

令和 3 年 5 月 18 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05717

研究課題名(和文) 気候変動に伴う温暖化と台風巨大化の複合効果が暖帯林の群集と生態系機能へ与える影響

研究課題名(英文) Impact of the combined effects of global warming and giant typhoons associated with climate changes on the ecosystem functions of warm temperate forests

研究代表者

中村 誠宏 (NAKAMURA, Masahiro)

北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・教授

研究者番号：80545624

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：これまで困難を極めた気候変動に伴う多重ストレスに対する森林生態系の非線形応答(相乗効果、レジームシフト)を解明する。気候変動は温暖化と同時に、突発的な攪乱の頻度と規模を増加させると予測されている。本研究の目的は、1) 台風攪乱と温暖化の複合効果が紀伊半島の暖帯林(照葉樹林)の群集構造と垂直的な階層構造にどのような影響を与えるのか? 2) その複合効果に対して生物多様性(樹木、昆虫)と生態系機能はどのような応答(線形、非線形)をするのか? を林分レベルで実験的に解明することである。台風豪雨被害のために調査は十分にはできなかったが、土壌温暖化と林冠ギャップの実験処理と実験前の調査は実施している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

温暖化研究は高緯度(ツンドラ帯、冷温帯)又は高山帯において盛んに行われてきた。しかし、全ての森林タイプの温暖化応答の情報を網羅しないと全球的な評価はできない。そこで、これまで見過ごされてきた暖帯林の温暖化実験を本研究は行った。日本列島は台風攪乱の影響を受けやすく、その巨大化も懸念されている。環境変動下での森林生態系の変動を正確に予測するためには、温暖化と台風攪乱の複合効果の解明が必要である。そこで、個々の環境要因(林冠ギャップや土壌温暖化)と複合効果に対する応答が線形(相乗効果)なのか、非線形(相乗効果、レジームシフト)なのか、を検証できる操作実験を開始した。

研究成果の概要(英文)：Our study will understand the non-linear responses (e.g., synergistic effect, regime shift) of forest ecosystems to multiple factors associated with climate changes. Climate change is expected to increase the frequency and magnitude of sudden natural disturbances (e.g., typhoons) and warming. The objectives of this study are: 1) How does the combined effect of typhoon disturbance and warming affect the community structure and the vertical structure of the warm temperate forests (laurel forests) on the Kii Peninsula? 2) What kind of response (linear or non-linear) does biodiversity (e.g., trees, insect herbivores) and ecosystem functions respond to the combined effect? We used field manipulations at the stand level. Although the survey did not be conducted sufficiently due to the flooding damage caused by the typhoon heavy rain, the experimental treatments of soil warming and the forest canopy gap and the pre-experimental survey were carried out.

研究分野：群集生態学

キーワード：気候変動 非線形応答 暖温帯 生物多様性 生態系機能

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 生態系の応答は多重要因が複合的に作用すると複雑になり、その予測も困難になる。例えば、個々の環境要因の観測技術・精度を向上させたとしても解明することはできず、複数の要因を同時に操作した実験的検証によってのみ可能となる。気候変動は温暖化と同時に、突発的な攪乱(台風、森林火災、昆虫大発生など)の頻度と規模を増加させると予測されている。気候変動の現象として精力的に研究されている温暖化は、高CO₂、窒素沈着又は降水量の増減との複合効果について評価したものはあるものの、台風攪乱との複合効果について評価したものは見受けられない。しかし、日本へ襲来する台風も近年巨大化が懸念されており、環境変動下における森林生態系の変動を正確に予測するには、温暖化と台風攪乱の複合効果に関わるメカニズムを早急に理解する必要がある。

(2) 植物機能形質(葉形質)は森林の様々な生態系機能(光合成、土壌分解、被食防御など)を反映している(黒川ら 2012)。種により機能形質は特定できるが、環境変動に対して可塑的にも応答する。そこで、林分レベルでの生態系機能を定量的に評価するには、環境変動や攪乱に対する樹木の群集構造の変化と植物の可塑的応答を同時に検出する必要がある。

(3) 台風による林冠ギャップ形成は林内の光条件を大きく変化させる。普段の林内は薄暗いが、林冠ギャップが形成されると林床に光が差し込み、新たな樹種の稚樹や低木の生育空間ができる。さらに、林冠ギャップは垂直的な階層(空間)構造を変化させ葉形質の可塑的応答も促す。一方、高木への温暖化影響は地上部よりも地下部からの方が大きいかもしれない。申請者らのミズナラ高木の温暖化実験から、農電ケーブルを用いて土壌を5℃暖めた場合、土壌から遠く離れた林冠の葉形質(CN比、フェノール量)に大きな影響を与えたが、枝温暖化の影響は認められなかった。つまり、土壌の窒素無機化速度の変化を介して土壌温暖化も葉形質を可塑的に変化させる可能性がある。

2. 研究の目的

(1) 気候変動は温暖化と同時に、突発的な攪乱の頻度と規模を増加させると予測されている。本研究の目的は、台風攪乱と温暖化の複合効果が紀伊半島の暖帯林(照葉樹林)の群集構造と垂直的な階層(空間)構造にどのような影響を与えるのか? その複合効果に対して生物多様性(樹木、昆虫)と生態系機能はどのような応答(線形、非線形)をするのか? を林分レベルで実験的に解明することである。

3. 研究の方法

(1) 北大和歌山研究林の暖帯林にて土壌温暖化と林冠ギャップの処理を実施した。持続的な温暖化処理のために太陽光発電を利用した土壌温暖化装置(ソーラーパネル(写真1)、バッテリー、充電制御器、インバーター、温度センサー)を独自開発し、研究林内に設置した。6m x 3mの方形区の土壌に農電ケーブルを埋設して、シキミ、サカキ、ヒサカキが優占樹種となっている暖温帯林の地下部を暖めた。しかし、インバーターの能力に制限があり、ソーラーパネルからの発電量では十分ではないため、一定時間(10:30-14:30)だけバッテリーから農電ケーブルに電気を流した。その結果、土壌は1程度の上昇となった。土壌温暖化区の土壌温暖化は2020年1月下旬から開始した。



写真1 土壌温暖化処理の電源となるソーラーパネル

(2) 人工的に林冠ギャップ(林冠ギャップ区)を作成するため、2019年12月にアカガシの倒木処理を実施した。

4. 研究成果

(1) 2018年8月に研究林内において土壌温暖化と林冠ギャップの2要因を操作する実験のためにブロック・デザインの方角区(6m x 6m)を選定した。処理区間で優占樹種(シキミ、サカキ、ヒサカキ)が同じになるよう揃えた。操作実験前の初期状態の樹木の群集構造を評価するために、全樹木個体を対象にした毎木調査を行なった。

(2) しかし、2018年8月23日に台風20号が和歌山県に接近して、研究林周辺の西川地区の

観測所では1時間に100ミリ以上の猛烈な雨が降りつづいた。この台風豪雨が原因となって洪水や土石流が生じ、研究林内の林道の約30か所が崩落し、実習・調査用の資材や用具600点以上が河川の氾濫で流失した。さらに、研究林の庁舎から敷地内に至る唯一の道路、国道371号線の4箇所もこの豪雨により大きな被害を受けた。その結果、自動車による資材の運搬および重機による設置箇所の整備を行うことができず、研究林内に土壌温暖化と林冠ギャップの処理を実施することができなかった。以上のように、本研究は1年目の台風豪雨被害のために、申請当初に計画していた予定よりも1年間ずれての進行となった。

(3) 操作実験前の初期状態を把握するために処理区(土壌温暖化、倒木)と対照区の調査を2019年8-9月に行なった。森林の階層構造を評価するために、ドローン撮影とLAIの調査を行なった。土壌分解の多機能性を評価するために、Tea bagとEco Plateの実験を実施した。生態系機能を評価するために、シキミ、サカキ、ヒサカキの低木と(亜)高木の機能形質(葉形質:窒素、縮合タンニン、総フェノール、LMA、CN比)を測定した。樹木成長を評価するために、これら樹種の葉面積と当年枝長を測定した。植食性昆虫を評価するために、食害度を測定した。大部分の項目は処理区と対照区で有意差はなく、処理間でほぼ同一条件であった。

(4) 2019年には人工的に林冠ギャップを作成するために、方形区(6m x 6m)の中央にあるアカガシを伐採した。また、太陽光発電を利用した土壌温暖化装置(ソーラーパネル、バッテリー、充電制御器、インバーター、温度センサーを使用)を独自開発し(図1)研究林内に設置した。6m x 3mの方形区の土壌に農電ケーブルを埋設して、土壌温度を約1上昇させた。

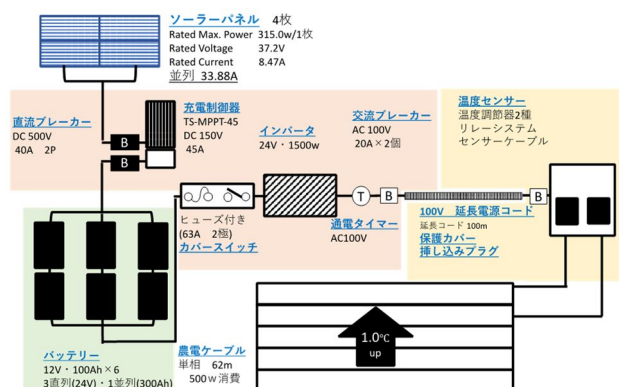


図1. 独自開発した太陽光発電を利用した土壌温暖化装置の配線図

(5) 2020年には土壌温暖化装置が安定的に土壌温度上昇を維持できないトラブルに見舞われた。落雷の高電圧が原因と考えたが、電子工学の専門家から配線による誘導ノイズ、静電気、結露による腐食等により温調機が破損した可能性を指摘された。そこで、配線の整備、アースの設置、基盤内にシリカゲルの設置、悪天候時はブレーカやケーブルの接続を外す処置を行なった。操作実験後の調査は、今後も継続する予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Satoshi N Suzuki, Mioko Ataka, Ika Djukic, Tsutomu Enoki, Karibu Fukuzawa, Mitsuru Hirota Taku Hishi, Tsutomu Hiura, Kazuhiko Hoshizaki, Hideyuki Ida, Akira Iguchi, Masahiro Nakamura	4. 巻 34
2. 論文標題 Harmonized data on early stage litter decomposition using tea material across Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 575-576
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/1440-1703.12032	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 Motomu Toda, Karibu Fukuzawa, Masahiro Nakamura, Rie Miyata, Xin Wang, Kazuki Doi K, Azusa Tabata, Hideaki Shibata, Toshiya Yoshida, Toshihiko Hara	4. 巻 32
2. 論文標題 Photosynthetically distinct responses of an early-successional tree, <i>Betula ermanii</i> , following a defoliating disturbance: Observational results of a manipulated typhoon-mimic experiment.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Trees	6. 最初と最後の頁 1789-1799
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00468-018-1770-4	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 Nakagawa Hikaru, Hasegawa Atsushi, Hayashi Daisuke, Furuta Makoto, Kishimoto Yasunori, Miyagi Yuta, Ohashi Kenta, Okabe Yoshihiko, Yamauchi Takayuki, Ishihara Masae I.	4. 巻 35
2. 論文標題 Long term monthly climate data at the forest stations of Kyoto University	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 733 ~ 741
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/1440-1703.12116	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 Takafumi Hino, Hiura Tsutomu, Nakamura Masahiro et al.	4. 巻 36
2. 論文標題 Assessing insect herbivory on broadleaf canopy trees at 19 natural forest sites across Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 562 ~ 572
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/1440-1703.12215	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 Lee Jin、Nakamura Masahiro、Hiura Tsutom	4. 巻 12
2. 論文標題 Effects of Large-Scale Nitrogen Fertilization on Insect-Plant Interactions in the Canopy of Tall Alder Trees with N ₂ -Fixing Traits in a Cool Temperate Forest	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Forests	6. 最初と最後の頁 210 ~ 210
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/f12020210	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 該当する

[学会発表] 計3件(うち招待講演 0件/うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Masahiro Nakamura, Tatsuro Nakaji, Tsutom Hiura
2. 発表標題 Long-term soil warming effect on insect-plant interactions at the canopy of tall oak trees
3. 学会等名 Asia Flux 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiro Nakamura, Tatsuro Nakaji, Tsutom Hiura, Takafumi Hino
2. 発表標題 9-year soil warming effect on insect-plant interactions at the canopy of tall oak tree
3. 学会等名 ILTER (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村誠宏
2. 発表標題 森林の3次元構造が植物と昆虫の相互作用に与える影響
3. 学会等名 種生物学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 小池孝良、中村誠宏、宮本敏澄	4. 発行年 2021年
2. 出版社 農山漁村文化協会	5. 総ページ数 192
3. 書名 森林保護学の基礎	

〔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	日浦 勉 (HIURA Tsutom) (70250496)	東京大学・大学院農学生命科学研究科(農学部)・教授 (12601)	
研究分担者	西岡 正恵(石原正恵) (NISHIOKA Masae) (90594367)	京都大学・フィールド科学教育研究センター・准教授 (14301)	
研究分担者	揚妻 直樹 (AGETSUMA Naoki) (60285690)	北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・准教授 (10101)	

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