

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15H04513

研究課題名(和文) 13Cラベリングとイオン顕微鏡を組み合わせた森林樹木への炭素固定プロセスの解明

研究課題名(英文) Carbon fixation process into the tree using 13C labeling and NanoSIMS

研究代表者

檀浦 正子 (Dannoura, Masako)

京都大学・地球環境学堂・助教

研究者番号：90444570

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,100,000円

研究成果の概要(和文)：いくつかの樹種を対象に炭素安定同位体パルスラベリングを行い、呼吸として放出される炭素は1)レーザー式同位体装置(TDLS)、固体として固定される炭素は2)質量分析計(IRMS)、分布についてはイオン顕微鏡(NanoSIMS)を用いて追跡をおこなった。固体の炭素を、詳細に分画し、可溶性炭素やデンプンについての詳細な変動を追跡することができた。また可溶性炭素を糖に分画することで、乾燥条件下における炭素配分について新たな知見を得ることができた。NanoSIMSを用いての観察では、可溶性炭素の観察は困難であったが、デンプン粒においては13C分布を観察することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

気候変動により地球上の様々な地域で乾燥が進むことが懸念されている。本研究により、樹木が乾燥条件下では光合成産物を単糖に変換して浸透圧を調整していることや、篩部の形状を変化させていることが示され、乾燥条件下での樹木の炭素配分の一端を解明することができた。また樹種により、固定された炭素の、糖やデンプンなどの非構造性炭素への配分が異なることが明らかになった。このことは、環境応答を考える際に、樹種による違いを考慮に入れることが重要であることを示している。

研究成果の概要(英文)：In this study, 13C pulse labeling was performed on several tree species in order to clarify the time and amount of CO₂ was released after CO₂ was fixed by trees. (1) 13CO₂ in respiration was chased using Tunable Diode Laser Spectroscopy(TDLS), (2) 13C in organic matter was chased using Isotope Ratio Mass Spectrometer (IRMS), and (3) distribution of 13C in what ?? was traced using an ion microscope, Nano Secondary Ion Mass Spectrometry (NanoSIMS). It was possible to purify the carbon in bulk organic matter and follow the detailed variations in the soluble organic carbon and starch. By fractionating soluble organic carbon into sugars, we were able to obtain new knowledge about carbon allocation under dry conditions. It was difficult to observe 13C distribution in soluble carbon but could be observed in starch granules by using NanoSIMS.

研究分野：森林生態学

キーワード：気候変動・炭素収支 森林炭素循環 パルスラベリング 安定同位体 イオン顕微鏡

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

森林は、地球炭素循環において大きく複雑な機能をもつ。森林に蓄積された炭素も最終的には気体になって大気に戻っていくが、戻されるまでの時間はどこに固定されるかによって大きく異なる。呼吸として放出される炭素は数時間単位、組織に固定され枯死分解を経る炭素は数年単位、土壌中に残存する炭素は数万年というように。気候変動や林分の変化による長期的な変動予測のためには、炭素循環を構成する要素それぞれの成り立ちを理解し、因果関係を考慮した解析およびモデルの確立が求められる。

森林の炭素固定能を推定するために、様々なサイトでタワー観測や生態学的手法を用いての評価が行われ、さらに森林内部の炭素動態を詳細に調べるため、森林を形成する各コンパートメントにおける呼吸量や光合成量の測定が行われてきた。いずれの観測でも、観測された値を、温度・降水量などの外的環境要因と絡めて解析することができるが、本来ここに、樹木の内部からの要因(樹齢や樹種や、その個体が置かれた状況)も複雑に関係してくるはずである。タワー観測では時々刻々と変化する大気 森林間の出た量と入った量をモニターできるが森林内部の炭素動態はわからない。一方でリター量や直径成長などから求める生態学的生産量測定では森林がいつどれだけの炭素を吸収・放出したかはわからない。各コンパートメントにおける呼吸量や光合成量の測定では、各部位において二酸化炭素フラックスを観測できるが、いまそこで吸収・放出されている炭素がいつとりこまれたものであるのかはわからない。

このブラックボックスである樹体内の炭素のうごきを明らかにするためには、パルスラベリング手法が有効である。これは、自然状態で約1%の存在比をもつ ^{13}C を濃縮し光合成によって植物に取り込ませ、トレーサーとして用いることで、炭素の移動を追跡する手法である。 $^{13}\text{CO}_2$ を測定するためのレーザー式安定同位体測定機器が充実してきたことなどから、野外でも適用されるようになってきている(Epron et al., 2012)。

2. 研究の目的

本研究では取り込まれた炭素が森林生態系をどのように循環し、とどまり、放出されていくのかを、「呼吸」「蓄積」「生長」にわけ、精密に記述することを目標とする。

ラベリング実験後に植物が取り込んだ安定同位体炭素が、どこに取り込まれるのかを追跡するために、最新の手法を組み合わせる点にある。すなわち、1)呼吸として放出される炭素の追跡のための「気体の分析」(TDLS)、2)生長あるいは蓄積のために樹体に一旦固定される炭素の追跡のための「固体の分析」(IRMS)、3)その中で、生長、すなわち細胞壁等樹体を構成することになる炭素の追跡のための「固体の中の分布の観察」(NanoSIMS)である。

炭素固定能や環境要因に対する反応が解明されれば、生態系炭素循環モデルの検証に重要となるパラメーターを与えることができる。ひいては、将来の気候変動に対する植物の反応についても、どの季節の環境がより影響をおよぼすのかといった、詳細な予測を可能にし、起こりつつある植生の変遷にも具体的な理由付けを与えることができる。

3. 研究の方法

いくつかの樹種において、1)に説明する ^{13}C パルスラベリング実験を適用し、下記2)で説明する方法で固定された ^{13}C の追跡を行った。

1) ^{13}C パルスラベリング実験

炭素の安定同位体である $^{13}\text{CO}_2$ は通常大気に1%程度含まれている。炭素の安定同位体には、 ^{12}C と ^{13}C とがあり、自然状態でそれぞれ98.89%、1.11%の比で存在している。 ^{13}C パルスラベリングとは、この存在比の少ない ^{13}C をトレーサーとして対象に付加し、 ^{13}C を追跡するという手法である。ラベリングチャンバーは光を通す強度の高いビニールシートで作成し、ラベリング中の二酸化炭素濃度、光環境、温度、湿度をモニタリングし、密閉して $^{13}\text{CO}_2$ (99%)を吸入する。ラベリングチャンバー内の $^{13}\text{CO}_2$ がほぼ樹体に固定された後チャンバーを開封する。

なお、 ^{13}C ラベリング手法に関する詳細に関しては、「炭素安定同位体パルスラベリングを用いて樹木の師液流を測定する」檀浦ら(2016)、「安定同位体を用いた森林における炭素循環研究 木の中のみえない炭素の流れを探る」高梨(2017)、「Using ^{13}C to Quantify Phloem Transport on Tall Plants in the Field」Epron et al., 2019 および「炭素収支における ^{13}C パルスラベリング手法の適用と展望」檀浦(2019)で発表された。

2) ^{13}C の追跡

2-1) ^{13}C 気体の分析(TDLS)

光合成で取り込まれた炭素は、まず葉から枝、幹を通り、根から土壌へと移動し、それぞれの器官で使われ、呼吸として大気へ放出され、あるいは貯蔵物質としてとどまる。土壌へ到達したものは最終的には土壌呼吸として大気へ放出される。これらの炭素の流れを追跡し、その移動速度を枝、幹、根の各組織から放出される二酸化炭素中に含まれる $^{13}\text{CO}_2$ 濃度の測定により実測で

きる。TDLS 式アナライザーの専門家である高橋けんし氏（共同研究者）、高梨聡氏（共同研究者）と構築した観測システムにより、ラベリング後の ^{13}C の移動を追跡した。

2-2) ^{13}C 固体の分析(IRMS)

組織に固定された ^{13}C の量を定量するには、IRMS による測定が不可欠である。ただし、サンプル採取が必要となるので、時系列的に解析するためには樹体にダメージを与えないようなサンプリング手法が必要となる。サンプルは、液体窒素で生理活性を停止させた後、凍結乾燥し、分析用に粉砕する。

さらに、炭素は植物体の中で、構造体（セルロース、リグニン、不溶性たんぱく質を含む）あるいはデンプンという形で不溶性の炭素として存在するものと、可溶性たんぱく質、可溶性の糖、有機酸、アミノ酸、色素、脂肪という形で可溶性の炭素として存在するものにわけられる。これらの画分を分離することで、固定された炭素がどのような形態で存在しているのかを時間を追って調べることができる。

この分画して同位体を分析する手法については共著論文を執筆した。（Desalme et al.2017）

2-3) 固体の中の ^{13}C 分布の観察(NanoSIMS)

ラベリングに供した樹種の葉・幹・根を一部サンプリングし、顕微鏡観察用の切片を作製し、竹内美由紀氏（研究分担者）とともに NanoSIMS による観察を行った。竹内氏は、樹木の細胞学に精通しており、NanoSIMS をもちいた細胞内のイオン分布観察を行っている。サンプルはラベリング後定期的に採取し、IRMS の分析による樹木への炭素の取り込み量とともに、どこに固定されたのかを解析した。

4. 研究成果

1) 冬季光合成産物の配分について

アカマツ(*Pinus densiflora*)

常緑樹は冬にも葉をつけており光合成をおこなう。富士吉田試験地のアカマツを対象として2017年12月にラベリングを行った。2-1)に示したTDLSを用いて、高さ19.5mの枝、および高さ15.5m,11.1m,7.3m,3.8mの幹に呼吸量測定用チャンバーを設置し、呼吸として放出される ^{13}C を測定した。

その結果、成長期である夏に固定された炭素はすぐに減衰するのに対して、冬に固定された炭素は冬の間のおよそ3か月間幹呼吸として放出されつづけ、春になると急激に減衰した（図1）。同時期に葉の伸長や幹の成長が始まるため生育につかわれると考えられる。また夏にもう一度幹からの呼吸放出にピークがみられた。これは葉や成長に使用した残りか、デンプン等で蓄積していたものが放出されたと考えられる。

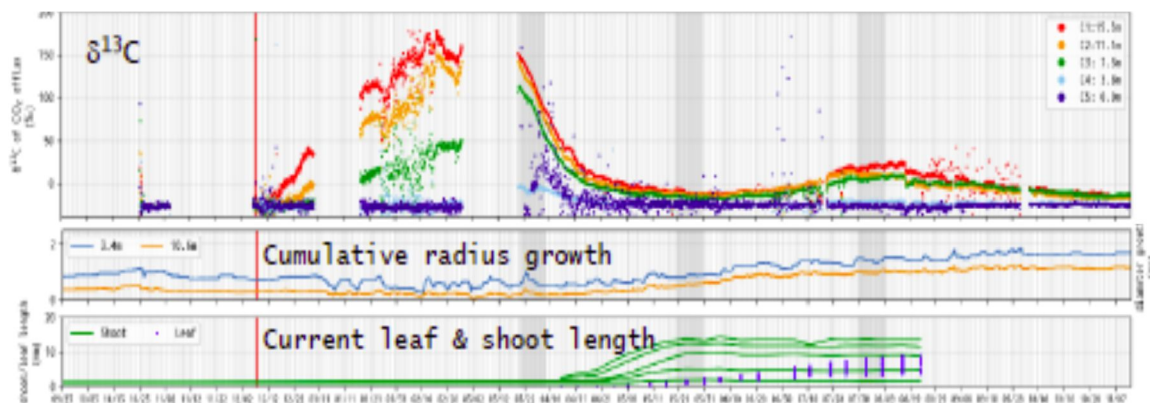


図1 幹チャンバーから放出される呼吸量中の ^{13}C 同位体比（上）と幹の成長量（中）と当年枝の伸長量（下）。縦の赤線は ^{13}C パルスラベリングを行った日時（2017年12月6日）である。 ^{13}C 同位体比は2018年3月20日ごろから減衰している。

この結果は、生態圏セミナー、IUFRO 2016、第129回日本森林学会、第66回日本生態学会で発表された。

2) 乾燥条件下における光合成産物配分について

2-1) ブナ (*Fagus sylvatica*)

樹木の枯死には水不足と炭素欠乏がかかわっている。水不足および炭素欠乏の条件下でどのような炭素配分が起こっているのかを調べるために、屋根をかけて2年間灌水しない乾燥処理（乾燥強度により2段階にわけた）を行ったブナおよび、2年間展葉期に75%の葉を摘葉し炭素欠乏処理を行ったブナを対象とした。これらの、対照区、炭素欠乏、乾燥、強度乾燥の4処理において各3個体に ^{13}C ラベリングを行い、2-2)に示した固体内のデンプンおよび可溶性炭素に配分された ^{13}C を測定した。また、2-1)TDLSを用いて幹呼吸として放出される ^{13}C を測定した。同時に

師液中の ^{13}C 測定および糖濃度の測定、師部の顕微鏡観察を行った。

その結果、摘葉した個体では、葉の平均滞留時間が短くなる傾向があり、葉で個体した炭素をすぐに幹に送ることが示された。また乾燥条件下では師液中や幹呼吸における平均滞留時間が非常に長くなる個体があった。摘葉した個体や乾燥条件下の個体では幹呼吸の ^{13}C のピークが遅くなること示された。乾燥個体では師液の濃度上昇と師管面積の減少により、師部輸送が制限を受けていることが示された。

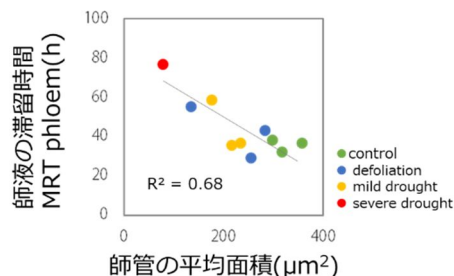


図2 師管の平均面積と師液中の ^{13}C の平均滞留時間。乾燥を受けると師管の面積が小さくなり、滞留時間も長くなる。すなわちソースからシンクへの師部輸送が制限される。

この結果は、Dannoura et al., (2019)、第128回日本森林学会、IUFRO 2017 で発表された。また、IUFRO において「師部の機能と機能不全」というセッションを共同でオーガナイズし、Tree Physiology から特集号を出版した。

2-2) ヒノキ (*Chamaecyparis obtuse*)

ヒノキポット苗を用いて ^{13}C ラベリングを行い、乾燥条件によりどのような炭素配分が行われるのかを追跡した。短期の乾燥ストレスグループ (n=5) と長期の乾燥ストレスグループ (n=5) それぞれのコントロールグループ (各 n=3・n=2) の4グループに分けた。その後、これら4グループに ^{13}C を取り込ませ、7日後に短期間の乾燥負荷グループを、そして葉がすべて茶色に変色してから十分な日数がたち枯死したと考えられる86日後に長期間の乾燥負荷グループを、各コントロールグループとともに伐採した。伐採後各器官(葉、緑色枝、茶色枝、幹、細根、粗根)に分類し、凍結乾燥したのち乾燥重量を測定した。これらのサンプルから乾燥下でのNSCの形態的变化と量的変化を見るために、まず糖(葉、緑色枝、細根から)とデンプン(すべての器官から)の抽出を行ない、濃度と同位体比の測定を行った。さらに師部構造を観察し、師部細胞の識別とその個数・面積の測定を行い、師部細胞一つ当たりの平均面積を算出した。

短期の乾燥下では特に葉でグルコースやフルクトースなどの単糖濃度が増加し、デンプン濃度が減少するという傾向が見られた。これより、短期の乾燥下では糖濃度を増やすことで、浸透圧調整を行っていると考えられた。

長期の乾燥下では、葉、緑色枝、細根の糖濃度が減少しているにも関わらず、乾燥初期に得た炭素(^{13}C)は残っている傾向にあった。さらに短期の乾燥グループと長期の乾燥グループのデンプンを比較すると、乾燥負荷の長さにかかわらず、濃度・ ^{13}C 割合は同程度であった。これより、乾燥初期に得た炭素はある程度は貯蔵されたままで、すべてを糖に分解して利用していないことが示唆された。乾燥下でのヒノキの師部の形質的变化を、師部細胞一つ当たりの平均面積で比較したところ、短期の乾燥下では大きな変化が見られなかった。一方長期の乾燥下では、師部細胞一つ当たりの平均面積が減少している傾向にあり、師部細胞が収縮していた。これより長期の乾燥下では、師部機能が低下しており、炭素の輸送が制限された状態だと考えられる。

すなわち、樹木が糖を単糖に変換することで浸透圧調整を行い乾燥に対応すること、枯死にいたるような長期にわたり乾燥をうけると師部機能が失われることが示された。

この結果は第129回森林学会で発表された。また現在論文執筆中である。

1) 光合成産物の日変動解析

ブナ (*Fagus sylvatica*)、フランス海岸松 (*Pinus pinaster*)

2 樹種において、朝固定された炭素と夕方固定された炭素を追跡するために、朝と夕の2回に分けて、ラベリングを行った。ブナに関しては、2015年5月22日、27日6月2日の3日にわけて行い(朝・夕それぞれ n=3)、マツに関しては2015年5月8日に行った(朝・夕それぞれ n=4)。ラベリング後4-24時間ごとに(経過時間によって異なる)葉を採取し、乾燥させ、炭素安定同位体比を質量分析計で測定した。また、可溶性炭素とデ

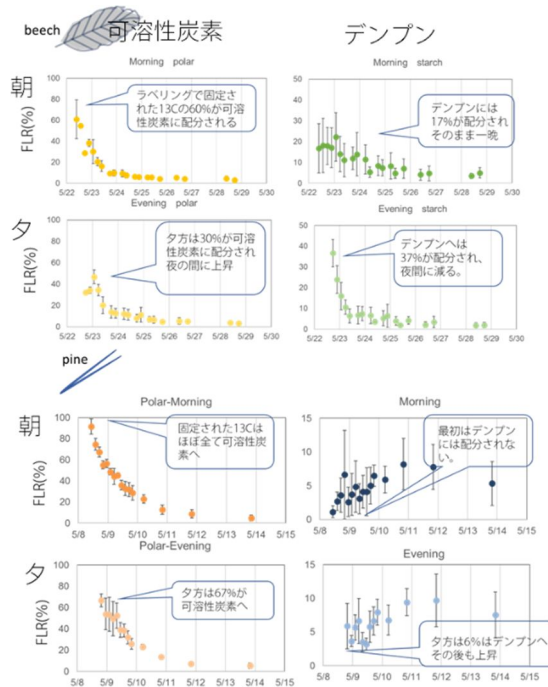


図3 ブナ(上4グラフ)とマツ(下4グラフ)における朝と夕方の ^{13}C パルスラベリング後の可溶性炭素とデンプンへの炭素配分。

ンブンとに分画し、それぞれの炭素安定同位体を測定した。時系列変動解析のため、ラベリング時の葉の値を初期値として標準化を行った。

ブナにおいては、朝のラベリングでは、固定された ^{13}C のうち 60% が可溶性炭素に、17% がデンプンへと配分されていた。夕方のラベリングでは、30% が可溶性炭素に、それよりも多い 37% がデンプンへと配分されていた。

朝のラベリングでは、可溶性炭素に配分されていた ^{13}C はすぐに減少していくが、デンプンに配分された ^{13}C は次の日の朝まで一定の値を保ちその後減少をはじめた。夕方のラベリングでは、可溶性炭素に配分された ^{13}C は上昇し、次の日の朝から減少した。デンプンではすぐに減少した。夕方にいったんデンプンに配分した炭素を可溶性の糖に再配分して使用していることがわかる。すなわちブナにおいては固定された炭素はすばやくデンプンに移動し、使われていくことが示された。

マツにおいては、朝のラベリングでは、ほぼすべての ^{13}C が可溶性炭素に配分された。デンプンへの配分はほとんど見られず、徐々に増加した。可溶性炭素にすべて配分してからデンプンへと変換している様子が見られる。また夕方は 67% が可溶性炭素に、6% がデンプンに配分されていた。夕方には可溶性炭素プールにもたくさんの炭素が配分されているため、少ない値であると考えられる。可溶性炭素へ配分された ^{13}C はその後減少するが、デンプンへ配分される炭素は上昇を続け、可溶性炭素へ配分された炭素からの変換が示された。

このようにブナとマツにおいて、非構造的炭水化物への炭素配分が大きく異なることが示された。

また、組織内の ^{13}C を可視化しその分布を明らかにすることを旨として NanoSIMS を用いた同位体イメージングを行った。この測定のためには試料を樹脂包埋して薄切片を作製する必要がある。本研究では凍結試料を樹脂包埋することにより、溶出しやすい低分子の糖などの分布を保存した試料を作製して SIMS 測定を行うことを試みたが、組織内に低分子の糖などに相当すると考えられるシグナルを検出することはできなかった。一方、構造的炭素やデンプン粒などに取り込まれた ^{13}C を検出することは可能であった（図 4、細胞壁に固定された ^{13}C 。ポプラ苗によるモデル実験の結果）。今回の試料では $^{13}\text{CO}_2$ ラベルしたマツ針葉中のデンプン粒に標識 ^{13}C が検出された（図 5）。師管液などの中では炭素自体の濃度も低くなるため、固形分を乾燥して測定する IRMS での検出に比べて、SIMS による同位体イメージングでは ^{13}C の検出感度は悪くなると考えられる。また固定された直後で ^{13}C が濃縮された状態である葉内のデンプンや、その後の希釈が比較的小さく測定すべき領域が限定できる幼樹を用いたモデル実験に比べ、野外実験試料では幹における ^{13}C 比イメージングは構造的炭素に関しても ^{13}C 比が低くなり検出が困難であったと考えられる。

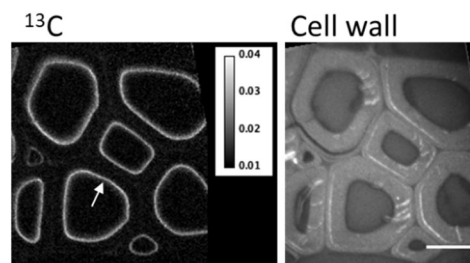


図 4. 木部のイオン像（左） ^{13}C 比像（右）細胞壁ふたつの像を比較すると、細胞壁の一部に ^{13}C 比の高い領域（矢印）があることがわかる。

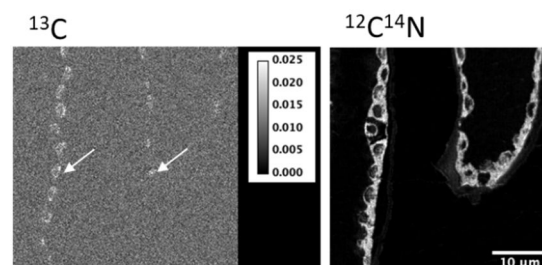


図 5. 葉のイオン像。 ^{13}C 比像（左）CN像（右）。 ^{13}C がデンプン粒内に検出された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Epron Daniel、Dannoura Masako、Holttta Teemu	4. 巻 39
2. 論文標題 Introduction to the invited issue on phloem function and dysfunction	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Tree Physiology	6. 最初と最後の頁 167 ~ 172
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1093/treephys/tpz007	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Salmon Yann、Dietrich Lars、Sevanto Sanna、Holttta Teemu、Dannoura Masako、Epron Daniel	4. 巻 39
2. 論文標題 Drought impacts on tree phloem: from cell-level responses to ecological significance	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Tree Physiology	6. 最初と最後の頁 173 ~ 191
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1093/treephys/tpy153	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Dannoura Masako、Epron Daniel、Desalme Dorine、Massonnet Catherine、Tsuji Shoko、Plain Caroline、Priault Pierrick、G?rant Dominique	4. 巻 39
2. 論文標題 The impact of prolonged drought on phloem anatomy and phloem transport in young beech trees	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Tree Physiology	6. 最初と最後の頁 201 ~ 210
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1093/treephys/tpy070	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 檀浦 正子	4. 巻 85
2. 論文標題 炭素収支における ¹³ Cパルスラベリング手法の適用と展望	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 森林科学	6. 最初と最後の頁 13 ~ 18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.11519/jjsk.85.0_13	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kono Yuri, Ishida Atsushi, Saiki Shin-Taro, Yoshimura Kenichi, Dannoura Masako, Yazaki Kenichi, Kimura Fuku, Yoshimura Jin, Aikawa Shin-ichi	4. 巻 2
2. 論文標題 Initial hydraulic failure followed by late-stage carbon starvation leads to drought-induced death in the tree <i>Trema orientalis</i>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Communications Biology	6. 最初と最後の頁 8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1038/s42003-018-0256-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Epron D., Dannoura M., Ishida A., Kosugi Y.	4. 巻 0
2. 論文標題 Estimation of phloem carbon translocation belowground at stand level in a hinoki cypress stand	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Tree Physiology	6. 最初と最後の頁 0
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/treephys/tpy016	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Martineau E., Domec JC., Bosc A., Dannoura M., Gibon Y., Bernard C., Jordan-Meille L.	4. 巻 39
2. 論文標題 The role of potassium on maize leaf carbon exportation under drought condition	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Acta Physiol Plant	6. 最初と最後の頁 219
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11738-017-2515-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Desalme, D., Priault, P., Gerant, D., Dannoura, M., Maillard, P., Plain, C., Epron, D.	4. 巻 213(1)
2. 論文標題 Seasonal variations drive short-term dynamics and partitioning of recently assimilated carbon in the foliage of adult beech and pine	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 New Phytologist	6. 最初と最後の頁 140-153
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/nph.14124	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 高梨聡	4. 巻 71(1)
2. 論文標題 安定同位体を用いた森林における炭素循環研究 - 木の中のみえない炭素の流れを探る	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 生物の科学 遺伝	6. 最初と最後の頁 55-62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 檀浦正子, 種子田春彦, 小林剛	4. 巻 66
2. 論文標題 炭素安定同位体パルスラベリングを用いて樹木の師液流を測定する	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 日本生態学会誌	6. 最初と最後の頁 501-503
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://doi.org/10.18960/seitai.66.2_501	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計28件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 檀浦正子, Alexandre BOSCH, Dainel EPRON
2. 発表標題 マツとブナの葉における非構造的炭水化物動態の日周期の違い
3. 学会等名 第131回日本森林学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林慧人, Shitephen Wang, 檀浦正子, 高梨聡, 小南裕志, 北山兼弘, 小野田雄介
2. 発表標題 13Cパルスラベリング手法を用いたモウソウチクの炭素輸送過程の追跡
3. 学会等名 第131回日本森林学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 檀浦正子、辻祥子
2. 発表標題 マツの根の解剖学的構造と呼吸量
3. 学会等名 第50回根研究学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋 けんし, 坂部綾香, 伊藤雅之, 岩田拓記, 安宅未央子, 小杉緑子
2. 発表標題 長光路レーザー吸収分光による大気微量成分の超高感度検出とフラックス測定への応用
3. 学会等名 2019年度 日本分光学会年次講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高梨聡、檀浦正子、中野隆志、小南裕志、深山貴文
2. 発表標題 アカマツの冬季吸収炭素の放出特性
3. 学会等名 第66回日本生態学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 辻千晃、檀浦正子、Daniel Epron、高梨聡、小南裕志、吉川彬
2. 発表標題 13Cパルスラベリング法を用いた、ヒノキ幼木の乾燥条件下での炭素利用
3. 学会等名 第130回日本森林学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高梨聡、安宅未央子、檀浦正子
2. 発表標題 コナラの萌芽更新時における炭素動態
3. 学会等名 第131回日本森林学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 竹内美由紀, 則定真利子, 磯貝明
2. 発表標題 13C02ラベリングを用いたポプラ木部における光合成産物の分布解析
3. 学会等名 第69回木材学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Miyuki Takeuchi, Mariko Norisada and Akira Isogai
2. 発表標題 Incorporation of tracer 13C to developing xylem of poplar
3. 学会等名 Cell wall meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹内美由紀, 則定真利子, 磯貝明
2. 発表標題 ポプラ木部細胞壁形成における光合成産物の利用
3. 学会等名 日本植物学会第83回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Miyuki Takeuchi, Mariko Norisada and Akira Isogai
2. 発表標題 Tracing photosynthetic carbon distribution during xylem formation
3. 学会等名 22th International Conference on Secondary Ion Mass Spectrometry (SIMS22) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Dannoura M., Tsuji S., Desalme D., Priault P., Plain C., Epron D.
2. 発表標題 Differences in phloem anatomy alters its function under drought stress
3. 学会等名 IUFRO 125th Anniversary Congress 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Desalme D., Priault P., Dannoura M., Plain C., Angeli N., MASSONNET C., Epron D.
2. 発表標題 13 C02 pulse labelling experiment reveals phloem function impairment in young beech trees subjected to severe drought
3. 学会等名 IUFRO 125th Anniversary Congress 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Epron D., Cabral O., Laclau J., Dannoura M., Parker Ana P., Plain C., Moreira M., Nouvellon Y.
2. 発表標題 Potassium nutrition and water availability affect phloem transport of photosynthetic carbon in eucalypt trees
3. 学会等名 IUFRO 125th Anniversary Congress 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Daniel Epron, Masako Dannoura, Atsushi Ishida, Yoshiko Kosugi
2. 発表標題 Phloem conductance (and carbone translocation) at stand level: scaling anatomical data
3. 学会等名 iPhloem (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Dannoura M., and Epron D.
2. 発表標題 How does phloem carbon translocation capacity scale with canopy photosynthesis in a hinoki cypress plantation?
3. 学会等名 「光合成機能の環境応答とモデリング」ワークショップ (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 檀浦正子
2. 発表標題 13C ラベリングによる光合成生産物の樹幹内転流の把握
3. 学会等名 「樹木年輪」研究会・組織と材質研究会合同シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 辻千晃、檀浦正子、Daniel Epron、高梨聡、小南裕志、吉川彬
2. 発表標題 13Cパルスラベリング法を用いたヒノキ幼木の乾燥条件下での炭素利用
3. 学会等名 第129回日本森林学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高梨聡、檀浦正子、中野隆志、小南裕志、深山貴文
2. 発表標題 冷温帯アカマツの光合成・呼吸と生長フェノロジー
3. 学会等名 第129回日本森林学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹内 美由紀、則定 真利子、磯貝 明
2. 発表標題 炭素の固定から見た木部細胞壁形成
3. 学会等名 第68回木材学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹内 美由紀、則定 真利子、磯貝 明
2. 発表標題 同位体イメージングによる木部細胞壁形成過程の追跡
3. 学会等名 日本植物学会第81回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Miyuki Takeuchi, Mariko Norisada and Akira Isogai
2. 発表標題 Imaging mass spectrometry analysis of woody cell wall using ¹³ C02 pulse labeling
3. 学会等名 253rd American Chemical Society National meeting & exposition (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takanashi, S., Dannoura, M., Nakano, T., Kominami, Y., Miyama, T.
2. 発表標題 Seasonality of carbon flow in a pine tree estimated using in situ 13C pulse-labeling method
3. 学会等名 IUFRO Regional Congress for Asia and Oceania 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 檀浦正子, 辻祥子, DESALME, Dorine, PRIAULT, Pierrick, PLAIN, Caroline, EPRON, Daniel
2. 発表標題 乾燥ストレス条件における ヨーロッパブナの師部形状と師液輸送 Phloem anatomy and transport of carbon under drought stress in Europe Beech
3. 学会等名 日本森林学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 檀浦正子
2. 発表標題 炭素安定同位体パルスラベリングを用いた水欠乏・炭素欠乏の樹木の炭素動態の解明
3. 学会等名 樹木の乾燥枯死・樹病枯死メカニズムの解明と温暖化等による乾燥影響評価
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Dannoura M., Takeuchi M., Kominami Y., Takanashi S., Yoshimura K., Ataka M.
2. 発表標題 Tracing photosynthetic carbon in leaves with nanoSIMS after 13C02 labelling
3. 学会等名 European Geosciences Union General Assembly 2015 (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 檀浦正子・田中千晴・安宅未央子・高梨聡・竹内美由紀・吉村謙一・小南裕志・Priault Pierrick
2. 発表標題 コナラにおける葉内炭素動態 - 13CパルスラベリングとNanoSIMSを用いてー
3. 学会等名 第127回 日本森林学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 高梨聡・檀浦正子・中野隆志・小南裕志・深山貴文
2. 発表標題 二酸化炭素安定同位体を用いた樹体内炭素動態の解明
3. 学会等名 第127回 日本森林学会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Dannoura M., Bosc A., Epron D(chapter2) (eds.) Katsumi Takeshi and Shizuka Hashimoto	4. 発行年 2016年
2. 出版社 Kaisei Publishing Co.,Ltd.	5. 総ページ数 214
3. 書名 Toward Future Earth (分担執筆)	

1. 著者名 Epron D., Dannoura M., Plain (eds) Liesche J.C. Using 13C to Quantify Phloem Transport on Tall Plants in the Field.	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Humana, New York, NY	5. 総ページ数 473
3. 書名 Phloem. Methods in Molecular Biology	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	竹内 美由紀 (Takeuchi Miyuki) (20378912)	東京大学・大学院農学生命科学研究科(農学部)・特任助教 (12601)	
研究分担者	高梨 聡 (Takanashi Satoru) (90423011)	国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等 (82105)	
研究分担者	小南 裕志 (Kominami Yuji) (70353688)	国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等 (82105)	
研究分担者	高橋 けんし (Takahashi Kenshi) (10303596)	京都大学・生存圏研究所・准教授 (14301)	
連携研究者	植松 千代美 (Uematsu Chiyomi) (30232789)	大阪市立大学・理学研究科・講師 (24402)	
連携研究者	中野 隆志 (Nakano Takashi) (90342964)	山梨県富士山科学研究所・自然科学研究部・研究管理幹・部長 (83501)	