

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 13 日現在

機関番号：13201

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2013

課題番号：21570018

研究課題名(和文) 気候変動とハイマツの年枝伸長生長の長期モニタリング

研究課題名(英文) Long-term monitoring on shoot growth of alpine dwarf pine *Pinus pumila* in relation to climate change

研究代表者

和田 直也 (Wada, Naoya)

富山大学・極東地域研究センター・教授

研究者番号：40272893

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円、(間接経費) 1,110,000円

研究成果の概要(和文)：高山帯におけるアクセスが容易で頻りに野外観察ができる富山県立山をフィールドとし、森林限界以上の稜線部や斜面上部を中心に広く分布してハイマツを対象に、個体識別した枝の伸長パターンと群落のリターフォール量を継続して調査することで、雪融け時期と気温の変動が本種の生長量に及ぼす影響を評価した。伸長の終了時期は7月下旬に見られ、年変動が小さいこと、伸長終了後に経験する天候が頂芽の形成を通じて翌年の伸長生長に大きな影響を及ぼしていること、リターフォール量の変動も伸長生長量の変動から起こされていることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：I evaluated the effects of snowmelt timing and climate change on annual shoot growth of alpine dwarf pine *Pinus pumila* growing in Tateyama mountains, Toyama prefecture, which is distributed widely on the ridge and the upper slope above the timberline. Annual shoot elongation terminated in late July, showing little yearly variation. Annual shoot elongation was affected by climatic condition of the previous summer through the bud formation after complication of the current shoot elongation. Interannual variation in litterfall was also explained by temporal variation in shoot elongation.

研究分野：植物生態学・環境科学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生態・環境

キーワード：気候変動 高山生態系 地球温暖化 ハイマツ モニタリング

## 1. 研究開始当初の背景

日本の高山帯には、東アジア要素や周北極要素の高山植物など、種の起源・歴史的背景の異なる植物群が同所的に分布しており、局所的生物多様性の高い植物群落が発達している。その一方で、一次生産力や群落組成から見れば森林帯（亜寒帯・亜高山帯）の植物に相当するハイマツが稜線部や斜面上部を中心に広く分布しており、このハイマツの成長変化や分布拡大は高山生態系を質的にも機能的にも大きく変化させる強い影響力を持っている。ハイマツの被覆度の増大如何によっては、高山環境に適應した他の植物種群や地域個体群が排除されてしまう可能性が高い。従って、今後益々深刻化する地球温暖化と高山生態系の生物多様性保全を考える上で、日本の高山帯の優占種であるハイマツを対象に、その成長・動態と気候変動との関係を明らかにする事は急務であり重要である。

富山県立山連峰周辺の山岳域においては、気温の経年的な上昇や冬季河川流量の経年的な増加など温暖化と関連した生態系の変化が起こり始めている (Wada et al. 2004)。しかしながら、日本の高山域において、気候変動や地球温暖化による影響を検出しようとした研究例は少ない。地球温暖化に対して脆弱な生態系と考えられている高山生態系において、温暖化による影響を検出し評価しようとする試みは、環境省のモニタリングサイト 1000 においても検討が開始されており、観測システムの構築が急がれている。ハイマツは、日本の中部地方を世界的分布の南限とし、それ以北の高山帯や中国北東部・極東ロシアの亜寒帯にかけて分布している常緑性矮生低木である。ハイマツの年枝伸長量は夏の気温との相関が高く (Sano et al. 1977; Wada et al. 2005) 秋季には冬芽が形成されると同時に枝の伸長が停止して節が形成されるため、その節間長 (年枝) を測定することで夏季の成長量とその経年変動を容易に評価できる。この性質を利用し、夏季の気候変動が本種の成長に及ぼす影響を過去 30 年程度まで評価できる (Wada et al. 2005)。

申請者は北アルプス立山において、標高の異なる 4 つのハイマツ群落を対象に、個体識別した年枝の伸長パターンを雪融け直後から伸長が終わる秋まで継続的に 2 年間詳しく観察した結果、当年の夏の気温だけでなく、雪融け時期の違いが冬芽の形成を通じてその後の伸長量に大きな影響を及ぼしている可能性を指摘した。冬季における積雪量の変動と春季における気温の変動によって大きな影響を受ける雪融け時期は、地球温暖化が進行した場合に早まることが予想される。従って、この雪融け時期の変動による効果と無雪期間である夏の気温の変動による効果を同時に測定して、ハイマツの年枝伸長量に及ぼす影響を中長期的に調査することが、本種の成長量を地球温暖化による影響評価の指

標として用いる妥当性の検証につながるものと考えた。また、ハイマツの生長量を総合的に評価するため、伸長生長だけでなく、群落生産力の指標となるリターフォール量についても、標高の異なる 2 つのハイマツ群落を対象に調査を開始した。伸長量の調査と併せてリターフォール量についても中長期的にデータを蓄積していくことで、気候変動による高山生態系の変化についてハイマツの生長量や群落生産力を通じて知る事が可能となる。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、高山帯におけるアクセスが容易で頻りに野外観察ができる富山県立山をフィールドとし、これまで観察を行ってきた個体識別したハイマツの枝の伸長パターンと群落のリターフォール量を継続して調査することで、雪融け時期と気温の変動が本種の生長量に及ぼす影響を評価することにある。立山におけるハイマツ集団の年枝伸長量は中部山岳におけるその他の集団の伸長量と同調していることをすでに確認していることから、ここで得られた結果は中部地方の多くの山岳でも当てはまるものと考えられる。

## 3. 研究の方法

富山県立山山地のハイマツ群落を対象に、標高の異なる 5 つの調査地 (天狗平 (標高 2300m)・ミクリガ池 (2400m)・室堂山 (標高 2680m)・一ノ越 (2700m)・浄土山 (2830m)) を設定し、以下の調査を実施した。

### 3-1) 気象観測

各調査地において、6 月から 10 月にかけての無雪期間を中心に、気温・日射量・土壌水分量の観測を実施した。

### 3-2) 当年枝の伸長

一ノ越を除く 4 つの調査地において、それぞれのハイマツ群落において、各 20 本の主幹を選定し、小型温度ロガーを枝先 (先端から約 30~50cm) に設置し、消雪時期の推定を行った。消雪後、当年枝長等を、基本的に約 1 週間間隔で計測した。

### 3-3) リターフォール量

各調査地にリタートラップを 10 個設置した。一ノ越を除く 4 つの調査地においては、口径 17.5cm、高さ 20cm のトラップを、風衝地環境の一ノ越においては口径 10.3cm、高さ 13cm のトラップをそれぞれ用いた。

## 4. 研究成果

### 4-1) 消雪日の変動

ハイマツ群落の推定消雪時期は 5 月 3 日から 7 月 7 日まで空間的に大きく異なっていた。同一の個体 (主幹) に着目すると、4 年間に

おける消雪日の年差は、最小2日から最大30日までみられた。毎年同じ時期に消雪が起こる場所から約1ヶ月もの変動が起こる場所まで、個体によって消雪時期の年変動が大きく異なることが明らかとなった。また、消雪日の遅い立地ほど消雪日の年変動が小さい傾向が見られた ( $r = -0.35$ ,  $n = 80$ ,  $P < 0.01$ )。

#### 4-2) 当年枝の伸長様式

当年枝の伸長生長様式は、時間(日数)の関数として、ロジスティク曲線を用いて回帰することができた(図1)。すべての主幹を対象に回帰したところ、決定係数はいずれも0.9以上の値を示した。

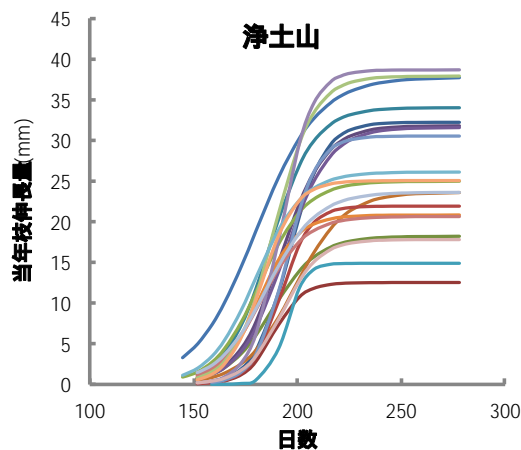


図1. 当年枝の伸長成長様式。浄土山調査地の例(N=20)。生長後半に形成される新芽(頂芽)を除いた当年枝の長さを示している。

ロジスティク回帰曲線を用いて、最終伸長量の10%及び90%に到達した日を、伸長開始日および伸長終了日と定義し、主幹毎に推定日を算出した。

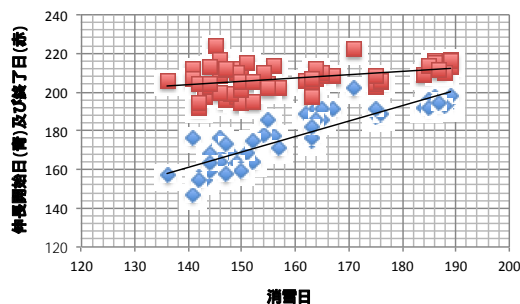


図2. 消雪日と伸長開始日及び終了日との関係(2013年)。

消雪日と伸長開始日及び終了日との関係を解析したところ、伸長開始日は消雪日に強く依存しているのに対し、伸長終了日では依存度が低くなるのが分かった(図2)。4年間継続して観測できた65本の主幹を対象に、2010年から2013年における伸長終了日(平均値(標準偏差))を求めると、202日(7日)、203日(4日)、211日(7日)、208日(7日)となり、空間変異や年変動が小さいことが分

かった。すなわち、調査したハイマツ群落においては、消雪日の空間変異が大きいかかわらず、伸長終了日はほぼ同調していることが明らかとなった。この結果は、伸長生長の停止時期が各集団に共通な環境因子である日長等によって制御されていることを強く示唆するものである。一方、伸長生長期間における有効積算温度( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ )を算出したところ、いくつかの閾値を設定しても個体差と年変動が大きいことが分かり、伸長終了を積算温度で予測することが難しいことが明らかとなった。

ハイマツは7月下旬に伸長生長をほぼ終了させるが、当年の針葉や頂芽は7月下旬以降に生長・発達していることが分かった。当年枝の伸長生長終了後に各主幹が得ている有効積算温度( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ )を算出し、翌年の当年枝の最終伸長量と比較したところ、両者には正の相関が見られた(順位相関係数 = 0.31,  $P < 0.01$ )。

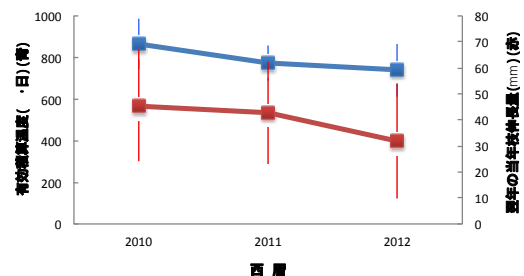


図3. 伸長終了後に得られた有効積算温度とその翌年の当年枝伸長量の年変動(N=65)。

図3で示したように、主に8月以降の天候に影響される伸長生長終了後に得られた有効積算温度は、その翌年に生長を行う年枝の伸長量に影響を及ぼしている可能性が高い。これは、伸長生長終了後に発達する頂芽の形成が積算温度で指標される天候による影響を強く受けていること、前年に蓄えられた光合成産物が翌年に利用されることを示唆している。

以上のように、当年枝の伸長生長について、1) 消雪時期、2) 伸長生長期、3) 伸長生長終了後の頂芽形成期、の3期に分けて解析を行うことで、どの時期の気候変動が伸長生長に大きな変動を及ぼし得るのが明らかになり、年枝伸長量の年変動を気候変動から説明する精度が向上した。

#### 4-3) リターフォール量

5つの調査地において、無雪期間を中心にリターフォール量を調査した結果、1~3 ton/ha/yearの値を示した。全リターフォール量のうち約70%以上を占める針葉リターフォール量について、その経年変動を図4に示した。針葉リターフォール量は、ミクリガ池調査地の群落で最も高く、天狗平調査地の群落で最も低い傾向にあった。経年変動は、ミクリガ池、浄土山、天狗平の調査地間と、

室堂山及び一ノ越の調査地間で同調している傾向が見られた(図4)。

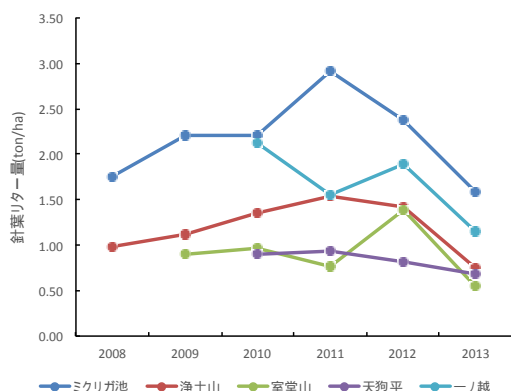


図4. 針葉リターフォール量の経年変動。

このような針葉リターフォール量の経年変動要因について、地上部の主幹の成長様式から検討を行った結果、次のことが明らかとなった。1) 各調査地における針葉リターフォール量の同調性が2グループに分かれたが、これは針葉の脱落年齢(針葉の寿命)に関係しており、リターが主に3年葉によって占められるグループ(ミクリガ池、浄土山及び天狗平)と主に4年葉によって占められるグループ(室堂山及び一ノ越)に分類できた。2) 脱落した針葉が生産された時の年枝長を測定し、針葉リターフォール量との関係を解析したところ、正の相関が見られた( $r = 0.61$ ,  $P < 0.01$ ,  $N = 25$ )。

これらの結果から、伸長生長量の大きな群落においてはリターフォール量が多いこと、葉寿命の違いによってリターフォール量の経年変動が異なること等が明らかとなった。以上のように、年枝伸長量の経年変動について、針葉生産量と関連づけて論じることが可能となった。

#### 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0件)

[学会発表](計10件)

阿部倫也・鈴木耕史・和田直也。ロジスティック曲線を用いたハイマツ当年枝の成長解析。日本生態学会中部地区大会，2009年12月5日，静岡大学(静岡)。

横山将大・和田直也。ハイマツの当年枝伸長成長と融雪時期との関係。日本生態学会中部地区大会，2010年12月11日，静岡大学(静岡)。

松島綾子・和田直也。標高の異なるハイマツ群落における中型土壤動物相の変化。日本生態学会中部地区大会，2010年12月11日，静岡大学(静岡)。

横山将大・和田直也。融雪時期がハイマ

ツの当年枝伸長成長に及ぼす影響。日本生態学会第58回大会，2011年3月11日，札幌コンベンションセンター(札幌)。

松島綾子・和田直也。立山ハイマツ群落における中型土壤動物相の標高傾度に沿った変化。日本生態学会第58回大会，2011年3月9日，札幌コンベンションセンター(札幌)。

立島健・和田直也。立山のハイマツ群落におけるリターフォール量の空間変異。日本生態学会第60回大会，2013年3月6日，グランシップ静岡(静岡)。

鈴木智博・初鹿宏壮・飯田肇・川田邦夫・和田直也。立山室堂山における消雪傾度に沿った雪田植生の変化。日本生態学会第60回大会，2013年3月6日，グランシップ静岡(静岡)。

立島健・和田直也。北アルプス立山のハイマツ群落におけるリターフォール量の経年変動。中部山岳地域大学間連携事業2013年度年次研究報告会，2013年11月23日，長野県上田市菅平高原。

立島健・和田直也。北アルプス立山のハイマツ群落におけるリターフォール量の長期モニタリング。日本生態学会中部地区大会，2013年11月30日，富山大学五福キャンパス(富山)。

井上洋介・和田直也。ハイマツ当年枝の伸長生長と針葉量の関係。日本生態学会中部地区大会，2013年11月30日，富山大学五福キャンパス(富山)。

[図書](計0件)

[産業財産権]  
出願状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

[その他]  
ホームページ等

#### 6. 研究組織

(1)研究代表者

和田 直也 (Wada Naoya)  
富山大学・極東地域研究センター・教授  
研究者番号：40272893

研究者番号：

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし

(4) 研究協力者 ( 富山大学理学部 4 年生及び  
大学院理工学教育部修士課程 )

2009 年度：阿部倫也・鈴木耕史

2010 年度：横山将大・松島綾子

2011 年度：横山将大・松島綾子・立島健

2012 年度：立島健・加藤万里

2013 年度：立島健・井上洋介