

令和3年度実績報告書

令和4年3月19日

公立千歳科学技術大学
学長 宮永 喜一 様

公立千歳科学技術大学特別研究等助成要綱第7条に基づき、下記のとおり報告いたします。

報告者	所属	応用化学生物学科	職名	准教授
	氏名	井手 淳一郎	ふりがな	いで じゅんいちろう
研究課題名	超高感度質量分析法 FT-ICR MS を用いた樹木根－土壌間の物質動態に関する研究			
本研究費による発表論文、著書など	・井手淳一郎・Moein Farahnak・Seonghun Jeong・山瀬敬太郎・牧田直樹・西村裕志・大槻恭一・大橋瑞江, 森林域から都市域へ輸送される河川水中溶存有機物の分子種の変遷について, 第133回日本森林学会大会, 2022年3月(オンライン)			

研究成果報告

樹木根は有機酸等の滲出物の放出によって根圏の微生物を活性化させ、森林土壌の物質循環を高める。一方、樹種によって根滲出物の質や量は異なり、樹木根組織内に集積する二次代謝産物等の難分解性有機物の放出は土壌のみならず、水循環を通じて地下水や河川等、森林生態系の物質循環にも影響しうる。気候変動により、今後、根滲出物の放出量が高まり、多くの土壌炭素が大気中へ放出されると予想されていることから、陸域や水域における樹木根の機能と役割を解明することが急務の課題である。しかし、根滲出物の分子組成や機能については技術的な限界から殆どわかっていない。

フーリエ変換イオンサイクロトロン共鳴型質量分析法 (FT-ICR-MS) は河川水や土壌水等の天然水中の溶存有機物 (Dissolved Organic Matter: DOM) を構成する分子化合物を同定できる超高感度質量分析法である。この手法を根滲出物に適用すれば根滲出物を構成する数百~数千の分子種を同定できると考えられる。本研究では、北海道の代表的な樹種であるトドマツとアカエゾマツの苗木を対象に、それらの根滲出物の量と質を検討することを目的とした。このため、Akatsuki&Makita (2020, *Tree Physiol*, 40: 1071-1079) の方法に従い、ガラス繊維ろ紙を用いてトドマツとアカエゾマツの苗木 (それぞれ 2 年生と 1 年生) から根滲出物を回収し、元素分析計を用いてそれらの炭素としての放出量を求めた。さらに、根滲出物に FT-ICR-MS を適用することで、根滲出物の構成分子の種類と種数を樹種間で比較した。

元素分析計 (Elementar 社製, vario MAX CNS) に供した根滲出物のサンプル数はトドマツとアカエゾマツのそれぞれで 5 個体ずつであった。しかし、ガラス繊維ろ紙による根滲出物の回収量が非常に少なかったため、ほとんどの個体で根滲出物量は検出限界であった。一方、分析で得られた根滲出物量の平均値はトドマツとアカエゾマツのそれぞれで $0.09 \text{ mg-C h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ ($n = 2$), $1.87 \text{ mg-C h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ ($n = 1$) であり、Akatusiki&Makita (2020) が示した亜寒帯針葉樹の細根における根滲出物の範囲 ($0\text{-}3.76 \text{ mg-C h}^{-1} \text{ g}^{-1}$) に収まった。

ガラス繊維ろ紙上の根滲出物をメタノールで抽出したものを FT-ICR-MS に供し、その構成分子種を m/z 150-1000 の範囲で調べた結果、トドマツとアカエゾマツの構成分子種数の平均値 ($n = 5$) はそれぞれ 1470 ± 109 , 1163 ± 374 となり、トドマツのほうが大きい傾向にあった (u -test, $p > 0.05$)。一方、樹種間、樹種内ともに共通する分子種は少なく、樹種間で全種数の 3%~22%、樹種内で全種数の 4%~24% が共通していた。また、構成分子種はトドマツとアカエゾマツの間で有意に異なる結果となった (PERMANOVA, $p > 0.05$)。

van Krevelen diagram を用いて構成分子種を 7 つの生体分子クラスに分類した結果、トドマツ、アカエゾマツともに、脂質の分子種が全種数に占める割合が約 60% で最も高かった。次いでリグニン様物質 (15%) と不飽和炭化水素の分子種 (11%) が占める割合が高かった。一般的に森林における林内雨や土壌水、また、河川水に含まれる DOM の構成分子種はその殆どがリグニン様物質である (Ide et al., 2017, *Sci Rep*, 7: 42102; Ide et al., 2019, *Water*, 11:167)。一方、本研究ではガラス繊維ろ紙上の根滲出物をメタノール抽出したことから、不溶性の脂質成分が FT-ICR-MS で多く検出されたと考えられる。植物体における脂質は主にワックス、クチン、スベリンに由来し (Mueller et al., 2012, *Org Geochem*, 52: 130-141), その中でもスベリンは植物体の表面を保護する周皮のコルク組織に由来する複雑な重合体である。したがって、本研究で検出された脂質の分子種はスベリンに由来する可能性があると考えられた。

以上、本研究では根滲出物のメタノール抽出成分に初めて FT-ICR-MS を適用した結果を示した。樹種間、樹種内ともに根滲出物の構成分子種に共通するものが少なかったことから、各個体に固有の分子種が多く存在しうることが示された。一方、それらの分子種の多くが脂質成分に分類された。今後は同様の分析方法を用いて多様な樹種の根滲出物の量と質を解析し、本研究で得られた結果の一般性を検証するとともに、樹種に特徴的な分子種の存在についても調べていく予定である。