

## 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：深見和彦、上野山智也、

E.D.P Perera、宮本守

### 【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。本研究では、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、これまで土木研究所で開発した WEP モデルを改良した。

キーワード：WEP モデル、汚濁負荷流出、窒素、リン、畜産

### 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<sup>1)</sup>。

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<sup>2)</sup>。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<sup>3)</sup>、その後、窒素やりんを対象項目に加え<sup>4)</sup>、SS(Suspended solid)の影響も考慮する<sup>5)</sup>ことにより再現性の向上を図っている。本研究では、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。

### 2. 研究方法

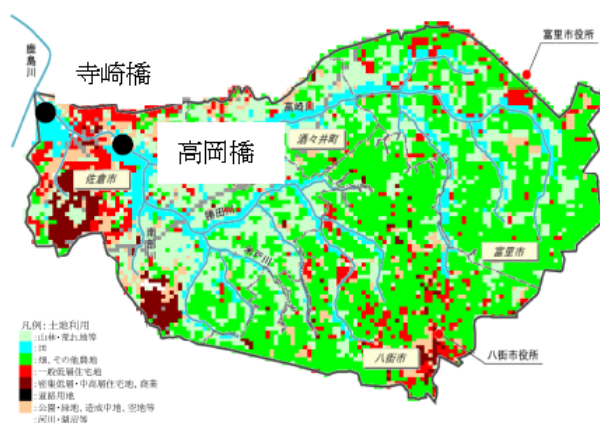


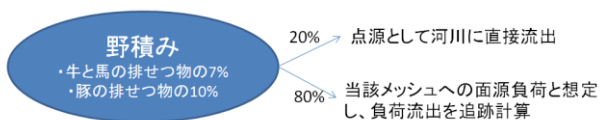
図-1 高崎川流域の土地利用図

図-1 は、高崎河川流域、水質観測点、土地利用を示す。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。高崎川はこの

印旛沼流域内の河川であり、過去から現在まで比較的データが揃っていることから、今回検討対象とした。

この研究における畜産のモデル化の手法の概念図を図-2に示す。平成11年時点では、当時発生量(約9千万トン)の10%が、野積み素掘りといった不適切な処理が行われており、悪臭問題や河川への流出や地下水への浸透を通じ、閉鎖性水域の富栄養化、硝酸性窒素やクリプトスポリジウム(原虫)による水質汚染の一因となっている。そのため、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が制定され平成11年に施行された。そして、平成20年を目標として、家畜排せつ物の管理の適用化と利用促進をしている。現時点では、法に基づく管理基準はほぼすべての適用対象農家において遵守されている状況である。

・家畜排せつ物法以前



・家畜排せつ物法以後

野積みはほとんど無く、還元利用以外の家畜排せつ物は浄化処理後に点源として河川へ直接排水されると想定

図-2 畜産の汚濁負荷の概念図

そこで、法律施行前後において、畜産の汚濁負荷を比較することにより、畜産のサブモデル化を行うこととした。

法律施行以前については、印旛沼湖沼水質保全計画第4期の原単位の設定資料において、牛と馬の7%、豚の廃棄物の10%が「その他(利用以外の野積み等、田畑への還元分は別途)」に分類されており、流出率が20%とされているため、点源として河川に直接流出していると考えた。残りの80%がフィールドに残存し、降雨流出過程を通じて流出する面源負荷となると想定した。

法律施行以降については、印旛沼湖沼水質保全計画第6期の原単位の設定資料から、「その他(焼却・委託処理など)」の対応が浄化処理を前提にしていることから、野積みはほとんど無く、還元利用以外の家畜排せつ物は浄化処理後に点源として河川へ直接排出されると想定した。

そこで、この研究において、法律施行前後を対象に、それぞれ1年間を1期間とし計2期間を対象にしてシミュレーションを行った。

汚濁負荷発生源として各メッシュに与えるインプットデータである人口(汚水処理形態別)、特定事業所、家畜頭数などは、法律施行以前は1995年度のデータを、法律施行以降は2010年度のデータを利用して作成した。

高崎川における栄養塩類の負荷量の計算には、法律施行前について1997年の降雨を対象とし、法律施行以降については2010年を対象として、シミュレーションを行うこととした。

これ以降の記述については、法律施行以前については1997年、法律施行以降については2010年と統一的に表記する。

### 3. 研究結果

表-1 計算により求めた畜産の発生汚濁負荷量

Year	Livestock				Waste generation rate: g/日/頭				Total N generation (kg/day)	Total P generation (kg/day)	Discharge as Point Source, TN (kg/day)	Discharge as Point Source, TP (kg/day)	Discharge as Non Point Source, TN (kg/day)	Discharge as Non Point Source, TP (kg/day)	
	Total	Cow	Pig	Horse	Livestock	DN	PN	DP							PP
1997	8479	1558	2062	4859	Cow	3.2	0.9	0.34	0.36	9952	1699	139	24	557	95
					Pig	0.6	0.2	0.24	0.26	3401	2126	68	43	272	170
					Horse	3.2	0.9	0.34	0.36	96801	16527	1355	231	5421	926
2010	7799	1629	6026	144	Cow	4.2	1.2	0.7	0.75	14330	3848	266	111	-	-
					Pig	2.2	0.6	1.29	1.39	101675	97318	7005	10450	-	-
					Horse	4.2	1.2	0.7	0.75	112	30	2	1	-	-

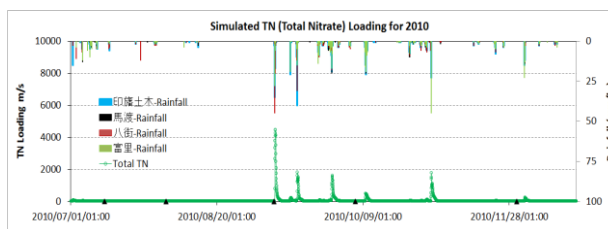
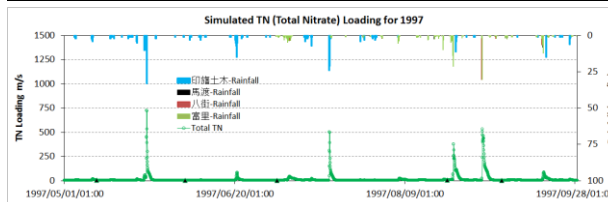
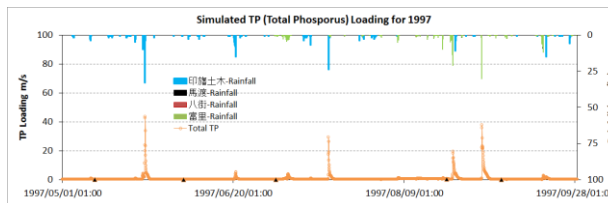


図-3 シミュレーションによる1997年と2010年の全窒素の汚濁負荷量



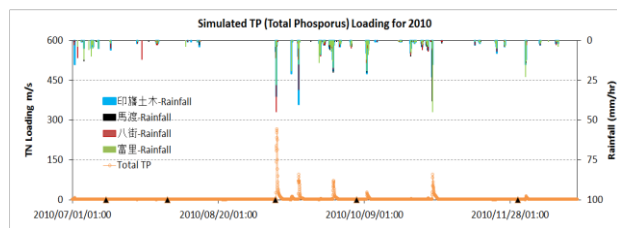


図-4 シミュレーションによる 1997 年と 2010 年の全窒素の汚濁負荷量

表 1 は、栄養塩類の汚濁負荷量計算に使用された排出原単位を示す図である。1997 年と 2010 年の家畜の合計数を比較すると 680 頭の減少となっている。主たる栄養塩負荷量発生源は、1997 年は馬 2010 年は豚と変わってきている。

河川流量、栄養塩（窒素・リン）負荷量について 2005 年のデータを用いて、WEP モデルのキャリブレーションを行い、1997 年と 2010 年に適用した。

図-3 において、2010 年の全窒素の負荷量は、1997 年よりも大きくなっている。図-4 においても、2010 年には全リンの負荷量は、1997 年よりも大きくなっている。これは、1997 年と 2010 年の降雨を比較して、2010 年は、最大降雨量が 50mm/hr を越えることが 2 回あったが、1997 年の最大降雨量は約 30mm/hr であった。また、家畜からの単位頭数あたりの正味の排出原単位の数値が増加していることも要因の一つであり、これらの影響により、全窒素及び全リンの負荷量は 2010 年が高い計算結果となっていると考えられる。

計算結果は、モデルが降雨量とよく反応し、それが正常に非点源汚染の挙動をシミュレートすることができていると考えられる。しかし全窒素および全リンに関する利用可能な測定データは限られており、洪水時のデータは少なく結果を検証する必要がある。

#### 4. まとめ

本研究では、家畜の非点源の汚濁負荷量のサブモデルを開発し、高崎川の水質に家畜への影響を理解することに焦点を当てた。

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段で高崎川流域の畜産の汚濁負荷量を検討した。改良をしたモデルは、降雨量や正味の排出原単位の増加等の要因により、1997 年より 2010

年の方が全窒素や全リンが高くなる結果となった。しかし、本来は、窒素やリン負荷量の変化について、他の排出源や土地利用による要因を考慮して検討すべきであり、これは、今後の課題である。

#### 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: FUKAMI Kazuhiko, Toshiya Uenoyama

E.D.P Perera and Mamoru Miyamoto

### Abstract:

Impacts on river basin environments due to alterations in water and material cycles have been concerned in recent past years due that 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 originally developed by PWRI, Dr. Jia Yangwen and JST and has been upgraded 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 the Chiba prefecture. Nutrient loadings from three main livestock species (cows, pigs and horses) were considered and the loading rates for each livestock were obtained from the Chiba prefectural government. Livestock loading sub module was developed and included in the simulation. Two time periods (1997 and 2010) were considered to check the livestock impact for Takasaki river water quality after calibrating the model for 2005. The obtained results show the model respond well but are not simple to validate the model due to accumulated effects of possible factors on N & P discharges such as rainfall, unit-loading, etc. Lack of field measurement for the simulated time period is one of the drawbacks in the present study. Moreover in the case of studying livestock nutrient loading, more precise and objective field measurements should be carried out.

Key words: WEP model, basin-wide hydrologic and water quality model, nitrogen, phosphorus, livestock nutrient loading