

5. モデルエリアの森林調査

5. 1 土壌調査

(1) 土壌調査の方法

モデルエリアについて、試孔を掘り、森林土壌断面の形態的特徴を調べる土壌調査を行った。

土壌断面の記載は、FAOの方法¹⁾に準拠して行った。なお、山中式土壌硬度計および土壌酸度計による測定値を併記した。土壌の類別は、FAO-Unescoの定義²⁾に基づいて行った。

約 200の簡易試孔によって土壌分布の特性を把握し、縮尺1/25,000の土壌図を作成した。アクセスの悪い奥地については、航空写真によって地形や植被を判読し、それらの特徴から土壌の種類を推定し、図化した。

(2) 土壌の種類と性状

記載した20の代表土壌断面のうち、典型的な形態を有するものの記載は、付属資料8に掲げ、以下、各土壌単位の性状について述べる。

1) ディストリック・カムピソル

これは山地急斜面に優占する土壌で、モンゴル国では *Derno- Forest Soils* と呼ばれている。その多くは花崗岩類、閃緑岩類などの基岩風化物やその崩落堆積物に由来する。

この土壌は厚さ3~5cmのO層（主にFH層）、黒褐色ないし暗褐色の薄いA層（8~10cm）、褐色のB層（20~35cm）をもっている。一般にシルト質であるが、山頂緩斜面では埴質なものもあり、また崩積土には砂質なものもある。pHはほぼ5台である。11月頃から翌年5月にかけて土壌凍結がある。

この土壌単位の中には、B層が弱い鉄錆色を呈するものがあつた。これは微弱なポドゾル化作用の結果と判断されたが、明瞭なポドゾル性土壌は認められなかつた。

この土壌には、コウアンシラカンバを伴ったヨーロッパアカマツとシベリアカラマツの混交林が成立している。シベリアカラマツの混交は海拔約850mから始まり、海拔高の増加とともにシベリアカラマツの優占する林分（時には純林）に移行する。林床には大型の草本類が比較的少なく、エゾムラサキツツジ、シモツケ類、イバラ類、コケモモ、

1) FAO : *Guidelines for Soil Profile Description, Second edition (1977)*

2) FAO - Unesco : *Soil Map of the World, vol. 1, Revised legend (1990)*

Calamagrostis spp.、スゲ類、イチャクソウ類、マイヅルソウなどが主に見られた。局部的にコケで厚く覆われた部分では、天然生の稚幼樹の多くが枯死していた。

2) ヒューミック・カムビソル

前掲のディストリックカムビソルが主として凸形急斜面に優占しているのに対し、この土壤は凹形急斜面に見られた。これもモンゴル国では *Derno- Forest Soils* と呼ばれており、その中の“*A*層の厚いタイプ”に位置づけされている。

この土壤はアムブリック*A*層（黒褐色で厚く、酸性）をもつことを除けば、層位の配列、土性、構造その他の形態的特徴はディストリックカムビソルと似ており、日本の適潤性褐色森林土に近い。

この土壤における林木の成長はディストリックカムビソルにおけるよりも良い。林床には大型の草本が多く見られた。

3) ハブリック・カスタノゼム

調査地域で認められたカスタノゼムは暗褐色の*A*層が発達しており、モンゴル国ではこれを *Dark Kastanozems* と呼んでいる。しかし *FAO-Unesco* 法では*A*層の土色の明暗によるカスタノゼムの細分は行わない。

この土壤は山麓緩斜面や沖積錐の代表的土壤であり、また山腹や稜線の緩斜面でも認められた。草原、疎林、比較的若いコウアンシラカンバ林、あるいはコウアンシラカンバとヨーロッパアカマツの混交林（コウアンシラカンバ優占）などで認められたが、ヨーロッパアカマツやシベリアカラマツの極相林下ではほとんど認められなかった。

草原や疎林におけるこの土壤は、*O*層がほとんど発達していない。暗褐色の*A*層は厚く（30~40cm）、軟粒状構造または粒状構造が発達している。褐色の*B*層は厚さ20~30cmで塊状構造あるいは堅果状構造が発達している。沖積錐においては*B*層を欠く場合がある。

一方、森林下のこの土壤は厚さ約2cmの*O*層をもち、またその多くは厚さ約10cmの*Au1*層をもっていた。これは乾燥草原の土壤であるカスタノゼムが林木の侵入によって、表層部に森林の影響が現れたためであろう。下層に CaCO_3 の析出は認められなかったが、*pH*は高く6台である。冬期に土壤は凍結する。

この土壤には、草原や疎林の場合には *Stipa* spp., *Poa* spp., *Calamagrostis* spp. などが優占している。しかしコウアンシラカンバ林やコウアンシラカンバ・ヨーロッパアカマツ混交林の場合にはシモツケ類、イバラ類などの灌木のほか、アマドコロ、*Scabiosa* spp., *Thalictrum* spp. などの大型の草本の混生が見られた。

4) ハプリック・アレノソル

これは砂質堆積物に由来する土壌であり、モンゴル国でいう *Derno-forest Sandy Soils* に、また日本の砂質未熟土に相当する。なお、この土壌は当初 (1974) はレゴソル群に含まれていたが、現在 (1990以降) ではアレノソル群に位置づけされている。

母材となっている砂の堆積層は極めて厚く、オルホン川流域の海拔約 850m 以下において高位段丘を形成しており、ホンド周辺にも広く分布している。モデルエリア 1 のほぼ北半分の波状地は、この砂層で構成されているが、モデルエリア 2 では、この砂層は西北側に極めて僅か残されているに過ぎない。砂は主に細砂から成り、極めて均質である。

この土壌の O 層は厚さ 3~5 cm で、F 層または F H 層である。鈣質土層は分化が極めて弱く、厚さ数 cm の黒褐色または暗褐色の A 層と黄褐色または褐色の C 層とからなるが、崖の上部では A 層を欠くこともある。pH は 6 台である。保水力は弱く、透水性は過良である。

この土壌は A 層の厚さなどによって 3 タイプに細分できた。これらは図-31 に示すように微起伏に対応して分布している。

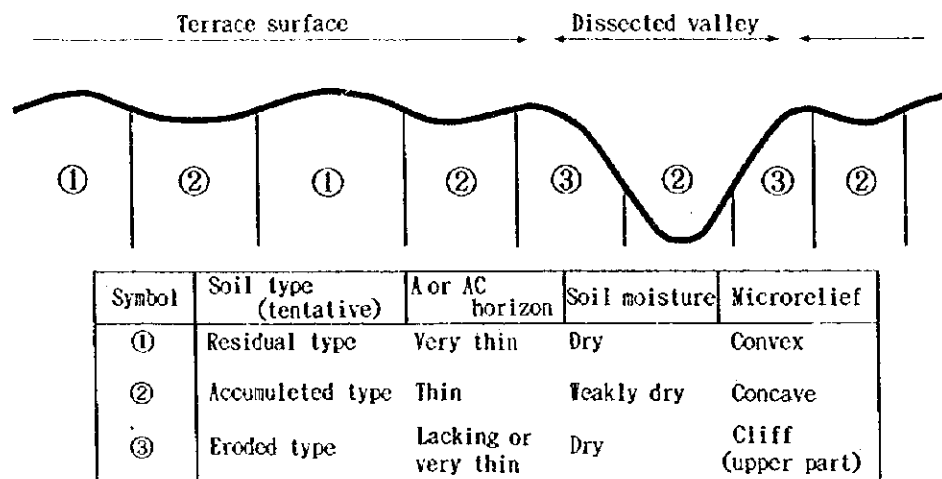


図-31 土壌型と微起伏の関係

この土壌にはヨーロッパアカマツ天然林が優占している。その多くは純林で、天然更新も極めて良い。立木密度の過密な林分が多く、樹幹はスリムである。コウアンシラカンバやヨーロッパヤマナラシの侵入を妨げている最大の要因は、土壌の養・水分不足にあると思われる。林床は貧弱で、大型の草本類が少なく、エゾムラサキツツジ、コケ

モモ、ハナゴケ類など貧栄養と乾燥に耐える植物が特徴的である。またハネガヤ類や *Calamagrostis* spp. などが見られたが、草丈は低く疎生している。

5) アムブリック・レプトソルとリシック・レプトソル

アムブリック・レプトソルは極めて礫質な土壌（FAO-Unesoの分類基準では細土が20%未満）で、断面は礫のみからなるように見える。

リシック・レプトソルは一般に岩屑土と呼ばれているもので土層は極めて薄い（FAO-Unesoの分類基準では深さ10cm以内に基岩層が出現）。

両土壌は急斜面山腹に混在しており、前者が主として急斜面下部や凹形急斜面に分布しているのに対し、後者は主に急斜面上部や凸形急斜面に現れる。

両土壌には森林が成立しておらず、一般に草丈の低い禾本科植物からなる草原となっており、シモツケ類、イバラ類、ニレ類が散生している。

6) アムブリック・フルビソル

これは現世の河川堆積物に由来する谷底平野の土壌であり、モンゴル国でいう *Alluvial Meadow Soils* に相当し、日本の農耕地土壌分類（1995）における褐色低地土あるいは灰色低地土に近い。

この土壌は一般に埴質であるが、山間の幅狭い谷底部では砂質あるいはシルト質であることが多い。普通厚さ10~15cmの黒褐色のA層と灰黄褐色の厚いC層から成り、A層直下に厚さ約30cmのAC層またはCA層を持つ場合が多い。また幾枚かの堆積層理や2A層、3A層をもつものもある。排水は悪く、かすかであるが橙色斑や灰色斑の認められるものがある。

この土壌には大型草本の密生する湿草原が成立しており、樹木の侵入を拒んでいる。しかし崖沿いなど局所的に排水の良い部分にはコウアンシラカンバやヨーロッパヤマナラシが侵入しており、また流路に沿ってヤナギ類のブッシュが連なっている。

(3) 図示単位と土壌の分布状態

土壌図作成に使用した図示単位は、土壌図の凡例に示すとおりである。以下、各図示単位について概説する。

1) 図示単位“C”（ディストリック・カムビソルとヒューミック・カムビソルとの土壌複合区）

アクセスなどの関係で、山地に優占するディストリック・カムビソルとヒューミック・カムビソルとを区別して図示することは困難であったため、両土壌の複合区として図示単位“C”を設定し、これを使用した。

面積構成比は前者が約75%、後者が約25%である。“C”はモデルエリア2の山腹急斜面に優占しているが、モデルエリア1では、南端の山地に認められるのみである。

2) 図示単位“K” (ハプリック・カスタノゼム)

図示単位“K”は主としてハプリック・カスタノゼムからなり、ヒューミック・カムピソルの小個体を含んでいる。“K”は山麓緩斜面や沖積錐に拡がっているが、モデルエリア2の北部の一部の山地では、山腹から稜線緩斜面にかけても認められた。

3) 図示単位“A” (ハプリック・アレノソルの土壤複合区)

ハプリック・アレノソルは、前述(図-31)のように3タイプに細分された。しかし、これらを個々に図示すれば煩雑で使いづらい土壤図になるので、これら3タイプを一括して土壤複合区“A”を設定した。

“A”はモデルエリア1の北半部を占める段丘面に広く分布しているが、モデルエリア2では西北隅の緩斜面に極めて僅か認められたに過ぎない。

4) 図示単位“L・C” (レプトソルとカムピソルとの土壤複合区)

“L・C”はジストリック・レプトソル、リシック・レプトソル、ジストリック・カムピソルからなる土壤複合区であり、3者の構成比は、ほぼ40%、30%、30%である。また大小の転石や基岩が地表に現れている。

“L・C”は後述の岩石地と同様に、モデルエリア2の南向き山腹の急斜面に多いが、モデルエリア1ではその分布は僅少である。

5) 図示単位“F” (アムブリック・フルビソル)

アムブリック・フルビソルの分布域には、グライソルの小個体や小さい沼沢地が局所的に混在している。これら混在部分は草種が異なるため、現地調査でも航空写真判読でも容易に判別できる。また、モリック・フルビソルやジストリック・フルビソルの小個体の混在も認められた。しかし、これら混在土壤は小個体で点在しているため、図示単位“F”に含めた。

“F”が大規模に拡がっているのは、モデルエリア2の西北隅の沖積低地である。また主要河川沿いの谷底部に細長く連らなっている。モデルエリア1では認められなかった。

6) 図示単位“R” (岩石地)

モデルエリア2では、北向き山腹の傾斜が緩く、かつ広い山麓緩斜面が発達しているのに対し、南向き山腹は極めて急峻で、至るところに岩石地が見られる。

岩石地は広狭さまざまであるが、航空写真判読と現地調査によって認められた比較的

規模の大きいものを“R”として図示した。“R”はモデルエリア2では全域にわたって認められたが、モデルエリア1では南緯稜線にわずか認められたのみである。

(4) 土壌生産性と施業への提言

土壌調査においては、土壌条件と林木の成長状態との関係を、数量的に把握し解析することはできなかった。また土壌条件は形態的特徴、土壌の種類、分布を明らかにしたのみで、物理的、化学的、鉱物学的な組成や性質は調査していない。このようなことから土壌生産性について詳細に論ずることはできない。したがって、ここでは図示単位ごとに概括的に生産性について述べ、施業について若干の提言をするにとどめる。

1) 図示単位“C”における施業

図示単位“C”を構成する2種のカムビソルは、共に林木の生育に適しており、以下に述べるハブリック・カスタノゼムに次ぐ土壌生産性をもっている。ただし、ジストリック・カムビソルはヒューミック・カムビソルに比し、生産性は劣っている。

土壌生産性の維持、向上や土壌保全の面からみれば、“C”においてはシベリアカラマツ、ヨーロッパアカマツを主とし、コウアンシラカンバを混えた混交林を維持するのが理想的である。造林も十分可能であるが、天然更新が無難である。コケ型林床における天然下種ではコケ(moss)の掻き起こしが必要である。

山地の作業路は、ほとんどが“C”上に作られているが、路面にガリの発生がかなり認められ、現在でもそれがより深く、より広く進行している。土壌保全のため林道、作業路の配置、設計、施工、維持などにおいて、ガリ発生の防止ないし軽減のための措置が必要である。

2) 図示単位“K”における施業

“K”を主として構成するハブリック・カスタノゼムは、酸度が弱く、養分に富み、モデルエリアでは最も優れた土壌生産性を有しており、ヨーロッパアカマツ、シベリアカラマツの良い成長が期待できる。現在、“K”の多くは草原となっているが、必要により造林を進めることが考えられる。なお、緩斜面の場合は耕地や草地としての利用も可能である。土壌侵食のおそれは少ない。

3) 図示単位“A”における施業

ハブリック・アレノソルは、有機物や粘土に乏しい排水過良な土壌であるため、養分、水分に乏しく、しかも養分や水分の保持力が極めて小さい。したがって“A”における適木は、現在のところヨーロッパアカマツのみであり、施業の主体は現存するヨーロッパアカマツ林分の保育と群状択伐または小面積皆伐と考えられる(皆伐は森林法で禁止

されたので漸伐または帯状皆伐の採用が考えられる)。

造林は水分不足のため、注意しないと高い活着率は期待できない。天然更新が無難である。母樹を欠くなどやむを得ず造林を行う場合には、植穴周囲のA層の土壌物質を植穴に充たすような、きめ細かな手法が必要である。しかし、天然更新、造林いずれにせよ林木の良い成長は余り期待できない。また砂質であるため土壌が樹根を緊縛する力が弱いので、風倒のおそれ大きい。開析谷の崖では、現存植生の維持によって土壌侵食を防止する必要がある。

4) 図示単位“L・C”における施業

“L・C”では土地利用の可能性が極めて低い。山羊の放牧は可能と考えられるが、牧養力は小さい。強度の土壌侵食によって形成された土地であるため、現在は土壌侵食のおそれは小さいが、崩壊のおそれがある。現状維持以外に積極的な利用は現在のところ考えられない。

5) 図示単位“F”における施業

“F”を主として構成しているアムブリック・フルビソルは比較的養分に富んでいるが、排水不良のためヨーロッパアカマツ、シベリアカラマツなど有用樹種の生育に適していない。特にシベリアカラマツは心腐れの発生のおそれ大きい。また密生している大型草本は天然下種更新を妨げており、再生力が強いため下刈りの効果も小さいと思われる。むしろ放牧地や採草地として利用するのが得策であろう。

土壌侵食のおそれはほとんど無い。ただし、流水による河岸決壊が認められたので、流路沿いに生育するヤナギ類を保護して、決壊の発生や拡大を防止する必要がある。

5. 2 林相調査

(1) 林型判読区分基準

モデルエリアの林相調査は、インテンシブエリアの土地利用・植生調査における判読項目に、表-51の樹高および樹冠疎密度による林型判読区分基準に基づき航空写真判読と現地調査で行った。

表-51 林型判読区分基準

種 別	区 分	範 囲	記 号
樹 高	高	21m～	H 1
	中	13～20m	H 2
	低	～12m	H 3
樹冠疎密度	散	～30%	D 4
	疎	31～60%	D 3
	中	61～90%	D 2
	密	91%～	D 1

(2) 航空写真の判読

林相・林型について、それぞれの判読区分基準にしたがって予備判読を行った。この予備判読で区分した区画を現地で確認し、標準地調査の結果を参考にして林相・林型の判読区画を補正、修正した。

(3) 林相図の作成

1) 森林区画

モデルエリアについて流域を基本にして面積 600～800ha を目安に林班区分を行い、さらに、土地利用植生図作成のための判読項目および林型判読区分基準による区画を小班区画とした。また、同一の林班でも行政界による区画を加えた。

2) 林相図の作成

航空写真の判読および現地調査によってモデルエリアの林相図（縮尺1/25,000）を作成した。モデルエリアの林相別面積は表-52のとおりである。

表-52 モデルエリアの林相別面積

(単位: ha)

モデル エリア	土地利用植生区分	面積計	樹冠疎密度: 1			樹冠疎密度: 2			樹冠疎密度: 3			樹冠疎密度: 4			
			樹高 区分	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	ヨーロッパアカマツ林	3,965	82	366	453	89	2,026	313	124	502	10				
	シベリアカラマツ林														
	針葉樹林														
	造林地	97													
	広葉樹林	1,235		907	19		166	54		77			12		
	針広混交林	1,056		449	14		438		102	53					
	無立木地	90													
	森林火災跡地	199													
	伐採跡地	42												32	10
	低木林														
	草地	222													
農地	24														
岩石地	4														
計	6,934		82	1,722	486	89	2,630	367	226	632	10		44	10	
2	ヨーロッパアカマツ林	1,571	14	417	81	257	499	5	52	114	69		32	31	
	シベリアカラマツ林	1,123	449	112		440	69		34				19		
	針葉樹林	1,218	66	33		987	98		34						
	造林地														
	広葉樹林	7,376		4,084	1,277		1,481	185		258	91				
	針広混交林	5,755	204	823	13	1,173	2,458		573	511					
	無立木地	1,579													
	森林火災跡地	18													
	伐採跡地	776												772	
	低木林	22													
	草地	2,365													
農地															
岩石地	914														
計	22,717		733	5,469	1,371	2,857	4,605	190	693	883	160		823	31	
合計	29,651		815	7,191	1,857	2,946	7,235	557	919	1,515	170		867	41	

また、林相図の凡例は、表-53のとおりである。

表-53 林相図の凡例

Land Use & Vegetation Type

Symbol	Mapping Unit
NP	Pine Forest
NL	Larch Forest
N	Pine/Larch Forest
P	Planted Forest
L	Broad-Leaved Forest
M	Mixed Forest
U	Unstocked Land
UF	Fire-Damaged Forest
UL	Logged-Over Land
S	Shrub Land
G	Grassland
F	Farm Land
ST	Settlement
R	Rocky Land

Height Class(H)	
Class	Range
3	— 12m
2	13m — 20m
1	21m
Crown Density Class(D)	
Class	Range
4	— 30%
3	31 — 60%
2	61 — 90%
1	91% —

図上では、①土地利用・植生区分、②樹高階、③樹冠疎密度階の順番で、以下のように描画した。

例) 区分がヨーロッパアカマツ林、樹高階1、樹冠疎密度階2の林分である場合
「NPH1D2」

なお、図上には林班と小班の境界と番号も描画した(林班と小班の区分内容については「7森林管理計画ガイドライン」を参照)。

5. 3 蓄積調査

モデルエリアの森林について標準地調査により蓄積を把握した。

(1) 予備調査

1) 調査方法

標準地の大きさ、測定項目、調査工程等について検討するため、予備調査を行った。

調査は標準地を設定し、標準地の毎木調査および天然更新調査、調査拠点からのアクセス、標準地設定作業、測樹作業についての所要時間および従事人数を記録した。

標準地の形状は方形プロットとし、大きさは調査対象林分が北方天然林であるので1.0ha(40m×250 m)、0.5ha(40m×125 m)の2つを設定した。なお適切な標準地の大きさを検討するため、各プロットは0.1 ha(20m×50m)毎にサブプロットを設けて集計した。

標準地を含む区域の自然環境の概況について調査を行い、次いで標準地ごとの毎木調査を行った。毎木調査の測定対象木は胸高直径10cm以上とし、測定項目は樹種、胸高直径、全樹高、形質とした。

形質については、樹幹を主体として以下の3クラスに分けて判定した。

- ・クラス1：通直で欠点のない健全木
- ・クラス2：欠点はあるが、ある程度利用可能なもの
- ・クラス3：欠点があり利用不能なもの

天然更新調査に関しては、標準地の中間地点に10m×20mの調査ベルトを設け、調査ベルト内の胸高直径10cm未満の稚幼樹について本数調査を行った。

工程調査に当たっては、工程を以下のように区分して行った。

- ・調査拠点～降車地点(DP)：車両による移動時間
- ・DP～測量開始地点(AP)：APまでの徒歩所要時間
- ・AP～プロット始点(SP)：APからSPまでの伐開・測量作業時間

- ・SP～プロット終点（EP）：SPからEPまでの伐開・測量作業時間
- ・プロットの設定作業時間
- ・プロット内の測樹作業時間
- ・天然更新調査作業時間

2) 予備調査結果

標準地調査の予備調査は、7点について行った。

インテンシブエリア南部の山地林に標準地を設ける場合は、ホンダから31～34kmの距離にあるため、1日の作業時間に対してアクセス時間が約半分を占めた。北部に標準地を設ける場合は4分の1程度であった。したがって、南部の山地林については、調査拠点をホンダから移動して前進基地を設ける必要があった。

標準地調査は1日8時間行動を前提とし、前進基地の設定に要する時間および天候障害などを考慮し、標準地の大きさにもよるが1日に消化できるプロット数を0.8～0.9とした。

(2) 標準地調査設計

1) 標準地の数と大きさ

モデルエリアにはアクセス条件が悪く、アクセスに要する時間割合が高くなる箇所があるため、それらの箇所においては標準地面積を大きくして標準地の数を減らすことが望ましい。また、林相については若齢林分の場合は本数が多く時間がかかるが、老齢林分の場合は本数が少ないので、できるだけ広い面積をとる方が変動係数が小さくなり、標準地の代表性が高くなると推測される。

このため予備調査結果における標準地の材積を用いて、蓄積調査に必要な標本数を、信頼度95%、誤差率15%で単純任意抽出法により次式によって試算した。

$$n \geq (tcs/E)^2 = (2 \times c \times 1.2 / 0.15)^2$$

n:標本数 t:信頼度係数 c:変動係数 s:安全率 E:推定誤差

ここで、変動係数は標準地調査の材積から次式を用いて算出した。

$$c = s / v$$

s:標本標準偏差 v:標本平均

予備調査の結果を用いて、標準地の大きさ1.0 ha、0.5 ha、0.2 haの3つの場合について試算した結果は、表-54のとおりである。

表-54 標準地の大きさと標本数の関係

項目	単位	標準地の大きさ (ha)		
		1.0	0.5	0.2
平均材積	m ³	214,787	98,760	40,196
標本標準偏差	m ³	78,913	43,679	21,800
変動係数		0.37	0.44	0.54
標本数	個	35	50	75

以上より、蓄積調査においては調査期間と調査工程を総合判断の上、層化任意抽出法による効果を期待して、標準地の大きさは0.5 ha (40m×125 m) 程度とし、50箇所程度を目標とした調査設計が妥当であると考えた。

2) 標本抽出法

両モデルエリアとも航空写真の利用により、少なくとも針葉樹林（ヨーロッパアカマツ林、シベリアカラマツ林、ヨーロッパアカマツおよびシベリアカラマツ林）、広葉樹林、針広混交林の3つの林相区分と同林型区分により層化が可能であると考えられた。また、過去の調査例から、層化任意抽出法が単純任意抽出法より効率良く、精度の高い結果を得ている。これらのことから層化任意抽出法の採用が妥当であると考えた。

モデルエリアは丘陵林と山地林からなり、斜面の多い山地林については縦長の標準地が適当であると判断されたことから、標準地の形状は縦長の方形とした。

(3) モデルエリアの蓄積

1) 標準地の数および位置

標準地調査設計の検討の結果、標準地の数は62個とした。標準地の林相別内訳は、表-55のとおりである。

表-55 標準地の数の林相別内訳

中区分	小区分	記号	標準地の数		
			モデル1	モデル2	合計
針葉樹林	ヨーロッパアカマツ林	NP	15	4	19
	シベリアカラマツ林	NL		6	6
	ヨーロッパアカマツ および シベリアカラマツ林	N		6	6
針広混交林		M	1	17	18
広葉樹林		L	3	10	13
森林地域全体			19	43	62

これらの標準地の位置は、モデルエリア1・2別に図-32、図-33に示した。

2) 標準地調査結果一覧表

現地調査で得られた結果は、標準地ごとに平均胸高直径、平均全樹高、ha当たり立木本数、ha当たり材積について取りまとめた(表-56参照)。

3) 標準地調査で出現した主な植物

標準地調査で出現した主な植物は、シベリアカラマツ、ヨーロッパアカマツ、コウアンシラカンバ、ヨーロッパヤマナラシの4樹種が優占する森林ごとに、その優占度と利用について取りまとめた(付属資料9参照)。

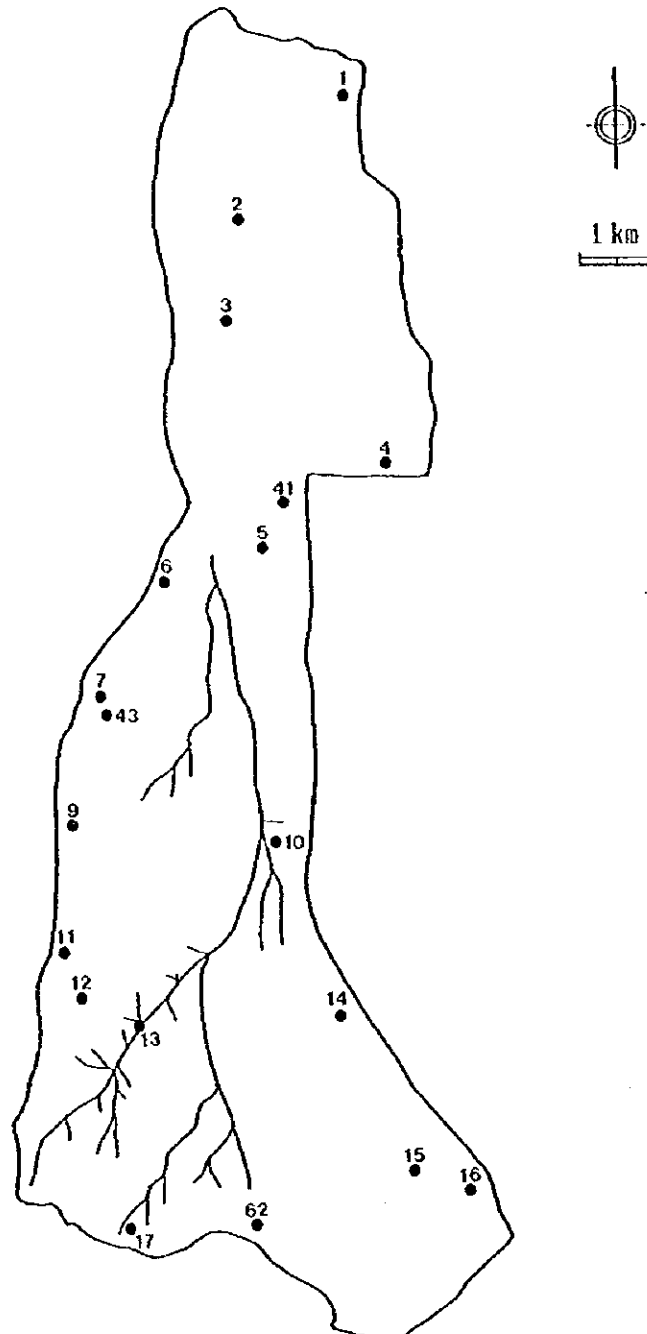


図-32 モデルエリア1内の標準地の位置

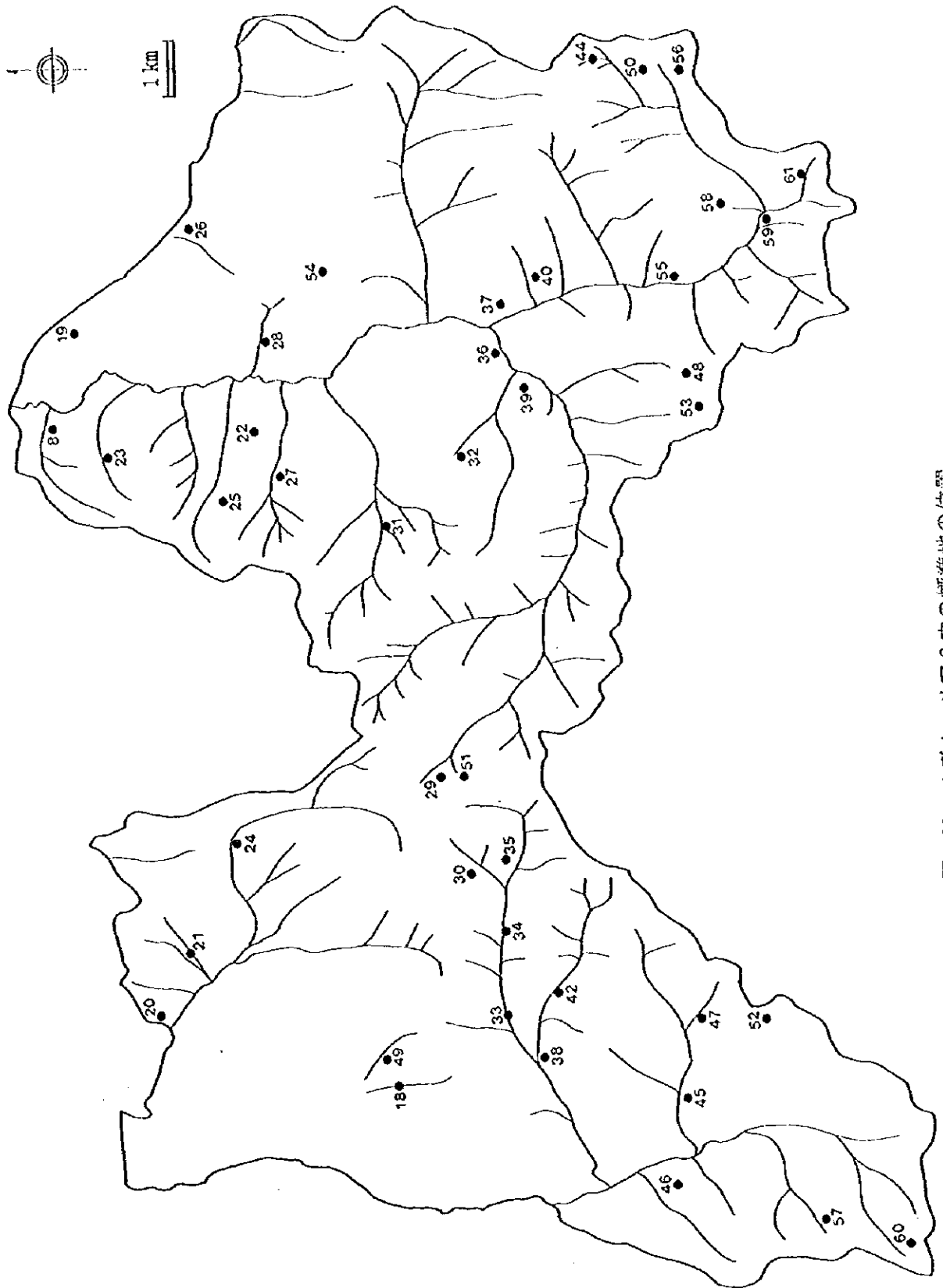


図-38 モデルエリア2内の標準地の位置

表-56 標準地調査結果一覧表

Plot No.	Model Area	Forest Type		Density (/ha)	DBH (cm)	Avg. Height (m)	Total Volume (m ³ /ha)	Plot No.	Model Area	Forest Type		Density (/ha)	DBH (cm)	Avg. Height (m)	Total Volume (m ³ /ha)
		H	D							H	D				
1	1	NP	2 3	278	25	14	106.852	33	2	L	2 1	888	14	10	126.858
2	1	NP	2 2	464	21	13	129.764	34	2	M	1 2	640	23	16	298.584
3	1	NP	2 2	730	18	13	185.904	35	2	N	2 2	486	22	13	219.712
4	1	NP	2 3	308	20	13	90.394	36	2	L	2 2	394	15	12	71.096
5	1	NP	2 1	922	18	17	266.318	37	2	NL	2 2	420	24	14	258.404
6	1	M	2 2	1008	15	12	173.188	38	2	M	2 1	568	19	14	184.276
7	1	NP	1 1	594	23	16	303.352	39	2	M	2 2	408	22	15	221.726
8	2	M	2 2	584	15	12	102.262	40	2	M	2 2	390	18	12	121.554
9	1	L	2 1	1010	14	12	142.896	41	1	NP	2 1	910	18	16	237.124
10	1	NP	2 2	606	19	15	177.364	42	2	M	1 1	640	20	15	273.946
11	1	L	2 1	682	15	11	120.514	43	1	NP	1 3	164	44	21	277.110
12	1	L	2 1	438	22	13	162.408	44	2	NL	1 1	578	21	15	296.598
13	1	NP	2 2	428	22	16	206.324	45	2	L	2 1	696	17	13	155.752
14	1	NP	3 2	1008	14	10	112.210	46	2	L	2 1	996	16	13	182.188
15	1	NP	2 1	1544	13	15	201.454	47	2	N	1 2	422	26	15	341.914
16	1	NP	2 2	1038	14	13	140.604	48	2	M	2 1	586	18	14	183.548
17	1	NP	1 1	488	25	17	289.610	49	2	L	2 2	450	17	11	84.274
18	2	NP	2 2	346	28	16	199.244	50	2	NL	1 2	436	23	14	262.766
19	2	NP	3 3	346	16	9	77.978	51	2	M	2 2	446	24	14	235.098
20	2	NP	2 2	518	19	14	141.844	52	2	M	2 2	478	20	12	183.496
21	2	M	2 1	368	22	15	150.378	53	2	M	2 2	464	21	14	200.878
22	2	L	2 1	788	15	14	144.908	54	2	L	2 2	476	18	12	133.202
23	2	NP	1 2	404	24	16	279.328	55	2	M	2 3	352	21	13	143.776
24	2	M	2 1	510	20	13	189.192	56	2	M	2 2	658	17	14	222.098
25	2	N	1 2	468	20	14	207.830	57	2	NL	1 1	468	23	16	281.062
26	2	L	2 1	326	19	12	110.118	58	2	N	1 2	362	28	16	279.870
27	2	N	1 2	316	30	18	326.248	59	2	M	2 2	602	19	13	226.578
28	2	L	3 1	362	16	16	90.148	60	2	NL	2 2	354	24	16	238.324
29	2	N	2 2	648	17	13	175.834	61	2	N	1 2	438	23	15	243.422
30	2	N	1 2	624	19	12	216.158	62	1	NP	2 1	278	30	14	202.360
31	2	NL	1 1	404	26	18	339.188								
32	2	L	2 2	324	20	12	110.270								

注：各標準地の蓄積集計結果は付属資料10のとおりである。

(4) 蓄積の推定

1) 林相別ha当たり材積

標準地調査の結果から、林相別のha当たり材積を算出すると表-57のとおりである。

表-57 林相別ha当たり材積

(単位：m³)

中区分	小区分	記号	平均	最大	最小
針葉樹林	ヨーロッパカマツ林	NP	190.797	303.352	77.978
	シベリアカマツ林	NL	279.390	339.188	238.324
	ヨーロッパカマツ および シベリアカマツ林	N	271.221	341.914	216.158
針広混交林		M	194.125	298.584	102.262
広葉樹林		L	125.741	182.188	71.096
	森林地域全体		194.479	341.914	71.096

2) 林相別の蓄積

標準地調査、航空写真判読から推定した林相ごとの材積を積み上げ、林相別に集計した結果は、表-58のとおりである。

表-58 林相別総蓄積の推定 (単位: m³)

中区分	小区分	記号	モデル1	モデル2	合計
針葉樹林	ヨーロッパ材林	NP	680,140	308,170	988,310
	アジア材林	NL		335,480	335,480
	ヨーロッパ材林およびアジア材林	N		356,020	356,020
針広混交林		M	212,990	1,311,930	1,524,920
広葉樹林		L	147,480	798,180	945,660
立木地(天然林)全体			1,040,610	3,109,780	4,150,390

3) 総蓄積の検定

モデルエリア1と2を合わせた立木地(天然林)について、単純無作為抽出法による両モデルエリアの総蓄積の推定を行った。

まず、標準地のhaあたり平均材積(\bar{y})は、表-57より194,479 m³/haである。

同平均材積の分散(標本分散)の推定値は、

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1} = 5,013,457$$

s^2 : 平均材積の分散(標本分散) y_i : 標準地のhaあたり材積
 \bar{y} : 平均材積 n : 標準地の数

となる。ここで、母集団の中の標本単位の総数(N)が十分に大きいことから、標本の抽出比($n/N=f$)は非常に小さい。

したがって、標準地の平均材積の標準誤差($s\bar{y}$)は、以下の式で計算される。

$$s\bar{y}^2 = \{(N-n)/N\} \times s^2 / n = (1-f) \times s^2 / n$$

$$s\bar{y} = \sqrt{1-f} \times s / \sqrt{n} = 1 \times \sqrt{5,013,457} / \sqrt{62}$$

$$= 8,992$$

$t(\alpha, n-1)$ を自由度($n-1$)の有意水準 $\alpha=0.05$ のときのt値とすると、標準地の平均材積の信頼区間($\bar{y} \pm t(\alpha, n-1) \times s\bar{y}$)は、以下の式により計算される。

$$\bar{y} \pm t(\alpha, n-1) \times s\bar{y} = 194,479 \pm 1.999 \times 8,992 = 194,479 \pm 17,975$$

総蓄積の信頼区間 (V a) は、以下のように計算される。

$$V a = 23,299 \text{ ha} \times (194,479 \pm 17,975) \text{ m}^3 \\ = 4,531,167 \text{ m}^3 \pm 418,800 \text{ m}^3$$

誤差率 (e) は、以下の式で計算される。

$$e = (t(\alpha, n-1) \times s \bar{y}) \div \bar{y} \times 100 = 17,975 / 194,479 \times 100 = 9 \%$$

以上より、サンプリング設計時に設定した誤差率15%を満足している。

3) で求めたモデルエリア 1 と 2 の推定蓄積が、2) で求めた総蓄積の信頼区間にあるか否かを検討した結果は、以下のとおりである。

・林相区画ごとの積み上げによる総蓄積 (V b) 4,150,390 m³

・物方調査による総蓄積 (V a) 4,112,367 m³ < V a < 4,949,967 m³

したがって、V b は当初の目標精度の範囲 (V a) にあると判断される。

(5) 林相別林分材積表の作成

森林調査簿の作成にあたって、林相別ha当たり蓄積を標準地調査結果により推定した。推定の方法は回帰計算により簡易な航空写真林分材積表を作成して行った。標準地調査結果のha当たり蓄積を従属変数、樹冠疎密度階と平均樹高を独立変数とし、回帰式として以下の2変数材積式を用いた。

$$Y = a X_1 + b X_2 + c$$

Y : ha当たり蓄積 (m³) a, b, c は定数
X₁ : 平均樹高 (m)
X₂ : 樹冠疎密度階

回帰計算におけるデータの適用に当たり、林相によってはデータ数が少ないものもあることから、林相が類似している範囲でデータを混合した。データの混合構成と回帰計算結果は、表-59のとおりである。

表-59 林分材積表作成における回帰計算結果

林相	記号	データの構成	相関係数	a	b	c
ヨーロッパカマツ林	NP	NP	0.89	16.93654	-37.35913	-36.14413
シベリアカマツ林	NL	NL, L	0.97	25.62222	-30.38136	-212.99880
ヨーロッパカマツおよび シベリアカマツ林	N	N, NP, NL	0.92	19.20838	-36.07226	-75.12303
広葉樹林	L	L	0.91	19.26609	-34.92365	-114.61709
針広混交林	M	M	0.91	22.04127	-16.26007	-184.73216

以上の回帰式に基づき作成した天然林の林分材積表は、表-60のとおりである。この表内の数値を基準として、森林調査簿を作成した。

表-60 天然林の林相別林分材積表

Forest Type	NP				NL				N				L				M			
	Crown Density Class				Crown Density Class				Crown Density Class				Crown Density Class				Crown Density Class			
Ave.H(m)	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1
5				10																
6				30																
7				40																
8			20	60																
9			40	80																
10		20	60	100				10											20	
11		40	80	120				40											40	
12	10	60	100	140			30	70										10	30	
13	30	70	120	160			30	60	90									40	50	
14	50	90	130	170	20	60	90	120	50	90	130	170						60	80	
15	70	110	150	190	50	80	120	150	70	110	150	190						80	100	
16	90	130	170	210	80	110	140	180	90	130	170	210						100	120	
17	110	150	190	230	110	140	170	210	110	150	190	230						120	140	
18	130	170	210	250	130	170	200	230	130	170	210	250						140	160	
19	140	190	230	270	160	200	230	260	160	190	230	270						160	180	
20	160	200	250	290	190	220	260	290	180	220	260	300						180	200	
21	180	220	260	310	220	250	290	320	200	240	280	320						200	220	
22	200	240	280	320	250	280	310	350	220	260	300	340						220	240	
23	220	260	300	340	280	310	340	380	240	280	320	360						240	260	
24	240	280	320	360	300	340	370	400	260	300	340	380						260	280	
25	260	300	340	380	330	370	400	430	280	320	360	400						280	300	
26	280	320	360	400	360	390	430	460	300	340	380	420						300	320	

5. 4 林分構造調査

(I) 天然林の林分構造

天然林の林分構造を把握するため、林況調査を行うとともに蓄積調査の資料からプロットごとに累積本数曲線を描き、林相別に類似するものを集めてタイプ分けをした(図-34~37)。林相区分は、材積で針葉樹・広葉樹の混交歩合がそれぞれ75%以上のものを針葉樹林と広葉樹林に、針葉樹・広葉樹の混交歩合が25~75%を針広混交林とし、さらに針葉樹林のうちヨーロッパアカマツ・シベリアカラマツがそれぞれ60%を超えるものをヨーロッパアカマツ林・シベリアカラマツ林とした。

1) 針葉樹林

a) ヨーロッパアカマツ林

モデルエリア1および2に分布するヨーロッパアカマツ林は、樹幹が通直で、樹群

を形成することが多く、孔状に未立木状の箇所がある反面、中・小径木が密に生育する箇所があるなど度重なる森林火災や伐採利用の影響を大きくうけて複雑な林分構造をしている。主にP1～P4タイプと例外的なP5タイプに区分した（図-34参照）。

P1タイプは、両モデルエリアに分布し、ヨーロッパアカマツの大・中・小径木がha当たり約140本、中・小径木を主とするコウアンシラカンバ・ヨーロッパヤマナラシがモザイク的にha当たり約80本生育する複層林である。蓄積は大径木があるので比較的多いが、ヨーロッパアカマツは入皮・空洞等の形質不良木が蓄積の約19%を占め、広葉樹も曲り・空洞等の形質不良木が広葉樹蓄積の約54%を占める。ヨーロッパアカマツの稚幼樹（樹高0.3m～直径9cm未満）は、生育の良いところと悪いところがあり、悪いところは、広葉樹の幼樹が生育している。

P2タイプは、モデルエリア1に分布するヨーロッパアカマツの純林で、P1タイプより大径木が少なく、逆に中・小径木が多く、ha当たり生育本数は約380本である。大径木が少ないだけに蓄積は低い。しかし、形質不良木は蓄積の約9%で、優良林分といえる。ヨーロッパアカマツの稚幼樹は、生育の良いところと不良の箇所とまちまちである。

P3タイプは、モデルエリア1に分布し、過去に大・中径木が伐採されたため、主として中・小径木で構成され、ヨーロッパアカマツの純林に近い林分である。ha当たり生育本数は、ヨーロッパアカマツが約770本と多く、広葉樹は約20本と少ない。ヨーロッパアカマツの稚幼樹はモザイク的に生育の良いところが多い。広葉樹は不良である。蓄積は生育本数が多いためP1タイプに次いで多く、形質不良木は約12%である。このタイプの林分は中・小径木を主体に間伐を行ってヨーロッパアカマツの肥大成長を促進するとよい。

P4タイプは、モデルエリア1に分布し小径木主体で構成され、ha当たり本数はヨーロッパアカマツが約1,140本と過密状態で、広葉樹は約60本である。蓄積は低い、形質不良木も約7%と低い。稚幼樹の生育は林分下層を小径木が占有するため不良である。このタイプの林分は小径木の除間伐を行って肥大成長を促進することが重要である。このため小・中径木の利用開発の必要がある。

P5タイプは、例外的な林分で老齢大径木を主とするヨーロッパアカマツが上層を占め、樹高2～5mの幼樹が林分下層を占めるため外観上は単層林を呈している。このタイプの林分は伐採の影響をほとんどうけていないとみられるが、生立本数も中・小径木も少なく、また稚幼樹の生育も不良である。ただ大径木が多いため蓄積は比較的

多い。

b) シベリアカラマツ林

モデルエリア2に分布するシベリアカラマツ林は、林冠上層をシベリアカラマツが疎状に占め、中・下層をシベリアカラマツと広葉樹が占める林分構造をしており、林床にはエゾムラサキツツジ等の低木が生育している。シベリアカラマツの生育本数はha当たり約180本と少なく、逆に広葉樹が約230本である。大径木が生育するためモデルエリアでは蓄積の多い林分である。しかし、形質不良木が多く、針葉樹蓄積の約31%と高い比率を占める。シベリアカラマツ稚幼樹は、ほとんど生育していないばかりでなく、ヨーロッパアカマツが混交していても、それらの稚幼樹も生育していない。一方、広葉樹の稚幼樹は比較的多く生育している(図-35参照)。

c) 針葉樹林

ヨーロッパアカマツとシベリアカラマツに広葉樹を混交する林分で、モデルエリア2に分布する。シベリアカラマツ林同様、林冠上層を針葉樹、中・下層を針葉樹と広葉樹が占めるが、シベリアカラマツ林に比べ下層は広葉樹の混交が少ない。ヨーロッパアカマツとシベリアカラマツのどちらが多く混交してもタイプに顕著な違いはない。針葉樹の生育本数はha当たり約210本、広葉樹は約160本でシベリアカラマツ林より全般的に少ない。大径木が生育するためモデルエリア2では蓄積の多い林分であるが、形質不良木は針葉樹蓄積の約26%を占める。針葉樹の稚幼樹は、ヨーロッパアカマツが混交する箇所点生するが全般的に生育していない。しかし、広葉樹はシベリアカラマツ林同様比較的良く生育している(図-36参照)。

2) 針広混交林

ヨーロッパアカマツとシベリアカラマツまたはそれぞれの樹種と広葉樹が上層から下層にわたって混交する林分で、モデルエリア2に分布する。上層を占める大径木の生育本数の多少によって、M1・M2の2つのタイプに区分したが、M1タイプが大部分を占める(図-37参照)。

M1タイプは、林冠上層を針葉樹、中層を針葉樹と広葉樹が占め、下層はほとんど広葉樹が占める。ha当たり生育本数は、針葉樹が約120本と少なく、逆に広葉樹は約400本と多い。針葉樹の大径木が少なく、広葉樹の小径木が多いため蓄積は少ない。形質不良木は針葉樹が蓄積の約22%、広葉樹が約26%を占める。針葉樹稚幼樹はほとんど生育していないが、コウアンシラカンバを主体とする広葉樹は比較的よい。

M2タイプは、M1タイプより針葉樹の大径木がほとんどなく、広葉樹の中・小径木を主

体に構成されており、ha当たり生育本数は針葉樹が約110本、広葉樹が約430本である。蓄積は大径木が少ないので少なく、形質不良木は針葉樹が約17%、広葉樹が約36%を占める。稚幼樹の生育はM1タイプと同様である。なお、針葉樹が上層に散生し（ha当たり約40本）、中下層を広葉樹がha当たり850本生育する例外的な林分もある。

3) 広葉樹林

コウアンシラカンバとヨーロッパヤマナラシの広葉樹とそれらにごく少数の針葉樹が散生する林分で両モデルエリアに分布する。広葉樹林は森林火災の影響を受けて林冠層を小・中径木が占め、森林火災で枯死しなかった一部の形質不良な大・中径木がその上部に散生する林分が多い。大径木を含む林分と中・小径木主体で生育本数の多少によって主にB1～B4と4つのタイプに区分したが、ヨーロッパアカマツ林同様やや複雑である。B1、B2タイプが多い（図-38参照）。広葉樹は大径木になるものが少ないほか、全体的に生育本数も少ないので蓄積は極めて低い。

B1タイプはモデルエリア2に分布し、大径木が散生するが、小径木が比較的少なく、ha当たり生育本数は約370本で、形質不良木が蓄積の約54%を占める。特にコウアンシラカンバは、樹幹の曲がり、二又や森林火災等による入皮・空洞等の形質不良木が多い。

B2タイプは、B1タイプより中径木が少なくなる代わりに小径木が多い林分で、両モデルエリアに分布する。ha当たり本数は約720本で、形質不良木も蓄積の約36%を占める。

B3タイプは、両モデルエリアに分布し、中径木が散生するが、ほとんど小径木で構成される単層林類似の林分で、ha当たり1,000本と多く、形質不良木は蓄積の約23%とやや少なくなる。

B4タイプは、両モデルエリアに分布し、B3タイプより小径木が少ない林分である。ha当たり生育本数は約420本で、大径木がない割には形質不良木が蓄積の58%も占める不良林分である。

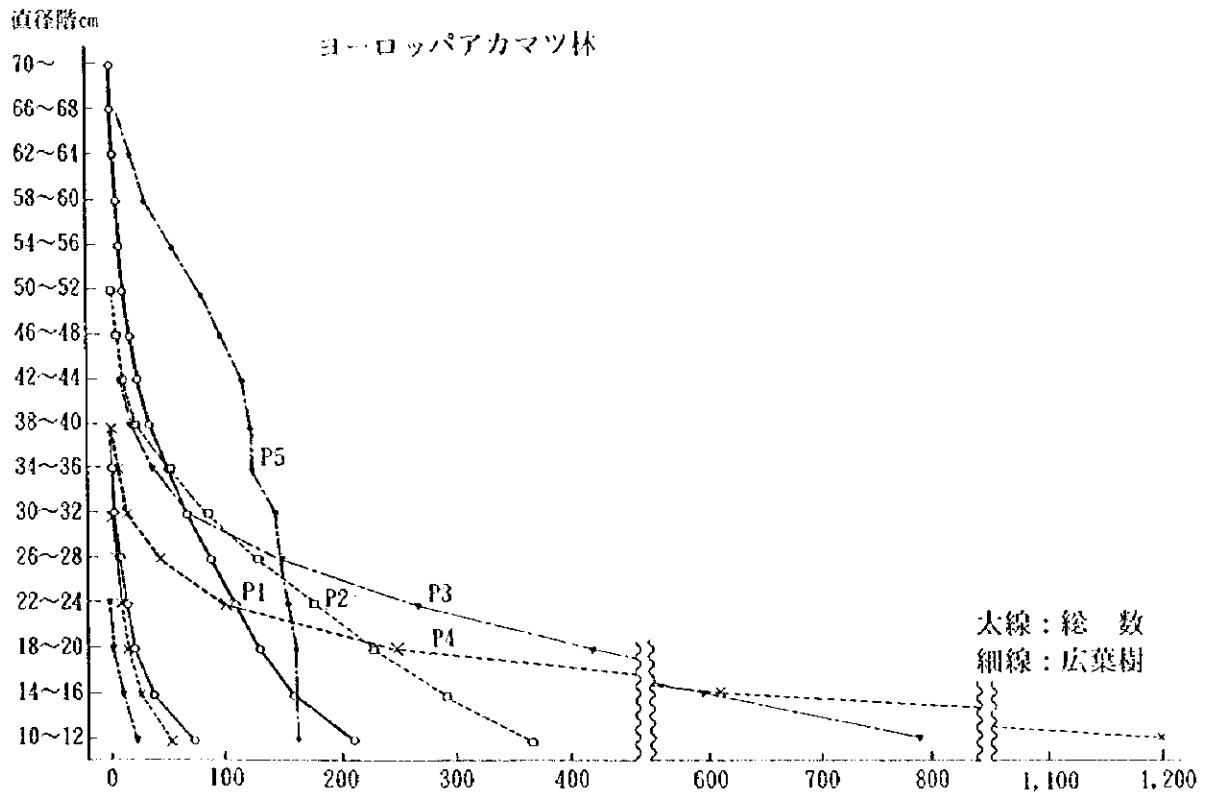


図-34 林型タイプ図 (ヨーロッパアカマツ林)

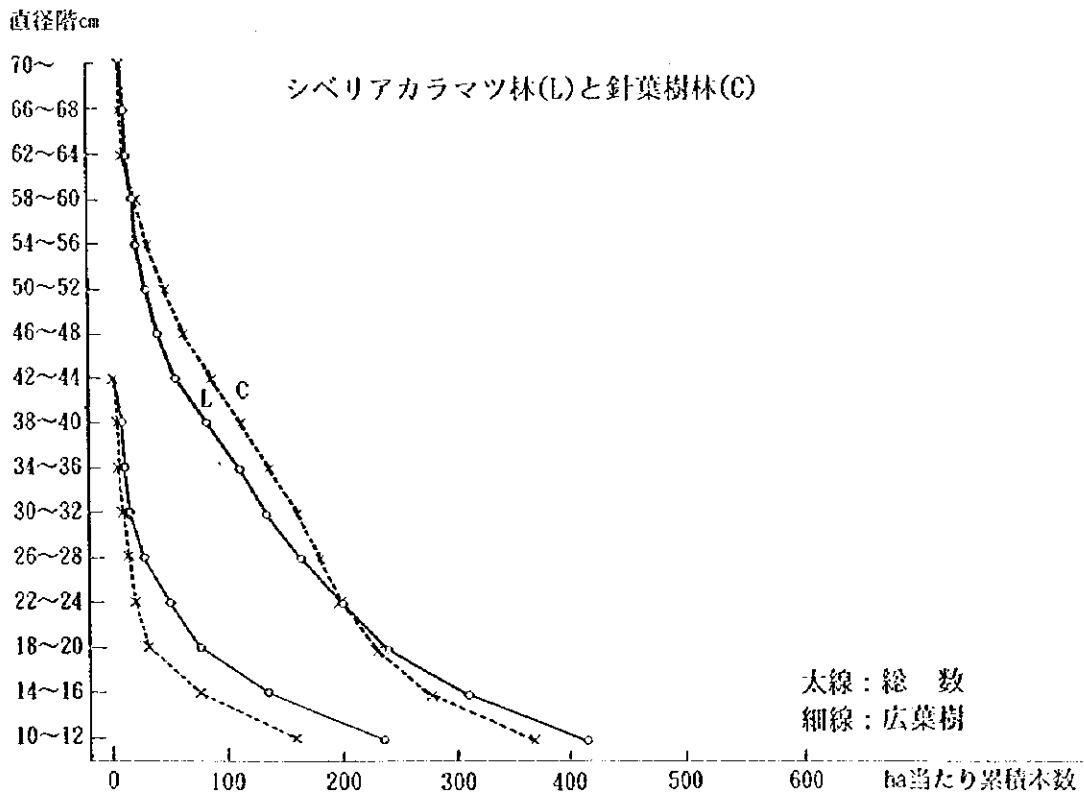


図-35 林型タイプ図 (シベリアカラマツ林、針葉樹林)

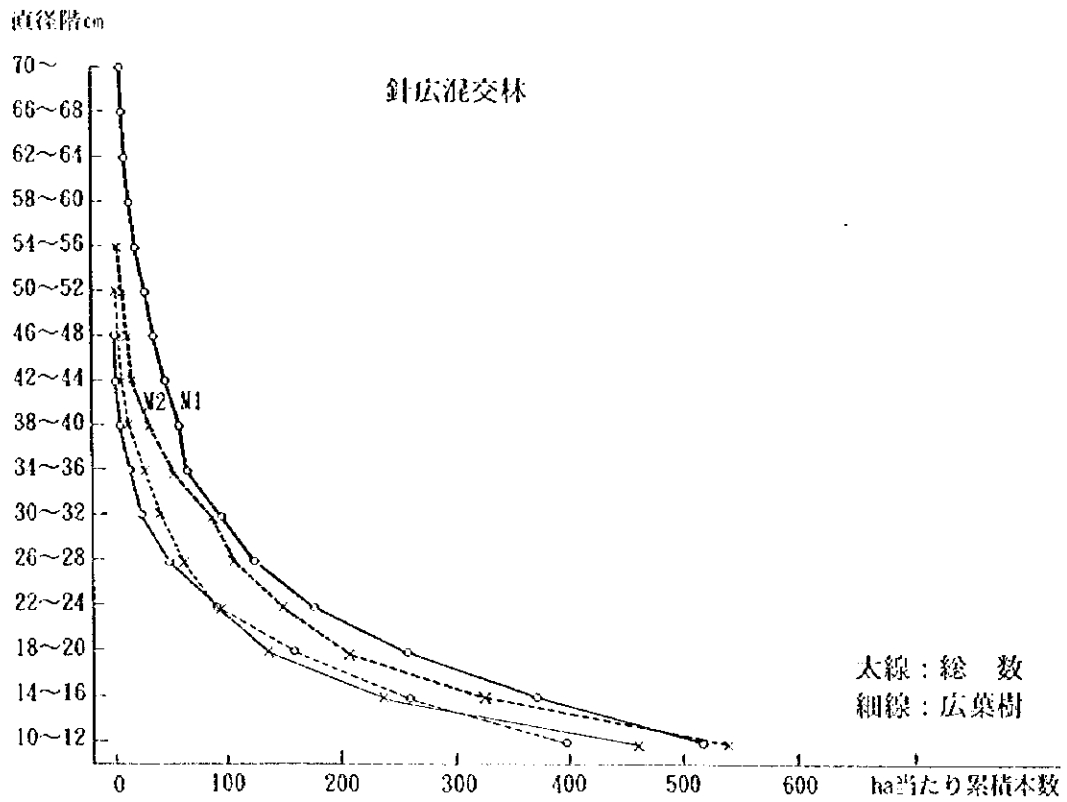


図-36 林型タイプ図 (針広混交林)

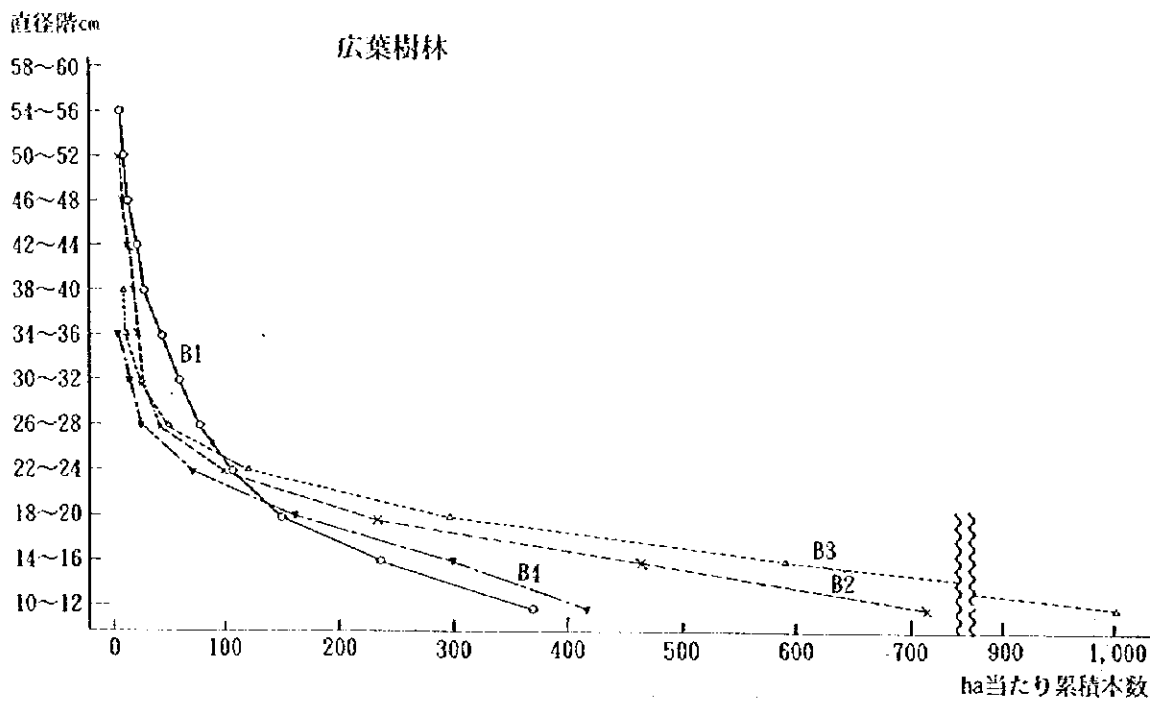


図-37 林型タイプ図 (広葉樹林)

(2) ヨーロッパアカマツの成長

1) 天然木の成長

樹木の成長は、伐根の年輪調査により、その概要を推定することができる。一般に樹木の年輪成長は気候、林木相互の空間的位置などの環境および樹齢に伴う樹木固有の成長特性によって変動する。モデルエリア1およびその周辺の砂質土壤に生育するヨーロッパアカマツ丘陵林において、択伐されたヨーロッパアカマツの伐根57本の年輪成長と樹齢との関係を伐採直後に調査した。調査木は全て天然林の上層林冠を占めていたと推定されるものである。

伐根の10年当たり年輪成長は図-38に、伐根の年輪成長と樹齢との関係は図-39に示した。これによると10年当たりの年輪成長と樹齢との間に固有の成長特性がみられ、樹齢20年ぐらまでは成長がやや遅いが、20~50年ぐらゐの間は成長量が最も大きく、以降漸減していき、およそ120年以降は成長量がさらに低下する傾向が見られる。

一方、個体ごとの樹齢と年輪成長との間の相関関係は低い。これは天然林が立木の密生状の箇所と無立木状の孔状地とから構成されていることが多く、また常に風倒によるギャップの発生など立木相互の位置関係が樹木の成長に有利不利に作用するほか、樹高成長はある樹齢付近から低下傾向を示すことによる林木間の競争の激化のためなどみられる。

しかし、林齢と直径に係る資料が入手できないため、この調査資料によって樹齢約70~120年における成長状況を推定すると、10年当たりの半径成長が約1.8cmであるので、直径が10cm太るのに計算上は28年を要することになる。

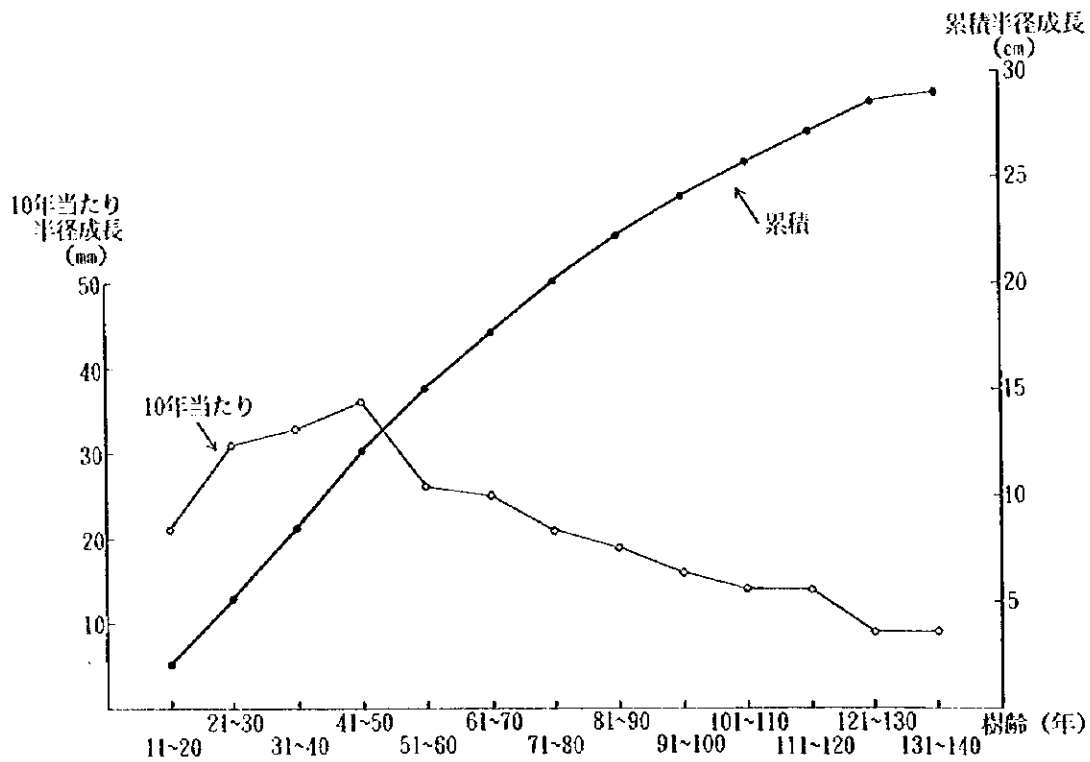


図-38 ヨーロッパアカマツ伐根の年輪成長（10年あたり）

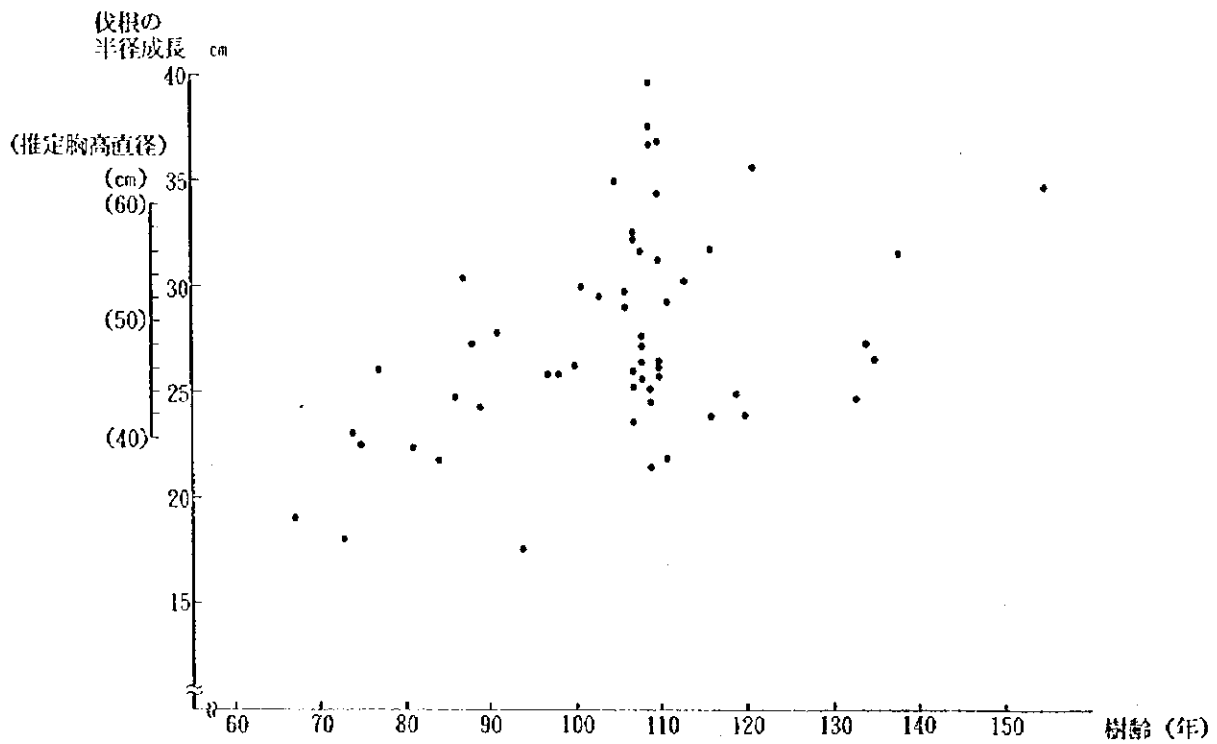


図-39 ヨーロッパアカマツ伐根の年輪成長と樹齡

2) 造林地の生育状況

ヨーロッパアカマツの造林地は、森林火災激害地や伐採跡地に造成されている。モデルエリア1およびその周辺を主体に、ヨーロッパアカマツ造林木の生育状況について標準地を設定して調査した。造林木の生育本数は、表-61に示すようにほとんどがha当たり1,000本未満であり、ha当たり3,000本植とすれば林齢の割には生育本数は極めて少なく、植栽木だけでは成林が見込めないとみられる。しかし、天然更新したヨーロッパアカマツをあわせて育成することにより成林が期待できそうなどころはある。

植栽は主に5月上中旬に行われるが、植付け後1年半経過したヨーロッパアカマツ造林地の活着率について標準地調査により調べたところ、原植本数はha当たり2,137本（基準植栽本数3,000本の71%）で、このうち活着したもの550本（26%）、葉が黄変してまだ活着を確認できないもの313本（15%）、枯死したもの1,273本（59%）で活着率が極めて低く、このままでは成林は期待できそうもない。原植本数が基準本数に対して少ないのは、トラクターが伐根などの障害物によって3～5m幅で地拵えをすることが困難なためとみられる。

植栽木の樹高は、列間に天然更新した天然生のヨーロッパアカマツより全体的に低く、樹高の分布は天然更新したものの方が大きく、その範囲も広い。また、造林木の生育形態は凍害をうけ頂芽が枯れて成長が停滞しているもの、複梢枝になっているもの、1990年6月の雪害により幹が湾曲したものなどが散見された。

ヨーロッパアカマツ植栽木の活着・生育が良くない理由としては、①地はぎ（プラウにより植生を含む表層土全体を剝ぎとる）による地拵方法、②根系が十分発達していない苗木と深植えなどの植栽時の取扱いの不適切、③低温、降雪などの気象害などが考えられるが、特に水分保持力の小さい砂質土壌において春期の少雨乾燥強風下で、いかに乾燥害の防止を図って活着率を向上させるかが緊要のことである。

表-61 造林地の生育状況

(ha当たり本数)

プロット 番号	旧林班	植栽年度	ヨーロッパカマツ植栽木			天然更新木				ヨーロッパカマツの計		備 考
			本 数	%	樹 高 (cm)	ヨーロッパカマツ		ツグノツラカバ		本 数	%	
						本 数	樹高(cm)	本 数	樹高(cm)			
9-1	1	1983	180	6	44 5-200	85	32 10~90	-	-	265	9	
9-2	"	"	145	5	92 10-200	60	41 10-200	-	-	205	7	
1-1	5	1990	1,280	43	33 10~70	2,505	71 10~180	-	-	3,785	126	
1-2	"	"	960	32	32 10~80	3,450	75 10~195	-	-	4,410	147	
2-1	"	"	305	10	31 10~55	775	54 5~140	-	-	1,080	36	
2-2	"	"	510	17	33 10~80	2,065	71 10~180	-	-	2,575	86	
6-1	18	1986	1,150	39	93 10-200	500	92 10-190	35	161 30-200	1,650	55	
6-2	"	"	1,620	54	83 10-180	330	83 10-195	5	195 195	1,950	65	
3-1	31	1990	860	29	27 5~75	3,115	88 15-185	95	93 50-150	3,975	133	
3-2	"	"	945	32	26 5~55	3,845	97 20-190	70	89 50-140	4,790	160	
4-1	"	1989	70	2	16 10~20	1,035	76 10-175	-	-	1,105	37	
4-2	"	"	110	4	20 10~50	2,225	100 20-190	-	-	2,335	78	
5-1	32	1991	2,210	74	27 5~80	270	84 5-190	50	100 30-190	2,480	83	
5-2	"	"	2,070	69	25 5~65	400	87 30-190	55	117 20-195	2,470	82	
7-1	ヨーロッパ 128	1988	1,150	38	98 20-320	-	-	5	320 320	1,155	39	1985年植の 改植地
7-2	"	"	730	24	65 20-310	-	-	-	-	730	24	"
8	(127)	1976	103	3	-	5	-	-	-	(412) 108	(17)	()書は森林火 災被害で伐倒

注：1) 1991年8月調査。調査プロット0.2ha(植列方向10m×50m)を接続して2プロット(40m×100m)を設定。ただしNo.8は0.2haごとに区分していない。

2) %はha当たり 3,000本植とした場合の比率。

5. 5 天然更新調査

(1) 天然林の更新状況

天然林における天然更新の状況を調査した。モンゴル国では一般用材として利用される樹種は、主にヨーロッパアカマツ・シベリアカラマツであるので、調査対象林分は針葉樹林および針広混交林とした。調査方法は蓄積調査のサンプルプロット内に 10m×40mの調査プロットを設定し、これを 10m×10mのサブプロット4つに分けて、稚樹（樹高0.3m以上～1.3m未満）、幼樹（樹高1.3m以上～胸高直径 9cm未満）で活力あるものの生育本数を樹種別に調査した。稚苗（樹高0.3m未満）は対象外とした。

調査結果の取りまとめに当たっては、シベリアカラマツが混交する林分と混交しない林分とに分け、さらにシベリアカラマツが混交する林分をヨーロッパアカマツが25%以上混交する林分と、混交しないか混交率25%未満の林分とに区分した（プロットの混交歩合による区分であり蓄積調査の林相区分とは一致しない）。また、天然更新状況は稚幼樹の生育本数を指数として表すことにより、更新指数 1.0の基準本数を稚樹はha当たり 3,000本、幼樹は 2,000本とし（基準本数より多いときも更新指数は 1.0）、これより少ないときは基準本数との割合により 0.9～0.1 として取りまとめた（表-62、63参照）。

表-62 天然更新状況

林相タイプ	区 分	シベリアカラマツ		ヨーロッパアカマツ		針 葉 樹			広 葉 樹			合計
		稚樹	幼樹	稚樹	幼樹	シベリアカラマツ	ヨーロッパアカマツ	小計	ヨーロッパアカマツ	シベリアカラマツ	小計	
A プロット数 :19	更新割合率 (%)	—	—	(7) 0	(16) 5	—	(21) 5	(21) 5	(0) 0	(3) 0	(5) 0	(29) 5
	更新指数	—	—	0.2	0.3	—	0.4	0.4	0.1	0.1	0.2	0.6
B プロット数 :11	更新割合率 (%)	0	0	(0) 0	(11) 0	(0) 0	(11) 0	(14) 0	(27) 0	(9) 0	(45) 18	(55) 27
	更新指数	0.0	0.1	0	0.2	0.1	0.2	0.2	0.5	0.3	0.6	0.7
C プロット数 :18	更新割合率 (%)	0	0	(0) 0	(0) 0	(0) 0	(0) 0	(0) 0	(17) 6	(0) 0	(21) 6	(21) 6
	更新指数	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.1	0.6	0.6

注：林相タイプA；ヨーロッパアカマツ林、針葉樹林

“ B；針広混交林（ヨーロッパアカマツ混交25%以上）

“ C；シベリアカラマツ林、針広混交林（ヨーロッパアカマツ混交25%未満）

更新プロット率；更新指数 1.0以上のプロット（10m×40m）の全プロットに対する比率。

()書はサブプロット（10m×10m）の全サブプロットに対する比率。

樹種または稚樹と幼樹合せて更新指数が 1.0を越えたものは 1.0として算出。

表-63 天然林の更新指数

更新指数	稚 樹 樹高 0.3~1.3 m	幼 樹 樹高 1.3m以上・胸高直径 9 cm未滿
1.0	3,000木以上/ha	2,000木以上/ha
0.9	2,700~3,000 未滿	1,800~2,000 未滿
0.8	2,400~2,700	1,600~1,800
0.7	2,100~2,400	1,400~1,600
0.6	1,800~2,100	1,200~1,400
0.5	1,500~1,800	1,000~1,200
0.4	1,200~1,500	800~1,000
0.3	900~1,200	600~ 800
0.2	600~ 900	400~ 600
0.1	300~ 600	200~ 400

注：樹種はシベリアカラマツ、ヨーロッパアカマツ、コウアンシラカンバ、ヨーロッパヤマナラシで樹高 0.3m未滿の稚苗は調査対象外とした。

1) ヨーロッパアカマツ林

ヨーロッパアカマツ林および少量の広葉樹が混交するヨーロッパアカマツ林はモデルエリア1・2に分布するが、天然更新の状況はヨーロッパアカマツの更新指数が平均0.4である。また、更新指数1.0のサブプロット数は全体の21%を占めるものの、プロットとしては5%と低く、天然更新が林分全体で均等に行われていない。また、広葉樹がほとんど利用されない現状では、木材利用林における広葉樹の天然更新は重要とはいえないが、ヨーロッパアカマツ林内では広葉樹の更新指数、更新プロット率とも低い。一方、広葉樹の更新指数 1.0のプロットでは、ヨーロッパアカマツの稚幼樹はほとんど生育していない。なお、モデルエリア1の北側隣接地は草地・農地であるが、その林縁から2~3kmまでのヨーロッパアカマツ林内には広葉樹の生育も天然更新した広葉樹の稚幼樹も見られない。

2) シベリアカラマツの生育する林分

シベリアカラマツはモデルエリア2に生育するが、このうち、ヨーロッパアカマツが25%以上混交する針広混交林においては、シベリアカラマツの更新指数は 0.1、ヨーロッパアカマツは 0.2 (両者合わせても 0.2で、主として針葉樹林でわずかに更新)、更新指数 1.0のサブプロット数はヨーロッパアカマツで11%、プロット数では0%と針葉樹の天然更新は極めて悪い。一方、広葉樹の天然更新は更新指数 0.6で比較的良好である。

また、シベリアカラマツ林、ヨーロッパアカマツの混交率25%未滿の針広混交林では更新指数は0で、更新指数 1.0のサブプロット数、プロット数とも0と極めて悪いのに対し、広葉樹の天然更新は更新指数 0.6である。なお、針葉樹林、針広混交林内における広葉樹の天然更新は、一般的にコウアンシラカンバが主体であり、ヨーロッパヤマナ

ラシは不良である。

このようにシベリアカラマツ林やシベリアカラマツを混交する針広混交林では、針葉樹の天然更新が悪く、広葉樹が比較的良いのは、度重なる森林火災や伐採による影響のためとみられる。地表火の場合、針葉樹は地上部が焼けたり、枯れたりするとぼう芽しないが、コウアンシラカンバやヨーロッパヤマナラシは直ぐにぼう芽更新をはじめため、森林火災によって広葉樹の更新が促され、林分下層を広葉樹が占有しやすいことになるとみられる。このため、これらの天然林の上層林冠を占めるシベリアカラマツ・ヨーロッパアカマツを伐採したまま放置すれば、跡地は容易に広葉樹林となり、当分の間広葉樹林で推移するとみられる。

(2) ヨーロッパアカマツ稚幼樹の生育状況

ヨーロッパアカマツの種子は、森林火災でも地表火程度であると林床植生の焼失により多量の発芽 (ha当たり数10万本) が見られる。発芽したメバエは、陽光・土壤水分・回復する林床植生等の環境条件が、メバエの生育に大きな支障を与えなければ伸長成長することができる。

モデルエリア1および周辺の丘陵林の森林火災被害地で、天然更新したヨーロッパアカマツ稚幼樹の生育状況を調査するため、大きさ0.01ha(10m×10m)の標準地を設定して調査した結果によれば、ヨーロッパアカマツ丘陵林内の疎開箇所(10m×20m程度の広さ)における稚樹の生育本数は、ha当たり約50千本(平均8年生:樹高10~120cm)、ヨーロッパアカマツ林の帯状皆伐跡地(幅:90~120m程度)の箇所における稚幼樹の生育本数は、ha当たり8~20千本(平均10年生:樹高40~300cm)、さらに森林火災激害地で疎開地となった箇所に密生している幼樹は、ha当たり33~42千本(16~17年生:樹高1~4m、胸高直径

表-64 ヨーロッパアカマツ天然生稚幼樹の生育状況

ポイント 番号	林班	位置	林 齢	ha当たり 生育本数 (千本)	樹 高 (cm)	標準 偏差	胸高直径 (cm)	備 考
21	32	ヨーロッパ アカマツ林内	7	51.6	60	19		ヨーロッパアカマツ林分 (D:24、H:18)
			6~8		10~120			
22	32	帯状皆伐跡地	8	(0.6)	124	14		
			6~9	20.0	40~220			
23	7	"	9	(0.3)	134	42		
			8~10	8.1	90~300			
24	1	森林火災被害 地の疎開地	15	42.4	192	62	1~5	
			13~17		100~410			
25	1	"	15	33.2	163	47	1~4	
			14~16		50~400			

注:林班は旧林班番号

1～5 cm)と生育本数が多く(表-64参照)、また枝が著しく枯れあがり、形状比は大部分のものが100以上の幹形を呈している。

なお、造林地の植栽列の列間に天然更新しているヨーロッパアカマツは、樹形が正常で造林木に比べて成長もよいが、高木林内に天然更新した稚幼樹は、上層林冠が比較的疎開している箇所でも、稚幼樹は幹形・枝張りとも正常なものが少なく、また伸長成長も劣っている。

5. 6 成長量調査

森林蓄積に応じた許容伐採量を算出する基礎データとするため、モデルエリアの主要樹種であるシベリアカラマツ、ヨーロッパアカマツ、コウアンシラカンバ、ヨーロッパヤマナラシの4樹種を対象に、林相別に成長量を調査した。

(1) 単木材積成長率

1) 調査の方法

調査対象樹種のそれぞれについて、成長錐を用いて胸高の位置(1.3m)でコアを採取し、最近5年間の年輪幅を測定した。この結果より、ドイツのProdanが作成した材積成長率表を使用して樹種ごとの材積成長率を求め、各林相について林分成長率を推定した。

2) 樹種別材積成長率

調査対象樹種のそれぞれの採取本数は表-65のとおりである。

表-65 樹種別コア採取本数

樹種	採取木直径階	本数
シベリアカラマツ	10cm～92cm	89本
ヨーロッパアカマツ	10cm～94cm	92本
コウアンシラカンバ	10cm～56cm	54本
ヨーロッパヤマナラシ	10cm～52cm	54本

注：樹種別採取コアの測定値は、付属資料11のとおり。

コア採取木の胸高直径と、胸高直径ごとの年輪幅の平均との関係を回帰計算し、以下の回帰直線を得た。

シベリアカラマツ : $Y = 6.86 - 0.05X$ $n = 37$ 、 $r = 0.48$ 、 $t = 3.200$
 ヨーロッパアカマツ : $Y = 6.64 - 0.02X$ $n = 44$ 、 $r = 0.26$ 、 $t = 1.722$
 コウアンシラカンバ : $Y = 7.33 - 0.01X$ $n = 21$ 、 $r = 0.04$ 、 $t = 0.188$
 ヨーロッパヤマナラシ : $Y = 6.71 - 0.02X$ $n = 20$ 、 $r = 0.16$ 、 $t = 0.694$

Y : 最近5年間の年輪幅 (cm) n : 標本数 (個)

X : 胸高直径 (cm) r : 相関係数

$$t = \frac{r (n - 2)^{1/2}}{(1 - r^2)^{1/2}}$$

調査対象樹種について無相関検定を行うと、シベリアカラマツ以外の3樹種については危険率5%で無相関と考えられる。よって、調査対象樹種の胸高直径と年輪幅の関係式は、以下のとおりとする。

シベリアカラマツ : $Y = 6.86 - 0.05X$

ヨーロッパアカマツ : $Y = 6.64$

コウアンシラカンバ : $Y = 7.33$

ヨーロッパヤマナラシ : $Y = 6.71$

上式に2cmごとの胸高直径を代入して得られた年輪幅(修正n)より、1年間当たりの年輪の直径幅を求め、表-66のProdanの材積成長率表より、胸高直径階ごとの材積成長率を求めた。

ここまでの計算結果は表-67のとおりである。

表-66 Prodanの材積成長率(一部抜粋)

Zd d	Broad-Leaved spp.					Picea spp. & Pinus spp.				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
10	2.9	5.7	8.6	11.4	14.3	3.0	6.1	9.1	12.1	15.2
15	1.9	3.7	5.6	7.4	9.3	1.9	3.8	5.7	7.6	9.6
20	1.3	2.6	3.9	5.2	6.6	1.3	2.7	4.0	5.3	6.7
25	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	1.0	2.0	3.1	4.1	5.1
30	0.8	1.6	2.4	3.2	4.0	0.8	1.6	2.4	3.2	4.0
35	0.7	1.4	2.1	2.8	3.4	0.7	1.4	2.1	2.8	3.4
40	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	0.6	1.2	1.8	2.4	2.9
45	0.5	1.0	1.6	2.1	2.6	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
50	0.5	0.8	1.4	1.9	2.4	0.4	0.9	1.3	1.7	2.2
55	0.4	0.8	1.2	1.6	2.1	0.4	0.8	1.2	1.5	1.9
60	0.4	0.7	1.2	1.5	1.9	0.3	0.7	1.1	1.4	1.7
65	0.4	0.6	1.1	1.4	1.7	0.3	0.6	1.0	1.3	1.6
70	0.3	0.6	0.9	1.2	1.6	0.3	0.6	0.9	1.2	1.6
75	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	0.3	0.6	0.8	1.1	1.4
80	0.3	0.6	0.8	1.1	1.4	0.2	0.5	0.7	1.0	1.3

- 注: 1) Zdは1年間の年輪の直径幅(mm/年)、dは胸高直径(cm)
 2) シベリアカラマツ、ヨーロッパアカマツは、Picea spp. & Pinus spp.の値を使用し、コウアンシラカンバ、ヨーロッパヤマナラシは、Broad-Leaved spp.の値を使用した。
 3) 表中にない値は、比例配分で求めた。

表-67 胸高直径階ごとの樹種別材積成長率

D. B. H. (cm)	材積成長率(%)				D. B. H. (cm)	材積成長率(%)			
	シベリアカラマツ	ヨロイアカマツ	コウカンバ	ヤマナラシ		シベリアカラマツ	ヨロイアカマツ	コウカンバ	ヤマナラシ
8		9.28			46	0.89	1.30	1.52	1.38
10	7.73	8.07	8.41	7.69	48	0.83	1.23	1.52	1.38
12	6.47	6.86	7.23	6.61	50	0.77	1.16	1.37	1.27
14	5.24	5.65	6.06	5.54	52	0.72	1.12	1.33	1.23
16	4.33	4.75	5.14	4.70	54	0.67	1.08	1.29	1.19
18	3.73	4.15	4.48	4.10	56	0.61	1.04	1.25	1.15
20	3.15	3.56	3.81	3.49	58	0.57	1.00	1.21	1.11
22	2.79	3.22	3.46	3.17	60	0.52	0.96	1.17	1.07
24	2.44	2.89	3.11	2.85	62	0.49	0.93	1.11	1.02
26	2.15	2.60	2.82	2.58	64	0.47	0.90	1.06	0.97
28	1.93	2.37	2.58	2.36	66	0.44	0.86	1.00	0.91
30	1.72	2.13	2.35	2.15	68	0.42	0.83	0.94	0.86
32	1.60	2.02	2.23	2.04	70	0.40	0.80	0.88	0.81
34	1.49	1.91	2.11	1.93	72	0.37	0.76		
36	1.38	1.81	2.00	1.83	74	0.34	0.73		
38	1.27	1.70	1.88	1.72	76	0.31	0.70		
40	1.17	1.59	1.76	1.61	78	0.28	0.66		
42	1.07	1.49	1.68	1.53	80	0.24	0.63		
44	0.97	1.38	1.60	1.45					

注：胸高直径階ごとの樹種別材積成長率算出の基礎数値は付属資料12を参照

(2) 林分成長率の推定

調査対象樹種ごとに算出した材積成長率をもとに樹冠疎密度、樹高および枯損率を因子とした林分成長率を推定し、各林相の林分成長率表を作成した。

1) 標準地の林分組成成長率

標準地調査結果から調査対象木の4樹種について材積・平均樹高より材積平均木の直径を求め、この直径から表-67の材積成長率を適用し、各標準地の林分組成成長率とした。各標準地の林分成長率、樹冠疎密度および樹高は付属資料13のとおりである。

2) 林分成長率の推定

林相別の林分組成成長率は、各標準地の林分組成成長率と樹冠疎密度および樹高との関係を対数式を用いた回帰計算により求めた。回帰式は以下のとおりである。

NP : $\log z = -0.341 \log x - 1.396 \log y + 5.172$ $r = 0.68$ $n = 19$

N : $\log z = -0.265 \log x - 1.576 \log y + 5.606$ $r = 0.74$ $n = 31$

L : $\log z = -0.103 \log x - 0.158 \log y + 0.958$ $r = 0.18$ $n = 13$

M : $\log z = -0.030 \log x - 1.649 \log y + 5.788$ $r = 0.73$ $n = 18$

z : 林分組成成長率 y : 樹高 (m) n : 標本数
x : 樹冠疎密度 (4区分) r : 相関係数

注：各林相の林分成長率算定には、以下の林相の標準地データを使用した。

NP : NPの標準地。

N : N標準地は標本数が少ないため、針葉樹に該当するN、NLおよびNPの標準地。

L : Lの標準地。

M : Mの標準地。

求められた回帰式に、樹冠疎密度、樹高の値をあてはめ、下記の枯損率： M （枯損率の事例は付属資料14参照）を差し引いて、林分成長率表を作成した（表-69参照）。

NP	: $M = 0.804$	N	: $M = 0.804$
L	: $M = 0.947$	M	: $M = 0.883$

林分成長率は、上記のように単木材積成長率の合計から林分の枯損率を差し引いて算出するが、対象とする林相が極相状態にあるものは一般に成長と枯損が見合うので林分成長率は0%とみなし、表-68の林相に適用した。

表-68 林分成長率の推定方法

林 相	推 定 方 法
NL, N, L	平均樹高21m以上のNL, Nおよび平均樹高15m以上のL は極相状態とみられるため、純成長率は一律0%とする
NP, M, 上記以外の林分	樹冠疎密度、樹高および枯損率を因子とした林分成長率から推定する

表 -69 林相別の林分成長率表

L

N

$y \setminus x$	1	2	3	4	$y \setminus x$	1	2	3	4
6	2.51	2.27	2.14	2.05	6	15.35	12.64	11.27	10.38
7	2.60	2.35	2.22	2.13	7	11.87	9.74	8.67	7.97
8	2.67	2.42	2.29	2.19	8	9.46	7.74	6.87	6.31
9	2.74	2.49	2.35	2.25	9	7.72	6.29	5.57	5.10
10	2.80	2.54	2.40	2.30	10	6.42	5.21	4.59	4.20
11	2.86	2.60	2.45	2.35	11	5.41	4.37	3.84	3.50
12	2.91	2.65	2.50	2.40	12	4.61	3.71	3.25	2.95
13	2.96	2.69	2.54	2.44	13	3.97	3.17	2.77	2.50
14	3.01	2.74	2.58	2.48	14	3.45	2.73	2.37	2.14
15	3.05	2.78	2.62	2.52	15	3.01	2.37	2.05	1.84
16	3.09	2.81	2.66	2.55	16	2.64	2.06	1.77	1.58
17	3.13	2.85	2.69	2.59	17	2.33	1.80	1.54	1.36
18	3.17	2.88	2.73	2.62	18	2.06	1.58	1.33	1.18
19	3.20	2.92	2.76	2.65	19	1.82	1.38	1.16	1.01
20	3.24	2.95	2.79	2.68	20	1.62	1.21	1.01	0.87
21	3.27	2.98	2.82	2.71	21	1.44	1.06	0.87	0.75
22	3.30	3.01	2.85	2.74	22	1.28	0.93	0.75	0.64
23	3.33	3.04	2.87	2.76	23	1.14	0.81	0.65	0.54
24	3.36	3.06	2.90	2.79	24	1.01	0.71	0.55	0.45
25	3.39	3.09	2.92	2.81	25	0.90	0.61	0.47	0.38

M

NP

$y \setminus x$	1	2	3	4	$y \setminus x$	1	2	3	4
6	16.12	16.48	16.69	16.84	6	13.65	10.60	9.13	8.20
7	12.3	12.58	12.75	12.86	7	10.85	8.40	7.21	6.46
8	9.7	9.92	10.05	10.15	8	8.87	6.83	5.85	5.22
9	7.83	8.01	8.12	8.2	9	7.40	5.67	4.84	4.31
10	6.44	6.59	6.69	6.75	10	6.28	4.79	4.07	3.61
11	5.38	5.51	5.58	5.64	11	5.40	4.09	3.46	3.06
12	4.54	4.65	4.72	4.77	12	4.69	3.53	2.97	2.62
13	3.87	3.97	4.03	4.07	13	4.11	3.07	2.57	2.26
14	3.32	3.41	3.46	3.5	14	3.62	2.69	2.24	1.96
15	2.87	2.95	3	3.03	15	3.22	2.37	1.96	1.70
16	2.49	2.56	2.6	2.63	16	2.87	2.10	1.72	1.49
17	2.17	2.23	2.27	2.3	17	2.57	1.86	1.52	1.30
18	1.9	1.95	1.99	2.01	18	2.31	1.66	1.34	1.14
19	1.66	1.71	1.74	1.77	19	2.09	1.48	1.18	1.00
20	1.45	1.5	1.53	1.55	20	1.89	1.32	1.05	0.87
21	1.27	1.32	1.34	1.36	21	1.71	1.18	0.92	0.76
22	1.11	1.15	1.18	1.2	22	1.55	1.06	0.82	0.66
23	0.97	1.01	1.03	1.05	23	1.41	0.94	0.72	0.58
24	0.85	0.88	0.9	0.92	24	1.28	0.84	0.63	0.50
25	0.73	0.77	0.79	0.8	25	1.17	0.75	0.55	0.42

注：x；樹冠疎密度区分
y；樹高

(3) 林分成長量の推定

上述の方法により蓄積調査で得られた林相別蓄積に林分成長率を乗じて、林相別材積成長量を求め、モデルエリア別林相別に林分成長量を表-70のように推定した。

表-70 林分成長量の推定

林 相	成 長 量 (m ³)		
	モデルエリア1	モデルエリア2	計
NP	13,561	4,971	18,532
NL		234	234
N		474	474
L	1,280	13,442	14,722
M	3,596	10,410	14,006
計	18,437	29,531	47,968

5. 7 森林調査簿の作成

これまでの調査内容に基づき、以下の項目について森林調査簿を作成した。

表-71 森林調査簿の項目

No.	項目	単位	No.	項目	単位
1	行政区分		14	樹高区分	
2	モデルエリア		15	株密度区分	
3	林班番号		16	立木度	%
4	小班番号		17	林齢	yr
5	森林面積	ha	18	平均樹高	m
6	非森林面積	ha	19	平均胸高直径	cm
7	法令指定		20	樹種	
8	機能類型		21	混交歩合	%
9	林位		22	蓄積	m ³
10	傾斜区分		23	1/2あたり蓄積	m ³ /ha
11	土壌		24	連年成長量	m ³ /yr
12	林種		25	林床植物	
13	土地利用・植生区分		26	備 考	

(1) 計画と法令に関する記載

「林班番号」、「小班番号」は、本調査により作成された森林管理計画の計画単位である。

当森林調査簿の最小区分は「小班」であり、この単位で、その属性が記述されている。「林班番号」と「小班番号」は、森林管理計画図と対応しており、すべて数字で記載されている。

各小班の面積は図上計測されて、「森林地域」と「非森林地域」に分かれて記載されている。

「行政区分」、「モデルエリア」、「法令指定」、「機能類型」の記述は以下のとおりである（法令指定と機能類型の詳細内容は、「7 森林管理計画ガイドライン」を参照）。

表-72 位置と法令に関する記載

Col.No.	Item	Symbol	Contents
1	Administrative Location		(行政区分)
		1	Altanbutag Sum
		2	Uroo Sum
2	Model Area		(モデルエリア)
		1	Model Area 1
		2	Model Area 2
	Legal Designation		(法令指定)
		GZ	Green Zone
		HF	Headwater Forest
		WI	Woods Isolated
		S	Shrub
		WF	Woods on Slope Facing South
		WS	Woods on Steep Slope
8	Management Category		(機能類型)
		P	Nature Preservation Forest
		S	Soil & Water Conservation Forest
		H	Public Health & Culture Promotion Forest
		T	Timber Production Forest

(2) 森林調査結果の記載

本調査における森林調査の結果は、以下のように記載されている。

表-73 森林調査結果に関する記載

Col.No.	Item	Symbol	Contents
10	Slope Class		(傾斜区分)
	1		<15°
	2	15° ≤	<30°
	3	30° ≤	
11	Soils		(土壌)
	C		Soil Complex of Dystric Cambisols & Humic Cambisols
	K		Haplic Kastanozems
	A		Soil Complex of Haplic Arenosols
	L-C		Soil Complex of Leptosols & Cambisols
	F		Umbric Fluvisols
	R		Rocky Land
13	Land Use & Vegetation Type		(土地利用・植生区分)
	NP		Pine Forest
	NL		Larch Forest
	N		Pine/Larch Forest
	P		Planted Forest
	L		Broad-Leaved Forest
	M		Mixed Forest
	U		Unstocked Land
	UF		Fire-Damaged Forest
	UL		Logged-Over Land
	S		Shrub Land
	G		Grassland
	F		Farm Land
	ST		Settlement
	R		Rocky Land
14	Height Class		(樹高区分)
	3		- 12 m
	2		13 m - 20 m
	1		21 m -
15	Crown Density Class		(株密度区分)
	4		- 30 %
	3	31 %	- 60 %
	2	61 %	- 90 %
	1	91 %	-
18	Mean Tree Height (m)		(平均樹高)
19	Mean DBH (cm)		(平均胸高直径)
20	Species		(樹種)
21	Volume Composition by Species (%)		(混交歩合)
22	Volume (m ³)		(蓄積)
23	Volume per ha (m ³ /ha)		(G/当たり蓄積)
24	Annual Increment (m ³ /yr)		(連年成長量)

「林種」は、森林管理計画ガイドラインのとおり、次の3つで構成されている。

表-74 林種の記載内容

Col.No.	Item	Symbol	Contents
12	Forest Management Type		(林種)
	NF		Natural Forest (天然林)
	MF		Manmade Forest (人工林)
	U		Unstocked Land (無立木地)

「林種」と「森林」・「非森林」の組み合わせは、上記の土地利用・植生区分について、以下のように記載されている。

表-75 土地利用・植生区別の林種と森林・非森林

Land Use & Vegetation Type (土地利用・植生区分)	Forest	
	Management Type (林種)	Forest / Non-Forest (森林/非森林)
NP Pine Forest	NF	Forest
NL Larch Forest	NF	Forest
N Pine/Larch Forest	NF	Forest
P Planted Forest	MF	Forest
L Broad-Leaved Forest	NF	Forest
M Mixed Forest	NF	Forest
U Unstocked Land	U	Forest
UF Fire-Damaged Forest	U	Forest
UL Logged-Over Land	U	Forest
S Shrub Land	NF	Forest
G Grassland		Non-Forest
F Farm Land		Non-Forest
ST Settlement		Non-Forest
R Rocky Land		Non-Forest

これらの土地利用・植生区分のうち無立木地（U）については、森林管理計画策定の過程で、さらに「更新困難地」と「更新可能地」の2つに区分した。

「更新困難地」は航空写真で無立木地として判読されたが、山地南向き斜面で、自然立地上森林の成立が困難な箇所であるので、非森林に編入して面積を計上することとした。

また、「更新可能地」は、上記の「更新困難地」を除く無立木地について森林の成立が可能な箇所として森林に編入した。

表-76 無立木地（U）の分割内容

Symbol	Contents	Forest	
		Management Type (林種)	Forest / Non-Forest (森林/非森林)
I	Inhospitable Site	U	Non-Forest
H	Hospitable Site	U	Forest

(3) その他

「林位」、「立木度」、「林齢」は、モンゴル国の既存の森林調査簿との比較を容易にするため、同調査簿から記載した。

「林位」とは、林分をその平均直径と樹高から区分した「樹高階」のことであり、数字で表されている。数字が小さいほど「樹高」が高く、その林分の木材資源としての質の高さを意味している。モデルエリアの場合は、3～5の範囲で林位が与えられている。

「立木度」とは、樹冠疎密度が飽和状態にある林況でのビッターリッヒ法によるカウント数に対する実際のカウント数の割合である。当森林調査簿では、10%単位で記載しており、10に近いほど飽和状態に近いことを意味している。

「林齢」は、例えば「150年」の場合は「15」というように、十年単位で記載した。

6. 森林火災調査

6. 1 概要

モンゴル国で1996年4～6月に発生した森林・草原火災は、モンゴルの森林地域全般にわたったもので、本調査対象地域であるセレンゲ県（スタディエリア約428万ha）、インテンシブエリア（約16万ha）、モデルエリア（合計約3万ha）にも被害が及んだ。自然環境省の推定によれば、モンゴル国全体の森林被害面積は236万haになった。

1996年6月の現地調査の際、セレンゲ県森林局からの聞き取りと現地調査から、火災被害範囲の概況を把握した（図40参照）。

その結果、森林管理計画に直接関係するインテンシブエリアで、その約60%が火災被害を受けており、約25%は林木が被害を受けていることが判明した。また、火災は主に道路が焼け止まり線となっていた。

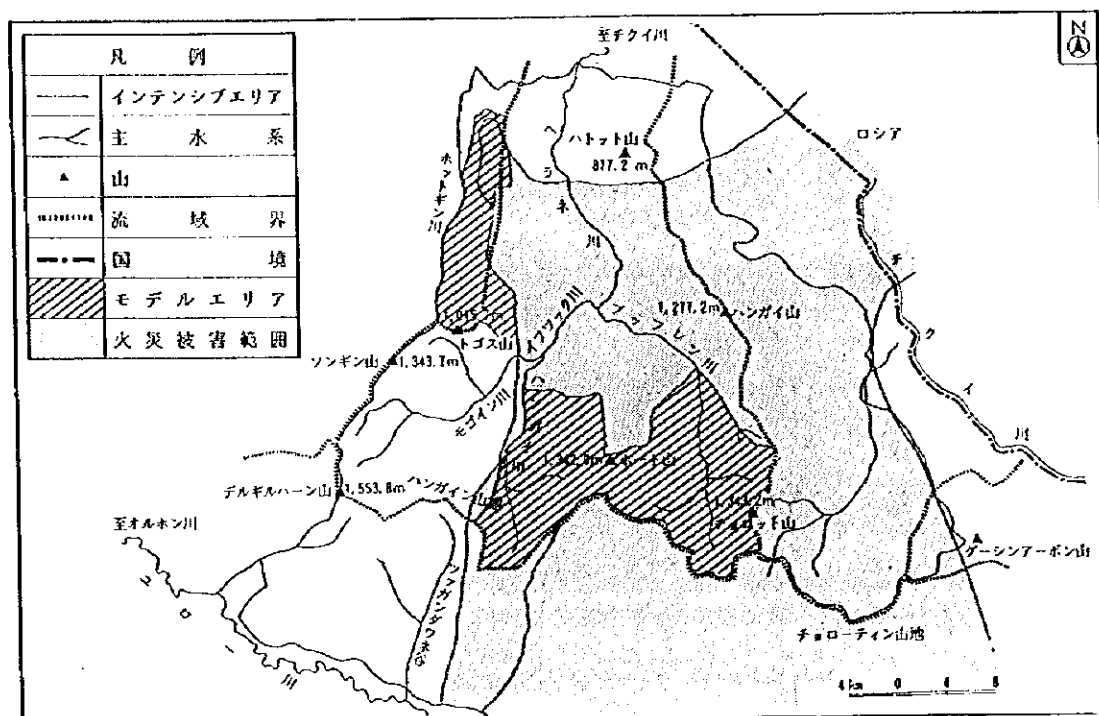


図-40 インテンシブエリアの被害概況図

この森林・草原火災による影響については、森林管理計画の策定について考慮すべきであるとの判断から、1996年7月に日本側とモンゴル側の関係機関で協議が行われ、森林火災調査に係る追加調査が行われることとなった（付属資料16 調査延長について結ばれた

ミニッツ参照)。

業務内容としては、1996年度に終了する予定であった本調査が延長され、森林火災調査を行い、火災後のインテンシブエリアとモデルエリアの森林について以下の作業を行うこととなった。

- 森林火災被害地を対象とする航空写真の撮影
- 火災後土地利用・植生図の作成
- 火災後林相図の作成
- 火災後森林調査簿の作成

6. 2 インテンシブエリアの調査

6. 2. 1 森林火災被害地の航空写真撮影

森林火災被害地の状況を把握するため、1997年6月1日から7月5日までの間に、インテンシブエリアの中の森林火災被害地を対象に撮影を実施した。

(1) 航空機

1994年の撮影に用いたAN-30が故障で使用不可能であり、近隣諸国からの調達も不可能であったため、高精度、高高度の撮影飛行には本来適してはいないが、モンゴル国内で唯一撮影飛行が可能であったAN-2機を利用した。

(2) カメラ

モンゴル国内で調達したZeiss Jena社製のMRB (焦点距離 8.8cm) を使用した。

(3) フィルム： パンクロマティック白黒

(4) 写真縮尺： 約1/20,000

(5) 撮影高度： 平均2,950m

(6) 撮影面積： 1,100km²

(7) 撮影コース： 19コース (図-41参照)

(8) OLとSL

写真のOL (オーバーラップ) とSL (サイドラップ) はそれぞれ60%と50%を目途としたが、複葉羽布張翼のAN-2機は速度が遅く、風の影響を受け易い機体構造であり、それにカメラの動作不良が重なったため、撮影は対象地域全域をもれなくカバーすることに重点を置いた。このため、一部でOL切れが生じた。

(9) 撮影基地

撮影基地は当所スフバートルを想定したが、保安上問題があるため、施設が比較的整っているダルハン飛行場に変更した。

燃料の準備や当初発生したカメラの故障修理後はダルハンを利用したが、カメラの故障（シャッターの動作不良、フィルムマガジンの動作不良、そして電圧の不安定により計器が写真に写らないこと）が再発し、また飛行機自体の不調も懸念された。このため、応急修理をし、しばらくはダルハンからの撮影を試みたが、無理があるため修理体制が良いウランバートル飛行場に戻り、最後はウランバートルから撮影した。

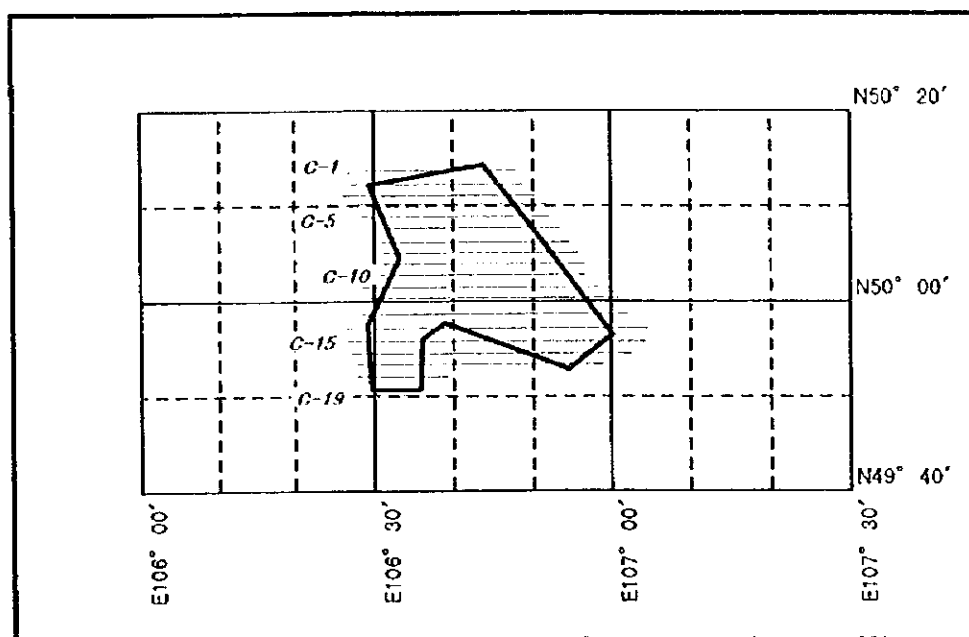


図-41 撮影コース

6. 2. 2 土地利用・植生調査

1997年に撮影した航空写真の判読と地上での照合により、インテンシブエリアの森林火災被害地について調査を行い、「火災後土地利用・植生図」（縮尺 1/50,000）を作成した。

(1) 判読区分

火災後の土地利用・植生図の判読は、1996年に火災で上木の被害が認められる地域について「森林火災被害地」として、火災前に作成した土地利用・植生図の修正を行った。

樹葉が消失または枯れた被害木は、航空写真上で白または淡白の色調をなしており、そ

れらを除く、生存するものの全林分に対する割合を生存率とした。

生存率が30%以下の林分を「森林火災被害地」として判読区分を行った。

火災後土地利用・植生図の区分項目は表77のとおりである。1996年の森林火災被害地 (New Fire-Damaged Forest suffered in 1996)は、記号：UNとして図示した。

表-77 火災後土地利用・植生図の区分と記号

大区分	区 分	英 名	Symbol	
森 林 Forest	ヨーロッパアカマツ林	Pine Forest	NP	
	シベリアカラマツ林	Larch Forest	NL	
	ヨーロッパアカマツ林および シベリアカラマツ林	Pine/Larch Forest	N	
	造林地	Planted Forest	P	
	広葉樹林	Broad-Leaved Forest	L	
	針広混交林	Mixed Forest	M	
	無立木地	Unstocked Land	U	
	森林火災跡地	Fire-Damaged Forest	UF	
	伐採跡地	Logged-Over Land	UL	
	低木林	Shrub Land	S	
	森林火災被害地	New Fire-Damaged Forest Suffered in 1996	UN	
	非森林 Non-Forest	草地	Grassland	G
		農地	Farm Land	F
集落		Settlement	ST	
岩石地		Rocky Land	R	

(2) 火災前後の比較

火災前後の土地利用・植生の面積構造の変化は、表-78のとおりである。

インテンシブエリアにおいては、ヨーロッパアカマツ林が主に被害を受けたと考えられる。

また、1996年の聞き取り調査でインテンシブエリアの25%が上木の被害を受けているという報告よりも、より被害は深刻化していることがわかる。

表-78 火災前後の土地利用・植生図における面積構成の変化

大区分	中区分	火災前 面積 (ha)	火災後 面積 (ha)	減少面積 (ha)	減少率 (%)	
森林	ヨーロッパカマツ林	33,159	19,143	14,016	42%	
	シベリアカマツ林	3,199	2,536	663	21%	
	ヨーロッパカマツ林および シベリアカマツ林	2,766	2,724	42	2%	
	造林地	837	1,212	-375	-45%	
	広葉樹林	30,149	23,931	6,218	21%	
	針広混交林	23,700	19,361	4,339	18%	
	無立木地	8,817	2,841	5,976	68%	
	森林火災跡地	5,143	431	4,712	92%	
	伐採跡地	3,588	906	2,682	75%	
	低木林	8,791	8,039	752	9%	
	森林火災被害地	0	39,025	-39,025		
		森林小計	120,149	120,149	0	0%
	非森林	草地	31,048	31,048	0	0%
農地		4,844	4,844	0	0%	
集落		115	115	0	0%	
岩石地		4,146	4,146	0	0%	
		非森林小計	40,153	40,153	0	0%
	合計	160,302	160,302	0	0%	

6. 2. 3 気象等の調査

1996年の森林火災の発火から鎮火までの期間の気象データを収集し、森林火災と気象の関係について検討した。

まず、1996年の気象概況を過去のものと比較するため、降水量、積雪深について月別値を比較した。また、森林火災の発生前後の経緯を把握するため、湿度、風速、火災の起こりやすさの指標値などについて火災発生10前からの日データを比較した。

気象データは、インテンシブエリアとモデルエリアにもっとも近いスフバートル市のスフバートル県気象環境研究所¹⁾にて収集した。

(1) 1996年の月別降水量の比較

1989～1996年の月別値から、降水の多い期間は、6～9月である(図42参照)。通年の値を比較した場合、大規模な森林火災の起きた1996年の4～5月の降水量はやや少ないように見られる。

1) Sukhbaatar Aimak Meteorological Research Center

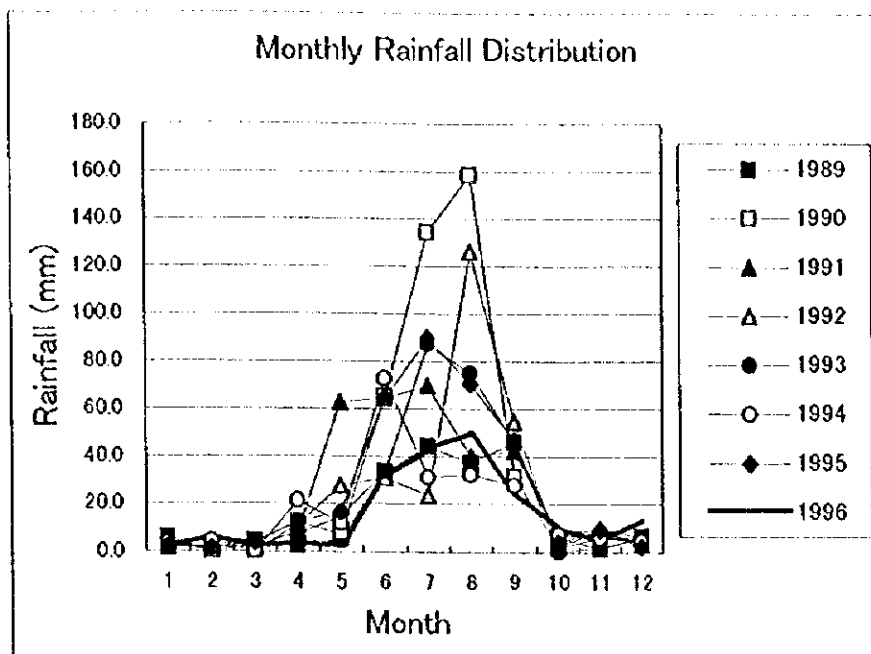


図-42 スフバートルにおける月別降水量の比較 (1989～1996年)

モンゴルの一般的な森林火災危険期は、3～6月と9～11月とされており、1996年5月に発生した当森林火災は、前者の期間に起きたことになる。

降雨・降雪は、森林火災を抑制する効果を持つ環境要素である。

降雨の火災に対する影響は、降雨後から2～3日程度しか持続しないといわれるため、降雨の時期が火災を抑制する効果を大きく左右する。火災発生後は、直接鎮火する環境要素として考えられる。

降雪の場合は、降雨の持つ抑制効果に加え、積雪による水分の蓄積が考えられるため、降雨よりも、先行する降雪量が火災発生に影響を与えうる。

ここで、通常降雪が始まる10月から火災が発生しやすい5月までについて1989～1995年の平均値と1995/96年の値と比較したのが、図43である。

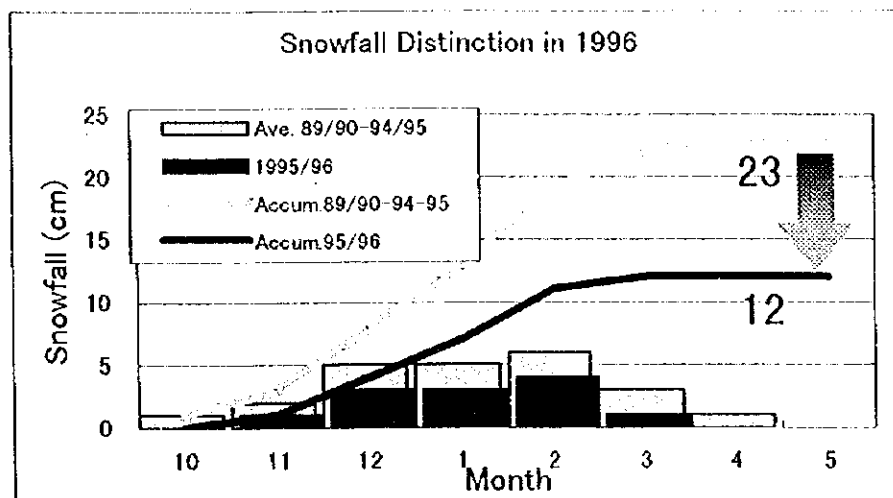
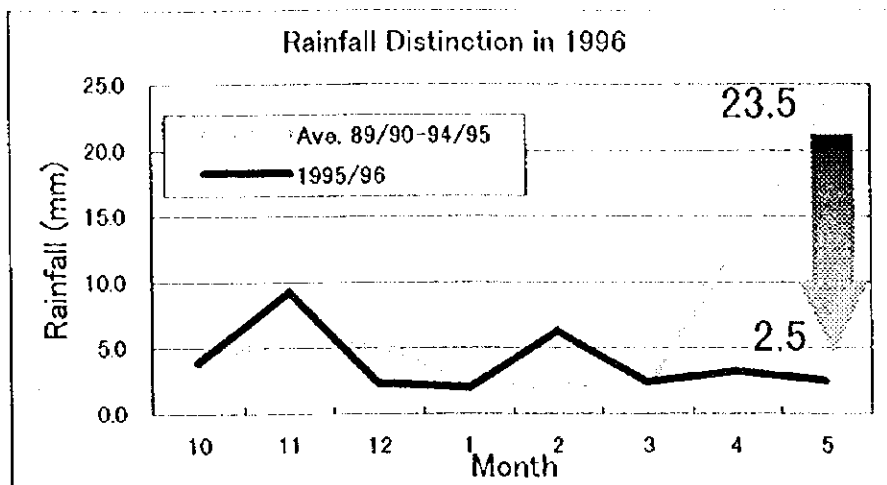


図-43 スフバートルにおける森林火災危険期間に対する月別降水量・積雪深の変化

これによると、降水量は4月と5月にあるべき降雨が、1996年の場合、例年の1割程度(23.5mm→2.5mm)に減少している。

スフバートルの平均気温は、11～3月の期間において零度以下となり、雨は通常積雪となる。そこで、10月以降の積雪深の単純な累積値を比較すると、3月の時点で例年の6割程度(23mm→12mm)に減少しており、積雪量も少なかったものと推測される。

このため、インテンシブエリア周辺の腐植層を含む地表は、極端に乾燥していたことが推測される。

1996年の5月までの積雪深と4～5月の降水量の例年になく少なさは、積雪深については3月時点で明らかだったはずであるが、スフバートル県気象環境研究所などの関係機関は、このような月別値について評価・予報などを行った経緯はない。

(2) 1996年の森林火災発生前後の湿度・風速の比較

森林火災発生前後の気候因子のうち、短期的に特に影響する因子として湿度と風があげられる。

湿度と火災の起こりやすさとの関係は、以下のように考えられている¹⁾。

表-79 湿度と火災の起こりやすさ

湿度範囲	火災の起こりやすさ
60%以下	火災が起こりやすい
60～50%	燃えやすい物のみが燃え、延焼速度は遅い。
50～40%	延焼速度が速いこともある。
40～30%	延焼速度が速く著しく危険になる。
30%以下	消防は困難である。

湿度と火災の起こりやすさの関係を表す指標値として、モンゴルの火災危険指数や実効湿度などがあげられる。

実効湿度は、長期間と短期間の湿度を組み合わせた1種の平均湿度で、この実効湿度が60%以下で火災発生が多くなり、50%以下では大火になる危険性が大きい²⁾。実効湿度は、次式により求められる。火災の起きやすさを知らせる火災注意報や火災警報は、2日前と1日前の相対湿度から計算された実効湿度に基づいている。

$$H_e = (1 - r) \cdot (H_0 + rH_1 + r^2H_2 + r^3H_3)$$

H_e : 実効湿度 (%) r : 係数 (通常0.7)

H : 日平均湿度 (%) (添字の0は当日、1は前日、2は前々日)

調査対象地域の火災は、枯れ草を燃料とする地表火がほとんどであり、その熱が樹冠火となる場合が散在する。地表火の起きやすさは、短時間の湿度の影響を受けると考えられるため、係数 r は 0.7がより適当と考えられる。

日本の北海道の場合、札幌管区気象台の火災警報は、以下の条件で発令される。

- 実効湿度 60%以下
- 最低湿度 30%以下
- 陸上風速 12m/s以上

モンゴルでは、森林火災の発生の危険を、気温と露点温度から計算する「火災危険指数」で判断している。火災危険指数は、旧ソ連のW.G. NESTIROVによる次式で求められる。

$$\gamma = \sum (t - \tau) \cdot t$$

γ : 火災危険指数 t : 午後2時の気温 (°C) τ : 露点温度 (°C)

1) 荒木 眞之、1995、「森林気象」

2) 荒木 眞之、1995、「森林気象」

火災危険指数は、日降雨量が2 mm以下の連続した期間について、前日の値を加えた累積値として観測される。つまり、日降雨量が2 mmを越えた時点で、それまでに蓄積された乾燥条件が危険でなくなるという前提に立っている。

観測された値は、その数値に応じて「火災危険クラス」に分けられ、ⅢまたはⅣの場合は、スフバートル県気象環境研究所からセレンゲ県災害対策委員会や関係機関へ火災注意が勧告される。

表-80 火災危険クラスのレンジ

火災危険 ク ラ ス	観測期間と火災危険指数のレンジ	
	春～夏（3～6月）	夏～秋（9～11月）
I	0 ～ 150	0 ～ 400
II	151 ～ 1,250	401 ～ 1,500
III	1,251 ～ 3,000	1,501 ～ 8,000
IV	3,000以上	8,000以上

火災が発生した場合、湿度の低下に伴い風速が増加すると、飛び火が発生し、延焼速度が増加し、被害の拡大を加速化する。

延焼速度は、地表火で時速4～7 km程度であり、樹冠火を伴う森林火災の場合は地表火よりも遅く、時速2～4 km程度の例が多い。延焼速度の増加速度は風速の2乗に比例し、その基準として風速10m/sの延焼速度は3～5 kmと考えられる¹⁾。

火災が発生した場所では、火災の熱による上昇気流が発生する。その鉛直運動によって、地上では周囲から気流が収束したり、上空の強い風が降りたりするため、一層風が強くなって火勢を強める。また、上昇気流によって火の粉が遠方まで飛ばされ、飛び火が起こる。大規模な火災では、積雲や積乱雲が発生したり、火災旋風と呼ばれる強風が発生する²⁾。1996年の記録には、このような火勢に起因する気象変化についての記録はない。

これらの日データや指標値を、インテンシブエリアで森林火災の起きた5月14日周辺の期間について比較を行った。データは、1996年と1997年の5月1日～6月4日のもので、図-44と図-45のとおりである（元データは付属資料17参照）。

1) 荒木 眞之、1995、「森林気象」
2) 朝倉 正ほか、1995、「気象ハンドブック」

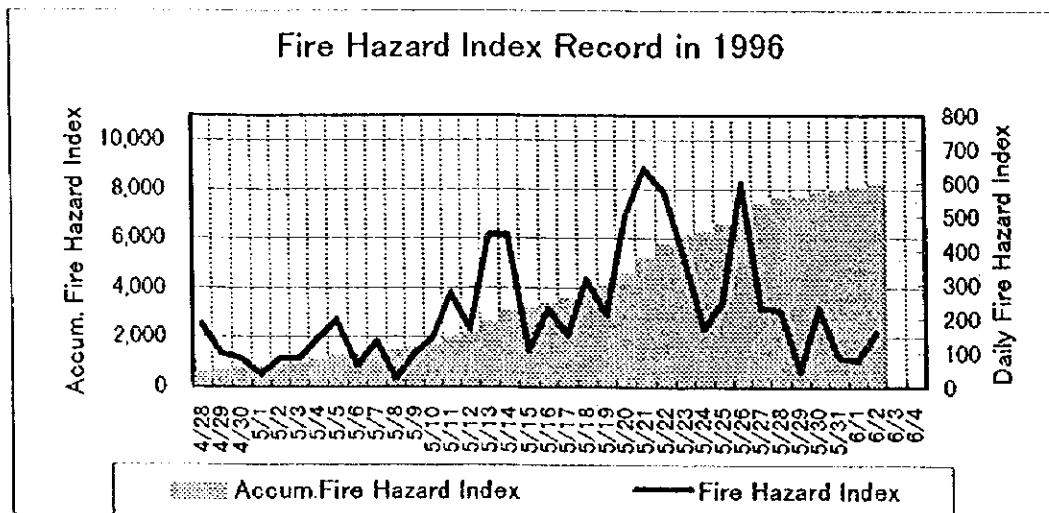
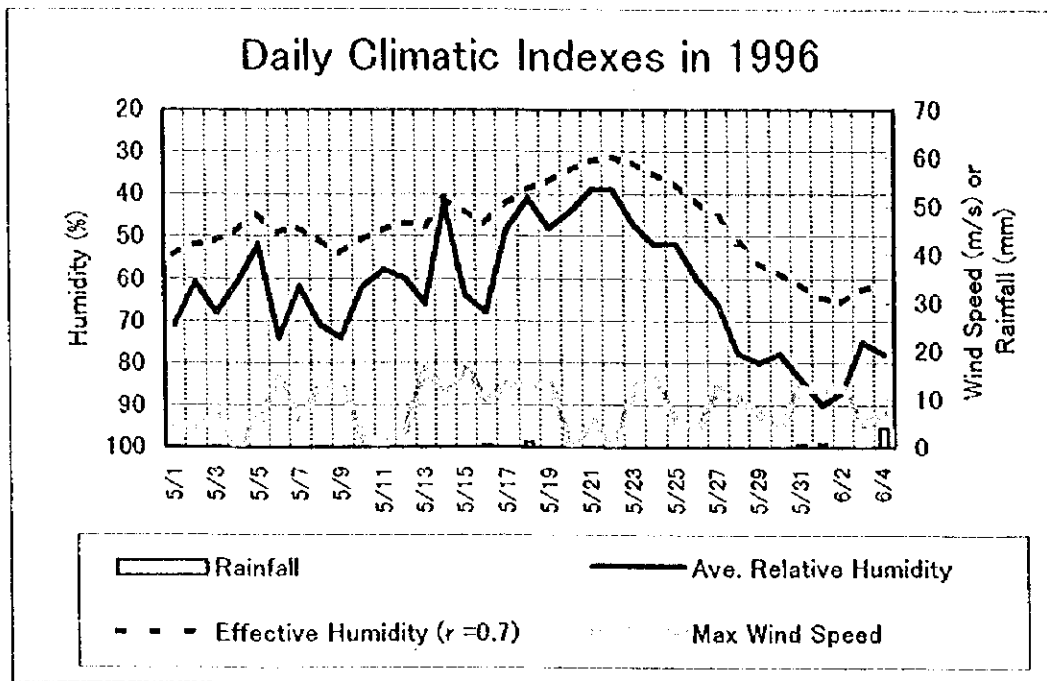


図-44 1996年の森林火災発生前後の関連気象因子と火災危険指数

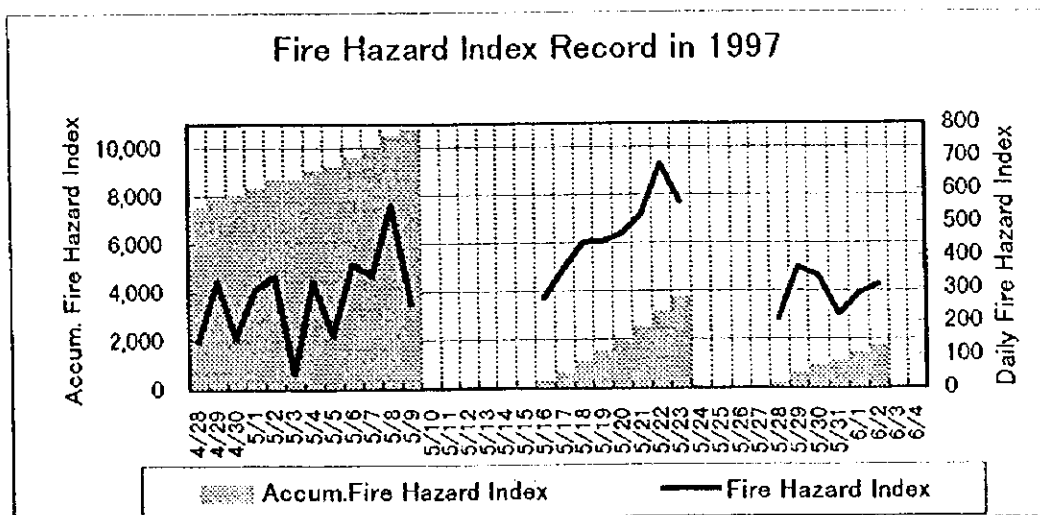
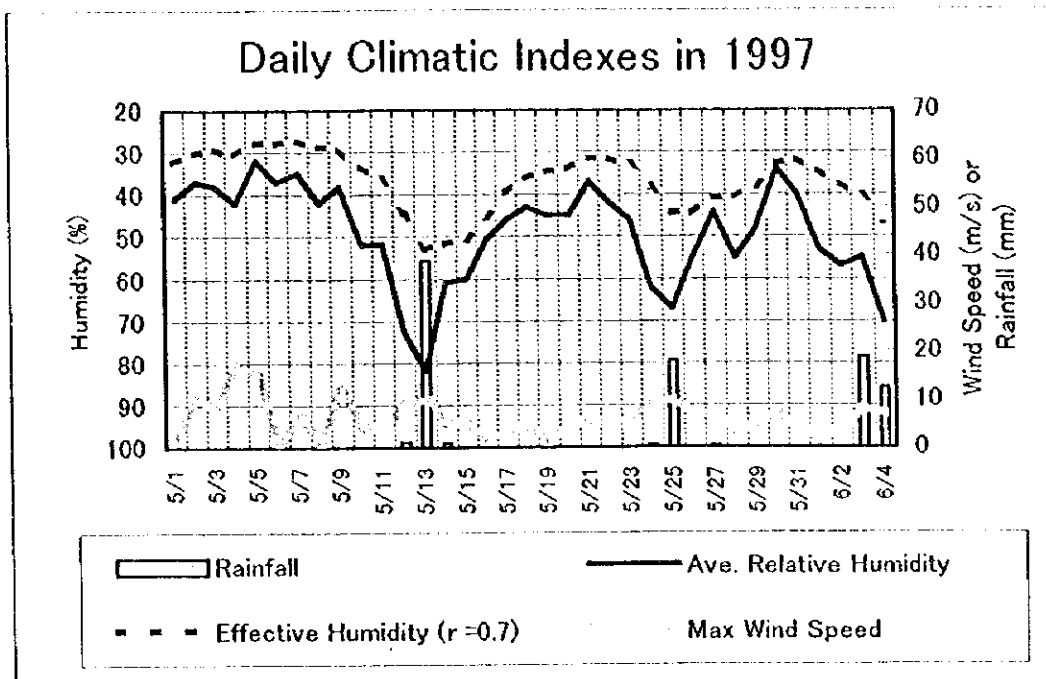


図-45 1996年の森林火災発生前後と同時期の1997年の関連気象因子と火災危険指数

比較結果は、各因子について以下のように要約できる。

表-81 1996年と1997年の5月における日データの比較結果の要約

比較因子	1996年の特徴	1997年の特徴
降 雨	<ul style="list-style-type: none"> ● 30日以上、2 mm以上の降雨がみられない。 	<ul style="list-style-type: none"> ● ほぼ10日程度の間隔で、2 mm以上の降雨がみられた。
湿 度	<ul style="list-style-type: none"> ● 相対湿度50%以下の日は、合計8日しかないが、5/17～5/23の7日間は連続している。最低39%を記録する。 ● 実効湿度50%以下の日が5/11から17日間連続している。最低25%を記録する。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 相対湿度50%以下の日が、合計23日あり、降雨に寸断されてはいるが、それぞれ7日以上連続している。最低32%を記録するが、降雨とともに上昇した。 ● 実効湿度50%以下の日が合計32日あり、19日間連続している。最低16%を記録する。
風	<ul style="list-style-type: none"> ● 5/13～5/19の期間に、最大風速が10m/sを超える日が連続している ● 風向は、ほぼN～WNWに集中している。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 最大風速が10m/s以上の日は2日以上連続していない。 ● 風向は、NW～Nに集中している。
火災危険指数	<ul style="list-style-type: none"> ● 火災危険クラスⅢは5/5、同クラスⅣは5/14に到達し、最高8,000程度を記録する。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 同クラスⅣが4/28以前から既に到達しており、最高10,000以上を記録する。

(3) 気象と火災との関係

森林火災発生前後の降水・湿度の変化を月別・日データを用いて検討したが、1996年は例年のない乾燥した環境が大規模な森林火災をもたらしたと考えられる。

月別データの降水量と積雪深における顕著な減少は、森林火災を長期的に予測する上で、先行する月別データの評価に重要な指針を与えると考えられる。すなわち、積雪深が3月時点で極端に減少し、しかも、その後降雨が極端に減少した場合、森林火災が非常に起こりやすく、しかも大規模になる可能性が高いということである。

日別データにおいて1996年と1997年を比較すると、湿度においては1997年の方が低い値をより多く記録するものの、断続する降雨により火災の発生とその大規模化が抑制されたと考えられる。また、上記の乾燥条件に加え、1996年の最大の特徴は、最大風速が10m/sを超える日が一週間連続したことであり、この風が森林火災の大規模化を決定付けたと考えられる。

モンゴルの場合、森林火災の発生し易さは、湿度を因子とする「火災危険指数」で判断される。しかし、森林火災の規模を考慮に入れた場合、風速や風向も森林火災発生時の対策を検討する情報として有効に利用されるべきであろう。

6. 2. 4 行政対応調査

(1) 火災時の行政対応

1) 中央政府

モンゴル政府の大規模な自然災害への対応は、中央政府と各県庁にそれぞれ「災害対策委員会」が設置されて進められる。中央政府と各県庁の同委員会は密接に連携しており、災害への対策を立てて、各県庁が郡役場に対策の指示を出している。この委員会は、火災のほかに洪水、地震、核爆弾投下などの災害にも対応している。

郡や県から中央政府に集められた情報に基づいて、中央政府は施策を打ち出す。

今回の火災は全国規模で大災害に相当するため、施策の一環として「森林草原火災防止法」(No. 116(1334)、1996年5月28日施行)が施行された。同法は以下の項目で構成されている。

- ① 政府の権限
- ② 中央行政機関の権限
- ③ 地方行政機関の権限
- ④ 個人・企業体・組織の責務
- ⑤ 火災の原因、放火者の捜査、被害額の査定

2) セレンゲ県

スタディエリアであるセレンゲ県の森林火災に関する行政対応は、以下のとおりである。

セレンゲ県庁の災害対策委員会設置は1992年から始まり、1996年については同3月に18名で構成・設置された。同委員長は県知事であり、委員は軍隊、行政関係者、規模の大きい一般民間企業経営者、税関責任者などで構成されている。この委員会により火災対策も検討されるが、その情報収集と実質的な対策の決定は県に設置される「火災対策委員会」が対応している。

セレンゲ県庁内の火災対策委員会設置は1992年から始まり、1996年度は前年の1995年10月25日に10名からなる同委員会が設置された。同委員長は農牧自然保護部の森林担当専門官で、委員はセレンゲ県森林局長、軍隊・県気象環境研究所の職員、行政・法律の専門家で構成されている。火災対策委員会の役割は、火災の情報収集と対策の指示にある。

情報収集は、郡役場との連絡や車両による地上調査の他に、飛行機がウランバートルから派遣されて機上から行われる。飛行機は、森林火災の危険期である3月15日～6月

15日と9月15日～11月15日とに飛行し、防火と火災発生後の状況把握を行う。火災発生時には、パラシュート隊も同乗し、消火を行う。

対策の指示は、県庁の火災対策委員会から郡役場の同委員会へ行われる。指示の内容は、火災についての情報とともに、避難勧告、消火活動の人員配置からなっており、県庁の火災対策委員会が県内について郡の境界を超えて検討・作成する。

今回の火災に対しては、セレンゲ県の森林局が事務局となり、消火活動が行われた。

3) アルタンボラク郡

インテンシブエリアの約8割の面積を占めるアルタンボラク郡の森林火災に関する行政対応は、以下のとおりである。

郡役場は、基本的に県の火災対策委員会からの指示に従い、軍隊の情報により自ら消火活動を行っている。消火活動の予算は、県庁から支給され、消火活動の実施機関といえる。支給される主な費目は、①活動に従事した人の食料費、②機械の燃料代、③連絡代となっている。

アルタンボラク郡の1996年の火災被害は以下の2つである。

- シャーマルフンディ周辺（5月12日出火）
- アルタンボラク郡北端のロシア国境付近（5月14日ロシアから延焼）

まず、5月12日にシャーマルフンディ（スフバートル市中心から国道沿いに20km程南）の地域で火災が発生した。アルタンボラク郡の隣接地のため、同日から2日間にわたって火叩きと迎え火による消火の応援が行われた。

次に、5月14日にアルタンボラク郡北端のロシア国境付近で火災が発生し、同日から20日間にわたり、住民270人と郡役場、軍隊、警察の職員で合計約340人が消火活動にあたった。5月13日の夜、軍隊よりロシア側から火災が広がってきそうだと情報はすでにもたらされていた。火災範囲の拡大方向の東と西の端から挟み込むように2グループに分かれて消火活動が展開され、当初は郡役場の自然保護官により現場指揮が執られていた。東側が鎮火した5月24日頃から2つのグループは統一され、セレンゲ県庁の火災対策委員会の指揮下で活動が展開された。消火活動にまつわる基地の設置、医療、連絡、輸送などについては主に軍隊からの支援を得ている。最終的な火災範囲は十数万ha規模であり、全体的に5月30日に鎮火し、消火活動が終わった後も、家畜の糞が堆積した箇所には地中火が認められたため監視が続けられ、6月3日の降雨にいたって監視も終わった。

消火活動は、①火叩き、②防火線の設置、③迎え火の3つからなり、防火線はトラク

ターで掛起して合計10km程度設置された。また、消火用の乗り物としては、車30台、トラック7台、馬28頭が使われた。消火に水は用いられなかった。

(2) 火災被害規模の調査活動

1) モンゴル国全体

自然環境省では、1996年に発生した大規模な火災について緊急調査を行い「1996年森林火災調査報告書」を作成した。調査地域はハンガイ山脈、ヘンティ山脈、セレンゲ県、フブスゴル県、ボルガン県の5つである。調査は、当該地域の林相図（縮尺1/50,000）を用いて、関係者の聴取調査や現地調査を行い、既存資料とNOAAの衛星データにより、1996年の8～9月に行われた。

森林火災の被害度については、林分の被害材積割合を目安にして以下のように3区分し、被害の類型化を行い、生態的被害規模として被害面積、経済的被害規模として被害総額を以下のように算出している。

表-82 1996年の森林火災の被害面積と被害総額の推定規模

被害度	被害材積割合の目安 (%)	天然更新による森林復旧の必要年数	調査対象被害面積 (ha)	調査対象被害総額 (mill Tg.)
大	60～80	(困難)	252,238	24,218.37
中	30～40	7～10年	331,339	5,140.29
小	5	2～3年	1,870,208	3,215.92
合計			2,453,785	32,574.58

これらの被害面積、被害総額は樹種ごとに算出されており、被害面積が最も大きい樹種はシベリアカラマツで全体の75%を占め、被害総額においては同樹種が全体の約4割を占めている。同報告書は、以下の事項について提言しているほか、虫害等の二次被害についての指摘や1997年以前に一般用材を伐採利用するよう提言している。

- 被害森林の利用・復旧計画の方針
- 被害度に応じた人工造林・天然更新の適用方針
- 火災関係法規、消防活動、関連情報活動などの体制強化方針
- 外国援助機関との協力方針

一方、森林火災を受けた被害林分で不法伐採が頻発したため、自然環境省は伐採行為の規制を後述のとおり強化した。

2) セレンゲ県

自然環境省の1996年森林火災調査報告書によれば、セレンゲ県の森林火災の被害内容は、3月24日～6月5日の間に13の郡にまたがり、65件の火災が発生した。

全セレンゲ県の被害内容は、表-83のように推定している。

表-83 セレンゲ県における1996年の森林火災被害の面積、対象材積、被害総額の推定規模

樹種	被害度									合計		
	小			中			大			面積	材積	総額
	面積	材積	総額	面積	材積	総額	面積	材積	総額			
単位	ha	000 m ³	mill Tg.	ha	000 m ³	mill Tg.	ha	000 m ³	mill Tg.	ha	000 m ³	mill Tg.
シベリアアカマツ	62,966	9,044.2	11.76	4,897	703.4	96.47	2,099	301.5	276.65	69,962	10,049.1	384.88
ヨーロッパアカマツ	24,430	3,537.5	5.31	12,462	1,817.2	302.83	28,795	4,208.9	4,661.91	65,687	9,563.6	4,970.05
シベリアコウヤマツ	14,941	2,808.0	10.67	2,066	412.0	122.52	824	158.4	325.81	17,831	3,378.4	459.00
シベリアウシ	1,061	155.1	0.29	98	14.2	2.99	60	8.9	12.24	1,219	178.2	15.52
コウアンシラカンバ	69,077	4,975.5	3.48	9,411	689.5	102.58	15,628	1,202.8	1,140.84	94,116	6,867.8	1,246.90
ヨーロッパヤマナラシ	1,248	102.2	0.06	250	20.4	2.48	167	13.6	11.07	1,665	136.2	13.61
ニオイロシ、シバノロシ	554	38.8	0.03	61	4.3	0.60				615	43.1	0.63
シベリアモミ	179	28.5	0.05	16	2.6	0.49	10	1.6	2.04	205	32.7	2.58
合計	174,456	20,689.8	31.65	29,261	3,663.6	630.96	47,583	5,895.7	6,430.56	251,300	30,249.1	7,093.17

資料：自然環境省、1996年森林火災調査報告書から調製

注：表中の材積は、被害面積における被害木を含む対象材積

セレンゲ県の被害地の取り扱いに対して、同調査報告書では以下の提言がなされている。

- ① 被害度「大」については、人工造林を計画する。
- ② 被害度「中」については、人工造林・天然更新の両方を計画する。被害規模の比較的低いシベリアカラマツ林については天然更新を期待する。
- ③ 被害地の人工造林を行うに先立ち、苗畑を造成する。
- ④ 虫害などの二次被害による被害木の利用価値の損失を避けるため、1997年までに被害木を伐採する必要がある。完全に焼失している被害地については帯状皆伐や択伐（択伐率30%）を適用する。

本調査のモデルエリアを含むトジ・マツ地域¹⁾の被害内容は、被害面積26,096ha、被害材積3,826,900m³と推定している。

表-83の合計値を、それぞれの被害内容の大きな上位3樹種とその他について比較したのが図-46である。これより、ヨーロッパアカマツ、シベリアカラマツ、コウアンシラカンバの3樹種で面積、材積、総額の被害合計がセレンゲ県の被害地域の約9割を占

1) 地名：TOJIN NARS AREA

めたことが分かる。さらに、これらの3樹種は面積と材積ではほぼ等しい被害量と推定しているが、ヨーロッパアカマツの被害総額は全体の7割を占めるほど、他樹種に比べて経済的な被害が大きいと評価している。

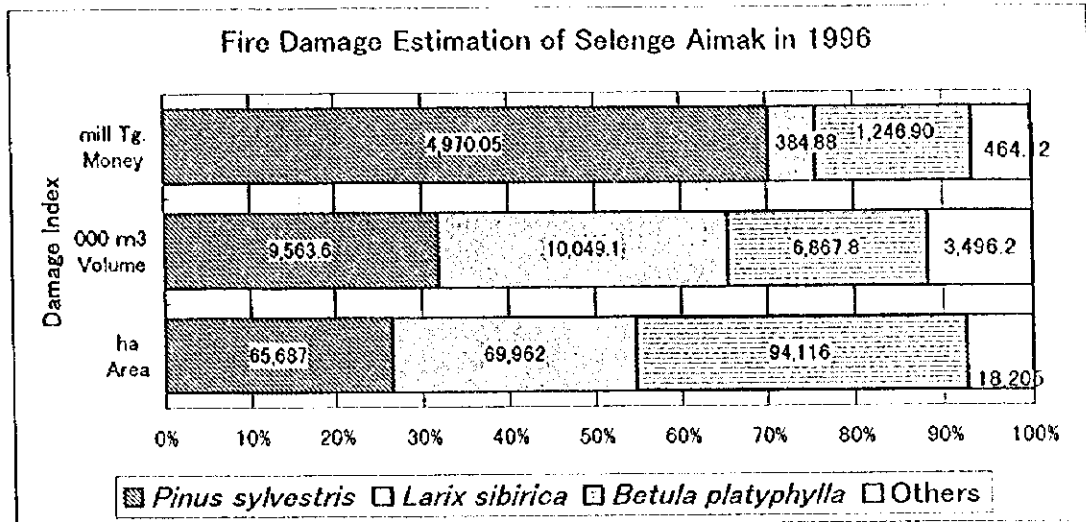


図-46 セレンゲ県における1996年の森林火災被害の面積、材積、総額の構成¹⁾

6. 2. 5 被害木利用調査

(1) 行政対応

セレンゲ県の施策方針は、今後火災被害から1年間は、被害木のみ伐採するとともに人工造林を行い、2年目以降の対策については、中央政府の方針に従うことを考えていた。被害木の伐採に当たっては、通常の伐採行為と同じ手続き・契約内容に基づき進められた。森林法上、用材伐採の許可権は郡長に属している。許可は被害木についての伐採を前提として発行されたが、被害木以外の不法伐採が頻発した²⁾。

このような森林法に反する行為を防ぎ、森林資源の適正な利用を促すため、自然環境省は、1997年3月に通達²⁾を発令し、許可の発行過程において県庁と代表者会議に権限を持たせて監視させ、さらに許可権の取得保持者を合法的な伐採の実績のある伐採業者に絞った。県庁における監視行為の実務的な担当部局は、森林局である。

自然環境省の規制強化策は、不法伐採を防ぐのに効果を発揮した。しかし、被害木の有効利用の観点から、虫害を受けて商品価値を失う前に、被害木を利用または貯材し、その

1) Othersの構成樹種は、シベリヤアカマツ(*Pinus sibirica*)、ヨーロッパヤマブキ(*Populus tremula*)、シベリヤトウヒ(*Picea obovata*)、ニ材ヤマブキ(*Populus suaveolens*)、ナカハシヤマブキ(*Populus laurifolia*)、シベリヤヒノキ(*Abies sibirica*)である。
2) 自然環境大臣令 No. 34「森林保護に関して講じる方策について」(1997年3月13日発令)

収入の一部を、復旧造林、整理伐、管理行為といった森林資源を復旧するために財源として還元するような方策はとられなかった。モンゴルの場合、伐採は各政府組織の決める許容伐採量の範囲で行われる。

セレンゲ県の場合は、1996年に134,300 m³、1997年に95,000 m³が中央政府により割り当てられた。さらに、アルタンボラク郡は、1996年に58,250 m³、1997年に42,200 m³が、セレンゲ県により割り当てられた。アルタンボラク郡の報告によれば、1996年の伐採量の実績は、40,826 m³であり、その許容伐採量は遵守されている。

これらの許容伐採量は年度の始まりである1月に発令されるが、1996年の森林火災発生後は、被害木に限定して伐採が行われている。

上述の1996年森林火災調査報告書の、セレンゲ県の被害度大のヨーロッパアカマツとシベリアカラマツの被害対象材積 4,510,400 m³と比べ、セレンゲ県の1997年の許容伐採量 95,000 m³は、わずかでしかない。この比較によれば、被害木の大部分は、放棄されたまま二次被害の温床となり、木材としての利用価値を損失することになる。

注：被害木の伐木集材における、直径の大きなものだけの伐採、価格の高い部位だけの利用（直径30cm程度以下の末木の林内放置）と末木の未整理、合せ伐りなどの危険な伐倒作業などのほか、被害地に隣接した被害区域外での生立木の不法伐採など、一定の技術力を持った信用ある事業者等の行為とは考えられない事例が伐採跡地で見られた。

(2) 林産業関係団体の被害木利用状況

被害木利用に関する活動状況について、インテンシブエリア周辺の主な製材・伐採会社のうち、以下の3社について調査を行った。

表-84 インテンシブエリア周辺の主な製材会社

社名	活動内容	職員数	年間製材能力 (万 m ³)	1996年製材量 (m ³)	主な市場
アルフフチュ(株)	製材	200	11	8,200	中国
ブテール(株)	伐採・製材	80	6	1,600*1	〃
ドローンハーン(株)	伐採・製材	240	15	6,100	〃

注：*1は1996年7月の値。

1995年の新森林法の施行により皆伐作業が禁止され、全国的に伐採の割り当て量が減少したため、それに伴いどの会社も製材量が減少している。

被害木を特に積極的に利用しているわけではなく、従来の生立木と同等の被害木について生産活動を行っている。虫害木は、全く利用していない。その理由としては、火災被害木の材質が乾燥・硬化して加工しにくいことと、穿孔虫により穴のあいた虫害木は中国向けに売れないこと、市場価値が低いことによる。

被害木の利用については、自然環境省により決定される伐採量の縮小により、伐採量が減少しているため、それにならって製材量も減っている現状にある。
森林火災の被害後1年以上経過した被害木についての利用は、ほとんど考慮にない状態にある。

6. 2. 6 復旧対策と火災防止等に関する調査

(1) 中央政府

1996年に発生したような森林の大被害に対する復旧計画は自然環境省を中心に進められている。

現在、モンゴル国全体の被害地域を対象に1996～1999年の4年間で3万haを造林する計画がある。

この他に、UNDPの資金協力によるプロジェクトでのプログラムで、1997～1998年の2年間でアルハンガイ県とセレンゲ県の26万haを対象に、造林と教育活動を行う計画が進行中である。

(2) セレンゲ県

セレンゲ県森林局の造林活動としては、1996年の森林火災以前からの計画と、火災復旧に伴う造林とが、1997年には混在することとなった。

1997年の造林面積は、伐採造林会社や製材会社などの活動も含めて合計519haである。このうち、294haがトジ・マツ地域で造林されている。

セレンゲ県森林局としては、同火災復旧のために、1997～2000年において毎年250haを造林する計画である。

この他、火災の予・消防活動の関係者への啓蒙対策として、1997年にセレンゲ県森林局の主催により「火災予防対策研修会」が各郡の自然保護官を対象に開かれた。

(3) アルタンボラク郡

インテンシブエリアのアルタンボラク郡では、1996年の森林火災について、特別な施策は行っていない。

許可された伐採行為の現場での監視は、郡役場に勤める3人の自然保護官により、馬で20万haほどの規模の森林を対象に行われている。しかし、動力力・機動力が共になく、関係地図や通信機器がないため、不法伐採の取締り能力に欠ける。

6. 3 モデルエリアの調査

6. 3. 1 林相調査

林相調査は、モデルエリアの火災被害状況を把握するため、地上調査と航空写真判読とで行った。被害状況を類型化して判読区分とし、火災後林相図に図示した。

被害度区分や判読基準などの設定については、モンゴル側と現地協議を重ねて行った。

(1) 地上調査における被害度の区分

地上調査における単木の被害度の区分は、航空写真判読の精度を念頭において、以下のよう区分した。

樹葉が焼失または枯れていて、枯死または枯死が確実と見込まれる単木は、被害度が「大」とした。これ以外の単木については、表-85のとおりである。

表-85 地上調査における単木の被害度区分と判断基準

被害度	単木の判断基準	地上調査の表記記号
大	<ul style="list-style-type: none">● 樹幹の内部まで炭化している● 樹冠の葉が焼失している (樹冠火)	1
	<ul style="list-style-type: none">● 樹幹の外部が炭化し、形成層が乾燥し木化している● 樹幹の表面に虫害痕が見られる● 樹冠の頂部の新芽がない、または枯死している● 樹冠で生存する葉が、円錐状に残っていない● DBHが20cm以上の木で、火災後の樹冠長が 1/4以下しか残っていない場合● DBHが20cm未満の木で、火災後の樹冠長が 1/5以下しか残っていない場合 (地表・樹幹火の熱による樹冠の枯損)	
中	<ul style="list-style-type: none">● 樹冠がかろうじて生存する (地表火の熱による樹冠の部分的枯損)	2
小	<ul style="list-style-type: none">● 樹冠が生存する	

単木の判断基準については、森林管理センターのスタッフの経験則も参考にして取り決め、この被害度の区分を用いて、蓄積調査を行った。

(2) 航空写真における被害度判読基準

地上調査の結果に基づき、航空写真判読では、表-86の判読基準を設けた。

判読結果の被害度は、同表の記号で森林調査簿に表記した。

表-86 航空写真における林分の被害度区分と判読区分基準

被害度	対象林分の判読基準	森林調査簿の表記記号
大	ヨーロッパアカマツが優占する林分の場合、葉をすべて消失し、焼け残った幹と枝が集まり、縞状に波打つパターンが認められる。色調は黒い。 広葉樹林の場合は、同じように焼け残った林木が、白または淡白の色調をなしている。 以上のような像が、林分全体の70%以上を占める。	3
中	葉を消失または葉が枯れている林木が、白または淡白の色調をなし、林分全体の30%以上70%未満を占める。	2
小	葉を消失または葉が枯れている林木が、白または淡白の色調をなし、林分に点在する。	1
なし	火災被害を受けていない箇所は、モデルエリア1の南西部にのみ存在する。	0

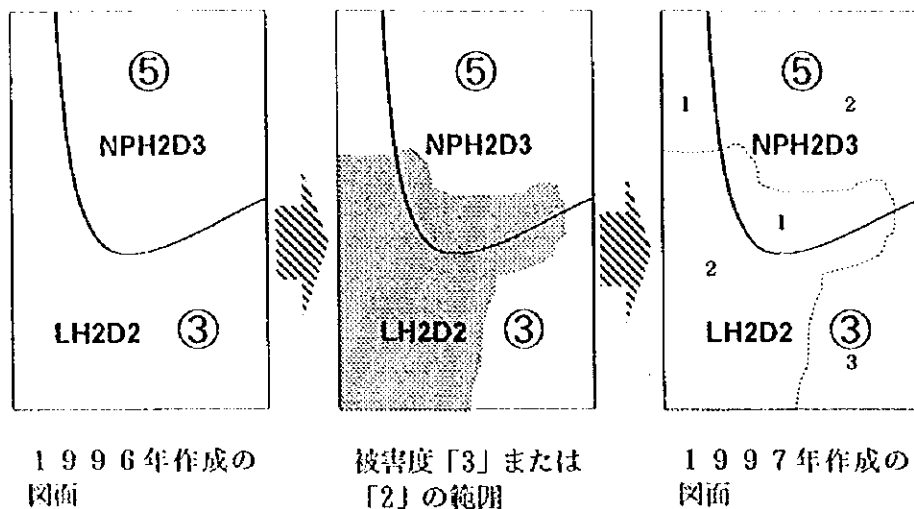
(3) 林相図の作成

モデルエリアを対象とする火災前の林相図(縮尺:1/25,000)は、土地利用・植生図の区分項目に加えて、樹高階と樹冠疎密度階の判読区分を加えて表記した。

これらの判読記号は当該火災前のものを残したままとし、森林火災被害地であることは、小班を区画し、「火災被害後支番」として林相図で表示した。図上の混乱を避けるためであり、火災前後の比較を容易にするためである。各火災被害後支番の火災による被害度は、森林調査簿に記載した。

小班全体が同様な被害度である場合は、図上に被害後の林相記号を記入し、全焼の場合は、火災後土地利用・植生図で森林火災被害地(New Fire-Damaged Forest Suffered in 1996)とし、記号:UNを用いて描画した。

実際の作業としては、森林火災被害地を区分して、火災前の林相図に描画し、各小班内で火災被害後支番を与えて、その内容とした(下図参照)。



凡 例			
NPH2D3	林相区分		被害度「3」または「2」の範囲
⑤	小班番号	—	小班界
2	火災被害後支番	-----	火災被害後支番界

図-47 火災被害後支番の記入例

航空写真で判読可能な被害度は、「3」と「2」である。

被害度「1」と「0」の箇所は、1996年の関係機関調査や1997年の現地調査から、被害度「1」がモデルエリア1の1～4林班と、モデルエリア2全体に分布し、被害度「0」はモデルエリア1の5～10林班のみに分布している。

6. 3. 2 蓄積調査

蓄積調査は、火災被害後の蓄積量の推定を目的として行った。

(1) 標準地調査

標準地の設定は、最も多く被害を受けているヨーロッパアカマツ林を主に対象とした。標準地の形状は長方形で、大きさは0.1ha(20m×50m)として、合計20個の標準地を設定し生存・枯死別に材積を調査した。

各標準地の蓄積の集計結果は、表-87のとおりである。

表-87 標準地調査の集計結果

標準地 No.	モデル エリア	林 相			総当たり本数 (本/ha)	平均DBH (cm)	平均樹高 (m)	総当たり蓄積 (m ³ /ha)
		植生区分	樹高階	疎密度				
1	2	NP	3	3	220	25	12	98
					170	25	12	78
2	1	NP	3	2	370	25	15	150
					160	31	16	92
3	1	NP	2	2	1000	17	14	125
					320	30	15	85
4	1	NP	2	2	490	27	18	263
					320	30	19	209
5	1	NP	3	2	410	19	13	101
					70	31	16	42
6	1	NP	2	2	400	21	13	114
					400	21	13	114
7	1	NP	2	2	330	19	12	70
					80	20	14	19
8	1	NP	2	3	340	20	14	82
					50	22	15	15
9	1	NP	2	3	410	29	18	267
					170	36	20	160
10	1	NP	2	2	740	20	14	190
					100	19	14	24
11	1	NP	2	3	620	16	12	89
					80	23	14	24
12	1	NP	2	2	330	20	15	85
					90	26	16	36
13	1	NP	2	3	190	22	16	62
					100	25	17	41
14	2	NP	2	4	320	27	15	150
					120	32	16	76
15	2	NP	2	2	410	23	13	137
					310	25	14	115
16	2	NP	2	2	280	31	17	182
					60	37	20	61
17	2	NP	3	3	200	26	13	68
					140	26	14	52
18	2	NP	2	3	290	26	13	101
					210	28	14	87
19	2	NP	2	2	470	22	14	142
					230	26	16	98
20	2	NP	3	1	790	16	9	108
					90	22	12	26

注：総当たり本数と平均DBH・平均樹高・総当たり蓄積の下段の数値は、表-85の被害度区分のうち“中”と“小”に対応する値で、生立木の値を示す。

標準地調査の結果から、以下の事項が火災後の森林の特徴としてあげられる。

1) DBH 10cm以上の立木

ヨーロッパアカマツ林のDBH 10cm以上の立木を対象とした、樹高別本数と生存率（表-85の被害度「中」と「小」の立木の本数割合）との関係は、図-48のとおりである。

これより、樹高が低くなるほど生存率も低くなる傾向があり、中木層を形成する樹高12m以下の立木は、生存率20%前後と低くなっている。これらの樹高の低い立木は林冠部まで燃焼したものがほとんどで、幹が炭化したものも多く見られた。

樹高20m以上の立木は、幹に焼けた跡が認められるが、樹冠まで焼失したものはほとんどない。この傾向は樹高が高くなるほど顕著に見られた。

これらの傾向は、地表面に堆積している落葉、落枝の量、火災発生時の土壌湿度などの条件とともに、林分の構成が複合的に影響した結果であるため、一概にヨーロッパアカマツ林以外の林分に適用できるものではない。しかし、林分の構成においては、小径木が密生した林分において、樹幹の枯れ枝などにより燃料の密度が高いため、樹冠火に至ったと考えられるケースが数多く見られた。

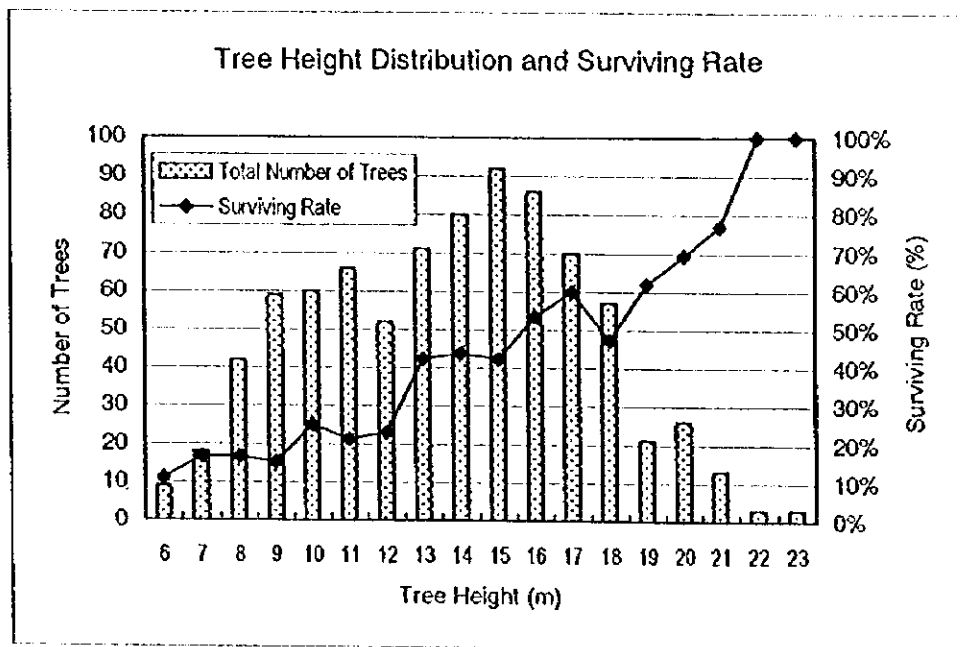


図-48 樹高別立木本数と生存率

2) DBH 10cm未満の立木

低木層は幹・枝ともに燃焼しており、葉はほとんど焼失している。これらのうち

Rhododendron dahuricum (エゾムラサキツツジ) は、旺盛に株ぼう芽している。

高木を形成する樹種については、6. 3. 4天然更新調査で詳述する。

3) 草本類

火災前から、高い樹冠疎密度、または低木の高い被度により、林床が暗い林分では、もともと草本の被度は低く、火災後も風散布種子などによる草本の繁殖は少なかった。また、火災により形成された大きなギャップにより、林床が明るくなった林分でも、火災前に草本類が貧弱だった箇所には草本の繁殖はほとんど観察されなかった。

逆に、火災前から林床が明るく草本が繁茂していたと考えられる個所では、火災により地上部が焼失した後でも、草本は高い被度で蘇生している。

草本については、火災後に風散布種子により侵入したものは少なく、火災後は根茎、塊茎、球根などを有する地表植物のぼう芽・発芽がより優占したと考えられる。

蘇生している草本類の主な構成種は、モデルエリアで代表的な *Iris ruthenica* (アヤメ科)、*Calamagrostis obtusata* (イネ科)、*Carex pediformis* (カヤツリグサ科) などがあげられる。これらは休眠芽を地表下に持つため、ほとんど地表火による影響を受けずに蘇生したものと考えられる。

また、火災跡地に特有の *Chamaenerion angustifolium* (アカバナ科) は、草地の火災跡地において群生が頻繁に見られた。

(2) 残存蓄積の推定

残存蓄積の推定方法は、火災後林相図の被害度に応じた判読区分である火災被害後支番について、写真判読した林木の生存率から同支番の火災被害後蓄積を推定した。

生存率と火災被害後蓄積の関係については、「火災前の蓄積」に「写真判断の生存率」を乗じた値を説明変数とし、今回の地上調査(標準地調査)による「生立木の蓄積」を目的変数として回帰分析を行った。その結果は、以下のとおりである。

表-88 生存率と火災被害後蓄積の関係(単位: m³)

標準地No	火災前の蓄積 (A)	写真判読の生存率 (B)	説明変数蓄積 (v) (A)×(B)	目的変数標準地調査による生立木の蓄積(V)
1	40	80%	32	78
2	100	80%	80	92
3	170	70%	119	85
4	170	100%	170	209
5	100	40%	40	42
6	170	100%	170	114
7	170	40%	68	19
8	150	40%	60	15
9	270	70%	189	160
10	210	50%	105	24
11	130	30%	39	24
12	170	60%	102	36
13	170	60%	102	41
14	70	50%	35	76
15	210	80%	168	115
16	210	20%	42	61
17	40	70%	28	52
18	170	60%	102	87
19	150	60%	90	98
20	140	30%	42	26

回帰計算の結果

回帰係数 : 0.69
相関係数 : 0.71
標本数 : 20
t-値 : 4.31

回帰計算を行った2変数についてt-検定を行うと、危険率5%で有意であるといえる。よって2変数の間には相関があると考えられることから、火災後の残存蓄積量の推定を以下の式で行うこととした。

$$V = 0.69 \times v r$$

V : 火災後残存蓄積(m³)

v r : 火災前蓄積(m³)×写真判読の生存率

(3) 集計結果

火災前・後のモデルエリアの林相別面積と蓄積は以下のとおりである。

表-89 火災前後の林相別・樹種別面積・蓄積

モデル エリア	土地利用区分	火災前(A)				火災後(B)				火災被害量(A-B)				火災被害の割合	
		面積 (ha)	蓄積(m ³)			面積 (ha)	蓄積(m ³)			面積 (ha)	蓄積(m ³)			面積	蓄積
			N	L	計		N	L	計		N	L	計		
1	ヨーロッパアカマツ林	3,965	634,003	46,137	680,140	2,770	384,796	42,824	427,620	1,195	249,207	3,313	252,520	30.1%	37.1%
	シベリアカラマツ林														
	針葉樹林														
	造林地	97				97									
	広葉樹林	1,235	8,403	139,077	147,480	1,235	8,403	139,077	147,480						
	針広混交林	1,056	121,132	91,858	212,990	923	105,258	80,352	185,610	133	15,874	11,506	27,380	12.6%	12.9%
	無立木地	90				18				72					80.0%
	森林火災跡地	199				1,372				1,173					589.4%
	伐採跡地	42	320		320	269	5,622	2,948	8,570	227	-5,302	-2,948	-8,250	540.5%	-2578.1%
	低木林														
	草地	222				222									
	農地	24				24									
	岩石地	4				4									
計	6,934	763,858	277,072	1,040,930	6,934	504,079	265,201	769,280		259,779	11,871	271,650		26.1%	
2	ヨーロッパアカマツ林	1,571	281,819	26,351	308,170	1,115	141,979	16,761	158,740	456	139,840	9,590	149,430	29.0%	48.5%
	シベリアカラマツ林	1,123	283,609	51,871	335,480	1,101	255,483	46,447	301,930	22	28,126	5,424	33,550	2.0%	10.0%
	針葉樹林	1,218	310,381	45,639	356,020	1,206	275,027	39,033	314,060	13	35,354	6,606	41,960	1.1%	11.8%
	造林地														
	広葉樹林	7,376	70,414	727,768	798,180	6,563	57,957	604,643	662,600	813	12,457	123,123	135,580	11.0%	17.0%
	針広混交林	5,755	736,987	574,943	1,311,930	5,379	614,665	480,045	1,094,730	376	122,302	94,898	217,200	6.5%	16.6%
	無立木地	1,579								1,579					100.0%
	森林火災跡地	18				4,075				4,057					22538.9%
	伐採跡地	776	4,690	4,760	9,450					776	4,690	4,760	9,450	100.0%	100.0%
	低木林	22								22					100.0%
	草地	2,365				2,365									
	農地														
	岩石地	914				914									
計	22,717	1,687,900	1,431,330	3,119,230	22,717	1,345,131	1,186,929	2,532,060		342,769	244,401	587,170		18.6%	
全体	ヨーロッパアカマツ林	5,536	915,822	72,488	988,310	3,885	526,775	59,585	586,360	1,651	389,047	12,903	401,950	29.8%	40.7%
	シベリアカラマツ林	1,123	283,609	51,871	335,480	1,101	255,483	46,447	301,930	22	28,126	5,424	33,550	2.0%	10.0%
	針葉樹林	1,218	310,381	45,639	356,020	1,206	275,027	39,033	314,060	13	35,354	6,606	41,960	1.1%	11.8%
	造林地	97				97									
	広葉樹林	8,611	78,817	866,843	945,660	7,798	66,360	743,720	810,080	813	12,457	123,123	135,580	9.4%	14.3%
	針広混交林	6,811	858,119	666,801	1,524,920	6,302	719,943	560,397	1,280,340	509	138,176	106,404	244,580	7.5%	16.0%
	無立木地	1,669				18				1,651					98.9%
	森林火災跡地	217				5,447				5,230					2410.1%
	伐採跡地	818	5,010	4,760	9,770	269	5,622	2,948	8,570	549	-612	1,812	1,200	67.1%	12.3%
	低木林	22								22					100.0%
	草地	2,587				2,587									
	農地	24				24									
	岩石地	918				918									
合計	29,651	2,451,758	1,708,402	4,160,160	29,651	1,849,210	1,452,130	3,301,340		602,548	266,272	858,820		20.6%	

6. 3. 3 森林調査簿の修正

火災後森林調査簿は、1996年6月鎮火時の森林情報の記載を目的としている。

森林火災前の森林調査簿は、1995年7月の標準地調査結果に基づいており、1995年7月当時の蓄積量が記載されている。

一方、森林火災後の森林調査簿は、1997年7月の追加調査結果に基づき、1996年6月から1年経過した林分を対象として、生立木の残存蓄積を求めている。

表-90 森林調査簿の作成時期とその構成情報の入手時期

森林調査簿 作成時期	航空写真撮影時期	標準地調査時期
火災前	1991年6～7月	1995年7月
森林火災	1996年5月発生 同6月鎮火	
火災後	1997年6月	1997年7月

調査対象である森林の成長は、5～7月が主であり、1995年7月の標準地調査終了時から、1996年5月の森林火災発生時までの期間は、成長量はごくわずかであったと考えられる。したがって、被害度「1」および「0」の林分については、成長量を考慮しないこととする。

被害度「3」および「2」の林分の生立木残存蓄積は、1995年7月と、1997年7月の調査結果を、航空写真判読による被害程度と合わせて、回帰分析を行った結果である。この回帰分析結果は、1996年の森林火災の二次被害による残存蓄積も含むものである。

航空写真判読により判別したこれらの林分は、この期間の火災の影響を受けた純成長量と二次被害量をはるかに上回る被害を受けた林分であり、今後もその二次被害量は増加するものと考えられる。これらの純成長量と二次被害量を量的に把握するのは現時点では困難であり、今回の調査結果をもって言及できることではない。したがって、本調査においては、追加調査の結果を用いて、1996年森林火災鎮火時の残存蓄積とすることとした。

火災後森林調査簿の作成に当たっては、火災前後の森林資源状況の対照を容易に行えるように配慮した。森林調査簿の項目は、当該火災前の森林調査簿に表-91の項目を加え、また火災前の森林調査簿の項目は火災被害前～と変更して記載した。同表で、備考欄に、追加した項目には「●」を、項目名を変更した項目については「△」で表示してある。

表-91 火災後森林調査簿の項目

No.	項目	単位	備考	No.	項目	単位	備考
1	行政区分			18	火災後疎密度区分		
2	モデルエリア			19	立木度	%	
3	林班番号			20	林齢	yr	
4	小班番号			21	平均樹高	m	
5	火災被害後支番		●	22	平均胸高直径	cm	
6	森林面積	ha		23	樹種		
7	非森林面積	ha		24	混交歩合	%	
8	法令指定			25	火災被害前蓄積	m ³	△
9	機能類型			26	火災被害前 ₂ 当たり蓄積	m ³ /ha	△
10	林位			27	火災被害前連年成長量	m ³ /yr	△
11	傾斜区分			28	被害度		●
12	土壌			29	生存率	10%	●
13	林種			30	火災被害後蓄積	m ³	●
14	土地利用・植生区分			31	火災被害後 ₂ 当たり蓄積	m ³ /ha	●
15	火災後土地利用・植生区分			32	火災被害後連年成長量	m ³ /yr	●
16	樹高区分			33	林床植物		
17	疎密度区分			34	備考		

6. 3. 4 天然更新調査

(1) 幼齡林分の被害調査

1) 天然生稚幼樹の被害

a. 天然林内の場合

森林火災による天然林内の針葉樹稚幼樹の被害状況について、ヨーロッパアカマツ天然林を対象にして調査した。調査方法は火災による被害蓄積を把握するための標準地の両端に 10m×10m の調査プロットを 2箇所ずつ設定し、稚樹（0.3m以上～1.3m未満）、幼樹（1.3m以上～直径 9cm未満）の生存・枯死別に本数調査を行った。調査林分は森林火災による立木の枯死率が材積で12～100%を占めていた。

調査プロット40のうち稚幼樹が全く見られなかったプロットは、モデルエリア1で調査プロット24のうち3プロット、モデルエリア2で調査プロット16のうち15プロットあったが、火災で稚樹が跡形もなく焼けて本数調査の対象にならなかったものが相当あったとみられる。

火災による稚幼樹の枯死率は、調査プロット平均では表-92に示すとおり、稚樹が100%、幼樹で96%であった。幼樹で生存しているものは火勢の弱かった箇所や、樹高が比較的高いため枯死を免れたものなどとみられ、殆どすべての稚幼樹がエゾムラサキツツジ等の低木とともに焼損または枯死したことが観察された。

表-92 森林火災による天然林内の稚幼樹枯死率 (単位: ha当たり)

	モデルエリア1			モデルエリア2			合 計		
	稚樹	幼樹	計	稚樹	幼樹	計	稚樹	幼樹	計
生存本数	0	19	19	0	41	41	0	28	28
枯死本数	169	1,027	1,196	0	63	63	101	641	742
全 本 数	169	1,046	1,215	0	104	104	101	669	770
枯死率(%)	100	98	97	-	61	61	100	96	96

注: 枯死率(%)は枯死本数/全木数×100

b. 既往天然更新地の場合

モデルエリア1で1985年の火災で被害を受け、被害木を伐採搬出後、ほぼ無立木状の林地にヨーロッパアカマツが天然更新して幼齡林分を形成していた森林火災跡地が、1996年に再度火災を受けた箇所について、生育中の天然更新木の被害状況を調査した。調査方法は、10m×10mの標準地6箇所を設定し、樹高0.3m以上の天然生ヨーロッパアカマツについて生存・枯死別に本数調査を行った。

火災による天然生ヨーロッパアカマツ稚幼樹の枯死率は、調査プロット平均では表-93に示すとおり79%であった。天然更新木は群状に生育しており、火勢も一様でないところから集団的に枯死したと見られ、調査プロット別の枯死率は50~97%とバラツキが観察された。

火災にあった天然更新地は、今後ヨーロッパアカマツの側方天然下種更新を期待するとしても、草本が密に生育し、直射日光を受けるなど環境条件が悪化することから、一部については造林する必要がある。

表-93 森林火災による天然生ヨーロッパアカマツの枯死率(ha当たり)

区 分	生 存		枯 死		合 計
	本 数	平均樹高(cm)	本 数	枯死率(%)	本 数
ヨーロッパアカマツ	2,475	160(30~290)	9,467	79.3	11,942

注: 枯死率(%)は枯死本数/合計本数×100

2) ヨーロッパアカマツ造林地の被害

森林火災によるヨーロッパアカマツ造林地の被害状況は、モデルエリア1の造林地内に40m(植列方向)×50mの標準地3箇所を設定し、ヨーロッパアカマツの植栽木と天然更新木で樹高0.3m以上のものについて、生存・枯死別に本数調査を行った。

火災による植栽木と天然更新木の枯死率は、調査プロット平均では表-94のとおり、植栽木が56%、天然更新木が70%で、全体では植栽木の生育本数が少ないため67%であった。これは造林地のように上木がない場合、地表火は地表の可燃物や風の影響が大き

く、群状に生育している天然更新木は集団的に枯死し、造林木は点線状に植栽されているため天然更新木より枯死率が低くなったものとみられる。

モデルエリア1のヨーロッパアカマツ造林地は、植栽木の生育本数が少ないものの天然更新木を加えて成林可能とみていたが、火災により集団的な枯死を受け、かつ草本植生も密度が高く、草丈も高くなる傾向があり、今後の天然更新も多くを期待できないとみられる。このため造林地全体の30%程度は植えなおす必要がある。

表-94 森林火災によるヨーロッパアカマツ造林地の枯死率(ha当たり)

区 分	生 存		枯 死		合 計 本 数
	本 数	平均樹高(cm)	本 数	枯死率(%)	
植 栽 木	307	77(30~160)	385	56	692
天然更新木	818	148(30~400)	1,907	70	2,725
計	1,125	129	2,292	67	3,417

注：枯死率(%)は枯死本数/合計本数×100

(2) 天然更新状況調査

森林火災により被害を受けた針葉樹林と広葉樹林について被災後の天然更新状況を調査した。

1) 針葉樹林

森林火災1年後のヨーロッパアカマツ林の天然更新状況については、火災による被害蓄積調査における標準地内の両端に1m×1mの調査プロットを4箇所設定し、当年生と1年生（前年に発芽したもの）のメバエの本数を調査した（調査は7月実施）。

火災後のヨーロッパアカマツ林に発生したヨーロッパアカマツのメバエは、当年生がha当たり0~150千本、1年生が0~290千本とバラツキがあり、調査プロット平均では表-95に示すとおり、ha当たり24千本と多くない（調査プロット以外で多いところはha当たり約400千本）。メバエが発生していない調査プロットは、全体の41%（モデルエリア1で40%、モデルエリア2で43%）を占め、火災による上木の枯死率の差はみられなかった。なお、メバエの大きさは、当年生で約1.5cm、1年生で約4~5cmであり、メバエの発生している林床は、モデルエリア1では草本類の被度が低い箇所と高い箇所に存在し、モデルエリア2では草本類の被度が高く草丈も50~100cmと高いところにも存在し、草本類の被度の差によるメバエの発生状況の違いは観察されなかった。しかし、上木や草本類の被度は、今後のメバエの生育・枯死を左右するので、草本・低木等の刈払いやメバエ・稚樹を被圧する低質広葉樹等の除伐は、その後の成長を促すための有効な手段になると考えられる。

表-95 森林火災後に天然更新したヨーロッパアカマツのメバエ(干木/ha)

メバエの 区 分	ヨーロッパアカマツ上木の枯死率(材積)				備 考
	30%以下	31~70%	71%以上	計	
当 年 生	5.0	12.5	6.0	8.4	
1 年 生	11.5	23.9	9.0	15.9	
計	16.5	36.4	15.0	24.3	

一方、地表火・樹幹火を受けたシベリアカラマツ林にはシベリアカラマツのメバエは発生していなかった。シベリアカラマツ林は、通常林冠の上・中層をシベリアカラマツ、中・下層をコウアンシラカンバが優占する。コウアンシラカンバやエゾムラサキツツジ等は、火災で枯死しても直ぐにぼう芽して林床を占有するため、針葉樹高木樹種の更新を被圧すると考えられる。一方、かつて運材用に使われた土道で広葉樹の被圧のない箇所では、シベリアカラマツのメバエ(当年生2cm、1年生7~12cm程度)がコウアンシラカンバのメバエとともに生育していることが観察された。

2) 広葉樹林

インテンシブエリアに生育するコウアンシラカンバとヨーロッパヤマナラシは、森林火災により容易に枯死するが、火災後1月後には既にぼう芽更新が観察された。さらに1年後にはコウアンシラカンバの株ぼう芽、ヨーロッパヤマナラシの根ぼう芽と種子から発芽した稚幼樹は、既に1~2mになっていることが観察された。

このように広葉樹は火災により枯死したとしても、直ぐに天然更新により広葉樹林を再生するとみられる。このため広葉樹林の火災被害跡地については特に更新対策を講ずる必要はほとんどない。しかし再生した個体群の中で形質の悪いものを除伐するなどの保育は、将来的に必要と考えられる。

6. 3. 5 二次被害調査

(1) 病虫害

火災や風等で被災した森林は、害虫による二次被害を受けやすく、かつ数年間継続するといわれている。モンゴルにおける過去の森林火災面積と虫害面積との関係は、図-49に示すように大きな森林火災後に虫害が発生し、数年継続するようである。

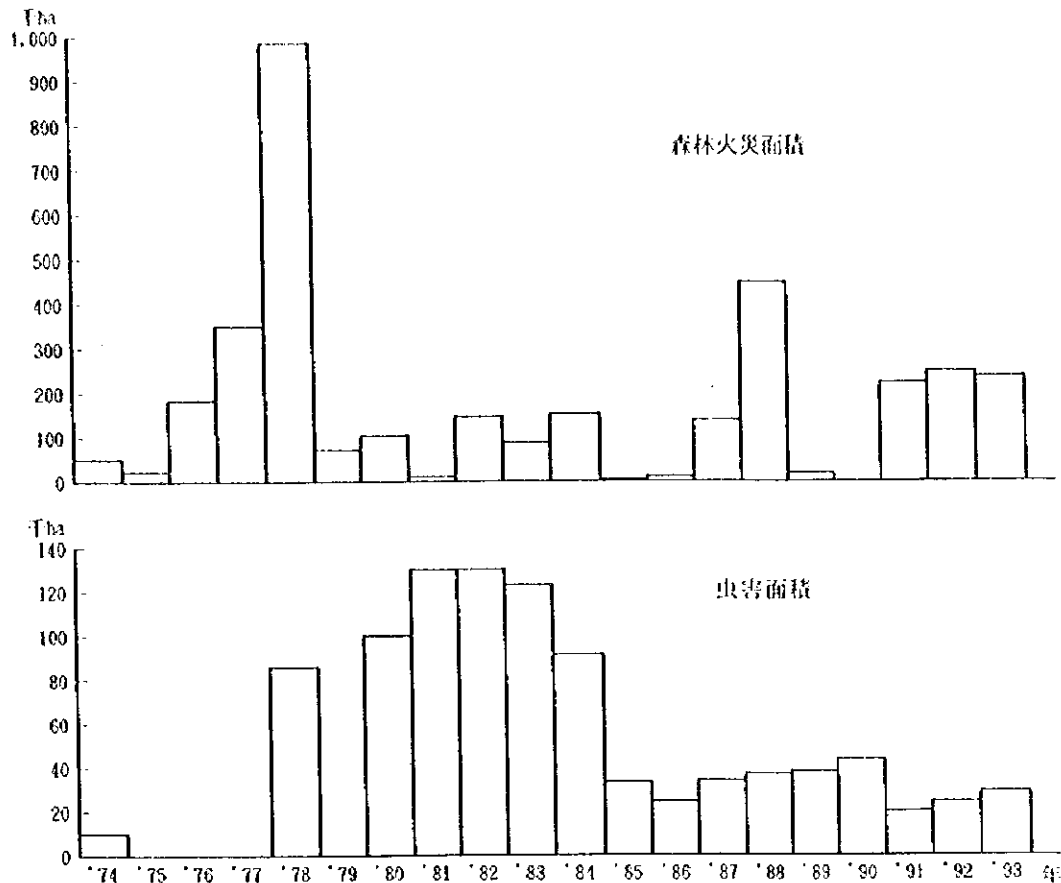


図-49 森林火災被害面積と虫害面積 (自然環境省の資料より作成)

森林火災1年2月後の1996年7月中旬にヨーロッパアカマツ林の病害虫の加害状況を調査した。調査はモデルエリア1で0.1haの標準地(幼齡林分は0.05ha)を設定し、ルート方式で実施した。加害昆虫の種類は、森林火災の被害木を伐倒して調査した。害虫数はL. G. Dinseman(1962)の以下の式を使った。

$$X = \frac{N}{2RL}$$

X: 1㎡当たりの害虫数
 N: 100回網をかぶせて捕獲した害虫数
 L: 1回目の網をかぶせた地点から2回目に網をかぶせた地点までの距離
 R: 網をかぶせた回数

森林火災による被害木に加害している昆虫は、表-96に示すとおり多くの種類がいろいろな部位に加害している。特に二次性害虫である⑦～⑨の穿孔性昆虫が高い密度で樹皮下に穿孔加害しており(樹皮の内側に沢山の幼虫がいる)、火災で黒くなった樹皮を白い脂がついた落ちていたり、キツキがあけた穴の周囲の樹皮が剥げ落ちているなど外部から容易に加害が認められた。

表-96 被災ヨーロッパアカマツ林における加害昆虫

種名	和名	生息数	加害樹種	加害部位
①Evetria resinella	シンクイムシの一種	+++	Pinus sylvestris	芽
②Hylobius abietis	ゾウムシ "	+	"	"
③Dendrolimus pini	マツカレハ "	++	"	針葉
④Panolis flammea	マツノヤガ "	++	"	"
⑤Bupalus piniarius	マツノシャクガ "	++	"	"
⑥Blastophagus piniperda	マツノキクイムシ	+	"	樹皮
⑦Monochamus galloprovincialis				
	カミキリムシ "	+++	"	樹幹内部
⑧Acanthocinus aedilis	" "	+++	"	"
⑨Ips sexdentatus	キクイムシ "	+++	"	"
⑩Blastophagus minor	マツノコキクイムシ	++	"	"
⑪Spondylis buprestoides	カミキリムシ "	++	"	"
⑫Pissodes notatus	ゾウムシ "	+	"	"
⑬Aradus cinnamomeus	キジラミ "	+	"	"
⑭Melasoma tremulae	ハムシ "	+	Populus tremula	葉

注：1) 生息数+++：多、++：中、+：少
 2) ⑥と⑩は日本にも同種が生息する

また、ヨーロッパアカマツに *Lophodermium pinastri* (マツ葉ふるい病菌) が感染し、針葉の先端が黄色くなり、針葉に黒い小さな斑点が表われていた (7~8月に胞子を拡散する)。

標準地調査によるヨーロッパアカマツ林分の害虫、樹病の被害率と森林火災による枯死率は、表-97に示すとおりである。

表-97 被災ヨーロッパアカマツ林の害虫等による被害

プロットNo.	壮高齢林分				幼齡林分			
	本数	昆虫	樹病	火災	プロットNo.	本数	昆虫	火災
1	62	87%	13%	87%	4	145	50%	46%
2	74	86"	14"	86"	5	147	19"	65"
3	40	85"	15"	58"	6	275	45"	56"
平均	59	86"	14"	80"	平均	189	39"	56"

注：本数はプロット当たりである

(2) 主要昆虫の生活史

森林火災で被災したヨーロッパアカマツに加害している主な昆虫の生活史は以下のとおりである。

1) *Dendrolimus pini* (マツカレハの一種)

*Dendrolimus pini*は、通常6～7月に蛹から羽化して成虫(蛾)となり、30～40日間、夜間に飛回る。メスは8月上旬に250～300個の卵を針葉に産みつける。卵は初め青く、次第に灰色となり、2週間後に孵化して背中に2本の線と腹に8対の脚をもつ幼虫(毛虫)になる。幼虫は針葉を食害し、2～3回脱皮して9～10月上旬頃、樹冠をおりて落葉層下に入り、幼虫で越冬する。翌春、土壌温度が10℃となる4月末に樹幹をのぼりながら若い針葉を食害する。幼虫はその後3～4回脱皮して6月に蛹になる。蛹は3週間程で羽化して成虫となる。1年一代である。マツカレハは、モンゴルでは森林火災後に数も分布範囲も増え、9～11年周期で被害をあたえるようである。

2) *Monochamus galloprovincialis* (カミキリムシの一種)

*Monochamus galloprovincialis*は、通常6～7月に蛹から羽化して長い触角をもった成虫となり、メスはヨーロッパアカマツの樹皮に20～30個の卵を1～2個ずつ産みつける。卵は2週間ほどで孵化して幼虫となる。幼虫は樹皮に1～1.5mmの侵入口を穿って樹幹に入り、形成層を食害する。3～4回脱皮し、約1月後、形成層から1～1.5cmの樹幹内に1～3cmの穴をつくって幼虫で越冬する。翌春、樹幹内を下方へ向けて材を食害していき、蛹となる。蛹になる時期は幼虫のとき、どれだけ摂食したかによって異なり、気候の影響をうける。蛹は1月ほどで羽化して成虫となり、材に5～7mmの穴を穿ち、侵入口より下方に脱出口をつくって飛出す。このため、6～7月は成虫と幼虫が混って生息する。1年に一代である。

3) *Acanthocinus aedilis* (カミキリムシの一種)

*Acanthocinus aedilis*は、成虫で越冬後5月から活発に飛び回る。メスは7月に樹幹下部の樹皮下に20～25個の卵を1～2個ずつ産みつける。卵は2週間ほどで孵化して幼虫になる。幼虫は形成層を食害し、8月に形成層から1～1.5cm 幹幹内に入って蛹になる。蛹は1月半ほどで羽化し、樹幹に楕円形の脱出口を穿って飛出し、成虫で越冬する。1年に一代である。

(3) 土壌侵食

森林火災により林床の低木、天然更新木、草本、落葉・落枝等が焼失する。このため、A。層が薄くなっているが観察された。火災被害を受けた傾斜地においては、モンゴル

で夏期にしばしばある集中的な強雨により、土壌が侵食を受けている。しかし、南向き斜面の一部を除けば、その頻度は低く、斜面長も比較的短くて直接溪流へ流出するケースはほとんどないので植生は比較的早期に回復する。南向き斜面で、火災で上木が枯死した場合は直射日光の影響等で、当分は裸地のまま推移すると見られるので、保全対象があるときは注意する必要がある。