

## 二国間交流事業 共同研究報告書

令和5年4月4日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

[日本側代表者所属機関・部局]  
兵庫県立大学・環境人間学部  
[職・氏名]  
教授・大橋瑞江  
[課題番号]  
JPJSBP 120209933

1. 事業名 相手国: フィンランド (振興会対応機関: OP)との共同研究

2. 研究課題名

(和文) 北方林流域の水質改善をもたらす新規森林管理法の開拓

(英文) Development of forest management for improving water quality in boreal forest catchments.

3. 共同研究実施期間 2020年4月1日～2023年3月31日(3年0ヶ月)【延長前】 2020年4月1日～2022年3月31日(2年0ヶ月)

4. 相手国側代表者(所属機関名・職名・氏名【全て英文】)

University of Eastern Finland, Professor, Jukka Pumpanen

5. 委託費総額(返還額を除く)

本事業により執行した委託費総額	3,800,000 円
内訳	
1年度目執行経費	1,900,000 円
2年度目執行経費	1,900,000 円
3年度目執行経費	- 円

6. 共同研究実施期間を通じた参加者数(代表者を含む)

日本側参加者等	10名
相手国側参加者等	11名

\* 参加者リスト(様式 B1(1))に表示される合計数を転記してください(途中で不参加となった方も含め、全ての期間で参加した通算の参加者数となります)。

7. 派遣・受入実績

	派遣		受入
	相手国	第三国	
1年度目			( )
2年度目			( )
3年度目	3		( )

\* 派遣・受入実績(様式 B1(3))に表示される合計数を転記してください。

派遣:委託費を使用した日本側参加者等の相手国及び相手国以外への渡航実績(延べ人数)。

受入:相手国側参加者等の来日実績(延べ人数)。カッコ内は委託費で滞在費等を負担した内数。

## 8. 研究交流の概要・成果等

### (1)研究交流概要(全期間を通じた研究交流の目的・実施状況)

#### 【目的】

北緯 45° -70° に広がる北方林の土壌は、森林土壌全体が固定する炭素の約 60%を固定しており、地球全体の気候の安定に不可欠な存在である。しかし近年、北方林土壌に貯留する泥炭などの有機炭素が、気候変動や土地利用などにより、急速に分解されている。そして分解によって生じる溶存有機炭素(DOM)の流出は、森林の炭素貯留機能の低下を示しているだけでなく、水圏の富栄養化をもたらし、温暖化ガスの放出を増加させる危険を孕んでいる。

近年、フィンランドでは、DOM の重要な流出源となる泥炭地の収奪的利用地における泥炭再生造林や持続的被覆造林(CCF 林業)など、環境負荷を軽減するための新たな取り組みが進められている。しかしこれらの森林施業地における DOM の分解による水質の変化は、未だ十分に評価されていない。

これまで申請者らは、MS 法の一つであるフーリエ変換イオンサイクロトン共鳴型質量分析器(FT-ICR MS)を用いたフィンランドの天然水成分の評価に取り組んできた。本研究では、FT-ICR-MS 法などの有機成分分析を用いて、森林管理が溶存有機物の放出と土壌炭素の分解にもたらす影響を明らかにする。そのため次の二つの研究目的を達成する。

実験 1. 森林施業状態が異なる二つの河川流域で採取した DOM を培養し、温暖化ガスである CO<sub>2</sub> の発生速度と DOM 成分との関係を明らかにする。

実験 2. 泥炭再生造林地において、水質に影響すると考えられる樹木根からの滲出物を採取し、その成分と DOM の分解過程に与える影響を評価する。

#### 【実施状況】

##### 実験 1

ラップランド地方にある泥炭造林が優先する Yli-Nuortti 流域と Conventional 林業が優先する Kotkakurunoja 流域において、2018 年の春と秋に採取された河川水を用いて実験を行った。DOM 含有量が異なる 2 つの河川から採取した水サンプルを 21 日間、培養し、DOM 濃度と分子組成の変化、および CO<sub>2</sub> 生成量の測定を行った。分子組成の測定には、フーリエ変換イオンサイクロトン共鳴質量分析(FT-ICR MS)を使用した。これらの水サンプルの採取はフィンランド側チームが行い、水サンプルの分子組成の計測は日本チームが京都大学で実施した。

##### 実験 2

フィンランド北東部の泥炭再生造林地で、ヨーロッパアカマツの根から根の滲出物を 2022 年夏に採取した。同時に試験地より泥炭土壌を採取し、(1)超純水のみ、(2)根の滲出物のみ、(3)超純水及びグルコース、(4)根の滲出物及びグルコースの 4 種類の溶液に浸した。その後、泥炭に含まれる有機物の分解指標として、放出する CO<sub>2</sub> を計測した。また根の滲出物の内容物の指標として、根の重量当たりの TOC 濃度を計測した。

(2)学術的価値(本研究交流により得られた新たな知見や概念の展開等、学術的成果)

#### 【本研究の成果】

##### 実験 1

実験の結果、泥炭造林地の少ない河川水の川で溶存有機炭素(DOC)が CO<sub>2</sub> に効率的に無機化されることが示された。一方、泥炭地に囲まれた河川では DOC あたりの CO<sub>2</sub> 生成量が大幅に低いことが観察された。後

者における DOM の分解は、周囲の泥炭地からの多数の地上の芳香族化合物によって引き起こされた可能性がある。また泥炭造林地の少ない河川で DOC あたりの CO<sub>2</sub> 生産量が多いのは、脂肪族化合物とペプチド様化合物が多く存在することによって支えられており、生物不安定な DOM の微生物利用を示唆している。これらにより、亜寒帯集水域の DOM 分解ダイナミクスにおける水圏における有機化合物の分子特性の重要性が示された。

## 実験 2

採取した根の滲出物の炭素濃度は、シリンジ内の根量が増加するにつれて増加し、 $0.075 \pm 0.01(\text{SE}) \text{ mgC g}^{-1} \text{ h}^{-1}$  であった。先行研究で報告された根の滲出物に含まれる炭素量は、ミズナラで  $0.09 \text{ mgC g}^{-1} \text{ h}^{-1}$  (Ataka et al. 2020, TreePhysiol.)、コナラで  $0.07 \text{ mgC g}^{-1} \text{ h}^{-1}$  (Sun et al. 2020, NewPhytol.)、モウソウチクで  $0.05 \text{ mgC g}^{-1} \text{ h}^{-1}$  (Kawakami et al. 2022, PlosOne)であり、本研究の結果はこれらに類似していた。

処理前の Peat からの CO<sub>2</sub> 放出量に処理間差は認められなかった。グルコースを投入することで、CO<sub>2</sub> 放出量は有意に増加した。根滲出物の投入も CO<sub>2</sub> 放出量は増加させたが、増加量はグルコース投入時に比べると少なかった。根滲出物とグルコースの両方を投入したことにより、CO<sub>2</sub> 放出量はグルコースのみを投入した場合よりも有意に増加した。以上のことから、根の滲出物は泥炭土壌の分解を促進させる効果を持つと考えられた。

### (3)相手国との交流(両国の研究者が協力して学术交流することによって得られた成果)

実験 1 について、分析作業の一部を日本側パートナーが分担することによって、共著論文を作成することとなった。その結果、データの提供だけでなく、その解釈や論文化に向けて、年 10 回以上のオンラインミーティングをフィンランド側と日本側の両方の研究者が合同で実施することにつながった。その中で、論文主著者となったフィンランド側の博士学生や共著者である日本側研究者の国際ネットワークが培われた。作成した論文は、現在、投稿作業中である。

実験②については、2022年8月にフィンランド側参加者と日本人参加者で、合同の野外調査を行った。日本からは修士学生2名とポスドク1名が3週間から1か月に渡ってフィンランドに滞在し、根の滲出物のサンプリングを行うとともに、学生同士のセミナーを開催するなど、密な国際交流を行った。

また2022年12月にはフィンランドで日フィン合同セミナーを開催し、日本側参加者2名とフィンランド側参加者5名が研究発表を行った。フィンランド側参加者のうち3名は博士学生であった。現地でのフィンランド人参加者とオンラインでの日本人参加者を合わせると出席者は50名近くになり、盛況のうちに合同セミナーを終えることができた。

### (4)社会的貢献(社会の基盤となる文化の継承と発展、社会生活の質の改善、現代的諸問題の克服と解決に資する等の社会的貢献はどのようにあったか)

本研究の実施によって、フィンランドの土壌有機物の分解と溶存有機物の生成メカニズムの一端が明らかになり、周辺流域への DOM 流出過程の理解が進んだ。日本とフィンランドは国土の半分以上を森林が占めており、森林は様々な物資の供給源である一方で、生活や産業を支える環境基盤を形成している。しかし、水源涵養や土壌の肥沃化など、実態が見えにくい生態系サービスの価値は評価しにくく、そのメカニズムを踏まえた森林の管理技術については、どちらの国においても、いまだ十分に確立していない。本研究は、森林の公益的機能の中でも地球環境的に重要性の高い土壌の炭素貯留機能及び水源涵養機能について、森林管理が及ぼす影響を科学的に明らかにすることを試みた。その結果、北方林に広く滞積する泥炭について、その分解のメカニズムと周辺環境への影響を評価することができた。この研究の実施により、森林管理が生態系の炭素貯留機能に与えるインパクトや、水源涵養機能に及ぼす影響を、そのメカニズムを踏まえて理解することが可能となったといえる。今後、これらの知見を踏まえて持続的な森林管理の在り方について具体的なビジョンを含む新たな提

案が可能となると期待できる。このことは持続可能な人間社会のあり方についての議論を活性化させ、大きな社会的インパクトを与えると期待される。

(5)若手研究者養成への貢献(若手研究者養成への取組、成果)

本研究には、最終的に日本側からポスドク 1 名、博士学生 1 名及び修士学生 2 名が参加した。フィンランド側からは、ポスドク 1 名と博士学生 4 名が参加した。日本側のポスドクと学生は、フィンランドでの野外調査を通して、長期野外調査のための高い自己管理能力を習得し、海外調査に必要な語学力や危機管理能力を向上させたと期待される。一方、フィンランド側の博士学生は、天然水の分析に関する新しい知識や技術を習得し、幅広い研究能力を養うことが出来たと思われる。また 2 年目に実施した合同セミナーでは両国の若手研究者や学生が発表し、活発な議論を行った。このことで英語を用いたコミュニケーションやディスカッションスキルを身につけ、将来、国際的な研究者として自立していくために必要な研究ネットワークを育むことができたと期待される。

(6)将来発展可能性(本事業を実施したことにより、今後どのような発展の可能性が認められるか)

森林は再生可能エネルギーの 1 つであり、木材生産だけでなく Bioenergy(木質燃料)としての利用など、人間社会における活用が期待される資源の 1 つである。日本とフィンランドは国土の半分以上を森林が占めており、森林は生活や産業の基盤を形成している。気候変動下で高い環境形成機能を持つ森林を育てるためには、森林の炭素蓄積過程と分解過程の両方を理解し、バランスの取れた森林保全や森林利用を推進する必要がある。本研究の成果は、森林面積が 6 割を超える両国の森林資源を、科学的知見に基づいて適切に活用するための新しい提案や研究テーマの開拓をもたらすと期待される。

(7)その他(上記(2)～(6)以外に得られた成果があれば記載してください)

例: 大学間協定の締結、他事業への展開、受賞など