

国名 キューバ		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			
<b>I 案件概要</b>					
事業の背景	キューバの年間降雨量は 1,375mm であり、キューバ国家水資源庁（INRH）の 2001 年のデータによると、表流水、地下水を合わせた総利用可能水量は年間 24.0km <sup>3</sup> で、水利公社（GEARH）のデータによると 1 人当たり水利用可能量は年間 2,239 m <sup>3</sup> であった。INRH のデータでは、2000 年に実際に利用された 1 人当たりの水量は 1,295 m <sup>3</sup> であり、そのうちの 64% が表流水の利用であった。しかしながら、年間降雨量が平均値以下となる年が連続し 2004 年には 1931 年の降雨量観測開始以来、最低値を記録した。特に、東部地域 5 県において、ダム総貯水量は貯水可能容量の 36% にまで低下し、給水制限や給水車による給水が常態化するなど、給水事情がきわめて悪化した。東部 5 県では浅層の帯水層に限られることもあり、表流水依存率が 90% と高いこともその一因であった。そのため、INRH は、深層の地下水利用の拡大を検討していた。しかしながら、INRH は深層部（200m 以深）の地下水を適切に開発、管理、保全するための物理探査技術、地下水ポテンシャル解析のノウハウが不足していたことから、キューバ政府は日本政府に対し、物理探査技術及び探査結果の活用能力の向上と、数値モデルによる地下水管理に係る技術協力プロジェクトを要請した。				
事業の目的	本事業は、物理探査、地下水モデル、地理情報システム（GIS）に関する研修の実施とモデルサイトにおける物理探査等、各種調査の実施により、INRH の地下水開発・管理能力の向上を図り、以って、東部地域における地下水の適切な利用を目指した。 1. 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。 2. 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。  *GEIPI (Grupo Empresarial de Investigaciones, Proyectos e Ingeniería) : 土木コンサルティング公社、GEARH (Grupo Empresarial de Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos) : 水利公社				
実施内容	1. 事業サイト：(モデルサイト) カマグエイ県ソラ地区、(GIS 構築サイト) オルギン県、ラス・トゥナス県、カマグエイ県 2. 主な活動：1) 中核技術者向け研修計画の策定、各研修（物理探査、地下水モデル、GIS）の研修テキストの作成、2) モデルサイトにおける物理探査、気象・水文調査、地表・水理地質調査等の実施、3) 水資源に係る GIS 設計の実地研修 (OJT)、GEARH 及び INRH 流域管理局・水利工事局職員向けの物理探査、地下水モデルに基づく地下水評価・管理に関する研修の実施、4) 本プロジェクトで養成された GEIPI の中核技術者による他の技術者向け物理探査、地下水モデル、GIS に関する研修の実施 3. 投入実績 日本側 (1) 専門家派遣 11 人 (2) 研修員受入 5 人 (3) 機材供与 電磁探査機、孔内検層機、水質チェッカー、物理探査用機材、揚水試験用資機材、GIS ソフト、PC、車両等 (4) その他 ローカルコンサルタント再委託費（試掘調査）  相手国側 (1) カウンターパート配置 計 28 人 (2) 土地・施設提供 専門家執務室 (3) ローカルコスト負担 観測井の掘削費用、燃料費、研修経費				
事前評価年	2008 年	協力期間	2008 年 9 月～ 2012 年 2 月	協力金額	(事前評価時) 240 百万円 (実績) 245 百万円
相手国実施機関	水資源庁 (INRH: Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos)、土木コンサルティング公社 (GEIPI)、水利公社 (GEARH)				
日本側協力機関	国際航業株式会社				

**II 評価結果**

【評価上の留意点】

(上位目標の指標と外部条件)

プロジェクト・デザイン・マトリックス (PDM) では、上位目標として、「東部地域における地下水の適切な利用」が掲げられ、指標として「東部地域における地下水賦存量調査の定期的かつ持続的な実施」と「早魃時の給水車による給水を受ける人口比率の減少」が設定されており、上位目標を達成する外部条件の一つとして、「地下水管理に基づいた給水計画の策定・実施」が挙げられた。「地下水管理に基づいた給水計画の策定・実施」がない場合、「早魃時の給水車による給水を受ける人口比率の減少」への本事業の直接的な貢献はないことになり、また、「地下水の適切な利用」と「地下水管理に基づいた給水計画の策定・実施」は密接に結びついていることから、当該外部条件を「本事業

業の成果を活用した地下水管理に基づいた給水計画の策定・実施」とし、上位目標達成の補完情報として確認を行った。  
(事業完了後の事業効果(プロジェクト目標/成果)の発現の継続状況と上位目標の外部条件)  
上位目標の外部条件として、「地下水調査に係る資機材、構築した地下水モデル、GIS データベースの適切な維持管理」が挙げられているが、これらは、本事業の効果の継続状況として検証を行った。

## 1 妥当性

### 【事前評価時・事業完了時のキューバ政府の開発政策との整合性】

事前評価時点での、「水資源庁戦略計画2007-2009」、「国家開発計画(2010年)」、事業完了時点での「国家経済社会開発計画(2011~2030年)」に掲げられる、「水資源開発」を優先分野とするキューバ政府の開発政策に合致している。

### 【事前評価時・事業完了時のキューバにおける開発ニーズとの整合性】

東部3県は他県と比べて地下水賦存量は多くなく、渇水や干ばつ時の水の供給源としての地下水開発の需要は高い一方で、INRHの地下水開発の実績が多くないことから、適切な地下水管理のための手法の習得という、事前評価時点で確認されたキューバの開発ニーズは、事業完了時点においても変わりはなく、合致している。

### 【事前評価時における日本の援助方針との整合性】

2000年10月の日本・キューバ間の政策協議により農業と環境を重視した支援を行うことが確認され、基礎生活分野への支援として渇水が深刻な東部地域での地下水探査に係る技術協力プロジェクトがあげられていたことから、日本の対キューバ援助方針に合致している。

### 【評価判断】

以上より、本事業の妥当性は高い。

## 2 有効性・インパクト

### 【プロジェクト目標の事業完了時における達成状況】

事業完了時点までに、プロジェクト目標は一部達成された。モデルサイトにおける地下水開発の可能性及び課題の発表(指標1)については、2011年6月の地下水管理セミナーと2011年12月のプロジェクト成果発表会兼地下水開発・管理セミナーで発表が行われた。GEARHによる地下水モデル及びGISデータベースによる地下水解析・管理結果の年報への反映(指標2)については、事後評価時点でのGEARHの回答によると、本事業の活動主体はGEIPIであり、また、本事業の成果は本事業で養成されたGEIPIの中核技術者によるものであったことから、GEARHの年報に掲載することはしなかったが、本事業の成果の共有のため、GEARH傘下の各県水利調査・プロジェクト公社(EIPH)への通達として配布した。INRHによる地下水モデル及びGISデータベースによる地下水解析・管理結果の年報への反映(指標3)については、事後評価時点でのINRHの回答によると、事業完了時までに反映された。

### 【事業効果の事後評価時における継続状況】

事業完了以降、本事業の効果は概ね継続されている。  
(地下水モデル)

本事業で構築された地下水モデルは、INRH及びGEIPIでは活用されている。INRHでは、先進的技術の普及を実施しており、地下水モデル技術も先進的技術の一つとして活用している。また、ソラ地区においても、新規の調査地区に応用されている。地下水管理ソフトは、対象県のみならず、地下水管理関連や地下水源探査、水質調査関連の業務において、活用されている。GEIPIによる地下水源探査や地下水解析結果等は、INRH及びGEIPIのそれぞれの年報に反映されている。なお、GEARHは、各県EIPHが策定する給水計画の管理を国レベルで行う立場であるため、これらの解析結果等については、年報に反映することはないものの、各県EIPHによる給水計画策定にあたり活用できるよう、通達やレポートの配布の形で共有を図っている。

(東部3県のGISデータベース)

INRHでは、対象3県において計画される事業の質を確保し、実施するための支援ツールとして活用している。また、GEIPIも活用している。GEARHは、GEIPI中核技術者による研修を通じ職員への地下水モデル、物理探査、GISに関するスキルアップを図っている。

(地下水調査用の資機材を活用した探査・調査)

本事業で整備された地下水調査用の資機材の管理はGEIPIが行い、これら資機材を活用した探査が継続されている。電磁探査機、孔内検層機や物理探査用機材、揚水試験用資機材を活用し、マンサニーリョ市(グランマ県)の水確保のための水利地質調査、対象3県に加え、グランマ、サンティアゴ・デ・クーパの各県における新規水源探査、等が実施されている。

### 【上位目標の事後評価時における達成状況】

事後評価時点において、上位目標は一部達成されている。事業完了後、本事業の対象県を含む東部地域の各地、特に青年の島特別区のINRHの出先において、地下水賦存量調査が毎年実施されている(指標1)。GEIPIによれば、調査期間は3カ月から2年と様々である。東部地域において干ばつが発生した際の給水車による給水を受けた人口比率の変化(指標2)については、ベースラインとして設定された2007年に比して、事後評価時点では、いずれの対象県においても減少していない。なお、本事業の成果を活用した地下水管理に基づく給水計画が、本事業の対象3県において策定され、実施されている。各年の1月、4月、7月、8月、9月、10月に、EIPH及び水資源庁各県支所(DPRH)のデータに基づき給水計画が実施されるが、本事業の対象3県については、カマグエイ県EIPHがカマグエイ県に加えて、オルギンおよびラス・トゥナス両県も所管している。具体的には、各県の水利用者の水利用収支に基づき、井戸採掘管理、給水制限対策、大量の水を必要とする農作物の栽培の停止などの対策はEIPHが所管し、カマグエイ県EIPHはこれら業務を適切に実施しており、GEARHは国レベルの公社として全体としての監理を行っている。しかしながら、GEIPIによれば、本事業実施中も含め、2007年以降干ばつが深刻化しており、特に2014年以降はその傾向が強まり、また、2016年にはエルニーニョ現象の影響により、干ばつの度合いが一層深刻になっており、多くの水源地在渇水となっている。そのため、給水車による給水を受けた人口の比率が減少していない状況が、給水計画に問題があるのか、干ばつの深刻度が計画を上回るものであるのか、明確に判断することが困難となっている。

### 【事後評価時に確認されたその他のインパクト】

事後評価時点において、本事業の正のインパクトが確認された。カマグエイ基礎公社ユニット(Unidad Empresarial de Base: UEB)によれば、対象県以外において、本事業で整備された物理探査用機材が活用され、適切な地下水管理や水資源の利用についてより良い措置がとられるようになっていく。また、本事業で作成された水利地質地図は、地下水開発・管理以外にもGEIPI及び関連当局に活用されている。ソラ地区では、他の地域の経済水系も含めた水利について、水利用者に対する適量配分の計画や、さらに塩水化問題への対応として、人工的に作られたラ・シグアネア・ラグーンにより海水侵入の防止対策にも活用された。

加えて、本事業で育成された地下水モデルの中核技術者やUEBオルギンによれば、マンサニーリョ地区クエンタス・クララス及びカリョ・レドンドで実施された地下水モデル及び物理探査結果が、ハバナ工科大学の学生やマグデブルグ大学（ドイツ）のキューバ人学生の論文に活用されるなど若手研究者の育成に寄与している。さらには、中核技術者による大卒者を中心とする若手中核および一般技術者への研修が継続され、人材育成にも貢献している。。負のインパクトは確認されなかった。

【評価判断】

以上より、本事業は、プロジェクト目標及び上位目標を一部達成し、本事業で導入された地下水モデルやGISデータベース、地下水調査用機材を活用し、他の地域での地下水管理や水資源開発のための地下水解析や物理探査等が実施され、地下水管理の改善に貢献している。本事業の有効性・インパクトは中程度である。

プロジェクト目標及び上位目標の達成度

目標	指標	実績
プロジェクト目標 INRH(GEIP, GEARHを含む)*の地下水開発・管理能力が向上する。	(指標 1) モデルサイトにおける地下水開発の可能性及び課題(水利地質、地下水賦存量、水質、地下水モデルによる将来予測等)がまとめられ発表される。	達成状況： (事業完了時) 達成 ● 2011年6月の地下水管理セミナー(カマグエイ県)：モデルサイト(ソラ地区)における地下水開発の可能性及び課題を取りまとめた結果を本事業で養成されたGEIPIの中核技術者が発表 ● 2011年12月のプロジェクト成果発表会兼地下水開発・管理セミナー(ハバナ市)：本事業で養成されたGEIPIの中核技術者が地下水開発の可能性や課題(開発時の留意点)などのより精度の高い解析結果を改めて発表 (事後評価時) 継続 ● 2013年6月(ハバナ市)第1年次技術セミナー：終了後の展開事例発表(ハバナEIPH技術者による地下水モデル、カマグエイ・オルギン・EIPH中核技術者による達成成果、グランマ・オルギンEAH技術者および日本人専門家による地下水管理) ● 2014年6月(ハバナ市)第2年次技術セミナー：終了後の展開事例発表(EIPHH技術者による物理探査、カマグエイ・オルギン・EIPH中核技術者による技術移転の進捗、GEIPI・EIPHH技術者による水利地質調査)
	(指標 2) 地下水モデル及びGISデータベースに基づく地下水解析・管理結果がGEARHの年次報告書に反映される。	達成状況： (事業完了時) 未達成 ● 本事業はGEIPI技術者を主たる対象としており、地下水管理及びGISデータベースに基づく地下水解析に係る結果は、本事業で養成されたGEIPIの中核技術者によるものであり、GEARHの年次報告書には報告されなかったが、本事業の成果の活用のため、分析結果は、各EIPHに通達として送付された。 (事後評価時) 一部継続 ● 地下水解析等はGEIPIの中核技術者により行われるため、GEARHの年次報告には掲載されていないものの、実施中と同様、各EIPHへの通達・レポートとして、分析結果を送付し、地下水解析結果の共有を行い、活用が行われている。
	(指標 3) 地下水モデル及びGISデータベースに基づく地下水解析・管理結果がINRHの年次報告書に反映される。	達成状況： (事業完了時) 達成 ● 地下水管理及びGISデータベースに基づく地下水解析に係る結果はINRHの年次報告書には報告された。 (事後評価時) 継続 ● GEIPI技局が2か月ごとに編集する月報に、EIPHが実施するプロジェクトの活動記事を掲載しており、これがINRH年次報告書へ反映されている。
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。	(指標 1) 東部地域において、地下水賦存量調査が定期的かつ持続的に実施されていること(少なくとも3県)	達成状況：達成 (事後評価時) ● 毎年、東部地域において、特に青年の島特別区のINRH出先において同調査が実施されている。2013年度の調査実施実績として、EIPHカマグエイによるグアナハ流域での水理地質調査、地下水モデル調査、物理探査調査、GIS調査、EIPHオルギンでは水理地質調査、GIS調査が行われた。2014年度では、EIPHカマグエイで物理探査調査、EIPHオルギンで水理地質調査、GIS調査が実施された。なお、ラス・トゥナス県にはEIPHが存在しない。
	(指標 2) 東部地域において、旱魃時の代替水源が確保されていること(うち、少なくとも3県、2007年の給水車によって給水を受けている人口比率が減少する)	達成状況：未達成 (事後評価時) ● 2007年以降干ばつが深刻になっており、特に2014年以降、深刻さが増している。2016年にはエルニーニョ現象の影響により、一層深刻な状況となり、多くの水源地では湧水に達している。そうした状況下、地下水利用のための調査は継続されているにも関わらず、極度の干ばつの影響で湧水し、給水車による給水頻度は減少しておらず、給水車による給水を受けている人口比率は減少していない。

出所：事業完了報告書、GERAH、INRH、GEIPIへの質問票の回答、本事業で育成された地下水モデル、物理探査及びGISの中核技能者(計5人)

### 3 効率性

事業費は計画を若干上回った（計画比：102%）ものの、事業期間は計画内（計画比：100%）であり、よって、効率性は中程度である。

### 4 持続性

#### 【政策制度面】

水利管理は、「国家経済社会開発計画（2011～2030年）」をはじめとする国家戦略において重点分野として常に位置付けられており、地下水管理及び地下水開発の重要性は維持されている。JICAによる技術協力プロジェクト「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」（2013～2017年）が実施されたが（2017年2月を持って終了）、同プロジェクトで策定した地下水管理計画（Plan de Manejo del Agua）はすでにINRHで承認され、地下水管理のより良い運用を目指している。国家水政策（Política Nacional del Agua）についてはすでにINRH内で承認されており、2017年中には新たな法令として施行される見込みである。同政策では、4つの主要課題が掲げられ、その一つが「水の管理」で、「地下水探査・解析作業等」は重要な技術となる。

#### 【体制面】

INRHの地下水開発・利用についての政策決定機関としての役割及び組織体制に変更はない。人員配置に関するデータの公表はなされていないものの、INRHの流域管理局及び水利工事局では、地下水探査、解析業務、地下水管理等の活動は継続されている。INRHは必要な人員配置を行っており、当面人員の異動の見込みはないとしている。異動があった場合にも、新規人材が補充されており、問題は見られない。関係機関内での、例えばEIPHとEAHのデータ共有管理事例、プロジェクト終了後の構築事例発表など、データ管理の改善は進んでおり、データ共有化をさらに進める方針である。

GEIPIについても、人員配置に関するデータの公表はなされていないものの、地下水の物理探査や地下水モデルの維持・活用、GISデータベースの維持管理、本事業で供与された地下水調査用機材の維持管理の体制に変更はなく、人員配置についても当面変更はない見込みである。配置換えはあったものの、人員は補充されており、物理探査等、地下水管理に関連する調査等の実施に問題は見られていない。なお、一部機材についてはスペアパーツの不足により機能の低下がみられるが、供与された機材は概ね適切に維持管理がなされている。

対象県の体制については、カマグエイ県EIPHでは、物理探査5名、地下水モデル3名、GISデータベース4名が配置されている。オルギン県EIPHには、物理探査2名、地下水モデル6名、GISデータベース6名が配置されている。なお、ラス・トゥナス県にはEIPHがなく、オルギン県EIPHの中のUEBとしてラス・トゥナスUEBがある。物理探査はカマグエイの技術者がオルギンやラス・トゥナスを補完しているため、オルギン県およびラス・トゥナス県にはそれぞれ1名の配置となっている。また、地下水モデルについて、オルギン県公社技術者2名がオルギン、ラス・トゥナス、グランマの3県を担当している。GEARHについては、水利用者である顧客から申請された水利用量を取りまとめて作成される、次年度の生産活動に必要な各県ごとの「水の需要量」と各県のEAHが起算した次年度「可能供給量」を各県ごとに取りまとめてINRHへ提出する。日本の援助で行われた本事業を通じて得たより精度の高い可能供給量の算出技術の活用と水利用者の実際の水利用量の把握をより厳密に行うことにより、より効果的な「水バランス」制度の運用を目指している。

#### 【技術面】

物理探査や地下水モデルの活用、GISデータベースの活用について、GEIPIの技術者は十分な知識を身に付けており、事業完了後も継続している。また、本事業で育成されたGEIPIの中核技術者は、大学卒業者を対象に、2012～2015年の間に、物理探査(10名)、地下水モデルの活用(9名)及びデータベースの活用(9名)に関する研修や技術指導を行い、若手技術者の育成に貢献し、今後の人材確保を図っている。他方、INRH流域管理局及び水利工事局の技術者及びGEARHの技術者は、GEIPIが実施した物理探査や地下水モデル、GISデータによる分析結果を活用して、地下水評価・管理を行うのに十分な知識、技術を有している。知識・技術の習得状況は、研修終了時の理解度テストにおいて確認が行われている。なお、INRHは、INRHとGEARHの技術者向けの研修を2012～2014年の間に年2回実施していた。本プロジェクトの後継事業である「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（2013年～2017年）」終了後には、両事業の集大成として、両事業で育成された中堅技術者による、物理探査、揚水試験、水理情報システム、地下水数値モデル、地下水管理計画などをテーマとする、GEIPIおよびGEARHの技術者を対象とした研修が計画されている。

#### 【財務面】

キューバ関係当局の予算額についてはキューバ国民への公表すらなく、入手できていないものの、INRH、GEIPI及びGEARHは、本事業で技術移転された地下水調査及び関連する活動を継続し、また、地下水モデルやGISデータベース、地下水調査用機材の維持管理も行われており、それに必要な人員配置もなされていることから、これまで必要な予算が確保されてきていると判断され、各機関によると今後も確保できる見通しである。なお、GEIPIは、事業完了後2年を経過した時点で、本事業で導入した地下水モデル及び東部3県のGISデータベースの維持管理のための予算が打ち切られたものの、2017年度から予算措置が図られることとなっている。GEIPIについては、財源はINRH投資局あるいは県政府である。GEARHの収入減の一つとして、農業及び工業用水の利用料がある。なお、予算措置は十分であるが、一方で予算規模に応じた業務内容・範囲を設定している。

#### 【評価判断】

以上より、本事業は、政策制度面、体制面、技術面、財務面に特に問題はなく、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

### 5 総合評価

本事業は、INRH、GEIPI及びGEARHの地下水調査及びその解析結果に基づく地下水管理の改善を通じた適切な地下水利用という、プロジェクト目標及び上位目標の一部を達成した。また、本事業で導入された地下水モデルやGISデータベース、地下水調査用機材を活用し、対象県以外の地域における地下水調査が実施されている。持続性については、政策面、体制面、技術面、財務面のいずれにも問題は見られない。効率性については、事業費が計画を上回った。

以上より、総合的に判断すると、本事業の評価は高いといえる。

## III 提言・教訓

実施機関への提言：

- 本事業で供与された地下水調査用機材を今後も継続して活用するため、適切な維持管理に必要なスペアパーツの計画的な調達、あるいは機材更新、新規機材導入のための購入、などに対応する予算措置が求められる。
- プロジェクト活動の実質的な実働部隊であったGEIPIは、今後も移転された技術を業務に応用しつつ成果を達成し、さらに修得した技術を活用しながら人材育成や技術者の能力向上を目指すためにも、引き続き継続性のある研修会の開催が望

まれる。そのためには、計画的な新規機材導入やスペアパーツ購入などのハード面および人材配置などのソフト面を充実しなければならない。一方、関係機関である INRH および GEARH のサポートも重要であるため、キューバ側において今後も良好な情報共有、あるいは連携の維持が求められる。

JICA への教訓：

- 本事業で供与した地下水調査用機材は、事業完了後も主要機材については活用され、地下水探査等の活動は継続されている。他方、一部機材についてはスペアパーツの不足から機能低下がみられている。事業により実施機関の業務や活動に重要な機材が供与された場合で、かつ、事業効果の持続性においてそうした機材の維持管理が重要となる場合においては、事業実施中に機材のスペアパーツの調達方法を含め、機材の維持管理計画の作成への支援を行うことも重要である。



本事業で設置した地下水観測ポイント



ピボット灌漑を前に EIPH 職員および大農場従事者の意見交換