

鼎 信次郎

東京工業大学大学院情報理工学研究科・准教授

世界の持続可能な水利用の長期ビジョン作成

§1. 研究実施体制

(1)「代表」グループ

- ① 研究分担グループ長: 鼎 信次郎 (東京工業大学大学院情報理工学研究科、准教授)
- ② 研究項目
 - ・総括
 - ・将来社会シナリオの作成
 - ・持続可能な水利用の「道筋」の算定・提示
 - ・Virtual Waterの考えを応用した「水の安全保障」に関する提言の試み

(2)「農業・地域計画」グループ

- ① 研究分担グループ長: 長野 宇規 (神戸大学大学院農学研究科、准教授)
- ② 研究項目
 - ・持続可能な水利用と農業

(3)「政策」グループ

- ① 研究分担グループ長: 遠藤 崇浩 (筑波大学・大学院生命環境科学研究科、准教授)
- ② 研究項目
 - ・持続可能な水利用のための政策オプションの検討

(4)「水環境」グループ

- ① 研究分担グループ長: 吉村 千洋 (東京工業大学理工学研究科、准教授)
- ② 研究項目
 - ・水域生態系および都市のための持続可能な水利用の検討

(5)「全球モデル」グループ

① 研究分担グループ長:花崎 直太 (独立行政法人 国立環境研究所・地球環境研究センター気候変動リスク評価研究室、主任研究員)

② 研究項目

- ・全球水資源モデルによる世界の水需給見通しの計算

(6)「気候」グループ

① 研究分担グループ長:山田 朋人 (北海道大学大学院工学研究科、准教授)

② 研究項目

- ・将来気候シナリオの作成

(7)「ストック」グループ

① 研究分担グループ長: 渋尾欣弘(東京大学・大学院工学系研究科附属総合研究機構、特任助教)

② 研究項目

- ・ストック型水資源(氷河等)の持続可能性の検討

§2. 研究実施内容

本領域目標である「持続可能な水利用の実現」のため、過去から将来の世界の水需給を算定し、世界のどこで持続可能でない水利用が行われているのか、それがどのように深刻化しそうかを的確に知り、水資源逼迫に対する Critical Level (CL) の設定とその回避のための長期ビジョン作成を行うのが本研究の狙いである。

過去から将来の世界の水需給算定において、社会シナリオと気候シナリオの設定および全球水資源モデルの整備・改良は、最重要の研究項目である。これらの研究については図 1a のように代表グループ、気候グループ及び全球モデルグループの 3 グ

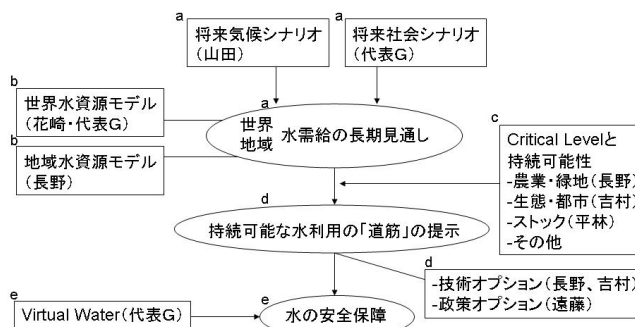


図1 研究プロセス

グループが一体となって進めている。H23 年度は特に社会シナリオ設定に鋭意取り組み、20 世紀の灌漑地面積変化空間データに加えて、21 世紀の食料需要およびバイオ燃料作付け需要⁴⁾に基づく複数の灌漑地面積変化シナリオを設定した。この作成されたシナリオと全球水資源モデルを用いて 1960 年から 2050 年の水需給再現・予測シミュレーションを行った。河川・大規模貯水池・中規模貯水池・非持続性地下水からの水源ごとの取水量を推定し、水利用や水資源の持続可能度の灌漑地変化もしくは気候変化による脆弱性の評価を行った。気候シナリオの設定については、CMIP5 気候モデル出力が順次公開され、一部のダウンロードが可能となった。これまで準備してきた統計的補正手法等を適用することによって、CMIP5 ベースのマルチモデル気候シナリオの構築を実施中であり、今後も継続する予定である。このように全般的に当初の予定通り進んでおり、H24 年度はこれら上記のシナリオに加え、IPCC 第 5 次レポートに即した気候・社会シナリオを用いた全球長期水需給シミュレーションをストック型水資源グループと共同で遂行する。

上記のような将来予測研究の一方で、図1cのように本プロジェクトでは、①農地の持続的生産、②生態系に着目した水環境、③ストック型水資源の持続と枯渇の 3 つの側面から地域ベース・要素ベースでの水資源の持続可能性および CL の検討を試みている。

①農業・地域計画については灌漑農業分野における水利用および水資源変動に対する CL の設定と、CL の到達を回避し持続可能な灌漑農業を実現する長期ビジョンの提示を目的としている。H23 年度は、時系列衛星データ(MODIS)から作成した全球灌漑農地マップをベースとして各灌漑農地の水資源・灌漑諸元・農業生産に関する情報が集約された世界灌漑農業アトラス WAIASS (World Atlas of Irrigation Agriculture for Sustainability Science) の整備を開始した。特にこれまで解析を進めてきたトルコ・セイハン川下流域、ユーフラテス川流域、ベトナム・カンボジア・メコン川下流域、ラオス・サバナケット県、タイ・チャオプラヤ川下流域、中国・黄河流域、オーストラリア・マレー・ダーリン川流域について 2001 年から 2011 年まで毎年の灌漑農地、洪水に関するマップデータの整備を進めた。ラオスの事例では WAIASS を活用することで近年の森林土地利用から農地転換に至る過程を明らかにした¹⁷⁾。また、トルコ・セイハン川下流域および

ハラン平原灌漑地区の現地観測により地下水位および各種イオン濃度の空間分布・季節変動が明らかになった。加えて、灌漑管理実効評価モデルのパラメータ決定および検証を行った。H24年度は、持続可能性アセスメントのための基礎データの収集・整理をすすめて、地域ごとの Critical Level (CL) を試験的に定義する。これらは WAIASS としてまとめ、順次公開予定である。また、これらの情報を全球水資源シミュレーションへと反映する。

②水環境について、H23年度は河川流量（環境流量）の CL を設定するための基盤となる各種ツールを作成した。河川生態系や水環境保全の観点から、流域水利用と魚類群集や水質特性の関係を評価するための知見を蓄積し、各種モデルを開発した。流況に関しては、流況指標に基づく全球スケールでの種多様性評価モデル・流域スケールでの分布型魚類分布モデルを開発した¹⁾。これらのモデルは水利用と河川生態系の関係を定量的に評価することを可能とする。一方、水質に関しては、河川や湖沼における水質特性・毒性（浮遊砂、重金属、有機物）および流域スケールでの水利用の関係を、現地調査や室内実験により解明した^{2),10)・13)}。浮遊砂に関してはその輸送プロセスを分布型流出モデルに組み込み、実流域においてモデルの検証を行った。また、主要都市における水利用の高度化レベルを明確化するために、流域水利用や極端水文事象などに関連する都市水道システムの各種リスクを評価するための方法を検討した¹⁴⁾。H24年度以降、水域生態系および都市の観点から、世界の持続可能な水利用作成へ活用する予定である。

③氷河と地下水という枯渇が心配されているストック型の水資源については、その持続可能性や枯渇度を評価することを目的としている。H23年度も全球水資源モデルのサブモジュールの開発を代表グループと共に取り組んだ。氷河モデルに関しては、氷河の形状・面積などの情報^{ex. 8)}を詳細に取り入れた分布型の改良版モデルへの移行が完了した。H23年度の後半には、これら氷河モデルと地下水モデルを用いた全球規模・過去数十年のストック型水資源シミュレーションを実施し、氷河ならびに地下水の長期変動の再現を試みた。複数の気候・社会シナリオを入力として広域を効率よく計算させる手法も構築し、モデルによる将来の全球・マルチモデル氷河シミュレーションの準備も整った⁵⁾。一方、全球地下水シミュレーションでは、既往の陸面モデルや重力観測衛星 GRACE などを用いてモデルの妥当性を確認した。また、地下水涵養量の全球分布が、主に気候条件と土壌タイプに規定されていることを示唆した¹⁵⁾。上記のようなモデルによるシミュレーションの一方で、統計データや観測データに基づいた 20 世紀の地下水取水量および枯渇量の推定¹⁸⁾や、GRACE を用いた陸水貯留量変動の推定も行った³⁾。

水危機の回避のためには技術的対応がきわめて重要であるが、一方で制度設計を中心とするソフトな適応策も検討に値する。そこで政策グループ（図1d）では、世界の水危機地域の適応策オプションの検討を行ってきた。H23年度は水利転用政策に関するこれまでの調査をとりまとめた。特に渇水銀行なる制度に注目し、直近の 2009 年度の渇水銀行プログラムの分析に加え、これまでの渇水銀行プログラムの総括的検討を行った。同制度に関する単著出版の原稿作成をほぼ終了し、H24年度公刊予定である。また、もう一つの利水政策である地表水と地下水の連結利用についても、H24年度は具体的事例として、地表水と地下水の連結利用を先進的に進めている米国オレンジ郡に注目し、政策を支える法制度および他地域及び全球への適用可能性を検討する。

§3. 成果発表等

(3-1) 原著論文発表

- 論文詳細情報

1. 岩崎明希人, 吉村千洋 (2012) 横断構造物による河川の分断化が淡水魚の出現確率に及ぼす影響, 土木学会論文集 B1(水工学), 68(4), I_685- I_690.
2. 小林慎也, 沼田貴明, 李富生, 廣岡佳弥子, 吉村千洋 (2011) 揖斐川上流河床に堆積した粒状態有機物の組成と起源ならびに新設ダムの影響, 土木学会論文集, 67, III_123-III_131.
3. 佐々木織江, Hyungjun Kim, 平林由希子, 山田花グレニス, 鼎信次郎 (2012) 重力測定衛星 GRACE を用いたヒマラヤ高山帯における氷河質量変動の検出, 土木学会論文集 B1(水工学), 68(4), I_313-I_318.
4. 萩原健介, 石田裕之, 花崎直太, 鼎信次郎 (2012) 全球水資源モデルを用いた様々な食糧需要シナリオにおける世界の農地拡大需要およびバイオ燃料潜在量の推定, 土木学会論文集 B1(水工学), 68(4), I_457-I_462.
5. 平林由希子, 鼎信次郎 (2012) 分布型情報を導入した全球氷河モデル HYOGA2 の開発とヨーロッパ地域における検証, 土木学会論文集 B1(水工学), 68(4), I_301-I_306.
6. 山田朋人, 呉 修一 (2011) 保水能効果を有する降雨流出予測手法の高精度化に向けた陸面モデルの活用. 地球環境研究論文集, 19, I_91-I_96.
7. 山田朋人, 和智光貴 (2011) 北海道岩尾内ダム流域における融雪出水量予測精度と水文特性の経年変化特性. 地球環境研究論文集, 19, I_41-I_46.
8. 渡辺 恵, 中野一成, 平林由希子, 川越清樹, 朝岡良浩, 鼎信次郎 (2012) 衛星画像を用いたボリビアの氷河域の推定手法の開発と氷河分布解析, 土木学会論文集 B1(水工学), 68(4), I_307-I_312.
9. 和田卓也, 山田朋人 (2012) 2011 年 7 月新潟・福島豪雨時における線状降水帯の形状特性・環境場に関する考察. 土木学会論文集 B1(水工学), 68(4), I_397-I_402.
10. Ito, H., Fujii, M., Masago, Y., Yoshimura, C., Waite, T. D. and Omura, T. (2011) Mechanism and kinetics of ligand exchange between ferric citrate and desferrioxamine B, *The Journal of Physical Chemistry A*, 115(21), 5371–5379. (DOI: 10.1021/jp202440e)
11. Iwasaki, Y., Kagaya T., Miyamoto, K. and Matsuda, H. (2012) Responses of riverine macroinvertebrates to zinc in natural streams: implications for the Japanese water quality standard, *Water, Air, & Soil Pollution*, 223(1), 145–158. (DOI: 10.1007/s11270-011-0846-1)
12. Iwasaki, Y., Kagaya, T., Miyamoto, K., Matsuda, H. and Sakakibara, M. (2011)

- Effect of zinc on diversity of riverine benthic macroinvertebrates: Estimation of safe concentrations from field data, *Environmental Toxicology and Chemistry*, 30(10), 2237–2243. (DOI: 10.1002/etc.612)
13. Iwasaki, Y. and Ormerod, S. J. (2012) Estimating safe concentrations of trace metals from inter-continental field data on river macroinvertebrates, *Environmental Pollution*, (accepted).
 14. Ogata, T., Saavedra, V. O., Yoshimura, C., Liengcharernsit, W. and Hirabayashi, Y. (2012) Past and future hydrological simulations of Chao Phraya river basin, *Journal of Japan Society of Civil Engineering, Ser.B1 (Hydraulic Engineering)*, 68(4), I_97–I_102.
 15. Koirala, S., Yamada, H. G., Yeh, P. J.-F., Oki, T., Hirabayashi, Y. and Kanae, S. (2012) Global simulation of groundwater recharge, water table depth and low flow using a land surface model with groundwater representation, *Journal of Japan Society of Civil Engineering, Ser.B1 (Hydraulic Engineering)*, 68(4), I_211–I_216.
 16. Suseno, D. P. and Yamada, T. J. (2012) The use of geostationary based rainfall estimation for characterizing storm severity, *Journal of Japan Society of Civil Engineering, Ser.B1 (Hydraulic Engineering)*, 68(4), I_175–I_180.
 17. Tojo, B., Kotera, A., Nakai, K., Nagano, T., Kobayashi, S. and Moji, K. (2011) Evaluation of recent forest cover change in Savannakhet province, Lao PDR, using satellite imageries and APHRODITE data, *Global Environmental Research*, 15(2), 119–129.
 18. Yamada, H. G., Yoshikawa, S., Koirala, S. and Kanae S. (2012) Spatial and temporal estimation of global water withdrawals from 1950 to 2000 based on statistical data, *Journal of Japan Society of Civil Engineering, Ser.B1 (Hydraulic Engineering)*, 68(4), I_217–I_222.
 19. Yamada, T. J., Sasaki, J. and Matsuoka, N., Climatology of line-shaped rainbands over northern Japan in boreal summer between 1990 and 2010, *Atmospheric Science Letters*, DOI: 10.1002/asl.373 (In press).
 20. Yamada, T. J., Kanae, S., Oki, T. and Hirabayashi, Y., The onset of the west African monsoon simulated in a high-resolution atmospheric general circulation model with reanalyzed soil moisture fields. *Atmospheric Science Letters*, DOI:10.1002/asl.367 (In press).