

大気・陸域生態系間のCO₂同位体収支の不均衡における土壌有機物分解成分の重要性

Importance of heterotrophic soil respiration to isotopic imbalance during atmosphere-terrestrial biosphere CO₂ exchange

高橋 善幸 [1]

Yoshiyuki Takahashi[1]

[1] 国立環境研・大気

[1] NIES

1. はじめに

大気・陸域生態系間のCO₂交換の際に生じる炭素安定同位体の分別は地理的・時間的な分布を持つものと推定されているがその全球平均値は、大気・海洋間のCO₂交換の際に生じる分別に比べて著しく大きい。したがって、大気・海洋・陸域生態系の3つ炭素リザーバーによる3ボックスモデルを想定すれば、大気CO₂の炭素安定同位体比の変動の観測データは、大気中のCO₂の増加速度の変動に対する海洋と陸域生態系の寄与率の変化を推定する指標となる。陸域生態系の大気CO₂に対する同位体分別の地理的な分布とその時間的変動特性を正確に予測することができれば、大気CO₂の炭素安定同位体比のデータは、陸域生態系のCO₂吸収源の時空間分布の推定などより高度な炭素循環研究のための有効なツールとなり得るはずである。大気・陸域生態系間のCO₂交換のうち、光合成による大気から陸域生態系へのCO₂の吸収の際に生じる同位体分別効果は気候やフェノロジーにより顕著(数permil程度)に季節変化し、その一方で、陸域生態系に有機物として固定された炭素が呼吸によって大気に戻る時のCO₂の同位体比にはほとんど季節性が無くほぼ一定であるとモデルにより推定されてきた。しかしながら、土壌有機物の分解起源のCO₂の同位体比とその変動性については、実際の観測における技術的な問題が多く、ほとんどの報告値は数値モデルの検証に資さないと考えられた。そこで、我々は、自然環境下における土壌有機物の分解起源のCO₂の炭素安定同位体比の変動性を検証することを目的として、観測手法の開発を行い、北東ユーラシアを代表する植生である落葉針葉樹林(カラマツ林)で、3年間にわたる観測を実施した。

2. 実験

カラマツ林の林床に設置された底面寸法90cm×90cm、体積400Lの大型自動制御土壌呼吸測定チャンパーに、専用のフラスコサンプリングシステムを組み合わせ、大気・土壌界面付近の大気をガラスフラスコに捕集した。このサンプルのCO₂濃度と炭素安定同位体比を高精度で測定し、その変化量の関係から土壌表面から放出されたCO₂の同位体比を決定した。この組み合わせを用いることで、サンプリング時の大気・土壌界面付近の圧力やCO₂濃度勾配に対する物理的攪乱により生じるアーティファクトを抑え信頼性の高いデータを得ることが可能となった。チャンパーを設置したプロットから植物の根を除去した後、PVC製の物理バリアを地中に設置することで、根呼吸の影響を排除し、土壌有機物分解起源の成分のみを分離観測した。観測は2002年の7月から2004年の8月までの積雪の無い期間に、およそ月の1度の頻度で定期的に行われた。

3. 結果

根呼吸を排除したプロットにおいて土壌から放出されるCO₂の炭素安定同位体比は、著しい空間的な不均一を示すとともに、短期的・長期的に明らかな時間的変動性を持つことが明らかになった。特に注目すべき点は、土壌有機物分解起源のCO₂の炭素安定同位体比がモデル推定を遙かに上回る振幅で季節変動をしていることである。土壌有機物分解起源のCO₂の炭素安定同位体比は夏場に低い値をとり、全般的に見れば、これは土壌温度に依存して夏場に高くなる土壌呼吸によるCO₂放出量とは対照的な季節パターンとなっている。しかしながら、土壌呼吸によるCO₂放出量の季節変化が温度に対して単純な指数関数的な依存性を示す(Figure (a))のに対して、その炭素安定同位体比と温度の関係の季節変化には明らかなヒステリシスが認められた(Figure (b))。観測された季節変動に見られる大きな振幅と季節パターンは、リターの集積・分解の季節サイクルに関連したCO₂の起源となる有機物プールの質的变化に由来するものと考えられる。我々のモデル計算によれば、この特徴的な季節パターンは、有機物プール内に同位体比だけでなく分解速度の温度依存性の異なる複数の基質を想定することで再現できそうである。この研究により得られた結果は、従来のモデルでは有機物分解起源CO₂の同位体比の季節変動が適切に表現できておらず、高精度の観測データの集積と有機物プールの質的变化プロセスに関連した同位体分析技術の確率が重要であることを示唆している。

