

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 2 日現在

機関番号：14301
 研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2011～2012
 課題番号：23760503
 研究課題名（和文） 日本全国を対象とした土砂と汚染物質の共存場
 における物質循環モデルの構築
 研究課題名（英文） Develop a Material Cycling Model to Study the Soil Sediment
 and Pollutant Material in Japan
 研究代表者
 賀 斌（HE BIN）
 京都大学・極端気象適応社会教育ユニット・准教授
 研究者番号：90569724

研究成果の概要（和文）：

水質負荷についてデータのフォーマットの統一化、人口・土地・社会統計などから窒素・リン・土砂負荷マップの整備、20 世紀長期間環境データベースを構築しました。広域環境負荷モデルにより、長期間水環境負荷量のシミュレーションを行いました。また、流域における環境負荷の推定と検証を行って、環境負荷量の形態別組成の変動を解明しました。最後に、流域における窒素・土砂などの河川排出量とそのトレンド・要因を解析しました。

研究成果の概要（英文）：

In this research, the different database of population, land use, social statistics, etc., was collected and created using the same format for 21 century. The temporal and spatial distribution of the nitrogen, phosphorus, and soil sediment was mapped for Japan. The simulation of the long term water environment loadings was conducted then. To validate the simulation results, the river basins in Japan were selected for calculation. Finally, the trend and causes of nitrogen and sediment loadings were evaluated based on the above results.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,000,000	600,000	2,600,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木環境システム

キーワード：物質循環, 日本, 流域, 河川, 水質, 土砂, 水資源利用

1. 研究開始当初の背景

大気を通して環境に影響を及ぼす環境負荷物質は、単に大気圏の中に滞留しているだけでなく、水圏との交換や生物圏への取り込みなど、境界領域を通して相互作用しており、非常に複雑な挙動をしている。そして、人類の作り出した環境物質は、大気や河川湖沼を経由して、最終的には海洋に負荷される。しかしながら、近年急激な経済発展と人口増

加による人間活動は、多くの物質の環境に対する負荷を増大させ、河川湖沼及び沿岸海洋環境に大きな影響を及ぼし、環境循環の攪乱が懸念されている。例えば、近年全世界の大規模ダム建設に伴う停滞水域の増加は、人間活動拡大による窒素負荷増大とあいまって、陸水硅藻類の増加をもたらした。こうした流域の開発にともなう土砂や窒素・リン負荷の増大とダム建設等による水資源開発によっ

で引き起こされる平常時の河川流量の低下が、海域への溶存硅酸態硅素の供給量の減少をもたらすとともに、他の栄養塩類に対する比率の低下にも重大な影響を及ぼしている。

日本における河川の水質は、1970年代以来の環境規制の効果があがって全国的に改善しつつあるが、湖沼の水質には改善が顕著には見られない。従来からの生活排水や家畜排せつ物起源の負荷に加えて、コントロールされない面的汚濁源からの栄養塩負荷が増大している可能性や、大気由来の沈着物を起源として硝酸性窒素濃度が高くなっている可能性が指摘されている。日本近海でも、富栄養化の進行と有害赤潮などの被害が増加しており、水資源が汚染されることなども頻繁に生じている。こうした人間活動あるいは気候変動と、環境問題、およびその因果関係を定量的に評価することは、近年大きな国際関心を集めている最も重要な課題となる。今後ますます増大する食糧需要、水需要に対処するためには、長期的、地球的な視点からより適切な土地・水利用を誘導するための方策を講じることが必要である。このため、ユネスコ政府間海洋学委員会(UNESCO/IOC)等により、海洋環境の変動予測や保全を目的とし、IGBP-LOICZ(国際地圏生物圏実験計画-陸海相互作用沿岸海洋計画)やGOOS-HOTO(全球海洋観測システム-海洋健康度モジュール)などの計画が策定されている。

さらに、地球の環境は地球表層における広域スケールの水と物質の循環で決まっているので、物質循環の研究はすなわち地球環境の研究であり、広範囲的な視点が必要であると言えることができる。そのため、環境負荷物質については広域環境全体の中で挙動を把握し、定量的に評価することが必要となる。特に、地球表層の物質循環は大気、陸面、海洋に影響を及ぼしあい、水の循環と生物の活動によって支配されるので、現在の環境変化を説明し、将来の変化を予測するためには、広域的な数値モデルの開発と利用が不可欠である。従来の広域スケール水環境汚染に関する研究の多くは、河川の年間流量や、土砂・窒素負荷量等のような総量負荷との関連のみを扱ったものが大部分であった。しかしながら、実際の水圏生態系は洪水・渇水等の流量変動・極端気象の影響や栄養塩負荷の形態別組成の変動によって短期的に大きく変化する。したがって、より確からしい予測を行うためには、広域的な水・物質循環モデルを高度化することが必須であるが、現在のモデルにおいては、水圏に関する知見が不十分である。

2. 研究の目的

人間活動および地球規模の気候変動が、

自然生態系の持つ本来のバランスを攪乱し、地球温暖化、土地劣化、水汚染など様々な環境問題を引き起こしたと指摘されている。本研究は、河川流域における土砂生産・汚染物質循環モデルを構築し、日本における河川流域から沿岸海域へ流入する物質負荷量の時間的変遷を明らかにすることを目的とする。さらに、広域に渡る日本の河川水環境の全体像を把握することを目的として、日本全国における河川水の水環境データベースの構築と水環境負荷モデルの開発を実施する。

3. 研究の方法

●地球環境情報デジタルライブラリの構築：日本を対象として水循環解析や物質循環解析に必要な地形、地質、土地利用、植生、人口、農業、畜産、気候などに関する情報を収集し、地球環境情報デジタルライブラリを構築する。水環境分野に関する降雨量、日射量、土壌湿度、土壌温度、河川流量などを含むデータベースを構築する。

●水循環モデルの構築とシミュレーション：日単位で実行し、検証データを用いてその適合性を確認するとともに、土地利用変化が水循環と物質循環にどの程度インパクトを与えてきたのかを明らかにする。

●分布型流出予測システムを用い、広域物質循環のメカニズムを組み込む統合モデルを構築する。農業・畜産・自然・生活排水・工業排水と負荷源を分離して個別の負荷をさらに詳しく推定する。

●人間活動に伴うと考えられる将来の土地利用・気候変動による生態系の窒素・土砂循環への影響とリスク評価を行って、水圏での汚染の発生要因を解明する。

4. 研究成果

●日本における水文・環境・社会・生産などについて長期間環境データベースの構築、データベースの統計解析、文献の収集などである。具体的には、日本の水・物質循環解析に必要な地形、地質、土地利用、植生、人口、農業、畜産、気候など情報を収集し、水環境情報デジタルライブラリを構築した。

●GIS(数値地図情報システム)やリモートセンシング(衛星画像や航空写真)を活用し、農業・畜産業・森林地域データ及び地域の土地利用等の基礎環境データ情報を統合した。さらに、以上のデータベースを用いて、広域環境負荷モデルを開発し、日本全域に応用する。モデルの空間解像度は、1kmと10kmである。時間解像度は、日と月である。検証するデータは、国土交通省河川局が観測したデータである。

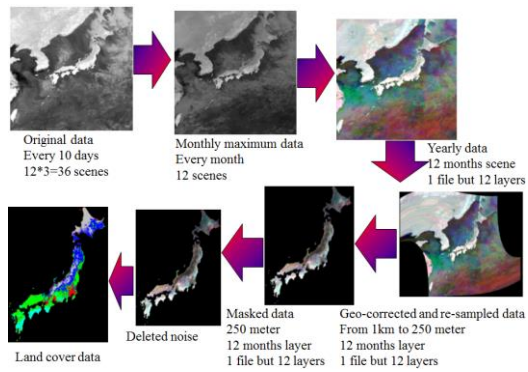


Figure 1 Process to generate land cover map from NOAA AVHRR data (1983-2009)

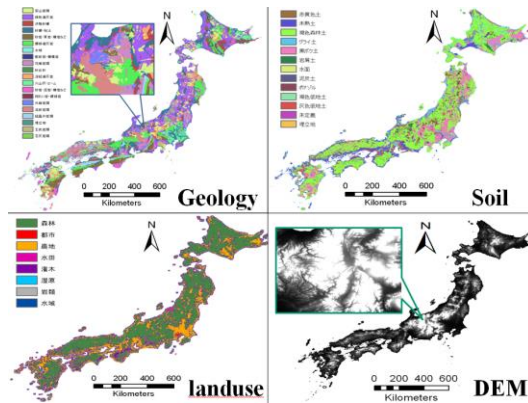


Figure 2 The basic GIS data used in this study.

●以上開発された広域環境負荷モデルについて、時間と空間解像度の UNCERTAINTY を検討した。

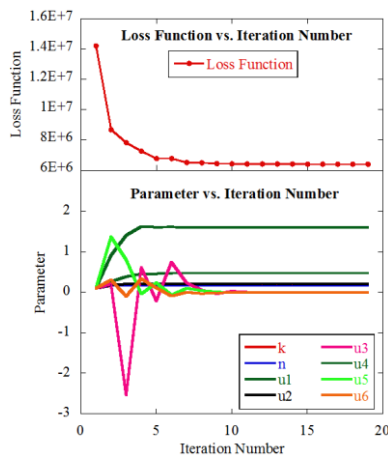


Figure 3 Iteration history for parameters and loss function during optimization process, indicating that the loss function become stable after the 8th iteration.

●長期間シミュレーションとして、流域ごとの出力を観測データと比較する。上記でまとめられたデータとモデルによって、農業・畜産・自然・生活排水・工業排水と負荷源を分離して個別の環境負荷をさらに詳しく推定して、水圏での汚染の発生要因を解明した。

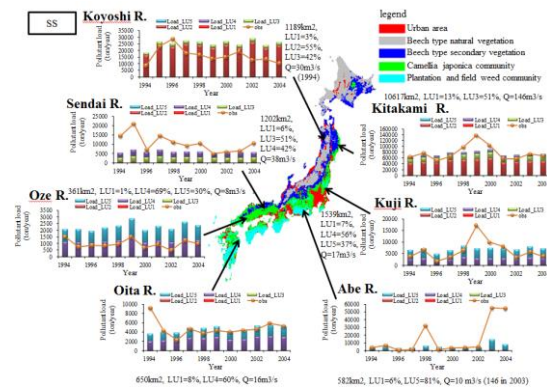


Figure 4 Generated SS load in Japanese river basins. The yellow line presents the observed pollutant load.

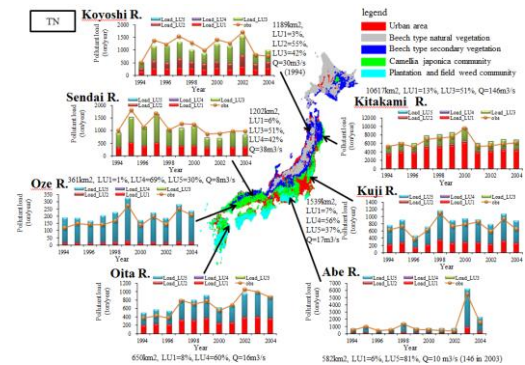


Figure 5 Generated TN load in Japanese river basins. Vertical bar shows the pollutant load from different land cover. From these figures, we found that the urban area has high impact on the TN export in rivers.

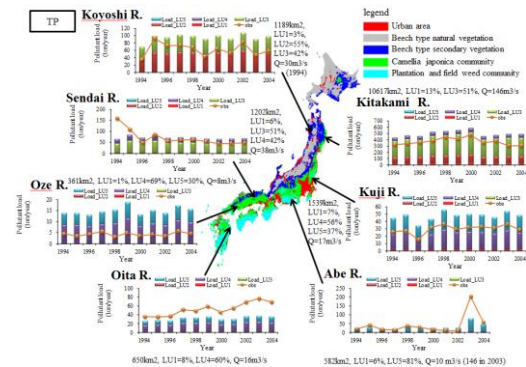


Figure 6 Generated TP load in Japanese river basins. Different from TN, the impact of urban area has very small impact on the TP export in rivers.

●日本における環境負荷の推定と検証を行った。モデルに関するパラメータを長期間環境データベースに応用した。

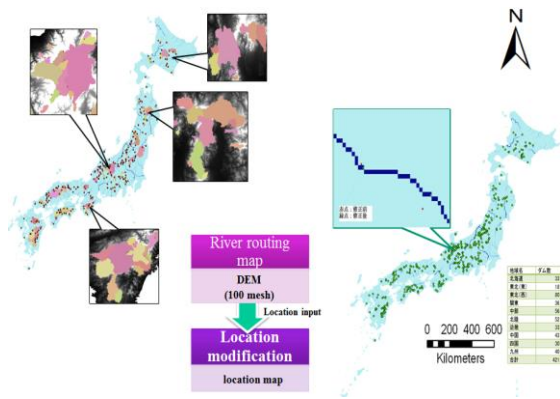


Figure 7 Selected river basins for model validation.

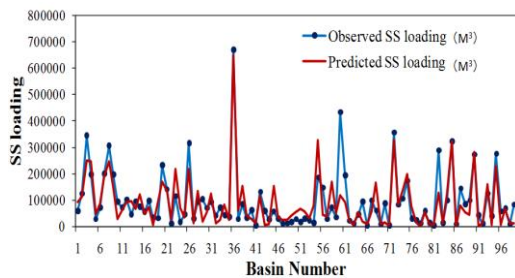


Figure 8 Comparison between the modeled and observed SS loadings for the river basins which have available observation data.

●さらに、気候変動・人間活動を考慮して、様々なシナリオを提示した。それらのシナリオを日本に適用して、将来の環境負荷を検討する。とくに、洪水・渇水等の流量変動・極端気象の影響や栄養塩負荷の形態別組成の変動を解明する。

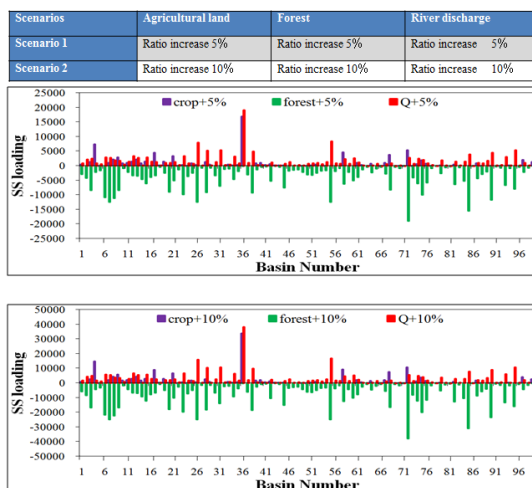


Figure 9 SS loading under different scenarios: (1) When agricultural land and river discharge increase, annual SS increase. (2) When forest increase, annual SS decrease.

●研究成果を整理して、論文としてとりまとめ、国際誌に投稿した。また、日本・中国・イタリア・クロアチア・マレーシアなどで環境負荷に関する国際シンポジウムに参加し、日本・欧米・アジアの途上国における環境負荷・環境政策を検討し、将来のさまざまな社会発展における環境と温暖化への適応策を検討した。

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 10 件)

- (1) Luo P, He B, Takara K, Nover D, Yamashiki Y. 2013. Statistical analysis and estimation of annual suspended sediment of major rivers in Japan. *Environmental Science: Processes & Impacts*. 15, 1052-1061. DOI: 10.1039/C3EM30777H. (査読有り)
- (2) Luo P, Takara K, APiP, He B, Nover D. 2013. Paleoflood simulation in the Kamo River basin by using a grid-cell distributed rainfall-runoff model. *Journal of Flood Risk Management*. online first. (査読有り) DOI: 10.1111/jfr3.12038.
- (3) Sassa K, He B, Miyagi T, Strasser M, Konagai K, Ostric M, Setiawan H, Takara K, Nagai O, Yamashiki Y, Tutumi S. 2012. A hypothesis of the Senoumi submarine megaslide in Suruga Bay in Japan-based on the undrained dynamic-loading ring shear tests and computer simulation. *Landslides*. 9, 439-455. (査読有り) DOI: 10.1007/s10346-012-0356-2
- (4) He B, Oki K, Wang Y, Oki T, Yamashiki Y, Takara K, Miura S, Imai A, Komatsu K, Kawasaki N. 2012. Analysis of stream water quality and estimation of nutrient load with the aid of Quick Bird remote sensing imagery. *Hydrological Science Journal*. 57(5), 850-860. (査読有り) DOI:10.1080/02626667.2012.683792
- (5) Duan W, He B, Takara K, Luo P, Yamashiki Y. 2012. Estimating the sources and transport of nitrogen pollution in the Ishikari River basin, Japan. *Advanced Materials Research*. 2012, 518-523. (査読有り) DOI: 10.4028/AMR.518-523.3007
- (6) Luo P., Takara K, APiP, He B, Nover D,

and Yamashiki Y, Land use change analysis and paleo-flood in the Kamo River basin, Kyoto, Japan, Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE, Vol.56, 2012, pp. 127-132. (査読有り)

- (7) **He B**, Kanae S, Oki T, Hirabayashi Y, Yamashiki Y, Takara K. 2011. Assessment of global nitrogen pollution in rivers by an integrated biogeochemical modeling frame. Water Research. 45, 2573-2586. (査読有り) DOI: 10.1016/j.watres.2011.02.011.
- (8) **He B**, Oki K, Kanae S, Shen Y, Sun F, Kim H, Yamazake D, Komori D. 2011. Estimating monthly total nitrogen concentration in Japanese streams by using artificial neural networks. Journal of Environmental Management. 92(1), 172-177. (査読有り) DOI:10.1016/j.jenvman.2010.09.014
- (9) Luo P, **He B**, Razafindrabe BHN, Shen Y, Wang Y, Yamashiki Y, Takara K. 2011. Spatiotemporal trend analysis of recent river water quality conditions in Japan. Journal of Environmental Monitoring, 13, 2819-2829. DOI: 10.1039/C1EM10339C (査読有り)
- (10) Luo P, Takara K, **He B**, Cao W, Yamashiki Y, Nover D. 2012. Calibration and uncertainty analysis of SWAT model in a Japanese river catchment. Annual Journal of Hydraulic Engineering (JSCE). 67, 61-66. (査読有り) DOI: 10.2208/jscejhe.67.1_61

[学会発表] (計 13 件)

- (1) **He B**, Sassa K., Nagai O., Takara K. Manual of LS-RAPID Numerical Simulation Model for Landslide Teaching and Research. The 1st Regional Symposium on Landslides in Adriatic-Balkan Region. 2013年03月07日~2013年03月09日, Zagreb, Croatia.
- (2) **He B**, Razafindrabe B. Impacts of waste management and related environmental risks to human health in a changing climate and environment. International Conference on Pollution and Treatment Technology. 2013年01月02日~2013年01月04日, Sanya, Hainan, China.
- (3) **He B**, Takara K, Yamashiki Y, Kobayashi K. Application of Remote Sensing Imagery and GIS tool to estimate the potential annual suspended sediment

load in rivers. The 2nd International Conference on Water Resources (ICWR). 2012年11月05日~2012年11月07日, Langkawi, Malaysia.

- (4) Duan W, **He B**, Takara K, Luo P, Yamashiki Y. Estimating suspended sediment sources and transport for Ishikari river basin in Hokkaido using SPARROW model. The 2nd International Conference on Water Resources (ICWR), 2012年11月05日~2012年11月07日, Langkawi, Malaysia.
- (5) Duan W, **He B**, Takara K, Luo P, Yamashiki Y. Estimation Nitrogen Sources and Transport for Ishikari River Basin Using SPARROW Model. Annual Meeting of Japan Soc. Hydrol. and Water Resource. 2012年09月26日~2012年09月28日, 広島市西区民文化センター (広島市)
- (6) Duan W, **He B**, Takara K, Luo P, Yamashiki Y. Estimating the sources and transport of nitrogen pollution in the Ishikari River Basin, Japan. International Conference on Energy and Environmental Protection (ICEEP), 2012年06月23日~2012年06月24日, Huhhot, China.
- (7) Luo P, **He B** and Takara K. Long-term Historical Land Use Change Analysis and Impact on the Hydrological Responses. The Second International Workshop on Earth Observation and Remote Sensing Applications (EORSA 2012). 2012年06月08日~2012年06月11日, Shanghai, China.
- (8) **He B**, Luo P, Takara K, Yamashiki Y. Effect of Extreme Events on Sedimentation Conditions in Japanese Rivers and Reservoir. International symposium on sediment disasters under influence of climate change & tectonic activity. 2011年9月16日, 札幌, 北海道大学.
- (9) **He B**, Luo P, Takara K, Liu Y, Yamashiki Y. Parameter sensitivity analysis of a pollutant prediction model for estimating soil sediment in rivers. EWRA International Symposium - Water Engineering and Management in a Changing Environment. 2011年7月2日, Catania, Italy.
- (10) **He B**, Takara K, Tachikawa Y, Luo P, Liu Y, Yamashiki Y. Future projection of potential suspended sediment load in Japanese rivers under climate change. 2011 JPGU

- International Conference, 2011年5月27日, 千葉市, 幕張メッセ国際会議場.
- (11) Luo P, Takara K, He B, Cao W, Yamashiki Y, Nover D. Calibration and uncertainty analysis of SWAT model in a Japanese river catchment. 2011 JPGU International Conference. 2011年5月27日, 千葉市, 幕張メッセ国際会議場.
- (12) Luo P, He B, Takara K. Sustainability and life span of Japanese reservoirs -Statistic analysis of sedimentation condition in Japan. International Symposium on Water Resource and Environmental Protection (ISWREP 2011), 2011年5月21日, Xi'an, China.
- (13) Luo P, He B, Takara K. Statistical analysis of spatial and temporal distribution of total nitrogen in Japanese river. The International Conference on Environmental Pollution and Public Health (EPPH2011) 2011年5月11日, Wuhan, China.

[図書] (計 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 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 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]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

賀 斌 (HE BIN)

京都大学・極端気象適応社会教育ユニット・准教授

研究者番号：90569724

(2) 研究分担者 ()

研究者番号：

(3) 連携研究者 ()

研究者番号：