

1. 案件名

国名：キューバ共和国

案件名：

(和) 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) The Project for Capacity Enhancement of Groundwater and Seawater Intrusion Management

2. 事業の背景と必要性

(1) 当該国における地下水開発・管理分野の現状と課題

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（300km²）があり、ハバナ市への年間送水量の約17.3%を占める主要な給水源となっているほか、両県内の飲料水、農業用水としても利用されている。両県の水資源利用量は年間1,406百万m³であるが、そのうち地下水利用量は1,051百万m³（2011年、水利公社（GEARH））と全水利用量の75%を占めており、クエンカ・スルを含む地下水源地帯は同地域にとって重要となっている。

一方、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ていることが報告されている。一般的に、塩分濃度が1,000mg/Lを超えると農作物に影響が出るとされているが、現在、アルテミサ県内では、深度40m以深で同値を超える井戸が複数確認されている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いる。キューバ全土の利用水量全体に占める地下水の割合は33.3%（2011年、GEARH）であることから、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、全国的に水道や農業用として利用可能な地下水量が減少することが予測されている。

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。

(2) 当該国における地下水開発・管理分野の開発政策と本事業の位置づけ

キューバには、国家開発計画及び各省庁の開発計画が存在するものの、それらは非公開であり、内容が不明であるため、各種上位計画と本事業との整合性は確認できない。但し、キューバ政府に確認したところ、最新の国家開発計画の中でも水分野は食糧、交通、住宅等と並び高い優先順

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：アルテミサ県水利公社）

² GEIPIの傘下組織として、ハバナ土木コンサルティング公社（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。

位が与えられており、キューバの計画経済を統括している経済計画省も、水資源分野に関して同様の高い優先順位を与えていることが判明した。また、水資源に関する国家の法的枠組みを定める「法令 138」では、INRH が水資源開発及び管理に係る監督機関となっているが、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ことが確認された。更に、キューバでは各セクターの次年度の生産活動に必要な水の需要量を下部機関から上位機関へと申請し、最終的に INRH がこれを許可することで限られた資源としての水を計画的・効率的に使うという「水バランス」制度が導入されているが、本プロジェクトは、この水バランスの精緻化に資するものであり、キューバの国家開発計画と水分野の開発計画、更に実際の水運用とも合致したものと判断される。

また、キューバ政府は、気候変動への適応を重要な課題として認識しており、国家プロジェクトとして「国家の脆弱性調査」と「全国沿岸脆弱性調査」の 2 件を実施している。前者は、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して防災マップを策定するものであり、後者は 12 のサブプロジェクトから構成されているが、その一つとしてクエンカ・スルを含む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含まれており、気象庁、海洋庁等とともに INRH はじめ本プロジェクトの実施機関が参加している。このため、本プロジェクトは、キューバ側が実施する気候変動分野の戦略とも整合性が取れている。

(3) 地下水開発・管理分野に対する我が国援助方針及び JICA の実績

現時点において、我が国の対キューバ国別援助方針は策定されていない。他方、キューバへの支援を検討することを目的として 2000 年 10 月に我が国が派遣したプロジェクト確認調査団とキューバ側との間で、環境保全、農業・漁業等が開発課題として認識されており、地下水開発・管理については、このうち環境保全に位置づけられている。

キューバでは、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）が実施されており、キューバ東部のカマグエイ県ソラ地区をモデルサイトとして、物理探査、地下水数値モデル及び GIS の構築に係る技術移転及び普及を行った。既往プロジェクトでは、塩水侵入対策や適正（限界）揚水量の設定等も含む総合的な地下水管理は対象としておらず、本プロジェクトは既往プロジェクトの発展的後継案件であり、JICA は気候変動適応策案件としても位置付けている。

(4) 他の援助機関の対応

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、ベルギー等が行っているが、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。但し、給水分野の協力については、現在以下の協力が行われている。

① スペイン国際開発協力庁 AECID

全国対象の資金協力による浄水場や配水管網の整備（2008 年～現在、4 百万米ドル以上。但し、水源開発は含まない）

② スペイン国アンダルシア州政府

マタンサス県を対象とした、上記スペイン国際開発協力庁と同様の協力（2006 年～現在、2 百万米ドル以上）

③ 国際連合児童基金 UNICEF

全国対象の学校での節水環境教育、啓発のための絵画コンクールの実施等（過去 15 年以上、事業費不明）

④ ベネズエラ

グアタナモ県を対象とした、無償資金協力による上水道施設の建設（2006 年～現在、事業費不明）

⑤ 中国政府

配管網のリハビリプログラム用の建設機資機材の調達及び輸送への協力（期間・事業費不明）。

3. 事業概要

(1) 事業目的（協力プログラムにおける位置づけを含む）

本プロジェクトは、下記プロジェクトサイトにおいて①帯水層のモニタリングが適切に実施され、②地下水モデルが構築され、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、そして④実施要領（ガイドライン及びマニュアル）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ことによって、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・管理能力の向上を図り、もってマヤベケ県とアルテミサ県の南部沿岸部の一部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ことに寄与するものである。

(2) プロジェクトサイト／対象地域名：

マヤベケ県及びアルテミサ県のクエンカ・スル流域において選定された地域³（約 690km²）

(3) 本事業の受益者（ターゲットグループ）

先方実施機関である土木コンサルティング公社（GEIPI）、ハバナ土木コンサルティング公社（EIPHH）、水利公社（GEARH）、マヤベケ県水利公社（EAH-Mayabeque）、アルテミサ県水利公社（EAH-Artemisa）、及び、先方主管官庁である水資源庁（INRH、主管官庁）の技術職員（約 30 名）

(4) 事業スケジュール（協力期間）

2013 年 1 月～2016 年 12 月を予定（計 48 か月）

(5) 総事業費（日本側）

約 4.3 億円

(6) 相手国側実施機関

上記(3)の機関に同じ。

(7) 投入（インプット）

1) 日本側

① 専門家（全体 約 90.8M/M）

- ・ 総括 / 地下水管理
- ・ 地下水モデル
- ・ 水理地質
- ・ 物理探査
- ・ 水質
- ・ GIS/DB
- ・ 設計/塩水侵入対策
- ・ 業務調整/研修計画

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) キューバ側

³ クエンカ・スル流域のキューバ側が HS-3、HS-4 と呼ぶ二つの地域の一部

①カウンターパート（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施設

- ・ 日本人専門家執務室（ハバナ市及びキビカン村）
- ・ 機材倉庫（ハバナ市及びキビカン村）

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（電気・水道料金）
- ・ C/P 食費・宿泊費

(8) 環境社会配慮・貧困削減・社会開発

1) 環境に対する影響/用地取得・住民移転

①カテゴリ分類：C

②カテゴリ分類の根拠：「国際協力機構環境社会配慮ガイドライン（2010年4月公布）に掲げる影響を及ぼしやすいセクター・特性及び影響を受けやすい地域に該当せず、環境への望ましくない影響は最小限と判断されるため。

2) ジェンダー・平等推進/平和構築・貧困削減

本プロジェクトは、地下帯水層への塩水侵入対策及び地下水管理に係る技術の向上を目指すものであり、ジェンダー及び貧困削減に関して、女性や貧困層に対して負の影響が生じる可能性は認められない。

3) その他

特になし

(9) 関連する援助活動

1) 我が国の援助活動

・ 特になし

2) 他ドナー等の援助活動

・ 特になし

4. 協力の枠組み

(1) 協力概要

1) 上位目標：マヤベケ県とアルテミサ県の南部沿岸部の一部において、気候変動を考慮した地下水管理が適切に行われる。

指標：対象帯水層の水理的状态が良好かつ持続的に維持される⁴。

2) プロジェクト目標：本プロジェクトに参加する機関⁵の対象地域における塩水侵入対策を含

⁴活動 4-3 で設定する「許容し得る帯水層の基準状態」即ち、適正な地下水位、水質、塩水侵入分布域などが保たれることを意味する。適正な範囲については、経済活動を含めた地下水の使用条件を考慮して、プロジェクトの中で設定する。

めた地下水開発・管理能力が向上する。

指標 1：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される。

指標 2：先方実施機関の技術移転対象者が、夫々の移転技術項目の目標レベルを達成する⁶。

3) 成果及び活動

成果 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。

指標 1 定期的に観測データが GIS データベースに蓄積される。

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。

活動 1-2 水理地質調査・物理探査・水文調査を実施する。

活動 1-3 既存観測井に観測機器を設置する。

活動 1-4 試験井戸の掘削、孔内検層、揚水試験、観測機器の設置を行う。

活動 1-5 観測網を構築する。

活動 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。

成果 2 対象地域の地下水モデルが構築される。

指標 2 地下水モデルのキャリブレーション（補正・更新）が年に一度行われる。

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。

活動 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。

活動 2-3 地下水モデル/塩水侵入モデルを構築する。

活動 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）。

活動 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。

成果 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。

指標 3 地下水涵養・塩水侵入対策技術の対象地域への適応策が、先方実施機関から専門家チームに対し一件以上提案される。

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。

活動 3-2 世界各地の事例研究を行う。

活動 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。

活動 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。

成果 4 実施要領（ガイドライン及びマニュアル）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。

指標 4 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。

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。

活動 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。

活動 4-3 許容し得る帯水層の基準状態を設定する。

活動 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。

活動 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。

活動 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。

活動 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。

活動 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。

⁵ GEIPI や GEARH は、本来業務として夫々の傘下の地方機関や他の水関連機関に対して、研修を実施しており、本プロジェクトの活動の一部には、ターゲットグループ（実施機関及び主管官庁）以外の機関も参加する計画となっている。このため、それらの機関も含め「本プロジェクトに参加する機関」としている。

⁶ プロジェクト開始時に行うベースライン調査において、C/P の技術力を診断し、プロジェクトを行う中で技術力の到達目標を設定する予定。到達度の評価は、日本人専門家チームによる試験・技術審査を想定する。

4) プロジェクト実施上の留意点

地下水モニタリング能力を強化することにより（成果1）、精緻化されたデータが得られ、それに基づいて現在の地下水・水質動態を示す地下水モデルが構築される（成果2）。また現況に基づき、複数の塩水侵入対策工が検討され、提案された対策工を現況の地下水モデルに入力し、その効果を検討することによって、最も適切な対策工を抽出する（成果3）。適切な対策工の具体的な設計を現況地下水モデルに入力し、地下水モデルの解析結果を検証し将来予測を行なうことによって、地下水管理計画及び実施要領が策定され（成果4）、その結果、プロジェクト目標の指標1地下水管理に係る人員体制が整備され、指標2技術者の能力が向上する、というのが本プロジェクトのデザインとなっている。

プロジェクト当初にベースライン調査を実施するが、これはプロジェクトサイトの現在の地下水の状況調査及びターゲットグループの現在の能力、実施体制等を調査するものである。

なお、GEIPI 及び GEARH は、従前から傘下の機関はじめ全国の水関係機関を対象に研修プログラムを通常業務として行っており、本プロジェクトの実施中及び終了後も両者は同プログラムを実施するため、直接的な C/P だけでなく、キューバの水関係技術者に本プロジェクトの成果が幅広く波及することが期待される。

(2) その他インパクト

本プロジェクトの実施により、キューバ沿岸部の塩水侵入が抑制され、持続的な水資源利用が可能となる。

5. 前提条件・外部条件（リスク・コントロール）

(1) 事業実施のための前提：

- ・なし

(2) 成果達成のための外部条件：

- ・機材の通関・輸送手続きが大幅に遅れない

(3) プロジェクト目標達成のための外部条件：

- ・気候変動の影響が既存シナリオから大幅に逸脱しない

(4) 上位目標達成のための外部条件：

- ・なし

6. 評価結果

本事業は、キューバの開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致しており、また計画の適切性が認められることから、実施の意義は高い。

7. 過去の類似案件の教訓と本事業への活用

キューバでは、水分野に関係する機関が多数存在しており、既往プロジェクトでは、関係者間の調整・連携に多くの手間と時間を要した。そのため、本プロジェクトでは、INRH 傘下の 5 機関（GEIPI、GEARH、EIPHH、EAH-Mayabeque、EAH-Artemisa）が参加するが、GEIPI 及び GEARH の双方に調整・連携の責任者が傘下のグループ機関も含めプロジェクト全体の調整・連携を行う体制とすることで、効率的なプロジェクトの実施を図ることとした。

また、キューバでは、輸出入規制や物資不足のため、調達できる物品に制約があるほか、通関手続きに長期間を要することが既往プロジェクトの教訓として挙げられている。本プロジェクトでは、調達工程を十分考慮しつつ、プロジェクト活動が円滑に進められるように機材を選定することとした。

8. 今後の評価計画

(1) 今後の評価に用いる主な指標

4. (1) のとおり。

(2) 今後の評価計画

事業開始 6 ヶ月以内	ベースライン調査
事業中間時点	中間レビュー

事業終了 6ヶ月前
事業終了 3年後

終了時評価
事後評価

以 上