

科学研究費補助金研究成果報告書

平成22年 6月11日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2008～2009
 課題番号：20780233
 研究課題名 (和文) 三次元蛍光スペクトルを用いた水環境アセスメント：溶存有機物の組成と動態

研究課題名 (英文) Assessment of Water Environment by using Fluorescence
 Excitation-Emission Matrix: Composition and Dynamics of Dissolved
 Organic Matter

研究代表者

眞家 永光 (MAIE NAGAMITSU)
 北里大学・獣医学部生物環境科学科・講師
 研究者番号：00453514

研究成果の概要 (和文)：青森県内を流れる高瀬川水系に属する河川水に含まれる溶存有機物 (DOM) の蛍光組成の季節的および地理的変動を三次元蛍光スペクトルにより調べた。また、河川中に含まれる DOM の光分解性および微生物分解性を調べた。河川水中の DOM 組成には季節的及び地理的な変動がみられたが、前者が後者よりも大きいことが明らかとなった。さらに、DOM の蛍光成分は微生物分解よりも光分解を強く受けること、分解速度は季節により、また、蛍光成分により異なることが示された。

研究成果の概要 (英文)：Seasonal and geographical variations of the quality of DOM in the Takasegawa river system was monitored monthly by using fluorescence excitation-emission matrix. Furthermore, microbial and photo-induced degradability of DOM was also investigated by lab-incubation experiment. The fluorescent composition of DOM varied seasonality and geographically, the former being greater than the latter. DOM was more susceptible to photodegradation than microbial degradation. The rate of photo-decomposition of DOM was found to be different seasonally and also depending on the fluorescent components.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	4,000,000	1,200,000	5,200,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：境界農学・環境農学

キーワード：河川、溶存有機物、蛍光分析、光分解、微生物分解、モニタリング、土地利用、環境アセスメント

1. 研究開始当初の背景

(1) 良質な水資源の確保は人類の豊かな生活

を支える上で重要であり、水質の保全・改善はそのために不可欠な課題である。近年、溶存有機物 (DOM) は、水域環境におけるさま

さまざまなプロセスに影響を及ぼす成分として注目されている。たとえば、微生物のエネルギー源や養分として元素循環、養分循環に大きく関与する。また、キレート能により金属の溶解性に影響を及ぼしたり、光吸収能により水中の透過光を減少し一次生産に影響を与えたり、電解能により pH 緩衝作用を持つ。これらの機能・反応性は、その質により異なるため、DOM の組成を把握することは、水環境アセスメントに非常に重要である。近年、DOM の質のモニタリング手法として、高感度、簡便かつ安価である蛍光分析が注目されているが、水環境中の DOM 組成の季節的、または、地理的変動に関しては不明な点が多い。また、それら DOM の水環境中における消長—光分解性や微生物分解性—に関して不明な点が多い。

(2) 研究対象地域である高瀬川水系は、青森県の治水、利水のために重要な水系であるとともに、日本で5番目に大きな汽水湖である小川原湖の主要な流入河川である。小川原湖は近年富栄養化による水質悪化が問題となっているが、その一因として流入河川からの栄養塩等の流入があげられている。しかしながら、流域の土地利用（森林、畑、水田、生活排水）が河川中の DOM の質に及ぼす影響については不明な点が多い。

2. 研究の目的

(1) 高瀬川水系を研究対象とし、河川水中の DOM 組成の季節的変動、および、流域の土地利用の違いによる変動を DOM の蛍光成分組成の変化より明らかにする。

(2) DOM の環境中における消長に関する理解を深めるため、蛍光成分の光分解性および微生物分解性を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 青森県内を流れる高瀬川水系（小川原湖を含む）から 8 地点を選び、平成 20 年 4 月～平成 22 年 3 月にかけて月に 1 度採水した（図 1）。水試料に含まれる溶存有機物（DOM）の三次元蛍光スペクトル（EEM）を蛍光分光光度計（Horiba Jobin Yvon Fluoromax-4）を用いて測定し、PARAFAC モデルを用いた統計解析の組み合わせ（EEM-PARAFAC）により解析することにより、蛍光成分組成の季節的、および、土地利用の違いによる変化を調べた。

(2) 調査した河川のうち、最も水田利用率、畑利用率、森林利用率の高い河川、および、最も流域の大きい河川 4 河川を選び、5 月（春）、7 月（夏）、9 月（秋）に水試料を採取し、①暗条件、②太陽シミュレーター（Atlas

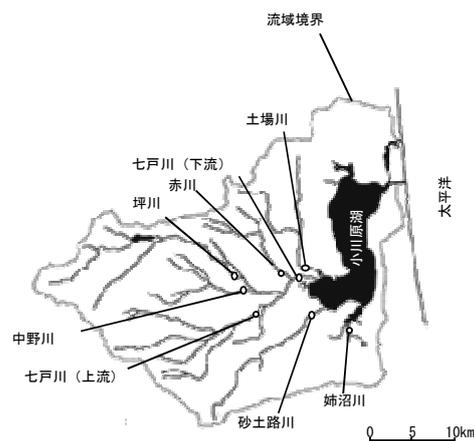


図 1 試料の採取地点

Suntest XLS+)内でそれぞれ培養することにより、DOM の微生物分解性および光分解性を調べた。培養前後の蛍光成分組成の変化は EEM-PARAFAC を用いて調べた。

4. 研究成果

(1) 河川に含まれる DOM の質（蛍光特性）の季節的および土地利用の違いによる変動

高瀬川水系の河川中に含まれる DOM の EEM（図 2）は、PARAFAC 解析により、挙

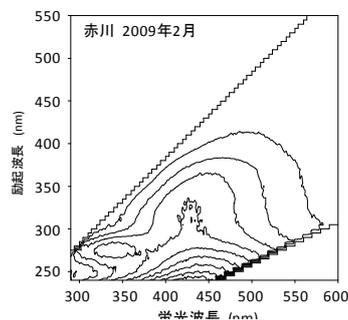


図 2 EEM の一例

動の異なる 6 つの蛍光成分に分けられた（図 3）。

蛍光成分組成の地点間変動を特徴づけるために、得られた蛍光成分組成を主成分分析（PCA）により解析し、地点ごと（図 4 a）および、月ごと（図 4 b）にプロットすると、DOM の蛍光成分組成には、河川間、および、季節により変化があり、その変動は、地点間よりもサンプリング時期による違いが大きいことが明らかとなった。サンプリング期間の変動の一因として水田の営農が考えられたため、地点ごとに水稲作付期と非作付期にわけてプロットしたところ、非作付期は地点間のばらつきが大きかったが、作付期にはプロット範囲は集約した（図 5）。また、因子負荷量プロットより、変動要因を解析した

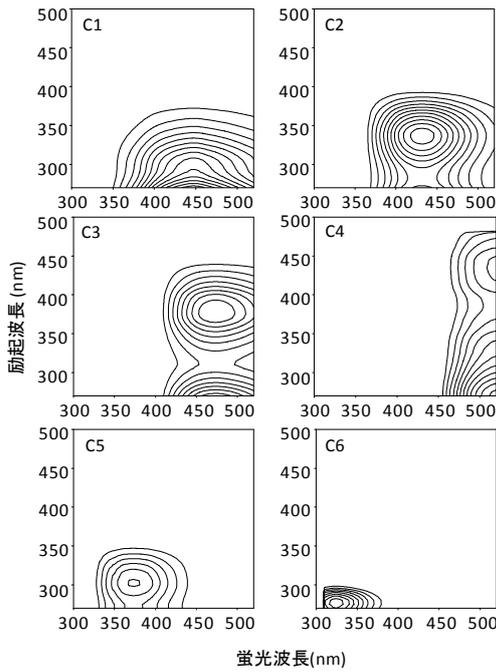


図3 高瀬川水系に含まれる DOM の EEM-PARAFAC より得られた6つの蛍光成分。C1: 陸域由来腐植様ピーク (光分解により生成), C2: 陸域由来フルボ酸様ピーク, C3: 由来遍在腐植様ピーク, C4: 陸域由来腐植酸様ピーク, C5: 微生物由来腐植様ピーク, C6: タンパク質様ピーク

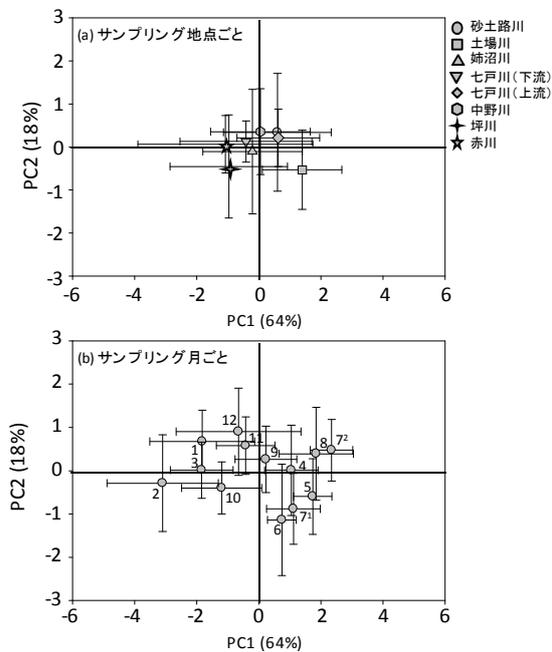


図4 蛍光成分組成の PCA 解析: 地点別 (a) および月別 (b) の PC1-PC2 プロット。

ところ、4-9月、または、作付期間には、DOMの蛍光成分組成のなかで、腐植関連のピーク

(C1, C3, C4, C5) の相対強度が高まっていることが示された (図6)。したがって、作付期には河川の一部となった水田から多量に流出される比較的均質な陸域由来の DOM により、河川間の DOM の質のばらつきがマスクされる傾向にあると考えられた。

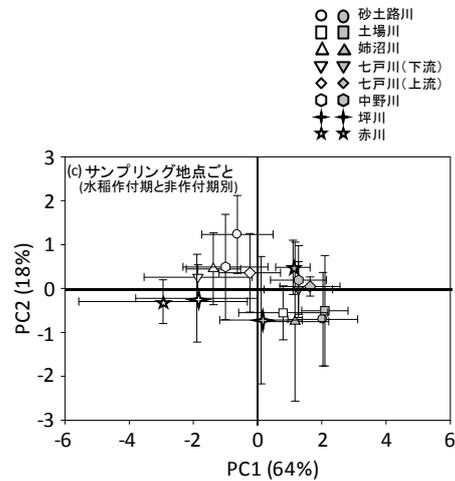


図5 作付期間、非作付期間別に示した地点ごとの PC1-PC2 プロット

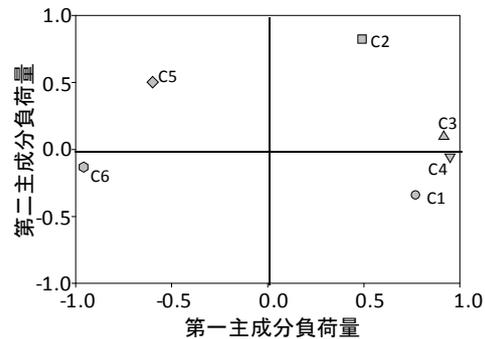


図6 PC1-PC2 の主成分負荷量

(2)DOMの微生物分解性および光分解性

河川中に含まれる DOM は、微生物よりも光に対する分解性が大きいことが明らかになった。28日間の暗条件下の培養による全蛍光強度の減少は最大 15%程度であった一方、明条件下では、培養後 DOM の全蛍光強度は急速に減少した (図7)。

光分解性の時期的な変化をみると、夏期 (7月) の分解速度は5月、9月よりも遅かった (図7a)。その理由として、気温が高い夏期においては環境中で DOM の分解がすでに強く進行していることが推察された。河川間による違いをみると、流域内に農耕地を含む人為的利用がみられる砂土路川、七戸川、赤川の分解速度は類似していたが、山林を流れる坪川上流は他の河川とは異なる分解性を示

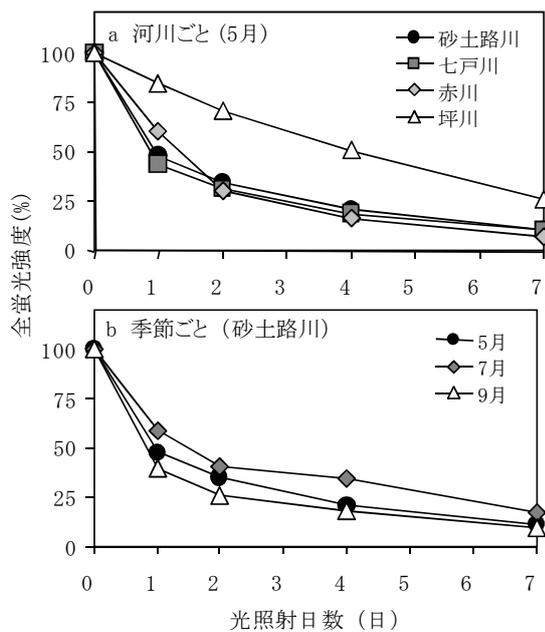


図7 DOMの全蛍光強度の光照射に伴う減少 a. 季節別 b. 河川別

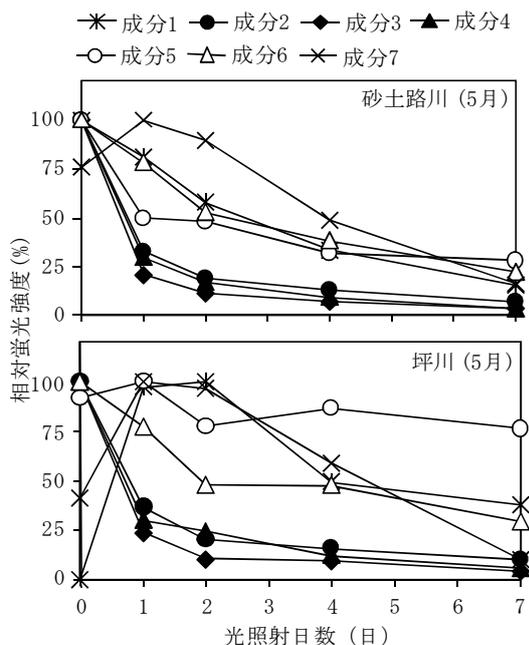


図8 各蛍光成分の光照射に伴う相対強度の変化(光照射直前の強度を100とする。a. 砂土路川5月、b. 坪川5月)

した(図7b)。EEM-PARAFACにより、各蛍光成分の光分解性をみたところ、光分解実験後に測定したEEMは7つの蛍光成分に分離された(前記の6成分+成分7(成分7は非常に短い励起波長、蛍光波長を持つ($Ex/Em=275nm/302nm$))。また、この成分は、河川のモニタリング調査時には検出されなかったの

で、自然環境中では速やかに分解されると考えられる)。これら蛍光成分は分解速度の違いにより[成分2, 3, 4][成分1, 7][成分5, 6]の3つのグループに大別できた(例として砂土路川と坪川の結果を図8に示した)。
[成分2, 3, 4]は4河川とも光に対して高い分解性を示す一方、[成分1, 7]は分解実験初期に生成され、その後分解した。[成分5, 6]はタンパク質様ピークであるが、これらは砂土路川、七戸川、赤川では比較的分解され易いが、坪川では他の河川に比べ分解され難く、特に成分5でその傾向が顕著であった。従って、坪川において分解速度が遅くなった(図7a)理由として、成分5, 6が他の河川に比べて分解され難いことや成分1, 7の生成量が他の河川に比べて多いことが考えられた。

溶存有機物は、微生物の栄養源になったり、光吸収能により水環境中の光合成に影響を及ぼすなど、水域生態系で果たす役割は大きい。その役割はDOMの質により異なる。本研究より、水田営農は、河川中のDOM組成に大きな影響を及ぼすことが示されたことから、人間活動は、河口域の物質循環過程に影響を及ぼしている可能性が考えられた。また、DOM組成は季節的に変化することから、沿岸域におけるDOMの動態や機能は季節的に変動すると考えられた。

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5件)

- ① 阿部陽一郎 眞家永光 内藤将史 嶋栄吉 高瀬川水系における溶存有機物の蛍光特性に関する研究 平成21年度農業農村工学会大会 平成21年8月4日 筑波大学(茨城)
- ② 眞家永光 水環境中の溶存有機物の光学的特性を用いた質のモニタリング 平成21年度農業農村工学会大会 平成21年8月4日 筑波大学(茨城) 52-53
- ③ Abe, Yoichiro, Maie, N., Shima, E. Seasonal and geographical variations in the quality of dissolved organic matter in the Takasegawa River system. International Symposium on River and Lake Environments 79 信州大学繊維学部(長野県上田市)平成21年8月28-31日
- ④ 阿部陽一郎・眞家永光・角勇悦・長崎勝康・蛭名秀樹・井坂圭介・嶋栄吉 高瀬川水系の溶存有機物の光分解性および微生物分解性に関する研究 第52回農業農村工学会東北支部研究発表会 平

成 21 年 10 月 29 日 ラ・プラス青い
森（青森）講演要旨集 8-9

- ⑤ 眞家永光 水環境中の溶存有機物の蛍
光分析 日本腐植物質学会第 25 回講
演会 平成 21 年 11 月 25 日～26 日 兵
庫県立大学環境人間学部 （兵庫）
17-18

6. 研究組織

(1) 研究代表者

眞家 永光 (MAIE NAGAMITSU)

北里大学・獣医学部生物環境科学科・講師
研究者番号：00453514

(2) 研究協力者

阿部陽一郎 (ABE YOICHIRO)

北里大学大学院・獣医畜産学研究科・修士
課程