

平成 30 年 6 月 13 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H04047

研究課題名(和文)世界水需給アセスメントと社会科学・社会制度研究の融合

研究課題名(英文)An integration of social science into global water resources assessment

研究代表者

梶 信次郎 (KANAE, Shinjiro)

東京工業大学・環境・社会理工学院・教授

研究者番号：20313108

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：グローバルな水需給逼迫のアセスメントへの社会科学的要素の組み込みを行い、代表的な成果として一つの回答を示した。具体的には水法の分析を軸に、水市場の世界的導入可能性を検討した。世界296の水法を分析し、「3条件とも充足」「一部充足」「3条件とも満たさない」等々に区分けした。地下水取水の規制についてのグローバル分布も調査した。そしてこの市場の導入可能性を世界で初めて地図化を通じて示すことに成功した。また、こういった研究のための基礎データ開発として、主にアジア・モンスーン地域と乾燥地域において、衛星画像を用いた水危機の検出を行った。他にも世界水資源に関わる経済学的研究も推進した。

研究成果の概要(英文)：This is a research project that tries to incorporate aspects of social science into global scale water resources assessment which has been carried out by natural scientists. A major outcome is as follows. We were able to present the global distribution of potential areas where water markets could be instituted by analyzing 296 water laws. This was realized by taking into account a set of three provisions in a legal sense. In addition, we investigated a few more globally distributed conditions. Another output in this research as a basic development of necessary technology for this objective is a development of an advanced satellite remote sensing technology to grasp water crisis. In addition, some studies on economics of global water resources were carried out.

研究分野：水文学

キーワード：世界水危機 文理融合 ソフトパス 地下水管理 リモートセンシング

1. 研究開始当初の背景

人口増加や気候変動の影響により、世界規模での将来の水危機の増大の懸念は高まったままである。最新の推計では世界人口は110億から120億にまで増加する可能性が高く、残念ながら温室効果ガスの排出は止まりそうにない。

この世界水危機の把握および解決に資することを目的として、過去10数年ほどの間、世界規模での水需給の逼迫を対象としたアセスメント研究が精力的に行われてきた。ここでは、国内においても国外においても、水文学分野（さらには主として土木・環境工学分野の水文学分野）の研究者が主導的な役割を果たしてきた。本申請者もその研究の進展に加わり、研究成果を発表してきた。

そうしたグローバルな水需給アセスメント研究に社会科学・社会制度に関わる要素を加えるべきだというのは、もはや世界中の誰もが口にするフレーズとなっているかもしれない。しかし、そのような研究は、世界的にもほとんど進んでいない。たとえば、水資源管理に関わる制度・政策を整備すること（ソフト・パス）は水危機対策の重要なオプションとして注目されているが、これまでの理系的な世界水需給アセスメント研究においては無視されたままである。

そこで本研究提案は、理系水文学者と社会学者、さらには最大の水利用セクターである灌漑の地理情報の専門家が、グローバルな水需給アセスメント研究に社会科学・社会制度的な要素を本格的に取り込もうと試みるものである。

2. 研究の目的

本研究提案は、世界水需給アセスメントの内部への社会科学・社会制度的要素の取り込みであり、また世界水需給アセスメントの出力を社会科学解釈するものでもある。

具体的な研究目的は以下のようである。まず、水逼迫緩和に関わる制度・政策（ソフト・パス）を、成立のための自然・社会要因分析の上で、世界水需給アセスメントと結びつける。さらに将来の水逼迫の緩和ポテンシャルを推計する。数あるソフト・パスの中でも特に注目されているのが、水利転用と地下水の有効利用である。前者は農業・工業・生活・環境といった主要利水部門間で水資源の再配分を行うことであり、とりわけ市場メカニズムの要素を取り入れた水利転用（いわゆる水取引）は相対的に豊富な主体から相対的に乏しい主体への再配分を促すことを通じて、需給ひっ迫の解消に寄与すると考えられている。また地下水は需要地に近接した水資源でありダムや海水淡水化プラント建設に比べて採取コストが著しく安いことから、水需給をバランスさせる有望な選択肢である。もちろん安価であることは過剰揚水の危険性と表裏一体であるが、この問題に対しては地下水税や許可証取引など、従来の直接規制と

は異なる革新的な政策ツールが提唱され始めている。

しかし、水取引、地下水税、許可証取引などはその成立要因が明らかにされておらず、適用可能な地域の特定が難しいという大きな課題がある。この要因を明らかにすることによって、そういった主要ソフト・パスと世界水需給アセスメントの結び付けが可能となると考えている。

3. 研究の方法

1) 水逼迫緩和策としてのソフト・パス成立要件の調査： 水逼迫緩和に向けたソフト・パスとして、特に水利転用と地下水管理に注目する。米国および日本においてソフト・パス導入に成果を上げている政策やガバナンス体制の具体事例に注目し、文献調査および実地調査する。そして、世界あるいは広域水需給アセスメントと結合することを目的として、制度の構造と成立要因を法的・政治的・経済的観点から解明する。さらに、世界各国における各制度の適用可能性を明らかにしていく。

2) 灌漑と水インフラに関わる高次地理情報データの整備： 「灌漑と水インフラの高次地理情報」構築のため、灌漑地の干ばつ時の作物状態の高時間解像度モニタリング技術開発に取り組む。これらにより、地域毎に水源および水利権制度と干ばつ対応力の差異を精査することが可能になる。さらに、全球ダム・堰データや、あるいは灌漑水路網などの地域的な地理情報をGIS上でオーバーレイすることによって、ソフト・パス成立要件のための灌漑と水インフラの高次地理情報を整備する。

3) 世界水需給アセスメントへのソフト・パスの組み込み： 水逼迫緩和ソフト・パスの代表である水取引や地下水の有効利用政策が十分成立し得る地域、水インフラ整備次第では成立可能な地域、水利権や土地制度に関わる部分さえ社会的に変更すれば成立する可能性がある地域などを順次抽出する。

4. 研究成果

以下では主な成果について記す。グローバルな水需給逼迫のアセスメントは、近年における水文・水資源学の顕著な進展の一つである。長らくその領域に社会科学要素を組み込むべきという意見が提唱されてきたが、それはまだ実現していなかった。本研究における研究業績の一つはこの未解決課題に取り組む一つの回答を示したことである。

具体的には水法の分析を軸に、近年世界各地で注目を集めつつある水市場の世界的導入可能性を検討した。米国カリフォルニア州・チリ・オーストラリアといった水市場の先進地ではいずれも水利転用の合法化、土地と水の切り離し、緩やかな水利権没収規定を定めている。本研究ではこれらを水市場の導入に必要最低限の法規定と位置付け、

世界 296 の水法 - 国および州レベルの水法も含む - を分析し、「3 条件とも充足」「一部充足」「3 条件とも満たさない」等々に区分けした。そしてこれらの区分けを基に国別の水市場の導入可能性を世界で初めて地図化を通じて示すことに成功した。

本研究は順調に進展したと考えられる。グローバルな水資源評価研究分野において長らく課題であった社会制度の取り込みに一つの活路を見出すことに成功した。同研究分野はいわゆる理系研究者が主導してきたものであり、社会科学の要素を取り入れる手法が確立されていなかった。より広い視点に立てば本研究は水問題に対して新たな文理融合のあり方を提示したものと位置づけられる。

この分野の今後の研究の進捗方向としては、以下のようなものが挙げられる。今後は地下水法を軸に地下水汚染にかかるリージョンおよびグローバル研究を推進する。地下水汚染は蓄積型汚染の典型事例であり、その解決にあたっては 汚染除去の責任者、その費用負担、規制の遡及的適用に関する規定が必要となる。今後はまず手始めに地下水需要の伸びが著しいアジアの地下水問題に焦点をあて、地下水の公水規定、地下水採取の許可制、上記地下水汚染浄化に係る法規定整備状況等を精査し、その充足度を GIS で地図化することで、アジア地域の地下水汚染対策評価を試みる。そしてその後、他地域への拡大を図ることを計画している。

また一方、灌漑情報については、次のような成果を得た。主にアジア・モンスーン地域と乾燥地域において MODIS 時系列画像と Landsat の併用により、灌漑地の作付け回数とピーク植生生長量から大河川流域全体を対象として水危機地域（渇水、洪水）を検出することに成功した。被雲が多く、農地区画面積の小さいアジア・モンスーン地域については、中解像度合成開口レーダ（SAR）を用いた解析法を新たに開発した。

このように水危機地域の高次情報構築について技術開発は予定通り進捗した。ただし地域毎に検証データを用いた衛星画像解析のパラメータ調整が必要なため、全球レベルでの情報構築には至らなかった。別途信頼性のある作物別フェノロジーのデータベースが必要である。今後の研究の推進方策としては、世界各国での異なる空間スケールでの水危機情報構築を迅速に行うための解析ルーティンを構築する。灌漑地の作付け情報の取得可能な地域において定点観測を行い、作物別フェノロジーデータベースを構築することが挙げられる。

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 10 件)

Endo Takahiro, Kakinuma Kaoru, Yoshikawa Sayaka, Kanae Shinjiro, Are water markets globally applicable?, Environmental Research Letters, 査読有、13 巻、2018、034032 - 034032
DOI: 10.1088/1748-9326/aaac08

長野宇規, Transdisciplinarity, SDGs と農村計画、農村計画学会誌、査読無、36(2) 巻、2017、181-184、DOI:なし

Gao, L., S. Yoshikawa, Y. Iseri, S. Fujimori, S. Kanae, An Economic Assessment of the Global Potential for Seawater Desalination to 2050, Water, 査読有、9 巻、2017、763-763、
DOI: 10.3390/w9100763

千葉知世, 基礎自治体における地下水保全の実態と課題 質問紙調査の結果から、水利科学、査読有、60 巻、2017、1-39、
DOI :10.20820/suirikagaku.60.6_1

吉川沙耶花, 鼎 信次郎, グローバルな水需給の長期見通し推計へ向けた挑戦、水環境学会誌、査読有、39 巻、2016、349 - 352、DOI:なし、
https://www.jswe.or.jp/publications/journals/contents/2016/pdf/mokuji_39_09.pdf

Naota Hanasaki, Sayaka Yoshikawa, Kaoru Kakinuma, Shinjiro Kanae, A seawater desalination scheme for global hydrological models, Hydrology and Earth System Sciences, 査読有、20 巻、2016、4143-4157、DOI:10.5194/hess-20-4143-2016

Gökhan BÜYÜK, Erhan Akca, Takashi Kume, Takanori Nagano, Investigation of Nitrate Pollution in Groundwater Used for Irrigation in Konya Karapinar Region, Central Anatolia, KSU J. Nat. Sci., 査読有、19 巻、2016、168-173、
DOI: 10.18016/ksujns.64593

Akihiko Kotera, Takanori Nagano, Patinya Hanittinan, Sucharit Koontanakulvong, Assessing the degree of flood damage to rice crops in the Chao Phraya delta, Thailand, using MODIS satellite imaging, Paddy and Water Environment, 査読有、14 巻、2016、271 - 280
DOI: 10.1007/s10333-015-0496-9

Takahiro Endo, An Institutional Analysis of Groundwater Quality Control: Experiences in Hadano, Kanagawa Prefecture, Japan, hydrology, 査読有、3

巻、2016、
DOI: 10.3390/hydrology3020020

Takanori Nagano, Yumiko Ono, Akihiko Kotera, Ranvir Singh, Detecting fluctuation of rice cultivated areas in semi-arid regions by combined use of MODIS and Landsat imageries, Hydrological Research Letters, 査読有、9巻、2015、107 - 112
DOI: 10.3178/hrll.9.107

〔学会発表〕(計 15 件)

遠藤崇浩、地下水管理における政府の役割について - 米国カリフォルニア州の持続的地下水管理法を中心に -、水工学講演会第 30 回アゲールシンポジウム (招待講演) 2018

長野宇規、水のバリューチェーンの時代、水工学講演会第 30 回アゲールシンポジウム (招待講演) 2018

柿沼薫、Michael Puma, 平林由希子、鼎信次郎、世界における洪水規模と人々の移動、日本生態学会、2018

遠藤崇浩、地下水管理における地方自治体の役割-長野県安曇野市を例に-(4) 地下水管理資金調達手法の比較研究、日本地下水学会 2017 年度秋季講演会、2017

Takanori Nagano, Creating visions for sound water resources management under the changing climate and society, 1st Asia International Water Week, Asia Water Council (招待講演)(国際学会) 2017

Kakinuma K., A. Yanagawa, T. Sasaki, S. Kanae, Vulnerability of social-ecological system to climate change in Mongolia, American Geophysical Union Fall Meeting (国際学会) 2017

Yoshikawa, S., S. Kanae, Long-term projections of global water use for electricity generation, HYDROLOGY DELIVERS EARTH SYSTEM SCIENCES TO SOCIETY 4 (国際学会) 2017

Takanori Nagano, Yotaro Ueno, Akihiko Kotera, Chaiwut Wattanakarn, Kanching Kaward, Thada Sukhapunphan, Sucharit Koontanakulvong, Visualizing submergence risk of field crops in the middle reach of Chao Phraya Delta, 2nd World Irrigation Forum (国際学会)、2016

遠藤崇浩、米国カリフォルニア州「持続的地下水管理法」について、日本地下水学会 2016 年度秋季講演会、2016

千葉知世、地方自治体における地下水政策の現状と課題：地下水ガバナンスの展望、日本地下水学会 2016 年度秋季講演会

Shinjiro Kanae, Challenges in global-scale modeling of adaptation to world water crisis, Fourth International Conference on Agro-Geoinformatics, 2015

Kaoru Kakinuma, Shinjiro Kanae, Adaptation measures to drought in Mongolian rangeland: The long-distant movement of people and livestock, American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting, 2015

Nagano T., Çetin M, Hoshikawa K, Satır O, Berberoğlu S, Kotera A, Akça E, Assessing water budget structure of Akarsu Irrigation District, Turkey by the use of a distributed ecohydrology model, Proceedings of 4th International Agro-Geoinformatics 2015 Conference, 2015

Akihiko KOTERA, Takanori NAGANO, Süha Berberoğlu, Mehmet Ali Çullu, A New MODIS Global Product Noiseless Time-series Vegetation & Water Indices for Farmland Analysis, Proceedings of 4th International Agro-Geoinformatics 2015 Conference, 2015

柿沼薫、吉川沙耶花、遠藤崇浩、鼎信次郎、水資源管理における制度オプションの検討：水取引制度の適用可能性、第 28 回水文・水資源学会、2015

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鼎 信次郎 (KANAÉ, Shinjiro)
東京工業大学・環境・社会理工学院・教授
研究者番号：20313108

(2) 研究分担者

遠藤 崇浩 (ENDO, Takahiro)
大阪府立大学・現代システム科学域・准教授
研究者番号：50414032

長野 宇規 (NAGANO, Takanori)
神戸大学・農学研究科・准教授
研究者番号：70462207

千葉 知世 (CHIBA, Tomoyo)
阪南大学・経済学部・准教授
研究者番号：80751338