

機関番号:10101

研究種目:研究活動スタート支援

研究期間:2009~2010

課題番号:21870002

研究課題名(和文) 地球温暖化に対する冷温帯森林生態系の生物多様性の応答

研究課題名(英文) Responses of biodiversity in northern forest ecosystems to global warming

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・助教

研究者番号:80545624

研究成果の概要(和文):温暖化に対する冷温帯森林の応答を解明するために、温暖化実験と複数地域の比較による地理的スケール研究を行った。人工的な温暖化は遷移初期種であるダケカンバの林冠部の葉の食害度を増加させたのに対して、後期種であるミズナラの食害度を減少させた。同様に、地理的スケール研究から後期種であるコナラやブナの食害度が低緯度に行くにつれて減少するパターンが見られた。これら結果は樹種がどの遷移段階にあるかにより温暖化に対する食害反応が異なることを示唆している。

研究成果の概要(英文):To examine whether northern forest ecosystems might respond to global warming, I conducted warming experiments and large-scale studies along a latitudinal gradient. The warming experiments showed that warming increased herbivory in canopy trees of a birch *Betula ermanii* (early successional stage species) but decreased herbivory of an oak *Quercus crispula* (late successional stage species). Similarly, the large-scale studies showed that herbivory of an oak *Quercus serrata* and a beech *Fagus crenata*, both of which are late successional stage species, decreased toward low latitudes. These results suggest an implication that the responses of herbivory in canopy trees to global warming depend on successional stages of host plants.

交付決定額

(金額単位:円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,110,000	333,000	1,443,000
2010年度	1,010,000	303,000	1,313,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,120,000	636,000	2,756,000

研究分野:生物学

科研費の分科・細目:生態・環境

キーワード:大規模操作実験、遷移、林冠ジャングルジム、農電ケーブル、葉形質、食害、フェノロジー、資源投資戦略

1. 研究開始当初の背景

二酸化炭素などの温室効果ガス濃度の上昇により、今世紀中に地球全体で 2-5℃(前世紀は 0.5℃の上昇)の急激な地球温暖化が生じる

ことが予測されている。その上昇幅は高緯度になるほど大きいと考えられ、複数の生態的プロセスに影響を及ぼすことが指摘されている。そのため、生態系の応答は直接及び間接効果となって

複雑に働く可能性があり、生物群集の応答予測も単純ではないであろう。一方、植物自身は異質な環境構造に適応するため、その葉の形質を変化させて植食者に対して多様な食物資源を提供している (Nakamura et al. 2003, Nakamura et al. 2005)。森林生態系において、稚樹に比べ圧倒的に大きなバイオマスを持つ林冠木には生物多様性が最も集中し、かつ生産の大部分を担っている。このことから、この林冠部の葉の形質の違いを起源とした植食性昆虫群集の形成機構の解明への注目は、地球温暖化に対する生物多様性の応答を明らかにするうえで極めて重要である。そこで、地理的スケールでの葉の形質と生物群集のパターン解析に加え、大規模操作実験によってそのメカニズムを明らかにするというアプローチを使い、温暖化に対する冷温帯の林冠木上の生物多様性の応答を解明したい。

2. 研究の目的

本研究の目的は、人工的に温暖化現象を野外に作り出す大規模操作実験と複数地域の林冠木と産地別共通圃場での地理的変異の比較観測によって、地球温暖化に対する冷温帯森林生態系の生物多様性の応答を地理的スケールで解明することである。

(1) 大規模操作実験とは生態系のある一つの要因を変化させることで、生態系全体の応答をみる仮説検証型の研究である。その応答は直接及び間接的な影響の結果であり、実際の森林生態系への影響を総合的に理解するためには大変有効な手法である (Rustad et al. 2001)。

(2) 日本の森林は豊かな地理的環境勾配を持っており、広い範囲にわたって異なる個体群が存在する。そのため、生産者である樹木の形質の地理変異がそこに生息する動物群集に波及効果を与える可能性がある。地理的・遺伝的な植物形質の変異がボトムアップ的に作用して生食連鎖に影響を与えている可能性があり、そのことを複数地域と産地別共通圃場での比較研究から解明する。

3. 研究の方法

(1) 電熱線による温暖化実験

① 地上部と地下部の温暖化が森林生態系に与える影響及びメカニズムの解明を目指した。遷移後期種であるミズナラの温暖化実験を可能な限り長期継続して、「時間的な遅れ」を伴う温暖化影響を評価することを目的とした。北海道大学苫小牧研究林の林冠観測用クレーンのあるサイトには、① 地下部 (土壌) 温暖化区、② 地上部 (枝) + 地下部 (土壌) 温暖化区、③ 対象区が既に設置してある。地下部温暖化区はミズナラ

林冠木 (高さ: 15-20m) を中心にした 5m x 5m のプロットに 120m の電熱ケーブルを約 20cm 間隔で埋め込むことで行った。この処理を 2007 年に 4 プロットで行い、5 本の林冠木を暖めている。地上部温暖化は、地下部を温暖化処理した林冠木一次枝に電熱線を巻き付けることで行った。この処理を 2008 年に 3 本の林冠木に行った。温暖化処理は、100 年後の気温を想定して、周りに比べ 5°C の温度差を電熱線の発熱により作り出し、温度制御装置を使って温度をコントロールしている。対象区と処理区の温度を熱電対で測定しながら、5°C 差以内のときは電気を流し、5°C 以上のときは停止するという温度制御装置を技官と伴に開発した。調査は、林冠部の展葉・落葉フェノロジー、さらに林冠昆虫の密度の変化を評価するための食害度を春期と夏期の終わりに測定した。また同時に、葉の様々な形質 (硬さ、窒素含量、タンニン、フェノール、リグニン量等) も測定した。

② 一方、北海道大学中川研究林において、遷移初期種 (パイオニア種) であるダケカンバ林冠木 (高さ: 18-22m) の温暖化に対する応答をみる大規模操作実験も行った。この操作実験の目的は、温暖化に対するダケカンバの応答 (フェノロジー、成長、食害) を明らかにすることである。北海道北部の森林攪乱地に生える特徴を持つ樹種であるダケカンバ林に、林冠ジャングルジムを 3 基建設することで複数個体の林冠部を直接観察できる状態にして、地上部 (枝) 温暖化の実験を行った。

(2) 地理変異: 林冠部の観察

地理変異の研究から地理的スケールでの葉の形質と植食性昆虫群集のパターン解析を行った。全国 2 カ所にある林冠アクセス用足場 (北大苫小牧、鳥大蒜山) を用いることで、コナラ木の林冠部の直接観察ができる。一方、林冠内部の上部と下部では光環境が大きく異なり、それに伴って葉の形質も異なることが知られている (Nakamura et al. 2008)。そのため、葉の形質を地理変異 (緯度勾配) だけでなく林冠内部の変異にも注目して、それに対する植食性昆虫の応答を解明することを目的とした。調査は、林冠昆虫の密度の変化を評価するための食害度を測定した。また同時に、葉の様々な形質 (硬さ、窒素含量、タンニン、フェノール、リグニン量等) も測定した。

(3) 地理変異: 産地別共通圃場

産地別共通圃場の調査から、野外で検出されたパターンを同一環境で実験的に検証することが可能である。そのため、地理変異 (緯度勾配) に関する要因を遺伝と環境に分離して考えることが

できる。東大秩父演習林のブナの産地別共通圃場を利用した。このブナの共通圃場において枝のサンプリングを行い、実験室に持ち帰って各産地毎・立地毎に摂食機能群構成(咀嚼性、ゴール性、潜葉性)とその機能群の種多様性を測定するとともに、各地域個体群の葉の形質(硬さ、窒素含量、タンニン、フェノール、リグニン量等)について測定した。

4. 研究成果

(1) 苫小牧研究林において遷移後期種であるミズナラの温暖化実験により、①地下部(土壌)温暖化は葉のCN比を増加させて食害度を低下させることが明らかになった。一方、②地上部(枝)温暖化は展葉を早めて、落葉を遅らせて着葉期間を長くさせること、③ドングリの生産量を増加させること、そして④食害度には影響を与えないことが明らかになった。

(2) 中川研究林における遷移初期種(パイオニア種)であるダケカンバの温暖化実験により、①地上部(枝)温暖化は展葉を早め落葉を遅らせること、②葉サイズと当年枝長を増加させること、さらに③食害度を増加させることが明らかになった。④分光情報から葉形質を推定したところ、CN比が低下する傾向になることも明らかになった。

(3) 鳥大蒜山(南)と北大苫小牧(北)の遷移後期種コナラの食害度の緯度勾配の調査より、①両サイトにおいて林冠上部に比べて下部では食害が高くなること、②蒜山(南)に比べて苫小牧(北)では食害度が高くなることが明らかになった。

(4) ①全国22地点のリタートラップを使った遷移後期種ブナの食害度の緯度勾配の調査より、咀嚼性昆虫の食害度は南から北に行くにつれて増加するのに対して、ゴール性昆虫の密度は南から北に行くにつれて減少することが明らかになった。

(5) 東大秩父演習林のブナの産地別共通圃場での調査より、①ブナ葉形質の緯度勾配が遺伝的に固定されていること、しかし②その葉形質からだけでは植食性昆虫(咀嚼性、ゴール性、潜葉性)の緯度勾配が生じないことが明らかになった。

以上、樹種により温暖化に対する食害反応が異なる理由として、資源の成長と防御への投資戦略が樹種により異なることが関係している可能性がある。遷移初期種は成長重視戦略をとり、遷移後期種は防御重視戦略をとることから、温暖化で生じた余剰資源を遷移初期種は成長に投資して、遷移後期種は防御に投資することで、

最終的な成長を最大化させるようにしていると考えられる。

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4件)

① Nakamura, M., Asanuma, M., Hiura, T. (2010) Differential effects of host plant hybridization on herbivore community structure and grazing pressure on forest canopies. *Oikos* 119: 1445–1452. 査読有

② Nakamura, M., Muller, O., Tayanagi, S., Nakaji, T., Hiura, T. (2010) Experimental branch warming alters tall tree leaf phenology and acorn production. *Agricultural and Forest Meteorology* 150: 1026–1029. 査読有

③ Takafumi, H., Kawase, S., Nakamura, M., Hiura, T. (2010) Herbivory in canopy gaps created by a typhoon varies by understory plant leaf phenology. *Ecological Entomology* 35: 576–585. 査読有

④ Utsumi, S., Nakamura, M., Ohgushi, T. (2009) Community consequences of herbivore-induced bottom-up trophic cascades: the importance of resource heterogeneity. *Journal of Animal Ecology* 78: 953–963. 査読有

[学会発表](計5件)

① Nakamura, M. Plant-mediated indirect effects on insect communities. 第58回日本生態学会、2011年3月9日、札幌市、札幌コンベンションセンター

② 松永壮、O. Muller、中村誠宏、中路達郎、日浦勉。温暖化を仮想したミズナラのイソプレン放出。第16回大気化学検討会、2010年11月17日、東京都、首都大学東京

③ Nakamura, M. Experimental warming in a forest ecosystem and its effect on herbivory. The 4th EAFES International Congress, 2010年9月15日、Korea, Kyungpook National University

④ Nakaji, T., Tayanagi, S., Muller, O., Nakamura, M., Oguma, H., Hiura, T. Estimate of leaf chemical defensive materials by

hyperspectral reflectance in experimentally warmed oak trees. UK-JAPAN WORKSHOP on Forests and Climate Change, 2010年8月25日、東京、英国大使館

- ⑤ Muller, O., Nakamura, M., Hikosaka, K., Hiura, T. Change in leaf traits by experimental warming adult oak trees. 第57回日本生態学会、2010年3月16日、東京、東京大学

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・助教
研究者番号:80545624

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし