

はじめに

アカエゾマツは、北海道の天然林においてエゾマツ、トドマツとともに上層を占める大径木に成長するだけでなく、他の樹種が生き残れないような湿地や蛇紋岩地帯などの劣悪な環境にも耐える個性的な樹種と言えます。また、開芽期がトドマツより遅く晩霜害を受けにくいこともあり、人工林においてはトドマツ造林に不安のある環境で多く植栽されてきました。

アカエゾマツ人工林は道内の人工林面積の約1割を占め、トドマツ、カラマツ人工林に次ぐ資源量を有しています。その資源構成は、トドマツやカラマツと同様にⅧ齡級付近に多い一山型を示し、間伐等の森林整備や間伐材の利用を推進させる必要があります。今後、資源の充実を図り持続的に活用していくためには、齡級構成、生育特性、森林被害の現況等に基づいて適切な資源管理を行っていくことが重要です。

この手引の前身である「アカエゾマツ人工造林の手引き」（平成7年度、北海道林務部監修）は20年以上前にまとめられましたが、当時は林齡40年生程度までの林分データしかなく、高齢級林分には対応していませんでした。また、平成13年に間伐シミュレーションソフトウェアを作成していますが、対象範囲は道北地域に限定されていました。

平成26～28年度にかけて高齢林分を中心にさらなるデータの収集と解析を進め、高齢級林分および全道に対応する「アカエゾマツ収穫予測ソフト」を開発しました。本手引では、開発した収穫予測ソフトを用いて様々な植栽密度・地位の組み合わせの下でシミュレーションを行い、生産目標に対応した施業体系を作成しました。

本手引が、道内の林業関係者のみならず森林・林業に関わる方々に広く活用され、今後のアカエゾマツ人工林の木材生産機能の向上の一助になれば幸いです。本手引の作成にあたり、北海道水産林務部の関係各課、各振興局の方々には現地調査の実施、データの提供、内容へのご意見など多大なご協力をいただきました。厚くお礼を申し上げます。

目次

1	アカエゾマツ人工林の資源と利用	1
(1)	森林資源	
	Box1 アカエゾマツの生態的特性	
(2)	森林整備	
	Box2 アカエゾマツ需給区分	
(3)	木材利用	
2	成長特性と生育実態	7
(1)	地位指数曲線と地位区分	
	Box3 上層高と地位指数の求め方	
(2)	連年成長量	
(3)	胸高直径	
(4)	形状比	
(5)	収量比数	
3	病虫害・気象害	13
(1)	病害	
(2)	虫害	
(3)	獣害	
(4)	気象害	
4	施業体系	24
(1)	生産目標	
(2)	収穫予測を行うための考え方	
(3)	枝打ち	
	Box4 アカエゾマツ人工林収穫予測ソフト	
5	施業体系図と収穫予測表	27

1. アカエゾマツ人工林の資源と利用

(1) 森林資源

北海道の人工林面積 150 万 ha のうち、アカエゾマツを含むエゾマツ類は北海道林業統計において 12% を占め、トドマツ 54%、カラマツ類 30% について、第 3 位の樹種となっている（図 1-1；平成 28 年 3 月現在^[1]，特記無き場合，以下同様）。所管別では国有林 52.5%，民有林 47.5%（うち一般民有林 76%）である（図 1-2）。振興局別に比較すると、上位から順にオホーツク，十勝，上川で全体の 6 割以上を占めている（図 1-3）。

エゾマツ類の齢級構成はトドマツやカラマツ類と同様にピークが集中する偏った状態である。エゾマツ類のピークはⅧ齢級付近で、トドマツやカラマツ類よりも、やや若い齢級構成である（図 1-4）。

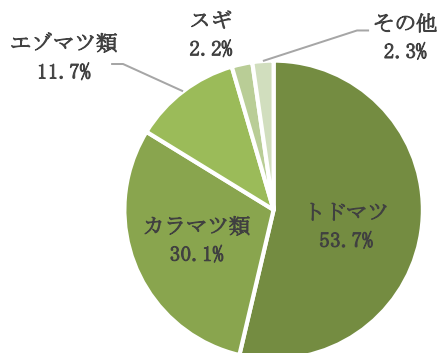


図 1-1 人工林の樹種別面積割合

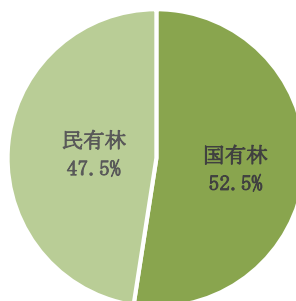


図 1-2 エゾマツ類人工林の面積割合

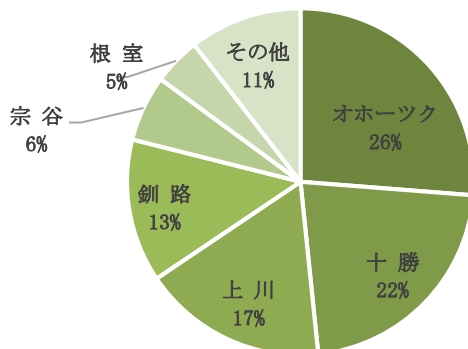


図 1-3 エゾマツ類の振興局別蓄積割合

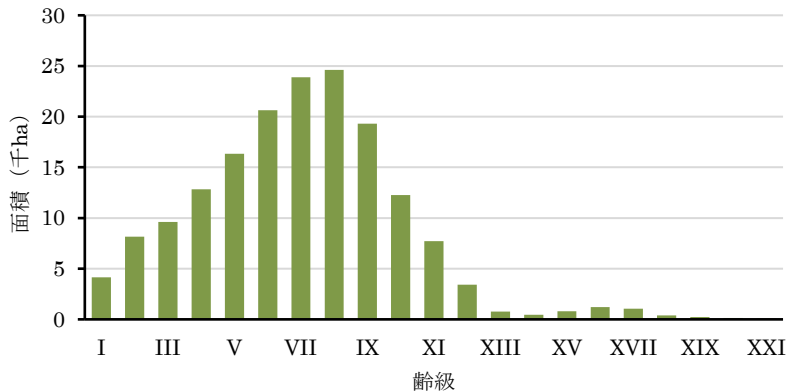


図 1-4 エゾマツ類の齢級構成

Box1 アカエゾマツの生態的特性

アカエゾマツは、樹高 30m 以上、胸高直径 1.5m 以上、樹齢 600 年以上に達するマツ科トウヒ属の高木である。同じトウヒ属のエゾマツ、モミ属のトドマツとともに針広混交林の主要構成樹種である。天然分布は北海道を中心にサハリン南部、南千島、岩手県早池峰山であり、郷土を代表する樹種である^{[2],[3]}。エゾマツとともに北海道の木に指定されている。

大規模な純林を成し、特異な景観を呈する天然生アカエゾマツは、立地タイプ別に 1) 湿原系 (図 1-5)、2) 蛇紋岩地系 (図 1-6)、3) 火山灰礫地系、4) 砂丘系、5) 岩礫地系、6) 山火跡地系の 6 つに分けられる^[2]。天然ではストレスの強い過酷な環境に分布しているが、このような場所での成長は決して良くない。アカエゾマツは強いストレスに耐え、ゆっくりと成長する樹種である^{[3],[4]}。また生育が良好な環境は他の多くの樹種と同じく、適潤な肥沃地であるとされている^{[3],[4]}。

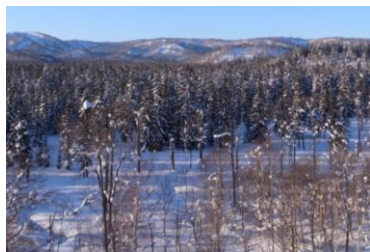


図 1-5 (左) 北海道大学雨龍研究林内 泥川流域アカエゾマツ純林 (湿原)

図 1-6 (右) 北海道大学中川研究林内 パンケ山アカエゾマツ純林 (蛇紋岩)

(2) 森林整備

平成 27 年度時点での道内造林用苗木の年間生産量は約 2,200 万本である。内訳はカラマツ 47%, トドマツ 30%, アカエゾマツ 11%, グイマツ 9%である (図 1-7)。

40～50 年前には、アカエゾマツ人工林の造林面積が急激に増加し、ピーク時には年間約 4,500ha を植栽していたが、近年は減少し、平成 28 年実績では 481ha とピーク時の 1 割程度になっている。そのため、アカエゾマツ人工林面積の増加量は近年微増に留まっている (図 1-8)。

また一般民有林における間伐状況はⅢ～Ⅵ齢級が多い。搬出を伴う利用間伐はⅥ～Ⅸ齢級に多く、そのほぼ半分が列状間伐で実施されている。道有林では全体的に間伐齢が遅くなる傾向がある。平均間伐率は 3 割弱で実施されることが一般的である^[5]。

このように造林ピーク時の資源が充実し、利用間伐の増加が見込まれるアカエゾマツ材の有効利用が今後の課題となってくる。

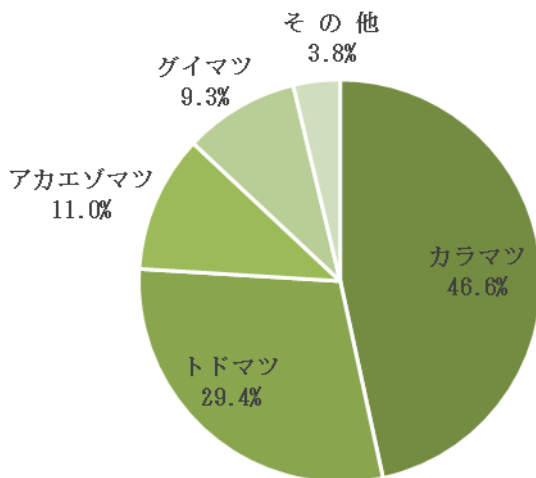


図 1-7 造林用苗木生産量比率

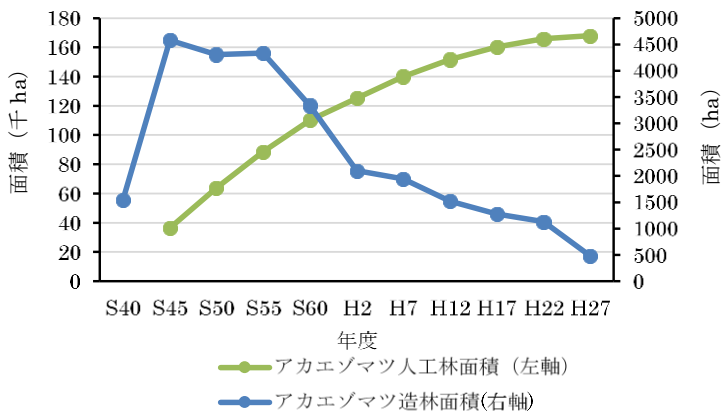


図 1-8 アカエゾマツ人工林面積及び造林面積

Box2 アカエゾマツ需給区分

苗木の流通は、環境条件と遺伝的な特性を考慮して設定された北海道育種基本区とそれを細分化した需給地域区分を設定して管理されている。これまでアカエゾマツは北海道内での苗木需給地域区分がなかったが、平成 29 年度から設定され、産地・系統等の環境適応性を考慮し、北海道の西部と東部に大きく二分された(図 1-9)。今後はこの需給地域区分に合わせた採種園の整備を進めていくこととなる^[6]。

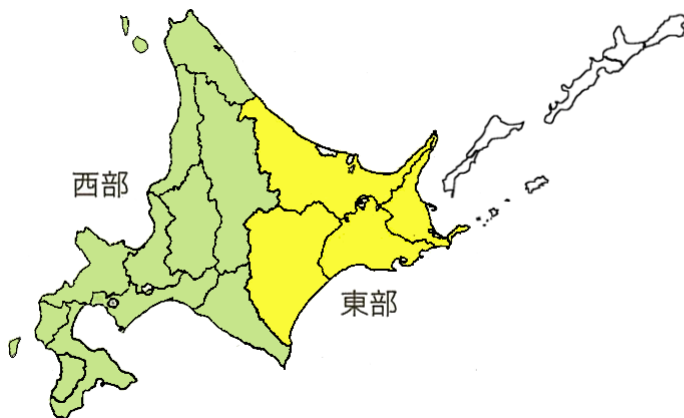


図 1-9 アカエゾマツ需給地域区分

(3) 木材利用

アカエゾマツ材は、市場においてエゾマツ・トドマツと混在するかたちで流通している関係から、統計上アカエゾマツ単独の原木供給量は示されていない。しかし、北海道水産林務部で把握している平成 28 年度の道内一般民有林におけるアカエゾマツ人工林の伐採材積は 20 千 m^3 で、平成 24 年度の 11 千 m^3 から比べるとほぼ倍増している。平成 28 年度の一般民有林におけるトドマツ人工林の伐採材積 549 千 m^3 と比べるとアカエゾマツの伐採量は決して大きくはないが、齢級構成(図 1-4)からみると今後アカエゾマツが一定量、間伐を中心として出材されることが予想される^[7]。

アカエゾマツ人工林材のうち、径級 18cm 以下の比較的小径の材にあっては、主に梱包用材、棧木、パルプ用原木として流通しており、一部では鹿除け柵用などの杭丸太として出荷されている。中径以上の材では梱包用材や棧木だけでなく、建築用材として羽柄材などの非構造用部材や集成材用のラミナとしても用いられている^{[8], [9]}。また、合板メーカーの中には、アカエゾマツ人工林材からスライス単板を取り、表層に活用することで内装用壁材を生産しているところもある(図 1-10)。



図 1-10 アカエゾマツ人工林材による内装用壁材

アカエゾマツ人工林材の高付加価値な用途への可能性として、ピアノやギターの響板などの楽器用材への利用が挙げられる(図 1-11)^[10]。これは、従来、ヨーロッパトウヒに次ぐ材料としてアカエゾマツの天然林材が国産のピアノ響板として使われてきたが、その資源(優良大径材)の枯渇が懸念されているためである。ただし、径級や年輪幅、節、アテ、ヤニツボ、変色の程度など、楽器用材として求められるアカエゾマツ材の基準は厳しいため、楽器用材としての利用を目指すには、枝打ちや除間伐など適切な保育管理が必要となる。



図 1-11 アカエゾマツ人工林材を使ったピアノ響板

引用文献（アカエゾマツ人工林の資源と利用）

- [1]平成 27 年度 北海道林業統計(平成 29 年 5 月 北海道水産林務部)
- [2]館脇操(1943)アカエゾマツ林の群落学的研究. 北海道帝國大學農學部 演習林研究報告. 13 (2) : 1-181.
- [3]松田彊(1989)アカエゾマツ天然林の更新と成長に関する研究. 北海道大學農學部 演習林研究報告. 46 (3) : 595-717.
- [4]北海道林務部(1995)アカエゾマツ人工造林の手引き. (北海道林業改良普及協会 編, 札幌. 39pp), 3-8.
- [5]北海道水産林務部業務資料
- [6]林業研究・技術開発推進北海道ブロック会議育種分科会 (2017) 北海道育種基本区林木育種推進計画. 第 5 表付図 一部改変.
- [7]北海道水産林務部林務局森林計画課資料(平成 29 年度)
- [8]北海道木材産業協同組合連合会(2012)道産材流通・加工実態調査報告書. 5-13.
- [9]北海道水産林務部森林環境局森林活用課美唄普及指導員室(2013)アカエゾマツ人工林間伐利用に関する調査報告書
- [10]真田康弘 (2010) ピアノ響板材料としての可能性, 林産試だより. 3:7-8.

2. 成長特性と生育実態

人工林の生産目標の設定や収穫予測を行ううえで、成長特性や生育実態などの基本的な情報は欠かせない。そこで、本章では、全道各地の林分データを用いてアカエゾマツ人工林の樹高成長（地位指数）や立木の胸高直径など、その成長特性と生育実態について整理した。

(1) 地位指数曲線と地位区分

地位指数は、樹木に対する土地の生産力の指標であり、収穫予測を行う上で重要な要素の一つである。本手引では、アカエゾマツの地位指数について次のように検討し、北海道における地位指数区分を行った。

地位指数は、立木密度の影響を受けにくいとされる樹高を元に算出され、一般的には上層木の平均樹高（上層高（m））を用いる。本手引における上層高は、樹高の高い順番から数えて、上位 200 本/ha に相当する立木の平均樹高である^[1]。データは、アカエゾマツ人工林実態調査（平成 5 年北海道林務部実施）、森林吸収源データ緊急整備事業（平成 15 年林野庁実施）及び森林資源モニタリング調査（平成 22～24 年北海道水産林務部実施）による約 856 点の林分データを使用した。図 2-1 には、各林分の林齢と上層高（白丸）を示した。

上記データに対し、樹高成長曲線としてリチャーズ式を当てはめ、これを地位指数曲線群（図 2-1 曲線）のガイドカーブとした^[1]。地位の指標として、林齢 40 年生の上層高を用い、これを地位指数とした。

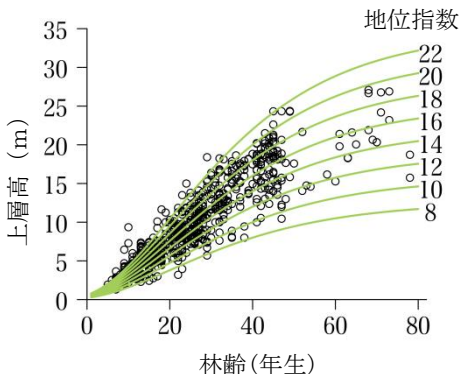


図 2-1 調査林分の林齢と上層高との関係（白丸）及び地位指数曲線群（実線）

地位指数は下位 8 から上位 22 まで 2 刻みに示した。

津田 (2015)^[1] 図-4 を転載加筆

この地位指数曲線から、アカエゾマツの樹高成長は林齢 10～40 年にかけて旺盛であり、林齢 50 年を過ぎると緩やかになることが予想される。また、林齢が同じでも上層高の差が

林分間で大きいため、地位指数の範囲も8～22と広いものとなっている（図2-1）。

このような地位の違いは、気温や積雪深、地形条件などの気象条件や局地的な立地要因の影響によるものである。アカエゾマツでは、最大積雪深が低く、より開けた地形の場合に地位指数が低い傾向にあり、海からの距離が遠く、周辺域からの水分の供給量が多い場合に高くなる傾向にあった。また、乾燥湿潤の傾向を生育期（5～7月）の気候的乾湿度^[2]により判断した場合、0.8～1.2付近で高くなり、またこの範囲よりも高い乾燥傾向の場合に低くなった。これらの結果より推定される地位指数の平均値を、平成12年時点の市町村レベルで求め、地位指数マップを作成した（図2-2）。植栽後の成長予測の目安として使用することができる。

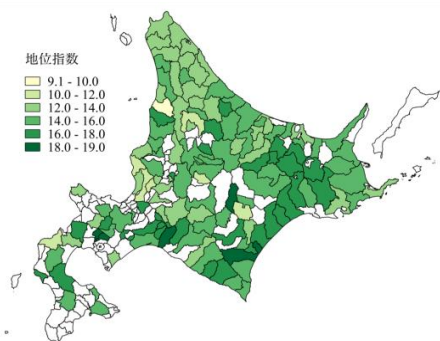


図2-2 地域別地位指数区分
全道平均 15.3；白抜きの箇所は林分データがない地域、境界線は平成12年時の市町村区分（地図は国土数値情報行政区域データに林業試験場が加工して作成したものである）

Box3 上層高と地位指数の求め方

○施業の対象となる林分の地位指数は、以下の方法^[1]により求めることができる。

1. 上層高を求める。

- 標準地面積に対応した、ヘクタール当たり上位200個体に相当する本数を算出する。

$$\text{上位200個体本数} = 200 \times \text{標準地面積 (ha)}$$

- 上位200個体に相当する個体の平均樹高を計算し、上層高とする。

2. 林齢と上層高から地位指数を求める

- 基準年40年生時及び対象林分の林齢におけるガイドカーブの値(H_{40} 及び H_t)を求める。

$$H_t \text{ or } H_{40} = 24.2446 \times (1 - 0.6794 \times \exp(-0.0434 \times \text{林齢}))^{3.5182}$$

- 地位指数SIを求める

$$SI = \text{上層高} \times H_{40} / H_t$$

○地位指数は、Box4に紹介する「アカエゾマツ人工林収穫予測ソフト」でも算出できる。

(2) 連年成長量

連年成長量はある林齢（1生育期）における材積成長量であるため、林分材積の増加速度や間伐後の材積の回復などと密接に関係する。図 2-3 はアカエゾマツ人工林における連年成長量（地位指数曲線と林分密度管理図を用いた推定値）の経年変化を示している。成長量は林齢に対して一山型の曲線を示し、林齢 20～40 年生の間にピークを示すものと推察された。ただし、連年成長量は地位によっても大きく異なり、地位の高い林分ほど大きな値を示すことが予想された。そのため、間伐の開始時期や回帰年の決定など、施業体系の立案には地位を考慮する必要がある（第 4 章参照）。

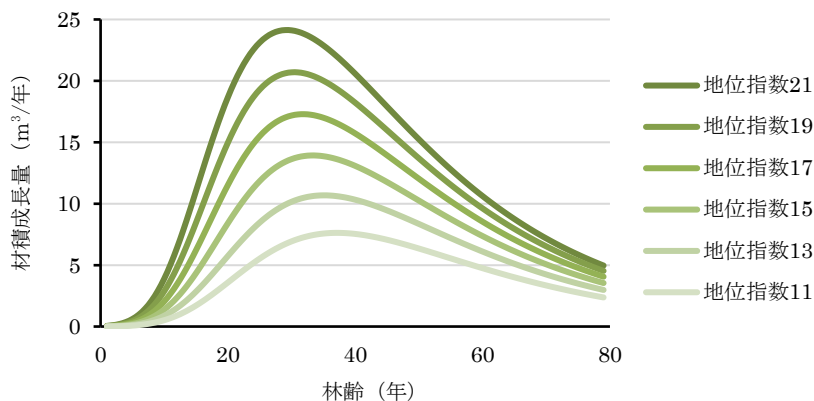


図 2-3 アカエゾマツ人工林における連年成長量（推定値）

(3) 胸高直径

人工林の生産目標を考えるうえで立木の胸高直径（以下、DBH と記す）は不可欠な情報であり、利用用途とも関係する。そこで、林齢と平均 DBH との関係を図 2-4 に示す。林齢とともに平均 DBH も増加する傾向にあるものの、林齢が同じでも DBH のばらつきは大きく、地位指数の基準年である林齢 40 年では 10～30cm、アカエゾマツの標準伐期齢の 60 年生以降では 20～40cm であった。

これらの DBH の差には林分間の立木密度の違いが関係している。図 2-5 に 26～35 年生の林分（地位 14～20）における立木密度と平均 DBH との関係为例として示した。密度の高い林分ほど DBH が小さくなるという負の相関が認められる。立木密度の調整は間伐によって可能であるため、伐期や生産目標に応じて間伐方法を考えていく必要がある（第 4 章参照）。

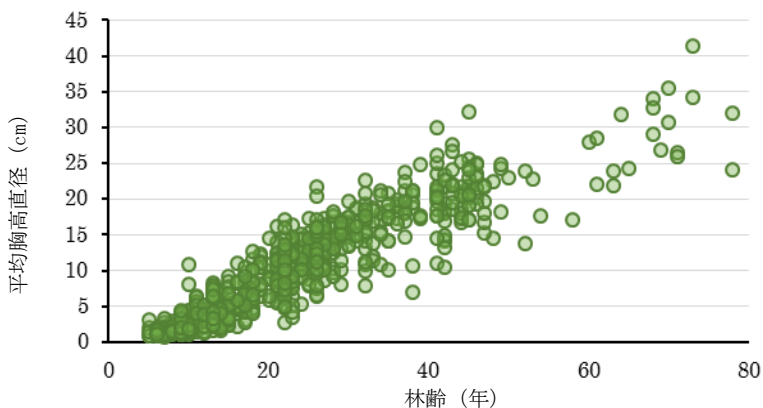


図 2-4 調査林分の林齢と平均胸高直径との関係

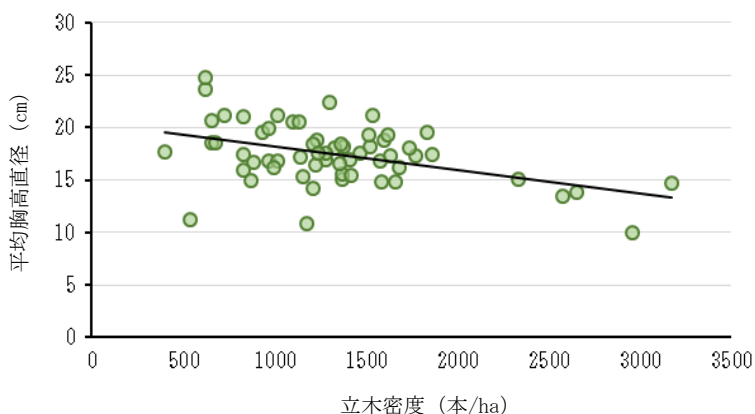


図 2-5 調査林分の立木密度と平均胸高直径との関係
林齢 26～35 年，かつ地位指数 14～20 の林分を対象に作図

(4) 形状比

立木の形状比とは樹高 (m) を DBH (m) で除した値であり，この値が大きいほど細長い樹形となり，風害を受けやすいことが知られている (第 3 章 (4) 参照)。ここでは，第 5 章の収穫予想表 (上層高と平均 DBH を記載) に合わせて，林分の上層高と平均 DBH との比を林分の形状比とした。そのため，通常の形状比 (平均樹高 / 平均 DBH) よりも高い値となる。この林分の形状比と林齢との関係を図 2-6 に示した。形状比は林齢と

ともに漸減傾向にあり、回帰曲線による予測では、15年生で100以上の値を示し、標準伐期齢の60年生以降では70～80で推移するものと考えられた。ただし、いずれの林齢でもばらつきが大きく、とくに35年生以下の林分でその傾向が顕著であった。

26～35年生（地位指数14～20）の林分を例に立木密度と形状比との関係を図2-7に示す。両者の間には正の相関が認められ、密度の高い林分ほど形状比が高くなることを示している。つまり、立木密度の高い林分では細長い樹形となり、風害に遭いやすいものと推察される。そのため、間伐により立木密度を調整し、形状比の値を適切に管理していくことが重要である。風害のリスク低減を考慮した場合、林分の形状比を80以下で管理することが望ましい^[3]。

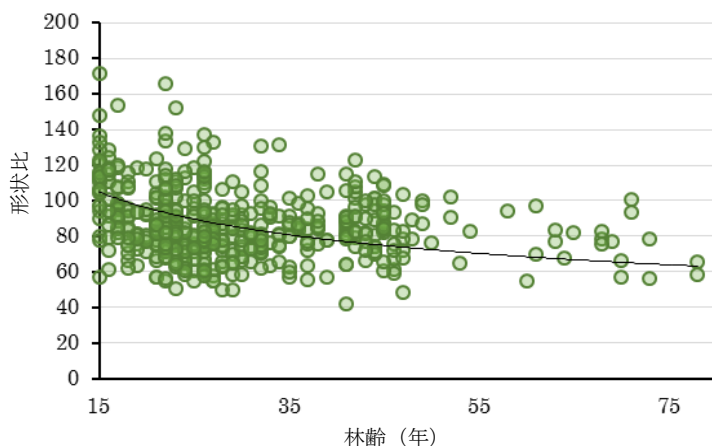


図2-6 林齢と林分の形状比との関係

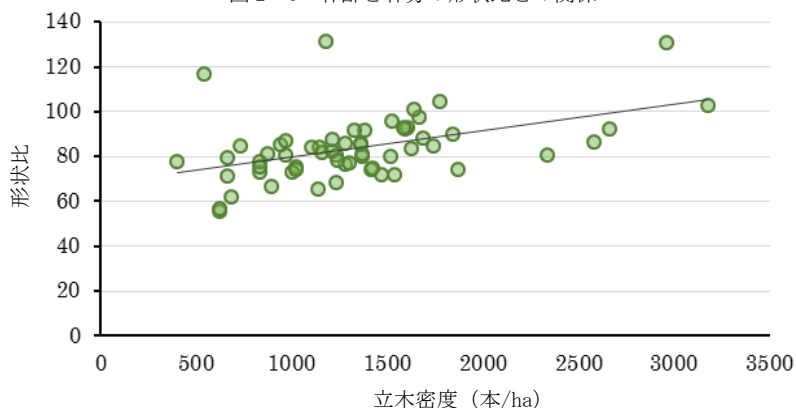


図2-7 立木密度と林分の形状比との関係

林齢26～35年、かつ地位指数14～20の林分を対象に作図

(5) 収量比数

収量比数（以下、 R_y と記す）は林分の混み合い度を示す指標であり、一般に密度管理を行うための指標の一つとして用いられている。また R_y は 1 以下の値をとり、値が小さいほど疎な状態、1 に近いほど混んでいる状態であることを示す。そのため、 R_y が高い林分では、成長が悪くなる、枯死率が上がる、気象害に弱くなるなどの問題があることから、間伐を行い中庸仕立てと言われる $R_y=0.6\sim 0.7$ 程度で管理されることが多い^[3]。

ここで R_y と上層高との関係を図 2-8 に示した。両者には高い正の相関が有り、上層高が高い林分では R_y が高くなりやすい。そのため、樹高成長が旺盛な時期に間伐が行われない場合、急速に R_y が高くなることが予想される。

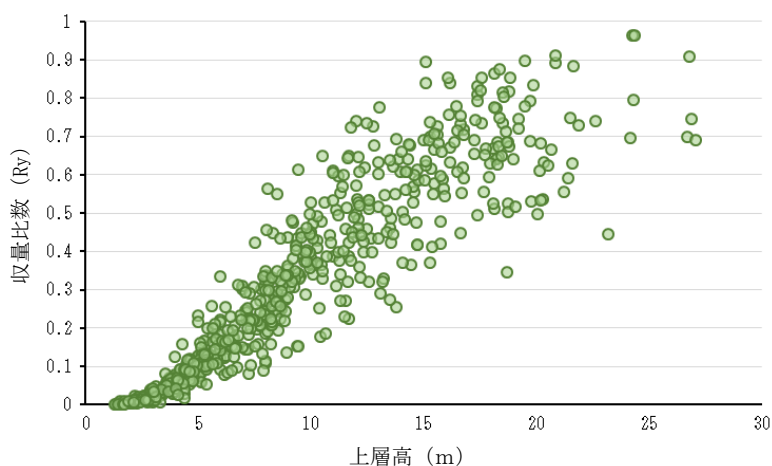


図 2-8 上層高 (m) と収量比数との関係

引用文献（成長特性と生育実態）

[1]津田高明・大野泰之・山田健四・滝谷美香(2015)高齢林分に対応したアカエゾマツ人工林の成長予測. 北方森林研究. 63 : 31-32.

[2]寺澤和彦・薄井五郎(1987)北海道の 5~10 月における蒸発散能・降水量比の分布と季節変化. 北海道林業試験場研究報告. 25: 36-49.

[3]北海道立林業試験場 研究普及会議 平成 18 年度専門部会 防風林部会(2007)防風林の多面的機能と造成管理のための解説書.

3. 病虫獣・気象害

(1) 病害

アカエゾマツの病害としては、29種類が国内で報告されている^[1]。本樹種は比較的病害に強く、育苗時を除くと病害が人工林育成上の大きな問題となったことはないが、主要な病害としては次のものがあげられる。個々の病害の詳細については、写真付きの文献^[2]を参考にするとよい。

1) あんしよくゆきぐされ 暗色雪腐病



図3-1 暗色雪腐病に罹病したアカエゾマツ植栽木
積雪下で接地していた部分が暗紫色の菌糸で覆われている

天然更新の障害となるほか、育苗の過程、特に播種床において得苗率を著しく損なう重要病害^[3]である。積雪期に菌糸が蔓延し発病し、積雪下で接地する枝葉が暗紫色の菌糸で覆われて腐敗・枯死する(図3-1)。多雪地帯、沢沿いなどで被害が多い。菌体は、融雪直後は確認しやすいが、時間が経過すると消失するので見つけにくい。病原菌(*Racodium therryanum*)は多犯性で、常緑の針葉樹の多くが宿主になる^[3]。また、エゾマツ類に対し、本菌が夏季に立枯症状をもたらすことが最近報告された^[4]。登録済みの薬剤としては有機銅水和剤があり、苗木に対して使用できる^[5]。農薬登録の状況は変更されることがあるので、薬剤を使用するときには、公開されている情報^[6]を確認するのが望ましい。

2) なえたちぐされ 苗立枯病

苗畑で問題となる土壤伝染性病害で、発芽前もしくは発芽直後の種子や、発芽後まもないまだ柔らかな苗の地際部が侵されて、腐敗・枯死する。苗立枯病の病原菌には、フザリウム、リゾクトニア、ピシウムなど複数の種類があり、防除するには適切な薬剤を使い分ける必要がある。フザリウムやピシウムには「ヒドロキシイソキサゾール液剤」、リゾクトニアには「トルクロホスメチル水和剤」や「フルトラニル水和剤」が適用できる^{[5], [6]}。