

地球規模課題対応国際科学技術協力

(環境・エネルギー研究分野「気候変動の適応又は緩和に資する研究」領域)

「氷河減少に対する水資源管理適応策モデルの開発」

(ボリビア)

平成 25 年度実施報告書

代表者：田中 仁

東北大学大学院工学研究科・教授

<平成 21 年度採択>

1. プロジェクト全体の実施概要

本プロジェクトは、地球規模課題である気候変動への適応研究、また水資源政策の立案支援というボリビア多民族国の要請にしたがって、氷河後退に対する水資源適応策の立案に資するシステムの開発を目的とする。具体的にはボリビア国立アンアンドレス大学水理水文研究所 (IHH-UMSA) および衛生研究所 (IIS-UMSA) と連携して、(1) 流域の水文・気象を継続的にモニタリングする観測網の構築、(2) 氷河融解、流出、土砂、水質モデルを統合し、水資源を質・量の両面から評価できる水資源統合モデルの開発、(3) 氷河後退・消失時の水資源展望を行い、科学的知見を政府機関に提示する。さらに共同研究を通じて、水資源マネジメントに資するモデル技術を CP 研究者に移転し、気候変動に対する水資源適応策という長期的な課題にボリビア国が自立的に取り組める体制の強化を目指す。

本プロジェクトは平成 21 年 6 月の採択から暫定契約期間を経て、平成 22 年 2 月に JICA とボリビア政府の合意文書 RD、東北大学・CP 機関との覚書 MOU が締結され、平成 22 年 4 月より 5 年間の共同研究を正式に開始した。平成 23 年 3 月の東日本大震災によって東北大学の研究棟倒壊危機など甚大な被害を受け、活動が制限されたが、同年 12 月までに暫定的な研究環境を確保した。2012 年から新たに IIS-UMSA の研究チームが本プロジェクトに加わり、後の JCC で正式加入が承認された。2012 年 11 月に行われた中間評価では、初期の計画と同等の取り組みが行われているということで、JST から A の総合評価を頂いた。JICA のレビューにおいても本プロジェクトの妥当性が高く評価される一方、研究者間のコミュニケーション向上、プロジェクトの継続性と成果の活用について提言を受けた。さらに、これまでに発生した課題を踏まえて活動計画の一部見直しと新たに達成指標を設定した。今期は、大学間の覚書 MOU において IIS-UMSA のプロジェクト加入が追記された。

プロジェクトの対象地域として Tuni-Condoriri 氷河と HuaynaPotosi 西氷河を含む Tuni 貯水池の集水域を選択し、水文・気象の観測網を構築している。平成 22 年度 5 月から順次モニタリング機材を設置し平成 22 年度中にほぼ全項目のモニタリングを開始したが、氷河上に設置した一部の機材が盗難の被害を受け、さらに他の一部の機材は納入業者の設定ミスにより正確にモニタリングできていないという問題が発覚したが、今年度、盗難されたポイントにおいては新たに盗難対策を施してモニタリングを再開した。また、納入業者の設定ミスに関しては、性能実験を行い設定上の問題を特定し、再設定後に検証実験を行いモニタリングの妥当性を検証した上で観測を再開した。なお、再設定前のモニタリングデータも適切な処理によって、正常なモニタリングと遜色のない信頼性を残しつつデータレスキューできることを明らかにした。上述以外のモニタリング項目に関してはこれまでに 2 年以上のデータが蓄積され、氷河・水文・気象をカバーする南米でも極めてユニークな観測網が構築されている。モデル開発に関しては今年度中に氷河、流出、土砂、水質、水マネジメントのモデル開発が概ね終了し、モニタリングデータを用いた検証と気候モデルの出力結果を活用した将来展望に取り組んでいる。

人材育成と技術移転においては、氷河、流出、水質グループがモデルマニュアルの初期版を作成して、氷河融解モデル、流出モデル、貯水池における水質解析モデルのトレーニングコースを開催した。最終年度もモデルマニュアルの改訂とトレーニングコースの開催を進める予定である。また現在までに CP 研究者 8 名が長期研修員として日本側の研究グループに加わり、流域マネジメントのための各種モデルの開発と現地適用に関する研究を進め、今年度終了の時点で 3 名が研修を終えた。中間評価時に日ボ研究者間のコミュニケーション不足について指摘を受けたが、今年度は 8 名の日本人研究者がボリビアにおいて現地調査とモデルセミナーを開催して、CP 機関へ技術移転を進めている。プロジェクト成果の社会実装においては、ボリビア環境水省の上水道次官室および気候変動室からプロジェクト成果の活用と今後の連携について書状による正式な打診を受け、調整を進めている段階である。

2. 研究グループ別の実施内容

(1) 雪氷グループ

① 研究のねらい

Tuni-Condoriri 氷河および HuaynaPotosi 西氷河のモニタリングと氷河融解モデルの開発を行う。氷河融解モデルはリモートセンシングから得られた氷河地形データを組み込み、最終的に GCM の出力結果を用いて氷河の後退・消失および融解量について将来展望する。モデルの出力は流出モデルの入力として利用され、氷河の後退・消失が下流域の水循環・水資源に及ぼす影響について定量的評価が可能となる。

② 研究実施方法

平成 24 年度までに、プロットスケールにおける熱収支評価が可能な詳細版氷河融解モデルと氷河域からの融解量を推定する広域版氷河融解モデルのフレームワークを概ね完成させ、先行的に Zongo 氷河に適用した。本年度は、両モデルをプロジェクト対象氷河である HuaynaPotosi West 氷河に適用する。まず、昨年度に引き続き 3D プロファイラーを用いて HuaynaPotosi West 氷河の消耗域を中心とした 3 次元測量を実施する。またモデル適用に必要なアルベド、密度を観測する。次にワイナポトシ氷河上の気象観測データを用いて両モデルの共通コンポーネントであるアルベド変化推定と雨雪判別手法の検証をした後、通年計算のシミュレーションを実施する。詳細版モデルのシミュレーション結果は表面温度、積雪深、正味放射量の観測値を用いて、広域版モデルは氷河直下の流量堰の観測データを用いて妥当性を検討する。

氷河融解量の将来展望計算に関しては広域版モデルを使用する。氷河域の増減を考慮するため数値標高データを用いて標高帯毎に氷河の断面形状と氷厚のデータセットを作成して、シミュレーションの初期条件として組み込む。将来展望シミュレーションにおいてモデルを駆動する気象データに関しては GCM のアウトプットを利用する予定であるが、観測データから気象要素の標高分布関数を作成し、解像度の粗い GCM データのアウトプットを統計的に空間解像する予定である。

モデルの技術移転に関して、詳細版モデル、広域版モデルのスペイン語マニュアルを作成する。さらにボリビア渡航時に JICA 長期研修員を介してトレーニングコースを開催して、CP に移転するモデルの概念と実行方法について解説・演習する。

③ 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

【氷河モニタリング】 後述する機材のトラブルにより一時的なモニタリング停止の期間はあるが、2011 年から氷河上の気象モニタリングと 3D プロファイラー測量によるデータを蓄積している。また衛星画像を用いて過去の氷河変動を明らかにした。今年度は HuaynaPotosi West 氷河において GPR (Ground Penetrating Radar、地中探査レーダー)を用いた測量を行い、3D プロファイラー測量と組み合わせて氷厚、形状、氷河体積の定量化を試みた。

【詳細版氷河融解モデル】 モニタリングデータをモデルのインプットとして熱帯氷河の大気と・雪氷面のエネルギー交換の特性を明らかにした。氷河のアルベド、密度の測定を行い、これらの知見も加え、詳細版氷河融解モデルのアルベドと密度の計算スキームを改良した。HuaynaPotosi West 氷河での通年シミュレーションを実施して Zongo 氷河との比較を試みた。

【広域版氷河融解モデル】 熱帯氷河の熱収支特性を集約し、既往の簡易版氷河融解モデルを改良して、Zongo 氷河において妥当性を検証した。氷河域と融解量の将来展望シミュレーション(長期計算)を実施するために、氷河を標高 50m 毎に分割して、氷河両脇の裸地斜面の標高データを用いて各標高帯の氷河断面形状と厚さを推定して、簡易氷河融解モデルの初期条件とした。

【将来展望シミュレーション】 9 種類の GCM (General Circulation Model) アウトプットデータを CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5) から収集して、対象地域の気温上昇の傾向を解析した。気温上昇に対する氷河の応答をシミュレーションするために GCM アウトプットデータと観測データを組み合わせてモデルに入力する気象データセットを作成した。広域版氷河融解モデルを HuaynaPotosi West 氷河、Condoriri 氷河、Tuni 氷河にモデルを適用して、今後 30 年間の気温上昇に対する氷河変動と融解量のシミュレーションを実施した。

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

【JICA 長期研修員】 平成 25 年 10 月に 1 名、平成 26 年 3 月に 1 名がそれぞれ研修を修了した。研究機関中にそれぞれ広域版氷河融解モデル、詳細版氷河融解モデルを熱帯氷河向けに改良している。

【マニュアル作成】 広域版氷河融解モデルのマニュアル(ver.140209)、詳細版氷河融解モデル(ver.140326)をそれぞれ作成した。

【氷河融解モデル トレーニングコース】 広域版氷河融解モデルのトレーニングコースを UMSA 研究者、SENAMHI 実務者の合計 7 名を対象に平成 26 年 2 月に開催した。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

盗難により観測を暫定的に停止していた Condoriri 氷河上の気象観測システムに関しては、盗難対策を施し、簡易システムを使用して平成 25 年 8 月に観測を再開した。また HuaynaPotosi West 氷河、Condoriri 氷河に設置した 4 成分放射センサーに関しては納品業者による設定ミスが発覚した。当初は異常値の要因が不明であったことから室内実験によって原因を特定し、野外実験によって設定変更の妥当性を検証した。これらの作業により上向きの短波放射量、下向き長波放射量、上向き長波放射量はセンサー値を校正して観測値にする処理(係数)が不適切であることが明らかになり、以前の観測データに関しても改めてセンサー値に適切な処理を施せば同程度の精度でレスキューできることを確認した。

また Institut de recherche pour le developpement, France と氷河融解モデルの熱帯氷河適用に向けた意見交換を実施した。

HuaynaPotosi West 氷河上の気象データに関しては、時間単位での降水量の測定に問題があることがわかり、さらに検討していく必要がある。

(2) 流出グループ

① 研究のねらい

Tuni 貯水池流域の水文・気象観測と水循環・河川流量を推定する流出モデルを開発する。流出モデルは氷河融解モデルのアウトプットデータを受け取り、湿地の貯留特性が組み込まれることにより流域全体の水循環を評価することが可能となる。また流出モデルのアウトプットは土砂輸送モデル、水質モデルの境界条件として利用され、さらには流域の水資源データとしてマネジメント班の解析に利用される。

②研究実施方法

平成 24 年度の概念型モデルの検討はワイナポトシ流域のみを対象としていたことから、平成 25 年度では、Tuni 湖流域全体へのモデル適用性の検討を行う。分布物理型モデルについては、平成 24 年度の検討により Tuni 湖流域全体への適用性が確認されていることから、平成 25 年度では、当該モデルによる解析精度の更なる向上と氷河縮小過程を直接組み込んだモデルへの改良に取り組む。さらには、両モデルを用いて、気象研究所以外の気候解析結果を入力とした将来予測計算を行い、将来の水資源への影響評価を実施する。

モデルの技術移転に関しては、JICA 長期研修員が本邦研修中にモデル開発とテスト流域への適用を一部担当する。またボリビア滞在および日本でのセミナーを通じて CP 研究者に対して暫定版のモデルを提示し、理解促進を図る。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

今年度は、Tuni 流域及びコンドリリ流域についても、概念型分布モデルの適用を行った。なお、当初計画では分布物理型モデルについても検討を行う予定としていたが、モデルの技術移転対象となる概念型分布モデルの信頼性向上を優先させるため、Tuni 流域における地被分類手法の検討やコンドリリ流域に適用するためのモデルの改良等に重点を置いた。

Tuni 流域では、コンドリリ流域やワイナポトシ流域に比べて氷河縮小が進んでいることから、Tuni 流域でもモデルによる流出の再現性が確認できたことは、将来予測の信頼性確保の面で重要な成果である。また、コンドリリ流域においても、チャルコタ湖ほか、いくつかの大きな湖による流出の滞滯効果を適切にモデル化した結果、コンドリリ流域においても、良好な再現性を得ることができたことから、同様に本モデルの信頼性を向上させることができた。本モデルを HuaynaPotosi West 流域に適用し、2050 年までの期間における氷河の縮小と流出の変化について予測計算を行った。ここでは、気象研究所の気候解析結果を用いるとともに、過去の気候変動トレンド情報に基づきながら、将来起こり得る状況の推定を行った。

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

技術移転に関しては、ボリビア渡航時にモデルの解説とデモンストレーションおよびモデル改良のための意見交換等を行い、その後の更なる改良やユーザーガイドの作成につなげることができた。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

標高 5000m の地帯にまで広がる高標高湿地帯を現地踏査により確認し、その湿地帯が水源となって斜面上を表面流が流れ、下流域への流出に寄与している現象が確認された。そのため、この高標高湿地帯の分布を衛星データや現地調査に基づき明らかにするとともに、その流出への影響について、水文データと流出モデルを用いた検討を行った。このような高標高帯における湿地帯に着目した研究はこれまでになく、当初想定していなかった新たな成果が得られた。また、氷河縮小後は、このような高標高湿地帯が拡大していくことが想定できることから、将来の流出予測の精度向上につながる知見を得ることができた。

(3) 土砂グループ

①研究のねらい

Tuni 貯水池流域の地質条件を整備し、流域の土砂生産、河川の土砂輸送、貯水池の堆積という一連

の過程を統合的に評価できるモデルを開発する。最終的に GCM のアウトプットを用いて Tuni 貯水池の堆積量を評価する。

②研究実施方法

土砂流出モデルのサブモデルである土砂堆砂モデルに関しては、河道から供給される土砂堆砂の他、風の卓越方向・フェッチの大小に伴う土砂堆砂の影響の検討、3D プロファイラによるデータ更新に応じた精査を基に高度化したモデル改良に取り組む。

土砂生産モデル、土砂堆砂モデルの改良と並行して、これらを結合させる土砂輸送モデルの開発に取り組む。土砂輸送モデルの開発に関しては、既の実施している土砂の粒径調査、3D プロファイラに加えて、土壌の化学組成分析を行うことで土砂追跡調査を実施し、生産—輸送—堆積の土砂動態過程を系統的に整理する。なお、土砂追跡調査の堆砂については、湖内土砂堆砂のサンプリング試料の化学組成分析も行い、堆砂の履歴も推計しながら土砂動態過程を整理することとする。堆砂の履歴に関しては、対象領域の流域環境に依存して特定の困難な場合も想定されるため、先行研究や日本国内も含めた湖沼の河口調査(候補地として、既に堆砂比較されており、トゥニ貯水池流域と雪氷被覆、裸地斜面を含み類似した条件を含んでいる猪苗代湖)の結果と比較検討しながら精読することとする。統合的な土砂動態過程の結果を基に土砂流出モデルのサブモデルである土砂輸送モデルのアウトフレームを構築させる。

なお、今年もボリビア、日本でセミナーを実施し、技術移転を行う。留学生も介しながら、技術移転だけではなく、現在までのセミナーを通じて移転側に欠落していると感じられたモデルの概念、モデル開発までのプロセスを重点的に行うこととする。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

モニタリングに関して、継続した 3D プロファイラー、土砂浸食量計観測による土砂移動と堆積の計測が開始され、雨季・乾季を通じた土砂動態把握が取り組まれた。また、生産と堆砂の関係を連動させる土砂の動態観測(浮遊砂)が実施された。本年度で統合的な土砂動態を見積もるための観測が網羅された。加えて、気候変動に関わり変化が見込まれる植生の影響を検証するための実験を進めデータ蓄積した。

モデル開発に関しては、地形地質、降水状況のデータを取得しながら、日本で開発されたモデルと比較検証を進めた。また、観測により概ねの生産、堆積状況が明らかにされ、モデル開発に利用すべく境界条件が整理された。現在まで検証の進められてきたモデルに対して課題とされてきた現地での境界条件が明らかにされたことで、精度の高いモデル開発できるベースが確立された。精緻化した土砂のアウトプットを求めるための条件が整えられた。

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

今年度の日本側での研修はなく、昨年度の研修で行った土砂モデル、気候モデルの活用、についての検証を12月に現地にてボリビア研究員と行った。また、検証とともに最終的な土砂モデル研修、受け渡しを行うための行程を決め、この行程の中で今後の運用に左右されるべく現状の問題を明らかにさせるため協議簿、補足資料をやり取りすることを決定させた。このやり取りでマニュアル補足資料を相互交換することができている。また、こうしたモデルの運用のほかに土砂に関わる研究事例と実務の紹介から情報の共有を進めることができ、観測に関する情報交換の強化がはかられ、以前よりも観測技術の向上が認められた。

- ⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)
特に無し

(4) 水質グループ

①研究のねらい

気候変動と氷河後退に伴う Tuni 貯水池の水質変化を予測・評価するためのモデルを開発する。そのため、Tuni-Condoriri 氷河と HuaynaPotosi 西氷河からの流出水が Tuni 湖に至るまでの水質の変化をモニタリングし、氷河融解水の影響、流域負荷、水質形成をモデルに組み込む。

②研究実施方法

対象流域内の水質調査および Tuni 湖の水質予測モデルの開発を継続して実施する。Tuni 湖の流域内における水質状況については、24 年度に実施した調査によってかなり情報が増えたので、同様な調査を継続しつつ、データの解析を進める。流域内の調査データとしては、流域内多地点の採水分析による水質状況、主として HuaynaPotosi West 流域における水の濁りに関するデータ、また流域内の土壌や植生などのデータが増える見込みである。水質項目は、窒素やリンといった栄養塩類を基本とし、そのほかに有機物量の指標(TOC または COD など)などを計測する。水の濁りは、すでに設置してある連続計測用の濁度計を用いた計測を継続して、濁度の日変動や季節変動といった短期・長期的な濁りの変動を押さえる。これらのデータを用いて、流域内の水質状況に関してもモデル化を行う計画とする。氷河からの融解と流出、またその下流における湿地や河道内の植生などにより形成される水質を再現するモデルの枠組みを検討する計画である。その上で、流域内の水質モデルと貯水池の水質モデルの結合についての検討を開始する。

モデルの技術移転に関しては、JICA 長期研修員が本邦研修中にモデル開発とテスト流域への適用を一部担当する。またボリビア滞在中および日本でのセミナーを通じて CP 研究者に対して暫定版のモデルを提示し、理解促進を図る。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

流域と Tuni 湖における現地計測について、プロジェクト開始直後から、継続的に実施してきているため、データの蓄積はかなり進んできたと考えられる。解析モデリングについては、昨年度に流出班からの出力を取り込んでトゥニ湖の水溫解析手法を構築したことに加え、今年度は温暖化の影響が直接的に出てくる項目である水溫の解析精度を向上させる改良を施した。流域からの水質負荷に関するモデリングについて、現状では、簡易的な手法を用いているため、より精度が高くなる手法の導入について検討を要すると考えられる。

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

8 月、10 月に開催したモデリングセミナー(ボリビアで実施)において、本プロジェクトで開発中の貯水池解析モデルの構成に関する解説および、プログラムコードと入力データの取扱に関する説明を行い、知見の伝達と共有を図った。さらに、1 月のセミナー(日本で実施)によりモデル解説書の執筆を進め、モデリングに関する詳細な打合せも実施することができた。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)特になし。

(5) 水マネジメントグループ

① 研究のねらい

氷河後退と社会経済シナリオを考慮して水資源政策を総合的に評価するアセスメントモデルを開発する。モデルは氷河、流出、土砂、水質の各種サブモデルのアウトプットから得られる水資源量と人口、土地利用、経済状況といった社会経済を考慮した水需要シナリオを比較する構造になっている。このモデルを用いて LaPaz・ElAlto 両市の水管理に関わる機関に対して水需給に関する科学的知見を提供することが可能となる。

② 研究実施方法

【水マネジメント評価】 他班からのアウトプットを統合して、対象流域の水資源供給可能量の将来予測を可能とするモデルの構築を終え、将来水需要予測モデルと合わせて、代表的な気候変動シナリオにおける需給バランスの評価を行う。ボリビア国水資源関連機関へのヒアリングに基づき技術水準や課題を明確化した上で、これらのモデルの利用者を意識してマニュアルの作成を進める。また、日本において構築した貯留施設の水資源確保効果の統計分析結果に基づき、Tuni 貯水池の将来の性能の評価と、気候変動後の容量拡大の必要量の推算を行う。別途、エルアルト地域の都市化進展動向の調査と分析を行い、都市化進展予測モデルを構築して、水需要予測モデルへの取り込みを検討する。

【代替水源調査】 これまでの調査によりエルアルト西部の地下水がヒ素により汚染されている可能性が考えられたことを受け、この地域の地下水試料を採取してヒ素を中心とした水質評価を行う。同地域の地下水はティラタ浄水場で現在水源として使用されている上に、水源不足への対応として同浄水場からの上水供給を増やすことが検討されているため、早急に調査を進行させる必要がある。また、EPSAS の調査データを入手し、これまで対象としていない水源の水質についての情報を収集する。

③ 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

【水マネジメント評価】 対象地域の水需要の将来予測モデルの構築は終了した。それに基づき、将来水需要予測モデルおよびその説明書をスペイン語にて作成する作業は遅れている。また、エルアルト地域の都市化進展動向の調査と分析を行い、都市化進展予測モデルを構築して、水需要予測モデルへの組み込みを検討したが、需要量に反映させるだけでは空間分布の影響は十分に考慮できず、配水管網の広がりや老朽化などを考慮した水理シミュレーションと結合して、漏水への影響もふまえた評価を行う可能性を新たに検討した。

【代替水源評価】 エルアルト西部の地下水質調査について、2013年6月に現地調査を行った。地下水を水源としている El Alto 浄水場(2 試料)、El Alto から Titicaca 湖に至る地域で使用されているコミュニティの井戸(5 試料)、Titicaca 湖(3 試料)にて水試料を採取し、水質基準が定められている 18 種の重金属濃度を測定した。

EPSAS のモニタリングデータの取得については、度重なる EPSAS の大幅な人事異動により、この調査への協力が得られていない。人事異動の際引き継ぎも行われていないとみられ、毎回最初から依頼や手続きを行うことを余儀なくされている。プロジェクト期間を考え、公開されている調査結果(年報等)から情報を得

ることを検討しているが、これまでの議論においてそのような公開資料があるとの情報は得ていない。また El Alto 浄水場での聞き取りにおいて、浄水場 (EPSAS が管理) ではヒ素の測定は行っていない可能性が認められており、公的な資料からの情報収集は困難であると考えられる。

④カウンターパートへの技術移転の状況 (日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

【水マネジメント評価】 水需要の前提となる土地利用・市街化予測モデルの開発を留学生とともに実施し、そのアウトプットのイメージを 26 年 3 月に現地を持参し、関係者にプレゼンテーションを行った。また、単なる数値による需給バランスの表示に加えて、下記で示すように、漏水への影響も含め、需給バランスが崩れることがもたらす影響を空間的に予測する方法、GIS 上に表示する方法を留学生とともに開発し、その表示イメージについてもカウンターパート機関でプレゼンテーションを行った。

【代替水源評価】 IIS では重金属を測定する機器を保有しているが、ヒ素等の分析経験がない。本プロジェクトの調査を通してヒ素の分析技術の移転を進めている。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況 (あれば)

【水マネジメント評価】 アウトプットのイメージを現地を持参し、関係者にプレゼンテーションを行ったが、現状において多くの水が漏水等によって失われている状況であるため、単純に需給バランスの数値を示すのでは説得力が十分とはいえないことがわかった。その対策として、仮に現在の水道システム内で運用を行うとどの地域にどのぐらいの圧力低下や断水が発生するのかという試算を行い、その空間的な広がりを視覚的に示すことが有効であると考えた。25 年度には、このような空間分布の試算および GIS を活用した提示方法に関する既存研究を整理し、実験的に実現できることを確認した。

【代替水源評価】 6 月にボリビアにおいて Instituto de Biología Molecular y Biotecnología、UMSA と衛生学的水質調査における連携に向けた意見交換を実施した。

3. 成果発表等

(1) 原著論文発表

- ① 本年度発表総数 (国内 4 件、国際 4 件)
- ② 本プロジェクト期間累積件数 (国内 25 件、国際 9 件)
- ③ 論文詳細情報
 - ・ Moya Quiroga, V., Mano, A., Asaoka, Y., Kure, S., Udo, K. and Mendoza, J., 2014: Glacier ablation and water resources in tropical Andes, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering), Vol.70, No.4, pp.I_229-I_234.
 - ・ Evelin Humerez and Makoto Umeda, 2014: Seasonal and spatial variation of stream water quality in the Royal Range of Andes, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering), Vol.70, No.4, pp.I_1255-I_1260.
 - ・ 谷 慧亮, 梅田 信, 朝岡良浩, 山崎 剛, 2014: アンデス高地の貯水池における水温変化特性に関する研究, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.70, No.4, pp.I_1627-I_1632.
 - ・ Kazunori Nakano, Hongii Cui, Kazunori Nakamura, Tokuo Yano, Yoshio Aikawa, Osamu Nishimura, 2013: Effect of the Vegetation and Subsurface Water Level on Nitrogen Removal in a

- Five-stage Vertical Flow Constructed Wetland, 土木学会論文集 G(環境), Vol.69, No.7, pp. 105-111.
- Liu, T., Kinouchi, T., Ledezma, F., 2013: Characterization of recent glacier decline in the Cordillera Real by LANDSAT, ALOS, and ASTER data, Remote Sensing of Environment, Vol.137, pp.158-172.
 - Yoshihiro ASAOKA and Yuji KOMINAMI, 2013: Incorporation of satellite-derived snow-cover area in spatial snowmelt modeling for a large area: determination of a gridded degree-day factor, Annals of Glaciology, Vol.54, No.62, pp.205-213 doi: 10.3189/2013AoG62A218.
 - Kairi Morizawa, Yoshihiro Asaoka, So Kazama, Luminda Niroshana Gunawardhana, 2013: Temporal glacier area changes correlated with the El Nino/La Nina Southern Oscillation using satellite imagery, Hydrological Research Letters, Vol.7, No.2, pp.18-22 doi:10.3178/hrl.7.18.
 - Moya Quiroga, V., Mano, A., Asaoka, Y., Kure, S., Udo, K. and Mendoza, J., 2013: Snow glacier melt estimation in tropical Andean glaciers using artificial neural networks, Hydrology and Earth System Sciences, Vol.17, No.62, pp.1265-1280 doi:10.5194/hess-17-1265-2013.
 - 谷 慧亮, 梅田 信, 木内 豪, 朝岡良浩, Marcelo Gorritty, 2013: アンデス高山域の貯水池と流域における水環境に対する気候変動の影響評価, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.69, No.4, pp.I_1501-I_1506.
 - 朝岡良浩, 山崎 剛, 宮田俊介, 風間 聡, Edson RAMIREZ, 2013: 夏季涵養型氷河の熱収支特性と積雪の影響 -アンデス熱帯氷河の事例-, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.69, No.4, pp.I_427-I_432.
 - 森澤海里, 朝岡良浩, 風間 聡, 2013: 衛星画像とアルベド実測値を併用した氷河域のアルベド推定, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.69, No.4, pp.I_421-I_426.
 - 木内 豪, Fabiola LEDEZMA, Tong LIU, Javier MENDOZA, 2013: アンデス山脈流域の氷河消失が流出に及ぼす影響予測, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.69, No.4, pp.I_415-I_420.
 - Pablo FUCHS, Yoshihiro ASAOKA and So KAZAMA, 2013: ESTIMATION OF GLACIER MELT IN THE TROPICAL ZONGO WITH AN ENHANCED TEMPERATURE-INDEX MODEL, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering), Vol. 69, No. 4, I_187-I_192.
 - Tong LIU, Tsuyoshi KINOCHI and Fabiola LEDEZMA, 2013: SPATIAL DISTRIBUTION OF GLACIER MELT DEDUCED FROM SOLAR RADIATION MAPPING WITH REFINED ATMOSPHERIC PARAMETERS, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering), Vol. 69, No. 4, I_181-I_186.
 - Nam, Udo and Mano, 2012: Climate Change Impacts on Runoff Regime at River Basin Scale in Central Vietnam, Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences, Vol. 23, No. 5, pp.541-551.
 - 中野和典, 千木良純貴, 中村和徳, 矢野篤男, 西村 修, 2012: 2 年目の人工湿地における水質浄化性能の向上, 土木学会論文集 G(環境), Vol.68, No.7, pp.III_87-III_92.
 - 森澤海里, 朝岡良浩, 風間 聡, 2012: 衛星画像を用いたコンドリ氷河のアルベドの空間挙動推定, 土木学会論文 G(環境), Vol. 68, pp.I_153-I_158.
 - Yoshihiro ASAOKA, Yukari TAKEUCHI and Ranjan Sarukkalige, 2012: TEMPORAL VARIATIONS IN ACIDITY AND ION CONCENTRATIONS OF PRECIPITATION, SNOWPACK

- AND OUTFLOW FROM SNOWPACK IN A TEMPERATE SNOW AREA, *Journal of Hydroscience and Hydraulic Engineering*, Vol.30, No.1, pp.63-76.
- Freddy Soria and So Kazama, 2012: Assessing the investigation of streamflow source areas through uncertainty evaluation of numerical experiments in small catchments, *Hydrological Processes*, Vol. 26, pp.907-931.
 - 宮田俊介, 朝岡良浩, 風間 聡, 2012: 全国の AMeDAS 観測点における Degree-Day 法および積雪深変化の検証, *土木学会論文集 B1(水工学)*, Vol. 68, pp.I_343-I_348.
 - 柏俊輔, 朝岡良浩, 風間 聡, 2012: 同化手法を用いた山岳積雪域の積雪分布推定, *土木学会論文集 B1(水工学)*, Vol. 68, pp.I_331-I_336.
 - Liu, T. and Kinouchi, T., 2012: Water Balance of Glaciated Catchments in Tropics: A Case Study in Bolivian Andes, *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering)*, Vol. 68, No. 4, I_247-I_252.
 - 渡辺 恵, 中野一成, 平林由希子, 川越清樹, 朝岡良浩, 鼎 信次郎, 2012: 衛星画像を用いたボリビアの氷河域の推定手法の開発と氷河分布解析, *土木学会論文集 B1(水工学)*, Vol. 68, pp.I_307-I_312.
 - Yoshihiro Asaoka and Yuji Kominami, 2012: Spatial snowfall distribution in mountainous areas estimated with a snow model and satellite remote sensing, *Hydrological Research Letters*, 6, pp.1-6. DOI: 10.3127/HRL.6.1.
 - 奥村 誠, 田中大司, 2011: ネットワークインフラの運用・維持コストに関する統計分析, - 東北地方市町村の上水道を対象として -, *都市計画論文集*, Vol.46(3), pp.223-228.
 - YOSHIHIRO ASAOKA, YUKARI TAKEUCHI and SO KAZAMA, 2011: Temporal variation in acidity and ion concentration of snowmelt water in light and heavy snow years, *IAHS Publication 346*, pp.86-91.
 - Eko Pradjoko, 田中 仁, 2011: 河川が流入する漂砂系における土砂収支の評価, *土木学会論文集 B2(海岸工学)*, Vol. 67.No2, ppI_616-I_620.
 - 朝岡良浩, 竹内由香里, 2011: 温暖積雪域における降雪・積雪・融雪水の酸性度と主要イオン濃度の変動特性, *土木学会水工学論文集*, 第 55 巻, pp.S409-S414.
 - 柏 俊輔, 朝岡良浩, 風間 聡, 2011: 積雪深データ同化による融雪出水解析, *土木学会水工学論文集*, 第 55 巻, pp.S403-S408.
 - Freddy SORIA, So KAZAMA, 2011: POTENTIAL IMPACTS OF CLIMATE CHANGE ON THE TROPICAL ANDES, *Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE*, Vol. 55, pp.S79-S84.
 - D.H. Nam, K. Udo and A. Mano, 2011: Flood Forecasting and Early Warning for River Basins in Central Vietnam, *Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE*, vol. 55, pp.S7-S12.
 - M. Farid, A. Mano and K. Udo, 2011: Modeling Flood Runoff Response to Land Cover Change with Rainfall Spatial Distribution in Urbanized Catchment, *Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE*, Vol. 55, pp.S19-S24.
 - 朝岡良浩, 豊田康嗣, 竹内由香里, 2010: 降水形態判別手法が冬季の河川流量推定に及ぼす影響, *土木学会水工学論文集*, 第 54 巻, pp. 421-426.
 - Freddy Soria and So Kazama, 2010: EVALUATION OF THE EFFECTS OF AN EL NINO EVENT ON GLACIER MELTING RATE, *Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE*, Vol.

54, pp.25-30.

(2) 特許出願

- ① 本年度特許出願内訳 (国内 0 件、国際 0 件、特許出願した発明数 0 件)
- ② 本プロジェクト期間累積件数 (国内 0 件、国際 0 件)

4. プロジェクト実施体制

(1) 「東北大工学研究科」グループ

(研究題目: 氷河減少に対する水資源管理適応策モデルの開発)

① 研究者グループリーダー名: 田中 仁 (東北大学大学院工学研究科・教授)

② 研究項目

- 1-1 氷河気象観測システムの設置と継続観測
- 1-2 衛星画像を用いた氷河後退の広域観測
- 1-3 氷河融解モデルの開発
- 1-4 氷河融解モデルの適用および検証
- 1-5 氷河後退・消失および融解量の将来展望
- 2-1 対象流域の気象データ整備対象流域の気象データ整備
- 2-2 流量観測網の強化
- 3-2 土砂生産・輸送モデルの開発
- 3-3 土砂生産・輸送・堆積モデルの開発
- 3-4 土砂生産・輸送・堆積モデルの適用および検証
- 3-5 貯水池の土砂堆積の将来展望
- 4-1 水質モニタリング網の構築
- 4-2 流域負荷を考慮した貯水池水質モデルの開発
- 4-3 貯水池水質モデルの適用および検証
- 4-4 貯水池における水質の将来展望
- 5-1 データセンターの構築
- 5-2 水需要シナリオの作成
- 5-3 水資源政策支援システム(水資源管理適応策モデル)の開発
- 6-1 将来水資源の展望
- 6-2 水資源政策関連機関に将来水資源の展望に関する科学的知見の提示
- 6-3 氷河後退に対する水資源管理適応策に関する協議

(2) 「東北大理学研究科」グループ

(研究題目: 氷河融解モデルの開発と氷河減少に対する長期熱収支特性の評価)

① 研究者グループリーダー名: 山崎 剛 (東北大学大学院理学研究科・准教授)

② 研究項目

- 1-1 氷河気象観測システムの設置と継続観測

- 1-3 氷河融解モデルの開発
- 1-4 氷河融解モデルの適用および検証

(3)「東北大災害科学国際研」グループ(※平成24年4月よりグループ名変更)

(研究題目:気候変動と社会環境変化に対する水資源管理適応策の総合評価)

①研究者グループリーダー名: 奥村 誠 (東北大学災害科学国際研究所・教授)

②研究項目

- 2-1 数値地図データの収集と流域特性の抽出
- 2-2 対象流域の気象データ整備
- 2-3 流量観測網の強化
- 2-4 降雨・融解流出モデルの開発
- 2-5 流出モデルの適用および検証
- 2-6 河川流量の将来展望
- 5-1 データセンターの構築
- 5-2 水需要シナリオの作成
- 5-3 水資源政策支援システム(水資源管理適応策モデル)の開発
- 6-1 将来水資源の展望
- 6-2 水資源政策関連機関に将来水資源の展望に関する科学的知見の提示
- 6-3 氷河後退に対する水資源管理適応策に関する協議

(4)「福島大」グループ

(研究題目:土砂生産モデルの構築と土砂流出量の将来展望)

①研究者グループリーダー名: 川越清樹 (福島大学大学院共生システム理工学研究科・准教授)

②研究項目

- 3-1 衛星データを用いた土砂崩壊・生産の解析
- 3-2 土砂生産・輸送モデルの開発
- 3-3 土砂生産・輸送・堆積モデルの開発
- 3-4 土砂生産・輸送・堆積モデルの適用および検証
- 3-5 貯水池の土砂堆積の将来展望

(5)「東京工業大」グループ

(研究題目:氷河減少に対する長期流出特性の評価)

①研究者グループリーダー名: 木内 豪 (東京工業大学大学院総合理工学研究科・准教授)

②研究項目

- 2-1 数値地図データの収集と流域特性の抽出
- 2-2 対象流域の気象データ整備
- 2-3 流量観測網の強化
- 2-4 降雨・融解流出モデルの開発
- 2-5 流出モデルの適用および検証

2-6 河川流量の将来展望

2-7 長期的な水循環変動の評価

(6)「日大」グループ

(研究題目:流域負荷と自然浄化作用の評価)

①研究者グループリーダー名: 中野和典 (日本大学工学部・准教授)

②研究項目

4-1 水質モニタリング網の構築

4-2 流域負荷を考慮した貯水池水質モデルの開発

以上