

令和 6 年 6 月 3 日現在

機関番号：8 2 1 0 5

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：2 1 K 1 2 3 3 4

研究課題名（和文）森林病虫害の拡散予測と枯死木分解観測の統合による広域炭素収支の時空間変動の解明

研究課題名（英文）Spatio-temporal variation of the regional carbon budget by integrating projections of the spread of forest disease and observations of deadwood decomposition

研究代表者

平田 晶子（Hirata, Akiko）

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

研究者番号：8 0 6 2 4 3 2 9

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000 円

研究成果の概要（和文）：富士山麓のアカマツ林を対象に、アカマツ枯死木の分解特性を現地観測によって評価するとともに、マツ枯れの拡大が地域スケールの炭素循環に与える影響を明らかにすることを目的とした。観測の結果、広域スケールでアカマツ枯死木からのCO<sub>2</sub>放出量を推定するには、枯死木含水量の適切な評価が重要であることが示された。また、対象地域のアカマツ林において、マツ枯れが発生した場合のポテンシャル放出量を評価した結果、地域のアカマツの大部分が枯死するような大規模な被害が生じた場合には、10年以上森林がCO<sub>2</sub>吸収源から放出源に転じる可能性があることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

森林病虫害の拡大は、大規模な樹木枯死を引き起こし、森林の炭素循環に大きな影響を与える可能性があるものの、その影響についての定量的な評価は非常に限られていた。本研究は、枯死木の分解特性を定量的に評価し、広域評価につなげている点で、学術的な意義を有している。また、松枯れの発生に伴うポテンシャルCO<sub>2</sub>放出量の広域評価の結果は、気候変動緩和策としての病虫害管理策の策定に役立つことが期待される。

研究成果の概要（英文）：The aims of this study were to evaluate the decomposition characteristics of dead red pine trees in a red pine forest at the foot of Mt. Fuji through field observations, and to project the impact of the expansion of pine wilt disease on the carbon budget at the regional scale. The results of the observations showed that a proper assessment of the water content of dead wood is important for estimating CO<sub>2</sub> emissions from dead red pine trees at the regional scale. In addition, projections of potential CO<sub>2</sub> emissions from the expansion of pine wilt disease in red pine forests at the foot of Mt. Fuji indicated that if the incidence of deadwood is high, the forests could turn from a CO<sub>2</sub> sink to a source for more than 10 years.

研究分野：森林生態学

キーワード：マツ材線虫病 枯死木分解 気候変動 炭素収支

## 1. 研究開始当初の背景

近年、森林病虫害の拡大による大規模な樹木枯死が世界各地で深刻化しており、森林の炭素固定能力の大幅な低下が危惧されている。さらに、今後の気候変動による気温の上昇が、病原生物や媒介昆虫の活動の活発化を通じて病虫害の拡大を加速することで、森林の炭素収支を大きく変動させる可能性がある。したがって、気候変動の緩和に対する森林の炭素固定能力の効果を正確に評価するためには、病虫害の拡大が広域炭素収支に与える影響を明らかにすることが必要不可欠である。

しかし、病虫害の影響を組み込んだ広域炭素収支評価は、北米のキクイムシの大発生の例があるものの、非常に限られている (Kurt et al. 2008、Weed et al. 2013 など)。その要因として、

複数の要因が関与する病虫害発生域の予測が難しかったこと、病虫害枯死木の分解過程の観測研究が少なく、CO<sub>2</sub>放出量の定量化が困難であったこと、が挙げられる。森林病虫害の炭素収支への影響を評価するためには、原因生物の移動分散、病害拡大にともなう発生枯死木量の時空間変動、枯死木の分解にともなう長期的な CO<sub>2</sub> 放出などの複数のプロセスを包括的に評価する必要がある。

## 2. 研究の目的

本研究では、マツ材線虫病 (マツ枯れ) に焦点を当て、マツ枯れの拡大が広域炭素収支に与える影響を明らかにすることを目的とする。研究対象地域は、富士山麓のアカマツ林である。まず、アカマツ枯死木からの CO<sub>2</sub> 放出量と環境条件 (温度や枯死木含水比など) の直接観測を行い、マツ枯れ枯死木特有の分解特性を明らかにする。さらに、気候条件とマツ枯れの拡散速度の両方を組みこんだマツ枯れ予測モデルの開発と、アカマツ枯死木の分解過程を組み込んだ炭素循環モデルの開発を組み合わせることで、病虫害による森林の広域炭素収支変動の評価を行う。

## 3. 研究の方法

### (1) マツ枯れ枯死木の分解特性の観測と土壌炭素モデルによる CO<sub>2</sub> 放出量の広域評価

研究対象地のアカマツ林において、アカマツ枯死木からの CO<sub>2</sub> 放出量の観測を行った。林内で代表的にみられる枯死木をサンプルとするために、伐採木 (物理的な要因により発生した枯死木を想定) 立ち枯れ木、倒木後時間が経過した枯死木の 3 種類の丸太をセットにして林内に設置し、丸太サンプルからの CO<sub>2</sub> 放出量と環境条件 (温度、枯死木含水比) の測定を行った。また、比較対象として、筑波山麓のマツ枯れ発生履歴をもつアカマツ-コナラ林と、森林総合研究所構内のアカマツ林においても、同様の観測を行った。筑波山麓、森林総合研究所構内ともに、林内にある代表的な枯死木丸太を設置した。これらの観測結果を用いて土壌炭素モデル (Yasso モデル) のパラメータ調整を行い、アカマツ枯死木の分解過程を組み込んだモデルを作成した。

### (2) マツ枯れ被害の被害域予測

研究対象地の富士山麓のアカマツ林を対象に、アカマツ林のバイオマスの分布状況を、環境省の植生図や衛星画像由来のバイオマス情報 (Globebiomass、<https://www.eo4sd-forest.info/global-biomass/>) をもとに、空間解像度 3 秒の地図として整備した。また、これと同じ範囲、空間解像度で、アメダスデータを用いて月平均気温の地図データを作成した。月平均気温の分布から、マツ枯れ発生の指標となる MB 指数 (月平均気温が 15 を超える月の平均気温から 15 を引いた値の積算値、22 MB でマツ枯れ発生危険域) を計算し、マツ枯れ発生の危険度評価を行った。その結果、対象地域の大部分が、マツ枯れの発生リスクの低い自然発生抑制域であり、当初計画していた拡散モデルで想定されているプロセスとは異なるプロセスで被害が拡大する可能性が示された。そのため、評価対象域のマツ林全域を対象に、マツ枯れが発生した場合のポテンシャル分解 CO<sub>2</sub> 放出量の推定を行った。発生枯死木量は、前述したアカマツバイオマスの空間分布データより推定した。

#### 4．研究成果

富士山麓、筑波山麓、森林総研構内のアカマツ林でアカマツ枯死木からの  $\text{CO}_2$  放出量の直接観測を行い、温度や枯死木含水比に対する  $\text{CO}_2$  放出量の関係式を推定した。温度や含水比といった環境条件と  $\text{CO}_2$  放出量との関係を解析した結果、温度 - 放出量関係については観測地間で大きな違いは見られず、温度が高くなるほど単位重量当たりの  $\text{CO}_2$  放出量が増加する傾向が示された（図1）。一方、含水比 - 放出量関係についても、含水比が高いほど放出量が多い傾向があったが、観測地間で枯死木サンプルの含水比に明瞭な違いがあった。広域スケールでアカマツ枯死木からの  $\text{CO}_2$  放出量を推定するには、枯死木含水比の適切な評価が重要であることが示された。

直接観測の結果を用いて、Yasso モデルのパラメータの調整を行い、研究対象地域のアカマツ林全域について、枯死木発生量に応じた  $\text{CO}_2$  放出量の長期・広域推定を行った。その結果、発生する  $\text{CO}_2$  放出量はアカマツの枯死率に大きく依存するが、地域のアカマツの大部分が枯死するような大規模な被害が生じた場合には、10 年以上森林が  $\text{CO}_2$  吸収源から放出源に転じる可能性があることが示された。

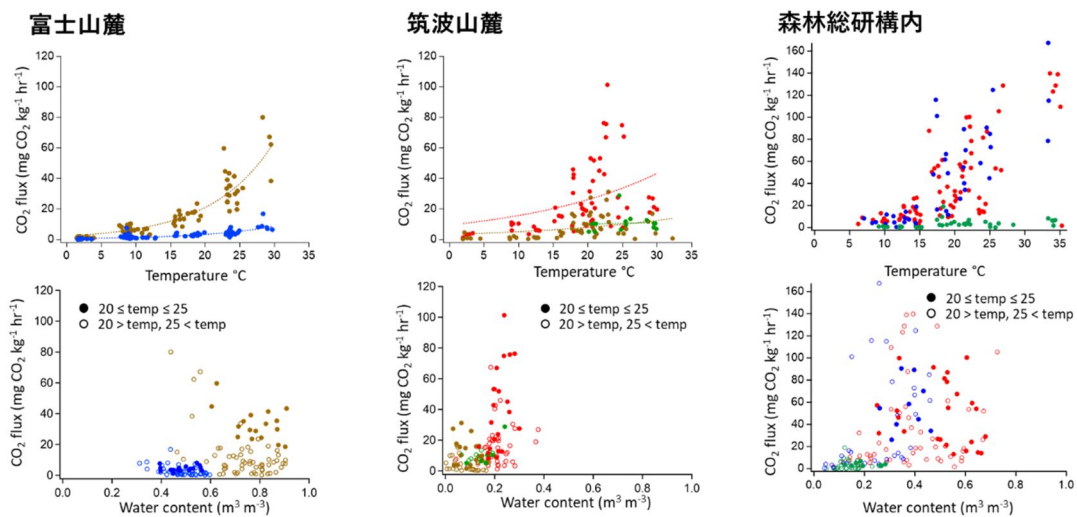


図1 富士山麓、筑波山麓、森林総研構内のアカマツ林で観測した枯死木の分解  $\text{CO}_2$  放出量と温度（上段）、枯死木含水比（下段）との関係

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1 . 発表者名 平田晶子、小南裕志、深山貴文、高梨聡
2 . 発表標題 マツ枯れによる大規模な枯死木の発生が地域スケールの炭素循環に与える影響
3 . 学会等名 日本生態学会大会
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 平田晶子、小南裕志、深山貴文、高梨聡
2 . 発表標題 枯死年代・要因の違いがアカマツ枯死木の分解特性に与える影響
3 . 学会等名 日本生態学会大会
4 . 発表年 2024年

1 . 発表者名 Akiko Hirata, Yuji Kominami, Takafumi Miyama, Satoru Takanashi
2 . 発表標題 Estimation of CO2 emissions through decomposition of dead wood caused by pine wilt disease
3 . 学会等名 AsiaFlux Conference 2023（国際学会）
4 . 発表年 2023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
--	---------------------------	-----------------------	----

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