

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

(ボリビア多民族国)

平成 22 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への適応策立案というボリビア国の要請にしたがい、ボリビア国サンアンドレス大学水理研究所と連携して、ボリビア気候変動に対する水資源政策支援システムを開発する。共同研究では、水資源の継続監視のための水文・水質観測網の確立と水資源統合モデルの開発を進め、氷河後退・消失時の水資源の状態を展望することにより、ボリビア国の政府水関連機関に科学的知見を提供する。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・研究者を日本側の研究機関に受け入れて共同研究を進めることにより、気候変動に対する水資源政策立案を担う人材を育成する。

平成 21 年度は本案件の暫定契約期間としてボリビア側と協議を進め JICA とボリビア機関の合意文書 RD、および東北大・カウンターパート機関との覚書 MOU を締結、平成 22 年度より正式に共同研究を開始する運びとなった。本スキームで国際共同研究プロジェクトを実施するのは日本・ボリビア双方の機関にとって初めての試みであり、まずは両機関のプロジェクトに対する相互理解に努め、プロジェクト研究の効果的な進め方について議論し、9 月の合同調整委員会において共同事業の内容について相手国要請機関から合意を得た。技術移転に関しては、カウンターパート機関および水管理機関を対象とした技術セミナーをラパス市内で開催、さらにはカウンターパート機関の研究者を日本に招聘しワークショップを開催することにより研究成果の情報交換を進めた。5 月、9 月に両機関の研究者が合同で現地視察と水文・水質調査を実施、対象流域のモニタリング体制の整備を進めた。プロジェクトの投入機材が 3 月下旬に納入され、次年度から機材の設置と観測に着手する見込みである。モデル開発に関しては各種データを収集し、各研究グループが水資源統合モデルのサブモデル開発に活用できるようにデータの信頼性評価と初期解析に着手した。留学生の受け入れに関しては、今年度 1 名の研究者が留学生として日本側研究グループに加わり、日本側研究者の指導の下で研究活動を開始している。現在は来年度以降の受入計画について協議を進めている段階であり、カウンターパート機関、留学生、日本側研究機関における連携の強化を目指す。

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

気候変動に伴う氷河後退と融解量の変化は下流域の水循環、土砂流出、水質に影響を及ぼす。本研究では氷河融解モデルの開発と 2030 年代までの氷河融解量について展望することを目的とする。このため、気象観測と衛星画像を用いたモニタリング体制を整備し、モデル構築の入力および検証データとして活用する。氷河融

解モデルは熱収支を取り扱う積雪多層モデルをベースとして氷河全域に適用できる実用的なモデルを開発する。モデルのアウトプットは流出・土砂流出・水質モデルの入力データとなる。

②研究実施方法

- ・ 共同研究で対象とする Tuni-Condoriri 氷河、HuaynaPotosi 西氷河、それらの下流域の環境を把握するため、5月12日に Condoriri 氷河、9月24日に現地視察を行い気象観測装置の設置場所を選定する。
- ・ 各研究グループが初期解析に利用する共通の気象観測データ、流域の数値地図データ、衛星データの収集とアーカイブ化を進め、データサーバーを構築して共有化を進める。並行して過去10年間の衛星画像を用いて南米大陸の雪氷域を抽出し氷河後退の現状について解析を進める。
- ・ 氷河融解モデルのもととなる積雪多層モデルを適用する準備を行い、積雪アルベードの推定方法について、可視・近赤外に分ける方法と、新雪の深さを考慮する方法を検討する。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

収集したデータをプロジェクトで共有するためのデータサーバーを設置した。気象観測データ、流域数値地図情報、衛星画像の他、0.5度グリッド気象データ、20km解像度大気モデルによる気象予測のアウトプットがアーカイブされており、引き続きプロジェクトの観測データ、成果物などを収録して整備を進める(Activity 1-1, 2-2, 5-1)。

人工衛星データ SPOT/VEGETATION を用いて1998年から2009年までの南米大陸における雪氷域の変動について月単位の解析を進めた(図-1)。次年度以降は高解像度衛星を用いて現地 Tuni-Condoriri 氷河、HuaynaPotosi 西氷河に焦点を絞って長期的な氷河の変動について解析を進める予定である(Activity 1-2)。

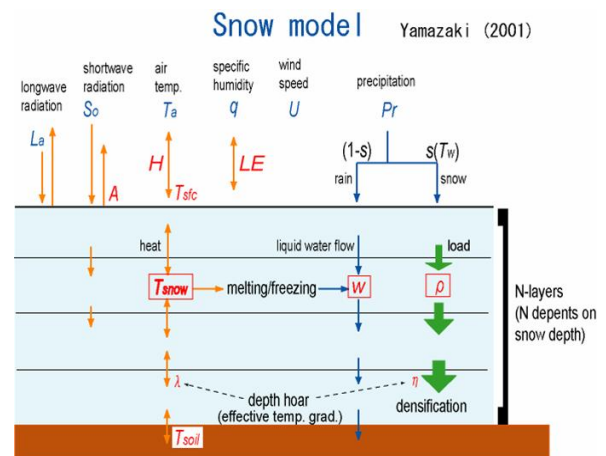


図-1 積雪多層モデルの概念図

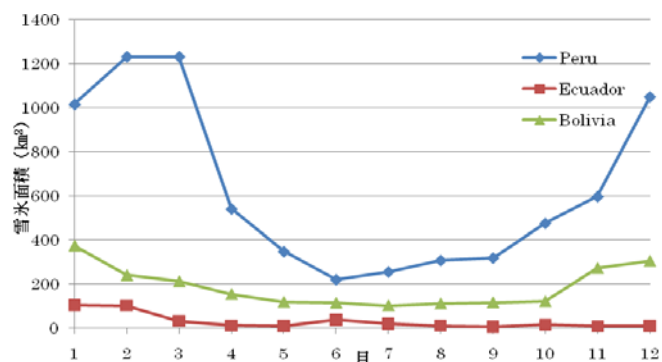


図-2 衛星画像による雪氷域の抽出結果(2007年8月)と季節変動

積雪多層モデルの概念図を図-1 に示す。入力データは下向き短波・長波放射、気温、湿度、風速、降水量で、融解量、積雪熱収支のほか、積雪内部の温度・含水率、密度の鉛直分布を計算できる。氷河へ適用する際はアルベードの分布をどのように与えるかが重要な問題である。当初、既存データによりモデルの初歩的な解析を開始する予定であったが、一部データが未収集・未整備であるため、実施に至っていない(Activity 1-3)。

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)

- ・カウンターパート機関およびボリビア水関連機関を対象として 5 月 11 日にボリビア国の水管理関係機関を対象とした技術セミナーをラパス市において開催、本プロジェクトの目的と進め方について説明し、プロジェクトのキックオフと方向性について意識共有を進めた。カウンターパート機関からこれまでのボリビア国で実施された氷河観測プロジェクトの進展と経緯について説明を受けた。
- ・気象研究所、国立環境研究所、電力中央研究所において国内で運用されている気候モデルの研修を 9 月 18, 19 日に行い、最新の気候予測と水資源分野の温暖化影響評価研究にについて情報共有を進めた。11 月 22 日に東北大学で実施した 3rd GRANDE Workshop では GPS を用いた積雪モニタリング技術の開発について講演し、本プロジェクトで対象とする氷河地形の測量への適用について協議した。
- ・2 月にラパス市内で開催された領域モデルに関するワークショップでは分布型融雪流出モデルを用い河川流量予測手法に関する研究成果について講演した。短期洪水解析と長期水資源解析の用途に応じたモデルフレームワークの構築方法について解説し、技術移転を進めるとともに、気候変動に対する影響評価手法の現状の課題について討議を進めた。

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

(2) 流出グループ

①研究のねらい

Tuni 湖流域の流入量を予測できるモデルを開発する。氷河融解モデルのアウトプットを流出モデルのインプットとし、流出モデルのアウトプットは土砂流出モデルと水質モデルのインプットとなることから、本研究で構築する水資源統合モデルの中核を担う。開発されたモデルに気候モデルの予測データを入力することで Tuni 湖における流入量の将来展望が可能となる。

②研究実施方法

本年度は流出予測を行うため、1) 現地における観測体制確立、2) 各種情報の収集整理と、それらの水収支解析を行うことにより、降水・氷河融解・流出現象の大枠を把握することとした。さらに、観測データが大きく不足しており、気象庁が運用している全球数値予報モデル(Global Scale Model、GSM) の利用可能性を検討する。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

高解像度標高データ等を用いて対象地域の流域界と流路網に関する数値情報を整備した(Activity2-1)。また、衛星画像を用いて 1984 年から 2007 年までの流域内の氷河域と植生域の変化を推定し、氷河面積の縮小だけでなく、植生域が拡大する傾向を確認した(図-2)(Activity 2-7)。また、カウンターパート機関の協力のもと

流出モデルの入力・検証に用いる水文気象データを収集し、クオリティチェックをした上で、利用可能な水文年に対して Condoriri 流域と Huayna Potosi 流域の水収支の概略的な検討を行った。水収支の検討結果からは、両流域で年流出高にはあまり違いがないことや、Condoriri 流域における降水量は流出量を大きく上回る一方、Huayna Potosi 流域では下回る傾向があることが示された。一方、推定される氷河域の面積は Huayna Potosi 流域で減少割合が小さかったことから、既存の降水量情報の利用には十分な注意が必要であることがわかった。図-3 は Condoriri (標高 4525m)、Tuni Bajo (同 4497m)、Huayna Potosi (同 5026m) の降水 P、流出量 Q の観測値、ElAlto で観測された気温から推定した可能蒸発散量 E を用いて、2002 年の水収支を推定したもので、縦軸の $Q-P+E$ は SGM(氷河等融解量) - ΔS (湿地等の貯留量) の推定値を表す。雨季には湿地への貯留が卓越し、乾季には氷河融解が顕著になることが定量的に示された。乾季には現地における水文調査を実施して成分分離のための河川水質分析を試みたところ、Huayna Potosi 本川沿いで電気伝導度等の上昇が確認されたことから、氷河融解水の流下過程における中間流あるいは地下水流入や氷河流域以外の流域からの流入が無視できない量存在していることが推察され、これらも考慮した水文解析が必要であることが認識された。観測体制に関しては本研究の進展に欠かせない新たな水文気象計測の計画立案と湿地等における具体的な機器設置地点や設置機器の選定等を実施した。当初、Chacaltaya 氷河で先行的に研究することを予定していたが、データ入手が困難であることが判明したため、Chacaltaya 氷河を対象とした解析は行わず、データが入手できた Condoriri、Huayna Potosi での解析を進めている(Activity 2-2)。

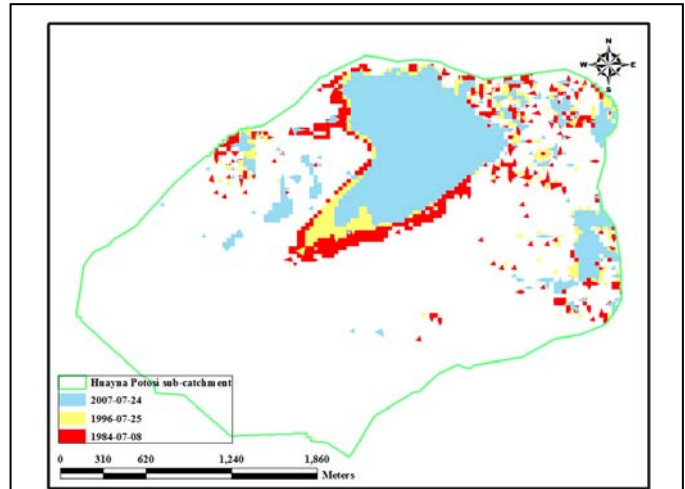


図-2 Huayna Potosi 流域における氷河域の推定結果 (Landsat TM データに基づく)

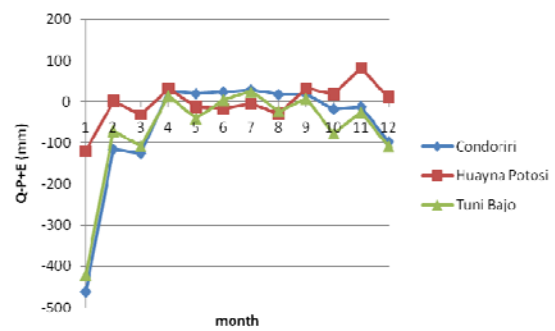


図-3 対象流域における水収支の解析結果

分析を試みたところ、Huayna Potosi 本川沿いで電気伝導度等の上昇が確認されたことから、氷河融解水の流下過程における中間流あるいは地下水流入や氷河流域以外の流域からの流入が無視できない量存在していることが推察され、これらも考慮した水文解析が必要であることが認識された。観測体制に関しては本研究の進展に欠かせない新たな水文気象計測の計画立案と湿地等における具体的な機器設置地点や設置機器の選定等を実施した。当初、Chacaltaya 氷河で先行的に研究することを予定していたが、データ入手が困難であることが判明したため、Chacaltaya 氷河を対象とした解析は行わず、データが入手できた Condoriri、Huayna Potosi での解析を進めている(Activity 2-2)。

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)

カウンターパート機関およびボリビア水関連機関を対象として5月に開催した技術セミナーにおいて日本の水循環研究の成果について講演を行い、流出グループの研究の進め方について情報共有を進めた。10月からはボリビアより留学生が修士課程に入学し、湿地水循環の定量化に関する研究に着手した段階である。

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)

特になし

(3) 土砂グループ

①研究のねらい

気候変動による水文流出過程の変化は、流域内における物質輸送過程にも変化をもたらす。特に、裸地部から生産・輸送される土砂量の将来的な変化は、貯水池における計画上の土砂堆積速度を大きく上回る可能性がある。ここでは(1)流域における土砂の生産過程、および(2)河道における土砂輸送・貯水池内における土砂堆積過程の二つについて、現状の現象を説明するモデルを開発した後に、気候変動後の環境下でのこれらの変化を予測する。

②研究実施方法

現地調査に関しては、2010年5月8～20日にボリビアに渡航し、当該研究の対象領域となる Tuni ダムの流域について踏査を実施した。踏査により、現地の土地被覆状況、地質状況、地形状況、および土砂流出する河川との関連性の環境把握を行った。衛星画像による空間的な特徴把握に関しては、土砂生産履歴を示す土地被覆状況を把握するため、SPOT Vegetation の衛星画像を利用し、空間情報のデータベースを作成した。また、このデータベースは、土地利用 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index : 正規化植生指標)による植生状況、積雪指標 S3 を解析することで整備された。

河道における土砂輸送・貯水池内における土砂堆積過程の二つについては、ボリビアにおける現地データが限られることから、プロジェクト前半部においては、実験データ・他の河川でのデータを中心としてモデルの開発を行い、その後、現地データの収集・蓄積を待って、モデルの適応・チューニングなどを行う予定である。本年度は気候変動後に伴う貯水池内土砂堆積環境の変化・貯水容量の変化に関する定量的な検討を行うことを目的として、湖内堆積地形の相似性に関する研究を行った。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

現地調査より、河道沿いの斜面が上部より急崖状の急斜面から緩斜面の形状を成していることが確認された。山地からの土砂生産が河川に直接流出するのではなく、モレーンとして、河道沿いに土砂が堆積して、その後、降雨や流量の影響に従い土砂が流出する土砂動態の過程が有力である。また、モレーンは、風化粘板岩より構成されるが、砂質土優先、角礫混じり砂質土の2つの分類されることが明らかにされた。これらは、異なる地形を形成させ、砂質土優先の斜面傾斜度は 25° から 40° 、角礫混じり砂質土は 20° 以下である(図-1 参照)。斜面安定性より、砂質土優先の土砂生産ポテンシャルが高いことが見てとれた。また、斜面の土地被覆は、雨水浸食に脆弱である植生の乏しい概ね裸地であることが明らかにされた(Activity 3-1, 3-2)。

また、河道における土砂輸送・貯水池内における土砂堆積過程の二つについては、実験室スケールの現象を対象としたモデルの開発を行い、予定通りに進行している(Activity 3-2, 3-3)。

なお、3月に雨季を対象とした現地観測を予定していたがラパス市内で発生したデモ活動によりボリビア滞在を中止することとした。

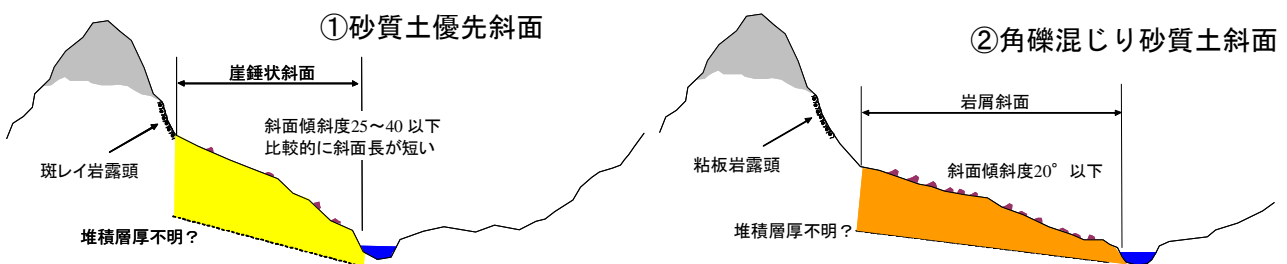


図-4 現地斜面模式図

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)

- ・ 5月11日にラパス市内で開催された技術セミナーにて、気候変動が土砂災害に及ぼす影響について発表した。セミナー後、プロジェクト関係者、およびボリビアの現地技術者に対し、この発表に関わる気候モデルの解析手法、出力結果について教授した。
- ・ 11月にボリビア研究員の研修を受け入れ、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、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。
- ・ 日本国国内における2度のワークショップ、1度の相手国における講演会を通じて、湖内土砂堆積モデルの手法に関する技術移転を行った。また、供与される機材により今後実施される調査に関しても、その実施方法などの技術について指導を行った。

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)

特になし

(4) 水質グループ

① 研究のねらい

気候変動により水資源に対して想定される影響のうち、本グループではボリビアの首都ラパスにおける主要水源の一つであるトゥニダム貯水池での水質変化についての検討を行い、将来水質の展望を得ることを目的としている。またその過程で、現在のところ情報の少ない氷河下流河川の流域における水質についての知見を増やすことも本研究のねらいである。

② 研究実施方法

まず現状のトゥニ貯水池およびその流域河川における水質の状況を把握する必要がある。そこで、概ね月一回程度の定期的な現地調査による水質計測を実施する。これは、主要なトゥニ貯水池の流域であるコンドリ氷河の下流およびワイナポトシ氷河の下流の二流域とトゥニ貯水池内を観測範囲として、現場計測あるいは採水分析を行い、季節毎などの水質変化や流域内の空間的な水質状況を把握するものである。測定項目としては、基本的な水質項目である水温、電気伝導度、水素イオン濃度指数(pH)、溶存酸素濃度、栄養塩(窒素、リン)濃度などである。またトゥニ貯水池内での水質状況を把握するために、投げ込み式の現場計測器を用いた水温等の鉛直分布計測も実施する。また、トゥニ湖の管理機関である EPSAS などからも既存の各種資料を収集する必要がある。このように得られたデータを用いてトゥニ貯水池の水質変化に関する解析数値モデルを構築する。対象とする水質項目は、想定される水質的な変化を鑑みて、水温や富栄養化関連項目(栄養塩、植物プランクトン)とする見込みである。構築するモデルは、貯水池という閉鎖的な水環境における特徴を考慮するために水理学的な条件を反映することができる水質解析手法とする。

③ 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

今年度の前半(5月)に、日暮の研究者が共同で現地踏査を実施し、トゥニ貯水池や各流域における採水調査地点を設定した。それ以降、ボリビア側では概ね一ヶ月毎の現地調査を実施している。現在までに得られた結果から考えると、対象流域は水質的に非常に良好な条件であると言える(Activity 4-1)。また、年度後半の9月からは、トゥニ貯水池内で水温の鉛直分布に関する連続的な計測を開始した。これは今後構築する解析モデルの検証データとして用いることができるものである。水質解析モデルの構築に関しては、ボリビア側の協力機関

よりトゥニ貯水池の湖底地形に関する詳細な測量結果を入手しており、この情報も含めて検討を継続しているところである(Activity 4-2)。

なお、3月に雨季を対象とした現地観測を予定していたがラパス市内で発生したストライキに伴い滞在を中止することとした。

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)

前項に記したトゥニ貯水池での水温分布の連続計測は、共同研究者によるとボリビア国内では初めて実施される観測手法であるということであり、カウンターパートに対して貯水池の水環境に関する科学的な研究手法を紹介できつつあると考えている。また、水質グループの共同研究者が訪日した際には、当研究班のメンバーの一人(中野)が別途で研究を実施している人工湿地による水質浄化施設への見学を行い、関連する技術情報についての紹介をした。

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)

特になし

(5) マネジメントグループ

① 研究のねらい

平成22年度はラパス・エルアルト市の水資源問題の把握のための情報収集とデータ整備、および両市の上下水道システムに関する情報収集である。主要な水処理施設(浄水場、下水処理場等)や周辺の河川、湖等で予備調査として試料を採取し、採取した水試料の微生物学的水質の簡易手法を用いて評価することを目的とした。

② 研究実施方法

平成22年度は研究の実施体制の確立のために、活動計画の作成と現況データの収集作業を行う。社会経済データの収集と平行して、日本側にもGISプラットフォーム(ArcGIS9.3)を整備し、データの共有を進める。合わせて、他グループと共有できる衛星画像データの収集・整理を行う。

平成22年5月に日本側専門家(真砂)がボリビアを訪問し、研究対象地域であるTuni-Condoriri氷河、Tuni湖およびその流域を視察した。現地で水試料を採取し、水質汚染の指標微生物(大腸菌群、大腸菌)と重金属(主に水質基準に係る12項目)の測定を行った。またLa Paz、El Alto両市の水処理施設(浄水場、下水処理場)を視察し、同様に水試料を採取して指標微生物と重金属を測定した。その結果、Tuni-Condoriri地域の水質はおおむね良好であったが、浄水場の一部試料(水道原水)からボリビアおよびWHOの飲用水質基準を上まわるヒ素が検出された(表-1)。ただし今回は当該浄水場の処理後の水試料は採取しておらず、給水地域の住民の健康被害については今後精査する必要がある。

表-1 2010年5月調査で採取した水試料中の重金属濃度(単位 µg/L)

Tuni-Condoriri 地域		Mg	Ca	Cr	Mn	Cu	Zn	As	Se	Mo	Cd	Ba	Pb
A-1	氷河	1,230	16,357	0.3	130.7	4.4	74.9	1.3	2.3	26.8	N.D.	6.9	1.9
A-4	湖	2,602	19,467	0.1	20.0	1.5	66.2	1.2	4.0	17.8	N.D.	2.7	1.8
A-5	流量測定地点	3,342	24,047	0.6	4.8	2.3	21.1	1.8	3.6	14.5	0.7	3.0	2.5
A-6	Tuni 湖	4,299	22,237	0.1	5.5	2.6	20.8	2.1	3.3	11.6	0.1	3.6	2.4
浄水場													
B-1	Achachicala WTP, before filtration	27,580	149,200	N.D.	1472.7	7.1	284.7	1.0	2.9	8.6	1.3	54.2	1.4
B-2	El Alto WTP, source water	4,255	22,207	N.D.	2.6	1.7	9.3	1.2	1.0	6.9	N.D.	3.0	1.2
B-3	El Alto WTP, before chlorination	4,436	25,917	26.1	5.6	14.5	43.9	1.2	2.0	5.8	N.D.	3.6	2.0
B-5	Tilata, source water	12,850	26,337	0.1	12.5	6.3	48.8	34.9	1.6	8.6	N.D.	27.4	1.7
飲用水質基準													
ボリビア		150,000	200,000	50	100	1,000	5,000	10	10		5	700	10
WHO ガイドライン				50	400	2,000		10	10	70	3	700	10

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

平成 22 年 9 月の JCC のためのボリビア国訪問に向けて、事前にビデオ会議等での調整を行った結果、活動計画の作成、訪問期間中の関連諸機関における現況データの収集についてはほぼ予定通り進んだ。しかし、社会経済データなどについては、日ボ間でどの程度の範囲のデータまでを収集対象とするのかについての合意が十分でなかったこともあり、十分とはいえない。年度末の他グループのボリビア国訪問に合わせて、データおよび関連情報の収集を行うこととしている。また、水利用と需要の現況分析については、現地のデータの収集の遅れを受け、若干の遅れがある(Activity 5-1, 6-1)。

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)

日本における上下水道システムの主要設備の現状、技術的特徴、管理の概要、現状における課題について、カウンターパートの訪日に合わせた現場見学と合わせて技術移転を行った。また、水資源の数量的シナリオ分析を行うための情報ツールの開発に向け、そのたたき台となるフレームワークモデルを試験的に作成し、その特徴、内容、課題と発展方向、ソフトウェアの使用方法などの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)

本マネジメントグループは他のグループの研究成果を受け、それを統合する形でボリビア国内の対象地域における水資源計画の将来シナリオ分析を行うという構成となっているが、ボリビア国内の水資源問題への関心の高まりや社会経済情勢の変化の速さを考えると、先行的にできる部分から研究を進めて成果を発信していく必要があることが、22 年 12 月の成果報告会などでも指摘された。

これに対し、ボリビア国の現況データの収集が十分でなく、また水関連、地域開発関連の法制度上の違いの把握が不十分な段階でボリビア国の将来の政策に関して不用意な情報発信を行うことは無用な混乱をもたらす危険性もある。

そこで日本とボリビアに共通する水道事業の技術的特性の分析を日本国内のデータを用いて推進し、知見を蓄積するとともに、学術的な成果にもつなげていくこと、水資源の数量的シナリオ分析を行うための情報ツールの開発に向け、そのたたき台となるフレームワークモデルを試験的に作成して、本プロジェクトの中での最終的

なアウトプットのイメージを共有していくことにした。

3. 成果発表等

(1) 原著論文発表

- ① 本年度発表総数（国内 5 件、国際 0 件）
- ② 本プロジェクト期間累積件数（国内 7 件、海外 0 件）
- ③ 論文詳細情報
 - ・ 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) 「雪氷」グループ

- ① 研究グループリーダー： 山崎 剛（東北大学大学院理学研究科・准教授）
Edson Ramirez (IHH-UMSA・副所長)

② 研究項目

気候変動下における氷河融解モデルの構築

(2) 「流出」グループ

- ① 研究グループリーダー： 真野 明（東北大学大学院工学研究科・教授）
： Jose Luis Montano（IHH-UMSA・教授）

②研究項目

気候変動と氷河後退に伴う流出モデルの構築

(3) 「土砂」グループ

①研究グループリーダー：田中 仁（東北大学大学院工学研究科・教授）

Ramiro Pillco（IHH-UMSA・教授）

②研究項目

気候変動に伴う土砂流出モデルの構築

(4) 「水質」グループ

①研究グループリーダー：中野 和典（東北大学大学院工学研究科・准教授）

: Marcelo Gorritty（IIDEPROQ-UMSA・教授）

②研究項目

気候変動と流域負荷を考慮した水質モデルの構築

(5) 「マネジメント」グループ

①研究グループリーダー：奥村 誠（東北大学東北アジア研究センター・教授）

: Juana Mejia（IHH-UMSA・教授）

②研究項目

水資源管理適応策モデルを用いた将来水資源の展望と適応策の検討

以上