

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 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：2014～2016

課題番号：26450188

研究課題名(和文) 気候変動と樹木種内の遺伝的多様性が森林の生態的プロセスに与える複合効果

研究課題名(英文) Mixed effects of climate change and genetic diversity within a tree species on ecological process in northern 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・准教授

研究者番号：80545624

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：樹木の遺伝的多様性は植物の生産性には影響を与えなかったが、スペシャリスト昆虫(ゴール性や吸汁性)の密度には影響を与えた。実験圃場の移動(中川研究林から名寄北管理部へ)による環境変化に対して遺伝的多様性が植物の生産性と昆虫密度を安定化させることはなく、むしろ2地点間で遺伝的多様性に対して昆虫密度は真逆の応答をした。都市の名寄に比べ森林に隣接する中川は昆虫の種プールが大きく、遺伝子型(集団)特異性のある昆虫も含まれたため、2地点間で異なる応答になったと考えられる。

研究成果の概要(英文)：The genetic diversity of mountain birch tree did not affect the plant productivity, but it affected the densities of specialist insects (galling and sucking insects). Genetic diversity did not stabilize plant productivity and insect density of each feeding type against environmental changes due to migration of common garden from Nakagawa Experimental Forest to Nayoro North Management Division. Rather, insect densities showed opposite responses to genetic diversity between these two sites. Since Nakagawa is adjacent to the forest compared to Nayoro, Nakagawa has large species pool of insects, which included insects with genotype (population) specificity. Thus, it seems that the opposite responses were made between the two sites.

研究分野：群集生態学

キーワード：生物多様性機能 地球温暖化 空間スケール 生態系機能 植食性昆虫群集 生物間相互作用

1. 研究開始当初の背景

(1) 人間活動の拡大によって世界中で生物多様性が急速に失われつつあり、多様性の損失が生態系機能に与える影響が危惧されている。これまで精力的に行われてきた多様性と生態系機能の研究は、草本生態系における「種」の多様性を操作したものに偏っていた。しかし、森林は低緯度から高緯度に向かうにつれ樹木の種数は少なくなることから、北方林では「種」の多様性よりも優占種内の「遺伝的」多様性の方が大きな役割を果たしている可能性が高い。

(2) 生物多様性の重要な機能のひとつは攪乱(ストレス)に対する安定化(緩衝作用)がある。例えば、草本の種数を操作する実験において10年間にわたって生育期の気候にかなりの変化があり、植物種の存在量および生態系の一次生産には年次ごとのばらつきが生じていた。しかし、年間生産量は草本の種数が多いほど時間的安定性が高まることが分かった(Tilman et al. 2006)。これら環境の年変動に対する種多様性による安定化と同様、種内の遺伝的多様性の高い森林でも今後起こりうる地球温暖化に対して生態的プロセス(生態系機能、昆虫群集構造)は安定化を保持することができるのだろうか?本研究では温暖化と樹木種内の遺伝的多様性を操作する実験で、この問いに答えたい。

2. 研究の目的

(1) 北方林において優占種であるダケカンバ種内の遺伝的多様性が森林の生態的プロセス(生態系機能と昆虫群集構造)にどのような影響を与えるのか?をプロットレベルで解明すること。

(2) この樹木種内の遺伝的多様性により形づけられた生態的プロセスが今後起こりうる気候変動(地球温暖化)に対してどれだけ安定的に保たれるのか?解明すること。

3. 研究の方法

(1) ダケカンバの遺伝的多様性を操作するために、複数の集団を使った実験圃場を中川研究林に設置した。北海道大学北方生物圏フィールド科学センター・中川研究林内(約2万ha)に生育している6カ所のダケカンバ個体群から2年生苗木を採集した(山取り)。遺伝子流動のない集団で苗木を採集するために、集団間の間隔は1km以上を設けた。

(2) 1.0m x 1.0m 方形区プロットに、6つの集団を使って3段階(1、3、6集団数)の集団数(遺伝的多様性)を操作したプロットを設定した。プロットには2年生苗木を40cm間隔で9個体を植栽する。プロット間隔は3mを設けて緩衝帯とする。多集団プロット(3つ又は6つの集団プロット、多集団区)は8反復とし、16プロット(2段階 x 8反復)を

用意した。一方、単独集団プロット(単独区)も8反復とし、48プロット(6つの集団 x 8反復)を用意した。微環境による影響を排除するためにブロックデザインとした。各ブロックには全ての集団の単独区(6プロット)と2段階の多集団区(2プロット)の合計8プロットを入れた。

(3) 毎月以下の項目を調査した。樹木遺伝的多様性の影響の調査において、樹木の生産性として葉サイズ(幅、高さ、厚さ)、基部直径、樹高を測定した。光合成特性としてSPAD値(クロロフィル濃度)を測定した。葉形質として、CN比を測定した。一方、植食性昆虫の群集構造の評価として摂食機能群(ジェネラリスト:咀嚼性、スペシャリスト:ゴール性、吸汁性、潜葉性)毎の密度と咀嚼性昆虫からの被食度を測定した。

(4) 遺伝的多様性の影響のメカニズムを以下の方法で評価した。単独区の数から複数の集団が集まった場合の推定値を算出し、もし多集団区の観察値がこの推定値と同じであれば、相加的効果の「サンプリング効果」がメカニズムとして働いていたと判断した。一方、推定値から逸脱して正の非相加的効果が見られた時は「ニッチ分割」や「利用可能資源の増加」が、逆に負の非相加的効果が見られた時は「抑制効果」や「特異資源の増加」がメカニズムとして働いていたと判断した。

(5) 各プロット方形区の面積半分に農電ケーブルを埋めて、3年目に土壤の温暖化処理をする予定だった。しかし、研究代表者が本科学研究費の途中で異動となり、管理上の問題から研究圃場を中川研究林から名寄北管理部へ移動しなければならなかった。この移動によりダケカンバ苗木は環境と昆虫種プールの変化の影響を受けることになる。そこで、この環境や昆虫種プールの変化に対する生態系プロセスの安定性を解明することを新たな研究目的とした。

4. 研究成果

(1) 中川研究林の実験圃場において

生産性(葉サイズ、基部直径、樹高)、葉形質(CN比)、光合成特性(SPAD値)のどの植物に関する項目もダケカンバの集団数(遺伝的多様性)の影響は検出されなかった。植物には遺伝的多様性影響によるメカニズム(サンプリング効果やニッチ分割)が働かなかったと考えられる。

集団数(遺伝的多様性)の増加に伴い、7月において被食度は低下した。推定値に比べ観察値で低く、負の非相加効果が検出された。特異資源の増加のメカニズムが働いたと考えられる。

7月においてゴール性密度は集団数(遺伝的多様性)の増加に伴い増加したが、相加効果が検出された。ゴール性昆虫がつきやすい集団が多集団区にたまたま含まれた(サンプリング効果)ため密度が増加したと考えられる。一方、8月になると多集団区のゴール性密度が著しく低下した。ゴールのある葉はアポーションにより落葉したことが原因と考えられる。

7月において吸汁性密度は集団数(遺伝的多様性)の増加に伴い減少し、負の非相加的效果が見られた。この月には特異資源の増加のメカニズムが働いたと考えられる。しかし、8月には多集団区の吸汁性密度が増加し、相加効果が検出された。この月はある集団に特異性を持った吸汁性昆虫が出現したために全体の密度が増加したのであろう。

潜葉性と咀嚼性の密度は集団数との関係が見られなかった。

(2) 名寄北管理部の実験圃場において

中川研究林の前年度の結果と同様、生産性(葉サイズ、基部直径、樹高)葉形質(CN比)、光合成特性(SPAD値)のどの植物に関する項目もダケカンバの集団数(遺伝的多様性)の影響は検出されなかった。植物には遺伝的多様性影響によるメカニズム(サンプリング効果やニッチ分割)が働かなかったと考えられる。

6・7月においてゴール性密度は集団数(遺伝的多様性)の増加に伴って減少し、負の非相加的效果が見られた。特異資源の増加のメカニズムが働いたと考えられる。

7月において吸汁性密度も遺伝的多様性の増加に伴って減少し、負の非相加的效果が見られた。特異資源の増加のメカニズムが働いたと考えられる。

潜葉性と咀嚼性の密度そして被食度は集団数との関係が見られなかった。

(3) 環境や昆虫種プールの変化に対する生態系プロセスの安定性について

初期応答として樹木の遺伝的多様性(集団数)は植物の生産性や形質には影響を与えなかったが、特にスペシャリスト(ゴール性や吸汁性)昆虫の密度には影響を与えることが明らかになった。

環境変化に対する植物の生産性と昆虫密度について遺伝的多様性(集団数)による安定化は見られなかった。

中川研究林と名寄北管理部において遺伝

的多様性(集団数)に対して昆虫(ゴール性や吸汁性)の密度は真逆の応答をした。都市にある名寄北管理部に比べて森林に隣接する中川研究林では周辺に生息する昆虫の種数(種プール)がより多く、それらの中には遺伝子型(集団)特異性を持った昆虫も含まれるため、全体として密度が増加したと考えられる。この結果は、遺伝的多様性の昆虫群集に与える影響が昆虫の種プールにより変わる状況依存性があることを示唆している。

<引用文献>

Tilman D, Reich PB, Knops JMH, Biodiversity and ecosystem stability in decade-long grassland experiment, *Nature*, 441 巻、2006、629-632

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

{ 雑誌論文 } (計 3 件)

Nakamura M, Makoto K, Tanaka M, Inoue T, Son Y, Hiura T, Leaf flushing and shedding, bud and flower production, and stem elongation in tall birch trees subjected to increases in aboveground temperature, *Trees*, 査読有、5 巻、2016、1535-1541、
DOI: 10.1007/s00468-016-1387-4

Noh N, Kuribayashi M, Saitoh TM, Nakaji T, Nakamura M, Hiura T, Muraoka H, Responses of soil, heterotrophic, and autotrophic respiration to experimental open field soil warming in a cool-temperature deciduous forest, *Ecosystems*, 査読有、19 巻、2015、504-520、
DOI: 10.1007/s10021-015-9948-8

中村誠宏、長期生態学研究のすすめ：野外で仮説検証型アプローチを進める方法、*日本生態学会誌*、査読有、2 巻、2015、3-11
URL: <http://ci.nii.ac.jp/naid/110009934486>

{ 学会発表 } (計 7 件)

中村誠宏、中路達郎、日浦勉、長期の土壌温暖化実験がミズナラの上の植物と昆虫の相互作用に与える影響、第 64 回日本生態学会、2017 年 3 月 15 日、早稲田大学早稲田キャンパス(東京都新宿区)

Nakamura M, Minoshima M, Shibata H, Takagi K, Response of insect-plant interactions to global warming on the correct time scale, 5th Japan-Taiwan Ecology Workshop, 2016 年 11 月 13 日、龍谷大学(京都府京都市)

Nakamura M, Minoshima M, Shibata H, Takagi K, Prediction of response of insect-plant interactions to global warming on the correct time scale by using integrating altitudinal gradient study with warming experiment, 7th

International Canopy Conference, 2016年8月24日、London (England)

Shan B, Nakamura M, Effect of birch genotypic diversity on ecosystem functions and insect community structure, 第63回日本生態学会、2016年3月20日、仙台国際センター（宮城県仙台市）

Nakaji T, Nakamura M, Oguma H, Hiura T, Potential of near-surface remote sensing for ecological study of forest canopy, International workshop on forest canopies: Frontiers of ecosystem service, 2015年10月27日、Yunnan (China)

Nakamura M, Nakaji T, Hiura T, Long-term warming experiment of mature oak trees in northern Japan, International workshop on forest canopies: Frontiers of ecosystem service, 2015年10月27日、Yunnan (China)

Noh N, Kuribayashi M, Saitoh TM, Nakamura M, Nakaji T, Hiura T, Muraoka H, Open-field warming experiments on soil carbon fluxes and pools in cool-temperature deciduous forests in Japan, BIOGEOMON2014, 2014年7月15日、Bayreuth (Germany)

〔図書〕(計 1件)

内海俊介、中村誠宏、共立出版株式会社、生態学フィールド調査法シリーズ8 動物-昆虫相互作用調査法、2017、134

6. 研究組織

(1) 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・准教授

研究者番号：80545624

(2) 研究分担者

小池 孝良 (KOIKE, Takayoshi)

北海道大学・農学研究院・教授

研究者番号：10270919

(3) 連携研究者

小林 真 (KOBAYASHI, Makoto)

北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・助教

研究者番号：60719798

門松昌彦 (KADOMATSU, Masahiko)

北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・准教授

研究者番号：60158847