

キューバ共和国

水資源庁

キューバ国
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

プロジェクト事業完了報告書

平成24年1月
(2012 年)

独立行政法人 国際協力機構(JICA)
国 際 航 業 株 式 会 社



プロジェクト写真 (1/8)

物理探査



電気探査の室内研修

二次元比抵抗探査に関しては、2006 年度に派遣された地下水調査短期専門家から技術指導を受けており、中核技術者は研修開始時に既に理論は総じて理解していた。



電気探査の探査実習

モデルサイト（カマグエイ県ソラ地区）において、日本人専門家指導の下で探査実習を行うとともに、専門家不在時にも中核技術者が中心となって設定した探査地点・測線の探査を進めた。



電磁探査機材の検収・実地作動テスト

電磁探査機の調達が遅れたため、電磁探査の研修は当初の予定より遅れて第3年次からの開始となった。



電磁探査の室内研修

2010 年 8 月から電磁探査の概要や使用機材についての室内講義を開始した。また、一連の探査実習を終えた 9 月に、取得データのチェックや解析方法等中心とした室内講義を再度実施した。



電磁探査の探査実習

2010 年 8 月から 2011 年 3 月まで専門家不在時も含めて、水理地質構造把握を目的とする電磁探査調査を行った。2011 年 3 月には取得したデータの室内解析研修を行った。



孔内検層の実習

試掘井を使用した孔内検層研修を十分に行うことができなかったため。第4年次に供与した検層機を用いての研修を改めて行った。

プロジェクト写真 (2/8)

水理地質



現地踏査

第1年次から第2年次前半にかけて EIPH カマグエイの技術者を中心に現地踏査・観測を続けてきたが、2010年2月には地下水モデル研修参加者もソラ地区の現地で水理地質構造を議論した。



河川流量観測

専門家より電磁流速計を使用した河川流量観測の研修を受けた EIPH カマグエイの技術者は、2010年8月～10月に Máximo 川及び Jigüen 川で河川流量観測を行った。



水質調査

ソラ地区では、供与された水質チッカーを使用して、現場簡易水質測定が EIPH カマグエイの技術者によって続けられている。



試掘調査

ソラ地区で1本の試掘（JICA_01）を行い、地下地質の確認と物理探査結果との比較等を行った。



完成した試掘井

試掘井（JICA_01）は観測井仕上げとして、自記水位計を設置した。深度200m級の観測井はソラ地区では初めての井戸であり、継続したデータの収集が望まれる。



揚水試験実習

2011年9月にソラ地区の既存井戸を使用して、揚水試験の実施計画作成と試験・解析の研修を行った。

プロジェクト写真 (3/8)

地下水モデル



第 1 回地下水モデル研修

地下水モデルの一環として、2009 年 2 月にハバナにおいて中核技術者を対象にして地下水モデル入門セミナーを開催した。



第 2 回地下水モデル研修

2009 年 6 月に CITA において、地下水モデルの方法に関する講義と演習を行った。この回の研修には、中核技術者の他に GEARH、CITA の技術者も参加した。



第 3 回地下水モデル研修

2009 年 11 月に CITA において、FEFLOW（有限要素法による地下水解析ソフト）を使用して地下水及び物質移動モデル演習を行った。



第 5 回地下水モデル研修

2010 年 6 月に CITA において、MODFLOW（差分法による地下水解析ソフト）を使用してデータの作成・入力の演習を行うとともに、現地を再度視察してモデル境界設定について議論した。



第 6 回地下水モデル研修

2011 年 2 月～3 月に CITA において、モデルサイトの詳細モデルの作成を開始し、地下地質構造及び層相をパラメータとして、モデルに入力するデータを数値化する研修を行った。



第 7 回地下水モデル研修

2011 年 6 月に CITA において、ソラ地区モデルの検証、予測計算を行い。地下水モデルを完成させた。

プロジェクト写真 (4/8)

GIS



CITA における GIS 研修

CITA における GIS 研修は、2009 年 7 月と 2009 年 11 月～12 月の 2 回行った。



CITA における GIS 研修

CITA で実施した GIS 研修には中核技術者以外の参加もあり参加者数は 2 回とも EIPH/EIPI 及び CITA の 9 名の技術者であった。



オルギン県一般技術セミナー

2010 年 6 月 22 日に開催された本セミナーの中で、成果 3 の研修を受けている中核技術者がオルギン県の GIS 作成状況について発表を行った。



ラス・トゥナス県一般技術セミナー

2010 年 6 月 24 日に開催された本セミナーの中で、成果 3 の研修を受けている中核技術者がラス・トゥナス県の GIS 作成状況について発表を行った。



カマグエイ県地下水開発・管理セミナー

2011 年 6 月 21 日に開催された本セミナーの中で、成果 3 の研修を受けている中核技術者がカマグエイ県の GIS 作成状況について発表を行った。



カマグエイ県（CITA）GIS 一般技術セミナー

2010 年 6 月 30 日から 7 月 2 日の日程で CITA の技術者を講師とする GIS セミナーが開催された際には、日本人専門家も参加して必要な助言を行った。

プロジェクト写真 (5/8)

地下水管理



地下水開発・管理研修

中核技術者による技術移転が開始される前に、2010年10月～11月に、日本人専門家が地下水資源管理に関する講義形式のセミナーを実施した。



同左（研修参加者）

左記の研修は、カマグエイ県、オルギン県、ラス・トゥナス県、シエゴ・デ・アヴィラ県、ヴィジャ・クララ県及びマタンサス県において、各半日程度の日程で行った。



カマグエイ県地下水開発・管理セミナー

2011年6月21日に成果1～3までに係わる研修を受けた中核技術者の発表を中心とした地下水開発・管理セミナーを開催した。本セミナーの内容は、一般技術セミナーを兼ねている。



グランマ県地下水評価・管理セミナー

本セミナーは、成果1～3までに係わる研修を受けた2名の中核技術者が講師となり、11名の技術者が参加して2011年9月16日に開催された。



サンチャゴ デ クーバ県地下水評価・管理セミナー

本セミナーは、成果1～3までに係わる研修を受けた2名の中核技術者が講師となり、17名の技術者が参加して2011年9月19日に開催された。



ハバナ市地下水評価・管理セミナー

2011年12月にプロジェクト成果発表会を兼ねて地下水評価・管理セミナーを開催した。

プロジェクト写真 (6/8)

一般技術セミナー 普及セミナー



ヴィジャ・クララ県 GIS 一般技術セミナー

中核技術者への技術移転が先行した GIS は、第 3 年次から一般技術者向けセミナーを開始した。2011 年 3 月 8 日から 10 日まで中核技術者が講師となり、EIPH・GEARH の技術者 24 名が参加した。



ピニャール・デル・リオ県物理探査一般技術セミナー

本セミナーは、成果 1 の研修を受けた中核技術者が講師となり、27 名の技術者・大学生が参加して 2011 年 9 月 12 日から 14 日の日程で開催された。



ハバナ市地下水モデル一般技術セミナー

本セミナーは、成果 2 の研修を受けた中核技術者が講師となり、11 名の技術者が参加して 2011 年 9 月 26 日に開催された。



グランマ県 GIS 一般技術セミナー

本セミナーは、成果 3 の研修を受けた中核技術者が講師となり、14 名の技術者が参加して 2011 年 9 月 14 日、15 日に開催された。



一般普及セミナー

2011 年 9 月 22 日にカマグエイ大学において大学関係者を対象にした一般普及セミナーを開催し、EIPH カマグエイ及び CITA の技術者がソラ地区の調査結果を発表した。



プロジェクト成果発表会

2011 年 12 月にプロジェクト成果発表会をハバナ市で開催した。

プロジェクト写真 (7/8)

本邦研修



GIS の事例研修

本邦研修は 5 名の技術者が参加した。専門家チームのメンバーが所属する国際航業(株)において、作成された地下水 GIS/DB の事例について説明を受けた。



地盤沈下観測所の見学

東京の地形地質と地下水位変動・地盤沈下の状況の説明を受けるとともに地盤沈下観測所を見学し、地盤沈下の痕跡を視察した。



福島大学表敬

専門家チームで地下水モデル 2 を担当する柴崎直明教授が所属する福島大学を訪問し、福島県の地下水状況の説明を受けるとともに、大学関係者と意見交換を行った。



日中ダムの見学

福島県喜多方市の押切川に建設されている日中ダムを訪問し、ダムの概要や施設の説明を受けた。また、喜多方市では地下水保全を行う市民ネットワークの方々との意見交換を行った。



秋吉台秋芳洞の見学

日本最大のカルストである秋芳洞を訪問し秋吉台石灰岩の地下水について学んだ。秋吉台地下水系は 2005 年にラムサール条約に登録されている。



熊本市健軍水源地の見学

水道水源を 100%地下水に頼る熊本市の水道局を訪問し、熊本市の地下水開発・管理方法について説明を受けるとともに、市が管理する健軍水源地を見学した。

プロジェクト写真 (8/8)

委員会・会議等



第2回 JCC

第2回 JCC を2010年3月17日にハバナの INRH 会議室で開催し、プログレースレポート3の説明及び今後の活動について協議するとともに、中間評価の結果について討議を行った。



第3回 JCC

第3回 JCC を2011年6月27日にハバナの GEARH 会議室で開催し、第4年次の活動等について協議するとともに、終了時評価の結果について討議を行った。



第4回 JCC

第4回 JCC を2011年12月16日にハバナの Hotel Cubanacan Chateau Miramar で開催し、プロジェクト事業完了報告書(案)やプロジェクト終了後の継続的活動等について協議を行った。



第4回 PEC

第4回 PEC を2009年10月27日にハバナの INRH 会議室で開催し、キューバ側からモデル地区の観測井掘削について資金援助の要請があった。



第5回 PEC

第5回 PEC を2010年7月6日にハバナの INRH 会議室で開催し、観測井掘削の遅れや電磁探査機の到着を踏まえて今後の活動について協議を行った。



第7回 PEC

第7回 PEC を2011年3月15日にハバナの INRH 会議室で開催し、第3年次の活動報告と第4年次の活動計画について協議を行った。

目 次

調査位置図

プロジェクト写真

略語集

1	業務の概要	1-1
1.1	業務の背景	1-1
1.2	業務の目的	1-1
1.3	業務の範囲	1-2
2	プロジェクトの成果	2-1
2.1	プロジェクトの成果一覧	2-1
2.2	技術移転の成果	2-3
2.2.1	物理探査技術の技術移転	2-3
2.2.2	地下水モデルの技術移転	2-5
2.2.3	GISの技術移転	2-6
2.2.4	IHRH及びGEARHの能力向上	2-7
2.2.5	GEIPIの能力向上	2-9
2.3	プロジェクト目標	2-10
3	活動の実績	3-1
3.1	活動実施スケジュール	3-1
3.2	主な活動内容	3-4
3.2.1	物理探査技術の技術移転	3-4
3.2.2	地下水モデルの技術移転	3-5
3.2.3	GISの技術移転	3-8
3.2.4	INRH及びGEARHの能力	3-9
3.2.5	GEIPIの能力向上	3-11
4	投入実績	4-1
4.1	専門家派遣実績	4-1
4.2	研修員受入実績	4-4
4.3	機材実績	4-4
4.4	現地業務実績	4-7
4.4.1	業務実施のための費用	4-7
4.4.2	ローカルコンサルタント(再委託)業務	4-7

5	プロジェクト実施運営上の工夫、教訓	5-1
5.1	促進要因.....	5-1
5.2	教 訓.....	5-2
6	PDMの変遷	6-1
7	JCC、PEC、セミナー、ワークショップ開催記録	7-1
7.1	プロジェクト合同調整委員会(JCC)開催記録.....	7-1
7.2	プロジェクト実施委員会(PEC)開催記録.....	7-2
7.3	一般技術セミナー.....	7-5
7.4	地下水評価・管理セミナー.....	7-8
7.5	ハバナ市プロジェクト成果発表会兼地下水開発・管理セミナー.....	7-10
7.6	一般普及セミナー.....	7-11

巻末資料

1. プロジェクトの成果概要
 - 1.1 物理探査概要
 - 1.2 地下水モデル解析結果概要
 - 1.3 GIS で作成した図面類の例
2. ニュースレター（第1号～第6号）
3. 議事録
 - 3.1 IC/R 協議会議事録
 - 3.2 第1回 JCC 議事録
 - 3.3 第2回 JCC 議事録
 - 3.4 第3回 JCC 議事録
 - 3.5 第4回 JCC 議事録
 - 3.6 第4回 PEC 議事録
 - 3.7 第5回 PEC 議事録
 - 3.8 第6回 PEC 議事録
 - 3.9 第7回 PEC 議事録
 - 3.10 第8回 PEC 議事録

略 語 集

CEP (PEC)	Comité Ejecutivo del Proyecto (Project Execution Committee)	プロジェクト実施委員会
CITA	Centro Integrado de Tecnologías del Agua	水資源技術総合センター
EIPH	Empresa de Investigaciones, Proyectos Hidráulicos	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
GEAAL	Grupo Empresarial de Acueductos y Alcanterillados	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 (SIG)	Geographic Information System (Sistema de Información Geográfica)	地理情報システム
INRH	Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos	水資源庁
JCC (CCC)	Joint Coordination Committee (Comité de Coordinación Conjunta)	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
MINCEX	Ministerio de Comercio Exterior e Inversión Extranjera	貿易・海外投資省
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

1 業務の概要

1.1 業務の背景

キューバ国（以下「キ」国）は人口 1,117 万人（2002 年）、約 1,600 の島から構成される国土面積 110,861km² の島国である。年平均降雨量は 1,335mm であるが、雨季の 5 月～10 月にかけて降雨の 80%が集中し、地域により年間降雨量が 400mm から 4,000mm と大きく異なる。

また、「キ」国の総利用可能水量は年間 24.0km³（表流水：18.0km³、地下水：6.0km³）、1 人当たり水利用可能量は 2,239m³／人／年であるものの、2000 年に実際に利用した水量は 1,295m³／人／年であった。なお、利用した水量の約 64%が表流水である。

近年、年間降雨量が平均値以下の年が連続し、2004 年には 1931 年に雨量観測開始以来、最低値を記録した。特に、東部地域の 5 県において、ダムの総貯水量は 36%にまで低下し、給水制限や給水車による給水が日常化する等、給水事情が極めて悪化した。2006 年は多雨年であったが、東部地域の厳しい給水事情は依然として続いている。東部 5 県では浅層の帯水層の分布が限定的であるため、表流水依存率が 90%と高くなっていることもその一因である。

このような状況下、「キ」国水資源庁（以下、INRH：職員 300 人）は今後、気候変動に伴い異常渇水等が起きた場合でも時間給水等の給水制限を最小限にするために深層の地下水利用を拡大する方針を示し、我が国に対し地下水探査技術に関する協力（専門家派遣、キューバ人技術者の本邦研修、関連機材供与）の要請に至った。これを受け、機構は 2008 年 1 月～2 月にかけて事前調査団を派遣し、2008 年 6 月 25 日には外国投資経済協力省（MINVEC、現在は貿易・海外投資省：MINCEX に改省）、INRH、土木コンサルティング公社（以下、GEIPI：技術者合計 177 人）と機構の間で R／D を締結した。

1.2 業務の目的

本プロジェクトは、INRH の方針である深層地下水利用の拡大のために、INRH 及びその傘下の GEIPI 及び水利公社（以下、GEARH：技術者合計 1,147 人）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。なお、地下水開発・管理能力の向上は、気候変動により干ばつ被害及び洪水被害を受けやすい東部地域を対象として以下のことを達成する計画である。

- ① OJT（on-the-job training）を通じた GEIPI 内の中核技術者の育成
- ② 実際の地下水開発、管理に必要な情報の整備及び
- ③ 育成された中核技術者を講師とする INRH 内の研修

PDM に示されたプロジェクトの上位目標、プロジェクト目標および成果はそれぞれ以下の通りである（第 6 章 PDM₄ 参照）。

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。

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。
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・作成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・管理する能力が向上する。
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。

1.3 業務の範囲

a. プロジェクト対象地域

- (1) 対象地域：「キ」国東部（カマグエイ県、ラス・トゥナス県、オルギン県）
モデルサイト：カマグエイ県ソラ地区
GIS 構築サイト：カマグエイ県、ラス・トゥナス県、オルギン県
- (2) 活動拠点：カマグエイ県の GEIPI の水資源技術総合センター（CITA）

b. プロジェクトの運営体制

本プロジェクトの運営は PDM 及び PO を基本として「キ」国側と日本側が共同で実施した。運営体制として、図 1-1 に示すように OJT を受ける GEIPI 中核技術者グループ、GEIPI 中核技術者、INRH 及び GEARH 技術者等のコアメンバーから成るプロジェクト実施委員会（PEC: Project Execution Committee）及びカウンターパート機関代表者を構成員とするプロジェクト合同調整委員会（JCC: Joint Coordination Committee）を組織した。さらに、これらの組織を通じて GEIPI 中核技術者が研修講師となる研修（ワークショップ及びセミナー）を開催した。

GEIPI 中核技術者、PEC 及び JCC のメンバーと機能は R/D 合意を踏まえ、次の表 1-1 に示す内容を提案した。このうち PEC はプロジェクト活動の内容及び実施に実質的な責任を有し、本プロジェクト終了後も実務者レベルの連絡機関として、地下水開発・管理計画の実施にあたり技術的支援を行う組織と位置付け、計画の持続性を担保するよう配慮した。以上の運営体制をインセプション・レポート（IC/R）提出時の協議において「キ」国側に提案し、R/D での合意を踏まえ、具体的なメンバーを選定した。本プロポーザルの運営体制を、キャパシティデベロップメント・レベルと関係付けながら作成し図 1-1 に示す。

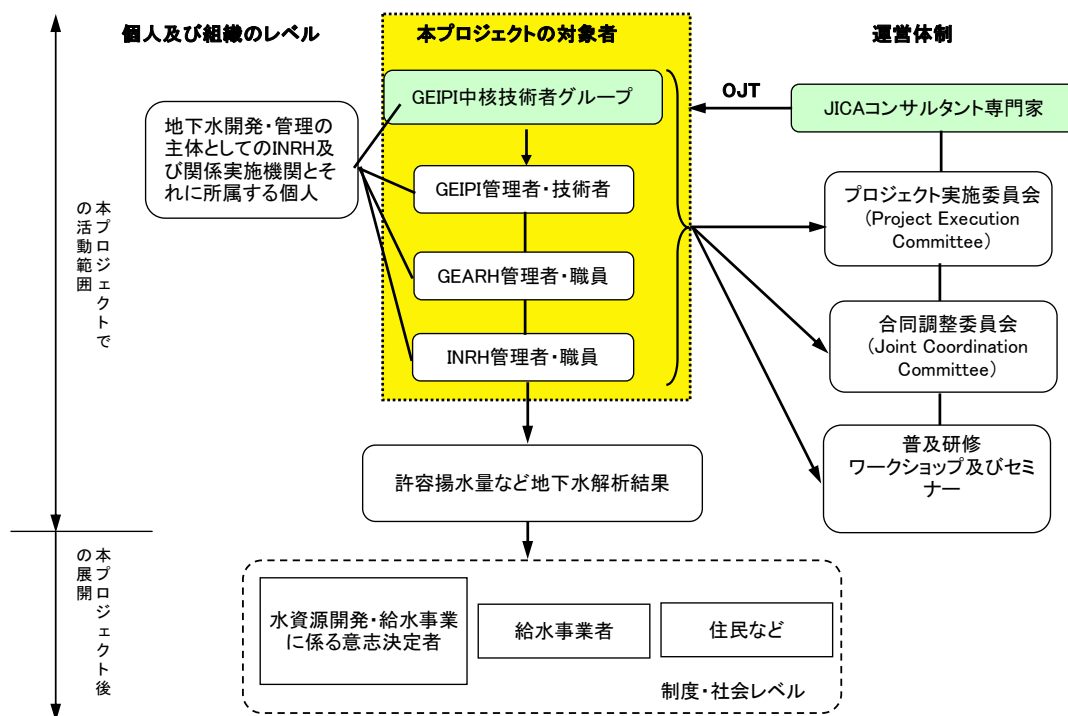


図 1-1: プロジェクトにおけるキャパシティディベロップメントレベルと運営体制

表 1-1: プロジェクト運営組織の機能とメンバー

組織	メンバー	機能	開催頻度
GEIPI 中核技術者グループ (OJT 対象者) 合計 15 名	- GEIPI 本部及び県公社技術者 - INRH 及び GEARH 職員・技術者	- 物理探査の組織内研修講師 - 地下水数値モデルの組織内研修講師 - GIS の組織内研修講師 - 地下水評価・管理の組織内研修講師	専門家滞在時
プロジェクト実施委員会 (PEC) <常任メンバー組織> GEIPI INRH 流域管理局 GEARH <非常任メンバー組織> GEIPI 県 GEAAL GEILH	<u>委員長 (プロジェクトダイレクタージェネラル)</u> - GEIPI ダイレクタージェネラル <u>副委員長</u> - CITA 代表 <u>メンバー</u> - GEIPI 中核技術者 - INRH 流域管理局職員 - GEARH 職員 <u>非常任メンバー</u> - GEAAL 職員 - GEILH 職員	- 年間活動計画に基づき活動の進捗状況を指示する。 - 年間活動計画の作成。 - プロジェクトの実行及び関連事項について技術的意見交換。 - プロジェクト実施に必要な事項の決定とメンバーによる合意。 - プロジェクト・レポートの協議。 - 原則的に専門家滞在時に月例会議として開催される。 - 非常任メンバーは適宜テーマに応じて参加する。	- IC/R、PR1～PR5 提出時 1 回 - 専門家不在時は月 1 回
合同調整委員会 (JCC) メンバー INRH GEIPI GEARH GEAAL	<u>委員長 (プロジェクトダイレクタージェネラル)</u> - GEIPI ダイレクタージェネラル <u>副委員長 (プロジェクトアドミニストレーター)</u> - GEIPI プロジェクトテクニカルダイレクター <u>メンバー</u> - INRH 流域管理局代表 - GEARH 代表 - MINVEC 代表 - GEAAL 代表 - GEIPI カマグエイ県、ラス・トゥナス県、オルギン県公社代表 - CITA 代表 - JICA (コンサルタント) 専門家 - JICA メキシコ事務所代表 - JICA 調整専門員 <u>書記</u> - GEIPI 中核技術者代表	- プロジェクトの管理・調整に関わる重要な方針の協議。 - CEP により作成される年間活動計画の審査・承認。 - プロジェクト進捗のモニターと評価。 - プロジェクトの一般的管理に関する意思決定。 - 原則的に年間 1 回以上、プロジェクト各年次開始時に開催される。	各年次 1 回

c. プロジェクトの全体工程

調査年度	平成20年度					平成21年度												
調査年次	第1年次					第2年次												
暦年	2008					2009										2010		
暦月	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
国内作業	☐																	
現地作業																		
ワークショップ・セミナー																		
報告書提出	▲ IC/R				▲ P/R						▲ P/R						▲ P/R	

調査年度	平成22年度												平成23年度													
調査年次	第3年次												第4年次													
暦年	2010												2011												2012	
暦月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2			
国内作業		☐ 本邦研修																								
現地作業																										
ワークショップ・セミナー																										
報告書提出																										

d. 業務実施体制

d.1 日本側

日本側は、下表に示す専門家と業務調整担当者からなる。

担 当	氏 名	所 属
総括/地下水モデル1(第1年次～第3年次)	鎌田 烈	国際航業
総括/地下水モデル1(第4年次)	木原 茂樹	国際航業
地下水モデル2	柴崎 直明	福島大学
水理地質1	大鹿 祐介	地球システム科学
水理地質2(第1年次～第3年次)	木原 茂樹	国際航業
副総括/水理地質2(第4年次)	田中 正利	国際航業
物理探査	藪田 卓哉	地球システム科学
GIS	雷 沛豊	国際航業
業務調整1	小原 克	国際航業
業務調整2	喜納 政治	国際航業

d.2 キューバ側

担 当	氏 名	所 属 (職位)	担当期間
ダイレクター・ジェネラル	Wilfredo Leyva Armesto	INRH (Vice President)	2008年12月－2009年5月
	Aimee Aguirre Hernández		2009年6月－2012年2月
プロジェクト・ディレクター	José Antonio Hernández Álvarez	GEIPI (Director General)	2008年12月－2009年5月
	Wilfredo Leyva Armesto		2009年6月－2012年2月
プロジェクト・アドミニストレーター	Evaristo Baños Guerra	GEIPI (Technical Director)	2008年12月－2009年10月
	Julio César Martínez Horta		2009年10月－2010年10月
	Yarín Benítez Haza		2010年10月－2011年1月
	José Luis Blanco García		2011年1月－2012年2月
アドバイザー	Arturo González Báez	GEIPI (Adviser)	2008年12月－2012年2月
物理探査	Arturo Lorenzo Ferrás	EIPI Matanzas	2008年12月－2012年2月
	Rodolfo Bordón	EIPH Holguín	2009年1月－2012年2月
	Rebeca Fernández	EIPH Camagüey	2009年1月－2012年2月
	Leonardo Cantillo Riveri	EIPH Camagüey	2009年1月－2012年2月
	Ernesto Rodríguez	EIPH Villa Clara	2009年1月－2012年2月
	Ernesto Morales	EIPH Pinar del Río	2010年8月－2012年2月
地下水モデル	Arturo Lorenzo Ferrás	EIPI Matanzas	2009年2月－2012年2月
	Manuel A. Burgos Díaz	EIPH Villa Clara	2009年2月－2012年2月
	Jorge Luis Blanco Blázquez	EIPH Holguín	2009年2月－2012年2月
	Juan José Almirall Beltrán	UEB Granma, EIPH Holguín	2009年2月－2012年2月
	Adán Echemendía Martínez	EIPH Camagüey	2009年2月－2012年2月
	Luis Fidel Miranda	EIPH Ciego de Avila	2009年2月－2012年2月
GIS	Arturo Lorenzo Ferrás	EIPI Matanzas	2009年7月－2012年2月
	Jorge Luis Blanco Blázquez	EIPH Holguín	2009年7月－2012年2月
	Juan José Almirall Beltrán	UEB Granma, EIPH Holguín	2009年7月－2012年2月
	Adán Echemendía Martínez	EIPH Camagüey	2009年7月－2012年2月
	Carlos Luke Zayas Bazán	EIPH Camagüey	2009年7月－2012年2月
	Marcell Martínez Contreras	UEB Las Tunas, EIPH Holguín	2009年7月－2012年2月
	Javier Acosta Infante	EIPH Villa Clara	2009年7月－2012年2月

2 プロジェクトの成果

2.1 プロジェクトの成果一覧

本プロジェクトは以下の5つの成果を達成することを目的としている。表 2-1に成果とその指標及び達成状況をまとめる。

- 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。
- 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。
- 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。
- 成果4：GEARH 及び INRH 流域管理局・利水工事局が、GEIPI により実施・作成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・管理する能力が向上する。
- 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。

表 2-1: 本プロジェクトの成果と達成状況の一覧

指標	達成状況
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。	
1-1 研修用テキストが策定・改定される。	研修初期に日本人専門家が作成した研修用テキストを、プロジェクト活動を通して改訂して、2011 年 12 月に最終版を配布した。 物理探査のテキストは、二次元比抵抗探査と電磁探査の2編から成る。二次元比抵抗探査のテキストは、①物理探査概論、②ポール・ポール法配置（深層部の探査）、③探査計画の策定、④測定前のチェックポイント、⑤データ解析結果の水理地質的解釈、⑥解析事例、⑦探査機器類保守に関する注意事項等の内容を含む（二次元比抵抗探査に関しては、2006 年度に派遣された地下水調査短期専門家が作成したテキストがあり、それに対象地域の特性に合わせた内容の追加を行った）。また、電磁探査のテキストは、①物理探査の基本概念、②TDEM の原理、③TDEM の測定方法、④データ移送方法、⑤解析ソフト（IXID）を使用した解析方法、⑥探査機器類保守に関する注意事項等から成る。
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)(研修時に筆記と探査実施テストを実施)。	2 回実施した二次元比抵抗探査の研修に延べ9 名が参加し、5 名の中核技術者が目標の技術を習得した。 4 回実施した電磁探査の研修に述べ18 名（内、1 名はオブザーバー参加）が参加し、5 名の中核技術者が目標の技術を習得した。また、1 名のオブザーバー参加の技術者は電磁探査の現場でのデータ取得・解析に関して一定のレベルまで到達している。 モデルサイト（カマグエイ県ソラ地区）で実施した調査では、電気探査（二次元比抵抗映像法）と電磁探査の解析結果に基づいた総合的な水理地質構造解析まで中核技術者自身が行った。
1-3 モデルサイトの物理探査結果が提示される。	2011 年 6 月にカマグエイ県で実施した地下水管理セミナーの中で、ソラ地区の物理探査結果が発表されるとともに、2011 年 12 月のハバナ市でのプロジェクト成果発表会で研修成果が発表された。 また、物理探査結果の概要（抜粋）を本報告書に添付する。
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。	
2-1 研修用テキストが策定される。	研修初期に日本人専門家が作成した研修用テキストを、プロジェクト活動を通して改訂して、2011 年に最終版を配布した。

	地下水モデルのテキストの主要部は、①地下水モデルの原理、②地下水モデルの歴史、③地下水モデルのタイプ、④地下水盆地のモデル化、⑤地下水モデルの適用例、⑥モデル化の概要と流れ、⑦水理地質単元分類と境界条件、⑧水理地質定数の推定、⑨かん養と揚水、⑩内挿検定、⑪結果の提示、等の内容から成り、その他、モデル化とタンクモデルによるかん養量計算の練習問題から成る章も含んでいる。 その他、揚水試験に関連するテキストも、2011 年 12 月に最終版を配布した。
2-2 地下水モデルを構築できる技術者が養成される(5 人) (研修終了時にテストを実施)。	7 回実施した地下水モデルの研修に延べ 45 名 (内 6 名はオブザーバー参加) が参加し、6 名の中核技術者が地下水モデルの基礎とシミュレーションソフトの利用・操作方法を理解した。 また、①ソラ地区の帯水層区分、②柱状図から地点毎の各帯水層の層厚計算、③②のデータからモデル地区の各帯水層の層厚分布図作成、④③の数値化、⑤塩水濃度分布の推定方法とデータ化、⑥④及び⑤のデータを地下水モデルに入力、⑦モデルの内挿検定、⑧将来予測等の地下水モデルに関する一連の手法を第 7 回地下水モデルに参加した 5 名の中核技術者全員が取得している。
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モデルが構築される。	2011 年 3 月の第 6 回及び第 7 回地下水モデル研修で、ソラ地区の実際の水理地質データを用いての地下水モデルの構築実習を行ない、地下水モデルを完成させた。 また、2011 年 6 月のカマグエイでの地下水管理セミナー等を通して、地下水モデル解析の中での GIS/DB の必要性等についても理解を深めていった。 水理地質調査から地下水モデルの構築、モデルを使用しての将来予測の結果の概要を本報告書に添付する。
2-4 モデルサイトの既存の水理地質図が精緻化される。	既存の水理地質平面図の修正が行なわれた。 さらに、研修を通して水理地質断面図が作成された。また、研修中に帯水層分類が行なわれ、各帯水層の等層厚線図、上面/下面分布図が作成された。 その他、物理探査結果を用いての塩水濃度分布の作成も行われ、地下水モデルの入力データとして利用された。
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。	
3-1 研修用テキストが策定される。	研修初期に日本人専門家が作成した研修用テキストを、プロジェクト活動を通して改訂して、2011 年 12 月に最終版を配布した。 テキストは、①GIS の基本概念、②Cardcorp SIS の基礎、③空間分析、④主題図の作成、⑤ラスターデータの座標、⑥空間データの作成、⑦空間データの編集、⑧属性の操作、⑨作成図面の印刷、の 9 つの研修モジュールから成る。
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) (作成された図面により確認)。	2 回実施した CITA での全体研修で、中核技術者に 3-1 の 9 つの研修モジュールの講義・実習を行なった。 研修中に宿題とした図面の作成状況から、研修に参加した中核技術者は 2 回の研修内容を理解し、関連する GIS 技術を取得していると判断される。 また、東部 3 県の GIS/DB の構築状況、ヴィジャ・クララ県やグランマ県で実施した一般技術セミナーの状況からも、講師を務めた中核技術者は十分な GIS 技術を習得していると評価される。
3-3 GIS 構築サイトにおける GIS 図面が作成される。	2011 年 9 月に、東部 3 県の GIS/DB の完成状況を確認し、今後の更新方法等について協議を行っている。 東部 3 県で作成された GIS 図面の例を本報告書に添付する。
成果 4: GEARH 及び INRH 流域管理局・水利工事局が、GEIPI により実施・作成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・管理する能力が向上する。	
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	本プロジェクトの計画に従って、2011 年 6 月にカマグエイ県、12 月にハバナ市で地下水管理に関連するセミナーを実施した。 また、成果 5 に関連する研修計画に合わせる形で、2011 年 9 月にグランマ県とサンチャゴ デ クーバ県で地下水評価・管理セミナーを開催した。

	研修プログラムの中で 2 回以上実施される。	
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）。	「物理探査、地下水モデル、GIS の技術を地下水管理に役立てることができるか」について研修参加者に意見を書かせ、その内容で理解度を判定し、参加者が研修内容を理解していることを確認した。
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。		
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各 2 回以上実施される。	GEIPI が作成し、JCC で協議された研修プログラムに従って、日本人専門家参加の下、2011 年 9 月に物理探査（ピニャール・デル・リオ県）、地下水モデル（ハバナ市）、GIS（グランマ県）のセミナーが開催された。 また、2011 年 12 月のプロジェクト成果発表会において、研修で得た技術が関連技術者に紹介された。
5-2	受講者（約 30 名）の 9 割が研修内容を習得する（研修終了時にテストを実施）。	関連技術者の研修内容の習得については、以下の方針で理解度の判定を行った。 物理探査及び地下水モデルに関しては、資機材・ソフトウェア等の制約もあり、一般技術者が研修を受けた中核技術者レベルの探査方法・解析方法を習得することは難しい。 一般技術者は、物理探査及び地下水モデルとは何かということを理解して、対象業務の調査計画にこれらの方法を組み込み、実際の解析作業は研修を受けた中核技術者（または、中核技術者を中心としたチーム）が行なう形態になると考えられる。さらに、一般技術者は、その解析結果を使用して地下水開発・管理計画を策定する流れになっていくと考えられる。 GISに関しては、GIS/DBを作成・管理する立場の技術者と利用する立場の技術者に区分して考える必要がある。 作成・管理する立場の技術者への技術移転は、研修を受けた中核技術者によって問題なく実施されると考えられる。利用する立場の技術者は、GIS/DB の仕組みを理解して自分自身の業務への利用ができるようになるべきであり、このような技術者を対象とする普及セミナーを継続して実施する必要がある。 上記の方針で、「これらの技術を自分の専門とする事に役立てることができるか」、「地下水管理に役立てることができるか」について研修参加者に意見を書かせ、その内容で理解度を判定し、参加者が研修内容を理解していることを確認した。

2.2 技術移転の成果

2.2.1 物理探査技術の技術移転

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。

中核技術者は、電気探査技術については本プロジェクト開始前に派遣された日本人専門家（2006 年度に派遣された地下水調査短期専門家）より技術指導を受けており、総じて理論は理解していたが、現場での探査経験が少ない状況であったため、室内での研修回数は少なくし現場実習を多くした。

一方、電磁探査技術については、「キ」国技術者にとって初めて習得する手法であったため、研修回数も 4 回と多くし、第 3 年次以降は同探査技術（特に TDEM 探査）の習得に重点を置いた研修内容とした。対象となった 5 名の中核技術者はいずれも供与された電磁探査機器及び解析ソフトウェアの操作方法を十分に習得し、彼ら自身で現場での

探査作業からデータ解析、結果図の作成まで行うことができるようになり、所期の目標は達成された。5名以外にも1名の技術者が現場での探査作業（データ取得）から解析まで一定のレベルで行うことができるようになっている。また、中核技術者はさらに上の解析を目指し、モデルサイト（カマグエイ県ソラ地区）の探査では水理地質解釈を加えた結果を、第4年次に開催された各種セミナー（第7章参照）で発表している。

なお、研修参加者の理解度は、各研修終了時に実施した探査実技テストと筆記テストの結果に、第4年次に実施した調査結果の取り纏め状況を加味して専門家が評価した。

物理探査技術移転の成果であるソラ地区で実施された二次元比抵抗探査および TDEM 探査の探査解析結果の概要（抜粋）を巻末に添付する。

表 2-2: 物理探査研修参加者一覧

名前	所属	2009年		2010年			2011年
		1月	6月	8月	8～9月	9月	2～3月
		電気探査		電磁探査			
Arturo Lorenzo Ferrás	EIPI Matanzas	○	—	○	—	○	—
Rodolfo Bordón	EIPH Holguin	○	○	○	○	○	○
Nestor Piñeiro	EIPH La Habana	○	—	—	—	—	—
Rebeca Fernández	EIPH Camagüey	○	○	○	○	○	○
Ernesto Rodríguez	EIPH Villa Clara	△	○	—	○	—	○
Leonardo Cantillo Riveri	EIPH Camagüey	—	○	○	○	○	○
Ernesto Morales*	EIPH Pinar del Rio	—	—	—	—	—	○
Alien Pérez Santos*	CITA Camagüey	—	—	○	—	—	—

* : オブザーバー参加、△ : 一部不参加

表 2-3: 物理探査研修参加者の理解度

名前	所属	二次元比抵抗探査		電磁探査	
		データ取得	解析	データ取得	解析
Arturo Lorenzo Ferrás	EIPI Matanzas	(◎)	(◎)	(○)	(○)
Rodolfo Bordón	EIPH Holguin	◎	◎	◎	○
Nestor Piñeiro	EIPH La Habana	(○)	(○)	—	—
Rebeca Fernández	EIPH Camagüey	◎	◎	◎	◎
Ernesto Rodríguez	EIPH Villa Clara	◎	◎	◎	◎
Leonardo Cantillo Riveri	EIPH Camagüey	○	○	◎	○
Ernesto Morales*	EIPH Pinar del Rio	—	—	○	○
Alien Pérez Santos*	CITA Camagüey	—	—	(×)	(×)

◎ : 十分に理解している、○ : 理解している、△ : やや理解が不足している、× : 補助が必要である
() : 研修終了時のテストを受けていないため、研修期間中の理解度で専門家が評価

2.2.2 地下水モデルの技術移転

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。

地下水モデルは中核技術者にとって新しい分野であり、理論の習得のみならず、実データを入れてモデルを動かして、得られた回答が適切であるかを判断する能力を有することも必要である。そのためにはモデルの理解と同時に現場での経験が不可欠である。研修に参加した中核技術者は、若い人で10年、ベテランは25年の業務経験を持っており、この点の要件は既に十分に満たしている技術者であった。

当初の計画では、第1年次から第2年次に地下水モデルの理論と基本ソフトの概念理解と操作習熟を行うと同時に、モデルサイト（ソラ地区）の揚水試験、孔内検層、地下水位に関するデータを得て、第3年次には精度の高い地下水モデルの作成指導を行う予定であった。しかし、物理探査機の調達の遅れ、ソラ地区での観測井掘削の遅れ、また、地下水モデルの手法が技術者にとっても新しく、その理解とソフト操作の習熟に多くの時間を必要としたため、ソラ地区の実データを使った研修の実施が当初計画より遅れた。

実際のデータを使った演習を行うまでの間、地下水モデルの基本ソフトの概念理解と解析ソフトを使用した演習やタンクモデルに拠る地下水涵養量の推計、柱状図からの帯水層係数の推定など、地下水モデルの理論とツール操作の強化を行った。第3年次の終わりには、ソラ地区の帯水層区分や柱状図からの各帯水層の層厚計算および層厚分布図の作成まで可能となり、これらを数値化したデータを入れて、ソラ地区の理論モデルをほぼ完成させた。第4年次には、このモデルを詳細モデルに移行し地下水モデルの構築を完了させ、予測計算まで行って地下水管理に使用できるものにした。

また、水理地質図についても、研修を通して既存の水理地質平面図の修正や水理地質断面図の作成を行った他、地下水モデルの入力データのために、帯水層分類、各帯水層の等層厚線図、上面/下面分布図、さらに物理探査結果（比抵抗分布図）を利用した塩分濃度分布図等も作成した。

7回行われた研修の中で、第2回、第5回、第6回の研修終了時に達成度を確認するテストを行い、主要な中核技術者の理論の理解、ソフトウェアへの習熟、入力データの作成方法等の理解度を確認した。また、第7回研修において、ソラ地区のモデルを完成させていく過程から、中核技術者のうち2名程度は、策定されたモデルを利用して地下水資源の解析ができるだけでなく、今後、新規サイトでの調査においても自分でモデル構築ができるレベルにほぼ達成していると専門家は評価した。GEIPIおよび中核技術者は今回得られた地下水モデル解析技術を他地区でも積極的に使用する方針であり、2011年12月のセミナーでは、ソラ地区の地下水モデルの他に、中核技術者が構築したグランマ県 Manzanillo 地域の地下水モデルも紹介された。

地下水モデルの技術移転の成果であるソラ地区で行った水理地質調査および地下水モデル解析の概要を巻末に添付する。

表 2-4: 地下水モデル研修参加者一覧

名前	所属	2009年			2010年		2011年	
		2月	6月	11月	2月	6月	2～3月	6月
		第1回	第2回	第3回	第4回	第5回	第6回	第7回
Arturo Lorenzo Ferrás	EIPI Matanzas	○	○	△	△	○	—	—
Manuel A. Burgos Díaz	EIPHVilla Clara	○	○	○	○	○	○	○
Jorge Luis Blanco Blázquez	EIPH Holguin	○	○	○	○	○	○	○
Adán Echemendía Martínez	EIPH Camagüey	○	△	○	○	○	○	○
Luis Fidel Miranda	EIPH Ciego de Avila	○	○	○	○	○	○	○
Juan José Almirall Beltrán	EIPH Holguin - Granma	—	—	○	○	○	○	○
Oscar R. Sosa Simoneau*	EIPH Santiago de Cuba	—	—	—	—	—	○	—
Lisset Pérez Gómez*	GEARH Camagüey	—	○	—	—	—	—	—
Marta Suárez Acuña*	GEARH Camagüey	—	○	—	—	—	—	—
Nay Robert del Sol Díaz*	CITA Camagüey	—	○	—	—	—	—	—
Alien Pérez Santos*	CITA Camagüey	—	—	○	○	○	—	—

* : オブザーバー参加、△ : 一部不参加

表 2-5: 地下水モデル研修参加者の理解度

名前	所属	第2回	第5回	第6回	総合評価
Arturo Lorenzo Ferrás	EIPI Matanzas	◎	◎	—	(○～△)
Manuel A. Burgos Díaz	EIPH Villa Clara	◎	◎	○	◎～○
Jorge Luis Blanco Blázquez	EIPH Holguin	◎	◎	○	○
Adán Echemendía Martínez	EIPH Camagüey	◎	◎	○	○
Luis Fidel Miranda	EIPH Ciego de Avila	◎～○	◎	◎	◎
Juan José Almirall Beltrán	EIPH Holguin - Granma	—	◎	○	○
Oscar R. Sosa Simoneau*	EIPH Santiago de Cuba	—	—	△	(×～△)
Lisset Pérez Gómez*	GEARH Camagüey	○	—	—	(×～△)
Martha Suárez Acuña*	GEARH Camagüey	○	—	—	(×～△)
Nay Robert del Sol Díaz*	CITA Camagüey	◎	—	—	(×～△)
Arturo Lorenzo Ferrás	CITA Camagüey	—	◎	—	(△～×)

◎ : 十分に理解している、○ : 理解している、△ : やや理解が不足している、× : 補助が必要である
() : 第7回目の研修に参加していないため、研修期間中の理解度で専門家が評価

2.2.3 GISの技術移転

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、中核技術者に既に基礎知識の蓄積があり、日本人専門家からの技術研修は2009年7月と同年11月～12月の2回の実施とし、後は実践的に各県のGIS/DBの作成を行った。

研修中に技術者が作成した図面や、その後のDB作成過程、また、一般技術者に対するセミナーの講師の状況等から、本研修に参加した7名の中核技術者と1名のCITAの技術

者は GIS/DB や図面が作成できるレベルに到達していると考えられる。

研修参加者の達成度は、研修中の演習問題の作成結果によって、専門家が評価した。

GIS の技術移転の成果である東部 3 県で構築した GIS/DB の作成図面の例を巻末に添付する。

表 2-6: GIS 研修参加者一覧

名前	所属	2009年	
		7月	11月～12月
		第1回	第2回
Jorge Luis Blanco Blázquez	EIPH Holguin	○	○
Juan José Almirall Beltrán	EIPH Holguin - Granma	○	○
Carlos Luke Zayas Bazán	EIPH Camagüey	○	○
Adán Echemendía Martínez*	EIPH Camagüey	○	—
Martha de la Caridad Suárez Acuña*	EIPH Camagüey	○	—
Marcell Martínez Contreras	EIPH Holguin - Las Tunas	○	○
Raúl Pérez Rodríguez*	EIPH Holguin - Las Tunas	○	—
Arturo Lorenzo Ferrás	EIPH Matanzas	○	○
Javier Acosta Infante	EIPH Villa Clara	○	○
Luis Fidel Miranda	EIPH Ciego de Avila	—	○
Alien Pérez Santos*	CITA Camagüey	—	○
Jorge Aguilar*	CITA Camagüey	—	○

* : オブザーバー参加

表 2-7: GIS 研修参加者の理解度

名前	所属	第1回	第2回	総合評価
Jorge Luis Blanco Blázquez	EIPH Holguin	◎	◎	◎
Juan José Almirall Beltrán	EIPH Holguin - Granma	◎	◎	◎
Carlos Luke Zayas Bazán	EIPH Camagüey	◎	◎	◎
Adán Echemendía Martínez*	EIPH Camagüey	○	—	(○～△)
Martha de la Caridad Suárez Acuña*	EIPH Camagüey	○	—	(○～△)
Marcell Martínez Contreras	EIPH Holguin - Las Tunas	◎	◎	◎
Raúl Pérez Rodríguez*	EIPH Holguin - Las Tunas	○	—	(○～△)
Arturo Lorenzo Ferrás	EIPH Matanzas	◎	◎	◎
Javier Acosta Infante	EIPH Villa Clara	◎	◎	◎
Luis Fidel Miranda	EIPH Ciego de Avila	—	◎	◎
Alien Pérez Santos*	CITA Camagüey	—	◎	◎
Jorge Aguilar*	CITA Camagüey	—	×	×

◎ : 十分に理解している、○ : 理解している、△ : やや理解が不足している、× : 補助が必要である
() : 第 2 回目の研修に参加していないため、第 1 回目の研修理解度で専門家が評価

2.2.4 IHRH及びGEARHの能力向上

成果4 : GEARH及びINRH流域管理局・利水工事局が、GEIPIにより実施・作成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・管理する能力が向上する。

プロジェクト期間中、GEIPI によって計画された研修は、多様な対象者を対象にした研修であるため、内容は一般的なものであった。本プロジェクトで技術移転を受けた中核技術者と同じレベルの技術研修が必要な技術者は一部であるため、このような研修内容においても、INRH、GEARH、GEIPI の一般技術者が新たな地下水開発・管理に関する知識を身につけ業務への活用を計画・検討できるという初期の目標レベルまで達することができている。

一方、本来、EIP/EPH、GEARH、INRH の役割は異なり、求められるべき技術力・内容は異なっている。また、県レベルの技術者と国レベルの技術者についても習得すべき内容も異なっている。これらの点から勘案して、各組織の各ポジション（国・県レベル）で必要とされる更に高いレベルの「地下水評価・管理の能力」を習得するには、本プロジェクト終了後も、中核技術者を中心に、INRH、GEARH、GEIPI の技術者に対し、必要に応じた適切な研修が継続的に実施される必要がある。

2011 年 12 月に開催された第 4 回 JCC でプロジェクト終了後の研修計画が発表され、その実施が確約された。

表 2-8: 地下水管理セミナー参加者への小テスト(質問)回答結果

	◎	◎～○	○	△	×	無回答	総数
カマグエイ県地下水開発・管理セミナー（2011 年 6 月 21 日）							
GEIPI*	8	0	1	0	0	1	10
GEIPI 中核技術者**	2	0	8	0	0	1	11
GEARH	4	0	0	0	0	3	7
INRH	1	0	2	0	0	2	5
その他	0	0	0	0	0	0	0
グランマ県地下水評価・管理セミナー（2011 年 9 月 16 日）							
GEIPI*	0	0	0	0	0	3	3
GEIPI 中核技術者	0	0	0	0	0	1	1
GEARH	1	1	0	0	0	2	4
INRH	3	0	0	0	0	0	3
その他	0	0	0	0	0	0	0
サンチャゴ デ クーバ県地下水評価・管理セミナー（2011 年 9 月 19 日）							
GEIPI*	2	0	0	0	0	4	6
GEIPI 中核技術者	0	0	0	0	0	0	0
GEARH	2	1	1	0	0	1	5
INRH	2	1	0	0	0	1	4
その他	0	1	0	0	0	1	2
ハバナ市プロジェクト成果発表会兼地下水開発・管理セミナー（2011 年 12 月 14 日～15 日）							
GEIPI*	11	2	2	0	0	6	21
GEIPI 中核技術者	7	6	0	0	0	1	14
GEARH	23	1	1	0	0	4	29
INRH	1	0	0	0	0	3	4
その他	0	1	0	0	0	3	4

*：中核技術者を除く

**：中核技術者は自身の発表準備に忙殺されたため、質問に答える時間がなく、空欄回答が目立った。

◎：十分に理解している、○：理解している、△：やや理解が不足している、×：理解不足

2.2.5 GEIPIの能力向上

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。

成果4と同様に、GEIPIの中の物理探査、地下水モデル、GISのそれぞれの技術を専門とする技術者にターゲットを絞った研修ではなく、GEIPI全体の技術者がこれらの技術の概要を理解して基礎知識を身につけることをGEIPIの研修計画では目標とした。一般技術者を対象にしたセミナーや成果4を主目的としたセミナーを通して、この目標は達成されるとともに、さらに多くの一般技術者に技術の伝播を行うことを今後の目標としている。

また、GEIPIの傘下のEIPH/EIPIの技術者には、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、異なるレベルの技術（より高度な技術レベル）が求められるが、現段階では下記のような方法で3技術をGEIPIの調査・解析の中で使用する形態になっている。

- 一般技術者は、物理探査及び地下水モデルとは何かということを理解して、対象業務の調査計画にこれらの方法を組み込む。
- 実際の解析作業は研修を受けた中核技術者（または、中核技術者を中心としたチーム）が行なう。
- 一般技術者は、その解析結果を使用して地下水開発・管理計画を策定する。
- また、GISに関しても、一般技術者の多くは、GIS/DBの仕組みを理解して自分自身の業務への利用がすることが主となり、一部の専門技術者がGIS/DBを作成・管理する立場になる。

今後の課題として、本プロジェクトにおいて、物理探査、地下水モデル、GISの利用方法についての知識を多くの一般技術者が得たが、中核技術者と同じレベルの技術者を増やしていくためには、より専門的な研修が継続される必要がある。また、研修以外にも、一部の中核技術者は他県の地下水調査を受注して実施しており、その県の技術者も一緒に同調査に関わり、OJTが実施される中で、GEIPI一般技術者が新しい技術に触れる機会も提供されてきている。

表 2-9: 一般技術セミナー参加者への小テスト(質問)回答結果

	◎	◎～○	○	△	×	無回答	総数
ピニャール・デル・リオ県物理探査一般技術セミナー（2011年9月12日～14日）							
GEIPI*	4	0	0	0	0	5	9
GEIPI 中核技術者	0	0	0	0	0	0	0
GEARH	2	0	0	0	0	0	2
INRH	3	0	0	0	0	0	3
その他	10	0	0	0	0	3	13
グランマ県 GIS 一般技術セミナー（2011年9月14日～15日）							
GEIPI*	0	0	0	0	0	4	4

GEIPI 中核技術者	0	0	0	0	0	0	0
GEARH	1	1	0	0	0	2	4
INRH	3	0	0	0	0	0	3
その他	0	0	0	0	0	0	0
ハバナ市地下水モデル一般技術セミナー（2011 年 9 月 26 日）							
GEIPI*	3	0	0	0	0	5	8
GEIPI 中核技術者	0	0	0	0	0	0	0
GEARH	0	0	0	0	0	0	0
INRH	1	0	0	0	0	2	3
その他	0	0	0	0	0	0	0

*：中核技術者を除く

◎：十分に理解している、○：理解している、△：やや理解が不足している、×：理解不足

2.3 プロジェクト目標

プロジェクト目標の指標とその達成状況は、下表に示すとおりである。

表 2-10: プロジェクト目標の指標と達成状況

指標	達成状況
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。	
・ 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れる。	2011 年 6 月の地下水管理セミナー（カマグエイ）において、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が発表された。 その後、地下水モデルに改良を加え、地下水位、地下水流動、物質移送の変化等をより明確にした。 2011 年 12 月にハバナで実施したプロジェクト成果発表会兼地下水開発・管理セミナーで、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が改めて発表された。
・ 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。	2012 年 2 月発行予定の GEARH の年次報告書に、プロジェクトの成果と地下水モデル及び GIS データベースに基づく地下水解析・管理の計画等に関連する報告が載せられる予定であり、2011 年 12 月には原稿（素案）が完成した。
・ 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。	2012 年 2 月に発行予定の INRH の機関紙“voluntad HIDRAULICA”もしくは年次報告書に、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、ソラ地区の例が掲載される予定で、2011 年 12 月には原稿（素案）が完成した。

3 活動の実績

3.1 活動実施スケジュール

本プロジェクトの活動の作業のフローチャートを図 3-1に、また、活動計画（PO₄）を表 3-1に示す。

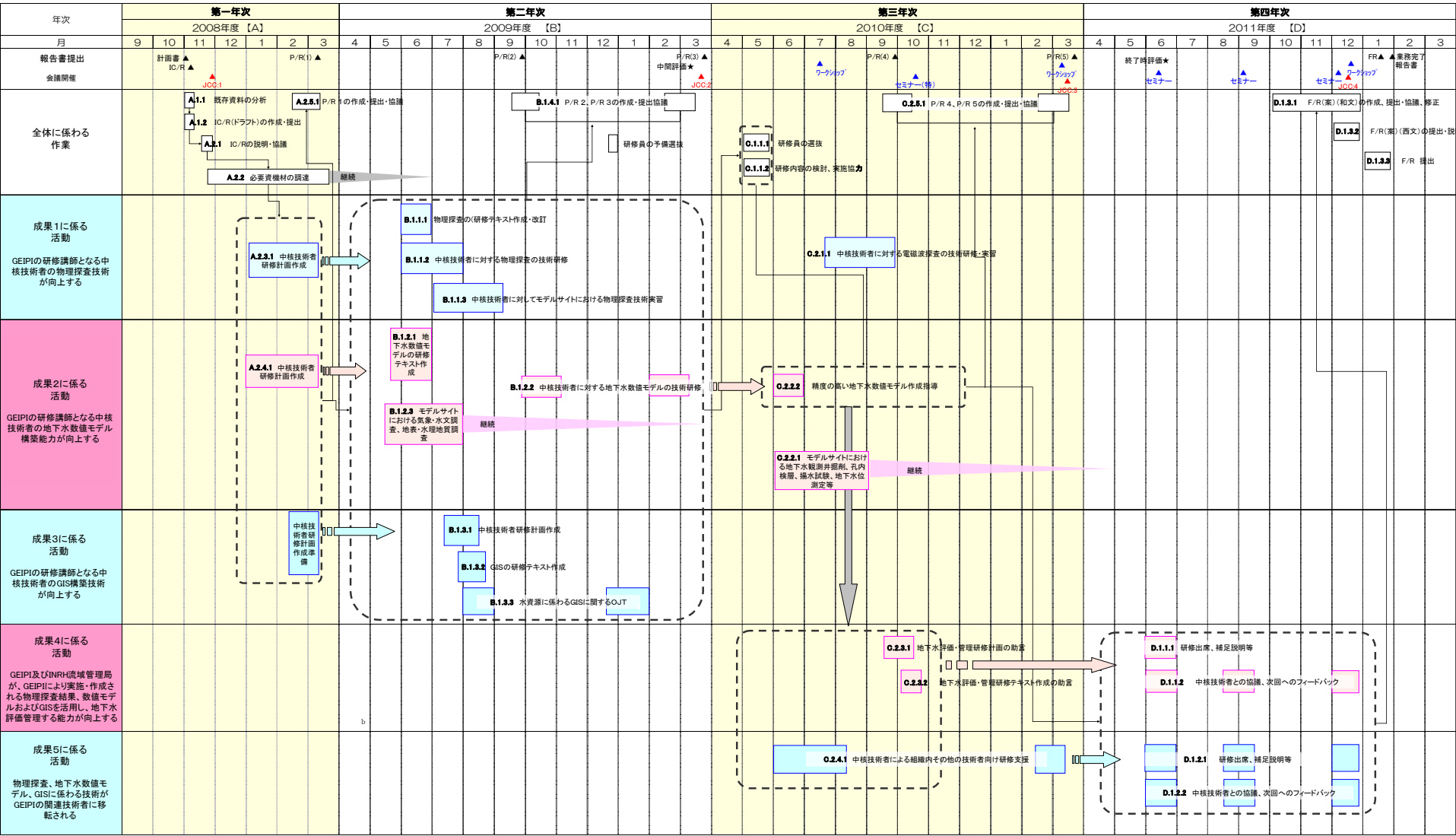


図 3-1: プロジェクトフローチャート

$$\frac{W}{W_0}$$

*:()はオブザーバー参加者

3.2 主な活動内容

3.2.1 物理探査技術の技術移転

a. 活動1-1 中核技術者研修計画を作成する。

本項に関連する活動は、下表のとおりである。

表 3-2: 活動 1-1 に関連する活動

活動時期	活動内容
第1年次（2009年2月）	中核技術者向けの物理探査研修計画の作成を行なった。また、第2年次前半にモデルサイト（カマグエイ県ソラ地区）の地質構造探査を行なうため、C/P機関所有の2次元比抵抗探査機を使用した研修実施方法について計画を策定した。
第1年次（2009年3月）	PECおよびJCCにおいて中核技術者向けの物理探査研修計画の説明・協議・確認を行なった。
第3年次（2010年8月）	調達が遅れていた電磁探査機材を使用した研修の開始に先立ち、電磁探査研修計画（2010年8月～9月）を作成するとともに、この期間の中核技術者の研修参加スケジュールを協議の上、決定した。

b. 活動1-2 物理探査（電気探査及び電磁探査）の研修テキストを作成・改定する。

本項に関連する活動は、下表のとおりである。

表 3-3: 活動 1-2 に関連する活動

活動時期	活動内容
第1年次 （2009年1月～3月）	2次元比抵抗探査の研修テキストの案（主として、2006年度に派遣された地下水調査短期専門家が作成したテキストへの追加）を作成した。
第2年次（2009年6月）	2次元比抵抗探査の研修テキストをC/Pと協議して改訂した。
第3年次（2010年8月）	電磁探査に関する室内講義および現場での探査実習の開始に併せて研修テキストを作成した。
第4年次（2011年12月）	研修活動を通して必要となった研修テキストの改訂を終え、GEIPI及びINRHとの協議結果も反映させた最終版をJCCの場で「キ」国側に引き渡した。

c. 活動1-3 研修講師となる中核技術者に対して物理探査の技術研修を行う。

本項に関連する活動は、下表のとおりである。

表 3-4: 活動 1-3 に関連する活動

活動時期	活動内容
第1年次（2009年1月）	中核技術者研修計画の作成に先立って、CITAにおいて研修対象の中核技術者の技術レベルの把握と研修に対する意見・要望の吸上げを目的とする面談を行なうとともに、C/P機関所有の2次元比抵抗探査機材の現状と問題点の確認および中核技術者の技術レベル確認のために、モデルサイト（ソラ地区）において2次元比抵抗探査実習を実施した。
第3年次（2010年8月）	電磁探査機材の検収・作動テストを中核技術者とともに行なった後、電磁探査の概要や使用機材についての室内講義とモデルサイトでの電磁探査実習（測定前に必要なキャリブレーションからデータ解析までの一連の実習）を実施した。
第3年次（2010年9月）	電磁探査の取得データのデータチェックや解析方法等を中心とした室内講義、電磁探査実習を実施した。
第4年次（2011年6月）	電磁探査結果の水理地質的解釈についての指導を行った。

d. **活動1-4 研修講師となる中核技術者に対しモデルサイトにおける物理探査の技術実習を行う。**

本項に関連する活動は、下表のとおりである。

表 3-5: 活動 1-4 に関連する活動

活動時期	活動内容
第2年次（2009年6月）	モデルサイト（ソラ地区）で2次元比抵抗探査の補足的な実習（2006年度に実施されたJICA地下水調査短期専門家の技術移転の成果の発展）を行なった。
第2年次 （2009年11月～12月）	2009年6月に作成された計画に基づいて、専門家不在時に中核技術者が中心となりソラ地区で2次元比抵抗探査が継続して実施された。
第3年次 （2010年8月～9月）	ソラ地区において、地下水モデル構築のための水理地質構造把握を目的とする電磁探査実習を実施した。
第3年次 （2010年12月～2月）	ソラ地区における電磁探査実習が、専門家不在時にも中核技術者を中心に継続された。
第3年次 （2011年2月～3月）	中核技術者を中心に一般技術者も交えてソラ地区で探査実習を行ない、そのデータの室内解析を行なった。
第4年次（2011年6月）	ソラ地区の物理探査結果のとりまとめと地下水モデルへのデータ提供を行った。物理探査結果のとりまとめでは、電気探査結果と電磁探査結果の比較を含めて各探査手法の特性・精度を明確にするとともに、ソラ地区の水理地質構造の総合的な解析結果を示した。

3.2.2 地下水モデルの技術移転

a. **活動2-1 中核技術者研修計画を作成する。**

本項に関連する活動は、下表のとおりである。

表 3-6: 活動 2-1 に関連する活動

活動時期	活動内容
第1年次（2009年2月）	中核技術者向けの地下水モデル研修計画を策定した。
第1年次（2009年3月）	PEC および JCC において中核技術者向けの地下水モデル研修計画の説明・協議・確認を行ない、研修計画の合意を得た。

b. 活動2-2 地下水モデルの研修テキストを作成する。

本項に関連する活動は、下表のとおりである。

表 3-7: 活動 2-2 に関連する活動

活動時期	活動内容
第2年次（2009年6月）	本プロジェクト用に作成した研修テキストと研修教材を中核技術者に配布した。
第4年次（2011年12月）	研修活動を通して必要となった研修テキストの改訂を終え、GEIPI 及び INRH との協議結果も反映させた最終版を JCC の場で「キ」国側に引き渡した。

c. 活動2-3 研修講師となる中核技術者に対して地下水モデルの技術研修を行う。

本項に関連する活動は、下表のとおりである。なお、第6回および第7回地下水モデル研修については、活動 2-6 に記す。

表 3-8: 活動 2-3 に関連する活動

活動時期	活動内容
第1年次（2009年2月）	地下水モデル研修の一環としてハバナに於いて中核技術者を対象とした地下水モデル入門セミナー（第1回地下水モデル研修）を開催した。
第2年次（2009年6月）	第2回地下水モデル研修として、地下水モデルの方法をテーマにした研修を実施した。
第2年次（2009年11月）	第3回地下水モデル研修として、FEFLOW（有限要素法による地下水解析ソフト）による地下水および物質移動モデル演習を行なった。
第2年次（2010年2月）	第4回地下水モデル研修として、密度流の基本概念を研修し、FEFLOWによる塩水化シミュレーションについて演習を行なった。 また、地下水涵養の考え方について解説し、タンクモデルを利用した地下水涵養量推定方法を研修した。
第3年次（2010年6月）	第5回地下水モデル研修として、PMWIN（差分法による地下水解析ソフト）を使用して、特にデータ作成・入力について研修を実施した。

d. 活動2-4 モデルサイトにおいて気象・水文調査、地表・水理地質踏査を行う。

本項に関連する活動は、下表のとおりである。

表 3-9: 活動 2-4 に関連する活動

活動時期	活動内容
第 1 年次 (2008 年 12 月)	モデルサイト (ソラ地区) の現地踏査を実施するとともに、EIPH カマグエイから水理地質情報を収集して、専門家が地形図・地質図等の整理を行なった。
第 1 年次 (2009 年 1 月～2 月)	ソラ地区の現地踏査および観測井戸における現場簡易水質測定を行なうとともに EIPH カマグエイから井戸・水文気象・水質データが提供され、簡易水質測定結果・井戸・水文気象・水質データを整理した。
第 2 年次 (2009 年 6 月～7 月)	第 1 年次に引き続きソラ地区の水理地質調査 (地下水位・水質測定を含む) を行ない、ソラ地区の水理地質をとりまとめた。
第 2 年次 (2009 年 10 月～11 月)	第 2 年次前半までの結果を基に、地下水モデルに入力するために水理地質データのデジタル化を行なった。また、地下水モデル研修参加の中核技術者がソラ地区で現地討議を行った。
第 2 年次～ (2009 年 11 月～継続中)	地下水モデルに必要なデータの提供を EIPH カマグエイに再度要請したことに対し、地下水モデル研修を受講している EIPH カマグエイの中核技術者を中心にデータの整理が改めて開始された。 また、地下水位測定・現場簡易水質測定・河川流量観測 (後述) 等の現地調査は、現在も継続して実施されており、これらのデータも地下水モデルに反映されるように整理されたものが報告されている。
第 3 年次 (2010 年 6 月)	適切なモデル範囲や境界条件を設定すること等を目的にして、地下水モデル研修に参加している中核技術者が、ソラ地区で現地討論を行なった。
第 3 年次 (2010 年 8 月)	EIPH カマグエイの技術者を対象にして、電磁流速計を用いた河川流量観測の実習を行ない、観測・データ整理方法を研修した。
第 3 年次 (2010 年 8 月～10 月)	EIPH カマグエイの技術者により、Máximo 川で 5 地点、Jigüey 川で 11 地点において河川流量観測が行なわれた。

e. **活動2-5 モデルサイトにおいて地下水観測井を掘削し、揚水試験、地下水位測定、孔内検層等を行う。**

本項に関連する活動は、下表のとおりである。

表 3-10: 活動 2-5 に関連する活動

活動時期	活動内容
第 2 年次 (2009 年 10 月 27 日)	第 4 回 PEC において、「キ」国側が、外貨不足のため井戸掘削に関わる資機材、消耗品、燃料費など外貨を要する予算を確保できないため、日本側に試掘の実施について資金援助を求めた。
第 2 年次 (2010 年 3 月 19 日)	試掘井戸ケーシングパイプ及びスクリーン用 4" 亜鉛メッキパイプ 114m 分を日本側が購入・供与した。
第 3 年次 (2010 年 8 月 14 日)	試掘井戸に関する契約。 発注者・受注者・支払い方法に関して協議が必要であった上、試掘に必要な鉄板等の資材の入手の問題があったため契約が遅れた (鉄板等の入手の経緯: 「キ」国においては、試掘に必要な主要資材を顧客である依頼者が用意して、井戸掘削業者に資材を引き渡した後に掘削が行なわれる仕組みになっている。2010 年 3 月の段階で、5 月に「キ」国唯一の輸入取り扱い会社が鉄板等を輸入する予定であったが、国内事情 (国の外

	貨不足により、上記の会社に輸入に必要な外貨が割り当てられない)により、6月になっても輸入の目途が全く立たない状況になってしまった。そのため7月に GEIPI が井戸掘削業者と協議して、特例として井戸掘削業者が保有する鉄板を使用することで契約に至った)。
第3年次 (2011年1月)	試掘開始。 試掘費用のうち GEIPI からの支払いが必要な内貨分の支払いが遅れた等の理由により試掘開始が大幅に遅れた。
第3年次 (2011年2月)	当初予定していた2本の掘削を1本のみの掘削に変更した(変更理由・経緯: GHIPI が試掘調査に必要な「キ」国内貨分の資金調達に手間取り、作業の開始が遅れたため、2011年1月末時点で、2本の試掘井を3月末までに完成させることは困難であると日本側は最終判断した。その後、協議を重ねて、2月に試掘地点を1箇所にする事で「キ」国側と同意した。また、試掘地点はモデルサイトの水理地質構造の解明に優先度の高い JICA_01 地点として、データの不足分は物理探査結果で補うこととした)。
第4年次 (2011年9月)	試掘井で十分な揚水試験の研修を行うことができなかったため、ソラ地区の既存井戸を使用して、揚水試験の実施計画作成と試験・解析の研修を行った。また、物理探査研修参加の中核技術者を対象に孔内検層の研修を既存井戸を使用して実施した。

f. **活動2-6 精度の高い地下水モデル作成に関する指導を行う。**

本項に関連する活動は、下表のとおりである。

表 3-11: 活動 2-6 に関連する活動

活動時期	活動内容
第3年次 (2011年2月～3月)	第6回地下水モデル研修として、モデルサイト(ソラ地区)の詳細モデルを作成するために、地下地質構造及び層相をパラメータとして数値化してモデルに入力する作業の研修を行ない、モデルのフレームを作成した。
第4年次 (2011年6月)	第7回地下水モデル研修として、上記のモデルを詳細モデルに移行しソラ地区の地下水モデルの構築を完了させ、予測計算まで行って地下水管理に使用できるものにした。

3.2.3 GISの技術移転

a. **成果3-1 中核技術者研修計画を作成する。**

本項に関連する活動は、下表のとおりである。

表 3-12: 活動 3-1 に関連する活動

活動時期	活動内容
第1年次 (2009年3月)	研修計画作成のために、東部3県(カマグエイ県、オルギン県、ラス・トゥナス県)の EIPI を訪問し、GIS 研修の概要を説明するとともに、研

	修内容とデータベース整備の今後の進め方について各組織と意見交換を行なった。
第2年次 (2009年7月～8月)	対象3県の中核技術者とともに各県のGIS/DB作成計画を作成した。

b. 成果3-2 GISの研修テキストを作成する。

本項に関連する活動は、下表のとおりである。

表 3-13: 活動 3-2 に関連する活動

活動時期	活動内容
第2年次 (2009年7月)	研修テキストを作成し、これと研修用データ等を中核技術者に配布した。
第4年次 (2011年12月)	研修活動を通して必要となった研修テキストの改訂を終え、GEIPI および INRH との協議結果も反映させた最終版を JCC の場で「キ」国側に引き渡した。

c. 成果3-3 水資源に係るGISの設計に関しOJTを行う。

本項に関連する活動は、下表のとおりである。

表 3-14: 活動 3-3 に関連する活動

活動時期	活動内容
第2年次 (2009年7月)	第1回 GIS 研修として、CITA において、研修テキストのモジュール3～7のGIS研修を実施した。
第2年次 (2009年7月～8月)	7月にカマグエイ県とオルギン県、8月にラス・トゥナス県で各県の担当者とGIS/DB作成計画を作成するとともに、GIS設計に関するOJTを実施した。
第2年次 (2009年11月～12月)	第2回 GIS 研修として、CITA において、GISのフリーソフトを組み合わせた研修を実施した。
第2年次 (2009年12月)	対象3県（カマグエイ県、オルギン県、ラス・トゥナス県）において、GIS/DB作成計画の進捗を確認し、メタデータ作成、データ解析、図化等のOJTを実施した。
第3年次 (2010年6月)	東部3県で実施した一般普及セミナーの際にGIS/DBの作成状況が良好であることを確認した。
第3年次 (2011年2月～3月)	東部3県のGIS/DBの更新指導を行ない問題点等を抽出して、その改善のために各県の担当者と協議した。
第4年次 (2011年9月)	東部3県のGIS/DBの完成を確認し、今後の更新方法を協議した。

3.2.4 INRH及びGEARHの能力

- a. **活動4-1 物理探査、地下水モデル、GISに関する知見及び獲得されたデータに基づく地下水評価・管理に関して、専門家の助言の下、中核技術者がGEARH及びINRH流域管理局・水利工事局職員向けの研修計画を作成する。**

本項に関連する活動は、下表のとおりである。

表 3-15: 活動 4-1 に関連する活動

活動時期	活動内容
第 3 年次 (2010 年 10 月～11 月)	研修計画作成前に関係機関の技術者に地下水評価・管理についての知見を深めてもらうことを目的に、カマグエイ県、オルギン県、ラス・トゥナス県、シエゴ・デ・アヴィラ県、ヴィジャ・クララ県、マタンサス県（研修に参加している中核技術者の所属する県）において、関連技術者（EIPH/EIPI、GEARH、環境省等の技術者）参加の下、講義形式のセミナーを実施した。
第 3 年次（2011 年 3 月）	PEC の場で、第 4 年次に 6 月（カマグエイ県）と 12 月（ハバナ市）に予定する中核技術者を講演者とする地下水評価・管理セミナーの開催について協議し、専門家から 6 月のカマグエイ県でのセミナーのプログラム案が示された。

b. 活動4-2 専門家の助言の下、GEIPIの中核技術者が研修テキストを作成・改訂する。

本項に関連する活動は、下表のとおりである。

表 3-16: 活動 4-2 に関連する活動

活動時期	活動内容
第 3 年次 (2010 年 10 月～11 月)	活動 4-1 に記した研修に参加している中核技術者の所属する県で開催したセミナーの際に、参加者に地下水資源管理序論（世銀資料、スペイン語）を配布し、今後作成する地下水評価・管理の研修テキストの資料となるようにした。
第 4 年次 (2011 年 6 月～9 月)	6 月のカマグエイ県での地下水開発・管理セミナーや 9 月に実施したグランマ県およびサンチャゴ デ クーバ県でのセミナー用に作成された資料・テキスト、上記の世銀テキストを基に、今後の地下水評価・管理研修で使用するテキストを作成した。
第 4 年次 (2011 年 12 月)	研修活動を通して必要となった研修テキストの改訂を終え、GEIPI 及び INRH との協議結果も反映させた最終版を JCC の場で「キ」国側に引き渡した。

c. 活動4-3 GEIPIの中核技術者が研修を実施し、専門家は適宜補足説明等を行う。

本項に関連する活動は、下表のとおりである。

表 3-17: 活動 4-3 に関連する活動

活動時期	活動内容
第 4 年次（2011 年 6 月）	カマグエイ県において地下水開発・管理セミナーを開催した。
第 4 年次（2011 年 9 月）	3 分野の研修を受けた中核技術者が講師となり、グランマ県とサンチャゴ デ クーバ県で地下水評価・管理セミナーを開催した。

第4年次（2011年12月）	ハバナ市において地下水開発・管理セミナーを開催した。
----------------	----------------------------

- d. **活動4-4 研修の事後にGEIPIの中核技術者と専門家で協議を行い、次回へのフィードバックを行う。**

本項に関連する活動は、下表のとおりである。

表 3-18: 活動 4-3 に関連する活動

活動時期	活動内容
第4年次 (2011年6月、9月)	6月のカマグエイ県における地下水開発・管理セミナー、9月のグランマ県とサンチャゴ・デ・クーバ県での地下水評価・管理セミナーの後に、地下水管理に関する知識の普及方法を GEIPI の技術者と専門家で協議を行った。
第4年次（2011年12月）	第4回 JCC において、今後の数年間の INRH（GEIPI）の研修プログラムを公のものとした。

3.2.5 GEIPIの能力向上

- a. **活動5-1 物理探査、地下水モデル、GISに関して、専門家の支援の下、GEIPIの中核技術者が行う組織内のその他の技術者向け研修の準備を行う。**

本項に関連する活動は、下表のとおりである。

表 3-19: 活動 5-1 に関連する活動

活動時期	活動内容
第3年次（2010年6月）	一般技術セミナーという名称で、東部3県において専門家と中核技術者を講師とする研修を行ない、関連組織の技術者にプロジェクトの内容を理解して貰うとともに今後の研修の進め方を検討した。
第4年次（2011年6月）	第4年次以降に GEIPI の中核技術者が一般技術者を対象に行なう研修計画案が「キ」国側から示された。本プロジェクトの活動と整合が取れるよう、専門家からの助言に基づいてセミナー開催日程の変更を行った。

- b. **活動5-2 GEIPIの中核技術者が研修を実施し、専門家は適宜補足説明等を行う。**

本項に関連する活動は、下表のとおりである。

表 3-20: 活動 5-2 に関連する活動

活動時期	活動内容
第3年次 (2010年6月～7月)	カマグエイ県（CITA）において、GIS 研修に中核技術者とともにオブザーバー参加している CITA の技術者が講師となり、GIS 普及セミナーを実施した。

第3年次 (2011年2月～3月)	中核技術者を中心に一般技術者も交えてモデルサイト（ソラ地区）で電磁探査の研修を行なった。本活動は成果1の活動であるが、初めて参加した一般技術者に対する指導を中核技術者が行なうことにより、使用している研修テキストの改正必要部等が認識された。
第3年次（2011年3月）	ヴィジャ・クララ県において、中核技術者が EIPH ビヴィジャ・クララの一般技術者に GIS 普及セミナーを実施した。普及セミナーには、CITA の技術者も同行して専門家とともに中核技術者の説明の補足等を行なった。
第4年次 (2011年9月12日～14日)	日本人専門家参加の下、ピニャール・デル・リオ県において、成果1に係わる研修を受けた中核技術者が講師となり、一般技術者を対象にした物理探査セミナーを開催した。
第4年次 (2011年9月14日～15日)	日本人専門家参加の下、グランマ県において、成果3に係わる研修を受けた中核技術者が講師となり、一般技術者を対象にした GI セミナーを開催した。
第4年次 (2011年9月26日)	日本人専門家参加の下、ハバナ市において、成果2に係わる研修を受けた中核技術者が講師となり、一般技術者を対象にした地下水モデルセミナーを開催した。
第4年次（2011年12月）	ハバナ市において、GEIPI の中核技術者が研修成果を発表するワークショップ（プロジェクト成果発表会兼地下水開発・管理セミナー）を開催した。

c. **活動5-3 研修の事後にGEIPIの中核技術者と専門家で協議を行い、次回へのフィードバックを行う。**

本項に関連する活動は、下表のとおりである。

表 3-21: 活動 5-3 に関連する活動

活動時期	活動内容
第4年次（2011年9月）	活動 5-2 に記した 2011 年 9 月の 3 つのセミナーの結果を受けて、今後の 3 分野の研修の進め方について、中核技術者と専門家が協議を行い、今後の研修内容の見直しを行った。
第4年次（2011年12月）	第4回 JCC において、3 分野の今後の数年間の INRH（GEIPI）の研修プログラムを公のものとした。

4 投入実績

4.1 専門家派遣実績

日本人専門家の派遣実績は、下表に示すとおりである（自社負担派遣分は欄外に記す）。

表 4-1: 専門家派遣の実績

担当	氏名	年次	派遣期間	M/M
総括／ 地下水モデル 1	鎌田 烈	第 1 年次	2008/11/16 - 2008/12/09 (24 日)	2.20
			2009/02/06 - 2009/03/19 (42 日)	
		第 2 年次	2009/05/25 - 2009/06/30 (37 日)	4.50
			2009/10/01 - 2009/11/17 (48 日)	
			2010/01/30 - 2010/03/20 (50 日)	
		第 3 年次	2010/06/01 - 2010/07/10 (40 日)	3.33
			2010/10/16 - 2010/11/14 (30 日)	
			2011/02/19 - 2011/03/20 (30 日)	
	木原 茂樹	第 4 年次	2011/05/31 - 2011/06/29 (30 日) ¹⁾	2.70
			2011/09/01 - 2011/09/30 (30 日)	
			2011/11/30 - 2011/12/20 (21 日) ²⁾	
地下水モデル 2	柴崎 直明	第 2 年次	2009/06/01 - 2009/06/30 (30 日)	1.00
		第 3 年次	2010/06/01 - 2010/06/30 (30 日)	1.00
		第 4 年次	2011/05/31 - 2011/06/29 (30 日)	1.00
水理地質 1	大鹿 祐介	第 1 年次	2008/12/10 - 2009/02/13 (66 日)	2.20
		第 2 年次	2009/05/25 - 2009/07/23 (60 日)	2.00
水理地質 2	木原 茂樹	第 2 年次	2009/10/01 - 2009/11/29 (60 日)	4.00
			2010/01/25 - 2010/03/25 (60 日)	
		第 3 年次	2010/06/01 - 2010/07/10 (40 日)	2.97
			2010/08/02 - 2010/08/26 (25 日)	
	田中 正利	第 4 年次 ³⁾	2011/02/19 - 2011/03/14 (24 日)	1.70
			2011/05/31 - 2011/06/29 (30 日)	
物理探査	藪田 卓哉	第 1 年次	2009/01/08 - 2009/03/14 (66 日)	2.20
		第 2 年次	2009/06/01 - 2009/06/30 (30 日)	1.00
		第 3 年次	2010/07/20 - 2010/10/02 (75 日)	3.30
			2011/02/19 - 2011/03/14 (24 日)	
		第 4 年次	2011/05/31 - 2011/06/29 (30 日)	1.70
			2011/12/01 - 2011/12/21 (21 日)	
GIS	雷 沛豊	第 1 年次	2009/02/24 - 2009/03/19 (24 日)	0.80
		第 2 年次	2009/06/26 - 2009/08/15 (51 日)	3.20
			2009/11/16 - 2009/12/30 (45 日)	
		第 3 年次	2010/06/16 - 2010/07/15 (30 日)	2.00
			2011/02/19 - 2011/03/20 (30 日)	
		第 4 年次	2011/09/06 - 2011/09/29 (24 日)	1.50
			2011/12/01 - 2011/12/21 (21 日)	

業務調整	小原 克	第 1 年次	2008/11/16 - 2008/12/30 (45 日)	2.00
			2009/02/28 - 2009/03/14 (15 日) ⁴⁾	
	喜納 政治	第 2 年次	2009/05/25 - 2009/06/23 (30 日)	1.77
	小原 克	第 2 年次	2010/02/26 - 2010/03/20 (23 日)	
		第 3 年次 ⁵⁾	2010/06/06 - 2010/07/10 (30 日)	2.00
			2011/02/19 - 2011/03/15 (30 日) ⁶⁾	
		第 4 年次	2011/05/31 - 2011/06/19 (20 日) ⁷⁾	2.00
			2011/09/01 - 2011/09/20 (20 日) ⁸⁾	
			2011/11/30 - 2011/12/19 (20 日)	

¹⁾ : 2011/06/30 (1日) 自社負担派遣

²⁾ : 2011/12/21 (1日) 自社負担派遣

³⁾ : 2011/09/01 – 2011/09/30 (30日) 自社負担派遣

⁴⁾ : 2009/03/15 – 2009/03/19 (5日) 自社負担派遣

⁵⁾ : 2010/10/22 – 2010/11/11 (21日) 自社負担派遣

⁶⁾ : 2011/03/16 – 2011/03/20 (5日) 自社負担派遣

⁷⁾ : 2011/06/20 – 2011/06/29 (10日) 自社負担派遣

⁸⁾ : 2011/09/21 – 2011/09/30 (10日) 自社負担派遣

表 4-2: 調查人月表

[illegible]

凡例: 現地作業 現地作業(自社負担)
 国内作業

4.2 研修員受入実績

本プロジェクトでの技術移転の対象である GEIPI の中核技術者及び GEARH の技術者 5 名を研修生として招聘し、地下水開発・管理に関する本邦研修を実施した。

- ・研修期間： 2010 年 5 月 11 日～5 月 25 日
- ・研修場所： 国際航業株式会社、福島大学、日中ダム管理事務所、喜多方市清水ネットワーク、山口県美祢市科学博物館、熊本市水道局、アクア琵
- ・研修項目： GIS 事例研究、東京の地形地質と地盤沈下、喜多方市の地下水保全、秋吉台石灰岩の地下水、熊本市の地下水開発・管理方法、琵琶湖総合開発事業について
- ・参加研修員： 以下の 5 名

名前	所属	職位
Javier Acosta Infante	ヴィジャ・クララ県水利調査・プロジェクト公社	主任専門官
Jorge Luis Blanco Blázquez	オルギン県水利調査・プロジェクト公社	主任専門官
Adán Echemendía Martínez	カマグエイ県水利調査・プロジェクト公社	主任専門官
Arturo Lorenzo Ferrás	マタンサス県土木コンサルティング公社	主任専門官
Ibrahim Plaza Peñalver	水資源庁 水利公社	主任専門官

4.3 機材実績

各分野の技術指導のため、表 4-3に示す供与機材、携行機材を調達した。なお、携行機材については、本プロジェクトの活動終了後、「キ」国側実施機関に譲渡された。譲渡後の機材保管場所と管理責任者は表 4-4に示すとおりであり、保管場所等を変更する場合には JICA キューバ執務室に連絡することが 2011 年 12 月の第 4 回 JCC で確認された。

表 4-3: 本プロジェクトで調達した機材

番号	資機材名	仕様	数量	備考
JICA調達機材				
1	電磁探査機	TEM57-MK2 (GEONICS) (送受信機、発電機、探査器具、解析ソフト含む)	1 式	供与
2	車輜	4WD Pick Up Double Cabin (Mitsubishi)	1 台	供与
専門家調達機材				
1	孔内検層機	Terrameter SAS1000 ABEM社	1式	供与
2	トランシーバ	通信範囲陸上2km、小型	5機	供与
3	水質チェッカー	WQC-22A 携帯用、pH、EC、ORP、Temp、Turbidity	1台	供与
4	地下水採水器	容量600ml、内径40mm、透明アクリル製	2台	供与
5	採水用器用ロープ	100m、メモリ入り、ガラス繊維製	1本	供与
6	自記水位計	独立タイプ、データロガー、付属品一式	1台	供与

番号	資機材名	仕様	数量	備考
7	測水計	100m、ALFA、水位計 Type2	5台	供与
8	デスクトップコンピュータ	Core2Duo、HD500GB、メモリ 4 GB、19インチ液晶モニター	10台	供与
9	ラップトップコンピュータ	Core2Duo、HD200GB、メモリ2GB、15インチ液晶モニター	6台	供与
10	ラップトップコンピュータ	Core2Duo、HD320GB、メモリ4GB、14インチ液晶モニター	1台	供与
11	プロジェクター	XGA対応、4000ルーメン、240V対応	1台	供与
12	レーザープリンター	A4対応、白黒、両面印刷対応	1台	供与
13	インクジェットプリンター	A3対応、カラー	1台	供与
14	GISソフト	Cadcorp (SIS)	6ライセンス	供与
15	電磁流速計	ポータブル、EV20、ケーブル5m、ロッド2m	1台	携行
16	水中モーターポンプ	揚程60m、揚水量500ℓ/min、6インチ	1台	携行
17	発電機	25KVA、防音ディーゼル	1台	携行
18	揚水試験用資機材	ケーブル、制御盤、揚水管ほか	1式	携行
19	地下水管理ソフト(1)	MIKE-SHE (Studio)	1ライセンス	供与
20	地下水管理ソフト(2)	FEFLOW(3D FLOW+ Mass Transport)	6ライセンス	供与
21	物理探査（電気探査）用機材	観測ケーブル6本、ケーブル接続用ボックス(connecting box)1個、データ解析に使用するラップトップPCのキーボード、Pole-Pole配置の際に使用する遠電極線2km、ワニロクリップ36個、電極棒36本	1式	携行
22	コピー機	A3対応、白黒、両面印刷対応	1台	携行

注) 専門家調達機材に関して、

No.5：地下水採水器の数量が2台となっているのは、当初供与した1台が現場作業中に孔内に落下して回収不可能な状況になったため、新たに1台供与したためである。

No.7：自記水位計の水位測定用圧力センサーは、それを吊り下げていたワイヤーの破損により孔内に落下したため、新たに同じものを供与し直している。

No.10、No.11：ラップトップコンピュータは当初No.10の6台を供与した。その内の1台は故障が続き、修理不可能となったため、新たにNo.11の1台を供与した。

表 4-4: プロジェクト終了後の機材保管場所と管理責任者

番号	資機材名	総数量	数量	保管場所	管理責任者
1	電磁探査機	1式	1式	EIPH Camagüey	Dirección Técnica GEIPI
2	車輛	1台	1台	GEIPI C. Habana	Dirección Técnica GEIPI
3	孔内検層機	1式	1式	EIPH Camagüey	Dirección Técnica GEIPI
4	トランシーバ	5機	5機	EIPH Camagüey	Dirección Técnica GEIPI
5	水質チェッカー	1台	1台	EIPH Camagüey	Ing. A. Echemendía M
6	地下水採水器	1台	1台	EIPH Camagüey	Ing. A. Echemendía M
7	採水器用ロープ	1本	1本	EIPH Camagüey	Ing. A. Echemendía M
8	自記水位計	1台	1台	EIPH Camagüey (JICA_01試掘井)	Ing. A. Echemendía M
9	測水計	5台	2台	EIPH Camagüey	Ing. A. Echemendía M
			1台	UEB Granma EIPH Holguín	Ing. Juan Almirall Beltrán

番号	資機材名	総数量	数量	保管場所	管理責任者
			1台	EIPH Holguín	Ing. Jorge Luis Blanco
			1台	EIPI Matanzas	Ing. A. Lorenzo Ferrás
10	デスクトップコンピュータ	10台	1台	UEBGranma. EIPH Holguín	Ing. Juan Almirall Beltran
			1台	EIPH Holguín	Ing. J. L. Blanco Blázquez
			1台	EIPH Villa Clara	Ing. J. Acosta Infante
			1台	EIPH Villa Clara	Ing. Manuel Burgos
			1台	EIPI Matanzas	Ing. A. Lorenzo Ferrás
			1台	EIPH Camagüey	Ing. S. Crespo Delgado
			1台	EIPH Ciego de Ávila	Ing. Fidel M. Castañeda
			1台	UEB Las Tunas EIPH Holguín	Ing. M. Martínez Contrera
			1台	CITA Camagüey	Lic. Lorenzo S. Valedón
			1台	GEIPI C. Habana	Ing. José Luis Blanco
11	ラップトップコンピュータ(1)	6台	1台	EIPH Matanzas	Ing. A. Lorenzo Ferrás
			1台	EIPH Camagüey	Ing. A. Echemendía M
			1台	GEIPI C. Habana	Dirección Técnica GEIPI
			1台	EIPH Villa Clara	Ing. Ernesto R. Cruz
			1台	GEIPI C. Habana	Ing. Ileana Montero
			1台	GEIPI C. Habana	Ing. A. González Baéz
12	ラップトップコンピュータ(2)	1台	1台	EIPH Camagüey	Ing. Rebeca Fernández
13	プロジェクター	1台	1台	GEIPI C. Habana	Dirección Técnica GEIPI
14	レーザープリンター	1台	1台	GEIPI C. Habana	Dirección Técnica GEIPI
15	インクジェットプリンター	1台	1台	EIPH Camagüey	Ing. A. Echemendía M
16	GISソフト	6ライセンス	1ライセンス	GEIPI C. Habana	Dirección Técnica GEIPI
			1ライセンス	EIPH Matanzas	Ing. A. Lorenzo Ferrás
			1ライセンス	EIPH Villa Clara	Ing. J. Acosta Infante
			1ライセンス	EIPH Camagüey	Ing. C. Luque Zayas
			1ライセンス	EIPH Holguín	Ing. J. L. Blanco Blázquez
			1ライセンス	UEB Las Tunas. EIPH Holguín	Ing. M. Martínez Contreras
17	電磁流速計	1台	1台	EIPH Camagüey	Dirección Técnica GEIPI
18	水中モーターポンプ	1台	1台	EIPH Camagüey	Dirección Técnica GEIPI
19	発電機	1台	1台	EIPH Camagüey	Dirección Técnica GEIPI
20	揚水試験用資機材	1式	1式	EIPH Camagüey	Dirección Técnica GEIPI
21	地下水管理ソフト(1)	1ライセンス	1ライセンス	GEIPI C. Habana	Dirección Técnica GEIPI
22	地下水管理ソフト(2)	6ライセンス	1ライセンス	GEIPI C. Habana	Dirección Técnica GEIPI
			1ライセンス	EIPH Matanzas	Ing. A. Lorenzo Ferrás
			1ライセンス	EIPH Villa Clara	Ing. Manuel Burgos
			1ライセンス	EIPH Ciego de Ávila	Ing. Fidel M. Castañeda
			1ライセンス	EIPH Camagüey	Ing. A. Echemendía M
			1ライセンス	EIPH Holguín	Ing. J. Blanco Blázquez
23	物探用機材	1式	1式	EIPH Camagüey	Dirección Técnica GEIPI
24	コピー機	1台	1台	GEIPI C. Habana	Dirección Técnica GEIPI

4.4 現地業務実績

4.4.1 業務実施のための費用

本プロジェクトの活動を実施するために、専門家チームの現地活動として主に以下の項目・金額の現地活動費が支出された。

表 4-5: 現地業務実績金額

費 目			第 1 年次	第 2 年次	第 3 年次	第 4 年次	合計
1	一般業務費		1,031,084	2,104,780	2,510,355	4,069,477	9,715,696
	1.1	傭人費	0	16,006	420,530	340,924	777,460
	1.2	機材保守・管理費	0	0	6,965	67,004	73,969
	1.3	消耗品費	52,292	392,886	588,722	339,490	1,373,390
	1.4	旅費・交通費	17,032	0	40,213	0	57,245
	1.5	通信運搬費	72,879	160,080	81,231	15,531	329,721
	1.6	資料等作成費	184,274	625,407	451,570	1,613,756	2,875,007
	1.7	借料損料	704,607	797,107	814,690	1,670,569	3,986,973
	1.8	光熱水料	0	0	0	0	0
	1.9	人材養成確保費	0	0	0	0	0
	1.10	現地研修費	0	17,957	106,434	14,252	138,643
	1.11	雑費	0	95,337	0	7,951	103,288
2a	供与機材購入費（車輛、物理探査を除く、輸送費込）		11,559,440	5,083,186	53,500	185,651	16,821,132
2b	供与機材購入費（車輛、物理探査、輸送費込）		2,154,000	2,591,000	15,937,000	0	20,682,000
3	携行機材購入費		757,950	5,312,846	1,921,740	0	7,992,536
4	その他の機材購入費		0	0	0	0	0
5	その他の機材輸送費		0	0	23,868	48,479	72,347
6	報告書作成費（印刷製本費）		0	0	0	775,000	775,000
7	報告書作成費（印刷製本費を除く）		175,000	6,000	24,000	24,000	229,000
8	ローカルコンサルタント契約		0	0	2,848,093	0	2,848,093
9	ローカル NGO 契約		0	0	0	0	0
10	本邦研修（コンサルタント負担分）		0	0	650,314	0	650,314
合 計			15,677,474	15,097,812	23,968,870	5,102,607	59,846,763

（単位：日本円）

4.4.2 ローカルコンサルタント（再委託）業務

本プロジェクトでは、試掘調査をローカルコンサルタント（再委託）業務で実施した。

「キ」国においては国営企業・公社と外国企業との間では委託契約を結ぶことができ

ないため、C/P 機関（またはその関連機関）を発注者とすることとなり、GEIPI の下部組織である Empresa de Servicios Ingenieros Hidráulicos Camagüey (ESIH Camagüey) を発注者として再委託契約を行った。また、国の機関間の契約に関しては定まった共通仕様があり、本件業務もその仕様に従う必要があるが、業務内容に関しては日本側の示した特記仕様とした。また、契約内容の変更については、GEIPI と専門家チームとの間での同意事項として金額の変更まで行った。

a. 再委託業務（試掘調査）の概要

a.1 再委託業務内容

a.1.1 目的

本調査は、以下の 2 点を目的として実施した。

- 掘削による地質試料を観察して地下地質を直接確認するとともに、試掘孔を揚水可能な観測井として仕上げ、地下水の水量や水質を把握する。
- 試験井を地下水連続観測（水位、水質）の観測井として利用する。

a.1.2 業務内容

(1) 当初契約

2 地点（JICA_01 及び JICA_02）において各 200m の試掘を行い、試掘孔において物理検層及び揚水試験を実施する（ただし、物理検層は C/P 機関である GEIPI の技術者が実施するものとして、その補助を行う）。揚水試験は、段階試験（最低 3 段階）、連続試験、回復試験を実施する。

(2) 変更内容

GEIPI が試掘調査に必要な「キ」国内貨分の資金を用意できなかったことにより、作業の開始が遅れたため、2011 年 3 月までに 2 本の試掘井を完成することが困難になった。そのため、調査地域の水理地質構造の解明に優先度の高い JICA_01 の 1 地点に限って試掘を行った。

a.1.3 履行期限

契約後（もしくは前払い金受領後）30 日以内に作業を開始して、35 日以内に完成させるものとする。ただし、地質状況により、ロータリーパーカッションが使用できずケールパーカッションで掘削する場合には作業期間を 45 日間とする。

a.1.4 成果品

「キ」国においては、施設を完成させることが再委託先業者の責務であり、掘削記録の作成は発注者が行うことになっている。

a.2 再委託先

- Empresa Nacional de Perforación y Construcciones (ENPC)
- 上記したように、GHIPI の下部組織である Empresa de Servicios Ingenieros Hidráulicos Camagüey (ESIH Camagüey) を発注者とした。

a.3 契約金額

(1) 当初契約

- 契約金額：48,805.44 CUC。
ただし、ESIH Camagüey と ENPC との間の契約書では、工事費の総額を記載するという「キ」国の慣例に従って、発注者側が用意した資機材である亜鉛メッキパイプ114m分（第2年次に日本側より供与）の費用も含んだ50,551.92 CUCとなっている。
また、契約書の内貨分62,296.76 MNは「キ」国側負担であり、日本側からの支払いは生じない。

(2) 変更内容

- JICA_02 の掘削が中止されたことと、JICA_01 のスクリーン・ケーシングに使用する亜鉛メッキパイプ 86m の調達ができなかったため、前者の 15,802.12 CUC、後者の 1,317.52 CUC を減額とし、最終的に 31,685.80 CUC の支払いとなった。

a.4 再委託先選定経緯及び決定理由

再委託先は、下記の経緯により、随意契約で国営公社の「Empresa Nacional de Perforación y Construcciones (ENPC)」に決定した。

- 本件業務である試掘調査は、本来は「キ」国側が実施するものであったが、「キ」国の経済状況により国家として外貨が準備できず、第2年次に C/P 機関である GEIPI が JICA に試掘費用の負担を要請した（平成 21 年 10 月 29 日付レター）。また、この要請書の中には、「キ」国における井戸掘削業者は国営公社の「Empresa Nacional de Perforación y Construcciones (ENPC)」のみであることが記されている。
- JICA も上記の事情をやむをえないものとして、第3年次に日本側の費用負担で試掘調査を実施することとした。ただし、「キ」国においては、試掘に必要な主要資材を発注者が用意して受注先に資材を引き渡した後に作業が開始される

仕組みとなっているため、第2年次中に「キ」国内で入手可能であったφ4インチの亜鉛メッキパイプ114m分の購入を行い、供与機材として「キ」国側に引き渡した。

- 「キ」国においては、Metal Cuba 社が唯一の鉄板等輸入業者であるが、第3年次においても「キ」国の外貨不足が続いたことにより鉄板・亜鉛メッキパイプ類が輸入されず、発注者が用意する必要がある鉄板類が入手できない状況が続いた。そのため、GEIPI と ENPC が交渉を行い、その結果、ENPC が保有する資材を本件プロジェクトで使うことが可能となった。
- 上記の経過を経た上で、「キ」国における井戸掘削業者は ENPC のみであり、予定している200mの深度の井戸掘削が可能な機関が同社しかなく、かつ外国企業が「キ」国で活動することが困難なため、JICA は ENPC と随意契約を行うことを了承した。

a.5 再委託業務（試掘調査）の評価

上や第3.2.2節e項でも記したように、工事開始の遅れにより、当初2本掘削予定だった試掘井戸が1本のみの掘削となってしまった。また、掘削開始後もソラ地区において初めてに近い200m級の掘削であったこともあり、ENPCの資機材の準備等に不備も見受けられ、作業が中断することもあった。

今回の再委託業務を通じて、以下の教訓が得られた。

- 「キ」国においては鉄板等の入手の難しい資材もあり、建設する井戸の規模（本数、深度等）を考慮の上、資材の入手計画を入念に立案する必要がある、
- 200m級の井戸を掘削できるリグが国内に1機しかないため、実行できる作業計画を立て可能な限り当初の計画どおり建設が行われるようにする必要がある、
- 契約形態等に関して日本とは異なるため、契約方法・内容を十分に理解して、「キ」国特有の事情も考慮した契約を行う必要がある

5 プロジェクト実施運営上の工夫、教訓

5.1 促進要因

本プロジェクトの実施を促進した要因として以下のものが考えられる。

a. 中核技術者の基礎技術力の高さ及び新しい技術習得への意欲

本プロジェクトでの技術移転対象の技術者は、いずれも該当分野の専門知識や業務経験を持っており、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、座標系の変換や 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。

こうした基礎能力に加えて、新しい知識や情報を習得したという強い熱意も見られた。対象となった中核技術者は、比較的年齢層は高く（40 代～50 代が中心）、日々任されている忙しい日常業務を同時にこなしながら、研修に参加していた。

b. モデルサイトを活用した技術移転

本プロジェクトでは、開発調査的な手法を取り入れ、具体的なモデルサイト（カマグエイ県ソラ地区）を設定し、その水理地質図（平面図、断面図）の精緻化を行うと同時に、同地区を事例に実際の地下水開発のシミュレーションを行った。地形図の整理から、水理地質構造解析に必要な各種情報・データの収集（物理探査を含む）、約 200m の深度の観測井の掘削等を行い、水理地質図および関連図面の修正・作成を行った。この過程にはサイトのあるカマグエイ県の技術者も関わった。

これにより、中核技術者は、地下水開発・管理のための調査・解析の全工程を日本人専門家と共に行い、今後同様の調査を実施する際の実例を経験することができた。必要な手順・情報・実施工程で留意しなければならない点、理論を実践に当てはめる際の工夫点などを理解する OJT の機会を得られた効果は大きい。

現地での水理地質調査に関われなかった他県の技術者も、各担当分野の演習の現場としてモデルサイトを活用しており、単に技術の理論的な側面を習得するだけでなく、実際のサイトでの演習を取り入れることに抛り、習得した技術をより実践的に理解するのに有効であった。

また、地下水モデルを実際の現場でどのように活用して、現在及び将来の地下水管理を行っていくのかについて、具体的なイメージを提供できた。これにより、調査を担当する GEIPI の技術者のみならず、地下水管理に関わる INRH、GEARH の技術者も、自らの業務に照らして地下水調査の活用方法のイメージが持てたと思われる。

GIS/DB 構築についても同様のことが当てはまり、GIS の理論的技術、ソフトウェアの操作を習得するだけでなく、実際の自分の管轄県の GIS/DB を作成した経験はプロセスにおいても同様のことが言える。

c. 前広な調達準備

「キ」国では輸入規制や輸入に係わる手続きの煩雑さなどにより、機材の調達などに時間がかかることが予想されるため、プロジェクトの実際の活動が行われる前に機材調達を開始した。当時の GEIPI の技術部長の努力もあり、多くの機材（車輛、パソコン他）は活動開始前に揃い、予定通り技術移転の活動を開始することができた。

5.2 教訓

類似案件に対する教訓として、以下の点が挙げられる。

a. プロジェクトの実施体制の検討

本プロジェクトでは、JCC や PEC などのプロジェクトの意思決定を担当するカウンターパート（INRH、GEIPI、GEARH、その他 INRH 傘下・傘下外の組織）、技術指導を主に受けるカウンターパート（中核技術者）は設定されていたが、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。具体的には、研修実施のための各県 EIPH/EIPI への連絡、出張のための必要な手続き、観測井掘削のための手続き、掘削が予定通りにいかなかった場合の各種調整などを担当する人が配置されておらず、プロジェクト・アドミニストレーターやアドバイザー自身が行っていた。

この実施体制の不備が、プロジェクト・アドミニストレーター交代によるプロジェクト実施に影響を与え、また、プロジェクト終了後の成果継続を担う中心的組織の不在につながり、自立発展性が不安定となる一因となっている。

案件形成時には、プロジェクトの活動を行う際の相手国側の実務の内容とそれを実施する実働部隊の設置を意識する必要がある。

b. 成果の時系列を考慮したプロジェクト形成

本プロジェクトでは3分野の技術指導を同時並行で開始したが、GIS の技術移転を先に開始して、GIS/DB の成果を活用してその他の活動を実施した方が、効率的にプロジェクトを展開できた。一般的に、GIS 関連の活動・成果は、同じプロジェクト内のその他の活動・成果に活用されることが多いので、そうした成果間の時系列を考慮したプロジェクト形成を行うことが望ましい。

c. 調達手続きに係る時間の読み

本プロジェクトでは、調達に係る時間を長めに想定し、早めに調達手続きに着手した。そのため大半の機材は計画通りに納品され、プロジェクトは予定通り実施されたが、一部機材については納品が遅れ、それが活動に影響を与え、その結果、成果の達成レベルにも影響を与えることとなった。

機材の調達に強く依存するような活動については、時間的に余裕のある計画を立てるか、または上記「b」と同様に、前広に調達に必要な時間を取って、その後に関連する活動を開始するようなスケジュールで計画を立てる事が重要である。

d. 相手国の流通事情も考慮した機材の調達

金額だけを基準に機材を調達すると、部品や周辺機器を相手国の国内市場で調達することが難しい状況になる場合がある。機材調達の際には、相手国の流通・市場状況を考慮し、入札条件を設定することが望ましい。

e. フリーソフトウェアの活用

本プロジェクトでは正規の中核技術者の指導には、ライセンスを必要とする機能性の高いソフトウェアを使ったが、ライセンス付のソフトウェアを入手できない一般技術者向けに、類似の機能を有するフリーソフトの紹介と利用指導を行い、今後の技術移転が実現できる情報を提供した。プロジェクトで指導した技術の普及を想定したプロジェクトの実施においては、できるだけ資金をかけずに活動展開できる情報をカウンターパートに提供すること重要と思われる。

6 PDM の変遷

事前調査で作成された PDM₁ から終了時評価で改訂された PDM₄ までの変遷を 6-4 頁以降に示す。

また、改訂の経緯を以下に記す。

a. PDM₁からPDM₂への改訂

PDM₁ は事前調査で作成されたものであるが、プロジェクトの開始に当たり、事前調査以降の新たな情報や状況の変化が加味された JICA の作業指示書に従って改訂を行い、表現等もより明瞭で分かり易いものに変えた。

PDM₂ への改訂事項に関しては、第 7 章に記した IC/R 協議会及び第 1 回 JCC で協議を行い、第 1 回 JCC で承認された。

b. PDM₂からPDM₃への改訂

2010 年 2 月～3 月に実施された中間評価の結果を受けて、中間評価団から指摘を受けた事項を第 2 回 JCC で協議して、PDM₃ への改訂を行った。

主な改訂内容を下表に示す。

表 6-1: PDM₃ の主な改正事項

PDM ₂ (改訂前)	PDM ₃ (改訂後)	改訂理由
プロジェクト期間		
2008 年 11 月～2012 年 2 月	2008 年 11 月～2012 年 4 月	RD に記載されているとおりに修正した。
ターゲットグループ【研修コース受講者】		
土木コンサルティング公社(GEIP) 30 人、水利公社(GEARH)の技術者 40 人	INRH 流域管理局・水利工事局 5 人、土木コンサルティング公社(GEIP) 30 人、水利公社(GEARH)40 人の各技術者	「INRH 流域管理局・水利工事局 5 人」の記載漏れがあったため修正した。
上位目標		
東部地域において、水資源が適切に利用される。	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。	プロジェクト目標である「地下水開発・管理能力の向上」との因果関係を明確にするため。
アウトプット4		
GEARH 及び INRH 流域管理局が、GEIP により実施・作成される物理探査の結果、数値モデル及び GIS を活用し、地下水評価・管理する能力が向上する。	GEARH 及び INRH 流域管理局・水利工事局が、GEIP 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 を活用し、地下水評価・管理する能力が向上する。	「INRH 流域管理局及び水利工事局 5 人」の記載漏れがあったため修正した。
プロジェクト目標の指標		
対象地域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、地下水数値モデルによる将来予測等)がまとめられ発表される。	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れる。	ここでは「対象地域」の中でもモデルサイトを指すため、「モデルサイト」と明記した。

アウトプットの指標		
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)。	1-2 電気探査(二次元比抵抗映像法)と電磁波探査を実施できる技術者が養成される(5 人)(研修修了時に筆記と探査実技テストを実施)。	技術者の養成が達成されたかを確認する方法を明記した。
2-2 地下水数値モデルを構築できる技術者が養成される(5 人)。	2-2 地下水モデルを構築できる技術者が養成される(5 人)(研修修了時にテストを実施)。	同上。
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)。	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)(作成された図面により確認)。	同上。
3-3 対象地域における GIS 図面が作成される。	3-3 GIS 構築サイトにおける GIS 図面が作成される。	ここでは「対象地域」の中でも「GIS 構築サイト」を指すため明記した。
4-1 GEARH 及び INRH 流域管理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。	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。	INRH の水利工事局が記載されていなかったため、追加した。
活動		
4-1 本プロジェクトにおいて技術移転された物理探査、数値モデル、GIS に関する知見及び獲得されたデータに基づく地下水評価、管理に関して、研修講師となる中核技術者が中心となって作成する GEARH 及び INRH 流域管理局職員向けの研修計画について、助言を行う。	4-1 物理探査、地下水モデル、GIS に関する知見及び取得されたデータに基づく地下水評価・管理に関して、専門家の助言の下、中核技術者が GEARH 及び INRH 流域管理局・水利工事局職員向けの研修計画を作成する。	プロジェクト後半での活動を明確に表現するために修正した。
4-2 GEIPI の中核技術者が作成・改訂する研修テキストについて、助言を行う。	4-2 専門家の助言の下、GEIPI の中核技術者が研修テキストを作成・改訂する。	同上。
4-3 GEIPI の中核技術者が実施する研修に出席の上、適宜補足説明等を行う。	4-3 GEIPI の中核技術者が研修を実施し、専門家は適宜補足説明等を行う。	同上。
4-4 研修の事後に GEIPI の中核技術者との協議を通じて次回へのフィードバックを行う。	4-4 研修後に GEIPI の中核技術者と専門家で協議を行い、次回へのフィードバックを行う。	同上。
5-1 GEIPI の中核技術者が行う組織内のその他の技術者向け研修の支援を行う。	5-1 物理探査、地下水モデル、GIS に関して、専門家の支援の下、GEIPI の中核技術者が組織内のその他の技術者向けの研修の準備を行う。	同上。
5-2 GEIPI の中核技術者が実施する研修に出席の上、適宜補足説明等を行う。	5-2 GEIPI の中核技術者が研修を実施し、専門家は適宜補足説明等を行う。	同上。
5-3 研修の事後に GEIPI の中核技術者との協議を通じて次回へのフィードバックを行う。	5-3 研修後に GEIPI の中核技術者と専門家で協議を行い、次回へのフィードバックを行う。	同上。
その他(用語の修正)		
地下水モデル、地下水数値モデル、数値モデル、などの併用	「地下水モデル」に統一	用語の統一のため

c. **PDM₃からPDM₄への改訂**

2011 年 6 月に実施された終了時評価の結果を受けて、終了時評価団から指摘を受けた事項を第 3 回 JCC で協議して、PDM₄ への改訂を行った。

改正事項はプロジェクト期間で、下記のように変更した。これは、日本人専門家の活動期間と PDM のプロジェクト期間に矛盾が無いようにしたものである。

PDM₃ : 2008 年 11 月～2012 年 4 月

PDM₄ : 2008 年 11 月～2012 年 2 月

PDM₁

プロジェクト期間：	3年半	
対象地域：	モデルサイト GIS構築サイト 研修受講者所属サイト	カマグエイ県ソラ地区(3.57万人) オルギン県(103万人)、ラス・トゥナス県（53万人）、カマグエイ県(79万人) キューバ全県
ターゲットグループ：	研修コースの講師 研修コースの受講者 間接裨益者	土木コンサルティング公社（GEIPI）15人 土木コンサルティング公社（GEIPI）30人、水利公社（GEARH）の技術者40人 東部地域の住民（235 万人）

プロジェクトの要約	指標	入手手段	外部条件
<上位目標> 気候変動の影響を受けやすい地域において、水資源が適切に利用される。	・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（最低3 県） ・東部地域において、旱魃時の代替水源が確保される（最低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）	・GEIPI の記録 ・GEAAL の記録	
<プロジェクト目標> INRH の地下水開発・管理能力が向上する。	・対象地域における地下水開発の可能性及び課題がまとめられ発表される。 ・地下水数値モデル及びGIS データベースによる地下水解析・管理結果がGEARH の年次報告書に反映される。 ・地下水数値モデル及びGIS データベースによる地下水解析・管理結果がINRH の年次報告書に反映される。	・プロジェクト記録 ・GEARH の年次報告書 ・INRH の年次報告書	・地下水調査に係る資機材、構築した地下水数値モデル、GIS データベースが適切に維持管理される。 ・地下水管理に基づいた給水計画が策定・実施される。
<成果> 1 GEIPI の物理探査技術が向上する。 2 GEIPI の地下水数値モデルを構築する能力が向上する。 3 GEIPI のGIS に関する技術能力が向上する。 4 GEARH の数値モデル及びGIS を活用する能力が向上する。 5 地下水開発・管理に係る技術が全国のINRH 関連技術者に移転される。	・研修用テキストが策定・改定される。 ・電気探査（二次元抵抗映像法）と電磁波探査を実施できる技術者が養成される(5 人)。 ・モデルサイトの物理探査結果が提示される。 ・研修用テキストが策定される。 ・地下水数値モデルを構築できる技術者が養成される(5 人)。 ・モデルサイトの地下水数値モデルが構築される。 ・モデルサイトの既存の水理地質図が精緻化される。 ・研修用テキストが策定される。 ・水資源に係るGIS を構築できる技術者が養成される（5 人） ・GIS 構築サイトにおける出力図が作成される。 ・GEARH 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。 ・受講者（約40 名）の9 割が研修内容を習得する（研修数量時にテストを実施）。 ・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各2 回以上実施される。 ・受講者（約30 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）。	・プロジェクト記録 ・プロジェクト記録 ・プロジェクト記録 ・INRH の研修記録 ・プロジェクト記録 ・INRH の研修記録 ・プロジェクト記録	・INRH の公社間の連携が維持される。

＜活動＞ 成果1 1-1 Training of Trainers (TOT) を作成する。 1-2 物理探査の研修テキストを策定・改定する。 1-3 研修講師に対して物理探査の技術研修を行う。 1-4 モデルサイトにおける物理探査の技術実習を行う。 成果2 2-1 TOT 研修計画を作成する。 2-2 地下水数値モデルの研修テキストを作成する。 2-3 研修講師に対して地下水数値モデルに関する技術研修を行う。 2-4 モデルサイトにおいて調査（観測井試掘、揚水試験、気象・水文、水理学额的調査）を実施し、必要なデータを収集する。 2-5 モデルサイトの地下水数値モデルを構築する。 2-6 複数のシナリオを設定し、シミュレーションを行う。 2-7 数値モデルのキャリブレーションを行う。 成果3 3-1 TOT 研修計画を作成する。 3-2 水資源に係る GIS を設計する。 3-3 GIS の研修テキストを策定する。 3-4 データベースを整備し、入力する。 3-5 地下水管理に係る GIS の出力図を作成する。 3-6 GIS データベースを定期更新する。 成果4 4-1 研修計画を作成する。 4-2 地下水評価・管理に係る研修テキストを策定する。 4-3 数値モデル及びGIS データベースに基づいた地下水評価・管理に係る研修を行う。 成果5 5-1 研修計画を作成する。 5-2 研修テキスト（物理探査、地下水数値モデル、GIS）を策定する。 5-3 物理探査、地下水数値モデル、GIS に係る研修を行う。	＜投入＞ 日本国側 1. 専門家：総括/地下水モデル1、地下水モデル2、水理地質1、水理地質2、物理探査、GIS 2. 資機材 3. 本邦研修 4. 費用の一部負担 キューバ国側 1. カウンターパート 2. 管理事務担当者 3. プロジェクト実施に要する施設（専門家執筆室、その他執務に要する什器類） 4. ローカルコスト負担 - 観測井掘削費用 - 訓練経費 - キューバ側スタッフ給与・日当 - 光熱費 - 通関費用、その他国内運搬費用等 - 資機材維持管理費用 - その他プロジェクト実施に要するローカルコスト負担	- 研修実施に必要な資機材が遅滞なく入手できる。 - プロジェクト活動に必要な情報が遅延なく入手できる。 - 研修参加のためのロジスティクス（交通手段、宿泊施設）が準備される。 - 研修参加のためのロジスティックス（交通手段、宿泊施設）が準備される。 - 研修参加者が地下水賦存量調査に関して基礎的・一般的な知識技術を有している。 ＜前提条件＞ - 資機材・ソフトウェアを「キ」国に輸入することができる。 - カウンターパートが適切に配置される。
---	--	--

PDM₂

プロジェクト期間： 2008年11月～2012年2月
対象地域： モデルサイト
GIS構築サイト
研修受講者所属サイト
ターゲットグループ： 研修コースの講師
研修コースの受講者
間接裨益者

カマグエイ県ソラ地区(3.57万人)
オルギン県(103万人)、ラス・トゥナス県（53万人）、カマグエイ県(79万人)
キューバ全県
土木コンサルティング公社（GEIPI）15人
土木コンサルティング公社（GEIPI）30人、水利公社（GEARH）の技術者40人
東部地域の住民（235 万人）

プロジェクトの要約	指標	入手手段	外部条件
<上位目標> 東部地域において、水資源が適切に利用される。	- 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、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）	- GEIPIの記録 - GEAALの記録	
<プロジェクト目標> 1. INRH（GEIPI、GEARHを含む）の地下水開発・管理能力が向上する。	- 対象地域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、地下水数値モデルによる将来予測等）がまとめられ発表される。 - 地下水数値モデル及び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。 - 地下水数値モデル及び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。	- プロジェクト事業進捗報告書 - GEARHの年次報告書 - INRHの年次報告書	- 地下水調査に係る資機材、構築した地下水数値モデル、GISデータベースが適切に維持管理される。 - 地下水管理に基づいた給水計画が策定・実施される。
<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。 2 GEIPIの研修講師となる中核技術者の地下水数値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流域管理局が、GEIPIにより実施・作成される物理探査の結果、数値モデル及びGISを活用し、地下水評価・管理する能力が向上する。 5 物理探査、地下水数値モデル、GISに係る技術がGEIPIの関連技術者に移転される。	1-1 研修用テキストが策定・改定される。 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)。 1-3 モデルサイトの物理探査結果が提示される。 2-1 研修用テキストが策定される。 2-2 地下水数値モデルを構築できる技術者が養成される(5人)。 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。 2-4 モデルサイトの既存の水理地質図が精緻化される。 3-1 研修用テキストが策定される。 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） 3-3 対象地域におけるGIS図面が作成される。 4-1 GEARH及びINRH流域管理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。 4-2 受講者（約45名）の9割が研修内容を習得する（研修数量時にテストを実施）。 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各2回以上実施される。 5-2 受講者（約30名）の9割が研修内容を習得する（研修終了時にテストを実施）。	1 プロジェクト事業進捗報告書 2 プロジェクト事業進捗報告書 3-1 プロジェクト事業進捗報告書 3-2 出力図面等 4-1 INRHの研修記録 4-2 プロジェクト事業進捗報告書 5-1 INRHの研修記録 5-2 プロジェクト事業進捗報告書	INRHの公社間の連携が維持される。

<活動>	<投入>	
1-1 中核技術者研修計画を作成する。 1-2 物理探査（電気探査及び電磁探査）の研修テキストを作成・改定する。 1-3 研修講師となる中核技術者に対して物理探査の技術研修を行う。 1-4 研修講師となる中核技術者に対しモデルサイトにおける物理探査の技術実習を行う。 2-1 中核技術者研修計画を作成する。 2-2 地下水数値モデルの研修テキストを作成する。 2-3 研修講師となる中核技術者に対して地下水数値モデルの技術研修を行う。 2-4 モデルサイトにおいて気象・水文調査、地表・水理地質踏査を行う。 2-5 モデルサイトにおいて地下水観測井を掘削し、揚水試験、地下水位測定、孔内検層等を行う。 2-6 精度の高い地下水数値モデル作成に関する指導を行う。 3-1 中核技術者研修計画を作成する。 3-2 GIS の研修テキストを作成する。 3-3 水資源に係る GIS の設計に関し OJT を行う。 4-1 本プロジェクトにおいて技術移転された物理探査、数値モデル、GIS に関する知見及び獲得されたデータに基づく地下水評価、管理に関して、研修講師となる中核技術者が中心となって作成する GEARH 及び INRH 流域管理局職員向けの研修計画について、助言を行う。 4-2 GEIPI の中核技術者が作成・改訂する研修テキストについて、助言を行う。 4-3 GEIPI の中核技術者が実施する研修に出席の上、適宜補足説明等を行う。 4-4 研修の事後に GEIPI の中核技術者との協議を通じて次回へのフィードバックを行う。 5-1 GEIPI の中核技術者が行う組織内のその他の技術者向け研修の支援を行う。 5-2 GEIPI の中核技術者が実施する研修に出席の上、適宜補足説明等を行う。 5-3 研修の事後に GEIPI の中核技術者との協議を通じて次回へのフィードバックを行う。	日本国側 1. 専門家：総括地下水モデル 1、地下水モデル 2、水理地質 1、水理地質 2、物理探査、GIS 2. 資機材 3. 本邦研修 キューバ国側 1. カウンターパートの配置 2. 管理事務担当者 3. プロジェクト実施に要する施設（専門家執筆室、その他執務に要する什器類） 4. ローカルコスト負担 ◇ 観測井掘削費用 ◇ 訓練経費 ◇ キューバ側スタッフ給与・日当 ◇ 光熱費 ◇ 通関費用、その他国内運搬費用等 ◇ 資機材維持管理費用 その他プロジェクト実施に要するローカルコスト負	● 研修実施に必要な資機材が遅滞なく入手できる。 ● プロジェクト活動に必要な情報が遅延なく入手できる。 ● 研修参加のためのロジスティクス（交通手段、宿泊施設）が準備される。 ● 研修参加者が地下水賦存量調査に関して基礎的・一般的知識技術を有している。 <前提条件> ● 資機材・ソフトウェアを「キ」国に輸入することができる。 ● カウンターパートが適切に配置される。

キューバ国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
プロジェクト事業完了報告書

独立行政法人国際協力機構
国際航業株式会社

PDM₃

プロジェクト名： キューバ国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
プロジェクト期間： 2008年11月～2012年4月
対象地域： モデルサイト カマグエイ県ソラ地区(3.57万人)
GIS構築サイト オルギン県(103万人)、ラス・トゥナス県（53万人）、カマグエイ県(79万人)
研修受講者所属サイト キューバ全県
ターゲットグループ： 研修コースの講師 土木コンサルティング公社（GEIPI）15人
研修コースの受講者 INRH流域管理局・水利工事局5人、土木コンサルティング公社（GEIPI）30人、水利公社（GEARH）40人の技術者
間接裨益者 東部地域の住民（235 万人）

作成日：2010 年 3 月 17 日

プロジェクトの要約	指標	入手手段	外部条件
<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。	- 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、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）	- GEIPI の記録 - GEAAL の記録	
<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。	- 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れる。 - 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。 - 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。	- プロジェクト事業進捗報告書 - GEARH の年次報告書 - INRH の年次報告書	- 地下水調査に係る資機材、構築した地下水数値モデル、GIS データベースが適切に維持管理される。 - 地下水管理に基づいた給水計画が策定・実施される。
<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。 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・水利工事局が、GEIPI により実施・作成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・管理する能力が向上する。 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。	1-1 研修用テキストが策定・改定される。 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)（研修時に筆記と探査実施テストを実施）。 1-3 モデルサイトの物理探査結果が提示される。 2-1 研修用テキストが策定される。 2-2 地下水モデルを構築できる技術者が養成される(5 人)（研修終了時にテストを実施）。 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。 2-4 モデルサイトの既存の水理地質図が精緻化される。 3-1 研修用テキストが策定される。 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)（作成された図面により確認）。 3-3 GIS 構築サイトにおける GIS 図面が作成される。 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。 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）。 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各2 回以上実施される。 5-2 受講者（約30 名）の9 割が研修内容を習得する（研修終了時にテストを実施）。	1 プロジェクト事業進捗報告書 2 プロジェクト事業進捗報告書 3-1 プロジェクト事業進捗報告書 3-2 出力図面等 4-1 INRH の研修記録 4-2 プロジェクト事業進捗報告書 5-1 INRH の研修記録 5-2 プロジェクト事業進捗報告書	INRH の公社間の連携が維持される。

<活動>	<投入>	
1-1 中核技術者研修計画を作成する。 1-2 物理探査（電気探査及び電磁探査）の研修テキストを作成・改定する。 1-3 研修講師となる中核技術者に対して物理探査の技術研修を行う。 1-4 研修講師となる中核技術者に対しモデルサイトにおける物理探査の技術実習を行う。 2-1 中核技術者研修計画を作成する。 2-2 地下水モデルの研修テキストを作成する。 2-3 研修講師となる中核技術者に対して地下水モデルの技術研修を行う。 2-4 モデルサイトにおいて気象・水文調査、地表・水理地質踏査を行う。 2-5 モデルサイトにおいて地下水観測井を掘削し、揚水試験、地下水位測定、孔内検層等を行う。 2-6 精度の高い地下水モデル作成に関する指導を行う。 3-1 中核技術者研修計画を作成する。 3-2 GIS の研修テキストを作成する。 3-3 水資源に係る GIS の設計に関し OJT を行う。 4-1 物理探査、地下水モデル、GIS に関する知見及び獲得されたデータに基づく地下水評価・管理に関して、専門家の助言の下、中核技術者が GEARH 及び INRH 流域管理局・水利工事務局職員向けの研修計画を作成する。 4-2 専門家の助言の下、GEIPI の中核技術者が研修テキストを作成・改訂する。 4-3 GEIPI の中核技術者が研修を実施し、専門家より適宜補足説明等を行う。 4-4 研修の事後に GEIPI の中核技術者と専門家で協議を行い、次回へのフィードバックを行う。 5-1 物理探査、地下水モデル、GIS に関して、専門家の支援の下、GEIPI の中核技術者が行う組織内のその他の技術者向け研修の準備を行う。 5-2 GEIPI の中核技術者が研修を実施し、専門家より適宜補足説明等を行う。 5-3 研修の事後に GEIPI の中核技術者と専門家で協議を行い、次回へのフィードバックを行う。	<u>日本国側</u> 1. 専門家：総括地下水モデル 1、地下水モデル 2、水理地質 1、水理地質 2、物理探査、GIS 2. 資機材 3. 本邦研修 4. 現地費用の一部負担 <u>キューバ国側</u> 1. カウンターパートの配置 2. 管理事務担当者 3. プロジェクト実施に要する施設（専門家執筆室、その他執務に要する什器類） 4. ローカルコスト負担 ● 観測井掘削費用 ● 訓練経費 ● キューバ側スタッフ給与・日当 ● 光熱費 ● 通関費用、その他国内運搬費用等 ● 資機材維持管理費用 その他プロジェクト実施に要するローカルコスト負	● 研修実施に必要な資機材が遅滞なく入手できる。 ● プロジェクト活動に必要な情報が遅延なく入手できる。 ● 研修参加のためのロジスティクス（交通手段、宿泊施設）が準備される。 ● 研修参加者が地下水賦存量調査に関して基礎的・一般的な知識技術を有している。 <u><前提条件></u> ● 資機材・ソフトウェアを「キ」国に輸入することができる。 ● カウンターパートが適切に配置される。

キューバ国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
プロジェクト事業完了報告書

独立行政法人国際協力機構
国際航業株式会社

PDM₄

プロジェクト名： キューバ国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
プロジェクト期間： 2008年11月～2012年2月
対象地域： モデルサイト カマグエイ県ソラ地区(3.57万人)
GIS構築サイト オルギン県(103万人)、ラス・トゥナス県（53万人）、カマグエイ県(79万人)
研修受講者所属サイト キューバ全県
ターゲットグループ： 研修コースの講師 土木コンサルティング公社（GEIPI）15人
研修コースの受講者 INRH流域管理局・水利工事局5人、土木コンサルティング公社（GEIPI）30人、水利公社（GEARH）40人の技術者
間接裨益者 東部地域の住民（235 万人）

作成日：2011 年 6 月 27 日

プロジェクトの要約	指標	入手手段	外部条件
<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。	- 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、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）	- GEIPI の記録 - GEAAL の記録	
<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。	- 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れる。 - 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。 - 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。	- プロジェクト事業進捗報告書 - GEARH の年次報告書 - INRH の年次報告書	- 地下水調査に係る資機材、構築した地下水数値モデル、GIS データベースが適切に維持管理される。 - 地下水管理に基づいた給水計画が策定・実施される。
<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。 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・水利工事局が、GEIPI により実施・作成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・管理する能力が向上する。 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。	1-1 研修用テキストが策定・改定される。 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)（研修時に筆記と探査実施テストを実施）。 1-3 モデルサイトの物理探査結果が提示される。 2-1 研修用テキストが策定される。 2-2 地下水モデルを構築できる技術者が養成される(5 人)（研修終了時にテストを実施）。 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。 2-4 モデルサイトの既存の水理地質図が精緻化される。 3-1 研修用テキストが策定される。 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)（作成された図面により確認）。 3-3 GIS 構築サイトにおける GIS 図面が作成される。 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。 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）。 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各2 回以上実施される。 5-2 受講者（約30 名）の9 割が研修内容を習得する（研修終了時にテストを実施）。	1 プロジェクト事業進捗報告書 2 プロジェクト事業進捗報告書 3-1 プロジェクト事業進捗報告書 3-2 出力図面等 4-1 INRH の研修記録 4-2 プロジェクト事業進捗報告書 5-1 INRH の研修記録 5-2 プロジェクト事業進捗報告書	INRH の公社間の連携が維持される。

<活動>	<投入>	
1-1 中核技術者研修計画を作成する。 1-2 物理探査（電気探査及び電磁探査）の研修テキストを作成・改定する。 1-3 研修講師となる中核技術者に対して物理探査の技術研修を行う。 1-4 研修講師となる中核技術者に対しモデルサイトにおける物理探査の技術実習を行う。 2-1 中核技術者研修計画を作成する。 2-2 地下水モデルの研修テキストを作成する。 2-3 研修講師となる中核技術者に対して地下水モデルの技術研修を行う。 2-4 モデルサイトにおいて気象・水文調査、地表・水理地質踏査を行う。 2-5 モデルサイトにおいて地下水観測井を掘削し、揚水試験、地下水位測定、孔内検層等を行う。 2-6 精度の高い地下水モデル作成に関する指導を行う。 3-1 中核技術者研修計画を作成する。 3-2 GIS の研修テキストを作成する。 3-3 水資源に係る GIS の設計に関し OJT を行う。 4-1 物理探査、地下水モデル、GIS に関する知見及び獲得されたデータに基づく地下水評価・管理に関して、専門家の助言の下、中核技術者が GEARH 及び INRH 流域管理局・水利工事局職員向けの研修計画を作成する。 4-2 専門家の助言の下、GEIPI の中核技術者が研修テキストを作成・改訂する。 4-3 GEIPI の中核技術者が研修を実施し、専門家は適宜補足説明等を行う。 4-4 研修の事後に GEIPI の中核技術者と専門家で協議を行い、次回へのフィードバックを行う。 5-1 物理探査、地下水モデル、GIS に関して、専門家の支援の下、GEIPI の中核技術者が行う組織内のその他の技術者向け研修の準備を行う。 5-2 GEIPI の中核技術者が研修を実施し、専門家は適宜補足説明等を行う。 5-3 研修の事後に GEIPI の中核技術者と専門家で協議を行い、次回へのフィードバックを行う。	<u>日本国側</u> 1. 専門家：総括/地下水モデル 1、地下水モデル 2、水理地質 1、水理地質 2、物理探査、GIS 2. 資機材 3. 本邦研修 4. 現地費用の一部負担 <u>キューバ国側</u> 1. カウンターパートの配置 2. 管理事務担当者 3. プロジェクト実施に要する施設（専門家執筆室、その他執務に要する什器類） 4. ローカルコスト負担 - 観測井掘削費用 - 訓練経費 - キューバ側スタッフ給与・日当 - 光熱費 - 通関費用、その他国内運搬費用等 - 資機材維持管理費用 その他プロジェクト実施に要するローカルコスト負	● 研修実施に必要な資機材が遅滞なく入手できる。 ● プロジェクト活動に必要な情報が遅延なく入手できる。 ● 研修参加のためのロジスティクス（交通手段、宿泊施設）が準備される。 ● 研修参加者が地下水賦存量調査に関して基礎的・一般的な知識技術を有している。 <u><前提条件></u> ● 資機材・ソフトウェアを「キューバ」国に輸入することができる。 ● カウンターパートが適切に配置される。

7 JCC、PEC、セミナー、ワークショップ開催記録

本プロジェクトにおいては、プロジェクト合同調整委員会（JCC）、プロジェクト実施委員会（PEC）、IC/R 説明会を下表のように開催した。

表 7-1: 本プロジェクトで開催された委員会等

委員会	開催日	開催場所	M/M の有無
IC/R 協議会	2008 年 11 月 19 日	ハバナ/GEIPI 会議室	有
第 1 回 PEC	2008 年 12 月 3 日	ハバナ/GEIPI 会議室	無
第 2 回 PEC	2009 年 3 月 9 日	ハバナ/GEIPI 会議室	無
第 1 回 JCC	2009 年 3 月 12 日	ハバナ/GEIPI 会議室	有
第 3 回 PEC	2009 年 6 月 24 日	ハバナ/INRHI 会議室	無
第 4 回 PEC	2009 年 10 月 27 日	ハバナ/INRHI 会議室	有
第 2 回 JCC	2010 年 3 月 17 日	ハバナ/INRHI 会議室	有
第 5 回 PEC	2010 年 7 月 6 日	ハバナ/INRHI 会議室	有
第 6 回 PEC	2010 年 10 月 21 日	ハバナ/INRHI 会議室	有
第 7 回 PEC	2011 年 3 月 15 日	ハバナ/INRHI 会議室	有
第 3 回 JCC	2011 年 6 月 27 日	ハバナ/GEARH 会議室	有
第 8 回 PEC	2011 年 9 月 27 日	ハバナ/INRHI 会議室	有
第 4 回 JCC	2011 年 12 月 16 日	Hotel Cubanacan Chateau Miramar	有

7.1 プロジェクト合同調整委員会(JCC)開催記録

a. 第1回プロジェクト合同調整委員会（2009年3月12日）

第 1 回 JCC は 2009 年 3 月 12 日にハバナの GEIPI 会議室において実施した。主な議題は下記のとおりである。

- 第 1 年次活動報告
- 第 2 年次活動計画
- プロジェクト活動における問題点と対策

b. 第2回プロジェクト合同調整委員会（2010年3月17日）

第 2 回 JCC は 2010 年 3 月 17 日にハバナの INRH 会議室において実施した。主な内容は下記のとおりである。

- プログレессレポート 3 の説明及び今後のプロジェクト活動について協議を行った。「キ」国側から、全体のプロジェクト進捗状況についてのコメント及

びソラ地区における水理地質調査について説明が行われ、今後の調査（電磁探査研修、観測井掘削）等について協議した。

- 中間評価団が作成した中間評価報告書について協議し、同意を得た。

c. 第3回プロジェクト合同調整委員会（2011年6月27日）

第3回 JCC は 2011 年 6 月 27 日にハバナの GEARH 会議室において実施した。主な内容は下記のとおりである。

- 2011 年 6 月活動報告書を基に、第 4 年次の活動計画と 6 月の活動について説明・協議を行った。日本側から専門家不在の 7 月から 8 月の「キ」国側活動と 9 月の専門家の活動について説明・提案があり、「キ」国側もこれらに同意した。
- 終了時評価団から提案のあった PDM の変更（プロジェクト期間の変更）について同意を得た。

d. 第4回プロジェクト合同調整委員会（2011年12月16日）

第4回 JCC は 2011 年 12 月 16 日にハバナの Hotel Cubanacan Chateau Miramar において実施した。主な内容は下記のとおりである。

- 専門家側が DF/R の内容を説明し、特に成果の達成度、プロジェクト目標達成に向けた計画を協議した。「キ」国側は、プロジェクト目標の指標である INRH 及び GEARH の年次報告書にプロジェクトの結果を載せることを確約した。
- プロジェクトの成果として、研修テキスト 5 種（物理探査、揚水試験、地下水モデル、GIS、地下水管理）と資機材の引渡しを行った。「キ」国側は、資機材の管理と INRH が資機材のメンテナンスをサポートすることを確約した。
- 「キ」国側から終了時評価の提言への対応について説明があり、プロジェクト終了後に対する提言に対処することを確約した。
- 「キ」国側から上位目標達成に向けた研修計画について説明があり、INRH、GEARH も研修への参加、予算措置をサポートすることを確約した。

7.2 プロジェクト実施委員会(PEC)開催記録

a. 第1回プロジェクト実施委員会（2008年12月3日）

第1回 PEC は 2008 年 12 月 3 日にハバナの GEIPI 会議室において実施した。主な議題は下記のとおりである。

- インセプションレポートの説明と協議

b. 第2回プロジェクト実施委員会（2009年3月10日）

第2回 PEC は2009年3月10日にハバナの GEIPI 会議室において実施した。主な議題は下記のとおりである。

- プログレースレポート1の説明
- 調達機材について
- 第2年次の活動計画と問題点
- CITA の作業環境

c. 第3回プロジェクト実施委員会（2009年6月24日）

第3回 PEC は2009年6月24日にハバナの INRH 会議室において実施した。主な内容は下記のとおりである。

- 第2年次初め（2009年5月～6月）の活動について報告し、7月以降に実施する専門家活動予定を協議した。また、専門家が提案したモデルサイト（カマグエイ県ソラ地区）の探査地点に於いて、中核技術者が引き続き物理探査（2次元比抵抗映像法）を実施するように依頼した。

d. 第4回プロジェクト実施委員会（2009年10月27日）

第4回 PEC は2009年10月27日にハバナの INRH 会議室において実施した。主な内容は下記のとおりである。

- プログレースレポート2の説明及び今後のプロジェクト活動について協議を行った。協議に於いて、「キ」国側から先方負担で実施予定であったソラ地区の観測井掘削について資金の支援要請があった。

e. 第5回プロジェクト実施委員会（2010年7月6日）

第5回 PEC は2010年7月6日にハバナの INRH 会議室において実施した。主な内容は下記のとおりである。

- プロジェクト活動：第3年次及び第4年次に向けて、観測井ボーリングの実施が遅れていることを踏まえ、今後のプロジェクト活動について協議を行った。
- 電磁探査機は2010年4月に「キ」国に到着し、カマグエイ県の CITA において保管されていることを確認した。同機材を使用した研修は2010年8月から開始する予定である。

- GIS 及び電磁探査技術については 2010 年 9 月末までに中核技術者への技術移転が完了する。一方、地下水モデルについては物理探査結果やボーリング結果を反映することが必要なので、2011 年 6 月に技術移転を完了する。前 2 項目について第 3 年次後半及び第 4 年次において GEIPI 技術者による部内への技術普及を実施するものとする。

f. 第6回プロジェクト実施委員会（2010年10月21日）

第 6 回 PEC は 2010 年 10 月 21 日にハバナの INRH 会議室において実施した。主な内容は下記のとおりである。

- プロジェクト活動：プログレースレポート 4 を提出説明し、今後のプロジェクト活動について協議を行った。
- 電磁探査研修結果（OJT）について説明し、ソラ地区の塩水化状況が判読されることを説明した。また、今後の普及セミナー開催について協議した。
- 専門家側は地下水モデリングについて 2010 年 3 月までにソラ地区のデータを整わせる必要があることを述べ、このため、「キ」国側からモデル地区（カマグエイ県ソラ地区）の観測井掘削について JICA 側の支援を受け急ぐ旨が表明された。

g. 第7回プロジェクト実施委員会（2011年3月15日）

第 7 回 PEC は 2011 年 3 月 15 日にハバナの INRH 会議室において実施した。主な議題・協議事項は下記のとおりである。

- 2010 年 10 月～2011 年 3 月の活動
- 第 6 回地下水モデルセミナーの状況
- GIS 普及セミナーの状況
- 第 4 年次の活動計画
- JICA_01 の掘削終了の報告

h. 第8回プロジェクト実施委員会（2011年9月27日）

第 8 回 PEC は 2011 年 9 月 27 日にハバナの INRH 会議室において実施した。主な内容は下記のとおりである。

- 2011 年 9 月活動報告書を基に、9 月の活動について説明・協議を行った。日本側から専門家不在の 10 月、11 月の「キ」国側活動と 12 月の専門家の活動について説明・提案があり、「キ」国側もこれらに同意した。

7.3 一般技術セミナー

GEIPI の中核技術者や日本人専門家が講師となり、GEIPI の一般技術者や GEARH 及び INRH の技術者を対象とした一般技術セミナーを、下表のように開催した。第 3 年次においては日本人専門家が講師として占める割合が高かったが、第 4 年次は中核技術者主体のセミナーとなった。

表 7-2: 一般技術セミナー一覧

開催日	開催場所	研修項目	講師	参加者
2010 年 6 月 22 日	オルギン県	プロジェクト概要、オルギン県の水理地質と地下水モデル・物理探査・GIS/DB	日本人専門家、中核技術者 (EIPH オルギン)	EIPH オルギン 9 名
2010 年 6 月 24 日	ラス・トゥナス県	プロジェクト概要、ラス・トゥナス県の GIS/DB	日本人専門家、中核技術者 (EIPH ラス・トゥナス)	EIPH UEBPI ラス・トゥナス 12 名
2010 年 6 月 28 日	カマグエイ県	プロジェクト概要、ソラ地区の物理探査	日本人専門家、中核技術者 (EIPH カマグエイ)	EIPH カマグエイ 4 名
2010 年 6 月 30 日 ～7 月 2 日	カマグエイ県	GIS 概要	日本人専門家、中核技術者	EIPH 12 名
2011 年 3 月 8 日～ 3 月 10 日	ヴィジャ・クララ県	GIS の概念及び機能	中核技術者、日本人専門家	EIPH・GEARH 24 名
2011 年 9 月 12 日 ～9 月 14 日	ピニャール・デル・リオ県	物理探査	中核技術者	EIPH EARTH 他 27 名
2011 年 9 月 14 日 ～9 月 15 日	グランマ県	GIS	中核技術者	EAH・DPRH 14 名
2011 年 9 月 26 日	ハバナ市	地下水モデル	中核技術者	EIPH ENPC 11 名

a. オルギン県一般技術セミナー

2010 年 6 月 22 日にオルギン県で開催した一般技術セミナーの概要は、以下のとおりである。

- 参加者：EIPi オルギン 9 名
- 研修項目及び講師
 - ・ 過去 2 年間のプロジェクト活動 鎌田 烈 (総括/地下水モデル 1)
 - ・ 地下水モデリングの概要 柴崎直明 (地下水モデル 2)
 - ・ GIS の概要 雷 沛豊 (GIS)
 - ・ オルギン県の水理地質調査と地下水モデル活用
Jorge Luis Blanco Blázquez qez (主任調査技師)
 - ・ オルギン県の物理探査実施状況 Rodolfo Bordón (主任調査技師)
 - ・ オルギン県のデータベース・GIS 作成

Juan José Almirall Beltrán án（主任調査技師）

b. ラス・トゥナス県一般技術セミナー

2010 年 6 月 24 日にラス・トゥナス県で開催した一般技術セミナーの概要は、以下のとおりである。

- 参加者：USBPI ラス・トゥナス 9 名
- 研修項目及び講師
 - 過去 2 年間のプロジェクト活動 鎌田 烈（総括/地下水モデル 1）
 - 地下水モデリングの概要 柴崎直明（地下水モデル 2）
 - GIS の概要 雷 沛豊（GIS）
 - ラス・トゥナス県のデータベース・GIS 作成
Marcell Martínez Contreras（Specialist）

c. カマグエイ県一般技術セミナー

2010 年 6 月 28 日にカマグエイ県で開催した一般技術セミナーの概要は、以下のとおりである。

- 参加者：EIPi カマグエイ 4 名
- 研修項目及び講師
 - 過去 2 年間のプロジェクト活動 鎌田 烈（総括/地下水モデル 1）
 - 地下水モデリングの概要 鎌田 烈（総括/地下水モデル 1）
 - GIS の概要 雷 沛豊（GIS）
 - ソラ地区の物理探査状況（2 D 比抵抗映像法）
Rebeca Fernández（技師）

d. カマグエイ県GIS一般技術セミナー

2010 年 6 月 30 日～7 月 2 日にカマグエイ県で開催した GIS セミナーの概要は、以下のとおりである。

- 参加者：EIPH（ピニャール・デル・リオ、サンチャゴ デ クーバ、シエゴ・デ・アヴィラ、オルギン、カマグエイ）、EIPi マタンサス、GEARH シエンフエゴ
- 研修講師：Alien Pérez Santos（CITA カマグエイ）、雷 沛豊（GIS）
- 研修項目：GIS を利用した水資源調査及び管理の実例紹介、GIS の基本構成及び中核としたデータ、GIS の解析機能、GIS の図化機能など

e. ヴィジャ・クララ県GIS一般技術セミナー

2011年3月8日～10日にヴィジャ・クララ県で開催したGISセミナーの概要は、以下のとおりである。

- 参加者：EIPH ヴィジャ・クララ 24 名
- 研修講師：Javier Acosta Infante（EIPi ヴィジャ・クララ）、雷 沛豊（GIS）
- 研修項目：GIS を利用した水資源調査及び管理の実例紹介、GIS の基本構成及び中核としたデータ、GIS の解析機能、GIS の図化機能など

f. ピニャール・デル・リオ県物理探査一般技術セミナー

2011年9月12日～14日にピニャール・デル・リオ県で開催した物理探査セミナーの概要は、以下のとおりである。

- 参加者：EIPH ピニャール・デル・リオ 9 名、EAH ピニャール・デル・リオ 2 名、DPRH ピニャール・デル・リオ 3 名、ピニャール・デル・リオ大学（地質学専攻）13 名の計 27 名
- 研修講師：Arturo Lorenzo Ferrás（EIPi マタンサス、UEB コロン）
- 研修項目：物理探査の基礎、物理探査の歴史、物理探査の原理、物理探査の種類、ボーリング孔を利用する物理探査、物理探査と水理地質、物理探査と水質、調査事例など

g. グランマ県GIS一般技術セミナー

2011年9月14日、15日にグランマ県で開催したGISセミナーの概要は、以下のとおりである。

- 参加者：EAH（グランマ、オルギン、サンチャゴ デ クーバ）10 名、DPRH グランマ 4 名の計 14 名
- 研修講師：Juan José Almirall Beltrán（UEB グランマ）
- 研修項目：GIS を利用した水資源調査及び管理の実例紹介、GIS の基本構成及び中核としたデータ、GIS の解析機能、GIS の図化機能など

h. ハバナ市地下水モデル一般技術セミナー

2011年9月26日にハバナ市で開催した地下水モデルセミナーの概要は、以下のとおりである。

- 参加者：EIPH ハバナ 8 名、ENPC3 名の計 11 名

- 研修講師：Manuel A. Burgos Diaz（EIPi ヴィジャ・クララ）
- 研修項目：地下水モデルの概要、地下水モデルの歴史、地下水盆のモデル化など

7.4 地下水評価・管理セミナー

GEIPI の中核技術者や日本人専門家が講師となり、GEIPI の一般技術者や GEARH 及び INRH の技術者を対象とした地下水評価・管理セミナーを、下表のように開催した。第 3 年次は日本人専門家がセミナーの講師を務めたが、第 4 年次は中核技術者主体のセミナーとなった。

表 7-3: 地下水評価・管理セミナー一覧

開催日	開催場所	研修項目	講師	参加者
2010 年 10 月 25 日	カマグエイ県	地下水管理資源序論・概要	日本人専門家	EIPH・EARH 他 15 名
2010 年 10 月 27 日	オルギン県	地下水管理資源序論・概要	日本人専門家	EIPH・EARH 他 7 名
2010 年 10 月 28 日	ラス・トゥナス県	地下水管理資源序論・概要	日本人専門家	EIPH・EARH 他 10 名
2010 年 11 月 2 日	シエゴ・デ・アヴィラ県	地下水管理資源序論・概要	日本人専門家	EIPH・EARH 他 22 名
2010 年 11 月 3 日	ヴィジャ・クララ県	地下水管理資源序論・概要	日本人専門家	EIPH・EARH 他 10 名
2010 年 11 月 4 日	マタンサス県	地下水管理資源序論・概要	日本人専門家	EIPH・EARH 他 30 名
2011 年 6 月 21 日	カマグエイ県	地下水開発・管理セミナー	中核技術者、日本人専門家	EIPH・EARH 他 34 名
2011 年 9 月 16 日	グランマ県	地下水評価・管理概論	中核技術者	EIPH・EARH 他 11 名
2011 年 9 月 19 日	サンチャゴ・デ・クーバ県	地下水評価・管理概論	中核技術者	EIPH・EARH 他 17 名

a. 地下水開発・管理研修

カマグエイ県（2010 年 10 月 25 日）、オルギン県（10 月 27 日）、ラス・トゥナス県（10 月 28 日）、シエゴ・デ・アヴィラ県（11 月 2 日）、ヴィジャ・クララ県（11 月 3 日）及びマタンサス県（11 月 4 日）の EIPH/EIPI にて、関連技術者参加のもと、講義形式のセミナーを実施した。セミナーの概要は、以下のとおりである。

- 参加者：EIPH/EIPI、GEARH、環境省などから、カマグエイ 15 名、オルギン 7 名、ラス・トゥナス 10 名、シエゴ・デ・アヴィラ 22 名、ヴィジャ・クララ 10 名、マタンサス 30 名の参加があった。

- ・ 講師：鎌田 烈（総括/地下水モデル1）
- ・ 研修項目：地下水資源管理序論、地下水管理概論講義、ケーススタディ

b. カマグエイ県地下水開発・管理セミナー

2011年6月21日にカマグエイ県において、成果1から成果3までに係る研修を受けたGEIPI中核技術者による発表を中心にした地下水開発・管理セミナーを開催した。セミナーの概要は、以下のとおりである。

- ・ 参加者：「キ」国側34名、日本側（終了時評価団を含む）12名
- ・ セミナーのプログラムは下表のとおりであり、討議の時間においては、GEARHの技術者も壇上に登場して、今後のGEIPIとGEARHの協力のあり方を含めた議論が行われた。

表 7-4: カマグエイ県地下水開発・管理セミナーのプログラム

時間	テーマ	発表者
09:00 - 09:10	開会の挨拶	Ing. Armando Millet Montejó, (Director Adjunt EIPH Camaguey)
09:10 - 09:30	プロジェクトの背景	Ing. Arturo González Báez, (Especialista Superior GEIPI)
09:30 - 10:00	基調講演	Ing. KIHARA Shigeki (Líder de Expertos JICA)
10:00 - 10:40	休息	
10:40 - 11:10	オルギン県の地下水開発と管理:地下水モデルによる予測の活用	M.Sc. Ing. Jorge Luis Blanco Blázquez, (EIPH Holguín)
11:10 - 11:40	シエゴ・デ・アヴィラ県の地下水開発と管理:地下水モデルによる予測の活用	M.Sc. Ing. Luis Fidel Miranda, (EIPH Ciego de Avila)
11:40 - 12:20	ヴィジャ・クララ県の地下水開発と管理:GISの応用と予測の活用	M.Sc. Ing. Javier Acosta Infante, (EIPH Villa Clara)
12:20 - 13:30	昼食	
13:30 - 14:00	ラス・トゥナス県の地下水開発と管理:GISの応用と予測の活用	Ing. Marcell Martínez Contreras, (EIPH Holguín-Las Tunas)
14:00 - 15:30	ソラ地区の地下水開発と管理:物理探査、水理地質構造の推定、地下水モデル	M.Sc. Ing. Adán Echemendía Martínez, Ing. Rebeca Fernández, Lic. Carlos Luke Zayas Bazan (EIPH Camaguey)
15:30 - 16:00	地下水開発と管理の日本における事例	Dr. SHIBASAKI Naoaki (Modelo de Agua Subterránea 2)
16:00 - 16:30	休息	
16:30 - 17:00	討議	Ing. Arturo González Báez, (Especialista Superior GEIPI)
17:00 - 17:15	結び・閉会の挨拶	M.Sc. Ing. José Luis Blanco, (Director Técnico GEIPI)

c. グランマ県地下水評価・管理セミナー

2011年9月16日にグランマ県で開催した一地下水評価・管理セミナーの概要は、以下

のとおりである。

- 参加者：EIPH（UEB グランマ）4名、EAH（グランマ、オルギン、ラス・トゥナス）4名、DPRH グランマ 3名の計 11名
- 研修講師：Jorge Luis Blanco Blázquez、Rodolfo Bordón（ともに EIPH オルギン）
- 研修項目：地下水モデルを用いた地下水評価・管理の概要、地下水評価・管理のための物理探査技術の概要

d. サンチャゴ デ クーバ県地下水評価・管理セミナー

2011 年 9 月 19 日にサンチャゴ デ クーバで開催した一地下水評価・管理セミナーの概要は、以下のとおりである。

- 参加者：EIPH（サンチャゴ デ クーバ、UEB グアンタナモ他）6名、GEARH（サンチャゴ デ クーバ、グアンタナモ）5名、EAA グアンタナモ 2名、DPRH サンチャゴ デ クーバ 4名の計 17名
- 研修講師：Jorge Luis Blanco Blázquez、Rodolfo Bordón（ともに EIPH オルギン）
- 研修項目：地下水評価・管理のための GIS 技術の概要、地下水モデルを用いた地下水評価・管理の概要、地下水評価・管理のための物理探査技術の概要

7.5 ハバナ市プロジェクト成果発表会兼地下水開発・管理セミナー

2011 年 12 月 14 日～15 日にハバナにおいて、成果 1 から成果 3 までに係る研修を受けた GEIPI 中核技術者による発表を中心にしたプロジェクト成果発表会兼地下水開発・管理セミナーを開催した。セミナーの概要は、以下のとおりである。

- 参加者：「キ」国側 72 名（GEIPI：35 名、GEARH：29 名、INRH：4 名、その他：4 名）、日本側 9 名
- セミナーのプログラムは下表のとおりであり、セミナーのオープニングの様子が CUBAVISION で放送された他、週刊誌・通信社等からの取材を受けた。

表 7-5: プロジェクト成果発表会兼地下水開発・管理セミナーのプログラム

時間	テーマ	発表者
12月14日		
09:00 - 09:10	開会と歓迎の挨拶	Director Técnico: Jose Luis Blanco García
09:10 - 09:25	JICAからの挨拶	Representantes de JICA
09:25 - 09:40	プロジェクト紹介	Líder del Proyecto : Shigeki Kihara
09:40 - 10:10	休息	
	ブロック I : 水理地質と物理探査	

10:10 - 10:25	日本人専門家(水理地質、物理探査)による活動報告	Masatoshi Tanaka, Takuya Yabuta
10:25 - 11:00	ソラ地区における水理地質調査結果	Adán Echemendía Martínez
11:00 - 11:30	ソラ地区における物理探査の新技术の活用	Arturo Lorenzo Ferras, Rebeca Fernández, Rodolfo Bordón
11:30 - 11:50	ブロックⅠに関する討議	Moderador: Adán Echemendía Martínez
ブロックⅡ：地下水モデル		
11:50 - 12:05	日本人専門家(地下水モデル)による活動報告	Líder del Proyecto: Shigeki Kihara
12:05 - 12:30	地下水モデルの基礎	Luis Fidel Miranda Castañeda, Manuel A. Burgos García
12:30 - 13:15	水理地質調査での地下水モデル技術の活用の提案:マンザニージョ地域を例に	Jorge Luis Blanco Blázquez, Juan Jose Almira Beltrán
13:15 - 13:45	ブロックⅡに関する討議	Moderador: Arturo Lorenzo Ferras
13:45 - 15:00	昼食	
ブロックⅢ：GIS		
15:00 - 15:15	日本人専門家(GIS)による活動報告	Lei Peifen
15:15 - 15:45	GIS入門	Javier Acosta Infante
15:45 - 16:30	東部3県で構築したGIS/DB	Marcel Martínez Carménate, Carlos Luque Zayas Bazán, Jorge Luis Blanco
16:30 - 16:45	休息	
13:15 - 13:45	ブロックⅢに関する討議	Moderador: Javier Acosta Infante
12月15日		
ブロックⅣ：地下水管理		
09:00 - 09:30	地下水管理概論	Líder del Proyecto: Shigeki Kihara
09:30 - 10:30	日本から移転された技術に基づく地下水管理調査:ソラ地区を例に	Adam Echemendía, Especialistas EIPIH Camaguey,
10:30 - 10:45	休息	
10:45 - 11:45	日本から移転された技術に基づく地下水管理調査:マンザニージョ地域を例に	Claudio Pérez, Especialistas EIPIH Holguín - Granma
11:45 - 13:15	ブロックⅣに関する討議及び総合討論	Directivos y Especialistas de GEARH: Fermín Sarduy e Ibrahim Plaza
13:15 - 13:30	閉会の挨拶	Director General de Geipi: Wilfredo Laeva Armesto
13:45 - 15:00	昼食	

7.6 一般普及セミナー

2011年9月22日にカマグエイ大学において、大学、CITAと共催で一般普及セミナーを開催した。

EIPH カマグエイ (Adán Echemendía Martínez (地下水モデル)、Rebeca Fernández (物理探査)、Carlos Luke Zayas Bazan (GIS)) と CITA (Alien Pérez Santos) の技術者がモデルサイト (ソラ地区) の調査結果を発表し、20名の大学職員・学生と活発な議論を行った。

巻 末 資 料

1. プロジェクトの成果概要

1.1 物理探査概要

1 物理探査概要

1.1 物理探査調査地点

本プロジェクトのモデルサイトであるカマグエイ県ソラ地区において、日本人専門家の指導の下、EIPH カマグエイの物理探査技術者を中心とするキューバ側カウンターパートチームにより、物理探査（電気探査：二次元比抵抗探査および電磁探査：TDEM 探査）が実施された。図 1-1に調査地点を示す。

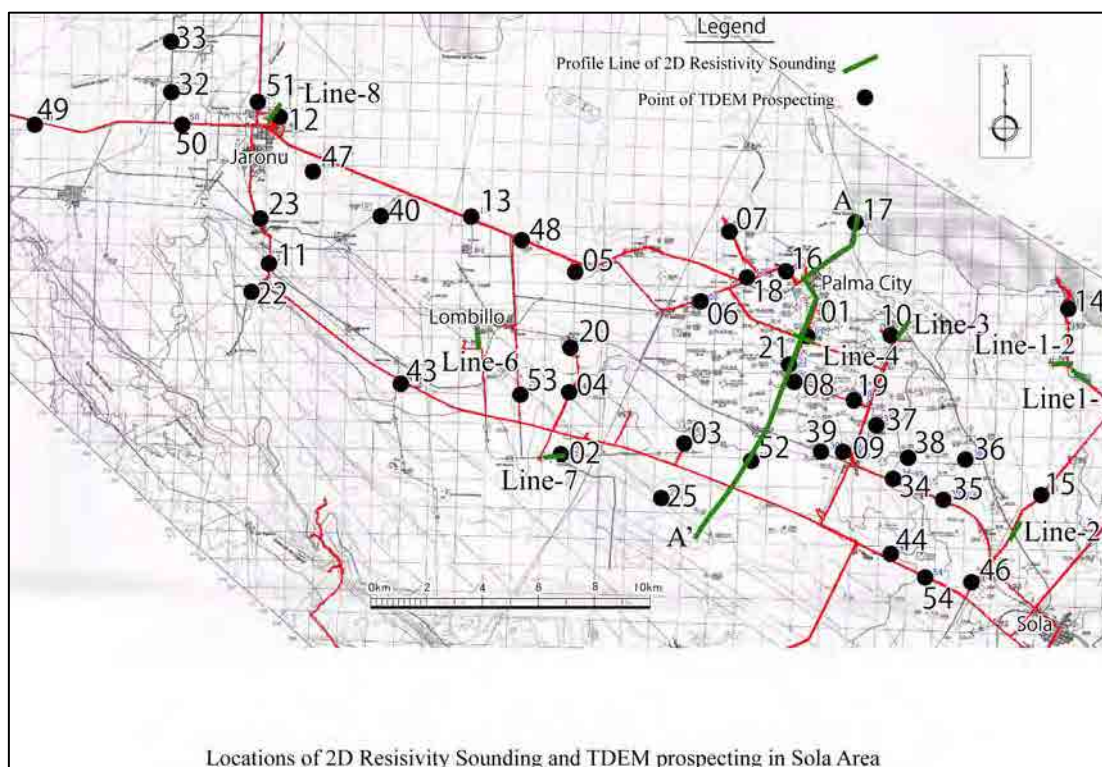


図 1-1: 物理探査調査地点位置図

1.2 ソラ地区で認められた探査手法の特徴

ソラ地区において実施した電気探査（二次元比抵抗探査）および電磁探査（TDEM 探査）について、それぞれの手法の特徴について以下に記す。

a. 二次元比抵抗探査

二次元比抵抗探査には様々な電極配置があり、目的・用途や調査環境に応じて、最も適したものが選択される。

本プロジェクトでは、比較的深い帯水層を探査の対象としていたため、二次元探査のうちでも最も大きな探査深度を得ることが出来る Pole-Pole 法が適しているものと考えら

れた。また、キューバ側技術者も Pole-Pole 法の実践経験が少ないことがプロジェクト開始時のインタビューから明らかになったため、キューバ側への電気探査の技術移転については Pole-Pole 法を中心に行われた。

- 電極を使用する電気探査においては、電極と地盤との接地抵抗が高い場合には電流が流れにくく、測定にも支障が発生することがある。ただ今回の対象地区であるソラ地区では地表付近は主として比抵抗値の小さい粘性土で覆われていることが多く、接地抵抗が比較的小さいため、測定において接地抵抗が問題となることはなかった。
- 測定環境や設置可能な測線の長さ、使用する機材の能力にもよるが、実用的には、二次元比抵抗探査の探査深度は、最大 400m 程度が現実的と言える。探査可能深度が 1000m を超える電磁探査に比べれば比較的浅い深度に向けた探査手法といえる。
- 二次元的な地下構造を把握することが出来る。断層が存在している地域、複雑な地質構造を示す地域での探査に適している。

b. TDEM探査 (Time Domain Electromagnetic prospecting 時間領域電磁探査)

- 電気探査よりも探査深度が大きい。本プロジェクトのように深部の帯水層を対象とする探査に適している。
- 電極を設置する必要がなく、電気探査に比較すれば同じ深度の探査を行う場合、より短時間で測定が可能である。
- 二次元比抵抗探査の場合、測定を実施する地点の地形によって測定値が影響を受けるため、傾斜が急であったり、凹凸が著しい地形の場合には、地形測量を実施し、解析の際に地形補正を行う必要がある。電磁探査の場合は、地形条件に左右されることはなく、地形補正も不要である。
- 高い比抵抗を示す地域においては、電磁波の減衰が大きくなる。従って、地表付近から高い比抵抗の地層が連続して分布している場合、得られる測定データの信号強度が低下して、測定の精度も低下する傾向がある。
- ソラ地区においては、比較的比抵抗値の高い石灰岩が分布しているが、特に地表に石灰岩が露岩しているような地域では、地表付近に粘性土が分布している地域と比べて、測定データが安定しない傾向が認められた。
- 垂直一次元探査であるので、二次元的に変化に富んだ構造に対しては、正しく測定することが出来ない。
- 例えば、断層の位置や規模を二次元的に把握することは出来ない。ただし、今回の対象地域のように一部地域を除いて基本的には水平に近い構造の地域では、大きな問題とはならない。

2 主測線(A-A'測線)解析結果概要

a. 測線位置

ソラ地区で実施された二次元比抵抗探査および TDEM 探査のうち、主測線である A-A' 測線の探査解析結果の概要を以下に記す。

図 2-1に探査地点の位置を示す。二次元比抵抗探査が実施された A-A'測線は、モデル地区のほぼ中央を南南西-北北東方向に縦断する。また、TDEM 探査を実施した試掘地点(JICA_01)は、この A-A'測線上に位置している。



図 2-1: 探査地点位置図

b. 解析結果

b.1 二次元比抵抗探査結果

A-A'測線で実施した二次元比抵抗探査の結果を、図 2-2から図 2-4に示す。探査解析結果によれば、A-A'測線下の断面は、地表から深度数 10m 程度は粘土層を主体とする堆積層（比抵抗値 $100 \Omega\cdot\text{m}$ 以下）からなり、その下位に石灰岩層（ $100\sim 200 \Omega\cdot\text{m}$ 程度）が分布しているものと考えられる。また、深度約 200m 以深には約 $10 \Omega\cdot\text{m}$ の低比抵抗ゾーンが分布している。この低比抵抗ゾーンは、特に海岸に近くなるにつれて顕著となっており、海水の侵入による可能性が高いものと考えられる。

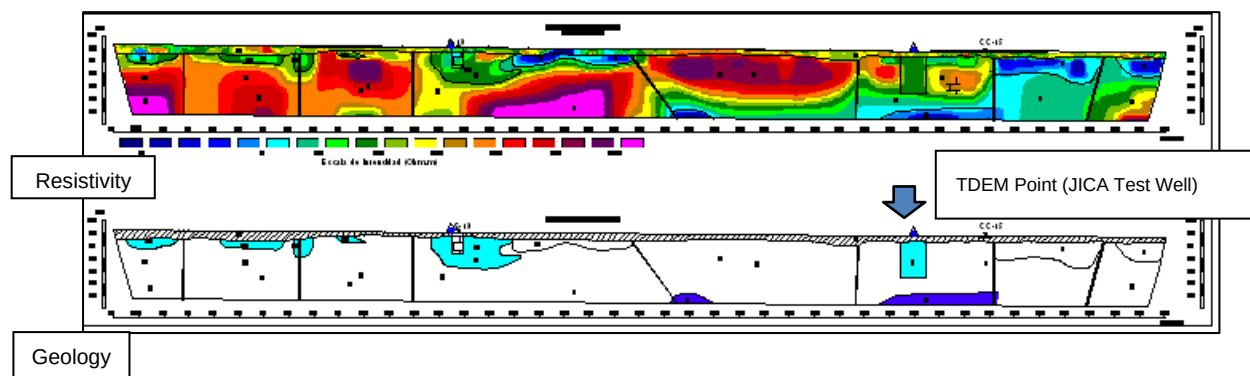


図 2-2: 二次元比抵抗探査結果図 A-A'測線 (1/3)

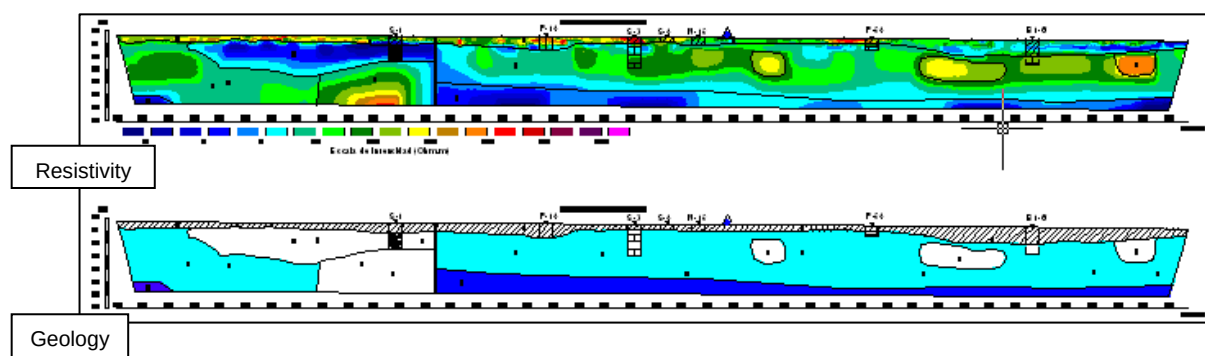


図 2-3: 二次元比抵抗探査結果図 A-A'測線 (2/3)

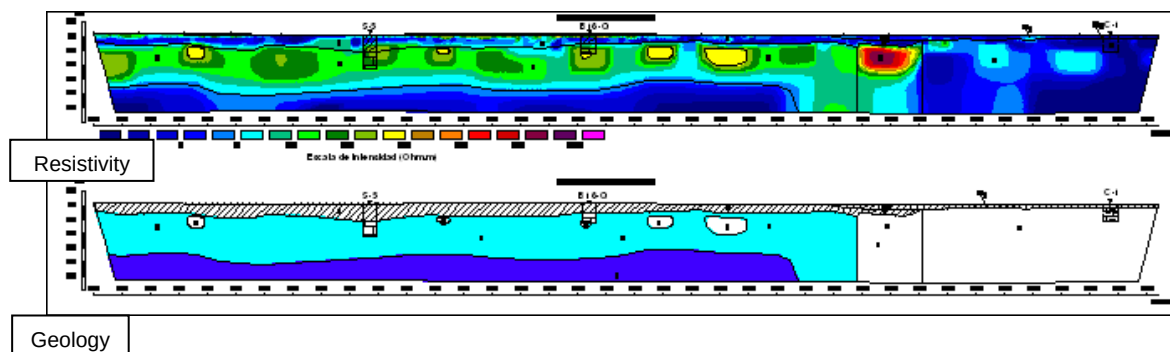


図 2-4: 二次元比抵抗探査結果図 A-A'測線 (3/3)

b.2 TDEM探査結果

A-A'測線上の JICA 試掘地点近傍において実施された TDEM 探査および解析結果を図 2-5に示す。これによれば、地表から深度 50m 程度までが粘土層、その下位に石灰岩層が分布し、深度約 200m 以深に塩水侵入によるものと考えられる $10\Omega\cdot\text{m}$ 程度の低比抵抗ゾーンが認められるという結果が得られており、上記の二次元比抵抗探査結果と一致する。

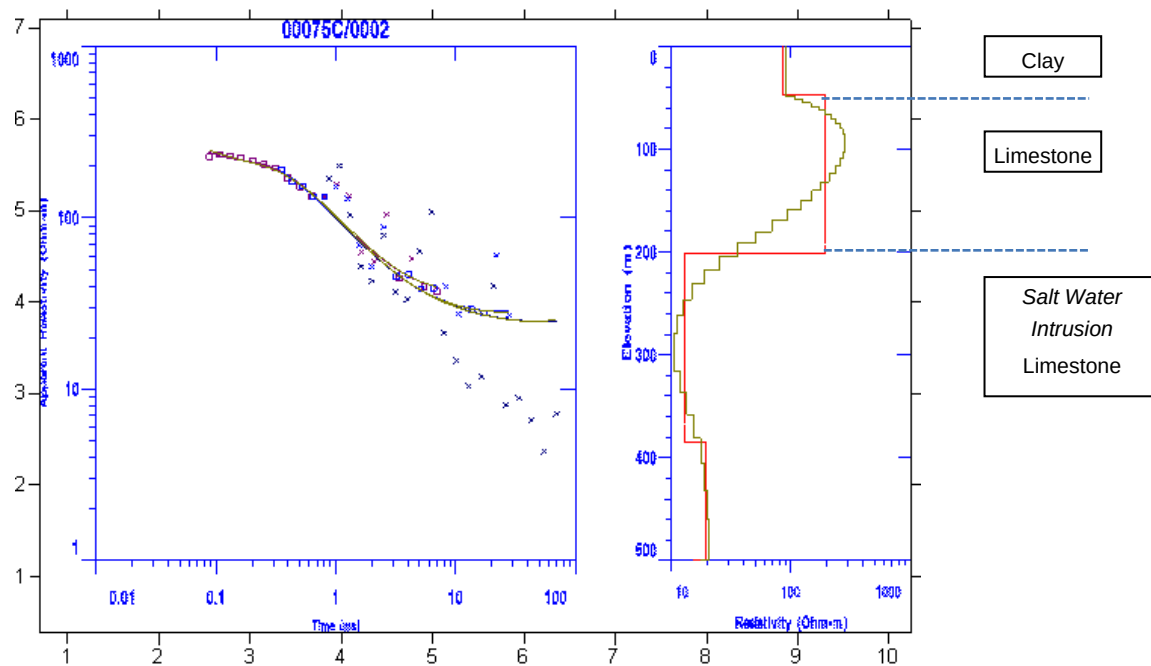


図 2-5: TDEM 探査結果(JICA Test Well Point)

3 その他の主要測線の解析結果

3.1 二次元比抵抗探査結果

前章で記した A-A' 測線以外の次の主要 4 測線の解析結果図面を、本節では示す。

- V-V' 測線及び Zone 3, Zone 8
- VII-VII' 測線及び Zone 2
- XI-XI' 測線
- XII-XII' 測線

なお、断面図上の(2)～(5)の記号は、表 3-1のとおりである。

表 3-1: 比抵抗値と推定される地質

比抵抗値 ($\Omega\cdot\text{m}$)	推定される地質状況	断面図上の記号
< 50	粘土、ローム、塩水侵入、Nuevitas 層	(3)
> -5	粘土、含鉄粘土（ラテライト、ペレット状の鉄分を含有）	
50 - 200	帯水層となる石灰岩	(2)
200 - 400	水を含まない石灰岩	(4)
> 400	空隙質石灰岩、石灰岩洞窟（鍾乳洞）	(5)

また、vir、nv、em、re は以下の地層を示す。

- vir：第四系の Villarroja 層で粘土（砂質－泥質）及び砂岩（粘土質－石英砂質－粒状物質）から成る。
- nv：始新統～漸新統の Nuevitas 層で泥灰岩（石灰質－碎屑性－塊状）から成る。
- em：始新統の El Embarcadero 層で石灰質礫岩（石灰岩、ドロマイト）、火山岩集塊岩から成る。
- re：中生界の Remedios 層群で苦灰岩、石灰岩、石灰質礫岩等から成る。

3.1.1 V-V'測線

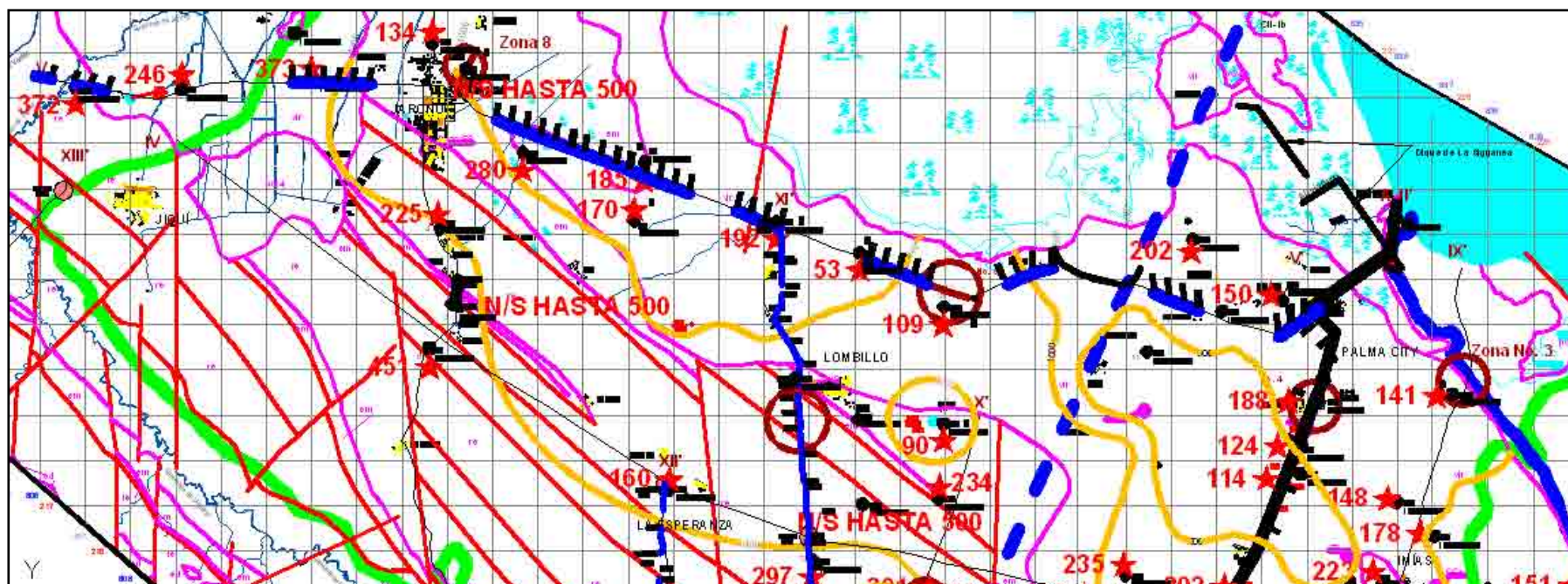


図 3-1: V-V' 測線、Zone 3 及び Zone 8 位置図

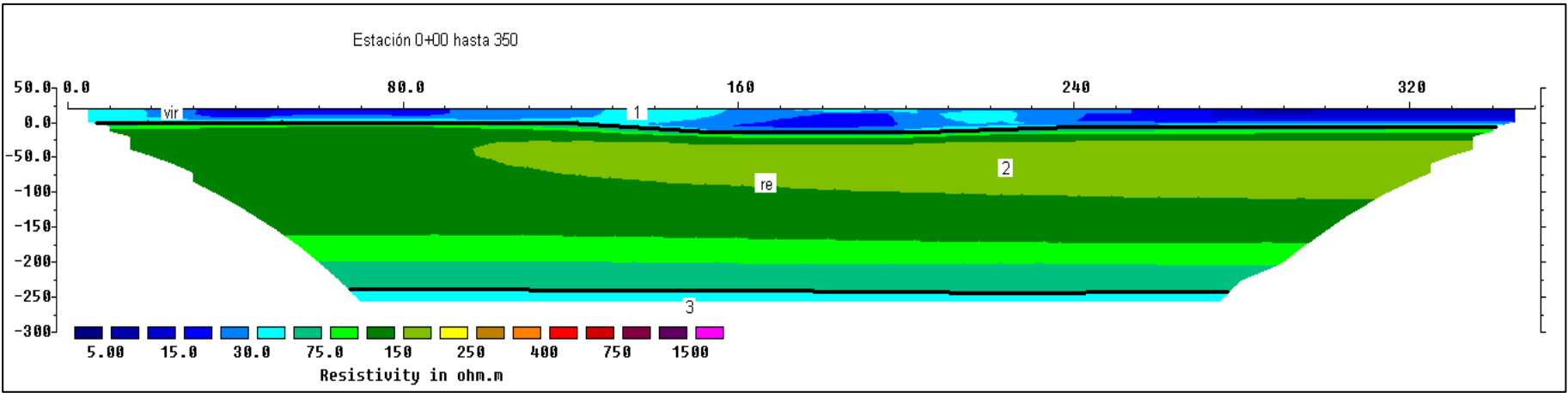


図 3-2: V-V' 測線解析図 (1/11)

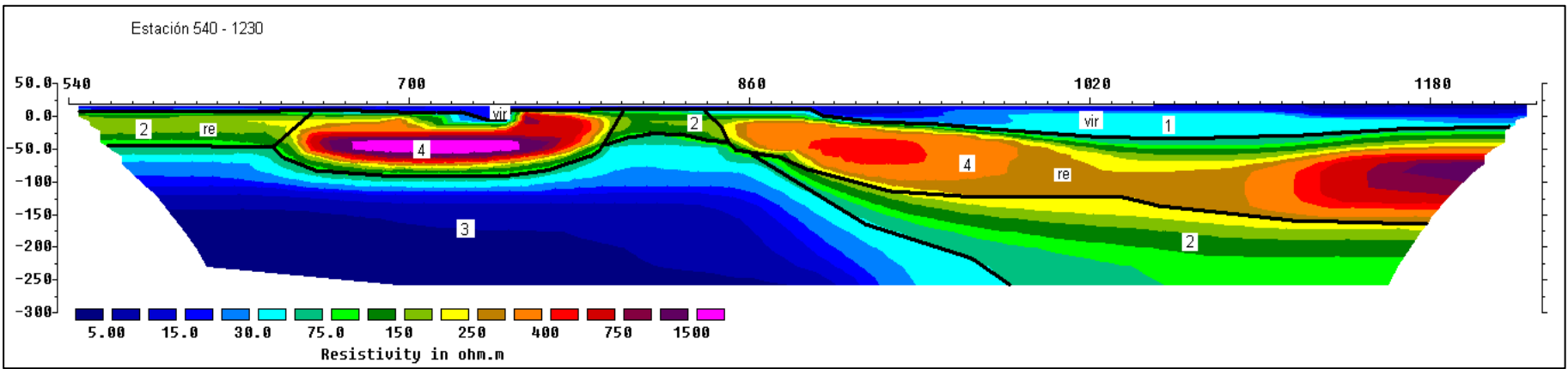


図 3-3: V-V' 測線解析図 (2/11)

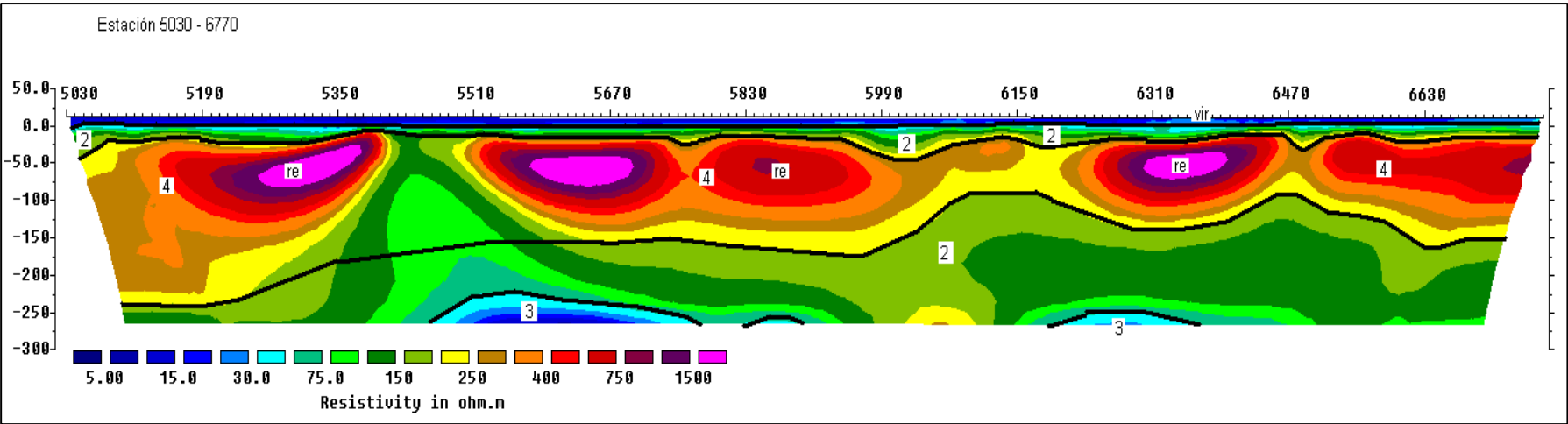


図 3-4: V-V' 測線解析図 (3/11)

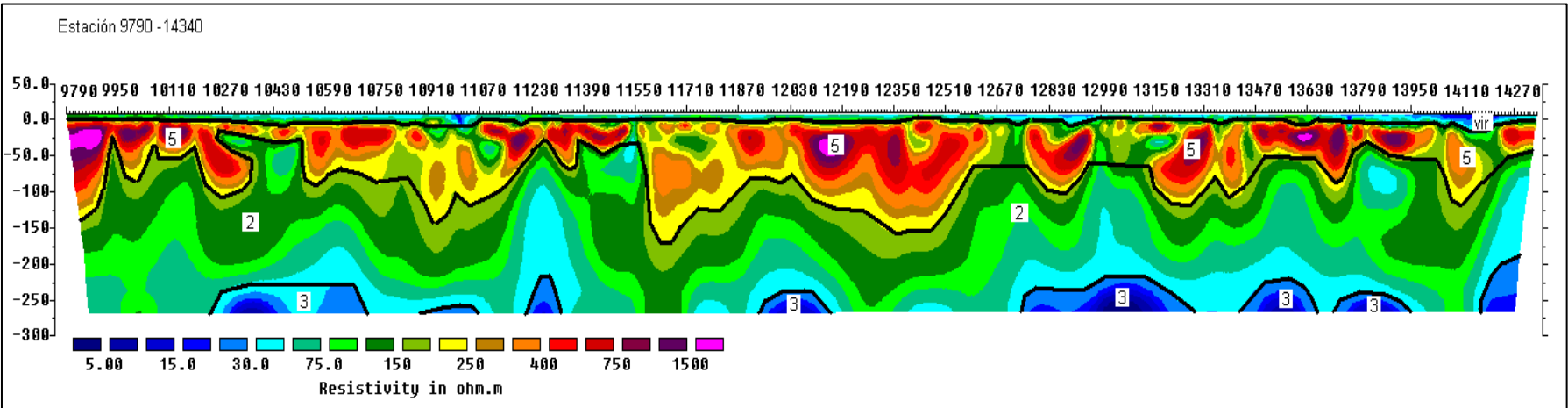


図 3-5: V-V' 測線解析図 (4/11)

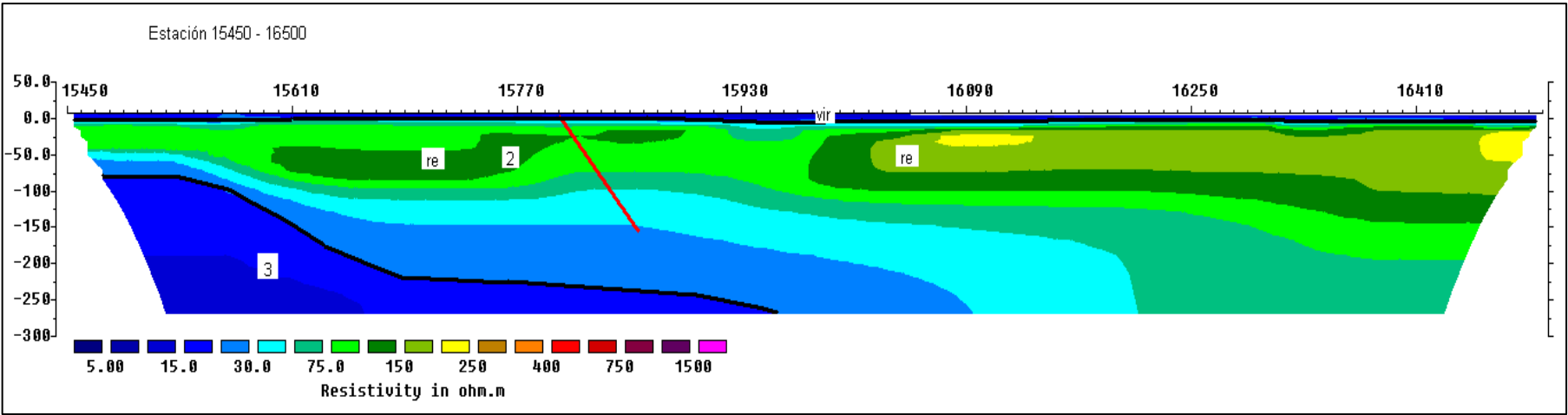


図 3-6: V-V' 測線解析図 (5/11)

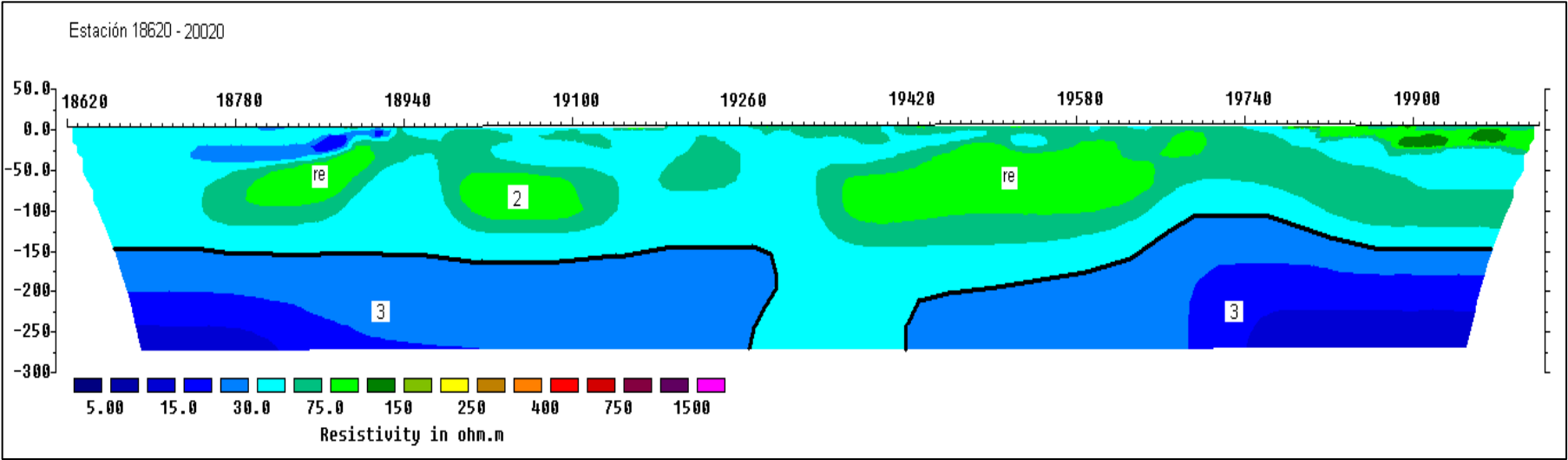


図 3-7: V-V' 測線解析図 (6/11)

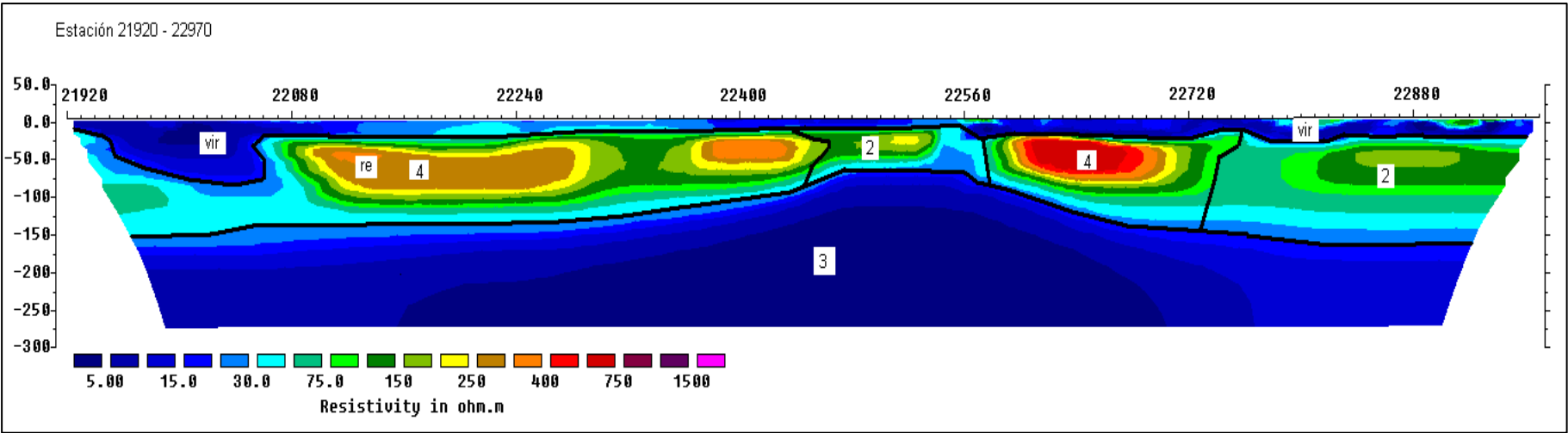


図 3-8: V-V' 測線解析図 (7/11)

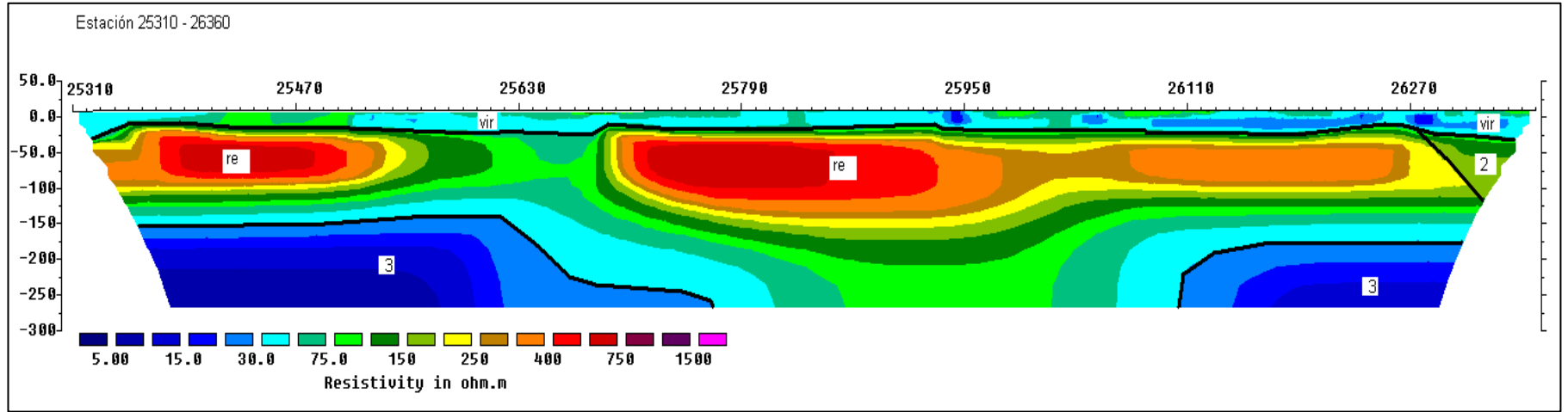


図 3-9: V-V' 測線解析図 (8/11)

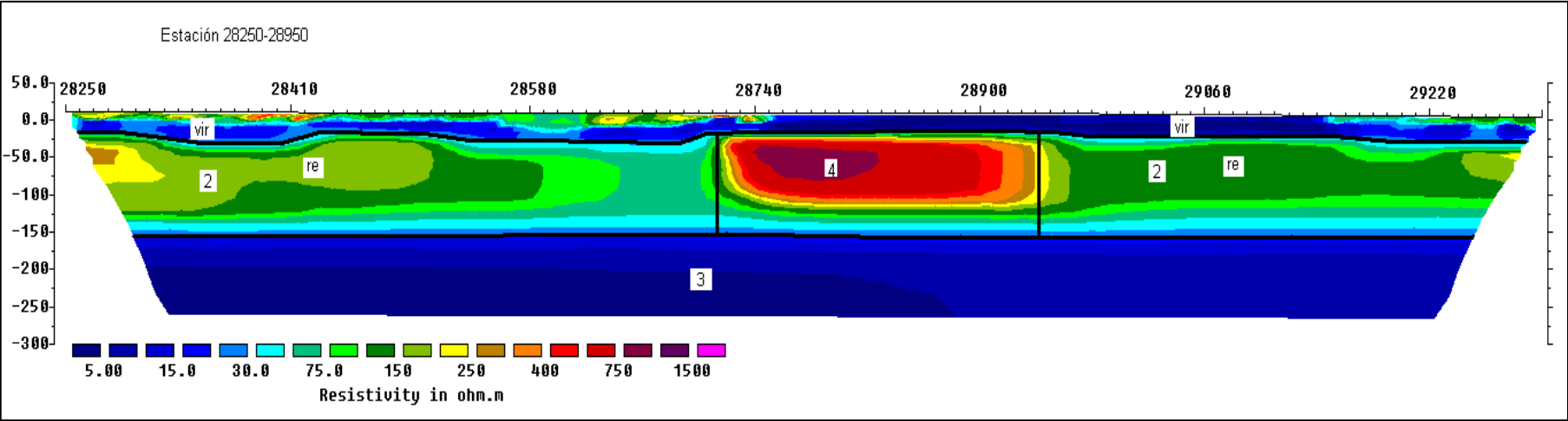


図 3-10: V-V' 測線解析図 (9/11)

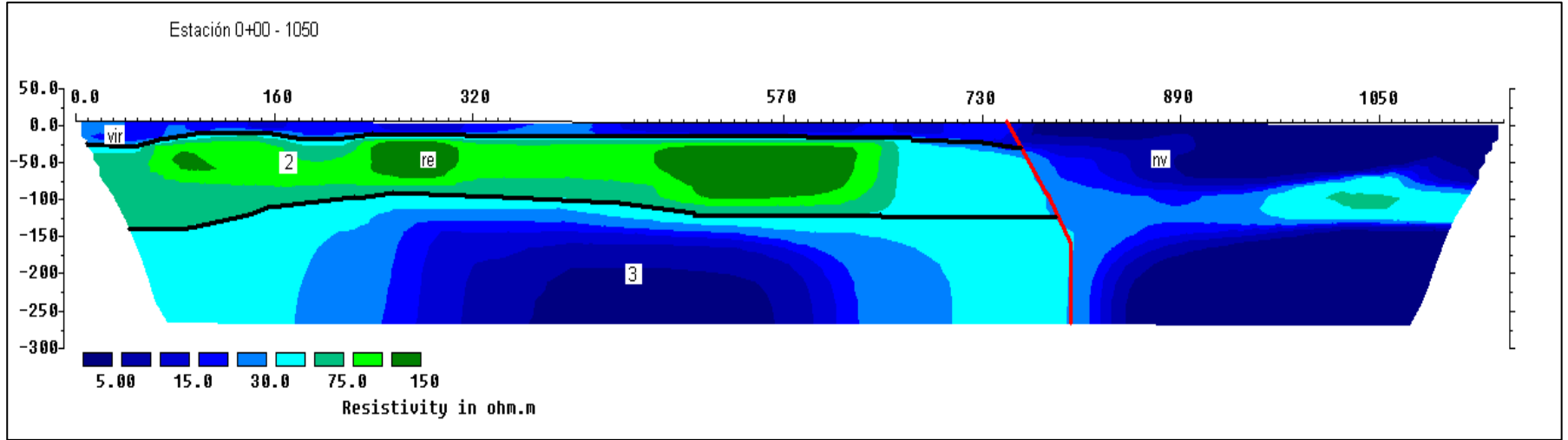


図 3-11: Zone 3 解析図

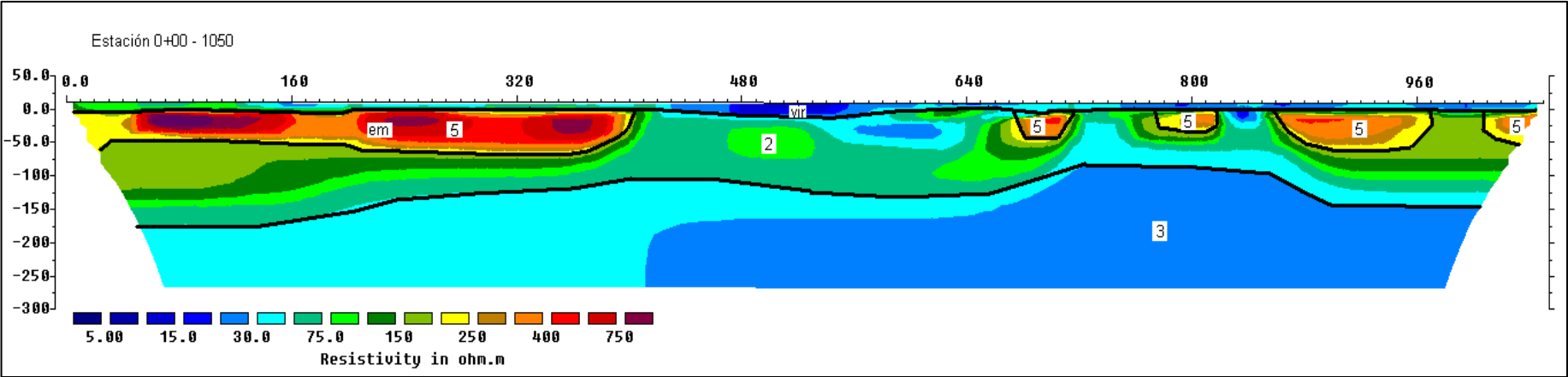


図 3-12: Zone 8 解析図

3-9



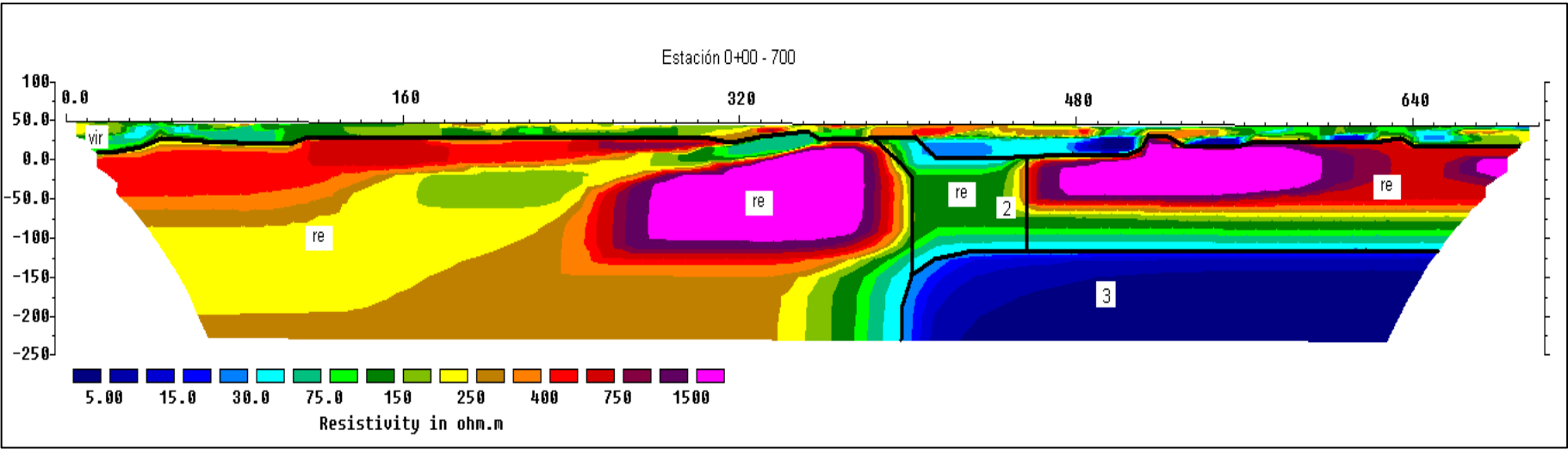


図 3-14: VIII-VIII' 測線解析図 (1/4)

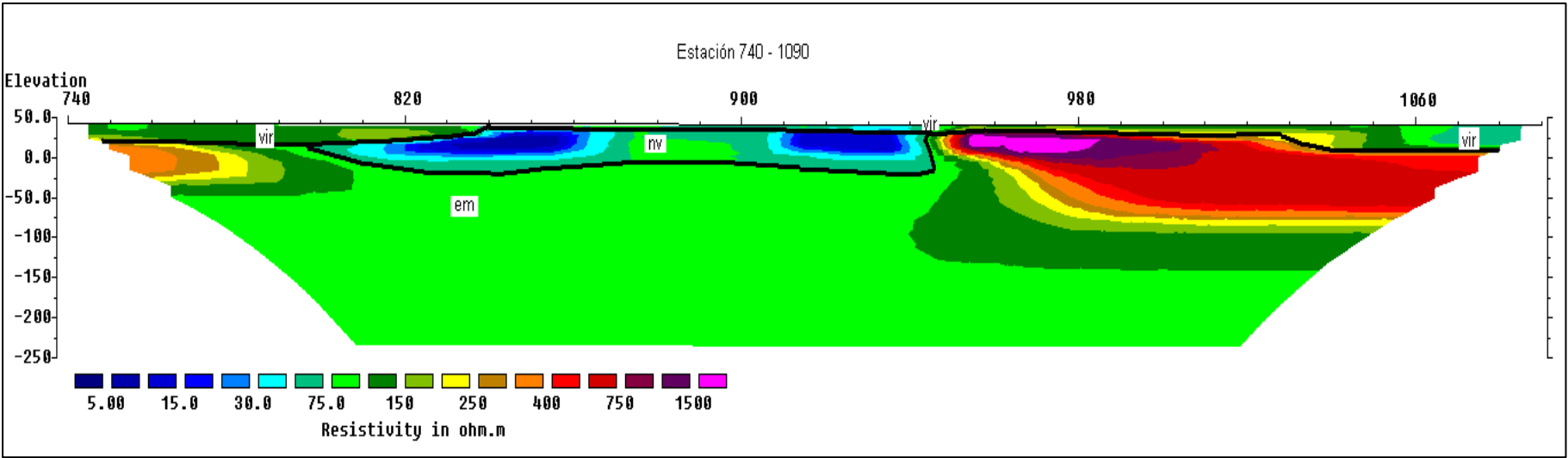


図 3-15: VIII-VIII' 測線解析図 (2/4)

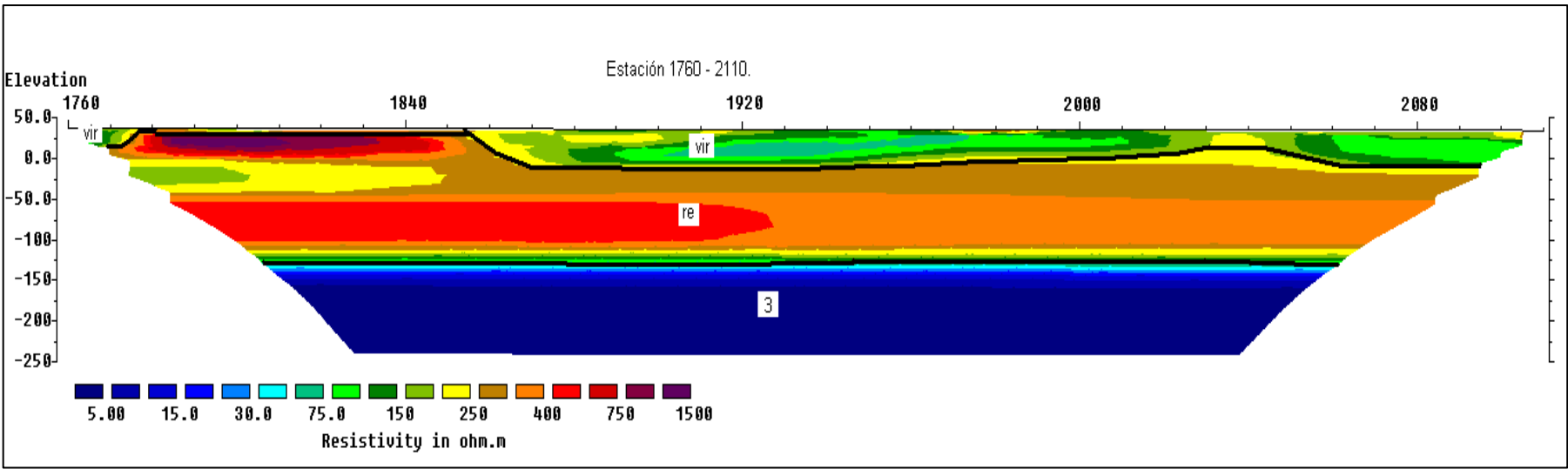


図 3-16: VIII-VIII' 測線解析図 (3/4)

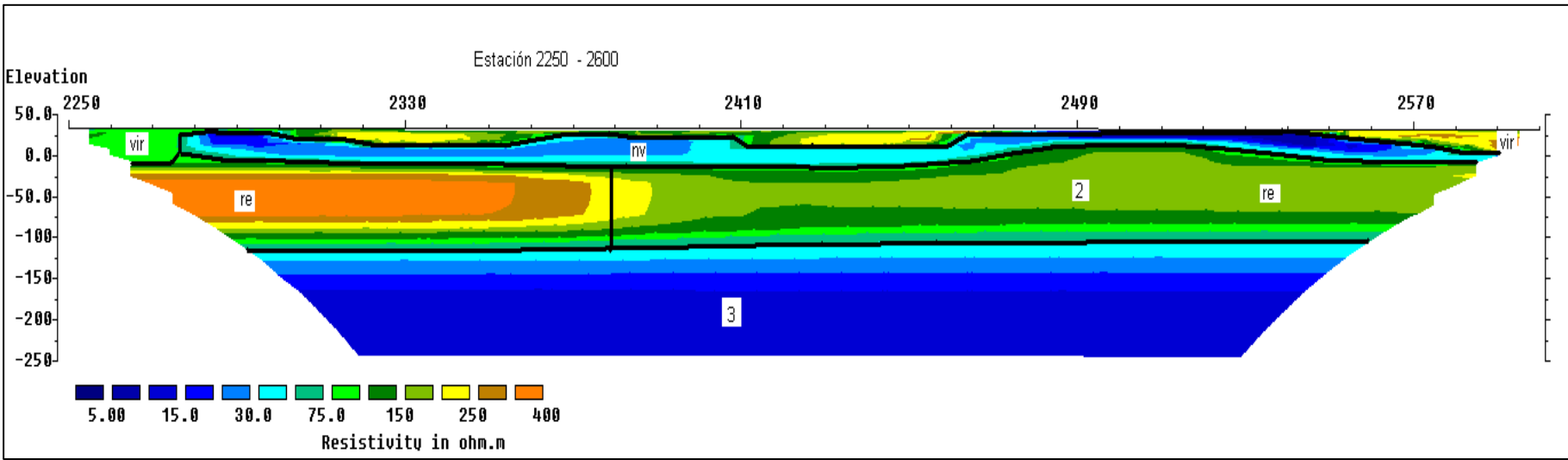


図 3-17: VIII-VIII' 測線解析図 (4/4)

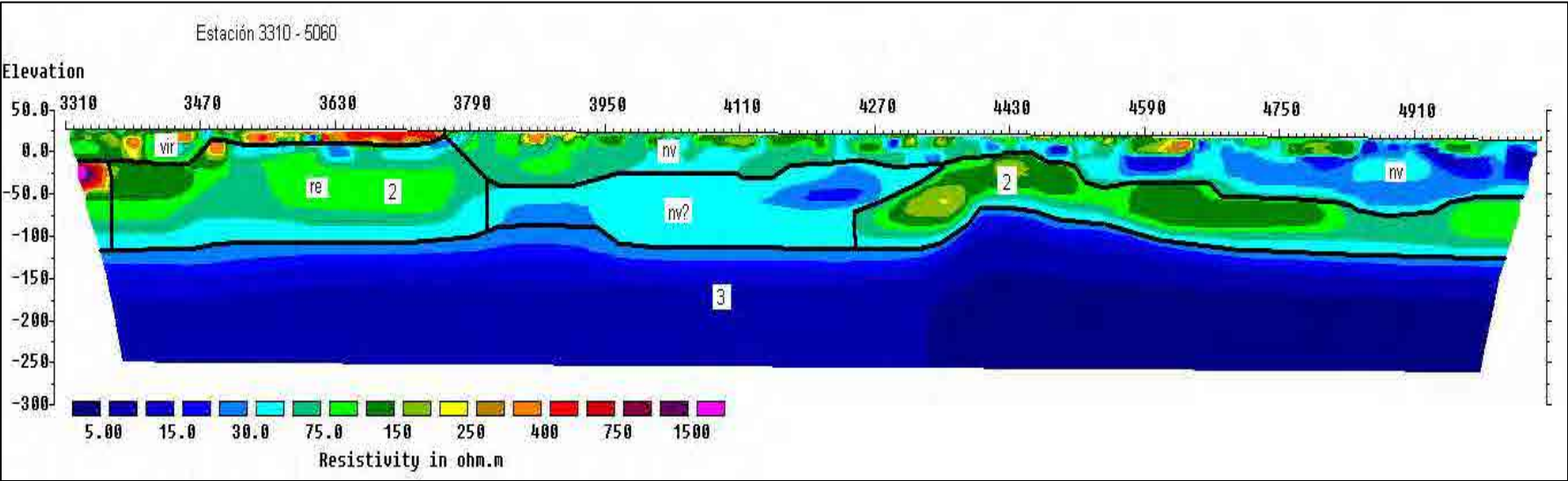


図 3-18: Zone 2 解析図

3.1.3 XI-XI'測線

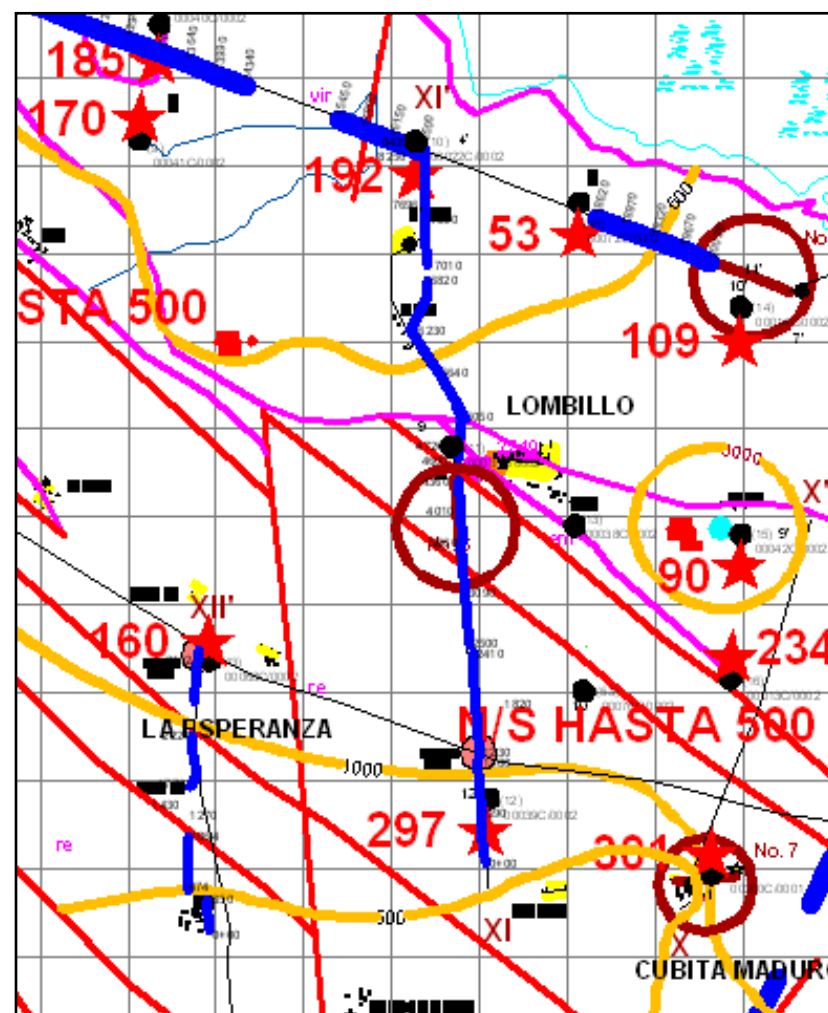


図 3-19: XI-XI' 測線位置図

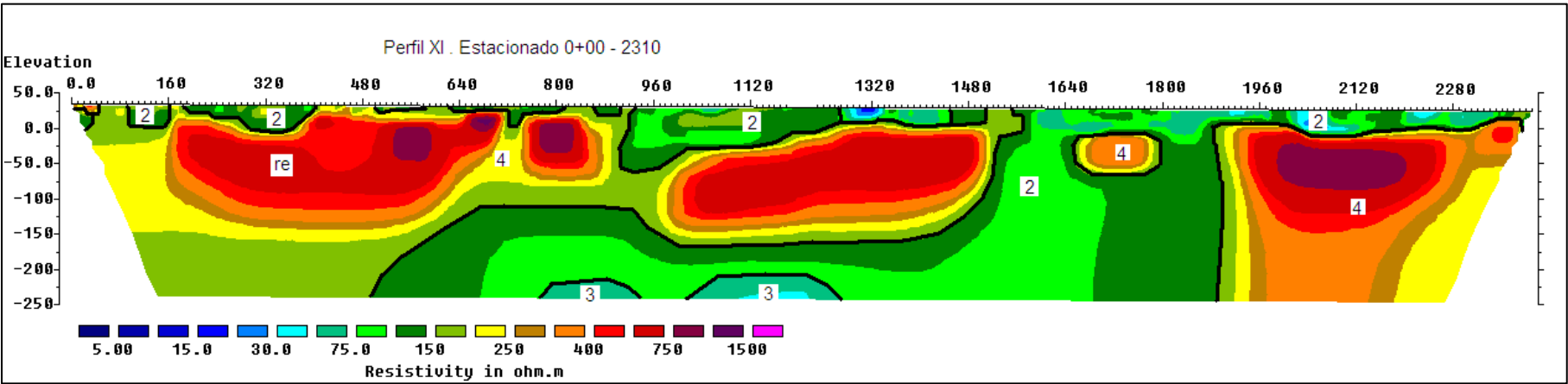


図 3-20: XI-XI' 測線解析図 (1/4)

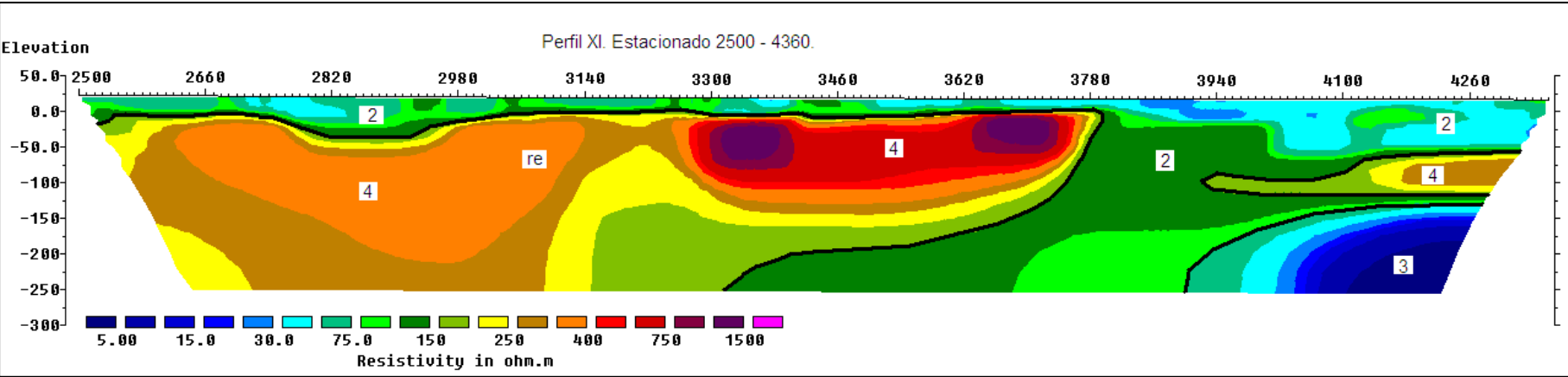


図 3-21: XI-XI' 測線解析図 (2/4)

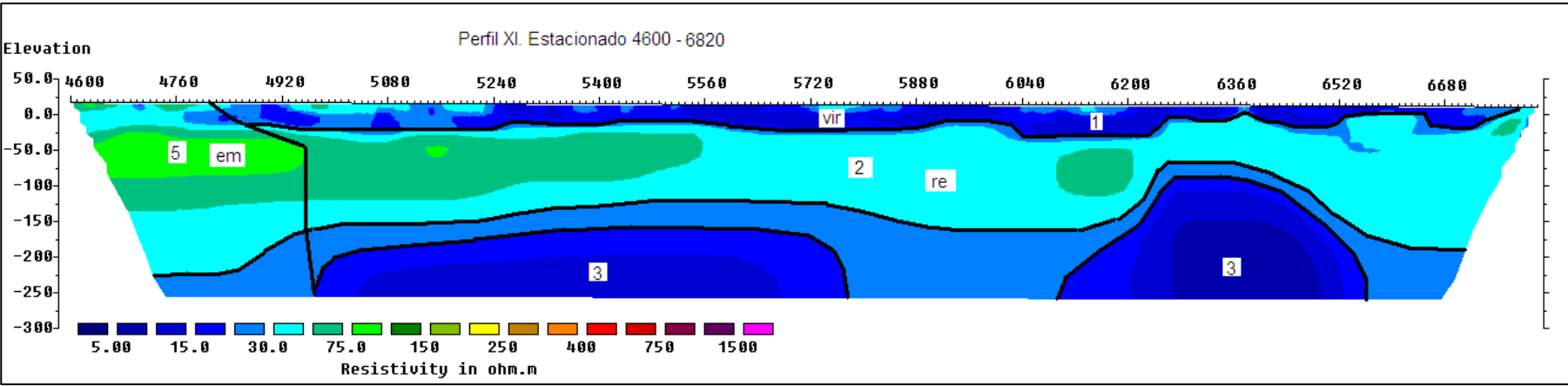


図 3-22: XI-XI' 測線解析図 (3/4)

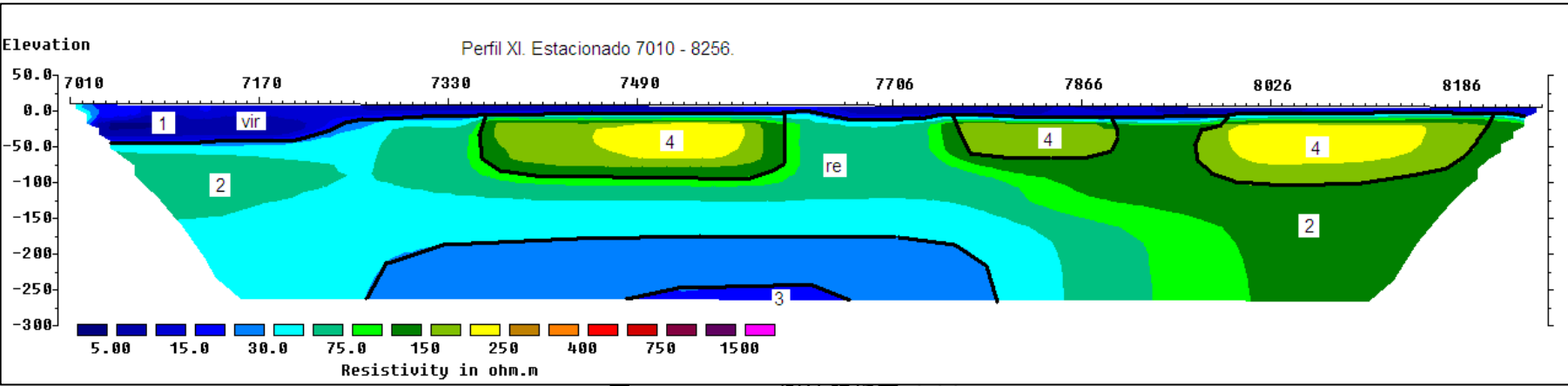
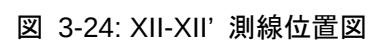


図 3-23: XI-XI' 測線解析図 (4/4)

3-16



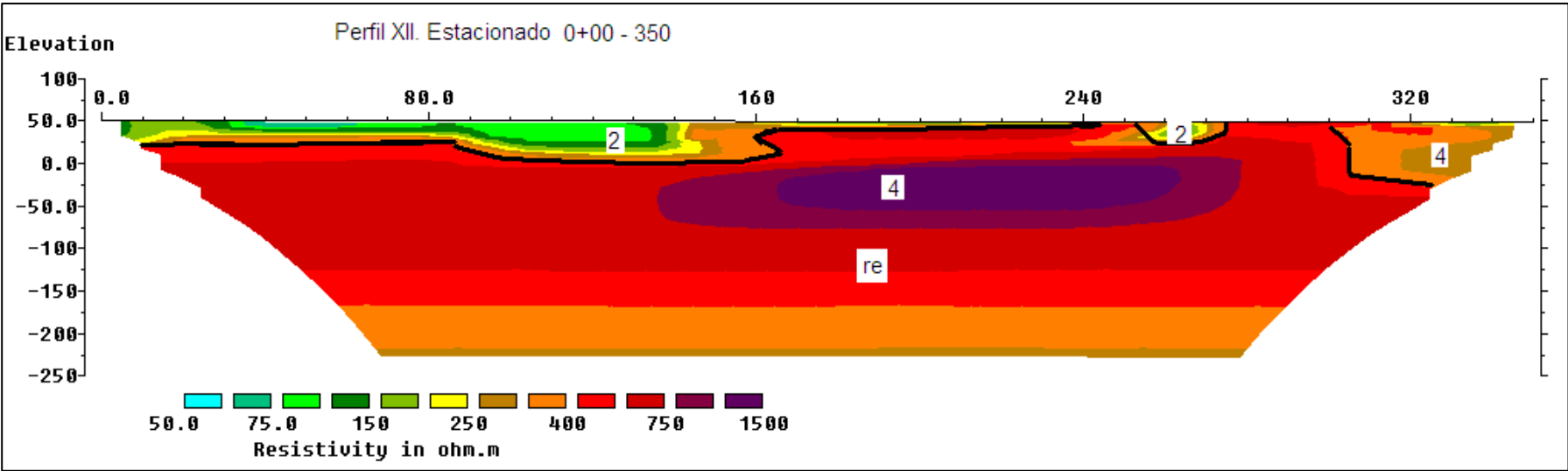


図 3-25: XII-XII' 測線解析図 (1/3)

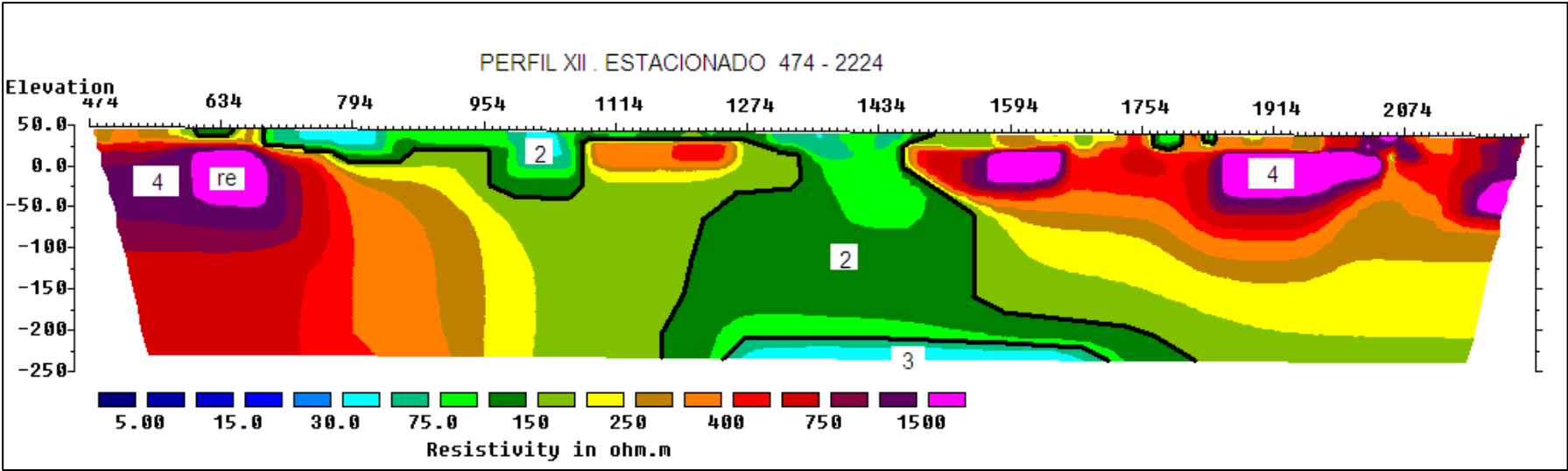


図 3-26: XII-XII' 測線解析図 (2/3)

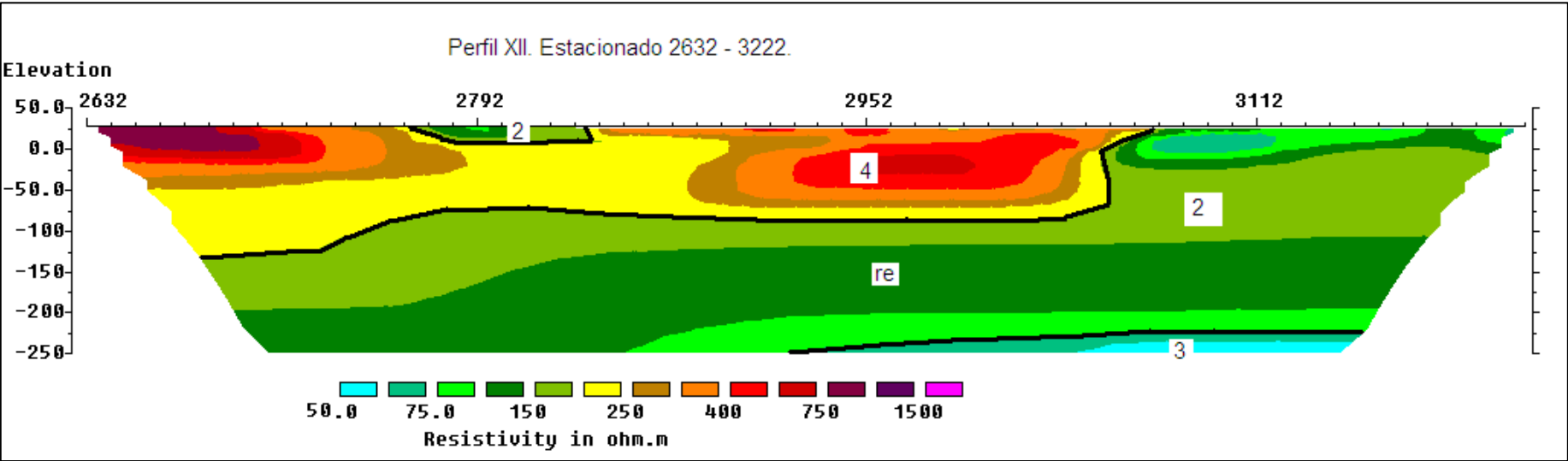


図 3-27: XII-XII' 測線解析図 (3/3)

3.2 TDEM 探査結果

TDEM 探査によってソラ地区で取得したデータを用いて作成した比抵抗断面図の例 (Profile-1～Profile-6) を以下に記す。

断面線位置は図 3-28に示すとおりである。

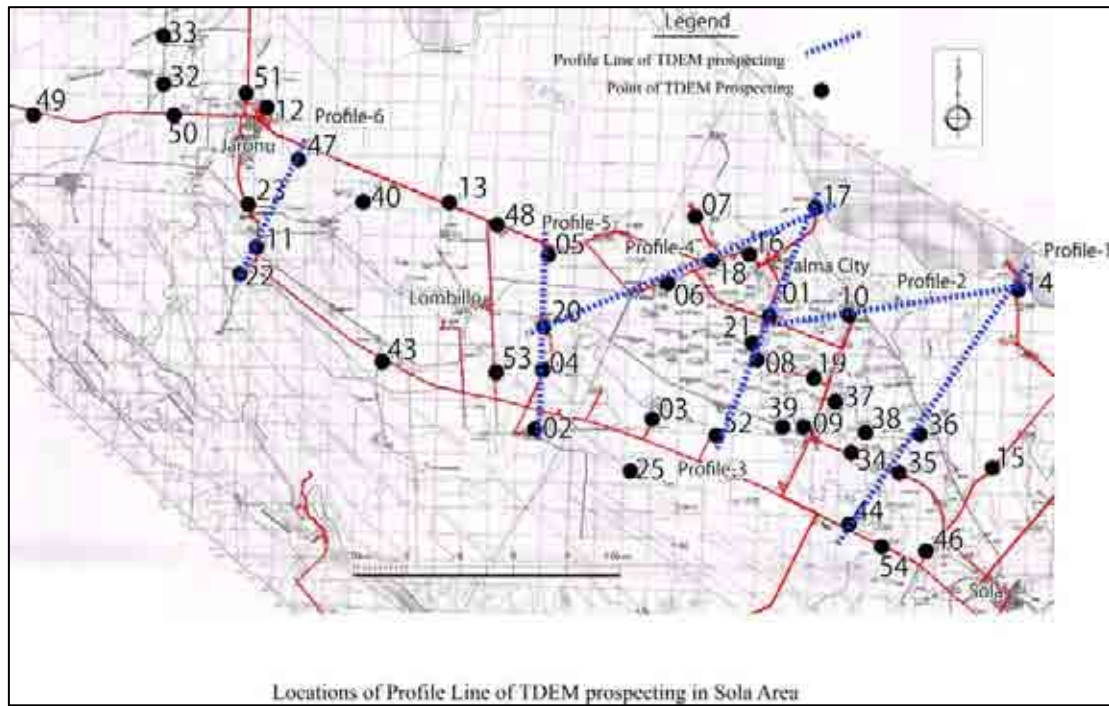
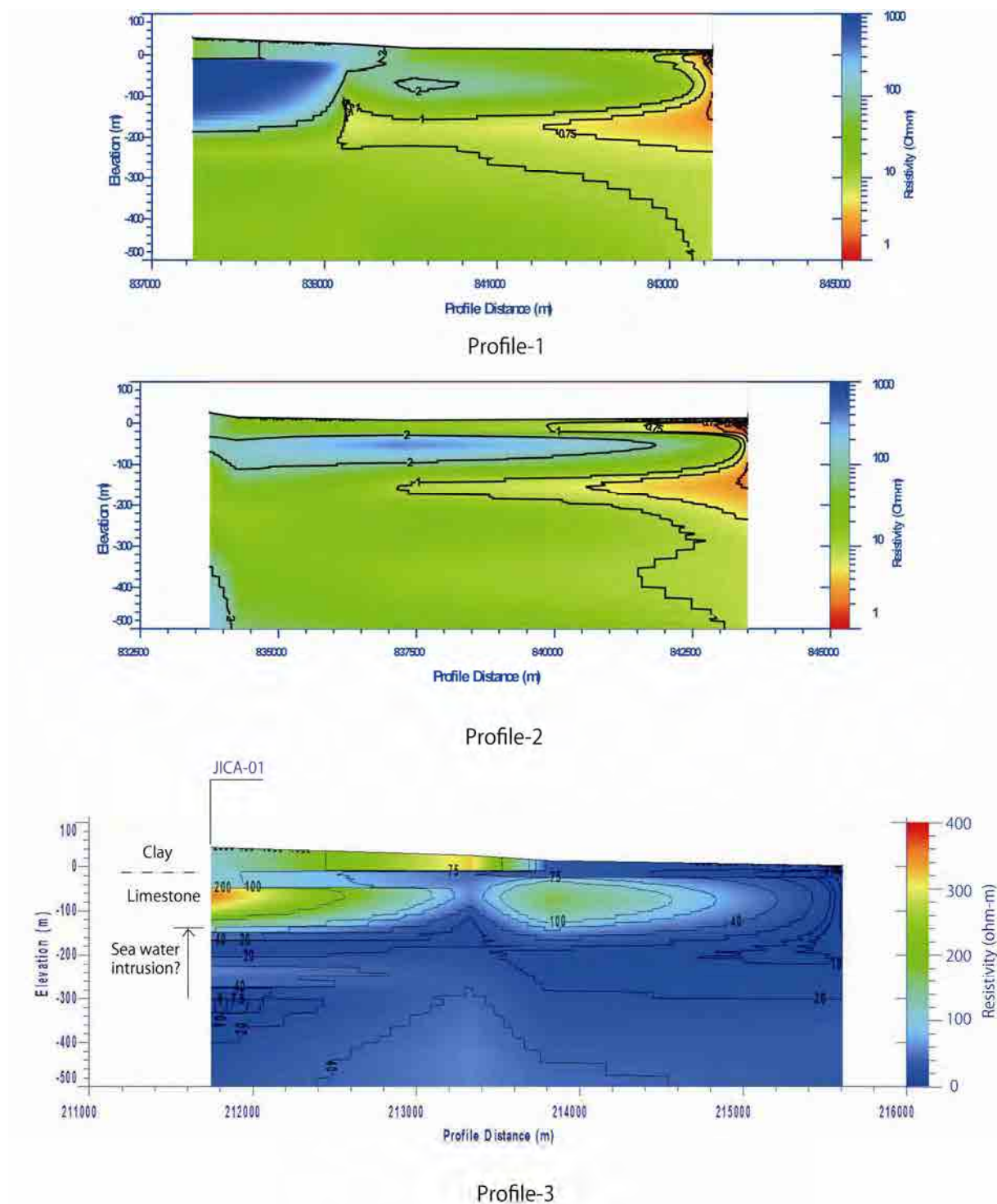
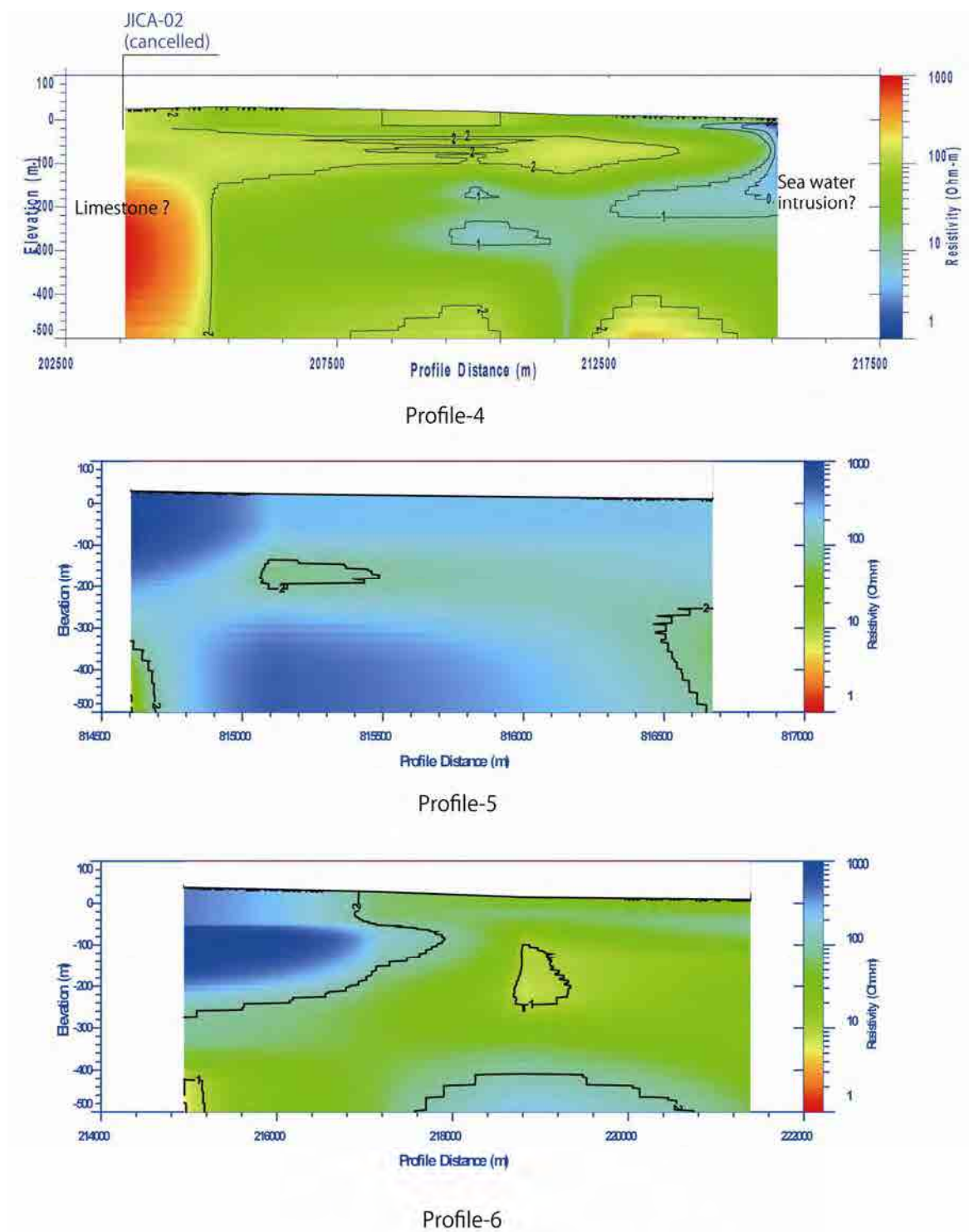


図 3-28: TDEM 探査による比抵抗断面例の断面線位置図



Result of TDEM Prospecting (1/2)

図 3-29: TDEM 探査の解析事例(1)



Result of TDEM Prospecting (2/2)

図 3-30: TDEM 探査の解析事例(2)