

B-11 地球温暖化の高山・森林・農地生態系への影響、適応、脆弱性評価に関する研究

(3) 自然林・人工林の脆弱性評価と適応策に関する研究

① 寒温帯植生の積雪変動に対する脆弱性評価に関する研究

独立行政法人森林総合研究所

立地環境研究領域	環境モニタリングチーム	池田重人
東北支所	森林修復チーム	杉田久志
関西支所	森林環境研究グループ	小南裕志
九州支所	山地防災研究グループ	大丸裕武
東北大学大学院工学研究科		風間 聡

平成14～16年度合計予算額 23,066千円

(うち、平成16年度予算額 6,666千円)

〔要旨〕積雪推定精度の向上のため、気象、衛星、数値地図情報により日単位積雪分布を推定した。積雪水量モデルから推定される積雪分布と人工衛星画像から作成した積雪マップの比較により最適な融雪係数を決定し、積雪量を日本全域で推定した結果、積雪水量の分布については十分な精度で推定が可能となった。また、積雪量の分布と環境変動に伴う積雪量の変化を推定するために、アメダスデータを用いて日積雪水量の変化を1kmメッシュで推定するモデルを作成した。このモデルに気候変動シナリオに基づく気象要素の変化を導入して積雪変動を推定した結果、本州日本海側の平野部で積雪量、積雪期間ともに減少が著しく、積雪期間は2℃の温度上昇で60～70%程度減少するという結果が得られた。植生と積雪の関係では、積雪環境変化が亜高山帯針葉樹林の更新に及ぼす影響を評価するために、積雪環境がもたらす針葉樹の更新阻害について検討した。多雪な山ほど地表での針葉樹の定着が阻害される傾向があり、コメツガの方がアオモリトドマツよりも少雪の段階で定着阻害が顕在化し、積雪被覆による地表面温度の違いが菌の活性を通して実生定着に影響していると推察した。これらの結果をふまえ、現在のアオモリトドマツ林とコメツガ林の分布域の積雪環境を比較し、温暖化シナリオとメッシュ気候値をもとに現在と将来の気候環境を推定した結果、2081～2100年には奥羽山地や北上山地で積雪深の顕著な減少が予想され、多雪山地で優占し北海道に分布しないアオモリトドマツは分布域が著しく縮小すると予想した。アオモリトドマツの分布の消失を論じるには、積雪の不均一性をもたらす冬季季節風の変動を考慮した解析が今後必要である。温暖化の影響に対する適応策の可能性を探るために、八幡平地域において表層試料の花粉分析を多点で行い、アオモリトドマツが分布拡大する基点となった場所を検討した結果、1000年前にすでにアオモリトドマツが定着していたのは、この地域北部の湿原周辺などであった。また、こうしたアオモリトドマツ分布拡大の時期は積雪が少ない北上山地でも奥羽山脈と同様であった。

〔キーワード〕寒温帯植生、積雪変動、植生変化、脆弱性、影響予測

1. はじめに

地球温暖化の影響は山岳上部の植生において大きく現れることが懸念されている。これまでの研究による予測では、東北地方に分布する寒温帯の代表樹種であるアオモリトドマツは、温暖化に伴う積雪の減少により、奥羽山脈の多雪地帯ではいくぶん分布を拡大するところもみられるが、北上山地では著しく分布域が縮小すること、などの例が示された。こうした予測はメッシュ気候値の積雪データ等に基づいているが、これらのうち山岳地のデータの精度が不十分であるという問題点が指摘された。とくに、中部～東北日本の山岳上部は多くが亜高山帯（寒温帯）にあたり、この地域の植生分布には積雪環境条件が大きく影響している。しかし、こうした山岳地域での積雪観測は困難であるため、これまで積雪深分布や消雪時期などの積雪環境の把握はきわめて不十分であった。したがって、日本の寒温帯において温暖化した場合の植生への影響を明らかにするためには、積雪環境の推定精度を向上させることが不可欠であり、そのうえで温暖化による植生変化の予測を再検討し、脆弱な植生の評価を行う必要がある。

2. 研究目的

本課題では、山岳地における積雪推定の向上のために、衛星画像を用いた解析により広域積雪分布時系列データを作成して積雪変動を把握するとともに、積雪推定値と実測値の比較に基づく精度評価を通じて推定モデルの改良を行い、積雪推定の高精度化を図る。また、積雪環境の違いが植物分布に及ぼす影響を評価するために、異なる積雪条件下における亜高山帯構成樹種の実生定着・消失過程を調べる。これらの結果をふまえたうえで、植生及び自然環境GISデータに基づいて、温暖化による積雪環境の変化が亜高山帯植生に及ぼす影響を予測する。さらに、温暖化の影響に対する適応策の可能性を探るため、過去からの亜高山帯針葉樹の分布変遷を明らかにし、植物の分布拡大の基点あるいは避難地としての立地条件について検討する。

3. 研究方法

(1) 広域積雪分布時系列データの作成

日本全域において積雪変動モデルを開発し、以下の手順で積雪変動アニメーションを作成した。

1)アメダスデータと数値地図情報の収集。2)NOAA衛星画像の入手。3)NOAA衛星画像から多波長解析により積雪面図（積雪マップ）の作成。4)雲の関係上、おおよそ2週間単位で合成。5)アメダスデータから降水の分布データを重み付き距離平均法で作成。6)各観測地点の気温データを標高による気温減率から0m気温データに変換。7)0m気温データの分布データを重み付き距離平均法により作成。8)0m気温分布データを標高データ分布データにより気温分布データの作成。9)降水、気温分布データを日単位で作成。10)降水データを気温データにより降雪と降雨に分類。11)降雪－標高関係を用いて降雪分布データを作成。12)適当な積算温度融雪モデルパラメータ（融雪係数）を与えて融雪分布データを作成。13)降雪と融雪を併せて計算することにより積雪分布データを作成。14)融雪係数を変化させ、積雪マップと積雪分布データの比較から最も合致する係数を求める。15)この手順を積雪マップが得られた期間毎に行う。

積雪密度の表現によって積雪深の推定を行った。広域に拡張しうる簡易モデルとして、1)気温による降雪密度推定、2)時間経過による圧密、3)加重による圧密、4)ディグリーデイ法による融

雪、の4つの過程によって積雪密度を表現した。このモデルが水収支を満たすよう積雪深を求めた。主なパラメーターは気温により求められるようにした。ここで推定される密度は全層のものである。

(2) 気候変動に伴う積雪環境の変化

3次メッシュ上の積雪水量の日変化を推定し、気温の変化に伴う積雪環境の変動を推定するために、アメダスの時間降水量と気温を用いて、各メッシュ上の降水量と気温を推定した。このデータと雨雪しきい気温とディグリーデイ法を用いて積雪水量の日変化の推定を行い、気温のパラメーターを変化させることで気温の変化にともなう積雪環境の変動の予測を行った。用いたデータは気象庁によって提供されている1980年から1999年間までの20年間のアメダス時間降水量、気温で、融雪係数の最適化のために自動積雪深も用いた。計算期間は各年の11月1日から5月31日までである。以下に積雪水量の推定方法を示す。

①格子点での気温、降水量の推定

全国約1,300か所(約17km間隔)に設置されたアメダス観測点のうち、約840か所(約21km間隔)では降水量、風向・風速、気温、日照時間を観測しているほか、豪雪地帯の約200か所では積雪の深さも観測している。このなかで本モデルにおいては、気温、降水量、さらに後述する地点毎の平均融雪係数を推定する観測値として積雪深のデータを用いた。各メッシュポイントの気温、降水量は、3次メッシュの1kmの各格子点における時間気温、降水量を格子点から最も近い3点のアメダスポイントのデータを用いて、距離による加重平均をかけて計算した。気温の推定値に関してはアメダスポイントの気温データに対して気温減率を $0.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ であると仮定して標高0m換算の気温を推定し、格子点の標高0m気温値を推定した後、数値地図による標高を用いて格子点の気温を推定した。このようにして得られた降水量、気温と後述する雨と雪の降水形態分離法により、日降雨量、日降雪量、日平均気温を求め、この3つのデータを用いて積雪量の日変化の推定を行った。

②積雪量の予測モデル推定方法

気温を主要な支配変数として積雪状況を記述するために積雪量の推定は積雪水量(Hw)を用いて行った。積雪水量の日変化の推定は供給降水量の雨-雪降水形態分離とディグリーデイ法による融雪推定によって行った。予測モデル(推定方法)は式1～3に示される。

$$Hw = Hw + Pr \quad Ta < 0.5 \quad (1)$$

$$Hw = Hw + Pr - K \times Ta \quad 0.5 \leq Ta < 4.5 \quad (2)$$

$$Hw = Hw - K \times Ta \quad Ta \geq 4.5 \quad (3)$$

ただし、Prは後述する雨と雪の降水形態を分離方法によって求めた、気温に応じた降雪で供給される降水量、Taは日平均気温、Kは融雪係数である。

日平均気温(Ta)が 0.5°C よりも低い場合は融雪は起きないと仮定し、降水はすべて雪であると判断して積雪水量に加算した。日平均気温が 0.5°C から 4.5°C までの間では雨と雪は気温に応じてその一部が雪であると仮定して積雪に加え、また融雪係数(K)を用いて気温に応じて融雪があると考えた。日平均気温が 4.5°C 以上の場合には降水はすべて雨で供給され则认为、降水による積

雪水量の増大はないとし、融雪のみが起こると考えた。また供給された雨水と融雪は1日以内に下部から流下することを仮定したため、雨水や融雪水による積雪水量の増大は無視できると考えた。上記の方法をアメダスデータに適用して、3次メッシュの各1kmメッシュポイントにおいて積雪水量の日毎変化の推定を行った。

③雨雪しきい値気温

降水量が雨によって供給されるのか雪によるものかを判断する方法は菅原（1991）の報告によるものを用いた。これは1979～1988年について、降雪地帯の30気象官署について11月から4月までの3時間毎正時のデータから降水時地上気温と降水形態割合の関係を調べたものである。この結果から本論文では、降水形態を雪（個体）と雨（液体）に分け、気温が0.5℃以下ではすべて降雪、4.5℃以上ではすべて降雨とし、その中間の気温の場合には気温－降水形態割合を一次関数で近似して分離をおこなった。

$$P_{solid} = P_{total}(-0.25T_a + 1.125) \quad (4)$$

④降水の補足率

降水量の観測を行う際に、空間中に降水量計を設置することによって、降水量計周辺の大気の状態が攪乱されて、降水の一部が降水量計に補足されない現象が生ずる。これは密度の小さい降雪においては顕著で、補足率は降水形態、降水時風速、降水量計の種類によって異なった値を示す。降水量のデータは一般にこの損失分が考慮に入られていないために補正を行う必要がある。本研究では大野（1998）、井上・横山（1998）の報告の結果から、雪に対する降水量計の補足率を一律0.8とし、雨に関しては雪よりも風の影響を受けにくいと考えて補足率を1.0であると考えて、補足率による補正を行った。

⑤融雪係数

融雪係数はアメダス地点において積雪深の自動観測が行われている地点については、積雪深が0になった日を消雪日と考え、推定積雪水量がこの消雪日と同じになるように融雪係数を決定してその地点の融雪係数とした。アメダス自動積雪深のデータは1980年から1999年のものを用いた。自動積雪深計は現在224点で観測が行われているが、一斉に整備されたものではなく順次整備が進行しており、またデータ自体も他の気温、降水量と比較すると欠測が多い。そのため、融雪係数は地域による変動と年次による変動があるとされているが、自動積雪深のデータが限られているため年次変動は考慮に入れず、複数年のデータがある地点については平均値を用いた。自動積雪のデータがない地点についてはその地点からもっとも近い、融雪係数の決定された地点の値を用いた。融雪係数に関しては、標高が上がることによって融雪に与える放射の影響が変化するため融雪係数が変わることが考えられるが、これについても本研究では一定であると考えた。年毎あるいは標高を含めた地理的条件による融雪係数の変動は融雪量自体を推定するときには重要であると考えられるが、ごく一部の高山等をのぞいて一般には、融雪期の末期には気温、放射量とも上昇しており日融雪量が大きくなるため、積雪期間や最大積雪水量を推定する場合には同じであると考えてもよいと仮定した。

⑥気候変動シナリオの導入

上述のモデルを用いて、地球環境変動時のシナリオをモデルパラメータに導入することによって、各シナリオの示す気候条件が満たされたときの積雪環境の変動予測を行った。用いたシナリオは、単純に日本全国に同一の気温上昇が起きた場合と、いくつかの GCM モデルによって提示される各メッシュの気温降水量の変動を考慮に入れた場合である。GCM モデルの取り込みに関しては、算出されるメッシュの大きさが多岐にわたっているが、それぞれの大きさに応じて 3 次メッシュ上にシナリオの OUTPUT を気温は現在値からの加算で、降水量は現在値からの割合変化量で評価し、その変化量を各年度のアメダス実測値から推定された気温、降水量に反映させることによって、気候変動時の積雪量の変動を推定した。

(3) 亜高山帯林構成種の分布に及ぼす積雪環境の影響

少雪山地から多雪山地までさまざまな積雪環境の山を選定し、コメツガ、アオモリトドマツを含む亜高山帯針葉樹林で以下の調査を行った。選んだ山は、少雪山地の富士山、中間の早池峰山、多雪山地の八幡平である。

①調査プロットの設置、林分構造の解析

それぞれの山において、岩のない緩斜面上のコメツガとアオモリトドマツの出現する森林に約 0.1ha の調査区を設置した。調査区内のすべての胸高以上の樹木について胸高直径を測定し、コメツガとアオモリトドマツの稚樹(高さ 0.3~1.3m)がどのようなマイクロサイトに定着しているのかを判定した。マイクロサイトは、地表、根元(根元近くの盛り上がった地表)、根張り、倒木の四つに区分した。

②針葉樹実生の消失過程

富士山および早池峰山のプロット内に実生コドラートを設置して、そのなかのコメツガ、*Abies*(アオモリトドマツ、シラベ)の芽生えを個体識別して、消失過程をセンサスした。設置したコドラートは、富士山が地表上(1 m²)に 12 個、倒木上(0.3~0.9 m²)に 29 個、早池峰山が地表上(1 m²)に 30 個、根張り・倒木上(0.3~0.9 m²)に 12 個である。富士山では 2003 年発芽、早池峰山では 1999 年発芽のものを調査した。

③積雪環境の観測

プロットの周辺で最深積雪深と地表面温度、気温を観測した。最深積雪深は、角材にアルミ製の針金(径 2mm)を高さ 10cm ごとに挿し、どの高さまで雪圧で曲がったかで判定した。地表面温度および気温は、自記式温度計(おんどとり Jr. TR-51A, T & D 社製)を地表面および高さ約 2m の樹幹上に置いて、1 時間おきに記録した。そのデータをもとに根雪日と消雪日を推定し、根雪期間を求めた。根雪日は日較差が減少すること、消雪日は温度が 0℃から急激に上昇することにより判定した。

(4) 積雪環境の変化が亜高山帯植生に与える影響の予測

東北地域(図 16 に示したエリア)の亜高山帯を対象に、第 3 回自然環境保全基礎調査の結果を元に、環境省によって作成された 3 次メッシュ植生データ(環境省生物多様性センター¹⁾, 2005)から、アオモリトドマツおよびコメツガが高木優占種と考えられるメッシュを抽出して、それぞれを優占植生とするメッシュ(以下優占メッシュと呼ぶ)の分布データを得た(図 17)。さらに、ベクター型の GIS 植生データ(シェープファイル形式)として提供された、自然環境情報 GIS のデ

ータから、アオモリトドマツ林およびコメツガ林に該当するポリゴンを抽出して、100mの解像度を持つラスタ形式の分布データを作成し、アオモリトドマツ林やコメツガ林を1ピクセル（ピクセルの面積は1ha）以上含む3次メッシュを抽出した（以下分布メッシュと呼ぶ）。このようにして作成されたアオモリトドマツ林およびコメツガ林の優占メッシュと分布メッシュについて、メッシュ気候値2000の寒候期最大積雪深のデータを用いて積雪環境を明らかにした。

また、温暖化シナリオ（気象庁気候統一シナリオ2）に基づいて、作成された現在および将来（2031～2050および2081～2100の2時期の月別平均値にもとづく）の気温分布に関する2次メッシュデータ（農業環境技術研究所西森氏による⁴¹⁾）から、3次メッシュ毎の月別気温変化量および降水量変化率のデータを作成した。この気候変化量データと現在のメッシュ気候値2000による気温・降水量データから、将来の気温・降水量の分布に関する3次メッシュデータを得た。

上述の降水量予測データをもとに冬期の最大積雪水量を推定するために、現在のアメダスデータをベースに気温変化による降水形態（雨か雪か）の変化を考慮したモデルを作成して、現在と温暖化後の冬期最大積雪水量と変化率に関する3次メッシュ分布データを作成した。このアメダススペースの積雪分布推定モデルは、降水量に対する地形の影響は考慮していないため、高標高域の降水量を過小評価している可能性がある。しかし、現時点では、物理プロセスに基づいて1km解像度で日本列島の詳細な積雪分布を推定したデータは存在しておらず、地形の効果を考慮した積雪データとしては、統計モデルに変数として地形要素を組み込んだメッシュ気候値が利用可能である。そこで、本研究では、メッシュ気候値2000の寒候期最大積雪深のデータを現在の積雪分布データとし、上述したアメダススペースのモデルから得られた最大積雪深の変化率と、現在の最大積雪深の積を求めることで、将来の最大積雪深を推定した（図18）。

（5）亜高山帯針葉樹の分布変遷

①亜高山帯針葉樹の分布拡大基点の推定

これまでの研究で、東北地方の奥羽山脈の亜高山帯では1000年前以降にアオモリトドマツが急速に拡大したことが明らかになっている。ここでは、調査地を亜高山帯針葉樹林が発達している八幡平地域に絞り、表層土壌の花粉分析を多点で行うことによって拡大の基点となった場所の特定を試みた。こうした場所は、温暖化などによる分布縮小に適応した避難地となる可能性がある。この課題で新たに調査したのは、大深岳から三ツ沼の主稜線上や、樹海ライン沿いなどの計14地点である。それぞれの地点で表層土壌を採取し、花粉分析をおこなった。それらの結果と既存のデータをあわせて解析し、アオモリトドマツの分布拡大過程について考察した。

②積雪環境の違いからみた比較 ―北上山地での分析結果―

多雪山地の八幡平地域に比べると積雪が少ない北上山地における亜高山帯針葉樹林の分布変遷を調べ、奥羽山脈の分析結果と比較した。調査地点は、山頂尾根部のみにアオモリトドマツ林がみられる早池峰山北方の青松葉山（1366m）、および北上山地で最も亜高山帯針葉樹林が発達している早池峰山地域の中心に位置する小田越（1250m）である。それぞれ柱状に土壌試料を採取して層位約2cmごとに切り分け花粉分析を行い、ダイアグラムを作成した。これらの結果に基づいて、北上山地におけるアオモリトドマツの分布変遷について奥羽山脈での結果と対比し、積雪環境の違いによる過去の分布変遷への影響を検討した。

4. 結果・考察

(1) 広域積雪分布時系列データの作成

①積雪水量推定

積雪水量モデル(SWE モデル)を用いる。SWE モデルは降雪モデルと融雪モデルから構成される。各メッシュの気温はアメダスデータの日平均気温を重み付距離平均法により補間して求め、標高データを用いて気温減率、 $0.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ により補正することによって気温分布を作成した。各メッシュの降雪量は降水形態の判別気温 2°C を用い、気温 2°C 以上を降雨、 2°C 以下を降雪として、アメダスの降水量データを重み付距離平均法により補間して求めた。その際に標高補正して降雪量分布を作成した。各メッシュの日融雪量は、ディグリーデイ法により計算した。融雪係数を変化させて求まる SWE モデルの積雪域と人工衛星画像から作成した積雪マップにおける積雪域を比較し、最も相関が高い際に得られたものを融雪係数とした。積雪マップは NOAA/AVHRR による東日本および西日本の JAIDAS 画像の ch1、3、4 (可視域 ($0.58\sim0.68\mu\text{m}$)、中間赤外域 ($3.55\sim3.93\mu\text{m}$)、熱赤外域 ($10.3\sim11.3\mu\text{m}$)) を用いて作成した。まず ch1 の可視の波長域で目視により雲または雪の部分进行判定し、次に標高データを用い、気温減率 ($0.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$) を用いて ch4 の熱赤外の波長域を用いて輝度温度を 0m のものに補正し、標高による温度変化をなくし、氷で形成されている高層の雲を判定した。そして、ch3 の中間赤外の波長域が大気中の水粒に強く反射する性質から低層の雲を判定した。このようにして、雲域を除去して積雪マップを時系列で作成した。

②積雪深、全層積雪密度の推定

積雪深、全層積雪密度について日単位で推定を行った。積雪深は、SWE モデルと雪の圧密過程を考慮し推定する。このモデルは推定した積雪水量分布、気温分布を用いて計算を行い、積雪深、全層積雪密度を推定するものである。降雪後は、雪自身の重さで圧密が起こる。この時の圧縮高さは指数関数で減少することとした。モデルの係数および数値は、AMeDAS 観測所で観測されている日最深積雪を用いて比較・検討を行い、日単位での推定に適用できるようにしたものである。

③結果

積雪水量分布を決める融雪係数は東日本と西日本で若干の差が見られた(図1)。アメダスの積雪深とモデルによる積雪深は融雪後期に大きな差が生じた(図2)。これは局所での観測と周辺域の平均値であるモデル値を比較したことも原因と考えられるが、さらなる考察と精度の向上が必要である。しかし、日本全域において、精度が良い積雪水量分布(図3)と、傾向をつかむには問題がないと思われる積雪深分布(図4)と積雪密度分布(図5)の推定が可能になった。

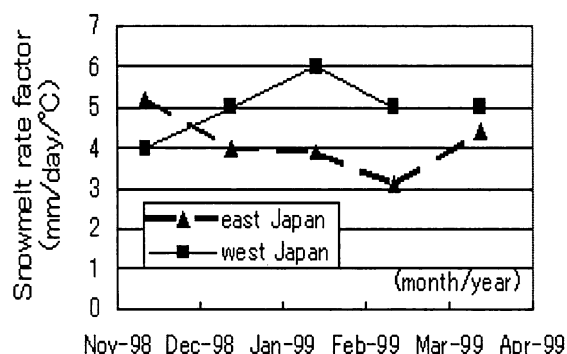


図1 東西の融雪係数 (1998-99)

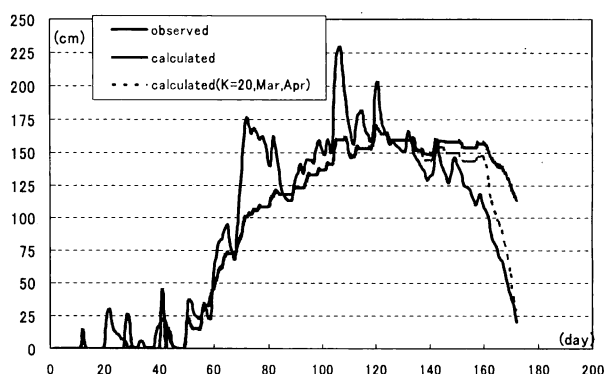


図2 積雪深の検証(湯田)

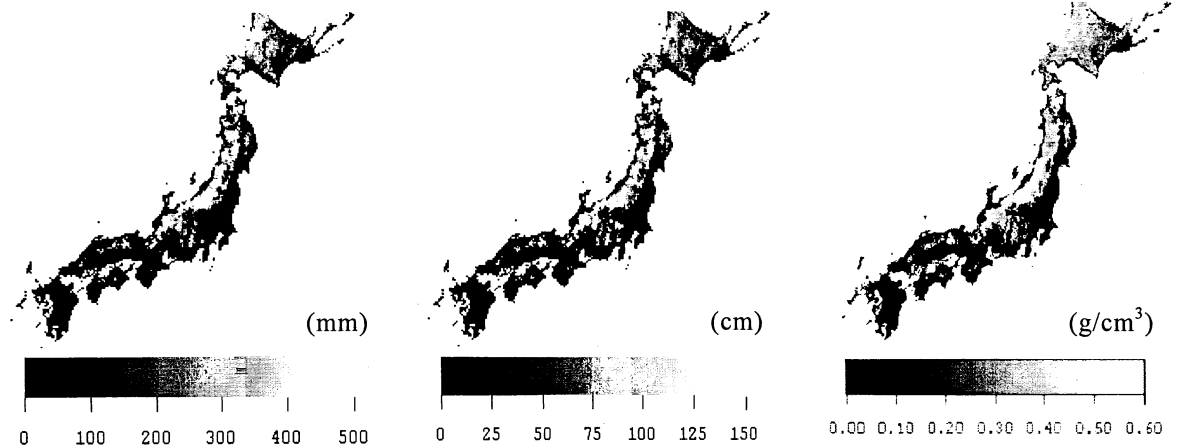


図3 積雪水量分布(1999/3/1)

図4 積雪深分布(1999/3/1)

図5 全層積雪密度分布(1999/3/1)

(2) 気候変動に伴う積雪環境の変化

①推定積雪量と実測値の関係

モデルの推定結果を検証するために新潟県十日町市内の森林総合研究所十日町試験地において実測積雪水量との比較を行った。図7は1995年から1996年冬季のアメダスデータを用いて推定した十日町試験地観測露場の積雪水量と積雪重量計を用いて測定した積雪水量の時系列変化である。得られた推定結果は実測値と良い対応を示しており、適当な雨雪しきい気温と融雪係数を与えれば積雪水量の変化の推定が可能であることがわかる。

次に同場所において1980年から1996年の10mm以上の積雪水量が推定された期間と実測による根雪期間の関係を図8に示す。ここで根雪期間とは気象庁発行の「地上気象観測統計指針」による積雪の長期継続期間を示すが、定義が複雑でモデル上でこの期間の推定値を再現することが困難であるため比較対照として10mm以上の積雪水量が存在する期間を用いた。この量は新雪で密度が0.1の場合には10cm、融雪末期のざらめ化した密度0.4程度の雪の場合には2.5cmに相当する。両者を比較したデータは良好な関係を示しており、年次毎の融雪係数を一定にしても、当モデルにおいて積雪量の年次変化の推定が可能であることが示唆された。

つぎに多くの地点においてモデル推定値の精度評価を行うために、1999年から2002年にかけて、おもに日本海側から太平洋側に向けて4本の測線を設定し、72カ所の地点で積雪調査を行った(図6)。推定値と実測値の関係から(図9)、推定値は低標高域では過大評価、高標高域では過小評価であるという結果が得られたが、両者の関係は大まかには $Y=X$ の線上に分布するものであった。

②温度変化に伴う積雪量変動の標高依存性の地域特性

次に温度変動に伴う最大積雪水量の変化の標高に対する特性の地域特性を比較するために、積雪地域の南部として本州日本海側(北緯36~37度)、積雪地域北部として北海道中部の日本海側(北緯42~43度)において、気温を2℃上昇させたことに伴う最大積雪水量の変動と標高の関係の比較を行った。

南部積雪地域においては、気温の変動に伴う最大積雪水量の減少は標高500m以下の平野部において顕著であり、海岸付近の標高100m以下の地域においては最大積雪水量の減少は60%以上になることが予想された。一方、北部積雪地域においては冬季の気温が十分に低いために気温の上昇に

伴う最大積雪水量の減少は 20%程度にとどまる。南部積雪地域での最大積雪水量の減少は地球温暖化に伴う降水量の予測変動幅である $\pm 10\%$ よりも著しく大きなもので日本の南部積雪地域の積雪量が気温の変動に対して非常に敏感であることを示している（図 10）。このような傾向は積雪期間に関しても同様であり（図 11）積雪地域南部の平野部においては 2°C の温度上昇で約 70%程度積雪期間が減少するという結果が得られた。

③日本全体の積雪量の分布の推定

図 12 に 1980 年から 1999 年の各年のアメダスデータを用いて推定した最大積雪水量の平均値の分布と気温のパラメーターを 2°C 上昇させた場合の分布を示す。最大積雪水量の減少は本州日本海側の平野部が顕著で、東北中央部においても同様の減少傾向が見られる。このような気温の上昇に伴う積雪量の減少は島根県海岸部から北海道最南部まで現れている。

図 13 に 1980 年から 1999 年の各年のアメダスデータを用いて推定した積雪期間の平均値の分布と気温のパラメーターを 2°C 上昇させた場合の分布を示す。積雪期間は推定積雪水量 10mm 以上存在する日数を積雪期間と仮定して表した。気温の上昇に伴う積雪期間の減少に関しても本州日本海側の平野部が顕著であり、特に秋田以南の日本海側平野部においては冬季の 3 ヶ月程度が雪で覆われていた多くの地域に関して、 2.0°C の気温の上昇に伴って積雪期間が 10 日程度まで減少するという結果が得られた。これらの平野部は冬季降水量が山間部と比較すると少ないために、気温の上昇に伴って積雪量が減少しても全国規模での水資源に対する寄与が小さいと考えられるが、積雪期間の減少やそれに伴う消雪日の早期化がこれらの地域の動植物の生育環境に与える影響は非常に大きくなると考えられる。このような傾向は GCM モデルを適応した場合にも同様で、気象庁・気象研究所統一シナリオの 2081 年から 2100 年時の推定値においては、全国域での平均降水量の変動量は約 5%程度であるのに対して、気温変動は平均約 2.8°C の上昇が予想されており、上述の 2°C の温度上昇よりもさらに大きな温度による減少が予想された。

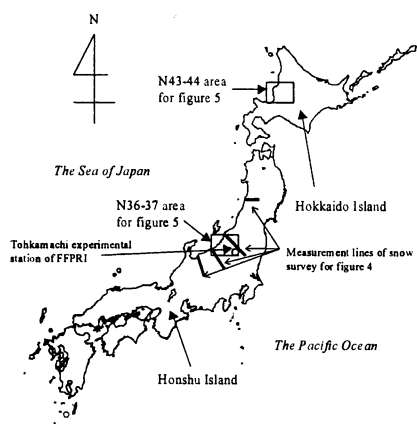


図 6 解析に用いた位置

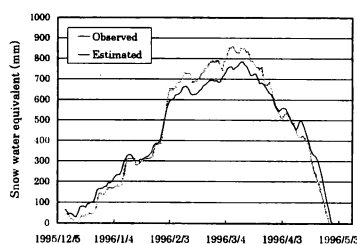


図 7 積雪水量の時系列変化の
実測値と推定値

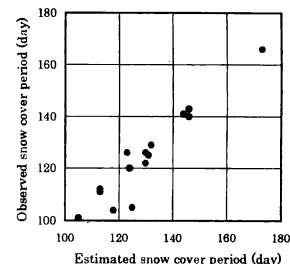


図 8 積雪期間の実測値と推定値

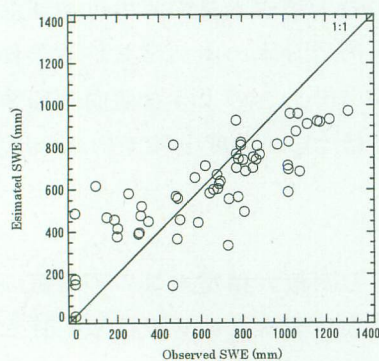


図9 様々な地域で測定された
SWE推定値と実測値

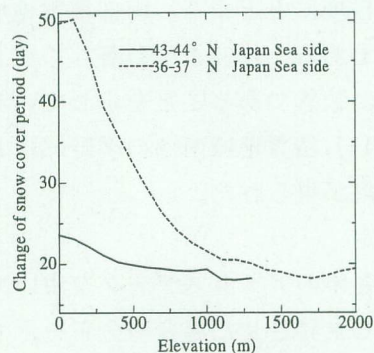


図10 温度変化に伴う積雪期間の標
高分布の変動の地域特性

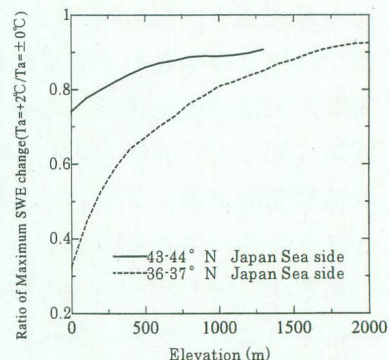


図11 温度変化に伴う最大積雪水量の
標高分布の変動の地域特性

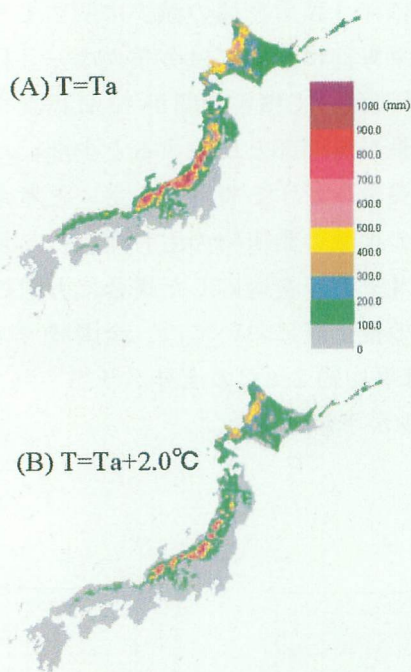


図12 温度変化に伴う最大積雪水量の変動

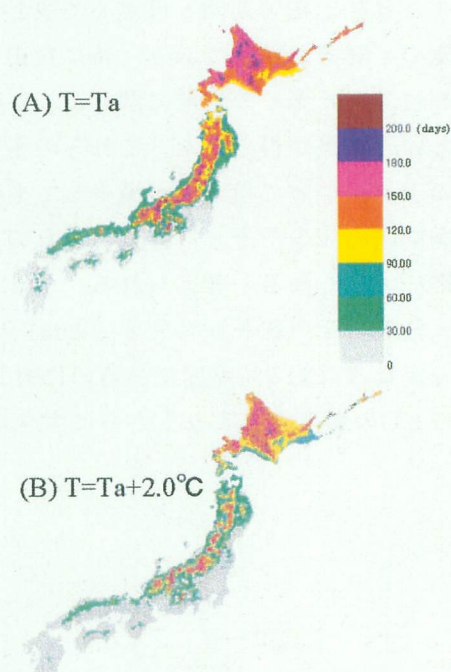


図13 温度変化に伴う積雪期間の変動

(3) 亜高山帯林構成種の分布に及ぼす積雪環境の影響

①サイズ構造

少雪な富士山ではコメツガ、シラベ、アオモリトドマツのいずれもL字型のサイズ構成を示し、DBHが0~5cmの小径木や高さ0.3~1.3mの稚樹が多数みられた。コメツガ、アオモリトドマツともに積雪の多い山になるほど小径木や稚樹に乏しい傾向がみられた。コメツガは早池峰山で小径木・稚樹欠乏が顕れたが、アオモリトドマツは最も多雪な八幡平になって顕在化した。

②稚樹の定着マイクロサイト

地表に定着したコメツガ稚樹の比率は、富士山では地表の面積比率から期待される値よりも小さいものの、出現した稚樹の半分以上を占めた。早池峰山では10%、八幡平では0%となり、面積

比率の90%以上を占める地表にはきわめて少なく、数%の面積しかないマウンドや根張りにほとんどが集中していた。ところがアオモリトドマツに関しては、地表に定着した稚樹の比率はどの山でも80~90%に達した。ただ、地表上の稚樹比率は、富士山と早池峰山では面積比率とほぼ同じであったが、八幡平では面積比率より有意に低い値となった。以上のことから、両種とも積雪が多くなると地表上の定着が減り、根張り、倒木、マウンド上に集中する傾向が強くなる点で共通しているが、コメツガの方がより雪の少ない状態でその傾向が顕在化していることが示唆される。この性質の差が多雪環境下におけるコメツガの劣勢の原因の一つである可能性がある。

③実生の消失過程

富士山と早池峰山で実生の消失過程を比較すると、全般的に早池峰山では富士山よりも実生の死亡が速やかであった。いずれの樹種でも、富士山では地表上と倒木、根張り上での消失プロセスに大きな違いはなかったが、早池峰山では地表での死亡率が高かった。とくに早池峰山の地表でのコメツガの消失が顕著で、冬季の死亡率が低下せず、2年生時には地表上の実生が全滅した。以上のことから、多雪山地におけるコメツガの更新阻害プロセスにおいて、発芽数年以内の更新初期ステージが決定的であることが明らかになった。

④積雪環境の違いが実生の消失に及ぼす影響

2003/2004年における積雪環境の実測の結果、最深積雪深と根雪期間は富士山が20cm、99日、早池峰山が160cm、158日、八幡平が320cm、180日であった。地表面温度が1日を通してマイナス値を示した(凍結)日数は、富士山では約3ヶ月に及んだのに対し、八幡平では根雪当初の数日しかなく、それ以外は積雪期間を通して0℃の状態が続いた。

北海道の亜高山帯針葉樹林においてエゾマツ、アカエゾマツの実生定着阻害要因として重要であることが知られている暗色雪腐れ病菌の温度活性を検討した研究(程・五十嵐, 1989)によると、0℃では暗色雪腐れ病菌によるエゾマツ種子の感染率は60日後に100%に達し、約100日後には健全率が0になるのに対し、-5℃ではまったく感染しない。本州の亜高山帯においてもコメツガの実生定着阻害要因として低温活性菌の影響が重要であることが予想され、雪腐れ病の感染を免れる期間が長さの違いが初期段階の更新阻害において重要な意味をもっている可能性がある。

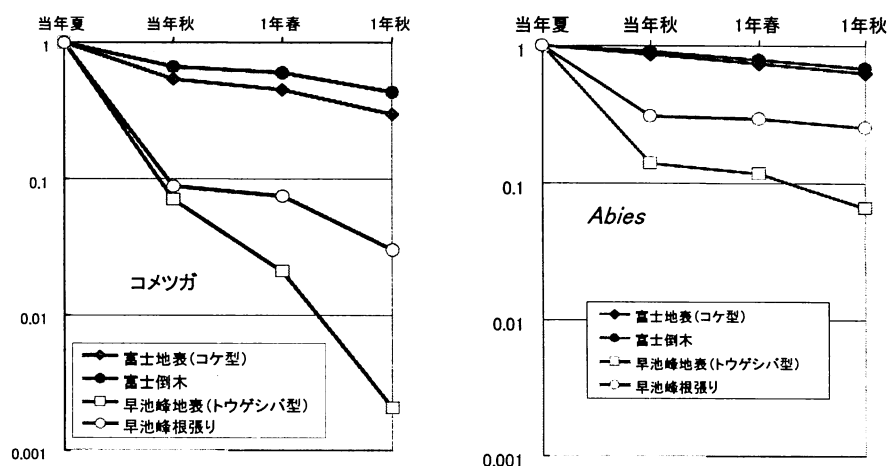


図14 富士山と早池峰山における基質別の針葉樹実生の生残

富士山は2003年発芽、早池峰山は1999年発芽

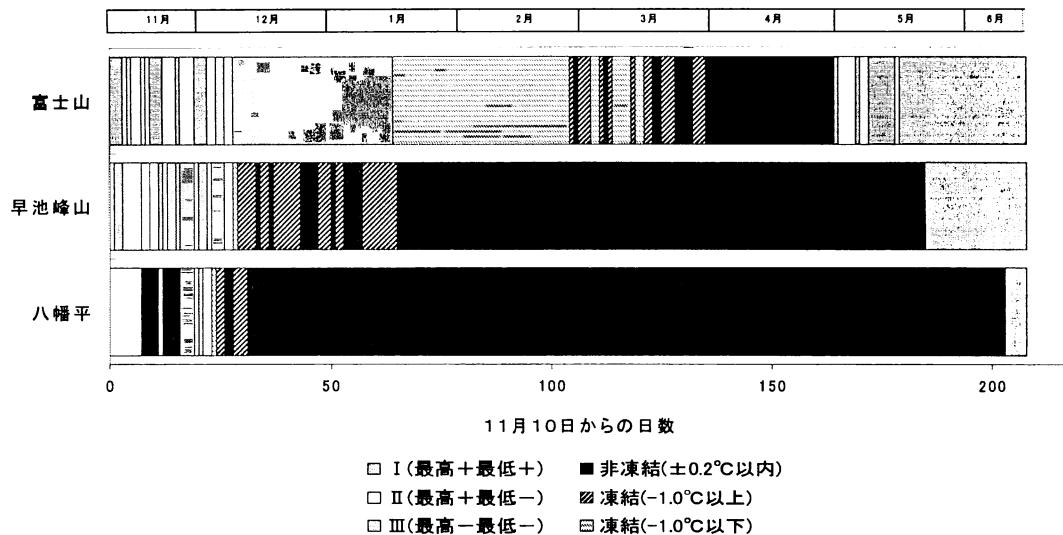


図15 各プロットにおける冬季の地表面温度環境

(4) 積雪環境の変化が亜高山帯植生に与える影響の予測

図19と図20は、それぞれアオモリトドマツ林・コメツガ林の優占する3次メッシュと、出現する3次メッシュ（100m解像度のラスターデータに変換したときに1個以上のピクセルを含むメッシュ）を示したものである。図19においては、アオモリトドマツ林は寒候期の最大積雪深が100cmを超えると出現し、200～250cmの積雪深クラスで出現率はピークとなる。多雪域でも400～450cmの積雪深クラスまで分布が認められるが、積雪深が450cmを超えると急激に分布は減少する。この傾向は、優占するメッシュ（図19a）においても、出現するメッシュ（図19b）においても共通して見られる。一方、コメツガ林は積雪深が50～150cmの付近に出現率のピークがあり、積雪深が150cmを超えると急激に減少する（図20；解析を行った地域の中では、亜高山帯（ $WI \leq 45$ ）で、積雪深が50cm未満のメッシュは分布していなかったため、50cm未満の少雪な環境におけるコメツガ林の分布については議論できない）。したがって、概ね、寒候期の最大積雪深が200～450cmの地域ではアオモリトドマツ林が分布し、200cm以下の地域にコメツガ林が分布し、積雪環境から見た両植生の境界域は概ね200cm付近にあると理解できる。

そこで、温暖化後の亜高山帯について、積雪深が200cm以上の地域と200cm未満の地域の分布を見たのが図21である。約50年後（2031～2050年の期間）には、気候学的な意味での亜高山帯は大きく縮小し、その中で積雪深が200cm以上の地域も、本州中部では北アルプス、東北地方では月山や鳥海山、奥羽山地の一部に点在するのみとなる。約100年後（2081～2100年の期間）には、奥羽山地では亜高山帯自体が、ごく一部を除いて消滅し、亜高山帯の中で積雪深が250cmを超える地域は、本州では月山や鳥海山などの日本海側の山地のみとなり、亜高山帯で積雪深が200cmを超える場所は北海道に集中する。北海道と本州では、亜高山帯の構成樹種が大きく異なり、例えば、アオモリトドマツは北海道に拡大の足がかりとなる現在の分布地を持たないため、分布域が著しく縮小すると予想される。

このように、温暖化によって、現在の日本列島の山岳植生に大きく広がる亜高山帯の多雪景観を支える気候環境が劇的に変化することが示唆された。このような環境変化は、亜高山帯植生に

大きな影響を与えると予想されるが、気候帯の変化がそのまま分布の消失につながるとは限らない。例えば、現在の日本の山地の積雪分布は強風の影響を受けて、モザイク状の吹きだまりや風衝地が多数見られるが、そのようなモザイク状の空間は、多雪環境や、凍結環境に適応した植物種のレフュージア（避難地）を提供している。温暖化後の東北地方の山地ではWIが45以下のエリアは著しく縮小するが、WIが45～50の山地帯との緩衝域は、まだ、多く残存することから、このような場所では温暖化後も雪田や風衝地の周辺がレフュージアとなる可能性がある。温暖化が、このようなレフュージア的な空間に与える影響を明らかにするには、積雪深の不均一性をもたらす最大の要因である冬季の季節風の変動を考慮する必要がある、この点が今後の重要な課題として残されている。

また、手法的な問題も多く残されている。まず、解析のベースとなったメッシュ気候値自体が高標高地の積雪深の精度が低いため（気象庁²⁾、2002）、山地域の積雪深を過小評価している可能性がある。また、本研究では現在の最大積雪深に積雪水量の変動比をかけて、将来の最大積雪深を求めたが、深さ毎の積雪密度の変化を考慮していないため、将来の最大積雪深を過小評価している可能性もある。これらの問題点の解決には、積雪深推定モデルの精度向上とともに、基礎となる現在の積雪分布の推定精度を向上することが求められる。

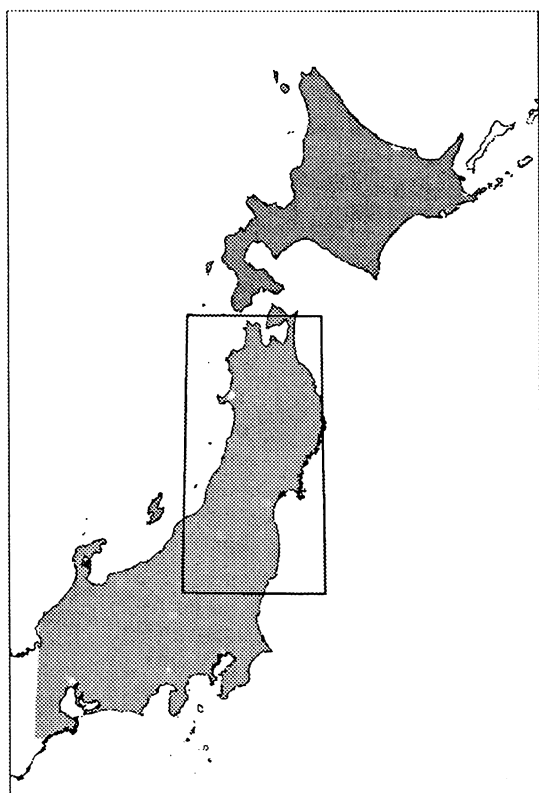


図16 研究地域

灰色は現在と将来の気候環境の考察を行った地域
黒枠はアオモリトドマツ林とコメツガ林の積雪環境について解析を行った地域

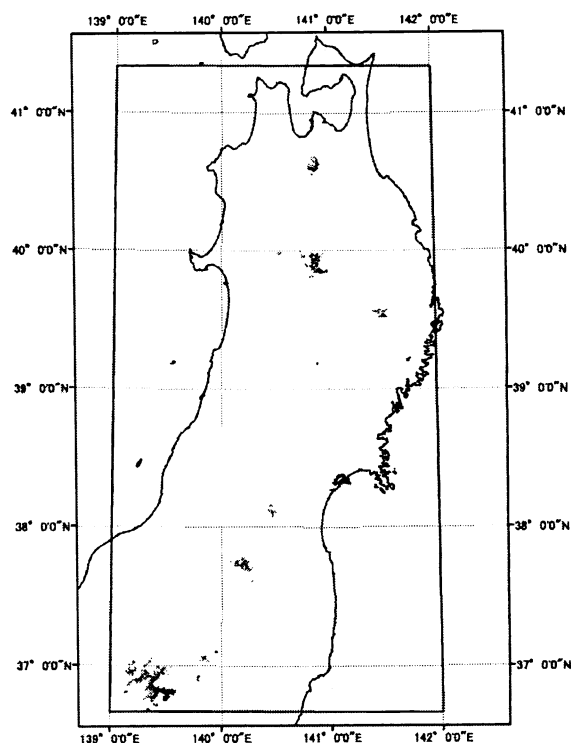


図17 東北地方におけるアオモリトドマツ林（灰色）とコメツガ林（黒色；それぞれ優占する3次メッシュ）の分布（環境省の3次メッシュ植生データより作成）

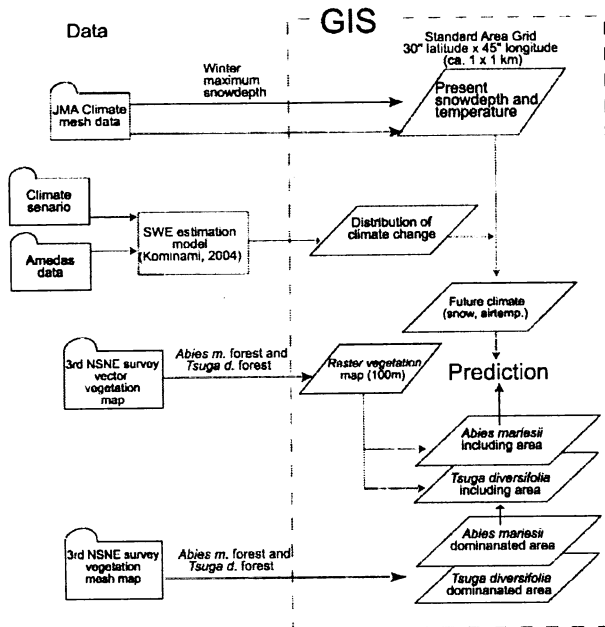


図18 データ解析のフロー

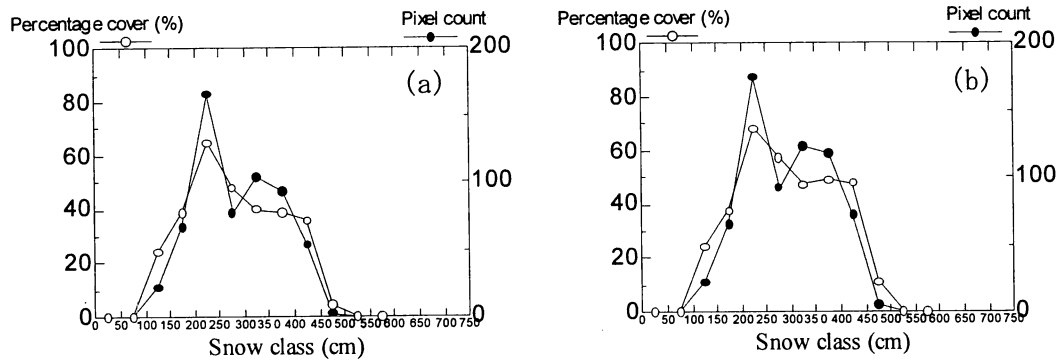


図19 アオモリトドマツ林が優占する3次メッシュ(a)および1ha以上含む3次メッシュ(b)の寒候期最大積雪深(ピクセル数およびコケモモクラス、トウヒクラスの植生全体に対する比)

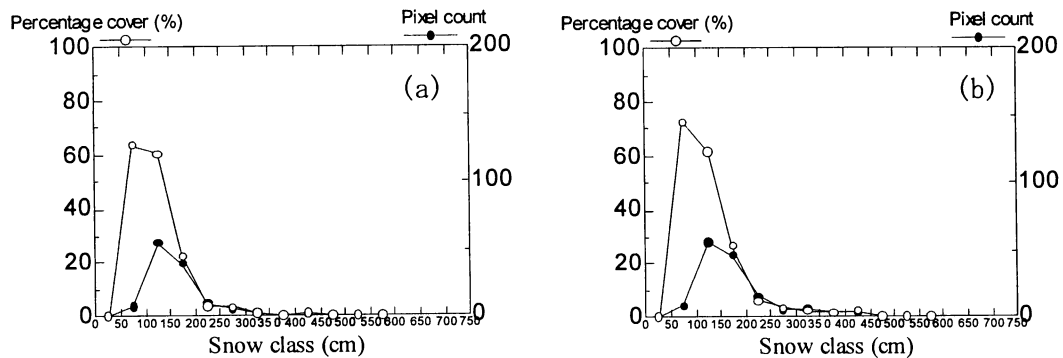


図20 コメツガ林が優占する3次メッシュ(a)および1ha以上含む3次メッシュ(b)の寒候期最大積雪深(ピクセル数およびコケモモクラス、トウヒクラスの植生全体に対する比)

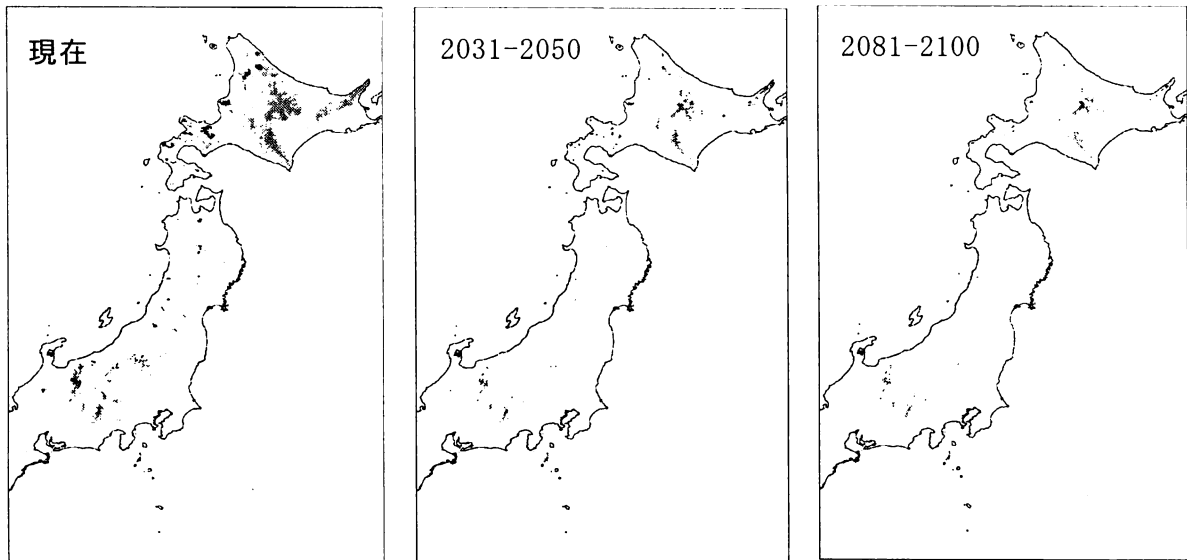


図21 亜高山帯(WI $\leq$ 45)のうち積雪深が2m以上の地域(黒色)と2m未満の地域(灰色)の分布

(5) 亜高山帯針葉樹の分布変遷

① 亜高山帯針葉樹の分布拡大基点の推定

新たな試料採取地点はいずれもアオモリトドマツ林内で、それぞれの標高と位置は次のとおりである。諸桧岳北(1460m)、諸桧岳南(1470m)、石沼(1430m)、源太ヶ岳北(1470m)、源太ヶ岳東(1420m)、大深山荘(1420m)、三ツ沼(1400m)は主稜線部、樹海ライン No.3(1240m)、樹海ライン No.6(1130m)、樹海ライン No.7(1110m)、樹海ライン No.8(1090m)は主稜線から少し下がった樹海ラインの道路沿いにある。また安比1(1160m)は八幡平北面の尾根部、安比2(1140m)は同じ八幡平北面の湿原わき、恵比須森(1450m)は八幡平の東部に位置している。これらの地点ではいずれも、土壌表層に十和田aテフラが層状に挟在していた。約1000年前(To-aテフラ直下)と現世(表層)のモミ属の花粉出現率を図1に示す。1000年前の出現率はそれぞれ、諸桧岳北(0.9%)、諸桧岳南(1.2%)、石沼(1.3%)、源太ヶ岳北(0.5%)、樹海ライン No.3(5.8%)、樹海ライン No.6(1.2%)、樹海ライン No.7(1.3%)、樹海ライン No.8(0%)、安比1(2.5%)、安比2(4.3%)、恵比須森(5.2%)であり、多くの地点では1%程度以下である中、樹海ライン No.3、安比2及び恵比須森の出現率が高く、この時代にはすでにアオモリトドマツ林が成立していたものと推定した。また同じ時代に、ツガ属の花粉は多くの地点で1%未満であったが、安比1(6.9%)、安比2(4.3%)、恵比須森(4.2%)、樹海ライン7(3.9%)では出現率がやや高かった。

以上の結果から、八幡平地域では約1000年前にアオモリトドマツ林が成立していたのは北部地域だけだったと推定した。分析地点数が十分ではないため地形や標高などの立地条件との関係は十分明らかではないが、1000年前にアオモリトドマツ林が成立していたところは、主稜線上には見あたらず、湿原の近くや緩傾斜地などであった。今後さらに分析地点を増やして解析する必要がある。

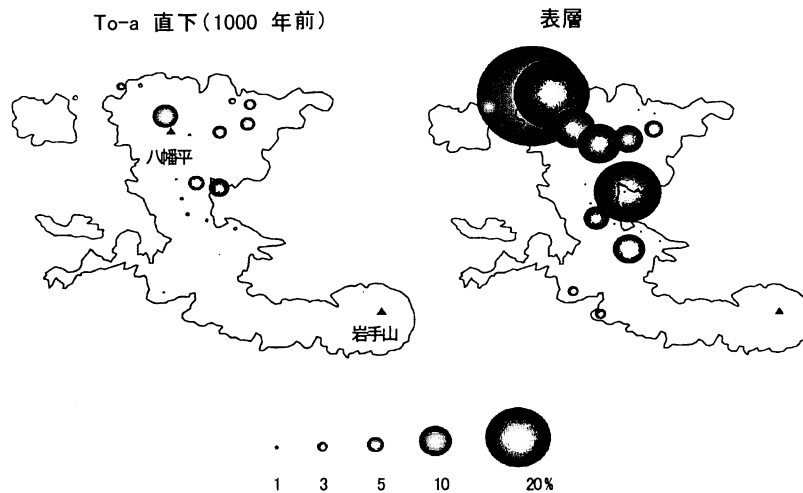


図22 八幡平における1000年前以降のアオモリトドマツ分布拡大

実線は標高1100mの等高線

②積雪環境の違いからみた比較 —北上山地での分析結果—

青松葉山では、土壌断面中の深さ約 10cm に十和田 a テフラ (To-a : 約 1000 年前) が、27-34cm に十和田中掬テフラ (To-Cu : 約 5500 年前) が挟在していた。モミ属花粉の出現率からみて、アオモリトドマツ林が成立した時期は約 500 年前頃、あるいはさらに新しい時代と推定した。低木種の割合が大きく、とくに To-a と To-Cu のテフラ間ではハシバミ属やイヌツゲ属が優占していたものと推察した。一方、小田越では、土壌断面中には深さ約 12cm に十和田 a テフラが、深さ約 30~40cm に十和田中掬テフラが挟在していた。モミ属花粉の出現率から、アオモリトドマツは約 1000 年前頃には定着していたと推定した。青松葉山に比べて低木種の割合が小さいことから、5000 年前ころからすでに落葉広葉樹を中心とした森林が周辺には成立していたものと考えられる。現在、小田越周辺ではアオモリトドマツとともにコメツガが優勢であるが、花粉分析の結果では表層付近でも出現率は低かった。この原因は、試料採取地点付近では生育するコメツガが少ないためと考えられる。

北上山地では、奥羽山脈とは異なり植生史に関する研究が少なく、山地上部については今回得られた調査結果以外にはほとんど見あたらないため、奥羽山脈の分析結果と比較して十分な解析を行うことは難しい。しかし、両地点ともモミ属の出現割合の急速な増加が1000年前以降という点で、これまでに明らかにされている奥羽山脈の諸地点における分析結果と同じ傾向を示していた。また、分布の最前線では増加開始の時期がやや遅くなる点も同様であった。

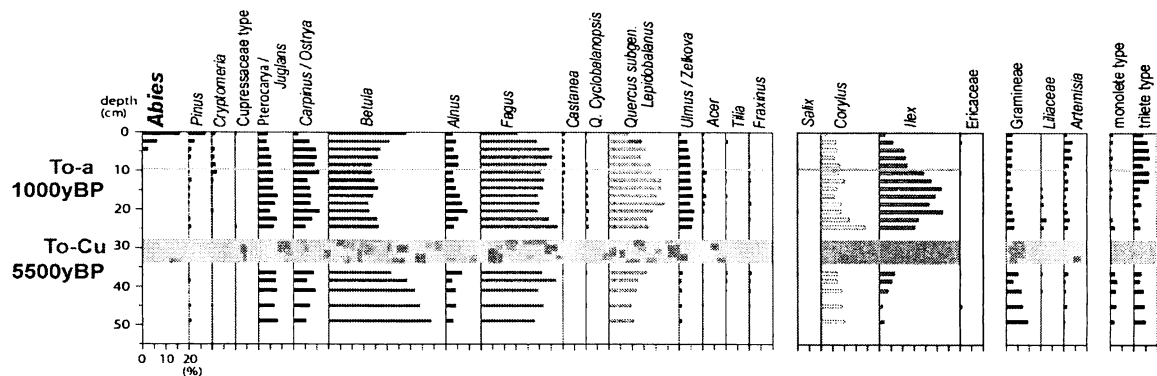


図23 北上山地、青松葉山アオモリトドマツ林の花粉ダイアグラム

アオモリトドマツ (*Abies*) は500年前頃に定着した。

低木種の割合が大きく、To-Cu～To-a間では優占していた。

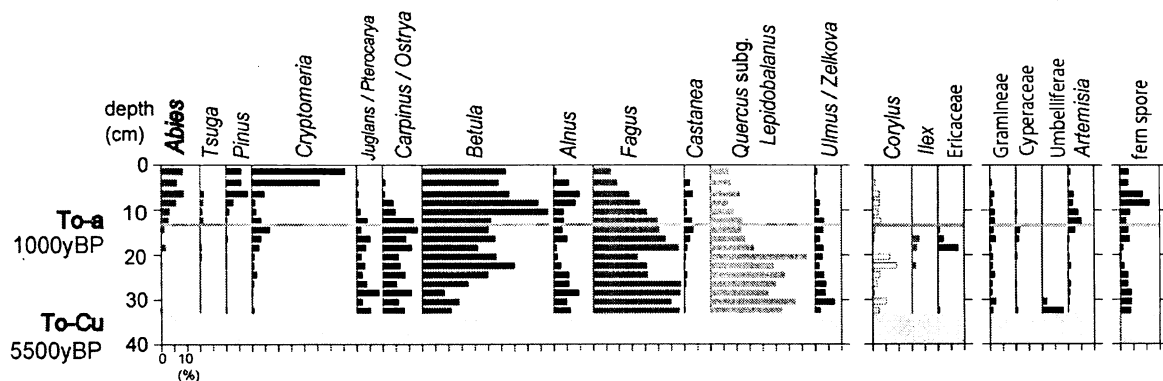


図24 北上山地、小田越アオモリトドマツ林の花粉ダイアグラム

アオモリトドマツ (*Abies*) は1000年前頃に定着した。

青松葉山に比べて低木種の割合が小さく、5000年前頃から森林が成立していた。

5. 本研究により得られた成果

衛星画像を用いた解析に基づいて広域積雪時系列データを作成することにより、積雪変動を日単位で把握し、日本全域において積雪水量分布を精度よく推定できるようになった。日積雪水量の変化を1kmメッシュで推定するモデルに気候変動シナリオに基づく気象要素の変化を導入して積雪変動を推定した結果、本州日本海側の平野部の積雪期間は2℃の温度上昇で60～70%程度減少すると予測した。多雪な山ほど地表での針葉樹の定着が阻害される傾向があること、コメツガの方がアオモリトドマツより少ない積雪環境でも定着阻害が現れることを明らかにし、積雪被覆による地表面温度の違いが菌の活性を通して実生定着に影響していることを推察した。温暖化シナリオとメッシュ気候値をもとにした推定によると、2081～2100年には奥羽山地や北上山地で積雪深の顕著な減少が予想され、多雪山地で優占し北海道に分布しないアオモリトドマツは分布域が著しく縮小すると予測した。八幡平地域において1000年前以降のアオモリトドマツの拡大過程が明らかになり、拡大の基点となった場所を特定した。奥羽山脈に比べて積雪が少ない北上山地でもアオモリトドマツの分布拡大開始時期がほぼ同じ傾向であることを示した。

6. 引用文献

- 1) 環境省生物多様性センター (2005) . 植生調査 3 次メッシュデータ (オンライン) .
- 2) 気象庁 (2002) メッシュ気候値2000 (CD-ROM) .
- 3) Kominami, Y., Tanaka, N., Endo, Y. and Niwano, S. (2004): Estimation of snow distribution under global warming using data from remote weather stations (AMeDAS). *Journal of Agricultural Meteorology*, 60, 445-450.
- 4) 西森基貴 (2004) 気象庁／気象研気候統一シナリオVer. 2 日本域 2 次メッシュバージョン (暫定版) . (未発表)

7. 国際共同研究等の状況

とくに記載すべき事項はない。

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<学術誌 (査読あり)>

- ①Daimaru, H., Ohtani, Y., Ikeda, S., Okamoto, T. and Kajimoto, T.: *CATENA*, 48, 53-65 (2002)
"Paleoclimatic implication of buried peat layers in a subalpine snowpatch glassland on Mt. Zarumori, northern Japan."
- ②Kajimoto, T., Seki, T., Ikeda, S., Daimaru, H., Okamoto, T. and Onodera, H.: *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 34, 191-200 (2002)
"Effects of snowfall fluctuation on tree growth and establishment of subalpine *Abies mariesii* near upper forest-limit of Mt. Yumori, northern Japan"
- ③朝岡良浩、風間聡、沢本正樹：水文・水資源学会誌，15，279-289 (2002)
「広域積雪水資源量の変動特性とその地理・気候依存性」
- ④朝岡良浩、風間聡、沢本正樹：水工学論文集、47, 163-168 (2003)
「積雪環境が流域植生の季節変化に与える影響—阿賀野川水系滝ダム流域の事例—」
- ⑤杉田久志、金子岳夫：東北森林科学会誌、9，38-41 (2004)
「岩手県浄法寺町稲庭岳において 1 個体のみ生育しているオオシラビソについて」
- ⑥Asaoka, Y., KAZAMA, S. and Sawamoto, M.: *Water Resources Systems -Water Availability and Global Change*, IAHS Publication no.280, 292-300 (2003)
"The influence of snow depth on the variation of vegetation activity and evapotranspiration"
- ⑦戸塚岳大、風間聡、朝岡良浩、沢本正樹：水工学論文集、48，(2004)
「積雪モデルと衛星積雪面情報を用いた積雪分布と融雪係数の解析」
- ⑧戸塚岳大、風間聡、朝岡良浩、沢本正樹：水文・水資源学会誌，17，493-502 (2004)
「積雪モデルと衛星積雪面情報を用いた東北地方の積雪分布と融雪係数の解析」
- ⑨Daimaru, H. and Taoda, H.: *Journal of Agricultural Meteorology*, 60(4), 253-261 (2004)
" Effect of snow pressure on the distribution of subalpine *Abies mariesii* forests in northern Honshu Island, Japan"
- ⑩Kominami, Y., Tanaka, N., Endo, Y. and Niwano, S.: *Journal of Agricultural Meteorology*, 60, 445-450 (2005)

"Estimation of Snow Distribution under Global Warming Using Data from Remote Weather Stations (AMeDAS)"

⑪大丸裕武、大原偉樹：地形，25，341-358 (2004)

「八幡平におけるパッチ状雪食地の形成過程」

⑫Kajimoto, T., Daimaru, H., Okamoto, T., Otani, T. and Onodera, H.: Arctic, Antarctic, and Alpine Research, 36, 422-431 (2004)

"Effects of snow avalanche disturbance on regeneration of subalpine *Abies mariesii* forest, northern Japan"

⑬泉宏和、風間聡、戸塚岳大、沢本正樹：水工学論文集，49 (2005)

「全日本の積雪水量，積雪深，全層積雪密度分布推定」印刷中

⑭戸塚岳大、風間聡、沢本正樹：水工学論文集，49 (2005)

「森林が積雪量に及ぼす影響に関する検討」印刷中

⑮朝岡良浩、風間聡、沢本正樹：水工学論文集，49 (2005)

「積雪域における融雪期の植生活動と気候因子の解析」印刷中

<学術誌（査読なし）>

①杉田久志：雪氷フォーラム（日本雪氷学会関東・中部・西日本支部）7, 9-17 (2002)

「本州亜高山帯林の構成樹種の分布と積雪環境」

②梶本卓也、大丸裕武、杉田久志編：雪山の生態学 東北の山と森から、東海大学出版会, 13-26 (2002)

「世界に誇る多雪山地（執筆担当：大丸裕武）」

③梶本卓也、大丸裕武、杉田久志編：雪山の生態学 東北の山と森から、東海大学出版会, 27-39 (2002)

「バラエティ豊かな植生景観（執筆担当：杉田久志）」

④梶本卓也、大丸裕武、杉田久志編：雪山の生態学 東北の山と森から、東海大学出版会, 74-88 (2002)

「亜高山帯植生の背腹性とその成立機構 —コメツガとアオモリトドマツの実生定着と積雪環境—（執筆担当：杉田久志）」

⑤梶本卓也、大丸裕武、杉田久志編：雪山の生態学 東北の山と森から、東海大学出版会, 170-191 (2002)

「偽高山帯の謎をさぐる —亜高山帯植生における背腹構造の成立史—（執筆担当：杉田久志）」

⑥梶本卓也、大丸裕武、杉田久志編：雪山の生態学 東北の山と森から、東海大学出版会, 194-207 (2002)

「拡大する針葉樹林 —花粉分析結果からみた森林最前線の変化—（執筆担当：池田重人）」

⑦梶本卓也、大丸裕武、杉田久志編：雪山の生態学 東北の山と森から、東海大学出版会, 208-226 (2002)

「変動する雪山 —雪田からみた地球環境—（執筆担当：大丸裕武）」

⑧清水長正編：百名山の自然学 東日本編、古今書院, 12, 68-69 (2002)

「八幡平、岩手山 オオシラビソの樹海（執筆担当：大丸裕武）」

- ⑨清水長正編：百名山の自然学 西日本編、古今書院、42, 100-101 (2002)
「石鎚山 日本南西端の亜高山帯針葉樹林（執筆担当：杉田久志、清水長正）」
- ⑩原沢英夫、西岡秀三編：地球温暖化と日本 自然・人への影響予測、古今書院、70-73, 118-120 (2003)
「亜高山帯林への影響（執筆担当：杉田久志）」
- ⑪大政謙次、原沢英夫、（財）遺伝学普及会 編：地球温暖化 ―世界の動向から対策技術まで―（「生物の科学 遺伝」別冊17号）、裳華房、109-118 (2003)
「温暖化の森林生態系への影響と森林管理（執筆担当：田中信行、八木橋勉、杉田久志、藤田和幸、林哲、埤田宏）」
- ⑫杉田久志、金指達郎：森林総合研究所東北支所研究情報, 3(1), 1-4 (2003)
「早池峰山のアカエゾマツ南限隔離遺存集団の現状」
- ⑬東北森林管理局 森林・林業技術交流発表集（平成14年度）、133-140 (2004)
「温暖化による植生変化を予測する ―東北地方の亜高山帯を例に―（執筆担当：池田重人）」
- ⑭杉田久志：花の百名山、朝日新聞社、16, 24 (2004)
「守門岳：地形・風・雪がつくる非対称な植生分布」
- ⑮杉田久志：花の百名山、朝日新聞社、16, 32 (2004)
「浅草岳：深雪に生きる植物の苦闘」
- ⑯杉田久志：花の百名山、朝日新聞社、22, 8 (2004)
「月山：山によってちがうオオシラビソ林の境遇」
- ⑰杉田久志：花の百名山、朝日新聞社、22, 28 (2004)
「栗駒山：偽高山帯の成立は過去の植生変遷の名残」
- ⑱杉田久志：森林科学, 42, 77-81 (2004)
「早池峰山のアカエゾマツ南限隔離遺存集団」

（２）口頭発表（学会）

- ①朝岡良浩、風間聡、沢本正樹：水文水資源学会研究発表会 (2002)
「広域に適用可能な積雪深分布推定手法」
- ②大丸裕武：日本地理学会大会 (2002)
「八幡平における積雪グライドによる浸食と地形との関係」
- ③杉田久志、関剛、鈴木和次郎：日本生態学会東北地区会第47回大会 (2002)
「1991年19号台風による八幡平のアオモリトドマツ林の風倒被害」
- ④Asaoka, Y., Kazama, S. and Sawamoto, M.: 4th ICHE Proceedings (2002)
"Temporal and Spatial Analysis of Snow Covered AreaA Basic Research on Altitude Distribution of Snow Depth"
- ⑤池田重人、志知幸治、大丸裕武：第50回日本生態学会大会 (2003)
「北上山地に分布するアオモリトドマツ林の成立時期 ―青松葉山について―」
- ⑥杉田久志：日本生態学会東北地区会第48回大会 (2003)
「八幡平におけるアオモリトドマツとコメツガの稚樹定着場所 ―早池峰山との比較―」
- ⑦大丸裕武：寒冷地形談話会2003年度第1回例会 (2003)

「雪田土壌による古環境復元」

⑧朝岡良浩、風間聡、沢本正樹：水文・水資源学会研究発表会（2003）

「積雪モデルを用いた積雪水量高度分布の評価」

⑨戸塚岳大、朝岡良浩、風間聡、沢本正樹：水文・水資源学会研究発表会（2003）

「積雪モデル・衛星積雪面情報を用いた東北地方の積雪水資源分布の推定」

⑩Asaoka, Y., Kazama, S. and Sawamoto, M.: IUGG2003/IAHS (2003)

"The Influence of Snowdepth on the Variation of Vegetation Activity and Evapotranspiration"

⑪Totsuka, T., Asaoka, Y., Kazama, S. and Sawamoto, M.: IUGG2003/IAHS (2003)

"The Analysis of the Snow water Equivalent Distribution using snow model and satellite information of snow in Tonoku district, Japan"

⑫朝岡良浩、風間聡、沢本正樹：土木学会東北支部（2003）

「東北地方の積雪深分布推定と水収支式による検証」

⑬戸塚岳大・朝岡良浩・沢本正樹・風間聡：土木学会東北支部（2003）

「積雪モデルと衛星積雪面情報を用いた東北地方の積雪分布の推定」

⑭Asaoka, Y., Kazama, S., and Sawamoto, M.: 2nd APHW (2004)

"Estimation of net primary production in a cold area using snow accumulation and snowmelt"

⑮泉宏和、戸塚岳大、沢本正樹、風間聡：土木学会（2004）

「東日本と西日本における積雪特性の評価」

⑯朝岡良浩、風間聡、沢本正樹：土木学会東北支部（2004）

「積雪・融雪過程を考慮した植生活動のモデル化」

⑰戸塚岳大、朝岡良浩、沢本正樹、風間聡：土木学会東北支部（2004）

「森林が降雪に及ぼす影響評価」

⑱泉宏和、戸塚岳大、沢本正樹、風間聡：土木学会東北支部（2004）

「東日本と西日本における積雪特性の比較」

⑲Ikeda, S., Daimaru, H., Seki, T., Sugita, H., Okamoto, T. and Kajimoto, T.: 11th. International Palynological Congress (2004)

"Late Holocene expansion of subalpine fir forest in northern Honshu Island, Japan"

⑳池田重人：第51回日本生態学会大会（2004）

「早池峰山小田越周辺における約5000年間の植生変遷」

(21)杉田久志、金指達郎、高橋誠：第51回日本生態学会大会（2004）

「早池峰山のアカエゾマツ南限地におけるアカエゾマツとキタゴヨウ、コメツガ、ヒバとの競合関係」

（3）出願特許

なし

（4）シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

日本農業気象学会等による国際シンポジウム「地球環境劣化下における食糧生産と環境保全に関する国際シンポジウムInternational Symposium on Food Production and Environmental

Conservation in the Face of Global Environmental Deterioration (FPEC)」において森林総合研究所共催の特別セッション「地球温暖化が森林生態系におよぼす影響予測、Impact Assessment of Global Warming on Forest Ecosystems」を2004年9月7～11日に福岡国際会議場で開催した。この特別セッションの講演者は、森林総合研究所の経費で招聘したL. R. Iverson (Northeastern Research Station, USDA Forest Service)、K. F. Cao (Yunnan Botanical Gardens)、および、環境庁地球環境研究総合推進費による「地球温暖化の生物圏への影響、適応、脆弱性評価に関する研究」の森林総研担当課題「自然林・人工林の脆弱性評価と適応策に関する研究」の担当者4名である。本大会は農業気象分野研究者を主対象とする会議であるにも関わらず、セッション会場は常時60～70名の参加者で埋まり、温暖化が生態系に及ぼす影響の予測方法、根拠となるデータベース、今後の研究課題について熱心な議論がなされた。大会終了後、特別セッション参加者による北九州地域の現地検討会が実施された。特別セッションの発表論文は、Journal of Agricultural Meteorology (農業気象) で刊行された。

(5) マスコミ等への公表・報道等

- ①風間聡:「雪と森林がもたらす豊かな水資源」、第3回摩周水環境フォーラム、北海道弟子屈、2004年5月
- ②風間聡:地球温暖化の現状とその将来予測について、夏の地球温暖化防止セミナー、仙台市、2004年8月
- ③池田重人:土に残された花粉の化石ー長期的な森林の変遷を知るー、多摩森林科学園森林講座、2004年12月

9. 成果の政策的な寄与・貢献について

今後、学会発表や論文投稿とともに、一般普及書や講演会などでの紹介を通じて、成果の広報・普及に努めている。