

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2011～2015

課題番号：23226012

研究課題名(和文) 統合型水循環・水資源モデルによる世界の水持続可能性リスクアセスメントの先導

研究課題名(英文) Leading risk assessments on the global water sustainability by an integrated hydrological and water resources model

研究代表者

沖 大幹 (Oki, Taikan)

東京大学・生産技術研究所・教授

研究者番号：50221148

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 134,300,000円

研究成果の概要(和文)：水資源の確保、水災害の軽減は持続可能な社会の構築に不可欠である。人工衛星による地球観測データ等に基づいて湖沼や河川を含む水面や氷河のグローバルなデータベースを構築し、地下水モデルや河川モデルを改良して、利用可能な淡水資源や洪水被害が気候変動に伴ってどのように変化するかを算定した。一方で、さらなる人口の増加や経済発展に伴う水需要の変化を主要穀物の生産や都市用水に着目して分析・モデル化し、食料の国際取引に伴う水資源需要の緩和や、水インフラ整備に伴う健康リスクの変化の推計をより適切に世界規模で推計可能とした。

研究成果の概要(英文)：Securing water resources and reducing water-related disaster are critical to develop sustainability in society. Global database on water surface, including lakes and rivers, and on glacier particularly debris coverage were developed based on earth observation from artificial satellites, ground water model and river dynamic model were revised and incorporated with land surface/hydrologic models, and future projections how available freshwater resources, water scarcity, and flood damages will change associated with climate change were estimated. At the same time, the changes in water demand in agricultural and urban sectors driven by demographic and socio-economic developments were analyzed and formulated, and contributed to estimate future changes of saving water demand by food trade and health risk with developing water infrastructure.

研究分野：水文学

キーワード：水文学 統合型水循環・水資源モデル 持続可能性 リスクアセスメント

1. 研究開始当初の背景

(1)製品の輸出入に伴い仮想的に取引される水をバーチャルウォーター(VW)という。継続前の基盤 S 課題において発表した Hanasaki et al. (2010)では4つの水源別に VW を推定することに世界ではじめて成功した。しかし、全球水資源モデル H08 では一つの計算格子内で一つの作物しか計算することができなかつたため、各格子で最も栽培面積の大きい作物についてのみ推定が行われた。このため、中国の大豆の VW 計算値が異常に小さくなるなどの問題があった。また時間変化にも対応できなかった。

(2)地球規模の水循環と世界の水資源に関する研究で我々のグループは世界をリードしてきているが、より現実に即した実用的な水資源需給評価を可能とするためには、さらなるモデルの高度化が必要である。ここでは、主にストック型水資源モデル(地下水モデル、氷河モデル等)の開発および改良に取り組んだ。

(3)全球水循環モデルでは湖沼のモデル化が十分にはなされていなかった。湖沼モデルの開発、検証に必要なデータが全球スケールでは整備されていなく、モデル開発を遅延させる原因となっていた。

(4)人間活動を含めたグローバルな水循環モデルの高度化のため、都市における水需要(生活用水と工業用水)の実態把握と予測の高度化が必要であった。またグローバルな水循環におけるリスクとして、衛生的なリスクを考慮に入れた分析はなく、検討が必要であった。

(5)河川による陸域の水循環は、気候システムの一要素として、また人間活動に必要な淡水供給システムとして、重要である。しかし、既存の全球河川モデルの解像度は最高でも0.5度に留まっており、水の流れを決定付けている詳細な地形情報を表現できなかった。水資源アセスメント・洪水リスク評価・地球システムモデルの高度化に向けて、全球河川モデルの高精度化が必要であった。

(6)中央アジアの乾燥・半乾燥域を流れる河川の水源の大部分は山岳の雪氷からの融解水であるが、陸域水循環モデルにおいて、融雪の時期が春先に集中するなど、河川流量の季節変化の再現性が十分ではない。

(7)地球水循環の全体像についての理解は十分であると思われがちであるが、陸面からの蒸発散量のうち、植生を経由する蒸散量と土壌からの蒸発量の割合は、地球水循環を理解するうえの基本的な事項であるにもかかわらず未だ十分理解されているとは言えず、活発な議論が行われている最中であった。将来気候の予測に大きな影響を与えるものであり、理解の向上は喫緊の課題であった。

(8)地球規模の水循環及び水資源とその変動性をきちんと推定するためには長期間の精度の高いシミュレーションが必須である。しかし、20世紀の前半からの気象外力データ

が存在していなかった。

2. 研究の目的

(1)一つの格子内で複数の作物を計算でき、さらに時間変化を扱えるよう、最新のデータを整備し、新しいアルゴリズムの開発を行い、実証することを研究の目的とした。

(2)ストック型水資源の中でも特に重要度が高い要素である地下水モデルの改良については、Koirala et al. (2010)によるグローバルな地下水涵養量シミュレーションを改良、発展させることを目的とした。また、氷河モデルについては、Hirabayashi et al. (2010)にて開発された氷河モデルによる氷河融解量の将来予測とモデルの改良のための基盤データの整備を行うことを目的とした。

(3)湖沼モデルの開発と検証に必要なデータセットを整備し、それらを容易に利用・提供できる Web アプリケーションを開発する。

(4)詳細データの少ない工業用水について将来予測モデルの高度化と、都市の水循環インフラと衛生状況との関連性を明らかにし、グローバルな水循環モデルの高度化に資する情報を提供する。

(5)全球超高解像度の水文地形データを活用して、河川流量だけでなく水位や浸水域も表現できる新たな全球河川モデルを開発する。また、開発した河川モデルと気候モデル・水資源モデルとの結合を目指す。

(6)入力気象強制力のうちの短波放射量に流域の地形条件を細かく反映させることにより、地形が複雑な山岳域における積雪、融雪過程の再現精度を改善することを目的とする。

(7)水蒸気・降水・表層水の安定同位体比の観測を行い、水蒸気同位体比がどのような要因によって変動するのか、蒸発散フラックスにおける蒸散の寄与がどれくらいでどのように変化するのかを分析し、さらに、その手法を全球に適用して地球全域における蒸散寄与率を求める手法を提案する。

(8)長期間の気象外力データを作成し複数の地表面モデルを用いたアンサンブル陸域シミュレーションを第3期土壌水分相互比較プロジェクトとして行う。

3. 研究の方法

(1)世界初のグリッドベースの全球農業収量データ(Iizumi et al., 2014)などを入手、整備した。また、年別・作物別に VW を計算する新しいアルゴリズムを開発し、H08 に実装した。

(2)地下水モデルについては、重力衛星 GRACE データや国別統計値など様々な地球観測情報を統合的に利用し、特に河川流量データから低水のみを抽出し、検証データとして用いることによって、グローバルな地下水シミュレーションの改良および実観的なパラメータ決定手法の最適化を進めた。また、地下水が適切にシミュレーションされるこ

とによるグローバルな蒸発散量の違いを算定し、地下水モデルに続く次の段階である様々な要素（長距離水輸送など）の統合にも取り組んだ。

氷河モデルについては、IPCCの最新気候変動シナリオを用いてアジア高山地域の氷河融解量の将来予測を行った。また、デブリ層の熱収支過程が氷河融解に与える影響を考慮した全球氷河モデルを開発へ向けて、ASTER衛星及びFLASHFlux下方放射データを用いて、全球分布図を作成するためのデータとアルゴリズムについて検討を行なった。

(3)既存のデータを収集し、その精度や類似データセット間の一貫性を調査し、湖沼モデルに必要なデータセットを作成する。また、それらを提供するWebアプリケーションを研究者の意見を取り入れながら開発する。

(4)工業用水については、新たなデータの収集と業種別データの利用などにより、既存モデルの改良を行った。水インフラと衛生状況は国毎のデータを集積し、統計的な分析を駆使しながら、関連性の抽出と将来予測モデルの提案を行った。

(5)衛星標高データや表面流向データを用いて、実地形に基づいた貯水量と水位・浸水域の関係を導出し、全球河川モデルに氾濫原地形パラメータとして与える。また、様々な衛星観測データを統合して、河道幅や河道深さなど全球河川モデルに必要なパラメータを導出する。

(6)斜面方位と勾配によって変化する太陽放射の直達光を単位メッシュごとに、斜面の法線ベクトルと太陽放射の入射ベクトルの内積を取ることで、斜面方位と勾配の効果を表現する。また、メッシュごとの傾きだけでなく、周囲の山岳により直達光が遮られる効果（日陰効果）もモデルに組み込んだ。さらに、散乱光に対して開空度を用いた補正を行う。

(7)つくば市真瀬の試験水田にレーザー分光計及び周辺装置を設置し、稲穂直上の水蒸気を連続的に採取しその同位体比を数秒に1度の高頻度で測定するシステムを構築した。一方、気象データについては同じ観測サイトで気象観測を行っている協力者から提供を受けた。それらの高頻度データを用いて、蒸発散フラックスと蒸散・蒸発各フラックスの同位体比を推定し、蒸散フラックスの寄与率を求めた。

(8)新しく開発された20世紀大気再解析データを元に全球長期（1901-2010）気象外力データを作成する。精度の高い高解像度のデータを作るためGSM(Global Spectral Model)を用いた動的ダウンスケーリングを行い、多様な観測データを用いてバイアスを補正する。シミュレーションの不確実性を推定する為にマルチモデルアンサンブル実験の内容を設計し世界各地の研究機関との共同研究を提案する。

4. 研究成果

(1)主要4農作物(小麦、トウモロコシ、コム、大豆)に対して、1986~2005年の年別・国別(アメリカと中国は州・省別)のVWを推計した(Hanasaki et al. 2016)。ここで開発されたモデルとVWデータは、中国の省間でのVW貿易の推定と政策導入時の変化を扱ったDalin et al. (2014, 2015)や応用一般均衡モデルを使ったVW貿易の温暖化影響評価を扱ったKonar et al. (2016)のような最先端の国際共同研究につながった。

(2)地下水について、鉛直一次元地下水モデルを地表面陸面水文モデルに適切に結合し、年平均全球涵養量を推定し、既存値に比べて、湿潤地域において高いものとなった。また、世界の主な灌漑地における長距離水輸送による取水量を統合水循環・水資源モデルにより2000年を対象に再現することを試みた。

また、アジア高山地域の氷河融解量の将来変化を明らかにし、氷河融解の気候変化に対する応答を整理した。また、統合水循環・水資源モデルを用いて氷河融解が下流の水資源に及ぼす影響を定量化した。氷河モデルの改良を目指して、高解像度衛星データを用いて氷河地域における90m解像度デブリの全球分布の開発を開始した。基盤となるアルゴリズムやデータセットは十分に整備され、次の発展的プロジェクトへと繋がった。

(3)衛星観測に基づく土地被覆地図のうちの湖沼の不確実性の検討を行い、全球湖沼面積は、異なる6種類の地図ではほぼ同じ値であったが、作成年順では、湖沼の拡大縮小が観測事実と合わない湖沼が多くあることが明らかにされた(Nakaegawa et al. 2012)。また、湖沼特性データを複数の情報源で確認し、信頼のおけるデータセットを開発した。また、湖沼周辺の気候情報を整備し、湖沼の周辺環境が把握できるようにした。これら湖沼情報を表示するWebアプリケーションの開発を、共同研究者・ユーザーの意見を取り入れながら、継続して行った

(<http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/CGLB/#>; Nakaegawa et al. 2015)。また、収録湖沼数を600から1万を超える湖沼に対応するため、アプリケーションの構造から見直し、改良を行った。

(4)工業用水はGDPや主要工業種等の因子を元にパラメータ決定を行うことで、モデルを高度化した。また、水インフラ整備の変化量と下痢症死亡者数推移の関連性を見出し、上下水道インフラの衛生改善への寄与を明らかにした結果、衛生リスクのグローバルな予測が可能なモデルを構築した。

(5)超高解像度の水文地形データを用いて、実地形に基づいて河川と氾濫原における水動態を物理的に表現する全球河川モデルCaMa-Floodを開発した(Yamazaki et al., 2011; 2012a; 2014)。河川流量に加えて水位や浸水域を衛星観測と比較可能な精度で表現する、デルタ地帯などでの河道分岐を陽に扱う、など全球河川モデルにおける革新的な

進展を複数実現した。関連論文の総引用数は100を超え、50以上の海外研究機関からモデル公開要請を受けるなど、全球河川モデル研究に非常に大きなインパクトを与えた。

また、水資源モデルや気候モデルとの結合 (Mateo et al. 2014; 鳩野ら 2016) や、実時間洪水予測への応用 (鳩野ら 2014) など、開発した全球河川モデルの応用研究も進んでいる。さらなる河川モデルの高精度化に向けた地形データの補正 (Yamazaki et al., 2012b) や全球水面マップ開発 (Yamazaki et al. 2015; 池嶋ら 2016) も実現した。

(6) 短波放射量の補正に関して、開空度を用いた散乱光補正については一定の効果が確認できたが、流域平均では斜面方位や日陰を考慮した直達光補正の効果が十分に確認できなかった。本研究での検討は5km解像度で行ったが、今後はより高解像度でモデルを適用し、山岳域における短波放射量の補正効果をさらに検討する必要がある。

(7) 観測から得られた水蒸気同位体比の変動要因と、大規模な大気中の水蒸気輸送過程との関係进行分析した。真瀬上空における水蒸気へのローカルな地表面から寄与は年平均で $16.0 \pm 12.3\%$ 、夏平均で $20.5 \pm 12.9\%$ と推算され、大気中の大規模な水蒸気輸送過程が水蒸気同位体比変動の第一の要因であることを明らかにした。この値と季節変化の特徴は、色水追跡モデルからも追認された (Wei et al., 2015)。

高頻度水蒸気同位体比データを分析すると、蒸散寄与率 (T/ET) が稲の成長と共に高まっていることが確認できた。しかし、葉面積指数 (LAI) と単調な比例関係にあるのではなく、 $T/ET=0.67 \cdot LAI^{0.25}$ と、稲の成長の初期段階で蒸散寄与率がより大きく変化するということが明らかとなった。独立の手法で同じく T/ET を求めたところ、同様の値が得られ、本研究の手法の頑健性が示された (Wei et al., 2016)。

60以上の文献をあたり、様々な手法で得られた蒸散寄与率と LAI との関係性を調べ、定量化した6つの植生タイプにおける LAI と蒸散寄与率の関係から、蒸散寄与率の全球分布及び平均値を求めた。その結果は、50-60%であり、近年複数発表された同位体比を用いた研究による値よりはかなり小さく、一般的な地表面モデルによる推定値により近い値であった。

(8) 20世紀気象再解析データ、動的ダウンスケーリング手法、統計的バイアス補正方法を組み合わせて110年間(1901-2010)における気象外力データを作成した。全球エネルギー・水交換実験 (GEWEX) に第3期土壌水分相互比較プロジェクトを企画し

(<http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/GSWP3>) 複数のモデリンググループからシミュレーション結果を収集した。全球大気陸面結合実験 (GLACE) と地球システムモデル共に陸面・雪・土壌水分相互比較プロジェクト (LS3MIP)

を第6期結合モデル相互比較プロジェクト (CMIP6) に提案し正式に認定された。さらにこの研究で開発された気象外力データは CMIP6 の off-line 実験と第2期影響評価モデル相互比較プロジェクト (ISI-MIP2) の標準データとして利用されている。

5. 主な発表論文等

(雑誌論文) (計72件)

1. Bhattarai, R., K. Yoshimura, S. Seto, S. Nakamura, T. Oki, Statistical model for economic damage from flood inundation in Japan using rainfall data and socio-economic parameters, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 16, 1063-1077, 2016, 査読有, doi:10.5194/nhess-16-1063-2016,
2. Hanasaki, N.: Estimating virtual water contents using a global hydrological model: Basis and applications, in: Terrestrial Water Cycle and Climate Change: Natural and Human-Induced Impacts, edited by: Tang, Q., and Oki, T., Geophysical Monograph Series, Wiley, 2016. 査読有
3. Ham, S., K. Yoshimura, H. Li, Historical dynamical downscaling for East Asia with the atmosphere and ocean coupled regional model, J. Meteor. Soc. Japan, 94, 査読有, doi:10.2151/jmsj.2015-046, 2016.
4. Konar, M., Reimer, J. J., Hussein, Z., and Hanasaki, N.: The water footprint of staple crop trade under climate and policy scenarios, Environ. Res. Lett., 11, 035006, 査読有, 10.1088/1748-9326/11/3/035006, 2016.
5. Wei, Z., K. Yoshimura, A. Okazaki, K. Ono, W. Kim, M. Yokoi, C.-T. Lai, Understanding the variability of water isotopologues in near-surface atmospheric moisture over a humid subtropical rice paddy in Tsukuba, Japan, J. Hydrol., 533, 91-102, 2016. 査読有
6. Ham, S., J.-W. Lee, K. Yoshimura, Assessing future climate changes in the East Asian summer and winter monsoon using Regional Spectral Model, J. Meteor. Soc. Japan, 94, 査読有. doi:10.2151/jmsj.2015-051, 2016,
7. Pokhrel, Y. D., S. Koirala, P. J. F. Yeh, N. Hanasaki, L. Longuevergne, S. Kanae and T. Oki, Incorporation of groundwater pumping in a global land surface model with the representation of human impacts,

- Water Resources Research, 51(1), 2015, 78-96, 査読有
8. He, X., H. Kim, P.-E. Kirstetter, K. Yoshimura, E.-C. Chang, C. R. Ferguson, J. M. Erlingis, Y. Hong, T. Oki, The Diurnal Cycle of Precipitation in Regional Spectral Model Simulations over West Africa: Sensitivities to Resolution and Cumulus Schemes. *Wea. Forecasting*, 30, 424-445, 2015. 査読有
 9. Yoshimura, K., Stable water isotopes in climatology, meteorology, and hydrology: A review. *J. Meteor. Soc. Japan*, 93, doi:10.2151/jmsj.2015-036, 2015. 査読有
 10. Wei, Z., K. Yoshimura, A. Okazaki, W. Kim, Z. Liu, M. Yokoi, Partitioning of evapotranspiration using high frequency water vapor isotopic measurement over a rice paddy field, *Water Resour. Res.* 査読有 doi:10.1002/2014WR016737, 2015.
 11. Dalin, C., Qiu, H., Hanasaki, N., Mauzerall, D. L., and Rodriguez-Iturbe, I.: Balancing water resource conservation and food security in China, *P. Natl. Acad. Sci. USA*, 112, 4588-4593, 2015, 査読有. 10.1073/pnas.1504345112.
 12. D.Yamazaki, M.Trigg, D.Ikeshima, Development of a global ~90 m water body map using multi-temporal Landsat images, *Remote Sensing of Environment*, 2015, vol.171, pp.337-351, DOI: 10.1016/j.rse.2015.10.014, 査読有
 13. Nakaegawa, T., O. Arakawa, K. Kamiguchi. 2015: Investigation of Climatological Onset and Withdrawal of the Rainy Season in Panama Based on a Daily Gridded Precipitation Dataset with a High Horizontal Resolution. *Journal of Climate*, 28, 2745-2763. doi: 10.1175/JCLI-D-14-00243.1, 査読有
 14. Nakaegawa, T., S. Horiuchi, H. Kim, 2015: Development of a web application for examining climate data of global lake basins: CGLB. *Hydrological Research Letters*, 9(4), 125-132. DOI: 10.3178/hrl.9.125. 査読有
 15. Chang, E.-C. and K. Yoshimura, A semi-Lagrangian advection scheme for radioactive tracers in the NCEP Regional Spectral Model (RSM), *Geosci. Model Dev.*, 8, 3247-3255, 査読有, doi:10.5194/gmd-8-3247-2015, 2015.
 16. Kotsuki S. and K. Tanaka (2015): SACRA - a method for the estimation of global high-resolution crop calendars from a satellite-sensed NDVI. *Hydrology and Earth System Sciences*, 19, 4441-4461. doi: 10.5194/hess-19-4441-2015. 査読有
 17. Touge, Y., K. Tanaka, T. Khujanazarov, K. Toderich, O. Kozan and E. Nakakita: Developing a Water Circulation Model in the Aral Sea Basin based on in situ Measurements on Irrigated Farms. *Journal of Arid Land Studies*, 25(3), pp.133-136, 2015. 査読有
 18. Koirala, S., P.J-F. Yeh, Y. Hirabayashi, S. Kanae, T. Oki, Global-scale land surface hydrologic modeling with tS representation of water table dynamics, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 119, 2014, 75-89. 査読有
 19. Cho, J, Kim, W, Miyazaki, S, Komori, D, Kim, H, Han, KS, Kanae, S, and Oki, T, Difference in the Priestley-Taylor coefficients at two different heights of a tall micrometeorological tower, *AGRICULTURAL AND FOREST METEOROLOGY*, Vol. 180, 2014, 97-101. 査読有
 20. D.Yamazaki, T.Sato, S.Kanae, Y.Hirabayashi, P.Bates, Regional flood dynamics in a bifurcating mega delta simulated in a global river model, *Geophysical Research Letters*, vol.41, pp.3127-3135, 2014, DOI: 10.1002/2014GL059774, 査読有
 21. C.Mateo, N.Hanasaki, D.Komori, K.Tanaka, M.Kiguchi, A.Champathong, T.Sukhapunnaphan, D.Yamazaki, T.Oki, Assessing the impacts of reservoir operation to floodplain inundation by combining hydrological, reservoir management, and hydrodynamic models, *Water Resources Research*, vol.50, pp.7245-7266, 2014, doi:10.1002/2013WR014845, 査読有
 22. Dalin, C., Hanasaki, N., Qiu, H., Mauzerall, D. L., and Rodriguez-Iturbe, I.: Water resources transfers through Chinese interprovincial and foreign food trade, *P. Natl. Acad. Sci. USA*, 111, 9774-9779, 10.1073/pnas.1404749111, 2014. 査読有
 23. Nitta, T, K. Yoshimura, K. Takata, R. O'ishi, T. Sueyoshi, S. Kanae, T. Oki, A. Abe-Ouchi, and G. E. Liston, Representing variability in subgrid snow cover and snow depth in a global land model: Offline validation, *J.Clim.*, 27, 3318-3330, 2014. 査読有
 24. Yoshimura, K., T. Miyoshi, M. Kanamitsu, Observation System Simulation Experiments using Water

- Vapor Isotope Information, J. Geophys. Res. Atmos., 119, 2014, 査読有.
doi:10.1002/2014JD021662, .
25. Z., A. Okazaki, H. Maeda, Y. Satoh, M. Kiguchi, K. Noda, M. Koike, W. Kim, Z. Liu, and K. Yoshimura, Investigating vegetation-atmosphere water exchange by using high frequency spectroscopy vapor isotope observations, 土木学会論文集 B1(水工学), 70(4), 1_181-1_186, 2014. 査読有
26. Pokhrel, Yadu N., Naota Hanasaki, Pat J-F. Yeh, Tomohito J. Yamada, Shinjiro Kanae, and Taikan Oki, 2012: Model estimates of sea-level change due to anthropogenic impacts on terrestrial water storage, Nature Geosci, 5, 389-392. DOI: 10.1038/Ngeo1476, 査読有
27. Koirala, S., H. Yamada, P. J-F. Yeh, T. Oki, Y. Hirabayashi, and S. Kanae, Global simulation of groundwater recharge, watertable depth, and low flow using a land surface model with groundwater representation, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Vol. 68, 2012, 211-216. 査読有
28. D. Yamazaki, H. Lee, D. Alsdorf, E. Dutra, H. Kim, S. Kanae, T. Oki, Analysis of the water level dynamics simulated by a global river model: A case study in the Amazon River, Water Resources Research, vol.48, W09508, 2012a, DOI: 10.1029/2012WR011869, 査読有
29. D. Yamazaki, C. Baugh, P. Bates, S. Kanae, D. Alsdorf, T. Oki, Adjustment of a spaceborne DEM for use in floodplain hydrodynamic modelling, Journal of Hydrology, vol.436-437, pp.81-91, 2012b, 査読有, DOI: 10.1016/j.jhydrol.2012.02.045.
30. Okazaki, A. P. J. -F. Yeh, K. Yoshimura, M. Watanabe, M. Kimoto, T. Oki, Changes in flood risk under global warming estimated using MIROC5 and the discharge probability index, J. Meteorol. Soc. Japan, 90, 509-524, doi:10.2151/jmsj.2012-405, 2012. 査読有
31. Nakaegawa, T., K. Yamamoto, T. Tanaka, Y. Fukuda, H. Hasegawa. 2012. Investigation of Temporal Characteristics of Terrestrial Water Storage Changes and Its Comparison to Terrestrial Mass Changes. Hydrological Processes. 26, 2470-2481 DOI: 10.1002/hyp.9392, 査読有
32. Nakaegawa, T., 2012: Comparison of Water-Related Land Cover Types in Six 1-km Global Land Cover Datasets. J. Hydrometeorology, 13, 649-664. doi: 10.1175/JHM-D-10-05036.1 , 査読有
33. Nakaegawa, T., 2011. Uncertainty in land cover datasets for global land-surface models derived from 1-km global land cover datasets, Hydrological Processes. 25, 2703-2714. DOI: 10.1002/hyp.8011, 査読有

[学会発表](計70件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

沖 大幹 (OKI Taikan)
東京大学・生産技術研究所・教授
研究者番号: 50221148

(2) 研究分担者

仲江川 敏之 (NAKAEGAWA Toshiyuki)
気象庁気象研究所・気象研究部・主任研究官
研究者番号: 20282600

鼎 信次郎 (KANAE Shinjiro)
東京工業大学・理工学研究科・教授
研究者番号: 20313108

田中 賢治 (TANAKA Kenji)
京都大学・防災研究所・准教授
研究者番号: 30283625

芳村 圭 (YOSHIMURA Kei)
東京大学・大気海洋研究所・准教授
研究者番号: 50376638

花崎 直太 (HANASAKI Naota)
国立研究開発法人国立環境研究所・地球環境研究センター・主任研究員
研究者番号: 50442710

大瀧 雅寛 (OTAKI Masahiro)
お茶の水女子大学・大学院人間文化創成科学研究科・教授
研究者番号: 70272367

山崎 大 (YAMAZAKI Dai)
国立研究開発法人海洋研究開発機構・統合的気候変動予測研究分野・研究員
研究者番号: 70736040

荒巻 俊也 (ARAMAKI Toshiya)
東洋大学・国際地域学部・教授
研究者番号: 90282673