

キューバ国
地下帯水層への塩水侵入対策・地下水管理
能力強化プロジェクト
詳細計画策定調査
報告書

平成24年8月
(2012年)

独立行政法人国際協力機構
地球環境部

環境
JR
12-196

キューバ国
地下帯水層への塩水侵入対策・地下水管理
能力強化プロジェクト
詳細計画策定調査
報告書

平成24年8月
(2012年)

独立行政法人国際協力機構
地球環境部

序 文

日本国政府は、キューバ共和国政府の要請に基づき、地下帯水層への塩水侵入対策・地下水管理能力強化プロジェクトの実施を決定し、独立行政法人 国際協力機構が本プロジェクトを実施することになりました。

当機構は本プロジェクトの開始に先立ち、プロジェクトを円滑かつ効果的に進めるため、平成 24 年 6 月 10 日から同年 7 月 8 日までの 29 日間にわたり、当機構客員専門員丸尾祐治を団長とする詳細計画策定調査団を派遣しました。

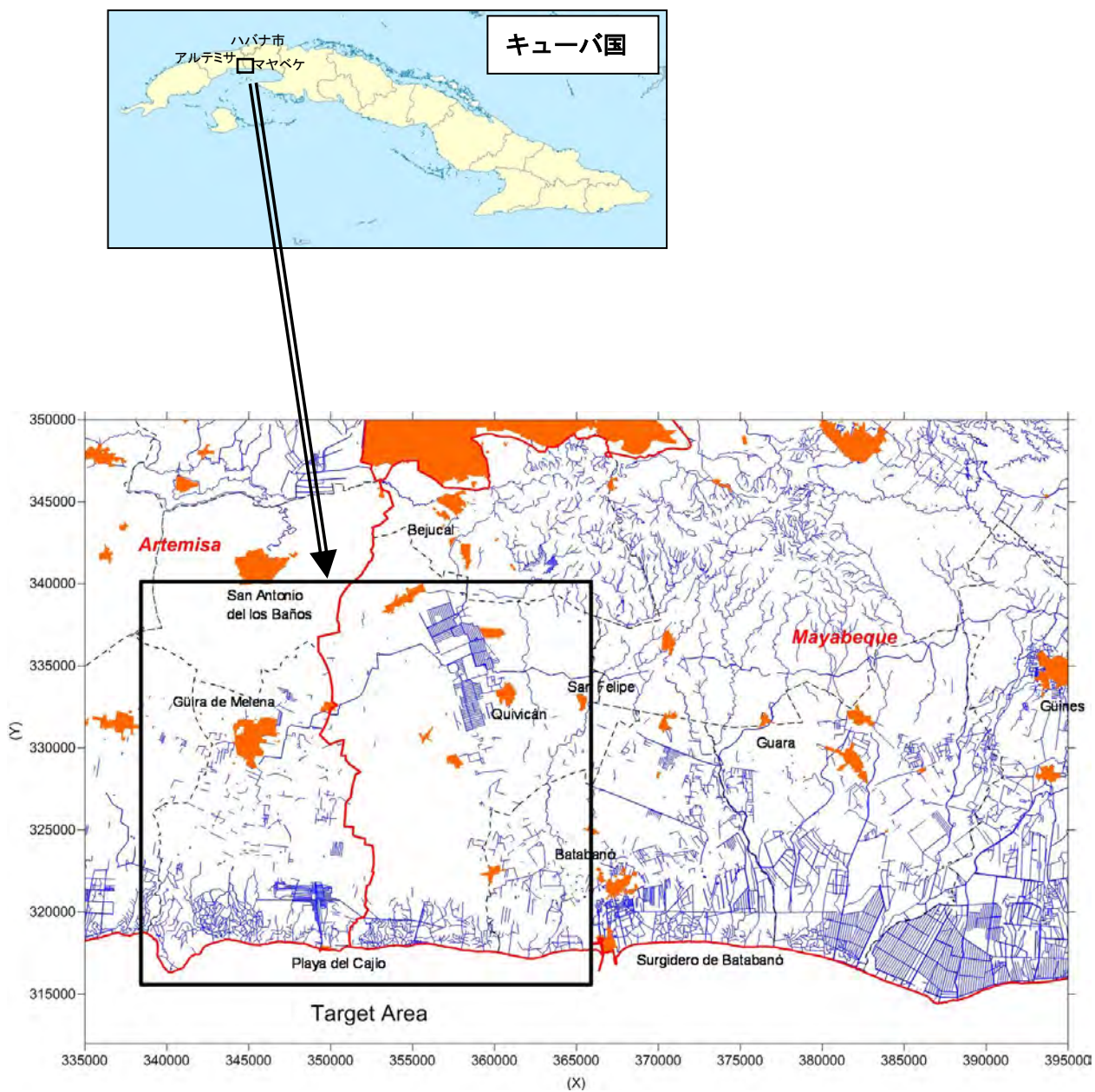
調査団は本件の背景等を確認し、キューバ共和国政府関係者とプロジェクトの枠組みについて協議を行うとともに、プロジェクト対象地域における現地調査を実施し、本プロジェクトに関する詳細計画策定調査ミニッツ（M/M）に取りまとめ、先方政府関係者と署名しました。本報告書は、詳細計画策定調査の結果及びミニッツ（M/M）への署名がなされるまでの検討・協議の過程を取りまとめたものです。

本報告書が、本プロジェクトの推進に寄与することを願います。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成 24 年 8 月

独立行政法人 国際協力機構
地球環境部
部長 不破 雅実



プロジェクト位置図

現 地 写 真



ミニッツ署名
(INRH 副長官、大使館職員も同席)



プロジェクトオフィス候補 (キビカン)
GEARH が管理する施設



プロジェクトオフィス候補 (キビカン) の一室



プロジェクトオフィス候補 (ハバナ)
EIPH-ハバナ (この建物の3階を予定する)



INRH での関係機関出席による協議



GEIPI 本部
手狭なため移転の検討もされている



GEARH 会議室での協議
(参加者：GEIPI、GEARH、EIPH-ハバナ)



EIPH-ハバナでの協議
(参加者：EIPH-ハバナ、GEARH)



EAH-マヤベケでの協議の際に行なわれた
技術者による保有資機材説明



EAH-アルテミサのプレゼンテーション
(参加者：EAH-アルテミサ、GEARH、GEIPI)



マヤベケ県への表敬（参加者：マヤベケ県、INRH、
GEIPI、EIPH-ハバナ、EAH-マヤベケ）



MINCEX での協議
(参加者：MINCEX)



CITMA での協議
(参加者：CITMA、INRH、GEIPI)



対象地域に建造されている
地下水涵養ダムの越流部



GEARH 管理の観測井(1)、かつては自記水位計が
設置されていたが現在は撤去されている



GEARH 管理の観測井(2)、手掘りで月 1 回、
もしくは 6 ヶ月に 1 回の観測が実施されている



GEARH 管理の雨量計



ハバナ市に給水する HS-3 トラムの
井戸群の操作室及び操作盤

略 語 集

AACID	Agencia Andaluza de Cooperación Internacional al Desarrollo	アンダルシア州国際開発庁
AECID	Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo	スペイン国際開発庁
ALBA	Alternativa Bolivariana para los pueblos de Nuestra America	米州ボリバル代替構想
BASAL	Bases Ambientales para la Sostenibilidad Alimentaria Local	地域住民食糧持続性のための環境基盤整備
CAD	Computer Aided Design	コンピュータ支援設計
CITA	Centro Integrado de Tecnologías del Agua	水資源技術総合センター
CITMA	Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente	科学技術・環境省
DB	Data Base	データベース
EAH	Empresa de Aprovechamiento Hidráulico	県水利公社
EIPHH	Empresa de Investigaciones, Proyectos Hidráulicos de La Habana	ハバナ水利調査・プロジェクト公社
EIPI	Empresarial de Investigaciones, Proyectos e Ingeniería	県土木コンサルティング公社
EMED	Empresa Ejecutora de Donativos	供与担当公社
ENAST	Empresa Nacional de Análisis y Servicios Técnicos	分析技術サービス公社
ENPC	Empresa Nacional de Perforación y Construcción	掘削公社
ESIH	Empresas de Servicios Ingenieros Hidráulicos	技術サービス公社
EU	European Union	欧州連合
GEAAL	Grupo Empresarial de Acueductos y Alcantarillados	上下水道公社
GEARH	Grupo Empresarial de Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos	水利公社
GEILH	Grupo Empresarial de Ingeniería y Logística Hidráulica	水利技術供給公社
GEIPI	Grupo Empresarial de Investigaciones, Proyectos e Ingeniería	土木コンサルティング公社
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GPS	Global Positioning System	全地球測位システム
IAEA	International Atomic Energy Agency	国際原子力機関
INRH	Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos	水資源庁
JCC	Joint Coordination Committee	プロジェクト合同調整委員会
JICA	Agencia de Cooperación Internacional del Japón (Japan International Cooperation Agency)	独立行政法人 国際協力機構
JRC	Joint Research Center	共同研究センター
MINCEX	Ministerio de Comercio Exterior e Inversión Extranjera	貿易・海外投資省
NGO	Non Governmental Organizations	非政府組織
OJT	on-the-job training	実地訓練

ONRM	Oficina Nacional de Recursos Minerales	国立鉱物資源事務所
OPEC	Organization of Petroleum Exporting Countries	石油輸出国機構
PDM	Project Design Matrix	プロジェクトデザインマトリックス
PO	Plan of Operations	活動計画表
SIAAP	Syndicat Inter dé partmental pour Assainissement d'Agglomération Parisienne	パリ市下水処理事務組合
SST (TDS)	Sales Solubles Totales (Total Dissolved Solids)	総溶解固形分
UEB	Unidad Empresarial de Base	基礎公社ユニット
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画
UNICEF	United Nations Children's Fund	国連児童基金

目 次

序 文
位 置 図
現地写真
略 語 表

ページ

第1章 詳細計画策定調査団の派遣.....	1-1
1-1 調査の経緯と目的.....	1-1
1-2 調査団の構成.....	1-2
1-3 調査日程.....	1-3
1-4 調査結果概要.....	1-4
1-5 団長所感.....	1-6
第2章 プロジェクト概要.....	2-1
2-1 基本事項.....	2-1
2-1-1 プロジェクト関係機関.....	2-1
2-1-2 対象地域.....	2-1
2-1-3 プロジェクト期間.....	2-2
2-2 プロジェクト・デザイン.....	2-2
2-2-1 プロジェクト目標.....	2-2
2-2-2 上位目標.....	2-3
2-2-3 アウトプット（成果）.....	2-3
2-2-4 活動.....	2-5
2-2-5 投入.....	2-7
2-2-6 前提条件及び外部条件.....	2-9
2-2-7 実施スケジュール.....	2-10
2-2-8 プロジェクトの実施体制と留意点.....	2-10
第3章 事前評価結果.....	3-1
3-1 妥当性.....	3-1
3-1-1 必要性.....	3-1
3-1-2 日本の開発援助政策との整合性.....	3-3
3-1-3 手段としての適切性.....	3-3
3-2 有効性.....	3-4
3-3 効率性.....	3-5
3-4 インパクト.....	3-5
3-5 持続性.....	3-6
第4章 プロジェクト実施の背景.....	4-1

4-1 キューバ国家開発政策における地下水開発・管理の位置づけ	4-1
4-2 関係行政機関の組織と実施体制	4-2
4-2-1 水資源庁 (INRH)	4-2
4-2-2 土木コンサルティング公社 (GEIPI)	4-4
4-2-3 ハバナ水利調査・プロジェクト公社 (EIPHH)	4-9
4-2-4 水利公社 (GEARH)	4-11
4-2-5 マヤベケ県水利公社 (EAH マヤベケ)	4-14
4-2-6 アルテミサ県水利公社 (EAH アルテミサ)	4-16
4-3 関係行政機関の地下水開発・管理の現状と課題	4-18
4-3-1 対象地域の自然条件	4-18
4-3-2 対象地域の社会経済条件	4-22
4-3-3 地下水調査及び開発	4-24
4-3-4 地下水モニタリング (地下水位、地下水質)	4-28
4-3-5 地下水管理	4-33
4-4 水セクターに対する我が国及び他ドナーによる援助実施状況	4-37
4-4-1 我が国の協力	4-37
4-4-2 他国援助機関による協力	4-37
第5章 プロジェクト実施に係る提言	5-1
5-1 プロジェクト運営上の提言	5-1
5-1-1 関連機関の連携	5-1
5-1-2 関係機関との連携	5-1
5-1-3 若手技術者の参加	5-1
5-1-4 地下水管理計画の実践方法の明確化	5-2
5-1-5 資機材調達	5-2
5-1-6 実施スケジュール	5-2
5-2 技術上の提言	5-3
5-2-1 水理地質構造を考慮した物理探査	5-3
5-2-2 地下水モデルの作成・運用	5-3
5-2-3 GIS/データベースの構築と持続的な更新・運用	5-3
5-2-4 実現可能な対策工の設計	5-4

付属資料

1. Minutes of Meeting & Record of Discussions (Draft)
2. 主要面談者リスト
3. 質問票及び回答
4. 収集資料リスト
5. 事前評価表

第1章 詳細計画策定調査団の派遣

1-1 調査の経緯と目的

キューバ共和国（以下、「キューバ」）は、カリブ海に浮かぶ約 1,600 の島から成る国土面積 11 万 km²、人口 1,124 万人（2009 年、国家統計局）の島国である。首都ハバナ市（人口約 220 万人）の年間水需要量は約 600 百万 m³と推定されているが、実際の給水量は年間 376 百万 m³（2010 年実績）と需要の約 60%に留まっており、大幅な不足が生じている。

ハバナ南西部沿岸地域のマヤベケ県とアルテミサ県には、クエンカ・スルと呼ばれる地下水源地帯（30 km²）があり、ハバナ市への年間送水量の約 17.3%を占め主要な給水源となっている。マヤベケ県とアルテミサ県の年平均降水量は 1,371mm であり、両県の水資源利用量は年間 1,406×10⁶ m³、うち地下水利用量は 1,051×10⁶ m³と全水利用量の 75%を占めており、地下水は同地域における重要な水源となっている。キューバ政府の調査によると、クエンカ・スルでは気候変動の影響により降水量の減少や平均海水面の上昇が生じており、過去 10 年間で取水量は 2000 年の 105 百万 m³/年から 55 百万 m³/年へとほぼ半減しているほか、過去 5 年間で平均海水面が 0.05m 上昇したことに伴い、地下水への塩水侵入が進行し、その塩分濃度が過去 2 年間で 26 mg/L 増加している¹。キューバ科学技術環境省（以下、CITMA）は、海面上昇は 2050 年には 0.37m、2100 年には 0.85m 上昇すると試算しており、適切な地下水管理を行わなければ、キューバ全土の沿岸部において地下帯水層への塩水侵入が進行し、水道や農業用として利用可能な地下水量が減少すると予測している。

国家水資源庁（以下、INRH）は水資源行政全般を担う機関であり、その傘下には土木コンサルティング公社（以下、GEIPI）や水利公社（以下、GEARH）等の独立公社が組織され、地下水開発と管理は夫々 GEIPI と GEARH、そして両公社の傘下のグループ組織²が担っている。これらの機関は、地下水開発に関する調査、施設設計、モニタリング、及び水使用に関する規制・管理を担っているが、塩水侵入が地下帯水層に与えるインパクトに係る調査、地下水モデルを用いた塩水化実態の再現と将来予測、有効な対策手法、及び管理を講じるための技術や人材が不足しており、持続的な地下水開発・管理にかかる対策を講じることが火急の課題となっている。

係る状況を踏まえ、キューバ政府は上記課題の解決に資する技術協力プロジェクトを我が国に要請した。これを受けて JICA は 2012 年 6 月～7 月にかけて詳細計画策定調査を実施し、協議の結果、本プロジェクトの枠組みについて先方と合意し、同年 6 月 28 日にミニッツに署名した。

¹ アルテミサ県内の HSC-542 観測井では、深度 40m から TDS（総溶解固形分）が 1g/l 以上となり、塩水が侵入していると見られ、深度 50m では TDS は 35g/l に達する。（出典：EAH アルテミサ）

² GEIPI の傘下組織として、ハバナ水利調査・プロジェクト公社（EIPHH）、GEARH の傘下組織としてマヤベケ県水利公社（EAH-Mayabeque）、アルテミサ県水利公社（EAH-Artemisa）があり、これら 5 機関が本プロジェクトの実施機関となる。

1-2 調査団の構成

Name 氏名	Duty 担当分野	Occupation 所属先	Period (in-out)
Dr. Yuji MARUO 丸尾 祐治	Leader/Groundwater Management 総括/地下水管理	Visiting Senior Advisor, JICA JICA 客員専門員	June 17– June 29
Mr. Hiromu INOUE 井上 啓	Cooperation Planning/ Climate Change adaptation 協力企画/気候変動適応策	Disaster Management Division 2, Global Environment Department, JICA JICA 地球環境部防災第二課	June 17– June 29
Mr. Shigeki KIHARA 木原 茂樹	hydrogeology /Groundwater Modeling 水理地質/地下水モデル	Kokusai Kogyo Co., LTD. 国際航業株式会社	June 10 – July 7
Ms. Noriko FURUTANI 古谷 典子	Evaluation Analysis 評価分析	International Development Associates, Ltd. 国際開発アソシエイツ	June 10 – July 7
Ms. Aki HIGUCHI 樋口 安紀	Interpreter 通訳	Interpreter, Japan International Cooperation Center 財団法人日本国際協力センター	June 10 – July 7

1-3 調査日程

Detailed Planning Survey on the Project for salt intrusion prevention in the Mayabeque prefecture

	Date	Day	JICA Members	Consultants	Interpreter		
			Leader/Groundwater Management (Dr. Maruo)	Cooperation Planning/Climate Change Adaptation (Mr. INOUE)	Hydrogeology / Groundwater Modeling (Mr. Kihara)	Evaluation & Analysis (Ms. Furutani)	Interpreter (Ms. Higuchi)
1	10-Jun	Sun				Narita 17:20→Toronto 16:10 AG002	
2	11-Jun	Mon				9:00 交通の日程協議：情報収集・関係者ヒアリング (INRH, GEIPI, EIPHH, GEARH等) (於: INRH)	
3	12-Jun	Tue				9:00 情報収集・関係者ヒアリング (INRH, GEIPI, EIPHH, GEARH等) (於: GEARH)	
4	13-Jun	Wed				8:00 (出発) マヤベケ県へ移動 (GEIPI, EIPHH同行) 情報収集・関係者ヒアリング (EAHM等) (於: EAHM)	
5	14-Jun	Thu				9:00 情報収集・関係者ヒアリング (EIPHH) (於: EIPHH)	
6	15-Jun	Fri				8:00 (出発) アルテミサ県へ移動 (GEIPI, EIPHH同行) 情報収集・関係者ヒアリング (EAHA等) (於: EAHA)	
7	16-Jun	Sat	Narita 15:55→Washington 15:30 UA804 Washington20:35→Mexico City 21:01 UA823 メキシコシティ (泊)			PDM素案作成	
8	17-Jun	Sun	Mexico City 10:05→Havana 13:45 AM451			PDM素案作成	
9	18-Jun	Mon	8:30 JICA援助調整専門家との打ち合わせ、9:30-12:00 水資源庁表敬 (GEIPI/GEARH他同席)、12:30 日本大使館表敬 (大使公邸にて昼食)				
10	19-Jun	Tue	9:00 外国貿易・外国投資省 (MINEX) 表敬、11:00 環境科学省 (CITMA) 表敬・協議、				
11	20-Jun	Wed	14:00 GEIPI・EIPHH・GEARH協議 (於: GEARH)				
12	21-Jun	Thu	8:00 (出発) サイト調査 (EAHM、EAHA、GEIPI、EIPHH)				
13	22-Jun	Fri	9:00 GEIPI協議 (於: INRH)				
14	23-Jun	Sat	8:00 (出発) マヤベケ県人民権力評価委員会表敬、サイト調査 (大使館、メキシコ事務所同行)				
15	24-Jun	Sun				R/D案・M/M案作成	
16	25-Jun	Mon				R/D案・M/M案作成	
17	26-Jun	Tue				9:00 R/D案・M/M案協議 (GEIPI、GEARH) (於: GEARH)	
18	27-Jun	Wed				9:00 R/D案・M/M案協議 (GEIPI、GEARH) (於: GEARH)	
19	28-Jun	Thu				8:30 R/D案・M/M案協議 (GEIPI、GEARH) (於: GEARH)	
20	29-Jun	Fri	Havana 14:45→Mexico City 16:30 AM452 PM: JICAメキシコ事務所報告 メキシコシティ (泊)			9:00 R/D案・M/M案最終確認 (於: INRH) 14:00 M/M署名、16:00 大使館報告	
21	30-Jun	Sat	Mexico City 06:25→Miami 10:45 Miami 12:45→Managua 13:20	Mexico City 06:50→Houston 09:13 UA1085 Houston 10:50→		Additional Survey	
22	1-Jul	Sun	Survey in Nicaragua	→Narita 14:30 UA007		Additional Survey	
23	2-Jul	Mon	Survey in Nicaragua			Additional Survey	
24	3-Jul	Tue	Survey in Nicaragua			Additional Survey	
25	4-Jul	Wed	Survey in Nicaragua			Additional Survey	
26	5-Jul	Thu	Managua 12:09→Houston 16:35			Additional Survey	
27	6-Jul	Fri	Houston 10:50→			Additional Survey	
28	7-Jul	Sat	→Narita 14:30 UA007			Havana 09:35→Toronto 13:05 AC1799 Toronto 14:10→	
29	8-Jul	Sun				→Narita 15:55 AG001	

* INRH 水資源庁
GEIPI 土木コンサルティング公社
EIPHH ハバナ水事業・調査公社
GEARH 水利公社
EAHM マヤベケ県水利公社
EAHA アルテミサ県水利公社

1-4 調査結果概要

キューバ側関係者と PDM 案を元に協議し、プロジェクトの目的・成果（指標含む）・活動、日本側及びキューバ側負担事項などについて取り纏めた。協議結果に基づくプロジェクトの概要は以下の通り。

(1) プロジェクト名称

要請書のスペイン語名称と協議後の本プロジェクトの目的・活動とが一致していなかったため、先方側との協議のうえ、下記の通りプロジェクト名称を変更することを確認した。

【旧名称】

(和文)： ハバナ首都圏への水源確保のためのマヤベケ県南部沿岸地域における地下帯水層への塩水侵入対策プロジェクト

(英文)： Project for Salt Intrusion prevention in the Mayabeque Prefecture

【新名称】

(和文)： 地下帯水層への塩水侵入対策・地下水管理能力強化プロジェクト

(英文)： Project for Capacity Enhancement of Groundwater and Seawater Intrusion Management

(2) プロジェクトの概要

協議の結果、キューバ側と合意した協力内容の詳細は、第2章を参照されたい。

(3) 気候変動適応策案件としての位置づけ

6月19日に環境科学省（CITMA）と協議し、先方からキューバの環境関連の法制度について説明を受けた。キューバでは、1996年に国家議会にて環境枠組法が制定され、同法の下で各省が所管セクター毎の環境戦略を策定し、それらを統合したものが国家環境戦略となっている。

現在、キューバでは、二つの国家プロジェクトが進行中である。一つは「国家の脆弱性調査」であり、洪水、高潮、地滑り、干ばつ、地震、化学物質の影響、衛生、等の項目について調査するもので、2011年に第1フェーズが終了し、防災マップが出来ている。この調査は気候変動適応策を検討するためのベースラインとして位置づけられている。二つ目の調査は、「全国沿岸脆弱性調査」であり、INRH、気象庁、海洋庁など13の機関が参加して12のプロジェクトで構成される、マクロ・プロジェクトが行われている。その中の一つに、南部沿岸地域の海面上昇と塩水侵入の現況図、2030年、2050年、2100年の予測図を作成する調査が行われており、INRHはじめ本プロジェクトの関係者も参画しているとのことであった。本プロジェクトは塩水侵入対策と適切な地下水管理を行うための能力強化を目指すものであり、キューバ側が実施している国家プロジェクトと方向性が合致していることが確認された。また、CITMA及び本プロジェクトの関係機関に対し、本プロジェクトが気候変動適応策案件であることを説明したところ、先方はこれに同意した。

(4) 上位計画に係る検討

先方に対し、本プロジェクトはハバナ首都圏への大規模な給水量の増加には直接的には裨益しないため、上位目標の方向性として、キューバ沿岸部全体に関わる課題である地下帯水層への塩水侵入に対応し、適切な水資源管理が行われることに特化して検討することを提案し、先方の理

解を得ることが出来た。先方からは、ハバナ首都圏への水供給の問題は重要であることに変わりはないものの、本プロジェクトの方向性としては、当方の説明内容に異論がないとの意向が示され、上記の通り上位目標は「マヤベケ県及びアルテミサ県の南部沿岸地域の選定された地域において、気候変動を考慮した地下水管理が適切に行われる」となった。なお、「選定された地域」とは、ミニッツ等で記載されている Target Area を示すものであり、プロジェクト対象地域に限定することにより、上位目標が過大なものになる事なく、妥当なものになったと考える。

(5) 課題・要請内容・対象地域の確認

キューバ国では、2008年11月～2012年2月にかけて GEIPI や GEARH を対象に「気候変動対策のための地下水開発・管理能力向上プロジェクト」（以下、既往プロジェクトと称す）が実施された。既往プロジェクトでは、東部地域の GEIPI 及び GEARH の中核技術者に対し、地下水探査や地下水モデル・GIS の構築、地下水評価・管理に係る技術移転が行われ、カスケード方式にて中核技術者が他の技術者に対しても技術普及が行われており、水利地質調査の基礎分野については十分な実施能力を有するまでになった。しかしながら、水理地質調査の応用実務分野は既往プロジェクトのスコープ外であったため、今次調査では具体的に何が課題となっているのか、どのようにすれば課題が解消するか、等について確認し、どのようにして地下水管理技術を向上させるか分析・検討する方針としていた。

先方との協議及び現場踏査を通じて、先方が設置した観測井での観測等により、対象地域の地下水の状況にある程度（例えば、揚水量と地下水位変化の関係）は把握しており、また塩水侵入についても平面或いは断面といった二次元的な分析を行う能力があることが窺えた。他方、観測データが地域によって不足していることや、3 次元的な塩水侵入解析が行えないため、プロジェクト対象地域の総合的な地下水の状況の把握や、許容可能な地下帯水層の状態の設定が出来ていないことが明らかとなった。このため、本プロジェクトでは観測体制の強化や観測データの整理・集積能力の強化、そして地下水モデルの構築及び補正による地下水状況の把握や将来予測に係る能力強化が必要と判断された。それらの能力の強化により、①対象地域においてどれだけの水利用・水資源開発が可能となるかを判断出来るようになる、②過剰揚水の恐れのある井戸の揚水量を抑制する等対策を講じることが可能となる、③気候変動の影響による海面上昇や降雨量の変化に伴う帯水層内の塩水挙動の変化を予測できる、④これらによって水資源管理が適切に行えるようになる、と整理することが出来た。なお、塩水侵入対策に係る各種構造物・工法についても地下水モデルに組み込んで検討することにより、対象地域に適した構造物や工法が提案されることも見込まれている。

対象地域はクエンカ・スル流域内の先方が HS-3、HS-4 と呼ぶ二つの地域（Tramo：トラモ）の一部で、今後水資源開発を行う予定の地域と既に塩水侵入の影響が出始めている地域を含めた範囲とすることで先方と合意した。

(6) プロジェクト実施体制

本プロジェクトでは、INRH 傘下の 5 機関（GEIPI、GEARH、EIPHH、EAHM、EAHA）が参加して実施される。キューバ側は、2012 年 2 月に終了した「気候変動対策のための地下水開発・管理能力向上プロジェクト」（以下、既往プロジェクト）の評価時に指摘された、関係機関間の調整・連携が十分には行われていない点を重く受け止めており、今回のプロジェクトでは GEIPI が中心

となって関係機関との調整を図るとの強い意志が先方から伝えられた。協議の結果、Project Director、Project Manager といった一般的な技プロの体制に加え、Administrative Group を設置し、GEIPI 技術部長を Chief Administrator、GEARH 水理地質チーフエンジニアを Deputy Administrator として、プロジェクト全体の調整を行う体制を構築した。ほぼ全ての協議に両 Administrator は参加し、両人が連携しつつ、傘下の機関を取り纏めることの重要性を十分に認識しており、この体制を構築することによって本プロジェクトの実施体制は強固になるものと考えられる。

(7) 既往プロジェクトの活用及び成果の波及

上記実施体制とも関連するが、協議の結果、既往プロジェクトで育成された中核技術者は今回のプロジェクトでもサポートチームとして組み込まれることとなった。具体的には、EIPHH、EAH-マヤベケ及び EAH-アルテミサ技術者に対する技術支援などのプロジェクト活動への参加が見込まれている。また、本プロジェクトで実施される研修プログラムには、対象地域外の EIPPI、EAH 等の技術者も参加させる方針を先方は示しており、年 1 回の開催を予定している技術セミナーでも他県の多くの技術者が招聘される計画である。また、キューバ側が実施するワークショップでも近隣の技術者が招聘される予定である。

更には、プロジェクト実施中及び終了後も GEIPI 及び GEARH が独自に実施する研修プログラムにおいて、全国の水関係機関に技術移転を行うことも確認され、本プロジェクトによる協力の効果は、決して直接的な C/P に限定されることなく、キューバの水関係技術者に波及されることを確認した。

(8) 供与機材

機材の選定に当たっては、過度に高額、過剰スペックとならないよう留意するとともに、調達に様々な制約があるキューバの実情に鑑み、必要最低限のものを選定した。また、数量も関係機関の数や活動を行う場所の数を考慮のうえ絞り込んだものとなっている。機材リストは"2-2-5 投入"の通り。

なお、携行機材である車両の調達に当たっては、通関などの手続き上、供与機材としてキューバに持ち込む必要があるものの、所有権は JICA とし、ナンバーも援助機関ナンバーを取得することを確認している。

1-5 団長所感

(1) 試験井掘削費用負担

前回のカマグエイ県で実施された技術協力プロジェクトでは、先方負担にて試験井を 2 か所掘削する、と M/M に記載されたにも拘らず、先方の予算処置が整わず、結局日本側の負担で 1 か所のみ試験井を掘削することとなった。その結果、プロジェクトの進捗並びにその内容の深化に少なからず影響が及んだものと思われる。先方の予算処置が遅れた主たる理由は、試験井の深度が 250m~300m と深いものであったことから、費用の面、この深度の井戸掘削に対応できるリグが稀少であったこと、現場がハバナから遠方にあり、ハバナと現場であるカマグエイ間の資機材の運搬費用を、本部である GEIPI かその出先機関である EIPPI-カマグエイのどちらが負担するかで整理がつかなかった事等の事情があった。

今回の協議では、3 か所の試験井掘削を GEIPI がプロジェクトの 2 年目に予算を計上して実施

する旨、M/M に明記された。今回のプロジェクトの対象地域は、ハバナから車で1時間程度の近傍にあり、対象となる帯水層が浅く、試験井の予定深度は60～80mと浅いことから、費用面の負担が軽く、技術面の問題もないこと。本件を要請する際に JICA メキシコ事務所との予備的な協議上、JICA 側はこの掘削費用の負担は出来ないことを通達されていたため、GEIPI 側には当初からその用意ができていたものと推測される。今次協議では、プロジェクトの1年目のGEIPI 予算には含まれていないが、2013年6月初めに提出するプロジェクト2年目の予算には計上することが明言されている。従って、本件の対処方針では試験井掘削費用は、JICA 側が負担することも視野に入れておくことが議論されたが、実際にはその必要はないものと思われる。

(2) 先方関係機関

今次プロジェクトの C/P 機関は、国家水資源庁 (INRH) 傘下の土木コンサルティング公社 (GEIPI) とその出先機関である EIPHH (旧ハバナ県であるマヤベケ県とアルテミサ県を管轄する)、並びに水利公社 (GEARH) とその出先機関である EAH-マヤベケ、EAH-アルテミサの5機関が含まれる。今次プロジェクトの要請書の起案、並びに当調査団との協議を主導しているは、GEIPI 並びに EIPHH であるが、対象地域で井戸・揚水の管理、井戸データの取得・管理を管轄しているのは EAH-マヤベケ、EAH-アルテミサ、並びに GEARH である。そのため、Implementation Structure に示す如く、実際のプロジェクト運営に当たる Administrator には GEIPI,GEARH を併記しているが、GEIPI の技術部長を主担当、GEARH の技師長を副担当との仕分けをしている。実際の C/P の役割においても、成果1 (モニタリング) グループでは GEARH 側が主体、成果2 (地下水モデル) では GEIPI が主体、成果3 (塩水対策工) ではほぼ全体が GEIPI,また成果4 (地下水管理) では、両者が半々、と全体的には GEIPI/EIPHH が主導する結果となることが予想される。

(3) 気候変動対策

キューバの科学・技術・環境庁 (CITMA) によると、①気候変動によるリスク評価、②マクロ・プロジェクトの2つの大きなプロジェクトを実施中である。②は、水資源、農業、動物相、植物相、海洋生物相、疫病・疾病、気象・大気等々の12の諸分野のプロジェクトに分かれており、それぞれの分野で将来予測を行っている。②の分析を基に①プロジェクトで自然災害、農業生産性の変動、気温や湿度の変動等による人間の健康面、社会・経済面等にどのようなリスクが及ぶかの分析を行っている。特に、南部沿岸地方の海岸浸食、海水面の上昇による地下水資源の減少、生物相の変動とそれに対応した農業の生産性の問題、新たな疫病等の発生による人間の健康面への影響等が注目されているような印象を受けた。②のプロジェクトには、本プロジェクトの関係者も参加しており、本プロジェクトの結果は、上記①、②のプロジェクトに多大な寄与がなされることが期待されている。

第2章 プロジェクト概要

2-1 基本事項

本プロジェクトは、キューバ国水資源庁（INRH）傘下の以下の機関に対して、塩水侵入対策と適切な地下水管理を行うための能力強化を支援するものである³。

また、本プロジェクトはキューバ側の能力強化を通じて、気候変動による海面上昇の影響を極めて受け易い帯水層内の地下水の流動メカニズム及び塩水侵入の解析・管理を行うものであり、気候変動適応策案件として位置付けられる。

2-1-1 プロジェクト関係機関

（主管官庁） 水資源庁（INRH）

（実施機関） 土木コンサルティング公社（GEIPI）、ハバナ水利調査・プロジェクト公社（EIPHH）、水利公社（GEARH）、マヤベケ県水利公社（EAH マヤベケ）、アルテミサ県水利公社（EAH アルテミサ）

裨益者

以下のとおり合計 41 名

中核技術者 合計 26 名

内訳：土木コンサルティング公社（GEIPI）／ハバナ水利調査・プロジェクト公社（EIPHH）から 13 名、水利公社（GEARH）／マヤベケ県水利公社（EAH マヤベケ）、／アルテミサ県水利公社（EAH アルテミサ）から 13 名

支援技術者 15 名 土木コンサルティング公社（GEIPI）

2-1-2 対象地域

クエンカ・スル流域内のキューバ側が HS-3、HS-4 と呼ぶ二つの地域（Tramo：トラモ）の一部で（図 4-10 参照）、今後水資源開発を行う予定の地域と既に塩水侵入の影響が出始めている地域を含めた範囲とする（図 2-1）。

³ ハバナ水利調査・プロジェクト公社（EIPHH）は土木コンサルティング公社（GEIPI）傘下の機関であり、マヤベケ県水利公社（EAH マヤベケ）及びアルテミサ県水利公社（EAH アルテミサ）は水利公社（GEARH）傘下の機関である。

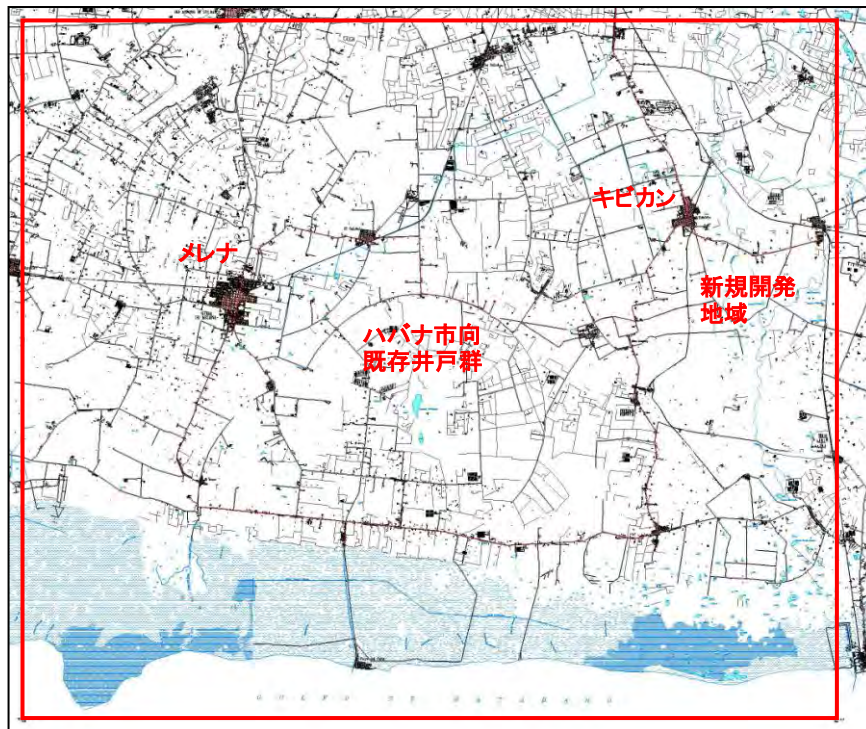


図 2-1 プロジェクト対象地域

2-1-3 プロジェクト期間

2012 年 11 月～2016 年 10 月（現地作業開始：2013 年 1 月）を予定する。

2-2 プロジェクト・デザイン

2-2-1 プロジェクト目標

プロジェクト目標 本プロジェクトに参加する機関の対象地域における塩水侵入対策を含めた地下水開発・管理能力が向上する。

「本プロジェクトに参加する機関の対象地域における塩水侵入対策を含めた地下水開発・管理能力が向上する」ことがプロジェクト目標と定められた。プロジェクト対象地域とは、マヤベケ県、アルテミサ県内の「クエンカ・スル」と称される水域の選定された区域であり、キューバ側の水域区間名では、2 区域（HS-3 と HS-4）の一部を指している（図 2-1 及び図 4-10 参照）。プロジェクト目標は、プロジェクト期間である 4 年間で具現化される事項であるが、その達成を測る目安として、2 つの指標が設定された。第一の指標は、「実施要領に沿って地下水管理関係機関に必要な人員が配置⁴される」である。この指標にある「地下水管理関係機関」は、プロジェクト参加機関である 5 機関に限定する

⁴ アウトプット 4 において、「対象地域の地下水管理計画の運用が実施ガイドライン、マニュアルに沿って試験的に開始される」ことになっているため、一定程度の配置はプロジェクト目標の完全達成前から漸次行われてきていると想定されているが、プロジェクト目標達成段階ではより完全に近づいた人員配置が要求される。場合によっては、プロジェクト参加機関以外にも動きが出る可能性がある。

ことについてキューバ側と確認した。また、第二の指標として「技術移転対象者が、夫々の移転技術項目の目標レベルを達成する」ことが定められた。具体的な目標レベルについては、日本人専門家チームが現地入りした後で行うベースラインサーベイの結果を踏まえて設定し、日本人専門家の目から見たキューバ側カウンターパートの各技術項目の理解度、習得度の判定とキューバ側の判定から総合評価することとなる。

2-2-2 上位目標

上位目標 マヤベケ県とアルテミサ県の南部沿岸部で選定された地域において、気候変動の観点から地下水が適切に管理される。

「マヤベケ県とアルテミサ県の南部沿岸部で選定された地域において、気候変動の観点から地下水が適切に管理される」ことがプロジェクト終了数年後（約3年程度を想定）にプロジェクト実施の効果として現れる上位目標に定められた⁵。この達成度を測るため、「プロジェクトの結果、規定された対象地帯水層の水理的状態が持続的に維持される」ことを指標とした。

なお、上位目標中の選定された地域とは、プロジェクト対象地域と同義である。

2-2-3 アウトプット（成果）

アウトプット1：対象地域の帯水層のモニタリングが適切に実施される。

本アウトプットは、地下水モニタリングの技術移転の結果として現れる。地下水モニタリンググループを編成し、日本人専門家の支援を得て対象地域の帯水層モニタリングを実施することを通じてキューバ側が技術（水理地質構造/水文解析、地下水観測、GIS/データベース構築）を習得するものである。帯水層のモニタリング能力が強化されることにより、本アウトプットが達成されるものである。

本プロジェクトの目標を達成するための基本として、第一に、正確な観測データを獲得・管理するためのモニタリング体制を整備しなくてはならない。このアウトプット1が実現されなければ、時系列的にその後に続くアウトプット、すなわち、アウトプット1で得た結果を活用して具現化されるアウトプット2～4の創出が困難となる。既存の観測井の中から本プロジェクトに利用する観測井を選択し、観測機器の設置、必要に応じた新たな観測井の掘削と機器の設置を行い、編成される地下水モニタリンググループが中核となりモニタリングを適切に実施し、他グループへとデータをつなげていく。

このアウトプットの達成を図る指標は、「定期的に観測データがGISデータベースに蓄積される」ことと設定している。

⁵ 本プロジェクトはハバナ首都圏への大規模な給水量の増加には直接的には結び付かないことから、ハバナ首都圏への水供給の問題は重要であるものの、本プロジェクトの上位目標としては、給水量の増加ではなくキューバ沿岸部全体に関わる課題である地下帯水層への塩水侵入に対応し、適切な水資源管理が行われることに焦点を当てる方向性となった。

アウトプット 2：対象地域の地下水モデルが構築される。

本アウトプットは、地下水モデル構築の技術移転の結果として現れる。地下水モデル構築グループを編成し、日本人専門家の支援を得て対象地域の地下水モデル構築を実施することを通じてキューバ側が技術を習得するものである。活動として、地下水モデル/塩水侵入モデルを構築し、モデルの補正・更新を行いつつ、地下水流動メカニズム及び塩水侵入の予測解析を実施することにより、本アウトプットが達成されるものである。

このアウトプットの達成を図る指標は、「地下水モデルのキャリブレーションが年に一度行なわれる」ことを設定している。

アウトプット 3：地下水涵養、塩水侵入対策の観点から各種技術が研究される。

本アウトプットは、地下水涵養、塩水侵入対策の技術移転の結果として現れる。地下水涵養・塩水侵入対策技術グループを編成し、日本人専門家の支援を得て対象地域の地下水涵養、塩水侵入対策技術を検討することを通じてキューバ側が一定の技術に関する知見を習得するものである。日本人専門家と共に活動することを通じて技術移転がなされるという基本は各アウトプット共通であるが、本アウトプットに関係する対策工の中には、地下ダムのようにキューバ側にとって新しい技術もあることから、基礎的な知識をまず座学により日本側から提供することから開始する必要がある。

このアウトプットの達成を図る指標は、「地下水涵養・塩水侵入対策技術の対象地域への適応策が、キューバ側から一件以上提案される」ことを設定している。

アウトプット 4：実施要領（ガイドライン、マニュアル）に沿って、対象地域の地下水管理計画の運用が試験的に開始される

本アウトプットは、帯水層管理の技術移転の結果として現れる。帯水層管理グループを編成し、日本人専門家の支援を得て対象地域の帯水層管理を試験的に実施、すなわち対象地域の地下水管理計画の運用を試験的に開始させることを通じてキューバ側が技術を習得するものである。換言するならば、現実的な運用を可能とする地下水管理計画策定能力の強化と地下水管理体制の強化を意味する。地下水モデルと塩水侵入モデルの検証されたシミュレーション結果をもとにした許容しうる帯水層の基準状態の設定、生産井の年間揚水計画策定、地下水管理計画及びその実施要領策定、地下水涵養工、塩水侵入対策工の実施計画策定、長期の地下水管理計画策定を行い、地下水管理計画の運用に係る技術セミナーにより現場の担当者にも実施要領（ガイドライン、マニュアル）の浸透を図ることとする。

このアウトプットの達成を図る指標は、「実施要領（ガイドライン、マニュアル）の第一版が策定され、関係者に配布される」ことを設定している。

2-2-4 活動

「アウトプット 1：対象地域の帯水層のモニタリングが適切に実施される。」に対する活動

- 1-1 地下水モニタリンググループを組織し、技術力を診断する。
- 1-2 水理地質調査・物理探査・水文調査を実施する。
- 1-3 既存観測井に観測機器を設置する。
- 1-4 試掘井戸の掘削、孔内検層、揚水試験、観測機器の設置を行なう。
- 1-5 観測網を構築する。
- 1-6 GIS/データベースを構築し、収集・整理されたデータを管理・更新する。

アウトプット 1 に対応する活動は、①対象地域のモニタリング体制が整備され、②その観測データが GIS/データベースで管理され、③地下水モデルや帯水層管理に利用される、ことを目的に、現場作業（現地調査、観測機材の設置など）と室内作業（GIS）をあわせて実施する。そのため本活動は、①水理地質構造/水文解析を行なうサブグループ、②地下水観測を行なうサブグループ、③GIS/データベース構築のサブグループ、から成る活動とする。

活動の第一ステップとして、グループの技術能力に応じた研修計画を策定する（活動 1-1）。

その後、水理地質構造/水文解析サブグループは、観測網整備のベースとなる水理地質調査・物理探査・水文調査を実施して、対象地域の調査ボーリング地点を特定する（活動 1-2）。また、上記の現地調査の結果、重要と判断された既存観測井に観測機器を設置する（活動 1-3）とともに、キューバ側が掘削する試掘井戸で孔内検層、揚水試験を行い、完成後に観測機器を設置する（活動 1-4）。

地下水観測サブグループは、水理地質構造/水文解析サブグループの現地調査と並行して、地下水及び表流水観測データを収集・整理するとともに、現地での観測を続ける。さらに、水理地質構造/水文解析サブグループと協働で、地下水モデル予測解析結果に基づいた新たな観測点（地下水及び表流水）の検討を行い、帯水層管理グループに提言し、キューバ側の地下水観測ネットワークの整備に反映させる（活動 1-5）。

GIS/データベースサブグループは、先ず既存データを基に GIS/データベースを構築し、他の 2 サブグループの活動で得られる新たなデータを管理・更新するとともに、管理されているデータを次項で記す地下水モデル構築グループに提供する（活動 1-6）。

「アウトプット 2：対象地域の地下水モデルが構築される。」に対する活動

- 2-1 地下水モデル構築グループを組織し、技術力を診断する。
- 2-2 水収支及び地下水涵養量の解析のための各種要因を分析する。
- 2-3 地下水モデル/塩水侵入モデルを構築する。
- 2-4 新たな地下水観測データや水理地質データに基づき、モデルの補正・更新を行う（年 1 回程度）
- 2-5 地下水流動メカニズム及び塩水侵入の予測解析を行う。

アウトプット 2 に対応する活動は、①キューバ側技術者が地下水モデル技術を体系的に習得し、②

地下水/帯水層管理に適切に利用されることを目的に、OJT による活動を実施する。

活動の第一ステップとして、グループの技術能力に応じた研修計画を策定するとともに、地下水モデル構築に係る基本研修を実施する。この基本研修の講師は既往プロジェクトで地下水モデルに係る研修を受けた GEIPI の中核技術者が担当することが望ましい（活動 2-1）。

その後、地下水位・揚水量・河川流量・気象（雨量・気温・蒸発散等）・水質のデータを解析（水収支解析＝涵養量の推計、揚水量と地下水位変動との相関、水質分布など）する。この中で、既存の基準水位の検討も実施する（活動 2-2）。

さらに、アウトプット 1 で記した水理地質構造/水文解析サブグループと協同で地下水モデル/塩水侵入モデルを設計し、内挿検定・検証を経て地下水/塩水侵入の第一モデルを完成させる（活動 2-3）。このモデルは、新たな地下水観測データや水理地質データに基づき年 1 回程度の頻度で、補正・更新を行うこととする（活動 2-4）。

完成したモデルを地下水/帯水層管理に利用するために、気象変動に関連する涵養量の変化・揚水量の変化（新規井戸掘削を含む）・人工涵養施設の有無・塩水侵入対策施設の有無等を組み合わせた予測解析のためのシナリオを作成し、このシナリオに基づく予測解析結果を、地下水モニタリンググループ、地下水涵養・塩水侵入対策技術グループ、帯水層管理グループに提供する（活動 2-5）。

「アウトプット 3：地下水涵養、塩水侵入対策の観点から各種技術が研究される。」に対する活動

- 3-1 地下水涵養、塩水侵入対策技術グループを組織する。
- 3-2 世界各地の事例研究を行う。
- 3-3 対象地の自然条件、社会条件、政治及び経済条件を考慮した最適な工法の検討を行う。
- 3-4 それぞれの最適工法について概略設計を実施し、実現の可能性を検討する。

アウトプット 3 に対応する活動は、キューバ側技術者の地下水涵養及び塩水侵入対策技術の能力向上を目的に、OJT による活動を実施する。

活動の第一ステップとして、グループの技術能力に応じた研修計画を策定する。（活動 3-1）。

次に、地下水涵養及び塩水侵入対策技術の世界各地での事例研究を行う（活動 3-2）。

その後は、地下水モニタリンググループや地下水モデル構築グループから提供される情報や工法検討に必要な社会条件、政治及び経済条件を整理した後に、地下水涵養及び塩水侵入対策工法の選択を行う。検討結果は、地下水モデル構築グループに提供し、予測解析結果を工法検討にフィードバックさせる（活動 3-3）。

さらに、上記で検討されたそれぞれの最適工法についてキューバ内の施工技術能力・資材調達状況を加味して、実現可能な工法の概略設計を行なう。（活動 3-4）。

「アウトプット 4：実施要領（ガイドライン、マニュアル）に沿って、対象地域の地下水管理計画の運用が試験的に開始される。」に対する活動

- 4-1 帯水層管理グループを組織し、技術力を診断する。
- 4-2 地下水モデル、塩水侵入モデルのシミュレーション結果を検証する。

- 4-3 許容し得る帯水層の基準状態を設定する。
- 4-4 毎年キャリブレーションされる新しい地下水モデルの解析結果に基づき、個々の生産井の年間揚水計画を作成する。
- 4-5 地下水管理計画及びその実施要領（ガイドライン、マニュアル）を策定する。
- 4-6 地下水涵養工、塩水侵入対策工の実施計画を策定する。
- 4-7 気候変動、地下水涵養工事、塩水侵入対策工事の効果等を踏まえた長期の地下水管理計画を策定する。
- 4-8 地下水管理計画の運用に係る技術セミナーを開催する。

アウトプット 4 に対応する活動は、アウトプット 1～3 までの結果に基づいて適切な地下水/帯水層管理システムが構築されることを目的に、OJT による活動を実施する。

活動の第一ステップとして、グループの技術能力に応じた研修計画を策定する（活動 4-1）。

主たる活動は第 2 年次より開始し、まず、アウトプット 2 で構築される地下水モデルの妥当性を検討する（活動 4-2）。その後、適正な揚水量を定めるための要件（例えば、水位要件、水質要件など）を検討した後に、許容できる基準を数値化する（活動 4-3）。さらに、アウトプット 2 の活動 2-4 の地下水モデルを利用して、上記の基準を満たす揚水計画を毎年作成する（活動 4-4）。また、これらの結果をまとめるとともに、今後実践していくための地下水管理計画、及びその実施要領（ガイドライン、マニュアル）を策定する（活動 4-5）。なお、地下水管理計画の中には、アウトプット 3 で検討される地下水涵養工、塩水侵入対策工の実施計画も含めることとする（活動 4-6）。

一方で、より長期的な地下水管理計画も作成する。この計画は、キューバ国機関（CITMA など）が予測する気候変動に伴う海水面変化、アウトプット 3 及び活動 4-6 で検討させる対策工の効果等も踏まえたものとする（活動 4-7）。

作成する地下水管理計画を広め、その実践方法の解説を行なうために、「地下水管理計画の運用に係る技術セミナー」も開催する（活動 4-8）。

2-2-5 投入

本プロジェクトで想定する投入は以下のとおりである。

表 2-1 投入（案）

【日本側投入】	【キューバ側投入】
1. 専門家 ・ 総括 / 地下水管理 ・ 地下水モデル ・ 水理地質 ・ 物理探査 ・ 水質 ・ GIS/データベース ・ 設計/塩水侵入対策 ・ 業務調整/研修計画	1. C/P の配置 ・ プロジェクト・ダイレクター ・ プロジェクト・マネージャー ・ チーフ・アドミニストレーター ・ 副アドミニストレーター ・ エンジニア（上級技師） ・ テクニシャン（中級技師） ・ 事務職員 ・ 運転手

2.機材 - 地下水観測用機材一式 - GPS - PC - ソフトウェア - 塩水侵入分析用ソフト - 地下水モデルソフト - GIS - プロジェクト車両（スペアパーツ含む） 3.本邦研修 4.技術セミナー開催	2. 施設 - 日本人専門家執務室（ハバナ、キビカン） - 機材倉庫（ハバナ、キビカン） 3. 活動費 - 試掘費用（資材、工事費） - ワークショップ開催費用 4. ローカルコスト - 日本人専門家執務室管理費（電気・水道料金） - C/P 食費・宿泊費
--	---

(1) 機材について

機材の詳細は、以下のとおりである。

- 携帯式水位計：5 台
- 自記水位計：10 台
- 採水器及び付属品：3 台
- 井戸用水質計：3 台
- 携帯式水質分析キット：1 台
- 水中モータポンプ：1 台
- 発電機：1 台
- 物理検層器：1 台
- 電気探査器：1 台
- GIS ソフトウェア：3 ライセンス
- 三次元地下水流動ソフトウェア：3 ライセンス
- 三次元物質輸送（移動）ソフトウェア：3 ライセンス
- GPS：3 台
- デスクトップコンピュータ：6 台
- ラップトップコンピュータ：2 台
- デスクトップコンピュータ用付属品（UPS 等）：6 式
- 車輛：2 台（キューバの輸入の関係上、車輛は供与機材として輸入し、輸入後のキューバでの登録は携行機材扱いの登録を行なう）

ただし、供与しうる資機材の種類もしくは仕様に関しては、今後の調査の過程において変更が生じる可能性がある。

(2) 日本人専門家執務室について

日本人専門家執務室は、以下の 2 箇所を予定する。

- ハバナ市 EIPHH 内の 1 室：本執務室においては、地下水関連ソフト及び GIS ソフトをインストールしたパーソナルコンピュータを設置して、キューバ側技術者とともに、地下水モデル及び GIS の構築及びその利用を行なう。また、GEIPI 中央本部及び GEARH 中央本部との連絡の場とする。
- マヤベケ県キビカンの GEARH 保有事務所の 2 室：本事務所は、ハバナ市、EAH マヤベケ、EAH アルテミサから 45 分～1 時間の地点で、対象地域の中心に位置する。本執務室は現地調査の拠点としての活用を予定する。

(3) ワークショップと技術セミナーについて

ワークショップと技術セミナーを以下のように定義し、前者の費用はキューバ側負担、後者の費用は日本側負担とする。

- ワークショップ：プロジェクトの活動の中で主として GEIPI 及び GEARH の技術者を対象に実施する研修セミナーで、参加者の規模を最大 10 人前後として実務的な内容とする。
- 技術セミナー：プロジェクトの成果発表会を兼ねて年 1 回開催する。全国の GEIPI 及び GEARH 傘下の技術者、INRH 及び傘下の他機関、研究機関、関連プロジェクト等からの参加を求めて、成果の普及及び討論の場とする。

2-2-6 前提条件及び外部条件

<前提条件>

プロジェクトが開始される前提条件は無し。

<アウトプット（成果）達成に必要な外部条件>

「機材の通関・輸送手続きが大幅に遅れない」ことがアウトプット達成に必要な外部条件である。技術移転を受けるカウンターパートは、「地下水モニタリンググループ」「地下水モデル構築グループ」「地下水涵養・塩水侵入対策技術グループ」「帯水層管理グループ」という 4 つのグループに編成されるが、各グループが役割を十分に果たすためには、夫々が技術の習得度を高めるべくプロジェクト活動に注力することは勿論であるが、機材無しには実施が難しい活動もある⁶ことから、通関・輸送手続きが大幅に遅れず、機材が必要部署に到着することをアウトプットの創出に必要な前提条件とした。

<プロジェクト目標達成に必要な外部条件>

「気候変動の影響が既存シナリオから大幅に逸脱しない」ことが、プロジェクト目標達成に必須の条件である。本プロジェクトでは、観測体制の強化→地下水モデルを活用した地下水の状況の正確な把握→安定的かつ適正な水利用のための水資源管理計画の運用、及び塩水侵入対策の実施という、各活動が次の活動に繋がるように設計を工夫しており、段階的に着実にプロジェクト目標に近づくデザインとなっている。しかしながら、例えばキューバ全土において大規模な砂漠化が一気に進むなど、現在の気候変動予測シナリオから自然状況が極端に逸脱すれば、本プロジェクトの活動内容や関係者の努力如何によらずプロジェクト目標を達成することは出来ない。よって、上記をプロジェクト目標体制に必要な外部条件とした。

⁶ その観点からは、当該外部条件は極めて前提条件に近いものと表現できる。

2-2-7 実施スケジュール

本件協力実施スケジュールは4年を計画する。資機材の調達に時間的余裕をもって6ヶ月程度を見込み、供与機材を使用しての現地での活動はプロジェクト開始6ヶ月後から始めるものとする。

また、キューバでは、気温が高く電力消費量の多い8月は公的機関の活動が停止することが多いため、これを見込んだ工程を計画することが望ましい。さらに、会計年度が暦年と同じキューバにおいては、翌年度の概算予算を前年の6月末から7月上旬までに上位機関に提出する必要がある。キューバ側の活動に支障が生じないようにするため、次年度以降の活動計画を作成する時期にも留意する必要がある。

本プロジェクトでは、全プロジェクト期間を2つの複数年度契約にて実施することを想定し、前半をフェーズ1、後半をフェーズ2とする。また、便宜上、年度ごとにステージ1、ステージ2と呼称し、最終年度はステージ5とすることとする。

各アウトプットに対する活動時期は、下記のように計画する。

- アウトプット1の主たる活動は、ステージ1からステージ3の前半（観測、GIS/データベースの更新等は最終年度まで継続）に行い、試掘井掘削はキューバ側の予算執行の関係上、2014年以降とする。
- アウトプット2の活動は、ステージ1からステージ3の前半に地下水モデルの第一モデルを完成させ、モデルの更新及び予測解析結果の提供をステージ3の後半以降も継続することとする。
- アウトプット3の活動は、ステージ1から始め、アウトプット1及び2の結果を反映させながら活動を続け、概略設計をステージ4の中盤に完成させるものとする。
- アウトプット4の活動は、ステージ1から始め、本格的な活動はステージ3の後半以降実施することとする。

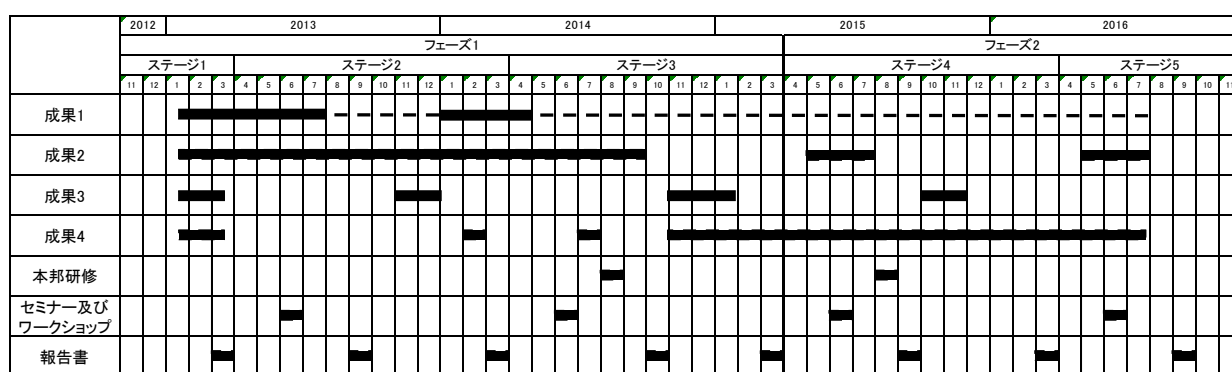


図 2-2 概略工程

2-2-8 プロジェクトの実施体制と留意点

(1) 実施体制

本プロジェクトは、INRH 傘下の5機関（GEIPI、GEARH、EIPHH、EAHM マヤベケ、EAH アルテミサ）が参加して実施される。プロジェクトの全責任を担うプロジェクト・ダイレクターのもとにプロジェクト・マネージャーがおり、プロジェクトの責任と意思決定を担うが、日々の具体的な意思

決定や実際の活動の推進役を担うプロジェクト・アドミニストレーター⁷として GEIPI 技術部長をチーフ・アドミニストレーター、GEARH 水理地質チーフエンジニアを副アドミニストレーターとし、これら2名がプロジェクト全体の調整を行う。このチーフ・アドミニストレーターと副アドミニストレーターはそれぞれの傘下の機関を取り纏めつつ、緊密な連携をとるが、リーダーとしての位置づけはチーフ・アドミニストレーターとなる。アドミニストレーションは国の中央レベルの組織に設置されているが、そのもとにハバナ、マヤベケ県、アルテミサ県という国レベルから一段下位レベルの組織があり、そこに属する技術者を中心に構成される4つのグループ、すなわち、①地下水モニタリンググループ、②地下水モデル構築グループ、③地下水涵養・塩水侵入対策技術グループ、④帯水層管理グループが日常的な活動を遂行していくことになる。このような体制を構築することによって本プロジェクトの実施体制を強固にすることが意図されている（図 2-3 参照）。

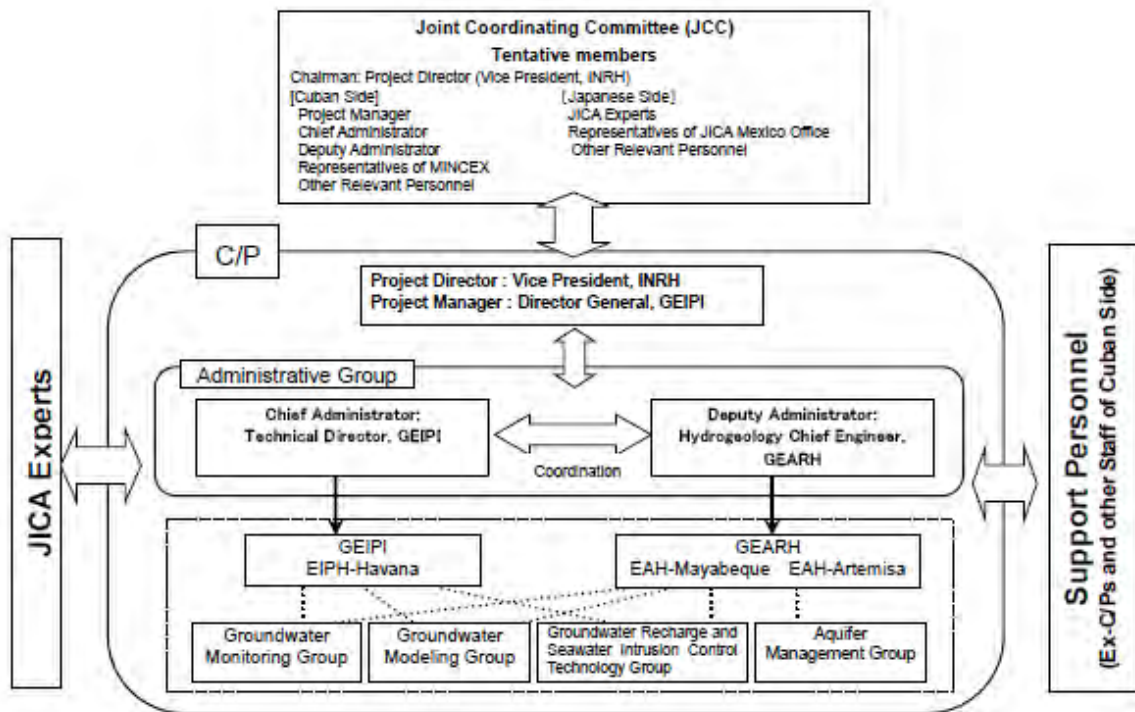


図 2-3 プロジェクト実施体制

(2) 留意点

参加複数機関の連携体制

キューバ側は、2012 年 2 月に終了した既往プロジェクト（気候変動対策のための地下水開発・管理能力向上プロジェクト）の評価時に指摘された、関係機関間の調整・連携が十分に行われていなかった反省点を強く認識し、本プロジェクトへ改善点として組み込んでいる。具体的には、いくつかの組織が連携する必要がある際に、指示系統が複数存在するとどの組織も責任をとらない事態が生じる危険性があることから、指示系統は一本化し責任の所在を明確にするべきという教訓を既往プロジェクト実施の結果として得ている⁸。従って、今般は弊害が生じた実施体制を改

⁷ 通常の技術協力プロジェクトにおけるプロジェクト・マネージャーに相当する。

⁸ 今般調査の聞き取りでキューバ側から繰り返し言及された。既往プロジェクトでは INRH から GEIPI への連携に課題

善するべく、技術移転を受けるという立場においては対等な位置づけであるものの、上述の通り、実施体制としては指示連絡系統をアドミニストレーターGEIPI が中心となって関係機関との調整を図ることとなった。この体制が機能していることを常に確認しながら、プロジェクトを実施することが肝要である。

第3章 事前評価結果

3-1 妥当性

3-1-1 必要性

国家政策との整合性：

キューバ国政府は最新の国家開発計画⁹において、「水」は食糧、交通、住宅などと並び高い優先順位を与えられている。キューバ国では、水利用者である顧客から水利公社を通じて申請された次年度の生産活動に必要な水の需要量をセクター間のバランスを考慮しつつ地方行政組織としての県レベルで取りまとめ、最終的に申請される水資源庁（INRH）が各県の EAH が試算した次年度の可能供給量と比較検討して水利用の許可を出すという「水バランス（水利用計画）」制度¹⁰がある。この制度により、限られた資源としての水を計画的・効率的に使うことが可能となっている。このように、他資源と同様に経済計画の中に「水」が資源として組み込まれており、経済計画省も水資源分野に関して同様の高い優先順位を与えている。また、国家目標を定めた指針の水に関連する部分（水資源指針）では水の合理的使用などが定められ、それに沿う形で毎年の投資計画が策定されるが、INRH や GEIPI 幹部からの発言として、政府の経済発展戦略には農業生産向上が強調されていること、そのためには水（灌漑用水）が決定打となるが、近年の灌漑施設老朽化や停電などエネルギー問題もあり灌漑揚水量が減少していること、国の食糧輸入量を減らすには国内での食糧増産を図る必要があり、農業に適した極めて肥沃な地域であるアルテミサ県を含む本プロジェクト対象となる南部地区は水資源管理の観点から極めて重要な地域であることについて言及¹¹があった。

気候変動対策の観点からは、2012 年 6 月 21 日に、国家元首であるラウル・カストロ国家評議会議長は、ブラジル国リオデジャネイロで開催された国連持続可能な開発会議（リオ+20）において、海面上昇と地下水塩水化に対応する対策を取り始めたことに言及しており、これらの課題への取組に国家として注力していることが現れている¹²。最近の共産党大会でも沿岸地域のリスク（脆弱性）を軽減することに高い優先順位が与えられており、国家開発の方向性は本プロジェクトの実施意義に大いに合致していることが確認された¹³。

さらに、マヤベケ県とアルテミサ県は 2011 年に設置された新しい県であり、経済活動の基盤となる水資源管理活動のみならず、政治家と行政の専門家が協力して県政にあたるという、政治・行政上の新しい試みをキューバ国政府として先行的に実施しているところである。従って、今般プロジェクトでの成果を得て、新しい技術が導入され、人材が強化されること、さらには水供給改善へ向けた政府への提案が可能になることについても期待されている。（「3-5 持続性」参照）

⁹ INRH からの聞き取りで、国家開発計画を書面で提供することはできない旨が伝えられている。

¹⁰ 2012 年 6 月時点における最新のやり方は、次年度の生産活動に必要と目される水需要量をまず水利公社の基礎ユニット（UEB）が水使用者である顧客から申請を得て取りまとめ県へ申請を上げ、地下帯水層の持続的管理の観点から住民生活用水、食糧生産、衛生上必要な水など供給に優先順位をつけるべく県審議会で協議し県として取りまとめたものを中央（INRH）に上げていく。水資源庁（INRH）に提出し承認をうけた内容に基づいて当該年度の生産活動を実施することで水の受給量のバランスを図るものである。

¹¹ INRH 幹部同席会合にて、GEIPI 技術部長発言。

¹² キューバ国共産党機関紙である Granma（2012 年 7 月 22 日付）報道より。

¹³ 科学技術・環境省での聞き取りから。

省庁政策・戦略：

INRH は、水に関する国家の法的枠組みを定める「法令 138 号¹⁴」によって、全ての水関係の監督機関として規定されている。INRH にとって塩水侵入対策を含む地下水管理は極めて優先度の高い分野であり、「国家環境戦略 2011～2015」における INRH が担当する水資源分野関連戦略と整合している。例えば、気候変動の影響もあるため、クエンカ・スル水源のみではハバナ市の給水状況の改善が困難なことから、水源を分散化¹⁵させ、新規水源の開発の必要性をキューバ側は認識しており、その方向に沿う形で本プロジェクトは水源開発の能力強化も含めている。さらに、キューバで現在進行中の二つの国家プロジェクトの一つである「全国沿岸脆弱性調査」では、INRH、気象庁、海洋庁など 13 機関が参加する、12 のプロジェクトで構成されるマクロ・プロジェクトが実施されている。その中の一つに、南部沿岸地域の海面上昇と塩水侵入の現況図、2030 年、2050 年、2100 年の予測図を作成する調査が行われており、INRH はじめ本プロジェクトの関係者も参画している。本プロジェクトは、気候変動適応策案件として、塩水侵入対策と適切な地下水管理を行うための能力強化を目指すものであり、キューバ側が実施している国家プロジェクトとも方向性が合致¹⁶している。なお、キューバの気候変動政策における本プロジェクトの位置づけは「1-4 (3) 気候変動適応策案件としての位置づけ」を、また地下水開発・水分野の状況は、「4-1 キューバ国家開発政策における地下水開発・管理の位置付け」を夫々参照されたい。

ターゲットグループのニーズとの整合性：

既往プロジェクトによって、キューバ国内において有効かつ精緻な地下水開発に資するための物理探査技術を適切に指導できる人材が育成され、ソラ地区を対象に構築された 3 次元地下水モデルが他地域でも適用されつつある。しかしその一方で、①キューバにおいては未だこのようなモデル構築経験が少ないこと、②地下水涵養・塩水侵入対策の技術に係る体系的な知識の蓄積・経験がない¹⁷こと、③帯水層管理の技術については、3 次元的な管理は行われていないこと¹⁸、等の課題が残っている。本プロジェクトの対象地域である、マヤベケ県及びアルテミサ県においては、塩水侵入対策も含めた地下水開発及び管理が喫緊の課題となっており、上記①～③の課題に資する技術へのニーズが非常に高く、キューバ側の本プロジェクトへの期待は極めて高い。

以上のことから、本プロジェクトの活動内容は、土木コンサルティング公社 (GEIPI)、ハバナ水利調査・プロジェクト公社 (EIPHH)、水利公社 (GEARH)、マヤベケ県水利公社 (EAH マヤベケ)、アルテミサ県水利公社 (EAH アルテミサ)、といったターゲットグループのニーズに極めて整合したプロジェクト内容になっているものと判断される。

¹⁴ 現在見直し作業中である。

¹⁵ 2012 年 6 月 11 日の関係全機関が同席時の土木コンサルティング公社 (GEIPI) 技術部長発言から。

¹⁶ 2012 年 6 月 19 日、科学技術・環境省 (CITMA) にて聞き取り時の内容から。

¹⁷ ディケ・スルなどの塩水侵入対策ダムは存在するが、地下ダム等の対策工の知見が少ない。

¹⁸ 既往プロジェクトでは、管理のための初歩的な解析 (予測計算) までは行なっているものの実践は行われていない。

3-1-2 日本の開発援助政策との整合性

我が国の対キューバ経済協力については、平成 12 年度（2000 年 10 月）に実施されたプロジェクト確認調査や平成 14 年度に設置された国別援助検討会の提言¹⁹、その後も続けられてきた政策対話により、環境分野、農業（食糧増産）を重視した協力を行なうことでキューバ側と合意している。上述の国別援助検討会報告書において、対キューバ援助の重点課題として、キューバの持続的開発促進のための援助重点課題として「環境保全と対策」「食糧増産」「生活環境インフラの整備」が示されているが、本プロジェクトは気候変動を考慮した塩水侵入対策を含む地下水管理を目指すものであり、上記課題のうち「環境保全と対策」に位置づけられていることから、我が国の援助政策と合致していると判断される。

案件内容の公益性・ODA としての適格性：

本プロジェクトの対象機関である、GEIPI、EIPHH、GEARH、EAH マヤベケ、EAH アルテミサは、地下水開発及び管理を担う公益機関であり、それらの機関の人材が育成されることはキューバの水セクターにとって、有益である。特に、GEIPI 及び GEARH は、本来業務として、他の水セクター関係機関に対する研修・啓発活動を実施していることから、本プロジェクトは、間接的に全国の他地域における同能力の向上に繋がっていくことも期待される。更に本プロジェクトは、長期的に懸念される海面上昇や地下水の塩水化など国土全体に及ぶ気候変動の影響に適応するための基礎技術を移転するものであり、渇水や洪水の被害を周期的に被っている地域住民へ裨益するものである。以上により、本プロジェクトは、国家全体の便益にも繋がるものであり、公益性は高く、ODA としての適格性を十分に備えているものと判断される。

3-1-3 手段としての適切性

ターゲットグループは、主管官庁である INRH と、その傘下の実施機関群（GEIPI、EIPHH、GEARH、EAH マヤベケ、EAH アルテミサ）の地下水開発・管理を担当する技術系職員である。これらの技術者は、塩水侵入対策を含む地下水開発及び管理能力に関して、理論的な知識はある程度有しているものの、一部の技術については実践的な経験を十分持ち合わせていない。このため、気候変動を考慮した適切な地下水開発及び管理に向けて、これら地下水開発・管理に係る諸機関の技術者の能力強化という手段は適切である。

日本技術の優位性：

日本においては、熊本県阿蘇周辺の市町村に代表されるように、長年に亘って水道水源として地下水を利用・管理してきた行政組織が多いほか、沖縄県の南西諸島等では地下ダムを建設し、運用するなど、キューバ側が必要としている技術の運用実績が豊富であり、地下水開発・管理に係る理論面、技術面共に多大な知見を有している²⁰。加えて、日本国外においても、無償資金協力によって地下水ポテンシャルが極めて低い地域において、施工品質の高い給水施設を建設したり、地下水開発・管理にかかる組織体制の整備や人材育成などの技術支援を行ってきたりするなど、当該分野における協力実績が数多くある。とりわけキューバにおいては、本プロジェクトに先行して実施された技術協力プ

¹⁹ 「キューバ国別援助検討会報告書」（2002 年 3 月）において、対キューバ国援助の重点課題として、「開発が遅れている農村地域における上水道や地方電化等、生活環境の整備に資するようなインフラ整備への政策的・技術的助言」が挙げられている。また、同報告書における今後の開発のための留意点として「水不足が深刻化している地域が存在するなど供給量に地域間格差が生じている」ことが指摘されている。

²⁰ 既往プロジェクトにおいても、本邦研修時に阿蘇周辺の地下水利用・管理に係る研修項目が組み込まれた。

プロジェクト「気候変動対策のための地下水開発・管理能力向上プロジェクト」が、2008年9月～2012年2月まで3年半にわたり実施されており、その際に強化された能力のさらなる強化を、連続的に行える優位性も存在する。

以上のことから、本プロジェクトは日本国の有する知見・教訓を十分に活用することが可能であり、技術面における優位性を兼ね備えているものと判断される。

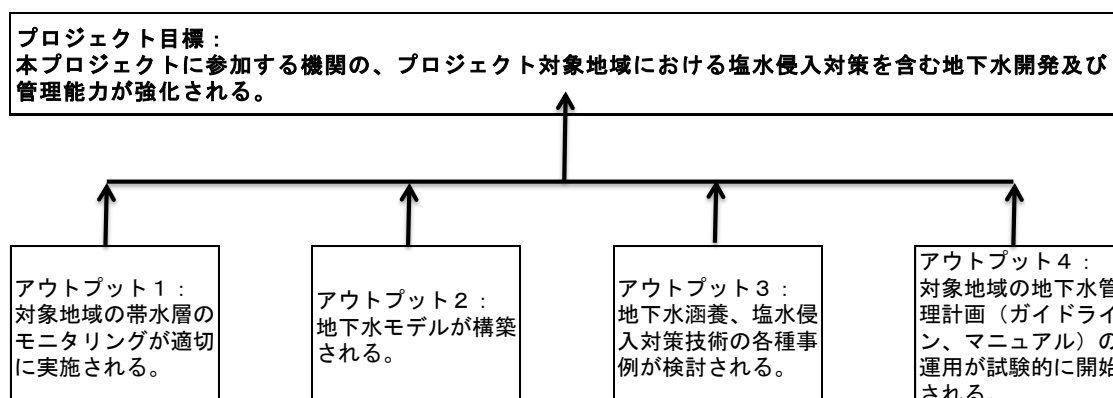
他ドナーとの重複・補完関係：

2012年時点で INRI に対する支援を行っている主要ドナーとしては、日本、スペイン、ベネズエラ、中国などが挙げられるが、地下水開発・管理分野への他ドナーからの協力は現在行われていない。広く水分野への協力の具体的内容としては、凡そ次の通りである（詳細は「4-4-2 他国援助機関の協力」参照）。スペインの国際協力庁（AECID）は、資金協力を通じて浄水場や配水網など上水関連施設全般の建設を2008年から全国で実施している。また、スペイン国アンダルシア州がマタンサ県を対象にスペイン国際協力庁と同様の協力を2006年から実施、ベネズエラ政府は2006年からグアンタナモ県で無償資金協力による上水道施設の建設を行っている。一方、中国政府は、国内配管網のリハビリプログラム用の建設機材を供与している。さらに、予算規模は小さいものの UNICEF が学校での節水環境教育を15年以上継続して実施している。このように、これら他ドナーによる協力は、本プロジェクトが実施する地下水開発・管理分野と重複することはなく、むしろ、本プロジェクトとの補完関係にあるといえる。

なお、EU が資金を提供し、UNDP が実施機関としてキューバ側カウンターパート機関と共に実施する「BASAL（地域住民食糧持続性のための環境基盤整備）」プロジェクトが実施されている（2012～2016年）。同プロジェクトは、水を可能な限り使わない食糧生産など気候変動に適応した農家の農作物生産を研究するものであり、対象地は、多種の作物を生産し、その多くを首都に供給、かつ沿岸の浸食、洪水、塩水侵入の被害を受けている自治体という観点から選択されている。対象となる3つの自治体の一つとしてグイラ・デ・メレナ市が含まれており、当該市は本プロジェクトの対象県であるアルテミサ県内にあるが、本プロジェクトに特段の負の影響を及ぼす要因は見当たらない。将来的には情報交換などにより本プロジェクト効果の相乗的な広がりなどが意図しないインパクトとして現れることも期待できる。

3-2 有効性

有効性とは、アウトプットの実現を通じてプロジェクト目標が達成される実現度を見るものである。換言すれば、設定されたアウトプットが、プロジェクト目標が達成されるための実効的な手段となるかどうかを見る視点である。本プロジェクトでは、「対象地域における地下水管理実施機関の塩水侵入対策を含めた地下水管理能力が向上する」ために、地下水に係る4分野の技術移転を想定している。すなわち、地下水モニタリングの技術移転、地下水モデル構築の技術移転、地下水涵養、塩水侵入対策の技術移転、地下水管理の技術移転である。適切な観測データを入手・蓄積し（アウトプット1）、それをもとにモデル構築が行われる（アウトプット2）。そのモデルを活用した地下水涵養や塩水侵入対策が講じられ（アウトプット3）、その結果、適切な地下水管理を行う（アウトプット4）ことができるようになるのである。技術移転に必要な機材が適時に投入され、同機材を有効活用して技術移転が行われることにより、プロジェクトのアウトプットとして設定された4つが実現し、プロジェクト期間の4年間でプロジェクト目標が満たされることが現実的なものとして期待できる。



3-3 効率性

本プロジェクトでは、既往プロジェクトで育成された中核技術者が中心となって、本プロジェクトを側面から支援するサポートチームを構成する。即ち、本プロジェクトの対象地域以外からの人材も、EIPHH、EAH マヤベケ及びEAH アルテミサ技術者に対して技術支援を行うなど、プロジェクト活動への参加が見込まれている。これは、本プロジェクトで行われる技術移転を促進するものであり、効果の発現を促進することにつながり、投入に比較した効果の増大から効率性を高めることが期待される。

また、投入機材の選定に際し、過度に高額、過剰スペックとならないよう留意するとともに、調達に様々な制約があるキューバの実情に鑑み、必要最低限のものを選定している。同時に、業務の実施を通じた研修による能力強化が円滑に行われるように、例えば地下水モデル構築や帯水層管理といった分野の技術移転を円滑に行うために必須となる PC も、具体的な実地研修の人数や研修環境を想定²¹し、最低限に抑えた数としている。

3-4 インパクト

波及効果

提出されたカウンターパートリストに掲載されている人数は、合計 41 名であるが、プロジェクト実施期間中は勿論のこと終了後においても、この人数から更に広がる活動を想定しており波及効果が期待される。例えば、本プロジェクトで実施される研修プログラムには、対象地域外の EIPHH、EAH 等の技術者も参加させる方針となっており、年 1 回の開催を予定している技術セミナーやキューバ側が実施するワークショップでも近隣・他県の技術者が招聘される予定である。更に、既往プロジェクトや本プロジェクトで能力強化された人材が講師となって、繰り返し研修を実施展開して知見を普及していく方向性であり、本プロジェクト期間を通じて、また終了後において GEIPI、GEARH の全体合計でほぼ 3 千人に近い技術系職員²²に何等かの形で移転技術の間接的影響が及ぶことが期待される。

²¹ PC については、研修という観点から、プロジェクトで編成する各グループで必要となる。同様にソフトの数もハバナ、マヤベケ、アルテミサと 3 つ必要になる。従って、デスクトップ 6 台（3 台が GIS と 3 台が地下水モデル）とラップトップ 2 台（屋外でのデータ収集用）としている。研修実施の際はデスクトップを移動させる。講師が一台使用しても、小さい研修の時は 5 人が参加できることになる。さらに大きめの研修の時は 10 人まで（2 人で 1 台を使う）参加できると想定している。

²² GEARH の全国の技術系職員は 1786 人、GEIPI の全国の技術系職員は 1178 人。

上位目標達成見込み

上位目標は、意図された正の長期インパクトであるが、本プロジェクトの上位目標「マヤベケ県とアルテミサ県の南部沿岸部で選定された地域において、気候変動の観点から地下水が適切に管理される」は、プロジェクト実施で能力強化された技術者が対象地域帯水層の状態を規定された状態に持続的に維持していくことによって実現できるものであり、達成はプロジェクト終了後数年をかけて現実的に見込めるものである。上述の技術の波及効果の推進力となるのは中核技術者であるが、周囲の技術者に技術を自ら実践しつつ教授していくことでより移転技術は強固なものとなり、望ましい地下水管理が実践されることへと資することになる。

3-5 持続性

政策・制度

既に「3-1 妥当性」で記述したように、気候変動対策においても、また国家の経済発展に向けた政策においても、塩水侵入対策を含む水資源管理は極めて重要視されており、その観点から現在の政策の方向性が大幅に変更される可能性は低い。関連法令などの見直しは現在行われているが、政策の方向性をより現実的なものにするのを目的としており、制度や政策実現プログラムの方向性の転換や大幅変更を意図したものではない。従って、政策・制度の観点からの持続性は確保されていると現時点では判断できる。なお、行政制度としては、旧ハバナ県から生まれた新県であるマヤベケ県、アルテミサ県は政治・行政システムとして新しい試みを実施している。政治家で構成される人民評議会ではキューバ全県に存在するが、各分野の専門家で構成される行政審議会が試験的な取り組みであり、現時点で必ずしも全国に同様に設置されているわけではない。成功すればこの試験的に実施されているメカニズム²³は全国に導入される予定であることから、水資源庁（INRH）傘下の他県の公社もこの制度と全く無関係とは言えない。しかしながら、より効率的・効果的な改革へ向けた試みであることを前提とするならば、本プロジェクトの効果を制度面から阻害するものではなく、むしろプロジェクト効果の持続性を高めることに資すると考えられる。

組織・財政²⁴

限られた資源の選択と集中の中で、カウンターパート機関の予算も潤沢ではないが、本プロジェクトにかかる予算配置への努力²⁵が確認できている。例えば、必要な井戸の掘削に関し、キューバ側は、プロジェクト期間の2年目で3本の試験井掘削に必要な予算の時宜を得た配置²⁶を約束している。また、研修に関連する費用は、関連各組織において既に研修予算が積み上げられており、この予算を用いて本プロジェクトの研修も実施される。今後、予算や研修内容に関して水資源庁（INRH）、GEIPI、GEARHの間で詳細な調整作業が行われ、それぞれの機関の研修計画に基づき確保された予算から各機関が経費を負担することが予定されている²⁷。

プロジェクト参加機関の組織全体としての財務状況は良好である。過去3年間に於いて常に計画量

²³ 権力を分散させ、国全体として地方分権化を進める方向性の中、マヤベケ県、アルテミサ県の他、青年の島特別区でも同様の試みが進行している。人民評議会は政治家で構成されるもので6年に1回の選挙でメンバーは入れ替わるが、行政審議会は選挙によらず各分野の任命された専門家から構成され、必ずしも選挙（6年間）で交代するとは限らない。なお、選挙は昨年実施された。

²⁴ 詳細については参加組織の財政状況参照。

²⁵ キューバでは、次年度予算は前年度の6～7月頃までに申請して配置されることになっている。

²⁶ 2014年に実施する活動の予算は前年2013年の6～7月をめぐりに積み上げ作業がなされる。

²⁷ GEIPI 質問票の回答から。

を上回る実績を残しており、収入が支出を上回っている。

収入と支出の差額は、収益として国庫に納入されるが、公社の収益成果に応じて支払われるインセンティブ基金と称されるものがあり、職員のモチベーションが上がれば今後さらなる増加も期待できる。実際に、GEIPI では、予算規模が不足しているにも拘わらず受注する工事数を増やし、外部融資による多くの大都市における水供給事業への参加、主な観光地での水インフラ管理も行っている。また、事業ドキュメント契約、事業実施契約、資材・資金管理の実施を通じて質の高い工事を確保している。観光計画関連プロジェクトにも参加し、経済開発戦略的にも重要な工事や調査²⁸を実施するなどに現れているように、経営努力がなされている。

GEARH については、収入源の 9 割を占める水道料金について、その改定が近々に実行されることで期待できない現状では、水道料金からの収益増加は早急には望めないが、過去 3 年間黒字であり、一定程度の資金を国庫に納入する状況が続いている。

問題として指摘されているのは、国から承認を受けて機材を購入する際に必要となる外貨での予算である。輸入に制約があるため、作業に必要な機材の更新に限界があり、GIS、物理探査関連、ラボ関連、モニタリング関連、コンピュータ関連、車両関連の機材が不足している²⁹。

なお、これらの組織を傘下に収める水資源庁（INRH）は、事業費も含む全傘下組織の予算として、2 億 5 千万米ドル（2011 年）、3 億 8 千万米ドル（2012 年）、2013 年（計画ベース）4 億米ドルの規模を有している。また、予算の執行は計画通りに行われているとの聞き取り回答を得ている。

技術

既往プロジェクト終了時、持続性を確保するためにプロジェクト終了後の研修普及メカニズムの構築及び実施が提言されていたが、これは水資源庁（INRH）が実施する年間研修計画として具現化している。例えば、2012 年においては、上水 CAD、下水 CAD のソフトウェアについてセミナーを実施済みであり、今後は水関係インフラ設計、水力発電利用、GIS セミナー 2 回、帯水層モデルセミナー 2 回（1 回は実施済）の実施が予定されている。既往プロジェクト最終段階で約束されていた 13 個のセミナーに対する実績の途中経過としては十分なものであり、技術的持続性を確保する活動が円滑に進行していると判断できる。その事実を根拠に、「3-4 インパクト」で述べたように、発展的研修や OJT の実践により、同様の技術的な持続性が確保されうると判断できる。

また、職員の高齢化による技術の継承への懸念についても対処がなされている。即ち、本プロジェクトによる協力の効果は、直接的なカウンターパートに限定されることなくプロジェクト終了後もキューバ全国の水管理関係者に波及することが期待され、地域的な広がりも確保される一方で、専門的職員の年齢が高いことから時系列的な観点からの持続的効果の確保という課題がある。この点についてキューバ側は既往プロジェクト終了時の提言を真摯に受け止め、現在、関係者が努力を推し進めている。具体的には、大学卒業後に社会サービスを行うインターンシップ制度に関する協定を水資源庁（INRH）が大学と結び、若手技術者のリクルートに熱心に取り組んでいる³⁰。職員の定年は男性 65 歳、女性 60 歳であるが、経験年数の長いカウンターパートと若手が共有する期間を確保することで

²⁸ 質問票回答から。

²⁹ 質問票回答から。

³⁰ 石油産業や観光業などが就職先として若者に人気のある産業。

技術の継承を確実なものにすることが可能である。EAH アルテミサには入社して1年という20代の若手技術者も当該プロジェクトに参画する予定であり、本詳細計画策定調査にも実際に参加していた。また、本調査中においても、ハバナ工科大学で間もなく卒業を予定している地下水モデル構築を履修した学生に、本プロジェクトのアドミニストレーターとなる土木コンサルティング公社技術部長が接触する³¹などの行動が見られた。本プロジェクト参加機関が、組織の優先課題として入社してくる若手技術者の育成に取り組んでいるとの発言を裏付けるものであり、技術継承の観点からも職員の高齢化問題は対処可能と判断できる。

³¹ 当該学生の論文ディフェンスに参加。

第4章 プロジェクト実施の背景

4-1 キューバ国家開発政策における地下水開発・管理の位置づけ

1959 年革命政府は社会・経済開発計画の中で、不均衡な降雨分布や気象災害を乗り越えて開発計画を推進していくためには水利施設の施工が不可欠と考え、高い優先度を置いた（国家開発計画は未公表）。この結果、今日までに利水・治水施設が増え、国の経済発展に寄与している。一方、水資源の利用が重視されるものの、同資源の管理や保全対策が遅れ、干ばつ時の水供給や観光地や工業団地での水不足、地下水枯渇による塩水侵入などの問題も生じている。

水資源庁は国の・経済発展に資するために、水資源の利用、管理、保全を推進する役割を担っている。ここ数年利用可能水量がほぼ一定量で推移している一方、人口増、工業化、観光開発、農業開発などが進み、水の需要は年々増加する傾向にある。さらに渇水年には利用可能な水資源が減少し干ばつの影響が顕著に表れる。水資源庁は住民の生活レベルを維持しつつ、現在の水環境を保全することは、持続的な国の発展に資すると考えている。

水資源庁は中・長期的な水資源開発計画を公表していないが、国家目標として設定された「政治社会政策指針³²」に沿って、上記の問題に対処している。この社会政策指針において水資源の項目として挙げられているのは以下 4 点である。

- 指針 300 号：水資源の持続的利用のための水バランス（水利計画）についての事項であり、「水バランスは計画（プランニング）の手段であり、これにより、水資源の有用性に関し、公共民間の消費効率を計測する」と記されている。
- 指針 301 号：水資源の長期的・合理的利用（特に農業用水への利用）のための投資について規定した事項であり、「灌漑農業面積を増やし、干ばつの問題や国全体での水の合理的な利用に関し、より有効に対応するため、長期間で投資をおこなう水プログラムの実施を続ける」と記されている。
- 指針 302 号：水資源の合理的利用のための水道施設（特に配水管）の更新についての事項であり、「水の質を向上し、ロスを減らし、リサイクルを増やし、これによりエネルギー消費を減らすため、計画に従い、配管網、水路、住宅までの下水施設のリハビリ計画を優先させ、拡大する。住民への配管や付属品の販売を含む。」と記されている。
- 指針 303 号：受益者負担の原則を含む住民レベルの水資源合理的利用（節水）についての事項であり、「水を合理的に使う文化をはぐくむため、下水を含むサービス料金の見直しを検討し、段階的に補助金を減らし、段階的に無駄遣いを減らす。公共民間の顧客の使用量測定と料金徴収を強制的に規定する」と記されている。

指針 300 号に関連する水バランス（水利計画）とは、1980 年代から取り組んでいる水資源庁が算出する水使用可能量以上に需要を認めない需給バランスをとるものであり、国家も 2000 年に水バランスを技術から政策と位置づけを変更した。2005 年までは水バランスを県レベルのみで作成していたが、2006 年以降は複数の県に跨る重要な流域においては、流域として水資源を管理する方向に変

³² Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución、2011（キューバ共産党第 6 回大会「党及び革命の政治社会政策指針」、2011 年 4 月 18 日承認）

更されている。

この水バランス作成のために、沿岸地域においては地下水位を過剰に下げない、また塩水化を起こさない地下水利用可能量の設定が必要となり、これらの条件を満たす中での新規水源の開発も要求されている。水資源庁及び傘下の機関は、現在設定している基準水位をより詳細に設定し直すために、①地下水モニタリング体制の整備、②地下水モデルを使用した予測解析、を行い、気候変動に伴う海面上昇等の外部条件の変化にも対処しようとしている。

4-2 関係行政機関の組織と実施体制

4-2-1 水資源庁（INRH）

(1) 組織構成

法令 138 号に基づきキューバにおける水資源開発、利用、維持管理、調査については水資源庁（INRH）が政策決定機関としての役割を担う一方、同庁傘下に配置されている各公社が実質的な業務を全国レベルで展開している。

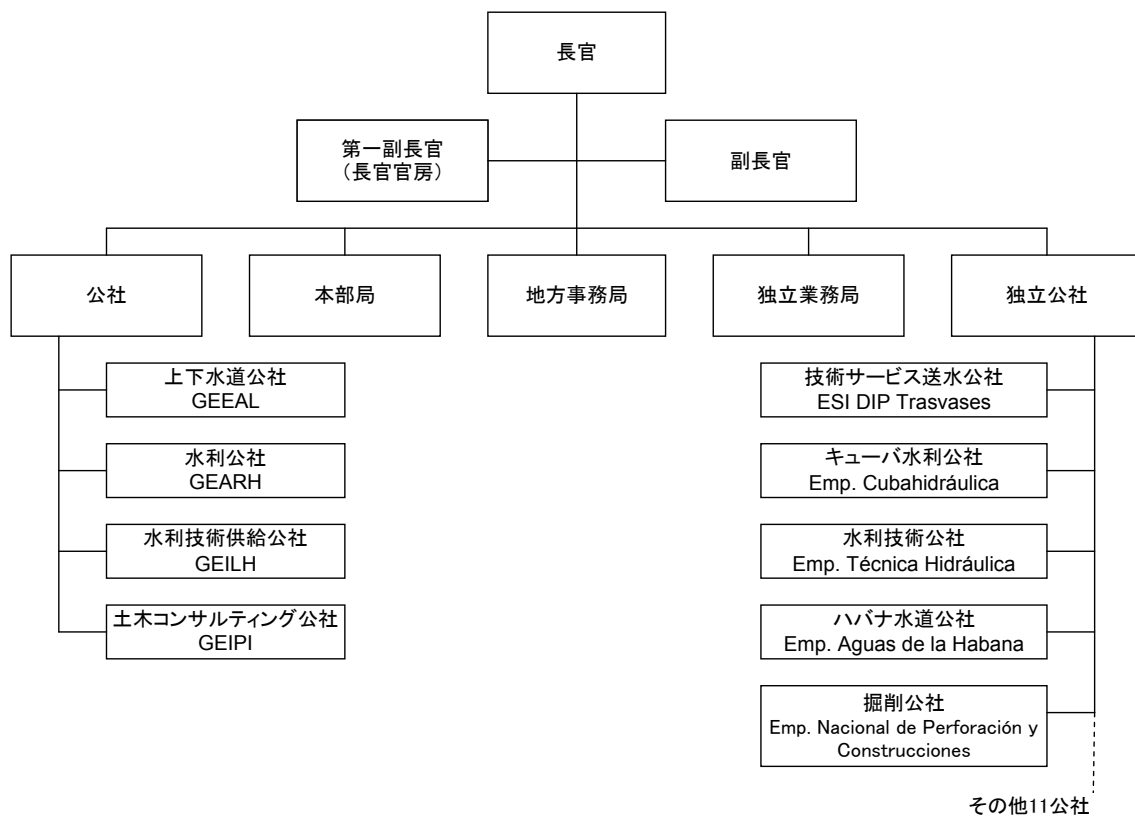


図 4-1 水資源庁（INRH）の組織図

INRHは図 4-1 のとおりの組織構成であり、傘下の公社を含めて職員総計約35,000名を擁する。また、INRHの中央本部（計約160人）は図 4-2 のとおりの構成となっている。

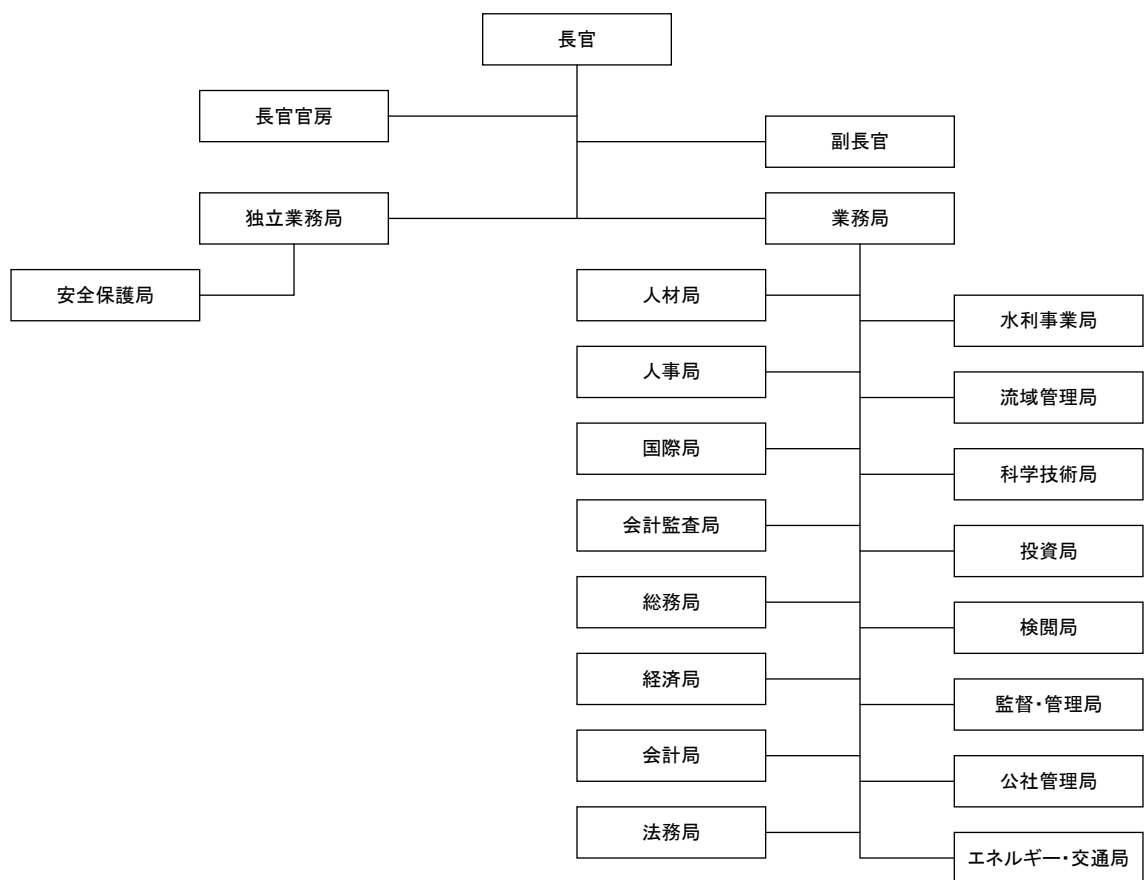


図 4-2 水資源庁（INRH）中央本部組織図

図 4-1 の INRH 傘下の組織の中で、地下水開発・管理及び給水にかかる業務は、下表に示す各公社が担当している。

表 4-1 主要公社の主業務

事業	INRH	GEIPI	GEARH	GEAAL	GEILH
水資源モニタリング	●		○		
水資源にかかる解析		○	●		
水資源配分(水利調整)	●		○		
給水(生活用水)				○	
給水(農業用水、工業用水)			○		
利水施設設計 (調査・設計) (施工管理) (建設) (配管製造)		○ ○			○ ○

注) ○：主たる実務担当組織、●：管理・承認を行なう組織

また、主たる独立公社の主要な業務は下表のとおりである。

表 4-2 主たる独立公社の主要業務

公社名	主要業務
技術サービス送水公社	オルギン県において、大規模な送水業務を行なう。
キューバ水利公社	水資源開発・管理・調査にかかる資機材の輸入業務を行なう。
水利技術公社	海外への技術者派遣を行なう。
ハバナ水道公社	ハバナ市の一部(ホテルなどの高級エリア)に対する給水サービスを行なう。
掘削公社	生産井などの掘削業務を行なう。

(2) INRH 中央本部の技術部局

INRH 中央本部の技術部局は、流域管理局、水利事業局及び科学技術局の 3 部局である（図 4-2 参照）。

- 流域管理局は 11 人の技術者を擁しており、主に GEARH が観察した地下水位、雨量観測データ、貯水池にかかる各種データなど、水資源にかかる様々なデータを一元的に集約・管理することを主たる業務としている。同局では、これらデータを毎月 10 日に報告書として発行することとしており、一部のデータについてはインターネットを通じて公表している。
- 水利事業局（技術者 7 人）は、全国の水利用計画（水バラン）の最終決定を行い、水利用計画の実施機関である。
- 9 人の技術者から成る科学技術局は、国家の政策を水資源庁で実施するために具体化させていく組織であり、科学技術・環境省（CITMA）との連携も科学技術局が中心となっていて行なわれている。

4-2-2 土木コンサルティング公社（GEIPI）

(1) 組織の主たる役割

土木コンサルティング公社（GEIPI）の主たる業務として、以下の三点が挙げられる。

- ① 土木・水工関連計画の調査、探査、設計、施工管理等のコンサルティング業務
- ② 環境調査やベースライン調査
- ③ ソフトウェアの開発及び販売等

上記のうち、土木及び水工関連計画の調査、設計等のコンサルティング業務が GEIPI の行なう業務の大半を占めている。環境調査は土木及び水工関連調査の際に付随的・義務的に実施しているものであり、環境調査のみを目的とした調査業務は実施していない。

①にかかる土木・水工関連のコンサルティング業務において、業務の対象となる分野を表 4-3 に示す。

表 4-3 土木コンサルティング公社の業務一覧

業務	対象
調査業務	● 測地、測量 ● 地質調査 ● 水理地質調査 ● 水理調査 ● 物理探査 ● ロータリー式掘削 ● 井戸の設計、他の水資源開発 ● 水質分析
設計業務	● ダム、堰 ● 水路 ● 灌漑、排水システム ● 上下水道工事 ● ポンプ場 ● 雨水、都市、農村排水 ● 道路工事 ● 施設内の水利網
コンサルティング業務 (その 1)	● ダムプロジェクト ● 下水処理場、排水処理プラントのプロジェクト ● 灌漑、排水のプロジェクト ● 配水網及び下水設備のプロジェクト ● 雨水排水のプロジェクト ● 水理地質調査、地質調査 ● 測地、測量
コンサルティング業務 (その 2)	● 技術、経済調査 ● 環境インパクト調査 ● 採水のための適正技術の応用 ● ソフトウェアの作成、販売

(2) 組織構成

① 概要

GEIPI は傘下にある県公社等を含め、合計 1,826 人の職員を擁している。ハバナの中央本部の職員は 45 名のみで、他の職員は傘下の機関に属する。

GEIPI の傘下の機関には、現在 8 つの県公社（ピニャール・デル・リオ、ハバナ、マタンサス、ヴィジャ・クララ、シエゴ・デ・アヴィラ、カマグエイ、オルギン、サンチャゴ・デ・クーバ）、4 つの技術サービス公社（西部、ヴィジャ・クララ、カマグエイ、東部）、総合水資源技術センター（CITA）、分析技術サービス公社（ENAST）がある。

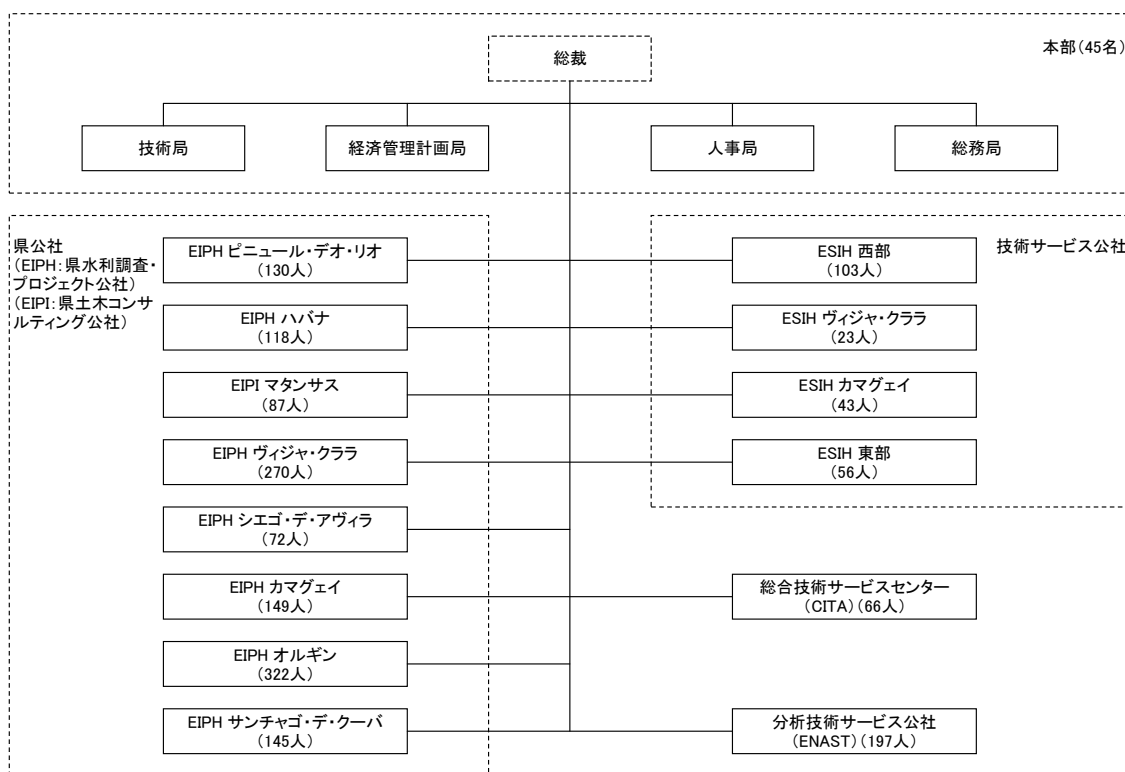


図 4-3 GEIPI 組織図

② 県公社 (EIPH 及び EIPI)

県公社には、県水利調査・プロジェクト公社 (Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos : EIPH) と県土木コンサルティング公社 (Empresa de Investigaciones, Proyectos e Ingenieria) がある。マタンサス県以外の県公社は EIPH、マタンサス県の県公社は EIPI と称しているが、GEIPI 及び INRH 傘下の組織として同じ役割を担っている。

各県公社は更に細分された基礎公社ユニット (UEB : Unidad Empresarial de Base)³³を通して、それぞれ 1～3 県程度を管轄している (ただし、旧ハバナ県がマヤベケ県とアルテミサ県に分割されて日が浅いために、EIPHH は UEB が設置されない状態でマヤベケ県とアルテミサ県の管轄も担っている)。ゆえに、基礎公社ユニットまでも含めると、GEIPI は国内全県を網羅する体制を整備している。なお、基礎公社ユニットはそれぞれ管轄する地域・県を単位として設置されている場合と、取り扱う業務内容を単位として設置されている場合の二通りが見られる。

③ 技術サービス公社 (ESIH)

技術サービス公社 (ESIH) は、GEIPI が実施する調査において生じる契約業務、物資調達、外部委託等を行なう組織であり、全国に 4 箇所 (西部 (ハバナ)、ヴィジャ・クララ、カマグエイ、東部 (オルギン)) 設けられており、225 人の職員を擁している。

④ 総合資源技術センター (CITA)

総合資源技術センター (CITA) は、GEIPI が独自に保有する研究センターであり、カマグエイ

³³ 基礎公社ユニット (UEB) は、GEIPI のみならず、後述する GEARH においても業務内容を単位として組織されている。

に所在する。1995年にUNICEFによる支援を受けて設立された後、自己資金などを利用しながら、これまでセンターの拡充を続けてきた。

CITA の役割は主に研究センターとしての機能と研修としての機能の双方にある。「研究」部門（技術部が担当）では、代替エネルギーによる技術開発に力点が置かれており、太陽光、風力エネルギーによる揚水、水撃ポンプの開発等が行なわれている。

他方、「研修」部門では、主に GEIPI 職員を対象とした研修が年間を通じて実施されている。研修にかかるインフラとしては、約 30 人を収容できる教室が 2 室、および 16 人収容の宿泊施設、および簡易な図書室が設けられている。

既往プロジェクト（気候変動対策のための地下水開発・管理能力向上プロジェクト）は CITA を拠点に実施された。

⑤ 分析技術サービス公社（ENAST）

分析技術サービス公社（ENAST= Empresa Nacional de Análisis y Servicios Técnicos）は 2006 年に組織された水の生物分析及び物理化学分析を行なう機関で、現在は GEIPI の傘下にある。本部はハバナにあり、全国に 15 の試験室を持ち全国レベルの水質分析を行なっている（職員数 197 人）。

マヤベケ県及びアルテミサ県で採水されたサンプルは、ハバナの試験室で分析が行なわれており、ハバナの試験室にはフランスや IAEA から供与された分析機器も設置されている。フランスからの援助は 10 年以上前から続けられており、機材の供与だけでなく職員のフランスでの研修（分析、機器のメンテナンス）も実施されている。

⑥ GEIPI 内職員数

GEIPI 傘下各機関の職員数は、表 4-4 及び表 4-5 のとおりである。

表 4-4 GEIPI の職種別職員数

職種	職員数	割合 (%)	女性職員数	割合 (%)
管理職	179	9.8	47	26.2
事務職	12	0.7	11	91.6
技術職	1178	64.5	602	51.1
現場作業員	356	19.5	34	9.6
用務員	101	5.5	48	47.5
合 計	1826	100	742	40.6

表 4-5 GEIPI 傘下の組織別職員数

機関	職員数	女性	割合 (%)	大卒	割合 (%)	中級技術者	割合 (%)	修士及び博士
GEIPI 中央本部	45	17	37.8	17	37.8	18	40.0	5
EIPH ビニャール・デル・リオ	130	53	40.7	40	30.7	46	35.4	4
EIPH ハバナ	118	43	36.4	43	36.4	45	38.1	5

EIPI マタンサス	87	36	41.3	20	22.9	32	36.7	7
EIPH ヴィジャ・クララ	270	116	42.9	102	37.8	89	32.9	18
EIPH シエゴ・デ・アヴィラ	72	33	45.8	36	50.0	12	16.7	4
EIPH カマグエイ	149	55	36.9	57	38.2	43	28.8	9
EIPH オルギン	322	108	33.5	138	42.8	83	25.8	10
EIPH サンチャゴ・デ・クーバ	145	69	47.5	76	52.4	43	29.6	6
ESIH 西部	103	11	10.7	39	37.8	43	41.7	2
ESIH ヴィジャ・クララ	23	13	56.5	13	56.5	10	43.5	3
ESIH カマグエイ	43	23	56.1	27	62.8	12	27.9	0
ESIH 東部	56	20	35.7	29	51.7	17	30.4	1
CITA	66	16	24.2	19	28.7	15	22.7	3
ENAST	197	129	65.4	79	40.1	82	41.6	7
合 計	1826	742	40.6	735	40.3	590	32.3	84

(3) GEIPI 予算（支出内訳）

GEIPI では収入の約 95%が調査、設計業務から成っている。主要な発注者としては、GEAAL（全収入の約 50%を占める）、GEARH（同約 40%）のほか、INRH 本部及び各地域の農業組合、観光業関連、ニッケル等鉱業関連などの組織（同約 10%）が挙げられる。

また、これら業務については、概算で約 85%程度が表流水に関連した業務であり、残り約 15%程度が地下水に関連した業務となっている。

これらの業務の受注に関しては、調査コスト、関連調査実績、調査方法等を加味したプロポーザル形式の競争入札を経て受注に至る案件と随意契約による受注との二通りが見られるが、多くの場合は管轄地域内の随意契約による受注と見られる。

表 4-6 に過去 3 年間の収支状況を示すが、収入は増加傾向を示している。収入と支出の差額は、利益となり国庫へ納入されることになるが、11032.1（2009 年）、13795.0（2010 年）、17346.1（2011 年）（以上、単位 1,000 人民ペソ）と上昇している。技術サービス公社による契約や工程管理による質の高い工事を確保し、外部からの融資で多くの大都市における水供給事業に参加したり、主な観光地での水インフラ管理を行うなど、GEIPI 傘下の組織は受注する工事数を増やしている。

表 4-6 GEIPI 過去 3 年間の収支状況

	2009 年		2010 年		2011 年	
	収入	支出	収入	支出	収入	支出
合 計	35705.4	24673.3	42049.6	28254.6	45424.6	28078.5

単位：1000 人民ペソ（兌換通貨 CUC=米ドルの 24 分の 1）

(4) 組織の課題

GEIPI 中央本部は、組織の課題として以下の点を認識している。

- 専門職員（技術職員）の年齢層が高い。既往プロジェクトの評価でも指摘された事項であり、若手専門家の育成を進めている。
- 専門家（大卒者）が不足している分野がある（例えば、上下水プラントの設計、ダム開発のデザイン、水力発電、水文等の分野）。これは、GEIPI だけの問題でなく、キューバ全体の問題でもある。
- 情報処理関係機材及び消耗品、印刷機等が不足している。
- 交通手段が不足している。
- JICA から供与された物理探査機器を全国で使用しているが、電気探査器 1 台、電磁探査器 1 台では不足である。
- GEIPI 本部が手狭であり、移転も検討している。

4-2-3 ハバナ水利調査・プロジェクト公社（EIPHH）

(1) ミッション及びビジョン

ハバナ水利調査・プロジェクト公社（EIPHH）は、以下のミッション及びビジョンを持って、活動を行なっている。

ミッション：

- INRH の関係機関や第三者機関へ、応用エンジニアリング調査や水力エンジニアリング工事を含む水力・水利・水関連衛生プロジェクト策定サービスを提供する。

ビジョン：

- 社会的に広く認められる公社となる。
- 進んだ技術の適用と職員の競争力に支えられた、サービス達成率の高さとサービスの効率により、この分野のリーダーになる。

また、2015 年までの戦略的目標として、以下の 6 項目を掲げている。

- 社会的に高く認められる公社になる。
- プロセスに焦点をあてた、公社総合マネジメントシステムの持続的な実施。
- 顧客の承認（満足）度 100%の販売計画を達成する（\$ 3168.43m p）。
- 全国レベルでの、調査、エンジニアリング、水関連プロジェクトにおいて、公社をリーダー的な組織とする。
- 職員の競争力やモチベーションを保証する（顧客、この分野の類似する組織、その他の関連

組織について、組織における、製品や公社のマネージメントが求めることを満足させることに必要な、職員の競争力やモチベーションを保証する)。

- 必要な基礎的資材を入手する（製品を満足させるため）。

(2) 組織構成

EIPHH の組織構成を図 4-4 に示す。本プロジェクトに関連する地質、水理地質、地下水モデル、物理探査、GIS、水文等の技術者は UEB 応用活用に、塩水侵入対策構造物設計の技術者は、UEB 技術設計に属している。また、技術部は EIPHH の技術革新の中核となる部署で、現在の主たる技術者は情報処理関係の技術者であり、本プロジェクトを支援する部署の一つとなる。

また、職員数は 123 人（GEIPI 本部の集計では 118 人であるが、本部の全国集計後 5 名増員されている）であり、その内訳は表 4-7 のようになる。

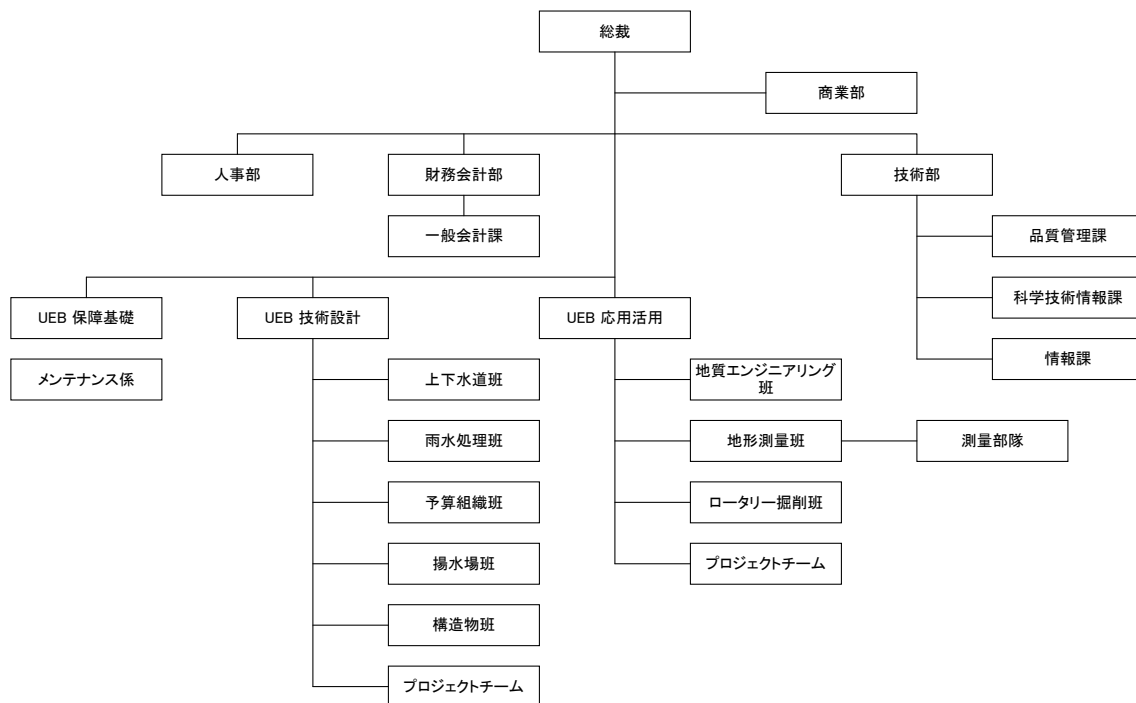


図 4-4 EIPHH の組織構成

表 4-7 EIPHH 職員の内訳

	職員数	割合 (%)
定員	132	100
雇用人数	123	93.1
直接雇用	99	80.4
間接雇用	24	19.5
幹部	8	6.5
管理部門	1	0.8
技術者	90	73.1
作業員	22	17.8

サービス部門	2	1.6
エンジニア(大卒者以上)	43	34.9
中級技術者	47	38.2

(3) EIPHH 予算

国営公社として最低 1 % の成長率を保つことが要求されるが、表 4-8 に示す通り、一般的傾向として少しずつではあるが収入は増加している。国家からの補助金は一切なく、職員の給与も自分たちの創出する収入の中から拠出している。また、収益は国庫に納めるが、公社の働きすなわち収益成果に応じて支払われるインセンティブ基金（Fondo Incentivo）と称されるものがある。

表 4-8 EIPHH 過去 3 年間収支状況

	2009 年		2010 年		2011 年	
	収入	支出	収入	支出	収入	支出
合 計	2757.4	1634.2	2921.4	1919.7	3051.8	1615.1

単位：1000 人民ペソ（兌換通貨 CUC=米ドルの 24 分の 1）

(4) 組織の課題

HIPHH は、組織の課題として以下の点を認識している。

- 職員の経験年数が長く経験豊富ではあるが、専門職員（技術職員）の平均年齢が高い（職員の定年年齢は、男性が 65 歳、女性が 60 歳）。INRH が大学との協定を結んでいるので、若手技術者も増えてきている。
- 情報処理関係機材及び消耗品、印刷機等が不足している。
- 交通手段が老朽化している。

4-2-4 水利公社（GEARH）

(1) 組織の主要な役割

水利公社（GERH）は、INRH 長官令 52 号に基づき、国家の水利用に関連する活動及び水関連施設の維持管理・改善・向上を目的として、2002 年 2 月に設立された。

GEARH 中央本部は以下のミッション、ビジョン、戦略目標を持つ。

ミッション：

- 確固とした技術・経済原則を基礎として、水利公社の機能（活動）を指導、監督、管理、計画する。
- 構築された組織とインフラを活用し、国内の全ての経済活動及び住民に効果的な水供給サービスを提供するとともに、建設されたインフラを維持管理して被害を防ぎ、水資源への被害を緩和する。

ビジョン：

- GEARH は以下の前提条件での水供給サービスを保証する。

- エクセレント³⁴と宣言された水関連インフラを通じて、必要な流量、決められた場所、決められた時間、必要な水質で、合意された水量を提供する。

戦略目標：

- 水関連インフラの 100 % をエクセレンシーのカテゴリーにする（2015 年）
- ハイテクを装備し、水域をリアルタイムで管理する（2015 年）
- 水観測システムの近代化（2007-2010 年）
- 洪水予防に関連するすべての放水路を自動でオペレーションする（2007-2010 年）
- 水モニタリング観測モニタリングネットワークの近代化、通信の近代化（2007-2010 年）
- GEARH のすべての組織で、品質マネジメントシステムの認証を受ける。（2007-2009 年）
- メンテナンスショップの効率化、輸送手段の近代化（2007-2012 年）

上記に基づいた GEARH の主たる活動として、以下の六点が挙げられる。

- ① 水資源利用計画の策定
- ② ダム、分水工、幹線水路等にかかる運営・維持管理
- ③ 水資源の定量観測
- ④ 水質管理
- ⑤ 農業用水、工業用水の供給サービス
- ⑥ ハリケーン等災害予報にかかる情報提供等

GEARH の主要業務の一つである水資源利用計画については、各々の県公社が県レベルでの水利用計画を策定し、その上で GEARH 本部が全国の水利用計画を策定している（最終的な承認は INRH 本部）。また、同様に地下水位を含め水資源にかかる各種指標の観測も GEARH の主要業務として挙げられるが、これら観測データも GEARH 内部で集約した後、INRH 流域局に送られ、同局で管理される形態を取っている。これら観測データは毎月初旬（5 日）までに INRH にメール等で利用して送付されるとともに、各種データは毎月冊子として発行されている。農業用水及び工業用水についても GEARH が供給の責任を担っており、毎年年初にそれぞれ利用団体との間で水利用にかかる合意書も締結、利用代金の徴収を行なう。さらに、ハリケーン等の災害予防も同公社の主たる重要業務のひとつとして位置づけられている。

GEARH が管轄するインフラ施設は、下記のとおりである。

- 貯水池：239
- 小規模貯水池（流域変更用）：61
- 大規模水路：81（758.58km）
- 送水施設：110.9km
- 揚水ステーション：13

³⁴ 水関連工事（インフラ）の“エクセレント制度”：1990 年代、キューバ国内の全ての分野で深刻な経済問題に直面し、水関連のインフラの多くも深刻な影響を受けた。1996 年に“エクセレント工事（インフラ）”というシステムが実施され、これは、貯水池、水路、小規模貯水池（流域変更用）、流域変更のための揚水ステーションを維持・運営するためのものである。そのために、上記の施設のインスペクション・メトロロジーが作成され、実施された。

- 水文モニタリングネットワーク：気象ステーション 13、雨量計 1905、雨量記録計 98、流量観測 38
- 観測井戸：1683

(2) 組織構成

GEARH の組織構成を図 4-5 に示す。

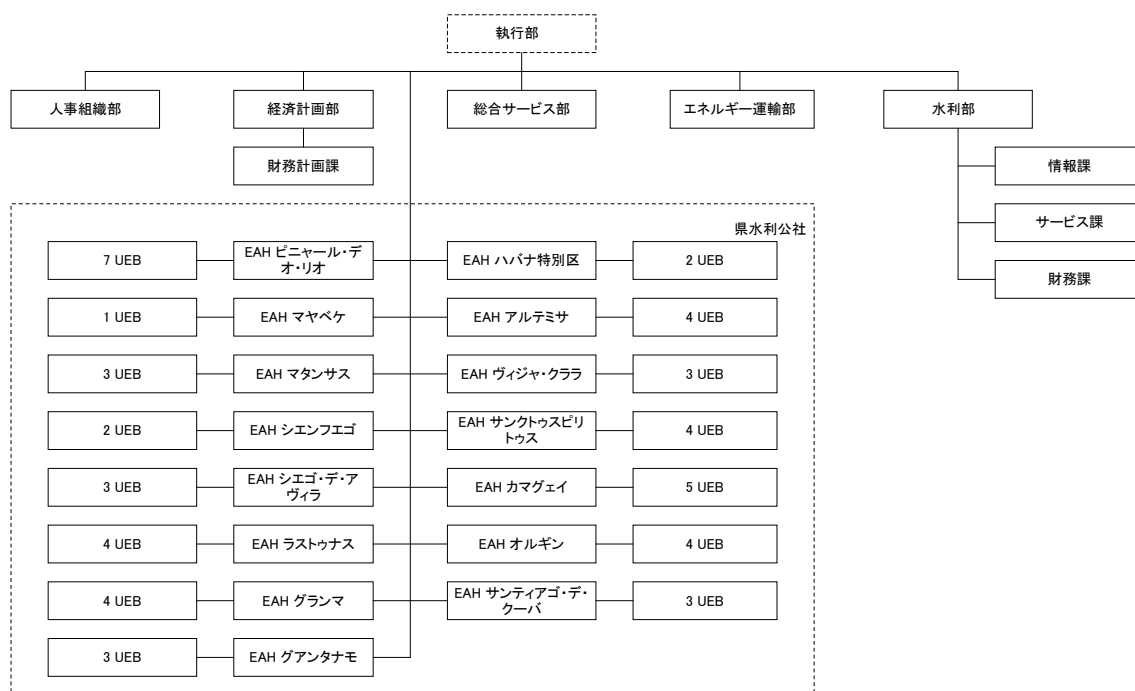


図 4-5 GEARH 組織図

GEARH は組織全体で 4,458 人（技術職職員数：1,149 人）の職員を擁し、中央本部には 60 人の職員が在籍している。また、GEARH の技術者の県別配置は表 4-9 のとおりである。

表 4-9 GEARH 県別技術者数

	技術職数	大卒者（技術職）	中級技術者
GEARH 本部	36	20 (14)	22
EAH ビニャール・デル・リオ	114	40 (53)	61
EAH ハバナ市	67	23 (10)	57
EAH アルテミサ	48	26 (22)	26
EAH マヤベケ	43	17 (10)	33
EAH マタンサス	60	35 (6)	54
EAH ヴィジャ・クララ	78	43 (23)	55
EAH シエンフエゴ	44	24 (9)	35
EAH サンクティ・スピリツ	73	33 (4)	69
EAH シエゴ・デ・アヴィラ	60	27 (25)	35
EAH カマグエイ	176	46 (37)	139

EAH ラス・ツナス	53	24	(10)	43
EAH オルギン	102	40	(52)	50
EAH グランマ	97	47	(27)	70
EAH サンチャゴ・デ・クーバ*	54	37	(-)	(60)
EAH グアンタナモ	44	26	(20)	24
合 計	1,149	508	(316)	833

* : EAH サンチャゴ・デ・クーバの中核技術数は再集計が必要である。

(3) GEARH 予算

国庫に納入される収入と支出の差額である利益は、過去 3 年間に於いて、18021.6 (2009 年)、19458.3 (2010 年)、20417.0 (2011 年) (以上、単位 1,000 人民ペソ) と増加傾向を示している。他の公社と同様に国家からの補助金は一切なく、職員の給与も売り上げ収入から拠出される。収入のほぼ 90% が水提供の対価であり、約 10% が降雨量・涵養・耐水などのモニタリングサービス提供の対価から得ている。また、収入内訳を水購買の主たる顧客別で分けると、住民に水を配水・提供している水道公社 (GEAAL) が約 40%、農業省所管の米公社 (GEA=Grupo Empresarial de Arroz) が約 40%、残りの約 20% が水力発電会社など工業部門となっている。本部 (職員数 40 人) はあくまでも県レベルを取りまとめる管理部門であり、本部独自の収入源はない。財務上の課題は、公社の運営がすべて人民ペソで行われているが、機材購入は人民ペソで行えず、外貨 CUC (兌換ペソ) が必要となるため国家からの承認が必要となるなどの制約が存在することである。

表 4-10 過去 3 年間収支状況

	2009 年		2010 年		2011 年	
	収入	支出	収入	支出	収入	支出
合計	73420.4	55398.8	72734.8	53276.5	77476.8	57059.8

単位：1000 人民ペソ (兌換通貨 CUC=米ドルの 24 分の 1)

(4) 現状の課題認識及び取り組み

GEARH 本部では、既往調査 (気候変動対策のための地下水開発・管理能力向上プロジェクト) の事前調査で指摘された以下の課題が、現在も課題として残っていると認識している。

GEARH では老朽化に伴う水路の漏水問題が認識されているが、流量計をはじめとした測定器具の不備から漏水状況の把握がなされていない。また、地下水位や雨量・気象観測データをはじめとした各種観測業務において、自記計の導入などによる業務の自動化を目指しているが、これらは全て予算の制約から進捗は得られていない。

4-2-5 マヤベケ県水利公社 (EAH マヤベケ)

(1) 業務、サービス内容

マヤベケ県水利公社 (EAH マヤベケ) は、以下の業務及びサービスを行なっている。

- INRH が管理運営する水源の表流水を管理し、これを供給をおこなう。
- GEARH が管理していない水 (ユーザーが管理運営する水)、および、地下水の使用権を与える。

- 排水の表流水への排水権やその他の許可された水域への排水権を与える。
- 活動に関係したさまざまな種類の水源の水質を厳密に監視し維持する。
- 水バランスに関する既存の規定に従って水源の合理的で有効な使用を確保し、依頼された期間における顧客の需要を満足させるため、県の水バランスを作成し、その遵守を管理する。
- 確立されたフローに従い、INRH や国の諸機関に、水源や水文サイクル管理ネットワークのデータを定期的に提供する。
- 水の管理効率を上げ、水関連インフラの安定性を保持するため、技術的に正しい状態に水関連インフラを保全する。
- 水文サイクル・データベースと既存の水源のデータベースをもとに、水の利用、水の提供、水の保全、洪水予防の、サービスを提供する。

また、EAH マヤベケが管轄するインフラ施設は、下記のとおりである。

- 貯水池：6
- 小規模貯水池（流域変更用）：1
- ポンプ場：3
- 水路：4

(2) 組織構成

EAH マヤベケの組織構成を図 4-6 に示す。

技術部を構成する三つの課は以下の業務を行なっている。

- 水利用課：水利用バランス（水利用計画）の作成と GEARH 本部及び INRH への提出、水引渡し計画策定、承認に合わせた水供給のコントロールなど。
- メンテナンス課：インフラの小規模なメンテナンス、規模の大きなメンテナンスの第三者への外注計画及びその管理など。
- 水サービス課：雨量計・観測井のデータ収集・集計・月報作成・発行、水質分析用サンプルの採水、観測機器のメンテナンスなど。

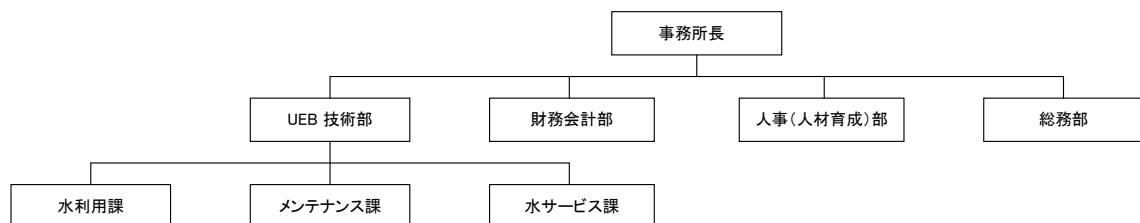


図 4-6 EAH マヤベケの組織構成

また、職員数は 183 人であり（表 4-11 参照）水利用課に 7 人、メンテナンス課に 3 人、水サービス課に 5 人の職員が属している。

表 4-11 EAH マヤベケ職員の内訳

	職員数	割合 (%)
定員	205	100
雇用人数	183	89.3
直接雇用	144	78.7
間接雇用	39	21.3
幹部	6	3.3
管理部門	6	3.3
技術者	10	5.5
作業員	113	61.7
サービス部門	48	26.2
大卒者	26	14.2
中級技術者	26	14.2

(3) EAH マヤベケ予算

マヤベケ県水利公社（EAH マヤベケ）個別の財務上数値を入手することはできなかったが、マヤベケ県水利公社を含む 15 の県レベルの水利公社全体をとりまとめた数値として水利公社全体の財務状況が「4-2-4 水利公社（GEARH）」に記述されている。

(4) 組織の課題

EAH マヤベケは、組織及びプロジェクト実施の際の課題として以下の点を挙げている。

- 地表水、地下水とも水文パラメータが古い（1991 年当時のもの）。
- 水源のパラメータや特徴が分からないので、オペレーションやマネジメントシステムがあまり正確でない。
- 水資源管理を行なうための機器及び技術が不足し、手法も更新されていない。pH や EC を測定する機器が無く、その他の観測機器も一番新しいもので 12 年前のものである。

4-2-6 アルテミサ県水利公社（EAH アルテミサ）

(1) 業務、サービス内容

アルテミサ県水利公社（EAH アルテミサ）のミッションは下記のとおりである。

- 水バランス（水利用計画）の策定と水資源の保全
- 水資源に関連するコマーシャル
- 水関連のインフラのオペレーションと維持
- 水関係の情報提供に必要な調査

これらのミッションに基づいて、EAH アルテミサは以下の業務及びサービスを行なっている。

- 表流水及び地下水の供給サービス（ユーザーが運営する水の使用権限授与を含む）
- 表流水及び地下水の水質調査サービス、水の利用と保全、洪水予防

- 排水権の授与、排水のサービス
- 水関係の情報と調査サービス提供
- 建設機材のリースサービス、専門運輸サービス
- 食料産業省関連機関への農牧商品の生産卸流通

また、EAH アルテミサが管轄するインフラ施設は、下記のとおりである。

- 貯水池：15
- 小規模貯水池（流域変更用）：4
- ポンプ場：2
- 水路：2
- 流量観測ステーション：2
- アリグアナポ川：1

(2) 組織構成

EAH アルテミサの組織構成を図 4-4 に示す。

また、職員数は 244 人（定員は 270 人）であり、このうち 67 人が技術職員（エンジニアは 12 人）である（表 4-12 参照）。

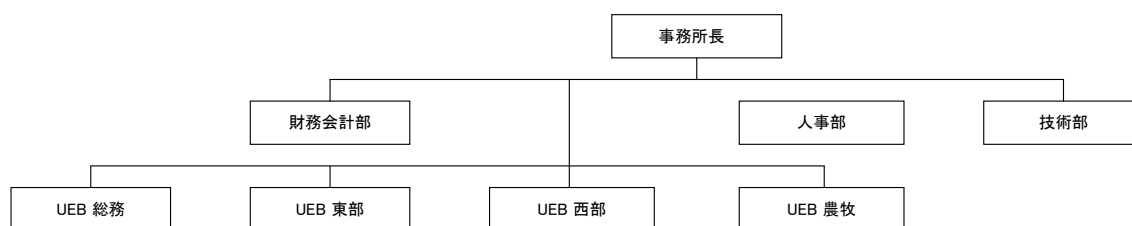


図 4-7 EAH アルテミサの組織構成

表 4-12 EAH アルテミサ職員の内訳

	職員数	割合 (%)
定員	270	100
雇用人数	244	90.4
直接雇用	202	82.8
間接雇用	42	17.2
幹部	8	3.3
管理部門	0	0
技術者	12	4.9
作業員	157	64.3
サービス部門	67	27.5
大卒者	23	9.4
中級技術者	57	23.4

(3) EAH アルテミサ予算

アルテミサ県水利公社 (EAH アルテミサ) の 2011 年実績では、収入 1639.6、支出が 1191.1 (以上、単位 1,000 人民ペソ) となっており、黒字である。過去 3 年間にわたる収支状況を完全入手することはできなかったが、アルテミサ県水利公社を含む 15 の県レベルの水利公社全体をとりまとめた数値として水利公社全体の財務状況が「4-2-4 水利公社 (GEARH)」に記述されている。

(4) 組織の課題

EAH アルテミサの組織の課題は特に挙げられていないが、保有観測機器に関しては以下の状態である。

- 流量計：2 台良好、1 台普通
- 水位計：1 台良好、1 台不良
- 採水器：1 台普通、1 台不良

4-3 関係行政機関の地下水開発・管理の現状と課題

4-3-1 対象地域の自然条件

(1) 地形、流域区分及び気象概要

キューバ群島は大アンティル弧諸島の西端に位置し、キューバ島、青年の島 (イスラ・デ・ラ・フベンツ) の他、約 1,600 もの島よりなる。ウインドワード海峡を隔てて東にはイスパニョーラ島のハイチとドミニカ共和国と、ケイマン海峡を隔てて南にはケイマン諸島とジャマイカと、フロリダ海峡を隔てて北にはアメリカ合衆国のフロリダ州と接する。キューバ島はほぼ東西に細長い帯状を呈し、面積は 110,860 km² で、長さは西端のサン・アントニオ岬から東端のマイシ岬まで約 1,225km、南北の距離は最大 250km から最小 31km で平均値は 80km で東西に細長い形状を呈している。また、複雑に入り組んだ海岸線は入江、湾、砂州を伴い全長 5,746km に達し、約 7 万の大陸棚が分布する。島の約 75%は標高 200m 以下のなだらかな起伏をもつ丘陵地や平野であり、海岸段丘、河岸段丘、カルスト丘陵、海浜などで特徴づけられる。土壌の大半は肥沃で、機械化農業に適した土地となっている。

島の約 25%は山岳地帯で、南東部にマエストラ山脈、中央部にトリニダー山脈、西部にオルガノス山脈という 3 つの異なる山系がある。西部のオルガノス山脈はカルスト地形で、険しい石灰岩の山地・洞窟などが多く分布している。周辺の丘陵地は、石灰岩の風化土であるマタンサス土壌で覆われており、肥沃で排水が良く農業適地として知られている。

キューバ島の流域面積 5km² 以上の河川は約 600 にのぼる。島のほぼ中央には東西に分水嶺が延びている。河川の 87%は河道距離と流域面積がそれぞれ 40km 以下、200km² 以下で、流域面積が 2,000km² 以上の河川はカウト川 (9,540km² : グランマ、サンチャゴ・デ・クーバ、オルギン、ラス・トゥナス県)、グアンタナモーグアソ川 (2,347km² : グアンタナモ県)、ササ川 (2,413km² : サンクティ・エスピリツ、ヴィジャ・クララ県) である。すべての河川は降雨パターンから影響を受けており、乾期には流量が少なくなるため、効果的な水利用には雨期の流量調節が必要となり、多くの貯水池やダムが分布している。一方、主要な河川には多目的ダムが建設されているが、雨期の豪雨による河川の氾濫、洪水と浸水の被害をうける。ダムは緩やかな地形特性より貯水効

率が悪く、乾期には水不足をきたしている。また、海浜地域には湿地が広がり、国土の 4%を占める。

調査対象地域周辺の標高分布図と水系分布図を図 4-8 及び図 4-9 に示す。大略、標高 100m 以上以後述する白亜紀の地層が分布し、それより標高の低い地域には第三紀の石灰岩が分布する。石灰岩分布域には、カルストの小規模な鍾乳洞が多数分布する。

地形・地質によって、図 4-10 に示すような流域区分が行なわれており、調査対象地域（HS-3 及び HS-4 の一部）は HS-1～HS-5 のクエンカ・スル（流域名で呼ぶ時はクエンカ・スル、地域名で呼ぶときはコステラ・スルと称される）に属する。流域内は HS-1 から HS-5 の 5 つのトラモ（Tramo）に区分されているが、これは水利用の観点から区分されたものであり、地形・地質からの区分ではない。

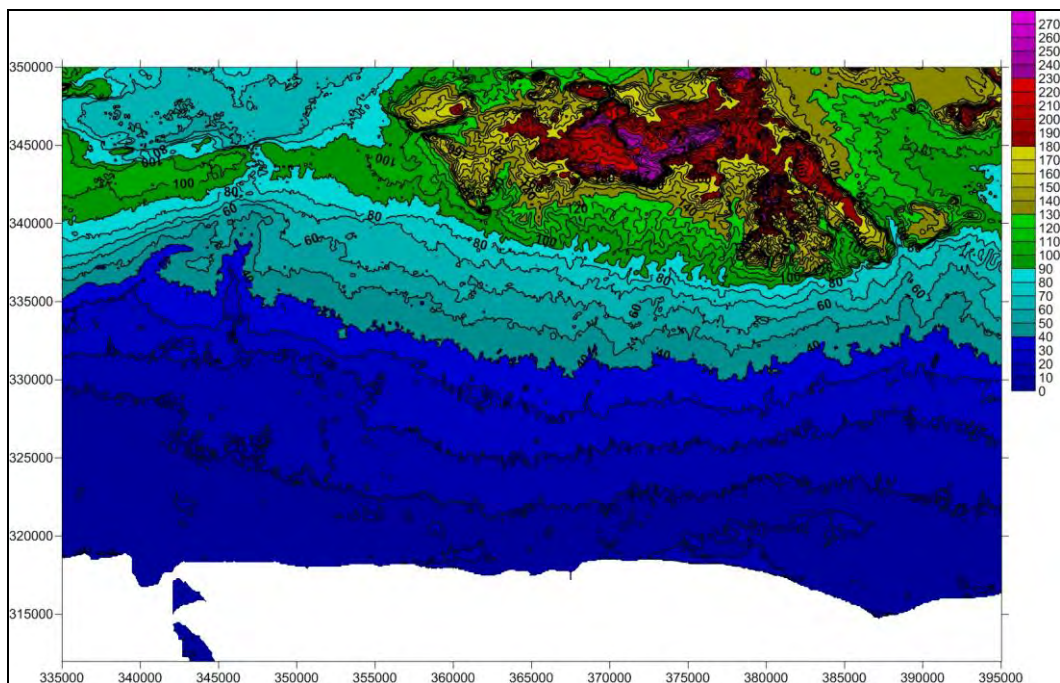


図 4-8 調査対象地域周辺の標高分布図

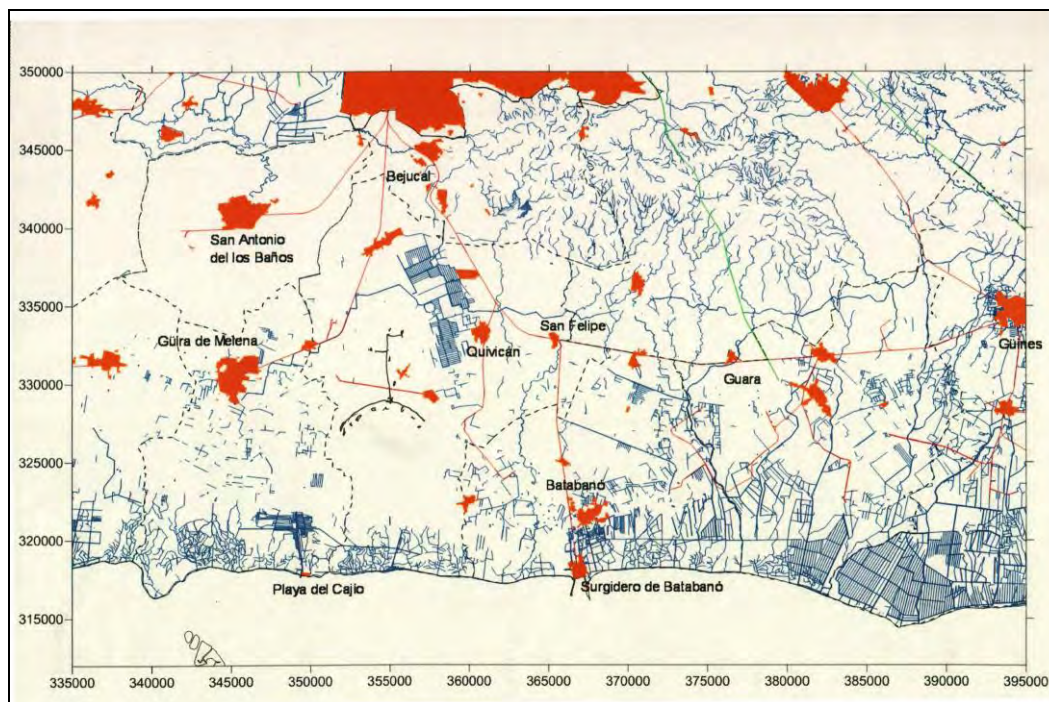


図 4-9 調査対象地域周辺の水系分布図

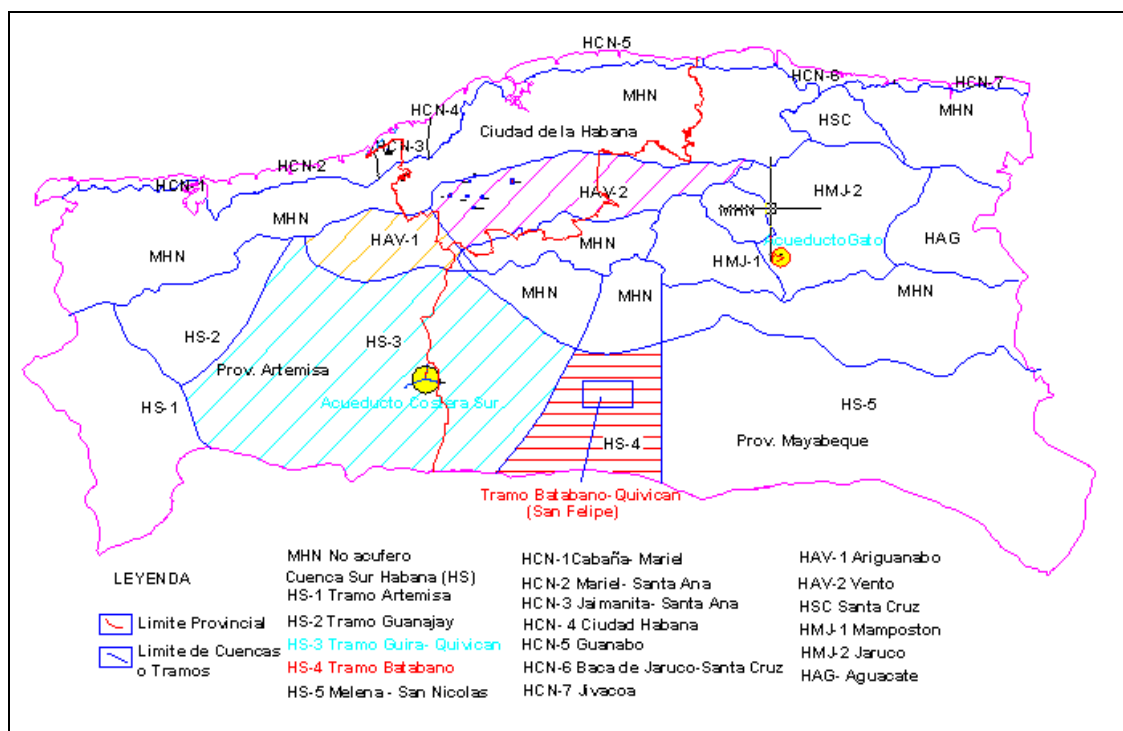


図 4-10 ハバナ市－マヤベケ市－アルテミサ県の流域区分 (EIPHH 資料)

EAH マヤベケの資料から、HS-3 流域の 1985 年から 2010 年の年間降水量は下表のようにまとめられる。1985 年の干ばつでは、HS-3 トラモのハバナ市への給水井戸群の 21 本のうち、3 本しか使用できない状況となった。

表 4-13 HS-3 トラモの降水量（EAH マヤベケ資料より作成）

平均降水量	最大降水量	最少降水量
1371mm	1859mm（2005 年）	1107mm（1985 年）

(2) 地質・水理地質概要

調査対象地域周辺の地質は、図 4-11 に示すように中生代（白亜紀）の“basics igneous-volcanic terrane”と称される地域と新生代の石灰岩（炭酸塩岩）を主とする地域に大別される。

調査対象地域の北側に位置する“basics igneous-volcanic terrane”には Cabaiguan* sequence が分布し、主として白亜紀後期（マーストリヒチアン）の Peñalver 層と Via Blanca 層から成る。Peñalver 層は、層状石灰岩から成り砕屑質のものが卓越する。また、一部には火成岩屑も含んでいる。一方、Via Blanca 層は、粘板岩、シルト岩、グレイワック砂岩から成り、一部に薄い泥灰岩を挟在している。これらの分布域は、図 4-10 に示す流域区分では MHN（No Aquifero）とされており、地下水開発の対象地域からは外れている。

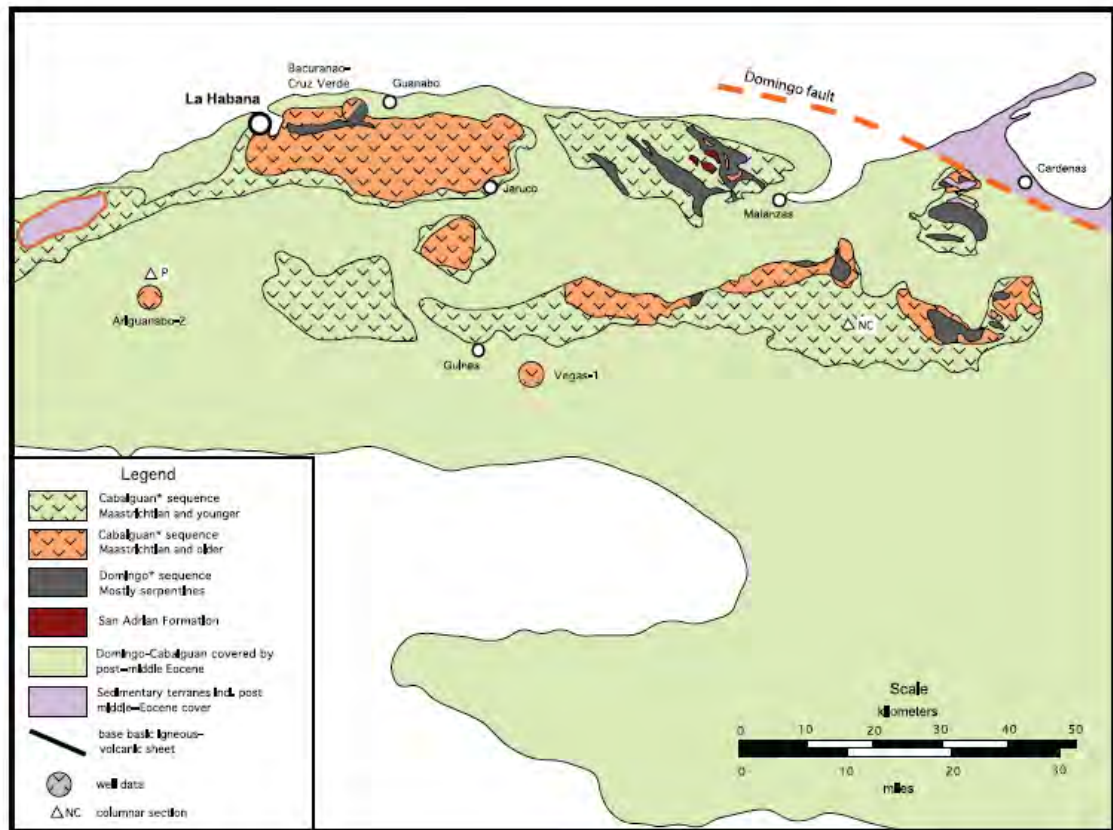


図 4-11 調査対象地域周辺の“basics igneous-volcanic terrane”分布（Pardo G., 2009）

一方、新生代の堆積岩が分布する地域には、図 4-12 に示すような地層が分布する。

調査対象地域に分布する地層は、下位より、コロン層（ $P_3N_1^1cln$ ）、コヒマール層（ $N_1^{1-2}cj$ ）、グイニス層（ $N_1^{2-3}gn$ ）、ゲバラ層（ Q_{1gv} ）、湿地性堆積物（ pQ_2 ）から成る。

コロン層（Colón Formation）は、漸新世後期から中新世前期の堆積物であり、砂質石灰岩、泥

灰質・礫質石灰岩、ルモケラスなどから成り、有孔虫・サンゴ等の化石を含む。

コヒマル層 (Cojimar Formation) は、砂質泥灰岩、砂質・シルト質・粘土質石灰岩、シルト、石灰質粘土などから成り、中新世中期の化石を多く産出する。

グイネス層 (Güines Formation) は中新世前・中期から後期までの堆積物であり、サンゴ質石灰岩 (一部、再結晶化)、ドロマイト質粘土、ドロマイトなどから成る。また、カルスト地形が発達することも特徴である。

また、沿岸部には第四紀のゲバラ層 (粘土及び不均質な砂質粘土、一部鉄片を含む) と湿地性堆積物 (シルト、粘土、一部石灰質) が分布している。

調査対象地域の水理地質調査・解析は、後述するように EIPH ハバナによって実施されている。調査・解析結果も、この地域がハバナ市への重要な給水源であることもあり既往プロジェクトの対象地域よりも整備されている。

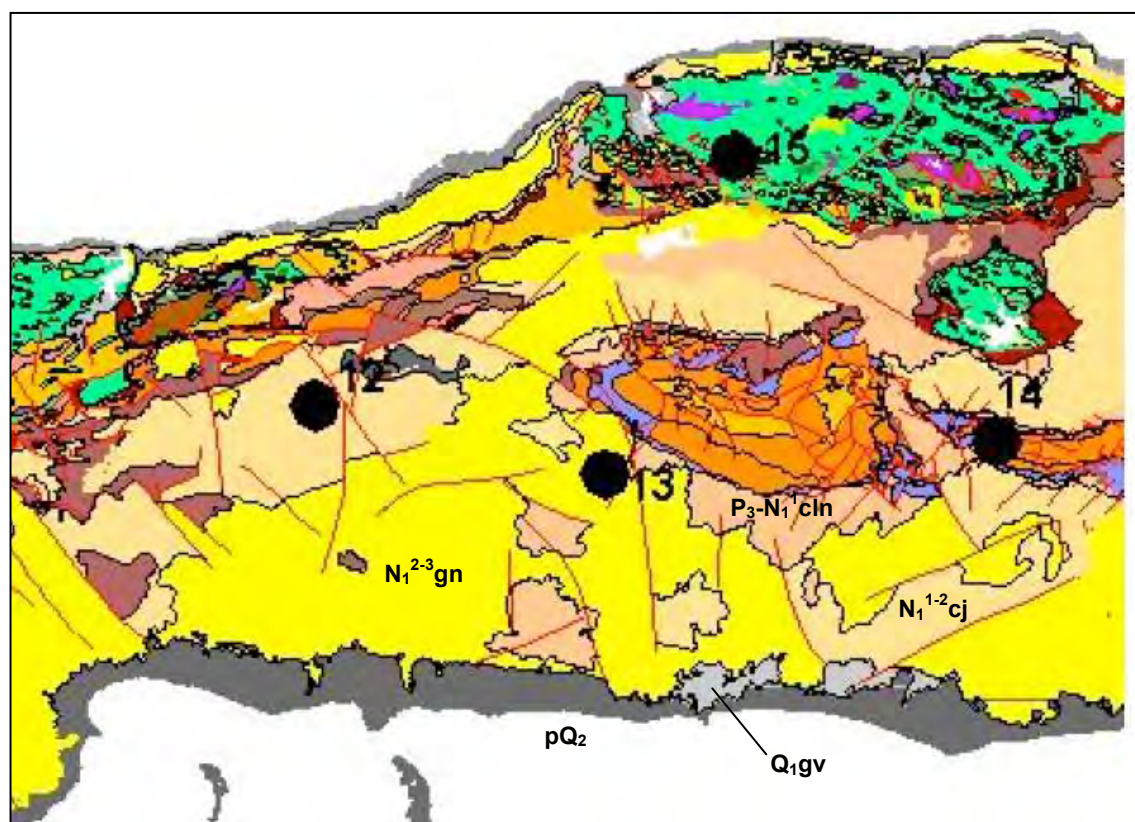


図 4-12 対象地域周辺の地質図 (M.R.G. Domech, 2010)

4-3-2 対象地域の社会経済条件

(1) 概要

キューバの人口は 1,124 万人 (2009 年、国家統計局)、人口密度 102 人/km²、人口年増加率 0.27% (2007 年) である。キューバの地方行政区分は 15 の県と、県と同格のハバナ市 (特別区) およびイスラ・デ・ラ・フベンツの 1 特別自治体よりなり、さらに県の下に全国で 169 の自治体³⁵ が

³⁵ 2010 年 8 月に承認され誕生した、マヤベケ県には 11 自治体、アルテミサ県 11 自治体が存在する。旧ハバナ県時

存在している。2003 年の推計によれば、人口の約 75%が都市部に居住している。同国最大の都市は、首都のハバナで、人口は約 214.2 万人³⁶（全人口の約 20%）である。その他の都市としては、主要な港湾都市及び工業中心地であるサンチャゴ・デ・クーバ（40.4 万人）、キューバ島内陸の交通要所及び商業中心地であるカマグエイ（29.4 万人）、豊かな農業地域であるオルギン（24.2 万人）、農産物加工の中心地であるグアンタナモ（20.8 万人）、サンタ・クララ（20.6 万人）、バヤモ（13.8 万人）、シエンフエゴス（13.2 万人）、ピナル・デル・リオ（12.9 万人）、ラス・トゥナス（12.7 万人）、マタンサス（12.4 万人）がある。住民の人種構成は、ムラート 51%、欧州系白人 37%、黒人 11%、中国系 1%であると推定されている。なお、人種間差別はないとされている。

1991 年のソビエト連邦・東欧圏の崩壊に起因する友好諸国からの援助が途絶えてからは外貨不足が著しく、生産性を上げるためのインフラ・生産手段への投資が行き届かなかった状況があった。また、崩壊以降は高価格での砂糖の買付けが停止し、1993～2004 年には GDP がピーク時の 60%にまで縮小するというような経済危機に陥り、その状況は 2004 年の 5%の経済成長によってもピーク時のレベルには達していなかった。しかし、2006 年には GDP 実質成長率は 12.5%の高い成長率を記録している。主要な産業はサービス業 63%、工業 30%、農業 7%となっている。現在の「経済改革」の中心は外資導入、観光業の発展といった対外経済関係にある。特に、近年は観光産業の育成、医療ビジネスの発展、石油の潤沢な供給や国内油田開発、ニッケルの国際価格の高騰等により外貨収入が増え、貿易額は約 30 億ドルに及んでいる。主要貿易相手国（2009 年）は、輸出に関してはベネズエラ、中国、カナダ、オランダ、スペイン、また、輸入に関してはベネズエラ、中国、スペイン、米国、ブラジルとなっている³⁷。

また、今般の対象地域となるマヤベ県およびアルテミサ県は、2010 年 8 月に承認され旧ハバナ県が分かれ設立された新しい県である。以下に基本情報を示す³⁸。

表 4-14 対象地域の社会経済概況

	ハバナ市(特別区)	マヤベ県	アルテミサ県
面積	726.75km ²	3 732.73 km ²	4,004.27 km ²
人口	2,141,652 人	381,446 人	502,312 人
人口密度	2946.9 人/km ²	102,2 人/km ²	130/km ²
平均賃金(月)	449 ペソ	N/A	N/A
医療施設数(病院、クリニック、地域在介護員含)	46 病院、1961 診療所	N/A	N/A
乳幼児死亡率	1000 人出生者中 5.9 人(2010 年)	N/A	N/A
主要産業	バイオテクノロジー、観光、基礎産業他	農業(芋類、果物、野菜、砂糖きび等)、畜産業(特に酪農)、建設資材、セラミックなど製造業	農業(果物、芋類、米、野菜、砂糖きび等)、建設資材産業(セメント工場)や食品加工等

出所：ハバナ市については質問票回答、マヤベ県およびアルテミサ県については Wikipedia より引用。

代に含まれてなかった他県からの地方自治体も一部含まれている。

³⁶ ハバナ市（特別区）の人口については、EIPHH からの質問票回答から得た数値であるが、各都市の人口数については、既往プロジェクトである「気候変動対策のための地下水開発管理能力向上プロジェクト事前評価調査報告書」による。

³⁷ 外務省 <http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/cuba/data.html> キューバ国データより。

³⁸ 今般調査の限界として、詳細な社会経済データは今般入手できなかった。

(2) 生活環境及び治安

キューバの産業はほぼすべての部門が国営か協同組合となっていて、その構造は脆弱である。一人当たりの可処分所得は年間百ドル弱である。医療サービスや教育が無料であることが所得の低さを底上げしている面はあるが、一般国民の生活は厳しく、生活物資の欠乏は恒常的である。一方、兌換ペソ（CUC）のみを扱う店舗、レストランなどが増え、観光客や一部のキューバ人が利用している。政府は資産の流動性、労働意欲を高める改革を断行し、国家公認の自営業者も増加傾向にある。非公式ながら失業率は1.7%（2009年、国家統計局）³⁹と推定されている。

長年にわたってインフラ整備の投資額が低いレベルに抑えられており、都市部と村落部とでは整備度に差がみられる。住宅、給水、電力、通信、道路などはある程度は整備されているが、公共サービスの質的な問題が残る。都市部では慢性的な住宅不足が顕著で、一人当たりの居住スペースは狭い。水道施設は劣化が進み、給水量の約6割が漏水していると見込まれている。さらに、都市部でもしばしば停電が起こり、経済活動に支障を来している。

キューバでの犯罪発生率は低く、都市、村落での治安は概して良好で危険地域はないと報告されている。しかし、格差社会が芽生えてきた昨今では、観光地やハバナでも観光客に対する強奪や詐欺事件が起こっている。

4-3-3 地下水調査及び開発

(1) 概要

地下水に関わる調査は土木コンサルタント公社（GEIPI）が一括して担っている。業務の受注は、競争入札と随意契約の二通りがある。前者の場合は、基礎公社ユニットが技術プロポーザルと見積書を作成・提出し、業務受注を受ける仕組みになっている。基礎公社ユニット同士が他県の入札を競い合うこともしばしばある。後者の場合は、管轄地域内の随意契約による受注で、契約件数の大半がこのタイプである。

地下水関連調査に利用する降雨、水位、流量、水質等の資料は水資源庁の流域管理局に申請し入手した後に解析される。また、重力・磁力探査資料は地質・古生物研究所に申請する。現地調査は事前に入念な準備のもと、計画的かつ効率よく実施される。日本から供与された電気探査器及び電磁探査器は、EIPH カマグエイで保管・管理され、積極的に応札し国内の広い地域で探査業務を展開している。

地下水関連分野では毎年水理地質学会、地下水・環境国際学会、地下水学会、水理学会及びテーマ毎のワークショップやセミナーが開かれている。水資源庁関連の公社は技術レベルの向上に積極的で、多くの技術者がこれらの学会などに参加することを奨励している。技術者はそれぞれの業務成果を発表し、お互いに刺激し合い技術水準の底上げを図ると共に最新の技術ノウハウも習得している。また、水資源庁主催で2年に一度 EXPOAGUA がハバナで開催され、水に関わる海外の最新技術の紹介や新製品の展示会、専門部会のシンポジウムなども行なわれる。

水資源関連調査及び研究分野への年間予算は低いレベルにあるものの、技術者の基礎技術レベルは高く、新規技術分野や新しい調査・解析手法などの習得意欲も高い。

³⁹ 外務省 <http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/cuba/data.html> キューバ国データより。

一方、井戸掘削は水利技術供給公社傘下の掘削公社（ENPC）が全てを担当しており、生産井の掘削を行なっている。ハバナ中央事務所の他、6 地方ユニット（オルギン、カマグエイ、ヴィジャ・クララ、西部地域基礎公社ユニット、ハバナ基礎公社ユニット、マタンサス）を有している。ただし、口径 6 インチ以下の小口径井戸の掘削は GEIPI の業務範囲に含まれ、各基礎公社ユニットは 1～3 基のロシア製トラック搭載掘削機を保有しているが、いずれも老朽化が否めない。

(2) 対象地域の地下水調査

前記したように、対象地域がハバナ市への重要な給水源であることもあり、EIPHH によって様々な調査・解析が実施されている。

調査対象地域に多数分布数するはカルストの小規模な鍾乳洞においては、EIPHH では色素を流して、その中の地下水の流れの方向・速さを検証している。図 4-13 はその一例で、サン・アントニオ・デ・バニューズの南東の K21 井周辺で行なわれた調査である。1965 年に最初の試験が行なわれ、その後 1974 年にも試験が行なわれている。また、最近も地下水汚染の調査のために、同様の調査が実施されている。

このような調査を通じて、GEIPI 及び GEARH では小規模鍾乳洞の位置はほぼ把握できているとの見解を示しており、図 4-14 に示すような地下水脆弱度評価のためのカルスト分布評価も行なわれている。



図 4-13 既存給水井周辺で実施された流向調査（EIPHH 資料）

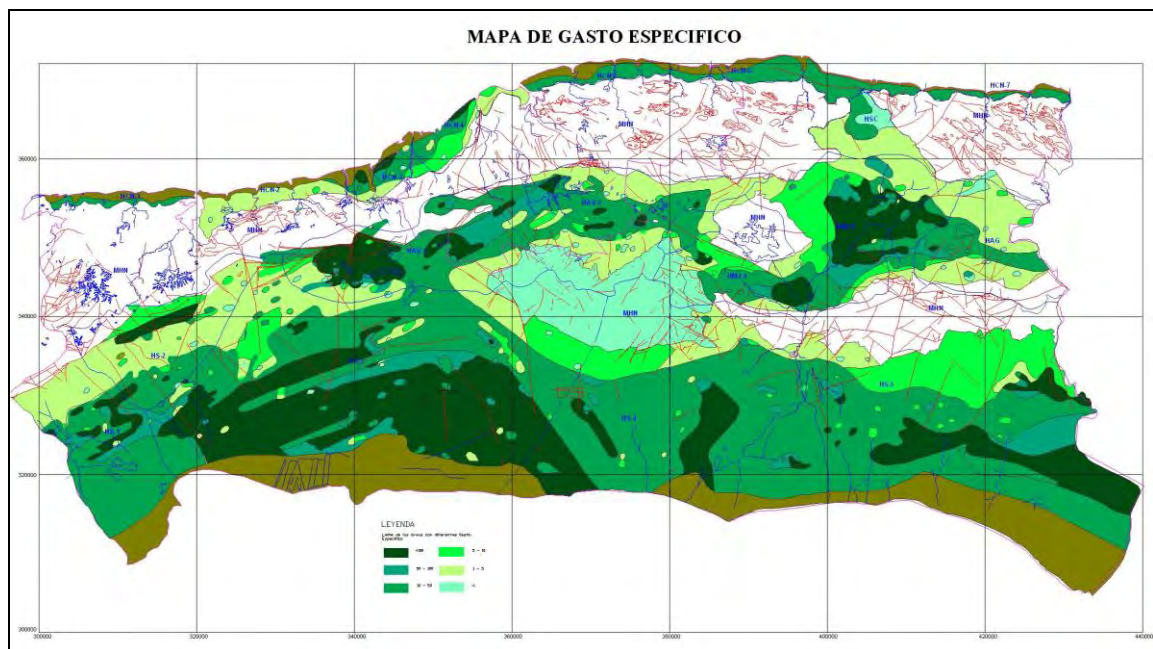


図 4-16 対象地域周辺の比産出量分布（EIPHH 資料）

その他、図 4-17 に示すような地下水脆弱度マップも作成されている。これは①土壌の透水性、②飽和度、③比算出量、④地下水利用量、⑤岩相・層相、⑥地下水位、⑦涵養量、⑧カルスト、⑨透水量係数、の各々の脆弱度マップを作成し、それらを荷重平均して作成したものである。

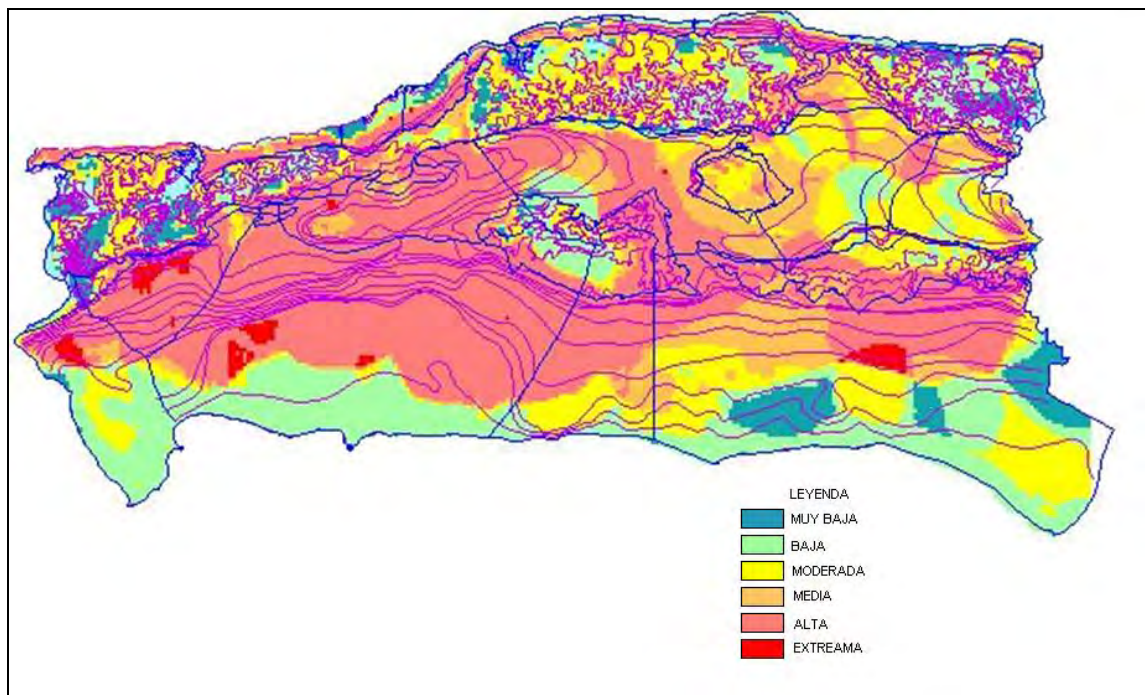


図 4-17 対象地域周辺の地下水脆弱度（EIPHH 資料）

上記のような水理地質調査・解析の結果に基づいて、塩水侵入の対策も検討され、沿岸部に地下水涵養ダム（ディケ・スル）も建設されている。

ディケ・スルの構想は、1987年に始まり最初の計画は延長19km（試験施工を4km実施）のみであったが、その後国家からの指示により、アルテミサ市南部からバタバノ市まで沿岸から200～500mの位置に建造された。

ディケ・スルの構造は、ダムの内側（内陸側）を涵養域として、その地下に淡水レンズを作り、海水の侵入を弱めようとするものである（下図参照）。ダムの高さは1.2mで、一部に高さ0.8～0.9mの排水工を設けて洪水対策とともに下流部への環境対策（魚・エビの養殖場への影響等）を施している。

なお、対策としての地下構造物は、費用の面から実施が難しく施工されたことはない。

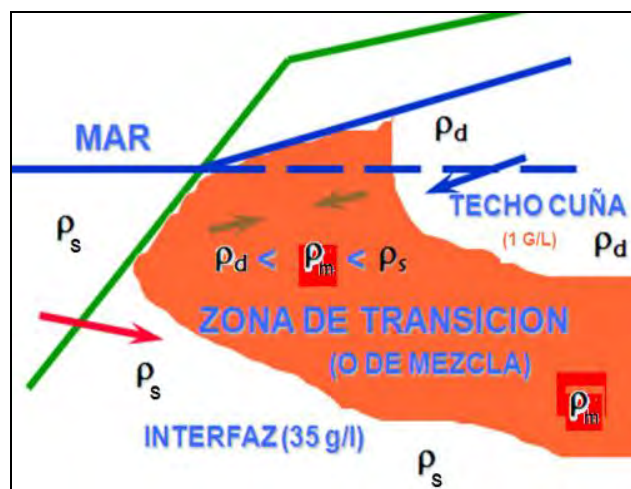


図 4-18 ディケ・スル建造地周辺の塩淡境界の状況（EIPHH 資料）

4-3-4 地下水モニタリング（地下水位、地下水質）

(1) 概要

適正かつ持続的な水資源利用を推進するには、定性・定量的な観測データに基づいた水資源管理が不可欠である。定量的な観測は GEARH が、定性的な観測は GEIPI が実施している

地下水モニタリングは、地下水盆の井戸分布に基づいて観測網が設定され、重要度により A、B、C クラスに分類され、地下水位（静水位、動水位）、塩分濃度などの観測が行なわれている。観測頻度は地下水盆の重要度や用途（上水、工業用水、かんがい用水など）により異なる。GEARH 基礎公社ユニットはモニタリングデータを整理して、2004 年から毎月 5 日には INRH の流域管理局に送り、毎月 10 日にデータがコメントを付してまとめられる。この資料を基に流域管理局は流域情報や水資源管理を実施している。ただし、観測データを利用するに当たっては、事前に十分吟味する必要がある。その理由は、①調査、観測経費がなく、欠測がかなりある。②観測頻度は 1、6 ヶ月（一部 3 ヶ月）ごとと粗く、きめ細やかな解析には利用できない、等の問題を有しているからである。

地下水管理に関しては、毎年 2 回、乾期入り直後の 5 月初旬及び雨期入り直後の 11 月初旬に、この間のデータを解析し、乾期・雨期に分けて地下水位や塩分濃度変化図などを作成して、地下水挙動を評価したうえで今後の地下水収支を予想する。この結果を関連省庁に共有し、必要な場合は干ばつ警報を発令し、利水に当たって必要な対応を取るよう指示している。また、水質観

測は地下水汚染対策地区で帯水層の汚染対策のために実施されているが、観測井戸の一部は井戸仕上げや内部構造が不明である。なお、水資源モニタリングに関しては、適切なデータ収集に必要な車両や機器が不足している。

(2) 対象地域の地下水モニタリング

対象地域を含むクエンカ・スル流域の HS-3 及び HS-4 トラモの地下水位・水質観測井の数及び位置は表 4-15 及び図 4-19、図 4-20 に示すとおりであり、図 4-21 から図 4-26 に観測・解析事例を示す。

HS-4 トラモの観測及び解析は EAH マヤベケが実施する。一方、HS-3 トラモの観測は、EAH マヤベケ及び EAH アルテミサがそれぞれの管轄区域で行い、解析は EAH アルテミサが担当している。

また、水質分析の項目は、 HCO_3 、 SO_4 、 Cl 、 Ca 、 Mg 、 Na 、 K 、 SST 、 CO_3 、 NO_2 、 NO_3 である。

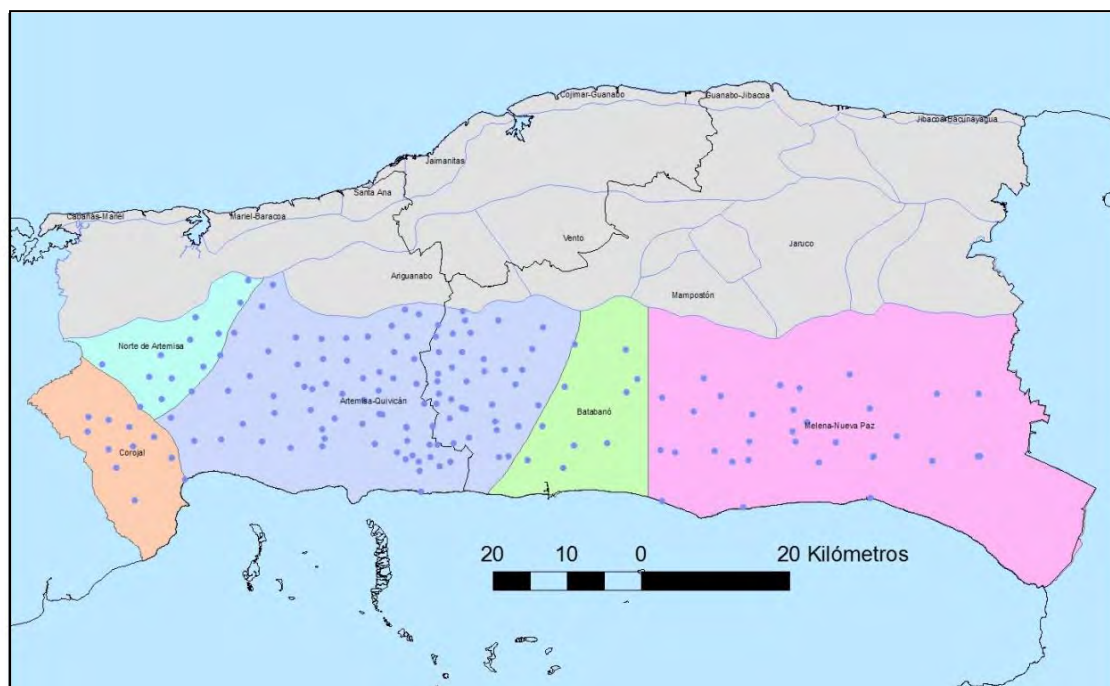


図 4-19 HS-3 及び HS-4 トラモの観測井戸（EAH マヤベケ資料）

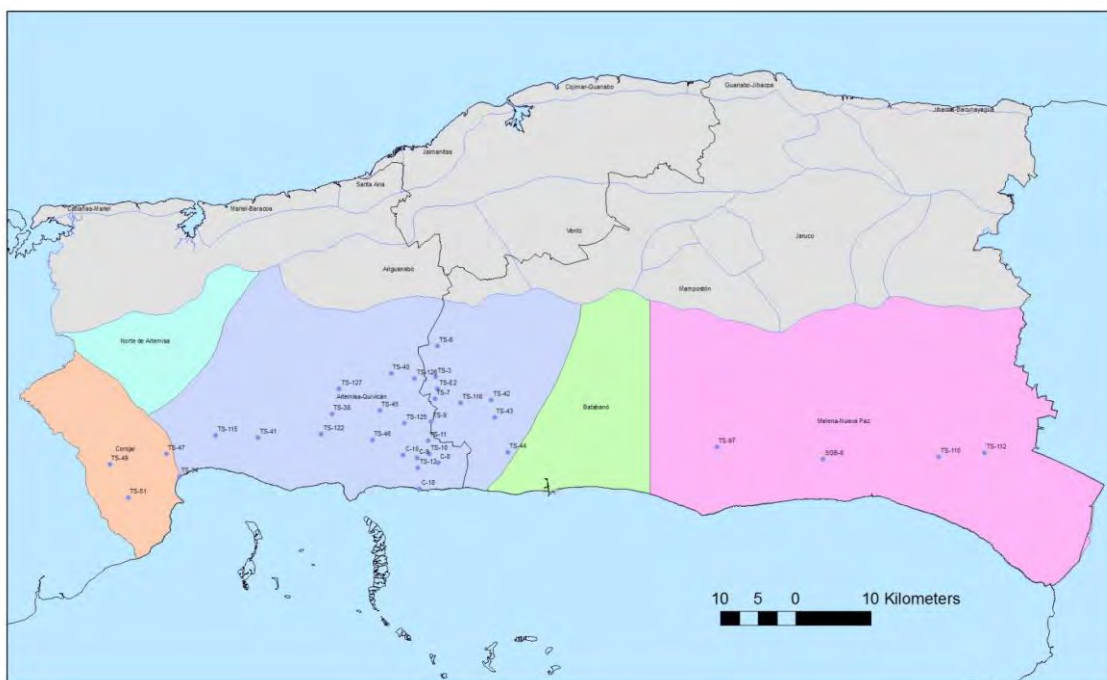


図 4-20 HS-3 及び HS-4 トラモの深度別水質分析用井戸（EAH マヤベケ資料）

表 4-15 HS-3 及び HS-4 トラモの地下水位・水質観測井

	地下水位観測		深度別水質分析
	1 回/月観測	1 回/6 月観測*	
HS-3	18 井	82 井	26 井
HS-4	5 井	5 井	0 井

* : 1 回/月の観測井戸を含まない

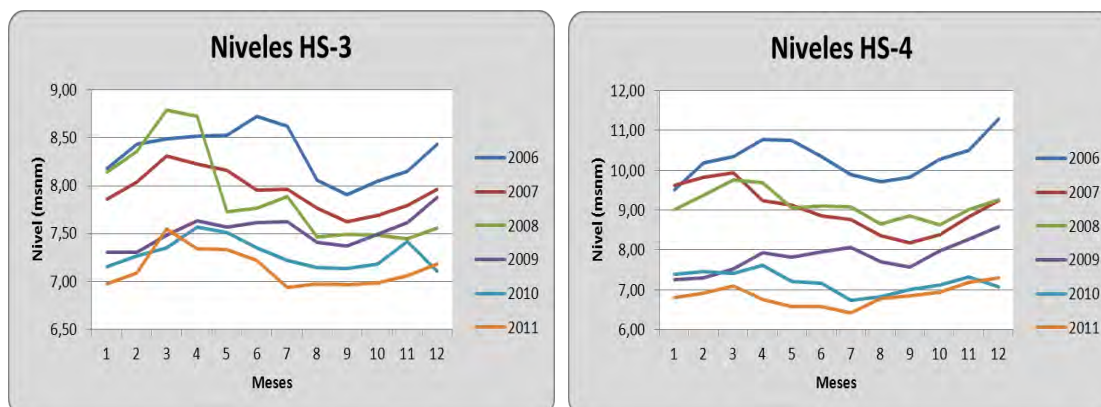


図 4-21 地下水位変動 (左 : HS-3 トラモ、右 : HS-4 トラモ) (EAH アルテミサ資料)

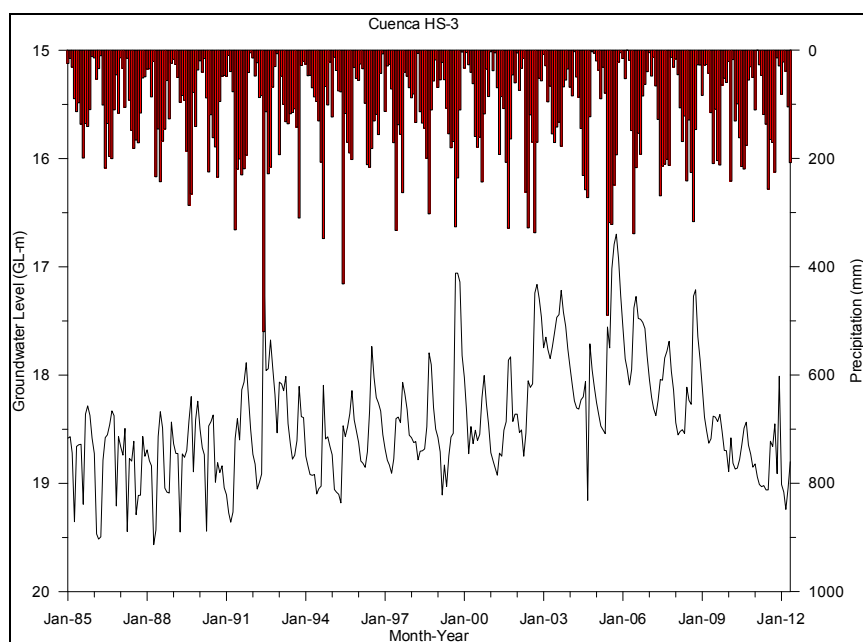


図 4-22 HS-3 トラモの地下水位変動と降水量（EAH アルテミサ資料より作成）

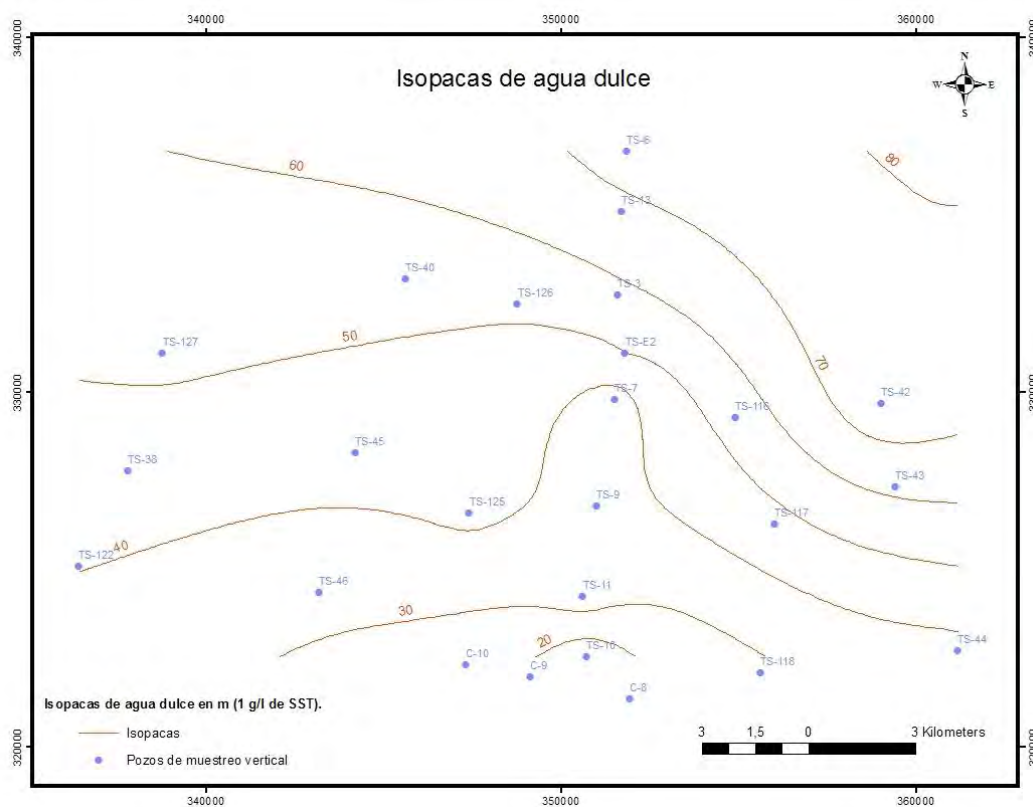


図 4-23 2012 年 4 月の HS-3 トラモの既存給水井周辺の SST=1g/L 分布
（EAH アルテミサ資料）

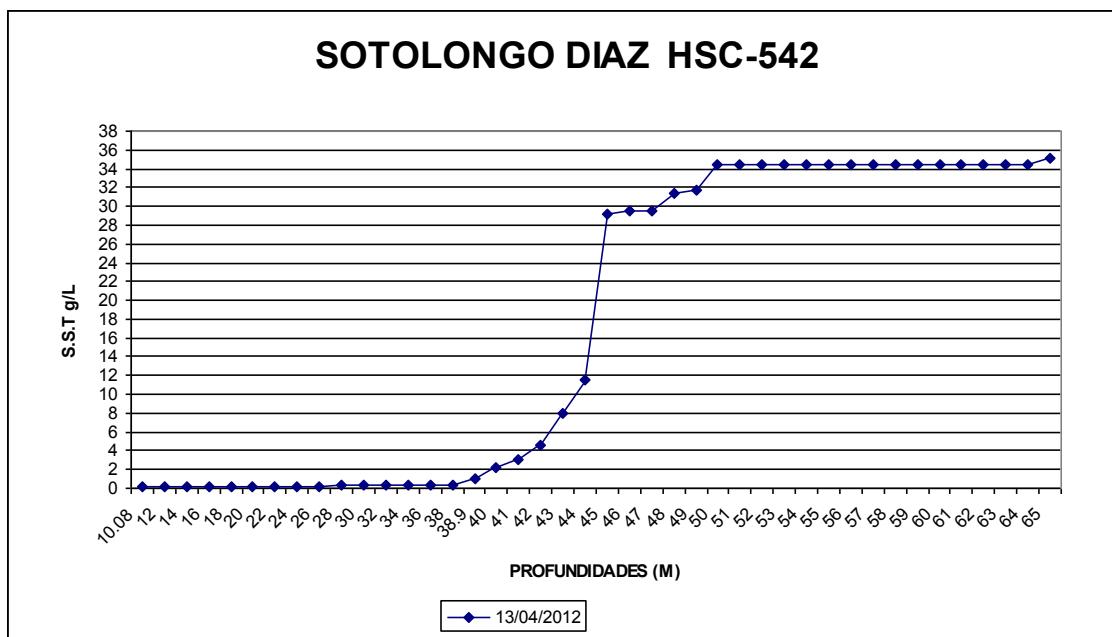


図 4-24 HSC-542 (TS-9) 観測井 (X=351000、Y=326800) の 2012 年 4 月の深度別 SST (EAH アルテミサ資料)

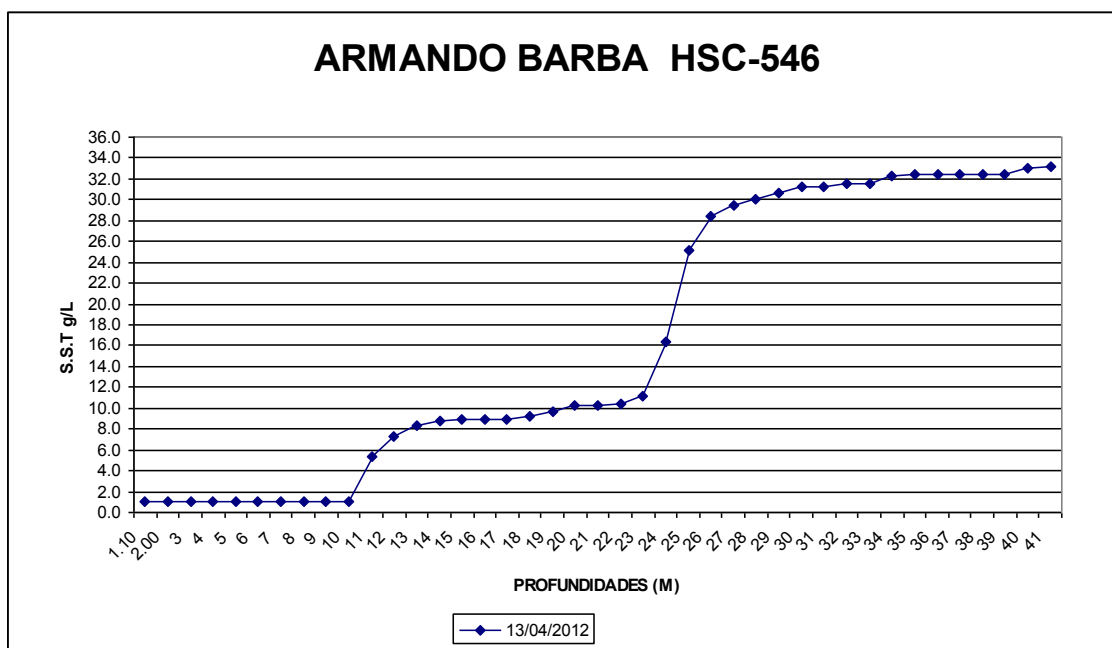


図 4-25 HSC-546 (TS-12) 観測井 (X=349200、Y=320700) の 2012 年 4 月の深度別 SST (EAH アルテミサ資料)

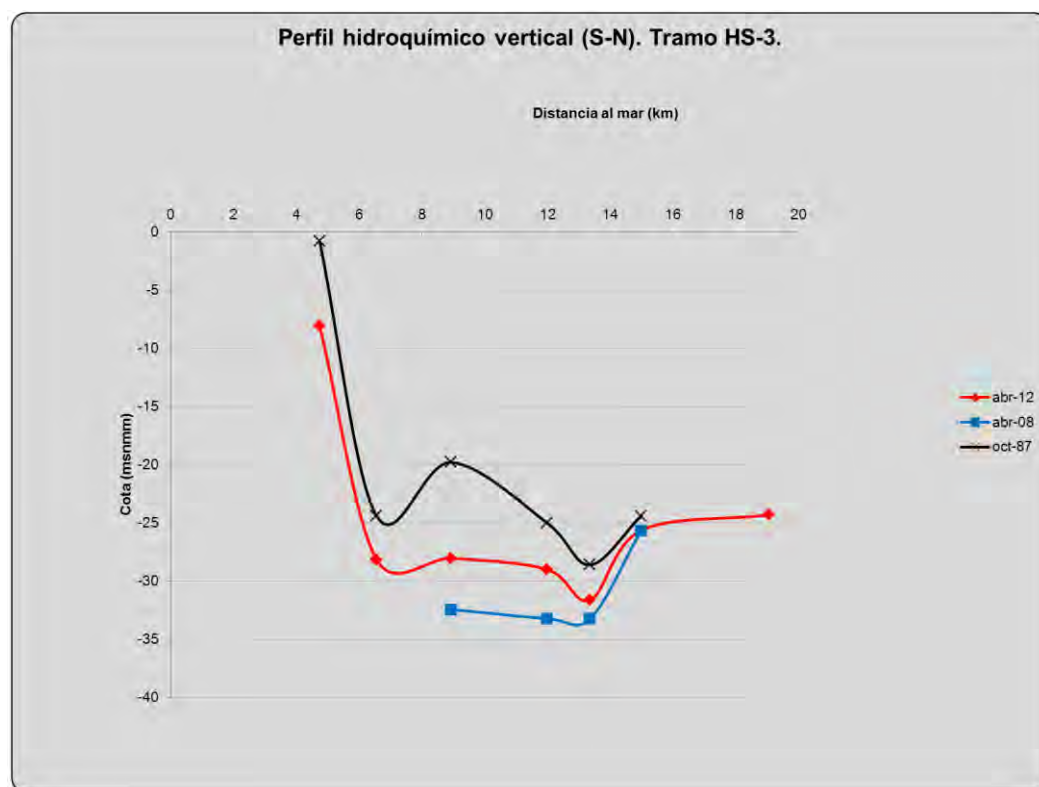


図 4-26 HS-3 トラモの海岸－既存給水井間の SST=1g/L 深度の垂直断面図
(EAH アルテミサ資料)

EAH マヤベケ及び EAH アルテミサが保有する機材は下表のとおりである。

1990 年代にソ連及びブルガリア製の自記水位計が設置されたが、故障・消耗品の不足等で撤去され、現在は自記水位計が設置されている観測井はない。また、携帯用水位計の劣化も激しく、例えば、EAH マヤベケではセンサー部が故障して上手く作動しないこともあるため、ゴムチューブを水位計と併せて井戸に降ろしその濡れ具合から水位を測定している状態である。

表 4-16 EAH マヤベケ及び EAH アルテミサが保有する水文・地下水観測機材

	EAH マヤベケ	EAH アルテミサ
流量計	1	3
水位計	3	3
地下水採水器	2	2

4-3-5 地下水管理

(1) 地下水利用

キューバ水資源賦存量の内、地下水の占める割合は表 4-17 に示したとおり $6.4 \times 10^9 \text{ m}^3$ で全体量の 16.8%に過ぎないが、2011 年の地下水利用可能量は $4.5 \times 10^9 \text{ m}^3$ で利用可能な水資源の 32.8%に達する。また、利用水量に占める地下水の割合は $2.4 \times 10^9 \text{ m}^3$ で利用水量全体の 33.3%を占める。

また、表 4-18 に示すように、対象地域を含むアルテミサ県及びマヤベケ県は、地下水利用の

割合が高く、特に地下水を水源とする農業用水の利用割合が高い。一方、隣接するハバナ市では水利用の内、地下水を水源とする生活用水の利用が 95%以上を占める。

表 4-17 水資源指標（GEARH 資料）

水資源（2011 年）	表流水	地下水	合計
賦存量（ 10^9m^3 ）	31.7	6.4	38.1
利用可能量（ 10^9m^3 ）	9.2	4.5	13.7
利用量（ 10^9m^3 ）	4.8	2.4	7.2

表 4-18 水資源の用途別利用水量（GEARH 資料）

	農業用水	生活用水	工業用水	その他	合計
全国					
表流水	3,449.0	548.0	294.1	1,817.5	6,108.6
地下水	1,589.6	1,184.1	27.1	372.3	3,173.1
合計	5,038.6	1,232.1	321.2	2,189.8	9,281.7
ハバナ市					
表流水	1.1	5.3	0.4	0.2	7.0
地下水	2.9	481.9	4.1	10.6	499.5
合計	4.0	487.2	4.5	10.8	506.5
アルテミサ県					
表流水	75.0	7.2	0.7	119.6	202.5
地下水	223.9	62.1	0.8	91.5	378.3
合計	298.9	69.3	1.5	211.1	580.8
マヤベケ県					
表流水	82.1	0.4	0.2	69.6	152.3
地下水	345.8	154.5	2.8	170.1	673.2
合計	427.9	154.9	3.0	239.7	825.5

（単位： 10^6m^3 ）

（2）地下水管理

キューバにおいては、下記の流れで水バランス（水利用計画）の策定及び水供給のオペレーションが行なわれている。

- ① 年の真ん中辺りで、INRH が省令を出し、水を利用する各機関に生産計画に基づいた次年度の水利用量の計画を提出させる。
- ② 一方、各県の EAH は、次年度に利用できる可能水量（供給量）を検討する。
- ③ EAH は、各機関から提出された必要水量に基づいて全体の需要量も検討する。
- ④ 検討した供給量と全体の需要量に基づいて、各機関の水利用量を INRH が決定し、各機関に通知する。
- ⑤ INRH は各機関が合意するまで調整を行ない、次年度の水の配分量を最終決定する。
- ⑥ 上記に基づき、各県の EAH は次年度の各機関への水の引渡しオペレーション計画を作成する。

- ⑦ 各県の EAH の実際のオペレーションは、給水量のコントロールを毎日行い、10 日毎、1 ヶ月毎、3 ヶ月毎にデータをまとめて、水バランス計画とのチェックを行なう。

図 4-27 及び図 4-28 は「地下水のバランスコントロールグラフ」と呼ばれているもので、過去の 1 ヶ月毎の地下水位測定データから基準水位⁴⁰を設定しており、通常の水利用時の地下水位（E.G.：白色部）、不適切な地下水位（E.R.：黄色部）等を定めて、地下水揚水量を管理（揚水量の制限、給水車の出動等）している。

この方法は約 30 年前から用いられており、現在では図 4-29 に示すソフトウェアも開発されて管理の自動化が進んでいる（ただし、このソフトウェアは未だ完全に国家から承認されたものではない）。

キューバ側は、この手法と地下水モデルによる予測を併用することで、より良い地下水管理及び水利用計画の立案を目指している。

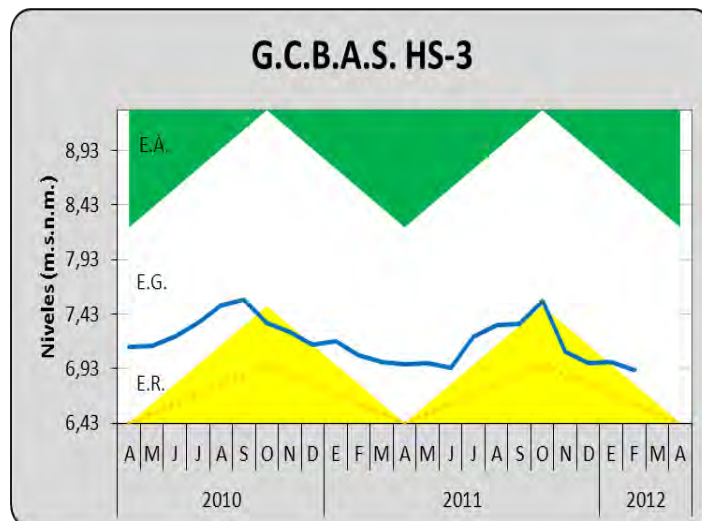


図 4-27 HS-3 トラモの地下水位変化による地下水管理（EAH アルテミサ資料）

⁴⁰ GEARH が定めている基準水位に関しては、プロジェクト実施後、設定方法等について詳細に検討する必要がある。

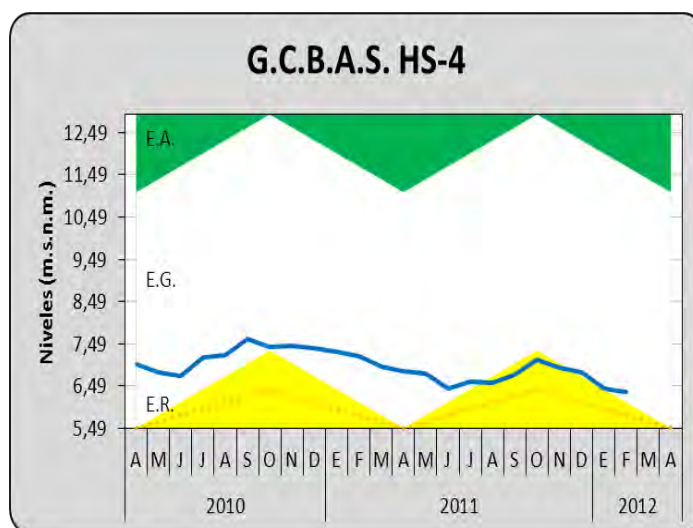


図 4-28 HS-4 トラモの地下水位変化による地下水管理 (EAH アルテミサ資料)



図 4-29 GEARH が用いている「GRÁFICO DE CONTROL DE BALANCE DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS (GCBAS)」ソフトウェアの画面の例

4-4 水セクターに対する我が国及び他ドナーによる援助実施状況

4-4-1 我が国の協力

近年の我が国による対キューバ水セクターにかかる協力としては、2006 年度に実施した「異状渇水対策のための地下水調査短期専門家派遣（派遣期間：約 5 ヶ月間）」が挙げられる。同短期専門家派遣によって、GEIPI 技術者に対する電気探査技術をはじめとした技術移転が行なわれるとともに、電気探査機（SYSCAL R1+一式）などが供与された。

また、2008 年 11 月から 2012 年 2 月まで東部 3 県（カマグエイ県、オルギン県、ラス・トゥナス県）を対象に「気候変動対策のための地下水開発・管理能力向上プロジェクト」が実施された。このプロジェクトの上位目標、プロジェクト目標及びアウトプットは、以下のとおりである。

上位目標：東部地域の水資源利用において、地下水が適切に利用される。

プロジェクト目標：INRH（GEIPI、GEARH を含む）の地下水開発・管理能力が向上する。

アウトプット：

1. GEIPI の研修講師となる中核技術者の物理探査技術が向上する。
2. GEIPI の研修講師となる中核技術者の地下水モデル構築能力が向上する。
3. GEIPI の研修講師となる中核技術者の GIS 構築能力が向上する。
4. GEARH 及び INRH 流域管理局・利水工事局が、GEIPI により実施・解析される物理探査の結果、地下水モデル及び GIS の結果を活用し、地下水評価・管理能力が向上する。
5. 物理探査、地下水モデル、GIS に係る技術が GEIPI の関連技術者に移転される。

近年の水セクターにかかる協力は上記のみである（広義の水セクターとしては「ハバナ湾汚染対策」開発調査が 2002 年から 2004 年にかけて実施されている）。

4-4-2 他国援助機関による協力

(1) 水セクター

① 進行中のプロジェクト

2008 年 6 月、EU は 2003 年から継続していたハイレベルの交流等の自粛等制裁措置の解除を決定し、ハリケーン復興支援、食糧安全保障、環境、災害リスク軽減等の分野での支援を発表している。現在、先進国のうち主要ドナーは我が国のほか、スペイン、カナダ、スイス、ベルギー等と少なく、キューバにおいては援助協調の動きは特に見られていなかった。しかし、2010 年 11 月にフランスが二国間協力を再開し、2011 年 7 月に英国も二国間協力宣言に署名するなど、二国間協力が拡大しつつある。

水セクターにかかる協力は、ほとんどの案件はごく小規模であり、NGO や EU 諸国の地方政府によるものが多い。INRH が関係した規模が比較的大きい、代表的な協力プロジェクトを表 4-19 に示す。なお、地下水開発に関する協力は無い。

表 4-19 対キューバ水セクターに係る支援

機関	内容
スペインの国際協力庁 AECID	2008 年から現在に至るまで全国で実施中。協力形態は資金協力。4 百万米ドル以上。上水関連水路全般(浄水場や飲料水の水路など)の建設(水源開発は含まれない)。
アンダルシア州(スペイン)	マタンサ県を対象に上記スペイン国際協力庁からの内容と同様。2006 年から現在に至るまで実施中。2 百万米ドル以上。
UNICEF	全国で実施しているが予算規模としてはごく小さなプロジェクト。学校での節水環境教育。絵や詩のコンクールも実施。15 年以上継続している。
ベネズエラ	2006 年から現在にいたるまで実施中。グアタナモ県ではベネズエラの無償資金協力による、水道事業(上水関係の建設)。今後さらなる資金供与が期待される。
中国政府	機材や輸送での協力を実施(国内配管網のリハビリプログラム用の建設機材協力)。

② 過去のプロジェクト

INRH への 2004 年～2008 年の協力案件プロジェクトは、以下に示すとおり、協力案件の多くは住民への水の供給や水質をよくするため水道の建設とリハビリであった。主な協力機関はスペイン、ベネズエラ、イタリア、国連機関である。

- スペインは各種 NGO を通じて、キューバ各地で、少額の支援。なかでも規模が大きいのは、アンダルシア州の国際協力機関 AACID のマタンサス県で水道事業。
- イタリアは小規模の金額で、3 県で協力。
- ベネズエラとの ALBA (米州ボリバル代替構想) 協定の枠組みのなかで、2005 年から 3 件の大型プロジェクトが、西部、中央部、東部で始まり、工事が行われた。キューバからベネズエラへの技術サービスも増えている。
- 国際社会からの緊急支援や通常の支援を受け、2008 年には、「キューバ東部での早期警報・水文モニタリング事業」「水供給支援」「ラス・トゥナス県、オルギン県、カマグエイ県でのハリケーンの被害を受けたコミュニティや機関の衛生事業」の資金調達がなされた。
- INRH—ブラジルは、ONRM (Mineral Resources National Office) の協力で、ハバナとピナール・デル・リオで地下水給水システムを構築した。ブラジルはシステムのソフトウェアの資金援助をおこなった。
- フランスの Cuba Cooperation Association は、10 年以上ハバナ市のラボに機材を送っている。また、パリの SIAAP など INRH を支援するフランスの会社を見つけてくれている。フランスの協力は他分野に広がっており、キューバの専門家が水分析関連でフランスにて研修を受けた。
- 協力案件が多いのは、気象現象(異常気象)で被害を受けた、東部と西部。特に、ピナール・デル・リオ県、マタンサス県、オルギン県、グアタナモ県。
- サンチャゴ・デ・クーバ県を対象にしたクウェートからの融資。
- ハバナ市を対象にした OPEC からの融資。

(2) 気候変動

① 気候変動に関する進行中の地下水関連プロジェクト

気候変動に関連して、直接の塩水侵入の解析ではないが、以下のプロジェクトがある（塩水侵入の結果としてその対策を検討するプロジェクト）。対象地域にマヤベケ県内の自治体が含まれている。

プロジェクト名： BASAL ローカル（地元）の食糧持続性のための環境ベース（基盤）
期間：（2012－2016）
予算：7 百万ユーロ
ドナー：EU
実施機関：CITMA
実施機関：UNDP（国連開発計画）
主なパートナー：CITMA 農業省 IPF（Physical Planning Institute）INRH 地元の政府
科学技術関連機関 NGO 地元の生産団体 EU 共同研究機関 JRC

- このプロジェクトは、農業の発展計画の形成及び実施に気候変動の影響への適応策導入を意図するものである。専門化されたプランニングのツールを使うことで、研究結果を農牧の実態に近づけ、研修計画を実施し、知識を普及し、土壌や水の管理を持続的におこない、農牧マネージメントを持続的に実施する。プロジェクトは、気候変動や効率のよくないまたは適応できない農業活動による農牧生産のロスまたは減少を減らし、中長期での生産向上を目指す。
- 対象地域は多種の作物を生産し、その多くを首都に供給する自治体であり、沿岸の浸食、洪水、塩水侵入の被害を受けている自治体として、グイラ・デ・メレナ（アルテミサ県）、ロス・パラシオス（ピニャール・デル・リオ県）、ヒマグアジュ（カマグエイ県）の3自治体である。

② 気候変動に関する INRH 関連の過去のプロジェクト

- 気候変動による洪水の予防自動化事業。既に終了しているが 2008 年から、町（地方自治体）を洪水から防御する目的で雨量計、降水計、水位計、など UNDP の支援で機材供与（＋ソフト作業）が行われた。気象測定を GEARH が担当し、大学と共同して行った情報対策システムのプロジェクトである。対象地はサンチャゴ・デ・クーバ県、グランマ県、オルギン県、カマグエイ県、グアンタナモ県。

第5章 プロジェクト実施に係る提言

5-1 プロジェクト運営上の提言

5-1-1 関連機関の連携

既往プロジェクト（気候変動対策のための地下水開発・管理能力向上プロジェクト）においては、「意思決定された方針を実践する具体的な実務を担当する実働部隊が設置されていなかった」ことが問題点として指摘され、「案件形成時に、実務担当者の配置を含め、プロジェクトの運営体制を明確にし、十分なカウンターパート配置が望ましい」と提言された。

本プロジェクトは、GEIPI、EIPHH、GEARH、EAH マヤベケ、EAH アルテミサと、既往プロジェクト同様に多くの機関が参画する。第 3 章で記したように、本プロジェクトでは正副のプロジェクト・アドミニストレーターを配置して、GEIPI と GEARH が連携してプロジェクトの運営を円滑に進めるような体制を敷いている。

しかしながら、プロジェクト・アドミニストレーターの補佐役に当たる実践的な担当も不可欠であり、プロジェクト・アドミニストレーターの負担が過多にならない体制を、プロジェクト開始時にキューバ側に再度確認する必要がある。

また、対象地域においては過去の調査・解析による多くのデータの蓄積があり、プロジェクト・アドミニストレーターの指示の下、プロジェクトの進行に支障が生じないよう、データの提供・共有が図られることが望まれる。

5-1-2 関係機関との連携

本プロジェクトは気候変動対策の一環であり、キューバにおいてこの問題の中心的な役割を担っている科学技術・環境省（CITMA）との連携が不可欠である。プロジェクトが CITMA からデータの提供を受ける等の受け身的な態勢を取るだけでなく、積極的に情報の発信を行なうことも必要となる。

その他、既往プロジェクトの最終成果セミナーに参加した大学関係者も新たな本プロジェクトに多大な関心を示しており、これらの研究者と情報交換を行なう事により、より精度の高い成果を得ることが望まれる。

また、他機関の保有するデータの入手・利用に当たっては種々の制限があるため、GEIPI 及び GEARH を窓口にして、時間的余裕を持ってデータの入手に務め、プロジェクト進行に支障をきたさないようにする必要がある。

5-1-3 若手技術者の参加

本プロジェクトの参画機関は、いずれも技術者の高齢化を課題の一つに挙げており、若手技術者の育成の機会を望んでいる。

GEIPI では既往プロジェクトで研修計画を作成して、技術の普及に努めているが、本プロジェクトにも段階に応じて、GEIPI 及び GEARH の若手技術者を参加させて技術の取得の機会としたい意向を示している。

このためにも、若手技術者も参加可能なワークショップ及び技術セミナーを積極的に開催することが望ましい。

5-1-4 地下水管理計画の実践方法の明確化

本プロジェクトでは、アウトプット 4 において地下水管理計画及びその実施要領（ガイドライン、マニュアル）を策定し、プロジェクト終了までにその運用を始める計画である。運用開始に当たっては、担当者はこれらの内容を十分に理解していることが不可欠である。

第 3 年次末に「地下水管理計画の運用に係る技術セミナー」を開催して、地下水管理計画及びその実施要領（ガイドライン、マニュアル）の内容の周知を図り試験的な運用を開始する。第 4 年次には、この試験運用の結果を受けて、地下水管理計画及びその実施要領（ガイドライン、マニュアル）を改定して、プロジェクト期間中に本格運用の体制を整備することが望ましい。

5-1-5 資機材調達

キューバにおいて、資機材を調達する際には、以下の 2 点に特に留意する必要がある。

- 機材調達に当たっては、①米国の輸出管理規制に反しない、②日本の輸出貿易管理令別表第 1 及び外国為替令別表に該当しない、資機材を選定する必要がある。
- キューバでは輸入に当たっては貿易・海外投資省（MINCEX）傘下の EMED（供与担当公社）が窓口となり、EMED の許可なくしては資機材の輸入ができない。EMED への申請から許可及び到着後の受け取りまでに要する時間を十分に考慮して研修計画を作成する必要がある。また、申請の際に仕様を細かく提出しなくてはならない資機材（例えば、GPS などの輸入後登録が必要なもの）や輸入できる銘柄が指定されている資機材（例えば、発電機）もあるので注意が必要である。

また、メンテナンスが重要な機材（例えば、水質分析器のような試薬が必要な機材や、消耗品の調達が必要な機材）は、キューバにおいて必要なものが容易に購入又は輸入できるものを選定する必要がある。

5-1-6 実施スケジュール

「2-3-8 実施スケジュール」の項でも記したが、キューバの特殊事情により、特に以下の 4 点に留意して実施スケジュールを立案する必要がある。

- キューバにおいては、気温が高く電力が不足がちになる 8 月は、公的機関の活動が停止することが多いので、この時期のプロジェクト活動は可能な限り避けることが望ましい。
- キューバにおいては、次年度（1 月開始）の予算請求を 6 月末から 7 月上旬までに行なう必要があるため、プロジェクトの次年度の活動計画を予算請求に間に合うに提示しなければ、キューバ側の活動に支障をきたすことになる。
- ⑤に記したように資機材の調達に種々の制限があることにより、資機材選定から輸入後の受け取りまでに時間を要するため、これを考慮した実施スケジュールを立てる必要がある。
- 日本人専門家のビザ申請及び行動予定表の提出を MINCEX にキューバ入国までの最低でも 1 ヶ月前に行なわなくてはならない。キューバへの入国やキューバ国内での移動が制限されて、プロジェクトの活動が制限されないように、実施スケジュールに基づいて必要な書類の提出

を怠らないように注意する必要がある。

5-2 技術上の提言

5-2-1 水理地質構造を考慮した物理探査

対象地域にはカルスト帯水層が分布し、既存調査で、この地域に分布する石灰岩には割れ目や溶食によりできた空洞が発達することが分かっている。これらの分布・発達状況がいかなるものかを的確に把握することが、地下水資源の利用可能性や許容揚水量の重要な決定要素になる他、塩水侵入機構の解明や対策工検討の重要な鍵となる。

カルスト帯水層に適した物理探査手法を選択し、帯水層の特徴を十分に理解した上で結果の解析を行うことが必要となる。

5-2-2 地下水モデルの作成・運用

地下水涵養対策工及び塩水侵入対策工の設計に必要な水理解析の種類と目的を以下にまとめる。

- 水収支解析：概略水循環を再現する地下水モデルを構築する。これにより、対策工の貯留域へ流入する水量及びそこから流出する流量を時系列的に算出する。
- 地下水流動・塩水侵入解析：想定対策工を含む帯水層分布域の地下水位の三次元分布とその変動及び塩分濃度分布とその変動を再現する地下水モデルを構築する。また、帯水層への塩水侵入の予測を行い、対策工の諸元を検討する。
- 取水解析：取水に伴う地下水位の低下状況や取水可能量を予測し、取水施設の最適な数量、設置位置、構造を検討する。
- 洪水解析：対策工による地下水位の上昇の程度を予測し、排水施設の規模、設置位置、構造を検討する。

これらの解析はいずれも地下水モデルを構築して解析を行うこととなるため、地下水モデル担当の技術者だけでなく、モデル作成に必要なデータを作成することとなる水理地質担当や、モデルの結果を利用する地下水（帯水層）管理担当も基礎的な地下水モデル作成・運用能力を身に付けられるような研修計画が望ましい。

5-2-3 GIS/データベースの構築と持続的な更新・運用

水資源管理・地下水管理分野では現在、世界的に見ると、本格的なデータベースを内包した GIS が、情報ツールとして広く構築されており、地下水モデルのパラメータ入力ツールとして、また、モニタリングツールとして利用されている。

本件調査においても、INRH（水資源庁）が計画・作成している DB と調和したものを構築して上記のような利用を可能とするとともに、持続的に GIS/データベースを更新・運用できるまで C/P 技術者の能力が向上することが重要である。

また、GIS/データベース関連の活動・成果は、他の分野の活動・成果に活用されることが多いので、成果間の時系列を考慮した活動計画を立案することも重要である。

5-2-4 実現可能な対策工の設計

米国からの経済制裁を受けているキューバにおいては、施工材料や機材の関係で理想とする設計どおりの施工の実施が難しいという問題もある。対策工の設計担当者は、最善の設計を検討しつつも実現可能な設計も併せて検討していく必要がある。