

青森県内カラマツ林の生育状況等に関する調査研究

室谷 豊

要 約

県内カラマツ林を令和元年度から 5 か年間で生育状況や被害発生状況を調査した結果、青森県はカラマツの生育適地と考えて良いが、高標高地は比較的生育が良くないことが分かった。標高以外にも、①尾根筋や常風のある地域、②河川上流部や集水地形など谷地形で湿気が多い場所、③過去にカラマツ先枯れ病被害が多かった地域は生育があまり良くなく、今後カラマツを造林する際には注意する必要があると考えられる。

I はじめに

カラマツは、スギ、ヒバに次ぐ青森県の重要な造林樹種である。本県におけるカラマツ林の面積及び蓄積は県全体の 3%と少ないが、カラマツ造林の歴史は古く、明治時代の終わり頃に造林が行われた記録が残っている。

現在、カラマツは国産樹種の中でも強度特性に優れ、集成材・合板等での需要が増加しており、木材価格も高値で推移していることから、造林樹種として森林所有者からの関心が高まっている。そのような状況を鑑み、林業研究所ではカラマツ種子の需要増加に対応するため、平成 30 年度にカラマツ採種園の新規造成を行い、早期の種子生産開始に向けた取組を進めてきた。

今後、カラマツの造林面積が拡大することが予想される中、林業関係者からは本県に適したカラマツ人工林の施業技術が求められていたことから、青森県産業技術センター第三期中期計画(令和元年度～5 年度)において、「カラマツ人工林の施業技術に関する試験・研究開発」に取り組んだところである。

今回は、その調査結果を生育状況の視点から再度とりまとめ、既往の文献も参考に「造林に注意を要するエリアマップ」の作成までの過程を整理したい。

II 方 法

1. 県内カラマツ人工林調査地の概要

県内に分布しているカラマツ人工林を抽出し、合計 190 か所で調査した。(表-1)

調査地の区分として、6 地域県民局の担当管轄を「東青地域」、「中南・西北地域」、「三八上北地域」、「下北地域」の 4 地域に区分した。

なお、青森市浪岡地区に関しては、行政区分では「東青地域」に分類されるが、気象気候学的な観点から「中南・西北地域」に分類して検討した。

表-1 各地域の調査地集計表（民国区分）

	民有林	国有林	計
東青地域	27	14	41
中南・西北地域	14	41	55
三八上北地域	50	16	66
下北地域	11	17	28
計	102	88	190

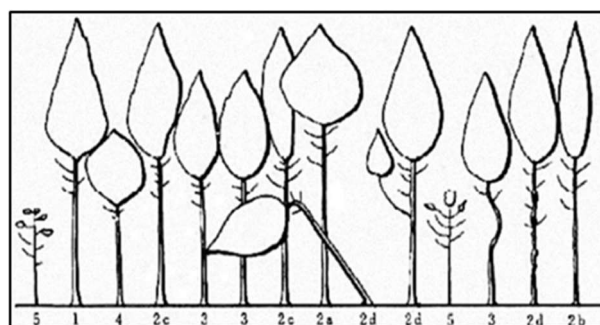


図-1 寺崎式樹型級区分模式図

2. 調査の内容

1) 生育状況調査及び被害発生状況調査

調査地内で平均的に成長している箇所（標準地）に 20m×20m のプロット（標準地）を設定し、その中のカラマツについて、樹高、胸高直径を単木ごとに計測して本数をカウントした。

また、「寺崎式樹型級区分」（図-1）に基づき、林分の健全度の評価を行うとともに、「先折れ」や「幹曲り」など、計 10 項目の被害発生状況を調査した。

2) 立地環境調査

1) の調査に併せて、調査地の標高、傾斜角、斜面方向、植生、表層土壌を調査した。

また、調査地の位置情報から、国土地理院及び気象庁等のホームページで以下の項目を調査した。

(1) 国土地理院（地理院地図 Vector）

地形分類（自然地形）、岩相、形成時代、岩石

(2) 気象庁（メッシュ平年値 2020）

年平均気温、年間降水量、最深積雪、年日照時間

(3) その他

潜在自然植生（生物多様性センター）、森林土壌（日本森林立地図-森林土壌図-）など

3) 施業履歴調査

調査地における下刈りや除間伐の実施状況などを所有者等に聞き取り調査を行った。なお、国有林は管轄する森林管理署、民有林は地元森林組合を中心に聴取した。

3. 統計解析

林齢と平均樹高は正の相関を示すが、林齢の違いにより平均樹高も異なる。よって、調査地の林地生産力を純粋に評価するため、「地位指数」を算定した。今回は地域森林計画のカラマツ標準伐期齢を参考に基準林齢を「40 年生」に設定した。

また、この地位指数を目的変数として、これに影響を及ぼす立地環境因子等（標高、斜面方向、傾斜、土壌、地形分類、最深積雪、日照時間、年降水量、年平均気温）を説明変数とした重回帰分析を行うとともに、地位指数との関連性の高い変数を探るため相関分析を行った。

Ⅲ 結果

1. 県内カラマツ林の生育状況

調査地におけるカラマツ林の林齢を森林簿等で確認し、平均樹高との関係を図示化した。なお、平均樹高は、「寺崎式樹型級区分」で林木健全度が「1」に分類されたカラマツの平均樹高とした。現在、青森県で使用している「カラマツ樹高成長曲線」上にプロットしたのが図-2になる。この結果、地位級3（生育が中位）以上が約77%を占める結果となった。

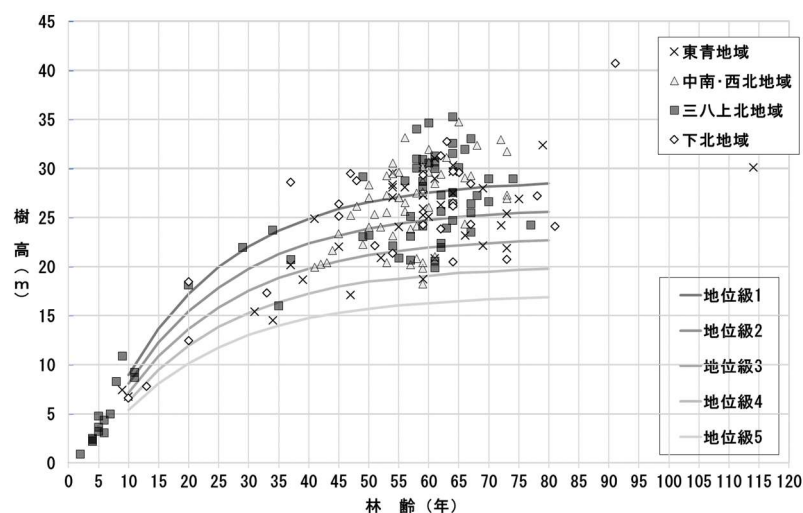


図-2 調査箇所における平均樹高と林齢との関係
【カラマツ樹高成長曲線に重合せ】

地域別の地位指数の違いを図-3に示す。なお、地位指数の算定にあたり、10年生未満は算定不可能であることから、該当のデータを除外し、176林分の調査データで解析した。その結果、各地域とも概ね地位指数20～27の範囲で出現しており、最低値はほぼ同じであるものの、最高値は地域によって異なっていた。

また、地位指数における地域間差に有意な差は見られなかった。

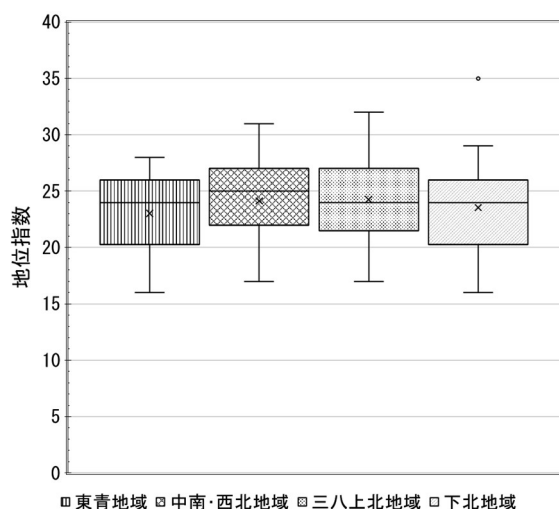


図-3 地域別地位指数の出現域

2. 平均樹高と平均胸高直径の関係

調査地の健全木における平均樹高と平均胸高直径の相関を図-4 に示す。1 と同様に、健全木は「寺崎式樹型級区分」で林分健全度が「1」に分類されたカラマツである。

平均樹高と平均胸高直径には 1 次曲線上に高い正の相関（ $R^2=0.7846$, $p<0.001$ ）が認められた。

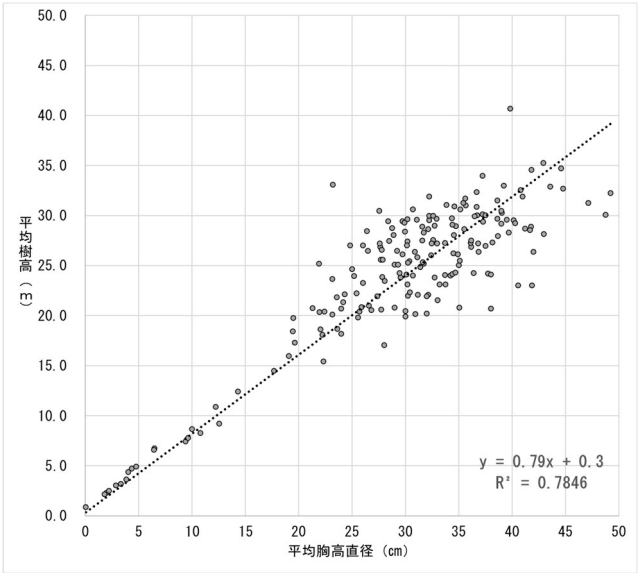


図-4 平均樹高と平均胸高直径の相関

3. 立地環境調査の結果

各調査地における主な立地環境因子の一覧表を表-2 に示す。

表-2 立地環境調査結果一覧表 (n=190)

	単位	最大値	最小値	平均値	中央値	最頻値
標 高	m	820	20	227	134	50
斜面方向	—	—	—	南東	南	南
傾斜角	度	40	0	12	10	0
最深積雪	cm	310	30	108	90	50
日照時間	時間	1,850	1,150	1,512	1,550	1,550
年降水量	mm	2,100	900	1,460	1,500	1,500
年平均気温	℃	11.0	5.0	8.9	9.0	9.0

標高に関しては 20m から 820m の幅広い範囲で調査できた。斜面方向に関しても「平坦」を含めてほぼ全方位でデータを取得できた。表には記載していないが、森林土壌については、黒ボク土が最も多く、褐色森林土、未熟土の順であった。

また、文献やサイトから取得したデータについては、主に気象環境因子を掲載しているが、最深積雪は最大 310 cm、日照時間は平均 1,512 時間、年降水量は平均 1,460mm であった。

4. 統計解析

地位指数を目的変数とした重回帰分析の結果を表-3 に示す。

表-3 回帰係数の有意性の検定と信頼区間 (n=176)

	回帰係数	標準誤差	標準回帰係数	偏相関係数	t値	F値	P値	95%下限	95%上限
調査区域	0.00378	0.19294	0.00187	0.00156	0.01958	0.00038	0.98440	-0.37732	0.38487
標高	-0.00140	0.00317	-0.08324	-0.03535	-0.44320	0.19642	0.65823	-0.00766	0.00486
斜面方向	0.00508	0.11357	0.00379	0.00357	0.04470	0.00200	0.96440	-0.21924	0.22940
傾斜	-0.01321	0.03254	-0.03527	-0.03238	-0.40589	0.16475	0.68538	-0.07749	0.05107
土壌	-0.12865	0.19835	-0.05592	-0.05169	-0.64857	0.42064	0.51757	-0.52043	0.26314
(自然)地形分類	-0.08902	0.24816	-0.03466	-0.02862	-0.35871	0.12867	0.72029	-0.57919	0.40115
最深積雪	0.00255	0.00830	0.05243	0.02452	0.30738	0.09448	0.75896	-0.01384	0.01894
日照時間	0.00312	0.00336	0.15267	0.07390	0.92849	0.86208	0.35458	-0.00352	0.00977
年降水量	0.00321	0.00200	0.22084	0.12718	1.60656	2.58104	0.11016	-0.00074	0.00715
年平均気温	0.45505	0.38495	0.16533	0.09392	1.18209	1.39733	0.23896	-0.30531	1.21540
定数項	2.30561	8.32436			0.27697	0.07671	0.78217	-14.13658	18.74779

地位指数に対する影響度は、プラスの影響が最深積雪、日照時間、年降水量、年平均気温、マイナスの影響が標高、傾斜、土壌、(自然)地形分類という結果となり、最も影響度が大きいのは年平均気温だった。

ただし、各因子のP値は全て $p > 0.05$ であることから、有意性が認められなかった。回帰係数も値が小さく、分散分析のP値も $p = 0.24$ と高く、有意な結果が得られなかった。

次に、地位指数と各因子との相関分析を表-4 に示す。

表-4 相関係数の有意性の検定と信頼区間 (n=176)

	相関係数	t値	P値 (両側確率)	t(0.975)	95%下限	95%上限
調査区域	0.03705	0.48907	0.62541	1.97369	-0.11148	0.18396
標高	-0.15024	-2.00454	0.04656	1.97369	-0.29168	-0.00237 *
斜面方向	-0.06841	-0.90452	0.36697	1.97369	-0.21416	0.08032
傾斜	-0.03292	-0.43452	0.66445	1.97369	-0.17997	0.11556
土壌	-0.07511	-0.99355	0.32182	1.97369	-0.22058	0.07363
(自然)地形分類	0.00954	0.12588	0.89997	1.97369	-0.13857	0.15724
最深積雪	-0.09363	-1.24054	0.21645	1.97369	-0.23825	0.05505
日照時間	0.09862	1.30725	0.19285	1.97369	-0.05003	0.24299
年降水量	-0.03718	-0.49074	0.62423	1.97369	-0.18409	0.11135
年平均気温	0.18014	2.41573	0.01674	1.97369	0.03310	0.31955 *

地位指数と相関の高い因子は、標高と年平均気温であった ($p < 0.05$)。相関係数としては年平均気温の方が高い結果となったが、年平均気温が $5^{\circ}\text{C} \sim 11^{\circ}\text{C}$ の狭い温度域(表-2)であることから、今回は標高との相関を主に解析していく。

次に、地位指数と標高の相関図及び相関分析結果を図-5 と表-5 に示す。

標高と地位指数の間には負の相関が見られた。($R = -0.1502$, $p < 0.05$)

相関係数は $R = -0.1502$ と絶対値は小さいが、t 値 $= -2.00454$ で自由度 174 の t 分布の危険率 5% (両側検定) の上側境界値 (0.975) は 1.974 となり、 $1.974 < \text{絶対値} (-2.00454)$ で棄却域に入る。また、P 値についても 0.046562 で危険率 5% 以下なので相関は有意となる。よって、この組み合わせ (地位指数と標高) で「2 変量の間に相関はない」という帰無仮説が棄却され、相関係数に有意性があり、標高と地位指数には相関性があることが示される結果となった。

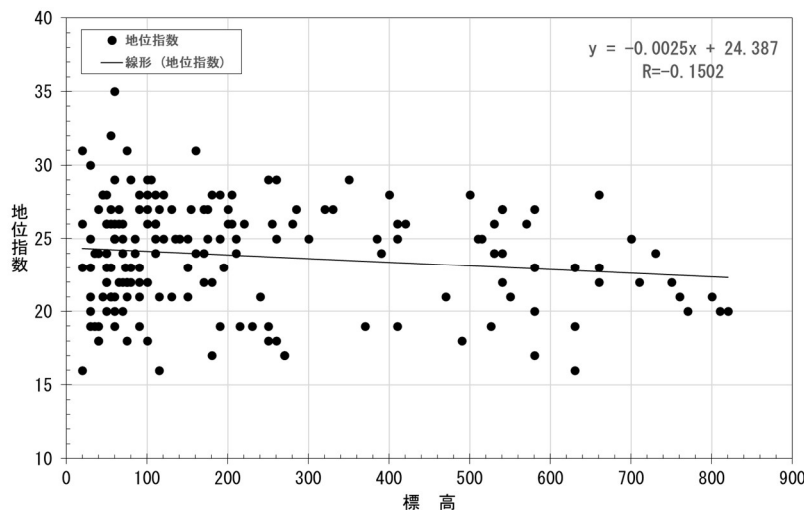


図-5 地位指数と標高の散布図と近似曲線

表-5 相関分析結果表
(地位指数－標高)

【相関分析】				
	標高	地位指数		
標高	1			
地位指数	-0.15024	1		
	データ数	相関係数	t値	P値(両側) t(0.975)
標高-地位指数	176	-0.15024	-2.00454	0.046562 1.974

IV 考察

1. 県内カラマツ林の生育状況

青森県内では概ねカラマツの生育に適した地域であることが分かった。

今回の調査では10年生未満の幼齢林が多い地域もあったことから、今後の成長量の把握も必要と考える。

2. 平均樹高と平均胸高直径の関係

平均樹高と平均胸高直径の間には高い正の相関が見られたが(図-4)、大きく外れ値を示す調査地も見られた。この原因については今のところ不明だが、今後より詳細なデータの解析が必要である。

3. 地位指数と立地環境因子の関係性

地位指数と相関が高い因子は標高であった(図-5、表-3)。年平均気温も相関があったが、元々標高とも相関の高い因子であることから、多重共線性が懸念されることから除外した。他の因子については明確な有意差が認められなかったことから、地位指数を決定する立地環境因子の重み付けは不可能であった。

1) 地位指数と標高の関係

前述のとおり、標高と地位指数の間には負の相関が見られた。(R=-0.1502, $p < 0.05$)

標高が高くなるにつれて地位指数が有意に小さくなるが、低標高地でも地位指数の低いケースが見られる。このような調査地はまた別の因子が強く影響を及ぼしているものと推測される。

しかし、今回の重回帰分析では因子の重み付けが出来なかったことから、地位指数20以下の調査地についてどのような立地になっているか個別に検討した。

2) 地位指数が低くなる要因

地位指数 20 以下の調査地は全部で 33 箇所存在した。

その調査地それぞれについて立地状況等を精査した結果、標高の要因も含めて 4 つの因子が関連しているものと推測された。その各要因について事例に基づいて整理する。

ア) 高標高地であることが要因【事例 1】

○地位指数 16

- ・調査場所：調査 No. 34
- ・調査年：2019 年（令和元年）
- ・林 齢：31 年生
- ・標 高：630m
- ・斜面方向：南西～西
- ・平均樹高：14.5m
- ・平均胸高直径：17.7 cm

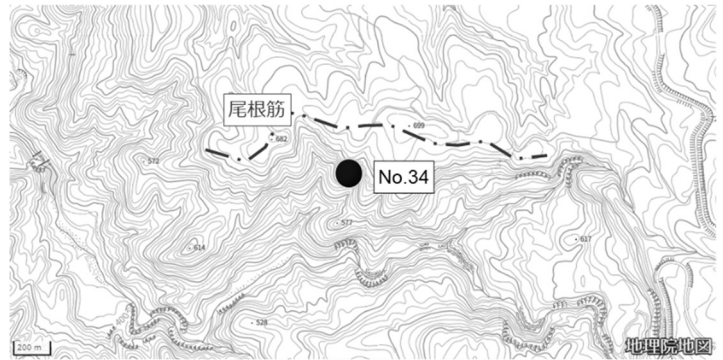


図-6 【事例 1】に関する調査地周辺図

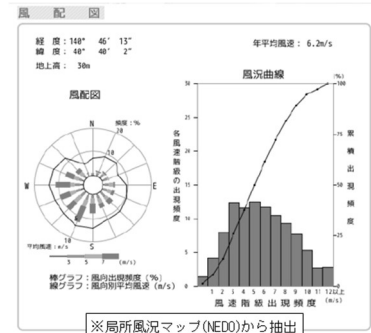


図-7 調査地周辺の風況図

イ) 海岸に近いことが要因【事例 2】

○地位指数 19

- ・調査場所：調査 No. 100
- ・調査年：2021 年（令和 3 年）
- ・林 齢：57 年生
- ・標 高：30m
- ・斜面方向：なし（平坦）
- ・平均樹高：20.6m
- ・平均胸高直径：27.7 cm

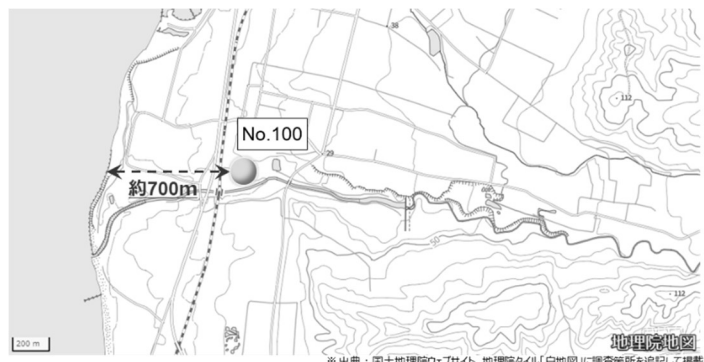


図-8 【事例 2】に関する調査地周辺図

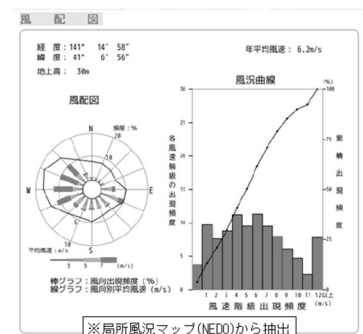


図-9 調査地周辺の風況図

調査地は海岸線から約 700m の位置にあり、主風向が南西から北西と西風が優占している。調査地の西側は平坦であり、海風を遮るような高い障害物もない。

カラマツの樹種特性として、潮風や塩害に弱い樹木であるとされており、立地環境にも因るが、海岸付近はカラマツ生育地としてあまり好ましくない。当調査地に関しては、潮風の影響による成長阻害が生じているものと推測される。

リ) 風衝地であることが要因【事例3】

○地位指数 17

- ・調査場所：調査 No.164
- ・調査年：2022 年（令和 4 年）
- ・林 齢：35 年生
- ・標 高：180m
- ・斜面方向：南西～西
- ・平均樹高：16.0m
- ・平均胸高直径：19.1 cm

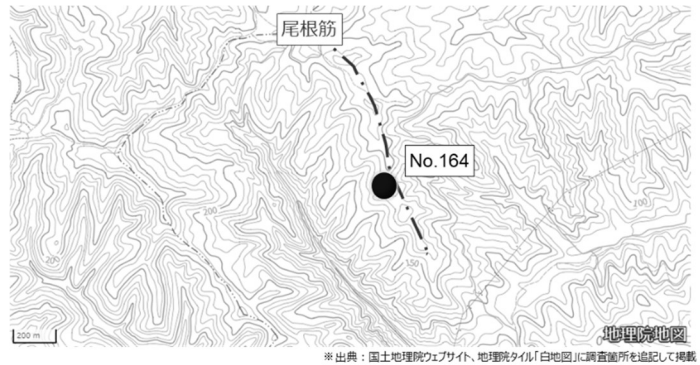


図-10 【事例3】に関する調査地周辺図

調査地は標高 180m とさほど高くないが、南北方向の尾根筋から西側の斜面にあり、尾根筋の鞍部(コル)の周辺に位置している。

また、主風向が南西から西であり斜面の向きに直交する。このことから、当調査地は風が集まりやすい箇所、つまり、風衝地となっており、風が生育に影響を及ぼしているものと考えられる。

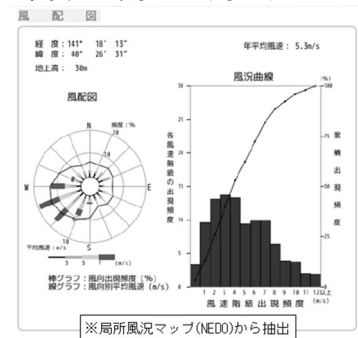


図-11 調査地周辺の風況図

エ) 水分(湿気)が多いことが要因【事例4】

○地位指数 16

- ・調査場所：調査 No.6
- ・調査年：2019 年（令和元年）
- ・林 齢：47 年生
- ・標 高：115m
- ・斜面方向：なし（平坦）
- ・平均樹高：17.1m
- ・平均胸高直径：28.0 cm

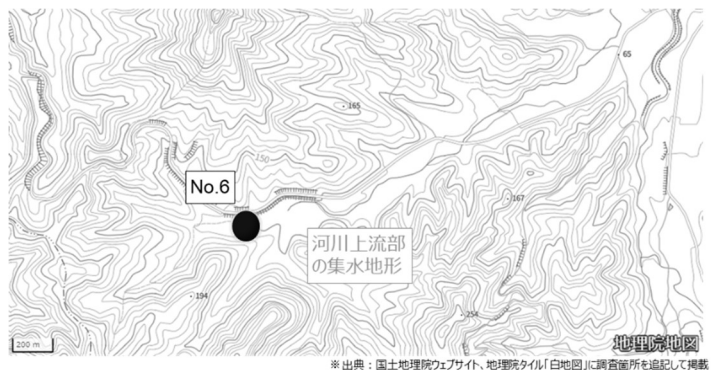


図-12 【事例4】に関する調査地周辺図

調査地は河川上流部に位置しており、複数の谷地形が集まる合流エリアである。調査地の下流には水田もあることから、地下水位の高い区域であることが想定される。

土壌の水分条件が生育に関係することを示す文献は多く、乾燥土壌では生育が良くないが、滞水し易い土壌でも根の衰弱や部分枯死を招くことが指摘されている。また、カラマツは地下水位が高く、グライ層が現われる箇所は生育が悪いと言われている。

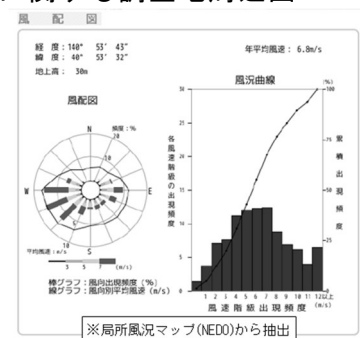
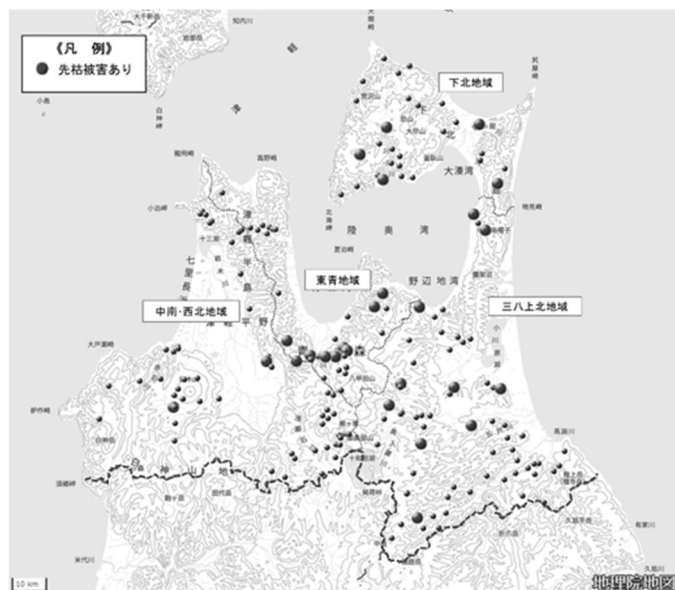


図-13 調査地周辺の風況図

3) その他考えられる要因

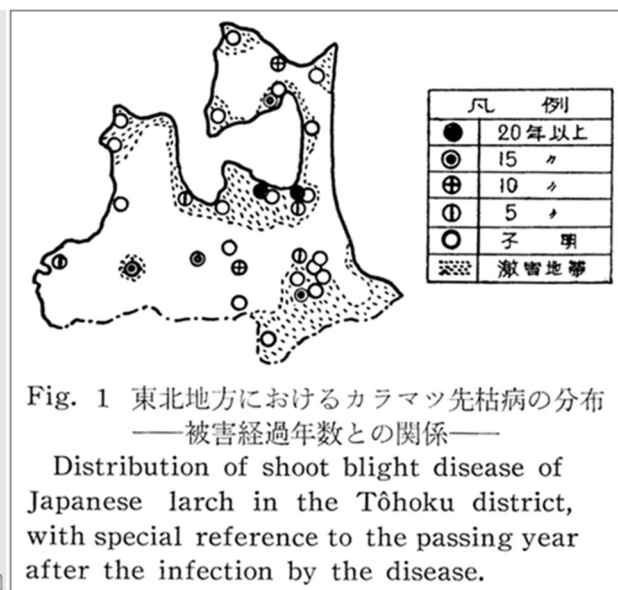
被害発生状況調査において、先枯れが確認された調査地の分布を図-14 に示す。被害本数は少であったが、佐藤ら(1963)による調査と概ね被害区域が一致していた(図-15)。

先枯病が大流行したのは 1950 年代頃ではあるが、立地的な要因から今後も激害地帯であった地域では注意を要するものと推察する。



※出典：地理院地図 Vector を加工して作成

図-14 先枯れ被害確認分布図



※出典：佐藤ら(1963)発表図表を青森県抽出

図-15 先枯病被害分布図(1963, 佐藤ら)

なお、カラマツ先枯病における発病と環境の関係について、佐藤ら「カラマツの先枯病に関する研究 I」(1963)では以下のとおり考察及び結論を述べている。

- (1) カラマツの密植林分ほど被害が重くなり、疎植林分では軽い傾向にある。そして、4,000 本区以上では特に被害が多くなるので、3,000 本以内が妥当なところであろう。
- (2) 風衝地の林分では風の弱いところに比べて甚だしく被害が多く、横田らの報告と一致する。
これは、今後のカラマツ造林適地の選定には十分に考慮しなければならない。
- (3) 広葉樹とアカマツの混交林に隣接するカラマツ林および風辺が他樹種に囲まれた小面積の孤立林分では被害が少ない。これに反して、大面積の単純林分では被害が多い傾向があり、横田らの報告と一致する。しかし、他樹種林内に小面積のカラマツ林を配置する場合には常風の方向、幅、長さなどを十分に検討しないと効果が低い。

以上の考察から、常風のある地域や風衝地は病害等を誘因する条件が揃っており、将来的な先枯病防除の観点からもカラマツを造林する際は注意する必要がある。

V おわりに

以上の考察をまとめると以下のとおりとなる。

- ・青森県では全般的にカラマツは生育良好で「適地」だが、高標高地は比較的生育が良くない。
- ・その他、以下の場所は造林に注意を要する。
 - ① 尾根筋や常風のある地域
 - ② 河川上流部や集水地形など谷地形で湿気が多い箇所
 - ③ 過去にカラマツ先枯れ病被害が多かった地域

以上の内容を整理して「カラマツ造林注意エリアマップ」と題して、図-16 のとおり整理した。

当マップに関して、注意点が2つある。

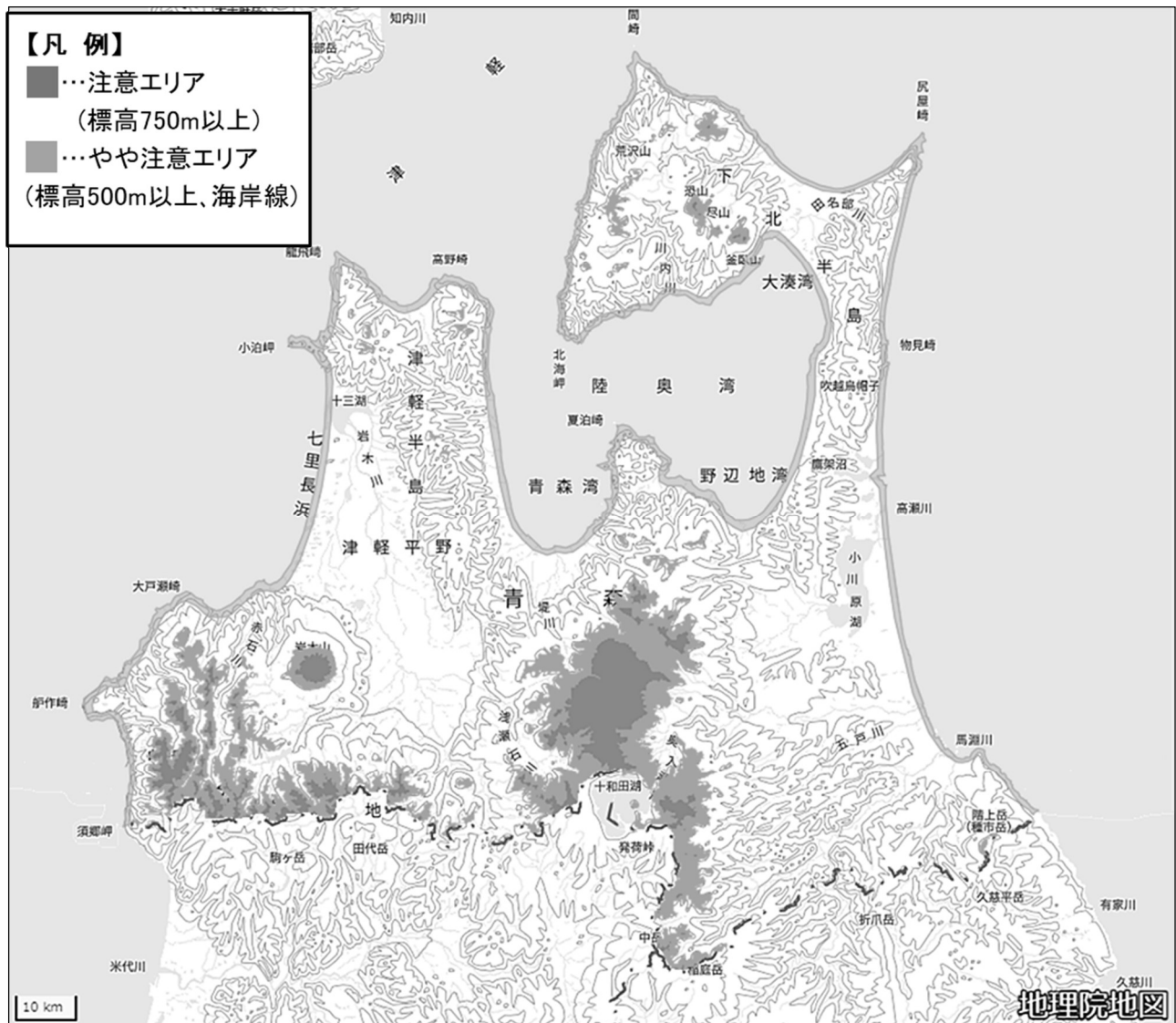
1つ目は、標高が高いと生育できないという訳ではない。

標高 820mのカラマツ林でもしっかりと成長していたが、木材生産機能や林業経営上の観点から、樹高成長が通常より良くないのは好ましい状況ではない。

2つ目は海岸に近いケースである。

海岸近くでも地位指数の高い箇所もあるが、これは風向が多分に影響していると考えられる。主風向さえ違えば生育が良いケースもあり得るが、台風や強風等により一時的にでも潮風に曝されれば、潮風に弱いカラマツには生育阻害になりかねない。以上の観点からも、海岸線付近は生育に適しているとはいいがたい。

また、地位指数を目的変数とした重回帰分析において、標高以外の因子を標準化して再解析も検討する必要があると考えている。



※出典：地理院地図 Vector を加工して作成

図-16 カラマツの造林に注意を要するエリアマップ

参考・引用文献

- 浅田節夫，佐藤大七郎（1981）カラマツ造林学，農林出版
- 北海道立林業試験場（2007）カラマツ人工林施業の手引き，北海道立林業試験場
- 小林正吾（1973）北海道におけるカラマツ施業法に関する研究（Ⅰ）カラマツ育林経営上の自然的立地区分，北海道林業試験場報告 11
- 佐藤邦彦，横沢良憲，庄司次男（1963）カラマツの先枯病に関する研究Ⅰ，林業試験場研究報告 156, pp85-137
- 四手井綱英（1987）森林保護学(改訂版)，朝倉書店
- 信州大学農学部林学教室（1962）カラマツ林業，林業経済新聞出版部
- 森林・林業・木材事典編集委員会（1993）森林・林業・木材事典，（株）日本林業調査会
- 東堂行雄（1973）環境緑化の手引き―緑化用樹木の利用と設計・管理―，（株）地球社
- （社）全国林業改良普及協会（1998）林業技術ハンドブック，（社）全国林業改良普及協会
-
- 気象庁，メッシュ平年値図
<<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/atlas.html>>
最終閲覧日：2024.3.5
- 国土地理院，地理院地図 Vector
<<https://maps.gsi.go.jp/vector/#8.394/40.900448/140.811062/&ls=vblank&disp=1&d=1>>
最終閲覧日：2024.3.6
- （国研）新エネルギー・産業技術総合開発機構，局所風況マップ
<<https://apprawl.infoc.nedo.go.jp/nedo/index.html>>
最終閲覧日：2024.3.6