

近赤外半導体レーザーを用いたCO₂安定酸素同位体計測装置の開発 Development of a near-infrared laser based spectrometer for measurements of CO₂ stable oxygen isotopes

児島 涼太^{1*}, 田中光太郎², 戸野倉賢一²

KOJIMA, Ryota^{1*}, TANAKA Kotaro², TONOKURA Kenichi²

¹ 東理大, ² 東大新領域

¹Tokyo University of Science, ²Graduate school of frontier sciences, The University of Tokyo

1. 緒言

近年,化石燃料の燃焼や森林伐採など,人間活動に伴って大気中のCO₂は増加しており,地球温暖化やそれに伴う環境影響が懸念されている.大気中のCO₂は人為起源のCO₂のほかに,植物起源,海洋起源など,放出源の異なるCO₂から成る.放出源の異なるCO₂は,その安定同位体比に固有の特徴を持つため,大気中のCO₂安定同位体比を連続的に計測することで,CO₂の放出源の特定や,地球化学プロセスを解明することができる.近年,CO₂安定同位体比の計測手法として,レーザー吸収分光法が着目されている.この手法では,計測対象化学種の吸収振動回転線を適切に選択することにより,他の化学種の干渉なしに計測することができる.そのため,サンプルガスを直接計測部に導入できることから,リアルタイムに計測が可能である.これまで2 μmの近赤外領域で安定炭素同位体の連続計測装置の開発が行われた.しかしながら,本波長域では,安定酸素同位体の計測は行われていない.そこで,本研究では,2 μmの近赤外領域でCO₂安定酸素同位体比を高感度に連続計測できる装置の開発を目的とした.

2. 実験

波長変調吸収分光法を用いて,CO₂の安定酸素同位体を計測した.光源は2.045 μmの分布帰還型(DFB)半導体レーザーを用いた.レーザー光は変調周波数11 kHzで変調させ,ヘリオット型の多重反射セルを透過させた後に,フォトディテクターで検出した.検出した信号は,ロックインアンプを用いて2f成分を位相敏感検出し,PCに取得した.計測には,¹²C¹⁸O¹⁶Oと¹²C¹⁶O¹⁶O(以下¹²CO₂)の振動回転線を用い,そのスペクトルの信号強度比から安定酸素同位体比を求めた.

3. 結果と考察

スペクトル(Voigt関数)のシミュレーションから,温度や圧力,隣接ピークの変化の影響が小さい¹²C¹⁸O¹⁶Oと¹²CO₂のピークを安定酸素同位体計測に用いることとした.その結果¹²C¹⁸O¹⁶O: 4890.586 cm⁻¹, P(18), 20012 00001; ¹²CO₂: 4890.819 cm⁻¹, R(56), 20013 00001のピークが計測に適するという結果を得た.空気希釈CO₂(424.5 ppm, d¹⁸O = 30.8 ‰)を用いて,本装置の計測の安定性を評価すると,その精度は,200回積算100秒毎のデータで0.07 ‰(1)を達成した.また, S/N = 2 となることを検出限界とすると,本装置における検出限界は47.4 ± 16.1 ppbであった.

4. 結論

2.045 μmのDFBレーザーとヘリオット型多重反射セル,波長変調吸収分光法を組み合わせた装置を開発し,CO₂安定酸素同位体計測を行った.本装置における計測精度は0.07 ‰,検出限界は47.4 ± 16.1 ppbを達成し,本装置を用いてCO₂安定酸素同位体比を計測することができることを示した.

キーワード: 安定酸素同位体計測, 二酸化炭素, 波長変調吸収分光法, 多重反射, DFB レーザー

Keywords: Measurements of stable oxygen isotope, Carbon dioxide, Wavelength modulation spectroscopy, Multi-pass, DFB laser