

国際科学技術共同研究推進事業
地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）

研究領域「環境・エネルギー」

研究課題名「微生物学と水文水質学を融合させたネパール・カトマンズの水
安全性を確保する技術の開発」

採択年度：平成25年度/研究期間：5年/相手国名：ネパール

終了報告書

国際共同研究期間^{*1}

平成26年5月1日から令和1年10月31日まで

JST側研究期間^{*2}

平成25年5月20日から令和1年9月30日まで
(正式契約移行日 平成26年4月1日)

*1 R/Dに基づいた協力期間（JICAナレッジサイト等参照）

*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=JSTとの正式契約に定めた該年度末

研究代表者： 風間 ふたば

山梨大学大学院総合研究部国際流域環境研究センター・教授

I. 国際共同研究の内容（公開）

1. 当初の研究計画に対する進捗状況

(1) 研究の主なスケジュール(実績)

研究題目・活動	H26年度	H27年度	H28年度	H29年度	H30年度	H31年度－ 令和1年度 (6ヵ月)
1. 水資源診断グループ						
1-1. 人口、産業分布、土地利用などの統計データを収集し、潜在的な水需要を予測する。	←→					
1-2. 気象、地形、地質などの自然環境データを収集・整理する。	←→					
1-3. 1-1. および1-2. の情報を基に水資源空間分布と長期変動傾向を推定する。		←→				
1-4. 水資源（3項目：水需要量、水利用量と水供給量）に関する水安全性マップを作成する。			←→		→	→
1-5. 代替水資源（地下ダム、雨水涵養、雨水利用）の資源量評価を行い、その開発可能性を検討する。					←→	→
1-6. 人材育成と技術普及・定着を支援する。	←→					→
2. 水質診断グループ						
2-1. 環境水（水道水、井戸水、タンカー水、ボトル水、地下水や河川水）の汚染源、汚染物質と汚染強度を調査する。	←→		→			
2-2. 環境水の水質的特徴と水文学的特徴を調査する。	←→			→		
2-3. 水質項目（5項目：アンモニア性窒素、硝酸性窒素、鉄、アンモニア性窒素同位体、硝酸性窒素同位体）に関する水安全性マップを作成する。			←→		→	→
2-4. 微生物反応に影響する水質要素（pH、溶存酸素、電子受容体、電子供与体など）を調査する。			←→	→		→
2-5. 人材育成と技術普及・定着を支援する。	←→				→	→

3. 微生物・公衆衛生診断グループ						
3-1. 環境水（水道水、井戸水、タンカー水、ボトル水、地下水や河川水）の大腸菌等の指標微生物や病原性微生物を網羅的に調査する。	←→	←→	←→			
3-2. 病原性微生物の発生源と動態を推定する。	←→	←→	←→			
3-3. 微生物項目（5項目：一般細菌、大腸菌群数、水系感染性原虫、水系感染性細菌、水系感染性ウイルス）に関する水安全性マップを作成する。		←→	←→	←→	←→	←→
3-4. 浄化微生物を網羅的に調査し、それらの分布を把握する。	←→	←→	←→	←→	←→	←→
3-5. 水系感染症の現状把握を行い、水質ならびに水利用状況との関係性を抽出し、水系感染症に関する水安全性マップを作成する。		←→	←→	←→	←→	←→
3-6. 人材育成と技術普及・定着を支援する。	←→	←→	←→	←→	←→	←→
4. 水処理技術開発グループ						
4-1. ドロッピング硝化-複合型脱窒生物膜処理（独立栄養細菌群による水素酸化脱窒とANAMMOXなど）装置を試作・運転し、その処理性能とコストに及ぼす各種要因を特定する。	←→	←→	←→	←→		
4-2. 促進型人工湿地装置を試作・運転し、その処理性能とコストに及ぼす各種要因を特定する。	←→	←→	←→	←→		
4-3. スポンジ傾斜水処理装置・砂ろ過装置を試作・運転し、その処理性能とコストに及ぼす各種要因を特定する。	←→	←→	←→	←→		
4-4. カトマンズでの水処理システムの実証実験を5地点以上で実施し、その性能と問題点を把握する。		←→	←→	←→	←→	←→
4-5. 処理システム導入後の結果・変化（水資源、水質および微生物・公衆衛生項目）を反映したフィードバック制御により、処理システムを最適化する。			←→	←→	←→	←→
4-6. 人材育成と技術普及・定着を支援する。	←→	←→	←→	←→	←→	←→

5. 水処理導入シナリオと社会経済評価グループ						
5-1. ネパールにおける水処理施設設置状況を把握する。	←	→				
5-2. 水処理システム導入による水安全性の向上を定量化する。	←	→	←	→	→	→
5-3. カトマンズにおける水処理システムの社会実装と普及に向けた社会的および経済的問題点を抽出する。	←	→	←	→		
5-4. 5-2、5-3の結果を踏まえて、浅層地下水および表流水の処理システムの普及戦略を策定し、相手国機関による公式化を支援する。			←	→	→	→
5-5. カトマンズに水処理システムを導入した際の水安全性の向上とその波及効果について定量的に評価する。			←	→	→	→
5-6. 人材育成と技術普及・定着を支援する。	←	→	←	→	→	→

*大地震の影響で各研究グループの進捗が計画からずれる部分が生じた（詳細は後述）。

(2) 中間評価での指摘事項への対応

中間評価において特に指摘された点は、各研究グループが行っている成果をプロジェクト目標に向かって集約させる役割がどこにあるかが不明確であったことである。「水安全性マップと LCD (Locally-fitted, compact and distributed) 水処理システムの有用性と質、人材能力強化に関する達成度を測れるよう、各成果の質についての指標を追加する必要がある」との指摘を JICA (Japan International Cooperation Agency) から受け、それにこたえるために「PDM (Project Design Matrix) の質的な指標の追加および PDM、PO (Plan of Operation) の修正」を行った。

本プロジェクトでは、自立・分散・小規模で地域の人々でも維持管理が容易な水処理システムを LCD water treatment system と命名している。そこで、LCD システムの有用性と評価については、達成度を計れる指標を PDM に加えることとし、処理量としては処理水の用途に応じて 1 日 1m³、あるいは 3m³ の目標値を定め、処理により鉄、アンモニア性窒素、硝酸性窒素と濁度についてネパールにおける水道水水質基準を満たすこととした。この LCD については、「水処理システムを導入する個々の現場にフィットして持続可能なシステムとは何か」を日本側とネパール側が密に議論し、「現状だけでなく将来や発展後の社会経済状況を加味した多くのオプションを整備し、それを現地の人たちが現場の水質・水量・水利用などの状況に応じてカスタマイズして使えることが真の社会実装に繋がる」との理想を持っていた。しかし、LCD 装置に関する達成目標については、当初より計画していた基盤となる個別の水処理方法の性能を評価したうえで、「それらの組み合わせによって、問題を抱える現地に適した水処理システムをパッケージとして完成させることをまず検討すべき」との指摘も受け、これを達成すべく検討を行った。この方針を取ったことで、基盤水処理方法のみならず、その組み合わせによる水質改善の経験を蓄積することができ、今後は求められる水質や処理量を満たすために必要な水処理装置の組み合わせ方法やそれをまとめたパッケージ数を提示することができるようになった。

一方、水安全性マップの有用性と質については、PDM に新たに Output6 を作成しその Activities として 4 つの項目を設定した。これは、プロジェクトの終盤に向けて成果を集約し水処理装置導入戦略を作成することや、実際にカトマンズにおいてプロジェクト終了後もマップの継続利用される仕組み作りを担う Task force を組織することだった。この Task force を作成したことにより、現地のカウンターパート内での意見交換がより活発になり、またプロジェクト参加へのネパール側の主体性が非常に高まった。

また中間評価段階では、水処理システムの設置場所が全て定まっていなかった点について、早急に決定し能力評価を行うことが指摘された。カトマンズ盆地内では、盆地の外から水を引くメラムチ計画も進んでいたことから、中間評価後の設置場所としてはメラムチ計画のエリア外であることを一つの大きな条件とし、上記のようにパッケージ作成に資する情報が得られることも考慮に入れて設置場所を決定し、最終的には目標を上回る 6 か所に設置し、そのほとんどで地域住民への給水を開始している。

(3) プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

- 5 つの研究グループ全てにおいて、2015 年 4 月の大地震と、9 月に議会で可決された新憲法に対する抗議行動に端を発するインド国境付近での物流阻害の影響を受け、全体的に実施計画の修正を余儀なくされた。
- 水安全性マップ作成期間は 2016-2018 年度で計画されている。研究グループ 1、2、3 では、予定通り 2016 年度にグループごとに第 1 版マップの作成を目指した。この過程で研究グループ 2 では、これまでの調査・研究で水安全性を損なう恐れのある主要な項目が窒素、鉄、であると判断されたため、これら水質項目をマップへ反映することとした。
- 第 1 版マップの作成以降、中間評価で指摘されて新たに PDM にも付け加えられた Task force メンバーによりそれらの活用方法を検討するよう、計画を変更した。当初は、各研究グループから提出された情報を統合して、この水安全性マップに新たな情報を掲載することを想定していた。しかし、カトマンズの現状を踏まえると、各研究グループから提供された情報そのままを公開した方が行政機関による政策策定において有効であると判断し、統合した情報をマップに掲載することは最終目標としないこととした。現地でのマップの更新は、それに関係する組織や現地の行政が必要とする情報を踏まえて今後も十分に意見交換を継続する予定である。

- 研究グループ4では、現地適応型水処理システムでの処理能力を、設置目的に応じて変更した（飲料水確保の場合は3,000L/日から1,000L/日へ変更）。研究グループ5の調査結果から、カトマンズ市内では目的に応じて種々の水を使い分けていることが判明。そこで、処理目的を飲料水確保と生活用水確保とに分けて、各目的に応じた処理方法を検討することとした。すなわち、生活用水確保の場合は当初の目標（3,000L/日）としたが、処理にやや高度な技術を要する飲料水確保の場合は、コミュニティ（50世帯程度）が1日に利用するであろう水量（1,000L/日）に対応する水処理ユニットを開発することとした。需要が多い場合は、その需要に応じてユニットを増設する。また「促進型傾斜土槽」の装置材料を検討した結果、土よりもスポンジの方が高い処理性能を発揮することが判明（「スポンジ傾斜水処理装置」と命名）。
- 研究開始当初は、水安全性マップから現地適応型水処理装置の設置場所を抽出することを想定していた。しかし、2014年に起きた地震の影響を受けて研究グループ1～3、5による現地調査が遅れた。また、水処理装置の原型案はあったものの、それを現地適用型にカスタマイズするための検討・工夫が必要と考えられた。そこで、水安全性マップの完成を待たずに、パイロットプラントを設置し、カトマンズの地下水に必要な除去項目を検討することとした。さらに、中間評価時に指摘のあった「水処理装置の維持管理や費用も含めて現地で使用可能な構成を持った水処理装置の“パッケージ化”」にも注力した。最終年度に至り、水安全性マップに関する情報が各研究グループから出そろった。また、水処理装置についても現地で除去が必要な「鉄、アンモニア、硝酸性窒素、濁度」に対する処理装置の処理性も明らかになった。この時点において、当初に計画していた処理装置の設置場所の抽出・設置すべき処理装置のパッケージ構成が提案できるようになってきた。
- 研究グループ5では、第2ステップで計画した社会経済的問題の抽出と解決策の提案における「解決策の提案」を水処理システムの導入効果を評価した後に実施するように変更。また、第3ステップで計画した「水処理システム費用対効果関数の構築」を「導入効果の定量的評価手法の開発」に変更した。この変更は、世帯を対象としたアンケート調査や現地住民に対する聞き取りから、水処理装置導入による効果は金銭で計れるものばかりでなく、水質に対する不安など心理的なストレスを含む多角的な評価が必要と判断したためである。定量的評価手法には費用対効果の評価も含まれる。

2. プロジェクト成果目標の達成状況とインパクト（公開）

(1) プロジェクト全体

本プロジェクトの目的は、エネルギーと水資源に制約がある開発途上国ネパールの都市部カトマンズ盆地において「水安全性の診断技術の適用による水安全性マップの作成」と「現地の浄化潜在能力を最大限に引き出した自立・分散・小規模水処理システムの開発と適地への導入」、さらには「水処理システム導入を評価して水安全性マップにフィードバックさせながら、人口増加や災害にも耐えうる安全な水の連続供給を可能にする仕組み（カトマンズモデル）を構築することである。多くのステークホルダーが水安全性確保に関する情報を共有し、地域住民による持続的な水資源保全と水処理システムの維持管理が行われることを目指す。

具体的には、水安全性の正確な評価を可能にするプロトコルの整備（目標1「水安全性診断技術の適用」）と、生物膜・スポンジ傾斜・砂ろ過や人工湿地を積極的に活用した現地対応型水処理技術の開発（目標2「自立・分散・小規模水処理システムの最適化」）を目標としている。水安全性診断に関する技術適用では「潜在的な水需要・水利用の実態・水資源の現存量に関する調査（水資源診断）」、「環境水の汚染物質・汚染強度・汚染源、一般水質の特徴に関する調査（水質診断）」、「環境水の微生物汚染と微生物学的特徴に関する調査（微生物・公衆衛生診断）」および「地域生活における水利用の実態やそれが人々の暮らしに及ぼす影響の評価（社会影響評価）」に基づいた水安全性マップを作成する。このマップにより、水処理が必要な地域の優先順位付けを行い、現地における自立的・分散的な小規模水処理システムの最適な配置と処理規模を決定する。また、水処理技術の開発では、生物膜水処理装置・スポンジ傾斜水処理装置・砂ろ過水処理装置・人工湿地水処理装置を工学的手法によって機能強化し、原水水質や利用目的に応じた各装置の組み合わせを実現させる。本プロジェクトでは、5つのワーキンググループ（以下、WGと略す。WG1「水資源診断」、WG2「水質診断」、WG3「微生物・公衆衛生診断」、WG4「水処理技術開発」、WG5「水処理導入シナリオ・社会経済評価」）を設け、相互補完的に連携しながら効率的な研究推進を目指す。

① プロジェクト全体のねらい

・水安全性診断に基づく最適な処理システムにより水の安全性を確保

エネルギーと水資源に制約があるカトマンズ盆地周辺地域を対象に、水量・水質・微生物、さらには地域の社会科学的調査による水利用の実態等に関する水安全性マップを作成し、これに基づき、どのような水処理装置をどのくらいの規模で配置すべきか決定する。同時に、生物膜、スポンジ傾斜、砂ろ過や人工湿地等を利用した従来の水処理技術の処理速度や機能を改良し、カトマンズの地域事情に適した省エネルギー、小規模かつ高効率な水処理システム構築を目指す。

・日本発信の「カトマンズモデル」を、世界の水ビジネスへ！

本研究が進めば、カトマンズに安心・安全な水を安定供給することができる。さらに本研究で、水安全性マップに基づいて小規模分散型の水処理装置設を計画するとともに、設置後の情報の水安全性マップへのフィードバックによってより安全かつ持続的な水管理を行うための方法論が確立できれば、これを「カトマンズモデル」としてネパール国内および地域事情が似ているアジア諸国に普及展開でき、新たな日本ブランドとして世界の水ビジネスへ展開することができる。

② 当該年度の成果の達成状況とインパクト

・ Sharing and Preparatory Workshop on SATREPS Project “Hydro-microbiological approach for water security in Kathmandu Valley” (2013.8.11)

プロジェクト始動に先立ち、ネパール側プロジェクト参加者ほぼ全員を集めてワークショップを開催した。ワークショップでは、カトマンズ盆地が「現在抱えている」および「将来に直面する」であろう水安全性に関する問題を理解し、その問題を SATREPS プロジェクトでどのように解決していくのか、さらには SATREPS プロジェクト終了後にどのような継続的な取り組みが必要なのかを日本側とネパール側で共有した。

・第1回 JCC ミーティングおよびキックオフミーティング (2014. 6. 22)

プロジェクトの本格的実施初年度である 2014 度に、第 1 回 JCC (Joint Coordination Committee) とキックオフミーティングを開催した。キックオフミーティングでは、5 つの WG の日本側・ネパール側の各リーダーが全体研究計画と第 1 年研究計画を発表し、プロジェクト全体で議論して方向性を決定・共有した。

・カトマンズにおける合同調査研究 (2014. 9. 16-24)

山梨大学からの調査・研究団とカウンターパートによる合同調査を実施し、相互理解を深めた。WG1 は、各種水文データ、土地利用、気象データに関する調査を実施した。WG2 は、浅井戸 38 地点、河川 2 地点、深井戸 5 地点、湧水 2 地点、公共水場 2 地点の計 49 地点から採水し、水質分析を行った。WG3 は、WG2 が採水した 37 サンプルに加え、Jar water 30 サンプル、さらに WG5 が採水した河川水および下排水 13 サンプルに含まれる微生物の分析を実施した。WG4 は、カトマンズ 2 地点に導入している窒素処理装置の改良と性能評価と、鉄処理装置の新設と性能評価を実施した。WG5 は、21 世帯を対象に試験アンケート調査を実施した。

・カウンターパートによるネパール国内での連携強化 (2014. 9-)

ネパールカウンターパート内での相互理解を深めるための WG リーダーが中心となってミーティングを 3 ヶ月に一度の頻度で開催した。

・カウンターパートへの技術移転状況 (2014. 10. 7-11. 8)

10/7~10/18 に 4 名、10/7~11/8 に 5 名の JICA 研修生をネパールから山梨大学に受け入れ、研修・トレーニングを実施することにより技術移転を行った。いずれも終了後に成果報告会を開催し、トレーニング修了証を授与した。

・第2回 JCC ミーティングおよびワークショップ (2015. 4. 3)

プロジェクトの本格的実施 2 年度目である平成 27 年度のはじめに、第 2 回 JCC ミーティングとワークショップを開催した。JCC ミーティングでは、第 1 年度の成果を確認するとともに、人材育成のために日本に招聘する修士学生等の選考日程について審議した。

ワークショップでは、5 つの WG の日本側とネパール側リーダーが第 1 年度の成果報告とともに全体研究計画と第 2 年度研究計画を発表し、それについてプロジェクト全体で議論して方向性を決定・共有した。

・カトマンズ大震災に伴う緊急ミーティング (2015. 7. 26)

2015 年 4 月に発生したネパール大地震の影響を受けて、プロジェクト計画が大幅に変更されたのを受け、緊急会議を開催した。短期研修員と長期研究員の日本派遣に関するすべての日程計画変更、8 月現地調査の計画、ネパール大地震に関係して JST の公募に応募して採択された緊急調査 (J-RAPID) の計画、本事業全体に関わる情報交換と結束強化について議論し、方向性を決定した。

・カトマンズにおける合同調査研究 (2015. 8. 18-30、2016. 3)

山梨大学からの調査・研究団とカウンターパートによる合同調査を実施し、相互理解を深めた。WG1 は、農業用水量推定のための現地観測(農地における作付状況の把握)および流域内の水資源施設の実態調査を実施した。WG2 は、乾季の広域調査で浅井戸 122、深井戸 26、湧水 12、公共水場 10、河川水 1 の水試料を採取し、水質および同位体分析を実施した。

WG3 は、WG2 と WG5 が採取した水試料の微生物測定作業を行うと共に、カトマンズ盆地水道公社 (Kathmandu Upatyaka Khanepani Limited、以下 KUKL と標記する) が管理する浄水場において処理前後の水試料を採取し、浄水処理工程における微生物の除去率を測定した。

WG4 は、ドロッピング硝化-複合型脱窒生物処理装置、スポンジ傾斜水処理装置、小型曝気装置、砂ろ過装置の新規設置または既存装置のメンテナンス・改良を行い、その性能調査を実施した。さらに、水質分析に関する研修・トレーニングを実施した。

WG5 は、コカナ、ゴンガブ、チェサールの 3 か所の住民と、水利用の実態、地震による影響に関するフォーカスグループディスカッションを実施し（J-RAPID）、カトマンズ市内の病院で感染症患者数の変化について聞き取りを実施した。

・カウンターパートへの技術移転状況（2015～）

JICA 短期および長期研修や雨季および乾季の現地調査・研究時のオンサイトトレーニングを通して、相手国に対する技術移転を推進した（詳細は各研究グループの項を参照）。

・SATREPS 企画提案・国際シンポジウム（持続可能な水管理に向けたスマート水システムの世界展開）の実施（2015. 12. 5-6）

「熱帯地域に適した水再利用技術の研究開発」（2008 年度採択、代表：山本和夫）、「アフリカサヘル地域の持続可能な水・衛生システム開発」（2009 年度採択、代表：船水尚行）、「微生物学と水文水質学を融合させたネパール・カトマンズの水安全性を確保する技術の開発」（2013 年度採択、代表：風間ふたば）の 3 つの SATREPS プロジェクトの経験やプロジェクト推進戦略・モデルを 3 プロジェクトで共有し、自律分散型水処理技術・水管理技術の世界展開とカトマンズへの社会実装を加速するために国際シンポジウムを実施した。参加したネパール側関係者が、社会実装が進みつつある他のプロジェクトによる具体的な成果の共有によって、「SATREPS とはどのようなプロジェクトなのか」をよく理解でき、改めて現在進行中のプロジェクトの遂行に興味と関心が深まった。

・グループリーダー会議（2016. 3. 7-9）

両国のプロジェクトリーダー、WG リーダーおよび関係者が集まり、これまでの成果報告、抱えている問題と今後の研究計画を発表し、それについてプロジェクト全体で議論して方向性を決定・共有した。

・第 3 回 JCC ミーティングおよびグループリーダー会議（2016. 6. 18-20）

JCC ミーティングでは、第 2 年度の成果を確認するとともに、人材育成のために日本に招聘する修士学生等の選考日程について審議した。ワークショップでは、5 つの WG の日本側とネパール側リーダーが第 2 年度の成果報告とともに全体研究計画と第 3 年度研究計画を発表し、それについてプロジェクト全体で議論して方向性を決定・共有した。さらに、グループごとにリーダー会議を実施し、より専門的で詳細な議論をした。

・カトマンズにおける合同調査研究（2016. 3 月、6 月、8 月、9 月）

山梨大学からの調査・研究団とカウンターパートによる合同調査を実施し、相互理解を深めた。WG1 は、各種水文・気象データ、土地利用等の収集、農地水利用に関する現地調査、屋根雨水利用実態調査などを実施した。

WG2 は、雨季の広域調査を実施し、浅井戸 106 地点、深井戸 28 地点、湧水 19 地点、公共水場 14 地点、河川 14 地点の現地調査および水試料を採取した。

WG3 は、微生物起源解析の有効性を検討するための試料としてニワトリの糞便（20 試料）を採取し、微生物測定作業を行った（2016. 06）。また、WG2 が採取した乾季広域調査試料（171 試料）に加え、タンカー水（28 試料）を採取し、微生物測定作業を行った（2016. 08）。

WG4 は、これまでに設置したスポンジ傾斜水処理装置、ドロッピング硝化リアクター、水素酸化脱窒リアクター、アナモックス集積リアクターの処理性能把握と改良を実施するとともに、新たに砂ろ過装置と人工湿地水処理装置を設置した。

WG5 は、2016 年 3 月の調査では、2 回目のフォーカスグループディスカッションを実施し、地震後約 1 年経過した乾期の水供給と利用の実態について把握した。また、今後のアンケート調査の計画、内容についてカウンターパートと詳細な打合せを行った。2016 年 8 月の調査では、カウンターパートと共に雨季の世帯調査を開始し、調査に同行して問題点の抽出、改善法の検討・指導を行った。また、水処理システム導入の候補地としてコカナとチェサールを訪問し、水利用の現状についての聞き取りと水質分析を行うと共に、水処理・供給を住民が主体となって実施している地域においての聞き取りを行った。

・ ワークショップ、グループリーダー会議、エクスカージョン (2016. 9. 20-23)

2016 年 9 月 20 日、山梨大学において、5 つの WG の日本側とネパール側リーダーがこれまでの成果報告とともに研究計画を発表し、それについてプロジェクト全体で議論して方向性を決定、共有した。さらに、グループごとにリーダー会議を実施し、より専門的で詳細な議論をした。

平成 28 年 9 月 21 日、ラジャン・ラズ・パンディ ネパール水供給・衛生省副次官や日本側とネパール側 WG メンバーが集まり、国際ワークショップを開催した。ワークショップでは、SATREPS プロジェクト全体のビジョンやこれまでの成果の発表だけでなく、個々の WG のこれまでの成果や技術を発表し、全員がそれらのビジョンと成果を共有した。このワークショップには、山梨大学学長をはじめとする大学関係者、JST や JICA 関係者らも参加し、プロジェクト成果を学内外に発信し、さらに情報を共有した。

・ 第 4 回 JCC ミーティングおよびグループリーダー会議 (2016. 11. 29-30)

プロジェクト中間時期に行う JICA による中間レビューが実施され、その報告を受けて JCC ミーティングを開催し、レビュー結果を承認した。またグループリーダー会議では、レビューを受けての対応策を協議した。

・ グループリーダー会議ならびにネパール国内ワークショップ (2017. 3. 27-28)

2017 年 3 月 27 日、カトマンズにおいて、5 つの WG の日本側とネパール側リーダーがこれまでの成果報告とともに 2017 年度の研究計画を発表し、それについてプロジェクト全体で議論して方向性を決定し、共有する予定である。2017 年 3 月 28 日には、日本およびネパール側のプロジェクト参加関係者とともに、SATREPS プロジェクト終了後に水安全性マップと LCD 水処理装置の社会実装と運営を進めていく KVWSMB、KUKL や関連する政府・地方自治体関係者とメラムチ計画関係者などを招待し、プロジェクトの趣旨、これまでの成果、開発した技術やプロジェクト終了後の社会実装に向けた道筋を発表し、全体で議論して共有する予定である。

・ 第 5 回 JCC ミーティングおよびグループリーダー会議 (2017. 6. 19)

進捗状況、中間レビュー提言への対応、供与機材、研究者リスト、日ネ双方からの投入を確認し、今後の予定と課題を共有した。

・ 第 6 回 JCC ミーティングおよびグループリーダー会議 (2018. 5. 3)

進捗状況、供与機材、研究者リスト、日ネ双方からの投入に加えて、次年度の終了時評価の概要を確認し、今後の予定と課題を共有した。

(2) 研究グループ 1：水資源診断（リーダー：石平博・山梨大学、Narendra M Shakya・トリブワン大学）

① 当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

平成 25 年度は、カトマンズ盆地の降水量、気温、風速などの気象データおよび河川流量データが 2009 年までの十数年分揃っていることを確認して、整理した。人口分布や土地利用データについても取得した。具体的には、1960 年代後半から 2010 年にかけて観測された水文データ・気象データを収集した。また、各観測項目について観測地点数や位置、期間を整理した。さらに、カトマンズ盆地の水資源診断に必要なとされる主要データ（人口、産業分布、土地利用などの社会統計データ、ならびに、地形、地質などの自然環境データ）を収集した。なお、このデータ収集については、平成 27 年度まで継続して行った。

平成 26 年度は、流域水収支解析を行うとともに、水需要量および河川流量の推定を開始した。水収支解析の結果、カトマンズ盆地全体においては、年降水量（1500mm 程度）の約 40～50%が蒸発し、残り 50～60%が流出していることが明らかとなった。また複数の水文モデルを用いた長期の降雨-流出解析の結果との比較により、解析結果の妥当性を確認した。水需要に関しては、現地農家への聞き取り調査と衛星観測（植生指標 NDVI）から得られた作物種・作付パターンの情報と作物別用水量推定モデル（CROPWAT）を組み合わせることで農業用水需要量の空間分布と季節変化の推定を行った。その結果、盆地東部などの地域で農業用水量の逼迫度が相対的に高いことが明らかとなった。

平成 27 年度から 28 年度前半にかけては、カトマンズ盆地における水需要推定とモデル計算に基づく潜在的な表流・地下水資源量の推定を行った。水需要推計に関しては、人口増加の将来予測を含む社会

統計データと都市規模の変化に伴う水利用原単位の増加予測に基づき、カトマンズ盆地内の行政区(VDC)毎の都市用水需要量の推定と将来予測を行った。その結果、2021 年までにカトマンズ盆地内の都市用水需要量は 480~540MLD(Million Liter per Day)に達する見込みであることが示された。水資源量推定については、表流水(河川流量)と地下水についてそれぞれ検討を行った。表流水源については、分布型水文モデル(SWAT)を用いて、山岳域から盆地中心部へ流入する河川水量を推定することで、潜在的な表流水量(利用可能量)を算出した。なお、この推定に際しては山岳域の雨量観測値不足を補うために、高解像度衛星観測降水プロダクト(PERSIANN-CCS)を利用した。その結果、カトマンズ盆地内の水供給を担う KUKL が表流水を取水している上流山岳域全体の潜在的な表流水量は、135~841MLD 程度(雨季・乾季で変動)であり、現在の取水量や他の用途(農業用水、環境用水など)での利用を考慮すると、新たに 67~710MLD 程度(雨季・乾季で変動)の新規水資源開発の可能性があることが明らかとなった。地下水に関しては、表流水-地下水結合モデル(GSFLOW)を用いたシナリオ解析に基づき、深層地下水くみ上げ可能量の推計を行った。具体的には、実測流量・地下水位をもとに GSFLOW のパラメータ同定を行った後、等間隔に配置した「仮想井戸」に異なる汲み上げシナリオ(汲み上げ量)を与えた数値実験により、深層地下水からの汲み上げ可能量の空間分布を明らかにした。平成 28 年度後半には、同様のモデル・手法を用いて、浅層地下水からの汲み上げ可能量の推定を行うとともに、人工涵養が浅層地下水位変化に及ぼす影響に関する数値実験を実施し、代替水資源開発手法としての人工涵養の有効性を示した。

平成 29 年度には、気候変動に伴う流域水資源量変化の将来予測や異なる地下水汲み上げシナリオに対する地下水位の応答解析を実施した。まず、温暖化シナリオ RCP (Representative Concentration Pathway) 4.5 および 8.5 に対応した将来気候予測結果の一つである ACCESS1.0 に対して線形スケーリング(LS)とクウォンタイルマッピング法(QM)を適用し、近未来(NF:2011-2040)、世紀半ば(MF:2041-2070)および世紀末(FF:2071-2099)の気候外力情報を整備した。また、これらのデータを SWAT モデルに適用することで、気候変動が降水や河川流量に及ぼす影響を評価した。その結果、近未来(NF)、世紀半ば(MF)および世紀末(FF)における年降水量の変化幅は、RCP4.5 で-1.16~17.50%、RCP 8.5 で 2.10%~11.02% 程度となった。また、過去の実績および将来予測の降水量については、系統的なトレンドは見られなかったが、大きな周期性・季節性や空間変動性が確認された。さらに、このような気候変動を想定した水資源量の将来予測を行ったところ、現在と比較してこの山岳域起源の表流水資源量は乾季・雨季ともに増加することが予想され、その量は近未来において RCP4.5 で 61% (乾季)および 40%(雨季)、RCP8.5 で 31% (乾季)および 52%(雨季)となった。ただし、気候外力の変化が地下水位に及ぼす影響は限定的であり、地下水汲み上げ量の変化などの人為的な影響が支配的であることが示唆された。そこで、メラムチ導水計画(MWSP)の進捗段階に対応する複数の地下水汲み上げシナリオをモデルに与えることで、汲み上げ量の変化が地下水資源に及ぼす影響について検討を行った。その結果、汲み上げ量の増加に伴い最大 0.69m/year の定常的な地下水位低下が起こることが推測されるとともに、MWSP の実施段階に応じて汲み上げ量が削減できた場合には+2.83m~+5.48m の地下水位回復、MWSP が実施されず地下水くみ上げ量が増加した場合には-2.97m の地下水頭変化(いずれも空間平均値)が生ずる可能性が示された。

平成 30 年度には、以前から進めてきた代替水源開発に関する検討(人工涵養による地下水資源の回復、屋根雨水の集水・利用ポテンシャルの把握など)の取りまとめを行い、カトマンズ盆地における新規水資源開発の可能性を示した。また、本プロジェクトで検討を進めてきた水資源診断技術や解析結果の地図化・可視化手法をネパール側に引き継ぐために、タスクフォースと連携してマニュアル作成を行うとともに、水安全性マップの継続的な更新に資する衛星観測技術を用いたモニタリング手法の検討も実施した。

上記の検討により、対象地域の水需要(Supply : S)、水供給(Demand : D)および潜在的水資源量(Availability : A)に関する情報が整備できたことから、これら各要素のバランスを考慮した水資源に関する水安全度マップの作成を試みた。具体的には、メラムチ導水計画に伴う給水量の変化や将来の人口増加をもとに、カトマンズ盆地内の上水道給水区毎に給水量(S)と需要量(D)のバランス(Water Security Index: WSI)を算出・地図化することで、盆地内における水需給バランスの実態と将来像を推定した。また、震災に伴う給水網の破損が給水量低下に及ぼす影響と、それにとまなう WSI の変化に関する試算も実施した。

以上のように、本グループでは当初の計画に対して 100%の達成度を得ている。これらの成果の中でも、表流水-地下水結合モデルを用いた流域水資源解析は、過去に検討例が非常に少なく、本研究課題の特筆

すべき成果の一つである。また、盆地内における水需給バランスを地図化することで視覚的に示したことは、研究面での新規性だけでなく、水管理の実務においても利用価値の高い成果である。

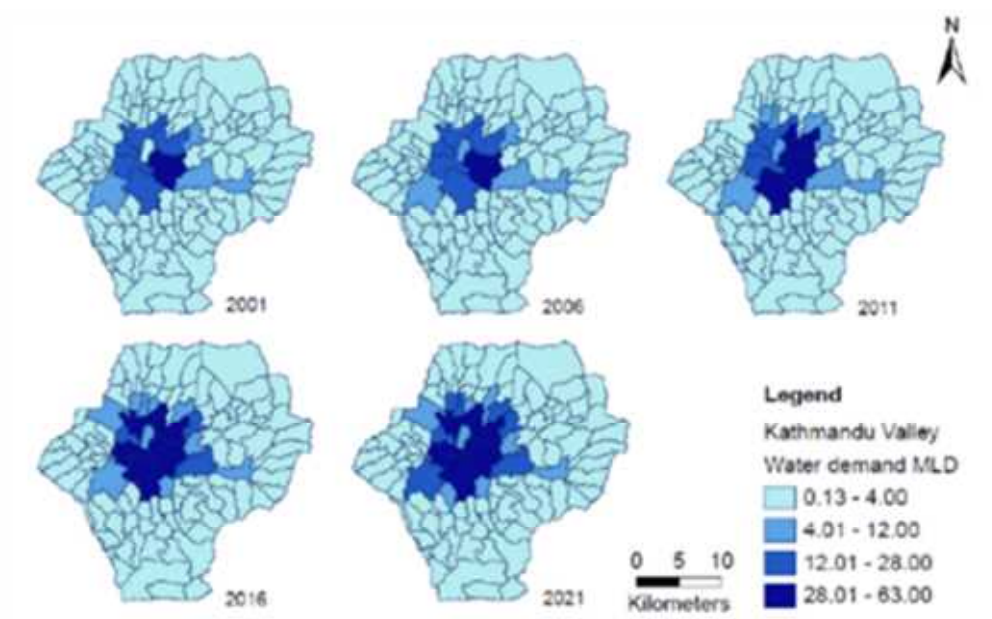


図 1.1 VDC (行政区)/Municipality 別の都市水需要量分布

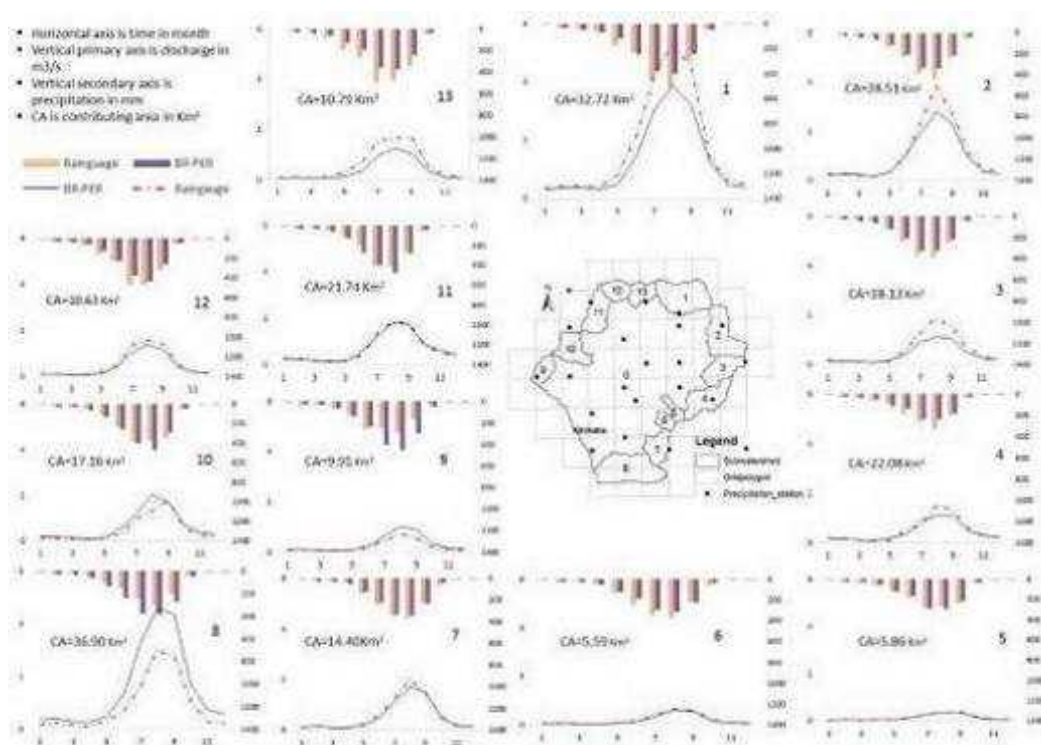


図 1.2 分布型流出モデルによる山地域からの河川流量推定結果

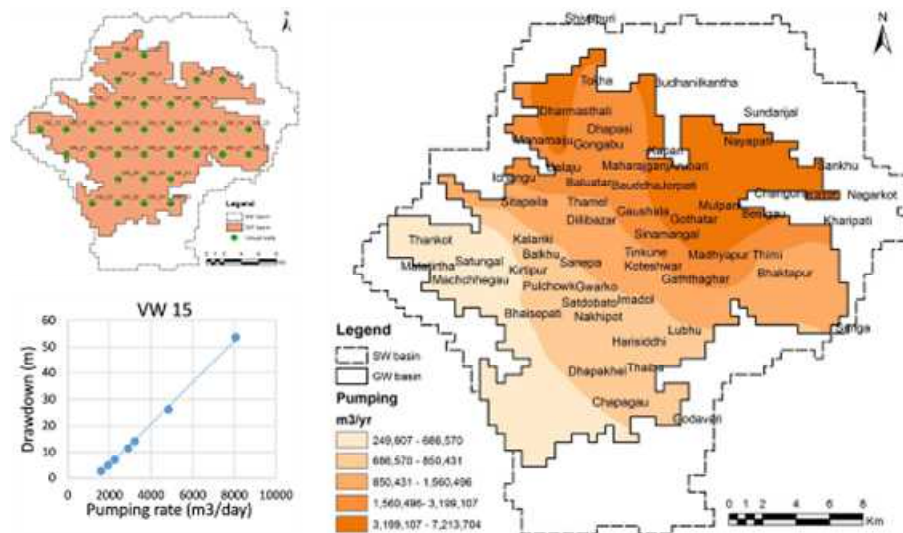


図 1.3 深層地下水くみ上げ可能量の推定結果
 左上：仮想汲み上げ井戸の配置 左下：シナリオ(汲み上げ量)に対応した
 地下水低下量の変化の計算例 右：深層地下水くみ上げ可能量の空間分布

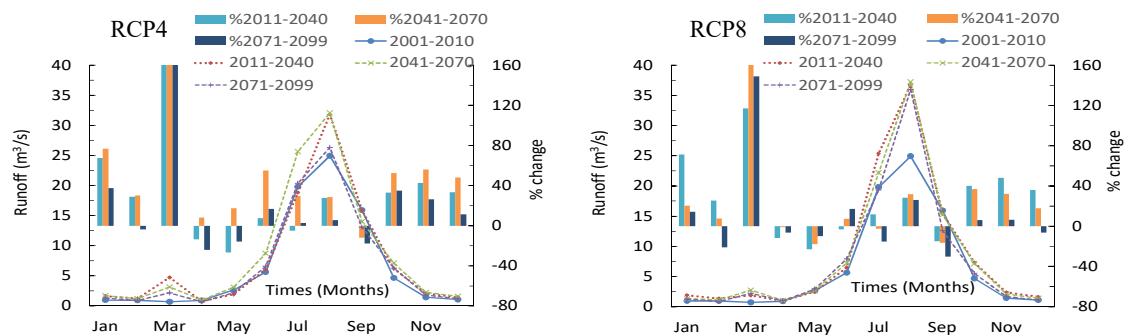


図 1.4 山岳域起源表流水資源量の将来予測結果
 左：RCP4.5 右：RCP8.5

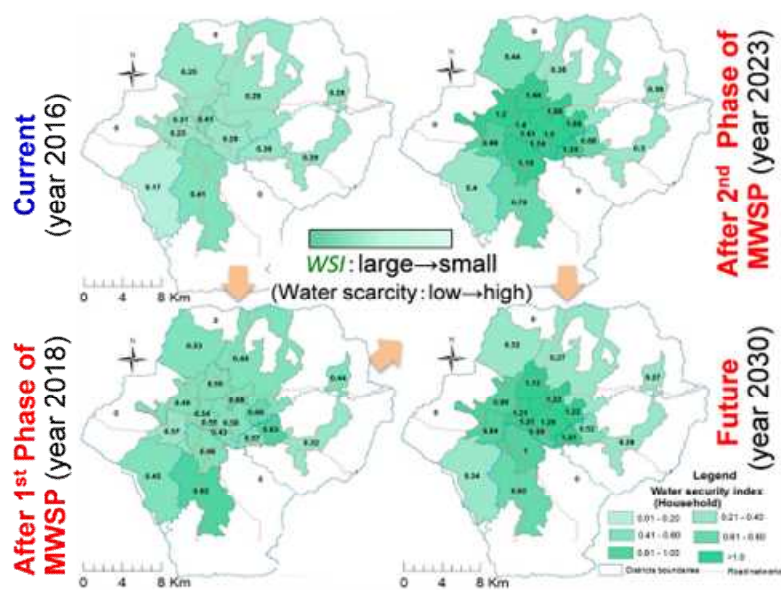


図 1.5 水安全性指標(給水量(S)と需要量(D)の比: WSI)の時空間分布

② カウンターパートへの技術移転の状況

平成 26 年度は、JICA 短期研修生 1 名（トリブワン大学 IOE 修士学生）を受け入れ、水文気象データのトレンド解析、地下水モデル構築、土地利用データ解析と GIS 利用に関する技術指導を行った。平成 27 年度は、JICA 短期研修生 1 名（トリブワン大学 IOE 修士学生 1 名）を受け入れ、水文気象データのトレンド解析、地下水モデル構築、土地利用データ解析と GIS 利用に関する技術指導を行った。

平成 28 年度は、JICA 短期研修生 2 名（トリブワン大学 IOE 修士学生 2 名）を受け入れ、水文気象データのトレンド解析、地下水モデル構築、土地利用データ解析と GIS 利用に関する技術指導を行った。平成 30 年度は、JICA 短期研修生 1 名（トリブワン大学講師）を受け入れ、地下水モデル構築、土地利用データ解析と GIS 利用に関する技術指導を行った。

③ 当初計画では想定されていなかった新たな展開 なし。

④ 当初の研究のねらい（参考）

ネパールでは、カトマンズ盆地の水源観測が主体的に実施されていなかったことから、水資源に関する信頼できる一連のデータベースがなく、またその観測体制も整っていない。そこで、カトマンズに関する各種データ（水文データ、気象データ、地理データ、社会データ）を収集した。収集したデータを適宜整理、精査し、研究に必要な不足データを現地で収集した。それらのデータを整理、解析することで水需要予測と水収支解析を行う。これにより、水資源量に関する基礎的な知見とデータを蓄積し、水資源に関する水安全性マップを作成する。

また、将来の水需要量と現在利用している水資源量のギャップを予測したうえで、代替水資源（雨水涵養、屋根雨水利用など）の資源量評価を行い、その開発可能性を検討する。

さらに、これらのデータ収集、整理、解析の一連の技術をカウンターパートに移転し、プロジェクト期間および終了後もカウンターパートが主体となって研究を実施できる体制を整える。

⑤ 研究実施方法（参考）

まず、解析の準備段階として、これまで山梨大学およびネパール側研究者が過去の研究等を通じて個別に収集してきたカトマンズに関する各種データ（GIS 情報なども含める）の整理と、今後の研究に必要な不足データの確認作業を行った。また、気象・水文情報など流域水資源評価に必要な各種データを収集し、観測地点数・観測位置・観測期間などの基本的な情報を整理するとともに、欠測状況に関する調査を実施した。

次に、これらの水文気象観測データを用いて水収支解析を実施するとともに、降水量・流量などの長期的な変化傾向について検討を行った。さらに、上記のデータをもとに、カトマンズ盆地内における、1) 水需要、2) 水供給量、および 3) 潜在的利用可能水量の分布の推定を行った。最終的には、これら需要・供給・利用可能水量のバランスを考慮した水資源に関する水安全性マップを作成するとともに、都市用水確保のための代替水源開発の可能性についても検討を実施した。

(3) 研究グループ 2：水質診断（リーダー：中村高志・山梨大学、Suresh D Shrestha・トリブワン大学）

① 当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

平成 25 年度は、カウンターパートであるトリブワン大学地質学部と共にこれまでの研究で得られている水資源調査状況を整理し、地下水中窒素の挙動解析を実施すると共に、現地の地下水および湧水の利用状況を確認し、調査すべき水源、地点数、水質および同位体観測項目等を決定した。また、現地調査の体制確立のためのプランの確定を行った。

平成 26 年度は、次年度に予定されていた雨季カトマンズ盆地の全域調査に備え、雨季にカトマンズ盆地南部に位置する Lalitpur 地区でカウンターパートであるトリブワン大学地質学部の学生 24 名を対象に現地調査および水質分析技術のトレーニングを予備調査として実施した。さらに、本研究ではカトマンズにおいて汚染が深刻な地下水中のアンモニアの起源を把握するために、広域的な調査報告がなかったアンモニア態窒素同位対比の広域観測に挑戦することとし、迅速に多数のサンプルの分析が可能な方

法の開発に成功した。これにより、盆地全域の調査で得られる多数のサンプルのアンモニア態窒素同位体比分析に対応できる体制を整えた。

平成 27 年度は、4 月のゴルカ地震とその後の近隣諸国からの物流停止により、調査車両の燃料確保ができず、予定されていた雨季カトマンズ盆地の全域調査は次年度に延期せざるを得なくなった。そこでこの年の雨季は、この年の乾季に予定されていたカトマンズ盆地の全域調査の体制強化のため、カウンターパートのトリブワン大学地質学部の学生 50 名を対象に現地調査および水質分析のトレーニングを兼ねた予備調査を実施した。

同年度 2 月～3 月にかけて、カウンターパートと共同でカトマンズ盆地の全域において現地調査を実施し、浅井戸 122 地点、深井戸 26 地点、湧水 12 地点、公共水場 10 地点、主用河川 1 地点の現地調査および水試料を採取した。

平成 28 年度は、乾季の全域調査により得られた水試料の水質および各種同位体の分析を実施した。現時点ではほぼ全ての必要水質項目の分析を終了し、得られた水質および各種同位体データを用いて汚染源の推定ならびに汚染プロセスの解明のための初期解析に着手した。また、震災により実施を遅らせていた雨季のカトマンズ盆地全域の調査を実施し、浅井戸 106 地点、深井戸 28 地点、湧水 19 地点、公共水場 14 地点、河川 14 地点の現地調査および水試料を採取した。

平成 29 年度は、前年度に採取された水試料の必要水質項目の分析を実施し、水質に関する水安全性マップならびに、汚染状況や汚染プロセスを解析するための水質・同位体データベースを完成させた。

平成 30 年度は、水質・同位体データベースにより汚染状況の把握、汚染源の推定、水質 5 項目（溶存鉄濃度、硝酸性窒素濃度、アンモニア性窒素濃度、硝酸性窒素安定同位体比、アンモニア性窒素同位体比）の水安全性マップを作成し、雨季および乾季における各種水質・同位体の空間分布を把握した。

カトマンズ盆地内の地下水は、硝酸イオンとアンモニウムイオンの濃度が高く、硝酸態窒素に関しては、WHO 飲用水基準（11.3mg/L）を超過している井戸が乾季では 18%（最高濃度 49mg/L）、雨季では 32%（最高濃度 60mg/L）であった。アンモニア態窒素に関しては、WHO 飲料水指針値（1.2mg/L）を超過する井戸が乾季と雨季でそれぞれ 42%（最高濃度 60mg/L）ならびに 35%（最高濃度 19mg/L）であった。また、鉄含有濃度も高く、WHO 飲用水基準（0.3mg/L）を超過する井戸は乾季で 74%（最高濃度 38mg/L）、雨季では 45%（最高濃度 23mg/L）であった。

水資源中の硝酸イオン汚染の起源および挙動を把握するために、窒素および酸素の安定同位体比を測定した。硝酸イオンの窒素同位体比（ $\delta^{15}\text{N}$ ）と酸素同位体比（ $\delta^{18}\text{O}$ ）から多くの硝酸イオンは人為起源であり、これらの硝酸イオンは地下水中で自然浄化（脱窒反応）を受けていることが確認できた（図 2.1）。また、地下水のアンモニア汚染源を把握するためにアンモニア態窒素同位体比（ $\delta^{15}\text{N}$ ）を測定した結果、深井戸の地下水に含まれるアンモニウムイオンの $\delta^{15}\text{N}$ 値は 2‰以下で過去の研究で明らかになっている湖性堆積物中の窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値とよく一致し、地質由来の汚染であることがわかった。一方、浅井戸の地下水に含まれるアンモニウムイオンの窒素同位体比は湖成堆積物の $\delta^{15}\text{N}$ 値と既往の研究で把握されている下水中の $\delta^{15}\text{N}$ 値の間に分布し、これらのアンモニウムイオンは湖成堆積物と下水中の窒素を起源としていると考えられる。多くの浅井戸から採取された地下水の $\delta^{15}\text{N}$ 値は 10‰以下で、湖成堆積物に近い値を示していることから、これら堆積物を起源とするアンモニウムイオンの寄与が相対的に大きいと考えられる。

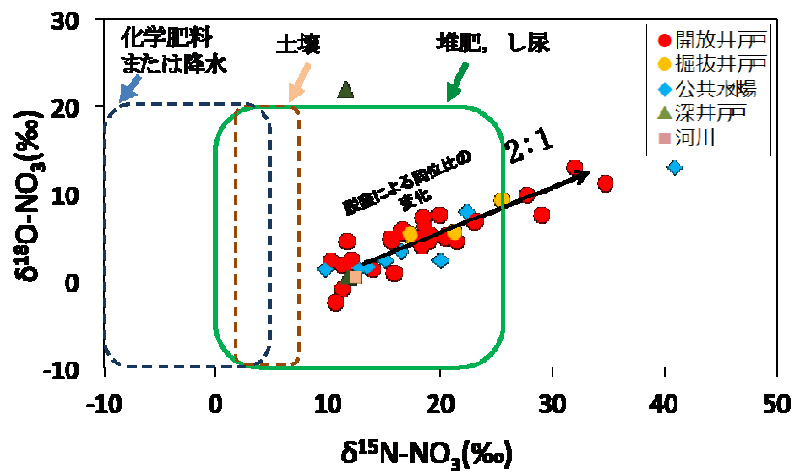


図 2.1 硝酸イオンの硝酸イオンの窒素同位体比 ($\delta^{15}\text{N}$) と酸素同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$)

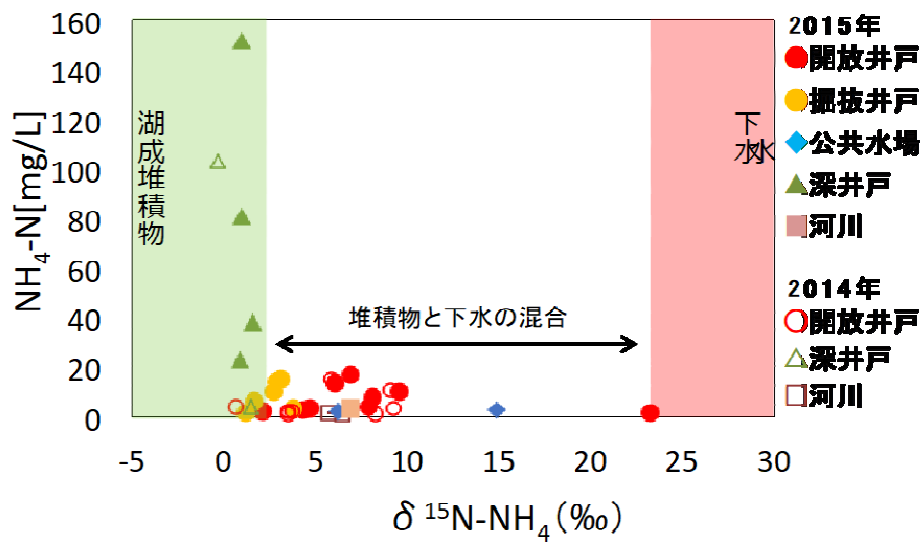
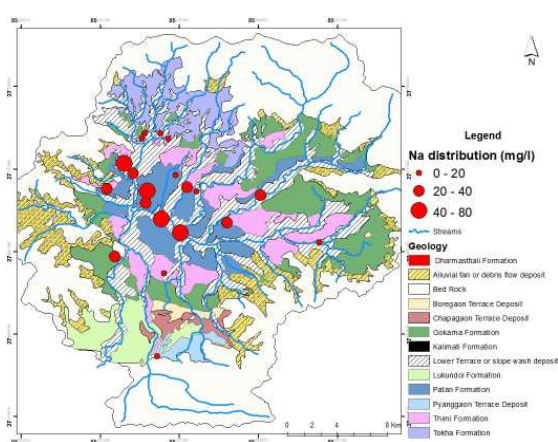


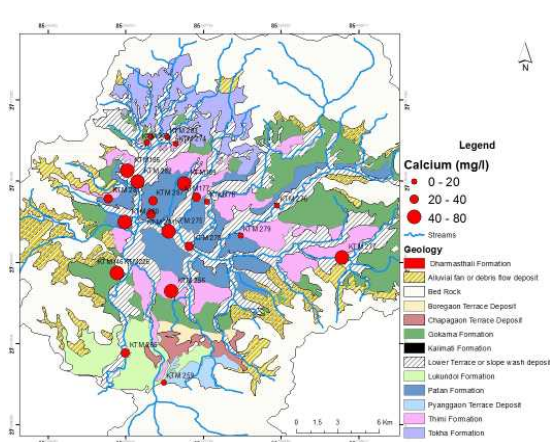
図 2.2 アンモニウムイオンの濃度と窒素同位体比 ($\delta^{15}\text{N}$)

上述したように平成 28 年度の 2～3 月の乾季に実施したカトマンズ盆地全域の調査により得られた水試料の化学分析はほぼ完了したため、初期解析に着手した。予備調査により、下水の漏洩だけでなく、地質起源の窒素負荷も窒素汚染の重要な要素であることから、広域的な窒素汚染の分布と地質の分布を比較することで汚染のプロセスの把握を試みている。また、水質の汚染状況は地下水の涵養状況や流動、帯水層の分布によって大きく変動することから、地下水の涵養、帯水層の分布を把握するために地下水を構成する溶存イオンの濃度分布図を作成した。

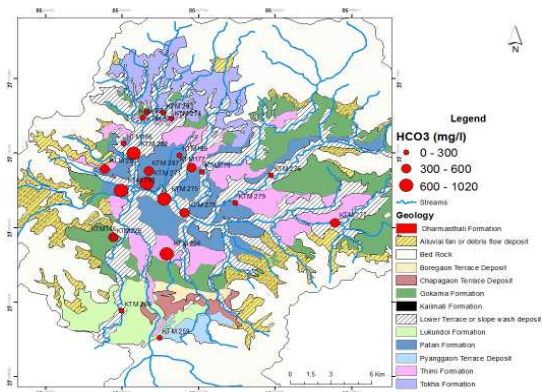
深井戸から採取した深層地下水のナトリウム、カルシウム、重炭酸、マグネシウムのイオン濃度は、盆地北部と南部で相対的に低く、中央部で高い傾向が得られた（図 2.3 a～d）。これらのイオン濃度は地下水が涵養された初期段階で低く、滞留時間の増加と共に地質からの供給により高濃度化することが知られていることから、盆地北部と南部の地域で地下水の涵養がある可能性が高いと考えられた。また滞留性地下水においては土壌中（主に粘土）のナトリウムイオンとカルシウムイオンの交換反応が生じることが知られている。盆地の中央部における深層地下水は、ナトリウムイオン濃度が高い地下水が分布し、カルシウムイオン濃度が低い傾向がみられ、この地下水が相対的に長い滞留時間を有していることが推察できる。アンモニア態窒素濃度は、パタン層（Patan formation）とティミ層（Thimi formation）の境界で高い傾向が見出された（図 2.3 g）。



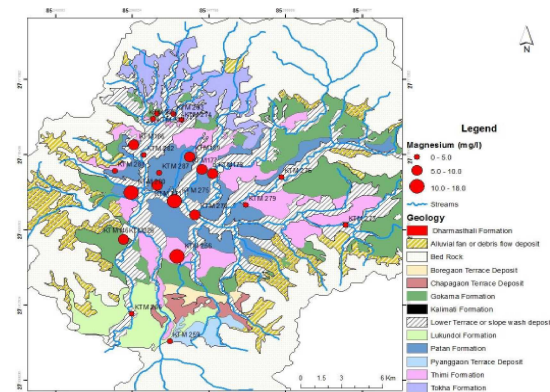
a) ナトリウムイオン濃度の分布



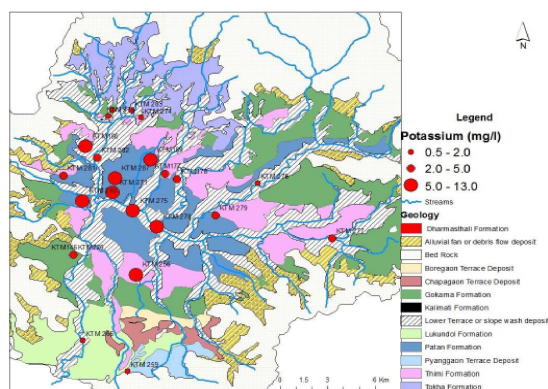
b) カルシウムイオン濃度の分布



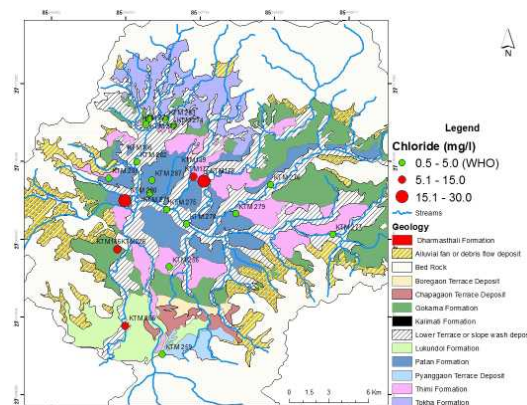
c) 重炭酸イオン濃度の分布



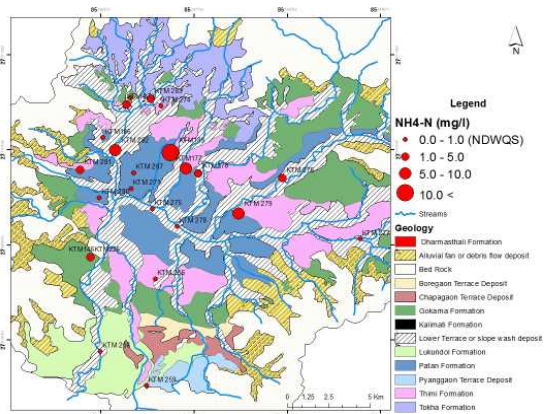
d) マグネシウムイオン濃度の分布



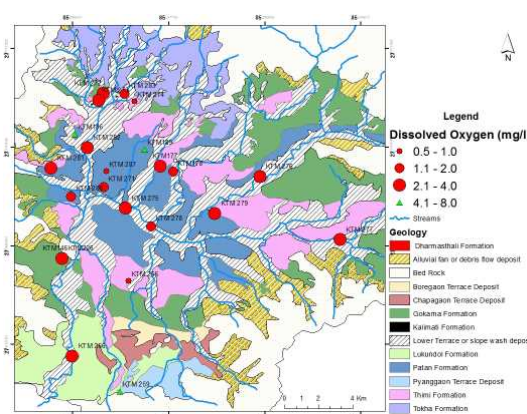
e) カリウムイオン濃度の分布



f) 塩化物イオン濃度の分布



g) アンモニア態濃度の分布



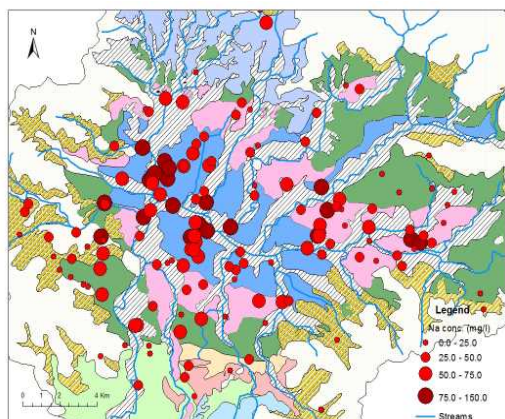
h) 溶存酸素濃度の分布

図 2.3 深井戸から採取した地下水の各種水質の分布と地質の分布
※地質は *Yoshida and Igarashi (1984) and Sakai et al. (2008)* を引用

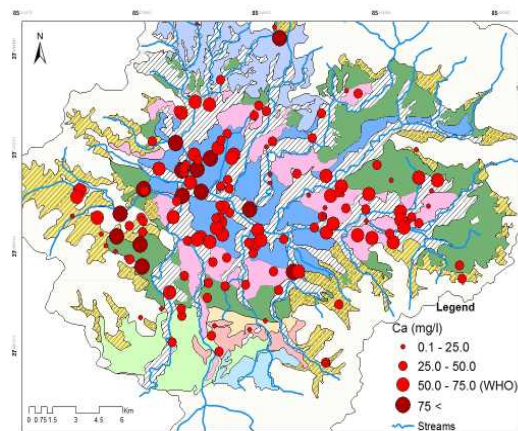
浅井戸から採取した浅層地下水中のナトリウムイオン濃度は極所的に高くなる傾向が得られた (図 2.4 a)。上述したようにナトリウムイオンは地質から供給されるが、下水などの生活排水にはナトリウムイオンや塩化物イオンが高濃度で含まれている。そのため、生活排水の漏洩等により地下水中のナトリウムイオン濃度が高くなる場合があることから、今後、水安全性マップを作成する上で浅層地下水への生活排水の混入の指標として重要な項目になると考えている。アンモニウムイオンならびに硝酸態窒素の濃度は、ナトリウムイオンが極所的に高くなった地域で高濃度である傾向を示した (図 2.4 e, f)。この結果から生活排水の混入に起因したアンモニアや硝酸イオンの汚染が生じている可能性が示唆されるが、これ以外の地域においても比較的高いアンモニウムイオンや硝酸態窒素濃度を示す地域も多くみられる。各種同位体情報のマップ化 (アイソトープマッピング) により、地質由来の窒素の負荷を考慮した解析を実施した結果、アンモニア態窒素安定同位体比値が高く人畜由来と考えられるアンモニアが検出された井戸は、盆地中央の都市部だけでなく、農地が分布する郊外や山麓の浅井戸でも検出され、人口密度に関係なく人畜由来の窒素の負荷が盆地の広い範囲に分布していることが明らかとなった (図 2.5 a)。一方で、地質由来と考えられる比較的低い窒素安定同位体比値を示すアンモニアも盆地の広い範囲で検出された。地域住民が常用している浅井戸の水に含まれるアンモニアについては、これまで下水が漏洩したものと予想されていたが、アンモニア態窒素同位体の観測により、地質起源のものも多く含まれていることがこの研究によってはじめて明らかにしたことであり、特筆すべき成果である。

硝酸性窒素安定同位体比値についても系統的な空間分布は見られなかった (図 2.5 b)。硝酸イオンの濃度と窒素および酸素の安定同位体比値を用いた同位体分別モデルによる解析を実施した結果、同濃度ならびに同位体比の変動には、脱窒だけでなく硝化も関わっており、さらに気象条件や水文条件、異な

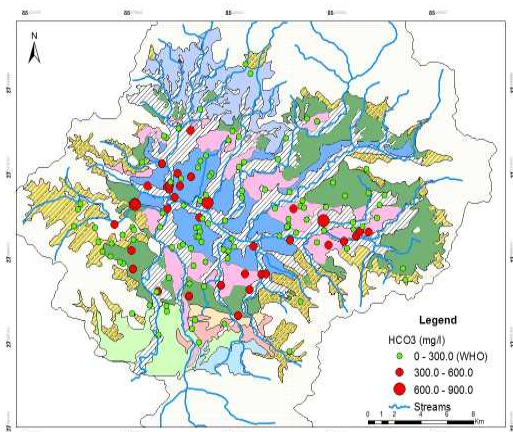
る汚染源からの窒素負荷の混合が複合的に影響している可能性を捉えた。従って、ある時期だけの地下水調査（スナップショット）によって地域の汚染状況を評価することは危険であり、観測の継続による水安全性マップの更新は極めて重要であることが明らかとなった。



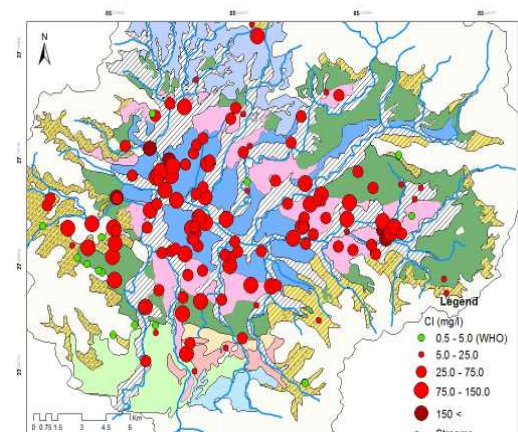
a) ナトリウムイオン濃度の分布



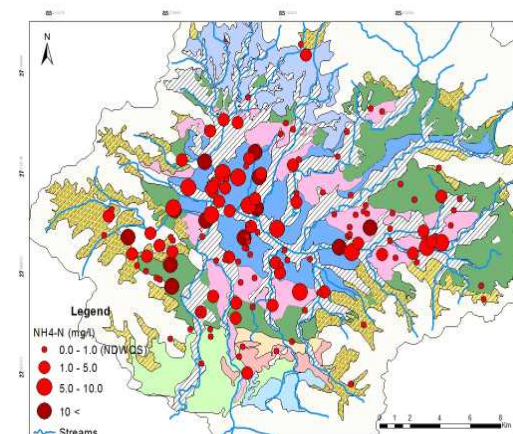
b) カルシウムイオン濃度の分布



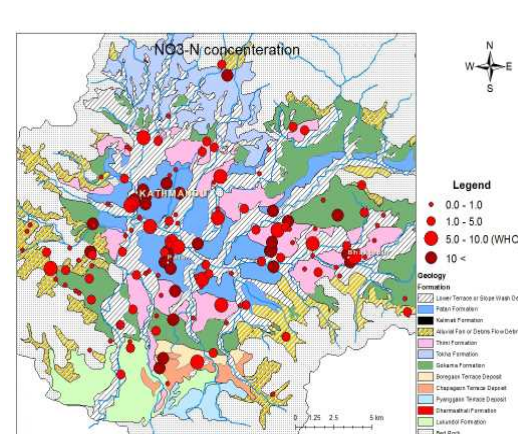
c) 重炭酸イオン濃度の分布



d) 塩化物イオン濃度の分布

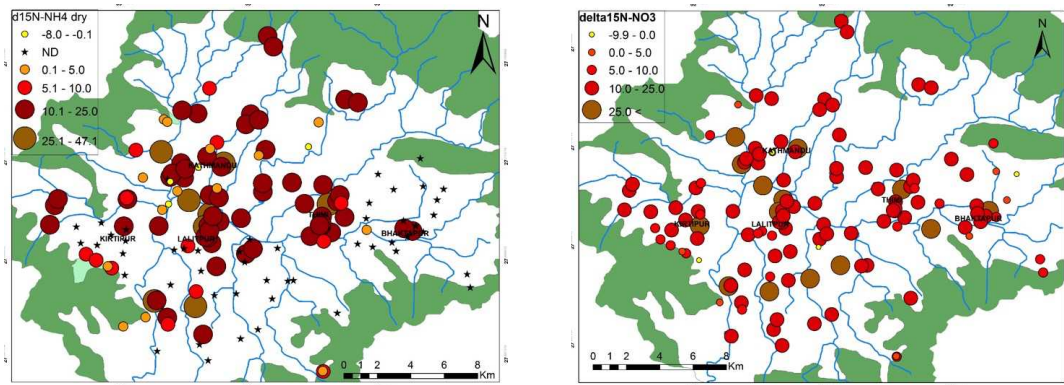


e) アンモニア態濃度の分布



f) 硝酸態窒素濃度の分布

図 2.4 深井戸から採取した地下水の各種水質の分布と地質の分布
※地質は *Yoshida and Igarashi (1984) and Sakai et al. (2008)* を引用



a) アンモニア性窒素安定同位体比値の分布 b) 硝酸性窒素安定同位体比値の分布

図 2.5 浅井戸から採取した地下水の窒素安定同位体比の分布

② 研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

カトマンズ盆地の全域をカバーする調査を実施するためには、カウンターパートの学生および職員による現地調査チームの結成が不可欠であった。したがって、平成 26 年度はカウンターパート（トリブワン大学地質学部）の学生 24 名、平成 27 年度は学生 50 名を対象に現地調査のための継続的な技術トレーニングと技術移転を実施した。

技術移転を実施することによって、採水地点の設定、試料の採取、現地水質分析、地下水位の測定、水利用状況の聞き取り調査等の現地調査方法を共有した。さらに、これら現地調査方法や採取した試料やデータの管理の詳細をマニュアル化し、複数のチームが同時に調査を行える体制を整えた。平成 27 年度の乾季に実施した盆地全域の調査においては、カウンターパートが主導で調査井戸の選定、調査計画と現地調査の一連の作業を実施し、広域調査を完了することができた。さらに全域調査とは別に、カウンターパートによる水資源の補足調査が地質学部の歴代の修士学生により継続されていることから、持続性も確保されつつあり、現地調査や現地水質分析等の技術移転はほぼ完了している状況である。

平成 28 年度には、現地調査や化学分析により得られたデータの解析技術をカウンターパートに移転するため、平成 28 年 9 月～11 月の 3 ヶ月間、トリブワン大学 CDG（Central Department of Geography）の講師 1 名を山梨大学に招へいし、短期研修を実施している。また、平成 28 年 4 月から 4 年間、トリブワン大学 CDG 修士学生 1 名を山梨大学の研究生（平成 29 年 4 月より博士課程開始）として招へいし、長期研修を実施している。平成 29 年 2 月よりトリブワン大学学士課程 1 名に対して共同指導を実施している。平成 29 年 10 月～12 月ならびに平成 30 年 7 月～9 月に短期研修生 1 名を山梨大学に招へいし、水質・同位体分析のデータ解析、論文作成を実施し、研究に必要な一連の技術を移転した。

③ 当初計画では想定されていなかった新たな展開

2015 年 4 月の震災、その後の新憲法の議会可決に端を発する国境付近の物流阻害により、広域調査のために必要不可欠である自動車の燃料の入手が極めて困難な状況となったため、当初 2015 年の雨季に計画していたカトマンズ盆地の全域における地下水調査を延期（2016 年度に実施）せざるを得ない状況となった。

④ 当初の研究のねらい（参考）

カトマンズ盆地の地下水および表層水汚染の実態は報告されているものの、盆地全域をカバーする広域調査は 1990 年以降行われていない。また、汚染が深刻な窒素については、汚染源やプロセスの把握は殆どされておらず、水処理等の水質対策情報が不足している状況である。本研究では、主用な水質項目と水や汚染物質の汚染状況を高い精度で把握することができる安定同位体の広域観測を実施し、水質、汚染物質やそのリスクに関する基礎的な知見とデータを蓄積し、水質に関する水安全性マップを作成する。窒素汚染源の推定については今後、下水設備の更新に伴い汚染が軽減する生活排水起源の窒素汚染と、半永久的に汚染が継続する地質起源の窒素汚染において、水処理の方法や規模、耐久性を決定する

上で極めて重要な基礎情報となる。本研究で得られる水質や汚染源・汚染プロセスの情報については、汚染現場においてエネルギー・コスト投入をできる限り抑えつつ水処理性能を高めるための処理装置の設計の基礎情報として、研究グループ 4 と共有する。また、浅井戸の調査においては盆地全域における地下水の水位を観測し、浅層地下水の水資源量を推定するための実測情報として研究グループ 1 と共有する。これらの調査・採水、水質分析の一部、データ解析の一連の技術をカウンターパートに移転し、プロジェクト期間および終了後もカウンターパートが主体となって研究を実施できる体制を整える。

⑤ 研究実施方法（参考）

カトマンズ盆地の浅井戸および深井戸の地下水、河川水、湧水、公共水場（ストーンスパウト）において現地調査および採水、水質分析を実施して汚染状況を把握した。

さらに窒素汚染源と地下水中での窒素動態プロセスを把握するために硝酸態窒素・酸素安定同位体比ならびにアンモニア態窒素同位体比の分析を行った。なお、アンモニア態窒素同位体を測定するにあたっては、従来の分析方法ではその前処理において、カトマンズ盆地の広域調査で採取された多数の環境試料の分析が困難であったため、迅速なアンモニア態窒素同位体分析用前処理方法の確立を検討し、これに成功した。

(4) 研究グループ 3：微生物・公衆衛生診断（リーダー：原本英司・山梨大学、Jeevan B Sherchand・トリブワン大学）

① 当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

これまでに合計 12 回（2014 年 9 月、2015 年 8 月、2015 年 12 月、2016 年 2～3 月、2016 年 6 月、2016 年 8 月、2016 年 12 月～2017 年 1 月、2017 年 8～9 月、2018 年 4～5 月、2018 年 6～7 月、2018 年 8 月および 2019 年 2～3 月）の現地調査を行い、WG2 と WG5 の協力も得ながら、カトマンズ盆地の水環境中における病原微生物と指標微生物の汚染実態の解明をはじめとした研究テーマに取り組んだ。以下に示すように、これまでの活動計画に対して 100%の達成度を得ている。

a) 環境水中の指標微生物および病原微生物の汚染実態の調査

表 3.1 に示すように、2014 年の乾季と 2015 年の雨季に地域を限定した採水調査を実施し、カウンターパートの協同体制を確立した。2016 年には、夏季と雨季にカトマンズ盆地全域を対象とした本格的な採水調査を実施し、合計 400 試料の水試料を採取した。丸井戸（Shallow dug well）と掘抜き井戸（Shallow/deep tube well）、公共水場（Stone spout）から地下水を採取し、湧水（Spring water）と河川水（River water）を表流水として採取した。また、井戸水以外の主要な飲料水源として、6 ヶ所の浄水場において原水と浄水、30 ブランドの飲用ボトル水（Jar water）を採取した。さらに、乾季と雨季の 2 回にわたり、17 ヶ所のタンカー水給水施設において、給水車への注入水と給水車からの流出水を採取した。これらの調査で採取した試料数は合計 545 であり、カトマンズ盆地の水試料中における病原微生物の汚染実態の全体像を把握する上で十分な数の試料を採取することができた。

表 3.1 採取した水試料

Source Type	Wet 2014	Wet 2015	Dry 2016	Wet 2016	Total
Shallow Dug Well	23	33	94	87	237
Shallow Tube Well	1	7	23	22	53
Deep Tube Well	5	5	25	25	60
Stone Spout	3	8	10	14	35
Spring	3	11	12	13	39
River	2	2	1	13	18
Drinking water treatment plant		12			12
Jar water	30				30
Tanker water			33	28	61
Total	67	78	198	202	545

図 3.1 に 2016 年乾季、図 3.2 に 2016 年雨季に実施した広域調査で採取した地下水および表流水中における大腸菌の濃度を示す。また、地下水の種類別に大腸菌の陽性率と平均検出濃度を整理した結果を図 3.3 に示す。大腸菌の陽性率は、丸井戸と公共水場で採取した地下水において 80%を超過しており、平均検出濃度も 10^2 MPN/100mL 以上と高い値を示していた。これらに比べて、掘抜き井戸における大腸菌の陽性率と平均検出濃度は低い値を示しており、掘抜き井戸は糞便汚染を受けにくい構造であると推察された。一方で、高濃度で検出された地点に隣接する地点で非検出 (<1 MPN/100mL) になる等、大腸菌濃度の地理的分布には明確な傾向は認められず、複雑な汚染メカニズムが存在していることが示唆された。

図 3.4 に示すように、表流水からは地下水よりも高い陽性率と濃度の大量大腸菌が検出され、陽性率は湧水が 85%、河川水が 100%であった。河川水中の大量大腸菌の平均濃度は 10^6 MPN/100mL 程度と非常に高く、未処理あるいは処理不十分な下水の影響等を受けているものと推察された。

カトマンズ盆地内 6 ヶ所の浄水場 (DWTP) で採取した原水と浄水中の大量大腸菌濃度を図 3.5 に示す。6 ヶ所中 4 ヶ所において原水から $10^1 \sim 10^2$ MPN/100mL 程度の濃度で大量大腸菌が検出されたが、そのうち 3 ヶ所の浄水からは検出されず (<1 MPN/100mL)、十分な大量大腸菌の低減 (除去あるいは不活化) がなされていると判断された。しかしながら、DWTP 1 では大量大腸菌濃度が処理前後でほとんど変化しておらず、適切な処理がなされていないことが示唆された。また、DWTP 5 では、原水からは検出されなかったものの、浄水から大量大腸菌が検出された。この結果は、原水と浄水をほぼ同時刻に採取しており、浄水場での処理滞留時間を考慮していないことが影響していると考えられた。浄水から低濃度ながらも大量大腸菌が検出されたことは、適切な浄水処理が達成できていないことを示唆するものである。

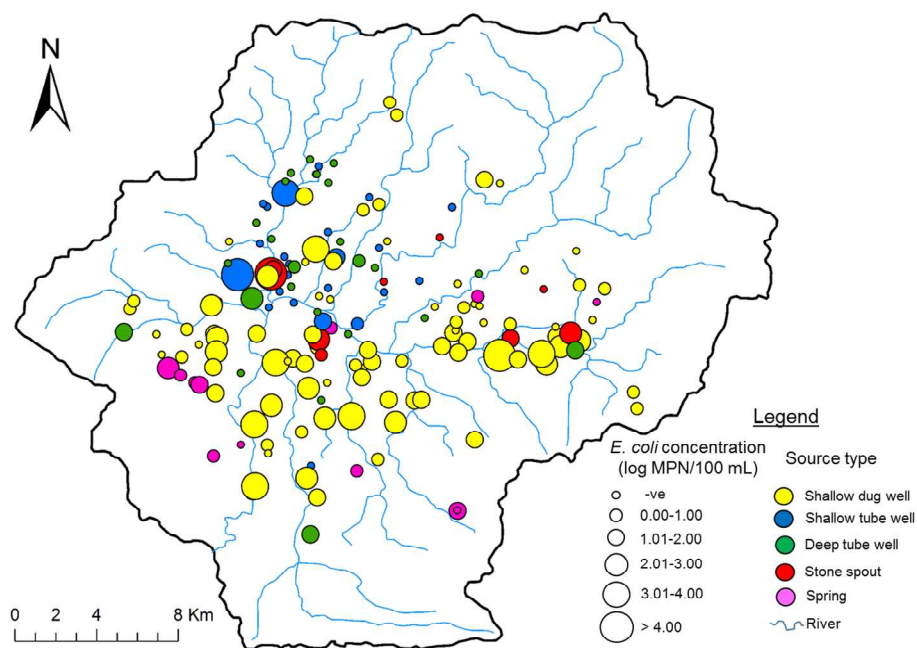


図 3.1 カトマンズ盆地全域における大腸菌濃度の分布 (2016 年乾季)

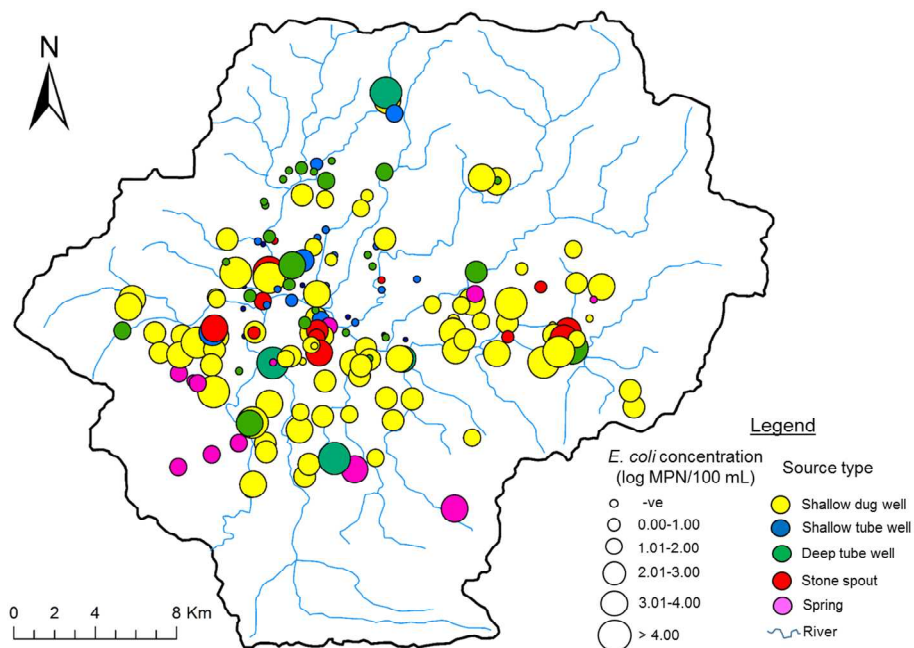


図 3.2 カトマンズ盆地全域における大腸菌濃度の分布 (2016 年雨季)

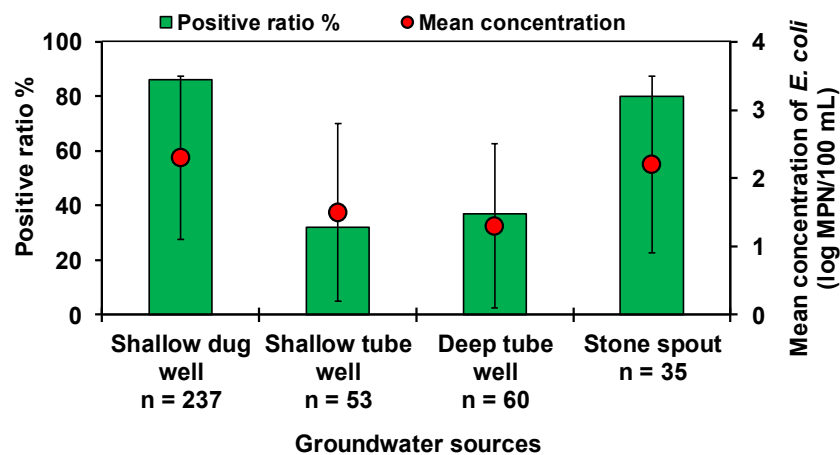


図 3.3 地下水の種類別の大腸菌の陽性率および検出濃度

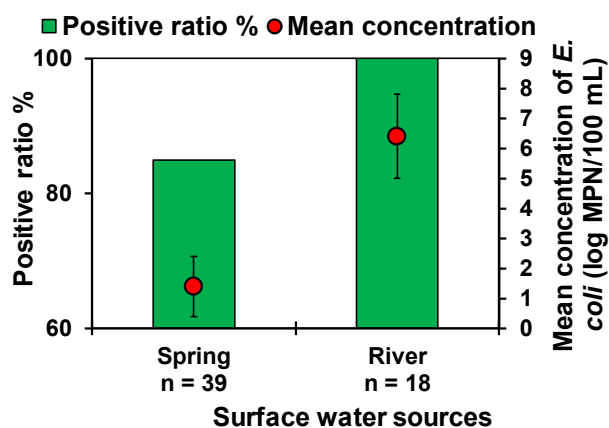


図 3.4 湧水および河川水における大腸菌の陽性率と検出濃度

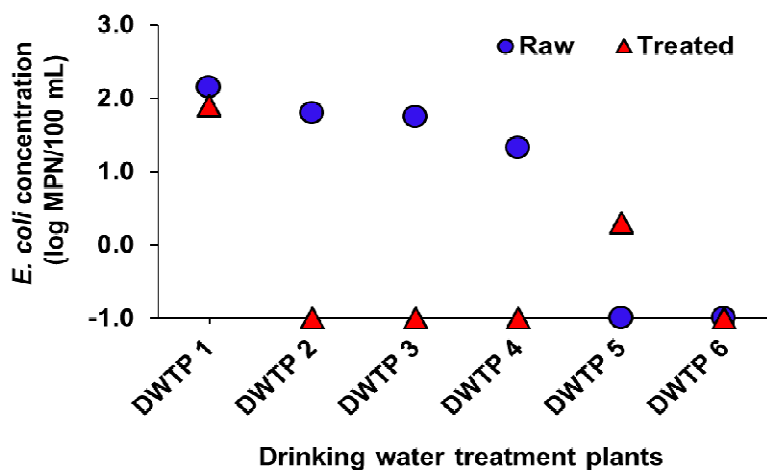


図 3.5 浄水場の原水および浄水における大腸菌濃度

17ヶ所のタンカー水給水施設で雨季と乾季に実施した採水調査の結果、給水車注入水の52%と給水車流出水の70%から大腸菌が検出された。図3.6に示すように、大腸菌が検出されなかった注入水13試料のうち、6試料(46%)からは対応する流出水から大腸菌が $10^0 \sim 10^1$ MPN/100mL程度で検出されており、給水車内での汚染が生じていることが示唆された。図3.7に示すように、給水施設によって給水車への注入水中の残留塩素濃度に差があり、残留塩素濃度が高い場合には大腸菌濃度が低い値あるいは非検出を示す傾向にあったことから、消毒を中心とした適切な水処理が重要であると考えられた。地点によっては結合残留塩素濃度が高く、原水中のアンモニアと遊離塩素が反応して生成していると考えられた。

飲用ボトル水30試料中3試料(10%)から大腸菌が検出された。大腸菌群は97%(29/30)の試料から検出されており、水源の水質のみならず、再利用される容器に由来する汚染の影響を受けている可能性が示唆された。

これらの水試料に対し、大腸菌濃度や採水地点の分布等を考慮して試料を選抜し、濃縮操作を行った後、定量PCR法を用いてウイルス、蛍光顕微鏡観察法により原虫を測定した。また、細菌の測定は、次世代シーケンシング法やDNAマイクロアレイ法、定量PCR法およびMPN-PCR法を用いた。

表3.2および図3.8に示すように、多くの水試料からウイルスと原虫が検出され、30%(35/115)の試料から測定した病原微生物のうち1種類以上が検出された。水試料の種類別では、河川水からの陽性率が100%と最も高く、丸井戸(36%)、公共水場(29%)の順であった。病原微生物の種類別では、エンテロウイルス(Enterovirus, EV)が15%と最も高く、JCポリオーマウイルス(JC polyomavirus, JCV)が14%、アデノウイルス(Adenovirus, AdV)が10%の試料から検出された。一方、クリプトスポリジウムはいずれの試料からも検出されず、また、ジアルジアの陽性率も4%と低い値であり、ウイルスと比較して原虫による水試料の汚染レベルは低いことが明らかとなった。

図3.9に示すように、タンカー水給水施設で採取した給水車への注入水と流出水から、測定した5種類のうち3種類(エンテロウイルス、ノロウイルスGII、ヒトアデノウイルス)が検出され、これらの水試料がウイルスに汚染されていることが明らかとなった。

次世代シーケンシング法に基づく細菌遺伝子(16S rRNA)の網羅的検出結果の例を表3.3に示す。2014年雨季に採取した水試料(16試料)から525種類の属に分類される細菌が同定され、そのうち102種類(19%)は病原細菌(病原性のある種を有する属)であり、アシネトバクター属、アルコバクター属、フラボバクテリウム属およびシュードモナス属が多く存在することが明らかとなった。病原細菌が多く存在することはDNAマイクロアレイ法によっても示されており、2015年雨季に採取した水試料から最大で1試料あたり132種類のバイオセーフティレベル(BSL)2に分類される病原細菌遺伝子が検出され、16試料中15試料からBSL3に分類される病原細菌遺伝子も検出されている(図3.10)。

この結果に基づき、様々な水試料中の多剤耐性アシネトバクター属細菌(図3.11)およびアルコバクター属細菌、さらにはアルコバクター属細菌の病原遺伝子(ciaB)(図3.12)等の病原細菌の汚染実態を明らかにすることに成功した。

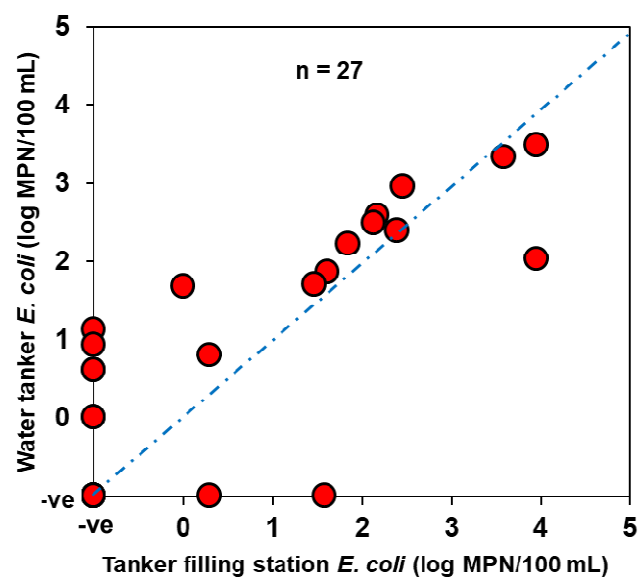


図 3.6 給水車への注入水と流出水における大腸菌濃度の比較

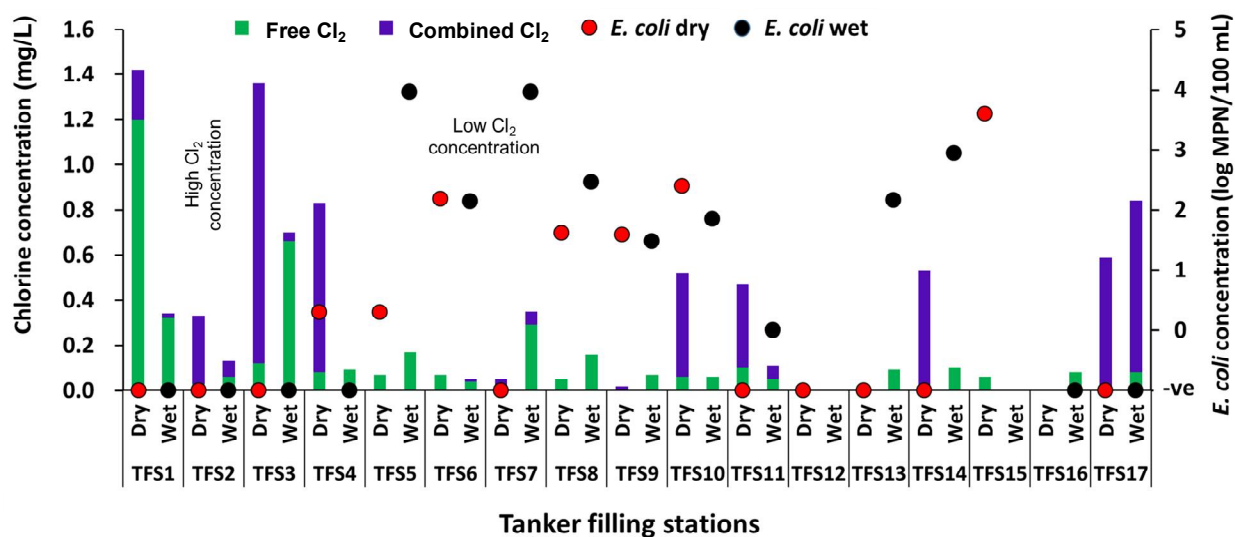


図 3.7 給水車への注入水中の大腸菌濃度および残留塩素濃度

表 3.2 水試料からのウイルスおよび原虫の検出結果

Sample sources	No. of positive samples (% positive)							At least one pathogens detected
	Protozoa		RNA viruses		DNA viruses			
	<i>Cryptosporidium</i>	<i>Giardia</i>	EVs	NoVs-GI	AdVs	BKV	JCV	
Deep tube wells (n = 20)	0 (0)	1 (5)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (5)	1 (5)
Stone spout (n = 7)	0 (0)	1 (14)	2 (29)	0 (0)	1 (14)	0 (0)	1 (14)	2 (29)
River (n = 8)	0 (0)	2 (25)	7 (88)	1 (13)	5 (63)	4 (50)	3 (38)	8 (100)
Shallow dug wells (n = 50)	0 (0)	0 (0)	6 (12)	1 (2)	4 (8)	2 (4)	7 (14)	18 (36)
Shallow tube well (n = 20)	0 (0)	1 (5)	1 (5)	0 (0)	1 (5)	0 (0)	3 (15)	4 (20)
Springs (n = 10)	0 (0)	0 (0)	1 (10)	1 (10)	0 (0)	0 (0)	1 (10)	2 (20)
Total (n = 115)	0 (0)	5 (4)	17(15)	3 (3)	11 (10)	6 (5)	16 (14)	35 (30)

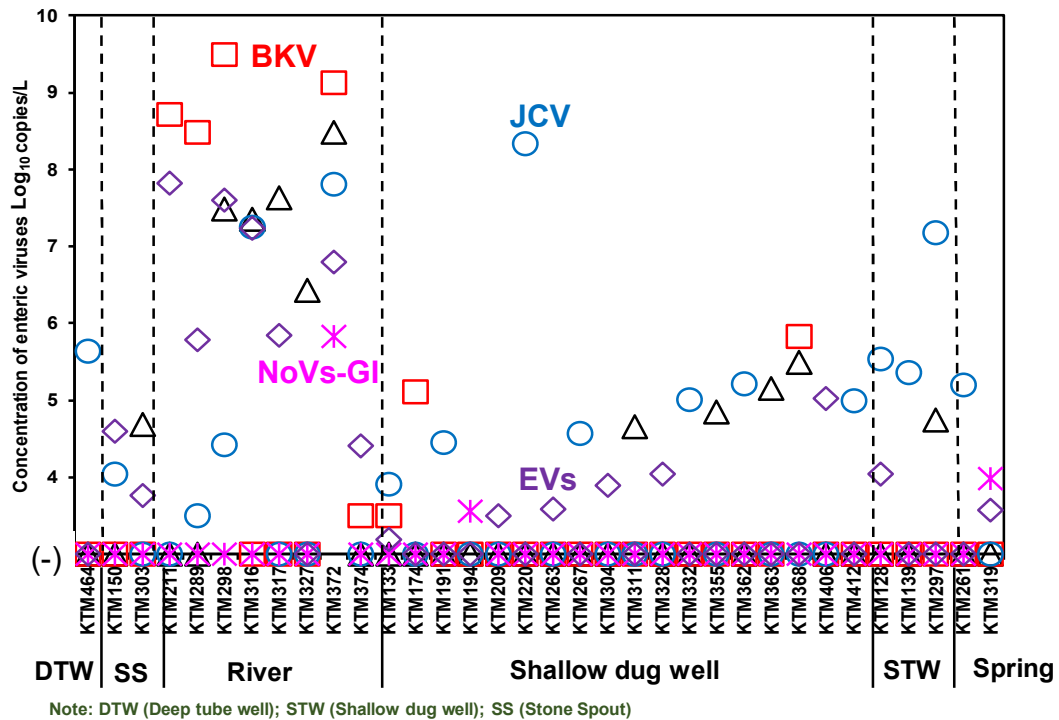


図 3.8 水試料におけるウイルスの検出濃度

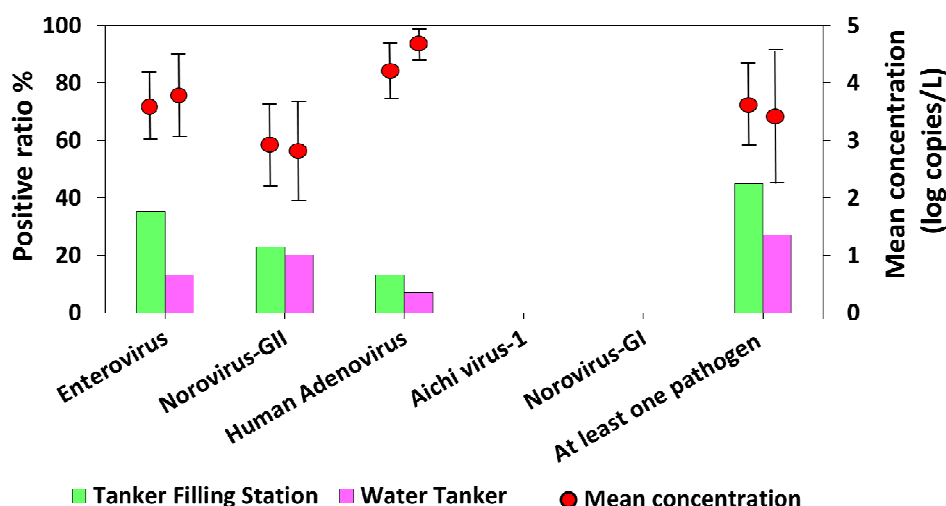


図 3.9 給水車への注入水と流出水からのウイルスの検出結果

表 3.3 次世代シーケンシング法による水試料中の細菌遺伝子の網羅的検出結果 (2014 年雨季)

Potential pathogenic genus ^a	Abundance in all sequences (%) ^b															
	Shallow dug well										DTW		Spring		River	
	KTM 6	KTM 10	KTM 13	KTM 15	KTM 18	KTM 20	KTM 21	KTM 22	KTM 23	KTM 25	KTM 28	KTM 29	KTM26	KTM11	KTM 30	KTM 31
<i>Acholeplasma</i>	—	—	—	0.06	0.01	<0.01	—	—	—	—	0.17	0.01	—	—	0.01	0.02
<i>Acidovorax</i>	<0.01	0.11	0.10	0.02	0.07	<0.01	0.01	0.53	0.01	0.03	0.01	<0.01	—	0.04	0.01	0.01
<i>Acinetobacter</i>	0.16	41.51	1.46	23.03	24.08	2.91	23.93	2.65	63.45	0.34	19.48	45.60	85.14	34.02	31.31	25.65
<i>Arcobacter</i>	<0.01	0.13	3.94	4.15	0.71	0.84	0.40	0.15	0.03	0.23	0.42	0.26	0.01	0.70	14.23	17.43
<i>Bacteroides</i>	<0.01	<0.01	<0.01	1.31	0.05	0.30	<0.01	0.17	<0.01	0.06	0.02	0.05	<0.01	<0.01	1.24	1.37
<i>Chryseobacterium</i>	<0.01	0.02	<0.01	0.08	0.35	0.06	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.02	0.05	0.03	<0.01	0.10	0.06
<i>Clavibacter</i>	—	<0.01	—	0.02	0.04	0.33	<0.01	—	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	0.01	0.11	0.38
<i>Clostridium</i>	<0.01	—	0.02	0.19	0.05	0.10	0.39	0.09	0.02	0.65	0.07	0.03	<0.01	0.07	0.19	0.24
<i>Comamonas</i>	0.18	0.11	0.08	0.90	1.19	0.56	0.06	0.20	0.13	0.69	0.27	0.17	0.02	0.46	1.68	1.46
<i>Dialister</i>	—	—	—	0.41	—	—	—	—	—	0.01	0.01	<0.01	—	—	0.85	1.03
<i>Flavobacterium</i>	0.12	0.84	0.61	0.45	0.47	18.28	0.06	0.02	0.21	5.56	3.74	2.44	0.12	0.15	1.34	1.61
<i>Lactococcus</i>	—	0.01	—	0.02	—	0.03	0.19	0.06	0.01	0.01	—	0.01	—	—	0.01	0.01
<i>Megasphaera</i>	—	—	—	0.07	<0.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.22	0.30
<i>Mitsuokella</i>	—	—	—	0.11	—	—	—	—	—	<0.01	0.01	—	—	—	0.14	0.18
<i>Mycobacterium</i>	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.08	<0.01	<0.01	—	0.01	<0.01	0.75	0.01	<0.01	—	<0.01	<0.01
<i>Paenibacillus</i>	<0.01	—	—	<0.01	0.02	—	0.01	0.01	<0.01	0.01	0.01	0.01	—	—	0.02	0.13
<i>Prevotella</i>	—	<0.01	—	4.57	0.03	<0.01	—	0.07	—	0.05	0.08	0.02	—	—	2.85	3.89
<i>Pseudomonas</i>	<0.01	0.65	0.30	1.75	3.43	0.46	2.06	0.09	1.37	0.06	5.76	1.93	0.15	1.35	1.99	1.66
<i>Sphingomonas</i>	0.03	0.01	<0.01	0.03	0.34	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.11	<0.01	0.01	0.01	0.02
<i>Staphylococcus</i>	—	0.03	0.01	0.01	—	—	<0.01	0.35	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.03	0.03	<0.01	<0.01
<i>Streptococcus</i>	—	0.02	<0.01	0.11	<0.01	<0.01	0.04	—	<0.01	<0.01	—	0.01	0.01	<0.01	0.19	0.16
<i>Sutterella</i>	—	—	—	0.22	—	—	—	—	—	<0.01	—	—	—	—	0.13	0.21
<i>Treponema</i>	—	<0.01	0.05	0.34	0.04	—	0.06	0.01	<0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	—	0.06	0.08

^aOnly potential pathogenic genera comprising >0.1% of sequences in at least one water sample were listed. ^bAbundance ratio of >0.1% is indicated in bold type. —, not detected. <0.01 indicates that at least one sequence was detected in the sample. DTW, Deep tube well

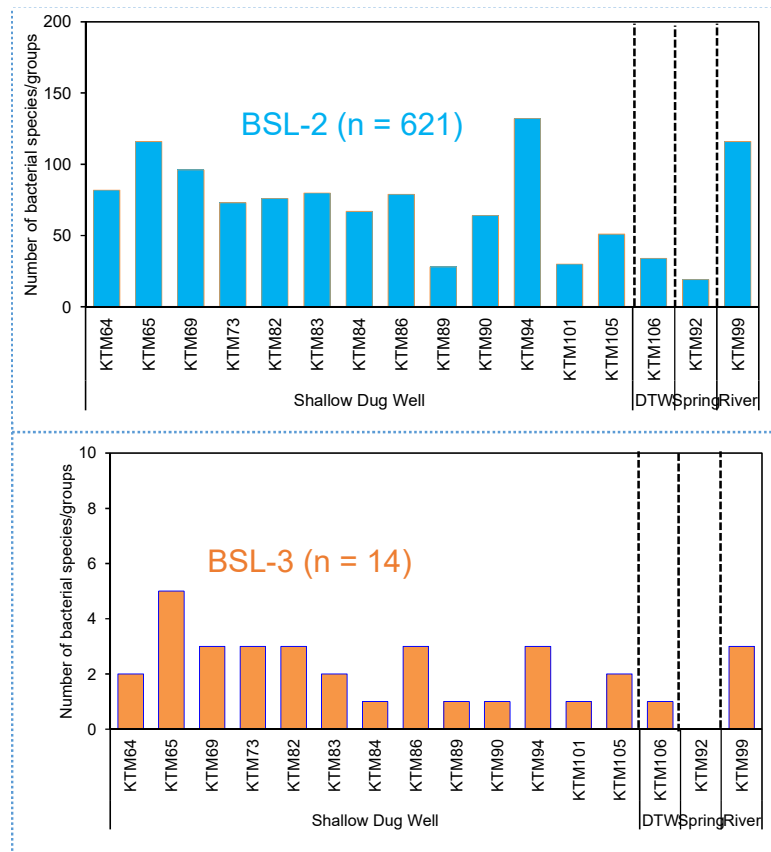


図 3.10 DNA マイクロアレイ法による水試料中の病原細菌遺伝子の検出結果
(2015 年雨季)

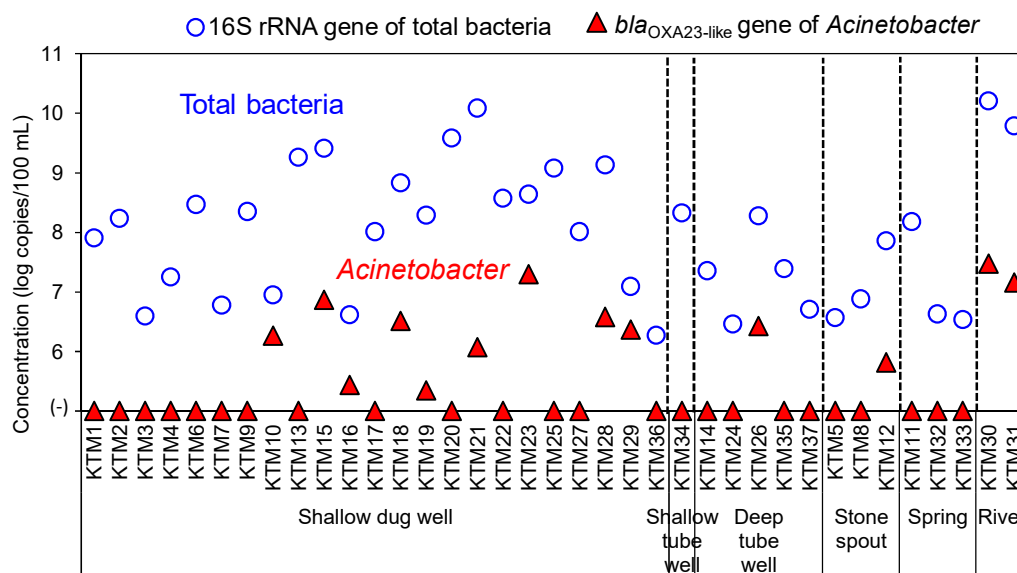


図 3.11 水試料からの多剤耐性アシネトバクター属細菌および総細菌の検出結果
(2014 年雨季)

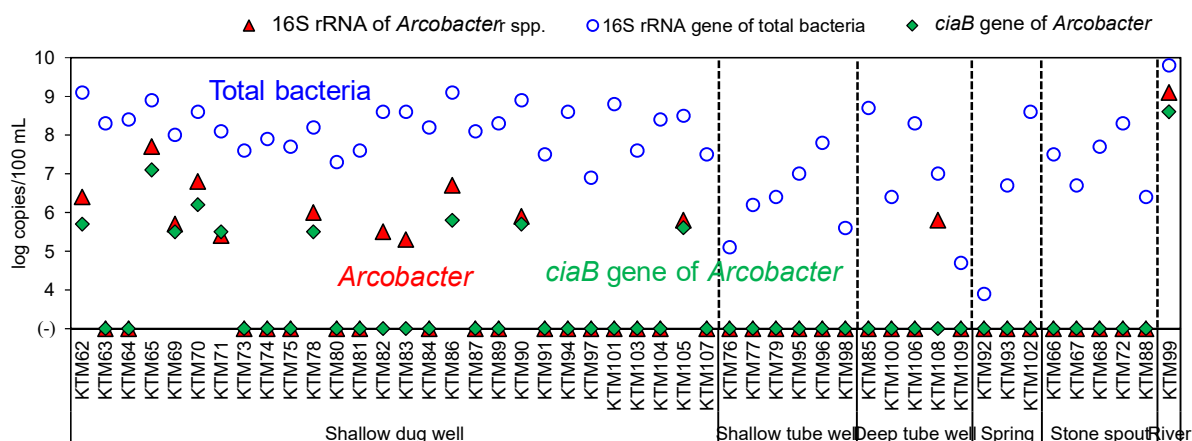


図 3.12 水試料からのアルコバクター属細菌および病原遺伝子 (*ciaB*)、総細菌の検出結果 (2015 年雨季)

b) 病原微生物の発生源と動態の推定

カトマンズ盆地において地下水をはじめとする水試料の糞便汚染源となっている可能性のあるものとして、下水と動物糞便 (反芻動物、ブタ、イヌ、ニワトリ、カモ)、動物性肥料 (反芻動物、ニワトリ) を採取し、これらの糞便汚染源試料 (計 122 試料) 中に含まれている様々な微生物を測定した。それぞれの糞便汚染源試料に特異的に存在する微生物を「宿主特異的微生物遺伝子マーカー」として利用することにより、水試料中の糞便汚染源の解析を試みた。

図 3.13 に示すように、糞便汚染源試料中における大腸菌の濃度は、大腸菌群の濃度と同程度であり、純度の高い試料であると判断された。これらの糞便汚染源試料に対し、表 3.4 に示す 25 種類の微生物遺伝子マーカー (ヒト特異的 : 10 種類、反芻動物特異的 : 6 種類、ブタ特異的 : 5 種類、ニワトリ特異的 : 2 種類、イヌ特異的 : 2 種類) を対象とした定量 PCR 法を実行し、カトマンズ盆地における糞便汚染源解析において有効となる微生物遺伝子マーカーを決定した。決定に際し、感度 (Sensitivity、陽性試料を陽性と正しく判定できる割合)、特異度 (Specificity、陰性試料を陰性と正しく判定できる割合) および正確度 (陽性・陰性を正しく判定できる割合) の 3 種類の指標を使用した。

糞便汚染源試料からのバクテロイデス、ミトコンドリア DNA およびウイルス遺伝子マーカーの検出結果を比較したものを図 3.14~図 3.16 に示す。これらの図に示されているように、同じ宿主を対象としたものであっても、使用する遺伝子マーカーによって感度、特異度および正確度には大きな差が生じることが分かった。この結果を基に、カトマンズ盆地での使用に適した微生物遺伝子マーカーとして、表 3.4 の枠で囲った 8 種類を選定した。

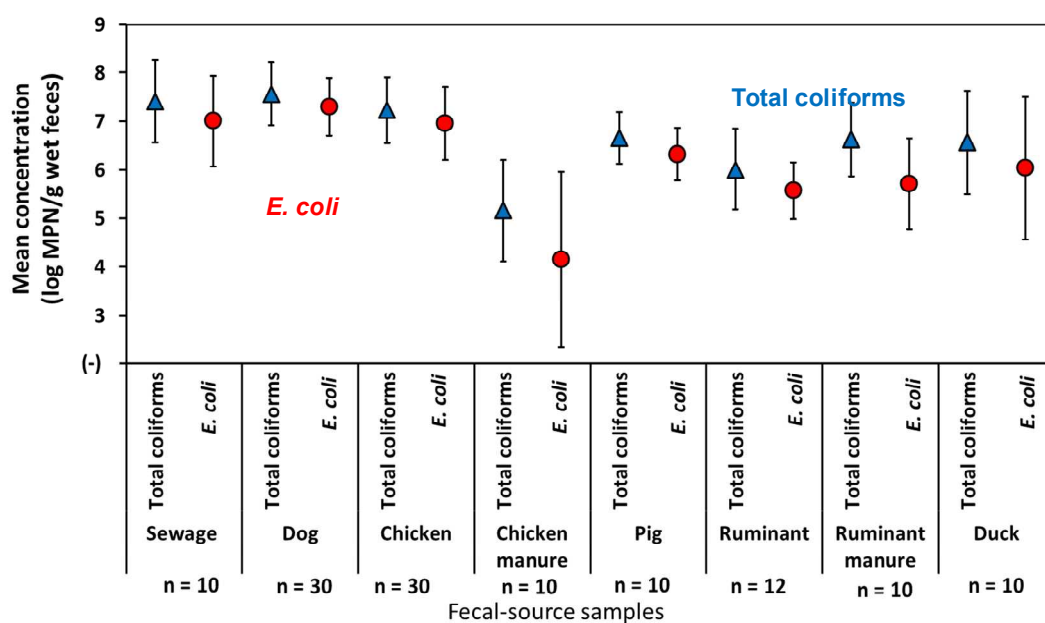


図 3.13 糞便汚染源試料中における大腸菌および大腸菌群の濃度

表 3.4 本研究で検討した微生物遺伝子マーカーの一覧

Hosts	<i>Bacteroidales</i>	mtDNA	Virus
Human	<i>gyrB</i>	Not tested	Human Adenovirus
	BacHum		JC Polyomavirus
	HF183 TaqMan		BK Polyomavirus
	HF183 SYBR		Aichi Virus 1
			Pepper Mild Mottle Virus
Ruminant	BacR	Bovine-mtDNA	CrAssphage
	BacCow		Hundes-Bovine Polyomavirus
			Wong-Bovine Polyomavirus
Pig	Pig2Bac	Swine-mtDNA	Bovine Norovirus
	PF163		Porcine adenovirus
Chicken	Chk-Duc-Bac	Not tested	Porcine Teschovirus
Dog	BacCan SYBR	Dog-mtDNA	Chicken Parvovirus
			Not tested

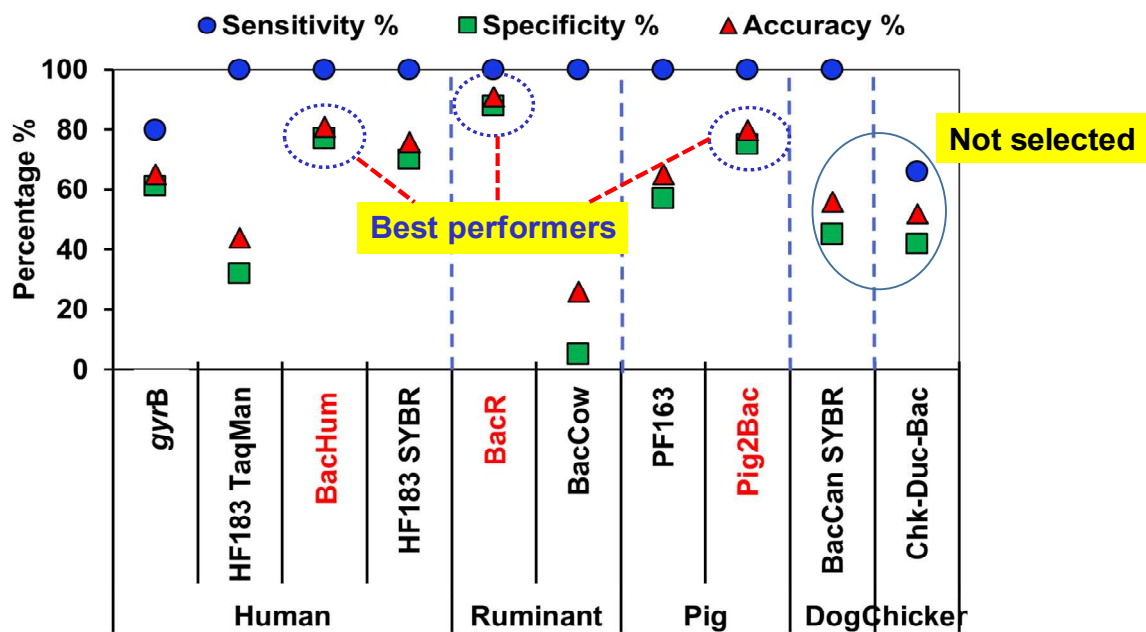


図 3.14 糞便汚染源試料からのバクテロイデス遺伝子マーカーの検出結果 (感度、特異度および正確度)

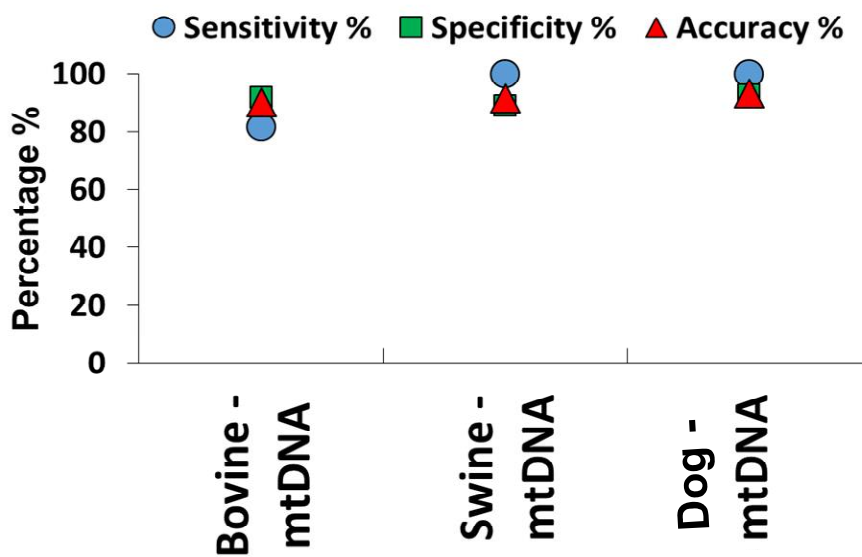


図 3.15 糞便汚染源試料からのミトコンドリア DNA 遺伝子マーカーの検出結果 (感度、特異度および正確度)

これらの微生物遺伝子マーカーをカトマンズ盆地で採取した水試料に適用した結果、図 3.17 に示すように、35%の水試料からいずれかの微生物遺伝子マーカーが検出され、ヒト特異的なものが 22%と最も多く、反芻動物（12%）、ニワトリ（9%）、ブタ（4%）、イヌ（2%）の順であった。いずれの微生物遺伝子マーカーも検出されなかった 65%の水試料については、ろ過水量の少なさ等の実験操作条件に起因して、定量 PCR 法の際に十分な検査水量を確保できなかったことや、今回使用した微生物遺伝子マーカー検出系（定量 PCR 系）のプライマーやプローブとは反応しない塩基配列を有する微生物が存在していた可能性が考えられる。ろ過水量を増加させたり、新たな検出系を設計したりすることで、より多くの水試料中の糞便汚染源を同定できるようになる可能性がある。図 3.18 に示す地下水の種類別の微生物遺伝子マーカーの検出結果より、大腸菌濃度が高かった丸井戸と公共水場において、微生物遺伝子マーカーもより高頻度で検出され、ヒト由来の糞便汚染の影響が最も大きいことが明らかとなった。

また、土地利用別では、図 3.19 に示すように、ヒト特異的微生物遺伝子マーカーは農業地域よりも都市地域において高頻度で検出され、反芻動物特異的微生物遺伝子マーカーは農業地域においてより高頻度で検出される傾向が認められ、土地利用状況と糞便汚染実態が一致していることが分かった。6%（16/264）の試料からはヒト由来と動物由来の両方の微生物遺伝子マーカーが検出されており、このような地点での水の糞便汚染レベルを低減するための方策として、ヒト由来の下水に対する対策もしくは家畜等からの動物糞便に対する対策のいずれが有効であるかどうかを評価し、適切な汚染負荷低減対策を導入する上で、本研究で得られた知見は有効となるものと期待される。

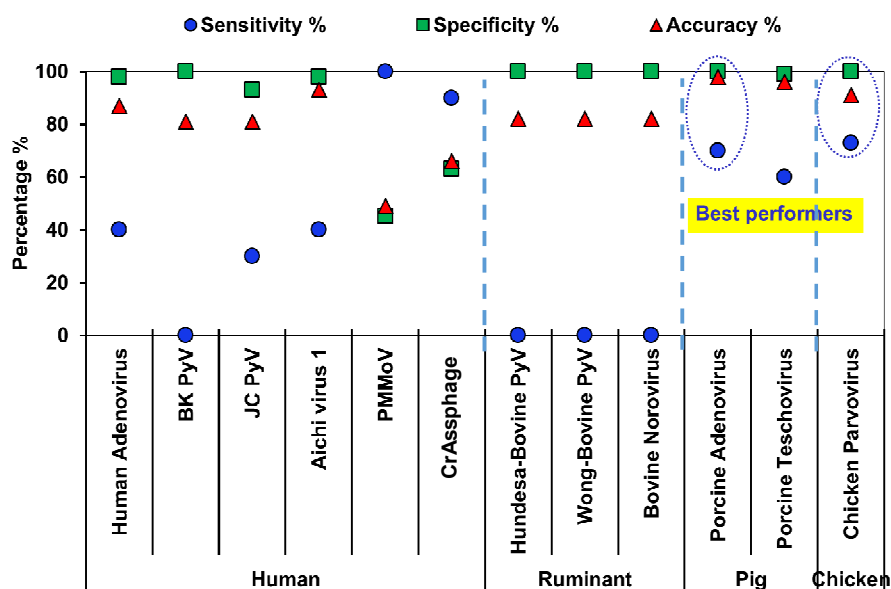


図 3.16 糞便汚染源試料からのウイルス遺伝子マーカーの検出結果
(感度、特異度および正確度)

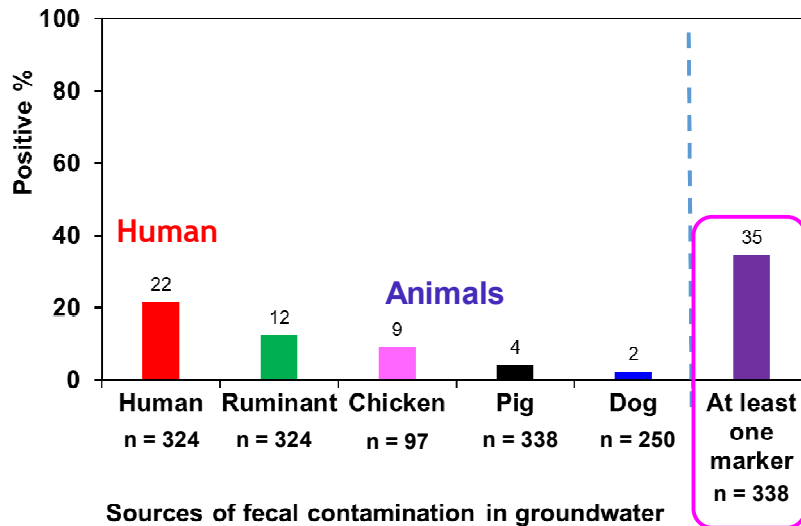


図 3.17 地下水からの微生物遺伝子マーカーの検出結果

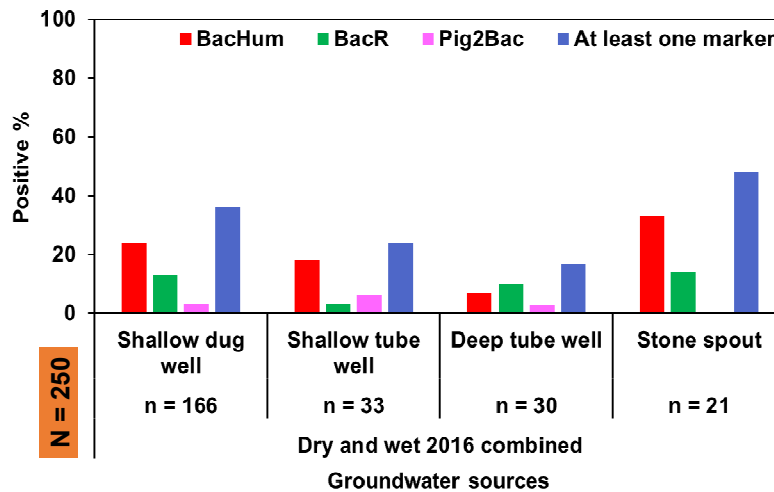


図 3.18 地下水の種類別のバクテロイデス遺伝子マーカーの検出結果

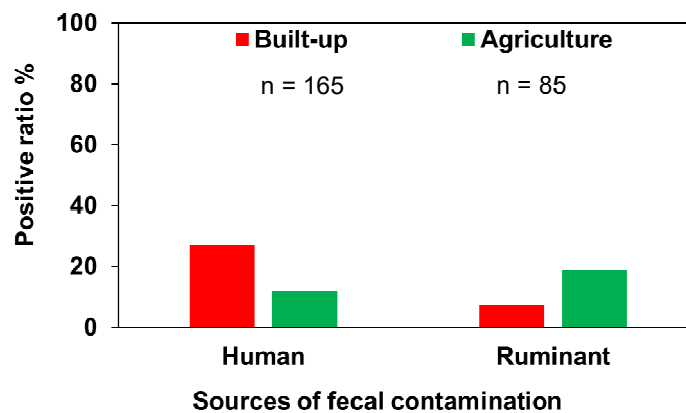


図 3.19 土地利用別の微生物遺伝子マーカーの検出結果の比較

c) 微生物項目に関する水安全性マップの作成

2016 年の雨季と乾季に実施した広域調査の結果に基づき、微生物項目に関する水安全性マップを作成した。図 3.1 と図 3.2 に示す大腸菌に関するマップに加え、アルコバクター属細菌（図 3.20）等の病原微生物に関するマップ、さらには糞便汚染源に関するマップ（図 3.21）を作成した。これらの水安全性マップは、現地においてはこれまで報告されていないカトマンズ盆地全域の水試料中の病原微生物および指標微生物の汚染実態と、ヒトのみならず動物由来の糞便汚染の影響も大きいことを示した成果である。

現在、水の糞便汚染あるいは病原微生物汚染の指標微生物として世界的に用いられている大腸菌は、ウイルス等の病原微生物と必ずしも挙動が一致するわけではなく、図 3.22 に示すように、地下水から大腸菌が検出されない場合でもウイルスは検出される場合があるため、本研究で作成したような病原微生物あるいは糞便汚染源に関する水安全性マップは、水系感染症リスクを評価する上で非常に有用な情報を提示していると言える。

d) 浄化微生物の分布特性の把握

表 3.3 に示した次世代シーケンシング法による細菌遺伝子の網羅的検出により、病原細菌のみならず水質浄化に寄与し得る細菌（浄化微生物）の遺伝子も検出することに成功した。その中でも、図 3.23 に示すように、WG4 との共同作業により、窒素除去に関与するアナモックス細菌の遺伝子がカトマンズ盆地の地下水中に広く存在していることが明らかとなったことは、これらの水からアナモックス細菌を集積培養し、現地での LCD システムの運転の立ち上げの際に有効活用できると期待される。

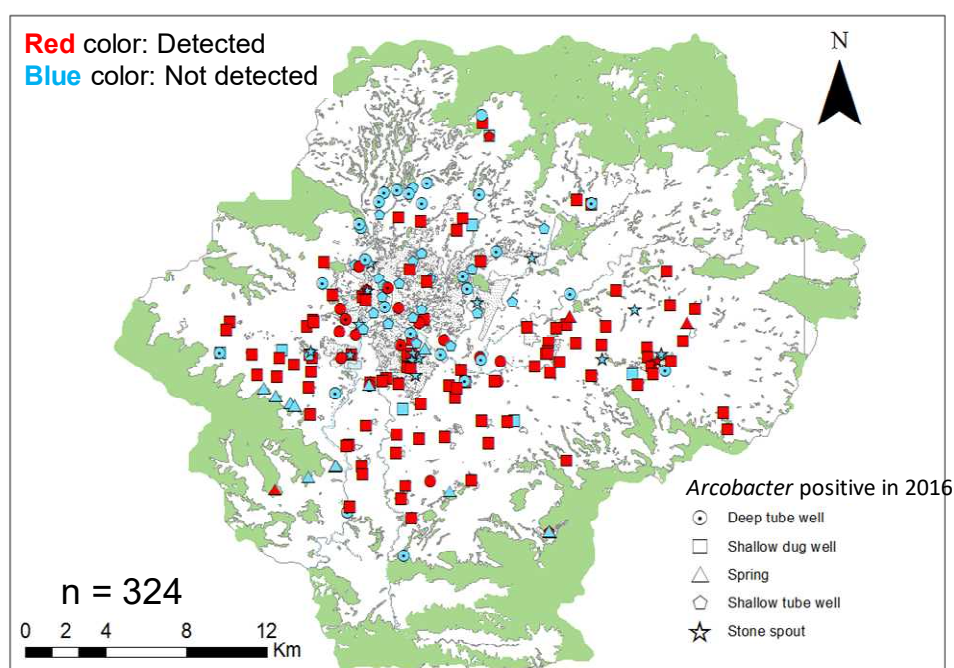


図 3.20 アルコバクター属細菌に関する水安全性マップ（2016 年乾季および雨季）

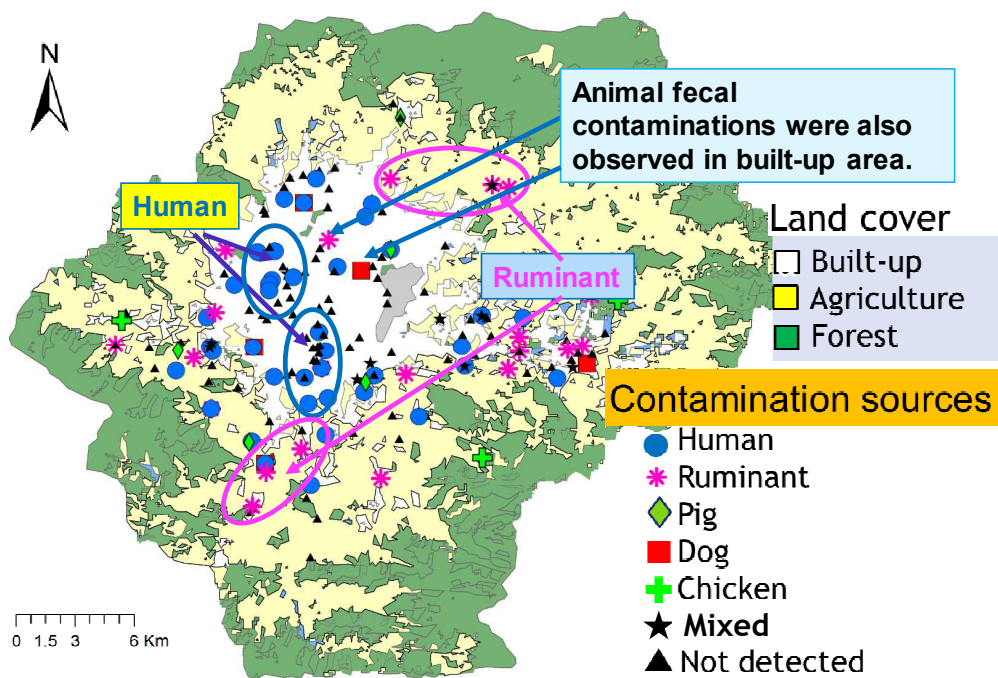


図 3.21 糞便汚染源に関する水安全性マップ（2016 年乾季および雨季）

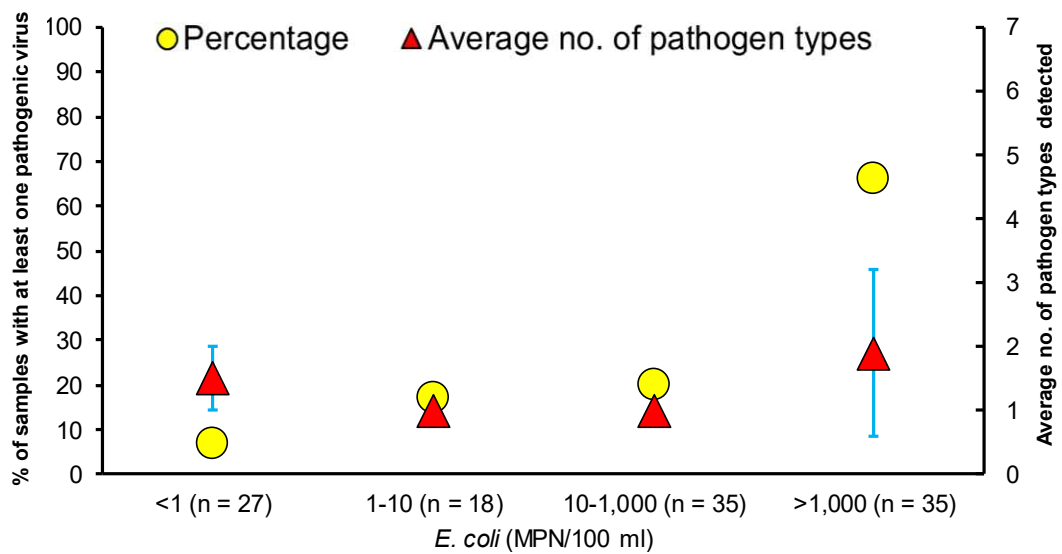


図 3.22 地下水における大腸菌濃度とウイルスの検出結果との関係

e) 水系感染症の発生状況の把握と水利用との関係

水系感染性の病原微生物は、感染者の糞便中に高濃度で排出されることから、糞便を含む下水が集積される下水処理場の水を測定することで、当該下水処理場の処理区域内における水系感染症の発生動向を推定することが可能となる。このことから、カトマンズ盆地内の下水処理場において採水調査を行い、病原微生物および指標微生物、微生物遺伝子マーカーの検出を試みた。ただし、図 3.24 に示すように、下水処理場で採取した下水試料からはヒト以外にも反芻動物やブタ、イヌ特異的な微生物遺伝子マーカーが検出されていることから、下水試料はヒト由来の糞便汚染のみを反映しているわけではないことに留意が必要である。

主に調査した 2 ヶ所の下水処理場のうち、Guheshwori 下水処理場ではオキシデーショondiッチ法が導入されており、Kodku 下水処理場では酸化池による処理が行われており、2017～2018 年に計 24 試料を採取した。図 3.25 に示す Guheshwori 下水処理場の場合、測定した 9 種類のウイルスがいずれも $10^5 \sim 10^9$ copies/L 程度の高濃度で検出され、処理区域内において多くのウイルスによる感染が生じていることが示唆された。図 3.26 に示すように、下水処理場でのこれらのウイルスの平均低減率は 0.5 log 程度未満であり、1.0～1.5 log 程度の平均低減率であった大腸菌や大腸菌群よりも低い値であった。この結果は、大腸菌等の指標微生物ではウイルスの低減率を保証することはできないことを示していると同時に、指標微生物に対しても十分な低減率が達成できていない状況であることを示しており、放流先の水環境中の微生物学的水質を向上させる上で、下水処理場での低減率を高めることが必要であると判断された。

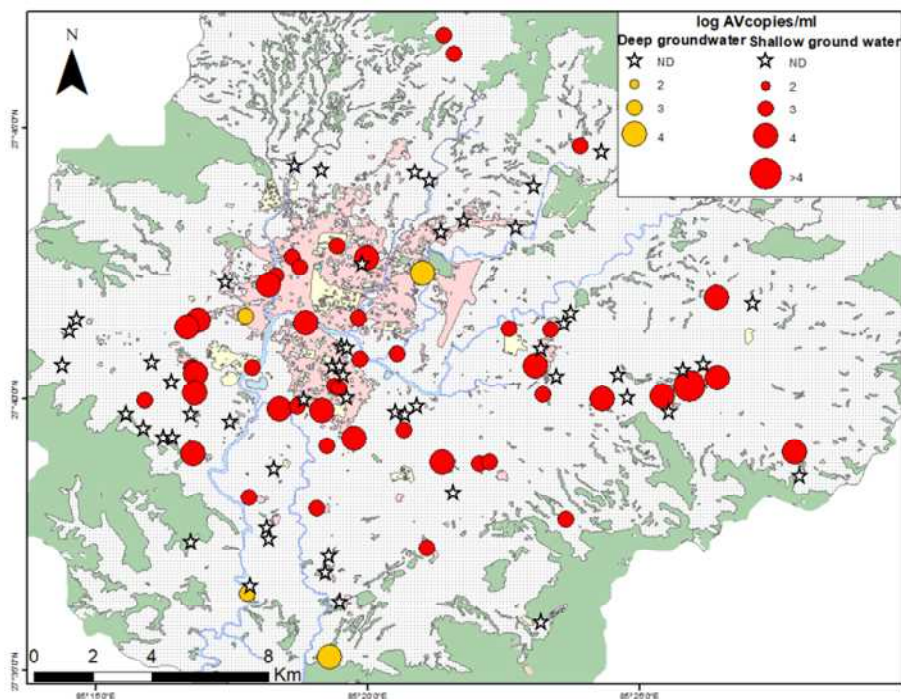


図 3.23 地下水中のアナモックス細菌の分布（2016 年）

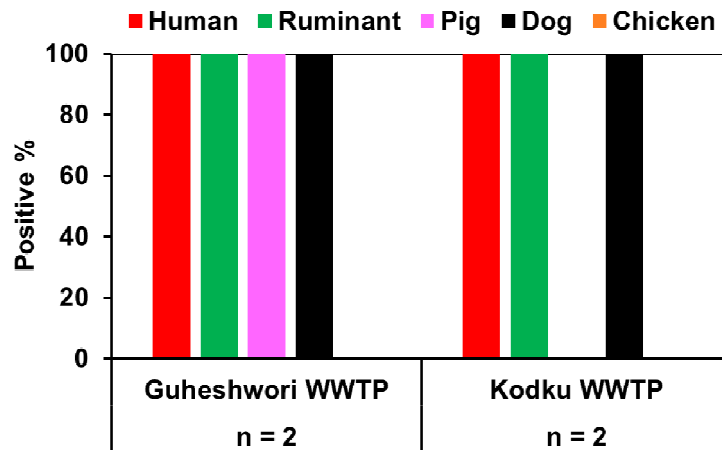


図 3.24 下水処理場における微生物遺伝子マーカーの検出結果

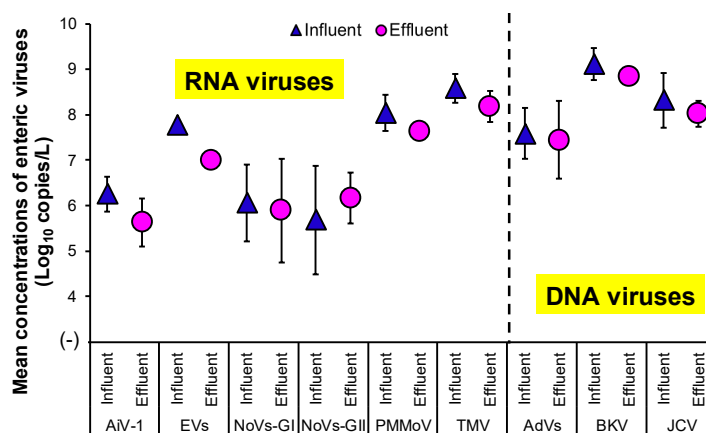


図 3.25 Guheshwori 下水処理場の流入水と放流水からのウイルスの検出結果

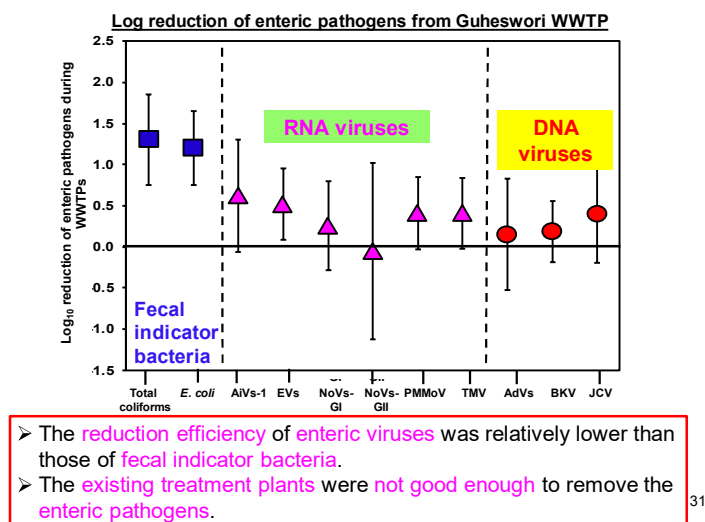


図 3.26 Guheshwori 下水処理場における指標微生物およびウイルスの低減率

下水処理場ではヒト以外の動物由来の糞便汚染も存在していることと、感染者以外の糞便汚染も多く含まれることから、感染者からの糞便汚染の割合がより高いと考えられる病院排水に対する調査も実施した。図 3.27 に示すように、病院排水 17 試料からノロウイルス GI や A 群ロタウイルス、エンテロウイルス等のウイルスが多く検出され、これらのウイルスによる感染が生じていると推定された。

水利用と病原微生物感染との関連性を明らかにするため、小児病院を訪れた下痢症患者に対し、患者糞便とその患者が自宅で飲用していた水や喫食していた野菜の採取、母親の手のひらの拭き取りを行った。図 3.28 に示すように、96% (103/107) の患者糞便から測定したいずれかのウイルスが検出され、A 群ロタウイルスが 91% (97/107) と最も高い陽性率を示し、現地において A 群ロタウイルスによる下痢症の発生が深刻な問題であることが確認された。また、これらの患者が飲用していた水試料 103 試料中 16 試料 (16%) からウイルスが検出されており、下痢症の発生に飲料水が関与している（すなわち、水系感染症が発生している）可能性が示唆された。図 3.29 に示す様々な社会・環境要因とウイルス性下痢症の発生状況との解析の結果、大腸菌陽性の食品を喫食していた場合に 2 種類以上のウイルスに感染（混合感染）するリスクが有意に上昇していることが分かった。飲料水に関しては、水道水を飲用することによるリスクは他の水を飲用するリスクよりも高かったものの、混合感染のリスクには有意な差は認められなかった。

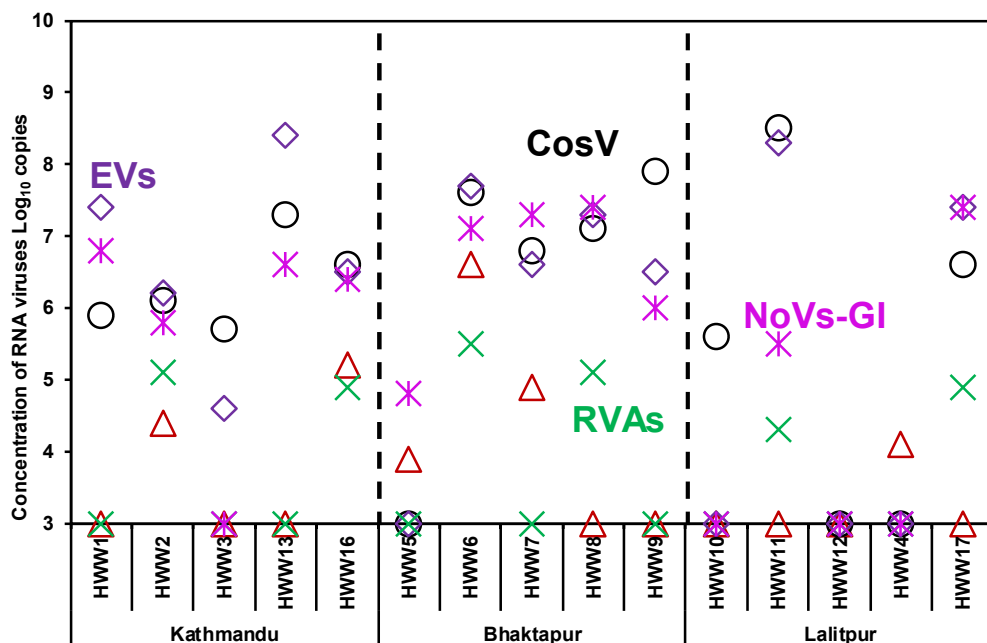


図 3.27 病院排水からのウイルスの検出結果

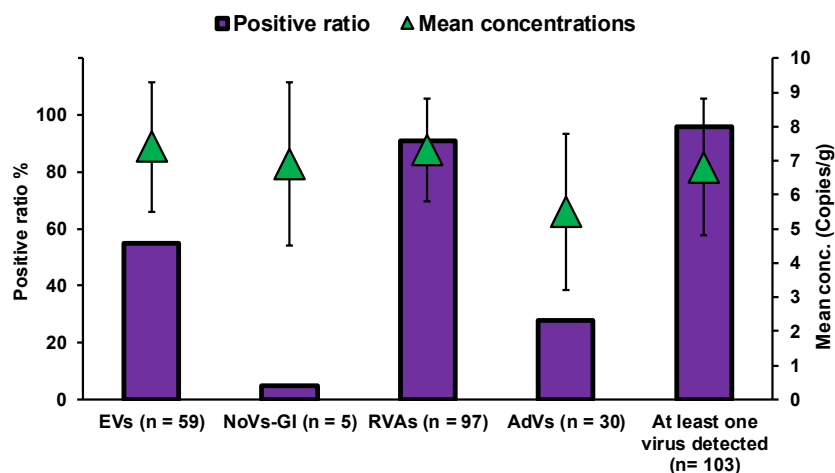


図 3.28 下痢症患者糞便からのウイルスの検出結果

表 3.5 下痢症患者が飲用していた水試料からのウイルスの検出結果

Source of water	No. of tested samples	No. of positive samples (%)				At least one virus detected	Total enteric virus concentration (Mean $\pm$ SD ^a) (Log copies/L)
		EVs	NoVs-GI	RVAs	AdVs		
Shallow tube well	11	1 (9)	0 (0)	1 (9)	1 (9)	3 (27)	4.0 $\pm$ 4.6
Jar	36	1 (3)	0 (0)	1 (3)	0 (0)	2 (6)	4.3 $\pm$ 3.4
Spring	1	1 (100)	0 (0)	1 (100)	0 (0)	1 (100)	3.0
Stone spout	1	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	NA ^b
Tanker	5	0 (0)	2 (40)	0 (0)	1 (20)	2 (40)	4.2 $\pm$ 3.8
Tap	49	6 (12)	2 (4)	2 (4)	2 (4)	8 (16)	4.5 $\pm$ 3.6
Total	103	9 (9)	4 (4)	5 (5)	4 (4)	16 (16)	3.9 $\pm$ 3.8

^a SD, standard deviation. ^b NA, not applicable

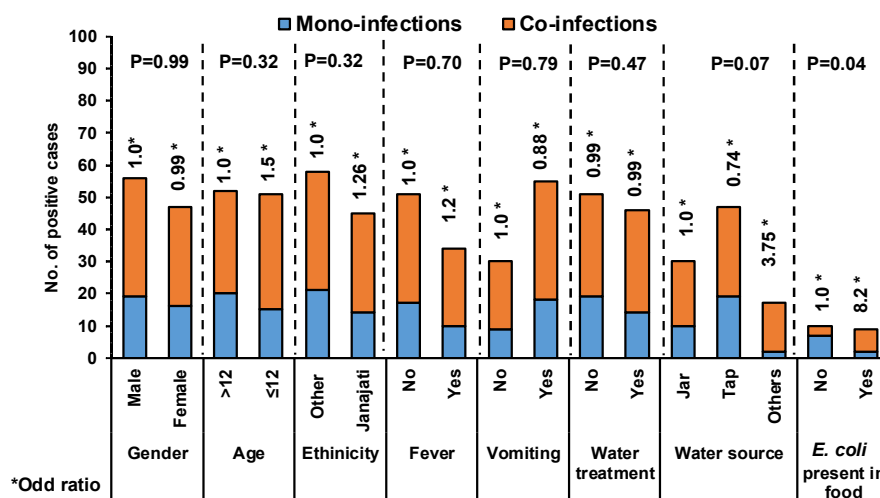


図 3.29 ウイルス性下痢症と社会・環境要因との関連

② カウンターパートへの技術移転の状況

これまで、合計 12 回（2014 年 9 月、2015 年 8 月、2015 年 12 月、2016 年 2～3 月、2016 年 6 月、2016 年 8 月、2016 年 12 月～2017 年 1 月、2017 年 8～9 月、2018 年 4～5 月、2018 年 6～7 月、2018 年 8 月および 2019 年 2～3 月）の現地調査を実施しており、トリブワン大学医学部のカウンターパートメンバーに微生物測定方法の指導を行い、研究員 4 名に技術指導・移転を完了した。特に、2016 年 2～3 月（乾季）と 8 月（雨季）に実施した広域調査の際には、カウンターパートが主体となり、WG2 と連携を図りながら 300 試料以上の水試料の微生物測定作業を行うことができた。

JICA 短期研修生として、2014 年 10～11 月にトリブワン大学医学部の主任研究員 1 名と研究員 2 名、2017 年 10～12 月と 2018 年 7～8 月に別の研究員 1 名を 2 回受け入れ、微生物検出測定方法の技術を指導した。2014 年に受け入れた研究員 1 名が 2015 年 10 月、主任研究員が 2016 年 10 月、2017 年と 2018 年に受け入れた研究員 1 名が 2018 年 10 月に本学博士課程に国費留学生として入学し、本プロジェクトを推進する上で重要な役割を果たしてきた。

③ 当初計画では想定されていなかった新たな展開

a) 大地震等による現地調査への影響

2015 年 4 月に発生した大地震と、その後の新憲法の議会可決に端を発する国境付近の物流阻害、燃料不足により、当初の計画通りの時期・規模での現地調査が実施できなかった。2015 年末には燃料不足は解消され、2015 年 12 月と 2016 年 2～3 月、8 月に現地調査を実施することができ、研究に必要なデータを取得することができた。

b) LCD システムによる微生物低減効果に関する知見の取得

当初は計画していなかったものの、住民に安全な水を供給する上で微生物の存在は無視できないため、LCD システムによる微生物の低減効果を実測した。図 3.30 に示すように、Chapacho、Chayasal および Lokhanthali の 3 ヶ所において、原水、中間水および浄水を採取し（ただし、Lokhanthali においては原水のみ）、微生物測定に供した。

Chapacho と Chayasal においては、いずれも原水中には大腸菌群と大腸菌が高濃度で含まれていたが、砂ろ過処理の効果が大きく、2～3 log 程度の低減が可能であることが分かった。ただし、処理工程で増殖が生じ得る箇所もあることから、飲料水として供給する際には適切な消毒処理が必要であると考えられた。測定した原虫（クリプトスポリジウム、ジアルジア）と病原ウイルス（A 群ロタウイルス、ノロウイルス GI、エンテロウイルス、サポウイルス、アイチウイルスおよびコサウイルス）はいずれの原水と浄水からも検出されなかった。一方、近年、水処理工程における挙動指標ウイルスとして注目されているトウガラシ微斑ウイルスとタバコモザイクウイルスは、測定した原水と浄水（各 2 試料）すべてから検出され、低減率は 0.63～2.61 log であった。この結果より、LCD システムによってある程度のウイルスの低減が可能であることが示された。なお、浄水中の濁度は、Chapacho では 0.30 度、Chayasal では 0.08 度であった。

Lokhanthali の原水中からは大腸菌は検出されず、原水水質は比較的良好であることが期待されるが、今後測定を継続して水質の変動を把握することが重要である。

④ 当初の研究のねらい（参考）

病原微生物による水系感染症が深刻化していることから、過去にもカトマンズ盆地の地下水や表流水を対象とした微生物汚染の実態調査が行われているが、その調査は一部の地域に限られている上、大腸菌や大腸菌群等の指標微生物の測定に限定されている。そこで、カトマンズ盆地全体を対象とした水環境中の微生物の汚染実態を可視化することを目的とする。指標微生物に加えて、実際に水系感染症リスクを生じさせ得る多種類の病原微生物（ウイルス、原虫および病原細菌）を網羅的に測定し、指標微生物と病原微生物の分布特性に基づく水安全性マップを作成する。さらに、これらの微生物の測定結果を用いることにより、水系感染症リスクに関する水安全性マップを作成することを目指す。

また、地下水中の細菌遺伝子を網羅的に解析することで、汚染物質の分解除去が可能な有用微生物を探索し、水処理装置の導入を進める上で有効となる情報を提供する。

さらに、これらの調査・採水、微生物分析およびデータ解析の一連の技術をカウンターパートに移転し、プロジェクト期間および終了後もカウンターパートが主体となって研究を実施できる体制を整える。

⑤ 研究実施方法（参考）

雨季および乾季にカトマンズ盆地の全域を対象とし、地下水、河川水、湧水および公共水場の水を採取し、病原微生物および指標微生物の測定作業を実施した。また、浄水場の処理前後の水やタンカー水、市販飲用ボトル水（Jar water）を採取し、同様に微生物の測定作業に供した。下水や動物糞便（ブタ、反芻動物、イヌ等）を採取し、糞便汚染源となる試料における微生物の存在実態を解析した。これらのデータを用いて、カトマンズ盆地における水の微生物汚染の全体像を明らかにすると共に、その発生源を明らかにするための新たな手法を確立した。下水処理場の流入水と病院排水中の病原微生物を測定することで、当該地域における病原微生物の感染流行状況の把握を試みた。

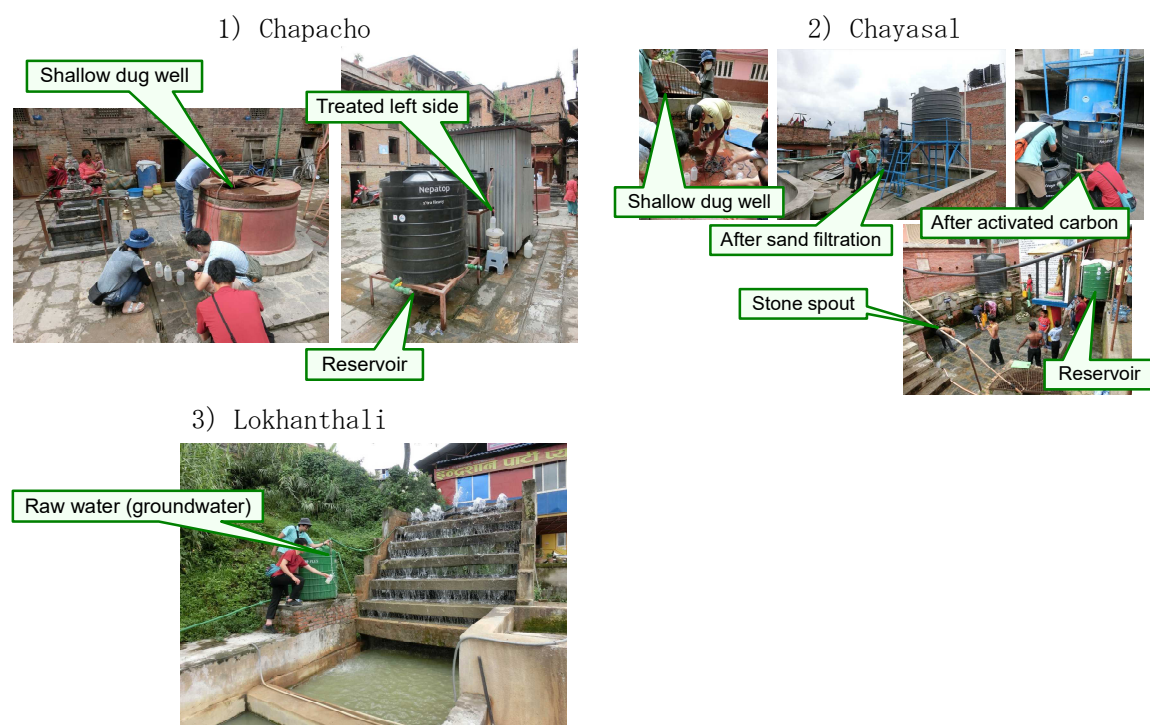


図 3.30 LCD システムにおける水試料採取箇所

(5) 研究グループ4：水処理技術の開発（リーダー：遠山忠・山梨大学、Iswar M Amatya・トリブワン大学）

① 当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

平成 25 年度は、まず日本国内においてラボスケールのドロッピング硝化-水素酸化脱窒装置、スポンジ傾斜水処理装置、人工湿地装置を試作し、その処理性能を調査した。

平成 26、27 年度は、日本国内におけるラボスケール装置の他、カトマンズにおいてもドロッピング硝化-複合型脱窒装置、スポンジ傾斜水処理装置、砂ろ過装置、人工湿地装置を運転し、その性能調査と性能アップに取り組んだ。

平成 28 年度からは、個々の水処理装置の単独運転だけでなく、複数の基盤水処理装置を組合せた複合的水処理装置を組み立て高機能化に取り組んだ。

平成 29 年度には、カトマンズ盆地内に新たに LCD 装置を設置し、地下水中の鉄と窒素除去の実証実験を開始した。これまでに設置した LCD 装置による実証実験を継続し、新たな実証実験も含めて、平成 29 年度には 4 地点（地点 1-4）での実証実験を行った。さらに、新たな LCD 装置設置場所（地点 5 と 6）を決定し、その水質調査と周辺コミュニティの要望に基づいて LCD 装置を設計した。

平成 30 年には、5 地点目（Lokanthali KUKL の浄水処理場）と 6 地点目（一般家庭）のパイロット規模 LCD 水処理装置の設置を完成させ、実証実験を開始した。これによって、カトマンズ盆地では 6 地点において LCD 装置の設置が終わった。LCD 設計・施工・運転・管理に係る技術を現地へ移転するため、Lokanthali 浄水場の LCD 装置の設計から運転・管理に至る工程は、現地の KUKL 職員の主導、山梨大学の補助の体制で実施した。

また、設置した LCD 装置の一部（地点 2-6）においては、周辺コミュニティ・利用者向けの説明会を開催し、LCD 装置とその処理水質、処理水の利用について利用者と情報共有した後に、利用者への処理水給水を開始した。給水開始後も処理水質を定期的に調査し、LCD 装置運営や給水した水に関する利用者からの意見を受け付けた。また、LCD 技術の現地への移転のために、短期研修生として KUKL や KVWSMB から職員を受け入れ、カトマンズ盆地現地においても設置した LCD の運転、維持管理、性能評価の業務を彼ら職員も実施している。また、蓄積した技術的知見を整理し、LCD 装置の規格化と運転マニュアルの作成、水質分析マニュアルの作成にも着手した。LCD のコア技術についての成果は以下の通りにまとめた。

(a) ドロッピング硝化-複合型脱窒装置：

カトマンズの地下水で検出される窒素は、アンモニア性窒素か硝酸性窒素であるが、その濃度は日本の下水並みあるいはそれ以上の場合があり、また場所によっては両者が混在することもある。

アンモニア性窒素濃度が 10mg-N/l 以下であるような水の場合は、硝化によってアンモニアをすべて硝酸イオンに変換すれば、アンモニア臭のしない、使っていても不快感のない水とすることができ、またこれは WHO の基準を満たすことになる。本プロジェクトでは、散水路床に似たドロッピング硝化をオリジナルに考案し、これを硝化プロセスの基軸とした。これは、硝化細菌が付着した担体を空中に設置し、担体の上部から処理したい水をドロップさせるだけで硝化を達成することができる、省エネルギー型硝化法である。

一方、アンモニア性窒素を高濃度に含む下水処理における窒素除去では、硝化菌によってアンモニウムイオンを硝酸イオンに変え、次いで嫌気的条件下で有機物を添加して脱窒菌により窒素ガスに変換する方法が一般的である。しかしこの場合は処理水に添加した有機物が残留して飲用には適さないため、本プロジェクトでは有機物添加の不要な独立栄養細菌による水素酸化脱窒を窒素除去のもう一つの基軸とした。硝酸性窒素のみが含まれる水の場合はこの方法で、またアンモニア性窒素が含まれる水の場合は、先のドロッピング硝化と組み合わせることで、水中から窒素が除去できる。さらに近年、下水等のアンモニア性窒素除去においてより効率的と言われているアナモックス反応を用いることができれば、より省エネルギー的に窒素除去が可能と考えられる。しかしアナモックス反応によっても硝酸イオンが生成されるため、原水中の窒素濃度によってはその除去が必要である。

そこで、本プロジェクトでは、“ドロッピング硝化-複合脱窒装置”を検討することとした。これは、有機物添加を必要としない効率的な脱窒法である水素酸化脱窒と、省エネルギー・低コストで脱窒とアンモニア除去が達成できるアナモックス反応とを基本に、これらを単独であるいはそれぞれ組み合わせ、さらにはドロッピング硝化とも組み合わせることで、脱窒を達成できる処理システムの検討である。こ

のように三種類の窒素除去反応を統合することはこれまでに例がなく、本プロジェクトでの試みは世界初である。

日本国内においては水素酸化脱窒反応に関する基礎検討と、それをもとにしたパイロットプラント規模装置の条件設計、アナモックス反応と水素酸化脱窒反応を組み合わせた複合脱窒反応の基礎検討、さらには加温を必要としないアナモックス菌に関する基礎検討を行った。一方カトマンズにおいては、主に Jwagal 給水場をモデル処理場とし、パイロットプラント規模のドロッピング硝化装置とその後段に水素酸化脱窒槽を設置し、実際に地下水中のアンモニア硝化と脱窒実験を開始した。またアナモックス反応を成すアナモックス菌群の小型培養装置を現地の処理ライン中に設置し、現地の地下水中からの、アナモックス細菌の集積培養を試みた。

国内のラボスケール実験を通して、脱窒プロセスで働く水素酸化脱窒菌の特徴を明らかにし、効率的な脱窒を達成する運転条件を明らかにすることができた。さらに、脱窒速度と経済性の両方を同時に高めるための水素供給方法として、マイクロバブル発生装置の導入を検討し、実験室レベルでその有効性を明らかとした。マイクロバブル水素添加による水素酸化脱窒槽では、流入する窒素負荷が $80 \text{ g-N/m}^3/\text{d}$ (硝酸濃度として 60 mg-N/L) の際に窒素除去速度が最高 $61 \text{ g-N/m}^3/\text{d}$ に達し、同時に従来法に比べて水素供給量の 83%カット (省エネ化) に成功した (図 4.1)。また、アナモックス反応と水素酸化脱窒反応を組み合わせた複合脱窒反応により、実験室レベルでアンモニアと硝酸の同時除去が可能であることを明らかにした。この時、流入する窒素負荷が $280 \text{ g-N/m}^3/\text{d}$ (アンモニアと硝酸濃度それぞれ 40 mg-N/L) の際に窒素除去速度が最高 $210 \text{ g-N/m}^3/\text{d}$ に達した。

さらに、アナモックス反応に関しては、加温することなく効率的に窒素除去を達成できる、“低温耐性を有するアナモックス菌”が存在していることを見出し、日本国内の淡水底泥よりその菌の集積培養に成功した。

カトマンズにおいては、ドロッピング硝化槽とマイクロバブル水素供給法を用いた水素酸化脱窒装置について、いずれもパイロットプラント規模のものを Jwagal 給水場に新設した (図 4.2)。設置後 1 ヶ月半の運転で、ドロッピング硝化槽に流入するアンモニア 33 mg-N/L が 25 mg-N/L に減少し (減少率: 24%)、3 か月後には 50 mg/L が 5 mg/L に減少した (減少率 90%)。後段の水素酸化脱窒槽では、窒素除去に関与する微生物群が順調に槽内で増加し、窒素負荷速度 $99 \text{ g-N/m}^3/\text{d}$ の時に窒素除去速度として最大 $60 \text{ g-N/m}^3/\text{d}$ (除去率として 61%) を示し、その処理水質は飲料水基準値を満たした。一方、日本における“低温耐性アナモックス菌”に関する検討をもとに、現地の処理ライン中に小型の集積装置を設置したところ、加温なしに、カトマンズの地下水中のアナモックス菌の集積培養に成功した (図 4.3)。

さらに、カトマンズ盆地の地下水中に広くアナモックス菌が存在していることと、そのアナモックス菌の種類と動態 (季節変動)、アナモックス菌が多く存在しやすい地域・地下地質条件を推定することに成功した (図 4.4)。この成果は、アナモックス反応による地下水からのアンモニア態窒素除去をカトマンズに実装・普及させる貴重な科学的データである。



図 4.1 効率的な水素供給と高い窒素除去性能を達成した水素酸化脱窒リアクター



図 4.2 Jwagal 給水場に設置したドロッピング硝化-水素酸化脱窒装置



図 4.3 カトマンズ盆地の地下水から集積したアナモックス細菌とその培養装置

(b) スポンジ傾斜水処理装置：

ポンプを用いたエアレーションをすることなく効率的に酸素を取り込んで、地下水中の 2 価鉄を酸化して水酸化物を形成させ除去する、スポンジ傾斜水処理装置を開発した。日本国内において試作したスポンジ傾斜水処理装置で、鉄含有地下水（二価鉄として 15mg-N/L）の処理実験を行い、この知見をもとに、カトマンズ Jwagal 給水場にパイロットプラント規模の装置を設置した。

日本国内での基礎実験では、スポンジ傾斜水処理装置は設置・運転開始からわずか一日目で、濃度約 20mg/l に達する流入二価鉄の 95%以上を除去することに成功した。また処理水量を 864 L/d に設定した際でも、95%以上の高い鉄除去率を維持することを明らかにした（処理量はネパール一家庭（5 人）の一日の水使用量を満足する処理量に相当）。この装置の除鉄メカニズムを検討したところ、空気酸化、水酸化鉄による鉄酸化触媒作用、スポンジによる酸化鉄のろ過作用が機能していることを明らかにした。また、長期間運転することで内部に鉄の固形物が沈着し除鉄能が低下するが、適切にスポンジの洗浄を行えば性能が回復することもわかり、中長期間の装置運転が可能であるとわかった。

これらの知見を踏まえ、処理能力が 3000—4500L/d 程度の大型スポンジ傾斜水処理装置（コミュニティーレベル）を Jwagal 給水場に設置し、コミュニティーへ配給する地下水の一部を使った処理実験を開始した（図 4.5）。地下水 3000L/d を通水したところ、地下水中の鉄（濃度として 10—15mg/L 程度）の大半を除去することに成功した（除去率 99%）。また新たな知見として、このスポンジ槽により流入する濁度も除去できる（94%）ことを確認した。さらにここでは、鉄の酸化促進を期待して給水場の一部に小型曝気装置を設置しその性能を評価した（図 4.6）。その結果、小型曝気装置により地下水への酸素供給が強化され、Jwagal 給水場の鉄除去能が向上していることが分った。これらの実験と並行し、家庭用の小型スポンジ傾斜水処理装置をカトマンズ市内の民家井戸水処理用に配置し除鉄実験も行い、ここにおいても高い除鉄能力を確認した。

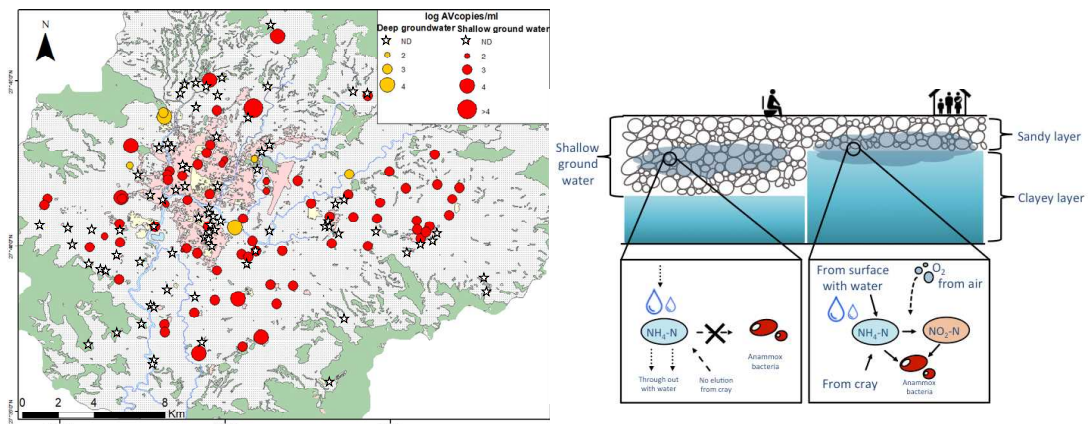


図 4.4 カトマンズ盆地内のアナモック細菌の分布（左図）と地質とアナモックス細菌分布との関連予想図（右図）

(c) 砂ろ過装置：

濁度除去と比較的大型な病原微生物（クリプトスポリジウムなど）除去を目的として日本側が開発した砂ろ過装置を日本国内とカトマンズに設置し、その性能を評価した（図 4.7）。この装置は砂の粒子径と配置を工夫し、処理水とともに凝集剤を少量添加しており、実際には凝集砂ろ過装置である。砂ろ過装置を用いてカトマンズ盆地の水を処理した結果、濁度除去率が 99%となる高い性能を発揮した。クリプトスポリジウムに関しては、日本国内において砂ろ過装置による除去は確認されたものの、現地でその能力の評価は行っていない。

一方、カウンターパート（トリブワン大学 IOE）も濁度除去を目的とした砂ろ過装置を開発し（図 4.8）、90%以上の濁度除去率を示した。さらに、砂ろ過装置の洗浄頻度と洗浄方法など実用化に向けた検討を実施し、最適な装置運転条件の設定とマニュアル作成に取り組んだ。



図 4.5 Jwagal 水処理場に設置した大型スポンジ傾斜水処理装置



図 4.6 Jwagal 給水場に設置した小型曝気装置



図 4.7 日本側が設置した砂ろ過装置

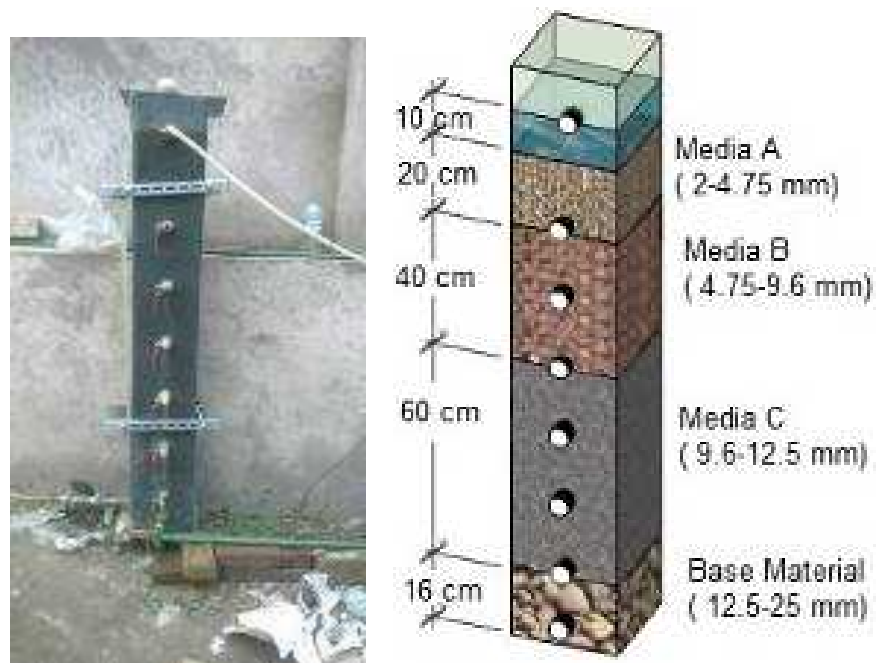


図 4.8 トリプワン大学 IOE が設置した砂ろ過装置

(d) 人工湿地装置：

ゼオライトなどの植生基盤材によるアンモニアの吸着作用、基盤材に生息する微生物による硝化・脱窒作用と、植物による基盤材への酸素供給（微生物活性化）ならびに植物による窒素吸収など、生態系が持つ窒素処理機能を活用して、省エネルギー、簡易メンテナンスで窒素処理が期待できる人工湿地を日本国内およびカトマンズ盆地に設置し、アンモニアの除去を検討した。

これまでの人工湿地は大掛かりな土木工事を伴う大型のものであったが、本プロジェクトでは、LCD システムのコンセプトに合致するよう、小型のユニット組み立て型の人工湿地を開発し、Jwagal 給水場に設置した（図 4.9）。その後の運転で、流入する窒素濃度（アンモニアと硝酸の合算値）53 mg/L が流出水中では 15mg/L に減少し、装置の窒素除去性能は最高 52g-N/m³/d（窒素除去率 73%）であった。小型の人工湿地でも十分な窒素除去性能を発揮できることを明らかにした。



図 4.9 Jwagal 水処理場に設置した人工湿地装置

(e) 複数の基盤水処理装置の組合せによる高機能化

上述したように、当初計画した個別の処理方法については日本ならびにカトマンズにおいて、その能力評価の検討を行った。その上で、実際に装置を設置する場合には、処理しようとする原水の水質と、処理水として望まれる水質をみて、これらの組み合わせを検討することになる。この段階において、カトマンズ市内においては LCD の水源として表流水を使うことはほとんどないことが分かってきたので、その処理を想定していた砂ろ過装置はシステムに組み入れることを止めた。代わりにカトマンズ市内でよく使われている現地型の砂ろ過装置でも十分な濁度ならびに鉄の除去能があることを確認したので、これを水処理システムに組み入れることとした。また人工湿地についても表流水を想定しており、やはりある程度の面積が必要であることから、今回は現地向けパッケージには組み込まないこととした。ただし、要素技術の検討は完了しており、将来的に表流水利用が増加した場合には、これらの LCD を組み込んだ運用も可能な状態にある。

Jwagal 給水場（UN パーク）において、設置したスポンジ傾斜水処理装置、ドロッピング硝化－複合脱窒装置（水素酸化脱窒槽）を結合し、それぞれの機能や水処理特性に合わせて有機的に複数の装置を連結した複合型水処理装置を構築した（図 4.10）。ここでは、小型曝気装置（第一プロセス）、スポンジ傾斜水処理装置（第二プロセス）により鉄除去を、ドロッピング硝化－複合型脱窒装置（第三プロセス）により窒素除去の達成を目指している。なお、小型曝気装置はスポンジ傾斜水処理装置による鉄除去性能を向上するためにも、継続して稼働を続けた。

第一、二プロセスで地下水から鉄を除去することにより、現在は地下水中の鉄 99%を除去した地下水 3000 L/d が供給可能である。一方、後段の第三プロセスには、前段で処理した地下水の一部、1500L/d を導入してコミュニティに供給可能な飲料水レベルの処理水を作成することを目指している。一連の

プロセスを経て、処理水中の窒素濃度（アンモニアおよび硝酸）が飲料水基準値を下回ったことから、給水場近隣住人へ飲料水として、1日 1000L の量を給水している。

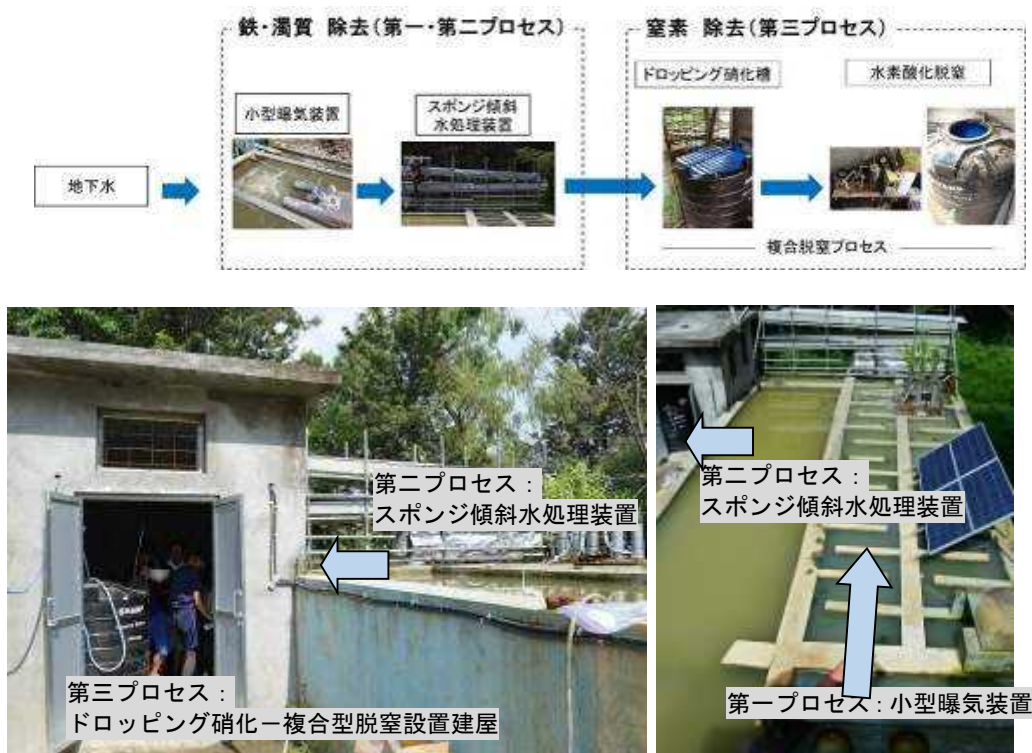


図 4.10 Jwagal 水処理場で構築した複合型水処理装置

設置した LCD 装置の成果は以下の通りである。

地点 1: Jwagal 給水場 (UN パーク)

- ・ LCD 構成装置: スポンジ傾斜水処理装置、ドロッピング硝化装置、水素酸化脱窒装置、活性炭濾過装置、アナモックス処理装置、人工湿地装置
- ・ 目的: 地下水からの鉄と窒素除去にかかわる各装置の性能評価、生活用水および飲料水の供給
- ・ 処理量: 1000L/day

地点 2: Chyasal

- ・ LCD 構成装置: ドロッピング硝化装置、砂ろ過装置、活性炭濾過装置
- ・ 目的: 原水（浅層地下水）からのアンモニア態窒素の除去、飲料水の供給
- ・ 給水対象: 付近住民 130 人（戸）
- ・ 処理量: 3000L/day

地点 3: Chapacho (Thimi)

- ・ LCD 構成装置: 水素酸化脱窒装置、活性炭濾過装置
- ・ 目的: 原水（浅層地下水）からの硝酸態窒素の除去、飲料水供給
- ・ 給水対象: 付近住民 100 人（戸）
- ・ 処理量: 500L/day

地点 4: IOE 女子寮

- ・ LCD 構成装置: ドロッピング硝化装置、砂濾過装置、活性炭濾過装置
- ・ 目的: 原水（深層地下水）からのアンモニア態窒素と濁度の除去、シャワー用水の供給

- ・ 給水対象：寮生約 60 名
- ・ 処理量：1500L/day

地点 5：Lokanthali の KUKL 浄水場

- ・ LCD 構成装置：ドロッピング硝化装置、水素脱窒装置、活性炭濾過装置
- ・ 目的：原水からの窒素除去、飲料水供給
- ・ 処理量：1000L/day

地点 6：一般家庭

- ・ LCD 構成装置：スポンジ傾斜水処理装置、砂濾過装置
- ・ 目的：原水からの鉄除去、洗濯用水やシャワー用水の供給

さらに、LCD 装置の実証試験のデータを基にしてコスト（初期＋ランニングコスト）を評価したところ、（1）ドロッピング硝化処理のみの LCD 装置であれば 0.14 ドル/20L で初年度から運転・給水が可能、（2）ドロッピング硝化および水素脱窒処理の LCD 装置の場合は 5－10 年以上の運転で 0.5 ドル/20L で運転・給水が可能、（3）水素脱窒処理のみの LCD 装置の場合は 5 年以上の運転で 0.46 ドル/20L で運転・給水が可能であると評価できた。

また、プロジェクト終了後の LCD の本格的な実装と普及のために、蓄積した技術的知見を整理し、LCD 装置の規格化と運転マニュアル、水質分析マニュアルを作成した。さらに、KUKL や KVWSMB の技術者との種々の共同作業を通して、LCD 関連技術の技術移転や技術者の育成にも努め、プロジェクト終了後の LCD の本格的な実装と普及の支援体制を整えた。

特に、5 地点目（Lokanthali の KUKL 浄水場）の LCD は、これまでに共有した技術的知見を基にして現地 KUKL 職員が主導して設計・施工・運転・維持管理した LCD であり、ネパールの技術と材料で完成させた LCD 第一号機である。この装置自体と装置を設計した経験・技術的知見が今後の LCD の社会実装の試金石となると期待できる。

以上のように、当初の計画（全体計画）に対する成果目標は概ね達成されたものと評価した。

② カウンターパートへの技術移転の状況

平成 26 年度は、ネパール側の研究拠点となる実験室をトリブワン大学 IOE に整備した。また、平成 26 年度は、JICA 短期研修生 4 名（2014. 10. 6-10. 19 トリブワン大学 IOE 実験室付き技官、KUKL 水質分野課長代理、CREW 研究員の 3 名、2014. 10. 6-11. 9 トリブワン大学 IOE 修士学生 1 名）を受け入れ、窒素処理性能評価のための水質分析技術を指導した。

平成 27 年度は、2015 年 8 月 20～22 日に 18 名、2015 年 12 月 27～31 日 11 名のトリブワン大学 IOE 学生や NGO 職員を IOE 実験室に受け入れ、水質分析に関する研修・トレーニングを実施することにより技術移転を行った。また、このトレーニング用に水質分析テキストを作成して参加者に配布した。

平成 28 年度は、JICA 短期研修生 4 名（2016. 9. 5-11. 30 トリブワン大学 IOE 修士学生 3 名、KUKL 水質分野職員 1 名）を受け入れ、水質分析技術と窒素・鉄水処理技術を指導した。平成 29 年度は、JICA 短期研究生 3 名（2017. 10. 1-10. 31 1 名、2017. 10. 1-12. 22 2 名）を受入れ、水質分析技術と LCD のコア技術、LCD の設計に関する指導した。

平成 30 年度は、JICA 短期研究生 3 名（2018. 7. 10-8. 10 2 名、2018. 9. 3-9. 26 1 名）を受入れ、水質分析技術と窒素・鉄水処理技術を指導した。

③ 当初計画では想定されていなかった新たな展開

震災とその後の新憲法の議会可決に端を発する国境付近の物流阻害により、当初計画よりやや遅れ気味となった。特に地震直後から数か月はカトマンズへの渡航が予定どおり出来なかったこと、現地での機材調達などに不便し時間を要したことがその主な原因である。また、Chyasal コミュニティーでは、長年運転していた小型のドロッピング硝化装置があり、この硝化装置の有効性は確認されていた。当初はスケールアップしたこの装置を、このコミュニティが持っている浄化装置に接続する予定であったが、その設置予定場所も被災してしまった。しかし、ここのコミュニティが新たに水源を確保し、供給できる水量の増加を検討していることが分かり、現地コミュニティとよく協議した上で、この新設

井戸水の処理のために、ドロッピング硝化を中心とした LCD システムを設置した。この装置は非常に順調に運転されており、コミュニティによって地域住民への給水が継続的に行われている。

④ 当初の研究のねらい(参考)

カトマンズ盆地の地下水の多くは窒素と鉄、濁度の濃度が高い。これらの除去を効率よく行うことができれば、生活用水として利用可能な地下水量が著しく増加し、その水処理が普及すればカトマンズの健康水準は向上し、社会・経済発展にも資する。一方、カトマンズ盆地は、高度処理技術を維持するための経済力と電力が十分でないことから、低コストで高い処理効率を生み出すことができる水処理技術を開発しなければならない。

本プロジェクトでは、主に地下水の窒素、鉄と濁度の除去に対応する低コスト・省エネルギー処理システムを開発することを目的とした。具体的には、1. 効率的な窒素除去が期待できるドロッピング硝化-複合型脱窒生物処理（独立栄養細菌群による水素酸化脱窒とアナモックスなど）装置、2. 低コストでの効率的な鉄除去が期待できるスポンジ傾斜水処理装置、3. 効率的な濁度除去が期待できる砂ろ過装置、4. 低コストでの効率的な窒素除去が期待できる人工湿地などの複数の浄化装置の単独使用あるいは組み合わせによる浄化性能やそれに及ぼす影響因子を把握することとした。さらに、WG1、2、3 による水安全性評価と WG5 による地域コミュニティのアンケート調査結果をもとにして、必要度が高い場所を 5 地点選定してパイロット水処理装置を設置し、実証実験を実施する場所を決定するよう計画した。その場所の水質、必要な水量、処理水の利用目的などの設置場所の状況に合わせて水処理装置を組合せ、それぞれの場に最適な処理システムを構築するとし、またコミュニティへのアンケート調査とネパールの水質基準をもとにして、その実証実験での処理水量と処理水質の目標を、処理水量目標 1m³/d、アンモニア態窒素濃度 1.2mg/L 以下、硝酸態窒素濃度 11mg/L 以下、鉄濃度 0.3mg/L 以下、濁度 5 NTU 以下と設定した。

本プロジェクトでは、「水処理システムを導入する個々の現場にフィットして持続可能なシステムとは何か」を日本側とネパール側が密に議論し、「現状だけでなく将来や発展後の社会経済状況を加味した多くのオプションを整備し、それを現地の人たちが現場の水質・水量・水利用などの状況に応じてカスタマイズして使えることが真の社会実装に繋がる」との認識を共有している。このような水処理システムを Locally-fitted, compact and distributed (LCD) water treatment system と命名し、その社会実装のための知見整備を目指した。特に経済力が高くないカトマンズへの LCD システムの社会実装を成し遂げるため、できる限り低コストの水処理技術・装置を目指した。また、処理水を利用するコミュニティへのアンケートをもとにして水利用料金を設定し、それを LCD システムの維持コストに利用することとした。この 2 点を LCD の社会実装と持続的な運営の戦略とし、この戦略の実現可能性も実証実験において評価しようと考えた。さらに、その成功に必要な知識・技術・制度を抽出し、そのガイドラインも LCD 処理技術とパッケージして社会導入を進める基礎を作った。

さらに、これらの水処理システム構築に関する一連の技術をカウンターパートに移転し、プロジェクト期間および終了後もカウンターパートが主体となって研究を実施できる体制を、ネパール側と協力することで整えた。

⑤ 研究実施方法（参考）

(1) ドロッピング硝化-複合型脱窒生物処理装置、(2) スポンジ傾斜水処理装置、(3) 砂ろ過装置と (4) 人工湿地装置の 4 種類を基盤水処理装置として、ラボスケールあるいはパイロットスケール装置をカトマンズ盆地および日本国内に設置した。その試験運転を通して個々の処理性能と処理性能に及ぼす各種因子を調査した。

さらに、各基盤水処理装置を改良することによって、スケールアップと性能アップに取り組んだ。また、複数の基盤水処理装置を組み合わせることによって、水処理の高機能化と高性能化に取り組んだ。当初計画では、WG1-3 による水安全性評価と WG5 による地域コミュニティのアンケート調査をもとにして、設置場所を決定する予定であったが、地震の影響による WG1-3 の調査の遅れから、試験的に JwagalUN パーク、Chyasal 地区と IOE キャンパスに水処理装置を設置し実証試験に着手した。

プロジェクト開始時は、日本とネパールが個々に研究を実施してきた。砂ろ過や人工湿地については、日本とネパールの研究室で共通点が多く、意見交換しながら双方で研究を進め、成果を共有し合ってきた。プロジェクト開始後から続けた短期研修が着実に進み、ネパールで実働する研修生とネパールへの

技術移転、共同研究が行える体制が整った。特に、5 地点目（Lokanthali の KUKL 浄水場）の LCD は、これまでに共有した技術的知見を基にして現地 KUKL 職員が主導して設計・施工・運転・維持管理した LCD であり、ネパールの技術と材料で完成させた LCD 第一号機である。さらに、プロジェクト終了後の LCD の本格的な実装と普及のために、蓄積した技術的知見を整理し、LCD 装置の規格化と運転マニュアル、水質分析マニュアルを作成した。また、LCD 装置の説明会・情報開示やパブリックコメント募集などを実施し、カトマンズ盆地での LCD の社会実装と持続的な利用のために重要な現地の意見・情報を整理した。そのほか、KUKL や KVWSMB の技術者との種々の共同作業を通して、LCD 関連技術の技術移転や技術者の育成にも努め、プロジェクト終了後の LCD の本格的な実装と普及の支援体制を整えた。

(6) 研究グループ 5：水処理導入シナリオと社会経済評価（リーダー：新藤純子・山梨大学、Chok Prasad Dhital・MOWS）

① 当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

平成 26 年度は、文献および既存のデータを収集しカトマンズの水供給実態に関する情報を得た。また、住民アンケート調査内容の検討、調査用紙を設計し、プレサレービの後、1500 世帯を対照とした Phase 1（乾期）調査を開始した。平成 27 年度は、チェサール、コカナ、ゴンガブの 3 か所で FGD（Focus group discussion）を実施し、地震が生活および水利用に与えた影響について聞き取った。また Phase 1 調査が途中で中断したので、Phase 2 として、地震後乾期のアンケート調査を行った。

平成 28 年度は、前年と同じ地域で再度 FGD を行い、地震後の回復について検討した。また、8 月から雨期のアンケート調査を実施した（Phase 3）。平成 29 年度は、LCD 未処理システム導入予定地およびその対照地域において、導入前アンケート調査を実施した。また、今後の LCD 水処理システム導入計画策定のためのデータ取得を目的として、都市部全ワードの民生委員と地域リーダーを対象としたアンケート調査、および、住民が運営している 50 の水供給システムへのアンケート調査を実施した。

平成 30 年度は、LCD 水処理システム導入後調査を実施し、LCD 処理水配布の効果を検証した。また、全期間を通して、アンケート調査結果や他の研究グループで得られたデータなどに基づいて、住民の水ストレス指標や、健康指標などの開発を行った。

(a) 水処理システムと家庭の水利用の現状把握と問題点の抽出

カトマンズ盆地には KUKL 管理の稼働している水処理場が 18 存在し、乾期には 100 MLD、雨期は 150 MLD 程度の水を供給しているが、需要量の 350 MLD には大きく及ばない。また、ネパールの担当行政機関によると、処理の方法は処理場によって異なるが、ほとんどの水処理場で塩素消毒装置の故障や混合タンクの破損など問題を抱えていること、管理データは適正に記録・保存されていないこと、処理水の水質は特に雨期に悪くなり WHO の飲料水基準を満たさないことが認識されていた。Yoden（2010）によると、2008-09 年の KUKL 定期調査による処理水の基準達成率は、濁度 90%、鉄 50%、アンモニア 90%、残留塩素 15%程度で、家庭の水道水の達成率は更に低いことが示されていた。この原因としては、停電、原水の不足、人員の不足、予算の不足、職員の能力不足、更に水質検査ラボの人員・機材および研修の著しい不足が指摘されていた。これらの問題の早期の解決は困難である状況下、メラムチ導水計画による水の供給が水量、水質ともの改善策と見なされていた。

住民がどのような水源の水をどのように利用しているかを知ることは、LCD 水処理システムの機能と設置場所の検討に必要であり、このためのアンケート調査は、カトマンズ、キルティプル、ラリトプル、マデューアプル・ティミの 4 つの市（municipality）を対象に、区（ward）ごとの世帯数に比例する確率で 50 地点（クラスター）をランダムに選定し、各地点に対して 30 世帯を選び、合計 1500 世帯を対象として実施した（図 5.1）。第 1 回アンケート調査は、2015 年 2 月に開始したが 4 月の地震のため中止し（Phase 1：地震前乾期調査、1139 世帯終了）、2015 年 12 月から再度乾期調査（Phase 2：地震後の乾期調査）を行い、2016 年 8 月からは第 3 回調査（Phase 3：地震後雨期調査）を実施した。データチェックの後、Phase 1 は 1130 世帯、Phase 2 は 1500 世帯、Phase 3 は 1497 世帯のデータを解析対象とした。

全水道水利用世帯の平均給水時間は、地震前は週 4 時間で、週 4 時間以上の給水のある世帯割合は全地域で 27%であったが、地震によりこれらの値はおおむね低下し、第 2 回調査（乾期）では平均 2.3 時間、第 3 回の雨期でも 2.0 時間と回復していないことが分かった。住民は給水時に水道水をタンク等に貯めてして利用している。図 5.2 に、世帯 1 日当たりの水道水利用量のクラスターごとの平均を示した。地図の色分けは KUKL の給水区（ブランチ）を表し、カトマンズ市は 6 つの給水区に別れ、ラリトプル市、キルティプル市、マディヤプルディミ市はそれぞれ単独の給水区である。地震前の Phase 1 調査における平均水使用量は、284 L/日であり、1 世帯平均 4.2 人であったので、68 LPCD（L per capita per day）となる。地震後の Phase 2 調査では、世帯当たり 56 L へと大きく低下した。図によると、地震前はカトマンズの中心部とマディヤプルディミ市に位置するクラスターの水道水使用量が比較的大きかったが、地震後は特にこれらの地域の水使用量の減少が顕著で、全域にわたって、使用量は 50 L～100 L 以下となった。第 3 回調査では、雨期でもあり使用量はかなり回復し、平均 209 L となった。なお、これらの 50 地点は、全対象地域の総平均を偏りなく推定するために世帯数に応じてランダムに選定したものであり、キルティプルやマディヤプルディミで選択された地点数は少ない。従って、得られた結果は個々の地域或いは給水区を代表しているわけではない。

カトマンズでは地震前においても水道水は家庭の水需要を満たすことはできず、他の水源の水の利用が不可欠となっている。図 5.3 に各水源の利用世帯割合を示した。水道水や地下水は自宅のみでなく近所や公共の水道や地下水の利用を含み、その他の水（OW）は、雨水、河川水、湧水、およびストーンスパウトとした。対象地域全体では、Phase 1 では 66%、Phase 2 では 62%、Phase 3 では 63%の世帯で水道水（PW）を利用しているが、同時に多くの世帯で地下水（GW）も使っており（各々 54%、67%、80%）、またボトルジャー水（BJW）を 70%以上の世帯で、タンカー水（TKW）を 20～30%の世帯で利用していた。雨期には地下水の利用世帯が増加し、その分ジャー水やタンカー水など購入水の利用が減少していることがわかった。マディヤプルディミに位置する地点は従来水道水利用世帯が多かったが、地震による被害の大きかった地域であり、地震後、水道水利用が減少し、地下水とジャー水の利用が顕著に増加した。雨期になってもその傾向は変わっていないことが明らかとなった（図 5.3）。

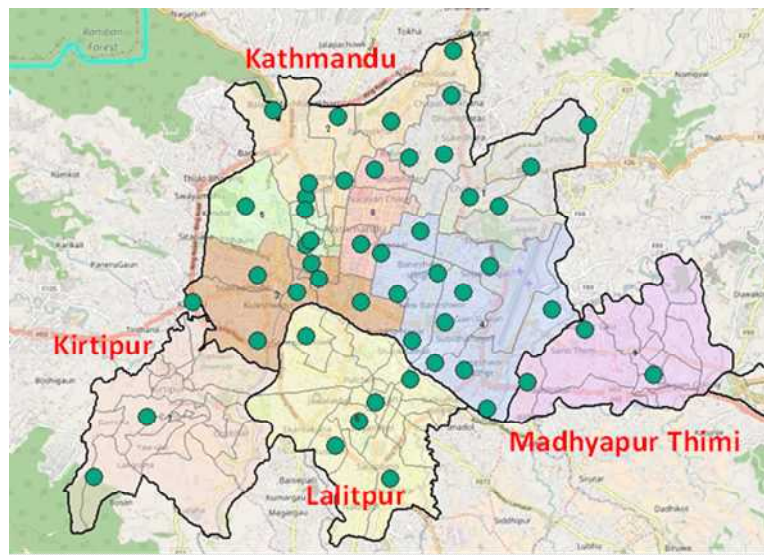


図 5.1 世帯アンケート調査地点（クラスター）

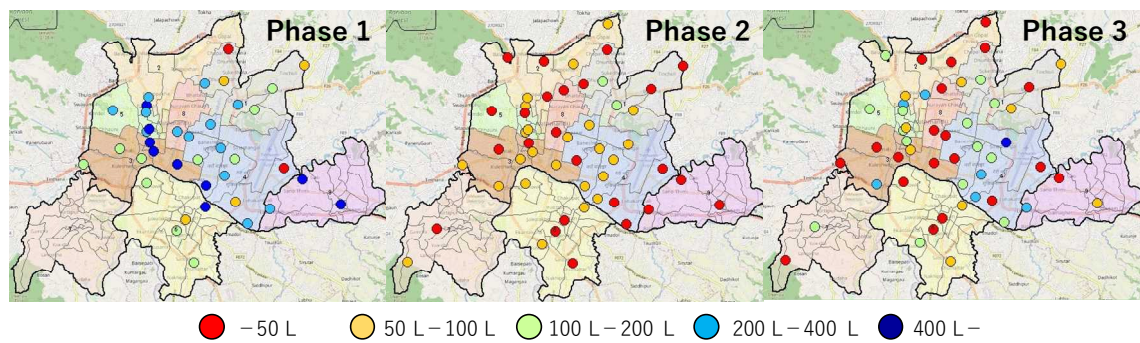


図 5.2 カトマンズにおける水道水使用量
(世帯 1 日当たり、クラスターごとの世帯平均)

表 5. 1 の Phase 1 における水源別用途に示したように、各世帯では用途別に水を使い分けていることがわかった。全体としては、飲み水（および料理）には水道水とジャー・ボトル水を用い、地下水やタンカー水は生活用水に利用しているが、タンカー水利用者の約半数は飲用にも用い、特にラリトプルに位置する地点では利用世帯 111 のうち 93 世帯で飲用していた。地下水の飲料水としての利用率は 1 割程度と低い、マディアプルティミの地点では Phase 1 で地下水利用者の 30%程度の世帯で飲用に用いており、地震後の Phase 2 ではこの割合が 63%に増加していた。

これらの水源の水を購入するために世帯が支出している金額をアンケート調査結果から見積もった。表 5. 2 に示した通り、乾期で毎月 2000～4000 ルピー、雨期でも 1000 ルピー程度を支出していた。

LCD 水処理システムによる水浄化の主たる目的が地下水の飲料水化であると考えられるので、地下水を飲用、料理に利用している世帯の割合を図 5. 4 に示した（全世帯数（30 世帯）に対する割合を相対的に示したもの）。この図を見ると、地震前にはカトマンズ市北部から中央部で飲用や料理への利用率が比較的高い地域が見られたが、地震後にはカトマンズ市内での特に飲料水としての利用が減少していた。カトマンズ市最北部で地震後に飲用・料理への利用が顕著だが、これらの地域では Phase 1 の調査ができなかったため、地震による変化なのか常態であるのかは不明である。また、マディアプルティミのワード 17（図 5. 4 の赤丸）の地点では地震前は地下水を利用していなかったが、地震後各用途に利用されるようになり、飲料水としての利用も 9 割の世帯で行われるようになった。

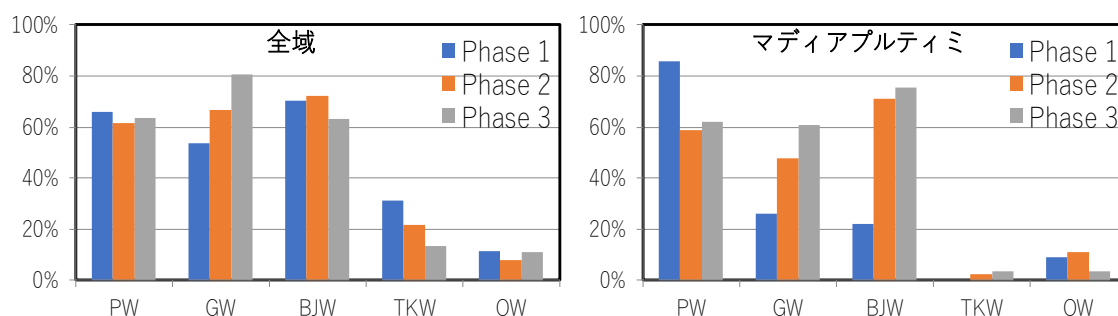


図 5. 3 地域別水源別利用世帯の割合の Phase 間の比較

表 5. 1 各水源からの水の家庭での用途（利用世帯数の割合）

	利用世帯数	飲み水	料理	風呂	洗濯	掃除	灌漑
水道水	744	74%	86%	76%	70%	58%	34%
地下水	606	12%	22%	88%	95%	96%	67%
ジャー	792.00	100%	53%	1%	0%	0%	0%
タンカー水	353	47%	66%	95%	93%	85%	52%
その他	129	5%	4%	60%	94%	95%	65%

表 5. 2 水購入のコスト（NRs/月）

	水道水	ボトル・ジャー	タンカー水
Phase 1	266	900	2956
Phase 2	163	689	1222
Phase 3	122	571	367

住民は水の安全性に少なからぬ不安を持っており、飲料水については地震前では調査世帯の84%で処理をした後利用していた。しかしカトマンズ市中心部での処理割合は50%～80%程度で周辺地域よりも低く（図5.5）、水道水利用量が多いことと関係しているかもしれない。地震後は平均79%へと低下したが、特にカトマンズ中心部での低下率が高かった。一方、その他の用途では処理水の利用率は低かった（表5.3）。飲料水の場合、67%の世帯でフィルターによる処理、60%の世帯で煮沸処理を行っていたが、塩素添加は16%と多くない。また、約65%の世帯で2つ以上の方法を用いていた。

家庭での各手法による水処理コストを、機器や消耗品の価格と耐用年数、燃料価格などから見積もったところ、5人家族で毎日9L飲用水を処理すると仮定した場合の毎月のコストは、塩素処理：23ルピー、セラミックフィルター：57ルピー、煮沸：392ルピー、ユーロガード：586ルピーとなり、複数手法の利用も考慮した平均処理コストをPhase3調査結果を用いて推定したところ、380ルピー/月となり、水購入費とともに、住民の負担となっていることが示された。

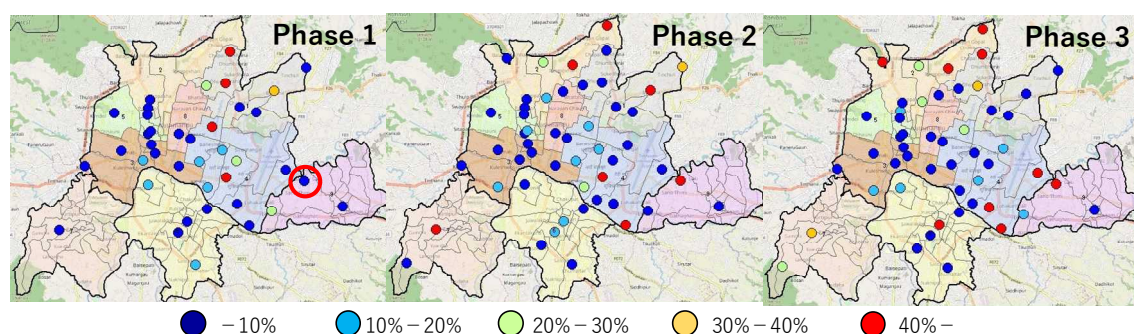


図 5.4 各クラスターにおける地下水を飲用、料理に利用している世帯割合
(全世帯数に対する割合)

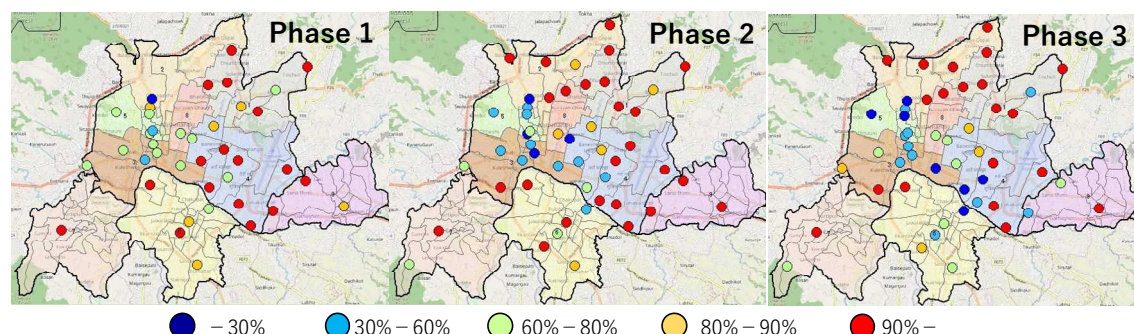


図 5.5 飲料水の家庭での処理割合

表 5.3 家庭での水処理

	飲用	料理	野菜・果物洗浄	歯磨き	風呂
Phase 1	84%	20%	10%	10%	4%
Phase 2	79%	37%	10%	8%	7%
Phase 3	76%	28%	1%	1%	0%

(b) LCD 水処理システムの導入による効果の推定

研究グループ 4 による LCD 水処理システム導入対象地域のうち、トリブバン大学工学部 (IOE) の女子寮、ラリトプル市のチェサールおよびマディヤプルティミ市のチャパチョーの 3 ケースに関してアンケート調査に基づいて効果を検証した。IOE 女子寮はシャワー水の供給、他の 2 地域は飲料水の供給である。水の供給は、IOE とチェサールは 2017 年 12 月、チャパチョーは、2018 年 4 月に開始され、それに先立って、導入前調査を行い、また、給水開始から数か月経過した後に導入後調査を実施した。各々の調査実施時期と概要を表 5.4 に示した。IOE 女子寮の調査では、居住する寮生全員を対象とし、対照グループは設けずに、導入前後の比較を行った。一方、チェサールとチャパチョーは、各々の地域の居住世帯からランダムに 100 世帯を選定して導入前調査を実施し、これらの世帯に LCD 処理水を供給した。チェサールでは住民が運営するガジャラスミクラブが毎日簡易処理した地下水を 20 L ジャーにより現地で住民に配布している (価格は 3~5 ルピー/20 L。ここではこれをクラブ水と呼ぶ。)。LCD 処理水も同じ場所と同様の方法で供給した。なお LCD 処理水は導入前調査対象者以外にも配布したので、これらの世帯も導入後調査の対象とした。同時に水配布対象地区の近くの地域の 100 世帯を対照として同様の調査を行った。

表 5.4 LCD 導入効果検証のためのアンケート調査

地域	給水開始	導入前調査	導入後調査	対象#
IOE女子寮	2017年12月	2017年12月	2018年4月-5月	寮生 (58人、60人)、対照はなし
チェサール	2017年12月	2017年1月-3月	2018年4月-5月	(100、130世帯)、対照 (100、100世帯)
チャパチョー	2018年4月	2017年1月-3月	2018年7月-8月	(101、120世帯)、対照 (99、101世帯)
# 括弧内の2つの数値は、導入前と導入後の調査対象数を表す。				

表 5.5 に、IOE 女子寮におけるシャワー水水質に対する評価結果 (質問は 5 段階評価で尋ねたが、3 段階に集約した結果) を示した。導入前のシャワー水に対する寮生の評価は非常に低く各項目とも悪いが大半で、導入により評価は大きく改善した。導入効果は表に示したどの項目も 1%有意であった (5 段階評価結果を用いたウィルコクソンの符号付順位検定による)。シャワー水の水質が良くなったことによる副次的な効果として、精神的、友人関係、授業や他の活動に対する影響などを評価したが、ポジティブではあるが統計的に有意な結果は得られなかった。以前、寮生たちはシャワーの水質に不快や不満を感じてはいたが、それが生活にそれほど大きな支障を与えていたわけでないと考えられた。

表 5.5 IOE 女子寮における LCD 処理水導入の効果

水質評価	水質全般		臭い		色		濁り	
	導入前	導入後	導入前	導入後	導入前	導入後	導入前	導入後
良い	3%	88%	3%	82%	2%	83%	4%	70%
普通	26%	8%	47%	13%	14%	12%	25%	20%
悪い	71%	3%	50%	5%	84%	5%	72%	10%
改善の回答率	90%		90%		92%		88%	

チェサールでの評価結果を表 5.6 に示す。チェサールでは事前調査対象世帯のうち事後調査が行われた 84 世帯で前後比較を行った。また、このうち LCD 処理水を主たる飲用水として用いなかった 6 世帯は、主飲用水の水質評価の前後比較から除いた。表にチェサールにおける導入前後の直接比較に加えて、対照地域の変化も考慮した DID（差分の差分）の有意性を示した。これは、介入地域（チェサール）で検出された変化を、介入に起因する変化とそれ以外の時間の経過に伴って生じた変化とを区別する目的で行われ、連続変数（表 5.6 の(4)水ストレス指標）の場合は、（介入区事後平均－介入区事前平均）－（対照区事後平均－対照区事前平均）により、また、2 値変数（表 5.6 の(1)から(3)）の場合は、介入区の OR／対照区の OR として求めた（OR は、介入後の介入前に対するオッズ比）。実際には、地域（対照区：0、介入区：1）、時間（介入前：0、介入後：1）を説明変数とした線形回帰分析、或いはロジスティック回帰分析により交互作用項として求めた。なお、主飲用水の水質は、5 段階での回答であるが、これを 1（大変良い、良い）、0（普通、悪い、大変悪い）に 2 値化して解析に用いた（表 5.6 には導入前、導入後の回答 1 の世帯数割合が示されている）。表 5.6 を見ると、代替水の飲用率や飲用水の家庭での処理率は対照区で増加しているのに対してチェサールで有意に減少した。水質評価は、対照区で悪化しているが、介入区では濁度以外が良くなった傾向がみられた（特に味と臭い）。濁度に対する評価は、介入区での前後比較においても、対照区の変化を考慮した DID においても、悪化したという結果となった。

水ストレス指標は、後述する（(4)の(b)）手法で求めた「不便」と「不安」の 2 つの指標を簡易化して適用したものであるが、チェサールで、「不安」は多少減少した（5%有意）が、「不便」は変化が見られなかった。「不便」指標は主として水が不足するために生じる不都合を表しているが、LCD 水処理システムは水質の改善を目的としているものであるので、ここで示された結果は妥当と考えられる。一方対照区では 2 つのストレス指標とも増加し、結果として介入は有意な効果があると示された。

導入前後の調査は 1 年以上の時間を経て行われたものであり、水質やストレスなど主観的な質問に対して同じ基準で回答されていない可能性があると考えられた。特に対照地域では、水質や水ストレスに対する認識が導入後調査においてほとんど悪化しており、実際に水利用環境が悪化したことも考えられるが、この調査自体が住民の認識や行動に変化を与えた可能性も否定できない。従って、今後より詳細な解析が必要であるが、これらの可能性を考慮した上でも、LCD 処理水の水質は利用者による評価は高く、水安全性への不安を低減し、水処理などの日常の行動にも影響を与えたと考えられた。

表 5.7 に、事後調査において LCD 処理水利用者（130 世帯）のうち、以前の主飲用水と比較して LCD 処理水の水質が改善したと回答した割合を示した。味に関して、改善と認識した世帯数が多く、以前の主飲用水が水道水およびクラブ水であった世帯では他の項目も 50~60%以上の世帯が改善したと回答していた。前述の結果と異なり、濁りについても大半の世帯で改善したとの回答であった。また、全 130 世帯にクラブ水と比較した LCD 処理水の水質変化を尋ねたところ、どの項目に関しても約 80%の世帯で「改善」の回答であった。一方、ジャー水を主飲用水として利用している世帯では多くが同程度（ジャー水の水質と比べて変化なし）との回答であった。なお、どの項目に対しても悪化したとの回答はなかった。

表 5.6 導入前調査と導入後調査の比較

	チェサール				対照地域 ¹⁾		DID 有意性 ²⁾
	世帯	導入前	導入後	差の有意性 ²⁾	導入前	導入後	
(1) 代替水の飲用の有無 ³⁾	84	57%	19%	0.176 **	47%	55%	0.128 **
(2) 飲用水の処理の有無	84	96%	65%	0.070 **	85%	98%	0.008 **
(3) 主飲用水の水質	78	76%	100%	#	69%	57%	#
味良い	78	74%	92%	4.138 **	96%	83%	20.341 **
臭い良い	78	69%	85%	2.444 *	98%	83%	24.282 **
色良い	78	65%	77%	1.765	88%	84%	2.465
濁り良い	78	91%	74%	0.286 **	88%	82%	0.460
安全性高い	78	90%	100%	#	99%	38%	#
(4) 水ストレス指標							
不便	84	2.1	2.1	-0.026	1.7	2.2	-0.506 **
不安	84	1.9	1.7	-0.171 *	1.5	2.1	-0.738 **
1) 対照区の世帯数は全て100.							
2) **: 1%有意、*: 5%有意、#: 介入区導入後の回答がすべて一致したためオッズが計算できない。							
3) 代替水とは、水道水、ジャー水、LCD処理水以外の水（井戸水、タンカー水、ストーンスパウト、クラブ水など）							

表 5.7 導入後調査における水質改善の認識
(LCD 水が以前の主飲用水より改善されたと回答した世帯の割合)

以前の主飲用水	世帯数	味	臭い	色	濁り
水道水	9	78%	56%	56%	56%
クラブ水	87	74%	64%	62%	61%
ジャー水	34	59%	41%	35%	35%

(c) LCD 水処理システム導入戦略策定

LCD 水処理システムの設置およびその後の管理・運営には地域住民が関与する必要があるため、カトマンズで地域住民により運営されている水供給システムについて調査を実施した。本プロジェクトで LCD 水処理システム導入しているチェサルも住民により管理運営されているが、この他にも住民独自で或いは国連などの援助により運営されているシステムが存在する。2016 年 8 月にカトマンズ北西部の Tokha、西部の Swoyambhu、バクタプル Dadhikot を訪問し、処理方法や運営方法について聞き取り調査を実施した。また、盆地内にある 50 の中小規模の同様のシステムを対象にアンケート調査を実施し、システムの管理運営方法について調査した。これらのシステムでは KUKL による水道水と同程度の価格（平均 0.3 ルピー/20L）で供給し、飲用のみでなく生活用水として利用されていた。約半数は無処理で供給し、1 割から 3 割のシステムでは管理者が水質に何らかの問題を認識しているなど、LCD 水処理システムとは性格を異にしているが、公共の水供給のない地域においては重要な役割を果たしていた。これらのシステムの約 8 割は利用者委員会が中心となり、約半数は地方自治体などから金銭的なサポートを受けて設立された。利用料金は前述のとおり安い、徴収が滞ることもあり、料金だけでは日常的な供給とメンテナンス以上の活動（処理の導入や給水量の拡大など）は難しく、LCD 水処理システムの今後の継続的な運営にあたっては同様な問題が生じる可能性があると考えられる。

LCD 水処理システムの今後の導入にあたっては、タスクフォースおよび KVWSMB、KUKL、DWSS などのネパール側の水供給、管理に責任のある機関が、以下に示す情報・データに基づいて導入地を選定することになる。

- ・水安全性マップ
- ・LCD 水処理システム導入による効果（上記(2)のアンケート調査に基づく）
- ・次節(4)で推定する水快適性指標
- ・KUKL 等によるメラムチ水を含む水道水の配水計画
- ・コミュニティの規模
- ・各 LCD の性能

そのための基礎情報として、盆地中心部の 5 つの市（municipality）内の全ての区（ward）を対象に、区内で最も水供給や水質の問題が大きい地区（問題地区）と平均的状況の地区（平均地区）の 2 地区において水利用の実態調査を行った。調査はまず、各区に一人配置されている民生委員（Social mobilizer）から区内の上記の 2 地区と各々の地区のリーダーを紹介してもらい、リーダーに当該地区における平均的な水利用の状況や問題点などについてのアンケート調査（聞き取り調査）を実施した。図 5.6 に結果のいくつかを示した。いずれの図も、区ごとに、問題地区を内側の丸、が平均地区を外側の丸で表した。

図 5.6(a)、(b)によれば、飲用に主として用いている水源は多くの地区で水道水であるが、カトマンズ市の北部では、特に問題地区においてジャー水を第一水源としていた。タンカー水やその他（ストレンスパウトなど）を第一水源としている地区も存在した。第 2 水源はほとんどの地区でジャー水であるが、地下水利用の地区もかなり存在することが分かった。また、対象地域の東部（マディアプルティミヤバクタプル）では地下水を飲用或いは料理用として摂取している地区が多く存在し、タンカー水は広い範囲で同様の目的で利用されていた（図 5.6(c)、(d)）。LCD 水処理システムは、地下水の浄化を当面の目的としているので、地下水の水質について(e)、(f)に示した。最も問題が指摘されたのは色で、続いて臭いであり、味や濁りの指摘は比較的少なかった。図には示していないが、タンカー水に質については、味と臭いの問題を抱える地区が比較的多かった。

これらのデータに基づいて、LCD 水処理システムの導入が有効と考えられる地域をピックアップした（図 5.7）。図に示した地域は全て地下水に何らかの問題（味、臭い、色、濁り）がある地域であり、これらのうち、まず最も優先したのはその地下水を摂取している地域（赤）、次は質に問題のあるタンカー水を摂取している地域（茶色）とした。また、質に問題のないタンカー水やジャー水の摂取地域も、処理により地下水の水質が向上すれば、水の購入コストの低減などのメリットも考えられるので、候補地区として示した。現在これら地区ごとの水利用データと研究グループ 1~3 で得られたデータとのオーバーレイ解析が可能となるように、各地区の位置情報を特定する作業を実施中である。

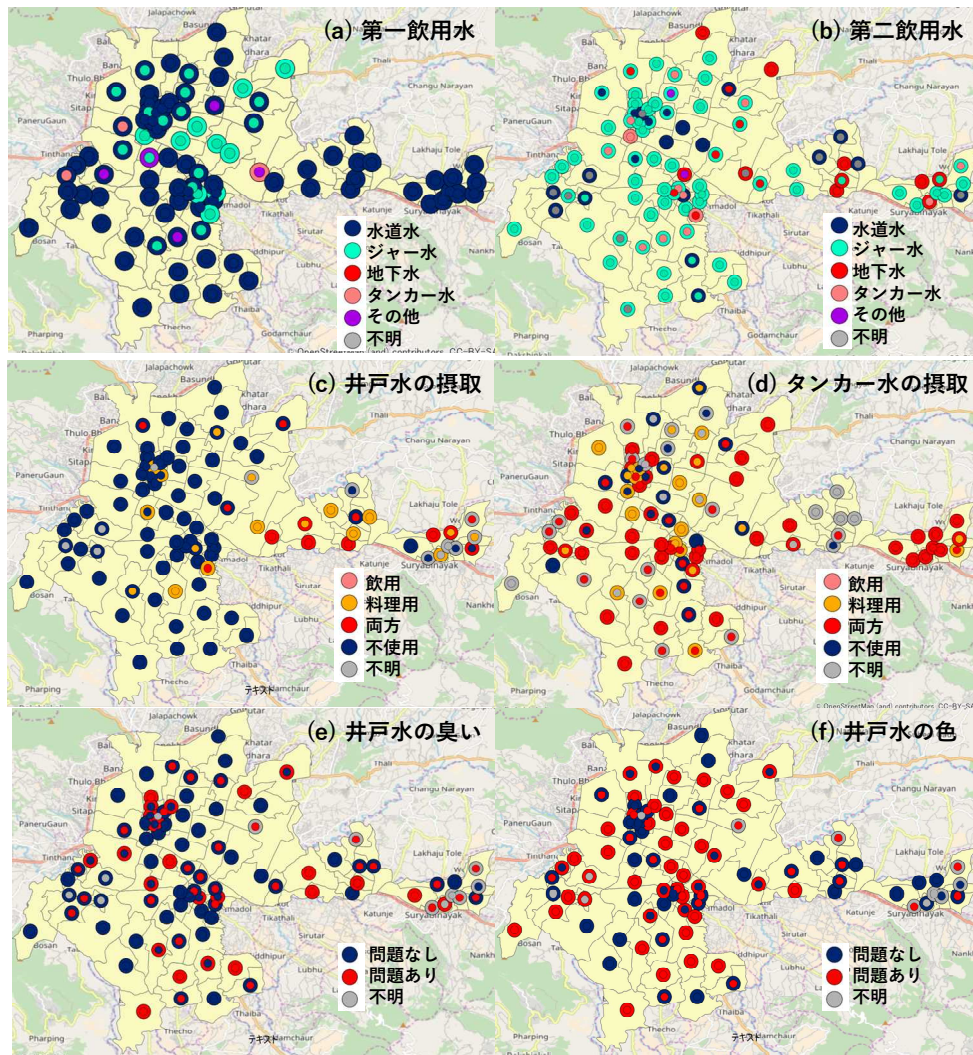


図 5.6 カトマンズ盆地中心部の全ワードにおける水利用状況
内側の丸：ワード内で最も問題のある地区、外側の丸：平均的な地区

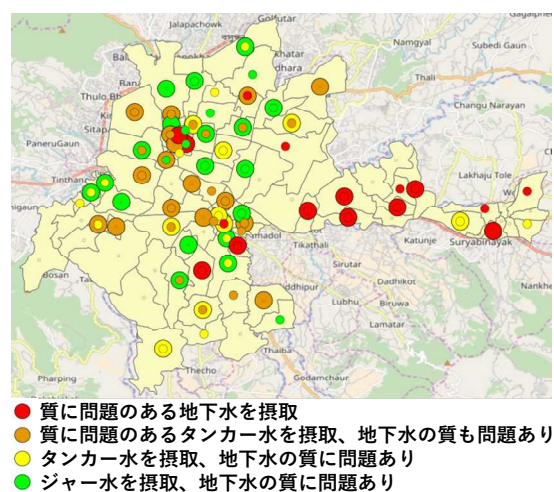


図 5.7 LCD 水処理装置を優先的配置に適した地区
内側の丸：最も問題のある地区、外側の丸：平均的な地区

(d) カトマンズ住民の水利用や生活の快適性に関する指標の開発と評価

住民の水利用や生活の快適性、健康影響などに関する指標を開発した。これらの指標は現在の地域による問題の深刻さの違いを表すとともに、今後、メラムチ導水が実現した場合や、(2)でも一部用いたように、LCD 水処理システムの導入された際の、効果の判定に利用されることが期待できる。

d-1) 客観的水安全性指標 (Objective Index: OI)

家庭での水利用に関する客観的なデータに基づいて、地域レベルの水安全性を表す指標を作成した。指標を構成する要素 (dimension) は、表 5.8 に示した 7 つで、各要素は前述の 1500 世帯を対象としたアンケート調査結果を用いて推定した。水道水の利用、その他の水源、安全な飲用水、利用量など水に直接関連する要素に加えて、家計、や地域連携などの要素も考慮し、各要素を各々基準化して平均したものを指標とした。図 5.8 に、KUKL の給水区ごとに推定した結果を示した。カトマンズ市内の中心部が高く周辺に向かって低くなる傾向が示された。この指標は、同時に調査した QOL (WHOQOL-BREF) の 3 つのドメイン (身体的、精神的、社会的満足度) と有意な正の相関を示した。

表 5.8 客観的水安全性指標を構成する 7 つの要素

Key dimension	Components
Central water system (+)	Piped-water connection (No/Yes) (+) Duration of piped water supply (hours/week) (+)
Alternative water sources (+)	Groundwater use (No/Yes) (+) Rainwater (No/Yes) (+) Jar water use (No/Yes) (+) Tanker water use (No/Yes) (+) Stone spout (No/Yes) (+) Spring (No/Yes) (+) Public well (No/Yes) (+)
Access to drinking water sources (+)	Drinking piped water (No/Yes) (+) Drinking jar water (No/Yes) (+) Drinking both water sources (No/Yes) (+)
Consumption (+)	Per capita water consumption per day in liters (+)
Affordability (+)	Total monthly expenditure (NRs/ month) (+)
Adaptation (+)	Water storage in overhead/underground tank (No/Yes) (+) Water treatment practice (No/Yes) (+)
Social capital (+)	Associated with community group (No/Yes) (+)

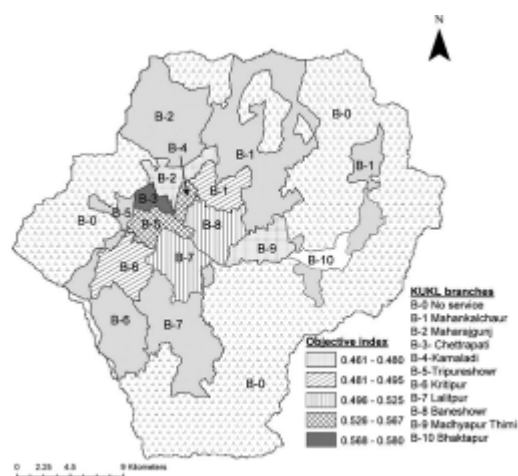


図 5.8 客観的水安全性指標の分

d-2) 水ストレス指標

(a) で述べたアンケート調査で、15 項目からなるリッカート尺度により水に対する不安・不満度を調べた。これは、水が足りないと感じることはあるか、飲み水が安全でないと感じることがあるか、安全な水を得るのにお金がかかりすぎるか、などの質問に対して「全くない」、「滅多にない」、「時々」、「しばしば」、「ほとんど」、「常に」の 6 段階の中から回答を得るもので住民の主観的なストレスを測ることが目的である。前述の 3 つの質問に対して 40~50% 程度の世帯が「しばしば」以上の頻度で不安・不満を感じていることがわかった。他の質問 (水の入手に時間がかかる、他の活動の妨げになる、水のせいで健康に不安があるなど) に対しては、数~20% 程度であった。

Phase 1 ~3 における、これら 15 の質問への回答を合わせて因子分析した結果、「水を起因とする生活への支障(不便)」と「水の量・質への不安(不安)」の 2 つの因子が抽出された。「不便」は水収集の負担、仕事や学業など他の活動への支障など主として水が足りないことに関連する質問の寄与が大きく、一方「不安」は、水の安全性、きれいな水の利用など水質に関連する質問の寄与が大きかった。図 5.9 と図 5.10 にこれらの因子得点分布を示した。大きな値ほど不便、不安が大きいことを示す。「不便」は水道水使用量の多いカトマンズ市中心部で小さく、多様な水源の利用が必要なカトマンズ市の周辺部、ラリトプル、キルティプルで大きい結果となり、周辺部の住民は水の収集や処理によるストレスを感じていると考えられた。地震により水道水供給量の減ったマディヤプルティミ以外は Phase による違いはあまり見られなかった。「不安」は、反対にカトマンズ市中心部で大きく、地震により一時的にさらに高まった

地区もみられる。水ストレス指標と水利用実態（各種水源の利用、水処理など）との関係、および水ストレスと QOL との関係、を、共分散構造分析により解析した結果、乾期は水使用量の不足が「不便」に影響し、それがさらに QOL にも負の影響を与えていること、雨期には家庭での水処理やボトル水利用と「不安」との関係が強く、QOL へも「不便」とともに負の影響を与えていることが示された。

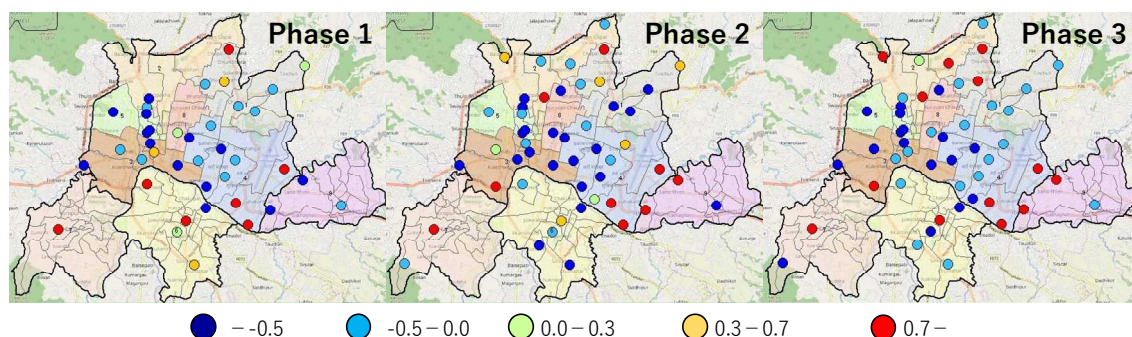


図 5.9 住民の感じる水ストレス（不便）

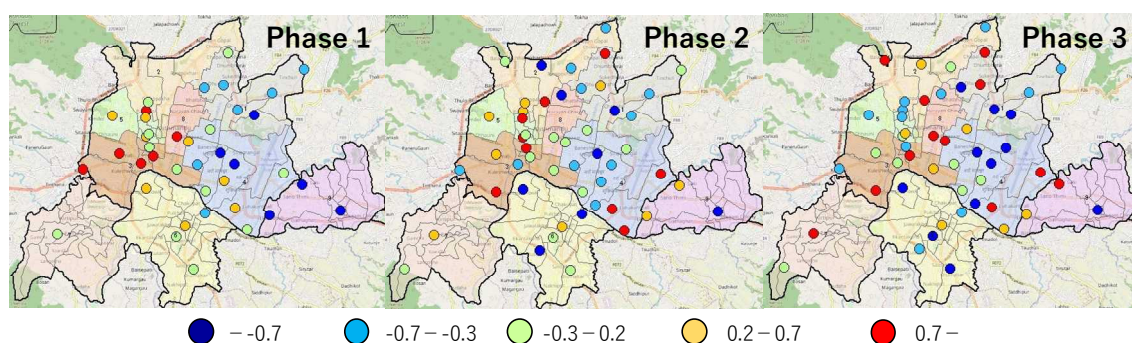


図 5.10 住民の感じる水ストレス（不安）

d-3) 健康指標

健康に関する指標として、下痢感染リスクを QMRA(定量的病原微生物リスク評価手法)により研究グループ 3 と共同で推定した。地下水を飲用および入浴に用いることによるリスクは本研究グループのメンバーにより既に推定されている。これを更に発展させて、世帯アンケート調査で得られた各水源の飲用水・生活用水利用に関するデータや、研究グループ 3 による水源ごとの大腸菌数測定結果などに基づいて、健康リスクの地域（KUKL 給水区）や、地震の前後による違いについて検討した。この結果、地下水やタンカー水を飲用に利用している世帯割合の高いラリトプルにおける感染リスクが相対的に高いこと、地震による飲用水源の変化により、リスクの上昇した地域と低減した地域が存在することなどが示された。

また、野菜の生食によるリスクを推定した。カトマンズでは下水や汚染の激しい河川水による灌漑が一般的であるので、灌漑による野菜の汚染、および農家による出荷前の洗浄と家庭での調理前の洗浄に用いられる水の残留が病原菌感染ルートの一つとして重要であると考えられる。野菜栽培の盛んな、キルティブル、ラリトプルおよびバクタプルにおいて測定した灌漑水および野菜表面の病原微生物濃度、同地域でのアンケート調査から得られた野菜の生食摂取量、野菜洗浄水の種類、および実験により求めた洗浄水の野菜への残留率等に基づき感染症リスクを求めた。河川水は下水と同程度に汚染されていたが、灌漑水による野菜の直接汚染の頻度は少なく、洗浄水に起因するリスクの方が大きいことが示された。現状では野菜の生食による感染リスクは、年間許容リスク (10^{-4}) を大きく上回っていると推定され、家庭での洗浄水の水処理や LCD 処理水などの利用はリスク低減に貢献すると考えられた。

d-4) 経済指標

経済に関しては、汚染の懸念される浅層地下水の利用を水道水や LCD 水処理システムによる処理水に置き換えた場合の経済効果の推定を目指した。初期投資を除けば価格の安い地下水に関して、井戸までくみに行く等のために時間を費やすことによる機会費用、ポンプアップの費用、家庭で水処理をする費用など、コーピングコストに関する情報を収集し、様々な他の水源の地下水に対する競争力について検討した。この結果、経済的観点のみを考えると地下水が最も競争力があり、過剰な利用が懸念された。一方、メラムチ導水計画により計画通りの量の水道水が供給された場合、地下水への過度な依存を防ぎ、水道水の利用を促進する方策として、適正な水道料金の設定、地下水への課税、雨水による地下水涵養への補助金が有効であると考え、それらの推定方法の提案、および各々のおよその金額の算定を行った。

また、LCD 水処理システムの導入やメラムチ計画による給水の便益とそれによる水市場の変化を推定するために、水生産者、家計、企業等のユーザーをアクターとしたミクロ経済モデルを作成し、試算した。チェサールへの LCD 処理水の導入を対象として、世帯での様々な水源の利用間にものみ均衡が成り立つと仮定した部分均衡モデルを作成した結果、1 世帯当たり毎日 20L の LCD 処理水の利用を想定すると、ジャー水 42%、タンカー水 48%が削減されると予測された。

これらの推定では水質の変化は考慮していないが、アンケート調査から得られた地下水の利用率が水に対する不満・不安に関する 15 の質問への回答と弱い相関関係を示すことから、効用が水質に依存することを仮定したモデルの作成が今後の課題とである。

② カウンターパートへの技術移転の状況

平成 26 年度から平成 28 年度にかけて、アンケート調査に関して質問項目や調査方法の改良、および調査の継続性確保の手法に関してカウンターパートとの詳細な打ち合わせを行い、また日本側メンバーのネパール訪問時に調査員に対する研修を実施し、手法の移転と習得をはかった。また、世帯調査およびワードごとの地域調査の内容や調査方法に関してマニュアルを作成して、カウンターパートに提供した（平成 30 年 9 月）。

平成 28 年度（2016.4～）からは、カウンターパートのトリブワン大学 IOM メンバーから 1 人および MOUD メンバーから 1 人が本学博士課程に国費留学生として入学し、指導に当たった。前者は LCD 水処理システムの導入による効果を家庭での水利用、住民の関与の視点から解析する研究を目的として、アンケート調査結果の解析に取り組んでいる。また後者は、「水処理システム」による処理水やメラムチからの水を含む水道水、井戸水などを適正に利用するための政策的、経済的オプションについて研究を行い、学位を取得した。

平成 29 年度および 30 年度には、短期研修生 1 名を受け入れ、地域スケール経済モデルの構築と応用に関する技術指導を行った。

③ 当初計画では想定されていなかった新たな展開

「研究のねらい」に記載したとおり、地震による調査の中断と、水供給システムへの被害が想定されたため、研究目的と調査計画を一部変更した。

④ 当初の研究のねらい（参考）

本プロジェクトで社会実装を計画している「水処理システム」について、人々の生活や健康の向上およびその経済効果などの観点から有効性を評価する。さらに、カトマンズ盆地における水供給・利用の実態を明らかにすることにより、「水処理システム」導入における改善点や問題点等を抽出し、実現可能な処理システムの導入計画の作成と効果の評価を行う。なお、カトマンズ盆地ではメラムチ導水計画が進行しており、昨今は 2017 年秋には第 1 期の水が給水される予定と言われている。本プロジェクト開始直後は、この計画はあったもののその実現は危ぶまれていたが、予定どおりに水が供給されるのであれば、「水処理システム」はこの計画と相互に補完する形で導入が図られる必要がある。そこで、水処理装置導入に加えて、メラムチ計画の効果も併せて把握することとする。

また、2015 年 4 月の地震は水供給システムへダメージを与え、また、メラムチ導水計画に遅れをもたらしたので、家庭での水供給・利用および生活への地震の影響を明らかにすることも本グループの目的とした。さらに、これらの水処理システムの導入効果評価や社会経済評価に関する一連の技術をカウ

ターパートに移転し、プロジェクト期間および終了後もカウンターパートが主体となって研究を実施できる体制を整える。

⑤ 研究実施方法

- ・ 行政機関や KUKL などの水供給機関による既存のデータや統計データなどの二次データに基づいて、既存の水処理システムに関する水供給サイドの問題点を抽出する。一方、世帯を対象としたアンケート調査（世帯調査）を実施し、消費者サイドからカトマンズ盆地における水利用に関する現状把握および問題点の抽出を行った。
- ・ LCD 水処理システムの導入地において、BAC 研究（Before-after study with concurrent control）に則ったアンケート調査（導入予定地域と対照地域で、各 100 世帯、導入前と導入後の 2 回）を実施し、導入による効果を定量的に推定した。
- ・ これらの結果および、研究グループ 1～3 によって作成される水安全性マップ、研究グループ 4 によって開発される LCD 水処理システムの性能と処理コストなどの情報に基づいて、LCD 水処理システム導入戦略を策定した。
- ・ カトマンズにおける水快適性指標を開発し、LCD 水処理システムの導入が必要と考えられる場所に設置されたと想定した場合やメラムチからの導水が行われた場合などについて、開発された指標による評価を行った。

なお、(1)、(2)で実施したアンケート調査では、独自に作成した調査表に加えて、広く利用されている WHO の WHOQOL-BREF（生活の質に関する調査）も用いた。調査に当たっては、ネパールの Nepal Health Research Council（NHRC）、および山梨大学の倫理委員会の承認を得、いずれも研修を受けた調査員が家庭を訪問し面談方式で実施した。

Ⅱ．国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など（公開）

本プロジェクトは5つのWG体制であるが、それぞれのWGが相互に連携・協働しながら研究活動を実施し、それぞれのWGの研究成果を相互に活用しながら進めている。そのため、ここではプロジェクト全体の現状、課題とそれを克服するための工夫を記載する。

(1) プロジェクト全体

- ・プロジェクト全体の現状と課題、相手国側研究機関の状況と問題点、プロジェクト関連分野の現状と課題

プロジェクト内の連携の強化と、最終目標達成に向かっている具体的な手順の合意が必要である。

- ・各種課題を踏まえ、研究プロジェクトの妥当性・有効性・効率性・インパクト・持続性を高めるために実際に行った工夫

上記の改善のため、各国でより頻繁にグループ間の打ち合わせを実施することに加え、年間、2～3回の両国グループリーダー会議を開催することを決定した。

- ・プロジェクトの自立発展性向上のために、今後相手国（研究機関・研究者）が取り組む必要のある事項

政治・社会情勢の変化に大きく影響されない持続的な水安全管理体制の構築、マスタープランの作成が望まれる。

- ・諸手続の遅延や実施に関する交渉の難航など、進捗の遅れた事例があれば、その内容、解決プロセス、結果

大地震やその後の物流阻害による影響とそれへの対応については既述の通りである。ネパールは政治と社会・経済情勢が不安定かつ複雑な国であり、省庁再編、関係担当者の交代、諸公的手続きの長期化などがプロジェクトの推進に影響を与えるため、カウンターパートメンバーをはじめ、現地JICA事務所や大使館等との情報共有と影響の回避・低減策の協議に努めている。

(2) 研究グループ1：水資源診断

- ・相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用
- ・類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等

ネパールと日本の双方の研究者が連携してデータ収集やモデル研究を実施し、その成果は共著論文として学術雑誌に投稿（掲載）されている。また、2015年にカウンターパートから派遣されたJICA短期研修員がネパールに帰国後も継続的に研究を推進し、カトマンズ盆地の3次元地下水流動モデルの構築に大きく貢献した。このように現状では相手国側研究機関との連携に関して大きな問題は生じていないが、今後もネパール訪問時に詳細な打合せなどを行いながら、共同研究を進めてゆく。

(3) 研究グループ2：水質診断

大地震と物流阻害を受け、カウンターパートが自立的に現地調査を遂行できる仕組みづくりを加速させ、それがうまく機能できたことを本年度の乾季広域調査（1-3月）で確認した。また、研究グループ間の連携については、本グループが広域採水調査を統括していることから、グループ1（水資源）とは地下水位や湧水量等の情報共有、グループ3（微生物）とは現地調査スケジュールや試料保管・受け渡しフローの調整を再度確認・改善した。2014年10月にカウンターパートから受け入れたJICA短期研修員が相手国政府機関の専門家として連携を継続・拡大しており、また、2016年4月にカウンターパートからJICA長期研究員を受け入れて、さらなる連携と人材育成の強化を図る予定である。

(4) 研究グループ3：微生物・公衆衛生診断

カウンターパートのトリブワン大学医学部のメンバーはプロジェクトの趣旨を十分に理解しているため、現地調査や実験作業において非常に協力的であり、自らすすんで作業に取り組んでいる。2016年3月の現地調査の際には日本側メンバーが不在の時でも適切に活動しており、技術移転は十分に進んでいる。

ると言える。一方で、ネパール国内でのカウンターパート同士の連絡が滞ることがあり、いくつかのサンプルが未分析のまま放置されていることがあった。2015 年 10 月と 2017 年 10 月にカウンターパートメンバーそれぞれ 1 名ずつ博士課程留学生として受け入れており、修了後に帰国して活躍できる微生物分析技術と知識を有する人材の育成を目指している。

(5) 研究グループ 4：水処理技術の開発

ネパール国内で確実にかつ迅速に研究を進めることや、プロジェクト期間終了後の社会実装も念頭に入れ、水質分析に関する研修・トレーニングなどの技術移転と人材教育を重点的に実施した。プロジェクト期間終了後においても、現地の状況に応じて現地の人が水処理装置を開発あるいはカスタマイズできるように、水処理装置の設計と運転、性能評価にカウンターパートと日本側が連携して取り組んでいる。特に人材育成においては、IOE の修士課程学生の育成に力を注いだ。IOE に設置された実験室を用いて水質分析講習会を開催して、出来るだけ多くの若者と直接接する機会を用意した。また IOE のアカデミックカレンダーを共有し、現地の修士学生が彼らの研究テーマを決めるタイミングで、指導教員とも相談しながら本プロジェクトに関連したテーマを提示することで、数人の学生を本プロジェクト研究テーマに従事してもらうことができた。ネパール国内での学会において修士論文研究の成果を発表した学生も複数でた。また本学の博士課程に 1 名が進学し、さらに卒業生の一人は大使館推薦枠での本学への進学を模索中である。修士修了生の中には、本プロジェクトのカウンターパートである KUKL や、中央省庁に就職する者も出た。このプロジェクトに寄り作られたネットワークの継続により、今後の彼らの活躍に期待したい。

(6) 研究グループ 5：水処理導入シナリオと社会経済評価

ネパールにおける調査は現地の NPO と連携して実施しており、調査が円滑に進む様にメールによる緊密な情報交換、ネパール訪問時の詳細な打合せなどを行ってきた。しかし、本グループのカウンターパートメンバーはほとんどが行政機関であるため、研究計画やデータ解析など実質的研究は日本側でもっぱら行っており、技術の移転に関しては問題があった。2016 年 4 月から JICA 長期研究員 2 名を他の研究グループの参画機関から受け入れ、研究指導を通して、本プロジェクトの実施にも貢献する研究者の育成を目指している。

III. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

1. SATREPS 企画提案によるカトマンズでの国際シンポジウム「持続可能な水管理に向けたスマート水システムの世界展開－アジアおよびアフリカでの自立分散型水処理技術・水管理技術を点から面へー」を開催し、「熱帯地域に適した水再利用技術の研究開発」（2008 年度採択、代表：山本和夫）、「アフリカサヘル地域の持続可能な水・衛生システム開発」（2009 年度採択、代表：船水尚行）と当該プロジェクトを紹介し、100 名を超える参加者および現地メディアを通して、SATREPS で得た知見を社会還元した。
2. 本田財団が主催し、日本を含むアジアの若手科学者・エンジニアが中心となって議論を行う場として企画された Y-E-S フォーラム「エコテクノロジーで環境汚染に取り組む」に参加し（http://www.hondafoundation.jp/yes_forum2015.html）、ポスター発表を行うとともに、アジア諸国からの参加者との交流を深めた。ポスター発表者は主催者側の選考を受けた。山梨大学からは 3 名が発表し、この中から優秀賞と観客賞を受賞した。

(2) 社会実装に向けた取り組み

本プロジェクトで目指す「水安全性診断に基づく最適な処理システム配置」のカトマンズへの社会実装を確実なものとし、かつ加速させるために、応募提案時の計画では 4 つであった WG に WG5 「水処理導入シナリオと社会経済評価」を新たに独立させ、WG 数を 5 とした。さらに、それぞれの WG メンバーおよび JCC メンバーに関連行政機関や政府機関（都市開発省[MoUD]（当初。現在は水供給衛生省[MWSS]）やカトマンズ盆地水供給ボード[KVWSB]、KUKL など）を追加し、両国の大学と行政・政府機関が密に連携・協働しながらプロジェクトを推進した。その結果、具体的には四つの形で当該地域への社会実装が進みつつある。一つ目は、SNS 等を活用した相手国の関係メンバーとの密な情報共有である。一つの例として、国際流域環境研究センターの facebook（<https://www.facebook.com/ICRE.UY?fref=ts>）を起ち上げ、英語・日本語併記で本プロジェクトの実施状況も掲載し、ネパール側の学生やカウンターパートからも「いいね！」の書き込みが継続して多数ある。二つ目は、相手国の全ての WG から関係メンバーを集め、各々の成果を統合して実装のための戦略を実質化するタスクフォースの設置である（詳細は前述の「中間評価での指摘事項への対応」を参照）。三つ目は、タスクフォースを主導する KVWSB によるプロジェクト支援のための継続的な資金提供である。同機関は本プロジェクト終了後もこれを継続することを約束している。四つ目は、同じく KVWSB が本プロジェクトの将来性に期待して同機関内に設置した水に特化した「研究セル」である。これには本プロジェクトに関わる複数の C/P メンバーと新規採用 2 名が従事しており、かつ、本プロジェクトが担う水安全性マップの更新と LCD の設置・運営を含む幅広い水関連課題を業務範囲としている。三つ目と四つ目は中間評価の前に開始された動向である。

IV. 日本のプレゼンスの向上（公開）

VI と VII に記す国内・国外招待講演、学術論文への研究紹介投稿、現地テレビ・新聞による取材を通じて、本プロジェクトの研究活動を紹介した。また、既述の SATREPS 企画提案・国際シンポジウムでは、相手国監督省庁事務次官補や日本大使などの要人から、水安全性に焦点を当てた本プロジェクトに対する強い期待が寄せられた。

V. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

VI. 投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）

VII. その他（非公開）

以上

V. 成果発表等

(1) 論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への 掲載など、特筆すべき論文の場合、こ こに明記ください。)
2014	Daisuke Inoue, Takuji Hinoura, Noriko Suzuki, Junqin Pang, Rabin Malla, Sadhana Shrestha, Saroj Kumar Chapagain, Hiroaki Matsuzawa, Takashi Nakamura, Yasuhiro Tanaka, Michihiko Ike, Kei Nishida, Kazunari Sei: High-throughput DNA microarray detection of pathogenic bacteria in shallow well groudwater in the Kathmandu Valley, Nepal. Current Microbiology, 2015, 70, 43-50	10.1007/s00284-014-0681-x	国際誌	発表済	
2014	Sadhana Shrestha, Eiji Haramoto, Rabin Malla, Kei Nishida: Risk of diarrhoea from shallow groudwater contaminated with enteropathogens in the Kathmandu Valley, Nepal. Journal of Water and Health, 2014, 13, 1, 259-269	10.2166/w h.2014.036	国際誌	発表済	
2015	Thapa, B.R., Ishidaira, H., Pandey, V.P. and Shakya, N.M.: Impact assessment of Gorkha Earthquake 2015 on potable water supply in Kathmandu Valley: Preliminary analysis, Journal of Japan Society of Civil Engineering, 2015, Ser. B1 (Hydraulic Engineering), 72, 4, 161-166	10.2208/jscejhe.72.1.61	国内誌	発表済	
2015	Bikash Malla, Rajani Ghaju Shrestha, Dinesh Bhandari, Sarmila Tandukar, Sadhana Shrestha, Hayato Yoshinaga, Daisuke Inoue, Kazunari Sei, Kei Nishida, Yasuhiro Tanaka, Jeevan B. Sherchand, Eiji Haramoto: Detection of Cryptosporidium, Giardia, fecal indicator bacteria, and total bacteria in commercial jar water in the Kathmandu Valley, Nepal, Journal of Institute of Medicine. 2014, 37(2):10-15.		国際誌	発表済	
2016	Shankar Shrestha, Eiji Haramoto, Jeevan B. Sherchand, and Junko Shindo. 2016. Detection of coliform bacteria in irrigation water and on vegetable surfaces in the Kathmandu Valley of Nepal. Journal of Institute of Medicine. 2016, 39(1):42-47.		国際誌	発表済	
2016	Dinesh Bhandari, Sarmila Tandukar, Eiji Haramoto, and Jeevan B. Sherchand. 2016. Determination of fecal indicator bacteria in shallow and deep groundwater sources in the Kathmandu valley, Nepal. Naresuan University Engineering Journal. 11(1):43-46.		国際誌	発表済	
2016	Shankar Shrestha, Eiji Haramoto, Jeevan B. Sherchand, Sudarshan Rajbhandari, Meera Prajapati, and Junko Shindo. 2016. Seasonal variation of microbial quality of irrigation water in different sources in the Kathmandu Valley, Nepal. Naresuan University Engineering Journal. 11(1):57-62.		国際誌	発表済	
2016	Shankar Shrestha, Eiji Haramoto, Jeevan B. Sherchand, Sudeep Hada, Sudarshan Rajbhandari, and Junko Shindo. 2016. Prevalence of protozoa and indicator bacteria in wastewater irrigation sources in the Kathmandu Valley, Nepal: cases from Kirtipur, Bhaktapur and Madhyapur Thimi municipalities. Journal of Water and Environment Technology. 14(3):149-157.	10.2965/jwet.15-047	国際誌	発表済	
2016	Udmale P., Ishidaira H., Thapa B. R., and Shakya. N.M. 2016. The Status of Domestic Water Demand: Supply Deficit in the Kathmandu Valley, Nepal, Water 8(5), 196	10.3390/w 8050196	国際誌	発表済	
2016	Thapa, B.R., Ishidaira, H., Bui, T.H. and Shakya, N.M. 2016. Evaluation of water resources in mountainous region of Kathmandu Valley using high resolution satellite precipitation product, Journal of Japan Society of Civil Engineering, Ser. G (Environment), Vol.72, No.5, 127-133.	10.2208/jscej.72.1.27	国内誌	発表済	
2016	Thapa, B.R., Ishidaira, H., Pandey, V.P. and Shakya, N.M. 2017. A multi-model approach for analyzing water balance dynamics in Kathmandu Valley, Nepal, Journal of Hydrology: Regional Studies (9), 149-162	10.1016/j.ejrh.2016.12.080	国際誌	発表済	
2016	Sadhana Shrestha, Yoko Aihara, Arun Prasad Bhattarai, Niranjana Bista, Sudarshan Rajbhandari, Naoki Kondo, Futaba Kazama, Kei Nishida and Junko Shindo, Dynamics of domestic water consumption in the urban area of the Kathmandu Valley: Situation analysis pre and post 2015 Gorkha Earthquake, Water 2017, 9(3),222	10.3390/w 9030222	国際誌	accepted	
2017	Rajani Ghaju Shrestha, Yasuhiro Tanaka, Bikash Malla, Dinesh Bhandari, Sarmila Tandukar, Daisuke Inoue, Kazunari Sei, Jeevan B. Sherchand, Eiji Haramoto, Next-generation sequencing identification of pathogenic bacterial genes and their relationship with fecal indicator bacteria in different water sources in the Kathmandu Valley, Nepal.Sci Total Environ. 2017 Dec 1;601-602:278-284. Epub 2017 May 27.	10.1016/j.scitotenv.2017.05.105	国際誌	発表済	
2017	Sadhana Shrestha, Shankar Shrestha, Junko Shindo, Jeevan B. Sherchand, Eiji Haramoto, Virological quality of irrigation water sources and pepper mild mottle virus and tobacco mosaic virus as index of pathogenic virus contamination level Food Environ Virol. 2018 Mar;10(1):107-120. doi: . Epub 2017 Nov 2.	10.1007/s12560-017-9324-2	国際誌	発表済	

2017	Bhesh Raj Thapa, Hiroshi Ishidaira, Vishnu Prasad Pandey, Tilak Mohan Bhandari and Narendra Man Shakya: Evaluation of Water Security in Kathmandu Valley before and after Water Transfer from another Basin, Water 2018, 10(2), 224	10.3390/w10020224	国際誌	発表済	
2017	Ramita Bajracharya, Takashi Nakamura, Bijay Man Shakya, Kei Nishida, Suresh Das Shrestha, Naresh Kazi Tamrakar: Identificaiton of river water and groundwater interaction at central part of the Kathmandu valley, Nepal using stable isotope tracers, International Journal of Advanced Scientific and Technical Research. 2018. 3, 29		国際誌	発表済	
2018	Sarmila Tandukar, Jeevan B. Sherchand, Dinesh Bhandari, Samendra P. Sherchan, Bikash Malla, Rajani Ghaju Shrestha, and Eiji Haramoto: Presence of human enteric viruses, protozoa, and indicators of pathogens in the Bagmati River, Nepal. Pathogens. 7(2):38. 2018.4.	10.3390/pathogens7020038	国際誌	発表済	
2018	Daisuke Inoue, Hayato Yoshinaga, Bikash Malla, Rajani Ghaju Shrestha, Sarmila Tandukar, Dinesh Bhandari, Yasuhiro Tanaka, Jeevan B. Sherchand, Eiji Haramoto, and Kazunari Sei: Comprehensive detection of pathogenic bacteria in jar water, community well groundwater, and environmental water in the Kathmandu Valley, Nepal. Japanese Journal of Water Treatment Biology. 54(2):65–72. 2018.6.	10.2521/jswtb.54.65	国際誌	発表済	
2018	Bikash Malla, Rajani Ghaju Shrestha, Sarmila Tandukar, Dinesh Bhandari, Daisuke Inoue, Kazunari Sei, Yasuhiro Tanaka, Jeevan B. Sherchand, and Eiji Haramoto: Validation of host-specific Bacteroidales quantitative PCR assays and their application to microbial source tracking of drinking water sources in the Kathmandu Valley, Nepal. Journal of Applied Microbiology. 125(2):609–619. 2018.8.	10.1111/jam.13884	国際誌	発表済	
2018	Rajani Ghaju Shrestha, Yasuhiro Tanaka, Bikash Malla, Sarmila Tandukar, Dinesh Bhandari, Daisuke Inoue, Kazunari Sei, Jeevan B. Sherchand, and Eiji Haramoto: Development of a quantitative PCR assay for Arcobacter spp. and its application to environmental water samples. Microbes and Environments. 33(3):309–316. 2018.9.	10.1264/jsm.2018.018052	国際誌	発表済	
2018	Khadga Bahadur Shrestha, Bhesh Raj Thapa, Yoko Aihara, Sadhana Shrestha, Arun P. Bhattarai, Niranjana Bista, Futaba Kazama, Junko Shindo. Hidden Cost of Drinking Water Treatment and Its Relation with Socioeconomic Status in Nepalese Urban Context. Water 2018, 10, 607	10.3390/w10050607	国際誌	発表済	
2018	Yoko Aihara, Sadhana Shrestha, Sudarshan Rajbhandari, Arun Prasad Bhattarai, Niranjana Bista, Futaba Kazama, Junko Shindo. Resilience in household water systems and quality of life after the earthquake: a mixed-methods study in urban Nepal, Water Policy wp2018117, 2018, doi.org/10.2166/wp.2018.117	doi.org/10.2166/wp.2018.117	国際誌	発表済	
2018	Bikash Malla, Rajani Ghaju Shrestha, Sarmila Tandukar, Dinesh Bhandari, Daisuke Inoue, Kazunari Sei, Yasuhiro Tanaka, Jeevan B. Sherchand, Eiji Haramoto. Identification of human and animal fecal contamination in drinking water sources in the Kathmandu Valley, Nepal, using host-associated Bacteroidales quantitative PCR assays. Water. 10(12):1796, 2018.12.	10.3390/w10121796	国際誌	発表済	
2018	Sarmila Tandukar, Jeevan B. Sherchand, Surendra Karki, Bikash Malla, Rajani Ghaju Shrestha, Dinesh Bhandari, Ocean Thakali, Eiji Haramoto. Co-infection by waterborne enteric viruses in children with gastroenteritis in Nepal. Healthcare. 7(1):9, 2019.01.	10.3390/healthcare7010009	国際誌	発表済	
2018	Sadhana Shrestha, Yoko Aihara, Arun P. Bhattarai, Niranjana Bista, Naoki Kondo, Kazama Futaba, Kei Nishida, Junko Shindo. Development of an objective water security index and assessment of its association with quality of life in urban areas of developing countries. SSM – Population Health 6 (2018) 276–285.	10.1016/j.ssmph.2018.10.007	国際誌	発表済	
2019	Bhesh Raj Thapa, Hiroshi Ishidaira, Maksym Gusev, Vishnu Prasad Pandey, Parmeshwar Udmale, Masaki Hayashi, Narendra Man Shakya; Implications of the Melamchi Water Supply Project for the Kathmandu Valley groundwater system. Water Policy			accepted	

論文数 26 件
うち国内誌 2 件
うち国際誌 23 件
公開すべきでない論文 件

②原著論文(上記①以外)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への 掲載など、特筆すべき論文の場合、こ こに明記ください。)
2014	Tatsuru Kamei, Dai Naitoh, Wilawan Khanitchaidecha, Futaba Kazama: Simultaneous removal of ammonium and nitrate by a combination of ANAMMOX and hydrogenotrophic denitrification. Journal of Water and Environment Technology, 2015, 13, 2, 167-178	10.2965/jwet.2015.167	国際誌	発表済	
2014	中村 高志、西田 継、風間 ふたば、尾坂 兼一、Saroj K. Chapagain. ネパール・カトマンズ盆地における浅層地下水の窒素汚染. 日本水文科学会誌. 2014. 44(4):197-206	10.4145/jahs.44.197	国内誌	発表済	
2015	Toyama T., Nishimura N., Ogata Y., Sei K, Mori K., Ike M: Effects of planting Phragmites australis on nitrogen removal, microbial nitrogen cycling, and abundance of ammonia-oxidizing and denitrifying . Environmental Technologymicroorganisms in sediments. Environmental Technology, 2015, 37, 4, 478-485	10.1080/09593330.2015.1074156	国際誌	発表済	
2016	Tatsuru Kamei, Sachi Shimizu, Yasuhiro Tanaka, Futaba Kazama: Anaerobic ammonium oxidation bacterial communities in long-term cultivated sludge: a comparison between mesophilic and psychrophilic conditions. Japanese Journal of Water Treatment Biology, 2016, 52, 1, 1-9	10.2521/jswtb.52.1	国際誌	発表済	
2016	R. Eamrat, T. Mochizuki, T. Kamei, F. Kazama :Hydrogenotrophic Denitrification Activity under Intermittent Hydrogen Supply using Micro-Bubble System. Naresuan University Engineering Journal. 11(1):47-51.		国際誌	発表済	
2017	R. Eamrat, Y. Tsutsumi, T. Kamei, W. Khanichaidecha, F. Kazama: Optimization of hydrogenotrophic denitrification behavior using continuous and intermittent hydrogen gas supply. Journal of Water and Environment Technology.	10.2965/jwet.16-059	国際誌	発表済	
2017	Shankar Shrestha, Eiji Haramoto, Junko Shindo:Assessing the infection risk of enteropathogens from consumption of raw vegetables washed with contaminated water in Kathmandu Valley, Nepal.Journal of Applied Microbiology. 123(5):1321-1334, 2017.11,27.	10.1111/jam.13573	国際誌	発表済	
2017	Rajit Ojha, Bhesh Raj Thapa, Sadhana Shrestha, Junko Shindo, Hiroshi Ishidaira, Futaba Kazama: Water Price Optimization after the Melamchi Water Supply Project: Ensuring Affordability and Equitability for Consumer' s Water Use and Sustainability for Utilities. Water 2018, 10, 249	10.3390/w10030249	国際誌	発表済	
2018	Sadhana Shrestha, Takashi Nakamura, Jun Magome, Yoko Aihara, Naoki Kondo, Eiji Haramoto, Bikash Malla, Junko Shindo, and Kei Nishida: Groundwater use and diarrhoea in urban Nepal: novel application of a geostatistical interpolation technique linking environmental and epidemiologic survey data. International Health. 10(5):324-332. 2018.9.	10.1093/inthealth/ihy037	国際誌	発表済	
2018	Rajit Ojha, Bhesh Raj Thapa, Sadhana Shrestha, Junko Shindo, Hiroshi Ishidaira, Futaba Kazama; Water Taxation and Subsidy Analysis Based on Consumer Water Use Behavior and Water Sources Inside the Kathmandu Valley. Water 2018, 10(12), 1802	10.3390/w10121802	国際誌	発表済	
2018	Tatsuru Kamei, Rawintra Eamrat, Kenta Shinoda, Yasuhiro Tanaka, Futaba Kazama 2018 Coupled anaerobic ammonium oxidation and hydrogenotrophic denitrification for simultaneous NH4-N and NO3-N removal. Water Science and Technology. https://doi.org/	10.2166/wst.2018.459	国際誌	in press	

論文数 11 件
うち国内誌 1 件
うち国際誌 10 件
公開すべきでない論文 件

③その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2014	遠山 忠, 風間ふたば: アジア諸国の環境事情(6)ネパールの水事情—水安全性事情とその改善へのチャレンジ—, 環境技術, 2014, Vol. 43, No. 11, 672 – 674		海外レポート	発表済	
2015	出口知敬, 馬籠純, 佐藤 実咲, 石平博: ALOS/PALSARによるInSAR時系列解析で検出したカトマンズ盆地の地盤沈下について, 日本リモートセンシング学会誌, 2015, 35(5), 309–313		速報	発表済	

著作物数 2 件
公開すべきでない著作物 0 件

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ—おわりのページ		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2014	遠山 忠, 風間ふたば: アジア諸国の環境事情(6)ネパールの水事情—水安全性事情とその改善へのチャレンジ—, 環境技術, 2014, Vol. 43, No. 11, 672 – 674		海外レポート	発表済	
2015	出口知敬, 馬籠純, 佐藤 実咲, 石平博: ALOS/PALSARによるInSAR時系列解析で検出したカトマンズ盆地の地盤沈下について, 日本リモートセンシング学会誌, 2015, 35(5), 309–313		速報	発表済	
2018	中村 高志, 石平 博, 原本 英司, 遠山 忠, 新藤 純子, 西田 継, Narendra Man Shakya, 風間 ふたば, ネパール・カトマンズでの挑戦, 日本水文科学会誌, 2018, 48(2):95–99		国内誌	発表済	10.4145/jahs.48.95

著作物数 3 件
公開すべきでない著作物 0 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項
2014	水資源診断コース(水文・土地利用データ解析方法とGIS利用技術の研修)、研修実施数1回、修了者1名	解析手法テキスト	
2014	水質診断コース(水質分析、安定同位体分析、水質解析の研修)、研修実施回数1回、修了者1名	分析・解析テキスト	
2014	微生物診断コース(指標微生物分析と病原微生物分析の研修)、研修実施回数2回、修了者3名	分析テキスト	
2014	水処理技術開発コース(窒素処理性能評価のための水質分析技術の研修)、研修実施回数2回、修了者4名	分析テキスト	
2015	水資源診断コース(水文・土地利用データ解析方法とGIS利用技術の研修)、研修実施数1回、修了者1名	解析手法テキスト	
2016	社会評価コース(の研修)、研究実施 回数1回 、継続中	分析・解析テキスト	JICA長期研究員(Khadgaさん)
2016	水質診断コース(水質分析、安定同位体分析、水質解析の研修)、研修実施回数 回、継続中	分析・解析テキスト	JICA長期研究員(Bijayさん)
2016	水処理技術開発コース(窒素処理性能評価のための水質分析技術の研修)、研修実施回数 回、継続中	分析・解析テキスト	JICA長期研究員(Rajitさん)
2016	水資源診断コース(水文・土地利用データ解析方法とGIS利用技術の研修)、研修実施数 回、継続中	解析手法テキスト	JICA短期研究員(2016/9月～11月)2名
2016	水質診断コース(水質分析、安定同位体分析、水質解析の研修)、研修実施回数 回、継続中	分析・解析手法テキスト	JICA短期研究員(2016/9月～11月)1名
2016	水処理技術開発コース(窒素処理性能評価のための水質分析技術の研修)、研修実施回数 回、継続中	分析テキスト	JICA短期研究員(2016/9月～11月)4名
2017	微生物診断コース(指標微生物分析と病原微生物分析の研修)、研修実施回数1回、修了者1名	分析テキスト	JICA短期研究員(2017/10月～12月)1名
2018	微生物診断コース(指標微生物分析と病原微生物分析の研修)、研修実施回数1回、修了者1名	分析テキスト	JICA短期研究員(2018/7月～8月)1名

VI. 成果発表等

(2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

①学会発表(相手国側研究チームと連名)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2014	国際学会	Bikash Malla, Rajani Ghaju (TU-IOM), Dinesh Bhandari (TU-IOM), Sarmila Tandukar (TU-IOM), Takashi Furuya, Sadhana Shrestha, Hayato Yoshinaga, Daisuke Inoue, Kazunari Sei (Kitasato Univ), Kei Nishida, Yasuhiro Tanaka (UY), Jeevan B. Sherchand (TU-IOM), Eiji Haramoto (UY): Prevalence of Cryptosporidium, Giardia, multidrug-resistant Acinetobacter, and indicator bacteria in jar water in the Kathmandu Valley, Nepal, 2nd International Young Researchers' Workshop on River Basin Environment and Management, Hanoi, 2015.01.05.	口頭発表
2015	国際学会	A. Khanal (TU-CDG), S.D.Shrestha (TU-CDG), T. Nakamura, M. Rijal TU-CDG), K. Nishida and S. Shrestha, Shallow aquifer characterization of southern part of Kathmandu Valley, Seventh Nepal Geological Congress, Kathmandu, 2015.4.7	口頭発表
2015	国際学会	Shankar Shrestha, Eiji Haramoto (UY), Jeevan B. Sherchand (TU-IOM), Sudeep Hada, Sudarshan Rajbhandari (SEN), Junko Shindo (UY): Prevalence of protozoa and indicator bacteria in wastewater irrigation sources in the Kathmandu Valley, Nepal: cases from Kirtipur, Bhaktapur and Madhyapur Thimi municipalities, Water and Environment Technology Conference 2015, Tokyo, 2015.08.05.	ポスター発表
2015	国際学会	Hayato Yoshinaga, Daisuke Inoue (Kitasato Univ), Bikash Malla (UT), Rajani Ghaju, Dinesh Bhandari, Sarmila Tandukar (TU-IOM), Yasuhiro Tanaka (UY), Jeevan B. Sherchand (TU-IOM), Eiji Haramoto (UY), Kazunari Sei (TU-IOM): Comprehensive analysis of pathogenic bacteria occurred in jar water, community well groundwater and river water in the Kathmandu Valley, Nepal, Water and Environment Technology Conference 2015, Tokyo, 2015.08.06.	ポスター発表
2015	国際学会	Bikash Malla (UY), Rajani Ghaju, Dinesh Bhandari, Sarmila Tandukar (TU-IOM), Sadhana Shrestha (UY), Hayato Yoshinaga, Daisuke Inoue, Kazunari Sei (Kitasato Univ), Kei Nishida, Yasuhiro Tanaka (UY), Jeevan B. Sherchand (TU-IOM), Eiji Haramoto (UY): Microbial analysis of jar water and community wells in the Kathmandu Valley, Nepal, Water and Environment Technology Conference 2015, Tokyo, 2015.08.06.	ポスター発表
2015	国内学会	吉永隼人, 井上大介(北里大学), Bikash Malla, 田中靖浩(山梨大学), Jeevan B. Sherchand(トリブワン大学), 原本英司(山梨大学), 清和成(北里大学): ネパール・カトマンズ盆地の各種水試料中における病原性細菌汚染の実態調査, 日本水処理生物学会第52回大会, 北九州, 2015年11月12日.	口頭発表
2015	国際学会	Shankar Shrestha, Eiji Haramoto (UY), Jeevan B. Sherchand (TU-IOM), Sudarshan Rajbhandari (SEN), Meera Prajapati (CREEW), Junko Shindo (UY): Seasonal variation of microbial quality of irrigation water in different sources in the Kathmandu Valley, Nepal, 3rd International Young Researchers' Workshop on River Basin Environment and Management, Thailand, 2015.12.21.	口頭発表
2015	国際学会	Dinesh Bhandari, Sarmila Tandukar (TU-IOM), Eiji Haramoto (UY), Jeevan B. Sherchand (TU-IOM): Identification of fecal indicator bacteria in shallow and deep groundwater sources in Kathmandu Valley, Nepal, 3rd International Young Researchers' Workshop on River Basin Environment and Management, Thailand, 2015.12.21.	口頭発表
2015	国際学会	K. Anoj, S.D.Shrestha, T. Nakamura, M. Rijal, K. Nishida and S. Shrestha (2015) Shallow aquifer characterization of southern part of Kathmandu. 6th National Groundwater Symposium.	ポスター発表
2015	国内学会	稲垣達希、武藤慎一、新藤純子 (UY)、相原洋子 (KCCN)、Sudarshan Rajbhandari (SEN): ネパール・カトマンズにおける生活の質(QOL)に着目した水処理施設整備評価、土木学会関東支部第43回技術研究発表会、東京、2016.3.14-15.	口頭発表
2016	国際学会	Thapa, B. R., Ishidaira, H., Gusev, M., Pandey, V. P., Udmale, P., Hayashi, M., and Shakya, N. M. , Implications of Melamchi Water Supply Project in the groundwater resources of the Kathmandu Valley, Ground water Symposium in Nepal, March 20, Kathmandu, Nepal. (発表予定)	口頭発表
2016	国際学会	Sarmila Tandukar, Jeevan B. Sherchand, Dinesh Bhandari (TU-IOM), Eiji Haramoto (UY): Detection of waterborne enteropathogens from river water sample to trace the source of contamination in Nepal, Water Microbiology Conference 2016, Chapel Hill, 2016.05.17.	ポスター発表
2016	国内学会	中村高志, 西田継(山梨大学), Suresh D.S(TU-CDG), 山本勇生, 赤羽一貴, 滝本康裕(山梨大学): ネパール・カトマンズ盆地の地下水における アンモニアおよび硝酸イオンの汚染機構、日本地球惑星科学連合2016年大会、千葉、2016.5.20-25.	口頭発表

2016	国際学会	Rajani Ghaju Shrestha, Yasuhiro Tanaka, Bikash Malla (UY), Dinesh Bhandari, Sarmila Tandukar (TU-IOM), Daisuke Inoue, Kazunari Sei (Kitasato Univ), Jeevan B. Sherchand (TU-IOM), Eiji Haramoto (UY): Characterization of bacterial community by next generation sequencing in different sources of water in the Kathmandu Valley, Nepal, Water and Environment Technology Conference 2016, Tokyo, 2016.08.28.	ポスター発表
2016	国際学会	Bikash Malla, Rajani Ghaju Shrestha (UY), Dinesh Bhandari, Sarmila Tandukar (Kitasato Univ), Hitoha Moriyama, Ryota Sugaya (UY), Daisuke Inoue, Kazunari Sei (Kitasato Univ), Yasuhiro Tanaka (UY), Jeevan B. Sherchand (TU-IOM), Eiji Haramoto (UY): Validation of host-associated Bacteroidales genetic markers and fecal pollution tracking of drinking water sources in the Kathmandu Valley, Nepal, Water and Environment Technology Conference 2016, Tokyo, 2016.08.28.	ポスター発表
2016	国際学会	Sadhana Shrestha, Shankar Shrestha, Junko Shindo (UY), Jeevan B. Sherchand (TU-IOM), Eiji Haramoto (UY): Quantifying occurrence of and modelling risk from human pathogenic viruses in wastewater used for irrigation in vegetables farms, 5th Food and Environmental Virology Conference, Kusatsu, 2016.09.14.	口頭発表
2016	国際学会	Sadhana Shrestha (UY), Yoko Aihara (KCCN), Sudarshan Rajbhandari, Arun Prasad Bhattarai Niranjana Bista (SEN), Futaba Kazama, Junko Shindo (UY): Impact of 2015 Gorkha Earthquake on household water use and consequently on wellbeing in Kathmandu Valley, Nepal: A cohort study, Asia Pacific Academic Consortium for Public Health Conference, Tokyo, 2016.9.16-19.	口頭発表
2016	国際学会	Yoko Aihara (KCCN), Sadhana Shrestha (UY), Sudarshan Rajbhandari, Arun Prasad Bhattarai Niranjana Bista (SEN), Khadga Shrestha, Junko Shindo (UY): Resilience and recovery on water and health after 2015 Gorkha Earthquake, Nepal, Asia Pacific Academic Consortium for Public Health Conference, Tokyo, 2016.9.16-19.	ポスター発表
2016	国際学会	Thapa Bhesh Raj, Ishidaira Hiroshi, Pandey Vishnu Prasad, Udmale P, Hayashi M, Gusev M, Shakya N.M: 2016.Groundwater management issues in Kathmandu Valley after Melamchi Water Supply Project (MWSP), COPING AND COMPLEXITY:Maximising Public Value from Kathmandu's Melamchi Water Supply Project, 2016.9.15-16	口頭発表
2016	国内学会	中村高志, Bijay Man Shakya, 原本英司, 西田継(山梨大学), Jeevan B. Sherchand (TU-IOM), Suresh Das Shrestha (CDG-IOM): ネパール・カトマンズ盆地における山地湧水の水質および水文学的特性～災害時の代替水源として～, 2016年度日本水文学会学術大会, 東京, 2016年10月15日.	口頭発表
2016	国際学会	Bhesh Raj Thapa: The status of domestic water supply on pre and post Melamchi water supply project in Kathmandu Valley, Nepal, 5th International Youngresearchers' Workshop on River Basin Environment and Management, Ho Chi Minh, Vietnam, 2016.11.12-13	口頭発表
2016	国際学会	Rajit Ojha: Review of policies towards water resource sustainability inside Kathmandu Valley post Melamchi Water Supply Project, 5th International Youngresearchers' Workshop on River Basin Environment and Management, Ho Chi Minh, Vietnam, 2016.11.12-13	口頭発表
2016	国際学会	Kamei Tatsuru: Development of locally fitted, compact and decentralized (LCD) systems for portable water treatment in Kathmandu Valley, Nepal, 5th International Youngresearchers' Workshop on River Basin Environment and Management, Ho Chi Minh, Vietnam, 2016.11.12-13	口頭発表
2016	国際学会	Shinoda Kenta: Demonstration of nitrogen removal by combination of hydrogenotrophic denitrification and anammox, 5th International Youngresearchers' Workshop on River Basin Environment and Management, Ho Chi Minh, Vietnam, 2016.11.12-13	口頭発表
2016	国際学会	Sadhana Shrestha: Water insecurity and quality of life: assessing the relationship in a follow-up study in Kathmandu Valley, 5th International Youngresearchers' Workshop on River Basin Environment and Management, Ho Chi Minh, Vietnam, 2016.11.12-13	口頭発表
2016	国際学会	Thapa, B. R., Ishidaira, H., Pandey, V. P., Bhandari T.M., and Shakya, N. M. , WATER SECURITY PERSPECTIVE ON PRE AND POST MELAMCHI WATER SUPPLY PROJECT IN KATHMANDU VALLEY, NEPAL, WATER SECURITY AND CLIMATE CHANGE:CHALLENGES AND OPPORTUNITIES IN ASIA, 29 November-01 December, 2016, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand	口頭発表
2016	国内学会	櫻田祥、武藤慎一、新藤純子、SadhanaShrestha (UY)、Sudarshan Rajbhandari (SEN): ネパール・カトマンズにおける地域別簡易水処理施設の整備評価、土木学会関東支部第44回技術研究発表会、埼玉、2017.3.7-8.	口頭発表
2017	国際学会	Sadhana Shrestha, Yoko Aihara, Arun Prasad Bhattarai, Niranjana Bista, Sudarshan Rajbhandari, Naoki Kondo, Kei Nishida, Futaba Kazama, Junko Shindo: Vulnerability of Poor Urban Women to Household Water Insecurity in Lalitpur Sub-Metropolitan City, Nepal. Gender Summit 10 東京, 2017.5.25	ポスター発表

2017	国際学会	Rajani Ghaju Shrestha, Yasuhiro Tanaka, Bikash Malla, Dinesh Bhandari, Sarmila Tandukar, Daisuke Inoue, Kazunari Sei, Jeevan B. Sherchand, Eiji Haramoto: Development of a quantitative PCR assay for 16S rRNA gene of <i>Arcobacter</i> spp. and its application to different water sources in the Kathmandu Valley, Nepal. ASM Microbe 2017 ニューオーリンズ, 2017.6.2	ポスター発表
2017	国際学会	Rajani Ghaju Shrestha, Kazuko Sawada, Daisuke Inoue, Bikash Malla, Sarmila Tandukar, Dinesh Bhandari, Yasuhiro Tanaka, Kazunari Sei, Jeevan B. Sherchand, Eiji Haramoto: Identification of pathogenic bacteria in fecal samples using DNA microarray analysis. Water and Environment Technology Conference 2017 札幌 2017.7.23	ポスター発表
2017	国際学会	Sarmila Tandukar, Dinesh Bhandari, Bikash Malla, Rajani Ghaju Shrestha, Jeevan B. Sherchand, Eiji Haramoto: Investigation of waterborne protozoa and viruses in the Bagmati River, Nepal. Water and Environment Technology Conference 2017 札幌 2017.7.23	ポスター発表
2017	国際学会	Khadga Bdr Shrestha, Arun Prasad Bhattarai, Nirajan Bista, Yoko Aihara, Sadhana Shrestha, Futaba Kazama, Junko Shindo: Social and economic determinants of drinking water treatment in the household of Kathmandu Valley. Water and Environment Technology Conference 2017 札幌 2017.7.23	ポスター発表
2017	国際学会	Bikash Malla, Rajani Ghaju Shrestha, Sarmila Tandukar, Dinesh Bhandari, Daisuke Inoue, Kazunari Sei, Yasuhiro Tanaka, Jeevan B. Sherchand, Eiji Haramoto: Microbial source tracking of alternative drinking water sources in the Kathmandu Valley, Nepal, using <i>Bacteroidales</i> quantitative PCR assays. Water and Environment Technology Conference 2017 札幌 2017.7.23	ポスター発表
2017	国際学会	Tatsuru KAMEI, Mai Nakano, Kenta Shinoda, Sarad Phatak, Yasuhiro Tanaka, Iswar Man Amatha, Tadashi Tohyama, Futaba Kazama: Start up of the Onsite and Experimental Scale NH ₄ -N Removal System for Nitrogen-contaminated Groundwater by Anaerobic Ammonium Oxidation Process (Anammox) in Kathmandu Valley, Nepal. Water and Environment Technology Conference 2017 札幌 2017.7.23	ポスター発表
2017	国際学会	Daisuke Inoue, Hayato Yoshinaga, Bikash Malla, Rajani Ghaju Shrestha, Sarmila Tandukar, Dinesh Bhandari, Yasuhiro Tanaka, Jeevan B. Sherchand, Eiji Haramoto, Kazunari Sei: Comprehensive detection of pathogenic bacteria in jar water, community well groundwater, and environmental water in the Kathmandu Valley, Nepal. 7th International Water Association – Asia Pacific Regional Group (IWA-ASPIRE) Conference 2017 2017.9.12	口頭発表
2017	国際学会	Sadhana Shrestha, Yoko Aihara, Arun P. Bhattarai, Nirajan Bista, Sudarshan Rajbhandari, Naoki Kondo, Futaba Kazama, Kei Nishida, Junko Shindo: Association between quality of life and water insecurity in urban area of low-income country. 29th Annual Scientific Conference of the International Society of Environmental Epidemiology (ISEE17) シドニー 2017.9.26	ポスター発表
2017	国際学会	Rajani Ghaju Shrestha, Yasuhiro Tanaka, Bikash Malla, Sarmila Tandukar, Dinesh Bhandari, Daisuke Inoue, Kazunari Sei, Jeevan B. Sherchand, Eiji Haramoto: Quantitative PCR detection of 16S rRNA and <i>ciaB</i> genes of <i>Arcobacter</i> spp. in human and animal fecal source samples in the Kathmandu Valley, Nepal. The 5th International Young Researchers Workshop on River Basin Environment and Management, Hotel Swiss Garden Resort, Kuantan, Malaysia, 2017.10.28–29	口頭発表
2017	国際学会	Tatsuru Kamei, Sarad Pathak, Rawintra Eamrat, Yuya Tsutsumi, Kenta Shinoda, Tadashi Tohyama, Kazama Futaba: Development of Locally Fitted, Compact and Decentralized (LCD) Systems for Portable Water Treatment in Kathmandu Valley, Nepal. The 5th International Young Researchers Workshop on River Basin Environment and Management, Hotel Swiss Garden Resort, Kuantan, Malaysia, 2017.10.28–29	口頭発表
2017	国際学会	Kenta Shinoda, Yuya Tsutsumi, Rawintra Wamrat, Tatsuru Kamei, Iswar Man Amatya and Futaba Kazama: Demonstration of Nitrate Removal by Hydrogenotrophic Denitrification. The 5th International Young Researchers Workshop on River Basin Environment and Management, Hotel Swiss Garden Resort, Kuantan, Malaysia, 2017.10.28–29	口頭発表
2017	国際学会	Bijay Man Shakya, Takashi Nakamura, Suresh Das Shrestha, Ramita Bajracharya, Kei Nishida: Source identification of serious ammonium contamination in groundwater of Kathmandu Valley : using stable isotope tracer technique. The 5th International Young Researchers Workshop on River Basin Environment and Management, Hotel Swiss Garden Resort, Kuantan, Malaysia, 2017.10.28–29	口頭発表
2017	国内学会	中野麻衣, 亀井樹, Bikash Malla, Bijay Man Shakya, Rajani Ghaju Shrestha, 田中靖浩, Suresh Das Shrestha, 中村高志, 西田継, 原本英司, 遠山忠, 風間ふたば: ネパール国カトマンズ盆地における地下水の嫌気性アンモニア酸化細菌 (Anammox 細菌) の分布と地質との関連性. 日本水処理生物学会第54回大会 大阪 2017.11.9	口頭発表

2017	国内学会	亀井 樹、篠田 健太、堤 裕也、中野 麻衣、Rawintra EMARAT、田中 靖浩、Iswal man Amatya、遠山 忠、風間 ふたば: 小規模・自立分散型上水処理装置の開発—開発途上国ネパール・カトマンズ盆地の地下水浄化への適用— 日本水処理生物学会第54回大会 大阪 2017.11.9	口頭発表
2017	国内学会	中野麻衣、亀井樹、Bikash Malla, Rajani Ghaju Shrestha, Bijay Man Shakya, 田中靖浩、中村高志、西田 継、Suresh Das Shrestha, 原本英司、遠山忠、風間ふたば: ネパール国カトマンズ地域における地下水源の嫌気性アンモニア酸化細菌(Anammox菌)の分布. 第54回環境工学研究フォーラム 岐阜 2017.11.18	ポスター発表
2017	国内学会	亀井 樹、Sarad Pathak, 篠田健太、中野麻衣、堤裕也、Iswal man Amatya、田中 靖浩、遠山 忠、風間 ふたば: 開発途上国での運用を想定した小規模・自立分散型上水処理装置の開発—ネパール・カトマンズ盆地における地下水浄化への適用—. 第54回環境工学研究フォーラム 岐阜 2017.11.18	ポスター発表
2017	国内学会	中野麻衣、亀井樹、Bikash Malla, Rajani Ghaju Shrestha, Bijay Man Shakya, 田中靖浩、中村高志、西田 継、Suresh Das Shrestha, 原本英司、遠山忠、風間ふたば: ネパール国カトマンズ盆地における地下水源中の嫌気性アンモニア酸化細菌(Anammox細菌)の分布. 日本陸水学会甲信越支部会第43回研究発表会 山梨県富士河口湖町 2017.11.26	ポスター発表
2017	国内学会	亀井 樹、Sarad Pathak, 篠田健太、Iswal man Amatya, 遠山忠、風間ふたば: ネパール・カトマンズ盆地における地下水浄化装置開発とその性能評価. 日本陸水学会甲信越支部会第43回研究発表会 山梨県富士河口湖町 2017.11.26	ポスター発表
2017	国内学会	中野麻衣、亀井樹、Bikash Malla, Bijay Man Shakya, Rajani Ghaju Shrestha, 田中靖浩、Suresh Das Shrestha, 中村高志、西田継、原本英司、遠山忠、風間ふたば: ネパール国カトマンズ盆地における嫌気性アンモニア酸化細菌(Anammox細菌)の分布とその特徴. 第52回日本水環境学会年会 札幌 2018.3.17	口頭発表
2017	国内学会	亀井 樹、Sarad Pathak, 篠田健太、中野麻衣、堤裕也、Iswal man Amatya、田中 靖浩、遠山 忠、風間 ふたば: 開発途上国ネパール・カトマンズ盆地での窒素汚染地下水の浄化—飲料水供給のための小規模・自立分散型上水処理装置の開発と適用—. 第52回日本水環境学会年会 札幌 2018.3.17	ポスター発表
2017	国内学会	篠田健太、Rawintra Eamrat、亀井樹、風間ふたば: ネパール・カトマンズ盆地における水素酸化脱窒反応を用いた地下水中硝酸除去. 第52回日本水環境学会年会 札幌 2018.3.17	口頭発表
2018	国際学会	Rajani Ghaju Shrestha, Yasuhiro Tanaka, Bikash Malla, Sarmila Tandukar, Dinesh Bhandari, Daisuke Inoue, Kazunari Sei, Jeevan B. Sherchand, and Eiji Haramoto: Characterization of bacterial community and detection of 16S rRNA and ciaB genes of Arcobacter spp. in different water sources in the Kathmandu Valley, Nepal. International Conference on "Water, Environment and Climate Change: Knowledge Sharing and Partnership". Kathmandu, Nepal. 2018.4.11	ポスター発表
2018	国際学会	Sarmila Tandukar, Dinesh Bhandari, Bikash Malla, Rajani Ghaju Shrestha, Jeevan B. Sherchand, and Eiji Haramoto: Quantitation of enteric viruses in river water and at wastewater treatment plants in the Kathmandu Valley, Nepal. International Conference on "Water, Environment and Climate Change: Knowledge Sharing and Partnership". Kathmandu, Nepal. 2018.4.11.	ポスター発表
2018	国際学会	Ocean Thakali, Bikash Malla, Rajani Ghaju Shrestha, Sarmila Tandukar, Jeevan B. Sherchand, and Eiji Haramoto: Prevalence of fecal indicator bacteria and protozoa in various water sources in the Kathmandu Valley, Nepal. International Conference on "Water, Environment and Climate Change: Knowledge Sharing and Partnership". Kathmandu, Nepal. 2018.4.11.	ポスター発表
2018	国際学会	Khadga Bahadur SHRESTHA, Arun Prasad BHATTARAI, Niranjana BISTA, Yoko AIHARA, Sadhana SHRESTHA, Futaba KAZAMA, Junko SHINDO, Hidden Cost for Drinking Water Treatment in Households of Kathmandu. International Conference on "Water, Environment and Climate Change: Knowledge Sharing and Partnership". Kathmandu, Nepal. 2018.4.11.	ポスター発表
2018	国内学会	森田将成、Shakya Bijay、Shrestha Suresh、中村 高志、西田 継: カトマンズ盆地における地下水窒素汚染の解析. 日本地球惑星科学連合2018年大会 千葉 2018.5.23	ポスター発表
2018	国内学会	Bijay Man Shakya, Takashi Nakamura, Suresh Das Shrestha, Kei Nishida: Identification of the deep groundwater recharge process in Kathmandu Valley, Nepal. 日本地球惑星科学連合2018年大会 千葉 2018.5.23	口頭発表
2018	国際学会	Sarmila Tandukar, Bikash Malla, Rajani Ghaju Shrestha, Dinesh Bhandari, Jeevan B. Sherchand, and Eiji Haramoto: Presence of enteric viruses and protozoa in different sources of water in the Kathmandu Valley, Nepal. ASM Microbe 2018. Atlanta, USA. 2018.6.8.	ポスター発表

2018	国際学会	Bikash Malla, Rajani Ghaju Shrestha, Sarmila Tandukar, Dinesh Bhandari, Daisuke Inoue, Kazunari Sei, Yasuhiro Tanaka, Jeevan B. Sherchand, and Eiji Haramoto: Detection of pathogenic viruses and fecal-source markers in tanker water and its source in the Kathmandu Valley, Nepal. ASM Microbe 2018. Atlanta, USA. 2018.6.8.	ポスター発表
2018	国際学会	Niva Sthapit, Bikash Malla, Rajani Ghaju Shrestha, Sarmila Tandukar, Ocean Thakali, Jeevan B. Sherchand, Eiji Haramoto, and Futaba Kazama: Prevalence of Shiga toxin-producing Escherichia coli (STEC) in river water and wastewater in the Kathmandu Valley, Nepal. Water and Environment Technology Conference 2018. Matsuyama. 2018.7.14.	ポスター発表
2018	国際学会	Rajani Ghaju Shrestha, Kazuko Sawada, Daisuke Inoue, Hayato Yoshinaga, Bikash Malla, Sarmila Tandukar, Dinesh Bhandari, Yasuhiro Tanaka, Kazunari Sei, Jeevan B. Sherchand, and Eiji Haramoto: Identification of pathogenic bacteria in water samples in the Kathmandu Valley, Nepal, using DNA microarray analysis. Water and Environment Technology Conference 2018. Matsuyama. 2018.7.14.	ポスター発表
2018	国際学会	Sarmila Tandukar, Jeevan B. Sherchand, Bikash Malla, Rajani Ghaju Shrestha, Dinesh Bhandari, Ocean Thakali, and Eiji Haramoto: Factors associated with co-infection of waterborne enteric viruses in diarrheal children. Water and Environment Technology Conference 2018. Matsuyama. 2018.7.15.	ポスター発表
2018	国際学会	Amit Kumar Maharjan, Do Hai Nam, Tadashi Toyama, Iswar Man Amatya, Futaba Kazama: Ammonium-nitrogen removal from groundwater by integrated constructed wetland reactor. Water and Environment Technology Conference 2018. Matsuyama. 2018.7.15.	ポスター発表
2018	国際学会	Rajani Ghaju Shrestha, Yasuhiro Tanaka, Bikash Malla, Sarmila Tandukar, Dinesh Bhandari, Daisuke Inoue, Kazunari Sei, Jeevan B. Sherchand, and Eiji Haramoto: Characterization of bacterial community in fecal-source samples in the Kathmandu Valley, Nepal, using next-generation sequencing. IWA World Water Congress & Exhibition 2018. Tokyo. 2018.9.18	口頭発表
2018	国際学会	Mai Nakano, Tatsuru Kamei, Bijay Man Shakya, Bikash Malla, Rajani Ghaju Shrestha, Yasuhiro Tanaka, Suresh Das Shrestha, Takashi Nakamura, Kei Nishida, Eiji Haramoto, Tadashi Toyama, and Futaba Kazama: Distribution of anaerobic ammonium oxidation (anammox) bacteria in groundwater of Kathmandu Valley in Nepal. IWA World Water Congress & Exhibition 2018. Tokyo. 2018.9.19	ポスター発表
2018	国際学会	Rajit Ojha, Bheshraj Thapa, Sadhana Shrestha, Junko Shindo, Futaba Kazama: Environmental externalities considerations in water prices of different options inside Kathmandu Valley. IWA World Water Congress & Exhibition 2018. Tokyo. 2018.9.19.	ポスター発表
2018	国際学会	Khadga Bahadur SHRESTHA, Arun Prasad Bhattarai, Nirajan Bista, Junko Shindo: Water management situation of the community operated water supply systems in the Kathmandu Valley, Nepal. 6th International Young Researchers' Workshop on River Basin Environment and Management. Jimbaran Bay Beach Resort & Spa, Bali, Indonesia 2018.10.19-21	口頭発表
2018	国際学会	Tatsuru Kamei, Sarad Pathak, Kenta Shinoda, Iswar Man Amatya, Tadashi Toyama and Kazama Futaba: Feasibility analysis of locally fitted, compact and decentralized (LCD) system for water treatment from nitrogen contaminated groundwater. 6th International Young Researchers' Workshop on River Basin Environment and Management. Jimbaran Bay Beach Resort & Spa, Bali, Indonesia 2018.10.19-21	口頭発表

招待講演	0
口頭発表	32
ポスター発表	34

②学会発表(上記①以外)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2014	国際学会	Tatsuru Kamei, Dai Naitou, Willawan Khanithaidecha (Naresuan Univ), Futaba Kazama: Simultaneous removal of ammonium and nitrate by combination of ANAMMOX and hydrogenotrophic denitrification, Water and Environment Technology Conference 2014, Tokyo, Japan, 2014.6.28-29	口頭発表
2014	国内学会	風間ふたば: JICA/JST プロジェクト紹介; 微生物水文学的アプローチによるカトマンズ盆地の水安全性確保に関する研究、日本水文学会学術大会2014(広島) シンポジウム「海外学術研究および国際貢献における水文科学の役割」、広島、2014.10.5	招待講演
2014	国際学会	Tadashi Toyama, Yoshiko Nishimura, Ogata Yuka, Kazunari Sei (Kitasato Univ), Kazuhiro Mori, Michihiko Ike (Osaka Univ): Effects of common reed (<i>Phragmites australis</i>) on nitrogen removal and abundance of ammonia-oxidizing and denitrifying microorganisms in freshwater sediment, 9th IWA International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries, Kochi, Japan, 2014.11.24-26	口頭発表
2014	国内学会	亀井樹、望月智耶、Sarad Pathak (GREW)、風間ふたば: ネパール・カトマンズ市内における簡易型窒素除去装置を用いた地下水浄化の検討、日本陸水学会 甲信越支部会 第40回支部会、長野県、2014.11.29-30	口頭発表
2014	国内学会	望月智耶、亀井樹、風間ふたば: マイクロバブルを用いる独立栄養性水素酸化脱窒リアクターの試作と評価、日本陸水学会 甲信越支部会 第40回支部会、長野県、2014.11.29-30	口頭発表
2014	国内学会	山口浩平、風間ふたば: スポンジ担体を用いた簡易型処理装置による地下水中の鉄除去、日本陸水学会 甲信越支部会 第40回支部会、長野県、2014.11.29-30	ポスター発表
2014	国内学会	風間ふたば: 特別講演、第51回環境工学研究フォーラム(山梨) 特別企画「環境工学委員会の将来ビジョン」、山梨、2014.12.20-22	招待講演
2014	国内学会	望月智耶、亀井樹、風間ふたば: マイクロバブルを用いる脱窒リアクターの開発、第49回日本水環境学会年会、金沢、2015.3.16-18	口頭発表
2014	国内学会	亀井樹、望月智耶、田中靖浩、風間ふたば: 独立栄養性脱窒を用いた硝化還元型ANAMMOX処理の検討、第49回日本水環境学会年会、金沢、2015.3.16-18	口頭発表
2014	国内学会	山口浩平、風間ふたば: スポンジ担体を用いた簡易型処理装置による溶存二価鉄の除去、第49回日本水環境学会年会、金沢、2015.3.16-18	口頭発表
2014	国内学会	中村高志、西田継、風間ふたば: 山地域の水資源が水道水源地下水の涵養と水質形成に与える影響、第49回日本水環境学会年会、金沢、2015.3.16-18	口頭発表
2014	国内学会	山本勇生、平賀皓大、西田継、中村高志: アンモニア態窒素安定同位体分析に関する基礎的検討、第49回日本水環境学会年会、金沢、2015.3.16-18	ポスター発表
2015	国内学会	原本英司(山梨大学): ネパール・カトマンズ盆地の地下水における健康関連微生物の汚染実態. 日本地球惑星科学連合2015年大会. AHW25-01.(2015.5.24-28(発表27日), 幕張メッセ)	招待講演
2015	国際学会	Tomoya Mochizuki, Tatsuru Kamei, Rawintra Eamrat, Futaba Kazama: Elucidation of diffuser types effect on activity of hydrogenotrophic denitrification, Water and Environment Technology Conference 2015, Tokyo, 2015.08.06.	ポスター発表
2015	国際学会	Kohei Yamaguchi, Futaba Kazama :Removal of Ferrous Iron with the Simple Model System Using Sponge Carrier, Water and Environment Technology Conference 2015, Tokyo, 2015.08.06.	ポスター発表
2015	国際学会	Natsumi Baba, Tatsuru Kamei, Futaba Kazama :Comparison of bacterial amount on different types of carrier for water treatment, Water and Environment Technology Conference 2015, Tokyo, 2015.08.06.	ポスター発表
2015	国際学会	Hai Nam Do, Tadashi Toyama, Futaba Kazama :Evaluation of nitrogen removal efficiency of lab-scaled constructed wetlands using sponge material and common reed plant, Water and Environment Technology Conference 2015, Tokyo, 2015.08.06.	ポスター発表

2015	国際学会	Tadashi Toyama,Yasuhiro Tanaka,Kazuhiro Mori :Nitrification and Denitrification Activities of Microbial Community Associated with Common Reed, Water and Environment Technology Conference 2015, Tokyo, 2015.08.06.	ポスター発表
2015	国内学会	武藤慎一、福地良平、新藤純子：ネパールにおける水マネジメントの経済評価、第43 回環境システム研究論文発表会、札幌、2015.10.17-18.	口頭発表
2015	国際学会	Kamei T, Kazama F: Development of simple groundwater treatment for developing countries: a case study on installation in Kathmandu, Nepal, Honda Y-E-S Forum 2015, Tokyo, Japan, 2015.11.18	口頭発表
2015	国際学会	Kozono T, Ishidaira H: Estimating agricultural water demand in the Kathmandu Valley, Nepal, Honda Y-E-S Forum 2015, 東京, 2015.11.18	ポスター発表
2015	国際学会	Kozono T, Bhesh R Thapa, Ishidaira H: Estimating agricultural water demand in the Kathmandu Valley using CROPWAT model and satellite observations, 3rd International Young Researchers Workshop on River Basin Environment and Management, Phitsanulok, Thailand, 2015.12.21-22	口頭発表
2015	国際学会	Eamrat R, Mochizuki T, Kamaei T, Kazama F: Hydrogenotrophic denitrification activity under intermittent hydrogen supply using micro-bubble system.,3rd International Young Researchers Workshop on River Basin Environment and Management, Phitsanulok, Thailand, 2015.12.21-22	口頭発表
2015	国内学会	山本勇生、西田継、中村高志：アンモニア性窒素安定同位体比を用いたネパール・カトマンズ盆地における地下水の汚染源の推定、第50回日本水環境学会年会、徳島、2016.3.18	口頭発表
2015	国内学会	望月智耶、堤裕也、亀井樹、風間ふたば：間欠式水素供給方法を用いた独立栄養性水素酸化脱窒リアクターの開発、第50回日本水環境学会年会、徳島、2016.3.16	口頭発表
2015	国内学会	山口浩平、亀井樹、風間ふたば：スポンジ担体を用いた新装置による地下水中からの除鉄に向けた運転マニュアルの作成、第50回日本水環境学会年会、徳島、2016.3.18	口頭発表
2015	国内学会	大塚湧介、遠山忠、森一博：小型簡易人工湿地装置によるアンモニア態窒素除去とそれに関与する微生物群集の特性、第50回日本水環境学会年会、徳島、2016.3.16-17	ポスター発表
2015	国内学会	堤裕也、望月智耶、亀井樹、風間ふたば：水素酸化脱窒リアクターへのマイクロバブル利用の有効性に関する基礎検討、第50回日本水環境学会年会、徳島、2016.3.16-17	ポスター発表
2016	国内学会	山本勇生、中村高志、西田継：窒素同位体分析のためのアンモニア気散法の改良およびネパール・カトマンズ盆地の汚染された地下水への適用、日本地球惑星科学連合2016年大会、千葉、2016.5.20-25	ポスター発表
2016	国内学会	小園智皓、石平博、ベシュ ラジ タパ：リモート・センシング技術を利用した農作物分布特定と農業用水需要量の推計、日本地球惑星科学連合2016年大会、千葉、2016.5.20-25	ポスター発表
2016	国際学会	Shankar Shrestha, Eiji Haramoto, Junko Shindo (UY): Health risk assessment from enteropathogens through vegetable consumption in the Kathmandu Valley, Nepal, Water and Environment Technology Conference 2016, Tokyo, Japan, 2016.08.27	ポスター発表
2016	国際学会	Sadhana Shrestha, Takashi Nakamura, Jun Magome, Bikash Malla, Junko Shindo, Kei Nishida (UY): Assessing relationship between shallow groundwater microbial quality and diarrhoea in Kathmandu Valley, Nepal, Water and Environment Technology Conference 2016, Tokyo, Japan, 2016.08.27	ポスター発表
2016	国際学会	Tatsuru Kamei, Mai Nakano, Sarad Pathak(CREEW), Futaba Kazama: On site anammox bacteria cultivation for groundwater treatment. A case study in Kathmandu, Nepal. Water and Environment Technology Conferene 2016, Tokyo, Japan, 2016.08.28	ポスター発表
2016	国際学会	Yuya Tsutsumi, Tatsuru Kamei, Futaba Kazama: Usefulness of the microbubble application to hydrogenotrophic denitrification reactor. Water and Environment Technology Conference 2016, Tokyo, Japan, 2016.08.28	ポスター発表
2016	国際学会	Kenta Shinoda, Tatsuru Kamei, Futaba Kazama: Effect of pH on hydrogenotrophic denitrification process.Water and Environment Technology Conference 2016, Tokyo, 2016.08.28	ポスター発表

2016	国際学会	Rawintra Eamrat, Yuya Tsutsumi, Tatsuru Kamei, Willawan Khanichaidecha, Futaba Kazama: Optimization of hydrogenotrophic denitrification behavior with hydrogen gas supply. Water and Environment Technology Conference 2016, Tokyo, Japan, 2016.08.28	ポスター発表
2016	国内学会	亀井樹、風間ふたば、田中靖浩: Anammox反応の上水処理への適用ー理論の構築とその実証ー、第19回日本水環境シンポジウム、秋田、2016.9.12-13	口頭発表
2016	国際学会	Rawintra Eamrat, Yuya Tsutsumi, Tatsuru Kamei, Willawan Khanichaidecha, Futaba Kazama: Ultrafine Bubble Diffuser for Enhancing Hydrogen-Dependent Denitrification of Groundwater Treatment. Small Water and Wastewater Systems 2016, Athens, Greece, 2016.9.14-17	口頭発表
2016	国際学会	Ojha Rajit, Thapa Bhesh Raj, Futaba Kazama: 2016.Comparative water pricing among the competitors involved in water supply market inside Kathmandu valley, COPING AND COMPLEXITY:Maximising Public Value from Kathmandu's Melamchi Water Supply Project, Singapore, 2016.9.15-16	口頭発表
2016	国内学会	大矢尚人、立川康人、市川温、萬和明:カトマンズ盆地における水資源評価のための地下水流動モデルの構築、水文水資源学会2016 年度研究発表会、福島、2016.9.15-17.	ポスター発表
2016	国内学会	Aihara Yoko, Shrestha Sadhana, Shindo Junko, Kondo Naoki, Kazama Futaba: Prevalence of social inequalities in water insecurity: An observational surveys in urban Nepal, 第27回日本疫学会学術総会、甲府、2017年1月27日	ポスター発表
2016	国内学会	亀井樹、Sarad Pathak、篠田健太、中野麻衣、風間ふたば、ネパール国カトマンズにおける地下水からの嫌気性アンモニア酸化細菌の集積培養、第42回日本陸水学会甲信越支部会、小諸、2016年11月26日	口頭発表
2016	国内学会	堤裕也、Rawintra Eamrat、亀井樹、田中靖浩、風間ふたば、水素酸化脱窒リアクター内に生息するThauera属細菌を特異的に検出するプライマーの設計、第42回日本陸水学会甲信越支部会、小諸、2016年11月26日	口頭発表
2016	国内学会	Do Hai Nam、風間ふたば、遠山正、簡易型人工湿地による地下水中のアンモニア除去、第42回日本陸水学会甲信越支部会、小諸、2016年11月26日	ポスター発表
2016	国内学会	篠田健太、亀井樹、風間ふたば、Anammox反応と水素酸化脱窒反応による二槽式脱窒リアクターの開発、第42回日本陸水学会甲信越支部会、小諸、2016年11月26日	ポスター発表
2016	国内学会	生駒忠大、亀井樹、風間ふたば、多段式粉粒体急速砂濾過システムの性能評価と最適運転条件の検討、第42回日本陸水学会甲信越支部会、小諸、2016年11月26日	ポスター発表
2016	国内学会	中野麻衣、亀井樹、風間ふたば、低温耐性Anammox汚泥に関する基礎検討、第42回日本陸水学会甲信越支部会、小諸、2016年11月26日	ポスター発表
2016	国内学会	伊藤友里、Sadhana Shrestha、原本英司、新藤純子、西田継(発表予定)カトマンズ盆地における生活用水の利用形態と健康影響の関係、第51回日本水環境学会年会、L-052(2017年3月15日、熊本大学)	ポスター発表
2016	国内学会	中野麻衣、亀井樹、田中靖浩、風間ふたば、低温耐性Anammox汚泥に関する基礎検討、第51回日本水環境学会年会、熊本、2017年3月15-17日	ポスター発表
2016	国内学会	堤裕也、Rawintra Eamrat、亀井樹、田中靖浩、風間ふたば、水素酸化脱窒リアクター内の微生物群集解析、第51回日本水環境学会年会、熊本、2017年3月13-17日	ポスター発表
2016	国内学会	亀井樹、風間ふたば、Sarad Pathak、篠田健太、中野麻衣、田中靖浩、ネパール国カトマンズ地域におけるAnammox菌群の集積培養、第51回日本水環境学会年会、熊本、2017年3月13-17日	ポスター発表
2017	国際学会	Sadhana Sherestha:Water scarcity in urban areas: insecurity from household perspective and well-being. IAEA Technical meeting on "Water scarcity, Pollution and Vector Disease in Urban areas"ウィーン、2017.6.6	招待講演
2017	国際学会	Yuri Ito, Sadhana Shrestha, Eiji Haramoto, Junko Shindo, Kei Nishida: Relationship between domestic water use and health impact in the Kathmandu Valley.Water and Environment Technology Conference 2017 札幌 2017.7.23	ポスター発表

2017	国際学会	Mai Nakano, Tatsuru Kamei, Bikash Malla, Rajani Ghaju Shrestha, Yasuhiro Tanaka, Eiji Haramoto, Tadashi Toyama, Futaba Kazama: Distribution of anaerobic ammonium oxidation (anammox) bacteria in groundwater sources of Kathmandu Valley in Nepal. Water and Environment Technology Conference 2017 札幌 2017.7.23	ポスター発表
2017	国際学会	Shankar Shrestha, Yuki Yoneyama, Futaba Kazama, Takashi Nakamura, Junko Shindo: Impact of Wastewater Irrigation on Crop Production in the Kathmandu Valley, Nepal. Water and Environment Technology Conference 2017 札幌 2017.7.23	ポスター発表
2017	国際学会	Sadhana Shrestha, Eiji Haramoto, Kei Nishida: Quantitative risk assessment from enteropathogens in groundwater in urban area of low-income country, Nepal. 29th Annual Scientific Conference of the International Society of Environmental Epidemiology (ISEE17) シドニー 2017.9.26	ポスター発表
2017	国内学会	原佑太郎、馬籠純、石平博、Bhesh Raj THAPA、Hieu Thi BUI: カトマンズ盆地における屋根雨水利用ポテンシャルの評価。水文・水資源学会 2017年度研究発表会 北見 2017.9.20	ポスター発表
2017	国際学会	Yuri Ito, Sadhana Shrestha, Eiji Haramoto, Junko Shindo, Kei Nishida: Relationship between domestic water use and health impact in the Kathmandu Valley. The 5th International Young Researchers Workshop on River Basin Environment and Management, Hotel Swiss Garden Resort, Kuantan, Malaysia, 2017.10.28-29	口頭発表
2017	国内学会	田中靖浩: ネパール・カトマンズ盆地の地下水中に分布する微生物群集の解析。第54回日本水処理生物学会 大阪 2017.11.8	招待講演
2017	国内学会	堤 裕也、Rawintra Eamrat、亀井樹、田中靖浩、遠山 忠、風間ふたば: 硝酸汚染地下水を対象とした水素添加微生物浄水処理の能力評価。第52回日本水環境学会年会 札幌 2018.3.17	口頭発表
2017	国内学会	伊藤友里、Sadhana Shrestha、原本英司、新藤純子、西田継: カトマンズ盆地の水安全性に関わる要因の統計学的解析。第52回日本水環境学会年会 札幌 2018.3.17	口頭発表
2018	国内学会	原本英司: ネパール・カトマンズ盆地の飲用水中における微生物汚染実態。浄水器協会総合研修会。三島。2018.6.22.	招待講演
2018	国際学会	Mai Nakano, Tatsuru Kamei, Yasuhiro Tanaka and Furaba Kazama: Enrichment culture of Anammox sludge at low temperature condition. Japanese Society of Microbial Ecology, Okinawa. 2018.7.12-13.	ポスター発表
2018	国際学会	Tatsuru Kamei, Yuya Tsutsumi, Rawintra Eamrat, Yuki Yoneama, Yasuhiro Tanaka, Tadashi Toyama and Furaba Kazama: Hydrogen anaerobic denitrification and its microbial community structure. Japanese Society of Microbial Ecology, Okinawa. 2018.7.12-13.	ポスター発表
2018	国際学会	Kenta Shinoda, Rawintra Eamrat, Kamei Tatsuru, Futaba Kazama: Demonstration of the advanced nitrogen removal from groundwater with partial hydrogenotrophic denitrification (PHD) and anammox in attached growth reactors. IWA World Water Congress & Exhibition 2018. Tokyo. 2018.9.19.	ポスター発表
2018	国際学会	Tatsuru Kamei, Eamrat Rawintra, Kenta Shinoda, Mai Nakano, Yasuhiro Tanaka, Futaba Kazama: Coupling Denitrification for Simultaneous NH ₄ -N and NO ₃ -N Removal by Anammox and Hydrogenotrophic Denitrification, IWA World Water Congress & Exhibition 2018. Tokyo. 2018.9.19.	ポスター発表
2018	国際学会	Yuri Ito, Sadhana Shrestha, Eiji Haramoto, Junko Shindo, Kei Nishida: Health risk from multiple water sources used in households impacted by Gorkha Earthquake, Nepal. 6th International Young Researchers' Workshop on River Basin Environment and Management. Bali, Indonesia. 2018.10.19-21	口頭発表
2018	国際学会	Kenta Shinoda, Rujakol Suphatchai and Futaba Kazama: Effect of packing rate of white cubic sponge on nitrogen removal and biomass growth of hydrogenotrophic denitrification in attached growth reactors. Nepal. 6th International Young Researchers' Workshop on River Basin Environment and Management. Jimbaran Bay Beach Resort & Spa, Bali, Indonesia 2018.10.19-21	口頭発表
2018	国際学会	Mai Nakano, Tatsuru Kamei, Yasuhiro Tanaka and Futaba Kazama: Characterization of ANAMMOX sludge enriched at low temperature condition. 6th International Young Researchers' Workshop on River Basin Environment and Management. Jimbaran Bay Beach Resort & Spa, Bali, Indonesia 2018.10.19-21	口頭発表
2018	国内学会	小俣淳一、亀井樹、風間ふたば: 水素添加型微生物排水処理の検討。第44回日本陸水学会甲信越支部会報。富山。2018.11.1-2.	ポスター発表

2018	国内学会	梶原慎太郎,亀井樹,風間ふたば.水素酸化脱窒リアクターによる窒素除去性能への温度影響.第44回日本陸水学会甲信越支部会報.富山.2018.11.1-2.	ポスター発表
2018	国内学会	福田蒔太,亀井樹,風間ふたば.水素酸化脱窒反応を用いた小型水処理装置の作成.第44回日本陸水学会甲信越支部会報.富山.2018.11.1-2.	ポスター発表
2018	国内学会	鈴木桜子,亀井樹,風間ふたば.凍結乾燥による窒素除去用微生物製剤の作成とその評価..第44回日本陸水学会甲信越支部会報.富山.2018.11.1-2.	ポスター発表
2018	国内学会	渡邊春佳,亀井樹,風間ふたば.水処理リアクター構成微生物によるPHA生産に関する基礎検討..第44回日本陸水学会甲信越支部会報.富山.2018.11.1-2.	ポスター発表
2019	国内学会	小俣淳一,亀井樹,風間ふたば.水素添加型微生物排水処理—処理特性とその評価—.第53回日本水環境学会年会.甲府.2019.3.7-9.	ポスター発表
2019	国内学会	福田蒔太,亀井樹,風間ふたば.水素酸化脱窒反応を用いた硝酸性窒素除去装置の小型化.第53回日本水環境学会年会.甲府.2019.3.7-9.	ポスター発表
2019	国内学会	鈴木桜子,亀井樹,風間ふたば.凍結乾燥処理した脱窒関連微生物—保存方法と能力回復—.第53回日本水環境学会年会.甲府.2019.3.7-9.	ポスター発表
2019	国内学会	渡邊春佳,亀井樹,清和成,風間ふたば.水素酸化脱窒リアクター構成微生物によるPHA生成に関する基礎検討.第53回日本水環境学会年会.甲府.2019.3.7-9.	ポスター発表
2019	国内学会	亀井樹,梶原慎太郎,風間ふたば.水素ガス添加型脱窒処理装置の窒素除去性能への温度影響.第53回日本水環境学会年会.甲府.2019.3.7-9.	ポスター発表

招待講演	6
口頭発表	26
ポスター発表	47

VI. 成果発表等

(3) 特許出願【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国共同研究者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者 所属機関	関連する外国出願※
No.1	特願2017-034499	2017/2/27	嫌気性アンモニア酸化反応(Anammox反応)と水素酸化脱窒反応による複合脱窒反応を長期維持するための方法とそのための装置	国立大学法人山梨大学	日本	無			特許情報公開		風間ふたば、亀井樹	国立大学法人山梨大学	

国内特許出願数 1 件
公開すべきでない特許出願数 0 件

② 外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国共同研究者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者 所属機関	関連する国内出願※
No.1													
No.2													
No.3													

外国特許出願数 0 件
公開すべきでない特許出願数 0 件

VI. 成果発表等

(4) 受賞等【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 受賞

年度	受賞日	賞の名称	業績名等 (「〇〇の開発」など)	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2014	2014.6.29	Excellent Paper Award	Simultaneous removal of ammonium and nitrate by combination o ANAMMOX and hydrogenotrophic denitrification	亀井樹	JSWE	1.当課題研究の成果である	
2015	2015.11.18	The Audience Award	Development of simple groundwater treatment for developing countries: a case study on installation in Kathmandu, Nepal	亀井樹	Honda Y-E-S Forum 2015	1.当課題研究の成果である	
2015	2015.11.18	The Second Prize	Development of simple groundwater treatment systems for developing countries: a case study on installation in Kathmandu, Nepal	亀井樹	Honda Y-E-S Forum 2015	1.当課題研究の成果である	
2016	2016.08.28	WET2016 Excellent Presentation Award	Health risk assessment from enteropathogens through vegetable consumption in the Kathmandu Valley, Nepal	Shankar Shrestha	JSWE	1.当課題研究の成果である	

2017	2017.11.19	環境技術・プロジェクト賞 (新技術・プロジェクト賞)	開発途上国での運用を想定 した小規模・自立分散型上水 処理装置の開発—ネパー ル・カトマンズ盆地	亀井樹	土木学会環 境工学委員 会	1.当課題研究の成果である	
2017	2017.7.23	Water and Environment Technology Conference 2017 Excellent Presentation Award	Microbial source tracking of alternative drinking water sources in the Kathmandu Valley, Nepal, using Bacteroidales quantitative PCR assays	Bikash Malla	JSWE	1.当課題研究の成果である	
2018	2018.3.16	年会優秀発表賞(クリタ 賞)	硝酸汚染地下水を対象とし た水素添加微生物浄水処理 の能力評価	堤裕也	日本水環境 学会	1.当課題研究の成果である	
2018	2018.7.15	WET2018 Excellent Presentation Award	Factors associated with co- infection of waterborne enteric viruses in diarrheal children	Sarmila Tandukar	JSWE	1.当課題研究の成果である	
2019	2019.3.8	年会優秀発表賞(ライオン 賞)	水素酸化脱窒リアクター構成 微生物によるPHA生成に関 する基礎検討	渡邊春佳	日本水環境 学会	1.当課題研究の成果である	

8 件

②マスコミ(新聞・TV等)報道

年度	掲載日	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載面	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2014		RIKEJYO(講談社)	探訪!スゴイ!!研究室 風間ふたば研究室「持続的に安全な水を使い社会を目指す 水環境研究がスゴイ」	Vol.27 (3) 2014	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2014	2014.04.25	朝日新聞	ネパールに安全な飲料水を 山梨大研究者ら支援		1.当課題研究の成果である	
2014	2014.06.06	毎日新聞	ネパールで水質改善を支援	山梨版	1.当課題研究の成果である	
2014	2014.06.23	REPUBLICA新聞(ネパール)	首都で水環境改善の調査を開始		1.当課題研究の成果である	
2015	2015.7.21	山梨日日新聞	ネパール大地震教訓に新しいトイレ考えよう		3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2015	2015.12.5	Kantipur Television(ネパール国営放送)			1.当課題研究の成果である	
2015	2015.12.5	Image Channel			1.当課題研究の成果である	
2015	2015.12.5	Himalayan Times			1.当課題研究の成果である	

2015	2015.12.5	Nepali Headlines (ネパールウェブ版ニュースサイト)	International symposium for sustainable water management held in Lalitpur		1.当課題研究の成果である	
2015	2016.3.15	テレビ山梨	特集:水のろ過装置を開発 ネパールへ	ニュースの星	3.一部当課題研究の成果 が含まれる	
2016	2016.7.20	日経新聞	グローバル時代をひらく 世 界の水問題に挑む	大学	2.主要部分が当課題研究 の成果である	
2016	2016.8.8	NIKKEI ASIAN REVIEW	WELLSPRING OF KNOWLEDGE	TECH & SCIENCE	2.主要部分が当課題研究 の成果である	

12 件

VI. 成果発表等

(5) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動【研究開始～現在の全期間】(公開)

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	公開/ 非公開の別	概要
2014	2014.04.25	キックオフミーティング	ホテルヒマラヤ (ネパール)	43(34)		日本側プロジェクト代表が本事業の趣旨及び概要を説明した後、5つの研究グループが2014年の各研究目的及び計画を紹介、最後にネパール側プロジェクト代表が講評を加えた。14機関43人が参加、両国の研究メンバーが活発な協議を行い、研究グループ内及びグループ間での意思疎通を進展させることができた。
2014	2014.12.12-17	機関代表会議(非公開)	山梨大学・JICA 本部(日本)	17(6)		ネパール側代表と5つのカウンターパート機関の代表を招聘し、日本側代表及びグループリーダーと事業計画に関して協議した。同時に、招聘者は山梨の水資源地域の視察、山梨大学及びJICA本部の表敬訪問を行った。
2014	2015.2.19-25	グループリーダー会議(非公開)	山梨大学(日本)	21(5)		ネパール側グループリーダーを招聘し、具体的な研究計画に関して協議した。同時に、招聘者は山梨の水関連施設の視察、水道事業者との意見交換を行った。

2015	2015.04.02	プロジェクトワークショップ	ホテルヒマラヤ (ネパール)	51(41)		プロジェクト第1年度を終えて、各ワーキンググループの活動進捗、成果、今後について共有することを目的に開催した。
2015	2015.12.5-6	国際共同シンポジウム「Global expansion of smart water system for sustainable water management – locally-fitted, compact and decentralised water treatment and management technologies for Asia and Africa」	ホテルサミット (ネパール)	110 (62)		SATREPS事業の成果のアウトリーチを目的とした企画提案国際シンポジウムを、山梨大学、東京大学、北海道大学の共同で主催した。関連するトリブワン大学、アジア工科大学、早稲田大学カトマンズ水道公社、JSTの研究者も参加、来賓にネパール都市開発省事務次官補、在ネパール日本大使、JICAネパール事務所長を迎えた。3プロジェクトの概要を説明した後、水・衛生の個別技術を紹介、パネルディスカッションで国際科学技術協力の課題と方向性を抽出した。
2016	2016.9.21	国際ワークショップ「International Workshop on SATREPS project ‘Hydro-microbiological approach for water security in Kathmandu Valley, Nepal (WASHmia)’ 」	山梨大学	54(10)		JCCメンバーとネパール側研究グループリーダーを招き、日本側チームと合同で国際ワークショップを開催した。本事業の進捗と中間評価および事業後半へ向けての課題・計画を確認した。

2016	2016.12-13	国際ワークショップ「5th International Young researchers' Workshop on River Basin Environment and Management」	ホーチミン科学 大学(ベトナム)	49(5)		山梨大学流域センターが幹事である流域科学連合(SURF)が毎年主催している国際ワークショップの第5回目において、SATREPS特別セッションを設け、本プロジェクトの概要、研究成果の事例、国際協力事業の意義を各国の若手研究者に直接発信した。
2016	2017.03.28	プロジェクトインターナルワークショップ	トリブワン大学 工学部(ネパール)	38(27)		2017年3月時点での各ワーキンググループの活動進捗、成果、今後について共有することを目的に開催した。さらに関係機関であるKVWSMBとKUKLから将来計画やメラムチプロジェクト情報についても報告された。
2018	2019.03.12-16	ワーキングレベルミーティング	山梨大学(日本)	30(8)		2019年5月の終了時評価および10月の活動終了に向けた準備会合として主要ネパール人関係者を招聘して各ワーキンググループ会議、全体会議を催した。終了時評価団メンバー(JICA, JST, コンサルタント)も出席した。

9 件

②合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、議題、出席人数、協議概要等)

年度	開催日	議題	出席人数	概要
2014	2014.6.22	・プロジェクト概要及び目標の確認 ・PDM、PO、研究グループ及び研究者リストの修正 ・投入リストの確認 ・現地業務調整員の執務室の配置 ・日本側研究者の渡航計画の確認 ・ネパール側専門家の渡航計画 ・第1期末のシンポジウムの開催予定 ・第2回JCCの開催予定	25	第1回業務調整委員会(JCC)を開催し、左記の項目について協議した。日本側研究者の現地調査を2015年9月に行う予定とした。ネパール側専門家のJICA研修派遣については、早急に手続きを進めることとした。期末シンポジウム及び第2回JCCを2015年3月頃に開催する予定とした。 <Members> Bal M Shrestha (Chair), Ram C Devkota, Narendra M Shakya, Suresh D Shrestha, Iswar M Amatya, Sanjeev B Rana, Bal B Thakurathi, Shimizu T, Arima T, Futaba K, Ichikawa Y, Nakamura T, Haramoto E, Toyama T, Shindo J, Nishida K, R Anzai <Observers> Tilak M Bhandari, Rabin Malla, Sudarshan Rajbhandari, Vishnu P Padey, Hoshino H, Yasuoka Y, Kato O, Ogata R
2015	2015.4.3	・プロジェクト概要、目標及び進捗の確認 ・PDM、PO、研究グループ及び研究者リストの修正 ・投入リストの確認 ・JICA研修員の選考方法	28	第2回業務調整委員会(JCC)を開催し、左記の項目について協議した。JICA研修員については、候補者選考委員会(CSP)を設置し、その規程に従って選考と担当省庁への推薦を行うことを合意した。2014年にカトマンズ盆地水供給管理庁(KVWSMB)から本事業に対し支援が行われ、支援は今後も継続される見込みであることが確認された。 <Members> Ram C Devkota (Chair), Shimizu T, Sanjeev B Rana, Tri R Bajracharya, Narendra M Shakya, Suresh D Shrestha, Jeevan B Sherchand, Iswar M Amatya, Hari P Timilsina, Kazama F, Nakamura T, Haramoto E, Toyama T, Shindo J, Nishida K, Nishikori A, Arima T, Bidhya Pokhrel <Observer> Ooyama M, Kailash Pradhan, Pramod Pradhan, Tilak M Bhandari, Gautam Rajkarnikar, Rabin Malla, Sudarsan Rajbhandari, Vishnu P Pandey, Bhesh R Thapa, Shankar Shrestha
2016	2016.6.20	・プロジェクト概要、目標及び進捗の確認 ・中間評価の概要の確認 ・CSPの役割の確認 ・研究者リストの修正と本国投入リストの確認 ・相手国からの投入の確認	25	第3回業務調整委員会(JCC)を開催し、左記の項目について協議した。相手国監督省庁がMOUDからMWSSへ変更されたことに伴い、新たなJCC議長である当該省庁次官補が紹介された。11-12月頃にネパールで実施される中間評価への準備、メインCPであるIOEとCSPの連携、KVWSMBから本プロジェクトへの継続的な投入等が確認された。 <Members> Rajan R. Pandey, Jun Sakuma, Bodhraj Dahal, Tri Ratna Bajracharya, Narendra M. Shakya, Suresh D. Shrestha, Iswar M. Amatya, Hari P. Timilsina, Futaba Kazama, Takashi Nakamura, Hiroshi Ishidaira, Tadashi Toyama, Junko Shindo, Kei Nishida, Akira Nishikori, Yukio Tanaka, Bidhya Pokhrel, Makoto Ooyama, Kailash Pradhan, Tilak M. Bhandari, Sarita Shrestha, Arun P. Bhattarai, Bikash Malla, Showet Basnet, Sarmila Tandukar

2016	2016.11.30	・中間レビュー団によるレビュー結果報告	35	第4回業務調整委員会(JCC)を開催し、プロジェクトが効果発現に向けて順調に実施されているかを検証し、プロジェクトの改善に役立てることを目的として実施された中間レビューの結果報告とプロジェクト後半に向けた提言が、日ネ合同中間レビュー団によってなされた。 活動は進んでいるものの2015年4月25日に発生したの大地震の影響による遅れもあることが報告され、プロジェクトに対し、1)プロジェクト協力期間の延長、2)水安全性マップの有効性及び持続性の確保、3)LCDシステムの完成に向けた今後の道筋の明確化、4)LCDシステム導入戦略策定方針の明確化、5)日本側、ネパール側の共通認識醸成、6)機材の運用維持管理体制の持続性確保、および7)PDMの質的な指標の追加及びPDM,POの修正、が提言された。
2017	2017.6.19	・プロジェクト概要、目標及び進捗の確認 ・中間レビュー提言への対応(PDM等の変更等) ・第4年次の供与機材計画 ・研究者リストの修正 ・投入の確認	23	第5回業務調整委員会(JCC)を開催し、左記の項目について協議、確認した。中間レビュー提言への対応として改訂版PDM/PO(Ver.3.0)が承認され、第4年次供与機材計画とともにJICAとネパール上下水道省の間で正式手続きを踏むことが確認された。日ネ双方からの投入も確認され、KVWSMBは投入を継続する旨表明した。なお、新任の上下水道省次官補がJCC議長を務めた。
2018	2018.5.3	・プロジェクト概要、目標及び進捗の確認 ・終了時評価について ・研究者リストの修正 ・投入の確認	24	第6回業務調整委員会(JCC)を開催し、左記の項目について協議、確認した。活動の進捗状況、双方のプロジェクトへの投入、研究者リストの確認などの通常の議題に加え、2019年に予定される終了時評価についてJICAネパール事務所から説明された。

6 件

研究課題名	微生物学と水文水質学を融合させたネパール・カトマンズの水安全性を確保する技術の開発
研究代表者名 (所属機関)	風間 ふたば 山梨大学 大学院総合研究部附属 国際流域環境研究センター
研究期間	平成26年4月～平成31年3月
相手国名／主 要相手国研究 機関	ネパール/トリブワン大学(TU) 他

付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	・リバー・イノベーション ・グローバル水ビジネス展開力の強化 ・国内水問題の解決
科学技術の発展	・微生物、水文学、水質学の融合による新領域の創出 ・水安全性診断、水処理システム、社会経済学的導入シナリオ・効果検証をパッケージしたカトマンズモデルの開発
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	・知的財産における特許出願、取得
世界で活躍できる日本人材の育成	・水問題解決策を理解し、実践できるグローバル人材育成
技術及び人的ネットワークの構築	・相手国学生および研究者の留学、研修によるスキルアップとネットワーク構築 ・ワークショップ、シンポジウムの主催
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	・査読付論文掲載 ・書籍出版 ・国際会議のChair ・招待講演 ・受賞 ・新聞・雑誌・TV

上位目標

カトマンズモデルが新たな日本ブランドとして、世界の水ビジネスへ展開

◎水安全性診断を導入した水処理システムとその導入ガイドライン・効果検証のパッケージ(カトマンズモデル)が複数地域で検証され、本技術の実用ノウハウが蓄積される

プロジェクト目標

