

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 25 年 5 月 1 日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010 ～ 2012

課題番号：22580160

研究課題名（和文）温暖化が標高傾度にそった亜高山帯針葉樹林の更新動態と分布に及ぼす影響

研究課題名（英文） Effects of global warming on forest dynamics and distribution of subalpine forests along an altitudinal gradient

研究代表者

高橋 耕一 (TAKAHASHI KOICHI)

信州大学・理学部・准教授

研究者番号：80324226

研究成果の概要（和文）：今までの研究から温暖化は高い標高の樹木の成長を高めることが予想された。この予測を検証するために、気象条件から成長を予測するモデルを作成した。そのモデルに IPCC レポートで用いられている 2100 年までの気象予測シナリオを代入することで、温暖化の樹木の成長に対する影響を予測した。その結果、高い標高ほど温暖化によって樹木の成長が増加し、この傾向はとくに CO₂ 排出の多い気象予測シナリオでより顕著であった。

研究成果の概要（英文）：My previous studies expected that global warming increases tree growth in high altitudes. This study made tree growth model to predict this expectation. This study predicted that effects of global warming on tree growth by incorporating climatic change scenarios into the model. This study showed that global warming increases tree growth in high altitudes and this tendency was conspicuous for the climatic change scenario with high CO₂ emission.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2011 年度	600,000	180,000	780,000
2012 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

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：森林生態・保護・保全

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化の植生分布への影響が懸念されている。特に日本は山岳環境のため、植生は標高傾度にそって明瞭に変化する。例えば、中部地方の山岳地域では標高が上がるにし

たがい、落葉広葉樹林から常緑針葉樹林へと変化し、そして森林限界(亜高山帯と高山帯の境界)より上の高山帯ではハイマツ林となる。さらに亜高山帯針葉樹林の中では、下部ではシラビソが、そして上部ではオオシラビ

ソが優占している。また、植生は標高とともに徐々に変化するのではなく、あるところで急激に変化する。これを植生移行帯という。標高傾度に応じた植生変化は温度環境と関係している。そのため、温暖化は日本の植生分布を大きく変化させる可能性がある。単純には、温暖化によって温度が上昇した分だけ、各植生帯も上の標高へ移動すると考えられる。

2. 研究の目的

この研究では、標高傾度に応じた植生分布が温暖化によって上昇するのかどうかを検討するために、中部山岳地域の亜高山において次の個別研究を行う（4項のフローチャート）。優占樹種であるシラビソとオオシラビソを研究の対象とする。（1）まず植生変化にとって重要な種子の発芽、実生の定着をさまざまな温度・光条件において室内実験を行い、種内・種間比較する。次に、（2）稚樹サイズ以上の個体の成長や（3）物質生産に対する個体間競争の影響を標高傾度に応じて種内・種間比較する。（4）そして植生分布の最前線である植生移行帯と森林限界がどのように維持されているのかを解明するために、森林構造とその動態について調査する。以上のように、本申請研究ではシラビソとオオシラビソの植生移行帯と森林限界に対する温暖化の影響予測を行うために、個体・個体群レベルで研究を行う。

3. 研究の方法

この研究では、標高傾度に応じたシラビソとオオシラビソの植生移行帯と森林限界が、温暖化によって現在よりも高い標高へ移動するのかどうかを解明した。標高傾度に応じた植生の変化は温度条件と関係していることは疑いがない。そのために、標高（あるいは温度条件）が種子の発芽、実生の定着、その後の個体間競争などにどのように影響するのかから解明した。また、標高傾度にもない風速が強まり攪乱頻度が増すため、標高傾度に応じた森林の更新、特に森林限界の形成はその影響を強く受けるだろう。このような視点から標高傾度に応じた更新動態を調べるために、亜高山帯針葉樹林の分布下限（標高 1600 m）、分布上限である森林限界（2400 m）、および2種の植生移行帯（1900 m）に既に設定されている永久方形区での長期観測データなども用いて、個体・個体群レベルでの解析を行った。

標高は温度を通して実生の発芽定着とその後の個体間競争に影響し、また高い標高では風速が強いため攪乱が増加するだろう。それらの結果として標高傾度に応じた更新動態や植生分布が決定されると考えられる。このような関係を明らかにするために、以下

の個別研究①～④を行った。

- ①実生の発芽定着に及ぼす温度と光の影響
- ②成長に対する標高と個体間競争の影響
- ③標高と光環境が稚樹の物質生産と成長に及ぼす影響
- ④植生移行帯を形成する分布上限と下限の種の個体群維持機構

4. 研究成果

オオシラビソとシラビソの標高傾度に応じた更新動態を明らかにするために、平成 16～18年に設定された3箇所のプロットにおいて再測定を行った。これらのプロットは、分布下限のシラビソ林（標高 1600 m）、シラビソ・オオシラビソ林（2000 m）、オオシラビソ林（2400 m）である。その結果、1600 mでは、オオシラビソよりも成長の速いシラビソが攪乱後に優占し、そして2400 mでは、成長は遅くとも低温耐性のあるオオシラビソが優占できることが示唆された。

また、標高傾度に応じた森林の物質生産についても調べた。その結果、高い標高ほど森林の現存量は減少したが、純生産量の減少率は現存量に比べて小さかった。そのため、高い標高の森林でも効率良く物質生産を行なっていることが明らかになった。

亜高山帯針葉樹林の分布上限はオオシラビソやダケカンバの高木限界である。この高木限界より上の標高では矮性低木のハイマツ林が広がっている。この森林限界の形成機構を調べるために、森林限界（標高 2500m）を挟むように標高 2360m～2600mまで森林構造とオオシラビソの成長、死亡などを調べた。その結果、オオシラビソの成長は標高が高くなるほど高かったため、成長にとって気温が低いために高木限界が形成されているわけではなかった。一方、標高が高いほどオオシラビソの幹や枝は風雪により物理的なダメージを受けていた。また、死亡率も高い標高ほど高かった。したがって、高木限界は温度条件よりも風雪による攪乱が至近要因となっていることが明らかになった。

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 15 件）

1. Singh, D., Takahashi, K. & Adams, J. M. Elevational patterns in archaeal diversity on Mt. Fuji. *PLOS ONE* 7: e44494, 2012, 査読有
DOI:10.1371/journal.pone.0044494
2. Takahashi, K. & Goto, A. Morphological and physiological responses of beech and oak seedlings to canopy conditions: why does beech dominate the understory of unmanaged

- oak fuelwood stands?, 2012 *Canadian Journal of Forest Research* 42: 1623-1630, 査読有
DOI: 10.1139/x2012-097
3. Takahashi, K., Hirose, T. & Morishima, R. How the timberline formed: altitudinal changes in stand structure and dynamics around the timberline in central Japan. *Annals of Botany* 109: 1165-1174, 2012, 査読有
DOI: 10.1093/aob/mcs043
 4. Takahashi, K. & Okuhara, I. Comparison of climatic effects on radial growth of evergreen broad-leaved trees at their northern distribution limit and co-dominating deciduous broad-leaved trees and evergreen conifers. *Ecological Research* 27: 125-132, 2012, 査読有
DOI: 10.1007/s11284-011-0879-3
 5. Singh, D., Takahashi, K., Kim, M., Chun, J. & Adams, J. M. A hump-backed trend in bacterial diversity with elevation on Mount Fuji, Japan. *Microbial Ecology* 63: 429-437, 2012, 査読有
DOI: 10.1007/s00248-011-9900-1
 6. Takahashi, K. Damage of alpine vegetation by the 2009 fire on Mt. Shirouma, central Japan: comparison between herbaceous vegetation and *Pinus pumila* scrub. *Landscape and Ecological Engineering* 12: 123-128, 2012, 査読有
DOI: 10.1007/s11355-010-0134-z
 7. Takahashi, K., Kobori, H. & Seino, T. Effects of temperature and light conditions on growth of current-year seedlings of warm-temperate evergreen species and cool-temperate deciduous species. In: (ed. Casalegno, S.) *Global Warming Impacts - Case Studies on the Economy, Human Health, and on Urban and Natural Environments*, pp. 175-192, InTech, Rijieka, 2011, 査読有
DOI: 10.5772/24249
 8. Takahashi, K., Okuhara, I., Tokumitsu, Y. & Yasue, K. Responses to climate by tree-ring widths and maximum latewood densities of two *Abies* species at upper and lower altitudinal distribution limits in central Japan. *Trees* 25: 745-753, 2011, 査読有
DOI: 10.1007/s00468-011-0552-z
 9. Takahashi, K., Uemura, S. & Hara, T. A forest-structure-based analysis of rain flow into soil in a dense deciduous *Betula ermanii* forest with understory dwarf bamboo. *Landscape and Ecological Engineering* 7: 101-108, 2011, 査読有
DOI: 10.1007/s11355-010-0124-1
 10. Taniguchi, T. & Takahashi, K. Microhabitat preference and seed production of exotic species *Verbascum thapsus* (Scrophulariaceae) at a riverside in central Japan. *Journal of Phytogeography and Taxonomy* 58: 109-113, 2011, 査読有
 11. Doležal, J., Ishii, H., Kyncl, T., Takahashi, K., Vetrova, V. P., Homma, K., Sumida, A. & Hara, T. Climatic factors affecting radial growth of *Betula ermanii* and *Betula platyphylla* in Kamchatka. *Canadian Journal of Forest Research* 40: 273-285, 2010, 査読有
DOI: 10.1139/X09-179
 12. Takahashi, K. Mid-successional stand dynamics in a cool-temperate conifer-hardwood forest in northern Japan. *Plant Ecology* 211: 159-169, 2010, 査読有
DOI: 10.1007/s11258-010-9781-2
 13. Takahashi, K. Effects of altitude and competition on growth and mortality of the conifer *Abies sachalinensis*. *Ecological Research* 25: 801-812, 2010, 査読有
DOI: 10.1007/s11284-010-0710-6
 14. Takahashi, K. & Miyajima, Y. Effects of roads on alpine and subalpine plant species distribution along an altitudinal gradient on Mount Norikura, central Japan. *Journal of Plant Research* 123: 741-74, 2010, 査読有
DOI: 10.1007/s10265-010-0318-5
 15. Takahashi, K., Arai, K. & Lechowicz, M.J. Codominance of *Acer saccharum* and *Fagus grandifolia*: the role of *Fagus* root sprouts along a slope gradient in an old-growth forest. *Journal of Plant Research* 123: 665-674, 2010, 査読有
DOI: 10.1007/s10265-010-0312-y
- [学会発表] (計 5 件)
1. 高橋耕一, 奥原勲. 亜高山帯 3 樹種の幹の肥大成長に対する温暖化の影響評価. 日本生態学会第 60 回大会, 2013. 3. 8 静岡
 2. 小林元, 高瀬雅生, 清野達之, 高橋耕一. 異なる温度環境で生育させた常緑性と落葉性のブナ科実生 6 種の初期成長と光合成. 日本生態学会第 60 回大会, 2013. 3. 7 静岡
 3. 高橋耕一. 森林限界の形成機構: 乗鞍岳における標高傾度にそった森林の構造と動態からの解析. 日本生態学会第 59 回大会, 2012. 3. 19 大津
 4. 羽生将昭, 高橋耕一. 外来植物エゾノギンギンとその近縁在来種ノダイオウとの雑種形成. 日本生態学会第 59 回大会, 2012. 3. 19 大津
 5. 高橋耕一. 針広混交林における遷移中期の林分動態. 日本生態学会第 58 回全国大会, 2011. 3. 9 札幌

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高橋 耕一 (TAKAHASHI KOICHI)

信州大学・理学部・准教授

研究者番号：80324226

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：