

(別紙様式-2)

レーザー分光による放射性炭素同位体分析の定量性評価に関する研究
Study on quantitative evaluation of radiocarbon analysis based on laser spectroscopy

富田英生、名古屋大学・大学院工学研究科総合エネルギー工学専攻

【本研究の背景と目的】

放射性炭素 (^{14}C) は生体を構成する元素の同位体の中で唯一、長半減期の放射性核種であるため、生体や環境トレーサーとして活用されている。樹木年輪等に記録された過去の大気 ^{14}C 濃度の僅かな変動を解析することで、気候変動や過去の太陽活動を明らかにする研究がなされているが、大気の ^{14}C 濃度はおよそ一定であるため、現代に育成された植物を用いて作られたバイオマス資源と太古の植物由来の化石燃料(を元に作られた資源)では、 ^{14}C 濃度が大きく異なる。このため、有機資源の ^{14}C 濃度を測定することにより、バイオベース度を評価することができる。また、 ^{14}C は薬物動態評価や農薬挙動の評価などにも応用されている。これまで、これらの分析には加速器質量分析(AMS)が用いられてきたが、その分析コストが普及を妨げる要因の一つとなっている。本課題代表者らは、超高感度レーザー吸収分光(CRDS)に基づく新しい ^{14}C 分析法(^{14}C -CRDS)を開発している。本手法が確立されれば、年代測定ほどのアバンダンス感度が必要ない試料の分析に適用でき、 ^{14}C を用いた応用の普及を促すブレークスルーになりえる。そこで、本研究では、 ^{14}C -CRDSによる定量性を評価することを目的とした。

【実施項目】

^{14}C -CRDS分析による定量分析のための分析装置改良

前年度の研究において、定量分析のためには測定ガスの温度制御が必要であることが示唆された。そこで、工学研究科所有の中赤外 CRDS 装置を用いて、システムの温度変化が同位体測定結果へ与える影響の検討を行った。CO₂ サンプルガスを導入し、吸収スペクトルより同位体分子の分子数密度を測定する際、分光セル、試料導入部、室温などの温度変化を同時に取得し、測定結果と温度変化の相関を求めた。その結果、分子数密度の測定結果は、分光セルの温度を安定化すると相関がなくなることが確認できた。一方で、試料導入系の温度と強い相関があることが示された。バッファガスの温度を安定化することで、分光システムとしての安定性が改善され、適切な積分時間を設けた場合、 $4 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$ の吸収ピークについて 0.1‰の精度で吸収量を測定可能なシステムとなることが示された。また、後述の共同研究先において、 ^{14}C -CRDS と AMS の相互比較に向けた検証用試料の ^{14}C 分析を行った。

【今後の展望】

本研究を発展させた共同研究が開始され、さらなる検討を進めることとなった。今後、本手法を用いた放射性炭素同位体分析の定量性を示すとともに、様々な分野への応用展開が望まれる。

【成果発表】

Kota Tsuge, Erika Takayama, Momo Mukai, Osamu Abe, Ryu Uemura, Hideki Tomita, “Development of cavity ringdown spectrometer using optical feedbacked quantum cascade laser for clumped CO₂ measurement”, FLAIR 2024 (Field Laser Applications in Industry and Research) (イタリア・アッシジ、2024 年 9 月) .

柘植紘汰, 高山恵理佳, 橋本大輝, 植村立, 阿部理, 富田英生, 「中赤外キャビティリングダウン分光に基づく多重置換同位体分子分析法の開発」, 第22回同位体科学研究会(芝浦工業大学、2025年3月) .