

**地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)**  
**研究課題別中間評価報告書**

**1. 研究課題名**

氷河減少に対する水資源管理適応策モデルの開発 (2010年4月-2015年3月)

**2. 研究代表者**

2. 1. 日本側研究代表者 田中 仁 (東北大学・大学院工学研究科・教授)

2. 2. 相手国研究代表者 Prof. Angel Alliaga (サンアンドレス大学・水理水文研究所・教授)

**3. 研究概要**

本プロジェクトの上位目標は、ボリビア国における気候変動に適応した水資源政策の立案に資することである。

具体的には、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※を開発し、このシステムをもとに情報や知見を得、適応策を検討し、それらを施政者に提供することを目的としている。その内容は、

(1) 気候変動下における氷河融解モデルの構築

(2) 気候変動と氷河後退に伴う流出モデルの構築

(3) 気候変動に伴う土砂流出モデルの構築

(4) 気候変動と流域負荷を考慮した水質モデルの構築

(5) 気候変動及び土地利用変化に伴う水資源管理適応策モデル(水資源政策支援システム)の構築

(6) 水資源管理適応策モデルを用いた将来水資源の展望および適応策の検討

の6項目である。

※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

**4. 評価結果**

**総合評価 (A: 所期の計画と同等の取組みが行われている)**

当初研究の遅れが見られたがそれを取り戻し、所期の計画と同等の取組みが行われている。今後の活動次第であるが、インパクトの大きな成果が期待できる。

個々の研究サブテーマにおいて、当初は現地住民の反対運動と供与機材に関する関税の問題もあ

り現地観測等の研究進捗状況に課題があったものもあるが、現在は全体的に順調に進展しているものと評価される。

要素モデルとなる氷河融解モデル、流出モデル、土砂流出モデル、及び水質モデルは、モデル開発と検証に必要な観測データの収集・解析と共に、当初計画通り順調に開発されている。

一方、これまでの解析で氷河の融解は水資源上それほど大きな影響は持たず、水資源供給力を想定をするには、気候変動による降水量・積雪量変化についての精度の高い予測が必要であることが明らかになったので、そこにポイントを当てた研究強化が必要と思われる。また、地下水資源に関しても情報収集を期待したい。

また、地域気候モデル（RCM）を用いた都市スケールの予測が重要と思われ、それが可能となるよう努力していただきたい。

#### 4-1. 国際共同研究の進捗状況について

研究開始当初には現地住民の反対運動と供与機材に関する関税の問題の要因により研究に遅れが生じたが、両国の研究代表者、研究グループメンバーの努力により、ほぼ当初計画の水準まで取り戻したことは評価される。

当初の計画通り、対象地域である Tuni 貯水池流域において、気象観測システム、流量観測システムを設置し、観測データが蓄積されている。また、貯水池内においても水質モニタリングシステムを設置し、データが蓄積されている。これらのデータと、既にある長期的なデータを併せて、熱帯氷河流域の融解特性、流域水循環システム、貯水池の水質構造が明らかになりつつある。また、氷河融解モデル、流出モデル、土砂流出モデル、水質モデルが開発、または改良されつつあり、モデルの検証も行われている。特に、高度の高い地域（特に、氷河地域）における研究は国内外でも実施例が少なく多くの成果が期待される。ただ、他の国際機関による研究も同時並行的に行われていることから、情報交換等を通じて、本研究を推進していくことが期待される。

「雪氷グループ」では、3D プロファイラーを使用した3次元測量が相手国研究者によって自立的に行われ、氷河インベントリー作成など、データの蓄積が進んでいる。

「流出グループ」では、WEP モデル（Water and Energy transfer Process model）による流量の変化のシミュレーション結果から、氷河の有無で影響がでる時期が異なることが解明されるなど、新たな知見が得られている。

「土砂グループ」においては、機材の盗難に遭遇したが、研究活動について住民に理解を求める

活動をローカルコンサルタントを通じて行い、再発防止に努力している。また、日本側のモデル開発も進んでおり、土砂生産においてその推計がなされている。

「水質グループ」においては、採水データを用いて水温の変化のシミュレーションを行うとともに、貯水池の水質モデルの開発も順調に進展している。

「マネジメントグループ」は4つのモデルを統合する役割がある。主な活動は研究期間の後半になされる計画となっている。ここでは対象流域の水供給予測も期待される。

一方、各グループ共に、相手国側研究者の日本側で開発されたモデルへの理解は低く、モデル開発の進捗状況の把握もあまり行われてこなかった為、両国の研究者間で進捗度、達成度およびその認識に大きな違いがみられた。モデル開発が本格化していく今後二年半の活動の中で、活発な情報共有が期待される。

現在ボリビア国では、環境水資源省の国家気候変動プログラム (PNCC: National Climate Change Program) により国家プロジェクト PRAA (PRAA: Project of Adaptation to the Impact of accelerated glacier retreat in the Tropical Andes) が実施されており、本プロジェクトとの連携が期待される。

成果発表、リテラシーについては、論文数（国内（和文）誌 21 件、国際（欧文）誌 6 件）、口頭発表（国内会議 66 件 国際会議 22 件）共に数が多く、国際的発表がされている。また、アウトリーチの一環として、ラパス市で、相手国研究者が水関連機関を対象に勉強会 GRANDE Cafe (G Cafe) をこれまでに計 5 回主催した。また、「GRENDE ニュースレター」を四半期毎に発行、学生を含めた研究活動を紹介しており評価される。

#### 4-2. 国際共同研究の実施体制について

本プロジェクトを契機にボリビア研究者との関係が構築されるなど準備不足な点もあり、国際共同研究開始当初は、両国研究者間の意思疎通は円滑とは言えなかった。

特に、英語を話す相手国研究者が少ないことから、円滑なコミュニケーションに苦勞している。対策として、ボリビア人留学生の相手国とのコミュニケーションの橋渡し役としての活用を開始している。

一方、日本側研究機関である東北大等においては、東日本大震災による研究室の損壊に見舞われ、研究室の再構築に一年弱を要するなど、国際共同研究の推進に大きな影響が出たが、5つの研究グループを束ね、且つ、研究に対する考え方の異なるボリビア国との調整に尽力し、ほぼ予定通りの成果を出した。両国研究代表者の強いリーダーシップは評価される。

また、本プロジェクトでは、ボリビア側の研究能力の不足に問題があるが、ボリビアの留学生

を積極的に受け入れており、相手国の人材育成についての貢献も大きいと言える。今後は研究への理解を深め、観測だけでなく、データ解析、モデル開発の技術移転が必要となる。その為、研究者同士の往来を増やし、現在行われているモデルセミナーなどを通じてのより高度な技術的支援が期待される。

本プロジェクトの成果を活かす為にはボリビア国内の関係機関との連携が必要不可欠である。相手国研究者の主導により、「マネージメントプラットフォーム」が2011年に設立され、これまで4回、社会実装を担う関係諸機関（環境水資源省、国家気候変動プログラム、上下水道公社（EPSAS）との情報交換が行われてきている。今後とも当該機関との連携をさらに強化されていくことが期待される。

尚、国際共同研究はコンプライアンスに基づいて実施されている。

#### 4-3. 科学技術の発展と今後の研究について

本プロジェクトでは、最先端のモニタリングとモデリングを通じて、気候変動による氷河縮退後の水資源供給力を的確に見積もることを基礎として水資源適応策モデルを提示することとしている。従って、水資源供給力として最も影響が大きい降水・積雪量の変動を精度良く見積もる方向で研究が強化されるよう期待される。

対象流域圏における水供給量評価と、都市全体スケールでの水需要の予測評価のスケールミスマッチについては検討してもらいたい。

地域レベルにダウンスケールした気候モデルの結果を基にした降雨量等の予測・評価及び、必要とされる水質予測の精度、成果の活用についても検討してもらいたい。

本プロジェクトが目指す具体的な社会実装は、ボリビア国において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、科学的知見、研究成果が活用されることであり、これが達成できれば相手国の水資源政策立案に大きく貢献することになる。

また、ボリビア国では現在、米州開発銀行（IDB）支援の下 ①上下水道都市マスタープランと ②都市部の多目的水源計画が作成されているが、本プロジェクトの成果はどちらの計画にも関係している為、今後も、データやモデルの精度などについて当該機関とも情報交換し、連携が行われる事が期待される。

モデルに関しては、現にボリビア国には他国の支援により様々な水需要モデルが混在しているが、すべてブラックボックス型であり、長期的に使用できないのに対し、本プロジェクトで構築

するモデルはオープンソース型であり、パラメーターを状況に応じて変更できるのが特徴となっている。そのために、従来型のモデルよりも高度な理解が必要となり、モデルの構造を理解している人材の確保、育成が鍵となる。本プロジェクトで育成された人材を活用することで、ボリビア国の科学技術向上に大きく貢献することを期待する。

#### 4-4. 持続的研究活動等への貢献の見込みについて

本プロジェクトで構築されたモデルがボリビア国の水資源政策に活用されるためには社会的変化とそれによる水の需要の変化を把握する必要がある、ボリビア国の行政機関上下水道公社 (EPSAS) との連携強化が重要である。引き続き関係機関間でのネットワーク強化が期待される。

データ観測、モデルの研究活動が持続的に行われる為には本プロジェクトで育成した8名の留学生の活用が鍵となる。UMSA 学長より、優秀な人材を活用できるよう、柔軟に対応するとの言及があった。プロジェクト終了後に留学生が何らかの形で水資源管理の研究・施策立案に関わる仕組みを考えておくことが期待される。

また、マニュアルの作成や水管理計画の支援システムなど、最終的な社会実装の方向を見据えての取りまとめが期待される。

プロジェクト終了後の資金調達に関しては未だ明確ではないが、終了時までには、具体的にどのように持続的な研究活動等へ貢献するかを検討してもらいたい。

#### 4-5. 今後の課題と要望事項

- 1) 地域気候モデル (RCM) を用いた都市スケールの予測が可能となるよう努力していただきたい。
- 2) とくに降雪、積雪量の予測精度の向上が大きな課題であり、GCM のダウンスケールも含め早急に方策を示していただきたい。
- 3) 対象流域圏における水供給量評価と、都市全体スケールでの水需要の予測評価のスケールミスマッチについて検討してもらいたい。
- 4) 残り2年半の間に、本プロジェクト成果をどのようにボリビア国の水資源政策に反映するか、その道筋を明確にしていきたい。
- 5) モデルの誤差を最小限にする技術開発を期待したい。
- 6) 水資源予測に関する供給サイドのしっかりした予測モデルを完成させていただきたい。
- 7) 地下水資源に関しても何らかの情報収集を期待したい。
- 8) 社会実装を担う関係諸機関 (MMaYA, EPSAS, PNCC, IHH-UMSA, IIS-UMSA) との一層の連携強化を期待したい。
- 9) モデルについての技術移転を加速すべく、両国研究者間の交流をさらに増やしていただきたい。

い。

- 10) データカタログや各モデルマニュアルを発刊することにより世界に本プロジェクトの研究成果が公開されるよう期待する。
- 11) 本プロジェクト終了後も日本の若手研究者と相手国側研究者が継続して研究に携わることができるような環境作りにも配慮して今後の共同研究を遂行していただきたい。

本プロジェクト終了まで、残された課題も念頭におき、引き続き国際共同研究がすすめられることを期待する。

以上

| 付随的成果                      |   |
|----------------------------|---|
| 日本政府、社会、産業への貢献             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・現地や日本で、行政機関などを対象に、研究成果のセミナーを開催し、多数の参加者を集める</li> <li>・水資源問題の重要性と解決の方向性に関する一般的な資料映像を2本以上作成し、日本ボ国双方での公開と啓蒙を図る</li> <li>・大学生、高校生への水環境技術のアピール</li> </ul> |
| 科学技術の発展                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・熱帯氷河の後退に関するモニタリング</li> <li>・氷河後退が水資源に及ぼす評価</li> </ul>   |
| 人材育成                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ボリビア側：修士または博士の学位の取得者数(目標:6名)(日本で開発されたモデルの改良、ボリビアの流域への適用、将来の水資源展望にボリビア側研究者が携わることにより、持続的な水資源政策の立案を担う人材の育成を目指す)</li> <li>・日本側の若手研究者の人材育成</li> </ul>    |
| 知的獲得、国際標準化、生物資源へのアクセスデータ入手 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・共同研究を通じて得られた知的財産についての特許の取得数(→本件では該当なし?)</li> </ul>  |
| その他(提言書、論文、マニュアル等)         | 国際誌掲載(雪氷:3本, 流出3本, 土砂2本, 水質2本), スペイン語モデルマニュアル作成   |
| 技術及び人的ネットワークの構築(相手国含む)     | <ul style="list-style-type: none"> <li>相手国側:水道計画マスタープランへの科学的知見の提供, PRAA技術提供</li> <li>日本側:氷河ネットワーク, 氷河モデルネットワーク構築</li> </ul>   |

(注)プロジェクトサイトは、ラバス市とエルアルト市の水源(の一部)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( )内は、実績値。

## 上位目標

(ボリビア国において) 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、科学的知見、研究成果が活用される。

研究内容・成果がボリビア政府、地元自治体などに認められ、ボ国内での活用・普及への道筋が明らかになる

## プロジェクト目標

ボリビア国ラバス市・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、この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

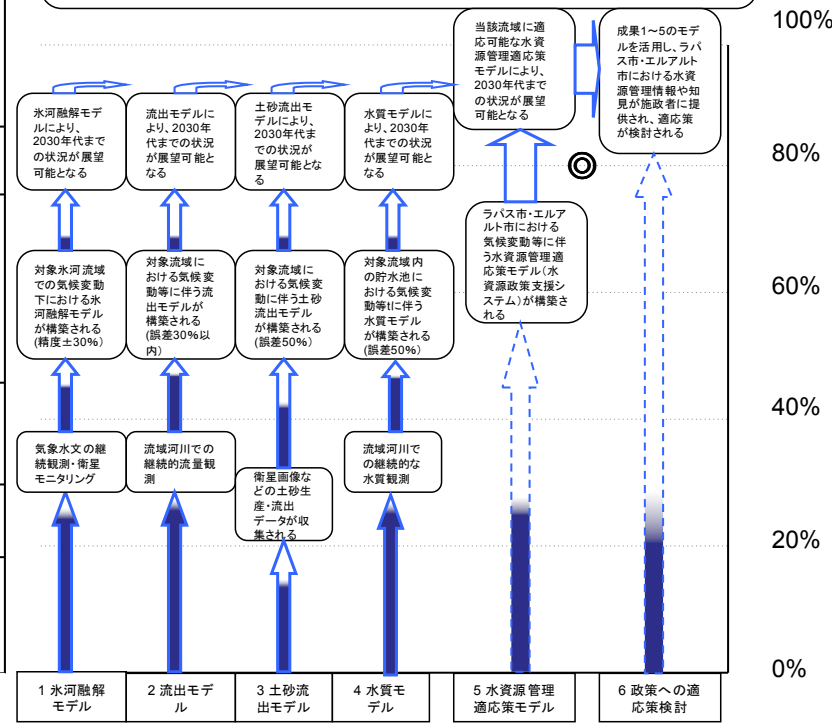


図 1 成果目標シートと達成状況 (2012年12月時点)