

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 22 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00672

研究課題名(和文)簡易測定手法を用いた「地域当事者による水質診断」指標のデザイン

研究課題名(英文) Designing Collaborate Activities for Establishment "Local Water Quality Evaluation by Stakeholders" based on Simple Checking Methods

研究代表者

加藤 久明 (KATO, Hisaaki)

大阪大学・産業科学研究所・特任助教

研究者番号：50536109

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は「地域当事者による水環境の診断指標」の構築を目標として、フィリピン共和国・リサール州・アンゴノ市を対象とした開発途上国における井戸や水道を主体とした生活用水の大腸菌による汚染評価を主体とした地域住民主体のシステム構築を行い、水環境診断指標を構築した。各種の研究成果については、国際誌に共著論文を執筆・投稿し、地域住民向けには科学的成果を纏めた小冊子を作成し、ステイクホルダー会合などを通じて科学的成果の一般市民への説明に関する新たな文法形式を構築・提案した。

研究成果の概要(英文)：In this study, aiming to create "Diagnostic indicators of local water resources environment by local stakeholders", in Angono, Province of Rizal, Republic of the Philippines, mainly for wells and water supply of developing countries, building a system targeting local stakeholders, focusing on the contamination assessment of daily life water with E-coli, and created "Diagnostic indicators of local water resources environment". We wrote and posted co-authored papers for foreign journals, and then created a booklet that summarized our scientific achievements for locals, then we built new grammatical structures to explain the scientific achievement to the public through the stakeholders meeting.

研究分野：環境政策, 水資源管理

キーワード：水環境認識 地域水環境 当事者主体 水質診断指標 簡易測定手法 生活用水 安定同位体 大腸菌

1. 研究開始当初の背景

地球環境の先端的研究においては、超学際的統合(Transdisciplinarity)が必須の条件とされているが、現状においては自然科学と社会科学という2つの科学文化のバランスを保った知的統合に基づく限定的なイノベーションが主体となり続けている。このような流れに対して、超学際的統合を「社会と科学の共創(ないしは連携)」という文脈の下に再編成する流れが世界的に取り組みられてきた。だが、研究立案から成果利用の段階に至るまでのプロセスにおいて、社会との共創を主題とした観測技術の見直しや改善研究に劇的な進展は見られない。

特に、地域の水環境診断においては、分業的な発想の下、その判断は自然科学者などの専門家に委ねられ、地域の利害関係者や政策当事者が自らデータ収集や測定などをオンサイトで行うことが稀であった。そのため、理想的には地域の水環境問題と向き合う地域の当事者が、科学者と共に自然環境状況の解明に関わっていくことが望ましい。しかし、現実にはそのような共創関係を構築することが容易ではない。さらに、最新の測定技術は精度・分析手法、遠隔操作なども含めた素晴らしい進化を遂げているが、その成果と運用は科学者や一部の専門家に止まっている。

生活用水を主体とした地域水環境を考えると、WHOの飲料水水質ガイドラインが「糞便性大腸菌群の値、濁度、pH、消毒」を指標と位置付けているように、排泄物からの病原体を含むかどうかを監視することが重要な入口戦略となる。また、特に優先度の高い社会的課題として、開発途上国における井戸や水道を主体とした生活用水の大腸菌汚染による健康リスクが問題となっている。

しかし、大腸菌や大腸菌群による汚染と健康リスク評価においては、試料原液の作成やコロニーカウント技術といった点において専門性や一定の検査コストが求められてしまう。特に、開発途上国におけるこの種の問題解決を考えた場合には、サンプル輸送や検査にかかる時間なども考慮せねばならず、地域が主体的にオンサイトで実施できる定量診断技術が望ましい。具体的には、地域の当事者が抱える健康リスク評価と科学的手法に基づく分析技術をオンサイトでマッチングさせることが求められる。

以上のような課題を解決するためには、開発途上国コミュニティの当事者が特定のラボに依拠することなく、自らハンドリングをすることが可能な「簡易測定手法」の構築が求められる。そのため、本研究課題では、研究代表者が携わってきた「統合的水資源管理」研究における開発途上国が持つ問題整理や水文水質の経験を基盤として、フィリピン共和国・ラグナ湖域に位置するリサル州・アンゴノ市を事例対象地域として、地域当事者による水環境診断指標の構築を試みた。

2. 研究の目的

本研究課題は、「地域当事者による水環境の診断指標」の構築を主たる目的とした。また、水質測定の評価軸を事例対象地域における井戸水ならびに水道水を主体とした生活用水の大腸菌ならびに大腸菌群に定めながら研究期間内に以下の3つの達成すべき目標を定めた。

第1の達成目標は、「事例対象地域における「簡易測定手法」導入プロセスの記述」となる。第2の達成目標は、「地域当事者による生活用水診断」技術導入指標の提案」となる。最後に第3の目標は、「技術移転を伴った実効性を有した現地主導型の簡易測定システム構築」となる。最終的には、科学研究としての営為だけでなく、その結果が事例対象地域に定着する社会的営為に資することも目標として定めている。

さらに、事例対象地域において住民が購入し、口にしている飲料水の主体となるボトル水に関する水質評価をサブテーマとして実施した。フィリピンにおけるボトル水は、一般に大手ベンダーから市販されているボトル水および水道水を高度処理したローカルのボトル水の2体系から成り立つ。また、研究代表者らは事前調査や過去の共同研究からフィリピンにおける飲用水の重金属汚染について、自然条件、地形や産業構造による違いがあると考えに至っていたことも理由としてある。これらのボトル水の分析については、研究分担者である丸山研究員を主体とした、重金属汚染の指標となる7元素(Cr, As, Cd, Cs, Pb, Th, U)を主体とした同位体分析とその科学的成果に基づく重金属リスクに関する説明を実施した。

また、上記のメインテーマおよびサブテーマ科学的成果情報の共有については、ステイクホルダー会合を現地において開催し、社会と科学の対話を促進することを目標とした。

3. 研究の方法

研究の方法としては、ラボによる分析を主体としてきた大腸菌・大腸菌群の科学的な定量評価法と同等の精度を持つ日本製の大腸菌簡易測定手法(日水製薬株式会社 ECブルー100、MPNプレート)を使用した。研究代表者はインドネシアやフィリピン・ラグナ湖域における水文水質調査において、この器材を活用しており、東南アジア方面に対応した英語版マニュアルの試作版も本研究課題の採択以前に作成を完了しており、これらの基盤となる情報を活用しながら、改めてアンゴノ市関係者への技術移転を試みる中で、簡易測定手法導入プロセスの記述と共に移転すべき情報の調整を行った。

本研究課題は、地域の人々が飲料水や生活用水として最も触れる井戸水および水道類を対象として、糞便に由来する大腸菌および大腸菌群の監視に重点を置く方法を採用している。この根拠は、WHOの飲料水水質ガイ

ラインの考え方を根拠としている。WHO ガイドラインでは、飲料水の水質を考える上で必要な指標を「糞便性大腸菌群の値、濁度、pH、消毒」とし、良好な環境を得るために必要な要件を「地下水源の保護、水質に対応をした処理、監視と管理としての衛生検査」とあると定めている。

一般に水質への危害発生源の基本は、「ヒトを主体とした排泄物」で結びついている。そのため、排泄物からの病原体を含むかどうかを監視し、様々な方法で不活性化を試み、制御をする必要がある。これらの問題のうち、本研究課題は特に排泄物からの病原体を含むかどうかを監視する点に着目をした。この理由は、「地域の人々が大腸菌・大腸菌群の存在を定量的に把握すること」がその後の病原体不活性化と制御に繋がる大きな入口だからである。さらに、地域の水環境診断指標として実践を伴う形で実現するためには、簡単な試験方法で確立された科学的方法を活用することが望ましいと考えたためである。

開発途上国のように調査研究に必要な資源が限定される場合には、複雑な多項目試験を行うよりも、簡単な試験方法を高頻度で実施するほうが望ましいことを先行研究は示している(Fewtrell et al. 2001)。このような諸点を踏まえ、本研究課題が使用した簡易測定手法は、100ml の試料水、試薬入りの「EC ブルー100」ボトル、定量評価法の「MPN プレート」(MPN ; Most Probable Number)、蛍光反応を見るための「UV ライト」、小型の「インキュベーター(35 で 24 時間)」、ダンボール箱や暗い部屋を活用した「暗室」という6つの要素から成り立つシンプルな方法である(図 1)。研究代表者らは、科学的な裏付けを担保しながら、出来る限りオンサイトにおいてハンドリングしやすく、かつ誤差の少ない信頼性の高い方法を選択した。また、蛍光反応の誤差も含めた詳細な技術的手順については、日水製薬株式会社の担当者に逐次、確認と打ち合わせを行った。

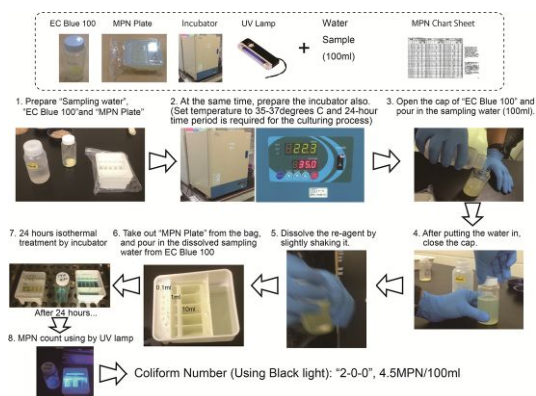


図 1 簡易測定手法の概要
出典：研究代表者作成

研究分担者を中心としたボトル水を主体とした飲料水の高度解析については、安定同位体を用いた解析手法を前述した7要素を主

体として分析を行った。分析に用いた器材は、主として京都大学平田研究室(現東京大学大学院理学系研究科平田研究室)が所有する Thermo Fisher Scientific 社製 iCAP Qc ICP-MS を使用した。また、外部分析委託分については、株式会社島津テクノリサーチが所有する Agilent 8800 tandem ICP mass spectrometer (ICP-MS/MS) を使用した。

研究課題を進展する中において、地域水環境に対する日本側研究者と現地関係者との水質を中心とした認識の差異について相互対話を重ねたところ、無機物汚染について現地関係者の疑問に先行研究だけでは科学的根拠が不足しており、改めて分析による知見を用いた詳細な説明を行う必要が発生した。そのため、研究代表者と分担者を中心として、当初の付帯的な研究であったボトル水研究をサブテーマに発展させ、重金属リスクの有無と解明に関する検討を井戸水と河川水などにも拡張した分析を実施した。また、アンゴノ市が接するラグナ湖の基礎的な水文情報についても説明の必要に迫られたため、研究分担者が過去の研究から得ていた酸素水素安定同位体データを援用し、同位体データのみを用いたラグナ湖の水のカテゴリ分析を行った。

同位体による無機物を中心とした水質評価データは、ステイクホルダー会合などにおける情報開示を通じて、本研究課題が有機物による水質汚染に着目をする科学的根拠を浸透させることにも大いに貢献した。

「地域当事者による生活用水診断」技術導入指標の提案については、アンゴノ市役所および保健局関係者との意見交換を行い、現地研究協力者をカウンターパートとしながら、移転すべき技術と情報を精査し、最終的には小冊子などの形で英文報告書を現地に共有することを試みた。また、ステイクホルダー会合以外にも現地関係者との共同調査や SNS などを活用した意見交換を行うことにより、技術移転を伴った実効性を有した現地主導型の簡易測定システム構築を促すことを試みた。

4. 研究成果

(1) 水質評価技術の移転および現地当事者との合同調査の成果について

研究代表者および分担者は、アンゴノ市関係者と共に、第1回(平成26年3月14-21日; 事前調査)、第2回(平成27年2月8-15日)、第3回(平成27年10月8-12日)、第4回(平成29年2月13-14日)の4回にわたって合同調査を行った。これらの調査は、水質診断技術の移転を主目的としながら、様々な地域住民や関係者を巻き込み、毎回の訪問時に調査結果のレポートを作成し、アンゴノ市役所および市の全てのバラングイ(最小行政区)事務所に配布・説明を行った。さらに、上記の合同調査の間に研究協力者である Mr. Gilbert J. Merino を中心としたアンゴノ市

関係者を主体とした井戸水や地域のボトル水販売店に対する自主的な調査が行われた。

第1回目の合同調査では、市内の広域サンプリング調査を実施した。この調査により、どの地域に井戸を中心とした生活用水の大腸菌濃度が高いエリアがあるのか、地理的な特徴も含めて把握を行った。結果として、開放型の井戸は総じて大腸菌群濃度が高く、閉鎖型は総じて開放型よりも大腸菌群濃度が低いことが発見できた。具体的には、総じて大腸菌群が100mlに100~500MPN以上(最も高いものは2400MPN以上/100ml)と高く、飲用はもちろんのこと、洗濯や水浴にも不相当であった。これに対して、水道水は総じて良好であった。地理的な特徴としては、Mahabang Parangなどの山間部の井戸において大腸菌濃度が高かった。

第2回目以降の合同調査では、大腸菌濃度が高かった地域について追跡サンプリング調査を行いながら指標となるエリアを絞り込みながらサンプリング調査を行った。第2回目以降は、アンゴノ市長との協議結果ならびにアドバイスに基づき、ラグナ湖に近く氾濫被害を受けやすいバラングイである"San Pedro"を指標エリアとし、周辺のサンプルを増加させた。この時には、絞り込みをしながら調査を進めたが、予想よりも大腸菌濃度は低く、むしろ初回に続いて山間部の井戸が総じて大腸菌群濃度が高い傾向が確認できた。以降の第3回目と第4回目の調査を行ったが、San Pedroは季節に応じて大腸菌数に変動が見られた。しかし、山間部に位置するMahabang Parangの大腸菌数は一貫して多く、今後の地域住民を主体とした継続調査において、汚染源の特定などに関する聞き取り調査が必要であり、課題終了後も現地関係者が継続調査を行う予定である。

これらの調査において、我々は浅井戸、深井戸、ピストンポンプ型の井戸、湧水、水道水、地域のボトル水販売店で扱われている水道水ベースのボトル水、ラグナ湖の表層水、河川水などの多岐にわたるサンプルを対象として、その大腸菌の定量評価を行った。各種の調査から得られた知見を総合すると、以下のように纏めながら現地関係者と公衆衛生上の指導を行った。

第1に、水道水については、大腸菌の混入は確認できず、残留している塩素も日本の基準と照らし合わせても十分に安全である。そのため、飲用水としてそのまま用いても特に問題はない。第2に、井戸水については大腸菌によるリスクなどもあり、そのまま飲用すべきではない。もし飲む場合にはまず沸騰させ、その後10分以上起いた上でやかんの中にある細かい混入物を沈殿させて飲用すべきである。なお、沸騰した水は腐りやすいため、なるべく早く飲むようにする。第3に、井戸の水質変化には外部からのごみの混入などが大きく寄与する。そのため、簡単な蓋などをかけるだけでも大腸菌数に大きな影

響が出ることが追跡調査で判明した。最後に、大腸菌は、基本的に沸騰させれば75以上で容易に殺菌が可能である。

以上の調査から得られた結果については、Acta Medica Philippina誌に国際共著論文の投稿準備中であり、平成30年度中の投稿・採択・掲載を目指している。

(2) ボトル水ならびに事例対象地域の生活用水に関する重金属リスクの科学的解明

生活用水の重金属リスクの有無とその科学的解明結果については、科学的根拠を欠いた現地関係者の不安などもあり、科学的にこれを解明すべく研究分担者を中心とした分析を実施した。その結果については後述する現地向けの小冊子にも掲載を行い、ステイクホルダー会合や現地市役所の会合などにおいて説明を重ねて実施した。

結果から述べると、ボトル水だけでなく井戸水や水道水の全てにおいて、WHOのガイドラインと比較しても全く問題の無い無機物濃度であった。さらに、これらの科学的成果として、平成29年度中にActa Medica Philippina誌に"Concentrations of trace elements in daily life water consumed in Angono, Republic of the Philippines"および"Concentrations of trace elements in bottled waters consumed in Republic of the Philippines"と題した2本の国際共著論文を投稿し、受理されている(掲載準備中であり、平成30年度中に掲載予定)。

さらに、同位体を活用した現地への科学的説明課題であるラグナ湖の水文情報については、酸素水素安定同位体比を応用し、湖水が6つのタイプに分類されることを明らかにした共著論文を執筆・投稿し、平成29年度にWater誌へと掲載が行われた。

(3) 技術移転を経た現地主導型の簡易測定システム構築と各種のステイクホルダーとの対話システム実践

上記に述べた合同調査を重ねる中において、第3回目となる合同調査の実施後、アンゴノ市関係者が自主的に水質評価を行う組織を編成する動きが見られるようになった。平成27年10月23日にアンゴノ市役所において現地関係者が自主的にミーティングを実施し(図2)、技術移転の受け皿となるNGOが同年10月26日に組織されている(図3)。



図2 Public Consultation Seminar and Meeting with Water and Food Establishments

出典: Mr. Gilbert J. Merinoからの提供



図 3 アンゴノ市役所における Angono Water Quality Association 結成式(2015年10月26日)
出典: Mr. Gilbert J. Merino からの提供

組織された NGO については、その後 Angono Safe Water Association と名称を一部変更したものの、アンゴノ市関係者を中心に組織されたメンバーにより、技術移転を行った大腸菌定量評価技術を活用し、市内の水道水を使ったローカルボトル水や井戸に対する定期的なランダムサンプリング検査と認証評価を行うに至っている(図4)。



図 4 NGO による Local Water Quality Standard 認証: ローカルボトル水販売店における例
出典: 研究代表者(加藤)が現地において撮影

本研究課題の実施期間中、平成 28 年度は 5 月に現地において大統領選挙が実施され、現地側カウンターパートから治安上の懸念や地方行政システムの変更リスクが指摘されていた。そのため、選挙終了後までは現地側とのコミュニケーションを Web 会議と電子メールベースで図りながら、重要な周辺課題の分析および国際誌に向けた論文投稿作業を行い、現地における合同調査が実施できなかった。この間に、現地では NGO が自ら水質調査計画を立案し、試行的に水質評価を実施することとなり、自律的な水質調査活動について、各種の報告を SNS と Web 会議を活用して受け、必要な技術的助言を行った。このような社会状況が創発されたことは、予測外の事態ではあったものの、「地域に自律性を生み、定着させていく」という点から見ても大きな成果であった。

(4) 事例対象地域における測定手法導入プロセスの記述および水環境診断指標の提案
平成 28 年度から測定手法の導入プロセスの記述をパッケージ化すべく、研究代表者、分担者および協力者を中心に水環境測定ノ

ウハウのマニュアル化に注力した。結果として、『A Small Book About Domestic Water in Angono, Rizal, Philippines: for Sharing Potable Water for all Local People』(A4 版, 38 頁)と題した一般向け冊子(初版)を作成・配布し、現地説明と情報共有を行うことができた。小冊子の初版は、第 1 回目となるステイクホルダー会合を平成 29 年 2 月 15 日にアンゴノ市において開催した際に現地関係者に配布を行い、アンゴノ市図書館にも納本されている。

その後、小冊子の内容を現地からのフィードバックを得て行き、第 2 版を作成した。その上で、平成 30 年 1 月 16 日に第 2 回目となる現地ステイクホルダー会合を開催し、配布・説明を行った。さらにこの会合では、現地市役所、保健局および NGO に対する知識共有を行った。

第 2 版の小冊子を作成するにあたり、研究計画に定められていた水質に関する因果関係記述を纏める説明手法として、科学的成果と現地調査の結果を統合したコミック形式による「地域飲用水水質に関する因果関係説明」を研究分担者の描画によって取りまとめ、上記の一般向け冊子に所収し、科学的成果の一般市民への説明に関する新たな文法形式を構築・提案した(図5)。これは、現地の研究協力者より文章による記述だけでは地域住民が水質汚染要因に関する因果関係を理解しえないという指摘が初版を発行・配布した際にあったことを受けたものである。

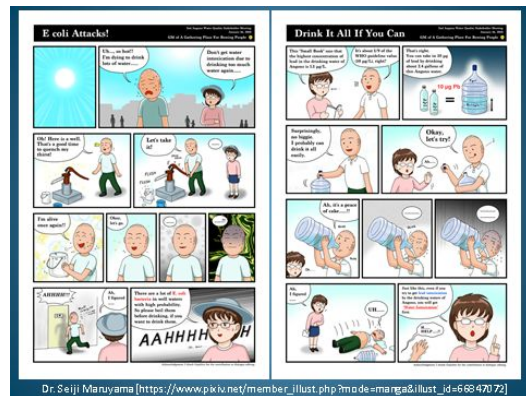


図 5 コミック形式を活用した地域飲用水水質に関する因果関係説明

出典: 研究分担者(丸山研究員)作成

<引用文献>

- 1) Fewtrell Lorna and Bartram Jamie. *Water quality: guidelines, standards and health: assessment of risk and risk management for water-related infectious diseases*. 2001. Geneva, World Health Organization (WHO).
- 2) WHO. *Guidelines for drinking-water quality*. 2011.4th ed. Geneva, Switzerland: World Health Organization.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

Seiji Maruyama and Hisaaki Kato, Identification of Waters Incorporated in Laguna Lake, Republic of the Philippines, Based on Oxygen and Hydrogen Isotopic Ratios, 9(328), 2017, pp.1-15
DOI: 10.3390/w9050328

〔学会発表〕(計3件)

Hisaaki Kato, Local Community Based Water Quality Evaluation System with Simple Method for evaluate Coliforms and Coliform Bacteria: a Real Case Study of Collaborate Activities for establishment Locally-owned Strategy in Angono, Rizal, Republic of the Philippines, Philippine Society of Medical Laboratory Scientists (PSMLS) 1st National Summit, 31 May, 2018, Midas Hotel, Pasai-city, Philippines
加藤久明、水資源の統合管理が持つ限界と新たな可能性、水資源・環境学会 2017 年度研究大会テーマ報告講演、2017 年 06 月 03 日、立命館いばらきフューチャープラザ
加藤久明、丸山誠史、矢尾田清幸、仲間妙子、地域当事者による水環境診断：フィリピン・リザール州・アンゴノ市における地域社会との協働から、政策情報学会第 11 回研究大会、2015 年 11 月 21 日、関西学院大学

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

現地向け研究成果報告書

Hisaaki Kato, Seiji Maruyama, Noel R. and Gilbert J. Merino (edited), *A Small Book About Domestic Water in Angono, Rizal, Philippines: for Sharing Portable Water for all Local People*, 2018, Version.2, Osaka, Japan: JSPS KAKENHI Grant Number 15K00672 Research Project “Designing Collaborate Activities for Establishment “Local Water Quality Evaluation by Stakeholders” based on Simple Checking Methods”

研究課題ホームページ

<https://sites.google.com/view/hisaakikato/jspkaken-15k00672?authuser=0>

フィリピン・アンゴノ市の飲用水水質に関する現地市民向け科学的成果のコミック形式による説明図

https://www.pixiv.net/member_illust.php?mode=medium&illust_id=66847072

6. 研究組織

(1) 研究代表者

加藤 久明 (Kato, Hisaaki)

(計 1 名)

大阪大学・産業科学研究所・特任助教

研究者番号：50536109

(2) 研究分担者

丸山 誠史 (Maruyama, Seiji)

(計 1 名)

日本経済大学・経営学部 (渋谷キャンパス)・研究員

研究者番号：10444647

(3) 連携研究者

(計 0 名)

研究者番号：

(4) 研究協力者

(計 5 名)

Noel R. Juban

フィリピン大学マニラ校・医学部・教授

Gilbert J. Merino

フィリピン・アンゴノ市・保健局・医療技師
平田 岳史 (Hirata, Takafumi)

東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・教授

仲間 妙子 (Nakama, Taeko)

日本経済大学・大学院経営学研究科・教授

矢尾田 清幸 (Yaota, Kiyoyuki)

沖縄県土地改良事業団体連合会