

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31日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21580191

研究課題名（和文） 寒温帯性針葉樹における樹高成長量の年次間変動に影響を及ぼす要因の解明

研究課題名（英文） Elucidation of factors influencing the annual variation of height growth in cold-temperate conifers

研究代表者

関 剛 (SEKI TAKESHI)

独立行政法人森林総合研究所・北海道支所・主任研究員

研究者番号：40353742

研究成果の概要（和文）：本研究は、寒温帯針葉樹林で優占種となるモミ属 2 樹種の林冠木を対象に、樹高成長量の年次間変動をもたらす要因の解明を目的とする。調査対象樹種のうち、オオシラビソでは、花芽形成時期の気温が球果生産に影響を及ぼし、間接的に樹高成長量の年次間変動に影響を及ぼすことが明らかになった。トドマツにおいても樹高成長量に対する花芽形成時期の気温の関与が示唆されたが、球果生産の樹高成長量に対する関与については今後解明される必要がある。

研究成果の概要（英文）：The objective of this study was to detect and verify factors influencing the annual variation in height growth of canopy trees of two *Abies* species dominant in cold-temperate conifer forests. In *Abies mariesii*, air temperature during seed-cone bud development was found to be an important factor influencing seed-cone production, resulting in the annual variation in height growth. In *A. sachalinensis*, air temperature during seed-cone bud development was also suggested to be associated with height growth. However, the influence of seed-cone production on height growth needs further verification.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	500,000	150,000	650,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	1,500,000	450,000	1,950,000

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

(1) 森林群落において、林冠木の樹高成長は葉層を上方に拡大する過程である。

樹高成長量の大きい個体は葉層の拡大速度が大きく、生産量が大きいと推測される。樹高成長量に影響を与える要因を知るとは、気候変動環境下における森林の生産性の

動態を予測する上で重要である。

(2) モミ属樹種は寒温帯の針葉樹林の林冠層で優占するため、樹高成長量に影響を及ぼす要因を解明することは、寒温帯の針葉樹林の生産性の動態を予測する上で重要である。

本州のオオシラビソでは、球果生産の豊作

と樹高成長量の一時的な低下の関連性が検出されているが、球果生産を促進する気象要因は明らかにされていない。また、北海道におけるトドマツでは、樹高成長量の年次間変動パターンの情報が蓄積されていない。

2. 研究の目的

モミ属の2樹種について、以下のことを明らかにすることを当初の目的とした。

- (1) オオシラビソにおいて、気温が球果生産量に及ぼす影響を解明する。
- (2) オオシラビソ、トドマツのそれぞれについて、樹高成長量に対する気温・降水量の寄与の大きさについて解明する。

3. 研究の方法

オオシラビソにおいては、気象要因が球果生産を通して樹高成長量に及ぼす影響を考察する上で、気象要因以外に球果生産量に影響を及ぼす要因についても解析した(以下の(2))。

また、オオシラビソにおいては、球果生産と樹高成長量、物質生産との関係を明らかにする目的で、球果生産後の樹高成長と主幹の断面積成長への分配について解析した(以下の(3))。

申請後に上記2項目を加え、以下の方法で本研究課題を遂行した。

- (1) オオシラビソにおける、気象要因と球果生産が樹高成長量に及ぼす影響について
① 青森県八甲田山で林冠層に達していた14個体について、主幹伸長時に形成される痕跡および球果の痕跡を用いて、過去における13年間の樹高成長量と球果生産量の年次間変動を推定した。痕跡の確認は、樹冠に登って非破壊的に行った。
② 樹高成長年、およびそれ以前における月単位での気温・降水量について、調査地付近のアメダスデータを使用した。
③ 気象要因が球果生産に及ぼす影響については、一般化線型混合モデルによる解析を行った。気象要因や球果生産が樹高成長量に及ぼす影響については、線型混合モデルによる解析を行った。

- (2) オオシラビソの球果成長過程における、球果生産量に影響を及ぼす要因について
① 岩手県岩手山西方で林冠層に達していた9個体について、球果の成長過程における動物による被食の痕跡を樹冠において確認した。
② 先行研究より、調査地においては雌花芽の段階での被食率が高いことを確認しているため、樹木個体または枝あたりの雌花芽数と被食との関係を解析した。
③ 動物による雌花芽の被食が、翌年の雌花芽生産を誘導するのかどうかについても確認

した。
④ 雌花芽生産の調査対象期間は、1994年秋から1998年秋までの5年間とした。

- (3) オオシラビソの球果生産と樹高成長・幹の肥大成長への分配との関係について
① 青森県八甲田山で、樹冠が被陰されていない、さまざまなサイズの9個体について、過去における9年間の樹高成長量、球果生産数、主幹断面積成長量を算出した。算出には、主幹伸長の痕跡、球果の痕跡を確認し、主幹における成長錐コアサンプルを用いた。
② 樹高成長量と主幹断面積成長量、また主幹体積成長量について、相対成長速度を算出した。
③ (樹高成長の相対成長速度) + (主幹断面積成長の相対成長速度) = (主幹体積成長の相対成長速度)
である関係を用い、球果生産の豊作年と翌年において、主幹体積成長のうち樹高成長が相対的に低下するのか、樹高成長と主幹断面積成長が同程度に低下するのかを解析した。
④ 樹高、主幹の体積、主幹体積成長量が樹高成長への分配とどのように関わっているのかについて解析した。

- (4) トドマツの樹高成長量の年次間変動と気温との関係について
① 北海道後志地域中山峠で林冠層に達していた8個体について、主幹伸長の痕跡を用いて、過去における13年間の樹高成長量を算出した。痕跡の確認は、樹冠に登って非破壊的に行った。
② 旬別平均気温について、調査地の山麓部におけるアメダスデータを使用した。解析の対象とする期間は、モミ属の気象要因と球果生産との関係、およびトドマツの伸長期間における先行研究を参考にした。
③ 気温が樹高成長に及ぼす影響について、線型混合モデルによる解析を行った。モデルの構築では、気温が球果生産を通して樹高成長量に影響を及ぼすケースも想定した。

4. 研究成果

- それぞれの項目において、結果の概要を①で示す。
- (1) オオシラビソにおける、気象要因と球果生産が樹高成長量に及ぼす影響について
① オオシラビソにおいては、7月の気温が翌年の球果生産の促進に関与する可能性が示唆された。そして、2年後の樹高成長に影響を及ぼす要因になる可能性が示された。
② 調査対象の個体では、球果数(樹冠上部で、幹から直接出た枝での値)、樹高成長量(主幹の伸長量)ともに明瞭な年次間変動が観測された(図1)。球果生産では、豊作年がある

一方で、全く球果の生産されない年があった。樹高成長では、多くの個体で樹高成長量が顕著に低い年が存在した。

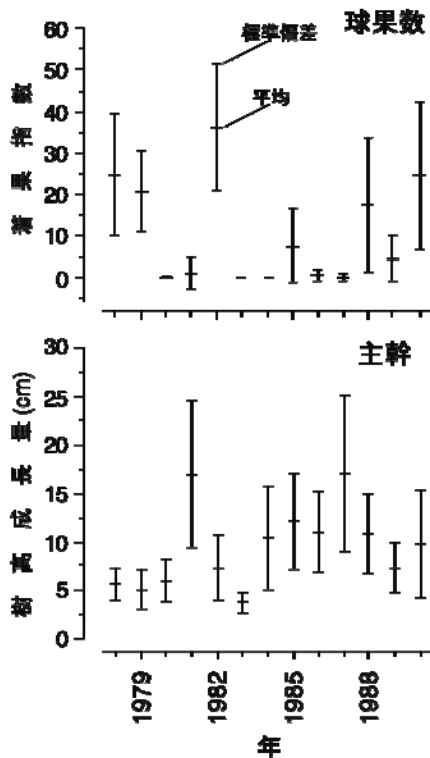


図1 樹冠上部における球果数と樹高成長量の年次間変動



図2 樹高成長の2年前における気象要因が樹高成長量に及ぼす影響

③球果生産量は、結実前年7月の平均気温と強い正の関係を示した(図2)。7月は当年枝の伸長期間である。モミ属の先行研究において、雌花芽形成は当年枝の伸長期間の高温によって促進されることが示されている。オオシラビソにおいても、雌花芽形成を促進する要因が球果生産量と最も強く関わっていると示唆される。7月平均気温は2年後の樹高

成長量と負の関係を示したが、樹高成長当年における7月の降水量ほど強い関係ではなかった。球果生産の促進要因となる気象要因は、樹高成長量にも影響を与える可能性があるが、樹高成長当年の気象要因(降水量)ほど重要な要因ではないと考えられる。

(2)オオシラビソの球果成長過程における、球果生産量に影響を及ぼす要因について

①オオシラビソでは、動物による雌花芽の被食が球果数に影響を与えるが、雌花芽生産の年次間変動パターンには影響を与えないと示唆された。雌花芽の被食率は樹木個体だけでなく、枝レベルで変異があり、動物の摂食習性と深く関わっていると推定される。球果数を減らすことから、動物による雌花芽の被食は、気温が樹高成長量に及ぼす影響を不明瞭化すると考えられる。

②雌花芽生産において、花芽生産をした個体数、樹木個体あたり雌花芽数ともに明瞭な年次間変動があった(図3)。

③雌花芽の被食率は樹木個体間で変異があった。その背景として、枝間で被食率が大きく異なっていた。すなわち、主幹から直接出ている枝(一次枝)の単位では、大部分の花芽が食べられた枝、または全く食べられなかった枝が多数を占めた(図4)。花芽を食べる動物は、一本の枝で集中的に摂食すると、他の樹木個体に移動するのかもしれない。

④樹木個体あたりの雌花芽数や樹冠内での配置と被食率には明瞭な関係がなかった(表1)。「一次枝の位置」は、主幹から分枝した年数を示す。若い枝ほど樹冠上部に位置するので、1997年の結果は、樹冠先端の枝ほど被食率が高いことを示す。1994年と1997年で

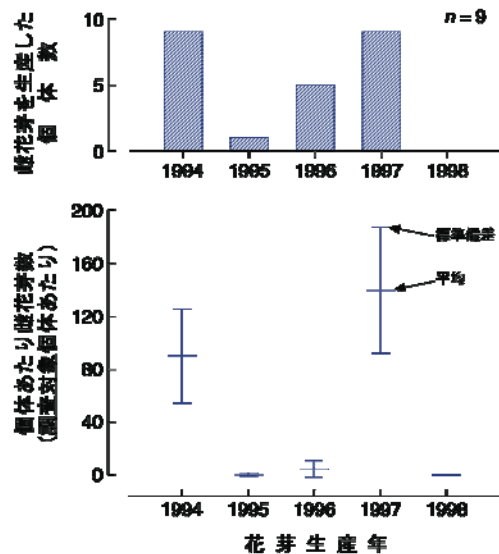


図3 雌花芽生産の年次間変動

は、樹木個体あたりの雌花芽数と被食率との関係は全く逆の傾向を示した。樹木の雌花芽生産様式において、被食を回避する性質は示唆されなかった。

⑤雌花芽の被食は、その翌年の雌花芽形成促進を引き起こさないと示唆された(図3)。気象条件と雌花芽形成、球果生産、樹高成長の関係は、動物の摂食によって不明瞭化する可能性はあるが、年次間変動パターンの大きな変化にまでは至らないと推定される。

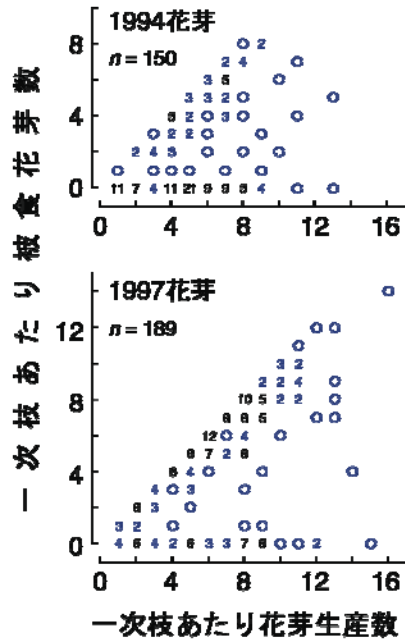


図4 一次枝あたりの雌花芽数と、摂食を受けた雌花芽数

散布図において、○は一次枝1本を、数字は一次枝数を示す。

*一次枝：主幹から直接出ている枝

表1 一般化線型混合モデルによる、一次枝あたりでの雌花芽被食率に寄与する要因

1994年に生産された雌花芽			
説明変数	z	Pr	AIC
一次枝位置	0.658	0.51	86.02
花芽のある一次枝数	3.164	0.0016	80.79
個体あたり雌花芽数	2.727	0.0064	82.92
1997年に生産された雌花芽			
説明変数	z	Pr	AIC
一次枝位置	-2.243	0.025	236.5
花芽のある一次枝数	-0.484	0.63	241.5
個体あたり雌花芽数	-3.022	0.0025	234.8

一次枝の位置：一次枝の年齢。樹冠上部先端に近いほど、数値が小さい。

(3) オオシラビソの球果生産と樹高成長・幹の肥大成長への分配との関係について

①球果生産ともなう樹高成長量の一時的な低下は、結果的に10年程度の期間における樹高成長への分配を低下させた。樹高成長への分配が低下する傾向は、主幹体積成長の大きい個体で顕著であった。林冠層に達している大形個体では樹高成長への分配が低いと同時に、繁殖の樹高成長への影響も大きいと示唆される。

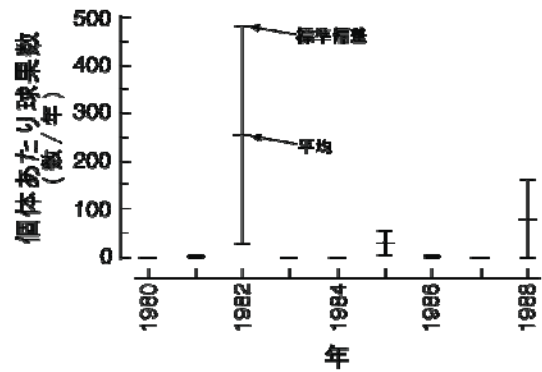


図5 個体全体での球果数の年次間変動

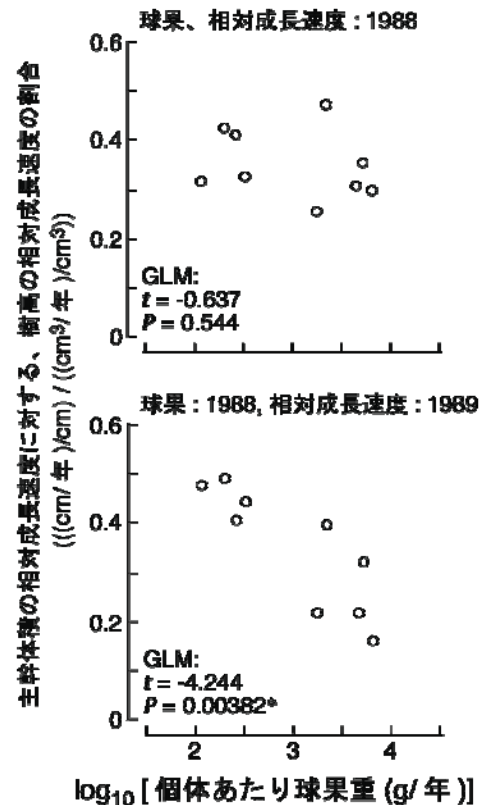


図6 個体あたり球果重と、主幹体積成長に対する樹高成長の割合

球果生産当年と翌年について示す。

②個体全体での球果数は、1982、1988、1985年の順に大きかった(図5)。

③球果生産の多い個体ほど主幹体積成長のうち、樹高成長が低下する年があった。球果生産の影響は、球果生産の翌年に確認された(図6)。

④複数の豊作年を合計すると、個体あたりの球果重量は主幹体積増加量に比例していた(図7)。

⑤主幹体積増加量の大きい個体ほど、主幹体積成長のうち樹高成長への分配が低かった(図8)。主幹体積成長は樹高や主幹体積と完全には一致しないが、大局的には林冠層に達している個体ほど大きい。林冠層に達している個体ほど、樹高成長への分配は低いと示唆される。

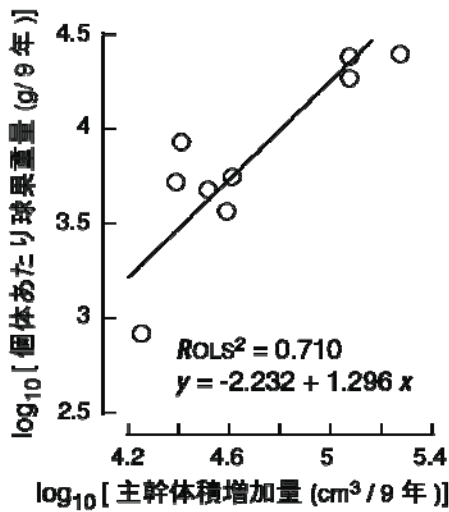


図7 個体あたりの主幹体積増加量と球果重の関係
グラフの傾きは1と有意に異ならない(球果重は体積増加量に比例する)

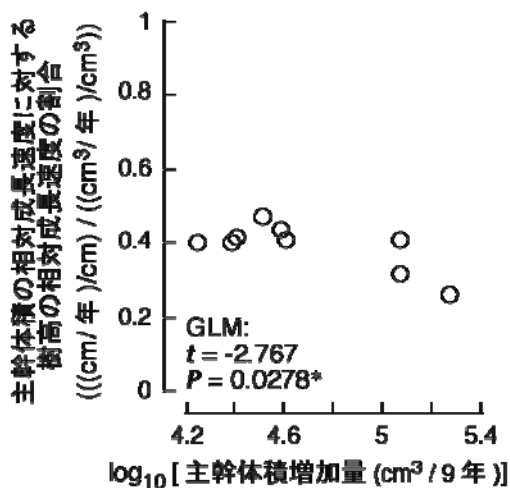


図8 主幹体積増加量と、主幹体積成長に対する樹高成長の割合

(4)トドマツの樹高成長量の年次間変動と気温との関係について

①トドマツの樹高成長量においても年次間変動が存在し、気象要因との関係が示唆された。樹高成長に影響を及ぼす気象要因の期間はオオシラビソの事例とは異なっていると示唆された。詳細な因果関係については、トドマツの球果生産の年次間変動に関する情報の蓄積が必要である。

②トドマツの樹高成長量は、年次間で顕著に変動した(図9)。成長量の値は、最も小さい年においても、オオシラビソでの計測値よりも大きかった。

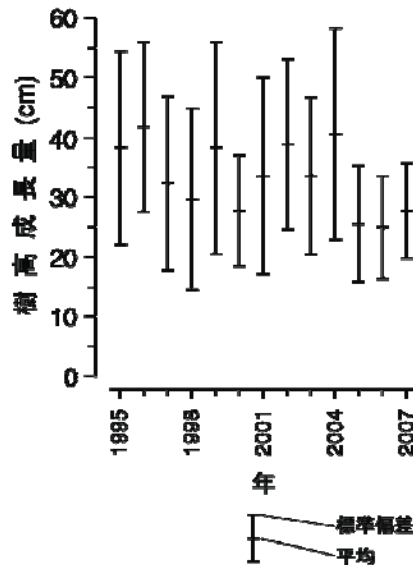


図9 トドマツの樹高成長量における年次間変動

③樹高成長量と強い関係が検出されたのは、樹高成長1年前6月下旬の平均気温であった($p = 0.0006$, $t = -3.559$)。次いで有意性が高かったのは、1年前7月中旬の平均気温であった($p = 0.0027$, $t = -3.087$)。また、オオシラビソの結果と異なり、樹高成長2年前の当年枝伸長期間の気温は必ずしも負の関係を示していなかった。一つの可能性として、球果生産当年に樹高成長への分配が低下していることが示唆される。

(5)本研究における結果の概要

①オオシラビソでは、球果生産への分配にともなう樹高成長への低い分配が林冠層における個体で顕著であることと、動物による繁殖器官の被食が少ない地域では気象要因で樹高成長の年次間変動をある程度説明できることが明らかになった。

②トドマツでは、樹高成長量の年次間変動と気象要因との関係がオオシラビソとは異なる可能性が示唆された。球果生産と樹高成長

量の年次間変動との関係については、今後情報を蓄積する必要がある。

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1件)

- ① 関剛、太田貞明、藤原健、中静透、Growth allocation between height and stem diameter in nonsuppressed reproducing *Abies mariesii* trees、Plant Species Biology、査読有、2012、印刷中(掲載確定)
doi: 10.1111/j.1442-1984.2012.00376.x

[学会発表] (計3件)

- ① 関剛、太田貞明、藤原健、中静透、Growth allocation between height and stem diameter in reproducing *Abies mariesii* in the Hakkoda Mountains, northern Honshu, Japan、Joint Meeting of The 59th Annual Meeting of ESJ & The 5th EAFES International Congress、2012.3.17、龍谷大学瀬田キャンパス(大津市)
- ② 関剛、アオモリトドマツにおける樹高成長の年次間変動は気象要因で説明できるか?、日本生態学会、2011.3.9、札幌コンベンションセンター(札幌市)
- ③ 関剛、アオモリトドマツ雌花芽数の年次変動が動物による被食から受ける影響について、日本生態学会、2010.3.16、東京大学駒場キャンパス(東京都目黒区)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

関 剛 (SEKI TAKESHI)

独立行政法人森林総合研究所・北海道支所・主任研究員

研究者番号: 40353742