

アカエゾマツ人工林の生育実態

山田健四*

Growth of *Picea glehnii* in artificial stands.

Kenji YAMADA*

抄 録

アカエゾマツ人工林の生育実態を把握するために、全道 440 の調査地点で「アカエゾマツ人工林実態調査」が行われた。本研究ではこの調査データをもとに、アカエゾマツ人工林に発生している各種被害の状況、アカエゾマツの樹高成長経過の分析、地位指数曲線の作成、各調査地点の地位指数の分布状況と環境要因との関係の解析を行った。その結果、以下のことが明らかになった。

- ・アカエゾマツ人工林での主要な被害は雪害と寒風害で、病虫獣害などはそれほど心配する必要はない。
- ・アカエゾマツの樹高成長経過を各種の成長関数にあてはめた結果、RICHARDS の関数で最もよく近似された。
- ・地位指数曲線を作成した結果、アカエゾマツは地位の高いところではトドマツに匹敵する良好な樹高成長をすることが分かった。
- ・日本海北部沿岸や道東の先端部に地位指数の低い地点が集中しており、雪害や寒風害の発生地域と重なっていた。しかし、アカエゾマツの生育が不可能な地域は見られなかった。
- ・アカエゾマツの生育適地の条件として、土壌の透水性が良いこと、雪害や寒風害が起こりにくい場所であることがあげられた。

Abstract

A very precise research was conducted on 440 artificial *Picea glehnii* stands all over Hokkaido, to clarify the actual situation of stand growth. I analyzed the occurrence of climatic and biotic damage, picked up the growth function which described well the height growth pattern, made the site index curves and investigated the geographical distribution of site indices related with some environmental factors. After that, I discussed the suitable site for *Picea glehnii*.

Damages in artificial *Picea glehnii* stands were mainly caused by snow and cold wind. Biotic factors of damages such as diseases, insects and animals were not so considerable.

The height growth pattern was described best by the RICHARDS' growth function, so I used the function to evaluate the site index of each plot. Plots with low site index were concentrated in

*北海道立林業試験場道北支場音威子府駐在所 Hokkaido Forestry Research Institute Dohoku Branch Otoineppu Sub-station, Otoineppu, Hokkaido 098-25

the area of northern coast of Japan sea and eastern tip of Hokkaido island. Plots damaged heavily by snow or cold wind were also located in these areas. It, however, seemed that there was no geographical area where *Picea glehnii* could not survive. The requirements of suitable site for *Picea glehnii* were suggested to be high soil water permeability and environmental condition to avoid snow damage and cold wind damage.

はじめに

アカエゾマツは北海道の森林の主要構成樹種であり、古くから利用されてきた。木目が美しく、材質が優れていることから、その材は楽器などの特別な用途を中心に利用され、非常に付加価値の高い森林資源である。しかし、人工造林に際しては、苗木の養成が比較的困難なこと、成長速度がトドマツやカラマツに比べて劣ると考えられていたことなどから、それほど積極的に造林されていなかった。

近年、木材価格の低迷や拡大造林による造林成績の低下、トドマツ枝枯病をはじめとする病虫害の発生などにより、トドマツ、カラマツの造林意欲が減退している中で、アカエゾマツの造林面積はむしろ増加傾向にあり、平成4年度の民有林の実績ではトドマツ、カラマツとほぼ同じ造林面積を示している(北海道 1994)。人工造林の中に占めるアカエゾマツの比重が大きくなるに従い、不適地に造林されることも多くなり、場所によっては不成績造林地も発生してきている。

このような背景のもとに、北海道林務部は「アカエゾマツ人工林実態調査」を行った。この調査は、全道440地点のアカエゾマツ人工林について、毎木調査をはじめ、気象や土壌などの環境条件、保育や保護の経過、各種被害状況などの様々な項目についての包括的な調査である。本研究は、この「アカエゾマツ人工林実態調査」のデータを取りまとめ、解析を行ったものである。既に北海道林務部からは、本研究の結果の一部も含めた総合的な解説書として「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 1995)が出版されているが、本研究ではアカエゾマツの生育適地という視点から、更に詳しい解析を加えて報告する。

本研究の一部は第43回日本林学会北海道支部会で発表した。

なお、本研究にあたり、「アカエゾマツ人工林実態調査」に携わった各林務署、林業指導事務所の関係職員の皆様方に深く感謝の意を表します。

調査方法

1 アカエゾマツ人工林実態調査

調査を行うにあたって、統一した調査の様式を決定するために、事前に林業試験場の担当各科がアカエゾマツ人工林の調査を行った。その結果を集約し、アカエゾマツ人工林実態調査要領、調査表、調査野帳を作成し、それにもとづいて各林務署、林業指導事務所が調査を行った。

調査林分は、各林務署、林業指導事務所管内におけるアカエゾマツ人工林の若齢(1~2齢級)、中齢(3~4齢級)、高齢(5齢級以上)の林分の中からそれぞれ3か所(成績も良、中、不良)を選定した。調査地点数は合計440地点にのぼった。

各調査地点において地況、林況、施業経過、保護、過去の被害などについて、林歴簿、育林台帳等や現地調査により調べた。さらに、調査林分の平均的な場所に20×25mの標準地プロットを設け、樹高1.3m以上のすべての樹種について毎木調査を行うと同時に、アカエゾマツについては枝下高、樹高の欠点、病害、虫害、獣害についても調査を行った。

調査は1993年9月1日~10月31日の期間に行った。

2 調査データの解析

集められた調査データを、林業試験場内のコンピュータに入力して解析を行い、アカエゾマツ人工林の実態を明らかにした。統計解析にはUNIXワークステーション上の統計パッケージ[SAS]を用いた。

3 地位指数曲線の作成

各調査地点の毎木調査の結果から、樹高と林齢の関係を求め、地位指数曲線を作成した。樹高データは、林分内の樹高の高いものから上位10本(200本/ha)の平均樹高を林分の上層高として用いた。各林分の林齢と上層高の関係をグラフ上に打点し、最少二乗法を用いて各種の成長関数に近似させ、アカエゾマツ人工林の成長曲線を作成した。こうして得られた曲線をガイドカーブに用いて、西沢ら(1966)の方法により地位指数曲線群を作成した。この曲線群の形状について、従来の収穫表のデータやトドマツの地位指数曲線との比較を試みた。また、各調査地点の林齢と上層高のデータを地位指数曲線の式に代入することにより、各調査地点の地位指数を推定し、得られた地位指数について地域的な分布傾向や様々な環境要因との関係の解析を行った。

結 果

1 調査地点の分布状況

今回のアカエゾマツ人工林実態調査の調査地点数は440点にのぼっている。これらの調査地点の選定にあたっては、なるべく多様な条件を含むようにしたが、調査地点選定上の様々な制約のため、必ずしも目標どおりの調査地点が選定できたとは限らない。このことを検証するために、今回の調査地点の地域、齢級、標高についての分布状況を調査した。

図-1に、各市町村別の調査地点数の分布を示す。調査地点数の特に多い市町村も若干あるものの、全道的にみれば特定の地域に調査地点が集中していることはなく、地域的には均等に分布していることが分かる。

図-2に、今回の調査地点数と、北海道林業統計(1994)によるエゾマツ人工林面積の齢級別の頻度分布を示す。なお、ここでいう「エゾマツ」には、アカエゾマツとエゾマツの両方が含まれるが、エゾマツ人工林は少ないため、ほとんどはアカエゾマツであると考えられる。この図から明らかなように、アカエゾマツ人工林は6齢級以上の高齢林分の面積は少なく、この影響を受けて高齢林分の調査地点数

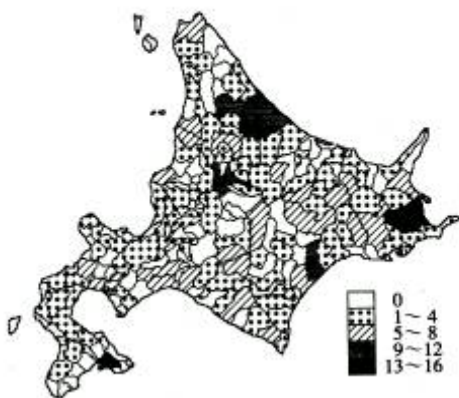


図-1 市町村別調査地点数

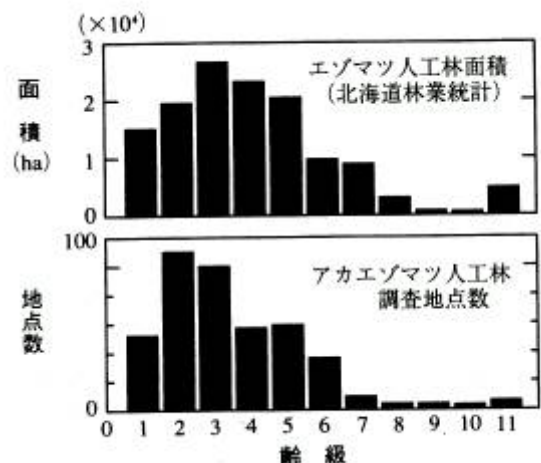


図-2 調査地点の齢級分布

も極端に少なくなっている。したがって、齢級配置の面からいえば、今回の調査データは若齢側に偏ってしまったといえる。これは、高齢級の人工林自体が少ないために、やむを得ない結果であろう。後述する地位指数曲線の作成においては、この高齢級林分データの不足が推定の精度に影響を与える結果となっている。

図-3に、標高別の調査地点数の頻度分布を示す。今回の調査は対象が民有林と道有林であり、どちらかといえば民有林主体であることを反映してか、高標高のものは比較的少ない。国有林には高標高でもアカエゾマツ人工林が存在するが、今回の対象には含まれないため、今回のデータは若干低い標高に偏っていると考えたほうが良いだろう。

以上をまとめると、今回のデータは地域的には均等に散らばっているが、齢級や標高の面からみると若干の偏りが見られるといえる。

2 各種被害の発生状況

今回の調査では、各調査地点での気象害の発生状況を雪害、寒風害のそれぞれについて強、軽微、なしの3段階に区分した。また、幹曲りなどの樹幹の欠点と各種の病虫獣中に関しては、毎木調査で各調査木について被害の有無を調べているので、これから各調査プロットにおける全個体に占める被害個体の割合を算出し、0%、10%以下、10~40%、40%以上の4段階に区分し、それぞれを被害なし、軽微、中、強の被害程度とした。これらを被害の大きいものから順にまとめたのが表-1である。

強い被害が比較的多く見られるものは、樹幹の欠点、雪害、寒風害、アブラムシ被害（エゾマツオオアブラムシ）の4つであり、その他の被害はほとんどの調査地点で軽微または被害なしであることが分かる。また、樹幹の欠点の内容を調べてみると、幹曲り、枝ぬけといった雪害によって引き起こされるものが大部分を占めていること、雪害の被害が強いところで樹幹の欠点も多いという関係が見られること（図-4）などから、樹幹の欠点の多くは雪害を受けた結果であるといえる。したがって、アカエゾマツ人工林の質を低下させる主要な被害は、雪害、寒風害およびアブラムシ被害の3つであるといってもよいであろう。

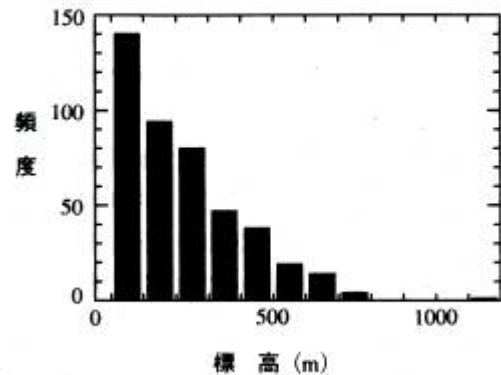


図-3 調査地の標高別頻度分布

表-1 各種被害の被害程度別頻度分布表

害の程度	なし	軽微	中	強	合計	(欠損)
樹幹の欠点	163	181	83	13	440	
雪害	330	83	—	9	422	(18)
風雪害	320	81	—	13	414	(26)
アブラムシ被害	348	55	29	8	440	
鹿の食害	400	37	3	0	440	
アトロペリス胴枯害	425	15	0	0	440	
その他病害	423	14	3	0	440	
さび病	428	11	1	0	440	
食葉性害虫	425	9	5	1	440	
幹の心腐れ病	432	8	0	0	440	
野ねずみ害	436	4	0	0	440	
ナラタケ病	438	2	0	0	440	
その他獣害	438	2	0	0	440	
穿孔性害虫	438	1	1	0	440	
その他の虫害	438	1	1	0	400	

3 アカエゾマツの樹高成長と地位指数曲線

アカエゾマツ人工林の樹高成長経過を表現する成長関数式を求めることにより、樹高成長の特徴をつかむことができるうえに、各調査地点の地位指数を求めるための地位指数曲線を作成することも可能になる。今回得られた各調査地点の林齢と上層高のデータを各種の成長関数にあてはめた結果、RICHARDSの成長関数によって最もよく近似され、次の式で表される曲線が得られた(図-6)。

$$y = 23.02033 \times (1 - 0.8841500 \cdot e^{(-0.0394487 \cdot x)})^{2.189869}$$

この曲線が、アカエゾマツ人工林の成長経過の特徴を表した曲線であるといえる。この曲線形状の特徴としては、10年程度までのやや鈍い成長とその後の急速な成長の立ち上がり、そして50年程度から見られはじめる頭打ち傾向があげられる。初期から40年程度まではアカエゾマツの成長経過をよく表しているが、成長の頭打ち傾向が見られる時期は早すぎるように思われる。この曲線では50年程度から頭打ち傾向が見られはじめ、樹高成長の限界は23mとなる。アカエゾマツの寿命は300年以上と推定され、成長の鈍化が見られるとしても、もう少しゆるやかに推移していくと予測される。このような曲線形状となった原因として、今回の調査では高齢級の林分のデータが極端に少ないため、高齢級側の推定精度が若干低下している可能性が考えられる。高齢級のアカエゾマツ人工林自体が少ない現状では、データ収集にもある程度限界があるが、今後も高齢級のデータを集積する必要があるだろう。

今回得られた樹高成長曲線をガイドカーブに用いて、基準林齢を40年とした地位指数曲線群を作成した。それぞれの地位指数に曲線を割り付けるために、各齢級での上層高の標準偏差の経時変化を2次曲線で近似した結果、次の式が得られた。

$$\sigma_t = -0.0003191 \cdot t^2 + 0.0962 \cdot t + 1.477$$

これらを用いて、基準林齢を40年とした時の地位指数10~20の地位指数曲線群を作成した(図-7)。この地位指数曲線によって、アカエゾマツ人工林の樹高成長の過程を他のデータと客観的に比べることができる。今回は、この地位指数曲線を従来の収穫表のデータやトドマツの地位指数曲線と比較、検討した。

図-8は、従来用いられて来た収穫表(北海道林業改良普及協会 1976)のデータを今回得られた地位

$$y = 23.02033 \times (1 - .8841500 \cdot e^{(-.03944897 \cdot x)})^{2.189869}$$

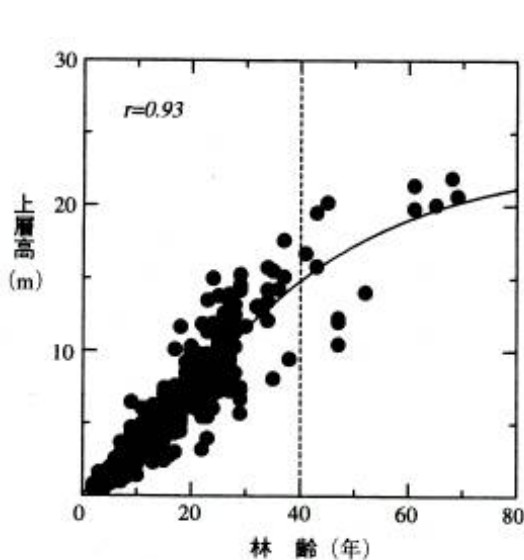


図-6 成長関数あてはめ(RICHARDS式)

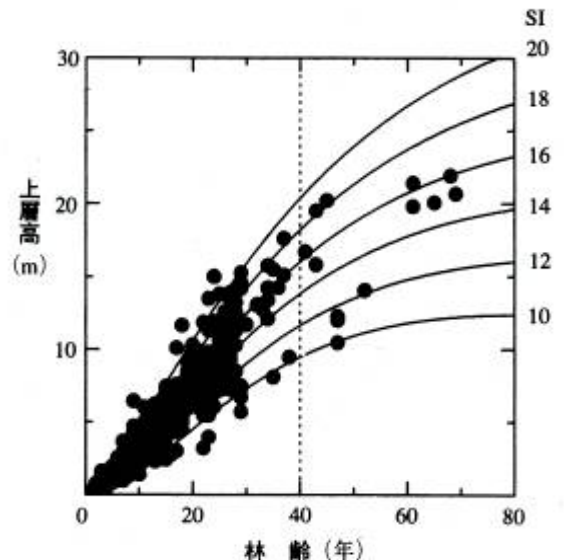


図-7 アカエゾマツの地位指数曲線

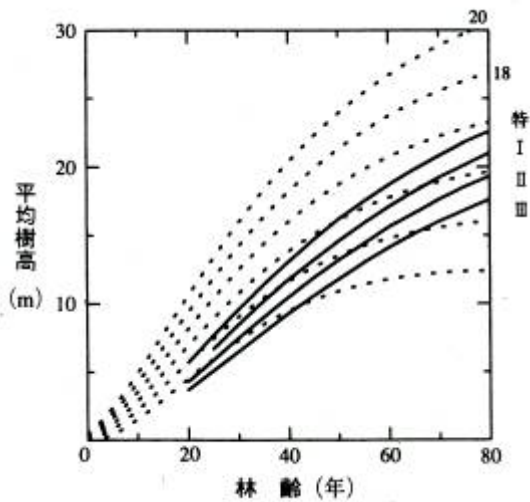


図-8 地位指数曲線と収穫表の比較
 : アカエゾマツ地位指数曲線
 —— : エゾマツ収穫表(札幌営林局 1967)

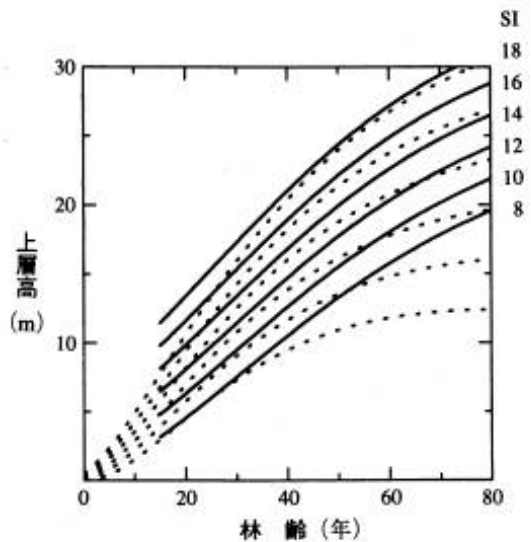


図-9 トドマツ地位指数曲線との比較
 : アカエゾマツ地位指数曲線
 —— : トドマツ地位指数曲線(阿部 1980)

指数曲線と比較したものである。比較に用いたデータは、収穫表に収められているうちの「拡大造林のエゾマツ林取獲予想表」(札幌営林局 1967)を用いた。収穫表のデータは平均樹高で示され、地位指数曲線では上層高を用いているため、同じ図上に示すと収穫表のデータが低くなるのは当然であるが、そのことを差し引いて考えても、収穫表の特等地と地位指数 20 や 18 の曲線との差は大きい。したがって、地位の高い場所においては、アカエゾマツ人工林はこれまで収穫表で予測されていたよりも高い樹高成長を期待できると考えられる。

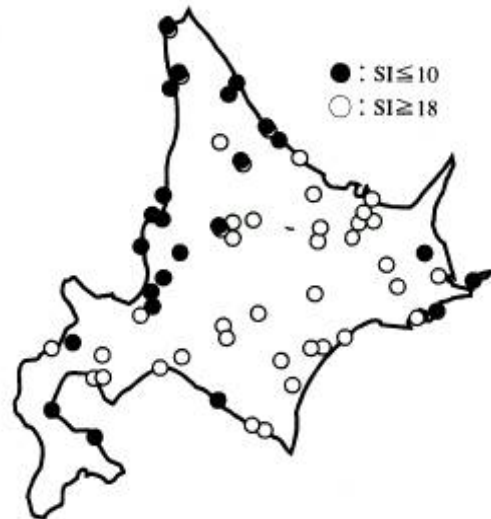
次に、トドマツの地位指数曲線をアカエゾマツのものと比較した(図-9)。トドマツの地位指数曲線には、阿部(1980)のものを用いた。この比較は地位指数曲線同士であるから、両方とも上層高を用いており、収穫表のデータと異なり直接比較できる。また、トドマツに地位指数は基準林齢を 30 年としているため、地位指数の数値は小さくなるが、図中の曲線は樹高成長経過を示すものであるから、曲線形状自体によって樹種間の成長比較ができる。今回作成したアカエゾマツの地位指数曲線では、高齢級側でばらつきが大きくなっているため、地位の低いところは極端に成長が劣っているものの、地位の高いところではトドマツと比較しうる成長経過を見せている。曲線形状で見ても、アカエゾマツは初期成長ではやや劣るものの、その後の急速な成長により、40 年程度でトドマツの成長に追いついている。このことから、アカエゾマツ人工林では、地位の高い場所ではトドマツに匹敵する高い樹高成長を期待できるといえる。

4 アカエゾマツの地位指数と環境要因との関係

地位指数曲線を作成したことにより、各調査地点における上層高と林齢のデータを用いて、各調査地点のアカエゾマツの地位指数を決定することができる。各調査地点において、算出された地位指数の高さがどのような環境要因に影響を受けているのかを調べるために、今回の調査項目に含まれる地況、林況等の環境要因を分類変数とした分散分析を行った。分析に用いた環境要因と分散分析の結果を表-3 に示す。雪害の発生している地点、土性が粘土質で非火山灰性の土壌の地点で、地位指数が有意に低くなる傾向が見られた。

表－3 地位指数と環境要因の分散分析結果

環境要因	自由度	F 値	P
風の強さ	2	0.65	0.5232
常風方向	7	0.94	0.4744
雪害の有無	3	6.71	0.0002 (***)
寒風害の有無	3	2.15	0.0932
アブラムシ被害	3	1.86	0.1363
その他の害	1	0.91	0.3442
斜面方向	8	1.19	0.3017
斜面上の位置	8	1.44	0.1757
土壌水分	3	1.04	0.3755
土性	2	3.57	0.0291 (*)
火山灰の有無	2	3.09	0.0466 (*)
礫の多少	2	1.26	0.2853
下層植生	4	2.03	0.0896



図－10 地位の高い地点と低い地点の分布

5 アカエゾマツ地位指数の地域的分布

地位指数の地域的分布の状況を調べるために、地位の極端に低いところとして地位指数 10 以下の地点、地位の極端に高いところとして地位指数 19 以上の地点をそれぞれ抜き出し、地図上に落としたのが図－10 である。地位の極端に低い地点は、日本海沿岸部と道東の根釧地方に集中していることが分かる。また、地位の高い地点は全道に散らばっているものの、地位の低い地点が集中していた地域には少ない。これらのことから、地位の低い地点が集中している地域では、それほど高い成長は期待できないといえる。ただし、地位指数が 11～18 の平均的な成長をする地点は全道に分布していたことから、アカエゾマツの生育が不可能な地域は道内には存在しないといってもよいであろう。

考 察

1 アカエゾマツ人工林の気象・病虫獣害

今回の調査結果から、アカエゾマツ人工林で発生している各種被害の中で重要なものは雪害、寒風害およびアブラムシ被害の 3 種類のみであることが明らかとなった。特に雪害は形質上の欠点の原因となるうえに地位指数の低下とも関係があることから、非常に重要な被害だといえる。雪害発生は当然ながら多雪地に集中しており、地域的・地形的に被害発生をある程度予測することができることから、雪害の発生が懸念されるところでは保護樹林の確保や上層に保護樹を残すなどの環境緩和策をとることも必要であろう。このことは寒風害についても同様である。寒風害は土壌凍結により水分が補給されない状態での風による強制脱水の結果起こると考えられる（酒井ほか 1963）ため、土壌凍結が起こる地域では、冬季の常風から植栽木を保護することが望ましい。エゾマツオオアブラムシの被害については、高密度の寄生を受けると成長量が減少するものの、その後は寄生密度は低下し、大幅な上長成長の減退はほぼ 1 年だけである（吉田ほか 1983）ことから、よほど強度の被害でない限り心配することはないであろう。これら以外の被害については発生件数は非常に少なく、現時点では考慮に入れる必要はないと考えられる。ただし、病虫害については、単一樹種の人工林の面積が増えると突然大発生する可能性もないとはいえないため、今後も注意深く観察していく必要がある。

特に、今回の調査ではほとんど発生していなかったが今後心配される被害として、ヤツバキクイムシ

による幹の食害があげられる。ヤツバキクイムシは通常の状態では健全な樹木に被害を与えることはほとんどないため、今回の調査で被害はほとんど見られなかった。しかし、間伐後の林地に残された材でヤツバキクイムシが大量に増殖することによって、健全な樹木にも被害を与える可能性が東浦（1995）によって指摘されている。間伐が必要となっている林分が増えている現在、最も注意すべき被害であるといえる。

2 アカエゾマツの樹高成長と地位指数

今回得られたアカエゾマツの樹高成長曲線は、高齢級林分のデータの不足から、高齢級での成長予測の精度には若干の不満が残っている。この影響は地位指数曲線の作成の際にも現れている。ガイドカーブの曲線形状のほかに、各地位指数に曲線を与える際に利用する標準偏差が高齢級ではデータが少ないために大きな値となり、その結果林齢が進むにつれて各地位指数間の樹高の差が大きく開く形状になっている。これらのことから、今回得られた地位指数曲線にはまだまだ修正の余地があると考えている。しかし、アカエゾマツ人工林の地位指数曲線はこれまで作成されたことがなく、今回440点ものまとまった調査データによって地位指数曲線を作成したことの意義は大きい。地位指数曲線を利用すれば、林分の林齢と上層高を求めるだけで、その林分の生産力を客観的に求めることができることから、今後の施業方針の決定や収穫予測に大きな役割を果たすことができる。さらに、直径成長のデータと組み合わせれば、正確な収穫予測に基づいた施業体系を組み立てることも可能であり、今回の調査をもとに作成された「アカエゾマツ人工造林の手引」では、実際にこの地位指数曲線をもとにした施業体系図が掲載されている。

3 アカエゾマツの樹高成長に影響を与える要因

地位指数曲線を作成したことにより得られた各調査地点の地位指数によると、アカエゾマツの樹高成長には地域的な偏りが見られた。日本海沿岸地域と道東の根釧地域では地位指数の平均値が低く、道央から太平洋岸にかけては地位指数の平均値が高い。地位指数が低い地域は、アカエゾマツ人工林の被害として重要な雪害や寒風害が出やすい地域とも重なっており、地域的な環境要因がアカエゾマツの成長に大きく関与していることが分かる。また、地位指数と土壌条件の間にも有意な関係が認められた。粘土質土壌で成長が悪く、火山灰地で相対的に良いことから、透水性や通気性などの理化学性が大きな影響を与えていると考えられる。火山放出物未熟土が厚く堆積する地域ではトドマツやカラマツの地位指数は低い（山根 1983, 1991）が、アカエゾマツではそれほど地位指数の低下は見られず、むしろ非常に高い成長を示す地点も見られた。山本（1960）は、土壌条件の異なる8つのアカエゾマツ林の成績を土壌条件を調査し、不成績地では透水性が悪いと述べている。良好な成長を望むためには、透水性のよい土壌が十分な深さで存在する必要があると考えられる。

4 アカエゾマツの生育適地

以上のことを取りまとめて、アカエゾマツの生育に最も適した立地環境の条件を考えてみると、火山放出物未熟土を含めて透水性のよい土壌が十分な深さであること、多雪地帯においては強度の雪害が起こるほどに雪がたまらない地形であること、寡雪地帯では土壌凍結の起こる時期に常風が強くないことがあげられる。これ以外にも必要な条件はあるだろうが、今回の解析では他の環境条件に地位指数との明瞭な関係は認められなかった。

アカエゾマツは蛇紋岩土壌や湿原などの土壌条件が劣悪な場所でも生育するという印象が強い。しかしそれは、本来そのような立地を好むというよりは、他の樹種との競合を避けるために、他の樹種が生育できない劣悪な条件に耐えて生育していると考えられる。したがって、そのような条件の悪い立地では、アカエゾマツといえども良好な生育を望むことはできないであろう。生育適地という面からいえば、

他の造林樹種と同様に、土壌条件がよく、気象環境の温かな場所であるといえる。アカエゾマツが持っている高い成長能力を最大限に生かすためには、このような生育適地に植栽される必要があるといえる。

おわりに

今回、440地点もの統一した形式による調査データを得て、アカエゾマツ人工林の生育実態を解析した。高齢級林分や高標高地が少ないなど、データに偏りがある部分もあるが、これだけ大量のデータが集積される機会はほとんどなかったといえてよく、その意味では非常に貴重なデータを得ることができた。このデータの解析の結果、成長のよい林分ではトドマツと同程度の樹高成長をアカエゾマツが示すことが分かった。また、比較的多く発生していた気象・病虫獣害として、雪害、寒風害、アブラムシ被害があげられたが、アブラムシ被害については成長への影響は少なく、将来の予測できない病虫獣害の大発生を除けば、現在注意すべき被害は雪害と寒風害だけといってもよい。これらのことから、アカエゾマツ造林は今後とも有望であるといえる。ただし、アカエゾマツは生育可能な範囲が広いことから、条件の悪い場所に植えられることも多く、その結果として成績のばらつきが比較的大きい。また、急激にアカエゾマツ人工林の面積が増加していけば、予測できない病虫獣害の大発生を招く危険性も否定できない。これらのことを考慮にいれて、アカエゾマツ造林を推進していく必要があるだろう。

文 献

- 阿部信行 1980 トドマツ人工林の施業法に関する研究(Ⅱ)道有林におけるトドマツ人工林の収穫予想表の作成. 北海道林業試験場研究報告 18 : 71~93
- 東浦康友・原 秀穂・水井憲雄・梅木 清・小山浩正 1995 放置されたアカエゾマツ間伐材でのヤツバキクイムシの増殖. 平成6年度林業技術研究発表大会論文集 112-113
- 北海道林業改良普及協会 1976 北海道主要造林樹種収穫表と成長量に関する資料 第I編. 105 pp
- 北海道林業改良普及協会 1995 アカエゾマツ人工造林の手引き. 39 pp
- 北海道林務部 1993 平成4年度北海道林業統計. 205 pp
- 古田公人・高井正利・舟津忠雄 1983 エゾマツオオアブラの寄生によるアカエゾマツの生長低下. 日本林学会誌 65 (5) : 166-171
- 西沢正久・真下育久 1966 地位指数による林地生産力の測り方. 林業科学技術振興所, 53 pp
- 酒井 昭・高樋 勇・渡部富夫 1963 材木の寒風害の研究(Ⅰ). 日本林学会誌 43 (12) : 412-420
- 山根玄一 1983 立地条件からみたトドマツ人工林の生長の地域性. 光珠内季報 55 : 1-6
- 山根玄一 1991 カラマツの樹高成長と立地条件による地域区分の試み. 光珠内季報 84 : 1-5
- 山本 肇 1960 アカエゾマツ人工林土壌について(Ⅰ). 林業試験場北海道支場年報(1959) : 40-49