

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月7日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2009～2011

課題番号：21248017

研究課題名（和文） 大規模操作実験と地理的環境勾配を用いた冷温帯林生態系機能の地理分化の解明

研究課題名（英文） Elucidation of geographical differentiation of cool-temperate forest ecosystem function using large scale experiments and geographical environmental gradients

研究代表者

日浦 勉（HIURA TSUTOM）

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：70250496

研究成果の概要（和文）：主要構成種（ブナ、ミズナラ、コナラ、ダケカンバ）の遺伝的変異に基づいた森林群集の生食連鎖と腐食連鎖応答を、地理的環境勾配に対する生産者の生理的応答とともに明らかにした。また地球温暖化に対する冷温帯森林生態系の応答を明らかにするため、樹木の地下部と地上部を暖める人工的な温暖化現象を複数地域で作り出し、森林生態系の生産性や物質循環、生物多様性、食物網などへの影響を解明した。

研究成果の概要（英文）：We clarified the physiological response of producers to the geographical environment gradient, and food chains in cool temperate forests, for major component species (beech, oak, birch) of forest communities on the basis of genetic variation. In order to clarify the response of forest ecosystems against global warming cool-temperate zone, we estimated the productivity, nutrient cycling and biodiversity of the forest ecosystems by using artificial global warming.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	8,500,000	2,550,000	11,050,000
2010年度	5,800,000	1,740,000	7,540,000
2011年度	5,400,000	1,620,000	7,020,000
年度			
年度			
総計	19,700,000	5,910,000	25,610,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：地理変異・温暖化実験・光合成・植食性昆虫・窒素循環

1. 研究開始当初の背景

人間活動の拡大によって生物多様性が急速に失われつつある一方、二酸化炭素量の増大によって深刻な地球温暖化が進行してい

る。地球温暖化により各地域固有の生態系が崩壊しつつあると言っても過言ではない。このような文脈から、生物多様性をもっとも集中し、かつ生産の大部分を担う森林の林冠部

と分解を担う地下部において葉の質の違いを起源とした生食連鎖と腐食連鎖の関係を明らかにすることは極めて重要である。植物自身は異質な環境構造に適応するためにその葉の質を変化させ、植食者や分解者に対して多様な食物資源を提供している。さらには、植食者による食害も葉の質を変化させ、分解系にまで影響し、それが植物への栄養塩の回帰にまで波及すると考えられている。このように一つ一つのプロセスが相互に関連しているため、森林生態系において多様性と生態系機能の関係を明らかにするためには様々な角度からの解析が必要となる。一方、大部分の生物種は遺伝的に分化した個体群の集合であり、これらの個体群は局所環境に異なった形で適応する可能性をもっている。特に日本列島のような生産力勾配の広い範囲にわたって異なる個体群がある場合、自然選択や遺伝子流動の空間的な変動が局所の共進化を形作る可能性があると考えられている。このような共進化の地理的モザイク説からすると、同じタイプに属する森林でも上記のような多様性と生態系機能の関係や生物間相互作用のあり方が地理的に異なる可能性がある。このような場合は大規模な環境変動に対する機能や群集の応答予測も単純ではなくなる。従来、生物の温度への反応特性を組み込んだモデリングにより気候変動と将来の動植物の分布について多くの研究がなされてきた。しかし、これらモデリングには複雑な種間相互作用や間接効果が組み込まれていないために、温暖化の森林生態系への影響を正しく評価することは難しい。自然生態系の群集形成機構を理解するためには、種間相互作用や間接効果を取り込んだ解析が必要不可欠である。

2. 研究の目的

本研究の目的は主要構成種の遺伝的変異に基づいた森林群集の生食連鎖と腐食連鎖応答を、地理的環境勾配に対する生産者の生理的応答とともに明らかにすること、および地球温暖化に対する冷温帯森林生態系の応答を明らかにするため、樹木の地下部と地上部を暖める人工的な温暖化現象を電熱線により複数地域で作り出し、森林生態系の生産性や物質循環、生物多様性、食物網などへの影響を解明することである。

3. 研究の方法

複数地域での大規模野外操作実験と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応答を明らかにするために、日本列島の冷温帯落葉広葉樹林でもっとも優占度が高く、分布域も広いブナ、ミズナラ、コナラ、ダケカンバを対象とし、(1)主要樹木の生理活性と生産性、(2)分解過程、(3)林

冠昆虫の多様性や密度、及び、(4)それら生物間で生じる間接効果をみていく。全国6カ所の林冠アクセス用足場と3カ所の共通圃場をプラットフォームとした。温暖化実験は北大中川研究林のダケカンバ、北大苫小牧研究林のミズナラとコナラ、黒松内のブナ、鳥取大森山演習林のコナラで行った。

4. 研究成果

(1)ブナの分布北限に当たる黒松内と南限域の椎葉、中間地域の川渡において樹液流観測や樹形の測定を行うとともにそこでブナの材を採取し、解剖学的特性を比較解析した。黒松内では蒸散量は光エネルギー量に敏感に応答したのに対し、川渡と椎葉では気孔通導性や蒸発要求量に敏感に応答していた。黒松内で大きな葉や狭い樹冠によって光エネルギーの透過を減少させるなどして、炭素獲得を最大化するために湿潤な場所では高い気孔通導性を保っていた。また道管径、密度ともに、椎葉と黒松内で違いはなかったが、染色された道管の結果を比較すると、椎葉では全道管に対して染色された道管が樹幹内部でも多く見られるのに対して、黒松内の方は樹幹の外側から中に向かうにつれて少なくなっていた。樹液流計測のプロファイル結果でも、椎葉の方が樹幹内部の流速の寄与が比較的大きく、傾向が対応していた。ブナにおける水利用の地理的パターンは、生理的・形態的状态の相互作用によって決定されていることが示された。

(2)苫小牧研究林と蒜山においてコナラ成木の林冠部をオープントップチャンバーで5度程度温暖化処理し、光合成能の温度順化と食害応答を実験的に調べた。20度での光合成速度は温暖化処理によって変化しなかったが、25度での光合成速度と V_{cmax} は温暖化処理によって上昇した。また V_{cmax} の励起エネルギーは温暖化処理によって上昇し、光合成最適温度と正の相関を示した。これらのことから生育温度条件によって光合成を最適化させていることが明らかとなった。

(3)全国のリタートラップと共通圃場実験によって摂食機能群毎の食害量の地理変異を定量化するとともにこれに与えるブナの形質を明らかにした。咀嚼型食害量は高緯度になるほど多かったが、潜葉型と虫瘤型食害量は高緯度になるほど少なく、遺伝的に固定されているLMAの違いがこれらに影響を与えていた。これらの傾向は黒松内と椎葉の林冠内部で行われた同様の調査とほぼ対応していた。ブナにおける食害の地理的パターンは、遺伝的に固定された植物の形質によって主に決定されていることが示された。

一方温暖化実験によるコナラの食害応答にも緯度勾配が見られた。高緯度の苫小牧では温暖化により林冠部の葉の食害は28%減

少しだが、一方低緯度の蒜山では温暖化により林冠部の葉の食害は84%減少した。つまり、高緯度に比べて低緯度のコナラの方が温暖化に対する食害応答がより大きく、同様の温暖化でも植物と昆虫の生食連鎖応答は地理的に異なることが明らかとなった。

(4) 苫小牧研究林のミズナラ地下部を電熱線で5度程度温暖化処理し、土壌の窒素動態を調べた。温暖化処理によって土壌凍結がなくなり、冬期の有機体、無機体窒素のプールが減少した。夏から秋にかけて温暖化処理によってアンモニアのプールも減少した。これらのことは、これまで土壌凍結が起らない他の地域で行われてきた温暖化処理実験の結果とは異なり、土壌凍結の有無によって温暖化影響が大きく異なることを示している。

本研究はもっとも複雑なシステムである森林生態系において、生産者(林冠木)の遺伝的変異に基づく形質変異の波及効果を多栄養段階で実験的に検証した国際的にも稀な研究となり、その学問的価値もきわめて高いだろう。

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 69 件)

①Matsunaga, S. N., Muller, O., Nakamura, M., Nakaji, T., and Hiura, T. (in press) Effect of experimental warming on isoprene basal emission rate measured in *Quercus crispula* trees. *Geochemical Journal*

②Aiba, M., Hino, T., and Hiura, T. (2012) Interspecific differences in environmental and spatial controls on plant species distribution and the relationships with functional traits. *Journal of Ecology* (online) 査読有

③Nakaji, T., Oguma, H. and Hiura, T. (2011) Ground-based monitoring of the leaf phenology of deciduous broad-leaved trees using high resolution NDVI camera images. *Journal of Agricultural Meteorology* 67:65-74 査読有

④Ishihara, M. and Hiura, T. (2011) Modeling leaf area index from litter collection and tree data in a deciduous broadleaf forest. *Agricultural and Forest Meteorology* 151:1016-1022 査読有

⑤Nakamura, M., Muller, O., Tayanagi, S., Nakaji, T. and Hiura, T. (2010) A new technique of branch warming changes leaf phenology and acom production in tall mature trees. *Agricultural and Forest Meteorology* 150:1026-1029 査読有

⑥Tateishi, M., Kumagai, T., Suyama, Y., and Hiura, T. (2010) Difference in characteristics of Japanese beech tree transpiration between stands across Japan. *Tree Physiology* 30:748-760 査読有

⑦Nakamura, M., Asanuma, M. and 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

⑧Takafumi, H., Kawase, S., Nakamura, M. and Hiura, T. (2010) A typhoon disturbance alters herbivory due to changes in leaf traits and herbivore abundance in understory plants having different timings of leaf expansion, in a deciduous forest. *Ecological Entomology* 35:576-585 査読有

⑨Nabeshima, E., Kubo, T. and Hiura, T. (2010) Variation in tree diameter growth responses to weather conditions in deciduous broad-leaved trees. *Forest Ecology and Management* 259:1055-1066 査読有

⑩Matsunaga, S. N., A. B. Guenther, J. P. Greenberg, M. Potosnak, M. Papiez, T. Hiura, S. Kato, S. Nishida, P. Harley and Y. Kajii (2009) Leaf level emission measurement of sesquiterpenes and oxygenated sesquiterpenes from desert shrubs and temperate forest trees using a liquid extraction technique. *Geochemical Journal* 43:179-189 査読有

⑪Takafumi, H. and Hiura, T. (2009) Effects of disturbance history and environment on the diversity and productivity of forest floor plants in a cool temperate forest. *Forest Ecology and Management* 257:843-857 査読有

⑫日浦勉 (2009) 森を丸ごと知りたいー森林生態系の研究ネットワーク、生物の科学遺産、63:33-38、査読無

[学会発表] (計 25 件)

① Aiba, M., Takafumi, H., Hiura, T. :Relationships between species richness and functional diversity in an understory herb community. *Proceedings of ESJ59*. 2012. 3. 20. 滋賀県大津市・龍谷大学瀬田キャンパス

②鍋嶋絵里・久保拓弥・安江恒・日浦勉・船田良：気候変動下におけるミズナラの幹肥大成長と解剖学的特性の長期変化。第59回日本生態学会。2012. 3. 20. 滋賀県大津市・龍谷大学瀬田キャンパス

③Miyazaki, Y., Kon, H., Muller, O., Nakamura, M., Nakaji, T., Satake, A.,

Hiura, T. :Does warm temperature drive interannual variation of seed production in *Quercus crispula*? Proceedings of ESJ59. 2012. 3. 20. 滋賀県大津市・龍谷大学瀬田キャンパス

④ Yamaguchi, D., Muller, O., Nakaji, T., Hiura, T., Hikosaka, K. :Seasonal change in temperature response of photosynthesis in *Quercus serrate* canopy leaves exposed to experimental warming. Proceedings of ESJ59. 2012. 3. 18. 滋賀県大津市・龍谷大学瀬田キャンパス

⑤ 日浦勉・中路達郎・田柳史織・中村誠宏・Onno Muller・小熊宏之：温暖化処理に伴うミズナラ林冠木の被食量の変化とハイパースペクトル画像による葉の防御物質の評価。第58回日本生態学会。2011. 3. 11. 札幌・札幌コンベンションセンター

⑥ Muller, O., Hikosaka, K., Hiura, T. :Seasonal N allocation within an oak canopy exposed to experimental warming. Proceedings of ESJ58. 2011. 3. 10. 札幌・札幌コンベンションセンター

⑦ 南波興之・丹羽慈・日浦勉：林床へのリター供給量変化に対する土壤動物群集の反応。第58回日本生態学会。2011. 3. 10. 札幌・札幌コンベンションセンター

⑧ 饗庭正寛・日野貴文・日浦勉：亜寒帯林床草本における空間分布決定要因の種間比較。第57回日本生態学会。2010. 3. 16. 東京都・東京大学

⑨ Muller O., Nakamura M., Hikosaka K., Hiura T. :Change in leaf traits by experimental warming of adult oak trees. 第57回日本生態学会。2010. 3. 16. 東京都・東京大学

⑩ 中路達郎・小熊宏之・田柳史織・日浦勉：可視-近赤外魚眼カメラを用いた落葉広葉樹林のフェノロジー観察。第57回日本生態学会。2010. 3. 16. 東京都・東京大学

[図書] (計4件)

① 三枝信子：世界の森林の二酸化炭素吸収量を測る。日本生態学会(編)「エコロジー講座4：地球環境問題に挑む生態学」、文一総合出版、2011、p. 20-23

② 日浦勉：森林の動態。岩槻邦夫・矢原徹一他編「植物の事典」、朝倉書店、2009、pp117-126

6. 研究組織

(1) 研究代表者

日浦 勉 (HIURA TSUTOM)

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：70250496

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

村岡 裕由 (MURAOKA HIROYUKI)

岐阜大学・流域圏科学研究センター・教授
研究者番号：20397318

三枝 信子 (SAIGUSA NOBUKO)

独立行政法人国立環境研究所・地球環境研究センター陸域モニタリング推進室・室長
研究者番号：00251017

陶山 佳久 (SUYAMA YOSHIHISA)

東北大学・農学研究科・准教授
研究者番号：60282315

彦坂 幸毅 (HIKOSAKA KHOKI)

東北大学・理学研究科・教授
研究者番号：10272006

内海 泰弘 (UTSUMI YASUHIRO)

九州大学・農学研究科・助教
研究者番号：50346839

佐野 淳之 (SANO ZYUNJI)

鳥取大学・農学部・教授

研究者番号：60283975

中路 達郎 (NAKAJI TATSURO)

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：40391130

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