



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Studies on the microbial degradation of dissolved organic matter in river systems
Author(s)	高木, 悠司
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第16723号
Issue Date	2026-03-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k16723
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/99568
Type	doctoral thesis
File Information	TAKAKI_Yuji_review.pdf, 審査の要旨 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士 (環境科学)

氏 名 高木 悠司

審査委員 主査 准教授 山下 洋平

副査 教授 鈴木 光次

副査 教授 根岸 淳二郎

副査 教授 眞家 永光 (北里大学 獣医学部)

学 位 論 文 題 名

Studies on the microbial degradation of dissolved organic matter in river systems

(河川における微生物による溶存有機物分解に関する研究)

産業革命以降、主に化石燃料の燃焼に伴い二酸化炭素が大気に放出され続けている。放出された二酸化炭素は大気中で温室効果ガスとして地球温暖化に寄与する一方で、その半分程度は海洋や陸域生態系に吸収されている。しかし、陸域生態系に吸収された二酸化炭素が、どのような化学形態で、どこに貯蓄されているかは十分に理解できていない。近年、陸域生態系に吸収された炭素の多くは、二酸化炭素を有機物として固定する植物ではなく、枯死木、リター、土壌有機物の非生物態有機物として、土壌に貯蓄されている可能性が示された。すなわち、陸域生態系における非生物態有機物の挙動を正確かつ定量的に評価することは炭素循環を明らかにするうえで重要である。

土壌に貯蓄されている有機物の一部は、溶存有機物 (DOM) として河川へと流出する。従来は、土壌や河畔域から流出した土壌腐植物質由来などの難分解性DOMは河川で微生物分解を受けずに海洋へと輸送される一方で、生体構成成分などの易分解性DOMは水中の小型の浮遊性微生物に利用されると考えられてきた。しかし、近年の研究により、河川水中の大型の遊性微生物や河床バイオフィームを形成する付着性微生物が、難分解性DOMを分解していると考えられる実験結果が幾つか報告されており、土壌-河川-海洋を繋ぐ炭素循環や河川における陸域由来有機物から始まる腐食食物連鎖を中心とした生態系について再評価する必要がある。そのような背景の中、申請者は、河川DOMの微生物分解の概念を再評価するための水質観測およびDOMの微生物分解に関するモデル実験を行った。

本学位論文第2章では、石狩川水系を対象として、比較的小型の浮遊性微生物によるDOM分解が、河川DOMの量的および質的パラメータの空間分布を説明し得るかを検証するため、現地観測および微生物培養実験を実施した。その結果、溶存有機炭素 (DOC) および溶存有機窒素 (DON) 濃度は、本流上流および中流域では流れに沿って増加し、下流域では大きく変化しなかった。一方、DOMのC/N比は上流域から下流域にかけて連続的に減少する傾向が見られ、下流域でのDOMのC/N比の減少は河川中における易分解性DOMの微生物分解に起因することが示唆された。一方、微生物培養実験の結果、下流域では培養前後でDOCとDON濃度が変化しなかったことから、石狩川下流域では比較的小型の浮遊性微生物以外の微生物群集が炭素に富む難分解性DOMを分解し、DOMのC/N比を低下させると考えた。

第3章では、比較的大型の浮遊性微生物による難分解性DOMの分解を評価する微生物培養実験を行った。石狩川の支流である忠別川水系を対象に、森林中の小支流、ダム湖、水田地帯の用水路および本流上流から採取したDOMを、限外濾過により、難分解性と考えられている低分子DOM (<3000 Da)と易分解性と考えられている高分子DOM (3000 Da – 0.22 μm) に分けた。各DOM基質に、本流中流の河川水に存在する<1.0 μm および<5.0 μm の微生物群集を加えた試験区、河川水を加えない対照区 (ただし、<0.22 μm の超小型な浮遊性微生物を含む) を設定し、30日間の培養を行なった。実験の結果、全ての基質の高分子DOM試験区および対照区ではDOMが微生物分解された一方、全ての基質の低分子DOM試験区ではDOMは微生物分解されなかった。これらのことから、石狩川水系においては、比較的大型の浮遊性微生物は難分解性DOMを特異的に分解しないことが示唆された一方、0.22 μm よりも小さな超小型の遊性微生物が河川水中の易分解性DOMの大部分を分解していることが示された。

第4章では、バイオフィルムによる難分解性DOMの分解を評価する微生物培養実験を行った。忠別川水系の森林中の小支流、水田地帯の用水路および本流中流から採取したDOM基質 (<0.22 μm) を、本流中流の河川水中の浮遊性微生物 (<1.0 μm) と本流中流の河床に設置したタイル上に形成されたバイオフィルムにより、30日間分解させた。夏季 (8月) と秋季 (11月) に行なった実験の結果、バイオフィルムは浮遊性微生物が分解可能な易分解性DOMを分解するため、河川生態系において重要なDOM分解者であることが示された。また、量的には僅かであるが、浮遊性微生物にとって難分解なDOMに含まれる腐植蛍光性成分を特異的に分解することが示唆された。

これらの結果は、石狩川水系を対象としたケーススタディであり、かつ石狩川水系におけるDOMの量的および質的パラメータの空間分布を制御する要因を完全には説明できなかったものの、超小型の浮遊性微生物およびバイオフィルムが河川水中のDOM分解に量的に貢献していることを示唆し、河川炭素循環および生態系に関する今後の研究の方向性を示したものである。審査委員一同は、これらの成果を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、大学院博士課程における研鑽や修得単位などもあわせ、申請者が博士 (環境科学) の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。