

令和 6 年 6 月 7 日現在

機関番号：17601

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H02238

研究課題名（和文）森林から河川へ流出する炭素量は吸収量に対してどの程度の割合なのか？

研究課題名（英文）How much carbon does runoff through stream compared with assimilated carbon by forests

研究代表者

高木 正博（Takagi, Masahiro）

宮崎大学・農学部・教授

研究者番号：70315357

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は森林の炭素の吸収量と流出量を同時に測定し、吸収量に対する流出量の相対的な割合を評価し炭素収支を正確に明らかにすることである。宮崎大学農学部田野フィールド（演習林）内の面積50 haの常緑広葉樹林を主とする小流域を対象に2023年6月から2024年5月の1年間、河川流量と流出炭素量を、また渦相関法による炭素吸収量の測定を行った。その結果、炭素吸収量は $1.5 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ となった。一方、炭素流出量は測器の不具合により年間値を算出できなかった。そこで過去に別の小流域で求められた値（ $0.37 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ ）を用いて、吸収量に対する流出量の割合を求めると25%となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

森林が大気から炭素を吸収していることはよく知られている。その一方で、森林から無視できない量の炭素が河川を經由して流出していることが近年明らかになりつつある。地球全体の推定では陸上植生による吸収量の約6割が河川に流出するとされているが、流域単位の炭素収支の気候帯や国家レベルでの違いについては未解明である。本研究では日本国内で初めて森林の炭素吸収量に対する流出量を同一の試験地で測定し、その割合は小さいものとは言えない程度であることを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：The object of this study was to measure quantity of assimilation and flowout of carbon of the forest at the same time and was to clarify the carbon budget of forest ecosystem exactly. The assimilation was measured using eddy covariance system. The flowout thorough river was estimated by flowrate and turbidity of river water. The study site was small catchment of 50 ha with evergreen broadleaved forest in the Miyazaki University forest. As a result, the quantity of carbon assimilation became $1.5 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$. The carbon flowout was not able to estimated due to malfunction of the instrument. Therefore, using a value ($0.37 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$) measured in another small basin in the past, the ratio of flowout to assimilation was calculated as 25%.

研究分野：森林生態学

キーワード：炭素収支 森林

1. 研究開始当初の背景

森林が吸収しているとされる炭素のうち、実は少なからぬ量が森林に蓄積されずに河川を通して流出してしまっているのでは無いか、しかしその実態はまだ十分に明らかにされていない、という点が研究の背景である。IPCC 第5次評価報告書(2013)によると地球全体の推定で、陸上の植生が年間に吸収する炭素量(2.6 Gt)の約6割(1.7 Gt)が河川に流出するとされている。

吸収量は森林の種類や気候により、流出量もまた気候やさらに地質や地形により、地域や国により大きく異なる。日本の南西部はモンスーン気候に属し多雨で台風が多く、また火山と地震が多いために地層が軟弱で地形が急峻である。したがって日本において河川を經由して流出する炭素の割合は地球全体で均した割合(少なく見積もって1/4)より多いと予想される。申請者は世界で初めて、森林に覆われた山地小流域から流出する総ての炭素の量を正確に測定し、 $0.37 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ と報告した(Takagi and Haga 2019)。本研究対象と同じ緯度の東アジアの森林では、微気象学的に測定された平均の吸収量は $3.4 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ との報告がある。一方で生態学的手法により測定された本研究対象地を含む森林の吸収量は $0.28 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ であった。すなわち、申請者が明らかにした流出量は吸収量の約1割に相当するか、もしくは吸収量より多い可能性もある。地球全体の大まかな推定とは別に、それぞれの森林の種類、気候帯、地質帯で個別の正確な炭素収支の把握が、国内および地球全体の炭素の流れを正確に理解することにつながる。そのことはまた将来の地球温暖化の予測精度の向上と、それに伴う世界の国々の低炭素・環境政策の見直しをもたらす可能性がある。

2. 研究の目的

そこで本研究では、森林の炭素の吸収量と流出量を同時に測定し、吸収量に対する流出量の相対的な割合を評価し、炭素収支を正確に明らかにすることを目的とした。また同時に、森林からの炭素流出量を濁度を用いて簡易に測定する手法を提示し、国内のより多くの森林で正確な炭素収支を把握可能とするための道筋をつけることも目的とした。炭素吸収量を測定している森林は国内でも数カ所ある。それらの森林でも流出量を測定できれば、国レベルの森林の炭素収支をより正確に推定可能となる。そのためには、より簡易に炭素流出量を測定しうる手法が望ましい。これらの目的を達成するために、次の3つの課題に取り組んだ：

- 1) 河川を經由した森林からの炭素流出量の測定、
- 2) 微気象学的手法を用いた森林への炭素吸収量の測定、
- 3) 濁度を指標とした炭素流出量の簡易推定手法の提示。

3. 研究の方法

試験地は宮崎大学農学部田野フィールド(演習林)内の面積50 haのスギ林と常緑広葉樹林(照葉樹林)が混交する源頭部小流域である。解析対象期間は2023年6月から2024年5月の1年間とした。これは吸収量観測設備の運用開始がコロナ禍などの事情により2023年5月から遅れたためである。

(1) 河川を經由した森林からの炭素流出量の測定

試験対象流域の下端において、河川流量、微細粒状有機態炭素、溶存有機態炭素および溶存無機態炭素の流出量の測定を行った。これらの流出量はその濃度に河川流量を乗じることによって推定可能である。

河川流量は超音波水位計を用いて常時5分間隔で測定した。別途、水位と、流速と流路横断面積から求まる流量との関係を求めるために、低水位時および高水位時に流速と流路横断面積を測定した。

濃度を測定するためには河川水を採水する必要があり、自動採水器(ISCO 3700)により降雨に伴う増水時に行った。採水された水はろ過し、ろ紙上に残されたものを微細粒状、ろ液中のものを溶存態とし、微細粒状の炭素濃度は炭素窒素分析計で、溶存態はTOC分析計で分析した。

(2) 微気象学的手法を用いた森林への炭素吸収量の測定

試験対象流域のほぼ中央にある尾根に高さ27 mのアマチュア無線用の鉄塔を建設し、その頂部にエンクロードドパス方式の渦相関法二酸化炭素吸収量測定装置(Campbell CPEC306)を設置した。同時に必要な微気象観測装置(全天放射、純放射、温湿度、土壌水分など)を設置した。これらの計測装置は田野フィールド(演習林)事務管理棟と無線LANを用いた常時オンラインとし、30分に一回の頻度でデータ回収を行った。得られたデータをもとにピーク値を除いた後、REddyProc(Wutzler et al. 2018)を用いて年間炭素吸収量を算出した。測定値の36%がギャップ(不適切な測定値)と判断されたため、MDSによりgapfillingを行った。

(3) 濁度を指標とした炭素流出量の簡易推定手法の提示

流量観測地点に濁度計(OPTEX TC-3000)を設置し、河川水の濁度を5分間隔で測定した。

4. 研究成果

図1に渦相関法により観測された炭素吸収量(NEE)の年推移を示す。マイナス側が吸収、プ

ラス側が放出である。絶対値は冬期に小さいことがわかる。これらを積算して年あたりに換算した吸収量は、 $1.5 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ となった。

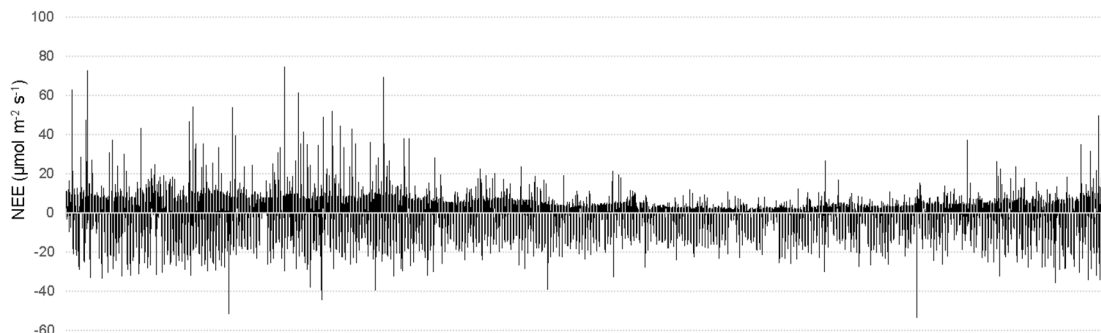


図1 炭素吸収量の年推移（2023年6月～2024年5月）

図2に河川流量の年推移を示す。梅雨時期及び秋期の降水に伴い流量も増加していることがわかる。これらの値を積算し流域面積で除して水高で示した流出量は1807 mmであった。この値は同じ期間の降水量の3723 mmの48%となった。



図2 河川流量の年推移（2023年6月～2024年5月）

図3に濁度の年推移を示す。河川流量が大きかったときに濁度も高い値を示したことがわかる。ただし、濁度計の不具合により、流量が大きかった夏期にデータを取得できなかったため、当初予定していた濁度計を用いた年間あたりの炭素流出量の推定はできなかった。



図3 濁度の年推移（2023年6月～2024年5月）

濁度を年間通して測定できなかったため炭素流出量の値は、本研究と同じ田野フィールド（演習林）内の別の小流域で求められた値（Takagi & Haga 2019）を参考にする。降水量が3320 mmであったのに対し流出炭素量は $0.37 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ であった。したがって本研究で求められた炭素吸収量 $1.5 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ に対するこの炭素流出量の値は割合で示すと25%となる。すなわち年間に取り込んだ炭素の4分の1が河川から流出することになる。

ただし本研究で求められた炭素吸収量 $1.5 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ は過小である可能性が高い。算出に用いたMDSによるgapfillingは特に雨天時などの日中のギャップに当てはめられた値が放出側（呼吸）に偏る傾向にある。これらの値の積算によって年間値でも放出側に偏り、吸収量が少なくなっている可能性が考えられる。渦相関法の観測そのものは欠測値もほとんど無く質の良いデータが取得できている。そのため今後は、このgapfillingの手法を検討し、より妥当な吸収量を求めることが課題である。また観測システムは長期運用に耐える構築をしてあるため、今後も観測を継続する予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

洞相関法による炭素吸収量測定オンライン公開サイト
<https://www.fsc.miyazaki-u.ac.jp/weather/index.html>

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	篠原 慶規 (Shinohara Yoshinori) (10615446)	宮崎大学・農学部・准教授 (17601)	
研究分担者	松本 一穂 (Matsumoto Kazuho) (20528707)	岩手大学・農学部・准教授 (11201)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------