

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 24 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の概要

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、また熱帯氷河の氷河後退に伴う水資源問題の適応策立案というボリビア多民族国の要請に従い、ボリビア国立サンアンドレス大学水理研究所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開発し、気候変動に対する適応策立案という長期的課題に対してボリビア国が自立的に取り組める体制の強化を目的とする。具体的には水資源の継続監視のための水文気象・水質観測網の構築と水資源統合モデルの開発、氷河後退・消失時の水資源に関する科学的知見をボリビア国の政府水関連機関に提供する。また共同研究の一環としてカウンターパート機関の学生・研究者を日本側に受け入れ、水理・水文・マネジメントに関するモデリング技術を移転することにより相手国の水資源政策を担う人材を育成する。

本プロジェクトは平成 21 年 6 月からの暫定契約期間を経て、平成 22 年 2 月に JICA とボリビア関係機関の合意文書 RD、東北大・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。プロジェクトの研究サイトとして Tuni-Condoriri 氷河と HuaynaPotosi 西氷河を含む Tuni 貯水池の流域を設定している。水文気象・水質モニタリングは当初の予定より遅れたが、今年度には予定していたモニタリング項目を全て開始、データを蓄積している段階である。本年度末までには雪氷、流出、土砂、水質の各グループが対象地域へのモデル適用を概ね完了し、現在は気候モデルのアウトプットを用いた将来展望のフレームワーク構築に着手している段階である。さらに、水マネジメントに関する情報交換のためのユニットが現地の水関連機関によって構成され、サンアンドレス大学水理研究所が中心的な役割を担っている。なお平成 23 年 3 月の東日本大震災により、本案件の拠点といえる東北大学人間環境系研究棟が甚大な被害を受け、恒久的に使用不可能となり、一時的に研究活動が制限される状態となったが、その後 12 月末のプレハブ移動後には活動スペースを確保した。

本プロジェクトの目的の1つとしている人材育成には関しては、サンアンドレス大学から研究者 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、数値モデル開発に取り組んでいる(平成 24 年 10 月に1名が修了してボリビアに帰国)。また、プロジェクト中間年にあたる本年度 10 月には東北大学において国際シンポジウムを開催して、研究成果を情報発信するとともに、ボリビア国の気候変動に対する水資源政策に本案件が極めて重要であることを確認した。また、同月にはモデルセミナーを開催し、カウンターパートに対して日本で開発されている暫定版モデルについて研修を行った。11 月には現地ボリビアで中間レビューが行われ、合同調整委員会において新たなカウンターパート機関としてサンアンドレス大学衛生研究所が参画、プロジェクトマスタープランの修正、技術移転の達成指標の設定が承認された。次年度以降は開発されたモデルを用いて水資源の将来展望を進めるとともに、モデルセミナーと共同研究を通じて引き続きモデルの技術移転を進める予定である。

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 のアウトプット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

HuaynaPotosi、Condoriri 両氷河の 2 地点において自動観測装置を初年度に設置し、継続観測を行う。併行して、衛星画像と航空写真から過去の雪氷域の変動を広域的に把握する。2 年目以降、3D プロファイラーを用いて氷河末端部の 3 次元測量を行い、氷河の質量バランスを推定する。氷河融解モデルの開発は、熱収支を基本とした積雪多層モデルを氷河に適用できるように改良し、さらに氷河全域に拡張できるように簡略化する。氷河気象観測データをモデルの入力として利用し、衛星画像や 3 次元測量から推定された雪氷域と質量バランスをモデルの初期条件として活用する。3 年目の後半から開発したモデルの検証を行う。氷河融解モデルの検証は気象観測値を入力し、モデル融解量と氷河流域直下の流量観測データを比較する。4 年目までに気候モデルのアウトプットを氷河融解モデルの入力とし、氷河域と融解量の長期的な変動を展望する。入力データは、IPCC 第 5 次報告書向けに他機関で実施されている計算結果を利用する。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

当初、機材納入の遅れに伴い氷河気象観測モニタリングとモデル開発に遅れが生じたが、他機関が公開する代用データを用いてモデル開発を進めた。機材投入後は順調にモニタリング、モデル開発ともに順調に進められたが、平成 24 年 10 月に Condoriri 氷河上の気象観測機材が盗難にあったため、一部モニタリングを中止している。そのため、現在は HuaynaPotosi 氷河と隣接する Zongo 氷河を対象にモデル適用が進められている。平成 25 年度以降、モデルの精緻化、気候モデルのアウトプットを用いた将来展望、モデルの技術移転を進める予定である。

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)

【長期研修員】

雪氷グループに JICA 長期研修員 2 名が留学生として日本側の研究グループに加わり、氷河融解モデルの現地適応に向けた研究に取り組んでいる。Pablo Fuchs 氏(東北大学大学院工学研究科博士前期課程に 2011 年 10 月入学)は SRM(Snowmelt Runoff Model)に関する基本的な理解と実行方法を習得し、ボリビア熱帯氷河に適用可能なモデルに改良している。平成 24 年度は主著論文が土木学会論文集 B1(水工学)に掲載された。またアジア太平洋地球物理学学会(AOGS)、水文・水資源学会、水工学講演会、土木学会東北支部において研究成果を発表した。Gonzalo Leonardin 氏(Gonzalo Leonardini:東北大学大学院理学研究科博士前期課程に 2012 年 4 月入学)も積雪多層モデルの理解と取り扱いを習得し、現在は氷河融解モデルへの拡張に取り組んでいる。平成 24 年度は ESF(European Science Foundation)の Summer School-Microstructure of ice and snow において研究成果を発表した。

【カウンターパート研修】

10 月 22～25 日まで積雪多層モデルに関する研修を東北大学で開催した。モデルの理解、実行方法について解説と、簡易シナリオを用いた氷河融解量の数値実験を題材とした演習を進めた。また、モデルの現地適用に関する問題点と今後の研究計画について議論した。

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)

平成 25 年 2 月 20 日～3 月 1 日までボリビア環境水省の PNCC(PROGRAMA NACIONAL DE CAMBIO CLIMATICO、国家気候変動プログラム)が実施する PRAA(Adapting to Climate Change

in the Illimani Watershed in the Bolivian Andes)と IHH-UMSA が共催で現地コンサルタントを対象として気候モデルに関する研修を実施した。この研修の中で、気候モデルを用いた融雪出水解析について講義した(2月28日午後のみ)。

氷河気象観測、3D プロファイラーを地形測量について、他研究機関から問い合わせやデータ提供依頼が来ており、今後、必要に応じてさらなる情報交換やデータ共有化等を進める可能性がある。

(2) 流出グループ「気候変動下における流出モデルの開発」

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

1 年目は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。高解像度標高データと現地の地図データを用いて流域を抽出し、河道網を作成するとともに、衛星画像を用いて流域内の湖、湿地、植生分類などの土地利用図の作成と地質分類図を作成する。併行して、流出モデルに利用できる気象データの収集・取得とデータベース化を進める。1 年目の後半から 2 年目終了までに、Tuni-Condoriri、Huayna West 流域に流量観測装置を設置し、水位流量曲線(H-Q curve)を作成する。また、湿地帯において地下水水位観測のための水位計を設置する。これらにより、氷河融解量の概略及び湿地前後の流況情報が得られる。観測と並行して流出モデルを構築し、3 年目から 4 年目にかけては流出モデルの現地適用と検証を行う。気象観測データを流出モデルのインプットとして河川流量を計算し、流量観測データ(Condoriri および Huayna の固定堰)と比較検証を行う。この過程でモデルの改良を重ねるとともに流出モデルパラメータを最適化する。4 年目にはここで開発された流出モデルをプラットフォームとして、将来の Tuni 湖流域の水循環と流入量を予測し、氷河後退時における流出量や流出成分の変動を考察する。

③ 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

数値地図情報の作成については、モデル駆動に必要な流域情報が一通り整理された。気象観測ステーションは 2011 年 5 月以降順次、対象地域に設置され、気象データの蓄積が進んでいる。水位計設置と流量観測に関しては、予定された地点に水位計が設置されて計測データの蓄積が進み、流量時系列情報も整備された。流出モデルに関しては、モデリング手法の異なる 2 種類の流出解析手法について検討を行いながら、モデル開発と適用を進めた。長期的な水循環の変動評価に関しては、気象研究所より入手した将来気候予測結果に基づく長期解析に着手した。

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)

ICA 長期研修員 2 名が留学生として日本側の研究グループに加わりモデル開発に取り組み、相手国側との情報交換や留学生への技術移転が進展した。流出班研究者は 2010 年と 2011 年の 2 度、CP 機関を訪問し、流出班の CP 研究者による計測に関する技術的指導を行った。本年度 10 月下旬にはセミナーを実施して、流出モデルの適用結果について紹介した。また、2013 年 3 月にも CP 機関を訪問し、研究の更

なる進展に必要となる追加計測について意見交換と現地踏査による確認等を行った。

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)

流出班における測定データについて、他研究機関からも問い合わせやデータ提供依頼が来ており、今後、必要に応じてさらなる情報交換やデータ共有化等を進める可能性がある。

(3) 土砂グループ「気候変動下における土砂生産・輸送モデルの開発」

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ることにより Tuni 貯水池の堆積量を評価する。

②研究実施方法

本年度は土砂移動と堆砂の現象把握を行うための3Dプロファイラー、土砂浸食量計による継続計測より、土砂動態のモニタリングを実施した。また、衛星画像を用いた対象流域の判読より、土砂浸食に大きなかわりを持つ土地被覆状況のデータベースの整備に着手した。これらのモニタリングと併行して土砂生産、堆砂のモデルの開発に着手する。降水、流出情報、氷河融解の気象データ取得状況を踏まえながら、従来、日本で開発されたモデルを改良し、現地調査成果との同定化により対象流域、およびボリビアに適用できる土砂生産、堆砂の推定モデルの考察を行った。さらに統合モデルを見据えて、河道内における土砂流動動態を把握するため、流砂の物質、粒径把握の調査も進める。

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、3Dプロファイラー、土砂浸食量系による土砂移動と堆砂の計測が開始され、雨季・乾季を通じた土砂動態把握が取り組まれた。衛星画像判読に関すれば、土地被覆に関するデータベースが整備され、流域内の土地被覆の時系列的な変化が明らかにされた。

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。特に、植生に関しては、土地被覆判読から時系列、気象状況により変化が認められていることが明らかにされ、植生変化に従う土砂生産抑制効果を見積もる必要があることを明らかにしており、更なるモデルの高度化に繋がる課題が明らかにされた。こうしたモデルの高度化の課題を踏まえ、現在モデルを改良中である。

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)

10月にボリビア研究員のモデル研修を受け入れ、モデルの実質的運用、概念のレクチャーを行った。また、土砂モデルだけにとどまらず、気候モデルの活用に対するレクチャーも行った。また、昨年同様、日本の土砂生産過程、土砂対策技術(砂防ダム)を現地で説明し、日本の特定地域を利用してモデルの試行計算を試みた。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。

(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

Tuni 湖とその流域における現地計測としては、大きく 2 つのことが実施した。一つは、Tuni 湖の流域で採水等により水質計測を行った。計測は、その場で、携帯型水質計で水温、pH、EC（電気伝導度）、DO のような項目を測定した。採水試料については、現場で 0.2 μ m のメンブレンフィルターでろ過をし、ボリビアもしくは日本の実験室において、主要イオン、栄養塩（窒素、リン）、有機物量などについて分析を行った。もうひとつは、流域における水質形成過程を検討するために、主として Condoriri 流域内で土壌と河川内植生に関する調査を行った。現地で試料を採取し、乾燥などの前処理を行った後、栄養塩と有機物の含有率に関する分析を行った。なお、Tuni 湖における計測として、一昨年度より実施している Tuni 湖内の水温計測は継続的に実施している。

解析モデルの開発に関しては、昨年度に構築した Tuni 湖の鉛直一次元水温成層解析モデルを用いた将来予測計算を行った。その際、Tuni 湖の水量収支解析に関しては、流出班において開発された流出解析モデルからの出力を受け取り、その流量情報を入力条件とした解析手法を導入して検討を行った。

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は、1 年目より継続しており、特に Tuni 湖内の水温計測に関してはかなりのデータの蓄積が進んできたといえる。概ね順調に進んでいるとは言えるが、流域の計測に関しては、次年度以降も継続的に実施する必要があると考えられる。解析モデリングについては、流出班からの出力を取り込んだ Tuni 湖の水温解析手法を構築した。これは、当初計画をやや先行しての実施である。次年度以降は、手法の最適化や精度の向上および流域負荷に関するモデリングについての検討を行なっていく予定である。

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)

10 月に開催したモデリングセミナーにおいて、日本側における過去の類似研究実績(本プロジェクト以外のものも含む)に関する解説および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を行い、知見の伝達と共有を図った。また、新たに加わったカウンターパート(IIS 所属)と、現地調査を主として今後の研究方針に関する議論を行い、双方の協同事項などに関して話し合った。

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) 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 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

水資源政策の総合評価アセスメントモデルの開発にあたり、特に社会経済状況の変動により対象地域の水資源需要量が大きく変動する可能性があるため、不確定な要因については暫定的なシナリオを与えて基本的な計算を行うとともに、得られた追加的な情報を使いながらモデルを部分的に変更(カスタマイズ)して、より最新の状況に適合するようにしていくという行為がぜひとも必要である。そのためには各要因がどのように考慮されているのかを明示する形でのモデル構築と、その構築プロセスへのカウンターパート、ポ国研究者の関与が極めて重要となる。

そのため、モデル構築の実施方法として、(1)情報の連携関係の骨格を表すプロトタイプモデルの構築と提示、(2)他班のアウトプットを組み込む方法の例示、(3)他班のアウトプットを概略的に組み込んだモデルの構築と提示、(4)将来的に得られるであろう情報を用いたモデル改善方法の例示と演習、マニュアル化、という手順を進めることとする。現時点までに(2)の段階まで終了し、2012年10月下旬の東北大学におけるモデリングセミナーにおいて、演習方式でモデル構築に関する技術移転を実施した。

一方、氷河消失等の影響を緩和するための水資源政策として新規の貯水施設の整備が有力なオプションであることから、将来的には貯水池の整備効果について、定量的な分析を行うことが要求される可能性が高い。このことを想定し、河川の流況を考慮した貯水池の水資源管理に与える効果の分析に関して、データが豊富な日本国内の流域を対象とする研究を進めてきた。

現存の水源については La Paz、El Alto 両市の水源を管理している EPSAS が所有している水質調査データを取得し、今後の利用拡大の可能性について検討する。EPSAS が調査を行っていない水源や水質項目については現地調査によりデータを取得する。評価を行う項目はヒトへの健康リスクを考慮して重金属と病原微生物に重点を置く。

③ 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

現存の水道水源についての EPSAS からのデータは、EPSAS 内の度重なる大幅な人事異動などにより取得できていない。独自に行っている水質評価については、これまでに行った 3 回の現地調査により、詳細な検討が必要な項目としてヒ素が考えられること、またヒ素汚染が懸念される地域が 2 か所存在することが判明しており、今後も調査を継続する。

水需要シナリオの作成については、最近 10 年程度の水道統計の時系列トレンドに基づいたシナリオを複数設定することとしているが、地域人口統計からの水道供給区域ごとの人口への変換段階の誤差のほか、料金収集システムの不備による有収水量比率の低下、パイプラインの老朽化等による無効水の増加など、複数の要因が影響している可能性があり、要因別にシナリオの設定方法を精査する必要に迫られている。これらの水需要シナリオとモデルによる将来展望の結果を照らし合わせることによって、現地の水道公社が作成する水道計画マスタープランに、氷河後退による水資源影響に関する科学的知見を提供できる

見込みである。

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)

カウンターパートとして新たに IIS が加わり、現地調査を行う際、最新の微生物学的水質項目の測定方法についての情報を提供した。

CP 機関において収集された La Paz、El Alto の長期的な人口の増加トレンドのデータ、過去 10 年程度の水道統計データに基づいて、簡便な成長曲線当てはめによるトレンド分析が行われている。また、流域面積比等に基づく簡便な水量配分により、浄水場区域ごとの将来の水量バランスについての概略的な分析が概略的な分析が行われている。

そこで、単純な傾向延長法による将来予測では信頼性が確保できないと考えられる部分を指摘し、その部分に関する典型的な骨格モデルを示すとともに、想定されるメカニズムに合わせて計算モデルを組み込む方法について、2012 年 10 月下旬の技術移転セミナーを活用して技術移転を実施した。

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)

本プロジェクトにおいても将来的には貯水池の整備効果について、定量的な分析を行うことが要求される可能性が高い。このことを想定し、河川の流況を考慮した貯水池の水資源管理に与える効果の分析に関して、データが豊富な日本国内の流域を対象とする研究を進めている。具体的には渇水に関する評価指標の定義の検討と、流況変動および貯水池容量がこれらの渇水指標に与える影響の統計的分析を、国内 500 ダムを対象に行った。本研究の学術的成果に結びつくことを期待している。

3. 成果発表等

(1) 原著論文発表

- ① 本年度発表総数(国内 8 件、国際 3 件、国際 in press 1 件)
- ② 本プロジェクト期間累積件数(国内 21 件、国際 5 件、国際 in press 1 件)
- ③ 論文詳細情報
 - ・ 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, 62, in press.
 - ・ 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 KINOUCHI 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リ氷河のアルベドの空間挙動推定, 土木学会論文集 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 Glacierized 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、海外 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、海外 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 (東北大学大学院理工学研究科・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