

全世界

全世界
気象業務・インフラに関する
情報収集・確認調査
ファイナルレポート

2022 年 1 月

独立行政法人 国際協力機構（JICA）

一般財団法人 気象業務支援センター

一般財団法人 日本気象協会

株式会社 オリエンタルコンサルタンツグローバル

環境
JR
22-007

目次

略語集	1
第 I 章 調査概要	8
I.1 調査の目的と背景	10
I.1.1 調査の背景と経緯	10
I.1.2 調査の目的	10
I.1.3 調査対象国	11
I.1.4 関係機関	11
I.1.5 調査期間	12
I.2 調査方法	12
I.2.1 調査の実施方法	12
I.2.2 調査団構成	19
I.2.3 工程表	21
第 II 章 気象分野協力全般に関する調査結果	22
II.1 気象分野における国際動向	24
II.1.1 世界的なリスク	24
II.1.2 国家気象水文機関の役割	25
II.1.3 WMO 戦略計画	26
II.1.4 持続可能な開発目標（SDGs）	27
II.1.5 仙台防災枠組	30
II.1.6 インパクトベースの気象予報	31
II.1.7 主要先進国の国家気象機関（NMSs）による途上国支援	31
II.1.8 WMO が実施しているプロジェクト	37
II.1.9 世界銀行が実施しているプロジェクト	40
II.2 WMO 地区毎における動向	41
II.2.1 WMO 第 II 地区（アジア）	41
II.2.2 WMO 第 V 地区（南西太平洋）	41
II.3 日本国内の気象協力に係るリソース	42
II.3.1 気象庁へのヒアリング	42
II.3.2 大学へのヒアリング	45
II.3.3 日本気象学会における議論	46
II.3.4 JICA におけるプロジェクト実績	47
II.3.5 JICA 無償資金協力事業等による気象レーダーの整備	50

第 III 章	調査国における現状・課題に関する調査	52
III.1	調査方法	54
III.1.1	国別調査の方法	54
III.2	各国の分野別の状況	58
III.2.1	気象業務・組織・他機関との協力	58
III.2.1.1	災害被害およびリスクの概況	58
III.2.1.2	気象業務に関する法律・規則体系および中長期計画	71
III.2.1.3	国家気象機関の組織・予算・人員等	88
III.2.1.4	人材育成	105
III.2.1.5	国家気象機関が実施するその他の業務	112
III.2.1.6	ドナーによる協力状況	116
III.2.2	気象観測業務およびインフラの現状	121
III.2.2.1	地上気象観測	121
III.2.2.2	高層気象観測	126
III.2.2.3	気象測器の校正	129
III.2.2.4	気象統計に関する業務・インフラ	132
III.2.2.5	レーダー気象観測	140
III.2.2.6	気象衛星データ利活用	168
III.2.2.7	関連防災機関との連携	172
III.2.2.8	国際気象情報通信	192
III.2.2.9	IT システム	206
III.2.2.10	レーダー	212
III.2.2.11	予報	222
III.2.2.12	情報発信	237
III.2.2.13	ICT	242
III.2.3	現地調査	245
III.2.3.1	国別調査の方法	245
III.2.3.2	バングラデシュ	247
III.2.3.3	インドネシア	249
III.2.3.4	スリランカ	250
III.2.3.5	モンゴル	251
第 IV 章	JICA の気象分野における協力量針（案）の分析	254
IV.1	気象業務に関連する法制度の整備・改善及び気象業務の中長期計画	256
IV.1.1	法制度の整備・改善及び気象業務の中長期計画の必要性	256
IV.1.2	協力のあり方	256
IV.2	地上気象観測及び高層気象観測	257
IV.2.1	地上気象観測の近代化・トレーサビリティの必要性	257

IV.2.2	有人観測所の近代化	258
IV.2.3	AWS の適正整備及び活用	259
IV.2.4	水銀を使用した観測機器の廃止	259
IV.2.5	高層気象観測の強化	260
IV.3	気象レーダーによる QPE 及び周辺国とのレーダーデータ交換	260
IV.3.1	気象レーダーによる QPE 支援の必要性	260
IV.3.2	気象レーダーによる QPE と協力のあり方	261
IV.3.3	周辺国とのレーダーデータ交換と協力のあり方	262
IV.4	二重偏波気象レーダーの導入とそれによる QPE	263
IV.4.1	二重偏波気象レーダーの導入とそれによる QPE の必要性	263
IV.4.2	二重偏波気象レーダーの導入とそれによる QPE に対する協力のあり方	263
IV.5	気象レーダー施設	264
IV.5.1	施設の必要条件	264
IV.5.2	遠隔化による制御監視および維持管理	265
IV.5.3	表示装置の構成	266
IV.6	GSMaP を含む気象衛星データの高度利用	267
IV.6.1	気象衛星データの高度利用の必要性	267
IV.6.2	協力のあり方	268
IV.7	国際気象情報通信の改善	269
IV.7.1	国際気象情報通信高度化の必要性	269
IV.7.2	協力のあり方	273
IV.7.2.1	国際通信システムと国内通信システムの一体化	273
IV.7.2.2	途上国の実情に即したシステム整備と継続的な支援	273
IV.7.2.3	WIS/WIGOS、通信と観測の親和性重視	274
IV.7.2.4	WIS への対応	275
IV.8	海外製の予報解析や予報作業支援システムを使用した支援	275
IV.8.1	海外製の予報解析や予報作業支援システムを使用した支援の必要性	275
IV.8.2	協力のあり方	276
IV.9	国家気象機関の ICT 化、DX 化	276
IV.9.1	IT インフラ協力量針の概略	276
IV.9.2	技術協力プロジェクトにおける IT インフラの課題と方策	278
IV.9.3	技術協力プロジェクトにおける IT インフラ分野の実施方針	279
IV.10	気象情報の行政機関や一般への提供・公開	280
IV.10.1	気象情報の行政機関や一般への提供・公開の必要性	280

IV.10.2	協力のあり方	281
IV.11	過去の気象観測データのデジタル化・アーカイブ・活用	282
IV.11.1	過去の気象観測データのデジタル化・アーカイブ・活用の必要性	282
IV.11.2	協力のあり方	282
IV.12	気象分野における人材育成	283
IV.12.1	気象分野における人材育成の必要性	283
IV.12.2	協力のあり方	283
IV.13	気象分野における協力方針についての提言	283
第 V 章	国別支援策（案）の分析	288
V.1	気象業務の発展度	290
V.1.1	各国の気象業務の発展度評価	290
V.1.2	わが国の気象業務の発展度の変遷	290
V.1.3	各国の気象業務の発展度	291
V.2	国別の業務発展度と支援策（案）	293
V.2.1	バングラデシュ（BMD）	293
V.2.2	ブータン（NCHM）	295
V.2.3	カンボジア（DOM）	296
V.2.4	フィジー（FMS）	298
V.2.5	インドネシア（BMKG）	300
V.2.6	ラオス（DMH）	302
V.2.7	モンゴル（NAMEM）	303
V.2.8	ミャンマー（DMH）	305
V.2.9	ネパール（DHM）	307
V.2.10	パキスタン（PMD）	308
V.2.11	フィリピン（PAGASA）	310
V.2.12	スリランカ（DOM）	312
V.2.13	ベトナム（VNMHA）	313
V.3	今後の JICA 協力の方向性	315
V.3.1	発展度に応じた重点課題と JICA の中長期的な協力のあり方	316
V.3.2	JICA が検討すべき当面の重点課題	316
第 VI 章	二重偏波気象レーダーの導入に向けた技術検討	322

略語集

略語	正式名称	和訳
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
ADPC	Asian Disaster Preparedness Center	アジア災害防止センター
AFORs	Area Meteorological Information	空域予報
AFTN	Aeronautical Fixed Telecommunication Network	国際航空固定通信網
AIFS	Australian Integrated Forecast System	オーストラリア統合予報システム
AMC	Aviation Meteorological Center (Mongolia)	航空気象センター（モンゴル）
ARG	Automatic Rain gauge	自動雨量観測機器
AWLS	Automatic Water Level Station	自動水位観測機器
AWS	Automatic Weather Station	自動気象観測機器
BAPPENAS	Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Indonesia)	国家開発企画庁（インドネシア）
BBS	Bhutan Broadcasting Service	ブータン国営放送局
BDRCS	Bangladesh Red Crescent Society	バングラデシュ赤新月社
BMD	Bangladesh Meteorological Department	バングラデシュ気象局
BMKG	Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (Indonesia)	インドネシア気象・気候・地球物理庁
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit (Germany)	連邦環境・自然保護・原子力安全省（ドイツ）
BUFR	Binary Universal Form for the Representation of meteorological data (WMO)	二進形式汎用気象通報式（WMO）
BWDB	Bangladesh Water Development Board	バングラデシュ水資源開発庁
CAP	Common Alerting Protocol	共通警報プロトコル（災害情報を交換するための XML ベースのデータ形式）
CDRRMC	National Disaster Risk Reduction and Management Council (Philippines)	市の災害リスク低減管理評議会（フィリピン）
CEWS	Climate Early Warning System (Indonesia)	気候早期警報システム（インドネシア）
CFGORRP	Community Based Flood and Glacial Lake Outburst Risk Reduction Project (Nepal)	コミュニティ規模洪水・氷河湖決壊リスク低減プロジェクト（ネパール）
CIF	Climate Investment Funds	気候投資ファンド
CIMS	Climate Information Management System (Bangladesh)	気候データ管理システム（バングラデシュ）
CLIMAT	Report of monthly values from a land station (WMO)	地上月気候値気象通報式（WMO）
Climsoft		ジンバブエ・英国が開発した気候データ管理システム
CLISYS	Climate Data Management System (France)	気候データ管理システム（フランス）
CNDRC	Central Natural Disaster Relief Committee (Nepal)	中央自然災害軽減委員会（ネパール）
COSMO	Consortium for Small-scale Modelling (Germany)	地域数値予報モデルコンソーシアム（ドイツ）
CPP	Cyclone Preparedness Programme (Bangladesh)	サイクロン防災プログラム（バングラ

		デシュ)
CPT	Climate Predictability Tool	気候予測ツール (Windows)
CREWS	Climate Risk and Early Warning Systems	気候リスク早期警戒システム
CSI	Enhancing Climate Services for Infrastructure Investments	インフラストラクチャ投資のための気候サービスの強化
DDM	Department of Disaster Management (Bangladesh)	防災局 (バングラデシュ)
DDM	Department of Disaster Management (Bhutan)	防災局 (ブータン)
DDRC	District Disaster Relief Committee	地区自然災害軽減委員会 (ネパール)
DFID	Department for International Development (UK)	英国国際開発庁
DGM	Department of Geology and Mines (Bhutan)	地質鉱山局 (ブータン)
DGWR	Directorate General of Water Resources (Indonesia)	水資源総局 (インドネシア)
DHM	Department of Hydrology and Meteorology (Nepal)	水文・気象局 (ネパール)
DHRW	Department of Hydrology and River Works (Cambodia)	MOWRAM 水文河川工事部 (カンボジア)
DMC	Disaster Management Committee (Bangladesh)	災害管理委員会 (バングラデシュ)
DMC	Disaster Management Centre (Sri Lanka)	災害管理センター (スリランカ)
DMH	Department of Meteorology and Hydrology (Laos)	気象・水文局 (ラオス)
DMH	Department of Meteorology and Hydrology (Myanmar)	気象・水文局 (ミャンマー)
DMIC	Disaster Management Information Center (Bangladesh)	災害管理情報センター (バングラデシュ)
DOM	Department of Meteorology (Cambodia)	気象局 (カンボジア)
DOM	Department of Meteorology (Sri Lanka)	気象局 (スリランカ)
DRRM	Disaster Risk Reduction and Management (Philippines)	災害リスク低減管理 (フィリピン)
DRRMC	Disaster Risk Reduction and Management Council (Philippines)	災害リスク削減管理評議会 (フィリピン)
DX	Digital Transformation	デジタル改革
ECCC	Environment and Climate Change Canada	カナダ環境気候変動省
ECMWF	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts	ヨーロッパ中期予報センター
EEC	Enterprise Electronics Corporation (USA)	米国の気象レーダーシステム会社
EM-DAT	Emergency Events Database	国際的な全世界災害統計データベース
ENANDES	Enhancing Adaptive Capacity of Andean Communities through Climate Services	気候サービスを通じたアンデスコミュニティの適応能力強化プロジェクト
EOC	Emergency Operation Centre (Sri Lanka)	災害管理センター内緊急対応センター (スリランカ)
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	国連食糧農業機関
FFGS	Flash Flood Guidance System	鉄砲水ガイダンスシステム
FFWC	Flood Forecasting and Warning Centre (Bangladesh)	水資源庁洪水予警報センター (バングラデシュ)

FMS	Fiji Meteorological Service	フィジー気象局
FTP	File Transfer Protocol	ファイル転送プロトコル
FY-2	FengYun-2 (China)	風雲 2 号 (中国の静止気象衛星)
GCF	Green Climate Fund	緑の気候基金
GCOS	Global Climate Observation System	全球気候観測システム
GDPFS	Global Data-processing and Forecasting System (WMO)	全球データ処理・予報システム (WMO)
GFCS	Global Framework for Climate Services	全球気候サービス枠組み
GFS	Global Forecast System (USA)	全球予報システム (NCEP)
GISC	Global Information System Centre (WMO)	全球情報システムセンター (WMO)
GLOF	Glacial Lake Outburst Flood	氷河湖決壊洪水
GN	Grama Niladhari (Sri Lanka)	行政村 (スリランカ)
GOES	Geostationary Operational Environmental Satellite	米国の静止気象衛星
GrADS	Grid Analysis and Display System	気象データ等の図化ソフト
GRIB	General regularly distributed information in binary form (WMO)	二進形式格子点資料気象通報式 (WMO)
GSM	Global Spectral Model (JMA)	全球スペクトルモデル (気象庁)
GTS	Global Telecommunication System (WMO)	全球通信システム (WMO)
GUAN	GCOS Upper-Air Network	GCOS 高層観測ネットワーク
HGS	Hydrogen Generation System	水素発生装置
HRIT	High-Rate Information Transmission	MTSAT の高速情報伝送
IBF	Impact-Based Forecasting	影響ベース予報
ICAO	International Civil Aviation Organization	国際民間航空機関
ICIMOD	International Centre for Integrated Mountain Development	統合山岳開発国際センター
ICL	International Consortium on Landslides	国際斜面災害研究機構
ICT	Information and Communication Technology	情報通信技術
ID	Irrigation Department (Sri Lanka)	灌漑局 (スリランカ)
IKI	International Climate Initiative (Germany)	国際気候イニシアティブ (ドイツ)
IMG	Institute of Meteorology and Geophysics (Pakistan)	気象・地球物理研究所 (パキスタン)
IsDB	Islamic Development Bank (Pakistan)	イスラム開発銀行 (パキスタン)
ITB	Institut Teknologi Bandung (Indonesia)	バンドン工科大学 (インドネシア)
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
JMA	Japan Meteorological Agency	気象庁 (日本)
JMBSC	Japan Meteorological Business Support Center	一般財団法人気象業務支援センター
JSPS	Japan Society for Promotion for Science	独立行政法人日本学術振興会
JST	Japan Science and Technology Agency	国立研究開発法人科学技術振興機構
JWA	Japan Weather Association	一般財団法人日本気象協会
KMA	Korea Meteorological Administration	韓国気象庁
KOICA	Korea International Cooperation Agency	韓国国際協力団
LAPAN	Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (Indonesia)	国立航空宇宙研究所 (インドネシア)
LDC	Least Developed Country	後発開発途上国
LGU	Local Government Unit (Philippines)	地方政府 (フィリピン)

METEOSAT		欧州気象衛星開発機構 (EUMETSAT) の静止気象衛星
MEWS	Meteorological Early Warning System (Indonesia)	気象早期警報システム (インドネシア)
MFI	Meteo France International	フランスの気象会社
MHEWS	Multi-Hazard Early Warning System	マルチハザード早期警報システム
MICAPS	Meteorological Information, Comprehensive Analysis and Processing System (China)	気象情報総合解析処理システム (中国 が開発した予報支援システム)
MoHA	Ministry of Home Affairs (Nepal)	自治省 (ネパール)
MONRE	Ministry of Natural Resources and Environment (Viet Nam)	天然資源環境省 (ベトナム)
MOWRAM	Ministry of Water Resources and Meteorology (Cambodia)	水資源気象省 (カンボジア)
MRC	Mekong River Commission	メコン河委員会
MSS	Message Switching System (GTS)	メッセージ交換システム (GTS)
NAMEM	National Agency for Meteorology and Environmental Monitoring (Mongolia)	国立気象・環境監視局 (モンゴル)
NBRO	National Building Research Organization (Sri Lanka)	国家建築研究所 (スリランカ)
NCDM	National Committee for Disaster Management (Cambodia)	全国災害管理委員会 (カンボジア)
NCHM	National Center for Hydrology and Meteorology (Bhutan)	国立水文・気象センター (ブータン)
NCHMF	National Center for Hydro- Meteorological Forecasting (Viet Nam)	国家水文気象予報センター (ベトナム)
NCR	National Capital Region (Philippines)	首都圏地域 (フィリピン)
NDF	Nordic Development Fund	北欧開発基金
NDMP	National Disaster Management Plan	国家災害管理計画
NDRRMC	National Disaster Risk Reduction and Management Council (Philippines)	国家災害リスク低減管理評議会 (フィ リピン)
NEMA	National Emergency Management Agency (Mongolia)	国家非常事態庁 (モンゴル)
NEOC	National Emergency Operation Center (Bhutan)	国家緊急対応センター (ブータン)
NEOP	National Emergency Operational Plan (Sri Lanka)	国家緊急対応計画 (スリランカ)
NGO	Non-government Organization	非政府組織
NHM	Non-Hydrostatic Model (JMA)	非静力学モデル (気象庁)
NHMS	National Hydro Meteorological Service (Viet Nam)	国家水文気象局 (ベトナム VNMHA の前身)
NMHS	National Meteorological and Hydrological Service	国家気象水文機関
NMS	National Meteorological Service	国家気象機関
NWFC	National Weather Forecasting Centre (Pakistan)	国立気象予報センター (パキスタン)
NWFWC	National Weather and Flood Warning Center (Bhutan)	国立気象・洪水警報センター (ブータ ン)
NWP	Numerical Weather Prediction	数値気象予報
PAGASA	Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration	フィリピン大気・地球物理・天文局
PDM	Project Design Matrix	プロジェクトデザインマトリックス

PMD	Pakistan Meteorological Department	パキスタン気象局
PMP	PAGASA Modernization Program (Philippines)	PAGASA 近代化プログラム (フィリピン)
PNGCDP	Papua New Guinea Capacity Development Program	パプアニューギニア能力構築計画
PrAda	Project: Adaptation of agricultural value chains to climate change	農業バリューチェーンの気候変動への適応プロジェクト
PUPR	Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Indonesia)	公共事業・国民住宅省 (インドネシア)
QPE	Quantitative Precipitation Estimation	定量的降水量測定
QPF	Quantitative Precipitation Forecast	定量的降水量予測
R/D	Record of Discussion	討議議事録
RCSC	Royal Civil Service Commission (Bhutan)	王立公務員委員会 (ブータン)
RDRC	Regional Disaster Relief Committee (Nepal)	地域自然災害委員会 (ネパール)
RGC	Royal Government of Cambodia (Cambodia)	カンボジア王国政府 (カンボジア)
RHMC	Regional Hydro-Meteorological Centre (Viet Nam)	地域水文気象センター (ベトナム)
RIC	Regional Instrument Center (WMO)	地区測器センター (WMO)
RIMES	Regional Integrated Multi-Hazard Early Warning System for Africa and Asia	アフリカ・アジア地域統合マルチハザード早期警報システム
RIPB	Rencana Induk Penanggulangan Bencana (Indonesia)	防災マスタープラン (インドネシア)
ROFOR	Route Forecast	航空路予報
RPJMN	Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (Indonesia)	国家中期開発計画 (インドネシア)
RSMC	Regional Specialized Meteorological Centre (WMO)	地域特別気象中枢 (WMO)
RSTA	Road Safety and Transport Authority (Bhutan)	道路安全運輸庁 (ブータン)
RTH	Regional Telecommunication Hub (WMO/GTS)	地域通信中枢 (WMO/GTS)
RTSP	Regional Tsunami Service Provider (Sri Lanka)	地域津波情報局 (スリランカ)
RWS	Rainfall Warning System (Philippines)	降雨警報システム (フィリピン)
SATAID	Satellite Animation and Interactive Diagnosis	気象庁開発の気象解析ツール
SATREPS	Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development	地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
SISSA	Drought information system in southern South America	南部南アフリカの干ばつ情報システム
SLCDMP	Sri Lanka Comprehensive Disaster Management Programme	スリランカ国家総合災害管理プログラム
SmartMet	Weather Information and Forecast Production System (FMI)	フィンランド気象局が開発した予報作成ツール
SMS	Short Messaging Service	携帯電話の短文メッセージ
SNS	Social Networking Service	ソーシャルメディア (社会的ネットワークを構築するサービス)
SOP	Standard Operating Procedure	標準業務手順／規則
SWFDDP	Severe Weather Forecasting and Disaster	荒天予報災害リスク低減実証プロジェ

	Risk Reduction Demonstration Project (WMO)	クト (WMO)
SWFDP	Severe Weather Forecasting Demonstration Project (WMO)	荒天予報実証プロジェクト (WMO)
SWFP	Severe Weather Forecasting Programme (WMO)	荒天予報プログラム (WMO)
SYNOP	Report of surface observation from a fixed land station (WMO)	地上実況気象通報式 (WMO)
TAC	Traditional Alphanumeric Codes	伝統的文字通報式
TCC	Tokyo Climate Center (JMA)	気象庁異常気象情報センター
UKMO	UK Met Office	英国気象局
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画
UNESCAP	United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific	国連アジア太平洋経済社会委員会
VCP	Voluntary Cooperation Programme (WMO)	篤志協力計画 (WMO)
VNMHA	Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration	ベトナム気象・水文局
VPN	Virtual Private Network	仮想専用線
W/P	Work Plan	作業計画
WAN	Wide Area Network	広域通信網
WB	World Bank	世界銀行
WEF	World Economic Forum	世界経済フォーラム
WFC	Weather Forecasting Center (Bhutan)	気象予報センター (ブータン)
WFP	World Food Programme (United Nations)	国連世界食糧計画
WIGOS	WMO Integrated Global Observing System	WMO 統合全球観測システム
WIS	WMO Information System	WMO 情報システム
WMO	World Meteorological Organization	世界気象機関
WRF	Weather Research and Forecasting model	米国が開発した領域モデル

第I章 調査概要

I.1 調査の目的と背景

I.1.1 調査の背景と経緯

地球上の広範囲にわたり影響を及ぼす気象現象と、それによって引き起こされる豪雨や洪水、暴風、高潮などの災害、そして近年深刻さを増す気候変動の対策を進める上で、世界各国において気象観測や予警報、情報発信などを担う国家気象機関の重要性は一層増大している。各国の国家気象機関は、国連の世界気象機関（World Meteorological Organization（WMO））によって定められた統一基準に則り、WMO の企画、調整、指導の下で気象業務の実施と充実を継続的に図ることが求められている。

しかしながら、開発途上国においては気象観測網の整備・維持管理が十分に行われておらず、観測データの収集、予警報作成・情報提供といった一連の業務を適切に実施するための体制や能力も十分に有していない。そのため、本邦気象庁（気象庁）は WMO 等の国際機関の活動に参加するとともに開発途上国への技術支援等を積極的に行い、世界各国における気象業務の充実や改善に取り組んできた。また、独立行政法人国際協力機構（JICA）もこれまで 30 年以上にわたって気象庁や本邦メーカー等が培ってきた技術と知見を活かし、無償・有償資金協力による気象レーダーや地上気象観測機器などの気象観測機器の整備、また技術協力による国家気象機関の気象観測、予警報作成、情報発信等に係る一連の業務能力向上を通じて、気象観測網の強化、予報精度の向上、情報発信内容の改善等に貢献してきた。JICA は、2015 年の第 3 回国連防災世界会議で採択された「仙台防災枠組 2015-2030」の優先行動である「事前防災投資の促進」を最優先課題とし、それを実現かつ持続するために不可欠な国家気象機関の能力強化に協力する方針を打ち出しており、同方針下において国家気象機関の総合的な能力強化は引き続き重要な協力の位置付けられている。これら基本的な気象業務能力向上に係る協力は、各国の現状に合わせたニーズが引き続き存在する一方、近年では自動気象観測機器（AWS）や二重偏波気象レーダーといった新たな観測機器、気象解析や予警報作成における新たな予報解析システム、及びそれらを支援する情報通信技術の開発や導入が進んでおり、国家気象機関はこれらの最新システムや技術を効果的に業務に取り入れながら従来の気象業務の改善に取り組んでいる。しかしながら、それに対応する中長期的かつ具体的な戦略や計画を有している国は少ない。その結果、ドナーの支援によって導入された観測機器や予報解析システムを十分に活用できていない、導入される機器に統一性がないため維持管理に支障をきたす、解析システムによる計算結果の質が十分に担保されない、といった新たな課題が生じている。これらの課題を解決するためには、現在途上国の国家気象機関が置かれている現状や新たな技術の導入・活用の可能性を明らかにし、解決すべき課題を俯瞰的に分析し、中長期的な視点に立った支援の方向性や内容を検討していく必要がある。

I.1.2 調査の目的

本調査は、上述 I.1.1 の状況を踏まえ、気象分野で協力ニーズが想定される国を対象に、国家気象機関の組織体制、実施能力、気象観測機器や予報解析システム、情報通信システム等の気象業務に係るインフラの導入状況等や他ドナーの気象分野における援助・協力等について情報収集を実施し、それらの情報を基に国家気象機関が目指すべき中長期（5～10 年程度）の具体的な目標像及びその実現に向けた JICA の今後の気象分野における協力方針や支援内容の検討に必要な分析を行うことを目的に実施する。

I.1.3 調査対象国

本調査では過去に気象分野の協力実績がある又は今後ニーズが見込まれる、バングラデシュ、ブータン、カンボジア、フィジー、インドネシア、ラオス、モンゴル、ミャンマー、ネパール、パキスタン、フィリピン、スリランカ、ベトナムの 13 か国を対象とし、関連報告書、文献、インターネット等の公開情報及び先方機関への質問票を用いた調査を通じた情報収集を行った。その後、JICA と協議の上、インドネシア、スリランカ、バングラデシュの 3 か国を現地調査対象国としたが、コロナ禍の状況で現地調査ができないためその代わりにオンラインによるヒアリングを行った。この 3 か国に加えて、一般財団法人気象業務支援センター（JMBSC）が自社負担でモンゴルを対象とするオンラインによるヒアリングを行った。

I.1.4 関係機関

本調査の関係機関は以下のとおりである。

- バングラデシュ
バングラデシュ気象局
Bangladesh Meteorological Department (BMD)
- ブータン
国立水文・気象センター
National Center for Hydrology and Meteorology (NCHM)
- カンボジア
気象局
Department of Meteorology (DOM)
- フィジー
フィジー気象局
Fiji Meteorological Service (FMS)
- インドネシア
気象・気候・地球物理庁
Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG)
(Indonesian Agency for Meteorology, Climatology and Geophysics)
- ラオス
気象・水文局
Department of Meteorology and Hydrology (DMH)
- モンゴル
国立気象・環境監視局
National Agency for Meteorology and Environmental Monitoring (NAMEM)
- ミャンマー
気象・水文局
Department of Meteorology and Hydrology (DMH)
- ネパール
水文・気象局

Department of Hydrology and Meteorology (DHM)

- パキスタン

パキスタン気象局

Pakistan Meteorological Department (PMD)

- フィリピン

フィリピン大気・地球物理・天文局

Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration (PAGASA)

- スリランカ

気象局

Department of Meteorology (DOM)

- ベトナム

ベトナム気象・水文局

Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration (VNMHA)

I.1.5 調査期間

2021 年 2 月 15 日 から

2022 年 1 月 28 日 まで

I.2 調査方法

I.2.1 調査の実施方法

本調査は 2021 年 2 月から 2022 年 1 月にかけて実施した。調査は【国内事前調査】【各気象機関への調査】【国別インタビュー】【調査結果のとりまとめ】からなり、図 I.2.1-1 に全体の関連図を示す。

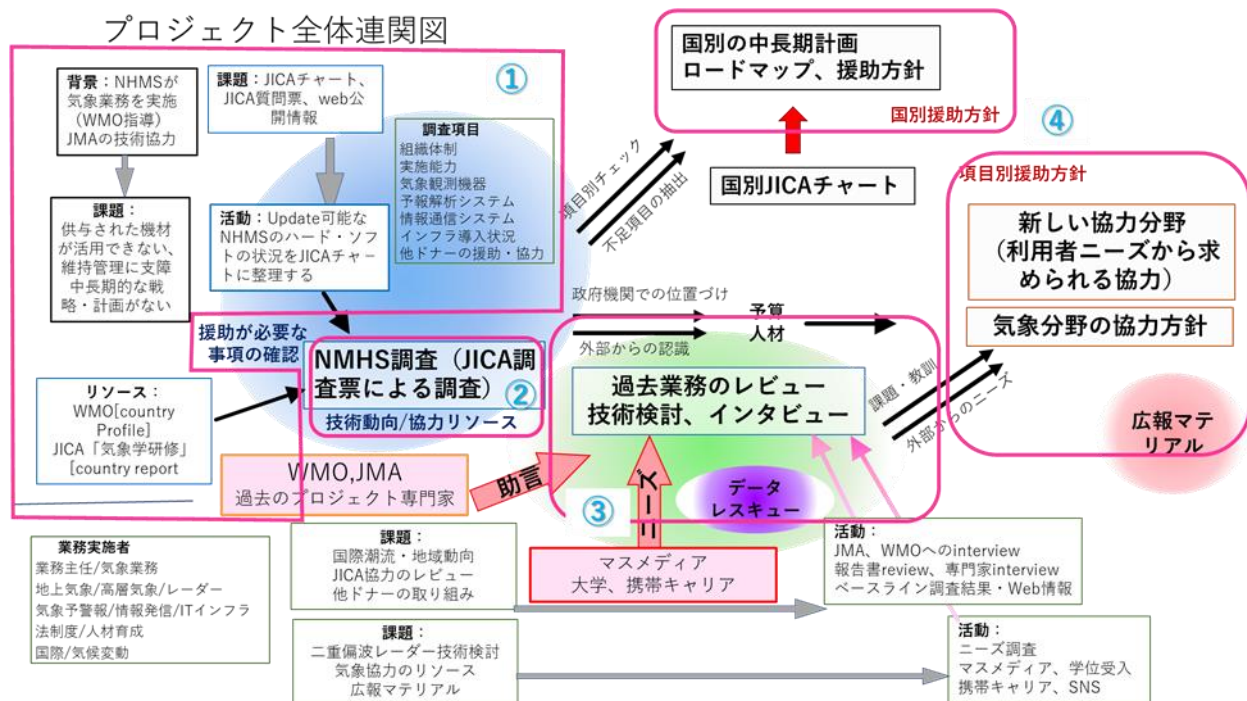


図 I.2.1-1 調査全体の関連図

①【国内事前調査】(2021年2～3月)

本調査では、国家気象機関の観測・予警報・発表・統計／調査と組織・人材育成・法制上の位置づけを調査する必要があるため、以下の資料を収集した。

- 各気象局のウェブページや公開情報（報告書・中長期計画など）
- WMO や世界銀行などのプロジェクトに係る公開情報

また、JICA 図書館などの資料をもとに、過去に JICA が実施した気象分野における協力成果及び教訓のレビューを行うとともに（調査を行った報告書の一覧は表 I.2.1-1）、WMO 本部（ジュネーブ）、同アジア・南西太平洋地区事務所（シンガポール）及び世界銀行に気象庁から派遣されている専門家と連携し、各国における技術協力の状況、気象サービス、組織・人材の状況、他のドナーなどの状況を調査した。

表 I.2.1-1 レビューを行った過去の業務報告書

バングラデシュ	コックスバザール及びケプパラ気象レーダー整備計画
	気象観測・予測能力向上プロジェクト
	ダッカ及びラングプール気象レーダー整備計画
ブータン	氷河湖決壊洪水（GLOF）を含む予警報能力向上プロジェクト
	ティンブー川・パロ川流域における災害事前準備・対応のための気象観測予報・洪水警報能力強化プロジェクト
カンボジア	農業気象予測法改善計画
インドネシア	防災分野における情報収集・確認調査
フィジー	気象観測・予報設備整備計画
	広域防災システム整備計画
	大洋州気象観測能力強化プロジェクト

ラオス	気象監視網整備計画
	気象水文業務改善プロジェクト
	気象水文システム整備計画
モンゴル	気象観測・予報設備整備計画
	気象情報ネットワーク改善計画
	気象予測及びデータ解析のための人材育成プロジェクト
ミャンマー	自然災害早期警報システム構築プロジェクト
	気象観測装置整備計画
	気象観測・予報能力強化プロジェクト
パキスタン	中期気象予報センター設立及び気象予報システム強化計画
	ムルタン気象レーダー整備計画
	サッカル気象レーダー整備計画
フィリピン	気象通信網改善整備計画
	気象レーダーシステム整備計画
	気象観測・予報・警報能力向上プロジェクト
	高品質の気象観測、予報、警報能力強化プロジェクト
スリランカ	気象情報・防災ネットワーク改善計画
	気候変動に対応した防災能力強化プロジェクト
	気象観測・予測・伝達能力向上 プロジェクト
ベトナム	気象水文観測・予測・警報業務に関する基礎情報収集・確認調査
	気象予測及び洪水早期警報システム運営能力強化プロジェクト

アジア・太平洋地区の気象局に対しては、気象庁が様々なセンターとして連携・技術支援を行っていることから、下記の部局に対してインタビューを申し入れ、3月18日に（ア）（ウ）（オ）、25日に（ク）、26日に（イ）（エ）（カ）（キ）の各部局に対し、インタビューを行い各国の状況や気象庁の協力状況などを取材するとともに、公開されている情報（図I.2.1-2）を収集した。

- （ア） 国際室
- （イ） アジア太平洋気象防災センター：RSMC Tokyo - Typhoon Center
- （ウ） 気候情報課異常気象情報センター：Tokyo Climate Center
- （エ） 情報通信基盤課交際通信調整官：GISC Tokyo, RTH Tokyo
- （オ） 観測整備課：Regional WIGOS Center
- （カ） 気象衛星課
- （キ） 東南アジアを対象とした気象レーダーネットワーク構築プロジェクト担当部局
- （ク） 気象測器検定試験センター：RIC Tsukuba

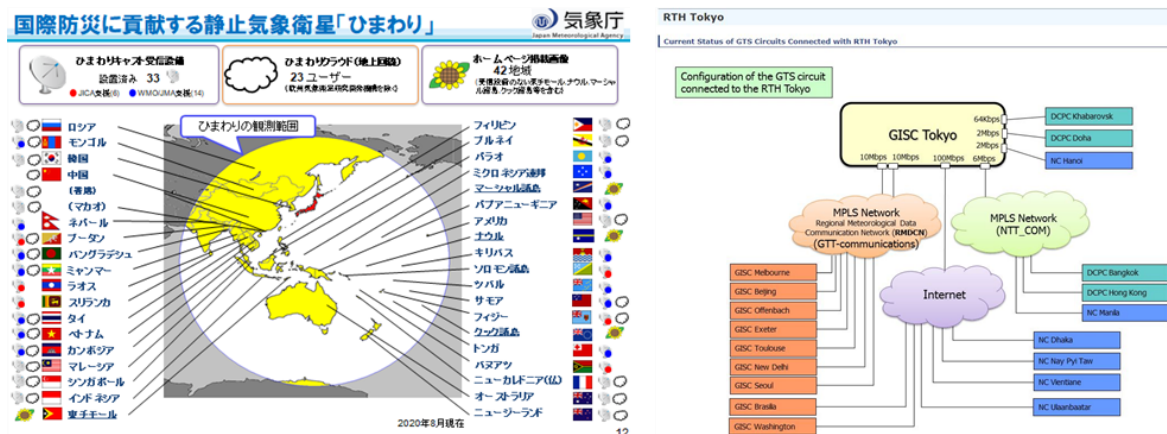


図 I.2.1-2 気象庁（JMA）公開情報の収集
（左）HimawariCast データの利用国、（右）GISC 東京と各国間の回線接続状況

また、気象庁では各国の気象機関職員を対象とした、JICA 課題別研修「気象業務能力向上」の実施、気象衛星やレーダーデータ統合プロジェクトなどの国際会議を開催しており、これらの研修・会議では、「カンントリーレポート」（2012～2019 年）として各国の状況が報告されていることから、可能な範囲で閲覧許可を頂き、それらの資料から各気象局の実情を調査した。

これらの調査は、以下に示す各分野にわけて整理し、それらの資料については、成果報告書 DVD に電子媒体で資料として報告した。これらの調査とりまとめは、I.2.2 節に示す各団員が国別担当者となり図 I.2.1-3 に示す形式で整理した。

○調査分野

「災害被害リスク」「法律・中長期計画」「組織・予算・人員」「地上気象観測」「レーダー気象観測」「高層気象観測」「気象衛星」「気象測器の校正」「国際気象通信」「気象予報・インフラ」「気象情報提供」「IT システム」「防災関係機関との連携」「気象統計」「気象局の他業務」「人材育成」「ドナーによる協力状況」

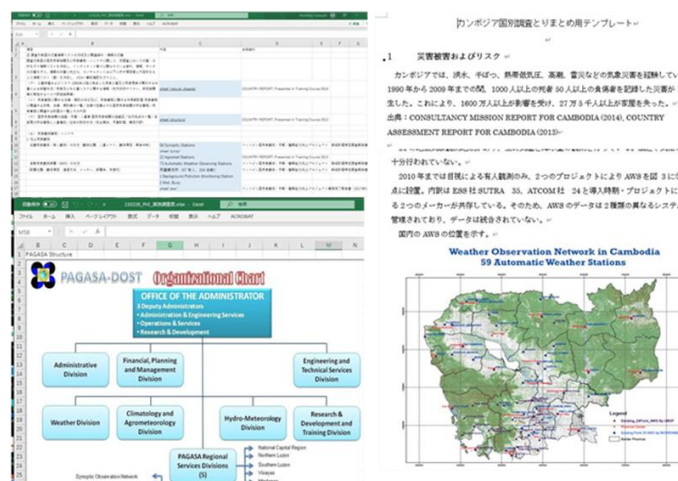


図 I.2.1-3 国別調査結果の例
（左）項目別調査表、組織図、（右）災害リスク

これらに加え、GTS/MSS や HimawariCast 受信システムを海外に展開する東洋電子工業（株）、気象レーダーを製作する日本無線（株）、（株）東芝、三菱電機（株）の各社、これまで国際研究協力を実施してきた京都大学、筑波大学、国立研究開発法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）などに、海外協力の状況、課題、今後の方向性についてインタビューを行った。

②【各気象機関への調査】

国内調査における調査結果は、国別・項目別に調査結果概要を和文および英文で作成し、さらに調査が必要な項目について、追加調査表を作成した。これらの資料については、①各気象局の長官を宛先とする調査依頼レター（図 I.2.1-4 の Letter）、②調査概要書（Annex 3）、③追加調査を行う際の各気象局の担当者紹介依頼（Annex 1）、④各気象局の現在・5 年後の重点課題（Annex 2）を 2021 年 5 月に発出し、追加の情報を収集した。

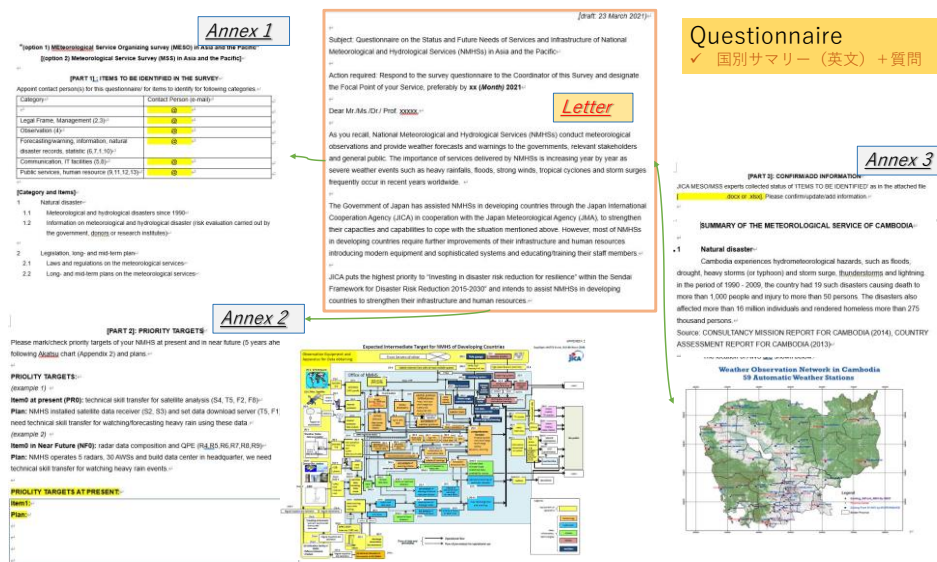


図 I.2.1-4 各気象局への追加調査

アンケートに対する回答が無い気象局に対しては、電子メールおよび電話により回答の依頼を繰り返し行い、全対象国の気象局からの回答を得て、【国内調査】の調査結果を補強した。

【国内事前調査】では、国別にとりまとめを行ったが、【各気象機関への調査】からは、情報収集・分析を分野別に担当とし、追加調査と分析を行った。

③【国別インタビュー】

前述の国別調査により、各国別分野別のコンタクトパーソンが指定されたことから、追加調査については分野別の担当者から、各気象局の分野別担当者に直接電子メールなどにより追加調査を行った。また、「観測システム」、「IT システム」、「気象統計」については、Google のサービス「Google フォーム」を用いた簡易アンケートサイトを構築し、各気象局からの情報を追加して収集した。

本調査の業務仕様書では、スリランカ・バングラデシュ・インドネシアの各国に渡航して、各気象局の現状・課題・今後の技術援助方針を策定する予定であったが、新型コロナウイルスの蔓延防止のための渡航規制や調査対象国におけるロックダウンなどにより現地調査が困難となったことから、現地雇人を雇用し、現地雇人を介したリモート調査により国別の詳細調査を実施し

た。

現地調査の実施手順は以下のとおりで、スリランカ・バングラデシュ・インドネシアについて実施し、近年プロジェクトが実施されていないモンゴルについても、現状とニーズの確認のためインタビュー調査を実施した。

- 本調査の目的、国別の調査結果のまとめ、追加調査項目をとりまとめた、インセプションレポートの作成
- 現地調査サポートのための現地雇人のリクルート
- インセプションレポートに基づいた業務説明と現地雇人との調査雇用契約
- 現地雇人による対象国気象機関とのネットインタビューの設定、開催補助、インタビューとりまとめ資料の作成
- インタビューで調査できなかった事項に対する現地でのフォロー調査
- 現地気象局調査レポートの作成

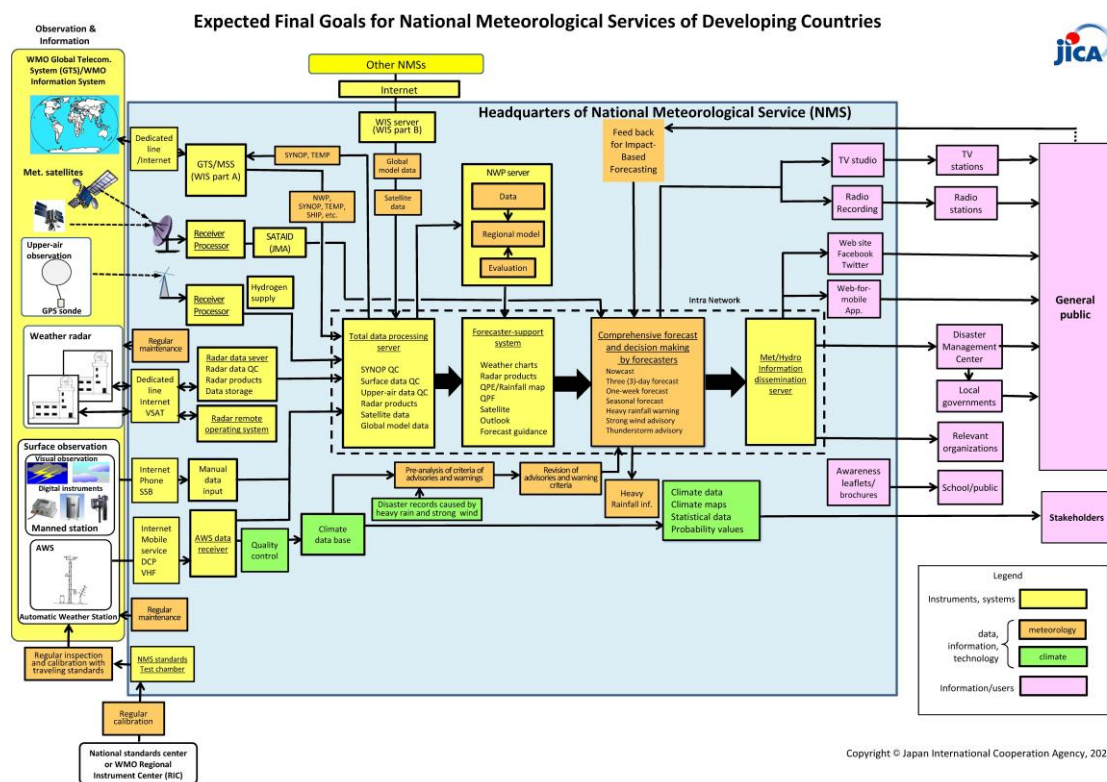
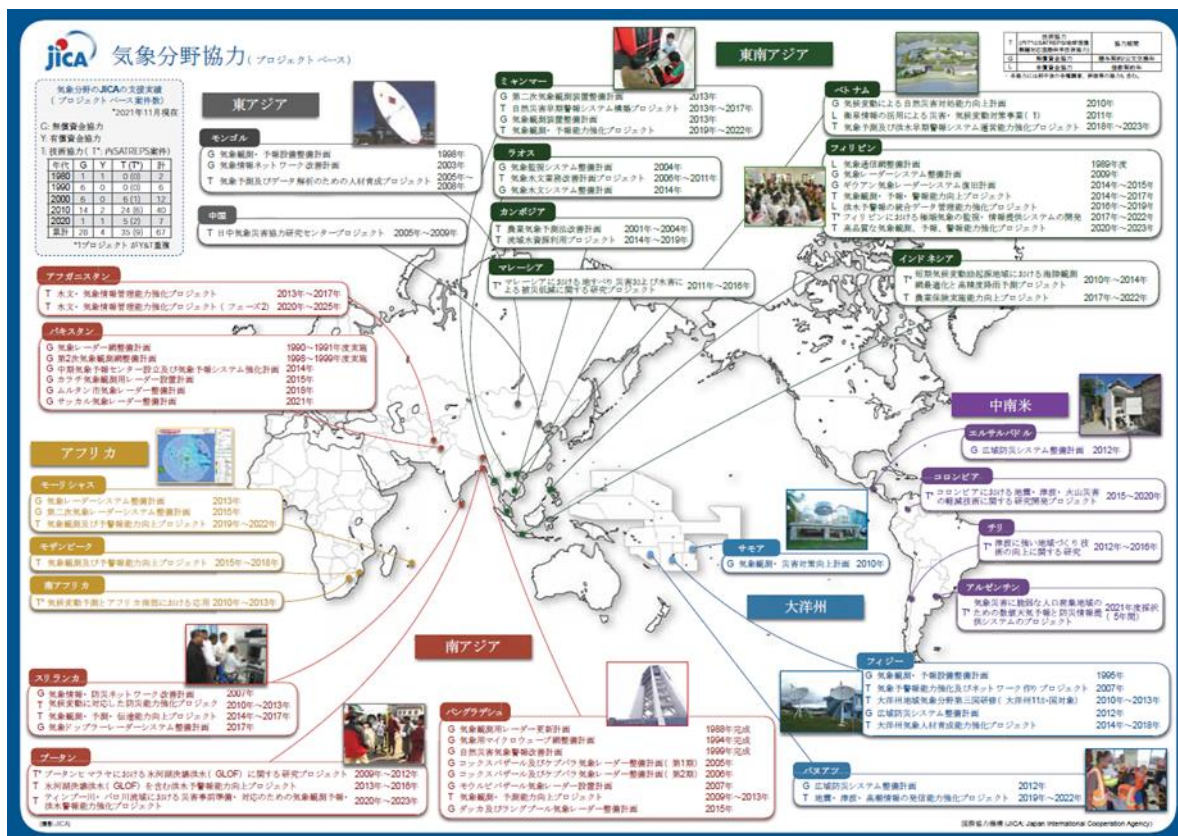
調査の内容および結果については III 章に記載した。

④【調査結果のとりまとめ】

これらの調査結果については、分野別専門家が担当分野ごとに国別の現状・課題を分析し、III 章に分野別・国別に調査結果をとりまとめた。

その上で、これら分野別の調査結果について、各国の気候サービスについて WMO が評価を行った基準を参考に、各国の観測・予報・情報通信などの分野の現状と課題、協力の重点方針について V 章にとりまとめた。

なお、これらの調査結果については「気象分野の協力」(A3 版)(図 I.2.1-5)、東南アジア・南アジア・大洋州向けに「地域別の気象分野の協力」(A4 版)を作成し、別添の DVD に PDF の版下原稿として収納・報告した。加えて、JICA が作成した「開発途上国気象局の将来像」を改訂し、日本語版を英語・仏語・西語に翻訳を行い、Excel ファイル形式で、別添 DVD に収録し報告した(図 I.2.1-6)。



1.2.2 調査団構成

業務従事者は各自の主担当業務を把握し、責任をもって業務を遂行するとともに、相互に協力し必要に応じて他の担当者の業務も補佐・補足を行った。業務従事者の業務内容を表 I.2.2-1（様式-7）に示す。また、業務従事者の従事実績を、表 I.2.2-2 に示す。

表 I.2.2-1 業務従事者ごとの分担業務内容

氏名	担当	業務内容
信太 邦之	業務主任／ 気象業務	調査団員全体の総括 国別調査：モンゴル 分野別調査：国際潮流・地域動向、法律・中長期計画、ドナーによる協力状況 現地調査・インセプションレポート：モンゴル、スリランカ 気象分野における協力方針案の分析
登内 道彦	副業務主任 ／情報発信 ／気象データ管理	調査団員全体の総括補助 ワークプランの作成・協議、現地雇人再委託 国別調査：ミャンマー、ベトナム 分野別調査：人材育成、災害被害リスク 現地調査・インセプションレポート：バングラデシュ 広報マテリアルの作成
岩田 総司	地上・高層 気象観測	国別調査：インドネシア 分野別調査：地上気象観測、高層気象観測、気象測器の校正
長屋 勝博	気象レー ダー観測・ 運用・デー タ利用	レーダー検討会の開催、とりまとめ 国別調査：ラオス、スリランカ、 分野別調査：レーダー気象観測 二重偏波気象レーダーガイドラインのとりまとめ
里田 弘志	気象予警報 ／GTS／気 象衛星	国別調査：カンボジア、フィリピン 分野別調査：国際気象通信、気象衛星、気象統計 現地調査・インセプションレポート：インドネシア
服部 充宏	IT インフラ	国別調査：フィジー 分野別調査：IT システム
今田 啓介	法制度／組 織体制／人 材育成	現地雇人再委託 国別調査：バングラデシュ、パキスタン、 分野別調査：組織・予算・人員、防災関係機関との連携
弟子丸 卓也	国際・地域 気象／気候 変動	国別調査：ブータン、ネパール 分野別調査：気象予報・インフラ、気象情報提供

表 1.2.2-2 業務従事者の従事実績

[illegible]

1.2.3 工程表

本調査の調査実施工程を表 I.2.3-1 に示す。

表 I.2.3-1 調査実施工程表

		2021年												2022年
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	
全体に係る活動														
[0-1]	ワークプランの作成・協議													
[0-2]	JICAとのとりまとめに係る協議													
[0-3]	O/P-questionnaire													
[0-4]	現地/国内再委託													
[0-5]	レーダー検討会の開催													
報告書		▲	▽				▽					▲	▲	
W/P: ワークプラン F/R: プロGRESSレポート F/R: ファイナルレポート		W/P	レーダー検討会				レーダー検討会					F/R(初稿)	レーダー検討会 F/R	
＜成果1＞に関する業務＞														
①	国際潮流・地域動向調査													
②	JICAが実施した気象分野の協力に関する情報収集とレビュー													
③	日本国内の気象協力に係るリソースの調査													
④	調査対象国の気象情報リスト作成及び関連資料・情報の収集													
(ア)	災害被害およびリスク													
(イ)	気象業務に関する法律・規制の体系、気象業務に関する中長期計画													
(ウ)	国家気象機関の組織・予算・人員等													
(エ)	地上気象観測													
2	レーダー気象観測													
3	高層気象観測													
4	気象衛星観測													
5	気象測器の校正													
(オ)	国際気象情報通信													
(キ)	気象情報提供業務・インフラ													
(ク)	ITシステム													
(ケ)	防災関係機関との連携													
(コ)	気象統計に関する業務・インフラ													
(サ)	その他の国家気象機関が実施する業務													
(シ)	人材育成													
(ス)	ドナーによる協力状況													
⑤	国家気象機関に対する質問票を用いた調査													
⑥	現地調査を実施する対象国の選定													
⑦	現地調査計画を含むインセンションレポートの作成													
＜2＞現地調査														
①	国家気象機関等に対するヒアリング及び実地調査													
②	JICA在外事務所への結果共有													
	インドネシア													
	スリランカ													
	バングラデッシュ													
	モンゴル													
＜3＞国内整理・最終化														
①	調査対象国における気象業務・インフラの現状及び課題													
②	気象分野における協力方針（案）の分析													
③	調査対象国における支援策（案）の分析													
④	二重偏波気象レーダーの導入に向けた検討会の運営及びとりまとめ													
⑤	広報マテリアルの作成													
⑥	JICAが作成した既存の気象関連の資料の多言語化の実施													
⑦	ファイナル・レポートの作成													

第II章 気象分野協力全般に関する調査結果

II.1 気象分野における国際動向

II.1.1 世界的なリスク

世界経済フォーラム（WEF）が経済、政治、学究、その他の社会におけるリーダーを調査したところ、「世界リスク報告 2021」で「極端な気象現象（extreme weather events）」が起こる可能性が高く、その影響も大きいと報告している（図 II.1.1-1）。世界的な環境面でのリスクの中で、極端な気象現象（寒波、熱波、洪水、暴風等）により全世界的な規模で人命の損失、生態系への被害、財産の損失、金融上の損失が見込まれる。



図 II.1.1-1 世界のリスク

上記のリスクに対応するため、WMO の調整のもとに各国気象機関（NMSs）は、極端な気象現象の観測・予報を行い、それに関する情報をユーザーに伝達する役割が期待されている。

II.1.2 国家気象水文機関の役割

2015 年に WMO が刊行した「国家気象水文機関の役割と運用」によると、国家気象水文機関 (NMHSs) が果たすべき役割は以下のとおりである。

NMHSs は生命と財産の保護、経済計画・発展、天然資源の持続可能な開発と保全のために気象・気候・水文及び環境サービスを提供するために必要なインフラを所有し運用する。NMHSs は、

- 生命と財産の安全のために予報・警報を作成・提供し、気象・気候・水文及び関連する環境に係る自然災害を軽減する努力を支援する。
- 社会の福祉を向上させるため、インフラ、居住区、主要産業（農業、水資源、エネルギー、運輸等）に必要なデータ、情報、プロダクトを提供する。
- 自国の気象・気候・水文及び関連する環境データの歴史的記録を連続して信頼性をもって包括的に維持する。
- 政策決定者に気象・気候・水文及び関連する環境に関するアドバイスを提供する。
- 気象・気候・水文に関連する科学技術を進歩させるとともに研究開発を通じて自らの運用やサービスを開発・向上させる。
- 国内のマルチハザード早期警戒システム（地震、火山、越境汚染の監視、津波等の海洋に関する現象を含む）の開発、実施、運用に参加する。
- 適切な国際計画・活動に参加し、WMO 条約等の関連する国際約束や国内の必要事項を満たす。
- 気象・気候・水文及び関連する環境サービスと研究活動（気候変動の評価と予測を含む）の提供を支援するために地球一大気-海洋システムのリアルタイムの観測の収集を行う観測所ネットワークを構築し運用する。
- 観測、データ及びサービスの即時的交換のための通信ネットワークを構築し運用する。
- リアルタイムの気象・気候・水文及び関連する環境サービス（一般国民や農業、水資源、エネルギー、保健、海運、航空、国防、環境等の個別分野への警報）を提供するためデータ処理・予報システムを取得し運用する。
- 利用者が社会経済発展のための計画、防災、政策決定を可能にするため、効果的・効率的な情報・サービス提供のためのプロダクト提供システムを取得し運用する。

NMHSs は、

- 国内の経済・社会開発活動
 - 持続可能な開発のための国際活動
- に貢献することが期待されている。

サービスデリバリー

NMHSs は広範囲の利用者（農業、水、エネルギー、観光、運輸、保健等）がリスクを軽減し、経済的便益を得ることを支援するために気象・水文・気候及び関連する環境サービスを提供している。

利用者を特定したプロダクトの提供は、利用者のニーズをサービスの開発に統合し、利用者の

フィードバックをプロダクトの向上に取り入れるよう、NMHSs と利用者の協力が必要である。
警報の速やかな提供はメディアと通信サービス事業者との緊密な協力が必要である。

サービスデリバリーを支える基本システムは、

- 大気及び関連する環境観測・監視システム
- 観測・データ・プロダクトの国内及び国際交換システム
- データ処理及び予報システム

である。

NMHSs の運営のために必要な要素は以下のとおりである。

- NMHSs の所掌事項を規定する国家の法律文書
- 国際約束の影響
- ガバナンス
- パートナiershipと協力

NMHSs の将来の発展に必要な事項は以下のとおりである。

- 科学的理解の促進
- 技術開発
- 教育研修

II.1.3 WMO 戦略計画

WMO が 2019 年の第 18 回 WMO 総会で採択した「WMO 戦略計画 2020 - 2023」は以下のとおりとなっている。

ビジョン 2030

2030 年までに、全世界の国々、特に最も脆弱な国々が極端な気象・気候・水文及び関連する環境現象の社会経済的影響に対してより強靱化し、陸上、海上、航空の可能な限り最善のサービスを通じて持続可能な開発を推進するために力を与えられること

全体優先事項

- 極端な水文気象現象への備えを強化し、それらによる生命と財産の損失の減少
- 気候リスクに強靱化し適応するための気候スマートな（温暖化防止に貢献する）政策決定の支援
- 気象・気候・水文及び関連する環境サービスの社会経済的価値の増進

長期目標

1. 社会のニーズによりよく対応する：信頼でき、アクセス可能な、ユーザー指向で目的にかなう情報とサービスの提供
 - 1.1 国内のマルチハザード早期警報システムを強化し、関連するリスクに効果的に対応できるように到達範囲を広げる。

- 1.2 政策・決定支援のための気候情報・サービスの提供を拡大する。
- 1.3 持続可能な水管理支援のサービスをさらに展開する。
- 1.4 付加価値のある政策決定支援のための気象情報・サービスの提供を強化し、新手法を導入する。
2. 地球システム観測・予測を強化する：将来のための技術基盤の強化
 - 2.1 WMO 統合全球観測システム（WIGOS）を通じた観測データの取得を最適化する。
 - 2.2 現在と過去の観測データと WMO 情報システム（WIS）を通じて得られたプロダクトへのアクセス、交換、管理を改善し、増大させる。
 - 2.3 WMO 全球データ処理・予報システム（GDPFS）からすべての時間・空間スケールの数値解析・予報プロダクトへのアクセスと利用を図る。
3. 目標を定めた研究の推進：より良いサービスのため地球システムの理解を向上させる科学でのリーダーシップの強化
 - 3.1 地球システムの科学的理解を促進する。
 - 3.2 科学と技術の進歩が予測能力を向上させるよう科学からサービスへの価値連鎖を強化する。
 - 3.3 政策にかかわる科学を進展させる。
4. 能力のギャップを縮小する：開発途上国がもっとも重要な情報及びサービスが利用できるようにサービス提供能力を強化
 - 4.1 最も重要な気象・気候・水文及び関連する環境サービスを提供かつ利用できるようにするため開発途上国のニーズに対処する。
 - 4.2 中心的な能力及び専門性を強化・維持する。
 - 4.3 持続可能かつ費用対効果の高いインフラとサービス提供への投資のため効果的なパートナーシップを高める。
5. WMO の構成と計画の戦略的な再構成

WMO 加盟国の NMHSs は、この戦略計画を考慮に入れ、自国の気象・気候・水文サービスの向上をはかることが期待されている。

II.1.4 持続可能な開発目標（SDGs）

2015 年の国連サミットで採択された「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」に記載された 2030 年までに持続可能でよりよい世界を目指す国際目標である持続可能な開発目標（SDGs : Sustainable Development Goals）に対して、WMO の推進している活動や NMHSs の業務が貢献することが期待されている（表 II.1.4-1）。

表 II.1.4-1 持続可能な開発目標と WMO の活動

持続可能な開発目標 (SDGs)	観測とデータ交換の向上	目標を定めた研究の推進	数値モデルと予報の向上	サービスの内容と提供の向上	災害リスクの低減	能力向上の強化
1 貧困をなくそう	X	X	X	X	X	X
2 飢餓をゼロに	X	X	X	X	X	X
3 すべての人に健康と福祉を	X	X	X	X	X	X
4 質の高い教育をみんなに						X
5 ジェンダー平等を実現しよう					X	X
6 安全な水とトイレを世界中に	X	X	X	X	X	X
7 エネルギーをみんなにそしてクリーンに	X	X	X	X	X	X
8 働きがいも経済成長も						X
9 成長と技術革新の基盤をつくろう					X	
10 人や国の不平等をなくそう						X
11 住み続けられるまちづくりを	X	X	X	X	X	X
12 つくる責任つかう責任						X
13 気候変動に具体的な対策を	X	X	X	X	X	X
14 海の豊かさを守ろう	X	X	X			
15 陸の豊かさを守ろう					X	
16 平和と公正をすべての人に						X
17 パートナリーシップで目標を達成しよう						X

個別の開発目標に対する気象業務の貢献は次のとおりである。

開発目標 1 貧困をなくそう

政策決定者に対する防災、研究促進、情報・サービスの提供は開発や貧困の根絶に貢献する。

必ずしも貧困根絶方策とは認識されていないが、気象・気候及びその他のプロダクトやサービスが重要な社会経済的便益を提供する。

開発目標 2 飢餓をゼロに

農業従事者、畜産従事者及び漁業者はリスクの予測・削減、作付け、日々及び季節の農耕管理、収量の最大化において気象及び気候サービスに依存している。NMHSs の農業分野へのよりターゲットを絞ったサービスが食糧の安全保障において中心的な役割を果たす。

開発目標 3 すべての人に健康と福祉を

疾病を媒介する蚊、ダニやその他の昆虫は気象・気候・水文の状況にしばしば影響を受ける。洪水、干ばつ、熱波や大気汚染により死傷者がでる。NMHSs が保健機関や一般国民に提供する予報や注意情報は生命を守る助けになる。(例 WMO/WHO 健康と気候地図帳)

開発目標 5 ジェンダー平等を実現しよう

ジェンダー平等や女性・少女の能力強化を推進することにより、気候変動、防災や持続可能な発展に資することができる。

開発目標 6 安全な水とトイレを世界中に

水文循環の観測情報は持続可能な水管理に不可欠である。NMHSs の提供するデータ・解析情報は飲料水が安全で人間の活動が水の生態系を汚染しないようにするために役立つ。

開発目標 7 エネルギーをみんなにそしてクリーンに

クリーンなエネルギー源は降雨、日照、風データおよび予報により増大できる。気象予報は気象・水文災害からエネルギーのインフラを護ることに役立つ。(例 GFCS)

開発目標 9 成長と技術革新の基盤をつくろう

シビアな気象現象は脆弱なインフラに被害を加えたり破壊したりして、経済的・人的被害をもたらす。NMHSs が提供する気象情報は自然災害からインフラと産業を守り、気候変動の予測は沿岸や他の気候変動の影響を受けやすい地域からインフラを適地に設置するガイダンスを提供する。(例 SWFP)

開発目標 11 住み続けられるまちづくりを

より気候変動に対応できる都市計画に貢献することにより、NMHSs の提供する気象・気候サービスは災害による死傷者を減らし、貧困層や脆弱な人々を助け、文化・自然遺産を保護する。(例 仙台防災枠組、インパクトベースの警報等)

開発目標 13 気候変動に具体的な対策を

WMO コミュニティは、政策決定者が気候変動のインパクトに適応する等、気候変動に対して強靱化するために必要とする科学的事実や解析を提供する。

開発目標 14 海の豊かさを守ろう

WMO と NMHSs は、気象と気候の主な推進力である海洋の水温、海流、塩分、酸性化及び水位を監視する国際的な取り組みを支援する。また、特に小島嶼開発途上国の沿岸管理及び強化を支援する。(例 沿岸浸水予報デモンストレーションプロジェクト (CIFDP))

開発目標 15 陸の豊かさを守ろう

NMHSs は淡水、森林及び乾燥地帯の生態系の健康を形作る水文を監視する。NMHSs は砂漠化への対応や悪化した土地・土壌（干ばつや洪水により影響された土地を含む）の回復を支援するために必要なデータと予報を提供する。

開発目標 17 パートナリーシップで目標を達成しよう

WMO の優先事項の一つは、オペレーショナルな気象、気候及び水文サービスを提供するという責務を果たすため、NMHSs の能力を強化するため能力開発を推進することである。

(例 SDGs、仙台防災枠組、GFCs)

II.1.5 仙台防災枠組

2015 年の第 3 回国連防災世界会議で採択された「仙台防災枠組 2015 - 2030」では、次の四つの優先行動が定められた。

- (1) 災害リスクの理解
- (2) 災害リスクを管理する災害リスク・ガバナンスの強化
- (3) 強靱性のための災害リスク削減への投資
- (4) 効果的な災害対応への備えの向上と、復旧・復興過程における「より良い復興 (Build Back Better)」

NMHSs は、マルチハザード早期警報システム (MHEWS) の強化を通じて主として第四優先行動に貢献することができる。MHEWS では、次のことを行う。

- リスクの解析と評価
NMHSs は、気象・気候・水文にかかわる現象のリスクの解析と評価に貢献する。
- 災害をもたらす現象 (hazards) の検知、監視、解析及び予報
NMHSs は、災害をもたらすような現象（洪水、暴風、熱帯低気圧など）や特定セクター（農業、航空、人道援助など）に対する早期警報を提供する。このため、インパクトベースの予報やリスク・ベースの警報発表能力を強化する必要がある。また、保健、農業、陸上交通、エネルギー分野や大都市での防災にかかわる気象・気候・水文サービスの提供に努める必要がある。
- タイムリー、正確、使用可能、包括的かつ正式な警報の提供・伝達
NMHSs は国際・国内通信ネットワークで収集・交換される気象データ・プロダクトに基づき予報・警報を作成し、様々な通信・伝達手段を通じて国内の関係機関・マスメディア・国民に提供・伝達する。
- 災害への備え及び対応能力
NMHSs と国内の防災関係機関や国際人道援助機関の連携を通じて、人道的災害対策、事

前準備及び対応を向上させる。

II.1.6 インパクトベースの気象予報

NMHSs は生命の保護と財産への被害軽減のため気象・水文にかかわる災害をもたらすような現象に関する警報を提供する任務があるが、気象予報における科学の進展により、NMHSs がこれらの現象に関する信頼できる警報を提供する能力は精度・リードタイム両面で向上してきた。政府や経済セクター、一般国民が適切な行動をとるためには、気象・水文にかかわる災害をもたらすような現象が、生命、生活手段、財産及び経済にどのような影響をもたらすかを知る必要がある。

しかしながら、気象・水文にかかわる災害をもたらすような現象が与える影響やその結果の評価や理解がかならずしもできているとはいえないので、このような現象にともない多くの人命が失われ、経済社会的コストが増大している。

そのため、WMO では災害によってもたらされる人的・地域的・経済的被害を減らすため、「Impact-based Forecasting and Warning Service」を推進している。これは、NMHSs は予警報作成・発表そのものを目的とするのではなく、災害をもたらすような現象の影響（インパクト）を予警報に盛り込み、災害の防止・軽減を寄与することを目指すものである。（図 II.1.6-1）

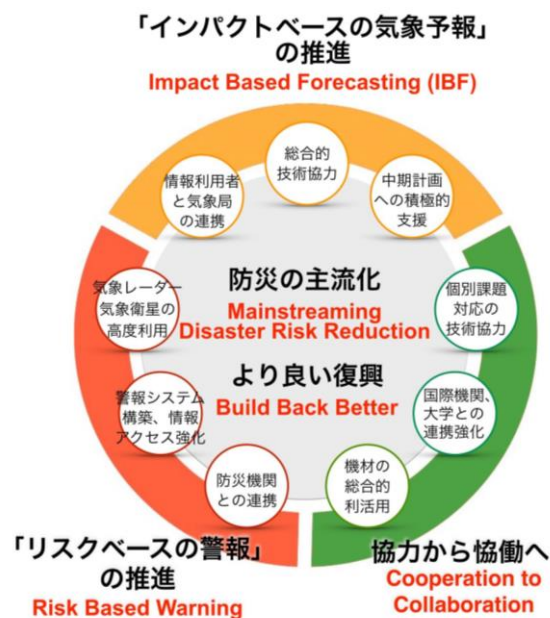


図 II.1.6-1 インパクトベースの気象予報の推進

現在、インパクトベースの予警報は少数の先進国の NMHSs で発表されているにすぎない。多くの途上国の NMHSs はその導入を検討しているが、実施にはいたっておらず、今後の開発途上国の NMHSs 支援の際には、これを考慮にいれる必要があると考えられる。

II.1.7 主要先進国の国家気象機関（NMSs）による途上国支援

WMO 事務局がとりまとめた 2019 年の主要先進国の NMSs による途上国支援の状況は次のと

おりである。

[オーストラリア]

- **Climate and Oceans Support Program for the Pacific - Phase Two (COSPPac2)**
対象国：大洋州 14 か国、予算：USD 5.6M、資金源：オーストラリア政府
活動内容：太平洋海面水位測地ネットワーク、季節予報、月間気候監視報告、環境のための気候データベース設置・運用、研修
- **Papua New Guinea Capacity Development Program (PNGCDP)**
対象国：パプアニューギニア、予算：USD 1.0M、資金源：オーストラリア政府
活動内容：新規 AWS 供与、既存の観測システムの復旧、PNG 気象局戦略計画の実施、オーストラリア気象局予報官による PNG 気象局の指導、PNG の観測データの同化、予報官の教育・研修
- **Climate Services for Resilient Development in Vanuatu (Van CIS RDP)**
対象国：バヌアツ、予算：USD 21K、資金源：緑の気候基金
活動内容：気候記録データの向上（含 データレスキュー、品質管理研修）、気候情報サービスの構築
- **Early Warning and Response Systems in the Solomon Islands**
対象国：ソロモン諸島、予算：USD 7K、資金源：オーストラリア政府
活動内容：早期警報の評価・研修

[カナダ]

- **Building seamless multi-hazard early warning system under Climate Risk Early Warning Systems (CREWS) initiative.**
対象国：東南アジア・小島嶼国、予算：CAD 2M、資金源：環境・気候変動省
活動内容：関係機関・社会経済セクター・地域に対する気象・気候・水文インパクトベース政策決定支援サービス強化を通じた気象・水文・気候災害による人的・経済的被害の軽減
- **Haiti Weather System Program: Climate Services to Reduce Vulnerability in Haiti**
対象国：ハイチ、予算：CAD 722K、資金源：環境・気候変動省
活動内容：水文気象局の復旧・復興—早期警報を含む気象・気候・水文サービスの提供

[中国]

- **China Study Tour/First FENGYUN Satellite User Forum: USD 18K**
- **Short-term training (Total 290 foreign experts)**
 - Storm Surge-induced Inundations on the Bay of Bengal and Numerical Prediction Technologies of Ocean Wave Hazards: USD 66K
 - Use of Meteorological Satellite Products and Remote Sensing Technology: USD 101K
 - Assessment of Climate Change Impacts on Agriculture with Remote Sensing Technology: USD 131K
 - Modern Weather Forecast Technologies: USD 31K

- Climate Change and Climate Information Service: USD 50K
- Technological Transfer in Coping with Climate Change: USD 79K
- Economic Development in the Context of Environment and Climate Change for Zanzibar: USD 86K
- Meteorological Disaster Prevention Technologies: USD 383K
- Early Warning of Meteorological Disasters: USD 64K
- Management for Meteorological Officials: USD 84K
- Disaster Reduction for Indonesia: USD 52K
- Rainfall Run-off Simulation and Climate Change for Iraq: USD 37K
- Modern Weather Forecast Technologies: USD 32K
- Nowcasting Techniques on Severe Convection Weather: USD 61K
- FENGYUN Satellite Products and Application: USD 67K
- Application of Meteorological Satellite Products in Weather Forecasting: USD 32K
- Asian Aviation Hazardous Weather Coordination: USD 38K
- Long-term WMO/China government scholarship (110 scholarship students): USD 1M
- 機材供与
- Provision of 1 set of CMACast to Papua New Guinea: USD 71K
- Provision of 3 sets of satellite data receiver stations to Kyrgyz Republic, Oman and Mozambique: 328K
- Provision of a CMACast System Service to Laos, Viet Nam, Sri Lanka, Maldives, Malaysia, Nepal, Pakistan: USD 50K
- Update of the Meteorological Station in Uzbekistan: USD 57K

[フィンランド]

資金源：外務省、予算総額：USD 1M

- キルギスタン FINKMET II
氷河での観測—AWS、無人航空機、大気質測定機器の取り扱い研修、大気質データの解析
通報研修
- ネパール FNEP III
レーダー取得支援（設置場所選択・評価、技術仕様、調達書類）、カスタマー管理プロセス
の開発、世銀プロジェクト実施支援
- スーダン・南スーダン FISU II
データ管理システムの開発、気象予報及び予報作成研修
- タジキスタン FINTAJ II
氷河での観測—AWS、無人航空機、大気質測定機器の取り扱い研修、大気質データの解析
通報研修
- ベトナム PROMOSERV III
気象予報プロセス研修、予報ワークステーション・予報作成ツール (SmartMet) 利用研修、
カスタマー関係・管理プロセス研修
- ベトナム PROMOAIR

ベトナム環境局のための大気質サービスの開発・研修、大気質測定・モデリング能力開発

- ベトナム SmartMet
気象予報ワークステーション・予報作成システム (SmartMet) の更新・設置、短期予報・プロダクト作成研修

[フランス]

- 奨学金制度、研修：180 人、予算：USD 170K、資金源：フランス気象局
- 専門家派遣：予算 USD 88K、資金源：フランス気象局、現地大使館
 - アルジェリア（海洋気象予報、積雲対流予測、衛星気象）
 - チュニジア（積雲対流予測、冬季の現象）
 - モロッコ（シビアウェザー、情報システムセンター）

[ドイツ]

- 地域数値予報モデルコンソーシアム COSMO (Consortium for Small-scale Modelling)
17 か国の NMHSs の地域数値予報モデルの支援 予算：USD 91K、資金源：ドイツ気象局
- 数値予報モデル研修 予算：USD 26K、資金源：ドイツ気象局
- 気候予測：予算：USD 29K、資金源：ドイツ気象局
- データおよびプロダクトの提供（アフリカ諸国対象） 予算：USD 87K、資金源：ドイツ気象局
- データレスキュー
152 地点（アフリカ 32 地点、中南米 120 地点）の観測記録のデジタル化・品質管理：
予算：USD 98K、資金源：ドイツ気象局
- GIZ/DWD Project: "Enhancing Climate Services for Infrastructure Investments (CSI)" International Climate Initiative (IKI)
対象国：ブラジル、コスタリカ、ベトナム、ナイル川流域国)、資金源：ドイツ気象局分、
予算：USD 56K
- GIZ/DWD Project: Adaptation of agricultural value chains to climate change (PrAda) in Madagascar
対象国：マダガスカル、予算：USD 56K（ドイツ気象局分）

[香港]

- Workshop on Nowcasting, Seamless Forecasting and Warning Services

[日本]

専門家派遣・研修

- Expert mission on the on-site assessment of the technical problems of the weather radar system in Vientiane, Lao PDR
予算：USD 35K、資金源 気象庁
- JMA Tokyo Climate Center (TCC) Training Seminar on Climate Analysis Information on Extreme Climate Events (for 15 participants from RA II and RA V)

予算：USD 54K、資金源 気象庁

研修セミナー（予算：USD 133K、資金源 気象庁）

- JMA Technical meeting on a regional weather radar network for Southeast Asia (for 7 participants from RA II and RA V)
- WMO OSCAR/Surface Training Course for the RA-II East Asia Subregion (for 16 participants from RA II)
- JMA Weather Radar Seminar (for 14 participants from RA II, RA V and RA VI)

その他の教育・研修

- WMO/Kyoto University short-term fellowship (for Myanmar & Turkey)
- JICA Knowledge Co-creation Program (Group & Region Focus) for Reinforcement of Meteorological Services (for 9 participants from RA I, RA II & RA V)

[韓国]

ODA プロジェクト

- Modernization of Forecasting and Warning System for Natural Disaster in Myanmar
2017-2019, 予算：USD 4M
- Installation of Automatic Weather Observation System in Mongolia
2017-2019, 予算：USD 3M
- Installation of Automatic Weather Observation System in Cambodia
2017-2022, 予算：USD 3M
- Support of the GEO-COMPSAT-2A Receiving and Analysis System in Bangladesh
2017-2021, 予算：USD 2.5M

WMO/KMA プロジェクト

- Coastal Inundation Forecasting Demonstration Project-Fiji
2016-2020, 予算：USD 1.2M
- Modernization of Aviation Meteorological services in Mongolia
2014-2020, 予算：USD 400K
- Climate Data Rescue Project in Uzbekistan (II)
2019-2021, 予算：USD 418K

研修セミナー

予算：USD 168K

- Radar Operation - 14 trainees / 2 weeks (Myanmar, Senegal, Sri Lanka, etc.)
- Weather Forecasting - 11 trainees / 3 weeks (Mongolia, Vietnam, Cambodia, etc.)
- Impact of the Natural Disasters on Africa - 2 trainees / 1 week (Nigeria)

[ニュージーランド]

- Observing Programme Support for Pacific Island Countries & Territories
資金源：ニュージーランド気象局、予算：USD 16K
- Severe Weather Forecasting and Disaster Risk Reduction Demonstration Project (SWFDDP)
資金源：ニュージーランド気象局、予算 USD 60K

- Nukunonu (Tokelau) AWS installation
資金源：ニュージーランド危機管理庁、予算：USD 55K
- Development of Pacific competence-based training materials and manuals for Hydrometeorological technicians
資金源：ニュージーランド国立水大気研究所、予算：USD 60K

[ノルウェー]

気象業務向上プロジェクト

資金源：ノルウェー開発協力局（NORAD）、予算：USD 200K

- BMD Bangladesh: "Institutional support and capacity building for mitigation of weather and climate hazards in Bangladesh"
- DMH Myanmar: «Cooperation between DMH Myanmar and Norwegian Meteorological Institute on Capacity Building»
- NHMS Vietnam: “Cooperation between the National Hydro-Meteorological Service of Vietnam and the Norwegian Meteorological Institute on Capacity Building”
活動内容：気象予警報サービスにおける早期警戒システム・政策決定の強化、数値予報の検証、気候サービス、海洋モデリング
- Weather and Climate Services in Tanzania and Malawi as Digital Public Goods
資金源：NORAD、予算：USD 440K
- Technical Assistance Services to improve the delivery of Meteorological Services in Mozambique” at INAM Mozambique
資金源：Nordic Development Fund (NDF)・世銀、予算：USD 120K
- Technical Assistance to upgrade DMH operational weather monitoring and forecasting, service delivery and quality management capabilities
資金源：WMO・世銀、予算：USD 50K
- Strengthening the Forecasting System for Accelerating Improvements in Quantitative Precipitation Estimates for Flood and Landslide early warning in Sri Lanka
資金源：世銀、予算：USD 95K

[英国]

WMO 篤志協力計画（VCP）を通じた支援

- 全球気候観測システム（GCOS）高層観測ネットワーク（GUAN）
対象国：太平洋諸国、セントヘレナ、セーシェル

予報提供サービス支援

- SWFDP 対象国：南部アフリカ、東部アフリカ、西部アフリカ、太平洋、ベンガル湾
- 数値予報モデル開発（Tropical Africa model、解像度 4 km）、対象国：東部アフリカ、中部アフリカ、西部アフリカ
- Africa Web Viewer データ・プロダクト表示システム
- EUMETCAST Africa によるデータ・プロダクトの提供

気候データ管理

- 気候データ管理システム（Climsoft）の開発支援、対象国：アフリカ諸国

メディア・情報伝達

- TV 気象番組作成システム、主対象国：アフリカ諸国

人材育成

- MSc 奨学金制度 対象国：パプアニューギニア、ガーナ、ウガンダ、ナイジェリア、於レディング大学
- 気象機関管理 e-ラーニング 2008 年以降 200 名以上が修了

その他のプロジェクト支援

- HIGHWAY, W2SIP, Somalia & South Sudan, CRISPP, Rwanda, Asia Regional Resilience to a Changing Climate, Improving Meteorological Services Mozambique, CONFER, SWIFT, Commonsensing, Technical Assistance to Myanmar

[米国]

- Weather Ready Nations - Impact Based Forecasting (IBF)
対象国：バルバドス、エルサルバドル、グアテマラ、コスタリカ、南アフリカ、スリランカ、インドネシア
- 研修 Africa and Tropical Training Desks, Pacific Desk
- RANET 対象国：太平洋諸国
- カリブ海における高潮モデルの高度化
- 3D プリンターAWS の開発
- V-Lab バーチャル研修プログラムの実施

II.1.8 WMO が実施しているプロジェクト

WMO は外部資金を導入して以下のプロジェクトを実施している。

- フィジー Coastal Inundation Demonstration Project Fiji
資金源：韓国気象庁(KMA)、予算：USD 1.2M
- ウズベキスタン Climate Data Rescue in Uzbekistan, Phase 2: Digitization
資金源：KMA、予算：USD 420M
- モンゴル Modernization of the Aviation Meteorological Services of Mongolia
資金源：KMA、予算：USD 395K
- タンザニア Enhancing the capacity in provision and utilization of weather and climate services in Tanzania
資金源：KMA、予算：USD 99K
- ブータン Developing Capacities for Effective Climate Services in Bhutan
資金源：KMA、予算：USD 127K
- 東南アジア Applying Seasonal Climate Forecasting South East Asia
資金源：ドイツ環境省（BMU）、予算：EUR 8M
- ケニア WISER AMDAR Kenya
資金源：外務・英連邦・開発省（FCOD）、予算：CHF 500K
- ブラジル Consolidation Weather Numerical Forecast INMET

資金源：ブラジル、予算：USD 7.8M

- Training Programme on Climate Change Adaptation and DRR in Agriculture
資金源：イタリア、予算：USD 916K
- 東アフリカ ACREI East Africa - WMO Component
資金源：Adaptation Fund、予算：USD 2M
- 東アフリカ ACREI East Africa - FAO Component
資金源：Adaptation Fund、予算：USD 4.7M
- 中央アジア Support implementation of Central Asia Hydrometeorology Modernization Project
資金源：世界銀行、予算：USD 333K
- 早期警報システム－防災
資金源：USAID、予算：USD 3.5M
- La Plata Program
資金源：USAID、予算：USD 1.5M
- Flash Flood Guidance System (FFGS) Phase III
資金源：USAID、予算：USD 5M
- 南東ヨーロッパ South East Europe MHEWS Phase II
資金源：世界銀行、予算：USD 900K
- サウジアラビア Modernization PME
資金源：サウジアラビア、予算：USD 1.6M
- Volta Flood and Drought Management
資金源：Adaptation Fund、予算：USD 7.9M
- 東部アフリカ Climate Data Rescue Eastern Africa
資金源：アフリカ開発銀行、予算：USD 348K
- ラテンアメリカ Technical Cooperation for the Assessment Of Hydromet Services in Latin America
資金源：米州開発銀行、予算：USD 333K
- 東部アフリカ WISER HIGHWAY EWS East Africa
資金源：DFID、予算：USD 4.1M
- ハイチ Climate Services to Reduce Vulnerability in Haiti
資金源：カナダ環境気候変動省（ECCC）、予算：USD 6.5M
- アフリカ GFCFS Adaptation Programme for Africa Phase II
資金源：ノルウェー開発協力局（NORAD）、予算：USD 36M
- Integrative Health Services
資金源：WHO、予算：USD 210K
- Global Polar Observations Predictions and Climate Services
資金源：ECCC、予算：USD 845K
- WMO HydroHub
資金源：スイス開発協力庁、予算：CHF 2.8M
- Intra-ACP Climate-Services Programme
資金源：欧州委員会（EC）、予算：EUR 5.5M

- カリブ海 CREWS SIDS-SEA-Caribbean
資金源：ECCC、予算：USD 2M
- 太平洋 CREWS SIDS-SEA-Pacific
資金源：ECCC、予算：USD 3.6M
- 東南アジア CREWS SIDS-SEA-Southeast Asia
資金源：ECCC、予算：USD 4.4M
- ブルキナファソ CREWS MDTF Burkina Faso_
資金源：CREWS マルチドナーTF (CREWS MDTF)、予算：USD 2.2M
- 太平洋小島嶼国 CREWS MDTF Pacific SIDS
資金源：CREWS MDTF、予算：USD 2.5M
- コンゴ民主共和国 CREWS_MDTF Democratic Republic of Congo
資金源：CREWS MDTF、予算：USD 300K
- ニジェール CREWS MDTF Niger
資金源：CREWS MDTF、予算：USD 250K
- パプアニューギニア CREWS MDTF Papua New Guinea
資金源：CREWS MDTF、予算：USD 1.65M
- マリ CREWS MDTF Mali
資金源：CREWS MDTF、予算：USD 250K
- 西アフリカ CREWS MDTF West Africa
資金源：CREWS MDTF、予算：USD 4M
- トーゴ CREWS Togo
資金源：CREWS MDTF、予算：USD 1.1M
- チャド CREWS Chad
資金源：CREWS MDTF、予算：USD 1.5M
- ECOWAS Hydromet institutional development & flood management in ECOWAS
資金源：世界銀行、予算：USD 189K
- カリブ海 CREWS MDTF Caribbean
資金源：CREWS MDTF、予算：USD 2.3M
- アフガニスタン CREWS Afghanistan
資金源：CREWS MDTF、予算：USD 970K
- ハイチ CREWS MDTF Haiti
資金源：CREWS MDTF、予算：USD 1.5M
- Strengthening Capacities in Measuring Early Warning Effectiveness
資金源：CREWS MDTF、予算：USD 192K
- 太平洋 CREWS Pacific 2.0
資金源：CREWS MDTF、予算：USD 3.4M
- 南西インド洋 CREWS South West Indian Ocean
資金源：CREWS MDTF、予算：USD 1.75M
- Enhancing the climate science basis of the climate rationale of all GCF funded activities
資金源：緑の気候基金（GCF）、予算：USD 1.4M

- ミャンマー Technical assistance for the modernization of the Department of Meteorology and Hydrology (DMH)
資金源：米国水利センター、予算：USD 3.4M
- Enhancing Adaptive Capacity of Andean Communities through Climate Services (ENANDES)
資金源：Adaptation Fund、予算：USD 7.4M
- 南部南アメリカ Drought information system in southern South America (SISSA)
資金源：EC、予算：USD 1.3M
- アフリカ Focus Africa WMO
資金源：EC、予算：EUR 1.1M
- Focus Africa Passthrough
資金源：EC、予算：EUR 5.9M

WMO が 2011 年から 2020 年にかけて支援した本調査対象国の奨学生数は以下のとおりである。

国名	奨学生数	国名	奨学生数
ブータン	7	ミャンマー	21
カンボジア	0	ネパール	4
フィジー	13	パキスタン	6
インドネシア	8	フィリピン	4
ラオス	1	スリランカ	15
モンゴル	7	ベトナム	2

II.1.9 世界銀行が実施しているプロジェクト

世界銀行が南アジア地域及び東アジア・太平洋地域で実施しているプロジェクトは次のとおりである。

南アジア地域

- パキスタン Pakistan Hydrometeorological and Climate Services Project
予算：USD 188M
活動内容：1) 水文気象・気候サービス（能力開発、観測・データ管理・予報、サービスデリバリー）、2) 防災、3) 緊急対応
- バングラデシュ Bangladesh Weather and Climate Services Regional Project
予算：USD 127.8M
活動内容：1) 気象情報サービス強化、2) 水文情報サービス・早期警報システム、3) 農業気象情報システム
- ネパール Building Resilience to Climate Related Hazards
予算：USD 31M
活動内容：1) 水文気象局の組織強化、2) 観測ネットワークと予報の近代化、3) サービスデリバリーシステムの強化、4) 農業管理情報システムの構築
- ブータン Hydromet Services and Disaster Resilience Regional project
予算：USD 3.8M

活動内容： 水文気象サービスと防災能力の強化

● スリランカ Climate Resilience Multiphase Programmatic Approach

予算：USD 100M

活動内容： 1) 顕著な気象現象、洪水、土砂崩れの予報と早期警報、2) Kelani 下流域の洪水リスク軽減、3) 土地取得、再定住、予防対策

東アジア・太平洋地域

● ラオス Lao PDR Southeast Asia Disaster Risk Management Project

予算：USD 30M

活動内容： Muang Xay の洪水の影響の軽減及び政府の水文・気象サービスと災害対応提供能力の強化

● マーシャル諸島 Phase 2 Marshall Islands and the Pacific Community

予算：USD 19.6M

活動内容： 早期警報システム、海岸保護における気候変動対応投資、危機・緊急事態への効果的な対応

● Pacific Resilience Program

予算：USD 9.5M

活動内容 1) サモア、トンガ及び参加国の早期警報システム、強靱化投資と金融保護の強化、2) マーシャル諸島とバヌアツの金融保護

II.2 WMO 地区毎における動向

II.2.1 WMO 第 II 地区（アジア）

2019 年に開催されたアジア地区・南西太平洋地区合同管理部会会合で確認された第 II 地区の優先事項は以下のとおりである。

- 1) インパクトベースの予警報サービス — 予報の品質向上のために入手可能なデータに対する必要性を明確に特定する。
- 2) 気候情報・サービスの提供及び GFCS への貢献
- 3) 水文サービスの強化 — WMO 水文総会との調整のための地区の適切なメカニズム
- 4) 地区 WIGOS センター、全球基本観測ネットワーク／地区基本観測ネットワークおよび WMO 情報システム（WIS） — データ共有と同化
- 5) サービスデリバリーの強化 — ソーシャルメディアの更なる活用
- 6) 上記のために必要な研修の実施

II.2.2 WMO 第 V 地区（南西太平洋）

2021 年 9 月に開催された第 18 回 WMO 第 V 地区協会会議で採択された同地区の 2021–2023 年の優先事項は以下のとおりである。

- 1) マルチハザード早期警報システム：国内のマルチハザード早期警報システムの強化
- 2) 気候サービス：気候情報及びサービスの提供の拡充

- 3) 水文サービス：洪水予報・警報・水資源管理支援のためのサービスの向上
- 4) 航空気象サービス：航空気象サービス支援のためのサービス強化
- 5) 海洋気象サービス：政策決定支援のための情報・サービスの価値と提供の強化
- 6) WMO 統合全球観測システム (WIGOS)：WIGOS を通じた地球システム観測データの取得の最適化
- 7) WMO 情報システム (WIS)：観測データと WIS により取得したプロダクトへのアクセス、交換。管理の向上
- 8) 全球データ処理・予報システム (GDPFS)：WMO のシームレスな GDPFS から数値解析・予報プロダクトへのアクセスと利用を図る。
- 9) 開発途上国、特に小島嶼国が主要な気象・気候・水文サービスを提供・利用するためそのニーズに応える。
気象・気候水文観測・研究・サービスの社会・経済的価値を示し、推進し、伝達し、後発開発途上国 (LDCs) 及び小島嶼国の NMHSs の認知度と持続可能性を増大させる。
- 10) 中心となる能力と専門性を発展・維持する。
- 11) 持続可能かつ費用対効果のあるインフラとサービスデリバリーへの投資のため効果的なパートナーシップを強化する。

II.3 日本国内の気象協力に係るリソース

II.3.1 気象庁へのヒアリング

気象庁では、WMO やユネスコ政府間海洋学委員会 (IOC) の枠組みで、世界やアジア・太平洋地域を対象として気象観測・通信・予報、環境、気候、海洋及び津波に関するセンターを担当している (表 II.3.1-1)。

表 II.3.1-1 気象庁が担当しているセンター

分野	役割等	対象	業務内容
気象監視・予測	世界気象センター	全世界	全球数値予報資料 (数時間先から 6 か月先まで) の提供
	気象衛星センター	アジア・太平洋	アジア・西太平洋域の衛星画像の提供
	ナウキャスト RSMC	アジア・太平洋	アジア・西太平洋域の気象実況及び予測資料の提供
	波浪数値予報 RSMC	全世界	海上の波やうねりに関する数値予報資料の提供
	海上気象サービス RSMC	北西太平洋	船舶の安全航行のための海上予報・警報等の情報の提供
	熱帯低気圧 RSMC	東アジア・北西太平洋	台風の解析・予報資料の提供
	熱帯低気圧情報センター	東アジア・北西太平洋	航空機の安全運航のための熱帯低気圧の観測・解析・予報資料の提供
	航空路火山灰情報センター	東アジア・北西太平洋等	航空機の安全運航のための火山噴火・大気中の火山灰の位置等に関する情報の提供
	環境緊急対応 RSMC	アジア	国際原子力機関等の要請に応じた、原子力

			事故時の有害物質の拡散予測資料の提供
通信・観測システム	全球情報システムセンター	アジア	観測・解析・予報資料及び同資料に関するメタデータの交換・提供
	地区通信センター	東アジア	東アジア地域の気象機関と他の地域の通信センターとの中継
	地区放射センター	アジア	基準となる日射計の管理、各国の日射計の比較校正及び指導
	地区地上観測データ品質管理リードセンター	アジア	地上観測データの入電状況や品質の監視
	地区測器センター	アジア	各国の気象測器の校正、研修の実施及び専門家派遣
	全球気候観測システム地上観測網監視センター/リードセンター	全世界	地上気候データの入電状況や品質の監視
地球環境	温室効果ガス世界資料センター	全世界	温室効果ガス等の観測データの収集・解析・提供
	品質保証科学センター	アジア・南西太平洋	二酸化炭素、メタン及びオゾン全量の観測データの品質管理、測器の比較及び指導
	全球大気監視校正センター	アジア・南西太平洋	メタンの標準ガスの精度維持及び各国観測標準の比較
		アジア	基準となるオゾン全量の測器の管理、各国の測器の比較校正及び指導
	地区気候センター	アジア	季節予報資料、エルニーニョ等気候監視予測情報等の提供、人材育成支援
海洋・津波	NEAR-GOOS 地域リアルタイムデータベース	北東アジア	北東アジア海域の海洋・海上気象データの収集・解析・提供
	アルゴ計画国別データセンター	北西太平洋	日本のアルゴフロートで取得した海水温・塩分データの品質管理・国際交換
	北西太平洋津波情報センター	北西太平洋	北西太平洋沿岸諸国への津波予測情報の提供

アジア・太平洋地区の気象局に対しては、気象庁が上記のセンターとして連携・技術支援を行っていることから、関係部局に対して各国の状況や気象庁の協力状況などについてヒアリングを行った。その概要は以下のとおりである。

(ア) 国際室

気象庁は、WMO（気象分野）やユネスコ IOC（海洋・津波分野）等の国際的な枠組みによる貢献を行っているほか、アジア・太平洋地域への技術協力・貢献（気象衛星ひまわりの運用・データの利活用、台風センター・地区気候センター・地区測器センターの運用・研修）、東南アジア諸国との観測データの交換、レーダーネットワーク構築等）を行ってなっている。また JICA の国際協力と連携した貢献（課題別研修「気象業務能力の向上」の実施、無償資金協力プロジェクト・技術協力プロジェクトへの専門家派遣）を行っている。

(イ) アジア太平洋気象防災センター：RSMC Tokyo - Typhoon Center

気象庁は、北西太平洋域の台風の解析・予報等を域内の NMSs に提供する台風に関する地域特別気象センター（RSMC）を運用している。RSMC は域内の途上国の NMSs の台風の解析・予報

能力を強化するため、研修も行っている。

(ウ) 気候情報課異常気象情報センター：Tokyo Climate Center (TCC)

TCC は、WMO 第 II 地区（アジア）及びインドネシア、フィリピンの国家気象機関に対して、気候情報に一定の品質を担保するための情報提供支援、研修による人材育成支援を行っている。

技術支援としては 1 か月予報モデル、3 か月予報モデル、6 か月予報モデルの出力チャートを提供（TCC web site）、エルニーニョ予報、異常気象レポート、最新の気候解析情報の提供等、季節予報を実施するために必要な情報を網羅的に提供している。また、これらのデータを可視化するためのツールも提供している。

(エ) 情報通信基盤課交際通信調整官：GISC Tokyo, RTH Tokyo

気象庁は、観測データ・プロダクト等を国際的に迅速に交換するため、に WMO の全球情報システムセンター（GISC 東京）及びアジア地区通信中枢（RTH 東京）として様々な気象・気候データを確実に流通させ、東アジア地域におけるデータ交換の中継を担っている。また、世界各国との技術協力や主に東南アジア地域を対象とした技術支援を通じて気象通信技術の高度化を推進し、観測データ等の効率的な国際交換・提供に貢献している。

(オ) 観測整備課：Regional WIGOS Centre

気象庁は、WMO 統合全球観測システムの第 II 地区（アジア）のセンターを担当しており、メタデータ入力支援、観測データ品質管理、インシデントマネジメント（重大問題の監視・解決）とともに、必要な研修などを実施している。

(カ) 気象衛星課

気象庁は、現在ひまわり 8 号・9 号を運用しており、衛星の観測画像は主に衛星通信（ひまわりキャスト）とインターネット（ひまわりクラウド）により提供している。ひまわりキャストの受信・解析装置（及び気象解析ツール SATAID）を JICA 及び WMO と協力して 20 の途上国の NMSs に設置し、これらの国々については気象庁から職員を派遣して、衛星データの利用方法に関する研修を実施している。

(キ) 東南アジアを対象とした気象レーダーネットワーク構築プロジェクト担当部局

気象庁は、東南アジア各国が運用する気象レーダーを地域内で効果的に活用出来ること等を目指し、“東南アジアレーダーネットワーク”を構築し、高品質なレーダー観測データの国際交換、地域内レーダーデータの合成を行うことを支援してきている。このため、東南アジア（ASEAN 加盟国及びバングラデシュ）を対象に、各国の国内レーダー合成データのリアルタイム交換と、参加国間の技術協力による各国気象局の能力向上に向けた活動を実施している。活動にあたっては多国間枠組み（WMO、台風委員会、ASEAN）のプロジェクト、二国間協力（気象局間の協力、JICA 技術協力）等を効果的に活用している。

(ク) 気象測器検定試験センター：RIC Tsukuba

世界気象機関（WMO）は、各国が保有する気象測器の精度を高い水準に維持することと、測

器の維持を担う専門家を育成することを目的に、地区測器センター（RIC：Regional Instrument Centre）を設立しており、気象庁は、アジア地区の RIC として指名され、茨城県つくば市にある気象測器検定試験センター（名称：「RIC つくば」）が実務を担当している。RIC つくばは高度の校正能力を維持しつつ、アジア地区の NMSs の気象測器の校正を行うとともに、途上国における測器校正能力の強化や専門家の育成等の技術支援を実施している。

II.3.2 大学へのヒアリング

開発途上国を対象とした人材育成のあり方について、長年にわたりバングラデシュにおいて観測研究を続けてこられた林泰一氏（京都大学東南アジア地域研究・研究所 連携教授）に、二度にわたって聞き取りを行った。その概要は以下のとおりである。

聞き取り対象者：林泰一 京都大学東南アジア地域研究・研究所 連携教授

聞き取り日時：

- 一回目：2021 年 4 月 20 日（火） 15:30～18:00
於 気象業務支援センター
- 二回目：2021 年 5 月 25 日（火） 13:30～15:30
於 気象業務支援センター（所内講演会の一環として実施）



開発途上国における気象学教育の現状

バングラデシュでは、バングラデシュ気象局（BMD）に気象学の研修機関が設置されている。日本の気象大学校のような位置づけである。

約 15 年前にバングラデシュ工科大学に大気科学研究センターが設立され、気象学の教育が行われている。また、ダッカ大学に気象学科と海洋学科が設置されている。インド工科大学にも気象コースがある。バングラデシュやインドネシアでは、気象の学会誌が刊行されつつある。

これらの教育機関において、10 年ほど前から BMD 職員の学位の取得が始まっている。

気象機関職員の能力向上

バングラデシュ国内に自記雨量計を展開して年 1 回データロガーを回収して大雨の解析を行う研究を 2006 年から継続している。

現在多数の AWS を展開するプロジェクトが計画されているが、これらの観測システムを維持するためには国家気象機関の知恵を借りる必要がある。特に測候所長レベルのスタッフの訓練・研修をどうするかが課題となる。地元スタッフでは原因の切りわけができる程度なので、AWS を展開するならメーカーの保守サービス付きでないと維持できない。

わが国への招聘の現状と提案

バングラデシュの大学の指導者は北海道大学、京都大学、名古屋大学、岡山大学などで学位を取った人が多い。

京都大学では、開発途上国から学生を招聘する予算はない。各講座単位でインドネシアやラオスから一本釣りに招聘する事例はある。

JICA がスポンサーとなって大学で受け入れるスキームがあるといいのではないかと。

そのような状況の中、開発途上国を研究活動に巻き込むことが重要である。現地の職員をお手

伝いにとどめないような工夫が必要である。

大学との連携に当たって、レーダー、数値予報モデル（WRF）などのツールは揃っている。テーマを決めて論文を作成し、学位が取れるまでサポートすることが重要である。文部科学省のフェンドは5年で切れ、継続性がない。

国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）には海外の若い学生を招聘する「サクラプロジェクト」があり、論文博士取得のための支援プログラムとして独立行政法人日本学術振興会（JSPS）が年額120万円×3年の支援を行っている。

JICA で技術協力プロジェクトとは別に、気象技術者を養成するプロジェクトの枠組みは作れないか。その際は学費のみならず生活費の支援も必要である。

II.3.3 日本気象学会における議論

日本気象学会 2021 年度春季大会では、専門分科会「気象分野における途上国支援・協力の現状と今後の展望」を開催し、気象分野における学術機関と開発途上国の協力のあり方について議論が行われた。同分科会のプログラムを第 III 章の表 III.1.1-2 に示す。同分科会における主な議論は以下のとおりである。

- JICA が実施した気象関連の技術協力プロジェクトにおける本邦研修の実績をまとめると、過去 10 年間で数値予報モデルが 4 回、衛星データが 1 回、災害全般が 1 回、その他多くの分野をオムニバス形式で行ったものが 1 回である。対象国と本邦研修の回数は、バングラデシュが 3 回、スリランカが 2 回、フィリピンが 1 回となっている。このうち、受け入れ機関は、岐阜大学が 2 回、筑波大学が 1 回、京都大学が 1 回、気象研究所が 1 回、宇宙航空研究開発機構が 1 回、防災科学技術研究所が 1 回である。（岩田・服部）
- 東南アジア諸国における大気科学研究の協力・連携の共同研究の一例として「東南アジア地域の気象災害軽減国際共同研究」が、京都大学、バンドン工科大学（ITB、インドネシア）、気象庁・気象研究所の共同研究として実施された。同計画では、研究ネットワークの構築と東南アジア地域での数値天気予報実験を国際的連携の下に実施して、気象災害の軽減判断支援システムを構築することを目標とした。（斉藤）
- また、JICA ベトナム気象予測技術支援プロジェクト（2018 年～）では、①気象観測機材の保守点検及び校正、②気象観測レーダーデータの解析及び品質管理、③大雨・台風に関する監視・予報業務、④情報伝達、の各能力の向上を目指している。同事業の第 1 期の成果が、日本の JICA 関係者とベトナム気象水文局の職員による 6 つの論文として「ベトナム水文気象誌」特別号に掲載された。（斉藤）
- インドネシアでは SATREPS の枠組みでレーダー網、海洋観測網を整備して、洪水・干ばつ減災用情報の準リアルタイム提供のほか、過去の気候資料のデータベース化が行われ、同国の降水過程に関する知見が発表されている。（山中）

同分科会における議論を契機として、この分野の関係者の間で経験・情報・課題・計画を共有するための情報・意見交換の場として、日本気象学会内に「国際協力研究連絡会」が 2021 年 12 月に設置された。

II.3.4 JICA におけるプロジェクト実績

JICA が実施した過去の気象関連プロジェクトの実績を表 II.3.4-1 に示す。

表 II.3.4-1 JICA におけるプロジェクト実績

案件名	業務種別	コンサルタント名	期間(※1、2)
モルディブ国マレ首都圏気象災害情報収集・確認調査	基礎調査	八千代エンジニアリング、オリエンタルコンサルタンツグローバル、日本工営	2021 年 11 月 ～2022 年 2 月 ^{※2}
アルゼンチン国気象災害に脆弱な人口密集地域のための数値天気予報と防災情報提供システム (SATREPS) 詳細計画策定調査 (環境社会配慮) [単独型]	詳細計画	セントラルコンサルタント	2021 年 9 月 ～2021 年 11 月 ^{※2}
アルゼンチン国気象災害に脆弱な人口密集地域のための数値天気予報と防災情報提供システム (SATREPS) 詳細計画策定調査 (機材調達計画) [単独型]	詳細計画	八千代エンジニアリング	2021 年 9 月 ～2021 年 11 月 ^{※2}
アルゼンチン国気象災害に脆弱な人口密集地域のための数値天気予報と防災情報提供システム (SATREPS) 詳細計画策定調査 (洪水分析) [単独型]	詳細計画	八千代エンジニアリング	2021 年 9 月 ～2021 年 11 月 ^{※2}
ベトナム国海洋気象観測システム整備計画準備調査	準備調査	国際気象コンサルタント、ウェザーニューズ、アルファ水工コンサルタンツ	2021 年 6 月 ～2022 年 5 月 ^{※2}
全世界気象業務・インフラに関する情報収集・確認調査	基礎調査	気象業務支援センター、日本気象協会、オリエンタルコンサルタンツグローバル	2021 年 2 月 ～2022 年 1 月 ^{※2}
アフガニスタン国水文・気象情報管理能力強化プロジェクト (フェーズ 2)	技プロ	建設技研インターナショナル、国際気象コンサルタント	2020 年 10 月 ～2025 年 10 月 ^{※2}
アフガニスタン国水文・気象情報管理能力強化プロジェクト (フェーズ 2) 詳細計画策定調査 (水文・気象情報管理) [単独型]	詳細計画	建設技研インターナショナル	2019 年 10 月 ～2019 年 12 月 ^{※2}
フィジー国防災の主流化促進プロジェクト	技プロ	オリエンタルコンサルタンツグローバル、八千代エンジニアリング、パシフィックコンサルタンツ	2020 年 11 月 ～2024 年 10 月 ^{※1}
インドネシア国気候変動対策能力強化プロジェクトフェーズ 2 における長期気候変動予測にかかる能力強化	技プロ	気象業務支援センター	2020 年 3 月 ～2022 年 2 月 ^{※2}
フィリピン国高品質の気象観測、予報、警報能力強化プロジェクト	技プロ	気象業務支援センター	2020 年 3 月 ～2023 年 2 月 ^{※2}
フィリピン国高品質な気象観測、予報、警報能力強化プロジェクト詳細計画策定調査 (気象観測/予警報) [単独型]	詳細計画	気象業務支援センター	2019 年 2 月 ～2019 年 3 月 ^{※2}
ブータン国ティンブー川・パロ川流域における災害事前準備・対応のための気象観測予報・洪水警報能力強化プロジェクト	技プロ	地球システム科学、気象業務支援センター、日本気象協会 (補強)	2020 年 2 月 ～2023 年 1 月 ^{※1}
サモア国気候変動に対する強靱性向上のための大洋州人材能力向上プロジェクト	技プロ	パシフィックコンサルタンツ、日本気象協会、オリエンタルコンサルタンツグローバル	2020 年 1 月 ～2022 年 7 月 ^{※2}
パキスタン・イスラム共和国サッカル気象レーダー整備計画準備調査	準備調査	国際気象コンサルタント	2019 年 5 月 ～2020 年 7 月 ^{※2}
ミャンマー国気象観測・予報能力強化プロジェクト	技プロ	気象業務支援センター、オリエンタルコンサルタンツグローバル	2019 年 3 月 ～2022 年 6 月 ^{※2}
ミャンマー国気象観測・予報能力強化プロジェクト詳細計画策定調査 (気象観測/予報) [単独型]	詳細計画	気象業務支援センター	2018 年 7 月 ～2018 年 9 月 ^{※2}
ブータン国全国防災対策能力強化プロジェクト第一次詳細計画策定調査 (気象予警報) [単独型]	詳細計画	日本気象協会	2019 年 2 月 ～2019 年 3 月 ^{※2}
モーリシャス国気象観測及び予警報能力向上プロ	技プロ	日本気象協会、気象業務支	2019 年 2 月

プロジェクト		援センター	～2022年6月※2
カンボジア国流域水資源利用プロジェクト（気象・水文データ活用支援）[単独型]	専門家	児玉正行	2018年12月 ～2019年3月※2
カンボジア国流域水資源利用プロジェクト（気象・水文観測/水利用管理）[単独型]	専門家	児玉正行	2016年4月 ～2016年7月※2
カンボジア国流域水資源利用プロジェクト（気象・水文観測網の改善・強化支援）[単独型]	専門家	児玉正行	2015年4月 ～2015年10月※2
カンボジア国流域水資源利用プロジェクト（気象・水文観測網の改善・強化支援）[単独型]	専門家	児玉正行	2014年6月 ～2014年10月※2
インドネシア国「農業保険実施能力向上プロジェクト」における気象観測データ評価能力強化業務	技プロ	気象業務支援センター	2018年11月 ～2020年12月※2
ベトナム国気象予測及び洪水早期警報システム運営能力強化プロジェクト	技プロ	気象業務支援センター	2018年5月 ～2021年12月※2
ベトナム国気象予測及び洪水早期警報システム運営能力強化プロジェクト詳細計画策定調査（気象観測/予警報）[単独型]	詳細計画	気象業務支援センター	2017年5月 ～2017年7月※2
パキスタン・イスラム共和国 ムルタン気象レーダー整備計画準備調査	準備調査	国際気象コンサルタント	2017年7月 ～2018年5月※2
フィリピンにおける極端気象の監視・情報提供システムの開発	技プロ	北海道大学、東京都立大学、東北大学	2017年4月 ～2022年5月※1
スリランカ民主社会主義共和国気象観測レーダー整備計画準備調査	準備調査	国際気象コンサルタント	2016年2月 ～2016年12月※2
モザンビーク国気象観測及び予警報能力向上プロジェクト	技プロ	気象業務支援センター	2015年3月 ～2017年8月※2
大洋州地域気象分野第三国研修フォローアップ協力（気象）[単独型]	フォローアップ	気象業務支援センター	2015年3月 ～2015年6月※2
フィジー国大洋州気象人材育成能力強化プロジェクト詳細計画策定調査	詳細計画	黒岩宏司	2015年6月 (最終報告書)
タイ国東南アジア地域気候変動緩和・適応能力強化プロジェクト	技プロ	オリエンタルコンサルタンツグローバル、パシフィックコンサルタンツ、地球環境戦略研究機関	2013年 ～2016年
サモア独立国太平洋気候変動センター建設計画準備調査	準備調査	山下設計、パデコ、アールコンサルタンツ	2015年4月 ～2015年12月※2
エクアドル国防災分野情報収集・確認調査（気象観測体制）[単独型]	基礎調査	日本気象協会	2014年10月 ～2014年11月※2
エクアドル国防災分野情報収集・確認調査（警報システム/気象関連災害）[単独型]	基礎調査	日本気象協会	2014年10月 ～2014年11月※2
フィリピン国水文気象情報システムの戦略的構築を通じた洪水予警報の総合的データマネジメント能力強化プロジェクト詳細計画策定調査（洪水予警報・データベース）[単独型]	基礎調査	日本工営	2014年9月 ～2014年11月※2
スリランカ国気象観測・予測・伝達能力向上プロジェクト	技プロ	国際気象コンサルタント、日本気象協会、JICA 長期専門家	2014年9月 ～2017年8月※1
フィリピン国気象観測・予報・警報能力向上プロジェクト	技プロ	気象業務支援センター	2014年5月 ～2017年5月※1
バングラデシュ国ダッカ及びラングプール気象レーダー整備計画準備調査	準備調査	日本気象協会、国際気象コンサルタント	2014年2月 ～2015年3月※2
フィリピン共和国ギウアン気象レーダーシステム復旧計画準備調査	準備調査	日本気象協会、国際気象コンサルタント	2014年1月 ～2014年4月※2
パキスタン・イスラム共和国カラチ気象レーダー整備計画準備調査	準備調査	日本気象協会、国際気象コンサルタント	2013年12月 ～2015年2月※2
パラオ国サンゴ礁島嶼系における気候変動による危機とその対策プロジェクト	技プロ	琉球大学（代表）、自然環境研究センター、東京工業大学、東京大学、東邦大学、鹿児島大学	2013年4月 ～2018年3月※1
バングラデシュ国気象観測・予測能力向上プロジェクト（5年次）（測器校正・保守管理）（小規模）	技プロ	気象業務支援センター	2013年8月 ～2014年1月※2
バングラデシュ国気象観測・予測能力向上プロジェクト	技プロ	日本気象協会、国際気象コンサルタント	2009年9月 ～2013年12月※1

ラオス国気象水文システム整備計画準備調査	準備調査	日本気象協会、国際気象コンサルタント、建設技研インターナショナル	2013年7月 ～2014年2月※2
インドネシア国インドネシア「気候変動対策能力強化プロジェクト」サブプロジェクト2 脆弱性評価	技プロ	気象業務支援センター	2013年6月 ～2013年10月※2
パキスタン・イスラム共和国中期気象予報センター設立及び気象予報システム強化計画準備調査	準備調査	国際気象コンサルタント、日本気象協会、建設技研インターナショナル	2012年9月 ～2014年2月
サモア国気象観測能力/災害対策向上計画 技術支援業務	技プロ	(調達代理機関：一般財団法人 日本国際協力システム) 国際気象コンサルタント、日本気象協会	2012年12月 ～2015年10月
サモア独立国気象観測・災害対策向上計画準備調査(その2)	準備調査	国際気象コンサルタント、日本気象協会	2010年2月 (最終報告書)
ミャンマー連邦共和国気象観測装置整備計画準備調査	準備調査	日本気象協会、国際気象コンサルタント	2012年6月 ～2013年3月
モーリシャス共和国気象サービス計画準備調査	準備調査	日本気象協会、国際気象コンサルタント	2011年10月 ～2012年8月
ラオス国気象水文業務改善計画プロジェクト	技プロ	日本気象協会、建設技研インターナショナル	2006年7月 ～2011年1月※1
ラオス人民民主共和国気象監視網整備計画基本設計調査	基本設計	日本気象協会、久米設計	2004年6月 (最終報告書)
フィリピン共和国気象レーダーシステム整備計画基本設計調査	基本設計	日本気象協会	2009年1月 (最終報告書)
大洋州広域「気候変動対策」協力プログラム(水資源管理・気象観測・防災)準備調査	準備調査	八千代エンジニアリング	2009年6月 (最終報告書)
中華人民共和国日中気象災害協力研究センタープロジェクト	技プロ	東京大学、日本気象協会	2005年12月 ～2009年6月※1
大洋州広域「気候変動対策」協力プログラム(水資源管理・気象観測・防災)準備調査	準備調査	八千代エンジニアリング	2009年6月 (最終報告書)
モンゴル国気象予測及びデータ解析のための人材育成プロジェクト	技プロ	日本気象協会	2005年2月 ～2008年10月※1
バングラデシュ人民共和国モウルビバザール気象レーダー設置計画基本設計調査	基本設計	日本気象協会	2007年2月 (最終報告書)
スリランカ国 気象情報・防災ネットワーク改善計画基本設計調査	基本設計	パシフィックコンサルタンツインターナショナル	2007年6月 (最終報告書)
バングラデシュ人民共和国コックスバザール及びケプパラ気象レーダー整備計画基本設計調査	基本設計	日本気象協会	2005年5月 (最終報告書)
モンゴル国気象情報ネットワーク改善計画基本設計調査	基本設計	パシフィックコンサルタンツインターナショナル	2003年2月 (最終報告書)
ヴェトナム社会主義共和国 気象レーダー網整備計画基本設計調査	基本設計	日本気象協会	2001年3月 (最終報告書)
モンゴル国自然災害防止計画基本設計調査	基本設計	日本気象協会	1998年1月 (最終報告書)
フィリピン共和国地震・火山観測網整備計画基本設計調査	基本設計	日本気象協会	1998年3月 (最終報告書)
パキスタン国第2次気象観測網整備計画基本設計調査	基本設計	日本気象協会	1996年12月 (最終報告書)
フィジー共和国気象観測・予報システム整備計画基本設計調査	基本設計	日本気象協会	1995年5月 (最終報告書)

※1 協力期間 (JICA ホームページ「ODA 見える化サイト」参照)

※2 履行期間 (JICA 公示参照)

II.3.5 JICA 無償資金協力事業等による気象レーダーの整備

JICA が実施した過去の無償資金協力等による気象レーダーの整備実績と今後の計画を図 II.3.5-1 に示す。

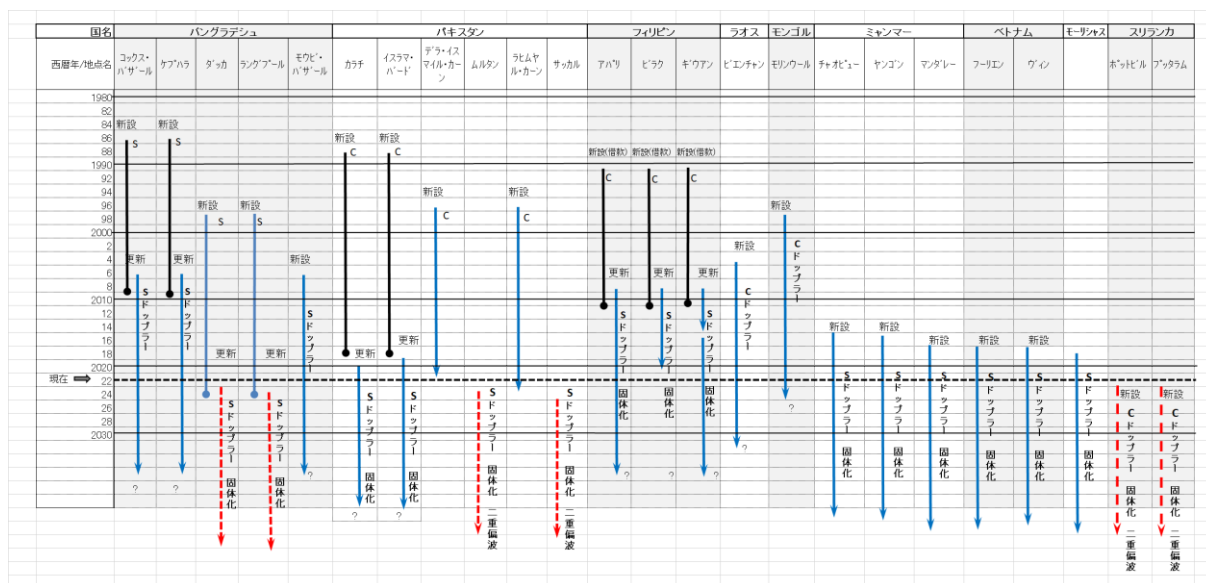


図 II.3.5-1 JICA による気象レーダーの整備状況（青線は運用中、赤破線は計画中）

第Ⅲ章 調査国における現状・課題に関する調査

III.1 調査方法

III.1.1 国別調査の方法

それぞれの調査国における気象業務の現状・課題については、以下の調査を行い、その結果を国別調査表（「国別調査 1」と表記）にとりまとめた。

- 日本国内において、JICA 等が実施した過去の有償・無償・技術協力プロジェクト・専門家派遣等の完了報告書等の調査
- 気象庁で実施されている JICA 課題別研修「気象業務能力向上」における研修員の「カンントリーレポート」（各国の気象局の状況を取りまとめた資料）、気象庁が開催したレーダー、気象衛星等に係る国際会議における報告の収集（表 III.1.1-1）
- 各国気象局ホームページなどの公開資料の収集

調査資料のうち公開可能な資料と国別調査表は DVD にファイルとして格納した。また、調査表には、後日参照可能となるように、出典資料を記載することとした。

表 III.1.1-1 国内調査において収集した資料・ヒアリング

	Remark
JICA 課題別研修「気象業務能力向上」における研修員の「カンントリーレポート」	2012~2019 年
気象庁ヒアリング	● 「地区 WIGOS センター、東南アジアレーダー観測ネットワーク」2021 年 3 月 18 日 AM ● 「気象庁国際室」2021 年 3 月 18 日 PM ● 「アジア太平洋気象防災センター」、「アジア太平洋気象防災センター、気象衛星課」2021 年 3 月 26 日 PM ● 「情報通信基盤課」2021 年 3 月 26 日 AM ● 「RIC つくば」2021 年 3 月 25 日
2021 年日本気象学会春季大会専門分科会	2021 年 5 月 20 日（表 III.1.1-2）
関連機関ヒアリング	● 「GTS/MSS、HimawariCast」東洋電子工業（株）、2021 年 3 月 3 日 ● 「途上国における観測機器・観測データ」林泰一氏、2021 年 3 月 4 日

この調査結果は、2000 年前後から直近のものまで含まれており、現在の状況とは異なることもあるとも見込まれ、また国内での調査では不明な内容もあることから、最新の状況を確認するため各国の気象局に対して質問表による調査を行った。その結果を加えて、国別調査 1 について表 III.1.1-3 に示す 1~13 の分野別に内容を整理し、その要旨を英語で記載した国別調査 2（「国別調査 2（英語）」と表記）を作成した。

表 III.1.1-2 日本気象学会専門分科会（日本気象学会 2021 年度春季大会）

A3K 専門分科会 「気象分野における途上国支援・協力の現状と今後の展望」(SP2, 15)			
大会第 3 日 [5 月 20 日 (木)] 13 : 00～17 : 00			
13:00-13:05	趣旨説明	赤津 邦夫 (元 JICA)	
座長 石原 正仁 (JICA)			
13:05-13:20	SP2-01+	大庭 隆 (JICA 地球環境部防災グループ) JICA の気象分野における協力の現状と課題	
13:20-13:35	SP2-02+	小川 智 (JMA) 気象庁の国際協力業務	
13:35-13:50	SP2-03+	山本 幹人 (JMA 気象衛星課) 静止気象衛星ひまわりによる国際貢献	
13:50-14:05	SP2-04+	登内 道彦 (JMBSC) 途上国における気象分野への貢献	
14:05-14:20	SP2-05+	岩田 総司 (JWA 社会・防災事業部) 途上国気象局職員の日本国内研修における大学及び研究機関協力先の現状	
14:20-14:35	SP2-06+	石原 正仁 (JICA) JICA 長期専門家から見た途上国支援	
14:35-14:40 休憩			
座長 余田 成男 (京大高等教育院)			
14:40-14:55	SP2-07+	BEHERA SWADHIN KUMAR (APL/JAMSTEC) Climate prediction based societal applications	
14:55-15:10	SP2-08+	沖 大幹 (東大工学系) タイにおける水文・気象共同研究の 30 年について	
15:10-15:25	SP2-09+	山中 大学 (地球研) インドネシア海大陸の観測気象学: JEPP, SATREPS と今後 (改訂版)	
15:25-15:40	SP2-10+	石川 裕彦 (京大防災研) 極端気象を対象とした大学院レベルの人材育成	
15:40-15:55	SP2-11+	林 泰一 (京大東南研) インド亜大陸北東部大気現象と気象災害	
15:55-16:10	SP2-12+	斉藤 和雄 (JMBSC/AORI/MRI) 東南アジア気象災害軽減国際共同研究と JICA ベトナム気象予測技術支援プロジェクト	
16:10-16:25	SP2-13+	楠 昌司 (気象研) 気象研究所高解像度全球大気モデルによる国際研究協力	
16:25-16:40	SP2-14+	佐々木 秀孝 (気象研) NHRCM を用いたアジア・太平洋地域における気候変動予測実験に関する共同研究について	
16:40-16:55	SP2-15+	仲江川 敏之 (気象研) 途上国の防災にかかわる気候変化予測協力	
16:55-17:15	総合討論		

表 III.1.1-3 調査分野の分類

- 1 Natural disasters
 - 1.1 Meteorological and hydrological disasters occurred since 1990 in your country
 - 1.2 Information on meteorological and hydrological disasters: risk evaluation carried out by the government, international donors, or research institutes
- 2 Legislation, mid- and long-term plans of meteorological services
 - 2.1 Laws and regulations on the meteorological services
 - 2.2 Mid- and long-term plans on the meteorological services
 - 2.3 Terms of reference of the meteorological services stipulated in laws
- 3 Structure and finance
 - 3.1 Structure, finance, and staff of NMHS
 - 3.2 Structure diagram of NMHS
 - 3.3 List of local offices
 - 3.4 Terms of reference of each department and the number of staff
 - 3.5 Recent financial situation (budget plan and expenditure for the last five years)
- 4 Observations and infrastructure
 - 4.1 Surface observation
 - 4.1.1 Manned observation (site location, staff shift, observation elements, instruments, reporting system, SYNOP reporting)
 - 4.1.2 AWSs (site location, observation elements, communication method, manufacturer(s), established year, donor(s))
 - 4.1.3 Use of AWS data for SYNOP reporting onto GTS
 - 4.1.4 Quality management of observation data and instruments
 - 4.2 Radar observation
 - 4.2.1 Radars in operation (site location, observation area, type(s), manufacturer(s), year(s) of establishment, donor(s), maintenance, communication method, quantitative precipitation estimation (QPE), types of radar products)
 - 4.2.2 Plan to introduce new radars
 - 4.3 Upper-air observation
 - 4.3.1 Radiosonde observation (site location, observation time and days in a week), type(s) of radiosonde, manufacturer(s), year of establishment, donor(s), TEMP and CLIMAT TEMP reporting)
 - 4.3.2 Pilot balloon observation (site location, observation frequency, manufacturer(s), year of establishment, donor(s))
 - 4.3.3 Observation with wind profiler
 - 4.4 Satellite data
 - 4.4.1 Types of satellite data received/used in NMHS
 - 4.4.2 Satellite receiving systems (manufacturer(s), year of establishment, donor(s))
 - 4.5 Calibration
 - 4.5.1 Calibration of manual observation instruments
 - 4.5.2 Calibration of AWS instruments
- 5 International meteorological telecommunications
 - 5.1 Connection to the WMO Global Telecommunication System (GTS) (access point(s), circuit specification, speed(s))
 - 5.2 GTS Message Switching System (MS S) and peripherals (model, manufacturer, year of establishment, use of BUFR format, donor)

6	Operational weather forecasts
6.1	Operational system (kinds of the forecast, frequency of announcement, work shifts of staff, etc.), type of forecasts, weather charts, forecast areas, methods of forecasts, use of forecast guidance
6.2	Systems to assist forecaster (SATAID, SmartMet, etc.)
6.3	Regional forecast model (WRF and its version, etc.), hardware, donor
6.4	Warning and advisory (types of information on tropical cyclones, collaboration with other NMHSs)
7	Provision of meteorological information
7.1	Regulations of meteorological information provision
7.2	Destination of meteorological information
7.3	Methods of information provision
8	IT system
8.1	Hardware and software to obtain and process observation data
8.2	Networks in the headquarters of NMHS and local offices
8.3	Strategy and plan developed by the NMHS regarding IT and DX
8.4	Number of IT staff
9	Collaboration with relevant organizations including DRR authorities
9.1	System, burden-sharing, and communications
9.2	Evacuation order in the emergency
9.3	Regular meeting
10	Meteorological statistics
10.1	Operation and infrastructure
10.2	Collection, quality control, archive, and digitalization of observation data
11	Other services
11.1	Aviation weather service
11.2	Marine meteorological service
11.3	Environmental observation (carbon dioxide, aerosol, solar radiation, ozone, UV, etc.)
11.4	Relationship between Hydrological/DRR Service and Meteorological Service
11.5	Observation, research, and monitoring of climate change
12	Capacity development
12.1	Training courses organized by NMHS and the number of trainees
12.2	Present status and plan of assignment of the staff to domestic and foreign universities/institutions
12.3	Universities and research institutes studying meteorology in your country
13	Cooperation with donors
13.1	Cooperation projects since 1990 and future plans

国別調査 2（英語）については、各国への照会を行うため、

- 本調査の目的、概要、調査に対する協力を依頼するレター（本文）
- 分野別担当者、現在および 5 年後の重点分野の照会（Appendix 1）
- Instruction for Questionnaire and General Questions（Appendix 2-1）
- Expected Intermediate Target for NMHS of Developing Countries（Appendix 2-2）
- SUMMARY OF THE METEOROLOGICAL SERVICES OF THE COUNTRY（Appendix 2-3）

を国別に作成し、JICA 本部または JICA 現地事務所より各国の気象局長官宛に発出し、現地調査を実施した。レターの発出日および国名は表 III.1.1-4 に、照会を行ったレターおよび Appendix の例を図 III.1.1-1 に示した。

これらの依頼に対する回答は 6 月 15 日までとしたが、回答率が低いこと、また、内容が必ずしも十分でないことから、各長官または国際業務担当者に対しフォローアップを行い、回答の収集に努めた。

表 III.1.1-4 調査レターの送付

国 名	レター発出日	国 名	レター発出日
バングラデシュ	2021 年 5 月 25 日	モンゴル	2021 年 5 月 20 日
ブータン	5 月 17 日	ネパール	5 月 20 日
カンボジア	5 月 13 日	パキスタン	5 月 13 日
フィジー	5 月 21 日	フィリピン	5 月 13 日
インドネシア	5 月 13 日	スリランカ	5 月 21 日
ラオス	5 月 20 日	ベトナム	5 月 20 日

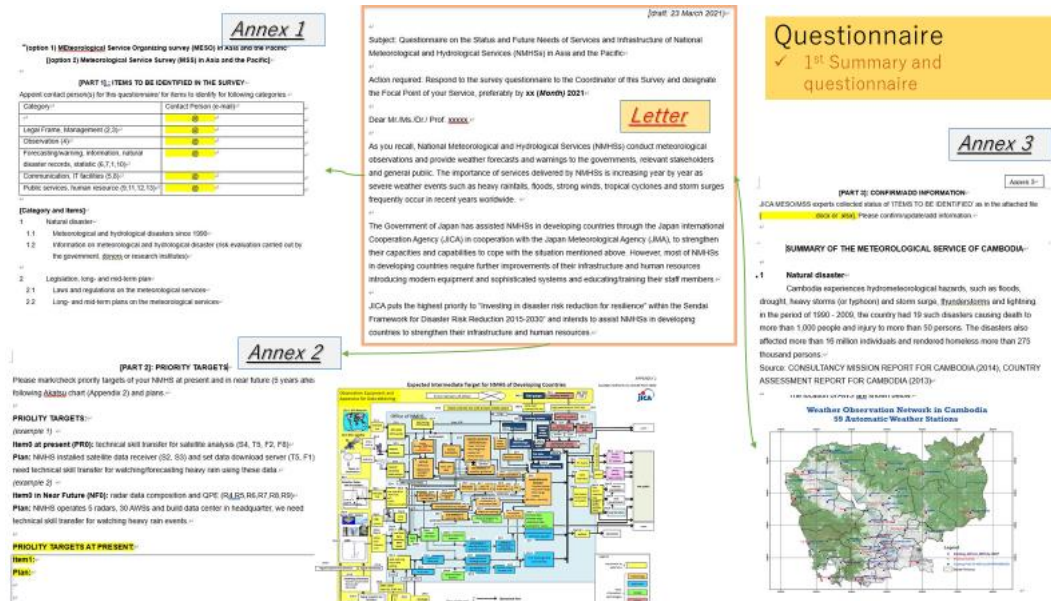


図 III.1.1-1 調査レターの構成

III.2 各国の分野別の状況

III.2.1 気象業務・組織・他機関との協力

III.2.1.1 災害被害およびリスクの概況

(1) バングラデシュ（BMD）

バングラデシュは土地が低く、国土の 7 割が洪水リスクに晒されている。また、低地であるため、サイクロンに伴う高潮が内陸部に侵入しやすく、過去にも多くの災害が発生している。一方、北部や東部の山間部では、大雨によるフラッシュフラッドや土砂崩れが頻発する。また、プレモンスーン期は、強い北西風（ノーウェスタ）による突風や落雷、降雹、竜巻といった激しい気象

現象が発生しやすい。1998 年以降に発生した顕著な災害を表 III.2.1.1-1 に示す。

表 III.2.1.1-1 バングラデシュにおける 1998 年以降の顕著な災害¹

発生年月	災害種	死者・行方不明者数	備考
2007 年 11 月	サイクロン・高潮	3,363 人	サイクロン Sidr による高潮が被害拡大の主な原因。
2002 年 12 月	寒波	727 人	1 か月以上に及ぶ寒波が発生。
2002 年 7 月	洪水	570 人	Swollen 川の堤防が決壊。下痢などの伝染病が流行。
2002 年 5 月	暴風	約 450 人	暴風によりダッカから Patuakhali へ向かうフェリーが転覆。
1998 年 7 月	洪水	783 人	国土の 3 分の 2 が水没したとされる。溺死、蛇咬傷、病死等の被害が発生。

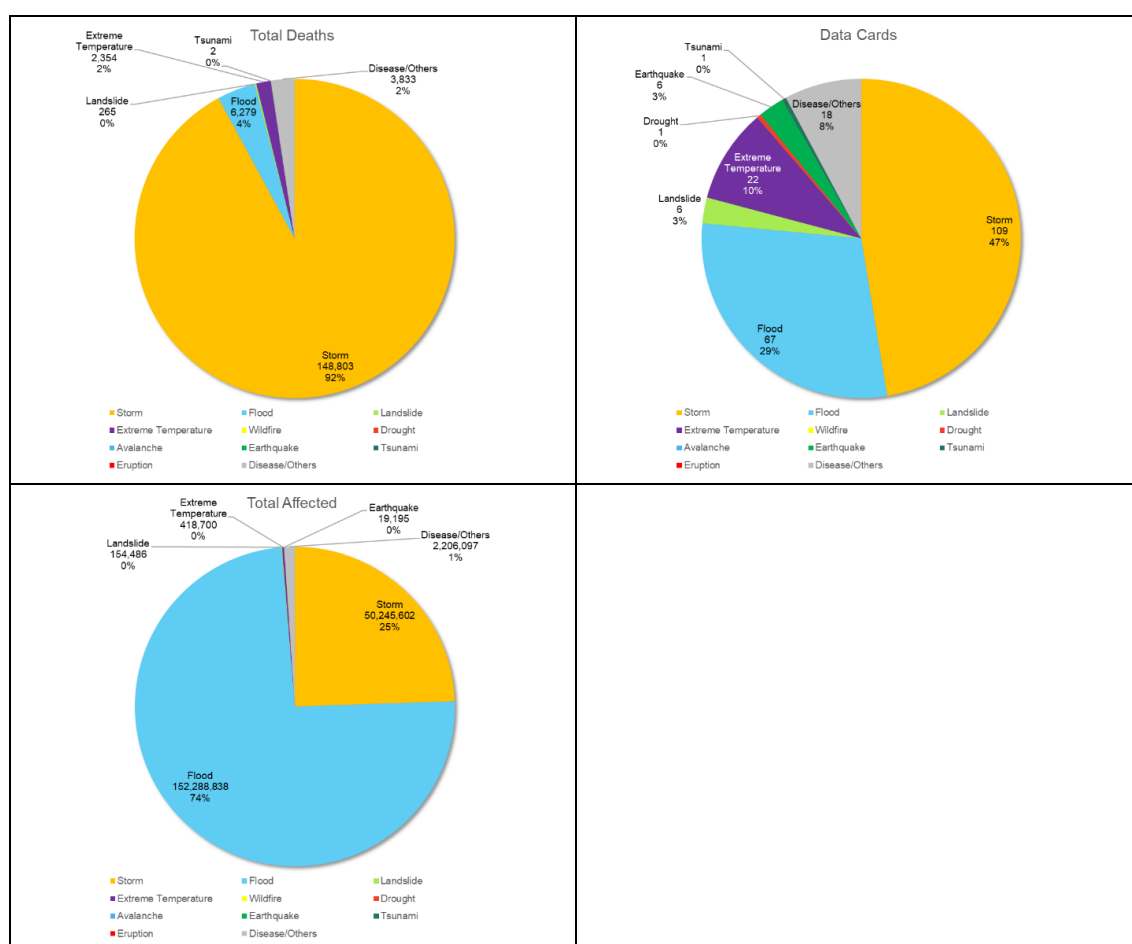


図 III.2.1.1-1 1990 年から 2021 年までに記録がある 230 件の災害における死亡者数（左上）、発生件数（右上）、被災者数（左下）の災害種別ごとの統計結果²

¹ Asian Disaster Reduction Center, Disaster Information (<https://www.adrc.asia/latest/>)にある報告書および記事を元に調査団が作成

² EM-DAT, the International Disaster Database. CRED/UCLouvain (<https://public.emdat.be/>)に挙げられる情報を元に調査団が作成

(2) ブータン (NCHM)

ブータンでは、地震、氷河湖決壊洪水（GLOF）、洪水、暴風、森林火災、土砂崩れ等の災害が発生する。1994 年 10 月には大規模な洪水が発生し、22 人が犠牲となった他、インフラにも大きな損害が出た。2009 年には、サイクロン Aila によって洪水が引き起こされ、インフラへの被害が生じた。1998 年以降に発生した顕著な災害を表 III.2.1.1-2 に示す。

表 III.2.1.1-2 ブータンにおける 1998 年以降の顕著な災害¹

発生年月	災害種	死者・行方不明者数	備考
2009 年 9 月	地震	12 人	21 日に M6.1 の地震が発生。
2000 年 8 月	洪水・土砂崩れ	49 人	モンスーン性の大雨により、ブータン南部の国境付近で洪水が発生。

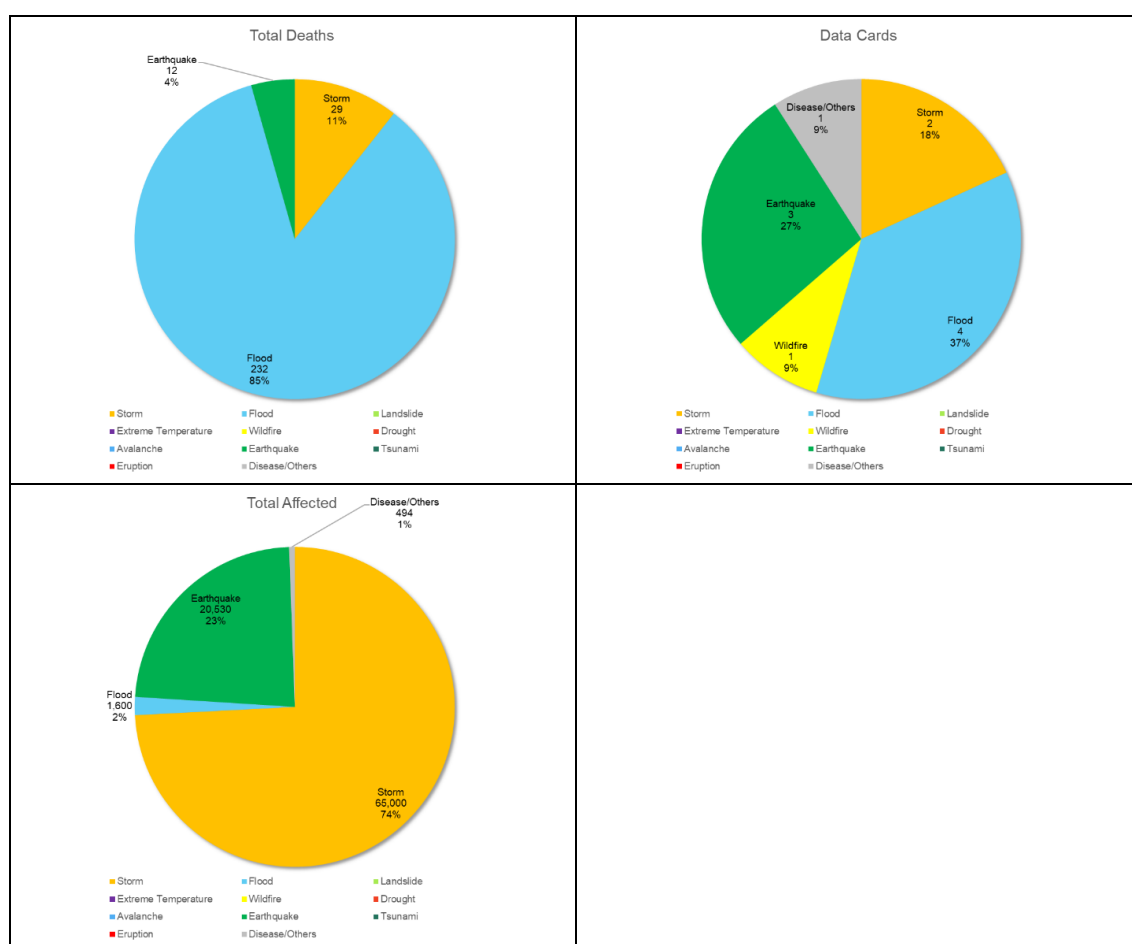


図 III.2.1.1-2 1990 年から 2021 年までに記録がある 11 件の災害における死亡者数（左上）、発生件数（右上）、被災者数（左下）の災害種別ごとの統計結果²

(3) カンボジア (DOM)

インドシナ半島の内陸部に位置するカンボジアは、大半が平野部であり、中央を南北にメコン河が流れている。災害は主に洪水、干ばつ、台風および高波、雷害等である。特に落雷による被害が頻発しており、100 人以上が犠牲となっている。また、牛等の家畜への被害も大きいため、農作業をする農民への注意喚起が重要視されている。1998 年以降に発生した顕著な災害を表

III.2.1.1-3 に示す。

表 III.2.1.1-3 カンボジアにおける 1998 年以降の顕著な災害¹

発生年月	災害種	死者・行方不明者数	備考
2013 年 9 月	洪水	168 人	北西部およびメコン河流域で洪水が発生。
2011 年 9 月	洪水	247 人	カンボジア中央部で洪水が発生。
2000 年 8 月	洪水	179 人	メコン河流域で洪水が発生。

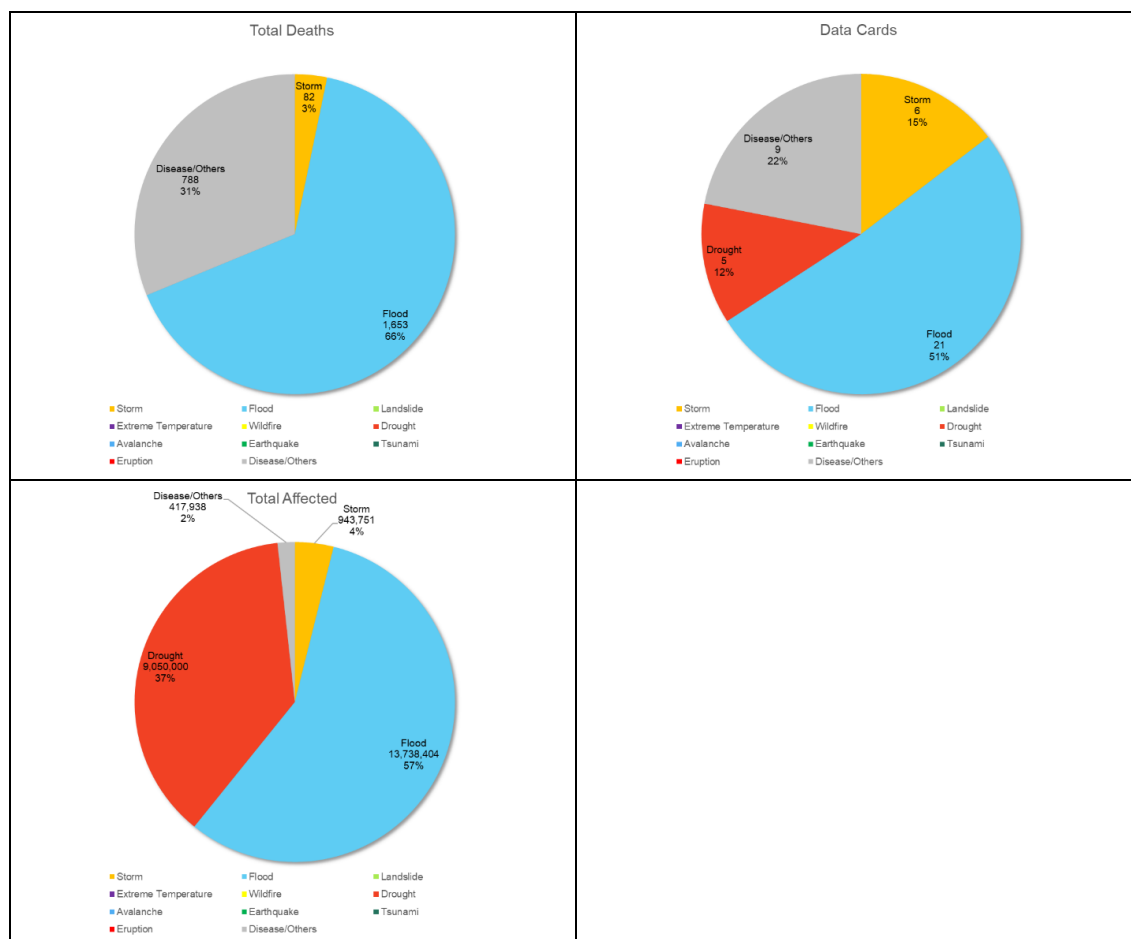


図 III.2.1.1-3 1990 年から 2021 年までに記録がある 41 件の災害における死亡者数（左上）、発生件数（右上）、被災者数（左下）の災害種別ごとの統計結果²

(4) フィジー (FMS)

フィジーは 330 の島々から構成され、国土が広大な地域に散在しており、地震による津波被害や、サイクロン来襲に伴う洪水や土砂災害等の自然災害を受けやすい環境にある。2016 年 2 月にはカテゴリー 5 のサイクロン Winston が同国に來襲し、人口の 6 割にあたる約 54 万人が被災した。1998 年以降に発生した顕著な災害を表 III.2.1.1-4 に示す。

表 III.2.1.1-4 フィジーにおける 1998 年以降の顕著な災害¹

発生年月	災害種	死者・行方不明者数	備考
2016 年 2 月	サイクロン	42 人	サイクロン Winston がフィジーを横断し、暴風による被害

			が発生。
2009 年 1 月	洪水	11 人	大雨による洪水が発生。
2004 年 4 月	土砂崩れ・洪水	10 人	大雨により土砂崩れと洪水が発生。
2003 年 1 月	サイクロン	13 人	サイクロン Ami がバヌア・レブ島に來襲し、暴風による被害が発生。



図 III.2.1.1-4 1990 年から 2021 年までに記録がある 38 件の災害における死亡者数（左上）、発生件数（右上）、被災者数（左下）の災害種別ごとの統計結果²

(5) インドネシア (BMKG)

インドネシアは環太平洋火山帯に位置しており、マグニチュード 4 以上の地震が年間平均 400 回以上発生するほかに、129 の活火山を有している。また、国土の大部分は雨季と乾季を持ち、雨季にはスコールや大雨による浸水害や洪水、乾季には干ばつや森林火災が頻発する。国際災害データベース (EM-DAT) によると、1980 年代から 2018 年に死者が 500 人以上となった大規模災害は 13 件発生し、このうち地震および津波による災害は 9 件、洪水による災害は 1 件であった。1998 年以降に発生した顕著な災害を表 III.2.1.1-5 に示す。

表 III.2.1.1-5 インドネシアにおける 1998 年以降の顕著な災害¹

発生年月	災害種	死者・行方不明者数	備考
2018 年 12 月	津波	589 人	22 日に Krakatoa 火山の噴火による Sunda 海峡付近の海底の土砂崩れによる津波が発生。

2018 年 9 月	地震・津波	3,390 人	28 日に Donggala 地区で M7.4 の地震と津波が発生。
2018 年 7 月 8 月	地震	392 人	Lombok で 29 日に M6.4、5 日に M7.0 の地震が連続して発生。
2010 年 10 月	噴火	386 人	26 日に Merapi 山が噴火。
2010 年 10 月	地震・津波	530 人	25 日に Mentawai 諸島で M7.7 の地震と約 3m の津波が発生。
2009 年 9 月	地震	1,048 人	30 日にスマトラ沖で M7.6 の地震が発生。
2006 年 5 月	地震	5,968 人	27 日にジャカルタの東側にある Yogyakarta 地区付近で M6.3 の地震が発生。
2005 年 3 月	地震	905 人	28 日に西スマトラにある Nias 島付近で M8.7 の地震が発生。
2004 年 12 月	地震・津波	126,732 人	スマトラ沖にて 1964 年以降で最大の地震と津波が発生。



図 III.2.1.1-5 1990 年から 2021 年までに記録がある 417 件の災害における死亡者数（左上）、発生件数（右上）、被災者数（左下）の災害種別ごとの統計結果²

(6) ラオス（DMH）

ラオスは南西および北東モンスーンの影響を受け、季節は 5 月中旬から 10 月中旬の雨季と、10 月中旬から翌 5 月中旬の乾季に大別される。年間降水量の 8 割は雨季に集中しているが、乾季でも東アジア地域に寒波が到来すると、北部を中心に長雨が観測される場合もある。台風は年間平均で 2.4 個襲来し、主に 7 月～9 月に影響を受ける。また、3 月～4 月のモンスーンの中休みの時期に局地的な突風や降雹等の激しい気象現象が発生しやすくなる。1998 年以降に発生した顕著な災害を表 III.2.1.1-6 に示す。

表 III.2.1.1-6 ラオスにおける 1998 年以降の顕著な災害¹

発生年月	災害種	死者・行方不明者数	備考
2019 年 9 月	洪水	28 人	熱帯低気圧 Podul と熱帯低気圧 Kajiki による大雨で洪水が発生。
2018 年 7 月	洪水	34 人	台風 Son-Tinh による大雨で建設中であった Xe-Pian Xe-Namnoy ダムが崩壊し、Sanamxay 地区等に洪水が発生。
2013 年 6 月	洪水	20 人	北部および中部地域で発生した大雨により洪水が発生。

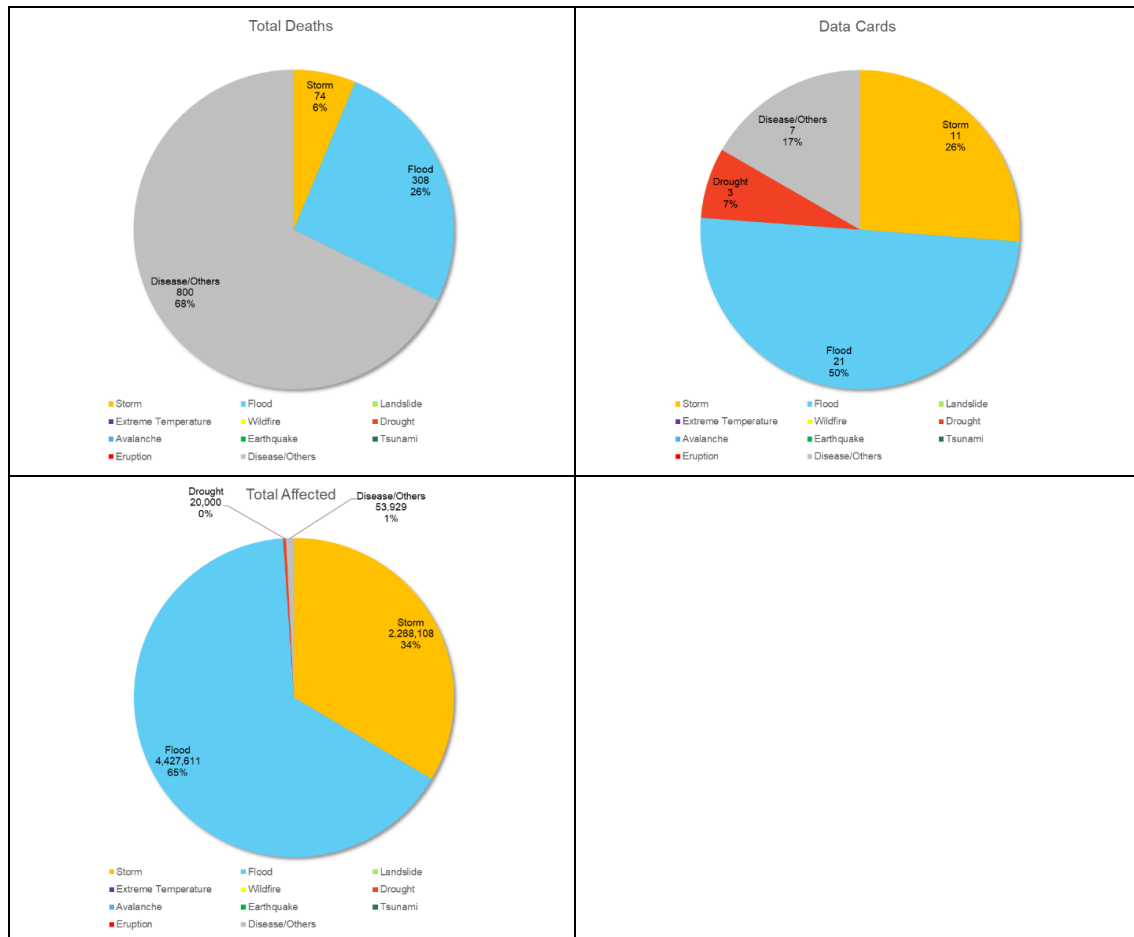


図 III.2.1.1-6 1990 年から 2021 年までに記録がある 42 件の災害における死亡者数（左上）、発生件数（右上）、被災者数（左下）の災害種別ごとの統計結果²

(7) モンゴル (NAMEM)

モンゴルは、北西部にアルタイ山脈がそびえ、南東部には窪地が広がっている内陸国である。平均標高は 1580m であり、多くの湖が塩湖である。北西部は地震地帯であり、地震が頻発する。また、干ばつ、寒波、豪雪、暴風、大雨、洪水等の災害も発生する。1998 年以降に発生した顕著な災害を表 III.2.1.1-7 に示す。

表 III.2.1.1-7 モンゴルにおける 1998 年以降の顕著な災害¹

発生年月	災害種	死者・行方不明者数	備考
2020 年 6 月	洪水	10 人	大雨により、ウランバートル付近で洪水が発生。

2009 年 7 月	洪水	26 人	降雹を伴う大雨により、ウランバートル他で洪水が発生。
2008 年 5 月	寒波	52 人	モンゴル全土で暴風雪が発生。
2003 年 7 月	洪水	15 人	降雹を伴う大雨により、ウランバートル他で洪水が発生。

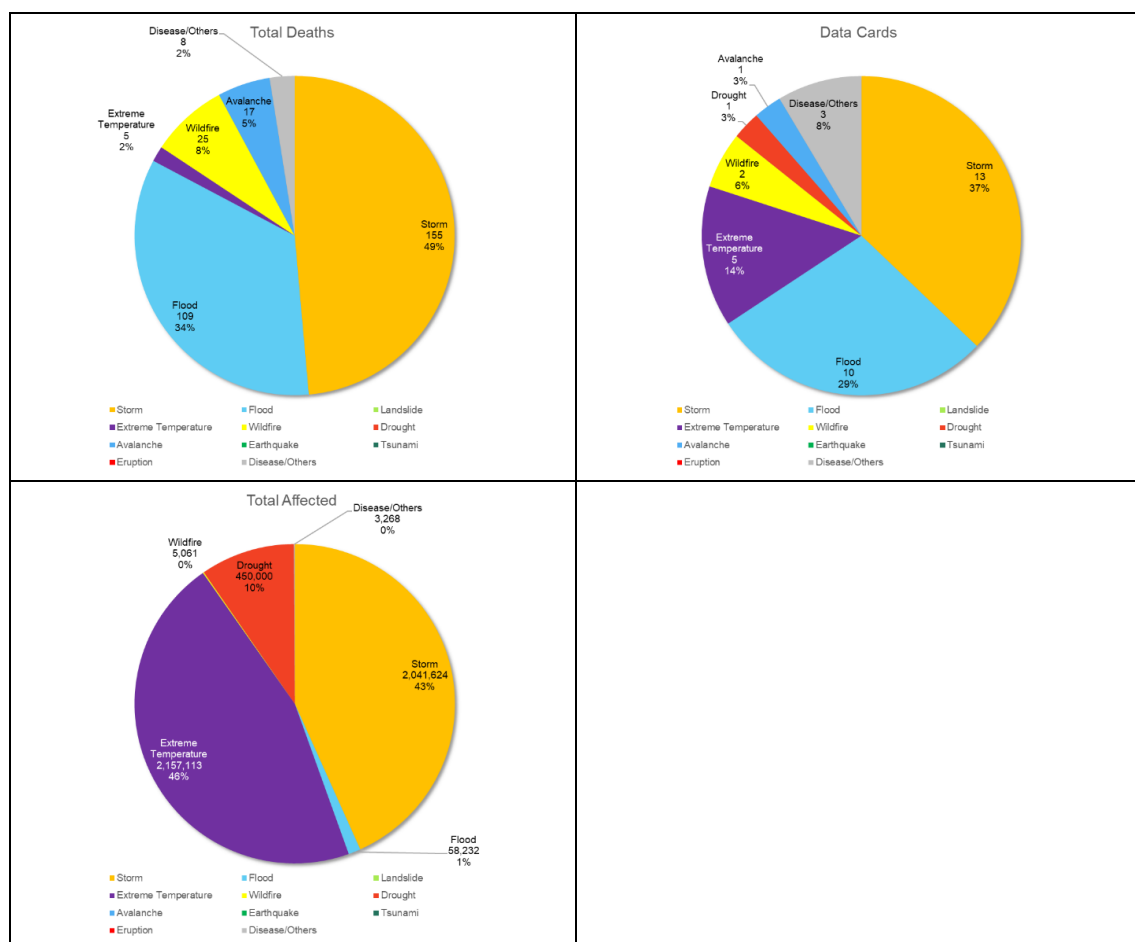


図 III.2.1.1-7 1990 年から 2021 年までに記録がある 35 件の災害における死亡者数（左上）、発生件数（右上）、被災者数（左下）の災害種別ごとの統計結果²

(8) ミャンマー（DMH）

ミャンマーは様々な災害リスクを抱えており、森林火災、地震、サイクロン、高潮、津波、土砂崩れ、洪水、干ばつ等が主な災害として挙げられる。また、落雷や河岸浸食等の局地的な災害も発生している。2014 年から 2017 年では、落雷によって 175 人が亡くなり、河岸浸食で 261 人、強風では 782 人の犠牲者が発生した。

経済損失としては、2015 年の洪水では 15 億米ドルの損害、2008 年のサイクロン Nargis では 41 億米ドルの損害が発生した。1998 年以降に発生した顕著な災害を表 III.2.1.1-8 に示す。

表 III.2.1.1-8 ミャンマーにおける 1998 年以降の顕著な災害¹

発生年月	災害種	死者・行方不明者数	備考
2020 年 7 月	土砂崩れ	162 人	19 日に Kachin 州で大規模な土砂崩れが発生。
2015 年 7 月	洪水	122 人	16 日から 1 か月続く長雨により、Ayeyarwady 地方や Magway 地方等に洪水・土砂崩れが発生。
2011 年 10 月	洪水	151 人	20 日に Magway 地方で大雨による洪水が発生。

2008 年 5 月	サイクロン	138,373 人	2 日にサイクロン Nargis が上陸、高潮が発生。
2004 年 5 月	サイクロン	140 人	19 日にベンガル湾でサイクロンが発生。160km/h 以上の暴風が吹き、高潮と洪水が発生。

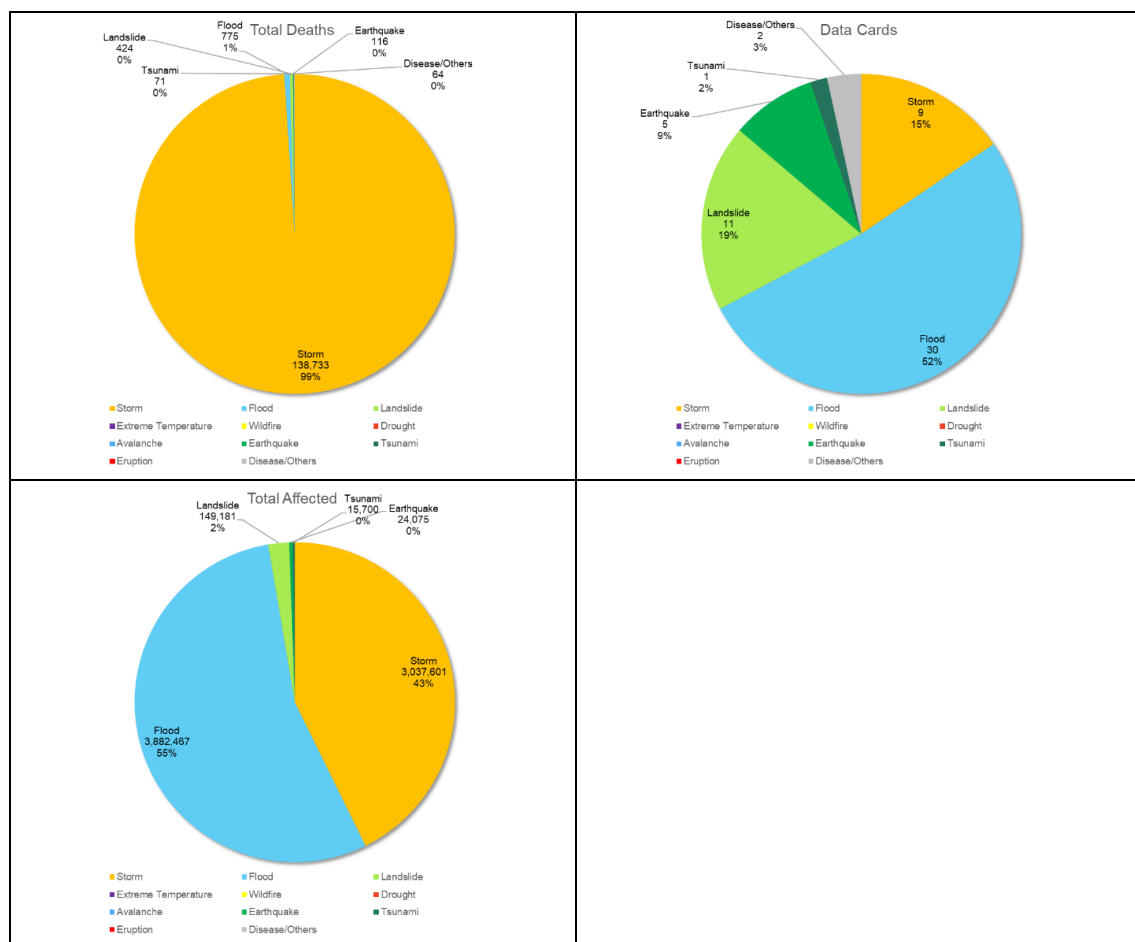


図 III.2.1.1-8 1990 年から 2021 年までに記録がある 58 件の災害における死亡者数（左上）、発生件数（右上）、被災者数（左下）の災害種別ごとの統計結果²

(9) ネパール（DHM）

ネパールでは複雑な地形のため、複合的な災害が多い。特に北側にヒマラヤ山脈があるため、モンスーン期（6 月～9 月）は大雨による地滑り、土石流、洪水、氷河湖決壊洪水（GLOF）が発生する。一方で、乾季には干ばつが発生している。

近年では、2014 年 8 月 5 日に発生した土砂災害では 156 人が死亡したほか、同年 10 月にはサイクロンに起因した吹雪と雪崩によって 43 人が死亡、50 人が行方不明となった。また、2015 年 4 月には M7.8 の地震が発生し、8,898 人が犠牲となった。1998 年以降に発生した顕著な災害を表 III.2.1.1-9 に示す。

表 III.2.1.1-9 ネパールにおける 1998 年以降の顕著な災害¹

発生年月	災害種	死者・行方不明者数	備考
2015 年 4 月	地震	8,898 人	25 日に M7.8 の地震と、これに伴う雪崩が発生。

2003 年 8 月	土砂崩れ	264 人	北部山岳地域で土砂崩れが発生。
2002 年 8 月	洪水・土砂崩れ	595 人	モンスーンによる大雨により洪水が発生。

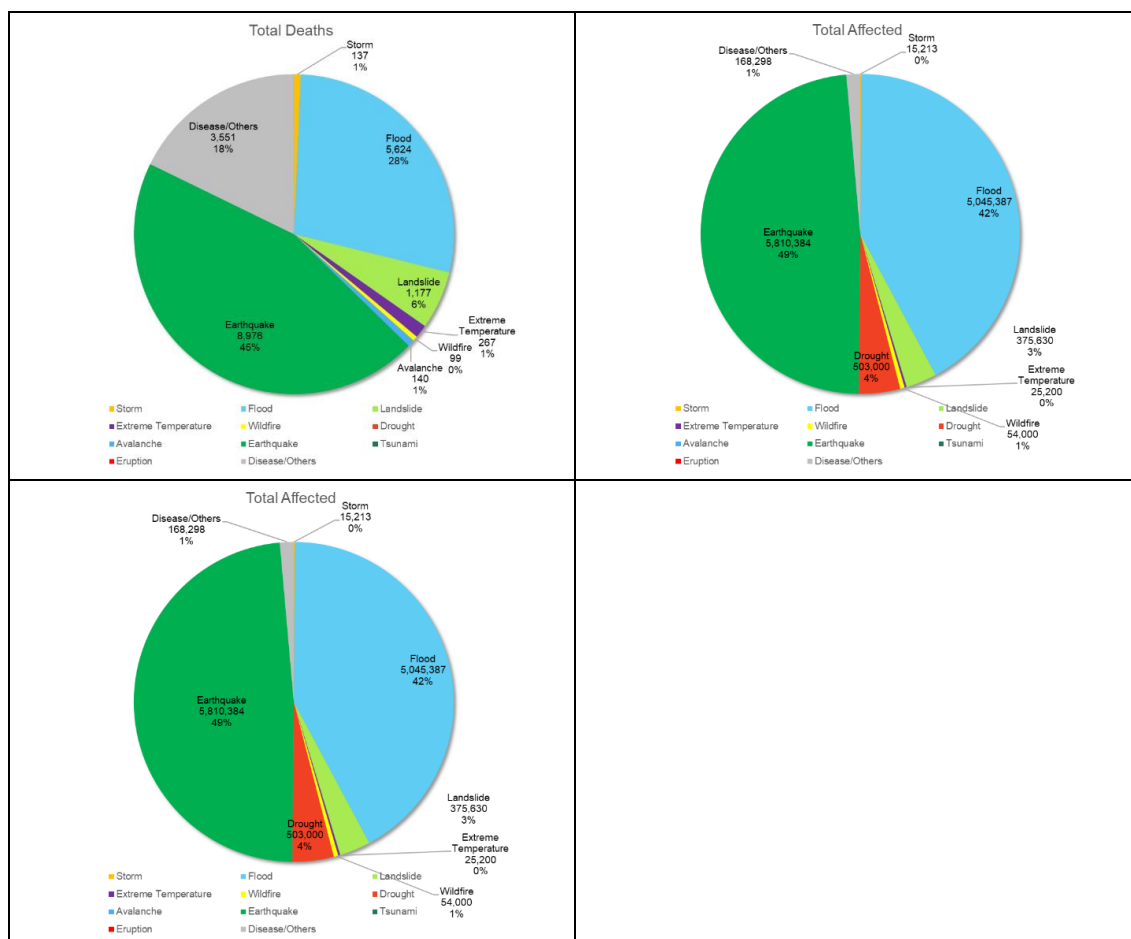


図 III.2.1.1-9 1990 年から 2021 年までに記録がある 96 件の災害における死亡者数（左上）、発生件数（右上）、被災者数（左下）の災害種別ごとの統計結果²

(10) パキスタン (PMD)

パキスタンは南北で約 1,500km の距離がある広大な国土であり、各地方で異なる気候を持っている。したがって大雨、洪水、土砂崩れ、サイクロン、干ばつ等の様々な気象災害が発生する。特に、2010 年のインダス川の氾濫は、2000 人以上の死者と 2000 万人以上の避難民を出し、100 億米ドルの損害を出した。1998 年以降に発生した顕著な災害を表 III.2.1.1-10 に示す。

表 III.2.1.1-10 パキスタンにおける 1998 年以降の顕著な災害¹

発生年月	災害種	死者・行方不明者数	備考
2015 年 6 月	熱波	1,011 人	パキスタン南部で 45℃以上の気温が継続。
2014 年 9 月	大雨	367 人	大雨により建物が崩壊。
2013 年 9 月	地震	386 人	24 日に M7.7 の地震がパキスタン南西部の Awaran 地区付近で発生。
2012 年 8 月	洪水	455 人	パキスタン北部で洪水が発生。
2011 年 7 月	洪水	466 人	Gilgit・Baltistan 村で土石流が発生。
2010 年 7 月	洪水	1,752 人	長雨によりパキスタン北西部で洪水が発生。

2005 年 10 月	地震	73,331 人	8 日に M7.6 の地震がイスラマバード北北東 90km 先で発生。
2005 年 2 月	洪水	486 人	大雨により Shadi Kaur ダムが決壊。
1999 年 5 月	サイクロン	400 人	サイクロン 2A が沿岸の Sindh 州に來襲し、暴風による被害が発生。

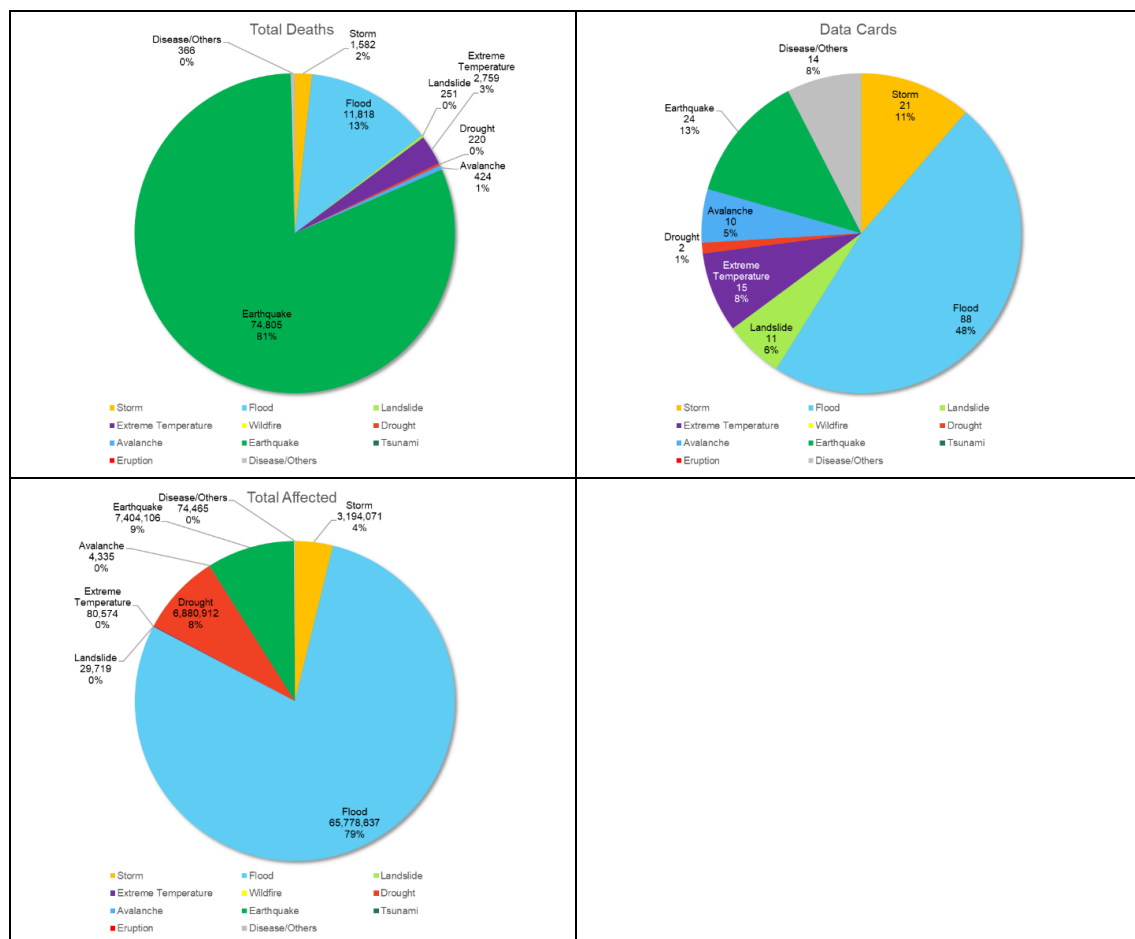


図 III.2.1.1-10 1990 年から 2021 年までに記録がある 185 件の災害における死亡者数（左上）、発生件数（右上）、被災者数（左下）の災害種別ごとの統計結果²

(11) フィリピン (PAGASA)

フィリピンには毎年平均 20 個の台風が上陸し、このうち平均 5 つの台風は破壊的な台風となって来襲する。一方で、環太平洋火山帯に位置していることから、地震や火山噴火が頻繁に発生する。このため、地震、津波、高潮、海面上昇、土砂崩れ、洪水、干ばつの被害に見舞われる。1998 年以降に発生した顕著な災害を表 III.2.1.1-11 に示す。

表 III.2.1.1-11 フィリピンにおける 1998 年以降の顕著な災害¹

発生年月	災害種	死者・行方不明者数	備考
2017 年 12 月	台風・土砂崩れ・洪水	340 人	台風 Tembin により土砂崩れ・土石流が発生。
2013 年 11 月	台風	7,354 人	台風 Haiyan により高潮が発生。
2013 年 10 月	地震	230 人	15 日に Bohol 付近で M7.2 の地震が発生。
2012 年 12 月	台風	1,901 人	台風 Bopha がミンダナオ島に來襲し、土砂崩れが発生。

2011 年 12 月	台風・洪水	1,439 人	台風 Washi がミンダナオ島に來襲し、大規模な洪水が発生。
2009 年 9 月	台風・洪水	501 人	台風 Parma により大規模な洪水が発生。
2008 年 6 月	台風	644 人	台風 Fengshen により Visayas 東部で土砂崩れが発生。
2006 年 12 月	土石流	388 人	台風 Durian により Mayon 山周辺で土石流が発生。
2006 年 2 月	土砂崩れ	1,119 人	レイテ島南部の Guinsaugon 村で大雨による土砂崩れが発生。
2004 年 11 月	洪水・土砂崩れ	1,619 人	熱帯的圧 Winnie がケソン地方來襲し、洪水および土砂崩れが発生。
2001 年 11 月	台風	290 人	台風 Lingling がミンダナオ島に來襲し、暴風による被害が発生。
2001 年 7 月	台風・土砂崩れ	223 人	台風 Utor がルソン島に來襲し、土砂崩れが発生。
2000 年 7 月	洪水・土砂崩れ	625 人	台風 Kirogi および TY Kai-Tak の 2 台風がルソン島に來襲し、洪水およびゴミ山の崩落が発生。

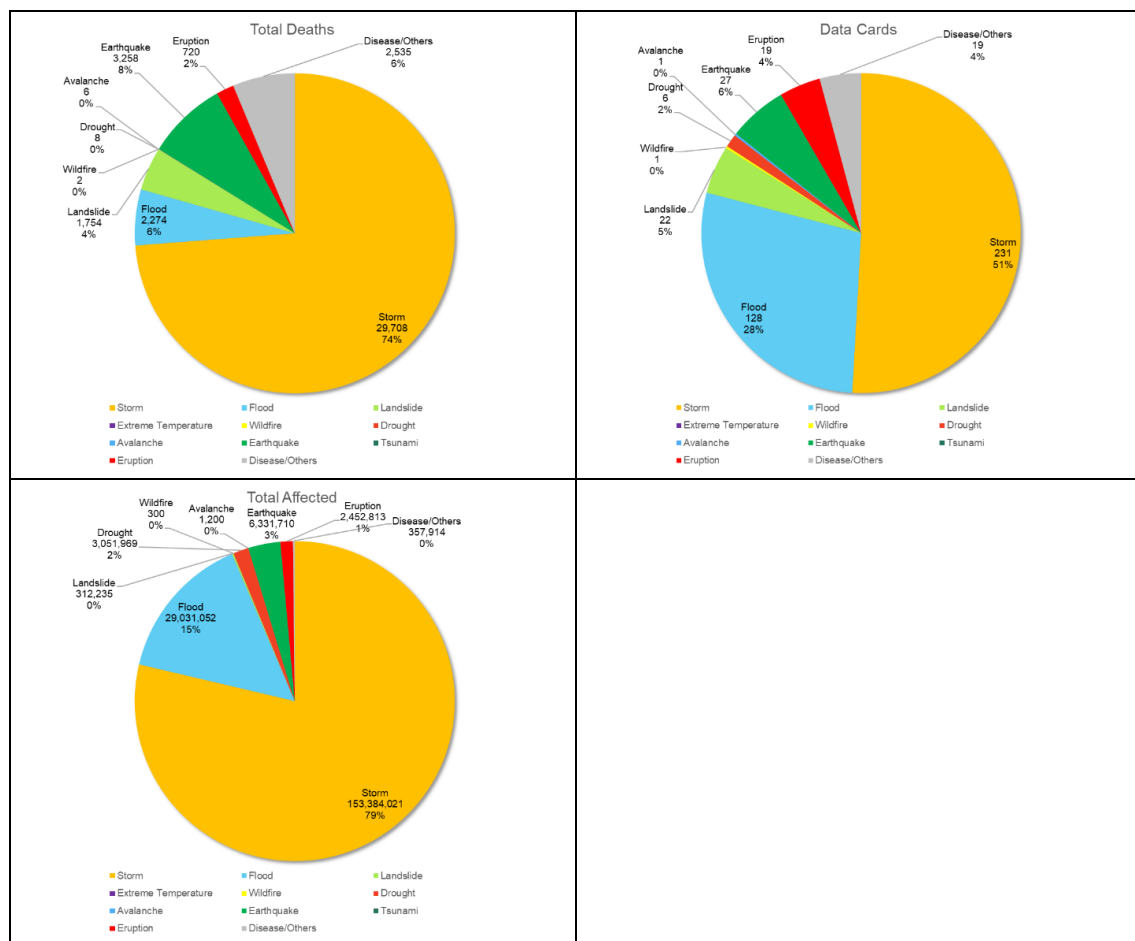


図 III.2.1.1-11 1990 年から 2021 年までに記録がある 454 件の災害における死亡者数（左上）、発生件数（右上）、被災者数（左下）の災害種別ごとの統計結果²

(12) スリランカ（DOM）

スリランカの気候は四季に分かれており、3 月～4 月のインターモンスーン、5 月～9 月の南西モンスーン、10 月～11 月の第 2 次インターモンスーン、12 月から 2 月が北東モンスーンとなっている。大雨に伴う洪水や、突風、落雷などが主な災害であり、雷害によって毎年 20 人以上が被害に遭っている。1998 年以降に発生した顕著な災害を表 III.2.1.1-12 に示す。

表 III.2.1.1-12 スリランカにおける 1998 年以降の顕著な災害¹

発生年月	災害種	死者・行方不明者数	備考
2017 年 5 月	洪水・土砂崩れ	290 人	
2016 年 5 月	洪水・土砂崩れ	191 人	長雨により洪水と土砂崩れが発生。
2004 年 12 月	津波	35,329 人	スマトラ沖で M9.0 の地震が発生し、津波が発生。
2003 年 5 月	洪水	265 人	スリランカ南部で土石流が発生。

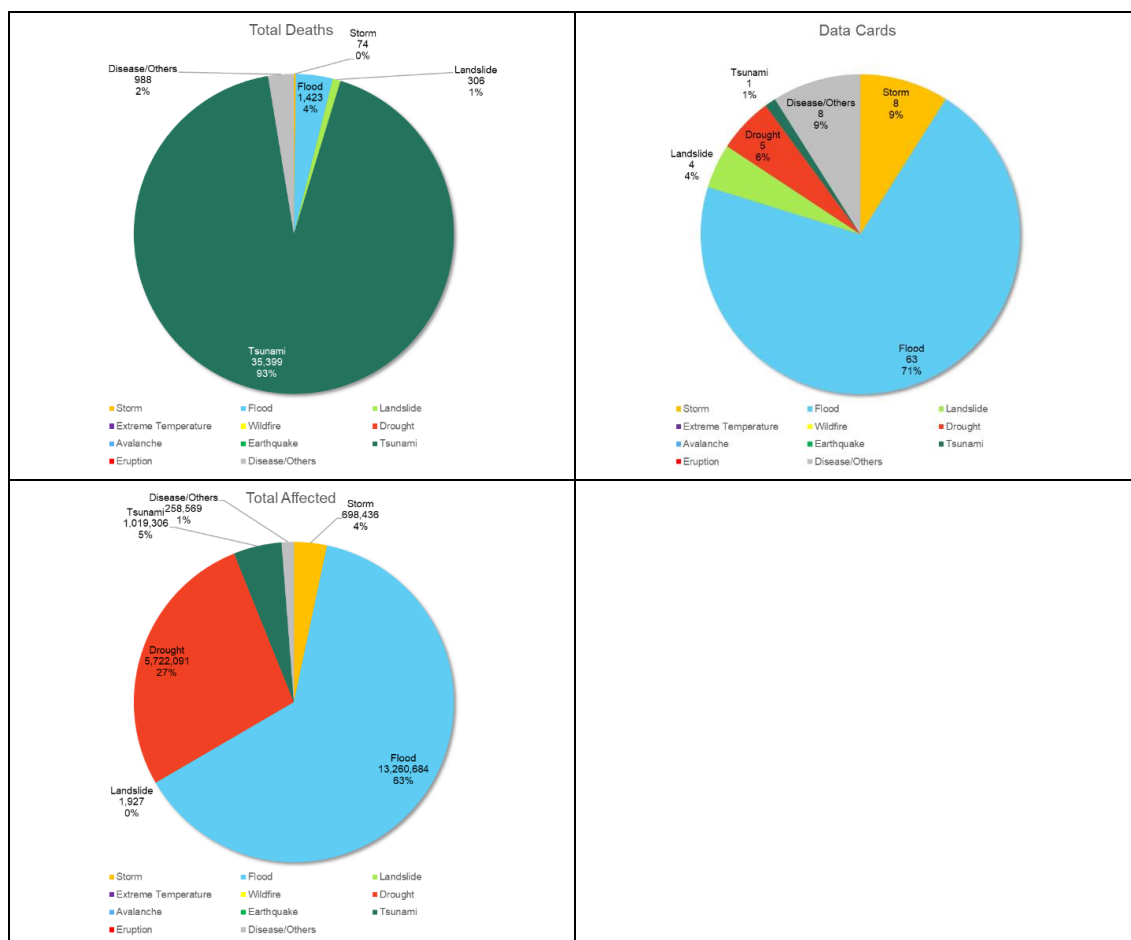


図 III.2.1.1-12 1990 年から 2021 年までに記録がある 89 件の災害における死亡者数（左上）、発生件数（右上）、被災者数（左下）の災害種別ごとの統計結果²

(13) ベトナム (VNMHA)

ベトナムでは台風や大雨による災害が山岳部・平野部とも発生する。1997 年 11 月の台風 Linda では 3000 人以上が犠牲となり、2000 年代では毎年台風によって 100 人以上の犠牲者が出ている。2010 年以降は、台風および洪水による被害が頻発し、2020 年 10 月から 11 月の大雨による洪水では死者行方不明者が 440 人以上となった。1998 年以降に発生した顕著な災害を表 III.2.1.1-13 に示す。

表 III.2.1.1-13 ベトナムにおける 1998 年以降の顕著な災害¹

発生年月	災害種	死者・行方不明者数	備考
2020 年 11 月	台風・洪水	239 人	TY Vamco による洪水が発生。

2001 年 9 月	洪水	326 人	メコンデルタ地域に洪水が発生。
2000 年 9 月	洪水	315 人	メコン河下部流域での大雨により洪水が発生。
1999 年 11 月	洪水	535 人	強い寒気と熱帯収束帯による大雨で、ベトナム中部に洪水が発生。



図 III.2.1.1-13 1990 年から 2021 年までに記録がある 213 件の災害における死亡者数（左上）、発生件数（右上）、被災者数（左下）の災害種別ごとの統計結果²

III.2.1.2 気象業務に関する法律・規則体系および中長期計画

各国の法律・規則体系および中長期計画の概要を以下に示す。

(1) バングラデシュ（BMD）

法制度・規則	<u>災害管理法（Disaster Management Act）</u>
	2012 年 9 月、防災関連政策の最上位に位置する「防災法（Disaster Management Act）」が国会承認され、食糧災害管理省が食糧省と防災救援省に分割されると共に、防災局（Department of Disaster Management: DDM）が新設された。
	<u>国家災害管理政策</u>
	2015 年にバングラデシュ語のみで発表され、同国の防災政策の方向性を示す指針となっている。同政策は、特に貧困層や生活弱者に配慮した災害

	リスク管理の適切な実施を Goal としている。³ <u>災害管理業務規程（Standing Orders on Disaster : SOD）</u> 災害リスク管理の各段階における各関係機関の役割と責任を記載したもので、2019 年に改定された。 <u>気象業務法（Meteorological Act）</u> 2018 年に策定された法律。正確な気象、気候予測を適時発表することや、気象災害を減らし、公共の生命や財産を守ることなどを目標とする法律である。気象に関する組織のフレームワークや、気象情報発信の制限、地震観測所の設立と管理方法、BMD は気象サービスを実施する機関であることが規定されている。
災害管理計画	<u>Perspective Plan（2021 - 2041）</u> Vision 2041 を実現するために計画委員会（計画省総合経済局－General Economics Division（GED）が事務局）により策定された政府として最も基本となる長期計画である。 <u>第 8 次 5 か年計画（Eighth Five Year Plan 2020-2025）</u> 同じく計画委員会により作成された Perspective（2021-2041）を実現するための短期計画。 <u>国家災害管理計画（National Plan for Disaster Management; 2021-2025）</u> 防災救援省が 2021 年 1 月に発表した、同国における中長期的な災害管理（災害リスク軽減・予防、緊急時対応能力の強化、災害復旧・復興活動の改善）について定めた包括的な計画である。英語で公開されている Draft 版（2020 年 11 月）では、48 の Key activities/ targets が定められており、予警報に関しては以下の 2 点が含まれている。 ・ 予警報システムのモデルの革新（洪水、地すべり）（No. 39） ・ 鉄砲水の特定期域におけるコミュニティーベースの早期警報システムの開発（No. 40）
気象業務関連の中長期計画	<u>BMD Strategic Plan (Medium – long term plan)</u> 中長期計画として、BMD Strategic Plan を策定しているとのことだが、詳細の情報は得られなかった。短期計画では、1 年に 1 度計画を策定しており、国防省に提出され、評価が実施される。

³ バングラデシュ国災害対応・復旧体制強化事業準備調査ファイナルレポート、JICA、2016 年

(2) ブータン (NCHM)

法制度・規則	<u>防災法 (Disaster Management Act of Bhutan 2013)</u> ブータンでは、兵庫行動枠組 2005-2015 に沿う形で、2006 年に国家防災枠組 (National Disaster Risk Management Framework (NDRMF)) が採択されたが、災害の頻発を受けて、体系的な防災アプローチや災害対応の必要性が強く求められるようになった。これを受け、防災法が 2013 年 3 月 18 日に施行された。同法では、早期警報システムを含む重要な防災設備の設置、災害リスク軽減の主流化、コミュニティの参加に焦点を当てた包括的・協調的災害マネジメントの確立等を掲げている。⁴ <u>防災法実施細則 2014 (Disaster Management Rules and Regulations 2014)</u> 防災局 (DDM) が UNDP の支援を得て、防災法の実施細則を制定し、2014 年に施行された。⁴ <u>気象業務関連</u> 国家水文気象センターは、王立公務員委員会 (RCSC) が 2014 年に実施した組織開発 (OD) 演習の提言に従って 2016 年 1 月に設立され、2015 年に開催された第 92 回 Lhyengye Zhungtsog (LZ) 会議において、経済省傘下の旧水文サービス局 (DHMS) を再編成し、国立水文気象センターを創設することが内閣によって承認された。その後、レター No. MoEA/SEC/HRD/2017/06 (2017 年 1 月 24 日付) により、2017 年 2 月 1 日付で経済省から正式に切り離された。 *水文気象に関する法的な枠組みは整備されておらず、洪水対策および予警報にかかる法律、国家政策、計画及び組織体制は存在しない。^{4・5}
災害管理計画	<u>防災・緊急対応計画</u> 防災法第 73 条に基づき、現在、防災局が県や防災関連省庁を支援して、防災・緊急対応計画 (Disaster Management and Contingency Plan) を策定している。防災局が 2014 年に県防災計画策定ガイドライン (Dzongkhag Disaster Management Planning Guidelines) を ADPC の技術支援、GFDRR/WB の資金援助を受け作成している。計画は、基本的に 1) 県の概要、2) 県の防災体制、3) 県のリスクプロファイル、4) 防災アクションプラン (5 カ年)、5) 県の緊急対応システム及び 6) 計画の実施メカニズムで構成されている。⁴

⁴ ブータン国全国防災能力強化プロジェクト詳細計画策定調査報告書、JICA、2019 年

⁵ An overview of National Center for Hydrology and Meteorology (NCHM)、Karma Dupchu (NCHM)、2019 年

	<u>国家防災戦略 2016</u> 防災法第 11 条に基づき、DDM が仙台防災枠組 2015-2030 の 4 つの優先行動に沿う形で、2016 年に国家防災戦略（National Disaster Risk Management Strategy (DRMS) 2016）を策定した。⁴ <u>第 12 次 5 か年計画 2018-2023（Twelfth Five Year Plan 2018-2023）</u> ブータンでは国家開発計画である第 12 次 5 カ年計画（2018-2023）で、NCHM の役割を、気象・気候・水資源に関するサービスの提供を通じて、水文気象的な脅威に対応し、事前準備を行うこととしている。⁴
気象業務関連の中長期計画	<u>気象・水・気候サービスの近代化 –ブータンのロードマップ（2015 年）</u> 短期（1～2 年）・中期（3～5 年）・長期（5 年～）それぞれの気象・水・気候サービスの近代化に向けたロードマップが示されている。中期のロードマップには、気象水文に関する法的枠組みの整備、スタッフの拡充、ユーザーのニーズに基づいた観測ネットワークの強化、地方オフィスの設置、O&M 予算の増加等が含まれる。 *NCHM の中長期計画（Strategic Plan）は策定されていない。⁵

(3) カンボジア（DOM）

法制度・規則	<u>水資源管理法</u> 2007 年 6 月 29 日に策定された。水資源気象省（Ministry of Water Resources and Meteorology : MOWRAM）に水資源の公平で持続的可能な管理の責任を負わせるというもので、洪水や干ばつに関する気象局（DOM）の役割が示されている。 <u>災害管理法</u> 2013 年 9 月 24 日に策定された法律。災害管理を規定する法で、人為的または自然災害の災害発生前の予防、適応、緩和や、災害発生時の緊急対応、災害発生後の復旧などが目的とされている。 *DOM の役割や責任を規定する気象業務法は制定されていない。⁶
災害管理計画	<u>5-year National Action Plan for Disaster Risk Reduction (2019-2023)</u> ⁷ 5-year National Action Plan for Disaster Risk Reduction は、UNDP の支援により策定された。マルチハザードの早期警報システムに関する標準業務

⁶ Consultancy Mission Report for Cambodia、Toya、Majid、Khan ら、2014 年

⁷ Disaster Risk Reduction in Cambodia Status Report 2019、UNDRR、2019 年

	手順（SOP）についても議論された。施行されたかは確認できていない。 <u>Disaster Risk Reduction Framework (2019-2030) ⁷</u> Disaster Risk Reduction Framework は UNDP の支援により策定され、以下の 5 つのアプローチが提案された。(1) 気候・災害リスクに関する認識と理解の向上、(2) 国や地方自治体による災害リスク評価、(3) 災害リスク・ガバナンスの強化、(4) 災害リスク軽減のための投資、(5) 効果的な対応と復興のための事前準備の強化。施行されたかは確認できていない。 <u>四辺形戦略（Rectangular Strategy）</u> 四辺形戦略は国家開発計画の基盤となる国家戦略であり、カンボジア王国で最上位の国家開発戦略文書と位置付けられている。現在は 2018 年 9 月に策定された第 4 次四辺形戦略（2019－2023）が進められており、年 7% の経済成長や、仕事の増加、10% 以下の貧困人口、公共サービスの有効性と効率の上昇などが目標として挙げられている。 <u>国家戦略開発計画 2019-2023（NSDP：National Strategic Development Plan）</u> 国家戦略開発計画 2019-2023 は、NSDP 2019-2023 のマクロ経済フレームワークとともに、国家戦略開発計画 2014-2018 の実施中の主要な成果と課題をまとめたものである。現 NSDP（2019-2023）は、カンボジアの国家戦略である「第 4 次四辺形戦略」を実施するためのアクションプランとして位置付けられている。
気象業務関連の中長期計画	*DOM は短中長期の計画を策定することも業務の一つとして挙げられるが、DOM へのヒアリングによると、短期計画として “Yearly arrangement and spending plan” が策定されているが、中長期計画の情報は入手できなかった。

(4) フィジー（FMS）

法制度・規則	<u>国家災害管理法（NDMA: National Disaster Management Act）</u> NDMA は 1998 年に制定され、災害管理の責任を負う国家災害管理評議会（National Disaster Management Council）が設立され、下位組織として災害軽減防止委員会（Mitigation and Prevention Committee）、災害準備委員会（Preparedness Committee）、緊急委員会（Emergency Committee）の 3 委員会が設置されることになった。また、中央防災機関として国家災害管理局（National Disaster Management Office）の設置が規定された。National Disaster Management Office は 2001 年に設置され、防災計画の策定やモニタリング、関係省庁との調整等を行っている。

	<u>国家災害リスク軽減政策（National Disaster Risk Reduction Policy 2018-2030）</u> 国家災害リスク軽減政策は 2018 年に策定され、地域的、またはグローバルなフレームワークに沿って、新たな災害リスクを防ぎ、既存の災害リスクを軽減するということを優先事項に掲げている。 <u>気象水文業務法（Meteorological and Hydrological Services Act 2016 ; 未承認）</u> 気象水文業務法は、気象業務に関する法案として 2016 年に国会に提出されたが、まだ承認されていない。 <u>FMS TC Standard Operating Procedure</u> 概要は入手できなかった。
災害管理計画	<u>国家災害リスク管理計画（National Disaster Risk Management Plan）</u> 国家災害リスク管理計画は、フィジーにおける自然災害管理の骨格となる計画で 1995 年に策定された。 <u>5 か年・20 か年国家開発計画（5-Year & 20-Year National Development Plan）</u> 国家開発計画は 2017 年に正式に策定され、長期計画（2017-2036）と短期計画（2017-2021）がある。GDP 成長率、政府の負債、失業率、CO2 排出量などの目標を掲げている。長期計画、短期計画ともに、早期予警報システムや災害対応能力の強化により、より災害に強い都市を形成することが掲げられている。
気象業務関連の中長期計画	<u>Implementation Plan for the FMS Strategic Plan 2021-2024 (2021)</u> 下記戦略計画で定められた目標を達成するために策定された実施計画。JICA による支援のもと、FMS 内に WMO 地区測器センター（RIC）を設立することが示されている。 <u>The FMS Strategic Plan 2021-2024（策定中）</u> FMS 戦略計画は、政府、地域社会、民間企業、国際社会のステークホルダーのニーズに応じて、気象・気候・水文学のサービスを継続的にアップグレードできるような組織へと変革することを目的とした計画である。2021 年時点で、策定中。

(5) インドネシア（BMKG）

法制度・規則	<u>災害管理法（No. 24-2007）</u>

	災害管理法は、インドネシアにおける災害管理の法的根拠となる。この法律では、中央政府と地方政府の責任、地域コミュニティの権利と責務、民間企業と国際機関の災害管理フェーズでの役割と責任などが記述されている。⁸ また、災害事前活動のひとつとして早期警戒（Early Warning）活動が定義されている（1条8項、45条2項及び46条）。防災法を補完するために2008年に施行された政令（No.21-2008）では、「早期警戒活動は、特定地域に潜在する災害情報を所定機関（Authorized Agencies）が市民に伝えること（1条5項）」、「所定機関から得られた災害情報は、BNPB や BPBD の判断の基で、その後政府機関や民間放送事業者及びマスメディアによって、早期警戒情報として市民に伝達すること（19条4及び5項）」と規定されている。⁹ <u>気象・気候・地球物理に関する法律（No. 31-2009）</u> 気象・気候・地球物理に関する法律は、BMKG が、気象・地震・津波情報を観測、管理、解析し、早期警戒情報が生成し、発出することが規定された。⁸ <u>通信法（No. 36-1999）</u> 通信法において、通信事業は「開発（通信インフラの開発等）」、「サービス」及び「特別な通信サービス」の3分野に区分された。このうち防災情報の伝達は「特別な通信サービス」に含まれ、通信事業者が有事に防災情報を優先して送信することが義務付けられている。その後、2004年12月に発生したスマトラ島沖大地震及びインド洋津波を受け、2005年に発令された放送に関する政令（No. 50-2005）及び2013年のKOMINFO大臣令（No. 21-2013）では、全てのテレビ、ラジオ等のマスメディアやインターネットプロバイダーが、災害情報を最優先で伝達することが規定された。⁸ *BMKG へのヒアリングによると、気象業務規則に関して、BMKG Regulations が策定されているとのことだが、詳細は入手できなかった。
災害管理計画	<u>国家中期開発計画（RPJMN）2020-2024</u> 国家中期開発計画（RPJMN）は、大統領のマニフェストに基づく5年間の国家開発計画（年次計画の目標を示す計画としても機能する）として策定された。基盤となる強固な経済構造の確立を強調し、さまざまな分野での開発の加速を通し、独立かつ先進的で公正で繁栄したインドネシア社

⁸ インドネシア国防災分野における情報収集・確認調査ファイナルレポート、JICA、2019年

⁹ インドネシア国防災情報処理伝達システム整備計画準備調査レポート、JICA、2016年

	会を実現するという目標を掲げている。 7 つの優先課題の一つとして「Building the Environment, Improvement of Disaster Resilience and Climate Change」が掲げられており、その中の柱の一つとして、「災害・気候変動への対応力強化」が位置づけられている。 <u>国家災害管理計画（NDMP）</u> 2007 年に災害管理法が施行されて以降、インドネシア政府は、BNPB によってインドネシアの災害管理活動の主なリファレンスとして、NDMP（2010-2014）と NDMP（2015-2019）の 2 つの国家災害管理計画（NDMP）を整備してきた。NDMP では、BNPB の調整下にあるすべてのステークホルダー（省庁、機関、地域社会、民間セクターなど）による全ての災害に関連する活動を統合的に調整することを目標としている。しかしながら、各機関がそれぞれの責務や課題、優先事項を抱えている現状を考えると、実際には NDMP をすべての災害関係者のためのマスタープランとして捉えることは困難な状況である。⁹ 2020 年以降は更新されておらず、防災計画は RPJMN の都市開発計画に包括されている。 <u>防災マスタープラン（RIPB）2015-2045</u> BNPB と国家開発企画庁（BAPPENAS）は、長期的な観点から、インドネシアにおける災害管理活動の長期的な計画となる防災マスタープラン（RIPB 2015-2045）を策定、実施している。RIPB は大統領規則として法律化されており、すべての災害関係に係る利害関係者（上位省庁を含む）はこのマスタープランの内容に従う責任を持つ。
気象業務関連の中長期計画	<u>中長期計画</u> BMKG の中期（5 年）計画は、BMKG の戦略計画（2020 年～2024 年）に関する BMKG 規則（No. 4 of Year 2020）で定められている。長期（25 年）計画は、BMKG のマスタープラン（2017 年～2041 年）に関する大統領規則（No. 37 of Year 2018）で定められている。

(6) ラオス（DMH）

法制度・規則	<u>首相令 No. 158 （1999 年）</u> 首相令 No. 158 で国家災害管理委員会（NDMC）および国家災害管理局（NDMO）の設立が定められた。 *2012 年時点で、国家災害管理局に省庁間調整の中心機能を果たせるような権限を与えることが課題として挙げられている。また、防災管理にかか

	る法的基盤が確立されていないことも課題であった。¹⁰ <u>気象及び水文に関する法律 (Law On Meteorology And Hydrology, Law No. 36/NA)</u> 気象及び水文に関する法律は 2017 年に制定され、気象および水文活動の管理、監視、評価に関する原則、規則、および措置を定義しており、予警報の管理、適応や、気象観測所の建設、運営などを規定している。DMH が気象業務の担当機関であることが示されている。
災害管理計画	<u>NAPA (National Adaptation Program of Action)</u> NAPA は 2009 年に策定され、国家災害対策会議 (National Disaster Management Committee (NDMC)) の防災管理能力強化、気象・水文ネットワーク及び気象監視システムの向上、拡大、洪水危険地域の早期警戒システム構築等が規定されている。¹¹ <u>社会経済 5 ヶ年開発計画 (National Socio-Economic Development Plan (2021-2025))</u> 第 9 次社会経済開発 5 ヶ年計画 (2021 年～2025 年) が現在実施されており、主に質の高い持続可能な成長・人材の育成、テクノロジーによる付加価値の高い製品・サービスの提供、福祉の向上、環境に配慮した発展、地域と国全体の強固な連携、効率の良い行政と法律の 6 点をターゲットとしている。
気象業務関連の中長期計画	*中長期計画の情報は入手できなかった。

(7) モンゴル (NAMEM)

法制度・規則	<u>防災法</u> 防災法は 2003 年に制定された。同法では災害対応に加えて予防も重視して改正作業が行われ、改正作業中に開催された 2015 年の第 3 回国連世界防災会議の結果を受け、2017 年に改正防災法案が策定された。 防災法は災害に対する応急措置や、復旧、関連機関や予算などを規定したもので、改訂によって、災害予防や復旧活動などの項目が追加された。¹² <u>水文環境モニタリング法</u> 水文環境モニタリング法は 1997 年に制定され、NAMEM や関係機関の役

¹⁰ ASEAN 地域防災協力に関する基礎情報収集・確認調査ファイナルレポート ラオス、JICA、2012 年

¹¹ ラオス国気象水文システム整備計画準備調査報告書、JICA、2014 年

¹² 防災分野にかかる情報収集・確認調査 ファイナルレポート、JICA、2016 年

	割が規定され、災害や環境汚染を防ぐため、水文気象・環境をモニタリングし、情報を適切に提供することが示された。
災害管理計画	「<u>災害の危険から住民・財産・家畜・動物の保護・救助、災害対応、応急復旧に係る活動の国家計画</u>」(国家防災計画) 現計画は 2015 年 10 月 19 日に閣議決定 (第 416 号) された。災害の危険から住民・財産・家畜・動物の保護・救助、災害対応、応急復旧に係る活動の国家計画である。災害時の警報 (災害警報伝達手順など) について示されている。¹² <u>国家防災政策及びプログラム</u> 国家防災政策は 2011 年 5 月 13 日に制定 (国会決議第 22 号) され、首相が同政策を国内の社会経済開発ガイドライン及び予算に基づいて策定及び承認すると規定されている。 国家防災政策の目標は、防災システムの強化、住民への安全と災害脆弱性の軽減に対する教育・中央政府・地方政府・専門機関・民間機関及び市民の防災活動への参加を可能にすることとされており、各目標を達成するための施策がリストの形で記載されている。¹² <u>国家防災政策及びプログラムの実施計画</u> 国家防災政策及びプログラムの具体的な実施計画が 2012 年に承認 (閣議決定第 30 号) された。同計画には、2012 年から 2020 年までの防災に係る方策が含まれており、現在施行中である。同実施計画は、その内容が上記の国家防災政策及びプログラム (国会決議第 22 号) において規定された防災能力強化にかかる施策の具体的な実施に係るプロジェクト及び活動のロングリストからなっている。¹² <u>持続可能な長期開発方針 2016-2030</u> 持続可能な長期開発方針は国の最上位計画で 2016 年 4 月に国会で可決された。同方針は①持続可能な経済開発、②持続可能な社会開発、③グリーン開発、④ガバナンス・ビジネス開発から成り、2030 年を目標年次とし、国民 1 人当たり GDP (2014 年 USD 4,166 から 2030 年 USD 17,500)、経済成長率 (2014 年 7.8%から 2016~2030 年平均 6.6%)、平均寿命 (2014 年 69.57 歳→2030 年 78 歳) 等の具体的な開発指標を定めている。¹²
気象業務関連の中長期計画	<u>Strategic Plan for 2021-2024 (NAMEM)</u> NAMEM の 4 か年計画が Strategic Plan として示されている。Strategic Plan では、水文環境モニタリングの全国ネットワークの管理、水・気象・環境情報の提供、水文気象・環境に係る研究の実施を、NAMEM の主な業務と位置付けている。NAMEM へのヒアリング結果によると、気象観測システ

	ムの近代化、気象情報の提供システムの改良、気象データのリソースの拡大が優先目標となっている。 *NAMEM へのヒアリング結果によると、2050 年までの長期計画において、20 の気象レーダーを設置してレーダーネットワークを拡充し、全気象観測所に自動気象観測システムを導入するとしている。

(8) ミャンマー (DMH)

法制度・規則	<u>災害管理法 (Disaster Management Law)</u> 災害管理法は 2013 年に制定され、災害リスク軽減のための取組の実施、防災委員会の設置、関係機関との協調を規定している。¹³ <u>災害管理規則 (Disaster Management Rules)</u> 災害管理規則 (Disaster Management Rules) は 2015 年制定され、各関連組織の役割が規定されている。¹³ 一方で、おおまかな役割分担が記載されているだけで、十分整理されていないという課題が指摘されている。¹⁴ *気象業務規則の情報は得られなかった。
災害管理計画	<u>ミャンマー災害リスク軽減行動計画 (Myanmar Action Plan on Disaster Risk Reduction: MAPDDR) 2017</u> ミャンマー災害リスク軽減行動計画は、省庁、地方自治体、民間、国連機関、NGO 等の協議を経て策定された。同計画では災害回復力を 2030 年までに構築することを長期目標として、2016 年から 2020 年までに実施すべき優先行動計画が提示されている。¹³ また、6 つ設定されているターゲットのうちの 하나가、「2020 年までに、ミャンマーにおけるマルチハザード早期警戒システムへのアクセスを大幅に増やし、地域の災害対策を改善する。」というものである。 <u>Myanmar Sustainable Development Plan (2018 – 2030)</u> Myanmar Sustainable Development Plan は 2018 年に制定された持続可能な長期開発計画である。同計画は、3 つの柱（・平和と安定・繁栄と協力・人々と環境）と 5 つのゴール、28 の戦略に、251 のアクションプランからなっている。
気象業務関連の中長期	<u>Master Plan For the Advancement of the National Meteorological System</u>

¹³ ミャンマー国気象観測・予報能力強化プロジェクト詳細計画策定調査報告書、JICA、2018 年

¹⁴ ミャンマー国自然災害早期警戒システム構築プロジェクト ファイナルレポート、JICA、2017 年

計画	2015 年、韓国の支援により、国の気象システムの改良のための中長期計画が策定された。計画の策定・実施状況は不明である。

(9) ネパール (DHM)

法制度・規則	<u>災害リスク軽減・管理法 (Disaster Risk Reduction and Management Act)</u> 1982 年の自然災害救援法を廃止して 2017 年に災害リスク軽減・管理法が策定された。同法では、災害リスク軽減管理評議会 (Disaster Risk Reduction and Management Council) の枠組みや国、省、地方レベルの責任と役割を規定し、公共の生命、財産、文化遺産、自然などを保護し、災害リスクの低下を目的としている。¹⁵ <u>洪水予警報に係る標準業務規則</u> (Standard Operating Procedure (SOP) for Flood Early Warning System in Nepal) SOP では、洪水予警報に係る業務とフロー、関連機関の担当・責任が示されている。モニタリング、リスク評価、予警報の伝達、能力向上、関連機関との調整の分野ごとに DHM の責任業務が定められている。¹⁵ *水文気象に関する法的な枠組みは整備されていない。
災害管理計画	<u>災害リスク削減に向けた国家戦略行動計画 (2018-2030)</u> <u>(Disaster Risk Reduction National Strategic Plan of Action 2018-2030)</u> 本計画は、ネパール国の災害リスク管理のすべての段階における計画の枠組みを説明する法的文書である。これは、2018 年 6 月 18 日に開催された全国災害リスク削減管理委員会の会議によって承認され、災害リスク削減管理法 (2017) に沿って起草された。 <u>災害リスク削減に向けた国家方針 (National Policy for Disaster Risk Reduction, 2018)</u> 同方針は、既存のリスクを削減し、潜在する新たなリスクを防ぎ、国際的な協定や責務を果たすために策定された。59 の活動が特定され、セクターごとの役割と責任が明確化された。¹⁵ <u>第 15 次 5 か年国家開発計画 (2020-2024) (Nepal's 15th Five-Year Plan)</u> 同計画は、ネパールを 2044 年度までに 1 人当たりの所得が 12,100 米ドルの高所得国として位置付けることを目的とした、25 年間の長期経済ビジョン

¹⁵ Nepal Disaster Report 2019、MoHA、2019 年

	の第 1 段階と見なされている。 ネパール長期開発経済ビジョン (2020-2044) (Nepal's Long-Term Economic Vision) 同ビジョンは、ネパールの繁栄と幸福の実現のための長期目標である。
気象業務関連の中長期計画	*中長期計画の情報は得られなかった。

(10) パキスタン (PMD)

法制度・規則	<u>国家防災管理法 (National Disaster Management Act : NDM Act)</u> 2006 年に国家防災管理令 (National Disaster Management Ordinance : NDMO) が制定され、2010 年に国家防災法 (Act) として制定された。¹⁶ 災害管理に係る多層のシステムを構築することを目的とする。 気象法や規則の情報は入手できなかった。
災害管理計画	<u>国家防災管理計画 (National Disaster Management Plan: NDMP)</u> 国家防災管理計画は、日本の支援で策定され、災害を予防し被害を軽減する方策やそれを開発計画に融合するメカニズム、災害に効果的・効率的に対応するための能力向上策、それらを実施するための関連機関の役割と責任を規定する計画として、2013 年 2 月に承認された。付属計画の一つとして位置づけられる国家マルチハザード早期予報システム計画 (NMH-EWS-P) は、適正な予警報システムの構築・維持を目的として策定されている。¹⁶ 仙台防災枠組 (2015 年策定) の内容の反映や、気候変動や都市化に伴って増大するリスクの削減を推進する次期国家防災計画の策定が必要である。 <u>国家洪水防御計画 (National Flood Protection Plan-IV, 2017-2026)</u> 国家洪水防御計画は、国家の洪水防御に係る 10 年間の投資計画であり、2017 年 5 月に承認された。同計画では、最初の 5 年間に PMD の既設気象レーダー観測網及び洪水予警報を拡充することが挙げられている。¹⁷ <u>ビジョン 2025</u> ビジョン 2025 は、国が一丸となって取り組むべく長期国家開発方針として、計画開発省により 2014 年 8 月に発表された。¹⁷

¹⁶ 国家防災管理計画策定プロジェクト ファイナルレポート、JICA、2013 年

¹⁷ サッカル気象レーダー整備計画準備調査報告書、JICA、2020 年

	<u>10 年開発計画</u> 10 年開発計画は、「ビジョン 2025」及び「国家防災計画 (NDMP)」で言及されている政府目標の達成に貢献するために、2016 年に PMD が策定した。同計画第 1 章において、最優先実施項目の一つとして気象レーダーによる観測網整備の実施を挙げている。¹⁷
気象業務関連の中長期計画	*中長期計画の情報は入手できなかった。

(11) フィリピン (PAGASA)

法制度・規則	<u>Atmospheric, Geophysical and Astronomical Science Act</u> Atmospheric, Geophysical and Astronomical Science Act は、1972 年に策定された。自然災害からの保護を提供し、気象機関や関係機関の協調を規定している。 <u>Philippine Disaster Risk Reduction and Management Act (RA10121)</u> Philippine Disaster Risk Reduction and Management Act (RA10121)は 2010 年に策定された。災害リスク軽減・管理 (Disaster Risk Reduction and Management : DRRM) という新たなアプローチに基づいた災害管理を実施するための法的整備がなされた。¹⁸ <u>国家防災管理フレームワーク (National Disaster Risk Reduction and Management Framework : NDRRMF)</u> 国家防災管理フレームワークは 2011 年 6 月に NDRRMC によって承認され、包括的なフィリピン DRRM 活動の方向性が決定された。¹⁸ 1972 年の大統領令第 78 号 (PD No.78)、1977 年の大統領令第 1149 号 (PD No.1149) これらの大統領令により、PAGASA が気象、洪水とそれ以外に国民の安全、健康と国家経済に影響を与えうる気候事象の観測と予報の責任機関として位置づけられた。¹⁹ <u>The PAGASA Modernization Act (RA10692)</u> The PAGASA Modernization Act は 2015 年に策定された。フィリピン気象・地球物理・天文局 (Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration : PAGASA) のサービスや資金を規定している。¹⁹

¹⁸ フィリピン国災害リスク削減・管理能力向上プロジェクト ファイナルレポート、JICA、2015 年

¹⁹ フィリピン国防災セクター戦略策定のための情報収集・確認調査 ファイナルレポート、JICA、2017 年

	*予警報の観測機器を規定する法律は整備されていない。また、洪水・土砂災害情報が PAGASA に伝達されるように法的整備がなされていない。¹⁹
災害管理計画	<u>国家災害リスク削減・管理計画（National Disaster Risk Reduction and Management Plan : NDRRMP）</u> 国家災害リスク削減・管理計画は 2012 年 2 月に策定された。同計画で、24 の DRRM 成果を 2028 年までに達成することを明記した。¹⁸ <u>フィリピン開発計画（PDP2017-2022）</u> フィリピン開発計画は、2017 年に策定され、①社会機構の強化、②不平等を軽減させるための変革、③成長潜在性の増進が三つの柱として掲げられた。同計画において災害リスク軽減管理（DRRM）の概念は、気候変動とともにセクター横断的な重要課題として位置づけられている。
気象業務関連の中長期計画	<u>Strategic Plan for 2018-2022</u> 本計画は 5 か年計画で、災害や気候変動に強い国家を形成するため、社会的なインパクトを生み出し、維持するための包括的な取り組みを概説するものである。本計画は PAGASA の任務をよりダイナミックに遂行し、現代の科学技術の進歩の急速な変化に効率的に対応することを意図している。また、本計画には、PAGASA 近代化プログラム（PMP）で挙げられたプログラムやプロジェクトが示されている。

(12) スリランカ（DOM）

法制度・規則	<u>災害管理法（Sri Lanka Disaster Management Act, No.13 of 2005）</u> 災害管理法は、2005 年 5 月、防災に関する包括的な法的基礎枠組みとして制定された。同法は、防災組織体制整備の他、事後の緊急対応から事前準備への転換を掲げている。²⁰ <u>国家災害管理政策（National Policy on Disaster Management）</u> 2010 年に NCDM の承認を得て制定された。災害管理法の実施に際する政策原則（多元的対応、集合的責任、平等・多様性・包含、透明性・説明責任、自国に適した技術の導入等）を明記している。²⁰ <u>気象業務関連</u>；気象局には根拠法がなく、気象機関の業務を規定する法律はない。²⁰

²⁰ スリランカ国 防災セクター情報収集・確認調査ファイナルレポート、JICA、2017 年

災害管理計画	<u>国家災害管理計画（NDMP） 2013-2017</u> 災害管理法の規定に基づき、2013 年に国家災害管理計画（National Disaster Management Plan : NDMP）2013 -2017 が NCDM の承認を得て、国家災害管理計画（NDMP）を法律文書として制定された。NDMP は行政レベル別・セクター別災害管理計画の策定、各種委員会の設置等を規定している。今後、上記 NAP 2016 -2018（案）に合わせ、仙台防災枠組を踏まえ、NDMP 2018 - 2022 への改訂作業が行われる予定である。²⁰ <u>国家緊急対応計画（NEOP） 2015-2019</u> 災害管理法の規定に基づき、法律文書としての国家緊急対応計画（National Emergency Operational Plan : NEOP）2015 - 2019 を DMC（Disaster Management Centre）が策定中である。NEOP は災害前・中・後の各災害フェーズにおける担当機関の役割、緊急対応の調整メカニズム等を規定している。2016 年 12 月現在、NEOP は最終ドラフトの段階である。²⁰ <u>国家総合災害管理プログラム（SLCDMP） 2014-2018</u> MDM が、国家総合災害管理プログラム（Sri Lanka Comprehensive Disaster Management Program : SLCDMP）を策定した。SLCDMP は上記 NDMP のアクションプランという位置づけで、NDMP の実施に際して生じる具体的課題と対応策、担当機関、必要予算額、実施時期、評価指標等が記載されている。 今後、上記 NDMP の改訂に合わせて、SLCDMP の改訂が行われるが、新 NDMP は、Strategic Section と Implementation Section の 2 部構成となる見込みであり、SLCDMP は Implementation Section として組み込まれる予定である。²⁰
気象業務関連の中長期計画	<u>DOM Strategic Action Plan 2021-2025</u> DOM Strategic Action Plan では以下の 7 つを目標として定めている：(1) 予警報発出能力の向上、(2) インフラの改良、(3) 観測・コミュニケーションシステムの改良、(4) 人材育成、(5) WMO 基準に合うデータの質の確保および維持、(6) 水銀に関する水俣条約の批准、(7) 研究開発の向上 同 Plan では、上記の目標を達成するための個々のプロジェクトとその資金調達先が特定されているが、いつまでに達成するというターゲットは未記載である。 <u>Performance Report for 2019 (DOM)</u> Performance Report では、以下の 4 つが将来のターゲットとして設定されている。(1) DOM の近代化、(2) Puttalam および Potuvil における気象

	レーダーシステムの設置、(3) Mulative 気象局の建設、(4) 気候変動に対応した気象サービスの近代化。 気象業務に係る長期的な戦略がないことが課題である。²⁰

(13) ベトナム (VNMHA)

法制度・規則	<u>防災法 (Law on Natural Disaster Prevention and Control ; No.33/2013/QH13)</u> 防災法は 2013 年 6 月に承認され、2014 年 5 月より施行された。同法に基づき、国家防災戦略、各レベルの防災計画、災害対応計画が策定される。防災法第 24 条において、ベトナム国における予警報発令の責任機関は、MONRE 及びベトナム科学技術省と規定されている（後者は地震と津波の予警報を担当する）。²¹ <u>水文気象法 (Law on Hydro-Meteorology ; No.90/2015/QH13)</u> 水文気象法は、気象水文観測施設の管理・運用、予警報、情報サービス、気候変動の監視、など気象水文業務について、機関、団体、個人の責任と義務を規定することを目的として、2015 年に施行された。同法の所管省庁は MONRE であり、第 2 章 11 条では、10 年毎に 20 年ビジョンの気象水文観測整備計画を策定することが定められている。さらに気象観測に基づく自然災害の予報警報についても MONRE の所掌としている。また、第 5 章 35 条及び 36 条では、気候変動シナリオの評価期間を 10 年とし、5 年毎に発表することとしている。²¹ <u>風水害対策法 (Ordinance on Prevention and Control of Floods and Storms)</u> 風水害対策法は 1993 年に施行され、主に台風と洪水を対象にした災害対策法である。²¹ <u>様々な首相決定</u> ・ 防災総局 (VNMHA) 設立 (No.26/2017/QD-TTG) ・ VNMHA の業務規程 (No. 03/2018/QD-TTg) 同規定では、気象水文学総局の機能、タスク、権限、および組織構造を規定する。 ・ 災害予警報・通信 (No.46/2014/QD-TTg) 予警報発表と伝達経路について各機関の責務を示すとともに、特に熱帯低気圧・台風警報、洪水警報、地震警報、津波警報の 4 災害種について、その発表内容と発表の頻度・タイミングについて詳細に規定している。²¹

²¹ ベトナム国防災セクター戦略策定のための情報収集・確認調査、JICA、2018 年

	<u>業務規則</u> 2013 年時点で、NHMS（2017 年に VNMHA に改称）が業務規則の整備を進めていた。現在の整備状況は確認が必要である。
災害管理計画	<u>国家防災戦略 2020（National Strategy for Natural Disaster Prevention, Response and Mitigation to 2020）</u> 国家防災戦略は 2007 年に策定された。同戦略に基づき、国家風水害対策委員会（Central Committee for Flood and Storm Control : CCFCs）を中心とした防災組織の体制の強化が行われてきた。同戦略で予警報体制強化プログラムの実施は MONRE の責務であるとされた。²² <u>気候変動に対する国家計画戦略（2008）</u> 同戦略で、MONRE を水災害への予警報体制強化に関する活動計画責任官庁として任命している。²² <u>社会経済開発 5 か年計画(Strategic for Metrology and Hydrograph industry development by 2020)</u> 同計画では、2020 年までに、ベトナムの水文、気象産業において、科学とテクノロジーを用いて、基本的な調査や気象・水文予報を行い、災害リスクを削減することを目標としていた。²²
気象業務関連の中長期計画	<u>ベトナム気象・水文開発戦略 2020（2009）</u> 同戦略では、災害のリスク軽減、環境保護及び社会経済発展のために、気象と水文分野が並行して先端科学技術レベルに達するよう、MONRE が調整、開発を行うことが規定されている。同戦略では、気候変動を背景に著しい自然災害の増加が予想される中、国の持続的な開発のためにはタイムリーに且つ正確な気象水文情報と科学的根拠を国民に対して提供することが重要であり、そのために、気象水文への投資が必要であると言及されている。²²

III.2.1.3 国家気象機関の組織・予算・人員等

(1) バングラデシュ（BMD）

バングラデシュ気象局（Bangladesh Meteorological Department : BMD）は、バングラデシュの気象業務を行う唯一の政府機関である。国防大臣は、首相が兼務しており、国防省の傘下には BMD を含め 23 の局がある。BMD の上部官庁である国防省及び BMD 組織構成概略を図 III.2.1.3-1 に

²² ベトナム国気象水文観測・予測・警報業務に関する基礎情報収集・確認調査、JICA、2013 年

示す。BMD 本局は首都ダッカにあり、各県（District）、郡（Upazila）に気象業務を行う部局がある。²³

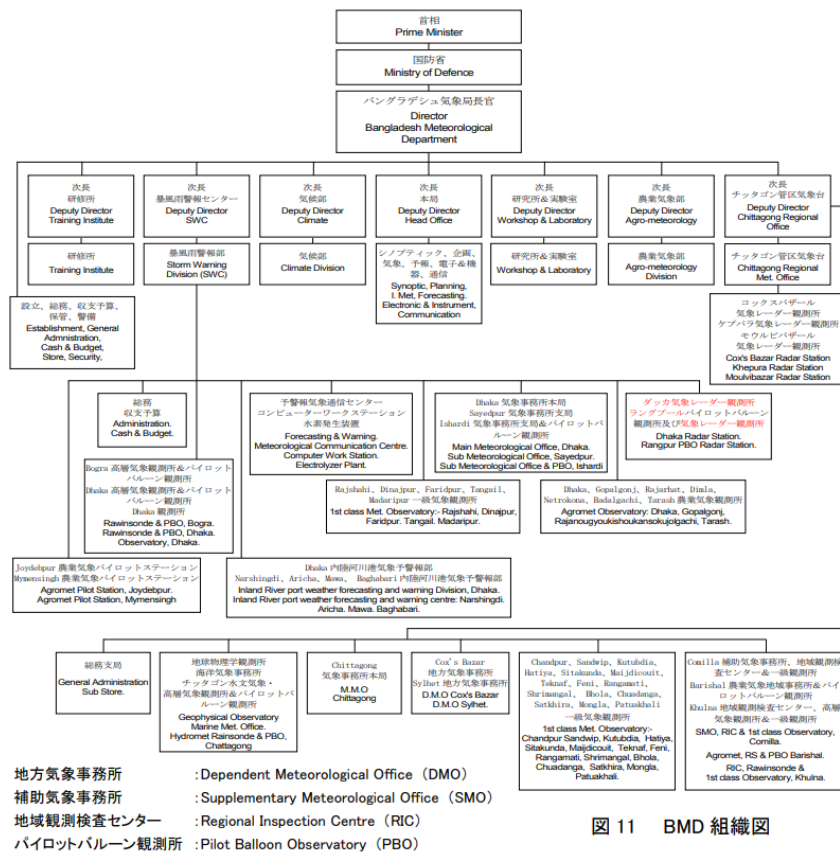


図 III.2.1.3-1 BMD 組織図 ²³

バングラデシュ会計年度の 2007 年度から 2013 年度までの BMD 年間予算及びその推移は、表 III.2.1.3-1 のとおりである。2013 年度の合計額は 148 百万タカ（約 202 百万円）であった。²³ 最新のデータは入手できなかった。JICA 調査（2013 年）²⁴ では、防災情報伝達システムの予算は圧倒的に不足していると指摘されている。2018 年時点で、BMD の職員数は 1290 名で、その内訳は表 III.2.1.3-2 のとおりである。

²³ バングラデシュ国ダッカ及びラングプール気象レーダー 整備計画準備調査報告書、JICA、2015 年

²⁴ バングラデシュ国沿岸部における早期警報及び防災情報伝達システムに係る情報収集・確認調査ファイナルレポート、JICA、2013 年

表 III.2.1.3-1 BMD の年間予算内訳

内訳	(タカ)						
	2007～2008	2008～2009	2009～2010	2010～2011	2011～2012	2012～2013	2013～2014 (見通し)
職員給料	39,500,000	42,500,000	45,000,000	46,000,000	50,000,000	52,000,000	55,000,000
消耗品費	2,550,000	3,000,000	3,500,000	4,000,000	5,500,000	6,000,000	6,400,000
電気・水道代	3,515,000	3,800,000	4,000,000	4,100,000	4,500,000	5,000,000	5,500,000
スベアパーツ購入費	30,000,000	35,090,000	37,000,000	41,000,000	65,000,000	67,290,000	68,000,000
通信費	7,050,000	8,500,000	9,000,000	9,500,000	10,000,000	10,200,000	10,500,000
衛星通信費	1,006,000	1,200,000	1,500,000	1,700,000	2,500,000	2,550,000	2,600,000
合計	83,621,000	94,090,000	100,000,000	106,300,000	137,500,000	143,040,000	148,000,000

表 III.2.1.3-2 BMD のスタッフ数の内訳 ²⁵

役職	スタッフ数
Director	1
Deputy Director	7
Assistant Director	8
Senior Engineer	4
Engineer	10
Meteorologist	48
Assistant Engineer	18
Assistant Meteorologist	58
2 nd Class	11
3 rd Class	852
4 th Class	273

(2) ブータン (NCHM)

国家水文気象センター (NCHM) は、気象、気候、雪氷、水文、水資源に関連する科学的・技術的な情報やサービスを関係機関や一般市民に提供しており、気象・洪水予警報及びそれらに必要となる気象・水文観測所ネットワークの運用維持管理を主なマンドレートとしている。NCHM は、プロジェクトの実施を契機に洪水流出解析、洪水ハザードマップ作成にも取り組み始めている。

²⁶ 図 III.2.1.3-2 に NCHM の組織図を示す。国家気象・洪水警報センター (National Weather and Flood Warning Centre, NFWFC) は組織図に示されていない。

²⁵ Country report- Bangladesh 2018、BMD、2018 年

²⁶ ブータン国全国防災能力強化プロジェクト詳細計画策定調査報告書、JICA、2019 年

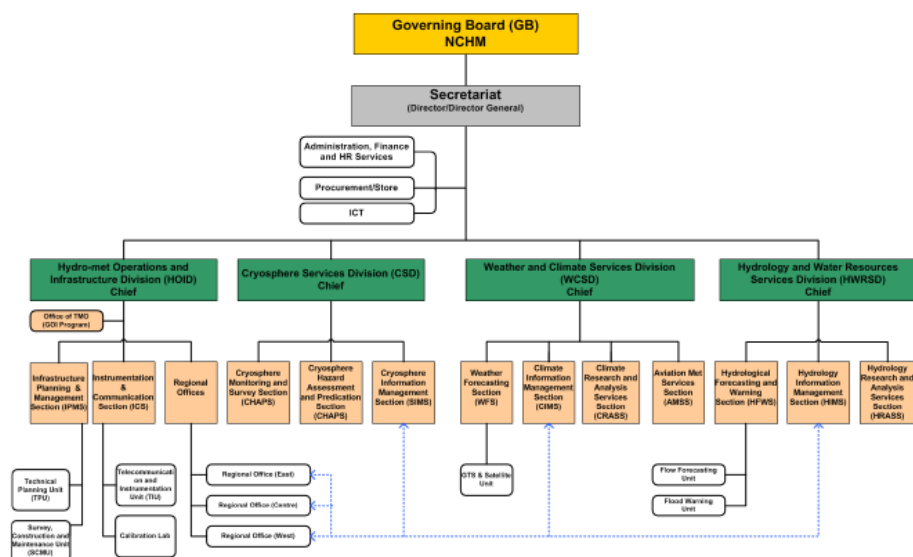


図 III.2.1.3-2 NCHM 組織図 ²⁷

NCHM の予算の推移を表 III.2.1.3-3 に示す。2019 年度は、170 百万 Nu（約 260 百万円）で、予算の消化率が 83.5%である。²⁷ 合計額は年によってばらばらだが、政府による拠出額は徐々に増加している。

表 III.2.1.3-3 NCHM の年間予算の推移（2013 年度～2019 年度）²⁷

(Nu. in million)

項目	DHMS (MoEA) (NCHM の前身)				NCHM		
	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年
RGoB	43.0	56.56	54.53	55.0	76.87	-	110.063
Donors	47.3	68.01	183.82	250.6	117.93	-	64.290
合計	90.3	124.57	238.34	305.6	194.80	123 ⁴	170.353

2018 年時点で、定員 220 名に対して 220 名が所属している。主要 4 部署の主なマンドレートと職員数を表 III.2.1.3-4 に示す。²⁷ NCHM のプレゼン資料（2019 年）によると、技能を持った職員の能力不足を課題としている。²⁸

表 III.2.1.3-4 NCHM 各部署のマンドレートと職員数

部署名	主なマンドレート	職員数
水文気象運営インフラ部 (Hydro-met Operations and Infrastructure Division, HOID)	気象・水文観測所ネットワークの運用維持管理	118 (地方職員が殆どを占める)
氷圏サービス部 (Cryosphere Services Division, CSD)	GLOF 等にかかる河川上流域 (氷圏) の雪氷の調査	8
気象・気候サービス部 (Weather and Climate Services Division, WCSD)	気象観測及び気象予警報	31

²⁷ Annual Report 2019-2020, NCHM

²⁸ An overview of National Center for Hydrology and Meteorology (NCHM), Karma Dupchu (NCHM), 2019 年

水文・水資源サービス部 (Hydrology and Water Resources Services Division, HWRSD)	水文観測及び洪水予警報、水資源調 査（水収支や水の賦存状況で水資源 開発は管轄外）	15

(3) カンボジア（DOM）

カンボジアでは、洪水や干ばつ、暴風雨、高潮、雷雨などほぼすべての水文気象学的災害が生じている。水資源気象省（Ministry of Water Resources and Meteorology: MOWRAM）傘下の気象局（Department of Meteorology: DOM）が1999年に設立され、気象予報と警報の作成、発布するように義務付けられている。図 III.2.1.3-3 に組織図を示す。

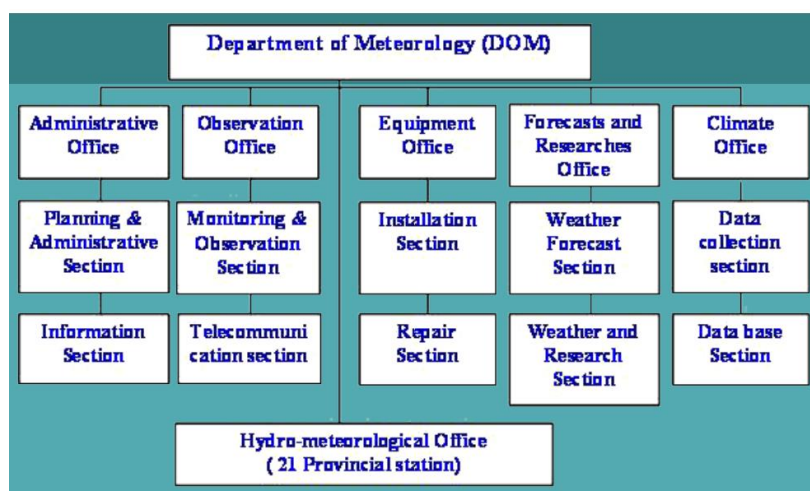


図 III.2.1.3-3 DOM 組織図（カンボジア）²⁹

DOM は全国に 21 の気象水文の観測所を有している。²⁹ 近年の年間予算は 40 万 USD ほどだが、予算が十分でないことが課題となっている。²⁹ 2019 年時点で、DOM はプノンペンの本部に 47 人の職員を抱えている。全員が正規の職員ではないため、コアな職員はもっと少なく、特にメカニック、IT 関連の人材が不足している。職員が非常に少なく、雨季は職員を海外での会議等に派遣することが難しい。また、気象を学べる大学がないので、知識を持った新しい職員が入ってこないという課題がある。³⁰ 部局ごとの職員数を表 III.2.1.3-5 に示す。

表 III.2.1.3-5 DOM のスタッフ数の内訳²⁹

部局/役職	スタッフ数
Director	1
Deputy Director	3
Administration	6
Observation	7
Research and Forecasting	9

²⁹ Country Assessment Report for Cambodia、UNISDR、2013 年

³⁰ アジア地域への気象レーダー等海外展開調査業務現地調査結果分析報告（カンボジア）、2019 年

Climate	12
Equipment Management	9

(4) フィジー (FMS)

フィジー気象局 (Fiji Meteorological Service: FMS) は、インフラ・気象サービス省 (Ministry of Infrastructure and Meteorological Services: MIMS) の傘下の組織で、同国における唯一の国家気象機関であり、サイクロン、洪水、干ばつの予警報に関して一定の役割を担う。FMS は、まだ海洋気象予報を実施しておらず、津波に関しては、鉱物資源局 (Mineral Resource Department) が主に対応している。

FMS は WMO 第 V 地区 (南西太平洋) (RA V) に属している。第 V 地区のサイクロン委員会 (RA V Tropical Cyclone Committee) の活動において、FMS は、中枢として域内の熱帯低気圧の動向の監視と予報を行う WMO 地域特別気象センター (Regional Specialized Meteorological Centre: RSMC) の任にあたっている。³¹ 図 III.2.1.3-4 に FMS の組織図を示す。

また、地方局が以下の 12 か所にある：Rotuma、Udu Point、Yasawa -i- rara、Viwa、Vanua Balavu、Lakeba、Vunisea、Matuku、Ono- i- lau、Nabouwalu、Labasa、Laucala - Bay

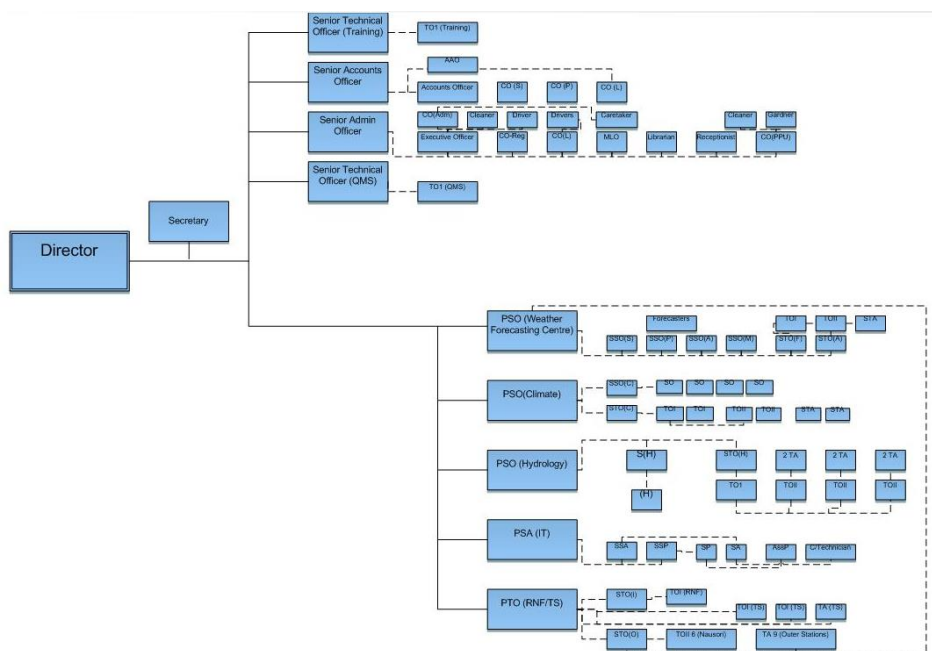


図 III.2.1.3-4 FMS の組織図 ³²

FMS の年間予算は 2018 年 (約 8 百万 FJD ; 約 4.4 億円) をピークに減少傾向にあるが、気象サービス、水文部局への予算は漸増している。表 III.2.1.3-6 に FMS の予算推移を示す。

表 III.2.1.3-6 FMS の年間予算内訳 (1,000 FJD) ³²

部局	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年

³¹ 大洋州気象人材育成能力強化プロジェクト詳細計画策定調査報告書、JICA、2015 年

³² FMS

Corporate services	952	1,107	981	1,246	1,478	1,166	815
Reporting & facilities	902	1,066	895	986	1,257	942	747
National weather forecasting	5,588	4,558	3,964	4,386	4,180	2,831	2,079
Climate services	318	336	387	381	508	514	483
Hydrology	340	383	370	357	579	587	478
Total	8,100	7,450	6,598	7,357	8,002	6,040	4,603

部門としては、予報課（38 名）、水文課（15 名）、気候課（11 名）、コンピュータ情報システム課（0 名）、技術システム課（4 名）、通報・施設課（29 名）、管理課（13 名）、他（8 名）があり、職員総数は 124 名である。³¹ FMS スタッフによると、専門職のスタッフの異動が多く、スタッフ数に制約があることが課題として挙げられる。³³

(5) インドネシア（BMKG）

現在の気象・気候・地球物理庁（BMKG）は 2008 年に発足した。監督官庁は、以前は運輸省であったが、2005 年以降は大統領直下となり、省レベルに昇格した。

BMKG のミッションは、以下の 4 つである。

- 気象、気候、大気、地球物理学的現象の観測と理解
- 信頼性の高い気象、気候、大気、地球物理学のデータ、情報、サービスの提供
- 気象、気候、大気、地球物理学分野での活動の調整と促進
- 気象、気候、大気、地球物理学分野の国際的な活動への積極的な参加

以下は、BMKG の組織図である。BMKG は、4 つの部（①気象部、②気候部、③地球物理部、④測器・校正・技術・通信ネットワーク部）と教育・訓練センター、研究開発センター、技術導入ユニットで構成されている（図 III.2.1.3-5）。

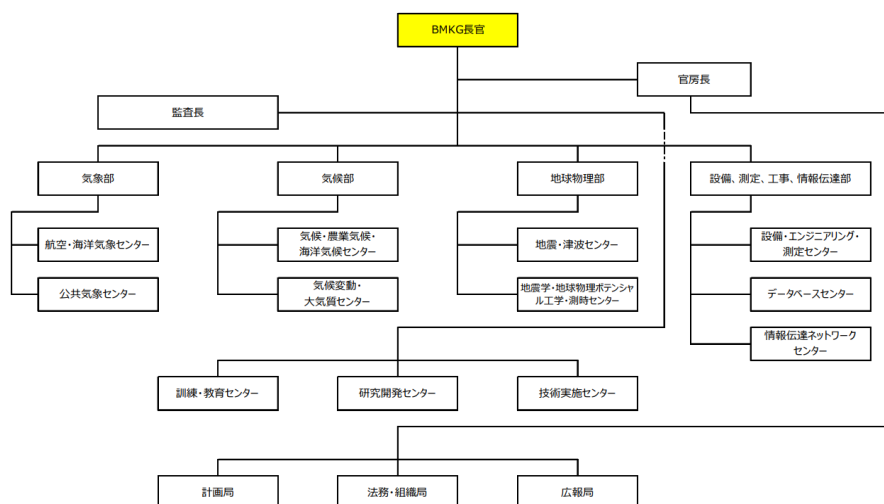


図 III.2.1.3-5 BMKG 組織図 ³⁴

気象部は、気象早期警報システム（Meteorological Early Warning System: MEWS）を運用してお

³³ Country report of Fiji, FMS、2018 年

³⁴ インドネシア国防災分野における情報収集・確認調査ファイナルレポート、JICA、2019 年

り、熱帯低気圧の監視、常時の気象観測から得られた観測情報をもとに数値気象予測を行い、局所的な極端な気象現象（局地豪雨など）、強風による荒波など海洋気象、気象現象と他の自然災害に関連付けることで、数日・数週間先の潜在的な災害被災のリスクなどを予測し、警報を発している。また、国際気象機関の情報を取得し、BMKG の気象観測結果と合わせて、より長期的で広範囲な気象予測を実施している。MEWS では、集中豪雨、洪水危険度、森林火災評定、煙の軌跡予測、強風、波浪、熱帯低気圧の進路などを予測し、地方自治体、BNPB、地方防災局、マスコミなどに提供している。また、特に航空安全機関や航海安全機関に対して、航路の安全情報の提供なども行っている。³⁴

また、津波警報システムである InaTEWS も BMKG により運営されている。

ジャカルタ以外に全国 31 箇所に地方事務所がある。³⁵ 地方拠点が、以下の 5 箇所に設置されている。括弧内はそれぞれの地方拠点の観測所数である。

地方拠点の所在地；Medan (30), Ciputat (43), Denpasar (48), Makasar (41), Jayapura (21)

図 III.2.1.3-6 は、BMKG の予算（実際の支出ベース）の推移である。BMKG の予算は、2016 年に減少したが、その後増加に転じている。2019 年の予算は、2,408 十億ルピア（約 194 億 3 千万円）である。

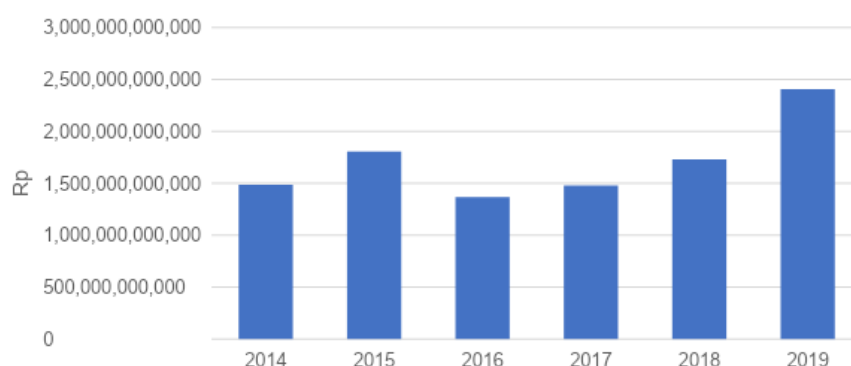


図 III.2.1.3-6 BMKG の予算の推移 ³⁶

BMKG の職員数は、2019 年 1 月現在で 8,000 人（本局に 3,000 人）である。BMKG には、D4（BMKG 傘下の気象・気候・地球物理学大学卒）が 1,322 人、学士（sarjana）が 1,511 人、修士（magister）が 546 人、博士（dokter）が 28 人で、職員全体数に占める割合は、D4 が 16.5%、学士が 18.8%、修士が 6.8%、博士が 0.35%となっている。（図 III.2.1.3-7）

³⁵ インドネシア国防災情報処理伝達システム整備計画準備調査レポート、JICA、2016 年

³⁶ LAKIP BMKG(BMKG の年次報告書)から作成

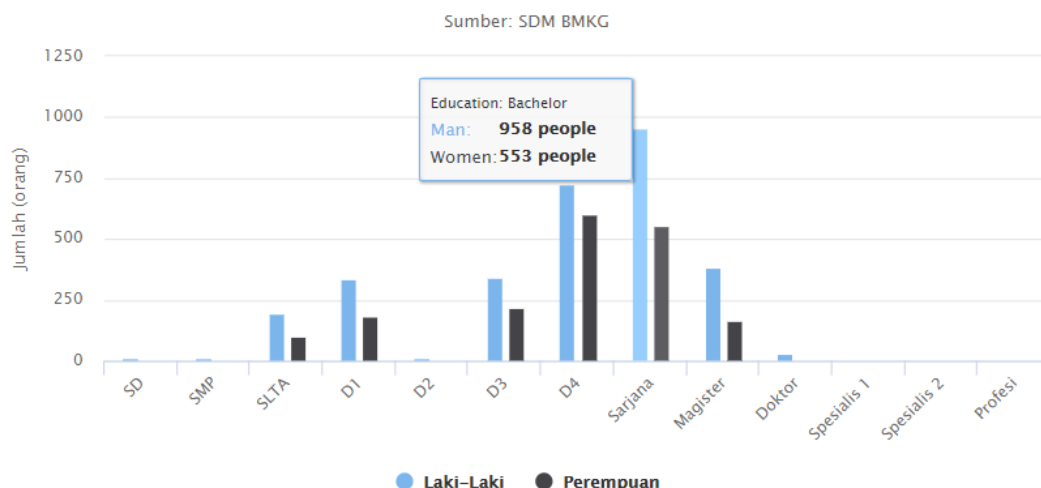


図 III.2.1.3-7 BMKG 職員の学位構成（薄青：男性、黒：女性）³⁷

(6) ラオス（DMH）

ラオス国で気象・水文業務を行う唯一の政府機関であるラオス気象水文局（DMH: Department of Meteorology and Hydrology）は、天然資源環境省（MONRE: Ministry of Natural Resources and Environment）の傘下であり、長官の下に、副長官を配し、その下に 6 つの部において全体の組織管理や気象・水文業務を実施している。図 III.2.1.3-8 に DMH の組織構成を示す。

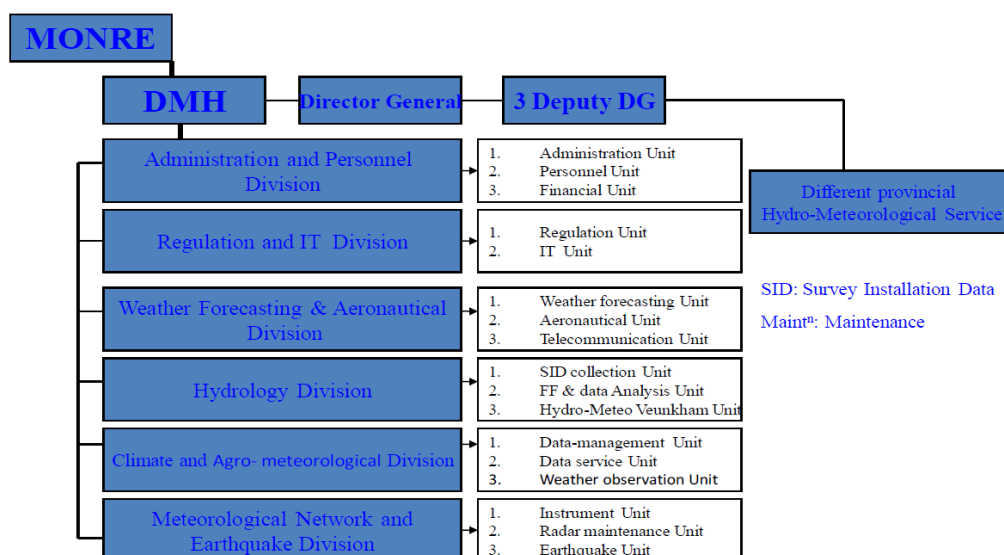


図 III.2.1.3-8 DMH 組織図（ラオス）³⁸

ラオス国の会計年度は、10 月 1 日から翌年 9 月 30 日である。表 III.2.1.3-7 は、会計年度 2009-2010 年度から 2014-2015 年度（予算請求予定）までの DMH の年間予算の推移及びその内訳を示している。2014-2015 年の予算請求額は 49 億キップ（約 69,048 千円）であった。近年の予算の情報は入手できなかった。

³⁷ BMKG の Website (<https://www.bmkg.go.id/>)、2021 年 9 月にアクセス

³⁸ Training program on reinforcement of meteorological services、DMH、2015 および 2017 年

表 III.2.1.3-7 DMH の年間予算内訳 ³⁹

単位: 1,000 キップ

項目	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015 (予定)
電気料	136,000	75,000	150,000	150,000	165,000	175,000
水道使用料			3,600	5,000	6,000	7,000
通信費			192,000	200,000	250,000	300,000
技術管理費	700,000	800,000	900,000	1,000,000	1,300,000	1,500,000
総務費	189,000	192,000	234,000	383,000	400,000	450,000
人件費	500,000	538,000	1,753,000	1,830,000	2,140,000	2,500,000
合計	1,525,000	1,785,000	3,232,600	3,568,000	4,261,000	4,932,000

2017 年時点で、首都ビエンチャンにある DMH 本局に 74 名、地方観測所に 157 名の合計 231 名が在籍している。表 III.2.1.3-8 に DMH のスタッフ数の内訳を示す。DMH は、専門職のスタッフが不足していることを課題として挙げている。⁴⁰

表 III.2.1.3-8 DMH のスタッフ数の内訳 ³⁸

役職	スタッフ数
Director General	1
Deputy Director General	2
Weather Forecast and Aeronautical Met Division	15
Meteorological Network and Earthquake Division	8
Hydrological Division	15
Climatological and Agro-met division	20
Legislation & ICT Division	3
Administrative Planning Division	9
Hydro-met Services & Stations at provincial and district level	157

(7) モンゴル (NAMEM)

国立気象・環境監視局 (NAMEM) はモンゴルの気象・環境機関であり、主に以下のことを行っている。図 III.2.1.3-9 に組織図を示す。

- モンゴルの水、気候、環境条件、水質の監視を組織し、一般市民に迅速に情報を提供し、水と気象の危険による災害リスクの可能性を警告する。
- 統合された管理と統合された方法論を兼ねた水文気象および環境モニタリングの州ネットワークの能力を提供、拡大、強化する。
- 水文気象および環境品質監視の国家ネットワークの継続的な運用を実行し、情報収集の信頼できる運用を確保し、ユーザーに情報を迅速に配信し、定期的な技術的および技術的革新を実行する。

³⁹ ラオス国気象水文システム整備計画準備調査報告書、JICA、2014 年

⁴⁰ Experience in the management of the Department of Meteorology and Hydrology in Lao PDR、DMH、2017 年

水文、気象、環境アーカイブおよびデータベースの作成を管理し、ユーザーに情報を提供する。

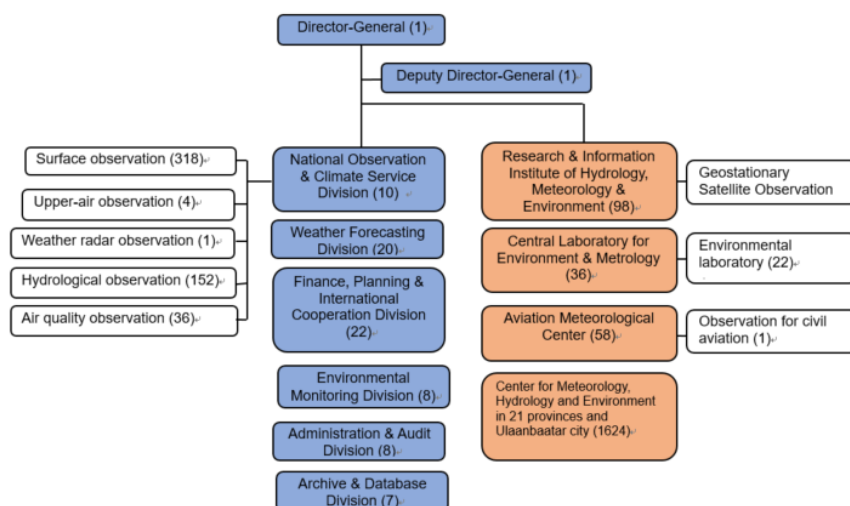


図 III.2.1.3-9 NAMEM 組織図 ⁴¹

年間予算は、2017 年度から徐々に増加しており、2021 年度は 314 億 MNT（約 13.7 億円）である（表 III.2.1.3-9）。

表 III.2.1.3-9 NAMEM の年間予算の推移（2016 年度～2020 年度）

(Billion MNT)

項目	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年
予算	22.1	24.0	26.0	33.5	31.4

スタッフ数は、およそ 1,900 人である。内訳を表 III.2.1.3-10 に示す。

表 III.2.1.3-10 NAMEM のスタッフ数の内訳

役職	スタッフ数
NAMEM	(77)
Director General	1
Deputy Director General	1
National Observation & Climate Service Division	10
Weather Forecasting Division	20
Finance, Planning & International Cooperation Division	22
Environmental Monitoring Division	8
Administration & Audit Division	8
Archive & Database Division	7
Information & Research Institute of Meteorology, Hydrology and	98

⁴¹ NAMEM brochure

Environment	
Central Laboratory for Environment and Metrology	36
Aviation Meteorological Center (AMC)	58
Local Meteorological Offices	1624

(8) ミャンマー (DMH)

ミャンマー気象・水文局 (DMH: Department of Meteorology and Hydrology) は、1937 年 4 月 1 日に設立されたビルマ気象局 (BMD: Burma Meteorological Department) を前身にして 1972 年に設立された組織である。天気予報や気象警報を発する国内で唯一の機関である。

DMH の全体予算額や推移等の情報は入手できなかった。

図 III.2.1.3-10 に DMH の組織図を示す。DMH 職員数は約 800 名で、気象水文地震業務を実施するための人的資源が十分であるとは言えない。

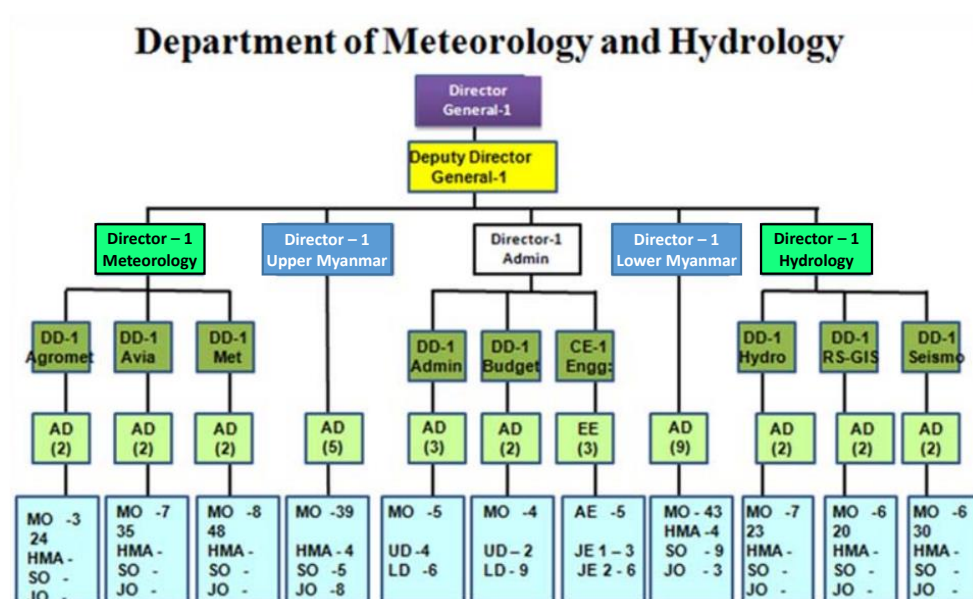


図 III.2.1.3-10 DMH 組織図 (ミャンマー) ⁴²

(9) ネパール (DHM)

1962 年、ネパール政府は電力局の下で水文及び気象業務を開始した。現在では、エネルギー水資源灌漑省 (Ministry of Energy, Water Resources and Irrigation) の管轄下で、水文気象局 (Department of Hydrology and Meteorology) が、ネパール全土で水文および気象データを収集し、データを処理して公開、水資源計画担当者、開発者、研究者、データ使用者などの様々な目的を持つユーザーへのデータの配布等の業務を実施している。DHM は全国に 337 か所の降水量観測所、154 の水文観測所、68 の気候観測所を擁しており、そこから洪水などの災害が発生した際に早期警報を発信する。⁴³

洪水予警報に関連する DHM の組織の構成を図 III.2.1.3-11 に示す。

⁴² ミャンマー国気象観測・予報能力強化プロジェクト詳細計画策定調査報告書、JICA、2018 年

⁴³ DHM のウェブサイト (<http://www.dhm.gov.np/contents/resources>)

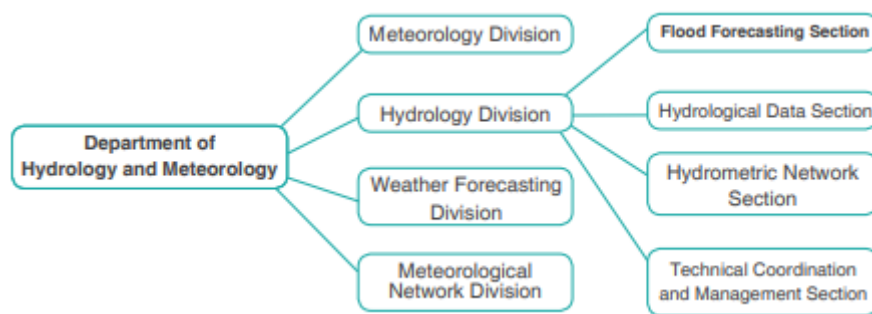


図 III.2.1.3-11 洪水予警報に係る DHM の組織構成 ⁴⁴

2013 年の年間予算は、0.15 百万ドルであった。⁴⁵ 最新の情報は入手できなかった。

DHM は、予算の拡充を今後必要な提言の一つとして挙げている。⁴⁵

DHM の職員は 237 人であり、その内訳は、60 人のプロフェッショナルスタッフ、143 人の技術者、34 人の管理スタッフである。また、4 つの地方事務所（Dharan、Pokhara、Bhairahawa、Kohalpur）を持ち、129 人が本部、48 人が流域事務所、84 人が地域事務所で業務に従事している。

⁴³ DHM は、人員および能力強化の不足を課題として挙げている。⁴⁵

(10) パキスタン（PMD）

パキスタン気象局（PMD）は、内閣府の航空部の下に配置されており、気象・気候に関する情報、悪天候時（サイクロン、大雨、強風、雷災）の注意報や警報等を一般住民、農業、エネルギー、漁業、船舶等の分野に提供しているほか、気象に関する教育・研修活動も行っている。図 III.2.1.3-12 に PMD の組織図を示す。

⁴⁴ Standard Operating Procedure (SOP) for Flood Early Warning System in Nepal、DHM、2018 年

⁴⁵ Nepal presentation, Regional Workshop on Implementation of Weather and Climate-related Services in the Least Developed Countries (LDCs) in Asia、DHM、2014 年

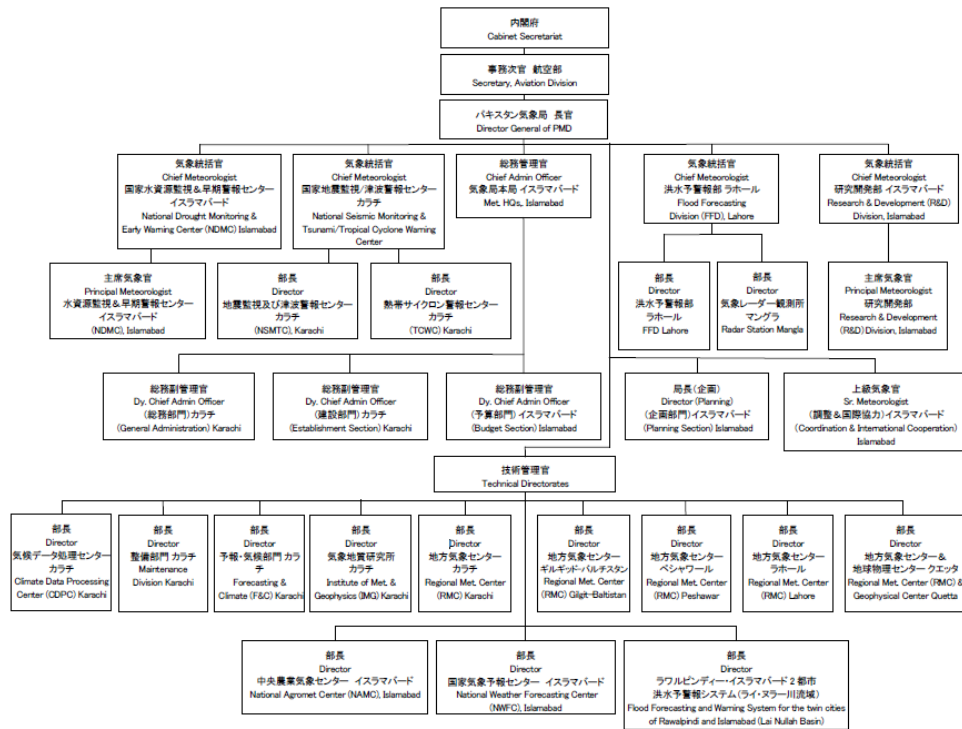


図 III.2.1.3-12 PMD 組織図 46

PMD の 10 年間の年間予算及びその内訳（7 月 1 日から翌年 6 月 30 日）を表 III.2.1.3-11 に示す。年間予算は年々増加傾向にあり、2019-2020 年の年間予算（要求額）は 1,522 百万ルピー（約 987 百万円）であった。プロジェクトが実施される場合には、プロジェクト実施・開発費として PC-I の承認により、特別予算が割り当てられる。⁴⁶

表 III.2.1.3-11 PMD の年間予算内訳 ⁴⁶

(1,000 ルピー)											
予算項目	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17	2017-18	2018-19	2019-20 (予算要求額)
人件費（職員給与）	323, 928	356, 513	478, 126	574, 143	676, 298	732, 854	819, 000	870, 000	908, 741	1, 035, 000	1, 199, 804
交通費、研修費、公共料金、通信費等	70, 157	71, 019	74, 728	88, 940	95, 279	107, 849	110, 822	114, 018	122, 433	129, 887	169, 688
職員退職手当	1, 500	1, 500	1, 500	1, 100	7, 470	11, 160	12, 926	16, 677	16, 260	21, 219	27, 875
政府補助金、助成金、貸付金	2, 000	2, 000	2, 000	2, 000	4, 000	4, 445	4, 450	2, 034	2, 242	15, 858	342
転勤費用	500	500	100	80	80	87	101	101	121	131	131
機材購入費等	11, 000	11, 000	13, 264	11, 449	10, 508	13, 722	15, 551	17, 314	17, 995	20, 881	92, 714
工事関連費	2, 000	2, 000	1, 998	250	250	278	1, 400	1, 872	2, 825	3, 246	8, 202
機材・施設修理及び維持管理費	6, 795	6, 795	7, 109	2, 385	3, 335	3, 974	4, 750	5, 921	8, 670	8, 778	23, 243
計	417, 880	451, 327	578, 825	680, 347	797, 220	874, 369	969, 000	1, 027, 937	1, 079, 287	1, 235, 000	1, 521, 999
プロジェクト実施及び開発に必要な特別予算(PC-Iの承認による)											
プロジェクト実施・開発費	363, 165	165, 136	110, 654	62, 616	152, 554	76, 906	28, 581	419, 375	608, 000	767, 337	1, 108, 566

⁴⁶ サッカル気象レーダー整備計画準備調査報告書、JICA、2020 年

全体の職員数は 2,424 名（2019 年 6 月時点）で、その内 344 名が幹部職員（Officer）である。Islamabad に PMD 本局があり、全国を 5 つの気象管区（Karachi、Lahore、Quetta、Peshawar、Gilgit-Baltistan）に分けて、地方気象センターを配置している。PMD 長官の下に、4 名（Islamabad：2 名、Karachi：1 名、Lahore：1 名）の気象統括官（Chief Meteorologist）が配置され、Islamabad 本局の 1 名の気象統括官が PMD 副長官（Deputy Director General）を兼務している。⁴⁶

(11) フィリピン（PAGASA）

フィリピン国の気象業務を行う唯一の政府機関であるフィリピン大気・地球物理・天文局（Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration：PAGASA）は、科学技術省（Department of Science and Technology: DOST）傘下であり、災害を引き起こす気象現象を監視し、気象に関する情報を提供している。国の防災管理体制の中で中心的役割を担っている組織である。PAGASA の組織図を図 III.2.1.3-13 に示す。

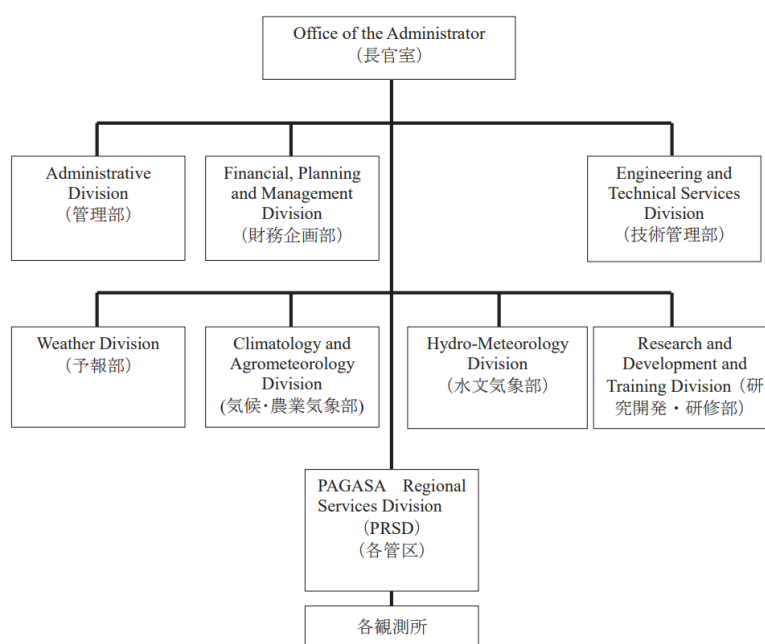


図 III.2.1.3-13 PAGASA 組織図 ⁴⁷

表 III.2.1.3-12 に PAGASA の年間予算およびスタッフ数の推移を示す。PAGASA Modernization Act（2015 年）では、施行後の 2 年間で、1.5 億ペソ（約 3.4 億円）の年間予算（合計 3 億ペソ：約 6.8 億円）を確保するとしているが、2017 年度の予算額がその合計にほぼ達している。2020 年度以外は、毎年 1.5 億ペソ以上の予算が確保されている。スタッフ数は、2019 年時点で 891 人（管理職：79 人、技術職：812 人）となっており、8 年間で漸減している。

⁴⁷ フィリピン国 気象観測・予報・警報能力向上 プロジェクト 詳細計画策定調査 ファイナルレポート、JICA、2017 年

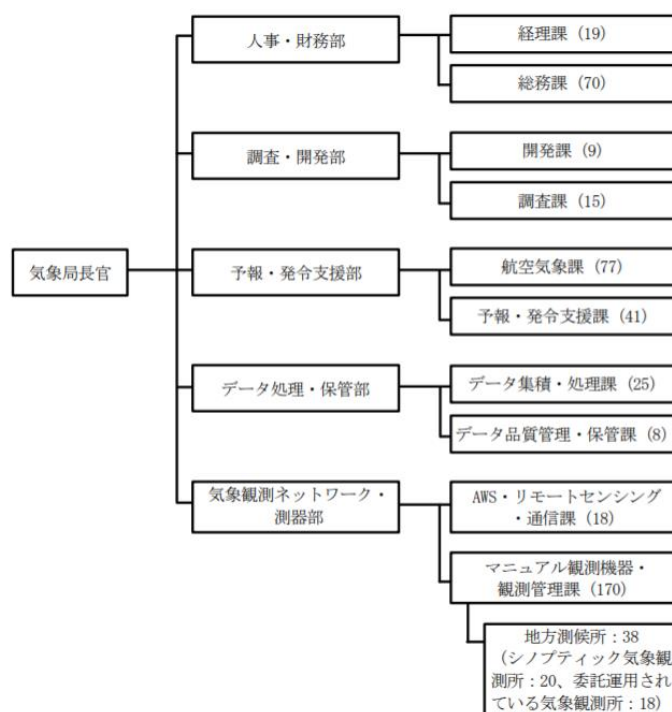
表 III.2.1.3-12 PAGASA の年間予算・スタッフ数の推移（2014 年度～2021 年度）⁴⁸

(予算 ; Million Pesos)

項目	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年
予算	1,387	3,783	1,409	2,980	1,962	2,033	1,338	1,821
Filled Positions (Authorized Positions)	887 (1,034)	881 (1,034)	853 (1,034)	828 (1,034)	813 (1,034)	812 (1,034)	787 (958)	812 (958)

(12) スリランカ (DOM)

災害管理省 (Ministry of Disaster Management: MDM) の傘下であるスリランカ気象局 (Department of Meteorology: DOM) は、1848 年に設立され、スリランカでは最も古い組織のひとつである。現在に至るまで気象・海象・地象情報に関する予警報を関係機関や国民に提供する役割を担ってきた。WMO 及び国際民間航空機関 (International Civil Aviation Organization: ICAO) が定める国際規則に従って、気象・気候に関する情報、悪天候時（サイクロン、大雨、強風、雷災）の注意報や警報等を一般国民、農業、エネルギー、漁業、船舶などの分野に提供しているほか、気象に関する教育・研修活動も行っている。大雨、サイクロン等の早期警報および国際気象情報に基づく津波警報の発出を担当している。DOM 本局はコロンボにある。図 III.2.1.3-14 に組織図を示す。

図 III.2.1.3-14 DOM 組織図 (スリランカ) ⁴⁹

地方事務所は、以下の場所に設置されている : Katunayaka, Mattala, Ratmalana, Jaffna, Anuradhapura, Badulla, Bandarawela, Batticaloe, Hambantota, Katugastota, Kurunegala, Mahailuppallama,

⁴⁸ National Expenditure Program, DBM⁴⁹ 気象観測レーダー整備計画 準備調査報告書、JICA、2016 年

Mannar, Moneragala, NuwaraEliya, Polonnaruwa, Pottuvil, Puttalam, Ratnapura, Trincomalee, Galle and Vavunia.

会計年度の年度初期は 1 月 1 日、終期は 12 月 31 日、予算要求提出時期は 7 月から 8 月である。DOM の年間予算(2021 年の合計は 390 百万 Rs; 約 220 百万円)及びその推移は、表 III.2.1.3-13 のとおりである。経常支出は、毎年増加している。

表 III.2.1.3-13 DOM の年間予算内訳 (2017 年度～2021 年度) ⁵⁰

(1,000 Rs)

支出項目	2017 年度	2018 年度	2019 年度	2020 年度	2021 年度
経常支出	260,885	292,800	304,070	324,430	338,400
資本支出	62,500	355,000	218,250	41,160	51,700
合計	323,385	647,800	522,320	365,590	390,100

2019 年時点で、DOM のスタッフは、365 名であり、必要な人員数である 460 名に足りていない。通常は、試験を経て雇用されたスタッフは、2 年間トレーニングを受け、地方局に配属されるが、人員不足により、トレーニング期間を縮小して、地方局に配属されている状況である。

(13) ベトナム (VNMHA)

ベトナム国家水文気象局(Vietnam Meteorological and Hydrological Administration: VNMHA)、(旧 NHMS: National Hydro-Meteorological Service) は天然資源環境省 (Ministry of Natural Resource and Environment : MONRE) 傘下の組織である。防災にかかる所掌業務は大気および水環境の観測、雷探知、防災と準備、社会経済開発、国全体の安全 と防衛の確保に役立つ気候変動モニタリングである。VNMHA は 9 箇所の地域水文気象センター、水文気象環境技術センター、水文情報センターを有する。54 箇所の省水文気象局、500 以上の観測所、1,000 以上の雨量観測所を有する。

⁵¹ 図 III.2.1.3-15 に組織図を示す。

⁵⁰ DOM

⁵¹ ベトナム国防災セクター戦略策定のための情報収集・確認調査、JICA、2018 年



ADMINISTRATIONS

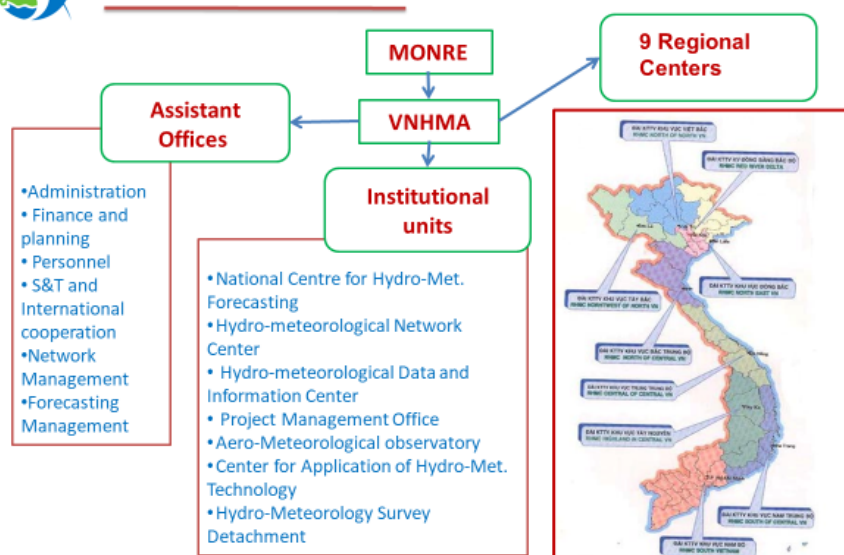


図 III.2.1.3-15 VNHMA 組織図⁵²

VNMHA の年間予算と人員の数を表 III.2.1.3-14 に示す。2020 年の年間予算は 215.7 十億 VND（約 11 億円）、職員数は合計 997 人であった。

表 III.2.1.3-14 VNHMA の年間予算・スタッフ数の内訳⁵³

Number of staffs and annual budget							
Organization	Number of staffs (2020)	Annual budget					
		(million vnd)					
		2015	2016	2017	2018	2019	2020
National Centre for Hydro-Met. Forecasting	127	15,773	22,379	28,112	15,863	24,597	20,046
Hydro-Met. Observation Center	82	19,714	18,186	19,494	22,087	18,784	15,335
Hydro-Met. Data and Information Center	60	16,388	115,376	19,959	32,736	40,494	40,628
Aero-Meteorological Observatory	62	27,539	24,863	32,197	45,549	39,617	28,496
Northeast Regional Hydro-Met. Center	257	44,602	44,076	37,848	38,475	45,118	42,154
North Central Regional Hydro-Met. Center	243	35,293	36,591	34,992	36,932	36,338	39,858
South Central Regional Hydro-Met. Center	166	23,831	22,800	24,799	24,313	28,134	29,134

III.2.1.4 人材育成

各国気象機関における人材育成の現状を把握するために、気象庁におけるカンントリーレポート、ウェブサイトなどでの公開情報をもとに国別に調査し、インタビューを実施した、バングラデ

⁵² Introduction to Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration, VNHMA

⁵³ VIETNAM COUNTRY REPORT, Presented in Training Course on Weather Radar in Japan 24 June – 06 July 2019

シュ、ブータン、モンゴル、インドネシアについては情報を追加し、各国の人材育成に関する現状及をとりまとめた。

(1) バングラデシュ (BMD)

気象局内研修の種類・人数

BMD には職員研修部があり、予報官や技術者の養成を行っている。定員はいずれも 10 名前後。

1977～78 年の WMO および UNDP の資金援助、WMO 専門家監修で、BMD Training Institute が設立された。気象局内研修として、世界銀行のプロジェクト「Bangladesh Weather and Climate Services Regional Project」で作成された英語の学習教材を利用している⁵⁴。

海外留学・研修の実績、計画

海外機関（JICA、WMO、The International Centre for Integrated Mountain Development (ICIMOD) 等）が開催する研修やワークショップにも参加。国内でのセミナー、ワークショップも継続的に開催している。

調査対象国における気象学を扱う大学、研究機関等

ダッカ大学気象学科（Department of Meteorology, University of Dhaka）、クルナ工学・技術大学物理学（Department of Physics, Khulna University of Engineering & Technology）、SAARC Meteorological Research Centre、バングラデシュ気候サービスアカデミー（Bangladesh Academy for Climate Services）

(2) ブータン (NCHM)

気象局内研修の種類・人数

UNDP NAPA II による NCHM 職員の海外・国内における研修・会議・ワークショップ・研修出席のうち気象観測・測器に関するものは 5 件。

予報業務関連では海外研修・留学に関しては気象学、数値予報に関して 10 名が経験している。今後解析システム等の高度化において必要となる LINUX OS を使用できる職員は 3 名。

海外留学・研修の実績、計画

調査対象国における気象学を扱う大学、研究機関等

JICA や WMO などの援助を受け、海外のカンファレンスに参加するとともに、国内で研修コースを実施している。そのほか、NCHM が職員の技術・知識向上のための研修を実施している。

気象モデル、観測機器のキャリブレーション、気象現象の解析に課題がある。

(3) カンボジア (DOM)

気象局内研修の種類・人数

DOM に人材育成計画が整備されていない。気象に係るセミナーや短期の研修を実施しているが、定期的な開催やコースはない。海外のファンドによる研修や留学コースを利用して、海外で

⁵⁴ <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2016/06/02/world-bank-support-to-improve-weather-forecasting-college-education-in-bangladesh>

の技術研修を行っている。

海外留学・研修の実績、計画

国内には気象学を学べる大学はない。

調査対象国における気象学を扱う大学、研究機関等

(4) フィジー (FMS)

気象局内研修の種類・人数

JICA 支援により、FMS では大洋州諸国を対象に第三国研修による人材育成を実施している。

2001～2005 年は気象予・警報の基本技術、2007～2009 年はより高度な応用レベルの研修、2010 年から 2012 年には気象関連機器の維持管理・キャリブレーション・修理及び気象予測の研修を実施した。

南太平洋地域での RSMC としての役割により、FMS は、近隣諸国からの参加者や専門家に対しても、研修を実施。予報官には、熱帯低気圧の解析、高潮、数値天気予報、レーダー、衛星、航空天気予報などについて、海外の専門家（オーストラリアおよびニュージーランド気象局）による研修も実施。

海外留学・研修の実績、計画

奨学金制度を活用して、予報官候補者を、オーストラリアまたはニュージーランドの大学院で学ばせている。留学後は、FMS の予報現業で約 3 か月間の OJT を受ける。

国内に気象学に特化した学位のコースを持つ大学はない。

フィジー国立大学で学士コースを設置する計画がある。

調査対象国における気象学を扱う大学、研究機関等

南太平洋大学 (University of the South Pacific: USP) : 南太平洋地域における防災・気象に関する研究活動を実施、WMO 地区研修センター (RTC) の設置を計画している。

フィジー大学 (University of Fiji) : 気候変動センターを設置。

フィジー国立大学 (Fiji National University) : 農業気象施設を所有。

(5) インドネシア (BMKG)

気象局内研修の種類・人数

研修機関、研修コース、トレーニングセンターがある。

- STMKG: School for Meteorology and Climatology under BMKG (高校卒業後、試験に合格すると BMKG が雇用するシステム。毎年 250 人入学し 4 年間修学する。) ⁵⁵
- Training Institution in Bogor (ジャカルタから 70km、予算によるが BMKG 入庁後全員が最低 6 ヶ月間研修する。そこで気象学、地球物理、エンジニアリング、新しい政策等を習得する。)
- Trainer は最低 20 名、Lecturer は 50 名在籍する。
- 研修センター (Pusdiklat) が 2004 年に Jakarta に設立され、継続的な技術研修のコースの準備、実施を行っている。研修コースは常設のコースと、外部からの講師招聘やウェブサ

⁵⁵ <https://stmkg.ac.id/>

イトを通じた研修などがあり、それらの研修資料は、研修センターのウェブサイトで共有されている（図 III.2.1.4-1）。コロナウィルス影響下でもオンラインで学習できるよう、コンテンツを整備している。

- （レーダーの）維持管理方法、運用方法に関する人材育成を希望している。

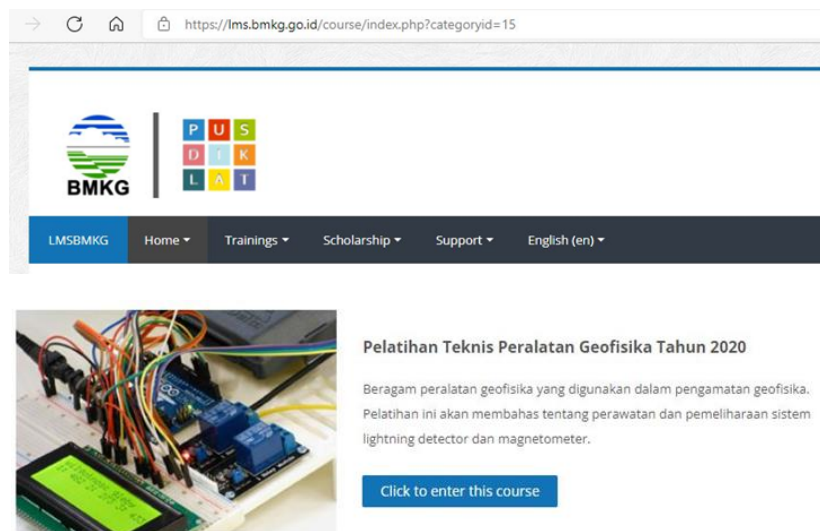


図 III.2.1.4-1 研修センターのウェブサイトの例

海外留学・研修の実績、計画

南京情報科学技術大学（NUIST）-WMO フェローシッププログラムや自国の奨学金などで、ソウル大学院大学、NOAA、ニュージーランド、オランダ、フランス、インドなどで、修士・博士コースを取得している。

調査対象国における気象学を扱う大学、研究機関等

前述の STMKG のほか、4 年間の post-graduate プログラムがあり、バンドン工科大学（ITB）の地球科学科で気象学を学ぶコースが 1998 年から運営されている。このコースは、気象学および気候学を研究する内外の様々な研究機関（LAPAN, BMKG, 東北大学, 東京大学, BAPPENAS and LIPI, and many NGOs.）と連携している。ITB は気象学と応用気候学の学部および大学院（修士・博士）コースがある。

(6) ラオス（DMH）

気象局内研修の種類・人数

海外留学・研修の実績、計画

ベトナムの MONRE（環境省）の協力を得て、ラオスのスタッフを留学生として派遣する計画を進めている。

JICA 課題別研修「気象業務能力向上」、国連アジア太平洋経済社会委員会（ESCAP）・WMO 台風委員会、JICA、アジア災害防止センター（ADPC）、RIMES 等の国際機関が実施する研修に参加している。

調査対象国における気象学を扱う大学、研究機関等

National University of Laos（ラオス国立大学、12 学部、100 学科、44 の修士コース）では水文

気象の学位を取得可能である。同大学ではインドネシアのボゴール農科大学（国立大学）、タイ工科大学と、地球物理学と気象学に関する協力も実施している。

(7) モンゴル（NAMEM）

気象局内研修の種類・人数

NAMEM は以下の研修を実施している。⁵⁶

- New observer training: every year for 21 days
- Observers for civil aviation: biennial
- Maintenance of observing instruments: biennial (local trainings are implemented by NAMEM experts)
- Participating in the Workshop: every year
- Telecommunication network: biennial
- Weather forecaster: every year (domestic WMO trainings, etc.)

海外留学・研修の実績、計画

自国、WMO などの奨学金で、海外の大学での修士・博士コースを習得している。

調査対象国における気象学を扱う大学、研究機関等

韓国釜山大学と MOU を結んでおり共同研究、学位取得などを行っている。

(8) ミャンマー（DMH）

気象局内研修の種類・人数

中国で修士号を取得した職員が数名、博士号を取得している幹部が若干名。

海外留学・研修の実績、計画

調査対象国における気象学を扱う大学、研究機関等

気象学を扱う大学はない。

(9) ネパール（DHM）

不明。

(10) パキスタン（PMD）

気象局内研修の種類・人数

PMD は Institute of Meteorology and Geophysics (IMG) を運営しており、気象学についての知識と技術の習得を目的とした教育を行うとともに、職員それぞれの技術向上の取り組みを行っている。

IMG の研修コースは、regular courses (4 months to 1 year), special courses (2-3 months), and courses for overseas trainees (18 weeks) の 3 種類。

Regular course : WMO 規定の気象学コース、講師は気象局職員のほか、カラチ大学も協力している

⁵⁶ WMO/JMA WIGOS Workshop (2019) Country Report

Special course : 特別な課題に対応、例えば農業気象、地震学など

1960年に設立以降、2,500名以上のPMD staff、1,500以上のmilitary personnel、40以上の外部機関の職員、主として南アジア、中東、アフリカからの留学生も受け入れている。

水文学、レーダー運用などPMDの業務に必要な技術については、国内では十分に学習出来ないで、海外での技術習得を行っている。⁵⁷

海外留学・研修の実績、計画

カラチ大学に修士コースがある。

(11) フィリピン (PAGASA)

気象局内研修の種類・人数

PAGASAでは、技術職員向けに毎年10の研修コースを実施しており、管理職向けのコースもある。

PAGASAでは、海外の気象局メンバーにWMOの奨学プログラムを用いた留学コースを提供している。また、PAGASA職員が海外の大学の修士課程などで年に数名程度修士号を取得している。

気象 [PAGASA Annual Report]

海外留学・研修の実績、計画

フィリピン国内 : University of the East; University of the Philippines, Diliman; National Defense College of the Philippines

海外 (留学実績) : Space Application Center (ISRO), Ahmedabad, India; National Graduate Institute for Policy Studies, Tokyo, Japan; University of Sydney, Australia; University of Reading, UK; Hankuk University of Foreign Studies, Seoul, Republic of Korea

過去3年の学位取得 : Master's degree in Public Administration; MS Meteorology; Satellite Meteorology and Global Climate; Master's degree of Disaster Management; MS Environmental Science; Master of Science in Applied Meteorology and Climate with Management; Master's Degree Program in Atmospheric Environment

調査対象国における気象学を扱う大学、研究機関等

フィリピン気象学会があり (1952年設立)、PAGASAのCanayan次長が現在の学会長。

ドクター・マスターコース : University of the Philippines Diliman

マスターコース : Ateneo de Manila University (Atmospheric science)

学士 : Mariano Marcos State University

(12) スリランカ (DOM)

気象局内研修の種類・人数

新職員は、OJTを含む2年間の研修を受ける。

DOMは毎年、国内で複数の研修・ワークショップを開催している。(表 III.2.1.4-1)

[DOM HOMEPAGE, COLOMBO UNIVERSITY HOMEPAGE]

⁵⁷ Study report for making basic plan on the Project for capacity development for disaster management, 2015

海外留学・研修の実績、計画

海外のセミナーやワークショップに数多くの職員が参加。2018年には55名の職員が海外研修を受講。同年にはオランダ、韓国、中国の大学に職員を留学させている。

技プロ本邦研修：

- ・ 気象予報・情報普及研修（2016年、16日間、主に岐阜大学）
- ・ 気象予報研修（2017年、15日間、主に岐阜大学・筑波大学）
- ・ 気象測器校正研修（2016年、12日間、気象庁及びRICつくば）
- ・ 気象観測研修（2017年、12日間、気象庁及びRICつくば、明星電気（株））

WMO、韓国や中国による DOM 職員の能力向上のための短期研修（2012年）

調査対象国における気象学を扱う大学、研究機関等

DOM 研究課 気象や気候学の研究をしている。

コロンボ大学物理学部 大気物理学で、気候変動、気候モデリング、異常気象に関する大学院レベルの研究をしている。

表 III.2.1.4-1 研修コースの学科の例

（バングラデシュ気象局、WMO 援助により策定されたプログラム）

Pre-Initial Meteorology Course	1 st Year Training (+ ON-THE-JOB TRAINING)
Organization of Meteorological Services Fundamental Mathematics Fundamental Physics Earth Science & Seismology Elementary Meteorology Meteorological Instruments Meteorological Observations and Codes Practical: as an observer and Balloon Maker Computer Literacy Disaster Management session Viva-voce	Organization of Meteorological services Geophysics Dynamic meteorology Physical meteorology Synoptic meteorology Tropical meteorology Climatology Hydrometeorology Aeronautical Meteorology Agricultural Meteorology Remote Sensing and Satellite Meteorology Radar Meteorology Computer system and Programming Numerical Weather Prediction (NWP) Meteorological Instruments Codes and Observations Practical work as observers Practical work as a forecaster Inter-action of the ocean & atmosphere Disaster management Viva-Voce
FORECASTER'S REFRESHER COURSE	(MID LEVEL) METEOROLOGY COURSE
Organization Geophysics Physical Meteorology Dynamic Meteorology Synoptic Meteorology Climatology Hydrometeorology Aeronautical Meteorology Agricultural Meteorology Interaction of the Ocean and Atmosphere Remote sensing, Satellite and Radar Meteorology	Meteorological services Management Mathematics Physics Earth & Environmental Science General Meteorology Meteorological Instruments Meteorological Observation and codes Charting Climatology Practical Work Aeronautical Meteorology

Meteorological Instruments Observations and Codes Computer systems and Numerical Weather Prediction (NWP) Practical works as an observer Practical works as a forecaster Disaster Management Session Viva-Voce	Remote Sensing, Radar & Satellite Meteorology Information and Communication Technology (ICT) Numerical Weather Prediction Agriculture Meteorology Disaster Management Research Report and Presentation
Inspector's Course	(ENTRY LEVEL) PRILIMINARY METEOROLOGY COURSE
Barometer, Barograph Temperature measuring Instrument, Pyranograph, Planimeter Humidity measuring Instrument and Dew Balance Wind measuring instrument And H. P. Generator Precipitation measuring Instrument Evaporation and sunshine measuring Instrument and Stevenson Screen Theodolite Selection of Sites Procedure of Inspection Automatic Instruments	Organization of Meteorological Services Mathematics Physics Earth Science General Meteorology Climatology Meteorological Instruments Meteorological Observations and Codes Charting Practical work as an observer Aeronautical Meteorology Agro-meteorology Basic computer knowledge Disaster Management session Viva Voce

(13) ベトナム (VNMHA)

不明。

III.2.1.5 国家気象機関が実施するその他の業務

各国気象機関から報告のあった、当該気象機関が実施しているその他の業務は以下のとおりである。

(1) バングラデシュ (BMD)

航空気象業務

BMD は国内空港向けに運航用飛行場予報 (TAF) 及び定時飛行場実況気象通報 (METAR) を、ダッカ飛行情報区 (FIR) 向けにシグメット情報 (SIGMET) をそれぞれ提供している。

海洋気象業務

BMD は海洋気象情報を海運のために提供している。

水文業務

BMD は気象予報・警報並びにレーダー実況値をバングラデシュ水資源開発委員会 (洪水予報・警報業務担当) に提供している。

気候変動業務

BMD は英国気象局の PRECIS モデルを運用し 2030 年～2050 年の日雨量予測を行っているほか、フランス気象局の気候データベース管理システム (CLISYS) を運用し、気候変動の解析調査を行っている。

(2) ブータン (NCHM)

航空気象業務

NCHM は 2017 年 8 月からブータン民間航空局から国内気象サービス提供者に指定され、パロ国際空港及び他の国内空港の航空気象官署を運営しており、専任のスタッフが飛行場の気象状況を監視し、パイロットへの着陸及び離陸時の最新情報提供に供するためこれを航空交通管制当局に通報している。

(3) カンボジア (DOM)

DOM は海洋気象業務を行っていない。水文業務は、DOM と同じく水資源気象省傘下の水文・河川工事局が実施している。

(4) フィジー (FMS)

FMS は、以下の情報を提供している

航空気象業務

- 運航用飛行場予報 (TAF) : ナンディ、ナウソリ、ファレオロ、ファアモツ、ヴァナウ、タラワ、ラロトンガ、ニウエ
- 空域予報 (AFORs) : フィジー、トンガ、サモア、クック諸島、キリバス
- 航空路予報 (ROFORs) : バヌアツ、トンガ、サモア、ツバル、ロツマ島
- シグメット情報 (雷電、乱気流、着氷) : ナンディ飛行情報区

海洋気象業務

- 国際海上気象予報・警報 : 南西太平洋区
- 地方海上気象予報 : フィジー、ニウエ、クック諸島、ツバル、キリバス、トケラウ

水文業務

水文課が河川洪水または鉄砲水が起こる恐れのある大雨の際、防災当局と連携している。

気候変動業務

主要観測所では歴史的観測データを蓄積しており、中には 100 年を超えるものもあるが、概ね 1960 年以降のものである。毎年気候変動傾向解析が行われ、「年間気候サマリー」として刊行される。

(5) インドネシア (BMKG)

環境気象観測

BMKG は、WMO の全球大気監視 (GAW) 計画の一環として、Bukit Kototabang 観測所 (西スマトラ) で温室効果気体の観測を行っている。そのほか、地上オゾン、浮遊粒子状物質 (SPM)、二酸化硫黄、二酸化窒素、雨水の酸性度の測定を行っている。

気候変動業務

気候変動に関するプロダクトは、印刷物、ウェブサイトおよびソーシャルメディアで公表されている。

(6) ラオス (DMH)

航空気象業務

- 50 官署中 10 官署で航空気象業務を実施 (METAR, SPECI, TAF を提供)
- ビエンチャン国際空港には気象ブリーフィングルームがあり、DMH 職員が 4 名常駐し、24 時間体制で勤務
- 10 か所の航空気象官署では TAF を通報し、ビエンチャンの予報センターは SIGMET を通報

水文業務

- 86 地点の水位計の観測・維持管理
- DMH はラオス国内メコン委員会 (LNMC) における気象・水文に係る活動の担当組織として、メコン河委員会 (MRC) と気象・水文データの情報交換
- メコン河低地において SSARR モデル (経験モデル) を用いた洪水予報を実施
- 洪水警報をラジオ、テレビ、報道機関、各種政府機関を通じて発出
- 水位予測 (相関的手法) を洪水リスクの高い支流やラオス中央・南部地域で毎日実施。
- メコン河本川の 9 観測所の毎日 7 時の水位と 2 日間の水位予測、メコン河支流 16 観測点の観測水位をホームページで公開
- ダム貯水位を監視し、大雨の予測時にはゲート開放の必要性についても助言

気候変動業務

月間及び年間の降水量及び最高・最低気温をウェブサイトおよび DMH 年報に掲載。

(7) モンゴル (NAMEM)

NAMEM は、水文業務、農業気象業務、環境監視及び気象改変を行っている。

(8) ミャンマー (DMH)

航空気象業務

ヤンゴンとネピドーで航空気象業務を実施している。

海洋気象業務

ネピドー本局で海域予報を行っている。

(9) ネパール (DHM)

DHM は一般気象業務及び航空気象業務を実施している。

(10) パキスタン (PMD)

航空気象業務

航空気象図、衛星画像、METAR、TAF、週間都市予報、航空運用のための気象状況、飛行場警報を提供している。

海洋気象業務

海洋気象情報 (潮位、波高、風速、沿岸予報、海水温、海上気象警報を提供している。

水文業務

洪水予報・警報を担当している。

その他

農業気象情報（モンスーン警報、10日間予報、一か月予報、干ばつ予報）を発表している。さらに、公共事業や軍事行動のための予報・警報を提供している。

(11) フィリピン（PAGASA）

環境気象観測

PAGASA は1か所のバックグランド汚染観測所を運用している。

(12) スリランカ（DOM）

航空気象業務

TAF、SIGMET等の航空気象予報、飛行場予報、ウィンドシア警報を飛行場、国際線航空会社、空軍に提供している。

海洋気象業務

海洋気象情報を漁業者及び海軍に提供している。

環境気象観測

AWSにて全天日射量を観測している。

水文業務

水文業務は実施していない。

気候変動業務

気候データを保管し、気候変動に関する調査及び監視、気候変動に関する教育活動、気候変動のシミュレーションを実施している。

(13) ベトナム（VNMHA）

航空気象業務

航空気象業務は、ベトナム民間航空局の傘下のベトナム航空情報センターが実施している。

水文業務

大きな河川の洪水予報は、本局が、中小河川の洪水警報は、地域センターが、それぞれ担当している。

各国気象機関が実施しているその他の業務を表 III.2.1.5-1 に示す。

表 III.2.1.5-1 国家気象機関が実施しているその他業務（各国気象機関からの報告による）

	航空気象業務	海洋気象業務	環境気象観測*	水文業務	気候変動業務
バングラデシュ	○	○	×	○	○
ブータン	○	(内陸国)		○	○
カンボジア	×	×	×	×	×
フィジー	○	○	○	○	○
インドネシア	○	○	○	×	○
ラオス	○	(内陸国)	×	○	○

モンゴル	○	(内陸国)	○	○	○
ミャンマー	○	○		○	
ネパール	○				
パキスタン	○	○	×	○	×
フィリピン			○		
スリランカ	○	○	○	×	○
ベトナム	×	○		○	○

*環境気象観測: 二酸化炭素、エアロゾル、日射放射、オゾン、紫外線等の観測

III.2.1.6 ドナーによる協力状況

対象国の国家気象機関に対するドナーの協力状況は以下のとおりである。

(1) バングラデシュ (BMD)

BMD に対する主なドナーは次のとおりである。

JICA、WMO、世界銀行 (World Bank)、USAID (米国)、アジア開発銀行 (ADB)、UKaid (英国)、国連開発計画 (UNDP)、欧州連合 (EU)、AusAid (オーストラリア)、SIDA (スウェーデン)、ノルウェー

現在以下の世界銀行のプロジェクトが実施中である。

"Bangladesh Weather and Climate Services Regional Project" (Jul 2016 – Dec 2022)

(2) ブータン (NCHM)

NCHM は水文気象業務の強化のため種々のプロジェクトを実施してきた。

現在 JICA のプロジェクト「ティンプー川・パロ川防災事前準備・対応のための気象観測予報・洪水警報能力強化プログラム」が実施されている。

(3) カンボジア (DOM)

日・ASEAN 統合基金による ASEAN 災害管理に関する人道援助調整センター(AHA Centre)の能力向上の一環として、リアルタイム危機情報管理のための“Web-EOC”が開発中である。日本国際協力システム (JICS) がこれに対する技術的な支援を行っており、5名のスタッフを訓練し、基本的な機器を供与した。

(4) フィジー (FMS)

FMS は以下のプロジェクトを実施してきた。

- 2012-2014 – BOM Australia through WMO provided Quality Management Training for the Pacific Island states including Fiji.
- Finnish Meteorological Institute provided QMS implementation training in 2014
- JICA provided QMS training for the Island countries
- JICA provided calibration training in 1998, 2017, 2019
- JICA aided the current FMS HQ in 1996 and plans to extend the building to cater for RIC and RTC (SOME IT AID – SMART MET, ETC)

- UNDP/RESPAC – Improvement in observation Network in 2020
- Major donors to FMS for developing its operational capacity are WMO, JICA, UNDP, the World Bank and Australia. Currently, following projects are being implemented.
- Strengthening Hydro-Meteorological and Early Warning Systems (WMO, UNDRR, World Bank, GFDRR)
- Flash Flood Guidance System for Fiji (WMO, HRC)
- Strengthening Hydro-Meteorological and Early Warning Services (WMO)
- Coastal Inundation Forecasting Demonstration Project Fiji (WMO); *Finished*

(5) インドネシア (BMKG)

BMKG は以下のドナー・機関と調整・協力を行ってきた。

WMO、JICA、JAMSTEC、Chiba University、International Consortium on Landslides (ICL)、NOAA、GFZ、KOICA、World Bank、Meisei、NIED、Meteo France、UK Met Office、Institute of Care-Life of China、Ministry of Internal Affairs and Communication of Japan、CMA、KMA、UNESCO/IOC、CTBTO、SOMPO Insurance、Nagoya University

BMKG は以下の分野の二国間協力を希望する。

- Exchange of scientific instrumental data and information for the purpose of studies and for meteorology, climatology, and geophysics monitoring analysis
- Exchange of scientists, technical experts as well as master and Ph.D. students
- Survey, individual research topics and projects of mutual interest, and the development of techniques and methods
- Capacity building program
- System development for integrating other observables

(6) ラオス (DMH)

DMH は世界銀行、JICA、ADB、韓国等の協力によりプロジェクトを実施してきた。2019 年には、世界銀行のコンサルタントが DMH 本部に駐在していた。実施中のプロジェクトは以下のとおりである。

韓国

- Enhanced Severe Weather Response Utilizing and Integrated Typhoon monitoring and Forecasting Platform in Lao PDR (Korea Meteorological Administration)
 - Implementation of typhoon operation system for collecting & analyzing various meteorological data
 - Establishment of the GK2AA data collection and analyzing system
 - Provision of education and training for system operation and data application
- Flood Early Warning System in Lao PDR Project – FEWS (NDMI-Korea)
 - Establish Flash Flood Alert System in Northern and Central Parts of Lao PDR
- Master Plan National Flood Forecast and Early Warning System in Lao PDR Project (KEITI-Korea)
 - Construct and develop the Master Plan on Flood Forecast and Early Warning in Nationwide
- Typhoon Operation System – TOS (KMA-Korea)

- Establish ground receiving satellite for GK2A
- Establish Typhoon Operating Center at DMH-HQ

世界銀行

- Mekong Integrated Water Resources Management Project M-IWRMP (World Bank)
 - Modernization of Hydro-met network in Lao PDR
 - Construct of National Early Warning Center at DMH-HQ
- Southeast Asia Disaster Risk Management Project for Laos (World Bank)
 - Alleviation of the impact of flooding to Muang Xay
 - Enhancement of the hydrometeorological service and disaster resilience of Laos

FAO

- Agro-meteorological Project (FAO)
 - Modernization of agro-meteorological stations in Lao PDR
 - Agromet services

中国

National Water Resources Data Information Center (China)

- Construct National Water Resources Data Information Center at DMH-HQ
- Modernization hydrological and rainfall station along Mekong River and its tributaries

National Earthquake Data Information Center (China)

- Construct National Earthquake Data Information Center at DMH-HQ
- Installed new seismological monitoring stations

(7) モンゴル (NAMEM)

NAMEM を対象としたプロジェクトは以下のとおりである。

Japan International Cooperation Agency (JICA)

- The Project for Upgrading of Meteorological Observation and Forecasting System, 1998-2000
- The Project for Improvement of Meteorological Information Network, 2003-2004
- Development of Human Capacity for Weather Forecasting and Data Analysis, 2005-2008

WMO/JMA

- Installation of a HimawariCast Receiving and Processing System, 2016

WMO

- Upgrading Meteorological Message Switching System in Mongolia, 2017

WMO/KMA

- Modernization of the Aviation Meteorological Services of Mongolia, 2019-ongoing

KMA

- Installation of Automated Weather Observation System in Mongolia, 2017-2019
- Modernization of Aviation Meteorological Services in Mongolia, 2014

KOICA /KMA

- “Project for Climate Data Rescue and Modernization of Preserving System in Mongolia”, phase I: 2008 – 2009
- “Follow-Up Project for Climate Data Rescue and Modernization of Preserving System in

Mongolia”, phase II: 2014 – 2015

WFP

- Improving drought and dzud risk monitoring with earth observation data and technology platforms” – 2019-2020

(8) ミャンマー (DMH)

- DMH は予報担当者の気象予報の能力向上のため、地域のパートナーと協力している。
- WMO、ノルウェー、気象庁、韓国気象庁、タイ気象局、インド気象局、中国気象局、ADPC と RIMES は、気象予報、気候・気候変動、防災、測器、地上・高層観測、通信の分野で DMH の若手職員の能力向上に関する支援を行っている。
- Strengthening Capacity Development Program with Norwegian Meteorological Institute and technical assistance from ADPC.
- DMH cooperate with World Bank (WB) to develop Hydro-meteorological Services
- Establishment of Master Plan for the Advancement of National Meteorological System in Myanmar with KMIPA.
- Establishment of End-to-End Early Warning System for Natural Disaster (Connection between MRTV & DMH HQ with cable line)
- Maintenance and Calibration of (30) Japan AWOS.

(9) ネパール (DHM)

Pilot Program for Climate Resilience (PPCR)

ネパールは、Pilot Program for Climate Resilience (PPCR) に 2013 年から参加している。PPCR は国別のプログラム・投資の実施の支援を行う Climate Investment Funds (CIF) のプログラムである。

Community Based Flood and Glacial Lake Outburst Risk Reduction Project (CFGORRP)

本プロジェクトは、ネパール政府、GEF 及び UNDP により実施されている。

(10) パキスタン (PMD)

JICA/Asian Development Bank (ADB)

2020 年 3 月時点では、PMD は 7 基のレーダーを運用している。そのうち 4 基は日本の無償資金協力で、また、3 基 (Lahore, Sialkot and Mangla) は ADB の支援により設置された。

その他

- イスラム開発銀行 (IDB) は、地震に関する研修、地震機器の購入・設置、PMD の地震観測ネットワークの強化に対する支援を行った。
- ユネスコは、津波予報・警報システムの強化及び Gilgid-Baltistan における洪水予報・警報システムの開発に対する支援を行っている。
- その他の国々 (中国、ノルウェー、フィンランド、イタリア等) も PMD に対する支援を行った。

(11) フィリピン (PAGASA)

PAGASA では毎年以下の国外のドナーにより約 9 つの二国間協力プロジェクト実施されてきた。

国際機関：WMO、UNDP、FAO、WFP、世界銀行

日本：JICA、JICS

その他：韓国、オーストラリア、米国、インド、ドイツ、台湾

(12) スリランカ (DOM)

主なドナーは、世界銀行、WFP、JICA、UNDP、KOICA、GCF、FAO と RIMES である。現在、以下の 4 つのプロジェクトが実施中である。

世界銀行：Climate Resilience Multiphase Programmatic Approach (WB)

UNDP：Climate Resilient Integrated Water Management Project (UNDP)

JICA：Project for the Establishment of a Doppler Weather Radar Network (JICA)

- 世界銀行のプロジェクト (DOM 分は USD 34 million) は 2021 年 12 月開始予定であるが、詳細は検討中である。
- UNDP のプロジェクト (UNDP-Climate Resilience Integrated Management Project) は水資源分野を対象としていたが、その中の 1 つのコンポーネントが DOM のために実施された。

その他

以下の能力開発と IT に関する研修が実施された。

- GCF/UNDP (Climate Resilience Integrated Water Management Project-CRIWMP)
- WFP
- FAO
- World Bank (Climate Resilience Improvement Project-CRIP)

(13) ベトナム (VNMHA)

国際・地域機関

VNMHA は次の国際・地域機関と協力している

UNDP、UNEP、UNESCO、ESCAP、APEC、台風委員会、ASCMG、世界銀行、ADB、ADPC、メコン河委員会、APCC

二国間協力

次の国と二国間協力を行っている。

オーストラリア、カンボジア、中国、デンマーク、フィンランド、イタリア、日本、韓国、ラオス、ノルウェー、米国

世界銀行

世界銀行は、2006 年から 2011 年にかけて実施された Natural Disaster Management Project (WB4) を通じて災害リスク管理と水資源管理に関する支援を行った。また、世界銀行は、Vietnam Managing Natural Hazards Project (VN-Haz, WB5) への資金協力を通じていくつかの河川の流域において国民と経済的財産の自然災害へ強靱化を増加するよう支援するよう準備中である (有償資金協力 USD 30million、2013-2019)。

III.2.2 気象観測業務およびインフラの現状

III.2.2.1 地上気象観測

(1) バングラデシュ (BMD)

a) 有人観測の状況

58 箇所あるが、人材不足で一部は完全な運用とはなっていない。47 箇所 (1st Class) で 3 時間毎の観測が行われている。観測データは、専用ソフトを使ってインターネット経由で本局へ送信している。

b) AWS の状況

有人観測所には AWS も設置されているが、データが取得できていない。(前回の技プロで導入された 6 台の AWS と 12 台の自動雨量計は全て故障し、すでに 3~4 年が経過している。)

世界銀行のプロジェクトで、AWS 35 台 + 自動雨量計 65 台 + 農業観測機器 125 台が 2021 年 12 月までに供与される計画だったが、コロナの影響で 2 年間何も進んでおらず、機材もまだ届いていない。

c) SYNOP への AWS の利用

SYNOP 報は有人観測データを使っており、AWS データは使われていない。また AWS データに移行する計画もない。予報官は、観測データだけでなく、雷や雲量などの気象現象も監視している。今後もし AWS へ移行する場合は、AWS データの精度検証のために並行観測が必要であると考えている。

d) 観測データの品質管理

品質管理には、最初に予報官によるチェック、次に気候課によるチェックが行われ、公式データとして公開される。観測データは 1945 年から保管されている。

(2) ブータン (NCHM)

a) 有人観測の状況

58 箇所の Climatology Station (Class C) で 1 日 1 回の観測が行われている。また 20 箇所の農業気象観測所(Class A)で 1 日 2 回の観測が行われている。

b) AWS の状況

84 箇所の AWS で 30 分毎の観測が行われている。しかし幾つかの AWS は、最も近い道路から歩いて 10 日間要するような遠隔地にあるため、積雪時期などは維持管理が困難となっている。

c) SYNOP への AWS の利用

利用されていない。

d) 観測データの品質管理

現在 20 名のフルタイム観測者と 54 名のパートタイム観測者がいるが、研修が不十分なパートタイム観測者による有人観測所からの観測データ品質には、多くの課題がある。

(3) カンボジア (DOM)

a) 有人観測の状況

25 の州で行われているが、SYNOP 報は通報されていない。

b) AWS の状況

86 箇所で行われている (3 種のメーカーが混在し、51 箇所は 2018 年以降に観測開始)。維持

管理の技術者が2～3人しかおらず、活動に制約がある。

c) SYNOP への AWS の利用

利用されていない（AWS の精度や安定についての信頼度は7～8割である。）

d) 観測データの品質管理

利用されていない。

(4) フィジー（FMS）

a) 有人観測の状況

32 箇所で有人観測が行われ、そのうち 15 箇所は SYNOP 報として通報されている。荒天時はリアルタイムの観測ができない。

b) AWS の状況

45 箇所で自動観測が行われている（西部に 24 箇所、中央および東部に 12 箇所、北部に 9 箇所）。荒天時に GPRS による通信の信頼度が低くなる問題や、周囲を海に囲まれている環境のため腐食が進行する問題がある。

c) SYNOP への AWS の利用

10 箇所の AWS データが SYNOP 報として 3 時間毎に GTS で通報されている。METAR は 1 時間ごとに GTS で通報されている。

d) 観測データの品質管理

National Weather Forecasting Centre において、データ伝送前後に品質管理を行っている。全ての屋外観測測器について、定期的（年、半年）に校正および検証を行っている。

(5) インドネシア（BMKG）

a) 有人観測の状況

120 箇所の SYNOP、航空、海洋観測所と、22 箇所の気候観測所がある。SYNOP データを本局へ送信する際の通信障害が、主要な課題となっている。

b) AWS の状況

約 1000 箇所の AWS 及び AWOS と約 5500 箇所の雨量観測所（自治体との共同運用含む）があるが、内陸や海域での観測密度は低い。主要な課題は、部品などのハードウェアや地方との通信に起因するものが多い。

c) SYNOP への AWS の利用

有人観測から自動観測への移行はまだ決定されていないが、20 地点で過去 5 年にわたり、手動と自動の比較観測を行っている。

d) 観測データの品質管理

長期アーカイブ用のデータについては、Indonesia Climate Assessment and Dataset（ICA&D）というシステムで、データ収集・保存・品質管理を行っている。

(6) ラオス（DMH）

a) 有人観測の状況

22 箇所で行われ、観測データは 3 時間毎に電話や HF ラジオ（SSB 無線）で聞き取り、ノートに記入している。

b) AWS の状況

日本から 18 台の AWS が供与され、SMS でデータ送信されている。

c) SYNOP への AWS の利用

AWS の精度を評価するには、判断材料が不足しており、AWS は十分に信頼されていない。

d) 観測データの品質管理

有人観測の SYNOP と AWS の観測値が異なることがある。

(7) モンゴル (NAMEM)

a) 有人観測の状況

318 箇所（137 箇所の Station+181 箇所の Post）あり、有人観測所では 3 時間毎の観測を行っている。

b) AWS の状況

137 箇所の Station の 98%で AWS が使われ、181 箇所の Post の 28%で AWS が使われている。観測間隔は 5 分である。

2024 年までに、新たに約 140 台の AWS を展開予定である。

c) SYNOP への AWS の利用

有人観測と AWS 観測が併設されているサイトはない。ただし AWS サイトにもスタッフが常駐している。彼らが AWS データとともに、視程などを本局に通報している。

GTS には、有人観測データも AWS データも流れている。

d) 観測データの品質管理

情報は得られていないが、リアルタイム QC は行われていないと考えられる。

(8) ミャンマー (DMH)

a) 有人観測の状況

約 140 箇所の雨量通報地点、約 35 箇所の SYNOP 観測所があり、6 時間おきに観測情報が収集されている。

データ収集には、SSB 無線が用いられている。

b) AWS の状況

JICA から 30 台、KMA から 40 台、それぞれ導入され、本局に集約されている。

さらに世界銀行により 100 台導入される計画がある。

c) SYNOP への AWS の利用

観測は SYNOP が主であり、AWS は従の位置づけとなっている。ただし SYNOP で 18UTC の観測を行っていないため未通報扱いとなっており、JICA 技プロで BUFR を AWS データで埋める計画がある。

d) 観測データの品質管理

行われていない。

(9) ネパール (DHM)

a) 有人観測の状況

9 箇所で総観気象観測が行われている。（その他、337 箇所の雨量観測、154 箇所の Hydrometric

(液体比重測定) 観測、20 箇所の Sediment (堆積物) 観測、68 箇所の気候観測、22 箇所の農業気象観測が行われている。ただし有人/無人の内訳の情報なし。)

b) AWS の状況

現状についての情報はないが、今後 30 箇所以上に AWS とテレメトリーシステムを導入する計画がある。人員不足とスペアパーツ不足で、適時の維持管理ができないことが主要な課題である。またデータ通信の問題で、リアルタイム観測にも課題がある。

c) SYNOP への AWS の利用

精度や安定性の面では AWS を信用しているが、それには適時かつ定期的なメンテナンスや校正が依存する。

d) 観測データの品質管理

情報は得られていないが、十分な品質管理は行われていないと考えられる。

(10) パキスタン (PMD)

a) 有人観測の状況

100 箇所で行われている。また 291 箇所ですべての雨量観測が行われている (ただし有人/無人の内訳の情報なし)。スタッフ雇用のための経費が高額という課題がある。

b) AWS の状況

100 箇所で行われている。また 291 箇所ですべての雨量観測が行われている。(ただし有人/無人の内訳の情報なし)

なお今後、郡レベルに観測ネットワークを拡大する予定である。

現在 JICS の経済社会開発計画の中で、46 箇所のハイブリッド気象観測所 (hybrid weather station) のネットワークを構築中である。

また WMO プロジェクト (Pakistan Hydromet and Climate Services Project) でも、300 箇所の AWS ネットワークを現在構築中である。

c) SYNOP への AWS の利用

情報は得られていないが、AWS への信頼度は高いと回答している。

d) 観測データの品質管理

情報は得られていないが、十分な品質管理は行われていないと考えられる。

(11) フィリピン (PAGASA)

a) 有人観測の状況

58 箇所ですべての気象観測が行われており、そのうち 27 箇所が WMO に登録されている。

5 年計画 (2018~2022 年) では、新たに 7 箇所に総観気象観測所が設置される計画である。

雨量観測は 171 箇所で行われており、そのうち 67 箇所が有人観測である。

b) AWS の状況

73 箇所ですべての AWS 観測が行われている。

雨量観測は 171 箇所で行われており、そのうち 104 箇所が自動観測である。

5 年計画 (2018~2022 年) では、53 式の AWS が設置される予定である。

c) SYNOP への AWS の利用

情報は得られていないが、SYNOP と AWS は独立してデータが品質管理されてデータは外へ

送られている。

d) 観測データの品質管理

PAGASA Unified Meteorological Information System 中のモジュールを使い、観測データの品質管理を行っている。具体的には、妥当性（各要素の上下限值との比較）、内部整合性（各要素間の整合性）、時間的整合性（各要素の変化率）、空間的整合性等を経てデータ品質を管理している。

(12) スリランカ（DOM）

a) 有人観測の状況

Meteorological site（20 箇所）で、風向風速・気温・気圧・湿度・日射量・雨量を観測している。

DOM が他機関の敷地を借りている Collaborative site（18 箇所）では、風向風速・気温・日射量・雨量）を観測している。

世界銀行のプロジェクトの中で、水銀を使った観測機器を停止する予定である。

b) AWS の状況

38 箇所で 10 分毎の自動観測が行われていたが、通信の問題で観測が中断してしまった。その後通信を IP/VPN から 3G に変更したところ、4 つのサイトは復旧した。

センサー自体は問題ないが、幾つかのサイトではソーラーパネルが故障し、国内で調達できない状況である。

データロガーは、ほぼ寿命に達している。

本局のディスプレイは、導入メーカーである明星電気（株）の支援無しには解決できない状況であり、PC の Windows もバージョンが古くすでにサポート切れである。

世界銀行のプロジェクト（2022 年開始予定）で、追加の AWS を設置予定であり、既存 AWS の更新を含めて 50～60 台を新たに設置予定である。

c) SYNOP への AWS の利用

DOM は、SYNOP 報を AWS に変更する技術的能力がない。

d) 観測データの品質管理

情報は得られていないが、十分な品質管理は行われていないと考えられる。

(13) ベトナム（VNMHA）

a) 有人観測の状況

全国 186 地点の SYNOP 観測所で 6 時間おきに観測が行われている。

b) AWS の状況

様々なプロジェクトで導入された AWS/ARG が全国で約 1,800 か所あり、1 時間に 1 回データが収集されている。

観測値は SYNOP が正式の観測で、AWS は補助的な位置づけである。

c) SYNOP への AWS の利用

将来計画では 5 年以内に AWS に 8 割を移行するとしているが、具体的な計画は作成されていない。

d) 観測データの品質管理

行われていない。このため、QPE のための品質管理を 2020 年 10 月のデータに適応したところ、データ取得率 80%条件で約 900 地点に絞られ、周辺との比較で疑わしい観測点を除くと 800

地点程度となる。

III.2.2.2 高層気象観測

(1) バングラデシュ (BMD)

a) ラジオゾンデ観測の実施状況

GPS ゾンデを使った観測を4地点で実施している。観測頻度は基本的に1日1回(00UTC)であるが、ダッカでは雷雨シーズン時に1日2回行われ、さらに追加観測が行われることもある。

電気式の水素発生器は本局にあり、ボンベで地方の高層観測所に運んでいる。各サイトにも化学反応式の水素発生器がある。

b) パイロットバルーン観測の実施状況

10地点で1日2回行われている。

c) ウインドプロファイラ観測の実施状況

行われていない。

(2) ブータン (NCHM)

a) ラジオゾンデ観測の実施状況

行われていない(ただし将来計画は持っている)。

b) パイロットバルーン観測の実施状況

行われていない。

c) ウインドプロファイラ観測の実施状況

行われていない。

(3) カンボジア (DOM)

a) ラジオゾンデ観測の実施状況

行われていない(予算次第では観測開始の計画はある)。

b) パイロットバルーン観測の実施状況

行われていない。

c) ウインドプロファイラ観測の実施状況

行われていない。

(4) フィジー (FMS)

a) ラジオゾンデ観測の実施状況

GPS ゾンデによる観測が1地点(ナンディ)にて行われている。予算の制約で1日1回のみ行われている。

b) パイロットバルーン観測の実施状況

行われていない。

c) ウインドプロファイラ観測の実施状況

2015年に日本のODAで設置された。住友電気工業(株)製(1.3GHz帯)で、高度8kmまでの観測が可能である。

(5) インドネシア (BMKG)

a) ラジオゾンデ観測の実施状況

GPS ゾンデによる観測が 22 地点で 1 日 2 回行われている。ただし地方では水素ガスの調達が困難なため、観測頻度を 1 日に 1 回、時には 1 週間に 1 回まで減らすことがある。

b) パイロットバルーン観測の実施状況

72 地点で行われている。観測データは、雲底高度の参照や大気不安定度の解析に利用されている。

c) ウインドプロファイラ観測の実施状況

4 地点（いずれも航空路直下）で行われていたが、稼働中は Vaisala 社製の 1 台のみで、Degrean Horizon 社製 2 台と住友電気工業（株）製 1 台は停止中である。

利用目的は、ATC（航空交通管制）用の鉛直シア観測および地上高層風実況気象通報（PILOT メッセージ）であるが、GTS にはデータを流していない。

(6) ラオス (DMH)

a) ラジオゾンデ観測の実施状況

検討はされてきたが、現在まで行われていない。

b) パイロットバルーン観測の実施状況

行われていない。

c) ウインドプロファイラ観測の実施状況

行われていない（DMH 内部で議論は進められている）。

(7) モンゴル (NAMEM)

a) ラジオゾンデ観測の実施状況

GPS ゾンデによる観測が 4 地点で行われている（ウランバートル、ムルン、ウランゴム、ダランザドガド）。

1 地点（ダランザドガド）は中国気象局（CMA）によって設置され、中国製の機材が使われている（ラジオゾンデと気球は、CMA より毎年供給されている）。3 地点は気球を含めてフランス製（Meteomodem 社）を使っている。

2025 年までに、水素発生装置（水電解式）を 3 地点に整備予定である。

ウランバートルとダランザドガドでは 1 日 2 回観測し、ムルン (00UTC) とウランゴム (12UTC) では 1 日 1 回の頻度で観測している。

b) パイロットバルーン観測の実施状況

行われていない。

c) ウインドプロファイラ観測の実施状況

行われていない。

(8) ミャンマー (DMH)

a) ラジオゾンデ観測の実施状況

1 地点あるが、水素発生器が稼働していないため現在は実施できていない。

b) パイロットバルーン観測の実施状況

行われていない。

c) ウインドプロファイラ観測の実施状況

行われていない。

(9) ネパール (DHM)

a) ラジオゾンデ観測の実施状況

Tribhuvan 大学から 1 日 1 回放球されているが、観測データは GTS には通報されていない。

b) パイロットバルーン観測の実施状況

行われていない。

c) ウインドプロファイラ観測の実施状況

情報は得られていないが、行われていないと考えられる。

(10) パキスタン (PMD)

a) ラジオゾンデ観測の実施状況

1990 年代までは行われていたが、財政問題で現在は行われていない。

b) パイロットバルーン観測の実施状況

行われている。

c) ウインドプロファイラ観測の実施状況

イスラマバードの本局内に 1 台設置されている。

(11) フィリピン (PAGASA)

a) ラジオゾンデ観測の実施状況

6 地点で行われている (GPS ゾンデ、1 日 2 回)。水素ガスは業者から購入するかまたはサイトで生成しているが、サイトの発生装置の老朽化によりガスの生成効率が低い。屋外のアンテナが落雷で故障することがある。

b) パイロットバルーン観測の実施状況

行われていない。

c) ウインドプロファイラ観測の実施状況

RASS 機能が付いたウインドプロファイラ観測 (Vaisala 社製) が、2011 年からマニラで行われている。

(12) スリランカ (DOM)

a) ラジオゾンデ観測の実施状況

本局 (コロンボ) にて週 3 回行われている。

明星電気 (株) 製 GPS ゾンデを使用している。

水素ガスは水の電気分解装置により生成させているが、装置は 1972 年製と非常に古く更新の必要がある。

b) パイロットバルーン観測の実施状況

4 地点 (Colombo, Mannar, Trincomalee, Hambantota) において 1 日 1 回、週 3 回実施されている。

る。

データは予報に利用され、GTS でも配信されている。

Trincomalee 地点でのパイロットバルーン観測は、ラジオゾンデ観測に変更する必要があると考えている。

c) ウインドプロファイラ観測の実施状況

行われていない。

(13) ベトナム (VNMHA)

a) ラジオゾンデ観測の実施状況

GPS ゾンデによる観測が、6 地点で行われている。観測頻度は、3 地点が 1 日 2 回、残り 3 地点が 1 日 1 回である。気象状況（台風やシビア現象）によっては、追加の観測を行っている。水素ガス生成には特に課題はない。

b) パイロットバルーン観測の実施状況

行われている（下層風況監視データを充実させ、建設プロジェクトや風力発電プロジェクトに利用されている）。

c) ウインドプロファイラ観測の実施状況

現在のパイロットバルーンの観測地点を、ラジオゾンデまたはウインドプロファイラ観測地点に移行する意向がある。

III.2.2.3 気象測器の校正

(1) バングラデシュ (BMD)

a) 各気象測器の校正の状況

2013 年の技プロで供与された準器（気圧、気温）によりトレーサビリティが確保されている。準器は設置前に RIC-Tsukuba にて校正済みである。

BMD は国家校正センターに登録されている。

気圧や気温の国家準器はインド気象局（IMD）や RIC つくばで再校正すべきであるが、実際の計画はまだない。

国内の観測機器の校正や比較観測は、有人観測所にて 2～3 年に 1 回の頻度で行われている。

世界銀行のプロジェクトで雨量計の校正機器が導入予定だが、詳細は不明である。

水銀が使われている気圧計は、世界銀行のプロジェクトでデジタル式に更新予定（計画は未確定）である。また水銀が使われている温度計は、政府の予算でデジタル式に更新予定である。

b) AWS の校正の状況

AWS が稼働していないため、校正は行われていない。

(2) ブータン (NCHM)

a) 各気象測器の校正の状況

これまで校正は行われてこなかったが、現在実施中の JICA 技プロの中で、校正室（気温、気圧、簡易降水）を整備予定である。

b) AWS の校正の状況

行われていない。

(3) カンボジア (DOM)

a) 各気象測器の校正の状況

定期的には行われていない。(測器が故障したときのみ実施するが、実施方法を熟知しておらず、他のサイトとの観測値の比較のみに留まっている)

b) AWS の校正の状況

行われていない。

(4) フィジー (FMS)

a) 各気象測器の校正の状況

気圧計 (デジタルアネロイド)、温度計、湿度計について定期的に校正を実施している。雨量計、日射計、風向風速計の校正は行われていない。

それぞれの校正測器は 2015 年に JICA により供与された。

トレーサビリティ確保のために、測器はオーストラリアの RIC メルボルンに毎年送られている。

b) AWS の校正の状況

校正室で気圧計、温度計、湿度計について実施している。ただし校正室が狭く、理想的な環境とは言えない。現地点検用の可搬型準器が不足している。

(5) インドネシア (BMKG)

a) 各気象測器の校正の状況

校正室は本局と気象台 5 箇所に整備されているが、校正機材は限られている。可搬型の AWS を用いた校正が、現地サイト (SYNOP、AWS) で行われている。

b) AWS の校正の状況

校正室と現地サイトで行われている。設置済みのセンサーについては、校正室での校正の実施は難しい。ただし現地点検のために準器を運搬することも、コロナ禍での移動やスペアパーツ不足のため困難である。

(6) ラオス (DMH)

a) 各気象測器の校正の状況

2~3 年に 1 回の頻度で RIC-Tsukuba にて実施している。(前回 2020 年、次回 2024 年予定)

b) AWS の校正の状況

行われていない。

(7) モンゴル (NAMEM)

a) 各気象測器の校正の状況

気圧・気温・湿度・日射量について校正が行われている。(RIC 北京で 2 年毎に実施)

雨量計・風向風速計の校正は行われていない。

各県にキャリブレーション担当のスタッフを配置している。

b) AWS の校正の状況

校正室と現地サイトで行われている。

(8) ミャンマー (DMH)

a) 各気象測器の校正の状況

観測機器の保守は本部で行う。数年に一度は現地調査を行い「認定証」を作成している。ただしトレーサビリティは確保できていない。(JICA 技プロで準器などを導入し、トレーサビリティの枠組みを導入予定である。)

b) AWS の校正の状況

上述の機器検定や保守によるトレーサビリティは 30 台を前提としており、地点が増えた場合の運用は未検討である。

(9) ネパール (DHM)

a) 各気象測器の校正の状況

校正室は整備済みである。

水文および気象観測測器の校正（必要に応じて調査研究も）は今後実施予定である。

移動校正室（Mobile Calibration Lab）に必要な機材は、整備予定である。

2013 年は、気象庁と WMO による合同研修「第 II 地区における気象測器の校正及び維持管理」に参加した。

b) AWS の校正の状況

校正室と現地サイトで行われている。

(10) パキスタン (PMD)

a) 各気象測器の校正の状況

国際基準を満たすよう、校正施設にて校正が行われている。

温度計、気圧計、湿度計については 2～3 年に 1 回行われている。

雨量計、日射計、風向風速計については、測器故障の際に行われている。

b) AWS の校正の状況

校正室と現地サイトで行われている。ただし AWS のスペアセンサーは所有していない。

(11) フィリピン (PAGASA)

a) 各気象測器の校正の状況

RIC-Manila を運用し、風洞まで備えている。3 箇所の Local Instrument Centers が整備中であるが、人材が不足している。

校正室で各種気象測器を校正しているが、地方の観測サイトの測器校正までカバーできていない。

校正の頻度は、定期的ではなく測器が故障した時に限られる。

雨量観測サイトではキャリブレーションは行われていない。

デジタル気圧計の校正装置が供与された。

b) AWS の校正の状況

現地点検と 1 点校正に限られる。可搬型準器が不足している。

(12) スリランカ (DOM)

a) 各気象測器の校正の状況

JICA 技プロで、気圧と気温準器および関連機器が供与された (2017 年)。また RIC つくばにて研修が行われた。校正作業は十分に実行している。

b) AWS の校正の状況

[現地点検]

現地点検と掃除は、Meteorological site で年 2 回、Collaborative site で年 3 回実施している。

超音波風速計は、無風 0m/s の確認や配線の確認を行う程度である。

温度計は、魔法瓶の中で準器と (一点) 比較している。

湿度計は、ハンディ湿度温度計用センサーと比較している。

気圧は、トラベリング準器と比較している。

転倒ます型雨量計は、野外キャリブレーション用機器を使った 50~300mm/h におけるティッピングカウントを確認している

全天日射計は、ドームを覆って日射量ゼロやシリコンの状態を確認している。

野外キャリブレーションの頻度は、年 1 回である。

可搬型 AWS キャリブレーションユニット (トラベリング準器) を使用している。

[ラボ校正]

超音波風速計は、海上風速計 (Marine anemometer) と比較している。

温度計は、恒温槽 (液槽) と高精度温度計により校正している。

湿度計は、恒温槽 (気槽) とハンディ湿度温度計用センサーにより校正している。

転倒ます型雨量計は、自動校正器 (TB340A) を使って校正している。

全天日射計は、Class-2 の精密全天日射計を使って校正している。

(13) ベトナム (VNMHA)

a) 各気象測器の校正の状況

ハノイのほか 4 箇所に検定センターを設置し、気圧・気温・湿度・雨量を定期的に校正している。風洞も所有している。

b) AWS の校正の状況

機材の校正は、現地設置前に検定センターで行うが、設置後の定期的な保守・点検の仕組みが出来ていない。

III.2.2.4 気象統計に関する業務・インフラ

各国気象機関における気象統計業務の現状を把握するために、Google フォームを活用したアンケート調査を実施し、バングラデシュ、ブータン、モンゴル、ネパール、パキスタン、フィリピン、スリランカ、ベトナムの 8 か国から回答を得た。また、統計業務の内容を調査するため、各国で作成されている日原簿を収集した。表 III.2.2.4-1 にアンケート調査の質問を示す。

文献調査及び本アンケート調査の結果から得られた、各国の気象統計・品質管理業務の現状及

び課題は以下のとおりである。

表 III.2.2.4-1 アンケート調査の質問

	質問
Surface observations	
1	What time do you make surface observations at manned stations? Please answer the times at the most and least frequently observing stations respectively.
2	Do you report the surface observation in SYNOP and CLIMAT formats?
3	How do you observe the mean wind speed? (e.g.: ten-minute average)
4	Do you observe the instantaneous wind speed?
Outline of meteorological statistics services	
5	Which statistics does your Service regularly calculate? (Annual, Monthly, Ten-day, Five-day, Daily) ● Mean sea level pressure ● precipitation amount ● Mean air temperature ● Maximum air temperature ● Extreme maximum air temperature ● Minimum air temperature ● Extreme minimum air temperature ● Mean relative humidity ● Maximum relative humidity ● Mean wind speed ● Maximum wind speed and direction ● Maximum instantaneous wind speed and direction ● Sunshine duration
6	Please list any other statistics you keep.
7	What year did you begin keeping the statistics of PRECIPITATION AMOUNT (e.g.: 1956)?
8	What year did you begin keeping the statistics of AIR TEMPERATURE (e.g.: 1956)?
9	What year did you begin keeping the statistics of RELATIVE HUMIDITY (e.g.: 1956)?
10	What year did you begin keeping the statistics of SUNSHINE DURATION (e.g.: 1956)?
11	What time is the beginning of a day for the statistics (e.g.: 09 UTC; 00 Local Time)?
12	How do you calculate the daily mean temperature? (e.g.: average of temperatures at 00 UTC, 06 UTC, 12 UTC and 18UTC; $(T_{max} + T_{min})/2$)
13	● How do you calculate the statistics? ● Manual calculation ● Spreadsheet software (e.g.: Microsoft Excel) ● Database software
14	● How do you publish the statistics? ● Paper publication ● Website of your Service ● Offline provision (e.g.: CD-ROM)
15	Have you completed the calculation of 1991 - 2020 climatological normals? If no, when do you expect to finish the calculation (e.g.: by the end of 2021, in 2022)?
Metadata of manned stations	
16	Does your Service maintain the following metadata at manned stations? ● Location of the station (lat., lon., altitude) ● History of instruments (model, calibration records) ● Area of the observation enclosure and the surrounding surface condition ● Circumstances around the station (surrounding building, heat sources) ● Height of the rain gauge above the surface 目 ● Sky view factor at the observation enclosure ● Ventilation and shielding condition of the thermometer and hygrometer ● Height of the anemometer above the surface ● Location of the heliograph

	● Whether there is a dedicated room for the barometer.
Quality control of observed data	
17	Do you regularly check the quality of observation reports? if yes, please describe the outline (e.g.: forecasters make the first check and climate division makes the second check before archiving).
18	Do you inquire local site on dubious reports and correct the data before archiving?
Keeping the statistics	
19	How do you keep the original observation records (e.g.: reports are sent to the HQ and archived in the library? Reports are stored in the local offices. Records are not stored)?
20	Do you digitize the PRECIPITATION observations? If yes, since what year have you keeping the digitized data?
21	Do you digitize the TEMPERATURE observations? If yes, since what year have you keeping the digitized data?
22	Do you digitize the HUMIDITY observations? If yes, since what year have you keeping the digitized data?
23	Do you digitize the WIND observations? If yes, since what year have you keeping the digitized data?
Comments	
24	Please describe any difficulties you face in keeping meteorological statistics and managing the quality of observations.
25	Please write any comments.

(1) バングラデシュ (BMD)

a) 現状

過去の観測データ

BMD ホームページ上で最高気温、最低気温、日雨量データを閲覧、ダウンロード可能となっている。

品質管理

SYNOP 観測所からオンラインまたは郵送で月毎に送られてくる観測データを手動で精査し、デジタル化している。品質管理システムでデジタルデータを修正後、データベースに格納される。QC、アーカイブ、データベース処理のための気候データ管理システム (CDMS) の開発を計画中である。

メタデータ

測器、周辺環境、検定歴等のメタデータが維持されているとされるが実情は不明である。

アーカイブ・デジタル化

1948 年以降の気候データを有しており、デジタル化・アーカイブを進めているとしているが、進捗状況は不明である。

b) 課題

BMD は、品質管理に関する研修を希望している。業務の実態を確認しつつデジタル化・アーカイブ作業についても技術支援や研修を行う必要がある。

(2) ブータン (NCHM)

a) 現状

過去の観測データ

地上気象観測は、クラス A 観測地点では 1 日 2 回 (03UTC, 09UTC)、その他の観測地点では 1 日 1 回 (03UTC) 実施され、観測成果は SYNOP 報と CLIMAT 報で通報されている。

1996 年から、主な気象要素の月平均値及び 10 日平均値を作成しており、統計値は紙媒体、気象機関のウェブサイトで公開している。各観測所の月平均値は「気候表」として印刷され公開されるとともに、デジタル化され、関係機関・一般に無料で提供可能である。

品質管理

20 の地方に一つずつ配置されているクラス A 観測地点を運用している。それぞれの観測地点では訓練を受けた気象技術者が定期的に運用監視・日別の記録を行っている。予報官による一次チェックと気候課による二次チェックが行われている。

メタデータ

有人観測地点の測器、周辺環境、検定歴等のメタデータが維持されている。

アーカイブ・デジタル化

観測原簿は本庁に送られてエクセルに保存されるとともに文書化。その後 Climsoft データベースに保管されている。

1996 年以降の観測データ（降水量、気温、湿度、風）はデジタル化されている。

b) 課題

品質管理、メタデータ管理及びアーカイブ・デジタル化について現状把握の上技術支援を行う必要がある。

(3) カンボジア (DOM)

a) 現状

過去の観測データ

日・月・年平均等の統計計算のため、エクセル、Microsoft Windows Climate Prediction Tools (CPT)、NSL、GrADS といったツールを使用している。トレンドや気候影響評価のためにモデルは使用していない。

品質管理

品質管理は行われていない。

メタデータ

メタデータの管理状況は不明である。

アーカイブ・デジタル化

アーカイブ・デジタル化は行われていない。

b) 課題

観測及びデータ管理の体制は極めて脆弱であると考えられ、品質管理、メタデータ管理及びアーカイブ・デジタル化について現状把握の上技術支援を行う必要がある。

(4) フィジー (FMS)

a) 現状

過去の観測データ

FMS Web サイトにて毎月の Climate Summary を掲載。降水量、気温、蒸発散量、日射量、風向風速（風配図）、海水温、雲量の月平均値の統計を実施。

Annual Climate Summary では年降水量（1957 年～）、年平均気温（1959 年～）の時系列グラフやその年に襲来したサイクロントラックも掲載している。

品質管理

気象観測データの QC を手動で行い、チェック後のデータを CLiDE (Climate Data for the Environment、オーストラリア製ソフトウェア) のデータベースに保存している。有人観測所の観測データは依然紙ベース (野帳) で記録しており、できるだけ早いデジタル化を計画中である。

すべての観測データは品質管理が行われている。品質管理はあまり自動化されていないが、可視化ソフトによって異常データを洗い出している。

メタデータ

メタデータの管理状況は不明である。

アーカイブ・デジタル化

FMS は、2015 年以来データアーカイブ・データレスキュー活動を行っている。この中で、紙ベースのデータはスキャン・アーカイブされ、また電子化されていないデータにはキー付けが行われている。2015 年以降毎年 72,000 の紙ベース記録が電子化されている。

b) 課題

FMS が認識しているように、品質管理のデジタル化、自動化の推進が課題となっている。

(5) インドネシア (BMKG)

a) 現状

アンケート調査に対して回答がなく、現状は不明である。

b) 課題

気象観測及びデータ管理の実情について詳しいことは不明である。十分な現状把握と必要な技術支援の方策の検討が必要と思われる。

(6) ラオス (DMH)

a) 現状

過去の観測データ

2006 年～2011 年実施の「気象水文業務改善計画プロジェクト」において開発された自動統計処理シート (エクセル) を用いて、気象観測所 6 か所のデータ統計を実施している。

品質管理

上記自動統計処理シートを用いて 8 カ所の観測データの QC を実施している。

メタデータ

メタデータの管理状況は不明である。

アーカイブ・デジタル化

農業気象に係る JICA 長期専門家により、2002 年に全土の日降水量のデータベースが作成されている。

b) 課題

気象観測及びデータ管理の実情について詳しいことは不明である。十分な現状把握と必要な技術支援の方策の検討が必要と思われる。

(7) モンゴル (NAMEM)

a) 現状

過去の観測データ

1936 年の統計開始以来の観測データを収集し、気象局のウェブサイトからダウンロード可能となっている。WMO の指針に基づき、気温、土壌温度、降水量、気圧、湿度については月別統計値が作成されているほか、主な気象要素について、年毎、月毎、10 日毎、5 日毎、日毎の統計値を作成している。

品質管理

予報官による一次チェックと気候課によるアーカイブ前の二次チェックを実施している。

メタデータ

測器、周辺環境、検定歴等のメタデータが維持されている。

アーカイブ・デジタル化

韓国の支援によりデジタル化を実施中で、1961～2010 年のデータデジタル化（全体の約 36%）が完了している。

b) 課題

品質管理の自動化や、メタデータの管理体制について現状を確認の上で、必要な技術支援を行う必要がある。

(8) ミャンマー (DMH)

a) 現状

過去の観測データ

DMH の気候セクションで降水量、最高・最低気温、風向風速、気圧等の気候データを 1965 年から 37 地点について保有しているとされるが詳細は不明である。

品質管理

品質管理状況は不明である。

メタデータ

メタデータの管理状況は不明である。

アーカイブ・デジタル化

アーカイブ・デジタル化の状況は不明である。

b) 課題

業務の現状が明らかでない部分が多いが、体制は脆弱であると考えられる。十分な現状把握と必要な技術支援の方策の検討が必要と思われる。

(9) ネパール (DHM)

a) 現状

過去の観測データ

CLIMAT 観測地点が二か所しかない。16 ある SYNOP 地点のうち、一日三回（15, 18, 21 UTC）観測を行っているのはカトマンズ国際空港のみで、他の地点は日中（00 から 12 UTC）のみ観測を行っている。

20 地点において、降水量は 1940 年以降、気温（平均・最高・最低）は 1953 年以降統計を実

施。天候監視レポートを毎月発行しているほか、季節ごとの降水や日別の気温・雨量に関する監視報告も発行している。

統計はスプレッドシートやデータベースソフトウェアで計算している。1991～2020 年平年値については、2021 年 10 月時点で重要な 90 地点については計算が完了しており、115 地点について平年値を計算することが目標である。

品質管理

地方官署における一次チェックと気候データ・ネットワーク班による二次チェックを実施している。

メタデータ

露場や測器周辺の環境についてのメタデータは維持されていない。

アーカイブ・デジタル化

統計期間すべてについてデジタル化が完了している。

b) 課題

DHM は課題として、装置関連業務、ICT、データ処理、品質管理、データフォーマットとレーダー観測等への統合に関する知識を持つスタッフの不足をあげている。これらの人材育成が課題である。またメタデータの作成・管理ができておらず、現状把握の上技術支援が必要である。

(10) パキスタン (PMD)

a) 現状

過去の観測データ

海面気圧、降水量、気温については、日、月、年別の統計を実施している。統計計算はスプレッドシートで行うほか、手計算で行っている部分が残っている。統計結果は紙媒体、気象機関のウェブサイト、CD-ROM 等で提供している。

品質管理

データの品質については気候センターにおいてチェックが行われている。

メタデータ

主なメタデータは管理されているが、露場の周辺環境及び日照計の位置については管理されていない。

アーカイブ・デジタル化

データのデジタル化は行われているとされているが詳細は不明である。

b) 課題

PMD は基盤施設と IT 資源の不足が課題としており、必要な機材供与及び人材育成が課題である。また、データのデジタル化の状況を詳細に検討して適切な技術支援を行う必要がある。

(11) フィリピン (PAGASA)

a) 現状

過去の観測データ

1948 年以来、海面気圧及び湿度は日別、降水量、気温は日、5 日、10 日、月、年別の統計を作成している。PAGASA は、1948 年の統計開始からの統計結果を紙媒体、気象機関のウェブサイト、CD-ROM 等で公表している。

品質管理

データの管理として、予報官による一次チェックと気候課によるアーカイブ前の二次チェックが行われている。データ管理の自動化についての詳細は不明である。

メタデータ

主なメタデータは管理されているが、露場の周辺環境や日照計の位置等についてのメタデータは管理されていない。

アーカイブ・デジタル化

PAGASA はデータのデジタル化は行われているとしているが詳細は不明である。

b) 課題

PAGASA におけるデータ管理の自動化及びデジタル化の状況を確認の上、適切な技術支援を行う必要がある。

(12) スリランカ (DOM)

a) 現状

過去の観測データ

データ処理・記録課で気象、農業気象、気候データの蓄積を実施している。降水量については 150 年の、気温については 50 年間の記録を保管している。

降水量、降水日数、気温、海水温、気圧高度面別の平均風速分布等の月別統計値を整理し、Monthly Weather Summary として DOM Web サイトに掲載（数カ月遅れ）している。統計開始年は降水量についてはおおむね 1985 年、気温、湿度、日照時間については 1981 年である。

平年値を作成している要素は、降水量、最高・最低気温、湿度、風向・風速である。

品質管理

データ品質管理・保存課でデータの品質管理およびデジタル化、データベースの管理を実施している。

メタデータ

観測地点の位置情報以外のメタデータは管理されていない。

アーカイブ・デジタル化

ほとんどの観測データは紙ベースで保管されている。一部のデータ（降水量、最高・最低気温、湿度）は Climsoft を用いてデジタル化されている。

b) 課題

DOM は、データレスキュー、コンピュータの OS、人的資源、土地利用の変化に伴う不安定な観測地点が課題としており、持続可能な開発に向けて気象局の維持と改善に向けた JICA の協力を要望している。また、データを蓄積する設備が必要とされている。

観測及びデータ管理の体制は脆弱であると考えられ、品質管理、メタデータ管理及びアーカイブ・デジタル化について現状把握の上技術支援を行う必要がある。

(13) ベトナム (VNMHA)

a) 現状

過去の観測データ

もっとも古い観測地点は Phu Lien station（1902 開始）で、マニュアル観測が気象計 188、水文

計 234、AWS が約 500 あり、ほぼリアルタイムで収集している。SYNOP 観測所は 1 日 4 または 8 回、AWS は 10 分間隔でデータを収集している。

手計算、スプレッドシートによる統計計算を行い、紙媒体、CD-ROM 等の形で提供している。

水文気象に関するデータは、水文気象情報データセンターが担当している。NHMS は 2016 年末に 1 つの建物に統合されたが、それ以前はそれぞれの建物ごとにデータセンターがあり、これらが 1 つの組織に統合され、将来的にはすべてのデータシステムを同センターが管理・運用することになる。各地域センターにあるサブシステムは、それぞれの地域センターの IT セクションが管理しているが、必要に応じてハノイからリモートで保守を行っている。データセンターは、ハノイ・ダナン・ホーチミンにあり、さらにそれぞれの地域センターにつながっている。

同センターの業務は (i) データベースのデザイン、(ii) データの品質チェック、(iii) 過去データのデジタル化で、過去データは 1961 年から、NHMS が独自開発した AWS は 2013 年から、韓国の AWS は 2016 年 8 月から、データを保存している。

NHMS の web サーバーについては、運用はデータセンターが、コンテンツは予報センターが担当している、現在サーバーは外部のデータセンターにおいており、アクセス過多による輻輳などは発生していない。アクセス数の統計は行っているが、アクセスログの分析は実施していない。NHMS の 8 階に世界銀行のプロジェクトでデータベースが導入される予定である。

品質管理

VNMHA では、観測通報の定期的な品質チェックを行っているが詳細は不明である。

メタデータ

すべての項目についてメタデータが管理されている。

アーカイブ・デジタル化

VNMHA では、1957 年以降の観測データがデジタル化されている。

b) 課題

VNMHA では、現在の課題として、世界銀行プロジェクトによりデータベースが導入されるが、データベースの設計に係る技術が不足している。また、今後、観測データの自動品質チェック (AQC) を導入する必要があると考えており、その方面での技術援助を希望している。さらに、大量の観測記録の維持コストが高いこと及び費用面で上位機種のサーバーの導入が限定的であることがあげられている。

III.2.2.5 レーダー気象観測

調査対象である各国のレーダー気象観測の状況について、既往調査報告書、本邦研修資料および質問票による調査によって情報を得た。以下、国別状況について記述する。

また個別レーダー諸元の詳細については、本節の末尾に表 III.2.2.5-2a~h としてまとめた。

(1) バングラデシュ (BMD)

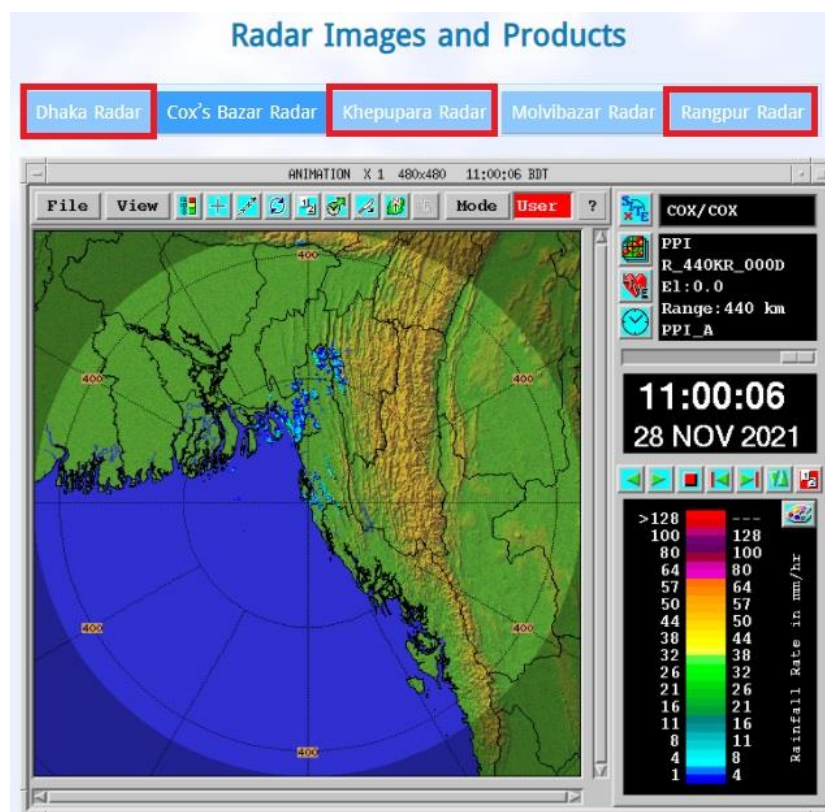
当該国の「稼働中の気象レーダーの状況」および「今後のレーダー導入計画」について概略を以下に整理する。

1. 稼働中の気象レーダーの状況	
・ 設置場所	2000 年ダッカ (Dhaka)、ランプル (Rangpur)、2007 年コックスバザール
・ 観測範囲	ル (Cox's Bazar)、2008 年ケプパラ (Khepupara) および 2009 年ムルビ

・種類 ・メーカー ・設置年/支援元 ・通信方法	バザール (Moulvibazar) と 5 台の S バンドレーダーが JICA により整備された。(図 III.2.2.5-1, 図 III.2.2.5-2, 表 III.2.2.5-1, 図 III.2.2.5-3) 以後、BMD により運用されている。このうち、ダッカ、ランプルは通常型 (Conventional) レーダーであり、コックスバザール、ケブパラおよびムルビバザールにはドップラー機能が備えられている。 レーダーから半径 440km 以内を観測し、レーダーデータは VSAT (64kbps) で伝送している。
・定量的降水量測定 (QPE) ・プロダクト	データ処理ソフトは IRIS を使用し、予報のためレーダー合成を実施している。 QPE は気象業務で非常に重要であるが、現在は実施していない。 主要プロダクト：下記の範囲の降雨強度およびドップラー速度を表示 強度モード : 880km X 880km ドップラーモード : 400km X 400km
・維持管理	・観測および保守体制 レーダースペシャリストおよび各レーダーサイト運用保守要員人数 BMD 本部のレーダースペシャリスト ダッカ 15 人 ケブパラ 22 人 コックスバザール 16 人、 ランプル 20 人 ムルビバザール 15 人 ・トラブルシューティングおよびメーカーへの連絡、定期保守契約の有無 インタビュー時の質疑では、BMD からは明確な回答はなかった ・日、週、月、半年、年ごとの定期メンテナンス内容 日本のようにメンテナンスマニュアルなどを適切に維持していないがいくつかのメンテナンスマニュアル文書と前年のレーダー画像を共有。 ・レーダーデータ保存：2007 年からの生データを CD によって保存。 ・設置後の状況は、JICA による調査⁵⁸によれば A) コックスバザールレーダーは稼働しているが、送信電力が低い B) アンテナ駆動系の故障などにより、ケブパラレーダーが稼働していない。 C) ムルビバザールレーダーは稼働している。 D) スペアパーツ不足のため、ランプルレーダーが稼働していない。 E) ダッカレーダーは稼働している。

⁵⁸ JICA 赤津レポート(2019)

	さらに今回のヒアリングでは、これらの状況について次のように回答があった。 コックスバザール：送信電力が低い、フライホイール（UPS）に問題（稼働中） ケプパラ：アンテナ駆動システムの故障（停止） ムルビバザール：コンピュータの故障（停止） ダッカ：地図が投影されていない（稼働中） ランブル：スペアパーツ不足（停止）
2. 今後のレーダー導入計画	
	ムルビバザールレーダーとダッカレーダーについて、障害発生による稼働停止の懸念が高まり、2015年に2台のレーダーを更新するプロジェクトが開始され、準備調査報告書がまとめられ、これに基づき更新計画が予定されている⁵⁹。 また、本調査のヒアリングではBMDの優先目標として「ダッカとランブルの気象レーダーシステムの更新」があげられ、計画では「悪天候を監視/予測するための技術スキルと能力開発を改善する必要がある」とされている。



⁵⁹ バングラデシュ人民共和国のダッカとランブルにおける気象レーダーシステムの確立プロジェクトに関する準備調査報告書、JICA（2015）

図 III.2.2.5-1 コックスバザールレーダーの表示画面例（赤枠のレーダーは停止中）

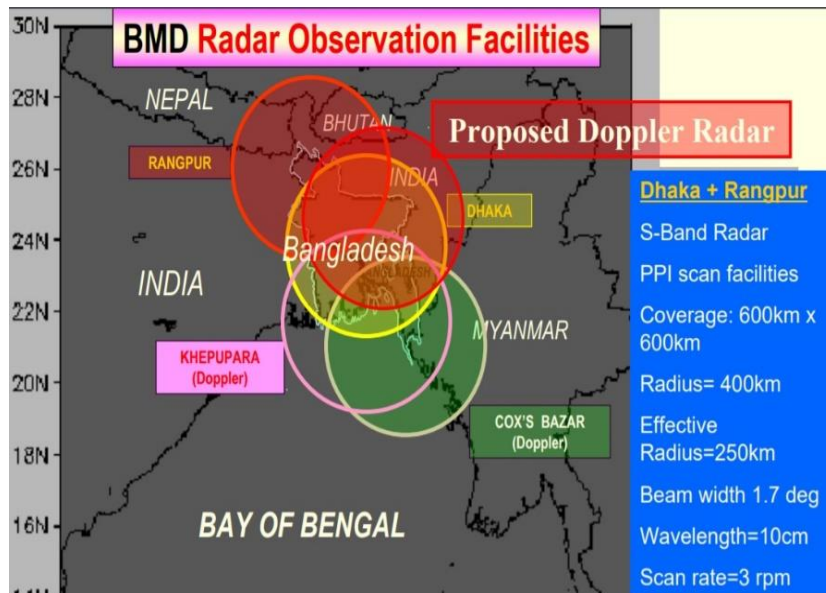


図 III.2.2.5-2 更新後のレーダー観測範囲

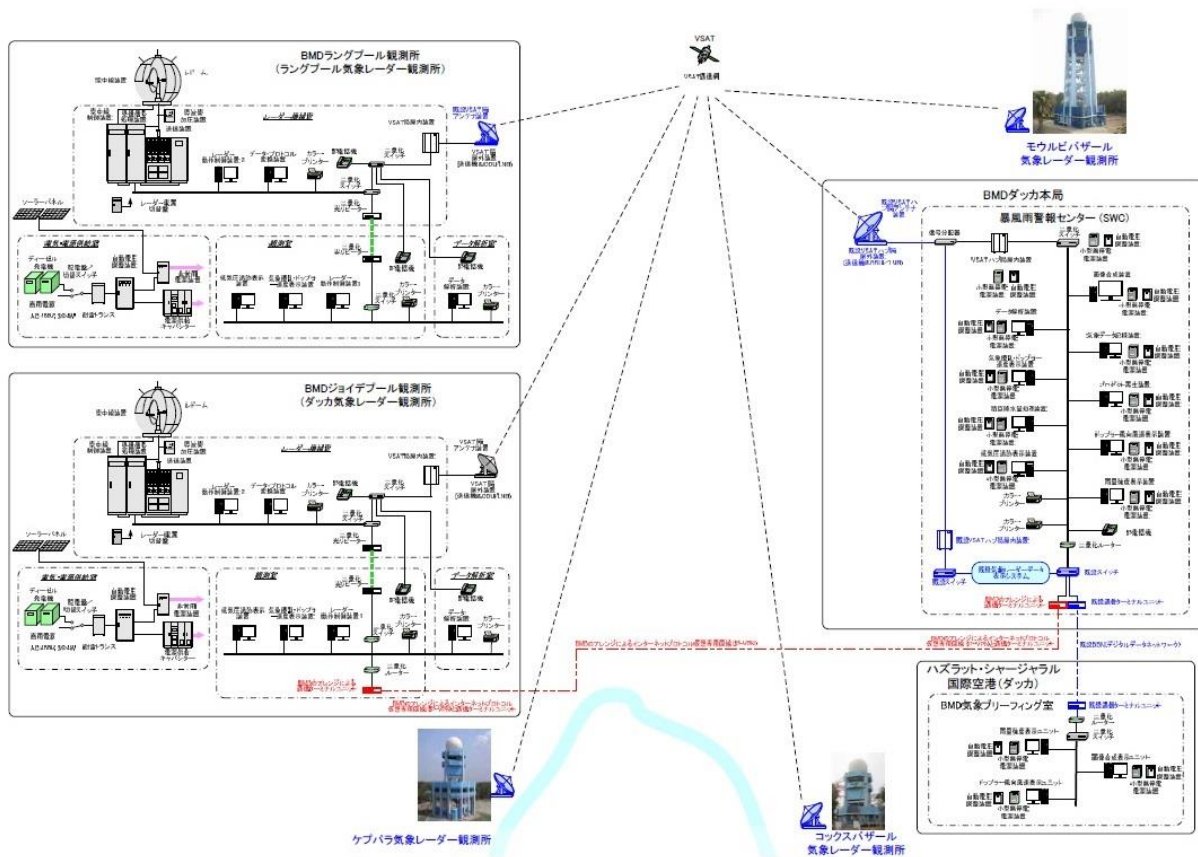


図 III.2.2.5-3 ダッカおよびラングプールレーダー設置時の全体システム構成

(2) ブータン (NCHM)

当該国の「稼働中の気象レーダーの状況」および「今後のレーダー導入計画」について概略を

以下に整理する。

1. 稼働中の気象レーダーの状況	
・設置場所 ・観測範囲 ・種類 ・メーカー ・設置年/支援元 ・通信方法	現在、稼働中のレーダーはない。 今後、国土の状況、災害リスク等を考慮し、レーダー設置目的を明確化し、対象とする観測地域に応じて、使用すべき周波数帯（S,C,X）の選定などレーダーの仕様検討を行うものとする。
・定量的降水量測定（QPE） ・プロダクト	
・維持管理	
2. 今後のレーダー導入計画	
	気象レーダー導入の可能性の初期評価として、ブータンの国土における設置の可能性を技術的に調べるため2地点（Cheela 峠 3,800m、Dongkola 山頂 3,650 m）の現地調査を行い、次の結果を得ている⁶⁰。 ・Cheela 峠 3,800m：周囲の見通しの点では実用範囲内（ただし今後詳細調査は必要）。アクセス道路は舗装されており便利だが、舗装道路からレーダー設置候補地（NCHM 管理地）までの 200m 程度は徒歩。電源が確保できない（5km 程度電柱を敷設する必要がある）。通信回線は衛星またはマイクロ回線が考えられる。 ・Dongkola 山頂：周囲の見通しの点では実用範囲内で Cheela 峠より良好（ただし今後詳細調査は必要）。アクセス道路は未舗装であるが、近隣の僧院への道路でもあるため常に補修工事をしているとのこと。レーダー設置候補地（所有者は不明）の数 10m 近くに 11KV 送電線とトランスがあり、レーダーの電力供給が確保できる見込み。通信回線は衛星またはマイクロ回線が考えられる。 この調査結果とともに、NCHM 職員にプレゼンテーションが行われ、特に気象レーダー設置の目的、レーダー波バンド（S,C,X）の選択、15-20 年後までを見通した維持管理・人材育成計画の立案と実施、高品質なレーダーデータの確保と公開が必要であることが説明された。

(3) カンボジア（DOM）

当該国の「稼働中の気象レーダーの状況」および「今後のレーダー導入計画」について概略を以下に整理する。

1. 稼働中の気象レーダーの状況 ⁶¹

⁶⁰ ブータン防災第一次詳細計画策定調査報告書（2019）

⁶¹ 「アジア地域への気象レーダー等海外展開調査業務 現地調査結果分析」報告（2019）

・設置場所 ・観測範囲 ・種類 ・メーカー ・設置年/支援元 ・通信方法	DOM は 2011 年から S バンド (2.88GHz) の気象レーダーを運用 (図 III.2.2.5-4) Selex-SiGematronik (レオナド) 製ドップラーレーダー 地上高からおよそ 60m 観測シーケンスは 15 分ごと (12 分観測、3 分は休止)、雨季と乾季でシーケンスを変えることはしていない。 観測エリアは最大 450km (80km、240km、480km の 3 種類の表示レンジで使用) 政府予算で導入 メンテナンス (点検) は、DOM/MOWRAM (保守は SELEX が下請け)
・ 定量的降水量測定 (QPE) ・ プロダクト	・ 処理ソフトウェア : Rainbow @ SELEX-SI ・ プロダクト : 反射強度 CAPPI、SRI (Surface Rain Intensity:mm/h) 24 時間積算雨量など ・ QPE としては、MashallPam メソッドを使用した降水量換算 グランドクラッタ軽減のため、クラッタマップを導入したいと考えており、クラッタマップ導入時のデメリット (雨域であっても削られる) ことも認識している
・ 維持管理⁶²	マグネトロンはレーダー導入時から 6 年間同じものを使っており、スペアは保持していない。2018 年 12 月にマグネトロンの点検を実施し、当初の Transmit Power から変わっていないことを確認したため、まだリプレースの予定はない。 レーダーの保守については Meteo France International と契約を結んでおり、実際の作業は SELEX が下請けの形で行っている。年間 12 万ドルにもなるメンテナンスのコストが DOM 予算の 70~80%程度を占めており、特に On-line Technical Assistant の費用が非常に高い。また、購入したスペアパーツがすぐに壊れることがある。 高層ビル (ホテル、マンション等) の建設により、レーダーサイト北東側が遮蔽となり、ブランキング設定を入れている。そのため、北から接近する雨を観測することができない。また、周辺国からの干渉やグランドクラッタが頻発することを問題視している。干渉低減用のフィルターを入れており、新しい干渉を確認するとメーカーに依頼してフィルターを更新している。 予算は国の予算に加えて UNDP、ADB 等の支援プロジェクトにより助成金やローンを借りている状況である。予算以上に人材不足が深刻な問題となっている。スタッフは全部で 47 名、全員が正規の職員ではないため、コアな職員はもっと少ない。Meteorologist は 5 人だが、特にメカニック、IT 関連の人材が不足している。職員が非常に少なく、雨季は職

⁶² 「アジア地域への気象レーダー等海外展開調査業務 現地調査結果分析」報告 (2019) 調査時に撮影

	員を海外での会議等に派遣することが難しくなる。また、気象を学べる大学がないので、知識を持った新しい職員が入ってこない。
2. 今後のレーダー導入計画	
	長期計画として、5 台のレーダーと 30 台の AWS を運用し、本局にデータセンターを備える。レーダーと AWS データを使用し豪雨イベントを監視するための技術スキルを向上させる。

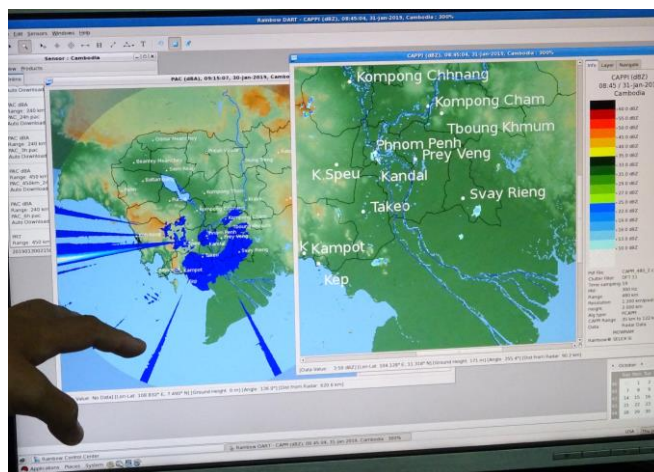


図 III.2.2.5-4 プノンペンレーダーの観測状況
(左：24 時間積算雨量、右：反射強度の CAPPI) ⁶³

(4) フィジー (FMS)

当該国の「稼働中の気象レーダーの状況」および「今後のレーダー導入計画」について概略を以下に整理する。

1. 稼働中の気象レーダーの状況	
・設置場所 ・観測範囲 ・種類 ・メーカー ・設置年/支援元 ・通信方法	現在、3 基のドップラーレーダーが稼働している (Nadi : Vaisala C バンド、Nausori : ハード EEC/ソフト Vaisala S バンド、Labasa : EEC/Vaisala S バンド)。このうち Nadi と Nausori のレーダー (共に EEC)、BOM (豪州気象局) の全面的支援により 1992 年に、また Labasa は FMS 予算により 2009 年に設置された (BOM が技術支援)。2018 年に Nadi のみすべて Vaisala 仕様にコンバートされたが、二重偏波機能はない。
・定量的降水量測定 (QPE) ・プロダクト	10 分間隔で CAPPI プロダクトを生成し、毎時 6 つの CAPPI が降水プロダクトとして統合される。R=0.0365 x (Z0.625) を使用し降雨量に変換。降雨量 (=10 分降雨強度) を時間加重平均して累加時間雨量を算出。
・維持管理	週・3 か月・年の定期点検
2. 今後のレーダー導入計画	
	Nausori のレーダーは整備後 20 年以上経過、Life-Time としては終了し

⁶³ 「アジア地域への気象レーダー等海外展開調査業務 現地調査結果分析」報告 (2019) 調査時に撮影

	ており、その更新が急務となっている。 ⁶⁴

表 III.2.2.5-1 レーダー状況⁶⁵

サイト名	Nadi	Nausori	Labasa
観測範囲	300km フィジー西部	300km フィジー中央部および 東部	300km Vanua Levu 北部
周波数帯・種類	C バンド,マグネトロン, Model WRM 100	S バンド,マグネトロン, Model WSR – 74S	S バンド,マグネトロン, Model DWSR 8015S
メーカー	Vaisala	Vaisala / EEC	Vaisala / EEC
設置年	1993	1994	2010
ドナー・設置者	フィジー政府	フィジー政府	フィジー政府
維持管理・保守	週・3 か月・年の点検	週・3 か月・年の点検	週・3 か月・年の点検
通信方式	光ファイバー Telecommunications Fiji Limited	VSAT – Telecommunications Fiji Limited	VSAT – Telecommunications Fiji Limited
プロダクト	CAPPI	CAPPI	CAPPI

(5) インドネシア (BMKG)

当該国の「稼働中の気象レーダーの状況」および「今後のレーダー導入計画」について既往調査報告書⁶⁶および現地ヒアリングに基づき、概略を以下に整理する。

1. 稼働中の気象レーダーの状況	
・設置場所 ・観測範囲 ・種類 ・メーカー ・設置年/支援元 ・通信方法	2006 年から気象レーダーの整備を開始し、現在気象レーダー42 基を運用 (C バンド 37 基、X バンド 4 基)、そのうち 34 基が BMKG 本局と接続されている。地形の影響により C バンドレーダーでは観測できない地域については、X バンドレーダーを採用している。(図 III.2.2.5-5) 本局へのデータ伝送は、光回線と衛星回線（特に東部）で行っている。ジャワ島、スマトラ島、バリ島は、1Mbps の光ケーブルを使用しているが、通信コストを抑えるため 512Kbps 回線を採用したサイトでは時々停止するなどの問題がある。通信の問題で 8 基のデータは入手できず未統合。
・定量的降水量測定 (QPE)	伝送データの仕様がレーダーメーカーごとに異なるため、SIDARM (Sistem Integrasi Radar Mandiri) と呼ばれる、独自に開発したレーダー

⁶⁴ <https://napglobalnetwork.org/wp-content/uploads/2019/12/napgn-en-2019-fijis-hydrometeorological-observation-equipment-maintenance-and-service-production.pdf>

⁶⁵ 本調査アンケートへの回答

⁶⁶ 「アジア地域への気象レーダー等海外展開調査業務 現地調査結果分析」報告 (2019)

・プロダクト	データ処理ソフトで合成。また、国土全体をカバーする雨量計ネットワークが不十分なため雨量計データに基づく QPE は未整備で、Z-R 関係式を使用して QPE を生成する。 TITAN および STEPS アルゴリズムを使用した QPF も実施され、衛星雲画像とレーダー画像との合成も実施済み。 レーダー観測の目的は、基本的には航空気象監視である。スキャニングストラテジーは統一したものを使いたい、現状はレーダーサイトごとに異なる状況である
・維持管理	受信装置等の部品入手に時間を要したことはあるが、ほとんどの気象レーダーは適切に機能している。一方、設置後 3 年で故障し、運用停止中の固体素子レーダーもあり、ライフタイムを延ばす知見が欲しいとの要望があった。 ジャカルタなど都市部では Wi-Fi 等によるレーダーの電波干渉がある。
2. 今後のレーダー導入計画	
	2024 年までに 75 台 (33 台増設) とする計画である。また、システム寿命の台準を定め、10 年以上経過したレーダーは更新するように計画している。なお、固体素子の良さが分かれば導入するが、二重偏波は必須ではない。二重偏波気象レーダーは 4 基 (C バンド 1 基、X バンド 3 基) を導入したが、X バンド 3 基 (いずれも EEC 社製) については導入後 3 年程度で故障している。

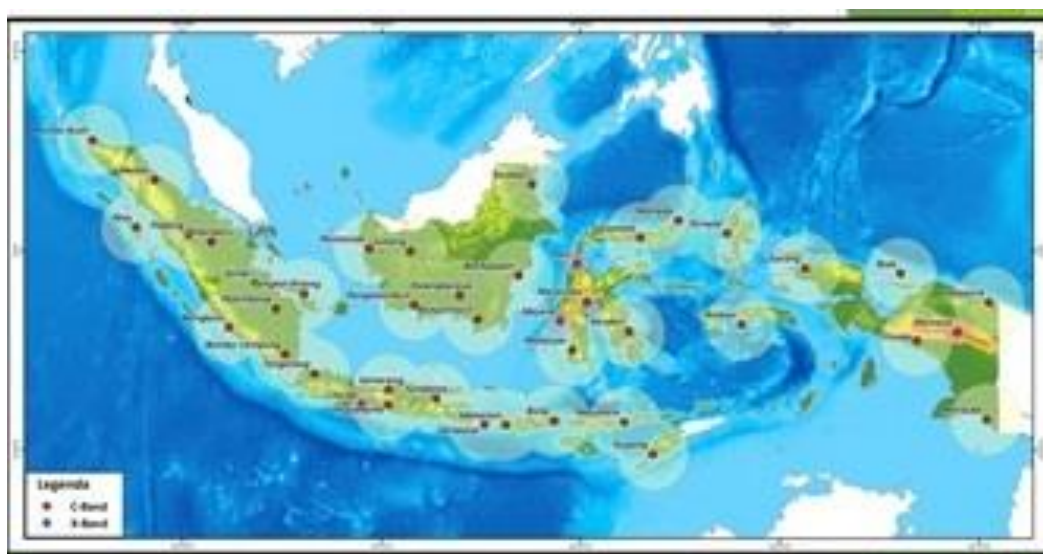


図 III.2.2.5-5 インドネシア国内のレーダーサイト位置⁶⁷

現在、以下のような制約や課題があると考えられる。

- レーダー観測の空白域

⁶⁷ 「アジア地域への気象レーダー等海外展開調査業務 現地調査結果分析」報告 (2019)

- 維持管理（予備機材の価格高騰・システム維持管理に関する全体計画立案等）
- 設置環境（電波干渉、東部地域などでの安定した電源と通信インフラの確保）
- 人材不足（維持管理能力、データ処理および解析能力、IT システム開発能力）

以下の問題点への対応策は、将来計画の立案とともに、他機関との調整等も考えられる。

- 国土の面積が大きいことためレーダー観測の空白域を埋めるためには、更なるレーダー観測網の拡大が必要である。レーダーカバー域の拡大（空白域の減少）
- 電波干渉の解決に向けた、通信省とのより深い協力関係の形成（実施中）

特に、今後の協力方針としては、上記の BMKG の技術力向上をめざした日本との技術協力であり、熟練したレーダー及び IT 技術者の人材育成とともに、日本の保有する幅広い人的リソース（大学・研究機関等）を活用し、国際ワークショップやコアメンバーの海外研修（気象庁・レーダーメーカー等での研修によって、BMKG 内におけるレーダー運用者および技術者の能力向上が考えられる。

(6) ラオス（DMH）

当該国の「稼働中の気象レーダーの状況」および「今後のレーダー導入計画」について概略を以下に整理する。

1. 稼働中の気象レーダーの状況	
・ 設置場所 ・ 観測範囲 ・ 種類 ・ メーカー ・ 設置年/支援元 ・ 通信方法	2006 年にビエンチャンの DMH 本部に JICA プロジェクトにより C バンドドップラーレーダーが設置された。12 年運用した後、アンテナ制御装置の一部が故障し、2017 年後半から停止している。ラオスは日本に修理を依頼したが、その後の進展はない。⁶⁸ 該当のモジュールがメーカーによる生産停止のため、復旧の目処が立っていない。⁶⁹
・ 定量的降水量測定（QPE） ・ プロダクト	主なプロダクト：CAPPI, PPI, RAIN1, RAINN, RHI, WIND ・ 降水量換算まで実施、レーダーが動いていた時期については、地上雨量計とキャリブレーションしていたが、比較的観測精度は良かった。地上の観測地点が少ないので、レーダーによる面的な降水量の情報は役立っていた。 ・ ナウキャストの技術は気象局に対し、特に都市の洪水と流域管理の分野で多大な利益をもたらす。ナウキャストへの需要はあるが、技術が入手できない。レーダーデータは降水分布情報として、ビエンチャン国際空港の離発着の安全管理にも利用され、気象レーダーが重要であるという認識はあり、またダム管理者はレーダー情報をダム操作に使用しているとのこと。国内の地上雨量計の数が限られるため、レーダーデータは降水の面的分布を把握するのに有効である。ただし、当該レーダーの観測エリアが限定されているため、国内全体の降水状況監視には、隣接する国（ベトナム・タイ・中国）の観測データも必要となる。

⁶⁸ 「アジア諸国における気象レーダーの海外展開に関する現地調査」報告（2019）

⁶⁹ 「アジア諸国における気象レーダーの海外展開に関する現地調査」報告（2019）

	・干渉の影響が出ており、タイの無線局からの場合が多い。
・維持管理	・定期メンテナンスの契約はしていない。引き渡し以降、2009 年と 2010 年に故障。気象水文フォローアップを実施していたのでその中で対応したが、2017 年後半から空中線制御装置の部品故障のため運用停止。 ・メンテナンス契約をしていないため、過去に気象レーダーが故障により停止したことがあるが、DMH で対応を行わず放置していたことなどの問題あり。 ・故障等が発生した場合、DMH は JICA に依頼し JICA 経由で JRC にサポートを依頼する。DMH からフォローアップ事業を入れるように依頼があったが、すでに 1 度フォローアップを入れているため、同じ枠組みでは難しくラオス政府が確保している予算で修理という要望があれば修繕可能。
2. 今後のレーダー導入計画	
	・国内全体をカバーできていないが、現時点で気象レーダー増設に関する具体的な計画はない。特に必要なのは北部であり、レーダーの周波数帯に特に希望はない。ラオス国内には 12 の空港があり、うち 3 つが国際空港であり、最低でも 3 台は必要であると考えている。

既存レーダーが運用停止中のため同機を早期に復旧されることが最優先である。故障部品を含む装置一式の交換（RVP9 への換装）も考えられるが、新しいタイプのレーダー（固体化二重偏波）への装置全体の更新についても検討すべきである。

無償資金によりレーダーを導入する場合においては、初期費用が高くてもその後の維持管理費を抑えることが該当国のメリットとなるので、日本の固体化レーダーが高精度である点に加え、低消費電力、低コスト、耐久性の良さにより、運用期間全体で考えたときのコスト削減を強調する。

DMH には、観測機器の自動化、データの送信、および機器に対する維持管理に関して経験が豊富な技術者が少ないため、レーダーの維持管理だけでなく、IT 関連の技術者の養成も含む広範囲な研修内容とすることが必要である。

DMH は、ナウキャスト技術は、都市の洪水と流域管理の分野で大きな効果があると考えている。ただし、DMH に開発する人材はいない。ラオスにおける支援では、機材等の物資と人材の双方をサポートする必要がある。データ利活用方法の提案だけではなく、日本側でソフトウェアを作成、提供することが受け入れられやすい。レーダーデータを活用した支援ツール（ナウキャストや DRAW 機能等）の提供が有効と考えられる。

効率的な自然災害の防止および防災目的での気象データ利活用のため、他の防災機関、ダム管理者、マスコミなども対象とした研修を実施することも有効である。また、新たな情報の追加する場合は、危険性の変化をリアルタイムに可視化する、あるいは避難情報等の発出が早くなるなどユーザー側のメリットを明確に示すことが効果的である。

日本における気象行政、観測機器整備の考え方、中長期計画（プラン）などを DMH およびラオス政府に説明するなど、長期的な DMH の発展の視点に立った支援を実施していくことが将来

的に効果をあげると考えられる。

(7) モンゴル (NAMEM)

当該国の「稼働中の気象レーダーの状況」および「今後のレーダー導入計画」について概略を以下に整理する。

1. 稼働中の気象レーダーの状況	
・ 設置場所 ・ 観測範囲 ・ 種類 ・ メーカー ・ 設置年/支援元 ・ 通信方法	2000 年に「気象観測および予報システムのアップグレードプロジェクト」の中で、チンギスハーン国際空港近くのモリンウル山に設置された（図 III.2.2.5-6）。レーダーデータは、NAMEM の本部と航空気象センターで使用されている。このほか 4 台のモバイルレーダーがある。NAMEM は上記 5 台（C: 1、X: 4）のレーダーを運用し、今後、豪雨イベントを監視するための技術スキルを向上させる必要がある。 ⁷⁰
・ 定量的降水量測定（QPE） ・ プロダクト	プロダクト、データ統合、QPE、データ交換については -20 以上の気象学的に重要なプロダクト -データ統合なし -データ交換なし（レーダー固定レーダーサイトは 1 つのみ）
・ 維持管理	メンテナンスは四半期ごとおよび年ごとに実行され、1999 年から継続的に機能しているが、これ以上の技術リソースはなく、更新が必要である。
2. 今後のレーダー導入計画	
	近い将来（2021-2024）、4 台の気象 C バンドレーダーの設置が計画されている。2021 年には、X バンドレーダーがウランバートルに設置され、2022 年から 2025 年にかけて、NAMEM は C バンドレーダーの設置を計画している。対象地域は 200～300 km、国家予算（NAMEM 自身の予算ではない）で実施予定。 S バンドドップラーレーダーネットワークの確立 NAMEM にはドップラーレーダーが 1 つしかないため、レーダーネットワークを拡大する必要がある。2022 年に、ヘンティー県に S バンドドップラーレーダーを設置する予定。引き続き、ウブスハンガイ、ホブスゴルの各州に S バンドドップラーレーダーを設置する予定。 / 2021-2025 /

気象レーダーの観測データは、GPV 数値予報データ、国内の観測データ、高層データとともに、有効に活用され、気象解析・予報を行う気象システム全体の中心として機能しており、気象予報の迅速な提供、災害警報、防災に関する各種情報レポートの作成などに貢献している。

⁷⁰ WMO / JMA WIGOS Workshop (2019) カントリーレポート、NAMEM パンフレット



図 III.2.2.5-6 2020 年 9 月現在のモンゴルレーダー稼働状況⁷¹

(8) ミャンマー (DMH)

当該国の「稼働中の気象レーダーの状況」および「今後のレーダー導入計画」について概略を以下に整理する。個別レーダー諸元の詳細については表 III.2.2.5-2e にまとめる。

1. 稼働中の気象レーダーの状況⁷²

・ 設置場所 ・ 観測範囲 ・ 種類 ・ メーカー ・ 設置年/支援元 ・ 通信方法	日本の無償資金協力により S バンド固体化レーダー3 台（ヤンゴン、マンダレー、チャウピュー）が 2018 年に導入された。3 か所のレーダーサイトからネピドーに観測データを VSAT 経由で転送している。各レーダーには発電機が付属している。 レーダーデータは 15 分ごとに更新。14 スキャンを 13 分で終えるスケジュールで運用している。4 スキャンは半径 400km の強度モード（ドップラー風速の観測はなし）、残りの仰角は半径 200km のドップラーモード。 3 台のレーダーからのデータは DMH 本局（ネピドー）に送られ、本局の気象予報官がミャンマー全国の気象予報を発表する。通信は、VSAT 回線を使用。
・ 定量的降水量測定 (QPE)	DMH の予報現業では雨量分布のみを利用し、エコー頂高度や VIL などのプロダクトの利用はない。雨量の定量化 (QPE) の実施、ナウキャ

⁷¹ 2020 年 9 月にモンゴル訪問時報告

⁷² 「アジア諸国における気象レーダーの海外展開に関する現地調査」報告（2019）

・プロダクト	スト、定量的な雨量値による予警報発表などにより、日本製気象レーダーの観測精度、定量観測が可能であることを明確に示すとよいレーダーの定量的な情報を現業で利用できず、レーダー画像の確認のみとなっている。DMH は、今後 QPE、QPF を実施して短時間予報精度の向上を図りたいと考えている。
・維持管理	現在 9 名のエンジニアが 2 名ずつ 3 シフトで勤務 機材導入時のソフトコンポーネントにおいて、地形エコー、レーダーデータの品質管理、固体化レーダーの機能などの説明はされておらず、DMH 職員は気象レーダーの品質管理やデータ処理の能力を十分に有していない レーダー運用者は、マニュアルに基づいた確実な保守点検はできているが、基礎的な電気 や論理回路などの知識はあるが、予防保守やトラブルシューティングなど、より実践的な技術研修が必要である。 ミャンマーは高温多湿であり、他国と比べて VSAT システム用の UPS の耐用年数が短い。チャウピューにある 6 つの UPS が耐用年数を迎えたが、現地では同型のバッテリーを販売していない。UPS バッテリーの交換を忘れることがある。日本では、予備品を複数個用意している。国際間で、予備品の共有ができると良い。同じ種類のレーダーを運用しているならば、予備品の共有ができる。 ヤンゴン、マンダレー、チャウピューのレーダーサイトは、発電機がレーダーサイトのみに設置。DMH 本局のあるネピドーにはレーダーのモニタリングシステムと VSAT システムがあり、非常用発電機も設置されている。ネピドーにはレーダモニタリングシステムと VSAT システムのみ、そのため非常用発電機が設置。 ヤンゴンレーダーにある商用電源/発電機の自動切替機 2 台が 2018 年の落雷により故障し、うち 1 台はネピドーの発電機の部品を使って修理し、残りの 1 台は壊れたままで、ネピドーの非常用発電機は利用できない状態である。 また、チャウピューレーダーの UPS のバッテリーが耐用年数を迎え、現地では同型のバッテリー入手が困難。 南方に遮蔽を引き起こす建物、高層ビルは今後増える可能性が高い。
2. 今後のレーダー導入計画	
	・現状の 3 台のレーダーではカバーできない地域があるため、南部のダウェイと北部のミッチーナの 2 か所が選定し、2 台のレーダーの追加設置要望を JICA へ提出している DMH が直面している課題は、人材、インフラ、予算である。今後の計画として、既存施設の持続可能な管理、地上観測データの品質管理、国内の異なったフォーマットの AWS の統合、気象業務の発展に向けた国際機関との連携をあげている。

	レーダーを運用するには、総費用を考慮することが非常に重要となる。レーダーの導入にあたっては、維持管理、研修、予備品、その他を含めたトータルの費用を検討する必要がある。無償資金援助により 3 台のレーダーが導入されたが、さらにレーダー観測の空白域を埋めるためには、増設が必要である。 ・スペアパーツの入手に困難が生じている。現状では、三局とも稼働中であるが、今後の情勢によっては、運用および保守・維持管理が課題となる。

以前のヒアリング⁷³では、次のような点が課題としてあげられている。

- DMH は、将来的に人材の育成が進んだ段階で、レーダー担当の予報官を置くことを考えているが、現在の体制ではレーダー情報の 24 時間の監視ができない。
- 初期費用が高くてもその後の維持管理費を抑えることが該当国のメリットとなるので、日本の固体化レーダーが高精度である点に加え、低消費電力、低コスト、耐久性の良さにより、運用機関全体で考えたときのコスト削減を目指した仕様とすることが必要である。
- 今後気象レーダーを増設する場合には、維持管理の効率化と経費削減のためセンターシステムを強化したネットワーク構成とすることが重要である。このとき、限られた通信インフラの条件下で、必要なデータを本局に伝送する環境を構築することが必要である。
- データ利活用方法の提案だけではなく、日本のデータ処理ソフトウェアを提供することが受け入れられやすい。レーダーデータを活用した支援ツール（QPE、QPF）のソフトを導入することが有効と考えられる。
- DMH としては、レーダープロダクト、AWS データのいずれについても WMO の標準フォーマットである BUFR（地上気象観測データを通報するフォーマット）および GRIB2 形式（メッシュデータを通報するフォーマット）への変換による、世銀システムなどとの共有を希望している。⁷⁴
- 防災目的での気象情報、データ利活用の有効利用のため、他の防災機関、ダム管理者、マスコミなどを対象としたデータの内容、特性、利用方法等に関する説明会や研修を実施することも有効である。DMH と防災機関等の業務分担も考慮しつつ、新たな気象情報を提供する場合、危険性の変化をリアルタイムに表示（可視化）、避難情報等の発出が早くなるなどユーザーにとってのメリットを明確に示すことが効果的である。
- 気象庁における気象行政、観測機器整備の考え方、気象業務全体の中長期計画（プラン）、人材育成（研修）などを DMH およびミャンマー政府に説明するなど、長期的な DMH の発展の視点に立った支援を実施していくことが将来的に効果をあげると考えられる。

⁷³ 「アジア諸国における気象レーダーの海外展開に関する現地調査」報告（2019）

⁷⁴ <http://www.wmo.int/pages/prog/www/WMOCodes/ManualonCodes.html#Codes>

(9) ネパール (DHM)

当該国の「稼働中の気象レーダーの状況」および「今後のレーダー導入計画」について概略を以下に整理する。

1. 稼働中の気象レーダーの状況	
・ 設置場所 ・ 観測範囲 ・ 種類 ・ メーカー ・ 設置年/支援元 ・ 通信方法	DHM は、全国をカバーする 3 つの気象レーダーのネットワークを設置することを計画している（図 III.2.2.5-7）。EEC Defender C350 の最初の気象レーダーは、2019 年 3 月に国の西部地域のスルケートに設置された。パルアとウダイプルに設置が予定されているさらに 2 つのレーダーは、スルケートのレーダーとネットワークを構築して、国全体のドメインを監視する。このレーダーは、国の西部地域の定量的な降雨量の推定値を提供し、全方向に最大 200km の大気をスキャンする機能を備え、DHM は設置されたレーダーの運用と保守を担当している。⁷⁵ 最初の気象レーダーは、ネパール西部のスルケートのラタナンガラに 2019 年に設置された。このレーダーは、国の西部地域の定量的な降雨量の推定値を提供し、全方向に最大 200km の大気をスキャンする機能を備えている。計画されている 3 レーダーネットワーク用に、近い将来 2 つの追加レーダーが設置される予定である（図 III.2.2.5-7 を参照）。これらの追加レーダーは、中央地域 4 のパルパのリブディコットと東部地域のウダイプルのラメタールに設置される予定である。レーダー技術は、短期予測（ナウキャスト）に役立ち、厳しい気象状況が発生した場合の警告リードタイムを向上させるための重要なリアルタイム情報を予測者に提供する。さらに、DHM はレーダー情報を使用して、さまざまな水文気象変数（降雨、降雪など）のリアルタイムの水文モニタリングと予測を改善し、ヒマラヤ山脈にまたがる複雑な地形で発生する可能性のある洪水、土石流、地滑りをタイムリーに予測する。
・ 定量的降水量測定 (QPE) ・ プロダクト	近い将来 2 つのレーダーが設置され（図 III.2.2.5-7 参照）、これらの追加レーダーは、中央地域のパルパのリブディコットと東部地域のウダイプルのラメタールに設置される予定。レーダー技術は、短期予測（ナウキャスト）に役立ち、厳しい気象状況が発生した場合の警告リードタイムを向上させるための重要なリアルタイム情報を予測者に提供する。さらに、DHM はレーダー情報を使用して、さまざまな水文気象変数（降雨、降雪など）のリアルタイムの水文モニタリングと予測を改善し、ヒマラヤ山脈にまたがる複雑な地形で発生する可能性のある洪水、土石流、地滑りをタイムリーに予測する。
・ 維持管理	
2. 今後のレーダー導入計画	
	DHM はパルパとウダイプルでさらに 2 つの気象レーダーを運用する

⁷⁵ DHM ウェブサイト

	が、1 つはすでにスルケートに設置されている。1 つの X バンドレーダーが 2021 年までにバレーによってカトマンズに設置される。気象ニュースチャンネルはネパールで気象ニュースを放送するためにテレビに接続される。

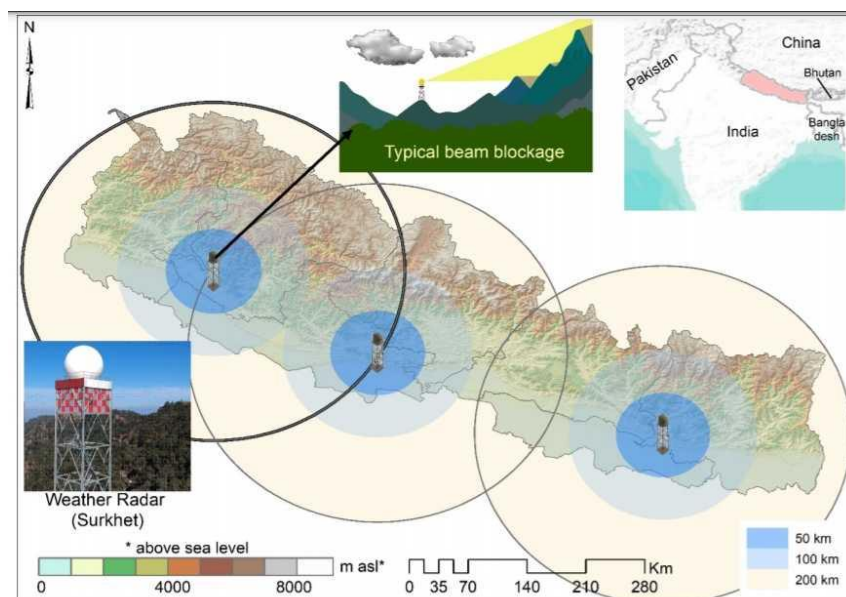


図 III.2.2.5-7 ネパールの気象レーダー配置と観測範囲（太実線：運用中、細実線：計画中）⁷⁶

(10) パキスタン（PMD）

当該国の「稼働中の気象レーダーの状況」および「今後のレーダー導入計画」について概略を以下に整理する。

1. 稼働中の気象レーダーの状況	
・ 設置場所 ・ 観測範囲 ・ 種類 ・ メーカー ・ 設置年/支援元 ・ 通信方法	1990 年度より「気象レーダー網整備計画（フェーズ I 事業）」（1991 年 3 月完成）が実施され、「パ」国北部の首都イスラマバード及び南部のカラチに気象レーダーシステムが整備された。その後、降雨及び洪水の更なる予測精度の向上のため、1998 年度より「第 2 次気象観測網整備計画（フェーズ II 事業）」（1999 年 3 月完成）が実施され、中部のデラ・イスマイル・カーン及びラヒムヤル・カーンに気象レーダーシステムが整備された（図 III.2.2.5-8）。4 台の気象レーダーシステムがネットワーク化され、イスラマバード及びカラチの気象レーダーシステムは設置から 22 年経過し、デラ・イスマイル・カーン及びラヒムヤル・カーンの気象レーダーシステムは設置から 14 年経過して、老朽化に伴い頻発する不具合等が気象レーダー観測業務に支障をきたし、レーダーメーカー側によるスペアパーツ供給が年々困難となったことから、「パ」国側は我が国に対し専門技術者の派遣による既設機材の状況、不具合箇所・ス

⁷⁶ Rocky Talchabhadel et al., Weather Radar in Nepal: Opportunities and Challenges in Mountainous Region, Atmospheric and Oceanic Physics (2020)

	ペアパーツ必要箇所の詳細確認及び修理方法の検討等のフォローアップ調査を要請し、調査結果にもとづく機材供与／修理についても要請を行った。フォローアップ調査が 2010 年 2 月より実施され、緊急措置として 2011 年にフォローアップが実施された。 現在、パキスタンには 7 つの気象レーダーがある。4 つ（イスラマバード、カラチ、ラホール、マンガラ）は S バンドレーダーで、3 つ（デラ・イスマイル・カーン、ラヒヤルカーン、シアルコット）は C バンドレーダーである。さらに、JICA の支援を受けて、ムルタンとサッカルで新しい S バンドパルス圧縮ソリッドステート二重偏波気象ドップラーレーダーシステム導入が検討された。
・ 定量的降水量測定 (QPE)	
・ プロダクト	
・ 維持管理	
2. 今後のレーダー導入計画	
	現在の優先目標： 項目 1：気象レーダーネットワークの拡張 計画：レーダーは天気予報を改善するためのツールであり、PMD は JICA の支援を受けてカラチとイスラマバードに気象レーダーを設置した。ムルタンとサッカルのにさらに 2 つのレーダーは実装段階にあり、2024 年 12 月までに完了する可能性がある。 項目 2：気象観測ネットワークの拡大 計画：PMD は、テシル（日本の郡に相当）レベルで観測ネットワークを拡張する予定である。この点で、PMD は JICS 社会セクター開発プログラムの下でプロジェクトを実施し、シンドとパンジャブに 46 のハイブリッド気象観測所のネットワークを確立している。PMD はまた、世界銀行の PHCSP プロジェクトの下で、国内に 300AWS のネットワークを確立している。 項目 3：数値天気予報機能の改善 計画：PMD は、その解像度と容量を強化することにより、より良い定量的予測のために数値気象積の精度を改善する予定である。PMD は最近、JICA が資金提供した SMRFC プロジェクトの下で、NWP システムを 8tflp から 22tflp に改善した。 近い将来（5 年先）の優先目標： 項目 1：気象レーダーネットワークの拡張と NWP モデルへの統合

	計画：PMD はまた、世界銀行のプログラムの下で、グワダル、クエッタ、チェラート、シアルコットに 4 レーダーを設置している。PMD はまた、ラホールに気象レーダーを設置するための支援と NWP システムへの統合を JICA に要請した。PMD はまた、HRPT と衛星データ受信システムを提供することにより、衛星カバレッジの改善を支援するよう JICA に要請した。

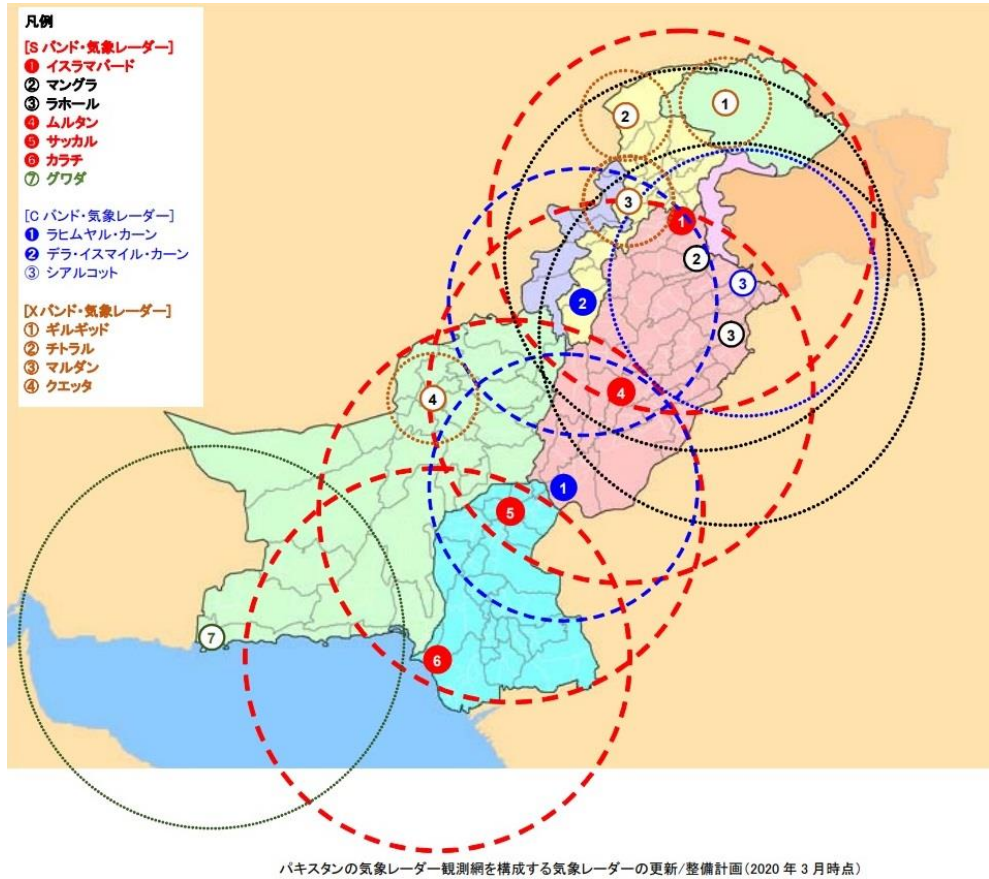


図 III.2.2.5-8 パキスタンにおける気象レーダー配置 (赤丸番号：JICA 関連分) ⁷⁷

(11) フィリピン (PAGASA)

当該国の「稼働中の気象レーダーの状況」および「今後のレーダー導入計画」について概略を以下に整理する。個別レーダー諸元の詳細については表 III.2.2.5-2g にまとめる。

1. 稼働中の気象レーダーの状況

・ 設置場所 ・ 観測範囲 ・ 種類 ・ メーカー ・ 設置年/支援元	国内に 16 台のドップラー気象レーダーを設置し、現在運用中のレーダーは次のとおり。 ■ルソン島：1) バスコ (バタネス、現在修理中)、2) アパリ (カガヤン)、3) バギオ、4) スービック (サンバレス)、5) バレル (オーロラ)、6) タガイタイ (カビテ)、7) ブスアンガ、8) ケソン (7,

⁷⁷ JICA 「サッカル気象レーダー整備計画 準備調査報告書 (先行公開版)」 2020 年 7 月

・通信方法	8ともパラワン)、9)ダエト(カマリネスノルテ)、10)ビラック(カタンデュアネス、国内で最も近代的なレーダー施設) ■ヴィサヤ:11)マクタン(セブ)、12)イロイロ、13)アルブルケルク(ボホール)、14)ギワン(東サマール) ■ミンダナオ:15)サンボアング市、16)タンパカン(サウスコタバト)、 17)ヒナトゥアン(スリガオデルスル)。 さらに、アグノ(パンガシナン)、マスバテ(マスバテ)、ラワン(ノーザンサマル)に少なくとも3つのドップラー気象レーダーステーションを計画。 これらの17台のドップラーレーダー(CバンドとSバンド)以外に7台の固定Xバンドレーダーが配備。さらにPAGASAには2式の移動型Xバンドレーダーがある。2020年にはドップラーレーダーの数を20台に増やす予定。 2台の固定Xバンドレーダーはタラカグトリボナに配備されている。⁷⁸ 2020年現在のフィリピンにおけるドップラー気象レーダーの設置場所 Doppler Radar 19 7 C-Band/ 9 S-Band /3 X-band Mobile 黒丸:運用 赤丸:構造的な損傷のために動作していない 青丸:建設中 緑丸:提案された新しいレーダー なお、2013年11月の台風30号(ヨランダ)によりギウアンレーダーが被災し、その後、復旧しているが、引き続き、ビラクレダーが被災し、現在、停止中である。 PAGASAのドップラー気象レーダーは図III.2.2.5-9のとおり。
・定量的降水量測定(QPE) ・プロダクト	情報の伝送と台風情報:
・維持管理	
2. 今後のレーダー導入計画	
	■ブスアング、ダエト、ベラー、アグノ、ボホール、ラワン、マスバテにドップラーレーダーシステムを設置する ■次のサイトにXバンドレーダーネットワークを確立: 1) カガヤン川流域-イサベラ、エチャゲ 2) パナイ川流域-カピス、クアルテロ 3) Ilog-ヒラバング川流域-東ネグロス島カバンカラン

⁷⁸ JICA「カガヤンデオロ川流域の洪水予測と警告システムの改善」報告書 PAGASA Annual Report 2019

	4) アグサン川流域-エスペランザ、アグサンデルスル 5) タグム-リブガーノン川流域-パナボ、ダバオデルノルテ 6) ミンダナオ川流域-北コタバト、カバカン ■セブのダーンバンタヤン、パロンポン、レイテ/カモテス島、セブ-ダナオ、セブ/カルレス、イロイロ-コンセプシオン、イロイロ-マドリデホス、セブ) にドップラーレーダーを設置

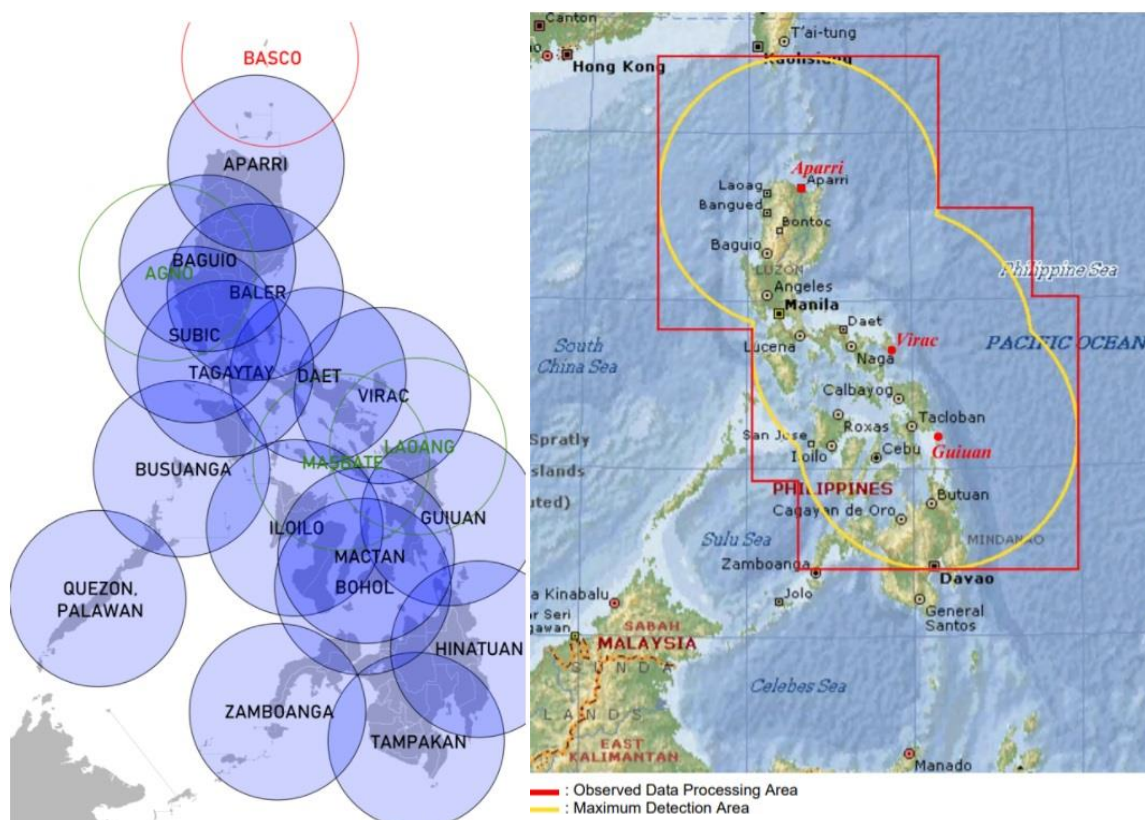


図 III.2.2.5-9 フィリピンにおける気象レーダー配置（左：現状 右：JICA 関連分）⁷⁹

(12) スリランカ (DOM)

当該国の「稼働中の気象レーダーの状況」および「今後のレーダー導入計画」について概略を以下に整理する。個別レーダー諸元の詳細については表 III.2.2.5-2h にまとめる。

1. 稼働中の気象レーダーの状況	
・設置場所 ・観測範囲 ・種類 ・メーカー ・設置年/支援元 ・通信方法	表に示す 2 地点（プッタラムおよびポットゥビル）に二重偏波ドップラーレーダーを設置する計画が進められている（図 III.2.2.5-10）。

⁷⁹ フィリピン国 気象観測・予報・警報能力向上 プロジェクト 詳細計画策定調査（2014）

・ 定量的降水量測定 (QPE) ・ プロダクト	
・ 維持管理	2007 年にトリンコマリー (Trincomalee) にある既設気象レーダーが稼働停止して以後、10 年以上経過し、DOM には気象レーダーの運用維持管理の経験を有している技術職員はいないが、コンピュータを含むデジタル気象観測機材には習熟している技術者が多いことから、レーダー制御等への技術的対応には大きな問題はない。
2. 今後のレーダー導入計画	
	気象レーダー整備計画では現地において、以下の作業が予定されている。 -局舎建設-土木工事、建築および内装工事。 -レーダー機器製造後の輸送、設置。 -付帯設備として、通信回線敷設、商用電源引き込み等 -検査および引き渡し ヒアリングによれば、2023/2024 年の設置を想定し、それまでにレーダー運用計画を立てるとのこと。プロジェクトには、レーダー管理およびレーダーデータ利用のためのコンポーネントが含まれている。また、維持管理に関して、気象レーダーシステム特有の送信装置、受信信号処理装置及び空中線装置等の部分について現地研修を主体とした技術移転、障害チェック、障害発生時の対応方法等に関する技術支援が必要。

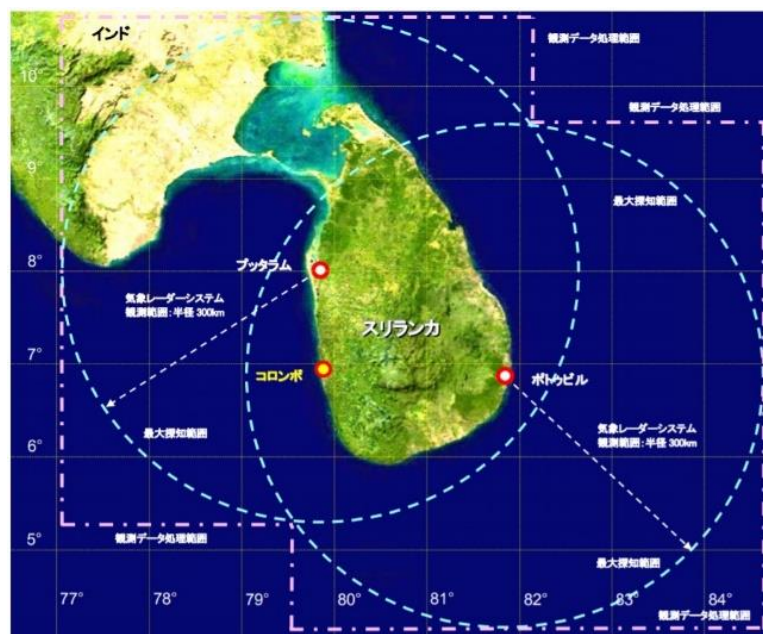


図 11 プロジェクト完成後の「ス」国気象レーダー観測網画像合成範囲図

図 III.2.2.5-10 設置予定の気象レーダーの観測範囲

(13) ベトナム (VNMHA)

当該国の「稼働中の気象レーダーの状況」および「今後のレーダー導入計画」について概略を以下に整理する。個別レーダー諸元の詳細については表 III.2.2.5-2h にまとめる。

1. 稼働中の気象レーダーの状況 ⁸⁰	
・ 設置場所 ・ 観測範囲 ・ 種類 ・ メーカー ・ 設置年/支援元 ・ 通信方法	現在、VNMHA は、ベトナムをカバーする 9 台のレーダー（2 台の S バンド単一偏波、5 台の C バンド単一偏波および 2 台の C バンド二重偏波気象レーダー）を運用している。観測データは、ネットワークを介して 10 分ごとに気象観測所（AMO）に収集している。（図 III.2.2.5-11） 2017 年 11 月に無償資金協力による 2 台（フーリエンおよびヴィン）の気象レーダーが引き渡され、保証期間は 2018 年 9 月 17 日に終了した。同年 8 月末から 9 月初めにかけて保証期間の終了に伴う検査等のためレーダーメーカー等が来越している。 なお、当初要請と比べて供与機材が大きく削減され、詳細計画策定調査の実施に先立ち、NHMS（現 VNMHA）の現状・課題の確認のため、2017 年 2 月に JICA によりコンタクトミッションが派遣され、同ミッションにおいてレーダーの維持管理、レーダーデータの品質確保への協力は、今後の NHMS（現 VNMHA）の気象予報能力の向上に貢献することが確認され、レーダーの活用を中心として包括的な気象サービスの能力向上を目指すことのニーズ並びに重要性が確認された。 その結果、2019 年には気象庁や JICA の支援を受け、CMAX（最大反射強度）が作成され、予報センターに共有されている。また、気象庁プロジェクトでは、ARG データを用いた定量的降水量測定（QPE）が開発され、JICA 技術協力プロジェクトでは定量的降水量予測（QPF）が進行中である。
・ 定量的降水量測定（QPE） ・ プロダクト	■レーダーサイトの体制 フーリエンの場合、男性 2 名、女性 3 名による 8 時間毎の交代勤務で、かなり厳しい勤務実態であり、実質 4 名となった場合もある。全員が気象分野の専門性は有しているが電気、機器保守分野の業務経験は無い。このうち、月点検の性能測定を担当できる、技術移転可能な職員は一人だけと思われる。また Smin（最小受信感度）、ダイナミックレンジ測定は理解できず実施していない。
・ 維持管理	■維持管理上の課題など 1)レドーム、アンテナ機構部、送信装置、一次電源系などの高圧系の点検時に危険を忠告する「緊急指示」が通じないゆえ事故発生に責任が持てない。 2)アンテナ機構部の点検には足場組み立て他数名での作業が必要であり安全面で危険を伴う力仕事で且つ、レドーム内の温度環境（高温）か

⁸⁰ 「アジア地域への気象レーダー等海外展開調査業務 現地調査結果分析」報告（2019）

	ら女性職員は研修対象からは除外したほうが良い。 3)半年、年点検はアンテナ機構部へのグリース補給、給油、スリッピング清掃などが中心であり、日本では高所作業資格者認定が必要なものである。 4)2つのサイトとも数少ない職員数であり、実機による維持管理業務研修（OJT）はシフト当番勤務体制下のままで実施するには無理がある。 5) フーリエンおよびヴィンレーダーの raw データの蓄積について、1日のデータ容量は 174Mb（z, v, w の極座標および正方格子座標 raw データ）で、1TB のハードディスクでも数年分保存可能であるが、ブルーレイはサイズが小さくレーダーデータ収録に適していない。現在の JRC 端末では二次加工プロダクトも含め保存をしており、長期間のデータを保存できないこと、小さなファイルが多くデータの取り扱いに不便である。 ■課題への対処 1)維持管理業務を担える技術移転、人材育成の研修は2サイトで別々に行なうのではなく両サイトから選別の職員、AMO のレーダー担当職員から候補者を選別しハノイに近いフーリエンサイトでの集中研修を実施することが効果的。
2. 今後のレーダー導入計画	

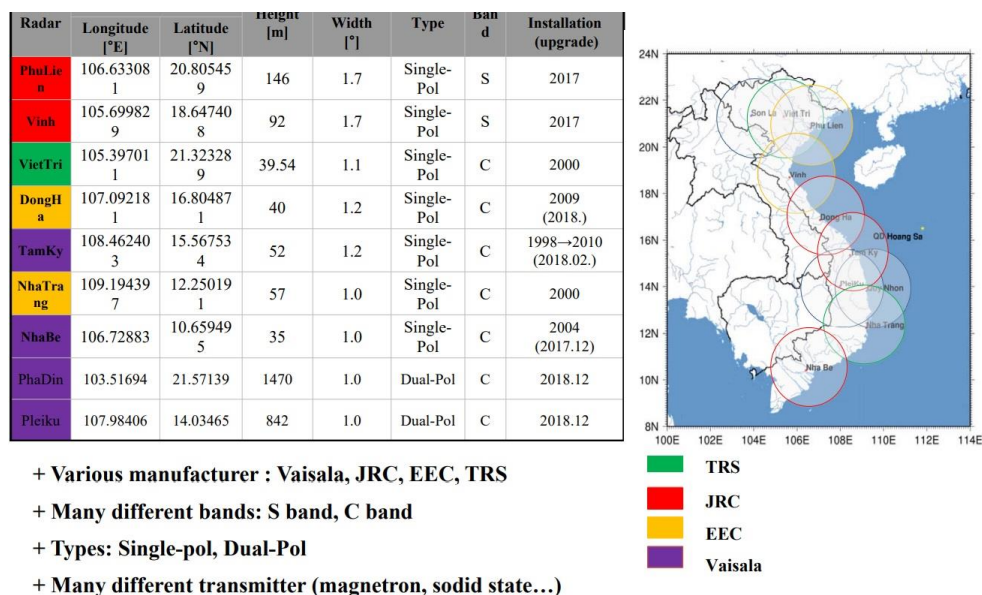


図 III.2.2.5-11 ベトナムにおける気象レーダーの現状

以下、既往報告⁸¹をもとに、今回の調査結果を加筆して、各国の個別レーダー諸元をまとめる。

⁸¹ 「アジア諸国における気象レーダーの海外展開に関する現地調査」報告（2019）

表 III.2.2.5-2a 個別レーダー諸元の詳細

国名	バングラディシュ					ブータン	カンボジア	フィジー		
サイト名	Coxs Bazaar	Dhaka	Khepupara	Moulvibazar	Rangpur	未整備	TECHO SEN	Nadi	Nausori	Labasa
No.	1	2	3	4	5		1	1	2	3
管理者	BMD	BMD	BMD	BMD	BMD		DOM	FMS	FMS	FMS
緯度	21° 27' N	23° 47' N	21° 59' N	24°29' 8" N	25°44' N		11°31'46" N	19°17' 10" N	16°51' 56" N	21°56' 31.4" N
経度	91° 58' E	106°38'E	90° 14' E	91°46' 30" E	89° 16' E		104°55'37" E	93°31' 27" E	96°9' 13" E	96°5' 19" E
標高	32m	1 5 m	2m	22m	3 6 m		10 m			
地上高	29m	60m	38m	52m	43m		50.6 m			
周波数帯	S	S	S	S	S		S	C	S	S
ビーム幅	1.46°	1.46°	1.46°	1.7°	1.46°					
周波数	2.85GHz	2.85GHz	2.85GHz	2.7-2.9 GHz	2.85GHz		2880 MHz			
パルス幅	2.5 µSec	2.5 µSec	2.5 µSec	2.5 µSec	2.5 µSec		0.83/1.67/3.3µs			
パルス繰返 (最小)	260 Hz	260 Hz	260 Hz	260 Hz	260 Hz					
パルス繰返 (最大)										
信号処理	DVIP	DVIP	DVIP	DVIP	DVIP					
送信方式	Klystron	Solid State	Klystron	Klystron	Solid State		Magnetron	Magnetron	Magnetron	Magnetron
送信出力	500kW	500kW	500kW	500kW	500kW		850kW	2 50kW	850kW	850kW
受信方式	Digital	Digital	Digital	Digital	Digital		Digital	Digital	Digital	Digital
偏波	Single	Single	Single	Single	Single		Single	Single	Single	Single
製造者	JRC	JRC	JRC	JRC	JRC		SELEX	Vaisala	Vaisala/EEC	Vaisala/EEC
最低仰角										
最大仰角										
観測周期最小										
観測周期最大										
MDS										
ZR関係 (夏季)										
ZR関係 (冬季)										
ZR関係 (その他)										
設置年	2007	2018	2008	2009	2019		2012	2018更新	1994	2010
備考	Doppler	更新	Doppler	Doppler	更新	X計画あり	METEOR-6005	WRM100	WRM74S	DWSR8015S

表 III.2.2.5-2b 個別レーダー諸元の詳細

国名	インドネシア-1													
サイト名	Ambon	Balikpapan	Banda aceh	Banjarmasin	Bengkulu	Biak	Bima	Cilacap	Denpasar	Gorontalo	Jambi	Jayapura	Kendari	Kupang
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
管理者	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG
緯度	3° 43' 47" S	1° 15' 36" S	5° 32' 28" N	3° 27' 44" S	3° 51' 30" S	1° 9' 46" S	8° 32' 38" S	7° 46' 16" S	8° 44' 10" S	0° 38' 10" S	1° 37' 51" S	2° 35' 55" S	4° 3' 20" S	10° 13' 5" S
経度	128° 9' 47" E	116° 53' 48" E	95° 30' 0" E	114° 50' 27" E	102° 20' 28" E	136° 5' 17" E	118° 41' 2" E	109° 02' 31" E	115° 10' 26" E	123° 0' 38" E	103° 38' 32" E	140° 31' 40" E	122° 26' 57" E	123° 37' 26" E
標高	10 m	30 m	412 m	55 m	15 m	3 m	45 m	m	3 m	76 m	44 m	207 m	m	327 m
地上高	19 m	25 m	18 m	23 m	20 m	24 m	17 m	m	25 m	20 m	23 m	12 m	m	15 m
周波数帯	C	C	C	C	C	C	C	X	C	C	C	C	C	C
ビーム幅	°	°	1°	°	1°	°	°	°	°	1°	1°	°	°	°
周波数	5625 MHz	5625 MHz	5600 MHz	5600 MHz	5640 MHz	5600 MHz	5640 MHz		5600 MHz	5600 MHz	5640 MHz	5600 MHz	5600 MHz	5540 MHz
パルス幅	0.4, 0.8, 1, 2µsec	0.4, 0.8, 1, 2µsec	0.5, 0.8, 2µsec	0.5, 0.8, 1, 2 µsec	0.5, 0.8, 1, 2 µsec	1 µSec	0.5, 0.8, 2µsec		0.8µSec	0.4, 0.8, 1, 2µsec	0.5, 0.8, 1, 2µs	0.4, 0.8, 1, 2µsec	0.4, 0.8, 1, 2µsec	0.5, 0.8, 1, 2µsec
パルス繰り返し率 (最小)	300 Hz	252 Hz	250 Hz	250 Hz	250 Hz	252 Hz	250 Hz		250 Hz	250 Hz	250 Hz	250 Hz	Hz	250 Hz
パルス繰り返し率 (最大)	2400 Hz	1013 Hz	1200 Hz	1180 Hz	1200 Hz	1012 Hz	1200 Hz		1300 Hz	1180 Hz	1200 Hz	1180 Hz	Hz	1500 Hz
信号処理	RVP900	EDRP9	GDRX-SP	IQ2	GDRX-SP	EDRP9	GDRX C-600		EDRP9	IQ2	GDRX-SP	EDRP9	IQ2	ENIGMA 3
送信方式	Magnetron	Magnetron	Magnetron	Magnetron	Magnetron	Magnetron	Magnetron		Magnetron	Magnetron	Magnetron	Magnetron	Magnetron	Magnetron
送信出力	250 kW	250 kW	255 kW	250 kW	491 kW	250 kW	290 kW		250 kW	250 kW	400 kW	250 kW	350 kW	350 kW
受信方式	Digital	Digital	Digital	Digital	Digital	Digital	Digital		Digital	Digital	Digital	Digital	Digital	Digital
偏波	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
製造者	EEC	EEC	SELEX	EEC	SELEX	EEC	SELEX	EEC	EEC	EEC	SELEX	EEC	EEC	Baron
最低仰角	-2°	-2°	-2°	-2°	-2°	-2°	-2°		-2°	-2°	-2°	-2°	-2°	-2°
最大仰角	40°	92°	182°	92°	182°	92°	182°		92°	92°	92°	92°	92°	110°
観測周期最小	5 min	5 min	5 min	5 min	5 min	5 min	5 min		5 min	5 min	5 min	5 min	5 min	5 min
観測周期最大	10 min	10 min	10 min	10 min	10 min	10 min	10 min		10 min	10 min	10 min	10 min	10 min	10 min
MDS	-110 dBm, -20dB	-110 dBm	-110 dBm	-110 dBm	-110 dBm	-110 dBm	-110 dBm		-110 dBm	-110 dBm	-110 dBm	-110 dBm	-110 dBm	-110 dBm
ZR関係 (夏季)	Z=200R ^{1.5}	Z=200R ^{1.5}	Z=200R ^{1.5}	Z=200R ^{1.5}	Z=200R ^{1.5}	Z=200R ^{1.5}	Z=200R ^{1.5}		Z=200R ^{1.5}	Z=200R ^{1.5}	Z=200R ^{1.5}	Z=200R ^{1.5}	Z=200R ^{1.5}	Z=200R ^{1.5}
ZR関係 (冬季)	Z=200R ^{1.5}	Z=200R ^{1.5}	Z=200R ^{1.5}	Z=200R ^{1.5}	Z=200R ^{1.5}	Z=200R ^{1.5}	Z=200R ^{1.5}		Z=200R ^{1.5}	Z=200R ^{1.5}	Z=200R ^{1.5}	Z=200R ^{1.5}	Z=200R ^{1.5}	Z=200R ^{1.5}
ZR関係 (その他)														
設置年	2010	2009		2011	2011	2007	2009		2008	2011	2011	2009	2013	2008
備考														

表 III.2.2.5-2c 個別レーダー諸元の詳細

国名	インドネシア-2													
サイト名	Bandar Lampung	Majene	Makassar	Manado	Masamba	Mataram	Maumere	Medan	Merauke	Nias	Padang	Palangkaraya	Palembang	Palu
No.	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
管理者	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG
緯度	5° 12' 30" S	3° 31' 34" S	4° 59' 52" S	1° 27' 07" N	2° 51' 04" S	8° 45' 12" S	8° 39' 58" S	3° 32' 23" N	8° 29' 34" S	1° 08' 28" N	0° 47' 10" N	2° 15' 1" S	2° 55' 1" S	0° 40' 6" S
経度	105° 10' 32" E	118° 58' 44" E	119° 34' 19" E	124° 55' 05" E	120° 16' 59" E	116° 14' 59" E	122° 09' 29" E	98° 38' 14" E	140° 23' 19" E	97° 40' 37" E	100° 18' 18" E	113° 56' 41" E	104° 42' 7" E	119° 49' 9" E
標高	84 m	m	11 m	16 m	m	m	m	30 m	m	m	24 m	16 m	68 m	m
地上高	27 m	m	19 m	12 m	m	m	m	23 m	m	m	20 m	20 m	20 m	m
周波数帯	C	X	C	C	X	C	C	C	C	C	C	C	C	X
ビーム幅	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	1°	1°	°
周波数	5600 MHz		5600 MHz	5600 MHz		5600 MHz		5600 MHz	5600 MHz		5600 MHz	MHz	MHz	9500 MHz
パルス幅	0.4, 0.8, 1, 2µsec		0.8, 2µSec	0.8, 2µSec		0.5, 0.8, 1, 2µsec		0.8 µSec	0.4, 0.8, 1, 2µsec		0.5, 0.8, 2µsec	- - - µSec	- - - µSec	0.4, 0.8, 1, 2µsec
パルス繰り返し率 (最小)	253 Hz		200 Hz	250 Hz		Hz		250 Hz	Hz		250 Hz	Hz	Hz	Hz
パルス繰り返し率 (最大)	1012 Hz		1200 Hz	1200 Hz		Hz		1200 Hz	Hz		1200 Hz	Hz	Hz	Hz
信号処理	EDRP9		GDRX C-600	GDRX C-600		GDRX		EDRP9	IQ2		GDRX C-600	-	-	IQ2
送信方式	Magnetron		Magnetron	Magnetron		Magnetron		Magnetron	Magnetron		Magnetron	-	-	Solid State
送信出力	250 kW		250 kW	250 kW		400 kW		250 kW	350 kW		250 kW	kW	kW	kW
受信方式	Digital		Digital	Digital		Digital		Digital	Digital		Digital	Digital	Digital	Digital
偏波	Single	Dual	Single	Single	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Dual
製造者	EEC	EEC	SELEX	SELEX	EEC	SELEX	SELEX	EEC	EEC	Baron	SELEX	SELEX	SELEX	EEC
最低仰角	-2°		-2°	-2°		-2°		-2°	-2°		-2°	°	°	-2°
最大仰角	92°		182°	182°		182°		92°	92°		182°	°	°	92°
観測周期最小	5 min		5 min	5 min		5 min		5 min	5 min		5 min	min	min	5 min
観測周期最大	10 min		10 min	10 min		10 min		10 min	10 min		10 min	min	min	10 min
MDS	-110 dBm		-110 dBm	-110 dBm		-110 dBm		-110 dBm	-110 dBm		-110 dBm	,	,	-110 dBm
ZR関係 (夏季)	Z=200R ^{1.5}		Z=200R ^{1.5}	Z=200R ^{1.5}		Z=200R ^{1.5}		Z=200R ^{1.5}	Z=200R ^{1.5}		Z=200R ^{1.5}	Z=R	Z=R	Z=200R ^{1.5}
ZR関係 (冬季)	Z=200R ^{1.5}		Z=200R ^{1.5}	Z=200R ^{1.5}		Z=200R ^{1.5}		Z=200R ^{1.5}	Z=200R ^{1.5}		Z=200R ^{1.5}	Z=R	Z=R	Z=200R ^{1.5}
ZR関係 (その他)														
設置年	2007		2010	2006		2013		2009	2012		2006	2009	2009	2015
備考														

表 III.2.2.5-2d 個別レーダー諸元の詳細

国名	インドネシアー 3													
サイト名	Pangkal Pinang	Pangkalan Bun	Pekanbaru	Pontianak	Semarang	Sintang	Sorong	Surabaya	Tangerang	Tarakan	Ternate	Yogyakarta	Meulaboh	Ruteng
No.	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
管理者	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG	BMKG
緯度	2° 9' 42" S	2° 44' 11" S	0° 27' 15" S	0° 5' 20" N	6° 59' 36" S	0° 19' 59" N	0° 53' 24" S	7° 25' 59" S	6° 7' 32" S	3° 18' 48" S	0° 51' 21" S	7° 43' 53" S		
経度	106° 8' 11" E	111° 38' 25" E	110° 27' 51" E	109° 23' 35" E	110° 22' 31" E	111° 13' 48" E	131° 17' 9" E	112° 50' 31" E	106° 39' 32" E	117° 34' 53" E	127° 50' 20" E	110° 21' 15" E		
標高	m	m	13 m	24 m	68 m	m	m	29 m	14 m	7 m	54 m	m		
地上高	m	m	25.5 m	20 m	10 m	m	m	22 m	17 m	16 m	18 m	m		
周波数帯	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C		
ビーム幅	°	°	°	1°	1°	°	°	1°	1°	°	°	°		
周波数	5600 MHz	5600 MHz	5556 MHz	MHz	MHz		5600 MHz	MHz	MHz	5600 MHz	5640 MHz	5600 MHz		
パルス幅	0.5, 0.8, 1, 2, 6sec	0.5, 0.8, 1, 2, 6sec	0.4, 0.8, 1, 2, 6sec	--- µSec	--- µSec		0.4, 0.8, 1, 2, 6sec	--- µSec	--- µSec	0.4, 0.8, 1, 2, 6sec	0.4, 0.8, 1, 2, 6sec	0.5, 0.8, 1, 2, 6sec		
パルス繰返 (最小)	Hz	Hz	250 Hz	Hz	Hz		Hz	Hz	Hz	300 Hz	500 Hz	Hz		
パルス繰返 (最大)	Hz	Hz	1180 Hz	Hz	Hz		Hz	Hz	Hz	1180 Hz	1000 Hz	Hz		
信号処理	Enigma 4	GDRX	EDRP9	-	Gamic		IQ2	-	-	Magnetron	GDRX C600	Enigma 4		
送信方式	Magnetron	Magnetron	Magnetron	-	-		Magnetron	-	-	Magnetron	Magnetron	Magnetron		
送信出力	350 kW	400 kW	250 kW	kW	350 kW		350 kW	kW	kW	250 kW	400 kW	350 kW		
受信方式	Digital	Digital	Digital	Digital	Digital		Digital	Digital	Digital	Digital	Digital	Digital		
偏波	Single	Single	Single	Single	Single	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single		
製造者	Baron	SELEX	EEC	EEC	Baron	SELEX	EEC	SELEX	EEC	EEC	SELEX	Baron		
最低仰角	-2°	-2°	-2°	°	°		-2°	°	°	-2°	-2°	-2°		
最大仰角	110°	182°	92°	°	°		92°	°	°	92°	182°	110°		
観測周期最小	5 min	5 min	5 min	min	min		5 min	min	min	5 min	5 min	5 min		
観測周期最大	10 min	10 min	10 min	min	min		10 min	min	min	10 min	10 min	10 min		
MDS	-110 dBm	-110 dBm	-110 dBm	/	/		-110 dBm	/		-110 dBm	-110 dBm	-110 dBm		
ZR関係 (夏季)	Z=200R ^{1.6}	Z=200R ^{1.6}	Z=200R ^{1.6}	Z=R	Z=R		Z=200R ^{1.6}	Z=R	Z=R	Z=200R ^{1.6}	Z=200R ^{1.6}	Z=200R ^{1.6}		
ZR関係 (冬季)	Z=200R ^{1.6}	Z=200R ^{1.6}	Z=200R ^{1.6}	Z=R	Z=R		Z=200R ^{1.6}	Z=R	Z=R	Z=200R ^{1.6}	Z=200R ^{1.6}	Z=200R ^{1.6}		
ZR関係 (その他)														
設置年	2014	2014	2010		2008	2017	2013			2012	2012	2014	計画	計画
備考														

表 III.2.2.5-2e 個別レーダー諸元の詳細

国名	ラオス	モンゴル	ミャンマー			ネパール		
サイト名	Vientiane	Morin-Uul	Kyaukphyu	Yangon	Mandalay	Surkhet		
No.	1	1	1	2	3	1	2	3
管理者	DMH	NAMHEM	DMH	DMH	DMH	DHM	DHM	DHM
緯度	17°58' 12" N	17°58' 12" N	19°17' 10" N	16°51' 56" N	21°56' 31.4" N			
経度	102°34' 13" E	102°34' 13" E	93°31' 27" E	96°09' 13" E	96°05' 19" E			
標高			30 m	21 m	80 m			
地上高	45m	45m	40 m	70 m	50 m			
周波数帯	C	C	S	S	S	C		
ビーム幅	0.9°	0.9°	1.2°	1.2°	1.2°			
周波数	5300 MHz	5300 MHz	MHz	MHz	MHz			
パルス幅	1µs/2µs	1µs/2µs	2.5 µSec	2.5 µSec	2.5 µSec			
パルス繰返 (最小)	260 Hz	260 Hz	260 Hz	260 Hz	260 Hz			
パルス繰返 (最大)	1120 & 840 Hz	1120 & 840 Hz	Hz	Hz	Hz			
信号処理	RVP8	RVP8	DVIP	DVIP	DVIP			
送信方式	Klystron	Klystron	Solid State	Solid State	Solid State	Magnetron		
送信出力	250kW	250kW	10 KW	10 KW	10 KW	350kW		
受信方式	Digital	Digital	Digital	Digital	Digital	Digital		
偏波	Single	Single	Single	Single	Single	Single		
製造者	JRC	JRC	JRC	JRC	JRC	EEC		
最低仰角	0.5°	0.5°	-2°	-2°	-2°			
最大仰角	22.5°	22.5°	95°	95°	95°			
観測周期最小			4 min	4 min	4 min			
観測周期最大			6 min	6 min	6 min			
MDS			-107 dBm	-107 dBm	-107 dBm			
ZR関係 (夏季)			Z=200R ^{1.6}	Z=200R ^{1.6}	Z=200R ^{1.6}			
ZR関係 (冬季)			Z=200R ^{1.6}	Z=200R ^{1.6}	Z=200R ^{1.6}			
ZR関係 (その他)			Z=20R ^{1.6}	Z=20R ^{1.6}	Z=20R ^{1.6}			
設置年	2006	2000	2015	2016	2017	2020	計画	計画
備考		更新予定				Defender-C350		

表 III.2.2.5-2f 個別レーダー諸元の詳細

国名	パキスタン								
サイト名	Okara Jamali Khan	Dwsr Lahore	Dwsr Mangla	Dwsr Sialkot	Islamabad	Karachi	Rawalpindi Khan, Wazir	Multan	Sukkur
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	95°
管理者	PMD	PMD	PMD	PMD	PMD	PMD	PMD	PMD	PMD
緯度	31° 49' 0" N	31° 33' 0" N	33° 4' 0" N	32° 31' 0" N	33° 41' 40" N	24° 54' 0" N	28° 24' 9" N	24° 54' 0" N	27° 41' 06.48" N
経度	70° 56' 0" E	74° 20' 0" E	73° 38' 0" E	74° 32' 0" E	73° 3' 11" E	67° 8' 0" E	70° 16' 24" E	67° 8' 0" E	68° 53' 25.15" E
標高	1712 m	214 m	2838 m	2551 m	507 m	22 m	82.93 m	22 m	6 7 m
地上高	23 m	19 m	10 m	20 m	161 m	196 m	25 m	196 m	
周波数帯	C	S	S	C	S	S	C	S	S
ビーム幅	1.2°	1°	1°	1°	1.2°	1.2°	1.2°	1.2°	1.2°
周波数	MHz	MHz	MHz	MHz	MHz	MHz	MHz	MHz	MHz
パルス幅	2.5 µSec	0.8, 2 µSec	0.8, 2 µSec	0.2, 0.8, 2 µSec	2.5 µSec	2.5 µSec	2.5 µSec	2.5 µSec	2.5 µSec
パルス繰返 (最小)	260 Hz	250 Hz	250 Hz	250 Hz	260 Hz	260 Hz	260 Hz	260 Hz	260 Hz
パルス繰返 (最大)	Hz	1100 Hz	1100 Hz	1100 Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz
信号処理	DVIP	EDRP9	EDRP9	EDRP9	DVIP	DVIP	DVIP	DVIP	DVIP
送信方式	Magnetron	Magnetron	Magnetron	Magnetron	SolidState	SolidState	Magnetron	SolidState	SolidState
送信出力	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW
受信方式	Analog	Digital	Digital	Digital	Digital	Digital	Analog	Digital	Digital
偏波	Single	Single	Single	Single	Dual	Dual	Single	Dual	Dual
製造者	JRC	EEC	EEC	EEC	JRC	JRC	JRC	JRC	JRC
最低仰角	-2°	-2°	-2°	-2°	-2°	-2°	-2°	-2°	-2°
最大仰角	95°	90°	90°	60°	95°	95°	95°	95°	95°
観測周期最小	4 min	4 min	4 min	4 min	4 min	4 min	4 min	4 min	4 min
観測周期最大	6 min	6 min	6 min	6 min	6 min	6 min	6 min	6 min	6 min
MDS	-107 dBm	-110 dBm	-110 dBm	-110 dBm	-107 dBm	-107 dBm	-107 dBm	-107 dBm	-107 dBm
ZR関係 (夏季)	Z=200R ^{1.6}	Z=200R ^{1.6}	Z=200R ^{1.6}	Z=200R ^{1.6}	Z=200R ^{1.6}	Z=200R ^{1.6}	Z=200R ^{1.6}	Z=200R ^{1.6}	Z=200R ^{1.6}
ZR関係 (冬季)	Z=200R ^{1.6}	Z=200R ^{1.6}	Z=200R ^{1.6}	Z=200R ^{1.6}	Z=200R ^{1.6}	Z=200R ^{1.6}	Z=200R ^{1.6}	Z=200R ^{1.6}	Z=200R ^{1.6}
ZR関係 (その他)	Z=20R ^{1.6}	Z=20R ^{1.6}	Z=20R ^{1.6}	Z=20R ^{1.6}	Z=20R ^{1.6}	Z=20R ^{1.6}	Z=20R ^{1.6}	Z=20R ^{1.6}	Z=20R ^{1.6}
設置年	1999	1998	2005	2005	2018		1997		
備考	停止中		編成で更新予定	編成で更新予定	更新済み	更新中 (2020年)		更新中 (2020年)	予定

表 III.2.2.5-2g 個別レーダー諸元の詳細

国名	フィリピン																
サイト名	Baler	Baguio	Subic	Hinatuan	Tampakan	Aparri	Virac	Guiluan	Tagaytay	Mactan, Cebu	Quezon	Basco	Jaro Iloilo	Zamboanga	DAET	Buanga Palawan	Buanga Palawan
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
管理者	PAGASA	PAGASA	PAGASA	PAGASA	PAGASA	PAGASA	PAGASA	PAGASA	PAGASA	PAGASA	PAGASA	PAGASA	PAGASA	PAGASA	PAGASA	PAGASA	PAGASA
緯度	15°41'56.7"N	16°21'22.6"N	14°49'19.4"N	8°22'02.9"N	6° 25' 3.3"N	18°21'35"N	13°37'47.2"N	11° 24'2.7"N	14° 8'31.2"N	10°19'21.8"N	9°13' 50.1"N	20° 25' 40.2"N	10° 46' 22.3"N	6° 54' 55.1"N	14° 07' 43.1"N	12° 05' 20.1"N	12° 05' 20.1"N
経度	121°37'55.6"E	120°33'32.6"E	120°21'49.7"E	126°20'17.3"E	126° 0' 51.4"E	121°37'48.5"E	124°20'2.6"E	125°45'20.6"E	121° 1'20.2"E	122°58'49.1"E	118° 0' 20.9"E	121° 58' 13.6"E	122°34' 46"E	122°2' 29.2"E	122°36' 36.5"E	119°56' 15.4"E	119°56' 15.4"E
標高	176m	2256m	516m	3m	1044m	2m	228m	56m	752m	25m	17m	166m	10m	7m	9m	220m	
地上高	6m	15m	40m	34m	23m	34m	33.5m	25m	30m	21m	21m	6m	21m	24.6m	21m	18.6m	
周波数帯	S	C	S	S	S	S	S	S	C	C	C	C	C	S	C	S	C
ビーム幅						1.7°	1.7°	1.7°									
周波数	2830 MHz	5640 MHz	2800 MHz	2705 MHz	2750 MHz	2850MHz	2850MHz	2850MHz	5612 MHz	5610 MHz	5600 MHz	5600 MHz	不明	5600 MHz	2850MHz	5650 MHz	
パルス幅						1~230~100µs	1~230~100µs	1~230~100µs									
パルス繰返 (最小)						250MHz	250MHz	250MHz									
パルス繰返 (最大)						1800MHz	1800MHz	1800MHz									
信号処理	GDRX-SP	GDRX-XP	ENIGMA III+	ENIGMA III+	ENIGMA III+	JRC-NDC 1523	JRC-NDC 1523	JRC-NDC 1523	ENIGMA III+	ENIGMA III+	RVP 900	RVP 900	IQ-2	RVP 900	GDRX-SP	RVP 900	
送信方式	Magnetron	Magnetron	Magnetron	Magnetron	Magnetron	Solid State	Solid State	Solid State	Magnetron	Magnetron	Magnetron	Magnetron	Magnetron	Magnetron	Magnetron	Magnetron	
送信出力	1MW	500 kW	850 kW	850 kW	850 kW	10kW	10kW	10kW	250kW	250kW	250kW	250kW	250kW	850kW	250kW	1MW	250kW
受信方式						Digital	Digital	Digital									
偏波	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Dual	Single	
製造者	SELEX	SELEX	EEC	EEC	EEC	JRC	JRC	JRC	EEC	EEC	VAISALA	VAISALA	EEC	VAISALA	SELEX	VAISALA	
最低仰角																	
最大仰角																	
観測周期最小																	
観測周期最大																	
MDS																	
ZR関係 (夏季)																	
ZR関係 (冬季)																	
ZR関係 (その他)																	
設置年	2008	2009	2009	2011	2012	2013	2012	2013	2011	2011	2015	2014	2015	2016	不明	不明	
備考	NAVAIR-100 SOP 26	Metecor T35 CDP	DWSR-8501S	DWSR-8501S	DWSR-8501S	NTG-397	NTG-397	NTG-397	DWSR-2501C	DWSR-2501C	WRM-200	WRM-200	DWSR-8501S	WRM-200	NAVAIR-100 SOP 26	WRM-200	

表 III.2.2.5-2h 個別レーダー諸元の詳細

国名	スリランカ		ベトナム								
サイト名			Viet Tri	Phu Lien	Vinh	Tam Ky	Dong Ha	Nha Trang	Nha Be	Pha Din	Pleiku
No.	1	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
管理者			VNMHA	VNMHA	VNMHA	VNMHA	VNMHA	VNMHA	VNMHA	VNMHA	VNMHA
緯度	8°1'37.47"N	6°51'38.61"N	21°18'N	20°48'N	18°39'30"N	15°34'N	16°81'N	12°13'N	10°42'N	21°34'17"N	14°02'04"N
経度	79°50'28.67"E	81°49'57.52"E	105°25'E	105°48'34"E	105°42'39"E	108°28'E	107°09'E	109°12'E	106°44'E	103°31'E	107°59'02"E
標高	5m	4m	30m	130m	92m	52m	40m	57m	35m	1470m	842m
地上高	予定	予定									
周波数帯	C	C	C	S	S	C	C	C	C	C	C
ビーム幅			1.1	1.7	1.7	1.2	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0
周波数			5625MHz	2865Mhz	2865Mhz	5630MHz	5630MHz	5630MHz	5630MHz	5630MHz	5630MHz
パルス幅											
パルス繰返 (最小)				300Hz	300Hz						
パルス繰返 (最大)				670Hz	670Hz						
信号処理											
送信方式				Solid State	Solid State						
送信出力				10kW	10kW						
受信方式											
偏波	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Dual	Dual
製造者	未定	未定	Thomsons	JRC	JRC	VAISALA	EEC	EEC	VAISALA	VAISALA	VAISALA
最低仰角											
最大仰角											
観測周期最小											
観測周期最大											
MDS											
ZR関係 (夏季)											
ZR関係 (冬季)											
ZR関係 (その他)											
設置年	未定	未定	2000	2017	2017	2018	2018	2000	2017	2018	2018
備考			TRS-2730	JRC-272	JRC-272	DWSR-93C		DWSR-2500C	DWSR-2500C		

III.2.2.6 気象衛星データ利活用

各国気象機関における気象衛星データの利活用について、JICA 課題別研修「気象業務能力向上」の国別報告、ウェブサイトや文献の調査の結果から得られた、各国の気象衛星データの利活用の現状及び課題は以下のとおりである。

(1) バングラデシュ (BMD)

a) 現状

データを受信している衛星

ひまわり (VIS, WV)、NOAA、METEOSAT (IR VIS)、FY-2C を受信している。

データ受信に係る機材

BMD が保有している機材は、ひまわりキャスト受信装置 (SATAID)、NOAA 受信システム、Dundee METEOSAT 受信システム、SPARRSO's FY 受信システム、MICAPS 3.1、CMA Cast システムによる FY-2D 衛星画像受信システム及び MDUS を通じた INSAT 画像受信装置である。

b) 課題

衛星画像受信装置を整備し、データをサーバーに保管しているが、これらのデータを監視・予報に活用するための技術力が必要とされている。

(2) ブータン (NCHM)

a) 現状

データを受信している衛星

ひまわり 8 号からの 10 分間隔の画像を取得している。

データ受信に係る機材

NCHM は、ひまわりキャスト受信装置（2016 年、JICA 整備）を保有している。

b) 課題

RGB 画像など新たなプロダクトが予報作業に有効なため、全バンドのデータをひまわりクラウドで取得できるよう気象庁に要望している。

(3) カンボジア（DOM）

a) 現状

データを受信している衛星

ひまわり 8/9 号

データ受信に係る機材

2015 年 10 月にひまわりキャスト受信装置が WMO・気象庁プロジェクトで設置された。

b) 課題

受信設備の現状について DOM からの報告はないが、装置の設置から長期間経っており、現状を確認のうえ、機材の更新や衛星データの利用に関する研修が必要である。

(4) フィジー（FMS）

a) 現状

データを受信している衛星

FMS では、ひまわり 8/9（HSD; 10min; VIS/0.5-1km - 16 Channels）、GOES-W（LRIT; 60min, VIS/5km）を受信している。

データ受信に係る機材

FMS が所有する受信設備は、ひまわりクラウド（November 2015, Japan）、ひまわりキャスト（July 2015, Japan）、GOES LRIT（January 2013, Fiji Government）、WIS（SATAID: 10min; VIS/4km - 14 Channels）である。

b) 課題

FMS では数年前にひまわりキャスト、ひまわりクラウド、を導入しており、ハード面では比較的充実していると考えられる。現地の状況を把握して、衛星画像解析の技術移転についての課題を抽出する必要がある。

(5) インドネシア（BMKG）

a) 現状

データを受信している衛星

BMKG では、ひまわり画像を、GSM 850 hPa 風と合成図を作成するとともに、水蒸気画像及び RGB 画像を作成して実況監視に活用している。洪水や雷雨の解析に SATAID を使用しているが、SATAID では画像作成作業を自動化できないので時折の使用にとどまっている。

データ受信に係る機材

BMKG は、ひまわりの画像受信装置を一台保有している。BMKG は従来、中国や Terra/Aqua/NPP 受信装置を使っていたが、現在は使っていない。

b) 課題

SATAID では画像作成作業を自動化できないため、BMKG では、IRF、GrADS、ArcGIS、Python といった他のソフトウェアを使用せざるを得ない。JICA が画像処理を自動化できるツールを提供することを希望している。

(6) ラオス (DMH)

a) 現状

データを受信している衛星

DMH では、Himawari-8 及び COMS-1 を受信している。

データ受信に係る機材

ひまわりキャスト受信装置及びひまわりクラウド受信設備を JICA 及び気象庁の支援で整備し、Himawari Cast アンテナ設置と Cloud 登録を行った。このほか COMS-1 及び CMACast の地上受信施設を保有している。

b) 課題

DMH は、実況監視及び雷雨、強雨等の激しい現象の予報並びに早期警戒システムへの活用に資するため、ひまわり画像を活用した解析技術の向上を求めている。また、降水量の推定、雨の予報、降水量分布への活用技術の向上を求めている。

(7) モンゴル (NAMEM)

a) 現状

データを受信している衛星

NAMEM は、雲の監視のために、Himawari 8/9、FY-4/2 を利用している。積雪域・森林火災、植生、雲の監視のために NOAA, Terra/Aqua を使用している。

データ受信に係る機材

ひまわりキャスト受信システムは航空気象センター（チンギス・ハーン国際空港内）に設置されており、データは NAMEM 本庁に伝送され、解析に利用されている。設置は 2016 年に WMO/JMA プロジェクトで行われた。

NAMEM では以下の RGB プロダクトを使用している：Night microphysics, Day convection, Air mass, Natural color, Dust, Snow and Fog。

b) 課題

衛星データの活用について大きな問題点は特定されていないが、現地調査を踏まえた実態把握により必要な場合は技術協力を行う必要がある。

(8) ミャンマー (DMH)

a) 現状

データを受信している衛星

DMH は、Himawari 8/9 を利用している。

データ受信に係る機材

2015 年に WMO/JMA プロジェクトによりひまわりキャスト受信装置が DMH に設置された。

b) 課題

職員に対する技術移転が必要である。

(9) ネパール (DHM)

a) 現状

データを受信している衛星

DHM は、Himawari 8/9 を利用している。

データ受信に係る機材

ひまわりキャスト受信システムが 2016 年に、WMO/JMA プロジェクトで設置されたが現状は不明である。

b) 課題

受信設備の現状は不明であるが、現状を確認のうえ、機材の更新や職員に対する技術移転が必要である。

(10) パキスタン (PMD)

a) 現状

データを受信している衛星

静止気象衛星としては GOES (USA)、FY-2G (China)、METEOSAT (EUMETSAT) を使用している。極軌道衛星としては、NOAA (USA) を使用している。

データ受信に係る機材

PMD にはひまわり受信システムは設置されていない。PMD は JICA に対して、HRPT 及び衛星受信システムの供与を希望している。

b) 課題

パキスタンはひまわりの観測領域のほぼ端に位置している。このため、ひまわり受信装置そのものの供与よりも、Dvorak 法など、衛星画像の解析技術の移転に注力する必要がある。

(11) フィリピン (PAGASA)

a) 現状

データを受信している衛星

PAGASA は、Himawari 8/9、NOAA、MODIS、FY-2E からの画像を受信している。

データ受信に係る機材

PAGASA が所有する受信システムは、NOAA (2005 年)、MODIS (2007 年)、CMACast (FY-2E) (HRIT) (2012 年)、ひまわりキャスト受信装置である。

b) 課題

現在実施中のフィリピン国「高品質な気象観測・予報・警報情報能力強化プロジェクト」では、SATAID にレーダー観測から得られた降水量分布や衛星観測による降水分布データを重畳する技術開発を行うとともに、Dvorak 法をはじめとする衛星画像解析技術の移転を行っている。同プロジェクトにおけるこれらの活動を着実に実施することが当面の課題である。

(12) スリランカ (DOM)

a) 現状

データを受信している衛星

DOM は、FY、Himawari、COMS、METEOSAT-7、INSAT を受信している。

データ受信に係る機材

DOM では、ひまわりキャスト受信装置を 2017 年に JICA プロジェクトで導入したほか、FY の受信装置を保有している。

予報官は予警報作業のために SATAID による雲解析を行っている。また、気象庁の GSM 全球データや SYNOP データを合成して使用している。

b) 課題

受信設備の現状は不明であるが、現状を確認のうえ、機材の更新や職員に対する技術移転が必要である。

(13) ベトナム (VNMHA)

a) 現状

データを受信している衛星

VNMHA は Himawari 8/9 及び FY2 を受信している。

データ受信に係る機材

ひまわりキャスト（2015 年に WMO/JICA プロジェクトで設置）及びひまわりクラウド受信装置を設置している。NCHMF は、SATAID の表示、画像合成機能を活用するとともに、CMA キャスト受信装置を使用して衛星画像監視業務を実施している。

b) 課題

受信設備の現状は不明であるが、現状を確認のうえ、機材の更新や職員に対する技術移転が必要である。

III.2.2.7 関連防災機関との連携

(1) バングラデシュ (BMD)

バングラデシュでは、サイクロンと洪水では担当省庁が異なり、サイクロンは BMD、洪水はバングラデシュ水資源省（Ministry of Water Resources : MoWR）の傘下にあるバングラデシュ水資源開発庁（Bangladesh Water Development Board : BWDB）の管轄になっている。

サイクロンに関しては、BMD には、北部の暴風雨警報センター（Storm Warning Centre : SWC）と南部のチッタゴンの 2 つの管区がある。SWC は、BMD 本局に属しており、バングラデシュ国全土のサイクロン予報作成、暴風雨等の警報発令業務、防災関連機関に対するデータ及び情報の提供を担当している。⁸² サイクロンを伴う高潮や雷雨の予警報も担当している。

一方、洪水の予警報に関しては、BWDB は BMD とともに予警報システムを管理している。具体的には、1972 年に洪水予警報センター（Flood Forecast and Warning Center : FFWC）を設立し、主要河川で水位観測、雨量観測を行っている。それとは別に、BWDB も水位観測所・雨量観測所

⁸² バングラデシュ国ダッカ及びラングプール気象レーダー 整備計画準備調査報告書、JICA、2015 年

を設置しているが、水位情報は BMD に提供されておらず、サイクロンや高潮の予警報には活用されていない課題がある。⁸³ 表 III.2.2.7-1 に BWDB の Division ごとの水位観測所・雨量観測所の数を示す（このうち、いくつかの観測所は稼働していない）。

表 III.2.2.7-1 BWDB の水位観測所・雨量観測所（2019 年-2020 年）⁸⁴

Type of Station	North-Eastern Measurement Division, Dhaka	South-Western Measurement Division, Faridpur	Northern Measurement Division, Pabna	South-Eastern Measurement Division, Comilla	Total Stations
Water Level Stations	97	87	95	75	354
Rainfall Station	68	61	85	60	274
FFWC Stations	70	17	32	38	157

BMD は、集められた気象データをもとに、防災局（Department of Disaster Management : DDM）と連携して予警報システムを運営している。BMD からの早期予警報・災害情報伝達システムは DDM からの件災害情報管理センター（DMIC）/災害管理委員会（DMC）を通じた中央－地方行政を結ぶライン、CPP（Cyclone Preparedness Programme）の本部からの予警報システムを通じた CPP ライン、及び TV、ラジオ等のメディア等、複数存在している。その中でも CPP ラインが予警報システムの中心的役割を果たしていると考えられる。SWC から発出された警報を受けて、DDM が警報を出すまでの伝達時間が長いことが課題である。これは、DDM 本部、県/郡での内部処理に時間を要すること、勤務時間外に発出された警報の対処が適切に実施されていないことが理由である。また、予警報は FAX、電子メール、電話で発出されるが、FAX は停電の影響を受ける等、電源供給状況に依存し、携帯電話はサイクロン危険地域全域をカバーしておらず、カバー範囲に依存することも課題である。⁸³

図 III.2.2.7-1 にバングラデシュにおける早期予警報・災害情報システムの概念図を示す。

⁸³ バングラデシュ国沿岸部における早期予警報及び防災情報伝達システムに係る情報収集・確認調査ファイナルレポート、JICA、2013 年

⁸⁴ Flash Flood Early Warning System for North Eastern Part of Bangladesh Final Report、BWDB、2019 年

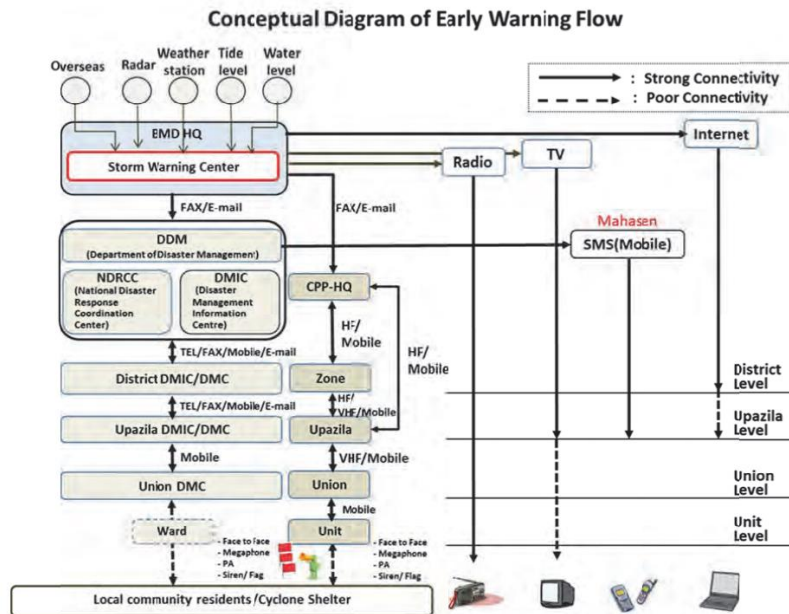


図 III.2.2.7-1 バングラデシュにおける早期予警報・災害情報伝達システムの概念図⁸³

関連防災機関との連携に係る課題と対策を以下に示す。

項目	課題	対策
予警報の発令	- SWC（暴風雨警報センター：BMD 傘下）による地域毎の気象予測の精度が低い。 - FFWC（洪水予警報センター：BWDB 傘下）による洪水予測の精度が低い。 - BMD による予警報に、他機関の水位情報が有効に活用されていない。	- 気象観測施設の拡充と予報能力の強化 - 水位計配置の拡充と洪水予測能力の強化
情報伝達	- 情報の内部処理に時間がかかり、DDM（防災局）による情報伝達が遅れる。⁸³ - 勤務時間外に対応できず、情報伝達が遅れる。⁸³ - 機材不足により、（特に地方における）情報伝達率が低い。	- 24 時間連絡体制の確立 - 情報システムの整備（一元化、情報のペーパーレス化） - 中央と地方、各機関担当者間での緊急時連絡用の SMS 送受信システムの構築
防災活動への活用	- 予警報が発出されても、災害が発生しないことが多く、住民に避難を促しづらい。⁸³	- CPP の能力強化（新たに組織された CPP は活動が活発でない傾向がある） - 避難計画の策定、防災教育、避難訓練等の実施
その他	- MoDMR（防災救援省）/DDM は防災行政全体を統括し、調整を行うことを求められているが、省を跨ぐ調整が十分ではない。	- MoDMR/DDM の防災能力強化

(2) ブータン (NCHM)

NCHM は、気象・洪水予警報を発出し、防災局 (DDM) (本来は NEOC) やメディア等に発信する。DDM は、NCHM から受けた洪水予警報を、県庁 (県防災担当官 DDMO) (本来は県 EOC) に伝達する。県庁を介して洪水警報を想定氾濫域の住民等のステークホルダーに伝え避難を促す。

85

DDM 内には、国家緊急対応センター (NEOC) を設置する予定 (2019 年時点) であり、NEOC が災害警戒・警報情報の受信と関係機関へのそれら情報の伝達を担うことになっている。NEOC 設立は国家的急務であるが、DDM は NEOC 運営のノウハウを持たず、明確な SOP が存在しない。⁸⁵ 世界銀行が NEOC 建設を実施予定であり、現況の確認が必要である。

ブータン国唯一の放送局であるブータン国営放送局 (BBS) では、天気予報が放送されるが、静止画像とアナウンサーの予報文の読み上げによる解説であり、動的な天気予報解説はない。NCHM は、天気予報番組を作成するための TV スタジオの設置をしたいという要望を持っている。⁸⁵

なお、地震のモニタリングは、経済省地質鉱山局 (DGM) 傘下の地震・地球物理学部 (EGD) が実施しており、土砂災害 (道路の法面崩壊) は道路局 (DoR: 公共事業定住省の一部局) の管轄である。また、道路サービス運輸庁 (RSTA) は、NCHM から大雨・降雪の情報 (天気予報、注意報) を受けて、主要道路の一時閉鎖を実施している。⁸⁵

2016 年、氷河湖決壊洪水 (GLOF) を含む洪水予警報能力向上プロジェクトでマンデ川及びチャムカール川流域に洪水早期警報システム (Early Warning System, EWS) が導入された。基本的な情報の流れを図 III.2.2.7-2 に示す。設置した AWLS の洪水位の監視に基づき、NCHM は AWLS の洪水位が閾値を超過した場合に警報サイレンを鳴動させると同時に洪水警報を DDM やメディア等に通報し、洪水警報を受けた DDM がそれを県に連絡し、県が洪水警報に基づき住民に対し避難指示を発令する。洪水警報発令の判断基準は AWLS の水位情報であり、気象警報に基づいて洪水警報が発令されることはない。これは、NCHM の気象予報の精度があまり高くないことが理由の一つである。⁸⁵

⁸⁵ ブータン国全国防災能力強化プロジェクト詳細計画策定調査報告書、JICA、2019 年

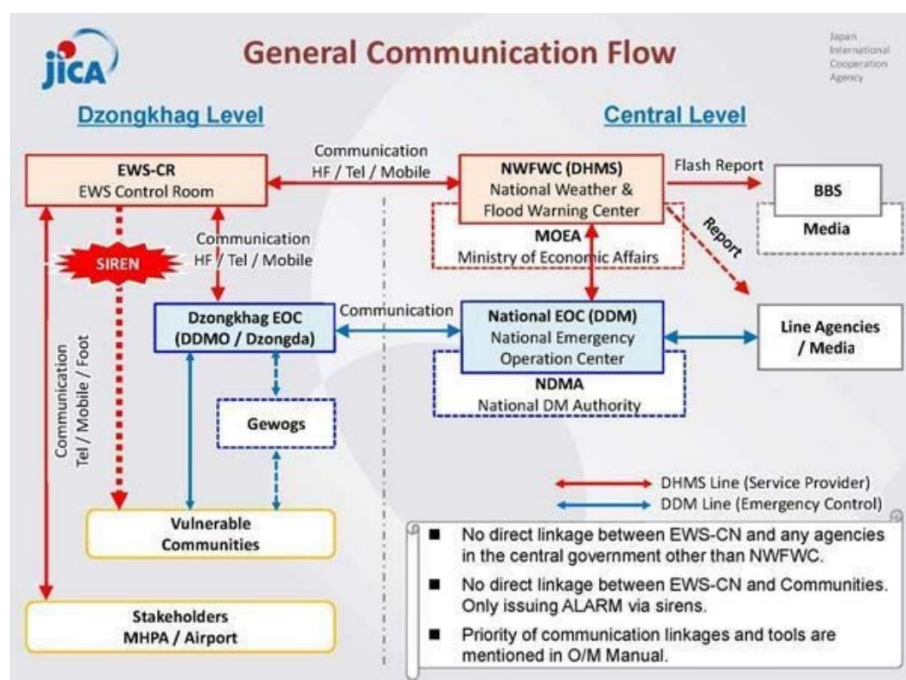


図 III.2.2.7-2 SOPに基づく基本的な情報の流れ⁸⁵

関連防災機関との連携に係る課題と対策を以下に示す。

項目	課題	対策
予警報の発令	- 気象予報の精度があまり高くなく（定量的予報が実施されていない）、大雨警報等の警報は発表していない。 - 気象警報に基づいて洪水警報が発令されていない（EWSにおける洪水警報発令の判断基準はあくまで AWLS（自動水位観測器）の水位情報であり、気象情報は参考情報として補足的に取り扱われている）。⁸⁵	- 観測体制・機器の整備 - 警報発令の体制整備（雨量値などの警報発表の基準値の設定等）
情報伝達	- ブータン放送局による天気予報は、静止画像とアナウンサーによる予報文の読み上げによる解説のみであり、動的な天気予報開設はない。⁸⁵	- 予報解説のための能力強化と機材の整備
その他	- NEOC（緊急対応センター）が設立されておらず、DDM（防災局）本部及び県防災担当官が代わりに職務を遂行している。⁸⁵	- 防災体制の整備

(3) カンボジア（DOM）

1995 年、定期的に発生する災害の経験から、カンボジア王国政府（Royal Government of Cambodia : RGC）が政令（第 35 号 ANKR-BK）によって、省庁クラスの機関である全国災害管理委員会（National Committee for Disaster Management : NCDM）を設立し、首相と副首相によって署名された。その後、NCDM の組織と機能は、2004 年にカンボジア国の国王令（NoSN / RKT

/ 0804/234、2004 年 9 月 31 日付け）によって修正された。現在の NCDM の目的は、カンボジア国の災害管理活動を主導することになっている。⁸⁶

河川の水位等の観測は、MOWRAM 傘下の水文河川工事局（Department of Hydrology and River Works : DHRW）によって行われ、DHRW は、流域管理や水文学的情報の交換、洪水や渇水の早期警報なども実施している。メコン河は Mekong River Commission（MRC）によって管理されており、その情報が DHRW や、周辺国に伝達される。⁸⁶

MOWRAM は洪水管理の責任機関としての役割があるが、機能を果たせておらず、洪水管理能力の強化の必要性が指摘されている。⁸⁷

災害発生時には、各観測所からのデータをもとに、DOM や DHRW が早期予警報を発し、NCDM に伝達するとともに、メディアを通して住民に予警報情報を伝えている。NCDM から州、地域、コミューン、村落レベルまで固定/携帯電話、メール、FAX により情報が伝えられ、それぞれの災害管理委員会が早期警報を拡散する。行政機関から住民やコミュニティへの情報伝達ルートが必ずしも確立されていないという課題がある中、NCDM はカンボジア赤十字（Cambodian Red Cross : CRC）や NGOs などと MOUs を結んでおり、特に CRC は地方（コミューン、村落）レベルの警報伝達において重要な役割を担っている。^{86,87} 図 III.2.2.7-3 に早期警報システムの概要を示す。

気象予報に関する住民の意識啓発や教育が不十分で、住民は「自分の家が被害を受けるのか？」「自分が逃げなければならないのか？」といったことがわからないなど、2011 年の洪水の際には、鉄砲水を経験したことがなかったため、多くの住民が被害を受けた。⁸⁷

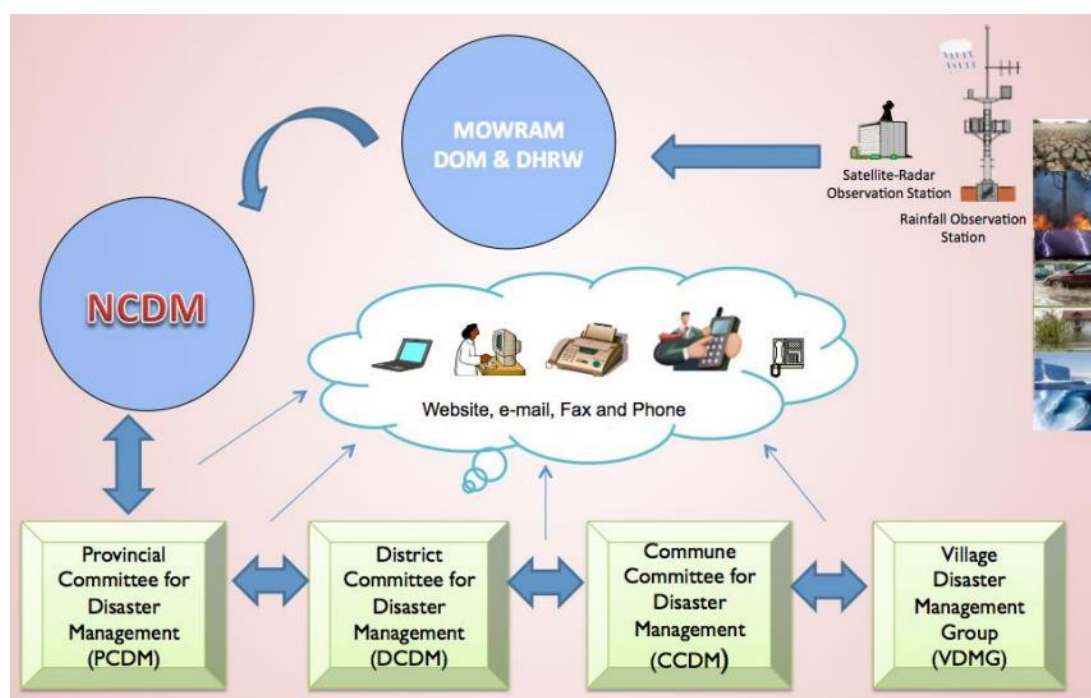


図 III.2.2.7-3 早期警報システム ⁸⁶

⁸⁶ Consultancy Mission Report for Cambodia, Toya, Majid, Khan ら、2014 年

⁸⁷ アセアン地域防災協力に関する基礎情報収集・確認調査ファイナルレポート（カンボジア）、JICA、2012 年

関連防災機関との連携に係る課題と対策を以下に示す。

項目	課題	対策
予警報の発令	- 水位の観測機器がマニュアルであり、鉄砲水の際、迅速な被害予測及び予警報の発令が難しい	- 自動観測機器の整備
情報伝達	- 行政機関から住民やコミュニティへの情報伝達ルートが十分確立されていない。 ⁸⁷	- 情報伝達システムの整備（政府機関からコミュニティへの早期警報伝達手段の開発）
防災活動への活用	- テレビやラジオを通して伝達される気象予報をどう活用すればよいか、住民が理解できておらず、避難などの行動に結びついていない。鉄砲水の危険性を理解できていない。 ⁸⁷	- 避難計画の策定、防災教育、避難訓練等の実施
その他	- MOWRAM の洪水管理能力が十分でない。 ⁸⁷	- MAWRAM の洪水管理能力の強化

(4) フィジー (FMS)

災害管理における実施機関である NDMO は、現在、地方海洋開発・災害管理省（Ministry of Rural and Maritime Development and Disaster Management）の傘下であり、サイクロン・洪水に関する予警報を気象局から、地震・津波に関する予警報を鉱物資源局地震課から受け、それを関係機関やメディアに伝える。図 III.2.2.7-4 に防災に係る情報伝達の経路を示す。

津波については、NDMO における意思決定プロセスで時間がロスされるという問題があり、またメディアからコミュニティに迅速に情報を伝える手段が確立されておらず、課題となっている。⁸⁸

コミュニティ防災に関しては、簡易雨量計と量水標が、現地住民が避難で活用されているが、一部集落に限定されている。また、現状では、通報システムと流域に設置する観測システムが連動していない。⁸⁸

⁸⁸ 大洋州地域への防災協力に関する基礎情報収集・確認調査報告書、JICA、2012 年

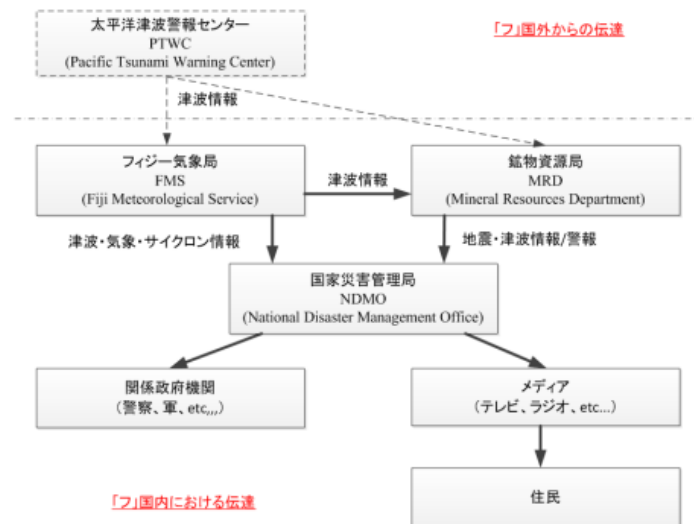


図 III.2.2.7-4 災害予警報の伝達経路 ⁸⁹

関連防災機関との連携に係る課題と対策を以下に示す。

項目	課題	対策
予警報の発令	- サイクロン等による被害状況の画像やリアルタイムでの観測情報を伝えることができず、サイクロン、洪水などの影響で不通になる頻度が高く、離島の各測候所からの FMS 本部への迅速な情報伝達が困難である。 - 潮位観測データは BOM（オーストラリア気象局）に送信されており、FMS はリアルタイムで受信できていない。 - WAF（水道公社）による河川水位予測は、観測から 30 分程度の時間がかかる。 - 数値予報等を活用した客観的・定量的予報（量的予報）は行われていない（経験則と予報官の技量に基づく主観的・定性的な予報がなされている）。 - 津波の予警報は、PTWC（太平洋津波警報センター）に頼る必要がある（MRD：鉱物資源局）。	- 観測体制・機器の整備の継続 - 数値予報を活用した警報発令の体制整備 - MRD の津波予測の能力強化
情報伝達	- NDMO の意思決定プロセスで時間がロスされ、津波に係る警報の情報伝達が遅れる。 - メディアから地方に迅速に情報を伝える手段が確立されていない。	- 情報伝達システムの整備（津波警報 SMS の緊急発進の推進等） - メディアとの連携と予報解説のための能力強化

⁸⁹ 広域防災システム整備計画 準備調査報告書、JICA、2013 年

防災活動への活用	- コミュニティ防災で設置された簡易雨量計と量水標は、現地住民が避難で活用されているが、一部集落に限定されている。通報システムと流域に設置する観測システムが連動していない。	- 観測システムと通報システムが連動したコミュニティ防災体制の整備

(5) インドネシア (BMKG)

BMKG は、気象・地震・津波情報を観測、管理、解析し、早期警戒情報を発出している。洪水管理全般の責任機関は、公共事業省(PUPR)の水資源総局(DGWR)である。2006 年に BBWS または BWS と呼ばれる流域管理事務所が設立され、現在、12 の BBWS と 21 の BWS 事務所が合計で 65 流域を管理している。各 BBWS 事務所では毎年雨期の前に洪水警報ガイドラインを作成している。同ガイドラインでは制度整備、モニタリング・ネットワーク、報告・協調・警報伝達のフローなどが定められており、全ての主要河川で 3 段階の危険水位を設定している。国内いくつかの流域においては、テレメトリー式の洪水早期警報システムが確立されており、BBWS 事務所が管理している。⁹⁰

気象・地震・津波に係る情報伝達のフローを図 III.2.2.7-5 に示す。伝達手段の一つである SMS は、BMKG 本部、地方 BMKG 及び BPBD（地方防災局）の SMS サーバーからの送信処理能力が低く、災害時にはアクセスが集中するため、伝達の遅延が発生する。また、防災関連省庁間の連携が弱く、地方防災局の災害情報入手・活用能力、住民への伝達能力、避難指示を出す能力が不足しており、防災担当者や住民の間でしばしば混乱が生じている。⁹⁰ 本事業における BMKG へのヒアリングでは、SMS 以外の様々なツールを情報伝達に活用しており、情報伝達状況は改善されているという話であった。

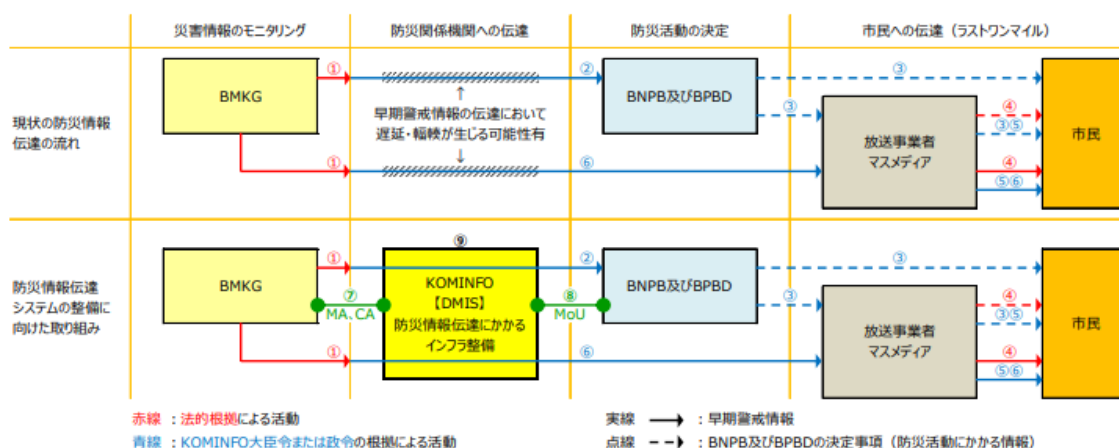


図 III.2.2.7-5 災害情報伝達のフロー ⁹¹

関連防災機関との連携に係る課題と対策を以下に示す。

項目	課題	対策
予警報の発	- EWS（予警報システム）の災害情報の精度が十	- EWS の観測網の運用と観測

⁹⁰ インドネシア国防災分野における情報収集・確認調査ファイナルレポート、JICA、2019 年

⁹¹ インドネシア国防災情報処理伝達システム整備計画準備調査レポート、JICA、2016 年

令	分ではない。(不具合の修正や機器校正作業への人的リソースが不足しており、観測データが十分ではないため、災害履歴に基づく判断ができていない)	データ管理の体制整備
情報伝達	- 伝達手段の一つである SMS は、BMKG 本部、地方 BMKG 及び BPBD (地方防災局) の SMS サーバーからの送信処理能力が低く、災害時にはアクセスが集中するため、伝達の遅延が発生する。	- 防災情報伝達システムの整備 (LBS (位置情報サービス) や CBD (セルブロードキャスト) 等の導入)
防災活動への活用	- EWS における観測・分析の精度が十分ではなく、伝達内容やタイミングが人的被害の効果的な減少につながっていない。	- 災害種・地域特性を考慮した EVS 構築ガイドラインの策定・体制整備 - 防災関連機関の能力強化 (連携促進)
その他	- 防災関連機関の連携・調整が十分ではない。	- 防災関連機関の能力強化

(6) ラオス (DMH)

DMH は気象・水文業務に加え、地震の観測および早期警戒システムを運用している。どの機関も、土砂災害のモニタリングや早期警戒システムにかかる活動は実施していない。鉄砲水に関する警報は 12 時間雨量が 100mm を超える場合に発令されるが、鉄砲水に特化したモニタリング機器や警報発令基準はまだ整備されていない。⁹²

洪水や渇水、サイクロンなどの早期警報は DMH によって NDMO や関係機関、マスメディアにファックスや電子メールで伝達される。NDMO が地方の災害管理委員会に情報伝達を行い、一般住民への警報に関する情報は、マスメディア、ウェブサイト、拡声器を用いた口頭伝達により伝えられる仕組みとなっている。⁹² 気象予警報の伝達システムを図 III.2.2.7-6 に示す。

2011 年の洪水の際には、警報システムが設立されたにも関わらず、地域のラジオ放送の電波が途絶え、一部の住民に警報が伝達されなかった。また、ドナー支援によるコミュニティ防災活動が実施されているが、活動の偏りが見られ、包括的に実施できていない。⁹²

⁹² アセアン地域防災協力に関する基礎情報収集・確認調査ファイナルレポート ラオス、JICA、2012 年

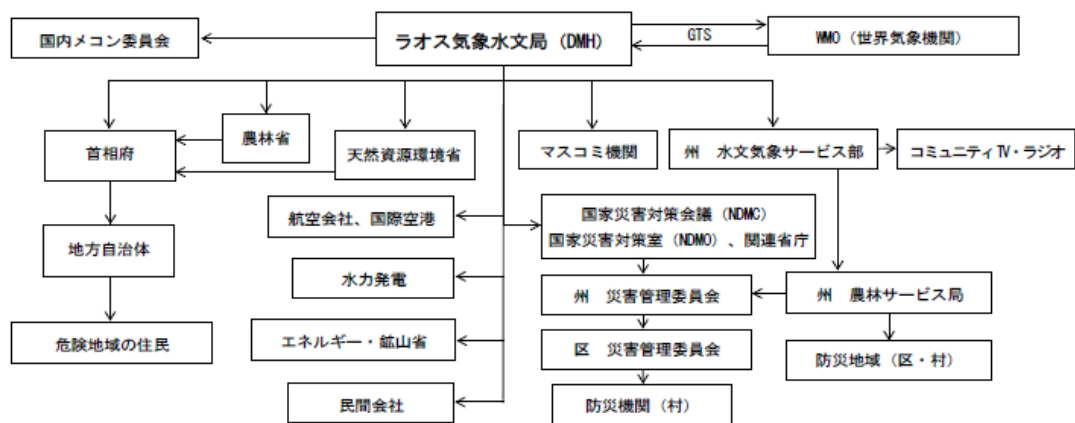


図 III.2.2.7-6 DMH 気象予警報システム⁹³

関連防災機関との連携に係る課題と対策を以下に示す。

項目	課題	対策
予警報の発令	- 目視による水位観測で、DMH 本局はリアルタイムにデータ取得ができない。 - 鉄砲水に特化したモニタリング機器や警報発令基準は整備されていない。	- 自動の気象・水文観測、送信システムの整備の継続 - 警報発令の体制整備（鉄砲水）
情報伝達	- 豪雨により地方のラジオ放送の電波が途切れ、情報が行き届かず、一部の住民に警報が伝達されないことがありうる。	- 情報伝達システムの整備
防災活動への活用	- コミュニティ防災は活動に偏りがあり、包括的に実施されていない。	- 防災体制の整備

(7) モンゴル (NAMEM)

モンゴル国における国家レベルの防災活動を担う機関は、モンゴル国国家非常事態庁 (NEMA) である。NAMEM が全災害の予警報を発出し、NEMA がその情報の伝達の役割を担うこととなっている。

図 III.2.2.7-7 に、寒雪害および洪水に係る早期警報の情報伝達システムを示す。本業務におけるヒアリングにおいて、NAMEM、NEMA 間および地方への情報伝達において、混乱が発生することが課題として挙げられた。

⁹³ Training program on reinforcement of meteorological services、DMH、2015 および 2017 年

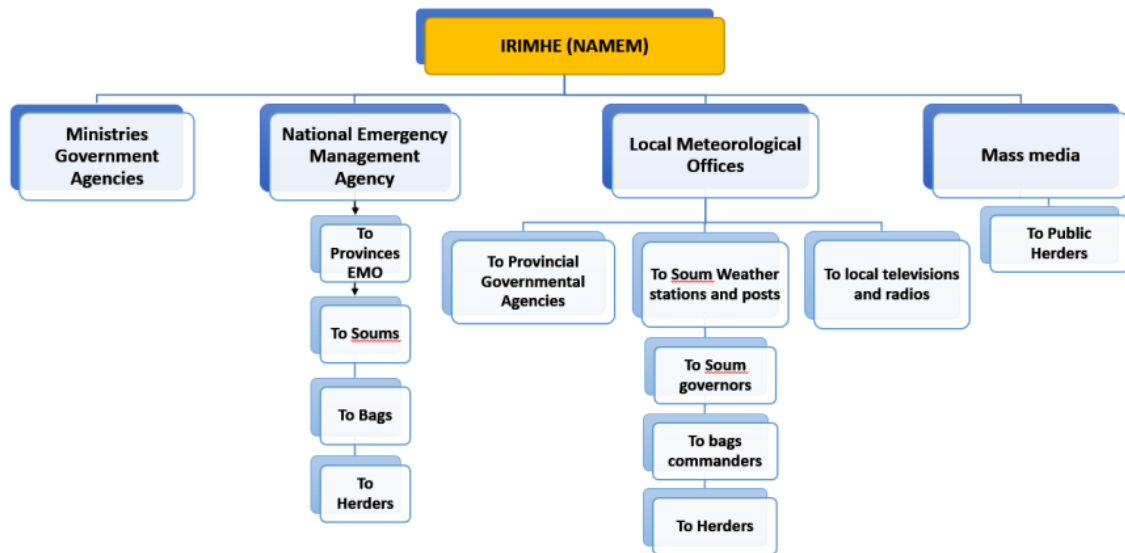


図 III.2.2.7-7 寒雪害および洪水に係る早期警報の情報伝達フローチャート ^{94,95}

関連防災機関との連携に係る課題と対策を以下に示す。

項目	課題	対策
情報伝達	- NAMEM、NEMA 間の情報伝達で、混乱が生じうる。 - 地方への情報伝達で、混乱が生じうる。	- 責任、役割分担の明確化 - 防災機関との連携の促進

(8) ミャンマー (DMH)

DMH は気象ネットワークと観測機器を全国に有しており、リアルタイムで気象データを収集している。また、WMO のメンバーでもあるため、地域的かつ世界的な気象・気候予測と通じている。様々な機関と連携しながら、DMH は気象・気候モデルを運用し、解析を行うことで最も起こりえる天候予測を行っている。その天気予測から、災害発生が見込まれる際に DMH は中心的な役割となり地方局やメディアなどを通じて市民に警報を発する。図 III.2.2.7-8 に早期警報伝達システムの概要を示す。

警報は、FAX や電話を通して伝達されるが、FAX の送受信には時間がかかったり、届かないこともあり、受け取り確認もあまり行われていない。固定電話と携帯電話に依存した音声による口伝えシステムになっており、電話で情報が伝達される際は、メモが作成されていない。メディアを通して情報伝達が図られているが、DMH からミャンマーラジオテレビ局 (MRTV) までは、撮影したビデオをバイクで運んでおり、タイムリーな情報伝達できていない。⁹⁶

⁹⁴ Dzud early warning system over Mongolia、NAMEM、2017 年

⁹⁵ Disaster management reference handbook、Center for Excellence in Disaster Management and Humanitarian Assistance、2018 年

⁹⁶ ミャンマー国自然災害早期警報システム構築プロジェクト ファイナルレポート、JICA、2017 年

	れていない。⁹⁷ - 各機関とも、他機関がとる防災活動についての知識が不足しており、連携した対応が取れていない。 - 情勢の変化に伴う現状の体制の確認が必要である。	

(9) ネパール (DHM)

ネパール自治省 (MoHA; Ministry of Home Affairs) がネパールの災害管理としての役割を持っている。中央自然災害軽減委員会 (CNDRC: Central Natural Disaster Relief Committee)、地域自然災害委員会 (RDRC: Regional Disaster Relief Committee) と災害への備えを調整するための地区自然災害軽減委員会 (DDRC: District Disaster Relief Committee) の規定がある。

DHM は MoHA や関連機関と連携しながら、Web サイトや電話、SMS、FM ラジオなど様々な手段を用いて予警報情報の伝達を行う。様々な関係者を巻き込んで情報の共有が図られているが、連携は不足しており、それぞれの役割が明確にはなっていないと評価できる。^{98,99}

関連防災機関との連携に係る課題と対策を以下に示す。

項目	課題	対策
予警報の発令	- インフラや設備、職員不足、職員の能力不足¹⁰⁰ - マルチハザードの早期警報システムについて、技術の習得に課題がある。⁹⁹	- 組織体制の整備、必要なインフラ、設備の整備
情報伝達	- 各機関の役割が明確になっておらず、住民までの伝達経路が明確になっていない。	- 情報伝達網の整備

(10) パキスタン (PMD)

パキスタンでは、防災担当機関として、国家防災管理庁 (National Disaster Management Authority: NDMA) が内閣府の下に組織され、国の防災行政の総合調整機関としての役割を担っており、州及び県レベルでの防災管理組織として、F/G/S/PDMA、DDMA が組織されている。¹⁰¹

サイクロン、豪雨、洪水、地震などの現象に対しては、PMD が早期予警報を発出し、NDMA 等の関係機関・メディアを通して、住民への情報伝達が実施される (図 III.2.2.7-9)。¹⁰²

⁹⁷ 民政移行後のミャンマー中央政府の防災体制と今後の課題、田平由希子ら、2013 年

⁹⁸ Flood Early Warning System In Practice, Practical Action、2016 年

⁹⁹ The project on rehabilitation and recovery from Nepal earthquake final report、JICA、2017 年

¹⁰⁰ Nepal presentation, Regional Workshop on Implementation of Weather and Climate-related Services in the Least Developed Countries (LDCs) in Asia、DHM、2014 年

¹⁰¹ 国家防災管理計画策定プロジェクト ファイナルレポート、JICA、2013 年

¹⁰² 防災人材育成計画プロジェクト 基本計画策定調査報告書、JICA、2015 年

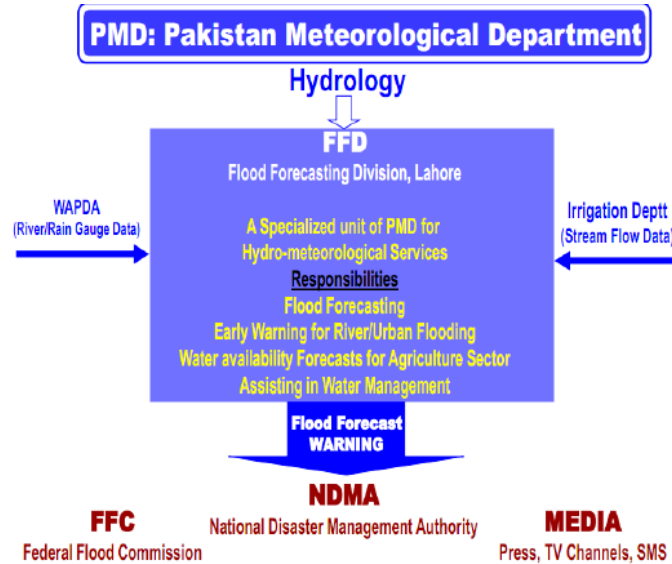


図 III.2.2.7-9 洪水予警報の伝達システム ¹⁰³

PMD と NDMA の連携はあまり取れていなかったが、早期予警報システムは機能しつつあると各援助機関から指摘されており、この要因として、主管部局となる防災機関が緊急対応に関する実施体制を整備しつつあること、各組織の役割分担を国家防災計画で明確にしていること、更には毎年の洪水対応による経験が蓄積されつつあることが挙げられている。一方で、フラッシュフラッドの早期予警報システムは十分整備されておらず、十分なリードタイムが確保できていない。また、PMD の予報に関する情報は難解で理解しづらいことなどが関連機関から課題として指摘されている。避難に関する知識不足に加え、家畜や財産を守る必要性や避難場所が充実していないことから、警報を受け取っても逃げない住民がいる。¹⁰²

関連防災機関との連携に係る課題と対策を以下に示す。

項目	課題	対策
予警報の発令	- 予報に関する情報が難解で理解しづらい。¹⁰² - 観測網が不足しており、フラッシュフラッドの早期予警報システムが十分に整備されていない。¹⁰²	- 警報文書の見直し - 気象観測網の整備
情報伝達	- 情報伝達システムが十分でない。	- 情報伝達システムの整備（補助ツールとしての SMS の活用やメディアとの連携等）
防災活動への活用	- 知識不足や避難場所が充実していないことにより、警報を受け取っても、住民が避難しない。¹⁰²	- 地方防災計画・避難計画の策定、避難訓練の実施 - 防災教育

¹⁰³ Country report presentation Pakistan、PMD、2018 年

(11) フィリピン (PAGASA)

PAGASA が発表する予報警報情報の住民までの伝達ルートを以下に示す。¹⁰⁴

1. 住民の避難などの具体的な行動内容を決定するのは PAGASA から中央の地域災害リスク軽減管理評議会 (DRRMC : Disaster Risk Reduction and Management Council) から州の評議会 (PDRRMC)、市の評議会 (CDRRMC) を介して気象予警報を受信した地方政府 (LGU) である。
2. LGU は、必要に応じ PAGASA の担当地方官署 (PRSD) と連絡を取り協議しつつ、住民に伝える内容を検討、決定する。
3. しかし、情報伝達対象地域によっては、NDRRMC が、危険地域に設置してあるサイレンを、デジタル信号で直接鳴らすこともできる。
4. また、NDRRMC は事前の登録者に対しては携帯端末で直接情報を伝達することもできる。
5. 3.で決定された内容の住民への周知には、LGU は Barangay (町内会) の Captain を通じて行われる (つまり Captain の行動が最も重要である)。
6. フィリピン沿岸警備局 (PCG) も PAGASA から情報を受信している。

情報伝達ネットワークは図 III.2.2.7-10 のように構築され、運用されている。気象情報に関して、PAGASA は細やかな情報発信に取り組んでいるが、一般人にとってはわかりにくいという指摘がある。また、電子メール、FAX、SMS、電話など複数の手段を用いて情報伝達を図っていることは評価できるが、SMS で情報を発信する際、一般人の携帯電話にメッセージが届くまでに時間がかかるという課題があった。Web サイトに展開している情報は、わかりにくく知りたい情報が記載されている Web ページに到達しにくく、表示するのに時間がかかると指摘されている。PAGASA の地方官署は、気象情報の普及啓発活動を実施しており、NCR (National Capital Region) においては、関係機関との協力関係の下で、比較的しっかりとした普及啓発活動を行っている。

104

¹⁰⁴ フィリピン国 気象観測・予報・警報能力向上 プロジェクト 詳細計画策定調査 ファイナルレポート、JICA、2017 年

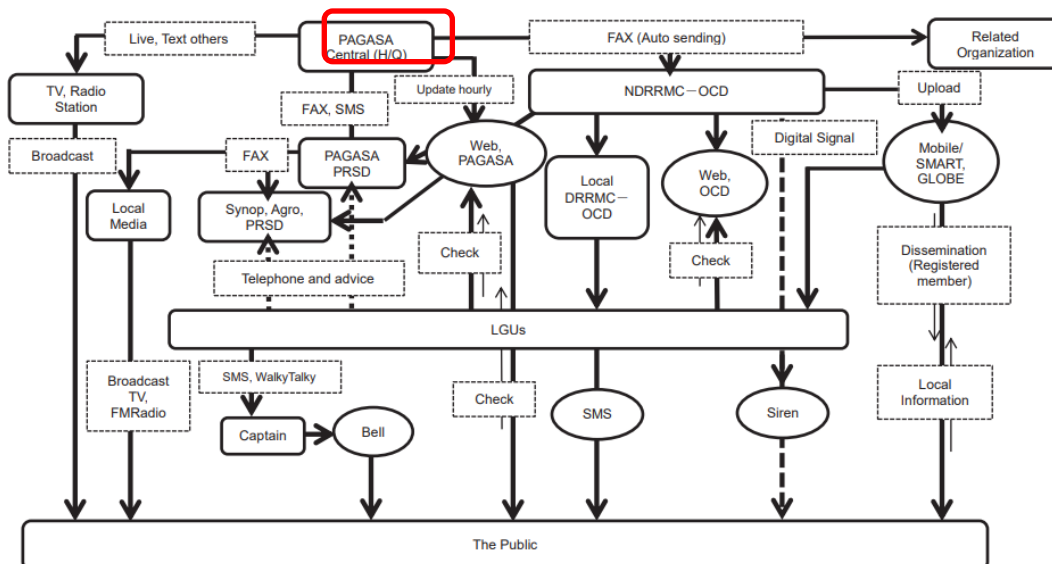


図 III.2.2.7-10 住民までの早期警報伝達ルート ¹⁰⁴

関連防災機関との連携に係る課題と対策を以下に示す。

項目	課題	対策
予警報の発令	- 洪水観測のための水位計設置数が十分でない。¹⁰⁵ - 関連機関・プロジェクトによって使用する気象測器・システムが異なる。¹⁰⁵ - PAGASA River Center の能力強化の計画や洪水モデルの策定がなされていない。 - Principal River Basin（中小河川）の洪水予警報が殆ど構築されていない。 - 数値予報の精度が低い。 - PAGASA 本部及び南ルソン管区以外の気象予報能力が十分ではない。¹⁰⁵ - 気象予報が分かりづらい。¹⁰⁴	- PAGASA の気象予報能力強化 ¹⁹ - PAGASA の水文気象観測施設の統一化・画一化 ¹⁰⁵ - PAGASA River Centers 及び LGU の迅速な能力強化
情報伝達	- 情報伝達が不十分である。 - 通信事業者からの地域住民への SMS のメッセージが届くまでに時間がかかる。¹⁰⁶	- 情報伝達システムの整備

(12) スリランカ（DOM）

国内の災害発生時には、DOM が大雨、強風、サイクロン、および、海外の地域津波情報局（Regional Tsunami Service Provider：RTSP）からの情報に基づいて津波の警報を発出している。灌漑局（Irrigation Department：ID）は水位観測をもとに洪水警報を発出しており、国家建築研究

¹⁰⁵ フィリピン国防災セクター戦略策定のための情報収集・確認調査 ファイナルレポート、JICA、2017 年

¹⁰⁶ フィリピン国災害リスク削減・管理能力向上プロジェクト ファイナルレポート、JICA、2015 年

所（National Building Research Organization : NBRO）は全国 100 か所以上の雨量計からのデータをもとに、土砂災害警報を発出する。ID や NBRO は DOM を超える数の自動雨量計を運用しているものの観測システムが共通でなく、DOM による現況把握や予報業務には使用されておらず、予警報の発出に効率的に活用されていない。¹⁰⁷

それらの専門機関による警報の送付先は、警報の種類や発出機関によって異なるが、いずれも DMC のなかの緊急対応センター（Emergency Operation Centre : EOC）が主要送付先に含まれており、DMC が地方レベルへの伝達に主な責任を負っている（図 III.2.2.7-11）。警報は EOC から地方の関係各機関へと伝達され、末端では主に GN（Grama Niladhari、行政村：スリランカにおける最小行政単位）から住民に伝達される。伝達手段は電話、SMS、メディア、メール等、末端では GN がメガフォンを用いて避難を呼びかける。中央行政ラインでの伝達フローは、概ね良好に機能しているものの、地方自治ラインは、整備されていない。また、中央機関による警報はあくまでも公共に対する注意喚起を目的としているところ、住民への直接的な避難勧告や避難指示を発出するメカニズム、すなわち Decision Making のプロセスは整備されていない。¹⁰⁷

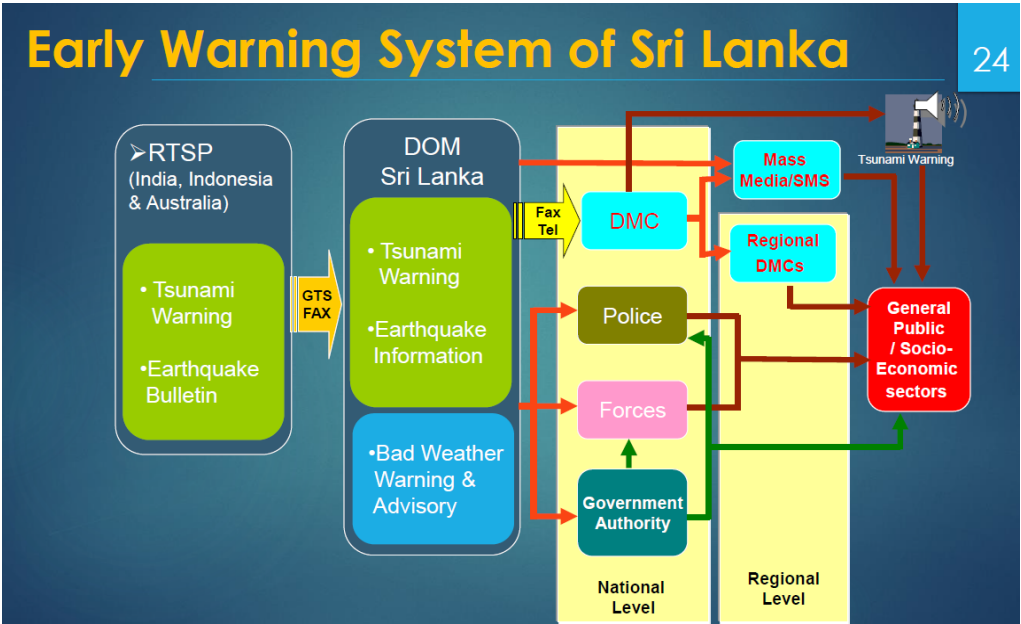


図 III.2.2.7-11 スリランカにおける早期予警報・災害情報伝達システムの概念図 ¹⁰⁸

関連防災機関との連携に係る課題と対策を以下に示す。

項目	課題	対策
予警報の発令	- DOM（大雨・サイクロン・津波等）、ID（灌漑局；洪水）、NBRO（国家建築研究所：土砂災害）の気象水文観測情報が共有されず、予警報の発出に効率的に活用されていない。 - 気象予報の精度が低く、定量的でない。	- 複数のドナーの支援で導入された設備・機材およびシステムの統合的運用の支援 - 設備・機材の近代化に伴う人材育成・能力強化の継続

¹⁰⁷ スリランカ国防災セクター情報収集・確認調査ファイナルレポート、JICA、2017 年

¹⁰⁸ Country Report of Sri Lanka、DOM、2018 年

	⇒設備・機材の近代化に向けた支援が進められている。 - 警報が地域の特性を反映した基準になっておらず、観測データと災害履歴の相関が見られない。発令された警報が、理解しにくい。	- 警報の基準・閾値の見直し - わかりやすい警報（マークや文面）の発令
情報伝達	- 中央行政ラインの伝達フローは機能しているが、DMC による地方における情報伝達は、あまり機能していない。	- 地方自治ラインの災害管理体制の整備、地方防災計画の推進
防災活動への活用	-警報の基準が定量的で無く、発出されている文面の理解が難しいため、避難の是非を予警報から判断するのが困難である。	- 警報の基準・閾値の見直し - わかりやすい警報（マークや文面）の発令
その他	- MDM（災害管理省）・DMC（災害管理センター；MDM 傘下）の役割分担が不明確で、調整能力が不足している。 - ID はマニュアルの水位観測所を全国に持って（雨量観測所も併設）いるが、部署ごとにデータを管理しており、流域単位でのモニタリングはなされていない。	- MDM・DMC の防災体制整備および能力強化 - ID による流域ごとの水文状況モニタリングの推進

(13) ベトナム（VNMHA）

洪水などの予警報は、MONRE の下部機関である、VNMHA 国家水文気象予報センター（National Center for Hydro-Meteorology and Forecasting : NCHMF）が担当し、地震・津波の予警報は、ベトナム科学技術省が担当である。

水文気象局は、全国に 9 つの地域水文気象局（Regional Hydro-Meteorological Services : RHMS）と、各地方省に PHMS を配置している。気象予警報や主要河川における洪水予警報業務は、中央の国家水文気象予報センターが担うとともに、地方レベルにおける詳細気象予警報や中小河川の洪水予警報業務を地域及び省水文気象局が行っている。¹⁰⁹ 洪水の予警報情報の伝達経路を図 III.2.2.7-12 に示す。

¹⁰⁹ ベトナム国防災セクター戦略策定のための情報収集・確認調査、JICA、2018 年

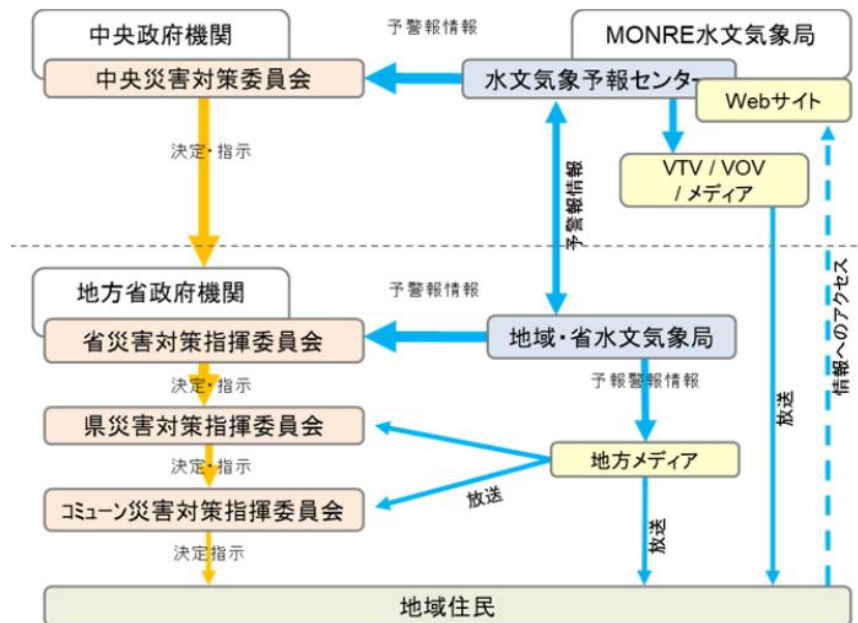


図 III.2.2.7-12 洪水の予警報情報の伝達経路 ¹⁰⁹

国家水文気象予報センター、地域及び省水文気象局ともに、県やコミューンの指揮委員会 や地域住民に対して直接予警報を発信する責務は有しておらず、これらはメディアを通じて行われている。あるいは、各レベルの指揮委員会は、上位の指揮委員会からの決定・指示文書の形で予報警報情報を受け取っている。地域住民レベルへの伝達体制が脆弱であり、正確な予警報がタイムリーに伝達されないため、実際には地域住民はそれぞれの経験に基づいて行動をとっている。

109

関連防災機関との連携に係る課題と対策を以下に示す。

項目	課題	対策
予警報の発令	- 水文気象観測情報が限定的で、災害の現状把握が困難であり、災害対応に資する予警報の発令が不十分である。 - 山間部の雨量観測は極めて限定的である。 - 各予報警報発表電文で明記される災害リスクレベルは各地点の災害の危険性を示すものとはなっていない。 - 各自治体の災害対応行動のタイミングを示し、地域住民が直感的に現時点及び将来の危険性を認識するような警報レベルの設定はなされていない（洪水予警報発表を除く）。	- 水文気象観測の強化および情報の統括管理 - 雨量観測網の整備（民間導入業者との連携の推進） - 対土砂災害の早期警報の推進 - 災害リスクレベルの見直し - 警報文書の見直し
情報伝達	- VNMHA、地域及び省水文気象局は、県やコミューンの指揮委員会、地域住民に対して直接予警報を発信する責務は無く、地域住民レベルへの伝達体制が脆弱である。	- 防災情報伝達システムの整備（末端住民への伝達）

	- 県やコミューンの指揮委員会は、上位の指揮委員会から決定・指示文書の形で予警報情報を受け取っており、正確な予警報がタイムリーに伝達されていない。	
防災活動への活用	- 地域住民はそれぞれの経験に基づいて行動をとっている。	- 避難計画の策定、防災教育、避難訓練等の実施
その他	- 地方省には、専任の防災機関がなく、DARD(省農業農村開発局)内の灌漑支局が兼務しており、セクター間の調整能力が弱い。また、VNDMAや地方省・県・コミューンの防災関連職員の人員数、知識や経験が不足している。	- 地方の防災体制の見直し

III.2.2.8 国際気象情報通信

(1) バングラデシュ (BMD)

a) 現状

[WIS/GTS ネットワーク接続]

GTS 接続としてはダッカ～ニューデリー間インターネット VPN 回線で主として観測データを交換し、WIS Part B 接続として GISC 東京から NWP プロダクトをルーチン取得している。前者は旧式の TCP Socket 手順、後者は sftp 手順。

[システム及び BUFR 対応]

2015 年 12 月から運用を開始した旧 GTS 電文システム (簡易 Message Switching System : MSS) を 2019 年 7 月に世銀の資金を利用して東洋電子工業 (株) 製の WIS/GTS-MSS 統合型システムに更新 (図 III.2.2.8-1 参照)。

2021 年 5 月にシステム障害発生、原因は不安定な電源によるディスクアクセス障害の多発。東洋電子工業 (株) のリモート支援によるファームウェア等のアップデート、ディスク修復により復旧。

BUFR 化は未対応部分が多く、2020 年 1 月の中国 TAC 電文停止による重大な業務支障が発生した。

b) 検討事項・課題

TAC 電文廃止の暫定対策は実施しているが恒久的な対策として BUFR 対応が課題。また、ダッカ～ニューデリー間回線を WMO-FTP 手順にアップグレードをしなければならない。

KMA が GISC ソウルとの接続を強く要望し、BMD が対応に苦慮している状況が続いている。また、KMA、KOICA の支援で整備される国内 AWS 網の観測データの WIS/GTS-MSS 統合型システムでの処理をどうするかが課題。

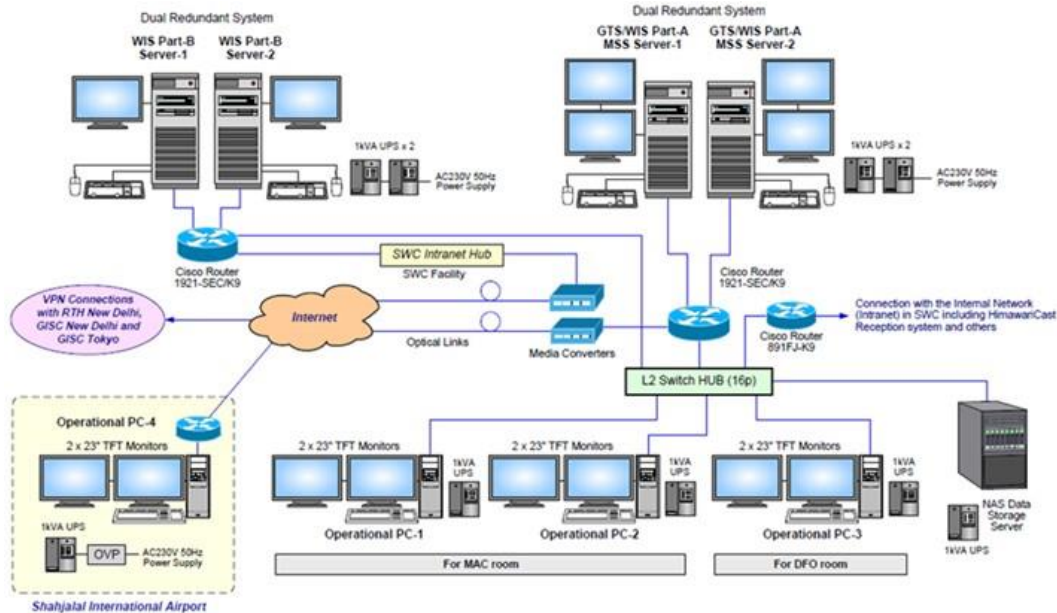


図 III.2.2.8-1 BMD の WIS/GTS-MSS 統合型システムの構成

(2) ブータン (NCHM)

a) 現状

[WIS/GTS ネットワーク接続]

GTS 接続としてはティンブー～ニューデリー、ティンブー～バンコク間のインターネット VPN 回線があり、主として観測データを交換している。通信手順は両回線ともすでに GTS マニュアルから削除された旧式の TCP ソケットのままであり、現在の GTS 標準となっている WMO-FTP 手順へのアップグレードが急務となっている。このため 2022 年に予定されているシステム更新に併せて WMO-FTP 手順に移行するべく IMD と事前の接続テストを 2021 年 4 月から繰り返してようやくアップグレードの準備が整った。

同様にシステム更新時に GISC 東京との WIS Part B 接続を拡張して気象庁 GSM プロダクトのルーチン取得を計画しており、気象庁の協力によりアクセス評価テストを 2022 年 1 月に実施する予定である。

[システム及び BUFR 対応]

2015 年に JICA 支援により東洋電子工業（株）製の GTS-MSS（図 III.2.2.8-2 参照）が初めて導入されたが、WMO 技術規則の改訂等に対応した改善が進まず、また機器の老朽化もあり、2022 年に JICA 支援による東洋電子工業（株）製の WIS/GTS-MSS 及びひまわりキャストの統合型システムに更新の予定（図 III.2.2.8-3 参照）。2017 年にフィンランド支援により導入された SmartMet システムへ GTS MSS から全受信データを転送している。

不安定な電源及び機器の老朽化により障害多発。現在 MSS マシンの 1 台が故障で起動できないため片系による運用により保守も出来ない状態となっている。

運用上は完全な BUFR 対応となっていないが、システム的には BUFR 対応完了。1 か所の AWS データを SYNOP 報として GTS MSS に入力し、BUFR 化して GTS 送信している。

b) 検討事項・課題

ニューデリー-GTS 回線の WMO-FTP 手順へのアップグレードが必須だが、IMD 及びその外注

業者の対応が適切ではなく、慎重なアップグレード作業が必要。一方、バンコク GTS 回線についてはタイ気象局（TMD）の対応に問題はない。

また、現在の GTS 回線のアクセス回線部を現在の経済省（MOE）インフラから NCHM のインフラに移行する必要があるが、IP アドレスの変更を伴うため IMD との調整に困難性が予想される。

有人観測官署の GTS への SYNOP 通報を計画しているが、観測時刻が 03、09UTC となっており、SYNOP 主通報時刻の 00、12UTC の観測をどうするかが課題。観測員の運用変更か近隣 AWS の活用等を NCHM と検討・協議する必要がある。

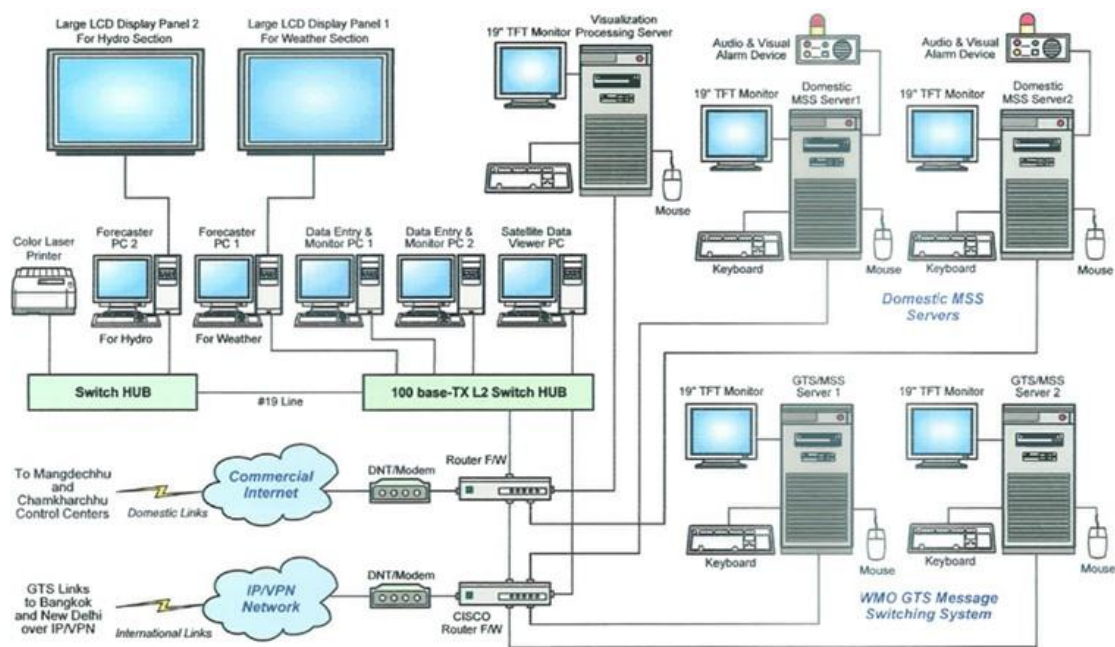


図 III.2.2.8-2 NCHM の既存 GTS-MSS の構成

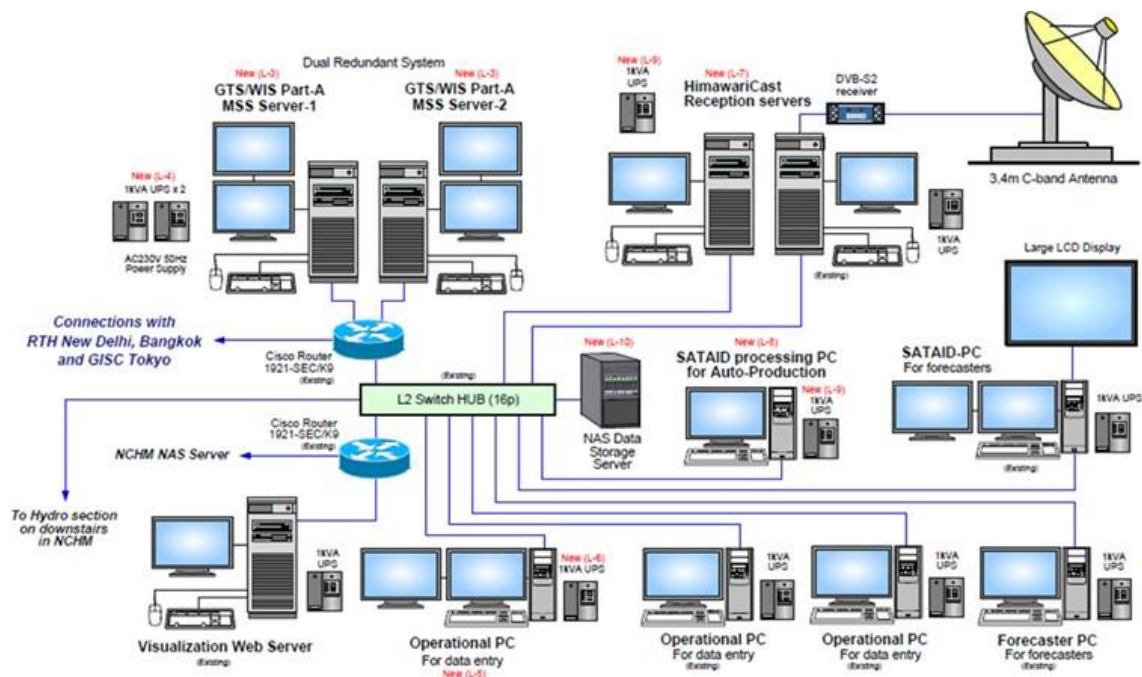


図 III.2.2.8-3 NCHM の更新予定の WIS/GTS-MSS, HimawariCast 統合型システムの構成
(New は更新機器、その他は既存機器のソフトウェア強化)

(3) カンボジア (DOM)

a) 現状

[WIS/GTS ネットワーク接続]

GTS 接続としてはプノンペン～バンコク間インターネット VPN 回線で主として観測データを交換し、WIS Part B 接続として GISC 東京から各種プロダクトを適宜取得している。前者は WMO-FTP、後者は sftp 手順。

[システム及び BUFR 対応]

2006 年、2015 年に JICA 及び WMO 支援により東洋電子工業（株）製 GTS-MSS が導入されたが、老朽化により 2020 年 11 月に WMO VCP を利用してハードウェアは現地調達、ソフトウェアのみ東洋電子工業（株）製をインストールするシンプルな WIS/GTS-MSS に更新された（図 III.2.2.8-4 参照）。

BUFR 化は未対応部分が多く、2020 年 1 月の中国 TAC 電文停止による重大な業務支障が発生した。

b) 検討事項・課題

2020 年に東洋電子工業（株）によるリモート支援で GTS-MSS に搭載された新機能についての理解が不十分で活用されていない。また、2021 年 6 月に MSS サーバーが起動しなくなったが、DOM 職員が追加した内蔵 HDD の仕様違いが原因であった。東洋電子工業（株）が試験・管理したハードウェアではないため、今後のハードウェア障害対応の困難性が懸念される。

DOM において運用に必要な情報の整理が出来ていないため GTS 及び WIS part B におけるデータ交換の潜在能力が生かされていない。特に、韓国支援による AWS 観測網の MSS 取込～GTS 交換が KMA の積極的な指導で計画されているが、具体的なソフトウェア対応等が検討されていない。

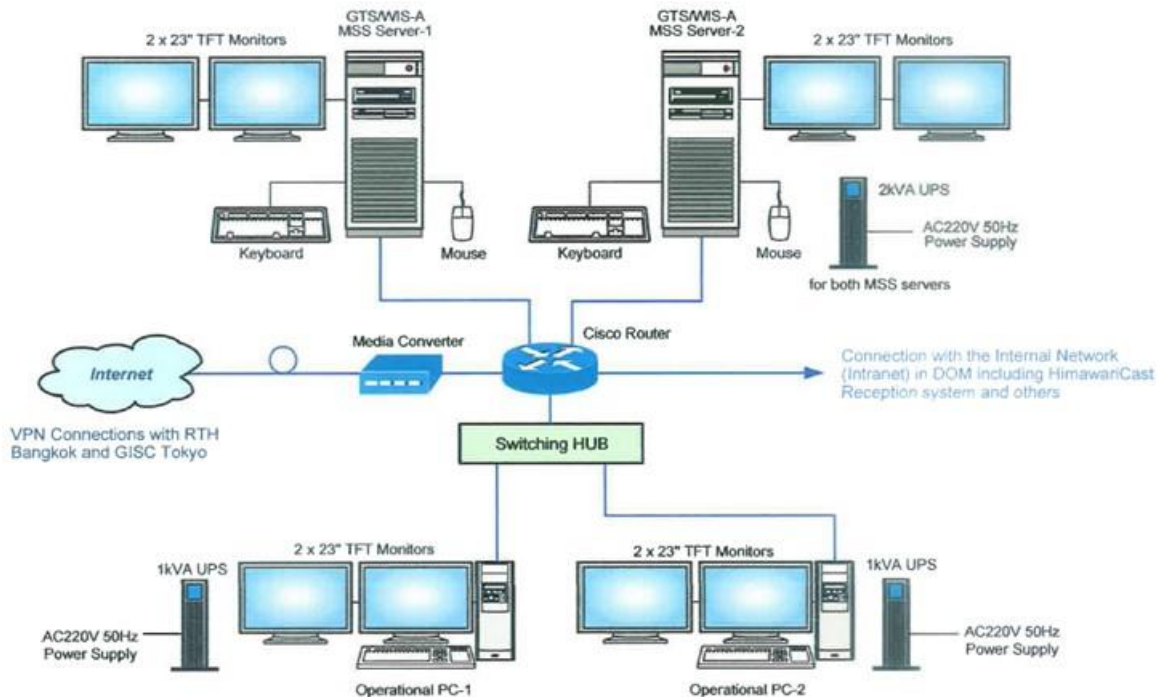


図 III.2.2.8-4 DOM の既存 WIS/GTS-MSS の構成

(4) フィジー (FMS)

a) 現状

[WIS/GTS ネットワーク接続]

GTS 接続としてはナンディ〜メルボルン間インターネット VPN 回線、航空向け気象データ交換のワシントンとの AFTN/GTS 共用回線により運用上必要な気象データを確保している。また、GISC メルボルン、GISC 東京との WIS Part B 接続で必要な各種プロダクトを適宜取得している。

[システム及び BUFR 対応]

JICA 支援による 2008 年整備の GTS/AFTN MSS の更新として COROBOR 社の Messir-Comms が導入されている。FMS の GTS-MSS 及び主要機器の構成を図 III.2.2.8-5 に示す。

システム的には BUFR 対応しているが、BUFR テーブル更新等が行われておらず、運用利用出来ない新規 BUFR データがある。

b) 検討事項・課題

FMS 職員が WIS/GTS のシステム運用に不慣れのこともあり、軽微の不具合に対しても業者の有料リモート対応が必要となっている。

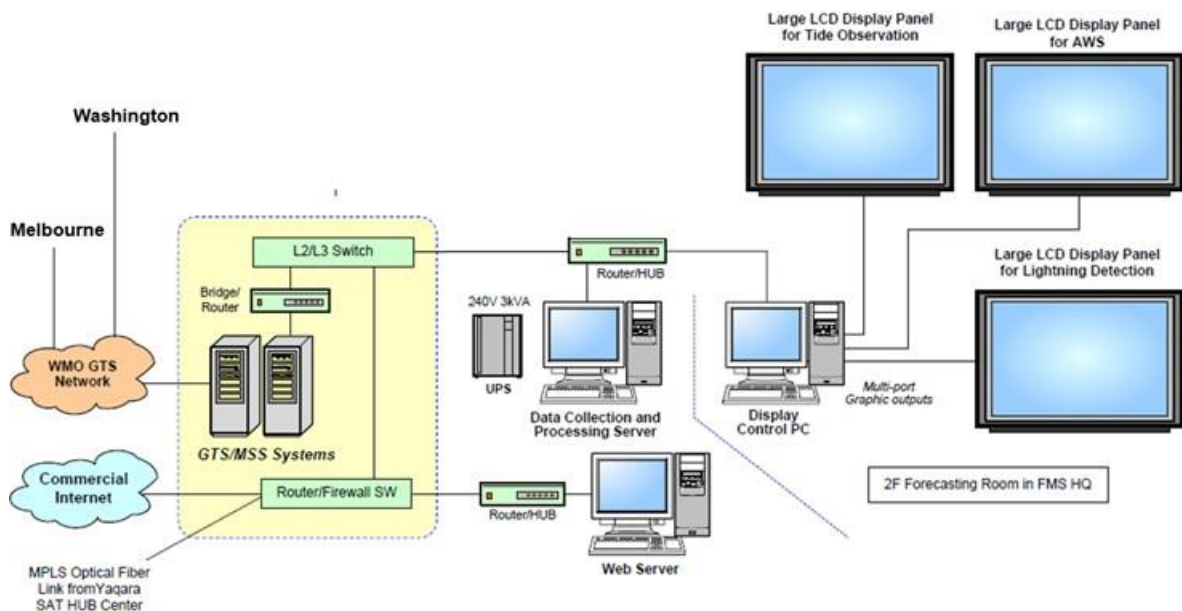


図 III.2.2.8-5 FMS の GTS-MSS 及び主要機器の構成

(5) インドネシア (BMKG)

a) 現状

[WIS/GTS ネットワーク接続]

GTS 接続としてはジャカルタ～メルボルン、ジャカルタ～シンガポール間インターネット VPN 回線があるが、主としてメルボルンから全球の観測データや各種プロダクトを取得している。その他、インターネット経由で UKMO からの NWP プロダクト取得をルーチン的に行っている。

[システム及び BUFR 対応]

自国予算により MFI との総合的な近代化計画を進め、2015 年から MFI 製の WIS/GTS システム (TRANSMET-AMSS) が運用稼働。CAP (Common Alert Protocol) 促進に積極的で、WIS/GTS 及び国際の情報配信にも CAP 導入を進めている。

BUFR 化は測器の更新を含めて完全対応を進めている。

b) 検討事項・課題

JICA を含めた各種ドナーによる個別プロジェクトによるデータ形式等の整合が課題。

(6) ラオス (DMH)

a) 現状

[WIS/GTS ネットワーク接続]

GTS 接続としてはビエンチャン～バンコク間 64kbps 専用回線があり、主に観測データを受信しているが、ECMWF や気象庁の数値予報プロダクトの受信を要望しており、128kbps への増速を検討している。これを補う目的もあり、GISC 東京との WIS Part B 接続で気象庁 GSM 等を適宜取得している。

[システム及び BUFR 対応]

WMO-VCP による旧 GTS-MSS を 2016 年に JICA 支援で国際気象コンサルタント (株) が IBL 社製の GTS-MSS 及び WIS 装置に更新 (図 III.2.2.8-6 参照)。

BUFR 化は未対応部分が多く、DMH 発信の SYNOP 電文等は、RTH バンコクで BUFR に変換され、全球交換されている。また、2020 年 1 月の中国 TAC 電文停止による業務支障が発生した。

b) 検討事項・課題

既存 WIS/GTS-MSS の保守支援体制が確立されておらず、ソフトウェアが WMO 技術規則の改訂に対応出来ていない。

TAC 電文廃止の暫定対策は実施しているが、恒久的な対策として BUFR 対応が課題。

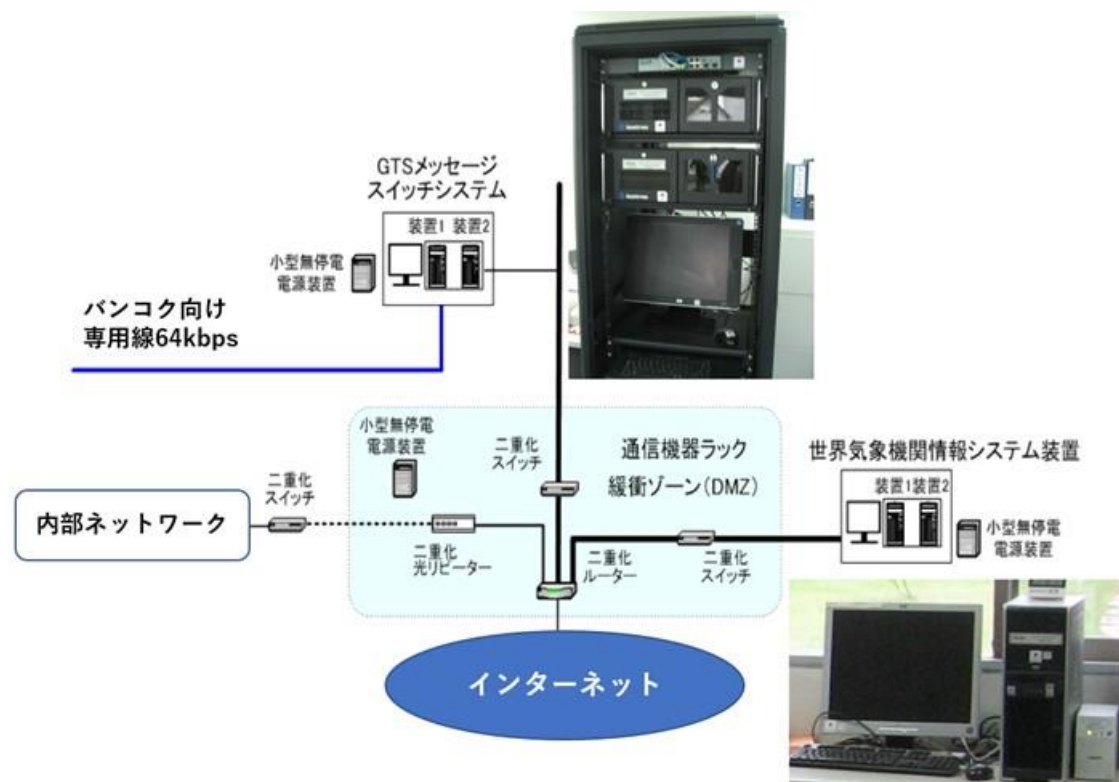


図 III.2.2.8-6 DMH の GTS-MSS 及び WIS 装置の接続構成

(7) モンゴル (NAMEM)

a) 現状

[WIS/GTS ネットワーク接続]

GTS 接続としてはウランバートル～ノボシビルスク、ウランバートル～北京の 2 回線。前者は 64kbps 専用線から 2020 年末にインターネット TCP Socket 手順に移行、後者は 64kbps 専用線からインターネット VPN の WMO-FTP 手順に移行中。

WIS については、Principal GISC に指名している GISC 北京及び歴史的な繋がり強い GISC モスクワの接続はあるが、主として GISC 東京からルーチ的にデータを取得している。なお、2020 年 10 月に GISC 東京との接続を sftp に移行してセキュリティを向上させた。

[システム及び BUFR 対応]

2015 年 12 月から運用を開始した旧 GTS 電文システム（簡易 Message Switching System：MSS）を 2019 年 7 月に世銀の資金を利用して東洋電子工業（株）製の WIS/GTS-MSS 統合型システム

に更新（図 III.2.2.8-7 参照）。

2021 年 5 月にシステム障害発生、原因は不安定な電源によるディスクアクセス障害の多発。東洋電子工業（株）のリモート支援によるファームウェア等のアップデート、ディスク修復により復旧。

BUFR 化は未対応部分が多く、2020 年 1 月の中国 TAC 電文停止による重大な業務支障が発生した。

b) 検討事項・課題

TAC 電文廃止の暫定対策は実施しているが、恒久的な対策として BUFR 対応が課題。

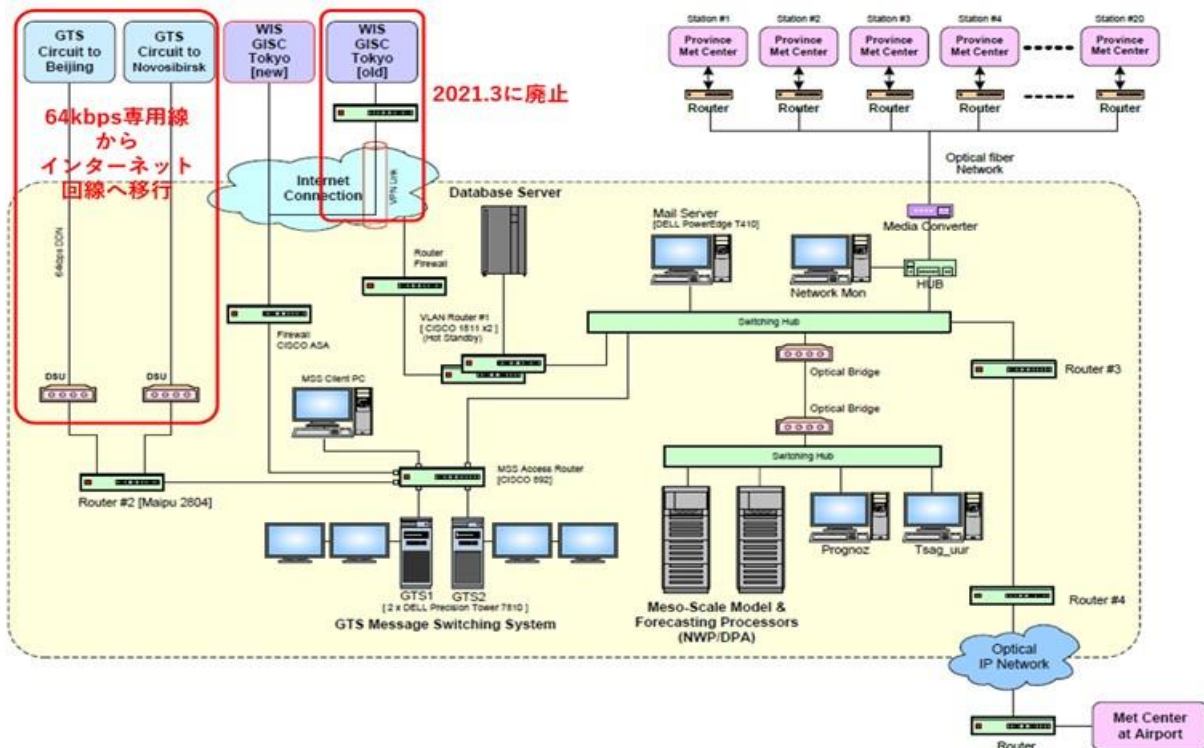


図 III.2.2.8-7 NAMAM の WIS/GTS-MSS 統合型システムの構成（2020 年 7 月現在）

(8) ミャンマー（DMH）

a) 現状

[WIS/GTS ネットワーク接続]

GTS 接続としてはネピドー～バンコク、ネピドー～ニューデリー間で VPN インターネット回線があり、前者は 2019 年 12 月に WMO-FTP 手順へのアップグレードを完了したが、後者は旧式の TCP Socket 手順のままであるためネピドー側の旧設備、旧回線が廃止できない状況である。

GTS ルーティング上はニューデリーが全球データ交換の主となっているが、同回線が不安定であるため、バンコクともほぼ同じデータ交換を行っている。受信に関しては他の GTS センターと同様に重複チェック・除去処理が機能しているため、問題は発生していない。

GISC 東京 WIS Part B 接続により気象庁 GSM や波浪プロダクトを取得しており、2020 年に sftp 化を完了し、セキュリティを強化した。

[システム及び BUFR 対応]

2010/11 年に JICA 支援で整備された GTS-MSS を 2019 年 12 月に JICA 支援により東洋電子工

業（株）製の WIS/GTS-MSS 統合型システムに更新（図 III.2.2.8-8 参照）。ネピドー設置の MSS 主装置には DELL のサーバー（Windows10 IoT Enterprise の OS）に東洋電子工業（株）製の新しいソフトウェアをインストール、それまでの GTS 用と国内用に分けていたものを 1 セットのハードウェアで運用可能とした。

一方、ヤンゴン設置の MSS 副装置のサーバーについては未更新であり、ハードウェアの老朽化と旧バージョンのソフトウェアによりヤンゴン側の運用が不安定となっている。

ネピドー、ヤンゴン共、不安定な電源状況による UPS の故障、HDD の障害が年に数回発生しており、DMH の予算により緊急対応を行うとのことであるが、実施が遅れている。

WIS/GTS-MSS 統合型システムと他の主要システムとの関係を図 III.2.2.8-9 に示す。

BUFR 化の準備は完了しているが観測装置側の問題等で BUFR による GTS 通報への完全移行はされていない。また、DMH 内部利用では BUFR 化未対応部分が多く、2020 年 1 月の中国 TAC 電文停止による重大な業務支障が発生した。

b) 検討事項・課題

ニューデリー回線の WMO-FTP 手順へのアップグレードを完了し、ネピドー側の旧設備、旧回線を可能な限り早く廃止する必要がある。旧設備が老朽化により障害となった場合、ニューデリーとのデータ交換は停止する。

空港を含むヤンゴン管内業務へのデータ配信の遅延が常態化しており、その原因のひとつがヤンゴン設置の MSS 副装置サーバーの能力不足である。ソフトウェアのバージョンアップを含むサーバーの更新が必要。

Vaisala 社製の高層観測装置による観測データの完全 BUFR 形式で GTS 通報するためにヤンゴン～ネピドー間の国内ルートの安定性、ヤンゴン及びマンダレー管区のネピドーへの伝達の改善が課題。

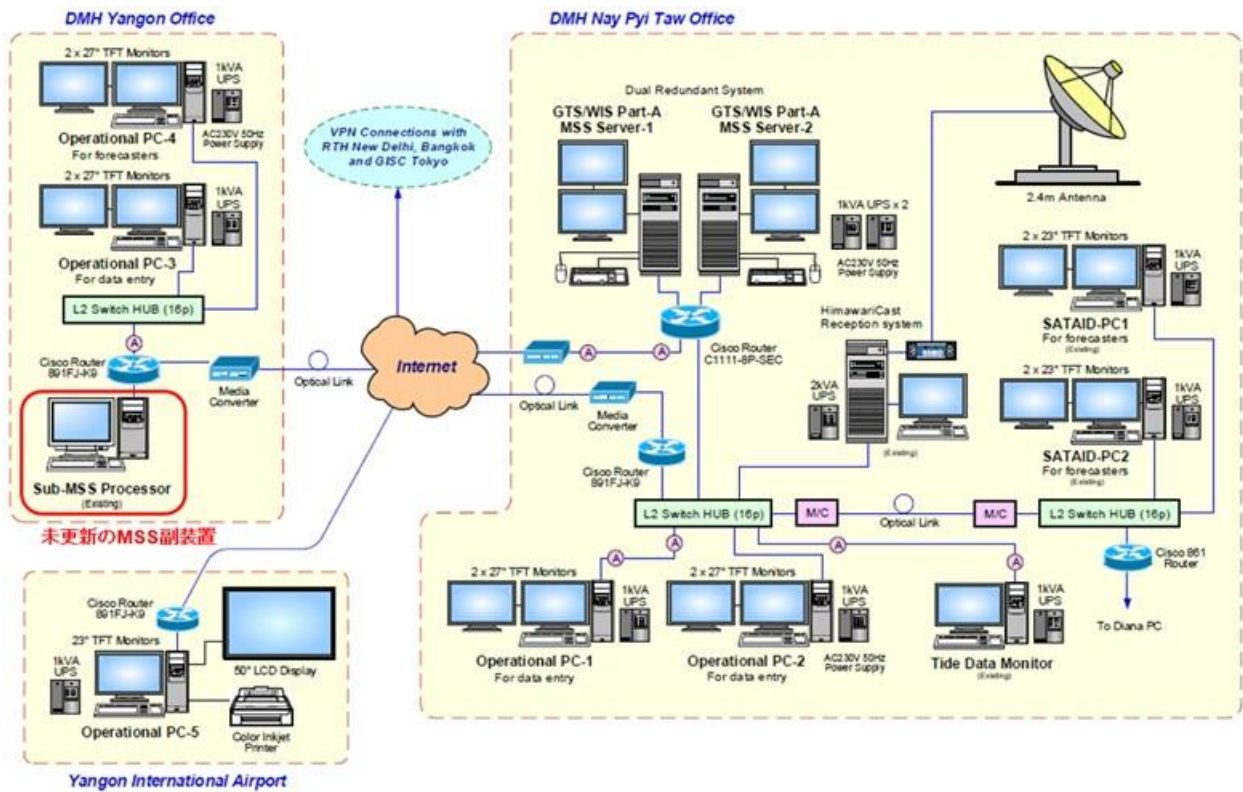


図 III.2.2.8-8 DMH の WIS/GTS-MSS 統合型システムの構成

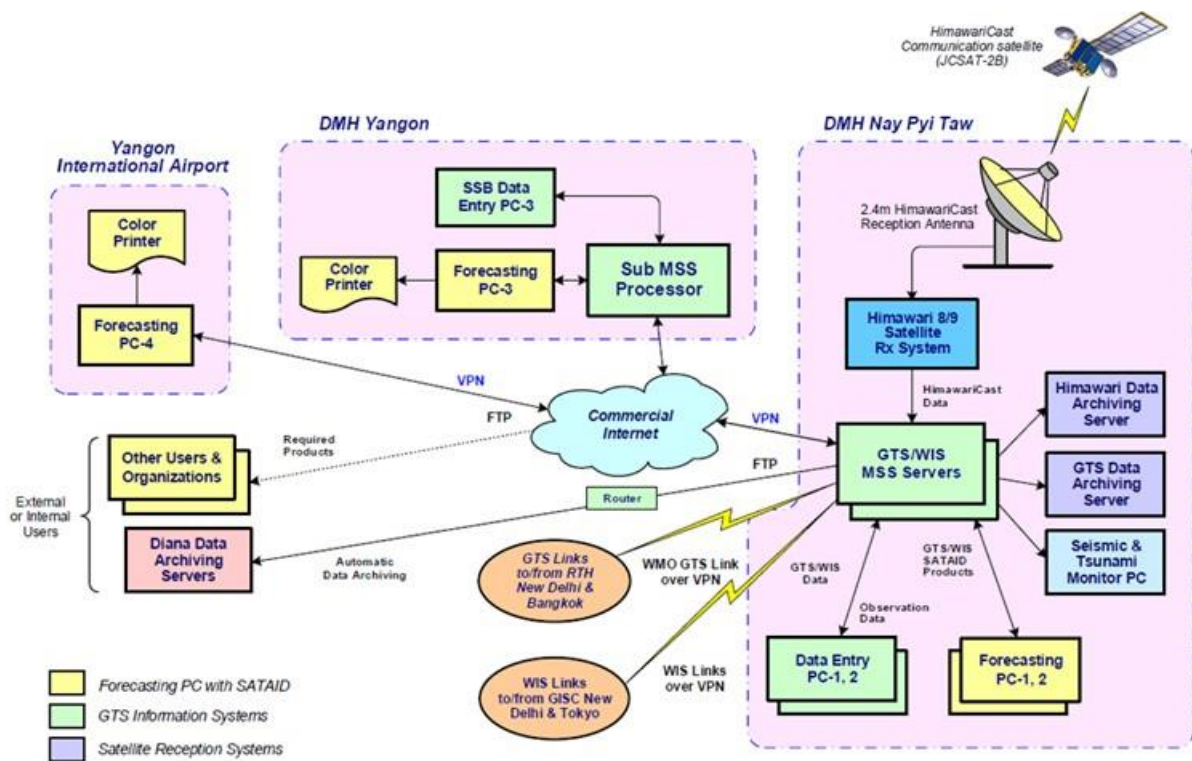


図 III.2.2.8-9 WIS/GTS-MSS 統合型システムと他の主要システムとの関係

(9) ネパール (DHM)

a) 現状

[WIS/GTS ネットワーク接続]

GTS 接続としてはカトマンズ～ニューデリー間インターネット回線が運用されているが、交換データ量はごく僅か。送信は SYNOP 電文のみ。

ニューデリーから配信されないデータについては、GISC 北京 WIS Part B 接続により取得している。

[システム及び BUFR 対応]

2015 年 12 月から COROBOR 製の MESSIR-COM が運用されている。

b) 検討事項・課題

TAC 電文廃止の暫定対策は実施しているが、恒久的な対策として BUFR 対応が課題。

(10) パキスタン (PMD)

a) 現状

[WIS/GTS ネットワーク接続]

GTS 接続としては、イスラマバード～ニューデリー、イスラマバード～テヘラン、イスラマバード～北京間のインターネット回線がある。

2016～2020 年の JICA 無償資金協力プロジェクトでイスラマバードに中期気象予報センターを構築した際に GTS 接続の拠点がカラチからイスラマバードに移転した。

Principal GISC に指名した GISC 北京、KMA からの積極的な支援により GISC ソウルの方々に WIS Part B 接続を有するが、ルーチン的にプロダクト等を取得しているわけではない。

[システム及び BUFR 対応]

COROBOR 製の MESSIR-VOMM の更新として 2019 年に JICA 支援による GTS-MSS 及び WIS システムが稼働。同時に GTS 拠点がカラチからイスラマバードに移転。両システム共、中期気象予報センターに設置されている（図 III.2.2.8-10 参照）。

BUFR 化は未対応部分が多く、2020 年 1 月の中国 TAC 電文停止による業務支障が発生した。

b) 検討事項・課題

TAC 電文廃止について恒久的な対策として BUFR 対応が課題。

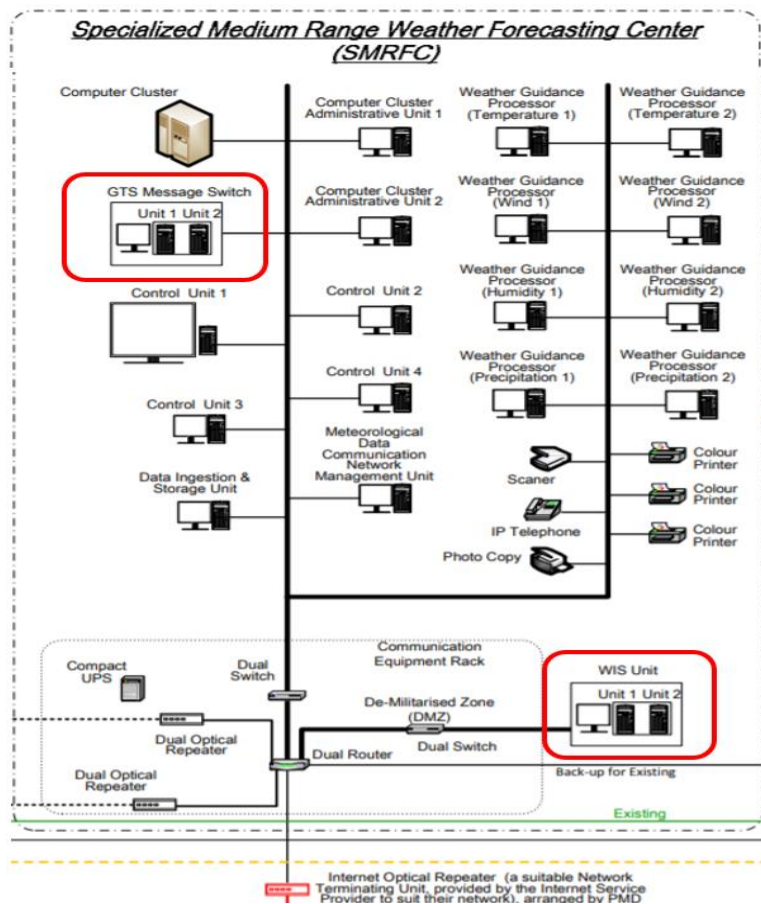


図 III.2.2.8-10 PMD の GTS-MSS 及び WIS システムの配置

(11) フィリピン (PAGASA)

a) 現状

[WIS/GTS ネットワーク接続]

GTS 接続としてはマニラ～東京回線、WIS 接続としてはマニラ～GISC 東京、マニラ～GISC メルボルンが運用利用されている。PAGASA は WMO の第 V 地区だが、歴史的に主要な情報を東京から入手している。マニラ～東京 GTS 回線は MPLS 網を使い、TCP Socket 手順、マニラ側のアクセス速度は 64kbps であるが 128kbps への増速が計画されている。マニラ～GISC 東京 WIS 接続はインターネット経由で 2020 年 10 月に sftp 手順に移行し、セキュリティを強化した。

[システム及び BUFR 対応]

2018 年 2 月に既存 GTS MSS を自国予算で東洋電子工業（株）製の WIS/GTS-MSS 統合システムに更新、2021 年 8 月に最新ソフトウェアにアップグレード（図 III.2.2.8-11 参照）。2020 年 3 月にセブ管区気象台をバックアップセンターとして、自国予算で WIS/GTS システムの縮小版を設置。2021 年 10 月東洋電子工業（株）がリモートで運用構築及び研修を実施。

BUFR 完全対応するため PAGASA 自国予算で 2011 年機器の更新、現在は送受信情報の BUFR 対応が完了している。

地方官署と PAGASA 本部との情報交換は主としてインターネット経由で行われるが、帯域不足によりデータ遅延が見られる。そのため、各管区への HimawariCast 受信システムの整備が進行中で、これを東洋電子工業（株）が受注している。

b) 検討事項・課題

セブ管区気象台の WIS/GTS システムの効果的な運用に向けての支援が必要。

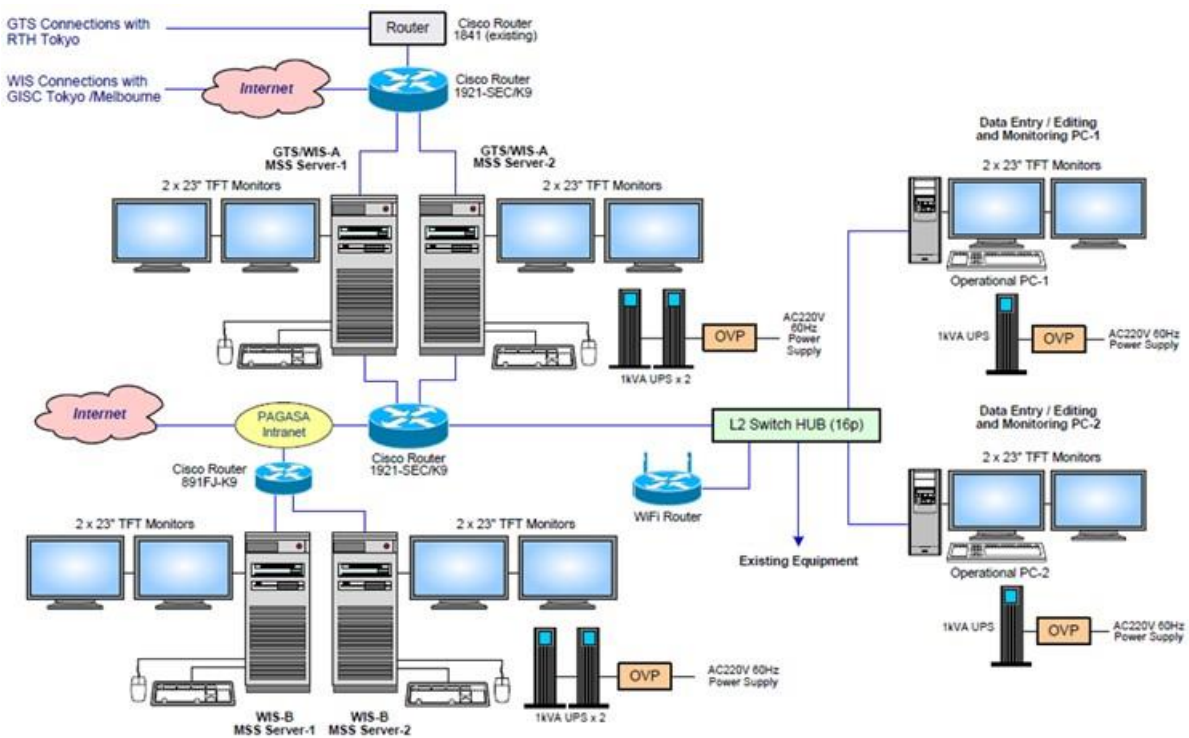


図 III.2.2.8-11 PAGASA の WIS/GTS-MSS 統合型システムの構成

(12) スリランカ (DOM)

a) 現状

[WIS/GTS ネットワーク接続]

GTS 接続としてはコロンボ～ニューデリー間のインターネット回線があり、バックアップとしてモルディブ経由のルートも準備されているとのことだが、実際に利用されたことはない。

[システム及び BUFR 対応]

仏 MFI 社製の旧 GTS MSS が老朽化・BUFR 非対応のため、2015 年に JICA 支援により豪 ESS Weathertech 社製の WIS/GTS-MSS に更新された（図 III.2.2.8-12 参照）。

機能的には BUFR 対応がされているが、BUFR テーブルや新規記述子のアップデートが行われていない。

b) 検討事項・課題

ESS Weathertech 社は、レーダー及び衛星受信システムの大手 Enterprise Electronics Corporation (EEC) の姉妹会社であり、EEC の営業戦略上 GTS MSS からは事実上撤退しており、システムの保守、ソフトウェア更新が円滑に出来ない状況。

BUFR の保守・運用対応も不完全で、他国の高層 BUFR 等に対応出来ていない。

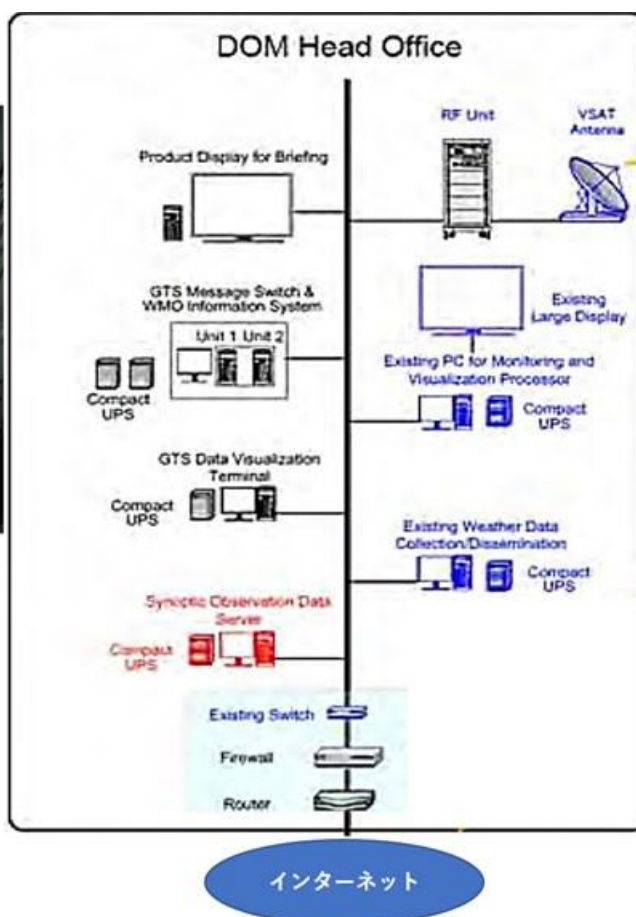


図 III.2.2.8-12 DOM の WIS/GTS-MSS を含む本部システムの構成

(13) ベトナム (VNMHA)

a) 現状

[WIS/GTS ネットワーク接続]

GTS 接続としては、ハノイ～北京 64kbps 専用回線、ハノイ～バンコク 64kbps 専用回線を全球データ交換の主回線と位置づけ、ハノイ～東京 MPLS 回線、ハノイ～モスクワ間インターネット回線をバックアップ的データ交換として維持している。回線運用経費の軽減を目的として専用線からインターネット VPN 回線への移行を計画している。通信プロトコルとしては、WMO-FTP ではなくシンプル FTP を主体としており、電文交換に関しては効率が悪い。

WIS Part B 接続としては、GISC 東京を主としてひまわりクラウドと併せて主に衛星データを取得している。また、GISC モスクワにも随時アクセスしている。

[システム及び BUFR 対応]

過去にはロシア NetSERVE 社や南アフリカ NetSys International 社製の GTS-MSS を使用していたが、更新・保守契約の経費が高額となることから 2010 年頃から自主開発路線に切り替えた。

現在は、主に DELL サーバー系のハードウェアに自主開発のソフトウェアをインストールした GTS-MSS を運用・保守している（図 III.2.2.8-13 参照）。システム詳細はセキュリティ上の配慮から公開していない。東京における回線監視からは、たびたびシステム障害が発生していたが、2020 年のシステム管理ソフトウェア改良後は安定した運用が続いている。

自国の観測報については BUFR で GTS 配信をしているが、全体的な BUFR 対応については詳

細不明。

b) 検討事項・課題

世界銀行の支援によるデータ収集中枢（CDH: Central Data Hub）の運用に向けて、各種観測データの標準形式化、保存管理の一元化が進められ始めているが、BUFR 形式の送・受信データの取込不具合により GTS 配信データの欠落や遅延の可能性がある。



図 III.2.2.8-13 自主開発の GTS-MSS

III.2.2.9 IT システム

ここでは、IT システムに関する現状について記載する。特に記載にない調査結果については本プロジェクトで行われたインターネット質問票を用いた調査によるものである。（ミャンマーに対しては実施せず、インドネシアからは回答がなかった。）

(1) バングラデシュ（BMD）

a) AWS を中心とした観測データ転送の自動化

AWS データのストレージまでの自動化は全体のうち 10%以下となっている。低い自動化の割合を考えると AWS データのストレージまでの自動化についてその割合を増やす必要がある。一方で手動観測にて観測が行われている箇所があり、自動化可能な測器の導入も検討する必要がある。

b) ネットワークの状況

すべての地方局でインターネットの利用が可能である。また、一部の地方局は WAN にて接続されている。しかし、IT 担当者は本局及び地方局の接続速度に関して満足しておらず接続速度が IT 化促進を妨げている可能性がある。

c) IT 化・DX に関する計画

世銀による気象情報強化及び早期警報システムの導入が実行されている。また、予報担当者は手作業で SYNOPS 解析を行っており自動化の必要性が指摘されている。そのため、予報現業作業など作業においても IT 化及び DX の新たな検討が必要である。

d) IT 技術者

IT 分野の専門職員：5 名

LINUX 利用可能職員：10 名

IT の専門職員の数は全職員の数と比べて少なく、組織内の IT 化推進の妨げとなっている可能性がある。また、トラブル対応のニーズに対応できていない可能性がある。

(2) ブータン (NCHM)

a) AWS を中心とした観測データ転送の自動化

AWS データのストレージまでの自動化は全体のうち 80% から 90% となっているが、通信不良が時折発生している。通信不良が発生している AWS は携帯電話回線を利用しており、改善の検討が必要である。また、各ドナー（HYCOS、JICA、NAPA II、世界銀行）で整備した AWS のデータ処理を統一化できていない¹¹⁰。

b) ネットワークの状況

地方局ではインターネットの利用ができない。また、一部の地方局は WAN にて接続されている。IT 担当者は地方局の接続速度に関して満足しておらず、すべての地方局を WAN にて接続するニーズがある。

c) IT 化・DX に関する計画

自動データ収集が検討されているものの個人レベルの検討である可能性があり、実行されているか不明であった。

d) IT 技術者

IT 分野の専門職員：1 名

LINUX 利用可能職員：1 名

IT 分野専門職員および LINUX 利用可能職員が共に 1 名となっており、個人への技術および知識依存が強く懸念される。

(3) カンボジア (DOM)

a) AWS を中心とした観測データ転送の自動化

AWS データのストレージまでの自動化は全体のうち 70% から 80% となっている。一方でその他観測データを電話、電子メール、ソーシャルメディア、SSB（単側波帯通信）で収集していると報告されている¹¹¹。観測データの人的作業による収集が行われており、見落としや誤入力、遅延の懸念が考えられる。

b) ネットワークの状況

すべての地方局でインターネットの利用が可能である。地方局は WAN にて接続されていない。地方局に WAN が整備されていない。

c) IT 化・DX に関する計画

特になし。包括的な IT 化・DX の検討がなされていない懸念がある。

d) IT 技術者

IT 分野の専門職員：5 名

LINUX 利用可能職員：2 名

¹¹⁰ SUMMARY OF THE METEOROLOGICAL SERVICE OF BHUTAN: JICA

ブータン国全国防災能力強化プロジェクト詳細計画策定調査報告書

¹¹¹ CONSULTANCY MISSION REPORT FOR CAMBODIA (2014)

IT 担当者は IT の担当者数の少なさとプログラムなどソフトウェア知識の少なさを懸念している。IT 関連知識の向上を目指したトレーニングプログラムの作成と実施が必要である。

(4) フィジー (FMS)

a) AWS を中心とした観測データ転送の自動化

AWS データのストレージまでの自動化は全体のうち 90%から 100%となっている。有人気象観測所の情報はメール、電話、インターネット、携帯電話回線、HF 無線回線、VSAT によって行われ、局ごとに異なる通信手法が利用されている¹¹²。観測データの人的作業による収集が行われており、見落としや誤入力、遅延の懸念が考えられる。

b) ネットワークの状況

すべての地方局は WAN によって接続されている。IT 担当者は地方局の接続速度に関して、満足していない

c) IT 化・DX に関する計画

WMO の HPC (High Performance Computing) Project が実施されている。

d) IT 技術者

IT 分野の専門職員：6 名

LINUX 利用可能職員：4 名

IT 専門職員からペーパーレス化と有効なデジタル化の導入が必要であることが指摘されている。

(5) インドネシア (BMKG)

a) AWS を中心とした観測データ転送の自動化

観測データは CMSS (Message Switching Systems) を利用して収集伝達されている。このデータは WMO Information System (WIS) にて伝送されている¹¹³。

b) ネットワークの状況

情報収集ができなかったため、不明である。

c) IT 化・DX に関する計画

USAID にて InAWARE プロジェクト実施中。各種ハザード情報、国内・国外情報源からの警報を Web 上のシステムで統合する¹¹⁴。

d) IT 技術者

情報収集ができなかったため、不明である。

(6) ラオス (DMH)

a) AWS を中心とした観測データ転送の自動化

AWS データのストレージまでの自動化は全体のうち 70%から 80%となっている。AWS のデータは GSM/GPRS モデム (携帯電話通信) を用いて転送されており、自動水位、雨量観測についても同様である。

¹¹² 【JICA 詳細計画 2015】大洋州気象人材育成能力強化詳細計画策定調査

¹¹³ Myanmar COUNTRY REPORT, Presented in Workshop on Calibration and Maintenance of Meteorological instrument in Japan

¹¹⁴ インドネシア_防災分野における情報収集・確認調査

b) ネットワークの状況

地方局ではインターネットの利用ができない。一部の地方局は WAN にて接続されている。IT 担当者は地方局の接続速度に関して、満足していない。

c) IT 化・DX に関する計画

知識向上及び効率的な業務遂行のための、IT 化・DX に関する全職員研修を計画している。すべての職員がコンピュータ利用に慣れておらず、IT 化に関して進めず例状況を局内の IT 担当者より指摘されている。

d) IT 技術者

IT 分野の専門職員：5 名

LINUX 利用可能職員：不明

上記 c) の課題と共に、本局では IT 分野で 1 名が従事しており、局内システムの常時監視に懸念がある。

(7) モンゴル (NAMEM)

a) AWS を中心とした観測データ転送の自動化

AWS データのストレージまでの自動化は全体のうち 80% から 90% となっている。

b) ネットワークの状況

地方局ではインターネットの利用ができない。また、一部の地方局は WAN にて接続されている。今後、すべての地方局でインターネットを利用できるように整備を進める必要がある。

c) IT 化・DX に関する計画

WMO よりネットワークに関する指摘を受けており、そのうち IPv6 の導入を進めている。観測網整備及びネットワーク強化を包括的に進める計画を整備する。

d) IT 技術者

IT 分野の専門職員：33 名 (NAMEM2 名、IRIMHE10 名、21 か所の地方局に 1 名ずつ)

LINUX 利用可能職員：5 名

IT 担当者より、全職員の研修とサーバーなど機材のアップグレードの必要性が指摘されている。

(8) ミャンマー (DMH)

a) AWS を中心とした観測データ転送の自動化

30 か所の AWS (JICA 供与) のデータが携帯電話通信で本局に送られている¹¹⁵。

b) ネットワークの状況

情報収集ができなかったため、不明である。

c) IT 化・DX に関する計画

情報収集ができなかったため、不明である。

d) IT 技術者

情報収集ができなかったため、不明である。

¹¹⁵ Myanmar COUNTRY REPORT, Presented in Workshop on Calibration and Maintenance of Meteorological instrument in Japan

(9) ネパール (DHM)

a) AWS を中心とした観測データ転送の自動化

AWS データのストレージまでの自動化は全体のうち 50%から 60%となっている。

b) ネットワークの状況

地方局ではインターネットの利用ができない。また、一部の地方局は WAN にて接続されている。一方で IT 担当者は地方局の接続速度に関して満足していない。

c) IT 化・DX に関する計画

観測データをデータベース化するシステム開発を計画している。WEB ポータルサイト、一般市民、航空事業者向けのモバイルアプリを開発している。観測網整備及びネットワーク強化を進める計画を整備する。それと共に最先端の ICT インフラの必要性が IT 担当者から指摘されている。

d) IT 技術者

IT 分野の専門職員：4 名

LINUX 利用可能職員：7 名

(10) パキスタン (PMD)

a) AWS を中心とした観測データ転送の自動化

AWS データのストレージまでの自動化は全体のうち 90%から 100%となっている。

b) ネットワークの状況

地方局ではインターネットの利用ができない。また、一部の地方局は WAN にて接続されている。一方で IT 担当者は地方局の接続速度に関して、満足していない。

c) IT 化・DX に関する計画

世銀プロジェクトで 300 か所の AWS を配置予定である。全ての観測ネットワークを NWP システムに統合し、より質的、量的な気象早期警報システムの構築を計画している。IT 担当者より、手動観測や AWS によるデータ収集を含むすべてのデータをデータベースに一元化する必要性について指摘されている。その後、オンラインインターフェースによる他機関などとの連携も期待している。

d) IT 技術者

IT 分野の専門職員：9 名

LINUX 利用可能職員：6 名

IT 専門家の数が現状の IT インフラを維持する上で足りていないことが IT 担当者から指摘されており、今後の開発・管理・維持も懸念される。さらに技術取得の知識・スキルの更新のためのトレーニングの必要性も IT 担当者から言及されている。

(11) フィリピン (PAGASA)

a) AWS を中心とした観測データ転送の自動化

AWS データのストレージまでの自動化は全体のうち 90%から 100%となっている。全国のレーダーと SYNOP 観測所および AWS からの観測データは気候・農業気象部 (CAD) 気候・農業気象データ課 (CADS) で管理している「PAGASA 気象情報統合システム (PUMIS)」と呼ばれるデー

データベースに一括して保存されている。一部観測データに関して、携帯電話の SMS 機能や SSB 無線を利用している¹¹⁶。

b) ネットワークの状況

地方局ではインターネットの利用ができない。また、一部の地方局は WAN にて接続されている。一方でネットワークの接続状況について、IT 担当者は満足しているが、一部拠点が WAN に接続されていないことからその必要性について検討の余地がある。

c) IT 化・DX に関する計画

これまでの災害データを予報部門と共有するシステムを計画している。現在の計画に追加して、部署間のデータ共有プログラム、ソフトウェアなどのインフラ整備が必要である。

d) IT 技術者

IT 分野の専門職員：20 名

LINUX 利用可能職員：10 名

全職員の継続的な IT 関連知識の強化を検討することが必要である。

(12) スリランカ (DOM)

a) AWS を中心とした観測データ転送の自動化

AWS データのストレージまでの自動化は全体のうち 80% から 90% となっている。

b) ネットワークの状況

地方局ではインターネットの利用ができない。また、地方局は WAN にて接続されていない。一方でネットワークの接続状況について、IT 担当者は満足している。

c) IT 化・DX に関する計画

IT 化促進の計画があるが、保留されており、2022 年から実施予定である。IT 担当者より、IT 化により重複作業の効率化が見込まれる。

d) IT 技術者

IT 分野の専門職員：20 名

LINUX 利用可能職員：10 名

IT 担当者からネットワーク技術者の不足が指摘されている。

(13) ベトナム (VNMHA)

a) AWS を中心とした観測データ転送の自動化

AWS データのストレージまでの自動化は全体のうち 80% から 90% となっている。観測データに関して、SMS や UHF/HF 無線、電話などでの伝達されているものの自動化が現在進行している¹¹⁷。

b) ネットワークの状況

地方局ではインターネットの利用ができない。また、一部の地方局は WAN にて接続されている。一方で IT 担当者は本局と地方局の両方で接続速度に関して、満足していない。

¹¹⁶ フィリピン国気象観測・予報・警報能力向上プロジェクト 詳細計画策定調査報告書（2014 年 3 月）

¹¹⁷ ベトナム国「気象予測及び洪水早期警報システム運営能力強化プロジェクト」ベースライン調査報告

c) IT化・DXに関する計画

データの中央集約化とデータ監視・評価システムの構築を進めている。また、印刷物データのデジタル化やデータ提供サービスを計画している。IT担当者はIT関連機材が不足していることを指摘している。

d) IT技術者

IT分野の専門職員：10名

LINUX利用可能職員：3名

IT担当者はIT関連人材が不足していることを指摘している。

III.2.2.10 レーダー

ここでは、「III.2.2.2.7 レーダー気象観測」で整理した、各国の稼働中のレーダーの状況についての調査結果などを踏まえ、レーダー整備・データ利用および維持管理の観点から課題および対策をまとめる。

また、気象庁のレーダー関連技術の進展をステージごとに分け、これを指標にして、各国でのインフラ整備やデータ利用の達成状況を整理し、協力方針を検討するものとした。

(1) レーダー稼働状況

一般に気象レーダーのような定期点検や維持管理を伴うシステムの性能は、図 III.2.2.10-1 に示すように、時間の経過とともに、その性能（または品質）は劣化する。駆動部分や電子部品の劣化などによるものである。この劣化状況を点検で把握し、適宜、部品交換や修復を繰り返し、必要な性能が維持される。交換や修復が行われない場合、期待性能以下となり、システムダウンに至る。このような点検や修復を経ることにより、場合によっては設計寿命を超えた稼働が可能な場合があるが、ある程度の性能低下またはシステムダウンに至る前に、システムの更新を計画し、連続した稼働を維持することが望ましい。

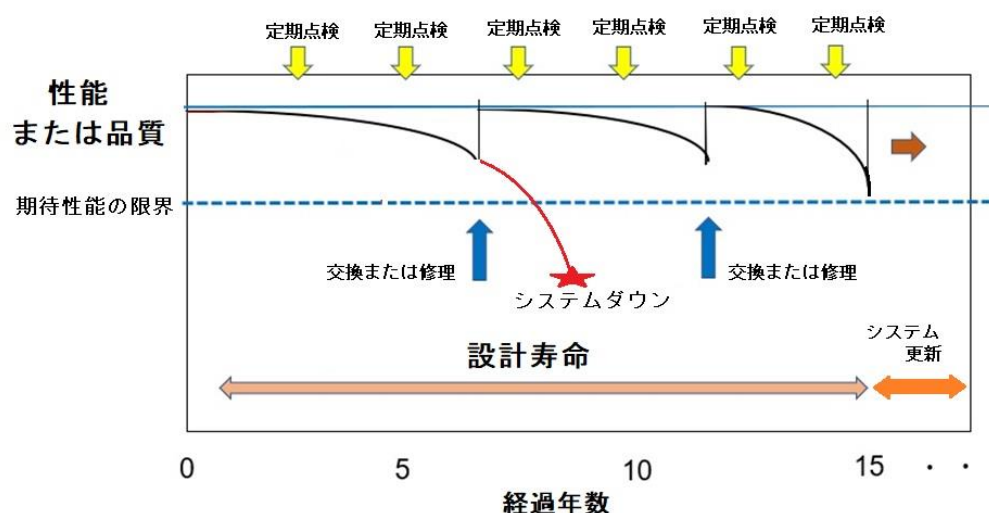


図 III.2.2.10-1 気象レーダーにおける維持管理とシステム寿命

一方、前章でまとめた気象レーダーの稼働状況の調査によれば、例えば送信出力の低下など性能（観測データの品質）の劣化または稼働停止に至り、その後、更新された例が見られる。以下、この点を分析、検討する。

まず我が国における 2010 年から 2018 年の気象レーダーの欠測要因を図 III.2.2.10-2 にまとめる。駆動部分を持つ空中線装置および空中線制御装置、送信管（マグネトロン・クライストロン）および送信装置、処理装置としては信号処理装置がかなりの部分を占めている。このデータは障害件数ではなく 5 分あたりの欠測回数であり、例えば空中線装置 3600 回をレーダー1 台あたりに換算すると、9 年間に 20 レーダーで生じた欠測時間は 20 回 X 5 分=100 分程度となる。平均的にはこの程度の欠測時間で復旧し、その後も稼働し、維持されていたことになる。送信装置の固体化採用以後は、さらに改善されていると考えられる。

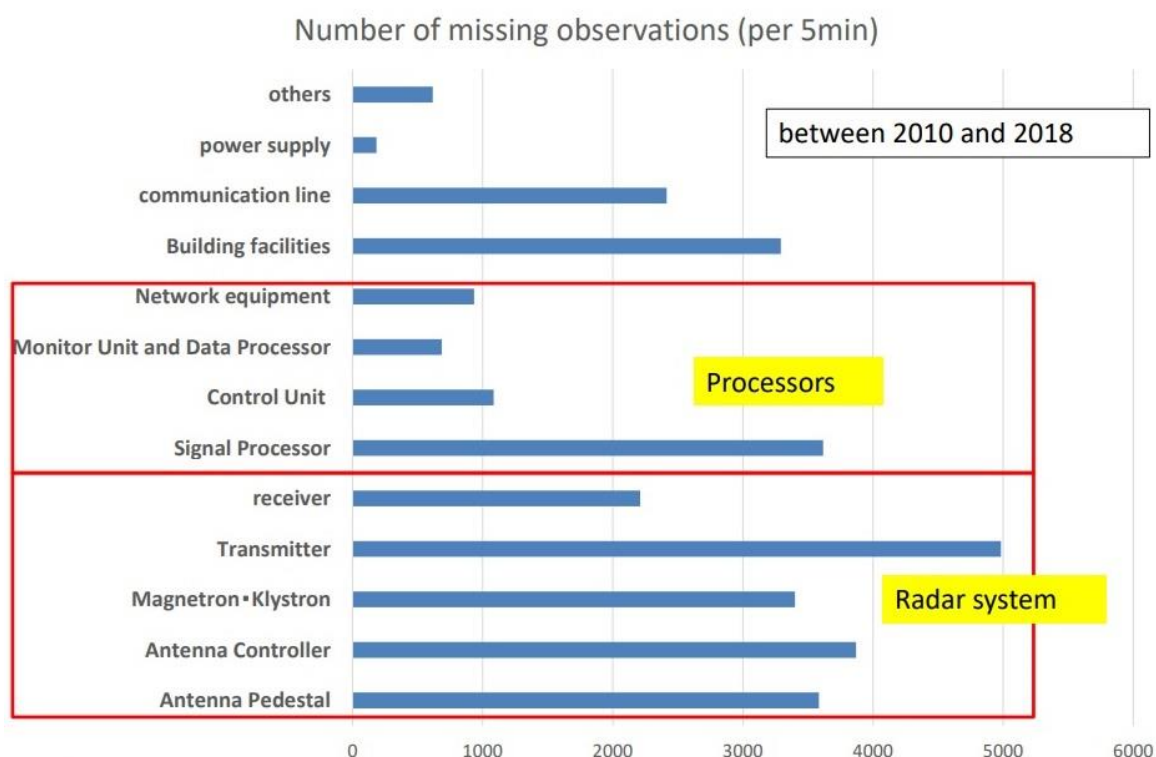


図 III.2.2.10-2 我が国の気象レーダーの欠測回数とその要因¹¹⁸

一般にはレーダーのシステム寿命は 15～40 年¹¹⁹とされているが、実際にはそれ以下で稼働を停止している事例が多い。一方、海外のレーダーの稼働状況については、現地ヒアリングでも確認し、個々のレーダーの障害状況について報告されているが、システム寿命は、予備部品の入手の可否、修復費用の確保および維持管理の状況などによって大きく影響される。

ここでは、1989 年および 1990 年に更新されたバングラデシュのコックスバザールおよびケブパラのレーダーについて、15 年後の 2004 年時点で機器の状況を調査した結果を参照する。表 III.2.2.10-1 によれば、部材の経年変化による劣化や各装置の回路の故障などにより、設計寿命以前に稼働を停止していたと考えられる。

¹¹⁸ 気象庁研修資料

¹¹⁹ WMO Good Practice Guide

表 III.2.2.10-1 バングラデシュ既設レーダーの稼働状況調査結果 1
(既設コックスバザール・ケプパラレーダーの動作判定・障害／劣化の有無)

表 3 コックスバザール及びケプパラ両既設気象レーダーの状況 (2004 年 12 月現在)

	装置名	コックスバザール既設レーダー	ケプパラ既設レーダー
1	レドーム	パネルのひび割れ、接合部の剥離、雨水の水漏れ	パネルのひび割れ、接合部の剥離、雨水の漏れ
2	空中線装置	モータシャフトの不良 EL 及び AZ 駆動用モータの性能劣化	モータシャフトの不良、スリップリング破損 手動操作機能不良
3	空中線制御装置	制御回路基板の故障	回転制御機能の制御不能
4	導波管加圧装置	故障	空気乾燥剤の欠品、故障
5	送受信装置	AFC 制御回路基板の故障 空冷用ファンの故障 (全部) 送信出力の低下 受信感度の低下	AFC/MFC 制御回路基板の故障 空冷用ファンの故障 (全部) タイマーリレーの誤動作 受信感度の低下
6	信号処理装置	制御回路基板の故障	校正不良
7	制御・表示装置	自動スイッチの故障 予備品無し	PPI/Manual 制御スイッチの故障 スイープ回路基板の不良 タイマーの故障、予備品無し
8	カラーモニター 指示器	低圧電源ユニットの故障 マザーボードの不良	画面にエコーの表示出ない マザーボードの不良
9	自動電圧調整器	故障	故障
10	無停電電源装置	バッテリー充電回路の故障	バッテリー充電回路の故障
11	エンジン発電機	スターター回路の故障 各種メータの故障	回転数不安定 エンジン音異常 発電機切り替え不能 スターター回路の故障
12	誘導型電源変動 安定化装置	装備無し	回路の焼損
	観測の可否	送信出力がノイズレベル以下であるため、観測不能	空中線装置が稼働しないため、観測不能

レーダー整備後の OJT で、点検および維持管理の手順の研修が実施されており、現地スタッフによる部品交換などで修復可能となる小規模な障害もあったと思われるが、駆動部分の劣化や交換すべきファンや回路の入手困難などにより、調査時点では観測は実施されていない。付帯設備を含め、いくつか不良個所が発生し、個々の部品交換では対応できず、全体としてシステム停止に至ったと考えられる。

さらに、同様に調査を行ったダッカレーダーの状況を表 III.2.2.10-2 に示す。各装置の動作を判定する形で劣化等がチェックされているが、稼働しているものの、空中線仰角の制御に不良個所が見られ、観測精度への影響が考えられる。これらの項目は、定期的な点検にも共通するものであり、日頃から継続して劣化状況を把握し、異常の発生時には故障個所を特定し、交換などの対応を取るとともに、対応不可の場合はメーカーへの修理依頼など予算措置を含めた必要な方策を進める手順が気象局内部で確立していることが、今後は必要と考えられる。

表 III.2.2.10-2 バングラデシュ既設レーダーの稼働状況調査結果 2
(既設ダッカレーダーの動作判定・障害／劣化の有無の判定)

表 19 既設ダッカ気象レーダーシステムの動作判定

番号	装置名	判定基準	有無の判定
1	レドーム	パネル表面／接合部の傷、割れ、剥離、劣化、汚れ	有
		コーキングの剥離、劣化、汚れ	有
		レドームベースの錆、変形、劣化	有
		避雷針、接地ケーブル、接続端子の傷、変形、劣化	有
2	空中線装置	パラボラ面の傷、変形、劣化	無
		PPI 及び RHI の異音	無
		モータ、減速機、カップリング、ギア等の異音	無
		潤滑用グリス、オイルの漏れ	有
		スリップリング、ブラシの傷、変形、劣化	有
		角度検出器、ロータリージョイント部の不良	無
		保護回路動作の不良	無
		指定方位角／仰角での停止不良	有
		内部導波管の歪み、接合部ひび割れ、エア洩れ	無
		警報表示の不作動	無
3	導波管	歪み、凹み、接合部ひび割れ、エア洩れ	無
4	導波管加圧装置	圧縮ポンプの異音	無
		加圧値及び度数計値（加圧頻度）の適正範囲逸脱	無
		警報表示の不作動	無
5	空中線制御装置	空中線駆動モード制御・旋回速度制御・監視機能の不作動	無
		水平、垂直角度表示の不作動	無

(2) レーダーにおける対策および方針

気象庁の各分野における気象レーダー整備の発展の概略を表 III.2.2.10-3 に示す。ここでは気象レーダー分野における技術的進展とその全国的整備、運用体制およびデータ利用の変遷を軸にまとめた。各時期を画するようなエポックに基づいて、整備の進展をいくつかのステージに区分できる。

【日本における気象レーダー整備の流れ】

レーダー情報がサイトでのアナログ的な利用（例えば、PPI 表示とそのスケッチの FAX 伝送）に利用に限定されていた時期を「ステージ 0」とすれば、その後の技術的な進展により、レーダーエコーのデジタル化が可能となり、観測されたレーダー画像が伝送されるとともにレーダーの運用が管区へ集約（データ統合およびレーダー運用の遠隔化・無人化）される時期を迎える。これを「ステージ 1」の段階として分けられる。この時期には、ハード面ではドップラー化されるとともに送信装置がマグネトロン・クライストロンの送信管から固体素子へ切り替えられ、安定した運用や信頼性の向上が図られている。

また時期的には一部重なるが、次の段階では伝送されたレーダーデータの利用が進められ、「レーダーアメダス合成」から始まる QPE の取り組みが始まっている。この取り組みは、その後の「解析雨量」として進められ、QPF の取り組みを先取りしたものである。さらにこれを用いた短時間降水予報「高解像度ナウキャスト」などの新しい情報提供が実施された段階を「ステージ 2」とする（表 III.2.2.10-3）。

表 III.2.2.10-3 日本における気象レーダー関連技術の進展

	年度	気象レーダー技術	データ処理・伝送 運用体制	QPE/QPF 利用・提供等
ステージ 0	1954	現業用気象レーダーの運用開始	レーダースケッチ FAX 伝送開始 FAX 伝送整備完了	
	1970			
	1971	全国への 20 レーダー整備完了		
	1974			
ステージ 1	1982	レーダーエコーデジタル化開始		
	1983			解析雨量開始
	1987			短時間降水予報
	1993	レーダーエコーデジタル化完了		
ステージ 2	1996		管区集約開始 管区集約完了	
	2001			
	2005	ドップラー化整備開始		土壌雨量指数提供
	2012	ドップラー化整備完了		
ステージ 3	2014			高解像度ナウキャスト
	2019	二重偏波気象レーダー整備開始		危険度情報提供

近年の大学・研究機関で進められた二重偏波気象レーダーの研究成果を踏まえ、先行して空港気象レーダーで採用された二重偏波の技術はさらに展開され、2021 年現在、現業用標準レーダーでも二重偏波化による精度向上と新たな利活用が図られ、全国整備が進展しつつある。これを「ステージ 3」の「目指すべき姿」の段階として設定する。

気象レーダー分野における個別目標としては「途上国気象局の期待される最終目標（JICA 作成）」で示された 8 つの指標（R-1～R-8）が設定されている。これに「R-9 二重偏波気象レーダーの導入」を加え、上記 3 ステージの中にそれぞれ位置づけると表 III.2.2.10-4 のようになる。

表 III.2.2.10-4 気象局の目標と技術進展のステージ

R-1 気象レーダー（サイト）の整備	ステージ 0
R-2 データ伝送回線の整備	ステージ 1
R-3 サイト運用の本部制御・処理／監視 データの中央蓄積	
R-4 時刻同期・運用時間の統一・観測モードの統一	
R-5 QPE の生成	ステージ 2
R-6 レーダー合成	
R-7 短時間降水予測（QPF）	
R-8 ドップラーレーダーによる風の分布	
R-9 二重偏波気象レーダーの利活用	ステージ 3

今回対象とした 13 か国の気象レーダーの現状調査に基づいて、どのステージに位置付けられるのか検討し、整備および利用状況を評価した。この評価にしたがってステージごとに、それぞ

れの気象機関に即した技術協力を以下で検討するものとした。

(3) 途上国における気象レーダー整備の流れ

上記「ステージ0」に該当する海外各国へのレーダー整備は、日本での気象レーダー整備の進展とともに、かなり早い段階から始まっている。1950年代後半から1960年代前半には、海外への技術支援として、インド、インドネシア、パキスタン、フィリピンなどに気象レーダーが供与されている。これらは、マグネトロンベースのXバンドまたはCバンドで、主に空港等で単独で使用されるものであった。1980年代には、これらのレーダーがデジタル化されたものに置き換えられ、順次、「ステージ1」に該当する時期を迎えている。

JICAとしての動きは1987年の基本調査に基づくバングラデシュへのレーダー2式の供与から始まる。さらに海外に供与される気象レーダーについても、データ伝送を含め、国土をカバーするレーダーネットワークの整備を図るものとなり、1994～95年にはフィリピン向けに3台のSバンドレーダーとともに気象通信網整備等が行われ、フィリピン北部をカバーするレーダー画像の合成が実現した。引き続き、パキスタンでも同様のプロジェクトが進められ、計4台のレーダーデータを合成するシステムが導入されている。これらが「ステージ2」に該当するものであり、引き続き、固体化方式の送信装置を採用した気象レーダーの供与が2012年から実施されるなど、技術面での進展を取り入れ既設レーダーの更新も行われている。

前章でまとめた各国の気象レーダー諸元の項目の中から、それぞれの到達段階を示すいくつかの代表的な項目をまとめ、各ステージに到達しているか評価した。この結果を表III.2.2.10-5a-cに示す。

ここでは、各ステージに到達しているかどうかを、レーダー整備の現状に記載された内容に基づき、3段階（○整備済み＝計画中含む、△：整備途上、×：整備計画なしまたは不明）でそれぞれ評価し、今後の協力方針について検討する上で前提条件とした。

この結果に応じて、気象レーダーを含む気象局業務への支援のあり方を検討するものとする。

表 III.2.2.10-5a 項目別レーダー整備到達状況 (1/3)

	バングラデシュ	カンボジア	フィジー	インドネシア
Types of radars	S	S		C, X
Number of radars	5	1		42
ManUFACTURER	JRC, Mitsubishi	Gematronik		EEC (21), Gematronik (15), Baron (6), Vaisala (1)
Number of radars (future plan)	2 Old Replace by 2020+3 new in three International Airport	2		1 (2018); 1 solid (dual polarized)
Radio wave frequency	2800, 2850,	2700 – 2800 MHz		5600-5625 MHz.
B and b	B=200, b=1.6	B=200, b=1.6		B=200, b=1.6 and B=250, b=1.4
Remotely controlled operation/ local operator	Both	Local operation		local operator
Number of automatic ranging gauge	12	65		155
Number of AWS	18	35		257
Nationwide composite map/altitude		Not yet		Yes/lowest level composite
Major problems	Yes	Yes		Yes
Communication problems		Not always		Yes (eastern part)
Type of communication	VSAT (64kbps)	Fiber optic		VSAT/VPN
Human resources problems	Yes	Yes		Yes
Other problems	Budget, spare parts	Budget, spare parts, radar site		Yes
Capability to assist other members	Yes/No	No		Yes/No
QC (human)	No	No		No
QC (automatic)	May be	No		Yes
Quality to be improved (ground clutter, sea clutter, interference)	Ground Clutter (Dhaka Radar)	blockage and interference (many stations)		Interference especially in big city
Observation intervals	15 min	15 min		5 min to 15 min
Doppler or not	Yes	Yes		Yes
Dual polarization or not	No	No		No
Output status	IRIS	Vol.		volumetric
Meta data available		No		Yes
Availability of raw data	Yes	No		Yes

ステージ1
デジタル化・
全国合成

ステージ2
QPE作成

ステージ3
偏波利用

稼働状況
レーダー整備
データ利用
維持管理

表 III.2.2.10-5b 項目別レーダー整備到達状況 (2/3)

	ラオス	モンゴル	ミャンマー	ネパール
Types of radars	C		S	
Number of radars	1		3	
Manufacturers	JRC		JRC	
Number of radars (future plan)				
デジタル化・全国合成 Radiowave frequency	5300 MHz ○ (計画中○)		2796 MHz ○ (計画中○)	
Observation intervals	Rainy season: every 7.5 min (nonstop) Dry season: 7.5 min/60 min		15 min	
B and b	B=250, b=1.38		B=40, b=1.7 B=40, b=1.9	
Remotely controlled operation/ local operator	controlled at HQ		Remotely controlled operation/ local operator	
Number of automatic raingauge	15		30	
Number of AWS	15		30	
Nationwide composite map/altitude	No/2.0km		lowest level composite	
ステージ2 QPE 作成	△ (計画中○)		△ (計画中○)	
Maintenance problems	Yes		Yes	
Communication problems	No		No	
Type of communication	TCP/IP		VSAT	
Human resources problems	Yes		Yes	
Other problems	Budget, spare parts		Budget, spare parts	
Capability to assist other members	Yes		No	
QC (human)	Yes		No	
QC (automatic)	Yes		No	
Quality to be improved (ground clutter, sea clutter, interference)	Interference signal		Interference signal	
ステージ3 偏波利用	×	×	× (計画中○)	
Doppler or not	Yes		Yes	
Dual polarization or not	No		No	
稼働状況 レーダー整備	IRIS (format open in technical manual)		POLAR.BINARY	
データ利用	No △ (計画中○)		No △ (計画中○)	
維持管理	Available		Available	

表 III.2.2.10-5c 項目別レーダー整備到達状況 (3/3)

	パキスタン	フィリピン	スリランカ	ベトナム
Types of radars	S, C, X			
Number of radars	S=8, C=7, X=3	○ (計画中○) ○	○ (計画中○) ○	○
Manufacturers	EEC, Gematronik, Vaisala, JRC			
Number of radars (future plan)	5 (next years)			
Radio wave frequency	2700-2900 MHz, 5600-5800 MHz, 9000-10000 MHz			
Observation intervals	10 and 15 mins			
B and b	B=200, b=1.6	○ (計画中○) ○	○ (計画中○) ○	○
Remotely controlled operation/ local operator	Both			
Number of automatic rain gauge	50+20			
Number of AWS	57			
Nationwide composite map/altitude	Yes/1.0km			
Maintenance problems	Yes			
Communication problems	Yes			
Type of communication	microwave link, Leased Line, VSAT			
Human resources problems	Not always			
Other problems	Budget, spare parts			
Capability to assist other members	Yes			
QC (human)	Yes			
QC (automatic)	Yes			
Quality to be improved (ground clutter, sea clutter, interference)	Blockage by high mountains, ground clutter, interference	(△) (計画中○) (△)	(△) (計画中○) (△)	(△)
Doppler or not	Yes			
Dual polarization or not	8 (eight dual pol)			
稼働状況	NETCDF, uf, hdf5, jpeg	○ (計画中○) ○	(計画中○)	○
レーダー整備				
データ利用				
維持管理				

表 III.2.2.10-6 レーダー整備到達状況 評価結果のまとめ

	Bangladesh	Cambodia	Fiji	Indonesia	Lao PDR	Monrovia	Myanmar	Nepal	Pakistan	Philippines	Sri Lanka	Viet Nam
Number of radars (future plan)				4 (2014), 1 solid, 3 (single polarized)	-					EECIST 2700-7900 MHz		7 by 2020
スレーブ化・デジタル化・全国合成	O	O	O	5600-5625 MHz, 9800 MHz Rainy season: every 7.5 min (nonstop) Dry season: 7.5min/60 min	O	(計画中O)	O	(計画中O)	O	EECIST 2700-7900 MHz EECIST 5000-7700 MHz 8 min	(計画中O)	C: 5600 - 5670 MHz Russia (O) 5850 MHz (O) 5950 MHz Thompson: 5 min EEC: 15 min Russia: 3 hours
Maintenance problems				Yes	Yes					Yes		Spare parts Yes (delay up to 30min)
Communication problems				Yes (eastern part)	No					Not always		Yes (delay up to 30min)
Type of communication				Vsat / VFN	TCP/IP					Internet (EEC) / VSAT (JRC, 64kbps)		AOSL (3Mbps)
Human resources				Yes	Yes					Not always		No
スレーブ化・デジタル化・全国合成	△	△	O	Yes	Budget, spare parts	(計画中O)	△	(計画中O)	△	Budget, spare parts	O	Budget
スレーブ化・デジタル化・全国合成				No	Yes					Yes		Yes
スレーブ化・デジタル化・全国合成				Yes	Yes					Irregular pattern when TC approach (may be monitoring)		No
スレーブ化・デジタル化・全国合成				Interference	Interference signal					2 existing EEC O-Band & 4 existing Vaisala O-Band		Ground clutter
スレーブ化・デジタル化・全国合成	X	X	△	B=200, B=1.6 and B=1.4 Remote controlled operation (remote controlled)	B=250, B=1.28 controlled at H2	(計画中O)	X	(O)	(計画中O)	Both	(計画中O)	Not applied Local operation
スレーブ化・デジタル化・全国合成				155	5					50-20		No information
スレーブ化・デジタル化・全国合成	O	●	●	257	5		O	●	O	57	O	No information
スレーブ化・デジタル化・全国合成		●	●	Yes/highest level	No / 2.0km					Yes / 1.0km		Yes / 3km
スレーブ化・デジタル化・全国合成	E	B	F	NETCDF	IFRS (format open in technical manual)	E	E	B	E	NETCDF for EEC	B	UF for EEC / NETCDF
スレーブ化・デジタル化・全国合成				No	Available					Yes (EEC)		Yes

総合評価ステージ凡例 B:Basic (初歩的段階), E:Essential (基本的整備段階),
F:Fundamental (十分な完了段階), Ad:Advanced (より先進的な活用段階)

III.2.2.11 予報

(1) バングラデシュ (BMD)

a) 現状

〔天気予報〕¹²⁰

予報官、予報補佐官、観測官、雑役が 1 グループとなり、3 交代 24 時間体制で気象現象の監視・予報を実施している。

BMD は以下の予報を発表している。

- 24 時間予報（全国および 8 地域対象）：概況、天気、気温
- 12 時間予報（船舶向け）
- 6 時間予報（ダッカおよび近隣地域対象）：天気、気温、風向風速
- 7 日予報（Upazila（郡）対象、2 日目までは 3 時間予報）：天気、降水量、気温、風向風速、湿度
- 10 日、30 日予報（農業気象）
- 1 ヶ月、3 ヶ月予報

実況監視のために以下の資料を使用している。

- レーダー、衛星雲画像、AWS 等で実況監視をしている。
- 天気図解析システムとして ECMWF 開発の Meteorological Information, Comprehensive Analysis and Processing System (MICAPS)を利用している。

〔予報作業支援システム〕¹²¹

ノルウェー気象局支援の DIANA (Digital Analysis)および Tseries (Time Series) システムにより、ECMWF 予測結果を可視化および時系列表示化している。SATAID を用いた雲画像の解析は試験的に実施中である。

SWC では WRF (NCEP モデルがインプット)、気象庁 NHM を運用している。計算は、完全自動化はされていない。

気象庁気象研究所開発の波浪モデルおよび高潮モデル、インド工科大学の (IIT-D : Indian Institute of Technology Delhi) の高潮モデルも運用している。

フランス気象局の支援で気候データ管理システム (CLISYS) を使用している。

可視化ソフトとして ArcGIS を使用している。

〔気象警報〕¹²²

BMD は、サイクロン、ノーウェスタ (Kalbaishakhi、スコールライン、竜巻)、スコール、大雨 (地すべり含む)、濃霧、熱波、寒波、内陸河川港の警報を発表している。サイクロンについては、サイクロンシグナルという形でシグナル 1 から 11 まで分けて発表している。

水資源開発庁 (BWDB) の一部門である洪水予警報センター (FFWC) が 2 日先水位予測を行

¹²⁰ PREPARATORY SURVEY REPORT ON THE PROJECT FOR ESTABLISHMENT OF METEOROLOGICAL RADAR SYSTEM IN DHAKA AND RANGPUR IN THE PEOPLE'S REPUBLIC OF BANGLADESH, JICA (2015), COUNTRY REPORT (2019), BMD HOMEPAGE, JICA'S SURVEY REPORT (2019)

¹²¹ REPORT ON DETAILED DESIGN STUDY OF TECHNICAL COOPERATION PROJECT FOR DEVELOPMENT OF HUMAN CAPACITY ON OPERATION OF WEATHER ANALYSIS AND FORECASTING IN THE PEOPLE'S REPUBLIC OF BANGLADESH, JICA (2009), COUNTRY REPORT (2018)

¹²² BMD HOMEPAGE, COUNTRY REPORT (2013)

い、洪水予警報を発表している。

暴風雨警報センター（SWC）がサイクロン予報作成、暴風雨等の警報発令、FFWC や防災関連機関へのデータ・情報提供を実施している。

b) 課題

国内の各級官署による予報作業は安定して運用されている。

短時間予報や、雷への情報提供にはレーダーの安定運用が不可欠である。雷の衛星観測は中国のものがあつたとしても陸上は精度が悪いと考えられる。

WRF の運用・精度向上には国周辺の微密な観測データの同化が必要であり、航空機観測データやレーダーのドップラーデータなど、非定時の連続的なデータを含む、予測精度向上に資するような観測データ基盤の整備がまず重要である。

警報を利用者の判断・行動にむすびつく IBF 的なものに発展させるためには、災害データと気象データの関係を調査するところから始めなければならないが、そのための気象観測データの基盤整備が優先すべき事項である。

(2) ブータン（NCHM）

a) 現状

〔天気予報〕

HimawariCast や SmartMet を用いて実況監視を行うとともに、各国の NWP モデルを参照しながら予報作業を行っている。

正午ごろの 1 日 1 回の 3 日予報と夜間の Weather Update を発表している。

ティンブーの National Weather and Flood Warning Center（NFWWC）の下にある Weather Forecasting Center（WFC）は 3 交代制 24 時間体制で運営され、気象状況を監視している。

降水量の見通しや最高・最低気温など、20 ゾンカクの 72 時間予報を毎日 3 回更新している。また悪天時には、天気予報を随時更新している。また、NCHM はユーザーの要求に応じてカスタマイズされた地域別の予報を提供している。

〔予報作業支援システム〕¹²³

NCHM/WFC では、6 時間ごと（00, 06, 12, 18 UTC）に EMSWRF V3.4 を 72 時間まで実行し、予報業務を行っている。このモデルは鉛直 45 層、親領域とネスト領域の水平解像度はそれぞれ 15km と 3km である。境界条件と初期条件は、NCEP/NOAA の GFS の出力から得ている。EMSWRF は、フィンランド気象研究所の支援を受けて 2015 年 11 月に導入された。

2017 年に導入（UNDP が出資する NAPA-Project と世界銀行の HSDRRP Project の資金援助による）した SmartMet を、主に日々の予報運用に使用している。また、SATAID ひまわりの衛星画像は、日々の天気予報だけでなく、モンスーンやサイクロンの嵐の発生を監視するための雲システムのモニタリングにも利用されている。また、GTS に接続することで、地域の気象データやその他の地域の警報・速報にアクセスでき、天気予報の作成に利用されている。

〔気象警報〕

大雨、強風、降雪が予想される場合に随時注意報を発表している。量的予報を行っておらず

¹²³ WRF Verification 2020 (WCD/NCHM)

Warning は発表していない。NCHM は Impact-Based Forecasting の導入を予定している。

b) 課題

SmartMet による作業は安定しているが、国内は実況値が乏しく評価も適切に行えないとみられる。降雨分布を知るためにレーダーの整備がまず不可欠である。

将来のためには少なくとも AWS の 1 時間値の統計値が作成できる必要がある。

GLOF への対応のためにも山岳地帯の降雨分布の把握は重要と考えられる。

中国の衛星が好位置にあるが受信体制が不安定なため、ひまわりの安定的な受信は今後も重要である。

数値予報モデルを運用評価する力量はあるが、国周辺の観測データが少ないため数値予報センタの全球モデルの結果に地形応答を加えただけになっており、モデルを調整しても精度向上は望めない。航空機観測データやレーダーのドップラーデータなど、非定時の連続的なデータが同化できるような観測の基盤整備をまず行う必要がある。

まずは量的予報を行うための観測基盤の整備から行う必要がある。災害統計については先行して進めることも可だが、気象局の所掌外とされる可能性がある。

(3) カンボジア (DOM)

a) 現状

[天気予報]

天気予報は、前の予報の期間内に 1 日 3 回 (8 時間ごと) 更新されるが発表は 1 日 1 回 (午前 10 時 30 分) のみ。

予測の種類は、中期予報 (毎日発表)、季節、3 日単位、週単位、または地域の流域規模での影響に応じた気象状況に応じた予測。

スタッフの勤務シフトは AM7:00-PM5:00、悪天候の場合は 24 時間勤務とする。

データ解析、データ処理、予報作成には、2012 年に Meteo France International (MFI) が MOWRAM の近代化プロジェクトの一環として導入した気象解析・予報システム Synergie システムを使用している。Synergie システムにより、予報官は必要なデータや情報に簡単にアクセスでき、日々の作業を自動化することができる。また、MeteoFactory システムにより、カスタマイズされた製品や警告メッセージを作成し、ウェブサイト上で配信することができる。

カンボジアのような熱帯の国では、天気予報は NWP モデルの他に、河川の流れの分析に基づいて行われることが多い。DOM は気象庁や Météo France と GTS で結ばれており、そこからあらゆるレベルの計算された河川流量データを容易に入手することができる。これは、気象予報や警報の強力な基礎となっている。

[予報作業支援システム]

DOM は、国際的な予報センター (ECMWMF、RSMC (気象庁)、香港天文台、ベトナム、地域統合マルチハザード早期警報システム (RIMES) など) からの NWP プロダクトをカンボジアの悪天候の監視と予測のために利用している。自国での数値予報は未実施。

- 一般的な天気予報、現在の天気予報、悪天候予報のための衛星画像の解釈
- 天気レーダー画像の解釈 (現在の天気予報、悪天候予報)
- カンボジア気象局に設置された Synergie システムによる NWP は、すべての気象データを表示し、APR (フランス)、GFS (米国立環境予測センター (NCEP))、気象庁、ECMWF (ヨー

ロッパ中期予報センター) の 4 つの NWP モデルを搭載している。このシステムは、カンボジア政府の全面的な支援のもと、2012 年 4 月 4 日に設置された。

モデルは WMO、NCEP、台風委員会、RIMES コラボレーションサイトより、ECMWF、JMA、GFS、RMM、CFs、SWFP、SWFDP、SWFDP-SeA を使用している。

〔気象警報〕

注意報・警報は、大雨、突風、激しい雷雨、稲妻のほか、熱帯低気圧や高潮に対して、Synergie システムを用いて、全球データや情報を参照しながら発表される。米国 NWS の GFS (Global Forecast System) や気象庁の NWP プロダクト、RSMC 東京台風センター、JTWC (Joint Typhoon Warning Center、ハワイ)、香港天文台、ECMWF、韓国気象庁、NOAA/NWS (下記参照) の台風予報を参考にしている。

漁業警報は、沿岸部のほか、カンボジア海やタイ湾などの海域を対象に、テキスト形式で毎日発表している。

サイクロン警報は、南シナ海とタイ湾で熱帯低気圧発生時に 24 時間体制で発表される。発表に当たっては、気象庁/TCC、香港センター、CMA、KMA、NOAA、インド洋熱帯域の海面水温など、各国の熱帯低気圧予測の主要なガイダンスを参考にしている。

b) 課題

ECMWF など各国の予測値を活用して天気予報を発表しているが、1 日 3 回となっている予報の更新が日中の 1 回だけとなっている。基礎的な運用リソース (人員、資金) が欠乏しているものとみられる。これまでの海外からの支援が持続的に維持されておらず、今後成果を出すためには国内体制の改善が課題と考えられる。

2012 年に仏気象局の支援で導入した Synergie も老朽化しているものとみられる。

数値予報を自ら実施するためのリソースはない。当面、自ら数値予報モデルを運用するメリットはないと考えられる。

警報基準が明確ではない。災害データと気象データの関係を調査するところから始めなければならないが、そのための気象観測データの基盤整備がさらに優先すべき事項と考えられる。

(4) フィジー (FMS)

a) 現状

〔天気予報〕

予報課 38 名で 24 時間態勢で以下の予報を行っている。3 交代制 (1 シフト 2 名)。RSMC ナンディとしてサイクロンの監視・予報を行っている。

一般気象予報、海上気象予報、週間気象予報、サイクロン予報 (3 日間予報 (位置、強度、進路)、5 日先までの発生の見通し) 他

公共、航空、海洋、熱帯低気圧の予警報は以下のとおりである。

- ニウエ、クック諸島、ツバル、キリバス、トケラウの一般及び海上予報。
- 南西太平洋地域 (赤道から南緯 25 度、東経 160 度から西経 120 度) の国際海洋予報と警報。
- ニューカレドニア、バヌアツ、フランス領ポリネシアを除く地域のすべての飛行場の航空予報・注意報。
- この地域のエリア 5 (赤道から南緯 25 度、東経 160 度から西経 120 度) の熱帯低気圧予

警報。

すべての予報は1日4回発表される。注意報は6時間毎、警報は3時間毎に発表される。

地上・高層天気図、衛星雲画像、レーダー及びウインドプロファイラのデータが使用される。各種天気図は、観測データのプロットは機械で行うが、等値線の描画は予報官が行う。地上天気図は6時間ごとに解析され、高層天気図の解析は1日2回行われる。

予報区分は、短期予報は2日間、9地区、週間予報は5地区である。

予報手法としては、WMO 支援でインドネシア気象局 (BMKG) から供与された領域予測システム (GFS から該当領域を切り取ったもの) があるが、予報のベースとなっているのは主要 NWP センターの全球モデル予測 (ECMWF、NCEP/GFS、UKMO、気象庁、BoM/ACCESS) 及び SWFDDP (Severe Weather Forecasting and Disaster risk Reduction Demonstration Project) の各種プロダクトである。

〔予報作業支援システム〕

FMS 自身ではモデルの運用をしていない。FMS ウェブサイトでは NOAA の GFS モデルの予測結果を表示している。予報ガイダンスの作成は行っていない。

NWFC には現在、Visual Weather (IBL)、SmartMet、Messir Vision、McIDAS、及び BoM の Australian Integrated Forecast System (AIFS) の各システムが整備されている。このうち予報作業の中核となっているのは AIFS である。SmartMet や Messir Vision、McIDAS は雲画像表示の補助など極めて限定的な目的にしか利用されていない。SATAID はインターネットの通信速度の関係で、時々活用する程度である。

〔気象警報〕

発表する警報の種類は以下のとおりである。

- Heavy Rain Warning
- Flood Warning
- Storm Surge
- Swell Warning
- Tropical Cyclone Warning
- Strong Wind Warning
- Drought Warning
- Flash Flood Alert
- Gale/Storm/Hurricane Warnings to Shipping

サイクロンに関しては、先に述べた RSMC ナンディとしての責務に基づき域内各国に実況解析及び予測情報を提供している。情報の内容は以下のとおりである。

- Intensity of Cyclone, location, speed of movement and direction of movement, radius of gales, storm and hurricane force winds from the center with 6hrs, 12hrs, 18&24hrs forecast positions. Impacts are also included in the Special Weather Bulletins (SWBs).

b) 課題

数値予報センターの予測値を活用して効率的に予報作業を行っている。精度に不満はあるかもしれないが、島嶼部ではガイダンスの精度にも限界がある。島嶼国であり自国でモデルを運用しないのは賢明な判断と考えられる。

一方、レーダーは量的予報の基礎となりうるため、高度化を進める必要がある。また国内イン

フラの問題であるが、ひまわりの高度利用は今後の課題と考えられる。

雨に関する量的予報を行うのが次のステップであり、そのためには雨量データ基盤の整備が重要と考えられる。

(5) インドネシア (BMKG)

a) 現状

[天気予報]

BMKG では毎日午前 9 時から予報会報を実施している。予報作業支援システムの詳細は不明だが、予報会報で使用される画面のうち実況監視に関するものは以下のとおりである。

気象衛星

- GSM モデルの 850hPa 風+ひまわり雲画像の重ね合わせ
- ひまわり水蒸気画像、RGB 画像
- ナウキャスト（衛星画像から判断される今後 6 時間の中程度の強雨の可能性のある地域）
- ホットスポット分布図（森林/陸上火災）
- 24 時間累積降水量分布（GSMaP 準リアルタイムデータ）

気象レーダー

- 24 時間累積降水量、実況、2km 以下のドップラー速度
- レーダー画像の過去 3 時間動画（Jabodetabek 地域）

BMKG では、7 日先までのナウキャストスケールの天気予報、週間予報、10 日先までの気候予報、月間予報、季節予報を定期的に発表している。予報要素は、雨量、温度と湿度、風速と風向などである。

BMKG はユーザーをサポートするために、以下のような別のプラットフォーム情報を持っている。

- 2018 年から実施されている洪水の影響に着目した Impact-Based Forecasting (IBF) (<https://signature.bmkg.go.id>)
- 火災危険度評価システム (FDRS)
- インドネシア地域の熱帯低気圧警報センター (TCWC)

[予報作業支援システム]

BMKG の地域予報モデルは以下のとおりである。

- 1) 大気：WRF モデル
- 2) 海洋 海洋：Wave Watch 3、Swan、Hycom モデル
- 3) 気候

このほか、ECMWF システム、バイアス補正した NMME model、時系列解析に基づく統計モデル (ANFIS, Wavelet, Arima) を使用している。

[気象警報]

BMKG 発表の気象および気候に関する主な情報は以下のとおりである。

季節情報、毎月の降雨量、日別・週別気象情報、早期警戒情報（向こう 3 時間および 3 日間）、日別・月別洪水ポテンシャルマップ

BMKG 発表の主なプロダクトは以下のとおりである。

天気予報マップ、土地火災ポテンシャル (FDRS：火災危険度評価システム)、洪水ポテン

シャル、熱帯低気圧、向こう 3 時間警報、波高マップ、雷マップ
警報基準は全国（34 州）同一である。

b) 課題

予報作業はオーストラリアの ANFIS を用いて行っている模様。先進センターの予測を使っており、当面問題はないと考えられる。

WRF の運用は可能と考えられるが、予報領域周辺の局所的なデータや航空機観測データなど非定時データの同化を進めないと数値予報センターの全球モデルを単に地形に応答させただけの計算結果となる。データ同化に資するレベルの観測システム構築が優先事項と考えられる。

降水、雷、洪水、高波等の警報を発表しているが、警報基準は全国（34 州）で同じとなっており、災害発生ポテンシャルを示すものとなっていない。

IBF を目指しているが、量的予報、レベル閾値の基盤整備がまず必要である。

(6) ラオス（DMH）

a) 現状

〔天気予報〕

DMH 予報センターでは、11 人の予報官が 24 時間体制（2 交代制）で毎日の予報と中・長期の予報を発表している。雨季の繁忙期には、DMH の他部門のスタッフが予報をサポートする。

DMH の予報には以下のものがある。

- SYNOP データ、気象庁の GSM、RSMC ハノイの荒天予報プログラム（SWFP）の予報をもとに短期・中期予報を実施。
- 24 時間予報（18 州）：日最高気温、日最低気温、天気
- 3 日間予報（6 都市）：日最高気温、日最低気温、天気
- 1 週間予報（5 地域）：日最高気温、日最低気温、天気
- 1 か月予報、3 か月予報：3 段階に分けた降水量、気温の傾向を 3 段階で予測

気象状況の監視・分析に用いる資料は、地上天気図、高層天気図、衛星画像（日本・韓国）、レーダー画像（2017 年まで）のほか、cloud cluster monitor、気象庁 GSM 予測分布図を使用している。

予測には ECMWF、気象庁-GSM、KMA、CMA、香港天文台、RFSC ハノイの予測プロダクトを使用している。

長期予報では、オーストラリア気候変動センター開発の FlowCast and Scopic Model の予測データを元に、特定地点の降水量と気温を 3 段階の確率（平均、平均以上、平均以下）で予測できる Scopic Model の出力を参考に行っている。

国内ではナウキャストの需要があるが、DMH では今すぐ運用するのは難しいと考えている。

〔予報作業支援システム〕

予報システムには Synergie（Version 3.4.0）が導入されており、ECMWF の数値予報プロダクトが利用されている。DMH で数値モデルは運用していない。

〔気象警報〕

DMH は以下の警報等を発表している。台風警報については、DMH は中心位置に応じて 3 段階に分けて発表している。

- Heavy rainfall → Heavy Rain Advisory, Heavy Rain warning
- Local Storm (Strong wind) → Strong Winds Advisory, Strong Winds warning
- Flash Flood
- Landslides
- Floods
- Typhoon
- Cold weather
- Hot weather
- Tropical storm (cyclone) warning → Far warning, Near warning, Urgent warning

地域住民までの伝達については以下のとおりである。

- 主な伝達手段は、ラジオ（最も有効）、TV（受信できない地域あり）、インターネット（都市部中心）。
- 地方の住民は地方自治体からも気象警報情報を入手できる。天気予報、洪水予報、Tropical storm (cyclone) warning はラジオ、公衆電話、Fax、電子メール、ウェブサイトから入手可能。
- 警報は電話、Fax、防災無線を通じて首相官邸、防衛省、NDMC、航空、県、赤十字、TV、ラジオ、新聞に伝達される。

b) 課題

Synergie、数値予報センターの予測結果を用いて予報作業はできている。予報の評価は不明。

Synergie も老朽化が推測され、今後プラットフォームの更新が検討されるとみられる。

モデルを運用するだけのリソースはない。仮に導入を目指すとしても、予報領域周辺の局所的なデータや航空機観測データなど非定時データの同化を進めないと数値予報センターの全球モデルを単に地形に応答させただけの計算結果となる。

データ同化に資するレベルの観測システム構築が優先事項と考えられる。

警報基準が明確ではない。災害データと気象データの関係性を調査するところから始めなければならないが、そのための気象観測データの基盤整備がさらに優先すべき事項と考えられる。

(7) モンゴル (NAMEM)

a) 現状

〔天気予報〕¹²⁴

NAMEM が発表している予報は以下のとおりである。

短期予報

- 6 時間予報
- 1 時間予報
- 1 日予報

中期予報

- 5 日予報

¹²⁴ NAMEM brochure

- 7 日予報

長期予報

- 一か月予報
- 季節予報

〔予報作業支援システム〕

資料なし。

〔気象警報〕

NAMEM は、激しく災害をもたらす現象に対する警報を発表しているが詳細は不明である。

b) 課題

NAMEM の予警報業務については現状に不明な点が多く、さらに調査が必要である。

(8) ミャンマー (DMH)

a) 現状

〔天気予報〕

DMH では以下の予報を発表している。

- 24 時間予報 (1 日 5 回発表)
- 24 時間海上予報 (1 日 2 回発表)
- 航空気象 (6 時間ごと)
- サイクロン・高潮 (24～36 時間前)
- 10 日予報 (月 3 回)
- 月予報 (月 1 回)
- モンスーン期間の見通し (年 1 回)
- 季節予報 (年 3 回)

1 日 3 シフトによる交替勤務で予報が発表されている。ミャンマーの予報はヤンゴン気象台でヤンゴン市内予報を行うなど一部の例外を除きネピドー本局で発表されている。

〔予報作業支援システム〕

数値予報は、ノルウェーの協力で整備された WRF モデル (DMH 内のサーバー室で稼働) の出力、インド気象局の IMD モデル、タイ気象局の TMD-WRF モデル、及び各国の数値予報資料等を用いている。サイクロンの進路、降水量等は気象庁、GFS、ECMWF、IMD、TMD 等の各モデルを比較し検討している。

ノルウェー気象局の支援で WRF モデル (2012 年)、DIANA ツール (2013 年) が整備された。

〔気象警報〕

ストーム警報、大雨警報等が発表されている。

b) 課題

各国の支援を活かして予報作業が行われているが、政変以降の状況は不明である。

(9) ネパール (DHM)

a) 現状

〔天気予報〕¹²⁵

現地時間の 6 時と 18 時に 24 時間予報を発表している。6 時の予報では今日、今夜を、18 時の予報では今夜と明日日中の予報をそれぞれ発表している。

予報では、全国の予報（概況）と国内 12 都市の City Forecast を発表している。

都市予報の内容は、天気のカテゴリー予報と日中の最高、夜間の最低気温、降水確率である。最高最低気温予測は 2 度の幅を持っており、降水確率は 10% ごとで発表している。

午後予報と同時に 17 時 45 分までに観測された上記 12 を含む 20 地点の最高、最低気温、降水量を発表している。

〔予報作業支援システム〕

ホームページでは Himawari が表示されており実況監視に使用されているとみられる。予報現場では SATAID が使用されている。

以下の仕様の WRF-EMS を使用している。このモデルは 2015 年に FNEP2 プロジェクトにより、フィンランド気象局の支援を受けて予報課に設置された。

- モデルは水平格子間隔 12km と 4km でネスティング。
- 1 日 4 回 (00, 06, 12, 18UTC) GFS の初期値と境界値を用いている。
- インナー、アウターともに Valid は 84 時間。
- 予報変数は 4km 格子モデルで FT=12~84、1 時間間隔で出力される。

降水確率、幅を持った気温予報を行っていることからモデル出力に加えて何らかの統計的予測手法（ガイダンス）を使用している可能性が高いが、内容は不明。

〔気象警報〕

気象予報課は大雨・強風等の厳しい気象状況の警報を発表する。洪水に関する警報は洪水予報課が発表する。

b) 課題

SmartMet による作業は安定しているが、国内は実況値が乏しく評価も適切に行えないとみられる。降雨分布を知るためにレーダーの整備がまず不可欠である。

将来のためには少なくとも AWS の 1 時間値の統計値が作成できる必要がある。

GLOF への対応のためにも山岳地帯の降雨分布の把握は重要と考えられる。

中国の衛星が好位置にあるが受信体制が不安定なため、ひまわりの安定的な受信は今後も重要である。

数値予報モデルを運用評価する力量はあるが、同国周辺の観測データが少ないため数値予報センターの全球モデルの結果に地形応答を加えただけになっており、モデルを調整しても精度向上は望めない。航空機観測データやレーダーのドップラーデータなど、非定時の連続的なデータが同化できるような観測の基盤整備をまず行う必要がある。

まずは量的予報を行うための観測基盤の整備から行う必要がある。災害統計については先行して進めることも可だが、気象局の所掌外とされる可能性がある。

¹²⁵ DHM web site etc

(10) パキスタン (PMD)

a) 現状

〔天気予報〕¹²⁶

イスラマバードにある国立気象予報センター (NWFC) が気象関連の予報の責任を負っており、三交代制でパキスタン全土に 24 時間体制で予報サービスを提供している。

一般的な天気予報 (24 時間、48 時間)、天気概況、3 日予報 (天気、日中の最高気温)、週間天気予報 (気圧配置など)、季節予報、特別な気象情報などを提供している。

前線や低気圧がパキスタンに接近している場合には報道発表を、パキスタンに災害や深刻な被害をもたらす大気現象が予測される場合には少なくとも 3～4 日以内に PMD が警報を発表する。

〔予報作業支援システム〕

詳細不明。

〔気象警報〕

詳細不明。

b) 課題

相応の予報作業を行っており、作業システムも自力で維持できている模様、航空や軍への情報提供を行っているため、体制はしっかりしている模様。WMO の METAREA IX を担当するなど国際的責務も長年担っており、業務は一定の水準を満たしている。

民生的には北部の GLOF 対応など課題が多いとみられるが、予報分野においては支援の必要性は低いと考えられる。

(11) フィリピン (PAGASA)

a) 現状

〔天気予報〕¹²⁷

PAGASA が発表する予報の種類と発表時刻は以下のとおりである。

● 短時間予報 (大雨情報)	大雨が予想された時点
● 24 時間先一般予報	午前 5 時及び午後 5 時
● 週間予報 (概況のみ)	同上
● 船舶への予報	同上
● 観光地への予報	午前 11 時
● アジア各地および国内の都市予報	午後 5 時

発表する予報の種類

- 24-hr Public Weather Forecast
- 24-hr Shipping Forecast
- 12-hr Regional Weather Forecast

¹²⁶ Preparatory survey report on the project for the installation of weather surveillance radar at Sukkur in the Islamic Republic of Pakistan, 2020

¹²⁷ COUNTRY REPORT, Presented in JICA Training Course 2013, Final Report of "Project for Enhancing Capacity on Weather Observation, Forecasting and Warning" (2017)

- 6-hr Weather Forecast for Greater Metro Manila Area
- 5-day Weather Outlook for Key Cities
- 24-hr Forecast for Selected Asian & Philippine Cities
- 5-day Weather Outlook for Selected Tourist Destinations
- Weekly 7-day Weather Outlook for the Country

使用する天気図類

- ① GTS から入電する気象庁の数値予報データを画像化（地図化）したもの
- ② PAGASA の運用する WRF（地域気象モデル）の結果を画像化したもの
- ③ 気象衛星画像（ひまわり、FY-2E、NOAA、MODIS 画像）
- ④ 全ての気象レーダーの画像
- ⑤ 手書きの天気図（広域アジア、フィリピン周辺）

台風予報

台風に関する全般情報は、まず GTS ネットワークを介して気象庁の情報を入手している。台風の進路予想は、気象庁、JTWC（Joint Typhoon Warning Center, Hawaii）など複数の基幹の進路予想を参照し、最終的には PAGASA の予報官の経験等で決定している。このような手順は途上国における気象局としては標準的で、概ね妥当である。しかしながら、台風がフィリピンに接近しつつある場合、その中心位置や強度を独自に求めたいという要望がある。

〔予報作業支援システム〕

国内の主要 16 都市について、5 日先までの予報（天気、最高・最低気温）を作成。

予報作業支援のため、ガイダンスや持続予報を予報官の判断で修正するツール FAsT (Forecasters' Assistant Tool) を活用。FAsT は PAGASA が自主開発。

PAGASA が運用する WFR モデルの概要は以下のとおり。

- 二重ネスト領域モデルを 3 時間おきに日に 8 回運用
- 狭領域（3km メッシュ、ほぼ本土をカバー）、48 時間予報
- 中領域（12km メッシュ、もうちょっと広い領域）、144 時間(6 日)予報
- 側面境界は NCEP GFS 0.25deg
- モデル出力は GRIB2 形式の予報値ファイルで、国内のほとんどの都市の時系列を 144 時間(6 日)まで毎時出力

衛星画像解析のため SATAID を活用している。

〔気象警報〕

PAGASA が発表している注意報や警報は以下のとおりである。

- ① 気象注意報
- ② 警報に関する気象公報
- ③ 荒天警報公報
- ④ 船舶向け熱帯低気圧警報

台風関係の注警報

- Tropical Cyclone Advisory
- Severe Weather Bulletin
- Tropical Cyclone Wind Warning Signal
- Tropical Cyclone Warning for Shipping

- Storm Surge Warning
台風以外の注警報
- Thunderstorm Advisory
- Heavy Rainfall Warning
- Gale Warning
- Weather Advisory
- ENSO Advisory

これらの情報は、比較的広範囲を対象にしたもので、局地性のある現象に対する注意・警報とはなっていない。そこで、PAGASA は、メトロマニラ地区をパイロットエリアとし、Rainfall Warning System (RWS) を立ち上げている。この RWS は、コミュニティの代表者や個人が、自ら災害から身を守ることができるような情報を発表することを目的としたものである。RWS は雷警報と大雨警報とに分かれる。

b) 課題

概ね先進国並みの予報業務が実施されている。低緯度では数値予報の精度が悪く、したがってガイダンスを用いても現状では精度に限界がある。

今後、さらに高度化を進めるためには、予報領域周辺の局所的なデータや航空機観測データなど非定時データの同化を進める必要があり、データ同化に資するレベルの観測システム構築が優先事項と考えられる。

今後の予報業務高度化のためには、災害データと気象データの関係を分析する必要があり、これらの基盤データの整備が重要と考えられる。

大都市と遠隔地のインフラの格差は今後広がっていく可能性があり、メトロマニラ地区の RWS には注目していく必要がある。日本のように全国一律のシステムを推進するかどうかは国情による。

数値予報センターの予測値を活用して効率的に予報作業を行っている。精度に不満はあるかもしれないが、島嶼部ではガイダンスの精度にも限界がある。

(12) スリランカ (DOM)

a) 現状

〔天気予報〕¹²⁸

DOM 気象センター (National Meteorological Centre : NMC) には 42 名 (2016 年 3 月現在) が在籍し、日勤・夜勤の 2 交代制で現業予報を実施している。

発表する予報の種類は以下のとおりである：一般天気予報、海上予報、遠洋船舶向け海上予報、都市天気予報、航空気象予報、船舶気象予報、大型船舶気象予報、1 ヶ月予報、季節予報

解析する天気図は、地上、850、700、500、300、200hPa 面のものを作成。地上は 1 日 4 回、高層天気図は 1 日 2 回作成している。

¹²⁸ PREPARATORY SURVEY REPORT ON THE PROJECT FOR THE ESTABLISHMENT OF A DOPPLER WEATHER RADAR NETWORK IN THE DEMOCRATIC SOCIALIST REPUBLIC OF SRI LANKA, JICA (2016), FINAL REPORT OF THE PROJECT FOR IMPROVING OF METEOROLOGICAL OBSERVATION, WEATHER FORECASTING AND DISSEMINATION IN THE DEMOCRATIC SOCIALIST REPUBLIC OF SRI LANKA, JICA (2017), DOM HOMEPAGE

〔予報作業支援システム〕

仏 MESSIR 社のソフト MESSIR-VISION を用い、SYNOP 等を地図上に表示したものを印刷し、手書きで等高線や流線解析を実施している。

JICA 気候変動に対応した防災能力強化プロジェクトによって 2011 年 6 月に WRF を運用している（境界条件として NCEP/NCAR のデータを使用）。その他 IMD、NCMRWF（インド）、気象庁の SWFP、ECMWF、NCEP の数値予報モデルの結果も参照している。

MOS 方式による予報ガイダンスが技プロで導入され、短期降水量（コロンボ、ラトゥナプラの 2 地点、36 時間予報）、短期海上風（プッタラム、ポトゥビルの 2 地点、48 時間予報）、週間降水量（コロンボ、ラトゥナプラ 2 地点、7 日予報）が作成されている。

また、技プロで気象庁の SATAID を導入している。

DOM では 2018 年頃に数値予報のための新部局を設立したが、人材と計算機資源不足のためデータ同化は未完成である。精度向上が課題である。

〔気象警報〕

Warning（警報）と Alert（注意報）は、DOM の Natural Hazards Early Warning Centre から災害をもたらす気象現象（大雨、強風、雷、サイクロン）に対して発表されている。各情報には Advisory として、県や州（海上は沿岸部）単位の危険度レベルがマップ上に色付け（大雨は 4 段階、波浪は 6 段階）されて掲載されている。

熱帯低気圧（サイクロン）の情報は、RSMC ニューデリーによる位置・予想進路や風速情報を参考に、位置、予想進路及び風速に加えて大雨や波浪・高潮の量的予報が発表されている。

洪水及び土砂災害警報は、DOM ではなく、灌漑水資源管理省の灌漑部及び国立建築研究所が発表する。津波警報は地質調査鉦物局と協議して発表される。

b) 課題

予報業務の実施体制には問題はないとみられる。複数の数値予報センターの予測を参考にしており、予報官判断を加えているようだが、客観性に乏しいものとみられる。

統計的手法を用いたガイダンスを作成しているが、MOS 方式の 6 点だけであり、今後拡充するかどうかを見定めるために MOS のパフォーマンスを評価する必要がある。

作業システムは現用のものを踏襲することになるとみられる。

WRF の精度向上には同国周辺の稠密な観測データの同化が必要であり、航空機観測データやレーダーのドップラーデータなど、非定時の連続的なデータを含む、予測精度向上に資するような観測データ基盤の整備がまず重要と考えられる。

(13) ベトナム (VNMHA)

a) 現状

〔天気予報〕¹²⁹

VNMHA には National Center for Hydro-meteorological Forecasting (NCHMF) と 9 つの地域センターがある。

予報部の勤務シフトは 2 シフトを基本としており、午前 7 時 30 分から午後 5 時までの昼シフ

¹²⁹ Questionnaire to NCHMF by Mr. Sasaki (2020) Introduction to Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration (2021)"

ト（4名の予報官が対応）と、午後5時から翌日7時30分までの夜シフト（2名の予報官が対応）により構成されている。異常気象時には適宜増員される。

短期予報（天気、気温、降水量、風）は、NCHMFによる予報の見通しとして7つの地域予報区に、午前5時、午前10時および午後5時に発表され、9つの地域センターから詳細予報が出され、各地域センターから54の州予報が出される。これらは、NHMSのウェブサイトでも一般にも公開されている。

〔予報作業支援システム〕

IFS（ECMWF）、GFS（NCEP）、GMS（気象庁）等の主要な数値予報センターのNWPデータを取得し、内部のインターネットHPで各モデルの各種予想図を閲覧できる。

GFS、GMSの境界値を使ってWRFモデルを運用しており、WRFモデルの予想図も同じウェブサイトから閲覧できる。

2018年度から63の主要都市を対象に、IFSのGPVデータを使って10日先までの都市予報の発表を開始した。

NCHMFが運用しているWRFモデルは、IFS境界条件とWRF-3DVARを使用しており、00, 06, 12, 18 UTCの初期データを基に3kmの分解能で72時間有効となっている。また、NCHMFで運用されているWRF-ENSは、NCHM/WFCで運用されている32人のメンバーに対して、72時間有効な00 UTCの初期データに基づくIFSの初期・境界条件を用いて、10kmの分解能で運用されている。

VNMHAはGrADS/GMTを用いてNWP用のマッピングツールを開発し、VNMHAのイントラネットを通じて地域のオフィスに予報図を共有している。NWPはIFS（ECMWF）、GFS（NCEP）、GMS（気象庁）、WRF-VAR、WRF-ENSを使用している。また、VNHMAはSATAIDを使ってHimawariCastの衛星データを監視している。¹³⁰

〔気象警報〕

自然災害に関する予報・警報の対象は、大雨、雷雨、ひょう、突風、異常高温・異常低温、洪水、鉄砲水、地すべり、干ばつ、塩分の侵入、高潮、干ばつである。

台風警報は、台風が遠いときは1日に3回、南シナ海に入ってから1日4回、ベトナムに近づいた場合は1日8回発表し、上陸する可能性が高くなった場合は毎時発表する。そのほかの警報としては、異常高温警報、異常低温警報、大雨、落雷に係る警報があるが、主にハノイ周辺を対象としている。

予報区は全国で63あり、9つの地域センターが担当している。全国予報中枢であるNCHMFの下に9の地域水文気象センター（RHMC）を設置して予報業務を実施している。各RHMCでは当該管内の地方気象官署の観測予報業務を統括し、NCHMFからの総合的な情報に基づいて当該管内の防災機関やメディア等に対して詳細な気象情報を提供している。

気象警報は、5段階（レベル1～5）の警報レベルで発表されており、各レベルに対応した防災対応がとられている。

NCHMFと各RHMCは毎日定時（13:45～14:00）にテレビ会議システムで予報会報を行っており、災害が起こりそうな状況においては幹部職員が中心となって随時テレビ会議を行い、全国中

¹³⁰ 佐々木氏によるNCHMFへのアンケート（2020年）、齋藤氏によるNCHMFへのアンケート（2021年）

枢から地域予報センターへ指示を送っている。

b) 課題

作業システムは自前で自ら保守管理している。標準的な予報は全国的な役割分担の下で地域に応じて実施されている。評価は不明だが、今後精度向上を図るためには評価を行い、結果を分析していく必要がある。

数値予報センターの GPV を活用しつつ自国向けには WRF を運用しており、できるものを活用しつつ合理的に予報システムを構築している。今後、さらに高度化を進めるためには、予報領域周辺の局所的なデータや航空機観測データなど非定時データの同化を進める必要があり、データ同化に資するレベルの観測システム構築が優先事項と考えられる。

気象警報はレベル化されており、対応した防災行動がとられるという点では IBF が実現している。レベルの基準値は不明だが、より適切な運用を行うためには災害データを気象データの関係性を分析する必要があり、これらの基盤データの整備が重要と考えられる。

III.2.2.12 情報発信

(1) バングラデシュ (BMD)

a) 現状¹³¹

BMD 発出の気象予警報は首相府（内閣）、食糧災害管理省、国軍、農業省、船舶省、その他関係各省、地方政府及びバングラデシュ赤新月社（BDRCS）、国連開発計画（UNDP）、国連難民高等弁務官事務所（UNHCR）、その他報道機関等約 30 ヶ所に提供。またラジオ・テレビ放送及び新聞報道を通じ、直接住民に伝達している。

情報の主な伝達手段は、ラジオ、テレビ放送、新聞報道、FAX、電子メールである。

b) 課題

BMD による情報提供の詳細は不明であり、課題特定のためさらなる調査が必要である。

(2) ブータン (NCHM)

a) 現状

3 日先までの予報文（概要と 20 県の予報）が電子メールによって首相、内閣をはじめ 37 の政府関係機関、TV 局、新聞社に 16 時までに送られる。

夜間、修正の必要がある場合及び必要がない場合ともに、その情報を「Weather Update」として主要 11 機関に電子メールに知らせている

WFC が発行する毎日の天気予報、予報の更新、勧告は、ブータン国営放送局（BBS）、ラジオ局、その他の印刷媒体を通じて一般に公開される。また、フェイスブックなどのソーシャルメディアも、情報や気象情報をタイムリーに発信するために活用している。また、ユーザーのニーズや要求に応じて、特別な天気予報も提供している。

また、NCHM は気候データの過去の記録をユーザーに提供しています。

航空気象サービス（基本的な METAR と SPECI）は NCHM によって提供されている。

¹³¹ BASIC DESIGN STUDY REPORT ON THE PROJECT FOR ESTABLISHMENT OF THE METEOROLOGICAL RADAR SYSTEM AT MOULVIBAZAR IN THE PEOPLE'S REPUBLIC OF BANGLADESH, JICA (2007)

b) 課題

電子メールを用いる場合、最終的にすべての地域の住民まで伝達されていない可能性があるため、伝達が確実に行われているか確認できていることが望ましい。

(3) カンボジア (DOM)

a) 現状

経済建設と社会発展を促進するために、正確でタイムリーな天気予報の作成と発行、気候予測の実施、気象災害の防止と軽減、人々の生命と財産の保護、合理的な方法での気候資源の利用のための気象サービスの強化を図っている。警報やその伝達の法的位置づけは不明である。

DOM は、警報・注意報が発令される前の気象状況に注意を喚起するため、あるいは警報を補完するために気象災害速報を発表している。また、例外的な大雨による浸水・洪水については、数年に一度しか発生しない場合や、一日に一度しか観測・解析されない場合に発表される。

気象・洪水予報、熱帯サイクロン・洪水警報は、ウェブサイト、ファックス、電子メール、電話などで、(国や地方の) 政府当局、メディア、民間企業などに配信される (カンボジア赤十字社 : CRC)。DOM は、そのメッセージを直接 MOWRAM 大臣に報告し、メディア (テレビ、ラジオ、新聞) を通じて一般市民にメッセージを発信する。緊急警報の場合には、DOM は「アナウンス」を MOWRAM 大臣に伝え、その後、大臣は首相に報告する。MOWRAM 大臣及び DOM 局長は、テレビやラジオで警報を生放送で発表する。同時に、DOM および水文・河川工事局は、NCDM、内務省、国防省、地方自治体、非政府組織 (NGO)、マスメディアに警報を伝達する。また、Facebook も使用している。

b) 課題

以前は電話による伝達だったが、自動化がどこまで進んでいるかは確認が必要である。また、DOM だけではなく受ける側のインフラも要確認。

(4) フィジー (FMS)

a) 現状

FMS の伝達戦略計画は策定中である。

気象情報の伝達先は以下のとおりである：一般国民、公共部門、民間部門、国際的なパートナー、教育機関、公共機関、特別な関心を持つグループ、部門スタッフ

情報の伝達手段としては、ラジオが主な手段である。TV は全域にいきわたっていない。そのほか、EMWIN、新聞、ソーシャルメディア (Facebook/Twitter/Instagram)、ウェブサイト、ファックス、電子メールを通じて提供されている。これらの情報は、テキスト形式でメディア、Stakeholder、航空、船舶、政府機関、NDMO、一般、ソーシャルメディアに配信される。

b) 課題

ラジオ、TV に比べると Web ページは確認に行くことができるため、これらの push と pull の機能を組み合わせることが重要である。

(5) インドネシア (BMKG)

a) 現状¹³²

BMKG は、同国法 No. 31/2009 の第 29 条の規定により、気象・気候情報の国民への提供に責任を有している。

National Dissemination System から大統領府、防災庁、大臣、関係機関、国営マスメディア、一般への伝達が行なわれている。また、地方においても自治体、マスメディア、一般への伝達が行なわれていると思われるが実情は不明。

BMKG は、気象予報や警報、洪水警報、気候学的な情報や警報などの情報をスマートフォンのアプリケーション (info BMKG) を使って、プッシュ型で配信している。ウェブサイトでは州ごとの注警報がマッピングされている。

また BMKG は、熱帯低気圧の監視・予報情報を配信する「気象早期警報システム (MEWS)」と、気候情報を監視して早期警報を発表する「気候早期警報システム (CEWS)」を運営している。

b) 課題

スマートフォンで警報が受信できるのであれば、相応の社会基盤として存在していることになる。提供した情報が行動に結びつくかどうか重要である。

(6) ラオス (DMH)

a) 現状¹³³

DMH の情報サービスは、気象・水文法の「第 6 条-気象・水文情報」に規定されている。DMH は、気象・水文データの収集、管理、伝達のためのシステムを維持しなければならないとしている。

また、情報の受信者として、首相官邸、農林省、天然資源環境省、国際空港、商工省、電力会社、民間企業、メディア、地方気象台などが挙げられている。

伝達手段として、ラジオが最大の手段となっている。テレビはカバー範囲の面で完全ではない。インターネット網はほとんどの都市部で利用可能となっている。

b) 課題

DMH による情報提供の詳細は不明であり、課題特定のためさらなる調査が必要である。

(7) モンゴル (NAMEM)

a) 現状

予警報等の気象情報は、NAMEM から政府機関に伝達されるほか、危機管理庁、地方気象官署、テレビ、マスメディア等を通じて国民に伝達される。

b) 課題

NAMEM による情報提供の詳細は不明であり、課題特定のためさらなる調査が必要である。

¹³² COUNTRY REPORT, Presented in JICA Training Course 2019 + input from BMKG"

¹³³ WORLD FOOD PROGRAMME HOMEPAGE

(8) ミャンマー (DMH)

a) 現状

情報がなく詳細は不明である。

b) 課題

DMH による情報提供の詳細は不明であり、課題特定のためさらなる調査が必要である。

(9) ネパール (DHM)

a) 現状¹³⁴

DMF が発表する日々の天気予報や警報・注意報は、放送局やその他の印刷媒体、DMF のウェブサイトを通じて一般に公開される。

地点ごとの観測値や統計値をオンラインで有料提供される模様だが詳細は不明である。

b) 課題

政府、報道機関への伝達ができても地方、辺地の住民まで伝達されていない可能性がある。情報提供の詳細は不明であり、課題特定のためさらなる調査が必要である。

(10) パキスタン (PMD)

a) 現状

すべての予報は、PMD ウェブサイト、テレビ、ラジオ、ファクス及び新聞を通じて提供されるが、防災機関等への提供体制については不明。

b) 課題

PMD による情報提供の詳細は不明であり、課題特定のためさらなる調査が必要である。

(11) フィリピン (PAGASA)

a) 現状¹³⁵

国家災害リスク軽減管理審議会(NDRRMC)を通じて PAGASA から天気予報や警報を受け取った地方自治体(LGU)は、避難など国民が取るべき行動を決定する。LGUは、担当の PAGASA 地方官署 (PRSD) と協議して、市民に発表する内容を検討・決定する。バランガイのキャプテンは、市民への指示を広める役割を担っている。一部の地域では、NDRRMC がサイレンを鳴らしたり、登録した携帯電話にメールを送ったりして、指示を直接伝えることもできる。フィリピン沿岸警備隊も PAGASA から情報を受け取る。

b) 課題

伝達経路は確保されている模様だがどの程度強固なものかは確認が必要である。また伝達確認を行っている点は評価できる。

各組織の役割は明確に定められている。伝達システムが機能するためには住民を含めたコンセンサスが重要である。また末端まで情報が届いているかどうかの確認も重要である。

¹³⁴ DHM web site etc.

¹³⁵ Final Report of "Project for Enhancing Capacity on Weather Observation, Forecasting and Warning" (2017)

(12) スリランカ (DOM)

a) 現状

DOM コロンボ本局気象センターより発令された気象予警報は、災害管理省、災害管理センター (Disaster Management Center : DMC)、国軍、関係各省、地方政府、国内・国際航空会社、漁業・農業・水利関係機関、報道機関等に連絡され、ラジオ、テレビ放送及び新聞報道を通じて国民に伝えられるほか、メール、Fax、電話、ラジオ、テレビ、新聞、DOM ウェブサイト、Facebook を通じた提供も行われている。

天気予報・季節予報は以下の機関に伝達される。

- 印刷物や電子メディア
- 災害管理センター (DMC)
- 灌漑局
- 国家建築研究機関
- 水産省、警察、船会社
- 農業省の茶、ココナッツ、ゴムの研究機関
- 水資源局
- 電力委員会
- 農業研究・研修所 (HARTI)
- その他の要請を受けた関係者

それに加えて、悪天候の警報や注意報は以下の機関に伝達される。

- 陸軍、海軍、空軍
- 海上保安庁
- 地方自治体
- 大統領
- 首相官邸
- 港湾局
- 国立水資源庁
- 海洋環境保護庁 (MEPA)

b) 課題

伝達手段が必ずしも強固なものではない可能性がある。

高い防災効果を期待するためには政府・防災機関と住民とが同じレベルの危機感を抱く必要があり、そのための情報提供の体制を評価する必要がある。

DOM が提供する情報の詳細は不明であり、課題特定のためさらなる調査が必要である。

(13) ベトナム (VNMHA)

a) 現状¹³⁶

気象情報の配信先は、防災機関、中央・地方政府機関、メディア (テレビ、ラジオ)、Web サイト・SMS、コミュニティなどであるが、VNMHA から直接配信されるユーザーや情報の種類の

¹³⁶ Introduction to Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration (2021)

詳細は不明である。

b) 課題

VNMHA による情報提供の詳細は不明であり、課題特定のためさらなる調査が必要である。

III.2.2.13 ICT

ICT については、各国気象機関に対するアンケート調査の結果から、今後の技術協力プロジェクト推進に当たって共通して検討すべき課題を以下のとおり記述する。

(1) AWS を中心とした観測データ転送の自動化

ここでは AWS を中心とした観測データ転送の自動化について触れる。正確で即時入電される気象観測データは、実況監視と共に警報注意報の発表、天気予報の発表、交通機関の安全な運航支援などに欠かせない。AWS は自動化された気象観測所であり、人手の省力化や遠隔地の観測を可能にする。AWS の導入により気象観測作業の自動化が達成される一方で、観測されたデータの転送や保存を職員が手作業で打ち込む等の状況が、これまでの技術協力プロジェクトなどで散見された。AWS データの転送・保存の自動化は人手の省力化だけでなく、人的作業による見落としや誤入力、入電の遅延などを減少させる効果が期待できる。

本調査では「AWS による地上気象観測地点において、データが電子的に保存されるまで過程が完全自動化されている測器の割合を教えてください。」という質問を行い、AWS データの転送・保存の自動化の状況を調査した。各国の回答状況は図 III.2.2.13-1 のとおりである。70%以上の AWS が自動化されている国が 7 か国ある一方で、70%未満の国が 4 か国見られる。さらに図 III.2.2.13-1 より国ごとの完全自動化の割合にばらつきが大きいことが見て取れる。

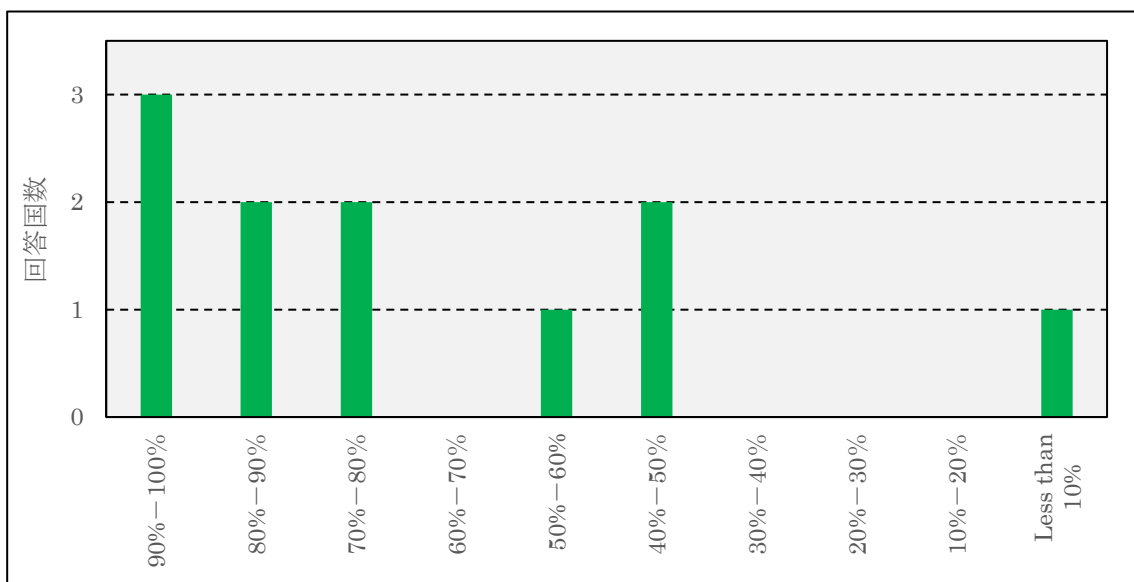


図 III.2.2.13-1 AWS データ転送及び保存過程の完全自動化の割合

このように AWS データの転送・保存の自動化の状況にばらつきがあることから、今後の各国への支援策については、これらの現状を反映する必要がある。特に 70%未満となっている国に対しては AWS データの転送・保存の自動化がプロジェクト内で必要な要素の 1 つとなる。

(2) ネットワークの状況

メールなどのメッセージやスケジュール共有などの一般的なビジネスツールの利用と共に、気象に関するデータのやり取りは各国気象機関の業務を遂行する上で重要である。特に衛星データや全球モデルのデータ、レーダーデータなどはファイルサイズが大きくかつ即時性が求められるとともに各国気象機関のネットワークを圧迫する可能性がある。通信量や容量に関する十分な調査が行われず、様々なリスクを抱えたネットワーク環境で気象業務を行われ、その上で新たな技術プロジェクトが遂行されていることが散見される。ここでは、今後の各国気象機関のサポートと共に新たな技術プロジェクトの実施を見据えて、各国気象機関のネットワークに関して行った調査の内容を記載する。

本プロジェクトでは、「インターネットの利用状況について教えてください。(個人の携帯電話などモバイル端末は除き、各国気象機関の設置 PC で常時インターネットが利用可能な状態である場合を利用可能と判断する。)」 「インターネットの通信速度の満足度を教えてください。」 「Wide Area Network (WAN)の整備状況について教えてください。(本局と地方局など各事務所が専用のネットワークで接続されている状態をつながっているとする。)」 という質問を行い、ネットワークの状況を調査した。選択項目および各国の回答状況は図 III.2.2.13-2 (a, b, c) のとおりである。

図 III.2.2.13-2 (a) から多くの国において、地方拠点一部または全部で PC によるインターネットが利用できない状況である。図 III.2.2.13-2 (b) から半数以上の国において本局や地方局の通信速度に満足していない状況が見て取れる。図 III.2.2.13-2 (c) から多くの国において地方拠点一部または全部で WAN による接続がされていない状況である。

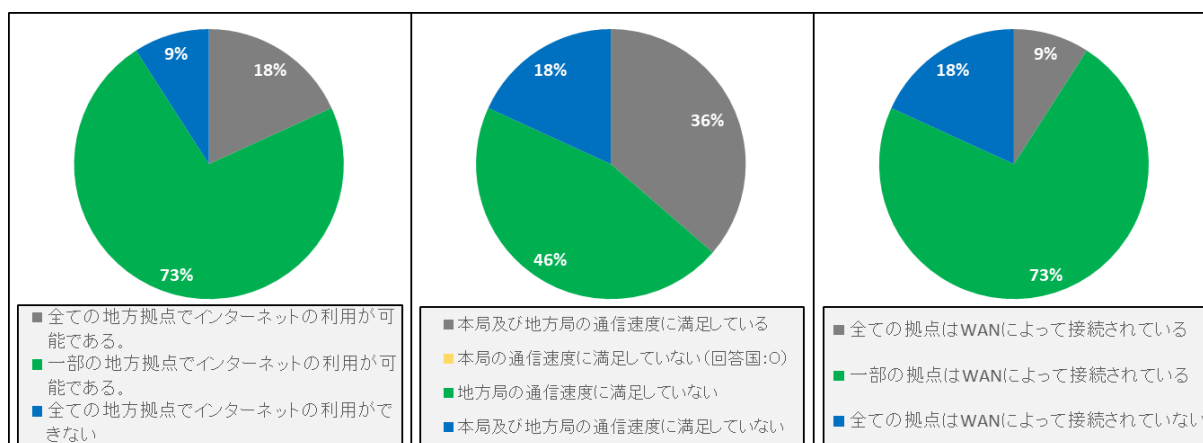


図 III.2.2.13-2 ネットワーク状況

(a : インターネットの利用状況[左]、b : 通信速度の満足度[中央]、c : WAN の整備状況[右])

これらの状況から今後各国にて技術協力プロジェクトを行う際は当該国のネットワーク状況に十分注意する必要がある。また、技術協力プロジェクト開始初期の段階で詳細なネットワーク資料の入手を行う必要がある。さらに技術協力プロジェクトで必要なデータファイルのサイズとその転送及び利用頻度を予め現地担当者と調整する必要がある。

ネットワークに関する情報は個別かつ詳細な情報であるほど良い。一方で、ほとんどの場合、サイバー攻撃の可能性などを考慮して気象機関から外部へ詳細なネットワークの情報提供は行われない。そのため、本調査ではネットワーク構成図などに関する個別具体的情報収集ではなく、

ネットワークサービスの利用状況や通信速度の満足度など、定性的な情報収集にとどめた。

(3) IT 化・DXに関する計画

IT 化や DX について様々な定義があるが、ここでは IT 化を「既存のプロセスの効率化のためにデジタル技術やデータ利用を行うこと」とする。また、DX を「デジタル技術を用いて社会のニーズを基に業務全体の在り方を再定義するもの」とする。

先進国・途上国を問わずモバイル端末が普及している昨今の社会状況は、個人がインターネット上の情報に容易にアクセスできる状況を達成した。国民の日々の生活や産業活動に密接にかかわり、災害時には重要な情報となる気象情報は、社会状況の変化に対応して簡単にアクセスできるよう整備されることが望まれる。一方で、ここまでの調査結果で明らかなように観測データの収集や気象機関内部のネットワークには課題がある。DX 促進のための IT 化の実施という観点で今後の検討を進める必要がある。

本調査では「気象機関を対象とした IT 化・業務のデジタルトランスフォーメーションの計画があれば記載してください。」という質問を行い、IT 化と DX に関する計画について調査した。回答を大別すると、「他ドナーとの取り組みについての記載」と「気象機関内部データの中央集約」、「その他、デジタル技術による既存のプロセスの効率化」となる。各国ともに、既存のプロセスに課題を抱えており、DX 促進の計画がなかなか策定できていない状況が示唆された。

一般的に DX 促進のために既存業務プロセスの IT 化は必ずしも必要でない場合がある。しかし、気象業務の場合、観測データや予警報のデータを抜きに検討することは難しく、デジタル技術による既存の業務プロセスの効率化が DX 促進の土台となる。特に、前述の AWS 等観測データを正確かつ即時入電できるシステムの整備や観測・予警報データの中央集約は必要な取り組み事項となる。

(4) IT 技術者

これまで記載のとおり、気象業務の ICT 環境には課題がある。その解決のためのプロジェクトの実施はコンサルタントや機材供与と共に現地スタッフの協力及びトレーニングが必須となる。一方で、これまでの技術協力プロジェクトでは事前に IT 技術者の数や能力を事前に把握することができず、当初予定した技術移転より手前の内容から研修が必要なケースがあった。今後の技術協力プロジェクトを効果的に行う上で、IT 技術者の数や能力を把握することは重要である。

本調査では、「IT 分野に専門に従事している職員の数をお教えください。」「Linux を利用できる職員の数をお教えください。」という質問を行い、IT 技術者の状況を調査した。IT 分野に専門に従事している職員数を把握することで、技術協力プロジェクト実施のための気象機関内部の IT インフラの人的サポート体制と協力の在り方を検討することができる。また、技術協力プロジェクトにはデータ解析とプログラムの運用が含まれることが多く、Linux の利用が必須となる。Linux 端末を利用できる職員が著しく少ない場合、Linux の基礎的な研修が必要となるため、利用可能な職員数の把握はプロジェクト計画策定に重要な情報となる。

調査の結果は既に、III.2.2.9 にて示しているとおりである。IT 分野を専門に従事している職員数は 1 人から 33 人と差が大きく、5 人以下の国が半数以上となっている。また、Linux を利用できる職員数は 1 人から 10 人とこちらもばらつきが大きく、1 人や 2 人といった国もある。これらの状況を考えるとシステムの導入には機材と技術だけではなく、保守運用できるシステム

の検討や、必要に応じて人材育成プログラムの導入を検討する必要がある。

III.2.3 現地調査

III.2.3.1 国別調査の方法

現地調査

本調査の対象国の気象局は、気象に関する観測・予報・情報提供・関連機関との連携が、ベーシックなレベルから自国予算で改善を進めている国まで様々な国が含まれており、本調査の実施計画段階では、ベーシックな国 2 か国、および、自国予算で改善を進めている国 1 か国について、現地調査を実施する予定であった。

しかし、新型コロナウイルス感染拡大による渡航制限のため、全対象国において予定されていた国家気象機関等におけるヒアリング及び実地調査のための渡航が不可能となったことから、各国の気象局にメール・電話等でコンタクトし、また、調査対象の国において現地スタッフを雇用し、気象局とのオンライン会議による調査を設定することで、国内調査では得られなかった情報を収集した。国別調査の流れを図 III.2.3.1-1 のフローに、実施した内容を表 III.2.3.1-1 に示した。各国における調査結果は、III.2.3.2 節に国別に記載した。

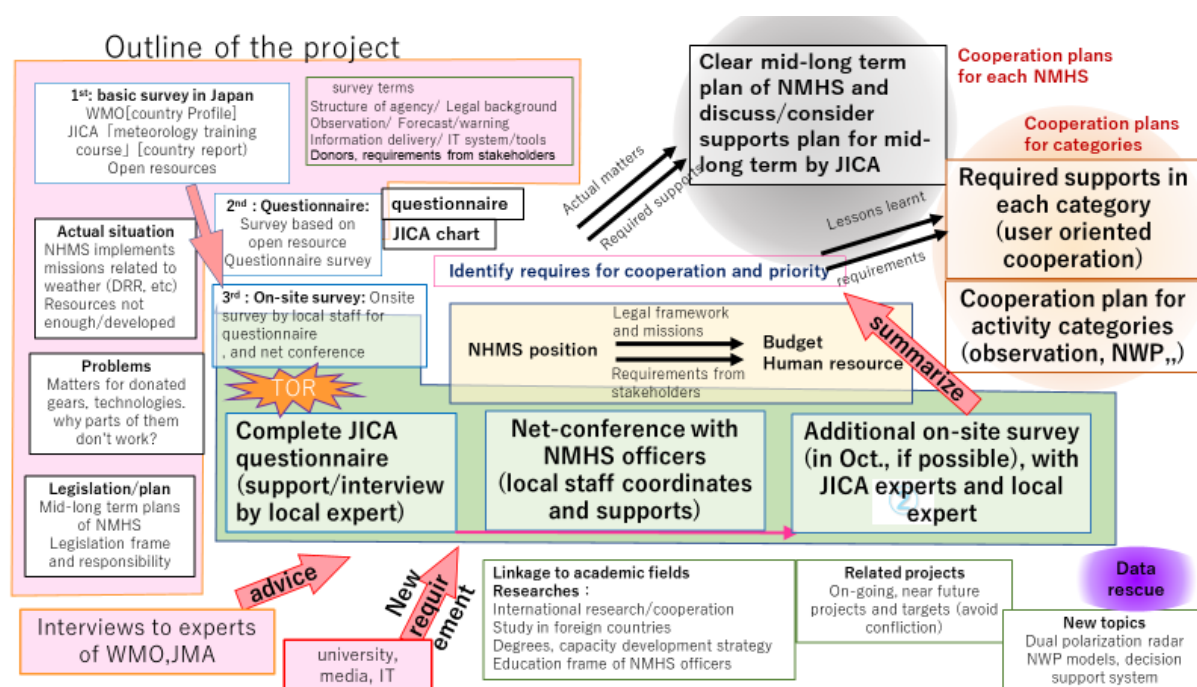


図 III.2.3.1-1 国別調査の流れ（緑色 Box が現地調査）

表 III.2.3.1-1 現地調査の手順

事前調査 (2月～4月)	JICA 案件業務報告書、気象局ホームページなどの公開情報、気象庁などから収集情報のとりまとめ	国別調査 1（1.1 項に記載）
調査協力依頼・国別調査報告の送付	各国気象局の長官宛に、本調査の目的、調査への協力依頼を記載したレター、および、国別調査 2（英語）を送付	国別調査 2（英語）（1.1 項に記載）
Inception	それぞれの調査対象国向けに、調査内容お	

Report の送付	よび質問事項を記載した Inception report を送付	
現地スタッフの雇用	リモートでの調査をサポートする現地スタッフの雇用	
ネットカンファレンスの実施	現地スタッフと協力してオンライン会議を実施	
調査フォローアップ	オンライン会議時に後日回答となった質問項目について、現地スタッフが追加調査し、国別調査3としてとりまとめ	

現地調査は JICA 担当者と協議し、当初計画のとおり、ベーシックな国 2 か国として、バングラデシュとスリランカを、自国予算で改善を進めている国として、インドネシアを対象とすることとした。また、自国予算で改善を進めている国の中で、近年協力案件が実施されていないモンゴルについても、本邦協力の経過、評価などを調査するためオンラインインタビューを実施した。

現地調査における Inception Report は、前述の照会レターの調査結果 2（英語）に、さらに調査が必要な項目を追加したもので（成果物 Inception Report として別途提出、DVD にファイルを格納）、同レポートを対象となる気象局のフォーカルポイントに送付するとともに、現地雇人に共有し、オンライン会議の設定を依頼した。

オンライン会議によるインタビューは 3 回（1 回 1.5～2 時間程度）を想定し、観測・予報・組織体制の 3 つの分野に調査項目を組みなおし（表 III.2.3.1-2）、日程の設定、関係者の参加を依頼した。

表 III.2.3.1-2 インタビュー分野

調査日	調査対象分野
Day1	4 Observations and infrastructure 5 GTS/telecommunication 8 IT
Day2	6 Operational weather forecast 7 Real-time provision of Met Info 10 Statistics
Day3	2 Legislation 3 Structure/finance 9 Collaboration with others 11 Climate/environment services 12 Capacity Development 13 Cooperation with donors

それぞれのインタビューについては、現地調査国別担当者と現地雇人が中心となり議事録を作成し、現地気象局と共有・校正を行った。また、インタビューでは調査しきれない項目（例：発表している気象情報の具体的内容や気象局の年間予算額など）は、後日の調査項目とし、現地雇人が気象局を訪問するなどして追加調査を行った。

各国における調査内容は、III.2.3.2 以下に国別に、以下の順で記載した。

- ・ 現地インタビュー実施日および参加人数（または参加者リスト、インタビュー画面のキャプチャー）
- ・ 現地雇人（氏名および勤務実績）

- ・ 調査結果（本文および付属資料）

III.2.3.2 バングラデシュ

バングラデシュ気象局（BMD）の現地調査は、以下のとおり実施した。

現地係人 Mr. Md. Tauhidul Hasan

雇用期間 2021 年 8 月 2 日～10 月 29 日

(1) 現地インタビュー

現地インタビューの実施日時を表 III.2.3.2-1 に、参加者リストを表 III.2.3.2-2 に、現地インタビュー時にキャプチャーした画面を図 III.2.3.2-1 および図 III.2.3.2-2 に示す。

表 III.2.3.2-1 リモートインタビュー（BMD）

実施日		時刻（現地時間）	調査分野
2021 年 9 月 7 日	Session1	13:00～14:30	4 Observations and infrastructure 5 GTS/telecommunication 8 IT
	Session2	14:30～16:00	6 Operational weather forecast 7 Real-time provision of Met Info 10 Statistics
9 月 14 日	Session3	14:00～15:30	2 Legislation 3 Structure/finance 9 Collaboration with others 11 Climate/environment services 12 Capacity Development 13 Cooperation with donors

表 III.2.3.2-2(a) リモートインタビュー参加者（Day1）

Dr. Md. Abdul Mannan	Bangladesh Meteorological Department
Mr. Kh. Hafizur Rahman	Bangladesh Meteorological Department (observation)
Dr. Md. Abul Kalam Mallik	Bangladesh Meteorological Department (Forecasting/warning)
Mr. Md. Abdul Matin	Bangladesh Meteorological Department (Communication, IT facilities)
Mr. Hiromu Inoue	Global Environment Dept., JICA Tokyo
Dr. Masahito Ishihara	Meteorology Senior Advisor, JICA Tokyo
Mr. Yoshinobu Morinaga	Global Environment Dept., JICA Tokyo
Mr. Kuniyuki Shida	Senior Engineer/ Team leader, JICA expert (capacity building)/ International Affairs Department

	Japan Meteorological Business Support Center
Mr. Michihiko Tonouchi	Sub leader, JICA expert (weather information) Manager of international affairs department Japan Meteorological Business Support Center
Mr. Soshi Iwata	JICA expert (observation)
Mr. Katsuhiro Nagaya	JICA expert (radar)
Mr. Hiroshi Satoda	JICA expert (forecasting/warning)
Mr. Mitsuhiro Hattori	JICA expert (IT/network)
Mr. Md. Tauhidul Hasan	JICA local expert (coordination, local survey)
Mr. Ryohei Kobayashi	JMBSC

表 III.2.3.2-2(b) リモートインタビュー参加者 (Day2)

Dr. Md. Abdul Mannan	Senior Meteorologist/ Bangladesh Meteorological Department
Mr. Kh. Hafizur Rahman	Meteorologist/, Bangladesh Meteorological Department (observation), Ministry of Defense
Md. Abdul Matin	Senior Communication Engineer/, Bangladesh Meteorological Department (Communication, IT facilities), Ministry of Defense
Mr. Bazlur Rashid	Meteorologist/, Storm Warning Center, Bangladesh Meteorological Department, Ministry of Defense
Mr. S.M. Quamrul Hassan	Meteorologist/, Storm Warning Center, Bangladesh Meteorological Department
Dr. Masahito Ishihara	Meteorology Senior Advisor, JICA Tokyo
Mr. Yoshinobu Morinaga	Global Environment Dept., JICA
Mr. Kuniyuki Shida	Senior Engineer/ Team leader, JICA expert (capacity building)/ International Affairs Department Japan Meteorological Business Support Center
Mr. Michihiko Tonouchi	Sub leader, JICA expert (weather information) Manager of international affairs department Japan Meteorological Business Support Center
Mr. Katsuhiro Nagaya	JICA expert (radar)
Mr. Hiroshi Satoda	JICA expert (forecasting/warning)
Mr. Keisuke Imada	JICA expert (legal system)
Mr. Md. Tauhidul Hasan	JICA local expert (coordination, local survey)
Mr. Ryohei Kobayashi	JMBSC

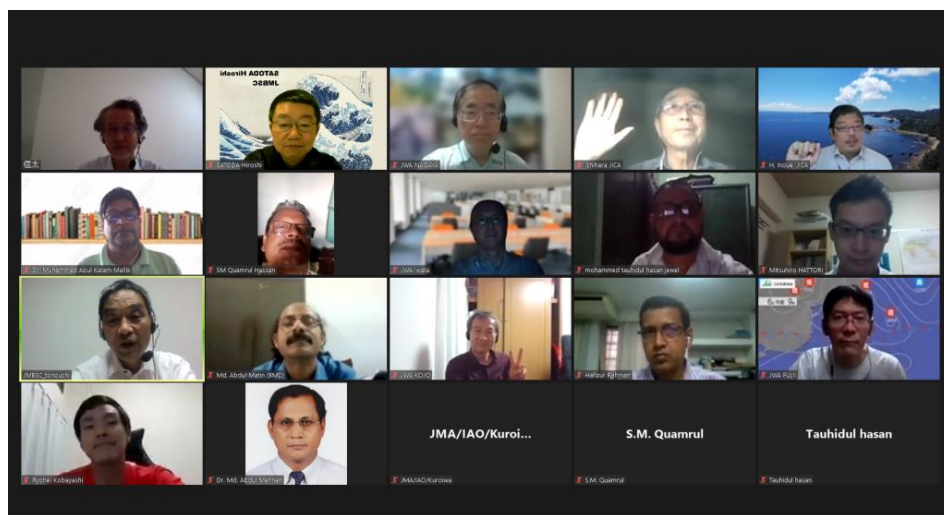


図 III.2.3.2-1 インタビュー参加者（Day1）

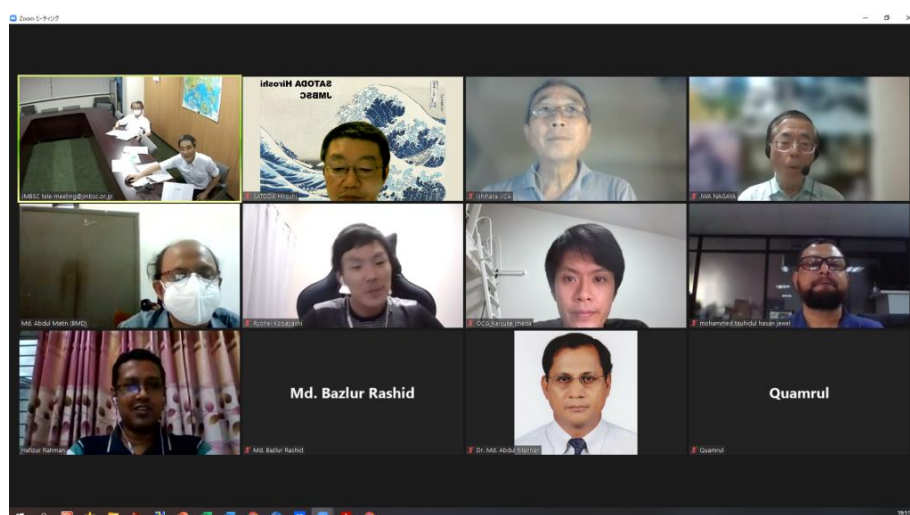


図 III.2.3.2-2 インタビュー参加者（Day2）

(2) 調査結果

インタビュー実施後、現地の人を通じて BMD から関連資料を収集し、調査結果を添付資料のとおり取りまとめた。

III.2.3.3 インドネシア

インドネシア気象局（BMKG）を対象とした現地調査を以下のとおり実施した。

現地の人 Ms. Puji Rosita Anggraini Sibuea

雇用期間 2021 年 9 月 20 日～11 月 30 日

(1) 現地インタビュー

現地インタビューは、BMKG、JMBSC、JICA、JWA、（株）オリエンタルコンサルタンツグローバル（OCG）及び気象庁の代表・専門家の参加により、オンライン会議システムを利用して以下のとおり実施した。現地インタビュー時にキャプチャーした画面を図 III.2.3.3-1 に示す。

2021 年 10 月 27 日

時間 13:00～15:00（現地時間），
15:00～17:00（日本時間）

調査分野

- 4 Observations
- 5 GTS/telecommunication
- 6 Operational weather forecast
- 7 Real-time provision of
meteorological Information
- 8 IT
- 10 Statistics



2021 年 10 月 28 日

時間 13:00～15:00（現地時間），15:00～17:00（日本時間）

調査分野

- 2 Legislation
- 3 Structure/finance
- 9 Collaboration with relevant organizations
- 11 Climate/environment services
- 12 Capacity Development

(2) 調査結果

インタビュー実施後、現地の人を通じて BMKG から関連資料を収集し、調査結果を添付資料のとおり取りまとめた。

III.2.3.4 スリランカ

スリランカ気象局（DOM）を対象とした現地調査は以下のとおり実施した。

現地の人 Ms. Kaushalya Madhumali

雇用期間 2021 年 8 月 2 日～10 月 29 日

(1) 現地インタビュー

現地インタビューは DOM、JICA、JWA、OCG 及び気象庁の代表・専門家の参加により以下のとおり実施した。

2021 年 8 月 17 日

時間 09:00 – 11:00（現地時間），12:30 – 14:30 JST（日本時間）

調査分野

- 4 Observations and infrastructure
 - 4.1 Surface Observations
 - 4.2 Meteorological radars
 - 4.4 Meteorological satellites and SATAID
- 5 GTS and domestic meteorological telecommunications

8 Intranet of the headquarters and information technology (IT)

2021 年 8 月 18 日

時間 13:00 – 15:00 (現地時間) , 16:30 – 18:30 JST (日本時間)

調査分野

- 6 Operational weather forecast
- 6.1/6.2 Operational forecasting
- 6.3 Numerical weather prediction (NWP)
- 7 Real-time provision of meteorological information
- 10 Meteorological statistics, storage and provision of meteorological data

2021 年 8 月 20 日

時間 13:00 – 15:00 (現地時間) , 16:30 – 18:30 JST (日本時間)

調査分野

- 2/3 Laws and regulations, mid- to long-term plan, request for budget and personnel
- 9 Collaboration with relevant organizations
- 11 Climate and environmental services
- 12 Capacity development and training
- 13 Cooperation with donors

(2) 調査結果

インタビュー実施後、現地の人を通じて DOM から関連資料を収集し、調査結果を添付資料のとおり取りまとめた。

III.2.3.5 モンゴル

モンゴル気象・環境監視庁 (NAMEM) を対象とした現地調査は以下のとおり実施した。

現地の人 Ms. Dalai Murun

雇用期間 2021 年 8 月 2 日～10 月 29 日

(1) 現地インタビュー

現地インタビューは NAMEM、JICA、JWA、OCG 及び気象庁の代表・専門家の参加により以下のとおり実施した。

2021 年 10 月 4 日

時間 14:00 – 17:00 (現地時間) , 15:00 – 18:00 (日本時間)

調査分野

- 1 Natural disaster
- 2 Legislation, long- and mid-term plan
- 3 Structure and finance
- 4 Observations and infrastructure
 - 4.1 Surface observation
 - 4.2 Radar observation
 - 4.3 Upper-air observation

- 4.4 Satellite data reception
- 4.5 Calibration of observation devices
- 5 International meteorological telecommunications
- 6 Operational weather forecast
 - 6.1 Outline of the weather forecast service
 - 6.2 Systems to assist forecasters (SATAID, SmartMet, etc.)
 - 6.3 Regional forecast model(s) (WRF, etc.)
 - 6.4 Warning
- 7 Provision of meteorological information
- 8 IT system
- 9 Collaboration with DRR authorities
- 10 Meteorological statistics
- 11 Other services
- 12 Capacity development
- 13 Cooperation by donors

(2) 調査結果

インタビュー実施後、現地の人を通じて NAMEM から関連資料を収集し、調査結果を添付資料のとおり取りまとめた。

第Ⅳ章 JICA の気象分野における協力方針（案）の分析

IV.1 気象業務に関連する法制度の整備・改善及び気象業務の中長期計画

IV.1.1 法制度の整備・改善及び気象業務の中長期計画の必要性

対象国の多くで気象関連の法制度が整備されていないため、各機関の責任が不明確になり、関連機関の連携が進まず、気象や防災関連の事業が進んでいない。そのため、災害時の情報伝達が遅れたり、予警報が伝達されなかったり、それらの情報が避難などの活動に活用されない原因の一つとなっている。

気象業務の中長期計画も多くの国で策定されておらず、目指すべき姿が明確になっていないことで、解決すべき課題や優先して対処すべき課題が定まらない。優先すべき業務が明確にならないことで、予算の配分が非効率になる。事業がバラバラに実施され、事業ごとの整合性がとられないことで、機器の規格やシステムが統一されず、運用が非効率になったり、維持管理の費用が捻出できなかったりする。また、組織づくりやそれに伴う人員の確保は、短期的に実施することはできず、安定的な予算が必要で、中長期の視点で整備を進めることが必要であり、中長期計画が不可欠である。

中長期計画が無いことで、短期の業務が効果的に実施されず、期待する成果があいまいになり、短期の業務の効果を計測できない。例えば、警報閾値の設定にあたっては、過去の気象観測データと災害履歴の相関性を踏まえた、地域特性を考慮した基準とすることが望ましいが、日々の観測データの重要性が認識されず、蓄積がないため、スリランカ等の多くの国では、全国一律の基準で警報が発出されている。

第3回国連防災世界会議（2015年）で策定された仙台防災枠組2015-2030では、防災の事前投資の推進が最優先課題の一つとなっており、それを実現かつ持続するためにも、国家気象機関の確立および気象関係の法制度・計画の整備が不可欠である。

国家機関の法的位置づけや気象機関の業務範囲・内容は国によって異なっており、災害種や災害リスクの大きさによって必要な対応も異なる。その国に応じた法制度・計画の整備が必要である。

IV.1.2 協力のあり方

法制度の整備

気象業務法の整備の支援を行い、気象局の法的位置づけを定め、役割と責任を明確にする。日本では、気象業務法の改正で民間事業者が気象予報を発表できるようになったことで、詳細でわかりやすい気象情報の提供が進んだが、気象局の監督能力が十分でない場合は、注意が必要である。技術的な裏付けのない予報が出回り混乱を与える可能性があるため、許可制にする等、発表できる情報の種類を規定する。

気象機関の中長期計画および気象業務規則の策定

気象局の中長期計画および機器の運用・維持管理、観測・解析・予測に関するガイドライン・マニュアルの策定支援を行う。気象局の課題や優先すべき業務を明確にし、限られた資金・人材を効率的に活用できるようにする。導入された機材を有効に活用し、気象レーダー等の設備を適切に運用し、高度な気象サービスを提供できるようにする。

気象機関の運営・管理能力強化

気象局が自らの課題を認識し、中長期にわたってその課題を解決するためには、中長期計画策定に係る能力強化が必要である。また、策定したガイドライン・マニュアルを状況に合わせて改訂していく能力も必要である。法整備や計画・業務規則の整備に気象局スタッフを参画させることで、このような能力強化を図る。

気象局を巻き込んだ災害管理計画の策定

災害管理計画における気象機関の役割と責任も明確にすることが求められる。防災における気象情報の活用上の課題は、関連するガイドラインやマニュアルに反映され、気象機関の中長期計画の実施のプロセスを通して解決を図る。

IV.2 地上気象観測及び高層気象観測

IV.2.1 地上気象観測の近代化・トレーサビリティの必要性

多くの国家気象機関では、WMO が定める基準に沿って 3 または 6 時間間隔で地上気象観測を実施しており、観測データが本局に集約され気象予報・警報に活用されるとともに、GTS 回線を通して国際的に交換され、顕著現象の監視や数値予報の初期値として活用されている。確実な観測・記録・通報は、気象局の少なからぬ人的資源と経費を投下して地道に確実に実施されており、有人観測データが公式データとして国民に提供されている国が多い。

継続した確実な観測の成果は、大雨監視などのリアルタイムな活用のみでなく、防災や気候変動の基礎データであり、各気象機関の強みの 1 つとして評価し、その強みを生かす協力を進めることが重要な視点となる。

今回調査した多くの国で WMO が提唱する Impact-Based Forecasting (IBF) への取り組みを重点課題に挙げている。有人観測の確実な実施とデータ蓄積を評価しつつ、観測データの精度評価・品質管理・デジタル化が、IBF が必要とする高度な気象情報の基礎情報整備に不可欠である。IBF のためには、デジタル化された自動観測機器の導入・評価・運用・保守が必要である。有人観測の継続と同様に自動観測の導入に取り組むために、人材育成・技術移転を進め、デジタル化、観測から予報への人員のシフトを後押しする技術協力が今後必要となる。

協力の方針

アジアの気象局ではほとんど見られないが、世界規模で見ると地上気象観測の定期的な実施・通報が不完全な国もある。これらの国に対しては、観測機材の供与、観測に係る規則・指針（ガイドライン）・マニュアル、研修、精度確保のための気象局基準器の導入、これらを用いたチェック、観測機器の定期的な保守点検に係るガイドライン・マニュアル・研修が必要となる。

多くの気象局では、前述のように地上観測は確実に実施されており、有人観測データについては、予報官による品質管理、データセンターでの月報データ作成時の品質管理が行われている国もあるが、精度確保、品質管理が安定して実施されている国は少ない。WMO では、WMO Integrated Global Observing System (WIGOS) の一環として、日本の気象庁などでは WIGOS Data Quality Monitoring System (WDQMS) を運用しており、数値予報の客観解析値と各国から通報される観

測値の自動品質比較と結果の公表を行っている。気象情報の高度化には品質管理された観測データが不可欠であり、WDQMS を一例として、まず、有人観測値の精度評価、品質管理、ガイドライン・マニュアルの整備を行うことが、観測分野での必要な協力である。なお、観測所の点検で使用する温度の移動基準器はこれまでアナログのアスマン乾湿計が使用されてきたが、本邦でデジタルアスマン乾湿計が開発されており、他国にない有効な供与機材となっている、また、気象庁の地区測器センター（RIC）つくばと連携した国家基準器の定期的な精度評価も引き続き必要となる。（精度評価、品質管理の協力）

IBF のためには QPE による降水量予測や、数値予報の精度向上が必要となり、これらのためには、自動気象観測機器による 1 時間単位での観測値が必要となる。このことから、上述の有人観測所の精度評価・品質管理、ガイドライン・マニュアルの整備を、自動気象観測機器にも拡張し適用することが、次の目標となる。自動気象観測機器の保守・運用は、これらの観測値が顕著現象監視、防災情報への利用、ウェブや携帯電話で情報発信されることで必要性を実感できる取り組みがなされることが、極めて重要で、自動観測機器の整備に際しては、それらの利用・広報がセットで実施されないと、取り組みが継続されなくなる恐れがある。（利用される観測情報への協力）

IV.2.2 有人観測所の近代化

開発途上国の気象局では、有人観測所を運営し、自国の気象業務に利用するとともに SYNOP 報（地上気象実況報）を WMO の GTS を通じて各国に通報している。これらの観測所では、機械式測器（風向計、風速計、雨量計、日照計、自記紙測器）と水銀測器（気圧計、温度計）を使用した観測が長年実施され、現在に至っているケースが多い。機械式測器は精度と維持管理の面で問題が多く、また 2017 年の「水銀に関する水俣条約」にもとづき、WMO は水銀測器の製造・使用を停止すべきと表明している。このため電気式測器（デジタル測器）の導入により開発途上国の有人観測の近代化を図ることが急務である。

電気式測器の導入により、観測データをデジタルデータとして PC などに取り込むことができるため、有人観測の一部を自動化することにつながる。有人観測所の一部自動化は電気式測器の取扱いやデータの品質管理などについての技術的な課題だけでなく、気象局の人員配置・予算配分、さらに観測担当職員の意識改革にも係る問題であり、気象局幹部と慎重に検討する必要がある。

協力の方針

有人観測所に電気式測器を導入し、その精度維持・データの品質管理、観測ガイドラインを整備し、職員に必要な研修を実施することが必要である。

有人観測所に AWS が併設されている場合は、AWS の観測測器を利用して SYNOP 報を作成することができるが、その際には AWS の測器の維持管理、データの品質管理に細心の注意を払う必要がある。たとえば、電気式温度計を収納するシェルターが日射により暖まり日中の気温が高くなることや、自動雨量計は強雨時に降水量が少なくなるなどの系統的な誤差が存在することが知られており、これらの評価を現地気象局と協力して実施することも、これまでの観測データを生かすうえでも必要な取り組みになる。有人観測所に設置される AWS のデータは本部のサーバーに集約され現地でモニターできないケースが多い。このことが、AWS が定期的に点検・保

守されない要因になっている。このことから、AWS の導入に当たって、現地で観測値をモニターできる仕組みを設計段階からアドバイスすることが必要となる。

IV.2.3 AWS の適正整備及び活用

多くの開発途上国では、世界各国の援助により自動気象観測機器（AWS）によるネットワークを導入しており、日々の天気や災害をもたらす局地的大雨などの空間規模の小さい現象の実況監視のために使用されている。AWS は有人観測所の観測を補完する目的で導入されるが、両者は連携なく運用されていることが多い。

複数のドナーにより支援された AWS はそれぞれが独立に運用されているため、観測データが統合されて顕著現象の監視やレーダーの QPE や数値予報への同化に利用されている国はまだ少ない。AWS の導入時には精度の保証された機材を整備しても、定期的な点検や品質管理が不十分な例が多く、データ蓄積も不十分であることが多い。これらの課題は、それぞれの国が、観測データの実況監視・予報への利用、観測情報の防災関係機関や国民への提供という AWS の使用目的を明確に意識せず、先進国で使用している AWS をそのまま導入したことが原因のひとつと考えられる。

IBF のための高度な気象情報の開発と提供が各気象機関の重点課題となっており、品質管理された空間分解能の高い観測データの取得は観測分野における重要な課題である。このため AWS データの利用を高度な気象情報の発信のための基礎データとして位置づけること及び AWS データが情報利用者に利用されることを明確に意識することがまず重要である。AWS データは、顕著現象（大雨・強風・高温・低温等）の監視と予警報発出への利用、QPE のための雨量実測データとしての利用、数値予報初期値としての利用、住民サービスとしての利用など、その目的は多岐にわたっている。これらの目的を明確にし、適正な観測要素と空間配置を図ることが必要である。

協力の方針

AWS の整備にあたっては、前述の設置目的を十分に検討することが第一に必要である。適正配置を検討するための基準としては、気象庁のアメダスの場合は、雨量計は 17km 四方に 1 台、温度計・風向風速計は 20km 四方に 1 台配置されている。レーダーの雨量計による局地的な現象の監視や QPE のためには、1 つのレーダー観測エリア（半径 150km として）に少なくとも 2000 か所の雨量計が必要であり、これらから 1 時間ごとにリアルタイムで雨量が本部に集約されることが必要である。インドネシアにおける AWS の品質評価結果によると、2 つの観測地点の距離が 30km を超えると雨量の相関関係が急速に落ちること、孤立積乱雲などからの驟雨性の降水が卓越するエリアではさらに相関関係が悪いことが分析されている。

AWS の適正整備・配置については、AWS 機器の精度評価の中で地点間を比較し分析を行うこと自体が技術協力の 1 つのテーマとなる。例えば前述の地点数や相互距離を仮定して適正配置を分析すること、あるいは、利用者のニーズ調査の調査項目とするなどして検討する必要がある。

IV.2.4 水銀を使用した観測機器の廃止

「水銀に関する水俣条約」により、水銀を使用した測器（ガラス温度計、フォルトン気圧計など）は廃棄する必要があるが、多くの国で未だに現業測器または点検用測器として使用されてい

る。

協力の方針

水銀を使用する測器の代替機材は電気式測器であり、これらは AWS として供与されている。このことから、各国が実施している AWS の供与を積極的に活用して水銀を使用する測器を代替するのが有効である。なお、前述のデジタルアスマン乾湿計は非水銀化にも有効な供与機材である。

IV.2.5 高層気象観測の強化

WMO 基準では、高層気象観測は 1 日当たり 2 回の観測を行うこととされている。観測されたデータは GTS 回線を通じて各国で共有され、また数値予報センターで利用され、気象予測の精度向上に大きく貢献している。一方で観測を行っている国にとっては、観測の直接的な裨益が実感しにくく、観測のたびに必要となるゾンデや飛翔のための水素などの費用が大きな負担となっており、観測回数の削減や停止につながっている。

協力の方針

全球数値モデルの初期値、大雨などの顕著現象の監視のための安定度の監視、気候変動の基礎データとして高層気象観測の重要性は高く、国連や世界銀行、WMO などの国際機関と連携しながら観測維持のための協力を行っていくことが必要である。世界の高層気象観測では GPS ゾンデの使用が主流となっている。受信・解析・通報システムの整備及び消耗品であるゾンデの供与が WMO の VCP（篤志協力計画）の枠組みでとして、スリランカなどで実施された例がある。

水素を充填した直径 50cm 程度の気球を飛揚して経緯儀により目視で追跡し、低層の風向・風速を算出する「パイロットバルーン観測（PB）」は、途上国で観測が続けられている高層気象観測の一つである。PB 観測は局地的な低層風を観測する手段として長年続けられてきたが、観測データをどのように利用しているのかについて十分調査し、その継続・廃止を検討する必要がある。気象庁では PB 観測は 1980 年代に廃止され、2001 年には上空の風を連続観測する「ウインドプロファイラ（WPR）」網へと移行している。

先進国では WPR による上層風の観測、さらに水蒸気ライダーを用いた鉛直水蒸気量の観測は、観測データを数値予報の初期値への同化を通じて、大雨などの顕著現象の予報精度向上のための活用が進められている。数値予報モデルにより予報精度向上を目指す開発途上国においては、新しい協力の 1 つとなり得る。ただし、WPR や水蒸気ライダーの利用には、これらのシステムを維持管理するとともにデータを使いこなす人材とコンピュータなどの施設が必要であり、気象庁または大学と連携した取り組みが不可欠である。

IV.3 気象レーダーによる QPE 及び周辺国とのレーダーデータ交換

IV.3.1 気象レーダーによる QPE 支援の必要性

第 III 章では、日本における通信や情報処理技術での発展とそれを取り入れた気象レーダーのステージごとの整備を概観するとともに、途上国においても同様にレーダーの更新を図ってきた

ものの、十分に稼働していない事例がいくつか見られることを整理した。その実情は 20 年以上、機能の低下がみられるが同一のレーダーを維持している国もあれば、設計寿命を迎える前に稼働停止している国もある。このような状況を踏まえ、今後の支援のあり方を検討した。

近年の途上国における携帯電話網の普及に見られるように、先進国が長い間をかけて固定電話網のインフラを整備してきた時代を経ることなく、都市部から離れた住民もスマートフォンが利用できるような「不均等な発展」を示している。この現象は、気象レーダーの分野においても、調査対象とした 13 か国を比較すると、先進国がたどった各ステージの経過ではなく、レーダーの稼働実績のない国に最新の気象レーダーが導入される形態も見られる。

この「不均等発展」の結果、下記の 2 つの面で各国のレーダー整備を進める上で制約となっていることも調査により示された。

- 1) 気象レーダーを使い続けるためには、ユーザー側にシステム全体で実現される観測精度に対する認識と、その精度を保証する維持管理体制が担保すること。この点で基地局等の通信基盤を知らずにブラックボックス的に使えるスマートフォンとは異なる。
- 2) さらに、国情に応じて「不均等」が生じるため、隣接国との間で気象レーダーの整備のステージが異なり、その結果、データ交換に支障をきたす場合がある。

このような背景を踏まえ、次の 4 項目について検討する。

- 気象レーダーによる QPE 及び周辺国とのレーダーデータ交換
- 二重偏波気象レーダーの導入とそれによる QPE
- 気象レーダーの遠隔による制御監視及び維持管理
- レーダー施設のコンパクト化の検討

これらの項目は、技術面・運用面にそれぞれ関連するものであり、今後の技術協力のあり方のキーとなるものである。これらの関連を図 IV.3.1-1 に示す。黄色枠は本節での検討項目を示す。

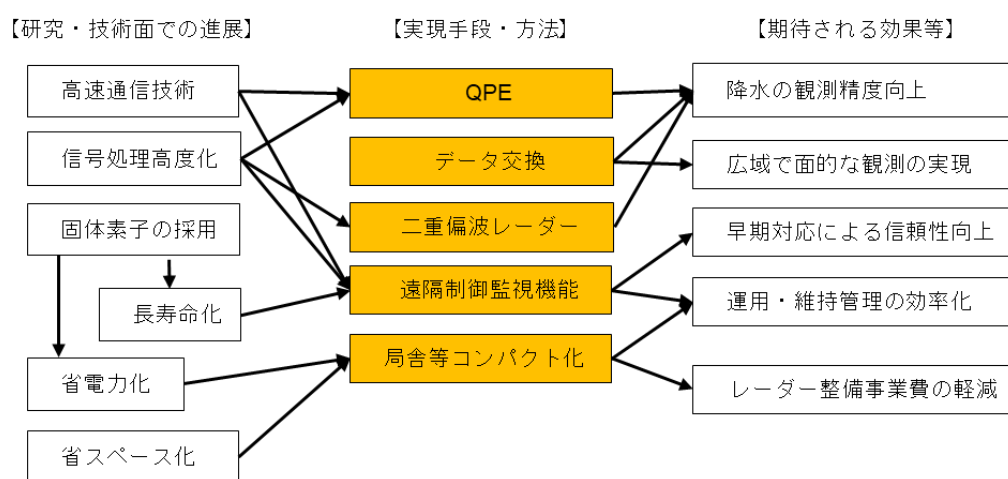


図 IV.3.1-1 気象レーダーに係わる技術協力のあり方における検討項目の関連

IV.3.2 気象レーダーによる QPE と協力のあり方

レーダーによる降水観測では、広範囲の降雨の分布と移動などの情報が得られる。レーダーだけでは定量的な降雨強度は得られないため、国土全体の定量的で面的な降雨情報を得るためには、以下に示す QPE（定量的降水量測定）の技術が必要である。

- 1) 国土全体における降雨の分布や移動を把握するためには、地形エコーを十分に除去するとともに、地形による電波の遮蔽の影響を防ぐため複数のレーダーのデータの合成が必要となる。
- 2) 今回の調査対象国では、Z-R 関係にもとづき、レーダーで得られる反射強度から標準的なパラメータ ($B=200$ 、 $\beta=1.6$) を用いて降水強度を得ている事例が多い。Z-R 関係にもとづく降水強度の算出では、大雨警報の発表基準に必要な降水強度情報を得ることができないことは既定の事実である。さらに、地形や電波の異常伝搬等によるノイズなどの影響で、レーダーの観測データは実際の雨量を反映しないことが多い。
- 3) このため、自動雨量計で得られる雨量の実測値とレーダー反射強度を比較し、面的な降水量分布を得る QPE 手法が、わが国では 1980 年代から気象庁で実施されてきた（解析雨量の作成）。この手法を用いて国内の複数のレーダーまたは隣接国のレーダーを合成し定量的な雨量分布図を作成することができる。さらにこの分布図にもとづき、降雨域の移動を予測する QPF（定量的降水量予測）を導くことができる。

ベトナムなど一部の国では、JICA の技術協力プロジェクトによって QPE が実現しつつあり、すでにその結果が気象予警報に利用されようとしている。これらの国では QPF の開発も始まっている。さらに精度向上した雨量観測情報を、防災機関等に提供する段階に進むことが求められる。これらの技術開発により、QPE、QPF から導かれる雨量情報だけでなく気象防災上の指標（災害ポテンシャルとしての土壌雨量指数、流域雨量指数など）を提供する段階に進むことが可能となる。

このように QPE・QPF は各国の予報業務に必要なものであり、これらの導入・利活用のための基本技術および気象レーダーに関する新技術を効率的に対象国に移転することが求められている。したがって、気象インフラの整備・拡充とともに、QPE・QPF に関する短期専門家による現地研修や、現地気象機関の職員をわが国に招いて実施する本邦研修などの取り組みを継続的に行うものとする。

IV.3.3 周辺国とのレーダーデータ交換と協力のあり方

地形条件等により国内の気象レーダーだけでは十分な範囲の観測が実施できない場合や、台風の接近に伴い遠方の降雨情報を得たい場合、周辺国とのレーダーデータ交換が有意義である。これらの周辺国とのデータ交換を行い、広域のレーダーデータ合成図を作成する場合には、前節で述べた信頼性の高い QPE を実施した雨量データを交換することが望ましい。

データ交換に当たっては、WMO が推進している IPET-OWR（Inter-Programme Expert Team on Operational Weather Radar）で検討されている標準化の動向に配慮する必要がある。なお QPE 技術の開発・運用は、東南アジア諸国連合（ASEAN）に属する対象国を含む各国への技術移転の重要な目標として位置づけられている。ASEAN 及び国連アジア太平洋経済社会委員会（UNESCAP）と連携して、気象庁が東南アジアにおける QPE の作成を進めており、これらの取り組みを継続して行うことを望むものとする。一方、データポリシーの制約からレーダーデータ交換が容易ではない国があるなど、課題も残されている。

IV.4 二重偏波気象レーダーの導入とそれによる QPE

IV.4.1 二重偏波気象レーダーの導入とそれによる QPE の必要性

長年の研究成果を踏まえ、気象庁・国土交通省で近年現業用として整備が進められている二重偏波気象レーダーは、従来の気象レーダーと比較して、次の点で優位性を持つといわれている。

- より高精度の降水強度測定：強雨域による電波の減衰を受けない偏波パラメータ（Kdp など）を使用すると、これまでの Z-R 関係では得られない高い精度の降水量の算出が可能である。
- より高品質なデータの取得：偏波パラメータの利用により地形、異常伝搬、海面などの非降水エコーの判別が可能である。
- 降水粒子の判別：上空のブライトバンドの識別等による観測精度の向上が期待される。

わが国などではこれまで、アメダスなどの自動雨量計の観測値でレーダー観測値を比較・校正することによりレーダーの QPE を実施してきた。一方開発途上国においては、自動雨量計が QPE に必要な数だけ配置されていない、数は充足しているが地域的に偏在しているなどの課題を抱えている。このような状況においては、雨量計による QPE に代わって、二重偏波気象レーダーを利用すれば高い品質の QPE が実現できる可能性がある。

IV.4.2 二重偏波気象レーダーの導入とそれによる QPE に対する協力のあり方

これまで JICA が気象レーダーを供与してきた開発途上国においては、20 年以上も稼働しているレーダーもあるが、これらのレーダーは順次システム寿命を迎えている。また供給計画期間を超えて補修部品が入手困難となったことにより運用を停止している例もある。寿命を迎えた既存の気象レーダーは、低消費電力で消耗部品の少ない固体化方式の送信方式二重偏波気象レーダーへ更新されることが望まれる。

わが国と同様、開発途上国においても、防災上必要な、あるいは日常生活に活用できる質の高い降水情報へのニーズが増し、定性的な大雨警報に代わって、定量的な雨量情報に基づく警報やきめ細かい降雨情報の提供が求められている。このようなニーズに対応して、二重偏波気象レーダーの整備と対象国気象局の関連技術力の向上を図ることにより、例えば定量的な降雨分布図にとどまらず、気象災害対策の基礎となる各種の防災パラメータ（土砂災害指数、洪水指数等）の提供が可能となる。

これらの情報提供のベースとなる QPE の開発・運用技術の移転においては、わが国の気象庁をはじめとする関連機関から指導を受けることが必要である。気象レーダーに関する各国気象局への技術協力は、東南アジアでは ASEAN 及び UNESCAP のもとでの連携、さらに各国間の連携を含めて検討することが今後の課題である。

技術協力プロジェクトにおける気象レーダーに関する本邦研修のテーマとしては、これまでのレーダーデータ合成に関する内容に加え、二重偏波気象レーダーの利活用および維持管理に関する内容を充実させる必要がある。

IV.5 気象レーダー施設

IV.5.1 施設の必要条件

開発途上国に対して気象レーダーの整備を支援する際に、設備について以下の事項を考慮すべきである。

(1) 施設構成

気象レーダーの施設は、レーダー塔、機械室、観測室、電源室、倉庫、トイレなど生活施設で構成される。レーダー施設を気象観測所等の既設建物に隣接して建設する場合には、レーダー機器室を除く付帯施設を既設施設内に設置することも検討すべきである。機器の設置スペースの他に、維持管理や保守のスペース、空調などの条件、入退室のセキュリティなどにも考慮し、極力無駄のないスペースとすべきである。レーダーを本局から遠隔制御監視する場合には、レーダーサイトには観測室は不要である。

(2) 耐震強度および耐風速の検討

観測に必要な高さを確保できる専用のコンクリート建物または鉄塔を設計する場合、現地の耐震基準および最大風速等の現地の条件に合わせて強度を考慮して設計を行うべきである。特に二重偏波気象レーダーの場合、観測精度を確保するため、強風時においても送受信される偏波面傾きが限度内におさまるよう、塔の揺れ、ねじれを抑える必要がある。

(3) 避雷対策

気象レーダーでは、悪天時の運用停止が発生しないよう避雷対策を厳重に実施する必要がある。レドーム周辺に避雷針を設置するとともに、各レーダー機器、電源、通信回線に避雷対策を施す。地面への接地にあたっては、各アース線を共通の設置板に接続し、アース線間の電気抵抗を最小限に抑えなければならない。

(4) 導波管および接続ケーブル

レーダーアンテナと送受信装置との間には電波を通す導波管が設置される。導波管の曲がりが少なくなるように装置の配置を決め、管内で生じる電波の減衰を抑えるものとする。通常は矩形導波管が用いられるが、距離を延ばす場合には円形導波管が用いられる。送受信装置からアンテナホーンまでの電波の総合損失を計算し、許容範囲の損失内で導波管の長さを決定するものとする。この際、送受信装置を収容するレーダー機械室はできるだけ地上付近に設置する。

屋外設置の場合は、信号ケーブルおよび電源ケーブルなどの避雷対策を十分行うものとする。このため信号ケーブルについては光ケーブルを採用するものとする。さらに屋外設置の場合、温度・湿度・紫外線等による劣化、小動物や虫による被害などへの対策も考慮する必要がある。

(5) 電源の確保

レーダーを安定して稼働させるため、発動発電機をはじめとする無停電電源設備を整備する。レーダーを遠隔監視制御する場合には発動発電機を自動で始動・停止する機能を設ける。発動発電機は水冷・空冷を検討し、現地の条件に沿ったものとする。

(6) 施設の維持管理施設

鉄塔を採用する場合には、腐食を防ぐため、組み立て前に亜鉛等により強固にメッキする。レドームの清掃や鉄塔の再塗装などの維持管理では高所作業を実施するため、レドーム周辺には作業スペースを設ける。

(7) 施設維持のセキュリティ

レーダーサイトを無人化した場合、監視カメラ、侵入探知装置、火災検知装置等の防犯・監視設備をこれまで以上に強化する。しかし開発途上国の治安状況によってはテロによる破壊、盗難、物損などのこれらの設備では対応できないリスクも考えられる。その場合は必要最低限の監視要員を置く有人サイトとすると、このような事態に対して抑止効果があると考えられる。

(8) レーダーサイトのコンパクト化

近年の技術の進展により、送信装置などレーダー関連の機器はこれまでの装置に比べて省電力化・省スペース化が実現されている。これまでの JICA プロジェクトでは専用のコンクリート塔の上にアンテナを、その下にレーダー機器室を設ける事例が多かった。一方以前からわが国を含め諸外国では装置をコンテナや別棟に収容し、施設全体をコンパクト化した事例が多く見られる。この場合は、レドームとアンテナは塔上に設置され、アンテナと送受信装置の間は導波管やケーブルで接続される。図 IV.5.1-1 にレーダー鉄塔と機器収容コンテナを設置した事例を示す。さらに次節のとおり、レーダー施設を無人化し本局から遠隔監視制御する傾向にある。



図 IV.5.1-1 鉄塔設置のレーダーサイトの事例（左：鉄塔、右：付帯設備）

IV.5.2 遠隔化による制御監視および維持管理

今回の対象国調査において、ほとんどの国で気象観測機材の維持管理および人材不足が課題としてあげられている。特に気象機材としては高額な気象レーダーに関しては、導入後のレーダーの稼働状況が協力の成果を左右するものであり、これまでの協力内容を再検討する時期となっている。

これまでの JICA プロジェクトで整備された各国のレーダーの維持管理および運用状況を見ると、導入計画に沿ってレーダーサイトに観測・維持管理要員が配置され、それぞれ OJT で習得した、装置の点検、送信管等の消耗品交換および故障対応などの業務を行っている。導入後の時間経過とともにレーダー各部の劣化が進み、点検によりレーダー停止期間が長期化することにより、

その間に要員が異動することにより業務経験やスキルが次第に失われる。

これらの状況に対応するためには、レーダーのデータ品質の劣化や故障等の早期発見につながるように装置状況を常時監視して、劣化の傾向等を把握できる体制が必要である。この方策の一つに、レーダーの遠隔監視化がある。現状では、気象レーダーを構成する各装置の状況監視および制御はレーダーサイトで行われ、主要な観測データが気象局のセンターに伝送されるようなシステム構成となっている。レーダーの障害発生時にはレーダーの観測画面だけでは故障要因等を判断できず、レーダーサイトでの装置の点検および故障診断により復旧させてきた。

これに対して、今後は各装置の運用・気象状況が把握できる遠隔監視装置をセンターに設置することが望ましい。これにより、センターからレーダー機器を常時監視し装置の劣化・故障を判断し、故障時にはサイトでは最低限の対応を実施するとともにセンターから技術者を派遣し修理にあたる。

協力のあり方

レーダーサイトの遠隔監視を推進するための協力にあたっての留意点を以下にまとめる。

- 1) 開発途上国におけるレーダー関連の技術員不足を考慮し、サイトに配置する要員および業務を最小限とし、状況判断ができる限られた技術要員をセンターに集中的に配置することで、人材の最適配置を図るべきである。
- 2) このため、レーダーサイト・センター間の情報伝送では監視情報もリアルタイムで送れる回線をシステム構築時に選定することが望ましい。特に二重偏波気象レーダーでは、観測精度を確保するために、各種の監視項目がリアルタイムでモニタリングでき、センターで異状を検知し、対応できるような機能を必要とする。
- 3) 開発途上国においては通信事情や治安など社会状況、セキュリティの問題がある。このためこれらの状況を考慮し、レーダーサイトには簡易な点検及び簡易な部品交換等のための要員を残すことが望ましい。
- 4) レーダーサイトに専門の技術者が駐在しないことを想定し、故障対応の段階分け（サイト対応・本局対応・メーカー依頼）の基準を検討するとともに、気象局から国内レーダーメーカーへのオンコール（インターネット経由）の故障診断等を含む定期保守契約を検討する。

IV.5.3 表示装置の構成

表示装置の現状

JICA 整備の気象レーダーでは、レーダーサイトおよびセンターに各種表示装置（PC）が設置されている。これは以下の理由による。

- ① レーダー動作監視、データ／プロトコル変換、遠隔監視、プロダクト表示（降水強度・速度・予測等）などの機能をそれぞれ分散し、必要な場所に配置している。
- ② これらの装置のハード・ソフト仕様はできる限り共通化し、個別の障害時には相互にその機能をバックアップできる構成としている。

一方、プロダクト表示のため、Web サーバーで各種プロダクトを作成し、それぞれの表示装置からこれらのプロダクトにアクセスして必要な画面を表示することも一般に行われている。これにより Web サーバーが接続されているレーダーの LAN を気象局内の業務用 LAN に接続し、各

部署にある既設（または新設）の PC にレーダープロダクトを容易に表示させることも可能となる。

協力のあり方

レーダーシステムでは安定したデータ提供の確保が基本であり、外部からのアクセスがその運用に影響を及ぼさないよう独立した LAN 構成とすることが原則である。レーダーシステムの LAN と気象局内の業務用 LAN との切り分けを基本とする。

レーダーシステムの LAN と気象局内の業務用 LAN を接続する際には、その運用は IT 施設のレベルおよびシステム管理者の技量に依存する。Web サーバーとレーダー画像表示用のクライアントとのネットワーク管理（IP アドレスの付与など）が将来にわたって確保されるか、などについても検討し、構成を決めるべきである。

レーダープロダクトのコンテンツの決定に当たっては、気象業務における予報官のニーズ、及び関連機関が求める気象情報を考慮する。さらに他ドナーにより供給されるレーダーのプロダクトも検討し、できるだけデータの標準化を図るものとする。

IV.6 GSMP を含む気象衛星データの高度利用

IV.6.1 気象衛星データの高度利用の必要性

わが国は、1977 年のひまわり 1 号の運用開始以来、アジア太平洋域を観測対象域とする静止気象衛星ひまわりシリーズの運用を継続してきた。最新のひまわり 8/9 号では、可視域から赤外域に渡る 16 チャンネルの画像を、分解能 0.5km（可視）、1km（赤外）の分解能（衛星直下点）において 10 分間隔で観測している。

これらの観測データは、衛星画像（フルディスク）のほか、気象庁全球モデル（GSM）の 48 時間先までの予報値やアジア・太平洋地域の地上・高層観測データとともに、通信衛星（ひまわりキャスト）及びインターネット（ひまわりクラウド）を通じてアジア・太平洋域の気象機関に配信されている。

観測域内の国家気象機関では、これらの画像データから熱帯低気圧が接近する数日前からその動きや勢力を解析する等、急激に発達する積乱雲の動向を監視して、早期警戒防災情報や航空機の安全運航に不可欠の広範な情報を発表している。

わが国は、JICA のほか、気象庁が世界気象機関（WMO）と連携してアジア太平洋域内各国気象機関に、ひまわり画像の受信装置と画像の可視化ソフト（SATAID）を供与するとともに、これらのシステムを活用した衛星画像解析技術の移転を行ってきた。特に SATAID の供与により、ひまわりデータと数値予報データ、地上観測、レーダー観測データ等を同一画面に重ね合わせ、総合的に気象場を把握することが可能となり、各国の気象予報作成業務では欠くことのできないツールとなっている。これらの継続的な活動の結果、静止気象衛星業務で近隣国と競合する中、わが国はアジア太平洋各国気象機関において確固とした信頼関係とプレゼンスを確保することができてきた。

しかし、これらのシステムを供与してから少なくとも数年が経過しており、受信・解析システムの更新の支援が求められている。さらにインターネットのさらなる進展に伴い、ネット経由で

高解像度の衛星データを取得するひまわりクラウドの導入に向けた支援が求められている。さらに、熱帯低気圧の勢力を推定するための Dvorak 法、黄砂や火山灰の分布を評価するための RGB 画像解析などの研修の継続的な実施も求められている。

また SATAID は気象庁の有志職員が開発したソフトウェアであり、中核的な職員の退職に伴い、ソフトウェアの継続的な更新が困難になりつつある。それに伴い、ひまわりクラウド経由で入手したデータの活用、定形的な資料作成の自動化、数値予報結果などの柔軟な取り込みといったユーザーニーズに的確に答えることができていない。また、低軌道衛星を活用して定量的な降水強度分布をリアルタイムに把握する衛星全球マップ（GSMaP）計画が宇宙航空研究開発機構（JAXA）によって推進されている。GSMaP のデータを SATAID で他のデータと重ね合わせることでできれば、特にレーダー観測網の脆弱な開発途上国にとっては降水監視業務を強化するツールとなりうるが、そのような機能を SATAID に追加するのは現状では困難である。

これらのことから、これら諸国の防災や交通安全の確保に寄与するとともに、気象衛星分野でわが国がアジア太平洋地域の主導権を維持するためには、引き続き静止気象衛星データの取得及び活用を支援するための協力を推進する必要がある。

IV.6.2 協力のあり方

(1) SATAID の機能更新及び高度化

前述したように、SATAID の供与とこれを使用した気象解析技術の移転は、わが国の技術協力における強力な武器である。SATAID の組織的な更新を気象庁が自ら行うことは困難となっているが、数年後に計画されている次期ひまわりへの対応、PC 環境の高度化への対応、GSMaP などの新技術の取り込みなどのため、SATAID の不断の改善と高度化が必要である。

このため、気象庁から SATAID のソースコードの提供を受け、専門のソフトハウスによる新規のユーザーニーズを取り入れるため SATAID の抜本的な再開発と統一的な維持・定期更新の体制を構築し、アジア太平洋域で SATAID が継続的に使用される基盤を確立する必要がある。

(2) ひまわりデータの受信環境の整備

数年前に JICA 及び気象庁が WMO と連携しつつひまわりキャストの受信装置を集中的にアジア太平洋域の気象機関に供与したが、これら機材は次第に老朽化し、更新の時期を迎えつつある。現在ひまわりの近くの静止軌道上では中国及び韓国が静止気象衛星を運用しており、老朽化した受信設備の更新支援が遅れると、これら近隣国の衛星に乗り換えられる可能性が否定できない。このため、域内各国への受信設備の更新を戦略的かつ計画的に実施する必要がある。またその際、供与後も故障した部品の交換やソフトウェアの更新で当該国を支援できる体制を構築することが、わが国に対する信頼を高めるために重要である。

さらに近年では、インターネットのさらなる普及に伴い、インターネット経由でさらに高解像度の衛星データを取得するひまわりクラウド導入を希望する気象機関も増えている。当該国の通信事情を踏まえつつ、サーバーの整備や必要なソフトウェアの供与で支援を行う必要がある。

(3) 衛星データの利活用に関する技術移転

Dvorak 法を活用した熱帯低気圧の解析、RGB 画像を用いた寒気や水蒸気分布、霧・黄砂・火山灰の分布など、衛星データを活用した解析技術は多岐にわたる。また、数値予報データやレー

ダーデータとの重ね合わせによる高度な実況把握、さらにはレーダー探知範囲外の降水分布を把握する GSMaP の活用など、新技術の取得も必要である。

これらの予報業務に必要な基本技術や新技術を効率的に対象国に移転するために、短期専門家による現地研修や、現地職員をわが国に招いて実施する本邦研修を継続的に実施する必要がある。

IV.7 国際気象情報通信の改善

IV.7.1 国際気象情報通信高度化の必要性

歴史的背景と今後の展開

Global Telecommunication System (GTS) は、Global Observation System (GOS)、Global Data-Processing System (GDPS) と同じく 1963 年 4 月の世界気象会議により承認された世界気象監視 (World Weather Watch: WWW) 計画の 3 構成要素のひとつであり、GTS マニュアルの規則に従って 50 年以上 WMO 加盟国間の運用を支えてきた。

まだ国際間のデータ通信が容易ではなかった時代から、リアルタイムの全球データ交換を実現してきた基本技術は、Point-to-Point 接続、store and forward メカニズムによる Message Switching (電文交換) である。GTS 全体構造は、津波警報等の最優先度電文を 2 分以内に全球配信可能とするよう設計されており、それを実現するために独自の機能として、ヘッダ優先度識別、優先度キュー管理、リルーティング、重複チェック・削除などが導入されている。

時代と共に通信媒体が専用線からネットワーク・クラウド (フレームリレー、MPLS、商用 IP-VPN、インターネット VPN) へ移り変わっても、それらの基本技術、独自機能は各国の GTS 通信システム (Message Switching System: MSS) において継承されてきた。GTS-MSS は、海外の気象機関に近い気象システム会社 (COROBOR, MFI, NetSys, IBL, METServe, GWDI, ES&S Weathertech 等) が開発、WMO 技術基準適合と銘打って各国の気象機関に販売・導入してきたが、市場規模が小さいこと、技術規則の改訂に逐次対応が必要なことから 2000 年代前半には多くの会社が開発から手を引き始めた。日本においては 1990 年代に (株) 東芝や日本電気 (株) がアジア向けのハードウェア指向の強いミニコンベースの MSS の開発を目指したが現地サポートや輸出の困難性により断念した。代わって東洋電子工業 (株) がソフトウェア指向の強い PC ベース MSS を開発、JICA 途上国支援の目的にも合致してアジア・南西太平洋を中心に導入を進めた。

1990 年代中頃からのインターネット普及、ハードウェアの小型・高性能化に伴い、汎用技術によりデータ通信・データ処理が安価に容易に実現出来るようになり、気象分野においても独自の進化をしてきた GTS だけでは ICT 時代のニーズを満たせなくなった。このため WMO は、各活動分野の要望に基づいた情報インフラ構築の計画を 1990 年代後半から約 10 年かけて策定した。これが WMO Information System (WIS (当初は Future WMO Information System: FWIS)) であり、現在は図 IV.7.1-1 の 3 つの概念要素 (Part A~Part C) により構成されている。

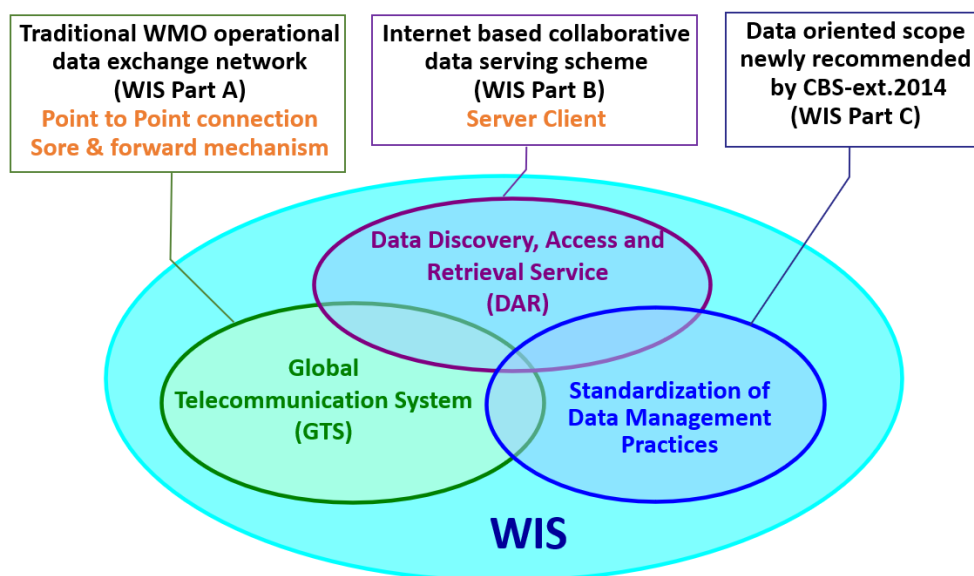


図 IV.7.1-1 WIS の概念図

2012 年より WIS は実行的運用が開始されたが、GTS は WIS の衣をまもっているが本質は変わっていない。これは GTS が継承してきた現業ルーチン運用に向けたリアルタイム性を WIS Part B のインターネット汎用技術に基づくデータ検索・直接アクセス・Get 取得では完全に満足することが出来ていないことによる。

現在、WMO では新たなメカニズム導入による WIS2.0 への移行を戦略としている。全体的概念としては、ルーチン・データの Push 型配信から選択したデータの Pull 型取得への移行が基本となっている。この中には、GTS による Message Switching を業界標準である Advanced Message Queuing Protocol (AMQP)、Secure File Transfer、Publish/Subscribe Messaging 等のデータ配信手法及びプロトコルへと置き換えることによってリアルタイム・データ交換の基盤としての GTS を廃止する計画も含まれている。表 IV.7.1-1 の WMO の移行計画では 2030 年までに GTS が廃止されることになっているが、現実的には途上国を含めた全 WMO メンバーの移行を考えると「絵に描いた餅」になりつつある。

表 IV.7.1-1 WIS2.0 への移行計画

	Projects	Transition	Communication
2020 INFCOM-1 EC-73	Demonstration projects established		Outline WIS 2.0 implementation and operation costs for GISCs
2021 Cg-2021 EC-73	Demonstration projects progress report and engage a wider community	Real-time data dissemination with draft message protocols used for 'experimental' data exchange between GISCs and participating WIS Centres	WIS 2.0 engagement with RAs, Activity Areas and WIS National Focal Points
2022 INFCOM EC-74		WIS 2.0 architecture testing and validation including a subset of GISCs to offer updated WIS Catalogue to support experimental registration of services INFCOM determine how and where	Communication plan for WIS 2.0 implementation published to Members

	Projects	Transition	Communication
		industry should be engaged to support WIS 2.0 implementation	
2023 Cg-19 EC-75	Demonstration projects final report	GISCs confirm procedures for registering services in WIS 2.0 GISCs with the support of Regional Associations engage the transition of their Area of Responsibility toward WIS 2.0	
2024		Operational WIS 2.0 Catalogue and portal provided by GISCs Old WIS DAR Catalogue 'frozen'. WIS Centres begin to register services in WIS 2.0 Catalogue. Funding options identified to support WIS 2.0 adoption in LDCs and SIDS MSS solutions implementing new message protocols available from industry	
2026		Original WIS DAR Catalogue deprecated. Rationalized set of data and services migrated from original WIS to WIS 2.0. 70% of GTS routing table configuration items migrated. GISCs provide service(s) to support discovery of real-time data from WIS Centres in their AoR that are yet to migrate to new message protocols.	
2030		Migration to use of new message protocols complete – all GTS routing table configuration items migrated and use of routing tables deprecated	

<https://community.wmo.int/activity-areas/wis/wis2-implementation> からの抜粋

さらに WIS2.0 に向けては Global Information System Center (GISC) が多数設立されたため、中国や韓国などが自国のプレゼンス向上のために途上国支援に力を入れており、WIS/GTS の機器に限らず、気象衛星受信システム、予報解析システム等についても供与を進めている。このような政治的な側面が JICA 支援を困難にするケースがカンボジア、ラオス、バングラデシュでも見られる。

WIS センター階層構造及び GISC 設立の状況を図 IV.7.1-2 (a)、(b) にそれぞれ示す。

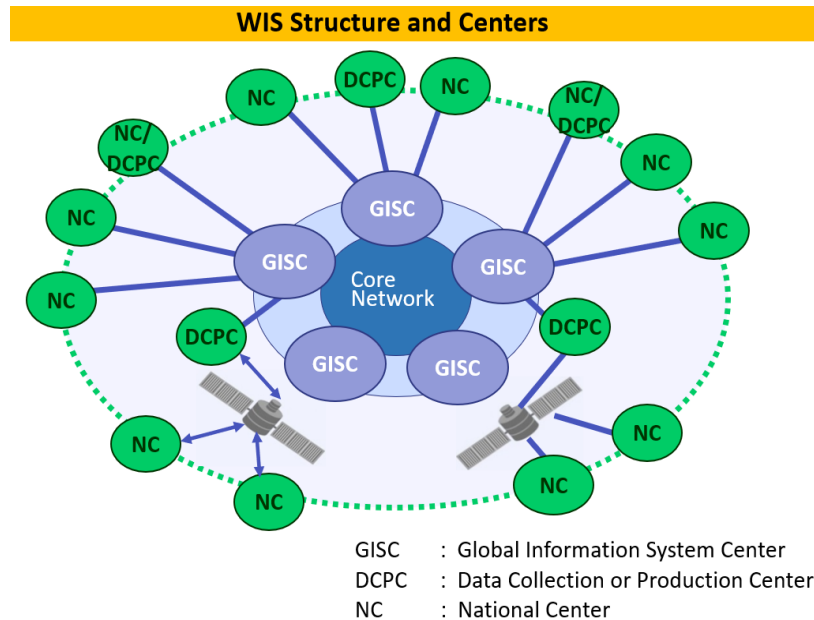


図 IV.7.1-2(a) WIS センター階層構造

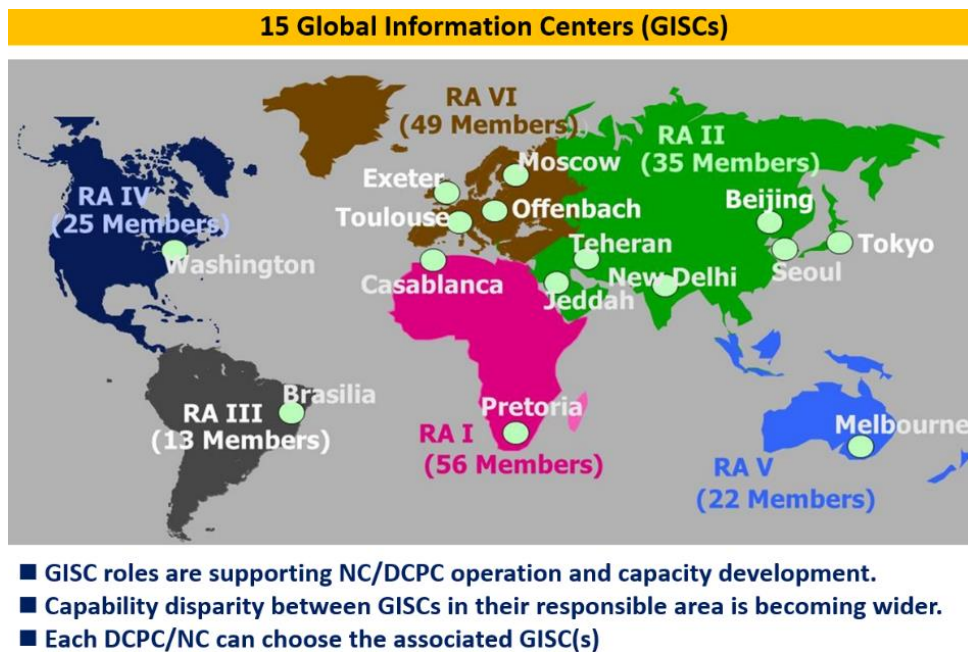


図 IV.7.1-2(b) GISC の設置状況

WMO インフラ基盤構築の推進役の両輪は、WIS と WMO Integrated Global Observing System (WIGOS) であるが、データの管理及び可用性を高めるために密接な連携が期待されている。このような状況下で、欧米の気象システム会社は以下の傾向を強めている。

単体での採算性確保が困難な WIS/GTS システムは言うに及ばず、国家気象機関専用の各種システムの開発・提供から、民間の気象・運輸・エネルギー関連会社や研究機関も対象とした汎用性の高い予報解析・環境系システム群ラインナップの開発・提供に軸足を移している。

市場拡大競争は欧州、アフリカに留まらず、アジア・太平洋地区にまで波及しており、現地の

ICT 系協力会社・コンサルタントを仲介として各国市場への参入を図っている。

システム自体の初期導入費は比較的安価に抑え、保守・ソフトウェア更新契約の経費で利益を上げる方法を進めている。また、設置時のインストール日数・人件費を圧縮出来るターンキー・システム指向を強めた。

今後の協力を考える際に忘れてはならないのがデータの量と形式の問題である。

衛星、レーダー及び数値モデルは、これまでなかったような膨大な量のデータを生成する。また、AWS、水文及び環境センサー等の観測データは、個々のサイズは小さくともサイト数及び通報頻度の増大が処理量の急拡大を生む。これらは、通信網の向上よりも早く、著しく増大し続けており、近い将来、ネットワーク流通、システムの処理及び保存についての深刻な問題となる。

この問題をさらに複雑化する要素はデータ形式である。SYNOP・TEMP に代表される伝統的な WMO 文字型通報式から汎用通報式 BUFR・GRIB への移行を WMO が推進しているが、途上国を中心に進んでいない状況が当面継続することが見込まれる。このような状況の一方で、一般的なオープンデータフォーマット (JSON, CSV, XML, netCDF, HDF 等) の試行や標準化議論が WMO の Commission for Observation, Infrastructure and Information Systems (INFCOM) で先進国を中心に進められている。

IV.7.2 協力のあり方

IV.7.2.1 国際通信システムと国内通信システムの一体化

TCP/IP ベースのインターネット標準技術により通信をしない電子機器がないと言われる位に通信環境の構築は容易かつ安価になってきた。これまでは国内と国際で通信事情やプロトコルが異なり、システムも別々とするのが通常であったが、今後は保守管理面、経費面で優位となる一体化を前提とすべきである。

長時間の全体障害を避けるために主要機器は二重化とすべきである。

IV.7.2.2 途上国の実情に即したシステム整備と継続的な支援

(1) リモート保守への対応

近年はハードウェアのライフサイクルよりもソフトウェアのライフサイクルが短くなっており、OS、ミドルウェア、アプリケーションの頻繁なバージョンアップが必要となっている。軽微な作業の場合はリモート支援や事前のリモート研修により C/P 側が対応することが望ましいが、緊急の障害対応や複雑な作業が必要な場合は、日本からのリモート保守対応が極めて効果的である。セキュリティを考慮したリモート・アクセス環境をシステム設置時に設定すべきである。

(2) 停電対策、雷災対策

ハードウェア障害の原因は多くの場合停電に起因するものである。交換バッテリーが現地で容易に入手可能な現地調達 UPS を必須とすべきである。特に、重要なサーバー系及びストレージ系には「常時インバータ給電方式」又は「ライン・インタラクティブ方式」の UPS を選択すべきである。

また、雷災によるハードウェアの重度障害も少なくない。電源系統及び信号系統の両方に専用のアレスタ (Lightning Arrester, Surge Protective Device: SPD) を挿入すべきである。

(3) イントラネットのシンプル化

多くの気象局では、統一的な IP アドレス体系に基づくイントラネットの整備が行われておらず、システム新規導入時のサブネット追加の際に既存サブネットとの Private IP アドレスの重複で混乱を起こす例も少なくない。また、NAT や IP マスカレードなど IPv4 でのトリッキーな技術を使うことが多いが、気象局内のネットワーク技術者不足により設定変更等には外注経費が必要になる場合が多い。

最近では、IPv4 パケットを IPv6 でカプセル化して WAN 側を IPv6 ネットワークとして通信する (IPv4 over IPv6) 事例が増え、IPv6 の普及率は徐々に上がっているが、イントラネット内全てを IPv6 化するというところまでは、移行にともなう手間やリスクを考えると思うようには進まないのが実情である。

このような状況を考慮して、新規のイントラネットや小規模観測システムの構築などの既存 IPv4 を気にしなくても済むケースでは IPv6 を採用し、管理をシンプル化することも検討すべきである。

なお、IPv4 や v6 に関わらずネットワーク設計や管理は必要であり、気象局内での技術者を育成する技術移転の研修や体制作りも重要である。

IV.7.2.3 WIS/WIGOS、通信と観測の親和性重視

(1) 測器更新を見据えた BUFR 化の推進

2020 年 1 月の中国の伝統的文字形式通報式 (Traditional Alphanumeric Codes: TAC) での GTS 配信停止は多くの途上国の運用に重大な悪影響を及ぼし、杓子定規の WMO 移行計画と現実の各国のデータ利用とは大きな違いがあることが明確になった。

いずれは停止する SYNOP、TEMP の TAC 通報ではあるが、現時点で単純に BUFR 変換したものを通報するので、止めるとの措置はとるべきはない。TEMP の単純 BUFR 化には問題もあり、多くの数値予報センターからは単純 BUFR の通報の方を止めるように要請もある。SYNOP 観測を BUFR 化した電文の GTS 配信は進めるべきであるが、自国内利用を含めた完全な BUFR 対応が完了していない受信国への配慮から SYNOP 通報式での配信も問題を起こさない限り当面継続するべきである。

一方、新規の BUFR native 観測測器は、TAC では通報出来ない観測項目・要素を各国で可能とするためにも BUFR 電文を配信することが必須であり、これを TAC に変換して配信することをあえて行う必要はない。

異種 AWS データの集信及び自動品質管理 (AQC: Automatic Quality Control) を可能とする先進的通信システムの検討

多くの途上国では異なるドナーによる異なる AWS ネットワークがそれぞれ独立した形で構築されており、データ形式や集信条件も異なることから、一元的な管理・共有が出来ない状態となっている。

欧米系気象システム会社の最新の通信システムの中には、WMO 通報式とは異なるデータ形式の AWS データについてもアドオンのコンバータ・ソフトにより集信、先進的 AQC (単純なスクリーニングではなく近傍データとのエリアチェックや気象学的 AI チェック) ~BUFR 変換、予報系システムへのビジュアル Web 配信を行うものが開発されている。この開発の条件となって

いるのは AWS の WIGOS の OSCAR/Surface への登録、データ形式の公開であり、今後は各ドナーがこの条件を満たすように WMO が要請するものと思われる。

このような動向を踏まえ、今後の JICA 技プロでの一体型通信システムの更新においては、少なくとも JICA 整備の AWS/ARG のデータ集信、ある程度の AQC~BUFR 変換、イントラネット共有・利用が可能となるような整備を検討すべきである。

また、各種 AWS データ集信に対応するために電子メール、SMS、TCP socket、FTP 等の通信方式を搭載できるシステムとすべきである。

更に、一部の不具合によりデータ集信が出来ていない AWS/ARG のリハビリ・プロジェクトが途上国にとって有益であると思われる。

IV.7.2.4 WIS への対応

(1) GTS 回線のアップグレード

すでに GTS マニュアルから削除された TCP ソケット手順による GTS 回線を可能な限り早く WMO-FTP 手順にアップグレードすべきである。専用線や商用クラウドを利用しているが運営経費面で困難な状況に陥る途上国に対しては、インターネット VPN への移行を支援すべきである。

(2) GISC 東京との WIS Part B 接続の支援

自国のプレゼンスを高める目的で、GISC ソウルや GISC 北京への接続を促す韓国や中国の支援活動が際立ってきている。

実際の WIS 運用面において気象庁の数値予報プロダクトや衛星データ等の取得を要望する途上国にとっては、GISC 東京への接続の方が有益であることから、JICA 技プロにおいては気象庁と連携して、GISC 東京への WIS Part B 接続を積極的に支援すべきである。また、アジア太平洋地域においては、ひまわりキャスト及びひまわりクラウドによるデータ配信との相互補完的な運用支援を考えるべきである。

(3) WIS2.0 への慎重な対応

WIS2.0 は WMO のタイムスケジュードおりに進むとは思えず、性急に技プロ支援の対象とすべきではない。当面は、気象庁からの情報提供も受けながら WMO での検討状況を注視する対応が望ましい。特に、既存 Store-Forward 方式から AMQP (Advanced Message Queuing Protocol) 方式への移行における途上国への影響を把握する必要がある。

IV.8 海外製の予報解析や予報作業支援システムを使用した支援

IV.8.1 海外製の予報解析や予報作業支援システムを使用した支援の必要性

今回の調査で、すべての調査対象国において、わが国、ECMWF、米国等の外国の数値予報センターが作成した予測結果をインターネット、ひまわりキャスト（わが国の予測結果）等を用いて入手し、短期予報作成に使用していることが明らかとなった。

また、多くの国の気象機関では、米国国立大気研究センター（NCAR）等が開発して無償公開している領域モデルである Weather Research and Forecasting (WRF) model を自国で運用し、短期

予報に活用していることがわかった。

WRF は比較的小さな計算機資源で、外国の数値予報センターが作成した予測結果や独自の観測結果を取り込んで当該国の詳細な予測を行うことができることから開発途上国での予報作成に広く活用されている。その一方、単に外国が作成した境界値を使うだけだと、数値予報センターの全球モデルを単に地形に応答させただけの計算結果となり、その能力を十分に生かすことはできない。WRF の運用・精度向上には国周辺の稠密な観測データの同化が必要であることを十分認識しておく必要がある。

また、数値予報センターによる予測結果にせよ、自国を対象とした WRF 等の領域モデルによる予測結果にせよ、数値予報結果には使用するモデル特有の誤差が含まれている。このため、過去事例について予測結果と実況を比較し、数値予報結果を統計的に修正して予報支援資料（ガイダンス）を作成することが必要不可欠である。

各地での地上観測、レーダー、気象衛星観測や、数値予報による予測結果を天気図やレーダー・雲合成画像等として可視化し、統合的に可視化・表示し、効率的な予報作業を支援するための支援ソフトとして、SmartMet（フィンランド開発）、Synergie（フランス開発）等のシステムが活用されている。わが国開発の SATAID も同様の機能は一定程度有しているが、ひまわり画像やわが国の数値予報結果の表示が中心であること、定形的な資料の自動作成機能を有していないことから、諸外国の予報作業支援システムを超えて使用されるには至っていない。

IV.8.2 協力のあり方

WRF を自国の予報業務に十分に活用するためには、単に計算機を導入して境界値を数値予報センターから入手するだけでは不十分であり、自国における観測データの適切な同化が必要であることを支援対象国が深く認識することが重要である。

そのような認識を踏まえ、当該国の運用状況を確認の上、数値予報センターのデータを境界値として使用するのみならず、自国における、航空機観測データやレーダーのドップラーデータなど、非定時の連続的なデータを同化するための技術移転を行う。

また、そのような、予測精度向上に資するような高品質の観測データが安定的に取得できるよう、AWS やレーダー観測といった基盤的観測網の整備及びデータの品質管理能力の向上に注力する。

また、数値予報結果を高精度な予報支援資料に加工するためのガイダンスの作成技術を移転するとともに、ガイダンスを当該国の予報支援システムで他の資料と合わせて統合的に予報情報として作成するための支援を行う。

SATAID はわが国の気象衛星データ活用を推進するのに重要なソフトウェアであることから、ユーザーニーズを把握した上で、抜本的な機能向上と継続的な保守を行う体制構築が必要である。

IV.9 国家気象機関の ICT 化、DX 化

IV.9.1 IT インフラ協力方針の概略

ここでは、気象関連の技術プロジェクトを中心とした、ODA プロジェクトにおいて IT インフラに関する取り組みの協力方針を記載する。IT インフラに関する協力は「技術の導入」や「作成

された気象情報の伝達」のための土台部分、前提条件となる。図 IV.9.1-1 は気象機関の IT インフラに関するイメージである。このように観測データや国外の気象機関から転送されるデータ（図左側）を利用して、気象情報伝達先（図右側）へ情報提供するためには気象データを蓄積する気象データサーバー、気象データを処理して予警報やレーダー画像などを作成する解析処理サーバー、気象データサーバー内のデータを気象情報伝達先へ転送する情報伝達サーバーなどが整備されていることが理想的である。また、各部門に部内でデータの共有や解析処理の試作プログラムを扱うためのサーバーが存在することが望ましい。国によっては数値計算のためのシステムや総務関連のシステムも存在するがここではいったん省略して説明をする。

図 IV.9.1-1 は理想的な状態を示しているが、本プロジェクトでの調査やこれまで実施されたプロジェクトの報告から現実的な状況を示したものが図 IV.9.1-2 である。各システムの規模が新たな技術導入に不十分である場合や必要な機能を持つシステムが存在しない場合がある。そのため、プロジェクト開始初期の段階で、IT インフラに関する調査を実施することが必要である。対象国の気象機関内部のハード・ソフトの状況と共に人員の数やスキルを把握し、技術導入に十分な状態か、不十分であれば補強の計画を策定する必要がある。また、情報伝達のシステムに関しては、気象情報の利用先に応じたシステム構成が必要となる。気象機関内部だけでなく、情報伝達先の状況もカバーする形で IT インフラの整備状況を把握することが望ましい。

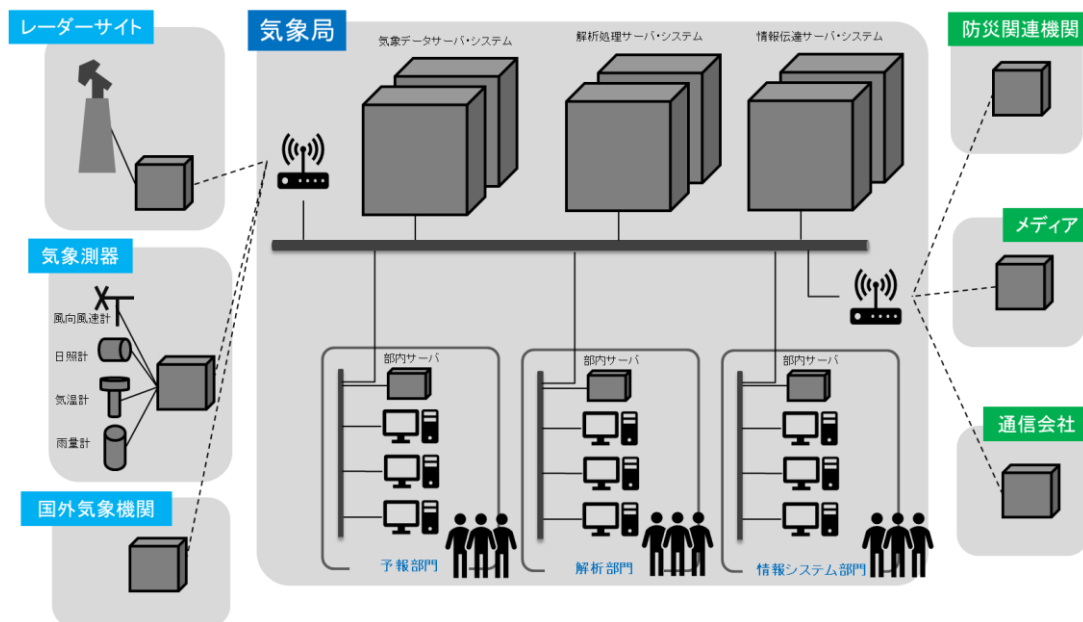


図 IV.9.1-1 気象機関の IT インフラに関するイメージ（十分な状態）

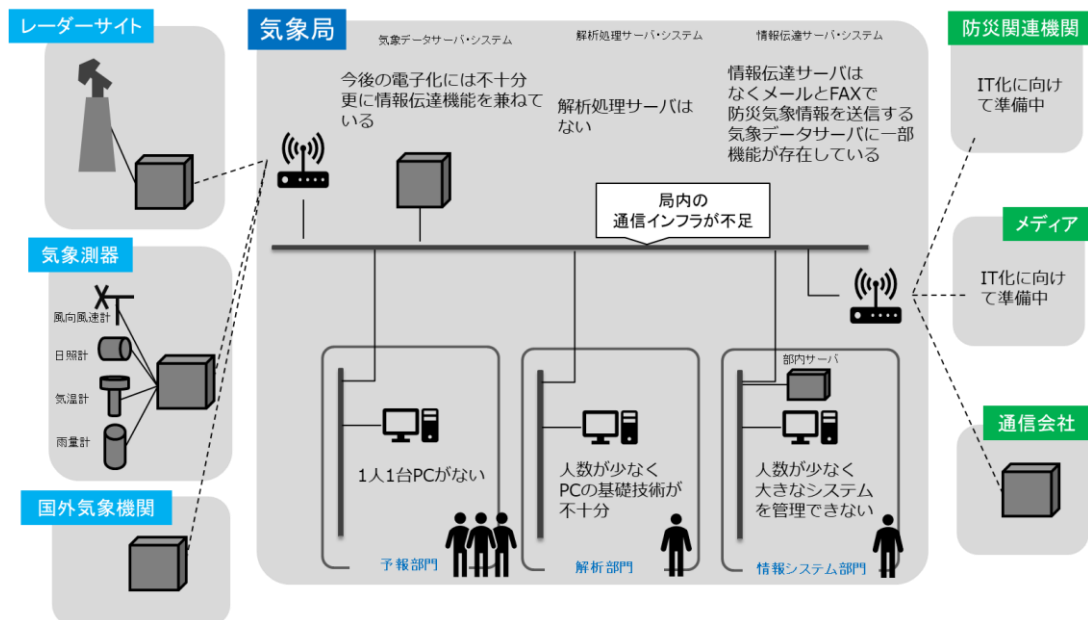


図 IV.9.1-2 気象機関の IT インフラに関するイメージ（現状の例）

IV.9.2 技術協力プロジェクトにおける IT インフラの課題と方策

ここでは今後の技術協力プロジェクトにおける IT インフラの取り組みに関する課題と方策について記述する。技術協力プロジェクトを実施する上で、IT インフラに関する情報は詳細な情報であるほど良い。一方で、ほとんどの場合、サイバー攻撃の可能性などを考慮して各国気象機関から見て外部へ詳細な IT インフラの情報提供は行われたい。つまり、技術プロジェクト実施前で、コンサルタントが独自に計画策定をする段階では、構成図や具体的な機材のスペック、データ処理の内容などに関する個別具体的な情報が収集できない。そのため、IT インフラの詳細計画を作成できず、プロジェクト開始後に当初の計画及び予算の範囲の中で実施せざるを得ない（図 IV.9.2-1 はそのイメージ）。一方で、技術協力プロジェクトが開始した後は、プロジェクト実施国の気象機関はコンサルタントをプロジェクト実施者として扱うことができ、コンサルタントは構成図や具体的な機材のスペック、データ処理の内容などに関する個別具体的な情報収集が容易となり、詳細な調査と適切な計画策定が可能となる。

そのため、IT インフラの実施計画は技術協力プロジェクトの開始後に作成することが望ましい。さらに、実施計画の作成後に機材の見積もりや購入が可能となり、より現地の実情に即し、レーダー技術や予警報の技術導入レベルに即した IT インフラを整備することが可能となる。

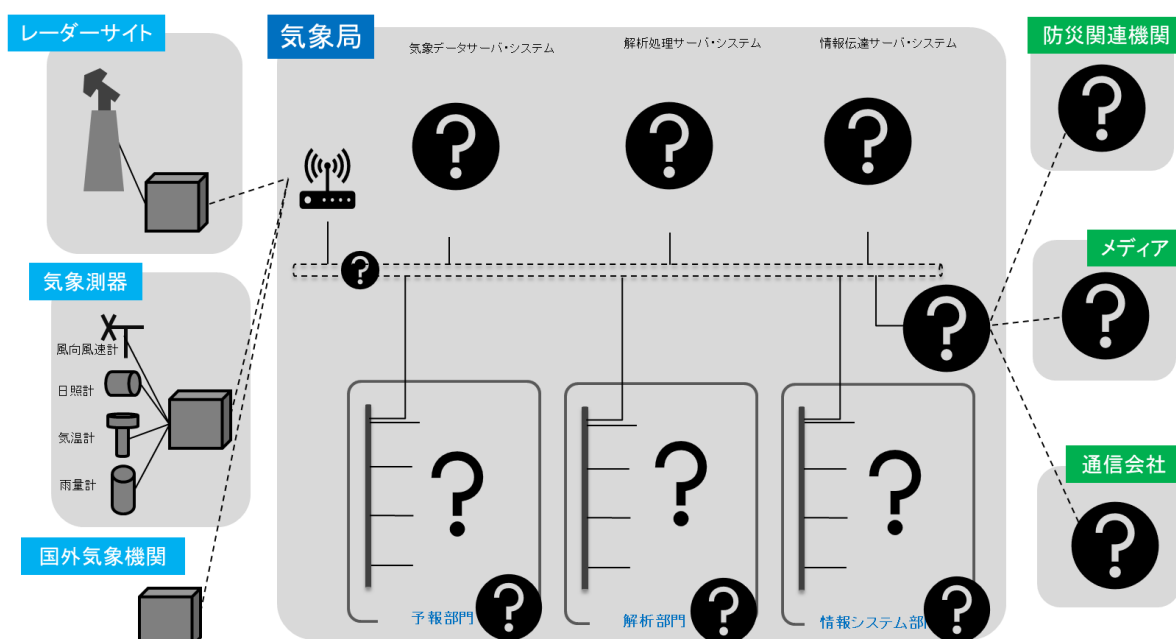


図 IV.9.2-1 気象機関の IT インフラに関するイメージ（プロジェクト実施前の段階）

IV.9.3 技術協力プロジェクトにおける IT インフラ分野の実施方針

ここでは技術協力プロジェクトにおける IT インフラ分野の方針について記述する。これまで触れてきたように技術協力プロジェクトを実施する上で、IT インフラに関する情報は詳細な情報であるほど良い。多くの場合、技術協力プロジェクトの実施時に IT インフラに関する情報は十分の開示されることが多く、今後のそのような状況が続くことを期待する。一方で、技術協力プロジェクトの実施後も詳細な IT インフラの詳細な情報が出てこなかった例が報告されている。そのような場合は個別の技術分野の技術の導入と分野に閉じた IT 機器の導入にならざるを得ない。

IT インフラに関する情報は詳細な情報が開示された場合は、技術協力プロジェクトで実施される技術の導入に当該気象機関の既設の IT インフラが十分であるかを検証する必要がある。既設の IT インフラが十分である場合は既設の IT インフラを利用して技術の導入を行うことが可能となる。しかし、既設の IT インフラが不十分である場合、技術分野ごとに IT インフラの必要な要件の定義を行い、プロジェクト全体として導入する IT インフラの整備を検討する必要がある。

最後に、技術導入に IT 技術者の数やスキルが十分であるかの検討も必要である。十分な場合はそのまま技術の導入を進めれば良いが、不十分である場合は基礎的な育成プログラムの実施が必要である。また必要に応じて、IT 専門のスタッフの雇用についても気象機関に提案することも考える必要がある。しかし、多くのプロジェクトから IT 技術者に関しては国全体として需要過多となっており、職員の給与体系では雇用できないという声がある。そのため、必要に応じて気象機関のスタッフが IT 分野の外注が行えるようにする必要がある。技術協力プロジェクトの中でスタッフと共に要件定義をなどの外注仕様検討を行うことで、適切な外注と管理ができるようになることを目指す必要がある。以上の検討を図 IV.9.3-1 に記載した。

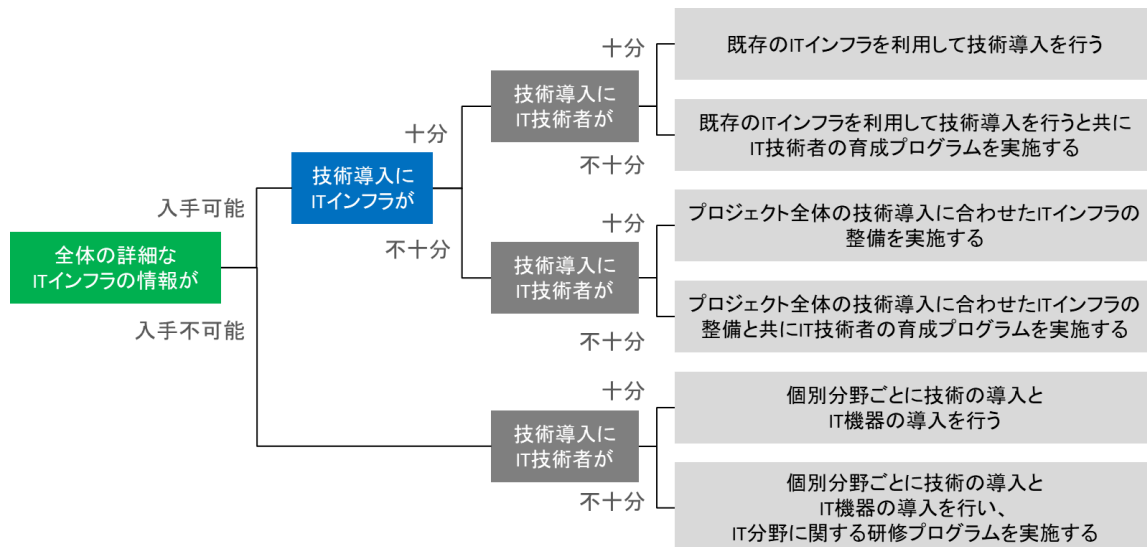


図 IV.9.3-1 IT インフラにおける協力方針の検討

IV.10 気象情報の行政機関や一般への提供・公開

IV.10.1 気象情報の行政機関や一般への提供・公開の必要性

災害の被害を減らすためには、精確でタイムリーな予警報が発令され、その情報が防災関連機関や住民に迅速に伝達され、避難や危機管理対応など、適切な防災活動に活用されることが必要である。ところが、現実には、調査対象の多くの国において、予警報を含め、気象情報が住民の避難や危機管理対応に十分に活用されていない。

国ごとに様々な課題があるが、観測網の整備が不十分だったり、予報の精度が低く、予警報が定量的な発令基準となっていなかったりすることが課題の一つとしてあげられる。また、災害時に機器が被災して観測情報を伝えられなかったり、河川の水位観測では、マニュアルの機器が使われていたり、目視による観測となり、データの収集や被害予測等への活用に時間がかかる。そもそも土砂災害などは、専門に扱う政府機関が存在しない国もある。

精確でタイムリーな予警報が発令されても、情報伝達上の課題により、防災関連機関や住民に必要な情報が伝わらない。国によって、気象機関から防災関連機関への情報伝達において問題があったり、中央機関から地方機関への伝達に問題があったり、住民（特に離島や山間部）への伝達に問題がある。この解決には、事前に伝達経路を明確にし、連携を促進することが必要である。災害種によっては一刻も早く住民に避難指示を発令する必要があるが、伝達経路が非効率で、避難指示発令の意思決定に時間がかかり、情報伝達の遅延が生じる。情報伝達に係る機材・ツールや人材の課題もあり、災害時にラジオ放送の電波が途絶えたり、FAX が停電で使えなくなったり、送受信に時間がかかったり、届かないこともあったり、SMS サーバーの処理能力が低いことで、伝達に遅延が生じたり、人手不足で 24 時間連絡体制が取れず、勤務時間外に情報伝達ができない状況が発生している。気象予報の文面が形式的だったり、TV の気象ニュースが静止画像や予報文の読み上げによる解説のみでわかりづらかったり、わかりやすい情報伝達が求められる。

精確でタイムリーな予警報が、わかりやすく伝達されても、住民の知識不足により、その情報をどう活用してよいかわからず、避難の判断ができていない。また、避難場所が確保されておら

ず、自治体の防災計画・避難計画がないことで、具体的な対応に結びつかないことも課題である。

気象機関の役割は、国ごとに異なっており、気象関連の予警報の発出のみが主な緊急時対応となる国もあれば、災害時の関係機関との調整や情報伝達の役割を担う国もある。それぞれの国の気象機関の役割に応じて、上記の課題を解決することが必要である。

IV.10.2 協力のあり方

予警報等の情報伝達システムの構築

災害時の情報伝達経路を明確にした上で、状況に適したツールを活用し、情報伝達システムを構築する。PUSH 型の手段と PULL 型の手段を組み合わせ、伝達手段を多層化させる等、重要な関連機関には、専用線を整備して、ダイレクトに情報を伝達できるようにすることを検討する。

伝達される情報は、タイムリーで、防災活動に役立てられるものである必要がある。放送局の天気予報において、動的な解説ができるようにする等、発出される予警報の文面を、避難などの行動の判断に結びつくようにわかりやすくすることが考えられる。

気象機関の能力強化

伝達手段や伝達情報の改善とともに、それを用いるスタッフの能力強化も必要である。気象局のスタッフは予警報発出に係る能力向上に加え、災害時の被害の軽減につながるよう、関連機関と連携して改善を働きかける等、自らのシステムを状況に合わせて改良することが求められる。

例えば、気象局内に防災担当のスタッフを配置することや、防災局や自治体に気象局の OB 等を派遣することで、連携の促進と能力強化が期待できる。気象局の地方管区の能力強化も考えられ、自治体との連携を促進することや、気象情報が実際にどう住民に活用されているかを把握することで、気象局の業務の改善につなげることが考えられる。洪水予測や洪水警報の発令に課題がある国では、気象情報と水位データを共有できるシステムを整備する等、雨量データを活用して警報の基準値を定められるよう洪水警報の担当機関や河川管理者等と連携を進める。

また、JICA や WMO による国際会議や定期的な会合・研修を通して、各国が WMO の諸計画に沿った気象事業が行えるように技術移転を進め、洪水被害防止等のための国際的な連携を図ることも有効である。

住民への防災教育

大規模災害は発生頻度が低く、誰も経験したことのない災害により甚大な被害が生じうるため、継続的な防災訓練や啓発活動が実施されるようにする。鉄砲水や高潮などの災害特性やどのような被害が生じうるのか、予警報の情報をどう解釈して避難等の行動につなげるべきかを伝えることが必要である。特に予警報情報の精度が十分でない状況では、防災活動が空振りに終わることも多く、予警報が発出されても活動が実施されなくなることが懸念される。過去の被災地域や日本を含めた他国の事例を共有したり、メディアを活用する等、ハザードマップなどを整備して住民に配布するなどしたりして、関心を高め、維持する。

IV.11 過去の気象観測データのデジタル化・アーカイブ・活用

IV.11.1 過去の気象観測データのデジタル化・アーカイブ・活用の必要性

多くの国家気象機関では、国によっては 20 世紀初頭にさかのぼる長期間の観測データを保有しているが、多くのデータは紙ベースで保管されている。またデジタル化を進めている国でも、デジタル化期間が短いケースや、現在までつながっていないなど、機械的な統計処理能力を十分に発揮することができていない。また、デジタル化したデータの保管に当たり、情報処理の人材不足や高価な機材の維持コストが課題となっている。

紙ベースで蓄積されている気温、降水量等の観測データを機械処理可能なようにデジタル化し、電子データとして保管すること（Data Rescue）により、平年値をはじめとする統計値の速やかな算出と公表、地球温暖化を含む気候変動の監視、気候変動の影響評価への活用、IBF の開発に必要な災害に結び付く降水量の解析、極端現象の発生頻度（大雨日数、100 年に 1 回の大雨降水量等）の評価等の高度な情報処理や調査研究が可能となる。

これらのデータは、防災、食糧生産、社会基盤及び運輸管理、水資源及び下水道管理、公衆衛生、持続的な都市開発、生物多様性及び生態系の持続的な維持などの広範な分野に活用することができる。

このことから、JICA の支援の下、国家気象機関に紙ベースで保管されている観測データのデジタル化を進め、データの集約と紙資料のデータの散逸防止を図る必要がある。

IV.11.2 協力のあり方

① デジタル化する要素と期間の決定

デジタル化作業は労働集約的な作業となるので、JICA 専門家は現地機関と協議して、対象となる地点（都市化の影響や防災上の重要性を考慮）・気象要素（気温と降水量が最優先）と期間の優先付けを行う。

② デジタル化作業の実施と品質管理

手書きの観測原簿からデジタル化する作業を行う。手書き記録の判読ミスを防ぐために、同じ記録を複数名で入力する。入力したデータはグラフ化したり、AQC をおこなったりすることにより異常データの品質チェックを行う。

入力作業に当たっては現地傭人を活用し、JICA 専門家及び現地気象機関職員は工程管理と品質チェックスキームの開発・技術移転を担当する。

③ デジタル化した観測データの保管

デジタル化した観測データを、WMO が推奨する気候データベースソフトを用いて保管する。長期的な維持コストを抑えるため、Windows PC といった容易に購入可能な機材を使用することも検討する。JICA 専門家は必要な機材の調達を行うとともに、現地職員による作業を指導する。

④ デジタル化したデータの活用

JICA 専門家は、現地気象機関や気候変動関係省庁に対して、長期間の観測データの、気候変動監視、防災、水資源、食糧生産等の分野への利活用方法について研修を行うとともに、基本的

な統計の作成、気候変動の監視、防災のためのデータ解析手法についての技術移転を行う。

IV.12 気象分野における人材育成

IV.12.1 気象分野における人材育成の必要性

調査対象国の気象機関が直面する問題として、技術を持った職員が不足して、観測設備や通信・情報処理機器の維持管理ができないことがしばしば指摘されている。特に後発開発途上国（LDCs）の気象機関にとっては、人材不足は業務の継続を困難にしかねない重大な問題となっている。

なかでも、国内・国際通信網や各種計算機といった情報通信基盤の維持については、専門性の高い職員を常時雇用することは気象機関にとって負担が大きいため、外部のハードウェア、ソフトウェア業者に技術要件を伝えられる程度の知識を有する職員を確保しておく必要がある。

一方、調査対象国の中でも能力の高い国の気象機関は、当該機関の運営をリードする幹部職員養成のための中長期の研修や、高度な技術課題を解決するための、大学等と連携した共同研究を希望している。

そのような研修・共同研究の成果として対象となる職員が学位を取得できるような留学スキームが求められているが、わが国における受け入れ態勢は受け入れ期間、資金規模とも不十分である。

JICA は、各国の気象業務を支援するための課題別研修を 1973 年から現在まで継続的に実施してきている。同研修の受講生の中から、当該国の気象機関幹部職員に育った者も多く、当該研修はわが国が気象分野でプレゼンスを高める大きな要因となっている。人材育成は JICA の活動の主要な柱の一つであり、気象分野でも人材育成の取り組みを強化していく必要がある。

IV.12.2 協力のあり方

特に後発開発途上国（LDCs）の気象機関に対しては、観測継続のための機器の維持・検定技術・解析予報技術（衛星画像解析、GPV 利用、ガイダンス開発）を中心とした、気象業務の実施に必要な技術移転を中心とする研修を行う。そのために、気象庁において実施している JICA 課題別研修を引き続き実施することが重要である。

気象機関の業務維持のためには情報通信技術は必須であるが、機器の維持や開発業務は現地の業者に任せ、気象機関の職員としては、技術要件を明確にし、仕様書がかけるレベルの技術構築を目指す研修を行う。気象業務を対象とした JICA 課題別研修などに情報通信技術の基礎に関するカリキュラムを追加するのも一法である。

技術水準が高い気象機関に対しては、技術課題を聴取の上、個別課題について共同研究や技術開発を実施する。また、これらの研修の目標として職員が学位を取得できるよう、大学・研究機関と協力して数年間の留学受け入れができる体制を構築する。その際、学費のみならず生活費を含む手厚い支援を検討すべきである。

IV.13 気象分野における協力方針についての提言

本調査では、これまで JICA が実施してきた、無償資金協力・有償資金協力・技術協力プロジェ

クトなど様々な協力についてレビューし（第Ⅱ章）、また、各国の気象機関へのアンケート・インタビューをとおして（第Ⅲ章）各分野における現状・課題を分析し、各分野の協力量針を検討してきた（第Ⅳ章）。

各国の気象機関の本邦協力に対する信頼と期待は、各種の WMO 第Ⅱ地区（アジア地区）地域センターとしての気象庁への強い信頼と、本邦技術・教育に基づいたハード・ソフト技術への期待に基づいている。

それぞれの国には、本邦はじめ様々な国・機関による援助が入っているが、共通課題として、①供与されたハードウェアがブラックボックス化・孤立化し、②保守費用・改修費用が払えないため利用が限定される、有効な気象業務の実施に貢献できていない状況が多く見られる。災害リスク・ガバナンスの強化のための防災投資において、ハードの導入が目的化し、継続して情報発信を行うための予算措置と人材育成・（運用/利用）能力強化の視点が十分でないこと、予算面では、現地国で予算化するための情報価値の底上げ、底上げまでの運用・教育費のサポートの不足が原因の1つと考えられる。このことから、以下の観点からの検討が重要である。

1. 機材の導入に当たっては、これらの機材で可能となる、情報利用者が求める高品質の気象情報を作成・提供するための技術協力をセットで行うこと（気象局が欲しい機材から、気象情報提供のために必要な機材へ）
2. レーダー、HimawariCast、AWS などの機材供与に際して、これらの機材による情報利用が軌道に乗ると見込まれる5年程度の期間、保守契約を整備予算に含めること（情報価値が上がるまでの運用費のサポート）

一方、本調査で実施したアンケートでは、各国気象機関は重点目標として IBF（後述）を掲げている。前述のように、今後の協力においては、気象機関の業務を IBF（利用者が使える情報をデリバリー）の視点で見直すことが重要な課題となっており、JICA の協力量針も IBF の視点での検討が必要となる。

IBF は、「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」の SDGs（Sustainable Development Goals：持続可能な開発目標）実現のための WMO の具体的な施策である。また、JICA の「仙台防災枠組 2015-2030」実現に向けた4つの優先行動のうち、「1.災害リスクの理解」「2.災害リスク・ガバナンスの強化」を中心に、事前防災のためのリスク情報、災害現象の監視、発災状況推定などの防災情報発信の具体化を進めるもので、気象機関の役割を

- 自国の安全や経済に大きな影響を与える気象現象（High-Impact Weather）を中心に、気象により何が引き起こされるのかを基準とした予報＝Impact-Based Forecast (IBF)＝を行い、政策決定者や国民にその内容を説明すること

とし、開発途上国や中進国の課題として

- IBF の実施が国家気象機関の存在意義に関わる重要事項となっており、実施に向けた取り組みを行う必要がある

としているが、実施には至っていない。

IBF が実施に至らない原因は、基準、閾値を作成するための過去の災害等のデータと災害時の品質管理された気象観測データが不十分であるため、「警報基準、レベル閾値は概ね根拠があいまい」で、予報に対して発生する事象（浸水や土砂災害）のインパクトが「的確に説明できていない」ことに起因している。IBF の実施のためには、以下の施策が効果的と考えられる。

1. IBF の基盤となる、過去及び今後発生する気象災害のデータと気象観測データの品質管理・

デジタルアーカイブ化（イベントデータアーカイブ）を最優先に支援する。

- IBF の実施に見合った、従来よりも高度化された地上・レーダー観測網の整備と運用管理の持続的な支援を推進する。
- IBF の分野では世界最先端である気象庁の経験を、研修や国別の支援の機会に各国に共有する。場合によっては、IBF への関係者の理解の促進をテーマとし、各国の機関が一堂に会して情報交換を行うワークショップを、先進国である本邦が主催する。

今回の調査で対象とした国は、大きく分けて開発途上国と中進国に分けられる。開発途上国では、有人観測に多くの人員がさかれ、開発業務への投資、技術面を支える人材が不足している国が多い。これらの国では、従来型の総合プロジェクトが引き続き必要である。IBF が必要とする高度な気象情報提供のためには、観測の確実な実施とデータ蓄積を継続しつつ、(1) 観測データの品質管理とデジタル化による基礎情報の整備、(2) デジタル化された自動観測機器の導入・運用・保守が必要となる。多くの国で安定して実施できている有人観測と同様に (1) (2) に取り組み、「デジタル化」、「観測から予報への人員のなめらかなシフト」を後押しする人材育成・運用技術向上を推進する技術協力が求められる。

中進国では、デジタル化、人材育成が徐々に進みつつあり、レーダーによる大雨監視 (QPE)、降水短時間予報 (QPF)、数値予報の改善など、情報高度化への技術開発がテーマとなっている。また、学位取得が昇進のための条件となっている国も多く、本邦大学への留学・学位取得に対する高いニーズがある。これらの国では、総合的な協力よりも、テーマを絞った機材導入、協力を行うとともに、気象庁や大学機関と連携して、継続して技術協力をサポートできる体制を築いていくことが重要と考える。

なお中進国でも有人観測が主体の国は多く、堅実に業務を実施する観測員と先端技術の融合が課題となっている。先端技術を評価するための観測データの品質管理、数値モデルの評価など、地道な作業が疎かになっている国も多い。有人観測を担当する職員が、最新技術の導入のための基礎データの整備と評価を合わせて行うことが必要であり、また、高度な気象情報のために必要となる自動観測を、信頼度の高い有人観測データで評価し支える取り組みも考慮していくことが必要と考える。

開発途上国及び中進国を対象とした協力方針を表 IV.13.1-1 に示す。

表 IV.13.1-1 カテゴリー 1 (Basic) / 2 (Essential) の協力方針

現状	課題	今後の JICA の協力方針
カテゴリー 1 (Basic) (開発途上国)		総合的な協力
- 基本的な観測・予報業務は実施し、大雨・台風などの警報の発表・伝達を行っている。 - 業務近代化のための整備はドナーに大きく依存。	- 観測の近代化（手動測器から自動測器へ、品質管理）。 - 利用者指向・防災指向の気象情報発信。 - 各業務での技術力アッ	- 合目的な機材整備（AWS など）。 - 従来の総合型（観測・予報・情報伝達）技術協力の実施。 - インパクトベース予報に

	プ、人材育成。 - 社会・政府内での気象業務の認知度のアップ。	- 象徴される利用者・防災指向の予報・情報発信。 - 関連防災機関との連携強化。 - 予算・人員・規則など業務体制強化
カテゴリー 2 (Essential) (中進国)		アドバイザーの派遣 テーマ別個別協力
- 自国予算＋ドナーにより観測・予報機材を展開している。 - 外国気象機関との連携により観測・予報業務の近代化を図っている。 - 気象局内研修や先進国での学位取得など人材育成に努めている。	- 大雨増加等で社会の要望増大。 - 欧米の局地モデル・予報支援システム、招聘研修(中韓)、基本合意書(MOU)等による技術協力など各種ドナーの支援が混在し、職員の技術レベル向上・業務再構築が必要。 - 人的リソースは整いつつあるが、国内の大学・研究機関は少なく、先進国の気象局・大学・研究機関との連携による先端技術導入、人材育成が必要。	- 個別課題対応・人材育成強化型技術協力の導入。 - ドナー導入の機材を使いこなす協力、(例) 局地モデル。 - 本邦の大学・研究機関との連携強化(研究者の派遣、気象局職員の長期研修)、(例) 観測データの同化。 - 中長期の業務向上のための政策アドバイザーの派遣

なお、高度な気象情報の開発に際しては、英国気象局が PAGASA（フィリピン）で地域モデルを運用し、PAGASA 職員の教育を行っており、高性能コンピュータ（HPC）の導入・地域モデルの運用・留学生の受け入れをセットで実施している例もある。ただし、途上国における電源の安定化には課題があり、HPC 運用のための電源確保、頻発する停電による機器の障害への対処などが課題になっている。

近年、クラウド技術は大きく進展しており、気象庁でも数値予報計算をクラウド上で実施し、それらのデータを大学などの研究機関と共有する動きもある。これに鑑み、今後、次の戦略的な協力方針の実施を検討する必要がある。

① QPF による降水短時間予報、局地数値予報モデル（気象庁の NHM や本邦大学で良く利用される WRF）を、気象庁モデルを境界値としてクラウド上で運用し、途上国の不安定な電源やハード保守の束縛がない状況で技術協力と人材育成を進めること。

② 現地気象局・本邦大学と連携して、熱帯地域で発生頻度が高く、本邦でも近年増加している小さなスケールの雨雲による短時間強雨をクラウド環境で共同研究を行う。

第V章 国別支援策（案）の分析

V.1 気象業務の発展度

V.1.1 各国の気象業務の発展度評価

現状調査及び国別インタビュー調査（バングラデシュ、インドネシア、スリランカ及びモンゴル）（第Ⅲ章）をもとに、各国気象機関の気象業務の現状を分野ごとに評価した。その上で、各気象機関がさらに発展するために必要な支援の在り方を国ごとに検討した。

V.1.2 わが国の気象業務の発展度の変遷

前節の各分野における業務の発展度の基準を決める際の指標として、わが国の気象業務の発展度の変遷を調査した。その結果を表 V.1.2-1(a)～(c)に示す。

表 V.1.2-1(a) 気象庁業務の歴史（観測）

観測	1940年代	1950年代	1960年代	1970年代	1980年代	1990年代	2000年代	2010年代	2020年代
地上観測		マニュアル地上気象観測			地上気象観測装置（電気式測器による半自動観測） 80型	95型	特別気象観測所SYNOP報自動送信		
AWS		委託観測所・無線ロボット雨量計				地域気象観測装置AMeDAS			湿度センサー追加
測候所			測候所				高度な品質管理 測候所の無人化⇒特別地域観測所		
測器検定（部外）			気象測器検定制度			型式証明		登録検定機関による検定	
測器部内検査				気象測器部内検査					
高層観測			マニュアル高層観測				一部自動高層観測導入		
		56型符号式ゾンデ			80型自動処理ゾンデ パイロットバルーン廃止	90型ゾンデ	GPSゾンデ ウィンドプロファイラ網WINDAS レーウィンゾンデ廃止		
レーダー観測		アナログレーダー 富士山レーダー			デジタルレーダー	山岳レーダー無人化 遠隔監視制御	ドップラーレーダー 全国レーダー 遠隔監視制御 3次元レーダーデータ利用	二重偏波レーダー	
衛星観測			NOAA極軌道 衛星気候		静止気象衛星ひまわり 1978 3時間 2ch 1989 毎時	1995 4ch	2005 MTSAT	2015 Himawari 8 16ch	

表 V.1.2-1(b) 気象庁業務の歴史（予報・災害に係る気象情報）

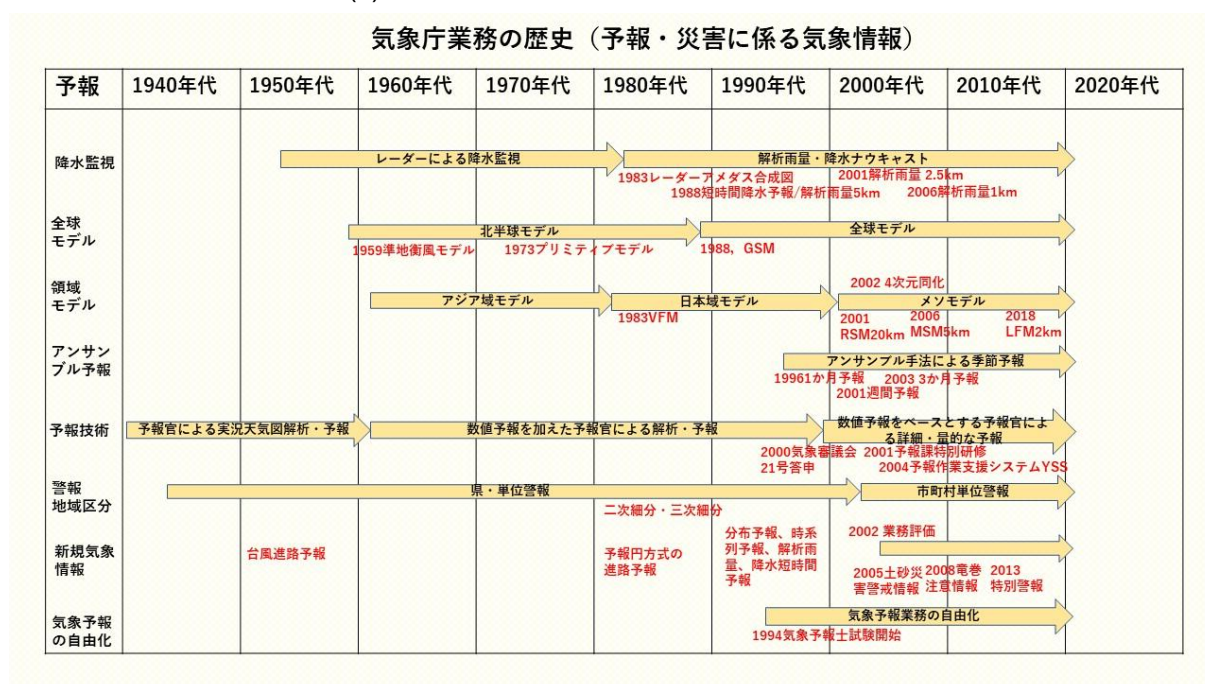
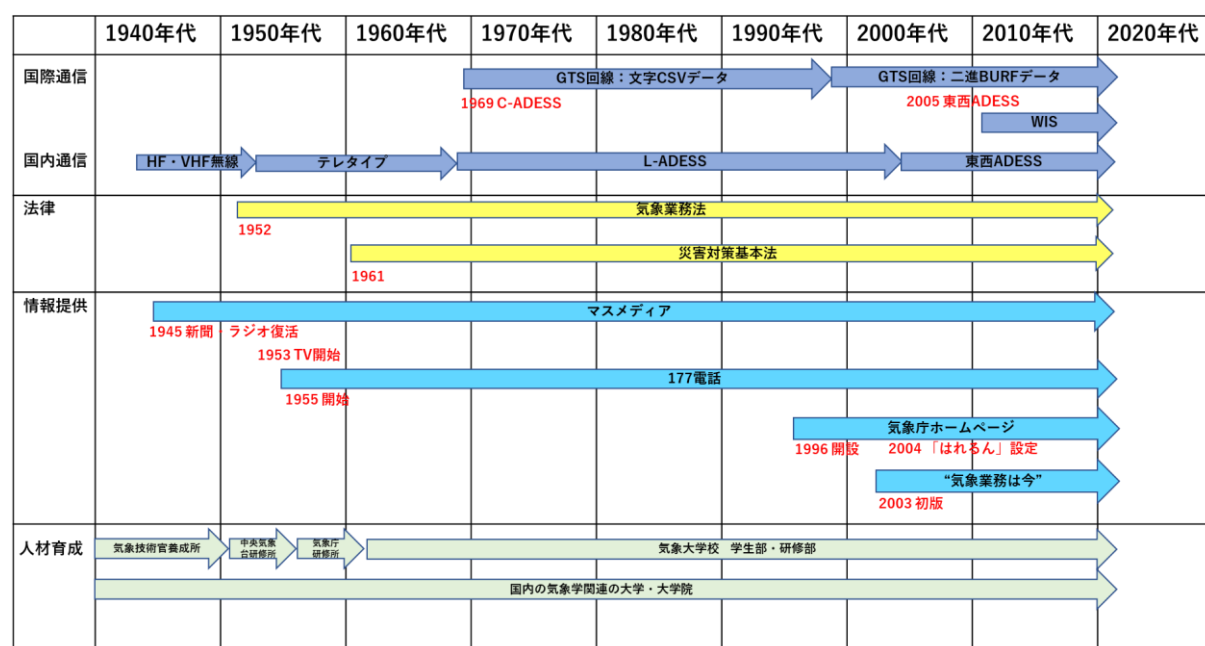


表 V.1.2-1(c) 気象庁業務の歴史 (通信・法律・情報提供・人材育成)



V.1.3 各国の気象業務の発展度

V.1.2 節を参考として、現状調査（第 III 章）及び国別インタビュー調査（バングラデシュ、インドネシア、スリランカ及びモンゴル、第 IV 章）をもとに、各国気象機関の気象業務の発展度を分野ごとに「カテゴリー 1 : Basic」・「カテゴリー 2 : Essential」・「カテゴリー 3 : Full」・「カテゴリー 4 : Advanced」の 4 つにカテゴリー分けした。「観測」、「予報」、「通信」、「法律規則」、「情報提供」、「関連機関との連携」の分野ごとのランクの基準を表 V.1.3-1(a)～(c)に示す。その上で、各気象機関が一

つ上のカテゴリーに到達するために必要な支援の在り方を国ごとに検討した。

表 V.1.3-1(a) 気象業務の発展度（観測）

観測	カテゴリー 1 Basic	カテゴリー 2 Essential	カテゴリー 3 Full	カテゴリー 4 Advanced	
地上観測・SYNOP通報	機械式測器・水銀測器・有人観測/SYNOP通報 事後QC	有人観測/SYNOP通報 現地有人QC	電気式測器・有人観測/SYNOP通報 現地有人/センターQC	自動観測・自動SYNOP通報 センター/自動/統計QC	SYNOP：地上気象観測通報式 QC：品質管理
委託観測所・自動気象観測所(AWS)	委託有人観測所(1回/日)	AWS 自動雨量計網 測器内QC・定期点検不完全 複数機種種の独立運用	AWS最適化配置 測器内QC/センターQC・定期点検 複数機種種の統合運用	測器内QC/センターQC/統計QC・定期点検 観測データを数値予報へ同化	
高層気象観測	ラジオゾンデ観測なし パイロットバルーン観測	ラジオゾンデ観測・WMO基準回数以下	ラジオゾンデ観測・WMO基準回数(日2回) 定時実施	ウィンドプロファイラ観測	
測器校正	測器校正なし・簡易な点検	気圧・温度の校正 準器の定期校正なし、または不定期な校正	気圧・温度・湿度・雨量計の校正 準器の定期的校正	すべての測器の校正 WMO地区測器センター運用	
気象レーダー観測	アナログレーダーまたはレーダーなし	デジタルレーダー Z-R雨量概算・ノイズ除去なし	ドップラーレーダー 雨量計QPE・地形除去等QC・速度データ利用	二重偏波レーダー 偏波QC・偏波QPE・速度データモデル同化	
気象衛星	静止衛星のWeb画像利用	静止衛星のデジタルデータ受信 限られたチャンネル(可視・赤外・水蒸気)の利用	静止衛星のデジタルデータ受信 全チャンネル利用、レーダー・数値予報データとの合成	複数衛星のデータ交換・数値予報に同化	

表 V.1.3-1(b) 気象業務の発展度（予報）

予報	カテゴリー 1 Basic	カテゴリー 2 Essential	カテゴリー 3 Full	カテゴリー 4 Advanced	
降水監視		有人観測所・AWSデータで監視	雨量計QPE(解析雨量)で監視 降水ナウキャスト・降水6短時間予測	偏波・雨量計QPEで詳細監視 降水ナウキャスト・降水15時間予測	
数値モデル	全球モデルをWebで参照	全球モデルデータ(GSM, GFS等)をダウンロード 局地モデルを運用するが実用には達しない	全球モデルデータ(ECMWF)を購入 局地モデルの3次元同化・精度評価を実施	全球・領域モデルを運用 各種観測データを4次元同化 全球・領域モデルのアンサンブル予報を運用	
予報技術	手置き地上・高層天気図・予報官による主観解析	他国数値モデル解析・予報データも利用 SATAID等によるレーダー・衛星・地上・数値予報データの統合ビューアーによる統合的気象解析 予報・警報の発表が重要 ガイダンスの試行	予報作業支援システム(SmatMet等)の利用 防災に軸足を置いた予報(Impact-based Forecast)の実施 実用的ガイダンス 予報精度の部内・外部評価	予報支援システム(YSS等)による警報発表	
気象情報種別	数日先予報	数日先・週間予報 警報・注意報も発表	数日先・週間・1か月・季節予報 警報(大雨・強風)・注意報(大雨・強風・雪・霜)も発表 災害時気象報告も発表	数日先・週間・1か月・季節予報・ENSO予報 土砂災害・竜巻・危険度分布(土砂・洪水・洪水)も発表	
警報発表	警報・注意報を発表していない	経験的な基準・地域区分による警報・注意報	気象・災害統計に基づく基準と地域区分による警報・注意報	市町村単位での基準による警報・注意報	
予報自由化		予報業務は国家気象機関の独占		警報以外の気象予報も自由化	

表 V.1.3-1(c) 気象業務の発展度（通信・法律規則・情報提供・関連機関との連携）

	カテゴリー 1 Basic	カテゴリー 2 Essential	カテゴリー 3 Full	カテゴリー 4 Advanced	
国際通信(GTS)	WMOのRTHと接続・文字データ送受信	WMOのRTHと接続・二重データ送受信	WMOのRTHと接続・二重データ送受信	WMOのRTHを運営	GTS: WMO専用回線 RTH: 地区気象中継
国内通信	地方官署とは無線・電話・FAXで接続	地方官署とは専用回線・インターネットで接続	地方官署とはWANで接続	地方官署とは十分な容量のWANで接続	
法律・規則・ 中長期計画	局内各業務は慣例で規定	局内各業務を規則で規定	局内各業務を規則・指針・マニュアルで規定	局内各業務を規則・指針・マニュアルで規定	
		気象業務を規定する法律がある	関連防災機関との連携に関する法律・取り決めがある	関連防災機関との連携に関する法律・取り決めがある	
		気象業務の中長期計画がある	政府が認めた気象中長期計画があり、これにもとづき予算人員要求をしている	政府が認めた気象中長期計画があり、これにもとづき予算人員要求をしている	
情報提供	新聞・TV・ラジオで気象情報発表	HP(PC)に気象情報を掲載	HP(PC・携帯)で気象情報を公開	HP、民間から広く気象情報を公開	HP: 気象局ホームページ
		有料で気象データを一般に提供	HPから気象データをダウンロード	気象業務に関する広範囲なデータ・情報がHPで閲覧・ダウンロード可能	
		紙ベースで気象啓発資料を提供	HPで気象啓発資料を閲覧		
観測データ保存	原簿は紙で保存	原簿の一部をデジタル化	原簿のすべてをデジタル化	原簿のすべてを品質管理しデジタル化	
人材育成	限られた職員が気象学の知識を有する	局内研修を実施、WMO/ドナー等研修に参加	局内ですべての研修が実施できる	気象大学に準ずる専門研修機関を有する	
	国内に気象学コースを有する大学がない	国内に気象学コースを有する大学がある	国内に気象学コースを有する複数の大学がある	国内に気象学コースを有する多くの大学がある、気象学会がある	
関連機関との連携	連携は少ない	防災・農業・運輸・漁業などの機関と連携	防災・農業・運輸・漁業などの機関と連携	関連機関と情報/データ交換・人材交流など広範囲に連携	
IBFの概念の導入	IBF概念の導入はない	IBF概念の導入を意図している	IBF概念を導入している	IBF概念が定着している	IBF: Impact-based Forecast

V.2 国別の業務発展度と支援策（案）

V.2.1 バングラデシュ（BMD）

BMD の気象業務の現状を分野ごとに分析し、今後の重点分野を検討した。

(1) 地上気象観測・高層気象観測・測器校正

有人気象観測は確実に実施されており、データ蓄積・現地有人 QC が実施されている。自動気象観測機材は導入されているが安定稼働に至っていない。高層気象観測は実施されているが、一部では一日一回の観測に留まる。気圧・温度の基準器はあり、有人観測機器の定期点検は実施している（自動観測機器は未実施）。

カテゴリー：1（Basic）～2（Essential）

(2) 気象レーダー観測

JICA 無償資金供与による 5 台のレーダーが導入されているが、大雨時を中心とした非定常運用。最低仰角 PPI による定性的な監視が主体で、ノイズ除去は行われていない。

カテゴリー：2（Essential）

(3) 実況監視

HimawariCast 受信装置が設置され、赤外・可視チャンネルによる大雨監視が行われているが、RGB 画像の活用、事例解析などは行われていない。降水監視は、有人観測所からの 3 時間または 6 毎の通報データとレーダーによる定性的な雨量分布が主体で、QPE は実施されていない。

カテゴリー：2（Essential）

(4) 予報作成

数値モデル(WRF)が稼働しているが検証などは不十分。海外予報機関の数値予報データを利用して、定性的な比較が主体である。DIANA、SATAID で数値予報と気象衛星データの統合表示は可能だが事例解析での利用が多い。予報・警報基準は定められているが、災害発生との検証は不十分。短期予報が主体。

カテゴリー：2（Essential）

(5) 通信

ダッカ～ニューデリー間がインターネット VPN 回線で接続されているが、二進データ(BUFR)対応、電源不安定によるディスク障害が課題。地方官署とはインターネット接続されているが通信速度に課題がある。世界銀行プロジェクトで広域 WAN の整備計画がある。

カテゴリー：1（Basic）～2（Essential）

(6) 情報提供

気象データをもとに、防災局と連携して予警報システムを運営しているが、警報を出すまでの伝達時間が長いことが課題。天気予報、気象衛星、レーダー情報、一部の啓発資料がホームページで公開されているが、使いやすい情報提供になっていない。

カテゴリー：1（Basic）～2（Essential）

(7) データ管理

有人観測データは蓄積されているが、平年値などの統計計算は遅れ気味。過去の観測データが紙ベースで残っているがデータレスキューは行われていない。

カテゴリー：1（Basic）～2（Essential）

(8) 組織及び人材育成

2018 年制定の気象法に防災機関の役割規定がある。各年の業務計画と評価は行われており、中長期計画もあるとされているが未確認。

カテゴリー：2（Essential）～3（Full）

(9) 支援策（案）の分析

BMD に対する質問票およびオンラインインタビュー調査では、現在の重点項目として、ダッカ・ラングプールのレーダー更新、気象衛星解析能力の向上が挙げられており、5 年後の重点項目としては、IBF 実施（サービスデリバリーへの移行）、数値予報の改善が上げられている。

ベーシックな観測など確実に実施されており、予報・警報発表の体制、情報伝達のフレームと法整備も整っているが、定性的予報・警報発表が主体となっている。さまざまなドナーによる機材が入っているが、有人観測と定性的な情報提供にとどまっているのは、観測・予報情報に対する外部からの要望が BMD に十分に伝わっておらず、情報利用者の視点から必要となる定量的な情報提供の業務的位置づけと、それらを提供するための体制と技術移転が不足しているためと考えられる。

このことから、BMD が重点項目としている、IBF を切り口とした利用者の視点での情報提供を行うための技術支援が有効である。具体的には、観測・監視・予報・情報発信をサポートする組織強化とロードマップの立案サポート、それらの計画に基づいた定量的な情報提供のためのハード機材（レーダーや自動気象計、観測ネットワークの統合など）の導入、災害・インパクトの定量化に係る

技術支援（気象ガイダンス、数値予報、IBF への取り組み）が有効と考える。

観測データの定量的利用を可能とするため、観測システムの定常的な運用及び観測値の品質管理と蓄積が必要であり、ハード導入に当たっては、これらの機能を担保することが極めて重要である。また、定量的予報実現のためには、観測員を主体とする職員構成を技術者主体のものに移行し、技術レベルを引き上げる必要があり、バングラデシュ国内および本邦と連携した人材育成計画が不可欠である。

V.2.2 ブータン（NCHM）

NCHM の気象業務の発展度合いを分野ごとに以下のとおり評価した。

(1) 地上気象観測・高層気象観測・測器校正

84 箇所の AWS で 30 分毎の観測が行われている。遠隔地にある観測所は、積雪時期などは維持管理が困難となっている。観測者に対する研修が不十分なパートタイム観測者による有人観測所からの観測データ品質には、多くの課題がある。

高層気象観測は行われていない。

測器校正施設は JICA 実施中の技プロで設置予定であるが、コロナ禍により進捗が遅れている。

カテゴリー：1（Basic）

(2) 気象レーダー観測

現在、稼働中のレーダーはない。

カテゴリー：未実施

(3) 実況監視

HimawariCast、SmartMet を用いて実況監視を行うとともに、各国の NWP モデルを参照しながら予報作業を行っている。

正午ごろの 1 日 1 回の 3 日予報と夜間の Weather Update を発表している。

ティンブーの National Weather and Flood Warning Center (NFWFC)の下にある Weather Forecasting Center (WFC)は 3 交代制 24 時間体制で運営され、気象状況を監視している。

降水量の見通しや最高・最低気温など、20 ゾンカークの 72 時間予報を毎日 3 回更新している。また悪天時には、天気予報を随時更新している。また、NCHM はユーザーの要求に応じてカスタマイズされた地域別の予報を提供している。

カテゴリー：1（Basic）

(4) 予報作成

正午ごろの 1 日 1 回の 3 日予報と夜間の Weather Update を発表している。

降水量の見通しや最高・最低気温など、20 ゾンカークの 72 時間予報を毎日 3 回更新している。また悪天時には、天気予報を随時更新している。また、NCHM はユーザーの要求に応じてカスタマイズされた地域別の予報を提供している。

カテゴリー：1（Basic）

(5) 通信

GTS 接続としてはティンブー～ニューデリー、ティンブー～バンコク間のインターネット VPN 回線があり、主として観測データを交換している。通信手順は両回線とも旧式であり、現在の GTS 標

準となっている WMO-FTP 手順へのアップグレードが急務となっている。

カテゴリー：1 (Basic)

(6) 情報提供

NCHM は、気象・洪水予警報を発出し、防災局 (DDM) やメディア等に発信する。DDM は、NCHM から受けた洪水予警報を、県庁 (県防災担当官 DDMO) に伝達する。ブータン国唯一の放送局であるブータン国営放送局 (BBS) では、天気予報が放送されるが、静止画像とアナウンサーの予報文の読み上げによる解説であり、動的な天気予報解説はない。

カテゴリー：1 (Basic)

(7) データ管理

20 の地方に一つずつ配置されているクラス A 観測地点では訓練を受けた気象技術者が定期的に運用監視・日別の記録を行っている。予報官による一次チェックと気候課による二次チェックが行われている。有人観測地点の測器、周辺環境、検定歴等のメタデータが維持されている。観測原簿は本庁に送られてエクセルに保存されるとともに文書化。その後 Climsoft データベースに保管されている。1996 年以降の観測データ (降水量、気温、湿度、風) はデジタル化されている。

カテゴリー：2 (Essential)

(8) 組織及び人材育成

水文気象に関する法的な枠組みは整備されておらず、洪水対策および予警報にかかる法律、国家政策、計画及び組織体制は存在しない。「気象・水・気候サービスの近代化 ―ブータンのロードマップ (2015 年)」に短期 (1～2 年)・中期 (3～5 年)・長期 (5 年～) それぞれの気象・水・気候サービスの近代化に向けたロードマップが示されている。NCHM の中長期計画 (Strategic Plan) は策定されていない。

職員は国内外の会議・研修に参加する機会がある。また、外国に留学にする機会もある。

カテゴリー：2 (Essential)

(9) 支援策 (案) の分析

NCHM の業務を、現状のランクから一段階引き上げるためには以下の支援策が必要である。

現在実施中の JICA の技術協力プロジェクト「ティンブー川・パロ川防災事前準備・対応のための気象観測予報・洪水警報能力強化プログラム」を通じて、観測、予警報、通信分野の全般的な底上げを図る必要がある。レーダーについては、設置場所の調査が行われているが、具体策は決まっていない。もし、レーダーが設置される場合は、その有効利用策について支援する必要がある。地方官署の観測員を含む NCHM 職員に対する更なる教育・研修が必要である。

V.2.3 カンボジア (DOM)

DOM の気象業務の発展度合いを分野ごとに以下のとおり評価した。

(1) 地上気象観測・高層気象観測・測器校正

25 の州で有人の地上観測が行われているが、SYNOP 報は通報されていない。86 箇所でも AWS による観測が行われている。維持管理の技術者が 2～3 人しかおらず、活動に制約がある。

高層気象観測は実施されていない。

気象測器の校正は、定期的には行われておらず、測器が故障したときのみ実施する。

カテゴリー：1 (Basic)

(2) 気象レーダー観測

自国の予算で導入した S バンドの気象レーダーを 1 基 2011 年から運用している（観測エリアは最大 450km）。プロダクトは、反射強度 CAPPI、SRI (Surface Rain Intensity: mm/h)、24 時間積算雨量などであり、QPE も実施している。レーダーの保守は業者に委託しているが、そのコストが DOM の年間予算に大きな比重を占めている。また、レーダーデータの利用、レーダーの維持・管理を行う人材不足が深刻である。

カテゴリー：1 (Basic)

(3) 実況監視

ひまわりキャストによりひまわり 8 号のデータを受信し、SATAID を活用している。

カテゴリー：1 (Basic)

(4) 予報作成

天気予報は、前の予報の期間内に 1 日 3 回（8 時間ごと）更新されるが発表は 1 日 1 回（午前 10 時 30 分）のみ。

予報の種類は、中期予報（毎日発表）季節、3 日単位、週単位、または地域の流域規模での影響に応じた気象状況に応じた予報。

データ解析、データ処理、予報作成には、2012 年に Meteo France International (MFI) が MOWRAM の近代化プロジェクトの一環として導入した気象解析・予報システム Synergie システムを使用している。

カテゴリー：2 (Essential)

(5) 通信

GTS 接続としてはプノンペン～バンコク間インターネット VPN 回線で主として観測データを交換し、WIS Part B 接続として GISC 東京から各種プロダクトを適宜取得している。二進形式のデータ交換は未整備な点も多い。

カテゴリー：1 (Basic)

(6) 情報提供

災害発生時には、各観測所からのデータをもとに、DOM や水文・河川工事が早期予警報を発し、全国災害委員会に伝達するとともに、メディアを通して住民に予警報情報を伝えている。

気象予報に関する住民の意識啓発や教育が不十分で、住民は「自分の家が被害を受けるのか？」「自分が逃げなければならないのか？」といったことがわからず、2011 年の洪水の際には、鉄砲水を経験したことがなかったため、多くの住民が被害を受けた。⁸⁷

カテゴリー：1 (Basic)

(7) データ管理

日・月・年平均等の統計値は算出されている。観測データの品質管理は行われていない。アーカイブ・デジタル化は行われていない。

カテゴリー：1 (Basic)

(8) 組織及び人材育成

DOM は短期計画として、「Yearly Arrangement and Spending Plan」を策定しているが、中長期計画の

情報は入手できなかった。

DOM に人材育成計画が整備されていない。気象に係るセミナーや短期の研修を実施しているが、定期的な開催やコースはない。海外のファンドによる研修や留学コースを利用して、海外での技術研修を行っている。国内には気象学を学べる大学はない。

カテゴリー：1 (Basic)

(9) 支援策(案)の分析

DOM の業務を、現状のランクから一段階引き上げるためには以下の支援策が必要である。

観測機器、特に、レーダーのデータ利用、レーダーの運用保守をできる人材の育成が急務である。予警報の作成能力の向上をはかるとともに、防災機関をはじめとする部外機関への情報提供の強化を図る必要がある。

V.2.4 フィジー (FMS)

FMS の気象業務の発展度合いを分野ごとに以下のとおり評価した。

(1) 地上気象観測・高層気象観測・測器校正

32 箇所で有人観測が行われ、そのうち 15 箇所は SYNOP 報として通報されている。45 箇所で AWS による観測が行われている。荒天時に GPRS による通信の信頼度が低くなる問題や、周囲を海に囲まれている環境のため腐食が進行する問題がある。10 箇所の AWS データが SYNOP 報として 3 時間毎に GTS で通報されている。METAR は 1 時間ごとに GTS で通報されている。

National Weather Forecasting Centre において、データ伝送前後に品質管理を行っている。全ての屋外観測測器について、定期的（年、半年）に校正および検証を行っている。

GPS ゾンデによる高層観測が 1 地点（ナンディ）で 1 日 1 回行われている。

ウインドプロファイラは、2015 年に日本の ODA で設置された。高度 8km までの観測が可能である。

2015 年に JICA により供与された校正測器により、気圧計（デジタルアネロイド）、温度計、湿度計について定期的に校正を実施している。雨量計、日射計、風向風速計の校正は行われていない。トレーサビリティ確保のために、測器はオーストラリアの RIC メルボルンに毎年送られている。AWS の校正は、校正室で気圧計、温度計、湿度計について実施している。

カテゴリー：3 (Full)

(2) 気象レーダー観測

現在、3 基のドップラーレーダーが稼働している。10 分間隔で CAPPI プロダクトを生成し、毎時 6 つの CAPPI が降水プロダクトとして統合される。

カテゴリー：3 (Full)

(3) 実況監視

地上・高層天気図、衛星雲画像、レーダー及びウインドプロファイラのデータを利用している。各種天気図は、観測データのプロットは機械で行うが、等値線の描画は予報官が行う。地上天気図は 6 時間ごとに解析され、高層天気図の解析は 1 日 2 回行われる

カテゴリー：3 (Full)

(4) 予報作成

すべての予報は1日4回発表される。注意報は6時間毎、警報は3時間毎に発表される。

Visual Weather (IBL)、SmartMet、Messir Vision、McIDAS、及び BoM の Australian Integrated Forecast System (AIFS) の各システムが整備されている。このうち予報作業の中核となっているのは AIFS である。SmartMet や Messir Vision、McIDAS は雲画像表示の補助など極めて限定的な目的にしか利用されていない。SATAID はインターネットの通信速度の関係で、時々活用する程度である。

カテゴリー：3 (Full)

(5) 通信

GTS 接続としてはナンディ〜メルボルン間インターネット VPN 回線、航空向け気象データ交換用のワシントンとの AFTN/GTS 共用回線により運用上必要な気象データを確保している。また、GISC メルボルン、GISC 東京との WIS Part B 接続で必要な各種プロダクトを適宜取得している。システム的には BUFR 対応しているが、BUFR テーブル更新等が行われておらず、運用・利用出来ない新規 BUFR データがある。

カテゴリー：3 (Full)

(6) 情報提供

気象局は気象情報（予警報を含む）を政府・地方機関、メディア、民間に電子メール、FAX、電話、FMS ウェブサイトで伝達してる。

カテゴリー：3 (Full)

(7) データ管理

気象観測データの QC を手動で行い、チェック後のデータをデータベースに保存している。FMS は、2015 年以来データアーカイブ・データレスキュー活動を行っている。この中で、紙ベースのデータはスキャン・アーカイブされ、また電子化されていないデータにはキー付けが行われている。

カテゴリー：3 (Full)

(8) 組織及び人材育成

気象水文業務法は立案されたが成立には至っていない。The FMS Strategic Plan 2021-2024 を策定中である。また、Implementation plan for the FMS Strategic Plan 2021-2024 (2021) も併せて策定中である。

JICA 支援により、FMS では大洋州諸国を対象に第三国研修による人材育成を実施している。

奨学金制度を活用して、予報官候補者を、オーストラリアまたはニュージーランドの大学院で学ばせている。留学後は、FMS の予報現業で約3か月間の OJT を受ける。

国内に気象学に特化した学位のコースを持つ大学はない。

カテゴリー：3 (Full)

(9) 支援策（案）の分析

FMS の業務を、現状のランクから一段階引き上げるためには以下の支援策が必要である。

これまでのわが国や他のドナーの支援により FMS の業務遂行能力は向上しており、周辺国に対する予報・情報の提供も行っている。荒天時の国内のデータ集信の改善を図るとともに、関係機関への予警報・情報を向上させる必要がある。インパクトベースの予警報の導入を支援する必要がある。また、FMS が計画している WMO の地区測器センター設立に向けての動きを支援する必要がある。また、併せて、フィジーを核とした周辺国の NMSs の能力向上も視野にいれる必要がある。

V.2.5 インドネシア (BMKG)

BMKG の気象業務の発展度合いを分野ごとに以下のとおり評価した。

(1) 地上気象観測・高層気象観測・測器校正

120 箇所の SYNOP、航空、海洋観測所と、22 箇所の気候観測所、約 1000 箇所の AWS 及び AWOS と約 5500 箇所の雨量観測所があるが、内陸や海域での観測密度は低い。

有人観測から自動観測への移行はまだ決定されていないが、手動と自動の比較観測を行っている。高層観測について、地方では水素ガスの調達が困難なため、観測頻度を減らすことがある。

SYNOP データを本局へ送信する際の通信障害や、AWS の交換部品などのハードウェアや地方との通信に起因する障害が多い。

測器の校正機材は限られており、可搬型の AWS を用いた校正が、現地サイトで行われている。

ウインドプロファイラ観測が 4 地点で行われていたが、現在稼働中なのは一カ所でのみ。

カテゴリー：3 (Full)

(2) 気象レーダー観測

現在気象レーダー42 基を運用 (C バンド 37 基、X バンド 4 基)、そのうち 34 基が BMKG 本局と接続されている。地形の影響により C バンドレーダーでは観測できない地域については、X バンドレーダーを採用している。通信の問題で 8 基のデータは入手できず未統合。

独自に開発したレーダーデータ処理ソフトで合成。また、国土全体をカバーする雨量計ネットワークが不十分なため雨量計データに基づく QPE は未整備で、Z-R 関係式を使用して QPE を生成している。TITAN および STEPS アルゴリズムを使用した QPF も実施され、衛星雲画像とレーダー画像との合成も実施済み。

受信装置等の部品入手に時間を要したことはあるが、ほとんどの気象レーダーは適切に機能している。一方、設置後 3 年で故障し、運用停止中の固体素子レーダーもある。

カテゴリー：3 (Full)

(3) 実況監視

国土全体をカバーする雨量計ネットワークが不十分なため雨量計データに基づく QPE は未整備であり、Z-R 関係式を使用して QPE を生成している。BMKG では、ひまわり画像と GSM 850 hPa 風との合成図を作成するとともに、水蒸気画像及び RGB 画像を作成して実況監視に活用している。洪水や雷雨の解析に SATAID を使用しているが、SATAID では画像作成作業を自動化できないので時折の使用にとどまっている。

カテゴリー：3 (Full)

(4) 予報作成

BMKG では、7 日先までのナウキャストスケールの天気予報、週間予報、10 日先までの予報、月間予報、季節予報を定期的に発表している。予報要素は、雨量、温度と湿度、風速と風向などである。

2018 年から実施されている洪水の影響に着目した Impact-Based Forecasting (IBF) を開始しているが技術は開発途上と思われる。

降水、雷、洪水、高波等の警報を発表しているが、警報基準は全国 (34 州) で同じとなっており、災害発生ポテンシャルを示すものとなっていない。

カテゴリー：3（Full）

(5) 通信

主としてメルボルンから全球の観測データや各種プロダクトを取得している。その他、インターネット経由で UKMO からの NWP プロダクト取得をルーチン的にやっている。

自国予算により MFI との総合的な近代化計画を進め、2015 年から MFI 製の WIS/GTS システム（TRANSMET-AMSS）が稼働している。CAP（Common Alert Protocol）促進に積極的で、WIS/GTS 及び国際の情報配信にも CAP 導入を進めている。

BUFR 化は測器の更新を含めて完全対応を進めている。

カテゴリー：3（Full）

(6) 情報提供

BMKG は、気象・地震・津波情報を観測、管理、解析し、早期警戒情報を発出している。

気象・地震・津波に係る情報伝達手段の一つである SMS は、BMKG 本部、地方 BMKG 官署及び BPBD（地方防災局）の SMS サーバーからの送信処理能力が低く、災害時にはアクセスが集中するため、伝達の遅延が発生する。また、防災関連省庁間の連携が弱く、地方防災局の災害情報入手・活用能力、住民への伝達能力、避難指示を出す能力が不足しており、防災担当者や住民の間でしばしば混乱が生じている。

観測データが十分ではないため、災害履歴に基づく判断ができていない。このため予警報システムから発表される災害情報の精度が十分ではない。

カテゴリー：2（Essential）

(7) データ管理

2018 年の時点で、120 の気象観測地点、27 の気候観測地点、1053 の AWS からのデータを収集している。受信したデータは、正常値の範囲内か、一貫性は保たれているか、時間変化が現実的か等の観点から自動的に品質チェックが行われるとともに、職員による目視の品質チェックが行われている。

カテゴリー：4（Advanced）

(8) 組織及び人材育成

BMKG は法の規定により、気象・気候情報の国民への提供に責任を有している。また、中期・長期計画を策定し、計画的に業務の発展を図っている。

研修機関、研修コース、トレーニングセンターを有するほか、ウェブベースで職員が学べる継続的な技術研修のコースの準備、実施を行っている

フェローシッププログラムや自国の奨学金などで、職員が留学し修士・博士コースを取得している。

カテゴリー：4（Advanced）

(9) 支援策（案）の分析

BMKG の業務を、現状のランクから一段階引き上げるためには以下の支援策が必要である。

BMKG は、ハードウェアの整備についてはおおむね自力でできる能力をつけているが、継続的な観測を可能とする機器運用技術の移転が希望されている。

BMKG では IBF を目指しているが、量的予報、レベル閾値の基盤整備がまず必要である。そのため、AWS の拡充による地上観測データの高度化、過去の災害データの収集支援を行う必要がある。

能力向上のため、留学生として職員の受け入れと学位取得の支援、技術開発につながる共同研究の実施を推進する必要がある。

SATAID の使い勝手が良くなく、十分に活用されていないことから、ユーザーニーズを踏まえて SATAID の開発を推進する必要がある。

V.2.6 ラオス (DMH)

DMH の気象業務の発展度合いを分野ごとに以下のとおり評価した。

(1) 地上気象観測・高層気象観測・測器校正

有人観測は 22 箇所で行われ、観測データは 3 時間毎に電話や短波通信で聞き取り、ノートに記入している。

日本から 18 台の AWS が供与され、SMS でデータ送信されているが、有人観測の SYNOP と AWS の観測値が異なることがあるなど、AWS の精度評価は不十分。

高層観測は行われていない。

各気象測器の校正は、2～3 年に 1 回 RIC-Tsukuba にて実施。AWS の校正は行われていない。

カテゴリー：1 (Basic)

(2) 気象レーダー観測

2006 年にビエンチャンの DMH 本部に JICA より C バンドドップラーレーダーが設置された。12 年運用した後、アンテナ制御装置の一部が故障し、2017 年後半から停止している。ラオスは日本に修理を依頼したが、その後の進展はない。

カテゴリー：1 (Basic)

(3) 実況監視

DMH では、ひまわりキャスト受信装置及びひまわりクラウド受信設備を JICA 及び気象庁の支援で整備し、HimawariCast アンテナ設置と Cloud 登録を行った。このほか COMS-1 及び CMACast の地上受信施設を保有している。

気象レーダーはなく、QPE は行われていない。

カテゴリー：1 (Basic)

(4) 予報作成

DMH で数値モデルは運用していない。予報には Synergie が導入されており、ECMWF の数値予報プロダクトが利用されているほか、気象庁-GSM、KMA、CMA、香港天文台、RFSC ハノイの予測プロダクトを使用している。

DMH は台風、強風、暴風等の警報を発表している。

カテゴリー：2 (Essential)

(5) 通信

GTS 接続としてはビエンチャン～バンコク間 64kbps 専用回線があり、主に観測データを受信しているが、ECMWF や気象庁の数値予報プロダクトの受信を要望しており、128kbps への増速を検討している。

国内通信では、地方局ではインターネットの利用ができない。一部の地方局は WAN にて接続されている。IT 担当者は地方局の接続速度に関して、満足していない。

既存 WIS/GTS-MSS の保守支援体制が確立されておらず、ソフトウェアが WMO 技術規則の改訂に対応出来ていない。TAC 電文廃止の暫定対策は実施しているが、恒久的な対策として BUFR 対応が課題。

カテゴリー：1 (Basic)

(6) 情報提供

NDMO が地方の災害管理委員会に情報伝達を行い、一般住民への警報に関する情報は、マスメディア、ウェブサイト、拡声器を用いた口頭伝達により伝えられる仕組みとなっている。

伝達手段として、ラジオが最大の手段となっている。テレビはカバー範囲の面で完全ではない。インターネット網はほとんどの都市部で利用可能となっている。

洪水や渇水、サイクロンなどの早期警報は DMH によって NDMO や関係機関、マスメディアにファックスや電子メールで伝達される。

DMH は気象・水文業務に加え、地震の観測および早期警戒システムを運用しているが、土砂災害のモニタリングや早期警戒システムにかかる活動は実施していない。

カテゴリー：1 (Basic)

(7) データ管理

自動統計処理シート（エクセル）を用いて、気象観測所 6 か所のデータ統計及び観測データの QC を実施している。JICA 長期専門家により、2002 年に全土の日降水量のデータベースが作成されている。データレスキューの現状については不明。

カテゴリー：1 (Basic)

(8) 組織及び人材育成

気象及び水文に関する法律により、DMH が気象業務の担当機関であることが示されている。中長期計画については不明。

ラオス国立大学で水文気象の学位を取得可能である。職員は JICA 課題別研修等の研修に参加している。

カテゴリー：1 (Basic)

(9) 支援策（案）の分析

DMH の観測業務を、現状のランクから一段階引き上げるためには以下の支援策が必要である。

DMH の観測・予報能力は全般的に脆弱であり、気象レーダー、衛星画像受信設備、通信網等の基礎的な基盤設備の整備が急務である。その際、故障修理への対応等長期的なサポートを支援プロジェクトに含む必要がある。また、それらの技術を活用した解析・予報技術向上のための職員研修が必須である。

V.2.7 モンゴル (NAMEM)

NAMEM の気象業務の発展度合いを分野ごとに以下のとおり評価した。

(1) 地上気象観測・高層気象観測・測器校正

318 箇所有人の気象観測を行っており（137 箇所の Station+181 箇所の Post）、有人観測所では 3 時間毎の観測を行っている。137 箇所の Station の 98%で AWS が使われ、181 箇所の Post の 28%で AWS が使われている。2024 年までに、新たに約 140 台の AWS を展開予定である。

GPS ゾンデによる観測が4地点で行われている（ウランバートル、ムルン、ウランゴム、ダランザドガド）。

気圧・気温・湿度・日射量について校正が行われている。雨量計・風向風速計の校正は行われていない。各県にキャリブレーション担当のスタッフを配置している。

カテゴリー：3（Full）

(2) 気象レーダー観測

2000年に我が国のODAでチンギスハーン国際空港近くに気象レーダー1基が設置された。レーダーデータは、NAMEMの本部と航空気象センターで使用されている。このほか4台のモバイルレーダーがある。レーダーデータを用いて20以上のプロダクトを作成している。

カテゴリー：2（Essential）

(3) 実況監視

NAMEMは、雲の監視のために、Himawari 8/9, FY4/2 を利用している。積雪域・森林火災、植生、雲の監視のために NOAA, Terra/Aqua を使用している。

カテゴリー：3（Full）

(4) 予報作成

NAMEMが発表している予報は以下のとおりである。

短期予報：6時間予報、12時間予報、1日予報

中期予報：5日予報、7日予報

長期予報：1か月予報、季節予報

カテゴリー：2（Essential）

(5) 通信

GTS接続としてはウランバートル～ノボシビルスク、ウランバートル～北京の2回線。WISについては、GISC北京及びGISCモスクワの接続はあるが、主としてGISC東京からルーチ的にデータを取得している。BUFR化は未対応部分が多い

カテゴリー：2（Essential）

(6) 情報提供

モンゴル国における国家レベルの防災活動を担う機関は、モンゴル国国家非常事態庁（NEMA）である。NAMEMが全災害の予警報を発出し、NEMAがその情報の伝達の役割を担うこととなっている。

カテゴリー：2（Essential）

(7) データ管理

1936年の統計開始以来の観測データを収集している。予報官による一次チェックと気候課によるアーカイブ前の二次チェックを実施している。測器、周辺環境、検定歴等のメタデータが維持されている。韓国の支援によりデジタル化を実施中で、1961～2010年のデータデジタル化（全体の約36%）が完了している。

カテゴリー：3（Full）

(8) 組織及び人材育成

1997年に水文環境モニタリング法が制定され、NAMEMや関係機関の役割が規定されている。ま

た、Strategic Plan for 2021-2024（NAMEM）が策定されている

気象局内で職員に対する研修を行っている。自国、WMO などの奨学金で、海外の大学での修士・博士コースを習得している。韓国釜山大学と MOU を結んでおり共同研究、学位取得などを行っている。

カテゴリー：3（Full）

(9) 支援策（案）の分析

NAMEM の業務を、現状のランクから一段階引き上げるためには以下の支援策が必要である。

自国の資金でレーダーの設置が検討されていることから、そのデータを用いたプロダクトの作成を支援する必要がある。またひまわりデータのさらなる活用方法について支援する必要がある。国際通信システムの更新が必要である。NAMEM に対しては、特定項目に絞った支援を行うとともに、共同研究を行う可能性を探る必要がある。

V.2.8 ミャンマー（DMH）

DMH の気象業務の発展度合いを分野ごとに以下のとおり評価した。

(1) 地上気象観測・高層気象観測・測器校正

有人観測として、約 140 箇所の雨量通報地点、約 35 箇所の SYNOP 観測所があり、6 時間おきに観測情報が収集されている。データ収集には、SSB 無線が用いられている。

AWS は JICA から 30 台、KMA から 40 台導入され、本局に集約されている。観測データの品質管理は行われていない。

ラジオゾンデ観測地点は 1 地点あるが、水素発生器が稼働していないため観測は実施できていない。

観測機器の保守は本部で行い、数年ごとに現地調査を行い「認定証」を作成しているが、トレーサビリティは確保できていない。

カテゴリー：1（Basic）

(2) 気象レーダー観測

日本の無償資金協力により S バンド固体化ドップラーレーダー3 台（ヤンゴン、マンダレー、チャウピュー）が 2018 年に導入された。3 か所のレーダーサイトから DMH 本局（ネピドー）に VSAT 経由で送られ、本局の気象予報官がミャンマー全国の気象予報を発表する。レーダーデータは 15 分ごとに更新している。

カテゴリー：2（Essential）

(3) 実況監視

気象レーダーについて、DMH の予報現業では雨量分布のみを利用し、エコー頂高度や VIL などのプロダクトの利用はない。雨量の定量化（QPE）の実施、ナウキャスト、定量的な雨量値による予警報発表などは今後の課題である。

2010 年に JICA の供与によりひまわりキャスト受信装置が DMH に設置されているが、現状は不明である。

カテゴリー：1（Basic）

(4) 予報作成

DMH では、24 時間予報や 10 日予報を発表している。

数値予報は、ノルウェーの協力で整備された WRF モデル（DMH 内のサーバー室で稼働）の出力、インド気象局の IMD モデル、タイ気象局の TMD-WRF モデル、及び各国の数値予報資料等を用いている。サイクロンの進路、降水量等は気象庁、GFS、ECMWF、IMD、TMD 等の各モデルを比較し検討している。

警報として、ストーム警報、大雨警報等が発表されている。

カテゴリー：2（Essential）

(5) 通信

GTS 接続としてはネピドー～バンコク間（WMO-FTP 手順へのアップグレード済み）、ネピドー～ニューデリー間（旧式の TCP Socket 手順のまま）を VPN インターネット回線で接続している。

不安定な電源状況による UPS の故障、HDD の障害が年に数回発生しており、通信機器が不安定な状態である。

BUFR 化の準備は完了しているが観測装置側の問題等で BUFR による GTS 通報への完全移行はされていない。

カテゴリー：1（Basic）

(6) 情報提供

警報は、FAX や電話を通して伝達されるが、伝送は不安定で受領確認もあまり行われていない。電話に依存した音声による伝達システムに頼っている。

メディアを通して情報伝達が図られているが、DMH からテレビ局までは、撮影したビデオをバイクで運んでおり、タイムリーな情報伝達できていない。

カテゴリー：1（Basic）

(7) データ管理

DMH の気候セクションで降水量、最高・最低気温、風向風速、気圧等の気候データを 1965 年から 37 地点について保有しているとされるが詳細は不明である。

データの品質管理、メタデータの管理については、ヤンゴンの気候部が担当しアーカイブを行っているが、確立されたアーカイブ・品質管理には至っていない。

カテゴリー：2（Essential）

(8) 組織及び人材育成

気象業務規則については不明である。また、国の気象システムの改良のための中長期計画が 2015 年に策定されたとされるが実施状況は不明である。

ミャンマーに気象学を扱う大学はない。DMH の人材育成については、中国などへのマスターコースへの留学が行われているが、組織的な留学生の派遣、プロモーションには至っていない。

潜在能力の高い職員は多く、人材育成が、同国の気象防災業務を高度化する上で、重要なカギとなっている。

カテゴリー：2（Essential）

(9) 支援策（案）の分析

DMH の観測業務を、現状のランクから一段階引き上げるためには以下の支援策が必要である。

DMH の観測・予報能力は全般的に脆弱であり、地上気象観測、衛星画像受信設備、通信網等の基礎的な基盤設備の整備が急務である。その際、故障修理への対応等長期的なサポートを支援プロジェクトに含む必要がある。また、それらの技術を活用した解析・予報技術向上のための職員研修が必須である。

V.2.9 ネパール (DHM)

DHM の気象業務の発展度合いを分野ごとに以下のとおり評価した。

(1) 地上気象観測・高層気象観測・測器校正

9 箇所で総観気象観測が行われている他、337 箇所で雨量観測、68 箇所で気候観測、22 箇所で農業気象観測が行われている。SYNOP 地点のうち、一日三回 (15, 18, 21UTC) 観測を行っているのはカトマンズ国際空港のみで、他の地点は日中 (00 から 12UTC) のみ観測を行っている。

AWS の現状についての情報は無いが、今後 30 箇所以上に AWS とテレメトリーシステムを導入する計画がある。

観測データの品質管理について情報は得られていないが、十分な品質管理は行われていないと考えられる。

高層気象観測として、大学から 1 日 1 回放球されているが、観測データは GTS には通報されていない。

カテゴリー：1 (Basic)

(2) 気象レーダー観測

国内一カ所に気象レーダーが設置されているが国土の約 1/3 をカバーするのみ。気象レーダーを 3 基体制とする計画が進められている。

カテゴリー：1 (Basic)

(3) 実況監視

QPE は実施されていない。ひまわりキャスト受信システムが 2016 年に設置され予報現場では SATAID が使用されている。

カテゴリー：2 (Essential)

(4) 予報作成

現地時間の 6 時と 18 時に 24 時間予報を発表している。6 時の予報では今日、今夜を、18 時の予報では今夜と明日日中の予報をそれぞれ発表している。

予報では、全国の予報 (概況) と国内 12 都市の City Forecast を発表している。予報の作成に当たっては WRF-EMS を運用し、支援システムとして SmartMet を使用している。

カテゴリー：3 (Full)

(5) 通信

GTS 接続としてはカトマンズ～ニューデリー間インターネット回線が運用されているが、交換データ量はごく僅か。送信は SYNOP 電文のみ。

AWS データのストレージまでの転送の自動化は全体のうち 50% から 60% となっている。

地方局ではインターネットの利用ができない。また、一部の地方局は WAN にて接続されている。一方で IT 担当者は地方局の接続速度に関して満足していない。

観測データのデータベース化が計画されている。WEB ポータルサイト、一般市民、航空事業者向けのモバイルアプリを開発している。

カテゴリー：2 (Essential)

(6) 情報提供

DHM は自治省や関連機関と連携しながら、Web サイトや電話、SMS、FM ラジオなど様々な手段を用いて予警報情報の伝達を行う。様々な関係者を巻き込んで情報の共有が図られているが、連携は不足しており、それぞれの役割が明確にはなっていない。

カテゴリー：2 (Essential)

(7) データ管理

20 地点において、降水量は 1940 年以降、気温（平均・最高・最低）は 1953 年以降統計を実施。統計はスプレッドシートやデータベースソフトウェアで計算している。統計期間すべてについてデジタル化が完了している。

露場や測器周辺の環境についてのメタデータは維持されていない。

カテゴリー：3 (Full)

(8) 組織及び人材育成

洪水予警報に係る標準業務規則（SOP）では、洪水予警報に係る業務とフロー、関連機関の担当・責任が示されている。モニタリング、リスク評価、予警報の伝達、能力向上、関連機関との調整の分野ごとに DHM の責任業務が定められている。

中長期計画及び人材育成の取り組みについては明らかでない。

カテゴリー：1 (Basic)

(9) 支援策（案）の分析

DHM の観測業務を、現状のランクから一段階引き上げるためには以下の支援策が必要である。

DHM の観測能力は脆弱であり、降雨分布を知るために気象レーダーの全国展開など基礎的な観測基盤施設の整備が急務である。

また、GLOF への対応のためにも山岳地帯の降雨分布の把握は重要と考えられ、少なくとも AWS の 1 時間値の統計値が作成できる必要がある。

数値予報モデルを運用評価する力量はあるが、航空機観測データやレーダーのドップラーデータなど、非定時の連続的なデータが同化できるような観測の基盤整備をまず行う必要がある。

また、人材育成の体制については不明であるが、現状を把握の上、持続的に気象業務を実施するための人材育成に取り組む必要がある。

V.2.10 パキスタン（PMD）

PMD の気象業務の発展度合いを分野ごとに以下のとおり評価した。

(1) 地上気象観測・高層気象観測・測器校正

100 箇所で AWS による観測が、また、291 箇所で通常の雨量観測が行われている。現在 JICS の経済社会開発計画の中で、46 箇所のハイブリッド気象観測所（hybrid weather station）のネットワークを構築中である。WMO プロジェクト（Pakistan Hydromet and Climate Services Project）でも、300 箇所の AWS ネットワークを現在構築中である。

ラジオゾンデによる観測は行われていない。ウインドプロファイラがイスラマバードの本局内に1台設置されており、データをGTS回線に配信することになっているが、まだ実施されていない。

気象測器の校正は、温度計、気圧計、湿度計については2～3年に1回行われている。ほか、雨量計、日射計、風向風速計については、測器故障の際に行われている。

カテゴリー：2 (Essential)

(2) 気象レーダー観測

現在、7つの気象レーダー（Sバンド4基、Cバンド3基）が稼働中である。さらに、日本のODAにより2基のSバンドレーダーが設置予定である。

カテゴリー：2 (Essential)

(3) 実況監視

静止気象衛星としてはGOES (USA)、FY-2G (China)、METEOSAT (EUMETSAT) を使用している。極軌道衛星としては、NOAA (USA) を使用している。

カテゴリー：2 (Essential)

(4) 予報作成

イスラマバードにある国立気象予報センター (NWFC) が気象関連の予報の責任を負っており、三交代制でパキスタン全土に24時間体制で予報サービスを提供している

カテゴリー：2 (Essential)

(5) 通信

GTS 接続としては、イスラマバード～ニューデリー、イスラマバード～テヘラン、イスラマバード～北京間のインターネット回線がある。2019年にJICA支援によるGTS-MSS及びWISシステムが稼働。同時にGTS拠点がカラチからイスラマバードに移転。BUFR化は未対応部分が多い

カテゴリー：2 (Essential)

(6) 情報提供

サイクロン、豪雨、洪水、地震などの現象に対しては、PMDが早期予警報を発出し、NDMA等の関係機関・メディアを通して、住民への情報伝達が実施される。

PMDとNDMAの連携はあまり取れていなかったが、早期予警報システムは機能しつつあると各援助機関から指摘されている。

カテゴリー：2 (Essential)

(7) データ管理

海面気圧、降水量、気温については、日、月、年別の統計を実施している。データの品質については気候センターにおいてチェックが行われている。主なメタデータは管理されているが、露場の周辺環境及び日照計の位置については管理されていない。データのデジタル化は行われているとされているが詳細は不明である。

カテゴリー：2 (Essential)

(8) 組織及び人材育成

気象業務法及び中長期計画に関する情報は入手できなかった。

PMD内のInstitute of Meteorology and Geophysics (IMG)で職員の研修を行っている。また、国内外の機関の職員の教育・研修も行っている。

カテゴリー：2 (Essential)

(9) 支援策（案）の分析

PMD の業務を、現状のランクから一段階引き上げるためには以下の支援策が必要である。

PMD に対しては我が国をはじめ他のドナーが支援を行ってきているが、供与された機器を用いた解析・予警報、防災機関等に対する情報提供サービスの向上が十分とは言えない。今後は、ハードよりもソフトに重点を置いた支援を行う必要がある。

V.2.11 フィリピン (PAGASA)

PAGASA の気象業務の発展度合いを分野ごとに以下のとおり評価した。

(1) 地上気象観測・高層気象観測・測器校正

58 箇所で総観気象観測が行われており、そのうち 27 箇所が WMO に登録されている。また 73 箇所で AWS 観測が行われている。

観測データの品質管理として、PAGASA Unified Meteorological Information System 中のモジュールを使い、観測データの品質管理を行っている。主なメタデータは管理されているが、露場の周辺環境や日照計の位置等についてのメタデータは管理されていない。

ラジオゾンデ観測は 6 地点で行われている (GPS ゾンデ、1 日 2 回)。水素ガスは業者から購入するかまたはサイトで生成しているが、サイトの発生装置の老朽化によりガスの生成効率が低い。

RIC-Manila を運用し、風洞まで備えている。3 箇所の Local Instrument Centers が整備中であるが、人材不足等により、地方の観測サイトの測器校正までカバーできていない。

カテゴリー：4 (Advanced)

(2) 気象レーダー観測

国内に 16 台のドップラー気象レーダーを設置しており、今後 20 台に増やす予定。そのほか 2 台の固定 X バンドレーダーが配備されている。

カテゴリー：4 (Advanced)

(3) 実況監視

AWS のデータが脆弱なため、精度の高い QPE は行えていない。

PAGASA はひまわりキャストをはじめとする多くの気象衛星受信施設を所有し、実況監視に活用している。現在実施中の技術協力プロジェクトで、SATAID にレーダー観測から得られた降水量分布や衛星観測による降水分布データを重畳する技術開発を行うとともに、Dvorak 法をはじめとする衛星画像解析技術の移転を行っている。

カテゴリー：3 (Full)

(4) 予報作成

PAGASA では、短時間予報から週間予報までを、気象庁 GSM や独自に実行する WRF を活用して発表している。

予報作業支援のため、ガイダンスや持続予報を予報官の判断で修正するツールを自主開発している。

台風関連の警報のほか、大雨及び短時間強雨についての注警報を発表している。

今後 IBF の発表を行いたいとの意向を持っているが、気象現象と災害との対応の調査が今後の課

題。

カテゴリー：3 (Full)

(5) 通信

GTS 接続としてはマニラ～東京回線、WIS 接続としてはマニラ～GISC 東京、マニラ～GISC メルボルンが運用利用されている。

BUFR に完全対応するため自国予算で 2011 年に機器を更新し、現在は送受信情報の BUFR 対応が完了している。

地方官署と PAGASA 本部との情報交換は主としてインターネット経由で行われるが、帯域不足によりデータ遅延が見られる。

カテゴリー：2 (Essential)

(6) 情報提供

PAGASA が発表する予報警報情報は、ウェブサイト、電子メール、FAX、SMS、電話など複数の手段を用いて住民に伝達されるが、メッセージが届くまでに時間がかかる。

PAGASA が発表する予警報を住民の避難などの具体的な行動内容を決定するのは、地域災害リスク削減管理評議会を通じて情報を受信する地方政府 (LGU) と規定されている。

カテゴリー：3 (Full)

(7) データ管理

1948 年以来、海面気圧及び湿度は日別、降水量、気温は日、5 日、10 日、月、年別の統計を作成し、統計開始からの統計結果を紙媒体、気象機関のウェブサイト、CD-ROM 等で公表している。

データの管理として、予報官による一次チェックと気候課によるアーカイブ前の二次チェックが行われている。データ管理の自動化についての詳細は不明である。

PAGASA はデータのデジタル化は行われているとしているが詳細は不明である。

カテゴリー：3 (Full)

(8) 組織及び人材育成

1972 年、1977 年の大統領令により、PAGASA が気象、洪水とそれ以外に国民の安全、健康と国家経済に影響を与える気候事象の観測と予報の責任機関として位置づけられた。また、PAGASA は戦略計画を策定し 2022 年までの 5 年間で達成すべき近代化目標に向けた取り組みを行っている。

フィリピン国内の複数の大学では気象学教育が行われている。また、フィリピンには気象学会があり、研究活動が行われている。

PAGASA では、技術職員向けに毎年 10 の研修コースを実施しており、管理職向けのコースもある。また、海外の気象局メンバーに WMO の奨学プログラムを用いた留学コースを提供している。また、PAGASA 職員が海外の大学の修士課程などで年に数名程度修士を取得している。

カテゴリー：4 (Advanced)

(9) 支援策（案）の分析

PAGASA の観測業務を、現状のランクから一段階引き上げるためには以下の支援策が必要である。

PAGASA は、ハードウェアの整備についてはおおむね自力でできる能力をつけているが、継続的な観測を可能とする機器運用技術の移転や QPE、ガイダンスの開発など、観測・予報資料を実況監視・予報に活用できる技術の移転を希望している。

PAGASA では IBF を目指しているが、量的予報、レベル閾値の基盤整備がまず必要である。そのため、AWS の拡充及び精度向上による地上観測データの高度化、過去の災害データの収集支援を行う必要がある。

能力向上のため、留学生として職員の受け入れと学位取得の支援、技術開発につながる共同研究の実施を推進する必要がある。

V.2.12 スリランカ (DOM)

DOM の気象業務の発展度合いを分野ごとに以下のとおり評価した。

(1) 地上気象観測・高層気象観測・測器校正

Meteorological site (20 箇所) で、風向風速・気温・気圧・湿度・日射量・雨量を観測している。また Collaborative site (18 箇所) では、風向風速・気温・日射量・雨量を観測している。

38 箇所で 10 分毎の自動観測が行われていたが、通信の問題で観測が中断した。その後通信方式を変更したところ、4 つのサイトは復旧した。

センサー自体は問題ないが、幾つかのサイトではソーラーパネルが故障し、国内で調達できない状況である。データロガーは、ほぼ寿命に達している。本局のディスプレイは、納入業者の支援無しには解決できない状況であり、PC の Window バージョンもすでにサポート切れである。世界銀行のプロジェクト (2022 年開始予定) で、追加の AWS を設置予定であり、既存 AWS の更新を含めて 50～60 台を新たに設置予定である。

ラジオゾンデ観測は、本局 (コロンボ) にて週 3 回行われている。水素発生装置は 1972 年製と非常に古く更新の必要がある。また、パイロットバルーン観測は 4 地点にて週 3 回実施されている。

カテゴリー：2 (Essential)

(2) 気象レーダー観測

我が国の ODA で 2 基の二重偏波ドップラーレーダーを設置する計画が進められている。

カテゴリー：1 (Basic)

(3) 実況監視

DOM は、FY (中国) 及びひまわり 8 号のデータを受信している。ひまわりキャスト受信装置は 2017 年に JICA プロジェクトで導入した。予報官は予警報作業のために SATAID による雲解析を行っている。また、気象庁の GSM 全球データや SYNOP データを合成して使用している。

カテゴリー：2 (Essential)

(4) 予報作成

DOM は、一般天気予報、海上予報、遠洋船舶向け海上予報、都市天気予報、航空気象予報、船舶気象予報、大型船舶気象予報、1 ヶ月予報、季節予報を発表している。

作業に際して、地上、850、700、500、300、200hPa 面の天気図を作成している。地上天気図は 1 日 4 回、高層天気図は 1 日 2 回作成している。

短期降水量 (コロンボ・ラトゥナプラの 2 地点、36 時間予報)、短期海上風 (プッタラム・ポトゥビルの 2 地点、48 時間予報)、週間降水量 (コロンボ・ラトゥナプラ 2 地点、7 日予報)、について MOS 方式による予報ガイダンスが JICA 技プロで導入された。

仏 MESSIR 社のソフト MESSIR-VISION を用い、SYNOP 等を地図上に表示したものを印刷し、

手書きで等高線や流線解析を実施している。

2011 年に NWP システムを導入し（気候変動に対応した防災能力強化プロジェクト）、DOM 独自で WRF を運用している。その他 IMD、NCMRWF（インド）、気象庁の SWFP、ECMWF、NCEP の数値予報モデルの結果も参照している。

カテゴリー：2（Essential）

(5) 通信

GTS 接続としてはコロンボ～ニューデリー間のインターネット回線がある。WIS/GTS-MSS のシステム保守・ソフトウェア更新が円滑にできていない。二進形式データの取り扱いも不十分である。

カテゴリー：2（Essential）

(6) 情報提供

国内の災害発生時には、DOM が大雨、強風、サイクロンに関する警報を発出している。

JICA をはじめとするドナーにより設備・機材の近代化に向けた支援が進められているが、気象予報の精度が十分とは言えず、定量的でない。警報が地域の特性を反映した基準になっておらず、また、発令された警報が利用者に理解されにくい。

カテゴリー：2（Essential）

(7) データ管理

データ処理・記録課で気象、農業気象、気候データの蓄積を実施している。降水量については 150 年の、気温については 50 年間の記録を保管している。データの品質管理およびデジタル化、データベースの管理を実施している。ほとんどの観測データは紙ベースで保管されている。一部のデータ（降水量、最高・最低気温、湿度）は Climsoft を用いてデジタル化されている。

カテゴリー：2（Essential）

(8) 組織及び人材育成

DOM Strategic Action Plan 2021-2025 が 7 つの目標を定めている。Performance Report for 2019 (DOM) で 4 つの将来のターゲットが設定されている。気象業務に係る長期的な戦略がない。

DOM の新入職員は、OJT を含む 2 年間の研修を受ける。DOM は毎年、国内で複数の研修・ワークショップを開催している。海外のセミナーやワークショップに数多くの職員が参加。2018 年には 55 名の職員が海外研修受講。同年にはオランダ、韓国、中国の大学に職員を留学させている。

カテゴリー：2（Essential）

(9) 支援策（案）の分析

DOM の業務を、現状のランクから一段階引き上げるためには以下の支援策が必要である。

現在実施中の無償資金協力プロジェクトにより 2 基のレーダーが設置され、また、2022 年から実施予定の技プロでは観測、気象解析、予警報発表、気象情報の提供能力の向上をめざしていることから、これらのプロジェクトの実施により DOM の能力強化が期待される。

DOM は、データレスキュー、観測及びデータ管理の体制に関わる支援を必要としている。

V.2.13 ベトナム (VNMHA)

VNMHA 気象業務の現状を分野ごとに分析し、今後の重点分野を検討した。

(1) 地上気象観測・高層気象観測・測器校正

有人気象観測は確実に実施されており、データ蓄積・QC も実施されている。1,000 か所を超える自動気象観測機材があり簡易な QC が導入されているが観測精度には課題が残る。高層気象観測は確実に実施されている。気圧・温度・降水量の基準器はあり、有人観測機器の定期点検は実施している（自動観測機器は未実施）。

カテゴリー：3（Full）

(2) 気象レーダー観測

本邦無償資金供与を含む 7 台のレーダーにより全国をカバーしており、二重偏波気象レーダーも導入され、さらに増設する計画がある。観測は 10 分間隔で本部に統合管理され、QPE が 2020 年から試験的に運用されている。現在技術協力プロジェクトにより、レーダー、AWS/ARG の品質管理、QPE の評価が実施されており、二重偏波気象レーダーの利用も試験されている。

カテゴリー：3（Full）～4（Advanced）

(3) 実況監視

HimawariCast 受信装置が設置され、赤外・可視チャンネルを主とした大雨監視が行われているが、RGB 画像の活用、事例解析などは行われていない。レーダーによる降水監視は、10 分単位の最大雨量強度合成から QPE に移行しつつある。有人観測および AWS/ARG による実況監視、GSMaP の利用も行われている。

カテゴリー：3（Full）

(4) 予報作成

VNMHA では数値モデル(WRF)が稼働しており、ECMWF を境界条件と用いたアンサンブル予報や、データ同化も試験的に実施されている。現在実施中の技術協力プロジェクトで QPE を用いた 1-3 時間の短時間予報、データ同化を含む 4-15 時間先までの降水量予報の改善に取り組んでいる。予報・警報基準は定められているが、IBF などと求められる災害発生との検証は不十分。気温および降水ガイダンスの開発・試験運用が始まっており、定量的予報に移行しつつある。

カテゴリー：2（Essential）

(5) 通信

ハノイ～北京 64kbps 専用回線、ハノイ～バンコク 64kbps 専用回線を主回線、ハノイ～東京 MPLS 回線、ハノイ～モスクワ間インターネット回線をバックアップ的データ交換として維持し、自主開発した GTS-MSS を運用・保守している。各管区気象間に WAN があり、本部での観測情報や数値予報の結果も一部共有されている。AWS/ARG などの観測ネットワークが管区ごとに設置されているが、全国的な統合に向けてデータセンターが構築され移行中。

カテゴリー：3（Full）～4（Advanced）

(6) 情報提供

気象データをもとに、防災機関と連携して情報共有を行う仕組みがあり、中央レベルでは情報提供されているが、組織間の情報流通に課題がある。地方においては、中央と情報内容に差があり、地域住民への伝達には課題が残っている。ホームページでは、天気予報、気象衛星、QPE など多くの情報が公開されており、携帯電話による提供も進みつつある。

カテゴリー：3（Full）

(7) データ管理

有人観測データは確実に蓄積されており、自動気象データも集約されつつあるが、品質管理が不安定で、複数のデータセットが存在しており、安定的なデータベースの構築には至っていない。データレスキューの現状については未調査。

カテゴリー：3 (Full)

(8) 組織及び人材育成

水文気象法、業務規則などが規定され、中長期戦略も5年単位に評価・見直しが行われている。人材育成についても充実しているが、ベトナム国内で気象学講座を持つ大学が少なく、気象専門の技術者の育成は海外への留学が主体。日越学園での協力、本邦での気象学講座での留学生受け入れなど、本邦の協力が貢献できる余地は大きい。

カテゴリー：3 (Full)

(9) 支援策（案）の分析

VNMHA では、二重偏波気象レーダーなどハードの導入や自動観測所の高密度化など、定性的な予報から定量的な予報へのシフトが急速に進んでいる。数値予報モデルの導入や精度向上などにも取り組まれているが、ベースとなるデータの品質管理や、データベースの統一、自動気象計の自動品質管理（AQC）など、情報高度化のために必要なベーシックな課題が多く残されている。

観測が主体だった人員構成も情報の高度化に伴い、自動気象機器の利用、これらの運用・保守・品質管理・利用へとニーズが変化しており、これらに係る技術移転・技術協力が本邦に求められている。また、デジタル機器による観測データの品質管理、データ分析、数値モデルへの同化、予報改善など多くの技術開発項目があるが、ベトナム国内でこれらを解決する大学などの研究機関は十分ではなく、本邦への留学、技術研修などの要望は極めて大きい。

同国では現在実施されている気象技術協力プロジェクトのほかに、海洋レーダーを含む無償資金協力準備調査が進められている。VNMHA はこれら最先端のハード機材でも安定して運用を行うための技術者や予算措置も講じることが可能で、先端観測機器を活用した顕著現象監視による防災能力の向上は、人的資源が不足する発展途上国に比べ投資効果は大きい。一方で、これらのデータを利用し、予報を高度化するための国内研究機関、研究者、技術者は十分とは言えず気象庁および気象学講座を有する本邦の大学と連携しての技術協力の有効性は高い。

本邦で発生頻度が増えている対流雲による短時間強雨、大雨は、亜熱帯地域ではその発生頻度が高く、これらの技術連携を進めることは、顕著現象の分析能力・予報能力の向上をとおして本邦へのフィードバックも期待でき、テーマを明確にした技術協力・共同研究が今後必要となると考える。

V.3 今後の JICA 協力の方向性

V.2 節では各国の気象業務の発展度を3つの発展度に分類し、各国の気象業務を発展させるために必要な支援策を分野別に提案した。ここでは、これら3つの発展度に応じた JICA の気象分野の協力のあり方について検討する。

V.3.1 発展度に応じた重点課題と JICA の中長期的な協力のあり方

図 V.3.1-1 は、V1.3 節で示した発展度基準にもとづき、各国の地上・高層観測・測器校正、予報、通信、情報提供、データ管理、組織・人材分野の発展度を分析し、その結果を3つのカテゴリーにわけてレーダーチャートとして図示したものである。

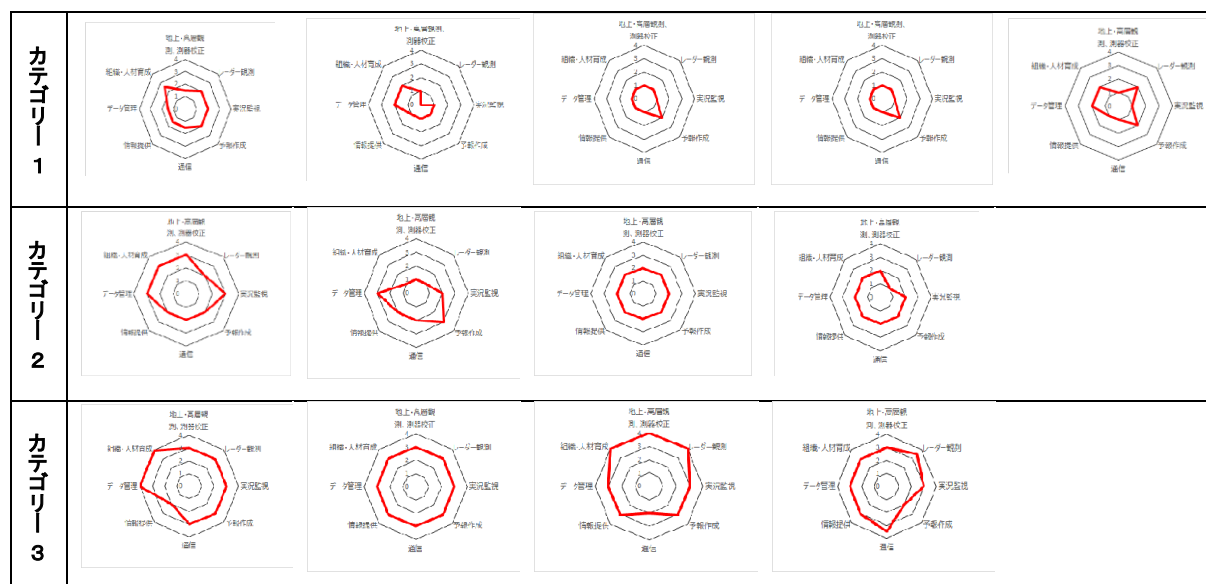


図 V.3.1-1 開発途上国の気象業務の発展度を示すレーダーチャート

これをもとに、気象業務を今後発展させるため必要となる重点課題と、それに対応して中長期的（10 年程度）に行うべき JICA の協力・支援のあり方を 3 つの発展度に沿って検討し、表 V.3.1-1 にまとめた。

表 V.3.1-1 開発途上国の今後の重点課題と中長期的な JICA の協力のあり方

	各国の今後の重点課題	JICA の協力のあり方
カテゴリー 1	・ 合目的な機材整備（AWS・レーダーなど） ・ インパクトベース予報に象徴される利用者・防災指向の予報・情報発信 ・ 関連防災機関との連携強化 ・ 予算・人員・規則など行政・業務体制強化	・ 発展度に適合したレーダー、AWSなどの無償案件の立案 ・ 従来型総合技プロ（観測・予報・情報伝達）の実施による「業務の底上げ」
カテゴリー 2	・ 既存機材を使いこなす技術の確立（例）レーダー-QPE、局地モデル ・ 最新の気象学・気象技術にもとづく業務の遂行 ・ 最新の ICT、DX 技術の導入による業務効率化 ・ 行政の中での気象業務の認知度の向上・地位確立	・ レーダー、AWS 以外の無償案件の検討・立案（総合データ処理サーバ、予報支援システム等） ・ 個別課題型技プロ・人材育成型技プロの導入 ・ 本邦の大学・研究機関の活用（研究者の専門家派遣、途上国気象局職員の長期研修）（例）観測データの局地モデルへ同化 ・ ICT、DX 専門家の派遣 ・ 中長期の業務向上のためのアドバイザーの派遣
カテゴリー 3	・ 先進国レベルの気象業務の達成 ・ 水文分野（土砂災害・洪水・浸水対策）との連携強化（例）実効力のある土砂災害警報、洪水警報の発表	・ 新しい型の技プロの形成の検討 ・ SATREPS による大学・研究機関・気象局の科学レベルの向上 ・ 政府・関連機関との関係の強化のための政策アドバイザーの派遣

V.3.2 JICA が検討すべき当面の重点課題

前節では中長期的な JICA の協力のあり方を示した。一方、JICA が当面の期間（数年）に無償資金

協力プロジェクト、技術協力プロジェクトを立案する上で課題・問題となる事項、及びそれらを解決するため方針・方策を次の 11 項目にまとめ、図 V.3.2-1 に示した。

① 地上気象観測の近代化

有人観測所（SYNOP 観測所）における機械式測器・水銀測器の電気式測器への変換とそれにと
もなう地上気象観測の近代化は、JICA が取り組むべき協力として喫緊の課題である。

ドナーの支援などにより開発途上国で整備が進みつつある自動観測装置（AWS）については、
各国の気象業務における位置づけ（何のために整備し、だれのためにデータを提供するのか）を
慎重に検討し、その整備に関して JICA として協力量針を立てる必要がある。たとえば、大雨の
実況監視が対象であるならば自動雨量計を整備するだけでよいし、日常の天気の把握のためなら
日本のアメダスのように気温、風、雨量の観測機能があれば十分である。

AWS を導入することによって有人観測を無人化、自動化するには AWS の精度の性確保、有人観
測所の要員の配置換えなどの多くの検討課題が残されてており、有人観測の近代化と AWS の導
入は同列には扱えないことを確認すべきである。

② 高層気象観測の強化

ラジオゾンデによる高層気象観測の強化は世界規模の数値予報の精度向上に必要であるが、財
政難の途上国において WMO 基準（回数、時刻）に沿った観測の実施のための支援をどこまで実
施すべきかについて検討する必要がある。

③ パイロットバルーン観測

多くの途上国気象局で長年継続し実施してきたパイロットバルーン観測は手間のかかる観測
である一方、その観測データの利用には限界がある。同観測の意義を検討し、存続・廃止につい
てのアドバイスのあり方を検討する必要がある。

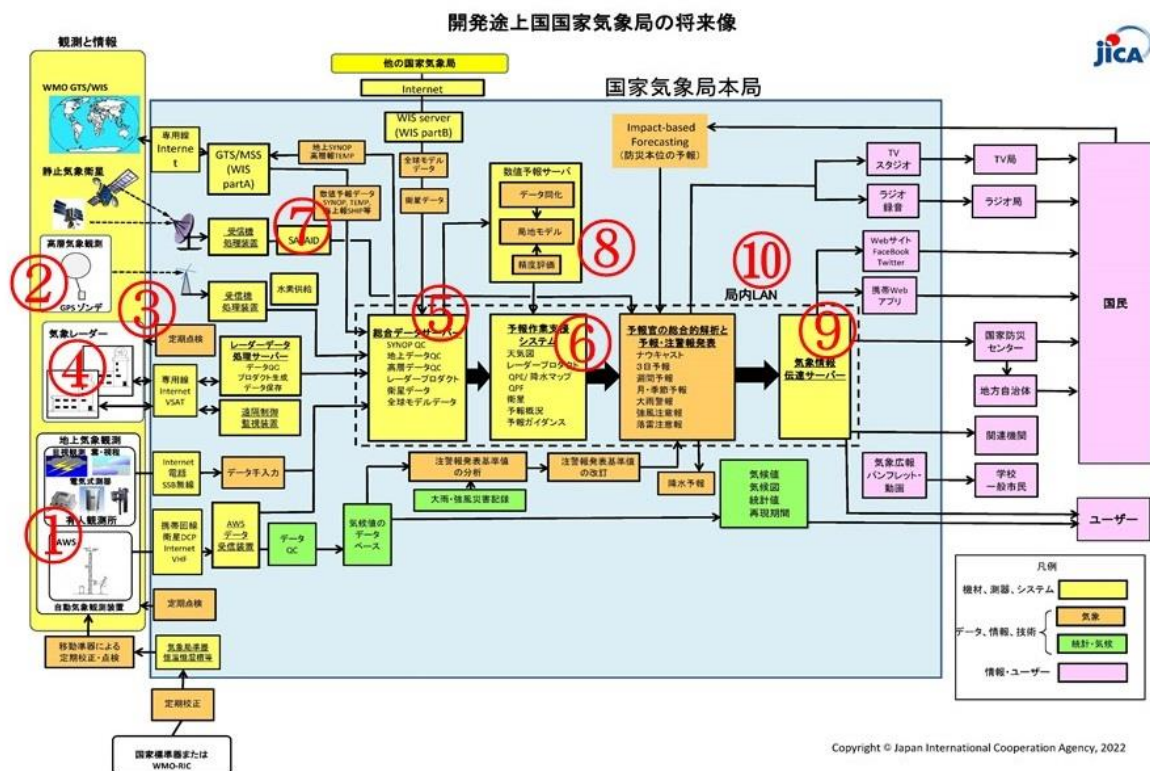


図 V.3.2-1 開発途上国への気象分野での協力において JICA が当面検討すべき重点課題

④ 気象レーダーの整備

気象レーダーの整備は気象分野での JICA の無償資金協力の柱として進められてきた。いくつかの途上国では複世代にわたって JICA がレーダーを整備している一方、新たに JICA に整備を求める途上国もある。海外案件という事情にもよるのか、1 社入札が続いている。近年はコロナ禍での半導体や輸送費の高騰による経費の増加という事態も生じていると聞く。

これらの状況を踏まえ JICA として気象レーダーの整備の方針（整備国、仕様、調達など）を再検討することが求められる。一方、すでに整備された気象レーダーにおいて雨量計を用いた QPE が始まっているが、その結果を予警報業務に利用するには、その精度がどの程度まで高められ、そのデータが大雨警報などの基礎データとなり得るのかの評価が必要である。

途上国ではまだ実用化が果たされていない二重偏波気象レーダーがこの数年の間に JICA によって 2 つの国（スリランカ、パキスタン）に整備される予定であり、その実効性のある導入は重要課題である。

⑤ 統合データ処理サーバー

各種観測機器のデータを統合して処理するサーバーは他のドナーによる整備も始まっており、今後増え続ける各種観測データを効率よく処理する上で有効である。一方で、異なったフォーマットの統一、データの品質管理など、国内で開発するにあたっては技術・費用の面で課題が多い。JICA が今後この種のサーバーの整備をサポートすべきか否かを、検討する必要がある。

⑥ 予報作業支援システム

欧米ドナーから多くの途上国に供与されている SmartMet、Synergie 等の予報作業支援システムは、途上国における予報作業の主流システムとなりつつある。JICA が国産の予報作業支援システムを開発し、途上国へ整備すべきか検討する必要がある。

⑦ SATAID

これまでわが国の気象分野での協力のひとつの“目玉”であった SATAID は、日本の静止気象衛星データに数値予報データなどを重ね合わせるビューアとして途上国予報業務の高度化に貢献していった。一方、SATAID は気象庁単独での開発・メンテナンスが近く終了すると聞いている。SATAID は⑥の予報作業支援システムとその機能が一部重複している。今後、JICA の協力で SATAID をどのように取り扱うのかについて検討する必要がある。

⑧ 気象予報モデル

本調査によって、途上国とその周辺を対象とする「局地数値モデル」として WRF が途上国の多くの予報作業現場で使われていることがわかった。WRF モデルは米国で開発され、これを運用するコンピュータとともに他ドナーから供与されている例が多い（1 例のみ JICA が整備）。JICA が技術協力プロジェクトにおいて他ドナーが供与した機材・モデルを使用して 3 次元データ同化やガイダンスの作成などを進めることについて、JICA としての方針を決める必要がある。

⑨ 気象情報伝達サーバー

気象情報利用者に気象情報を届けるためサーバ（端末）がいくつかの気象局で導入されている。これらのサーバーは、⑥の予報作業支援システム等で作成される数多くのドキュメントや図を、関連機関や気象局ホームページ・Facebook などに効率よく配信できる。こうしたサーバーの支援方針を、⑥の予報作業支援システムの支援方針とあわせて検討する必要がある。

⑩ 情報開発環境

クラウド環境の利用が急速に普及しており、自社運用（オンプレミス）での機材供与、技術指導のみでなく、最新の ITC、DX の技術移転とともに、クラウド環境を利用したツール供与とリモートでの技術指導が普及しつつある。高度な技術指導について、自社整備（オンプレミス）に拘わらない技術協力の可能性を検討する必要がある。オンプレミスでなければ、大学との連携や気象庁による技術指導の実施可能性が高くなる。

⑪ JICA 供与機材の運用状況の把握

III.2.2 項で述べたとおり、これまで途上国には JICA の無償資金協力によって気象レーダー、AWS、ウインドプロファイラなどの最新機材が整備され、相手国の気象観測の近代化・高度化に貢献してきた。こうした機材は相手国の努力により長年運用されているものもある一方、一部には想定した使用年数（気象レーダーであれば 15 年以上）に満たないうちに故障や機能低下が発生しているものも見受けられた。その原因として、当事国における維持管理の不備（技術・人員・

予算)や、機器製造会社との間のメンテナンス契約が無いこと、機器製造会社からの同型部品供給の停止や部品価格の上昇などが推定される。

既存の機材をより良く運用するために技プロなどを通じて最適な運用手法(技術・人員・必要予算)を相手国に移転するため、また今後の JICA 協力の計画を策定するために、こうした供与機器の運用状況を定期的に調査・データベース化し、不具合があればその原因を分析することが望ましいと考える。

⑫ (参考) 課題別研修「気象業務能力向上」

課題別研修「気象業務能力向上」は本調査の調査項目には指定されていないが、無償資金協力、技術協力プロジェクトの実施におけるひとつの背景となる協力である。

この研修は途上国気象局の幹部候補職員を対象に、1976 年から気象庁の全面的な協力を得て実施されてきた。他のドナー、他の先進国気象局にはないユニークな人材育成プログラムとして、これまで 70 余国から約 400 人の研修員を日本に招き、3 か月にわたる研修を実施してきた。帰国後の研修員はその後気象局長官、部長に就任するなど人材育成としての大きな成果をもたらした。

本研修では気象業務における実務全般を対象科目とし、気象庁の現役の実務者から研修を受ける形態をとっている。この結果帰国後には、研修の成果が観測や予報などの実務の改善に貢献している。一方、本研修の目的は気象局幹部候補者を対象としていることから、気象実務の研修とともに、気象業務の包括的な知識、法律・規則の立案、予算・人員配置などの行政に関する知識・技術、関連防災機関との連携手法などに関する研修を強化することも効果的である。

2020 年から続くコロナ禍において、2020 年度には 2019 年度研修参加者によるフォローアップのワークショップをリモートで開催し、2021 年度は科目を限定して 2 週間のリモート研修を実施した。リモート研修は有効性と問題点の両面を有すると考えられ、今後の本研修のあり方を考える上でひとつの大きな検討項目と考えられる。

第Ⅵ章 二重偏波気象レーダーの導入に向けた技術検討

近年、先進国の気象機関において導入が進められている二重偏波気象レーダーは、有効に利用することで定量的降水量測定（QPE）や雨雪判別を業務化できる可能性があり、JICA のいくつかの無償資金協力事業においても同レーダーの導入が計画されている。

一方で、二重偏波気象レーダーは在来型気象レーダーにくらべ構成がより精密であり、途上国の気象業務において同レーダーを活用するためには、技術仕様、観測精度を維持するための維持管理手法、データを加工して得られるプロダクト（精度の高い降水強度、雨・雪・雹などの判別情報）作成、そしてこれらのプロダクトを予報業務において活用するために必要な事前の検討及び規格の統一が必要である。

このことから、気象庁をはじめとした、同レーダーの研究や運用実績を有する有識者に対しヒアリングなどを実施し、「JICA 二重偏波気象レーダーガイドライン(案)」を作成した。ガイドライン(案)は、電子データにより DVD に Appendix として格納し報告した。