

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

氏 名 石田 卓也

論文 題目

Effect of anthropogenic sulfur deposition on the sulfur dynamics in forest ecosystems

(人為起源イオウの沈着が森林生態系におけるイオウ動態へ与える影響)

論文審査担当者

主査	名古屋大学教授	竹中	千里
委員	名古屋大学教授	渡邊	彰
委員	名古屋大学准教授	山本	一清
委員	名古屋大学助教	富岡	利恵
委員	森林総合研究所関西支所主任研究員	谷川	東子

論文審査の結果の要旨

イオウ (S) は、地球上の生命活動や物質循環において重要な役割を果たしており、さらに人間活動の影響を受けている代表的な元素の一つである。産業革命以降、化石燃料の使用による人為起源 S の排出が世界中で続いており、その規模は自然起源 S 発生量に匹敵すると見積られ、森林生態系の物質循環においても人為起源 S の影響を無視することはできない。しかし、日本の森林生態系において S 動態を研究した例は非常に少なく、大気からの S 沈着に関しても利用できるデータはほとんど存在しない。本研究は、森林生態系への S 沈着履歴を復元すること、および過去の多量の人為起源 S 沈着が森林土壌における硫酸イオン動態へ与える影響を明らかにすることを目的としている。

本研究では、環境復元試料として樹木年輪を用いて、データが存在しない期間や地域において S 沈着の復元を試みた。また、人為起源 S の沈着が森林土壌中の硫酸イオン動態へ与える影響や痕跡を見出すため、土壌、林内雨、渓流水中の理化学性を分析し、さらに、土壌への硫酸イオンの吸着平衡の状態を調べた。調査は、S 沈着履歴が異なると考えられる中部地域の 2 か所の森林、人為起源 S が多量に沈着したと考えられる三重県の四日市サイト (YOK) と都市部から離れた愛知県の稲武サイト (INA) を対象地として行った。本研究により、森林生態系における S の動態に関して、以下の知見を得ている。

1) INA において、生木から採取した年輪試料と切り株 (5 年間林内に放置) から採取した試料の分析により、生木-切り株試料間で、同年代に形成された年輪中 $\delta^{34}\text{S}$ 値に有意な差は認められなかったことから、切り株試料が、 $\delta^{34}\text{S}$ 分析に利用できることを証明した。この成果は、今後のイオウに関する環境復元研究の可能性を広げるものである。

2) スギ年輪中の $\delta^{34}\text{S}$ 値は、大気汚染の歴史と起源中の $\delta^{34}\text{S}$ 値を反映していることが明らかとなった。年輪中の $\delta^{34}\text{S}$ 値は、両サイトともに 1950 年代から 1970 年代にかけて低い値を示し、1970 年前後に形成された年輪で最低値を示した。その値は YOK (-7.0%) の方が INA (-0.3%) よりも低い値であった。日本で使用されている石油などの人為起源 S の $\delta^{34}\text{S}$ 値は低い (-0.6 ~ -4.0%) ため、YOK では多量の人為起源 S が沈着したと考えられた。一方、スギ年輪中の S 濃度は、材-辺材の違いによって明らかに異なっており、S 沈着の指標として適さないことが明らかとなった。

3) 1830 年代までの年輪中 $\delta^{34}\text{S}$ の長期変動から、人為的影響のない時代の土壌中の $\delta^{34}\text{S}$ 値を推定することができた。170 年生のスギ切り株から長期の $\delta^{34}\text{S}$ 分布を分析した結果、1830 年代から 1940 年代前半までの $\delta^{34}\text{S}$ 値はほとんど変化しておらず (+4.3 ~ +6.1%)、特に 1830 年代から 1880 年まではほぼ一定の $\delta^{34}\text{S}$ 値 (+5.4 ~ +6.1%) をとっていた。この 1940 年以前に形成された年輪は、自然起源 S の指標となることを示した。

- 4) 年輪中の $\delta^{34}\text{S}$ 値への影響要因について検討した結果、年輪中 $\delta^{34}\text{S}$ 値は年輪へ S 固定されるまでの過程において同位体効果の影響を受けていることが示唆された。一方、心材・辺材の違いによる $\delta^{34}\text{S}$ 値の変化は認められなかった。
- 5) 年輪中 $\delta^{34}\text{S}$ 値から、S 沈着履歴の定量的な復元法を提案することができた。同位体効果を組み込んだ **Mixing model** を作成し S 沈着量を推定した結果、YOK では欧米における観測値の最大 ($525 \text{ mmol m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$) に匹敵する、非常に多量の S ($489 \text{ mmol m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$) が沈着していたことが示唆された。この年輪中 $\delta^{34}\text{S}$ 値を用いた S 沈着量の復元手法により、過去の大気汚染データの補完を可能とした。
- 6) 現在の土壌中の硫酸イオン吸着量は、主に Al 酸化物量と有機物量によって決定されており、過去のイオウ沈着の影響は不明瞭であることが明らかとなった。また、土壌中の $\delta^{34}\text{S}$ 値も、人為起源 S 沈着の影響の指標にはならないことが示された。
- 7) 林内雨、渓流水の硫酸イオン濃度から、YOK では生態系からの S 流出が示唆された。様々な要因が影響しているものの、過去における多量の S 沈着時に生態系に蓄積された S が、現在流出している可能性を見出した。
- 8) 土壌に存在する硫酸イオン吸着サイト量に対する実際の吸着量 (飽和度) を求めることで、過去の多量 S 沈着の硫酸イオン吸着に対する影響を評価することができた。

以上のように本研究は、過去の多量の人為 S 沈着が、年輪中の $\delta^{34}\text{S}$ 値にその痕跡を残し、森林土壌中において飽和度の上昇やそれに基づくと考えられる生態系からの S 流出など、現在の硫酸イオン動態を変化させていることを明らかにした。また本研究で提案されている S 沈着と硫酸イオン動態を評価するための指標や方法は、森林生態系における S 動態研究を進める上で非常に有用であると評価できる。このように本論文は、人間活動が森林生態系内の物質循環に与える影響と将来予測を、イオウという元素の動態をとおして明らかにした。よって、本審査委員会は、本論文の内容が博士 (農学) の学位論文として十分に価値のあるものと認め、論文審査に合格と判定した。