

令和 5 年 6 月 7 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H04237

研究課題名（和文）バイオチャーが森林生態系の土壌圏と生態系炭素隔離機能に及ぼす中長期的影響の解明

研究課題名（英文）Medium- and long-term effects of biochar application on the pedosphere and carbon sequestration in the forest ecosystem

研究代表者

吉竹 晋平（Shinpei, Yoshitake）

早稲田大学・教育・総合科学学術院・准教授

研究者番号：50643649

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,300,000円

研究成果の概要（和文）：森林生態系へのバイオチャー散布では直接的・間接的な炭素隔離が期待されている。本研究では温帯落葉広葉樹二次林にバイオチャーを散布し、土壌圏の物理化学性および土壌微生物群集、そして生態系炭素循環の各要素および炭素収支（生態系純生産、NEP）に及ぼす影響について、最大7年に渡って調査した。本研究の結果、バイオチャーの散布は土壌中の栄養塩類や溶存有機炭素の動態に影響を及ぼすことや、土壌微生物群集への影響は小さいこと、生態系全体での間接的な炭素隔離効果は限定的であることなどが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

森林生態系はバイオチャーを用いた炭素隔離の場として注目されている。本研究は、実際の森林にバイオチャーを散布して生態系の応答を長期に渡って調べた稀有な例であり、その成果は土壌圏における栄養塩動態や微生物群集に関する基礎的知見をもたらすとともに、森林でのバイオチャーを用いた炭素隔離を考える上で極めて有用である。本研究ではバイオチャーによる間接的炭素隔離効果は限定的であったが、直接的な炭素隔離は可能なこと、長期的なモニタリング結果を踏まえると生態系に大きな問題が起きていないことが示された。今後は間接的炭素隔離効果を高められるバイオチャーの種類や対象林分などの検討が進むことが期待できる。

研究成果の概要（英文）：The application of biochar to the forest floor is expected to have both direct and indirect carbon sequestration. Biochar was applied to the forest floor of a temperate deciduous forest to investigate the medium- and long-term effects of biochar on soil physicochemical properties, microbial communities, ecosystem carbon budget (net ecosystem production: NEP), and key components of the ecosystem carbon cycle. The results of this study indicated that biochar application affected soil nutrients (inorganic nitrogen and phosphorus) and dissolved organic carbon dynamics, has a small effect on soil microbial communities, and has limited indirect carbon sequestration effects on the ecosystem as a whole.

研究分野：生態系生態学

キーワード：森林生態系 バイオチャー 炭素隔離 炭素循環 窒素循環 生態系純生産 土壌有機物 栄養塩

## 1. 研究開始当初の背景

気候変動への緩和策が求められている中で、IPCC 第5次報告書では持続可能な炭素隔離技術としてバイオチャーの利用可能性が挙げられた (IPCC 2013)。「バイオチャー (biochar)」とは、人為的に土壌に散布された炭化物の総称であり、主に農地の土壌改良を目的として数千年にわたって人間に利用されてきた。炭化物であるバイオチャーの分解は遅く、長期に渡って土壌に存在し続ける。そのため、落葉に含まれる炭素のほぼ全てが短期的に CO<sub>2</sub> に分解される自然生態系に比べて、それらをバイオチャーに変換して土壌に散布した系ではより長期的・安定的に多くの炭素を土壌に隔離することができると考えられている (Lehman et al., 2007)。この直接的な炭素隔離機能に加え、バイオチャーが持つ施肥効果を受けて植物成長が促進されることによる植物体への炭素蓄積の促進や、バイオチャーが新規有機物を吸着したり既存の土壌有機物を安定化させたりすることによる土壌圏への炭素蓄積の増加のように、間接的な炭素隔離機能の強化も期待される。気候変動の影響はすでに顕在化しつつあり、バイオチャーによる総合的な炭素隔離機能を早急に評価することが求められている。

土壌改良や収量増加を目的とした農耕地へのバイオチャー散布とその効果の検証については、アメリカなどの大規模農業を行っている国々を中心に古くから行われてきた (e.g., Jeffery et al., 2011; Gao et al., 2017)。一方、森林生態系を対象としたバイオチャー散布実験の例は少なく、森林生態系の各要素がバイオチャーに対してどう応答するかはよく分かっていない。それゆえ、バイオチャー散布が実際の森林生態系全体の炭素隔離機能に及ぼす影響についての評価は行われてこなかった。また、バイオチャーに関する研究の多くが散布後 1-2 年程度という短期間での報告であり、バイオチャー散布が生態系に与えるより長期的な影響の解明が強く求められている (e.g., Nguyen et al., 2017; Palviainen et al., 2018)。また、森林生態系の土壌圏へのバイオチャー散布の影響に関する情報は非常に限られている (Li et al., 2018)。特に、無機栄養塩および土壌微生物に利用しやすい形態である溶存有機炭素 (DOC) の動態は、前述の植物成長や土壌有機物動態を介した間接的な炭素隔離の駆動力として重要であると考えられるため、これらに対してバイオチャー散布が及ぼす影響やそれらの詳細な応答メカニズムを解明する必要があると考えられた。

## 2. 研究の目的

上記の背景を踏まえると、以下の2つの「問い」が浮かび上がった。

実際の森林生態系に対するバイオチャー散布は、炭素循環の各プロセスや相互作用に対して中長期的にどう影響し、その結果として生態系炭素収支をどう変えるのか

どのようなメカニズムで土壌圏の栄養塩や溶存有機炭素 (DOC) 動態は応答するのか

これらの問いに対して本研究では、すでに実施後3年が経過している実際の森林生態系へのバイオチャー散布実験を発展させることにより、バイオチャー散布に対して生態系の各構成要素や炭素循環プロセスがどう応答するか、そしてその帰結として生態系全体の炭素隔離機能がどう変化するかを、中長期的な視点 (散布後4-7年) から明らかにすることを目的とした

また、本研究では特に未解明な部分が多い土壌圏に焦点を当てて新たなバイオチャー散布実験を行い、バイオチャーに対する土壌圏の栄養塩や DOC 動態の応答メカニズムを解明し、上記の生態系炭素隔離機能の変化のより深い理解を目指した。

## 3. 研究の方法

### (1) バイオチャーの野外散布実験に基づく生態系応答の中長期的な解析

我々はすでに埼玉県本庄市内の落葉広葉樹林サイトを対象として、市販の粉末炭を林床に層状に散布する大規模なバイオチャー散布実験 (バイオチャー散布量が 0、5、10 t ha<sup>-1</sup> である3つの処理区 (C0、C5、C10)、20 m × 20 m、n = 4) を実施しており、約3年間に渡っていくつかの炭素循環プロセスの応答を調べている。本課題ではこの野外操作実験を継続・発展させることで、7年にわたって個々の炭素循環プロセスの応答と生態系全体の炭素隔離機能の変化を定量的に調べた。

生態学的には、生態系の炭素隔離機能は生産者の実質的な CO<sub>2</sub> 固定量 (純一次生産量、NPP) と、分解者・消費者による分解呼吸による CO<sub>2</sub> 放出量 (従属栄養生物呼吸量) を明らかにした上で、その収支である生態系純生産量 (NEP) として評価される。本研究でも、生産に関わる要素として樹木成長量や落葉・落枝量、細根生産量を、分解に関わる要素として従属栄養生物呼吸速度を、それぞれ以下の手法を用いて測定した。

- 樹木成長量 (Stem Increment: SI): 毎年の毎木調査で得られる各個体の胸高直径と既知のアロメトリー式より各個体の樹木バイオマスを算出し、その差を各プロット間で合計することで算出した。
- 落葉・落枝量 (Litterfall: LF): 既設のリタートラップ (各3プロットにつき3基) を用い

て毎月回収し、各器官に仕分けしたのちに乾燥重量を計測した。

- 細根生産量 ( $P_{fr}$ ): サンプル法により算出した細根バイオマスと、後述のスキナ法 ( 地中に埋設した透明ボックスにスキナを挿入して土壌断面を経時的に撮像し、細根の伸長・枯死を記録する方法 ) により推定した細根の生産ターンオーバー速度から算出した。
- 林床植生 ( ササ類 ) の生産量 ( $P_s$ ): 森林管理の一環で行われる 2 年に一度の下草刈りの際に単位面積当たりの地上部現存量を測定し、本研究ではこれを便宜上 2 年間の生産量とみなした。
- 土壌呼吸速度 ( Soil Respiration: SR ): ポータブル  $CO_2$  プローブを用いた密閉法により毎月測定した。
- 従属栄養生物呼吸速度 ( Heterotrophic Respiration: HR ): 垂直に挿入した塩ビ板で囲むことで植物根が侵入できなくなった区画 ( トレンチ区 ) において土壌呼吸を測定することで推定した ( トレンチ法 ) 。

また、各種センサを用いて地温などの環境条件のモニタリングを行った。各月および各年における従属栄養生物呼吸量については、得られた温度 - 呼吸曲線と野外で実測した地温データから推定・積算して求めた。

本研究では、 $NPP = SI + LF + P_{fr} + P_s$ 、 $NEP = NPP - HR$  として求め、NPP や NEP およびそれらの構成要素の 7 年間の経時変化および 7 年間の平均値について、バイオチャー散布の影響を解析した。

## ( 2 ) バイオチャー散布に対する土壌圏の応答メカニズムの解明

バイオチャー散布によって土壌の物理化学性および微生物群集がどのように変化したかを明らかにするため、経時的に鉍質土壌の表層 0-5 cm を採土管にて採取し、土壌の物理化学性 ( pH、含水比、全炭素・窒素濃度、硝酸態窒素およびアンモニア態窒素濃度、トルオーグ法に基づく利用可能リン酸濃度 ) および微生物呼吸活性を調べた。また、リン脂質脂肪酸分析法によって微生物バイオマス量および微生物群集構造に関するデータを取得した ( 一部試料については現在試料を冷凍保存中であり、今後分析を実施する )。これらのデータに基づいて、バイオチャー散布が中長期的に土壌圏の物理・化学・生物性にどのように影響するのかを解析した。

雨水が土壌に浸透する際には、様々な物質 ( 特に植物の成長や土壌微生物活性に大きな影響を及ぼす無機栄養塩や溶存態有機炭素 ( DOC ) ) が有機質土壌層から鉍質土壌層表層へと輸送され、このことも土壌中の物質動態や微生物群集に影響すると考えられる。本研究では、バイオチャーの散布がこの浸透水による物質の移動に及ぼす影響を明らかにするため、新たに小規模なバイオチャー散布実験区 ( バイオチャー散布量が 0、5、10  $t\ ha^{-1}$  である 3 つの処理区 ( C0、C5、C10 )、 $2\ m \times 2\ m$ 、 $n = 3$  ) を設置して調査を行った。有機質土壌層および鉍質土壌層の下部にテンションフリーライシメータを挿入して各層の浸透水を経時的に採取し、pH や EC、無機栄養塩 ( 硝酸態およびアンモニア態窒素、リン酸 ) 濃度および DOC 濃度を測定し、処理区間での違いを解析した。

バイオチャーが森林の物質循環におよぼす中長期的影響を考える上で、バイオチャー自身の経時的な変化について調べる必要があると考えられた。本研究ではまず散布後 1.5 年目のバイオチャーを野外から採取し、試験的に顕微赤外分光法を用いてその表面を解析した。

## 4 . 研究成果

### ( 1 ) バイオチャーの野外散布実験に基づく生態系応答の中長期的な解析

バイオチャーを散布した処理区では優占種であるコナラ個体の相対成長速度が高くなる傾向が認められた。また、プロット全体での樹木成長量 ( SI ) も対照区 ( C0 区 ) に対して C10 区で概して高い値を示したが、処理区間に有意差は認められなかった。落葉落枝量 ( LF ) も調査期間を通じてバイオチャーを散布したプロットで高くなる傾向が見られたが、やはり処理区間で有意差は認められなかった。方法上の制約のため、細根ターンオーバーについては散布後 2 年目および 3 年目のデータが利用可能であった。このデータと細根バイオマスから推定した樹木細根生産量 ( $P_{fr}$ ) については、2 年目ではバイオチャーを散布した処理区で増加する傾向であったのに対し、3 年目ではその差は無くなった。このことから、バイオチャー散布は土壌中の細根生産に対して比較的短期的に影響する可能性が示唆された。刈り取り法により推定したササ生産量 ( $P_s$ ) については、いずれの刈り取り回でも C10 区でやや高い値を示したものの処理区間で有意差は無かった。以上の結果を合わせて純一次生産量 ( NPP ) を算出したところ、散布後の経年変化については明確な傾向は認められなかった。散布後 7 年間の NPP の平均値は C0、C5、C10 区でそれぞれ 7.7、7.6、8.6  $tC\ ha^{-1}$  となり、バイオチャーを多く散布した C10 区で高かったが、処理区間で有意差は認められなかった ( Fig. 1 )。C10 区でやや NPP が高くなった主要因は細根生産量の短期的な増加であったが、スキナ法の利用可能データが少なかったことから不確実性が高い結果となった。

推定された年間の従属栄養生物呼吸量 (HR) に明確な経時変化は認められなかった。各処理区における7年間のHRの平均値はバイオチャーを散布した処理区 (C5 および C10) で対照区よりも有意に高く、森林林床へのバイオチャー散布が正のプライミング効果をもたらす可能性が示された (Fig. 2)。バイオチャーを施用した処理区では地温や土壌水分には有意な変化は見られなかったが、土壌 pH のわずかな増加が見られた。温度 - 呼吸曲線を構成するパラメータのうち  $Q_{10}$  値には処理区間で有意な差は見られなかったが、 $R_{20}$  値 (20°C における呼吸速度) はバイオチャーを散布した処理区 (C5 および C10) で対照区よりも有意に高かった。また、鉍質土壌における微生物バイオマスについては処理区間で有意な増加は認められなかった。以上のことから、本研究で観察された HR に対する正のプライミング効果は、バイオチャー散布による土壌 pH の増加や微生物のバイオマスあたりの呼吸速度 (呼吸活性) の増加が寄与している可能性がある。

上記の NPP および HR に基づいて算出された NEP の7年間の平均値には処理区間で有意な差が認められなかったことから、バイオチャーの施用が落葉広葉樹林にもたらす間接的な炭素隔離効果は大きくないと言える。その原因はバイオチャーが持つ施肥効果 (NPP の増進効果) がそれほど大きくなかったこと、バイオチャー施用によって HR が増加したこと (正のプライミング効果) の両方によるものである。本研究は実際の森林生態系を対象として、バイオチャーを散布した際の生態系炭素循環の各要素および NEP の変化を比較的長期に (3 年以上) 観測したという点で非常に意義深い。バイオチャー自身による直接的な炭素隔離効果は変わらず期待できるので、今後はバイオ炭の種類や森林タイプの違い、バイオチャー散布の方法などを検討することで間接的な炭素隔離効果を向上できるような方策を探る必要があるだろう。

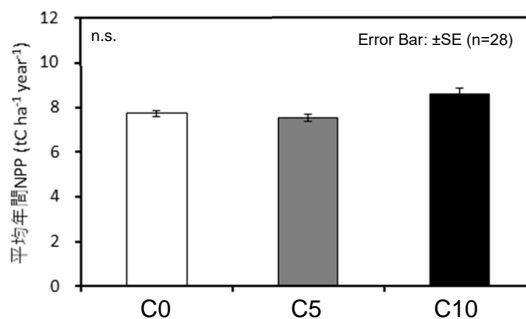


Fig. 1 純一次生産量 (NPP)

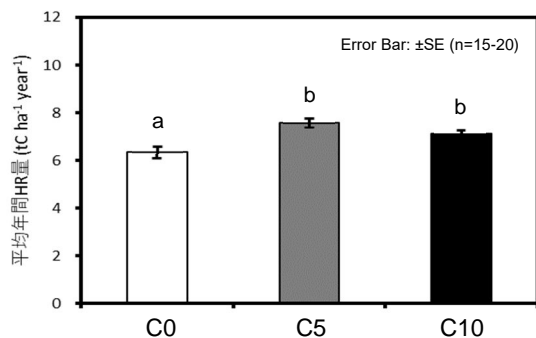


Fig. 2 従属栄養生物呼吸量 (HR)

## (2) バイオチャー散布に対する土壌圏の応答メカニズムの解明

バイオチャーを散布した処理区 (C5 および C10) ではその直後から土壌環境の変化が認められた。具体的には、pH の上昇、無機態窒素 (硝酸態窒素およびアンモニウム態窒素) 濃度の減少、全窒素濃度の減少、土壌 C/N の増加である (Fig. 3)。本研究に先立って、本研究と同じ実験区においてバイオチャーの散布が微生物による窒素の無機化・硝化速度を抑制するという結果が得られていたことから、このことが土壌中無機態窒素濃度の減少の一因であると考えられた。また、散布後3年までのデータでは、リン脂質脂肪酸分析法により求めた微生物バイオマスおよび群集構造には有意な変化は認められず、また本研究で測定した微生物呼吸速度においても7年間の間に大きな変化は見られなかった (Fig. 4)。このことは土壌環境の変化に対して、微生物群集の応答は量的・質的に鈍感であることを意味している。

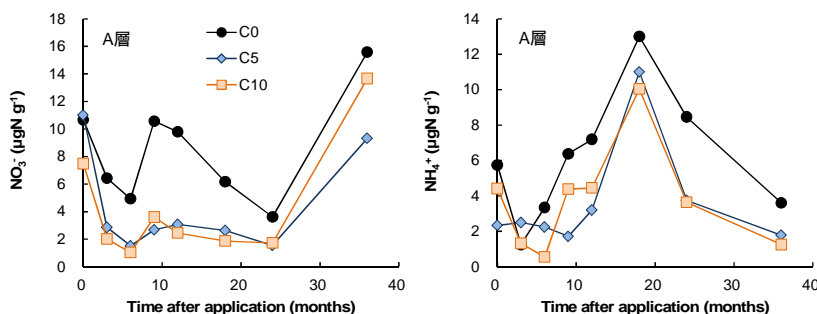


Fig. 3 土壌中の無機態窒素濃度の変化

本研究に先立って、本研究と同じ実験区においてバイオチャーの散布が微生物による窒素の無機化・硝化速度を抑制するという結果が得られていたことから、このことが土壌中無機態窒素濃度の減少の一因であると考えられた。また、散布後3年までのデータでは、リン脂質脂肪酸分析法により求めた微生物バイオマスおよび群集構造には有意な変化は認められず、また本研究で測定した微生物呼吸速度においても7年間の間に大きな変化は見られなかった (Fig. 4)。このことは土壌環境の変化に対して、微生物群集の応答は量的・質的に鈍感であることを意味している。

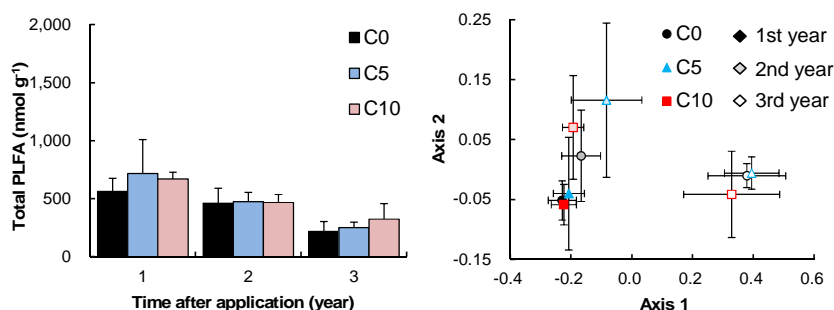


Fig. 4 リン脂質脂肪酸分析の結果に基づく土壌微生物バイオマス (左) および群集構造 (右) の変化

本研究で新たに実施した小規模散布区とライシメータを用いた実験では、バイオチャーを散布すると有機質土層から鉍質土層への浸透水中のアンモニア態窒素濃度が減少する傾向が見られた。その一方で EC やリン酸濃度、DOC

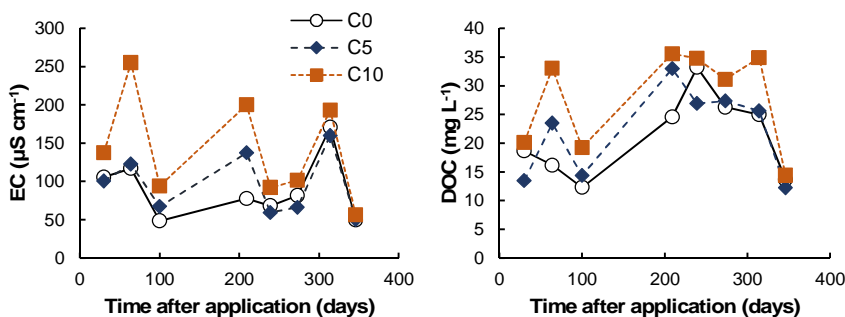


Fig. 5 有機質土層から鉍質土層への浸透水の EC と DOC 濃度の変化

濃度は有意に増加した (Fig. 5)。これらの結果から、森林林床へのバイオチャー散布は浸透水中の炭素・窒素・リンの流入量を変え、鉍質土層中の環境を変える可能性があることが明らかとなった。このことは前出の土壤中無機態窒素濃度の減少の一因とも考えられた。また、本実験で使用したバイオチャーが有機物層から供給される無機態窒素を捕捉・吸着している可能性、バイオチャーからリン酸や DOC が供給される可能性も示唆されたが、これらについては室内実験を含めてより詳細に検討を行う必要がある。

散布後 1 年半が経過したバイオチャーの表面を採取して顕微赤外分光法で解析したところ、カルボン酸と飽和脂肪酸炭化水素に由来する吸収が相補的に変化する傾向が認められた。このことから、微生物を主体とした被覆ができている可能性と表面における有機物の酸化分解過程の進行が考えられた。また、この傾向はサイズの大きなバイオチャー断片で顕著であった。この結果はバイオチャーに微生物が定着することにより窒素のとりこみ（不動化）が起ることを意味しており、上記の窒素の捕捉・吸着とも関連する。バイオチャーに存在する微生物群集の量的・質的な評価について今後進めていきたい。

### (3) 結論

本研究の結果、温帯落葉広葉樹林林床への木質バイオチャー散布では現時点で目立った間接的炭素隔離（植物成長の促進や土壌有機物の安定化など）は観察されなかった。バイオチャーの散布によって土壌中の無機態窒素やリン酸、DOC などの挙動に変化が生じ、それらが植物成長の促進効果を限定的なものにした可能性や、既存の有機物の分解を促進した（プライミング効果）可能性が考えられた。したがって今後は、より長期的な生態系応答について本調査地での研究を継続するとともに、これらを低減することで間接的な炭素隔離効果を高めることができるようなバイオチャーの量や質、散布方法や森林タイプなどを検討していく必要がある。

### < 引用文献 >

- Gao et al. (2017) *Biogeochemistry* 136: 31-46.
- IPCC (2013) *Cambridge University Press*.
- Jeffery et al. (2011) *Agriculture, Ecosystems & Environment* 144: 175-187
- Lehman et al. (2007) *Nature* 447: 143-144.
- Li et al. (2018) *Journal of Soils and Sediments* 18: 546-563.
- Nguyen et al. (2017) *Geoderma* 288: 79-96.
- Palviainen et al. (2018) *Plant and Soil* 425: 71-85.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ohtsuka T., Tomotsune M., Ando M., Tsukimori Y., Koizumi H., Yoshitake S.	4. 巻 12
2. 論文標題 Effects of the application of biochar to plant growth and net primary production in an oak forest	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Forests	6. 最初と最後の頁 152
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/f12020152	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 Tanazawa Y., Tomotsune M., Suzuki T., Koizumi H., Yoshitake S.	4. 巻 26
2. 論文標題 Photosynthetic response of young oaks to biochar amendment in field conditions over 3 years	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Forest Research	6. 最初と最後の頁 116-126
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/13416979.2020.1866231	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 Minamino Y., Fujitake N., Suzuki T., Yoshitake S., Koizumi H., Tomotsune M	4. 巻 9
2. 論文標題 Effect of biochar addition on leaf-litter decomposition at soil surface during three years in a warm-temperate secondary deciduous forest, Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 16961
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-53615-2	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 Iimura Y., Natsuhara M., Ohtsuka T., Tomotsune M., Yoshitake S., Koizumi H.	4. 巻 65
2. 論文標題 Priming effect of Miscanthus sinensis derived biochar on brown forest soil	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Soil Science and Plant Nutrition	6. 最初と最後の頁 550-556
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00380768.2019.1672101	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 -

〔学会発表〕 計29件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 依田真由, 友常満利
2. 発表標題 玉川学園内におけるバイオチャー作出のための有機物資材量の推定と炭化率の測定
3. 学会等名 第2回生態系生態学連合研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 進藤恵太, 友常満利
2. 発表標題 樹木実生に対するバイオチャー散布の影響評価のための圃場実験系の確立
3. 学会等名 第2回生態系生態学連合研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 樽見知樹, 吉竹晋平
2. 発表標題 異なる3種類の森林タイプにおける粗大木質有機物を用いたバイオ炭の試験的作出とその性状評価
3. 学会等名 第2回生態系生態学連合研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡田駿, 吉竹晋平
2. 発表標題 バイオチャー散布が暖温帯コナラ林における7年間の炭素動態に及ぼす影響
3. 学会等名 第2回生態系生態学連合研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 緑川 皆, 吉竹 晋平
2. 発表標題 森林生態系へのバイオチャー散布が樹木細根動態及び菌根形成に及ぼす影響の解明
3. 学会等名 第2回生態系生態学連合研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉竹 晋平, 佐宗 若奈, 安木 奈津美, 橋本 麗優, 小泉 博
2. 発表標題 森林へのバイオ炭施用が土壌窒素動態に及ぼす影響
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2023年度愛媛大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡田 駿, 月森 勇気, 恵日 格也, 友常 満利, 小泉 博, 吉竹 晋平
2. 発表標題 森林へのバイオ炭施用が7年間の従属栄養生物呼吸に及ぼす影響
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2023年度愛媛大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 仙波 成都, 飯村 康夫, 吉竹 晋平, 藤嶽 暢英
2. 発表標題 森林土壌におけるバイオ炭の添加がpH緩衝能に及ぼす影響
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2023年度愛媛大会
4. 発表年 2023年



1. 発表者名 藤崎綾音, 飯村康夫, 大塚俊之, 近藤美由紀, 吉竹晋平, 藤嶽暢英
2. 発表標題 森林へのバイオ炭施用にともなう土壌水分の中長期的な応答性
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2023年度愛媛大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡田駿, 月森勇気, 恵日格也, 友常満利, 小泉博, 吉竹晋平
2. 発表標題 バイオチャー散布が暖温帯コナラ林における7年間の土壌炭素フラックスに及ぼす影響
3. 学会等名 第70回日本生態学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 友常満利, 依田真由, 進藤恵太, 関川清広
2. 発表標題 里山生態系における有機物残渣の炭化(バイオチャー)による炭素隔離の試み
3. 学会等名 第70回日本生態学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 友常満利, 関川清広, 勝島可奈子, 杉崎義和, 依田真由, 進藤恵太, 小原廣幸
2. 発表標題 炭を使ってマイナスカーボンな社会を目指す!?
3. 学会等名 青葉区脱炭素促進パネル展
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤嶽暢英
2. 発表標題 バイオ炭でパリ協定に貢献できるか？
3. 学会等名 関西土壤肥料協議会第101回シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉竹晋平
2. 発表標題 森林生態系へのバイオ炭施用～野外散布実験と生態系・土壌圏の応答に関する長期モニタリング～
3. 学会等名 関西土壤肥料協議会第101回シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤嶽暢英
2. 発表標題 バイオ炭施用とj-クレジット
3. 学会等名 関西土壤肥料協議会第101回シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野村みおと・竹内宏太・今吉健斗・吉竹晋平
2. 発表標題 森林へのバイオチャー散布がコナラ細根動態に及ぼす影響
3. 学会等名 第69回日本生態学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 今吉健斗・塩手文也・吉竹晋平
2. 発表標題 冷温帯コナラ林における非切断細根呼吸の日変化パターン
3. 学会等名 第69回日本生態学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 福家真帆・塩手文也・今吉健斗・西貝竜太・吉竹晋平
2. 発表標題 攪乱が炭素動態に及ぼす影響は森林タイプによって異なるか - 近接する3林分での比較 -
3. 学会等名 第69回日本生態学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森下大地・友常満利
2. 発表標題 パイオチャー散布が林床のササの生産量に与える影響
3. 学会等名 第1回生態系生態学連合研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 朝生正樹・吉竹晋平
2. 発表標題 森林生態系へのパイオチャー散布が木本・草本植物の根滲出物に与える影響
3. 学会等名 第1回生態系生態学連合研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹内宏太・塩手文也・今吉健斗・吉竹晋平
2. 発表標題 バイオチャー散布が樹木細根動態に与える影響
3. 学会等名 第68回日本生態学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yoshitake S., Tomotsune M., Koizumi H., Ohtsuka T.
2. 発表標題 Three-year 's responses of soil nutrients and microbial community to the biochar amendment in a warm-temperate deciduous forest in Japan
3. 学会等名 American Geophysical Union 2019 Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomotsune M., Yoshitake S., Ohtsuka T., Fujitake N., Tsukimori Y., Masuda S., Enichi K., Koizumi H.
2. 発表標題 Effect of biochar amendment on biometric net ecosystem production during three years in a secondary warm-temperate deciduous forest, Japan
3. 学会等名 American Geophysical Union 2019 Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Enichi K., Tsukimori Y., Tomotsune M., Koizumi H., Yoshitake S.
2. 発表標題 Effects of biochar amendment on soil carbon flux for three years in a warm-temperate deciduous forest in Japan
3. 学会等名 American Geophysical Union 2019 Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tanazawa Y., Tomotsune M., Suzuki T., Koizumi H., Yoshitake S.
2. 発表標題 Effects of biochar amendment on photosynthesis of oaks in a warm-temperate climate, Japan.
3. 学会等名 American Geophysical Union 2019 Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 恵日格也・友常満利・小泉博・吉竹晋平
2. 発表標題 バイオチャー散布が暖温帯コナラ林の土壌炭素フラックスに及ぼす影響は3年で減衰する
3. 学会等名 第67回日本生態学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉新昌平・久保田大雅・棚澤由実菜・友常満利・吉竹晋平
2. 発表標題 バイオチャー散布がコナラ実生栽培実験における土壌層位間のCNP動態に与える影響
3. 学会等名 第67回日本生態学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 棚澤由実菜・友常満利・鈴木武志・小泉博・吉竹晋平
2. 発表標題 野外でのバイオチャー散布がその後3年間のコナラ若木の光合成に与える影響
3. 学会等名 第67回日本生態学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 友常満利, 吉竹晋平, 大塚俊之, 藤嶽暢英, 月森勇氣, 増田信悟, 恵日 格也
2. 発表標題 暖温帯コナラ林におけるバイオチャー散布が生態系の炭素隔離能に及ぼす影響
3. 学会等名 第67回日本生態学会大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔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	藤嶽 暢英 (Fujitake Nobuhide) (50243332)	神戸大学・農学研究科・教授  (14501)	
研究分担者	川東 正幸 (Kawahigashi Masayuki) (60297794)	東京都立大学・都市環境科学研究科・教授  (22604)	
研究分担者	大塚 俊之 (Ohtsuka Toshiyuki) (90272351)	岐阜大学・流域圏科学研究センター・教授  (13701)	
研究分担者	友常 満利 (Tomotsune Mitsutoshi) (90765124)	玉川大学・農学部・准教授  (32639)	

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
---------	---------