

## 評価調査結果要約表

<b>I. 案件の概要</b>	
国名：キューバ共和国	案件名：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
分野：水資源・防災分野	援助形態：技術協力（業務実施型）
所轄部署：地球環境部	協力金額：約 2.89 億円
協力期間	2008 年 9 月～2012 年 2 月（3 年半）
	先方実施機関：水資源庁及び土木コンサルティング公社 日本側協力機関：特になし
<b>1-1 協力の背景と概要</b>	
<p>キューバ共和国（以下、キューバ）、5 月から 10 月に年間降雨量の 80%が集中する他、年間降雨量が地域により 400mm から 4,000mm と地域により降雨量差も大きい、2000 年に利用された水の約 64%は表流水であった。しかし年間降雨量は近年低下しており、2004 年には過去最低の降水量を記録した。特に東部 5 県では降雨量減少が顕著であり、給水事情が極めて悪化している。同地域は浅い帯水層の分布が限られていること、また表流水依存率が 90%と高いことなどが一因となって給水状況は悪化している。こうした状況下、国家水資源庁（INRH）は異常渇水への対応策として深層地下水の利用拡大を検討しているが、INRH 及び傘下の公社では、深層部（200m 以深）の地下水調査・開発・管理を適切に行うための物理探査技術、地下水賦存量解析等の技術が不足している。</p> <p>JICA はこれまで帯水層の把握、基礎的な電気探査技術の習得のため、専門家を派遣し、技術移転を行ってきたが、2006 年 8 月に電磁探査を含む物理探査技術及び探査結果の活用能力の向上、また地下水モデルによる地下水管理を行う技術協力の要請が提出された。同要請を受け、2008 年 9 月から地下水開発の調査及び地下水管理・開発を担当する土木コンサルティング公社（GEIPI）、INRH、水利公社（GEARH）に対し、物理探査調査、地下水モデル構築及び GIS 構築の能力向上、及びこれら技術を活用して地下水開発・管理を行う能力を向上させるためのプロジェクトを実施した。</p>	
<b>1-2 協力内容</b>	
<p>本プロジェクトは、キューバ国（以下、「キ」国）水資源庁（INRH）及びその傘下の土木コンサルティング公社（GEIPI）及び水利公社（GEARH）に対して、地下水開発・管理能力の向上を支援するものである。</p>	
<p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(3) アウトプット：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>4) GEARH 及び INRH 流域管理局・利水工事が、GEIPI により実施・解析される物理探査の結果、地下水管理モデル及び GIS の結果を活用し、地下水評価・管理能力が向上する。</li> </ol>	

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。

(4) 投入

【日本側】総投入額：約 2.89 億円

1) 専門家・業務調整従事者：9 人 (53.74MM 国内作業期間含む)

2) 機材供与：19,791 千円

3) 現地活動費：40,448 千円

4) 研修員受入れ：5 名

【キューバ側】

1) カウンターパート配置：延べ 28 名 (プロジェクト運営：9 名、中核技術者：19 名)

2) 土地・施設提供：専門家執務室

3) ローカルコスト負担：456,862 CUC/MN 及び 27,320.73CUC

## II. 評価調査団の概要

調査者	団 長：吉田克人 JICA 地球環境部国際協力専門員 評価方針協議/協力方針協議：井上雄貴 JICA 地球環境部水資源第二課 評価分析：朝戸恵子 (財)国際開発高等教育機構 (FASID) 通 訳：大滝節子 財団法人日本国際協力センター	
調査期間	2011 年 6 月 3 日～2011 年 6 月 30 日	評価種類：終了時評価

## III. 評価結果の概要

### 3-1 実績の確認

#### 3-1-1 成果 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。

物理探査機材の調達が遅れ、二年次は予定通りの活動ができなかったが、三年次以降は必要な活動を実施し、所期に目標としたレベルの技術力を中核技術者は習得している。

指標	達成度
1-1 研修用テキスト 策定・改訂される。	研修用テキストは作成され、西訳もほぼ完了している。キューバの实情に合ったテキストにするため、図表などをキューバの事例に変える作業を中核技術者が着手しており 12 月には完成予定。
1-2 電気探査 (二次元比抵抗映像法) と電磁探査を実施できる技術者が養成される (5 人)。	これまで実施された講義・実習、出された課題への回答、テストの結果などから総合的に判断して、目標とした電気探査・電磁探査を実施できる技術力を、中核技術者 6 名は習得した。
1-3 モデルサイトの物理探査結果が提示される。	モデルサイト (ソラ地区) での物理探査結果を 6 月の地下水セミナーで発表した。今後、調査結果の微調整を行った上で、最終的な探査結果は 12 月に提示される予定である。

#### 3-1-2 成果 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。

物理探査研修及び観測井の掘削の遅れによるモデルサイトのデータ入手が遅れ、また本分野は新しい技術の習得であるため理論の理解と習得、ソフトウェア操作の習熟に時間を要し、進捗は予定より遅れたが、終了時評価時点ではモデルサイトでの地下水モデルは構築されており、プロジェク

ト終了までに中核技術者は所期に目標としたレベルの技術力を習得すると思われる。

指標	達成度
2-1 研修用テキストが策定される。	研修用テキストは作成され、西訳もほぼ完了している。キューバの实情に合ったテキストにするため、図表などをキューバの事例に変える作業を中核技術者が行い、12月には完成予定。
2-2 地下水モデルを策定出来る技術者が養成される（5人）。	これまでの理論の理解、課題への回答、試験の結果、研修での様子から日本人専門家が技術的に判断して、技術移転対象であった中核技術者6人は、地下水モデルを使って、条件設定による地下水の許容揚水量などの予測が出来るようになると思われる。
2-3 2-2 で習得された手法に基づきモデルサイトの地下水数値モデルが構築される。	モデルの構造そのものは2011年3月時点でほぼ完成している。2011年6月に入手された揚水試験結果や物理探査結果を踏まえて水理定数や揚水量のデータの見直しを行い、モデルサイト（ソラ地区）の地下水モデルは構築された。また、6月の研修ではモデルを使った将来の予測計算を行い、今後の管理ツールとしての地下水モデルが提供された。
2-4 モデルサイトの既存の水理地質図が精緻化される。	2011年6月の研修で、観測井及び既存井戸からの揚水試験結果や物理探査結果のデータを入手し、ソラ地区の水理地質図及び水理定数分布図が完成する予定である。

### 3-1-3 成果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。

GIS分野は中核技術者に基礎知識の蓄積があったため、技術研修は2回のみとし、その後は東部3県でGIS DBの作成が行われた。またGEIPI一般技術者向けの普及研修も開始されており、所期に目標としたレベルの技術力を中核技術者は習得している。

指標	達成度
3-1 研修用テキストが策定される。	研修用テキストは作成され、西訳もほぼ完了している。キューバの实情に合ったテキストにするため、図表などをキューバの事例に変える作業を中核技術者が行う。12月には完成予定。
3-2 水資源に係るGISを構築できる技術者が養成される（5人）	研修に参加した中核技術者7名はGISを構築できるレベルに達すると思われる。
3-3 GIS構築サイトにおけるGIS図面が作成される。	2011年3月の段階で、既に東部3県のGIS DBはほぼ構築されており、現在は修正業中である。2011年9月の専門家派遣時にはGIS図面は完了する予定である。

### 3-1-4 成果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、地下水管理モデル及びGISの結果を活用し、地下水評価・管理能力が向上する。

活動の進捗は予定より遅れてはいるが、四年次にINRH及びGEARHを対象とした3分野の技術研修及びセミナーが実施される予定であり、それらにINRH及びGEARHの技術者が参加すれば、指標で目標とされたレベルの地下水評価・管理能力は習得されると思われる。

指標	達成度
4-1 GEARH 及び INRH 流域管理局・水利工事局の地下水管理に携わる技術者を対象とした研修コースが INRH 研修プログラムの中で 2 回以上実施される。	2010年10-11月に中核技術者が所属する各県を巡回し、日本人専門家による「地下水管理とは何か」についてのセミナーが6回開催され、県レベルの INRH、県水利公社（EARH）、県土木コンサルティング公社（EIPH/EIPI）の技術者が延べ94名が参加した。 また6月にカマグエイで INRH、GEARH の参加も得て地下水管理セミナーが開催され、12月にもハバナで同様のセミナーの開催が予定されている。今後、本プロジェクトで指導を受けた中核技術者が講師となって、各県で INRH、GEARH、EIPH/EIPI、GEILH 向けの研修を2011年7月から11月にかけて8回実施する予定である。
4-2 受講者（約45名）の9割が研修内容を習得する（研修終了時にテストを実施）。	上記セミナー及び研修が実施された際には、参加者の理解度を確認するアンケートまたはテストの実施が予定されている。

### 3-1-5 成果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

活動の進捗は予定より遅れてはいるが、四年次に GEIPI 一般技術者も対象にした3分野の技術研修及びセミナーの実施が計画されており、それらに参加すれば指標で目標とされたレベルの地下水評価・管理能力は習得されると思われる。尚、GEIPI 傘下の EIPH/EIPI の一般技術者は水利用・収支計画を管理する GEARH、水資源全体を管理する INRH とは、個別技術の具体的理解の深さにおいて、異なるレベルが求められるため、本プロジェクト終了後も業務で必要とされる具体的な技術指導が継続的に行われることが重要であると思われる。

一部の県においては、中核技術者が受注した地下水調査の実施に発注県の EIPH/EIPI の技術者も関わっており、On the Job Training (OJT) の形態で GEIPI 一般技術者が新しい技術に触れる機会は提供され始めている。

指標	達成度
5-1 GEIPI の地下水開発・管理に携わる技術者を対象とした研修コースが INRH 研修プログラムの中で 2 回以上実施される。	成果4で予定されている各県を巡回する研修が8回予定されており、そこに GEIPI の一般技術者も、少なくとも30人以上が参加予定である。また GIS に関しては、本プロジェクトの中でも既に一般技術者向けの研修が2回実施されている（2010年6月及び2011年3月）。
5-2 受講者（約30名）の9割が研修内容を習得する。	研修終了時は理解度を確認するテストの実施が予定されている。

### 3-1-6 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）の達成見込み

評価時点での指標の達成度は下表のとおりであり、プロジェクト目標は達成する見込みである。

尚、プロジェクト期間の長さや当初の活動計画から考えて、プロジェクト期間内に地下水管理の「結果」を得る事は困難であると思われるため、本評価においては、指標を「地下水評価・管理の実施」と解釈しなおして、評価を行った。

指標	達成見込み
モデルサイトにおける地下水開発の可能性及び課題（水理地質、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	6月の地下水セミナーにおいて、ソラ地区における地下水開発の可能性及び課題の取りまとめ結果が発表された。今後更に水理地質状況、地下水賦存量、水質等、現在の地下水状況に関する情報を基に、ケース・シミュレーションを行い、地下水位、地下水流動、物質移

れる。	送の変化等を明らかにする。12月のセミナーで最終的な地下水開発の可能性や課題（開発時の留意点）などが発表される予定である。
地下水モデル及びGIS DB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。	三年次後半～四年次に予定されているGEARHに対する指導、それに対する地下水解析・管理方法の導入について、2012年2月に発行されるGEARHの年次報告書で触れられる予定である。
地下水モデル及びGIS DB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。	現時点では、INRHの刊行物に反映されていないが、INRHの機関紙“voluntad HIDRAULICA”に、地下水モデル及びGIS DBに基づく地下水解析・管理方法の一例として、ソラ地区の例（またはソラ地区の例を元にした他地域の例）が掲載される予定。

### 3-1-7 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）の達成見込み

INRHは気候変動による影響への対応策として、利用可能な地下水の予測を行う方針を出しており、予算の動向は確認できなかったが、少なくとも現状レベルの調査は継続し、同調査実施に必要な技術力は養成されていると思われる。一方、代替水源の確保のためには水資源「開発」のための事業費確保が必要であり、また給水車による給水を受けている人口の減少のためにはGEAAL（上下水道公社）の予算措置が必要であるが、本調査ではこれら予算の見通しについての情報は得られなかったため、これら指標の達成見込みについては判断できない。

一部情報不足により判断できないところはあるものの、判断可能な指標に関しては、上位目標が達成される可能性はある。

指標	達成見込み
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（内、少なくとも3県）	東部地域において、地下水賦存量調査を実施するのに必要な技術力はプロジェクト実施期間中に習得されると思われる。調査の実施には予算が必要であるが、調査を定期的かつ持続的に実施するために必要な予算が今後減少するとの情報は確認されておらず、現在の頻度レベルでは調査は継続するものと思われる。
5-2 東部地域において、旱魃時の代替水源が確保されること（内、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）	左記指標の達成可能性については判断できない。

### 3-2 評価結果の要約

#### (1) 妥当性（高い）

キューバでは2010年を目標年次とする国家開発計画において、5項目からなる優先事項を掲げており、水資源開発はそのうちの1つである。また、水資源にかかる開発、管理を司る水資源庁においては、同庁の「水資源庁戦略計画 2007-2009」における10の優先戦略の一つとして「統合的な水の有効管理を通して、異常事態（異常渇水・洪水）に対する被害を軽減する手段を講じること」が挙げられており、地下水開発にかかる調査・管理能力の向上はキューバの水資源政策と合致している。また、渇水や旱魃時の水の供給源として地下水開発へのニーズも高まっている。一方、地下水開発・管理への支援は2000年に策定された国別援助政策とも合致している他、日本は本分野での技術優位性を有している。

以上より、本プロジェクト実施の妥当性は「高い」。

## (2) 有効性 (高い)

物理探査技術、地下水モデル構築及び GIS 構築の中核技術者育成は予定通り達成されつつあるが(成果 1～3)、物理探査技術の研修及び観測井掘削の遅れにより、中核技術者による INRH (GEIPI、GEARH) への地下水開発の調査、管理方法の研修及び GEIPI 一般技術者への研修の実施(成果 4～5)は当初計画と比べて遅れている。しかし、既にモデルサイトの地下水開発の可能性及び課題は取り纏められ、発表されている。また、遅れていた研修は 4 年次には実施が具体的に計画されており、これらが実施されれば、地下水解析・管理方法として本プロジェクトで習得した技術を活用する例が GEARH 及び INRH の報告書に掲載される見込みは高いと思われる。

以上より、本プロジェクトの達成見込みは高く、有効性は「高い」と言える。

## (3) 効率性 (中程度)

日本・キューバ側共、投入の質・量・タイミングはほとんどが適切であったが、一部の投入の遅れ(電磁探査機材の調達及び観測井の掘削)が活動の遅れをもたらし、一部成果の達成も遅れた。また、プロジェクト・アドミニストレーターの 3 度の交代とそれを補完するのに引継ぎが不十分であったこと、またプロジェクト・アドミニストレーターを補助する実務担当の配置がなかったことなどにより、効率的なプロジェクト実施が困難な時期があった。

以上より、効率性は「中程度」と判断する。

## (4) インパクト (高い)

上位目標も一部は達成されると思われる他、それ以外にも様々な正のインパクトの発現が確認されている。例えば、本プロジェクトで育成された中核技術者が他県の水資源開発に関する調査を実施し、技術者が強化されていない県での地下水調査の精度が向上していること、一部の県では GEIPI のみならず INRH 及び GEARH のデータが GIS を使って整理され始めていること、また直接受益者ではなかった CITA の技術者が GIS 普及研修を実施していること、またプロジェクトで策定されたソラ地区(モデルサイト)の水理地質図を活用した土地利用計画の検討などが行われていることなどが具体例として挙げられる。一方、負のインパクトは特に認められなかった。

以上より、インパクトは「高い」と考えられる。

## (5) 持続性 (中程度)

政策・制度面では、INRH は気候変動への適応策の一環として、利用可能な地下水量の予測を実施していく意向を表明しており、今後も地下水調査、開発、管理の重要性は継続するとと思われる。また、本プロジェクトの実施により、物理探査技術、地下水モデル構築、GIS 構築の分野で核となる技術者集団は育成されており、地下水調査の精度の改善、INRH/GEARH/GEIPI の一般技術者に技術指導を行うのに必要な技術力も養成されたと思われる。

一方、中核技術者を統括し、本プロジェクトによる成果の活用・継続に責任を負う GEIPI は終了時評価時点でも実務担当者が配置されていない等、体制が脆弱である。また、財務面についても一定の研修予算は確保されているものの、資機材の維持管理に係る経費の確保は難しく、今後の持続性を支えられるか不透明な状況である。

以上より、持続性は「中程度」と言える。

### 3-3 効果発現に貢献した要因

#### (1) 計画内容に関すること

本プロジェクトでは開発調査的な手法を取り入れ、モデルサイトの水理地質図の精緻化をカウンターパートと共に行うと同時に、同地区を事例として地下水開発のシミュレーションを行った。これにより、地下水調査の実施方法、3分野の技術の習得、地下水調査結果の活用方法や地下水管理方法などについて、実践面での留意点も含めた深い理解が促進された。

またキューバでは輸入規制や輸入に係る手続きの煩雑さなどにより機材調達に時間を要することが予想されたため、機材調達を最初に開始し、その後に個別の活動を実施する活動計画を立てた。当時のプロジェクト・アドミニストレーターの努力もあり、多くの機材は活動開始前に揃い、予定通り技術移転が開始された。

#### (2) 実施プロセスに関すること

中核技術者はいずれも当該分野の専門知識や業務経験があり、パソコン操作にも慣れているなど、技術的素地を有していた。また座標系の転換や3次元地図の理解など、平面・空間認識についても基礎能力を備えた技術者であった。これら基礎能力に加えて、新しい知識や情報を習得したいという熱意も強く、忙しい日常業務と両立させて、所期の目標レベルの技術力を習得した。

### 3-4 問題点および問題を惹起した要因

#### (1) 計画内容に関すること

プロジェクトの運営体制として、意思決定された方針を事務的にサポートする要員が配置されず、プロジェクト・アドミニストレーターへの過剰負荷、連絡の遅延などが円滑なプロジェクト運営を困難にしたものの、終了時評価の実施後、実務担当者が配置され、状況が改善された。

#### (2) 実施プロセスに関すること

物理探査機材及び観測井の掘削が遅れたことにより、一部の活動の実施が遅れ、それにより一部成果の達成、関連活動の着手が遅れた。

### 3-5 結論

本プロジェクトでは一部投入の遅れにより、一部成果の達成が遅れ、その遅れが他の成果の達成にも影響を与えたが、INRH（GEIPI、GEARHを含む）はプロジェクト終了までに地下水開発・管理の能力を向上させるための知識は習得できると判断され、プロジェクト目標が達成される見込みは高いため、予定どおりプロジェクトを終了することが妥当であると判断する。

しかし、GEIPIは継続した研修及び調査を実施していくための組織力、財務力を十分に有しているとは言いがたく、プロジェクト終了後の持続性を担保するためには、3-6で提言する事項につき対応が必要である。

### 3-6 提言

以下の6項目がプロジェクト終了までに実施されるべき事項として提言された。

- (1) 2011年6月以降、INRH、GEARHも含めた技術者を対象とした地下水開発・管理のセミナー・研修が計画されているが、INRH、GEARHの技術者はこれらの研修・セミナーに積極的に参加すること。
- (2) 本プロジェクトによる成果（中核技術者、資機材、各種ソフトウェア、GIS DB、モデルサイトの推理地質図など）を国全体として最大限活用する仕組みをGEIPIは検討し、日本人専門はそれに助言する。
- (3) プロジェクト終了後に実施されるであろう中核技術者からGEIPI一般技術者への技術指導研修の具体的な内容や実施方法を中核技術者は明確にし、日本人専門家はそれに助言する。また、GEIPIはその内容をINRH、GEARHとも共有する。
- (4) GEIPI内で実務担当者を配置して、プロジェクトが円滑に運営できる体制を整える。
- (5) 本プロジェクトで供与される資機材の維持管理体制（配置場所、管理者、管理予算負担者など）を明確にし、プロジェクト終了までにJICAと合意の上、譲渡手続きを完了する。
- (6) 資機材の維持管理に関連し、キューバでは、スペアパーツや代替機器の調達に難しいことから、本プロジェクトで調達した資機材を継続的に活用するため、消耗品の磨耗・劣化をできるだけ遅らせるような機材の扱い方、また機材が故障しないために必要なメンテナンス方法をマニュアルに付加し、機材取扱者に周知徹底する。また国内・海外での部品・機材の調達先リストを作成し、関係者で共有する。

プロジェクト終了後の提言として、以下4点が提案された。

- (1) INRHは継続的に地下水調査を実施する。その際には、本プロジェクトで習得した技術（物理探査技術、地下水モデル、GIS）を活用した調査方法を導入し、プロジェクトで習得した技術や資機材が活用され、地下水調査の精度が上がり、技術力が維持されるようにする。
- (2) INRHは、これまで定期的に収集されたデータをキューバ国内の関係者に共有するため、データを統一されたフォーマットにより整理し、適切に管理・活用する仕組みを検討する。
- (3) 本プロジェクトで技術移転された中核技術者は年齢層の高い（40-50代）技術者が多かったため、今後、若い世代に同じレベルの技術力を継承するべく、GEIPIはその育成方法を検討する。
- (4) INRHは、水資源関連会社間の円滑な情報共有を促進するため、各組織がこれら情報を活用して効率的・効果的に事業を展開できるようにする。

### 3-7 教訓

本プロジェクトより以下の教訓を抽出した。

- (1) 本プロジェクトでは、意思決定者や技術移転の中核技術者はCPとして設定されていたが、プロジェクトの実施運営を担当する実務担当者が配置されておらず、円滑なプロジェクト運営が困難であった。案件形成時には、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を配置する。
- (2) 本プロジェクトでは、物理探査、地下水モデル、GISの3分野における技術移転を並行して実施する計画となっていた。ところが、物理探査、地下水モデルはGISデータベースを活用して実施するため、GISの技術移転を先行して実施した方が効率的であったと思われる。以上の経



験により、成果の達成により生み出される効果を活用して他の成果が実施されるような場合は、成果の時系列を考慮してプロジェクト形成を行うことが望ましい。

- (3) 機材の調達状況に強く依存する活動の場合は、調達に要する時間を十分に考慮して、調達が遅れても活動に大きく影響を与えないような活動計画を立てる。
- (4) 国によっては調達可能な部品や周辺機器が限定される場合があるので、金額のみならず当該国の流通・市場状況も考慮して入札条件を設定し、資機材調達を行う。
- (5) 本プロジェクトでは、一部ライセンスを必要としないフリーソフトの使用方法に係る指導も実施した。これにより、今後はキューバ側で独自にライセンスが必要なソフトウェアを購入する必要がなくなり、持続性に寄与している。ソフトウェアを利用して技術の国内普及を予定している場合は、ライセンスを必要とするソフトウェアのみでなく、フリーソフトの紹介や利用指導を行い、技術普及の促進を支援する。

