

全世界病原体ゲノムサーベイランス
のための感染症対策拠点ネットワー
ク強化にかかる情報収集・確認調査
最終報告書

2025 年 2 月

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

アスカ・ワールド・コンサルタント株式会社

人間
JR
25-012

全世界病原体ゲノムサーベイランス
のための感染症対策拠点ネットワー
ク強化にかかる情報収集・確認調査
最終報告書

2025 年 2 月

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

アスカ・ワールド・コンサルタント株式会社

略語表

5 か国共通略語

略語	正式名称（英文もしくは原文）	正式名称の日本語訳
AMR	Antimicrobial Resistance	薬剤耐性
APHL	Association of Public Health Laboratories	公衆衛生検査室協会
ARI	Acute Respiratory Infection	急性呼吸器感染症
BSL	Biosafety Level	バイオセーフティレベル
CDC	Centers for Disease Control and Prevention	（米国）疾病予防管理センター
COVID-19	Coronavirus disease 2019	新型コロナウイルス感染症
DNA	Deoxyribonucleic Acid	デオキシリボ核酸
EBS	Event-based Surveillance	イベントベースのサーベイランス
ELISA	Enzyme-linked immunosorbent assay	酵素免疫測定法
EOC	Emergency Operation Centre	緊急対策室
FAO	Food and Agriculture Organization	国連食糧農業機関
EQA	External Quality Assurance	外部品質保障
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GISAID	Global Initiative on Sharing Avian Influenza Data	世界インフルエンザ（および新型コロナウイルス感染症）データ共有イニシアチブ
HCAI	Health Care Associated Infection	医療関連感染
HIV/AIDS	Human Immunodeficiency Virus/Acquired Immunodeficiency Syndrome	ヒト免疫不全ウイルス/後天性免疫不全症候群
IBS	Indicator-based Surveillance	指標ベースのサーベイランス
ICT	Information and Communications Technology	ICT
IDSR	Integrated Disease Surveillance and Response	統合疾病サーベイランスと対応
IHR	International Health Regulations	国際保健規則
ILI	Influenza-like illness	インフルエンザ様疾患
IMF	International Monetary Fund	国際通貨基金
IPC	Infection Prevention and Control	感染予防と管理
IQA	Internal Quality Assurance	内部品質保証
JEE	Joint External Evaluation	（IHR）合同外部評価
MDR	Multidrug-resistant	多剤耐性
MDR-TB	Multi Drug Resistant TB	多剤耐性結核
MERS	Middle East Respiratory Syndrome	中東呼吸器症候群
NCD(s)	Non-Communicable Diseases	非感染性疾患
NGS	Next Generation Sequencing /Next Generation Sequencer	次世代シーケンシング／次世代シーケンサー
NIHR	National Institute for Health and Care Research	（英国）国立健康研究所
NTD	Neglected Tropical Diseases	顧みられない熱帯病
ONT	Oxford Nanopore Technologies	オックスフォード・ナノポア・テクノロジーズ社
OOPS	Out of Pocket Spending	（医療費の）自己負担
PCR	Polymerase Chain Reaction	ポリメラーゼ連鎖反応

略語	正式名称（英文もしくは原文）	正式名称の日本語訳
PGI	Pathogen Genomics Initiative	病原体ゲノミクスイニシアチブ
PHC	Primary Healthcare Center	一次医療施設
POE	Port of Entry	入域地点
PPE	Personal Protective Equipment	個人用防護具
QMS	Quality Management System	品質管理システム
RCCE	Risk Communication and Community Engagement	リスクコミュニケーションと地域社会の関与
SARI	Severe Acute Respiratory Infection	重症急性呼吸器感染症
SARS	Severe Acute Respiratory Syndrome	重症急性呼吸器症候群
SARS-CoV-2	Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2	重症急性呼吸器症候群コロナウイルス 2
SOP	Standard Operational Procedure	標準手順書
SORMAS	Surveillance Outbreak Response Management and Analysis System	監視・アウトブレイク対応管理および分析システム
SPAR	States Parties Self-Assessment Annual Report	自己評価年次報告ツール
STI	Sexually Transmitted Infections	性感染症
TB	Tuberculosis	結核
UHC	Universal Health Coverage	ユニバーサル・ヘルス・カバレッジ
UKHSA	UK Health Security Agency	英国健康安全保障庁
USAID	United States Agency for International Development	米国国際開発庁
WGS	Whole Genome Sequencing	全ゲノムシーケンス
WHO	World Health Organization	世界保健機関
WOAH あるいは OIE	World Organization for Animal Health あるいは L'Office international des epizooties	国際獣疫事務局
XDR	Extensively drug resistant	超多剤耐性

インドネシア略語

略語	正式名称（英文もしくは原文）	正式名称の日本語訳
ABSL	Animal Biological Safety Levels	動物実験バイオセーフティレベル
ACPHEED	ASEAN Centre for Public Health Emergencies and Emerging Diseases	ASEAN 感染症対策センター
Asia PGI	Asia Pathogen Genomics Initiative	アジア病原体ゲノムイニシアチブ
AWS	Amazon Web Services	アマゾンウェブサービス
BB Binomika	Balai Besar Biomedis dan Genomika Kesehatan	生物医学・ゲノム健康研究所
BBLBK	Balai Besar Laboratorium Biologi Kesehatan	健康生物学研究センター
BBLKL	Balai Besar Laboratorium Kesehatan Lingkungan	環境衛生研究センター
BGSi	Biomedical and Genome Science Initiative	生物医学・ゲノム科学研究所
BRIN	Badan Riset dan Inovasi Nasional	インドネシア国家研究イノベーション庁

略語	正式名称（英文もしくは原文）	正式名称の日本語訳
BSN	National Standardization Agency	国家標準化庁
cVDPV2	Circulating vaccine-derived poliovirus type 2	循環ワクチン由来ポリオウイルス 2 型
Duke-NUS	Duke-NUS Medical School	デューク・シンガポール国立大学 医学部
EA	Establishment Agreement	設立協定
EWARS	Early Warning, Alert and Response System	早期警戒・警報・対応システム
GPLN	Global Polio Laboratory Network	世界ポリオ検査室ネットワーク
IPSN	International Pathogen Surveillance Network	国際病原体監視ネットワーク
JKN	Jaminan Kesehatan Nasional	全国健康保険プログラム
KAN	National Accreditation Committee	国家認定委員会
KRIS	Standard Inpatient Health Class	標準入院クラス
MoH	Ministry of Health	保健省
MTBC	Mycobacterium tuberculosis complex	結核菌群
NAR	New All Record	新全記録システム
NIBSC	National Institute for Biological Standards and Control	（英国）国立生物学標準管理研究所
PKKA-PRO	Pusat Kajian Kesehatan Anak/Center for Child Health Studies	ガジャマダ大学小児健康研究センター
PWS	Pemantauan Wilayah Setempat	地域モニタリングシステム
RPJMN	Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2020-2024	国家中期開発計画
RPJPN	Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional 2005-2025	長期国家開発計画 2005-2025
SKDR	Sistem Kewaspadaan Dini dan Respons	早期警戒・対応システム
UGM	Universitas Gadjah Mada	ガジャマダ大学
WWTP	Wastewater Treatment Plant	下水処理場
YEC	Yachiyo Engineering Co., Ltd.	八千代エンジニアリング

タイ略語

略語	正式名称（英文もしくは原文）	正式名称の日本語訳
AMED	Japan Agency for Medical Research and Development	国立研究開発法人日本医療研究開発機構
APLAC	Asia Pacific Laboratory Accreditation Cooperation	アジア太平洋試験所認定協力機構
BIDI	Bamrasnaradura Infectious Disease Institute	バムラスナラドゥラ感染症研究所
BLQS	Bureau of Laboratory Quality Standards	検査室品質基準局
DDC	Department of Disease Control	疾病管理局

略語	正式名称（英文もしくは原文）	正式名称の日本語訳
GHSA	Global Health Security Agenda	世界保健安全保障アジェンダ
HSRI	The Health Systems Research Institute	医療システム研究所
ILAC	International Laboratory Accreditation Cooperation	国際試験所認定協力機構
MDRO	Multidrug-resistant organisms	多剤耐性菌
MoPH	Ministry of Public Health	保健省
MRA	Mutual Recognition Arrangement	相互承認協定
NIH	National Institute of Health	国立衛生研究所
NSTDA	The National Science and Technology Development Agency	国家科学技術開発庁
PM	Precision Medicine	プレシジョン・メディシン
PP&P	Promotion, Prevention and Protection	プロモーション、予防、保護
RVRDC	Regional Veterinary Research and Development Centers	地域獣医学研究開発センター
TCELS	The Thailand Center of Excellence for Life Sciences	タイ生命科学センター
TUC	Thai MOPH and US CDC Collaboration	タイ・米国 CDC 協力
UCS	Universal Coverage Scheme	ユニバーサル・カバレッジ・スキーム
VHVs	Village Health Volunteers	村落ヘルスボランティア

ベトナム略語

略語	正式名称（英文もしくは原文）	正式名称の日本語訳
AOSC	Accreditation Office for Standards Conformity Assessment Capacity	適合性評価能力認定局
BOA	Bureau of Accreditation	認定局
CDC	Provincial Center for Disease Control	省レベルの疾病対策センター
EWORS	Early Epidemic Warning System based on Clinical Symptoms from Hospital	早期パンデミック警報システム
FTA	Free Trade Agreement	自由貿易協定
ICU	Intensive Care Unit	集中治療室
ILRI	International Livestock Research Institute	国際家畜研究所
MARD	Ministry of Agriculture and Rural Development	農業農村開発省
NHTD	National Hospital of Tropical Diseases	国立熱帯病病院
NIHE	National Institute of Hygiene and Epidemiology	国立衛生疫学研究所
NIID	National Institute of Infectious Diseases	国立感染症研究所（日本）

OHSC	One Health International Science Conference	国際ワンヘルス科学会議
OUCRU	Oxford University Clinical Research Unit	オックスフォード大学臨床研究ユニット
PAHI	Partnership on Avian and Human Influenza	鳥インフルエンザおよびヒトインフルエンザに関するパートナーシップ
TIHE	Tay Nguyen Institute of Hygiene and Epidemiology	西部高原衛生疫学研究所
VACI	Viet Nam Quality Accreditation Institute	ベトナム品質認定機関

ガーナ略語

略語	正式名称（英文もしくは原文）	正式名称の日本語訳
Africa PGI	Africa Pathogen Genomics Initiative	アフリカ病原体ゲノミクスイニシアチブ
CfHSS	Centre for Health Systems Strengthening	保健システム強化センター
CFIA	Canadian Food Inspection Agency	カナダの食品検査庁
CHO	Community Health Officer	コミュニティヘルスオフィサー
CHPS	Community-Based Health Planning and Services	コミュニティを基盤とする保健計画サービス
CHSV	Community Health Surveillance Volunteer	コミュニティヘルスサーベイランスボランティア
CHV	Community Health Volunteer	コミュニティヘルスボランティア
CSIR	The Council for Scientific and Industrial Research	科学産業研究評議会
DBS	Dried Blood Spot	乾燥血液スポット
DCPD	Disease Control and Prevention Department	疾病抑制予防局
DDHS	District Directors of Health Service	郡保健事務所長
DEFRA	Department for Environment Food and Rural Affairs	英国環境・食糧・農村地域省
DHIS2	District Health Information System 2	郡保健情報システム
DSD	Disease Surveillance Department	疾病サーベイランス局
EBS	Event based surveillance	イベントベースのサーベイランス
ECF	Extended Credit Facility	拡張信用供与
ECTAD	Emergency Centre for Transboundary Animal Diseases	国境を越えた動物感染症緊急センター
ELISA	Enzyme-linked immunosorbent assay	酵素免疫測定法
FD	Finance Division	財務課

略語	正式名称（英文もしくは原文）	正式名称の日本語訳
FHD	Family Health Division	家族保健課
GHS	Ghana Health Services	ガーナ保健サービス
GIDL-KNUST	Genomic and Infectious Disease Laboratory of the Kwame Nkrumah University of Science and Technology	クワメ・エンクルマ科学技術大学 ゲノム・感染症研究所
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit German Society for International Cooperation	ドイツ国際協力公社
HASSD	Health Administration and Support Services Division	保健行政・支援サービス課
HPD	Health Promotion Division	健康増進課
HRD	Human Resource Division	人事課
IAD	Internal Audit Division	内部監査課
IAEA	International Atomic Energy Agency	国際原子力機関
IBS	Indicator based surveillance	指標ベースのサーベイランス
ICD	Institutional Care Division	施設介護課
IGF	Internal Generated Fund	内部醸成資金
IPC	Infection Prevention Control	感染予防抑制
IVI	International Vaccine Institute	韓国国際ワクチン研究所
IZSve	Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezi	ヴェネト州動物衛生研究所
KCCR	Kumasi Centre for Collaborative Research in Tropical Medicine	クマシ熱帯共同研究センター
KENAS	(Kenya Accreditation Service	ケニア認証サービス機関
KOICA	Korea International Cooperation Agency	韓国国際協力機構
MTNDPF	Mid-term National Development Policy Framework	中期国家開発政策フレームワーク
NDC	National Democratic Congress	国民民主会議
NIBSC	National Institute for Biological Standards and Control	英国国立生物学的標準品管理研究所
NMIMR	Noguchi Memorial Institute for Medical Research	野口記念医学研究所
NPHRL	National Public Health and Reference Laboratory	国立公衆衛生レファレンス検査室
NPP	New Patriotic Party	親愛国党
NTCC	National Technical Coordinating Committee	国家技術調整委員会
NTP	National Tuberculosis Control Program	結核コントロールプログラム

略語	正式名称（英文もしくは原文）	正式名称の日本語訳
NTWC	National Technical Working Committee	中央テクニカル・ワーキング委員会
PANGenS	Pan-Africa Network for Genomic Surveillance	汎アフリカ・ゲノムサーベイランスネットワーク
PHD	Public Health Division	公衆衛生課
PHEOC	Public Health Emergency Operation Centre	公衆衛生危機オペレーションセンター
PHRL	Public Health and Reference Laboratory	公衆衛生レファレンス検査室
PPME	Policy, Planning, Monitoring & Evaluation	政策計画モニタリング評価局
PPMED	Policy, Planning, Monitoring and Evaluation Division	政策・企画・監視・評価課
RDD	Research and Development Division	研究開発課
RDHS	Regional Directors of Health Service	保健医療サービス地域部長
SARI	Severe Acute Respiratory Infection	重症急性呼吸器感染症
SSDMD	Supplies, Stores and Drugs Management Division	需品・貯薬管理課
UHAS	Health Allied Sciences Research Laboratory	健康科学研究所
USAID	U. S. Agency for International Development	米国国際開発庁
USDA	U.S. Department of Agriculture	米国農業局
VHF	Viral hemorrhagic fevers	ウイルス性出血熱
VSD	Veterinary Service Directorate	獣医サービス局
WACCBIP	West African Centre for Cell Biology of Infectious Pathogens	西アフリカ感染病原体細胞生物学センター

ナイジェリア略語

略語	正式名称（英文もしくは原文）	正式名称の日本語訳
ACEGID	African Centre of Excellence for Genomics of Infectious Diseases	アフリカ感染症ゲノム研究センター
CPHL	Central Public Health Laboratory	中央公衆衛生検査室
FCT	Federal Capital Territory	連邦首都地区（アブジャ）
FMOH	Federal Ministry of Health (and Social Welfare)	連邦保健（社会福祉）省
ISIL	Islamic State in Iraq and the Levant	イラクとレバント（地中海の東側沿岸地域）のイスラム国
NBGN	Nigerian Bioinformatics and Genome Network	ナイジェリア・バイオインフォマティクス・ゲノミクス・ネットワーク
NCDC	Nigeria Centre for Disease Control and Prevention	ナイジェリア疾病対策予防センター
NGSC	National Genomics Surveillance Consortium	国家ゲノムサーベイランス・コンソーシアム

略語	正式名称（英文もしくは原文）	正式名称の日本語訳
NHIS	National Health Insurance System	国民健康保険制度
NIMR	Nigerian Institute of Medical Research	ナイジェリア医学研究所
NIPRD	National Institute for Pharmaceutical Research and Development	国立医薬品研究開発機構
NRL	National Reference Laboratory	国立レファレンス検査室
NVRI	National Veterinary Research Institute	国立獣医研究所
LGA	Local Government Authority	地方政府
OAU	Obafemi Awolowo University	オバフェミ・アウォロオ大学
TET Fund	Tertiary Education Trust Fund	高等教育基金
UDUTH	Usmanu Danfodiyo University Teaching Hospital	ウスマヌ・ダンフォディヨ大学教育病院
ZRL	Zonal Reference Laboratory	ゾーンレファレンス検査室

目次

第1章 調査の背景・目的・概要	1-1
1.1 調査の背景	1-1
1.1.1 病原体ゲノムサーベイランスの現状と課題	1-1
1.1.2 世界的潮流とグローバルおよび地域的な取り組み	1-2
1.2 調査の概要	1-3
1.2.1 調査の目的	1-3
1.2.2 調査の実施方針	1-3
1.3 調査実施体制と調査工程	1-4
1.3.1 調査団・外部アドバイザーの構成	1-4
1.3.2 対象各国の関係機関	1-4
第2章 対象国の病原体ゲノムサーベイランスの状況	2-7
2.1 インドネシア	2-7
2.1.1 一般概況	2-7
2.1.2 政策	2-14
2.1.3 病原体ゲノムサーベイランスの現状と課題	2-17
2.1.4 他の開発パートナー、地域機関、研究機関の支援動向	2-50
2.1.5 考察	2-53
2.2 タイ	2-55
2.2.1 一般概況	2-55
2.2.2 政策	2-62
2.2.3 病原体ゲノムサーベイランスの現状と課題	2-65
2.2.4 他の開発パートナー、地域機関、研究機関の支援動向	2-92
2.2.5 考察	2-94
2.3 ベトナム	2-96
2.3.1 一般概況	2-96
2.3.2 政策	2-102
2.3.3 病原体ゲノムサーベイランスの現状と課題	2-107
2.3.4 他の開発パートナー、地域機関、研究機関の支援動向	2-128
2.3.5 考察	2-129
2.4 ガーナ	2-131
2.4.1 一般概況	2-131
2.4.2 政策	2-136
2.4.3 病原体ゲノムサーベイランスの現状と課題	2-140
2.4.4 他の開発パートナー、地域機関、研究機関の支援動向	2-176
2.4.5 考察	2-181

2.5 ナイジェリア	2-196
2.5.1 一般概況	2-196
2.5.2 政策	2-202
2.5.3 病原体ゲノムサーベイランスの現状と課題	2-206
2.5.4 他の開発パートナー、地域機関、研究機関の支援動向	2-225
2.5.5 考察	2-227
第3章 日本の知見および技術	3-1
3.1 日本の感染症サーベイランス	3-1
3.1.1 感染症サーベイランスの実施体制	3-1
3.1.2 情報および分析結果の公表	3-6
3.2 日本の下水サーベイランス	3-8
3.3 日本の知見および技術の活用	3-11
第4章 環境水・下水疫学小規模調査	4-1
4.1 背景	4-1
4.2 調査目的	4-2
4.3 調査方法	4-2
4.3.1 ボゴール市を対象とした、河川からの検体による環境水疫学調査（Waterways epidemiological project）の実施	4-2
4.3.2 ジャカルタ市、ボゴール市、デンパサール市を対象とした、下水処理場等からの検体による下水疫学調査（Wastewater-based epidemiology project）	4-2
4.4 考察	4-3
第5章 協力案件にかかる提言	5-1
5.1 協力案件の提案にかかる検討	5-1
5.2 協力案件の提案	5-12
5.2.1 案件1：病原体ゲノムサーベイランス実施のためのバイオインフォマティクス能力の強化	5-12
5.2.2 案件2：ACPHEDを通じた病原体ゲノムサーベイランス実施のための検査室ネットワーク強化	5-14
5.2.3 案件3：公衆衛生上の危機に対する対応強化を目的とした病原体ゲノム監視ネットワークの強化	5-16
5.2.4 案件4：公衆衛生対応と感染症管理のための下水サーベイランス強化プロジェクト	5-18

表目次

表 2-1 インドネシアの社会・経済状況一覧	2-8
表 2-2 主要母子保健指標（インドネシア、東アジア・太平洋、全世界との比較）	2-12
表 2-3 インドネシアの公衆衛生検査室関連政策	2-16
表 2-4 対象疾患一覧	2-22
表 2-5 インドネシアにおける JEE スコアのまとめ	2-27
表 2-6 SARS-CoV-2 ゲノムサーベイランスネットワークの検査室	2-37
表 2-7 各ティアにおけるゲノム解析に関連するサービス一覧	2-39
表 2-8 各ティアの検査室で取得されるべき ISO	2-41
表 2-9 シーケンサーを有する各検査室／研究所とプラットフォームの詳細	2-42
表 2-10 主要機関のゲノム解析環境	2-45
表 2-11 主要機関／研究室における病原体ゲノム解析に関連する人材のキャパシティ、配 列、系統樹、伝播ネットワークの可視化による、解析と解釈のキャパシティおよ び課題のまとめ	2-47
表 2-12 タイの社会・経済状況一覧	2-56
表 2-13 タイにおけるサーベイランス対象疾患の罹患率及び死亡率（上位 10 位）	2-59
表 2-14 主要母子保健指標（タイ、東アジア・太平洋、全世界との比較）	2-60
表 2-15 タイの公衆衛生検査室関連政策	2-64
表 2-16 疾病管理局（DDC）の組織図	2-66
表 2-17 届出対象疾患一覧	2-71
表 2-18 タイにおける第 2 回 JEE スコアのまとめ	2-75
表 2-19 ワンヘルス人獣共通感染症優先順位付けワークショップに参加したパートナーの まとめ	2-78
表 2-20 タイの主要検査室におけるシーケンサー台数と種類	2-89
表 2-21 タイの関連省庁や学術機関が参加する感染症に関連する国際ネットワーク	2-93
表 2-22 ベトナムの社会・経済状況一覧	2-97
表 2-23 主要母子保健指標（ベトナム、東アジア・太平洋、全世界との比較）	2-101
表 2-24 ベトナムの保健セクターの主要な法令および規制等一覧	2-103
表 2-25 ベトナムの感染症サーベイランスおよび検査室関連政策	2-105
表 2-26 感染症の届出対象疾患リスト（2015 年通達第 54 号 54/2015/TT-BYT）	2-113
表 2-27 ベトナムにおける JEE スコアのまとめ	2-115
表 2-28 ベトナムの検査室認定制度にかかる法令、政令、通達等と概要	2-122
表 2-29 ベトナムの主要検査室におけるシーケンサー台数と種類	2-125
表 2-30 主要機関における病原体ゲノム情報のデータ共有、ハードウェア利用状況、解析ソ フトウェアの状況	2-126
表 2-31 ベトナムのゲノム解析が可能な機関で求められる能力強化の内容	2-127

表 2-32 ガーナの社会・経済状況一覧	2-131
表 2-33 主要保健指標（ガーナとサハラ以南アフリカ、全世界との比較）	2-135
表 2-34 ガーナの保健医療関連政策	2-137
表 2-35 ガーナ保健省 主な部署名	2-142
表 2-36 ガーナ保健サービス主な部署名	2-143
表 2-37 ガーナの公衆衛生検査室	2-145
表 2-38 NPHRL の主なドナーおよびパートナー等	2-146
表 2-39 公衆衛生検査室と協力関係にある公的臨床検査室	2-146
表 2-40 ガーナの優先疾病	2-149
表 2-41 ガーナにおける JEE スコアのまとめ	2-152
表 2-42 GHS 下で公衆衛生上の重要性に基づいてゲノム解析対象となっている病原体 ... 2-154	
表 2-43 ポリオ、インフルエンザ、VHF の検査手順等	2-154
表 2-44 ガーナでゲノム解析プラットフォームを有している機関	2-155
表 2-45 ガーナのゲノムサーベイランスの課題の整理	2-156
表 2-46 アニマルヘルスのサーベイランスに使用されている電子システム	2-159
表 2-47 ワンヘルス分野の優先疾病順位	2-159
表 2-48 各研究機関の検体採取と輸送	2-168
表 2-49 主要研究所の検査品質管理	2-170
表 2-50 ゲノム解析を実施している機関が有するシーケンサー	2-172
表 2-51 各研究機関の機器の保守等に関する現状と課題	2-173
表 2-52 各機関のデータ分析・共有の現状	2-174
表 2-53 ナイジェリアの社会・経済状況一覧	2-197
表 2-54 主要保健指標（ナイジェリアとサハラ以南アフリカ、全世界との比較）	2-201
表 2-55 ナイジェリアの感染症関連政策および戦略	2-205
表 2-56 IDSR が対象とする疾患・症状	2-211
表 2-57 ナイジェリアにおける JEE スコアのまとめ	2-213
表 3-1 感染症発生動向調査事業における感染症の類型と範囲	3-2
表 3-2 日本の下水サーベイランスに関連するマニュアルやガイダンス	3-9
表 5-1 提案協力案件の支援分野、支援内容、形態、現状・課題、ニーズ・妥当性、懸念事項等のまとめ	5-2
表 5-2 優先順位付けの基準と評価基準	5-9
表 5-3 各提案協力案件のスコア	5-10

図目次

図 1-1 病原体ゲノムサーベイランスにおける情報収集・分析の視点	1-3
図 2-1 インドネシアの人口ピラミッド（2024）	2-10
図 2-2 インドネシアにおける死因上位 10 位の変遷（括弧内の数字は、10 万人あたりの死亡者数）	2-11
図 2-3 各国の GDP に占める保健支出割合と保健支出に占める自己負担割合の相関性（2021）	2-13
図 2-4 インドネシアの一人あたりの保健支出と保健支出の対 GDP 比（％）（2021） ..	2-14
図 2-5 保健セクターにおける国家中期開発計画を中核とした 6 つの柱	2-19
図 2-6 MoH 組織図（抜粋）	2-20
図 2-7 インドネシアの保健システムと公衆衛生検査室の構造	2-21
図 2-8 インドネシアの EWARS における情報の流れ	2-25
図 2-9 インドネシアにおけるポリオ発生状況（2022-2024）	2-32
図 2-10 インドネシアの認定制度	2-40
図 2-11 インドネシア全土に配備されている NGS の分布	2-42
図 2-12 MoH 疾病予防管理総局やサーベイランス・保健検疫局によるニュースレターの例	2-49
図 2-13 APHL が支援する国々	2-52
図 2-14 タイの人口ピラミッド（2020）	2-57
図 2-15 タイにおける死因上位 10 位の変遷（括弧内の数字は、10 万人あたりの死亡者数）	2-58
図 2-16 各国の GDP に占める保健支出割合と保健支出に占める自己負担割合の相関性（2021）	2-61
図 2-17 3 つのレベル国家政策の整合性	2-63
図 2-18 タイ MoPH の組織図（抜粋）	2-66
図 2-19 医科学局（Department of Medical Sciences）の組織図	2-69
図 2-20 NIH の組織図	2-70
図 2-21 タイにおける感染症サーベイランス体制の変遷	2-71
図 2-22 9 つの地域の地域獣医学研究開発センター	2-79
図 2-23 ワンヘルスの検査室システム	2-80
図 2-24 タイの公衆衛生検査室システム	2-85
図 2-25 主要検査室によるゲノム解析	2-88
図 2-26 エムボックスの発生状況に関する一般公開情報	2-91
図 2-27 インフルエンザと呼吸器感染症のサーベイランス報告書	2-92
図 2-28 ベトナムの人口ピラミッド	2-99
図 2-29 ベトナムにおける死因上位 10 位の変遷（括弧内の数字は、10 万人あたりの死亡	

者数)	2-100
図 2-30 各国の GDP に占める保健支出割合と保健支出に占める自己負担割合の相関性 (2021)	2-102
図 2-31 ベトナム保健省の組織図	2-108
図 2-32 NIHE の組織概要	2-110
図 2-33 EWORS の体制	2-114
図 2-34 ベトナムの SPAR (2021-2023)	2-117
図 2-35 ベトナムにおける認定制度の概要	2-124
図 2-36 ガーナの人口ピラミッド	2-133
図 2-37 ガーナにおける死因上位 10 位の変遷 (括弧内の数字は、10 万人あたりの死亡者 数)	2-134
図 2-38 ガーナの GDP に占める保健支出割合と保健支出に占める自己負担割合の相関性 (2022 年)	2-136
図 2-39 ガーナ保健省組織図	2-141
図 2-40 ガーナ保健サービス組織図	2-142
図 2-41 ガーナ感染症サーベイランス概要図	2-148
図 2-42 ガーナ国内ポリオ環境サーベイランス 検体採取サイト	2-157
図 2-43 グレーター・アクラ州ポリオ環境サーベイランス 検体採取サイト	2-157
図 2-44 ナイジェリアの人口ピラミッド	2-199
図 2-45 ナイジェリアにおける死因上位 10 位の変遷 (括弧内の数字は、10 万人あたりの 死亡者数)	2-200
図 2-46 各国の GDP に占める保健支出割合と保健支出に占める自己負担割合の相関性 (2021)	2-202
図 2-47 連邦保健社会福祉省 (FMOH) 組織図	2-207
図 2-48 ナイジェリア疾病対策予防センター (NCDC) 組織図	2-208
図 2-49 コミュニティレベルから中央レベルまでの情報の流れと中央レベルからコミュ ニティレベルまでの報告の流れおよび指揮系統	2-210
図 3-1 感染症発生情報調査事業における患者情報の流れ	3-5
図 3-2 感染症発生情報調査事業における病原体情報の流れ	3-5
図 3-3 感染研による公表グラフの一例	3-8
図 3-4 東京都の SARS-CoV-2 下水サーベイランス調査データ (更新:2024 年 11 月 15 日)	3-10

要約

世界は、新たな感染症の脅威に常に直面している。近年、COVID-19 のパンデミックを経験し、その影響は社会経済活動に甚大な被害をもたらした。また、エボラ出血熱やジカ熱など、突発的に発生する感染症も後を絶たない。さらに、薬剤耐性菌の出現は、既存の治療法を無効化し、医療現場に深刻な課題を突きつけている。

これらの脅威に対抗するためには、病原体ゲノムサーベイランスの強化が不可欠である。病原体のゲノム情報を解析することで、ウイルスの起源や進化、薬剤耐性のメカニズムなどを解明し、感染拡大の防止、治療法の開発、ワクチン開発などに役立てることができる。平時においても、病原体ゲノムサーベイランスを継続することで、感染症の流行状況を把握し、その動向を予測することが可能となるほか、過去の感染症の発生状況やゲノム情報を蓄積することで、将来的な感染症の発生リスクを評価し、予防対策を講じることができる。

一方で、多くの国々、特に開発途上国では、資金不足が病原体ゲノムサーベイランス体制の構築・維持を阻む大きな壁となっており、必要な機材や試薬の調達、専門家の育成、データ解析のためのインフラストラクチャー整備などについて、資金不足はあらゆる面で制約となっている。その結果、感染症の発生を早期に検知することができず、感染拡大の防止に遅れをとる可能性があることから、病原体ゲノムサーベイランスを持続的に維持できる体制の整備は、グローバルセキュリティ確保のための喫緊の課題であると言える。

本調査は、東南アジア（インドネシア、タイ、ベトナム）とアフリカ（ガーナ、ナイジェリア）の5か国を対象に、病原体ゲノムサーベイランス体制の現状と課題を分析し、国際協力や地域ネットワーク強化のための支援策を検討することを目的として実施された。具体的には、各国の感染症対策拠点におけるゲノムサーベイランスの実施能力、地域ネットワーク体制、他機関の取り組みなどを調査し、課題を抽出した。インドネシアとガーナでは現地調査、その他の国では遠隔調査によって情報収集を行い、インドネシアでは下水疫学小規模調査も実施した。同小規模調査により、下水および管理体制からの検体による下水サーベイランスが、有効な支援活動となる可能性が検証された。

本報告書は、5章から構成されており、本調査で得られた情報と分析結果をまとめたものである。第2章では、各国で行った情報収集の結果を詳述し、各対象国の病原体ゲノムサーベイランスにかかる現状と課題を明らかにした。第3章では、日本の知見と技術を整理し、国際協力にどのように活用できるかを検討した。また、第4章では、インドネシアで実施した下水疫学小規模調査の結果を分析し、その下水および環境水からの検体による下水サーベイランスの有効性を検証した。そして、第5章では、これらの分析結果を踏まえて、具体的な協力案を提案した。

対象 5 か国共通の課題

本調査の対象 5 か国間では、病原体ゲノムサーベイランス体制に差がみられるものの、共通の課題やニーズを抱えていることが明らかになった。以下に、その共通点を 5 つ挙げる。

1. 人材不足

- 特にバイオインフォマティクスの専門人材が不足しており、病原体ゲノムデータの解析や解釈、活用が十分に行えていない。
- 各国とも、バイオインフォマティクシオン育成のための研修プログラムや、海外留学支援などの必要性を訴えている。
- 検査技師や研究者など、病原体ゲノム解析に関わる人材の育成も課題として挙げられている。

2. 資金不足

- 病原体ゲノムシーケンスに必要な機器や試薬の購入、維持管理、人材育成などに必要な資金が不足している。
- 国際機関や他国の支援に依存しており、財政的な持続可能性が課題となっている。
- 特に、ガーナやナイジェリアでは、政府機関の財政基盤が脆弱であり、安定した資金確保が困難な状況である。

3. 連携不足

- 政府機関、研究機関、医療機関の間の連携が不十分で、情報共有や協力体制が構築されていない。
- 縦割り行政やセクター間の壁により、病原体ゲノムデータの共有や活用が阻害されているケースもみられる。
- 各機関が保有するリソースや専門性を効果的に活用するため、連携強化が求められる。

4. 政策・ガイドラインの不足

- 国家レベルの病原体ゲノムサーベイランス戦略や、検査室の運用、データ管理、倫理に関するガイドラインなどが不足している。
- 明確な政策やガイドラインがないため、各機関の取り組みが統一されず、重複や非効率が生じている可能性がある。
- 各国の状況に応じた、包括的な政策やガイドラインの策定が急務である。

5. 技術的な課題

- 病原体ゲノムシーケンス技術やバイオインフォマティクスに関する知識・技術が不足

している。

- 特に、地方の検査室や研究機関では、最新の技術や情報へのアクセスが限られている。

対象 5 か国の現状と課題

インドネシアでは、2024 年 12 月時点で国家ゲノム戦略はまだ策定されていない。しかし、保健省やその傘下の検査室を中心に、SARS-CoV-2、インフルエンザ、結核など、様々な病原体を対象としたゲノムサーベイランスが既に実施されている。結核については、次世代シーケンサー（Next Generation Sequencing: NGS）を活用したスクリーニング体制が整っており、他の病原体への応用が期待される。ポリオウイルスに関しては、2007 年から環境水サーベイランスがルーティーンで行われており、ゲノム解析能力も十分である。しかし、高度なデータ解析の実施や公衆衛生への活用は進んでおらず、全ゲノムシーケンシング（Whole Genome Sequencing: WGS）のプロトコル作成能力も限定的である。公的検査室では、シーケンシングを実施する技術者やバイオインフォマティクスの専門家が不足しており、高度な解析能力は限られている。さらに、検体採取・輸送、人材不足、セクター間の連携不足、資金不足なども課題として挙げられる。これらの課題を克服し、病原体ゲノムサーベイランスを強化するためには、公的検査室の能力向上、検査室ガイドラインの整備、そして複数の異なる情報源（ソース）からデータを集め、統合することで、より包括的で正確な状況把握を行うためのサーベイランス手法であるマルチソースサーベイランスの導入などが重要となる。これらの取り組みを通じて、インドネシアは複雑な公衆衛生課題に対応し、国民の健康を守るための基盤を構築できると期待される。

タイは、強固な感染症サーベイランス体制と高いゲノム解析能力を有する。主に保健省を中心メンバーとした疾病調査チームによる迅速な対応、国立検査室レベルでの高度な診断技術、全国的な検査室ネットワークなど、公衆衛生対策は充実している。しかし、病原体ゲノムサーベイランスは限定的な疾患への実施にとどまり、その主な原因となっているバイオインフォマティクス分野のさらなる発展が必要とされる。未知の病原体解析には、高度な実験・解析技術と、ウェットラボ（実験室での実験作業）・ドライラボ（データ解析作業）両面の研究技術向上が求められることから、今後、これらの分野におけるさらなる能力向上が必須である。タイは、国立衛生研究所（National Institute of Health: NIH）、公衆衛生検査室協会（Association of Public Health Laboratories: APHL）、大学機関で NGS やバイオインフォマティクス研修を年間を通じて実施し、東南アジアの周辺国からの研修生も受け入れている。NIH は APHL の地域トレーニングセンターとして、国際標準に準拠した研修プログラムの開発も視野に入れている。タイは、その高いゲノム解析能力と人材育成のためのリソースを活かし、東南アジアのゲノム解析リーダーとして、周辺国への技術支援や研修を提供する地域ハブとなる可能性を秘めている。今後、タイは周辺国との連携を強化し、ゲノム解析技術の共有・普及を通して、感染症の早期検知・モニタリングに貢献することが期待さ

れる。

ベトナムでは、病原体ゲノムのデータは研究や診断に利用されているものの、公衆衛生への活用は限定的である。主要研究所にはシーケンサーが配備されているが、試薬不足で使用を停止している。病原体ゲノムサーベイランスは資金提供のある一部の病原体のみを対象に実施され、政府の優先事項にはなっていない。課題として、まず、全国的なシステムやガイドラインがなく、重複や非効率な運用、機関間連携の弱さが挙げられる。次に、バイオインフォマティクスの専門人材不足が深刻で、地方の研究機関を中心にスキル向上が必要とされる。ウェットラボ作業は問題なく行われているものの、データ解析のトレーニングや支援が必要とされている。さらに、試薬や検体収集・保管の資金不足、冷蔵施設の不足による検体劣化も課題である。病原体ゲノムサーベイランス強化には、政府によるガイドライン策定、ゲノムデータの公衆衛生への活用、バイオインフォマティクス人材育成、試薬・機材供給体制の整備などが求められる。このほか、政府は BSL-3/4 (Biosafety Level (バイオセーフティレベル) : BSL) 検査室の設置を進めており、これらの施設活用のためのトレーニングプログラムも必要となる。これらの課題解決により、病原体ゲノムサーベイランスはベトナムの感染症対策強化と国民の健康向上に貢献する可能性がある。

ガーナの感染症サーベイランスは、保健省と国内の研究機関が協力して実施しており、省庁間・機関間の連携は良好である。しかし、病原体ゲノムサーベイランスの実施はドナーの支援に大きく依存しており、シーケンサーや試薬の多くは、ドナーやパートナー研究機関からの提供によるものである。ガーナ国内の研究も、政府からの資金不足によりドナーや海外機関からの支援に頼らざるを得ない状況である。また、病原体ゲノムデータは国外のプラットフォームにアップロードされるものの、国内には公的な共有システムがない。保健省は今後、WHO や米国疾病予防管理センター (Centers for Disease Control and Prevention: CDC) の支援を受け、データを体系的に管理する枠組みを構築する計画である。ワンヘルス分野では、食糧農業省獣医サービス局 (Veterinary Service Directorate: VSD) と FAO が中心となり、活動は比較的統率されている。病原体ゲノム解析をルーティーンで行う研究所の中で、野口記念医学研究所は規模・役割ともに大きく、公衆衛生目的の病原体ゲノムサーベイランスも一部担い、国家の感染症対策に貢献している。また、病原体ゲノム解析を行う検査室を含む検査室職員の研修も数多く実施し、国外からの研修員受け入れ実績もある。ガーナの病原体ゲノムサーベイランス分野の大きなニーズは、バイオインフォマティクス不足の解消と人材育成、そして機材の保守メンテナンス体制の強化である。

ナイジェリアは、アフリカで 4 番目に NGS による病原体ゲノムシーケンス能力が高い国であり、多くの公的研究機関や大学が病原体ゲノム解析能力を保有している。特にアフリカ感染症ゲノム研究センター (African Centre of Excellence for Genomics of Infectious Diseases: ACEGID) とイバダン大学は、アフリカ疾病予防管理センター (アフリカ CDC) の研修プログラムで研修生を受け入れるなど、高い技術力を有する。病原体ゲノムサーベイ

ランスはナイジェリア疾病対策予防センター（Nigeria Centre for Disease Control and Prevention: NCDC）が管轄し、検体は NCDC 下の国立レファレンス検査室（National Reference Laboratory: NRL）に送られる。今後、同じく NCDC 下のラゴスの中央公衆衛生検査室（Central Public Health Laboratory: CPHL）も病原体ゲノム解析を担う予定だが、NRL や CPHL 以外の機関では、主に研究目的で病原体ゲノム解析が行われている。しかし、NCDC を含む多くの公的研究機関は資金難に直面しており、試薬購入や電力費用の捻出が困難である。公務員の低賃金も課題で、バイオインフォマティクスの確保が難しい。ドナーは、ナイジェリアの保健セクターへの長期的支援の必要性を認識しており、英国健康安全保障庁（UK Health Security Agency: UKHSA）は技術支援、機材整備、人材育成など、包括的な支援を段階的に行っている。米国 CDC やグローバルファンドも公的研究機関や検査室への機材供与を行っており、WHO はこれらパートナー機関によるリソースの最適配分のための調整を図っている。バイオインフォマティクス育成のニーズが高い一方で、検体管理、検査室マネジメント、バイオリポジトリ、検査技術など、他の分野でも人材育成ニーズがある。JICA は、2025 年から NCDC の BSL3 検査室運営を支援する技術協力プロジェクトを開始予定であるが、病原体ゲノム分野の支援は、このプロジェクトとの連携が望ましく、連携により相乗効果が期待できる。NRL、CPHL、ナイジェリア医学研究所（Nigerian Institute of Medical Research: NIMR）、国立医薬品研究開発機構（National Institute for Pharmaceutical Research and Development: NIPRD）などの職員を対象としたバイオインフォマティクス研修は、一つの可能な支援分野である。研修機会の増加、海外研修、学位取得、研究者交流などは、人材育成と定着に役立つと考えられる。研修後の長期的なモニタリング指導、他機関との連携、試薬供与などの追加支援も重要である。ACEGID は、政府機関への支援の不確実性を指摘しており、研修後の技術習得、人材定着、他機関との連携、試薬供与など、より効果的な支援の在り方が求められる。

協力案件にかかる提案

JICA は、各国の状況やニーズを踏まえ、効果的な支援を実施することで、病原体ゲノムサーベイランスの強化、ひいては世界全体の感染症予防と健康安全保障の向上に貢献できることが期待される。本調査を通じて得られた情報分析の結果、検討した具体的な提案協力案件の概要を以下に記す。それぞれの提案協力案件は、第 5 章で詳述する。

案件 1：病原体ゲノムサーベイランス実施のためのバイオインフォマティクス能力の強化

- アジア地域およびアフリカ地域の感染症対策拠点もしくは主要研究所／検査室からの研修生を招聘し、病原体ゲノムサーベイランス実施のためのバイオインフォマティクスにかかる能力強化を行う。

案件 2：ASEAN 感染症対策センター（ASEAN Centre for Public Health Emergencies and Emerging Diseases: ACPHEED）を通じた病原体ゲノムサーベイランス実施のための

検査室ネットワーク強化

- 域内における検査室ネットワークが強化され効率的かつ効果的な病原体ゲノムサーベイランスが運用されるための支援を行う。

案件 3：公衆衛生上の危機に対する対応強化を目的とした病原体ゲノム監視ネットワークの強化

- 世界的流行を引き起こす可能性のある新興・再興感染症の発生による公衆衛生危機に対応できる、持続可能性かつ迅速性の高い病原体ゲノム監視ネットワークが強化されること、域内における検査室ネットワークが強化され効率的かつ効果的な病原体ゲノムサーベイランスが運用されるための支援を行う。

案件 4：公衆衛生対応と感染症管理のための下水サーベイランス強化プロジェクト

- 公衆衛生対応や感染症管理のために、下水を利用して病原体や感染症の広がりを監視するための下水サーベイランスを強化するプロジェクトを行う。

第1章 調査の背景・目的・概要

1.1 調査の背景

1.1.1 病原体ゲノムサーベイランスの現状と課題

新型コロナウイルス感染症（Coronavirus disease 2019: COVID-19）のパンデミックを機に、感染症発生動向に関する正確な情報を即座に探知、分析、提供して対応の検討および意思決定をするために、流行初期における病原体ゲノム情報の迅速な分析と流行予測に寄与できる体系的なサーベイランス体制の重要性が以前にも増して強調されるようになった。特に COVID-19 は感染拡大が速く、増殖や感染を繰り返す中で新たな変異株が出現しやすかったことから¹、感染源の特定や感染経路の特定のみならず新たな変異株の出現を監視する必要がある、病原体ゲノムサーベイランスの重要性が国際的に認識されることとなった²。

感染症アウトブレイクの発生と規模の予測が、以前に比べ迅速かつ正確にできるようになったのは、病原体の進化や流行株の趨勢をリアルタイムでモニタリングすることを可能にするゲノム解析技術の発展と普及によるところが大きい³。過去 10 年間にシーケンシング技術が高速化・大容量化し、コストが大幅に下がったこともあり、現在では様々な地域で病原体の多様性を高精度・高解像度で解析できるようになった。ゲノム解析は公衆衛生上重要な感染症の動向を監視するためにますます利用されるようになってきており、病原体拡散の警戒や、ワクチン、抗ウイルス薬などの予防・治療法の開発にも役立っている⁴。しかし、高度なゲノム解析技術によって病原体の多様化と進化の情報を高解像度で捉えられたとしても、ゲノムサーベイランスの体制が十分に整っていないと、効果が高い公衆衛生上の重要な介入に結びつかない恐れがある。ゲノムデータの有用性を高めるためにも、ゲノム解析結果を既存の感染症サーベイランスおよび検査ネットワークと連携させ、臨床および疫学データと体系的に統合させた包括的なゲノムサーベイランス体制を早急に整えることが望まれている⁵。世界的には、現時点でこうした技術と体制を整えている国や地域はまだ限られている。

¹ 城西国際大学. URL: <https://www.jiu.ac.jp/academic-covid-19/detail/id=11288> (2023 年 11 月 17 日閲覧)

² WHO. Statement on the third meeting on the International Health Regulations (2005) Emergency Committee regarding the outbreak of coronavirus disease (COVID-19). URL: [https://www.who.int/news/item/01-05-2020-statement-on-the-third-meeting-of-the-international-health-regulations-\(2005\)-emergency-committee-regarding-the-outbreak-of-coronavirus-disease-\(covid-19\)](https://www.who.int/news/item/01-05-2020-statement-on-the-third-meeting-of-the-international-health-regulations-(2005)-emergency-committee-regarding-the-outbreak-of-coronavirus-disease-(covid-19)) (2023 年 11 月 17 日閲覧)

³ Jessica E. Stockdale et al. The potential of genomics for infectious disease forecasting. URL: <https://www.nature.com/articles/s41564-022-01233-6> (2023 年 11 月 17 日閲覧)

⁴ WHO HP. WHO、病原体のゲノムサーベイランスに関する 10 年戦略を発表. URL: <https://japan-who.or.jp/news-releases/2204-1/> (2023 年 11 月 17 日閲覧)

⁵ WHO (2023). Global genomic surveillance strategy for pathogens with pandemic and epidemic potential.

1.1.2 世界的潮流とグローバルおよび地域的な取り組み

人類にとって脅威となる新興・再興感染症の影響を最小限に抑制するため、WHO および各国の役割を規定する法的枠組みを規定する国際保健規則（International Health Regulations: IHR）の大幅な改訂 2005 年の世界保健総会において合意された。IHR では、感染症拡大防止等の国際的な健康危機管理体制と、公衆衛生上の重大リスク、また緊急事態下において締結国がとるべき対応行動が示され⁶、公衆衛生リスクの迅速な発見、リスク評価、通知、対応を含む、早期警戒機能を備えた敏感で柔軟なサーベイランスシステムの整備が締結国に求められている⁷。さらに、2021 年の第 74 回世界保健総会では、COVID-19 の経験を踏まえ、特に感染症サーベイランスによる確実かつ迅速な公衆衛生事象の検出と制御、ゲノム解析を含む検査手技による新たな脅威の検出能力を高めることが各国に要請された⁸。

エボラウイルス病や COVID-19 などの事例を通じて病原体の伝播の速さが改めて認識されるにつれ、ゲノムサーベイランス体制が重要視されてきている。各国の公衆衛生機関や研究機関間の連携など国境を越えた協力により、各国のゲノムサーベイランス体制を相互補完し、国家間の情報共有の促進が可能となる。世界的には国際病原体監視ネットワーク（International Pathogen Surveillance Network: IPSN⁹）が、東南アジアやアフリカ地域においても既に域内サーベイランスネットワークが構築されている¹⁰。今後は既存のレファレンス検査室や主要感染症対策拠点を中核として、各国および地域で病原体ゲノム解析を含む疾病サーベイランスの実施支援体制の強化が一層進められていくと推測される。

かかる状況の下、本調査は、これまで独立行政法人国際協力機構（Japan International Cooperation Agency: JICA）が協力を行った感染症対策拠点を中心に、病原体ゲノムサーベイランスにおける検体収集、検査、分析、報告、データ利活用に関する現状および地域単位での取り組みに関する情報を収集し、今後の新興・再興感染症のパンデミックへの備えに向けて、同分野で JICA が果たし得る役割の特定、地域横断的な支援活動を検討することを目指すとして実施された。

⁶ NIID 国立感染症研究所ウェブサイト。国際保健規則（IHR）：世界的な公衆衛生上の安全保障の枠組みの 10 年。

URL: <https://www.niid.go.jp/niid/ja/allarticles/surveillance/2453-iasr/ihr/8034-459f01.html>（2023 年 11 月 17 日閲覧）

⁷ WHO. IHR capacity score: Surveillance. URL: <https://www.who.int/data/gho/indicator-metadata-registry/imr-details/4409>

⁸ WHO. 第 74 回世界保健総会決議・決定（仮訳）。URL: https://kyokuhp.ncgm.go.jp/library/who/2021/202112WHA_No74.pdf（2023 年 11 月 17 日閲覧）

⁹ The International Pathogen Surveillance Network

¹⁰ JICA. 入札説明書「全世界病原体ゲノムサーベイランスのための 感染症対策拠点ネットワーク強化にかかる情報収集・確認調査(一般競争入札(総合評価 落札方式・ランブ° サム型))」

1.2 調査の概要

1.2.1 調査の目的

本調査は、東南アジアおよびアフリカ地域における感染症対策拠点の病原体ゲノムサーベイランス実施体制および地域内ネットワークの現状・課題を分析し、もって同分野の広域協力の展開や地域単位でのネットワークの強化に寄与する支援案を策定することを目的とした。本調査では、対象国における感染症対策拠点の病原体ゲノムサーベイランスの実施能力、地域内のサーベイランスネットワーク体制、他開発パートナーの取り組みにかかる情報収集・分析、課題を抽出した。さらに、課題解決への有効性が見込まれる支援活動については、本調査において効果の検証を行った。

東南アジア地域ではインドネシア、タイ、ベトナム、アフリカ地域では、ガーナ、ナイジェリアを対象国とした。同対象国のうち、現地渡航による調査・分析はインドネシア、ガーナを、小規模調査はインドネシアを対象とし、このほかの国は遠隔で調査・分析を行った。

1.2.2 調査の実施方針

本調査では、対象 5 か国における病原体ゲノムサーベイランスの現状について、国家戦略に即したゲノム解析と情報共有が、公衆衛生上の意思決定と行動に反映されているかという視点から情報収集・分析を行った（図 1-1¹¹）。

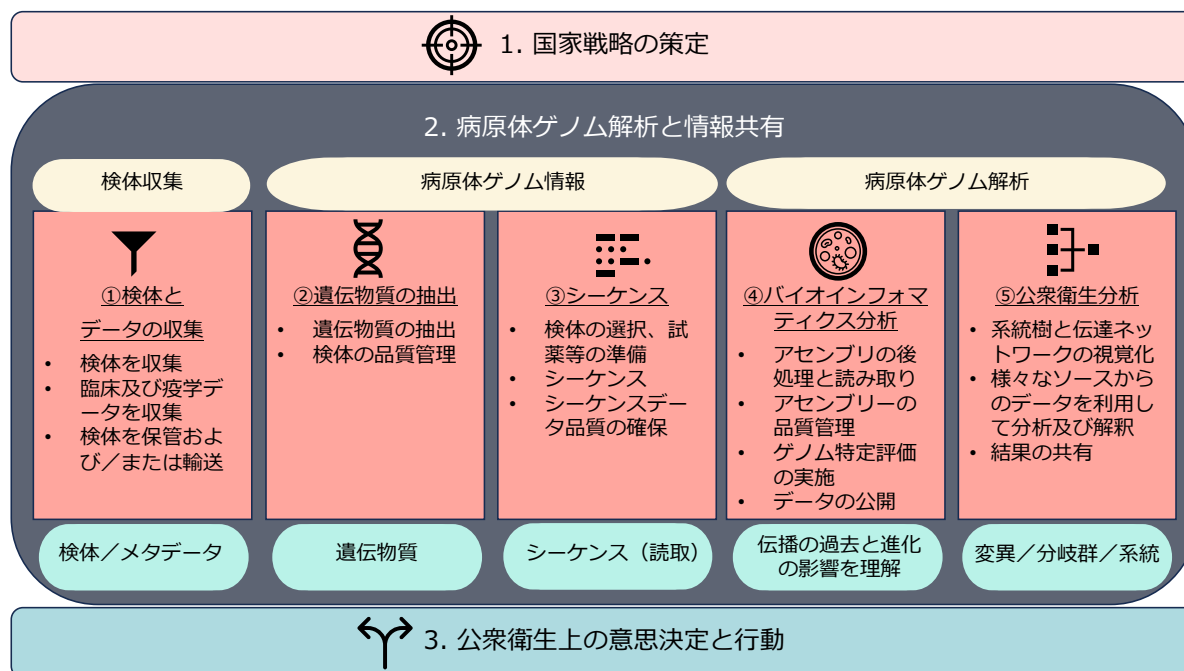


図 1-1 病原体ゲノムサーベイランスにおける情報収集・分析の視点

¹¹ WHO. Considerations for developing a national genomic surveillance strategy or action plan for pathogens with pandemic and epidemic potential を基に筆者作成

1.3 調査実施体制と調査工程

1.3.1 調査団・外部アドバイザーの構成

本調査の業務従事者は次表に示す通りである。

氏名	担当	所属
藤田 真紀子	業務主任者／ サーベイランス体制情報収集・分析 1 (インドネシア、タイ、ベトナム)	アスカ・ワールド・コンサルタント 株式会社
吉見 千恵	サーベイランス体制情報収集・分析 2 (ガーナ)	アスカ・ワールド・コンサルタント 株式会社
大野 伸子	サーベイランス体制情報収集・分析 3 (ナイジェリア)	アスカ・ワールド・コンサルタント 株式会社
山岸 潤也	病原体ゲノム解析・ゲノム情報分析 1 (インドネシア)	北海道大学人獣共通感染症国際共 同研究所
梶原 将大	病原体ゲノム解析・ゲノム情報分析 2 (ガーナ)	北海道大学人獣共通感染症国際共 同研究所

1.3.2 対象各国の関係機関

本調査の対象各国で質問票およびインタビューによる調査を行った関係機関は、次表に示す通りである。

和文組織名	英文組織名
インドネシア	
保健省 公衆衛生総局	Directorate General for Public Health, Ministry of Health
健康生物学研究センター	Center for Health Biology Laboratory/Balai Besar Laboratorium Biologi Kesehatan (BBLBK)
環境衛生研究センター	Center for Environmental Health Laboratory/Balai Besar Laboratorium Kesehatan Lingkungan (BBLKL)
ジャカルタ地域公衆衛生検査室	Center for Public Health Laboratory (Jakarta)/ Balai Besar Laboratorium Kesehatan Masyarakat Jakarta
ジョグジャカルタ地域公衆衛生検査室	Center for Public Health Laboratory (Yogyakarta)/ Balai Besar Laboratorium Kesehatan Masyarakat Yogyakarta
保健省 疾病予防管理総局	Directorate General for Disease Prevention and Control, Ministry of Health
感染症予防管理局	Directorate for Communicable Disease Prevention and Control
サーベイランス・保健検疫局	Directorate for Surveillance and Health Quarantine
環境衛生局	Directorate for Environmental Health
保健省 医薬品および医療機器総局	Directorate General of Pharmaceutical and Medical Devices, Ministry of Health
保健省 保健システム戦略センター	Center for Health System and Strategies
インドネシア国家研究イノベーション庁 獣医学研究センター	Research Center for Veterinary Science, National Research and Innovation Agency/Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)
生物医学・ゲノム科学研究所	Biomedical and Genome Science Initiative (BGSI)

JICA 感染症早期警戒対応能力強化プロジェクト	JICA Project for Strengthening Capacity for Early Warning and Response to Infectious Diseases (EWARS)
ASEAN 感染症対策センター 探知とリスクアセスメント事務局	ASEAN Centre for Public Health Emergencies and Emerging Diseases (ACPHEED), Detection and Risk Assessment office
WHO インドネシア事務所	WHO Indonesia Office
英連邦科学産業研究機構 オーストラリア・インドネシア保健安全保障パートナーシップ	Australia-Indonesia Health Security Partnership, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO)
デューク・シンガポール国立大学医学部	Duke-NUS Medical School: Duke-NUS (Duke-NUS)
タイ	
保健省 疾病管理局	Department of Disease Control, Ministry of Public Health
保健省 医科学局国立衛生研究所	National Institute of Health, Department of Medical Science, Ministry of Public Health
日本・タイ感染症共同研究センター	Thailand-Japan Research Collaboration Center on Emerging and Re-emerging Infections
チュラロンコン大学理学部微生物学科	Department of Microbiology, Faculty of Science, Chulalongkorn University
マヒドン大学理学部微生物ゲノム研究センター	Center for Microbial Genomics, Faculty of Science, Mahidol University
ベトナム	
国立衛生疫学研究所	National Institute of Hygiene and Epidemiology
ニャチャン・パスツール研究所	Pasteur Institute of Nha Trang
西部高原衛生疫学研究所	Tay Nguyen Institute of Hygiene and Epidemiology
ホーチミン・パスツール研究所	Pasteur Institute of Ho Chi Minh City
国立熱帯病病院	National Hospital of Tropical Diseases
長崎大学熱帯医学研究所ベトナム拠点	Vietnam Research Station, Institute of Tropical Medicine, Nagasaki University
WHO ベトナム事務所	WHO Vietnam Office
ガーナ	
保健省 政策計画モニタリング評価局	Policy, Planning, Monitoring & Evaluation:
保健省 ガーナ保健サービス 公衆衛生課疫病サーベイランス局	Ghana Health Service, Public Health Division, Disease Surveillance Department
国立公衆衛生レファレンス検査室	National Public Health and Reference Laboratory
食糧農業省 獣医サービス局	Ministry of Food and Agriculture, Veterinary Service Directorate
野口記念医学研究所	Noguchi Memorial Institute for Medical Research
西アフリカ感染病原体細胞生物学センター	West African Centre for Cell Biology of Infectious Pathogens
クマシ熱帯医学共同研究センター	Kumasi Centre for Collaborative Research in Tropical Medicine

クワメ・エンクルマ科学技術大学ゲノム・感染症研究所	Genomic and Infectious Disease Laboratory of the Kwame Nkrumah University of Science and Technology
科学産業研究評議会 水研究所	The Council for Scientific and Industrial Research, Water Research Institute
WHO ガーナ事務所	WHO Ghana Office
FAO ガーナ事務所	FAO Ghana Office
JICA ガーナ事務所	JICA Ghana Office
MES Equipment 株式会社	MES Equipment Ltd
DCL ラボラトリープロダクト株式会社	DCL Laboratory Products Ltd
TLB エンタープライズ	TLB Enterprise
米国疾病予防管理センター	U.S. Centers for Disease Control and Prevention
ナイジェリア	
ナイジェリア疾病対策予防センター	Nigeria Center for Disease Control and Prevention
国立レファレンス検査室	National Reference Laboratory
中央公衆衛生検査室	Central Public Health Laboratory
ナイジェリア医学研究所	Nigerian Institute of Medical Research
国立医薬品研究開発機構	National Institute for Pharmaceutical Research and Development
イバダン大学薬学微生物学部	Department of Pharmaceutical Microbiology, University of Ibadan
英国国立保健研究機関（ナイジェリア事務所）	UK National Institute for Health and Care Research
ウスマヌ・ダンフォディヨ大学教育病院 先進医療研究研修センター	Centre for Advanced Medical Research and Training, Usmanu Danfodiyo University Teaching Hospital
レディーマー大学アフリカ感染症ゲノム 研究センター	African Centre of Excellence for Genomics of Infectious Diseases, Redeemer's University
WHO ナイジェリア事務所	WHO Nigeria Office
JICA ナイジェリア遠藤豊専門家（感染症）	

第2章 対象国の病原体ゲノムサーベイランスの状況

2.1 インドネシア

2.1.1 一般概況

2.1.1.1 社会経済状況

インドネシア共和国（以下、インドネシア）は、東南アジア南部に位置する共和制国家である。首都はジャカルタ。5,110 キロメートルと東西に非常に長く連なり、赤道にまたがる地域に 1 万 7,000 を超える島嶼を抱える、世界最大の群島国家である。島嶼国であるため、その広大な領域に対して陸上の国境線で面しているのは、ティモール島における東ティモール、カリマンタン島におけるマレーシア、ニューギニア島におけるパプアニューギニアの 3 国だけである¹²。

インドネシアは、共和制の下、大統領を国家元首とした国家体制となっている（大統領は、国家元首であるとともに行政府の長でもある）。2024 年 2 月の大統領選挙においてプラボウォ・スビアント国防相（当時）が約 6 割の得票で当選し、同年 10 月 20 日に正式に就任した。プラボウォ政権は、2045 年までに先進国入りすべく国家を発展させていくとのビジョンの下、各分野の政策を推進する方針を掲げている。2024 年 2 月には、大統領選挙と同時に議会総選挙が実施され 10 月 1 日に新国会議員等の就任式が行われたところである。日本とインドネシアは 1958 年の外交関係開設以来、伝統的な友好国であると同時に、民主主義等の基本的価値や原則を共有する「包括的・戦略的パートナー」であり、日本は、法の支配に基づく自由で開かれた国際秩序の維持・強化に向けてインドネシアとの連携を重視している。経済概況については、1997 年 7 月のアジア通貨危機後、インドネシア政府は国際通貨基金（International Monetary Fund: IMF）との合意に基づき、銀行部門と企業部門を中心に経済構造改革を断行した。政治社会情勢および金融の安定化、個人消費の拡大を背景として、2005 年以降の経済成長率は、世界金融・経済危機の影響を受けた 2009 年や COVID-19 の影響を受けた 2021 年を除き、5%後半～6%台という比較的高い成長率を達成し、2019 年には一人あたり名目 GDP が 4,000 ドルを突破した。2022 年は輸出入額ともに過去最高記録を樹立している¹³。また、世界銀行のインドネシア経済見通し報告書¹⁴によると、インドネシアの国内総生産（Gross Domestic Product: GDP）成長率は 2024 年から 2026 年にかけて年平均 5.1%になると予測されている。インドネシア経済は、公共支出の増加、企業投資の増加、堅調な個人消費に牽引され、今後数年間は安定したペースで成長すると予想されている。

¹² ウィキペディア. “インドネシア”. <https://ja.wikipedia.org/wiki/インドネシア>（参照 2024-11-17）

¹³ 外務省. “インドネシア共和国（Republic of Indonesia）基礎データ”. <https://www.mofa.go.jp/mofaj/area/indonesia/data.html#section1>（参照 2024-11-17）

¹⁴ World Bank Group. “Indonesia Economy Projected to Remain Resilient”. <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2024/06/24/indonesia-economy-projected-to-remain-resilient>（参照 2024-11-17）

初等教育の総就学率は、1978 年頃から常に 100%もしくはそれ以上を維持している（女子 99%、男子 102%、2023）（表 2-1）。識字率も 1990 年頃から 96～100%と、高い割合を示している¹⁵。

表 2-1 インドネシアの社会・経済状況一覧

一般事情	面積	192 万平方キロメートル（日本の約 5 倍）
	人口	約 2.79 億人（2023 年、インドネシア政府統計）
	首都	ジャカルタ
	民族	約 1,300（ジャワ人、スンダ人、マドゥーラ人等マレー系、パプア人等メラネシア系、中華系、アラブ系、インド系等）
	宗教	イスラム教 87%、キリスト教 10.4%（プロテスタント 7.4%、カトリック 3%）、ヒンズー教 1.7%、仏教 0.7%（2023 年、宗教省統計）
経済	主要産業	製造業（18.7%）、卸売・小売（12.9%）、農林水産業（12.5%）、鉱業（10.5%）、建設（9.9%）、物流・倉庫（5.9%）、情報・通信（4.2%）金融・保険（4.2%）、行政サービス・軍事・社会保障（3%）（カッコ内は 2023 年における名目 GDP 構成比）（インドネシア政府統計）
	国民総生産 GDP (Current USD)	11,790 億米ドル（名目、2023 年、世銀統計）
	国民総生産成長率 GDP Growth (Annual Percent)	5%（2023 年、世銀）
	一人あたり国民総生産 GDP Per Capita (Current USD)	4,784 米ドル（2023 年、インドネシア政府統計）
社会	貧困率 Poverty headcount ratio at national poverty lines (% population)	9.4%（2023 年、世銀）
	識字率 ¹⁶ Literacy rate, youth total (% of people ages 15-24)	100%（2020 年、世銀）
	就学率 ¹⁷ School enrollment, primary (% gross)	100%（2023 年、世銀）

出典：外務省、
World Bank Group.

2.1.1.2 行政区分

インドネシアの行政機構は、選挙によって選ばれた大統領と、選挙制の二院制議会によって構成されている。国政は外交、防衛、金融および財政政策、宗教問題の 4 つの分野で権限を有しているが、それ以外の分野では権限が州や県、市など地方自治体と共有されている。例えば教育では、国が高等教育を担当し、州が中等教育、市および県が初等教育を担当する。

¹⁵ World Bank Group. “World Bank Open Data”.（参照 2024-11-17）

¹⁶ Literacy rate, youth total (% of people ages 15-24)

¹⁷ School enrollment, primary (% gross)

各行政レベル（市や県以上）は、それぞれの病院の管理を担っている¹⁸。地方行政は、3つの層で構成されている。まず第1層は州（Provinsi）で、複数の県や市にわたる行政業務や中央政府から委任された任務を行う。インドネシアには、特別州を含む合計38の州が存在している。州ごとに人口や規模は異なり、例えば、西ジャワ州は約5,000万人の人口を持つ一方、北カリマンタン州の人口は100万人未満である。また、ジャカルタ首都特別州、ジョグジャカルタ特別州、アチェ州、パプア州、西パプア州の5つの州には、宗教や民族、歴史的背景に基づいた特別な自治権が付与されている。2021年には、パプア州と西パプア州に関する特別自治法が改正され、これらの州に対する中央政府の権限が強化された。第2層は県（Kabupaten）と市（Kota）である。これらは地方自治体の主体であり、自らの管轄区域内で基本的な行政サービスを提供する。地方分権改革により、外交、国防、司法、国家財政といった中央政府の管轄分野を除き、多くの業務が県や市に移譲され、これにより、県や市の役割が拡大し、地方税の設定や徴収、最低賃金の決定といった重要な業務も行われるようになっていく。第3層に属する郡（Kecamatan）は、県や市の行政組織の一部であり、郡レベルの行政施策の実行や、地域コミュニティ活動の調整、治安の維持、さらに区（Kelurahan）や村（Desa）の行政運営の指導を担当する。区は、郡の下位に位置する最も身近な行政単位で、住民に直接的なサービスを提供する。区では、行政施策の実行のほか、地域の治安や住民活動の推進に力を入れており、都市部に多くみられる行政単位である。村は、地域の伝統や慣習に基づいた自治組織で、主に農村部に存在し、住民の利益を調整する権限を持つ。村は独自の自治権に基づく業務のほか、中央政府や州、県・市から委託された業務を行う。その具体例としては、下水道の整備や植林活動、公共施設の整備などである¹⁹。

2.1.1.3 人口動態と保健概況

インドネシアの年間人口増加率は年々減少し続けており、2023年には0.7%であった。これは、ベトナム、ミャンマー、デンマークなどと同水準の割合である。平均寿命は2000年の66歳から2022年の68歳へとやや延伸している（2022年女性70歳、男性66歳）。合計特殊出生率は2000年の2.5から徐々に減少傾向にあり、2022年時点では2.2であった。65歳以上人口の割合は2000年の5%から2022年には7%にやや上昇している²⁰。また、インドネシアの人口ピラミッドは、人口が増減しない状態で人口の停滞および安定を示す「つりがね型」の様相を呈している（図2-1）^{21 22}。人口増加率が低い少産少死の段階にみられ、

¹⁸ Kevin Evans. The Australia-Indonesia Centre. The Five Levels of Government in Indonesia. https://australiaindonesia.com/wp-content/uploads/2020/05/Five_Levels_Govt_051320-2.pdf（参照 2024-12-5）

¹⁹ JBIC. インドネシアの投資環境. https://www.jbic.go.jp/ja/information/investment/image/inv_indonesia02_02.pdf（参照 2024-12-5）

²⁰ 以上全て World Bank Group.（参照 2024-10-7）

²¹ “日本の将来の人口構成”. https://www.giroj.or.jp/publication/risk/No_66-3.pdf（参照 2024-10-7）

²² “人口ピラミッドの種類”. http://www.daiichi-g.co.jp/geo/contents/data/matome/kaitou/223_人口ピラミッドの種類.pdf（参照 2024-10-7）

死亡率の低下に続いて、出生率が低下している。低年齢層と高年齢層の人口比率に大きな差がなく、高齢者人口の占める割合が高まっていることを示している。

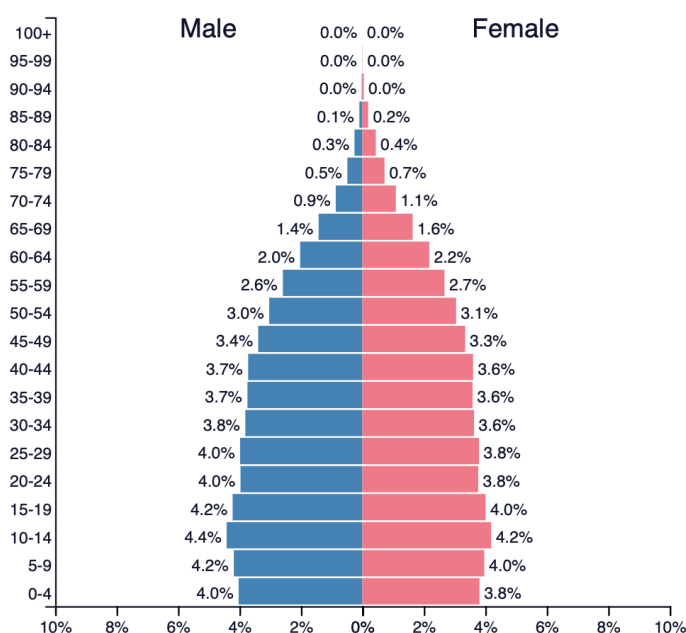


図 2-1 インドネシアの人口ピラミッド (2024)

出典：PopulationPyramid.net. Population Pyramids of the World from 1950 to 2100.

<https://www.populationpyramid.net> (参照 2024-11-17)

2021 年のデータによると、インドネシアにおける死因は、1 位が心血管疾患、2 位が呼吸器感染症および結核、3 位が腫瘍である。上位 10 位までの死因のうち感染症は 3 つであり、5 つが非感染性疾患 (Non-Communicable Diseases: NCDs)、2 つがその他の理由となっている (図 2-2)。心血管疾患、呼吸器感染症および結核、腫瘍は、2000 年、2010 年から変わらず 1 位である。特に結核は 2020 年までは減少傾向にあり 10 万人あたり 301 人であったのが、2022 年には 385 人に上昇しており、インドネシアは世界で結核が 14 番目に多い国でもある²³。このほか、消化器疾患は 2000 年から徐々に数と順位ともに上昇している。慢性呼吸器疾患は 2000 年から 2010 年までの間で上昇したものの、2020 年までには順位は下降しているが、死亡者数に変わりはない。また、総死亡者数に占める NCDs による死亡率は 2010 年の 69%から 2019 年の 76 %へと上昇している。これは、東アジア・太平洋地域平均の 85%と比較して低いものの、世界平均の 74% (2019) と比較してやや高い割合である²⁴。

²³ World Bank Group. (参照 2024-11-17)

²⁴ World Bank Group. (参照 2024-11-17)

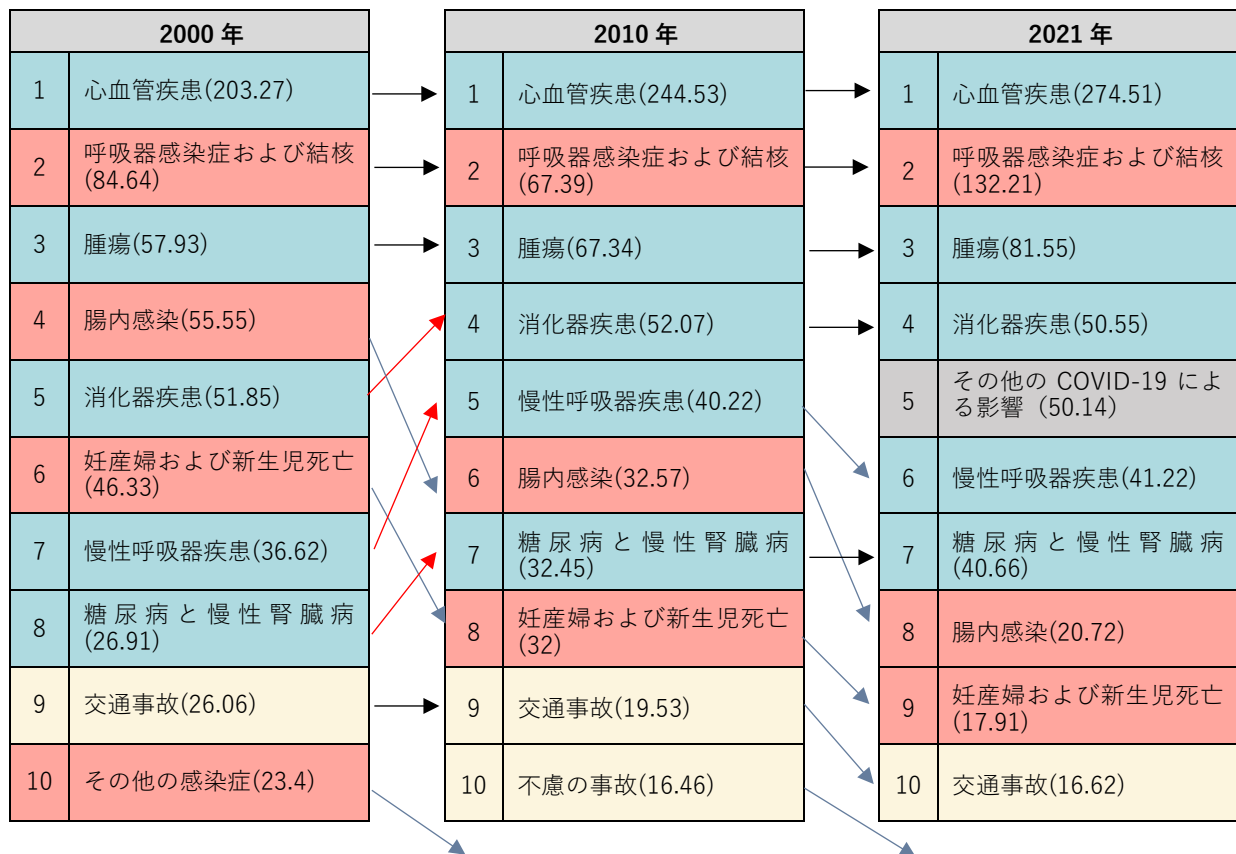


図 2-2 インドネシアにおける死因上位 10 位の変遷（括弧内の数字は、10 万人あたりの死亡者数）

出典： Institute for Health Metrics and Evaluation. “GBD Compare”.

<https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/>（参照 2024-11-17）を基に調査団作成

2022 年の最新のデータによると、インドネシアにおける 5 歳未満児死亡率（出生 1,000 人あたり）は 21 と、全世界平均（37）よりは低い、東アジア・太平洋平均（15）よりも高い（表 2-2）。妊産婦死亡率については出生 10 万人あたり 173 と、全世界平均（74）よりは高いが東アジア・太平洋平均（223）よりは低い値を示している（表 2-2）。一方、結核患者は 2022 年の値で 10 万人あたり 385 と高く、2020 年の 301 から大きく増加している。2020 年のデータを見ても、結核を含む呼吸器感染症および結核は死亡原因の第 2 位である（図 2-2）。米国国際開発庁（United States Agency for International Development: USAID）の報告によると、実際には推定よりもはるかに高い結核罹患率が示されており、多剤耐性結核（Multi Drug Resistant TB: MDR-TB）患者の増加も課題となっていると報告されている。病院での結核や MDR-TB 症例数の記録および報告が不十分であること、都市部や辺境地、特に子どもやスラム街の住民、糖尿病患者などの脆弱な集団への質の高い医療サービスの提供が限定的であることなどが課題であるとされている²⁵。

²⁵ USAID. Controlling Tuberculosis in Indonesia. <https://2017-2020.usaid.gov/indonesia/factsheets/reducing-multidrug-resistant-tuberculosis-indonesia>（参照 2024-11-25）

表 2-2 主要母子保健指標（インドネシア、東アジア・太平洋、全世界との比較）

	インドネシア			東アジア・太平洋	全世界
	2000 年	2010 年	最新の数字		
平均寿命	72	76	68 (2022)	77 (2022)	72 (2022)
妊産婦死亡率（出生 10 万あたり） Maternal mortality ratio (modeled estimate per 100,000 live births)	299	219	173 (2020)	74 (2020)	223 (2020)
5 歳未満児死亡率（出生 千人あたり） Mortality rate, under-5 (per 1,000 live births)	52	34	21 (2022)	15 (2022)	37 (2022)
HIV 感染率（15-49 歳） Prevalence of HIV, total (% of population ages 15-49)	0.1	0.3	0.3 (2022)	NA	0.7 (2022)
結核罹患率（10 万人あたり） Incidence of tuberculosis (per 100,000 people)	370	342	385 (2022)	145 (2022)	133 (2022)
マラリア罹患率（千人あたり） Incidence of malaria (per 1,000 population at risk)	5.3	8.2	4.2 (2022)	3.2 (2022)	58.9 (2022)

出典： World Bank Group.

COVID-19 については、インドネシアで最初に発生したのは 2020 年 3 月である。その後、急速な拡大により医療体制に大きな負担を与えることとなった。特に首都ジャカルタは感染の震源地となり、高い人口密度や国際的な移動がウイルス拡散を助長した。インドネシア政府は移動制限や公共施設の閉鎖、検査、接触者追跡、ソーシャルディスタンスの実施などの対策を講じたが、接触者追跡の遅れや国民の規則遵守不足、検査能力の限界などの課題が生じた。そのため、インドネシアでは、今後起こりうるパンデミックの対応策として、ホットスポットの特定や感染者数の追跡、人口動態の分析を継続すること、脆弱な集団を守るために公衆衛生対策を調整すること、最新情報はインドネシア保健省（Ministry of Health: MoH）や国際的な保健機関のデータに依拠することなど、COVID-19 のパンデミックを通じた教訓を生かしながら、持続可能な公衆衛生の取り組みを進めることが求められている²⁶。

保健財政の状況について、一人あたりの保健支出は、2005 年には 34 米ドルであったの

²⁶ Biyan Nathanael Harapan et al. From Archipelago to Pandemic Battleground: Unveiling Indonesia's COVID-19 Crisis, J Epidemiol Glob Health. 2023 Sep 14;13(4):591–603. doi: 10.1007/s44197-023-00148-7. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10686963/#:~:text=The%20Indonesian%20government%20promptly%20responded,social%20distancing%20protocols%20%5B6%5D>. （参照 2024-11-25）

が、2010 年には 86 米ドル、2021 年には 161 米ドルにまで上昇しており（図 2-4）、インドネシア政府による保健支出も 2005 年の 28.9%、2010 年の 23.7%、2021 年には 59.4%へと、大きく増加している。一方で、インドネシアの保健支出に占める自己負担支出（Out of Pocket Spending: OOPS）の割合は、2010 年の 60.6%から、2015 年の 43%、2021 年の 27.5%へと大きく減少した²⁷。つまり、一人あたりの保健支出は医療サービスの拡大や医療技術の高度化に伴い急上昇したものの、それに対する政府支出等も拡大しており、OOPS は減少している。2022 年 7 月には、インドネシア政府は全国のいくつかの病院で「標準入院クラス（Standard Inpatient Health Class: KRIS）」制度を導入している。それまでの 3 階層のクラス制（医療保険の月額保険料に応じて患者が診療を受ける病室が異なる仕組み）が廃止され、KRIS では病室の施設基準を規定し、医療サービスの質、安全性、快適性の向上を目指している²⁸。2023 年までに、995 の病院が KRIS 制度を導入済み、1,216 の病院が導入に向けて取り組んでおり、インドネシア政府は 2025 年までに 3,060 の病院にまで増加させる見込みである²⁹。

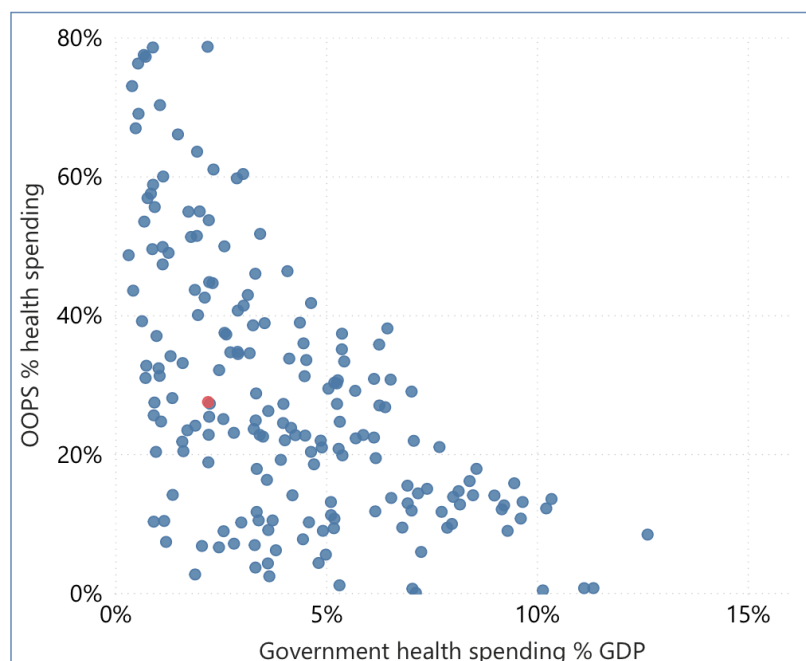


図 2-3 各国の GDP に占める保健支出割合と保健支出に占める自己負担割合の相関性（2021）

出典：WHO. “Global Health Expenditure Database”.

²⁷ WHO. “Global Health Expenditure Database”.

https://apps.who.int/nha/database/country_profile/Index/en（参照 2024-11-25）

²⁸ The PRAKARSA. “Healthcare costs leave Indonesians out-of-pocket”.

<https://theprakarsa.org/healthcare-costs-leave-indonesians-out-of-pocket%EF%BF%BC/>（参照 2024-11-25）

²⁹ ANTARA. “Ministry aims to implement KRIS at 3,060 hospitals by 2025”.

<https://en.antaranews.com/news/313563/ministry-aims-to-implement-kris-at-3060-hospitals-by-2025>（参照 2024-11-25）

https://apps.who.int/nha/database/country_profile/Index/en (参照 2024-11-25)

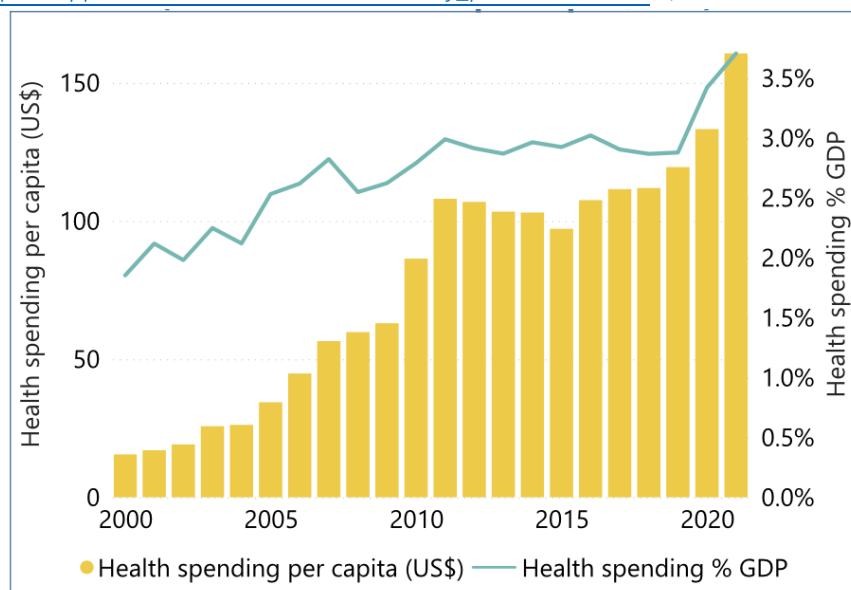


図 2-4 インドネシアの一人あたりの保健支出と保健支出の対 GDP 比 (%) (2021)

出典：WHO. “Global Health Expenditure Database”.

https://apps.who.int/nha/database/country_profile/Index/en (参照 2024-11-25)

2.1.2 政策

2.1.2.1 国家開発政策

インドネシアの国家開発政策としては、まず長期国家開発計画 2005-2025 (Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional 2005-2025: RPJPN) が策定されており、持続可能な経済成長、社会福祉の向上、インフラ整備、環境保護、地域間の格差是正を重視する総合的なアプローチで進められている³⁰。また、5年ごとに策定される国家中期開発計画 (Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2020-2024: RPJMN) では、経済成長、社会福祉、持続可能な開発と環境保護、地方開発と地域格差の解消、人材開発が主な政策の柱とされており、COVID-19 パンデミックの影響による保健や経済へのダメージの回復、デジタルトランスフォーメーションが特に重要視されている。また、RPJMN では、保健医療分野において、特に以下の重点目標を掲げている³¹。

³⁰ President of the Republic of Indonesia. Law of the Republic of Indonesia Number 17 of 2007 on Long-term National Development Plan of 2005-2025.

<https://policy.asiapacificenergy.org/sites/default/files/LONG-TERM%20NATIONAL%20DEVELOPMENT%20PLAN%20OF%202005-2025%20%28EN%29.pdf>

(参照 2024-11-25)

³¹ Republik Indonesia. Lampiran Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2020 Tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2020-2024. https://perpustakaan.bappenas.go.id/e-library/file_upload/koleksi/migrasi-data-publikasi/file/RP_RKP/Dokumen%20RPJMN%202020-2024/Lampiran%201.%20Narasi%20RPJMN%202020-2024.pdf (参照 2024-11-25)

- 1) ユニバーサル・ヘルス・カバレッジ (Universal Health Coverage: UHC) の達成：2024 年までにインドネシア全人口の少なくとも 98%が全国健康保険プログラム (Jaminan Kesehatan Nasional: JKN^{32 33}) に参加することを目指す。
- 2) 予防と健康促進の重視：医療提供の中心を治療型から予防・健康促進型に転換し、地域の保健所 (Puskesmas) や統合ヘルスポスト (Posyandu) を活用した地域社会の健康増進を図る。
- 3) 重大疾患への対応強化：全国の医療機関が、がん、心臓病、脳卒中、腎疾患といった主要死因となる疾患に対する治療を提供できるよう、医療施設とリソースを強化する。
- 4) 地方自治体の役割拡大：脆弱層 (障害者、高齢者、孤立した地域住民など) の JKN 登録を進めるために地方自治体が重要な役割を果たす支援をする。

医療費負担の公平性確保：家庭の収入に占める医療費の自己負担率を軽減し、誰もが必要な医療サービスを受けられる仕組みを強化する。

2.1.2.2 保健医療政策

保健セクターは、上記 RPJMN で優先課題とされ、感染症の管理、母子保健、医療アクセス改善が重点分野として掲げられている。具体的には、感染症対策として、MDR-TB を含む結核への対応、COVID-19 に対応するためのワクチン接種の拡大、検査施設の拡充、デジタル健康管理システムの導入が強調されている。また、保健省戦略計画 2020-2024 年 (Rencana Strategis Kementerian Kesehatan Tahun 2020-2024) では RPJMN に基づいた中期的な発展計画を策定しており、具体的には、社会全体の健康レベルの向上や、国民が公平に質の高い医療サービスを受けられるようにするための戦略を盛り込んでいる。主要な目標としては、保健システムの強化、健康格差の縮小、予防医療の促進、そして医療インフラの整備が含まれる。また、JKN の拡充や、保健医療従事者の能力向上も重要な焦点となっている³⁴。

³² 社会保険庁が運営を担当する 2014 年 1 月に設立されたインドネシアの国民健康保険制度。公共および民間の医療機関が参加しており、一次医療から高度専門医療まで幅広いサービスを提供する。

³³ Nirwan Maulana. How Jaminan Kesehatan Nasional (JKN) coverage influences out-of-pocket (OOPS) payments by vulnerable populations in Indonesia, PLOS Glob Public Health . 2022 Jul 7;2(7):e0000203. doi: 10.1371/journal.pgph.0000203. [https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10021284/#:~:text=The%20Government%20of%20Indonesia%20\(GoI,The%20National%20Social%20Security%20System.](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10021284/#:~:text=The%20Government%20of%20Indonesia%20(GoI,The%20National%20Social%20Security%20System.) (参照 2024-11-25)

³⁴ WHO. "PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 21 TAHUN 2020 TENTANG RENCANA STRATEGIS KEMENTERIAN KESEHATAN TAHUN 2020-2024 (Regulation of the Minister of Health of the Republic of Indonesia Number 21 of 2020 Concerning the Strategic Plan of the Ministry of Health for 2020-2024)". <https://extranet.who.int/mindbank/item/7400> (参照 2024-11-25)

2.1.2.3 感染症対策関連政策

感染症については、これまで法律や MoH 規則により定められている。最新の「2023 年健康法第 17 号」(Law No. 17 of 2023 concerning about Health) は「2009 年健康法第 36 号」(Law No. 36 of 2009 concerning Health) に置き換わる形で、医療人材、医療サービス、医療財政、緊急事態への対応、医療責任と法的枠組みに関する変更を導入しており、特に感染症の分野では公衆衛生上の緊急事態やアウトブレイクに対するプロトコルを強化し、国際的な好事例に合わせた対応能力を向上させることが謳われている。また、「2014 年サーベイランスの実施に関する保健大臣規則第 45 号」(Minister of Health Regulation No. 45 of 2014 concerning the Implementation of Health Surveillance) では、国家レベルで保健データおよび情報を管理する能力を向上させることが目的とされており、適切な健康監視システムを整備することで、定期的で継続的、かつ信頼性の高いデータと情報を提供できることが期待されている。

その他、感染症サーベイランスに関連する政策について以下の表 2-3 にまとめる。

表 2-3 インドネシアの公衆衛生検査室関連政策

	原語／英語訳	日本語訳
1	Law No. 17 of 2023 concerning about Health	2023 年健康法第 17 号
2	Law No. 4 of 1984 concerning Outbreaks of Communicable Diseases	1984 年伝染病発生に関する法律第 4 号
3	Law No. 36 of 2009 concerning Health	2009 年健康法第 36 号
4	Law No. 6 of 2018 concerning Health Quarantine	2018 年衛生検疫に関する法律第 6 号
5	Minister of Health Regulation No. 949/Menkes/SK/VIII/2004 concerning Guidelines for the Implementation of an Outbreak Early Alert System	アウトブレイク早期警報システムの実施ガイドラインに関する保健省規則第 949/Menkes/SK/VIII/2004 号
6	Minister of Health Regulation No. 1501/Menkes/Per/X/2010 concerning Types of Communicable Diseases That Can Cause Outbreaks and Its Mitigation Measures	集団発生を引き起こす可能性のある伝染病の種類に関する保健省規則 No.1501/Menkes/Per/X/2010 号
7	Minister of Health Regulation No. 82 of 2014 concerning Control of Communicable Diseases	2014 年伝染病の管理に関する保健大臣規則第 82 号
8	Minister of Health Regulation No. 45 of 2014 concerning the Implementation of Health Surveillance	2014 年サーベイランスの実施に関する保健大臣規則第 45 号

出典：調査団作成

2.1.2.4 病原体ゲノム関連政策

前述の新たな保健法「2023 年健康法第 17 号」によると、MoH 公衆衛生総局 (Directorate General for Public Health) 傘下にある二つの国立公衆衛生検査室、ジャカルタの健康生物学研究センター (Center for Health Biology Laboratory および Balai Besar Laboratorium Biologi Kesehatan: BBLBK) とサラティガ市に位置する国立環境衛生研究センター (Center for Environmental Health Laboratory および Balai Besar Laboratorium Kesehatan

Lingkungan: BBLKL)が、ゲノムサーベイランスを担うとされている。このほか、生物医学・ゲノム科学研究所 (Biomedical and Genome Science Initiative: BGSi) およびインドネシア国家研究イノベーション庁 (Badan Riset dan Inovasi Nasional: BRIN) も協力機関となるが、BGSi は主に高度医療、具体的にはヒトゲノムに基づくオーダーメイド医療の実現や医薬品開発を対象とし、BRIN は主に研究目的でゲノム解析を行うとされている。また、病原体ゲノムサーベイランスに関連する政策については、SARS-CoV-2 パンデミックの際に「SARS-CoV-2 ウイルスゲノムのサーベイランスのための検査機関のネットワークに関する 2021 年保健大臣令 HK 01.07 号 (Minister of Health Decree No. HK 01.07 of 2021 regarding the network of laboratories for the surveillance of SARS-CoV-2 virus genomes)」が交付されて以降、新たな政策は策定されていない。

インドネシアの国家病原体ゲノムサーベイランス戦略については、2024 年 7 月より世界保健機関 (World Health Organization: WHO) 主導によるワークショップにおいて検討され始める予定であったが、2023 年 10 月に新たな大統領の下で新政権が発足し、MoH 内部の人事も大きく変わる事などから、2024 年 8 月時点で実施に至っていない³⁵。

2.1.3 病原体ゲノムサーベイランスの現状と課題

2.1.3.1 病原体ゲノムサーベイランス主要機関

(1) 保健省 (Ministry of Health)

MoH は、インドネシア全土の公衆衛生を担っており、保健医療データの管理、医療専門職教育、疾病対策、マルチセクターや地方政府との協働を行い、また、国外での感染症拡大やアウトブレイクの可能性についての情報を得た場合、警戒を強化し、入国港などでの予防措置を含む対応をとる義務がある³⁶。保健セクターにおける国家中期開発計画を中核とした 6 つの柱を基礎とした業務を行っている (図 2-5)。

図 2-6 は、2024 年 12 月時点での MoH の組織図である。このうち、公衆衛生総局、疾病予防管理総局 (Directorate General for Disease Prevention and Control) が、病原体ゲノムサーベイランスに関連した業務を行っている。疾病予防管理総局の中でも特にサーベイランス・保健検疫局 (Directorate for Surveillance and Health Quarantine)、感染症予防管理局 (Directorate for Communicable Disease Prevention and Control) が病原体ゲノムサーベイランスに関わる主要な部署となっている。

なお、MoH は大統領令第 161 号(2024 年)と保健大臣令第 21 号(2024 年)に基づき、2025 年 1 月に MoH 組織改変を実施した。これに伴い、主要総局は事務総局 (General Secretariat)、高度医療総局 (Directorate General of Advanced Health)、プライマリー & 地域保健総局 (Directorate General of Primary and Community Health)、疾病管理総局 (Directorate

³⁵ 2024 年 8 月 15 日の WHO へのインタビュー調査より (WHO インドネシア事務所にて)

³⁶ President Republic Indonesia. Law of the Republic of Indonesia Number 17 of 2023 about Health, 2023.

General of Disease Management)、保健人材総局 (Directorate General of Health Human Resources) などとなっている³⁷。

³⁷ Kemenkes Direktorat Jenderal Kesehatan Lanjutan. “Menteri Kesehatan Melantik Pejabat Pimpinan Tinggi Pratama dan Direksi Rumah Sakit di Lingkungan Kemenkes RI”. <https://yankes.kemkes.go.id/read/2410/menteri-kesehatan-melantik-pejabat-pimpinan-tinggi-pratama-dan-direksi-rumah-sakit-di-lingkungan-kemenkes-ri> (参照 2025-1-22)

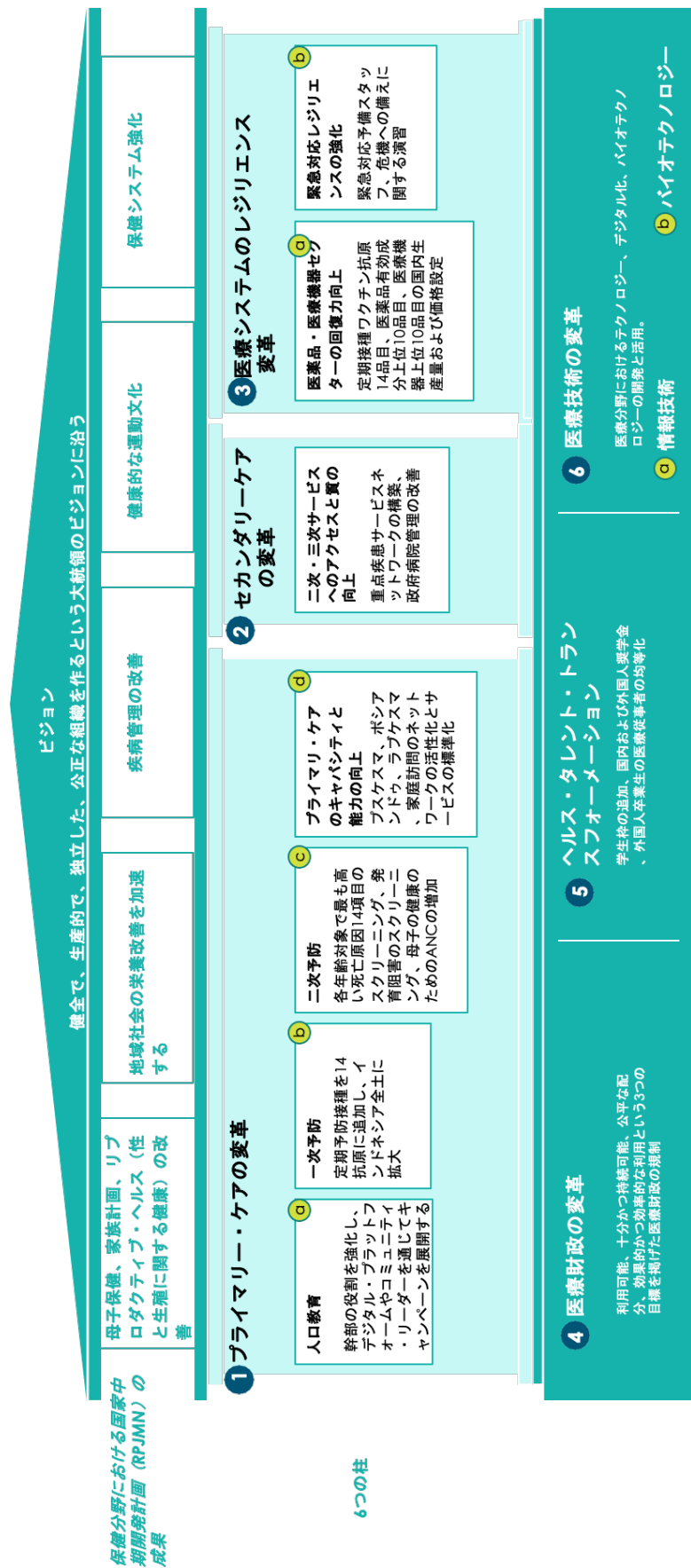


図 2-5 保健セクターにおける国家中期開発計画を中核とした6つの柱

出典：MoH 提供資料

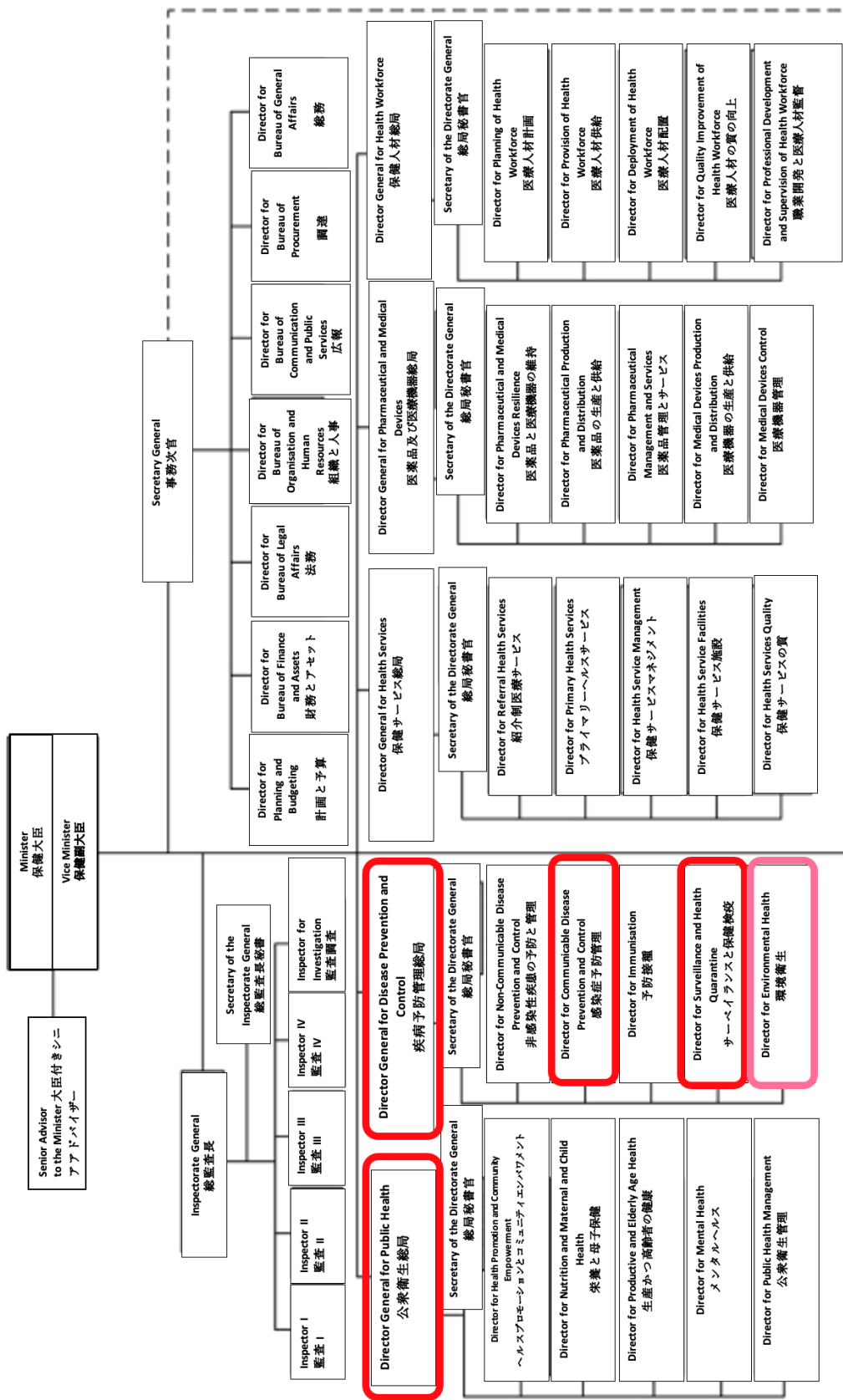


図 2-6 MoH 組織図 (抜粋)

出典：MoH 提供資料

(2) 実施機関

1) 公衆衛生総局 (Directorate General for Public Health)

公衆衛生総局は、インドネシア全土の公衆衛生検査室を管轄している。インドネシアの保健システムは末端からポシアンドゥ (Posyandu)、ポシアンドゥプリマ (Posyandu Prima)、プスケスマス (Puskesmas)、病院といった構造になっているが、公衆衛生検査室は、プスケスマスレベルのティア 1 から国立レベルのティア 5 までの 5 層に分かれている。公衆衛生総局は、特にティア 4~5 の国立公衆衛生検査室および地域公衆衛生検査室の直接的な管理を行う。ティア 1~3 の公衆衛生検査室は、それぞれが位置する地方自治体が管理を行う³⁸。ティア 5 検査室は、各種検査のほか、下位検査室のモニタリング、スタッフの育成、政策立案や健康プログラム開発などの責務も負う。また、ティア 4 検査室も、人材育成や地域保健センターの技術指導といった責務を負う³⁹。

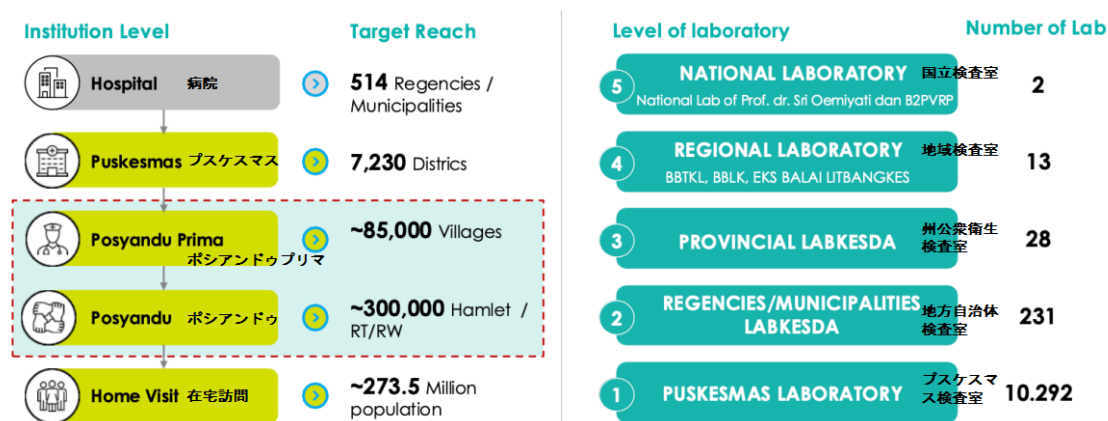


図 2-7 インドネシアの保健システムと公衆衛生検査室の構造

出典：MoH. Indonesian Pathogen Genomics Initiative.

2) 疾病予防管理総局 (Directorate General for Disease Prevention and Control)

疾病予防管理総局は、疾病の発生を予防し、適切な対応をとるための監視、計画、ワクチン供給、国際協力、緊急事態対応を責務としている。これにより、公衆衛生の向上と感染症拡大の防止に寄与している⁴⁰。また、同局はサーベイランス・保健検疫局から報告された発生リスクの高い感染症の分析を基に、プログラムや規制の策定に貢献している⁴¹。

疾病予防管理総局傘下のサーベイランス・保健検疫局は、国内における感染症の拡大を防ぎ、グローバルな健康安全保障を守るための重要な役割を担うべく、サーベイランスと検疫

³⁸ 2024 年 8 月 1 日の MoH 公衆衛生総局へのインタビュー調査より (MoH にて)

³⁹ Ministry of Health Republic of Indonesia. Strengthening Public Health Laboratory in Indonesia.

⁴⁰ WHO. “Ending the burden of dengue infection: Indonesia launched the 2021-2025 National Strategic Plan for Dengue Control Programme”. (参照 2024-11-26)

⁴¹ 2024 年 8 月 19 日のサーベイランス・検疫総局へのインタビュー調査より (MoH にて)

体制の維持を行っている。同局には検査室サーベイランス作業部会とサーベイランス作業部会がある。検査室サーベイランス作業部会は検査室ベースのサーベイランスのみに焦点を当て、検査室のデータのみに基づいて監視が実施されている。具体的には、公衆衛生検査室からデータを収集し、特に発生の可能性がある感染症について分析を行い、その結果を疾病予防管理総局に報告する。この報告が、MoH のプログラムや規制を策定するための基礎となる。一方で、サーベイランス作業部会は、早期警戒・警報・対応システム (Early Warning, Alert and Response System: EWARS) と、その報告メカニズムをモニタリングする責務を負っている⁴²。

2.1.3.2 サーベイランス

(1) 感染症サーベイランス

1) 対象ウイルス、疾患、優先順位等

2007 年政府規則第 38 号によると、MoH は感染症サーベイランスを含む様々な保健サービスを組織し、実施することが義務付けられている。疾病発生の報告とサーベイランスのメカニズムとしては、特定の疾病の症例や症状の増加が報告されると、調査チームが疫学的傾向を検討し、24 時間以内に発生を食い止めるための行動計画を作成する。

感染症サーベイランスの対象疾患は、MoH 規則により定められている (表 2-4)。

表 2-4 対象疾患一覧

規則	No.	疾病 (英文)	疾病 (和文)
2010 年の保健大臣令第 1501 号に基づく、集団発生の原因となる特定感染症	1	Cholera	コレラ
	2	Plague	ペスト
	3	Dengue Fever	デング熱
	4	Measles	麻疹
	5	Polio	ポリオ
	6	Diphtheria	ジフテリア
	7	Pertussis (Whooping Cough)	百日咳
	8	Rabies	狂犬病
	9	Malaria	マラリア
	10	Avian Influenza (H5N1)	鳥インフルエンザ (H5N1)
	11	Anthrax	炭疽
	12	Leptospirosis	レプトスピラ症
	13	Hepatitis	肝炎
	14	Novel Influenza A (H1N1)	新型インフルエンザ A (H1N1)
	15	Meningitis	髄膜炎
	16	Yellow Fever	黄熱
	17	Chikungunya	チクングニア熱

⁴² 2024 年 8 月 19 日のサーベイランス・検疫総局へのインタビュー調査より (MoH にて)

2014 年の保健大臣令第 82 号に基づく、直接的な感染症伝染病の種類	1	Diphtheria	ジフテリア
	2	Pertussis	百日咳
	3	Tetanus	破傷風
	4	Polio	ポリオ
	5	Measles	麻疹
	6	Typhoid	腸チフス
	7	Cholera	コレラ
	8	Rubella	風疹
	9	Yellow Fever	黄熱
	10	Influenza	インフルエンザ
	11	Meningitis	髄膜炎
	12	Tuberculosis	結核
	13	Hepatitis	肝炎
	14	Diseases caused by Pneumococcus	肺炎球菌による疾患
	15	Diseases caused by Rotavirus	ロタウイルスによる疾患
	16	Diseases caused by Human Papillomavirus (HPV)	ヒトパピローマウイルス (HPV) による疾患
	17	Ebola virus disease	エボラウイルス病
	18	MERS-CoV	MERS-CoV
	19	Gastrointestinal Infections	胃腸感染症
	20	Sexually Transmitted Infections	性感染症
	21	Human Immunodeficiency Virus (HIV) Infection	ヒト免疫不全ウイルス (HIV) 感染症
	22	Respiratory Tract Infections	呼吸器感染症
	23	Leprosy	ハンセン病
	24	Yaws	ヨーズ (フランペジア)
2014 年の保健大臣令第 82 号に基づく、媒介生物感染症および動物媒介感染症の種類	1	Malaria	マラリア
	2	Dengue Fever	デング熱
	3	Chikungunya	チクングニア熱
	4	Filariasis and Helminthiasis	フィラリア症および蠕虫症
	5	Schistosomiasis	住血吸虫症
	6	Japanese Encephalitis	日本脳炎
	7	Rabies	狂犬病
	8	Anthrax	炭疽
	9	Plague	ペスト
	10	Toxoplasmosis	トキソプラズマ症
	11	Leptospirosis	レプトスピラ症
	12	Avian Influenza (Bird Flu)	鳥インフルエンザ
	13	West Nile	ウエストナイル熱

出典：Ministry of Health. Minister of Health Regulation No. 1501 of 2010.
<https://peraturan.go.id/id/permenkes-no-1501-tahun-2010> (参照 2024-11-27)

Ministry of Health. Minister of Health Regulation No. 82 of 2014.
<https://peraturan.go.id/id/permenkes-no-82-tahun-2014> (参照 2024-11-27)

Ministry of Health. Minister of Health Regulation No. 82 of 2014.
<https://peraturan.go.id/id/permenkes-no-82-tahun-2014> (参照 2024-11-27)

感染症サーベイランスでは、EWARS またはその他のメカニズムを通じて、発生リスクのある 24 の疾病について、郡レベルの保健施設であるプスケスマスから毎週データを収集する。EWARS データは、早期警戒・対応システム (Sistem Kewaspadaan Dini dan Respons: SKDR) を通じて地方レベルから中央レベルへと報告されていく。SKDR には、指標に基づくサーベイランス (Indicator-based Surveillance: IBS) とイベントに基づくサーベイランス (Event-based Surveillance: EBS) の 2 種類の報告があり、IBS では、症状と疾病についてすべてのプスケスマスから毎週報告され、EBS では、病院、海港保健センター、研究所、または地方自治体から異常事態の報告を受け付け、新全記録システム (New All Record: NAR) を通じて報告される。なお、NAR の対象は、結核、未知の肝炎、エムポックス、SARS-CoV-2 のみとされている⁴³。

感染症の早期発見ツールである EWARS は、感染症サーベイランスの一環として、サーベイランス・保健検疫局のサーベイランス作業部会の管轄の下で運用されている。EWARS に関しては、サーベイランスとは何か、EWARS の概略、報告・レスポンスのメカニズム、症例定義などが包括的に記載された「早期警戒・対応システムと潜在的な疾病の発生／集団発生のためのガイドライン (Pedoman (Guideline) Sistem Kewaspadaan Dini dan Respon (SKDR) Penyakit Potensial KLB / Wabah)」と、届出疾患ごとのプロセスがアルゴリズム形式で記載され実践的な「早期警戒・対応システムのアルゴリズム (Algoritma (Algorithm) Sistem Kewaspadaan Dini dan Respon (SKDR))」という 2 つのガイドラインが整備されている⁴⁴。EWARS のデータは、プスケスマスレベルの医療従事者から、保健プログラムを継続的にモニタリングするための管理ツールとして利用されている地域モニタリングシステム (Pemantauan Wilayah Setempat: PWS) を通じて収集される⁴⁵。

⁴³ 2024 年 8 月 19 日のサーベイランス・保健検疫局へのインタビュー調査より (MoH にて)

⁴⁴ JICA インドネシア国感染症早期警戒対応能力強化プロジェクト提供資料

⁴⁵ Asia Pacific Observatory on Health Systems and Policies. The Republic of Indonesia Health System Review.

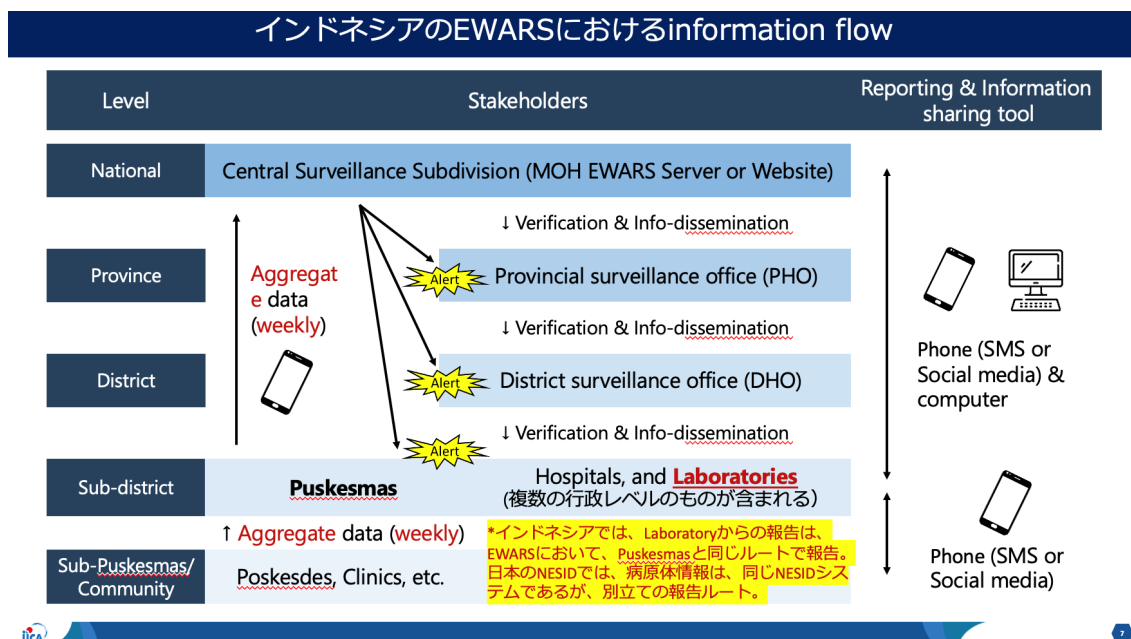


図 2-8 インドネシアの EWARS における情報の流れ

出典：JICA インドネシア国感染症早期警戒対応能力強化プロジェクト提供資料

2) インフルエンザおよび重症急性呼吸器感染症

インフルエンザ様疾患 (Influenza-like illness: ILI) や重症急性呼吸器感染症 (Severe Acute Respiratory Infection: SARI) に関しては、サーベイランス・保健検疫局が WHO や米国疾病予防管理センター (Centers for Disease Control and Prevention: CDC) と協力してプログラムを管轄しており、インフルエンザウイルスと SARS-CoV-2 の分布拡大の把握も行っている。インドネシア全土にセンチネルサイトが設置されており、88 のセンチネルサイトから、特定の基準に基づいて毎週検体が収集され、地域公衆衛生検査室 (ティア 4) に送られる。88 のセンチネルサイトは、39 のプスケスマス (もしくは保健センター)、35 の病院、14 の出入国地点 (Point of Entry: POE) で構成されており、POE には、空港、港、国境検問所などが含まれる。全て受動的サーベイランスである。COVID-19 については、検査結果が CT 値 (Cycle Threshold) ⁴⁶30 未満の場合、検体はゲノム解析に進む。同様に、インフルエンザについても、CT 値が 30 未満であれば、検体はゲノム解析を行うために、国立公衆衛生検査室 (ティア 5) に送られる。ILI のスクリーニングはプスケスマスで実施され、SARI のスクリーニングは病院で行われる。新たな発生の可能性がある病原体の特定に関し

⁴⁶ 遺伝子検査における Ct 値とは、標的遺伝子の陽性結果が得られるまでの遺伝子増幅のサイクル数である。Ct 値が 30 ということは、30 サイクルの増幅で陽性が得られたことを示すものであり、その数値が小さいほど標的遺伝子の量が多い (大きいほど標的遺伝子の量が少ない) ということになる。(厚生労働省、遺伝子検査における Ct 値活用の方向性について ~ウイルス量および感染性との関連を中心に~、<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000856819.pdf> (参照 2024-12-5))

ては、BRIN と協力して病原体の探知を行っている⁴⁷。

3) SARS-CoV-2 におけるサーベイランス

SARS-CoV-2 のゲノムサーベイランスに関しては、外国人旅行者および国境地域出身者の検体情報は保健検疫副局長（Sub-directorate of Health Quarantine）および港湾保健事務所（Port Health Office）を通じてサーベイランス・保健検疫局に報告される。サーベイランス・保健検疫局は、サーベイランス分局（Sub-directorate of Surveillance）および新興感染症分局（Sub-directorate of Emerging Infections）を通じて、症例が急激に増加している地域や異常事態の特定と、感染が急速に拡大しているクラスターの特定を行う。州、市、区の保健局は、それぞれの地域で定められている基準と照らし合わせて症例を報告し、サーベイランス・保健検疫局が症例を判断する⁴⁸。

パンデミック時の COVID-19 のデータの流れとしては、スワブ検査実施時に、患者データが NAR に入力され、検体は州の COVID-19 レファレンス検査室に送付された後、検査結果は 2～3 日以内に NAR に正式登録される。公式のデータフローでは、NAR が主要システムであったが、NAR はアクセス困難や入力遅延がしばしば発生し、一方で、中央政府への日次報告が必要であることから WhatsApp が通信の主流になった。NAR には検査結果がリアルタイムで反映されない、一部の検査機関の情報が入力できないといった課題が散見され、COVID-19 報告システムには改善の余地があり、システム間の統合やデータ入力の手続き的な対応が課題であることが確認された⁴⁹。

4) 合同外部評価（Joint External Evaluation）

インドネシアは、IHR のコアキャパシティに関する 2 回目の JEE を 2023 年 10 月に完了したところである。表 2-5 は、2023 年の JEE の結果をまとめたものである。スコアの数値はそれぞれ、「1 能力なし（No Capacity）」、「2 能力は限定的（Limited Capacity）」、「3 能力は発達している（Developed Capacity）」、「4 能力は実証されている（Demonstrated Capacity）」、「5 能力は持続可能（Sustainable Capacity）」を表す。

JEE の報告によると、インドネシアの国土の規模、人口、自然災害に対する脆弱性が同国に独自の公衆衛生課題をもたらしているが、インドネシアはこれらの課題に十分対応でき

⁴⁷ 2024 年 8 月 19 日のサーベイランス・検疫総局へのインタビュー調査より（MoH にて）

⁴⁸ Keputusan Menteri Kesehatan No. HK 01.07 tahun 2021 tentang jejaring laboratorium surveilans genom virus SARS-Cov-2（SARS-CoV-2 ウイルスゲノムのサーベイランスのための検査機関のネットワークに関する 2021 年厚生大臣令 HK 01.07 号）

⁴⁹ The Partnership for Australia-Indonesia Research (PAIR). One Data: COVID-19, health data connectivity and integration in Indonesia-a case study of Yogyakarta, 2019.
<https://pair.australiaindonesiacentre.org/wp-content/uploads/2021/08/One-Data-COVID-19-health-data-connectivity-and-integration-1-1.pdf>（参照 2024-11-27）

ており、地域および世界での公衆衛生におけるリーダー的役割を果たしていると評価されている。特に、インドネシアの強みとしては、公衆衛生に対する強い政治的コミットメント、国家のワンヘルス政策などの公衆衛生のための強固な法的枠組み、デジタルベースのアプリケーションを備えた効果的でアクセスしやすい予防接種サービス、そして全州に広がる広範な研究所ネットワークによる、分子診断（Molecular Diagnostic）、全ゲノムシーケンス（Whole Genome Sequencing: WGS）などの新しいテクノロジーの活用である。今後、これらの強みを基盤としつつ、以下の提言に基づき現在の課題を克服することで、インドネシアが公衆衛生における地域リーダーとしてのさらに大きな役割を果たすことができると期待されている⁵⁰。

- 医療セクターのデジタルトランスフォーメーションを拡大・迅速化し、効率性の向上、イノベーションの促進、さらなる改善のためのエビデンス基盤の生成を実現する。
- サービス施設とサービスの現行認証プログラムを普及させ、最適なカバレッジと品質を確保するために適切な規制メカニズムとのバランスをとる。
- リスクとエビデンスに基づいたアプローチを活用して、計画立案、優先順位設定、健康安全強化のための資源配分を行う。
- 合同レビュー、評価、シミュレーション演習の文化を醸成し、発生する緊急事態から学び、起こりうる緊急事態への備えを国家の全レベルで行う。
- 既存の公衆衛生機能および関連する規制を見直し、さまざまなレベルで緊急事態に対応できるよう、文脈に応じた計画、能力開発、維持を可能にする。

表 2-5 インドネシアにおける JEE スコアのまとめ

技術分野	指標	スコア
予防		
P1. 法的手段	P1.1 法的手段	4
	P1.2. 保健緊急事態におけるジェンダー平等	4
P2. 資金調達	P2.1. IHR 実施のための資金調達	4
	P2.2 公衆衛生緊急事態対応のための資金調達	4
P3. IHR 調整、国内 IHR フォーカルポイント機能、アドボカシー活動	P3.1. 国内 IHR フォーカルポイントの機能	3
	P3.2. 多部門調整メカニズム	4
	P3.3 IHR、準備、または保健の安全保障のための戦略的計画立案	3
P4. 薬剤耐性（AMR）	P4.1. AMR に関する多部門調整	3
	P4.2. AMR のサーベイランス	3

⁵⁰ WHO. Joint External Evaluation of IHR Core Capacities of Indonesia: Mission report: 16-20 October 2023. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/379502/9789240095151-eng.pdf?sequence=1>（参照 2025-1-22）

	P4.3.	多剤耐性菌（multidrug-resistant organisms: MDRO）の予防	3
	P4.4.	ヒトの健康における抗菌薬の最適使用	3
	P4.5.	動物衛生および農業における抗菌薬の最適使用	3
P5. 人獣共通感染症	P5.1.	人獣共通感染症のサーベイランス	4
	P5.2.	人獣共通感染症への対応	3
	P5.3.	衛生的な動物生産の実践	3
P6. 食品安全	P6.1.	食中毒と汚染のサーベイランス	4
	P6.2.	食品安全緊急事態への対応と管理	3
P7. バイオセーフティとバイオセキュリティ	P7.1.	ヒト、動物、農業施設に対する政府全体のバイオセーフティおよびバイオセキュリティシステムの整備	2
	P7.2.	すべての関連部門（ヒト、動物、農業を含む）におけるバイオセーフティおよびバイオセキュリティのトレーニングと実践	4
P8. 予防接種	P8.1.	国家プログラムによるワクチン接種率（麻疹）	5
	P8.2.	全国的なワクチンの入手と供給	4
	P8.3.	VPD 流行時の集団予防接種	5
検知			
D1. 国立研究所システム研究所	D1.1.	検体のレファラルと輸送システム	3
	D1.2.	臨床検査品質システム	4
	D1.3.	臨床検査能力	4
	D1.4.	効果的な全国診断ネットワーク	4
D2. サーベイランス	D2.1.	早期警戒サーベイランス機能	4
	D2.2.	イベントの検証と調査	4
	D2.3.	分析と情報共有	3
D3. 人的資源	D3.1.	多部門の労働力戦略	3
	D3.2.	IHR 実施のための人的資源	3
	D3.3.	労働力の訓練	4
	D3.4.	公衆衛生事象発生時の労働力の急増	4
対応			
R1. 健康危機管理	R1.1.	緊急時のリスク評価と準備	4
	R1.2.	公衆衛生緊急時の活動	4
	R1.3.	保健衛生緊急事態対応の管理	5
	R1.4.	公衆衛生緊急事態における保健要員の活性化と調整	5
	R1.5.	緊急時の物流・サプライチェーン管理	4
	R1.5.	研究、開発、技術革新	3
R2. 公衆衛生当局と安全保障当局の連携	R2.1.	生物学的、化学的、放射線学的事象が疑われる、または確認された場合に、公衆衛生当局と安全保障当局（法執行機関、国境管理、税関など）が連携する。	4
R3. 保健サービスの提供	R3.1.	症例管理	4
	R3.2.	保健サービスの利用	4
	R3.3.	必須保健サービス（EHS）の継続性	4
R4. 感染予防と管理（IPC）	R4.1.	IPC プログラム	3

	R4.2.	医療関連感染（Health Care Associated Infection: HCAI） ⁵¹ サーベイランス	3
	R4.3.	医療施設の安全環境	3
R5. リスクコミュニケーションと地域社会の関与（RCCE）	R5.1.	緊急時の RCCE システム	4
	R5.2.	リスクコミュニケーション	4
	R5.3.	地域社会の関与	4
IHR（国際保健規則）に関連するハザードと出入国管理、国境における保健対策			
PoEs： 入国地点と国境衛生	PoE1.	PoE（空港、港湾、陸上交差点）における常時必要な中核的能力	4
	PoE2.	PoE における公衆衛生対応	4
	PoE3.	海外渡航関連措置のリスクベースアプローチ	4
CE： 化学的事象	CE1.	化学的事象又は緊急事態の検知及び対応のためのメカニズムの確立及び機能	3
	CE2.	化学的事象を管理するための環境整備	3
RE： 放射線緊急事態	RE1.	放射線及び原子力緊急事態を検知し、対応するために確立され、機能しているメカニズム	3
	RE2.	放射線・原子力緊急事態管理のための環境整備	3

出典：WHO. Joint external evaluation of IHR core capacities of Indonesia.

(2) 病原体ゲノムサーベイランス

インドネシアでは、国の方策としては結核を中心とした病原体ゲノム解析を行うとしており、その他の病原体についても結核からの経験を基に拡大していくこととしている。2024 年 8 月の調査実施時点で、病原体ゲノムサーベイランスの優先疾患とされているのは、SARS-CoV-2、インフルエンザ、結核、AMR、エムボックス、ポリオ、肝炎および急性腎障害である。今後の病原体ゲノム解析の強化のためには、2024 年第 4 四半期に策定される予定の国家ゲノムサーベイランス戦略を基盤とした、疾病予防とコントロール、公衆衛生、臨床サービス、保健開発政策といった様々な分野と協働することが重要であると認識されている。また、すべての優先病原体について、国家ゲノムデータリポジトリの強化が必要であり、専門的知識を持った人材の育成も重要であることが認識されている⁵²。

結核を対象とした病原体ゲノム解析については、2023 年に策定された「結核スクリーニングのための次世代シーケンシング（Next Generation Sequencing: NGS）⁵³技術導入のた

⁵¹ 病院に入院した患者が、入院理由とは異なる感染症を獲得した場合や、入院時に感染が存在していなかった患者に発生する感染症と定義される。これには、病院内で感染し、退院後に発症する感染や、医療従事者における職業感染も含まれる。（WHO. Patient Safety Solutions. https://cdn.who.int/media/docs/default-source/patient-safety/curriculum-guide/resources/ps-curr-handouts/course09_handout_infection-prevention-and-control.pdf?sfvrsn=f7724fa5_9（参照 2024-12-17））

⁵² MoH. Indonesian Pathogen Genomics Initiative, 2024.

⁵³ 遺伝物質を分析し、大量の DNA または RNA の迅速なシーケンスを可能にする最新の方法。従来のシーケンス技術とは異なり、NGS は数百万もの DNA の小さな断片を同時にシーケンスできるため、ゲノム研究の規模もディスカバリーを行うパワーも拡大することができる。（illumina. NGS とは？ <https://jp.illumina.com/science/technology/next-generation-sequencing/beginners.html>（参照 2024-11-

めのロードマップ（Peta Jalan Implementasi Teknologi Next-Generation Sequencing (NGS) Untuk Pemeriksaan Tuberkulosis di Indonesia)」の下で、2024 年から 2029 年にかけて、AMR サーベイランス、薬剤耐性結核患者の臨床管理、研究と技術革新、結核バイオバンクの能力向上が実施される。フェーズ 1（2024 年）では、インドネシアにおける結核 NGS ラボの実施準備と能力開発を行い、フェーズ 2（2025～2026 年）では、サーベイランスのための結核 NGS 検査、フェーズ 3（2027～2029）では、臨床医のための NGS 結核検査（プレジジョン・メディシン）を実施していく予定である⁵⁴。

インドネシアにおける病原体ゲノムにかかる今後の施策としては、疾病予防管理、公衆衛生、臨床サービス、保健政策開発機関の間で、国家ゲノム戦略を通じた協力体制を強化すること、対象病原体に関する国家的なゲノムデータの格納システムを強化すること、結核でのゲノム解析の経験を基盤に、インドネシアで重要とされる他の優先疾病にゲノム技術を応用すること、また、ゲノム技術を支える熟練した人材の育成を推進することにより、公衆衛生と感染症管理の向上に貢献することを目指している⁵⁵。

(3) 下水サーベイランス

下水サーベイランスに関連する MoH 部局は、主に公衆衛生検査室を管理する公衆衛生総局と、感染症予防管理局（Directorate for Communicable Disease Prevention and Control）、サーベイランス・保健検疫局、環境衛生局（Directorate for Environmental Health）を傘下に置く疾病対策管理局である。

1) ポリオウイルス環境水サーベイランス

インドネシアでは、ポリオウイルス環境水サーベイランスは 2007 年から実施されている。2024 年 9 月現在実施されているサイトは 8 つの地域の 10 か所（北スマトラ(1)、南スマトラ(1)、ジャカルタ(2)、西ジャワ(1)、中央ジャワ(1)、ジョグジャカルタ(1)、東ジャワ(2)、南カリマンタン(1)）である。2024 年度中に 13 か所に拡大される予定である。下水採取は MoH 傘下の公衆衛生検査室が行い、解析は BBLBK、ジャワ島西側に位置するバンドゥン地域公衆衛生検査室、ジャワ島東側に位置するスラバヤ地域公衆衛生検査室の、国内 3 つの検査室において実施されている。検出方法は WHO のポリオウイルス環境水サーベイランスの手法を利用している。採水場所は、下水処理場（Wastewater Treatment Plant: WWTP）もしくは開水路（Open Canal）となっている。ポリオウイルスを含むエンテロウイルス⁵⁶

1)) 詳細は別添 2

⁵⁴ MoH. Indonesian Pathogen Genomics Initiative, 2024.

⁵⁵ MoH. Indonesian Pathogen Genomics Initiative, 2024.

⁵⁶ エンテロウイルス属には、ポリオウイルスや、無菌性髄膜炎の原因となるエコーウイルスや手足口病の原因となりうるエンテロウイルス（Enterovirus: EV）71 型などが含まれる。エンテロウイルスはエンベロープを有さないウイルスであり、アルコール消毒には比較的抵抗性が強いが、次亜塩素酸による消毒は

の検出率は、インドネシア全土で 48%と推定されている。ポリオウイルス環境水サーベイランスの実施費用は、公衆衛生検査室によって賄われている⁵⁷。

ポリオウイルスのゲノム解析は、世界ポリオ検査室ネットワーク (Global Polio Laboratory Network: GPLN) の規定により、米国 CDC もしくは英国国立生物学標準管理研究所 (National Institute for Biological Standards and Control: NIBSC) で実施されることから、検体はこれらの検査室に搬送されている。現在インドネシアでは米国 CDC との連携に基づいて、米国 CDC に検体を輸送しているものの、コミュニケーションやプロセスについて意見相違があり、今後は英国 NIBSC と連携を図っていく予定である。一方、インドネシア国内におけるポリオのゲノム解析を行うだけのキャパシティは十分にあり、実際にゲノム解析が行われ、週に 1 度、MoH 管轄のデータ管理ソフトで集約されている。一方、インドネシア国内で行った解析は米国 CDC や英国 NIBSC における手法と整合性がないとされており、国内で解析されたゲノム情報は GPLN データベースにアップロードすることができない状況である⁵⁸。

インドネシアには GPLN に認定された GPLN 傘下の検査室が 3 つある。前述の BBLBK、バンドゥン地域公衆衛生検査室、スラバヤ地域公衆衛生検査室である。これらすべての検査室でゲノム解析能力があるが、特に BBLBK のキャパシティが 1 番高いとされている。全体的に、インドネシアはポリオウイルスを含むエンテロウイルスの検出のための環境水サーベイランスのキャパシティは十分に有している。一方で、上記 3 検査室における WGS の能力向上は今後も継続して必要とされている。WHO では全ゲノム解析に関する研修等を実施することを検討している⁵⁹。

2022 年 11 月にアチェ州でポリオ (循環ワクチン由来ポリオウイルス 2 型: cVDPV2) が発生したほか、2023 年 3 月には西ジャワ州でも同型のポリオが検出されている。2022 年 11 月以降、インドネシアでは合計 4 例の cVDPV2 確定症例が報告されており、引き続き監視を続けていくことが重要である⁶⁰。

有効である。(感染研. 一般の方向け: エンテロウイルス D68 (EV-D68) 感染症に関する Q&A. https://www.niid.go.jp/niid/images/idsc/disease/EVD68/EV-D68_QA20151022.pdf (参照 2024-12-5))

⁵⁷ 2024 年 6 月 24 日の WHO へのインタビュー調査より (WHO インドネシア事務所にて)

⁵⁸ 2024 年 6 月 24 日の WHO へのインタビュー調査より (WHO インドネシア事務所にて)

⁵⁹ 2024 年 6 月 24 日の WHO へのインタビュー調査より (WHO インドネシア事務所にて)

⁶⁰ WHO. “Circulating vaccine-derived poliovirus type 2-Indonesia”.

<https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2023-DON458> (参照 2023-11-27)



図 2-9 インドネシアにおけるポリオ発生状況（2022-2024）

出典：MoH. “Vaccine-Derived Poliovirus Response in Indonesia Situation report no.27 18 August-7 September 2024” <https://cdn.who.int/media/docs/default-source/searo/indonesia/polio/sitrep-edition-27-english.pdf>（参照 2024-11-27）

2) その他の病原体を対象とした下水サーベイランス

ジャカルタの地域公衆衛生検査室では環境サーベイランスの一環として下水サーベイランスを行っており、水質検査を中心とした検査を行っている⁶¹。また、過去には SARS-CoV-2 の下水疫学調査が実施されているが、今までのところ、大学による研究目的でしか実施されていない⁶²。今後計画されているプロジェクトとしては、インドネシア側の MoH 公衆衛生総局およびガジャマダ大学と協力の下、シンガポールのデューク・シンガポール国立大学医学部（Duke-NUS Medical School: Duke-NUS）が行う予定の下水疫学調査がある。対象病原体はサルモネラ、肝炎、ジカウイルスのようなアルボウイルス⁶³である。下水サーベイランスをどのように政策に取り込んでいくべきかにかかる調査も実施済みである⁶⁴。

3) 下水疫学小規模調査

JICA「全世界ワクチン等医薬品の研究開発・生産基盤整備促進のための情報収集・確認調

⁶¹ 2024 年 8 月 13 日のジャカルタ地域公衆衛生検査室へのインタビュー調査より（ジャカルタ地域公衆衛生検査室にて）

⁶² 2024 年 8 月 14 日の BRIN へのインタビュー調査より（BRIN にて）

⁶³ アルボウイルスは、アレナウイルスやフィロウイルスと同様に、動物から人に（一部は人から人に）広がるウイルス。関与する動物はウイルスの種類によって異なる。（MSD マニュアル家庭版. アルボウイルス、アレナウイルス、フィロウイルス感染症の概要. <https://www.msdmanuals.com/ja-jp/home/16-感染症/アルボウイルス、アレナウイルス、フィロウイルス/アルボウイルス、アレナウイルス、フィロウイルス感染症の概要>（参照 2024-12-5））

⁶⁴ 2024 年 8 月 12 日 MoH 公衆衛生総局（MoH にて）、2024 年 6 月 24 日の WHO へのインタビュー調査より（WHO インドネシア事務所にて）

査」では、2023 年 10 月から 2024 年 2 月の期間に「インドネシア国バリ州下水疫学調査拡大実証事業」が実施され、八千代エンジニアリング（以下、YEC）が、下水疫学に関する基礎情報を収集・整理した。これには、関連施設の法的システム、能力、実施体制、人材、およびドナー組織、研究機関、企業による取り組みの動向が含まれる。また、デンパサール市で小規模下水疫学調査を試験的に実施したが、本調査では、先行案件の取り組みを拡大するべく、下水疫学の手法を用いてインドネシアのジャカルタ市、ボゴール市、デンパサール市を対象地域とし、下水および河川からの検体より得られる病原体ゲノム配列を含むデータを活用することで、将来的にはインドネシアにおいて感染症の流行や薬物使用傾向をタイムリーに監視するための、国家レベルでの予防対策や政策立案に寄与することを目指した。本下水疫学小規模調査の概要と調査結果については、第 4 章および別添 12 を参照。

(4) ワンヘルス（One Health）

インドネシアでは COVID-19、デング熱、人獣共通結核（zoonotic tuberculosis）、狂犬病、炭疽などの人獣共通感染症の発生や流行を過去に経験しているほか、大気汚染や土壌汚染などの環境破壊による公衆衛生への悪影響、薬剤耐性菌の増加といった、ワンヘルスに関連する深刻な課題を抱えている。このため、インドネシア政府は、「新たな人獣共通感染症および感染症の予防と制御のためのガイドラインに関する 2022 年インドネシア共和国人間開発・文化調整大臣規則第 7 号（Regulation of the Coordinating Minister for Human Development and Culture of the Republic of Indonesia Number 7 of 2022, concerning Guidelines for the Prevention and Control of New Zoonoses and Infectious Diseases）」において、人獣共通 COVID-19、人獣共通インフルエンザ、炭疽、レプトスピラ症、人獣共通結核、狂犬病の 6 つを優先人獣共通感染症と定め、ワンヘルス調整ユニットや国家人獣共通感染症委員会を設立するなど、ワンヘルスに対する取り組みを進めている^{65 66}。インドネシア国内のワンヘルス関連組織としては、インドネシア政府からは MoH や農業省のほか、BRIN、通信情報省、環境林業省、国土安全保障省、開発資金省、インドネシア赤十字社、国家災害対策本部、地方自治体などであり、国際機関や二国間協力からは WHO インドネシア事務所、国連食糧農業機関（Food and Agriculture Organization of the United Nations: FAO）、USAID、JICA、オーストラリア外務貿易省などである⁶⁷。検体の取り扱いに関して

⁶⁵ I MDM Adnyana. One Health approach and zoonotic diseases in Indonesia: Urgency of implementation and challenges, Narra J. 2023 Oct 18;3(3):e257. doi: 10.52225/narra.v3i3.257. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10919696/#:~:text=One%20Health%20offers%20a%20comprehensive,%2C%20animal%2C%20and%20environmental%20health.>（参照 2024-11-27）

⁶⁶ 2024 年 8 月 14 日の BRIN へのインタビュー調査より（BRIN にて）

⁶⁷ Kemenko PMK. Regulation of The Coordinating Minister for Human Development and Cultural Affairs of The Republic of Indonesia Number 7 of 2022 on The Guideline Prevention and Control of Zoonosis and Emerging Infectious Diseases. https://cdn.who.int/media/docs/default-source/searo/indonesia/permenko-no-7-tahun-2022-small-file.pdf?sfvrsn=8d8e8c94_1&download=true（参照 2024-11-28）

は、公衆衛生検査室だけでなく動物衛生検査室とも連携をとる⁶⁸。

ワンヘルスにおける動物の健康にかかる中央レベルの検査室は、BBLKL である。BBLKL は 1976 年に国立衛生研究所傘下の病原体・感染症研究所として設立され、それ以来インドネシアの公衆衛生、特に媒介動物と人獣共通感染症の分野における能力を向上させることを目的として運営されている。国際標準に準拠した ISO 17025（試験・校正検査室の能力）⁶⁹認証を取得しており、結核や蚊媒介感染症の診断、サーベイランス、蚊の AMR に対する遺伝子解析などを行っている。レプトスピラ症などの疾患については、農業省と連携して動物や環境試料の調査を実施しており、この調査結果を基に政策の策定や健康教育などを行っている。ワンヘルスにかかる課題としては、セクター間のコミュニケーション不足、資金不足、規制上の障壁を取り除くための政策の調整、人材育成、経済・社会的課題への取り組みなどが挙げられている⁷⁰。

2.1.3.3 病原体ゲノム関連機関

(1) 研究所等

1) 生物医学・ゲノム科学研究所（Biomedical and Genome Science Initiative）

BGSi は生物医学・ゲノム健康研究所（Balai Besar Biomedis dan Genomika Kesehatan: BB Binomika）の一部として、当時の研究技術省傘下にあった旧エイクマン分子生物学研究所（Eijkman Institute for Molecular Biology）の建物内に 2023 年 9 月に発足した。BB Binomika は、独立した技術実施ユニットであり、BGSi を管轄するほか、技術研究センターや公衆衛生検査室も管轄しており、生物医学とヘルスケアのためのゲノム情報の活用分野における管理およびサービスの任務を遂行している（2020 年保健大臣規則第 52 号）。

BGSi はインドネシア全土で生物医学プロジェクト、バイオバンク施設を管轄している。ヒトゲノム解析が主であり、2024 年 1 月から 8 か月の間に 3,500 件のヒトゲノム解析を行った。病原体ゲノムサーベイランスの枠組みでは、BGSi は協力機関の位置付けとなっている。BGSi の主な対象はヒトゲノムであるが、病原体ゲノムについては結核のみを対象とし、高度医療や耐性のモニタリングを目的とした全国結核サーベイランスの運用を主導している。結核の検体は国内の 400 を超える病院から集められ、これら結核のゲノム解析は BGSi ではなく、感染症センターとして定められた 2 つの国内病院（ポンドック・インダ病院（Pondok Indah Hospital: RSPI）とペルサハバタン病院（Persahabatan Hospital））で行われ、このうち、ペルサハバタン病院は、感染症の国際呼吸器センターとしての機能も備えている⁷¹。

⁶⁸ 2024 年 11 月 1 日の BBLKL へのインタビュー調査より（オンラインにて）

⁶⁹ ISO の詳細は別添 3 を参照。

⁷⁰ 2024 年 11 月 1 日の BBLKL へのインタビュー調査より（オンラインにて）

⁷¹ 2024 年 8 月 15 日の BGSi へのインタビュー調査より（BGSi にて）

ヒトゲノムの解析データは BGSi が独自に開発したソフトウェアを使って解析され、アマゾンウェブサービス (Amazon Web Services: AWS⁷²) を利用した BGSi のデータベースに保存される。結核のゲノム解析データは解析が行われたそれぞれの上記感染症センターに保存されている。

2) インドネシア国家研究イノベーション庁 (Badan Riset dan Inovasi Nasional)

BRIN は、インドネシアの政府系研究機関や各省庁に設置されていた政策研究の部局を統合して 2021 年に新設された機関である。BRIN の主な使命は、「インドネシアにおける研究、技術、イノベーションの質の向上」、「世界基準に合致した研究管理の整備、国内外のパートナーとの協力や人材の質の向上を通じた研究能力の強化」、「研究設備の整備を進め、学術界、産業界、学生など全ての関係者にとって利用可能なコラボレーションの場の提供」という 3 つを優先プログラムとしている。数多くある BRIN の関連機関のうち、病原体ゲノム解析に関連しているのは BRIN 長官直轄の保健研究機構 (Research Organization for Health) 傘下にある獣医学研究センター (Research Center for Veterinary Science) である⁷³。同センターは BSL-2 (Biosafety Level (バイオセーフティレベル) : BSL)、BSL-3、ABSL-2 (Animal Biological Safety Levels (動物実験バイオセーフティレベル) : ABSL)、ABSL-3 検査室を有する。

BRIN は研究機関であることから、MoH が行うルーティーンの感染症サーベイランスや病原体ゲノムサーベイランスには関与しないが、炭疽菌やエムボックスなど稀な病原体が発生した際には、ゲノム解析を行うことがある。病原体ゲノムサーベイランスの枠組みでは、BRIN は協力機関の位置付けとなっている⁷⁴。

(2) 大学

1) ガジャマダ大学

インドネシア有数の総合大学であり、医学部や公衆衛生学部を有している。医学部、公衆衛生学部、看護学部 (FK-KMK UGM) の小児健康研究センター (Center for Child Health Studies: PKKA-PRO) は、下水サーベイランスや病原体ゲノム解析に取り組んでおり、Duke-NUS との共同研究を行っている。主な研究分野としては、下水ベースの疫学、病原体の早期検出、ゲノム解析による感染症のサーベイランスなどである。

ガジャマダ大学は 2021 年より下水サーベイランスにかかる研究を続けており、SARS-CoV-2 を対象として下水サーベイランスのアウトブレイク時の有効性を評価する研究など

⁷² AWS はゲノムデータの移行や保管、分析等をクラウド上で行うことができる解析を安全かつコスト効率の高いソリューションとして謳われている。(URL: <https://aws.amazon.com/health/genomics/>)

⁷³ BRIN. "About". <https://www.brin.go.id> (参照 2024-11-28)

⁷⁴ 2024 年 8 月 14 日の BRIN へのインタビュー調査より (BRIN にて)

を行ってきた⁷⁵。近年は、PKKA-PRO が、産業や地域活動からの廃水に含まれる化合物、細菌、潜在的な有害疾患を特定することを目的とし、Duke-NUS のアウトブレイク準備センターと共同で、下水サーベイランスにかかる研究を実施している。2024 年 5 月には「公衆衛生の向上：インドネシアにおける下水監視の制度化」と題したワークショップが開催され、優先されるべき病原体としてポリオウイルス、麻疹、ロタウイルスが挙げられたほか、ワンヘルスの観点から鳥インフルエンザおよび AMR が優先病原体として挙げられている^{76, 77}。

2) インドネシア大学

首都ジャカルタに位置する主要な研究大学で、多岐にわたる学問分野をカバーしている。中でも、医学部や公衆衛生学部において、病原体ゲノム解析やバイオインフォマティクスの研究が進められている。主な研究分野としては、感染症のゲノム監視、AMR の解析、NGS の応用などである⁷⁸。2024 年 6 月の発表によると、インドネシアで初となる WGS に基づく結核菌群（Mycobacterium Tuberculosis Complex: MTBC）の系統 L3⁷⁹の探知に貢献している⁸⁰。

3) その他

COVID-19 のパンデミックに対応するため、インドネシア政府は SARS-CoV-2 のゲノム解析を実施する検査室を定め、SARS-CoV-2 ゲノムサーベイランスネットワークを構築した。これら検査室の一覧を表 2-6 にまとめる。

⁷⁵ Indah Kartika Murni. Wastewater-based epidemiology surveillance as an early warning system for SARS-CoV-2 in Indonesia, PLoS One . 2024 Jul 18;19(7):e0307364. doi: 10.1371/journal.pone.0307364. eCollection 2024. (参照 2024-12-2)

⁷⁶ 2024 年 5 月 7 日の Duke-NUS へのインタビュー調査より（オンラインにて）

⁷⁷ Universitas Gadjah Mada. UGM and Duke-NUS Medical School Collaborate on Wastewater Surveillance Research. <https://ugm.ac.id/en/news/ugm-and-duke-nus-medical-school-collaborate-on-wastewater-surveillance-research/> (参照 2024-12-2)

⁷⁸ University of Indonesia. “About UI”. <https://www.ui.ac.id/en/about-ui/> (参照 2024-12-3)

⁷⁹ 結核菌（Mycobacterium tuberculosis: Mtb）を含む結核菌群（MTBC）の細菌によって引き起こされる結核。結核菌複合体（MTBC）。このうち L3 株は、結核罹患率の高い世界各地に多く存在する。（Yasir Adam Shuaib. Global geographical distribution of MTBC Lineage 3 clonal complexes (L3-CCs). [https://www.researchgate.net/figure/Global-geographical-distribution-of-MTBC-Lineage-3-clonal-complexes-L3-CCs-Each-pie_fig3_360977769#:~:text=Mycobacterium%20tuberculosis%20complex%20\(MTBC\)%20Lineage,with%20the%20highest%20tuberculosis%20burden.](https://www.researchgate.net/figure/Global-geographical-distribution-of-MTBC-Lineage-3-clonal-complexes-L3-CCs-Each-pie_fig3_360977769#:~:text=Mycobacterium%20tuberculosis%20complex%20(MTBC)%20Lineage,with%20the%20highest%20tuberculosis%20burden.) (参照 2024-12-5))

⁸⁰ Rukminiati, Y., Mesak, F., Lolong, D. *et al.* First Indonesian report of WGS-based MTBC L3 discovery. *BMC Res Notes* **17**, 176 (2024). <https://doi.org/10.1186/s13104-024-06825-5> Uni (参照 2024-12-3)

表 2-6 SARS-CoV-2 ゲノムサーベイランスネットワークの検査室

No.	検査室名（英文）	検査室名（和訳）
1	Center for Biomedical Research and Development and Basic Health Technology	生物医学研究開発・基礎保健技術センター
2	Aceh Health Research and Development Center	アチェ保健研究開発センター
3	Papua Health Research and Development Center	パプア保健研究開発センター
4	Research and Development Center for Disease Vectors and Reservoirs Salatiga	疾病媒介生物・保有動物研究開発センター（サラティガ）
5	Eijkman Institute for Molecular Biology	エイクマン分子生物学研究所
6	Agency for the Assessment and Application of Technology	技術評価応用庁
7	Regional Health Laboratory of West Java Province	西ジャワ州地域保健研究所
8	Faculty of Medicine, Padjajaran University	パジャジャラン大学医学部
9	School of Life Sciences and Technology, Bandung Institute of Technology	バンドン工科大学生命科学・技術学部
10	Faculty of Medicine, Gadjah Mada University	ガジャマダ大学医学部
11	Faculty of Medicine, Sebelas Maret State University	セベラス・マルテット州立大学医学部
12	Faculty of Medicine, University of Indonesia	インドネシア大学医学部
13	Faculty of Medicine Universitas Islam Negeri (UIN) Syarif Hidayatullah	イスラム国立大学（UIN）シャリフ・ヒダユラ医学部
14	Mochtar Riady Institute for Nano-Technology University Pelita Harapan (MRINUPH)	ベリタ・ハラパン大学（モハッタ・リアディ・ナノテクノロジー研究所 MRINUPH）
15	Indonesian Institute of Sciences	インドネシア科学院
16	Institute of Tropical Disease Universitas Airlangga	アイルランガ大学熱帯病研究所
17	Faculty of Medicine, Tanjungpura University	タンジュンプラ大学医学部
18	Genomics Solidarity Indonesia (GSI)	ゲノミクス・ソリダリティ・インドネシア（GSI）
19	Hasanudin University Faculty of Medicine	ハサヌディン大学医学部
20	Faculty of Medicine, University of Andalas	アンダラス大学医学部
21	Faculty of Medicine, National Development University "Veteran" Jakarta.	国立開発大学「ベテラン」ジャカルタ医学部

出典：MoH. Minister of Health Decree No. HK 01.07 of 2021 regarding the network of laboratories for the surveillance of SARS-CoV-2 virus genomes. <https://infeksiemerging.kemkes.go.id/document/kmk-no-hk-01-07-menkes-4842-2021-tentang-jejaring-laboratorium-surveilans-genom-virus-sars-cov-2/view>（参照 2024-12-3）

2.1.3.4 サーベイランスのプロセス

(1) 検体採取と輸送

1) 検体採取と輸送

検体採取と輸送を含む臨床検査室の適切な運営に関しては、保健大臣規則「臨床検査施設の適正な運営に関する 2013 年厚生労働省令第 43 号」において定められている。この規則は、患者と検査室職員の双方に対する品質、安全性、保護を確保することを目的とし、臨床検査室における技術的要件、管理、および品質管理基準を規定している。具体的には、建物、

機器、材料、人材に関連する技術的要件、検査室管理手順の確立、内部および外部の検査室品質管理の規定、また、検体採取に関する規定としては、臨床検査室における検体の採取、取り扱い、輸送、および受領に関するガイドラインと、静脈血、毛細血管血、尿、便、痰、スワブなどの採取対象の検体、検体採取の技術的手順と要件についても詳細が記載されている⁸¹。

ティア 1 からティア 3 の公衆衛生検査室や病院、民間病院などで患者や患者疑いから採取される検体は、必要に応じて冷蔵で輸送される。ポリオウイルスの環境水サーベイランスでは地域公衆衛生検査室のサーベイランス担当およびデータ管理担当の 2 つのチームが、定められた採水ポイントから検体を採取する。ポリオの検体はティア 5 の国立公衆衛生検査室もしくはバンドゥンにあるビオファーマ（バイオ医薬品に関連する国営企業）に輸送される。地域公衆衛生検査室での検査は行っていない。2014 年の保健大臣令第 82 号に基づく、媒介生物感染症および動物媒介感染症の種類で定められた 13 疾患については、アウトブレイクが発生した場合には地域公衆衛生検査室のチームが検体採取に向かうことになっている⁸²。

検体採取と輸送に関する課題としては、検体輸送の際に適切な保冷剤が使用されておらず、検体の保管温度が保たれていなかったり、輸送時の梱包が適切でなかったり、検体の保存容器が破損していたりと、多くの問題が起こっている。また、広大な国土が多くの州や郡に分割されており、検体採取において WHO が定めた基準はあるものの、それぞれの州や郡で遵守されておらず、標準化することが難しい。さらに、検体の輸送費用は州や郡当局が賄うことになっていることから、例えばポリオウイルス環境水サーベイランスの検体などは予算不足により検体採取が実施されず、指定された検査室に検体が送られてこないこともあるのが実情である⁸³。このほか、検体採取後の保管状況、輸送状況などにより、検体の質が悪く、ゲノム解析を行っても十分な結果が得られないことがあり、検体の質はゲノム解析を行う上でも大きな障壁となっている⁸⁴。

表 2-7 は、インドネシアにおける 5 層の公衆衛生検査室の詳細である。このうち、ヒトの病原体ゲノム解析のトップレファレンス検査室は BBLBK であり、動物の病原体ゲノム解析は BBLKL である。表 2-7 は、各ティアにおけるゲノム解析に関連するサービス一覧を表したものである。シーケンサーを活用したゲノム解析を行えるのは、国内に 2 施設あるティア 5 の BBLBK と BBLKL、11 施設あるティア 4 の地域公衆衛生検査室のみとなっ

⁸¹ MoH. Minister of Health Regulation No. 43 of 2013 Regarding the Proper Operation of Clinical Laboratories. <https://peraturan.go.id/id/permenkes-no-43-tahun-2013>（参照 2024-11-28）

⁸² 2024 年 8 月 13 日のジャカルタ地域公衆衛生検査室へのインタビュー調査より（ジャカルタ地域公衆衛生検査室にて）

⁸³ 2024 年 8 月 15 日の WHO へのインタビュー調査より（WHO インドネシア事務所にて）

⁸⁴ 2024 年 8 月 13 日のジャカルタ地域公衆衛生検査室へのインタビュー調査より（ジャカルタ地域公衆衛生検査室にて）

ている。BBLBK と BBLKL では、サンガーシーケンスやハイスループットシーケンス⁸⁵を含む NGS、バイオインフォマティクス解析といった高度なゲノム解析が実施できる体制が整っている。

表 2-7 各ティアにおけるゲノム解析に関連するサービス一覧

	検査室レベル				
	ティア 1 プスキスマス	ティア 2 州/市町村	ティア 3 州	ティア 4 地域	ティア 5 ナショナル
検査室インフラ	BSL なし	BSL-2	BSL-2	BSL-2	BSL-3 バイオレポジトリシステム
病原体ゲノミクスの技術	RDT：パラメータ（感染症、妊娠、血液型）	微生物学的培養：5 パラメータ（バクテリア）	微生物学的培養：9 パラメータ（エアロゾル細菌を含む細菌）	微生物学的培養：12 パラメータ（エアロゾル細菌を含む細菌、寄生虫）	全 4 レベルのラボ試験 微生物培養：ウイルス、寄生虫、すべての細菌培養
		生体分子：PCR 検査（Covid-19 および感染の可能性のある 23 疾患）、Xpert TB、HBV DNA、HIV VL	生体分子：PCR 検査（Covid-19 および感染の可能性のある 23 疾患）、Xpert TB、HBV DNA、VL HIV、リケッチア（細菌の一種で、主に動物の体内に寄生して生活する微生物群）、炭疽、レプトスピラ	生体分子：PCR 検査（Covid-19 および感染の可能性のある 23 疾患）、Xpert TB、HBV DNA、HIV VL、リケッチア、炭疽、レプトスピラ、人獣共通感染症ウイルス（デング熱、日本脳炎、ハンタウイルス）、ネズミが宿主となっているレプトスピラ	生体分子：PCR 検査（Covid-19 および感染の可能性のある 23 疾患）、Xpert TB、HBV DNA、HIV VL、リケッチア、炭疽、レプトスピラ
				シーケンスと NGS	高度生体分子：サンガーシーケンス、NGS、高スループット NGS（一度に大量のサンプルやゲノム全体を効率的に解析可能）
					バイオインフォマティクス解析

出典：MoH 提供資料より調査団作成

⁸⁵ ハイスループットシーケンス（または高スループットシーケンス）は、より精度の高い結果、多様なアプリケーション、細やかな頻度のアップデートを特徴とする超高速なプラットフォームで、イルミナ社の NovaSeq 6000 などのシーケンサーを利用する。（illumina. “ハイスループットシーケンス”. <https://jp.illumina.com/techniques/sequencing/high-throughput-sequencing.html#:~:text=精度の高い結果、多様,次ゲノム解析用プラットフォーム%E3%80%82>（参照 2024-11-28））

2) 検査室品質基準

インドネシアの検査室認定制度は、以下の規則に基づく、試験、校正、検査、認証、または認証済み標準物質の作成における検査室の能力を正式に認めるプロセスである。

- 1) 保健大臣令 第 298 号（2008 年）：健康検査室の認定に関する指針を規定。
- 2) 国家標準化庁（National Standardization Agency: BSN）：SNI ISO/IEC 17025:2017 など、認定基準として使用される国内標準を発行。
- 3) 保健大臣令 第 34 号（2022 年）：健康サービスの認定基準を規定し、医療従事者、リスク管理システム、品質管理システム（Quality Management System: QMS）の要件を詳細に説明。

認定は、インドネシアの公式認定機関である国家認定委員会（National Accreditation Committee: KAN）によって付与される。KAN は適合性評価機関に認定を提供するだけでなく、認定・認証制度を設定および確立する際に、BSN に検討や助言を提供する役割も担っている⁸⁶。以下の図は、インドネシアの認定制度について図で表したものである。また、表は、各ティアの検査室で取得されるべき ISO について一覧にまとめたものである。ティア 2～5 の検査室では ISO の取得が求められており、インドネシアでは、これらの ISO を取得していない検査室は運営することができない⁸⁷。なお、ISO の詳細については別添 3 を参照。

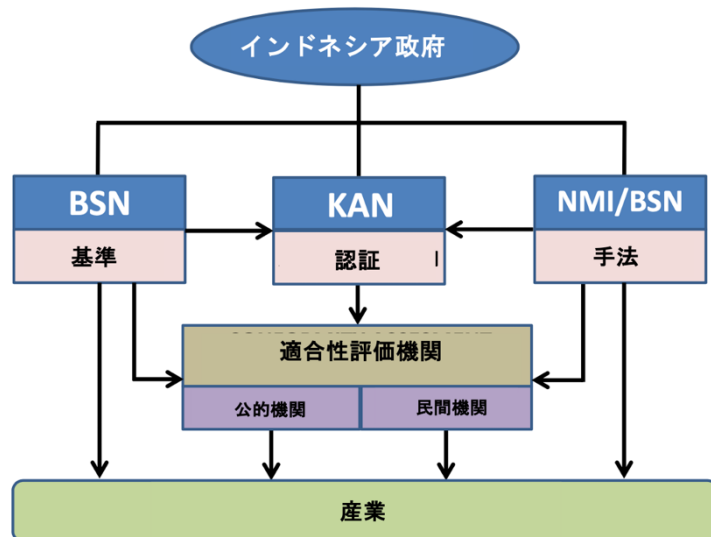


図 2-10 インドネシアの認定制度

出典：National Standardization Agency (BSN). Indonesian Standardization and Accreditation System, 2016.

補足：図中の NMI は National Metrology Institute の略であり、国家計量機関と訳される。BSN 傘下であり、特に測定の精度と標準化の維持・向上に特化した BSN の専門部門または関連機関である。

⁸⁶ KAN. “home”. <https://kan.or.id/index.php>（参照 2024-11-29）

⁸⁷ 2024 年 8 月 12 日の BBLBK へのインタビュー調査より（BBLBK にて）

表 2-8 各ティアの検査室で取得されるべき ISO

認定 必須	ティア1 規定に基づく 保健サービスの 認定	ティア2 規定に基づく保 健サービスの認 定	ティア3 規定に基づく 保健サービスの 認定	ティア4 規定に基づく保 健サービスの認 定	ティア5 規定に基づく保 健サービスの認 定
国際標準化 機構		ISO 17025	ISO 17025	ISO 17025	ISO 17025
		ISO 15189	ISO 15189	ISO 15189	ISO 15189
			ISO 17043	ISO 17043	ISO 17043
				ISO 35001	ISO 35001

出典：MoH. Strengthening Public Health Laboratory in Indonesia.

3) 感染予防

インドネシアのティア2～5の公衆衛生検査室は ISO 15189（医療検査機関の品質と能力）の取得が求められている。ISO 15189 は医療検査室が提供する結果の正確性、信頼性、迅速性を確保するための品質と能力に関する要求を定めているものであるが、バイオセーフティについても、検査室の環境と安全性の項目で、バイオハザードを含む試料や化学物質を取り扱う際の安全プロトコルを維持すること、必要な設備（バイオセーフティキャビネットや適切な換気など）を設置し、法令や規制に準拠することが求められている。また、検査室の職員はバイオセーフティに関する教育を受け、検体の取り扱いや事故時の対応について十分に訓練されることが求められている。このほか、WHO バイオセーフティマニュアルも現場で参照されている⁸⁸。本調査で国立および地域公衆衛生検査室を訪問した際には、検査室の訪問には事前の許可と登録が必要とされており、検査室入室前には靴の履き替え、個人防護具（Personal Protective Equipment: PPE）の着用、作業風景はガラス越しの見学のみと、感染および汚染対策が徹底されている様子であり、適切なバイオハザード防止対策が講じられていることが推測される。

(2) 病原体ゲノム解析

2024 年 8 月の調査時点で、インドネシア国内に設置されている NGS は 64 台であり、全国 20 州 44 研究所に設置されている。イルミナ株式会社（Illumina, Inc.、以下、イルミナ社）、オックスフォード・ナノポア・テクノロジーズ社（Oxford Nanopore Technologies、以下、ONT 社）、MGI Tech 社（以下、MGI 社）のプラットフォームである。図 2-11 は、インドネシア全土に配備されている NGS の分布図である。これを見ると、インドネシア全土にほぼ満遍なく NGS が配備されていることがわかる。本調査中に得られた各検査室／研究所とシーケンサーの詳細は、表 2-9 の通り。

⁸⁸ 2024 年 8 月 12 日の BBLBK へのインタビュー調査より（BBLBK にて）

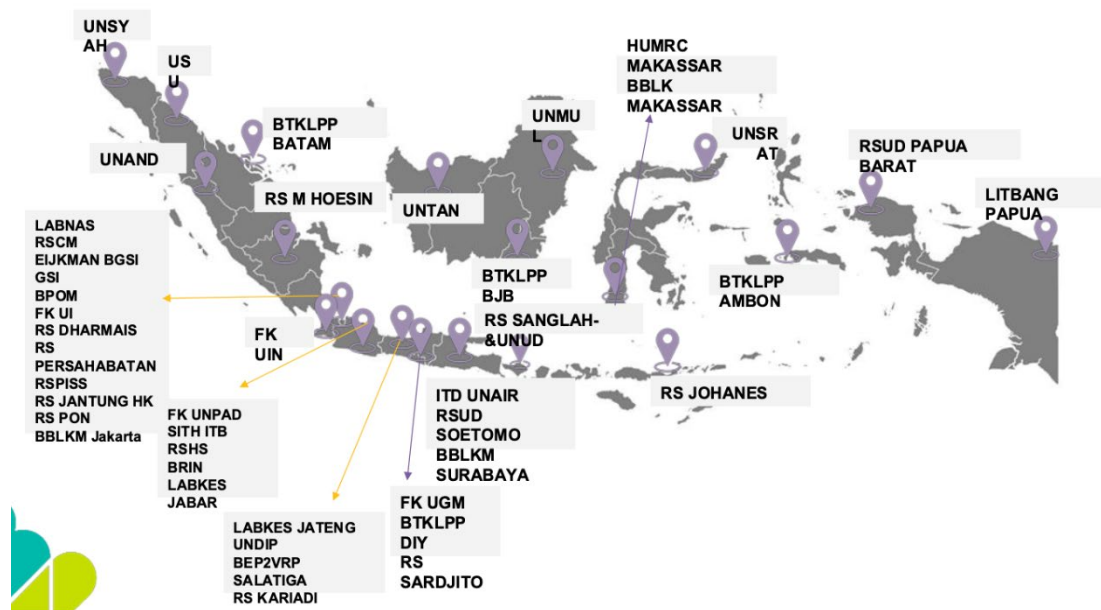


図 2-11 インドネシア全土に配備されている NGS の分布

出典：MoH. Indonesian Pathogen Genomics Initiative.

表 2-9 シーケンサーを有する各検査室／研究所とプラットフォームの詳細

	検査室名（英文）	検査室名（和訳）	場所	保有するシーケンサーの種類	
1	Sumatera Utara University, Noth Sumatera	スマトラ・ウタラ大学、北スマトラ州	Kota Medan	MinION	ONT 社
2	Andalas University, West Sumatera	アンダラス大学、西スマトラ州	Kota Padang	MiSeq	イルミナ社
3	Central General Hospital Dr. Mohammad Hoesin Palembang	中央総合病院 Dr. Mohammad Hoesin パレンバン	Kota Palembang	MinION Mk1C	ONT 社
4	Infectious Disease Hospital Sulianti Saroso	感染症病院スリアンティ・サロソ	Kota Jakarta	GridION	ONT 社
5	Children's and Maternal Hospital Harapan Kita	ハラパン・キタ小児・母性病院	Kota Jakarta	NextSeq550	イルミナ社
	Children's and Maternal Hospital Harapan Kita	ハラパン・キタ小児・母性病院	Kota Jakarta	MiSeq	イルミナ社
6	Cancer Hospital Dharmais	ダルマイスがん病院	Kota Jakarta	NextSeq	イルミナ社
7	Biomedical Genome Science Initiative (Balai Besar Biomedis dan Genomika Kesehatan: BB Binomika: BGSi) (Eijkman)	生物医学・ゲノム健康研究所 (BGSi) (エイクマン)	Kota Jakarta	DNBSEQ-T7	MGI 社
				PromethION	ONT 社
				NovaSeq6000	イルミナ社
				MinION Mk1C	ONT 社
				NextSeq550	イルミナ社
8	Central General Hospital Persahabatan	中央総合病院	Kota Jakarta	MiSeq	イルミナ社

	検査室名（英文）	検査室名（和訳）	場所	保有するシーケンサーの種類	
9	National Sport Week Hospital	国民体育週間病院	Kota Jakarta	GridION	ONT 社
10	Center for Health Resilience System Policy and Health Resources, Health Development Policy Agency, Ministry of Health Center for Health Resilience System Policy and Health Resources, Health Development Policy Agency	保健省健康開発政策局健康回復システム政策・保健資源センター	Kota Jakarta	MiSeq GridION	イルミナ社 ONT 社
11	National Reference Laboratory, Health Development Policy Agency National Reference Laboratory, Health Development Policy Agency	健康開発政策庁 国立研究所	Kota Jakarta	GridION NextSeq2000	ONT 社 イルミナ社
12	Faculty of Medicine, University of Indonesia (FKUI) Indonesian Medical Education and Research Institute (IMERI)	インドネシア大学医学部 (FKUI) インドネシア医学教育研究所 (IMERI)	Kota Jakarta	MiSeq	イルミナ社
13	National Drug and Food Testing Center, National Drug and Food Testing Agency	国立医薬品・食品検査センター	Kota Jakarta	MiSeq	イルミナ社
14	Genomic Solidarity Indonesia (GSI) Lab	ゲノム連帯インドネシア (GSI) 検査室	Kota Jakarta	GridION DBNseq	ONT 社 MGI
15	National Heart Center of Our Hope	ハラパン・キタ国立心臓センター	Kota Jakarta	GridION	ONT 社
16	Faculty of Medicine, State Islamic University	国立イスラム大学医学部	Kota Tangerang Selatan	MinION	ONT 社
17	BRIN	BRIN	Kab. Bogor	NovaSeq6000 PromethION NextSeq550	イルミナ社 ONT 社 イルミナ社
18	School of Life Sciences and Technology, Bandung Institute of Technology	バンドン工科大学生命科学技術学部	Kota Bandung	MinION GridION	ONT 社 ONT 社
19	Central General Hospital Dr. Hasan Sadikin Bandung	バンドン中央総合病院 ハサン・サディキン博士	Kota Bandung	MiSeq	イルミナ社
20	Health Laboratory, West Java Province	西ジャワ州保健研究所	Kota Bandung	NextSeq	イルミナ社
21	Faculty of Medicine Padjajaran University	パジャジャラン大学医学部	Kab. Sumedang	MiSeq	イルミナ社

	検査室名（英文）	検査室名（和訳）	場所	保有するシーケンサーの種類	
22	Central General Hospital Dr. Kariadi Semarang	中央総合病院 カリアデ イ・スマラン医師	Kota Semarang	MiSeq	イルミナ社
23	Health Laboratory, Central Java	中部ジャワ保健研究所	Kota Semarang	MiSeq	イルミナ社
24	Diponegoro University	ディポネゴロ大学	Kota Semarang	GridION	ONT 社
25	Center for Research and Development of Disease Vectors and Reservoirs, Salatiga	ディポネゴロ大学疾病媒 介・保存源研究開発セン ター、サラティガ	Kota Salatiga	MiSeq	イルミナ社
26	Central General Hospital Dr. Sardjito	中央総合病院 Dr. Sardjito	Kab. Sleman	GridION	ONT 社
27	Integrated Research and Testing Laboratory, Gadjah Mada University	ガジヤマダ大学総合研究 所	Kab. Sleman	NextSeq550	イルミナ社
28	Center for Environmental Health Engineering and Disease Control, Daerah Istimewah Yogyakarta (DIY)	環境衛生工学・疾病管理 センター、ジョグジャカル タ・イスティメワ大学 (DIY)	Kab. Bantul	MiSeq	イルミナ社
29	Regional General Hospital Dr. Soetomo	地域総合病院	Kota Surabaya	MiSeq	イルミナ社
30	Institute of Tropical Disease, Airlangga University	アイルランガ大学熱帯病 研究所	Kota Surabaya	MiSeq	イルミナ社
31	Central General Hospital Dr. I.G.N.G. Ngoerah	中央総合病院 I.G.N.G. Ngoerah 博士	Kota Denpasar	NextSeq550	イルミナ社
32	Tanjung Pura University	タンジュンブラ大学	Kota Pontianak	MinION	ONT 社
33	Mulawarman University	ムラワルマン大学	Kota Samarinda	MinION	ONT 社
34	Center for Environmental Health Engineering and Disease Control, Banjar Baru	バンジャール・バル環境 衛生工学・疾病管理セン ター	Kota Banjarbaru	MinION Mk1C	ONT 社
35	Sam Ratulangi University	サム・ラトゥランギ大学	Kota Manado	MiSeq	イルミナ社
36	University Hasanuddin	ハサヌディン大学	Kota Makassar	GridION	ONT 社
37	Health Laboratory Center Makassar	マカッサル衛生研究所セ ンター	Kota Makassar	MiSeq	イルミナ社
38	Regional General Hospital Prof. Dr. W. Z. Johannes	地域総合病院 Dr. W. Z. Johannes 教授	Kota Kupang	MiSeq	イルミナ社
39	Center for Environmental Health Engineering and Disease Control, Ambon	環境衛生工学・疾病管理 センター、アンボン	Kata Ambon	GridION	ONT 社
40	Regional General Hospital West Papua	西パプア地域総合病院	Kab. Manokwari	MiSeq	イルミナ社
41	Research and Development Center Papua	パプア研究開発センター	Kota Jayapura	MiSeq	イルミナ社

	検査室名（英文）	検査室名（和訳）	場所	保有するシーケンサーの種類	
42	Environmental Health and Disease Control Engineering	環境保健・疾病管理工学	Kota Batam	GridION	ONT 社

出典：BGSI. "Sequencing Service Unit". <https://bgsi.kemkes.go.id/sequencing-service> （参照 2024-12-3）

さらに、以下の表 2-10 は、本調査中に目視による確認ができた主要機関のゲノム解析環境をまとめたものである。

表 2-10 主要機関のゲノム解析環境

検査室／研究所名	機器の種類・仕様、運転・保守状況	ライブラリーの準備や調製
BBLBK	NextSeq (1) MiSeq (1) GridION(1) Sanger (2)	• SARS-CoV-2、インフルエンザウイルスともに、アンプリコンシーケンス（amplicon sequence）⁸⁹を利用。 • DNA と RNA 定量のための Qubit アッセイ ⁹⁰はあるが、バイオアナライザー（BioAnalyzer）⁹¹は見当たらなかったため、アンプリコンシーケンス以外のライブラリー構築が自前で可能かは不明。
地域公衆衛生検査室（ジャカルタ）	MiSeq (1)	• SARS-CoV-2 のアンプリコンシーケンスの実績がある。 • アンプリコンシーケンス以外は、必要な機器が揃っていないため、現状では自前でライブラリー構築を行うことは難しいと思われる。
BRIN	PromethION（full model）(1) MiSeq (1)	• 必要な機器（ガラス越しのため一部ではあるがバイオアナライザー、BluePippin⁹²を確認済み）が揃っており、アンプリコンシーケンス、メタゲノムから高

⁸⁹ NGS を利用し、PCR で増やした特定のゲノム領域をシーケンスして解析する方法のこと。アンプリコンとは、PCR で増幅された DNA を指す。アンプリコンシーケンス解析の流れは、まず、サンプルから DNA を抽出。当該のゲノム領域に結合するように設計されたプライマーを利用して、DNA を増幅する。その後、サンプルを調整し、増幅されたゲノム領域をシーケンスする。数百から数千種類のアンプリコンを混合した状態でまとめてシーケンスできるため、効率よく解析が行える。（日経バイオテク. “アンプリコンシーケンス” <https://bio.nikkeibp.co.jp/atcl/report/16/011900001/18/06/21/00185/> （参照 2024-12-2））

⁹⁰ Qubit アッセイはサーモフィッシャー社の製品であり、DNA、RNA、またはタンパク質ターゲットに結合したときにのみ蛍光を発するターゲット選択染料を使用して DNA や RNA を定量するもの。（ThermoFisher SCIENTIFIC. “敏感で特異的な核酸、エンドトキシン、およびタンパク質の定量アッセイ” <https://www.thermofisher.com/th/en/home/industrial/spectroscopy-elemental-isotope-analysis/molecular-spectroscopy/fluorometers/qubit/qubit-assays.html#dna-quantification-assays> （参照 2024-12-2））

⁹¹ DNA、RNA、タンパク質のサンプルについてサイズ測定、定量、純度を評価する装置。（アジレント・テクノロジー株式会社. “ゲノム編集のための Agilent 2100 バイオアナライザー”. <https://www.chem-agilent.com/contents.php?id=1004488> （参照 2024-12-2））

⁹² ゲル電気泳動を使用して、DNA のサイズ分離と精製を高効率かつ高精度に行うための装置。その優れた分離能力によって、異なるサイズの DNA フラグメントを独立して収集することが可能。これにより、研究者は特定のサイズの DNA を効率的に抽出し、その後の遺伝子解析や実験に利用することができる。（岡山大学. “自動 DNA 断片ゲル湧出@バイオバンク”. <https://corefacility-potal.fsp.okayama-u.ac.jp/equipment/view/957> （参照 2024-12-2））

	NextSeq (1) NovaSeq6000 (1) Sanger (1) BGISEQ は数台導入	等生物の WGS まで一般的な手法は実施可能と思われる。
BGSi	NovaSeq6000 (1) DNBSEQ-T7 (1) PromethION (1) MiSeq (1)	- ライブラリー調製自動化ロボットを導入済み。 - 未稼働ながら、ヒトゲノム用のマイクロアレイ⁹³も導入されている。 - 全ゲノムより対象となる多型は限定されるが、検体あたりの費用は低減できる。

出典：2024 年 8 月 12 日の BBLBK（BBLBK にて）、2024 年 8 月 13 日のジャカルタ地域公衆衛生検査室（ジャカルタ地域公衆衛生検査室にて）、2024 年 8 月 14 日の BRIN（BRIN にて）、2024 年 8 月 15 日の BGSi へのインタビューより（BGSi にて）調査団作成

ゲノム解析に関連する機器の保守サービスについては、それぞれの機器のメーカーや国内代理店から受けることができる。また、関連試薬についても、ジェネティカ・サイエンス・インドネシア社（Genetika Science Indonesia）、サイエンスウェルク・マクロジェン社（Sciencewerke-Macrogen）、エニグマ・アゼンタ社（Enigma-Azenta）、ジーンクラフト・ラブ社（Genecraft Labs）といった国内代理店から問題なく供給が可能である。ただし、試薬によっては調達まで数か月程度かかるものもあるほか、特にイルミナ社の試薬については、インドネシアでは国際標準価格の 3 倍から 4 倍の価格で購入しなければならない。インドネシアで試薬が高額になる理由としては、また、輸入試薬にかけられる高額な輸入税や関税、試薬の小売業者による特に入手が困難な輸入品に対する高い利益率の追加、少ない販売量による価格の引き上げなどが挙げられる⁹⁴。各機関ともインドネシア政府からの予算配分はあるものの、調達が十分に管理されておらず、試薬不足によりシーケンサーが稼働していないという状況が地域公衆衛生検査室（ジャカルタ）で見受けられた。電源の確保についても、各機関とも十分なキャパシティのジェネレーターが配備されており、停電時などでも数日間は 24 時間稼働することが可能な状況である⁹⁵。

(3) 病原体ゲノム情報の分析

インドネシアでは、NGS の技術は公立検査室や研究所で利用可能であり、病原体ゲノム関連スタッフは十分な基礎的能力を有していると考えられる。一方、WGS や解析データの高度な分析はされておらず、また、解析データは十分に活用されていない。十分な訓練を受けたバイオインフォマティシャンや、遺伝学に関連する分野の専門家は少なく、特にゲノム

⁹³ DNA マイクロアレイは、スライドガラスやシリコンの基盤上に DNA をスタンプしたものの総称で、DNA や RNA の発現量を解析することができる。（富山大学生命科学先端技術センター．“Microarray Analysis（マイクロアレイ解析）”（参照 2024-12-2））

⁹⁴ 2024 年 12 月 11 日の BRIN へのインタビュー調査より（BRIN にて）

⁹⁵ 2024 年 8 月 12 日の BBLBK（BBLBK にて）、2024 年 8 月 13 日のジャカルタ地域公衆衛生検査室（ジャカルタ地域公衆衛生検査室にて）、2024 年 8 月 14 日の BRIN（BRIN にて）、2024 年 8 月 15 日の BGSi へのインタビュー調査より（BGSi にて）

サーベイランスの中枢を担う BBLBK にはバイオインフォマティクスを専門とするスタッフは 1 人もいないため、シーケンス後のデータの扱いに関しては基礎的な作業に留まっている。

主要検査機関／研究所では、ハードウェアは Linux や Windows デスクトップ、ソフトウェアはライセンス商品の QIAGEN CLC Genomics Workbench、ウェブベースの BaseSpace、EPI2ME、また、誰もが自由にアクセスできるオープンソースソフトウェアのパイプライン⁹⁶では、nf-core/viralrecon などを利用している^{97 98}。BGSI では、独自に開発したソフトウェアを利用している。

以下の表は、主要機関／研究所における病原体ゲノム解析に関連する人材のキャパシティ、配列、系統樹、伝播ネットワークの可視化による、解析と解釈のキャパシティおよび課題についてまとめたものである。これを見ると、病原体ゲノム解析にかかる人材のキャパシティは、BRIN、BGSI 等、一部の先端研究所では高い能力を有していることがわかる。一方、BBLBK および地域公衆衛生検査室にはバイオインフォマティシャンがおらず、最先端のシーケンシング技術やリソースが不足しており、高度なゲノムデータの解析にかかる能力は限定的であることがわかる。バイオインフォマティクス分野における今後必要な技術サポートや研修としては、特にデータの可視化やダウンストリーム解析⁹⁹、標準化されたゲノム解析レポートの作成などが求められている¹⁰⁰。

表 2-11 主要機関／研究室における病原体ゲノム解析に関連する人材のキャパシティ、配列、系統樹、伝播ネットワークの可視化による、解析と解釈のキャパシティおよび課題のまとめ

	人材	人材のキャパシティの評価	配列、系統樹、伝播ネットワークの可視化による解析と解釈のキャパシティ	課題
BBLBK	- スタッフ総数：50 名程度 - 病原体ゲノム関連スタッフ：5-8 名程度	- 病原体ゲノム関連スタッフは十分な基礎的能力を有していると考えられる。 - SARS-CoV-2 のゲノム解析については、シーケンスを行い、配列を GISAID¹⁰¹にアップロードし、	確定したプロトコルを実施する能力はありそうだが、自身でプロトコルを作成する能力は	- バイオインフォマティシャンが不在 24 年 8 月現在病原体ゲノムサーベイランス実施のための検査室ガイドラインはなく、目標や目標達成までの

⁹⁶ バイオインフォマティクスパイプラインとは、一連のアルゴリズム（または処理ブロック）が接続され、あらかじめ定められた順序で実行されるシステムのことである。(MathWorks. Bioinformatics Pipeline. <https://jp.mathworks.com/help/bioinfo/bioinformatics-pipeline.html> (参照 2024-12-2))

⁹⁷ BBLBK への質問票調査回答より

⁹⁸ ソフトウェアの説明については別添 4 を参照。

⁹⁹ 得られた配列から、さらに情報を引き出すための一連の解析プロセスのこと。仮説検定、クラスタリング、可視化、予測など、前処理されたデータに対する全ての操作からなる。(Mark A. van de Wiel et al, Preprocessing and downstream analysis of microarray DNA copy number profiles, Briefings in Bioinformatics, Volume 12, Issue 1, January 2011, Pages 10-21, <https://academic.oup.com/bib/article/12/1/10/243568#> (参照 2024-12-5))

¹⁰⁰ BBLBK への質問票調査回答より

¹⁰¹ 世界インフルエンザ（および新型コロナウイルス感染症）データ共有イニシアチブ（Global Initiative

		Nextclade ¹⁰² で遺伝子型（ジェノタイプ）を決めるまでが業務で、それ以上の解析は行っていないように思われる。 ● メタゲノム解析は既成パッケージの EPI2ME を利用しており、それ以降の高次解析（例えば、de novo assembly）を行う能力は未だ無いと考えられる。	これからと見受けられる。	期間なども定められていない。現在のところ 24 年 8 月現在では 2022 年に発行された WHO のガイドラインを利用しており、インドネシアの国の状況に合わせたガイドラインが必要である。
地域公衆衛生検査室（ジャカルタ）	● スタッフ総数：95 名程度 ● 病原体ゲノム関連スタッフ：5 名程度	● 病原体ゲノム関連スタッフは 十分な基礎的能力を有している と考えられる。	● 能力は限定的と思われる。	● バイオインフォマティシャンが不在。 ● 同検査室はティア 2 からティア 3 の検査室の監督業務を担っているが、250 か所ほどの郡検査室を監督する必要があるにもかかわらず 20 か所を監督できるだけの予算しかない。全検査室のデータ分析、管理、予算管理、当局への支援、人材育成、マネジメント管理などを効率的に監督する必要がある。
BRIN	● バイオインフォマティシャンは 3 名。事務管理の監督職員がバイオインフォマティシャンとして作業を行っている。	● 病原体ゲノム関連スタッフは 比較的高い能力を有している と考えられる。	● 一般的な解析は実施可能と思われる。	● 試薬を海外からの輸入に頼っているため供給が不安定である。
BGSi	● 技術スタッフ総数：30 名 ● バイオインフォマティシャン：5 名	● ヒトゲノム解析を目的としてスタッフは 高い能力を有している と考えられる。 ● ヒトゲノムのソフトは BGSi が独自に開発したもので、ヒトゲノムデータも BGSi のデータベース（AWS）に格納されている。	● ヒトゲノムおよび結核に特化した高度な解析が実施可能と思われる。	● 同研究所のヒトゲノム解析は、1) 疾病に関わる多型の特定、2) 多型の検出による個別化医療の推進の 2 つを目的とする。この様な大規模プロジェクトを推進するためには、バイオインフォマティシャンの増員や計算資源を含めた解析部門の更なる拡充が必要である。

(4) 公衆衛生分析

1) データの共有と政策への反映

ゲノム解析機関は、公衆衛生上の緊急事態に関連する新たな症例が発見された場合には、

on Sharing Avian Influenza Data)

¹⁰² ゲノム解析データを分析し、ウイルスの系統解析や変異の追跡を行うためのツール。詳細は別添 6 を参照。

直ちに MoH へ報告し、感染症管理のための疫学情報の共有や健康への影響に関する勧告を行い、国内外での調整を進めることが求められている。特に、SARS-CoV-2 のゲノム解析機関は、解析結果を MoH を通じて速やかに保健大臣に報告し、世界インフルエンザ（および新型コロナウイルス感染症）データ共有イニシアチブ（Global Initiative on Sharing Avian Influenza Data: GISAID）にデータをアップロードするとともに、月次報告書を作成する必要がある。BBLBK や地域公衆衛生検査室ではゲノム解析結果を MoH や州・郡保健局に報告しているが、現時点で一般公開は行っていない¹⁰³。これらの情報を基にした MoH 疾病予防管理総局やサーベイランス・保健検疫局によるニュースレターは発行されているが、一般にアクセスしやすい状況にはない。



図 2-12 MoH 疾病予防管理総局やサーベイランス・保健検疫局によるニュースレターの例
 出典：MoH. “Buletin Nasional Kewaspadaan Dini Dan Respons.”
<https://www.scribd.com/document/728601493/BULETIN-SKDR-M16-2024-26-April-2024> （参照 2024-12-2） および MoH 提供資料

インドネシアでは、中央データベースである SATUSEHAT¹⁰⁴を中心とした情報システム

¹⁰³ 2024 年 8 月 12 日の BBLBK へのインタビュー調査（BBLBK にて）、2024 年 8 月 13 日のジャカルタ地域公衆衛生検査室へのインタビュー調査より（ジャカルタ地域公衆衛生検査室）
¹⁰⁴ SATUSEHAT は、人々が健康データにアクセスし、個人の健康を自立的に管理できるようにするための国家デジタルヘルスシステムである。（MoH. SATUSEHAT. <https://satusehat.kemkes.go.id> （参照 2024-12-2））

を構築するべく、2023 年以降、グローバルファンドからの支援により取り組んでいる「国家検査室情報システムコンセプト」(National Laboratory Information System Concept) を 2025 年までに策定し、その運用を開始する予定である。これにより、オンラインでのデータへのアクセスが可能となり、医療および環境衛生検査室を含むさまざまな公衆衛生検査室の業務と機能を監督する「公衆衛生研究所ネットワーク」が強化される。政府管轄下の検査室だけでなく、民間が所有するすべての非公衆衛生検査室も対象となり、病院、獣医検査室、民間検査室、環境検査室、研究機関、大学などはパートナーとして協力しながら、検体やサンプルの検査、データや情報の共有、研究能力の構築、品質保証などの情報を集約する¹⁰⁵。BGSi は、2025 年にデータ公開用のダッシュボードを備えた新しいウェブページを立ち上げ、政府の SATUSEHAT プログラムと連携させる予定である¹⁰⁶。

2.1.4 他の開発パートナー、地域機関、研究機関の支援動向

2.1.4.1 国際・域内レベルでの取り組み

(1) 米国疾病予防管理センター (Centers for Disease Control and Prevention)

米国 CDC は 50 年以上にわたりインドネシア政府と協力し、公衆衛生システムの強化を支援している。具体的には、ラボネットワーク、疾病サーベイランス、人材育成、公衆衛生における緊急対応、ワクチン供給体制の強化を通じて、新興感染症やワクチン予防可能な疾患の制御能力向上を目指している。また、米国 CDC は MoH などの政府機関と連携し、インフルエンザ、デング熱、ポリオ、麻疹などの疾病対策を支援。これにより地域の健康向上と世界的な感染症リスクの軽減に貢献している。ゲノム解析分野においては、SARS-CoV-2、インフルエンザ、デング熱などについてゲノム解析を行い新たな変異株の監視や公衆衛生への影響を評価しているほか、NGS とデータ解析技術に関する技術者への研修などを行っている¹⁰⁷。

(2) アジア病原体ゲノムイニシアチブ (Asia Pathogen Genomics Initiative)

アジア病原体ゲノムイニシアチブ (Asia Pathogen Genomics Initiative: Asia PGI) は、2021 年にビル&メリнда・ゲイツ財団 (以下、ゲイツ財団) の支援を受けて設立され、シンガポールおよびアジア全域における科学的・技術的パートナーシップを活用することを目的としている¹⁰⁸。アジア地域においては、既存の取り組みに関して国別のゲノム解析能力を評価することを目的として、2022 年から 2023 年の期間、インドネシアなど 13 か国を

¹⁰⁵ 2024 年 8 月 12 日の BBLBK へのインタビュー調査 (BBLBK にて)、2024 年 8 月 13 日のジャカルタ地域公衆衛生検査室へのインタビュー調査より (ジャカルタ地域公衆衛生検査室)

¹⁰⁶ 2024 年 6 月 26 日の BGSi へのインタビュー調査より (BGSi にて)

¹⁰⁷ CDC. "CDC in Indonesia". <https://www.cdc.gov/global-health/countries/indonesia.html> (参照 2024-12-2)

¹⁰⁸ DukeNUS medical School. "Genomic sequencing for infectious disease elimination". <https://www.duke-nus.edu.sg/cop/asia-pathogen-genomics-initiative> (参照 2024-12-2)

含むアジア諸国において質問票に基づく調査が実施され、検査室の評価とゲノム解析に関する情報が収集された¹⁰⁹。調査結果によると、全13か国が国内で病原体のゲノム解析を行っており、国立公衆衛生研究所や民間、学術機関など複数のセクターで能力を拡充している一方で、病原体ゲノムサーベイランスのための資金は依然として外部ドナーに依存しており、病原体ゲノムサーベイランスを含む国の戦略計画やガイドラインを持つ国が少ないこと、ゲノムデータの解析能力が依然として課題であることが指摘されている¹¹⁰。Asia PGIでは、このほかの活動として、アジア地域の各国との協力を通じて、ゲノム解析の専門家を育成し、地域内での科学的交流を促進している。さらに、インフルエンザやデング熱などの病原体の監視を強化し、各国の戦略的計画を支援するとともに、インフルエンザに関する研修を提供し、これらの病気の監視システムの改善を目指している。IPSNの一環として、NGS技術の活用を推進し、データ共有の問題にも取り組んでいる¹¹¹。

2.1.4.2 広域ネットワーク等

(1) 公衆衛生検査室協会 (Association of Public Health Laboratories)

公衆衛生検査室協会 (Association of Public Health Laboratories: APHL) は、米国や国際社会において公衆衛生を支えるための検査室システムを強化することを目指す組織である。APHL は、米国の州および地方自治体の衛生検査室を代表しており、これには公衆衛生、農業、環境、およびその他の関連検査所が含まれる。APHL のメンバーは「公衆衛生検査室」と総称され、健康上の脅威を監視、検出し、対応している。インドネシアにおいては、2017年より、インドネシア CDC 事務所と協力し、全国公衆衛生ネットワーク (National Public Health Network) の構築と運営を支援し、「国家戦略計画 2018 年～2022 年」(National Strategic Plan) を策定するための技術的支援を行った。

APHL はインドネシアのほか、本調査対象国である他の4か国 (タイ、ベトナム、ガーナ、ナイジェリア) への支援も実施している。各国への支援内容について別添5にまとめた。

¹⁰⁹ Asia PGI. Roadmap for Pathogen Genomics in Asia. [https://www.duke-nus.edu.sg/docs/apgilibraries/default-document-library/asia-pgi-roadmap-\(summary\).pdf?sfvrsn=5b353816_6](https://www.duke-nus.edu.sg/docs/apgilibraries/default-document-library/asia-pgi-roadmap-(summary).pdf?sfvrsn=5b353816_6) (参照 2024-12-2)

¹¹⁰ Asia PGI. Roadmap for Pathogen Genomics in Asia.

¹¹¹ 2024 年 5 月 7 日の Duke-NUS へのインタビュー調査より (オンラインにて)

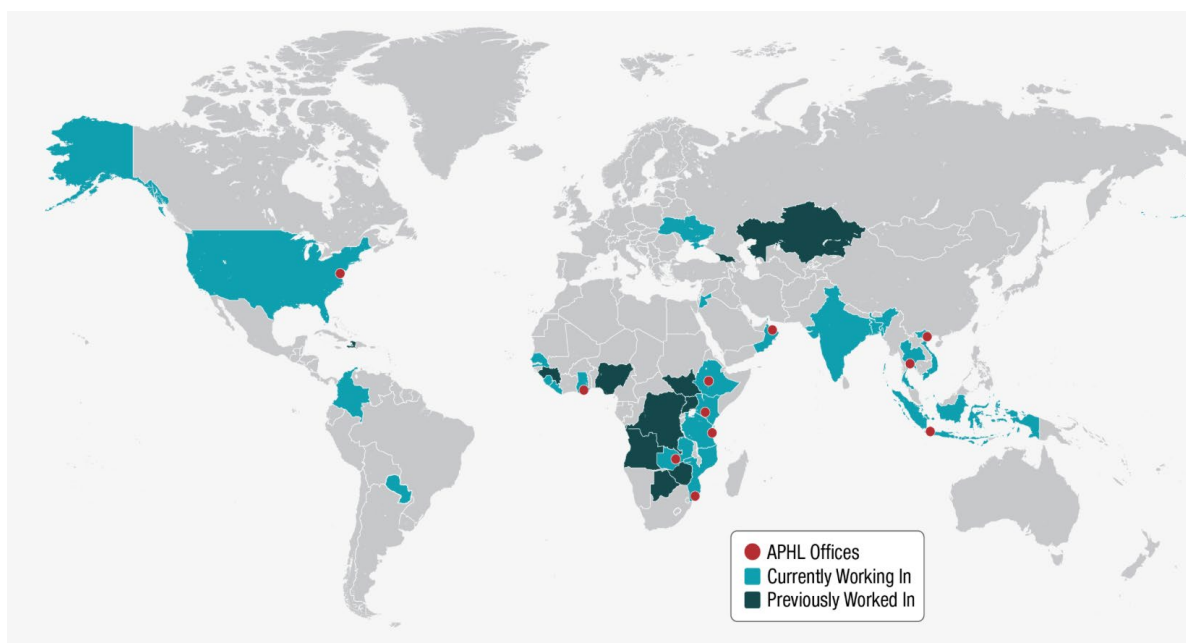


図 2-13 APHL が支援する国々

出典：APHL. Countries We Serve. https://www.aphl.org/programs/global_health/pages/countries.aspx
(参照 2024-10-16)

(2) ASEAN 感染症対策センター (ASEAN Centre for Public Health Emergencies and Emerging Diseases)

2020 年 11 月の ASEAN 首脳会議において、ASEAN の公衆衛生上の危機への対応や新たな感染症の拡大の予防に関する能力向上への貢献を目的とする ASEAN 感染症対策センター (ASEAN Centre for Public Health Emergencies and Emerging Diseases: ACPHEED) の設立が発表された。同センターは、3 つの柱 (準備、探知、対応) からなる機能および 3 つの横串機能 (情報共有・分析、人材育成、イノベーション) を担うものとされている¹¹²。ACPHEED はタイ、インドネシア、ベトナムの 3 か国が共同でホスト国となり、事務局がタイに設置されており¹¹³ ¹¹⁴、3 か国は公衆衛生サービスや、健康安全保障の強化、医療センターの設立・運営などでそのリーダーシップを発揮すべく取り組んでいきたいとしている¹¹⁵。2023 年の第 15 回 ASEAN 保健大臣会議において、タイには、ACPHEED センター

¹¹² 外務省. “日 ASEAN・AOIP 協力の取り組み (概要) .

<https://www.mofa.go.jp/mofaj/files/100419965.pdf> (参照 2024-12-2)

¹¹³ Ministry of Public Health of Thailand. Establishment of the ACPHEED in the Three Host Countries – Indonesia, Thailand, and Viet Nam: A Win-Win Solution?

<https://thaidj.org/index.php/JHS/article/view/15977> (参照 2024-12-2)

¹¹⁴ Vietnam Investment Review. “ACPHEED Secretariat Office Launched in Thailand”.

<https://vir.com.vn/acpheed-secretariat-office-launched-in-thailand-95957.html> (参照 2024-12-5)

¹¹⁵ HANOI TIMES. “Vietnam shows leading role in regional health services: US CC”.
<https://hanoitimes.vn/vietnam-shows-leading-role-in-regional-health-services-us-cdc-322837.html> (参照 2024-11-11)

事務局および危機対応・リスクコミュニケーションセンターを設立することが決議された。さらに、ベトナムには予防・準備センター、インドネシアには検出・リスク評価センターが設立された。これらのセンターは、ASEAN のための One ACPHEED という原則の下で運営されている¹¹⁶。さらに、2024 年 8 月に開催された ASEAN 保健大臣会議においては、2024 年以内に設立協定（Establishment Agreement: EA）を最終的に承認し、EA 調印後早期にホスト国協定を締結し、2025 年以降の ASEAN 保健セクター開発計画に ACPHEED の活動を盛り込むことにより、ACPHEED の運用を加速することが宣言されている¹¹⁷。

本調査で得た最新の情報によると、2025 年の ASEAN 首脳会議において見込まれるホスト国協定の締結ののち、インドネシアは検出・リスク評価センターとして中でも検査ネットワークとサーベイランスにかかる活動を担うことになっている。2025 年以降の活動としては、1) ASEAN 各国および域内の検査ネットワークの構築と強化、2) ASEAN 各国および域内の優先病原体リストの作成、3) サーベイランスシステムと能力開発の推進、4) データ共有の標準化（Standard Operating Procedure: SOP）に向けた取り組みを検討しており、そのための協力を必要としているとのことであった。また、ACPHEED として今後取り組むべき ASEAN 域内の課題としては、感染症関連データの共有プロセスの標準化、各国の国家基準検査室をつなぐ地域ネットワークの構築、病原体優先順位の設定と政策の整備が挙げられた¹¹⁸。

2.1.5 考察

インドネシアでは、2024 年 12 月時点で国家ゲノム戦略は未だ策定に至っていないものの、MoH や MoH 傘下の国立および地域公衆衛生検査室を中心に、BGSI、BRIN、学術機関（例：ガジャマダ大学）、国際パートナーとも連携し、SARS-CoV-2、インフルエンザ、結核、AMR、エムポックス、ポリオ、肝炎および急性腎障害を対象とし、感染症サーベイランスの枠組みの中で、病原体ゲノムサーベイランスの仕組みが既に取り入れられている。結核に関しては、BGSI が NGS を活用した結核スクリーニングの仕組みがロードマップとして策定されており、既に運用されていることから、今後はこれを基盤として他の病原体を対象にゲノムサーベイランスの構築が行われることが期待される。また、ポリオウイルスの環境水サーベイランスは 2007 年から実施されており、検体採取、輸送、公衆衛生検査室における検査、国内でのゲノム解析、海外レファレンス検査室におけるゲノム解析に至るまで、ルーティーンで行われている。GPLN 傘下の 3 つの検査室（ジャカルタの BBLBK、ジ

¹¹⁶ Ministry of Public Health of Thailand. “The Ministry of Public Health is ready to proceed with ACPHEED following the successful drafting of the agreement to establish the ACPHEED Center”. <https://ghd.moph.go.th/?p=15856>（参照 2024-12-2）

¹¹⁷ ASEAN. Joint Statement of the Sixteenth ASEAN Health Ministers Meeting (16th AHMM), 2024. <https://asean.org/wp-content/uploads/2024/08/Adopted-Joint-Statement-16th-AHMM.pdf>（参照 2024-11-11）

¹¹⁸ 2024 年 12 月 12 日の ACPHEED リーダーシップチームへのインタビュー調査より（保健省にて）

ジャワ島西側に位置するバンドゥン地域公衆衛生検査室、ジャワ島東側に位置するスラバヤ地域公衆衛生検査室) すべてにおいて十分なゲノム解析能力が確認され、特に BBLBK のキャパシティが一番高く、ポリオウイルスを含むエンテロウイルスの検出を目的とした環境水サーベイランスのキャパシティは十分とみなされる。現地調査の結果からも、主要検査室では PCR¹¹⁹や WGS を利用して定型的な病原体ゲノム解析を行うだけのキャパシティは十分にあることが窺えた。

定型的な病原体ゲノム解析にかかるキャパシティが認められる一方で、WGS や解析データの高度な分析はされておらず、データが十分に活用されていないことが、現在の課題として確認された。WGS についてはプロトコルがあればその通りに実施する能力はあると考えられるが、自らプロトコルを作成する能力は限定的であると考えられる。BBLBK および地域公衆衛生検査室といった公的検査室では最先端のシーケンシング技術やリソースが不足しており、バイオインフォマティクスもないことから、高度なゲノムデータの解析にかかる能力は限られる。このほか、病原体ゲノムサーベイランス実施のためには、検体採取と輸送、ゲノム解析にかかる人材不足、セクター間のコミュニケーション不足、資金不足など、多くの課題が残っている。検体採取後の保管状況、輸送状況などにより、検体の質が悪く、ゲノム解析を行っても十分な結果が得られないことがあり、検体の質はゲノム解析を行う上でも大きな障壁となっている。また、多くの取り組みについて、米国 CDC や WHO などの国際機関もしくは政府の二国間援助に資金的に依存しており、今後持続性をもって病原体ゲノムサーベイランスを実施していくには、政府予算による資金源の確保が必要となると考えられる。

インドネシアの病原体ゲノムサーベイランスの強化のためには、公的検査室の BBLBK や地域公衆衛生検査室のキャパシティ向上が必須である。ゲノム解析技術やバイオインフォマティクスにかかる能力向上だけでなく、下位公衆衛生検査室の管理および指導能力についても向上させることが重要である。また、マルチソースサーベイランスの考え方を取り入れ、病原体ゲノムサーベイランス実施のための検査室ガイドラインや下水サーベイランス実施のためのガイドラインの整備を行い、既存の感染症サーベイランスを補完する形で、単一ではなく複数のサーベイランスにかかる情報源からデータを収集・統合し、感染症や公衆衛生の状況を監視・評価する取り組みも重要である。これらの取り組みを支援することにより、インドネシアの病原体ゲノムサーベイランスは、感染症対策や公衆衛生政策の基盤として、昨今の複雑な公衆衛生課題への対応に重要な役割を果たすことになると考えられる。

¹¹⁹ ポリメラーゼ連鎖反応 (polymerase chain reaction, PCR) は、DNA を増幅するための原理またはそれを用いた手法。DNA 分子の中から、自分の望んだ特定の DNA 断片だけを選択的に増幅させることができる。しかも極めて微量な DNA 溶液で目的を達成できる。増幅に要する時間が 2 時間程度と短い。(神奈川県衛生研究所. PCR って何？

https://www.pref.kanagawa.jp/sys/eiken/002_kensa/02_gene/200626_pcr.html)

2.2 タイ

2.2.1 一般概況

2.2.1.1 社会経済状況

タイ王国(以下、タイ)の国土は、インドシナ半島中央部とマレー半島の北半分を占める。南はマレーシア、東はカンボジア、北はラオス、西はミャンマー(旧国名ビルマ)と国境を接する。東南側はタイランド湾に面する。マレー半島中部では西にアンダマン海およびマラッカ海峡があり、それらを挟んでインドネシアやインド領アンダマン・ニコバル諸島に向かい合う。首都はバンコクである¹²⁰。

1932年の立憲革命¹²¹から近年に至るタイの政治体制の変遷については、世界大戦や共産主義勢力の東南アジア地域での拡大といった国際情勢を反映して軍部中心の権威主義体制が長く続いた。その後、1980年代から1990年代にかけて民主化が進展し、冷戦終結による軍部の影響力が相対化する中で、「1997年憲法」の下で急速に勢力を拡大したタクシン党首率いるタイ愛国党と、これに反発する勢力の政治的対立が深刻化してきた。2023年に実施された下院総選挙では、旧野党である「前進党」が大躍進し第一党、旧野党でタクシン元首相派の「貢献党」は第二党、選挙前の与党第一党で保守派の「国民国家の力党」は第四党(40議席)となり、プラユット前首相支持派の「団結国家建設党」は第五党となった。2024年8月22日に実施された首班指名選挙の結果、貢献党の首相候補であるセター氏(不動産開発大手元社長)が保守派の上院議員からの支持も得て首相に選出され、同年9月5日にセター新政権が発足した。

日タイ両国は600年にわたる交流の歴史を持ち、伝統的に友好関係を維持している。長年の両国の皇室・王室間の親密な関係を基礎に、政治、経済、文化等幅広い面で緊密且つ重層的な関係を築いており、人的交流は極めて活発である。1980年代後半以降、日本企業は円高を背景に積極的にタイに進出し、タイの経済成長に貢献した。また、タイはメコン地域開発を進める上での日本の重要なパートナーである。タイの経済は、2020年には、世界的なCOVID-19の蔓延の影響により、-6.1%と2009年以来のマイナス成長となったが、世界経済の回復による輸出の回復に伴い2021年には1.6%にまで改善した。その後、海外観光客数の回復もあり、2022年の成長率は2.5%となった。2023年についても海外観光客数の回復が続いたことなどから緩やかに経済は成長したものの、製品輸出の鈍化や政府の予算成立の遅れなどもあり、1.9%の成長率にとどまっている¹²²。

初等教育の総就学率は2000年代になってからは常に100%もしくはそれ以上を維持して

¹²⁰ ウィキペディア.“タイ王国”. <https://ja.wikipedia.org/wiki/タイ王国> (参照 2024-9-2)

¹²¹ 1932年6月24日にタイ王国(シャム王国)で勃発した立憲革命は、タイを絶対君主制から立憲君主制へと移行させたクーデターあるいは革命である。クーデターは、主に平民出身で構成された文民、軍人の官僚により組織された人民党によって行われた。

¹²² 以上全て外務省.“タイ王国(Kingdom of Thailand)基礎データ”. <https://www.mofa.go.jp/mofaj/area/thailand/data.html#section2> (参照 2024-9-2)

いる（女子 98%、男子 101%、2021）（表 2-12）。識字率も 2000 年以降は 97～98%と、高い割合を示している¹²³。

表 2-12 タイの社会・経済状況一覧

一般事情	面積	51 万 4,000 平方キロメートル（日本の約 1.4 倍）
	人口	6,609 万人（2022 年）（タイ内務省）
	首都	バンコク
	民族	大多数がタイ族。その他 華人、マレー族等
	宗教	仏教 94%、イスラム教 5%
経済	主要産業	製造業が主要産業となっており、タイ GDP の約 30%を稼いでいる。一方、農業については、就業者数ではタイ就業者数全体の約 30%を占める産業となっているが、GDP のシェアでは 10%未満にとどまる。また、タイ経済の柱は観光であり、例えば、COVID-19 感染症拡大前の 2019 年には海外からの観光収入が 605 億ドル（世界第 4 位）となった。
	国民総生産 GDP (Current USD)	5,135 億米ドル（名目、2023 年、タイ国家経済社会開発委員会）
	国民総生産成長率 GDP Growth (Annual Percent)	1.9%（2023 年、タイ国家経済社会開発委員会）
	一人あたり国民総生産 GDP Per Capita (Current USD)	7,331.5 米ドル（2023 年、タイ国家経済社会開発委員会）
社会	貧困率 ¹²⁴ Poverty headcount ratio at national poverty lines (% population)	6.3%（2021 年、世銀）
	識字率 ¹²⁵ Literacy rate, youth total (% of people ages 15-24)	99%（2021 年、世銀）
	就学率 ¹²⁶ School enrollment, primary (% gross)	100%（2023 年、世銀）

出典：外務省。
World Bank Group.

2.2.1.2 行政区分

タイの行政体制は、中央政府の各機関等が中央で行う「中央行政（Central Administration）」、中央政府から高官を首長として地方に派遣し国が地方で行う「国による地方行政（Provincial Administration）」、主に選挙により選ばれた首長による地方自治体が行う「地方自治行政（Local Administration）」の 3 つの体制から構成されている。国による地方行政（Provincial Administration）は、内務省の管轄の下、県（チャンワット）、郡（アムプー）、行政区（タムボン）、村（ムーバーン）という体系となっている。県および郡は国

¹²³ World Bank Group. “World Bank Open Data”.（参照 2024-9-2）
¹²⁴ 国際貧困ラインを 2017 年の購買力平価（PPP）に基づき、1 日 2.15 ドルと設定。
¹²⁵ Literacy rate, youth total (% of people ages 15-24)
¹²⁶ School enrollment, primary (% gross)

の出先機関の位置付けであり、自治体組織ではなく、県レベルでは県知事が、郡レベルでは郡長が、それぞれ監督権を持っており、県知事および郡長は内務省から直接派遣されている。また、行政区および村は、内務省が区割りをした行政単位で、自治体と呼べる体制ではなく、行政区長および村長は住民の直接選挙で選ばれるものの、中央政府からの通達等を用いており、実質上中央政府から管理されている^{127 128}。

2.2.1.3 人口動態と保健概況

タイの年間人口増加率は著しく減少し続けており、2023 年には 0.1%にまで落ち込んでいる。これは、韓国、チリなどと同水準の割合である。出生時平均寿命は 2000 年の 72 歳から 2022 年の 80 歳へと延伸している（2022 年女性 84 歳、男性 75 歳）。合計特殊出生率は 2000 年の 1.6 からさらに減少傾向にあり、2022 年時点では 1.3 まで低下しているほか、65 歳以上人口の割合は 2000 年の 6%から 2022 年には 16%に上昇している¹²⁹。また、タイの人口ピラミッドは、経済成長に伴い、出生数の減少と低死亡率によって人口増加率がマイナスになり将来人口の減少が予想される「つぼ型」の様相を呈している（図 2-14）¹³⁰。

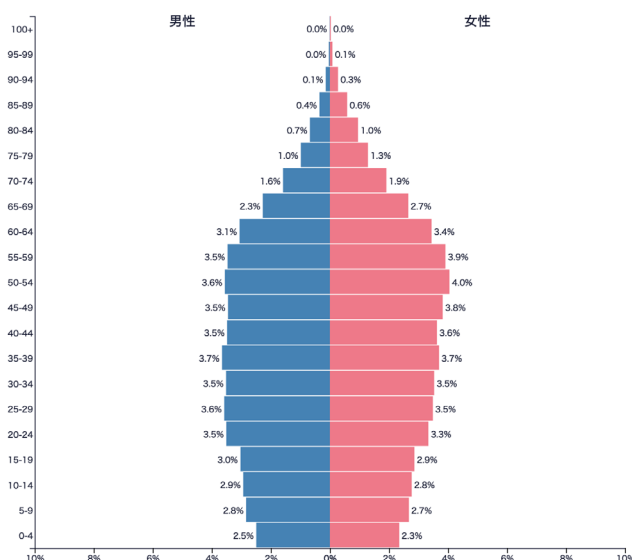


図 2-14 タイの人口ピラミッド (2020)

出典：PopulationPyramid.net. Population Pyramids of the World from 1950 to 2100.

<https://www.populationpyramid.net> (参照 2024-10-7)

2021 年のデータによると、タイにおける死因は、1 位が心血管疾患、2 位が腫瘍、3 位が

¹²⁷ (一財)自治体国際化協会. “タイの地方自治”. <https://www.clair.or.jp/j/forum/pub/docs/476.pdf> (参照 2024-9-2)

¹²⁸ ウィキペディア. “タイの地方行政”. <https://ja.wikipedia.org/wiki/タイの地方行政> (参照 2024-9-2)

¹²⁹ 以上全て World Bank Group. (参照 2024-10-7)

¹³⁰ 国立社会保障・人口問題研究所. “日本の将来推計人口”. https://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/suikei07/P_HP_H1812_A/3-4-2.html (参照 2024-10-7)

呼吸器感染症および結核である。特に肝臓がんはタイで年間 26,000 人以上の命を奪い、がん関連死の 96.3%という非常に高い割合を占めている¹³¹。肝臓がんの主な危険因子は、B 型または C 型肝炎の感染歴と肝硬変で、アルコール摂取や脂肪肝などの非アルコール性因子が原因となる。アフラトキシンは、シリアルやナッツなどの汚染された乾燥食品によく含まれる真菌によって生成される毒素で、肝臓がんとの関連も強いとされている¹³²。上位 10 位までの死因のうち感染症は 1 つのみ、6 つが NCDs、2 つがその他の理由となっている（図 2-15）。心血管疾患および腫瘍は 2000 年、2010 年から変わらず 1 位、2 位である。呼吸器感染症および結核は 2000 年から徐々に順位が上昇している。また、総死亡者数に占める NCDs による死亡率は 2010 年の 68%から 2019 年の 77%へと上昇している。これは、東アジア・太平洋地域平均の 85%と比較して低く、世界平均の 74%（2019）と比較してやや高い割合である¹³³。

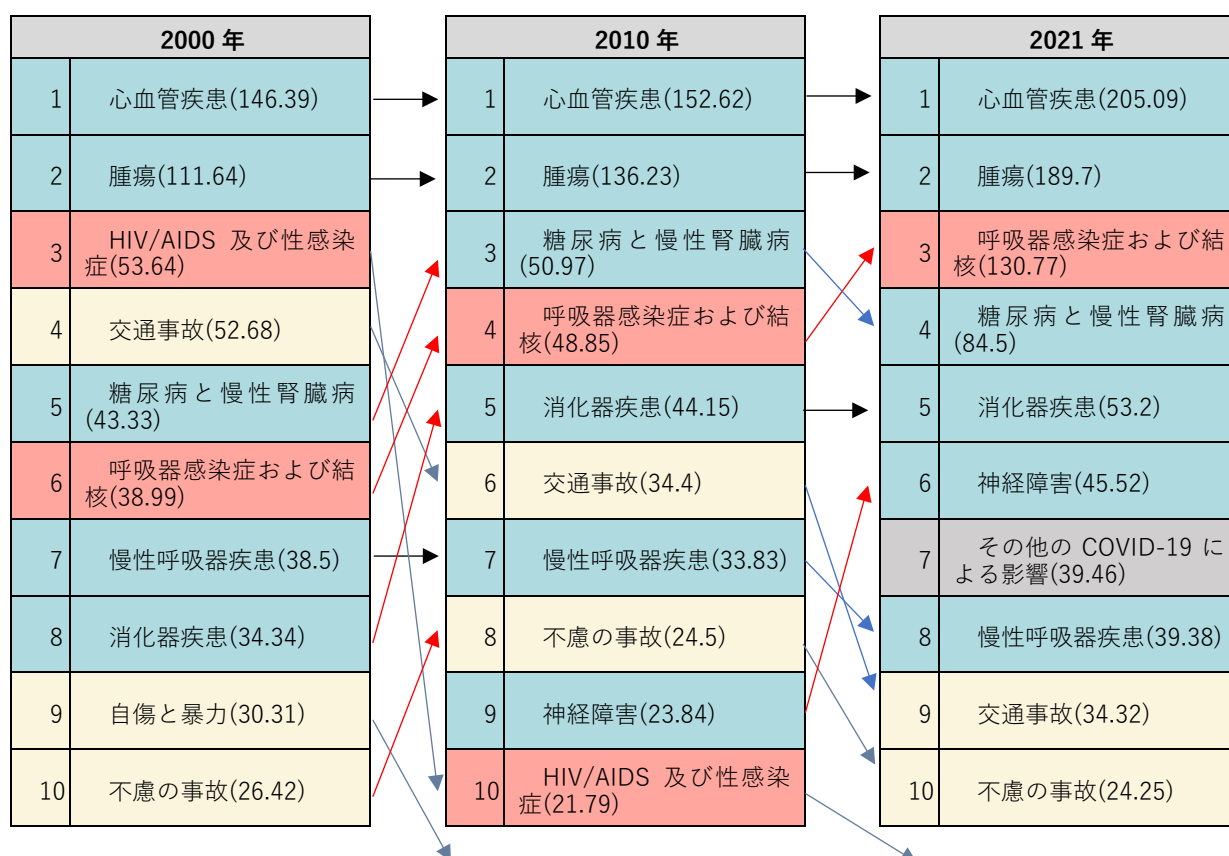


図 2-15 タイにおける死因上位 10 位の変遷（括弧内の数字は、10 万人あたりの死亡者数）

出典：Institute for Health Metrics and Evaluation. “GBD Compare”.

<https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/>（参照 2024-11-14）を基に調査団作成

¹³¹ Faculty of Pharmacy Chulalongkorn University. “Liver cancer is the number one cause of death in Thailand”. https://www.pharm.chula.ac.th/News_content/liver-cancer-is-the-number-one-cause-of-death-in-thailand/（参照 2024-10-7）

¹³² 同上

¹³³ World Bank Group.（参照 2024-11-14）

2022 年のデータによると、タイにおけるサーベイランス対象疾患の罹患率は、1 位が急性下痢症、2 位が発熱、3 位が肺炎であった（表 2-13）。一方、死亡率は 1 位が肺炎、2 位がメリオイドーシス（類鼻疽）¹³⁴ ¹³⁵、3 位がレプトスピラ症 ¹³⁶ ¹³⁷であった。また、デング熱は罹患率の 7 位、死亡率の 4 位であり、タイにおいて重要な公衆衛生上の問題と考えられている。デング熱を起こすウイルスには 4 種類あり、同じ型のウイルスに再び感染しても免疫によって軽症で済むが、異なる型に感染すると免疫が過剰に働き重症化することがあり、重症化したものはデング熱出血熱またはデングショック症候群と呼ばれ、稀に死亡することもある ¹³⁸。さらに、脳炎による死亡率も上位 7 位であり、2013 年から 2022 年までの 10 年間で、その割合は増加する傾向にある。2014 年には人口 10 万人あたりの罹患率が 0.89 と最も低くなったものの、罹患率は増加し、2019 年にピークに達し、罹患率は 10 万人あたり 1.36 人となっている。2021 年から 2022 年にかけてはやや減少傾向にある ¹³⁹。

表 2-13 タイにおけるサーベイランス対象疾患の罹患率及び死亡率（上位 10 位）

発生率	上位 10 位	
	罹患率	死亡率
疾病	1 急性下痢症 2 発熱 3 肺炎 4 手足口病 5 インフルエンザ 6 食中毒 7 デング熱 8 出血性結膜炎 9 性感染症 10 水痘	1 肺炎 2 メリオイドーシス 3 レプトスピラ症 4 デング出血熱 5 水性レンサ球菌 6 特定不能の髄膜炎 7 脳炎 8 ツツガムシ病 マラリア キノコ中毒 11 性感染症 破傷風（ネオナトリウムコレラを含む）

出典：Ministry of Public Health. Annual Epidemiological Surveillance Report 2022. https://apps-doe.moph.go.th/boeeng/annual/Annual/Annual_Report_2565.pdf（参照 2024-11-14）

¹³⁴ 腐敗性のグラム陰性桿菌である *Burkholderia pseudomallei* が原因菌で熱帯地域の土壌や水中に広く分布。ヒト感染は通常、吸入、皮下侵入、時に経口感染で起こる。患者の 50%以上が肺炎症状を呈し、適切な治療を行わないと、発症 48 時間以内の致死率は 90%に達する。

¹³⁵ 厚生労働省検疫所. “メリオイドーシス（類鼻疽）”. URL:<https://www.forth.go.jp/moreinfo/topics/2012/03051026.html>（参照 2024-11-13）

¹³⁶ レプトスピラ症は急性熱性疾患であり、感冒様症状のみで軽快する軽症型から、黄疸、出血、腎障害を伴う重症型（ワイル病）まで多彩な症状を示す。5～14 日間の潜伏期を経て、発熱、悪寒、頭痛、筋痛、腹痛、結膜充血などが生じ、第 4～6 病日に黄疸が出現したり、出血傾向が増強したりする。

¹³⁷ NIID 国立感染症研究所. “レプトスピラ症とは”. <https://www.niid.go.jp/niid/ja/kansennohanashi/531-leptospirosis.html> =レプトスピラ症は急性熱性、出血傾向も増強する（参照 2024-11-13）

¹³⁸ 厚生労働省検疫所 FORTH. “デング熱”. <https://www.forth.go.jp/moreinfo/topics/name33.html>（参照 2024-11-13）

¹³⁹ Ministry of Public Health. “Annual Epidemiological Surveillance Report 2022”. https://apps-doe.moph.go.th/boeeng/annual/Annual/Annual_Report_2565.pdf（参照 2024-11-13）

2022 年の最新のデータによると、タイにおける 5 歳未満児死亡率(出生 1,000 人あたり)は 8 と、全世界平均 (37)、東アジア・太平洋平均 (15) よりも低い (表 2-14)。妊産婦死亡率については出生 10 万人あたり 20 と、全世界平均 (74) や東アジア・太平洋平均 (223) よりもかなり低い値を示している (表 2-14)。一方、結核罹患患者は過去 20 年間で減少し続けているものの、2022 年の値で 10 万人あたり 156 と高く、2021 年のデータを見ても、結核を含む呼吸器感染症および結核は死亡原因の第 3 位である (図 2-15)。治療の遅れや治療へのアクセスの欠如は、地域社会での感染拡大につながる可能性があり、特に、医療アクセスにおいてもともと不利な立場にある移動・移民人口の間では、この課題が一層深刻であることが指摘されている¹⁴⁰。

表 2-14 主要母子保健指標 (タイ、東アジア・太平洋、全世界との比較)

	タイ			東アジア・太平洋	全世界
	2000 年	2010 年	最新の数字		
平均寿命	72	76	80 (2022)	77 (2022)	72 (2022)
妊産婦死亡率 (出生 10 万人あたり) Maternal mortality ratio (modeled estimate per 100,000 live births)	37 (2009)	35	20 (2020)	74 (2020)	223 (2020)
5 歳未満児死亡率 (出生千人あたり) Mortality rate, under-5 (per 1,000 live births)	21	13	8 (2022)	15 (2022)	37 (2022)
HIV 感染率 (15-49 歳) Prevalence of HIV, total (% of population ages 15-49)	2.2	1.7	1.1 (2022)	NA	0.7 (2022)
結核罹患率 (10 万人あたり) Incidence of tuberculosis (per 100,000 people)	241	181	155 (2022)	145 (2022)	133 (2022)
マラリア罹患率 (千人あたり) Incidence of malaria (per 1,000 population at risk)	6.6	2.5	0.5 (2022)	3.2 (2022)	58.9 (2022)

出典: World Bank Group.

COVID-19 については、2020 年 3 月に最初に発生し、以後バンコクのボクシングイベントやナイトクラブが発端となり、68 の県に拡大した。タイ政府は 2020 年 3 月 26 日に迅速に対応し、強力な公衆衛生および社会的措置を導入した。感染者の特定、隔離、検疫を行うために、1,000 以上の監視・迅速対応チームが活動し、110 万人の地域保健ボランティアが

¹⁴⁰ IOM. “The road to ending tuberculosis – world tuberculosis day 2023: voices from Thailand”. <https://roasiapacific.iom.int/stories/road-ending-tuberculosis-world-tuberculosis-day-2023-voices-thailand#:~:text=Although%20TB%20incidence%20is%20gradually,down%20from%20150%20in%202020.> (参照 2024-11-14)

支援した。強固な医療インフラ、人々の社会的措置への協力、そして政府全体の取り組みにより、第一波の感染者数は 3,042 人、死亡者数は 57 人、致死率は 1.46% に抑えられ、その後の第二波の感染者数は第一波の 7 倍に達したものの、早期の入院と治療により、致死率は 0.11% に抑えられた¹⁴¹。現在では、COVID-19 の監視と感染予防のため、空港や港、陸上検問所で到着・出発の乗客を検査しているほか、病院では発熱や呼吸器症状のある患者や肺炎患者のスクリーニングを行い、旅行者の症状について通報し、自主隔離の指導を行っている¹⁴²。

タイの保健支出に占める OOPS の割合は 2021 年時点で 9% と低く、2005 年の 91% からわずか 16 年で大きく減少した。これは、2002 年に導入されたユニバーサル・カバレッジ・スキーム (Universal Coverage Scheme: UCS) が、タイの医療制度に大きな影響を与えたためと考えられる。UCS はタイ政府の 3 つの医療制度の一つで、これら全てを合わせてタイ国民の 99.99% の医療をカバーしているものである¹⁴³。図 2-16 は、各国の GDP に占める保健支出割合と保健支出に占める OOPS の割合の相関性を示すものであるが、赤い点がタイを指している。GDP に占める保健支出は 5% に満たないものの、OOPS の割合は比較的低いことが示されている。

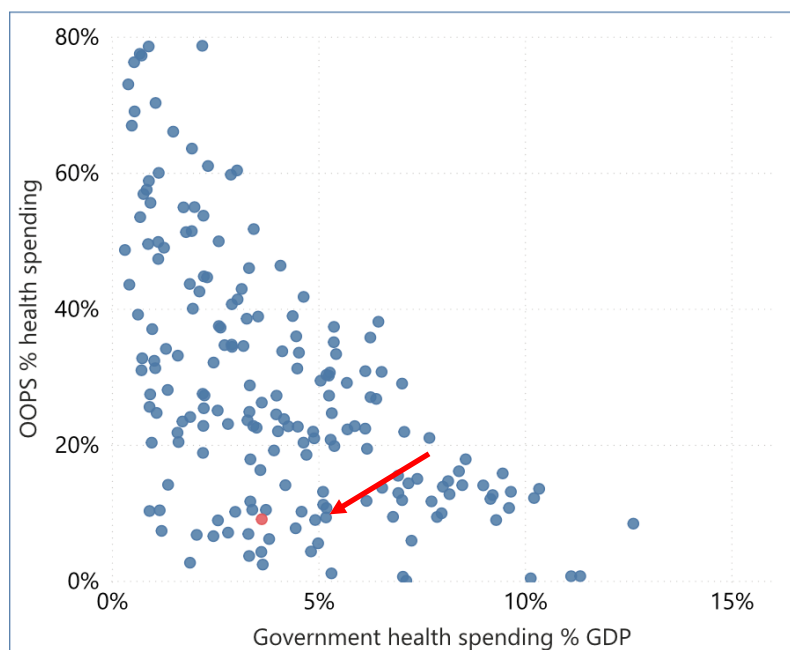


図 2-16 各国の GDP に占める保健支出割合と保健支出に占める自己負担割合の相関性 (2021)

¹⁴¹ Nattadhanai Rajatanavin. Responding to the COVID-19 second wave in Thailand by diversifying and adapting lessons from the first wave. BMJ Global Health, 2021.

<https://gh.bmj.com/content/6/7/e006178> (参照 2024-11-14)

¹⁴² Department of Disease Control of Ministry of Public Health. “Corona Virus Disease (COVID-19)”.

https://ddc.moph.go.th/viralpneumonia/eng/ind_situation.php (参照 2024-11-14)

¹⁴³ National Health Security Office. “New UCS benefits in 2023”.

<https://eng.nhso.go.th/view/1/DescriptionNews/New-UCS-benefits-in-2023/474/EN-US> (参照 2024-11-14)

出典：WHO. “Global Health Expenditure Database”.
https://apps.who.int/nha/database/country_profile/Index/en (参照 2024-11-14)

2.2.2 政策

2.2.2.1 国家開発政策

タイの国家政策は3つのレベルに分かれており、第1レベルにおいては国家戦略(National Strategy)が策定されており、国民参加のプロセスを通じて、国家の安定、経済、健康、社会、環境の各側面における国家開発のバランスをとる包括的な国家開発の枠組みとしての機能を果たしている。第2レベルにおいては、1) 様々なレベルにおける国家開発目標や戦略を定義して一貫性を保つマスタープラン (Master Plan)、2) 緊急の構造的、機械的、または規制上の課題を解決し、優先順位の高い国家開発状況に合わせた開発のための基盤を築くことを目的とした国家改革計画 (Country Reform Plans)、3) 国家安全保障に対する脅威を防止し、警告を発し、警告または抑制するための活動の指針となる枠組みとして機能する国家安全保障政策および計画 (National Security Policy and Plan)、4) 国家戦略の下で重要な開発の方向性と目標を特定し、関連省庁がその状況に適した活動を実施するための国家経済社会開発計画 (National Economic and Social Development Plan) が策定されている。これら4つの第2レベルにおける計画は全て、国家戦略に基づく国家開発の方向性を様々な方面から、第3レベルの活動計画 (Action Plans および Ministerial 5-year and 1-year Action Plans) を実行するための重要なメカニズムである。第3レベルの活動計画は、政府機関のプロジェクトの任務に従った業務を明確に示し、第2レベルにおける国家戦略が目標を達成するためにあらゆるレベルで一貫性を確保するものである¹⁴⁴。

¹⁴⁴ 以上全て Office of the National Economic and Social Development Council, Office of the Prime Minister. The Thirteenth National Economic and Social Development Plan (2023-2027).
https://www.nesdc.go.th/article_attach/article_file_20230615134223.pdf (参照 2024-9-3)

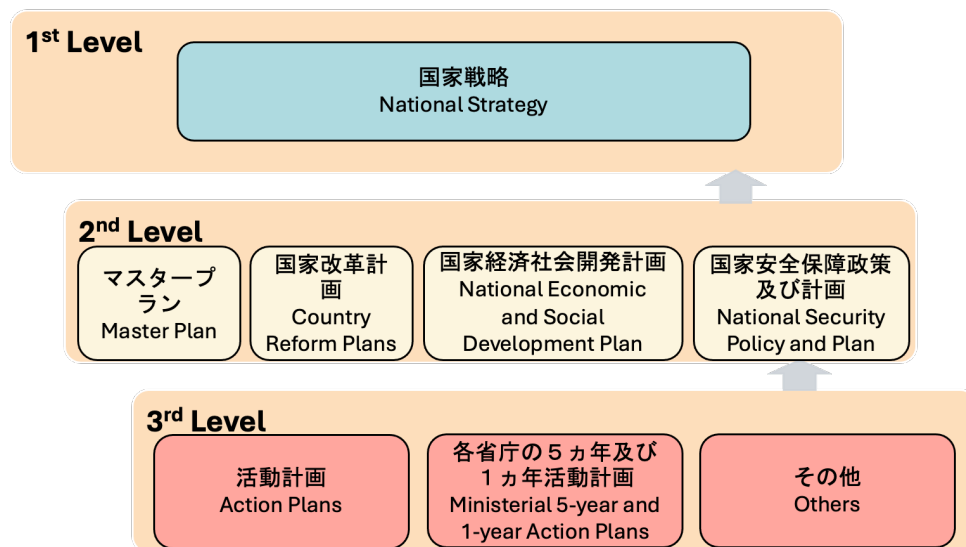


図 2-17 3つのレベル国家政策の整合性

出典：第13次国家経済社会開発計画（2023-2027年）より調査団作成

2.2.2.2 保健医療政策

タイは、「より健康な国民、より幸せな医療従事者、持続可能な医療システム」という目標を掲げ、2017年から2036年までの20年間の国民保健戦略計画（20-Year National Strategic Plan for Public Health 2017-2036）を策定している。この計画では、1）プロモーション、予防、保護（PP&P）の向上、2）サービスの向上、3）人材の向上、4）ガバナンスの向上という4つの戦略が示されており、その中で、全ての検査室が同じ診断能力を持つことを保証するための検査室能力開発プログラムを実施することも重要な対策の一つとして盛り込まれている。タイの保健省（Ministry of Public Health: MoPH）は公共セクターおよびマルチセクターの関与に重点的に取り組みながら、同計画実施の中心的役割を担っている¹⁴⁵。

また、2021年にはタイグローバルヘルス活動計画（Thailand Global Health Action Plan 2021-2027）を策定している。同活動計画では、1）健康の安全強化、2）タイの国際社会における主導的役割、イメージ、そしてグローバルヘルスに対する責任の推進、3）保健と公共政策の整合性を高めること、4）国内および国際レベルで強靱かつ公平な保健システムの人材と組織の能力、道徳、倫理、生活の質を向上させることを戦略課題として掲げている¹⁴⁶。

¹⁴⁵ Strategy and Planning Division, Office of the Permanent Secretary, Ministry of Public Health. Twenty-Year National Strategic Plan for Public Health (2017-2036).

<http://164.115.27.97/digital/files/original/2ddc0ac1ecec4c666af70165c23e011.pdf>（参照 2024-9-3）

¹⁴⁶ Global Health Division, Office of Permanent Secretary, Thailand Ministry of Public Health. Thailand Global Health Action Plan 2021-2027. <https://tpd.dtam.moph.go.th/wp-content/uploads/2023/08/GHplan-ENG.pdf>（参照 2024-9-4）

2.2.2.3 感染症対策関連政策

感染症サーベイランスについては、2015 年制定の感染症法（Communicable Diseases Act B.E. 2558 (2015)）によって定められており、重要な感染症が発生した際には感染症管理責任者に通知することが義務付けられている¹⁴⁷。

その他、感染症サーベイランスに関連する政策について以下の表 2-15 にまとめる。

表 2-15 タイの公衆衛生検査室関連政策

	英語訳	日本語訳
1	National Policy on Health Laboratory (2nd revision, 2017)	衛生検査所に関する国家政策（2017 年第 2 次改訂版）
2	Pathogen and Animal Toxin Act B.E. 2558 (2015)	病原体および動物毒素法 B.E. 2558 (2015)
3	Communicable Disease Act B.E. 2558 (2015)	感染症法 B.E. 2558 (2015)
4	Sanatorium Act B.E. 2559 (2516)	サナトリウム法 B.E. 2559 (2516)
5	National Health Security Act, B.E. 2545	国民健康安全保障法 B.E. 2545
6	Handbook of Specimen Collection and Laboratory Services (2016). National Institute of Health	検体収集および検査サービスハンドブック（2016）、国立衛生研究所
7	Guideline for Specimen Collection and Biosafety (2014). National Institute of Health	検体採取とバイオセーフティに関するガイドライン（2014）、国立衛生研究所
8	Guideline for EID-Lab Network (2015). National Institute of Health	EID-Lab ネットワークのガイドライン（2015）、国立衛生研究所
9	Animal Epidemics Act B.E. 2558 (2015)	動物伝染病法 B.E. 2558 (2015)
10	Animal for Scientific Work Act B.E. 2558 (2015)	科学研究用動物法 B.E. 2558 (2015)

出典：Ministry of Public Health. “Thailand Joint external evaluation: Detect 1: National Laboratory System”. http://nih.dmsc.moph.go.th/data/data/60/20_7_60/20_1.pdf（参照 2024-10-23）

2.2.2.4 病原体ゲノム関連政策

現在、タイには病原体ゲノムサーベイランスや優先すべき病原体に特化した法律や政策はなく、感染症のアウトブレイクが発生した際や状況に応じてその都度実施されている状況である。ゲノムサーベイランスは、上述の 2015 年制定の感染症法に基づいた感染症対策及び疾病サーベイランスの一環として実施されている^{148 149}。

¹⁴⁷ Communicable Diseases Act B.E. 2558 (2015).
https://ddc.moph.go.th/uploads/ckeditor/c74d97b01eae257e44aa9d5bade97baf/files/001_2gcd.pdf（参照 2024-9-4）

¹⁴⁸ 2024 年 9 月 27 日の NIH へのインタビュー調査より（オンラインにて）

¹⁴⁹ 2024 年 10 月 16 日のプラボロマラーチャノック研究所へのインタビュー調査より（オンラインにて）

2.2.3 病原体ゲノムサーベイランスの現状と課題

2.2.3.1 病原体ゲノムサーベイランス主要機関

(1) 保健省

MoPH は、健康増進、予防、疾病管理、治療、リハビリテーションのほか、法律で定められたその他の公的機能を担う主要機関である。他の省庁も、限定的ではあるが、医療提供の役割を担っている。その中には、障害者や高齢者のためのその他の医療関連社会サービスを担当する社会開発・人間の安全保障省、受刑者などの特別な集団を担当する法務省、市町村やタンボン行政組織などの地方自治体が含まれる。

MoPH の行政機構は、中央と地方の 2 つのレベルに分かれている。中央行政部門は、MoPH 事務次官局、医療開発部門、健康促進部門、医療サービス運営部門、プラボロマラーチャノック研究所¹⁵⁰ ¹⁵¹から成る。MoPH 事務次官局は、戦略の策定、省政策の運営計画への反映、資源の管理と配分、省内機関によるプログラムの実施状況の監視と評価、情報技術システムの開発、広報、国際協力、関連法の改正を担当しており、中央と地方の両レベルの機関で構成されている。2020 年時点で、中央レベルでは、戦略・計画課、保健管理課、検査課など 15 の機関があり、県レベルでは、76 の県保健局、878 の地域保健局、9,759 の保健センターまたは小地区保健推進病院があった。中央省庁はまた、県保健局の業務を監視・支援するために、地域保健局と地域技術センターに機能を委任している。地域保健局は、地域内の県をまたがる調整機関であり、地域内の計画の統合と資源の動員を担っている。予算配分も地域保健局の責任の一部となっている¹⁵²。

図 2-18 に示されている MoPH 傘下組織のうち、病原体ゲノムに関連する主要な部署は、保健サービス支援部門下にある医科学局 (Department of Medical Sciences)、特にこの傘下組織である国立衛生研究所 (National Institute of Health: NIH) と、公衆衛生開発部門下にある疾病管理局 (Department of Disease Control: DDC) である。NIH はゲノム解析を行い、DDC は NIH のデータに基づく疾病サーベイランスと管理対策を担っている。

¹⁵⁰ プラボロマラーチャノック研究所は、タイ保健省傘下の公衆衛生人材育成のための公立高等教育機関。

¹⁵¹ Praboromarajchanok Institute. <https://uat-webeng.pi.ac.th/index.php> (参照 2024-11-13)

¹⁵² WHO. The Kingdom of Thailand Health System Review. World Health Organization, 2024. <https://ihpptaigov.net/publication/thailandhealthsystemreview> (参照 2024-8-6)

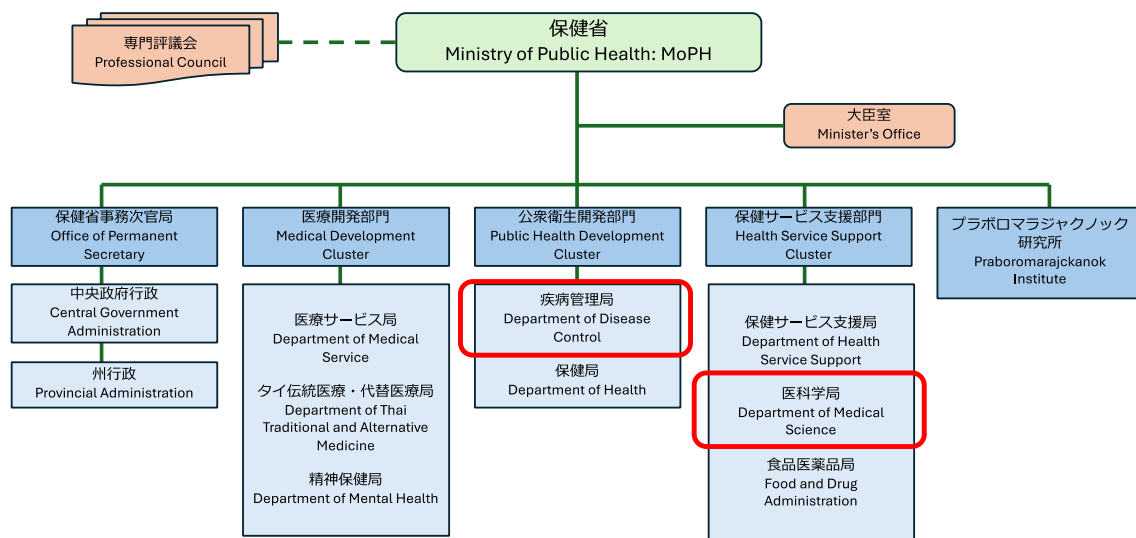


図 2-18 タイ MoPH の組織図（抜粋）

出典：Ministry of Public Health. <https://opdc.moph.go.th/img/โครงสร้างกระทรวง63.png>（参照 2024-11-14）より調査団作成

(2) 実施機関

1) 保健省疾病管理局（Department of Disease Control）

感染症対策は、MoPH の DDC による支援および MoPH と地方自治体の運営によって実施されている。このうち、DDC 傘下の疫学局（Division of Epidemiology）は、疾病サーベイランスとアウトブレイクの検出を担当している。疾病サーベイランスは、公衆衛生施設によりルーティーンで行われており、保健所や病院は、特定の感染症患者を州や中央省庁に報告することになっている。アウトブレイクの管理は、DDC の緊密な監視と支援の下、主に地区レベルおよび州レベルの地方保健当局によって行われる。ただし、一部の状況（特に新興感染症）については、MoPH が直接管理することになっている。このほか、職業性・環境性疾患のサーベイランスシステムにおいては、DDC 傘下の職業・環境疾病局（Division of Occupational and Environmental Diseases）が職業・環境疾病の予防と管理に関するモニタリングと政策・戦略の策定を担っており、医療施設で発症した症例を検出している¹⁵³。NCDs については、慢性疾患の原因となる危険な行動を監視するため、行動危険因子のサーベイランスが非感染性疾患局（Bureau of Non-Communicable Diseases）によって実施されている¹⁵⁴。

表 2-16 疾病管理局（DDC）の組織図

中央／Central			
バムラスナラドゥラ感 染症研究所	Bamrasnaradura Institute	疫学部門	Division Of Epidemiology

¹⁵³ WHO Regional Office for the Western Pacific. Thailand Health System Review 2024, 2024.

¹⁵⁴ WHO. The Kingdom of Thailand Health System Review.

緊急事態における疾病 管理部門	Division of Disease Control in Emergency Situation	ラジャプラチャ・サマ サイ研究所	Rajapracha Samasai Institute
都市疾病管理予防研究 所	Institute for Urban Disease Control and Prevention	倫理ユニット	Ethics Unit
予防医学教育研究所	Institute of Preventive Medicine Education	法務部	Division of Legal Affairs
タバコ製品管理委員会	Division of Tobacco Products Control Committee	長官室	Office of the Secretary
アルコール対策委員会 事務局	Office of Alcohol Control Committee	名誉委員会事務局	Office of the Honorable Commission
一般感染症局	Bureau of General Communicable Diseases	国際協力局	International Cooperation Agency
媒介感染症局	Bureau of Vector Borne Diseases	公共部門開発部	Public Sector Development Division
非感染性疾患局	Bureau of Non- Communicable Diseases	企画部	Planning Division
エイズ・結核・STI 局	Bureau of AIDS, TB and STIs	世界基金プロジェクト 管理室	Global Fund Project Management Office
結核局	Bureau of TB	人事課	Personnel Division
HIV/AIDS ワクチン試 験事務局	Office of HIV/AIDS Vaccine Trial	内部監査課	Internal Audit Division
国際疾病管理港湾部	Division of International Disease Control Ports	財務部	Finance Division
王立開発プロジェクト 委員会事務局	Secretariat Office of the Royal Development Projects Committee	リスクコミュニケーション・健康行動開発局	Bureau of Risk Communication and Health Behavior Development
職業・環境疾病局	Division of Occupational and Environmental Diseases	イノベーション・リサ ーチ部門	Division Innovation and Research
傷害予防課	Division of Injury Prevention	情報技術センター	Information Technology Center
労働環境衛生開発セン ター サムットプラカ ーン県	Occupational and Environmental Health Development Center Samut Prakan Province		

出典：Department of Disease Control, Ministry of Public Health. “Department of Disease control”.
<https://ddc.moph.go.th/en/organization.php>（参照 2024-11-14）

2) バムラスナラドゥラ感染症研究所（Bamrasnaradura Infectious Disease Institute）

バムラスナラドゥラ感染症研究所（Bamrasnaradura Infectious Disease Institute: BIDI）は、DDC 管轄にある感染症の診断、治療、予防、および研究に特化した医療施設である（表 2-16）。COVID-19 や結核、HIV/AIDS などの感染症に対応し、治療ガイドラインの策定や臨床研究を行い、公衆衛生対策を支援している。同研究所は新興感染症に対する感染症対策

の中心機関として、他の保健機関と連携し感染症管理を担っている¹⁵⁵。また、過去には SARS、MERS、エボラウイルス病、COVID-19 といった多くの致死感染に対する国の主要な隔離施設として使用されている。現在のところ、呼吸器感染症、脳炎、下痢、エンテロウイルス等を含むリアルタイム PCR ベースのサーベイランスを実施しているが、将来的にはゲノム解析に基づいたサーベイランスを導入する計画である。ゲノム解析については米国 CDC からの支援を受け、現在エムボックスを中心としたゲノム解析の初期段階にあるが、今後はインフルエンザウイルスや他のウイルスにも拡大する予定である¹⁵⁶。

3) 国立衛生研究所 (National Institute of Health)

NIH は、MoPH 医科学局の傘下にある。1980 年代ごろから高度な研究の必要性の高まりを受け、タイ政府は 1984 年に「国立衛生研究所」プロジェクトを策定し、日本政府に二国間支援を要請した。これにより、日本政府からの無償資金協力を受けて 1987 年に NIH が設立され、NIH の研究促進に対する技術協力、専門家派遣や研修事業を行ってきた。現在、NIH の活動はタイ国内だけでなく、国際社会でも広く認められ、拠点ラボとしての役割も果たしている。NIH での研究成果は、診断技術の進歩や、タイ国民に多大な利益をもたらす国産ワクチンの生産に貢献している¹⁵⁷。

¹⁵⁵ Department of Disease Control, Ministry of Public Health. “Mission”.

<https://ddc.moph.go.th/bidi/mission.php> (参照 2024-10-16)

¹⁵⁶ 2024 年 10 月 16 日の BIDI へのインタビュー調査より (オンラインにて)

¹⁵⁷ National Institute of Health of Thailand. http://nih.dmhc.moph.go.th/aboutus_eng/history_eng.php (参照 2024-5-28)

Organization structure

Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health



図 2-19 医科学局（Department of Medical Sciences）の組織図

出典：Ministry of Public Health. Organization structure.

<https://www3.dmsc.moph.go.th/en/assets/page/MDUtMDMtMjAyNF9ETVNjLVN0cnVjdHVyZTlwMjQ0tVEgtRU5HLXAY.jpg>（参照 2024-11-13）

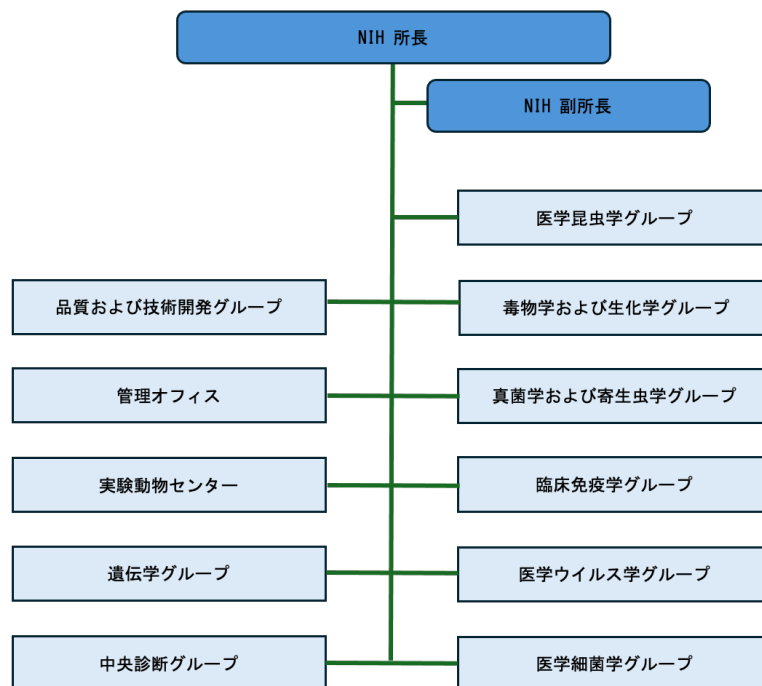


図 2-20 NIH の組織図

出典：National Institute of Health of Thailand.

http://nih.dmsc.moph.go.th/aboutus_eng/history_eng.php (参照 2024-5-28)

2.2.3.2 サーベイランス

(1) 感染症サーベイランス

1) 対象ウイルス、疾患、優先順位等

タイにおける感染症対策は 1959 年に MoPH 感染症課に「疫学セクション」が設置されたことに始まる。その後、タイ政府は WHO や米国 CDC などの支援を受け、長年にわたり感染症対策強化を図ってきた (図 2-21)。感染症サーベイランスの対象疾患は、1972 年に 26 疾患であったが、公衆衛生の脅威の時代的变化に伴い増減し続けており、2022 年時点では 43 疾患が届出対象疾患となっている。中枢神経系感染症、媒介感染症、ワクチンで予防できる感染症、人獣共通感染症、呼吸器系感染症、接触または性的接触による感染症、食品および水を媒介とする感染症、接触による感染症の、8 つのグループに分けられている¹⁵⁸。

¹⁵⁸ MoPH. “Annual Epidemiological Surveillance Report 2022”. <https://apps-doe.moph.go.th/boeeng/annual.php> (参照 2024-10-17)

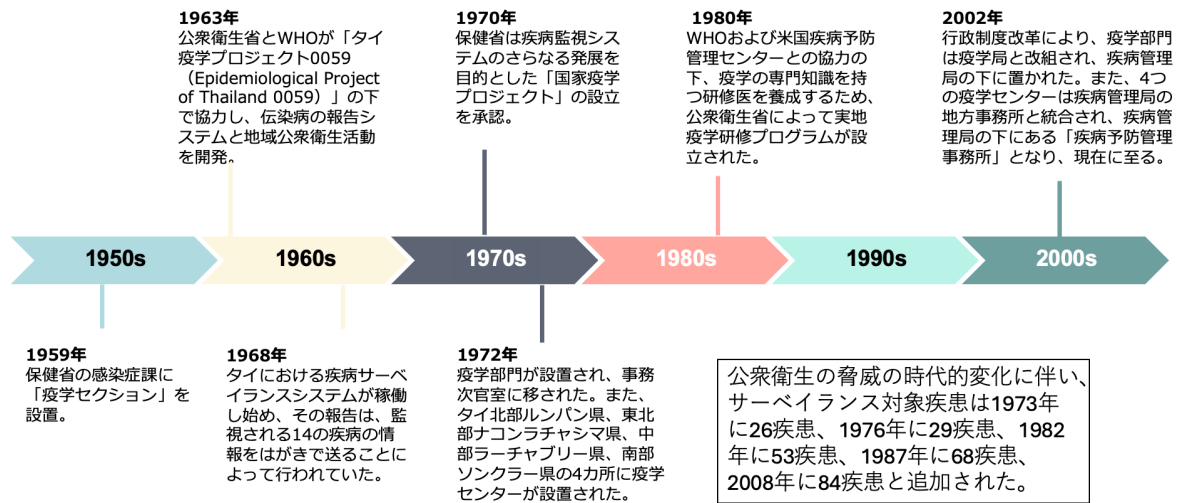


図 2-21 タイにおける感染症サーベイランス体制の変遷

出典：Bureau of Epidemiology, Department of Disease Control. https://apps-doe.moph.go.th/boeeng/about_us.php (参照 2024-8-6)

表 2-17 届出対象疾患一覧

疾病グループ	No.	疾病（英文）	疾病（和文）
中枢神経系感染症	1.1	Encephalitis	脳炎
	1.2	Meningococcal Meningitis	髄膜炎 菌性髄膜炎
	1.3	Unspecified Meningitis	不明な髄膜炎
	1.4	Eosinophilic Meningitis	好酸球性髄膜炎
媒介感染症	2.1	Dengue hemorrhagic fever	デング出血熱
	2.2	Chikungunya fever	チクングニア熱
	2.3	Filariasis	フィラリア症
	2.4	Malaria	マラリア
	2.5	Scrub Typhus	ツツガムシ病
	2.6	Zika	ジカウイルス感染症
ワクチンで予防できる病気	3.1	Diphtheria	ジフテリア
	3.2	Mumps	流行性耳下腺炎
	3.3	Pertussis	百日咳
	3.4	Tetanus	破傷風
	3.5	Measles	麻疹
	3.6	Congenital Rubella Syndrome	先天性風疹症候群
	3.7	Chickenpox	水痘（みずぼうそう）
	3.8	Acute Flaccid Paralysis	急性弛緩性麻痺
	3.9	Adverse Event Following Immunization: AEFI	予防接種後の有害事象： AEFI
人獣共通感染症	4.1	Trichinosis	旋毛虫症
	4.2	Animal Rabies	狂犬病

	4.3	Leptospirosis	レプトスピラ症
	4.4	Streptococcus suis infection	レンサ球菌
	4.5	Brucellosis	ブルセラ病
呼吸器感染症	5.1	Influenza	インフルエンザ
	5.2	Avian Influenza	鳥インフルエンザ
	5.3	Pneumonia	肺炎
	5.4	Coronavirus Disease	コロナウイルス感染症
	5.5	Scarlet fever	猩紅熱
接触または性的接触による感染症	6.1	AIDS	エイズ
	6.2	Sexually transmitted infections	性感染症
	6.3	Syphilis	梅毒
	6.4	Gonorrhea	淋病
	6.5	Hepatitis B, C, D	B 型、C 型、D 型肝炎
	6.6	Mpox	水痘
食品および水を媒介とする感染症	7.1	Acute hepatitis A, E, and unspecified	A 型、E 型および特定不能の急性肝炎
	7.2	Enteric fever	腸熱
	7.3	Dysentery	赤痢
	7.4	Cholera	コレラ
	7.5	Food poisoning	食中毒
	7.6	Acute diarrhea	急性下痢症
接触による感染症	8.1	Hand, Foot, and Mouth Disease	手足口病
	8.2	Melioidosis	メリオイドーシス

出典：MoPH. Annual Epidemiological Surveillance Report 2022. https://apps-doe.moph.go.th/boeeng/annual/Annual/Annual_Report_2565.pdf（参照 2024-8-6）より調査団作成

現在の感染症サーベイランスには、感染症、職業性・環境性疾患、各種傷害が含まれる。感染症対策は DDC が支援し、MoPH と地方自治体が運営している。疾病サーベイランスとアウトブレイクの発見は、DDC 傘下の疫学局が担う。感染症サーベイランスは、公共医療施設で日常的に行われており、保健所や病院は、特定の感染症患者を州や中央省庁に報告することになっている。アウトブレイク・コントロールは、DDC の緊密な監視と支援のもと、主に地区や州レベルの地方保健当局によって管理されているが、一部の状況（特に新興感染症）については、中央の MoPH が直接管理している¹⁵⁹。国家プログラムとしては、DDC 疫学局の下でレプトスピラ症、エンテロウイルス、脳炎、下痢症の 4 つのプログラムが実施されているが、ゲノム解析は含まれておらず、PCR のみによる解析である¹⁶⁰。

¹⁵⁹ WHO. “The Kingdom of Thailand Health System Review”.

¹⁶⁰ 2024 年 10 月 16 日の BIDI へのインタビュー調査より（オンラインにて）

2) 呼吸器感染症サーベイランスプロジェクト（インフルエンザプロジェクト）

呼吸器感染症サーベイランスプロジェクト（インフルエンザプロジェクト）は、タイ・米国 CDC 協力（Thai MOPH and US CDC Collaboration: TUC）の支援を受け、シリキット王妃国立小児保健研究所（Queen Sirikit National Institute of Child Health）、保健サービス支援局、ナコンパノム & DDC 疫学研究ユニット（Nakhon Phanom & DDC Epidemiological Research Unit, NDERU）のほか、8つの地域病院との協力の下、DDC、疫学局、都市疾病予防管理研究所（Urban Disease Prevention and Control Institute）とも連携するいくつかのプロジェクトで構成されている。サーベイランスは、ILI、急性呼吸器感染症（Acute Respiratory Infection: ARI）、SARI の症状で来院した患者から呼吸器検体を採取することにより実施され、1週間に合計 120～200 検体を採取する。23～26 種類の感染症に対応する、マルチプレックス PCR 呼吸器パネル検査キットを用いた PCR 法による感染症検査である¹⁶¹ 162。

3) 疾病調査チームによる疾病調査

感染症が発生した際の疾病調査チームによる疾病調査の実施条件は、「疾病調査業務チームによる疾病調査の実施条件（2024 年 9 月改訂）」において明確に定められている。それぞれの疾病は、危険な感染症（ペスト、天然痘、クリミア・コンゴ出血熱等）、新興感染症、呼吸器疾患（COVID-19、季節性インフルエンザ、鳥インフルエンザ等）、中枢神経系感染症（髄膜炎菌性疾患、日本脳炎）、昆虫が媒介する感染症（デング熱、チクングニア熱、ジカウイルス感染症等）、ワクチンで予防できる感染症（ジフテリア、麻疹、風疹等）、接触による感染症（手足口病、ハンセン病、エムボックス等）、消化器系・水系感染症（腸チフス、ボツリヌス症、コレラ等）、人獣共通感染症（レンサ球菌感染症、ブルセラ症、狂犬病等）、性感染症（HIV 感染症、梅毒、淋病等）、怪我、そして職業病と環境病に分類されており、行政区分に応じた疾病調査チームによる疾病調査の実施条件が詳細に定められている¹⁶³。

全国に配置されている疾病調査チームにより、タイは高い公衆衛生対応能力を維持している。そしてこれは、医師、薬剤師、公衆衛生担当者、獣医師を対象とした 40 年にわたるフィールド疫学トレーニングプログラムによって裏付けられたものである。また、全ての公

¹⁶¹ インフルエンザ A H1N1 pdm2009、H1、H3、B、コロナウイルス 4 株、SARS-CoV-2、RSV、HMPV、アデノウイルス、パラインフルエンザウイルス 1,2,3,4、ボカウイルス、ライノウイルス/エンテロウイルス、細菌（M. pneumoniae、L. pneumophila、B. pertussis、C. pneumoniae、S. pneumoniae、H. Influenzae）を含む。

¹⁶² MoPH. ニュースレター Week no.34/2567.

<https://ddc.moph.go.th/uploads/ckeditor2//files/wk342024.pdf>（参照 2024-10-22）

¹⁶³ Department of Disease Control, Ministry of Public Health. “เงื่อนไขการออกสอบสวนโรคของทีมปฏิบัติการสอบสวนโรคฉบับปรับปรุง 13 กันยายน 2567”. https://ddc.moph.go.th/uploads/ckeditor2//files/เงื่อนไขการออกสอบสวนโรคของทีมปฏิบัติการ_13092024.pdf（参照 2024-10-22）

的および民間の医療施設から通達されるルーティーンの症例ベースの報告、地域社会における村落ヘルスボランティア（Village Health Volunteers: VHVs）による家禽の異常死などのイベントベースの報告は、発生への備えと早期発見、およびその拡大防止の重要な基盤となっている。現在は鳥インフルエンザのサーベイランスシステムの試験運用が行われているが、これはパンデミックの可能性のある病原体について、野生動物、家畜、人間を対象とした「ワンヘルス統合サーベイランス」の運用へと拡大する大きな機運となると推測され、今後、大きな投資と持続可能性が求められている¹⁶⁴。

4) SARS-CoV-2 におけるサーベイランス

SARS-CoV-2 のパンデミックが発生した際、タイでは検査、接触追跡、積極的疫学調査、隔離措置、紹介のための救急車サービス、病院、野外病院、自宅および地域での隔離、ワクチンおよびワクチン接種費用を含む包括的な給付パッケージがいち早く無料で提供され、効果的な公衆衛生対応を行うことができたが、この鍵となったのが、1,000 を超える十分に訓練された保健師、職員、疫学専門家から成る監視・迅速対応チームを全国に配置したことである。さらに、農村部や都市部のコミュニティにおける 100 万人を超える健康ボランティアが、対応を成功に導く要因となった。MoPH 医科学局は、公的および民間検査機関を拡大しており、2022 年までに、SARS-CoV-2 検査機関として公式認定を受けた機関は合計 571 か所であった。そのうち 209 か所がバンコク(66 が公的機関、143 が民間)であり、バンコク以外の 76 の県にも 362(235 が公共、127 が民間)の施設がある。検査用機材の現地生産も可能になっており、将来のパンデミックに対する診断能力が十分に備わっている。さらに、タイは、全ゲノム配列の特定能力を強化し、オミクロン変異体のピーク時には週あたり最大 500 件のサンプルを処理し、この情報を WHO バイオハブと定期的に共有していた¹⁶⁵。

5) 合同外部評価（Joint External Evaluation）

タイは 2022 年に世界で初めて 2 度目の JEE を完了した。タイの COVID-19 への対応や、JEE やその他のグローバル公衆衛生イニシアチブへの参加は、タイ政府の中心にある政治的なコミットメント、先見性、リーダーシップ、責任を一貫して示しており、IHR (2005) の下でのタイの核心的能力の構築と維持に重要な役割を果たしていると評価された。JEE ツールは COVID-19 のパンデミックやその他の公衆衛生緊急事態の関連教訓を考慮に入れて改訂され、第三版が発表されたが、タイはこの新たな第三版のツールを使用して JEE を実施した最初の国となった。

タイの JEE の平均スコアは、2017 年の 5 点満点中 3.75 点（75%）から、2022 年には 5

¹⁶⁴ WHO. “The Kingdom of Thailand Health System Review”.

¹⁶⁵ WHO. The Kingdom of Thailand Health System Review.

点満点中 4.25 点（85％）に上昇した。中でも、COVID-19 のパンデミックによって公衆衛生能力の維持・向上に努めてきたこと、具体的には公衆衛生に関わるセクター間の協力を強化し、適切な法律、政策、財政を通じて持続可能性を確保し、透明性、可視性、責任、効率の最善の実践を維持したこと、また、感染症法の改正提案により、健康安全保障の枠組みにおける効率的な財政システムを可能にしたことが評価されている¹⁶⁶。さらに、デジタル技術や遠隔医療の利用は、先見性、革新、協調が国の緊急事態への備え、健康課題の検出、通知、対応能力を高めることに寄与したと評価されている。一方で、タイはまだワンヘルス統合サーベイランスのためのセンチネルサイトを確立できていないほか、AI を最大限に活用していないことが課題として挙げられている¹⁶⁷。

ゲノム解析については D1.3.の臨床検査能力で評価されており、国立検査室において、優先疾患および未知で高リスクの病原体の検査を、分子検査、血清学的検査、全ゲノム配列決定などのさまざまな検査能力を使用して実施できることや、COVID-19 の検査能力拡大を通じて全国的な検査室ネットワークを構築したことで、公衆衛生検査室及び民間の検査室が 24 時間以内に検査結果を確認することができること、検体はゲノム配列決定による同定が行われ、結果が GISAID に提出されていることなどが高く評価されている。また、病原体の検出には、全ゲノム配列決定や NGS などの高度な技術を含む複数のプラットフォームが使用されていることも、タイの強みであることが報告されている¹⁶⁸。

表 2-18 タイにおける第 2 回 JEE スコアのまとめ

技術分野	指標	スコア
予防		
P1. 法的手段	P1.1 法的手段	5
	P1.2. 保健緊急事態におけるジェンダー平等	4
P2. 資金調達	P2.1. IHR 実施のための資金調達	4
	P2.2 公衆衛生緊急事態対応のための資金調達	4
P3. IHR 調整、国内 IHR フォーカルポイント機能、アドボカシー活動	P3.1. 国内 IHR フォーカルポイントの機能	4
	P3.2. 多部門調整メカニズム	5
	P3.3 IHR、準備、または保健の安全保障のための戦略的計画立案	5
P4. 薬剤耐性（AMR）	P4.1. AMR に関する多部門調整	5
	P4.2. AMR のサーベイランス	4
	P4.3. 多剤耐性菌（multidrug-resistant organisms: MDRO）の予防	4
	P4.4. ヒトの健康における抗菌薬の最適使用	4
	P4.5. 動物衛生および農業における抗菌薬の最適使用	4
P5. 人獣共通感染症	P5.1. 人獣共通感染症のサーベイランス	4

¹⁶⁶ WHO. Joint external evaluation of IHR core capacities of the Kingdom of Thailand. World Health Organization, 2023. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240080270>（参照 2024-10-24）

¹⁶⁷ WHO. The Kingdom of Thailand Health System Review.

¹⁶⁸ WHO. Joint external evaluation of IHR core capacities of the Kingdom of Thailand.

	P5.2.	人獣共通感染症への対応	4
	P5.3.	衛生的な動物生産の実践	5
P6. 食品安全	P6.1.	食中毒と汚染のサーベイランス	4
	P6.2.	食品安全緊急事態への対応と管理	4
P7. バイオセーフティとバイオセキュリティ	P7.1.	ヒト、動物、農業施設に対する政府全体のバイオセーフティおよびバイオセキュリティシステムの整備	4
	P7.2.	すべての関連部門（ヒト、動物、農業を含む）におけるバイオセーフティおよびバイオセキュリティのトレーニングと実践	4
P8. 予防接種	P8.1.	国家プログラムによるワクチン接種率（麻疹）	3
	P8.2.	全国的なワクチンの入手と供給	5
	P8.3.	VPD 流行時の集団予防接種	5
検知			
D1. 国立研究所システム研究所	D1.1.	検体のレファラルと輸送システム	4
	D1.2.	臨床検査品質システム	4
	D1.3.	臨床検査能力	4
	D1.4.	効果的な全国診断ネットワーク	5
D2. サーベイランス	D2.1.	早期警戒サーベイランス機能	4
	D2.2.	イベントの検証と調査	5
	D2.3.	分析と情報共有	5
D3. 人的資源	D3.1.	多部門の労働力戦略	4
	D3.2.	IHR 実施のための人的資源	4
	D3.3.	労働力の訓練	4
	D3.4.	公衆衛生事象発生時の労働力の急増	5
対応			
R1. 健康危機管理	R1.1.	緊急時のリスク評価と準備	4
	R1.2.	公衆衛生緊急時の活動	4
	R1.3.	保健衛生緊急事態対応の管理	4
	R1.4.	公衆衛生緊急事態における保健要員の活性化と調整	4
	R1.5.	緊急時の物流・サプライチェーン管理	4
	R1.5.	研究、開発、技術革新	4
R2. 公衆衛生当局と安全保障当局の連携	R2.1.	生物学的、化学的、放射線学的事象が疑われる、または確認された場合に、公衆衛生当局と安全保障当局（法執行機関、国境管理、税関など）が連携する。	4
R3. 保健サービスの提供	R3.1.	症例管理	5
	R3.2.	保健サービスの利用	4
	R3.3.	必須保健サービス（EHS）の継続性	4
R4. 感染予防と管理（IPC）	R4.1.	IPC プログラム	4
	R4.2.	医療関連感染（Health Care Associated Infection: HCAI） ¹⁶⁹ サーベイランス	4

¹⁶⁹ 病院に入院した患者が、入院理由とは異なる感染症を獲得した場合や、入院時に感染が存在していなかった患者に発生する感染症と定義される。これには、病院内で感染し、退院後に発症する感染や、医療従事者における職業感染も含まれる。（WHO. Patient Safety Solutions.

<https://cdn.who.int/media/docs/default-source/patient-safety/curriculum-guide/resources/ps-curr->

	R4.3. 医療施設の安全環境	4
R5. リスクコミュニケーションと地域社会の関与 (RCCE)	R5.1. 緊急時の RCCE システム	5
	R5.2. リスクコミュニケーション	5
	R5.3. 地域社会の関与	4
IHR（国際保健規則）に関連するハザードと出入国管理、国境における保健対策		
PoEs： 入国地点と国境衛生	PoE1. PoE（空港、港湾、陸上交差点）における常時必要な中核的能力	4
	PoE2. PoE における公衆衛生対応	4
	PoE3. 海外渡航関連措置のリスクベースアプローチ	3
CE： 化学的事象	CE1. 化学的事象又は緊急事態の検知及び対応のためのメカニズムの確立及び機能	4
	CE2. 化学的事象を管理するための環境整備	5
RE： 放射線緊急事態	RE1. 放射線及び原子力緊急事態を検知し、対応するために確立され、機能しているメカニズム	4
	RE2. 放射線・原子力緊急事態管理のための環境整備	5

出典：WHO. Joint external evaluation of IHR core capacities of The Kingdom of Thailand.

(2) 病原体ゲノムサーベイランス

2.2.2.4 で述べたとおり、タイには病原体ゲノムサーベイランスや優先すべき病原体に特化した法律や政策はなく、上述の 2015 年制定の感染症法に基づいた感染症対策及び疾病サーベイランスの一環として実施されており、感染症のアウトブレイクが発生した際や状況に応じてその都度対応している。2024 年の調査時点において、病原体ゲノム解析を行う公立検査室は NIH のみであり、ルーティーンでのゲノム解析は実施されていない。BIDI では米国 CDC のプロジェクトかつ能力強化の一環としてエムボックスのゲノム解析を行っているほか、インフルエンザや他の病原体のゲノム解析を 2025 年度以降に実施する予定となっているものの、サーベイランスの枠組みでは PCR 検査が主体となっている¹⁷⁰。

(3) ワンヘルス

タイでは、ヒトと動物の間で感染する人獣共通感染症の制圧に向けた取り組みとして、ワクチン接種プログラムの実施、バイオセキュリティ対策の改善、安全な食品の取り扱い方法の推進などを強化している。また、AMR に関しては抗生物質の責任ある使用の促進、代替治療法の開発、サーベイランスシステムの強化などに取り組んでいる。

2022 年に米国 CDC の支援を受けて開催されたワークショップでは、ワンヘルス人獣共通感染症の優先順位をつけ、ヒト、動物（家畜と野生生物）、環境保健セクターの代表者、およびその他の関連パートナーの参加による行動計画を策定した。同ワークショップに参加したパートナーを以下の表にまとめたが（表 2-19）、これらのパートナーがタイにおける

[handouts/course09_handout_infection-prevention-and-control.pdf?sfvrsn=f7724fa5_9](https://www.cdc.gov/media/releases/2024/s121724fa5_9.pdf)（参照 2024-12-17）

¹⁷⁰ 2024 年 10 月 16 日の BIDI へのインタビュー調査より（オンラインにて）

ワンヘルスの主要アクターであることが推察される。同ワークショップでは、タイのマルチセクターにわたるワンヘルスのための優先人獣共通感染症として、鳥インフルエンザ、新興呼吸器感染症（COVID-19、SARS、MERS）、ニパウイルス感染症、狂犬病、エボラウイルス病が挙げられた¹⁷¹。

表 2-19 ワンヘルス人獣共通感染症優先順位付けワークショップに参加したパートナーのまとめ

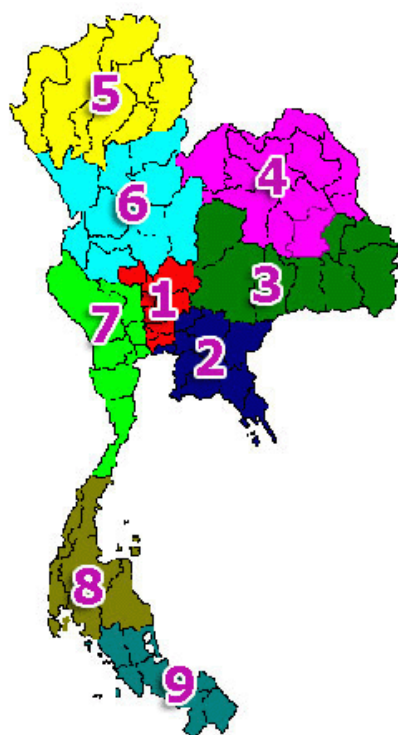
組織和訳名	組織英文名
農業協同組合省畜産開発局 畜産開発省	Ministry of Agriculture and Cooperatives, Department of Livestock Development
天然資源環境省 国立公園・野生生物・植物保護省	Ministry of Natural Resources and Environment Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation
MoPH 疾病管理局	Ministry of Public Health, Department of Disease Control
MoPH 医科学局	Ministry of Public Health, Department of Medical Sciences
チュラボン王立アカデミー獣医学部・応用動物 学部	Chulabhorn Royal Academy, Faculty of Veterinary Medicine and Applied Zoology
チュラロンコン大学医学部	Chulalongkorn University, Faculty of Medicine
カセサート大学 林学部、獣医学部	Kasetsart University, Faculty of Forestry, Faculty of Veterinary Medicine
マヒドン大学獣医科学部	Mahidol University Faculty of Veterinary Sciences
タイ国際保健政策プログラム	International Health Policy Program, Thailand
健康安全保障パートナー	Health Security Partners
国際連合食糧農業機関（FAO）アジア太平洋地域 事務所	Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Regional Office for Asia and the Pacific
国際獣疫事務局（WOAH）東南アジア地域代表部	World Organisation for Animal Health (WOAH) Sub-Regional Representation for Southeast Asia
世界保健機関（WHO）タイ事務所	World Health Organization (WHO), Thailand
米国国際開発庁（USAID）	United States Agency for International Development (USAID)
米国疾病予防管理センター（CDC）	United States Centers for Disease Control and Prevention (CDC)

出典：米国 CDC. “Workshop Summary Prioritizing Zoonotic Diseases for Multisectoral One Health Collaboration in Thailand”. <https://www.cdc.gov/one-health/media/pdfs/2024/05/Thailand-508.pdf> (参照 2024-10-22)

このほか、地域獣医学研究開発センター（Regional Veterinary Research and Development Centers: RVRDC）は家畜の疾病診断、畜産物の品質管理、および研究を行う専門機関であり、タイ全土を9つの地域に分割して配置されている¹⁷²。

¹⁷¹ 米国 CDC. “Workshop Summary Prioritizing Zoonotic Diseases for Multisectoral One Health Collaboration in Thailand”. <https://www.cdc.gov/one-health/media/pdfs/2024/05/Thailand-508.pdf> (参照 2024-10-22)

¹⁷² National Institute of Animal Health. “Veterinary Research and Development Center Lower Northern



- 地域 1：バンコク、プラ・ナコーン・シー・アユタヤ、ノンタブリー、チャイナット、アントン、パトゥムタニ、スパンブリー、サラブリー、ロップブリー、シンブリーの全県。
- 地域 2：チョンブリー県
- 地域 3：スリン県
- 地域 4：コンケン県
- 地域 5：ランパン県
- 地域 6：ピッサヌローク県
- 地域 7：ラーチャブリー県
- 地域 8：ナコンシータマラート県
- 地域 9：ソンクラーク県

図 2-22 9つの地域の地域獣医学研究開発センター

出典：国立動物衛生研究所. URL: <https://niah.dld.go.th/webnew/organizeprofile/location-map>

図 2-23 は、ヒトの健康のための検査室と動物の健康のための検査室の管轄や種類、両者の検査室の連携について表したものである。このように、地域の検査室レベルにおけるワンヘルスの取り組みに向けた連携がとられているほか、中央レベルにおいても、MoPH、農業省、マヒドン大学をはじめとする学術機関が協力している。NIH は、ヒト、動物、環境の検査室を含むワンヘルスのための国家検査室戦略計画（National Laboratory Strategic Plan for One Health）を 2025 年度内に策定する予定としている。この戦略により、国家全体でのワンヘルスに対するサーベイランスや対応能力が強化され、特に未知の病原体や高リスクの病原体に対する迅速な対応が可能になると考えられる¹⁷³。

Region” <https://vrd-sn.dld.go.th/webnew/index.php/en/>（参照 2024-10-24）

¹⁷³ 2024 年 9 月 27 日の NIH へのインタビュー調査より（オンラインにて）

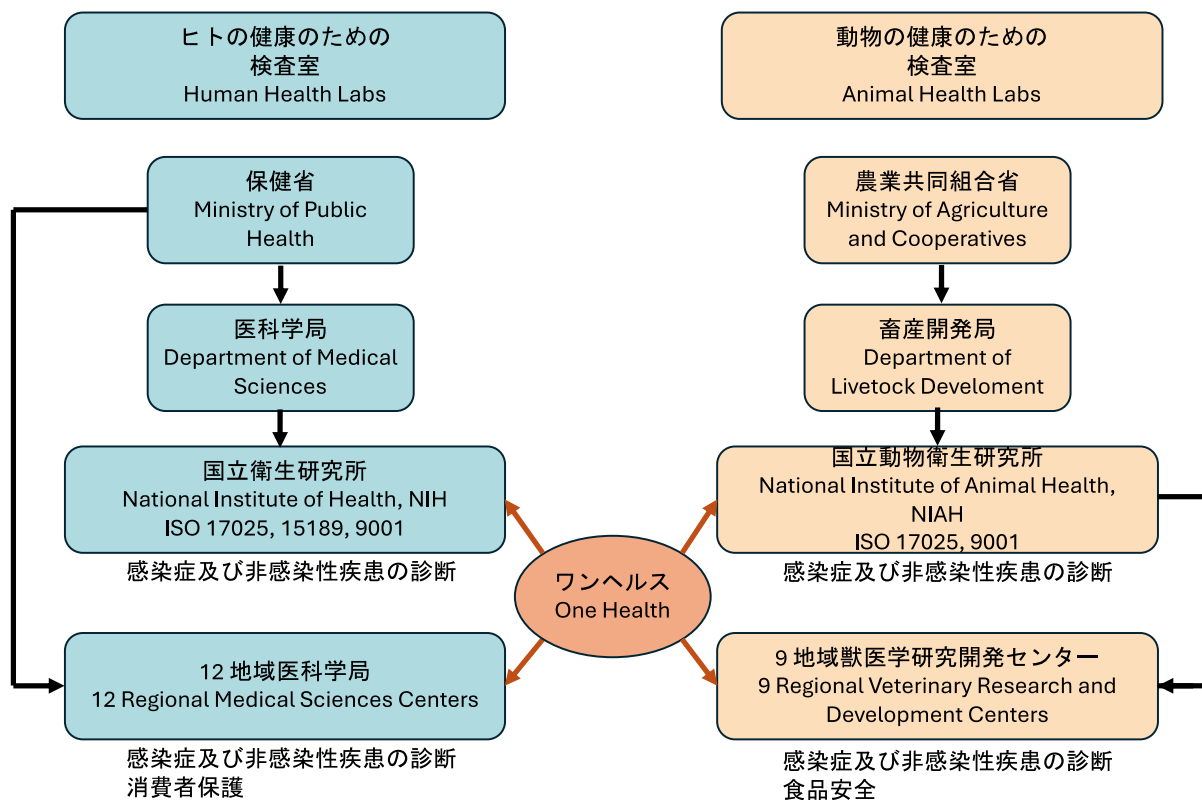


図 2-23 ワンヘルスの検査室システム

出典：WHO. “Thailand Joint external evaluation: Detect 1: National Laboratory System”.

http://nih.dmsc.moph.go.th/data/data/60/20_7_60/20_1.pdf. (参照 2024-10-23)

National Institute of Animal Health. Regional Veterinary Research and Development Centers (RVRDC).

<https://niah.dld.go.th/webnew/organizeprofile/location-map> (参照 2024-10-23)

2.2.3.3 病原体ゲノム関連機関

(1) 研究所等

1) 医療生命科学研究所（Medical Life Sciences Institute）

医療生命科学研究所は、MoPH 医科学局の傘下組織である。同研究所の責務は、研究、分析、およびサービスを含む、研究ネットワークとラボネットワークを統合・調整することである。サービスは、検査分析、専門試験、検査キット提供、学術情報サービスの4分野にわたる。ゲノミクス医療センター、医療バイオテクノロジーセンター、新生児健康診断運営センター、先端医療製品センター、臨床研究センターという5つのセンターと3つの作業グループから成る。ISO 9001:2015（品質マネジメントシステム）とISO 15189:2012（医療検査機関の品質と能力）検査室を有している。具体的には、検査サービスとして血液検査、臨床化学、尿分析、血清学検査を実施し、健康ボランティアのスクリーニング、COVID-19の抗体テスト、HIV-1診断、先天性甲状腺機能低下症、新生児の健康スクリーニングなどを行うほか、HIV-1、薬剤遺伝子検査、マラリア、レプトスピラ抗体、SARS-CoV-2抗体などのテストキットの提供や、資料やマニュアルを通じ、政府・医療機関向けに知識の普及とガ

イドライン提供を行い、検査室運営の効率化を支援している^{174 175}。

(2) 大学等

1) チュラロンコン大学 (Chulalongkorn University)

チュラロンコン大学は、1917年に設立され、タイで最も歴史が古く、教育、研究、イノベーションの分野で高い評価を受けている大学である。学部は医学、工学、科学、社会科学など多岐にわたり、国際的な研究プロジェクトや交流プログラムも充実している。ゲノミクス研究の分野では、学内にはゲノム研究センター (Excellence Center for Genomics and Precision Medicine) が設置され、特に遺伝子の解析や疾患の原因解明、個別化医療の推進に取り組んでいる。COVID-19のような感染症のゲノム解析も行っており、タイ国内外の学術機関と連携してゲノミクス分野の研究を進め、国際的に貢献している¹⁷⁶。現在のところ、病原体ゲノム監視に特化した大きなプロジェクトは実施されていない。

また、同大理学部には、オミックスセンター (Omics Sciences and Bioinformatics Center) が設立されており、国内の生物学的分野の研究者を対象に NGS プラットフォームのサービスやその他様々な支援を提供している。イルミナ社の Miseq と HiSeq、ONT 社の Mk1C シーケンス機器を所有し、大学職員、学生、政府機関からの外部参加者を対象に、基礎から応用までのバイオインフォマティクスにかかるトレーニングコースの提供もしている¹⁷⁷。

2) マヒドン大学 (Mahidol University)

マヒドン大学は、MoPH 管轄の公立大学であり、1888年にチャクリー王朝のラーマ5世によって設立されたシリラート病院にその起源を持つ。同病院の医科大学は、タイで最も古い高等教育機関であり、特に医学や科学において伝統的な優れた教育を維持しつつ、社会科学や文化分野を含む多様な学問を提供している。ゲノム解析に関しては特に微生物ゲノミクスに焦点を当てており、同大学の微生物学部では、微生物ゲノム解析の教育プログラムやワークショップを開催し、研究者や大学院生に対して実践的なトレーニングを提供している。また、同大学はビッグデータ解析とゲノム解析の統合にも取り組んでおり、感染症制御やサーベイランスにおけるゲノム解析の応用についての研究を進めている。これにより、将

¹⁷⁴ MLSI. URL: https://online.anyflip.com/ayffa/inuu/mobile/index.html#google_vignette (参照 2024-10-16)

¹⁷⁵ 2024年9月27日のNIHへのインタビュー調査より (オンラインにて)

¹⁷⁶ School of Global Health, Faculty of Medicine, Chulalongkorn University. "Excellence Center for Genomics and Precision Medicine". <https://sgh.md.chula.ac.th/research/4308/> (参照 2024-10-16)

¹⁷⁷ 2024年9月18日のチュラロンコン大学へのインタビュー調査より (オンラインにて)

来的には感染症の迅速な診断や治療法の改善に寄与することを目指している^{178 179}。

3) 日本・タイ感染症共同研究センター (Thailand-Japan Research Collaboration Center on Emerging and Re-emerging Infections)

「日本・タイ感染症共同研究センター」は、2005年に発足した文部科学省の「新興・再興感染症研究拠点プログラム」における海外研究拠点の一つとして、大阪大学がタイ MoPH 医科学局の協力により設置した。2010年からは「感染症研究国際ネットワーク推進プログラム」、2015年からは国立研究開発法人日本医療研究開発機構 (AMED) の「感染症研究国際展開戦略プログラム」を実施している。同センターでは、新興・再興感染症制圧を目指した研究を展開するとともに、日本およびタイの若手感染症研究者の育成に取り組んでいる。また研究者コンソーシアムの形成を図り、研究の輪を大学、研究所、海外拠点に広げるべく、世界的な感染症の制御に向けた共同前線基地としての利用が可能になっている。同センターには細菌感染部門、ウイルス感染部門が設置されている¹⁸⁰。

細菌感染部門は、大阪大学日本タイ感染症共同研究センターの一員として、タイ MoPH 医科学局の協力の下、タイ国内の重症下痢症患者の臨床検体の収集と解析を行っており、具体的にはコレラをはじめとする重症下痢症患者を対象に、迅速な原因微生物検出法の確立や予防法の開発を目指し研究を進めている。リアルタイム PCR 法による遺伝子検査や細菌培養検査により特定の病原体検出を行うとともに、質量分析法 (TOF-MS) や次世代シーケンサーを用いて様々な病原体の検出・同定を試みている。コレラのアウトブレイクに際しては、ゲノム解析により流行株の特定と伝播経路を明らかにすべく研究を行っている。ウイルス感染部門では、タイおよび日本を含むアジア諸国で感染が繰り返されているウイルス性腸管感染症と蚊媒介性感染症を対象に、MoPH 医科学局の研究者とともに研究を推進している。また、例年、世界各国に認められるノロウイルスの感染を原因とする急性胃腸炎は、公衆衛生における問題の一つであるが、ウイルスゲノムの変異や組み換えによるウイルスの多様化が、宿主免疫からの回避と持続的な蔓延を可能にしていると考えられている。しかしながら、どのようにウイルスが多様化するのか、どのようにウイルスがヒト社会で保持されているのかは十分に理解されていないことから、疫学調査に基づいたゲノム変異を伴う流行株の変化の把握とノロウイルスの生活環の解明を目指して研究を行っている¹⁸¹。現在実施されている研究は、NIH と疾病管理局疫学部門との連携により実施されており、検体

¹⁷⁸ Mahidol University Global Partnerships Division. “Establishment of the Regional Multidisciplinary Genomic Epidemiology Center for Research and Training in Infectious Diseases in the Age of Big Data”. URL: <https://op.mahidol.ac.th/ir/bigdata-on-genomics/> (参照 2024-10-16)

¹⁷⁹ 2024年9月27日のマヒドン大学へのインタビュー調査より (オンラインにて)

¹⁸⁰ 日本・タイ感染症共同研究センター. “日本医療研究開発機構「感染症研究国際展開戦略プログラム (J-GRID)」における海外研究拠点” <https://rcc-eri.biken.osaka-u.ac.jp> (参照 2024-5-28)

¹⁸¹ 日本・タイ感染症共同研究センター. “日本・タイ感染症共同研究センターとは” <https://rcc-eri.biken.osaka-u.ac.jp> (参照 2024-5-28)

や疫学情報の収集は疾病管理局が、シーケンシングや分離株の基本的な性状解析は NIH が、遺伝子検査、病原体の分離・特徴解析、ゲノム解析などは同大学タイ拠点が行っている¹⁸²。

これまで、大阪大学とタイ MoPH 医科学局の間では活発な人的交流が行われており、多くのタイの若手研究者が、技術を習得し、博士号を取得している。また、日本の若手医師を対象に、2009 年より毎年「タイ・ミャンマー国境における現地で学ぶ熱帯感染症医師研修」を実施しており、既に 80 名を超える医師が参加し、発展途上国を含む世界的な感染症対策の重要性を学んでいる¹⁸³。

(3) その他

1) ゲノミクス・タイランド (Genomics Thailand)

ゲノミクス・タイランドは、タイにおけるヒトゲノム共同研究ネットワークである。ゲノミクス・タイランド・チームは、当初は NIH、MoPH 医科学局が主導し、2019 年から 2023 年の間にタイで「プレジジョン・メディシン」(Precision Medicine: PM) 実施研究プログラムを立ち上げた。この 5 年間のプログラムで、タイ人の特定の疾患や形質に対する感受性に影響する遺伝的要因を推定するゲノム疫学の研究領域をカバーしており、タイにおける臨床的および公衆衛生的意義のあるゲノムベースの検査／スクリーニングプログラムを推進してきた。

このイニシアチブでは、がん、希少疾患、NCDs、新興感染症、薬理ゲノミクスの 5 つの分野で優先課題が設定されている。対象となる患者は、病院や研究機関の臨床研究ネットワークを通じてこのプログラムにリクルートされ、血液サンプルが国立生物資源センター (National Bioresource Center) に送られる。その後、患者の DNA が抽出され、中央バイオバンクに保管された後、タイゲノムシーケンスセンター (Thailand Genome Sequencing Centre) に送られ、さらに国立ゲノムデータセンター (National Genome Data Center) に送られて解析が行われる。これらの結果は、患者の治療に役立てられる¹⁸⁴。

以下の 11 組織がネットワークに協力しており、大規模シーケンス、全ゲノムシーケンス、全エクソームシーケンス、マイクロアレイジェノタイピング、メタゲノミクスなどのプロジェクトを実施している¹⁸⁵。

1. MoPH 医科学局 (Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health)

¹⁸² 2024 年 9 月 27 日回答の日本-タイ新興再興感染症共同研究センターへの質問票調査より

¹⁸³ 2024 年 9 月 27 日回答の日本-タイ新興再興感染症共同研究センターへの質問票調査より

¹⁸⁴ Front Line Genomics. "World of Genomics: Thailand". <https://frontlinegenomics.com/world-of-genomics-thailand/> (参照 2024-10-21)

¹⁸⁵ Genomics Thailand. "Strategy". <https://genomicsthailand.com/Genomic/strategy#> (参照 2024-10-16)

2. マヒドン大学医学部ラマティボディ病院 (Faculty of Medicine Ramathibodi Hospital, Mahidol University)
3. マヒドン大学シリラジ病院医学部 (Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University)
4. チュラロンコン大学医学部 (Faculty of Medicine, Chulalongkorn University)
5. チェンマイ大学医学部 (Faculty of Medicine, Chiang Mai University)
6. コンケン大学医学部 (Faculty of Medicine, Khon Kaen University)
7. プリンス・オブ・ソンクラーク大学医学部 (Faculty of Medicine, Prince of Songkla University)
8. 国家科学技術開発庁 (The National Science and Technology Development Agency: NSTDA)
9. タイ生命科学センター (The Thailand Center of Excellence for Life Sciences: TCELS)
10. タイ医学評議会 (The Medical Council of Thailand)
11. 医療システム研究所 (The Health Systems Research Institute: HSRI)

このイニシアチブの一環としてタイゲノムシーケンスセンターが設立される前は、全ゲノムシーケンスを実施できる検査室はタイにはほとんどなかった。タイゲノムシーケンスセンターは 2022 年 4 月から稼働しており、2023 年 5 月現在、14,000 以上のヒトゲノムを解読している。さらに、2023 年 6 月現在、このイニシアチブは 25,000 人以上の患者を対象者として選定しており、この中には、約 10,000 人の希少疾患患者、7,000 人のがん患者、6,700 人の NCDs 患者、2,000 人の感染症患者、2,100 人の薬理ゲノム研究患者が含まれている。このイニシアチブにより、家族性乳がんや卵巣がんをスクリーニングするための BRCA1/2 遺伝子検査が、同国の UCS の保険適用ですでに実施されており、近い将来、さらに多くの遺伝子検査がタイの医療制度に組み込まれることが期待されている¹⁸⁶。

2.2.3.4 サーベイランスのプロセス

(1) 検体採取と輸送

1) 検体採取と輸送

タイの公衆衛生検査室は MoPH の DDC 管轄下にあり、中央レベルでは BIDI、地方レベルではチェンマイ、ピッサヌローク、ナコンサワン、サラブリー、ラーチャブリー、チョンダリ、コンケン、ウドンターニー、ナコンラチャシマ、ウボンラーチャターニー、ナコンシータラーマート、ソンクラークの 12 県にある。検体はこれらの公衆衛生検査室もしくは病院などの保健施設において採取される。検体の採取と輸送は、定められたプロトコルに従って行われる。検体輸送に関しては、2015 年の「病原体および動物毒素法 (Pathogen and Animal toxin Act, B.E. 2558)」に従わなければならない、「感染性物質の輸送規則に関するガイダンス

¹⁸⁶ Front Line Genomics. “World of Genomics: Thailand”.

(Guidance on Regulations for the Transport of Infectious Substances in Thailand)¹⁸⁷」に従って輸送する。

タイには、全ての県レベルの検体を、中央レベルおよび地方レベルの公衆衛生検査室に輸送するキャパシティがあり、検体は、国内のほとんどの地域から 24 時間以内、全ての地域から 48 時間以内にレファレンス検査室に輸送できる体制が整っている¹⁸⁸。

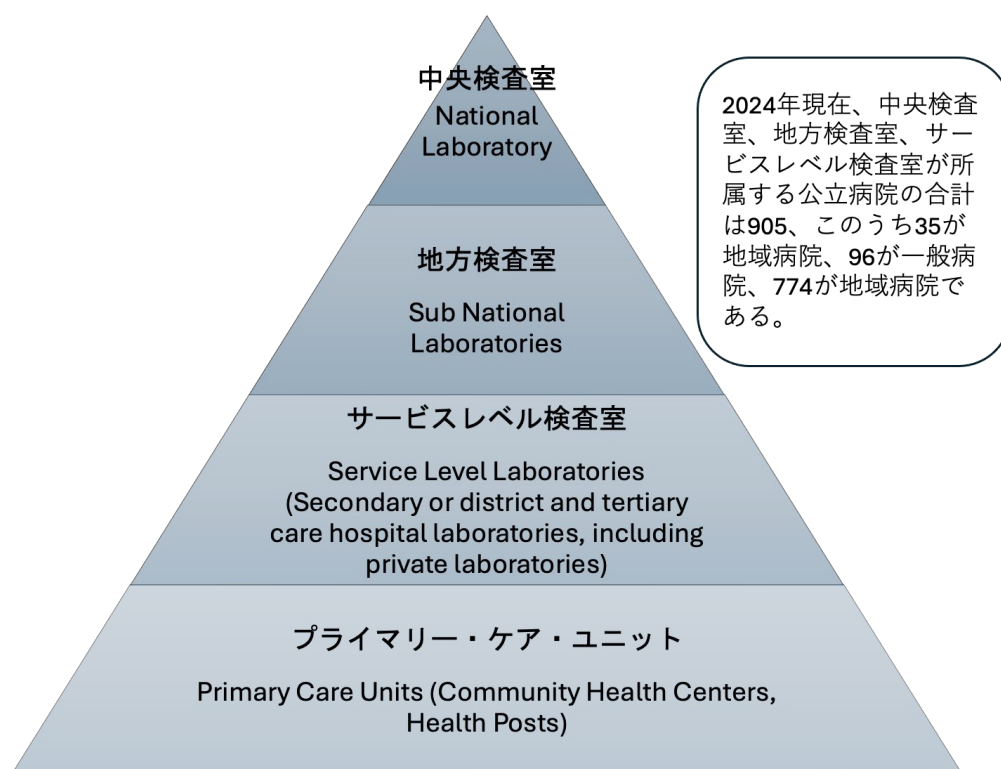


図 2-24 タイの公衆衛生検査室システム

出典：以下の出展先を基に調査団作成

MoPH. “Thailand Joint external evaluation: Detect 1: National Laboratory System”.
http://nih.dmhc.moph.go.th/data/data/60/20_7_60/20_1.pdf (参照 2024-10-23)

Department of Medical Science, MoPH. Organization Structure.
<https://www3.dmhc.moph.go.th/en/page-view/72> (参照 2024-10-23)

Health Administration Division, MoPH. <https://phdb.moph.go.th/main/index/downloadlist/57/0> (参照 2024-10-23)

Wikipedia. “List of hospitals in Thailand”.
https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_hospitals_in_Thailand#cite_note-3-1 (参照 2024-10-23)

¹⁸⁷ MoPH. “Guidance on regulations for the transport of infectious substances in Thailand”.
http://nih.dmhc.moph.go.th/login/filedata/SRS_FINAL.pdf (参照 2024-10-16)

¹⁸⁸ MoPH. “Thailand Joint external evaluation: Detect 1: National Laboratory System”.

2) 検査室品質基準

MoPH 医科学局の管轄下に、検査室品質基準局 (Bureau of Laboratory Quality Standards: BLQS) があり、保健医療分野における品質保証システムの支援と開発、および全ての政府および民間検査室に対する検査室認定に関するサービスを提供している。BLQS は、医療および公衆衛生の全ての検査室 (または消費者保護) を含む、臨床検査や健康製品の検査を行う検査室に対する、国の認定機関として機能している。また、標準物質生産者に対する認定機関としての役割も担っている。検査室および標準物質生産者の認定に関するすべての活動は、国際規格である ISO/IEC 17011 (適合性評価-適合性評価機関を認定する認定機関) および APAC MRA-001¹⁸⁹ に準拠して行われる。BLQS は、2002 年 11 月 14 日にアジア太平洋試験所認定協力機構 (Asia Pacific Laboratory Accreditation Cooperation: APLAC) MRA に、試験に関する正会員および署名者として承認され、2007 年 4 月 18 日に医療試験、2014 年 6 月 17 日に標準物質生産者としても署名した。さらに、BLQS は 2003 年 4 月 4 日に国際試験所認定協力機構 (International Laboratory Accreditation Cooperation: ILAC) MRA の署名者となっている。BLQS は、ISO/IEC 17025 (試験・校正機関の能力)、ISO 15189、ISO 15190 (医療検査室における安全な実施)、ISO 22870 (ポイント・オブ・ケア検査の適用)、ISO 17034 (標準物質生産者の能力) といった国際規格に準拠し、タイの法的小および公式の要件を満たす限り、検査室および標準物質生産者に認定を与える権限を持っている¹⁹⁰。BLQS はタイ国内の検査室が高品質な試験結果を提供できるよう、その試験精度を検証し、他の検査室と結果を比較することを目的として、国内で技能試験プログラム (Proficiency Testing: PT) も実施している¹⁹¹。

MoPH の報告によると、タイの臨床検査室の 99% が、関連する品質基準に基づいて認定または認証を受けている。国の機関および地方自治体の機関が運営する検査室は、ISO 15189、17025、17043、9001 などの国際規格に基づいて認定されている。また、国や地方自治体による動物の健康に関する検査室は、ISO 17025 と 9001 の規格に基づいて認定されている¹⁹²。2021 年の報告によると、BLQS は、国内 294 件の ISO/IEC 17025、1 件の ISO 17034、234 件の ISO 15189 及び ISO 15190、5 件の ISO 15189、ISO 15190 の認定に係る活動を行った¹⁹³。

関連する ISO の内容については、別添 3 を参照。

¹⁸⁹ Asia Pacific Accreditation Cooperation (APAC) Mutual Recognition Arrangement (MRA)

¹⁹⁰ MoPH, Bureau of Laboratory Quality Standards. "History and Authority".

<https://blqs.dmhc.moph.go.th/en/page-view/22> (参照 2024-10-24)

¹⁹¹ MoPH. "Thailand Joint external evaluation: Detect 1: National Laboratory System".

¹⁹² MoPH. "Thailand Joint external evaluation: Detect 1: National Laboratory System".

¹⁹³ BLQS. "Annual Report Bureau of Laboratory Quality Standards 2021".

https://www3.dmhc.moph.go.th/annual_report/pdf/2564/BLQSAnnualReport2021.pdf (参照 2024-10-24)

3) 感染予防

タイは1932年以来、継続的にバイオセーフティとバイオセキュリティに関する法律を制定してきた。現在の法律である「病原体および動物毒素法（2015）」は、病原体および動物毒素の生産、所有、販売、輸出入および通過を管理するために制定された。この法律は、現在の世界情勢、すなわち新興・再興感染症の発生や、有益または有害な利用が可能な病原体の遺伝子組み換えなど、近代バイオテクノロジーの発展に対応したものである。タイの法律における病原体管理措置の原則は、カナダ、米国、シンガポール、中国などの外国の法律と類似している。規制措置は、ヒト、動物、環境に対する病原体のリスクの程度に基づいている。同法では、動物毒素を、身体に異常を引き起こす危険性、治療方法、毒性レベルにより3つのリスクグループに分類している。リスクグループ1は、生体に軽度の機能異常を引き起こす毒素が含まれ、有効な治療法があるものであり、リスクグループ2は、重篤な身体機能異常を引き起こす毒素で構成されるが、有効な治療法があるもの、リスクグループ3は、重度の身体機能障害を引き起こし、有効な治療法がない毒素となっている¹⁹⁴。また、「現代バイオテクノロジーのためのバイオセーフティガイドライン（2016）」（Biosafety Guidelines for Modern Biotechnology 2016）¹⁹⁵では、遺伝子工学、合成生物学、ゲノム編集などの現代バイオテクノロジーを含む研究開発を規制するために策定された。このガイドラインは、遺伝子組み換え生物、植物、動物の研究に適用され、実験室やフィールドでの各段階におけるバイオセーフティの確保を目指している。主に、リスク評価、封じ込め対策、承認プロセス、定期的な監視と遵守の確認について記されている。同ガイドラインは国際基準に準拠しており、米国、カナダ、シンガポールなどの国の規制と同等であり、タイにおける現代バイオテクノロジーの安全な適用と、遺伝子組み換え生物の無許可な放出防止を図っている¹⁹⁶。

MoPH 医科学局に属する BLQS は、病原体および毒素の記録や在庫を監視・更新する役割を担っている。「病原体および動物毒素法オンライン」（Pathogen and Animal Toxins Act Online (PAT ACT online)）に基づき、BLQS はタイ国内で特定の病原体や毒素を扱う施設や事業者向けに、英語およびタイ語でのオンライン登録システムを運営している。タイのバイオセーフティ専門家は、国内外および地域レベルで高く評価されており、他国のバイオセーフティおよびバイオセキュリティプログラムに対しても支援を提供している。これらの専門家は病原体の取り扱いやバイオリスク管理における専門知識を活かし、さまざまな国

¹⁹⁴ Patravee Soisangwan. Biosafety and biosecurity law in Thailand: From legislation to practice. Journal of Biosafety and Biosecurity, 2021, Pages 91-98.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2588933821000340#:~:text=Thailand%20has%20continuously%20established%20biosafety,of%20pathogens%20and%20animal%20toxins>（参照 2024-11-16）

¹⁹⁵ BIOTEC. Biosafety Guidelines for Modern Biotechnology.
<https://www.biotec.or.th/biosafety/images/document/G01-Biosafety%20Guideline.pdf>（参照 2024-11-16）

¹⁹⁶ 同上

での安全な研究環境の確立を支援し、国際的なバイオセーフティの強化に貢献している¹⁹⁷。

(2) 病原体ゲノム解析

上記 2.2.3.4(1)で述べた通り、採取された検体は、まず地方レベルの公衆衛生検査室や病院で迅速診断キット（もしくはPCR）によるスクリーニングが行われる。地方検査室はPCR機器を保有していても、検体数が少なく試薬も不足していることから、これら検査室ではPCRをせず、中央レベルに検体を輸送することが多い。疑われる症例の検体はNIHに輸送され、PCR、ウイルス分離とゲノム配列決定へと進む。検体はBIDIに輸送されてPCRが行われることもあるが、同研究所では現在のところエムボックス以外のゲノム解析は行っていない。また、タイでは、ゲノム解析が行われるすべての病原体について、国内のみでゲノム解析が行われており、国外輸送は行っていない。NIHによるゲノム解析データはDDCに送られ、公衆衛生対策の指針となる。DDCによる報告は公表されることもあるが、定期的なものではない。また、COVID-19を除き、現在のところ体系的なゲノム解析のプロセスはない。また、ゲノム解析により新たな病原体もしくは疾病X¹⁹⁸ ¹⁹⁹が発見された場合には、BIDI、NIH、チュラロンコン大学の3つの検査室全てにおいて確認される必要がある²⁰⁰ ²⁰¹。

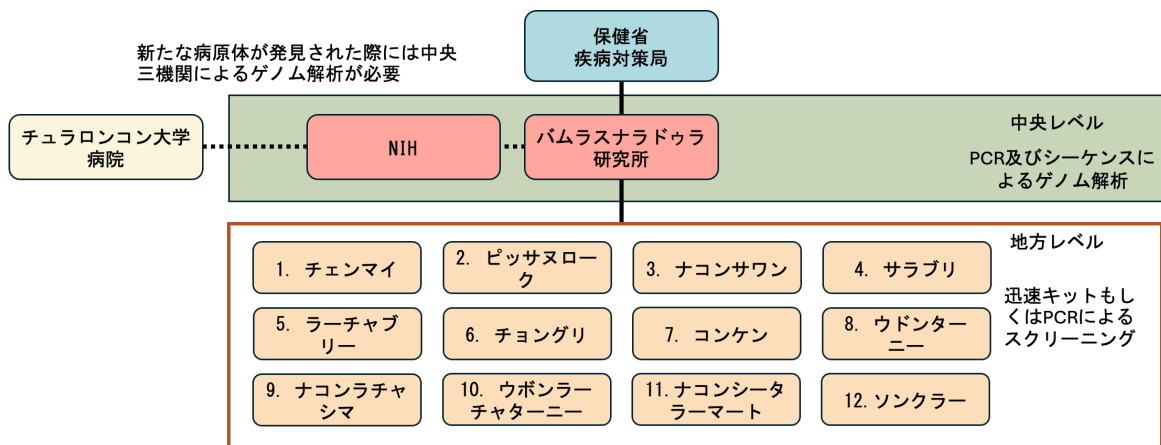


図 2-25 主要検査室によるゲノム解析

出典： MoPH. “Department of Disease Control”. <https://ddc.moph.go.th/en/organization.php>（参照 2024-10-24）を基に調査団作成

¹⁹⁷ WHO. Joint external evaluation of IHR core capacities of the Kingdom of Thailand.

¹⁹⁸ 疾病 X は、現在ヒトの病気を引き起こすことが知られていない病原体によって、深刻な国際的流行が引き起こされる可能性があるとの意味を持つ。

¹⁹⁹ 氏家無限. 国立国際医療研究センター 国際感染症センタートラベルクリニック医長/予防接種支援センター長. Disease X へのアプローチ.

https://dcc.ncgm.go.jp/prevention/seminar/2022/PDF/diseasex_material.pdf（参照 2024-11-16）

²⁰⁰ 2024 年 9 月 27 日の NIH へのインタビュー調査より（オンラインにて）

²⁰¹ 2024 年 10 月 16 日の BIDI へのインタビュー調査より（オンラインにて）

2023 年に実施された Asia PGI の調査によると、タイの公立機関には少なくとも合計 20 台のシーケンサーが配備されており、その内訳としてはイルミナ社（n=10、50%）、ONT 社（n=5、25%）、サーモフィッシャーサイエンティフィック社（Thermo Fisher Scientific Inc.、以下、サーモフィッシャー社）（n=5、25%）である²⁰²。これらシーケンサーの試薬および消耗品の注文から受領までの平均的な再供給期間は 4～6 週間である²⁰³。さらに、タイでは民間によるシーケンスサービスが多数提供されており、例えば細菌ゲノムであれば、大学では THB10,000 かかるのに対し、民間企業では THB6,000 と、研究所や大学などで独自にシーケンスをするよりも安価にサービスが提供されている^{204 205}。

本調査中に確認されたタイの中央レベルの主要検査室において保有されているシーケンサーは、以下の通りである。

表 2-20 タイの主要検査室におけるシーケンサー台数と種類

検査室名	イルミナ社	ONT 社	その他
NIH	MiSeq (3) iSeq (2) Next Seq (1)	MinION (10 以上)	Sanger (2)
BIDI	MiniSeq (1)	MinION (1, 予定)	Sanger (1) MGI (1)
チュラロンコン大学オミックスセンター	MiSeq (1) HiSeq (1)	MinION (1)	

出典：NIH および BIDI へのインタビューより調査団作成

(3) 病原体ゲノム情報の分析

NGS の技術は、タイの医学研究機関でも利用可能になってきている。しかし、十分な訓練を受けたバイオインフォマティシャンや、遺伝学に関連する分野の専門家が不足しているため、その利用は制限されている。特に、タイの公立検査室においては、バイオインフォマティクスを十分に行える人材が不足している。本調査実施時点では、NIH にはバイオインフォマティシャンが 4～5 名配置されており、他検査室等への研修も実施できるレベルであるが、BIDI には一人もいなかった。また、ゲノム解析後のデータは Nextclade、GenBank、GISAID といったオープンアクセスのゲノム配列情報のデータベース（別添 6）にアップロードして分析を行っており、独自の解析プログラムは有していない。学術機関にはバイオインフォマティシャンが比較的十分に配置されている印象であり、チュラロンコン大学のオミックスセンターにはバイオインフォマティシャンは 1～2 名、マヒドン大学理学部微生物ゲノム研究センターには 5～6 名いるが、独自の解析パイプラインは有していない。このよ

²⁰² Asia PGI. “Thailand Country Profile – Results from the Asia PGI Landscape Assessment (2023)”.
https://www.duke-nus.edu.sg/docs/apgilibraries/default-document-library/country-profile_thailand.pdf
(参照 2024-10-23)

²⁰³ 同上

²⁰⁴ 2024 年 9 月 18 日のチュラロンコン大学へのインタビュー調査より（オンラインにて）

²⁰⁵ 2024 年 9 月 27 日のマヒドン大学へのインタビュー調査より（オンラインにて）

うに、バイオインフォマティクスの人材不足はタイでゲノム解析を行うにあたっての大きな課題である。さらに、バイオインフォマティクスにおいて十分な解析を行うための高性能なコンピューターが限られていることも、本調査のインタビューから得られた課題である。具体的には、バイオインフォマティクスを十分に実施するためのコンピューターだけではなく、消耗品なども不足している。

タイではバイオインフォマティクスにかかる研修が多く実施されている。NIH では国外からの参加者に対するゲノム関連の研修をいくつも実施しており、3 か月に一度、マレーシア、ベトナム、フィリピン、インドネシア、カンボジア、ラオス、ミャンマーといった東南アジア諸国からの参加者にトレーニングを提供している。一方、このような国際的なトレーニングプログラムを実施する際、特にバイオインフォマティクスの分野では、参加者のキャパシティが大きく異なることが課題として挙げられており、参加者のレベルに合わせた研修実施が望まれている。チュラロンコン大学のオミックスセンターでは、大学職員、学生、政府機関からの外部参加者を対象に、基礎から応用までのバイオインフォマティクスにかかるトレーニングコースを提供している。これまでタイ語によるバイオインフォマティクスのトレーニングを多く開催してきており、今後は海外からの参加者を対象とした国際的なトレーニングプログラムの開催にも前向きに取り組んでいきたいとしている。また、マヒドン大学でも、各部で研修が行われているが、同大学の博士課程等に在籍する学生を対象とした実地研修が主である^{206 207 208 209}。

(4) 公衆衛生分析

1) データの共有と政策への反映

疾病の発生状況については MoPH の DDC のウェブサイトや報告書などで公開されているが（図 2-26、図 2-27）、ゲノム配列情報までは公開されていない。ただし、ゲノム配列情報については GISAID などのオープンアクセスのデータベースにアップロードされているものについては、一般アクセスが可能である。

さらに、タイには病原体のゲノム配列情報を速やかに公開できるキャパシティを備えており、その情報を速やかに政策に反映させることができると考えられる。タイ国内でエムボ

²⁰⁶ 2024 年 10 月 16 日の BIDI へのインタビュー調査より（オンラインにて）

²⁰⁷ 2024 年 9 月 18 日のチュラロンコン大学へのインタビュー調査より（オンラインにて）

²⁰⁸ 2024 年 9 月 27 日の NIH へのインタビュー調査より（オンラインにて）

²⁰⁹ 2024 年 9 月 27 日のマヒドン大学へのインタビュー調査より（オンラインにて）

ックスクレード Ib²¹⁰ ²¹¹の患者が報告された際には、直後に合同調査チームを発足させ、患者の密接な接触者の追跡、アフリカ 6 か国（コンゴ民主共和国、ウガンダ、ルワンダ、ブルンジ、ケニア、コートジボワール）からの帰国者に対する観察や医療機関受診の勧告、陽性反応が確認された患者は BIDI に搬送するなど、非常に迅速な対応を見せている²¹²。

一方、タイ国内では感染症に取り組む様々な政府関係機関、病院、大学、民間の連携や協力は不足しており、各機関は独自に研究を進める傾向があることから、データやリソース、専門知識の共有は限られている。本調査中のインタビューからは、このような縦割りのアプローチが、病原体ゲノムサーベイランスやアウトブレイク調査といった公衆衛生の取り組みにゲノム解析を効果的に統合する妨げとなっていることが課題として確認されている²¹³。

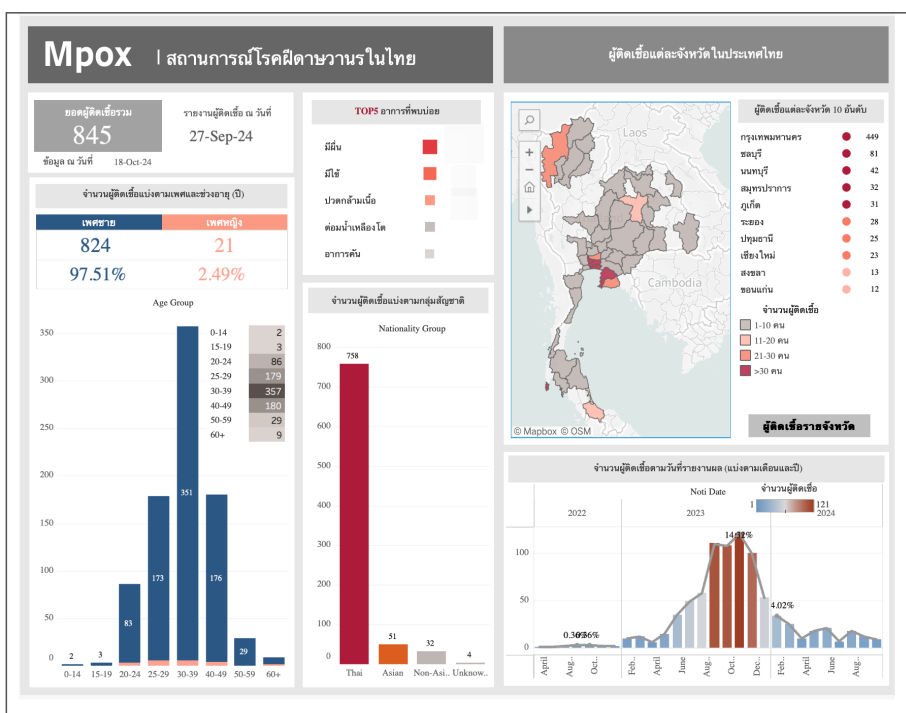


図 2-26 エムボックスの発生状況に関する一般公開情報

出典：MoPH DDC. “Monkeypox”. <https://ddc.moph.go.th/monkeypox/dashboard.php>（参照 2024-10-23）

²¹⁰ エムボックスウイルスには大きく分けてクレード I とクレード II の 2 つの系統があり、クレード I はクレード II に比べて重症化や死亡の割合が高いことが知られている。コンゴ民主共和国における流行は重症度の高いクレード I により生じており、クレード I はさらにサブクレードであるクレード Ia、クレード Ib に分けられる。クレード Ia は以前よりコンゴ民主共和国を中心として流行していた株だが、クレード Ib は新たに出現した株でその大部分は性的接触により拡大したと推定されている。

²¹¹ 東京都感染症情報センター. エムボックス(旧名称：サル痘) Mpox (monkeypox). <https://idsc.tmph.metro.tokyo.lg.jp/diseases/mpox/>（参照 2024-11-18）

²¹² MoPH DDC. “Monkeypox.” URL: <https://ddc.moph.go.th/oic/news.php?news=45683&deptcode=oic>（参照 2024-10-23）

²¹³ 2024 年 9 月 27 日のマヒドン大学へのインタビュー調査より（オンラインにて）

²¹⁴ 2024 年 9 月 18 日のチュラロンコン大学へのインタビュー調査より（オンラインにて）

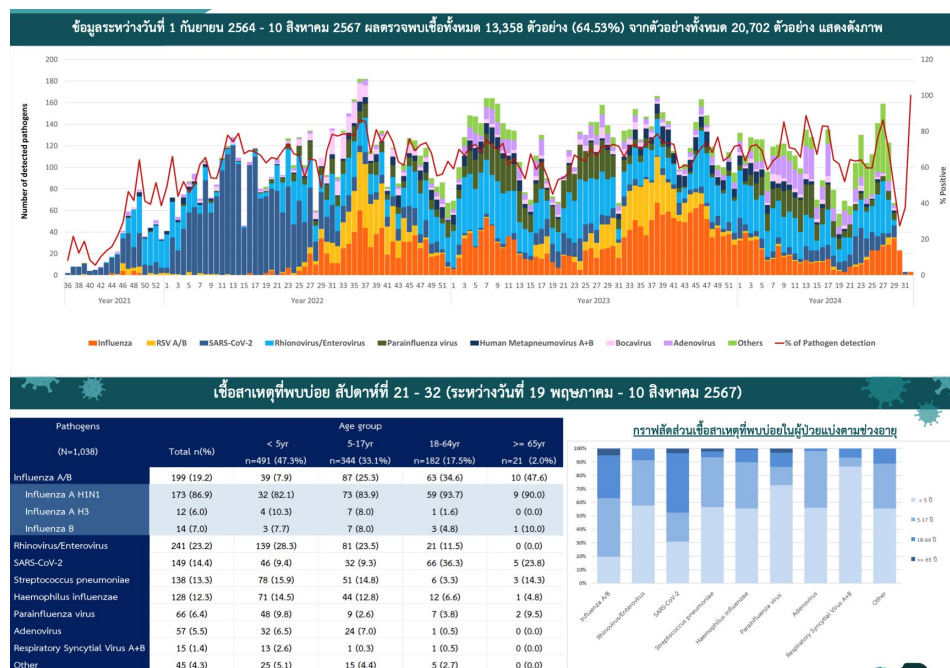


図 2-27 インフルエンザと呼吸器感染症のサーベイランス報告書

出典：MoPH DDC. “Flu project”.

<https://ddc.moph.go.th/doe/pagecontent.php?page=1496&dept=doe> (参照 2024-10-23)

2) ゲノムデータの扱いに関する倫理的・法的問題

ゲノムデータの扱いに関する倫理的・法的問題に関しては、タイでは、医療施設法 (Medical Facilities Act, B.E. 2541 (1998)) に基づく「ゲノム医療サービスの実施基準」 (Standard of practices for genomic medicine service) に関する MoPH の通達が施行され、ゲノム医療を提供する病院や診療所の専門家、業務、設備、施設に関する要件が規定された。また、個人情報保護法 (Personal Data Protection Act, B.E. 2563 (2021)) により、臨床研究および遺伝学的検査サービス内では、遺伝学的検査および個人遺伝データの保存について患者の同意を得る必要があることが定められている²¹⁵。

2.2.4 他の開発パートナー、地域機関、研究機関の支援動向

2.2.4.1 国際・域内レベルでの取り組み

(1) 米国疾病予防管理センター (Centers for Disease Control and Prevention)

40 年以上にわたり、米国 CDC はタイの公衆衛生機関と協力し、同国、東南アジア全域、そして世界における公衆衛生の大きな課題に取り組んできた。特に公衆衛生検査室の準備、緊急活動センター (EOC) と迅速対応チーム、HIV および性感染症の治療と予防、インフ

²¹⁵ Front Line Genomics. “World of Genomics: Thailand”. <https://frontlinegenomics.com/world-of-genomics-thailand/> (参照 2024-10-21)

ルエンザのサーベイランスや予防、パンデミックへの備え、グローバル・ヘルス・セキュリティの分野において支援を行っている。タイは世界保健安全保障アジェンダ (Global Health Security Agenda: GHSA) の一環として米国 CDC と協力し、IHR (2005)の実施を強化し、検査室および人材のシステムを整備することで、世界的なパンデミックの防止に努めている。サーベイランスにおいては、SARS-CoV-2 の早期検出を検証するための検疫環境における下水サーベイランスや、ナコンパノム県とタク県における発熱性疾患および COVID-19 感染後の患者における COVID-19 のサーベイランス、デング熱感染の早期警戒と対応の改善、タイの 4 つの地域医療科学センターにおける抗菌薬耐性菌の検査室ベースのサーベイランス、SARI および ILI 患者におけるインフルエンザのセンチネル・サーベイランスを支援している。特にインフルエンザや呼吸器系病原体を監視するためのセンチネル・サーベイランスにおいては、ウイルスの配列決定を維持するための支援を行っており、タイ国立インフルエンザセンターは、近隣諸国に対するサーベイランスと検査室に対する研修実施機関として、地域リーダーの役割を果たしている²¹⁶。

2.2.4.2 広域ネットワーク等

タイの関連省庁や学術機関が参加する感染症に関連する国際的ネットワークを以下の表 2-21 にまとめる。

表 2-21 タイの関連省庁や学術機関が参加する感染症に関連する国際ネットワーク

和文名	英文名
MoPH 医科学局 - WHO 東南アジア地域インフルエンザレファレンス検査室：WHO RIRL - WHO ポリオ地域研究所 - WHO 東南アジア地域麻疹風疹標準検査室 - AMR サーベイランスとトレーニングのための WHO CC - 国立 HIVDR 研究所 (WHO 指定) - 公衆衛生検査室品質システム強化のための WHO CC	Department of Medical Sciences - WHO Regional Influenza Reference Laboratory for the South-East Asia Region: WHO RIRL WHO regional reference laboratory for Polio in SEAR - WHO regional reference laboratory for Measles and Rubella in SEAR - WHO Collaborating Centre (CC) for AMR Surveillance and Training - National HIV Drug Resistance (HIVDR) Laboratory (WHO designation) - WHO CC for Strengthening Quality System in Health Laboratory
軍隊医学研究所 (AFRIMS) は、新興感染症の診断参照、訓練、調査のための WHO 協力センターである。	Armed Forces Research Institute of Medical Science (AFRIMS) is WHO Collaborating Centre for Diagnostic Reference, Training and Investigation of Emerging Infectious Diseases
チュラロンコン大学医学部は WHO の人獣共通感染症研究訓練センターに指定されている。	Faculty of medicine, Chulalongkorn University is WHO CC for Research and Training in Viral Zoonoses

²¹⁶ CDC. "CDC in Thailand". <https://www.cdc.gov/global-health/countries/thailand.html> (参照 2024-10-21)

マヒドン大学シリラジ病院医学部は、薬剤耐性（AMR）予防と封じ込めのための WHO CC である。	Faculty of Medicine, Siriraj Hospital, Mahidol University is WHO CC for Antimicrobial Resistance (AMR) Prevention and Containment
畜産開発局 - WOAH 東南アジア口蹄疫地域レファレンス検査室 - WOAH ブルセラ病レファレンス検査室（NIAH 内）	Department of Livestock Development - WOAH Regional Reference Laboratory for Foot and Mouth Disease in Southeast Asia - WOAH Reference Laboratory for Brucellosis (at NIAH)

出典：MoPH. “Thailand Joint external evaluation: Detect 1: National Laboratory System”.

2.2.5 考察

タイでは感染症サーベイランスの体制が十分に整えられており、MoPH、DDC、疫学局、地方自治体の連携の下、重大な疾病やアウトブレイクが発生した際の迅速な対応が可能である。特に全国に配置されている疾病調査チームにより、高い公衆衛生能力が維持されている。病原体ゲノムサーベイランスは体系的に実施されているわけではなく、外部からの支援プログラムに応じて COVID-19 やインフルエンザといった対象疾患に対してのみ実施されている。しかし、タイのゲノム解析能力は比較的高く、国立検査室レベルでは優先疾患や未知の高リスク病原体に対して、分子検査や血清学的検査、全ゲノムシーケンスや NGS を活用した複数のプラットフォームを用いた診断が可能であり、これがタイの大きな強みである。さらに、全国的な検査室ネットワークが構築されており、公衆衛生検査室や民間検査室によって 24 時間以内に検査結果が確認できる体制が整っている。特定の病原体が推定される臨床検体に対しては、国内の複数の研究機関で病原体のゲノム解析が可能である。タイ MoPH 医科学局やチュラロンコン大学が、SARS-CoV-2 やエムボックススクレード Ib のゲノム配列情報を発生直後に迅速に公開した事例が、タイの高いゲノム解析能力を示している。

一方で、未知の病原体の検出や、検体にわずかししか含まれない病原体を解析する場合には、より慎重な実験および解析方法が求められており、こうした解析には、病原体ゲノムの知識と、十分なウェットラボ（実験室での実験作業）とドライラボ（データ解析作業）の研究技術が必要である。特に、バイオインフォマティクスの分野にはさらなる発展の余地があり、タイのゲノム解析能力を向上させるには、一時的な対策ではなく、長期的な支援体制が不可欠だと考えられる。

さらに、タイでは東南アジアの周辺国や他国からの研修生を数多く受け入れており、NIH、APHL、大学機関を中心として、NGS やバイオインフォマティクスに関連した研修を年間を通じて実施している。中でも NIH は今後、APHL の地域トレーニングセンターとしての役割を果たしていくべく APHL からの支援を受けている。加えて、WHO や GISAID などの国際機関と連携し、国際標準に準拠したゲノム解析の研修プログラムを開発することも検討できる。これにより、国内の研究者や検査室技術者だけではなく、周辺国からの研修生も受け入れ、広範なスキルを提供することが可能である。これらのことから、タイは、東南アジアにおけるゲノム解析のリーダーとして、他国への技術支援や研修を提供する地域ハブとなり得るキャパシティを備えていると言える。したがって、今後、タイは、東南アジア

周辺諸国との協力を強化し、感染症の早期検知やモニタリングのために、ゲノム解析技術を共有・普及する取り組みの中心的存在となり得ると考えられる。

2.3 ベトナム

2.3.1 一般概況

2.3.1.1 社会経済状況

ベトナム社会主義共和国（以下、ベトナム）は、インドシナ半島に位置し、中国、ラオス、カンボジアと国境を接し、東は南シナ海に面している。19 世紀に統一王朝が生まれるまでは北部・中部・南部で違う歴史、文化を有していた。1887 年にフランスの植民地となり、20 世紀に 2 つのインドシナ戦争を経験し、勝利を収め 1976 年に独立した。ベトナムは、南北 1,650km、東西 600km にわたる、南北に細長い形をしている。東西は最も短い部分で 50km。国土は 32.9 万 km²と日本の約 9 割の面積を有する²¹⁷。インドシナ半島の東部に位置しており、中国、ラオス、カンボジアと陸上で隣接している。首都は、北部にあるハノイで、「河内」と書く。かつて、紅河とトーリック川に街が囲まれていたことに由来する²¹⁸。

ベトナムは 1986 年の第 6 回党大会にて採択された市場経済システムの導入と対外開放化を柱としたドイモイ（刷新）路線を継続、汚職対策、構造改革や国際競争力強化等に取り組んでいる。1989 年ごろから次第にその成果が出始め、アジア経済危機（1997 年）や金融危機（2008 年）の影響で一時成長が鈍化した時期があったものの、1990 年代及び 2000 年代におおむね高成長を遂げ、2010 年に（低位）中所得国となった。2010 年代は、マクロ経済安定化への取り組みに伴い、再び一時成長の鈍化がみられた時期もあったものの、後半は ASEAN 域内でもトップクラスの高い経済成長を達成（2015 年 6.68%、2016 年 6.21%、2017 年 6.81%、2018 年 7.08%、2019 年 7.02%）。数多くの自由貿易協定（Free Trade Agreement: FTA）への参加（2023 年末時点で 16 の FTA が発効済）、ODA を活用したインフラ整備、比較的低賃金で良質かつ豊富な労働力を背景に、製造業を中心とした、外資・輸出主導型の経済成長を続けてきた。2020 年代に入ると、COVID-19 の影響により低水準の成長率となったが、それでもベトナムは、同期間中 ASEAN 主要国内で唯一年間でのプラス成長を維持した。その後、速やかにコロナ禍から立ち直り、2022 年は 8.02%という高成長を達成。人口が 1 億人に届く規模となり、それに伴って中間層が増加していることから、最近では内需志向型の外国投資も増え始めている。2023 年は世界経済の影響で 5.05%成長と政府目標を下回るも、足元では回復ペースが加速している²¹⁹。

日本とは、1973 年 9 月 21 日、外交関係が樹立。1978 年末のベトナム軍カンボジア侵攻に伴い、1979 年度以降の対越経済協力の実施を見合わせたが、1991 年 10 月のカンボジア和平合意を受け、1992 年 11 月に 455 億円を限度とする円借款を供与。日本はベトナムにとって最大の援助国となった。現在、日本とベトナムの関係は「アジアと世界における平和

²¹⁷ 外務省. “ベトナム社会主義共和国（Socialist Republic of Vietnam）基礎データ”.

<https://www.mofa.go.jp/mofaj/area/vietnam/data.html> （参照 2024-11-4）

²¹⁸ JBIC. 第 1 章 概観(国土、民族、社会、歴史など)

https://www.jbic.go.jp/ja/information/investment/image/inv_vietnam01.pdf （参照 2024-11-4）

²¹⁹ 外務省. “ベトナム社会主義共和国（Socialist Republic of Vietnam）基礎データ”.

と繁栄のための包括的戦略的パートナーシップ」の下、政治、経済、安全保障、文化・人的交流など幅広い分野で緊密に連携している^{220 221}。

初等教育の総就学率は 2000 年代になってからは常に 100%前後を維持しており、2023 年は 122%であった。(女子 124%、男子 122%、2023) (表 2-22)。識字率は 2000 年は 95%であったのが、2022 年には 99%にまで上昇している²²²。

表 2-22 ベトナムの社会・経済状況一覧

一般事情	面積	32 万 9,241 平方キロメートル (日本の約 9 割)
	人口	約 1 億 30 万人 (2023 年) (ベトナム統計総局)
	首都	ハノイ
	民族	キン族 (越人) 約 86%、他に 53 の少数民族
	宗教	仏教、カトリック、カオダイ教ほか
経済	主要産業	農林水産業 (GDP に占める割合 11.96%)、鉱工業・建築業 (同 37.12%)、サービス業 (同 42.54%)
	国民総生産 GDP (Current USD)	約 4,300 億米ドル (名目、2023 年、ベトナム統計総局)
	国民総生産成長率 GDP Growth (Annual Percent)	5.05% (2023 年、年平均、ベトナム統計総局)
	一人あたり国民総生産 GDP Per Capita (Current USD)	4,285 米ドル (2023 年、ベトナム統計総局)
社会	貧困率 ²²³ Poverty headcount ratio at national poverty lines (% population)	1% (2022 年、世銀)
	識字率 ²²⁴ Literacy rate, youth total (% of people ages 15-24)	99% (2022 年、世銀)
	就学率 ²²⁵ School enrollment, primary (% gross)	122% (2023 年、世銀)

出典：外務省. “ベトナム社会主義共和国 (Socialist Republic of Vietnam) 基礎データ”.
The World Bank. World Bank Open Data. <https://data.worldbank.org> (参照 2024-11-24)

2.3.1.2 行政区分

ベトナムは中央政府の指揮下にある 58 の省と 5 つの市から成る 63 の第一級小区分に分かれている。自治都市 (municipalities) はベトナムの最高位の都市である。市町村は中央が管理する都市であり、省 (provinces) と同等の特別な地位を持っている。第二級小区分では、省は、省市 (provincial cities)、市 (municipal cites)、町 (towns)、都市区 (urban districts)、

²²⁰ 外務省. “ベトナム社会主義共和国 (Socialist Republic of Vietnam) 基礎データ”。

²²¹ 外務省. “ベトナム社会主義共和国 日・ベトナム首脳会談”.
https://www.mofa.go.jp/mofaj/s_sa/sea1/vn/pageit_000001_00004.html (参照 2025-01-23)

²²² The World Bank. World Bank Open Data.

²²³ 国際貧困ラインを 2017 年の購買力平価 (PPP) に基づき、1 日 2.15 ドルと設定。

²²⁴ Literacy rate, youth total (% of people ages 15-24)

²²⁵ School enrollment, primary (% gross)

農村区（rural districts）に分けられる。第三級小区分では、地方都市や町は、区（wards）とコミューン（communes）、タウンシップ（townships）に分かれている²²⁶。

南北に長い国土を持つベトナムは、その歴史、地理、気候風土に起因する発展形態の違いなどにより、北部、南部と二つの地域に分けて語られることが多い。さらに、ベトナムの統計では、紅河デルタ、北部内陸・山間地域、北中部・中部沿岸地域、中部高原、南東部、メコン川デルタの 6 地域に分けられることが多い。本項では、地域として紅河デルタと北部内陸・山間地域の「北部」、北中部・中部沿岸地域と中部高原の「中部」、南東部とメコン川デルタの「南部」に分けることとする。北部と南部に次ぐ地域となる中部は、ベトナム第 3 の商業都市ダナンを中心に発展している地域であるが、北部と南部の目覚ましい発展に比べると、やや開発が遅れている。中部は細長い地形に山脈が走る地理的構造により気候にも恵まれないことから、農業生産量の成長も鈍く、工業基盤も脆弱となっている。しかし、近年、重工業や観光業、IT 産業の投資が増加しており、今後の発展が注目されている²²⁷。

2.3.1.3 人口動態と保健概況

ベトナムの国土面積は約 32 万 9,241 km²であり、民族は約 86%を占めるキン族（越人）と、ほか 53 の少数民族から成る²²⁸。2023 年のベトナムの総人口は 1 億 300 万人と推定され、前年より 84 万 1,300 人増加し、前年比で 0.85%の上昇となっている。このうち、都市人口は 3,820 万人、農村人口は 6,210 万人で、それぞれ全体の 38.1%と 61.9%を占めている。また、男性人口は 5,000 万人、女性人口は 5,030 万人で、それぞれ全体の 49.9%と 50.1%を占めている。ベトナムの出生時の男女比は、女兒 100 人に対して男児が 111.8 人であり、全国における平均寿命は 74.5 歳で、男性は 72.1 歳、女性は 77.2 歳である²²⁹。合計特殊出生率は 2000 年の 2.1 からさらに減少傾向にあり、2022 年時点では 1.9 まで低下しているほか、65 歳以上人口の割合は 2000 年の 6%から 2023 年には 10%に上昇している²³⁰。また、2022 年のベトナムの人口ピラミッドからは、出生率が減少に向かっていること、若年人口の割合が減少していること、そして高齢者人口が徐々に増加しているものの、25～64 歳の生産年齢人口は比較的維持されていることがわかり、現時点では引き続き労働力の中核として経済発展を担っていく一方で、今後は高齢化の波が徐々に押し寄せてくると考えられる（図 2-28）。

²²⁶ ISO, “ISO 3166 — Codes for the representation of names of countries and their subdivisions”.
<https://www.iso.org/obp/ui#iso:code:3166:VN>（参照 2024-10-29）

²²⁷ JBIC. ベトナムの投資環境.

https://www.jbic.go.jp/ja/information/investment/image/inv_vietnam24.pdf（参照 2024-10-29）

²²⁸ 外務省, “ベトナム社会主義共和国基礎データ”.

²²⁹ General Statistics Office. Statistical Yearbook of Vietnam 2023.

²³⁰ 以上全て The World Bank. World Bank Open Data.

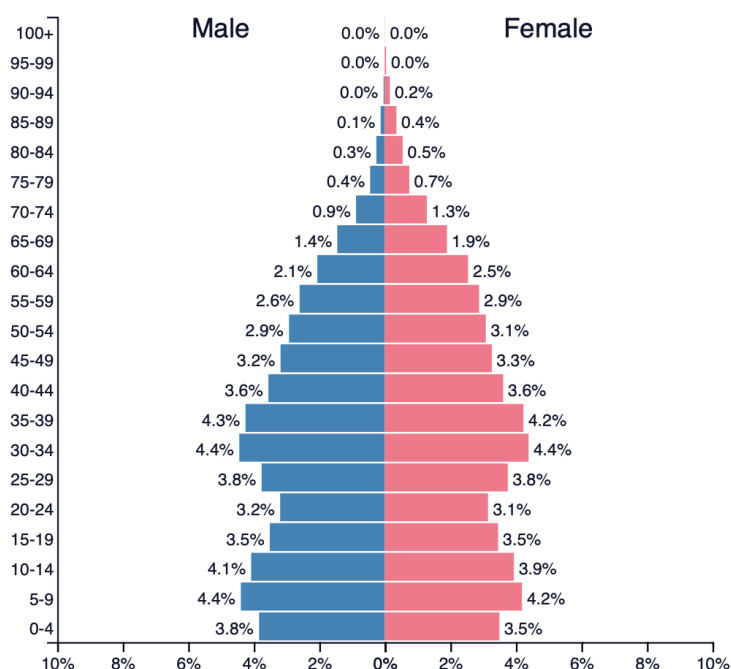


図 2-28 ベトナムの人口ピラミッド

出典：PopulationPyramid.net. URL: <https://www.populationpyramid.net/viet-nam/2022/>（参照 2024-10-29）

2021 年のデータによると、ベトナムにおける死因は、1 位が心血管疾患、2 位が腫瘍、3 位が呼吸器感染症および結核である。上位 10 位までの死因のうち感染症は 1 つのみ、6 つが NCDs、3 つがその他の理由となっている（図 2-29）。心血管疾患は 2000 年、2010 年から変わらず 1 位であり、腫瘍、呼吸器感染症及び結核も 2000 年から 2021 年まで順位を変えていない。また、糖尿病および慢性腎臓病や神経障害といった NCDs は過去 10 年間で上昇している。総死亡者数に占める NCDs による死亡率は 2010 年の 78%から 2019 年の 81 %へと上昇している。これは、東アジア・太平洋地域平均の 85%と比較してやや低く、世界平均の 74%（2019）と比較して高い割合である²³¹。

²³¹ The World Bank. World Bank Open Data.

2000 年		2010 年		2021 年	
1	心血管疾患(181.67)	1	心血管疾患(237.63)	1	心血管疾患(260.4)
2	腫瘍(66.12)	2	腫瘍(77.57)	2	腫瘍(99.87)
3	呼吸器感染症および結核(56.9)	3	呼吸器感染症および結核(50.37)	3	呼吸器感染症および結核(73.89)
4	慢性呼吸器疾患(36.67)	4	糖尿病と慢性腎臓病(41.88)	4	糖尿病と慢性腎臓病(54.92)
5	不慮の事故(35.77)	5	慢性呼吸器疾患(41.6)	5	慢性呼吸器疾患(42.79)
6	糖尿病と慢性腎臓病(32.14)	6	不慮の事故(33.8)	6	消化器疾患(32.35)
7	消化器疾患(29.79)	7	消化器疾患(30.99)	7	不慮の事故(32.13)
8	交通事故(21.71)	8	交通事故(28.24)	8	交通事故(23.86)
9	妊産婦および新生児死亡(21.57)	9	神経障害(19.36)	9	神経障害(23.73)
10	神経障害(15.19)	10	妊産婦および新生児死亡(13.98)	10	その他の COVID-19 による影響(15.12)

図 2-29 ベトナムにおける死因上位 10 位の変遷（括弧内の数字は、10 万人あたりの死亡者数）

出典：IHME. GBD Compare. <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/>（参照 2024-11-4） 基に調査団作成

2022 年の最新のデータによると、ベトナムにおける 5 歳未満児死亡率（出生 1,000 人あたり）は 20 と、全世界平均（37）よりは低い、東アジア・太平洋平均（15）よりは高い（表 2-23）。妊産婦死亡率については出生 10 万人あたり 46 と、全世界平均（74）や東アジア・太平洋平均（223）よりもかなり低い値を示している（表）。一方、結核罹患患者は過去 20 年間で減少し続けているものの、2022 年の値で 10 万人あたり 176 と非常に高い。2021 年のデータを見ても、結核を含む呼吸器感染症は死亡原因の第 3 位である（図 2-29）。

ベトナムは、結核の負担が世界で 10 番目に多い国であり、アジア地域では治療率が最も低い国の一つである。毎年 17 万人が感染していると推定されるが、治療を受けているのは 60%未満であると報告されている²³²。さらにベトナムでは、治療に時間がかかり、薬剤感受性結核と比較して治療の順守率が低く、患者の予後も不良になる傾向がある MDR-TB の発生率が、毎年 4 %の割合で増加しており、世界で 14 番目に MDR-TB の負担が大きい国

²³² USAID. “USAID Support to End Tuberculosis”. <https://www.usaid.gov/vietnam/fact-sheets/usaid-support-end-tuberculosis#:~:text=Vietnam%20is%20the%2010th%20highest,less%20than%2060%25%20receive%20treatment.>（参照 2024-11-4）

となっている²³³。

表 2-23 主要母子保健指標（ベトナム、東アジア・太平洋、全世界との比較）

	ベトナム			東アジア・太平洋	全世界
	2000 年	2010 年	最新の数字		
平均寿命	72	74	75 (2022)	77 (2022)	72 (2022)
妊産婦死亡率（出生 10 万あたり）Maternal mortality ratio (modeled estimate per 100,000 live births)	88	60	46 (2020)	74 (2020)	223 (2020)
5 歳未満児死亡率（出生 千人あたり）Mortality rate, under-5 (per 1,000 live births)	30	23	20 (2022)	15 (2022)	37 (2022)
HIV 感染率（15-49 歳）Prevalence of HIV, total (% of population ages 15-49)	0.3	0.4	0.3(2022)	NA	0.7 (2022)
結核罹患率（10 万人あたり）Incidence of tuberculosis (per 100,000 people)	296	231	176 (2022)	145 (2022)	133 (2022)
マラリア罹患率（千人あたり）Incidence of malaria (per 1,000 population at risk)	1.3	0.3	0 (2022)	3.2 (2022)	58.9 (2022)

出典： The World Bank. World Bank Open Data.

COVID-19 については、発生が確認されて以来、同国内では 10,758,189 件の感染と 43,090 人の関連死が報告されている。2020 年 1 月に最初の症例が発見され、その後、2022 年 3 月に最大のピークを迎え、2022 年 5 月には報告数が大幅に減少した²³⁴。ベトナム政府は COVID-19 に迅速に対応し、迅速な検査、接触者追跡、隔離、社会的距離の確保措置を実施した結果、感染者数は国際的な基準から見ても極めて低い水準に抑えられた。2020 年 5 月までに多くの制限が解除され、社会や経済は徐々に正常に戻った。国家と社会のあらゆる側面で対策が取られたことが、ベトナムがパンデミック初期の波を克服し、多くの命を救い、社会経済的な混乱を抑える上での決定的な要因と見なされている²³⁵。

ベトナムの保健支出に占める OOPS の割合は 40%と高く、2005 年の 34.6%から上昇し

²³³ ONCRU. “Prospective Observational Cohort Study On Multi-Drug Resistant Tuberculosis Acquisition In Vietnam”. <https://www.oucr.org/project/32tb/> （参照 2024-11-4）

²³⁴ Reuters COVID-19 TRACKER. “Vietnam”. <https://www.reuters.com/graphics/world-coronavirus-tracker-and-maps/countries-and-territories/vietnam/> （参照 2024-11-4）

²³⁵ Bristol University Press DIGITAL. “TWELVE: Vietnam’s Response to the COVID-19 Pandemic”. <https://bristoluniversitypressdigital.com/edcollchap-0a/book/9781529225679/ch012.xml#ref-311> （参照 2024-11-4）

ている。ベトナムでは 65 歳以上人口の割合は 2000 年の 6%から 2023 年には 10%に上昇しており、急速な高齢化により医薬需要が増加し、医療費の OOPS の必要性が高まっていることも理由として考えられている²³⁶。図 2-30 は、各国の GDP に占める保健支出割合と保健支出に占める OOPS の割合の相関性を示すものであるが、赤い点がベトナムを指しており、GDP に占める保健支出が非常に低い一方で、OOPS の割合は比較的高いことが示されている。

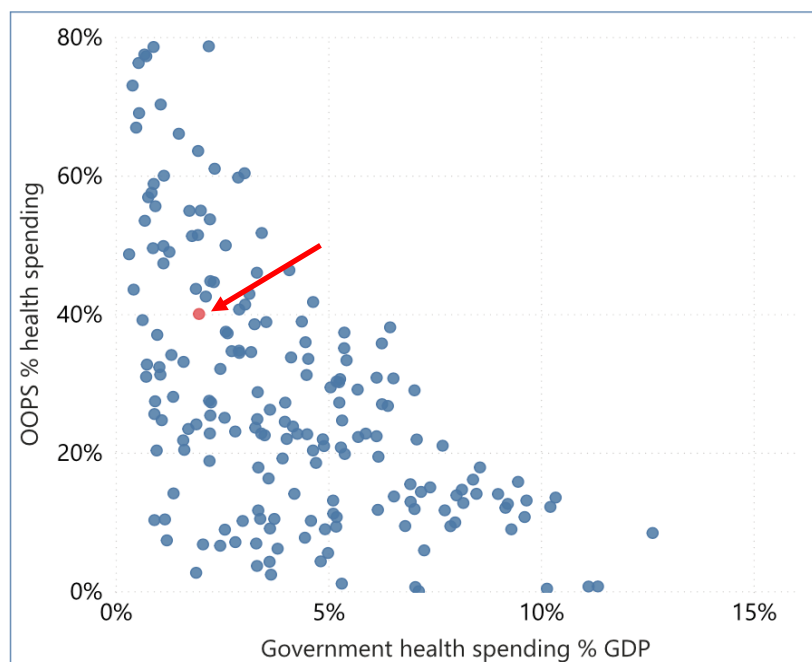


図 2-30 各国の GDP に占める保健支出割合と保健支出に占める自己負担割合の相関性（2021）

出典：WHO. “Global Health Expenditure Database”.

https://apps.who.int/nha/database/country_profile/Index/en（参照 2024-11-4）

2.3.2 政策

2.3.2.1 国家開発政策

ベトナムの国家開発政策は、グリーン成長や第 4 次産業革命、AI 活用による競争力強化と持続可能な経済発展を重視している。2021 年に策定された「国家グリーン成長戦略 2021-2030（National Green Growth Strategy for 2021-2030, vision towards 2050）」はグリーン成長の重要性を認識し、成長モデルの刷新を通じて経済の再構築を目指し、外部ショックへの耐性向上や国家戦略の実現に寄与することを目的としている²³⁷。また、2020 年の「人工知

²³⁶ RAPID ASIA. “High out-of-pocket expenditures on prescription drugs in Vietnam”. <https://rapid-asia.com/news/high-out-of-pocket-expenditures-on-prescription-drugs-in-vietnam/>（参照 2024-11-4）

²³⁷ Vietnam.gov.vn. “National Green Growth Strategy for 2021-2030, vision towards 2050”. <https://en.baochinhphu.vn/national-green-growth-strategy-for-2021-2030-vision-towards-2050-11142515.htm>（参照 2024-11-4）

能の研究開発および応用に関する国家戦略（National Strategy on R&D and Application of Artificial Intelligence）」では、最新の技術を活用し、AI の研究・開発・応用を社会経済の発展目標や防衛・安全保障、科学技術の発展に結び付け、起業家の潜在力を引き出し、技術移転を受け入れ、習得し、さらなる発展を目指すことを目標として掲げている²³⁸。さらに、「第4次産業革命のための国家戦略（National Strategy for the 4th Industrial Revolution）」では、第4次産業革命の機会を活かし、労働生産性や経済の効率・競争力を高めるとともに、ネットワークの安全確保、企業での技術活用、デジタル政府の構築、人材育成を通じて経済制度の改革を進めることに注力していくとしている²³⁹。このほか、「社会経済開発計画 2021-2025（Socio-economic development plan for 2021-2025）」では、科学技術の推進とともに近代産業を持つ中所得国を目指し、コロナ禍からの回復と成長、社会保障や環境保護を重視し、国際的な地位向上と積極的な国際統合を推進していくことが謳われている²⁴⁰。

2.3.2.2 保健医療政策

保健医療政策については、2024 年に「2045 年に向けたビジョンを掲げた、2030 年までの国民の健康の保護、ケア、改善のための国家戦略（National Strategy for Protection, Care and Improvement of the People’s Health by 2030 with a Vision Towards 2045）」が策定されている。これには、すべての人が質の高い医療サービスにアクセスでき、安全な地域社会で生活し、身体的・精神的に成長できるようにし、生活の質や国家の発展・保護に貢献できる人材の質向上を目指すことが明記されている。具体的な目標としては、感染症の予防と対策として、新興感染症の予防、気候変動や公衆衛生の緊急事態に迅速に対応できる体制の整備のほか、医療サービスの質と効率向上、出生率と人口質の管理、医療人材の育成、科学研究と技術革新、質の高い医薬品と医療機器の確保が挙げられている。

以下の表 2-24 は、ベトナムの保健医療に関連する既存の主要な法令、規制、ビジョン、開発計画、保健セクター計画等を一覧にまとめたものである。

表 2-24 ベトナムの保健セクターの主要な法令および規制等一覧

	英語訳	日本語訳
	法令	
1	Law No. 03/2007/QH12 of the National Assembly: Law on Infectious disease prevention (2007)	国会の法律第 03/2007/QH12 号：感染症予防に関する法律（2007 年）

²³⁸ Vietnam.gov.vn. “National Strategy on R&D and Application of Artificial Intelligence.” <https://en.baochinhphu.vn/national-strategy-on-rd-and-application-of-artificial-intelligence-11140663.htm>（参照 2024-11-4）

²³⁹ Vietnam.gov.vn. “National strategy for 4th Industrial Revolution”. <https://en.baochinhphu.vn/national-strategy-for-4th-industrial-revolution-11140283.htm>（参照 2024-11-4）

²⁴⁰ Vietnam.gov.vn. Socio-economic development plan for 2021-2025, 2021. <https://vietnam.gov.vn/socio-economic-development-plans/socio-economic-development-plan-for-2021-2025-12056314>（参照 2024-11-4）

2	Law No. 15/2023/QH of the National Assembly: Law on Medical Examination and treatment (2023)	国会の法律第 15/2023/QH 号：診察および治療に関する法律（2023 年）
3	Law No. 03/2007/QH12 of the National Assembly: Law on Infectious disease prevention (2007)	国会の法律第 03/2007/QH12 号：感染症予防に関する法律（2007 年）
ビジョン、国家開発計画		
4	Vietnam 2035 (2016)	ベトナム 2035 年（2016 年）
5	Socio-economic Development Plan 2021-2030 (2021)	社会経済開発計画 2021-2030（2021 年）
6	Five-Year-Socio-Economic Development Plan 2021-2025 (2021)	2021-2025 年社会経済開発 5 カ年計画（2021 年）
保健セクター計画、戦略、通達		
7	National Strategy for Protection, Care and Improvement of the People's Health by 2030 with a Vision Towards 2045 (2024)	2030 年までの国民の健康保護、ケア、改善のための国家戦略 2045 年までのビジョン
8	Minister of Health Decision No. 3984/QĐ-BYT promulgating Plan for sustainable management of Covid-19 epidemic period 2023-2025 (2023)	保健大臣決定第 3984/QĐ-BYT 号、2023 年から 2025 年をコロナウイルス感染症流行の持続可能な管理期間とする計画の公布（2023 年）
9	Decision No. 1121/QĐ-TTg approving National Strategy on drug resistance prevention, control period 2023-2030, vision till 2045 (2023)	薬剤耐性対策に関する国家戦略を承認する決定第 1121/QĐ-TTg 号、2023 年から 2030 年を対策期間、2045 年までを見通しとする（2023 年）
10	Minister of Health Decision No. 266/QĐ-BYT promulgating Plan for infectious disease prevention in 2024 (2024)	2024 年の感染症予防計画を公布する保健大臣決定第 266/QĐ-BYT 号（2024 年）

出典：調査団作成

2.3.2.3 感染症対策関連政策

ベトナムでは、感染症サーベイランスに関する法令や政策がいくつか制定され、感染症の予防と制御のための枠組みを提供している。これらの法令は、公衆衛生の安全確保や新興感染症の監視に役立ち、迅速な対応と予防策の実施を促進している。2007 年に制定された感染症予防法（Law No. 03/2007/QH12 of the National Assembly: Law on Infectious disease prevention）では、感染症の予防、制御、監視に関する基本的な枠組みが示されており、感染症の分類（A 類、B 類、C 類などに分類される）、報告義務、サーベイランスの実施手順、アウトブレイク対応などが規定されている。「保健大臣通達第 17 号/2019/TT-BYT（2019 年）：感染症の監視と対応に関する指導を提供する通達（Circular 17/2019/TT-BYT Providing instructions about communicable disease surveillance and response (2019)）」では、感染症サーベイランスのプロセス、対応、責任についての 24 の条項から成る 5 章で構成されており、9 種類の B 群感染症（ジフテリア、百日咳、はしか、風疹、炭疽、髄膜炎菌性髄膜炎、手足口病、水痘、流行性耳下腺炎）については医療隔離を行う必要があると定められている。また、指標ベースとイベントベースのサーベイランスが実施され、指標ベースのサーベイランスは、定期的な監視を含む感染症に関する情報を収集することで行われる一方、イベントベースのサーベイランスは、地域社会の情報源やソーシャルネットワークか

らのアラートサインの収集、スクリーニング、検証を通じて行われることになっている²⁴¹。さらに、「保健大臣通達第 54 号/2015/TT-BYT (2015 年)：感染症および流行病の報告と宣言に関する指導を提供する通達 (Circular 54/2015/TT-BYT Providing guidance on reporting and declaration of infectious diseases and epidemics (2015))」において、感染症の通知、報告および宣言に関する規定が定められており、具体的には、報告が必要なケース、報告の原則、報告様式、報告内容、報告手順の詳細が記されている。また、感染症流行の宣言と報告についても、地方当局と住民の責任が明記されている²⁴²。

その他、感染症サーベイランスと検査室に関連する政策について以下の表の通りまとめる。

表 2-25 ベトナムの感染症サーベイランスおよび検査室関連政策

	英語訳	日本語訳
	感染症サーベイランス関連	
1	Circular 17/2019/TT-BYT Providing instructions about communicable disease surveillance and response (2019)	保健大臣通達第 17 号/2019/TT-BYT (2019 年)：感染症の監視と対応に関する指導を提供する通達
2	Circular 54/2015/TT-BYT Providing guidance on reporting and declaration of infectious diseases and epidemics (2015)	保健大臣通達第 54 号/2015/TT-BYT (2015 年)：感染症および流行病の報告と宣言に関する指導を提供する通達
3	Decision No. 3985/QĐ-BYT Providing guidelines for Covid-19 monitoring and prevention (2023)	保健大臣決定第 3985 号/QĐ-BYT (2023 年)：新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の監視と予防に関する指針を提供する決定
4	Decision No. 2609/QĐ-BYT promulgating guideline for the prevention and control of Covid-19 infection in medical examination and treatment facilities (2023)	保健大臣決定第 2609 号/QĐ-BYT (2023 年)：医療検査および治療施設における COVID-19 感染予防および管理に関する指針を公布する決定
	検査室関連	
5	Minister of Health Circular No. 43/2011/TT-BYT on management of infectious disease specimens (2011)	保健大臣通達第 43 号/2011/TT-BYT (2011 年)：感染症検体の管理に関する通達
6	Minister of Health Circular No. 01/2013/TT-BYT guiding laboratory quality assurance for the healthcare establishments (2013)	保健大臣通達第 01 号/2013/TT-BYT (2013 年)：医療施設のための検査室の品質保証に関する指導
7	Minister of Health Decree No. 103/2016/NĐ-CP on July 1st, 2016 regulation on biosafety at the laboratory (2016)	保健大臣令第 103 号/2016/NĐ-CP (2016 年 7 月 1 日)：検査室におけるバイオセーフティに関する規則
8	Minister of Health Circular 41/2016/TT-BYT promulgating a list of microorganisms that cause infectious disease by risk group and	保健大臣通達第 41 号/2016/TT-BYT (2016 年)：リスクグループおよびバイオセーフティレベル別に、検査技術に応じた感染症を引き起こす微生物のリストの公布

²⁴¹ Ministry of Health. Providing instructions about communicable disease surveillance and response, 2019. <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/The-thao-Y-te/Thong-tu-17-2019-TT-BYT-huong-dan-giam-sat-va-dap-ung-voi-benh-dich-benh-truyen-nhiem-418884.aspx> (参照 2024-11-5)

²⁴² Ministry of Health. Circular 54/2015/TT-BYT Providing guidance on reporting and declaration of infectious diseases and epidemics, 2015. <https://lawnet.vn/en/vb/Circular-54-2015-TT-BYT-reporting-and-declaration-of-infectious-diseases-and-epidemics-6BBCD.html> (参照 2024-11-5)

	biosafety level in accordance with testing techniques (2016)	
9	Minister of Health Decree No. 217/QĐ-DP promulgating Manual for testing infectious diseases (2016)	保健大臣令第 217 号/QĐ-DP (2016 年)：感染症検査マニュアルの公布
10	Minister of Health Decision No. 2429/QĐ-BYT promulgation criteria for quality assessment of medical laboratories (2017)	保健大臣決定第 2429 号/QĐ-BYT (2017 年)：医療検査室の品質評価基準の公布
11	Minister of Health Circular No. 43/2018/TT-BYT on management of infectious disease specimens (2018)	保健大臣通達第 43 号/2018/TT-BYT (2018 年)：感染症検体の管理に関する通達
12	Circular 08/2020/TT-BYT amending some articles of Circular 04/2018/TT-BYT regulating good practice of laboratories (2020)	通達 08/2020/TT-BYT (2020 年)：検査室の良好な実践を規定するサーキュラー 04/2018/TT-BYT の一部の条項の修正

出典：調査団作成

2.3.2.4 病原体ゲノム関連政策

現在、ベトナムには病原体ゲノムサーベイランスや優先すべき病原体に特化した法律や政策はなく、プログラムや研究、感染症のアウトブレイクが発生した際や状況に応じて、保健省の決定によりその都度実施されている状況である。現在シーケンスが行われているプログラムの対象病原体は、季節性インフルエンザ、COVID-19、手足口病、鳥インフルエンザ、エムボックスの病原体となっている²⁴³。

今後はインフルエンザや COVID-19 を含む潜在的なパンデミックを引き起こす可能性を有する病原体を検出するために、ベトナムの系統的サーベイランスとシーケンス能力を拡大し、従来診断されていなかった病原体について広範囲な遺伝情報を網羅的に解析するアプローチである網羅的シーケンスを取り入れる計画となっている。外来診療所から検体を収集する ILI 疾患センチネル・サーベイランス・ネットワークの既存のインフラを基に、A 型および B 型インフルエンザウイルスと SARS-CoV-2 ウイルスの両方の検査を行い、また、病院ベースの SARI サーベイランスネットワークを復活させ、3 つの病院の救急部門と集中治療室 (Intensive Care Unit: ICU) と協力し、12 種類の病原体に焦点を当てたシーケンスを取り入れる予定である。データはオンラインダッシュボードでリアルタイムに共有されることになっている²⁴⁴。

このほか、医療分野では、病原体ゲノム解析よりも、がんや感染症などの治療や診断における個別化医療のためのゲノム解析が進められており、特に、遺伝的要因による疾患リスクの特定や、薬剤の効果予測のためのゲノムデータ解析が重要視されている²⁴⁵。

²⁴³2024 年 9 月 24 日の NIHE へのインタビュー調査より (オンライン)

²⁴⁴ Global Grand Challenges. “Pathogen Genomic Surveillance and Immunology in Vietnam”. <https://gcgh.grandchallenges.org/grant/pathogen-genomic-surveillance-and-immunology-vietnam> (参照 2024-11-5)

²⁴⁵ Vinmec. “Vinmec announced its largest Vietnamese genome research project”.

2.3.3 病原体ゲノムサーベイランスの現状と課題

2.3.3.1 病原体ゲノムサーベイランス主要機関

(1) 保健省

保健省の責務は、その任務、権限、組織構造を定めた 2022 年 11 月 15 日付政令第 95/2022/ND-CP 号に定められている通り、予防医学、診察、治療、リハビリテーション、医療評価、法医学、法精神医学、伝統医学、薬学、医療機器、化粧品、食品安全、健康保険、人口、リプロダクティブ・ヘルス、同省の国家管理下にある分野における公共サービスの国家管理にかかる分野を含む、保健医療の国家管理機能を果たすことであり、戦略やマスタープラン、計画、国家目標の作成および実施、医薬品やワクチン、医療消耗品の管理等を行う²⁴⁶。医療機器に関しては、保健省は国内規格、国家技術資格、使用基準を策定するほか、国内の医療機器販売の規制や輸入許可等も行う²⁴⁷。

ベトナムの保健政策の担い手となる保健省における中央行政は、保健省指導者の下、アドバイザリーユニット、機能ユニット、非事業ユニットという 3 つのユニットに分かれており、全部で 21 の局、研究所、センターなどから成る（図 2-31）。

<https://www.vinmec.com/eng/article/vinmec-announced-its-largest-vietnamese-genome-research-project-en>（参照 2024-11-5）

²⁴⁶ The Government of Vietnam. Decree Defining functions, tasks, powers and organizational structure of ministry of health of Vietnam, 2022. <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/EN/Bo-may-hanh-chinh/Decree-95-2022-ND-CP-functions-and-tasks-and-powers-of-Ministry-of-Health/539926/tieng-anh.aspx>（参照 2024-11-5）

²⁴⁷ 同上

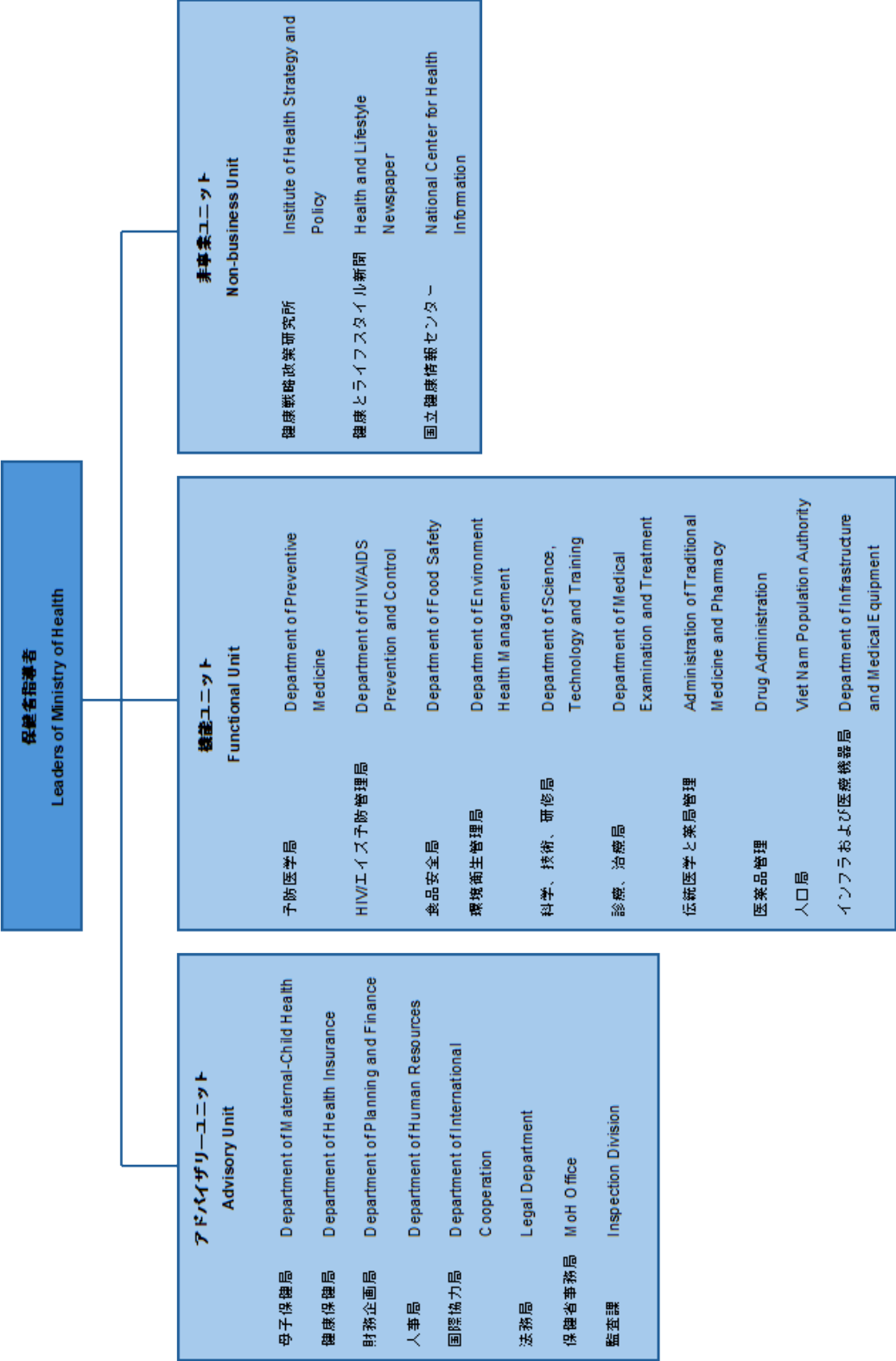


図 2-31 ベトナム保健省の組織図

出典：Ministry of Health. ” Cơ Cấu Tổ Chức” <https://moh.gov.vn/co-cau-to-chuc> (参照 2024-11-5) より調査団作成

(2) 実施機関

ベトナムの感染症サーベイランス及びゲノムサーベイランスでは、国立衛生疫学研究所（National Institute of Hygiene and Epidemiology: NIHE）が中央機関としての役割を果たしている。また、地域ごとに管轄があり、NIHE は北部地域、ニャチャン・パスツール研究所（Pasteur Institute of Nha Trang）は中部地域、西部高原衛生疫学研究所（Tay Nguyen Institute of Hygiene and Epidemiology: TIHE）は中部高原地域、ホーチミン・パスツール研究所（Pasteur Institute of Ho Chi Minh City）は南部地域となっており、これらの機関が中心となってサーベイランスが実施されている。各機関のゲノムサーベイランス対象ウイルスは、それぞれが実施するドナー主導のプログラムや各地域の感染症の発生状況により異なるが、SARS-CoV-2、インフルエンザ、デング熱は共通して行われている。

以下に、それぞれの組織の概要を記す。

1) 国立衛生疫学研究所（National Institute of Hygiene and Epidemiology）

NIHE は、保健省に属する公的な医療専門機関であり、感染症や NCDs、その他の公衆衛生問題を含む予防医学および疾病予防・管理の分野における国立機関である。NIHE は、全国規模で予防医療および公衆衛生の活動やプログラムを組織、指導、実施しており、科学研究、教育・研修、オンラインでの指導、国際協力など、予防医学および公衆衛生分野に関わる活動を実施している²⁴⁸。

NIHE は、近年、感染症の監視や公衆衛生の向上を目的とし、感染症や疫病の原因となる病原体のゲノム解析に注力しており、これによって病気の流行を監視し、早期に対応することが可能になっている。特に、COVID-19 の流行時には、NIHE はウイルスのゲノム解析を行い、変異株の出現や伝播を追跡することで公衆衛生対策を支援してきた。このようなゲノム研究は、感染症の予防と管理、さらには将来的なワクチンや治療法の開発にも寄与すると期待されている。さらに、NIHE は国内外の研究機関や大学と協力し、ゲノム情報の共有や研究の連携も積極的に行っている。2006 年からは NIHE 内に長崎大学熱帯医学研究所ベトナム拠点が設置されており、長きにわたり共同研究も進められている。NIHE の組織概要については以下の表の通り。

²⁴⁸ National Institute of Hygiene and Epidemiology. “General Introduction”. <https://nihe.org.vn/gioi-thieu#gioi-thieu-chung>（参照 2024-11-5）

また、各省に設置されている省レベルの疾病対策センター（Provincial Center for Disease Control: CDC）は、NIHE の傘下である ²⁴⁹。

執行部	機能ユニット	専門ユニット		サービスユニット
・所長（1） ・副所長（3）	・スタッフ組織 ・企画部：国際協力 ・総務部 ・財務経理部	・感染症対策部 ・非感染症疾患制御学科 ・昆虫動物学部 ・ウイルス学科 ・細菌学部 ・HIV/エイズ学部	・公衆衛生学部 ・予防接種プログラム室 ・臨床試験センター ・科学研修管理センター ・生物医学研究センター ・試験検査品質保証センター	・予防医療センター ・標準実験動物生産研究センター ・バイオメディカル科学技術応用センター

図 2-32 NIHE の組織概要

出典：NIHE. “Leadership and organization of the apparatus”. <https://nihe.org.vn/gioi-thieu#ban-lanh-dao-sd>（参照 2024-11-6）を基に調査団作成

NIHE は感染症サーベイランスの枠組みの中で、全国の地方自治体や医療機関から感染症データを収集し、流行の兆候や新しい感染症の発生状況を監視し、感染症病原体のウイルスについては全ゲノムシーケンス、細菌については部分的なシーケンスを行い、病原体の変異や進化を追跡するという重要な役割を担っている。COVID-19 のパンデミック時にはひと月あたり 30 検体ほどのシーケンスを行っていたが、現在は米国 CDC などが主導するプログラムの元で SARS-CoV-2、インフルエンザ、E. coli、結核菌、HIV、抗ウイルス薬耐性 HIV、AMR などの病原体に焦点を当ててシーケンスを行っているほか、豚インフルエンザ、鳥インフルエンザ、手足口病、麻疹、デング熱についても特定の病原体を追跡している。政府予算が限られていることから、すべての病原体をシーケンスする計画は今のところない。また、HIV と細菌は部分シーケンス、HIV 以外のウイルスは全ゲノムシーケンスを行っている ²⁵⁰。

NIHE の研究能力は高く、独自に SARS-CoV-2 や H5 型高病原性鳥インフルエンザウイルスを分離し全長ゲノム解析をする等の高度な技術を有している。一方で、保健省からの資金面での支援が乏しく、また、試薬を購入するとしても入札のプロセスには数か月かかるため、サーベイランス費用や試薬調達費が十分でないのが現状である ^{251 252}。

2) ニャチャン・パスツール研究所（Pasteur Institute of Nha Trang）

ベトナムのニャチャンにあるパスツール研究所は、1895 年に設立された、ベトナム保健省に所属する公衆衛生研究機関である。主にベトナム中部および南中部沿岸地域での感染症の監視、予防、制御を担っている。主な役割と機能としては、感染症の監視と防止の分野で、特にマラリア、デング熱、B 型肝炎、コレラなどの感染症の監視と対策を行っており、

²⁴⁹ 2024 年 9 月 24 日の NIHE へのインタビュー調査より（オンライン）

²⁵⁰ 2024 年 9 月 24 日の NIHE へのインタビュー調査より（オンライン）

²⁵¹ 2024 年 9 月 5 日の長崎大学熱帯医学研究所ベトナム拠点へのインタビュー調査より（オンライン）

²⁵² 2024 年 9 月 24 日の NIHE へのインタビュー調査より（オンライン）

流行の早期発見と公衆衛生対策に貢献している。また、研究と研修の分野では、病原体やワクチンに関する研究、トレーニングプログラムを通じて、医療関係者や研究者を育成している。さらに、国際協力の分野において、国際的な公衆衛生機関や他国の研究所と連携し、感染症対策に関する研究や情報交換を行っている²⁵³。ゲノム解析の分野では、感染症病原体の特定、ウイルスの種類の特定、ウイルスの亜種や新型ウイルスを特定するための遺伝子配列の決定などの分子生物学的検査を実施し、クアンビン（Quang Binh）からビントゥアン（Binh Thuan）までの中部 11 省において、サンプルの収集、保存、輸送の正確な方法について省職員を訓練・指導する役割を担っている²⁵⁴。

同研究所のゲノム監視対象はインフルエンザウイルス、SARS-CoV-2、エムポックスウイルス、手足口病ウイルス、デング熱ウイルス、HIV、麻疹ウイルスであり、中でも、インフルエンザ、SARS-CoV-2、エムポックス、デング熱は重要疾患とされている²⁵⁵。また、同研究所は、これまで 500 以上の SARS-CoV-2 配列と 1 つの H5N1 インフルエンザウイルス配列を含むゲノム配列データを GISAID に提出しており、ベトナムの中央地域で異なる時期に循環したウイルスの遺伝子データを提供することで、グローバルレベルの研究にも貢献している²⁵⁶。

3) 西部高原衛生疫学研究所（Tay Nguyen Institute of Hygiene and Epidemiology）

TIHE は、中央高原地域における予防医療と公衆衛生の活動を組織、指導、実施する役割を担っている。また、予防医療および公衆衛生の分野での科学研究、技術開発・応用、研修および下部組織の指導、国際協力を行っているほか、地域社会のニーズに応じた一次医療サービス、診察、相談、予防医療サービス、公衆衛生サービスを提供している²⁵⁷。

ゲノム解析の分野では、病原体サンプルのゲノムを解析して、疫学調査と組み合わせて感染源を追跡し、データを国内外で共有している。また、新興・再興感染症の病原体検体を中央高原の地域拠点から受け取り、シーケンスを行って新しい株や亜系統を早期に検出し、流行防止に対応している。ゲノム解析の対象は、新興・再興感染症であり、優先病原体はエムポックスウイルス、SARS-CoV-2 の変異株、インフルエンザウイルスの変異株、手足口病のエンテロウイルス、デングウイルスである。デングウイルスと手足口病のエンテロウイルスのシーケンスデータについては、遺伝子配列を GenBank に登録・保存し、研究、研修、ワクチン開発に活用している。COVID-19 のパンデミック時には、サンガーシーケンスを使用して約 48 検体の SARS-CoV-2 のゲノムシーケンスを行ったが、2023 年以降はサンプル

²⁵³ Pasteur Network. “Institut Pasteur in Nha Trang ». <https://pasteur-network.org/en/members/asian-region/nha-trang/>（参照 2024-11-6）

²⁵⁴ ニャチャン・パスツール研究所への質問票調査回答より

²⁵⁵ ニャチャン・パスツール研究所への質問票調査回答より

²⁵⁶ ニャチャン・パスツール研究所への質問票調査回答より

²⁵⁷ TIHE. “General Introduction”. <https://tihe.org.vn/gioi-thieu/id/about-us>（参照 2024-11-7）

不足により使用されていない。手足口病やデング熱の病原体については、研究プロジェクトの一環として、2016 年に最後にシーケンスを行ったきりである²⁵⁸。

4) ホーチミン・パスツール研究所 (Pasteur Institute of Ho Chi Minh City)

ホーチミン・パスツール研究所は、ベトナム保健省に属する公衆衛生および感染症研究の中心的な機関である。1891 年にフランスのルイ・パスツールの支援の下設立され、東南アジアで最初に設立されたパスツール研究所でもある。この研究所は、ベトナム南部地域での感染症予防、制御、公衆衛生の維持に大きく貢献している。主な役割と機能としては、感染症の監視と防止の分野で、南部ベトナムで流行しやすい感染症の監視、早期発見、対策を行っているほか、研究と開発の分野で、病原体に関する基礎研究からワクチン開発、AMR の研究まで、多岐にわたる研究活動を行っている。メコンデルタ地域の 20 の省および都市から 24 種類の感染症のサーベイランスを PASTEUR-NET システムを使用して実施している。研究活動については、特にメコンデルタ地域における腸疾患（コレラ、赤痢、腸チフス）に関する研究を重点的に行っている。また、感染症の予防と治療に向けた新技術や治療法の開発にも取り組んでいる²⁵⁹。

ゲノム解析については、臨床的、疫学的、あるいはワクチンに影響を及ぼすような新興感染症が発生した場合、必要に応じて実施される。優先疾患は MERS、SARS、エムボックスなどの新興・再興感染症や、ゲノムの変化が治療や発症頻度に影響するインフルエンザや COVID-19 などである²⁶⁰。ジカウイルスやデングウイルス、薬剤耐性菌のシーケンスも行っている。一方で、これらのシーケンスは定期的に行っているわけではなく、ベトナム政府や米国 CDC、JICA などからプログラムへの支援があった際に実施できる状況である²⁶¹。

2.3.3.2 サーベイランス

(1) 感染症サーベイランス

1) 対象ウイルス、疾患、優先順位等

感染症サーベイランスは、保健省通達 17/2019/TT-BYT に従い、センチネル・サーベイランスとイベントベースのサーベイランスが実施されている。これらのサーベイランスでは、感染症グループ A、B、C に分類される 42 の感染症について、保健省通達 54/2015/TT-BYT に基づいて月ごと及び週ごとの報告を行う（表 2-26）。センチネル・サーベイランスとは、特定の期間に選定された複数のサーベイランスサイトで発生した複数の感染症および健康上の事象に関する詳細な情報を、定期的、継続的、そして論理的に収集するものであ

²⁵⁸ TIHE への質問票調査回答より

²⁵⁹ Pasteur Network. “Institut Pasteur in Ho Chi Minh City”. <https://pasteur-network.org/en/members/asian-region/ho-chi-minh/>（参照 2024-11-6）

²⁶⁰ ホーチミン・パスツール研究所への質問票調査回答より

²⁶¹ 2024 年 9 月 17 日のニャチャン・パスツール研究所へのインタビュー調査より（オンライン）

り、イベントベースのサーベイランスとは、一般市民、ソーシャルネットワーク、通信ネットワーク、保健当局、機関、ネットワークなど、さまざまな情報源から情報を収集し、警告サインをスクリーニングおよび検証するものと定義されている。

表 2-26 感染症の届出対象疾患リスト（2015 年通達第 54 号 54/2015/TT-BYT）

1. 診断後 24 時間以内に報告が求められる危険な感染症分類		2. 診断後 72 時間以内に報告が求められる危険な感染症		3. 症例数と死亡者数の月毎の報告が求められる感染症
1. ポリオ	A	21. 狂犬病	B	35. アデノウイルス感染症 B
2. ジフテリア	B	22. 百日咳	B	36. インフルエンザ B
3. 豚レンサ球菌 B B95 によって引き起こされるヒトの病気	B	23. 急性弛緩性麻痺（ポリオの疑い）	B	37. アメーバ赤痢 B
4. インフルエンザ（H5N1）	A	24. 肺結核	B	38. 細菌性赤痢 B
5. インフルエンザ（H7N9）	A	25. マラリア	B	39. おたふく風邪 B
6. ペスト	A	26. 腸チフス	B	40. 水痘（みずぼうそう） B
7. エボラウイルス病	A	27. 新生児破傷風	B	41. 下痢 B
8. ラッサ	A	28. その他の破傷風	B	42. その他のウイルス性肝炎（またはウイルス型未定）
9. マールブルク	A	29. A 型ウイルス性肝炎	B	
10. 風疹	B	30. B 型ウイルス性肝炎	B	
11. ウエストナイル熱	A	31. C 型ウイルス性肝炎	B	
12. 黄熱	A	32. 日本脳炎	B	
13. デング熱	B	33. その他のウイルス性脳炎	B	
14. 麻疹	B	34. 黄疸性レプトスピラ症	B	
15. コレラ	A			
16. 手足口病	B			
17. 炭疽	B			
18. コロナウイルス（MERS CoV）による中東呼吸器感染症	A			
19. 髄膜炎菌性 B 髄膜炎	B			
20. 新興危険感染症及び原因不明の新たに発生した疾病	A			

出典：Ministry of Health. 54/2015/TT-BYT Circular Providing guidance on reporting and declaration of infectious diseases and epidemics, 2015. <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/The-thao-Y-te/Thong-tu-54-2015-TT-BYT-che-do-thong-tin-bao-cao-va-khai-bao-benh-dich-benh-truyen-nhiem-299842.aspx>（参照 2024-11-6）

ベトナムの公立病院には、総合病院（General Hospital）、専門病院（Special Hospital）、伝統医学病院（Traditional Medicine Hospital）、療養所（Sanatorium）およびリハビリテーション施設（Rehabilitation）、ハンセン病療養所（Leprosarium）、ポリクリニック（Polyclinic）、専門クリニック（Special Clinic）、産院（Maternity Home）や、末端の保健医療施設としてコミュンレベルのヘルスステーション（Communal Health Stations）等が全国に設置され

ている²⁶²。また、ベトナムには私立病院もあるが、そのほとんどが都市部に位置している²⁶³。感染症サーベイランスでは、これらの医療施設や研究所が、症例に応じた報告書を提出することが求められている。報告は、インターネット接続を介したオンライン報告が可能であるが、これが不可能な場合はファックスや電子メールの送信による書面での報告も可能である。緊急の場合には電話での直接報告も可能である。このほか、早期パンデミック警報システム（Early Epidemic Warning System based on Clinical Symptoms from Hospital: EWORS）として、図のような体制が取られており、医療機関による病原体の探知から意思決定までが迅速に行えるような体制が構築されている。

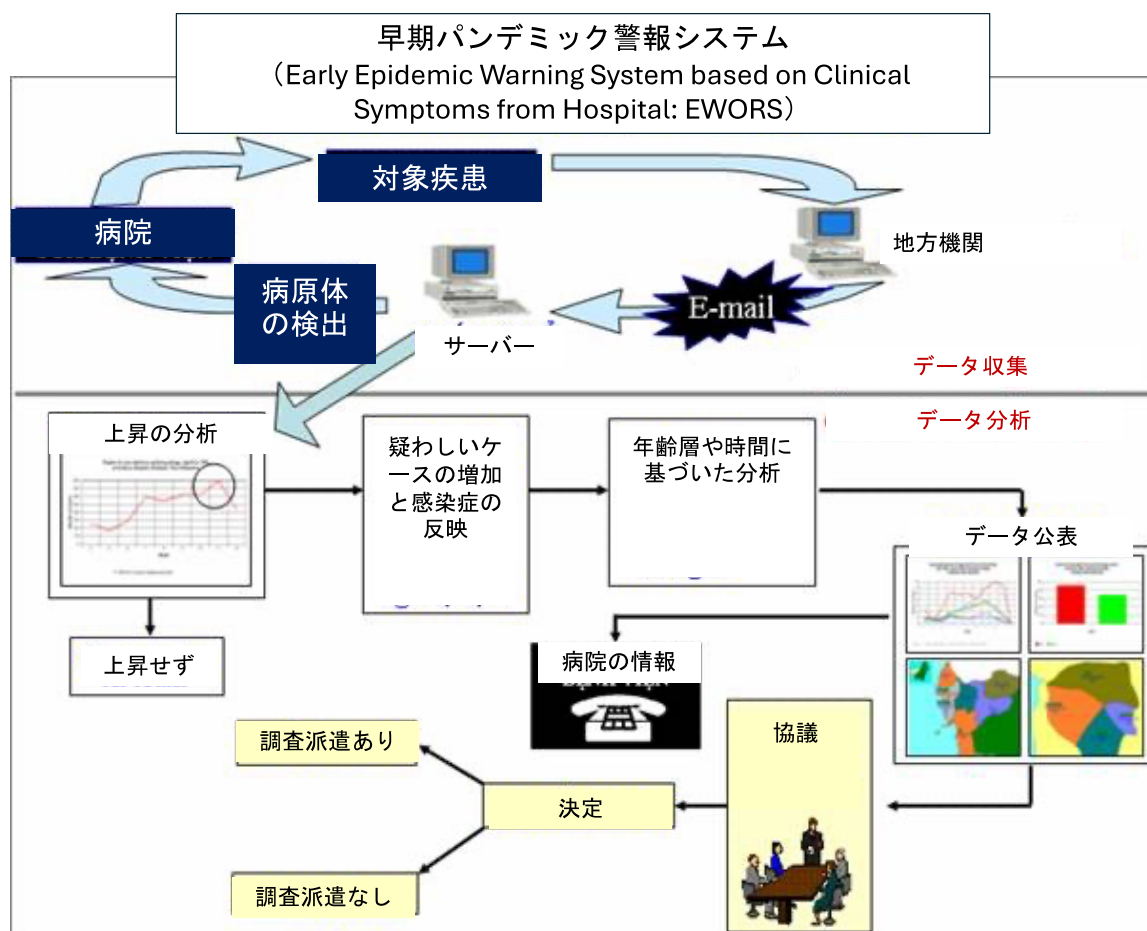


図 2-33 EWORS の体制

出典：Pasteur Institute Ho Chi Minh. “Monitoring and prevention of infectious diseases”.
<http://www.pasteurhcm.gov.vn/article/giam-sat-va-phong-chong-cac-benh-truyen-nhiem-53.html>
 (参照 2024-11-11)

²⁶² Ministry of Health. Health Yearbook 2019-2020, 2019.

²⁶³ The World Bank. “Vietnam’s Rural Populace Enjoys Better Healthcare Services Thanks to Smart Investment in Hospital Upgrading”. <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2021/03/01/vietnams-rural-populace-enjoys-better-healthcare-services> (参照 2023-4-15)

2) 合同外部評価（Joint External Evaluation）

2017年に発行された報告書によると、ベトナムは自己評価報告書、補足資料、および技術分野の議論を通じて、IHR（2005）の基本能力要件を満たす上で大きな進展を遂げていることが確認されている。JEEのツールに基づいたベトナムの能力は、主に「3 能力は発達している（Developed Capacity）」として52%が評価され、「2 能力は限定的（Limited Capacity）」が31%、そして「4 能力は実証されている（Demonstrated Capacity）」が17%に分類されている（表 2-27）。特に、IHR（2005）の技術分野において、IHRの調整、コミュニケーションおよび啓発、動物由来感染症、リアルタイムサーベイランス、予防接種の分野で高い能力が評価されている。一方、依然として技術分野の横断的な課題が残っており、また、計画策定等の文書化やマルチセクター間の協力、調整、および情報共有の強化の必要性が認識された。検査室体制については、2017年時点では、ベトナム政府は国内の検査システムに資金を提供しているものの、多くの重要な取り組みは外部の資金や技術支援に依存しており、その持続可能性に課題があることが指摘されていた。その上で、省・地区レベルの検査機関の機能改善や検査能力の向上、検体送付や輸送システムの強化、高度な技術を用いて病原体を詳細に解析できる能力を強化することなどが提案されていた²⁶⁴。

表 2-27 ベトナムにおける JEE スコアのまとめ

技術分野	指標	スコア
予防		
P1. 国内の法令、政策および資金	P1.1. 立法、法律、規則、行政要求、政策またはその他の政策手段の整備は IHR の実施に十分である。	3
	P1.2. 当該国は、国内法令、政策および行政の取り決めを調節・調整し、IHR の遵守を可能にしていることを立証できる。	3
P2. IHR の調整、連絡およびアドボカシー	P2.1. IHR 実施における関連部門の調整および統合のための機能メカニズムが確立されている	4
P3. 薬剤耐性（AMR）	P3.1. AMR の検知	2
	P3.2. 薬剤耐性菌による感染症のサーベイランス	2
	P3.3. 医療関連感染症予防・管理プログラム	3
	P3.4. 抗菌薬適正活動	2
P4. 人獣共通感染症	P4.1. 優先人獣共通感染症／病原体についてのサーベイランスシステムの整備	4
	P4.2. 獣医師、動物衛生人材	4
	P4.3. 人獣共通感染症および人獣共通感染症の可能性に対応するためのメカニズムが確立され、機能している。	3
P5. 食品の安全性	P5.1. 食中毒と食品汚染の検出と監視のためのサーベイランスシステム	3

²⁶⁴ WHO. Joint External Evaluation of IHR Core Capacities of Viet Nam Mission report: 28 October -4 November 2016, 2017. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/255037/WHO-WHE-CPI-2017.21-eng.pdf?sequence=1>（参照 2024-11-11）

P6. バイオセーフティとバイオセキュリティ	P6.1.	ヒト、動物、農業に関する政府一体型のバイオセーフティおよびバイオセキュリティシステムの確立	3
	P6.2.	バイオセーフティおよびバイオセキュリティの分野におけるトレーニングと実践	3
P7. 予防接種	P7.1.	国家プログラムによるワクチン接種率	4
	P7.2.	国内のワクチンへのアクセスと供給	4
検知			
D.1. 国内ラボラトリー（検査）システム	D.1.1.	優先疾患の検知のための実験室検査	3
	D.1.2.	検体の委託・輸送システム	3
	D.1.3.	効果的な最新のポイント・オブ・ケア診断、検査に基づく診断	3
	D.1.4.	検査品質システム	3
D.2.リアルタイムサーベイランス	D.2.1.	指標／イベントベースのサーベイランスシステム	4
	D.2.2.	相互運用可能で相互接続された電子リアルタイム報告システム	3
	D.2.3.	サーベイランスデータの分析	3
	D.2.4.	症例ベースのサーベイランスシステム	4
D.3. 報告	D.3.1.	WHO、FAO、WOAH（国際獣疫事務局）への効率的な報告のシステム	3
	D.3.2.	国内の報告ネットワークと手順	2
D.4. 要員育成	D.4.1.	IHR コア能力要件を実施する人的資源	3
	D.4.2.	応用疫学訓練プログラムの整備	4
	D.4.3.	要員戦略	3
対応			
R.1. 準備態勢	R.1.1.	マルチハザードの国の公衆衛生上の緊急に対する準備態勢と対応計画が策定され、実施されている	2
	R.1.2.	優先される公衆衛生上のリスクとリソースがマッピングされ活用されている	2
R.2. 緊急時対応活動	R.2.1.	緊急時対応を起動する能力	2
	R.2.2.	緊急時対応手順および計画	3
	R.2.3.	緊急時対応プログラム	3
R.3. 公衆衛生当局と治安当局の連携	R.3.1.	生物学的事象が疑われまたは確認されている間の、公衆衛生当局と治安当局（警察、国境検問所、税関等）の連携	2
R.4. 対抗医薬品と要員展開	R.4.1.	公衆衛生上の緊急事態に際して、対抗医薬品・医療機器の送付と受け入れのシステムが整備されている	2
	R.4.2.	公衆衛生上の緊急事態に際して、保健要員の派遣と受け入れのシステムが整備されている	2
R.5. リスクコミュニケーション	R.5.1.	リスクコミュニケーション・システム（計画、メカニズム等）	3
	R.5.2.	内部およびパートナー間のコミュニケーションと調整	3
	R.5.3.	パブリック・コミュニケーション	3
	R.5.4.	被災コミュニティとのコミュニケーションの取り決め	2
	R.5.5.	精力的聞き取りと風評管理	3
その他			
PoE.1. 入域地点	PoE.1.	入域地点において日常的能力が確立されている	3

	PoE.2. 入域地点における効果的な公衆衛生対応	2
CE.1. 化学物質に関する事象	CE.1. 化学物質に関する事象または緊急事態を検知し、これに対応するためのメカニズムが確立され、機能している	2
	CE.2. 化学物質に関する事象の管理を可能にする環境	2
RE.1. 核・放射線源に関する緊急事態	RE.1. 核・放射線源および原子力緊急事態を検知し、これに対応するためのメカニズムが確立され、機能している	3
	RE.2. 放射線源緊急事態の管理を可能にする環境が整備されている	2

出典：WHO. Joint External Evaluation of IHR Core Capacities of Viet Nam Mission report: 28 October - 4 November 2016, 2017.

2023 年の SPAR を見ると、C4 Laboratory に関する能力は 2021 年 (64) や 2022 年 (60) から大きく変わっていない (60、2023 年)。サーベイランスに関する能力は 2021 年 (80) と比較して 2023 年には大きく減少している (60) (図 2-34)。これは、COVID-19 のパンデミック時には稼働していた検査室やそのシステムが、その後の資金不足により十分に稼働させることができなくなったためではないかと推測される。

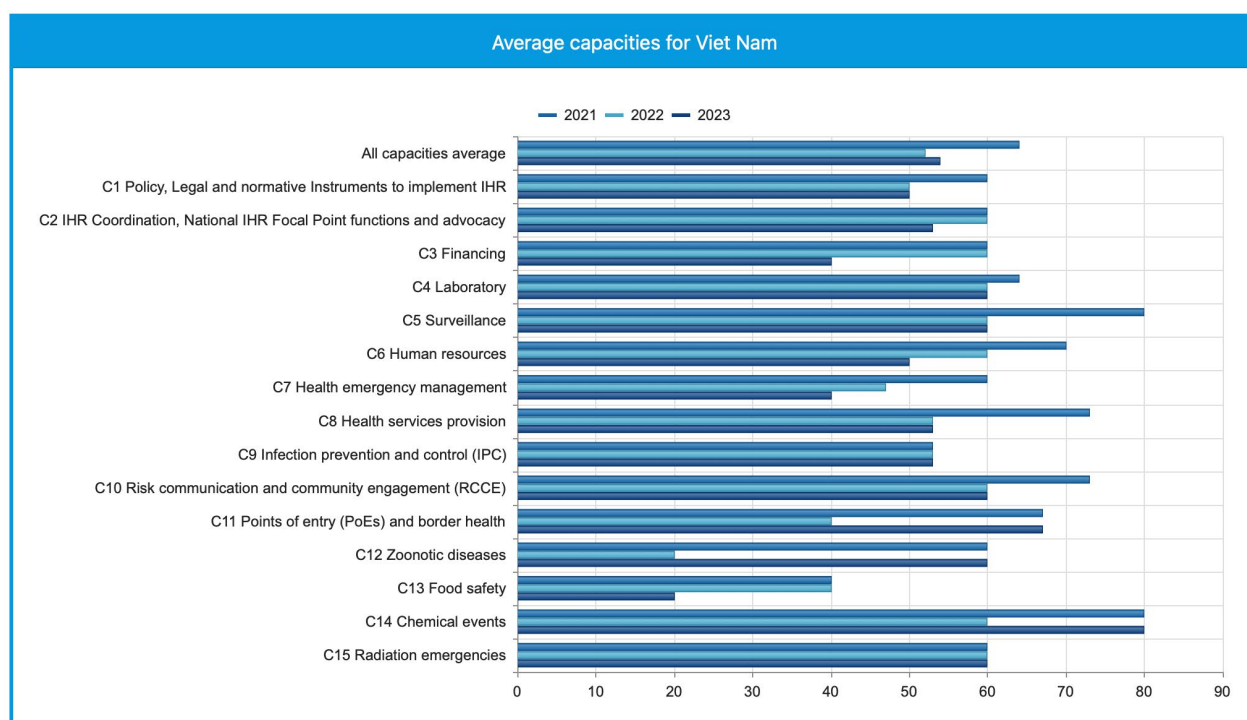


図 2-34 ベトナムの SPAR (2021-2023)

出典：e-SPAR. “Electric IHR States Parties Self-Assessment Annual Reporting Tool”.

<https://extranet.who.int/e-spar/> (参照 2024-11-7)

(2) 病原体ゲノムサーベイランス

ベトナムには病原体ゲノムサーベイランスや優先すべき病原体に特化した法律や政策はない。病原体ゲノムサーベイランスは、感染症サーベイランスの枠組みの中で、指標に基づくサーベイランスとイベントベースのサーベイランスという 2 つの形態で実施されている。

指標に基づくサーベイランスでは、通常のサーベイランスやセンチネル・サーベイランスのプログラムから検体が収集、処理、保存され、診断検査のために研究所に輸送される。割り当てられた資金やスポンサーにより、リアルタイム PCR 検査で陽性となった検体の塩基配列が決定される（現在、インフルエンザウイルスと SARS-CoV-2 ゲノム配列が決定されている）。イベントベースのサーベイランスでは、新興感染症やエムボックスのような懸念される亜種、SARS-CoV-2 の新型などに対して実施される。PCR またはリアルタイム PCR で陽性となったサンプルは、遺伝子配列の決定を行うか、検体を扱う研究所が遺伝子配列決定を行う機器や試薬を保有していない病原体は、その他研究所に送られる。シーケンス結果が得られると、保健大臣通達 54/TT-BYT に従って感染症の分類を行い、その内容は直ちに報告される²⁶⁵。現在は主にドナー主導のプログラムの下で季節性インフルエンザ、COVID-19、手足口病、鳥インフルエンザ、エムボックス病原体のゲノム解析が実施されている²⁶⁶。

2024 年 10 月の本調査実施時点では、ベトナム政府における病原体ゲノム解析は優先事項ではない。NIHE では特にインフルエンザウイルス、手足口病ウイルス、デングウイルスに対する病原体ゲノムサーベイランスが必要であるとの認識が示されたものの、保健省による正式な通達がないため独自の判断で実施できるわけではなく、また、試薬も不足していることなどから、病原体ゲノムサーベイランスは機能していない状況である²⁶⁷。

(3) ワンヘルス

ベトナムのワンヘルス対策は、ワンヘルス・アプローチを用いて、ヒトや家畜、野生動物、環境の健康を総合的に考慮する体制を構築しており、この体制は、多数の新興感染症に備える長期的な能力強化、予防、対応を目指したものである。協力関係にある開発パートナーは、ベトナムの保健省、農業農村開発省（Ministry of Agriculture and Rural Development: MARD）、NIHE、ベトナム国立農業大学、UNDP、FAO、WHO、USAID、IFC や国際 NGO など多岐にわたっている²⁶⁸。2013 年制定の省庁間通達第 16 号『人獣共通感染症の予防と管理に関する調整のためのガイドライン』（Inter-ministerial Circular 16 “Guidelines for coordinated prevention and control of zoonotic diseases”）では、狂犬病や炭疽のような特定の疾病優先事項について、保健省と MARD が連携する必要があるとされており、両省は互いにデータを共有し、重大な事象が発生した場合には、地方自治体とともに解決策や対策について議論するための会議を開催するものと定められている²⁶⁹。

2003 年からは、人獣共通感染症に対する国家レベルでの開発パートナーとの協力体制が

²⁶⁵ ニャチャン・パスツール研究所への質問票調査回答より

²⁶⁶ 2024 年 9 月 24 日の NIHE へのインタビュー調査より（オンライン）

²⁶⁷ 2024 年 9 月 24 日の NIHE へのインタビュー調査より（オンライン）

²⁶⁸ One Health in Vietnam. “Partner”. <https://onehealth.org.vn/doi-tac.news>（参照 2024-11-7）

²⁶⁹ FAO. “FAO in Viet Nam”. <https://www.fao.org/vietnam/news/detail-events/en/c/344000/>（参照 2024-11-21）

整えられている。特に、国内の狂犬病や高病原性鳥インフルエンザウイルスのヒト感染といった脅威、およびエボラウイルス病 (EVD)、A 型鳥インフルエンザ A (H7N9 亜型)、MERS などの国外からの脅威に対応するためである。ワンヘルスに関連する国家計画としては、2006～2010 年に実施された「国家統合運営計画 (National Integrated Operational Program for Avian and Human Influenza 2006-2010)」において、H5N1 型鳥インフルエンザに対応するための動物と人の健康活動の協調に始まり、その後、2011～2015 年には、「新興および再興感染症に対する国家統合運営計画 (Viet Nam Integrated National Operational Program on Avian Influenza, Pandemic Preparedness and Emerging Infectious Diseases: AIPED)」の下で、より広範な新興・再興感染症に焦点を当て対応を行った。さらに、2015～2016 年には、人獣共通感染症の予防と制御に向けた複数の分野の協力を明示する「ワンヘルス国家ロードマップ (National One Health Roadmap 2015-2016)」が、2016～2020 年には「ワンヘルス行動戦略計画 (One Health Strategic Plan for Zoonotic Diseases 2016-2020)」が策定された。さらに、2006 年からは、26 の国内外のメンバーで構成される「鳥インフルエンザおよびヒトインフルエンザに関するパートナーシップ (Partnership on Avian and Human Influenza: PAHI)」を通じた支援活動を行っている。

最新の取り組みとしては、2024 年 10 月に MARD は国際家畜研究所 (International Livestock Research Institute: ILRI) との共催によって「国際ワンヘルス科学会議 (One Health International Science Conference: OHSC)」を開催した。この会議では、10 か国の専門家や代表者が参加し、アフリカ、南北アメリカ、アジアからのベストプラクティスが紹介された。また、ワンヘルスを推進するには、セクター間や多国間協力、技術能力に依然として課題が残る中、健康改善と生態系の持続可能性を目指すロードマップが示され、ワンヘルスの能力強化が重要な解決策として強調された。このほか、フランスが主導するプレゾード・イニシアチブ (Prezode Initiative) は、動物からヒトへの感染症を防ぐための研究を推進するものであるが、同プログラムには 27 か国が参加し、MARD は 2022 年に正式に加盟している。2024 年から 2025 年にかけて、動物からヒトへの感染症のリスクに関する理解、伝染病のリスクを低減するための解決策、感染症のリスクを検知するための早期警戒システムの強化を中心としたワンヘルスに関連するプロジェクトを立ち上げる計画がある²⁷⁰。

2.3.3.3 病原体ゲノム関連機関

(1) 研究所等

1) 国立熱帯病病院 (National Hospital of Tropical Diseases)

国立熱帯病病院 (National Hospital of Tropical Diseases: NHTD) は、1911 年に感染症治療施設であるコンヴォン病院として設立された。1945 年 3 月にはバックマイ病院と改称され、1989 年には、感染症科、微生物学部門、バックマイ研究所、ハノイ医科大学感染症科

²⁷⁰ One Health in Vietnam.

を統合した熱帯感染症臨床医学研究所が設立された。現在の NHTD ではハノイ医科大学感染症科が病院内にあり、オックスフォード大学臨床研究ユニット (Oxford University Clinical Research Unit: OUCRU) も併設されている²⁷¹。COVID-19 のパンデミックの際にはベトナム北部の COVID-19 患者を NHTD が中心となって治療した²⁷²。

ゲノム解析については、病原微生物の遺伝子配列決定、特に抗生物質耐性遺伝子の配列決定と抗生物質耐性遺伝子の伝播レベルの評価をテーマとした研究やプロジェクトを実施しているほか、世界的な AMR サーベイランスネットワークに参加している。拡散の危険性が高い病原体を中心に、毎年サーベイランスを実施しており、特に SARS-CoV-2、デングウイルス、寄生虫、 β -ラクタマーゼを持つ腸内細菌などのシーケンスを行っている。これまで数千の遺伝子配列を GenBank (NCBI) やその他のデータベースに寄託している²⁷³。

(2) 大学等

1) 長崎大学熱帯医学研究所ベトナム拠点

長崎大学熱帯医学研究所ベトナム拠点（以下、ベトナム拠点）は、2006 年に NIHE 内に設置され、それ以来ベトナム拠点と NIHE は長きにわたり共同研究を進めている。ベトナム拠点の重要課題の一つは「ベトナムにおける病原性ウイルスゲノムサーベイランス」であり、デングウイルス、ジカウイルス、チクングニアウイルス等の蚊媒介ウイルスや、ニパウイルス等の動物由来ウイルスについて、すでに長年のサーベイランス実績があり、研究成果を国際学術誌に多数報告している。これまでの主な研究課題は、デング熱、下痢症感染症、インフルエンザ、AMR、小児重症呼吸器感染症に人獣共通感染症（コウモリ由来感染症）と COVID-19 を加え、外部研究機関である国立国際医療研究センターも参加して感染症の効果的な制御に資する研究を行っている。このほか、ベトナム拠点活用研究として 2023 年度は国立感染症研究所 (National Institute of Infectious Diseases: NIID)、京都大学、熊本大学、結核研究所との共同研究 (AMR、感染症媒介節足動物、COVID-19、HIV、結核等に関する研究) を実施したことに加え、2023 年度の熱帯医学研究拠点・一般共同研究として東京大学とリケッチア／レプトスピラの研究、宮崎大学と下痢病原性大腸菌に関する共同研究を実施した。さらに、ベトナム拠点ニャチャン分室は長年ニャチャンの大規模コホートをを用いた感染症サーベイランスおよび追跡調査を実施しており、その成果は国際的にも高い評価を得ている。原因不明の熱性疾患が発生した場合の迅速なウイルス検査も実施しており、今後もこれらサーベイランスを継続し、感染症の季節性や地域性を明らかにする取り組み

²⁷¹ National Hospital for Tropical Diseases. “The process of formation and development”.
<https://benhnhietdoi.vn/gioi-thieu/chi-tiet/qua-trinh-hinh-thanh-phat-trien/3> (参照 2024-11-7)

²⁷² VNExpress. “Hanoi frontline hospital in Covid-19 fight locked down”.
<https://e.vnexpress.net/news/news/hanoi-frontline-hospital-in-covid-19-fight-locked-down-4273128.html>
(参照 2024-11-6)

²⁷³ 国立熱帯病病院への質問票調査回答より

みを行っていく予定である^{274 275}。

2) オックスフォード大学臨床研究ユニット (Oxford University Clinical Research Unit)

イギリスのオックスフォード大学熱帯医学・グローバルヘルスセンターの一部である OUCRU は、当初は 1991 年にホーチミン市の熱帯病病院により設立された。2006 年には、NHTD との提携により、OUCRU ハノイが設立された。OUCRU の研究プログラムは、病院および地域社会を基盤とする患者集団を対象とした臨床研究および実験室での研究であり、具体的には疫学、免疫学、宿主および病原体の遺伝学、分子生物学、微生物学およびウイルス学、数理モデリング、バイオインフォマティクス、生物統計学、社会科学などに関連した研究を行っている。ベトナムにおいては、ベトナムで血液感染や粘液性下痢を引き起こす多剤耐性 (Multi-drug Resistance: MDR) 腸炎菌 (サルモネラ) の分子解析と系統解析や、ナノポアシーケンシングを利用した MDR プラスミドの遺伝的構造などについての研究や、WGS による MDR 疑い患者の薬剤感受性迅速予測に関する研究を行っている²⁷⁶。

2.3.3.4 サーベイランスのプロセス

(1) 検体採取と輸送

1) 検体採取と輸送

ベトナムの検査システムは、公衆衛生検査室や保健行政の様々なレベルにある臨床検査室で構成されている。これらのうち、NIHE は国立、ホーチミン・パスツール研究所、ニャチャン・パスツール研究所、TIHE は地域レベルの公衆衛生検査室である。また、中間レベルの検査室としては、ハノイ熱帯病国立病院、ホーチミン市熱帯病病院の公衆衛生検査室が 2 か所、ホーチミン市とハノイ市にあるオックスフォードウェルカムトラスト (Oxford Wellcome Trust) 検査室の非政府系研究検査室が 2 か所、ハノイ国立小児病院、ホーチミン市の 2 号小児病院の小児科検査室が 2 か所の、合計 6 か所がある。2007 年の JEE 報告書によると、NIHE 及び PI-HCMC は IHR (2005) で定められた主要疾患および優先疾患の診断検査を行う能力を備えており、他の検査室から依頼される確定診断のサポートも行っている。新興感染症に関しては、NIHE 及び PI-HCMC は WHO のコラボレーティングセンターやレファレンス検査室 (オーストラリア、香港、中国、日本、米国) に送付して確定診断を行っている²⁷⁷。

上述の検査体制の下、臨床検体は、区レベルの保健センター、省レベルの DCC、または

²⁷⁴ 長崎大学熱帯医学研究所ベトナム拠点への質問票調査回答より

²⁷⁵ 長崎大学熱帯医学研究所. “ベトナムプロジェクト拠点”. <https://www.tm.nagasaki-u.ac.jp/nekken/facilities/project-v.html> (参照 2024-11-7)

²⁷⁶ OUCRU. Local research, Global impact. <https://www.oucr.org> (参照 2024-11-7)

²⁷⁷ WHO. Joint External Evaluation of IHR Core Capacities of Viet Nam Mission report: 28 October -4 November 2016, 2017.

総合病院で採取される。検体は 24～48 時間以内に 4～8℃の冷蔵庫で保管され、72 時間以上経過する場合はマイナス 70℃で保管される。その後、検体は区レベルの保健センターに輸送される。DCC は各地域の検体を集め、それぞれ 4 つの地域を管轄する検査室および研究所に輸送する²⁷⁸。これらの検体採取と輸送については、海外への検体輸送を含め、保健大臣通達 No. 43/2011/TT-BYT で明確に定められており、具体的には、患者からの検体採取、保管、検体へのラベル貼付、輸送、輸送時の検体に関連する問題対応、検体の受け取り、検体の破棄について、詳細に記されている²⁷⁹。このほかには、保健大臣通達 57/QĐ-DP「感染症検体の採取、梱包、保管および輸送に関する指示」、政令 No. 42/2020/ND-CP「危険物のリスト、陸上車両による危険物の輸送および内陸水路による危険物の輸送」が定められている。

検体輸送にかかる課題としては、山間部や僻地では交通条件が不便であるために輸送が困難であること、都市部においては渋滞により指定時間内の輸送が困難であること、地区保健所には冷凍庫がないため検体の適切な保存ができないこと、検体採取をするスタッフが不足していることなどが挙げられる²⁸⁰。また、海外輸送においては、検査施設は、検体を海外に送る必要性を証明する書類を保健省に提示しなければならず、当局の許可を得るのに時間がかかることや、検体輸送にかかるスタッフや予算の不足が課題である²⁸¹。

2) 検査室品質基準

ベトナムの検査室認定制度については、以下のような法令、政令や通達で規定されている（表 2-28）。

表 2-28 ベトナムの検査室認定制度にかかる法令、政令、通達等と概要

No.	法令、政令、通達等	概要
1	2006 年 6 月 29 日付法律第 68/2006/QH11 号	基準および技術規則
2	政令第 34 号/2013/ND-CP	検査の質、検査室管理、品質管理、結果報告に関する要件を含む、医療検査活動
3	通達 22/2017/TT-BYT 号	品質管理手順、内部管理サンプル、品質評価、リスク管理など、医療検査の品質管理に関する詳細なガイダンス
4	通達第 01/2018/TT-BYT 号	品質管理システム（QMS）、人材育成、品質管理および監督に関する要求事項を含む、医療施設における医療検査の品質要求事項および管理
5	決定 2429/QĐ-BYT 号	医療検査室の品質レベル評価基準の公布について

出典：The National Assembly. No: 68/2006/QH11 Law on standards and technical regulations, 2006.

²⁷⁸ TIHE への質問票調査回答より

²⁷⁹ Ministry of Health. Circular on the Management of Infectious Specimens, 2011.
<https://thuvienphapluat.vn/van-ban/The-thao-Y-te/Circular-No-43-2011-TT-BYT-on-the-management-of-infectious-specimens-180873.aspx>（参照 2024-11-12）

²⁸⁰ 国立熱帯病病院への質問票調査回答より

²⁸¹ 2024 年 9 月 17 日のニャチャン・パスツール研究所、2024 年 9 月 26 日のホーチミン・パスツール研究所、2024 年 9 月 18 日の TIHE へのインタビュー調査より（オンライン）

<https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Linh-vuc-khac/Luat-Tieu-chuan-va-quy-chuan-ky-thuat-2006-68-2006-QH11-12979.aspx> (参照 2024-11-8)

ベトナムの医療検査室では、第三者によって評価される QMS の導入は義務付けられていない。しかし、上述の決定 No. 2429/QĐ-BYT によると、保健省医療サービス管理部門、保健サービス部門などの管理機関により、医療検査室の品質が評価される。具体的には、ベトナムの医療サービス制度の下にある医療検査室は、医療検査品質管理センターの監督を受け、検査室品質評価基準を適用することが求められている。これらの基準は、医療検査室の品質維持のため、検査室が品質管理に関する現行の規則への準拠を評価し、検査室の品質の維持と継続的な改善を行うためのツールとして使用される。これらの基準スコアの結果は、保健省の全国の医療施設の年次病院検査で報告されることになっている^{282 283}。

ベトナムの検査室で主に取得される ISO は、ISO15189 (医療検査機関の品質と能力)、ISO 17025 (試験・校正機関の能力)、ISO 9001 (品質マネジメントシステム)、ISO 14001、ISO 22000 (食品安全マネジメントシステム)、ISO 14065 (温室効果ガスの検証や適合性評価)、ISO 17021 (マネジメントシステムの監査および認証)、ISO 17065 (製品の評価と認証) である。このうち、ISO15189 の最新は ISO 15189:2012 で、ベトナムでは TCVN ISO 15189:2014 として適用されている。また、ISO14001 については最新は ISO 14001:2015 で、環境リスクがある産業活動に従事する企業は、ベトナムの法令により適用が求められている。ISO 15189:2012 を取得した検査室は 201 施設、ISO 17025:2017 を取得した検査室は 1,101 施設である^{284 285}。

現在ベトナムでは、ISO/IEC 17025 の認定を行う機関は、認定局 (Bureau of Accreditation: BOA)、適合性評価能力認定局 (Accreditation Office for Standards Conformity Assessment Capacity: AOSC)、ベトナム品質認定機関 (Viet Nam Quality Accreditation Institute: VACI) の 3 つである²⁸⁶。BOA は科学技術省に属し、基準、測定、品質の面で国家経営に役立つ認定活動を組織し、実施する機能を有する。特に、校正試験を行う検査室の認定、認証 ISO 9001、ISO 14001 などのマネジメントシステムを実施する認証機関の認定、医療・診断検査を行う検査室向けの医療検査室手順の作成などを行っている²⁸⁷。AOSC は、ISO/IEC

²⁸² Ministry of Health. “Medical Testing Quality Inspection Center”. <https://qcc.edu.vn/chuc-nang-nhiem-vu/> (参照 2024-11-8)

²⁸³ Ministry of Health. 161/QĐ-BYT Decision on the “Regulation on the assignment of professional activities of test quality inspection of three medical laboratory quality inspection centers”, 2012. <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Bo-may-hanh-chinh/Quyet-dinh-161-QD-BYT-phan-cong-phu-trach-hoat-dong-kiem-chuan-chat-luong-xet-nghiem-2012-302815.aspx> (参照 2024-11-8)

²⁸⁴ Bureau of Accreditation Vietnam. VĂN PHÒNG CÔNG NHẬN CHẤT LƯỢNG. <https://www.boa.gov.vn/> (参照 2014-11-29)

²⁸⁵ AOSC. Chương trình công nhận. <https://aosc.vn/15189:2012/5/11/> (参照 2024-11-29)

²⁸⁶ Công Ty TNHH Siscert. “Laboratory and calibration capacity requirements”.

²⁸⁷ Bureau of Accreditation. “Homepage”. <https://www.boa.gov.vn> (参照 2024-11-8)

17025 に準拠した検査室／校正機関の認定、ISO 15189 に準拠した医療検査室の認定、検査室、校正室、医学検査室のための QMS の研修を行う²⁸⁸。VACI は、科学技術活動の社会化の精神に基づき誕生したベトナムの第三者認証機関であり、主に認定分野の課題の研究、適合性機関の認定のための審査、組織の信用格付けの認定のための審査、研修の面で科学技術サービスの提供を行っている²⁸⁹。このほか、保健省の管理の下、ベトナムの国家外部質保証を担う機関として、ハノイ医科大学、ホーチミン医科薬科大学、ホーチミン保健省傘下の検査品質管理センターの3つの医療検査品質管理センターがある。

以下図 2-35 は、ベトナムの認定制度の概要を表したものである。

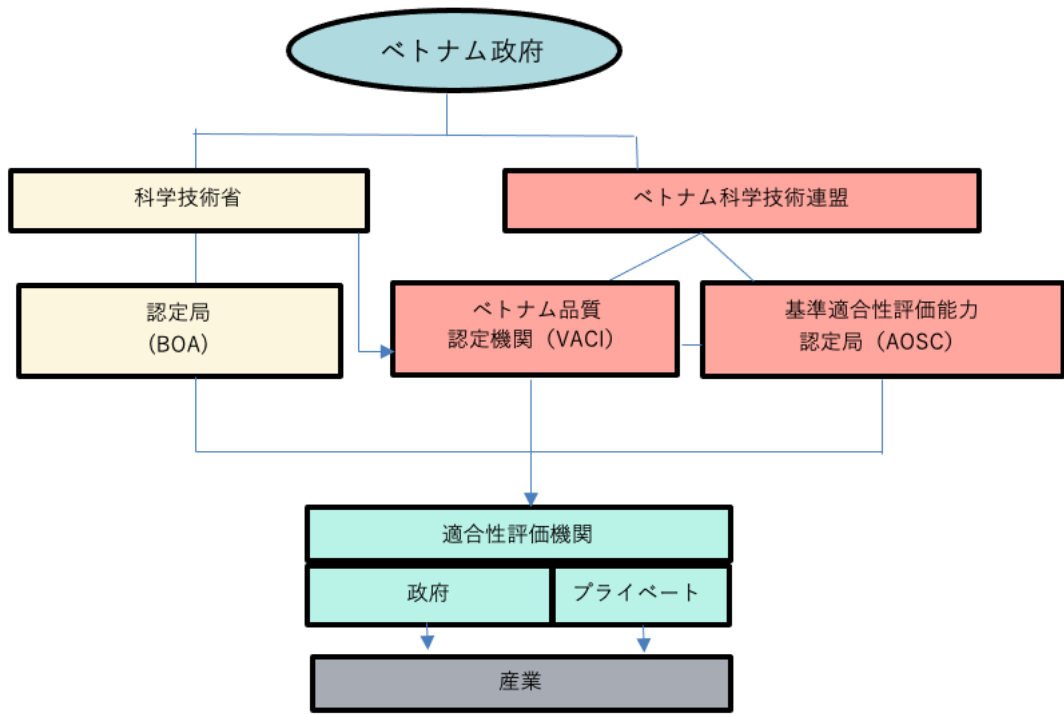


図 2-35 ベトナムにおける認定制度の概要

出典：調査団作成

3) 感染予防

政令 No. 103/2016/NĐ-CP「検査室におけるバイオセーフティ」²⁹⁰では、ヒトに感染症を引き起こすリスクのある微生物を研究する実験室／検査室や、感染症を引き起こすリスクのある微生物を含む可能性のある病理検体を扱う施設において、バイオセーフティを確保する条件を定めている。具体的には、感染症を引き起こす微生物をリスクレベルに応じて

²⁸⁸ AOSC. “Thai Nguyen Hospital A received ISO 15189:2022 certificate” <https://aosc.vn/> (参照 2024-11-8)

²⁸⁹ VACI. “Vietnam Quality Accreditation Institute”. <https://vaci.vn> (参照 2024-11-8)

²⁹⁰ Vanbanphapluat.co. “Nghị định 103/2016/NĐ-CP”. <https://vanbanphapluat.co/decreed-103-2016-nd-cp-biosafety-laboratories> (参照 2024-11-20)

分類し、施設をバイオセーフティレベル（BSL）に基づいて分類しているほか、安全な環境を確保するための施設のインフラ、設備、および運営手順に関する基準を規定するなどしている。また、バイオセーフティ事故を防止し、発生時におけるその対応および修復方法についても詳細に規定している。さらに、NIHE は検査室バイオセーフティマニュアルを発行しており、この中で検査室での病原体や毒素の安全な取り扱いを確保し、バイオハザードのリスクを軽減するための規則、手順、施設要件、装備などについて詳細に記載している²⁹¹。

(2) 病原体ゲノム解析

上記 2.3.3.4(1)で述べた通り、区の保健センター、省の DCC または総合病院で採取された検体は区レベルの保健センターに輸送され、迅速検査により感染や健康上の懸念が素早く特定される。区の保健センターでは、上記の検査項目に加えてゲノム解析も行われており、微生物の遺伝的構造や突然変異を調べることで、より詳細な研究や病原体の特性分析が可能となっている²⁹²。そして、省の DCC では、微生物培養、抗生物質耐性試験、酵素免疫測定法（Enzyme-linked immunosorbent assay: ELISA）、PCR／リアルタイム PCR といった検査が行われる。検体は必要に応じて省レベルの DCC を通じて各地域の研究所、すなわち NIHE（北部地域）、ニャチャン・パスツール研究所（中部地域）、TIHE（中部高原地域）、ホーチミン・パスツール研究所（南部地域）に輸送され、ゲノム解析が行われる。このうち、TIHE 以外の機関には全て NGS が配備されている（表 2-29）。

上記 4 研究所のほか、バックマイ病院（Bach Mai Hospital）、中央軍事病院 108（Central Military Hospital 108）、軍事病院 103（Military Hospital 103）、ホーチミン熱帯病病院（Hospital for Tropical Diseases in Ho Chi Minh）でもゲノム解析を行うことができる。一方、技術的かつ予算的制限により、省レベルの病院ではゲノム解析を行うことはできない²⁹³。現在の保健省の方針としては、病原体ゲノム解析は COVID-19 やエムボックスのような新興・再興感染症や新たに懸念される変異株に対する研究目的のみの実施であり、診断や治療のために行われるものではない²⁹⁴。

以下は、本調査中に確認されたベトナムの主要検査室において保有されているシーケンサーの一覧である。

表 2-29 ベトナムの主要検査室におけるシーケンサー台数と種類

検査室名	イルミナ社	ONT 社	その他
NIHE	MiSeq (3)	MinION (3)	Sanger (1)
ニャチャン・パスツール研究所	MiSeq (1)	MinION (1)	Sanger (1)
TIHE	NA	NA	Sanger (1)

²⁹¹ RPHL. “Biosafety manual (Vietnam)”. <https://www.therphl.net/sharing/biosafety-manual-vietnam/> (参照 2024-11-20)

²⁹² 2024 年 9 月 18 日の TIHE へのインタビュー調査より（オンライン）

²⁹³ 2024 年 9 月 20 日の国立熱帯病病院へのインタビュー調査より（オンライン）

²⁹⁴ 2024 年 9 月 20 日の国立熱帯病病院へのインタビュー調査より（オンライン）

ホーチミン・パスツール研究所	MiSeq (2)	MinION (1)	Sanger (1)
NHTD	MiSeq (2)	---	Sanger (1)

出典：2024 年 9 月 17 日のニャチャン・パスツール研究所、2024 年 9 月 18 日の TIHE、2024 年 9 月 24 日の NIHE、2024 年 9 月 26 日のホーチミン・パスツール研究所へのインタビュー調査より（オンライン）調査団作成

ゲノム解析に必要な物品や試薬は、各機関がそれぞれ競争入札を通じて調達する。供給期間は通常 4～12 週間、時には 6 か月程度かかるものもある。一方で、NIHE を含むゲノム解析が実施可能な機関全てにおいて、ゲノム解析に必要な試薬は不足しており、政府からの予算はなく、米国 CDC や WHO などのドナー主導のプログラムの下でのみ調達が可能であるのが現状である²⁹⁵。主なサプライヤーとしては SURAN 社、Nam Khoa 社、Vitech 社、lifetech 社などがある²⁹⁶。

(3) 病原体ゲノム情報の分析

ベトナムでは、主に GISAID や GenBank を通じた国際的なデータ共有が活発であり、標準的なハードウェアや無料のものを含む各種ソフトウェアを組み合わせる解析を実施している。本調査で得られたベトナムの主要機関における病原体ゲノム情報のデータ共有、ハードウェア利用状況、解析ソフトウェアの状況を、下記表 2-30 にまとめた。

表 2-30 主要機関における病原体ゲノム情報のデータ共有、ハードウェア利用状況、解析ソフトウェアの状況

機関名	人材	データ共有	ハードウェア	解析ソフト
NIHE	ゲノム解析： 10-15 名 バイオインフォマティクス： 0 名	GISAID および GENBANK を通じて WHO や米国 CDC の標準研究所と検体を共有。これまで約 500 の SARS-CoV-2 遺伝子配列と他のウイルス 500 の遺伝子配列を共有。	通常のデスクトップ およびラップトップ	CLC biobench
ニャチャン・パスツール研究所	ゲノム解析： 6 名 バイオインフォマティクス： 2 名	500 以上の SARS-CoV-2 配列と 1 つの H5N1 インフルエンザウイルス配列を含むゲノム配列データを GISAID に提出。	NVIDIA Quadro RTX 4000 GPU 搭載デスクトップ	Epi2me Local ソフトウェアを使用してナノポアシーケンスデータを解析 イルミナの Basespace データベースと nextclade で SARS-CoV-2 データを解析
TIHE	ゲノム解析： 5-6 名 バイオインフォマティクス： 1-2 名	かつてベトナムのインフルエンザセンターとして他の研究所と協力してインフルエンザウイルスのゲノム解析を行っていたが、現在は行っていない。	通常のデスクトップ およびラップトップ	CLC biobench

²⁹⁵ NIHE、ホーチミン・パスツール研究所、TIHE、ニャチャン・パスツール研究所、国立熱帯病病院へのインタビュー調査より（オンライン）

²⁹⁶ ニャチャン・パスツール研究所への質問票調査回答より

		国内の他の研究機関ともデータ共有はなし。		
ホーチミン・パスツール研究所	ゲノム解析：6名 バイオインフォマティクス：0名	GISAID にデータを共有。	通常のデスクトップ	CLC biobench フリーソフト
NHTD	ゲノム解析：3名 バイオインフォマティクス：0名	OUCRU と協力し、5,000 の SARS-CoV-2 サンプルのゲノム解析を行い、そのデータを GenBank に共有した。	通常のデスクトップ およびラップトップ	CLC biobench フリーソフト

出典：NIHE、ホーチミン・パスツール研究所、TIHE、ニャチャン・パスツール研究所、NHTD へのインタビュー調査（オンライン）および質問票調査回答より調査団作成

ゲノム解析とデータ共有に関する課題としては、ゲノム解析において高いスキルを持つ人材が不足していること、NGS 機材や、シーケンスに必要な試薬が十分に供給されておらず、特にベトナム政府からの供給がないこと、GISAID データベースにデータを提出する際、遺伝子配列と関連データのフォーマットが非互換であり、正しいフォーマットへの編集に時間がかかることなどが挙げられた²⁹⁷。また、ゲノム解析にかかる技術向上、特にシーケンサーの扱いやバイオインフォマティクスにかかる能力強化に対する強い希望があった。具体的には、以下の内容の能力強化が必要とされている²⁹⁸。

表 2-31 ベトナムのゲノム解析が可能な機関で求められる能力強化の内容

題目	内容
ゲノムデータの解析	- 基礎的なゲノム解析技術（NGS、サンガーシーケンシングなど）や病原体の同定・特性解析 - データ品質評価（リード品質、コンタミネーション検出、配列アライメントツールの利用） - メタゲノムデータを用いた細菌群集の同定と解析 - 病原体解析用のスクリプト作成と最適化（アセンブリ、アノテーション、バリエーションコントロール）
ゲノムサーベイランス	- ゲノムデータと疫学データの統合による感染症サーベイランスと対応の支援 - 病原体伝播の動態解析や突然変異率の推定を行うためのソフトウェア（ベイズ分析ツールなど）の利用方法の習得
データの可視化	ヒートマップ、ゲノムマップ、対話型ダッシュボード等を用いて複雑なデータを視覚的に表現するスキル

出典：NIHE、ホーチミン・パスツール研究所、TIHE、ニャチャン・パスツール研究所、NHTD へのインタビュー調査（オンライン）及び質問票調査回答より調査団作成

²⁹⁷ 2024 年 9 月 18 日の TIHE、2024 年 9 月 17 日のニャチャン・パスツール研究所、2024 年 9 月 20 日の国立熱帯病病院へのインタビュー調査（オンライン）および質問票調査回答より調査団作成

²⁹⁸ ホーチミン・パスツール研究所への質問票調査回答より

(4) 公衆衛生分析

公衆衛生対応におけるゲノム解析やゲノムサーベイランスに基づくデータの公開については、保健省による具体的な指導や規制はない。COVID-19 のパンデミック時には、保健省が政策策定を主導したため、病院がデータを直接報告する仕組みが確立されている。省レベルの DCC からの検体を基に、各地域の研究所で迅速にゲノム解析が行われ、保健省へ結果が報告され、その後、保健省や NIHE のウェブサイトを通じて一般に公開されている。一方、その他の感染症については、感染症サーベイランスから得られたデータを格納するデータベースが NIHE 内にあるものの、登録者のみがアクセス可能で、一般公開はされていない²⁹⁹。

2.3.4 他の開発パートナー、地域機関、研究機関の支援動向

2.3.4.1 国際・域内レベルでの取り組み

(1) 米国疾病予防管理センター（Centers for Disease Control and Prevention）

米国 CDC は 1998 年以来ベトナム政府と協力関係にあり、質の高い持続可能な公衆衛生システムを構築し、HIV、結核、インフルエンザなどの優先疾患に対処するプログラムを拡大するために、ベトナム保健省に直接的な技術支援と専門知識を提供している。特に、検査・監視システムの強化、疫病への備えと対応、公衆衛生人材の能力強化に取り組み、グローバルな保健衛生の安全保障を強化する緊急事態管理システムに関するガイダンスを提供している。

病原体ゲノムサーベイランスに関連する分野では、米国 CDC は、公衆衛生基準検査室ネットワーク、バイオセーフティおよびバイオセキュリティシステム、全ゲノム配列決定能力、薬剤耐性菌を検出する臨床検査室の能力向上を支援してきた。2017 年、米国 CDC は 3 つの主要都市に全国公衆衛生基準研究所ネットワークを設立し、最先端の診断能力と全ゲノム配列決定による新たな疾病の特徴を明らかにする能力を強化した。最近の支援としては、2023 年に薬剤耐性菌のサーベイランスシステムの開発を支援しており、これは現在全国の 54 の研究所で使用されている。

米国 CDC は 2005 年からベトナムのインフルエンザ対策を支援しており、ハノイ市とホーチミン市において、新型および季節性インフルエンザウイルスを迅速に検出できる 2 つの国立インフルエンザセンターの設立をサポートしてきた。また、SARI のサーベイランスを実施しているほか、生きた家禽を取り扱う市場のモニタリングを通じた鳥インフルエンザの発生の早期察知、新型インフルエンザに対応する国家能力の強化にも貢献している。2022 年には、ベトナムの 4 地域のうち 3 地域で病院ベースのインフルエンザ・サーベイランスシステムが構築され、毎年 2,000 を超える検体がこれらの地域で検査を受けている。A

²⁹⁹ 2024 年 9 月 24 日の NIHE、2024 年 9 月 26 日のホーチミン・パスツール研究所、2024 年 9 月 17 日のニャチャン・パスツール研究所へのインタビュー調査より（オンライン）

型インフルエンザ陽性のヒトや家禽の検体は、アトランタのWHO共同センターに送られ、さらなる分析が行われ、ワクチン候補株に選ばれることもある³⁰⁰。

2.3.4.2 広域ネットワーク等

(1) 国立感染症研究所（National Institute of Infectious Diseases）

日本のNIIDは、NIHEと感染症協力に関する覚書を締結したほか、国立ワクチンおよび生物製剤研究所とワクチンおよび生物製剤の品質管理分野の研究協力等に関する覚書を締結している³⁰¹。また、NIIDはアジア各国・地域の公的研究機関とネットワークを構築し、感染症情報を迅速に共有する体制を整備している。COVID-19の経験を踏まえ、インド、ベトナム、台湾などと協力して、感染状況やウイルス解析情報を共有し、次のパンデミックに備えるものである。NIIDが主導し、2023年度から準備を進め、早ければ2026年度に発足予定。当面は流行感染症の発生動向調査や病原体データの蓄積、診断技術の向上に取り組む予定である。ネットワークは東南アジア、南アジアの十数か国に広げ、将来的にはフランスパスツール研究所が欧州やアフリカなど二十数か国で確立しているネットワークなどと協調し、世界規模で連携できる体制を目指している³⁰²。

2.3.5 考察

本調査実施時点（2024年10月）において、ゲノムデータは主に研究、診断、治療の目的で利用されているが、公衆衛生上の意思決定には十分に活用されていない。COVID-19のパンデミック対応により、シーケンサーは配備されているものの、試薬資金の不足から利用が停止している状況である。インフルエンザウイルスやSARS-CoV-2といった、資金提供がされているドナー主導のプログラム以外の病原体ゲノムサーベイランスは基本的に実施されていない。全般的に、ゲノム解析はベトナム政府の優先事項とはなっておらず、包括的な病原体ゲノムサーベイランスのシステムの整備は進んでいない。

主な課題としては、まず、病原体ゲノムサーベイランスを運営するための政策とネットワークの不足が挙げられる。法的枠組みやガイドラインに基づいた全国的な病原体ゲノムサーベイランスのシステムが存在しないため、重複や非効率的な取り組みがみられる。また、各機関間の連携が弱く、それぞれが独立して運営されていることも大きな課題の一つである。次に、バイオインフォマティクスの専門人材が不足しており、特に地方の研究機関での

³⁰⁰ CDC. “CDC in Vietnam”. <https://www.cdc.gov/global-health/countries/vietnam.html>（参照 2024-11-7）

³⁰¹ NIID. “海外との感染症協力体制（ベトナム）”. <https://www.niid.go.jp/niid/ja/basic-science/examination/2137-international/international-records/mou/2069-2012-05-11-08-31-50.html>（参照 2024-11-7）

³⁰² 読売新聞オンライン. “国立感染症研究所、アジアで情報共有…次のパンデミックに備えインド・ベトナムなどと”. <https://www.yomiuri.co.jp/medical/20240406-OYT1T50127/>（参照 2024-11-7）

スキル向上が必要であることが挙げられる。ウェットラボ作業には強みがある一方で、バイオインフォマティクスを含むデータ解析に関するトレーニングや支援が求められている。その他、運営上の課題として、ゲノム解析に必要な試薬だけでなく、検体収集や保管などに関連する運営資金の不足が大きな障害となっている。検体の保管方法にも課題があり、区レベルの保健センターでは冷蔵施設が不足していることから、ゲノム解析を十分に行える状態で検体を保管することができていない。

病原体ゲノムサーベイランスを強化するための今後の対応としては、政府による明確なガイドラインと政策の策定、ゲノムデータの効率的な活用による公衆衛生対応の強化、バイオインフォマティクスにかかる能力の向上と専門人材の育成、試薬や機材の安定供給体制の整備が必要である。また、ベトナム政府は NIHE に BSL-4 の検査室、地方機関には BSL-3 の検査室を設置する計画を進めており、これらの施設を効率的かつ効果的に活用するためのトレーニングプログラムも必要とされている。

これらの課題を解決し、病原体ゲノムサーベイランスの体制を強化することで、ベトナムの感染症の早期対応や予防に大きく貢献することが期待できると考えられる。

2.4 ガーナ

2.4.1 一般概況

2.4.1.1 社会経済状況

ガーナは大西洋に面し、トーゴ、コートジボワール、ブルキナファソと国境を接している。西アフリカに位置しフランス語圏の国々に囲まれている。過去 20 年間で複数政党制の下、民主主義に向けて大きな前進を遂げ、言論と報道の自由に関して常にアフリカの上位 3 か国にランクインしている³⁰³。

大統領制の立憲民主主義をとり、国民民主会議（National Democratic Congress: NDC）と新愛国党（New Patriotic Party: NPP）の 2 大政党が主に政権を担う多党制となっている。2024 年 12 月 7 日に新大統領選出の選挙が実施され、与党 NPP を抑え、野党 NDC で前大統領であったジョン・マハマ氏が当選した。

経済は近年厳しい境遇にある。現在債務危機に陥っており、IMF による約 30 億米ドルの拡大信用供与（Extended Credit Facility: ECF）プログラムの支援の下、包括的な債務再編、大幅な財政健全化に取り組んでいる。その結果 2023 年末時点での財政赤字は推定値で GDP の 4.6%となり、2022 年の 10.7%から大幅に下回った。インフレ率は若干緩和傾向にあるものの未だ高い水準にあり、前年比で 2023 年 1 月は 53.4%、同年 12 月は 23.2%であった³⁰⁴。

表 2-32 ガーナの社会・経済状況一覧

一般事情	面積	23 万 8,540 平方キロメートル（日本の約 63%）
	人口	約 3,412 万人（2023 年：世銀）
	首都	アクラ
	民族	Akan 45.7%、Mole-Dagbon 18.5%、Ewe 12.8%、Ga-Adangbe 7.1%、Gurma6.4%、Guan3.2%、Gurunsi2.7%、Mande2.0%（2021 年国勢調査）
	宗教	キリスト教が 71.37%（プロテスタント 49%、その他 22.3%）、イスラム教 19.9%、伝統的信仰 3.2%、無宗教 1.1%（2021 年国勢調査）
経済	主要産業	農業（カカオ豆）、鉱業（貴金属、非鉄金属、石油）（外務省）
	国民総生産 GDP (Current USD)	763.7 億米ドル（2023 年、世銀）
	国民総生産成長率 GDP Growth (Annual Percent)	2.9%（2023 年、世銀）
	一人あたり国民総生産 GDP Per Capita (Current USD)	2,238.2 米ドル（2023 年、世銀）

³⁰³ The World Bank. “The World Bank in Ghana. Overview”
<https://www.worldbank.org/en/country/ghana/overview>（参照 2024-10-13）

³⁰⁴ The World Bank. “The World Bank in Ghana. Overview”
<https://www.worldbank.org/en/country/ghana/overview>（参照 2024-10-13）

社会	貧困率 Poverty headcount ration at national poverty line ay (% population)	23.4% (2016 年、世銀)
	識字率 Literacy rate, youth total (% of People ages 15-24)	93% (2020、世銀)
	就学率 School enrollment, primary (% gross)	97% (2022、世銀)

出典：The World Bank. “World Development Indicators”. <https://databank.worldbank.org> (参照 2024-10-13)

Wikipedia. “Ghana”. <https://en.wikipedia.org/wiki/Ghana> (参照 2024-10-13)

外務省. “ガーナ共和国基礎データ”. <https://www.mofa.go.jp/mofaj/area/ghana/data.html#section1> (参照 2024-10-13)

2.4.1.2 行政区分

ガーナ共和国の行政区分は、2024 年現在、16 の州 (Region) と 261 の郡 (District) から構成されている。2010 年以降数回の行政改革を経て、2021 年にオチ州のジャシカン郡からグアンが分かれて 261 番目の地方自治体となった。261 の区分は、145 の普通地区 (Ordinary districts)、109 の市 (Municipal districts)、6 の大都市 (Metropolitan districts) である³⁰⁵。

郡レベルより下位には、町議会 (Town council)、エリア議会 (Area council)、ゾーナル議会 (Zonal council) などさまざまな種類の議会が存在し、さらに小さな地方行政レベルでは、16,000 以上の単位委員会がある³⁰⁶。

2.4.1.3 人口動態と保健概況

ガーナの人口は他のアフリカ諸国と同様に増加傾向にあるものの、増加率は減少している。国勢調査によると 2010 年から 2021 年の人口増は 2.1%であり、独立以来最も低い数字となっている³⁰⁷。

年齢構成では、裾広がりの典型的なピラミッド型ではなく、0～14 歳の子どもの層の広が

³⁰⁵ Wikipedia. “Administrative divisions of Ghana”. https://en.wikipedia.org/wiki/Administrative_divisions_of_Ghana (参照 2024-10-13)

³⁰⁶ City Population. “Ghana: Administrative Division”. <https://www.citypopulation.de/en/ghana/admin/> (参照 2024-10-13)

³⁰⁷ Ghana Statistical Service. Ghana 2021 Population and Housing Census Volume 3, 2021, P.3 <https://census2021.statsghana.gov.gh/gssmain/fileUpload/reportthelist/Volume%203%20Highlights.pdf> (参照 2024-10-13)

りが緩やかになっている。最も多い層が、0～14 歳の子どもから 15～34 歳の若者に移っており、2000 年と 2021 年を比較すると、子どもの割合が 41.3%から 35.3%に減少した一方で、若者の割合は 34.6%から 38.2%に増加している。

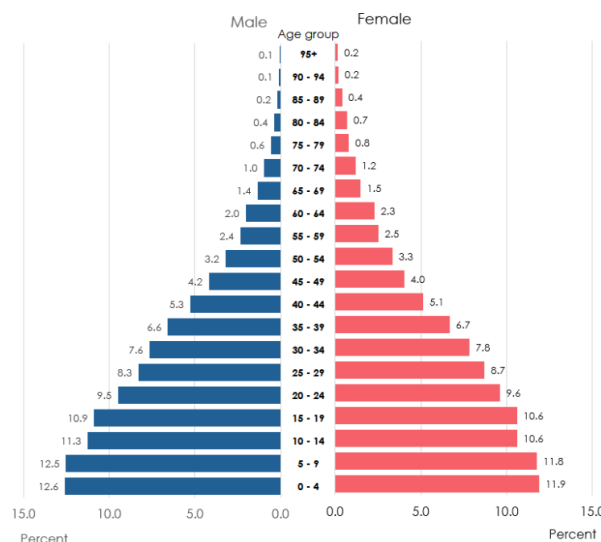


図 2-36 ガーナの人口ピラミッド

出典: Ghana Statistical Service. Ghana 2021 Population and Housing Census Volume 3, 2021, P.12
<https://census2021.statsghana.gov.gh/gssmain/fileUpload/reportthemelist/Volume%203%20Highlights.pdf> (参照 2024-10-13)

ガーナの疾病構造は、2000 年、2010 年、2021 年の死因上位 10 位の変遷を見ると、NCDs である心血管疾患が 1 位あるいは 2 位である以外は、感染症が上位を占めている。10 万人あたりの死亡者数を見ると、感染症は 2021 年に 1 位となった呼吸器感染症および結核を除いて全体的に減少傾向にあり、NCDs は小さい幅で増減している。例えば 2000 年、2010 年、2021 年の数値は、腫瘍は 45.14→41.29→43.65、糖尿病および慢性腎臓病は 27.35 (11 位) →39.45→40.59、消化器系疾患は 32.45→31.61 (11 位) →29.93 となっている³⁰⁸。

³⁰⁸ GBD Compare. <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/> (参照 2024-11-20)

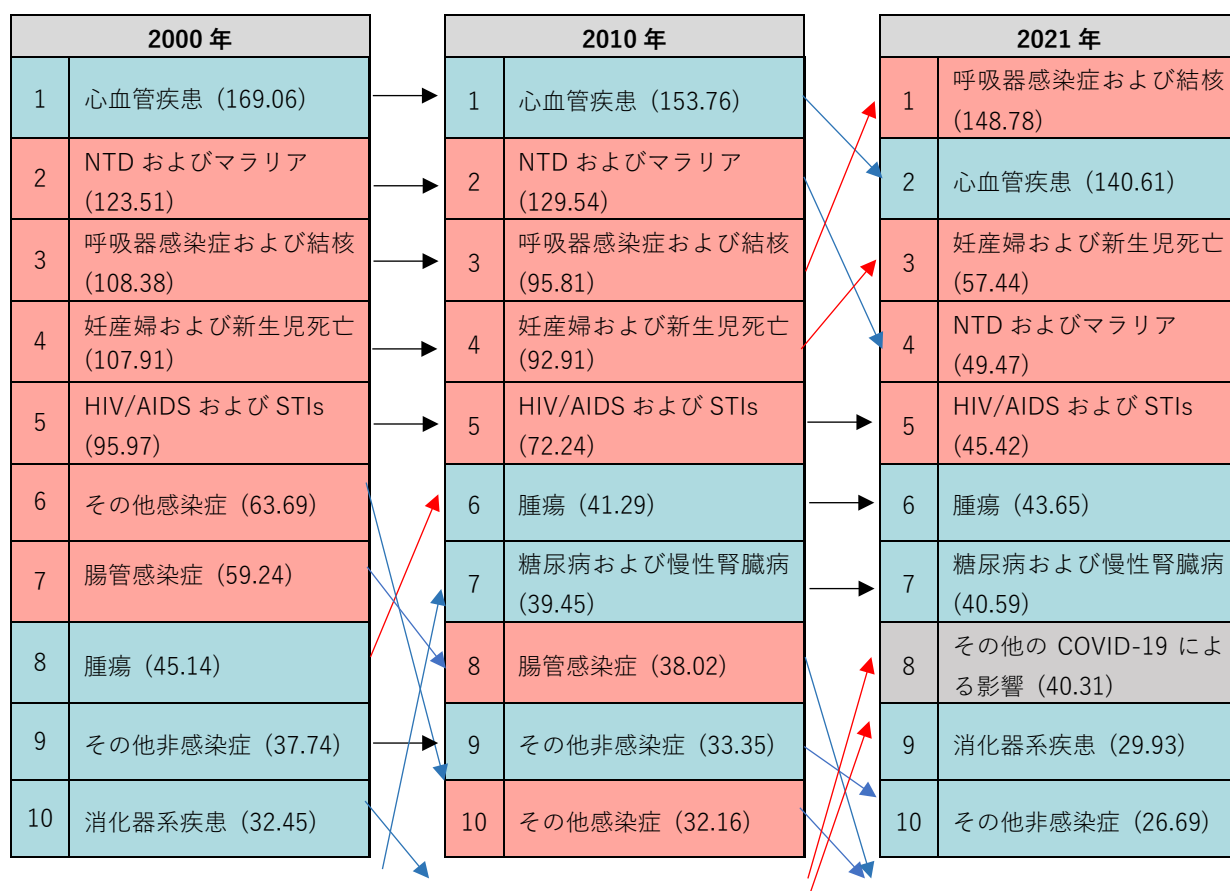


図 2-37 ガーナにおける死因上位 10 位の変遷（括弧内の数字は、10 万人あたりの死亡者数）

出典：GBD Compare. <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/>（参照 2024-11-20）

主要保健指標からは、三大感染症罹患率だけでなく平均寿命や母子保健指標も過去 20 年間にわたり改善傾向にあることがわかる。項目によって程度は異なるものの、これらの数値はサハラ以南アフリカよりも良く、全世界と比較すると劣るという位置付けになっている。

その他、ガーナで流行しやすく即時の報告が必要なものとして、急性出血熱症候群³⁰⁹、炭疽、細菌性髄膜炎などがある（2.4.3.2(1)感染症サーベイランス参照）。2022 年 7 月にアシャンティ州でマールブルグ病が確認されアウトブレイク宣言も出されたが、感染が確認されたのは 3 名にとどまり（死亡 2 名）、9 月にはアウトブレイクは終了した³¹⁰。

³⁰⁹ エボラ、マールブルグ、リフトバレー、ラッサ、クリミア・コンゴ、西ナイル熱、デング熱

³¹⁰ WHO. “Marburg virus disease-Ghana”. <https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2022-DON409#:~:text=WHO%20risk%20assessment,not%20frequent%20in%20West%20Africa>（参照 2024-11-09）

表 2-33 主要保健指標（ガーナとサハラ以南アフリカ、全世界との比較）

指標	ガーナ			サハラ以南 アフリカ	全世界
	2000 年	2010 年	最新の数字		
平均寿命	58	61	64 (2022)	61 (2022)	72 (2022)
妊産婦死亡率（出生 10 万あたり） Maternal mortality ratio (modeled estimate per 100,000 live births)	499	337	263 (2020)	536 (2020)	223 (2020)
5 歳未満児死亡率（出生千人あたり） Mortality rate, under-5 (per 1,000 live births)	100	70	42 (2022)	73 (2021)	38 (2021)
HIV 感染率（15-49 歳） Prevalence of HIV, total (% of population ages 15-49)	2.6	1.9	1.7 (2022)	3.2 (2021)	0.7 (2021)
結核罹患率（10 万人あたり） Incidence of tuberculosis (per 100,000 people)	216	183	133 (2022)	208 (2021)	131 (2022)
マラリア罹患率（千人あたり） Incidence of malaria (per 1,000 population at risk)	427.7	370.4	158.8 (2022)	214.2 (2022)	58.9 (2022)

出典： World Bank. “World Development Indicators”. <https://data.worldbank.org/indicator>（参照 2024-10-20）

政府支出全体に対する保健支出は、2005 年 23.6%、2010 年 11.9%、2015 年 8.6%、2022 年 7.4%と減少傾向にある³¹¹。下図は GDP に占める保健支出割合と、保健支出に占める OOPS の割合の相関性を示すものであり、赤い点がガーナを指している。OOPS の割合は、2005 年から 2022 年は 23.6%から 35.3%の間で推移し 2022 年は 25%であり、他国と比較すると決して高くはない。一方で GDP に占める政府支出は低い水準であることが確認される。

³¹¹WHO. Global Health Expenditure Database.
https://apps.who.int/nha/database/country_profile/Index/en,（参照 2024-12-1）

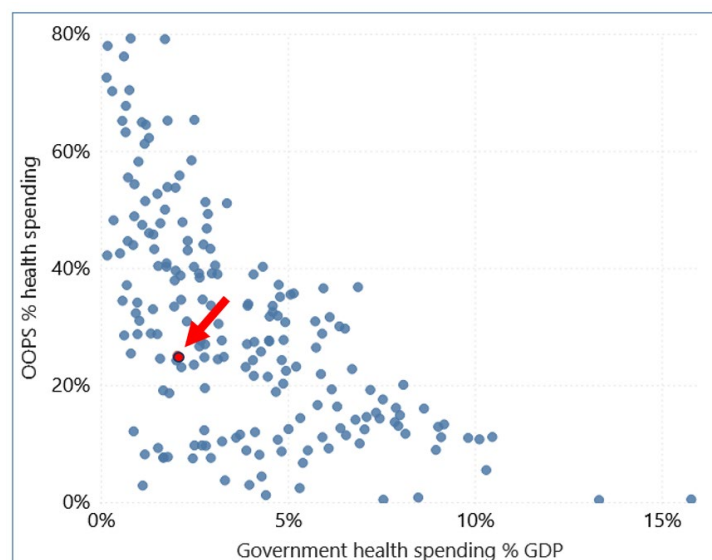


図 2-38 ガーナの GDP に占める保健支出割合と保健支出に占める自己負担割合の相関性
(2022 年)

出典：WHO website. Global Health Expenditure Database.

https://apps.who.int/nha/database/country_profile/Index/en,

(参照 2024-12-1)

2.4.2 政策

2.4.2.1 国家開発政策

ガーナの開発政策や国家計画の要となる文書として、「経済社会開発政策の調和の取れたプログラム 2017-2024 年 (The Coordinated Programme of Economic and Social Development Policies 2017-2024) ³¹²」や中期開発計画にあたる「中期国家開発政策フレームワーク 2022-2025 年 (Medium-Term National Development Policy Framework: MTNDPF)」などが策定されている。MTNDPF では、「働く機会創出 ³¹³のためのアジェンダ 2、全ての人に繁栄と公平な機会を (Agenda for Jobs II, Creating Prosperity and Equal Opportunity for All) というテーマが大きく掲げられ、以下 6 つの課題に取り組んでいる ³¹⁴。

- 1) 国を繁栄させること
- 2) 全国民に機会を創出すること

³¹² Republic of Ghana. The Coordinated Programme of Economic and Social Development Policies (2017-2024) Agenda for Jobs II: Creating Prosperity and Equal Opportunity for All
https://ndpc.gov.gh/media/CPESDP_2021-2025_21-11-22-2_FINAL_CORRECTED.pdf (参照 2024-11-08)

³¹³ 当該文書の中では Job Creation という言葉で表現されており、雇用されるのみでなく個人事業も含まれているのでこのように訳した。

³¹⁴ Government of Ghana. Ghana Medium-term National Development Policy Framework 2022-2025, 2021, P. xii. https://www.ndpc.gov.gh/media/National_Development_Policy_Framework_volume.pdf (参照 2024-10-13)

- 3) 自然環境と築いてきた環境を守ること
- 4) 安定し、結束した、安全な国を維持すること
- 5) COVID-19を含む様々な脅威に耐えるためのレジリエンスを構築すること
- 6) 開発成果を効率的に還元することと、費用対効果を改善すること

2.4.2.2 保健医療政策

保健医療政策においては、保健省によって「保健セクター中期開発計画 2022-2025(Health Sector Medium Term Development Plan 2022-2025)」が策定されている。前期 2018-2021 年の活動や状況のレビューに基づき、取り組むべき優先課題としては、保健医療人材やインフラの配置が不公平であり、基本的な医療サービスへのアクセスに格差があること、公共・民間医療の連携不足や政策形成に学術界・研究機関が関与できておらず、政治・行政と地方自治体間の協力も乏しいこと、レファラルシステムやデータベースの整備が不十分で、保健データや政策フレームワークの欠如がみられること、医療財源や医療用品のサプライチェーンが不足しており、診断・検査システムの政策枠組みも欠けていることなどが強調されている³¹⁵。

上記中期計画の以外の関連政策を下表にまとめた。

表 2-34 ガーナの保健医療関連政策

	日本語訳	英語原文
1	ガーナ国家保健政策 2020	National Health Policy: Ensuring healthy lives for all (Revised Edition, 2020) ³¹⁶
2	ユニバーサルヘルスカバレッジ戦略 2020-2030	Ghana's Roadmap for Attaining Universal Health Coverage 2020-2030 ³¹⁷
3	保健情報システム戦略計画 2022-2025	Health Information System Strategic Plan 2022-2025 ³¹⁸
4	ガーナ保健財政政策 2023-2030	Ghana Health Financing Strategy 2023-2030 ³¹⁹

³¹⁵ Ministry of Health, Republic of Ghana. Health Sector Medium-term Development Plan 2022-2025, P. 18 JICA ガーナ事務所から入手

³¹⁶ Ministry of Health, Republic of Ghana. National Health Policy National Health Policy: Ensuring healthy lives for all (revised edition), 2020. https://www.moh.gov.gh/wp-content/uploads/2020/07/NHP_12.07.2020.pdf-13072020-FINAL.pdf (参照 2024-11-9)

³¹⁷ Ministry of Health, Republic of Ghana. Ghana's Roadmap for Attaining Universal Health Coverage 2020-2030, 2020. <https://www.moh.gov.gh/wp-content/uploads/2021/08/UHC-Roadmap-2020-2030.pdf> (参照 2024-11-9)

³¹⁸ Ministry of Health, Republic of Ghana. Health Information System Strategic Plan 2022-2025, 2022. https://www.moh.gov.gh/wp-content/uploads/2024/03/HISSP_2022-2025_FINALVERSION-1.pdf (参照 2024-11-9)

³¹⁹ Ministry of Health, Republic of Ghana. Ghana Health Financing Strategy 2023-2030. <https://www.moh.gov.gh/wp-content/uploads/2024/06/GHANA-HFS-REVISION.pdf> (参照 2024-11-9)

5	ガーナ国家保険政策フレームワーク 2004	National Health Insurance Policy Framework for Ghana revised version 2004320
6	コミュニティを基盤とした保健計画サービス 実施政策 2005	Community-Based Health Planning and Services: CHPS The Operational Policy 2005321

出典：Ministry of Health. Policy Documents. <https://www.moh.gov.gh/policy-documents/>, (参照 2024-101-9) を基に作成

2.4.2.3 感染症対策関連政策

ガーナの感染症対策は、統合疾病サーベイランスと対応³²²（Integrated Disease Surveillance and Response: IDSR）に基づいて実施されており³²³、IBS と EBS の両方が採用されている。コミュニティ、保健施設（Health Facilities）、郡の下レベル、郡、州、国等のアクターや役割が詳細に示され、必要な情報が下から上に、上から下に伝達されることになっている。公衆衛生危機の際には公衆衛生危機オペレーションセンター（Public Health Emergency Operations Centre: PHEOC）が設置され、各機関の調整を行うとともに、必要な対応すなわち緊急事態宣言の発出、ロジスティックスの確保、薬品調達・配送、予防接種キャンペーン、などが行われる。

また、コミュニティを基盤にしたサーベイランス（Community-based Surveillance）が IDSR の要素の一つになっており、コミュニティを基盤とした保健計画サービス（Community-Based Health Planning and Services: CHPS）政策がとられている。

感染症関連の保健政策文書としては院内感染予防やヘルスケアに関わる人材の保護のために、感染予防と管理のための文書（Infection Prevention and Control: IPC）も作成されており、国家感染予防管理戦略 2024-2028 年（National Infection Prevention and Control Strategy 2024-2028（2023））³²⁴が最新版となっている。

ワンヘルスに関してはワンヘルス・アプローチを取り入れ、人獣共通感染症、食品の安全、食糧安全保障、研究、AMR、疾病予防、環境保護、入域地点のコントロールなどに取り組んでいる。こうしたアプローチを政策に組み入れてはいるものの、政策文書は未発行であった。最近になって関係省庁が関わったワンヘルス政策（One Health Policy）が起草され、

³²⁰ Ministry of Health, Republic of Ghana. National Health Insurance Policy Framework for Ghana revised version, 2004. <https://www.moh.gov.gh/wp-content/uploads/2016/02/National-Health-Insurance-Policy-framework.pdf> (参照 2024-11-9)

³²¹ Ghana Health Service. Community-Based Health Planning and Services: CHPS The Operational Policy, 2005. <https://www.moh.gov.gh/wp-content/uploads/2016/02/CHPS-Operational-Policy-2005.pdf> (参照 2024-11-9)

³²² 統合疾病サーベイランスと対応（IDSR）とは、WHO アフリカ地域の国々が、優先的な疾病、状態、事象に対する包括的な公衆衛生サーベイランスと対応システムを、保健システムのあらゆるレベルで実施するために採用する戦略である。

³²³ これより上位の政策文書がある国もあるが、ガーナはない。

³²⁴ 資料集参照。WHO から「Final Draft」として 2024 年 6 月に入手したもの。

2025 年 1 月現在、ほぼ最終段階のドラフトができあがっている（入手済）。最終化の後、大臣の署名を経て正式文書として発効される予定である。

2.4.2.4 病原体ゲノム関連政策

2022 年頃から保健省と WHO が中心となって協議が続けられていた「ガーナ パンデミックポテンシャルを有する病原体に対する国家ゲノムサーベイランス戦略 (Ghana National Genomics Surveillance Strategy for Pathogens of Pandemic Potential 2024-2028)」(以下、病原体ゲノムサーベイランス戦略) が、2024 年 10 月に正式に発効した。

病原体ゲノムサーベイランス戦略では、脅威となる病原体の拡散を抑制するためのゲノム解析の重要性、ガーナで現在ゲノム解析を実施できる研究機関とそのキャパシティ、課題などについて示されているとともに、本戦略の目標、目指す体制、今後のアクションなどが、以下の通り説明されている。

【主な目標】

- 1) ゲノムサーベイランスのためのインフラとロジスティックスへのアクセスを改善する。
 - 検査室のインフラを整える。
 - ゲノムシーケンス用の試薬、消耗品がタイムリーに入手できるようにする。
 - 機器のメンテナンスを改善する。既存のインフラをアップグレードする。
- 2) 検体管理、データ取得、保存、分析、利用、管理を改善する。
 - ゲノムデータを既存の電子監視システムに統合する。
 - 検体管理を改善し、データ保護の仕組みを強化する。
- 3) ゲノムサーベイランスのための人材の能力強化を行う。
 - ゲノム学およびバイオインフォマティクスに関するトレーニングプログラムを開発する。
 - 検査室の研究者、バイオインフォマティシャン、その他の関連医療従事者をトレーニングし、修了者全員を対象とした能力評価プログラムを確立する。
 - バイオセーフティおよびバイオセキュリティに関するトレーニングプログラムを開発する。
 - バイオインフォマティシャン、疫学者、関連技術者などの専門スタッフを採用する。
- 4) ゲノム分野における革新と研究を強化する。
 - ゲノムサーベイランスのための研究とイノベーションを強化する。
- 5) ゲノム監視のガバナンスを強化する。
 - ゲノムサーベイランスを調整するためのガバナンス体制を確立する。
 - ゲノムサーベイランスのためのリソース動員の枠組みを開発する。
 - モニタリングおよび評価システムを強化する。

- ゲノムサーベイランスのための協力と調整を改善する。
- ゲノムシーケンスのための検体管理に関するガイドラインを開発する。
- ゲノムデータに関する基準およびガイドラインを開発する。
- ゲノムサーベイランスにおける規制を強化する。

同戦略の中では、ガーナが西アフリカにおけるゲノムサーベイランスに関する中心的な役割を担っていることに鑑み、パンデミックに備えるためには全体的に能力の底上げが必要であること、情報の共有化、ロジスティックスと人的資源の能力強化の必要性が強調されている。また特に現在は研究やゲノム解析の対象となる病原体の選定にドナーの要望が優先されており、得られた研究結果やデータが政府と十分に共有されていないことも懸念されている。

2.4.3 病原体ゲノムサーベイランスの現状と課題

2.4.3.1 病原体ゲノムサーベイランス主要機関

(1) 保健省

ガーナの病原体ゲノムサーベイランス戦略は保健省が責任省庁として進めており、政策計画モニタリング評価局（Policy, Planning, Monitoring & Evaluation: PPME）の政策調整ユニット（Policy Coordination Unit）が事務局を担う。PPME は、省の政策、計画、プログラム、予算策定のプロセスを主導し、保健省の戦略および介入の有効性を評価するために、モニタリング・評価システムを設計し実行している。政策調整ユニットは、保健省の政策、戦略、規制の策定と見直しを主導し調整するとともに、健全な政策枠組みに基づくセクター計画の策定と実施を主導している³²⁵。

³²⁵ Ministry of Health, Republic of Ghana. “Policy, Planning, Monitoring & Evaluation”. <https://www.moh.gov.gh/policy-planning-monitoring-evaluation/>（参照 2024-11-14）

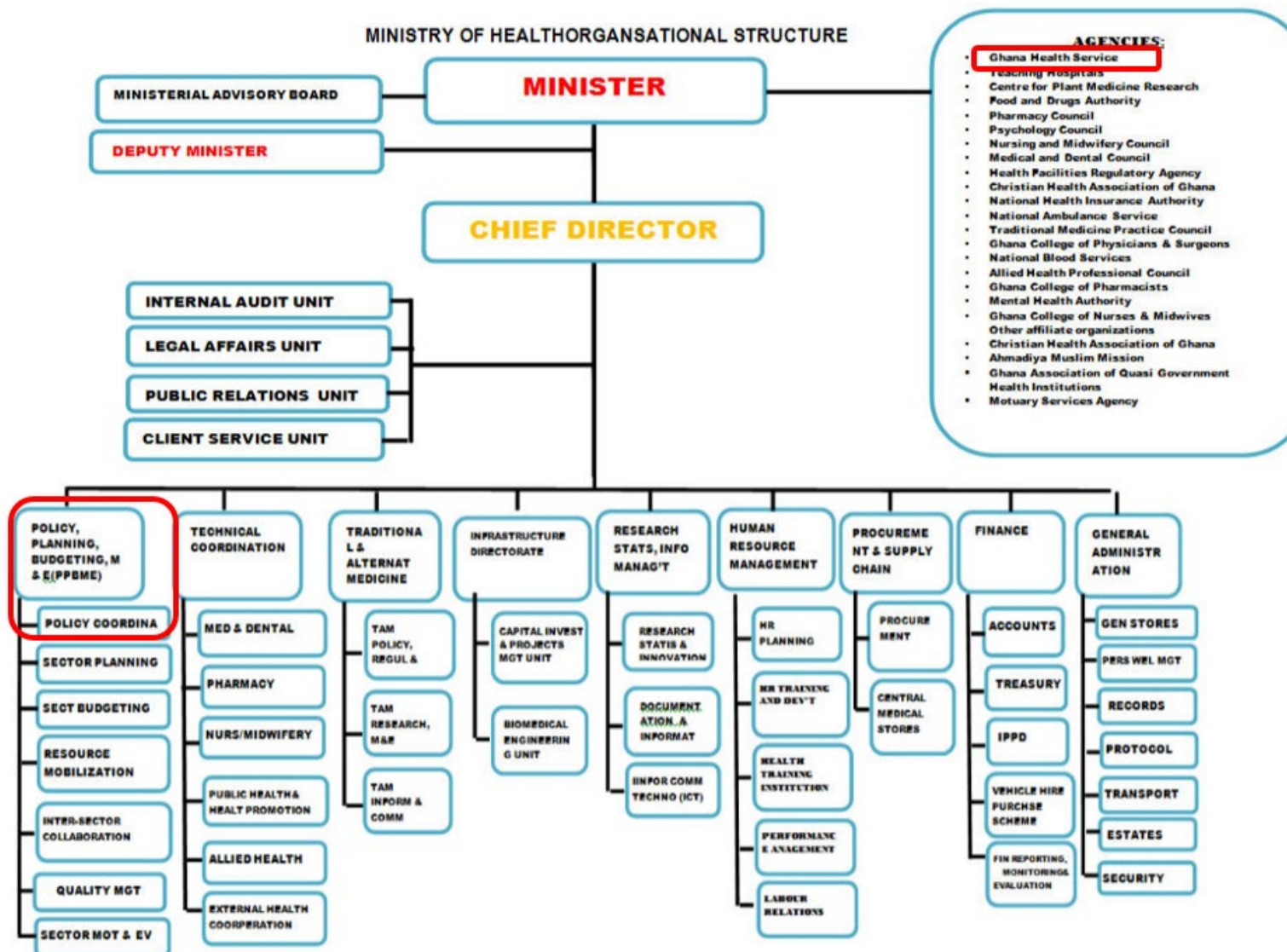


図 2-39 ガーナ保健省組織図

出典：Ministry of Health, Republic of Ghana. “Organogram”. <https://www.moh.gov.gh/organogram/> (参照 2024-8-31)

表 2-35 ガーナ保健省 主な部署名

和訳	正式名称
政策計画モニタリング評価部	Policy, Planning, Monitoring & Evaluation
技術協力部	Technical Cooperation
伝統的及び代替医薬部	Traditional & Alternative Medicine (TAM)
インフラ部	Infrastructure Directorate
研究等野情報管理部	Research Statistics, Information Management
人事管理部	Human Resource Management (HR)
調達サプライチェーン部	Procurement & Supply Chain
財務部	Finance
総務部	General Administration

(2) 実施機関

1) ガーナ保健サービス (Ghana Health Service)

ガーナの保健セクターは、保健省が政策策定を行い、その下部組織の一つであるガーナ保健サービス (Ghana Health Service: GHS) がその政策を実行する機関として置かれている。病原体ゲノムサーベイランスは、感染症サーベイランスと同様に、GHS の公衆衛生局 (Public Health Division: PHD) が担っている。

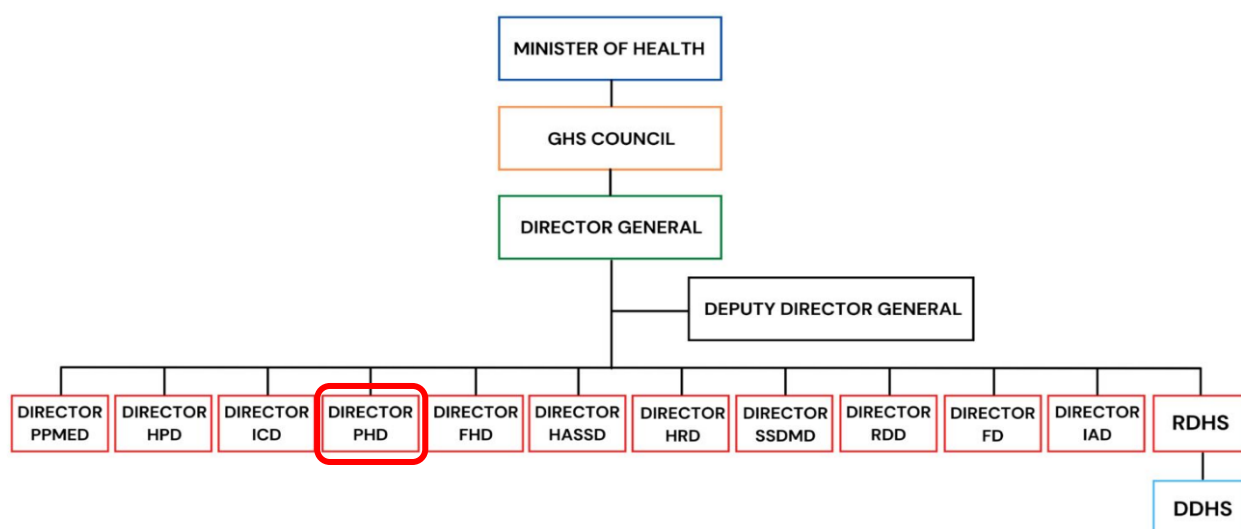


図 2-40 ガーナ保健サービス組織図

出典：Ghana Health Service. “GHS Organogram”. <https://ghs.gov.gh/ghs-organogram/> (参照 2024-8-31)

表 2-36 ガーナ保健サービス主な部署名

和訳名称	英文正式名称	略語
ガーナ保健サービス	Ghana Health Services	GHS
政策・企画・監視・評価局	Policy, Planning, Monitoring and Evaluation Division	PPMED
健康増進局	Health Promotion Division	HPD
施設介護局	Institutional Care Division	ICD
公衆衛生課	Public Health Division	PHD
疾病サーベイランス部門	Disease Surveillance Department	DSD
疾病管理予防部門	Disease Control and Prevention Department	
国立公衆衛生レファレンス検査室	National Public Health and Reference Laboratory	NPHRL
港湾保健ユニット	Port Health Unit	
家族保健局	Family Health Division	FHD
保健行政・支援サービス局	Health Administration and Support Services Division	HASSD
人事局	Human Resource Division	HRD
需品・貯薬管理局	Supplies, Stores and Drugs Management Division	SSDMD
研究開発局	Research and Development Division	RDD
財務局	Finance Division	FD
内部監査局	Internal Audit Division	IAD
保健医療サービス地域部長	Regional Directors of Health Service	RDHS
保健医療サービス地区部長	District Directors of Health Service	DDHS

出典：Ghana Health Service. “GHS Organogram”. <https://ghs.gov.gh/ghs-organogram/>（参照 2024-8-31）

GHS は、ガーナ保健セクター改革の一環として 1996 年に設立された。ガーナ保健サービス評議会（Ghana Health Service Council）を通じて保健大臣の管理下に置かれ、国の政策の実施を担う自治権を有する行政機関である。GHS は公共部門に属しているものの、職員管理に関しては独立性が高くより柔軟な采配ができるとされている。教育病院、私立病院、ミッション病院は GHS の管轄下には含まれない³²⁶。

PHD は GHS の主要部門として、公衆衛生の促進と改善、家族や地域社会の健康と社会経済状況の全体的な向上に貢献する政策や戦略計画、プログラムの開発と実施を主導している。予防や治療、また疾病サーベイランスの強化と感染症の抑制なども任務の一つである³²⁷。

表 2-36 の通り、PHD の中には 2 つの部門（Department）と 2 つのユニット（Unit）（NPHRL と港湾保健ユニット）があり、それぞれが疾病サーベイランス、予防および対応

³²⁶ Ministry of Health, Republic of Ghana. “Ghana Health Service”. <https://www.moh.gov.gh/ghana-health-service/>（参照 2024-11-13）

³²⁷ Ministry of Health, Republic of Ghana. “Ghana Health Service”. <https://www.moh.gov.gh/ghana-health-service/>（参照 2024-11-13）

の役割を担っている。これらのうち特にサーベイランスの中心的存在である疾病サーベイランス部門（Disease Surveillance Department: DSD）と国立公衆衛生レファレンス検査室（National Public Health and Reference Laboratory: NPHRL）について以下に記載する。加えて、NPHRL と協力関係にある公的臨床検査室についても簡単に説明する。

2) 疾病サーベイランス部門（Disease Surveillance Department）³²⁸

DSD は優先疾病のサーベイランスを維持継続し、エピデミック、アウトブレイク、および風評への対応を行い、その他の優先疾病の負担を軽減するための公衆衛生介入措置と技術的支援を開始する責任を担っている。流行しやすい疾病を効果的に抑制するために、データの正確性、完全性および、適時提出を改善すること、疾病発生の予測、検出、調査、対応を行う医療チームの準備態勢と技術的能力を強化すること、特定の優先疾患の発生や異常な事象を報告するコミュニティの能力および、管轄内のコミュニティからの報告に迅速に対応する郡および県職員の能力を強化すること、などの役割を担っている。

州保健事務所の州疾病サーベイランスユニット (Regional Surveillance Department Unit) などと協力・連絡体制がとられている。

3) 国立公衆衛生レファレンス検査室（National Public Health and Reference Laboratory）

NPHRL は、GHS 下にある中央レベルの検査室である。NPHRL を含む公衆衛生レファレンス検査室（Public Health and Reference Laboratory: PHRL）は全国 4 つのゾーンに置かれ、HIV/性感染症、結核、黄熱、麻疹、コレラ、脳脊髄膜炎、その他公衆衛生上重要な新興感染症など、公衆衛生サーベイランスにおける検査支援に重点的に取り組んでいる³²⁹。NPHRL と PHRL の概要は表 2-37 の通りである。

NPHRL はアクラ市内のコレブに位置し、4 つのゾーンのうちグレーター・アクラ州をはじめとする地域を担当するとともに、その他の 3 つの PHRL を監督する立場にある。NPHRL はガーナ国内で髄膜炎、風疹、麻疹、黄熱のレファレンス検査室となっており、HIV 感染症、コレラ、エムボックス、COVID-19 など扱う³³⁰。

³²⁸ GHS. Public Health Division. <https://ghs.gov.gh/public-health-division-phd/>, (参照 2024-11-10)

³²⁹ Emma E Kploanyi, Joseph Kenu, Benedicta K Atsu, David A Opare, Franklin Asiedu-Beko, Lee F Schroeder, David W Dowdy, Alfred E Yawson, Ernest Kenu, “An assessment of the laboratory network in Ghana: A national-level ATLAS survey (2019–2020)”. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9982496/#F0001>, (参照 2024-11-27)

³³⁰ 2024 年 6 月 3 日 NPHRL へのインタビュー調査より（NPHRL にて）

表 2-37 ガーナの公衆衛生検査室

名称	責任範囲	対象範囲	機能/特徴
NPHRL, アクラ (コリブ)	中央レベル	グレーター・アク ラ、ボルタ、イース タン、オチ	ライブラリー調製、シーケンスまで実施可 能 BSL-3 対応可能（黄熱やエボラウイルス病 疑い症例など）
クマシ（中部ゾ ーン）	ゾーン	アシャンティ、アハ フォ、ボノ、ボノイ ースト	シーケンス不可 PCR 可
タマレ（北部ゾ ーン）	ゾーン	アッパーウェスト、 アッパーイースト、 ノースイースト、サ バンナ、ノーザン	シーケンス不可 PCR 可
セコンディ (Sekondi)（西 部ゾーン）	ゾーン	ウェスタン、ウェ スタンノース、セント ラル	シーケンス不可 PCR 可

出典：2024 年 6 月 3 日 NPHRL へのインタビュー調査より作成

NPHRL は、病原体ゲノムサーベイランス戦略の中で、広範で多様なシーケンサーを有している 6 つの検査室の一つとして挙げられているものの、ドナーの支援が少ないことから、他と比較して、施設、機材、人材の面で最も規模が小さい。例えば、NPHRL の主なドナーである韓国国際協力団（Korea International Cooperation Agency: KOICA）と米国 CDC からは、COVID-19 の時期にシーケンサーなどの機材の供与と研修等の支援を受けていたが、それ以降は不定期の研修や消耗品の供与などが行われる程度に限られている（表 2-38）。自己資金も不十分なため、シーケンスのための試薬を購入できず検査を完結できない状況にある。風疹と麻疹の陽性が確認された場合は、WHO 地域レファレンス検査室であるコートジボワールのパスツール研究所に検体を送ってシーケンスが行われ、返送されてきたシーケンスデータを基に NPHRL が分析を行う、という形がとられている³³¹。必要に応じてセネガルのパスツール研究所に検体を送ることもある。輸送費は保健省からの支援がなく、NPHRL が内部で醸成された資金（Internal Generated Fund: IGF）を拠出している³³²。髄膜炎と黄熱に関しては、現在は他国への輸送は行われていないとのことであった³³³。

保健省としてはこうした事態を緩和するために、病原体ゲノムサーベイランス戦略の中でもゲノム解析を行う検査室全体の底上げを、重要な課題の一つとして前面に出している。

また NPHRL は近い将来、グローバルファンドからの資金で下水サーベイランスを実施予定である。本来ならば 2024 年中に開始する予定だったが、内部の調達手続きに時間がかかり 2025 年の開始になる見込みである。計画時には SARS-CoV-2 を検知するために下水サーベイランスを実施する想定だったが、流行が収まってきたためメタゲノム調査を実施

³³¹ 2024 年 11 月 28 日質問票への NPHRL からの回答より

³³² 2024 年 6 月 3 日 NPHRL へのインタビュー調査より（NPHRL にて）

³³³ 2024 年 12 月 2 日 NPHRL へのインタビュー（電話）

する予定である。

NPHRL の技術系の人材は、主任（1 名）、副主任（1 名）の下、監督官（5 名）、品質管理（1 名）、検査室研究員（8 名）、安全管理（1 名）の体制で業務を行っている。バイオインフォマティクスを専任する技術者はおらず検査室研究員等が兼任している。

表 2-38 NPHRL の主なドナーおよびパートナー等

機関名	協力内容
Ghana Chamber of Mines	iSeq を寄贈
KOICA	米国 CDC を通じて MinION の購入と使い方の研修
米国 CDC	KOICA の資金で NPHRL に技術協力を行い、ISO 取得の支援も行った。また MinION の購入と研修を実施した。

出典: 2024 年 6 月 3 日 NPHRL へのインタビュー調査を基に調査団作成

4) 臨床検査室

ガーナの公的検査室には、既述の PHRL 以外に一部の公的病院内に設置されている臨床検査室（Clinical Lab）があり、感染症サーベイランスの面では相互に協力関係にある。臨床検査室は 3 つのレベルに分けられる。州レベル臨床検査室は州病院に、郡レベル検査室は郡病院に属し、それぞれ州保健事務所、郡保健事務所の管轄下にある。第 3 レベルの教育病院は保健省の庁（Health Agency）の一つとなっている。

NPHRL によると、州および郡レベルの臨床検査室は、消耗品、試薬、検査キット、機器が（特に郡レベルの検査室で）不十分であること、バイオセーフティ検査室や遠心機を稼働させたり、ピペット校正をしたりするためのリソースが不足していること、などの課題を抱えているとのことであった³³⁴。おそらく検査室の機能としては制限されていると推察される。

表 2-39 公衆衛生検査室と協力関係にある公的臨床検査室

種別	数	場所	機能、特徴
教育病院検査室 Teaching hospital lab	5	1. コレブ教育病院、グレーター・アクラ 2. コムフォアノケ（Komfo Anokye）教育病院、アシャンティ 3. ホー（Ho）教育病院、ボルタ 4. ケープコースト（Cape Coast）教育病院、セントラル 5. タマレ（Tamale）教育病院、ノーザン	BSL-2 対応可能 コレラ菌やサルモネラ属菌の培養と薬剤感受性試験ができる PCR 可能。
州検査室 Regional lab	10	州都	BSL-2 対応可能

³³⁴ 2024 年 6 月 3 日 NPHRL へのインタビュー調査より（NPHRL にて）

			コレラ菌、サルモネラ属菌の培養、薬剤感受性検査、微生物学、細菌学、分子生物学的検査が可能。 PCR を扱える検査室もある。 (注：微生物学、細菌学、分子生物学的試験に関しては、具体的に何を指しているのかまでは尋ねていない)
郡検査室 District labs	112	郡都	BSL-2 対応可能 主にマラリアを検出する。 一部の郡検査室は、検体から検査結果プラットフォーム（Sample to results platform） ³³⁵ を持っている。 ほとんどの郡レベル検査室は、微生物学、細菌学、分子生物学の能力を有していない。

出典：2024 年 6 月 3 日 NPHRL へのインタビュー調査より調査団作成

補足：州検査室は州病院、郡検査室は郡病院の中にあり、病院はそれぞれ州保健事務所と郡保健事務所の管轄下にある。

NPHRL はこれら公的検査室以外にも、臨床検査や化学検査が行われている民間の検査室とも必要時には相互に協力する体制がとられている。

2.4.3.2 サーベイランス

(1) 感染症サーベイランス

ガーナの感染症サーベイランスの基本政策である IDSR によれば、ガーナのサーベイランスの実行は GHS の DSD が担う。GHS はデータの収集・分析、非常時の情報伝達などを行い、国家技術調整委員会（National Technical Coordinating Committee: NTCC）が GHS の側面支援を行うとされている³³⁶。

サーベイランスの情報の基本的な流れは下図の通りである。

³³⁵ 結果を得るための特別訓練を必要としない機器である。検体をシステムに入れるだけで結果が得られるプラットフォーム。

³³⁶ Ghana IDSR, Booklet 5 Section 10, P. 5

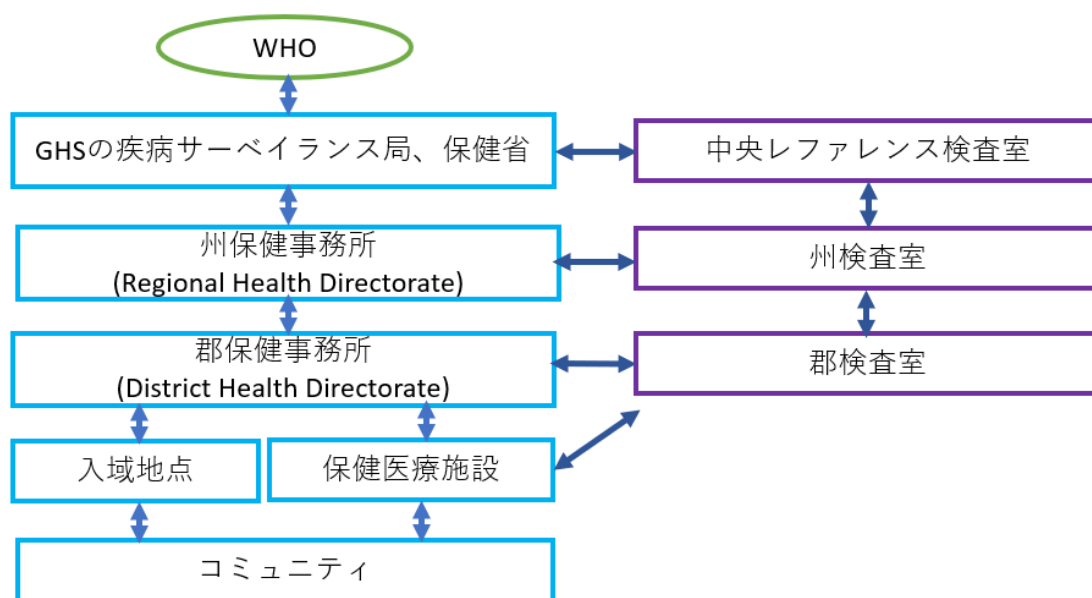


図 2-41 ガーナ感染症サーベイランス概要図

出典：IDSR in Ghana Booklet 2 Section2, P.73 を基に作成

補足 1：2024 年 8 月に発効された、Ghana National Public health Laboratory Network Mandate and Strategic Plan 2023-2027, P10 によると、PHRL が郡検査室の上位に示されており州検査室と同位かと推測されるが、上記図は IDSR に沿った。

補足 2：中央レファレンス検査室としての機能は、現在は病原体ごとに NPHRL と野口記念医学研究所（野口研）が担っている。

上記はガーナの基本のサーベイランス体制であるが、特定の疾病に関しては保健省によってプロトコルが定められており、それに沿ってサーベイランスや検体の輸送などが行われている。例えばインフルエンザはヒトインフルエンザサーベイランスのためのプロトコル（Protocol for Human Influenza Surveillance in Ghana 2016）³³⁷に基づいて軍施設や病院など全国 29 か所のセンチネルサイトから輸送されてくる。また、ポリオはポリオサーベイランスガイドライン（Polio Surveillance Guidelines, Ghana, 2022）³³⁸に基づいて、下水サーベイランス及び AFP サーベイランス³³⁹のアプローチがとられている³⁴⁰。

³³⁷ WHO ウェブサイト. https://www.afro.who.int/sites/default/files/2017-10/Ghana_National_Influenza_Sentinel_Surveillance%20%20Final%20Art%20work.pdf（参照 2024-11-17）

³³⁸ 野口研ウェブサイト. https://noguchi.ug.edu.gh/wp-content/uploads/2024/09/EXT_Ghana-Polio-Field-Guide_01.08.2022.pdf,（参照 2024-11-30）

³³⁹ Acute Flaccid Paralysis、急性弛緩性麻痺。AFP サーベイランスは 4 つのステップから成り立っている。すなわち、1) AFP の小児の発見と報告、2) サンプルの分析のための輸送、3) 検査室でのポリオウイルスの分離と同定、4) ウイルス株の起源を特定するためのウイルスのマッピング。（参考 Polio Global Eradication Initiative. <https://polioeradication.org/what-we-do/>（参照 2024-11-10）

³⁴⁰ WHO によると、ガーナのポリオの下水サーベイランスについては、WHO の「ポリオ環境サーベイランス」（Guidelines for environmental surveillance of poliovirus circulation）（2003 年版）に基づいて作成されている。https://polioeradication.org/wp-content/uploads/2016/07/WHO_V-B_03.03_eng.pdf

1) 対象ウイルス、疾患、優先順位等

ガーナの疾病サーベイランスの優先病原体は以下の通りである。

表 2-40 ガーナの優先疾病

流行しやすい疾患、症状、または事象で、即時の報告が必要な感染症	根絶または撲滅が目標とされている感染症	その他公衆衛生上重要な主要疾患
1) 急性出血熱症候群 ³⁴¹ 2) 炭疽 3) 細菌性髄膜炎 4) コレラ 5) COVID-19 6) デング熱 7) 血便を伴う下痢（赤痢） 8) 食中毒 9) インフルエンザ様疾患（ILI） 10) ペスト 11) 狂犬病 12) 重症急性呼吸器感染症（SARI ³⁴² ） 13) 黄熱	1) プルーリ潰瘍 ³⁴³ 2) ギニア虫ム病 ³⁴⁴ 3) ハンセン病 4) リンパ系フィラリア症 5) はしか/風疹 6) 新生児破傷風 7) ポリオ（注1） 8) オンコセルカ症 9) トラコマ 10) 梅毒性瘡および風土性梅毒またはベジェル	1) 急性および慢性ウイルス性肝炎 2) 5歳以上の急性水様性下痢症 3) 糖尿病（新規症例） 4) 5歳未満の脱水を伴う下痢 5) てんかん 6) HIV/AIDS（新規症例） 7) 高血圧（新規症例） 8) 外傷（交通事故による外傷） 9) マラリア 10) 5歳未満児の栄養不良 11) 非新生児破傷風 12) 住血吸虫症 13) 5歳未満児の重症肺炎 14) 性感染症（STI） 15) 土壌媒介蠕虫症 ³⁴⁵ 16) トリパノソーマ症（睡眠病） ³⁴⁶ 17) 結核（新規症例） 18) 多剤耐性／超多剤耐性結核 19) 腸チフス

³⁴¹ エボラウイルス病、マールブルグ病、ラッサ熱、クリミア・コンゴ出血熱、リフトバレー熱、西ナイル熱、デング熱。本項目 6)にもデング熱とあり重複するが、原典のまま記載している。

³⁴² Severe Acute Respiratory Infection.

³⁴³ 細菌の一種である抗酸菌のマイコバクテリウム・ウルセランス（*Mycobacterium*(M.) *ulcerans*）、特に亜種であるマイコバクテリウム・ウルセランス・シンシュエンス（*M.ulcerans* subsp. *Shinshuense*）が原因で発症する、潰瘍などの皮膚病変を主症状とする感染症。ウガンダのブルーリ地方で「大きな皮膚潰瘍」の患者が多くいたことから「ブルーリ潰瘍」といわれてきた（国立感染症研究所.“ブルーリ潰瘍とは”. <https://www.niid.go.jp/niid/ja/kansennohanashi/2913-bu-intro.html>（参照 2024-11-08））

³⁴⁴ 通常は清潔な水源からの飲料水を十分に確保できない人々が、ギニア糸条虫の幼虫を媒介するミジンコ類（サイクロプス）を含んだ澱んだ水を飲むことで感染する。死亡は稀だが数週間は機能不全が起こる。（厚生労働省検疫所.“メジナ虫症（ギニア虫症）について（ファクトシート）”. <https://www.forth.go.jp/moreinfo/topics/2017/02221507.html>（参照 2024-11-08））

³⁴⁵ Soil transmitted helminths 衛生状態が悪い地域で、人間の糞便中に存在する寄生虫の卵によって土壌が汚染され様々な寄生虫が繁殖し、感染を引き起こす。思春期前の少女や女性が感染した場合、出血により鉄欠乏性貧血が悪化し、妊娠婦死亡率や乳児死亡率、低体重出産のリスクが高まる。（WHO. “Soil-transmitted helminth infections”. <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/soil-transmitted-helminth-infections>（参照 2024-11-08））

³⁴⁶ 昆虫が媒介する原虫による感染症。感染した人や動物から *Trypanosoma* 原虫感染寄生虫を獲得したツェツェバエが刺咬することで人に伝播する。サハラ以南のアフリカだけにみられる。（厚生労働省検疫所.“アフリカ・トリパノソーマ症（睡眠病）について（ファクトシート）”. <https://www.forth.go.jp/moreinfo/topics/2017/02091028.html>（参照 2024-11-08））

公衆衛生上重要な異常な事象または状況	国際的に懸念される疾病または事象	その他の公衆衛生上重要な条件および事象
1) 地域社会における死亡の集団発生（動物または人間の死亡） 2) 類似した症状を持つ体調不良の人または動物の一群 3) 化学物質による事象	1) 新型インフルエンザ（注 1） 2) SARS（注 1） 3) 天然痘（注 1） 4) ジカウイルス感染症 5) 国際的または国内的に懸念される公衆衛生上の事象（感染症、人獣共通感染症、食中毒、化学物質、放射性核物質、または原因不明によるもの）	1) 医薬品副作用 ³⁴⁷ 2) 予防接種後の有害事象 ³⁴⁸ 3) 妊産婦死亡 4) 周産期死亡

注 1) IHR で指定された疾病

出典：IDSR Booklet1 P.22 を基に作成

集められた疾病情報は全て GHS が管理している。現在 GHS とパートナーの間では、感染症サーベイランスに関する定期的な調整会議はなく、WHO によると、数年前までは全国から集まった感染症の報告を保健省がパートナーに対して毎週発信していたが、現在は GHS が非公開のウェブサイト上で疫病週報（Weekly Epidemiological Bulletin）を更新する形になっている。

保健情報データベースには SORMAS（Surveillance Outbreak Response Management and Analysis System）³⁴⁹、DHIS2（District Health Information System2）などがあるが SORMAS はあまり活用されていない様子である。入力情報が完全でないと正確な検査ができない、紙媒体である症例調査フォーム（Case Investigation Form）と SORMAS の入力事項が一致していない、スマートフォン、タブレット、インターネットなどの環境が整っていない、などの課題がある³⁵⁰。

また都市部と遠隔地のヘルスケアのギャップを緩和するために、CHPS が実施されており、末端レベルでの感染症サーベイランスが実行されている。CHPS は、コミュニティヘルスオフィサー（Community Health Officer: CHO）と CHO に報告するコミュニティヘルスボランティア（Community Health Volunteer: CHV）あるいはコミュニティヘルスサーベイランスボランティア（Community Health Surveillance Volunteer: CHSV）（多くは両方を兼ねている）を中核として、コミュニティ住民の疾病、感染、事故などに、適切に対応しよう

³⁴⁷ Adverse Drug Reaction

³⁴⁸ Adverse Event Following Immunization

³⁴⁹ オープンソースのモバイル e ヘルスシステムで、感染症の包括的なサーベイランス、管理、分析ツール。デスクトップコンピューター、タブレット、携帯電話などのデバイスで使える。感染率の追跡、症例や接触者の管理、リアルタイムの統計や可視化されたデータの閲覧などが行え、データや統計によって傾向を特定し、進捗状況も追跡できる。2014 年の西アフリカにおけるエボラウイルス病の流行時に開発され、2015 年にナイジェリアで初めて導入され、数年後にガーナでも導入された。COVID-19 パンデミックの間にさらに開発が進められ、現在ではアフリカ、アジア、ヨーロッパの複数の国々で使用されている。（SORMAS Foundation, “SORMAS Overview”. <https://sormas.org/sormas/overview/>（参照 2024-11-8））

³⁵⁰ 2024 年 5 月 23 日の WHO へのインタビュー調査より（WHO 事務所にて）

とするものである。5〜7つほどのコミュニティ（約5千から7千人の人口）で CHPS ゾーン（CHPS zone）が区切られ、その中に CHO の家と職場を兼ねる CHPS コンパウンドが設置されている。ここに CHV や CHSV がコミュニティにおける感染症を含む疾病や事故などの情報を届け、必要に応じて患者が転送され治療を受ける。情報は適宜紙面に記載され、CHPS から郡に提出された後、郡レベルで DHIS2 に入力され、州に上がり中央で管理されている。データ管理は GHS の政策計画モニタリング評価局（Policy Planning, Monitoring and Evaluation Division: PPMED）が、疫学的な判断は PHD が行う。DHIS2 のデータに基づいて月報や年間報告が作成されている。

2) SARS-CoV-2 に対するサーベイランス

COVID-19 への対応は、比較的迅速に行われたといえる。ガーナ初の発生例となる2名の感染者が報告されたのは2020年3月12日であるが、それ以前から GHS の DSD の主導で準備態勢がとられていた。コトカ国際空港およびその他の出入国港でオリエンテーションや、疑い例の効率的なスクリーニングなどが実施されていた。3月16日以降からすべての集会の禁止、学校や教会、モスクなどの閉鎖が実施され、旅行者の入国禁止措置、感染者の隔離などの措置がとられ始めた。大統領の指揮下で保健省が主導する体制がとられ、省庁やセクターを超えた協力が行われた。2020年5月時点で、アフリカでは感染者9万人、死亡者約3,000人、最も被害が大きかった南アフリカの死亡者数が481人である中、ガーナは感染者7,000人、死亡者数34人に抑えられている³⁵¹。

COVID-19 の検査は、当初は首都アクラの野口記念医学研究所（野口研）と第2の都市クマシのクワメ・エンクルマ科学技術大学クマシ熱帯医学共同研究センター（Kumasi Centre for Collaborative Research in Tropical Medicine: KCCR）のみであったが、その後拡大し、公民の病院や研究所でも実施可能となった。野口研ではピーク時には毎日約5,000件の検体が送付され、100人以上のスタッフで構成される3つのチームが12時間交代で勤務する24時間体制がとられた³⁵²。SARS-CoV-2 のゲノム解析に関しては、ドナーからの支援を得て、2020年4月に野口研と西アフリカ感染病原体細胞生物学センター（West African Centre for Cell Biology of Infectious Pathogens: WACCBIP）によって開始され³⁵³、その後他の4つの研究所等でも実施されるようになった（後述）。

³⁵¹ Ernest Kenu, Joseph A Frimpong, Kwadwo A Koram (2020), “Responding to the COVID-19 pandemic in Ghana”. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7829051/>, （参照 2024-11-27）

³⁵² 野口研ウェブサイト. COVID-19 diagnosis. <https://noguchi.ug.edu.gh/research-activities/covid-19-diagnosis/>, （参照 2024-11-27）

³⁵³ Africa Research Universities Alliance. University of Ghana sequences COVID-19 genome in Ghana. 20th April 2020, <https://arua.org/university-of-ghana/>, （参照 2024-11-27）

3) 合同外部評価（Joint External Evaluation）

ガーナの感染症対策への評価として、2017年にJEEが行われた³⁵⁴。5点満点で平均スコアは2.23と高くなく、特に「P.3 薬剤耐性（AMR）」、「R2. 緊急時対応活動」、「R4. 対抗医薬品と要員展開」がスコア1で、注意喚起されていた³⁵⁵。その後はJEEは行われていない。自己評価ではあるが、WHOのSPAR³⁵⁶ ³⁵⁷を使用した評価が近年は毎年更新されている。病原体ゲノムサーベイランスに関係の深い項目を見ると、「C7. 保健緊急事態管理」が2021年は100点満点で47、2022年は53、2023年は60、「C12. 人獣共通感染症」は同様に40、60、60、と改善されており、「C5. サーベイランス」は80、80、80、と高い水準を保っている。一方で「C11. 入域地点と国境衛生」は60、60、53、と若干下がっている。

表 2-41 ガーナにおける JEE スコアのまとめ

技術分野	指標	スコア
予防		
P1. 国内の法令、政策、および資金	P1.1. 立法、法律、規則、行動要求、政策またはそのほかの政策手段の整備は、IHR の実施に十分である	2
	P1.2. 当該国は、国内法令、政策および行政の取り決めに調節・調整し、IHR の遵守を可能にしていることを立証できる	2
P2. IHR の調整、連絡、及びアドボカシー	P2.1. IHR 実施における関連部門の調整および統合のための機能メカニズムが確立されている	3
P3. 薬剤耐性（AMR）	P3.1. AMR の検知	1
	P3.2. 薬剤耐性菌による感染症のサーベイランス	1
	P3.3. 医療関連感染予防・管理プログラム	2
	P3.4. 抗菌薬適正使用活動	1
P4. 人獣共通感染症	P4.1. 優先人獣共通感染症・病原体のサーベイランスシステムの整備	3
	P4.2. 獣医またはアニマルヘルス要員	3
	P4.3. 潜在的／人獣共通感染症への対応メカニズムの確立・機能	3
P5. 食品の安全性	P5.1. 食品由来の疾病の検出と対応メカニズム、および食品の汚染予防	2
P6. バイオセーフティとバイオセキュリティ	P6.1. 人間・動物および農業施設で政府一体型の整備	2
	P6.2. バイオセーフティおよびバイオセキュリティのトレーニングと実践	2
P7. 予防接種	P7.1. 国家プログラムによるワクチン接種率（麻疹）	4
	P7.2. 国内のワクチンへのアクセスと供給	3
検知		
D1. 国内検査システム	D1.1. 優先疾患の検知のための実験室検査	3
	D1.2. 検体の委託・輸送システム	2

³⁵⁴ WHO. Joint External Evaluation of IHR Core Capacities of the Republic of Ghana Mission report 6-10 February 2017. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/255578/WHO-WHE-CPI-2017.26-eng.pdf?sequence=1>（参照 2024-11-17）

³⁵⁵ Ibid. P.4 のスコア表を基に計算。

³⁵⁶ WHO. “States Parties Self-Assessment Annual Reporting”. <https://extranet.who.int/e-spar/>（参照 2024-9-4）

³⁵⁷ JEE と SPAR の評価項目は異なり内容は完全には一致しない。

	D1.3.	効果的な最新のポイント・オブ・ケア診断、検査に基づく診断	2
	D1.4.	検査品質システム	2
D2. リアルタイム・サーベイランス	D2.1.	指標／イベントベースのサーベイランスシステム	3
	D2.2.	相互運用可能で相互接続された電子リアルタイム報告システム	2
	D2.3.	サーベイランスデータの分析	3
	D2.4.	症候群サーベイランスシステム	3
D3. 報告	D3.1.	WHO、FAO、OIE（国際獣疫事務局）への効率的な報告のシステム	3
	D3.2.	国内の報告ネットワークと手順	2
D4. 要員育成	D4.1.	IHR コア能力要件を実施する人的資源	2
	D4.2.	応用疫学訓練プログラムの整備	4
	D4.3.	要員戦略	2
対応			
R1. 準備態勢	R1.1.	マルチハザードの国の公衆衛生上の緊急に対する準備態勢と対応計画が策定され、実施されている	2
	R1.2.	優先される公衆衛生上のリスクとリソースがマッピングされ活用されている	2
R2. 緊急時対応活動	R2.1.	緊急時対応を起動する能力	1
	R2.2.	緊急時対応センターの作業手順および計画	1
	R2.3.	緊急時対応プログラム	2
	R2.4.	IHR 対象の危険に対する症例管理手順が実施されている	2
R3. 公衆衛生当局と治安当局の連携	R3.1.	公衆衛生当局と治安当局の連携	2
R4. 対抗医薬品と要員展開	R4.1.	対抗医薬品・医療機器の送付と受け入れシステムの整備	1
	R4.2.	保健要員の派遣と受け入れシステムの整備	1
R5. リスクコミュニケーション	R5.1.	リスクコミュニケーション・システム（計画、メカニズム等）	2
	R5.2.	内部およびパートナー間のコミュニケーションと調整	3
	R5.3.	パブリック・コミュニケーション	3
	R5.4.	被災コミュニティとのコミュニケーションの取り決め	2
	R5.5.	精力的聞き取りと風評管理	2
IHR（国際保健規則）に関連するハザードと出入国管理、国境における保健対策			
PoEs：入域地点と国境衛生	PoE1.	入域地点において日常的能力が確立されている	3
	PoE2.	入域地点における効果的な公衆衛生対応	2
CE：化学的事象	CE1.	化学物質に関する事象または緊急事態を検知し、これに対応するためのメカニズムが確立され、機能している	2
	CE2.	化学物質に関する事象の管理を可能にする環境	2
RE：放射線緊急事態	RE1.	核・放射線源および原子力緊急事態を検知し、これに対応するためのメカニズムが確立され、機能している	2
	RE2.	放射線源緊急事態の管理を可能にする環境が整備されている	3

出典: WHO. Joint External Evaluation of IHR Core Capacities of the Republic of Ghana Mission report 6-10 February 2017. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/255578/WHO-WHE-CPI-2017.26-eng.pdf?sequence=1> (参照 2024-11-8)

(2) 病原体ゲノムサーベイランス

COVID-19 の流行時には、保健省主導の下、ドナー等からの支援を得て 6 つの研究所や

検査室でゲノム解析が頻繁に行われていたが、現在では GHS の管轄下で公衆衛生目的のために検体のゲノム解析を行っているのは、NPHRL と野口研のみである。今回の調査で確認できた、保健省の政策として実施されている感染症サーベイランスの中でゲノム解析対象になっている主な病原体は以下のとおりである。

表 2-42 GHS 下で公衆衛生上の重要性に基づいてゲノム解析対象となっている病原体

感染症	検査室	感染症	検査室
髄膜炎	NPHRL	エムポックス	NPHRL
黄熱	NPHRL	ポリオ	野口研
風疹	NPHRL	インフルエンザ	野口研
麻疹	NPHRL	VHF	野口研

注 1：上記に加え、野口研ウイルス学部門では SARS-CoV-2 のゲノムサーベイランスも行われており、おそらく GHS のサーベイランスの一環であると推察されるが、今回の調査では確認が得られなかったため記載していない。

注 2：これら以外にも、例えばマールブルグ病などが検知された場合に、必要に応じてゲノム解析が行われる。

注 3：髄膜炎と黄熱に関しては、NPHRL からの 2024 年 11 月 29 日に得た書面回答によると、NPHRL に能力はあるものの試薬がないために現在はゲノム解析は実施されていない。

出典：NPHRL に関しては 2024 年 6 月 3 日のインタビュー調査より。野口研に関しては、2024 年 5 月から 6 月にかけてのインタビュー調査（オンラインおよび野口研にて）より。

インタビュー調査等で得ることができた、ポリオ、インフルエンザ、ウイルス性出血熱（Viral hemorrhagic fevers: VHF）の検査手順等について下表に示す。

表 2-43 ポリオ、インフルエンザ、VHF の検査手順等

疾病	取り扱い手順等
ポリオ	● 下水検体と臨床検体をサーベイランス対象としている。 ● 下水サーベイランスは、検体の採取は GHS の郡事務所が行う。下水検体はウイルス濃縮を行い、ゲノム解析には ONT 社の Nanopore シーケンサーが使用される。ポリオ以外のエンテロウイルスなども検出する。 ● ヒトの臨床検体はポリオウイルスと非ポリオエンテロウイルスの培養と分離にかけられ、PCR の後、ゲノム解析が行われる。 ● 全ゲノム解析が必要な場合は検体が米国 CDC に送られる。
インフルエンザ	● 29 か所のセンチネルサイトから検体を収集し、陽性の一部を選択して PCR とウイルス分離によりウイルスを検出し、その後 ONT 社シーケンサーを使用して毎月 1 回程度シーケンス解析が行われる。 ● 検査結果は検体送付元の施設や DSD に報告される。また WHO のグローバルインフルエンザサーベイランス対応システム(Global Influenza Surveillance and Response System: GISRS)と米国 CDC にも共有され、後者で詳細な分析が行われることもある。 ● 毎週、WHO/AFRO や FluNet³⁵⁸にも報告。疫学データは州・郡保健事務所に通知され、動物との接触歴がある場合、獣医サービス局（VSD）に通知される。
VHF	● VHF は陽性ケースであっても常にシーケンスが行われるのではなく、症例の発生やウイルス検出頻度によって、週ごとあるいや 2 か月に 1 回のペースでシーケンスにかけられる。ただしアウトブレイク発生時には迅速にシーケンスが行われる。

	● シーケンスにかける前のライブラリーを準備する段階で、プライマーパネルを使用して複数の病原体をスクリーニングすることもある。

出典：別途記載がない場合は、2024 年 5 月 10 の野口研へのインタビュー調査（オンライン）より。

現在ゲノム解析を実施している機関のうち NPHRL のみが保健省管轄下にある。それ以外の研究所や大学は教育省、食糧農業省、環境科学省の下にあり、ドナーや他国の研究機関などから支援を得て主に研究目的のためにゲノム解析を実施している。病原体ゲノムサーベイランス戦略の中で、国内で広範で多様なゲノム解析プラットフォームを有している機関および、ゲノム解析を行うことができる³⁵⁹施設と機材を有する機関として挙げられている研究所や検査室は以下の通りである。

表 2-44 ガーナでゲノム解析プラットフォームを有している機関

日本語訳	略称	英語名称	管轄省庁
広範で多様なゲノム解析プラットフォームを有する機関			
1. 国立公衆衛生レファレンス検査室	NPHRL	National Public Health and Reference Laboratory	保健省
2. 野口記念医学研究所	NMIMR	Noguchi Memorial Institute for Medical Research	教育省
3. 西アフリカ感染病原体細胞生物学センター	WACCBIP	West African Centre for Cell Biology of Infectious Pathogens	教育省
4. クマシ熱帯医学共同研究センター	KCCR	Kumasi Centre for Collaborative Research in Tropical Medicine	教育省
5. 健康科学大学	UHAS	University of Health Allied Sciences	教育省
6. クワメ・エンクルマ科学技術大学ゲノム・感染症研究所	GIDL-KNUST	Genomic and Infectious Disease Laboratory of the Kwame Nkrumah University of Science and Technology	教育省
ゲノム解析の施設と機材を有する機関			
1. 獣医サービス局	VSD	Veterinary Service Directorate	食糧農業省
2. 科学産業研究評議会	CSIR	The Council for Scientific and Industrial Research	環境科学省

出典：ガーナ病原体ゲノムサーベイランス戦略 P. 9 を基に、調査団が管轄省庁を追加した。

各検査室や研究所は所属や規模は異なっても協力関係にあり、例えば GHS からの依頼に基づいて科学産業研究評議会（The Council for Scientific and Industrial Research: CSIR）の水研究所（Water Research Institute）が特定の細菌の検査を行うこともある³⁶⁰。

国家の公衆衛生政策の一環としてゲノムサーベイランスを実施するためにも、全体的な底上げが必要とされており、病原体ゲノムサーベイランス戦略では、取り組むべき分野課題が以下のように取りまとめられている。（本項末の別添 G-1 参照）。その中の例えば、検体輸送システムの弱さ、人材育成の必要性、パートナー間の連携や調整メカニズム不足などは

³⁵⁹ 「6 つの機関ほど多様な機材はなく、限られた機材と施設ではあるが、シーケンスを実施することは可能」という意味と思われる。

³⁶⁰ 2024 年 11 月 28 日 CSIR 水研究所へのインタビュー調査より（CSIR 水研究所にて）

WHO の指摘とも一致する。

表 2-45 ガーナのゲノムサーベイランスの課題の整理

病原体ゲノムサーベイランス戦略での記載	WHO による指摘 ³⁶¹
1) 検査・検査室サービス 2) 試薬および消耗品 3) 検体の輸送と保管 4) 人的資源 ³⁶² 5) 検査室ネットワーク 6) 研究開発 7) インフラ（インターネット、機器・付属品） 8) 高品質でタイムリーなデータ共有 9) バイオセーフティとバイオセキュリティ 10) AMR 11) 疾病サーベイランスシステム 12) コスト削減と持続可能な資金調達メカニズム 13) ゲノムサーベイランスとワンヘルス 14) ガバナンスとリーダーシップ 15) ゲノムサーベイランスのための調整メカニズム 16) データ保護 17) モニタリング評価	1) ゲノムサーベイランスのパートナー間の連携が弱い 2) 検体輸送システムが弱い 3) ゲノムサーベイランスのレファラルシステムおよび検体輸送システムに分子生物学研究所が限定的にしか含まれていない 4) シーケンス用試薬の一元調達システムがない 5) シーケンス機器の認定保守技術者およびシーケンス機器のサービス契約がない 6) 検査室およびサーベイランス用の統合された調和のとれた医療情報システムがない 7) ゲノムサーベイランスに関わる人材の継続的なトレーニングが必要

出典: 病原体ゲノムサーベイランス戦略 P.19-25 を基に作成

(3) 下水サーベイランス

公衆衛生の観点から GHS が実施している下水サーベイランスの対象病原体はポリオのみである。GHS の管理下で郡が定期的に採水し、検体は野口研に輸送されて検査が行われる³⁶³³⁶⁴。試薬などの必要物品は WHO から提供され、野口研は技術面で英国国立生物学標準管理研究所（National Institute for Biological Standards and Control: NIBSC）の支援を受けている³⁶⁵。2020 年 11 月から 2021 年 5 月にかけて、ゲイツ財団の支援を受けて COVID-19 の下水サーベイランスのパイロットが実施された際には、すでに確立されていたこのポリオサーベイランスの仕組みが活用された³⁶⁶。

³⁶¹ 2024 年 5 月 23 日 WHO への質問票への回答

³⁶² 病原体ゲノムサーベイランス戦略（P.21）では、シーケンスを実施できる人材として、野口研（18 名）、WACCBIP（15 名）、KCCR（8 名）、UHAS（1 名）、GIDL-KNUST（3 名）と記載されている。

³⁶³ ポリオのアフリカ地域レファレンス検査室は、ガーナ（野口研）、南アフリカ、中央アフリカの 3 か所。シーケンスを実施しているのはガーナと南アフリカのみ。（2024 年 10 月 9 日 WHO からのメール回答）

³⁶⁴ 研究目的で下水を利用したゲノムサーベイランスは KCCR など実施している。

³⁶⁵ 2024 年 9 月 24 日野口研 Virology Department Dr. Odooom へのインタビュー調査より（野口研にて）

³⁶⁶ 2024 年 5 月 9 日 WHO へのインタビュー調査より（WHO 事務所にて）

Ghana Polio Environmental Survey, Sample Collection sites, Country wide

(1) Northern Region

- 📍 Koblimagu, Tamale Metro
- 📍 Nyanshegu, Sagnarigu

(2) Bono East Region

- 📍 Sisala line, Techiman

(3) Bono Region

- 📍 Sunyani zongo, Sunyani

(4) Ashanti Region

- 📍 Asokore Mampong zongo, Asokore
- 📍 Ahinsan, Asokwa

(5) Eastern Region

- 📍 Koforidua, New Juaben
- 📍 Akosombo, Asuogyaman

(6) Greater Accra Region

- 📍 University of Ghana, Ayawaso west
- 📍 Nima Freetown, Ayawaso east
- 📍 Agbobbloshie, Ashiedu keteke/Accra Metro
- 📍 Shiabu, Ablekuma west

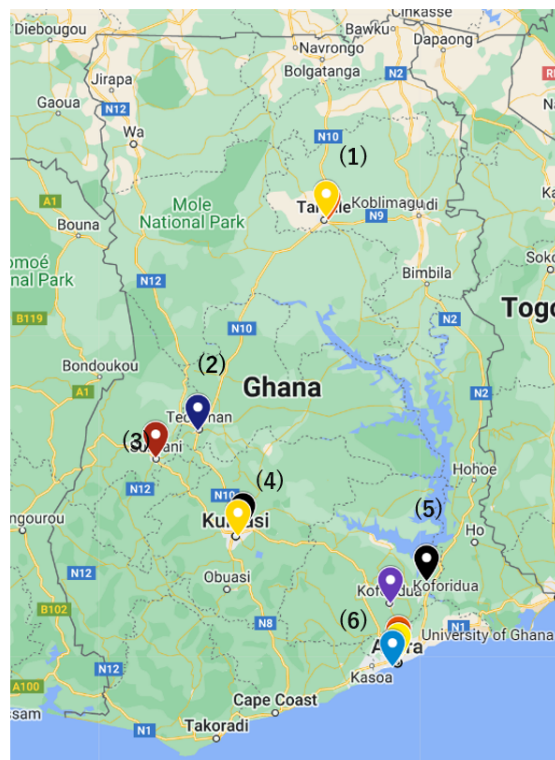


図 2-42 ガーナ国内ポリオ環境サーベイランス 検体採取サイト

出典：野口研から入手した環境サーベイランススケジュールに基づき、調査団作成

Ghana Polio Environmental Survey, Greater Accra Region

- 📍 University of Ghana, Ayawaso west
- 📍 Nima Freetown, Ayawaso east
- 📍 Agbobbloshie, Ashiedu keteke /Accra Metro
- 📍 Shiabu, Ablekuma west

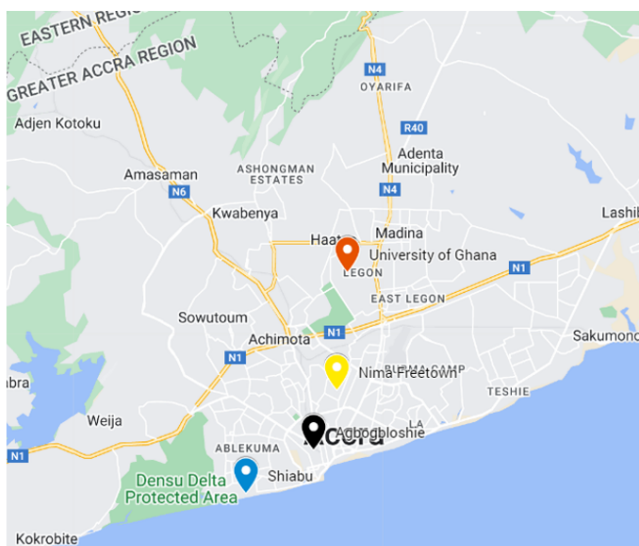


図 2-43 グレーター・アクラ州ポリオ環境サーベイランス 検体採取サイト

出典：野口研から入手した環境サーベイランススケジュールに基づき、調査団作成

(4) ワンヘルス

ワンヘルス分野では、食糧農業省の傘下の獣医サービス局（Veterinary Service Directorate: VSD）がアニマルヘルスを中心にワンヘルス・アプローチの推進力となっている。

現在ワンヘルスの調整役を担っているのは内務省だが、内務省の本来の役割は緊急事態が生じた際の対応つまり一時的・都度的なものである。そのため VSD は日常ベースでワンヘルス・アプローチを推進するためには別の機関が調整役として任命されるべき、という見解であった³⁶⁷。

ワンヘルス分野のサーベイランスは、受動的サーベイランスと能動的サーベイランスが実施されている。受動的サーベイランスは日々の監視で、検体は畜産農家などのコミュニティから届けられる。家畜や動物における感染症が疑われる事態が発生したには、コミュニティの獣医師に報告され、必要に応じて検体が郡で検査され、適宜州や中央に上がってくる。動物や動物由来製品（ハムなど）を検査し、病原体が発見されたら保健省をはじめとする関係機関に通知される。受動的サーベイランスの対象は、鳥インフルエンザ、人獣共通感染症であるウシ結核³⁶⁸、ブルセラ病³⁶⁹、狂犬病などである³⁷⁰。

能動的サーベイランスは、VSD が自らコミュニティ等に赴いて状況確認や検体収集、検査を行うものである。現在能動的サーベイランスを行っている優先感染症は炭疽、動物由来結核、トリパノソーマ症である。FAO によると近いうちに鳥インフルエンザも能動態サーベイランスに加えることが検討されている。また優先感染症以外でも、WHO や国際獣疫事務局（World Organisation for Animal Health: WOAH）などからアラートを受け取った場合や、周辺国で特定の感染症が流行している場合³⁷¹、国内で対応を要する感染症が発見された場合³⁷²などに、中央から郡やコミュニティに人員を送り調査が行われる³⁷³。

アニマルヘルスのサーベイランスで、ガーナで使用されている電子システムは以下の通

³⁶⁷ 2024 年 9 月 19 日の VSD へのインタビュー調査（VSD にて）

³⁶⁸ 主に *Mycobacterium bovis*（牛型結核菌）という細菌によって起こる慢性呼吸器感染症で、日本では家畜伝染病（法定伝染病）に指定されている。*M. bovis* はウシやブタなどの家畜、イヌやネコなどの伴侶動物のほか、ヒトにも感染するため、人獣共通感染症として重要な病原体とされている。感染すると、発咳、食欲不振、消瘦など栄養不良症状を示し、重症例では鼻汁や唾液、糞便中に菌を排泄し、環境を汚染することで集団感染が容易に起こる。（福島県、「牛の伝染病について」。

<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/36800a/shippei-ushi.html>（参照 2024-11-8）

³⁶⁹ 家畜ブルセラ菌は少数の菌でも非常に感染しやすく、感染動物の加熱殺菌が不十分な乳・乳製品や肉の喫食による経口感染が最も一般的である。家畜が流産した時の汚物・流産胎仔への直接接触、汚染エアロゾルの吸入によっても感染する。（国立感染症研究所、「ブルセラ症とは」。

<https://www.niid.go.jp/niid/ja/kansennohanashi/513-brucella.html>（参照 2024-11-8）

³⁷⁰ 2024 年 9 月 19 日の VSD へのインタビュー調査（VSD にて）

³⁷¹ 直近の例ではエムボックス。

³⁷² 例えば 2022 年にアシャンティ州でマールブルグ病が確認されたケース。

³⁷³ 2024 年 9 月 19 日の VSD へのインタビュー調査（VSD にて）

りである。

表 2-46 アニマルヘルスのサーベイランスに使用されている電子システム

システム名	概要
SORMAS	ほぼ COVID-19 についての情報のみで、それ以外の疾患についてはほとんど使われていない。
EMPRES (Emergency Prevention System)	巨大なデータベース。公開情報と機密情報がある。政府、FAO、WOAH 事務局がアクセスできる。SORMAS を使って現場でアンドロイドスマートフォンかタブレットで情報と写真が入力されると、EMPRES に送られ遠隔の関係者が直ちにすることができる。
Event Mobile Application	スマートフォンやタブレットで、症例のデータや写真が現場で入力されると、EMPRES に送信されリアルタイムで情報が共有されるという仕組み。民間の獣医にも使われるようになっている。
SILAB ³⁷⁴	Laboratory Information Management System の一つで、イタリアで開発されたオープンアプリ。2020 年から運用開始。全ての検査室で、検体の情報を入力・管理するのに使われている。例えば過去 1 週間の結核のケースの数を見ることができる。

出典：2024 年 9 月 20 日 FAO へのインタビュー調査を基に作成

現在これらのシステムは独自で動いているため、システム同士が相互参照できるようにしていきたいと VSD は考えている。また各検査室の研究者は検査室内のみで活動しているため、他の検査室の研究者や関係者と話し合う機会が限られており、意見交換や交流の場を設けることが必要とされている。

米国 CDC は各国でワンヘルスのワークショップを主催し、取り組むべき課題や優先病原体などについてとりまとめている。ガーナでは 2018 年に開催され、ワークショップの中でスコア付けされた優先疾病の順位は以下の通りである。

表 2-47 ワンヘルス分野の優先疾病順位

順位	疾病	順位	疾病
1	炭疽	6	エボラウイルス病
1	狂犬病	6	ラッサ熱
1	トリパノソーマ症	8	黄熱
4	人獣共通感染症の鳥インフルエンザ	9	デング熱
5	人獣共通感染症の結核		

出典：米国 CDC. One Health Zoonotic Disease Prioritization for Multisectoral Engagement in Ghana, Appendix C, P.17. <https://www.cdc.gov/one-health/media/pdfs/ghana-508.pdf> (参照 2024-11-20) を基に作成

ワンヘルス分野の主な課題については、ワンヘルス政策の中で以下のように挙げられている。

- ワンヘルスに関するガイドラインや計画が調整されておらず、各機関の職務が重複し

³⁷⁴ イタリア語で un sistema informativo di supporto all'attività diagnostica di laboratorio、英語訳は Laboratory Information Managements Systems となる。IZS. "Progetto SILABFA" <https://www.izs.it/IZS/Engine/RAServePG.php/P/1304810010521/L/0> (参照 2024-11-08)

ている。

- 統一されたワンヘルス政策や標準業務手順書（Standard Operational Procedure: SOP）がなく、調査や報告が適切に伝達されていないため、ワンヘルスの重要性が十分に認識されていない。
- 疫学、研究所、公衆衛生、獣医サービスの連携が弱く、情報共有が不十分である。
- ワンヘルス・アプローチを取り入れた研究は資金不足で進んでおらず、研究の方向性はドナーの優先順位に依存している。
- 獣医が不足しており、特に郡レベルでは深刻な状況である。
- 農薬の誤用や食肉処理施設の衛生状態の悪さ、部門間の連携不足も問題である。
- 違法採掘や不適切な農法、廃棄物の無差別投棄が環境に影響を与えており、電子機器廃棄物の健康リスクも懸念される。
- ガーナの陸路国境では、疾病管理が適切に行われていない施設が多く、サーベイランス体制が脆弱である。

2.4.3.3 病原体ゲノム関連機関

(1) 研究所等

1) 野口記念医学研究所（Noguchi Memorial Institute for Medical Research）

野口研はガーナ大学に属する研究所である。ガーナ大学内には WACCBIP もあり、WACCBIP はガーナ大学の学生を受け入れるなど大学学部と近い関係にある一方で、野口研は研究所としてより独立しているといえる。

野口研は西アフリカでも有数のレファレンス検査室でもある。JICA の無償資金協力で建設された先端感染症研究センター（Advanced Research Laboratories）の中にゲノムコアセンター（Genomic Core Facility）と呼ばれる検査室を有し、イルミナ社や ONT 社の NGS を複数台、またハミルトン社（Hamilton）の自動ライブラリー調製機も備えている。先端感染症研究センターには BSL-3 もあり、施設、機材、人材の面でガーナでは最も充実している研究所であるといえる。

ゲノムコアセンターは野口研内の全部門によって共有されており、全ての研究者が利用可能である。また 25 台ほどのモニターが設置された部屋があり、バイオインフォマティクス解析やシステム管理を集中的に行うことができる³⁷⁵。

野口研ではこうした設備を活用し、ガーナ内外からの参加者を招き、検査室技術やバイオインフォマティクスなどの研修が実施されている。アフリカ病原体ゲノミクスイニシアチブ（Africa Pathogen Genomics Initiative: Africa PGI）のプログラムにも当該施設が利用されている。最近では、2024 年 6 月に、2 週間の薬剤耐性菌のゲノム解析とバイオインフォ

³⁷⁵ この部屋に正式名称はないようであった。過去に実施されたバイオインフォマティクスの研修はこの部屋で実施された模様。

マティクスのワークショップ（Workshop on Genomics and Bioinformatics of Antimicrobial Resistant Pathogens）が、カメルーン、チャド、コンゴ民、エチオピア、マラウイ、モロッコ、モザンビーク、ナイジェリア、ウガンダ、ザンビア、ジンバブエから合計 17 名の研修員を招いて開催された³⁷⁶。2022 年から 2023 年にも、PGI の一環で、HIV 薬剤耐性プロファイル、SARS-CoV-2、HIV 感染者における細菌感染症プログラムの一部で、トーゴとエジプトの検査室人材 15 名を対象として、SARS-CoV-2 のシーケンスとバイオインフォマティクスの研修が実施されている³⁷⁷。こうした PGI のプログラムなどを含め、2001 年から 2023 年までに、33 国のアフリカ諸国の約 110 人が野口研で研修を受け、シーケンス解析の技術提供が行われた。周辺国からの要請に基づいて研修が行われることもある。研修内容としては、SARS-CoV-2 などのウイルスや薬剤耐性菌などの様々な微生物を対象としたもの、ウェットラボ、ドライラボなどのメニューが用意されている³⁷⁸。

野口研はガーナのポリオ、インフルエンザ、VHF のレファレンス検査室になっており、ルーティーンでポリオ、インフルエンザ、COVID-19 の陽性ケースのゲノム解析を行っている。過去に野口研のスタッフがジンバブエに赴き、ポリオウイルスサーベイランスのセンチネルサイトの設置を支援したことからも、野口研への認知度の高さが窺える。

上記の病原体以外にも、必要に応じて GHS や周辺国から送られてきた検体をシーケンスにかけて結果を報告・返送している。近年では例えばエムボックスやマールブルグ病などに対応している。また研究所内で多数の研究プロジェクトが展開されており、サルモネラ属菌、大腸菌、カンピロバクター属菌、AMR、マラリアなどのゲノム解析が、研究の一環として行われている。

シーケンス解析はほぼ毎週行われ、自動ライブラリー調製機は週に 2-3 回使用されている。

人材については、野口研全体のスタッフは約 700 名で、そのうちのナショナルサービス³⁷⁹が 100～150 名という構成である。研究チームは主任研究者³⁸⁰1 名と、補佐する研究者

³⁷⁶ Africa CDC. “Scaling-up Antimicrobial Resistance Genomic Surveillance in Africa “. <https://africacdc.org/news-item/scaling-up-antimicrobial-resistance-genomic-surveillance-in-africa/> (参照 2024-9-4)

³⁷⁷ 野口研. “African Pathogen Genomics Initiative (Noguchi Africa CDC/WHO Regional Sequencing Hub): HIV drug resistance profile, SARS-CoV-2 and Bacterial Infections in Persons Living with HIV”. <https://noguchi.ug.edu.gh/research-activities/african-pathogen-genomics-initiative-noguchi-africa-cdc-who-regional-sequencing-hub-hiv-drug-resistance-profile-sars-cov-2-and-bacterial-infections-in-persons-living-with-hiv/> (参照 2024-08-31)

³⁷⁸ 2024 年 5 月 21 日野口研へのインタビュー調査より（野口研にて）

³⁷⁹ National Service. ガーナの国家制度で、学校卒業後の 1 年間、主に省庁や学校などの政府系の機関に配置される。インターンのような形で勤務し、交通費程度が支給される。野口研でこのナショナルサービスを終えた者は、研修を経てそのまま採用されることが多い。採用前には厳しい面接が行われる。（2024 年 5 月 21 日野口研へのインタビュー調査より（野口研にて）

³⁸⁰ Principal Investigator

³⁸¹5～9 名で構成される。主任研究者は、研究プロジェクトに申請できる実績と能力を有し、9 つの研究部 (Department) ³⁸²にそれぞれ 7～8 名程度配置されている ³⁸³(別添 G-2)。

ドナーおよびパートナーは別添 G-3 の通りである。

2) クマシ熱帯医学共同研究センター (Kumasi Centre for Collaborative Research in Tropical Medicine) ³⁸⁴

KCCR は、第 2 の都市であるアシャンティ州のクマシにあり、ドイツ政府とガーナ政府の国家協定に基づいて設立された。現在は主にドイツ国際協力公社 (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit: GIZ) から支援を受けている。クワメ・エンクルマ科学技術大学の一部を成す研究所であり、後述するクワメ・エンクルマ科学技術大学ゲノム・感染症研究所 (Genomic and Infectious Disease Laboratory of the Kwame Nkrumah University of Science and Technology: GIDL-KNUST) と近い関係にあり、両方に属している研究者が多い。

KCCR は現在、研究の一環としてマラリア原虫と結核菌のゲノム解析を行っている。COVID-19 のアウトブレイク時には保健省の動員の下で SARS-CoV-2 のゲノム解析も実施していたが現在は行われていない。ゲノム解析の対象病原体はプロジェクトに資金を提供するドナーのニーズによって決められている。長期にわたるプロジェクト以外にも、例えば WHO から依頼で特定の病原体を能動的に集めてシーケンスが行われることもある。この場合は WHO から輸送にかかる費用や試薬などが提供されている。

検体は、基本的にはプロジェクトサイトであるアシャンティ州で、病院や住民、あるいは動物からの検体が集められている。過去には水の検体も扱ったことがあり、一部の検査は KCCR で、別の検査はドイツに送る、という形がとられた。

結核は GHS の結核コントロールプログラム (National TB Control Program: NTP) との協力体制がとられている。検体の輸送には民間輸送会社 GPRTU (Ghana Private Road Transport Union) が利用されている。国外への輸送はなく、検査、シーケンス、分析など全ての作業が KCCR 内で行われている。

シーケンス頻度はプロジェクトの段階によって異なり、全く使わない時期と、継続して稼働している時期がある。結核は平均すると 1～2 か月に 1 回のペースで、2024 年に入ってから約 150 の検体シーケンスが行われた。

³⁸¹ Researcher

³⁸² 9 つの研究部は、Animal Experimentation, Bacteriology, Clinical Pathology, Parasitology, Epidemiology, Nutrition, Virology, Immunology, Electron Microscopy and Histopathology (野口研. “Research Departments”. <https://noguchi.ug.edu.gh/research-departments/> (参照 2024-11-5))

³⁸³ 2024 年 2 月 21 日 JICA 専門家へのインタビュー調査より

³⁸⁴ 2024 年 9 月 26 日 KCCR へのインタビュー調査より (オンライン)

KCCR は過去にバクテリアと AMR を対象として下水からの検体を検査する研究を行った経験を有する。ただしシーケンス解析は KCCR 内では実施せず、屠殺（とさつ）場、川、家屋などから集められた検体を、KCCR で一部の前処理を実施した後ドイツの連邦アニマルヘルス研究所（Federal Research Institute for Animal Health）である FLI（Friedrich-Loeffler-Institut）に送り、そこで NGS によるシーケンス解析が行われた。

KCCR の主な人材は、バイオインフォマティシャンが 8 名、研究員が 79 名、その他検査室技術者などを合わせて合計約 220 名である。ドナーおよびパートナーは別添 G-3 の通りである。

(2) 大学等

1) 西アフリカ感染病原体細胞生物学センター（West African Centre for Cell Biology of Infectious Pathogens）

WACCBIP はガーナ大学内にある研究センターで、世界銀行の ACE プロジェクト（Africa higher Education Centers of Excellence for Development Impact Project）（別添 8）の一環で 22 の African Centres for Excellence の 1 つとして 2013 年に設置された³⁸⁵ ³⁸⁶。トレーニングと研究目的で運用されており、バイオインフォマティクス修士課程を設立する計画がある³⁸⁷。野口研に次ぐ規模の機材や人材を有している。

WACCBIP が現在研究の一環でゲノム解析を行っているのはマラリアである。英国の国立健康研究所（National Institute for Health and Care Research: NIHR）³⁸⁸から支援を受けたりサーチプログラムの第 2 フェーズ中で、NIHR、WACCBIP およびガンビアのロンドン大学衛生熱帯医学大学院医学研究評議会（London School of Hygiene & Tropical Medicine Medical Research Council (MRC) Unit）の 3 機関からそれぞれ 1 名の研究者、合計 3 名でチームが組まれている。ガーナはブルキナファソ、トーゴ、コートジボワール、ベナン、ナイジェリアのパートナーからマラリア検体を受け取り、シーケンス解析を含めた解析を行う。同じくガンビアが、シエラレオネ、セネガル、ギニア、ナイジェリアを対象範囲とし、ベクターである蚊の分析も行っている。こうして集められたマラリアのデータを合わせると西アフリカ全体を網羅することになる。周辺国からは年に 2～3 回、異なる季節の検体を送られている。ガーナ国内からは直接患者から検体が入手されている。

³⁸⁵ Association of African Universities. “WACCBIP”. <https://ace.aau.org/tag/waccbip/>（参照 2024-11-13）

³⁸⁶ WACCBIP. “Overview”.

https://www.waccbip.org/testweb/index.php?option=com_sppagebuilder&view=page&id=151&Itemid=509（参照 2024-11-13）

³⁸⁷ ガーナ国家病原体ゲノムサーベイランス戦略

³⁸⁸ NIHR の AMR についての研究ネットワークについては、別添 9 を参照

本研究は英国ウェルカム・サンガー研究所 (Wellcome Sanger Institute) ³⁸⁹との共同研究であり、マラリアの検体を核酸またはろ紙乾燥血液塗抹標本 ³⁹⁰の形で送り、同研究所でもゲノム解析が行われる。また、同研究所には自動ライブラリー調製機があり、WACCBIP で手作業で行うよりも精度が高い。そのためマラリア原虫そのものが輸送されることもある。

WACCBIP ではシーケンサーは週に 1~2 回稼働しており、WGS は 2024 年 1 月から 9 月までにすでに約 12 回実施され、10 月から 12 月までにあと 12 回行われる予定とのことであった。

WACCBIP の人材は、バイオインフォマティシャン 4 名、検査室技師・技術者 5 名などの合計約 30 名である。また、ドナーおよびパートナーは別添 G-3 の通りである。

2) クワメ・エンクルマ科学技術大学ゲノム・感染症研究所 (Genomic and Infectious Disease Laboratory of the Kwame Nkrumah University of Science and Technology)

GIDL-KNUST は、クワメ・エンクルマ科学技術大学 (Kwame Nkrumah University of Science and Technology : KNUST) の中の研究所である。KCCR と近い関係にあり、一部のスタッフは KCCR のスタッフを兼ねており、KNUST に属しながら KCCR で研究することも可能な体制となっている。高度なシーケンスと分子生物学に重点的に取り組み、BSL-2 を有している。

GIDL-KNUST の基本の活動は研究ではあるが、GHS の PHD とも協力関係にある。現在、ガーナの公衆衛生の優先課題である麻疹、黄熱、エムボックスについて、GHS および PHRL と協力して定期的な下水サーベイランスを実施するために、提案書が作成されている。

現行の研究の中でゲノム解析の対象としている病原体は、腸チフス菌を含むサルモネラ属菌、コレラ菌、ポリオウイルスおよび E 型肝炎ウイルスである。サルモネラ属の細菌に関しては WGS が行われる。COVID-19 流行時には、米国 CDC から支援を受けゲノム解析を実施していたが、現在は行われていない。当時は、アシャンティ州の PHRL や民間施設と協働し、タマレをはじめとする北部州の PHRL や民間施設から、検体が GIDL-KNUST

³⁸⁹ ウェルカム慈善財団 (Wellcome charitable foundation) の一部を成す研究機関。ヒト、進化、病原体の生物学に関するゲノム研究を実施している。「ゲノム技術が大規模に適用・探究し、生物学の理解を深め、健康を改善する」というビジョンを掲げ、最先端のデータ生成と分析を行うこと、ゲノム研究の科学者および専門家に対して世界トップクラスのトレーニングを提供すること、世界規模で関係者を招集し本分野に関与すること、などを具体的な活動としている。(Wellcome Sanger Institute. “Our vision”. <https://www.sanger.ac.uk/about/our-vision/> (参照 2024-11-14))

³⁹⁰ filter paper dried blood blots samples. 採血した血液をろ紙にしみこませ、室温で乾燥させたもの。(遺伝性疾患プラス. “乾燥ろ紙血から先天性疾患関連の原因タンパク質を検出するシステムを開発”. <https://genetics.qlife.jp/news/20200722-j063> (参照 2024-11-13)) ナショナルコンサルタントによると、DBS (Dried Blood Spot) と同義とのこと。

に送られていた。

サルモネラ属菌、コレラ菌、ポリオウイルス、E 型肝炎ウイルスに関しては、下水およびヒトから得た検体が研究対象となっている。GHS の疾病サーベイランスユニットがポリオサーベイランスの一環で行っている 12 か所からの下水検体が、GIDL-KNUST に届けられ、アンプリコンシーケンスにかけられる。これは、2022 年から現在まで続いている。ヒト検体は、アシャンティ州のアサンテ・アキム・ノース郡アゴゴの地域の人々から血液が採取され、培養してサルモネラ属菌の検査が行われる。これらは WGS にかけられる。これらの研究は GIDL-KNUST 内で完結している。

下水検体のアンプリコンシーケンスはおよそ毎週行われ、2024 年 1 月から 9 月までに 300 検体ほどが扱われた。ヒトの検体は同期間内で 5 回、1 回当たり 12 検体、合計約 60 検体が WGS にかけられたとのことであった。

GIDL-KNUST の人材は、バイオインフォマティクシオン 1 名、検査室技術者 3 名など合計約 15 名である。また、ドナーおよびパートナーは別添 G-3 の通りである。

3) 健康科学大学 (University of Health and Allied Sciences)

UHAS は 2011 年に設立され、ボルタ州のホーとホホエにキャンパスを有する。ガーナで医療従事者の育成に特化する大学の 1 つである。保健科学部、基礎・生物医学科学部、医学部、看護・助産学部、薬学部などがあり、健康研究所 (Institute of Health Research) と伝統・代替医療研究所 (Institute of Traditional and Alternative Medicine) という 2 つの研究所を有している。

病原体ゲノムサーベイランス戦略によると、他の検査室と同様に、COVID-19 流行時には検査やゲノム解析などが行われていた³⁹¹。

(3) その他

1) 獣医サービス局 (Veterinary Service Directorate)

VSD は食糧農業省管轄下の政策実施機関である。公共および民間部門の獣医が質の高い獣医療サービスを提供することで、家畜、家禽、伴侶動物の生産を向上させ、安定したアニマルヘルスを確保することをミッションとしている。人獣共通感染症に関して食糧農業省と保健省の連絡役となり、緊急事態への対応計画の策定と国際機関への報告も任務の一部となっている。全国 9 州に獣医事務所 (Veterinary Service Office) を有している³⁹²。ただ

³⁹¹ UHAS ウェブサイト. <https://uhas.edu.gh/uhas/index.php/about/> (参照 2024-11-30) 担当研究者が国外に出ている等の理由でインタビュー調査が実施できず質問票への回答も得られなかった。

³⁹² Ministry of Food & Agriculture, Republic of Ghana. "Veterinary Service". <https://mofa.gov.gh/site/directorates/technical-directorates/veterinary-services> (参照 2024-11-1)

し FAO によると、適切に稼働していることが確認されているのは、アクラの VSD のほか、ノーザン州タマレにあるポン・タマレ中央獣医検査室（Pong Tamale Central Veterinary Laboratory）と、ウェスタン州タコラディにあるタコラディ獣医サービス局（Takoradi Veterinary Services Department）の 3 か所のみである³⁹³。

VSD は BSL-2 と BSL-3 を 1 つずつ有しているが、稼働させるためのコストが高くそのための資金もないため、現在 BSL-2 は停止されている。ゲノムシーケンスを行う対象は、インフルエンザウイルスとニューカッスル病ウイルス³⁹⁴の 2 つの病原体である。

検査室ではワクチン製造も行っており、現在は炭疽、ニューカッスル病、気腫疽³⁹⁵、肺炎球菌などの動物用ワクチンを生産している。

シーケンス解析は ONT 社の MinION を用いて 2024 年から実施できるようになった。状態の良い検体のみを選び、2024 年 9 月時点までに約 3 回、合計約 30 検体のゲノム解析が行われている。シーケンス解析のための試薬や研修などは、カナダと英国から支援を得ている。

VSD の主な人材は、検査室技術者 8 名などの合計約 10 名で、バイオインフォマティシャンはいない。ドナーおよびパートナーは別添 G-3 の通りである。

2) 科学産業研究評議会（The Council for Scientific and Industrial Research）

CSIR は環境科学省管轄下にある科学技術機関で、ガーナの科学研究および開発に関する政府政策の実施促進を行うことが任務とされている。全国に 13 の研究所³⁹⁶があり、CSIR の研究プログラムとして、産業、農業、農産物加工、漁業、林業、水資源、居住環境インフラ、環境、健康、自然科学、社会科学の分野がある。主な役割は、CSIR の全研究所および

³⁹³ 2024 年 9 月 20 日 FAO へのインタビュー調査より（FAO 事務所にて）

³⁹⁴ 病原性ニューカッスル病ウイルスによって起こる鳥の病気。ほとんどの種類の鳥が感染するが、一般にニワトリを含むキジ科の鳥が感染しやすく、症状も重い。病気の程度はさまざまだが、鶏では主に胃腸炎や脳炎、肺炎が多くみられ、ニワトリ以外の小鳥や野鳥では感染しても症状を示さないことが多い。ごくまれに人に感染し、結膜炎を起こすことがある。ワクチンで予防可能。（農業・食品産業技術総合研究機構 動物衛生研究所. “家畜疾病病図鑑 Web”.

https://www.naro.affrc.go.jp/org/niah/disease_dictionary/houtei/k26.html（参照 2024-11-13）

³⁹⁵ 気腫疽は致死率が非常に高く、6 ヶ月齢から 3 歳の若い牛が罹りやすい。突然の高熱、元気消失、食欲廃絶、反芻停止、跛行などの運動機能障害を呈し、肩部や臀部などの多肉部および四肢に腫脹が認められる。ラム陽性偏性嫌気性の有芽胞菌である気腫疽菌（*Clostridium chauvoei*）の芽胞が創傷部または消化管損傷部から体内に侵入することにより発症する。日本ではワクチン接種の普及に伴い発生数は減少しており、近年の届出件数は年間数件のみ。（農研機構ウェブサイト. 家畜の監視伝染病.

https://www.naro.affrc.go.jp/org/niah/disease_fact/t15.html,（参照 2024-11-25）

³⁹⁶ 食糧・農業分野では 1. 動物研究所、2. 作物研究所、3. 食品研究所、4. 林業研究所、5. アブラヤシ研究所、6. 植物遺伝資源研究所、7. サバンナ農業研究所、8. 土壌研究所、製造・工学分野では、9. 建築・道路研究所、10. 工業研究所、11. 水研究所、産業・情報技術分野では、12. 科学技術情報研究所、13. 科学技術政策研究所（CSIR. “About us”. <https://www.csir.org.gh/about/about-us#>（参照 2024-11-12））

全国の科学技術機関における研究開発を調整し、国家の利益のために、農業、健康、医療、環境、産業、その他の分野の発展に役立つ研究を奨励することなどである³⁹⁷。

13 の CSIR のうち、シーケンサーを有していることが確認されたのは CSIR 水研究所 (Water Research Institute: CSIR-WRI) であった。CSIR-WRI は、AMR、顧みられない熱帯病 (Neglected Tropical Diseases: NTD)、魚類 (ティラピア、エビ、カキ等)、NCDs (糖尿病等)、COVID-19 の 5 つのチームがある。主な研究対象は、オンコセルカ症、土壌媒介寄生虫、マンソン住血吸虫、ティラピアの遺伝多様性などである。

研究のためのゲノム解析も行われているが、CSIR-WRI 内では行われず、ほぼ全てを外注しているとのことであった。数年前に入手した MinION も、現在までに 1 度しか使用されていない。外注先は例えばノルウェー水研究所 (Norwegian Institute for Water Research)、スイス連邦水化学技術研究所 (The Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology)、南アフリカのインカバ (Inqaba) 社などで、基本的に有料である。

スタッフは全員で 262 名、その内技術系の人材は研究者が約 50 名 (4 名がバイオインフォマティクスを実践している)、研究者を補助する技術者³⁹⁸が 123 名いる。

2.4.3.4 サーベイランスのプロセス

(1) 検体採取と輸送

1) 検体採取と輸送

2024 年 8 月に検査室関連の複数のガイドライン等が発効した³⁹⁹。ガーナ国立公衆衛生研究所ネットワークの任務および戦略計画 2023-2027 (Ghana National Public Health Laboratory Network Mandate and Strategic Plan 2023-2027)、ガーナ検査室品質管理システム (GLQMS) チェックリスト 2023 年 9 月 1 日版 (Ghana Laboratory Quality Management Systems (GLQMS) check list, September 1, 2023)、ガーナ検査室ハンドブック (GLHT) Ghana Laboratory Handbook (GLHT) (ガーナ検査室品質マニュアルテンプレート Ghana Laboratory Quality Manual Template)、ガーナ検査室安全マニュアル (Ghana Laboratory Safety Manual)、検査室向け国家バイオセーフティおよびバイオセキュリティガイド 2023 年 5 月版 (National biosafety and Biosecurity guide for Laboratories, May 2023、ガーナ検査室バイオリスク管理トレーニングカリキュラム 2023 年 3 月版 (Ghana Laboratory Biorisk Management Training Curriculum, March 2023) などである。それ以前はこうした公式文書が存在していなかったため、各検査室や研究所では SOP などがそれぞれ作成されている。

³⁹⁷ CSIR. "About us". <https://www.csir.org.gh/about/about-us#> (参照 2024-11-12)

³⁹⁸ CSIR-WRI 内の名称は Senior Staff

³⁹⁹ Modern Ghana. "Ministry of Health Launches National Public Health Mandate and Other Quality Guidelines." <https://www.modernghana.com/news/1333683/ministry-of-health-launches-national-public-health.html>, (参照 2024-11-28)

NPHRL には検体の採取と輸送に関する SOP があり、郡レベルを含む全スタッフが研修を受けることになっている。オリエンテーション研修とリフレッシュ研修とがあり、講義のほか、検体採取、包装、輸送などの実技が行われる。

臨床検体採取は、血液、唾液、喀痰、綿棒などの方法がとられ、一部は NPHRL 内でも採取される。温度管理がそれほど厳しくない細菌検体に関しても、三重包装システムは確実に行われる。

輸送は、州や郡の検査室から車やバイク、あるいは郵便で NPHRL に運ばれる。検体輸送に民間輸送機関が利用されることはほとんどなく、検体の輸送、保管、保持、取り扱いに関して、他の検査室との協力体制もない。検体を受領後、温度と症例報告がチェックされ、検査の手続きが始まる。州の検査室には通常電気や冷蔵庫などがあるが、郡の検査室には保管設備がないところもあるため、検体の質は常に最適な状態とは言えない。また輸送のための燃料が不足し、輸送が遅れるということも時々起きているとのことであった。輸送日数は、通常は 1～3 日、まれに 1 か月かかることがある。検査を拒否するケースとしては、例えば、溶血していない血液が必要な酵素免疫測定法 (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay: ELISA) を行うのに、受領した検体が溶血していた場合には検査は継続不可となる。温度が十分に低くない場合には拒否はせず、温度についてのメモが残され、検査にかけられる。

NPHRL は検体をセネガルやコートジボワールの検査室へ輸送することもある。現在、麻疹と風疹の検体を NPHRL の IGF から支出して、FedEx などのコールドチェーンでコートジボワールの WHO リファレンス検査室であるパスツール研究所に輸送されている。セネガルまたはコートジボワールに検体が到着するまで 1 週間、結果が出るまでは通常約 2 週間とのことであった⁴⁰⁰。

課題としては、検体用の箱がワクチン用の箱と同じように見えるため間違いやすいこと、輸送のための資金が十分でないこと、箱が低い温度を保つには適切でないこと、箱の中身の温度を測る温度計がないことなどである。

その他の主要な研究機関の検体採取と輸送については、下表にまとめた。

表 2-48 各研究機関の検体採取と輸送

病原体	プロセス
野口研	
全般	● SOP/検査マニュアルがある。 ● 採取された検体は三重包装で輸送。臨床用綿棒がウイルス輸送培地 (Viral Transport Medium) 入りのクライオチューブ⁴⁰¹に入れられ、二重のフリーザーバッグで密封し保冷剤とともに箱に入れられる。

⁴⁰⁰ NPHRL によると、2023 年 11 月にコートジボワールに送った麻疹と風疹の検査結果は、2024 年 5 月時点でまだ届いていなかった。(2024 年 6 月 3 日 NPHRL へのインタビュー調査より (NPHRL にて))

⁴⁰¹ 細胞、血清などの生物学的検体を長期間安全に凍結保存するためのチューブ (Thermo Fisher Scientific, “クライオチューブ選びで大切な 5 つのこと”, https://www.thermofisher.com/blog/learning-at-the-bench/cryopreservation_1/ (参照 2024-11-14))

	- 検体輸送に関しては、野口研とガーナのバス公社である STC (State Transport Company) との間の取り決めに沿って、検体がアクラのバスターミナルに到着したときに、野口研のスタッフが受け取りに行く。 - 適切な個人用防護具 (PPE) を着用し、すべてのバイオハザード対策に従って安全な検体採取と輸送を行うことが義務付けられている。
ポリオ	- 下水検体は、ガーナ全土 12 か所から GHS の郡事務所が採取し、SOP に従って梱包され野口研まで輸送される。採取の年間計画があり、各サイトで 4 週間ごとに採取される。 - グレーター・アクラの 4 か所の採取サイトのうち、1 か所は公共の場で、普段は閉められている蓋を開けて汲み上げる方式で、2 か所は公共の場にあるオープンな水路、残り 1 か所はガーナ大学内の浄水施設。
インフルエンザ	- 検体は、近隣の場合は野口研スタッフが直接赴き、遠方からは病院や STC を通じて送られる。近隣の病院では検体が適切な温度で保管され、STC のバスターミナルでは受領と消耗品の手配が行われる。WhatsApp を活用し、スタッフは必要物品を準備し郵送するシステムが確立されている。 - 遠方からの検体ではコールドチェーンの問題で、保冷剤が溶けて常温になることがあり、質に影響が出る可能性がある。 - 周辺国からも検体を送られるシステムが確立している様子⁴⁰²。
VSD ⁴⁰³	
鳥インフルエンザ	WOAH⁴⁰⁴の資金支援を受け、カナダ食品検査庁 (Canadian Food Inspection Agency: CFIA) と協定を結び、検体を送付してシーケンス結果を比較し品質管理を行っている。検体は、イタリアのヴェネト州動物衛生研究所 (Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie: IZSve) にも送られ、再確認や詳細な分析が実施される。
アフリカ豚熱／口蹄疫	- 陽性ケースの一部を米国農務省 (U.S. Department of Agriculture: USDA) に送りシーケンスが行われ、検査結果とウイルスが VSD に返送される⁴⁰⁵。 - 鳥インフルエンザと同様に選定基準は特でない。 - 全ての費用は USDA によって負担されている。
不明な病原体	国際原子力機関 (International Atomic Energy Agency: IAEA) オーストリア本部に送られる。実際に送るケースはまれであるが、IAEA は必要に応じてメタゲノム解析を行い、結果が VSD に返送される⁴⁰⁶。全費用が IAEA によって賄われている。
WACCBIP	
全般	- 以前は民間バスを利用したこともあったがサービスが不十分であったため、現在は STC のみが利用されている。 - STC が運行していない遠隔地域には WACCBIP から車両を送って検体が持ち帰られる⁴⁰⁷
GIDL-KNUST	

⁴⁰² 第 1 回目現地調査中に、ベナンの WHO の車両が野口研に検体を運んできたのに遭遇した。

⁴⁰³ 記載ない場合は、当該箇所すべて 2024 年 9 月 19 の VSD へのインタビュー調査より

⁴⁰⁴ WOAHA は、Twinning Project の下、2 つの検査室の協力体制を推進している。ガーナの VSD はカナダ Winnipeg にある国立外来動物疾病センター (National Centre for Foreign Animal Disease : NCFAD) と協力関係を締結し、特に鳥インフルエンザに対して検体の検査や研究推進などを行っている。(2024 年 9 月 20 日 FAO へのインタビュー調査より (FAO 事務所にて))

⁴⁰⁵ 口蹄疫やアフリカ豚熱は国際的に最も懸念される動物感染症であるため、日本でのこれらの検体の輸入・取り扱いは厳しく制限されており、複数の省庁から許可を取り付ける必要がある。これら検体の USDA への輸送について VSD に再確認したところ、USDA との間で MTA が交わされており、生物学的検体やバイオ医薬品のロジスティクスに長けた World Courier 社を利用することで実現しているとの回答が得られた。そのため、米国側では日本で必要な法的な側面も満たされた上で検体輸送が行われているものと推察される。(梶原)

⁴⁰⁶ 直近の 2024 年 9 月に事例があり、家畜の検体の検査結果は 2-3 日後に届いたとのことなので、非常に迅速であると言える。

⁴⁰⁷ 2024 年 9 月 24 日 WACCBIP へのインタビュー調査より (WACCBIP にて)

全般	● 下水検体は郵送され、ヒトの検体は自ら車を出して持ち帰っている ⁴⁰⁸ 。
KCCR	
全般	● 民間の GPRTU (Ghana Private Road Transport Union) を主に利用している ⁴⁰⁹ 。

2) 検査室品質基準

NPHRL には検査室の品質管理に関する SOP が備えられている。また米国 CDC の支援で ISO 15189:2022 (医療検査機関の品質と能力) を取得し、2024 年 6 月時点で認定 4 年目となる。認定はケニア認証サービス機関(Kenya Accreditation Service: KENAS)によって行われた。更新のために毎年高額な費用が必要で、今までは IGF から捻出してきたが、維持するのはかなり難しい状況である。外部品質管理については、不定期で WHO からの外部品質保証 (External Quality Assurance: EQA) を受けている⁴¹⁰。

その他の主要研究所の検査室品質管理については、下表にまとめた。

表 2-49 主要研究所の検査品質管理

研究所	検査品質管理
野口研	品質管理システム (QMS) を導入し、標準的なプロトコルに基づいて運営され、活動内容はログブックに記録されている。さらに、欧米の検査室と共同で EQA を実施しており、COVID-19 については英国保健安全保障庁 (UK Health Security Agency: UKHSA) やケンブリッジ大学と協力し、オーストリアやデンマークとも品質保証を行っている。ISO 15189:2022 の申請は終了し、2024 年 9 月時点で「推薦」まで進んでおり、正式な認証取得が近づいている ⁴¹¹ 。
WACCBIP	品質管理オフィサーが定期的に検査室を監督し、記録の適切性や機材の状態を確認し、毎週キャリブレーション (Calibration ⁴¹²) を行っている。また、外部品質管理として WHO の技能試験を年 2 回受け、食糧医薬品庁によるキャリブレーションも実施されている。ISO ⁴¹³ への申請を予定し、現在準備中である。

⁴⁰⁸ 2024 年 9 月 26 日 GIDL-KNUST へのインタビュー調査より (オンライン)

⁴⁰⁹ 2024 年 9 月 26 日 KCCR へのインタビュー調査より (オンライン)。COVID-19 の時は検体が国内の民間輸送会社である Zipline によってドローンで輸送されたこともある、とのこと。

⁴¹⁰ WHO はガーナの他の検査室に対しても必要に応じて非定期的に検査室の EQAs を実施している。例えば対応を要する病原体が検知された際、その検査を取り扱うであろう検査室に対して Proficiency test を行う。Proficiency test とはすでに結果が判明している検体を送り、当該検査室が同様の検査を行い正しい結果がでるかを試す。正しい結果がでない場合は検査室内で調査しトラブルシューティングを行うことになっている。最近ではエムボックス対応のために野口研、KCCR、NPHRL にこの EQAs が実施された。(2024 年 9 月 23 日 WHO へのインタビュー調査より (WHO 事務所にて))

⁴¹¹ ISO は初回は 2 段階審査で、2 段階審査の実施後、要件が満たされていると判断された場合に、審査機関から認定機関に対して認証書発行の推薦が行われ、その後認証書が発行される、という流れである。(参考: G-CERTi システムサービスウェブサイト. https://gcerti.jp/column_cat/iso9001/ (参照 2024-11-16)、及び Money forward クラウドウェブサイト. <https://biz.moneyforward.com/ipo/basic/3341/#ISO-5>, (参照 2024-11-16))

⁴¹² キャリブレーションとは、計測器が示す値の正確性を標準器と呼ばれる機器を用いて比較し、計測器の偏りを明らかにし、正しい値を計測できるように調整する作業を意味する。(株式会社レックス. “キャリブレーションとは？その意味と校正との違いについて”. https://www.rex-rental.jp/feature/1090/note/calibration_mean (参照 2024-11-16))

⁴¹³ WACCBIP に再度問い合わせたが、どの ISO かについて回答を得られなかった。

GIDL-KNUST	ドイツのユーロフィン・サイエンティフィック社（Eurofins Scientific ⁴¹⁴ 、以下、ユーロフィン社）による外部精度管理が行われ、同じ検体での WGS 結果が一致することで機器の精度が確認される。ISO の取得を希望しているが、資金不足により申請には至っていない。ガーナ国内の保健施設規制機関（Health Facility Regulatory Agency: HeFRA ⁴¹⁵ ）に対しては認定申請を行い、審査結果を待っている。外部精度管理と規制機関認定の準備は整っており、今後の進展が期待されている。
CSIR-WRI	ノルウェーのユーロフィン社、スイス連邦水科学技術研究所、国連環境計画（United Nation Environment Programme: UNEP）などの有料サービスを使い、EQA を行っている。基本的に各機関から検体を送られてきて、CSIR-WRI 内で検査を実施、その結果を返送し、正しい結果が出ていれば合格証をもらう、という流れである。

出典：各機関へのインタビュー調査等に基づいて調査団作成

3) 感染予防

NPHRL では、検体間の汚染による検査ミスを防ぐため、分子生物学検査室では一方向に作業が行われている。マスターミックス調製室、テンプレート添加室、PCR 装置用エリア、PCR 反応後の専用エリア、その他機器室に分けられそれぞれ整備されている。作業ごとに専用の機器、専用の PPE、特定の活動のための専用の部屋がある。人為的ミスを避けるため、メソッドやプロトコルの品質管理が行われている。エラーや検体汚染を検出するためのコントロールが導入されており、例えば、クリーンルームではネガティブコントロール⁴¹⁶を用いて汚染の有無を検出し、監督者の承認を得てから外に出される。

検査室の品質維持にかかる課題としては、人員の能力強化・再教育が十分に行われていないことが挙げられている。NPHRL でバイオセーフティキャビネットの管理認定を受けていない者がいたり、各ゾーンの公衆衛生研究所でも、再教育、新しい手法や QMS に関する研修を継続するための資金が確保されていなかったりする。物品の面でも、NPHRL には十分な PPE があるが、郡レベルでは極めて不十分で、特にガウン、手袋、マスクなどが不足している。

⁴¹⁴ 62,000 人以上の従業員を擁し、62 か国に 1,000 社以上の企業と 900 以上の検査室を展開する国際的な検査室グループ。製薬、食品、環境、消費者製品業界および政府機関に分析試験サービスを提供している。バイオ製薬の受託開発・製造なども行っている。（Eurofins. “About us”.

<https://www.eurofins.com/about-us/>（参照 2024-11-16））

⁴¹⁵ 2011 年保健施設法に基づき設立された。公共および民間医療サービスの提供施設にライセンスを付与し、その施設をモニタリングすることが設立目的である。（HeFRA. “About us”.

<https://hefra.gov.gh/index.php/about-us/>（参照 2024-11-16））

⁴¹⁶ PCR 産物の電気泳動で検出されたバンドが、鋳型 DNA に由来する PCR 産物なのか、夾雑 DNA に由来する PCR 産物なのかを判定するために行われる。一般的に鋳型 DNA 溶液の代わりに蒸留水などの溶媒を添加し、何も増幅しないことが確認できれば汚染されていないと判定される。（タカラバイオ株式会社. “PCR 実験で DNA コンタミネーションを防ぐための 7 つのヒント”. https://blog.takara-bio.co.jp/qPCR/PCR_tips（参照 2024-11-14）、および、リケラボ. “PCR 反応を成功させるために”.

<https://www.rikelab.jp/post/3200.html>（参考 2024-11-14））

(2) 病原体ゲノム解析

前項までに記載してきたゲノム解析実施機関では、シーケンサーはドナーや共同研究を実施している国外の研究所などから寄贈されている。各機関が有するシーケンサーを以下のようにまとめた。

表 2-50 ゲノム解析を実施している機関が有するシーケンサー

検査室	シーケンサー
NPHRL	ONT 社 MinION Mk1B (1)、イルミナ社 iSeq100 (1)
野口研	ONT 社 MinION Mk1B (1)、MinION Mk1C (1)、GridION X5 (1)、イルミナ社 NextSeq 2000 (1)、NextSeq 1000 (1)、MiSeq (2)
WACCBIP	ONT 社 MinION ⁴¹⁷ (4)、GridION ⁴¹⁸ (1)、イルミナ社 MiSeq (2)、NextSeq (1)、iSeq100 (1)
KCCR	Sangar Sequencer (1)、イルミナ社 iSeq100 (2)
UHAS	ONT 社 MinION Mk1B (3)、MinION Mk1C (4)
GIDL-KNUST	ONT 社 MinION (3)
VSD	ONT 社 MinION Mk1C (1)
CSIR	ONT 社 MinION (1)

出典：UHAS についてのみ病原体ゲノムサーベイランス戦略 P.52 を基に抽出し、その他は各機関へのインタビューを基に調査団作成

補足：（ ）内は数量

病原体ゲノムサーベイランス戦略でも指摘されているが、課題の一つにこうした機材の保守サービスが高額であることが挙げられる。インタビュー調査では特にイルミナ社のシーケンサーの保守サービスが高額であるという話が共通して聞かれた⁴¹⁹。長期的な解決策としては、各機関内でバイオメディカルエンジニアを育成し、そのエンジニアが保守管理をするのが理想的だが、機材製造側は保守サービスで利益を得る側面もあるため簡単ではない。また非常に高度な精密機材であるため、サービス契約外の者が触ることによって、それ以降は本来の保守サービスを受けられなくなるリスクもある。

このほか、停電が頻繁に起こるガーナでシーケンサーを一定時間連続して稼働させるためにはバックアップ電源などの確保が不可欠であり、各機関は発電機、ソーラー、無停電電源装置（Uninterruptible Power Supply: UPS）などで対応している。インタビュー調査で得られた、シーケンサー等の保守にかかる各機関の現状と課題および、電力のバックアップシステムについて下表にまとめた。

⁴¹⁷ PC に接続する必要がある。

⁴¹⁸ 一度に 5 つの MinION を走らせるのと同等の機能を有し、単独で解析可能。

⁴¹⁹ イルミナ社 NextSeq の保守サービス契約は 30,000USD/年、MiSeq は 14,000USD/年である。また自動ライブラリー調製機の Hamilton は、36,000-40,000USD/5 年とのことであった(2024 年 5 月 21 日野口研へのインタビュー調査より（野口研にて））。

表 2-51 各研究機関の機器の保守等に関する現状と課題

研究機関	現状と課題
NPHRL	- イルミナ社の iSeq 100 と ONT 社の Minlon Mk1B を所有しており、それぞれガーナ鉱業会議所と KOICA から（米国 CDC を通じて）支援を受けた。 - 機器には保守契約はなく、電源管理には UPS や電圧安定装置が使用されており、発電機でバックアップも確保されている。 - 内部技術者が電源の保守を担当し、複雑な修理は外注される。
野口研	- ONT 社とイルミナ社の NGS 機器を Fleming Fund、SeqAfrica、アフリカ疾病予防管理センター（アフリカ CDC）から支援を受けて導入。 - イルミナ社の NextSeq は保守契約が終了しており、メンテナンスはアクラの技術者が担当。 - Hamilton 機のサービス契約はなく、南アフリカの会社から電話サポートを受けている。 - 建物には発電機とバックアップ電源が完備され、最大 21 時間の電力供給が可能。
KCCR	- イルミナ社 iSeq100 はドイツのドイツ疫病準備チーム（German Epidemic Preparedness Team: SEEG）⁴²⁰から供与されたが、保守サービス契約は付帯しておらず保守サービスなしで使用されている。 - 建物には発電機が接続され、ほぼ全ての機材に UPS が付帯しソーラーも備えられている。
WACCBIP	- NIHR プロジェクトの予算で全ての機器に保守サービスが付帯しており、ONT 社の機材は保守が容易で、必要に応じて遠隔操作で修理可能。 - イルミナ社の機材には南アフリカの技術者が必要で、高額な費用がかかる。 - 発電機と UPS が装備されており、機材のバックアップ電源が確保されている。
GIDL-KNUST	- MinION のサービス契約を結んでおらず、不具合があればプロジェクト費で修理される予定。 - バックアップシステムはなく、大学の発電機に依存しており、シーケンサーの長時間稼働には対応できない。 - 今後、資金を得てソーラーシステムを導入する計画がある。 - 学内サーバーを使用する交渉も進行中。
VSD	- ONT 社 MinION Mk1C は使用を開始した 2024 年初め頃以来、適切に機能している。 - メンテナンス契約等はないが、課題とはとらえていない。

出典：各機関へのインタビュー調査等より調査団作成

試薬についても、ガーナ国内では検査用の試薬は製造されていないため、全て国外からの調達となり価格も高騰する⁴²¹。販売会社は複数あり、JICA ガーナ事務所も第三国研修実施などのための試薬調達をガーナの販売業者を通して行っている⁴²²。製造会社から直接購入

⁴²⁰ GIZ がドイツ連邦保健省およびドイツ連邦食糧農業省の委託を受けて運営する学際的な緊急対応チームである。ロベルト・コッホ研究所、フリードリヒ・レフラー研究所、ベルンハルト・ノクト熱帯医学研究所、ベルリン・フリードリヒ・ウィルヘルム大学医療センターの専門家で構成されている。パートナー諸国からの要請に基づき感染症およびパンデミックへの備えと対応に関する専門知識を提供することを主な目的とし、ワンヘルス・アプローチに基づく能力開発、検査施設の強化、発生準備と対応、感染予防と管理などの面で支援を行っている。（出典： Robert Koch Institut. The German Epidemic Preparedness Team. https://www.rki.de/EN/Content/Institute/International/SEEG/SEEG_node.html, （参照 2024-11-13）

⁴²¹ NPHRL によると、ガーナの販売業者から提示される価格はインターネットカタログに記載されている価格よりも 3 倍することもある、とのこと。

⁴²² JICA ガーナ事務所から紹介に基づきインタビューを行った業者は、MES Equipment、DCL Laboratory Product Company Limited、TLB Company の 3 社

することも可能である⁴²³。第1回現地調査で聞き取りを行った販売業者3社はいずれも温度管理ができる大小の保管倉庫を有し、英国、ドイツ、フランス、米国などの複数の試薬取扱業者とパートナー関係を結び関連資材を調達している。ガーナの販売業者への発注から受け取りまでは、自社内に在庫があれば即日で納入されるが、国外の製造会社あるいは販売業者からの輸送が必要な場合は2～5か月ほどが必要である⁴²⁴。港に到着してからクリアランスの手続きに日数を要することもあり、特に温度管理が必要な試薬は使用不可能になるというリスクもある。

(3) 公衆衛生分析

1) データの共有と政策への反映

シーケンス結果のデータは様々なソフトを使用して分析される。ガーナ国内に分析後のゲノムデータをアップロードするデータベースはないが、特定のプラットフォームにアップロードされることが多い。また、ガーナの大学ではバイオインフォマティクスの教育課程が存在しないため、専門のバイオインフォマティシャンは少なく、他分野をバックグラウンドとする研究者がバイオインフォマティクス解析を実施していることが多い。多くが現場での独学や先輩研究者から指導を受けて作業が行われている。

各研究機関の現状を下表にまとめた。

表 2-52 各機関のデータ分析・共有の現状

研究機関	現状		
	バイオインフォマティクス	解析ソフト	データリポジトリ
NPHRL	- バイオインフォマティクスの専門技術者がいないため、検査室の研究者がその役割を担っている。 - 解析技術の向上のために基礎から上級まで全レベルの研修が必要とされている。	- OS として Linux と Windows を使用。 - チャン・ザッカーバーグ ID⁴²⁵ (Chan Zuckerberg ID: CZ ID)、米国国立生物工学情報センター (National Center for Biotechnology	COVID-19 や麻疹、風疹などのゲノムデータは、GISAID や MeaNS⁴²⁷、RubeNS⁴²⁸、GenBank にアップロードされている。

⁴²³ NPHRL では、プライマーやその他の試薬を国内の販売業者から購入している。NPHRL は政府の調達規則に従う必要があるため、30,000 ガーナセディ (Ghanian Cedis: GHS) (約 27 万円) 以下の試薬なら容易に購入できるが、それを超える場合は政府調達部門による公開入札を経なければならず、1-2 年かかることもある。麻疹と風疹の試薬の大半は WHO を通じて米国 CDC から送られてくる。

⁴²⁴ 販売業者からの聞き取りでは「最大 2 か月」という回答が多かったが、JICA ガーナ事務所の経験では念のため 5-6 か月の余裕を見た方が良いとのこと。

⁴²⁵ チャン・ザッカーバーグイニシャチブ (Chan Zuckerberg Initiative: CZI) が運営するオープンソースのメタゲノム解析プラットフォーム。(CZI. “SciTech”. <https://tech.chanzuckerberg.com/scitech/> (参照 2024-11-17))

⁴²⁷ WHO が所轄している麻疹のデータベース (WHO. “Global Measles and Rubella Laboratory Network”. <https://who-gmrln.org/> (参照 2024-11-17))

⁴²⁸ WHO が所轄している風疹のデータベース (WHO. “Global Measles and Rubella Laboratory Network”. <https://who-gmrln.org/> (参照 2024-11-17))

		Information: NCBI)、Theiagen Genomics ⁴²⁶ などのフリーソフトを利用。	
野口研	- 約 7 名がバイオインフォマティクスに関わっている。そのうち 4 名が専属、3 名がウェットラボの技術者を兼ねている。 - 研修を受けた技術者は、実地訓練を通じて経験を積んでいる。	- ラップトップは、HP ProBook 450 G5 with Intel Core i5, 16G memory, 1.0TB、DELL Inspiron 14 Plus 7430 with Intel Core i7, 16G memory, 1.0TB などがある。 - 解析には Linux や Ubuntu⁴²⁹を使用。 - 解析には Arctic⁴³⁰、MIRA⁴³¹などのパイプライン⁴³²を活用。	SARS-CoV-2 やインフルエンザウイルスのゲノム解析結果は GISAID や GenBank にアップロードされる。
WACCBIP	4 名のバイオインフォマティシャンが対応している。	高性能なラップトップが備えられており、メタゲノム解析データはセンター内のサーバーで管理され、必要に応じてデータ共有される。	マラリアのゲノム解析結果は主に ENA (European Nucleotide Archive) にアップロードされ、Pf3k⁴³³で公開されている。
GIDL-KNUST	1 名のバイオインフォマティシャンが対応している。	高性能のコンピュータを保有し、MEGA X⁴³⁴、	サルモネラ属菌などの解析データは、研究成果発表時にまとめて公開される予定である。

⁴²⁶ 米国コロラド州にある、NGS と公衆衛生の専門家を擁するデータ解析企業。感染症対策、食品安全、分子診断、環境モニタリングなどの分野に関与している。(参考: Theiagen Genomics. “About”.

<https://www.theiagen.com/about> (参照 2024-11-17)

⁴²⁹ Linux 系のオペレーションシステム (Operation System: OS)。「誰にでも使いやすい OS」をコンセプトに開発され、ソースコードが公開されているオープンソースソフトウェア。無償で提供されている。

Ubuntu は南アフリカの言葉で「他者への思いやり」(humanity to others) の意味。(Ubuntu. “Home”.

<https://www.ubuntu.com/home> (参照 2024-11-17)

⁴³⁰ 英国の Arctic Network が有し、ONT 社のシーケンス結果を扱うためのパイプライン。SARS-CoV-2 などのバイオインフォマティクスプロトコルの実行を支援するように設計されている。(参考: GitHub ウェブサイト. <https://github.com/artic-network/fieldbioinformatics>, (参照 2024-11-17)、及び Arctic Network ウェブサイト. <https://artic.network/ncov-2019/ncov2019-bioinformatics-sop.html>, (参照 2024-11-17)

⁴³¹ GitHub が運営している。(参考: <https://cdcgov.github.io/MIRA/index.html>, (参照 2024-11-17)

⁴³² 変異体のリストを生成したり、ゲノムをアセンブルしたりするための配列データ処理に利用される一連の複雑なアルゴリズム (解析ツール) のセットのこと。(Australasia New South West government. Health centre for genetics education. <https://www.genetics.edu.au/SitePages/Genomic-pipelines.aspx>, (参照 2024-11-28))

⁴³³ Broad Institute, Wellcome Sanger Institute, Oxford 大学の研究者によるマラリアのゲノムデータに関するイニシアチブ。MalariaGEN, Wellcome Sanger Institute. “PF3K”.

<https://www.malariagen.net/project/pf3k/> (参照 2024-10-3)

⁴³⁴ MEGA は Molecular Evolutionary Genetic Analysis の略。過去に様々なバージョンがあり現在は MEGA X となっている。(MEGA. “Home”. <https://www.megasoftware.net/> 及び、東京都立大学生命科学科・進化遺伝学研究室. “MEGAX がリリースされました。(6/1/2018)”.

<https://evolgen.biol.se.tmu.ac.jp/mega/> (参照 2024-11-17))

		Geneious ⁴³⁵ 、MAFFT ⁴³⁶ などのソフトを活用したゲノム解析を行っている。	
KCCR	8名のバイオインフォマティシャンが対応している。	ハイパフォーマンスのラップトップが2〜3台ほど備えられており、研究所内にサーバーを有している。ソフトは Geneious、Megan などを使用されている。	SARS-CoV-2 を扱っていた時は GISAID にアップロードしていた。マラリアはアップロードしている（サイト不明）。結核はアップロードしていない。

出典：各機関へのインタビュー調査等に基づき調査団作成

公衆衛生危機を招く恐れのある病原体を探知した際には、各研究所が GHS や保健省に連絡する体制がとられている。NPHRL では、探知された情報はまず GHS の DSD に送られ、その後、中央テクニカル・ワーキング委員会（National Technical Working Committee: NTWC）を経て WHO に転送される。麻疹や風疹の陽性症例については、コートジボワールの検査室からの結果が GHS に報告され、その後 NTWC や各地域に届けられる。ゲノムデータの公表には保健省の倫理委員会の許可が必要で、通常 3〜5 か月かかる⁴³⁷。

野口研で VHF など重大な病原体が確認された場合は、発表前に GHS に通知される⁴³⁸。また、WACCBIP のマラリアに関するデータは研究所内で保管され、必要に応じて GHS のマラリア撲滅プログラムに報告される。その際、ゲノムデータは GHS には共有されず、必要な疾病情報のみが報告される⁴³⁹。

2.4.4 他の開発パートナー、地域機関、研究機関の支援動向

前項までに、ガーナの病原体ゲノムサーベイランスに対する支援や、ゲノム解析の実施機関に対する開発パートナーや地域機関による支援について既に大半を述べているが、以下に追加情報も加えパートナー機関ごとにまとめる。

⁴³⁵ 英国 Dotmatics 有限会社のソフトウェア。（Dotmatics, “Home”. <https://www.dotmatics.com/> 及び Geneious, “Geneious Product Updates”. <https://www.geneious.com/updates>（参照 2024-11-17））

⁴³⁶ Multiple alignment using fast Fourier transform の略。多重シーケンスアラインメント（Multiple Sequence Alignment）のためのオンラインサービス。データから生物学的に関連性の高い情報を抽出するために、アルゴリズムの高度化、研究者が大規模データを半自動的に処理するための直感的かつインタラクティブなツールとして開発されている。（Kazutaka Katoh, John Rozewicki, Kazunori D Yamada. “MAFFT online service: multiple sequence alignment, interactive sequence choice and visualization”. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28968734/>（参照 2024-11-17））

⁴³⁷ 2024 年 6 月 3 日 NPHRL へのインタビュー調査

⁴³⁸ 2024 年 5 月 21 日野口研へのインタビュー調査

⁴³⁹ 2024 年 9 月 24 日 WACCBIP へのインタビュー調査

2.4.4.1 国際・域内レベルでの取り組み

(1) 世界保健機関（WHO）

GHS と野口研が行っている下水のポリオサーベイランスに対する試薬、運搬、消耗品等を継続して提供している。ポリオ以外は必要に応じて支援を行い、例えばインフルエンザや VHF など、流行が懸念される場合に試薬や消耗品などを供与する⁴⁴⁰。COVID-19 流行時には、継続的に COVID-19 検査用の試薬を提供した。また病原体ゲノムサーベイランス戦略の作成に、WHO からの技術的支援が提供された。

(2) 米国疾病予防管理センター（Centers for Disease Control and Prevention）

米国 CDC は在ガーナ米国大使館の中に事務所を有し、保健分野全体、感染症、ゲノムサーベイランス、ワンヘルスの幅広い分野で活動を行っている。

1) 感染症分野、検査室支援⁴⁴¹

ガーナの保健分野への主な支援対象は、HIV、結核、マラリアであり、ノーザン州とグレート・アクラ州等を対象に検体のレファラルシステムの構築⁴⁴²、ノーザン州とウェスタン州を対象に分子検査室の設立などを支援した。2018 年以降フィールド疫学・検査室研修プログラム(Field Epidemiology and Laboratory Training Program: FELTP)を通じて、研究者への研修を行ってきており、ガーナではこれまでに 400 人以上が参加している。

2) 病原体ゲノムサーベイランス関連⁴⁴³

KOICA からの資金援助を得て、ガーナ国内のパートナーである NGO の Centre for Health Systems Strengthening (CfHSS)⁴⁴⁴ および野口研と協力協定を結んで活動を実施している。野口研に COVID-19 のシーケンス用消耗品やトレーニングを提供するとともに、NPHRL と GIDL-KNUST にシーケンサーを供与した。

2024 年度は、NPHRL、GIDL-KNUST、野口研、および KCCR を対象とした入門レベル

⁴⁴⁰ 2024 年 5 月 28 日野口研へのインタビュー調査、および 2024 年 5 月 23 日 WHO へのインタビュー調査より

⁴⁴¹ 米国 CDC. “CDC in Ghana”. <https://www.cdc.gov/global-health/countries/ghana.html> (参照 2024-10-23)

⁴⁴² これにより、検体の処理時間と結果の報告にかかる時間が 50%削減されたと報告されている。(米国 CDC. “CDC in Ghana”. <https://www.cdc.gov/global-health/countries/ghana.html> (参照 2024-10-23))

⁴⁴³ 2024 年 9 月 19 日米国 CDC からの回答より（メール受信）

⁴⁴⁴ アシャンティ州クマシにある、非政府、非営利、非政治的組織。医療資源が限られた地域で医療提供の改善と強化に取り組んでいる。感染症、非感染症、顧みられない病気、新興感染症など、公衆衛生上の課題に取り組んでいる。KNUST と協力関係にあり、GIDL-KNUST 所属でインタビュー調査に応じてくれた Dr. Owusu が総裁を務めている。(CfHSS. “Home”. <https://cfhss.org/> (参照 2024-11-17))

のゲノムシーケンスおよびバイオインフォマティクス・トレーニングの実施、一般実験用品および消耗品、シーケンスキット、PCR バーコーディングキットの寄付を行った。

2025 年度は、病原体ゲノムサーベイランス戦略に従い、ゲノムサーベイランスデータを IDSR および電子データシステムに統合する支援を行う予定である。設立予定の開発パートナーグローバル健康安全保障（Development Partners Global Health Security）の小委員会の共同議長を WHO と務めることになっており、ゲノム分野のパートナーの調整役を米国 CDC が務める方針とされている。

3) インフルエンザ関連 ⁴⁴⁵

インフルエンザのサーベイランスと検査能力の強化を支援しており、2007 年から野口研、保健省、NAMRU-3⁴⁴⁶と提携している。米国 CDC インフルエンザ部門の西アフリカ地域拠点がガーナにあり、野口研に対して技術支援 ⁴⁴⁷、近隣諸国のインフルエンザや公衆衛生上重要なその他の呼吸器感染症への対応能力を高めるための緊急物資の提供などを行っている。

これまでの成果として、16 の州に少なくとも 1 つのインフルエンザ・センチネルサーベイランスサイトが設置された。また、全国 36 の医療施設で入院患者および外来患者の呼吸器疾患を監視するシステムにより、全年齢層のインフルエンザおよびその他の呼吸器感染症がモニタリングされている。

(3) ドイツ国際協力公社（Deutsche Gesellschaft für International Zusammenarbeit）

KCCR の設立、施設整備、研究などを全面的に支援している。

(4) 欧州と開発途上国臨床試験パートナーシップ（European and Developing Countries

⁴⁴⁵ 米国 CDC . “CDC in Ghana”, <https://www.cdc.gov/global-health/countries/ghana.html>（参照 2024-10-23）

⁴⁴⁶ Naval Medical Research Unit No. 3 の略称。エジプトのカイロに拠点を置き、ワクチン、治療薬、診断検査、媒介生物対策の評価を含む感染症の研究を行うこと、および疾病サーベイランスの改善と発生時の対応支援を目的とした公衆衛生活動を実施することを使命としている。エジプト保健省、USAID、米国 CDC と緊密に連携している。2001 年には WHO の新興・再興感染症協力センターとして認定された。イエメン、サウジアラビア、オマーン、リベリア、ウガンダ、ジブチ、ヨルダン、ガボン、コートジボワール、ブルキナファソ、トーゴ、ブルガリア、ウクライナ共和国、カザフスタンなど多数の国々で研究提携が結ばれている。ガーナでは 2001 年に NAMRU-3 ガーナ支部が設立され、ガーナ保健省および野口研究所とのマラリア研究試験における長年にわたる協力関係を構築している。（参考：在エジプト米国大使館ウェブサイト . <https://eg.usembassy.gov/wp-content/uploads/sites/156/2016/10/NAMRU-3.pdf>,（参照 2024-11-17）

⁴⁴⁷ 野口研によると、試薬の不具合やプロトコル上の問題などが発生した場合に、米国 CDC から遠隔で解決策のサポートを受ける。（2024 年 5 月 10 日野口研へのインタビュー調査より（オンライン））

Clinical Trials Partnership)

最近発足した PANGenS (Pan-Africa Network for Genomic Surveillance)を支援している。ガーナに対しては、結核、マラリア、新興ウイルスに対するゲノムサーベイランス能力向上を目指し、試薬、消耗品、研修などの支援が行われる予定⁴⁴⁸。

(5) ビル&メリンダ・ゲイツ財団

2020 年 11 月から 2021 年 5 月にかけて、野口研による COVID-19 の下水サーベイランスのパイロット実施を財政支援した。その他、GIDL-KNUST の下水サーベイランスプロジェクト、韓国国際ワクチン研究所 (International Vaccine Institute: IVI) へのガーナでの研究や活動のための資金援助などを行っている。

(6) アフリカ疾病予防管理センター (Africa Centres for Disease Control and Prevention:)

ゲノムサーベイランスに関連する研修を支援している。

(7) 国連食糧農業機関 (FAO)

ワンヘルス分野で、VSD に対して、機材、試薬などの消耗品の供与、研修を支援している。FAO は世界規模で ECTAD (Emergency Centre for Transboundary Animal Diseases、国境を越えた動物感染症緊急センター) プログラムを展開し、対象 37 か国の中にガーナも含まれている。

ワンヘルスに関して、国連 4 機関 (WHO、FAO、WOAH、UNEP) で共同リスクアセスメントを行っている。症例発症時には対応のために政府を支援すると同時に、事後に共同リスクアセスメントを実施し対応に関する評価を行う。近年ではラッサ熱、鳥インフルエンザ、狂犬病に関して共同リスクアセスメントを行った。

ガーナの動物を扱う検査室に対して、FAO が開発した LMT (Laboratory Mapping Tool) というツールを使ってマッピングと評価を行い、結果がガーナ政府に報告されている。最近、ワンヘルスモニタリングツール (One Health Monitoring Tool) を開発し、ガーナでパイロットを実施した⁴⁴⁹。

(8) 米国国際開発庁 (United States Agency for International Development)

FAO の各種プログラムを支援し、ワンヘルス分野では最大規模のドナーである⁴⁵⁰。ワンヘルス分野で、VSD に対して、能力開発、設備整備、試薬やワクチンなどの消耗品の供与

⁴⁴⁸ 2024 年 5 月 10 日野口研へのインタビュー調査より (オンライン)

⁴⁴⁹ その他のパイロット実施国は、リベリア、タンザニア、カメルーン

⁴⁵⁰ 2024 年 9 月 20 日 FAO へのインタビュー調査より

を行っている⁴⁵¹。

(9) 米国農務省 (United States Department of Agriculture)

Global partnership for animal and zoonotic disease surveillance というプログラムを通じて、ワンヘルス分野のおよそ 100 の活動を支援している^{452 453}。

(10) 英国環境・食糧・農村地域省 (Department for Environment, Food and Rural Affairs)
およびその執行機関である英国動植物衛生庁 (Animal and Plant Health Agency)

ワンヘルス分野で、英国アニマルヘルスシステム強化プロジェクト (UK Animal Health System Strengthening Project) を通じてガーナを支援している。最近では、VSD からブルキナファソに 10 名ほどの研究者を送り、FAO との共同出資で研修 (ハエが媒介する直腸結核に関する検体の検査方法、非常に高度な研修) を支援した。

VSD に対して能力開発、設備整備、試薬などの消耗品の供与、検査の質テスト (Proficiency test⁴⁵⁴) などの支援を行っている⁴⁵⁵。

(11) 国際原子力機関 (International Atomic Energy Agency)

2020 年に開始された人獣共通感染症に対応するための統合された行動 (Zoonotic Disease Integrated Action: ZODIAC) を世界レベルで展開し、人獣共通感染症の脅威に対応するための準備態勢および能力の強化を行っている。核および核由来の技術を用い、人獣共通感染症の調査、検出、予防、封じ込めに貢献することを目指している⁴⁵⁶。

ガーナでは、ワンヘルス分野で、能力開発、設備整備、試薬やワクチンなどの消耗品の供与などの支援をしている。感染症が疑われる原因不明の動物検体を VSD が入手した場合、国際原子力機関 (International Atomic Energy Agency: IAEA) オーストリア本部に検体を送り、シーケンスを含む検査が行われ、結果が 2~3 日で VSD に報告される。VSD の検査の質確保のために、IAEA オーストリア本部から検体を VSD に送り、これによって VSD はテスト (Proficiency test) を行っている。こうした輸送、検査、シーケンスなど全ての費用を IAEA が負担している。

⁴⁵¹ 2024 年 9 月 19 日 VSD へのインタビュー調査より

⁴⁵² LifeStock. “Working with Ghana - Marburg virus”. <https://lifestock.org/ghana-marburg-virus> (参照 2024-10-2)

⁴⁵³ 2024 年 9 月 19 日 VSD へのインタビュー調査より

⁴⁵⁴ VSD に結果が判明済の検体を送って、同じ結果が出るかをテストする。

⁴⁵⁵ 2024 年 9 月 20 日 FAO へのインタビュー調査より

⁴⁵⁶ IAEA. “Zoonotic Disease Integrated Action (ZODIAC)”.

<https://nucleus.iaea.org/sites/zodiac/SitePages/Home.aspx> (参照 2024-11-17) 及び、IAEA. IAEA Statement 152nd Session of WHO Executive Board Geneva, 30 January-7 February 2023.

<https://apps.who.int/gb/statements/EB152/PDF/IAEA-12.1.pdf> (参照 2024-11-17) 後者の文書によると、オーストリア本部での WGS 研修、セネガルで新しい血清学および分子技術の標準操作手順の検証に関する研修などが行われている。

(12) 世界獣疫事務局 (World Organisation for Animal Health)

ワンヘルス分野で、ワクチン、政策支援などを行っている。VSD の鳥インフルエンザのトレーニング、VSD の診断やゲノムシーケンス能力強化を行うとともに、鳥インフルエンザに関してカナダの研究所とのゲノム解析を含む協働を、試薬や輸送などの面から支援している。

2.4.5 考察

ガーナの感染症サーベイランスは、病原体ゲノムサーベイランスを含め、保健省内のみでなく、教育省等の管轄にある国内の研究機関等と協力して実施される体制となっている。協力はスムーズに行われている様子で、省庁をまたいでいることによる問題等は、今回の調査では聞かれなかった。各研究機関の研究結果も、必要と判断された場合には適宜保健省と共有され、また公衆衛生危機に発展する可能性がある事象が発生した場合には、検査の実施や情報の共有などが速やかに行われる様子であった。

ガーナの保健セクターは、病原体ゲノムサーベイランスの分野を含め、ドナーによる支援が大きい。GHS が公衆衛生政策として実施しているポリオやインフルエンザのサーベイランスも WHO や米国 CDC の支援を受けている。ゲノム解析に必要なシーケンサーや試薬なども、その多くがドナーやパートナー研究機関などから支援を受けている。

国内で行われているゲノム解析を含む研究も、ほぼドナーや他国の研究機関からの支援に基づいている。ガーナ国内から得られたゲノムデータが保健省に共有されず、国外のプラットフォームにアップロードされている現状に対して、保健省は今後、このようなデータを体系的に管理する枠組みを構築する計画である。病原体ゲノムサーベイランス戦略の行動計画に従って、WHO や米国 CDC の支援を受け、作業部会が発足する様子である。

ヒト分野とは対照的に、ワンヘルスの分野ではアクターが少ないこともあり、VSD と FAO が中心となって活動が取りまとめられている。今後ワンヘルス分野におけるゲノムサーベイランス関連の支援を検討する際には、比較的容易に他ドナーとの調整が可能であり、案件形成の際に有益であると推測する。

ゲノム解析をルーティーンで実施している 6 つの研究所や検査室の中では、規模および役割の面でも野口研の存在が大きい。公衆衛生目的のゲノムサーベイランスも任されており、国家の感染症対策に大きく貢献していることが窺える。また、ゲノム解析を含む検査室にかかる研修も数多く実施してきている。国外からの研修員を招いて研修を実施した経験があるのは、今回の調査で確認できたのは野口研のみであった。過去 2 年の検査室に関する国内および域内の関連研修の一覧は別添 G-4 の通り。

ガーナのゲノムサーベイランス分野の大きなニーズは人材の能力強化であると思われる。特にバイオインフォマティクスが不足しており、バイオインフォマティクス分野におけ

る人材育成は急務である。また機材そのものはドナーから支援されることが多いものの、保守メンテナンスにおいて資金や技術の面で課題がある。

別添 G-1 ガーナ病原体ゲノムサーベイランス戦略より現状と課題

	テーマ・分野	原文（英語）	課題・ニーズ 抽出	現状、課題、ニーズ 本文
1	検査・ラボサービス	Testing and Laboratory Services	課題：検査インフラが不十分、報告体制が不十分、ロジスティックスが不十分 ニーズ：ゲノムサーベイランスについて、統合されたシステムを確立すること。	- ガーナでは地方から国家レベルまで、様々な診断能力を持つ検査機関のネットワークがある。具体的には、PHRL、NMIMR、KCCR、UHAS、教育大学（Teaching Hospitals）、GIDL、WACCBIP、VSD、CHANG（Christian Association of Ghana）などである。 - SARS-CoV-2 検査用に最適化された GeneXpert 結核菌検査機が約 115 台ある。COVID-19 パンデミックの最盛期には、いくつかの検査室が PCR 検査を行うためにアップグレードされた。現在、PCR 装置のほとんどは他の病原体のルーチン検査に使用されている。 - 全検査室で分子検査能力を有し、そのうちの 6 つがゲノム分析の能力を有する（NMIMR、KCCR、WACCBIP、GIDL、UHAS、NPHRL）。これらの研究所は協力関係にある。 - 統合されたシステムが確立されたら、新種の病原体、変異体、菌株を検出できるようになり、現在の課題である、不十分な検査インフラ、報告関連の問題、不十分なロジスティックスなどを緩和することができる。
2	試薬および消耗品	Reagents and Consumables	課題：現在の試薬や消耗品のストックは、パンデミック発生の予期に基づいていない。ガーナ国内で試薬が製造されていない。 ニーズ：パンデミック発生の予期に基づいて、必要な試薬や消耗品のストックを有する。ガーナ国内で試薬が製造される。	- ゲノムシーケンスに必要な DNA ポリメラーゼ、プライマー、バッファー、ライブラリー調製キットなどの試薬や消耗品は、ラボによって入手状況は異なる。 - ピペット、微量遠心チューブ、PCR プレートなどの一般的なラボ消耗品のストックはパンデミックの発生の予期に基づいたものではなく、研究プロジェクトベースで行われている。 - 試薬の調達は、結核、HIV、マラリア、ポリオなどの垂直プログラムに依存し、分断されている。 - ガーナ国内では試薬は製造されておらず、調達は国外に依存している。 - ゲノムシーケンス、また、塩基コール、アライメント、バリエーション、アノテーションを含むデータ解析のためのバイオインフォマティクスソフトウェアとツールも必要である。
3	検体の輸送と保管	Transportation and Storage of Samples	ニーズ：検体輸送と保管のためのリソース（おそらく電気、冷蔵庫、クーラーボックスとアイスパック、ほか）	- ガーナでは、検体のレファラルシステムが多く存在し、州や郡は主に結核と HIV プログラムによる支援に依存している。また、インフルエンザ系の疾患のための垂直システムも存在している。 - COVID-19 のピーク時には既述の 6 つの施設が全国から検体を受け取ってゲノムシーケンスを実施していたが、現在は、公衆衛生上重要な疾患のサンプルを定期的に受け入れているのは野口研と NPHRL のみである。 - 保健スタッフはサンプル管理の研修を受けているが、サンプルの輸送と保管を効果的に行うためのリソース（補足：おそらく消耗品や物品）が不足している。
4	人的資源	Human Resources	ニーズ：バイオインフォマティシャン、その他の専門家（具体的には不明）	- 体系的な人材トレーニングに取り組んでいる。最近では、NPHRL の 2 名の臨床検査技師が NMIMR での SARS-CoV-2 のゲノムシーケンスに関する研修を受けた。KCCR では 40 名の研究スタッフのうち 8 名の研究者が、様々なプラットフォームを利用したシーケンスを行うトレーニングを受けた。

	テーマ・分野	原文（英語）	課題・ニーズ 抽出	現状、課題、ニーズ 本文
				- ラボネットワークプラットフォームには、抗菌薬耐性サーベイランス、髄膜炎センチネルサーベイランス、狂犬病サーベイランス、インフルエンザサーベイランスがある。しかし、これらの施設には、バイオインフォマティクソンやその他の重要なスタッフや専門家が不足している。 - WACCBIP は、ウェルカム・トラストと NIHR の資金援助を受けて、シーケンサーとバイオインフォマティクスのトレーニングを確立し、バイオインフォマティクスの修士号の設立を支援している。
5	ラボのネットワーク	Network of Laboratories	ニーズ：ヒトと動物の健康管理者、疫学者、倫理学者、生物統計学者、生物情報学者、獣医師などの諸団体が、インフォーマルな形でデータ共有・情報共有などを行う場、ネットワーク。	- ゲノムサーベイランスに直接的・間接的に関わる諸団体が、データ共有のための相互信頼の構築、技術の強化、共同戦略の開発、データ報告システムの調和、発見された疾病に関して日常的にインフォーマルな形で報告し合うことが必要である。 - 関係者には、ヒトと動物の健康管理者、疫学者、倫理学者、生物統計学者、生物情報学者、獣医師などが含まれる。 - 現在こうしたゲノムサーベイランスに関わる専門家のコミュニティでは、一定程度の協力関係がみられるものの、より強化される必要がある。
6	研究開発	Research and Development	課題：研究資金、人材、ロジスティックス（試薬、消耗品）が不十分で、連携も弱い。研究機関のほとんどがドナー主導で、データ所有や使用についてガーナ政府の自由にならず、研究結果を政策決定に利用できない。 ニーズ：研究資金、人材、ロジスティックス（試薬、消耗品）が十分に供給される。ガーナ国内の研究の結果が、ガーナ政府に共有される。	- ゲノムサーベイランスの研究は、公衆衛生の意思決定に極めて重要であり、保健省と学界との間では研究に関する協力が行われてきた。 - 現在の課題は、研究資金、人材、ロジスティックス（試薬、消耗品、消耗品）が不十分で、連携も弱いことである。また研究機関のほとんどがドナー主導でありデータの所有や使用についてガーナ政府の自由にならず、研究結果を政策決定に利用することが妨げられている。
7	インフラ - インターネット - 機器、付属品	Infrastructure - Internet Equipment and Accessories	* インターネット 課題：高速インターネットが高額 ニーズ：オフラインでの報告と伝送が可能なシステム * 機器、付属品 課題：シーケンサーなどの機器のメンテナンスサービス契約がない ニーズ：シーケンサーなどの機器のメンテナンスサービス契約のための支援	* インターネット - ゲノムデータが迅速に伝送されるためには、高性能コンピューター、膨大なデータ容量のサーバー、高速で安定したインターネット接続が必要である。ガーナには多くの高速インターネット・プロバイダーが存在するが、コストが高くストレージ容量も限られている。 - 国家情報技術局（National Information Technology Agency: NITA）は、東部回廊ファイバー・ネットワークと世界銀行のプロジェクトを通じて、16 州全ての警察署、病院、郵便局、都議会、市議会、地方議会を含む地域で、インターネット回線が確立しており、カバレッジは 2020 年時点で 97% である。 - 高速インターネットも利用可能である。 - 分子検査やゲノムシーケンスを行う機関はこれらのサービスを利用しているがコストが高い。そのためオフラインでの報告と伝送を可能にする、より革新的なシステムが必要である。

	テーマ・分野	原文（英語）	課題・ニーズ 抽出	現状、課題、ニーズ 本文
				* 機器、付属品 - ゲノムサーベイランスのための機器および付属品は十分にある。全ラボを総合すると、イルミナ社プラットフォームシーケンス装置 3 台、ONT 社プラットフォームシーケンス装置 5 台（GridION 2 台、MinION Mk1C 6 台、MinION Mk1B 12 台）、サーモフィッシャー社プラットフォームシーケンス装置 1 台（Ion Torrent PGM）、自動 NGS ライブラリー調製プラットフォーム（Hamilton）などがある。 - 課題は、定期的なメンテナンスのためのサービス契約がないことである。
8	高品質でタイムリーなデータ共有	High-Quality Timely Data sharing	課題：データ共有と政府への報告システムが不十分 ニーズ：データ共有と、政府への報告が行われるようなシステムの構築	- ゲノムサーベイランスによって政府が適切な意思決定を下すためには、ゲノムメタデータをはじめとするデータの質と適時性が極めて重要である。 - 課題は、流行しやすい疾病のシーケンスデータの共有が不十分、また政府への報告システムが十分でなく、情報が常にタイムリーに届くわけではないことである。そのためゲノムデータを報告する国内システムを確立する必要がある。 - 実現のためには世界、周辺国、また国の機関による協力が必要である。
9	バイオセーフティとバイオセキュリティ	Biosafety and Biosecurity	課題：バイオセーフティとバイオセキュリティのための監督機関がない。 ニーズ：バイオセーフティとバイオセキュリティのための監督機関の確立あるいは指定と、そのための法律制定。	- ラボのバイオセーフティおよびバイオセキュリティの確保は重要である。シーケンシングを実施するラボは、バイオセーフティキャビネット、安全フード、十分な実験スペース、厳重に保護されたセキュリティシステムの設置など、一定のバイオセーフティおよびバイオセキュリティ対策が必要となる。 - 生物戦争、バイオテロリズム、生物学的事故、バイオテクノロジーの悪用なども現代社会では懸念となっている。 - バイオセーフティとバイオセキュリティシステムの確保は、国や組織レベルの法律、政策、ガイドラインによって裏付けられなければならない。ガーナには現在、2011 年制定のバイオセーフティ法（Biosafety Act）に基づいて設立された国家バイオセーフティ機構（National Biosafety Authority）があり、遺伝子組み換え作物の取り扱いや使用に関する全般的な監督と管理を行っている。しかしながら当該機関が実験室のバイオセーフティとバイオセキュリティを規制するためには法律の改正が必要で、未改正である。 - 国家的な規制の枠組みがないなかではあるが、関連文書としてラボの安全基準の指針となる「実験室のための国家バイオセーフティおよびバイオセキュリティガイド（National Biosafety and Biosecurity Guide for Laboratories）」、およびバイオセーフティとバイオセキュリティの研修マニュアルなどが作成されている。安全基準の遵守、ラボスタッフの能力開発などの指針となっている。 - ガーナ食品医薬品局（Food and Drugs Authority: FDA）、HeFRA、ガーナ基準局（Ghana Standards Authority: GSA）などの機関が、病原体の封じ込めについて、適切な人員、設備、環境基準が維持されているかについて、ラボの監視を続けている。
10	AMR	AMR	ニーズ：AMR サーベイランスを、アニマルヘルスの分野に広げること	- ガーナで現在行われている AMR 対象のサーベイランスは、メチシリン耐性黄色ブドウ球菌（MRSA）、広域 β-ラクタマーゼ（Extended-Spectrum Beta-Lactamase: ESBL）産生菌、薬剤耐性結核菌、その他の GLASS（Global Antimicrobial

	テーマ・分野	原文（英語）	課題・ニーズ 抽出	現状、課題、ニーズ 本文
				Resistance and Use Surveillance System) の優先病原体（補足：アシネトバクター属、大腸菌、肺炎桿菌、淋菌、サルモネラ属、赤痢菌、黄色ブドウ球菌、肺炎球菌 <i>Acinetobacter</i> spp., <i>E. coli</i>, <i>Klebsiella pneumoniae</i>, <i>Neisseria gonorrhoeae</i>, <i>Salmonella</i> spp., <i>Shigella</i> spp., <i>Staphylococcus aureus</i>, and <i>Streptococcus pneumoniae</i>）、ESKAPE 病原体（エンテロコッカス・フェシウム、黄色ブドウ球菌、肺炎桿菌、アシネトバクター・バウマンニ、緑膿菌、エンテロバクター属菌、<i>Enterococcus faecium</i>, <i>Staphylococcus aureus</i>, <i>Klebsiella pneumoniae</i>, <i>Acinetobacter baumannii</i>, <i>Pseudomonas aeruginosa</i>, and <i>Enterobacter</i> spp）などである。 - NMIMR の AMR サーベイランスから得られたデータにより、2,500 超の細菌のゲノム配列が決定されている。 - ガーナの結核対策への取り組みを通じて、800 を超える結核菌ゲノムの配列決定と解析が実施された。 - KCCR は、SeqStudio 遺伝子分析装置を用いて、マラリア原虫と細菌ゲノムの標的耐性遺伝子の配列決定を行った。 - 今後は AMR サーベイランスの範囲を獣医療サービスに拡大することが課題である。
11	疾病サーベイランスシステム	Disease Surveillance Systems	課題：IDSR の中にゲノムサーベイランスが組み込まれていない。eIDSR (Electronic IDSR) のためのタブレットが不足、モバイルネットワークの接続環境が不十分。 ニーズ：IDSR の中にゲノムサーベイランスを組み込むために、現行のコンピューターシステムを改訂する。具体的にはゲノムサーベイランスを実施している全ラボが参加するようになる、シーケンスデータをアップロードできるようになる、など。またタブレットの供与、インターネットに確実に接続できるようになること（おそらく回線の質改善と、接続料金への支援）	- ガーナは 2002 年以来、WHO 開発の IDSR を実施し、国内の公衆衛生への脅威の早期発見、報告、対応に務めている。IDSR は現在第 3 版目である。 - IDSR の対象となる優先疾患は 55 に上る。 - eIDSR プラットフォームが全郡に導入され、検体採取地点から検査機関へのデータ伝送を行っている。 - IDSR によって 2022 年に初めて記録されたマールブルグ・ウイルス病の発生を含め、ガーナで発生した複数の疾病の検出と対応に成功した例もあり、優先疾病の報告が大幅に改善されている。 - アニマルヘルス分野では、VSD が WOA のサーベイランス・ツールを導入し、FAO の EMA-i (Event Mobile Application) と SILAB (Système d'Information et de Gestion de Laboratoire、英語では Laboratory Information Management Systems: LIMS) プラットフォームがガーナの動物疾病サーベイランスに採用されている。パイロット段階は成功し、今後全国に展開される予定である。 - 動物部門の一部のラボは、狂犬病、COVID-19、炭疽などの特定の疾患について、ヒトのデータを eIDSR プラットフォームを通して報告している。 - 課題は、IDSR の中に、ゲノムサーベイランスが組み込まれていないことである。eIDSR プラットフォームはゲノムシーケンスを実施している全ラボをカバーしているわけではなく、シーケンス結果をアップロードする枠組みもない。 - eIDSR に必要なタブレットの普及、システム、モバイルネットワークの接続環境などの課題もある。
12	コスト削減	Cost-Reduction	課題：シーケンスを行うには高額な費用がか	- ゲノムシーケンスのコストは、以前より低下しているものの、アフリカでは 1 サン

	テーマ・分野	原文（英語）	課題・ニーズ 抽出	現状、課題、ニーズ 本文
	と持続可能な資金調達メカニズム	and Sustainable Funding Mechanisms	かる ニーズ：コスト削減のために、他国と共に一括大量購入ができるようになる。	プルあたり約 80～100US ドルで、他地域よりもかなり高い。要因は輸送費、関税、現地の企業や流通業者の高い利益率などである。 - コスト削減のための試みとして、免税、正確な定量化、周辺国やアフリカ諸国と共に一括大量調達を行うことなどが考えられる。ゲノムサーベイランスのための持続可能な資源を確保することは極めて重要で、グローバルファンドや他のパートナーから協働して支援が行われるように求めていく。
13	ゲノムサーベイランスとワンヘルス	Genomic Surveillance and One-Health	ニーズ：ワンヘルスを組み入れること	- COVID-19 のパンデミックから、ゲノムサーベイランス戦略には、ヒト、獣医、食品衛生、環境などの部門間の連携を改善する「ワンヘルス」アプローチが不可欠であることが教訓として導き出された。 - ゲノムサーベイランス戦略の必要性を強調したワンヘルス政策を起草したところである。
14	ガバナンスとリーダーシップ	Governance and Leadership	課題：リーダーシップレベルでの調整が行われていない（注：具体的には？）。技術支援を行うテクニカルワーキング委員会がない。ラボのネットワークはあるがゲノムサーベイランスはカバーされていない。 ニーズ：（おそらく）政府のリーダーシップのもとでゲノムサーベイランスが行われ、サーベイランス対象やデータ共有・報告などが行われるようになること。	- 公衆衛生サーベイランスを調整しているのは公衆衛生局である。ラボネットワークが設立され、ネットワークの運営を監督する技術ワーキンググループが設置されている。 - 高度医療を受けるメディカル・ツーリズムの周辺地域のハブとしてガーナが位置づけられるなか、このネットワークによって、人材の能力強化、検体の輸送と質が確保された検査が実現し、機能的な汎アフリカのラボネットワークが確立・調整されている。 - 一方で、ゲノムシーケンスに関するリーダーシップレベルでの調整は行われておらず、技術支援を行う技術作業委員会も存在しない。ラボのネットワークは存在するが、ゲノムサーベイランスはカバーされていない。 - ゲノムサーベイランスのための正式なリーダーシップと調整の仕組みを優先して構築する必要がある。
15	ゲノムサーベイランスのための調整メカニズム	Coordination Mechanism for Genomic Surveillance	課題：ゲノムサーベイランスが公衆衛生に統合されていない。 ニーズ：統合するための政策、戦略、規制のメカニズムを構築すること（いつ、どこから、どんな方法で検体採取を行いシーケンスにかけるのか、等）、（他国と協力して）大量購入を行うこと。	- いつ、どこから、どんな方法で検体採取を行いゲノムシーケンスにかけるのかなどを含め、ゲノムサーベイランスを公衆衛生に統合するためには、政策、戦略、規制メカニズムが必要である。国境を越えた疾病対策のための機能的な病原体ゲノムネットワークの確立には、調整メカニズムと調和のとれた法的枠組みが必要である。 - 具体的には、能力強化のためのリソースの動員、政策や基準の策定支援、大量購入の促進、製造業者との価格交渉などである。
16	データ保護	Data Protection	ニーズ：ゲノムデータを保護するための技術的・法的メカニズムの開発。	- ゲノムデータのプライバシーの確保は、遺伝情報の機密性の高さから、極めて重要である。ゲノムデータを不正アクセスから保護するための技術的・法的メカニズムを開発する必要がある。 - ガーナでは、NITA、2012 年データ保護法 (Data Protection Act, Act 843)、SORMAS など、データ保護の仕組みが一部確立されている。 - 今後はこのデータ保護メカニズムを強化していく必要がある。
17	モニタリング評価	Monitoring and Evaluation	課題：公衆衛生サーベイランスが、定期的に評価される体制になっていない。シーケンスデ	- 日常的な公衆衛生サーベイランスシステムにゲノムデータを統合することについて効率性と有効性の面から定期的なモニタリングと評価を行うことは極めて重要

	テーマ ・分野	原文（英語）	課題・ニーズ 抽出	現状、課題、ニーズ 本文
			ータの内部・外部精度管理メカニズムが構築されていない。 ニーズ：公衆衛生サーベイランスの定期評価体制の構築。シーケンスデータの内部・外部精度管理メカニズムの構築。 評価とは、データ収集が完全かつ適時に行われているか、報告が適切にされているか、データが政府の意思決定に活用されているか、ゲノムサーベイランスと他のサーベイランス手法を比較してコストと便益の側面からベターなのはどちらか、など	である。 - 公衆衛生サーベイランスの評価スケジュールは存在しない。 - シーケンスデータの内部および外部の精度管理メカニズムを構築することも最重要事項である。 - 公衆衛生サーベイランスシステムを評価するための（無料あるいは安価の）ツールを採用して、評価を実施すべきであろう。 - 評価には、データ収集の完全性と適時性、データの報告、意思決定のためのデータの利用が含まれる。 - コストと便益の側面から、他のサーベイランス手法とゲノムデータを比較する必要がある。

別添 G-2 ガーナ野口研の研究部門人材

	研究員 Research Scientist				研究スタッフ Research staff																
研究部名	教授 Professor	准教授 Associate professor	上級研究員 Senior research fellow	研究員 Research fellow	研究助手 Research associate	ポストドクター研究員 Post doctoral fellow	主席研究助手 Chief research assistant	主任研究助手 Principal research assistant	上級研究助手 Senior research assistant	研究補佐 Research assistant	品質管理コーディネーター Quality coordinator	主席技師 Chief technologist	主任技師 Principal technologist	上級技師 Senior technologist	技師 Technologist	技術者 Technician	技術助手 Assistant technician	技術補助員 Technical assistant	サポートスタッフ Support staff	小計	
動物実験			1				2	2		1					1	1	6	6	1	21	
細菌学	2	1	4	2			3	6	4	17	1	2			3				1	46	
臨床病理学	1	1		2				3	1	1				1	1			1		12	
寄生虫学	2	4	2	3	1				1	30					4				1	48	
疫学	2	3	2	3			1	4	4	4					1				1	25	
栄養学			1	2			1			5					2				1	12	
ウイルス学		3	1	3			1	1	2	6				1					1	19	
免疫学		4	2	2		1		2		18				2	1				1	33	
電子顕微鏡学 および組織病理学	1		3					2	2	4			1						1	14	
																			合計	230	

出典： 野口研ウェブサイト <https://noguchi.ug.edu.gh/research-departments/>（参照 2024 年 10 月）

別添 G-3 各研究機関の主なドナーおよびパートナー等

機関名	協力内容
野口研 ⁴⁵⁷	
米国 CDC、US Naval Medical Research Unit3, EDCTP (European and Developing Countries Clinical Trial Partnership)、National Research Foundation (南ア)	インフルエンザに関する研究、インフルエンザサーベイランスにかかる試薬等の支援 SARS-CoV-2 に関する研究およびサーベイランスの支援
WHO、米国 CDC	ポリオサーベイランスへの支援
WHO (非定期)	VHF サーベイランスへの支援
Fleming Fund、Technical University of Denmark、PGI	Whole Genome Sequencing of Antimicrobial Resistant Bacteria in Africa-, SEQAFRICA Project アフリカ CDC の下、ナイジェリア、エチオピア、トーゴ、ベナン、シエラレオネからバクテリアの検体 (E.coli, salmonella など) を受け取っている。コートジボワールから研修で人が野口研に来る際に検体を持ち込んでいる。検体は全て野口研内で処理される。
PGI、アフリカ CDC	HIV and bacterial drug resistance surveillance in HIV patients (AMR) 検体は全て野口研内で処理される。
NIH (National Institute of Health)、Brown University	マラリア原虫遺伝子のシーケンスを行うプロジェクト。 NIH から資金を得て、米国 Brown University と共同研究を行っている。
WHO の TB Supranational Reference Lab (SRL) である南アの検査室と協力している。	結核に関する研究
Hanover Medical School (ドイツ)	ヒト受容体のシーケンス
Flemming Fund	NexSec1000 を供与
アフリカ CDC	NextSeq2000 を供与
SeqAfrica および Flemming Fund	Hamilton を供与
KCCR ⁴⁵⁸	
ガーナの National TB control program	結核の検体が送られてくる
英国の Surrey 大学	共同研究、論文の共同執筆など
ドイツ CHARITE 大学	共同研究、論文の共同執筆など
ドイツ疫病準備チーム (German Epidemic Preparedness Team : SEEG ⁴⁵⁹)	MiSeq を供与
ドイツ学術財団 (German Research Foundation: DFG)	マラリア研究のドナー
EDCTP (European and Developing Countries Clinical Trials Partnership)	マラリア研究のドナー

⁴⁵⁷ 野口研が行っているサーベイランスや研究の内、ゲノム解析を含むものを主に取り上げた。網羅しているわけではない。

⁴⁵⁸ 上記の他、インタビュー調査にてドイツのドイツベルンハルト・ノクト熱帯医学研究所 (Bernhard-Nocht-Institut-fur-Tropenmedizin: BNITM)、MalariaGEN、WHO などもパートナーとして挙げられた。

⁴⁵⁹ GIZ がドイツ連邦保健省およびドイツ連邦食糧農業省の委託を受けて運営する学際的な緊急対応チームである。ロベルト・コッホ研究所、フリードリヒ・レフラー研究所、ベルンハルト・ノクト熱帯医学研究所、ベルリン・フリードリヒ・ウィルヘルム大学医療センターの専門家等で構成されている。パートナー諸国からの要請に基づき感染症およびパンデミックへの備えと対応に関する専門知識を提供することを主な目的とし、ワンヘルス・アプローチに基づく能力開発、検査施設の強化、発生準備と対応、感染予防と管理などの面で支援を行っている。(Robert Koch Institut. "The German Epidemic Preparedness Team".

https://www.rki.de/EN/Content/Institute/International/SEEG/SEEG_node.html (参照 2024-11-13)

WACCBIP	
英国 NIHR (National Institute for Health and Care Research)	シーケンスとバイオインフォマティクスのトレーニングセンター、及び全 16 州に 32 の検査室の設立。32 の検査室は GHS の下にあるものと民間（キリスト教系）保健施設のものがある。またそのうち 16 がセンチネルサイトになっている。こうしたセンチネルサイトは COVID-19 のサーベイランスに活用され、収束後はマラリアのサーベイランスに使われている。
英国ウェルカム・サンガー研究所	マラリアの共同研究を行っている。全ゲノム解析データをウェブ上で操作するのは非常に大きなサーバーと利用料が必要なため、本プロジェクトの予算でウェルカム・サンガー研究所が有するサーバーを使用している。
米国ブロード研究所 (Broad Institute ⁴⁶⁰)	マラリア研究のパートナー
ゲイツ財団	WACCBIP をゲイツ財団主催の国際会議に招待し、研究発表の機会を提供した。
GIDL-KNUST	
ゲイツ財団	下水からの病原体を検査するプロジェクトを支援している。プロジェクト名は、Environmental surveillance of multi pathogens in wastewater
韓国 国際ワクチン研究所 (International Vaccine Institute: IVI) ⁴⁶¹	ヒトから得たサルモネラ菌をシーケンスにかけるプロジェクトを支援している
VSD	
国際獣疫事務局 (World Organization for Animal Health: WOAH)	VSD とカナダのカナダ食品検査長のパートナーシップに関して、検体の輸送、試薬購入などの資金を提供している。
米国農業局 (United States Department of Agriculture: USDA)	アフリカ豚熱 ⁴⁶² と口蹄疫の陽性ケースを送りシーケンスが行われる
国際原子力機構 (International Atomic Energy Agency: IAEA)	VSD で検査できない不明な病原体を IAEA オーストリア本部に送り、必要に応じてメタゲノム解析が行われる
カナダ食品検査庁 (Canadian Food Inspection Agency: CFIA)	鳥インフルエンザのシーケンス結果の品質管理を技術支援している。
イタリアヴェネト州動物衛生研究所 (Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezi: IZSve)	鳥インフルエンザのシーケンス結果の品質管理を技術支援している。

出典：

- ・野口研：インタビュー調査（2024 年 5 月、6 月、11 月）及び野口研ウェブサイト <https://noguchi.ug.edu.gh/research-activities/surveillance-for-influenza-viruses/>, (参照 2024-11-03))
- ・KCCR：インタビュー調査（2024 年 9 月 26 日）
- ・WCCBIP：インタビュー調査（2024 年 9 月 24 日）
- ・GIDL-KNUST：インタビュー調査（2024 年 9 月 26 日）
- ・VSD：インタビュー調査（2024 年 9 月 19）

⁴⁶⁰ 正式には the Broad Institute of MIT and Harvard, MIT・ハーバード大学ブロード研究所

⁴⁶¹ 2021 年、クマシのクワメ・ンクルマ科学技術大学 (Kwame Nkrumah University of Science and Technology: KNUST) に、KNUST-IVI 共同センター (KNUST-IVI Collaboration Center) を設立した。腸チフスや侵入性非チフス性サルモネラ菌感染症など、この地域に蔓延する感染症の疾病サーベイランス、ワクチン臨床開発、予防接種キャンペーン、ワクチン有効性および医療経済学の研究などを行っている。こうした共同研究センターの設立は IVI にとって初の試みである。(IVI. “IVI and Ghana” <https://www.ivi.int/who-we-are/ivi-and-ghana/> (参照 2024-11-2)) また、IVI の HP によると、西アフリカのための腸チフスの研究やワクチン開発のために約 300 万 USD の資金をゲイツ財団から得ている (Press Release の時期は不明) (IVI. “IVI receives \$3.2 million grant to support TCV effectiveness studies in West Africa”. <https://www.ivi.int/ivi-receives-3-2-million-grant-to-support-tcv-effectiveness-studies-in-west-africa/> (参照 2024-11-1))

⁴⁶² ASF ウイルス (African Swine fever) が豚やいのししに感染し、発熱や全身の出血性病変を特徴とする致死率の高い感染症。ウイルスに汚染された豚肉や豚肉加工品を豚に給餌することや、豚同士直接的または間接的な接触により感染が拡大する。(農林水産省. “アフリカ豚熱 (ASF) とは”. <https://www.maff.go.jp/j/syouan/douei/asf.html> (参照 2024-11-13))

添付 G-4 Training program in Ghana and surrounding countries

	Name of the training	location	Country	when	Contents	Target participants	N. o Participant	Funder of the training	Collaboration	Web
*	Workshop on Genomics and Bioinformatics of Antimicrobial Resistant Pathogens	NMIMR	Ghana	2 weeks, Jun 18-28, 2024	Hands-on training on genomics and bioinformatics of K. pneumoniae and E. coli—Klebsiella pneumoniae – a significant cause of neonatal sepsis among other AMR pathogens. This training aimed to strengthen Next Generation Sequencing (NGS) capacity to examine the potential circulation of hypervirulent Klebsiella pneumoniae (hvKP) The goal was to equip scientists with the skills required to apply next-generation sequencing to genomic surveillance of AMR. During the first week, participants attended in-class lectures introducing genomics and its role in monitoring and controlling AMR, followed by wet lab practical training. This training covered key quality control aspects to ensure that pure bacterial cultures are isolated and moved onto sequencing processes like DNA extraction, purification, quantification, library preparation, and sequencing using Illumina and Oxford Nanopore workflows. In the second week, participants received hands-on training on bioinformatic analysis.	Laboratory scientists from National Public Health Institutes (NPHI) and Reference Laboratories responsible for coordinating AMR surveillance testing activities 9 countries. Cameroon, Chad, DRC, Ethiopia, Malawi, Morocco, Mozambique, Nigeria, Uganda, Zambia, and Zimbabwe	17	Supported by grants from the Bill and Melinda Gates Foundation and the European Union EU4Health Program	implemented by the ASLM, the Africa Public Health Foundation, PGI, Africa CDC	https://africacdc.org/news-item/scaling-up-antimicrobial-resistance-genomic-surveillance-in-africa/ https://aslm.org/news-article/aslm-and-africa-cdc-collaborate-in-ghana-to-host-crucial-workshop-on-genomics-and-bioinformatics-of-antimicrobial-resistant-pathogens/
	Combatting Antimicrobial Resistance (AMR): Genome Sequencing and Bioinformatics (2nd phase)	WACCBIP	Ghana	2 weeks, April 2024	This comprehensive workshop integrated both 'wet' lab (experimental) and 'dry' lab (computational) workflows to equip participants with the skills and knowledge necessary to combat the growing threat of antimicrobial resistance. Hands on experience of Mechanism of AMR, Genomic sequencing, Bioinformatics and Data analysis, DNA quantification, Library preparation, DNA dilution/normalization, DNA tagmentation, Post-tagmentation clean up, Tagmented DNA amplification, Library clean-up, Sequencing on the MiSeq Platform, Bioinformatics and Data QC.	Early to mid-career researchers, students, and postdoctoral fellows working in AMR-related fields.		Foreign, Commonwealth and Development Office (FCDO), UK government		https://www.waccbip.org/news-events/news/wacccbip-organises-genomic-workshop-to-combat-rising-antimicrobial-resistance-threat
	Combatting Antimicrobial Resistance (AMR): Genome Sequencing and Bioinformatics (1st phase)	WACCBIP	Ghana	February, 2024	same as above	same as above				

	Name of the training	location	Country	when	Contents	Target participants	N. o Participant	Funder of the training	Collaboration	Web
*	Laboratory Quality Management System (LQMS) training workshop for Next Generation Sequencing (NGS) facilities	Institut Pasteur de Dakar	Senegal	1week, Feb12-16, 2024	The primary objective of the training was to empower genomics laboratories in the public health sector with practical Quality Management System (QMS) information. The goal is to ensure the dissemination of reliable and high-quality data for diagnostics, public health actions, and policy development. Participants are anticipated to develop a quality policy, set objectives, and establish processes for QMS implementation. Additionally, they are encouraged to collaborate with management to implement effective QMS and strive for accreditation, ultimately enabling standardized procedures and the production of accurate test results.	11 countries. DRC Congo, Egypt, Ethiopia, Ghana, Kenya, Morocco, Nigeria, Senegal, South Africa, Uganda, and Zambia.		Global Health Security Agenda CARE Initiative	ASLM, Africa CDC	https://aslm.org/news-article/empowering-genomic-laboratories-aslm-and-africa-cdc-lead-lqms-training-in-senegal/
	5-Day Workshop on Genomics and Bioinformatics for Infectious Pathogens	KCCR	Ghana	5days, September 25th-29th, 2023	Participants learnt about wet lab preparation. They delved into the processes of nucleic acid extraction, library preparation, and data sequencing. With respect to Bioinformatics, participants learned the art of data analysis, harnessing various tools to derive valuable insights from their sequencing data.					https://kccr-ghana.org/kccr-labs-hosts-successful-5-day-workshop-on-genomics-and-bioinformatics-for-infectious-pathogens/
*	Bacterial Genomics and Bioinformatics Workshop	NMIMR	Ghana	August 7-18, 2023	Through this training, participants will be equipped with both wet and dry lab skills and techniques in sequencing and analysing bacterial genomes to identify antimicrobial resistance (AMR) markers to inform public health policy in their respective countries	Scientists from 14 countries. (Sierra Leone, Senegal, Mali, Togo, Burundi, Gabon, Burkina Faso, Guinea-Bissau, Namibia, Gambia, Ivory Coast, Liberia, South Africa, Sao Tome and Principe, Cameroon, Zambia, Chad, Uganda, and Congo)	20	Africa CDC	NMIMR Trainer was Dr. Bright Adu (Dep of Immunology)	https://noguchi.ug.edu.gh/2023/01/workshop-on-introduction-to-bacterial-genomics-bioinformatics-held-at-the-nmimr-arl/
*	Training of laboratory personnel from Togo in SARS-CoV-2 genomic sequencing and bioinformatics.	NMIMR	Ghana	2022-2023	Train SARS-CoV-2 genomic sequencing and bioinformatics. The training is a part of Africa PGI HIV drug resistance profile, SARS-CoV2 and Bacterial Infections in Persons living with HIV	labo personnel from Togo, Egypte	15 every time 2-3 people , 3month	Africa PGI	NMIMR	https://noguchi.ug.edu.gh/research-activities/african-pathogen-genomics-initiative-noguchi-africa-cdc-who-regional-sequencing-hub-hiv-drug-resistance-profile-sars-cov-2-and-bacterial-infections-in-persons-living-with-hiv/

	Name of the training	location	Country	when	Contents	Target participants	N. o Participant	Funder of the training	Collaboration	Web
*	Malaria Genomic Epidemiology and Data Analytics for research and public health scientists	NMIMR	Ghana	5th – 9th June, 2023	The workshop aimed at providing participants with intensive and extensive knowledge on malaria genomic epidemiology and data analytics. Through this, participants will be able to analyze, visualize, and interpret malaria genomic data and understand the public health relevance of generating and sharing genomic data on operationally relevant timescales.	Research and Public health scientists from 13 countries.	21		Facilitated by high-level researchers from Africa CDC, Johns Hopkins University and University of California, San Francisco, National Institute for Communicable Diseases, South Africa including research fellows of NMIMR	https://noguchi.ug.edu.gh/2023/06/research-and-public-health-scientists-trained-on-malaria-genomic-epidemiology-and-data-analytics/
*	Workshop on Introduction to Bacterial Genomics Bioinformatics	NMIMR	Ghana	January 23-27th, 2023	The workshop-built capacity in bacterial genomics for the next generation of applied bioinformaticians. The training module also concentrated on the differences between sequencing data produced by Illumina and Nanopore platforms, recognizing the structure of common file formats in bioinformatics particularly in FASTA and FASTQ files and introduced participants to the use of FastQC to MultiQC to produce quality reports for Illumina sequences. There were hands-on sessions on genome assembly and annotation, workflow managers and pipelines. The lecturers led participants through introduction to Unix and the command line, common bioinformatics file formats, sequencing QC, short read mapping, introduction to phylogenetics as well as anti-microbial resistance prediction from sequencing reads.	Laboratory personnel, different african countries.	15	Arrica CDC	Collaboration between NMIMR and the Department of Veterinary Medicine – University of Cambridge, with support from the Africa Research Excellence Fund (AREF) and the Cambridge – Africa ALBORADA Research Fund	https://noguchi.ug.edu.gh/2023/01/workshop-on-introduction-to-bacterial-genomics-bioinformatics-held-at-the-nmimr-arl/
*	training workshop on SARS-CoV-2 sequencing and bioinformatics analysis	ACEGID	Nigeria	July 17-29, 2022	Main objective: receiving hands-on training on SARS-CoV-2 genome sequencing and bioinformatics analysis. The training course covered the principles of genome sequencing, total nucleic acid extraction, library preparation, sequencing using the Illumina and Oxford Nanopore platforms, bioinformatics analysis and application.	Laboratory professionals working at National Public Health Institutes, from 9 countries, Chad (1), Equatorial Guinea (1), Ethiopia (1), Guinea (2), Liberia (2), Libya (1), Morocco (2), Nigeria (2), and Zambia (2)	14	CARES grant	ASLM, Africa CDC	https://aslm.org/news-article/building-sars-cov-2-sequencing-and-bioinformatics-capacity-on-the-african-continent/

	Name of the training	location	Country	when	Contents	Target participants	N. o Participant	Funder of the training	Collaboration	Web
	WGS and Surveillance Training Workshop	NMIMR	Ghana	5days, July 2022	Trainees were equipped with theoretical and practical knowledge and skills for: a) DNA extraction, purification and quantification, b) DNA library preparation and quantification, c) Loading of DNA libraries and sequencing on Miseq and MinIoN platforms, d) Prediction of bacteria species, detection of clones, AMR genes/virulence genes, and phylogenetic analysis of genomes using free online tools/platforms.	Workshop participants were representatives from the Ghana Tricycle project, biomedical scientists, and microbiology students; from various institutions: Council for Scientific and Industrial Research's Water Research Institute, National Food Safety Laboratory for Animal Health – Veterinary Services Division, St Patrick's Hospital, Korle-Bu Teaching Hospital, LEKMA Hospital, Medical Microbiology Department, West African Centre for Cell Biology of Infectious Pathogens, University of Energy & Natural Resources – Ghana, and NMIMR			WHO	https://noguchi.ug.edu.gh/2022/07/nmimr-who-rolls-out-wgs-and-surveillance-training-workshop/
*	training workshop titled "Next Generation Sequencing for Genomic Surveillance"	NMIMR	Ghana	2 weeks February 2022	Provide the participants with hands-on training in genomic sequencing to build their capacity understanding the different sequencing techniques and in particular, Next Generation Sequencing (NGS) techniques to know the different steps from sampling to generation and analysis of SARS-CoV-2 sequences.	from 8 countries, Benin, Cape Verde, Cote d'Ivoire, Guinea, Liberia, Mauritania, Sierra Leone, and Togo.	10	WHO	WHO, WAHO, AfroScreen, and Africa CDC	https://noguchi.ug.edu.gh/2022/02/training-for-genomic-surveillance%ef%bf%bc/
*	the first in a series of hands-on bioinformatics training	University of the Western Cape	South Africa	May 23th, 2022	A key ingredient of this course is the hands-on training offered by experienced bioinformatics scientists to participants whom had acquired experience in generating NGS data	Bioinformatician who had acquired experience in generating NGS data. 11 AU countries. DRC, Egypt, Ethiopia, Ghana, Kenya, Nigeria, Morocco, Senegal, South Africa, Uganda and Zambia.	15	US CDC's grant to ASLM	Africa CDC in partnership with ASLM and SANBI	https://africacdc.org/news-item/africa-cdc-conduct-bioinformatics-training-to-support-genomic-surveillance/

*は、国外からの研修員を受け入れた研修
ガーナ及び周辺国の全ての研修を網羅しているわけではない。

NMIMR: Noguchi Memorial Institute for Medical Research
ACEGID: African Centre of Excellence for Genomics of Infectious Diseases

2.5 ナイジェリア

2.5.1 一般概況

2.5.1.1 社会経済状況

ナイジェリア連邦共和国（以下、ナイジェリア）は、2023 年現在で 2 億 2,380 万人を有するアフリカで最も人口の多い国であり、アフリカ大陸のほぼ中央に位置する連邦制共和国である。西にベナン、北にニジェール、北東にチャド、東にカメルーンと国境を接し、南は大西洋のギニア湾に面しており、1991 年までに、一極集中緩和などの理由によりラゴスからアブジャに首都を移転した。

1960 年以降、共和制と軍事政権が繰り返され、政情は安定しなかったが、1998 年以降、国政選挙、地方選挙が実施され、1999 年に国民民主党オバサンジョ大統領が就任し、文民政府が発足。しかし、民族・宗教の対立、治安の悪化、政治腐敗等課題は多く、2000 年代後半より治安情勢は不安定化した。2010 年以降、ナイジェリア北東部を主な活動の舞台とする過激なイスラム原理主義団体である「ボコ・ハラム」や「ISIL (Islamic State in Iraq and the Levant) 西アフリカ州 (ISWAP)」によるテロ活動が活発化。各地で農村住民の虐殺、児童の集団拉致・誘拐、国防軍拠点の襲撃等が頻発している。これによる治安の悪化も、ナイジェリアの社会・経済に大きなダメージを与えた。その後、2007 年に与党国民民主党のヤラドゥア大統領が就任したが、2010 年の逝去に伴い、ジョナサン大統領代行（ヤラドゥア政権副大統領）が正式に大統領に就任。ジョナサン大統領は 2011 年に再選されたが、治安悪化の課題に有効に対処できていないとの批判もあった。2015 年には、当時の最大野党であった全進歩会議のブハリ候補が大統領に選出され、国民議会選挙においても全進歩会議が上院、下院共に過半数を占め、ナイジェリア史上初めて、民主的手続きによって政権交代が実現した。ブハリ大統領は 2019 年に再選されたが、2023 年の大統領選挙では、与党国民民主党のティヌブ候補が大統領に就任した。同大統領は、自身の優先政策として、国内の経済発展と治安維持の両立を挙げている⁴⁶³。

ナイジェリアの 2023 年度の GDP は 3,620 億米ドル⁴⁶⁴となっており、アフリカにおいて、エジプト、南アフリカに次いで第 3 位である（53 か国中）。人口も多いことから、今後の有望国として世界から注目を集めており、海外企業からの投資も多い。GDP 成長率は 2000 年以降おおむねプラスの状態を保っているが、2016 年と 2020 年にはマイナスに転じた（それぞれ-1.6%、-1.8%）⁴⁶⁵。一人あたり GDP も 2010 年代中頃までは上昇傾向にあったが、2014 年以降減少傾向となり、2023 年時点では 1,621 米ドルとなっている⁴⁶⁶。これ

⁴⁶³ 外務省ウェブサイト。ナイジェリア基礎データ。 <https://www.mofa.go.jp/mofaj/area/nigeria/data.html>（参照 2024-11-17）

⁴⁶⁴ World Bank. World Development Indicator. <https://data.worldbank.org/indicator>（参照 2024-10-15）

⁴⁶⁵ Ibid.

⁴⁶⁶ Ibid.

は、アフリカ 53 か国中 26 位であり、セネガル、エチオピア等の国々と同程度である。

ナイジェリアの主要産業は、農業（キャッサバ、ヤムイモ、ソルガム、ササゲ、カカオ豆、ごま等）、鉱業（原油、天然ガス）などである。天然資源にも恵まれる一方で、近年では通信、商業、運輸、サービス業のシェアも拡大している。にもかかわらず、経済成長率が低迷している背景には、多民族国家を束ねる政治の腐敗、石油など資源頼みの経済等があると指摘されており、ここ数年ではコロナ禍による打撃、通貨の暴落、急激なインフレ等により、国民の生活がさらにひっ迫している。

表 2-53 ナイジェリアの社会・経済状況一覧

一般事情	面積	923,773 万平方キロメートル（日本の約 2.5 倍）
	人口	2 億 2,380 万人（2023 年、世銀）
	首都	アブジャ（1991 年 12 月ラゴスより遷都）
	民族	民族の数は 250 以上と推定されるが、主な民族は、ハウサ族、ヨルバ族、イボ族等。
	言語	英語（公用語）、その他、ハウサ語、ヨルバ語、イボ語等。
	宗教	イスラム教（北部中心）、キリスト教（南部中心）、その他伝統宗教（全域）
経済	主要産業	農業（キャッサバ、ヤムイモ、ソルガム、ササゲ、カカオ、シアナッツ、ごま等）、原油、天然ガス、通信等
	国民総生産 GDP (Current USD)	3,628 億米ドル（2023 年、世銀）
	国民総生産成長率 GDP Growth (Annual Percent)	3.1%（2023 年、世銀）
	一人あたり国民総生産 GDP Per Capita (Current USD)	1,621 米ドル（2023 年、世銀）
社会	貧困率 Poverty headcount ration at national poverty lines	40.1%（2018 年、世銀）
	識字率 Literacy rate, youth total (% of People ages 15-24)	62%（2018 年、世銀）
	就学率 School enrollment, primary (% gross)	23%（2023 年、世銀）

出典： 外務省ウェブサイト、ナイジェリア基礎データ

<https://www.mofa.go.jp/mofaj/area/nigeria/data.html>

World Bank website. World Development Indicators. <https://data.worldbank.org/indicator/>

2.5.1.2 行政区分

ナイジェリアの州は、1996 年以降 36 の州（state）とアブジャの連邦首都地区（Federal Capital Territory: FCT）によって構成される。州はさらに 774 の地方行政区域（Local Government Area）に分割される。ナイジェリアの統治機構は連邦政府、州政府、地方政府（Local Government Authority: LGA）の 3 層構造から成る。また、地域は北西部、北東部、

北中央部、南西部、南東部、南部の 6 つの地政学ゾーンに分けられる。

医療サービスについても、連邦政府、州政府、LGA の 3 つのレベルで提供されているが、連邦政府は、ワクチン管理、疾病モニタリング、医療従事者の訓練、保健政策の立案および国内保健情報システムの設立に責任を負い、州政府は地方自治体における政策実施と医療サービスの提供の調整を担う。一方で、地方自治体の医療施設および地域保健システムは LGA 管轄下にある⁴⁶⁷。

なお、保健システムは、一次、二次、三次医療から構成され、一次医療（プライマリヘルスケア:PHC）は LGA の、二次医療は総合病院（General Hospital）として州政府の、三次医療は連邦政府の管轄下となる⁴⁶⁸。三次医療には大学病院や高次医療施設が含まれる。

2.5.1.3 人口動態と保健概況

ナイジェリアは上述の通り、人口が 2.23 億人とアフリカで最も多い国であり、そのうちの約 50%が都市部に居住している。人口増加率は 1980 年以降、常に 2.4～2.8%を推移してきており、2020 年以降 2.4%を下回るようになったが、2023 年時点でも 2.38%となっている。そのため、人口ピラミッドは、典型的なピラミッド型となっている（図 2-44）。

⁴⁶⁷ JICA.ナイジェリア国感染症対策強化にかかる情報収集確認調査ファイナルレポート. 2024.

⁴⁶⁸ FMOH（Federal Ministry of Health）の医療施設登録（<https://hfr.health.gov.ng/statistics/charts>）によると、PHC（Primary Health Care）施設は全国に 32,953 施設あるが、施設規模、サービス内容、カバー人口等により、Health Post（カバー人口 500 名）、Primary Health Clinic（カバー人口 2,000～5,000 人）、Primary HealthCare centre（カバー人口 10,000～20,000 人）と 3 つのレベルがある。（Good Governance Team Nigeria. Improving the Functionality of Primary Healthcare Centres in Nigeria.2020. <https://ng.boell.org/sites/default/files/2021-03/IMPROVING.pdf>）

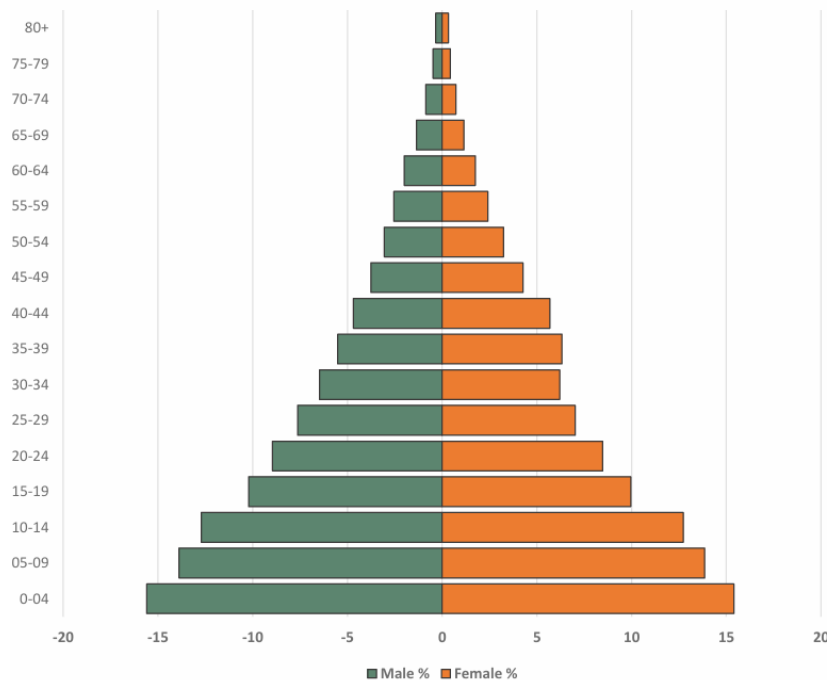


図 2-44 ナイジェリアの人口ピラミッド

出典: National Bureau of Statics. Demographic Statistics Bulletin 2022.

https://nigerianstat.gov.ng/pdfuploads/DEMOGRAPHIC_BULLETIN_2022_FINAL.pdf

一方で、出生時平均寿命は徐々に伸びているものの、全世界（72 歳）、サハラ以南アフリカ（60.7 歳）と比較しても低い、53.6 歳である（2022）。合計特殊出生率は、1978 年以降減少し続けているが、サハラ以南アフリカ（4.5）よりも高く、5.1 となっている（2023）⁴⁶⁹。

疾病構造は、図 2-45 に表されるように、主要な死因の多くは感染症や母子保健に関連するものである。多くのサハラ以南アフリカ諸国で心血管疾患や糖尿病などが上位に食い込んできているのと同様、ナイジェリアでも心血管疾患や腫瘍などの NCDs が 10 位以内に入ってきているものの、全体として感染症や母子保健関連疾患の占める割合は依然として高い。感染症の中でも、NTD およびマラリア、呼吸器感染症および結核、HIV/AIDS および性感染症（Sexually Transmitted Infections: STI）など、三大感染症（エイズ、結核、マラリア）を含む感染症は過去 20 年間、常に死因上位 10 位に入っている。

⁴⁶⁹ World Bank website. World Development Indicators. <https://data.worldbank.org/indicator>

2000 年		2010 年		2021 年	
1	呼吸器感染症および結核(224.03)	1	妊産婦および新生児死亡(168.78)	1	呼吸器感染症および結核(139.69)
2	腸管感染症(215.78)	2	腸管感染症(153.26)	2	妊産婦および新生児死亡(119.36)
3	妊産婦および新生児死亡(187.46)	3	呼吸器感染症および結核(149.94)	3	NTD およびマラリア(102.94)
4	NTD およびマラリア(168.46)	4	NTD およびマラリア(11,840.17)	4	心血管疾患(82.58)
5	その他感染症(143.07)	5	心血管疾患(91.08)	5	腸管感染症(65.92)
6	心血管疾患(129.94)	6	その他感染症 (65.9)	6	その他の COVID-19 による影響(35.77)
7	HIV/AIDS および STI (70.31)	7	HIV/AIDS および STI (52.83)	7	非感染性疾患 (その他) (34.98)
8	非感染性疾患 (その他) (46.32)	8	非感染性疾患 (その他) (44.54)	8	HIV/AIDS および STI (1,990.85)(34.55)
9	消化器疾患(35.64)	9	腫瘍(32.04)	9	腫瘍 (33.19)
10	不慮の事故(33.18)	10	消化器疾患(29.34)	10	その他の感染症(28)

図 2-45 ナイジェリアにおける死因上位 10 位の変遷（括弧内の数字は、10 万人あたりの死亡者数）

出典：GBD Compare. <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/>

これらのことから、ナイジェリアの保健状況は、他のサハラ以南アフリカ諸国と比較しても悪いと推察される。実際に、妊産婦死亡率、5 歳未満児死亡率、結核罹患率、マラリア罹患率等について、ナイジェリアとサハラ以南アフリカ、ナイジェリアと全世界とを比較した場合、全ての指標において、ナイジェリアは全世界よりもかなり悪く、サハラ以南アフリカよりも悪い。2000 年以降、これら保健指標は改善しているものの、依然として他のサハラ以南アフリカ諸国よりも厳しい状況であることが伺える。

感染症については、2014 年には致死性の高いエボラウイルス病の輸入症例が記録されているほか、毎年ラッサ熱をはじめとする当国起源の様々な感染症が発生し、流行している。2019 年に始まったラッサ熱のアウトブレイクでは、969 確定症例の内 180 名の死亡が報告された⁴⁷⁰。コレラのアウトブレイクも度々発生しており、2024 年は 9 月時点（疫学第 39 週終了時点）で既に 10,837 人の疑似症例と 359 人の死亡者が報告されている⁴⁷¹。また、マ

⁴⁷⁰ WHO AFRO. Outbreaks and Other Emergencies Week 17: 20 - 26 April 2020 Data as reported by: 17:00; 26 April 2020. <https://reliefweb.int/report/democratic-republic-congo/who-afro-outbreaks-and-other-emergencies-week-17-20-26-april-2020>

⁴⁷¹ Enietan-Matthews, T. (2024). NCDC reveals cholera cases in Nigeria surged by 220% in 2024. (An article in Ripples Nigeria published on October 6, 2024) <https://www.ripplesnigeria.com/ncdc-reveals-cholera-cases-in-nigeria-surged-by-220-in-2024/>

ラリア罹患率は他のサハラ以南アフリカ諸国に比較して高い（表 2-54）。

表 2-54 主要保健指標（ナイジェリアとサハラ以南アフリカ、全世界との比較）

	ナイジェリア			サハラ以南 アフリカ	全世界
	2000 年	2010 年	最新の数字		
平均寿命	47	51	54(2022)	61 (2022)	72 (2022)
妊産婦死亡率（出生 10 万あたり） Maternal mortality ratio (modeled estimate per 100,000 live births)	11,148	1,123	1,047(2020)	536 (2020)	223 (2020)
5 歳未満児死亡率（出生千人あたり） Mortality rate, under-5 (per 1,000 live births)	182.5	135.3	107.2(2022)	73 (2021)	38 (2021)
HIV 感染率（15-49 歳） Prevalence of HIV, total (% of population ages 15-49)	N/A	N/A	1.3(2019)	3.2 (2021)	0.7 (2021)
結核罹患率（10 万人あたり） Incidence of tuberculosis (per 100,000 people)	339	324	219 (2022)	208 (2021)	131 (2022)
マラリア罹患率（千人あたり） Incidence of malaria (per 1,000 population at risk)	413.3	376.2	305.3 (2022)	214.2 (2022)	58.9 (2022)

出典：World Bank website. World Development Indicator. <https://data.worldbank.org/indicator>
WHO website. Global Health Observatory. <https://www.who.int/data/gho>
UNAIDS. Country Progress Report – Nigeria: Global AIDS Monitoring 2020.
https://www.unaids.org/sites/default/files/country/documents/NGA_2020_countryreport.pdf

COVID-19 については、比較的早い段階で最初の症例が発見され（2020 年 2 月 27 日）、その後、2021 年の 2 月、2022 年 3 月に最大のピークを迎え、2023 年以降は終息した。2024 年 9 月現在までに、全体で 267,189 症例が報告され、そのうちの 3,155 人が死亡した⁴⁷²。死亡率が 1.18%と低く抑えられたのは、罹患者のうち多くが若者であったこと、温暖な気候、ワクチン接種のある程度の成功と推測されている^{473 474}。

一人あたり GDP が同程度のセネガルや、より下位のザンビア、ベナン等の国において、感染症による死亡や母子死亡の全体死亡率に占める割合が徐々に減少してきている一方、

⁴⁷² Our World in Data website. <https://ourworldindata.org/grapher/covid-19-cumulative-confirmed-cases-vs-confirmed-deaths?country=~NGA>

⁴⁷³ Ogunniyi, T., et al. (2023). Two years of COVID-19 vaccination in Nigeria: a review of the current situation of the pandemic: a literature review. *Ann Med Surg (Lond)*. 2023 Nov; 85(11): 5528–5532. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10617854/>

⁴⁷⁴ BBC News. Coronavirus in Africa: Five reasons why Covid-19 has been less deadly than elsewhere. (2020) (An article on October 7, 2020, retrieved on March 11, 2022) <https://www.bbc.com/news/world-africa-54418613>

ナイジェリアにおいて、それらの割合は、これら3か国よりも高い状況となっている⁴⁷⁵。つまり、感染症や母子保健の指標は、衛生設備や医療施設のインフラ整備、予防接種等の基礎保健サービス充実により成果を挙げやすいが、ナイジェリアでは、これら分野に対する投資や取り組みが他国に比しても不十分であり、それは単に国家の経済力の問題だけではなく、政府による保健分野への資金配分が非常に低いことも影響していると考えられる。

近年は、2020年のポリオ根絶、HIV/AIDS感染者への抗レトロウイルス薬へのアクセス改善など一定の成果を挙げてはいるものの、実際に、政府支出に占める保健支出の割合は2021年では4.1%と非常に低く、この割合は過去15年の間に減少し続けている⁴⁷⁶。また、保健支出に占めるOOPSの割合も76.2%（2021）と驚異的に高く、一般市民にとって医療サービスを受ける金銭的なハードルが非常に高いことも伺える。図2-46は、各国のGDPに占める保健支出割合と保健支出に占めるOOPSの割合の相関性を示すものであるが、赤い点がナイジェリアを指しており、GDPに占める保健支出が非常に低い一方で、OOPSの割合は世界トップレベルに高いことが示される。

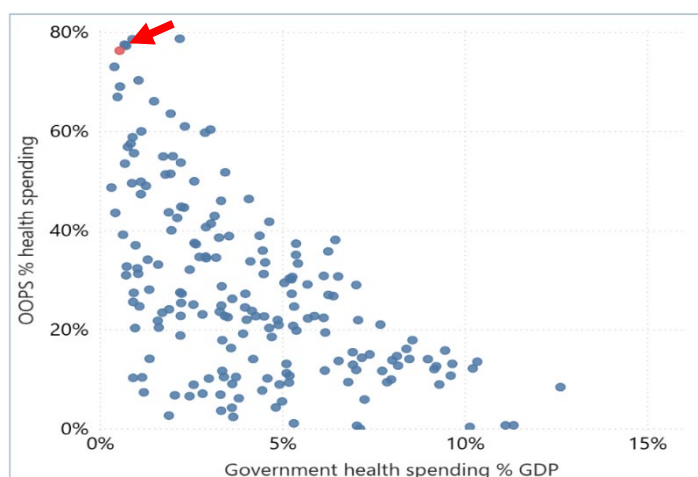


図 2-46 各国の GDP に占める保健支出割合と保健支出に占める自己負担割合の相関性（2021）

出典：WHO website. Global Health Expenditure Database.
https://apps.who.int/nha/database/country_profile/Index/en

2.5.2 政策

2.5.2.1 国家開発政策

ナイジェリア政府は2010年に策定した「ナイジェリアビジョン20（Nigeria Vision 20）⁴⁷⁷」において保健分野を重点セクターの一つとして掲げており、一次医療システムの活性

⁴⁷⁵ GBD Compare website. <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/>

⁴⁷⁶ WHO. Global Health Expenditure Database.
https://apps.who.int/nha/database/country_profile/Index/en

⁴⁷⁷ Government of Nigeria. Nigeria Vision 20: 2020.

化、二次・三次医療システムの強化、UHC を達成するための国民健康保険制度（National Health Insurance System: NHIS）拡大、医療の質改善のための医療従事者の能力向上に取り組むとしている。また、「ナイジェリア経済復興成長計画（Economic Recovery and Growth Plan 2017-2020）」において、「国民への投資（Investing in Our People）」を戦略的目標の一つとして掲げ、その中で国民の健康が当国の発展に不可欠である旨を明示している。

ビジョン 20 に基づいて策定された「国家開発計画 2021-2025（National Development Plan (NDP) 2021-2025）⁴⁷⁸」では、保健財政の不足、農村間の保健リソース配分の不均衡、質の高い保健人材や機材の不足、よりよい報酬を求める保健人材の流出、ガバナンスの弱さ等ナイジェリア保健システムの課題を認識した上で、下記の目標を掲げている。

- ・ 民間セクター、公的セクターを統合した保健システムの確立
- ・ 国民の 50% への UHC 拡大
- ・ 質の高い保健人材、医薬品、医療機器の十分な確保
- ・ 健康行動・習慣・ライフスタイルの推進
- ・ 乳幼児と妊産婦の死亡率削減

2.5.2.2 保健医療政策

2016 年に策定した「国家保健政策（National Health Policy 2016）⁴⁷⁹」では、母子保健、NCDs への対策とともに、感染症対策と公衆衛生上の危機への備えを重要課題と位置付けている。2018 年に策定された「健康の安全保障のための国家行動計画 2018-2022（National Action Plan on Health Security 2018-2022）⁴⁸⁰」では、感染症対策や衛生上の危機への備えについてさらに具体的な計画を記述しており、検査室整備および検査試薬等の必要物資供給の強化を優先すべき活動の一つとして位置付け、医療検査サービス政策（Nigeria Medical Laboratory Services Policy）に基づき検査室の機能強化に取り組むとしている。

2.5.2.3 感染症対策関連政策

2011 年に、疾病の予防・追跡・コントロールを担うナイジェリア疾病対策予防センター（Nigeria Centre for Disease Control and Prevention: NCDC）が設立された。同センターは、サーベイランスシステムの調整や監督、小規模アウトブレイクの際の対策の主導、レフ

https://www.nigerianstat.gov.ng/pdfuploads/Abridged_Version_of_Nigeria%20Vision%202020.pdf

⁴⁷⁸ Federal Ministry of Finance, Budget and National Planning. National Development Plan (NDP) 2-21-2025 <https://nigeria-reposit.nln.gov.ng/items/1e1972a6-84c2-4465-949d-7ce24834e0b2>

⁴⁷⁹ Federal Ministry of Health. National Health Policy 2016: Promoting the Health of Nigerians to Accelerate Socio-economic Development. <https://www.naca.gov.ng/wp-content/uploads/2019/10/National-Health-Policy-Final-copy.pdf>

⁴⁸⁰ Federal Ministry of Health. National Action Plan on Health Security 2018-2022. <https://extranet.who.int/sph/sites/default/files/document-library/document/Nigeria%20National%20Action%20Plan%20for%20Health%20Security.pdf>

アレックス検査室および専門検査室によるネットワークの構築および維持、公衆衛生にかかる研究の実施と保健政策策定にかかる情報提供等の役割を担う。2018年11月、NCDC 設立法案 (Act to Establish the Nigeria Center for Disease Control)⁴⁸¹が成立し、NCDC を本格的な準政府機関として、その活動を確実に継続し、支援していくことが表明された。

2019年には、IDSR⁴⁸²の国家政策にあたる「ナイジェリア IDSR テクニカルガイドライン (Technical Guidelines for Integrated Disease Surveillance and Response in Nigeria)⁴⁸³」の第三版が出版され、感染症の探知・記録、報告、データ分析、アウトブレイク疑いの調査・確認、その後の対応準備・実施といった総合的対策にかかる実施手順が最新情報に更新された。

また、「(感染症の制御を支援するための) 戦略・実行計画 (2023-2027) (Strategy and Implementation Plan (2023-2027)⁴⁸⁴」では、感染症を予防および制御するための目標と目的が設定された。当該計画は、NCDC による疾病サーベイランスおよび対応能力の強化を目的に、インフラ、データシステム、検査能力、公衆衛生上の緊急事態への対応能力、予防、サブナショナル・レベルの各種能力強化に向けた優先課題を特定し、行動計画の策定・実施に取り組むとしている。NCDC が責務とするサーベイランスの実施と疾病コントロールをどのように行うかについても、予算確保やロールアウトプランも含め、本戦略・実行計画に明らかである。さらに、「ナイジェリア保健セクター刷新投資イニシアチブ II (Nigerian Health Sector Renewal Investment Initiative 2023-2026: NHSRII)」は、PHC 改革の一環として、感染症アウトブレイクに対する備えと対応力を強化するための優先アクション・ステップを取るとしており、これらのステップには、相互運用可能なデジタルプラットフォームの構築、公衆衛生緊急対応基金、保健医療人材の能力に基づく個別トレーニング、疾病流行に対応可能な効果的な PHC の構築が含まれる⁴⁸⁵。

さらに、ワンヘルスについての戦略、AMR、COVID-19、ウイルス性出血熱、黄熱、エムボックス等のコントロールについての個別戦略も NCDC により作成されている(表 2-55)。

⁴⁸¹

<https://ncdc.gov.ng/ncdc.gov.ng/themes/common/files/establishment/2063cf4d4ca297647d729ac6356bac34.pdf>

⁴⁸² 統合疾病サーベイランスと対応 (IDSR) とは、WHO アフリカ地域の国々が、優先的な疾病、状態、事象に対する包括的な公衆衛生サーベイランスと対応システムを、保健システムのあらゆるレベルで実施するために採用する戦略である。

⁴⁸³ Nigeria Center for Disease Control and Prevention and WHO. National Technical Guidelines for Integrated Disease Surveillance and Response. 2019.

https://ncdc.gov.ng/ncdc.gov.ng/themes/common/docs/protocols/242_1601639437.pdf

⁴⁸⁴ Nigeria Center for Disease Control and Prevention. Strategy and Implementation Plan 2023-2027: Vision to Action. 2023.

<https://ncdc.gov.ng/ncdc.gov.ng/themes/common/files/establishment/0ee30df42b787ee3bbced29b9930b27f.pdf>

⁴⁸⁵ JICA. ナイジェリア国感染症対策強化にかかる情報収集・確認調査ファイナルレポート. 2024.

表 2-55 ナイジェリアの感染症関連政策および戦略

	感染症関連政策及び戦略	和訳
1	National Health Policy 2016	国家保健政策 2016
2	National Action Plan on Health Security 2018-2022	健康の安全保障のための国家行動計画 2018-2022
3	Act to Establish the Nigeria Centre for Disease Control (2018)	NCDC 設立法案
4	Nigeria Centre for Disease Control and Prevention (Establishment) Act (Amendment) Bill 2022	NCDC 設立改定法案 2022
5	Technical Guidelines for Integrated Disease Surveillance and Response in Nigeria (2019)	ナイジェリア IDSR テクニカルガイドライン
6	5-year Strategy and Implementation Plan (2023-2027)	感染症の制御を支援するための 5 か年戦略・実行計画 (2023-2027)
7	Nigerian Health Sector Renewal Investment Initiative 2023-2026	ナイジェリア保健セクター刷新投資イニシアチブ II (2023-2026)
8	Strategy & Implementation Plan 2023-2027: Vision to Action	NCDC 戦略及び実施計画 2023-2027: 行動のためのビジョン
9	Policy Brief-Implementation of the National Action Plan for AMR (2024)	政策概要-AMR のための国家行動計画 (2024) の実施
10	One Health Antimicrobial Resistance: National Action Plan 2.0 2024-2028	ワンヘルス抗菌薬耐性：国家行動計画 2.0 2024-2028
11	Nigeria One Health Strategic Plan, 2019-2023	ナイジェリア ワンヘルス戦略計画 2019-2023
12	National Guidelines on Infection Prevention and Control for Viral Hemorrhagic Fevers, 2023	ウイルス性出血熱の感染予防と管理に関する全国ガイドライン (2023)
13	COVID-19 Risk Communication and Community Engagement Strategy	COVID-19 リスクコミュニケーションとコミュニティ参加戦略
14	National Guidelines for Yellow Fever Preparedness and Response	黄熱への準備と対応に関する国家ガイドライン
15	National Monkeypox Public Health Response Guidelines, 2019	国家エムボックス公衆衛生対応ガイドライン 2019

出典：調査団作成

2.5.2.4 病原体ゲノム関連政策

現在公開されている病原体ゲノム関連政策、戦略、計画は存在しないが、NCDC や WHO 関係者によれば、2024 年 5 月に国家ゲノムサーベイランス・コンソーシアム（後述）が形成され、ゲノムサーベイランスについての戦略策定に向けて関係者が協議を続けているとのことであった。それにより、7 月には「国家ゲノムサーベイランス戦略 (National Genomics Surveillance Strategy)」のドラフトが完成した。ドラフトには下記の内容が含まれる⁴⁸⁶。

- 臨床および診断手順
- 検体の取り扱い
- データマネジメント（データ視覚化手法も含む）とガバナンス
- 人員配置計画

⁴⁸⁶ 2024 年 9 月 19 日、WHO ナイジェリアへのインタビュー調査より（オンライン）。

- 消耗品調達計画
- 技術プラットフォーム
- ガバナンスフレームワーク
- ワンヘルス・アプローチと他セクター機関との連携

2.5.3 病原体ゲノムサーベイランスの現状と課題

2.5.3.1 病原体ゲノムサーベイランス主要機関

(1) 連邦保健社会福祉省（Federal Ministry of Health and Social Welfare）

ナイジェリア連邦保健社会福祉省（Federal Ministry of Health and Social Welfare: FMOH）は、国の医療制度に重要な役割を果たしており、主に、政策立案と実施、疾病予防を含む公衆衛生活動の管理、医療サービスの監督や質の管理、食品や医薬品についての規制と基準の設置、保健調査の実施・計画や予算の策定・実施監督、他の政府省庁や国際機関との協力による保健活動の成果向上等の責務を担っている。

FMOH には、人事部、情報部、特別プロジェクト部、内部監査部、会計部、調達部、法務部等の業務管理部門とともに、食品医薬品サービス、病院サービス、ICT、総合診療、家庭医療、公衆衛生、健康増進等の保健医療サービスを統括する部署等がある（図 2-47）。

ゲノムサーベイランスを含む感染症サーベイランスを監督する部署は、公衆衛生（Public Health）であるが、同部署には下記に挙げる感染症に関する複数の課（Division）がある⁴⁸⁷（図 2-47 外）。

- 顧みられない熱帯病（NTD）
- 国家結核・ハンセン病制圧プログラム
- 国家マラリア撲滅プログラム
- HIV/AIDS・ウイルス性肝炎プログラム
- 疫学サービス

⁴⁸⁷ Federal Ministry of Health and Social Welfare website. <https://www.health.gov.ng/Source/30/Public-Health>

Organization Map of Federal Ministry of Health and Social Welfare

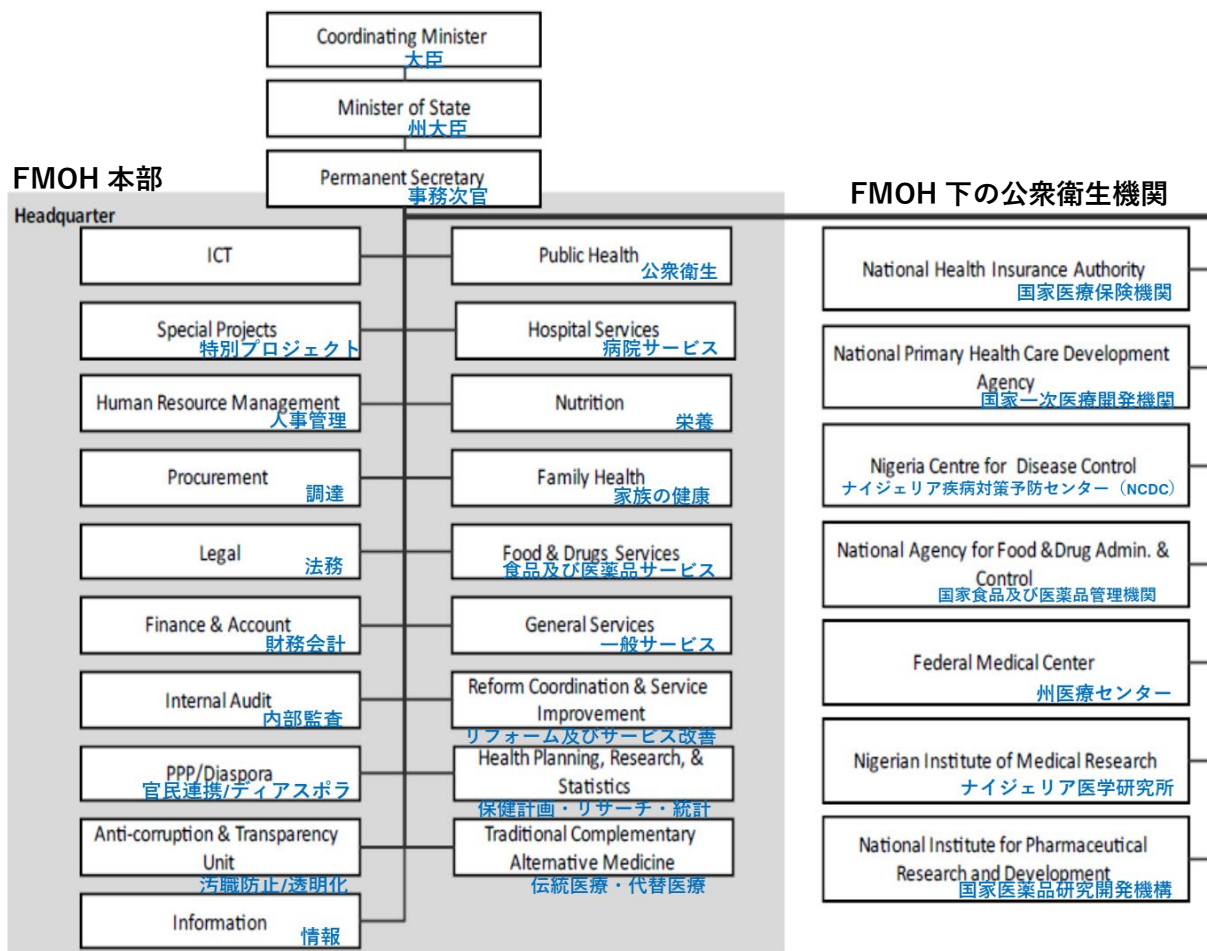


図 2-47 連邦保健社会福祉省（FMOH）組織図

出典：JICA. ナイジェリア国感染症対策強化にかかる情報収集・確認調査ファイナルレポート. 2024

さらに、プログラムあるいはユニットとして、以下がある⁴⁸⁸（図 2-47 外）。

- ・ 国家エイズ・ウイルス性肝炎・STI 対策プログラム
- ・ 国家眼科保健プログラム
- ・ 国家オンコセルカ症対策プログラム
- ・ 国家リンパ系フィラリア症撲滅プログラム
- ・ 国家住血吸虫症・土壌伝染蠕虫対策プログラム
- ・ ナイジェリア・ギニアワームおよびヒトアフリカトリパノソーマ症撲滅プログラム
- ・ 人獣共通感染症 NTD ユニット
- ・ 国立アルボウイルス&ベクター研究センター
- ・ 国立結核・ハンセン病研修センター

これらの課、プログラムやユニットでは、各感染症に関連する政策の策定、コントロール、

⁴⁸⁸ Ibid.

予防活動等の監督、その実施と評価を支援している。なお、ゲノムを冠する部署は FMOH の中には認められなかった。また、FMOH には特定の疾患や病原体についての特別課、ユニット等がある一方で、感染症全般のコントロールや予防対策を実質的に担っているのは、前述の NCDC である。

(2) ナイジェリア疾病対策予防センター（Nigeria Centre for Disease Control and Prevention）

NCDC は、FMOH 直下にある 7 つの機関⁴⁸⁹のうちの一つで（図 2-47）、ナイジェリアにおける最も重要な公衆衛生機関である。首都アブジャに本部を置き、疾病の発生や公衆衛生上の緊急事態への対応を主導することを使命として設立された。疾病の予防・追跡・コントロール、サーベイランスシステムのコーディネーション、小規模アウトブレイクの際の州政府向け支援および大規模アウトブレイクの際の対策の主導、レファレンス検査室および専門検査室によるネットワークの構築および維持、公衆衛生にかかる研究の実施と保健政策策定にかかる情報提供等を行う⁴⁹⁰。組織構成は図 2-48 の通り。

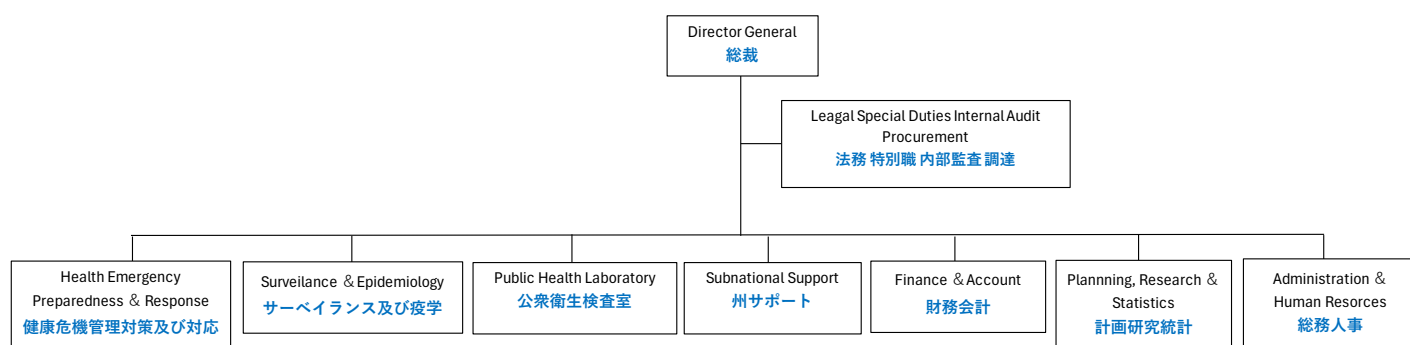


図 2-48 ナイジェリア疾病対策予防センター（NCDC）組織図

出典：Nigeria Center for Disease Control and Prevention. Website.
<https://ncdc.gov.ng/ncdc.gov.ng/ncdc>.（参照 2024-11-22）

ゲノムサーベイランスは、ナイジェリアにおける感染症の監視、検出、対応という NCDC 業務の重要な一部であり⁴⁹¹、アブジャにある NCDC 下の国立レファレンス検査室（National Reference Laboratory: NRL）は、ゲノムサーベイランス活動の拠点となっている。もう一つの国家レベル検査室であるラゴスの中央公衆衛生検査室（Central Public Health Laboratory: CPHL）においても現在、主にグローバルファンドの支援によりゲノムシーク

⁴⁸⁹ ナイジェリアの FMOH 下にある国立公衆衛生機関は、NCDC の他に、National Health Insurance Authority, National Primary Healthcare Development Agency, National Agency for Food and Drug Administration, Federal Medical Center, Nigerian Institute of Medical Research, National Institute for Pharmaceutical Research and Development がある。

⁴⁹⁰ JICA. ナイジェリア国感染症対策強化にかかる情報収集・確認調査ファイナルレポート. 2024

⁴⁹¹ Nigeria Centre for Disease Control and Prevention. (2021). NCDC Annual Report 2020.

ンス・解析を行う検査室を建設中で、2024 年 11 月から 2025 年 3 月までに稼働開始予定である。また、CPHL は現在 JICA の無償資金協力により BSL-3 検査室を建設中である⁴⁹²。

関係者によれば⁴⁹³、現在、ゲノムサーベイランスに関わる職員は NRL に 3 名いるが、職員の数は常に足りていない。また、離職率も非常に高く、研修を受けた後もいかに人員を定着させるかが課題となっている。また、NRL は 4 台の NGS（イルミナ社 MiSeq、MiSeq FGx、ONT 社 MinION MK1B、MinION MK1C）と 2 台のサンガーシーケンサー（ABI 3500、SeqStudio）を保有し、いずれも稼働中である。一方、現在建設中の CPHL のゲノム検査室には、イルミナ社 Novaseq2 台と Miseq FGx 1 台等の NGS、アジレント・テクノロジー社 Agilent Bravo2 台、サーモフィッシャー社 Genexus1 台を含む複数のライブラリー調製機が配備される予定となっており、NRL よりもさらにハイスペックな機器が導入される予定である。しかし、これらを稼働し続けるためには、電力の安定供給や試薬の継続的な調達が必要となるが、これらランニングコストを確実に捻出する資金の目途は立っていない。また、両検査室ともに職員の離職率の高さは深刻であり、公務員給与の低さが主な原因とのことであった。

2.5.3.2 サーベイランス

(1) 感染症サーベイランス

1) 感染症サーベイランスシステムの概要

ナイジェリアでは、前述の「ナイジェリア IDSR テクニカルガイドライン」を基に、NCDC を指揮系統の頂点とした統合的な感染症サーベイランスが行われる。アプローチとしては、IBS と EBS の 2 種がある。IBS は、体系的かつ定期的に行われ、保健センターから上がってくる情報など、保健衛生についての正式な情報源によって作成された指標に基づくものである。EBS は、公衆衛生にとって潜在的なリスクのあるイベント（アウトブレイクなど）に関する情報を組織的、かつ迅速に収集することであり、新聞、インターネット、テレビ等のメディアによるモニタリングも含まれる。両者は完全に別個のシステムとして成立するものではなく、双方が補完し合い早期警報機能に寄与することが期待されている。また、サーベイランスの活動は、検体収集、検査・検出、報告、分析と解釈、対策、リスクコミュニケーション、フィードバックという一連の作業を包括する。なお、IBS、EBS ともに、情報の流れは、コミュニティ → 地方 (LGA) の医療機関 → 州 → 中央へと続き、中央レベルで取りまとめられた情報が、今度は州→地方医療機関へとフィードバックされる (図 2-49)⁴⁹⁴。

⁴⁹² 2024 年 9 月 6 日、CPHL へのインタビュー調査より（オンライン）。

⁴⁹³ 2024 年 9 月 3 日、NCDC へのインタビュー調査より（オンライン）。

⁴⁹⁴ Nigeria Centre for Disease Control and Prevention and WHO. National Technical Guideline for Integrated Disease Surveillance and Response. Third edition. 2019.



図 2-49 コミュニティレベルから中央レベルまでの情報の流れと中央レベルからコミュニティレベルまでの報告の流れおよび指揮系統

出典：NCDC and WHO. (2019). National Technical Guideline for Integrated Disease Surveillance and Response. Third edition.より調査団作成

データ収集は、紙ベースと電子データの両方で行われる。紙ベースのツールでもタイムリーな情報は得られるものの、リアルタイム報告のための電子報告プラットフォームである SORMAS とモバイル疫病対応強化システム（mobile Strengthening Epidemic Response System：mSERS）への移行が進んでいる⁴⁹⁵。SORMAS は、すでにナイジェリア全州のすべての LGA で使用されており、各 LGA には、SORMAS データのモニタリングを行い、SORMAS 上で発見された疾病についてのデータアップロードを行う疾病監視通知官（Disease Surveillance Notification Officer）DSNO が 1 人配置されている⁴⁹⁶。一方で SORMAS には運用面、人員、データ品質について課題が多いと認識されている。また、中央から下部組織に対する報告の流れも十分ではなく、週報等を含む書面でのフィードバックを受けている LGA は全体の 70%程度との報告もある⁴⁹⁷。

⁴⁹⁵ Nigeria Centre for Disease Control and Prevention and WHO. National Technical Guideline for Integrated Disease Surveillance and Response. Third edition. 2019.

⁴⁹⁶ DSNO は PHC のスタッフでもあるため、それぞれの LGA 内のすべての PHC の監視官と協力して業務を行っているが、二次医療施設や三次医療施設ではまだ業務を行っていない。NCD は、グローバルファンドの支援を受けて SORMAS を二次医療施設や三次医療施設にまで拡大・展開することを計画している。（2024 年 11 月 19 日、ナイジェリア長期専門家を通じての NCDC への聞き取りより（e-mail にて））

⁴⁹⁷ 大谷聡（JICA 専門家）．ナイジェリア国公衆衛生上の脅威の検出及び対応強化プロジェクト：感染症サーベイランス M&E 強化. 2023.（内部報告書）

アウトブレイクなどの有事の際には、病原体あるいは疾患ごとのテクニカルワーキンググループを通じて、あるいは緊急対策室（Emergency Operation Center: EOC）を通じて、毎日報告が行われる⁴⁹⁸。

2) 対象ウイルス、疾患、優先順位等

IDSR では、サーベイランス対象の疾患・症状を表 2-56 のように分類する。ナイジェリアでは、この分類に基づき、感染症については特に下記ウイルス・疾患を優先するとしている⁴⁹⁹。

- 天然痘、野生型ポリオウイルスによるポリオ性骨髄炎、新型インフルエンザ、重症急性呼吸器症候群（SARS）など
- 急速的に蔓延し、国際公衆衛生に深刻な影響を及ぼす可能性の高い疾病（コレラ、ペスト、黄熱、ウイルス性出血熱等）
- 国内における罹患率の高い疾患、あるいは死亡率の主な原因となる感染症（例えば、マラリア、肺炎、下痢症疾患、結核、HIV/AIDS）
- オンコセルカ症やヒトアフリカトリパノソーマ症など撲滅対象の感染症

表 2-56 IDSR が対象とする疾患・症状

	流行しやすい疾患	撲滅対象疾患	公衆衛生上懸念されるその他の疾患	直ちに報告されるべき異常事態
1	ラッサ熱	ブルーリ潰瘍	炭疽	エボラウイルス病
2	黄熱	ギニアワーム病	マラリア	炭疽
3	細菌性髄膜炎	ハンセン病	腸チフス	チクングニア熱
4	COVID-19	リンパ系フィラリア症	急性ウイルス性肝炎	中東呼吸器症候群（MERS）
5	コレラ	新生児破傷風	非新生児破傷風	ペスト
6	麻疹	ポリオ性脊髄炎	結核	ジカウイルス感染症
7	エムボックス	オンコセルカ症	MDR/XDR（多剤耐性および超多剤耐性）結核	新型インフルエンザ
8	デング熱	狂犬病	国際的または国内的に懸念される公衆衛生上の事象（感染症、人獣共通感染症、食中毒、化学物質、放射性核物質、または原因不明によるもの）	MDR/XDR 結核
9	ポリオ性骨髄炎	トラコーマ	予防接種後の有害事象	原因不明の疾病/死亡の群発（人間または動物、鳥）

⁴⁹⁸ 2024 年 9 月 3 日、NCDC へのインタビュー調査より（オンライン）。

⁴⁹⁹ Nigeria Centre for Disease Control and Prevention and WHO. National Technical Guideline for Integrated Disease Surveillance and Response. Third edition, 2019.

	流行しやすい疾患	撲滅対象疾患	公衆衛生上懸念されるその他の疾患	直ちに報告されるべき異常事態
10	ジフテリア	フランベジアおよびベジェル	糖尿病（新規症例）	国際的に懸念されているあらゆる病気や出来事
11	百日咳		5歳未満の脱水を伴う下痢	
12	その他のウイルス性熱性疾患（エボラウイルス病、チクングニア熱等）		てんかん	
13	風疹		高血圧症（新規）	
14	血便を伴う下痢（赤痢菌）		鎌状赤血球症（新規）	

出典：Nigeria Centre for Disease Control and Prevention and WHO. National Technical Guideline for Integrated Disease Surveillance and Response. Third edition. 2019.

なお、NCDC を頂点にすべての病原体や疾患について感染症サーベイランスシステムを統合しようという動きがある中、各種病原体や疾患に特化した異なるネットワークが存在する。ネットワークごとにメンバーとなる検査室は異なり、NCDC 下の中央レベル検査室である NRL や CPHL だけでなく、医科大学の検査室、州レベル検査室、民間検査室等も含まれる。例えば、コレラ、ジフテリア、エボラウイルス病/マールブルグ病、インフルエンザ、ラッサ熱、エムボックス、黄熱/麻疹/風疹、COVID-19、AMR を担当する検査室のネットワークがそれぞれに存在する。

また、各病原体・疾患についてのテクニカルワーキンググループがあり、週 1 回程度で現状レポート（Situation report）が取りまとめられ、グループ内で共有され、NCDC の公式ウェブサイト上でも掲載される⁵⁰⁰。アウトブレイクなどの際は、より高頻度でレポートが発行される。

3) 合同外部評価（Joint External Evaluation）

IHR 合同評価は 2023 年に 6 年ぶりに実施され、JEE 報告書は 2024 年 11 月に発行された。2017 年の JEE が総合で 39%であったのに対し、2023 年は 54%と一定の改善を示している。また、予防能力が 39%から 50%へ、検知能力が 51%から 58%へ、対応能力が 37%から 51%へ、IHR 関連ハザードと POE（入域地点）が 37%から 63%へとそれぞれ改善された⁵⁰¹。この背景要因として、「健康の安全保障のための国家行動計画 2018-2022」の実施、

⁵⁰⁰ ラッサ熱、髄膜炎、コレラ、エムボックス、黄熱、麻疹、風疹、COVID-19、鳥インフルエンザ、ジフテリア等についてのテクニカルワーキンググループがある。それぞれについて、ほぼ週一で現状レポートが発行され、NCDC のウェブサイト上で公開される。 <https://ncdc.gov.ng/ncdc.gov.ng/diseases/sitreps>

⁵⁰¹ Ibukun. O, et al. Nigeria's 2023 Joint External Evaluation: Progress in the Right Direction. (Nigeria Health Watch 2023 年 9 月 12 日の記事) <https://articles.nigeriahealthwatch.com/nigerias-2023-joint-external-evaluation-progress-in-the-right-direction/>

多様なステークホルダー間の協力促進、特定された課題への対応に財政投資を振り向けるワンヘルス・アプローチの採用、また 2018 年の NCDC 法制定以降 NCDC が調整役として感染症サーベイランス強化のステークホルダー間、また、コミュニティから中央までの基盤を強固にしたことが挙げられている⁵⁰²。PCR 検査室、マルチプレックス・アッセイ検査室⁵⁰³、ゲノムシーケンス検査室、微生物学、血清学などの解析に必要な高度な設備を有する NRL の設立も大きな成果であった。

表 2-57 ナイジェリアにおける JEE スコアのまとめ

技術分野	指標	スコア
予防		
P1. 政策、法令	P1.1 政策および法令的枠組み	2
	P1.2 緊急事態におけるジェンダー格差	1
P2. 財政	P2.1 IHR 実施のための財政	2
	P2.2 公衆衛生上の危機対応のための財政	2
P3. IHR の調整、国家 IHR フォーカルポイントの機能、アドボカシー	P3.1 国家 IHR フォーカルポイントの機能	3
	P3.2 マルチセクトラル調整メカニズム	3
	P3.3 IHR、備え（Preparedness）、ヘルスセキュリティのための戦略計画	3
P4. 薬剤耐性（AMR）	P4.1 AMR のためのマルチセクトラル調整	4
	P4.2 AMR サーベイランス	2
	P4.3 多剤耐性菌（multidrug-resistant organisms, MDROs）の予防	1
	P4.4 抗菌薬適正使用	3
	P4.5 動物に対する抗菌薬適正使用	2
P5. 人獣共通感染症	P5.1 人獣共通感染症サーベイランス	3
	P5.2 人獣共通感染症への対応	3
	P5.3 衛生的な動物製品	1
P6. 食品の安全性	P6.1 食品由来の疾病と食品汚染サーベイランス	3
	P6.2 食品安全危機への対応と管理	3
P7. バイオセーフティとバイオセキュリティ	P6.1 ヒト、動物、農業に関する政府一体型のバイオセーフティおよびバイオセキュリティシステムの確立	2
	P6.2 バイオセーフティ／バイオセキュリティの分野におけるトレーニングと実践	2
P8. 予防接種	P8.1 国家プログラムによるワクチン接種率	3
	P8.2 国内のワクチンへのアクセスと供給	4
	P8.3 ワクチンにより予防可能な疾患流行の際の集団予防接種	4
検知		
D.1. 国内ラボラトリー（検査室）システム	D.1.1 検体の委託・輸送システム	2
	D.1.2 検査室の質管理システム	2
	D.1.3 検査室能力検査方法	3
	D.1.4 効果的な国家診断ネットワーク	3
D.2. リアルタイムサーベイランス	D.2.1 早期警戒サーベイランス機能	3
	D.2.2 イベントの確認と調査	4
	D.2.3 分析と情報共有	3
D.3. 人的資源	D.3.1 マルチセクトラルな人員計画	3

⁵⁰² Ibid.

⁵⁰³ 複数の標的分子を同時に測定できる分析方法。従来の単一分子を標的とする検出システムとは異なり、1 回の測定で複数の分子を検出できる。

技術分野	指標	スコア
	D.3.2 IHR 実施のための人的資源	3
	D.3.3 人材育成	3
	D.3.4 公衆衛生関連イベントの際の人員動員	2
対応		
R.1. 準備態勢	R.1.1 緊急リスクアセスメントと準備	3
	R.1.2 公衆衛生危機対応センター (Public health emergency operations center, PHEOC)	4
	R.1.3 健康危機対応管理	4
	R.1.4 公衆衛生上の危機の際の保健人材の動員とコーディネーション	3
	R.1.5 緊急ロジスティクス・サプライチェーン管理	3
	R.1.6 研究開発とイノベーション	2
R.2. 公衆衛生と安全保障との連携	R.2.1 生物、化学、放射線に関する危機が疑われる時あるいは確認された時の公衆衛生と安全保障の連携	2
R.3. 保健サービスの提供	R.3.1 ケースマネージメント携	1
	R.3.2 ヘルスサービスの利用	2
	R.3.3 基礎保健サービスの継続提供	2
R.4. 感染予防とコントロール (Infection prevention control, IPC)	R.4.1 IPC プログラム	3
	R.4.2 HCAI (Healthcare associated infection) サーベイランス	2
	R.4.3 保健施設の安全性	1
R.5. リスクコミュニケーションとコミュニティエンゲージメント	R.5.1 緊急事態の際の RCCE (Risk communication and community engagement) システム	3
	R.5.2 リスクコミュニケーション	3
	R.5.3 コミュニティエンゲージメント	3
IHR (国際保健規則) に関連するハザードと出入国管理、国境における保健対策		
PoE.1. 入域地点	PoE.1 入域地点における通常のコアキャパシティ条件	4
	PoE.2 入域地点における公衆衛生対応	4
	PoE.3 国際移動に対するリスクに基づいたアプローチ	4
CE.1. 化学物質に関する事象	CE.1 化学物質に関する事象または緊急事態を検知し、これに対応するためのメカニズムが確立され、機能している	2
	CE.2 化学物質に関する事象の管理を可能にする環境	2
RE.1. 核・放射線源に関する緊急事態	RE.1 核・放射線源および原子力緊急事態を検知し、これに対応するためのメカニズムが確立され、機能している	3
	RE.2 放射線源緊急事態の管理を可能にする環境が整備されている	3

出典：WHO. Joint external evaluation of International Health Regulations core capacities of Nigeria, mission report: August 14-18, 2023.

<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/379644/9789240102989-eng.pdf>

しかし、国家レベルでの取り組みには顕著な前進がみられた一方で、州レベル、さらに LGA レベルでの感染症サーベイランスにかかる能力は一層の強化が求められるとも評価されている。LGA や州レベルの保健当局の保健人材への適切な訓練、LGA レベルの保健医療機関インフラ整備等に資源配分を行う必要があると認識される。

一方、NRL への負荷集中軽減、検査時間の短縮、NCDC のプレゼンス向上等を目的に、6つの地政学ゾーンごとに、ゲノムシーケンス機能を除く、全ての優先感染症の検査体制を

備えたゾーンレファレンス検査室 (Zonal Reference Laboratory: ZRL) を設立中である。2023 年に南西地政学ゾーンの ZRL の着工が始まった。また、北中部および南東部の ZRL については既存の検査室の中で、アップグレードされる検査室が選定されている。一方で、南南、北東、北西部の ZRL については、アップグレードされる検査室の選定がまだ行われていない⁵⁰⁴。

(2) 病原体ゲノムサーベイランス

病原体ゲノムサーベイランスについての基本方針は、上述のように、戦略文書あるいはガイドラインとして取りまとめが行われているが、本ガイドラインは現時点で公式には未発表、未公開であり、ゲノムサーベイランス体制や実施法などの詳細については明らかでない部分も多い。関係者へのインタビューや文献レビューにより、現状について下記の状況が判明している。

ゲノムサーベイランスやゲノム解析の重要性が認識されるようになったのは、2014 年頃に始まった西アフリカのエボラウイルス感染拡大の時期である。当時、既にゲノム解析を行う検査室を有していたアフリカ感染症ゲノム研究センター (African Centre of Excellence for Genomics of Infectious Diseases: ACEGID) がエボラウイルスのゲノム解析を行い、その結果、ナイジェリアで発生したエボラ感染者 20 名が直ちに隔離され、感染拡大を防ぐという成果を挙げた。その後、COVID-19 パンデミック以降、ゲノムサーベイランスの重要性が十分に認識され、パンデミック以前にはゲノムシーケンスを行う検査室が 2 つしかなかったが、現在では「3.1 病原体ゲノム主要機関」で挙げたように、多くの国立機関や大学の研究所がシーケンス解析能力を有するまでになった⁵⁰⁵。

また、現在ゲノムサーベイランスの対象となっているのは、SARS-CoV-2、コレラ、インフルエンザ、エムボックスなどであるが、NRL が統括するこれら病原体の検査室ネットワークを通じて、ゲノムサーベイランスが行われるようになっている⁵⁰⁶。ネットワーク内の検査室で収集されたこれら病原体の検体 (陽性サンプルのみ) は NRL に送られ⁵⁰⁷ゲノム解析が行われる。しかし、NRL のキャパシティにも限界があるため、他機関と協力してゲノム解析を行うこともある。例えば、COVID-19 パンデミックの際は、ACEGID 等の協力を得ていた⁵⁰⁸。

⁵⁰⁴ ZRL は新しく建設されるのではなく、そのゾーン内にある検査室がアップグレードされ、ZRL となる。(2024 年 11 月 19 日、ナイジェリア長期専門家を通じての NCDC への聞き取りより (e-mail にて))

⁵⁰⁵ WHO. Scaling up genomics sequencing in Nigeria (An article in WHO Website). 2022.
<https://www.afro.who.int/photo-story/scaling-genomic-sequencing-nigeria>

⁵⁰⁶ Ibid.

⁵⁰⁷ NRL は CPHL よりも広範な検査メニューを持ち、ラッサ熱、チクングニア熱、ジカウイルス感染症など特定の検体は、NRL で取り扱われる。

⁵⁰⁸ 2024 年 7 月 19 日、NCDC 職員 (現在、北海道大学人獣共通感染症センター博士課程) Ms. Maryam

AMR については、細菌学研究所を含む検査室のネットワークがあり、検体はこれら研究所に送られていた。南西部にあるイバダン大学 (University of Ibadan) の研究所はそのうちのひとつである。一方、これまで AMR の検体を全国レベルで一手に引き受ける検査室はなかったが、今年 NRL のゲノム検査室が AMR ネットワークに加わり、包括的に AMR ゲノム検査を実施する準備が整ってきている⁵⁰⁹。

現在、試薬等消耗品不足の関係で、シーケンス解析はルーティーンでは実施されておらず、アウトブレイク時や重要と判断されたときに実施しているとのことであったが、NCDC では 1 か月あたり約 500 回のシーケンスを行っている。例えば、インフルエンザ流行の兆候があるときにゲノム解析を行い、どの地域からウイルスが入ってきているのか、前回の流行と同じタイプのものか等を分析するなどしている⁵¹⁰。

SARS-CoV-2 のゲノムサーベイランスは 2020 年に始まり、多くのパートナー機関の協力を得て 2021 年には本格的に行われるようになった。シーケンスは、NCDC だけでなく、ナイジェリア医学研究所、アフリカ感染症ゲノム研究センター、民間企業である 54gene⁵¹¹などで行われ、これにより SARS-CoV-2 の約 55 の異なる系統を検出することができた。また、オミクロンの 6 つの系統を追跡し、それがどのようにナイジェリアに持ち込まれたかを突き止めた⁵¹²。

シーケンス解析の結果は、SARS-CoV-2 やインフルエンザについては、GISAID に毎週報告されるとともに、病原体ごとに存在するテクニカルワーキンググループ内で回覧されるレポートにも、ゲノム解析の結果が地図やグラフとともに掲載される。NCDC はシーケンスの結果を基に分析を行い、公衆衛生上の対応へと繋げる⁵¹³。

(3) 下水サーベイランス

ナイジェリアでは、環境サーベイランスの一環として、ポリオウイルスおよび非ポリオエンテロウイルス、サルモネラ菌等を対象とした下水サーベイランスが実施されており、NCDC はこれを指導監督するとともに、データ収集と分析を行っている。環境サーベイランスは、国立ポリオ緊急対策センター (National Polio EOC) や環境省、農業省とも協力して行われる。サンプリングサイトは WHO のサイト選定基準により指定されており、全国

Sanni Lawal へのインタビュー調査より (オンライン)。

⁵⁰⁹ 2024 年 9 月 3 日、NCDC へのインタビュー調査 (オンライン) 及び 2024 年 9 月 26 日イバダン大学へのインタビュー調査より (オンライン)。

⁵¹⁰ 2024 年 7 月 19 日、NCDC 職員(現在、北海道大学人獣共通感染症センター博士課程) Ms. Maryam Sanni Lawal へのインタビュー調査より (オンライン)。

⁵¹¹ 2019 年に設立されたナイジェリアのヘルステック企業。リカのバイオテック企業である Illumina と協力し、ラゴスに研究施設を設立したが、2023 年には資金難により運営を閉鎖した。

⁵¹² 2024 年 7 月 19 日、NCDC 職員(現在、北海道大学人獣共通感染症センター博士課程) Ms. Maryam Sanni Lawal へのインタビュー調査より (オンライン)。

⁵¹³ 2024 年 9 月 3 日、NCDC へのインタビュー調査 (オンライン)。

に 80 か所ほどのサンプリングサイトから定期的にサンプル収集を行っている⁵¹⁴。

感染症サーベイランス、ゲノムサーベイランスと、下水サーベイランスを統合するための取り組みも進行中であり、NCDC は、公衆衛生対応を強化するために、これら様々なサーベイランスからのデータを統合する作業を進めている。これには、システムとツールの相互運用性を確保するための統一的な全国サーベイランス体制の構築が含まれる。また、ACEGID では、下水から採取したサンプルで、ポリオやエムボックスウイルスのゲノム解析を行っているとのことであった⁵¹⁵。

(4) ワンヘルス

2019 年に「ワンヘルス戦略計画 2019-2023 (One Health Strategic Plan 2019-2023⁵¹⁶)」が策定され、人間、動物、環境、専門家の協力によって新興・再興感染症の予防、発見、対応への取り組みを強化することを目指している。具体的には、ワンヘルス・プラットフォーム（国家ワンヘルス運営委員会、国家ワンヘルス技術委員会、国家ワンヘルス調整ユニット（で構成）が関連省庁（FMOH、NCDC、農業農村開発省、国立獣医研究所、環境省等）の代表を擁し、国内におけるワンヘルス関連活動の計画、実施、モニタリングにおける監督を担っている。各関係機関には、効果的な調整、協力、コミュニケーションを確保するため、ワンヘルスデスクオフィサーが任命され、また、戦略にはこれら関連機関の役割についての詳細が記載されている。

ワンヘルスについての取り組みは、2017 年の JEE 合同評価においても、「P.4.1 優先人獣共通感染症／病原体についてのサーベイランスシステムの整備」のスコアが 3、「P.4.2 獣医師、動物衛生人材」のスコアが 3 と一定レベルにあると認められている。しかし、「P.4.3 潜在的／人獣共通感染症への対応メカニズムの確立・機能」はスコア 1 となっており、上記の戦略計画が関係機関や専門家間の機能的な連携をより一層促すことが期待される。

2.5.3.3 病原体ゲノム関連機関

(1) 3.3.1. 研究所等

1) ナイジェリア医学研究所 (Nigerian Institute of Medical Research)

ナイジェリア医学研究所 (Nigerian Institute of Medical Research: NIMR) は、1920 年に設立されたナイジェリアで最も著名な医学研究機関の一つである。FMOH 下の 7 つの公衆衛生機関の一つであり、本部はラゴスに存在する。感染症、NCDs、保健システムなど、公

⁵¹⁴ 2024 年 9 月 19 日、WHO ナイジェリアへのインタビュー調査より（オンライン）。

⁵¹⁵ 2024 年 9 月 30 日、ACEGID へのインタビュー調査より（オンライン）。

⁵¹⁶ Federal Ministry of Health, Federal Ministry of Agriculture and Rural Development and Federal Ministry of Environment. One Health Strategic Plan 2019-2023. 2019.
https://ncdc.gov.ng/themes/common/docs/protocols/93_1566785462.pdf

衆衛生の幅広い問題に関する研究を行っているが、ゲノムサーベイランスについても、ナイジェリアにおける感染症や公衆衛生研究の観点から積極的に関与している。また、研究結果に基づいて、様々な疾患の治療ガイドラインや予防策を開発し、公衆衛生政策に影響を与えることもミッションとしている。

さらに、高度なゲノム解析とバイオインフォマティクス技術に関する人材育成を行うとともに、GISAID 等グローバルデータベースへのゲノムデータの定期的な提出により、グローバルヘルス研究にも貢献している。

2) 国立医薬品研究開発機構 (National Institute for Pharmaceutical Research and Development)

国立医薬品研究開発機構 (National Institute for Pharmaceutical Research and Development: NIPRD) は、アブジャに本部を置く研究機関であり、FMOH 下にある 7 つの公衆衛生機関の一つである。医薬品の開発と医薬品開発における土着の知識の促進に重点を置いている。医薬品、生物学的製剤、医薬品原料の開発を担当している⁵¹⁷。

NIPRD のゲノムサーベイランスへの関与は、主に病原体のゲノミクスに関する研究と、新興感染症に対する医薬品の開発に関するものである⁵¹⁸。

3) 国立獣医研究所 (National Veterinary Research Institute)

国立獣医研究所 (National Veterinary Research Institute: NVRI) は農業農村開発省 (Federal Ministry of Agriculture and Rural Development) 下機関として 1924 年に設立され、中東部プラトー州に本部を構える。人獣共通感染症を含む、動物の病気に関する研究を行っており、鳥インフルエンザ、狂犬病、ブルセラ病、口蹄疫など様々な疾病・病原体についての研究に取り組んでいる。また、ナイジェリア全土の家畜の感染症についてのサーベイランスも行っており、動物の健康状態を継続的に監視し、対象を絞ったワクチンを開発することで、家畜の個体群に対する感染症の影響を軽減する役割を担っている⁵¹⁹。NVRI のゲノムサーベイランスへの取り組みは、主に公衆衛生に重大な脅威をもたらす人獣共通感染症の研究に重点を置いている。

(2) 大学等

1) イバダン大学 (University of Ibadan)

イバダン大学は 1948 年に設立されたナイジェリア初の大学であり、西アフリカでも著名

⁵¹⁷ Wikipedia - National Institute for Pharmaceutical Research and Development
https://en.wikipedia.org/wiki/National_Institute_for_Pharmaceutical_Research_and_Development 1

⁵¹⁸ Nigerian Institute of Medical Research. Annual Report 2021. 2022.

⁵¹⁹ National Veterinary Research Institute Overview: NVRI Official Site. <http://www.nvri.gov.ng>

な教育機関である。同大学は、国内の感染症サーベイランスシステムへの貢献をはじめ、様々な研究分野においても重要な役割を果たしている。同大学の微生物薬学部 (Department of Pharmaceutical Microbiology) はゲノム解析を行う検査室を有しており、特に細菌や AMR のゲノム解析を行っている。解析結果について NCDC やその他公立病院と共有し、学術論文雑誌に掲載する一方で、データを ENA (European Nucleotide Archive) ⁵²⁰等のデータバンクに提出している。

NIHR 等の資金援助を得て、本機関の AMR についての国際的研究ネットワークに参加しており、コロンビア、インド、フィリピン等の研究機関とも協力し、定期的に会議を行い研究成果を共有する。イバダン大学の検査室には 20 名程度のスタッフがおり、そのうちの 5 名の人件費も NIHR に支援を受けている ⁵²¹。また、ゲイツ財団、フレミング財団 ⁵²²からも資金援助を受けている。

イバダン大学は、アフリカ疾病予防管理センター (Africa Centres for Disease Control and Prevention、以下、アフリカ CDC) による PGI のフェローシップ・プログラム (別添 7) の研修受け入れ先ともなっている。

2) ウスマヌ・ダンフォディヨ大学教育病院 (Usmanu Danfodiyo University Teaching Hospital)

ウスマヌ・ダンフォディヨ大学教育病院 (Usmanu Danfodiyo University Teaching Hospital: UDUTH) は、ナイジェリア北西部のソコト州に位置し、ナイジェリア北部の公衆衛生において重要な役割を担う三次医療機関である。特に結核、マラリア、HIV/AIDS、ラッサ熱などの疾病コントロールにおいて、同病院の診断・通知システムは、アウトブレイクの早期発見と公衆衛生への対応に不可欠である ⁵²³。国内外のパートナーとの協力により設立された同病院のゲノム研究所は、2 台の NGS (イルミナ社 Miseq、ナノポア・テクノロジー社 MinION) を保有し、ゲノム解析を行うための設備を備えているが、NCDC やナイジェリア高等教育信託基金 (Tertiary Education Trust Fund: TETFund) からの資金援助はあるものの、継続的にシーケンサーを稼働させるだけの十分な資金はないとのことであった ⁵²⁴。

3) オバフェミ・アウォロオ大学 (Obafemi Awolowo University)

オバフェミ・アウォロオ大学 (Obafemi Awolowo University: OAU) は、南西部のオスン

⁵²⁰ 欧州バイオインフォマティクス研究所が運営する核酸配列の一次データとそれに付随するデータを包括的に収集しているリポジトリサイト。

⁵²¹ 2024 年 9 月 26 日イバダン大学へのインタビュー調査より (オンライン)。

⁵²² AMR への取り組みを支援する英国の支援財団。

⁵²³ Usmanu Danfodiyo University Teaching Hospital. Annual Research Report. 2022.

⁵²⁴ 2024 年 9 月 13 日 UDUTH へのインタビュー調査より (オンライン)。

州に位置する。特に微生物学部と様々な研究センターを通じてゲノムサーベイランスの取り組みに関与し、特にマラリア、HIV、抗生物質耐性研究の分野で多大な貢献をしており、様々な細菌病原体の抗生物質耐性ゲノム基盤の研究⁵²⁵等を行う。国内外機関とのパートナーシップにより様々なゲノム研究・論文発表を行っており、著名な学術機関である。

4) アフリカ感染症ゲノム研究センター (African Centre of Excellence for Genomics of Infectious Diseases)

南西部オヨ州の私立リディーマーズ大学 (Redeemer's University) を拠点とする ACEGID は、ナイジェリアのみならず西アフリカ、ひいてはアフリカ全土における感染症のゲノムサーベイランスを主導する機関である。主な取り組みとして、エボラウイルス病流行時のリアルタイムゲノムサーベイランスの先駆的研究を行い⁵²⁶、これについての功績で国内外により広く知られる。また、ナイジェリアやその他のアフリカ諸国から得られた SARS-CoV-2 ゲノムの迅速な配列決定と解析⁵²⁷、現在進行中のラッサウイルスのゲノム解析⁵²⁸なども行っている。

同センターは BSL-2 および 3 の検査室を保有し、イルミナ社 Novaseq や ONT 社 MinION 等 NGS 含む 20 台以上のシーケンサーを保有する。ゲイツ財団等からの資金を得てリチウム電池やソーラーパネルを配備し十分な電力を確保するとともに、イルミナ等バイオテック企業の協力により試薬を確保し、常時、様々な病原体ゲノム解析を行うのみならず、ヒトゲノムの解析も行う。45 か国とネットワークを築き、また、オックスフォード、ケンブリッジ、ハーバード大学等との共同研究も行う。さらに、ゲノム関連人材の研修等も行っており、これまでに国内外あわせて 2,000 人以上の研究者に研修を行ったとのことであった⁵²⁹。

同センターはまた、アフリカ CDC による PGI のフェローシップ・プログラムの研修受け入れ先である。

5) 国家ゲノムサーベイランス・コンソーシアム (National Genomics Surveillance Consortium)

NCDC は、ナイジェリアの公衆衛生インフラを強化するため、国家ゲノムサーベイラン

⁵²⁵ Raji, M.A., et al. Molecular characterization of extended-spectrum β -lactamase-producing *Escherichia coli* from poultry farms in Southwestern Nigeria. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*, 25, 163-169. 2021

⁵²⁶ Folarin, O.A., et al. Genomic surveillance in Africa: Opportunities and challenges. *The Lancet Microbe*, 2(9), e414-e415. 2021

⁵²⁷ Oguzie, J.U., et al. SARS-CoV-2 genomic surveillance in Nigeria reveals ongoing transmission and evolution of variants of concern. *Nature Communications*, 13(1), 1-10. 2022.

⁵²⁸ Siddle, K.J., et al. Genomic Analysis of Lassa Virus during an Increase in Cases in Nigeria in 2018. *New England Journal of Medicine*, 383(13), 1220-1229. 2020.

⁵²⁹ 2024 年 9 月 30 日、ACEGID へのインタビュー調査より (オンライン)。

ス・コンソーシアム（National Genomics Surveillance Consortium: NGSC）を立ち上げた⁵³⁰。NCDC は、このコンソーシアムはナイジェリアをグローバル・サウスにおけるゲノム配列決定のハブとして位置付けるものになるとしている。同コンソーシアムは、データ、ツール、専門知識の共有を可能にするため、多様な研究者や研究機関の協力を促進する。さらに、複数の情報源からのデータをプールし、より包括的で統計的に確かな研究を実施することを目指す⁵³¹。

NGSC の構成は、NCDC 事務局長が議長を、学术界が共同議長を務め、その役割として、戦略的ビジョンと目標の設定、リーダーシップの発揮、国内での活動、資源動員の監督などを行う。さらに、NGSC は 6 つの中核グループで構成されており、コーディネーションと資源動員、データ管理とバイオインフォマティクス、品質保証、緊急事態への準備と対応、研究開発とイノベーション、調達とサプライチェーン・マネジメントがそれにあたる⁵³²。

なお、上記に挙げた国立研究機関、大学等のほぼ全てが NGSC のメンバーであるが、それ以外にも国家バイオテクノロジー開発事業団（National Biotechnology Development Agency: NABDA）、国家バイオセーフティ管理機関（National Biosafety Management Agency: NBMA）、国家エイズ対策機関（National Agency for the Control of AIDS: NACA）等がメンバーとして名を連ねる。

2.5.3.4 サーベイランスのプロセス

(1) 検体採取と輸送

1) 検体採取

検体の収集と輸送に関する SOP が 2018 年に発行され⁵³³、検査室や医療施設の職員は、この SOP に従い検体が収集され検査室に到着するまでの品質と安全性を確保するための適切な処置を行うことが求められる。SOP は、国際基準に準拠したガイドラインとプロトコルを提供しており、内容は、プレコーション（感染予防措置）、検体採取、採血の順序、検体の輸送、検体の取り扱いと記録、検体の保管等が含まれる。

検体採取は、多くの場合一次医療施設や病院で行われ、同施設内の検査室、あるいはより上位機関の検査室に送られ検査が行われるが、アウトブレイクの際は、NRL の職員が現場に向いて検体収集を行うこともある。

⁵³⁰ 本コンソーシアムの発足は、WHO 関係者によれば Covid-19 パンデミック以前とのことであった。

⁵³¹ Ileyemi, M., et al. Health Security: Nigerian agency inaugurates national genomics consortium.

(Premium Times2024 年 5 月 30 日付オンライン記事)

<https://www.premiumtimesng.com/news/top-news/699245-health-security-nigerian-agency-inaugurates-national-genomics-consortium.html>

⁵³² Ibid.

⁵³³ Medical Laboratory Science Council of Nigeria. Guideline on Sample Management. 2018.

<https://web.mlscn.gov.ng/wp-content/uploads/filr/975/Guideline%20on%20Sample%20Management.pdf>

検体採取と輸送に携わる医療スタッフは、これらのガイドラインとプロトコルにアクセス可能であり、NCDC や関連医療機関は、これらを印刷物とオンラインの両方で提供し、スタッフが手順について十分に理解できるようにしているとのことであった。しかし、実際に現場のスタッフがどの程度、マニュアル手順やプロトコルを徹底して行っているかは未確認である。

また、検査室等の医療機関スタッフには、検体の適切な収集、ラベル貼り、保管、梱包、輸送を確実にを行うためトレーニングが行われている。関連のトレーニングセッションは、米国 CDC が定期的に実施しており、WHO などの国際保健機関と共同で行われることも多い⁵³⁴。検体採取と管理についての包括的な理解とプロトコルの厳守を確実にするために、オンラインコース、ワークショップ、実地研修等、様々な機会が提供されている。

2) 検体輸送

ナイジェリアでは、特に農村部や貧困層における医療検査サービスへのアクセスが限られていることが大きな課題であった。全国的に統一化されたレファラルと輸送システムがないことも原因の一端であった。この問題に対処し、公平で費用対効果の高い医療検査サービスを提供するため、FMOH はドナーの支援を受け、2018 年に全国統合検体レファラルネットワーク（National Integrated Specimen Referral Network: NiSRN）を設立した。現在、同ネットワークは、USAID の世界保健供給チェーン調達供給マネジメント（Global Health Supply Chain Procurement & Supply Management: GHSC-PSM）⁵³⁵が実施している費用対効果の高いシステムであり、検体が採取され保管されている場所から検査室までの輸送にサードパーティロジスティクス（3rd Party Logistics: 3PL）⁵³⁶プロバイダー、つまり民間の運送会社を利用している⁵³⁷。

医療施設スタッフの代わりに 3PL を利用することで、検体はより迅速に検体を分析する検査室に輸送される。また、民間輸送会社の活用は、持続可能でコスト効率の良い枠組みであり、施設スタッフは検体の運搬よりも従来の役割に集中することができ、患者のサービスへのアクセスが向上したと報告される⁵³⁸。

⁵³⁴ 2024 年 9 月 19 日、WHO ナイジェリアへのインタビュー調査より（オンライン）。

⁵³⁵ USAID が様々な国で実施する医薬品サプライチェーン強化のためのプロジェクト。

⁵³⁶ 物流部門の業務を第三者企業に委託する事業形態のこと。国土交通省のホームページにおいては、3PL（third party logistics）について以下のように定義する。「3PL とは荷主企業に代わって、最も効率的な物流戦略の企画立案や物流システムの構築の提案を行い、かつ、それを包括的に受託し、実行することをいいます」。

⁵³⁷ Faruna, et al., USAID. Using the National Integrated Specimen Referral Network (NiSRN) to Increase Viral Load Testing Coverage, Overcome Barriers to Laboratory Access, and Achieve the Third 95 in Nigeria. https://www.ghsupplychain.org/sites/default/files/2023-12/00198_ASJM_Nigeria_ConferencePoster_ForPRINT%202.pdf

⁵³⁸ Ibid.

一方で、検体輸送以前にパッキングに課題があり、さらに一次医療施設から LGA、LGA から州への輸送システムは未だ確立されていない地域も多いという報告がある。それにより、特にゲノム解析など LGA レベルでの検査が難しい場合は、検体が NRL 等の中央検査室に輸送され、結果が返ってくるまでに相当な時間がかかることも指摘され、感染症サーベイランスにおける一つの大きな課題と認識されている^{539 540}。

ゲノム解析用の検体については、通常は 3PL によって NRL など中央検査室に輸送されるが、アウトブレイクの際は、NRL 職員が現場に赴き直接採取する。

3) 検査室品質基準

ナイジェリアでは、全ての検査室に QMS を義務付ける政策が存在しないことから、ISO 認証を受けている施設は多くなく、現在でも 30 未満とみられる⁵⁴¹。2020 年以降 COVID-19 感染が急拡大したことにより、検査室の QMS が重視されるようになったものの、それ以前にこの分野が政策的な優先事項として取り扱われてこなかったことから、十分な予算を確保することができなかった。QMS の導入は継続的な改善計画であるため非常に費用がかかり、また、ほとんどの病院は QMS 導入を予算計画に組み込んでいないため、QMS の存在自体を知らない病院も少なくない⁵⁴²。ナイジェリアでは、WHO AFRO SLMTA/SLIPTA プログラムを通じて QMS が実施され、これにより、品質管理の改善と持続への働きかけが行われていたが、現在でも貧弱なインフラ、極端な気候、財政的制約、能力開発におけるギャップ、設備や消耗品の不足、献身的で意欲的な人材の不足といった要因が課題となっている。12 の品質必須要素と ISO 15189（医療検査機関の品質と能力）の条項の実施に大きな強みがあるのは、設備と安全性であり、文書と記録、内部監査、発生管理の面では課題が大きいとされる⁵⁴³。

(2) 病原体ゲノム解析

NRL では、前述のように毎月 500 時間程度シーケンサーを稼働させ、様々な方法でゲノム解析を行う。現在、特に SARS-CoV-2、インフルエンザウイルス、コレラ菌、ジフテリア菌、エムボックスウイルスなどの病原体について、フルゲノムシーケンスを行うとともに、

⁵³⁹ 大谷聡（JICA 専門家）. ナイジェリア国公衆衛生上の脅威の検出及び対応強化プロジェクト：感染症サーベイランス M&E 強化（内部報告書）. 2023.

⁵⁴⁰ JICA. ナイジェリア国感染症対策強化にかかる情報収集・確認調査ファイナルレポート. 2024.

⁵⁴¹ 2024 年 11 月 19 日、ナイジェリア長期専門家を通じての NCDC への聞き取りより（e-mail にて）。

⁵⁴² Ibid.

⁵⁴³ Nwaokorie, Francisca, et al. Overview of the Implementation of Quality Management System in Nigerian Medical Laboratories. University of Lagos Journal of Basic Medical Sciences Volume 6, Nob. 11, January-June, 2018.
https://www.researchgate.net/publication/336369081_Overview_of_the_Implementation_of_Quality_Management_System_in_Nigerian_Medical_Laboratories

国立結核対策プログラム（National Tuberculosis, Leprosy and Buruli Ulcer Control Programme）と協力し、多剤耐性結核菌に対するターゲットシーケンス⁵⁴⁴（アンプリコンシーケンス⁵⁴⁵）も行っているが、プロトコルはまだ開発と検証の段階とのことであった。多剤耐性結核菌のシーケンスについては、培養や検査はすべて国立結核対策プログラムが行い、抽出された DNA だけが NRL に送られる。

いくつかの州で原因不明の疾患が発生したことが何度もあり、臨床医も疾患を特定できなかった。そのような場合、検体が NRL に送られる。NRL ではメタゲノム解析を行い、検体を送ってきた施設だけでなく、他の検査室にも解析結果についての情報を提供している。

(3) 病原体ゲノム情報の分析

NRL では、バイオインフォマティクス解析にはある程度ハイスペックのラップトップを使用している。最近、検査室にサーバーを設置したばかりであるが、現在データをサーバーに移行中であり、活用には至っていない。以前はイルミナ社のクラウドサーバーにデータを保存していたが、現在、ほとんどのデータは検査室のラップトップや外付けドライブに保存している状況である。ラップトップには Linux がインストールされ、分析には Geneious などのシーケンスデータ解析ソフトウェアを使用している。

一方、CPHL のゲノム検査室には、CPHL だけでなく NRL でのデータ解析や保存を補完するためにも、高性能コンピューティングクラスター⁵⁴⁶や大容量のストレージを備えた Linux システムをインストールする計画があるとのことであった。

シーケンス解析の結果は、SARS-CoV-2 やインフルエンザウイルスについては、前述のようにグローバルデータ GISAID に毎週報告されるとともに、病原体ごとに存在するテクニカルワーキンググループ内で回覧され NCDC のウェブサイト上で公表されるレポート（Situation Report）に地図やグラフとともに掲載されることがある。NCDC はまた、シーケンス解析の結果を基に分析を行い、公衆衛生上の対応へと繋げる⁵⁴⁷。

しかし、データ分析と共有については、課題が多いと NRL 関係者にも認識されている。ゲノムデータへのアクセスは限られた関係者にのみ許されている。ゲノムデータの管理、共

⁵⁴⁴ ターゲットゲノム領域のみを濃縮し、NGS によりそれらの塩基配列を決定。その後、参照配列と比較することで、目的遺伝子の変異を解析する手法。

⁵⁴⁵ ターゲットシーケンス手法の一つ。微生物や遺伝子などの標本から特定の DNA 領域を増幅してシーケンス解析する手法。アンプリコンとは、増幅された特定領域の DNA 断片のこと。アンプリコンシーケンス解析の手法は、標本から核酸を抽出し、PCR（ポリメラーゼ連鎖反応）によって特定のゲノム領域を増幅する。次に、増幅された DNA の塩基配列をハイスループットのシーケンサーで読み取り、得られたシーケンスデータをコンピューター上で解析する。この手法により、微生物の多様性や機能、それに関連する遺伝子の情報を短時間でかつ効率的に取得することが可能となる。

⁵⁴⁶ 複数のコンピューターを結合し、クラスターのようにひとまとまりとしたシステム。高い計算性能を持つ。

⁵⁴⁷ 2024 年 9 月 3 日、NCDC へのインタビュー調査より（オンライン）

有の不足は、重要データの重大な損失とともに、効果的な公衆衛生政策の阻害につながっていると指摘する。また、WHO からは、レポートニングにも課題があり、当該分野での能力強化が必要との意見があった。

2.5.4 他の開発パートナー、地域機関、研究機関の支援動向

2.5.4.1 国際・域内レベルでの取り組み

(1) 世界保健機関（WHO）

WHO は、ナイジェリア全土における感染症の検出と対応能力を強化することを目的とした IDSR 戦略の実施に尽力してきた。また WHO は、医療従事者の疾病報告やアウトブレイク対応のスキル向上のための研修プログラムを提供し、これには、効果的な IDSR 実施のための国際基準に沿ったガイドラインやプロトコルの開発も含まれる。WHO はまた、COVID-19 パンデミックのような公衆衛生上の緊急事態の際にも、資金、資源、技術支援等を通じ、ナイジェリアにおいて、感染症のコントロール、予防、対策等が着実に行われるよう支援を行っている⁵⁴⁸。

ゲノム分野については、WHO は NCDC 等と協力し、ゲノム解析データを公衆衛生の意思決定に統合するなどの支援を行っている。これには、病原体ゲノム解析のための検査室強化や検査室人材能力強化等が含まれる。

(2) 英国保健安全保障庁（UK Health Security Agency）

英国保健安全保障庁（UK Health Security Agency: UKHSA）は、英国社会福祉省下の政府機関であり、英国の公衆衛生上の脅威への対策、感染症対策をミッションとする。ナイジェリアでは、IDSR 強化のため、疫学やデータ分析等の技術的専門知識についての支援を行い、データ収集方法を改善し医療機関が正確かつタイムリーにアウトブレイクを報告できるようにすることを目的とした、様々なプロジェクトを実施してきた。例えば、人材育成や機材整備等による複数の医療機関や検査室のマネジメント強化、バイオセーフティ強化などである。COVID-19 パンデミックの際には、分子診断技術を支援し、NCDC が必要不可欠な能力を確立できるよう支援してきた。この支援には、腸内病原体の培養などの微生物学的技術、バイオセキュリティ対策、検査室の能力と検査結果を保証するための外部および内部品質保証（External Quality Assurance: EQA/Internal Quality Assurance: IQA）プロセスのトレーニングが含まれる。

ゲノム分野においては、新規変異株評価プラットフォーム（New Variant Assessment Platform: NVAP）の構築・運用を担うことによって、英国が全ゲノム配列決定における世界的リーダーとしての地位を維持するのに、重要な役割を果たすことを意図している。ナイ

⁵⁴⁸ WHO. Capacity Building in Nigeria. <https://www.afro.who.int/countries/nigeria>

ジェリアでも本プロジェクトの下、NCDC のみならず複数の研究機関、大学の検査室等に対し、シーケンス試薬や機器の提供、ゲノムサーベイランス用の高性能コンピューターの設置、バイオインフォマティクスについての能力強化等を行っている⁵⁴⁹。

(3) 米国疾病予防管理センター (Centers for Disease Control and Prevention)

2001 年以来、米国 CDC は NCDC に対し、感染症サーベイランス強化、アウトブレイク対応、検査能力強化などの分野で多大な支援を行ってきた。米国 CDC の関与には、IDSR 戦略を実施するための技術支援や、アウトブレイクを発見し対応するための地域保健当局者の能力強化が含まれる。また、効果的なサーベイランスに不可欠な疫学と検査実務に重点を置いた研修プログラムも提供している。さらに米国 CDC は、ラッサ熱やコレラなどの様々な感染症発生に対するナイジェリアの対応を支援する上で、公衆衛生上の緊急時にリソースや専門知識を提供することにより、重要な役割を果たしている。

ゲノム分野においては、公衆衛生における優先病原体のゲノムシーケンスに基づいたサーベイランスを重視している。これにより、病原体の正確な特徴づけや系統解析、薬剤耐性のモニタリングが可能となる。具体的な取り組みとして、COVID-19 のゲノム解析能力の強化 (NRL を中心に)、エムボックスや薬剤耐性結核などの主要な感染症に対するゲノム検査支援、HIV とマラリアの薬剤耐性変異のモニタリング等があげられる。また、CPHL に対し、バイオリポジトリセンターの設立、統合疾患検査室 (Integrated Disease Testing and Surveillance: IDTS) の整備、グローバルファンドとともに、ゲノム検査室の設立支援を行っている。さらに、先述の NGSC の形成やネットワーク強化の支援等も行っている。

2.5.4.2 広域ネットワーク等

(1) ナイジェリア・バイオインフォマティクス・ゲノミクス・ネットワーク (Nigerian Bioinformatics and Genomics Network)

ナイジェリア・バイオインフォマティクス・ゲノミクス・ネットワーク (Nigerian Bioinformatics and Genomics Network: NBGN) は、2019 年 6 月に NIMR 主催で行われたナイジェリアの主要なバイオインフォマティクス会議の開催中に発足した。さまざまな学際的分野のゲノム学、生物学、バイオインフォマティクスの研究者間の交流を促進し、新たな機会を提供することで、ナイジェリアにおけるゲノム学とバイオインフォマティクスの分野を推進し、維持することを目的としている。現在、NBGN にはナイジェリアのみならず、アフリカ諸国、欧米諸国も含む 650 人以上の会員が参加している⁵⁵⁰。NBGN はまた、前述の NGSC のメンバーでもある。

⁵⁴⁹ 2024 年 9 月 27 日、UKHSA へのインタビュー調査より (オンライン)

⁵⁵⁰ Fatumo S et al. The Nigerian Bioinformatics and Genomics Network (NBGN): a collaborative platform to advance bioinformatics and genomics in Nigeria. *Global Health, Epidemiology and Genomics* 5, e3, 1–5. 2020. <https://doi.org/10.1017/ghg.2020.3>

2.5.5 考察

ナイジェリアの NGS によるゲノムシーケンス能力は、アフリカ全体で南アフリカ、ケニア、モロッコに次いで 4 番目に高いとされる。2020 年時点で国内には少なくとも 13 台の NGS が設置されていることが確認されている⁵⁵¹。現在は、さらに多くの機関がゲノムシーケンサーを所有し、ゲノム解析の能力を持っており、特に ACEGID とイバダン大学はアフリカ CDC による PGI の研修プログラムの研修生の受け入れ先にもなっており、高い技術力を持つと推察される。

国立機関の中核となっているのは NCDC と NIMR であるが、ゲノムサーベイランスは NCDC が管轄しており、ゲノム解析のための検体は現在 NRL に送られている。今後、ゲノム検査室の稼働が開始され次第 CPHL もゲノム解析を担うことになるが、NRL や CPHL 等 NCDC 下の中央検査室以外の機関では、主に研究目的でゲノムシーケンスや解析が行われており、他機関でのシーケンスデータも GISAID 等のグローバルゲノムデータベースに提出されている。また、NCDC から依頼を受けて他機関がゲノムサーベイランスのためのシーケンスや解析に協力する場合もあれば、他機関でのゲノム解析の結果が国内の感染症テクニカルワーキンググループで共有され、公衆衛生政策に影響を与えることもある。

一方で、NCDC を含む多くの国立機関は、電力や試薬等を調達する資金捻出に苦慮している。特に NRL や CPHL は、試薬の購入や電力費用を政府予算に依存しているが、財政は安定していない。さらに、公務員の低賃金が原因で離職率も高く、特にバイオインフォマティクスの確保は非常に難しいとのことであった。

感染症サーベイランスやゲノムサーベイランスを支援するドナーは、国立機関の資金難と不安定な保健セクター財政への懸念から、この分野への長期的支援が必要であると考えている。例えば UKHSA では、技術支援を中心としつつも、インフラ機材整備、試薬の供与、バイオインフォマティクス分野等における人材育成、ネットワーク形成など、多岐にわたる包括的な支援を段階的に進めてきている。また、米国 CDC やグローバルファンドもシーケンサーや高度検査機材の供与を行う。WHO は、ドナー間の協力やネットワークでの情報共有により、これらリソースが最適に配分されるよう調整を図りたいとのことであった。

バイオインフォマティクス育成のニーズについては、複数の機関から指摘があったが、インタビューを行った関係者からは、検体管理、検査室マネジメント、バイオリポジトリ⁵⁵²、検査技術等についても依然として高いニーズがあるとの意見も聞かれた。

⁵⁵¹ Inzaule, Seth C et al. Genomic-informed pathogen surveillance in Africa: opportunities and challenges. *Lancet Infectious Diseases*. Volume 21, Issue 9, e281 - e289. 2021.

⁵⁵² バイオリポジトリとは、一般的に「バイオバンク」や「バイオリソースセンター」と呼ばれる施設を指しており、ライフサイエンス分野研究の発展のため、生物試料や付随する関連データを収集、処理、保管、配布するための主体的な施設や機関である。関連データには、医療における診療情報からゲノム情報などの解析データにいたるまで、研究開発に役立つ情報が含まれる。

JICA はナイジェリアにおいて、2019 年から 2023 年まで「公衆衛生上の脅威の検出及び対応強化プロジェクト」を実施し、NCDC のマネジメント能力、検査室機能、緊急時対応能力などの強化や人材育成を支援してきた。2025 年からは、本プロジェクトのフェーズ 2 として、特に NRL と CPHL に建設中の BSL3 検査室の運営を支援する技術協力プロジェクトが開始される予定である。そのため、ゲノム分野における支援もこれと連携した形で、あるいは相乗効果が期待できる形で実施されることが望ましい。

上記に鑑み、NRL や CPHL の職員を中心に、さらに NIMR や NIPRD 等の公的機関職員をも対象としたバイオインフォマティクスに関連する研修を行うことは、一つの可能な支援分野であると考えられる。バイオインフォマティクスを含むゲノム関連の研修機会は増えつつあるが未だ十分ではなく、この分野の人材は常に不足している。一方、国立機関では研修を受けたスタッフが辞職する可能性も高いが、海外での研修機会、学位取得、研究者間の交流機会等がスタッフのモチベーションを高める可能性があるとの意見も多かった。WHO によれば、短期間で終了する研修ではなく、研修後も継続的なメンターシップを提供し、指導や助言を受け続けられる体制も必要とのことであった。そのため、ゲノムシーケンス、解析からレポートイング、さらには情報共有の方法など一連の業務について長期的に指導やモニタリングを行う形で支援ができればなお望ましい。

また、研修を受けたスタッフの所属先機関に試薬の供給、発電ソーラーパネルの供与など、シーケンス業務が継続できるような何らかの支援を行うことで、研修で学んだことの定着を促すことが望まれる。

一方、各種研修含めゲノム分野での支援を行うドナー機関は複数あり、様々なネットワークが既に形成されつつある。これら機関と支援内容が競合しないよう、あるいは相互補完の形で実施できるよう、NGSC 等の既存ネットワーク内での調整が必要である。

ACEGID からは、財政が常に不安定な政府機関への支援そのものが不確実性を伴うという忠告もあった。研修後の長期的なモニタリング指導による各人材の確実な技術習得、人材定着の促進とともに、他の JICA 案件との連携、他ドナー機関との連携、試薬供与等の追加支援を通じて、より効果的な支援の在り方を模索することが求められる。

第3章 日本の知見および技術

3.1 日本の感染症サーベイランス

3.1.1 感染症サーベイランスの実施体制

3.1.1.1 法的枠組み

日本における感染症サーベイランスは、1999年4月1日に施行された「感染症の予防及び感染症患者に対する医療に関する法律」（以下、感染症法）に基づき、主に（１）患者発生報告と（２）病原体検出報告の２つを中心に構成されている。この仕組みは、医師や獣医師の届出を基に国内の感染症情報を収集・公表し、感染症の発生状況や動向を把握するものである。生物テロを含む感染症の発生を迅速に把握するため、医師の確定診断ではなく、疑似症の診断の段階で指定届出機関からの情報を収集する仕組みとして、疑似症定点医療機関からの届出が2007年4月1日から導入された。さらに、2014年11月21日に公布された改正感染症法においては、病原体情報収集機能の強化が盛り込まれている⁵⁵³。

3.1.1.2 感染症発生動向調査事業

(1) 目的

感染症発生動向調査事業は、上記感染症法に基づく施策として位置付けられており、感染症の発生情報の正確な把握と分析、その結果の国民や医療機関への迅速な提供・公開により、感染症に対する有効かつ確かな予防・診断・治療にかかる対策を図り、多様な感染症の発生およびまん延を防止することを目的としている⁵⁵⁴。

(2) 対象疾患

感染症発生動向調査事業が対象とする全数把握対象感染症は、2024年12月時点で1類7疾患、2類7疾患、3類5疾患、4類44疾患、5類24疾患であり、また、定点把握対象感染症は、小児科定点把握10疾患、インフルエンザおよびCOVID-19の定点把握、眼科定点把握2疾患、性感染症定点把握4疾患、基幹定点把握5疾患等より成る包括的なシステムとなっており⁵⁵⁵、感染拡大予防等のために法的に可能となる措置は、疾患ごとに規定されている⁵⁵⁶。例えば、1類および一部の2類感染症（結核、SARS、MERS、鳥インフルエンザ H5N1 および H7N9）は、疑いの段階で報告することが求められており、確定診断

⁵⁵³ 国立感染症研究所感染症疫学センター. 日本の感染症サーベイランス.

https://www.niid.go.jp/niid/images/epi/nesid/nesid_ja.pdf（参照 2024-12-4）

⁵⁵⁴ 厚生労働省. “感染症発生動向調査について”.

<https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000115283.html>（参照 2024-12-4）

⁵⁵⁵ 厚生労働省. 感染症法に基づく医師の届出のお願い.

https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/kenkou/kekkaku-kansenshou/kekkaku-kansenshou11/01.html#list01（参照 2024-12-4）

⁵⁵⁶ 厚生労働省. 感染症法における感染症の分類.

<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/001149889.pdf>（参照 2024-12-4）

がつく前の段階で対策を立てることが可能な枠組みになっている。さらに、1類、2類の一部については法に基づく入院勧告の可否や就業制限通知の可否などの対応が明確に定められている⁵⁵⁷。

感染症の類型と範囲については表 3-1 の通りである。

表 3-1 感染症発生動向調査事業における感染症の類型と範囲

類型	範囲	疾患
全数報告対象疾患		
1 類感染症	感染力、罹患した場合の重篤性等に基づく総合的な観点から見た危険性が極めて高い感染症。1 類感染症は全数報告で直ちに届出を行う。	7 疾患 エボラウイルス病、クリミア・コンゴ出血熱、痘そう、南米出血熱、ペスト、マールブルグ病、ラッサ熱
2 類感染症	感染力、罹患した場合の重篤性等に基づく総合的な観点から見た危険性が高い感染症。2 類感染症は全数報告で直ちに届出を行う。	7 疾患 急性灰白髄炎、結核、ジフテリア、重症急性呼吸器症候群（病原体がコロナウイルス属 SARS コロナウイルスであるものに限る）、中東呼吸器症候群（病原体がベータコロナウイルス属 MERS コロナウイルスであるものに限る）、鳥インフルエンザ（H5N1）、鳥インフルエンザ（H7N9）
3 類感染症	感染力、罹患した場合の重篤性等に基づく総合的な観点から見た危険性が高くはないが、特定の職業への就業によって感染症の集団発生を起こし得る感染症。3 類感染症は全数報告で直ちに届出を行う。	5 疾患 コレラ、細菌性赤痢、腸管出血性大腸菌感染症、腸チフス、パラチフス
4 類感染症	ヒトからヒトへの感染はほとんどないが、動物、飲食物等の物件を介して感染するため、動物や物件の消毒、廃棄などの措置が必要となる感染症。4 類感染症は全数報告で直ちに届出を行う。	44 疾患 E 型肝炎、ウエストナイル熱（ウエストナイル脳炎を含む）、A 型肝炎、エキノコックス症、黄熱等
5 類感染症	国が感染症発生動向調査を行い、その結果等に基づいて必要な情報を一般国民や医療関係者に提供・公開していくことによって、発生・拡大を防止すべき感染症。以下の 5 類感染症の一部は全数報告で 7 日以内に届出を行う。（侵襲性髄膜炎菌感染症、麻しん、および風しんは直ちに届出を行う。）	24 疾患 アメーバ赤痢、RS ウイルス感染症、咽頭結膜熱、インフルエンザ（鳥インフルエンザおよび新型インフルエンザ等感染症を除く）、新型コロナウイルス感染症等
新型インフルエンザ等感染症	新型インフルエンザ：新たにヒトからヒトに伝染する能力を有することとなったウイルスを病原体とするインフルエンザであり、全国的かつ急速なまん延により国民の生命および健康に重大な影響を与えるおそれがあると認められるもの。	該当なし

⁵⁵⁷ 厚生労働省、感染症法における感染症の分類。

	再興型インフルエンザ：かつて世界的規模で流行したインフルエンザで、その後流行することなく長期間が経過しているものが再興したものであり、全国的かつ急速なまん延により国民の生命および健康に重大な影響を与えるおそれがあると認められるもの。	
指定感染症	既知の感染症の中で上記 1～3 類に分類されない感染症において、1～3 類に準じた対応の必要が生じた感染症（政令で指定、1 年限定）。	該当なし
定点報告対象疾患		
小児科定点医療機関	小児科定点医療機関（全国約 3,000 か所の小児科医療機関）が届出するもの ＜週単位（月～日）で届出するもの＞	10 疾患 RS ウイルス感染症、咽頭結膜熱、A 群溶血性レンサ球菌咽頭炎、感染性胃腸炎、水痘、手足口病、伝染性紅斑、突発性発疹、ヘルパンギーナ、流行性耳下腺炎
インフルエンザ／COVID-19 定点医療機関	インフルエンザ／COVID-19 定点医療機関（全国約 5,000 か所の内科・小児科医療機関）および基幹定点医療機関（全国約 500 か所の病床数 300 以上の内科・外科医療機関）が届出するもの ＜週単位（月～日）で届出するもの＞	インフルエンザ（鳥インフルエンザおよび新型インフルエンザ等感染症を除く） 新型コロナウイルス感染症（病原体がベータコロナウイルス属のコロナウイルス（2020 年 1 月に中国から WHO に対して、ヒトに伝染する能力を有することが新たに報告されたものに限り）であるものに限り）
眼科定点医療機関	眼科定点医療機関（全国約 700 か所の眼科医療機関）が届出するもの ＜週単位（月～日）で届出するもの＞	2 疾患 急性出血性結膜炎、流行性角結膜炎
性感染症定点医療機関	性感染症定点医療機関（全国約 1,000 か所の産婦人科等医療機関）が届出するもの ＜月単位で届出するもの＞	4 疾患 性器クラミジア感染症、性器ヘルペスウイルス感染症、尖圭コンジローマ、淋菌感染症
基幹定点医療機関	基幹定点医療機関（全国約 500 か所の病床数 300 以上の医療機関）が届出するもの ＜週単位（月～日）で届出するもの＞	5 疾患 感染性胃腸炎（病原体がロタウイルスであるものに限り）、クラミジア肺炎（オウム病を除く）、細菌性髄膜炎（髄膜炎菌、肺炎球菌、インフルエンザ菌を原因として同定された場合を除く）、マイコプラズマ肺炎
	＜月単位で届出するもの＞	ペニシリン耐性肺炎球菌感染症、無菌性髄膜炎、メチシリン耐性黄色ブドウ球菌感染症、薬剤耐性緑膿菌感染症
疑似症定点医療機関	疑似症定点医療機関（全国約 700 か所の集中治療を行う医療機関等）が届出するもの ＜ただちに届出＞	法第 14 条第 1 項に規定する厚生労働省令で定める疑似症

出典：厚生労働省、感染症法に基づく医師の届出のお願い、
国立感染症研究所感染症疫学センター、日本の感染症サーベイランス。

(3) 実施体制

感染症発生動向調査事業では、対象疾患を診断した医師から届出がなされ、保健所はその内容を確認の上、一元的なデータ管理が可能な中央データベースである「感染症サーベイランスシステム（National Epidemiological Surveillance of Infectious Diseases: NESID）」に入力登録を行う。実施主体は国、都道府県および保健所を設置する市（特別区を含む、以下、「都道府県等」）である。中央感染症情報センターが国立感染症研究所（以下、感染研）感染症疫学センター（以下、IDSC）内に設置され、各都道府県等から報告された患者情報、疑似症情報および病原体情報を収集、分析し、その結果を全国情報として速やかに都道府県等に提供・公開するための中心的役割を果たす。また、地方感染症情報センターが各都道府県等に1か所、原則として地方衛生研究所（以下、地衛研）の中に設置され、各都道府県等域における患者情報、疑似症情報および病原体情報を収集・分析し、都道府県等の本庁に報告するとともに、全国情報と併せてこれらを速やかに医師会等の関係機関に提供・公開する^{558 559}。

患者情報がNESIDに登録されると、感染研や厚生労働省担当課が全国の患者情報を参照できるほか、保健所や地方感染症情報センターは、自らの地域の情報を参照でき、他自治体の集計された情報も参照できる⁵⁶⁰（図3-1）。また、患者情報と整合性の保たれた病原体の検査情報の収集についても、積極的疫学調査として、国および地方公共団体が実施している（図3-2）。

⁵⁵⁸ 厚生労働省. 感染症発生動向調査事業実施要綱.

<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/001149882.pdf>（参照 2024-12-4）

⁵⁵⁹ 国立感染症研究所感染症疫学センター. 日本の感染症サーベイランス.

⁵⁶⁰ 国立感染症研究所感染症疫学センター. 日本の感染症サーベイランス.

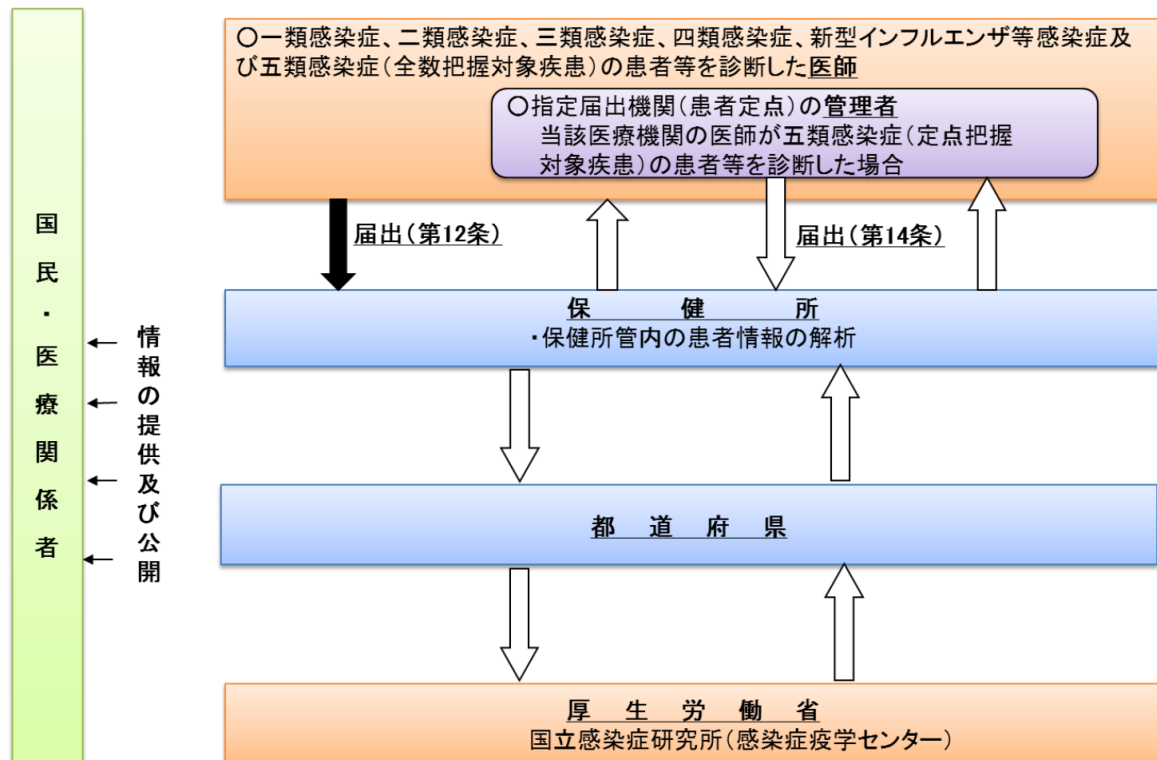


図 3-1 感染症発生情報調査事業における患者情報の流れ

出典：厚生労働省. “感染症発生動向調査について”.

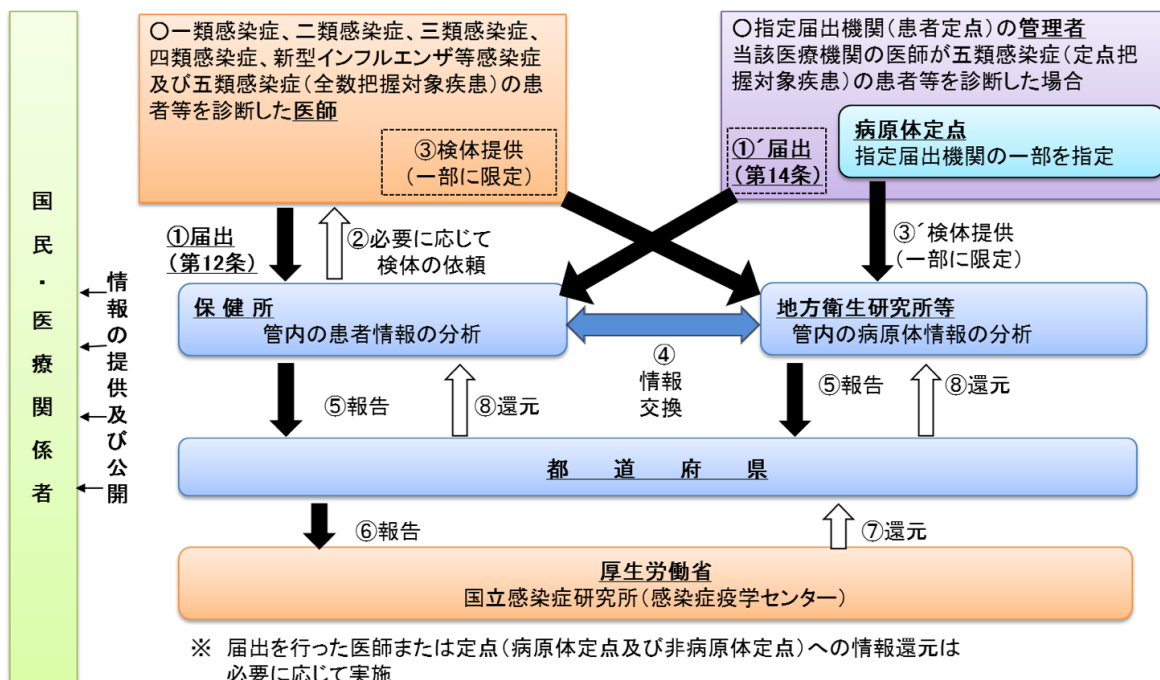


図 3-2 感染症発生情報調査事業における病原体情報の流れ

出典：厚生労働省. “感染症発生動向調査について”.

3.1.1.3 日本の病原体ゲノムサーベイランス

(1) 実施体制

内閣感染症危機管理統括庁の「サーベイランスに関するガイドライン」によると、感染症サーベイランスを（１）感染症発生の探知、（２）患者発生の動向把握、（３）市中における流行状況の動向把握、（４）重症者・死亡例の把握、（５）病原体の動向把握、（６）ワンヘルス・アプローチに分類しており、病原体ゲノムサーベイランスはこのうち（５）病原体の動向把握の中で新たな変異株、特に公衆衛生上のリスクにつながる可能性のある変異株の早期探知を目的として行われるものとされている。また、ゲノム解析は、平時から行う感染症サーベイランスの枠組みの中で実施される。特にインフルエンザウイルス、SARS-CoV-2、新型インフルエンザウイルス、新型コロナウイルスを主な対象とするが、他の病原体のゲノム解析も含まれる。ゲノム解析は自治体（地衛研等）においてゲノム解析の体制整備および実施を進め、全都道府県でゲノム解析を実施し、また、ゲノム解析の結果は地衛研等が集約し、定められたシステムに入力するとともに、都道府県等に共有する⁵⁶¹。

(2) ゲノム解析結果の情報共有

COVID-19 の全ゲノム情報による全国発生動向は、これまで感染研が管理する国の COVID-19 のゲノム情報を保管するゲノムサーベイランスのためのシステムである COG-JP (COVID-19 Genomic Surveillance Network in Japan) システム⁵⁶²の運用を終了し、2024 年 4 月以降、感染研が管理している、国の COVID-19 を含む病原体のゲノム情報を集約するためのシステムである PathoGenS (Pathogen Genomic data collection System) に移行した。ゲノム解析結果のデータの流れとしては、自治体主体で実施したゲノム解析の結果は、地衛研でゲノム情報を集約し、感染研に情報共有される。地衛研においては、地衛研や大学、民間検査機関等で行った全てのゲノム解析の結果を基に、PathoGenS および GISAID にゲノム情報を登録することになっている⁵⁶³。

3.1.2 情報および分析結果の公表

感染症サーベイランスから得られた情報および分析結果については、都道府県別の患者の発生動向を把握するとともに、都道府県等が、他の都道府県の報告状況（集計値）を確認

⁵⁶¹ 内閣感染症危機管理統括庁. サーベイランスに関するガイドライン.

https://www.caicm.go.jp/action/plan/guideline/files/guidelines_02.pdf (参照 2014-12-4)

⁵⁶² COG-JP システムは、感染研が管理している、国の新型コロナウイルス感染症のゲノム情報を保管するゲノムサーベイランスのためシステム。(厚生労働省. 感感発 0319 第 2 号「新型コロナウイルス感染症の積極的疫学調査におけるゲノム解析及び変異株 PCR 検査について (要請)」の一部改正について. <https://www.mhlw.go.jp/content/001230061.pdf> (参照 2024-12-10))

⁵⁶³ 厚生労働省. 感感発 0319 第 2 号 令和 6 年 3 月 19 日「「新型コロナウイルス感染症の積極的疫学調査におけるゲノム解析及び変異株 PCR 検査について(要請)」の一部改正について」. <https://www.mhlw.go.jp/content/001230061.pdf> (参照 2014-12-4)

できる仕組みを維持している。また国は、インフルエンザ、COVID-19 およびその他の感染症の流行状況を公表するにあたり、著しく患者数が増加した場合および公衆衛生対策上説明が必要だと判断した場合等には記者ブリーフィングを実施するなどメディアによる正確な情報提供・共有を行う。また、国は 2025 年 4 月に設立される予定の国立健康危機管理研究機構（Japan Institute for Health Security: JIHS⁵⁶⁴）と連携し、感染症サーベイランスの分析結果を都道府県等に迅速に共有し、都道府県等は、国が公表した分析結果に基づく正確な情報について、住民等へ分かりやすく提供・共有していく⁵⁶⁵。

2024 年 12 月現在、感染研は、全国の地衛研、保健所および検疫所から報告される病原体検出情報に基づき作成されるグラフ・集計表と、定期刊行物である月報に掲載される特集・速報記事・国内情報・外国情報などを、病原微生物検出情報（Infectious Agents Surveillance Report: IASR）ウェブサイトにて公表している（<https://www.niid.go.jp/niid/ja/iasr.html>）。IASR ではインフルエンザ、ノロ・サポ・ロタウイルス、手足口病、麻疹に関しては、ゲノム解析からの遺伝子型や伝播経路（ノロ・サポ・ロタウイルスのみ）なども公表されている⁵⁶⁶（図 3-3）。また、感染症発生動向調査週報（Infectious Diseases Weekly Report: IDWR）では、感染症法に基づき、感染症法に規定された疾患の患者が、全国でどのくらい発生したのかを調査集計している。IDWR では、全数報告の感染症および定点把握の対象となる感染症の国別および県別の報告データ、インフルエンザ、COVID-19、手足口病、マイコプラズマ肺炎等の報告数の推移をグラフで公表し、速報や注目すべき感染症の情報なども広く提供している⁵⁶⁷。

⁵⁶⁴ JIHS（ジース）は、病原体などを研究する国立感染症研究所と、感染症の治療などにあたる国立国際医療研究センター（NCGM）が統合して感染症危機に備える新たな専門組織として発足する予定となっている。（日本経済新聞, “感染症対策の専門家組織「JIHS」厚労省が 25 年 4 月創設”。

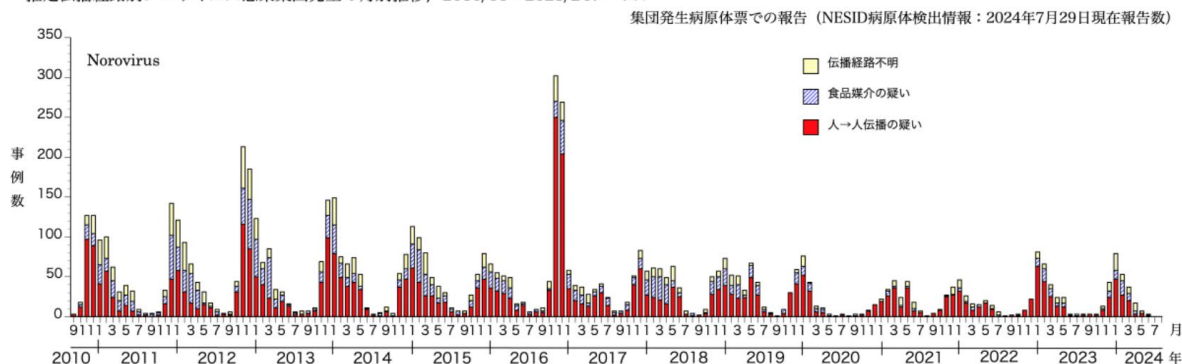
<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUA097ED0Z00C24A4000000/#:~:text=感染症に関する国内外,てほしい>）と話した%E3%80%82（参照 2024-12-8）

⁵⁶⁵ 内閣感染症危機管理総括庁, サーベイランスに関するガイドライン。

⁵⁶⁶ NIID 国立感染症研究所, 感染症発生動向調査 週報（IDWR）。
<https://www.niid.go.jp/niid/ja/idwr.html>（参照 2024-12-6）

⁵⁶⁷ NIID 国立感染症研究所, 感染症発生動向調査週報ダウンロード 2024 年。

推定伝播経路別ノロウイルス感染集団発生月の別推移, 2010/11～2023/24シーズン



推定伝播経路別サポウイルス感染集団発生月の別推移, 2010/11～2023/24シーズン



推定伝播経路別ロタウイルス感染集団発生月の別推移, 2010/11～2023/24シーズン

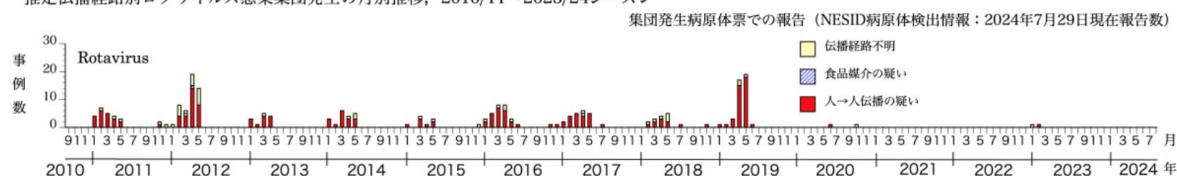


図 3-3 感染研による公表グラフの一例

出典: NIID 国立感染症研究所. 随時更新グラフ: ノロ/サポ/ロタ (2023 年 7 月 29 日現在報告数).
<https://www.niid.go.jp/niid/images/iasr/rapid/noro/230410/norosyu241002.gif> (参照 2024-12-6)

このほか、感染研感染症疫学センター (Center for Surveillance, Immunization, and Epidemiologic Research: CSIER) では、感染症流行予測調査 (National Epidemiological Surveillance of Vaccine-Preventable Diseases: NESVPD) において、予防接種法に基づく定期接種対象疾病について集団免疫の現況把握 (感受性調査) および病原体検索 (感染源調査) などの調査を行い、予防接種事業の効果的な運用を図り、さらに長期的視野に立ち総合的に疾病の流行を予測している⁵⁶⁸。夏季におけるブタの日本脳炎抗体保有状況や、流行シーズン前のインフルエンザ抗体保有状況、また、環境水からの新型コロナウイルス RNA 検出状況についての速報が公表されている⁵⁶⁹。

3.2 日本の下水サーベイランス

NIJIs (New Integrated Japanese Sewage Investigation for COVID-19) プロジェクトは、

⁵⁶⁸ NIID 国立感染症研究所. CSIER 感染症流行予測調査. <https://www.niid.go.jp/niid/ja/yosoku-index.html> (参照 2024-12-6)

⁵⁶⁹ NIID 国立感染症研究所. CSIER 感染症流行予測調査速報. <https://www.niid.go.jp/niid/ja/yosokuhou/668-yosoku-rapid.html> (参照 2024-12-6)

2020 年 7 月に命名された下水中の SARS-CoV-2 調査プロジェクトの略称である。日本では、ポリオ環境水サーベイランス（NESVPD の一環）による下水中のポリオウイルス調査を地衛研が行ってきた。既存の地衛研ネットワークを活用しつつ、大学、国土交通省国土技術政策総合研究所、地衛研、感染研で構成された研究班が 2020 年 8 月に立ち上がり、下水中の SARS-CoV-2 調査に取り組む NIJIs プロジェクトを実施している。さらに、2024 年度から SARS-CoV-2 下水サーベイランスは、NESVPD として新たに加わることとなった。NESVPD による下水ウイルス調査は、日本では 2013 年に開始されたポリオウイルスに続き、2 番目である⁵⁷⁰。同調査では SARS-CoV-2 下水サーベイランスから得られた情報を、地域の COVID-19 の感染動向を把握するための補完情報として活用することを想定している。このため週 1 回、ないしは月 2 回採水を行い、下水中の SARS-CoV-2 ウイルス量を測定し、処理場周辺の定点あたり患者報告数と比較を行っている。現在調査を実施している自治体は、1 都 12 県である⁵⁷¹。

SARS-CoV-2 下水サーベイランスにおいて、下水中のウイルス量を測定する標準的な手法は未だ確立されていない。そのため、同調査による SARS-CoV-2 下水サーベイランスでは、検査手法についてはコストや人員など検査施設の実情に合わせて複数の検査手法から選択できるよう、手法やキットを選択の目安として例示している⁵⁷²。

感染研からは、以下のとおりの下水サーベイランスに関連するマニュアルやガイダンスが公表されている。

表 3-2 日本の下水サーベイランスに関連するマニュアルやガイダンス

No.	文書名	発行年
1	下水中の新型コロナウイルス検出マニュアル ver 1.1	2021 年
2	新型コロナ下水サーベイランスについて	2021 年
3	施設排水調査ガイダンス	2022 年
4	施設排水調査マニュアル Ver 1.0	2022 年
5	COVIVIS（環境水中のウイルス濃度から流域の感染者数を推定する解析用 Web ツール：総合研究大学院大学のサイト）	－

出典：NIJIs. NIJIs プロジェクトについて. <https://nijis.jp>（参照 2014-12-6）

調査結果については、ひと月に 3 回程度の更新頻度で、調査を実施した自治体の採水地点（下水処理場）におけるウイルス量と処理場周辺の感染動向（定点あたりの報告数）をグラフで示して公表している（図 3-4）。これは、自治体全体の COVID-19 感染動向を示すグラフではなく、処理場周辺の保健所で把握している定点あたりの報告数（例：下水処理場の処理区が、複数の保健所にまたがる場合、各保健所に報告された定点あたり報告数を集計し

⁵⁷⁰ NIID 国立感染症研究所. 感染症流行予測調査事業による新型コロナウイルス下水サーベイランス. <https://www.niid.go.jp/niid/ja/typhi-m/iasr-reference/2640-related-articles/related-articles-532/12731-532r09.html>（参照 2024-12-6）

⁵⁷¹ NIJIs. NIJIs プロジェクトについて. <https://nijis.jp>（参照 2014-12-6）

⁵⁷² NIID 国立感染症研究所. 感染症流行予測調査事業による新型コロナウイルス下水サーベイランス.

たもの)を比較したものである⁵⁷³。

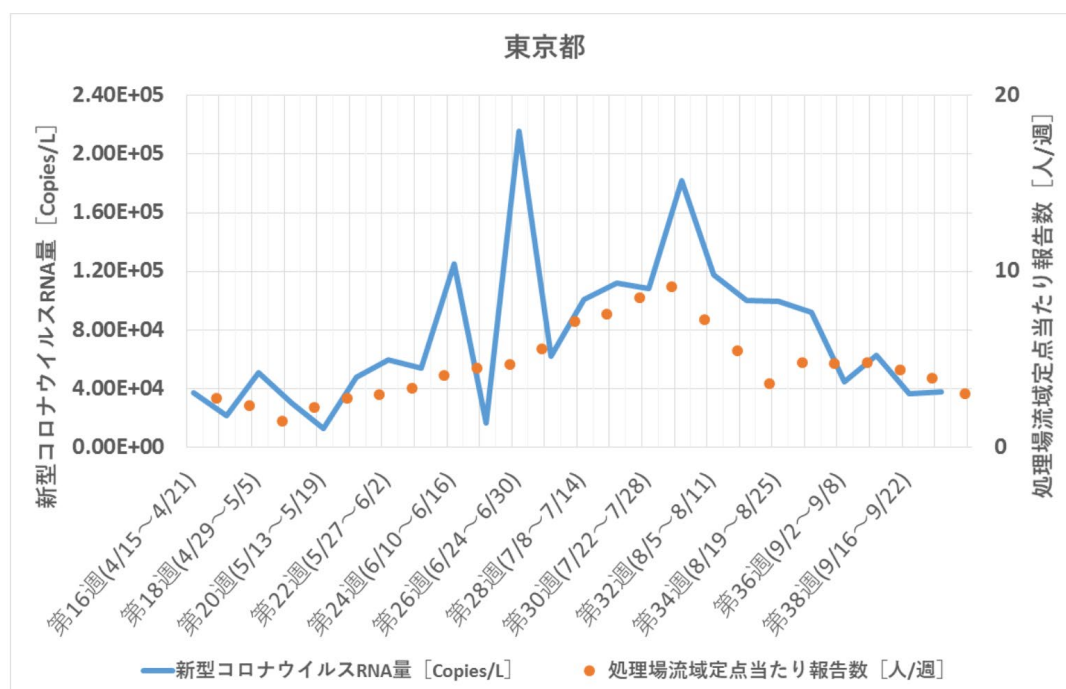


図 3-4 東京都の SARS-CoV-2 下水サーベイランス調査データ（更新：2024 年 11 月 15 日）

出典：NIJIs. NIJIs プロジェクトについて. <https://nijis.jp>（参照 2014-12-6）

下水サーベイランスは、集団レベルでのウイルスの流行状況を把握するために客観的な指標を提供することを目的として実施されるものである。特に臨床検査へのアクセスが困難な場合や患者の報告体制に課題がある状況で、ウイルスの早期検出に有効であるとされている。一方、下水サーベイランスは臨床検体からの感染症サーベイランスを代替するものではなく、保管的な活動と位置付けられるべきである。下水サーベイランスを構築するためには、下水サーベイランスの目的を明確に定め、データを公衆衛生対策に迅速に結びつける必要がある。また、下水中のウイルス量から感染者数を正確に推定することは、下水固有の複雑な要因（例：希釈、化学的分解、流入源の特定困難など）が影響するため、この分野でのさらなる研究が求められている。さらに、下水を含む環境水には膨大な微生物に関する情報が含まれていることから、これを公衆衛生対策に活用することが期待されている。下水サーベイランスの分野においては、感染症の種類に応じた調査手法の検討、流行予測モデルの開発、次のパンデミックに備えた基盤研究などが重要な課題とされており、これらの研究に注力することで、今後、公衆衛生の向上や早期警戒システムの強化に寄与することが見込まれている⁵⁷⁴ ⁵⁷⁵。

⁵⁷³ NIJIs. NIJIs プロジェクトについて. <https://nijis.jp>（参照 2014-12-6）

⁵⁷⁴ NIID 国立感染症研究所. 感染症流行予測調査事業による新型コロナウイルス下水サーベイランス.

⁵⁷⁵ WHO. Environmental surveillance for SARS-COV-2 to complement other public health surveillance,

3.3 日本の知見および技術の活用

日本の感染症サーベイランスおよび病原体ゲノムサーベイランスは、感染症の発生状況や拡大傾向を把握し、迅速かつ適切な公衆衛生対応を実施するためのシステムとして運用されている。これを通じた日本の知識や技術を他国に共有することにより、他国での感染症対策や環境衛生改善に大きく貢献する可能性があり、国際協力を通じてさらなる展開が期待できる。他国への共有が可能であると考えられる感染症サーベイランス、特に病原体ゲノムサーベイランスの知見と技術の例を挙げる。

1) 全国ネットワークの構築支援

感染症サーベイランスとゲノム解析を結びつけた、全国的なネットワークの下で病原体ゲノムサーベイランスを運用する。地域保健所、医療機関、研究機関が連携した迅速なサンプル収集と解析を行う。

2) 病原体ゲノム情報集約システムの構築支援

日本で実績のある病原体ゲノム情報（PathoGenS）を基に、現地のニーズやリソースに合わせた病原体ゲノム情報収集システムを設計し導入する。

3) ICT の活用

日本での電子サーベイランス技術を他国に応用する。簡易なモバイル技術を活用し、現場からリアルタイムで報告可能な仕組みを提供する。

4) 病原体ゲノムデータを活用した政策決定

サーベイランスから得られた病原体ゲノムデータを公衆衛生政策に組み込み、流行の予測と、予防接種計画などの迅速な感染症対策を実現する。

5) リスクコミュニケーションや透明性の確保

ゲノム解析データを基にして、市民に感染症リスクや予防策をタイムリーかつ正確に伝え、行動変容を促す。また、サーベイランスの結果を公開し、社会全体の信頼を得ながら感染症予防の協力を推進する。

6) 研修プログラムの実施

日本の専門家による現地公衆衛生担当者等への病原体ゲノム感染症モニタリング、デー

2023. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/372995/9789240080638-eng.pdf>（参照 2024-12-6）

タ分析、リスク評価などの技術的スキルを指導する。

7) 現地大学や研究所との連携

研究機関や大学などと協力し、現地の専門家にゲノム解析やデータ解釈の技術を指導する、共同でゲノム研究を行うなど、長期的な能力開発を目指す。

8) 下水サーベイランスとの統合

感染症サーベイランスの枠組みの中で、下水サーベイランスからの病原体ゲノム解析データと統合することで、地域全体の感染症リスクの把握や環境中の耐性遺伝子の追跡、耐性菌の出現の防止に貢献できる。

このように、病原体ゲノム分野における日本の知見と経験は、他国に対する技術移転だけでなく、制度設計、人材育成や政策提言を組み合わせた包括的なアプローチによって貢献することが可能である。日本の高度な技術力、国際連携、公衆衛生への応用といった強みを活かし、他国への技術協力を推進することで、他国の感染症対策の効率化や、世界規模での感染症リスク軽減に寄与するだけでなく、日本がグローバルな感染症対策のリーダーとしての役割を果たせる可能性がある。

第4章 環境水・下水疫学小規模調査

4.1 背景

下水疫学は、下水中の病原体などを分析することで、さまざまな疾患の発生や流行状況を把握するための疫学調査手法である。COVID-19 のパンデミック時には、下水疫学が国内外で急速に普及し、感染状況の早期把握に役立った経緯がある。また、現在では継続的な定点観測により新たな変異株の早期発見が期待されるだけでなく、新しい病原性微生物（ウイルスを含む）が出現した際には迅速な検出体制を構築することが可能であり、下水インフラに「感染症の監視」という新しい機能を加えることで、下水疫学の重要性がますます高まると考えられる⁵⁷⁶。

さらに、下水疫学では、下水中に含まれる AMR の存在を検出し、地域や施設ごとの AMR の拡散状況や感染リスクを把握することも可能である。下水には、人々が体外に排出した抗生物質や AMR が含まれており、これを分析することで、特定の地域における AMR の発生状況や拡大リスクを評価できる。具体的には、下水から採取したサンプルを高感度な分子生物学的手法（例えば PCR や NGS）で解析し、AMR 遺伝子や特定の薬剤耐性菌株の存在を確認し、この情報により、AMR の流行状況や、特定の抗生物質に対する耐性傾向が地域で増加しているかどうかを早期に把握することができる。下水中での AMR 検出は、環境や公共衛生においての新たな監視手段として注目されており、今後の AMR 対策の重要な要素となっている。

このように、下水疫学を用いることで、感染状況の早期把握、新たな病原体の検出、医療機関や地域での AMR 管理の指針の作成、感染拡大を防ぐための早期対策が可能である。さらに、ワンヘルスの観点からも、ヒト、動物、環境の全てを対象とし、ヒトと動物に共通する早期警戒が可能な統合的な疾病監視ツールとして、下水疫学のさらなる活用が期待されている。

本下水疫学調査の先行案件として位置付けられる「全世界ワクチン等医薬品の研究開発・生産基盤整備促進のための情報収集・確認調査」の枠組みで 2023 年 10 月から 2024 年 2 月の期間に実施された「インドネシア国バリ州下水疫学調査拡大実証事業」では、YEC が、下水疫学に関する基礎情報を収集・整理した。これには、関連施設の法的システム、能力、実施体制、人材、およびドナー組織、研究機関、企業による取り組みの動向が含まれる。また、デンパサール市で小規模下水疫学調査を試験的に実施し、プロジェクト拡大に向けた課題についても検討した。先行案件の詳細は「全世界ワクチン等医薬品の研究開発・生産基盤整備促進のための情報収集・確認調査ファイナルレポート」のうち「インドネシア国バリ州下水疫学調査拡大実証事業 最終調査報告書（公開版）」を参照。

⁵⁷⁶ 地方独立行政法人神奈川県産業技術総合研究所, “下水疫学のイノベーションと社会実装課題”
・ https://www.kistec.jp/learn_cabinet/gesui2023/ (参照 2024-11-1)

4.2 調査目的

本小規模調査は、下水疫学の手法を用いてインドネシアのジャカルタ市、ボゴール市、デンパサール市を対象地域とし、以下を目的として実施された。

1. BRIN が、特定の病原体の実態を早期に把握するために必要な、対象病原体の抽出、PCR、NGS 実施にかかるキャパシティを見極める。
2. インドネシアにおける日本の研究機関との環境水・下水疫学共同プロジェクトの可能性を検討する。
3. 対象地域（ジャカルタ市、ボゴール市、デンパサール市）における河川や下水処理場等からの検体による環境水・下水疫学調査の実施と能力開発、同調査内容の拡大に関する実現可能性を検討する。

このほか、環境水および下水からの検体より得られる病原体ゲノム配列を含むデータを活用することで、将来的にはインドネシアにおいて感染症の流行や薬物使用傾向をタイムリーに監視するための、国家レベルでの予防対策や政策立案に寄与することを目指した。

4.3 調査方法

4.3.1 ボゴール市を対象とした、河川からの検体による環境水疫学調査（Waterways epidemiological project）の実施

環境水疫学調査（Waterways epidemiological project、以下、WE プロジェクト）では、乾季の河川から一度サンプリングした検体を使用して、BRIN が環境水サンプル採取→培養→PCR→NGS までの一連の作業を独自に実施するキャパシティがあるかどうかの見極めと、特に NGS とバイオインフォマティクスの能力評価を中心とした活動を行った。また、これを基に、本調査報告書内で提案することを予定している NGS およびバイオインフォマティクスの能力強化研修にかかる課題等を抽出した。

環境水サンプルは、乾季に 1 度、39 か所から採取を行った。この環境水サンプルは BRIN がボゴール市当局の協力を得て 2024 年 9 月 19 日に採取した。検体に含まれる AMR3 種、大腸菌（*E. coli*）、肺炎桿菌（*Klebsiella pneumoniae*）、サルモネラ属菌（*Salmonella* Sp）の培養を行い、AMR の有無を確認した後、PCR、NGS により対象薬剤耐性遺伝子の検出を試みた。対象細菌の抽出から NGS までの一連の作業は全て BRIN 内で BRIN の研究者が行った。本調査の要員である「病原体ゲノム解析・ゲノム情報分析」担当者が BRIN において NGS の使用方法およびバイオインフォマティクスにかかるアドバイスをオンライン／現地で提供した。

4.3.2 ジャカルタ市、ボゴール市、デンパサール市を対象とした、下水処理場等からの検体による下水疫学調査（Wastewater-based epidemiology project）

下水疫学調査（Wastewater-based epidemiology project、以下、WBE プロジェクト）は、

BRIN、YEC、金沢大学が2024年7月に締結した覚書の下、インドネシアにおけるWBEの共同プロジェクトの可能性を検討し、また、インドネシアにおけるWBEインフラ構築に向けた実現可能性調査等を実施するプロジェクトの一環として実施されたものである。同プロジェクトにおいては、特にジャカルタ市、ボゴール市、デンパサール市におけるWBEの実施と能力開発、WBEの拡大に関する実現可能性を検討することを目的とした。

下水サンプルは、2024年11月から2月初旬にかけて対象地域の下水処理場等から、週に2回継続的に採取を行った。検体に含まれるウイルス1種（SARS-CoV-2）と薬剤耐性菌1種（大腸菌）に対し、サンプルから対象細菌を抽出、ウイルスについては、qRT-PCRによる検出を試みた。薬剤耐性菌については、培養の後、PCRにより対象AMR遺伝子の検出を試みた。対象病原体の抽出からPCRまでの作業は全てBRIN内で、YECおよび金沢大学の指導の下、BRINの研究者が行った。

上記WEプロジェクトおよびWBEプロジェクトの内容は、それぞれ別添11および別添12にて詳述する。また、2025年1月31日に実施したJICAおよびBRIN共催セミナー「病原体ゲノムサーベイランスの展望」においてはこれらプロジェクトに関する発表も行ったが、同セミナーの内容については、別添13で詳述する。

4.4 考察

従来の臨床検査に基づく疫学調査では、無症状感染者や検査忌避者を捉えきれないという限界があった。今回実施した環境水・下水疫学調査では、下水中のウイルスRNAやAMRを検出することで、地域全体の感染状況やAMR発生状況をより包括的に把握できることが確認されており、これは、インドネシアのように人口が多く、医療アクセスが不均一な国において、特に有効な手法になると考えられる。また、今回の調査では、PCR法を用いたウイルスRNAの検出と、バイオインフォマティクスによるデータ解析が、重要な役割を果たし得ることが確認された。PCR法は高感度な検出を可能にし、バイオインフォマティクス解析は、細菌の遺伝子型や変異株の出現状況、さらには感染源の推定や流行予測といった詳細な分析を可能にすることが確認された。

インドネシアでは、これまで大学や地方当局などにより実施されてきた下水疫学調査において、COVID-19の流行状況把握や変異株の早期検出に成功している。これは、パンデミック対策において、感染拡大の抑制や医療資源の適切な配分などに大きく貢献したと考えられる。今回実施された環境水・下水疫学調査においては、SARS-CoV-2だけでなく、AMRの検出も可能であることが確認されたほか、一連の作業をインドネシア側が主体となって実施できることが確認された。

一方で、依然として課題も存在する。サーベイランス体制の強化、データ解析技術の向上、倫理的な課題への対応などが挙げられ、特に、バイオインフォマティクスを中心とした人材育成や研究機関への投資、データ解析のための資源の確保、そして個人情報保護に関する

法整備や倫理ガイドラインの策定などが急務となる。

インドネシアは、今後、環境水・下水サーベイランスを国家的な公衆衛生戦略に組み込み、持続的な体制構築を推進することにより、感染症対策だけでなく、AMR の監視、地域住民の健康状態のモニタリング、ワンヘルスへの対応などの幅広い応用が可能であり、公衆衛生全般の向上に資することが期待される。このためには、以下に挙げる体制の構築や能力強化が重要となってくる。

- **継続的なモニタリング体制の構築**：定期的な環境水および下水サンプルの採取と分析を行い、感染症の発生状況や流行の兆候を早期に捉える体制を構築する。
- **データ解析能力の強化**：バイオインフォマティクス解析の専門人材育成や、データ解析のためのインフラストラクチャー整備を進める。
- **国レベルでの標準化**：国レベルで環境水・下水サーベイランスのプロトコルを構築し、全国で統一した方法で調査を実施できる体制を整える。
- **データプラットフォームの構築**：各地域で得られたデータを統合・分析するためのプラットフォームを構築し、感染リスクの高い地域を特定したり、地域間で連携した対策を迅速に実施したりできる体制を整える。
- **データ共有と国際連携**：国内外の研究機関や国際機関との連携を強化し、データ共有や共同研究を推進することで、より効果的な感染症対策を実現する。
- **倫理的な枠組みの構築**：個人情報保護などの倫理的な課題に対応するための法整備やガイドライン策定を進める。

環境水・下水サーベイランスは、今後、インドネシアの公衆衛生の中で重要な役割を果たすツールとなり得る。さらに、ASEAN の中心的な役割を担うインドネシアが率先して導入することで、ASEAN 地域の広域ネットワークが形成され、ASEAN 全体の公衆衛生向上に貢献することが期待される。

第5章 協力案件にかかる提言

5.1 協力案件の提案にかかる検討

感染症の脅威は、世界各国にとって共通の課題であり、公衆衛生の維持・向上は、社会経済の安定と発展に不可欠である。特に、近年、新興・再興感染症や薬剤耐性菌の出現が深刻化しており、効果的な感染症対策の必要性が高まっている。病原体ゲノムサーベイランスは、これらの脅威に迅速かつ的確に対応するための基盤となるものである。また、平時からの病原体ゲノムサーベイランスは、感染症の流行状況を把握し、その動向を予測するためにも重要である。過去の感染症の発生状況やゲノム情報を蓄積することで、将来的な感染症の発生リスクを評価し、予防対策を講じることができる。

一方で、多くの国々、特に開発途上国においては、資金不足が病原体ゲノムサーベイランス体制の構築・維持を阻む大きな要因となっている。資金不足により、必要な機材や試薬の調達、専門家の育成、データ解析のためのインフラストラクチャー整備などが困難な状況であり、その結果、感染症の発生を早期に検知することができず、感染拡大の防止に遅れをとる可能性があることから、病原体ゲノムサーベイランスを持続的に維持できる体制を整備することが急務である。

本章における提案案件は、アジア・アフリカ地域や国々における病原体ゲノムサーベイランス体制の強化を支援することで、世界全体の感染症対策に貢献することを目的としている。資金不足という課題を抱える国々に対する技術支援を通じて、持続可能な病原体ゲノムサーベイランス体制の構築支援を目的としている。

以下の表 5-1 は、本調査結果に基づき、広域および各国につき数件の病原体ゲノムサーベイランスに関連する提案協力案件リストとしてまとめたものである。この提案協力案件リストは、原則として対象国政府の要望を基に作成している。表では、支援案ごとに、支援分野、支援内容、形態、現状・課題、ニーズ・妥当性、懸念事項等の情報を整理した。

さらに、これらの提案協力案件リストをもって、JICA との協議で確認された方向性に基づき、追加的な調査および関連機関との協議を行った。また、感染症クラスター戦略や JICA の協力方針に従って、表 5-2 のような優先順位付けの基準と評価基準に従い、優先付けを行った(表 5-3)。

表 5-1 提案協力案件の支援分野、支援内容、形態、現状・課題、ニーズ・妥当性、懸念事項等のまとめ

インドネシア					
支援分野	支援内容案	形態	現状・課題	ニーズ・妥当性	懸念事項
I-1: BBLBK を中心とした国内の公衆衛生検査室の管理能力強化	インドネシア（バハサ）語によるカリキュラムを作成し、TOT マニュアルの作成ののち、ティア 5 およびティア 4 を対象とした TOT、ティア 3 およびティア 2 を対象とした TOT 受講者による研修を行う。	技術協力、専門家派遣（病原体ゲノム解析）	BBLBK は下位の検査室を管理し、能力強化も実施する責務を負っているが、国立公衆衛生検査室の職員の管理能力が十分ではない。	BBLBK による下位の検査室の管理に関連する能力強化が必要とされている。	検査室職員の離職率が高くないことが前提となる。
I-2: 病原体ゲノムサーベイランス実施のための検査室ネットワーク強化	病原体ゲノムサーベイランス実施のための検査室ガイドライン（ティア 5 検査室である BBLBK にて作成されるべきとなっている）作成、ガイドラインの運用のための研修マニュアルの作成と研修を行う。	技術協力、専門家派遣（病原体ゲノム解析）	- 病原体ゲノムサーベイランス実施のための検査室ガイドラインのドラフトはティア 5 検査室である BBLBK にて作成されるべきとなっているが、24 年 8 月現在このようなガイドラインはなく、目標や目標達成までの期間なども定められていない。 24 年 8 月現在では 2022 年に発行された WHO のガイドラインを利用している。	病原体ゲノムサーベイランスを実施するための検査室ガイドラインは、サーベイランスの質の確保を行うためにも必須であり、早急に作成される必要がある。	病原体ごとに細かくガイドラインを変更する必要がある場合には、相当のボリュームのガイドラインになる可能性がある。
I-3: 下水サーベイランスのためのガイドライン策定	下水サーベイランスのガイドラインを作成し、ガイドラインの運用のための研修マニュアルの作成。各ティアの公衆衛生検査室や研究室を対象とした TOT および研修を行う。	技術協力、SATREPS、専門家派遣（病原体ゲノム解析、下水疫学）	- 下水疫学調査は大学を主体とした研究レベルで小規模に実施されているのみである。 - 下水サーベイランスを組織的に実施するガイドラインも策定されていない。	- 公衆衛生対応を可能にするサーベイランスの一環として（または協働サーベイランスの一環として）、下水サーベイランスは有用なツールとなり得る。 - 米国 CDC や WHO の動向を含む国際潮流を見ると今後発展していく分野。	複数のカウンターパートによる協働、他のドナーやパートナーとの協調が必要。
I-4: 研修・留学	バイオインフォマティクスの養成を支援する。	研修、留学支援	24 年 8 月現在は国立レベルの BBLBK にバイオインフォマティクスは一人もいない。 - シーケンスデータは ONT 社の EPI2ME やイルミナ社の BaseSpace といった、配列データをアップデートすると自動処理されて結果が出るというオンラインツールなどを利用して対応している。 - オンラインツールはデータ数によっては高額になる。	- ある程度高度な病原体ゲノム解析を実施し、公衆衛生対応に貢献できるレベルの解析結果の分析を可能にするためにはバイオインフォマティクスは必須。 - 中長期的に見ると、バイオインフォマティクスを育成することにより病原体ゲノム解析にかかるコストが低減できる。	バイオインフォマティクス関連ソフトがインストールでき問題なく稼働するレベルのハードウェア（ノートパソコン）を有していることが前提となる。

タイ					
支援分野	支援内容案	形態	現状・課題	ニーズ・妥当性	懸念事項
T-1: NIH を中心とした病原体ゲノム解析能力の強化	NIH を中心とした国内検査室の病原体ゲノム解析技術について、中長期的な支援を通じてウェットラボとドライラボの能力向上を行う。	技術協力、SATREPS、研修、専門家派遣（病原体ゲノム解析技術）	タイの優先疾患や未知の高リスク病原体に対する病原体ゲノム解析能力は比較的高いものの、未知の病原体の解析などのより慎重な実験および解析にはさらなる技術および能力向上が必要とされている。	未知の病原体の検出や、検体にわずかしかが含まれない病原体の解析には、病原体ゲノムの知識と、十分なウェットラボとドライラボの研究技術が必要とされている。	病原体ゲノム解析技術にかかる専門家の中長期的な確保が必要。
T-2: 研修・留学	パイオインフォマティクスの養成を支援する。	研修、留学支援	タイのパイオインフォマティクスの分野にはさらなる発展の余地がある。	病原体ゲノム解析能力を向上させるには、一時的な対策ではなく、長期的な支援体制が不可欠。	PREPARE や課題別研修などによる中長期的な研修員の受け入れ可能人数と内容
T-3: 第三国研修	病原体ゲノム解析やパイオインフォマティクスの養成（第三国研修の実施）、グローバルパートナーとの協働による研修プログラムや教材の開発を行う。	研修	- タイでは東南アジアの周辺国や他国からの研修生を数多く受け入れており、NIH、APHL、大学機関を中心として、NGS やパイオインフォマティクスに関連した研修を年間を通じて実施している。 - NIH は今後、APHL の地域トレーニングセンターとしての役割を果たしていくべく APHL からの支援を受けている。 - WHO や GISAID などの国際機関と連携し、国際標準に準拠した病原体ゲノム解析の研修プログラムを開発することも検討できる。	タイのこれまでの実績から、国内の研究者や検査室技術者だけではなく、周辺国からの研修生も受け入れ、広範なスキルを提供することが可能。	他のグローバルパートナーとの協働が可能か。

ベトナム					
支援分野	支援内容案	形態	現状・課題	ニーズ・妥当性	懸念事項
V-1: 政策策定、政府機関間の連携強化	病原体ゲノム戦略等、ルーティーンでの病原体ゲノム解析を可能にする政策や規程などを策定し、各政府機関間の連携強化を行うことによって体系的な病原体ゲノムサーベイランスの運用を行う。	技術協力、専門家派遣（調整会議、法整備・ガイドライン整備支援）	病原体ゲノムサーベイランスを運営するための政策とネットワークが不足しており、法的枠組みやガイドラインに基づいた全国的な病原体ゲノムサーベイランスのシステムが存在しない。	- 病原体ゲノムサーベイランスを体系的に運用するための法的枠組みやガイドラインが必要。 - 各機関間の連携を強化し、重複や非効率な取り組みを軽減することが必要。	意思決定者の病原体ゲノムに対する理解とリーダーシップが不可欠。

			各機関間の連携が弱く、それぞれが独立して運営されている。		
V-2: 三大検査室を対象とした病原体ゲノム解析能力強化	三大中央検査室において病原体ゲノム解析を行うために必要な機材供与や試薬を投入し、人員のトレーニングを行う。区レベルの保健センターに冷蔵機材を供与し、病原体ゲノム解析に必要な検体の保管状況を改善する。	専門家派遣（病原体ゲノム解析）、技術協力	- 病原体ゲノム解析に必要な試薬だけでなく、検体収集や保管などに関連する運営資金の不足が大きな障害となっている。 - 区レベルの保健センターでは冷蔵施設が不足していることから、病原体ゲノム解析を十分に行える状態で検体を保管することができていない。	新たな病原体に対応できる公衆衛生対応能力の一環として病原体ゲノム解析の能力を維持するためにも、各研究所ともに病原体ゲノム解析をルーティーンもしくはより頻繁に実施する必要がある。	意思決定者の病原体ゲノムに対する理解とリーダーシップが不可欠。試薬の継続的な供与のための予算配分が必要。
V-3: 研修・留学	バイオインフォマティクスの養成を支援する。	研修、留学支援	バイオインフォマティクスの専門人材が不足しており、特に地方の研究機関でのスキル向上が必要である。	ウェットラボ作業には強みがある一方で、バイオインフォマティクスを含むデータ解析に関するトレーニングや支援が求められている。	PREPARE や課題別研修などによる中長期的な研修員の受け入れ可能人数と内容。

ガーナ					
支援分野	支援内容案	形態	現状・課題	ニーズ・妥当性	懸念事項
G-1: 調整会議、人的ネットワーク構築、法律・規制策定	シーケンス情報が政府に適切に報告・共有されるためのシステム、および病原体ゲノムサーベイランス関係者で連絡調整が行われるように調整会議の設立と運営を支援する。並行して、関係法令（報告義務、データ保護ほか）等を整備する支援を行う。	専門家派遣（調整会議、法整備・ガイドライン整備支援）	- シーケンスデータが政府に共有・報告されていない。 - 病原体ゲノムサーベイランスのための公式リーダーシップと調整の仕組みがない。 - 関係者（ヒト・アニマルヘルス関係者、疫学者、倫理学者、生物統計学者、生物情報学者、獣医師など）がインフォーマル・日常的に報告し合う必要がある。 - 病原体ゲノムサーベイランスが公衆衛生に統合されていない。統合されるためには政策、戦略、規制が必要である（いつ、どこから、どんな方法で検体採取を行いシーケンスにかけるのか）。 - データ保護法はあるが、病原体ゲノムデータを不正アクセスから保護するためには法的な措置が必要。	ガーナ政府が、シーケンスデータ等を適切に把握し管理・監督することは適切な公衆衛生政策を実施することにつながる。	多岐にわたる関係者（政府、ドナー、研究者、アカデミック）の調整と、規制策定を同時に支援できる人材が見つかるか。技術協力の可能性も検討。

G-2: 研究	ラボへの研究費の支援、日本の大学との共同研究を支援する。	SATREPS	- 研究資金、ロジスティックスに必要な資機材が不十分。 - シーケンサーの機械は十分にあるが定期保守サービスが付帯していない（支払えない） - 検体輸送のためのリソース（コールドチェーンを確保するための資材・消耗品）が不足している。	SATREPS の中で、必要な消耗品や機材の定期保守などが行われ、安定した病原体ゲノムサーベイランスが実施できれば、研究分野への大きな支援となりえる。	ガーナの研究機関の意向を尊重した研究を実施する、という視点から研究計画を立てる日本の研究機関が見つかるか。
G-3: 既存サーベイランスの改定改善、評価体制	既存のサーベイランス体制を強化するための支援を行う。病原体ゲノムサーベイランスを組み入れる、アニマルヘルスの分野に AMR サーベイランスを導入する、既存のサーベイランスの定期的な評価を行うなど。	技術協力	- 既存のサーベイランスシステムを強化する必要がある。 - 病原体ゲノムサーベイランスが公衆衛生に統合されていない。 - AMR サーベイランスを獣医療分野にも拡大する必要がある。 - 公衆衛生サーベイランスの定期評価を行う体制がない。	通常の感染症サーベイランス、アニマルヘルス分野の SOMAS、EMA-i、SILAB などのシステムが個別に動いているのが現状であるため、こうした情報がある程度統合されたらより良い公衆衛生政策を実施する一助となりえる。	ヒトや動物の感染症や病原体のサーベイランスを専門とし、一定期間ガーナに滞在できる技術協力チームが見つかるか。
G-4: 研修・留学	バイオインフォマティクスの養成を支援する。	研修、留学支援	- バイオインフォマティクスが不足している。 - 研究者がバイオインフォマティクスを行っていることが多い。国内の大学で専門の学科などはなく、大半は現場で学んでいる。	国内で病原体ゲノムサーベイランスを完結させるためには、バイオインフォマティクスが質・量ともに十分に確保されることが必要である。	第三国研修などで、JICA が主催者（あるいは共催者）となってバイオインフォマティクスの研修を行えるか。

ナイジェリア					
支援分野	支援内容案	形態	現状・課題	ニーズ・妥当性	懸念事項
N-1: NRL、CPHL の二大中央検査室を対象とした病原体ゲノム解析能力・システム強化	NRL、CPHL の二大中央検査室において病原体ゲノム解析を行う人員のトレーニングや必要な機材供与を行い、さらに、NRL および CPHL と地方の病原体ゲノム検査室（大学病院や他研究所）との人員ネットワークを強化し、より広範囲でのトレーニングシステム構築を行う（NRL、CPHL に他研	専門家派遣（病原体ゲノム解析）、技術協力、SATREPS	NRL においては、データ解析やデータシェアリングの能力が不足している。これは、人員不足と人員の能力不足両方に起因する。さらに、公的機関のラボ職員は給与が低く離職率が非常に高い。そのために、研修を受けた人もすぐに辞めてしまうケースが多い。	病原体ゲノム解析に携わる人材、特にバイオインフォマティクスは常に不足しており、当国病原体ゲノムサーベイランス強化のボトルネックとなっている。	派遣に前向きな専門性のある個人、あるいは機関が見つかるか。プロジェクト終了後のシーケンサーのランニングコスト。技プロとしてより人材育成やシステ

	研究所の人員を派遣しトレーニングを行えるようなシステム）。				ム構築に主眼を置くか、国内大学等から共同研究の提案を受け他場合 SATREPS として研究を名目とした形で行うか。
N-2: NRL、CPHL の二大中央検査室を中心としつつ、他の地方拠点ラボも対象とした病原体ゲノム解析能力・システム強化	NRL、CPHL において病原体ゲノム解析を行う人員のトレーニングや必要機材の供与を行い、これら二大拠点の病原体ゲノム解析能力強化を行う。それに加え、地方の病原体ゲノム検査室への機材供与、二大拠点と地方病原体ゲノム検査室のネットワーク強化、二大拠点から地方病原体ゲノムラボ人員へのトレーニング(地方拠点への専門家派遣と地方拠点からの人員受け入れによる研修)を行い、より広範囲でのトレーニングシステム構築を行うとともに、これまで中央拠点ラボに送られていた病原体ゲノム解析のための検体を地方拠点にも送り、解析が行えるようにする。	技 術 協 力 、 SATREPS	• NRL は現在、病原体ゲノムサーベイランスのための検体を一手に引き受けており、病原体ゲノム解析のための検体が全国から NRL に送られている。 • 今後、CPHL でも病原体ゲノム検査室が立ち上がる予定であり、NRL に送られていた検体の一部が CPHL にも送られることになる。 • 地方の病原体ゲノム検査室は複数あるが、ルーティーンの感染症サーベイランスの一環として病原体ゲノム解析を行っているわけではなく、研究や人材育成のために必要なときに行っている。	• 中央検査室に送った検体の解析結果が返ってくるまでに 2 週間～1 か月を要すこともあり、それにより、重大な感染症のアウトブレイクを見逃す恐れもあり、また、見過ごされている流行や病原体も多くあると想定されている。	派遣に前向きな専門性のある個人、あるいは機関が見つかるか。 プロジェクト終了後のシーケンサーのランニングコスト。 技プロとしてより人材育成やシステム構築に主眼を置くか、SATREPS として研究を名目とした形で行うか。安全管理面からの地方活動の制約。
N-3: 研修・留学	バイオインフォマティクスの養成を支援する。	研修、留学支援	• NRL においては、データ解析やデータシェアリングの能力が不足している。これは、人員不足と人員の能力不足両方に起因し、特にバイオインフォマティクスが不足している。さらに、公的機関のラボ職員は給与が低く離職率が非常に高い。そのため、研修を受けた人もすぐに辞めてしまうケースが多い。 • また、地方拠点や大学等の検査室においても、バイオインフォマティクスが不足しているという声が多く聞かれる。	• 留学機会や継続的な研修機会があることは、公務員が職にとどまり続ける大きな動機となる。	PREPARE や課題別研修などによる受け入れ可能人数と内容。

広域					
支援分野	支援内容案	形態	現状・課題	ニーズ・妥当性	懸念事項
R-1: ACPHEED を通じた支援	特に検査ネットワークとサーベイランスの活動を担うインドネシアを拠点として（もしくはタイに配置される予定の各国の調整を行う予定の調整事務局）、各国の国家レファレンス検査室をつなぐ地域ネットワークの構築を支援する。そのほか、病原体優先順位の設定や政策を整備するためにワークショップの開催、長期専門家派遣による政策策定支援、研修事業による能力強化などを行う。	技術協力、専門家派遣、研修	- ACPHEED の事務局は ASEAN のうちの 3 か国が並列して担うこととなっており、予防と準備（ベトナム）、検出とリスク評価（インドネシア）、対応とリスクコミュニケーション（タイ）となっている。 - 中でもインドネシアは検査ネットワークとサーベイランスにかかる活動を担うことになっている。	検査ネットワークとサーベイランスの分野では、感染症関連データの共有プロセスの標準化、各国の国家レファレンス検査室をつなぐ地域ネットワークの構築、病原体優先順位の設定と政策の整備が必要とされている。	ACPHEED の機能は ASEAN 諸国の意向によるため、場合によってはプロジェクトの進捗に影響が出る恐れがある。
R-2: グローバルパートナーとの協働を通じた支援	WHO や米国 CDC などの他のアクターや、IPSN や APHL といったネットワークとの協働による協力を通じて、病原体優先順位の設定や政策を整備するためのワークショップを共催したり、政策策定に関連するガイドラインなどを協働で策定したり、研修の一部を JICA の枠組みで実施したりすることにより、地域レベルでの協力に貢献できるだけでなく、当該分野において JICA のプレゼンスを高めることができる。	技術協力、専門家派遣、研修	WHO や米国 CDC などの他のアクターや、IPSN や APHL といったグローバルネットワークも数多く存在しており、それぞれが支援を検討しているために全体像が把握しづらく、支援の重複が起こったり、支援の有効性が問われたりする結果となる可能性がある。	個々の協力機関が支援をするのではなく、協力機関が一丸となって課題に取り組むという姿勢で支援を行うことにより、より効果的かつ有効な支援が提供できる。	個々の協力機関による思惑の相違により、十分な協働ができない可能性がある。
R-3: 地域拠点検査室ネットワークにおけるメタゲノムを通じたサーベイランス能力強化	世界各国にまたがる地域拠点検査室（特定病院）の、例えば呼吸器疾患患者（特に ICU 入院患者）の検体の、例えば各拠点年間 100 検体（予算による）の病原体を、メタゲノムで特定する。また、これを通じて、ルーティーンでの病原体ゲノム解析による平時からのキャパシティ維持と向上、メタ	技術協力、SATREPS	現状では疑わしい（特に発熱や呼吸器疾患を伴う）感染症が発生した際にも、適切な検査が実施されず、検出が遅れたり、検出されていなかったり、未知の病原体が発見できていなかったりすることが多くあると想定される。	世界各国にまたがる地域拠点検査室を活用してメタゲノムによる病原体の特定を行うことにより、将来的な新興・再興感染症のアウトブレイクの抑制に寄与できる。	複数のカウンターパートによる協働。日本側の大学のいくつかでコンソーシアムが可能か。AMED の地域拠点検査室との協働が可能か。

	ゲノムによる病原体の特定技術向上、 長期的かつ継続的なバイオインフォ マティシヤンの育成を支援する。				地域間のデータ共有 （クラウド i.e. Google, AWS）が可 能か。

表 5-2 優先順位付けの基準と評価基準

	妥当性	整合性	インパクト	実現可能性	緊急性	リスク評価	持続性	革新性と独自性	合計
	Relevance	Coherence	Impact	Feasibility	Urgency	Risk Assessment	Sustainability	Innovation and Uniqueness	
優先順位付けの基準	支援実施の妥当性(当該国の開発計画、開発ニーズ／社会のニーズ／対象地域の受益者層)事業計画、アプローチのロジックの適切性	日本政府・JICAの開発協力方針と整合性、JICAの他事業との具体的な相乗効果・相互関連、他の援助機関等による支援と適切な相互補完・調和・協調、国際的な枠組み	正負の間接的・長期的効果の実現状況(社会システムや規範、人々の幸福、人権、ジェンダーの平等、環境社会配慮)	機関、予算、リソース内での現実的な実施可能性、技術的、物流的、法規制上の課題の有無	緊急の健康危機や期限のある資金提供、外部からの要請など、差し迫ったニーズへの対応	プロジェクトに関連する潜在的なリスク(財政的、運営上、評判)、それらのリスクを軽減する計画の有無	事業によって発現が期待される効果の持続性の見通し	革新的な解決策、技術、アプローチの導入、既存のプロジェクトや競合提案と比較して独自性の有無	合計 30～40点: 最優先プロジェクト 合計 20～29点: 優先的に検討すべきプロジェクト
評価基準 5点:	受益者(患者、地域住民など)への影響が非常に大きく、対応しないと深刻な問題が発生する。	JICA の感染症クラスター戦略や優先事項に完全に合致しており、最重要分野に貢献する。	広範な利益や長期的な影響を生む可能性があり、社会・経済的インパクトが大きい。	技術、予算、人材リソースが十分に確保されており、リスクが低い。	緊急性が高く、即時対応が必要な課題に対処する。	リスクが極めて低く、十分な対策が整っている。	プロジェクト終了後も持続的な成果が期待される。	革新的なアプローチや技術を導入し、独自性が高い。	合計 10～19点: 条件付きで実施検討 合計 0～9点: 優先度が低い、または再評価が必要
3点:	一定の影響が予測されるが、直ちに支障をきたすものではない。	JICA の感染症クラスター戦略に部分的に合致し、一定の貢献が見込まれる。	限定的な影響があるが、一定の成果や利益が見込まれる。	一定の課題はあるが、実現可能な範囲内である。	ある程度の緊急性があり、迅速な対応が求められる。	リスクが中程度であり、一定の管理が可能	短期間の成果は期待できるが、持続性には課題がある。	一定の革新性があるが、既存の手法と大きな差異はない。	
1点:	影響が非常に限定的で、対応しなくても大きな問題は発生しない。	JICA の感染症クラスター戦略目標との関連が薄く、優先度が低い。	影響や利益がほとんど期待できない。	リソース不足や課題が多く、実現は困難である。	緊急性が低く、対応が後回しにできる。	リスクが高く、対策が不十分。	持続可能性が低く、成果が一時的である。	革新性や独自性が乏しく、従来の手法と変わらない。	

表 5-3 各提案協力案件のスコア

国名	提案協力案件	妥当性	整合性	インパクト	実現可能性	緊急性	リスク評価	持続性	革新性と独自性	合計
インドネシア	I-1: BBLBK を中心とした国内の公衆衛生検査室の管理能力強化	3	3	3	4	2	4	4	2	25
	I-2: 病原体ゲノムサーベイランス実施のための検査室ネットワーク強化	3	5	4	3	3	4	4	3	29
	I-3: 下水サーベイランスのためのガイドライン策定	3	4	4	3	3	4	4	5	30
	I-4: 研修・留学	3	5	4	5	4	5	4	4	34
タイ	T-1: NIH を中心とした病原体ゲノム解析能力の強化	3	4	4	4	3	4	4	3	29
	T-2: 研修・留学	3	5	4	5	4	5	4	4	34
	T-3: 第三国研修	3	5	4	5	4	5	4	4	34
ベトナム	V-1: 政策策定、政府機関間の連携強化	3	3	3	3	4	2	3	3	24
	V-2: 三大検査室を対象とした病原体ゲノム解析能力強化	3	4	4	3	4	3	4	4	29
	V-3: 研修・留学	3	5	4	5	4	5	4	4	34
ガーナ	G-1: 調整会議、人的ネットワーク構築、法律・規制策定	4	3	2	2	2	4	3	2	22
	G-2: 研究	4	3	3	2	2	4	3	3	24
	G-3: 既存サーベイランスの改訂、改善、評価体制	4	3	4	3	3	4	3	2	26
	G-4: 研修・留学	3	5	4	5	4	5	4	4	34
ナイジェリア	N-1: 二大中央検査室を対象とした病原体ゲノム解析能力・システム強化	5	4	4	4	3	3	3	3	29
	N-2: 二大中央検査室と他の地方拠点ラボも対象とした病原体ゲノム解析能力・システム強化	4	4	3	2	3	2	2	4	24

国名	提案協力案件	妥当性	整合性	インパクト	実現可能性	緊急性	リスク評価	持続性	革新性と独自性	合計
	N-3: 研修・留学	3	5	4	5	4	5	4	4	34
広域	R-1: ACPHEED を通じた支援	3	5	4	3	3	2	5	5	30
	R-2: グローバルパートナーとの協働を通じた支援	3	5	4	4	3	3	4	4	30
	R-3: 地域拠点検査室ネットワークでメタゲノムを通じたサーベイランス能力強化	4	5	4	2	3	3	3	5	29

5.2 協力案件の提案

上記の通り、対象国各国の課題、ニーズ、および JICA による協力の方向性等を確認し優先付けを行った結果、スコアの合計点が 30～40 点であった案件については特に優先度が高いものとして、病原体ゲノムサーベイランスのための感染症対策拠点ネットワークの強化を目的とした案件として 3 つを提案した。バイオインフォマティクスの研修や留学については、各国ともに共通の案件であったため、対象 5 か国もしくはそのうちの数か国からの研修員を同形態かつ同時期に招聘することを想定し、1 案件として扱った。また、グローバルパートナーとの協働を通じた支援（R-2）についても優先度が高いという結果であったが、これについては 1 案件としてではなく、下記提案協力案件の一部活動において協力を模索するものとして提案する。さらに、スコアの合計点が合計 20～29 点であった案件については優先的に検討すべきものであるが、このうちの数案件は協力内容としては類似しており、広域での協力も可能であると考えたことから、1 案件として提案した。

それぞれの提案協力案件についての具体的な案件概要（案）を以下に示す。

5.2.1 案件 1：病原体ゲノムサーベイランス実施のためのバイオインフォマティクス能力の強化

実施国名	広域（アジア地域、アフリカ地域）
案件名	病原体ゲノムサーベイランス実施のためのバイオインフォマティクス能力の強化
形態	PREPARE、課題別研修、個別研修、第三国研修
案件概要	【目的】 アジア地域およびアフリカ地域の感染症対策拠点もしくは主要研究所／検査室からの研修生を招聘し、病原体ゲノムサーベイランス実施のためのバイオインフォマティクスにかかる能力強化を行う。 【期待される成果と活動】 - 期待される成果 - 各国の病原体ゲノム解析の能力が向上する。 - 病原体ゲノム解析が各国内で完結できるようになることに貢献する。 - 研修計画および準備 - アジア地域およびアフリカ地域の感染症対策拠点もしくは主要研究所／検査室における検査室技術者、分子生物学担当者、疫学担当者、情報科学担当者などを対象に、基礎から応用までを網羅する各段階の習熟度に応じた研修内容を策定する。

	• 初級：バイオインフォマティクスの基礎概念、データ解析の基礎。 - 中級：データ解析のワークフロー、病原体ゲノム解析の応用。 - 上級：アルゴリズムやパイプラインを活用した高度な解析、NGS データ解析。 • 実践的な講義や実習を提供できる国内外の専門家を確保する。 3. 研修・実習 • バイオインフォマティクスの概要（病原体ゲノムデータ解析の基本概念、データベースの活用法（NCBI、GISAID、Ensembl など）、FASTA/FASTQ 形式やリードシーケンスの理解）等 • NGS 解析（シーケンスデータの取得、品質管理、マッピングとアセンブリ（リファレンスゲノムとデノボアセンブリ）、バリエーション解析（SNP 検出、挿入/欠失の検出）等） • データ解析ツールとソフトウェア（コマンドラインの基本（Linux 環境）、主要解析ツールである BWA、SAMtools、GATK、SPAdes などの活用、バイオインフォマティクス用スクリプト言語（Python、R）の基礎等） • 病原体ゲノムサーベイランス（ゲノム解析を用いた感染経路追跡、変異株の検出と系統解析、データ共有の重要性と国際データベース登録等） • 実習としてデータ統計解析とデータの可視化（ヒートマップや系統樹）、変異株の分布図や感染拡大パターンの視覚化、解析パイプラインの構築と自動化によるワークフロー構築等 • COVID-19 の変異株解析などのケーススタディや仮想的な感染拡大シナリオの解析によるシミュレーション演習等、解析結果に基づくリスク評価と政策提案の作成 4. フォローアップと継続学習 • 追加トレーニングや技術サポートの提供 • 国内外の専門家によるメンタリング制度

	【研修実施機関（第三国研修受け入れ機関）の候補となる検査室・研究所】 • NIH（タイ） • BRIN（インドネシア） • 野口研（ガーナ）
カウンターパート候補	各国の保健省、中央公衆衛生検査室など
日本の優位性	バイオインフォマティクス分野において、日本は先進的な技術力と研究インフラを有している。例えば、日本国内の研究機関や大学には、NGS や高性能な顕微鏡など、バイオインフォマティクスと連携可能な高度な機器が十分に整備されている。また、日本国内の大学や研究機関では、バイオインフォマティクスやゲノム科学に特化した学位プログラムや研修プログラムが提供されており、特に、バイオインフォマティクス専門の修士課程や博士課程を有する機関が増えている。国際連携を伴う研修プログラムとして、海外の機関と連携し、共同研究や人材交換プログラムを実施することで、国内外の研究者が高度なスキルを習得する機会が拡大していることも強みである。さらに、日本政府は、「バイオエコノミー戦略⁵⁷⁷」においてバイオテクノロジーや AI 技術を国家戦略の一つとして推進し、バイオインフォマティクスを含む研究への支援を強化しており、他国がバイオインフォマティクス分野の発展を加速させるための方策の好事例となる可能性がある。

5.2.2 案件 2：ACPHEED を通じた病原体ゲノムサーベイランス実施のための検査室ネットワーク強化

実施国名	広域（ASEAN）
案件名	ACPHEED を通じた病原体ゲノムサーベイランス実施のための検査室ネットワーク強化
形態	技術協力、専門家派遣
案件概要	【目的】 域内における検査室ネットワークが強化され効率的かつ効果的な病原体ゲノムサーベイランスが運用される。

⁵⁷⁷ 内閣府. 統合イノベーション戦略推進会議決定 バイオエコノミー戦略（2024）.
https://www8.cao.go.jp/cstp/bio/bio_economy.pdf （参照 2024-12-17）

	【期待される成果と活動】 1. 現状の評価とニーズ分析が実施される。 • ASEAN 域内の病原体ゲノムサーベイランスを実施可能な検査室の一覧を作成、検査能力、保有機器、リソース、人材の状況を調査する検査室マッピングを行う。 • 設備やインフラ、研修や標準化が必要な分野のギャップ分析を行う。 • ASEAN 締結国、各国保健省、検査室、国際機関と協力し、意見やデータを収集する。 2. 検査室ネットワークの連携が強化される。 • 各国の基準検査室を中心とした「地域検査室ネットワーク」の設立、運用ルールを策定する。 • サンプル共有および解析依頼に関するプロトコルの作成と合意。 • 定期的な連絡会議を実施する。各検査室間のコミュニケーションを促進し、進捗や課題の共有を図る。 • 検査機材、試薬、人材支援の相互提供体制を構築する。 • 特定の病原体に関するセンター・オブ・エクセレンスの役割分担を行う。 3. 病原体ゲノムサーベイランスに関連する人材が育成される。 • 病原体ゲノムサーベイランスを効果的に実施できる技術者や専門家を育成する。 • シーケンス技術、データ解析、品質管理、病原体ゲノムデータ解析に必要な解析手法など。
カウンターパート候補	• ACPHEED タイ調整事務局 • ACPHEED インドネシア事務局（検出とリスク評価・検査室ネットワークとサーベイランス） • インドネシア保健副大臣の直属であるグローバルヘルスおよびヘルステクノロジー政策センター（KGTK）
日本の優位性	病原体ゲノム解析においては、日本における NGS 技術などにおいて優れた実績があり、高度な知識と技術を持つバイオインフォマティクス専門家、分子生物学者、医療技術者が多く、検査室運営の質が高い。研究所や大学ではサンプル処理からデータ解析までのワー

	クフローが標準化されており、時間短縮と効率化が図られている。 また、バイオインフォマティクス分野においても優れており、大規模なデータ処理、統計解析、AI を活用した病原体サーベイランスに対応可能であるほか、病原体ゲノムデータは厳密なデータ共有およびセキュリティ基準の下で管理され、国内外のデータベース（例：GISAID、NCBI）への登録も体系的に標準化されている。

5.2.3 案件３：公衆衛生上の危機に対する対応強化を目的とした病原体ゲノム監視ネットワークの強化

実施国名	広域（全世界、アジア地域、もしくはアフリカ地域）もしくは国レベル
案件名	公衆衛生上の危機に対する対応強化を目的とした病原体ゲノム監視ネットワークの強化
形態	技術協力
案件概要	【目的】 世界的流行を引き起こす可能性のある新興・再興感染症の発生による公衆衛生危機に対応できる、持続可能性かつ迅速性の高い病原体監視ネットワークが強化される。域内における検査室ネットワークが強化され効率的かつ効果的な病原体ゲノムサーベイランスが運用される。 【期待される成果と活動】 1. 対象地域／国の感染症対策拠点検査室を通じ、病原体ゲノムをモニタリングする仕組みが整備される。 ● 拠点検査室の機材（次世代シーケンサーなど）やバイオインフォマティクス分析用ハードウェアとソフトウェアを導入する。 ● 必要な消耗品（試薬、解析キットなど）の安定供給を確保するための物流体制を確認する。 ● 拠点検査室のスタッフに対する病原体ゲノムシーケンス手法、データ解析、バイオインフォマティクスの初級～上級研修を実施する。 ● 病原体ゲノムサーベイランスに関するサンプリング、データ取得、解析手順に関する SOP を策定し、対象地域に展開する。

	• 各国感染症対策拠点検査室をつなぐ情報共有ネットワークを確認し、病原体ゲノムモニタリングのデータ共有体制を強化する。 • 重点疾患（例：呼吸器感染症やデング熱など）の病原体を対象としたモニタリングの試験運用を実施する。 2. 対象地域／国の感染症対策拠点において、病原体ゲノムの監視の重要性を示す科学的根拠が、共同研究を通じて強化される。 • 各国研究機関や大学との共同研究を通じて、病原体ゲノムデータの解析を実施する。 • 地域特有の病原体の進化、薬剤耐性や感染性に関する知見を科学論文として発表する。 • 地域内での病原体ゲノム多様性を地図化し、感染拡大や新たなリスクの特定に寄与する分析結果を提供する。 • 政策立案者向けの報告書やプレゼンテーション資料を作成し、科学的根拠に基づく意思決定を支援する。 3. 新興・再興感染症に関する病原体ゲノム情報の活用事例や教訓、今後の展望について、対象地域／国の間で共有される。 • 各国の感染症対策担当者や感染症対策拠点研究者を集め、経験交流のためのパネルディスカッションを実施。 • 病原体ゲノムデータを活用した感染症対策の成功例（例：新規ワクチン開発、感染拡大の早期検出）をレポート化し、対象国間で共有する。 • 国際的な病原体ゲノム監視ネットワーク（例：IPSNなど）への参加を支援し、グローバルな知見と教訓を地域に還元する。地域レベルでの感染症対策に関するフォーラムでのプレゼンテーションや成果報告を行い、共同研究の拡大を促進する。
カウンターパート候補	• 各国の感染症対策拠点検査室 • 各国の保健省や研究室
日本の優位性	日本は、SARS、インフルエンザ、COVID-19 などの新興感染症に対して、病原体ゲノム情報を活用した感染拡大防止の成功事例を複数持っており、これらの実績は、対象地域や対象国への応用が可能で

	ある。また、研究の連携については、日本の大学や研究機関は、実務で活用可能なゲノムデータ解析や新しい技術の開発に取り組んでおり、対象国との共同研究をリードする体制があるだけでなく、NIID や地方衛生研究所のネットワークを活用し、研究と政策を結びつけた包括的なサポートが可能であると推察される。

5.2.4 案件 4：公衆衛生対応と感染症管理のための下水サーベイランス強化プロジェクト

実施国名	インドネシア国
案件名	公衆衛生対応と感染症管理のための下水サーベイランス強化プロジェクト
形態	技術協力
案件概要	【目的】 公衆衛生対応や感染症管理を目的とし、下水を利用して病原体や感染症の広がりを監視するための下水サーベイランスを強化する。 【期待される成果と活動】 1. 病原体の監視と検出が行われる。 ● PCR や NGS を使用した病原体の遺伝子を検出する体制を整える。 ● 既存の早期警戒システム（EWARS）や感染予防からのポリオウイルス検出体制を活用し、病原体の遺伝子情報を迅速に収集できる体制の構築および強化を行う。 2. 下水データが収集され解析される。 ● 環境水や下水から定期的に検体を採取し、病原体の DNA/RNA の存在や量を測定し、感染症のトレンドをリアルタイムで追跡する体制を整える。 ● 収集されたデータのバイオインフォマティクスツールによる解析、感染症の広がりや特定の病原体の発生パターンなどを分析するための能力強化を行う。 3. 感染症のモニタリングと予測が行われ、政策決定に反映される。 ● 下水サーベイランスを通じて、感染症がどの地域でどの程度広がっているかの情報を基に流行を予測し、感

	染症の蔓延を抑制するためのリソース配置や政策決定を支援する。 4. 解析データの連携と共有が行われる。 - 下水データを公衆衛生検査室や保健省と連携し、リアルタイムで情報を共有することにより疾病管理を迅速に行う。また、国際的に下水サーベイランスデータを共有することで、グローバルな感染症のトレンドを監視し、パンデミック対策の強化に貢献する。 5. 上記 1-5 の活動を体系的に実施するための下水サーベイランスガイドラインを策定する。 - 下水サーベイランス実施目的を明確化し、監視対象の病原体を特定する。 - サンプル採取地点の決定、採取の頻度とタイミングなど、サンプル採取方法を確立する。 - PCR、NGS などの検査方法と病原体ゲノム解析技術の選定を行う。 - データベースに記録するためのプロセスやデータ解析のフレームワークなど、データ管理と解析の体制整備を行う。
カウンターパート候補	保健省（公衆衛生総局、疾病予防管理総局）
日本の優位性	日本では、公衆衛生や感染症対策に関する法律が厳格に整備されており、下水サーベイランスに関する規制も存在する。例えば、感染症法や衛生管理法に基づき、データの取り扱いや感染症の早期発見に向けた行動規範が明確であり、これにより、下水サーベイランスのデータ収集や使用が法的に適切に管理され、安全に運用されている。そのため、これらの知見はインドネシアで下水サーベイランスにかかる法整備や政策策定を行う際の規範となることが推察される。また、日本は感染症の早期発見に役立つ高精度の PCR や NGS を活用する能力があるほか、日本の企業や大学が下水からのウイルスを高感度で検出できる技術も複数開発しており、これらを活用することにより、下水サーベイランスのさらなる発展が見込まれる。さらに、日本は膨大なデータを効果的に分析し、感染症の流行の兆候を早期に察知するための高度なデータ解析技術を持っており、例えば AI や機械学習を用いた解析方法も実証されている。下水サーベイランスデータの解析の迅速化や、流行予測やリスク評価など、他国に先駆けて感染症の発生に対する予測能力を向上させており、

	これらの知見をインドネシアに共有することができる。

**全世界病原体ゲノムサーベイランス
のための感染症対策拠点ネットワー
ク強化にかかる情報収集・確認調査
最終報告書**

別添

目次

別添 1：用語解説.....	1
別添 2：次世代シーケンサー（NGS）について.....	4
別添 3：ISO について	7
別添 4：解析ソフト一覧.....	9
別添 5：APHL によるインドネシア、タイ、ベトナム、ガーナ、ナイジェリアへの支援概要	10
添付 6：主要なオープンアクセスのゲノム配列情報のデータベース	12
別添 7：アフリカ CDC のゲノムサーベイランス分野での支援と PGI（Pathogen Genomics Initiative）について.....	13
別添 8：アフリカ高等教育センター・オブ・エクセレンス（ACE）プロジェクトについて	19
別添 9：UK NIHR（英国国立健康研究所）の AMR についての研究ネットワーク	22
別添 10：米国 CDC の病原体ゲノムサーベイランスに関するプログラムと活動.....	23
別添 11：ボゴール市を対象とした、河川からの検体による環境水疫学調査（Waterways epidemiological project）の詳細	25
別添 12：ジャカルタ市、ボゴール市、デンパサール市を対象とした、下水処理場等からの 検体による下水疫学調査（Wastewater-based epidemiology project（WBE プロジ ェクト））の詳細	30
別添 13：JICA および BRIN 共催セミナー「病原体ゲノムサーベイランスの展望」報告 ..	45

表目次

表 1：主要な ISO の内容	7
表 2：フェローシップ・プログラムで強化されるコア能力	17
表 3：フェローシップ・プログラム受け入れ機関	18
表 4：BRIN の環境水調査にかかるキャパシティ評価	29
表 5：調査関係機関	32
表 6：SARS-CoV-2 の サンプルング地点と頻度	34
表 7：SARS-CoV-2 のサンプルング地点と頻度	35
表 8：分析全体のスケジュール	38
表 9：ボゴール、ジャカルタ、バリにおける SARS-CoV-2 の検出状況	40
表 10：ボゴール、ジャカルタおよびバリから分離された大腸菌の一般的な抗生物質に対する反応性	41
表 11：アンケートの内容	49

図目次

図 1：アフリカ CDC による 5 つのアフリカ地域分類	14
図 2：下水サンプルング位置図	32
図 3：下水サーベイランスの大まかな流れ	33
図 4：RT-qPCR による未知サンプルの標準曲線と絶対定量	35
図 5：抗生物質に対する MIC の結果と大腸菌の反応例	36
図 6：SARS-CoV-2 と PMMoV の検出	40
図 7：ボゴールからの分離株のコロニーPCR 結果	42
図 8：病原体ゲノムサーベイランスにおける主要課題についてのアンケート結果	48
図 9：病原体ゲノムサーベイランスにおける将来像についてのアンケート結果	49

別添 1：用語解説

和文	英文	説明
ポリメラーゼ連鎖反応	Polymerase Chain Reaction: PCR	DNAを増幅させるための原理またはそれを用いた手法。DNA分子の中から、自分の望んだ特定の DNA 断片だけを選択的に増幅させることができる。しかも極めて微量な DNA 溶液で目的を達成できる。増幅に要する時間が2時間程度と短い ¹ 。
サンガーシーケンシング	Sanger Sequencing	サンガーシーケンスは、DNA セグメント中の4塩基の同一性と順序に関する情報を得る方法である。「鎖終結法」としても知られ、1977年にフレデリック・サンガーらによって開発された。高精度でロングリードが可能であり、多くの研究分野で多様なアプリケーションをサポートする柔軟性を備えている。高精度で特定の遺伝子や短い配列の解析に適している。 ²
次世代シーケンシング	Next Generation Sequencing: NGS	遺伝物質を分析し、大量の DNA または RNA の迅速なシーケンスを可能にする最新の方法。従来のシーケンス技術とは異なり、NGSは数百万もの DNA の小さな断片を同時にシーケンスできるため、ゲノム研究の規模もディスカバリーを行うパワーも拡大することができる ³ 。
全ゲノムシーケンシング	Whole Genome Sequencing: WGS	ゲノム全体を解析するための包括的な手法。遺伝性疾患の特定、がんの進行を引き起こす突然変異の特性評価、そして疾患の発生や拡散の追跡において重要な役割を果たしてきた。主にヒトゲノムのシーケンシングと関連付けられることが多いが、NGSのスケラブルで柔軟な性質により、農業で重要な家畜や植物、疾患に関連する微生物など、あらゆる種のシーケンシングにも同様に有用 ⁴ 。
メタゲノム	Metagenomics	サンプルに含まれるすべての生物（通常は微生物）から分離・解析された全塩基配列の構造と機能を研究することである。メタゲノミクスは、ヒトの皮膚や土壌、水サンプル中の微生物など、特定の微生物群集を研究するために用いられることが多い ⁵ 。
アンプリコンシーケンス	Amplicon Sequence	NGSを利用し、PCRで増やした特定のゲノム領域をシーケンスして解析する方法のこと。アンプリコンとは、PCRで増幅されたDNAを指す。アンプリコンシーケンス解析の流れは、まず、サンプルからDNAを抽出。当該のゲノム領域に結合するように設計されたプライマーを利用して、DNAを増幅させる。その後、サンプルを調製し、増幅させたゲノム領域をシーケンスする。数百から数千種類のアンプリコンを混合した状態でまとめてシーケンスできるため、効率よく解析が行える

¹ 神奈川県衛生研究所.” PCR って何？”. https://www.pref.kanagawa.jp/sys/eiken/002_kensa/02_gene/200626_pcr.html（参照 2024-12-10）

² ThermoFisher Scientific. “What is Sanger sequencing?”. <https://www.thermofisher.com/id/en/home/life-science/sequencing/sequencing-learning-center/capillary-electrophoresis-information/what-is-sanger-sequencing.html>（参照 2024-12-10）

³ illumina. “NGS とは？”. <https://jp.illumina.com/science/technology/next-generation-sequencing/beginners.html>（参照 2024-11-1）

⁴ Illumina.” What is whole-genome sequencing?”. <https://www.illumina.com/techniques/sequencing/dna-sequencing/whole-genome-sequencing.html>（参照 2024-12-10）

⁵ National Human Genome Research Institute. Metagenomics. <https://www.genome.gov/genetics-glossary/Metagenomics>（参照 2024-12-10）

和文	英文	説明
		⁶ 。
ショートリード	Short-read	ショートリードシーケンス技術は、シンセシス（合成）またはリガーショ（連結）によるシーケンシングを行う。それぞれの方法では、DNA ポリメラーゼまたはリガーゼ酵素を用いて、多数の DNA 鎖を並列で延長する ⁷ 。
ロングリード	Long-read	ロングリードシーケンス技術は、5,000～30,000 塩基対の長さを読み取ることが可能であり、これはショートリードシーケンスには不可能なことである。この技術は単一の分子を直接シーケンシングするため、増幅によるバイアスを排除できる。また、配列のアセンブリを向上させるために十分な長さの重複する配列を生成できる ⁸ 。
アセンブリ	Assembly	DNA 配列のアセンブリとは、DNA 配列の断片を整列・結合させて、DNA の元の構造を再構築するプロセス。現在のシーケンシング技術では、ゲノム全体を一度に解釈することができないが、アセンブリにより最大 30,000 塩基のゲノムの小セクションを一度に読み取り、DNA を再構築するために組み立てることができる ⁹ 。
プライマー	Primer	シーケンシングプライマー（Sequencing primers）は、DNA シーケンシング法で使用される短い DNA オリゴヌクレオチドである。これらのプライマーは、シーケンス反応中の DNA 合成の出発点となる。NGS では、DNA 合成を開始するためにシーケンシングプライマーも使用される。NGS のシーケンスプライマーには通常、DNA 断片をシーケンスプラットフォームの固体表面またはフローセルに付着させるために必要なアダプター配列が含まれている。これらのアダプターは、DNA 断片の増幅と配列決定を並列的に促進し、1 回のシーケンス実行で数百万の短い DNA 配列を生成する ¹⁰ 。
ライブラリー	Library	特定のシーケンスプラットフォームに適合するアダプター配列と、個々のサンプルを識別するためのインデックスバーコードを含む DNA 断片のプールである。ライブラリー調製法のどのプロトコルを選択するかは、使用するシーケンスプラットフォームやダウンストリーム解析によって異なる。ライブラリー調製の基本ステップは、断片化と末端修復、アダプターの添加、オプションとして PCR 増幅である ¹¹ 。
バイオインフォマティクス	Bioinformatics	コンピューター技術を用いて DNA やアミノ酸配列、またはそれらの配列に関する注釈などの生物学的データや情報を収集、保存、解析、共有することを目的とする ¹² 。

⁶ 日経バイオテク。“アンブリコンシーケンス”。

<https://bio.nikkeibp.co.jp/atcl/report/16/011900001/18/06/21/00185/>（参照 2024-12-2）

⁷ Front Line Genomics. “Long-read sequencing vs short-read sequencing”。

<https://frontlinegenomics.com/long-read-sequencing-vs-short-read-sequencing/>（参照 2024-12-10）

⁸ 同上

⁹ News Medical Life Sciences. “DNA Sequence Assembly”. <https://www.news-medical.net/life-sciences/DNA-Sequence-Assembly.aspx>（参照 2024-12-10）

¹⁰ CD Genomics. Sequencing Primers. <https://www.cd-genomics.com/resource-sequencing-primers.html>

¹¹ IDT. Sample library preparation for next generation sequencing.

<https://www.idtdna.com/pages/technology/next-generation-sequencing/library-preparation#:~:text=Put%20simply%2C%20sequencing%20libraries%20are,barcodes%20for%20individual%20sample%20identificaiton.>（参照 2024-12-10）

¹² National Human Genome Research Institute. Bioinformatics. <https://www.genome.gov/genetics->

和文	英文	説明
アノテーション	Annotation	ゲノムアノテーションとは、さまざまな解析、比較、推定、精密化、その他のデータマイニング技術を用いて、未加工のデータセットからタンパク質や遺伝子の構造的および機能的情報を導き出すプロセスを指す。バイオインフォマティクスソフトウェアを用いることで可能 ¹³ 。
アルゴリズム	Algorithm	問題を解決したり計算を実行したりするための手順。特定の動作を順番に実行するための正確な指示のリストとして機能し、ハードウェアまたはソフトウェアベースのルーチンで使用される ¹⁴ 。
ダウンストリーム解析	Down streaming analysis	データの前処理と可視化を行うために、さらに情報を引き出すための一連の解析プロセスのこと。単純な記述解析、仮説検定、クラスターリング、予測など、前処理されたデータに対する全ての操作から成る ¹⁵ 。

[glossary/Bioinformatics](#) (参照 2024-12-10)

¹³ ScienceDirect. Genome Annotation. <https://www.sciencedirect.com/topics/biochemistry-genetics-and-molecular-biology/genome-annotation> (参照 2024-12-10)

¹⁴ TechTarget. “What is an algorithm?”. <https://www.techtarget.com/whatis/definition/algorithm> (参照 2024-12-10)

¹⁵ Mark A. van de Wiel et al, Preprocessing and downstream analysis of microarray DNA copy number profiles, Briefings in Bioinformatics, Volume 12, Issue 1, January 2011, Pages 10–21, <https://academic.oup.com/bib/article/12/1/10/243568#> (参照 2024-12-5)

別添 2：次世代シーケンサー（NGS）について

次世代シーケンサー（Next Generation Sequencer: NGS）には、様々な種類があるが、本項では本調査で挙げられた主要なシーケンサーについて説明する。

1. Illumina（イルミナ社）、Oxford Nanopore Technologies（ONT 社）、MGI Tech（MGI 社）の特徴の比較

	イルミナ社	ONT 社	MGI 社
シーケンシング手法	- シーケンシング・バイ・シンセシス（Sequencing by Synthesis: SBS）を利用して、DNA を複製しながら、蛍光ラベルされたヌクレオチドの取り込みをリアルタイムで検出する。 - 大量並列処理が可能で、正確な短鎖リード（ショートリード）のデータが得られる。	- ナノサイズのポア（孔）を使い、DNA/RNA 分子をそのまま通過させる際に発生する電流変化を検出する。 - ネイティブな DNA や RNA の長鎖リード（ロングリード）をそのまま解析可能。	- DNA ナノボール技術で、DNA を小さなナノボール状の構造にパッケージ化し、蛍光ラベルされたヌクレオチドの取り込みを検出する。 - Illumina の SBS に類似したショートリード解析。 - クラスター密度が高く、大量並列処理が可能。
リード長	- ショートリード専用（通常、50～300 塩基対）。 - 長いゲノム配列を解析するにはリードをアセンブリ（再構築）する必要がある。	- ロングリード解析（数千～数百万塩基対）。 - 超長鎖リードでゲノム全体を 1 回でシーケンス可能な場合もあり、再構築が不要なことがある。	- ショートリード（通常 100～150 塩基対）。 - リードをアセンブリすることで長いゲノム配列を再構築。
データ精度	非常に高い精度（エラー率が低い）。高品質なショートリードデータの生成に適している。	精度は Illumina よりやや低い場合がある（特に初期技術では）。最近ではアルゴリズムの改良により精度が大幅に向上。	- 高精度（Illumina に匹敵）。 - ショートリードを使用するため、リードごとのエラー率が低い。
コスト・運用面	- 初期導入費用が高額（大型機器が必要）。 - ラボ環境での大量データ解析に適しており、高スループット向け。	- 小型で携帯可能な機器（例：MinION）も提供。 - 初期費用が安く、現場でのリアルタイム解析や小規模実験に適している。	- Illumina より低価格で競争力があるとされる。 - 高精度データ生成に最適化されたコストパフォーマンス。
データ出力と解析速度	- 高スループットで、大量のデータを生成可能（1 回のランでテラベース単位）。 - 実験全体に時間がかかる場合もある。	- リアルタイムでデータを生成し解析できる。 - 必要な量のデータだけを得ることが可能。	- 高スループット。 - 大規模プロジェクトや高精度なショートリード解析に適している。
用途の違い	- ショートリードの高精度解析が必要な分野（例：がんゲノム解析、転写産物解析）。 - 大規模プロジェクトや詳細なデータが求められる研究に最適。	- ロングリードが求められる分野（例：構造的変異の検出、ゲノム全体のデノボ解析）。 - フィールド研究や迅速な結果が必要な状況（例：感染症の監視）に最適。	- がんゲノム解析、トランスクリプトーム解析、大規模ゲノムプロジェクトなどのショートリード用途。 - 高精度が求められる医療研究や診断に適している。

出典：illumina. “Introduction to NGS”. <https://www.illumina.com/science/technology/next-generation-sequencing.html>（参照 2024-12-10）

Oxford Nanopore Technologies. “How nanopore sequencing works”. <https://nanoporetech.com/platform/technology>（参照 2024-12-9）

MGI Tech. “Genetic sequencing and multi-omics solutions for life”. <https://www.google.com/search?client=safari&rls=en&q=MGI+NGS&ie=UTF-8&oe=UTF-8>（参照 2024-12-10）

2. Illumina（イルミナ社）と Oxford Nanopore Technologies（ONT 社）のプラットフォームの種類

Illumina

イルミナ社のプラットフォームで、合成によるシーケンシング（Sequencing by Synthesis: SBS）を利用し、DNA を複製しながら、蛍光ラベルされたヌクレオチドの取り込みをリアルタイムで検出する。大量並列処理が可能で、正確な短鎖リード（ショートリード）のデータが得られる。

						
プラットフォームの種類	iSeq 100 System	MiniSeq System	MiSeq System	MiSeq i100 Series ^a	NextSeq 550 System	NextSeq 1000 and 2000 Systems
フローセルあたりの最大出力	1.2 Gb ^b	7.5 Gb ^c	15 Gb ^d	30 Gb ^a	120 Gb ^c	540 Gb ^e
ランタイム（範囲） ^e	~9.5–19 hr	~5–24 hr	~5.5–56 hr	~4–15.5 hr	~11–29 hr	~8–44 hr
ランあたりの最大リード数	4M ^{ab}	25M ^c	25M ^d	100M ^a	400M ^c	1.8B ^e
エクソームおよび大規模パネル					○	○
シングルセルプロファイリング				○	○	○
DNA-タンパク質相互作用解析			○	○	○	○
メタゲノムプロファイリング				○	○	○

出典：illumina. “Sequencing platforms”. <https://www.illumina.com/systems/sequencing-platforms.html>（参照 2024-12-10）

Oxford Nanopore Technologies

ONT 社のプラットフォームで、ナノサイズのポア（孔）を使い、DNA/RNA 分子をそのまま通過させる際に発生する電流変化を検出する。ネイティブな DNA や RNA の長鎖リード（ロングリード）をそのまま解析可能。ポケットサイズから大規模な集団規模まで利用可能である。

						
プラットフォームの種類	PromethION 48	PromethION 24	PromethION 2 Integrated & PromethION 2 Solo	GridION	MinION	Flongle
特徴	最大 48 個の独立したアドレス指定が可能な大容量フローセルと強力な統合コンピューティングを組み合わせた PromethION 48 は、シーケンシングデータのデータベースへの柔軟なオンデマンドアクセスが可能。	最大 24 個の独立した大容量フローセルを使用したフレキシブルな大規模シーケンス。	PromethION 2 は、PromethION 48 および PromethION 24 の持つ柔軟性を維持しつつ、コンパクトでアクセスしやすい大きさとなっている。	コンパクトなベンチトップ型装置で、パワフルな統合計算が可能。5 つの独立した MinION フローセルとサンプルマルチプレックスを使用して、1 台の装置で複数のプロジェクトを実行できる。	リアルタイムナノポアシーケンシングのすべての利点をポケットサイズの USB 電源デバイスで可能。	MinION と GridION に接続し、最も低コストのフローセルを稼働させる。小規模なアッセイやルーチンアッセイに最適。

出典：Oxford Nanopore Technologies. "How nanopore sequencing works".

別添 3：ISO について

ISO とは、スイスのジュネーブに本部を置く非政府機関である国際標準化機構（International Organization for Standardization: ISO）の略称である。ISO の主な活動は国際的に通用する規格を制定することであり、ISO が制定した規格を ISO 規格という。ISO 規格は、国際的な取引をスムーズにするために、何らかの製品やサービスに関して「世界中で同じ品質、同じレベルのものを提供できるようにしよう」という国際的な基準であり¹⁶、世界 172 カ国がメンバーとなっている¹⁷（2024 年 12 月 6 日現在）。製品だけではなく、組織の品質活動や環境活動を管理するための仕組み（マネジメントシステム）についても ISO 規格は制定されている。これらは「マネジメントシステム規格」と呼ばれ、品質マネジメントシステム（ISO 9001）や環境マネジメントシステム（ISO 14001）などの規格が該当する¹⁸。

以下の表は、本調査の対象国における主な ISO をまとめたものである。

表 1：主要な ISO の内容

ISO 国際規格	内容抜粋
ISO 9001:2015 Quality Management Systems: QMS 品質マネジメントシステム	組織の規模や業界を問わず、パフォーマンスの向上、顧客の期待に応えること、品質への取り組みを示すためのフレームワークを提供する。この規格の要件は、QMS の構築、実施、維持、そして継続的改善の方法を定義している。ISO 9001 を導入することで、組織は効果的なプロセスを整備し、従業員が高品質な製品やサービスを安定して提供できるよう訓練されていることを証明できる。
ISO 14001:2015 Environmental Management System: EMS 環境マネジメントシステム	組織が EMS を設計・導入し、環境パフォーマンスを継続的に向上させるための枠組みを提供する。ISO 14001 に準拠することで、組織は環境負荷を最小限に抑えるための積極的な取り組みを確実に行之、関連する法的要件を遵守しながら、環境目標の達成を目指すことができる。
ISO 14065:2020 Bodies validating and verifying environmental information 環境情報を検証・確認する機関	環境情報記述書の妥当性確認および検証を実施する機関の原則および要求事項を規定する。適合性評価活動として検証および妥当性確認を実施する機関の能力、一貫した運用、公平性に関する一般原則および要件を定めた ISO/IEC 17029:2019 のセクター適用版である。ISO/IEC 17029:2019 の要件に加えて、セクター固有の要件が含まれている。
ISO 15189:2022 ¹⁹ Medical Laboratories 医療検査機関の品質と能力	医療検査室における品質と能力に関する要求事項を規定する。医療検査室がその管理システムを開発し、その能力を評価する際に適用される。また、検査施設利用者、規制当局、認定機関による医療検査施設の能力の確認や認定にも適用される。ポイント・オブ・ケア検査（Point of Care Testing: POCT）にも適用される。
ISO 15190:2020 Medical laboratories – Requirements for safety 医療検査室における安全な実施	医療検査室における安全な実施に関する要求事項を規定する。
ISO 17011:2017 Conformity assessment – Requirements for accreditation	ISO/IEC 17011:2017 は、適合性評価機関を審査・認定する認定機関の力量、一貫した運営および公平性に関する要求事項を規定している。

¹⁶ 一般財団法人日本品質保証機構. ISO の基礎知識.

https://www.jqa.jp/service_list/management/management_system/（参照 2024-12-6）

¹⁷ ISO. About ISO Members. <https://www.iso.org/about/members>（参照 2024-12-6）

¹⁸ 一般財団法人日本品質保証機構. ISO の基礎知識.

¹⁹ ベトナムでは TCVN ISO 15189:2014 として適用されている。

bodies accrediting conformity assessment bodies 適合性評価－適合性評価機関を認定する認定機関	
ISO/IEC TS 17021-9:2016 Conformity assessment – Requirements for bodies providing audit and certification of management systems 適合性評価－マネジメントシステムの監査および認証	ISO/IEC TS 17021-9:2016 は、ISO/IEC 17021-1 の既存の要求事項を補完するものである。これには、贈収賄防止マネジメントシステム（anti-bribery management system: ABMS）の認証プロセスに関する要員に対する特定の能力の要件が含まれている。
ISO/IEC 17025:2017 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories 試験・校正検査室の能力	試験および校正を行う研究所に適用される国際標準規格。この規格は、研究所の技術的な能力、公平性、そして一貫した運営に関する要件を定めており、試験や校正の結果が正確かつ信頼性のあるものであることを保証する。
ISO/IEC TS 17029: 2019 Conformity assessment – General principles and requirement for validation and verification bodies 適合性評価－バリデーション及び検証機関	適合性評価活動としてバリデーション／検証を実施する機関の力量、一貫した運営及び公平性に関する一般原則及び要件を記載している。この文書に従って活動する機関は、第一者、第二者又は第三者の活動としてバリデーション／検証を提供することができる。また、バリデーション機関のみ、検証機関のみ、又は両方の活動を提供することができる。
ISO 17034:2016 General requirements for the competence of reference material producers 標準物質生産者の能力	ISO 17034:2016 は、標準物質生産者の能力および一貫した業務運営に関する一般要件を規定しています。標準物質生産者の一般的な品質保証手順の一部として使用されることを意図している。
ISO 17043:2023 Conformity assessment – General requirements for the competence of proficiency testing providers 適合性評価-能力試験提供者の能力	技術試験（Proficiency Testing: PT）提供者の技術的能力と公平性、および全ての能力試験スキームの一貫した運営に関する一般的な要件を規定している。能力試験スキームの利用者、規制当局、ピアアセスメントを利用する組織やスキーム、認定機関、その他の関係者は、これらの要件を利用して、能力試験提供者の技術的な能力を確認または認識することができる。
ISO 17065:2012 Conformity assessment – Requirements for bodies certifying products, processes and services 適合性評価 - 製品、プロセス、サービスを認証する機関（製品の評価と認証）	製品、プロセス、サービスを認証する機関の適合性評価。
ISO 22000:2018 Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain 食品安全マネジメントシステム	食品安全マネジメントシステムの要求事項を規定した国際規格である。フードチェーンにおける組織が、安全な製品とサービスを一貫して提供できるように設計されている。この規格は、危害分析重要管理点（Hazard Analysis and Critical Control Point: HACCP）システムの原則と適用手順を統合したものである。
ISO 22870:2016 Point-of-care testing (POCT) – Requirements for quality and competence ポイント・オブ・ケア検査の品質と能力	ISO 22870:2016 は、ポイント・オブ・ケア検査に適用される特定の要求事項を示し、ISO 15189 と併用することを意図している。この文書の要求事項は、ポイント・オブ・ケア検査が病院、診療所、および外来診療を提供する医療機関で実施される場合に適用される。本文書は、経皮測定、呼気の分析、および生理学的パラメータの生体内モニタリングに適用することができる。 新しいバージョンとして ISO 15189:2022 がリリースされているため、ISO 22870 自体は現在はない。

出典：ISO. URL: <https://www.iso.org/home.html> （参照 2024-10-24）

別添 4：解析ソフト一覧

	ソフトウェア名	概要
1	QIAGEN CLC Genomics Workbench	• キアゲン社の製品。 • 次世代シーケンサーから出力される膨大なデータの解析に対応した統合配列解析ソフトウェア。最先端の解析アルゴリズムと高速なゲノムアセンブル・マッピングツール、豊富なグラフィカル機能や多彩な出力オプションを搭載し、ユーザーフレンドリーかつ直感的なインターフェイスで稼働する。 • パシフィック・バイオサイエンス（Pacific bioscience）社やイルミナ社、サーモフィッシャー社の NGS データに対応し、アセンブルやマッピング、各種アプリケーションに対応した専用解析モジュールを搭載している²⁰。
2	BaseSpace	• イルミナ社の製品。 • 解析や情報のやりとりをクラウド上で行うことができる環境であり、シーケンサーから出力されるデータを自動で取り込むことができる²¹。
3	EPI2ME	• ONT 社の製品。 • クラウドベースの解析。ユーザーが得たシーケンシングデータをクラウドにアップロードし、解析を実行する。クラウド環境を活用するため、高性能なコンピューターや特別なソフトウェアをローカルで用意する必要がない。 • 分析のための専用ツールやワークフローが用意されており、プログラミングの知識がなくても使用可能。 • ナノポアシーケンシングの特徴であるリアルタイムデータ生成に対応しており、シーケンシングの進行に応じた解析が可能。
4	nf-core/viralrecon	• ウイルスサンプルに対するアセンブリおよびホスト内/低頻度変異コールを実行するためのバイオインフォマティクス解析パイプライン。このパイプラインは、イルミナ社および ONT 社両方のシーケンシングデータに対応している²²。
5	Geneious	• 日本のトミーデジタルバイオロジー社の製品。 • アライメントや de novo アセンブリ、マッピング、変異検出、RNA-seq 発現解析、アノテーション、系統解析、相同性検索、プライマーデザイン、クローニング解析、16S メタゲノム解析、STR 解析など、あらゆるバイオインフォマティクスツールを統合したマルチ解析アプリケーションソフトウェア。 • NGS（ショート/ロング）からサンガー、プロテインシーケンスまで幅広いデータフォーマットに対応。 • グラフィカルなインターフェイスで、誰でもわかりやすく簡単に、直感的なデータ編集が可能。 • 2005 年のリリースから、世界の Top20 大学（Times Higher Education, 2012）、大規模な製薬企業や研究所で幅広く採用されている。

²⁰ フィルジェン. NGS Bioinformatics Solution - 次世代シーケンス解析用ソフトウェア CLC Genomics Workbench. <https://filgen.jp/Product/BioScience21-software/CLC/index11-g.htm>（参照 2024-12-2）

²¹ illumina. “BaseSpace – genomics cloud computing”（参照 2024-12-2）

²² nf-core. Assembly and intrahost/low-frequency variant calling for viral samples. <https://nf-co.re/viralrecon/2.6.0/>（参照 2024-12-2）

別添 5：APHL によるインドネシア、タイ、ベトナム、ガーナ、ナイジェリアへの支援概要

対象国	概要
インドネシア	インドネシアにおいては、2017 年より、インドネシア CDC 事務所と協力し、全国公衆衛生ネットワーク（National Public Health Network）の構築と運営を支援し、「国家戦略計画 2018 年～2022 年」（National Strategic Plan）を策定するための技術的支援を行った。 また、同計画の 2 年間のアクションプランを策定するための技術的専門知識も提供してきた。主要関係者と技術作業部会の会議を共同開催し、公衆衛生ネットワーク開発の提案に関する意見を提供している。
タイ	2020 年以降、SARS-CoV-2、COVID-19 対応、急性熱性疾患、腸管疾患に特化し、検査室情報管理システム（Laboratory Information Management Systems: LIMS）と NGS の取り組みにより、同国の検査室システムを強化してきた。これらの取り組みの一環として、APHL はタイおよび東南アジア地域の参加者を対象に、クラウドコンピューティングリソースを利用した SARS-CoV-2 NGS バイオインフォマティクス解析の研修を実施した。これらの研修は、タイを東南アジア地域の NGS およびバイオインフォマティクスのハブとして強化すること、そして、研修参加国の間で専門知識を構築するために、地域全体のラボ担当者をトレーニングすることを目的として実施された。APHL は、イルミナ社と ONT 社のシーケンサーを使用した NGS 活動のための同国での技術支援を行っている。さらに、APHL は、データ統合やデータ交換を含む検査室情報学に関するトレーニングの実施、データ標準や用語に関する指導の提供、COVID-19 検査の標準検査コードへのマッピング、タイ国内の 300 を超える COVID-19 検査室で共有できるオープンソースの機器インターフェースツールの開発などを通じて、国立衛生研究所（National Institute of Health: NIH）における COVID-19 対応の取り組みに情報学的支援を提供してきた²³。このほか、NIH を地域トレーニングセンターとして設立する支援も行っている。
ベトナム	2006 年以来、ベトナムにおける検査室システムの強化を目的に、LIMS の導入支援や、バイオセーフティ／バイオセキュリティ、生体試料管理、品質管理システムといった分野での研修および指導を行ってきた。この取り組みは、ハワイ州公衆衛生研究所（Hawaii State Public Health Laboratory）およびベトナム国立衛生疫学研究所（National Institute of Hygiene and Epidemiology: NIHE）と密接に連携し、また、ニャチャン・パスツール研究所、ホーチミン・パスツール研究所、西部高原衛生疫学研究所という 3 つの他の国立研究所とも協力して研修を提供する形で進められた。この活動を通じて、APHL は国際的な連携関係を築き、ベトナムの関係者や検査室職員のスキル向上を支援し、指針を提供する役割を果たしている。
ガーナ	2011 年以降、グローバル・ヘルス・セキュリティ（Global Health Security）およびエイズ救済計画（U.S. President's Emergency Plan for AIDS Relief: PEPFAR）の取り組みを支援するために、検査室システムの能力構築や人材育成を進めている。米国 CDC と協力し、公衆衛生検査室およびウイルス量測定検査室における指導を実施するとともに、ウイルス量測定の拡大計画の策定、ウイルス量測定、細菌同定、および薬剤耐性（Antimicrobial Resistance: AMR）の標準化手順の構築を支援している。さらに、現地のヒューマンヘルスケアセンター（Centre for Human Health）と協力し、ガーナにおける 3 つの地域公衆衛生検査室に対して 1 年間の指導者派遣、品質管理トレーニング

²³ APHL. Countries We Serve. https://www.aphl.org/programs/global_health/pages/countries.aspx（参照 2024-10-16）

	ング、ラボ用品や設備の供給を行い、公衆衛生ラボ全体の能力向上を目指す活動を行った。
ナイジェリア	2019 年まで、米国 CDC およびナイジェリア保健省と協力し、品質管理、人材育成、ラボ能力の向上を目的とした活動を実施した。APHL は、ナイジェリア全土の州および地方自治体で国家医療検査室戦略計画（National Medical Laboratory Strategic Plan: NMLStP）の普及と実施を支援するとともに、ナイジェリア公衆衛生検査ネットワークの戦略計画の策定をサポートした。また、300 名の検査員を対象とした「検査室リーダーシップと管理の基礎」トレーニングを実施し、その後、コースの影響を評価するための技術指導を提供した。これにより、検査室管理の能力向上と持続可能な人材育成の基盤を強化した。

出典：APHL. “Countries We Serve”.

https://www.aphl.org/programs/global_health/pages/countries.aspx （参照 2024-12-2）

添付 6：主要なオープンアクセスのゲノム配列情報のデータベース

データベース名	概要	格納可能データ
GenBank	GenBank ゲノム配列データベースは、一般に公開されているすべてのヌクレオチド配列とそのタンパク質翻訳配列のオープンアクセスである。米国国立生物工学情報センター（National Center for Biotechnology Information: NCBI、米国国立衛生研究所の一部）が国際塩基配列データベース共同研究（National Institutes of Health in the United States: INSDC）の一環として作成・管理している ²⁴ 。	• SARS-CoV-2 • インフルエンザウイルス • ノロウイルス • デングウイルス • rRNA • rRNA-ITS • メタゾアン COX1 • 真核生物核内 mRNA 配列²⁵
GISAID (Global Initiative on Sharing Avian Influenza Data)	GISAID データサイエンスイニシアチブは、優先病原体のデータの迅速な共有を促進する。これには、ヒトウイルスに関連する遺伝子配列および関連する臨床・疫学データ、鳥類やその他の動物ウイルスに関連する地理的および種特異的データが含まれ、研究者が流行やパンデミック時にウイルスがどのように進化し、拡散するかを理解するのに役立つ ²⁶ 。	• インフルエンザウイルス • hCoV-19 • 呼吸器合胞体ウイルス (RSV) • エムボックスウイルス • チクングニアウイルス • デングウイルス • ジカウイルス
Nextclade	Nextclade は、優先病原体の遺伝子配列アライメント、クレードの割り当て、変異の検出、系統的配置、品質チェックを行うツールである。ゲノムデータの配列と参照配列の相違を識別し、これらの相違を使用して配列をクレードに割り当て、データにおける潜在的な配列品質の問題を報告し、既存の系統樹に配置することによって配列が互いにどのように関連しているかを示すことができる（系統的配置）。	• SARS-CoV-2 • インフルエンザウイルス • エムボックスウイルス • RSV • その他の病原体
ENA (European Nucleotide Archive)	DNA および RNA 配列への無制限かつ無料のアクセスを提供するリポジトリ。実験手順、配列アセンブリの詳細、配列決定プロジェクトに関連するその他のメタデータなどの補足的な情報も保管している。ENA は欧州バイオインフォマティクス研究所 (EBI) によって 1982 年にヌクレオチド配列データの国際的な支援リソースとして初めて公開され、現在も EBI によって管理されている。	

²⁴ Wikipedia. GenBank. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/GenBank>（参照 2024-10-18）

²⁵ NIH National Library of Medicine. GenBank. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/submit/>（参照 2024-10-18）

²⁶ GISAID. About us. URL: <https://gisaid.org/about-us/mission/>（参照 2024-10-18）

別添 7: アフリカ CDC のゲノムサーベイランス分野での支援と PGI (Pathogen Genomics Initiative) について

1. アフリカ CDC 設立の背景と任務

アフリカ疾病管理予防センター (Africa Centres for Disease Control and Prevention : アフリカ CDC) は、アフリカ全域の公衆衛生の安全保障を向上させるため、アフリカ連合(AU)の専門技術機関として 2017 年 1 月に設立された。特に 2014 年以降の西アフリカで起きたエボラウイルス病の流行後、アフリカ大陸全体の疾病サーベイランスと対応システムに大きな課題があることが露呈し、保健衛生上の緊急事態にアフリカ地域諸国が協調して緊急に対応する必要性が認識された。その後、2022 年 2 月の第 26 回 AU 首脳会議において、アフリカ CDC は AU の保健機関として自治権を認められ、加盟国のニーズに効果的に応えるための柔軟性と権限が強化された。

アフリカ CDC のビジョンは、現地の強力なリーダーシップ、イノベーション、公衆衛生インフラへの投資を通じて、アフリカ諸国が自国の健康の安全保障を担えるようにすることである。アフリカ CDC は、加盟国や様々な利害関係者の協力を促進することで、現在および将来の保健上の課題に対処できる強靱な保健医療システムを構築することを目指している。2023 年から 2027 年までの戦略計画では、サーベイランスシステムの強化、緊急対応能力の向上、大陸全体における疾病予防の取り組みの推進に重点を置いている^{27 28}。

2. アフリカ CDC のゲノムサーベイランス強化戦略と PGI

アフリカ CDC は、公衆衛生の意思決定プロセスへのゲノムデータの活用や統合を一層重視している。これには、疾病サーベイランスを強化し、発生時の対応を強化し、感染症の全体的な理解を向上させるための高度なゲノム配列解析技術の利用が含まれる。配列解析技術や配列決定能力を向上させることで、加盟国は新たな感染症の脅威を早期に特定し、それぞれに合った公衆衛生対策で迅速に対応することができる。アフリカ CDC は、学術機関、研究機関、国際保健機関など、幅広いパートナーとの協力により、研究所のインフラを拡大し、強固なデータ共有プラットフォームを開発し、アフリカ大陸全域でゲノミクスの専門家を育成するための研修プログラムを提供するなどしている。

²⁷ Africa CDC Strategic Plan 2023 – 2027 - [Africa CDC](<https://africacdc.org/download/africa-cdc-strategic-plan-2023-2027/>)

²⁸ Africa CDC. Africa Centers for disease Contral and Prevention launched five-year strategic plan to improve surveillance, emergency responses and prevention of infectious diseases. A website page of Africa CDC (<https://africacdc.org/news-item/africa-centres-for-disease-control-and-prevention-launches-five-year-strategic-plan-to-improve-surveillance-emergency-response-and-prevention-of-infectious-diseases/>)

これを実現するための重要な取り組みの 1 つが、アフリカ病原体ゲノミクス・イニシアチブ (Pathogen Genomics Initiative: PGI) である。PGI は、アフリカ CDC 病原体ゲノム研究所 (Institute of Pathogen Genomics)、米国 CDC、ビル&メリンダ・ゲイツ財団、マイクロソフト、イルミナ (米国ゲノムシーケンス技術企業)、オックスフォード・ナノポア・テクノロジーズ (英国バイオテクノロジー企業) による 4 年間の共同研究イニシアチブであり、1 億米ドルの投入計画がある²⁹。2021 年の始動を目指していたが、戦略文書のドラフト³⁰が策定されたのは 2023 年であり、本格的な始動は 2023 年以降と思われる。PGI は、アフリカにおける分子診断、ゲノムサーベイランス、疫学のエコシステムを構築・強化するためのイニシアチブであり、以下 4 つを優先課題としている³¹。

- 1) 分子診断、病原体ゲノム、バイオインフォマティクスの基礎的能力と熟練した人材を AU 加盟国全体およびアフリカ CDC ゲノム・バイオインフォマティクスセンター³²で拡大する

これには、実験室のアップグレード支援、実験室スタッフの技術強化支援を行うこと、それによりアフリカ全土の 20 の国立公衆衛生研究所 (national public health institutes: NPHIs) の NGS (Next Generation Sequencing) 能力を強化することが含まれる。アフリカ CDC は、同イニシアチブの下、5 つの地域 (下図参照) にハブ実験室を設立し、トレーニング、知識の共有、技術支援とともに、連携の促進も行う。また、これら検査室に必要な試薬や機器を装備し、技術スタッフの配置支援を行うとしている。

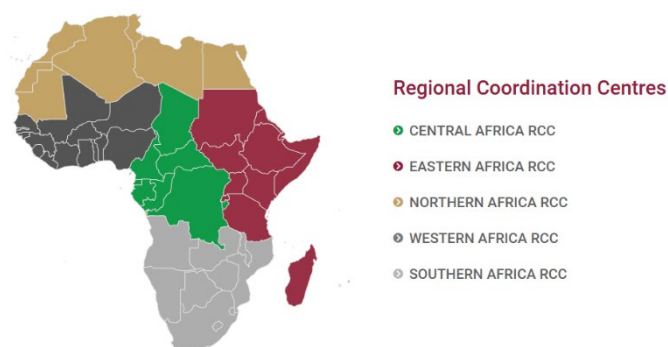


図 1：アフリカ CDC による 5 つのアフリカ地域分類

出典：Africa CDC Website. <https://africacdc.org/>

²⁹ Makoni, M. (2020). Africa's \$100-million Pathogen Genomics Initiative. Lancet Microbe. Volume 1, Issue 8e318December 2020. [https://www.thelancet.com/journals/lanmic/article/PIIS2666-5247\(20\)30206-8/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanmic/article/PIIS2666-5247(20)30206-8/fulltext)

³⁰ Africa CDC. Africa Pathogen Genomics Initiative (Africa PGI 2.0) 2023-2027 (Draft).

³¹ Africa CDC. Africa Pathogen Genomics Initiative/Africa PGI 2.0. A website page of Africa CDC (<https://africacdc.org/africa-pathogen-genomics-initiative-africa-pgi/#:~:text=Africa%20PGI%202.0%20is%20a%20flagship%20initiative>)

³² ウェブ検索では出てこなかったが、このような構想があるものと思われる。

- 2) アフリカにおける早期警戒システムを強化し、疾病サーベイランスを強化する統合ゲノムサーベイランスアプローチによる優先度の高いユースケース（use-cases）³³の実施

ナイジェリアのアフリカ感染症ゲノミクス研究センター（African Centre of Excellence for Genomics of Infectious Diseases: ACEGID）やケニアのナイロビに拠点を置くアフリカ科学アカデミー（African Academy of Sciences: AAS）などと連携し、NGS アカデミーを開設。同アカデミーは、ブレンド型学習³⁴のアプローチを採用し、調査研究デザイン、インテリジェントサンプリング、サンプル調製法、シーケンシング技術（アンプリコン、全ゲノム、アンバイアストメタゲノム）、NGS データ解析、可視化、解釈などのトピックについて、アフリカ大陸内外に既に存在する対面およびオンライントレーニングを統合し、半標準化されたエンドツーエンド³⁵のカリキュラム開発に取り組んでいる。このカリキュラムには、病原体 NGS 研究を育成するための重要な資格となるコースや資格のメニューが含まれる（次ページに、アカデミーの提供するフェローシップ・プログラムについて説明）。

- 3) アフリカ CDC 病原体データ共有・保存プラットフォームとグローバルデータベースを通じて、品質が保証されたゲノムデータをタイムリーに共有し、公衆衛生活動に役立てる

Africa PGI のデータアーキテクチャーには、(1)病原体 NGS データ解析と可視化のための相互運用可能なソフトウェアパッケージのデジタル「バザール（Bazaar）」、(2)アフリカ病原体ゲノムアーカイブと呼ばれる病原体 NGS データのための大陸規模のクラウドベースのデータリポジトリが含まれる。

- 4) 地域共同体を強化し、アドボカシー、政策、ガバナンス、資金調達を通じて持続可能なメカニズムを構築する

PGI は、各地域に最も適した病原体ゲノムシーケンスに関する公衆衛生のユースケースの開発を支援する。これにより、PGI の持続可能性が強化され、AU 諸国の最優先の公衆衛生上の課題や新たなバイオセキュリティの脅威に焦点を当てることができる。PGI は、対象地域に最も関連する病原体ゲノム配列決定のユースケースの開発と実施の一環として、

³³ ソフトウェア工学やシステム工学でシステム（あるいはシステムのシステム）の機能要求を含む振舞いを把握するための技法である。

³⁴ 複数の学びを“ブレンド”して新しい学びを構築するもので、集合と個別、オンラインとオフライン、インプットとアウトプットなどの形式の組み合わせから、テキストや動画などのコンテンツの組み合わせまで、ブレンドされる要素は多岐にわたる。

³⁵ ディープラーニングにおいて、1つの問題やタスクに対して、ネットワーク中の入力層（端）から出力層（端）までの全層の重みを、一度に学習すること。

サンプリング戦略の設計を支援する疫学の専門知識へのアクセスを組み込む。この取り組みにおける重要な要素は、加盟国間にゲノム監視ネットワークを構築することであり、これにより、病原体の配列決定とゲノム解析を実施する公衆衛生システムの能力を強化し、感染症の発生をより迅速かつ正確に検出できるようにするためのものである。

3. 病原体ゲノムとバイオインフォマティクスについてのフェローシップ・プログラム

PGI の活動の中で、アフリカにおけるアウトブレイク検出と疾病サーベイランスを改善するための専門知識を備えたゲノミクスとバイオインフォマティクスの人材を育成することを目的とした研修プログラムが African Society for Laboratory Medicine (ASLM) と共同で設立され、第 1 回目が 2023 年に実施された^{36,37}。

同フェローシップ・プログラムは、能力ベースのコア・カリキュラムを提供するとともに、研修員が SARS-CoV-2 ゲノムサーベイランス以外の業務に携わる機会を提供し、また、研修後も各自が連絡を取り合い学び続ける同窓会ネットワークの機会も提供する。12 週間のプログラムの中で、講義、個人指導によるコースワーク、グループ討議、研修生に対する継続的かつ密接な指導と評価を行う。研修員は、病原体を特定し特徴づけるためのデータ解析や配列データの解釈を含む、アウトブレイク調査やゲノムサーベイランスに関する実践的なトレーニングを受ける（プログラム詳細は表 2 を参照）³⁸。研修員は、また、表 3 に記載されている専門ハブあるいは地域ハブのいずれかに 12 週間派遣される³⁹。

³⁶ 齋藤絹子アフリカ CDC 連携企画調査員報告書. (2023). アフリカ CDC 臨床検査部門 Pathogen Genomic Initiative についての面談メモ.

³⁷ 齋藤企画調査員のレポートには、エチオピアで 3 か月間 20 名の対面研修を予定していたが、20 名の枠に対して 4,000 名以上の応募があり、その内 35 歳以下で NPHI 所属の成績優秀者を絞り込んだところ、96 名が残ったため、その全員を研修したいとの意向から、さらなる出資者を探しているとの記述があった。また、フェローシップ・プログラム開催にあたり、予算確保に苦慮したことも記載されている。

³⁸ Africa PGI, Africa CDC. (2023). Pathogen Genomics and Bioinformatics Fellowship Program.

³⁹ 2023 年の第一回フェローシップ・プログラムでは、研修員全員がエチオピアのみ (Institute for Pathogen Genomics?) での受け入れとなったのか、それとも添付 2 のリストにある複数の機関での受け入れになったのか、詳細は不明。

表 2：フェローシップ・プログラムで強化されるコア能力

Track	Priority use cases	Core competencies to be developed
Track 1	• Viral genomics with a focus on outbreak detection and integrated SARS-COV-2 variant surveillance • Outbreak detection and response • Microbial genomics with a focus on AMR, Cholera, and other bacterial pathogens • Malaria drug resistance and diagnostics	Sample collection, handling, and storage • Identify appropriate sampling strategies • Identify appropriate laboratory investigation and sampling preparation techniques • Safe packaging and transportation of infectious materials across national and international boundaries as per local, regional, and international regulations • Understand and apply the principles and practices of biosafety and biosecurity according to regional and international guidelines Quality Management • Understand the principles and practices of quality assurance for pathogen testing and sequencing • Understand and apply the concepts of internal and external quality assurance Laboratory • Identify appropriate methods for detection of pathogen/cause of unusual events • Prepare a SOP and running a standard sequencing protocol that includes nucleic acid extraction methods; library preparation techniques and assays; internal quality control steps; purification and quantification of libraries; and the use and maintenance of sequencing instruments • Able to solve technical and practical problems Data analyses and Bioinformatics • Describe role of pathogen genomics in surveillance, outbreak investigation, applied public health research • Understand the principle and practices of bioinformatics and sequence analyses • Define type of analysis depending on the sequencing methodology used • Extract, present and report useful and relevant pathogen genomic data for public health utility
Track 2		Basic bioinformatics competencies • Understand the role of computation and bioinformatics in hypothesis-driven processes within the public health space • Understand computational concepts used in bioinformatics, e.g., meaning of algorithm, bioinformatics file formats • Know basic statistical concepts used in bioinformatics, e.g., E-value, Z-scores • Know how to upload and access pathogen genomic data, e.g., in NCBI nucleotide databases, GISAID or other databases • Able to use bioinformatics tools to analyze pathogen genomic data • Be able to use bioinformatics tools to detect outbreaks, detect mutation of public health interest, detect variants, and monitor evolution of pathogens • Be able to use bioinformatics tools to examine metagenomics data, • Be able to use software packages to manipulate and analyze bioinformatics data • Use bioinformatic tools to extract, present and report useful and relevant pathogen genomic data for public health utility

Track 1: Next generation sequencing of SARS-CoV-2 and other pathogens and/or
Track 2: Public health bioinformatics, data analytics, interpretation, and reporting

表 3：フェローシップ・プログラム受け入れ機関

Track 1: Next generation sequencing of SARS-CoV-2 and other pathogens and/or Track 2: Public health bioinformatics, data analytics, interpretation, and reporting			
Region	Country	Institution	Contact Person
Western Africa	Nigeria	African Centers of Excellence for Infectious Disease (ACEGID)	Prof. Christian Happi
Western Africa	Nigeria	University of Ibadan	Prof. Iruka Okeke
Central Africa	DRC	Institut National de Recherche Biomédicale (INRB, Kinshasa)	Prof. Placide Mbala
Western Africa	Senegal	Institut Pasteur de Dakar (IPD)	Dr. Amadou Sall
Western Africa	Ghana	Noguchi Memorial Institute for Medical Research (NMIMR)	Prof. Dorothy Yeboah-Manu
Southern Africa	South Africa	National Institute of Communicable Diseases (NICD)	Prof Anne von Gottberg
Southern Africa	Botswana	Botswana Harvard AIDS Institute Partnership (BHP)	Dr. Sikhulile Moyo
Eastern Africa	Kenya	KEMRI-Wellcome Trust Research Programme	Dr. Isabella Oyier
Northern Africa	Morocco	Institut Pasteur du Maroc (IPM) Morocco	Dr. Abdelhamid Barakat
Western Africa	Ghana	The West African Centre for Cell Biology of Infectious Pathogens (WACCBIP)	Prof. Gordon Awandare
Southern Africa	South Africa	Centre for Epidemic Response and Innovation	Prof. Tulio de Olivera
Eastern Africa	Kenya	ILRI	Dr. Sam Oyola
Track 2: Public health bioinformatics, data analytics, interpretation, and reporting			
Southern Africa	South Africa	The South African National Bioinformatics Institute	Prof Alan Christoffels
Eastern Africa	Ethiopia	Armauer Hansen Research Institute (AHRI)	Dr. Markos Abebe
Eastern Africa	Uganda	African Center of Excellence in Bioinformatics & Data-intensive Sciences(ACE)	Dr. Daudi Jjingo

別添 8：アフリカ高等教育センター・オブ・エクセレンス（ACE）プロジェクトについて⁴⁰

1. ACE プロジェクト概要

アフリカ高等教育センター・オブ・エクセレンス（Africa Center of Excellence: ACE）プロジェクトは、世界銀行（以下、世銀）のイニシアチブで開始された、アフリカの高等教育機関の能力構築を目的としたプロジェクトである。各国政府と協力して科学、技術、工学、数学（Science、Technology、Engineering、Mathematics: STEM）および環境、農業、応用社会科学／教育、保健の専門分野に特化した高等教育機関を支援することを目的としている。

第 1 段階の ACE I は 2014 年に開始され、西および中央アフリカの 9 か国（ベナン、ブルキナファソ、カメルーン、コートジボワール、ガンビア、ガーナ、ナイジェリア、セネガル、トーゴ）に 22 のセンターが設置された。特定の共通した課題が認められる分野において、参加大学間の地域専門性を促進している。また、これらの大学が質の高いトレーニングと応用研究を提供し、アフリカの開発に必要でかつ需要が大きいスキルを強化することも目的としている。第 2 段階の ACE II は、東部および南部アフリカの 8 か国（エチオピア、ケニア、マラウイ、モザンビーク、ルワンダ、タンザニア、ウガンダ、ザンビア）24 のセンターで開始された。

初期の成功を踏まえ、世銀とフランス開発庁（French Development Agency : AFD）によって、アフリカ各国政府と協力し、既存の分野における大学院レベルの研修と応用研究を強化し、アフリカの経済成長に不可欠な新たな分野を支援することを目的とした ACE インパクト・プロジェクト（以下、ACE インパクト）が 2018 年に立ち上げられた。新たな分野には、持続可能な都市、持続可能な電力とエネルギー、社会科学と教育、交通、人口の健康と政策、薬草開発と規制科学、公衆衛生、応用情報学とコミュニケーション、牧畜生産などが含まれている。ACE インパクトの下では、43 の ACE（新規 25、ACE I からの 18）、5 つの新興予定のセンター、社会リスク管理と気候変動に関する 2 つの「トップアップ（Top Up）」センター、5 つの工科大学があり、合計 55 のプロジェクト拠点となっている。2020 年 2 月現在、ACE インパクト・プロジェクトには 2 つの主要なパートナーシップが設立されている。ひとつは、IBM 世銀デジタルスキルパートナーシップ（IBM & World Bank Digital Skills Partnership）で、持続可能なエコシステムの構築を目指し、大学におけるあらゆるレベルのデジタルトレーニングやインフラの側面で、学术界と産業界のパートナーシップを促進しようとしている。もうひとつは AFD のプロジェクトで、ACE とアフリカ大学協会（Association of African Universities: AAU）が研究管理を行うための能力開発の一環で、テーマ別ネットワークの設立を支援している。

2. 到達目標と現況

AAU による ACE プロジェクトのウェブサイトによると、いつまでの達成を目指しているかは

⁴⁰ Association of African Universities (AAU) ウェブサイト. <https://ace.aau.org/>, (参照 2024-11-24) 補足だが、AAU はガーナのアクラに事務所を有している。

不明だが、プロジェクト終了までの目標値が4つの指標で示されており、達成度も公開されている。各指標の、2024年11月時点での数値、達成度は下記の通りである。

1. 様々なレベルでの女子学生在籍数は、10,425人で、達成度109%
2. アフリカ地域からの留学生の在籍数は、9,892人で、達成度115%
3. 国際的に認められた学術誌に発表された研究論文の総数は2,889本で、達成度88%。
4. これまでに在籍したSTEM、健康、農業、その他の分野の学生の総数は、31,283人で、達成度99%

3. ガーナとナイジェリアにおけるACE

本調査対象国であるガーナとナイジェリアのACEは以下の通りである。

【ガーナのACE、9センター】

- クマシ地域水環境衛生センター、KNUST (Regional Water and Environmental Sanitation Centre Kumasi (RWESCK), KNUST)
- エネルギー環境持続可能性地域センター (RCESS)、エネルギー天然資源大学、ガーナ (Regional Center for Energy and Environmental Sustainability (RCESS), University of Energy and Natural Resources)
- 西アフリカ水・灌漑・持続可能な農業センター、開発学大学 (West African Centre for Water, Irrigation and Sustainable Agriculture (WACWISA), University for Development Studies)
- 沿岸域レジリエンス卓越研究センター、ケープコースト大学 (Africa Centre of Excellence in Coastal Resilience (ACECoR), University of Cape Coast)
- 地域交通研修研究センター (TRECK)、KNUST (Regional Transport Training and Research Centre, (TRECK) KNUST)
- 工学部、KNUST (College of Engineering, CoE_KNUST (KEEP), Kwame Nkrumah University of Science and Technology)
- 西アフリカ感染症および非感染性疾患細胞生物学センター、ガーナ大学 (West African Centre for Cell Biology of Infectious Pathogens and Non-Communicable Diseases (WACCBIP + NCDs), University of Ghana)
- 西アフリカ作物改良センター、ガーナ大学 (West Africa Centre for Crop Improvement (WACCI), University of Ghana)
- 西アフリカ遺伝医学センター、ガーナ大学 (West African Genetic Medicine Centre (WAGMC), University of Ghana)

【ナイジェリアのACE、17センター】

- 感染症ゲノミクス研究センター、リディーマーズ大学 (African Center of Excellence for Genomics of Infectious Diseases (ACEGID), Redeemer's University)
- 熱帯病・法医バイオテクノロジー研究センター、アフマド・ベロ大学 (African Center of Excellence for Neglected Tropical Diseases and Forensic Biotechnology (ACENTDFB), Ahmadu Bello University)

- 工学教育新教授法研究センター、アフマド・ベロ大学 (Africa Centre of Excellence on New Pedagogies in Engineering Education (ACENPEE), Ahmadu Bello University)
- 生殖医療イノベーション研究センター、ベニン大学 (African Center of Excellence for Reproductive Health Innovation (CERHI), University of Benin)
- 乾燥地農業研究センター、ナイジェリア、ベイエロ大学 (African Center of Excellence in Dryland Agriculture (CDA), Bayero University)
- 人口保健政策研究センター、ベイエロ大学 (African Center of Excellence for Population Health and Policy (ACEPHAP), Bayero University)
- 食品技術研究センター、ベヌエ州立大学 (Centre for Food Technology and Research (CEFTER), Benue State University)
- マイコトキシンおよび食品安全研究センター、ミナ工科大学 (Africa Centre of Excellence for Mycotoxin and Food Safety (ACEMFS), Federal University of Technology Minna)
- 医薬品研究・漢方薬開発規制科学研究センター、ラゴス大学 (African Centre of Excellence for Drug Research, Herbal Medicine Development and Regulatory Science (ACEDHARS), University of Lagos)
- 革新的・変革 STEM 教育センター、ラゴス州立大学、ナイジェリア (Africa Centre of Excellence for Innovative and Transformative STEM Education (ACEITSE), Lagos State University)
- 持続可能な電力・エネルギー開発センター (ACE-SPED)、ナイジェリア大学ンスカ校、ナイジェリア (African Centre of Excellence for Sustainable Power and Energy Development (ACE SPED), University of Nigeria, Nsukka)
- 未来エネルギー・電気化学システム卓越研究センター、オウエリ工科大学 (African Centre Of Excellence in Future Energies and Electrochemical Systems (ACE-FUELS), Federal University of Technology Owerri)
- OAU ICT 主導ナレッジパーク、オバフェミ・アウオロウオ大学 (OAU ICT-Driven Knowledge Park (OAU-Oak Park), Obafemi Awolowo University)
- 油田用化学物質研究センター、ポートハーコート大学 (Africa Center of Excellence for Oilfield Chemicals Research (ACE-CEFOR), University of Port Harcourt)
- 公衆衛生および毒物学研究センター、ポートハーコート大学 (African Centre of Excellence for Public Health and Toxicological Research, (ACE-PUTOR) University of Port Harcourt)
- 技術強化学習センター、ナイジェリア国立大学 (Africa Centre of Excellence on Technology Enhanced Learning (ACETEL), National University of Nigeria)
- コブナント応用情報通信 (CApIC)、コブナント大学 (Covenant Applied Informatics and Communication (CApIC), Covenant University)

別添 9 : UK NIHR（英国国立健康研究所）の AMR についての研究ネットワーク

AMR の脅威が高まる中、英国はリーディングドナーとしての地位を確立すべく、5 年間の行動計画（2019～2024 年）と 20 年間のビジョンを策定し、AMR についての世界的研究ネットワークを形成。途上国における研究に対しても出資を行っている⁴¹。

中でも、ナイジェリア、インド、フィリピン、コロンビア等の国々における検査室と提携し、病原体の配列データ、匿名化された患者の基本情報、サンプルの収集方法に関する分析を行うなど、病原体ゲノムサーベイランスやゲノム解析についての支援を行っている。また、それに付随し、検査室職員のトレーニングなども行う⁴²。

⁴¹ NIHR Website. Tackling antimicrobial resistance with investment and innovation.
<https://www.nihr.ac.uk/blog/tackling-antimicrobial-resistance-investment-and-innovation>. (参照 2024-11-6)

⁴² NIHR Global Health Research Unit Website. Genomic Surveillance of Antimicrobial Resistance (AMR).
<https://ghru.pathogensurveillance.net/> (参照 2024-12-6)

別添 10：米国 CDC の病原体ゲノムサーベイランスに関するプログラムと活動

1. 概要

米国 CDC は、本調査の対象国（インドネシア、タイ、ベトナム、ガーナ、ナイジェリア）において、病原体ゲノムサーベイランス（および下水サーベイランス）に関連するプログラムと活動を展開している。これらの活動は、各国の公衆衛生研究所や大学との協力を通じて、ゲノムシーケンス能力の構築、バイオインフォマティクスのトレーニング、データ共有プラットフォームの開発、およびサーベイランスデータの統合を支援することを目的としている。

2. 各国における主な活動

インドネシア

- GISAID 登録の技術支援
- WGS の EQA に関するコンサルテーション
- 地域トレーニングへの参加機会の提供

タイ

- LIMS と NGS の導入による検査室システムの強化
- SARS-CoV-2 NGS バイオインフォマティクス解析トレーニングの実施
- イルミナ社と ONT 社のシーケンサーを使用した NGS 活動のための技術支援
- データ統合、データ交換、データ標準、用語に関するガイダンスの提供
- オープンソースの機器インターフェースツールの開発
- NIH を地域トレーニングセンターとして設立するための支援

ベトナム

- NIHE およびホーチミン市のパスツール研究所との協力による検査室システムの強化
- バイオセーフティ／バイオセキュリティ、生体試料管理、品質管理システム分野でのトレーニングとガイダンスの提供

ガーナ

- NPHRL および KNUST のゲノム感染症検査室におけるゲノムシーケンス能力の構築
- COVID-19 シーケンスのための消耗品の提供、トレーニング、および NMIMR との連携
- NPHRL、KNUST、NMIMR、および KCCR に対するゲノムシーケンスおよびバイオインフォマティクスの入門レベルのトレーニング
- 一般的な検査用品、消耗品、シーケンスキット、および PCR バーコードキットの提供
- ゲノムサーベイランスデータを IDSR および支援的な電子データシステムに統合するための支援

ナイジェリア

- 優先度の高い病原体に対するゲノムシーケンスベースのサーベイランスの優先順位付け
- COVID-19 ゲノムシーケンス能力構築のための複数ドナーによる支援

- エムポックスおよびその他の主要な優先病原体のゲノムシーケンスの支援
- 薬剤耐性結核に対するゲノムシーケンスベースのサーベイランスの展開
- HIV 薬剤耐性変異に対するゲノムシーケンスベースのサーベイランス能力の開発支援

3. アフリカ CDC への支援

米国 CDC は、アフリカ CDC の多国間機関としての任務遂行を支援することに尽力しており、PGI などの検査室能力強化活動を支援している。

4. 今後の展望

米国 CDC は、公衆衛生システムの強化に向けて、各国の公衆衛生機関との連携を継続し、ゲノムサーベイランスの能力構築、データ共有、および地域協力の促進に貢献していく予定である⁴³。

⁴³ 2025 年 1 月 9 日米国 CDC 提供資料. 2024 JICA Inquiry - Pathogen Genomics Surveillance CDC Response.

別添 11：ボゴール市を対象とした、河川からの検体による環境水疫学調査 (Waterways epidemiological project) の詳細

1. 調査目的

本研究では、インドネシア・ボゴール市の河川における AMR の分布をマッピングし、包括的な分布パターンを作成することを目的とした。環境水サーベイランスの手法を用いて AMR を検出し、検出プロトコルを検証した。

2. 調査方法

(1) 調査対象地

ボゴール市の 5 つの河川（チルアル川、チバロク川、チシンダンバラン川、チパリギ川、チリウン川）の 15 地点から、上流、中流、下流でサンプルを採取した。

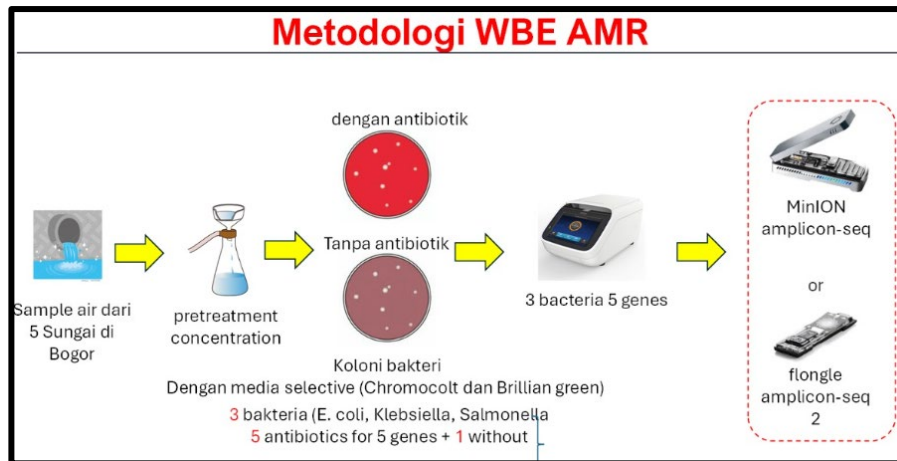
(2) 調査期間

2024 年 11 月から 2025 年 1 月上旬

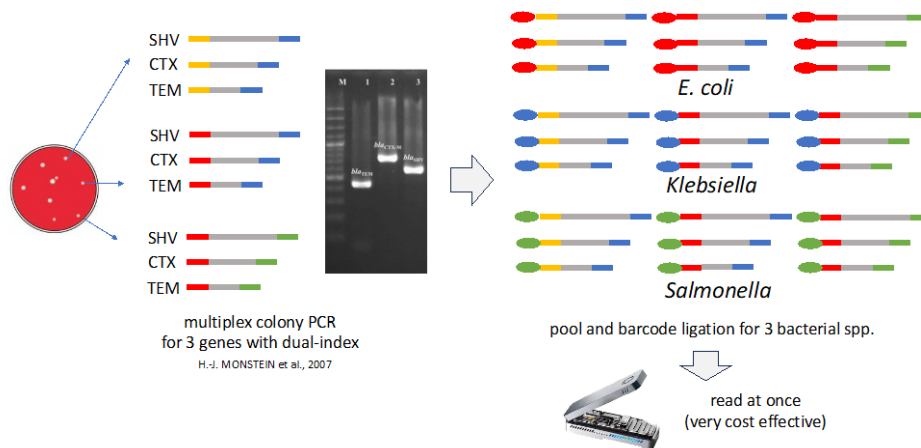
(3) 主な調査項目

環境中の AMR 遺伝子の拡大状況を評価することを調査項目とした。

- 採取した環境水サンプルをろ過し、細菌を濃縮した後、クロモカルト寒天培地とブリリアントグリーン寒天培地に培養した。研究の持続可能性を担保するためには、コスト低減の工夫が重要である。そこで、単一コロニーから DNA を抽出することなく、直接、コロニーPCR による耐性遺伝子の検出を行った。この際、CTX、SHV、TEM の 3 つの耐性遺伝子を同時に増幅可能なマルチプレックス PCR を利用することで、更なるコスト低減を図った。
- 各コロニーの PCR にはインデックス配列を付与したプライマーを用い、インデックスの組み合わせにより、各コロニーからの PCR 増幅産物を区別できるようにした。また、増幅産物にバーコードを DNA ligation により付与することで、下記 3 種類の細菌間で同じインデックスの組み合わせを使用できるようにした。これらの工夫により、次世代シーケンサーを用いた一度の解析で凡そ 1000 遺伝子の同時解析が可能になる。
- 対象とした細菌は、大腸菌、クレブシエラ属菌、サルモネラ属菌の 3 種類である。
- PCR 産物をプールし、ゲル精製した後、ナノポアシーケンサー MinION を用いてシーケンスを行った。データ解析には、basecall とバーコードの振り分けに dorado、得られた塩基配列の QC に porechop、index の振り分けに minibar、AMR 遺伝子の subtype の特定に、AMRFinderPlus を使用した。



Multiplex PCR and sequencing



3. 調査結果

培養法により、大腸菌とクレブシエラ属菌が検出された。また、抗生物質（cefotaxime）の有無に応じて出現するコロニー数を比較した結果、両細菌が高確率で薬剤耐性を獲得している可能性が示唆された。一方、サルモネラ属菌は検出されなかった。得られたコロニーから PCR を行い、cefotaxime 耐性に関わる CTX-M、SHV、TEM 型 AMR 遺伝子の増幅を確認した。さらに、シーケンスにより CTX-M と SHV の各 subtype (CTX-M-15、CTX-27、CTX-M-53、CTX-M-78、および、SHV-1、SHV-11、SHV-18、SHV-25、SHV-27、SHV-53、SHV-110、SHV-111、SHV-220) の特定に成功した。

PCR RESULTS

Gen resisten *E.coli*

SHV 787 bp
CTX-551 bp
TEM 860

Gen resisten *Klebsiella*

SHV 787 bp
CTX-551 bp
TEM 860

Resistance gene of *E.coli*

Yellow is positive control

PCR の結果

大腸菌の AMR 遺伝子の検出

Resistance gene of *Klebsiella* sp.

SHV 787 bp
CTX-551 bp
TEM 860

Resistance gene of *Klebsiella* sp.

Yellow is positive control

クレブシエラ属菌の AMR 遺伝子の検出

ナノポアシーケンサーによる シーケンス結果

本調査での対象地である 5 つの河川は、対象地域の地域社会や農業活動を支える重要な水路として機能している。本調査の結果、薬剤耐性の大腸菌、クレブシエラ菌が同水系に比較的高頻度に存在することが確認された。これらの細菌は、一般的に糞便汚染に関連しており、水に接触したヒトと動物の両方に深刻な健康リスクをもたらす可能性がある。また、PCR により、両方の細菌集団内に AMR 遺伝子が確認され、潜在的な健康上の懸念が示された。この耐性は、細菌が一般的な抗生物質治療に耐えられるように進化したことを示唆しており、感染が発生した場合に医学的介入を複雑にする可能性がある。さらに、上流の地点と比較して、下流の地点で汚染レベルが著しく高いことが示された。このパターンは、河川に沿った人間の活動、都市の流出水、農業慣行の累積的な影響を反映している可能性がある。下流の細菌量の増加は、これらの水資源を利用している地域社会に大きなリスクをもたらす。これらのことから、都市部の河川は、AMR の温床となり、周辺のコミュニティに重大な公衆衛生上の懸念をもたらしているといえる。これらの河川は、人間の活動と環境中の細菌が接触する重要な交差点となっており、AMR 遺伝子の拡散を促進している可能性が示唆された。本パイロットプロジェクトで実施した、各 AMR 遺伝子のシーケンス解析をより大規模かつ継続的に行うことで、AMR 遺伝子の拡散経路の推定が可能になるかもしれない。

4. 結論と示唆

本調査では、インドネシア・ボゴール市の河川における環境水疫学調査を実施し、大腸菌とクレブシエラ属菌から CTX-M、SHV、TEM といった複数の AMR 遺伝子を検出した。サルモネラ

属菌は検出されなかった。検出された AMR 遺伝子は、世界的に蔓延しているものと一致しており、これらの AMR 遺伝子および、それを有する薬剤耐性菌が河川や水路などを介して拡散している可能性を示唆している。また、これらの結果は、地域の水系における AMR 遺伝子および、それを有する薬剤耐性菌の拡散と、それが公衆衛生に及ぼす潜在的な影響について重要な知見を提供できると考える。薬剤耐性菌の拡散は、感染症治療の失敗や医療費の増加につながる可能性があり、世界的な公衆衛生上の脅威となっており、今後も監視を続けていくことは非常に重要である。

今後の研究では、以下の点が重要となる。

- **より広範な地域を対象とした調査**：ボゴール市のみならず、インドネシア国内の他の地域や、近隣諸国における AMR の拡散状況を把握する必要がある。その際、対象とする AMR 遺伝子の拡張、あるいは、網羅的検出方法の開発が求められる。
- **AMR の伝播経路の詳細な解析**：AMR 遺伝子がどのように水系に流入し、拡散していくのか、そのメカニズムを解明する必要がある。
- **下水処理施設における AMR 対策**：下水処理施設における薬剤耐性菌除去効率を評価し、効果的な薬剤耐性菌対策を開発する必要がある。
- **リスク評価と介入**：薬剤耐性菌のヒトへの健康リスクを評価し、リスクを低減するための介入戦略を開発する必要がある。

本研究は、環境水疫学調査による AMR 遺伝子拡散状況を把握するための第一歩であり、今後の研究によって、より効果的な薬剤耐性菌対策の開発と実施が期待される。

5. 調査実施機関の能力

本調査は、インドネシア国家研究イノベーション庁（Badan Riset dan Inovasi Nasional: BRIN）によって実施された。BRIN は、インドネシアにおける科学技術研究開発の中核機関であり、環境水疫学調査においても重要な役割を担っている。BRIN の強みとしては、以下が挙げられる。

- **専門知識と経験**：水質分析、微生物学、分子生物学などの分野において、高度な専門知識と豊富な経験を持つ研究者を擁している。
- **研究施設**：高度な分析機器を備えた研究所や、環境水サンプルの収集・保管のための施設を保有している。
- **国内ネットワーク**：大学や地方自治体などの研究機関との協力関係を築いており、広範な地域における環境水疫学調査の実施を可能にしている。

一方、BRIN の課題としては、以下が挙げられる。

- **人材不足**：特に、バイオインフォマティクス解析の専門人材が不足しており、データ解析能力の強化が課題となっている。

- **資金不足**：研究資金の不足は、研究活動の制限や、最新の分析機器の導入を遅らせる可能性がある。
- **データ共有**：国内外の研究機関とのデータ共有体制が十分に整備されておらず、国際的な共同研究や情報交換の促進が課題となっている。

また、BRIN の環境水調査にかかるキャパシティを評価するために、クライテリアを設定した。表は、これらのクライテリアとそれに基づいたキャパシティの評価をまとめたものである。

表 4：BRIN の環境水調査にかかるキャパシティ評価

クライテリア	クライテリアの詳細	結果
1. サンプル採取・保管	環境水サンプルの採取・保管に必要な機材と 専門性を有しているか。	あり
2. 水質分析	水質分析に必要な機材と 専門性を有しているか。	あり
3. 微生物培養	微生物培養に必要な機材と 専門性を有しているか。	あり
4. PCR 装置	PCR 装置、PCR に必要な試薬や消耗品を有しているか。	あり
5. PCR の経験	PCR の経験を有しているか。	あり
6. 次世代シーケンサー (NGS)	NGS の運用が可能であるか。	強化が必要
7. バイオインフォマティクス解析に必要なソフトウェア	バイオインフォマティクス解析に必要なソフトウェアを有しているか。	あり
8. バイオインフォマティクス解析の経験	バイオインフォマティクス解析の経験を有しているか。	あり
9. バイオインフォマティクスの専門家	バイオインフォマティクスの専門家を有しているか。	不足
10. データ解析能力	データ解析能力を有しているか。	強化が必要
11. 研究資金	研究資金を有しているか。	不足
12. 国内ネットワーク	大学や地方自治体などの研究機関との協力関係を築いているか。	良好
13. 国際連携	国際連携の経験を有しているか。	強化が必要

BRIN は、環境水調査に必要な専門性や機材を備えており、PCR やバイオインフォマティクス解析を実施できるキャパシティを有している。しかしながら、バイオインフォマティクスの専門家不足や研究資金不足などの課題も抱えている。BRIN は、バイオインフォマティクスの専門家育成や研究資金の確保など、上記で示された課題の解決に積極的に取り組む必要があり、これらの対策を重点的に進めることで、インドネシアにおける環境水疫学調査の中心的役割を果たしていくことが期待される。

別添 12：ジャカルタ市、ボゴール市、デンパサール市を対象とした、下水処理場等からの検体による下水疫学調査（Wastewater-based epidemiology project（WBE プロジェクト））の詳細

1. 調査の意義

下水サーベイランスは官による公衆衛生の向上が必然であった欧州地域にて創発した医療衛生による公衆衛生向上に資する技術で、歴史的にコレラやペスト、インフルエンザなど定期的に拡大する感染症への対応の一つとして、官学が連携して下水サーベイランスに取り組んできた。ここで、インドネシア全土における公衆衛生状況を俯瞰すると一般的には衛生観念が低く、そのため、感染症による被害が拡大しやすく、感染症に罹患した場合も医療インフラが未整備である地域も散見されることから、重症化する可能性が高い。そのような医療インフラが未整備である地域は、低所得者が居住する住宅密集地域や、スプロール現象による未計画居住地域であることから、行政による介入には時間を要する。そのため、下水疫学調査のように即時的に地域全体の健康状況を診断し、市中全体の感染症対策に資するソリューションが非常に有効である。そのため、インドネシアにおける公衆衛生に資する面が大きく、本調査の意義は高い。

また、本 WBE プロジェクトの実施に際しては、インドネシアで調達可能なキットや試薬だけではなく、本邦のキットや試薬を用いて、インドネシアでの様々な要因、効率、価格、入手可能性等のあらゆる現地条件を考慮の上、検討を行った。その結果、下水サーベイランスにおいて本邦のキットや試薬も推奨可能であることが確認された。本 WBE プロジェクトの結果は本邦技術の展開にも資するものであり、本調査の意義は高い。ただし、この適用可能性を確認するためには、さらなる検証が必要である。

さらにインドネシアを含む ASEAN 地域を広域的に俯瞰すると、ASEAN 地域においては一般的に衛生観念が低く、下水サーベイランスの有効性が見通されるものの、社会全体への普及には至っていない。かかる中、ASEAN 地域で中心的な立場にあるインドネシアが ASEAN 各国と連携しながら下水サーベイランスを主体的に導入していくことは広域的にも非常に意義のあることである。

2. 調査方法

(1) 調査対象地

調査の妥当性と相手組織との交渉を考慮し、本小規模調査はジャカルタ市、ボゴール市、バリ島の 3 地域において実施する。3 地域の概要と採取個所の概要を以下に整理する。

1) ジャカルタ市

インドネシアの首都ジャカルタは、ダイナミックな文化の融合と急速な都市開発で知られる活気あふれる大都市である。人口は 1,000 万人を超え、世界で最も人口の多い都市の一つであり、ジャボデタベックと呼ばれるジャカルタ広域圏には 3,000 万人以上が住んでいる。約 662 平方キロメートルに及ぶジャカルタは、近代的な高層ビル、伝統的な市場、史跡が混在する賑やかな都市景観が特徴で、インドネシアの経済と政治の中心地として、主要なビジネス街や文化の中心地

を擁している。

都市の規模と人口、下水道集水エリア等を考慮し、ジャカルタの検体採取個所は以下 5 か所とする。

- ① IPAL MBBR SETIABUDI (ST)
- ② IPAL KRUKUT (KR)
- ③ IPAL RUSUN TANAH TINGGI (RT)
- ④ PUMPING STATION WADUK PLUIT (PL)
- ⑤ IPAL RPTRA KEMBANGAN (KE)

2) ボゴール市

ジャカルタの南約 60 キロに位置するボゴールは、緑豊かで冷涼な気候で知られるインドネシア西ジャワ州の都市である。人口約 100 万人、面積約 118 平方キロメートルのボゴールは、重要な都市の中心地として機能している。ボゴールの主要な拠点は、ショッピングエリア、レストラン、教育機関などを擁する賑やかな中心街である。ボゴールの経済は、その豊かな天然資源と戦略的立地を反映して、農業とビジネス活動の多様な組み合わせが特徴である。

ボゴールの検体採取個所は以下 2 か所とする。

- ① IPAL TANAH BARU BOGOR
- ② RUMAH POMPA UPTD PAL BOGOR

3) バリ島

バリ島はインドネシア西部に位置する有名な島で、ジャワ島の東数キロにある。バリ島の面積はおよそ 5,600 平方キロメートルで、島を囲むゴージャスなビーチを補完する緑豊かな森林と澄んだ湖の山岳地帯の内部を持つ。世界で最も人気のある観光地の一つで、一年を通して世界中から何千人もの観光客が訪れる。

バリ島の検体採取個所は以下 5 か所とする。

- ① Denpasar Major Collection Manhole
- ② Sanur Wastewater Pump Station
- ③ Kuta Wastewater Pump Station
- ④ Denpasar Wastewater Treatment Plant (WWTP)
- ⑤ Nusa Dua Wastewater Treatment Plant (WWTP)

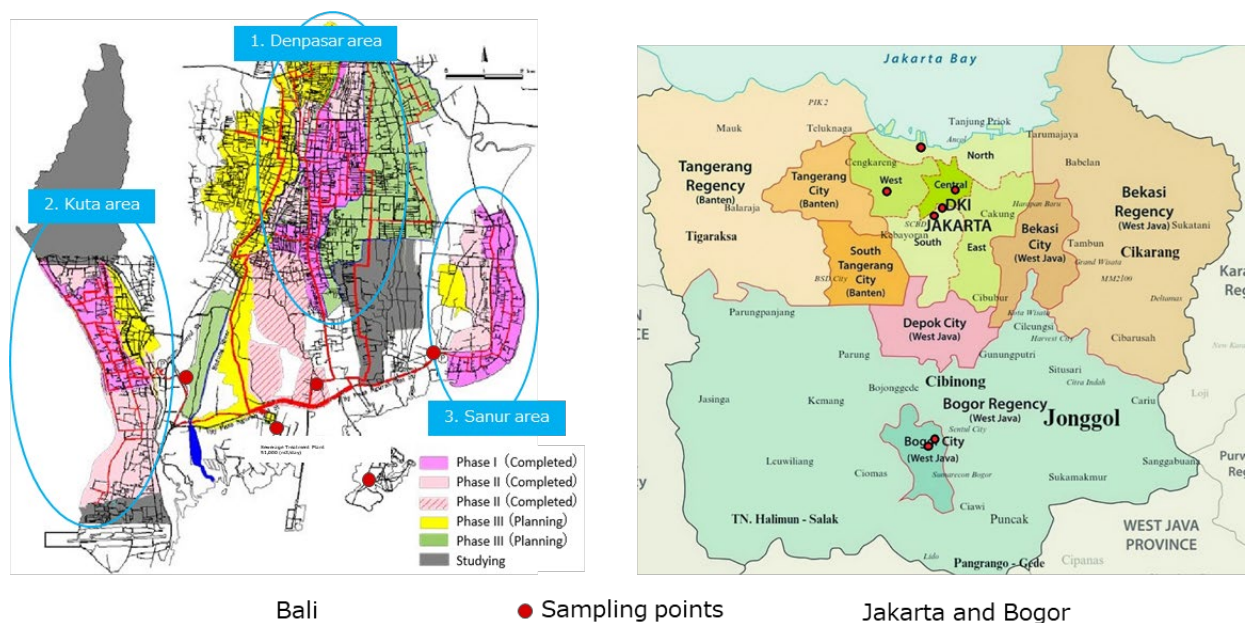


図 2：下水サンプリング位置図

(2) 調査関係機関

本 WBE プロジェクトにかかる関係機関を表 5 に示す。

表 5：調査関係機関

関係機関名	本調査における役割
Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)	下水サンプルからの標的病原体の抽出、精製、検出。
Dinas Sumber Daya Air (DSDA)	ジャカルタとボゴールで下水施設を管理。
Perusahaan Air Limbah Jakarta (PALJAYA)	DSDA 傘下の民間企業で、ジャカルタでのみ下水施設を管理している。
Upt.Pengelolaan Air Limbah (UPT-PAL)	バリで下水施設を管理。
Dinas Kesehatan Provinsi Bali (Din-Kes)	Din-kes はバリ州保健局で、下水サンプル分析の主要調整機関である。

(3) 調査期間

2024 年 11 月から 2025 年 2 月

(4) 主な調査項目

実証実験の方法

1) SARS-CoV-2 サーベイランス

下水サーベイランスの基本的な流れは図 3 に示すとおりで、サンプリングとロジスティックス、ラボ試験、データ分析と解釈より構成される。

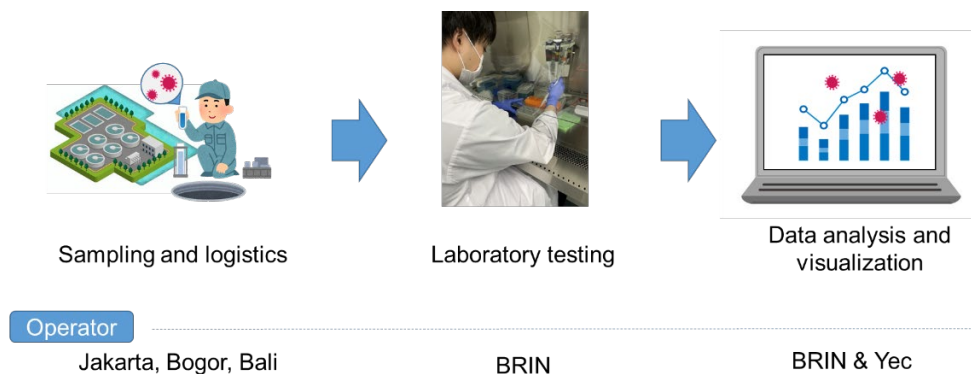


図 3：下水サーベイランスの大まかな流れ

下水サーベイランスは、下水中の感染症マーカーの濃度を利用して、寄与するコミュニティにおける疾患の発生を追跡するだけでなく、各地区／都市における疾患の傾向を明らかにすることができる。SARS-CoV-2 の場合、ある一定期間において、感染源となった地域社会における患者の傾向や重症度がどのように変化しているかを知ることが重要である。したがって、サンプリング頻度が非常に重要な要素となる。頻度が高ければ高いほど、発生動向はより正確になる。

本 WBE プロジェクトにおいては、キット／試薬、検査施設、技術者の能力の限界などの幾つかの制約条件を考慮し、2024 年 11 月から 2025 年 2 月までは、最低週 2 回のサンプリング頻度を採用した。

2) サンプリング頻度と持続時間

サンプリングは、公益社団法人日本水環境学会（JSWE）の COVID-19 タスクフォースの「排水中の SARS-CoV-2RNA 検出マニュアル（2022 年 12 月）」に準拠し、現地でのサンプリング状況、水質検査方法、サンプリングおよび水質検査に関する資機材等を考慮し、現場の状況に合わせて若干の修正を加えて実施した。サンプリングは、2024 年 11 月から 2025 年 2 月まで、週 2 回の排水ピーク時間帯（9:00-11:00）を対象に実施した。収集されたすべてのサンプルは冷凍状態で保管され、さらなる分析のために BRIN に輸送された。表 6 にその回数を示す。

表 6 : SARS-CoV-2 の サンプルング地点と頻度

Location			Samples/ week	Samples/m onths	Total samples
Bali-Denpasar	Denpasar City	Sanur Pump St.	2	8	19
		Denpasar Manhole	2	8	19
		WWTP	2	8	19
		Kuta Pump St.	2	8	19
	Kabupaten Badung/Nusa Dua	WWTP	2	8	19
	Sub-total		10	40	95
DKI-JAKARTA	IPAL MBBR Setiabudi (ST)	WWTP	2	8	23
	IPAL Krukut (KR)	WWTP	2	8	23
	IPAL Rusun Tanah Tinggi (RT)	WWTP	2	8	23
	Pumping Station Waduk Pluit (PL)	Pump Station	2	8	23
	IPAL MBBR Setiabudi (ST)	WWTP	2	8	23
	Sub-total				115
Bogor	IPAL Tanah Baru Bogor	WWTP	2	8	23
	Rumah Pompa UPTD PAL Bogor	Pump Station	2	8	23
	Sub-total				46
Total			12	56	256

3) RNA 抽出

沈殿物を採取後、上部の液体部分を廃棄し、ペレット（沈殿物）を RNA 抽出に供する。RNA 抽出は、Magnetic beads for detection of Nucleic acids in wastewater（COPMAN）抽出キットを用い、凝固・蛋白分解法を用い、メーカーのプロトコルに従って行う。

4) RT-qPCR 検出

下水疫学調査（下水サーベイランス）用リアルタイム PCR キットを用いて行った。本製品は、下水検体由来の精製 RNA から新規コロナウイルス(SARS-CoV-2)遺伝子(N領域、CDC N1/N2)をワンステップリアルタイム RT-PCR 法により検出するためのキットである。プライマーおよびプローブは、「下水中新規コロナウイルス遺伝子検出マニュアル」（日本水環境学会 COVID-19 タスクフォース、2021 年 3 月発行）に記載された配列に基づいている。また、各試料について最低 2 回の反復を行いプロセスコントロールとして、排水中に天然に多く含まれる PMMoV を使用した。

5) データ分析と可視化

未知の排水サンプルからの SARS-CoV-2 の絶対定量を行った。標準曲線はターゲット（SARS-CoV-2）と内因性/内部参照（PMMoV）の両方について作成し、各実験サンプルのターゲットと内因性リファレンスの量は、既知量のターゲットサンプルと内因性リファレンスの両方から別々に一連の希釈を行うことにより、適切な標準曲線から決定される。下図に標準曲線の作成と未知検体の絶対定量を行った例を示す。

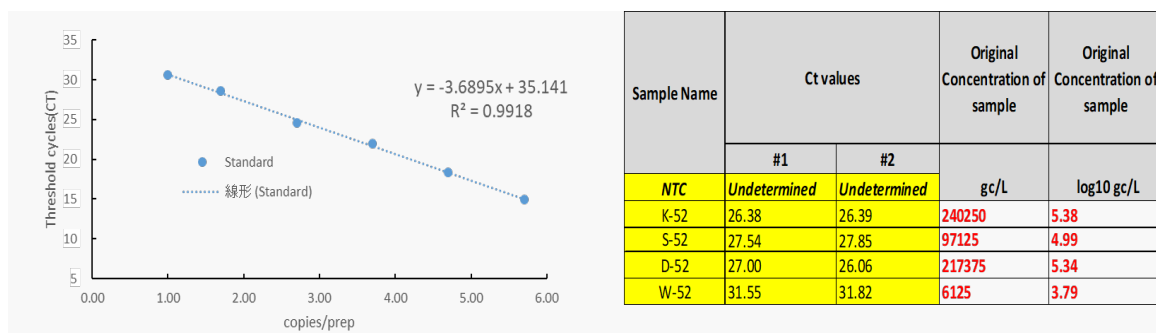


図 4：RT-qPCR による未知サンプルの標準曲線と絶対定量

NTC：非テンプレートコントロール Ct 値：サイクル閾値

gc/L：1 リットルあたりのゲノムコピー

6) 抗菌薬耐性菌（AMR）サーベイランスと環境中の耐性遺伝子の拡大

a) AMR 下水サンプリング

サンプリングは、ジャカルタ市、ボゴール市、バリ島内の 3 県の 3 か所（WWTP と接続放流河川）で実施された。表 7 にその回数を示す。サンプリングは SARS-CoV-2 と同様の方法で行われた。原下水、処理下水、上流放流河川、下流放流河川の 4 か所からそれぞれ 50ml の廃水を採取した。サンプリングは、2024 年 12 月から 2025 年 2 月までの 3 か月間、各箇所毎月 1 回実施した。

表 7：SARS-CoV-2 のサンプリング地点と頻度

Location			Samples/months	No. of bacterial colony purification per sample	Total samples
Bali	Denpasar UPTD-PAL	Raw wastewater	1	10	30
		Treated wastewater	1	10	30
		Discharge river upstream	1	10	30
		Discharge river downstream	1	10	30
	Sub-total		4	40	120
DKI-JAKARTA	IPAL MBBR Setiabudi	Raw wastewater	1	10	30
		Treated wastewater	1	10	30
		Discharge river upstream	1	10	30
		Discharge river downstream	1	10	30
	Sub-total		4	40	120
Bogor	IPAL Tanah Baru Bogor	Raw wastewater	1	10	30
		Treated wastewater	1	10	30
		Discharge river upstream	1	10	30
		Discharge river downstream	1	10	30
	Sub-total		4	40	120
Total			12	120	360

b) 細菌濾過と浄化

細菌濾過・精製：鹿沢大学標準プロトコルに従って細菌濾過・精製を行った。各排水サンプルから 10 コロニーの大腸菌を精製し、各サンプリング地点で 40 コロニー、合計で各サンプリング地点で 1 か月あたり 120 個が精製された。

c) MIC（最小発育阻止濃度）分析とデータの解釈

本試験では、サーモフィッシャー社製の Sensititre-Gram-Negative-MIC プレート（GN4F）を用いた。各 96 ウェル MIC プレートに用量の異なる 25 種類の一般的な抗生物質を入れ、サンプルを MIC プレートで処理した 24 時間後に、結果を可視化して記録した（図 5 参照）。データの比較と解釈は、抗菌ディスク感受性試験の CLSI M100TM パフォーマンス標準、2024 に従って実施した。

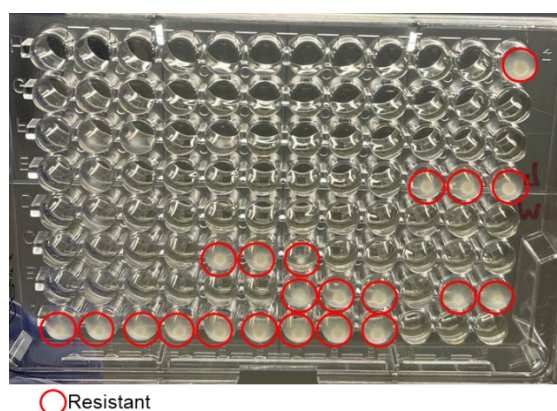


図 5：抗生物質に対する MIC の結果と大腸菌の反応例

d) 抗菌薬耐性遺伝子（ARG）の確認

MIC 分析後、最も耐性の高いコロニーを選択し、ESBL 大腸菌 AMR 耐性遺伝子（CTX-M、TEM、SHV）の特異的プライマーを用いたコロニーマルチプレックス PCR を実施し、耐性分離株の潜在的耐性遺伝子座を同定した。

コロニーPCR は、クローンのスクリーニングのために細菌のコロニーから DNA を増幅するために使用される迅速な方法である。コロニーPCR を行うには、単一のコロニーを滅菌つまようじで摘み取り、DNA ポリメラーゼ、標的配列に特異的なプライマー、dNTPs、PCR バッファーを含む PCR 反応ミックスに懸濁する。反応はサーマルサイクリングにかけられ、通常 95°Cでの初期変性から始まり、変性、アニーリング（プライマーに特異的な温度）、伸長ステップを 25～35 サイクル繰り返す。その後、増幅産物をアガロースゲル電気泳動で分析し、標的 DNA の存在とサイズを確認する。この方法により、DNA 抽出の必要なく、複数のクローンを効率的にスクリーニングすることができる。

(5) 調査全体スケジュール

プロジェクト実施前に BRIN 研究者の技術力、必要な実験施設および設備を評価するためのアセスメントを行った。その結果、幅広い研究を実施できる研究者と技術者の数は十分であること

がわかった。しかし、彼らは WBE、特に SARS-CoV-2 と AMR 分析の経験がなかったため、研修を必要とした。実験設備に関しては、WBE を実施するために必要なすべての主要な設備が BRIN に揃っていることが分かった。

研修は八千代エンジニアリング株式会社／金沢大学によって以下 2 つの研修を実施した。

① 抗菌薬耐性（AMR）研修

2024 年 11 月 25 日から 12 月 14 日まで、次の内容の研修が実施された。

- ・ 大腸菌と肺炎桿菌を対象とした最小発育阻止濃度（MIC）法の抗菌薬感受性試験（AST）に関する研修。
- ・ 大腸菌と肺炎桿菌を対象としたディスクディフュージョン（DD）の AST に関する研修。

② SARS-CoV-2 研修

2024 年 8 月に研修を実施し、その後 2025 年 2 月 3 日から 14 日まで補足研修を実施した。研修では、さまざまなキット／試薬と方法を使用したウイルス RNA 抽出と RT-qPCR 分析について学んだ。

全体的な分析スケジュールとして、AMR と SARS-CoV-2 の両方の下水サンプル採取は、2024 年 11 月から 2025 年 2 月まで実施し、AMR の分析は、研修実施後すぐに 2024 年 12 月初旬から開始した。SARS-CoV-2 については、2 回目の研修終了後、2025 年 2 月初旬にサンプルの分析を開始した。分析の全体的なスケジュールは、表 8 に示されている。

表 8：分析全体のスケジュール

[illegible]

注：試薬の調達が遅れたため、2024年12月20日から2025年1月13日まで活動はなかった。

3. 調査結果の報告

(1) 調査関係機関の能力

今回、分析の主たる C/P 機関である BRIN の施設と、WBE 実施のための獣医科学部門の能力の現状と課題について以下に簡単に整理する。

施設面では、BRIN は SARS-CoV-2 および AMR 分析のための WBE を実施するのに十分なりソースを有していた。しかし、技術スタッフには、これまでの経験不足から、下水からのサンプル分析に必要なスキルが不足していた。この問題については、特に SARS-CoV-2 サーベイランスと AMR 分析について、八千代エンジニアリング株式会社が実施した数回のトレーニングセッションによって部分的に解決された。とはいえ、特にゲノムサーベイランスについては、さらなるトレーニングと技術サポートが必要であると確認された。

また、関係機関の実施能力の相関性をメタ的に分析した場合にはドナー側の執行体制に疑義が多分に残る結果となった。国際協力プロジェクトは本来的にはレシピエントが主体的側の自立を促進し、主体的に計画を執行していくことが将来的に求められるが、ドナー側の調達計画や予算案等々に配慮してプロジェクトが進行するため、責任主体の所在があいまいとなる。さらに、ドナー側のタイムラインや計画グローバルアジェンダや国家戦略計画にそぐわない場合が多いため、レシピエントの要望を適切に要請しているとはいいがたい。以上からレシピエント・ドナー共に組織内における意思決定プロセス・執行能力に関する向上が必須である。

(2) SARS-COV-2 サーベイランス

ジャカルタ、ボゴール、バリから合計約 256 の下水サンプルが収集された。RNA 抽出と RT-qPCR が実施されており、調査期間中、表 9 と図 6 に示すように 11 検体のデータの解析を実施した。

SARS-CoV-2 は各県の各サンプリング地点の全サンプルから検出された。このデータは、3 つの州の異なる廃水施設におけるコロナウイルスの検出における WBE の有効性を示している。さらにコロナウイルスは根絶されただろうという一般的な考えに反して、まだ存在していることが証明された。

表 9：ボゴール、ジャカルタ、バリにおける SARS-CoV-2 の検出状況

Sample Name and date	Ct values		Original Concentration of sample	Original Concentration of sample
	#1	#2	gc/L	log10 gc/L
NTC	Undetermined			
Bogor IPAL 15.11.2024	35.37	35.49	8100	3.91
Bogor Pump st.15.11.2024	35.06	34.49	13800	4.14
Jakarta, IPAL Setiabudi 13.11.2024	37.86	37.86	750	2.88
Jakarta, IPAL Krukut 13.11.2024	32.18	31.89	70875	4.85
Jakarta, IPAL Rusun Tanah T.13.11.2024	38.58	39.44	375	2.57
Jakarta, IPAL Pump St. Waduk 13.11.2024	33.82	33.89	17438	4.24
Jakarta, IPAL Rptr Kembangan.13.11.2024	34.45	34.00	13125	4.12
Bali, Kuta Pump St..26.11.2024	34.05	34.19	14063	4.15
Bali, Sanur Pump St.26.11.2024	33.72	34.69	13313	4.12
Bali, Denpasar Manhole 26.11.2024	32.89	32.21	47438	4.68
Bali, Denpasar WWTP.26.11.2024	32.96	32.89	35438	4.55

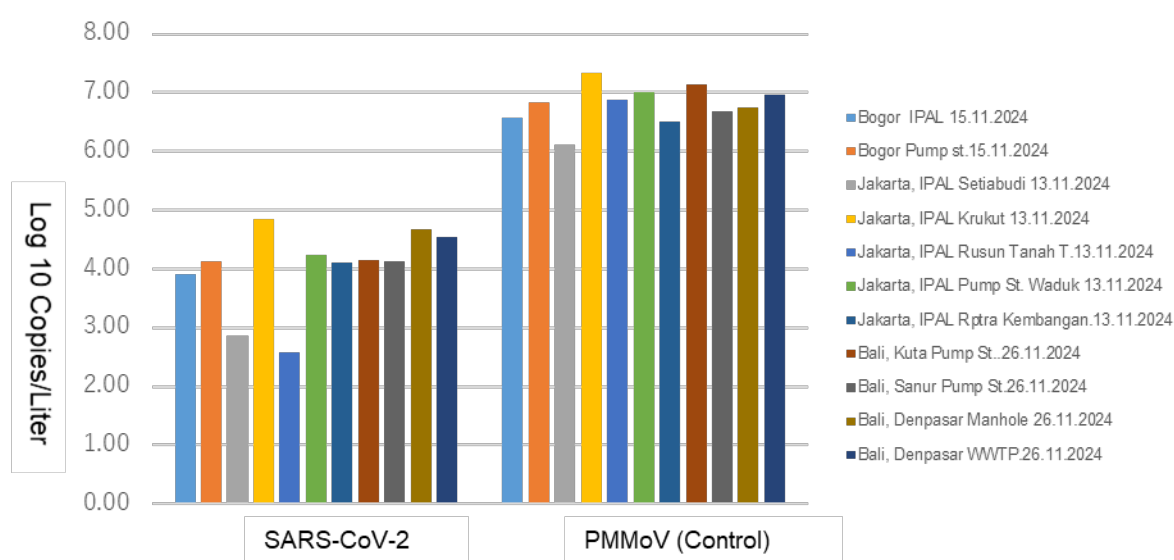


図 6：SARS-CoV-2 と PMMoV の検出

(3) 抗菌薬耐性 (Antimicrobial Resistance: AMR)

1) 抗菌薬感受性試験 (AST)

ボゴール、ジャカルタ、バリの 3 地域において、流入下水サンプル、流出下水サンプル、上流放流河川サンプル、下流放流河川サンプルの 4 地点で抗菌薬感受性試験 (AST) を実施した。Sensititre-Gram-Negative MIC プレート (GN4F) を用いて、合計 25 種類の一般的な抗生物質について、120 の分離株に対して様々な濃度で試験を行った。結果を表 10 に示す。

ボゴールの結果から、大腸菌は 25 種類の抗生物質のうち 16 種類に耐性を示した。その結果、PIP (ピペラシリン)、FAZ (カフタジジム)、AXO (セフトリアキソン)、AMP (アンピシリン) の 4 種類の抗生物質に対して 100%の耐性を示した。全体として、ボゴールから分離された大腸

菌は、ジャカルタおよびバリと比較して高い耐性反応を示した。さらに、IM2（Ticarcillin / Clavulanic acid constant 2）と A/S2（Ampicillin / Sulbactam 2:1 ratio）の 2 種類の抗生物質に対しても中間耐性反応が認められた。

ジャカルタで分離された大腸菌も、25 種類の抗生物質のうち 16 種類に対して耐性反応を示し、抗生物質の種類やサンプリングが行われた場所によって、検査された分離株の耐性レベルは 10～60%と異なっていた。ジャカルタの分離株で観察された最も高い耐性反応は AMP（アンピシリン）に対する 60%であった。

バリで分離された大腸菌は、25 種類の抗生物質のうち 17 種類に対して耐性反応を示した。バリの分離株で観察された最も高い耐性反応は SXT（トリメトプリム／スルファメトキサゾール）に対する 90%で、次いで AMP に対する 80%の耐性株が観察された。

また、ジャカルタの分離株とバリの分離株では、それぞれ 5 種類と 6 種類の抗生物質に対して中間の耐性も観察された。さらに、ボゴールとジャカルタでは、例外はあるものの、下水処理施設が耐性菌の除去に大きな影響を与えていることが観察された。しかし、バリの分離株に対する処理施設の影響はほとんどなかった。これはおそらく、バリ WWTP の処理施設が耐性分離株の除去に機能していないためであろう。一方、ボゴールとジャカルタの放流河川上流では河川の汚染が顕著であり、これは上流からの汚染を示唆している。しかし、バリでは観察されなかった。おそらく、バリは河川というよりも、小規模で短い水路である可能性が高いからであろう。

表 10：ボゴール、ジャカルタおよびバリから分離された大腸菌の一般的な抗生物質に対する反応性

No.	Antibiotic Names	Bogor				Jakarta				Bali			
		Resistant %				Resistant %				Resistant %			
		Influent Wastewater	Effluent Wastewater	River Upstream	River Downstream	Influent Wastewater	Effluent Wastewater	River Upstream	River Downstream	Influent Wastewater	Effluent Wastewater	River Upstream	River Downstream
1	PIP (Piperacillin)	100	40	90	80	30	0	30	40	40	30	10	40
2	AXO (Ceftriaxone)	100	20	100	60	20	0	0	0	0	0	0	0
3	FAZ (Ceftazidime)	100	20	90	80	20	10	0	0	20	10	0	10
4	AMP (Ampicillin)	100	40	90	90	60	0	30	50	70	80	10	70
5	AZT (Aztreonam)	70	20	100	40	20	0	0		10	10	0	0
6	CIP (Ciprofloxacin)	60	30	20	10	30	10	10	0	50	10	10	40
7	TET (Tetracycline)	50	50	20	0	40	30	30	60	80	90	10	40
8	SXT (Trimethoprim / Sulfamethoxazole)	40	10	30	0	10	10	10	10	40	30	0	40
9	AMI (Amikacin)	20	10	0	20	30	0	10	30	60	40	30	20
10	FEP (Cefepime)	20	10	40	60	20	0	0	0	0	0	0	0
11	TAZ (Ceftazidime)	10	20	50	20	20	0	0	0	20	10	0	0
12	MIN (Minocycline)	10	20	10	0	0	0	0	0	10	0	0	10
13	TIM2 (Ticarcillin / Clavulanic acid constant 2)	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	10
14	LEVO (Levofloxacin)	0	20	0	10	30	10	10	0	50	10	0	30
15	NIT (Nitrofurantoin)	0	0	0	0	0	0	0	0	20	10	0	10
16	IMI (Imipenem)	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0
17	MERO (Meropenem)	0	0	0	0	0	0	0	0	20	10	0	0
18	GEN (Gentamicin)	0	10	30	0	20	10	0	0	30	20	0	10
19	TOB (Tobramycin)	0	10	30	20	20	10	0	0	10	10	0	10
20	A/S2 (Ampicillin / Sulbactam 2:1 ratio)	0	0	0	0	10	0	0	10	10	10	0	10

2) 大腸菌耐性集団における ESBL 分離株の確認

市中感染腸内細菌における広域β-ラクタマーゼ（ESBL）の蔓延は、これらの細菌に対する治療選択肢が限られていることから、医師にとって重要な課題である。CTX-M、TEM などの ESBL

産生大腸菌の蔓延に伴い、市中感染で ESBL 産生大腸菌が出現している。ESBL 産生大腸菌の出現は、近年の感染症における最も重要な疫学的変化の一つである。これらの感染症の疫学は複雑で、移動性遺伝要素の拡大とクローン拡散が組み合わさっている。ESBL 産生菌によって引き起こされる感染症は、死亡率、入院期間、コストの増加と関連している。

これらの菌による重篤な感染症に対する不十分な経験的治療は、死亡率の上昇と独立して関連している。そこで本調査では、最も耐性の高い分離株における ESBL 大腸菌の存在とその割合を確認することとした。

対象 3 地域から分離された全菌種について AST を実施した結果、各地域から最も耐性の高い 12 株をピックアップした。ESBL 型を確認するために、ESBL 大腸菌に多く関連する 3 つの耐性遺伝子マーカー（CTX-M、TEM、SHV）を選んだ。CTX-M 型酵素は、腸内細菌科細菌の間で世界的に急速に広まりつつあるクラス A 拡張型 β -ラクタマーゼ（ESBL）の一群で、BlaCTX-M 遺伝子によってコードされている。TEM β -ラクタマーゼは、ESBL 大腸菌におけるアンピシリン耐性の 90%を担っているという点で、最もよく研究されている抗生物質耐性酵素である。SHV β -ラクタマーゼは、ESBL 大腸菌や肺炎桿菌におけるプラスミドを介したアンピシリン耐性の原因でもある。

各地域の耐性分離株 12 株に対して、上述の遺伝子に対する特定のプライマーセットを用いてコロニーPCR を行い、その結果を図 7 に示した。調査期間内では時間的な制約のため、ボゴールのサンプルに対してのみ PCR を実施し、その結果、11 株中 7 株が CTX 耐性遺伝子を保有し、11 株中 2 株が TEM 耐性遺伝子を保有しており、ESBL 株の存在を確認することができた。ボゴールの結果は、下水および河川検体から精製された分離株の 60%以上が危険で致命的な ESBL 大腸菌であることを示した。

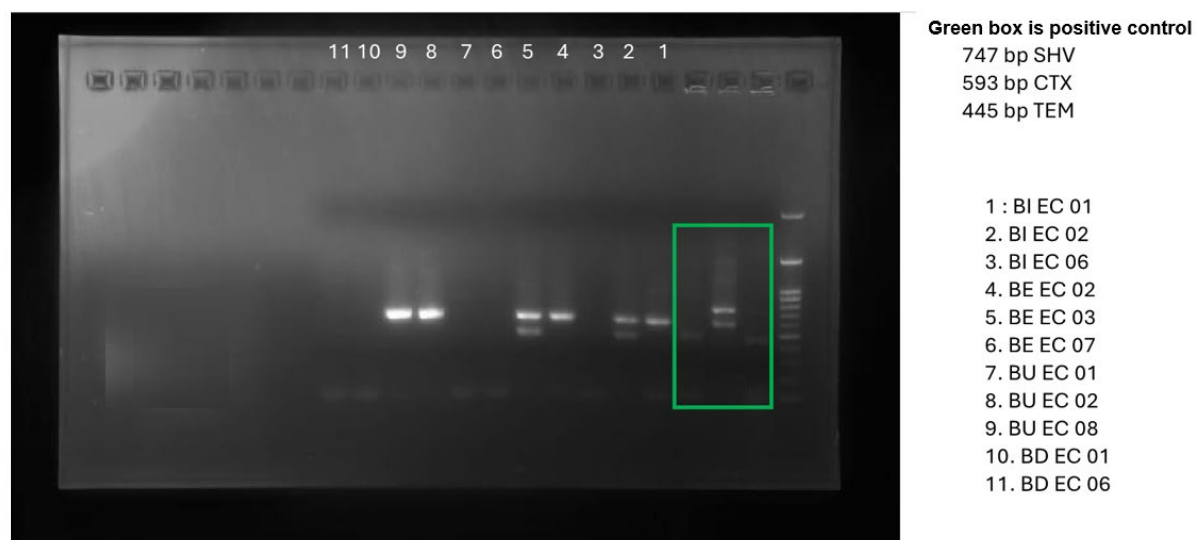


図 7：ボゴールからの分離株のコロニーPCR 結果

4. 調査結果のまとめ

WBE は、地域社会における SARS-CoV-2、AMR、その他いくつかの感染症の存在を追跡・監視し、特に COVID-19 の発生を早期に警告する可能性を秘めた有用なツールである。COVID-19

感染者は、症状がなくても糞便中にウイルスゲノムを排出する可能性があり、ウイルスは下水からも検出される。また、世界的に主要な健康問題や死因として報告されている AMR 細菌も下水中から検出される。

かかる中、本調査においては、2024 年 11 月から 2025 年 1 月にかけて、ボゴール、ジャカルタ、バリの下水施設から合計 256 の未処理下水サンプルを週 2 回採取した。AMR 分析に関しては、各州の 4 地点で毎月 1 回、下水および放流河川のサンプリングを実施した。精製後、各地点から 10 個の大腸菌コロニーを採取し、精製された分離株数は 360 株であった。

SARS-CoV-2 RNA ゲノムの抽出には高効率の COPMAN RNA キットを使用し、逆転写ポリメラーゼ連鎖反応 (RT-PCR) およびリアルタイム定量逆転写 PCR (RT-qPCR) にはタカラバイオ製廃水用 RT-qPCR キットを使用し、調査期間中に 12 検体について分析を行った。その結果、対象地域のすべての下水施設から SARS-CoV-2 の N 遺伝子が検出された。SARS-CoV-2 が 3 地域の異なる下水施設で確認されたことは、コロナウイルスは根絶されただろうという一般的な考えに反して、まだ存在していることが証明され、WBE が引き続き、ウイルスのサーベイランスを追跡する有用なツールであることが証明された。

AMR については、サーモフィッシャー社の Sensititre-Gram-Negative MIC プレート (GN4F) を用いた最小発育阻止濃度 (MIC) 法に基づいて AST を実施した。その結果、大腸菌は 25 種類の抗生物質のうち 16 種類に耐性を示し、抗生物質の種類や採取場所によって耐性率は 10~100% と異なっていた。また、これらの地域では、6~7 種類の抗生物質に対して中間の耐性を示す分離株も見られた。さらに、CTX-M、TEM、SHV の 3 つの ESBL 関連遺伝子の特異的プライマーを用いてコロニーPCRを行い、ESBL 大腸菌の存在を確認した。その結果、ボゴールから分離された 12 株の耐性株のうち 7 株は、少なくとも 1 つの ESBL の関連遺伝子を保有していた。

以上より、SARS-CoV-2 と AMR の初期データから、WBE はインドネシアにおいて下水施設における感染症のサーベイランスを調査するための有用なツールであることが示された。

5. 提言

(1) 下水サーベイランス導入に向けた考察、示唆

インドネシアにおいては、ジャカルタ・ジョグジャカルタ・バリなど都市部では整備された下水処理施設が一部あるものの、また整備は不十分である。そのため、引き続き、円借款等を通じた下水道整備事業によるインフラ整備の必要性は認識した上で、下水サーベイランスは対象とする地域の衛生状況を把握することが可能とし、公衆衛生の向上に資するツールとなりうる。しかしながら、同国においては下水サーベイランス関連技術者・研究者が不足しているため、人材育成が急務となっている。公衆衛生向上のためには医療インフラの整備と公衆衛生施策の両輪が必要であり、特に地域ごとの状況を効率的かつ早急に把握する手法として下水疫学調査は非常に重要である。現在、インドネシアにおいて複数の主体が下水疫学調査による感染症対策を実施していることから、既に下水疫学調査における医療データとして有効性は確認されている。こうした中、今後の下水疫学調査のインドネシア全土への展開について、我が国がイニシアチブをとって戦略的に展開していくためには、①医療データに基づいた対象種の拡大、②薬剤耐性菌などの環

境物質への有効性の確認、の2点から、前掲した複数主体を取りまとめるデファクトスタンダード・ガイドラインなどの設定が重要である。

一方で、オーストラリア政府やゲイツ財団などの複数の国際支援機関も下水サーベイランスを同国で過去に実施、ないしは実施する予定であることから、検出対象ウイルスの種類だけでなく、複数の下水サーベイランスのスタンダードが乱立する恐れがある。そのためにも、地域間連携・関係機関との連携強化による感染症対策プラットフォームの確立が急務である。また、インドネシアでは地理的・社会的に地域間においても拡大する感染症には相違があることから、社会情勢やその他のデータも併せて複合的にデータを分析していくことが必要であり、それらを通じてアジャイル的（仮説検証を繰り返しながら開発を進めていく反復手法）に下水サーベイランス手法を確立していくことが必要である。

さらに、前述したとおり、下水サーベイランスは ASEAN 地域においても有効なソリューションとなり得る可能性がある。ASEAN 地域で中心的な立場にあるインドネシアが主体的に導入を図っていくことで、広域ネットワーク形成にも繋がり、ひいては ASEAN 地域全体の公衆衛生の向上、持続的な開発に資するものとなると考える。今後の下水サーベイランスの導入に際してはこうした広域的観点も重要である。

(2) 今後の事業展開、国際協力支援等に関する提案

本 WBE プロジェクトを通じてインドネシアにおける下水サーベイランスの現状と課題を考察したところ、今後の事業展開、国際協力支援としては、①下水道施設および下水サーベイランスの整備・改善、②下水サーベイランスの技術移転が有用であると考え。まずインドネシアは経済・社会面において未だ様々な制約があり、自己資金と同国内技術のみで下水道整備を実施するのは困難である。本邦の先進的な下水道処理技術を提供することで、下水サーベイランスの持続可能な状況を整備することが可能となる。また、下水道インフラを整備した上で（既整備地域では並行して）、下水サーベイランスの専門家や技術者のトレーニングプログラムを提供し、同国におけるキャパシティデベロップメントを実施することでソフト面でも持続可能な能力を構築することが可能となる。

さらに将来的に同国全土において下水サーベイランスを実装していくにあたっては、重点地域を定め、そこから地域間ネットワークを拡大していくことで感染症対策としての下水サーベイランスがより効果的になる。そのためには、③国レベルにおける下水サーベイランスのプロトコルの構築と同プロトコルを用いた地域展開が必要である。また、地域ネットワークの構築においては、④下水サーベイランスによって収集したデータを用いてデータプラットフォームを構築し、感染リスクをメタデータセットとして生成することで感染の発生リスクが高い地域の特定や地域間連携が可能となる。

具体的な案件としては、本調査「全世界病原体ゲノムサーベイランスのための感染症対策拠点ネットワーク強化にかかる情報収集・確認調査」の後継案件の一部として、上述した①～④のコンポーネントを含む「下水サーベイランスの普及及び社会実装に向けたマスタープラン策定業務」などが提案される。

別添 13：JICA および BRIN 共催セミナー「病原体ゲノムサーベイランスの展望」報告

1. 背景

2025 年 1 月 31 日、本調査「病原体ゲノムサーベイランスのための感染症対策拠点ネットワーク強化に関する情報収集・確認調査」の一環として、JICA および BRIN 共催のオンラインセミナー「病原体ゲノムサーベイランスの展望 (Future Perspectives of Pathogen Genome Surveillance)」が開催された。同セミナーでは、レファレンス検査室、研究機関、公衆衛生機関の間で持続可能なパートナーシップを構築し、病原体ゲノムサーベイランスにおける知見の共有と能力強化を促進することを目的とし、インドネシアにおける下水疫学調査の現状と将来の展望、NGS とバイオインフォマティクス技術の応用、そしてガーナにおける病原体ゲノムサーベイランスの取り組みなどが紹介された。

本項では、セミナーの内容をまとめ、今後の展望について考察する。

2. セミナー概要

- 日時： 2025 年 1 月 31 日（金） 17:00-19:45（日本時間）
- 場所： オンラインおよびインドネシア BRIN 会議室
- 主催： JICA、BRIN
- 言語： 英語（同時通訳なし）
- 参加費： 無料（事前登録制）
- 目的： インドネシア、タイ、ベトナム、ガーナ、ナイジェリアと日本の専門家が一堂に会し、病原体ゲノムサーベイランスの最新動向、課題、将来の展望について議論を深める。
- 参加者： 保健医療従事者、研究者、政策立案者、公衆衛生当局者、開発機関関係者、学術機関および NGO の代表者など合計 268 名
- インドネシア国内からの参加者：
- オンライン参加 84 名（保健省、公衆衛生検査室、BRIN、ACPHEED 事務局、WHO、ガジャマダ大学、マカッサル州立大学、JICA インドネシア事務所等）
- オフライン参加 99 名（保健省、公衆衛生検査室、地域公衆衛生検査室、BRIN、農業省、環境省、IPB 大学、ボゴール市環境局、ボゴール市農業局、ボゴール市保健局、ボゴール県水産・畜産局、ボゴール県環境研究所、ボゴール市公共事業・空間計画局、ガジャマダ大学等）
- その他の国からの参加者：
- オンライン参加 85 名（オーストラリア、オランダ、ガーナ、カナダ、コンゴ

民、シンガポール、タイ、デンマーク、ドイツ、ナイジェリア、バングラデシュ、フランス、ベトナム、日本)

3. 発表内容

発表1：インドネシアにおける環境水疫学研究（BRIN）

世界最大の群島国家であるインドネシアでは、河川や運河のような水路は公衆衛生上重要な役割を果たしているが、複雑な水路網、地域的なインフラストラクチャーの差異などの課題に直面している。そのため、環境水サーベイランスはインドネシアにおいて特に重要な役割を果たす。今回実施した環境水疫学調査では、河川からの環境水サンプルを分析して、AMR 遺伝子を含む病原体の存在を特定する実験を行った。このような環境水疫学調査による調査結果は、公衆衛生戦略と介入策に情報を提供することが可能であり、疾病アウトブレイクの早期警告、疾病の蔓延傾向のサーベイランス、公衆衛生介入の有効性の評価、公衆衛生資源の配分などに活用することができる。

今回行ったボゴール市の河川からの環境水サンプルによる調査では、大腸菌、クレブシエラ菌、サルモネラ菌という3つの重要な細菌種が存在することがわかった。これらの細菌は、一般的に糞便汚染に関連しており、水に接触したヒトと動物の両方に深刻な健康リスクをもたらす可能性がある。また、シーケンサー分析により、両方の細菌集団内に AMR 遺伝子が確認され、感染症治療の困難化や感染拡大のリスクといった潜在的な健康上の懸念が示された。さらに、上流の地点と比較して、下流の地点で汚染レベルが著しく高いことが示されており、都市部の河川は、AMR の温床となり、周辺住民の健康を脅かす重大な危機を引き起こす可能性があるといえる。

本調査の結果が示すように、環境水疫学調査は、AMR 分布をマッピングするのに役立つ。さまざまな河川の上流、中流、下流でサンプルを収集することにより、AMR の包括的な分布パターンを作成でき、これにより AMR がどのように広がり、公衆衛生にどのような影響を与えるかについて重要な示唆を与えることが可能である。

発表2：下水疫学における NGS とバイオインフォマティクスの応用（北海道大学人獣共通感染症国際共同研究所 国際協力・教育部門 山岸潤也教授）

メタゲノム次世代シーケンシング（Metagenomic NGS: mNGS）とグループテストアルゴリズム（Group Testing Algorithm: GTA）の組み合わせは革新的なアプローチであり、サンプルあたりのコストを削減する費用対効果の高いアプローチを実証している。この手法では、高い精度を維持しながら、従来の個々のテストアプローチと比較して最大 70% のコスト削減を実現できる。また、この手法では、従来見落とされてきた病原体を特定できる可能性が示されており、PCR などの従来の診断方法で病原体の検出や疾病原因を特定できなかった場合に特に役立つ。また、その費用対効果の高さから、大規模な疾病サーベイランスや日常的な臨床への実装が可能である。さらに、結果が迅速に得られるため、リアルタイムのサーベイランス機能として活用でき、早期警告システムの開発も可能である。したがって、本手法は、公衆衛生のサーベイランスとアウトブレイク発生予防のための貴重なツールとして位置付けることができる。

発表3：下水疫学におけるゲノムサーベイランス：新たな応用と将来展望（金沢大学 環境リスク制御工学研究室 地球社会基盤学系 本多了教授）

下水サーベイランスは、コミュニティレベルでの病気の蔓延の監視を可能にし、人口全体の公衆衛生の傾向を効率的に追跡することができるアプローチである。下水サーベイランスは、個人レベルでの侵襲的なサンプル採取や大規模な検査体制の構築が不要なため、特に医療資源が限られた環境において高い効率性と代表性を有し、臨床サーベイランスよりも早期に流行を検知できることが期待できる。この早期警告により、公衆衛生当局は資源を迅速に動員し、効果的な予防措置を講じることで病気の蔓延を早期に抑制できる可能性がある。また、下水サーベイランスは、コミュニティレベルで薬剤耐性を含む複数の病原体や変異体を同時に追跡し、ホットスポットを特定するのにも効果的であることから、公衆衛生当局が疾病の地理的分布を理解し、より効率的な資源配分と対応戦略を策定する際に役立つ。インドネシアでは次なるパンデミックに備え、AIによる下水サーベイランスプラットフォームの開発を行っていく予定である。

発表4：ガーナにおける病原体ゲノムサーベイランスの課題と解決策（ガーナ保健省 ベンジャミン・ニャクツェ／アレックス・モファット）

ガーナの国家ゲノムサーベイランス戦略では、公衆衛生上の重要な病原体の遺伝的変異を監視および分析するためのフレームワークを確立し、最新のシーケンシング技術と従来のサーベイランス方法を統合した、病原体ゲノムサーベイランスへの包括的なアプローチについて概説している。この国家戦略は、ガーナが病原体ゲノムサーベイランス能力を強化し、グローバルな健康安全保障に貢献するというコミットメントにおける重要なマイルストーンである。病原体ゲノムデータの体系的な収集、分析、共有を通じて、ガーナは新たな健康上の脅威を効果的に検出、監視し、それに対応する能力を高めることを目指している。また、この戦略文書は、医療システム、研究機関、公衆衛生機関関係者を対象とした、全国的な病原体ゲノムサーベイランス活動のための明確なガイドラインとプロトコルとしての役割も果たす。

4. ディスカッション「病原体ゲノムサーベイランス戦略の開発と実施における課題と機会」の内容

アンケート内容

病原体ゲノムサーベイランス戦略の開発と実施には、様々な課題が存在すると推察される。このため、本セミナーでは、オンラインセッション中に、以下を目的として参加者にアンケートを実施した。

1. 参加者が日々の業務の中で直面している具体的な課題を共有し、解決策を模索することで、より実践的な議論へと発展させる。
2. より長期的な視点から議論を深め、また、新たな技術や制度への期待や課題を明確にすることで、今後可能性のある支援の方向性を示唆する。

アンケートの内容は以下の通りである。なお、以下のアンケート項目は、本調査における文献調査および関係者へのインタビューを通じて得られた知見に基づき作成された。インタビューを

通じて現場の実務者から得られた情報を反映させることで、より実態に即したアンケート項目を設定しており、オンラインセミナーにおいて各国の状況を共有し、さらに議論を深めることを目指した。アンケートの内容については、以下の表 11 のとおりである。

アンケート結果

アンケートの結果からは（図 8）、現状の病原体ゲノムサーベイランスシステムにおいて、データ連携システムの不足（17/22, 77%）とデータ収集システムの未構築（14/22, 64%）が大きな課題として認識されていることが明らかになった。さらに、専門的な知識を持つ人材の不足（11/22, 50%）も課題として挙げられており、バイオインフォマティクスの不足という本調査のインタビュー調査結果と一致している。

これらの結果は、ゲノムサーベイランスシステムの構築・運用において、データ共有と人材育成が重要な課題であることを示唆している。一方で、ゲノムシーケンシングやデータ解析のための機器・ソフトウェアについては、本調査の対象国においては基本的な機材は整備済みであり、一定の基盤が整いつつあることが確認できている。しかしながら、これらの機器・ソフトウェアを運用できる人材が不足している現状では、ゲノムサーベイランスシステムの真価を発揮することは難しい。したがって、ゲノムサーベイランス体制の強化には、データ共有基盤の整備に加え、専門知識を有する人材の育成が不可欠であるといえる。

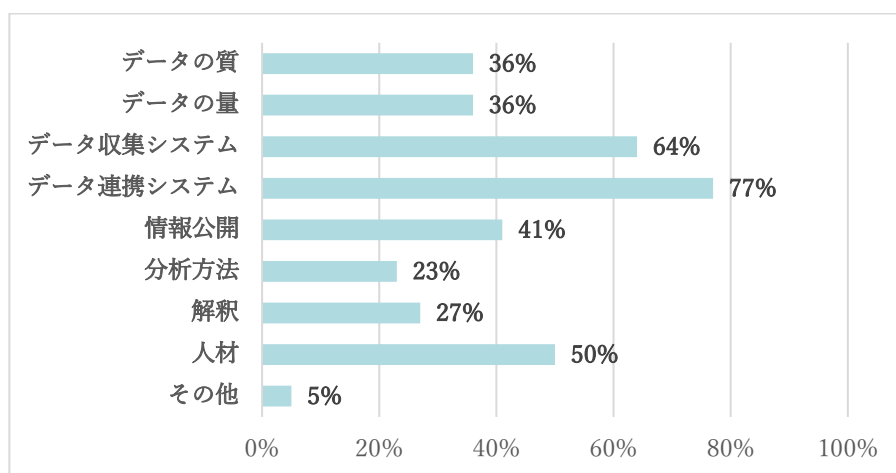


図 8：病原体ゲノムサーベイランスにおける主要課題についてのアンケート結果

さらに、もうひとつの質問結果を分析すると、興味深い傾向が見えてくる。まず、WGS のアクセス性と価格の向上に期待する声が非常に高い点は注目に値する（図 9）。回答者数が 6 名のみと少なかったものの、全ての回答者がこの点に将来像を見出していることは、WGS 技術の普及に対する強い期待の表れといえる。また、リアルタイム監視やメタゲノム解析への期待が高いことも、WGS 技術の活用範囲の広がりに対する期待感を示唆している。

しかし、その一方で、前述の通り、データ連携システムやデータ収集システムの不足、専門知識を有する人材の不足といった課題も無視できない深刻さを示している。これらの課題は、WGS

技術の導入・運用を妨げる可能性があり、早急な対策が必要となる。特に、バイオインフォマティクス不足は深刻であり、WGS 技術の活用を促進するためには、人材育成が最優先課題といえる。

これらのアンケート結果を総合的に見ると、病原体ゲノムサーベイランス体制の強化には、技術の導入だけでなく、運用体制の整備が不可欠であることがわかる。今後、WGS 技術を効果的に活用し、公衆衛生の向上に貢献するためには、データ共有基盤の整備、人材育成、そして国際協力といった多角的な取り組みが必要だと考えられる。

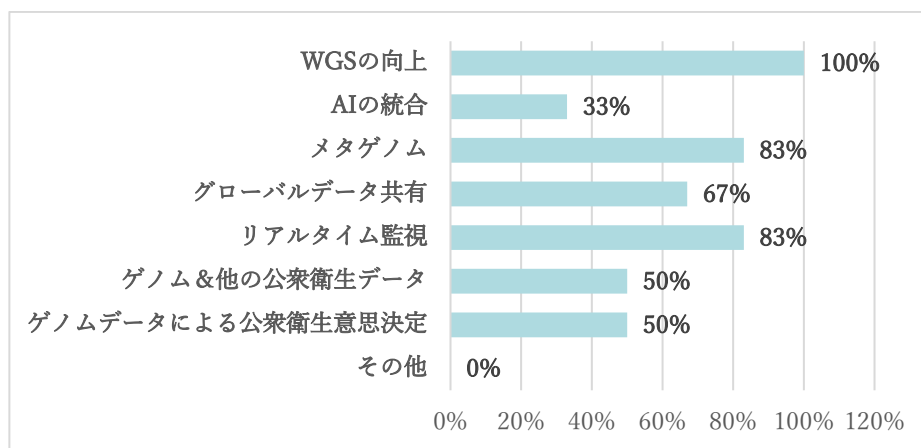


図 9：病原体ゲノムサーベイランスにおける将来像についてのアンケート結果

表 11：アンケートの内容

質問／回答（複数選択／自由記述）
1. あなたの国における現状の病原体ゲノムサーベイランスシステムにおいて、最も大きな課題となっているのはどのような点だと考えるか？ What is the primary challenge you see in the existing pathogen genome surveillance system in your country? 複数選択で回答 ☐ データの質が不均一で、解析に影響が出る Data: Data quality is inconsistent, affecting analysis ☐ データ量が不足しており、十分な分析ができない Data: Insufficient data quantity prevents sufficient analysis ☐ データ収集のシステムがうまく構築されていない Data: Data collection systems are not well-established ☐ 異なる機関間のデータ連携が不足している Data sharing: Lack of data collaboration between different organizations ☐ 情報公開の範囲や方法に関する合意形成が難しい Data sharing: Consensus on the scope and methods of information disclosure is difficult to reach ☐ 最新の解析手法が導入されていない Analysis: Latest analytical methods have not been introduced ☐ 解析結果の解釈が困難

Analysis: Interpretation of analysis results is difficult ☐ 専門知識を持つ人材が不足している Human Resource: Shortage of personnel with specialized knowledge ☐ その他 Others
2. 上記でその他と回答した場合の詳細（200 字以内で自由記述） If you answer others above, please specify.
3. これらの課題を克服するためにはどうすればよい？（200 字以内で自由記述） How can we best overcome these obstacles?
4. 今後、あなたの国において、病原体ゲノムサーベイランスはどのような方向へ進化していくと考えるか？ How do you envision the future of pathogen genome surveillance in your country? 複数選択で回答 ☐ 全ゲノムシーケンシングのアクセス性の向上と低価格化 Increased accessibility and affordability of whole-genome sequencing ☐ 人工知能（AI）の活用 Integration of AI and machine learning ☐ メタゲノム解析の普及 Metagenomic sequencing for broader pathogen detection ☐ 国際的なデータ共有プラットフォームや基準の整備 Strengthening of global data sharing platforms and standards ☐ リアルタイム監視と早期警告システム Real-time surveillance and early warning systems ☐ 病原体ゲノムサーベイランスと他の公衆衛生データソースの統合 Integration of genomic surveillance with other public health data sources ☐ 病原体ゲノムサーベイランスデータの公衆衛生上の意思決定への反映 Integration of genomic surveillance data into public health decision-making ☐ その他 Others
5. 上記でその他と回答した場合の詳細（200 字以内で自由記述） If you answer others above, please specify.
6. このビジョンを達成するために不可欠であるとする技術的進歩や制度の変化は何か？（200 字以内で自由記述） What technological advancements and institutional changes do you believe are essential to achieve this vision?
7. これらの変化を実現させるために必要な技術的支援は何か？（200 字以内で自由記述） What technical assistances are necessary to bring about these changes?
8. その他コメント（200 字以内で自由記述） Other comments if any.

