

氏 名 (本 国 籍)	近藤 美由紀 (愛知県)
学 位 の 種 類	博士 (農学)
学 位 記 番 号	農博甲第 458 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 19 年 9 月 12 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 3 条第 1 項該当
研 究 科 及 び 専 攻	連合農学研究科 生物環境科学専攻
研究指導を受けた大学	岐阜大学
学 位 論 文 題 目	Studies on Carbon Cycle in Cool-Temperate Deciduous Forests Using Stable Carbon Isotope Techniques (炭素安定同位体手法を用いた冷温帯落葉広葉樹林 における炭素循環に関する研究)
審 査 委 員 会	主査 岐阜大学 教 授 小 泉 博 副査 岐阜大学 准教授 津 田 智 副査 静岡大学 教 授 澤 田 均 副査 信州大学 准教授 大 窪 久美子

論 文 の 内 容 の 要 旨

森林生態系は、地球規模の炭素循環の中で、シンクとして重要な役割を果たしているが、これまで冷温帯林を対象に安定同位体による CO_2 交換過程を解析した研究例は限られている。そこで、本研究では、冷温帯の落葉広葉樹林における CO_2 交換過程について炭素安定同位体を用いて定量的・定性的に明らかにすることを目的とした。その結果、森林内大気中の炭素安定同位体比の動態および呼吸起源の CO_2 の再吸収過程の定量的な評価が行われるとともに、アジアモンスーン地域の森林生態系における炭素循環の特性に関する重要な知見を提供した。本研究の注目すべき内容は以下の通りである。

呼吸によって放出される CO_2 が、植物の光合成によって再度取り込まれる過程は、生態系内での炭素循環の要素の一つである。このような生態系内での炭素動態を知ることは、森林生態系における CO_2 交換過程の仕組みを理解する上で重要である。また、呼吸起源 CO_2 の再吸収は、森林内大気の CO_2 の同位体比を変動させる要素でもあるため、同位体平衡モデルを用いて光合成や呼吸による個別の CO_2 フラックスを見積もる際に、この過程を考慮しないと誤差を引き起こす可能性がある。しかしながら、 CO_2 の再吸収過程の評価自体が現在のところ課題とされており、 CO_2 の再吸収に関する知見は不足している。本研究では、夏季を中心に 2 年間、岐阜大学高山試験地の冷温帯落葉広葉樹林において、生態観測櫓を用いて、高さ別 (0.1, 1, 2, 10, 14, 18 m) に森林大気中の CO_2 を採取し、その炭素安定同位体比の鉛直方向の変化および季節変化と環境要因との関係を解析した。また、土壌および植物体地上部の呼吸から大気に付加される CO_2 の炭素同位体比を測定し、これらの季節変動を明らかにした。さらに CO_2 濃度と炭素同位体比および Sternberg (1989) が提唱

した理論式を用いて、優占樹種および林床植生の光合成活動による呼吸起源 CO_2 の再固定率が冷温帯林において初めて求められ、生態系内での炭素循環過程が明らかになった。

森林大気中 CO_2 の炭素同位体比は、日中に高く、夜間に低くなる明瞭な日変化を示した。また、森林大気中 CO_2 濃度および炭素同位体比は、林床植生のクマイザサ群落を境に鉛直方向に変化し、地表面に近いほど、 CO_2 濃度は高く、炭素同位体比は低くなり、これらの鉛直分布は夏季に大きくなる季節変化を示した。 CO_2 濃度と同位体比の変化から計算された、呼吸起源 CO_2 の炭素同位体比は-23.7‰～-29.7‰と、森林内に優占する樹種と近い値を示し、夏季にその値は低くなる傾向を示した。これらの結果から、林冠に比べて林床では、周辺大気中の CO_2 よりも呼吸起源 CO_2 の寄与が高いこと、また、その傾向は夏季に強いことが示された。森林大気中 CO_2 濃度および炭素同位体比の変動は、気温の上昇に伴う呼吸活性の変化と一致していた。森林大気中の CO_2 濃度と同位体比、植物体の同位体比および Sternberg (1989) の理論式を用いて、生態系呼吸量のうち再度光合成によって取り込まれる CO_2 の割合を推定すると、夏季には、林冠木のミズナラで 4.0～5.0%、クマイザサで 4.0～19.4%であった。ミズナラによる再固定率は、これまで熱帯林（樹木）で報告されている結果よりも低かったが、クマイザサによる再固定率は、同程度もしくはそれよりも高かった。このことは、呼吸起源 CO_2 、特に土壌から放出された CO_2 が林冠に達する前に林床植生のクマイザサの光合成によって取り込まれることを示唆している。また、推定されたクマイザサによる再固定率は、林冠木と比較して、大きな変動を示していた。この変動は土壌からの CO_2 放出量の変動によると考えられる。同調査地において渦相関を用いて観測された生態系呼吸量を基礎に、クマイザサにより再固定される呼吸起源 CO_2 を炭素量に換算すると、 $0.09 \sim 0.43 \text{ g C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ であった。これは、クマイザサの夏季の総生産量の 6.0%～28.7%に相当し、森林生態系における炭素循環の中で土壌から放出する CO_2 の一部をクマイザサが光合成により取り込み、大気への CO_2 放出を軽減する役割を果たしている可能性を示す結果であった。

本研究の結果は、林床をササが覆うアジアモンスーン地域の冷温帯森林生態系における炭素循環の特徴を示す有用な情報を与えている。また、 CO_2 の再吸収に関する研究では、アジアモンスーン地域の温帯・冷温帯林において初めてとなるデータを提供している。さらに本研究で得られた知見とモデル研究を組み合わせることにより、今後光合成や呼吸による個別の CO_2 フラックスの見積もりがより正確なものとなり、冷温帯森林生態系における炭素収支の精度向上に大きく寄与することが期待される。

審 査 結 果 の 要 旨

森林生態系は、地球規模の炭素循環の中で、シンクとして重要な役割を果たしているが、これまで冷温帯林を対象に安定同位体による CO_2 交換過程を解析した研究例は限られている。そこで、本研究では、冷温帯の落葉広葉樹林における CO_2 交換過程について炭素安定同位体を用いて定量的・定性的に明らかにすることを目的とした。その結果、森林内大気中の炭素安定同位体比の動態および呼吸起源の CO_2 の再吸収過程の定量的な評価が行われるとともに、アジアモンスーン地域の森林生態系における炭素循環の特性に関する重要な知見を提供した。本研究で得られた知見は以下の通りである。

岐阜大学高山試験地の冷温帯落葉広葉樹林において、生態観測櫓を用いて、高さ別（0.1, 1, 2, 10, 14, 18 m）に森林大気中 CO_2 を採取し、その炭素安定同位体比の鉛直方向の変化および季節変化と環境要因との関係を解析した。さらに土壌および植

物体地上部の呼吸から大気に付加される CO_2 の炭素同位体比が求められ、これらの季節変動が示された。また、 CO_2 濃度と炭素同位体比および Sternberg (1989) が提唱した理論式から、優占樹種および林床植生の光合成活動による呼吸起源 CO_2 の再固定率が、冷温帯林において初めて求められ、生態系内での炭素循環過程が示された。森林大気中 CO_2 の炭素同位体比は、日中に高く、夜間に低くなる明瞭な日変化を示した。また、森林大気中 CO_2 濃度および炭素同位体比は、林床植生のクマイザサ群落を境に鉛直方向に変化し、地表面に近いほど、 CO_2 濃度は高く、炭素同位体比は低くなり、これらの鉛直分布は夏季に大きくなる季節変化を示した。 CO_2 濃度と同位体比の変化から計算された、呼吸起源 CO_2 の炭素同位体比は $-23.7 \sim -29.7\text{‰}$ と、森林内に優占する樹種と近い値を示し、夏季にその値は低くなる傾向を示した。これらの結果から、林冠に比べて林床では、周辺大気中の CO_2 よりも呼吸起源 CO_2 の寄与が高いこと、またその傾向は夏季に強いことが示された。森林大気中 CO_2 濃度および炭素同位体比の変動は、気温の上昇に伴う呼吸活性の変化と一致していた。森林大気の CO_2 濃度と同位体比、植物体の同位体比および Sternberg (1989) の理論式を用いて、生態系呼吸量のうち再度光合成によって取り込まれる CO_2 の割合を推定すると、夏季には、林冠木のミズナラで $4.0 \sim 5.0\%$ 、クマイザサで $4.0 \sim 19.4\%$ であった。ミズナラによる再固定率は、これまで熱帯林（樹木）で報告されている結果よりも低かったが、クマイザサによる再固定率は、同程度もしくはそれよりも高かった。これは、呼吸起源 CO_2 、特に土壌から放出された CO_2 が、林冠に達する前に林床植生のクマイザサの光合成によって取り込まれることを示唆している。また、推定されたクマイザサによる再固定率は、林冠木と比較して、大きな変動を示した。このばらつきは、土壌からの CO_2 放出量の変動によると考えられる。同調査地において渦相関を用いて観測された生態系呼吸量を基に、クマイザサによって再固定される呼吸起源 CO_2 を炭素量に換算すると、 $0.09 \sim 0.43 \text{ g C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ であった。これは、クマイザサの夏季の総生産量の $6.0\% \sim 28.7\%$ にあたり、森林生態系における炭素循環の中で土壌から放出する CO_2 の一部をクマイザサが光合成により取り込み、大気への CO_2 放出を軽減する役割を果たしている可能性を示す結果であった。

本研究の結果は、林床をササが覆うアジアモンスーン地域の冷温帯森林生態系における炭素循環の特徴を示す有用な情報を与えた。また、 CO_2 の再吸収に関する研究では、アジアモンスーン地域の温帯・冷温帯林において初めてとなるデータを提供した。さらに、本研究で得られた知見とモデル研究を組み合わせることにより、今後光合成や呼吸による個別の CO_2 フラックスの見積もりがより正確なものとなり、冷温帯森林生態系における炭素収支の精度向上に大きく寄与することが期待される。

以上について、審査委員全員一致で本論文が岐阜大学大学院連合農学研究科の学位論文として十分価値あるものと認めた。

学位論文の基礎となる学術論文は以下の通りである。

○Kondo M., Muraoka H., Uchida M., Yazaki H. and Koizumi H. (2005) Refixation of respired CO_2 by understory vegetation in a cool-temperate deciduous forest in Japan. *Agricultural and Forest Meteorology* 134: 110-121.

○近藤美由紀・内田昌男・小泉 博 (2007) 安定同位体分析を用いた呼吸起源 CO_2 の再固定過程 (CO_2 recycling) の評価. システム農学 23 (印刷中).