

1. 案件名（国名）
国名：ボリビア国 案件名：氷河減少に対する水資源管理適応策モデルの開発
2. 事業の背景と必要性
<p>（1）ボリビアの熱帯氷河の状況</p> <p>アンデス高地では古くから都市が形成され、人口が集中している。気候上降雨は少ないが、氷河からの融解水を生活、農業、発電（アンデス諸国の消費電力の約70%は氷河融解水の水力発電に依存）、工業などに利用している。世界の熱帯氷河の99%が集中する南米のアンデス高地では、気候変動によって氷河の消失が急速に進んでおり、1970年から2006年までに約30%が減少したと言われている。</p> <p>「巨大な真水の貯水庫」ともいえる氷河消失による水資源供給の減少は、これらの住民生活、経済発展に大きな影響を及ぼすと展望され、水供給不足への対策が急務である。特にアンデス高地には先住民の貧困層が多く集中しており、人口増加とあいまって、水資源となる氷河の急速な後退はアンデス諸国が抱える数百万人の貧困層に深刻な打撃を与えると懸念される。</p>
<p>（2）ボリビアにおける熱帯氷河の既存研究</p> <p>気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第4次報告書（2007年）によれば気温上昇による影響を最も受けるのは標高5,000m以上の地域と分析されており、ボリビアのアンデス熱帯氷河は、この標高に該当する。アンデス氷河の一部であるチャカルタヤ流域では最近20年間での後退の速度は3倍となり、現在ではほぼ全て消失した。</p> <p>ボリビア国立サン・アンドレス大学水理学研究所（IHH）は、1991年からフランスの援助を受け、Tuni-Condoriri流域について氷河後退の実態についてモニタリングを行ってきた。これによると91年から2006年までの平均気温は0.5℃上昇し、1956年から2006年にかけて氷河の56%が消失している。また、Tuni-Condoririの氷河は今後30年間で完全に消失してしまう可能性があると言われている。</p>
<p>（3）ボリビアのラパス市及びエルアルト市の水資源状況</p> <p>ボリビアの首都ラパス市及び隣接するエルアルト市（標高3200-4100m）は両市合わせて人口約250万人であり、周辺村落部からの人口流入により人口増加傾向にある。上下水道公社（EPSAS）は両地域に上水を供給しており、その水源は、アンデス氷河（標高5000m以上）の雪解け水を水源とするTuni-Condoriri流域及び、ミリュニ流域にあるダム、氷河の雪解け水によって涵養される地下水にその水源の多くを依存している。また、同地域の水力発電（80%が水力発電）や灌漑用水についてもアンデス氷河からもたらされる水を活用している。人口増加及び氷河からもたらされる水の減少のため、ラパス市及びエルアルト市の上水については、近い将来には供給水量が需要水量に対して不足すると展望されている。ラパス市・エルアルト市においては、貯水池の建設などにより影響の軽減に努めているが、それらはアドホックなものが多く、気候変動の影響を十分に勘案したものとはいえない。</p>
<p>（4）国際科学技術協力</p> <p>昨今、我が国の科学技術を活用した地球規模課題に関する国際協力の期待が高まるとともに、日本国内でも科学技術外交の強化や科学技術協力におけるODA活用の必要性・重要性が謳われてきた。環境・エネルギー、防災及び感染症を始めとする地球規模課題に対</p>

し、我が国の科学技術力を活用して開発途上国と共同で技術の開発・応用や新しい知見を獲得することを通じて、我が国の科学技術力向上とともに途上国側の研究能力向上を図ることを目指す、「地球規模課題に対応する科学技術協力」(SATREPS)事業が平成20年度に創設された。本プロジェクトは同事業の2009年度採択案件の一つとして採択されていることから、我が国政府の援助方針・科学技術政策に合致している。なお本事業は、文部科学省、独立行政法人科学技術振興機構(以下、JST)、外務省、JICAの4機関が連携するものであり、国内での研究支援はJSTが行い、開発途上国に対する支援はJICAが行うこととなっている。

なお、これまで日本政府及びJICAは、重点分野のひとつである「社会開発」の柱として、水分野の協力に取り組んできた。

以上の背景から、氷河の消失を考慮した水資源賦存量の分析と具体的な対策を検討するための水資源管理モデルの構築が急務となっている中、本件はSATREPS案件として採択された。

3. 事業概要

(1) 事業の目的

本研究は、地球規模課題である気候変動への適応研究として、また、ボリビア国の気候変動に伴う水資源問題の適応策の立案という要請に基づき、相手国代表機関である国立サン・アンドレス大学水理学研究所(IHH)を中心とした現地研究機関・現地政府機関と連携して、気候変動に対する水資源政策支援システムを構築し、ラパス市とエルアルト市における適切な水資源管理に資することが目的である。

(2) プロジェクトサイト/対象地域名

プロジェクトサイトは、ラパス市とエルアルト市の水源である、Huayna Potosi 西氷河およびTuni-Condoriri 氷河を源流とするTuni 貯水池流域である。

(3) 事業概要

ア. プロジェクト目標と指標・目標値

(ア) 上位目標

(気候変動に適応した水資源政策の立案に、本研究で得られたモデル、科学知見、研究成果が活用される。)

(イ) プロジェクト目標

ボリビア国ラパス市・エルアルト市における気候変動に適応した水資源政策策定を支援するシステム*が開発され、右システムをもとに情報や知見が施政者に提供され、適応策が検討される。

※システム：水資源に関する、データの収集・解析、各種モデルの運用、シミュレーションの実施、シミュレーションに基づいた情報や知見の共有、及びそれらを更新しつつ運用する体制)

イ. 成果と想定される活動と指標・目標値

(ア) 成果1：Tuni-Condoriri 氷河及び Huayna Potosi 西氷河を対象に気候変動下における氷河融解モデルが構築される。

○指標

1-1 ボリビアの当該氷河に適応可能なより正確な氷河融解モデルの開発により、2030年代までの状況が展望可能となる。

○活動

1-1 Tuni-Condoriri 氷河及び Huayna Potosi 西氷河にて、気象水文観測網を設置し、継続観測を行う。(気温、風速、放射、アルベド、比温)

1-2 MODIS や QUICKBIRD 等の衛星画像から雪氷域を把握し、氷河の後退を広域的に観

測する。

- 1-3 1-1 及び 1-2 のデータを基に既存雪氷融解モデルを活用し、より精度の高い氷河の融解量の推定モデルを開発する。
- 1-4 観測データ及び推定モデル 1-3 を基にシミュレーションを行い、実地適用及び検証を行う。
- 1-5 気候変動シナリオに基づき、氷河融解モデルを使って将来展望を行う。

(イ) 成果 2：ラパス市・エルアルト市における水文気象及び土地利用変化に伴う水収支モデルが構築される。

○指標

- 2-1 ボリビアの当該氷河に適応可能な水循環モデルの開発により、2030 年代までの状況が展望可能となる。

○活動

- 2-1 対象地域の数値地図情報データの収集ならびに作成を行う。
- 2-2 対象地域の気象データの整備を行う。
- 2-3 流域河川の上下流 2 地点において水位計の設置と流量観測を行い、水位—流量曲線を求める。
- 2-4 水位・流量観測と並行し、既存水収支モデルを活用し、降雨と氷河融解量を入力値とする水収支モデルを開発する。
- 2-5 観測データ及び推定モデル 2-4 を基にシミュレーションを行い、実地適用及び検証を行う。
- 2-6 気候変動シナリオに基づき、水収支モデルを使って将来展望を行う。

(ウ) 成果 3：Tuni-Condoriri 氷河流域と Huayna Potosi 西氷河流域における気候変動に伴う土砂侵食・移動モデルが構築される。

- 指標：ボリビアの当該氷河に適応可能な土砂侵食・移動モデルの開発により、2030 年代までの状況が展望可能となる。

○活動：

- 3-1 衛星の時系列画像を基に土砂侵食・流出データを収集する。
- 3-2 既存のモデルを基に、雪氷域における土砂侵食モデルを開発する。
- 3-3 既存のモデルを基に、土砂堆積・輸送モデルを開発する。
- 3-4 観測データ及び推定モデル 3-3 を基にシミュレーションを行い、実地適用及び検証を行う。
- 3-5 気候変動シナリオに基づき、土壌侵食・移動モデルを活用し貯水池の堆砂を展望する。

(エ) 成果 4：Tuni 貯水池における水文気象及び土地利用変化に伴う水質モデルが構築される。

- 指標：ボリビアの当該氷河に適応可能な水質モデルの開発により、2030 年代までの状況が展望可能となる。

○活動

- 4-1 分析装置を整備し、流域河川の上下流において、継続的な水質観測（濁度、水温、D0、pH、塩分、電気伝導度）を実施する。また、他からのデータ入手を行う。
- 4-2 既存のモデルを基に、貯水池と河川の水質モデルを現地に適応できるように改良する。
- 4-3 観測データ及び 4-2 のモデルを基にシミュレーションを行い、実地適用及び検証を行う。
- 4-4 気候変動シナリオに基づき、貯水池と河川の水質モデルを活用し、貯水池の堆砂を展望する。

(オ) 成果 5：ラパス市・エルアルト市における気候変動及び土地利用変化に伴う水資源総合評価モデルが構築される。

○指標：ボリビアの当該流域に適応可能な水資源総合評価モデルの開発により 2030 年代までの状況が展望可能となる。

○活動

- 5-1 各研究機関が収集・観測しているデータを集積するためのデータセンターを設置する。
- 5-2 将来の土地利用変化を展望し、政府関係者に提示する。
- 5-3 成果 1～4 のモデルを統合した水資源総合評価モデルを開発する。

(カ) 成果 6：成果 1～5 のモデルを活用し、ラパス市・エルアルト市における水資源管理情報や知見が施政者に提供され、適応策が検討される。

○指標：水資源情報が提供される。水資源管理の適応策が検討される。

○活動

- 6-1 成果 5 の水資源評価モデルに土地利用シナリオと気候シナリオを入力し、持続可能な水利用が可能な土地利用政策や水資源管理政策の策定に携わる関係者に本モデルの展望結果を提示する。
- 6-2 気候変動に対する水資源管理の具体的な適応策を現地水関係機関が検討するための科学的知見を提供する。
- 6-3 6-2 の科学的知見を基に気候変動に対する水資源管理の具体的な適応策を現地関係機関と検討する。

ウ. 投入の概要

(ア) 日本側

- ・ 専門家：雪氷、流出、土砂、水質、マネージメントの 5 グループ、業務調整（長期）
- ・ 各モデルの構築
- ・ 本邦研修
- ・ 供与機材：気象観測機器（気温、風速、湿度、長短放射、アルベド）、降雨降雪計、レーザープロファイラ、流量計、多項目水質計、データセンター構築のためのサーバー、車両
- ・ 在外事業強化費：

(イ) ボリビア側

- ・ カウンターパート（C/P）：気象・流量装置の設置および運営。水質・土砂の定期的観測。モデル運営

(4) 総事業費/概算協力額

約 3.5 億円（JICA 予算ベース）

(5) 事業実施スケジュール（協力期間）

平成 22 年 4 月～平成 27 年 3 月（5 年間）

(6) 事業実施体制（実施機関/カウンターパート）

本プロジェクトは国際科学技術協力事業案件であることから、「国内の研究部分（当該研究の専従者の人件費、国内で使用する設備・備品など）は JST が、ボリビア国での研究・調査及び研修に係る部分は JICA が受け持って実施する。

日本の研究機関は、東北大学を研究代表として、福島大学、東京工業大学が参加している。

ボリビア側の実施機関は、IHH（本件科学技術協力の直接のカウンターパート機関）。

その他関係機関として、ラパス市・エルアルト市上下水道公社（上下水道を担当）、環境水省（ボリビアの流域管理、上下水道、灌漑用水について所管する）及び開発企画省（対ボリビア ODA 事業及び気候変動についての全体調整を行う）。

(7) 環境社会配慮・貧困削減・社会開発

ラパス県北部地域は、国内でも貧困度の高い地域であるが、プロジェクト対象地域である Huayna Potosi 西流域と Tuni-Condoriri 流域には少数の村落(2~3 の村落)が存在する程度である。それら村落に対する負の影響は想定されない。

(8) 他ドナー等との連携

在ボリビア国で熱帯水河研究・調査を行っている機関は、フランスの開発研究所（IRD : Institut de recherche pour le développement）の他にカナダの国際開発研究センター（IDRC : International Development Research Centre）、デンマークはデンマーク国際開発庁（DANIDA : Danish International Development Agency）の各機関である。IRD は 1991 年より IHH と共同研究を進めており、本プロジェクトの対象地域の Huayna Potosi 地区や Tuni-Condoriri 地区において研究・調査に関連するデータの蓄積があるため活用することが可能である。IDRC と DANIDA は 2008 年から活動を始めているため、利用可能なデータの活用が可能である。

(9) その他特記事項

特になし

4. 外部条件・リスクコントロール

(1) 研究・技術開発課題に起因する不確実性

本プロジェクトでは、単なる既存技術の技術移転ではなく、これまで前例がほとんどない研究・技術開発に取り組み新システムの実証と導入準備を計画している。これらは、いずれも挑戦的な課題であることから、目標達成までのプロセスが予見できるわけではない。したがって、必要に応じ柔軟な活動計画の見直しや修正を行う。

(2) 政治情勢の不安定性

2009 年 12 月に大統領選挙が予定されている。

5. 過去の類似案件の評価結果と本事業への教訓

(1) 複数のワーキング・グループ活動を統合的に運営・管理することの重要性

上記のワーキング・グループが活動してそれぞれの成果を上げることになるが、「ラパス市・エルアルト市における気候変動に対する水資源政策支援システムを開発する。」というプロジェクト目標を達成するためにはグループを統括してまとめていくことが重要である。

また、業務調整を担当する専門家は各グループを補佐する他に、カウンターパート機関との調整を行うことになる。カウンターパート機関の IHH は現在ボリビア国内で実施されている熱帯水河後退と水資源等に関わる他ドナー機関との連絡・情報交換等で、ネットワークの構築を計画している。本プロジェクトではプロジェクト事務所が IHH 内に設置されることで、IHH の組織的な調整能力を最大限活用する予定である。

また、現在既に IHH 内には IRD のプロジェクト事務所が設置されているため、IRD より水河研究に関して蓄積されたデータ・情報の提供を受け、より密度の高い研究・調査成果を上げることが期待されている。

(2) 合同調整委員会の効果的な運営と活用の重要性

合同調整委員会を効果的に運営していくためには、初年度のプロジェクト開始後に第 1

回目の合同調整委員会を開催して、プロジェクトの目的、活動内容等を説明することで関係各機関の協力・確認を取る。なお、合同調整委員会は情報交換の一環として定期的に行われることになるが、当年度の活動内容、情報交換に加えて翌年度の研究・調査の計画の提示や業務調整などを踏まえて年度末に開催する。

6. 評価結果

(1) 妥当性

以下の点から妥当性があると考えられる。

- ア. 対象氷河の水資源としての重要性：本件対象地域の Huayna Potosi 西流域と Tuni-Condoriri 流域の氷河域は、首都のラパス市と隣接するエルアルト市の 80%以上の水需要を賄う水源となっているため氷河の後退、気候変動の諸現象は、上水、農業、工業等、首都圏の生活に直接関わってくる要因として挙げられる。ボリビア国政府は、環境水省を中核として気候変動適応策、あるいは水源対応策に取り組むべく、国家開発計画の中で水分野の諸計画実施を最優先として掲げ、計画を推進している。
- イ. 研究成果の汎用性：本研究結果は、対象氷河及び流域のみならず、他のアンデス熱帯氷河にも適用可能であり、また、ボリビア側の自立発展性にも配慮して進めることから、広い応用が期待できる。
- ウ. 日本の優位性：日本には氷河は無いものの、雪氷や土砂の流動、流域の水収支の研究は進めてきており、それら知見を本研究に活用することは可能である。また、氷河の融解のみならず、土砂や水質など水資源管理上必要な項目について研究を行う点は、これまでボリビアで行われてきた研究とは異なる付加価値である。
- エ. 関係機関などの期待：近年当該地域は異常気象により、高水・洪水が多発しており、脆弱な地理条件の下、これらの被害を受けやすい地域である。自然災害の脅威に対する関係省庁、自治体側からも本プロジェクトの成果に寄せる期待が大きい。
- オ. 政策との整合性：2. (2) に書かれているとおり、水資源の開発・管理は、「ボ」政府は重要視しており、「ボ」側政策との整合性は高い。また、2. (4) に書かれているとおり、同様に日本国政府および JICA の対「ボ」支援方針と整合性が高い。

(2) 有効性

以下の点から有効と考えられる。

- ア. ワーキング・グループの設置：本プロジェクトは、雪氷、流出、土砂、水質、マネジメントグループのワーキング・グループでチーム編成され、組織的に研究・調査が進められることになる。プロジェクトでは氷河融解の推定モデル、気候変動及び土地利用変化に伴う水循環モデル、土砂崩壊流出モデル、流域における気候変動及び土地利用変化に伴う水資源水質モデルが作成され、これらのモデルを基にして流域における気候変動及び社会環境変化に対する水資源の総合影響評価モデルが構築されることになる。

(3) 効率性

以下の点から効率的と考えられる。

- ア. 関係機関の協力：本プロジェクトは、気候変動、地球温暖化対策の一環として位置付けられているように喫緊の案件である。そのため、先行している他ドナー機関との連携を密にして、必要な情報の提供を受け、早急にプロジェクト目標達成に向けての活動が求められている。1991 年より IHH 内にプロジェクト事務所を構えている IRD 側から協力の快諾を得ていることで、既存の調査機材の利用、蓄積されたデータ・情報の提供などを活用してプロジェクトを進められることが可能であることから効率性は高い。

(4) インパクト

以下の点からインパクトはあると考えられる。

- ア. 人材育成：本プロジェクトでは、プロジェクト終了後にボリビア側が引き続いて研究・調査を出来るよう、カウンターパート機関（IHH）の若手研究員あるいは現 IHH 卒業生を対象に国内研修（大学院での研究活動）が計画されている。専門家による現地での共同研究と併せてボリビア国の研究者らの能力向上に資するものとする。また、それら人材は、将来ボリビアにおいて水管理を担う研究者となることが期待される。
- イ. データの収集：本プロジェクトでは新たに気象観測機器が設置され、気候変動、地球温暖化対策の基礎データ収集網が整備される。
- ウ. 政策面での活用：当面は、本プロジェクトにより差し迫った氷河消失（Tuni-Condoriri 氷河の消失は今後 30 年余りと展望されている）による水源流域の水資源管理、あるいは異常気象による河川水位の上昇（高水）と洪水対策、水源流域の水資源管理などで本プロジェクトが活用される計画でありこれら状況からもインパクトは高いと判断できる。
- エ. 政策面での活用：モデル策定により、ラパス市・エルアルト市における水資源管理の適応策が提案され、また、水源流域の水資源管理、あるいは異常気象による河川水位の上昇（高水）と洪水対策、水源流域の水資源管理などで本プロジェクトが活用される。その結果は、直ちにボリビア国、ラパス市・エルアルト市に対して提供され、住民に裨益する有効なプロジェクトであり、目標の達成も可能である。

(5) 自立発展性

以下の点から自立発展性が確保されると考えられる。

- ア. 体制の整備：ボリビア国側にとっては、本プロジェクトを通じて人材育成、施設規模の整備、研究体制の整備等が行われ、今後の研究活動・事業計画が推進されるものと考えられる。
- イ. 人材育成：プロジェクトの過程で、人材育成にも取り組むことで、開発された水資源モデルが長く継続的に運用されることが期待される。
- ウ. 財務面：ボリビアは、水資源の確保について重要視しており、これまで一定の予算配分を行ってきた。本研究により、ラパス市・エルアルト市の水資源確保に有効な情報・知見を提供することができれば、モデルの維持管理や各種項目の継続観測のための予算は確保できると考えられる。

(6) 実現可能性（リソース確保、前提条件）

以下の点から実現可能性があると考えられる。

- ア. データの確保：本プロジェクトで氷河融解、流出、土砂崩壊、水質の 4 つの基礎モデルを基に、気候変動及び土地利用変化のシナリオを考慮して水資源評価を行う計画であり、実施機関、関係機関から蓄積されたデータ・情報が提供される。
- イ. ボリビア側の意思：ボリビア国自身も気候変動・地球温暖化対策に積極的に取り組んでおり、本プロジェクト実施の要望が強い。そのため、本プロジェクトの実現可能性は高いと判断される。

7. 今後の評価計画

今後の評価のタイミング

- ・ 中間レビュー 2012 年 8 月頃
- ・ 終了時評価 2014 年 8 月頃
- ・ 事後評価（終了後 3 年）

以上