

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月4日現在

機関番号：32607

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21380147

研究課題名（和文） 河川中の懸濁物質の有機物組成と起源に関する研究

研究課題名（英文） Study on the origin and the organic matter composition of suspended solids in a river system

研究代表者

嶋 栄吉 (SHIMA EIKICH)

北里大学・獣医学部・教授

研究者番号：40196457

研究成果の概要（和文）：（1）高瀬川水系（青森県）における全窒素および全リンの流出特性を流量と負荷量の関係式を用いてモデル化するとともに、全窒素および全リンの流出特性の違いが、河川の流域特性により説明できることを示した。（2）高瀬川水系の下流に位置する小川原湖への、主要流入河川からの全窒素および全リンの年間総流入量はそれぞれ  $1.1 \times 10^3$ t、 $2.7 \times 10^2$ t と算出された。（3）代かき期における河川への栄養塩の流出はリンは大きいが窒素は少なかった。（4）懸濁物質の有機物組成が、河川や季節により変動することを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：(1) Loading characteristics of total N (TN) and total P (TP) of the Takase River system was modeled using a loading-discharge equation, variation of which were explained by the watershed characteristics. (2) Annual loadings of TN and TP to Lake Ogawara from major inflowing rivers were estimated to be  $1.1 \times 10^3$ t and  $2.7 \times 10^2$ t, respectively. (3) Loading of TP and TN during puddling period of rice paddies was found to be significant for the former, but not for the latter. (4) Organic matter composition of suspended solids was found to be variable among rivers and season.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2010年度	5,800,000	1,740,000	7,540,000
2011年度	2,100,000	630,000	2,730,000
年度			
年度			
総計	9,200,000	2,760,000	11,960,000

研究分野：農業土木学・農村計画学

科研費の分科・細目：水質

キーワード：L-Q式，全リン，全窒素，懸濁物質，有機物組成，水質汚濁，蛍光分析，長期モニタリング

## 1. 研究開始当初の背景

河川や湖沼等の水質の保全・改善は、良質の水資源を確保する上で極めて重要である。水質成分のひとつである懸濁物質は、透過光

量を減らして水草の光合成に影響を与えたり、景観を損ねるばかりでなく、窒素・リン等の養分を含んでいるため、微生物活性の増加等、水環境でおこる様々な過程に影響を及ぼす。それらの作用には、懸濁物質の量ば

りでなく、質や反応性が影響するため、懸濁物質の組成、起源、および、動態を知ることが、水環境の適正な管理のために重要である。

東北地方の農林業地帯を流れる河川中には、降雨や雪解け時、および、水田営農時に多量の懸濁物質が見出されるが、含まれる懸濁物質はその起源により、有機物組成や養分含量、および、反応性が異なり、したがって、水環境中の異なった過程に関与すると考えられる。いいかえると、懸濁物質の有機物組成は、懸濁物質の起源や養分特性、および、反応性に関する有用な情報を提供すると考えられる。したがって、懸濁物質の起源と組成を明らかにすることは、懸濁物質の環境中での影響評価のために極めて重要である。

また、青森県南東部に位置する小川原湖は、日本で五番目に大きな汽水湖であり、青森県の治水、利水のために重要である。この湖は重要湿地であり、全国でも有数の漁業生産地であるとともに、最近では、人々に憩いと安らぎを与えるレクリエーション機能も果たしている。しかしながら、高瀬川を主とした流入河川から多量の窒素やリンなどの養分が小川原湖に付加されるため、小川原湖、および周辺の湖沼群は富栄養化に伴う水質の悪化が問題となりつつあり、流入河川の水質の適正な管理が求められている。

## 2. 研究の目的

本研究では以下の3つの項目について明らかにすることを目的とする。

### (1) 高瀬川水系における栄養塩類の流出特性

高瀬川水系の様々な支流における栄養塩類の流出特性を明らかにするとともに、各支流の流域特性を調べ、栄養塩類の流出特性に与える流域特性の影響を明らかにするとともに、主要流入河川からの小川原湖への栄養塩類の年間流入量を推計する。

### (2) 代かき期における栄養塩類の流出

懸濁物質の流出の多い代かき期における懸濁物質の量と質の特徴を明らかにすることにより、水田営農が水環境へ与える影響を考察する。

### (3) 懸濁物質の有機物組成

懸濁物質の起源に対する理解を深めるため、懸濁物質の有機物組成の河川間および季節的な変動を明らかにする。

## 3. 研究の方法

### (1) 高瀬川水系における栄養塩類の流出特性

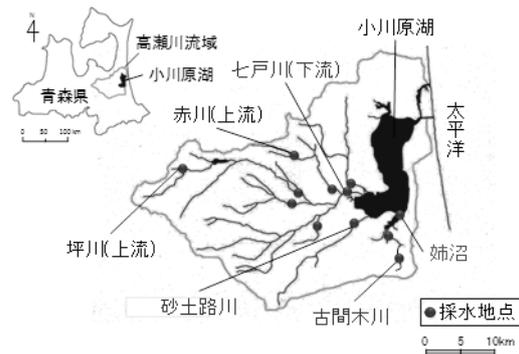


図1. 調査地

高瀬川水系の本流と支流計10地点を対象に、河川中の全窒素(TN)および全リン(TP)の各濃度および負荷量を2008年4月から2011年10月の3.5年間にわたりモニタリング調査し、それらの流出特性をLQ式を用いて明らかにするとともに、得られたLQ式を用いて高瀬川水系の下流に位置する小川原湖へのTNおよびTPの年間流出負荷量を推計した(図1)。さらに、調査河川におけるLQ式( $L/A=a(Q/A)^n$ ) ( $a$ ,  $n$ は係数,  $A$ は流域面積)を特徴づける係数 $a$ ,  $n$ を目的変数とし、流域特性を説明変数として重回帰分析を行うことより、係数 $a$ ,  $n$ の変動要因を調べた。

### (2) 代かき期における栄養塩類の流出

2011年5月10日から6月1日にかけて、高瀬川の支流で流域内の水田面積率の高い砂土路川下流に自動採水装置(ISCO 6712)を設置し、3時間ごとに採水した。採水地点において、流量や降雨量を測定するとともに、採水試料を研究室に持ち帰り、懸濁物質(SS)、全窒素(TN)、全リン(TP)、懸濁態窒素(P-N)、懸濁態リン(P-P)の各濃度を測定した。

### (3) 懸濁物質の有機物組成

高瀬川水系のうち、流域の土地利用が特徴的な計6地点(畑地、水田、森林、住宅地面積率の高い流域)を選び、2009年6月から2011年5月にかけて月に1度採水し、懸濁物質を集めた。集めた懸濁物質に含まれる窒素、リン、炭素含量の測定を行うとともに、有機物を、0.1M NaOH+0.1M Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>混液を用いて抽出し、その蛍光特性を蛍光分析装置(Horiba Jobin Yvon Fluoromax-4)を用いて測定した。得られたEEMは、PARAFACモデルを用いた統計解析により、挙動の異なる成分に分離した。蛍光成分組成の地理的、季節的な変動を調べるとともに、河川中に含まれる懸濁物質の組成と、懸濁物質に含まれるリン含量、窒素含量との関係を調べた。

## 4. 研究成果

(1) 高瀬川水系における栄養塩類の流出特性

小川原湖に流入する主要4河川のTN, TP濃度の中央値はそれぞれ0.93~4.54mgN L<sup>-1</sup>, 0.024~0.061mgP L<sup>-1</sup>であるとともに, 水田面積率の高い河川においては濃度や比負荷量に周期的な時期的変動が見られた(図2).

高瀬川の主要流入河川から小川原湖に流出する全窒素, および全リン負荷量は, それぞれ年間あたり1.1×10<sup>3</sup>t, 2.7×10<sup>2</sup>tと推計された(表1).

各河川の負荷量(L)は流量(Q)を説明変数として(L/A=a(Q/A)<sup>n</sup>)(a, nは係数, Aは流域面積)の式で回帰され, 流出特性を決定する係数a, nの変動要因を流域特性より説明することが出来た(表2).

重回帰式をもとに作成されたLQ式の推定誤差率はTNで45~44%, TPで40~63%であった. より精度を高める必要があるが, 本結果は, 流域管理の上での貴重な基礎資料となると期待される.

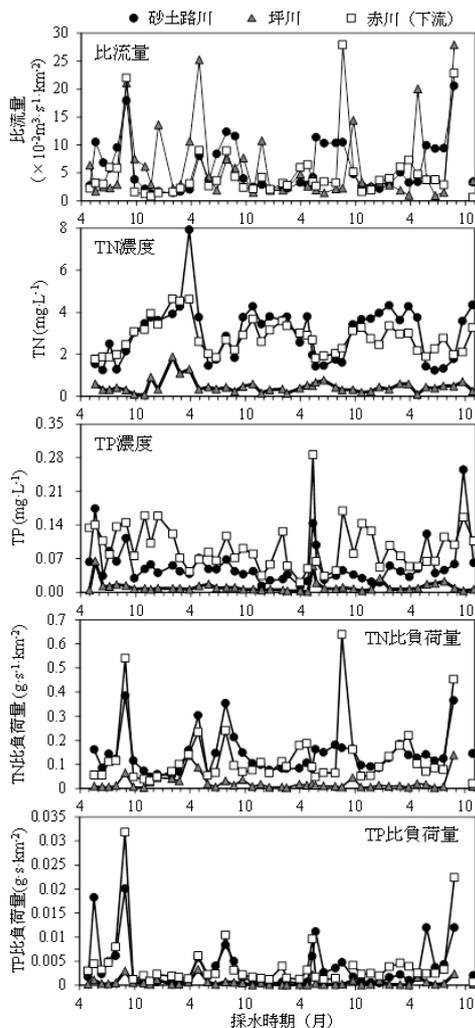


図2. 各水質項目の経時的变化

表1. 小川原湖の主要流入河川からの全窒素(TN)および全リン(TP)の推定年間負荷量

小川原湖の 主要流入河川	TN (t)		TP (t)	
	2008	2009	2008	2009
砂土路川	297	316	6.1	7.3
土場川	132	169	2.4	3.6
姉沼川	150	179	2.3	3.3
七戸川	469	568	12.9	16.7
年間負荷量	1048	1233	24	31
	1.1×10 <sup>3</sup>		2.7×10	

表2. 重回帰分析より得られた係数a, nの変動要因

	TN		TP	
	a	n	a	n
adj R <sup>2</sup> *	0.838	0.660	0.935	0.614
切片	3.63	0.993	0.0648	1.55
係数a		-0.0687 (-0.81)**		-4.04 (-0.61)
家畜排せつ物	17.3 (0.395)			
下水処理水		4.46 (0.60)	11.1 (0.63)	
主流路長			-0.00169 (-0.45)	
河川勾配	-164 (-0.75)			-24.2 (-0.86)

\*自由度調整済み決定係数; \*\*カッコ内の数字は標準β

(2) 代かき期における栄養塩類の流出

砂土路川における代かき期のTN負荷量は年間の日平均負荷量と同程度の値であったが, TP負荷量は年間平均を大きく上回る値で変動していた(図3). 代かき期におけるTN, TPの総流出量はそれぞれ16tおよび1.3tと推計され, これらの値が年間流出量に占める割合はそれぞれ約5%, 約25%であり, 代かき期におけるリンの流出量は年間流出量に大きく影響していることが示された. 代かき期のTP負荷量は流量との相関が小さく, 時間帯により負荷量が大きくばらついていたことから, 代かき期においてTPの流出には水田管理が大きく影響していると考えられた(図4).

(3) 懸濁物質の有機物組成

EEM-PARAFACの結果, EEMは, 5つの腐植様成分と2つのタンパク質様成分の合計7つの蛍光成分に分離された(図5).

単位懸濁物質含量当たりの総蛍光強度は, 河川による大きな違いは見られなかった(図6). しかしながら降雨の影響があった採水日には値の上昇が確認された.

蛍光組成には, 河川間において, また, 季節的な変動がみられた(図7). 水田の割合が高い流域を流れる農業排水路である砂土路川においては, 年間を通して腐植様物質由来の第1成分と第2成分が全体の5~6割と高

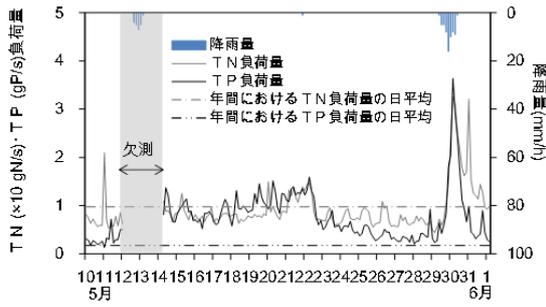


図3. 代かき期における砂土路川のTN・TP負荷量の経時変化

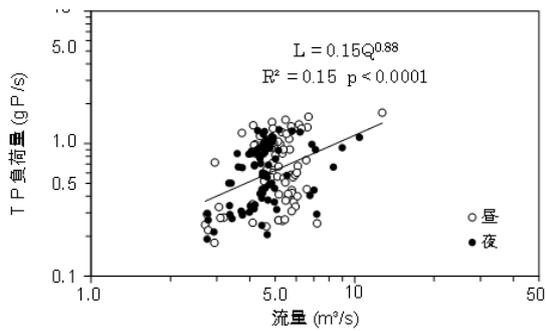


図4. 代かき期におけるTP負荷量と流量との関係

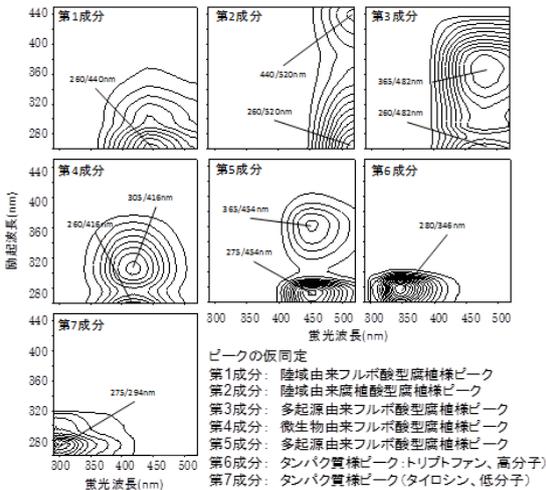


図5. PARAFAC解析により分離された6つの蛍光成分

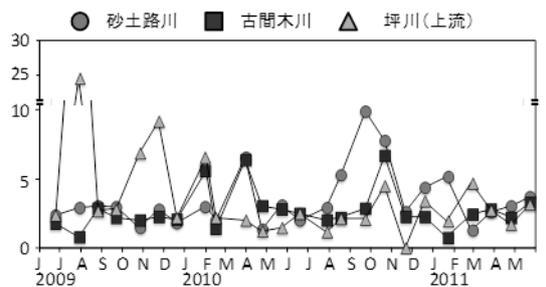


図6. 懸濁物質1mg当たりの総蛍光強度 (Raman Unit, RU)

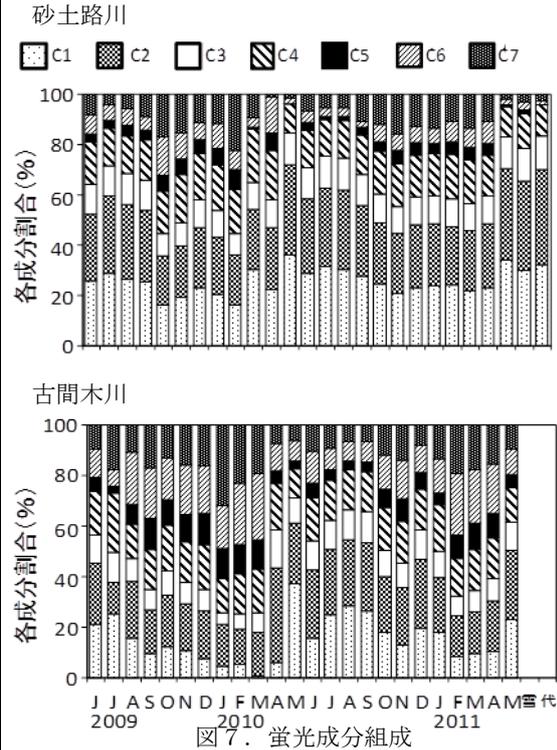


図7. 蛍光成分組成

い割合を占めていた。また、これらには灌漑期に上昇し、非灌漑期に減少する季節的変動がみられた。また、タンパク質由来の第6成分と第7成分は非灌漑期に上昇する季節的変動がみられた。住宅地面積の高い古間木川では、タンパク質由来である第5成分、第6成分の値が他の河川にくらべ高かった。これは、生活排水等の人間活動の影響を受けているためと考えられた。また、これらの値は冬季に高くなる傾向を示した。冬季のタンパク質（特に低分子に由来すると考えられる第7成分）の割合の増加は、低温化における微生物活性の低下を反映していると考えられた。

### 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)

[学会発表] (計9件)

- 1) 今井光・眞家永光・嶋栄吉 農村地域を流れる河川中の懸濁態有機物の蛍光組成 日本腐植物質学会第27回講演会 63-64 平成23年11月16日～17日 金沢大学サテライトプラザ (金沢市・石川県)
- 2) 今井光・羽田真奈美・眞家永光・江頭真弓・嶋栄吉 高瀬川水系における栄養塩の流出に関する研究 平成23年度農業農村工学会大会 288-289 平成23年9月7日 九州大学 (福岡市)
- 3) 岡田竜洋・眞家永光・長崎勝康・蛭名秀樹・零石志乃舞・嶋栄吉 小川原湖の底

質に関する研究 第 57 回日本土壌肥料  
学会年次大会 11 平成 23 年 8 月 8  
日 筑波大学 (茨城)

- 4) 今井光・眞家永光・阿部陽一朗・伊藤友  
範・嶋栄吉 高瀬川水系における栄養塩  
類の流出特性 第 53 回農業農村工学会  
東北支部研究発表会講演要旨集 122-123  
平成 22 年 11 月 18 日 アイーナ (岩  
手)
- 5) 今井光・眞家永光・阿部陽一朗・伊藤友  
範・嶋栄吉 高瀬川水系における水質の  
季節的および地理的変動 平成 22 年  
度農業農村工学会大会 288-289 平成  
22 年 8 月 31 日 神戸大学 (兵庫)
- 6) 阿部陽一朗・眞家永光・長崎勝康・蛭名  
秀樹・角勇悦・塩谷悠介・嶋栄吉 小川  
原湖における溶存有機物の蛍光特性に  
関する研究 平成 22 年度農業農村工  
学会大会 286-287 平成 22 年 8 月 3  
1 日 神戸大学 (兵庫)

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

嶋 栄吉 (SHIMA EIKICHI)

北里大学・獣医学部・教授

研究者番号：40196457

### (2)研究分担者

眞家永光 (MAIE NAGAMITSU)

北里大学・獣医学部・講師

研究者番号：00453514