

平成9年度
研究成果発表会講演要旨集

平成9年10月8日(水)
東京・石垣記念ホール

農林水産省 林野庁
森林総合研究所

目 次

1. シベリア永久凍土に成立したカラマツ林 —その生態を探る—
北海道支所 育林部長 金澤 洋一 2
2. 降り積もる雪の深さを測る —表層雪崩は予知できるか?—
十日町試験地 主任 遠藤八十一 8
3. ブナの実の豊作は数年に1回, 全国で同時 —これは本当か?—
東北支所 育林技術研究室 正木 隆 14
4. 西日本のニホンジカは今 —兵庫県を例として—
関西支所 鳥獣研究室 北原 英治 18
5. 大断面材の乾燥 —こんな乾燥は出来ないだろうか?の夢に挑戦—
木材利用部 加工技術科長 久田 卓興 22

(1 課題: 講演25分・質疑5分)

シベリア永久凍土に成立したカラマツ林

—その生態を探る—

北海道支所 育林部長 金澤 洋一
土壌研究室 松浦陽次郎

はじめに

地球温暖化の影響が懸念され、温暖化による植生変化予測、森林生態系の二酸化炭素収支に及ぼす影響等の研究が行われている。また、極域の二酸化炭素濃度の季節変動に影響を与える北方林の重要性が指摘されている。しかしながら、ユーラシア大陸北東部に広がる森林については生態系研究がたちおくられていた。

永久凍土地帯の特徴

ユーラシア北東部、すなわち西はエニセイ川流域の中央シベリア高地から、東は東シベリアのコリマ川低地帯にいたる地域は、周極域の中でもとりわけ永久凍土が切れ目なく連続分布し、連続永久凍土の南限が、東シベリアでは北緯55度付近まで下がっている。ほぼ緯度に沿って永久凍土が分布する北米大陸とは異っている。

(図1)。さらに、北米大陸の永久凍土の連続分布帯には森林は存在せずツンドラ植生となるが、中央～東シベリアでは、北米やスカンジナビアとは全く異なる、カラマツの大森林地帯が成立している。

永久凍土地帯では、夏季に数か月間、表層数十cmから2 m程度まで融解する。この活動層と呼ばれる土層で、永久凍土地帯のカラマツ林の物質収支は営まれている。年降水量が200～300mm、夏季には30℃を越え、厳冬期は-60℃以下になる極端な大陸性気候下でも大森林が成立するのは、カラマツが落葉性であることと、水を通さない永久凍土が連続分布するためであるといわれる。

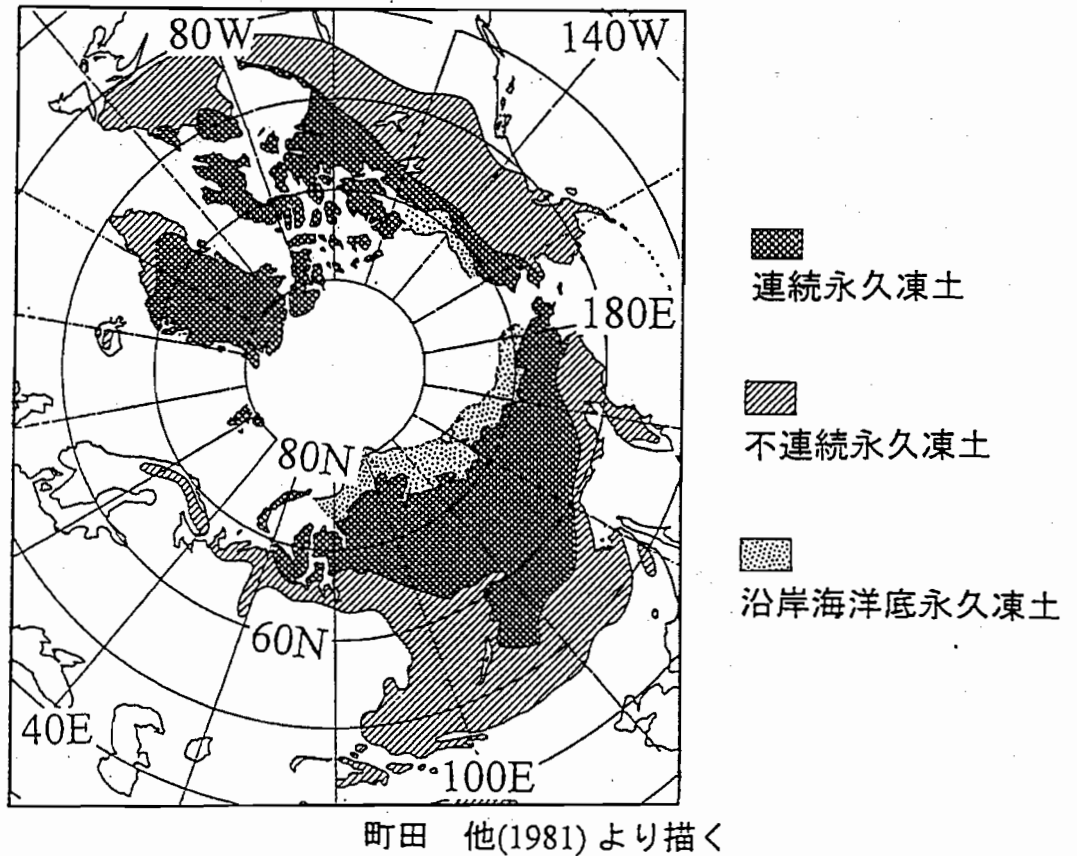


図1. 周極域における永久凍土の分布

森林現存量と成長

ヤクーツク近郊のカラマツ林, コリマ川低地帯の森林ツンドラ, オイミヤコン地方の山岳森林ツンドラ, 中央シベリアのカラマツ林の, 計4か所で行った森林の現存量調査の結果から, 永久凍土地帯のカラマツ林生態系について, 次のような特徴が明らかになった。(1) 地上部の現存量は, 1ヘクタールあたり数tonの林分から

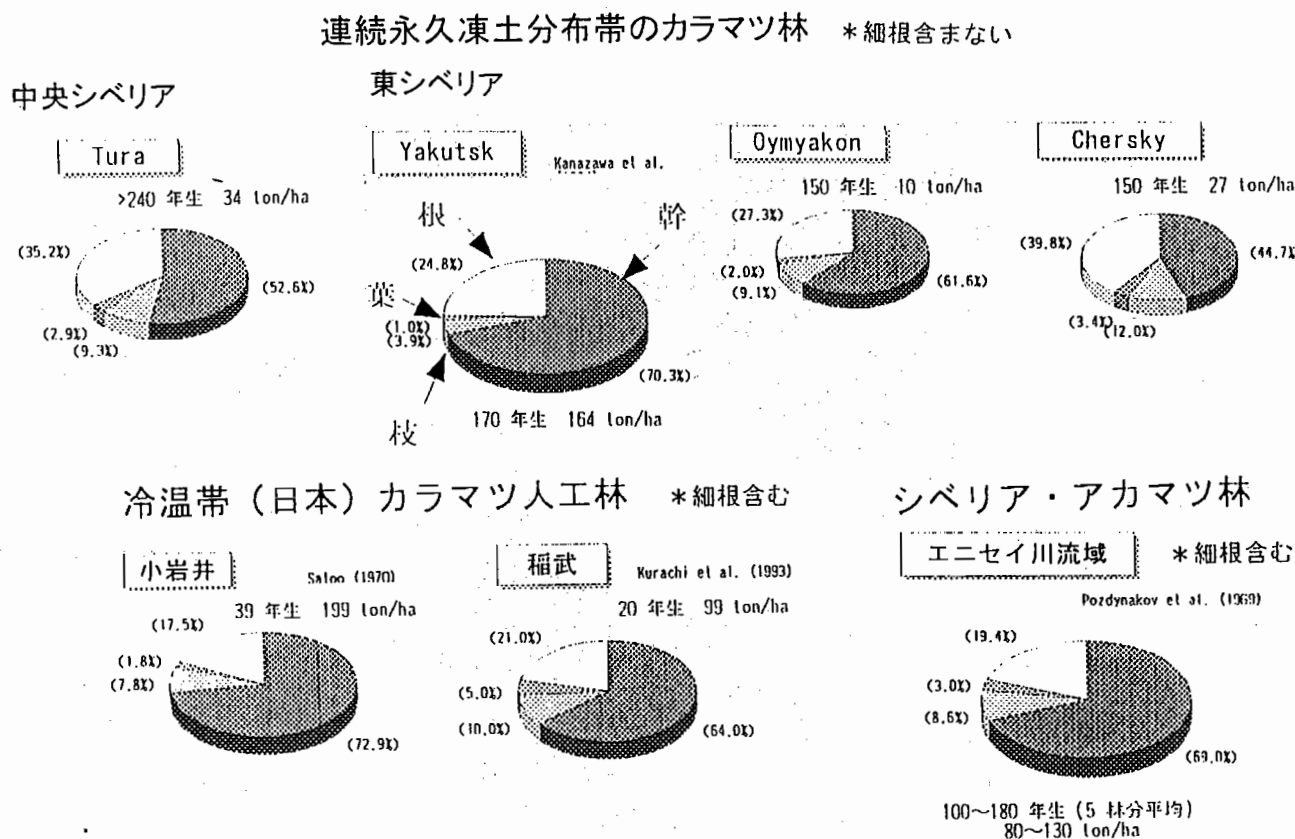


図2. 永久凍土地帯のカラマツ林と他の森林生態系における現存量配分比の比較

100tonを越える林分までばらつくが、(2) 現存量全体に占める地下部の比率は3~4割に達し、細根を含めると5割かそれ以上を地下部が占めていた。日本のカラマツ林では、細根まで含めても地下部は全現存量の2割程度であり、永久凍土地帯に成立したカラマツ林生態系の特徴の一つと考えられる(図2)。

永久凍土地帯のカラマツ林において、大きな攪乱要因となっているのが森林火災である。林内では樹幹に火災痕がみられる。ヤクート中央平地の年輪解析結果によれば、火災の多発年と個体の成長パターン変化(成長曲線の『乗り換え』)の発生頻度が、およそ30~40年の周期で同調して起こっていた(図3)。

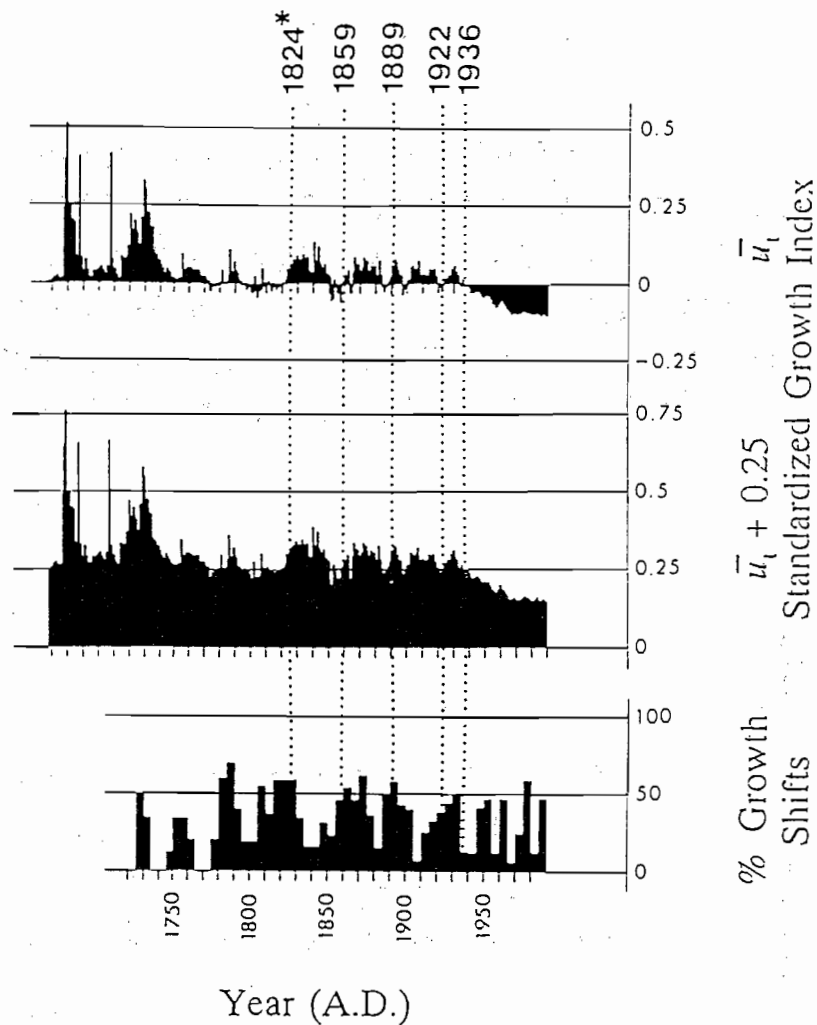


図3. ヤクート中央平地のカラマツ林の40個体について
(火災発生率と成長率)

成長曲線の変化を、各個体について10年ごとに集計すると、森林火災の多発年の時期には、林分の約半数の個体の成長に変化が生じていることが分かる。

林分機能量推定

中央シベリアのカラマツ林において、カラマツ地上部と永久凍土の活動層に水平的な広がりを持つ根系について呼吸測定を行った。現存量調査との結果から、1ヘクタール当たり、およそ3 tonの二酸化炭素（炭素に換算して約0.8ton）が森林生態系に総生産として固定され、呼吸で0.8tonの二酸化炭素が放出されることが明らかになった。総生産に対する呼吸の割合は26%で、この値は世界中のどの気候帯の森林生態系の測定例より低く、生産効率の高い森林生態系といえる。落葉針葉樹であるカラマツが、周極域における二酸化炭素収支の季節変化に及ぼす影響は無視できない。

土壌特性

これまで北方の森林に分布する土壌は、植生と同様に気候帯に沿ったポドゾルとその類縁土壌（帯状に分布する成帯土壌）であるとされてきたが、ユーラシア北東部の永久凍土連続分布地帯では、そのような教科書的な成帯性がみられない。北方の生態系では土壌の炭素／窒素比率（C/N比）が20前後であるのに対して、ヤクート中央平地のカラマツ林土壌は、アルカリ性のステップ草原土壌に近い性質を持ち、森林ツンドラ地帯においても泥炭土壌は卓越せず、C/N比は10～15と低かった（図4）。

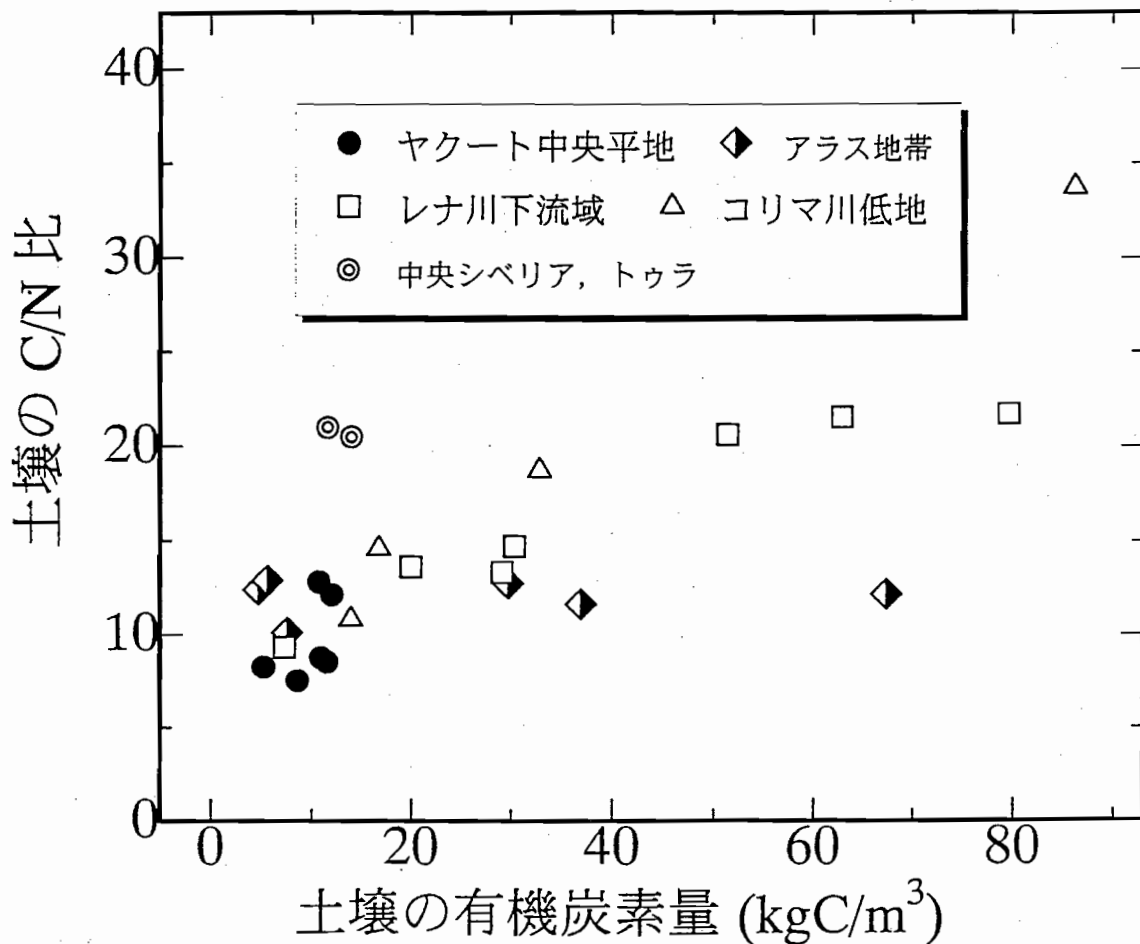


図4.中央・東シベリアの土壌有機炭素量とC/N比の関係
一般には北方生態系の土壌は、およそ横軸10～40、縦軸15～25に収まる。しかし東シベリアの永久凍土は縦軸が15以下の領域に集中している。

同じ周極域でも、北米のタイガと永久凍土地帯のカラマツ林生態系の土壌は、土壌有機炭素と窒素の集積量、存在比率に大きな違いがあった。これまで周極域の生態系には同じ性質の土壌が存在すると見なされてきたが、永久凍土の存在を考慮した見直しが必要である。

今後の展望

限られた野外調査であるが、これまでの調査から、日本に最も近い北東ユーラシアの永久凍土地帯の森林生態系が、北米やスカンジナビアに見られるタイガとは全く異なる特徴を持つ生態系であることが明らかになった。

さらに、植物生態系への温暖化影響予測に重要な要因となる土壌の栄養塩類についても、東シベリアでは土壌窒素集積量がかなり多いことから、温暖化影響が従来の予測とは合致しないことも予想される。北東ユーラシアの温暖化予測を、国際的な共同研究でさらに進める必要がある。

降り積もる雪の深さを測る

—表層雪崩は予知できるか？—

十日町試験地 主任 遠藤八十一

雪崩の恐怖

雪国の山間地に住む人々にとって、冬期、最も恐れられているものは雪崩ではないだろうか。雪崩は、斜面に積もった積雪全層が滑り落ちる全層雪崩と、積雪内部のある層を境にそれより上の積雪層が滑り落ちる表層雪崩に大別される。雪の斜面に「クラック」や「雪しわ」などの前兆現象が現れる全層雪崩に比べ、何の前触れもなく突然発生する表層雪崩は、最も恐れられている。事実、大規模な雪崩災害のほとんどは表層雪崩によって起こっている。

雪崩発生危険度の予測

表層雪崩は、積雪内のある層がその上の積雪の重さの斜面成分に耐えきれず、剪断破壊を起こすことによって発生する。このため、雪崩の発生を予知するためには、積雪各層の剪断強度と重さを、様々な気象条件のもとで推定する必要がある。そこで、まず気温が 0°C 以下で、多量の雪が降り積もる「ドカ雪」の時に発生する乾雪表層雪崩について、こうした雪崩の発生メカニズムに基づいた方法による予知の可能性を調べた。 0°C 以下では、降水量が分かれば、降水量→積雪層の重さ→積雪の密度→剪断強度の順に推定が可能であり、降雪量より雪崩の発生予知が出来ると考えられる。そこで、このような推定方法により、様々な降雪強度における雪崩の発生条件を計算した。

図1がその結果で、傾斜 45° の斜面では、降雪強度が $3.0\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hr}^{-1}$ （時間降雪深6cm、日降雪深84cmに相当）の場合は約3時間後、降雪強度 $2.0\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hr}^{-1}$ （時間降雪深4cm、日降雪深60cm）の場合は約8時間後に雪崩が発生し、それ以下の降雪強度では発生しないことを示している。

この結果を確かめるために、新潟県下の雪崩について日降雪深別の雪崩発生頻度分布を調べた（図2）。その分布は三つの山をもち、一番左の山は全層雪崩、3番

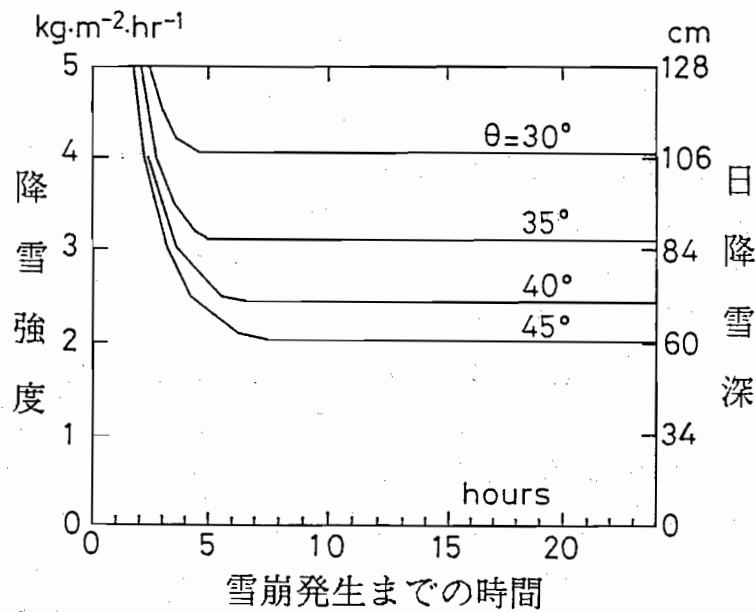


図1. 降雪強度と雪崩発生までの時間
初期密度 $\rho_0=50\text{kg/m}^3$, θ : 斜面傾斜角

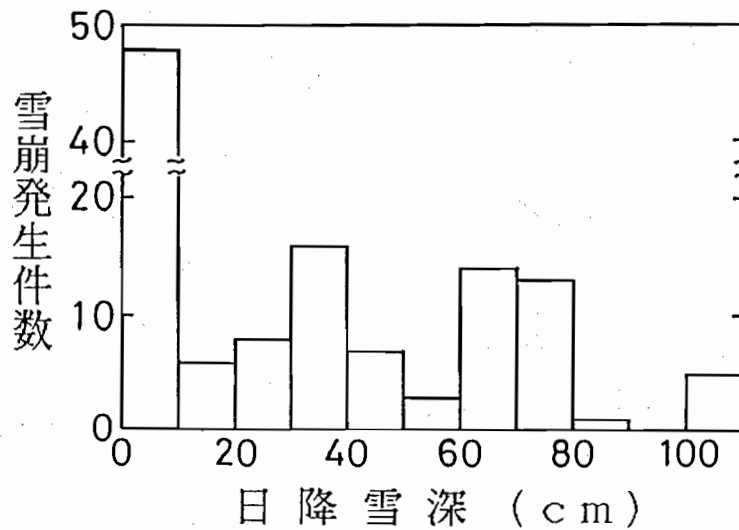


図2. 雪崩発生当日の日降雪深と雪崩発生件数
1984-90年の新潟県下の雪崩についての調査結果

目の山は乾雪表層雪崩によるものと考えられた。乾雪表層雪崩の山が日降雪深60～80cmのところに存在することは、図1の計算結果の妥当性を示すものである。また、1989年2月末に国道17号の各地で頻発した乾雪表層雪崩は、時間降雪深6～7cm（降雪強度約 $3\text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hr}^{-1}$ ）以上の降雪が3～5時間続いた後に発生したが、これも計算結果と一致している。これらの結果から、「ドカ雪」時の雪崩の発生は降水量の測定から予知できると考えられる。

降雪の深さを測る方法

上記の予知では新雪の初期密度は一定とし、融雪は起こらないとして取り扱っているが、新雪の初期密度は、雪の結晶の形や気温、風速などによって大きく異なり、かつ雪崩発生に大きな影響を及ぼす。したがって、いろいろな気象条件に対応するには新雪の初期密度を知る必要がある。

新雪の初期密度は、(降雪量/降雪深)で求められるが、降雪深(ある時間の間に降り積もった雪の深さ)を自動計測する装置は実用化されていない。降雪深の測定は、普通、積雪板と呼ばれる白い板を雪面に置き、その上に積もった雪の深さを測定し求められる。測定後は、次の測定のため雪を取り除き、再び雪面に置かれる。このような人手による作業のため、気象庁ではアメダスの設置に伴い日降雪深の測定を取り止め、それに代わるものとして自動積雪深計による積雪深の1日の増加量(日積雪深差)を公表している。しかし、誤差が大きく実用的にはほとんど役にたっていない。

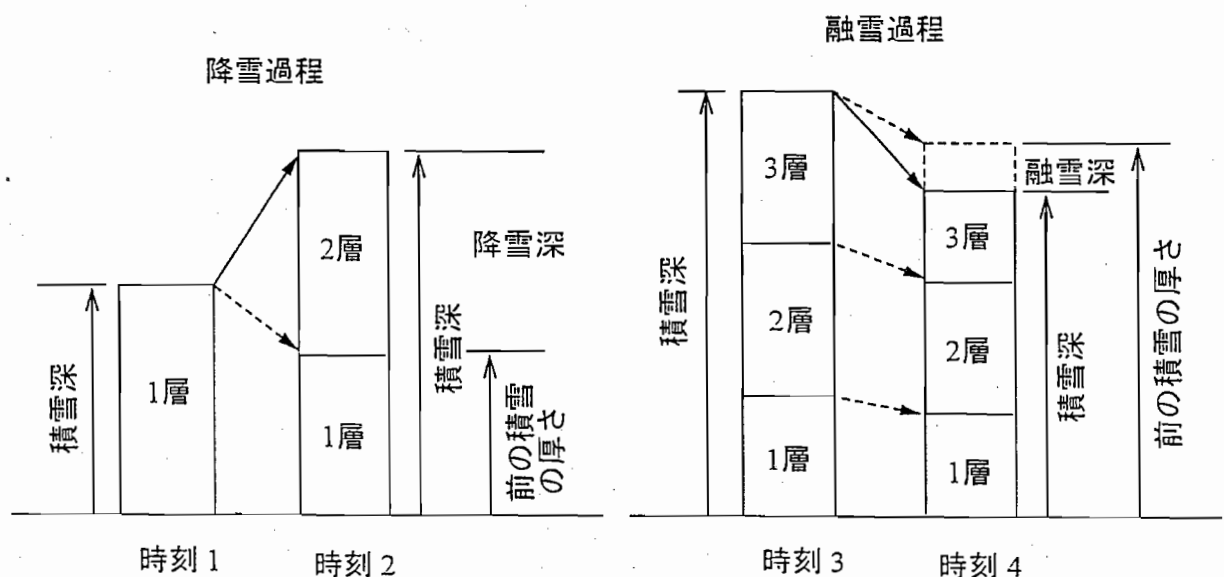


図3. 降雪深及び融雪深の求め方

降雪(融雪)深 = (現在の積雪深) - (前の時刻の積雪の現在の厚さ)

積雪は非常に圧縮されやすく、自分自身の重さやその上に積もった積雪の重さで容易に縮む性質を持っている。このため積雪深の増加量はその間に積もった降雪深より常に小さく、積雪深の減少量は雪面で融けた雪の深さより常に大きい。図3から分かるように、積雪深を利用して、降雪(融雪)深を求めるためには、前の時刻の積雪が圧縮によってどれだけ縮むかを知る必要がある。すなわち、

降雪(融雪)深 = (現在の積雪深) - (圧縮による前の時刻の積雪の現在の厚さ)

である。積雪を幾つかの層に分割すると、圧縮による各層の厚さは、その層とその層上に載っていた積雪各層の重さが分かれば計算可能である。また、各層の重さは降水量と、上式の融雪深から求められる融雪量とその浸透の仕方が分かれば求められる。従って、積雪深と降水量のデータがあれば、各積雪層の重さ、厚さ、密度、含水率等が計算でき、降雪深、融雪深、融雪量が求められることになる。

そこで、超音波積雪深計と溢水式雨雪量計で計測されたデータを毎正時に取り込み、1時間単位で区切られ各層の重さや厚さ等を計算し、毎正時に時間降雪深、毎朝9時に日降雪深を計算・表示するシステムを作製し、新潟県の豪雪地・十日町試験地で実験を繰り返した。十日町試験地の真冬の平均気温は0℃で、昼間は融雪の起こる環境にある。

推定した降雪深や密度の精度

図4は、このシステムで求めた日降雪深と観測値の日変化を示したもので、推定値と観測値はよい一致を示している。3冬期にわたる測定結果から求めた標準誤差は1.7cm、最大は約±5.0cm(図5)で、このシステムは降雪深自動計測システムとして実用に供することができると考えられた。降雪深は、道路等の除雪作業や融雪装置の運転制御、雪崩等の雪害対策には欠かせない情報で、これらの作業を迅速かつ効率的・経済的に行うために役立つと考えられる。

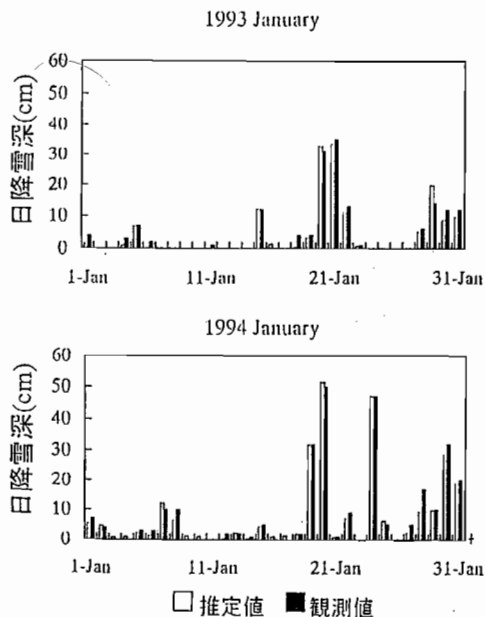


図4. 日降雪深の観測値と推定値の日変化(1月)

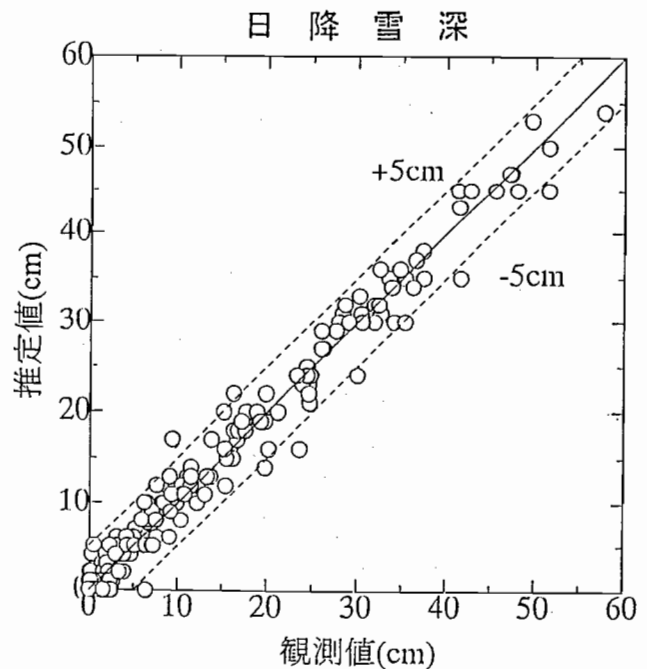


図5. 日降雪深の観測値と推定値の比較(3冬期分)

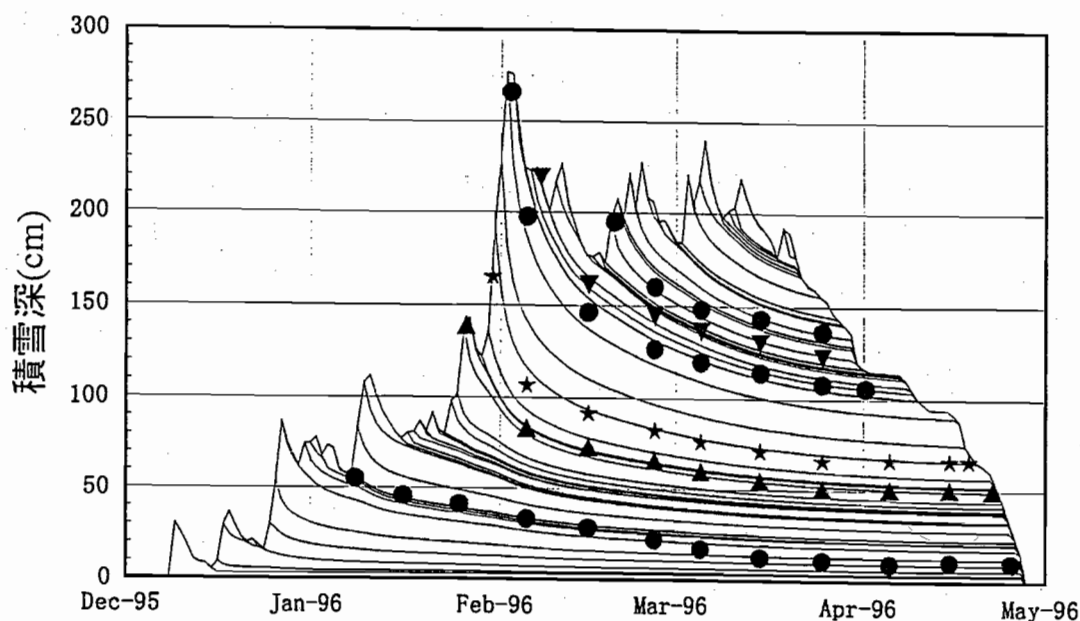


図6. 積雪深と各積雪層の地上高の日変化（沈降曲線）
実線：推定値 ●, ▲, ★, ▼：観測値

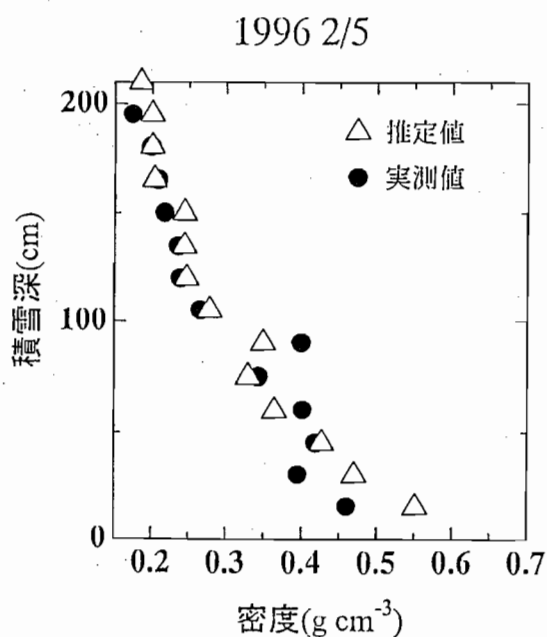


図7. 密度の鉛直分布（1996年2月5日）

図6に1996年冬の積雪深とこのシステムで計算された各積雪層の地上高の時間変化を、図7に1996年2月5日の積雪密度の鉛直分布を示した。これらの結果は、積雪各層の諸量がほぼ正確に推定できていることを物語っている。今冬から、このシステムを雪崩の発生現場近くに設置し、実際の雪崩の発生との関係を調べることにしている。

今度の課題一雪質・弱層の推定

表層雪崩予知の次のステップとしては、「しもざらめ雪」や「ぬれざらめ雪」等の弱層に起因する雪崩の発生予知が必要になる。これまでの研究によると、「しもざらめ雪」は、雪温が 0°C 以下で積雪の上下方向の温度差（温度勾配）の大きいところで形成され、「ざらめ雪」は積雪の融解・凍結や長時間水分を含むことによって形成される。したがって、雪温や気温の鉛直分布の測定によって、雪質や弱層の推定は可能であると考えている。

ブナの実の豊作は数年に1回、全国で同時

—これは本当か？—

東北支所 育林技術研究室 正木 隆

はじめに

古くからいわれているように、ブナの実の豊作は数年に1回おとすれ、しかも広い範囲で同調する。これは日頃山を観ていれば、なんとなく感じることである。しかし、この現象を空間的・時間的にきちんと解析した研究例は意外に少ない。ブナの実の豊作は何年おきに起こるのか、どのくらいの範囲で同調するのか、もしそうになっているのなら、そのメカニズムはどうなっているのか？ 問題はほとんど未解決のままなのである。

もしこれらの問題を解決することができれば、ブナの結実の予測が技術的に可能になるかもしれない。そうすれば、適切な天然更新や野生動物の保護管理を図る上で、非常に有効な情報となるはずである。そこで我々は、まずはブナの結実現象の実態を把握することから始めた。

現在までの研究成果

ブナの結実周期を論じた研究報告は、渡辺（1938）が初めてであろう。渡辺はこれの中で、1915～1934年の青森営林局管内と秋田営林局管内のブナの結実を豊作・並作・凶作の3段階で評価して調べ、その結果からブナの豊作は7年おきであると述べている。

また、樫村（1952）はやはり青森・秋田両営林局管内のブナの豊凶を営林署ごとに5段階で記録して結果を分析し、豊作は4～6年の周期であることを指摘している。樫村の論文には営林署ごとの豊凶データが掲載されているが、それを見ると、青森営林局管内全体で同時に豊作が観察されたのは、23年間のうち3回で、それ以外は営林署間で豊・並・凶が同調する傾向はみられず、パターンはバラバラである。

以上のような研究例を前田（1988）がまとめた結果、ブナの豊作は5～7年の間隔で現れ、全国一斉に同調する傾向があるものの、間隔は3～8年でばらつき、地域的なずれもみられる、ということになるようだ。しかし、これを素直に受け取ると、ブナの豊凶は一定周期で起こるというよりも、不規則に生じると考えた方がいいのではないか、という気がしてくる。

現在の取り組み

現在、東北全体でのブナの結実状況は上記の研究よりも細かいスケールで調べられている。檜村の研究は営林署単位（17か所）での調査であったが、1989年以来、青森営林局・秋田営林局において、森林事務所単位（170～320箇所）で「ブナの結実状況」が調査されているのである。その結果は毎年、森林総合研究所東北支所に送られてきており、ブナの結実実態の解析に用いられている。ここでは開始以来1995年までの7年分を解析した結果について紹介したい（図1）。

豊作は同調するか？

調査した7年間では、各観測箇所ごとに1～3回の豊作がみられた。例えば津軽半島では1989、1992、1995年に豊作が観測された。一方、北上山地で豊作が観測されたのは1995年だけであった。このように、ブナの豊作の周期は観測箇所ごとに2～7年であることがみえてきた。

それでは、地域的な同調はどうであろうか？ 調査した7年間では、東北全体でブナの豊作が同調することはなかった。1995年はイイ線いていたといえるが、秋田の北部などで無結実や凶作のエリアが存在する。また、1995年は太平洋側ではブナはほとんど結実しなかったらしい。このことから、全国はおろか、東北地方レベルでも豊作が一気に起こるということは、どうもあやしいことに思えてくる。

一方、ある範囲内での豊作の同調は観測された。図1をみると、◎、○、△、×はお互いに混じり合うのではなく、同じ記号同士まとまっている傾向がみられる。しかし、この「まとまり」が豊作の同調するエリアとして固定されているかという、そうでもない。例えば十和田湖の北部では、1989年と1990年で豊作のエリアと凶作のエリアが局所的に分離して観測されたが、1991年の凶作以降はこの二つのエリアは同調している。

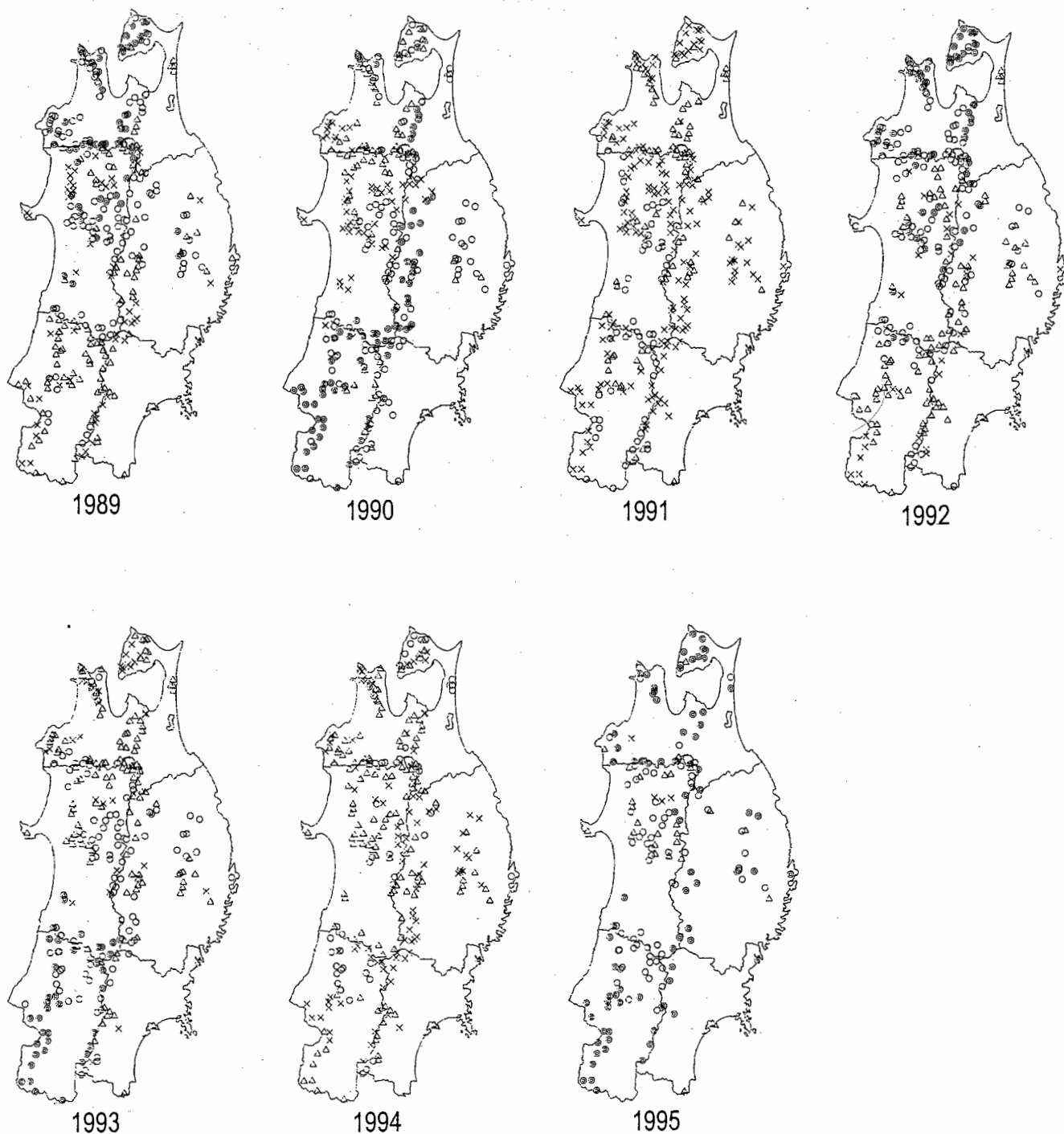


図1. 1989～1995年の東北地方におけるブナの結実状況
 豊・並・凶は結実個体の割合・個体ごとの結実量などから総合的に判定した。
 ◎：豊作 ○：並作 △：凶作 ×：無結実

これから

以上のように、東北地方のブナの結実のパターンが、少しずつではあるが見えてきたような気がする。しかし、まだまだメカニズムを解明するには程遠い段階である。現在までの研究成果では、ブナの結実の多少には種子加害昆虫が強く関与していること、ブナの花芽形成の周期性や空間的同調性は物質生産の面から説明が可能であること、などが指摘されている。いろんな要因が複雑に絡み合って、ブナの結実のパターンが形成されていることは確かなようである。

ブナの結実をめぐる問題の解明のためにも、「ブナの結実状況調査」は重要であり、長期的に継続する必要がある。しかし、森林事務所の統廃合で、調査ポイントの数が減ってきていることが気掛かりである。それは1989年と1995年の図を見比べてみればわかる。現時点では、まだ調査のキメ細かさが十分に維持されているが、これ以上精度が粗くなることは・・・あまり嬉しくない。広域でこれだけの調査を行えるのは、多数の森林事務所があるからこそ、であり、ブナの結実の調査システムがこれからも末長く維持されていくことを望んでやまない。

参考文献

- 渡辺福寿. 1938. ぶな林の研究. 興林会.
檜村大助. 1952. ブナ種子結実の豊凶について. 青森林友, 44.
前田禎三. 1988. ブナの更新特性と天然更新技術に関する研究. 宇都宮大農学部学術報告.
正木隆. 1995. ブナ種子の豊凶メカニズムの解明に向けて. 森林総研支所たより, 404.

西日本の二ホンシカは今 —兵庫県を例として—

関西支所 鳥獣研究室 北原 英治

はじめに

人々が農林業を営むに至るまでは野生動物による被害は生じなかったが、農林業の技術的な高度化や集約化に伴いこれらによる被害が急速に増大した。特に、人工林化が著しい西日本にあっては野生動物の生息環境の改変などから、孤立個体群の保全問題と併せて、被害防除にかかわる問題が浮かび上がっている。

ここでは、特に二ホンシカ（以下シカに）による農林業被害が深刻な兵庫県における現状と取り組みを紹介して、我が国におけるシカ問題を考察する。

農林業被害の現状

シカによる兵庫県での農林業被害は、昭和50年代の初めから中国山地を中心に県内各地で顕在化し、この時点で17百万円であったものが、5年後には394百万円へと激増し、さらに昭和60年代には666百万円に達し、平成8年の537百万円まで横這い状況になっている。このうち、80～90%が林業被害が占めていて、林業被害は新植地のスギ・ヒノキで枝葉や樹皮が採食されている。また、最近では40年生以上の人工林で伐期直前の大径木が剥皮採食される被害が発生し、材質や材価への影響が危惧される事態となっている。

二ホンシカの生息状況

シカの生息状況を見てみると、昭和31年では約500頭であった年間の狩猟数がその後直線的に増加して昭和61年では約3,300頭にまで達した。兵庫県でシカ被害が最も深刻になったこの時期（昭和59～61年）に聞き取りと現地調査（区画法と糞粒法を併用）を実施し、約10,000頭の生息を推定した。さらに、5年後の平成2年にはほぼ

同じ調査法により約15,000頭（生息密度0.8～19.9頭/km²，平均9.6頭/km²）の生息を推定した。これらの結果によると，シカは兵庫県内の約2/3の地域に生息し，昭和53年の自然環境保全基礎調査（環境庁）と比べてみると県北部の日本海側へ分布域を広げていることが分かった。

個体数管理とモニタリング

兵庫県では平成3年に策定された「野生シカ管理指針」において科学的な個体数管理の考え方が示され，個体数の動向調査（モニタリング）が重視された。その関連からシカの捕獲個体の回収と分析が開始された。シカ被害対策の一環として毎年2～3月に出勤日を指定して一斉駆除を平成5年まで実施してきた（平成6年以降は通年の有害駆除で）。それぞれの出勤日の出勤員数と捕獲数は県農林事務所と町役場によって正確に記録され，シカを捕獲した駆除員は捕獲の年月日と場所，シカの性別，胎児の有無などを調査票に記入し，第1切歯とともに提出することになっている（図1）。

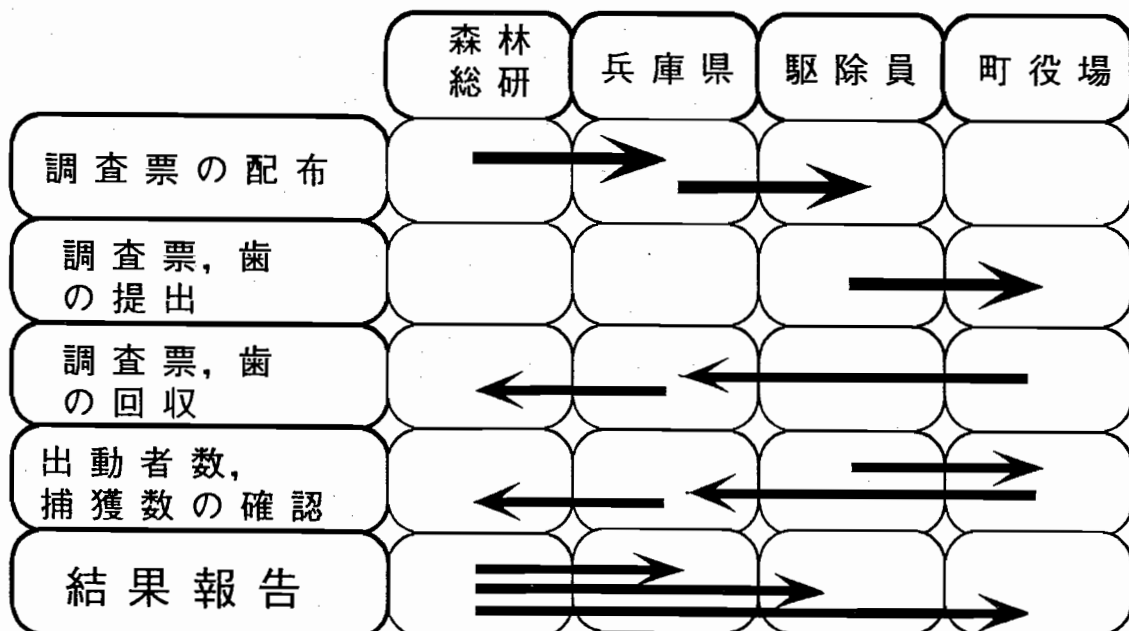


図1. 調査の方法

個体数の変動

地域の個体数の指標としては捕獲成功率が上げられる。これは総捕獲数を延べ出動員数で割った値であり、個体数との間には非常に高い相関が報告されている。これを用いて、兵庫県北部の南但馬地方のシカ個体数の変動を復元してみると、オスの個体数は隔年毎に増加と減少を繰り返す不安定な変化を示した（図2）。これは、この地域の年間オス捕獲数の増減がオスの個体数を左右するレベルに達していることを示している。一方、メスでは個体数の増加傾向を示し、妊娠率の低下や死亡率の上昇の兆候も見られなかったことから、それぞれの年度における捕獲数のレベルではメスの個体数を調整出来ないと考えられた（図3）。また、昭和63年から平成2年までのメス360個体における年齢別個体の妊娠率も極めて高かった（図4）。

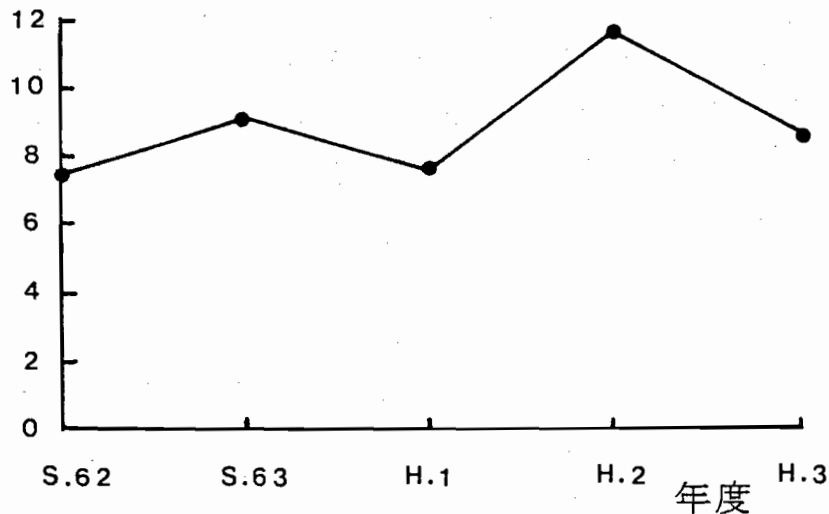


図2. オスの捕獲成功率 (%) の年次変化

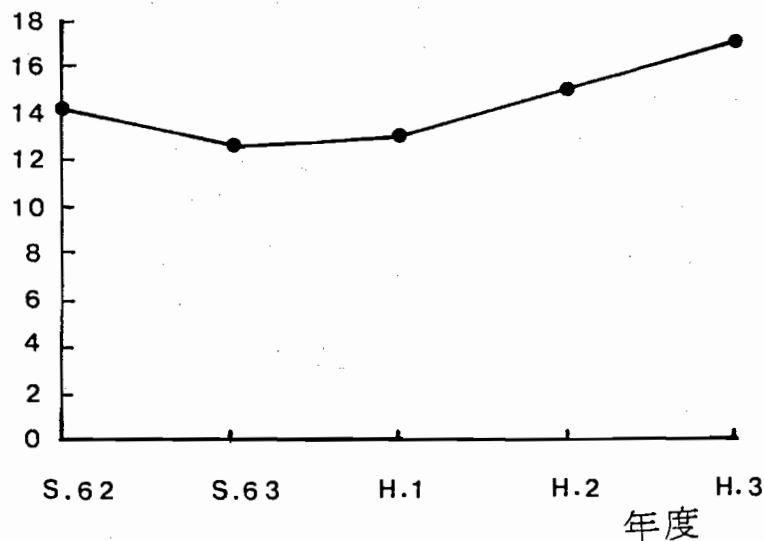


図3. メスの捕獲成功率 (%) の年次変化

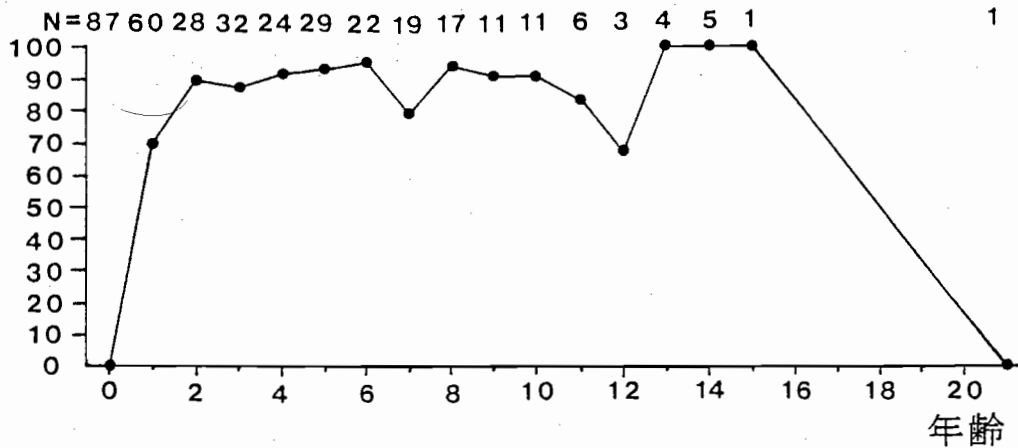


図4. 年齢別の妊娠率(%, N=解析個体数)

従って、この地域のシカ個体数管理の目的を「個体数増加の抑制と狩猟獣としてのオス利用」に求めるのであれば、メスの捕獲数を増やし、オスの捕獲については捕獲頭数の上限を設定するような施策が必要になると考えられた。

おわりに

捕獲個体の調査結果を基に生息数を推定するには先ず多くの基礎的な資料の蓄積が必要だが、総捕獲数、延べ出動員数、捕獲個体の性比、年齢構成などが得られればある程度生息数の変動状況を把握することが可能である。兵庫県における捕獲個体の回収システムでは、すでに有害鳥獣駆除個体も調査対象としており、高い回収率で資料が蓄積されつつある。今後の方向として一般狩猟による捕獲についても同様の調査が可能となれば、より精度の高い個体数管理が実施されるであろう。さらにはこの捕獲個体の回収・分析システムの定着化は全国規模でも考えるべき時期にきていると考える。

大断面材の乾燥

—こんな乾燥は出来ないだろうか？の夢に挑戦—

木材利用部 加工技術科長 久田 卓興

はじめに

「こんなものは乾燥できないでしょうか？どうしたら出来るでしょうか？」といった相談を多く受ける。この研究のいくつかはこうした相談に端を発している。樹心を含む木材でも割れずに乾燥できないか、丸太のまま乾燥してそれから製材すれば能率的ではないか、これまでは何年もかけてじっくり乾燥していたが何とか早く乾かせないか、などその要望は多様である。

そこで、こうした機会をとらえ、民間企業等から試験材の提供を受けながら研究を進めた結果、従来不可能であった問題を解決するいくつかの新しい技術を見つけ出すことができた。一方、我が国の人工林は年々成長し、次第に直径の大きな木材が多くなり、その有効利用が求められている。こうした背景から、大断面の木材を割れなく乾燥する技術の開発に取り組んだ。

乾燥割れの発生原因とその防止策

乾燥割れは木材の表面あるいは木口部分のみが先行して乾燥することによって発生するが、このほかに木材の持つ収縮異方性に起因するものがある。輪切り円盤や丸太が割れるのは後者、すなわち接線方向の収縮が半径方向よりも大きいことが原因で、これを割れなく乾燥することは困難とされていた。断面の大きな木材や心持ち材を割れなく乾燥するには、材の内外の含水率差を少なくして乾燥することと、木材の収縮異方性を何らかの方法で人為的に変えてやる必要がある。木材の収縮は熱と力の作用によって大きく変化することが知られており、この性質を有効に活用することが乾燥割れ防止のポイントである。

スギ大断面製材の乾燥

梁、桁などに使われる大断面の製材は、これまで人工乾燥して使う例はほとんどなく、天然乾燥で長い間放置するか、あるいは未乾燥のまま使って、後で自然に乾燥させていく方法が一般的であった。しかし、このような材には1～2年もすると大きな割れが発生し、大変見苦しい状態になっていることが多い。このため、最近はこのような材には集成材が多く用いられるようになった。

スギなどの国産針葉樹材の主たる用途は構造用の柱で、これに適する材は末口径が14～18cm、あるいは柱が2本以上取れる30cm以上の材である。20～28cmの材は中目材と呼ばれ、太すぎて良質な柱材が取れないため、用途が限られている。そこで、スギ中目材の用途開発の一つとして、これらの材から取れる断面の大きな製材品を割れずに乾燥し、梁、桁材として利用することを検討した。

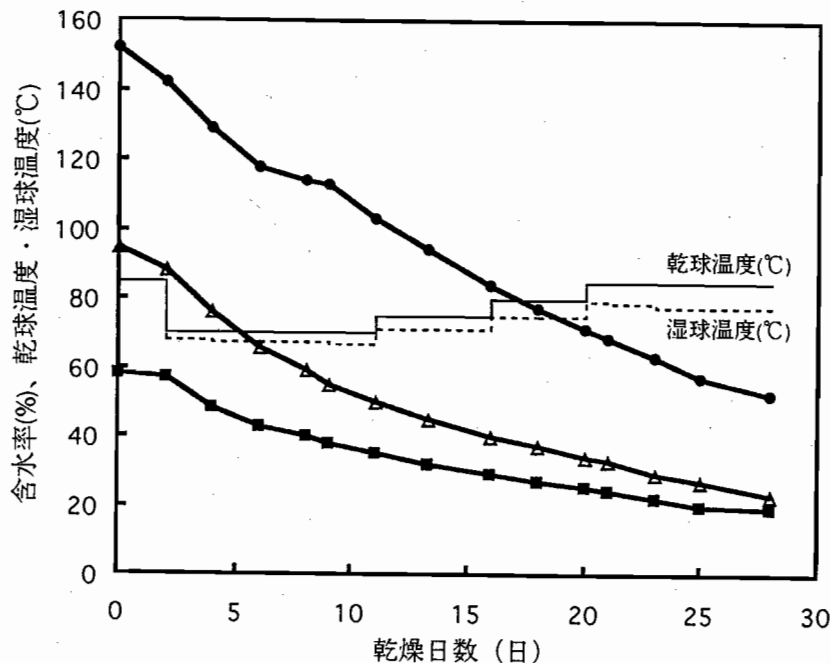


図1. 熱風乾燥による大断面製材の乾燥経過
(スギ 15×24cm, 心持ち材)

乾燥方法として一般の熱風乾燥と高周波加熱式減圧乾燥の二つを取り上げたが、最終的にはいずれの方法でも割れのきわめて少ない乾燥材を作ること成功した。試験結果とそれから得られた適正処理条件を図1、図2、表1に示す。どちらも乾燥初期にかなり長時間の加熱処理を行っているが、これは別途行った円盤材の割れ防止試験で得られた成果を活用したもので、この処理により材内の応力状態に変化が生じ、これが割れ防止に有効に作用していると考えられる。表2はこれらの乾燥方法による乾燥経費（直接費のみ）を試算したものであるが、集成材よりは安い価格で乾燥した梁、桁材を生産することが可能と考えられる。

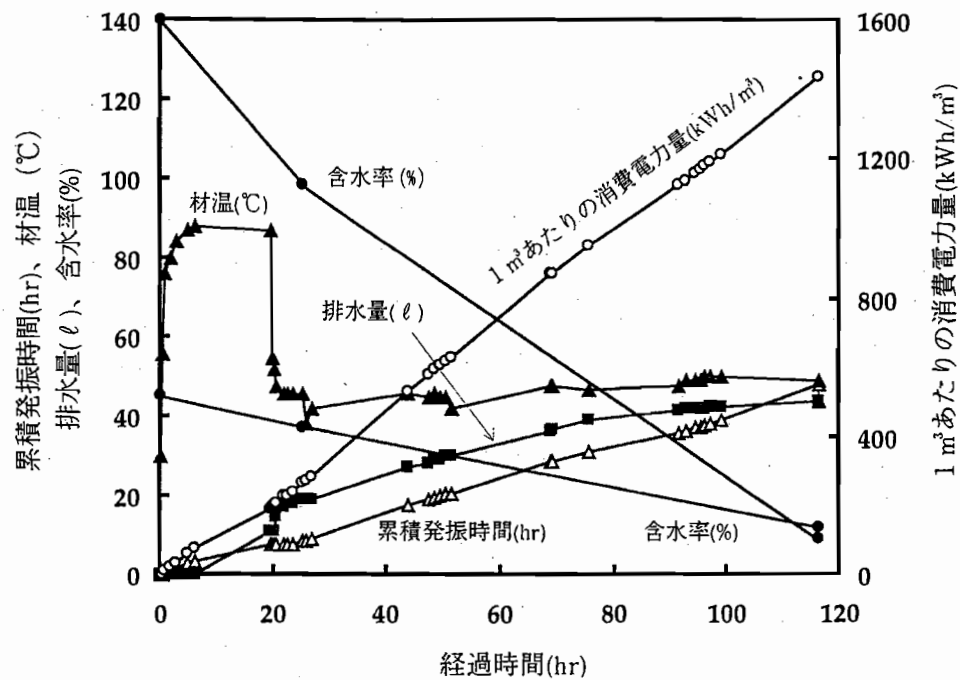


図2. 高周波加熱・減圧乾燥による大断面製材の乾燥経過
(スギ 15×24cm, 心持ち材)

表1. 大断面のスギ心持ち材の割れ防止が可能な乾燥処理条件

乾燥方式	初期加熱	乾燥条件	乾燥時間
熱風乾燥	85～90℃ 48hr	初期 70～75℃ (WBD 2℃) 末期 85～90℃ (WBD 10℃)	30～50日
高周波加熱式 減圧乾燥 (ビニール被覆)	90℃以上 20hr	圧力 70torr 初期 45℃ 末期 52℃	3～5日

スギ：厚さ15cm、幅24cm

表2. 大断面のスギ心持ち材の乾燥経費（直接費のみ）の試算

乾燥方式	乾燥日数	項目	金額（円/m³）
熱風乾燥	40日	設備費	6,073
		人件費	2,000
		直接費	13,567
		合計	21,640
高周波加熱式 減圧乾燥	4日	設備費	6,268
		人件費	714
		直接費	17,338
		合計	24,320

算定基礎：熱風乾燥機（40m³）1500万円。

高周波加熱式減圧乾燥機（15m³）4500万円。

重油 35円/ℓ、電気代 19円/kWh

丸太に近いタイコ材の乾燥

中目材の利用法として別の観点から原木に近い状態で乾燥し、材の中央部分からは梁、桁材を、また、外側からは乾燥した板材を木取って、これを集成材用のラミナとして利用する方法を検討した。タイコ挽き材を高周波加熱・減圧法で乾燥するもの（図3右上）で、処理方法は表1とほぼ同様である。樹皮が付いているためビニール被覆が不要な点がメリットである。この方法は、節の部分は梁、桁材の内部に含んだまま利用し、節のない外側の強度的に強い部分のみを集成材ラミナとして利用するため、歩止まりが高く、乾燥コストを十分吸収できる可能性がある。また、ログハウス用材の乾燥としても利用することが可能で、これによりセトリング（乾燥による収縮を見込んだ設計）の悩みから解放される。

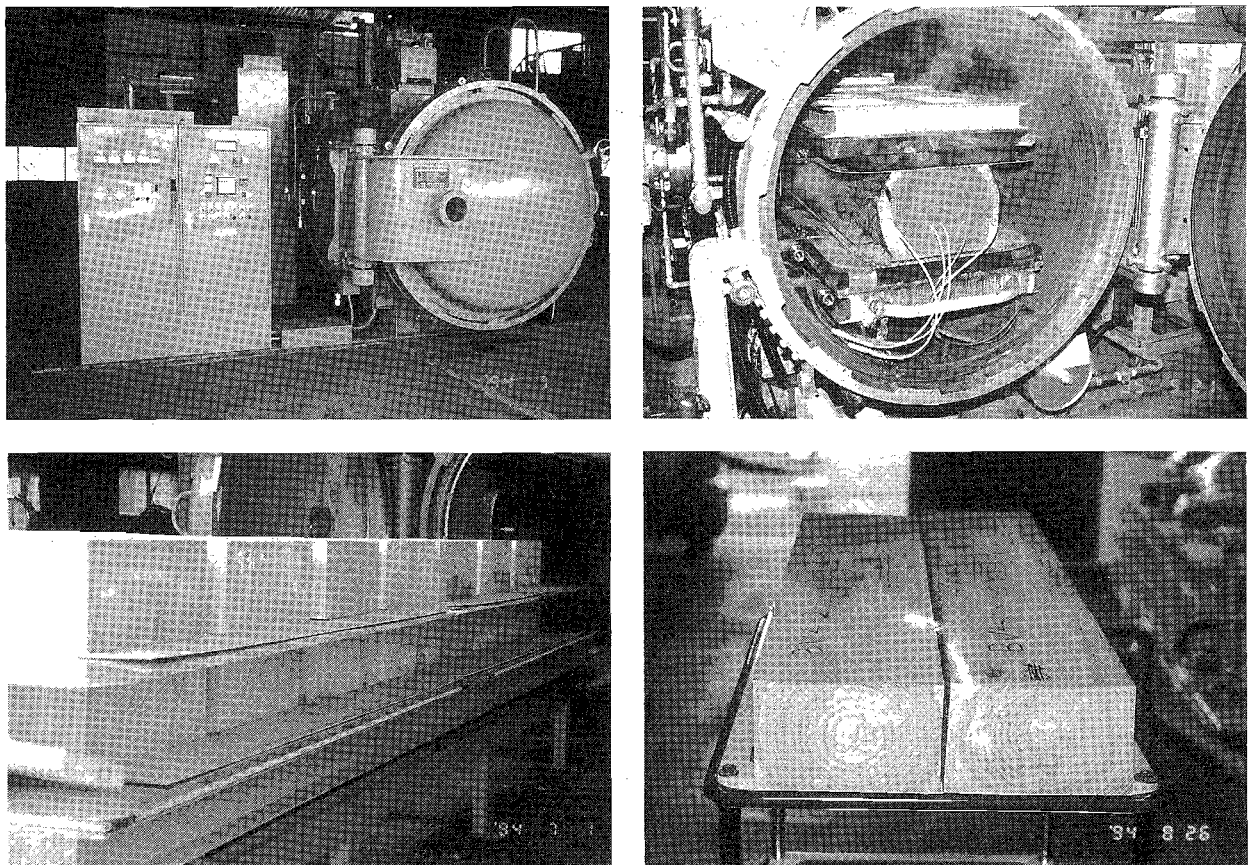


図3. 高周波加熱・減圧法による大断面材の乾燥
 (左上段：乾燥装置) (右上段：タイコ挽き材)
 (左下段：カヤ碁盤材) (右下段：スギ大断面製材)

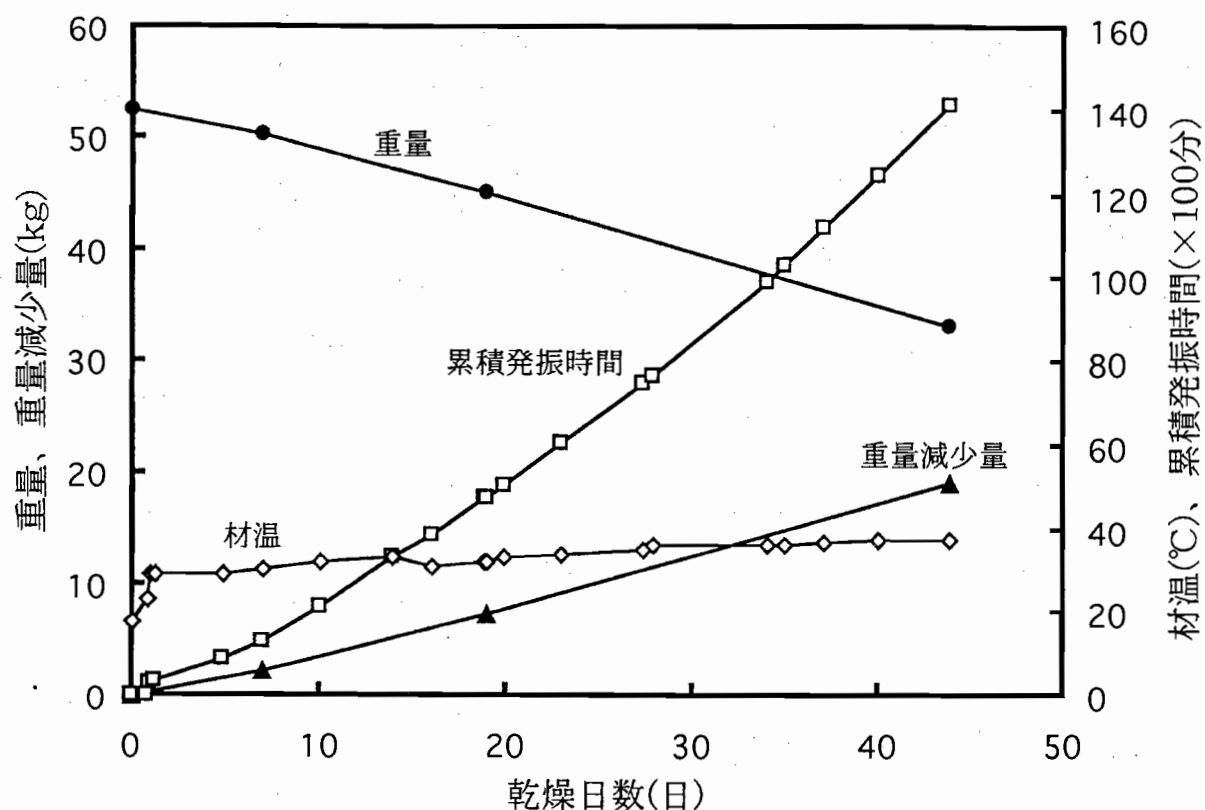


図4. カヤ基盤用材の乾燥経過 (厚さ23cm, 高周波加熱式減圧乾燥)

カヤ基盤材やケヤキ柱材など特殊な用途への応用

カヤ基盤材やケヤキの柱材は、いずれも乾燥が難しい材として知られ、原木状態であるいは製材してから何年も寝かせて、じっくり乾燥する方法が取られてきた。スギ大断面材を割れなく乾燥する技術の応用として、これらの材の乾燥に取り組んだが、乾燥がさらに難しいだけにこの過程で得られた微妙な制御技術は、難乾燥材の乾燥技術の向上に大いに役立った。図4は厚さ23cmのカヤ材の乾燥試験結果である。この例では含水率がまだ35%くらいあるが、さらに低くすることは可能で、現在では実用乾燥法として2～3か月で運転が行われている。

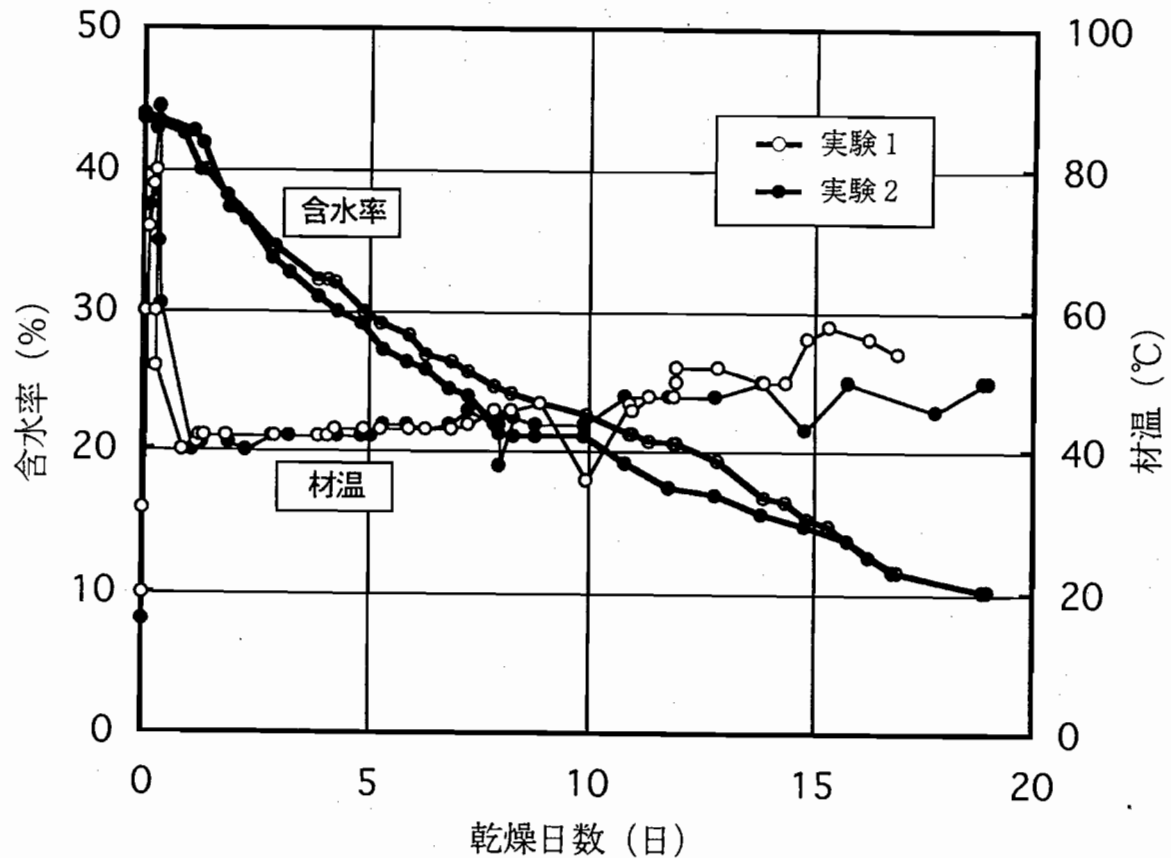


図5. ケヤキ柱材の乾燥経過 (18×25cm, 高周波加熱式減圧乾燥)

ケヤキの柱材では乾燥初期の高温高湿の熱処理が有効で、これがケヤキ材の成長応力の除去に有効に作用したものと考えられる。高周波加熱・減圧法により、断面18×25cmの角材を約17日で含水率11%まで乾燥することができた(図5)。

おわりに

断面の大きな木材や心持ち材を割れなく乾燥する技術は、木材乾燥の昔からの夢であった。従来は不可能と考えられていたことが、徐々にではあるが実現可能になってきている。この研究のきっかけは、ある日突然持ち込まれた何樹種かの輪切りの円盤であった。これを割れなく乾燥して、木口を出した壁面材として利用したいとの希望であった。カヤ材、ケヤキ材も同様にひよんなきっかけから持ち込まれたものである。図らずもこうした経験の重なりが難乾燥材の乾燥技術の進歩につながっている。この人達との出会いがあったればこそと感謝している。