

⑩-1 流域スケールで見た物質動態特性の把握に関する研究①

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：水災害研究グループ（水文）

研究担当者：岩見洋一、上野山智也、

E.D.P Perera、

【要旨】

河川や閉鎖性水域において、種々の対策が行われているにも関わらず栄養塩濃度は横ばい傾向にある。発生源ごとの水域への栄養塩類の流出機構が明確でなく、発生源毎の寄与度と対策効果を総合的に評価できる流域規模の水・物質循環モデルが必要である。本研究は、印旛沼高崎川流域を対象に、家畜排せつ物法の適用前後での流域の家畜の状況を調査し、畜産由来の汚濁負荷（窒素、リン）のサブモデル化を行い、さらに、都市由来、森林由来のサブモデル化も行い、これまで土木研究所で開発した WEP モデルのサブモデルの改良・開発を目的として実施している。平成 24 年度までに流域スケール水・物質循環モデルについて、畜産における排泄物管理が河川への栄養塩（N,P）負荷流出に与える影響を評価するための畜産流出サブモデル改良手法の検討を行った。平成 25 年度においては、都市由来サブモデル、森林由来サブモデルを検討するため、高崎川流域を小流域に分割し、流域全体と比較して森林の占める面積の割合が比較的多い小流域と都市化が進んだ面積が比較的多い小流域で観測を実施した。さらに、それらの観測データを使用して WEP モデルの検証を試行した。

キーワード：WEP モデル、汚濁負荷流出、窒素、リン、森林、都市化

1. はじめに

流域における土地利用の変化や人口増加、生活水準の向上など都市化による汚濁負荷が、河川や閉鎖性水域の水質に大きな影響を与えている。これらの汚濁負荷に対しては、総量規制や湖沼保全計画に基づき、点源からの発生負荷量は削減されているもの、栄養塩濃度は依然として低下していない状況にある。この原因として、面源からの流出負荷の比率が高く、それが減少していないあるいは増加しているため、点源からの負荷の削減が実際の流出負荷の削減に結びついていないことが指摘される¹⁾。

面源汚染からの負荷は、人間の土地利用や土地利用自体の変化など、多くの要因が影響を及ぼしている²⁾。農業は、面源負荷の主要因の一つとされており、農業活動の中で畜産も面源負荷としての影響が考えられる。通常は、畜産排出負荷は、畜舎排水による点源と考えられているが、たとえば家畜排せつ物法適用以前においては、野積み等の不適切な処理が残っていれば、排水処理を経ずに降雨流出過程を通して面源的に排出される状況も想定される。多くの水質モデルは、水域への汚濁負荷を推定するために開発されてきた。しかし、家畜の面源に関する研究は、負荷を把握することが難しいためほとんどモ

デル化されていない。

そこで本研究では、畜産の面源汚濁負荷が水質に与える影響を評価するために WEP (Water and Energy Processes) モデルを改良・開発する。

WEP モデルは、土木研究所で開発した分布物理型の水・物質循環モデルで、当初、水とエネルギー量の分析を流域スケールで行うために開発され³⁾、その後、窒素やリンを対象項目に加え⁴⁾、SS(Suspended solid)の影響も考慮する⁵⁾ことにより再現性の向上を図っている。平成 24 年度までに、窒素、リンの流域スケールのモデルリングモジュールの導入、土砂動態(SS)モデルの改良を行った。さらに、家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律の前後での流域での家畜の状況を調査することにより、畜産の汚濁負荷が河川に与える影響についてモデル化し WEP モデルの改良を行った。平成 25 年度は、モデル流域である高崎川流域内から、都市化の進んだ小流域（以下「都市流域」と呼ぶ）と森林が比較的多く存在する小流域（以下「森林流域」と呼ぶ）を抽出し、それぞれの小流域に観測地点を設け、小降雨を対象にして観測を実施し、観測結果と計算結果を比較した。

2. モデル流域の概要

図-1に印旛沼流域の高崎河川流域図を示す。印旛沼流域は、湖沼水質保全特別措置法に基づく指定湖沼の指定を受け、これまで6期にわたる湖沼水質保全計画が策定されている。高崎川は流域面積が、79km²の印旛沼流域内の河川である。過去から現在まで比較的データが揃っていることから、モデル流域として研究を実施している。



図-1 印旛沼流域と高崎川流域
(印旛沼流域水循環健全化会議の提供資料に加筆)

3. 研究概要

3.1 小流域の選定方法

高崎川流域を小流域に分割し、流域全体の土地利用状況と比較して都市化の進んだエリアの占める割合が多い流域（以下「都市流域」と称す）と森林の占める割合が比較的多い流域（以下「森林流域」と称す）を抽出し、現地調査により、観測の対象とする小流域（観測地点）を選定した。

3.2 観測

頻繁に起こる小さな降雨を対象に TN,TP,SS の観測を実施した。観測の実施期間は平成25年12月より平成26年2月までの小さな降雨があった時に採水を行った。降雨量は、千葉県により高崎流域で実施している雨量観測（印旛土木事務所、馬渡、八街、富里の4地点）で得られたデータから流域平均雨量を求め使用した。

3.3 今回の検討方法

平成24年度まで構築したモデルの試行を目的として、今回観測されたデータを用いて、平成24年度までに開発した窒素、リンの物質循環過程を導入

したサブモデルにより計算を行った。

4. 研究結果

4.1 都市流域、森林流域の概要

森林流域および都市流域の位置図を図-2に、土地利用状況を表-1に示す。表-1は、GISデータをもとに表-1に示す7種類の土地利用区分に分類し、各区分が流域に占める割合を求めたものである。

都市流域（流域15）は、高崎川流域の下流側に位置し、流域面積が約5.7km²で、住宅地域が約40%、森林が約14%を占めている。一方、森林流域（流域26）は、都市流域の上流側で隣接しており、流域面積が約19.5km²で、住宅地が約14%、森林が約30%を占めている。

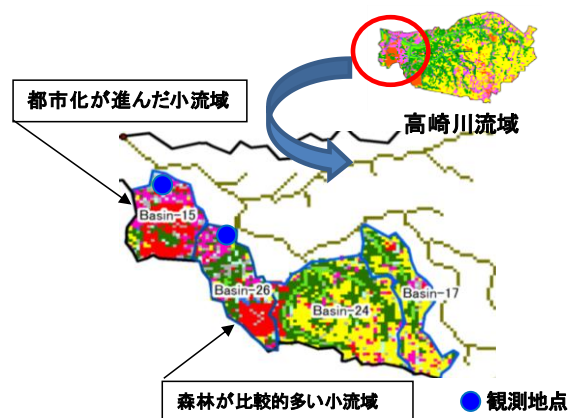


図-2 森林流域および都市流域

表-1 都市流域および森林流域の土地利用状況

単位：%

土地利用形態	高崎川全流域	都市流域(流域15)	森林流域(流域26)
森林	22.7	13.9	29.8
水田	9.1	1.4	3.3
畑	33.4	3.4	6.8
造成地	14.7	21.5	14.2
住宅地	6.6	40.8	25.3
道路	7.9	12.1	11.6
公園	4.9	5.8	6.8
河水域	0.8	1.0	2.0
合計	100.0	100.0	100.0

4.2 観測結果

平成25年12月18日16時から20日3時の約10mm

の連続雨量、平成 26 年 1 月 8 日 21 時から 9 日 5 時にかけての約 10mm の連続降雨に対して 2 時間おきに採水（観測）を実施した。

4. 3 観測値と計算値の比較

都市流域および森林流域の TN、TP、SS について観測値および計算値を図-3、4に示す。

(1) 12 月 19 日～20 日の観測

時間雨量 1～2mm の降雨が続いた場合の観測事例である。計算値と観測値の比較により下記傾向がみられた。

- ①TN は、森林流域では計算値が観測値に比べて小さく再現される傾向がみられることに対して、都市流域の 13 時、16 時みられるように計算値が観測値に比べて小さく再現される。
- ②TP は、森林流域、都市流域ともに計算値が観測値に比べて小さく再現される傾向がみられる。
- ③SS については、森林流域で計算値が観測値に比べて小さく、都市流域で大きく再現される。

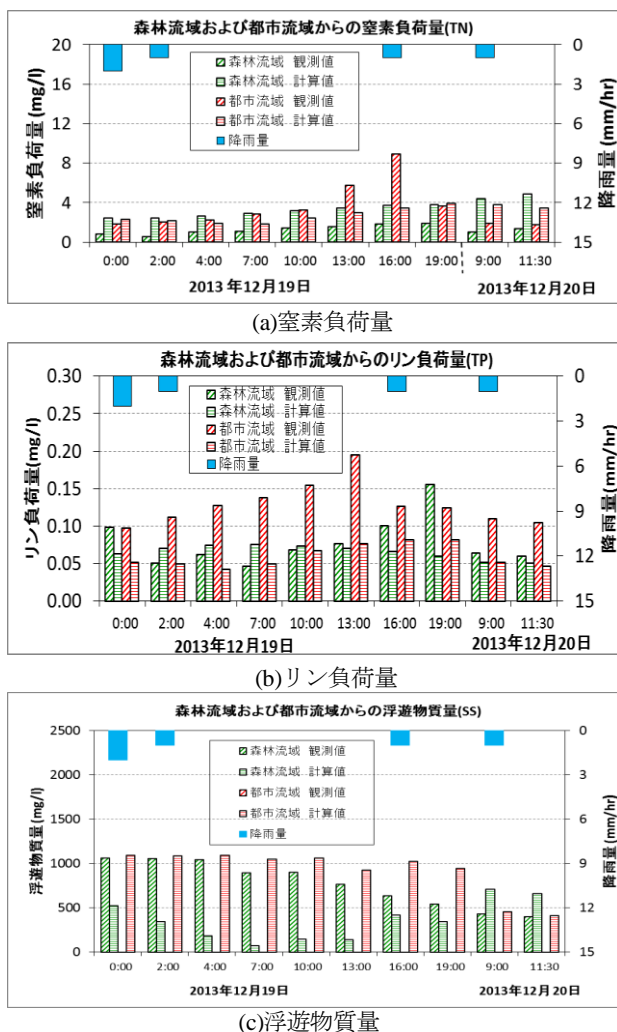


図-3 12 月 19 日～20 日の観測結果と計算値

(2) 1 月 8 日～9 日の観測

時間雨量 3mm と 5mm 程度の降雨があった後、1mm 程度の降雨が続いた場合の事例である。計算値と観測値の比較により下記傾向がみられた。

- ①TN は、観測値に比べて計算値が大きくなる再現される傾向がみられる。
- ②TP は、23 時の時間雨量 5mm の降雨までは計算値が観測値に比べて小さいが、その後大きく再現される傾向がみられる。
- ③SS は、森林流域、都市流域ともに計算値が観測値に比べて大きく再現される傾向がみられる。

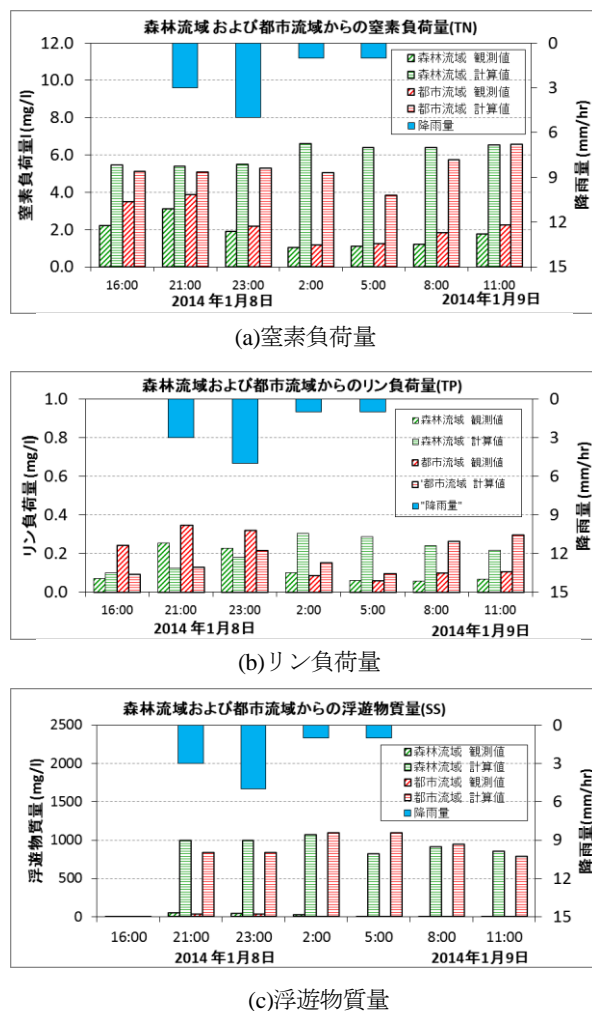


図-4 1 月 8 日～9 日の観測結果と計算値

(3) まとめ

平成 25 年度は小降雨時のデータしか得られなかったが、計算値との比較において、ばらつきがあり、明確な関係性を把握することができなかった。今後

は降水量が大きい事象を含め、検証を進めていく必要がある。

5. おわりに

本研究では、高崎川の都市流域および森林流域において連続雨量 10mm 程度の TN、TP、SS を観測し、そのデータを使って WEP モデルの検証を試行した。

今後、引き続き観測を実施し、計算事例を増やして、より精度の高いモデルに改良する必要がある。特に、大きな出水時の観測を実施し、モデルを検証する必要がある。

謝辞

本研究で用いた印旛沼・高崎川流域の水文、水質データは千葉県および印旛沼流域水循環健全化会議により観測・収集されたものです。貴重なデータを提供していただいた両者に対し、ここに謝意を示します。

参考文献

1) 社団法人日本水環境学会：「非特定汚染原からの流出負

荷量の推定手法に関する研究 Study on Load Estimation of Non-point Source Pollution」、平成 23 年度環境省環境研究総合推進費成果報告書(RFb-11T1)、平成 24 年 3 月

- 2) Novotny, V., (1999). Integrating diffuse/nonpoint pollution control and water body restoration into watershed management. *Journal of the American Water Resources Association* 35 (4), 717-727.
- 3) Jia, Y., Ni, G., Kawahara, Y. and Suetsugi, T., (2001). Development of WEP model and its application to an urban watershed. *Hydrological Processes* 15, 2175-2194.
- 4) Jia, Y.W., Kinouchi, T. and Yoshitani, J., (2005). Distributed hydrologic modeling in a partially urbanized agricultural watershed using WEP model. *Journal of Hydrologic Engineering*, 10, 253-263.
- 5) Rajapaksha, H., Inomata, H. and Fukami, K., (2009). Diffuse-source particulate nitrogen and phosphorus pollution modeling in Yata river basin in Japan using process-based WEP model coupled with a sediment erosion-transport model. *Ann. Conf. of Japan Society of*

STUDY ON COMPREHENDING DYNAMIC MATERIAL CIRCULATION AND RUNOFF ON BASIN SCALE (1)

Budget: Grants for operating expenses (General account)

Research Period: FY2011-2016

Research Team: Water-related Hazard Research Group

Author: Yoichi Iwami, Toshiya Uenoyama

E.D.P Perera

Abstract:

Impacts on river basin environments due to alterations in water and material cycles have been concerned in recent past due to those impacts are very serious in water quality point of view and especially where the water quality in the basins are at or above the threshold of contamination. Land use changes due to urbanization and intensive agricultural activities including high level fertilization and livestock farming significantly impact the water quality of river basins. Point source and non-point source pollutions in river basins should be controlled to maintain the river water quality standards. Recently in many watersheds point source pollution has been managed however still non-point source pollution is a challenging task for the river basin managers. At this end ICHARM has been developing a basin scale hydrological and material (nitrate, phosphate and suspended solid) circulation model updating the already existing WEP (Water and Energy Process) model which was developed by PWRI. This study focuses on non-point source pollution loading by livestock farming in Takasaki river basin which is a tributary to the Inbanuma Lake in Chiba prefecture. In this fiscal year, the Takasaki river basin was divided into the small basin where comparatively many forests exist, and the small basin where urbanization progressed. It observed at the time of about 10-mm rain and tried verification of the model.