

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 3 日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24241083

研究課題名(和文) ラオス全土水質マップ作成による地域ジオ/エコヘルス研究の推進

研究課題名(英文) Geo-Ecohealth study of water quality in Lao PDR

研究代表者

門司 和彦 (MOJI, Kazuhiko)

長崎大学・熱帯医学・グローバルヘルス研究科・教授

研究者番号：80166321

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,600,000円

研究成果の概要(和文)：水はラオスにとって重要な資源である。比較的安全と考えられる地下水を含めて、天然水の水質検査は実施されておらず、環境問題に対する国や人々の関心も低い。陸域の水質は、流域の降水や人間活動だけでなく、地質環境を非常に強く反映する。本研究は、地域性が強い水質に注目し、エコヘルスの視点でラオスサワンナケート県の水環境を評価し、東部と西部で成分が異なること、平地・低地の水田では大腸菌汚染が見られること、水採取による環境DNA法の寄生虫学的応用が可能なことを明らかにし、統合的水研究を通じた地域ジオ/エコヘルス研究の推進の有望性を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Water is an important resource for Laos. Water quality monitoring, however, has not been implemented for many kinds of natural water bodies. Water quality of the land is influenced by the geological environment, precipitation and human activities. This study, focused on water quality with regional characteristics, to evaluate the water environment of Savannakhet province of Lao PDR, from the ecohealth perspective. The study found the difference between the eastern and western parts of the province, the E. coli contamination seen in the paddy field of flat-lowland in western part, possibility of applications of the water-environmental DNA method to parasitology. The study revealed the promise of promotion of regional geo/ecohealth research through the integrated water research.

研究分野：人類生態学, 地域エコヘルス研究

キーワード：エコヘルス ラオス ジオヘルス

1. 研究開始当初の背景

(1) 水はラオスにとって重要な資源である。比較的安全と考えられる地下水を含めて天然水の体系的な水質検査はラオスでは実施されておらず、環境問題に対する国や人々の関心も低い。

(2) 安定同位体や化学物質を総合的に測定する技術と、水を用いた環境 DNA 法による生態学的研究が進歩し、総合的な環境水研究を実施する基礎が構築されつつある。しかし、その実践はまだ進んでいない。

(3) 急激な開発による環境変化が報告されているラオス等の熱帯地域において、水質に関する基礎的なデータを収集・分析する体制の構築は、今後の環境負荷、環境汚染のアセスメントの基礎として急務である。

(4) 地域ジオ/エコヘルス研究の一部として、ラオスの自然、地質、地理と人間行動の水質への影響を水の統合的研究として検討することには意義がある。

2. 研究の目的

(1) 陸域の水質は流域の降水や人間活動だけでなく地質環境を強く反映する。本研究は、地域性が強い水質に注目し、エコヘルスの視点でラオス・サワンナケート県の水環境を評価する。

(2) それにより統合的水研究を通じた地域ジオ/エコヘルス研究の推進の有望性を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) ラオスにおいて公衆衛生学、文化人類学、同位体環境学、生態学、寄生虫学、環境情報学を専門とする日本人とラオス人の研究者がチームを組み、これまでの研究遺産を最大限に活用し、ラオス・サワンナケート県で表層水や地下水を採水する。

(2) 採水を広範な地域で実施するために現地のスタッフのトレーニングを実施するとともに、採水地の緯度経度情報、採水地の条件などをスマートフォンを使って記録する方法を開発する。

(3) 地球化学的トレーサーを用いた水質分析を実施するとともに、大腸菌汚染の程度も測定する。

(4) さらに環境 DNA 法を用いて、現地の重要な公衆衛生学的問題であるタイ肝吸虫の検出、第一中間宿主である魚の同定、および第二中間宿主であるピシニア属の巻貝の存在を判断する。

(5) 東部の少数民族居住地域で流行してい

るマラリアの主要媒介蚊 *A.dirus* の産卵水域を同定し、水質との関係を検討する。

(6) 以上のデータを公衆衛生学的、地球環境学的な視点で解析しながら、成果を現地の研究者に説明し、情報と意見の交換を行い、成果の公開を行いながら、ラオスの研究者や学校関係者に向け、環境意識や環境保全に向けた能力開発を行う。

4. 研究成果

(1) ラオス・サワンナケート県において、県保健局、ヘルスセンター、村落保健ボランティア等の協力を得て、1000 検体以上の環境水を採集し、そのうち、約 400 検体について、同位体等の分析を修了させた。

(2) 初期に村落保健ボランティアなどに水の採集を依頼し、多くのサンプルを得たが、場所、水源などの情報が不揃いで測定に回すことができなかった。また、採水ボトルに QR コードを初めから付けておき、採水時にスマートフォンで QR コードを読み取ることにより、採水時間、採水場所を同定するシステムを構築し、QR コードに合わせた採水条件の pdf 質問ファイルが転送されるシステムを構築した。このシステムは今後も極めて有効な方法であるが、ラオス現地スタッフでは、一部しか利用することができなかった。

(3) 地球化学的トレーサーを用いた水質分析の結果では、地表水、地下水、降水の水素と酸素の安定同位体比や主成分、微量元素の分析を行い、水質の多様性と水循環の関係について検討した。

池水は水素・酸素同位体比分析が高く重水素過剰値が低く強い蒸発作用を受けている。一方、河川水や地下水には蒸発の影響があまり見られない。地表水の起源は夏季の降水であり、とくに源流域がベトナム国境のアンナン山脈にある東部の河川では同山脈に降った雨の影響を強く受ける。

これに対して、地下水の両安定同位体比は狭い範囲に入り、周囲の高原や平野に降った雨を起源としていた。

全体として水質は 80% がカルシウム-重炭酸型で淡水に見られる一般的な傾向を示すが、マンガンや鉄が多く、風化が進んだラテライト質土壌の影響が見られた。

とくに地表水はジルコニウムやレアアース元素などに富んでおり、土壌に由来するコロイド粒子に含まれる元素に富んでいる。

重金属元素や硝酸イオンなどの濃度は水質基準に入っているが、水道水には亜鉛管などから溶出した亜鉛などの濃度が高い例が見られた。

ラオス最大の鉱山であるセボン金山では、

すでに金の採掘は終了し、銅の採掘が実施されているが、そこを流れる水域で銅や水銀による汚染は観察されなかった。ただし、硫酸濃度がやや上昇する傾向がみられた。

(4) これまでタイ肝吸虫調査を実施してきた西部水田地帯のソンコン郡・ラハナム地区はメコン川の支流であるバンヒアン川に接する低地にあり、しばしば洪水の被害を受ける地域である。この地でバンヒアン川に合流するチャンポン川もよく氾濫する川である。当地域では食塩に富む地下水が見られた。水素・酸素同位体比の検討からこれら地下水は地下の岩塩層が降水起源の水に溶出したことが明らかになった。

この地域の人為的バイオーム図を作成したが、水田化により人口が多く水が多い地域となっており、地理的にはタイ肝吸虫流行地域であることが確かめられた。

水田等の水での大腸菌調査の結果、人糞が環境中に入っていることも明らかとなった。ただし、大腸菌による汚染は村の風呂桶や水槽などの方が激しいことも判明した。

この地域とチャンポン川流域での環境 DNA 調査より、62 検体のうち 2 検体よりタイ肝吸虫の DNA を検出することができた。これは、環境水からののはじめてのタイ肝吸虫 DNA の報告である（源ら、未発表データ）。また 3 検体より第 2 中間宿主であるピンニア巻貝の DNA を検出した。さらに、35 種のメコン河生息の魚の DNA を検出し、そのうち 9 種はタイ肝吸虫の宿主として報告されている魚であった。ホストとなる魚や貝は比較的上流にも存在するが、寄生虫本体の DNA は村に近い支流の下流域で検出されており、人間の排泄行動の管理が公衆衛生学問題であることを明らかにした。

Water Sampling

- 30 sites in May and 32 sites in October 2015
- Collecting 600ml water per sites
- 5 minutes per sites



(5) マラリアの産卵水嗜好と水質の関係については、媒介蚊と水環境の関係を現地の調査員がモニタリングする体制を構築したが、サンプルが多くなく、決定的な関係を見つることができなかった。セボン郡において、マラリア媒介蚊が発生する水域の特性として、ベトナム戦争時の爆弾投下によって多数存在する穴でも産卵することが確認されて

いるが、それ以外にも、水牛の足跡や、カエルを捕まえるためにおたまじゃくしを発生させる水たまりなどで産卵していることが確認された。

(6) 4 年間の研究実施期間中、毎年ラオス国家保健研究フォーラムを首都ビエンチャンで開催し、結果をフィードバックするとともに、エコヘルスとして、環境研究と保健研究の統一の重要性を指摘した。

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 17 件)

Toshifumi Minamoto, Takafumi Naka, Kazuhiko Moji, Atsushi Maruyama (2016) Techniques for the practical collection of environmental DNA: filter selection, preservation, and extraction. *Limnology* 査読有, 17.1, 2016, 23-32.

Hermann Feldmeier, Miklos Hazay, Megumi Sato, Pongvongsa Tiengkham, Futoshi Nishimoto, Hongwei Jiang, Vatsana Sopraseuth and Kazuhiko Moji (2016) Morbidity assessment of *Opisthorchis viverrini* infection in rural Laos: I. Parasitological, clinical, ultrasonographical and biochemical findings. *Tropical Medicine and Health* 査読有, 44:12, DOI 10.1186/s41182-016-0012-y

Koshikawa K, Watanabe M, Shin, KH, Nishikiori T, Takamatsu T, Hayashi S, and Nakano T. (2016) Using isotopes to determine the contribution of volcanic ash to Sr and Ca in stream waters and plants in a granite watershed, Mt. Tsukuba, central Japan. *Environmental Earth Sciences* 査読有, 75,6, 1-13.

中野孝教 (2016) 同位体分析の基本的原理. *ぶんせき* 査読有り, 1, 2-6.

Yoshioka Y, Nakamura K, Nakano T, Horino H, Shin KH, Hashimoto S, Kawashima S. (2016) Evaluation of river and paddy water impacts on groundwater using H, O, and Sr isotopes in a paddy-dominated alluvial fan. *Hydrological Process* 査読無 15.6, 1236-1243.

Nakano T. (2016) Potential of stable isotope ratios of geological origin in earth environmental studies. *Proceedings of the Japan Academy, Ser. B, Physical and Biological Sciences.* 査読無 92.

Daisuke Nonaka, Tiengkham Pongvongsa, Futoshi Nishimoto, Phetsomphon Nansounthavong, Yu Sato, Hongwei Jiang, Rie Takeuchi, Kazuhiko Moji, Panom Phongmany, and Jun Kobayashi (2015) Households with Insufficient Bednets in a Village with Sufficient Bednets: Evaluation of Household Bednet Coverage Using Bednet Distribution Index in Xepon District, Lao PDR. *Tropical Medicine and Health* 査読有, 40.2, 95-100.

M. Sato, T. Pongvongsa, S. Sanguankiat, T. Yoonuan, J. Kobayashi, B. Boupha, F. Nishimoto, K. Moji, M.O. Sato and J. Waikagul (2015) Patterns of trematode infections of *Opisthorchis viverrini* (Opisthorchiidae) and *Haplorchis taichui* (Heterophyidae) in human populations from two villages in Savannakhet Province, Lao PDR. *Journal of Helminthology* 査読有, 89.4, 439-445.

Yamada Y, Fukuda T, Omori K. and Nakano, T. (2015) Origin of particulate organic matter in a river with remarkable water pollution in, Shikoku Island, Japan. *Geomicrobiology Journal* 査読有, 32.8, 677-688

Nakaya, S, Phan H M H, Iwai Y, Itoh A, Aoki H, and Nakano T. (2015) Longtime behavior of cesium (Cs) in natural spring drinking water. *Sustainability of Water Quality and Ecology* 査読有, 6. 20-30.

若狭 幸, 石山大三, 松葉谷治, 佐藤比奈子, 申基澈, 中野孝教 (2015) 秋田県渋黒川 - 玉川水系における流入する酸性温泉水と河川水の混合過程についてのストロンチウムおよび硫黄同位体比ならびに溶存化学成分を用いた解明. *地球科学*. 査読有, 49. 1-9.

Kusaka S, Uno KT, Nakano T. Nakatsukasa M and Cerling TE (2015) Carbon isotope ratios of human teeth record the evidence of terrestrial resource consumption during the Jomon period, Japan. *American Journal of Physical Anthropology* 査読有, 158.2, 300-311.

Shin Ki-choe, Anma R, Nakano T. Orihashi Y, and Ike S. (2015) The Taitao ophiolite-granite complex: a ridge-trench intersection oceanic lithosphere on-land and origin of calc-alkaline I-type granites. *Episode* 査読有, 38.4, 285-297.

中野孝教, 斎藤有, 申基澈, 佐々木和乙, 徳増実 (2015) 水循環を守り水を育てる条例策定に向けた西条市と地球研の水質協働研究. *RIVERFRONT* 査読無 81, 26-29.

森田先恵, 伊澤淳修, 申基澈, 中野孝教 (2015) 元素分析及びストロンチウム安定同位体比分析による冷凍ほうれんそうの原料原産地判別法の検討. *農林水産消費安全技術センター*. 査読無 39, 31-37.

近藤康久・石川智士・榎本真美 (2015) 専門技能ボランティアとの協働による地球環境研究を支援する情報サービスの実現. *情報処理学会シンポジウムシリーズ*. 査読無 2, 131-138.

門司和彦, 西本太 (2012) 健康は誰のものか--健康過敏時代を生きる. 査読無 *SEEDer* 7, 24-31.

〔学会発表〕(計6件)

中野孝教, 申基澈, 陀安一郎, 由水千景, 加藤義和, 奥田昇, 神松幸弘, 富樫博幸, 天野洋典, 栗田豊, 石山大三 (2015) トレーサビリティー基盤情報としての環境水の多元素同位体比マップ: 東北日本の例. *地球惑星科学連合連合大会*. 2015年05月27日. 幕張メッセ(千葉県・千葉市)

中野孝教 (2015) 環境のトレーサビリティーシステム構築に向けた研究者と地域の協働による水質マップ作成: 愛媛県西条市の例. *地球惑星科学連合連合大会*. 2015年05月27日. 幕張メッセ(千葉県・千葉市)

中野孝教, 陀安一郎 (2015) フューチャースと多項目水質マップ作り: 水圏・土壌圏環境地球化学の基盤形成. *日本地球化学会62回年会(招待講演)*. 2015年09月18日. 横浜国立大学(神奈川県横浜市・保土ヶ谷区)

中野孝教, 申基澈, 草野由貴子, 大田民久, 陀安一郎, 山田佳裕, 横尾頼子, 辻村真貴, 池田浩一, (2015) 大野市 水質マップによる大野市の市街地地下水の水脈診断. *地下水学会*. 2015年10月13日. 多田記念大野有終会館(福井県・大野市)

ISHIKAWA S (2015) Area-capability study for sustainable development in the Coastal zone. 2nd International conference on fisheries and aquatic sciences ICFAS2016. 2016年01月26日. ビサヤ大学(フィリピン)

Pongvongsa T, Panom P, Moji K (2015) Current Aspect on Malaria and Challenges in Savannakhet Province. *The 9th Lao PDR*

National Health Research Forum. 2015 年
10 月 13 日, ビエンチャン (ラオス)

〔図書〕(計 4 件)

中野孝教 (2016) 昭和堂. 大槌発未来への
グランドデザイン 震災復興と地域の自
然・文化. 「大槌の水のつながりを考える」
52-70.

中澤秀介、門司和彦 (2016) 共立出版. マ
リア. 「感染症の生態学 (日本生態学会編)
308-322.

門司和彦、安本晋也、渡辺知保 (編著)
(2014) 医歯薬出版. エコヘルス--21 世紀に
おけるあらたな健康概念--.

門司和彦 (2014) 朝倉書店. 熱帯アジア
の環境変化と感染症 (1: 24-27) \ 健康である
こととは (2: 20-23) \ なぜ人間を測るのか (2:
83) 総合地球環境学研究所編「地球環境学マ
ニュアル」1-2.

〔産業財産権〕なし
出願状況 (計 0 件)
取得状況 (計 0 件)

〔その他〕
ホームページ等 なし

6 . 研究組織

(1)研究代表者

門司 和彦 (MOJI, Kazuhiko)
長崎大学・熱帯医学・グローバルヘルス研
究科・教授
研究者番号 : 80166321

(2)研究分担者

中野 孝教 (NAKANO, Takanori)
総合地球環境学研究所・研究推進戦略セン
ター・教授
研究者番号 : 20155782

(3)研究分担者

中澤 秀介 (NAKAZAWA, Shusuke)
長崎大学・熱帯医学研究所・助教
研究者番号 : 20180268

(4)研究分担者

石川 智士 (ISHIKAWA, Satoshi)
総合地球環境学研究所・研究部・教授
研究者番号 : 40433908