

令和3年度  
国有林野成長予測モデル整備事業

報告書

令和4年3月

林野庁



## 目次

1	業務概要	1
1.1	業務目的	1
1.2	業務の履行期間	1
1.3	業務項目	1
1.4	業務実施フロー	2
1.5	業務実施範囲	3
2	現行の収穫予想表の整理・分析	4
2.1	現行収穫予想表の整理	4
2.2	過去の文献等の収集・整理	11
2.3	グルーピング	19
2.3.1	クラスター解析	19
2.3.2	スギのグルーピング結果	22
2.3.3	ヒノキのグルーピング結果	25
2.3.4	グルーピング結果のまとめ	28
3	現実林分のデータ把握	29
3.1	航空レーザ計測による森林資源解析	29
3.1.1	既存航空レーザ計測データの整理	29
3.1.2	解析地点の選定	31
3.1.3	林相判読	35
3.1.4	樹頂点の抽出	43
3.1.5	胸高直径の推定	45
3.1.6	集計結果	54
3.2	収穫調査との整合	72
3.2.1	収穫調査データの整理	72
3.2.1	現行収穫予想表との整合性	75
4	周辺民有林の最新収穫表の整理	78
4.1	民有林の収穫表関連データの収集	78
4.2	現行国有林収穫予想表との比較	82
5	成長予測モデルの検討・整備	93
5.1	新たな成長予測モデルの概要	93
5.2	成長予測モデルの作成方法	96
5.2.1	樹高成長曲線の計算方法	96

5.2.2	メッシュ集計時の補正.....	97
5.2.3	メッシュ集計 .....	99
5.2.4	樹高成長曲線及び地位指数曲線の作成.....	100
5.2.5	直径、本数、材積の近似曲線の算出.....	113
5.2.6	収穫予測.....	121
5.3	成長予測モデルの地域間比較.....	142
5.4	成果のまとめ.....	147
5.5	今後の検討事項.....	147
6	委員会の実施.....	149

# 1 業務概要

## 1.1 業務目的

本事業は、スマート林業実施の前提として必要となる現在及び将来の森林資源量を的確に推測するため、昭和40年代に作成された国有林の現行の収穫予想表に替わり、新たな収穫予想表（以下「成長予測モデル」という。）を整備し、これにより国有林野事業の業務改善を進めるとともに、国有林の各種情報のオープン化を通じ、地域における林業の成長産業化に積極的に貢献することを目指すものである。

## 1.2 業務の履行期間

業務の履行期間は令和3年7月29日～令和4年3月11日である。

## 1.3 業務項目

本業務の実施項目は下記の通りである。

なお、現行の収穫予想表は昭和40年代の施業をベースにして作成されているが、現在では、当時と林齢構成のみならず、伐採齢の長期化や高齢級間伐の導入など施業状況が異なっている。そのため、林分材積に大きな影響を与える施業が行われる壮齢林以降において現行収穫予想表を基に成長量・蓄積量を見ると、現実林分との乖離が大きくなる傾向がある。以下の内容は、このような点に留意して実施した。

### 1) 現行収穫予想表の適合性の検討・成長予測モデルの検討・整備

- ① 現行の収穫予想表の整理・分析
- ② 現実林分のデータ把握
- ③ 周辺民有林の最新収穫表の整理
- ④ 成長予測モデルの検討・整備

### 2) 検討委員会の開催

### 3) 報告書の作成

#### 1.4 業務実施フロー

本業務の実施フローについて図 1-1 に示す。

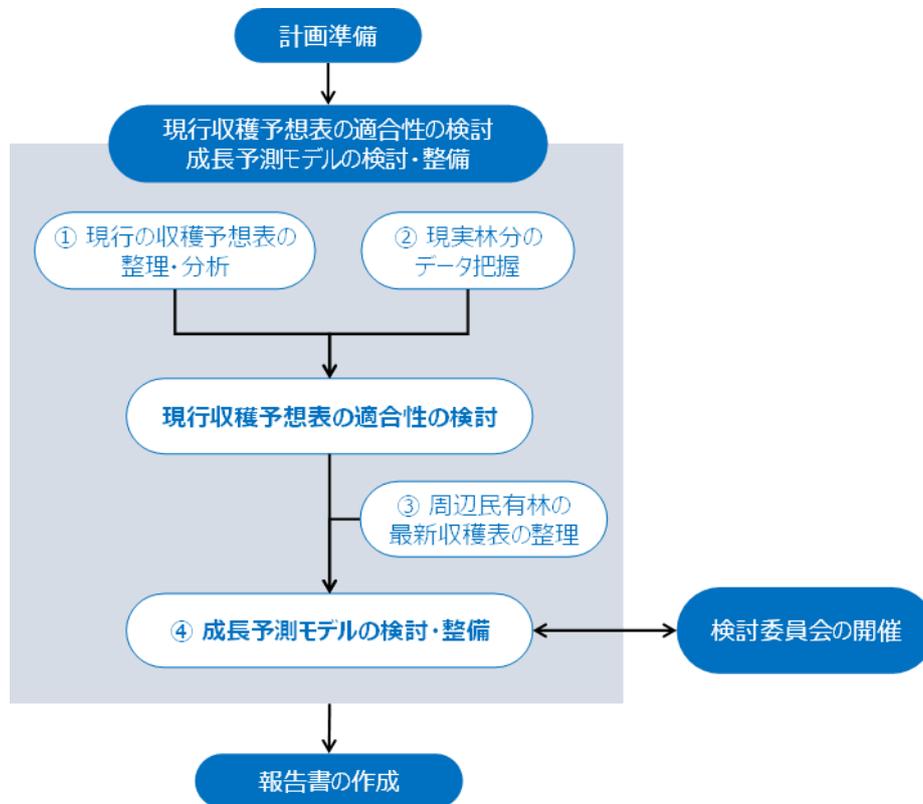


図 1-1 業務フロー

## 1.5 業務実施範囲

本業務は関東森林管理局管轄エリア（図 1-2）<sup>1</sup>を対象として、現行収穫予想表等と現実林分との適合・乖離状況等について分析を行い、成長予測モデルの検討・整備を行った。



図 1-2 関東森林管理局管内森林計画区位置図

<sup>1</sup>林野庁 Web ページより引用

(<https://www.rinya.maff.go.jp/kanto/apply/publicsale/keikaku/110601.html>)

## 2 現行の収穫予想表の整理・分析

### 2.1 現行収穫予想表の整理

調査対象である関東森林管理局管轄にて現在業務に適用されている収穫予想表を収集した。

関東森林管理局管内で現在適用されている主要樹種の収穫予想表については、地区別・樹種別（スギ17種、ヒノキ16種、アカマツ、カラマツそれぞれ14種、その他樹種）に区分されているが、本業務ではこれらのうち主要樹種であるスギ、ヒノキの2樹種を対象として整理を行った（表2-1）。

なお、関東森林管理局は旧前橋営林局（福島、栃木、群馬、新潟）と旧東京営林局（茨城、千葉、埼玉、東京、神奈川、山梨、静岡）の2つが合併したものであることに留意が必要である。

表 2-1 収穫予想表一覧(番号は便宜上の番号)

流域		収穫予想表番号	
		スギ	ヒノキ
旧前橋 営林局	磐城	1	11
	阿武隈川、奥久慈	2	12
	会津	4	15
	那珂川	5	13
	鬼怒川、渡良瀬川	6	14
	利根上流、吾妻	7	15
	利根下流、西毛	8	16
	下越、佐渡	9	
	中越、上越	10	
旧東京 営林局	八溝多賀、水戸那珂、霞ヶ浦	101	121
	埼玉	102	122
	山梨東部、富士川上流・中流	103	123
	千葉北部・南部	104	124
	多摩	105	125
	伊豆諸島、神奈川	106	126
	伊豆	107	127
	富士		128
	静岡、天竜	108	130
計		17	16

以下に、収集した現行収穫予想表をグラフ化した図を示す。なお、地位 1~3 に分かれている収穫予想表と地位 2 のみが記載された収穫予想表がある。

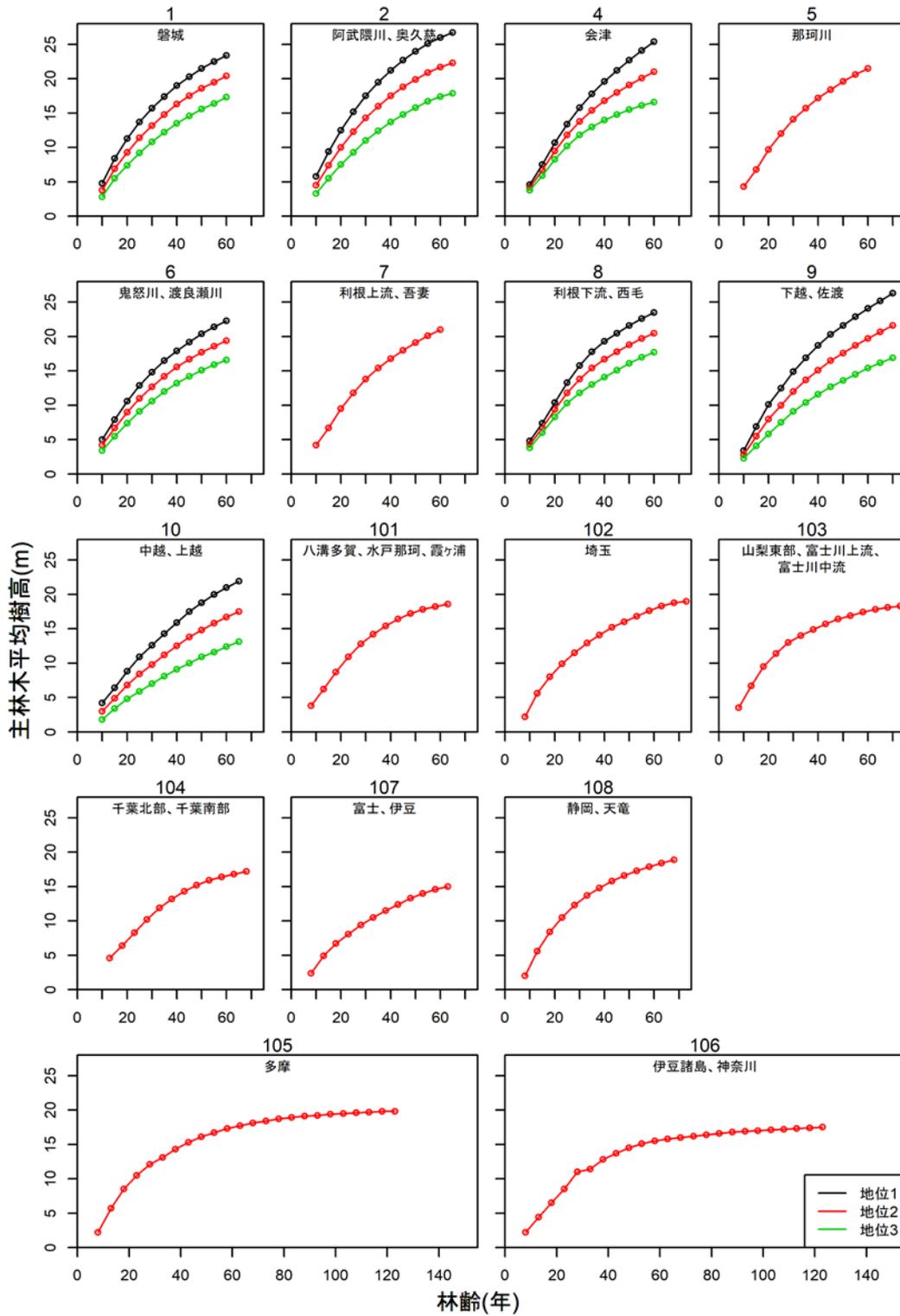


図 2-1 関東森林管理局管内の現行収穫予想表(スギ・主林木平均樹高)

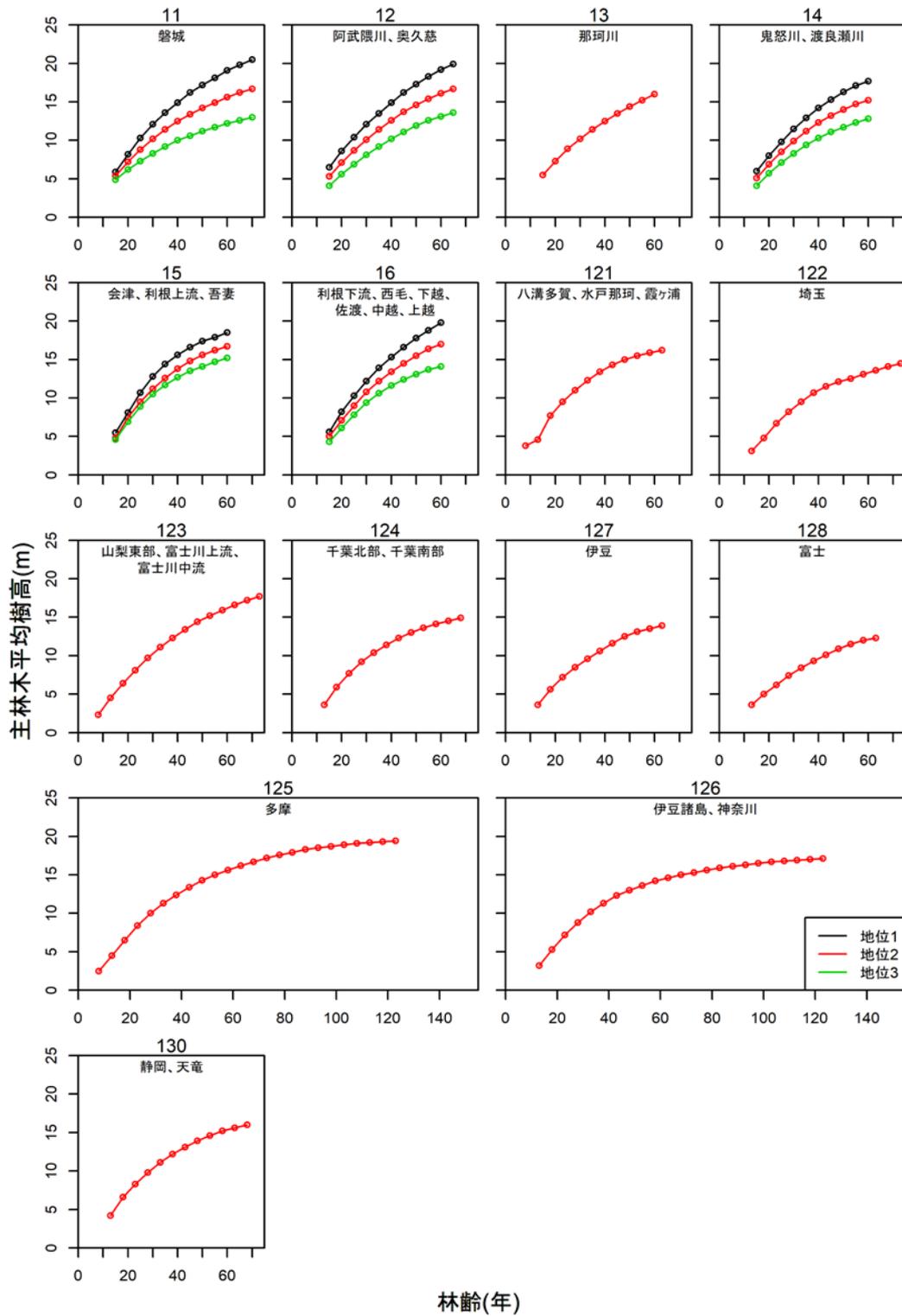


図 2-2 関東森林管理局管内の現行収穫予想表(ヒノキ・主林木平均樹高)

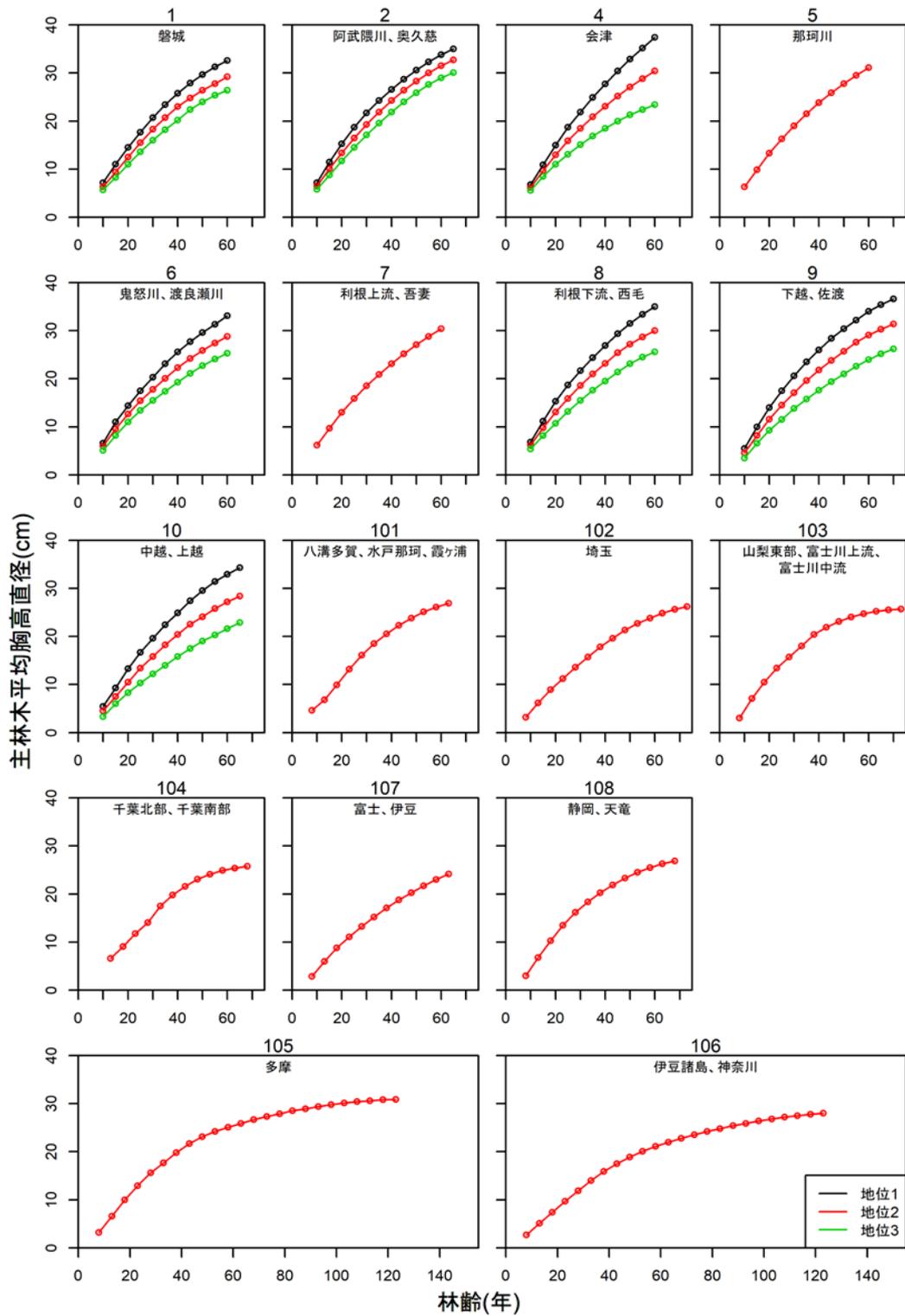


図 2-3 関東森林管理局管内の現行収穫予想表(スギ・主林木平均胸高直径)

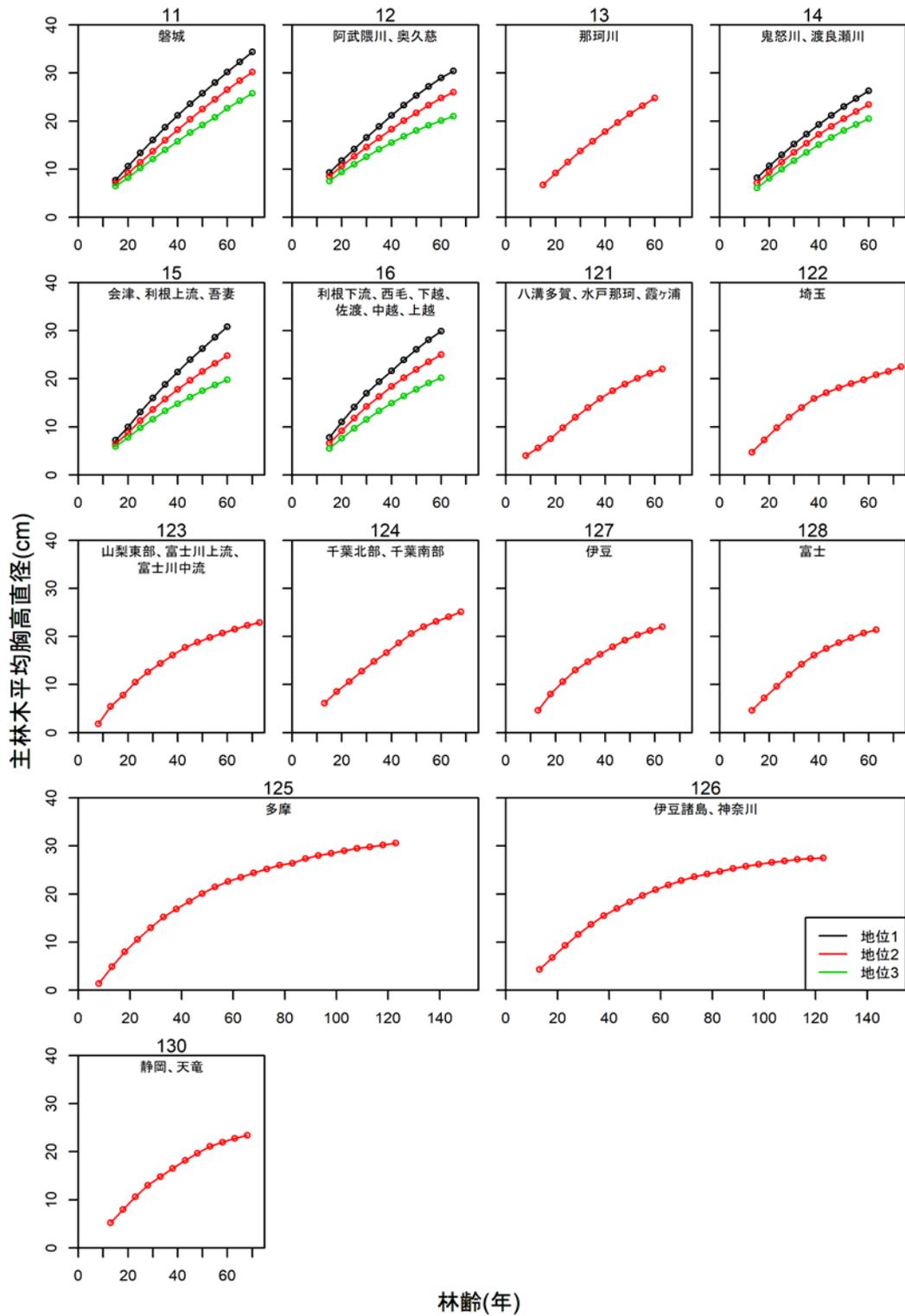


図 2-4 関東森林管理局管内の現行収穫予想表(ヒノキ・主林木平均胸高直径)

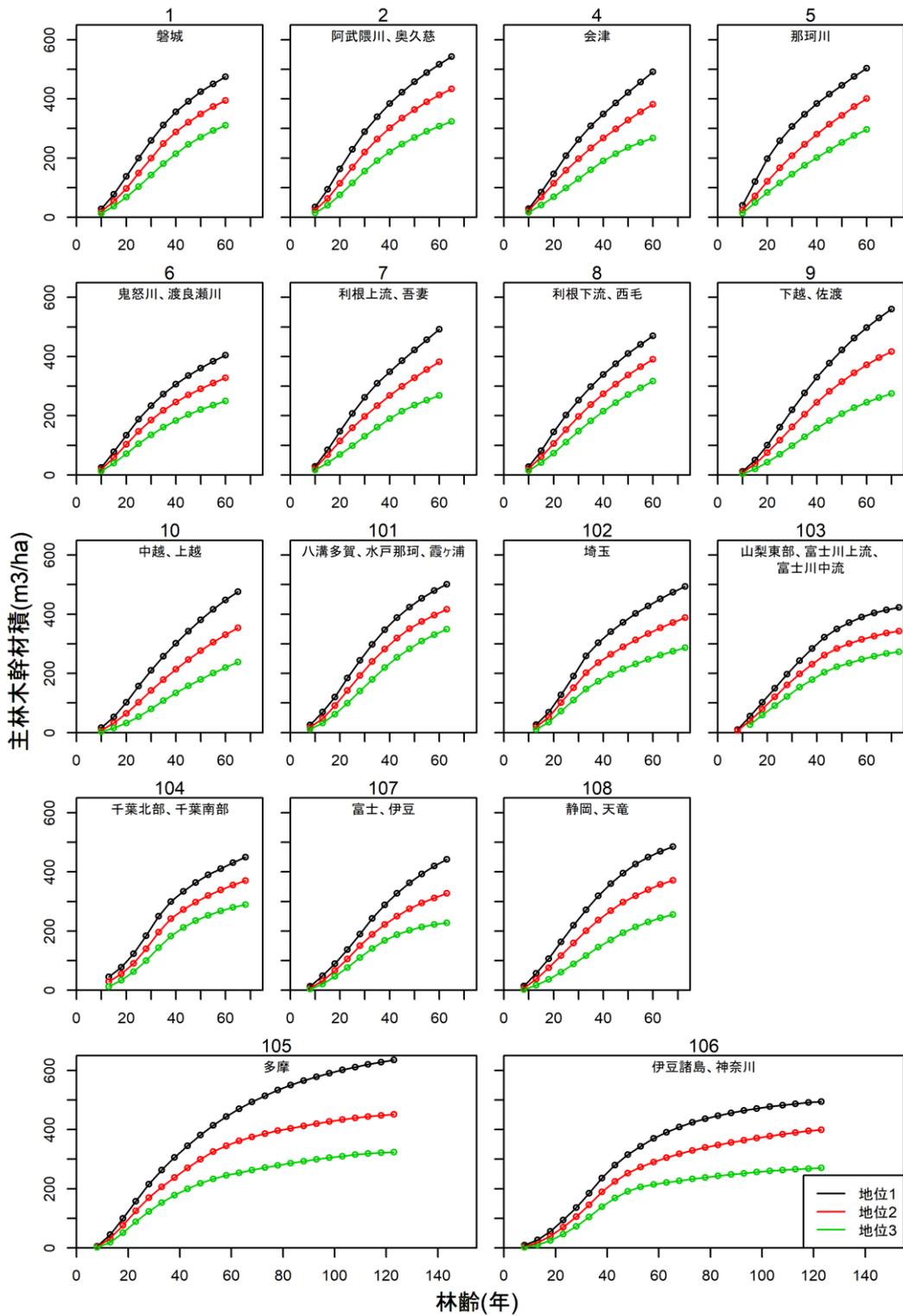


図 2-5 関東森林管理局管内の現行収穫予想表(スギ・主林木幹材積)

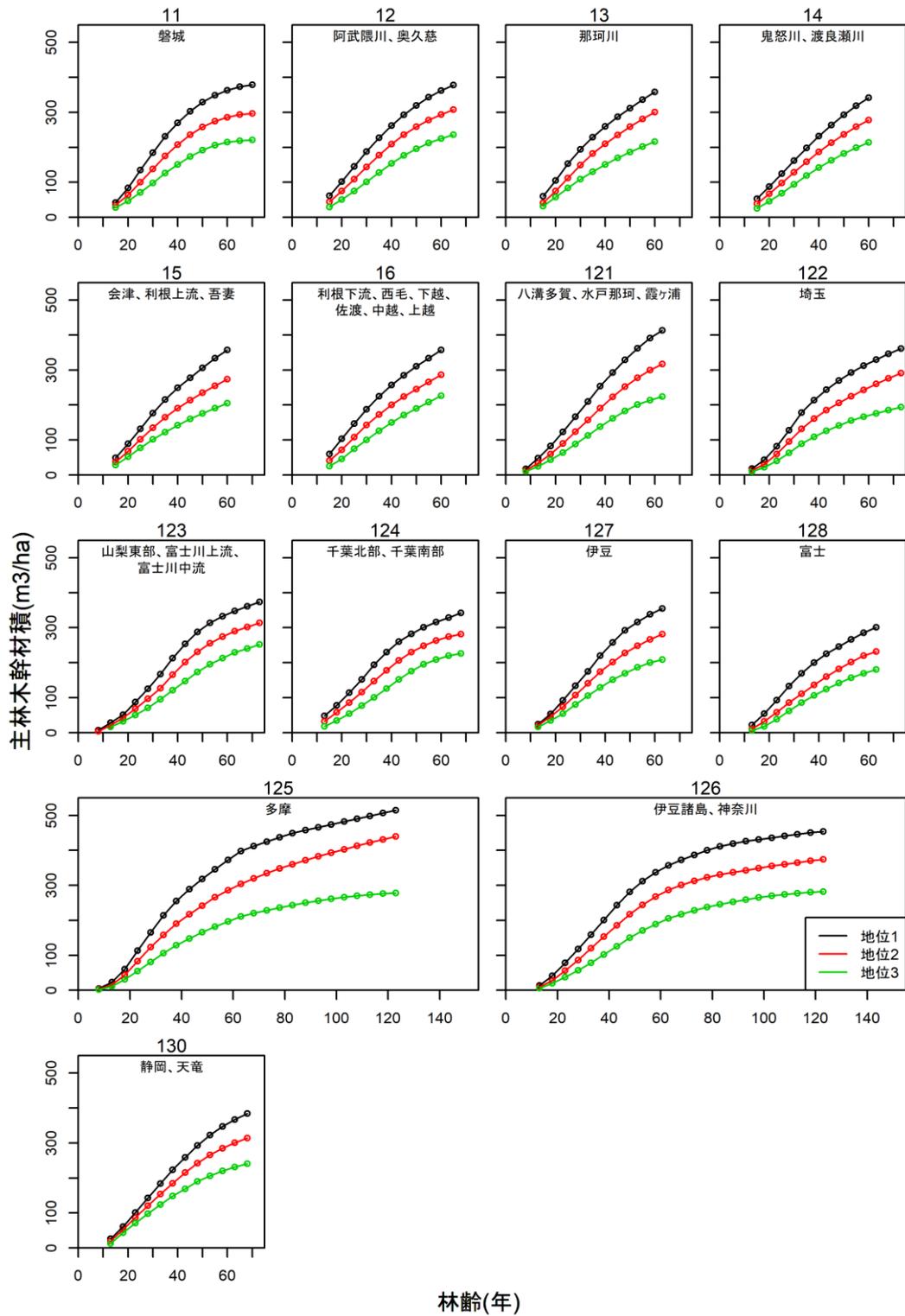


図 2-6 関東森林管理局管内の現行収穫予想表(ヒノキ・主林木幹材積)

## 2.2 過去の文献等の収集・整理

現行収穫予想表の整理にあたって、収穫予想表の出自や作成時の経緯、作成方法（年齢毎の調査データ量やデータの収集方法等）について参考情報として使用するため、過去の文献から情報収集を行った。

ここでは、データの網羅性、資料の詳細さを鑑み、昭和30年代を中心に林野庁及び林業試験場が調製した収穫予想表及び収穫表調製業務研究資料<sup>2</sup>を調査対象とした（表2-2）。収集できた資料は合計で8種であり、スギ・ヒノキそれぞれ4つである。

図2-7～図2-12に、スギ・ヒノキそれぞれの現行収穫予想表について過去資料と比較した図を示す。なお、過去資料が収集できなかった地域については過去資料による成長曲線は掲載していない。

現行収穫予想表と過去文献資料を比較した結果、概ね一致している地域もあるがほとんどは一致しておらず、昭和30年代以降、地域毎に個別に調整されていることがわかった。ただし、実際にどのように調整されてきたかについては資料が存在せず不明である。

表 2-2 収集した過去文献資料一覧

収穫予想表名	樹種	対象流域（現行収穫予想表番号）	発表年度
越後・会津地方すぎ林分収穫表	スギ	会津(4)、下越・佐渡(9)、上越・中越(10)	昭和30年
北関東・阿武隈地方すぎ林分収穫表	スギ	阿武隈川・奥久慈(2)、那珂川(5)、鬼怒川・渡良瀬川(6)、利根上流・吾妻(7)、利根下流・西毛(8)	昭和30年
関東地方ひのき林分収穫表	ヒノキ	那珂川(13)、鬼怒川・渡良瀬川(14)、利根上流・吾妻(15)※会津以外、利根下流・西毛(16)※新潟以外、121,122,124,125,126の一部	昭和36年
大井・天竜地方すぎ林分収穫表	スギ	静岡・天竜(108)	昭和39年
大井・天龍地方ひのき林分収穫表	ヒノキ	静岡・天竜(130)	昭和28年
天城地方すぎ林分収穫表	スギ	富士・伊豆(107)	昭和31年
天城地方ひのき林分収穫表	ヒノキ	伊豆(127)	昭和30年
富士・箱根地方ひのき林分収穫表	ヒノキ	伊豆諸島・神奈川(126)、伊豆(127)、富士(128)	昭和30年

<sup>2</sup> 森林総合研究所 Web サイトにて公開  
(<http://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/shukakushiken/02gyoken/>)

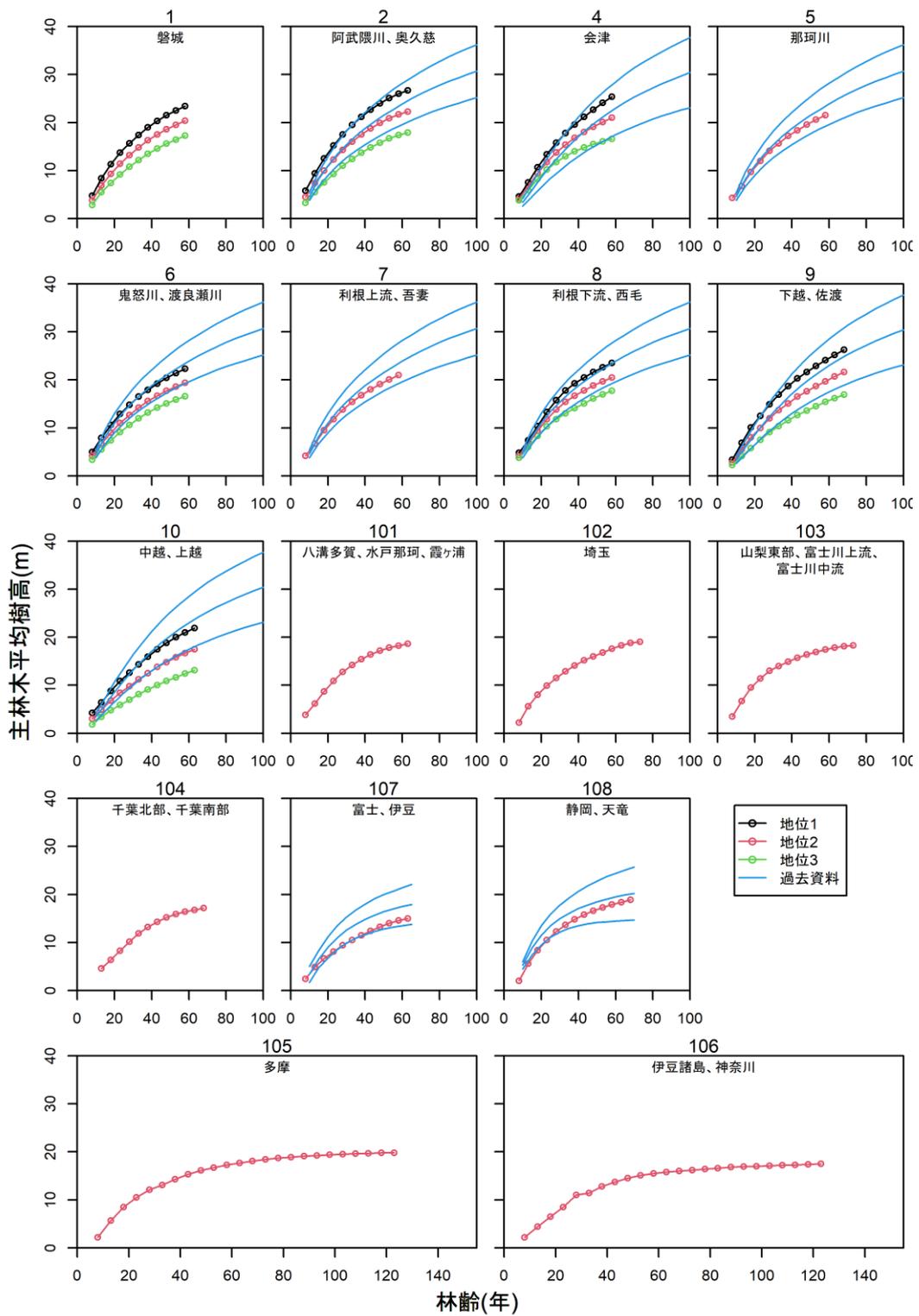


図 2-7 関東森林管理局管内の現行収穫予想表と過去資料の比較(スギ・主林木平均樹高)

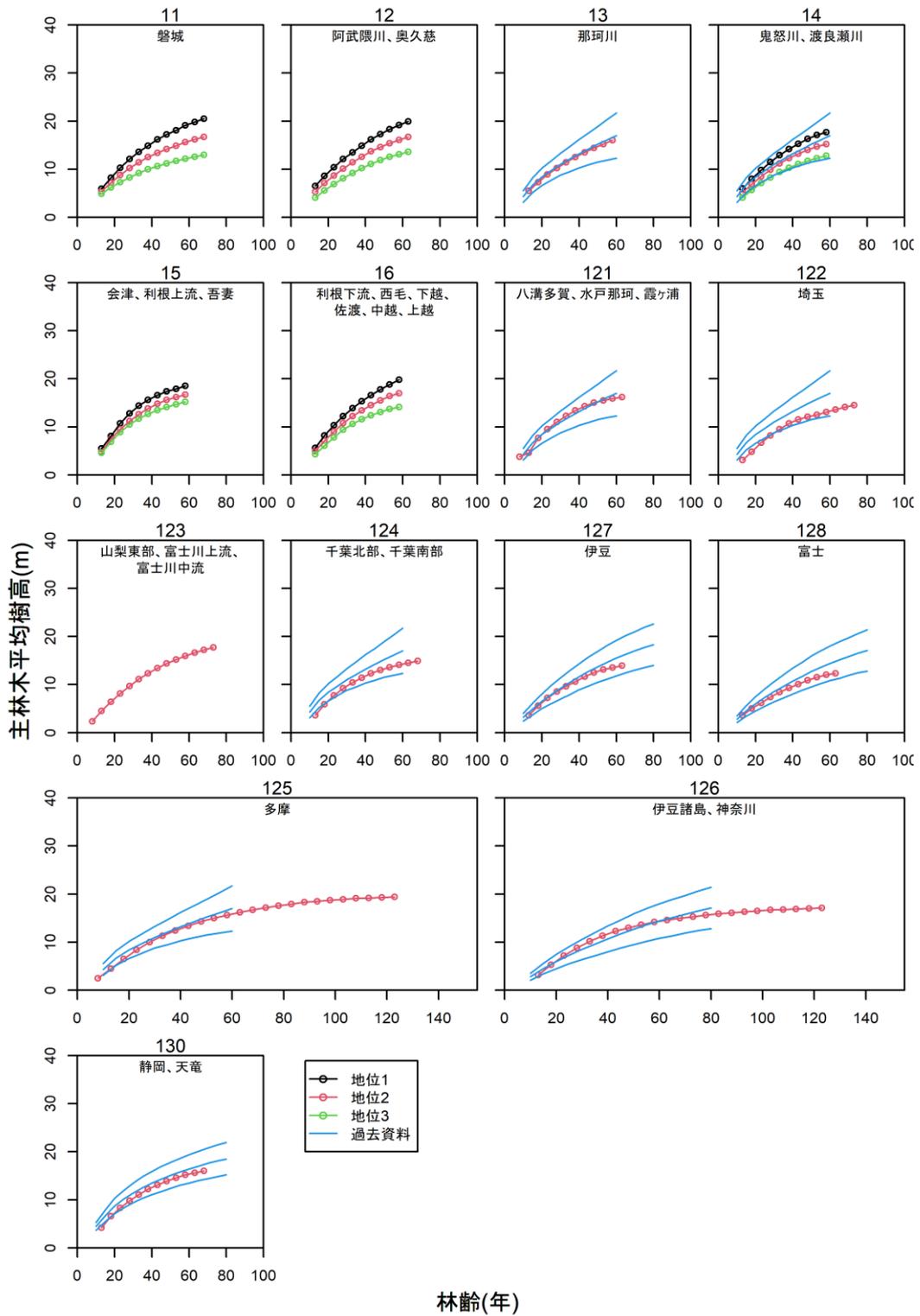


図 2-8 関東森林管理局管内の現行収穫予想表と過去資料の比較(ヒノキ・主林木平均樹高)

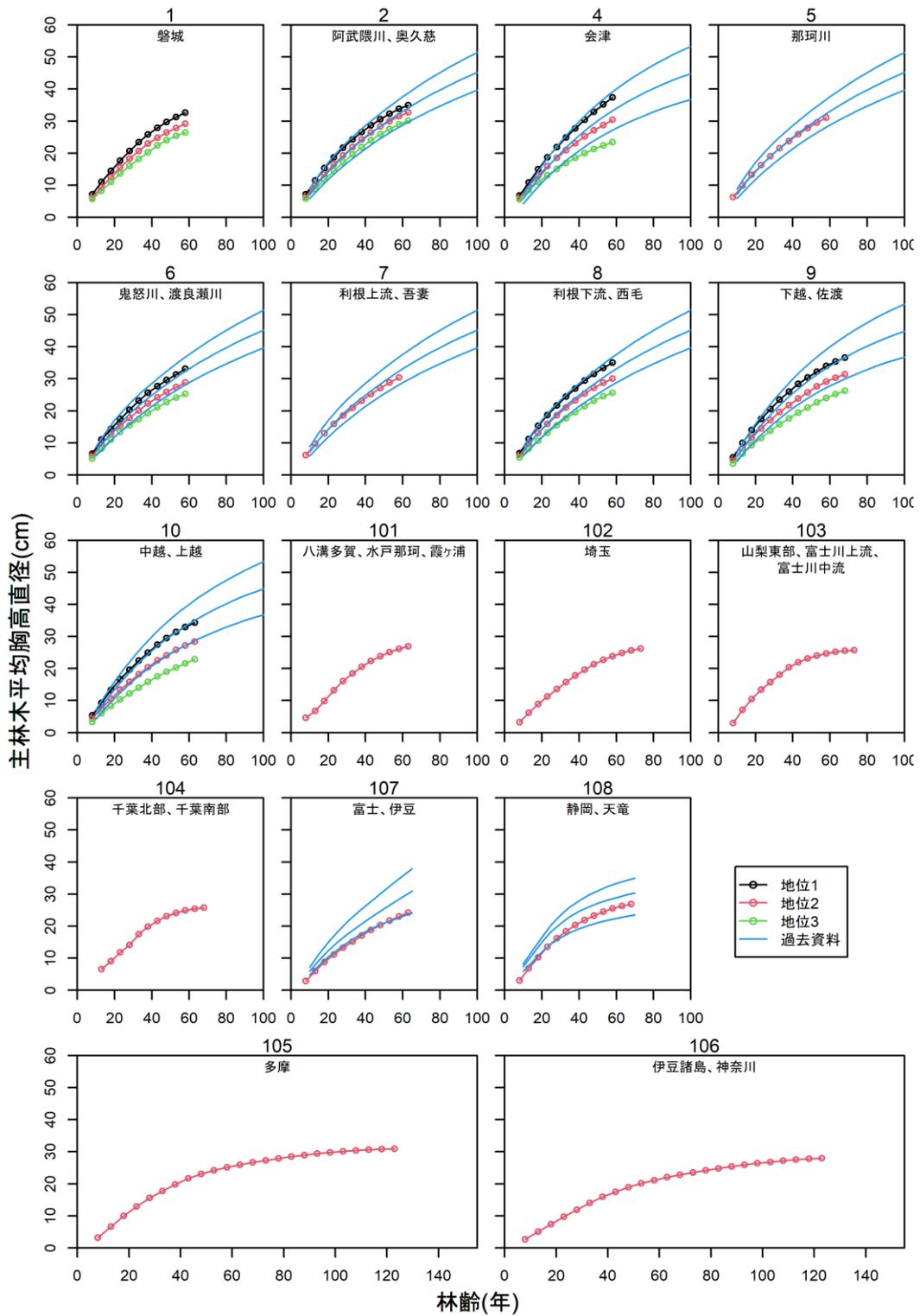


図 2-9 関東森林管理局管内の現行収穫予想表と過去資料の比較(スギ・主林木平均胸高直径)

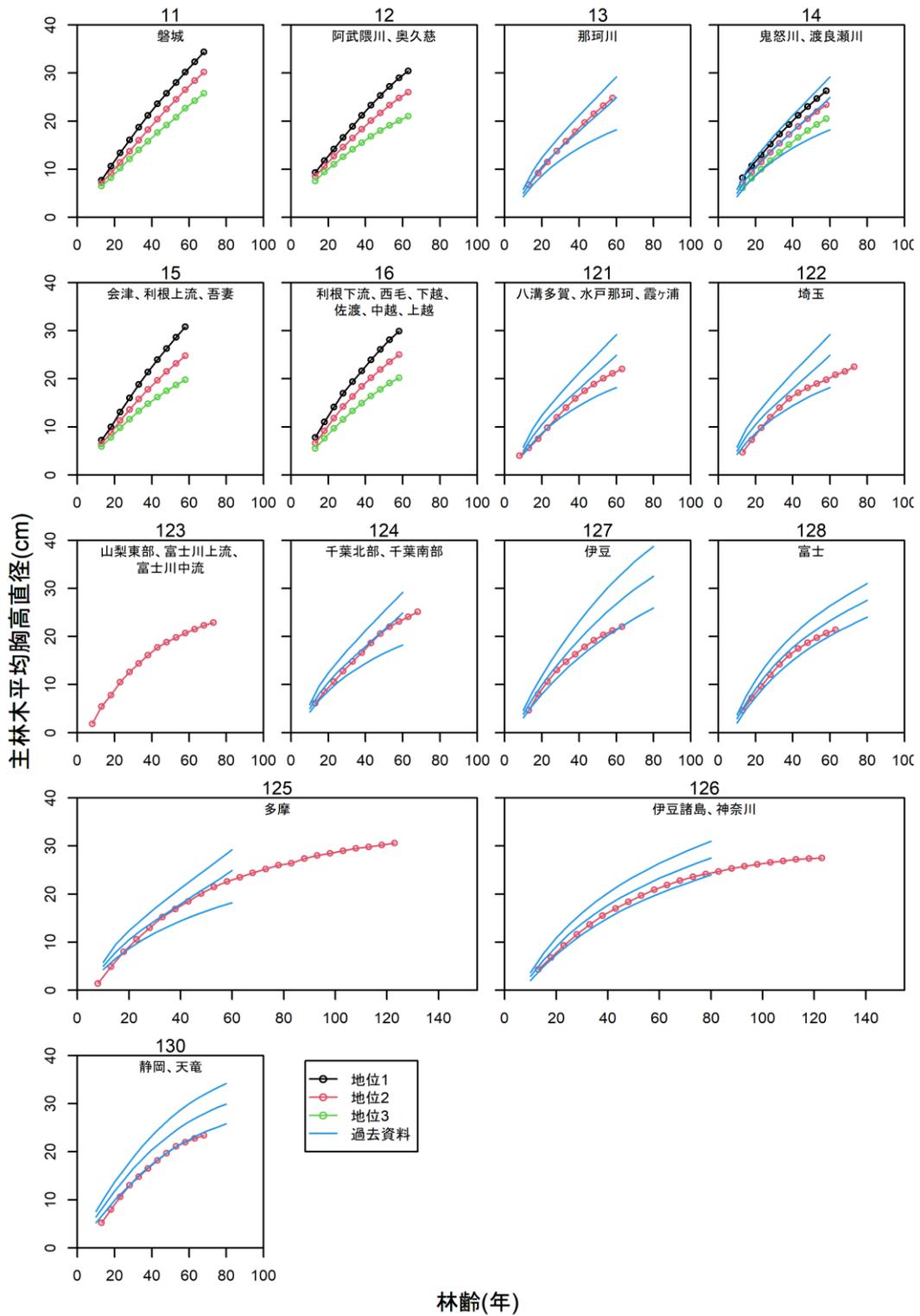


図 2-10 関東森林管理局管内の現行収穫予想表と過去資料の比較(ヒノキ・主林木平均胸高直径)

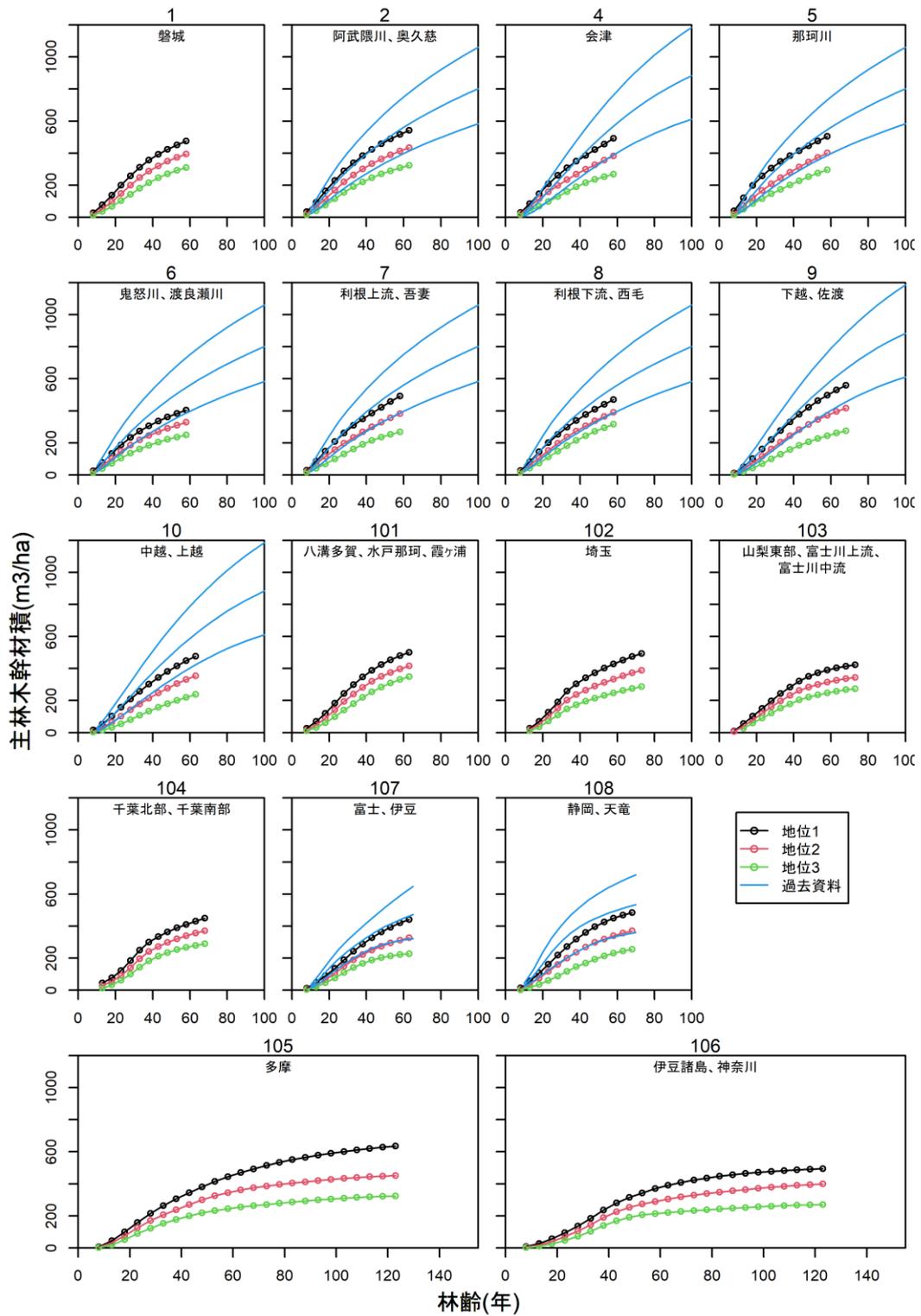


図 2-11 関東森林管理局管内の現行収穫予想表と過去資料の比較(スギ・主林木幹材積)

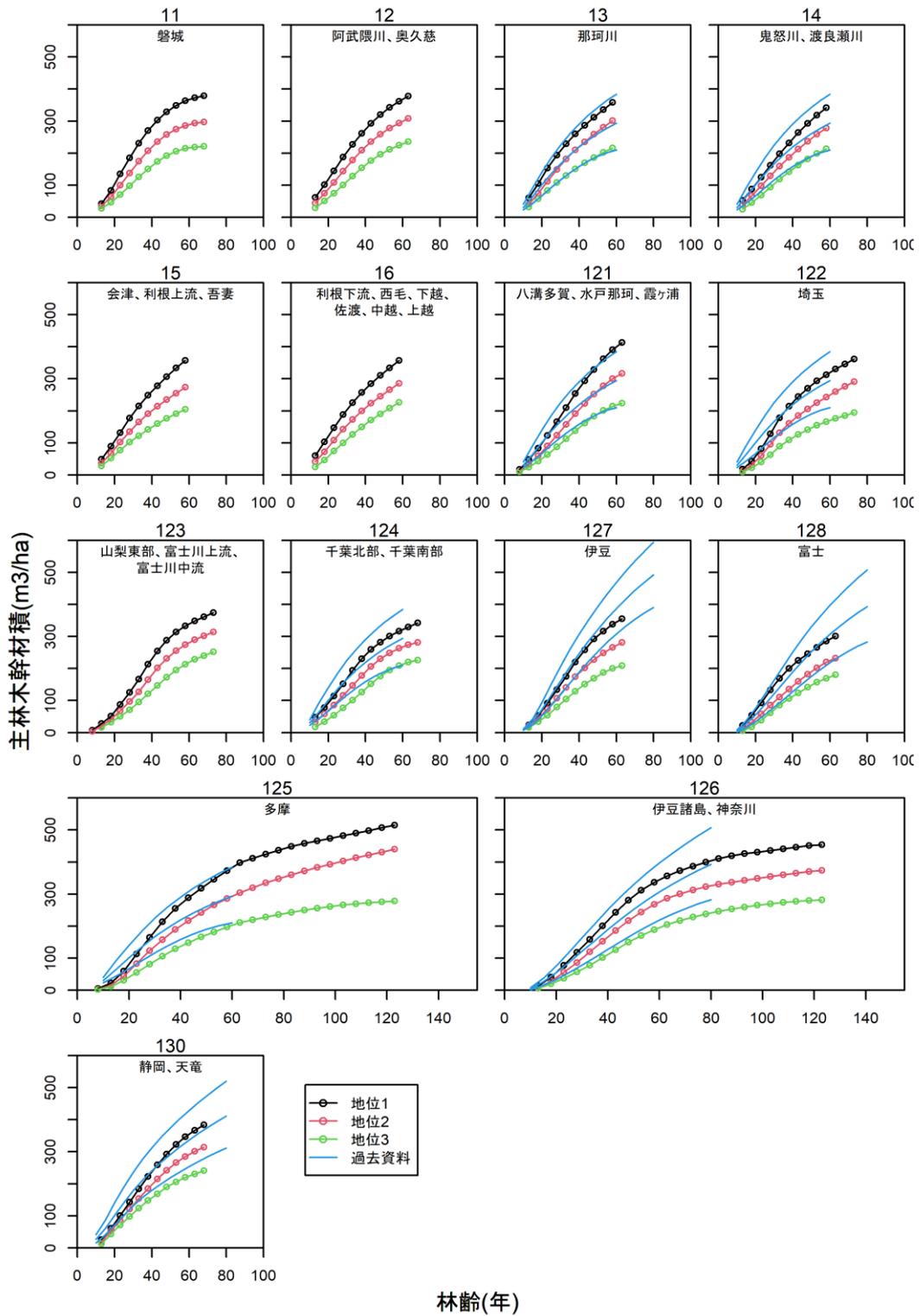


図 2-12 関東森林管理局管内の現行収穫予想表と過去資料の比較(ヒノキ・主林木幹材積)

表 2-3 に、過去資料の収穫予想表について調製説明書に記載された事項の概要を整理した。それぞれの収穫予想表は「24 林野第 8689 号同令単純林林分収穫表調製要綱」に準拠しており、概ね共通の方法がとられている。樹高成長曲線は幾つかの種類があるが、実験式をベースにフリーハンドで修正されたものが多かった。また、当時の状況から幼齢林・高齢林のデータが不足した状態での作成となっていることも複数の説明書に記載されていた。適用対象となる人工林は、原則として標準的な施業が行われた同齢単純林である。

表 2-3 過去資料における収穫予想表調製時の概要

収穫予想表名	越後・会津地方すぎ林林分収穫表	北関東・阿武隈地方すぎ林林分収穫表	関東地方ひのき林林分収穫表	大井・天竜地方すぎ林分収穫表	大井・天龍地方ひのき林分収穫表	天城地方すぎ林林分収穫表	天城地方ひのき林林分収穫表	富士・箱根地方ひのき林分収穫表
樹種	スギ	スギ	ヒノキ	スギ	ヒノキ	スギ	ヒノキ	ヒノキ
対象流域 (予想表番号)	会津(4)、下越・佐渡(9)、上越・中越(10)	阿武隈川・奥久慈(2)、那珂川(5)、鬼怒川・渡良瀬川(6)、利根上流・吾妻(7)、利根下流・西毛(8)	那珂川(13)、鬼怒川・渡良瀬川(14)、利根上流・吾妻(15)※会津以外、利根下流・西毛(16) ※新潟以外、121,122,124,125,126 の一部	静岡・天竜(108)	静岡・天竜(130)	富士・伊豆(107)	伊豆(127)	伊豆諸島・神奈川(126)、伊豆(127)、富士(128)
発表年度	昭和 30 年	昭和 30 年	昭和 36 年	昭和 39 年	昭和 28 年	昭和 31 年	昭和 30 年	昭和 30 年
発表文献	収穫表調製業務研究資料第 13 号	収穫表調製業務研究資料第 14 号	収穫表調製に関する研究報告 第 27 号	収穫表調製業務研究資料第 32 号	収穫表調製業務研究資料第 3 号	収穫表調製業務研究資料第 17 号	収穫表調製業務研究資料第 10 号	収穫表調製業務研究資料第 9 号
標準地の選定	スギ林分面積に応じて各営林署に依頼して標準地の候補地を選び、それについて現地踏査の上、175 ヲ所を選定。	(1)昭和 16,17 年度において収集した資料 84 ヲ所はそのまま使用する。 (2)新たに既往の数以上を加えることとし、既往の資料にない阿武隈地方に重点を指向し東京営林局管内については既往の資料にとどめる。	要綱に準拠。	要綱に準拠。	・幼齢林分は戦争中の手入れ不足のため、広葉樹の混交等によって適当な林分が少なく、また高齢級の林分は一般的に少ないため、標準地がⅣ・Ⅴ・Ⅵ齢級に集中した。 ・幼齢林分における標準地の不足を補うため、Ⅱ・Ⅲ齢級で民有林 4 ヲ所の調査実施。	要綱に準拠。	要綱に準拠。	要綱に準拠。 標準地の面積に関する規定については、面積だけではなく本数も考慮し 0.2ha を標準として適宜伸縮を行い、主林木本数を 300 本含ませる程度を目標に置き、標準地総本数 300-400 本を基準として選定した。
標準地調査年度	昭和 25~27 年	昭和 16~17 年(84 地点)、不明(94 地点)	昭和 18~19 年(84 地点)、昭和 27~29 年(66 地点)	昭和 32~33 年	昭和 24~25 年	昭和 28~29 年度	昭和 26~27 年	昭和 25~26 年
樹高成長曲線	137 ヲ所の資料を用いて、3 種の実験式を算出し、これら 3 種の実験式を吟味してフリーハンドで修正した実験式を採用した。	148 個の資料を用いて、3 種類の実験式と、5 年毎の平均値(林齢、樹高とも)を用いて算出した 4 種類の実験式を吟味し、その中で最適な式を採用した。	主林木の平均樹高の資料分布に、下記の式を当てはめて得た曲線を、フリーハンドで若干修正したものを中心線とした。	4 種の実験式の中から、比較的簡単に最も標準偏差が小さいものを選択した。 式の定数は最小二乗法により決定した。	Baur 氏曲線法を採用し、数式法を併用。 4 種の実験式を最小二乗法により計算し、これら 4 種の実験式の曲線のほぼ中央を通る Free hand curve を描き、中心線として採用した。	全資料 88 個を用いて最小二乗法により、5 種の実験式と、徒手法による中心線の設定を行い、その中で最適な式を採用した。	Baur 氏曲線法を採用し、数式法を併用し地位区分を行った。50 個の資料から最小二乗法により 4 種の実験式を求め、4 種の最も妥当と思われる部分を縫合して Free hand curve を描き、中心線とした。	Baur 氏曲線法を採用し、数式法を併用。 45 個の資料を用いて最小二乗法により 4 種の実験式を求め、最も本資料に適合する実験式を採用。

## 2.3 グルーピング

過去の資料に基づくグルーピングは難しいことが判明したため、現行収穫予想表を成長曲線式で非線形回帰し、その回帰式のパラメータをクラスター解析にかけてグルーピングを行うこととした。

### 2.3.1 クラスター解析

現行収穫予想表（主林木平均樹高－林齢）にミッチャーリッヒ式・リチャーズ式を回帰し、得られたパラメータ値 (a,b,c) からクラスター解析を実施した。クラスター解析には R4.1.2 を使用し、`hclust` コマンドで Ward 法 (method = “Ward.D2”) を適用した。

現行収穫予想表を流域毎に非線形回帰した際の AIC 値と、クラスター解析結果の地理的・気候的な妥当性を考慮し、ミッチャーリッヒ式の 3 パラメータを用いた結果をベースにグループを作成した。

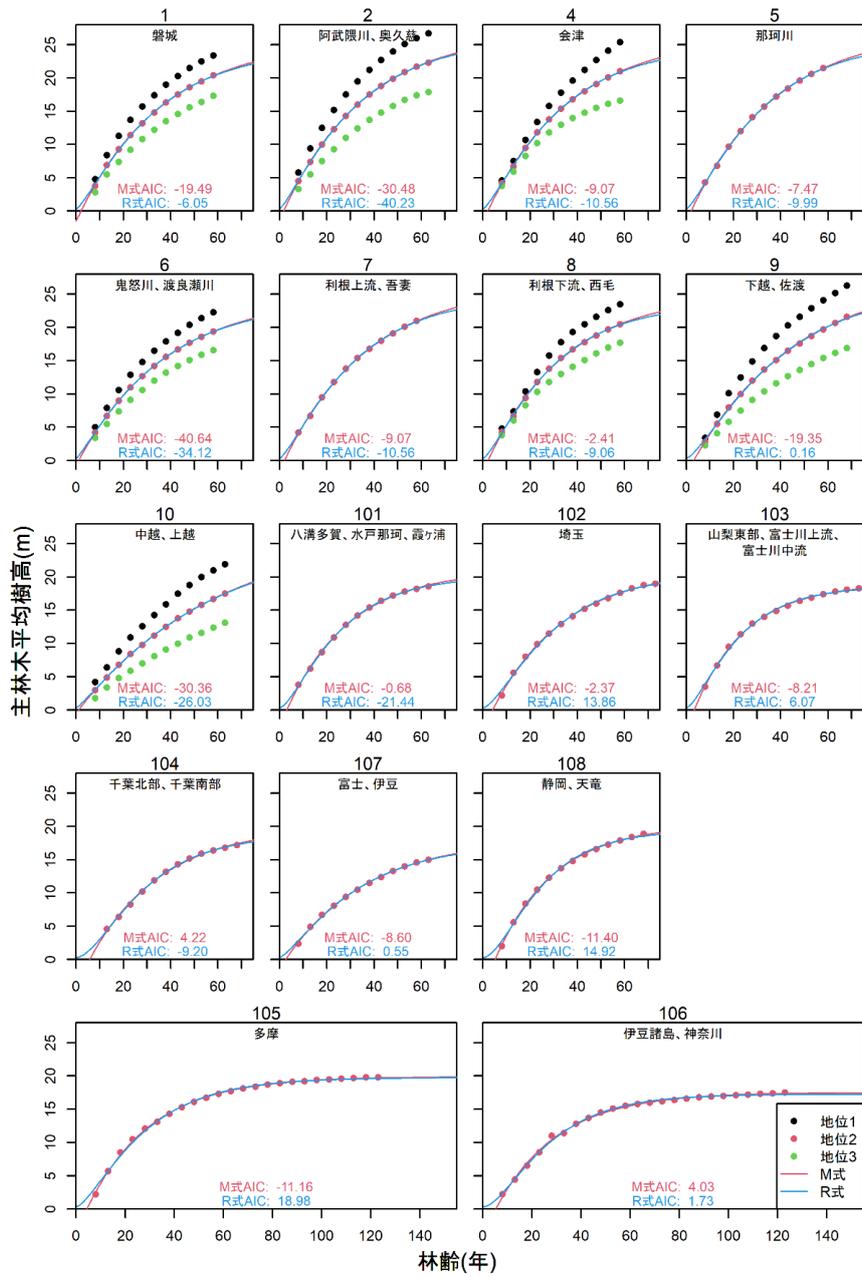


図 2-13 スギの現行収穫予想表への成長曲線あてはめ結果

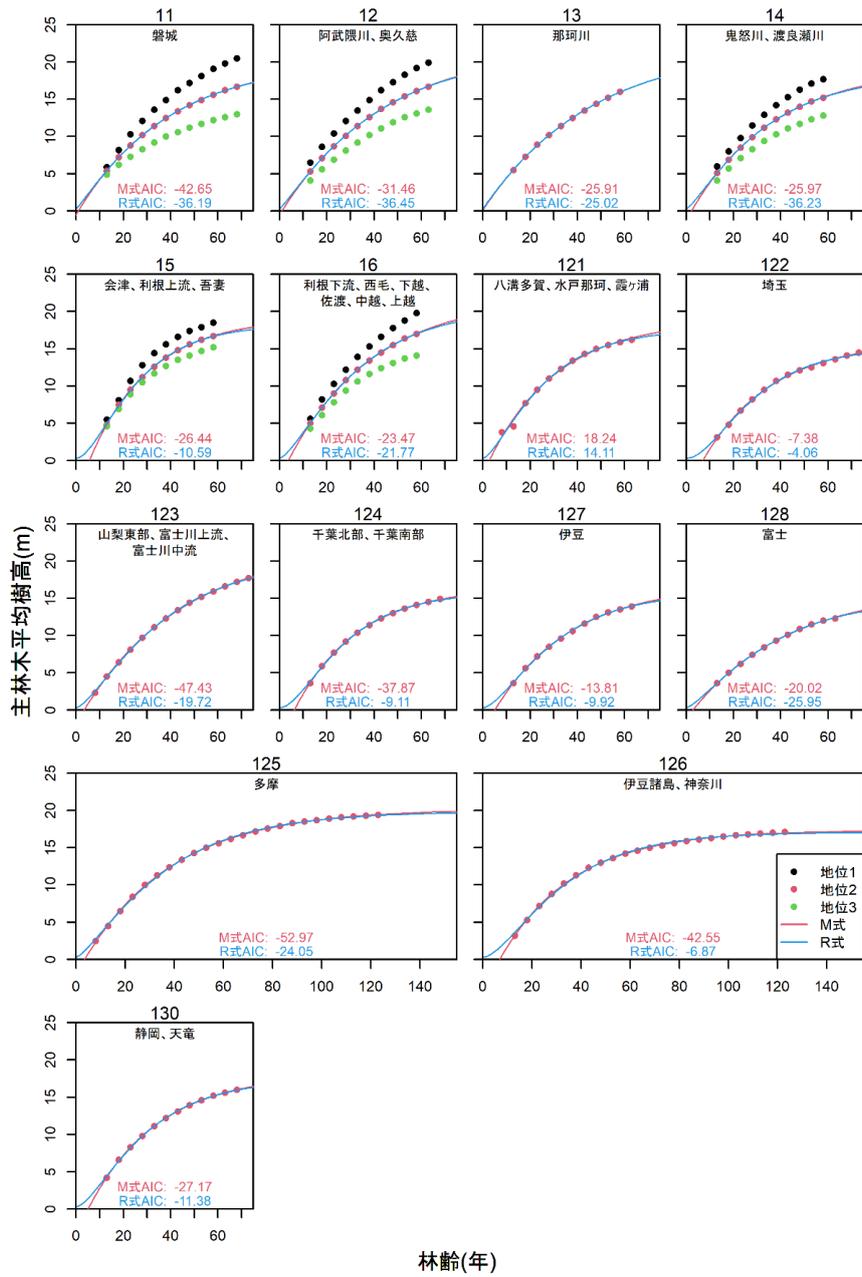


図 2-14 ヒノキの現行収穫予想表への成長曲線あてはめ結果

### 2.3.2 スギのグルーピング結果

スギのグルーピングは、クラスター解析を基に大きく4グループに分けた（図 2-15）。そのうち、地理的・気候的な分布を考慮し、A、B、Cグループをそれぞれ2グループに分割し、合計7グループとした（図 2-16）。

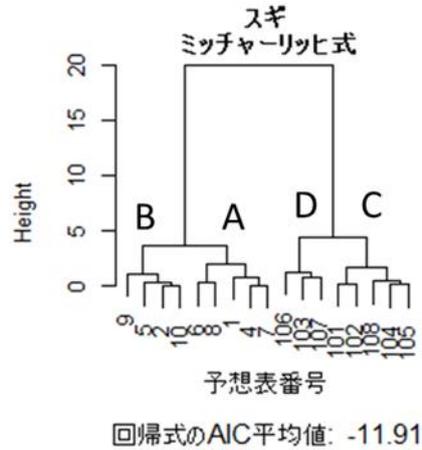


図 2-15 スギのミッチャーリッヒ式によるクラスター解析結果と各グループ

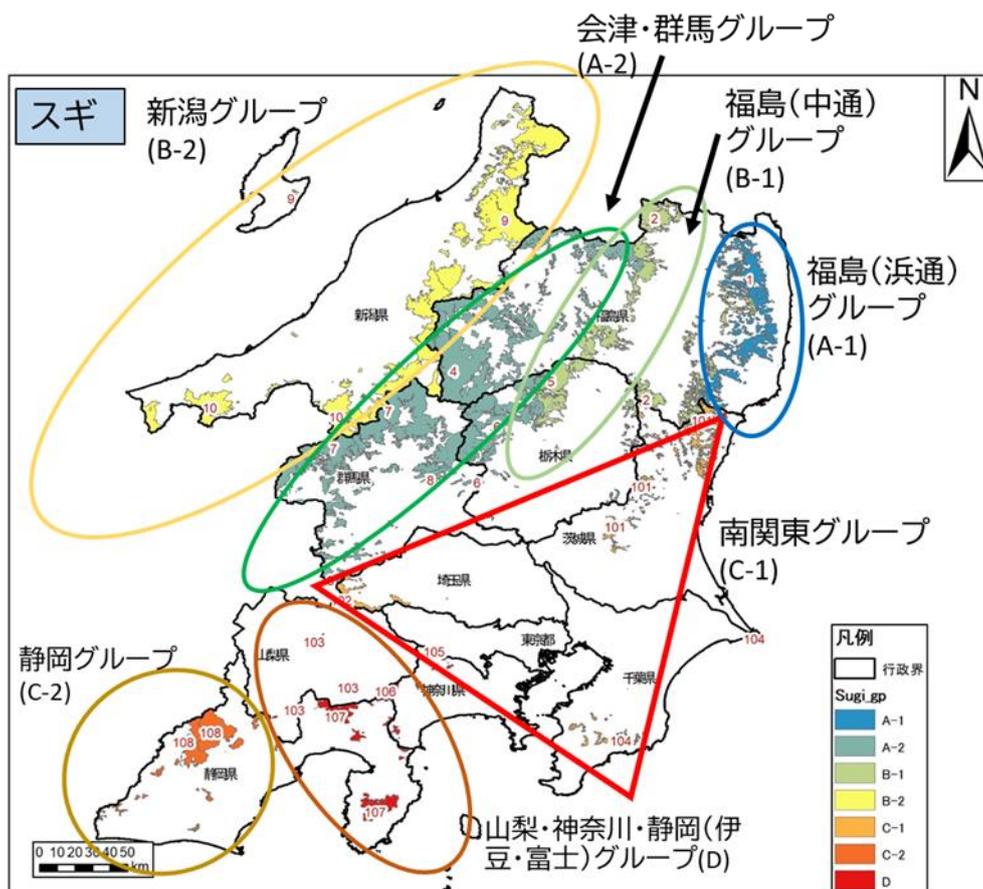


図 2-16 スギにおけるグルーピング結果

各グループにおける気象条件との関連を確認するため、国土数値情報の平年値メッシュデータより平年降水量、年平均気温、最深積雪の分布と比較した（図 2-17、図 2-18、図 2-19）。

平年降水量では、降水量が多い新潟地域（B-2）、静岡地域（C-2、D）で各グループにまとまり、比較的少ない南関東地域（C-1）が分かれているなど、各グループは概ね気象条件に合致した分布となっていると解釈できる。平均気温、積雪深についても一部のグループを説明することができると思われるが、網羅的な説明は難しい。

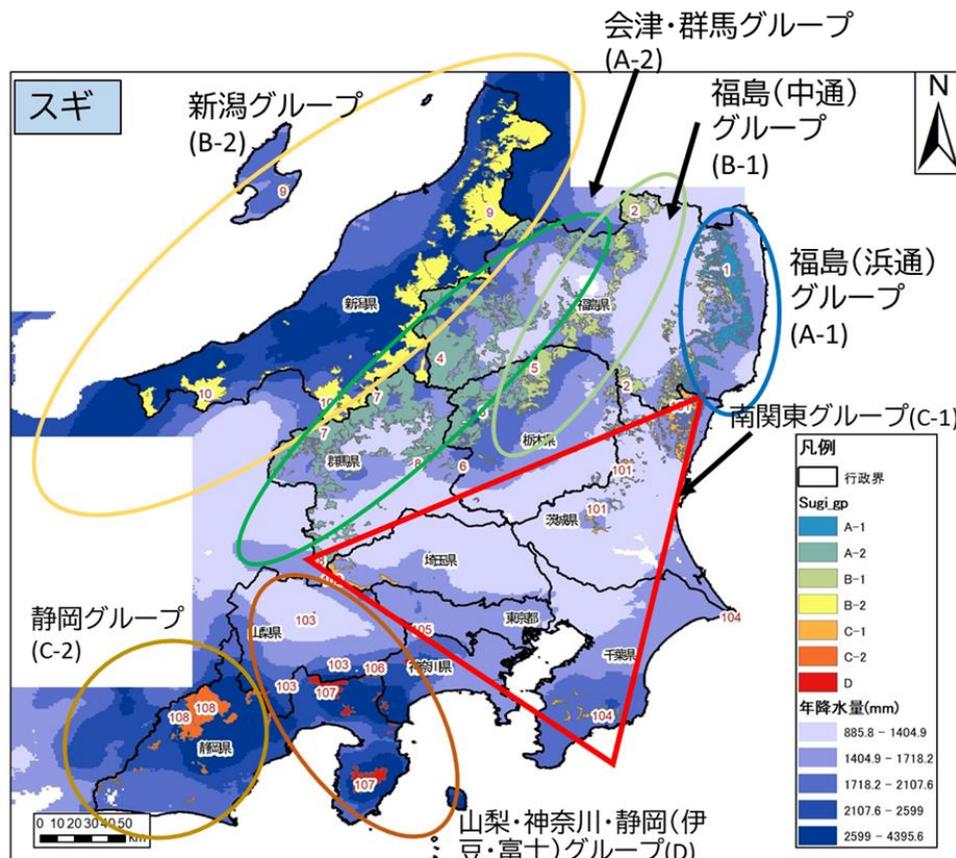


図 2-17 スギにおけるグルーピングと平年の年降水量分布

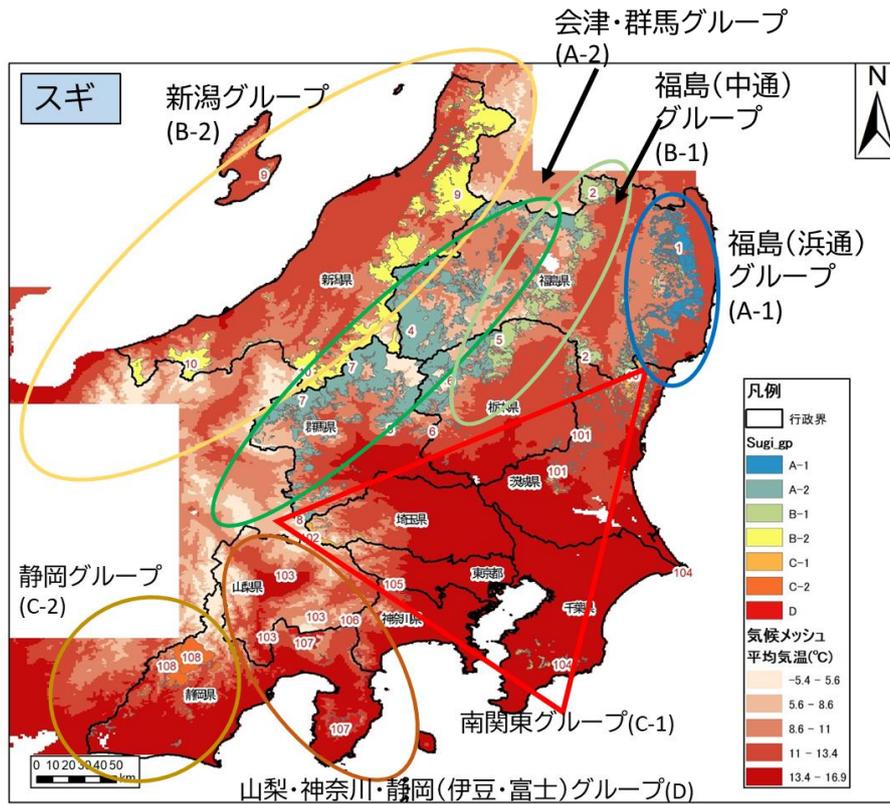


図 2-18 スギにおけるグルーピングと年平均気温分布

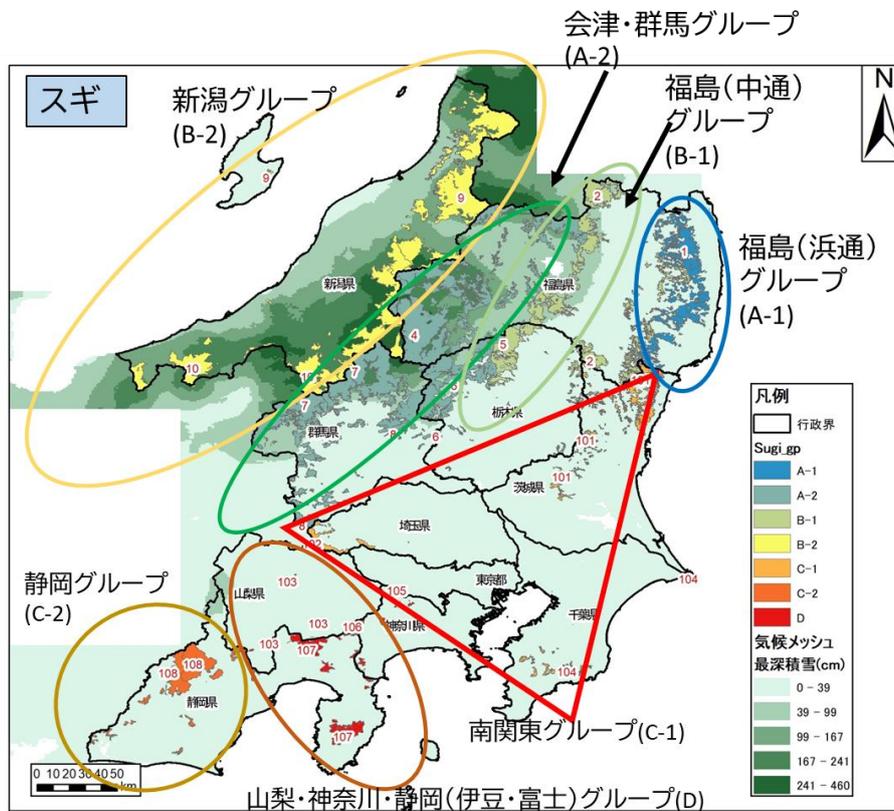


図 2-19 スギにおけるグルーピングと年平均最深積雪分布

### 2.3.3 ヒノキのグルーピング結果

ヒノキのグルーピングは、クラスター解析を基に大きく4グループに分けた（図 2-20）。そのうち、地理的・気候的な分布を考慮し、Bグループを2グループに分割し、合計5グループとした（図 2-21）。なお、東京都の多摩計画区はクラスター解析結果ではAグループに属するが、地理的關係から近隣のDグループに含めることとした。また、新潟にはヒノキはほぼ存在しないためグルーピングの対象外としている。

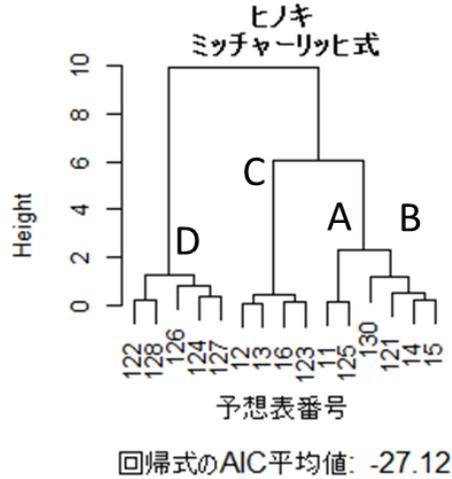


図 2-20 ヒノキのミッターリッヒ式によるクラスター解析結果と各グループ

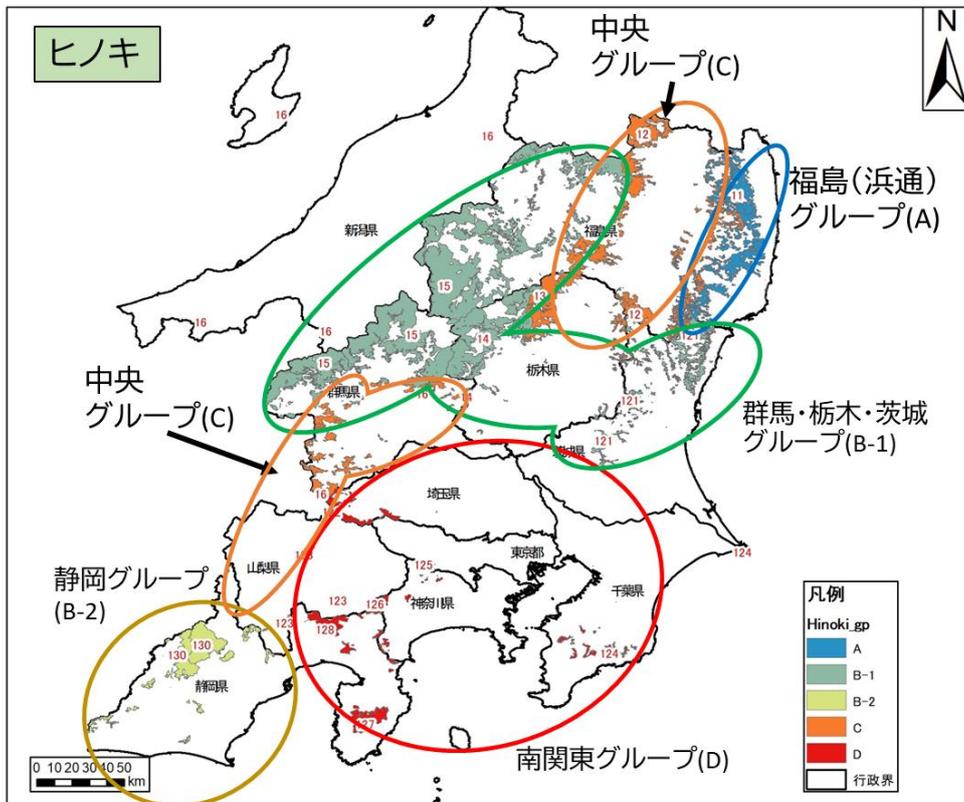


図 2-21 ヒノキにおけるグルーピング結果

各グループにおける気象条件との関連を確認するため、国土数値情報の平年値メッシュデータより平年降水量、年平均気温、最深積雪の分布と比較した（図 2-22、図 2-23、図 2-24）。

ヒノキにおいては、比較的年平均気温に応じたグルーピングとなっているように思われる。年平均気温の低い中央地域（C）、群馬・栃木・茨城地域(B-1)で各グループにまとめられ、年平均気温の高い南関東地域（D）、静岡地域(B-2)が分かれているなど、各グループは概ね気象条件に合致した分布となっていると解釈できる。

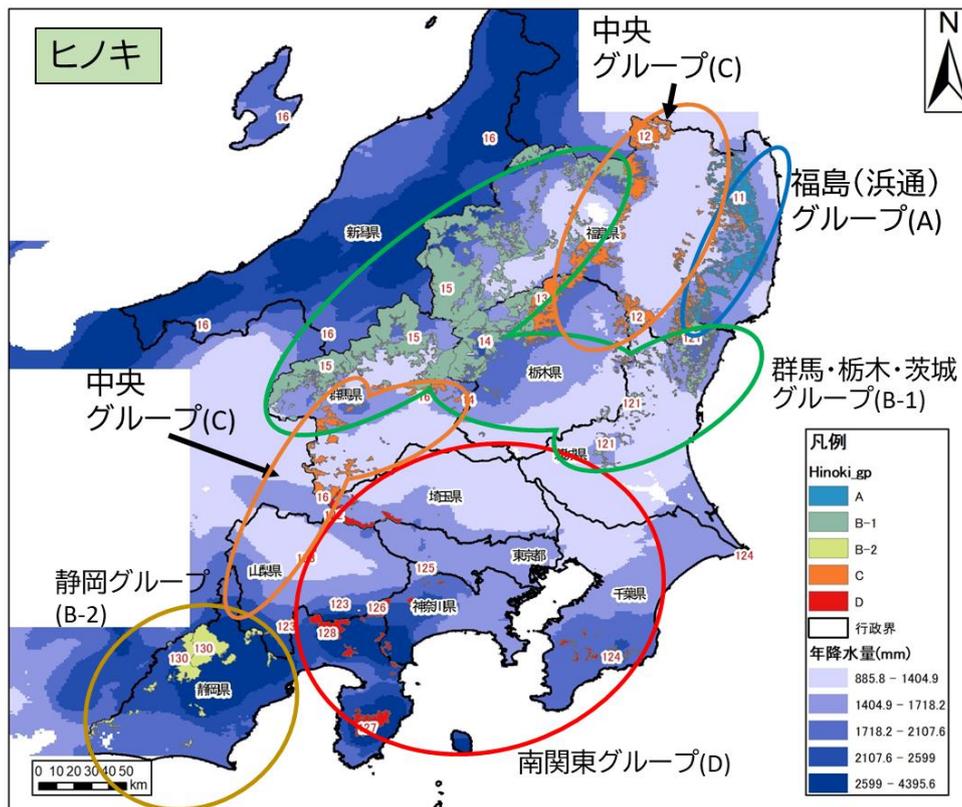


図 2-22 ヒノキにおけるグルーピングと平年の年降水量分布

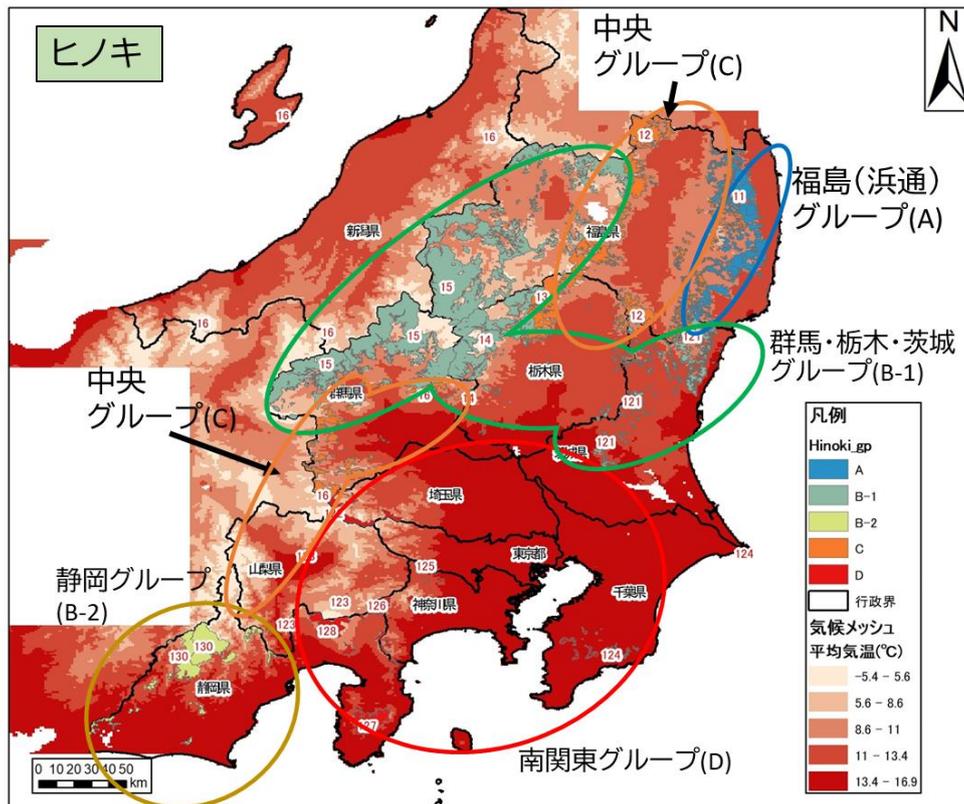


図 2-23 ヒノキにおけるグルーピングと年平均気温分布

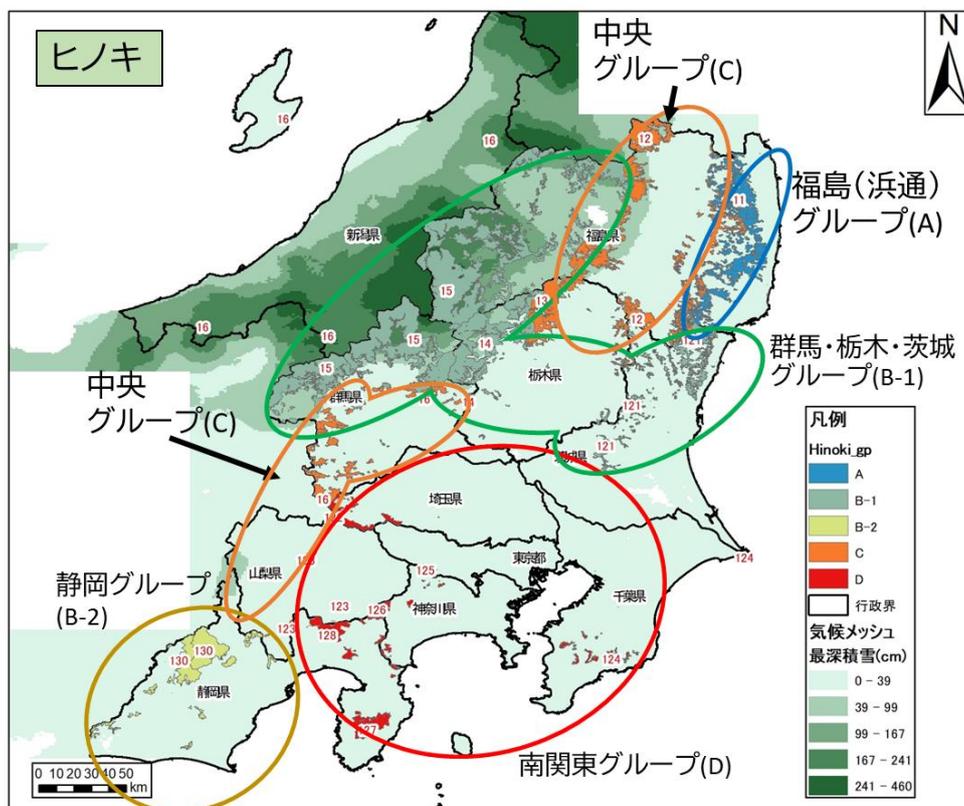


図 2-24 ヒノキにおけるグルーピングと年平均最深積雪分布

### 2.3.4 グルーピング結果のまとめ

以上の結果より、各計画区に割り当てられるグループを表 2-4 に整理した。

表 2-4 グルーピング結果と収穫予想表番号の対照表

計画区名	スギ予想表	ヒノキ予想表	スギグループ	ヒノキグループ
磐城	1	11	A-1	A
阿武隈川	2	12	B-1	C
奥久慈	2	12	B-1	C
会津	4	15	A-2	B-1
那珂川	5	13	B-1	C
鬼怒川	6	14	A-2	B-1
渡良瀬川	6	14	A-2	B-1
吾妻	7	15	A-2	B-1
利根上流	7	15	A-2	B-1
西毛	8	16	A-2	C
利根下流	8	16	A-2	C
下越	9	16	B-2	
佐渡	9	16	B-2	
上越	10	16	B-2	
中越	10	16	B-2	
霞ヶ浦	101	121	C-1	B-1
水戸那珂	101	121	C-1	B-1
八溝多賀	101	121	C-1	B-1
埼玉	102	122	C-1	D
山梨東部	103	123	D	C
富士川上流	103	123	D	C
富士川中流	103	123	D	C
千葉南部	104	124	C-1	D
千葉北部	104	124	C-1	D
多摩	105	125	C-1	D
伊豆諸島	106	126	D	D
神奈川	106	126	D	D
伊豆	107	127	D	D
富士	107	128	D	D
静岡	108	130	C-2	B-2
天竜	108	130	C-2	B-2

### 3 現実林分のデータ把握

#### 3.1 航空レーザ計測による森林資源解析

##### 3.1.1 既存航空レーザ計測データの整理

2.3 章においてグルーピングを行った地域において、現実林分の樹高・蓄積の把握するために、既存の収穫調査の結果や航空レーザデータを用いて森林資源解析を実施した。航空レーザ計測データの一覧を表 3-1 に、樹種別のグループ毎の解析に用いる計測データを表 3-2 に示す。

なお、国有林のレーザ計測データについては、関東森林管理局から提供を受けた航空レーザ計測データを利用したものである。

神奈川県はレーザ計測データは神奈川県の承認を受け航空レーザ測量データを複製した<sup>3</sup>。茨城県の航空レーザ計測データは、茨城県林政課作成の航空レーザ測量成果及び森林資源解析成果を複製したものである（令和 4 年 2 月 7 日付 林政第 885 号）。また、茨城県の森林計画図は茨城県オープンデータカタログより収集した<sup>4</sup>。

表 3-1 航空レーザ計測データ一覧

対象	計測地域	計測年度	資源解析	計測面積(km <sup>2</sup> )	業務名
国	福島県浜通り一帯	平成 26 年	○	290.1	平成26年度「森林における除染等実証事業」のうち「航空レーザ計測業務」
国	福島県南会津町、群馬県新治地区	平成 30 年	-	32.9	
国	新潟県上越市	令和元年	-	34.3	
国	静岡県川根本町	令和 2 年	-	120.8	
民	新潟県(長岡市)	令和元年	○	101.3	森林整備推進計画案策定業務委託
民	静岡県(志太榛原地域)	令和元年	○	67.1	令和元年度志太榛原地域航空レーザ測量業務委託
民	神奈川県(西部)	平成 31～令和 2 年	○	438.7	・平成 31 年度水源林林況等基礎調査業務委託

<sup>3</sup> 承認者：神奈川県環境農政局緑政部森林再生課長、承認年度：令和 4 年 2 月、承認番号：森第 1694 号

<sup>4</sup> URL: [https://www.pref.ibaraki.jp/kikaku/joho/it/opendata/od-01/0607002\\_20190401\\_sinrinbo.html](https://www.pref.ibaraki.jp/kikaku/joho/it/opendata/od-01/0607002_20190401_sinrinbo.html)

森林計画図（林班、小班）、茨城県、クリエイティブ・コモンズ・ライセンス 表示 2.1 日本 (<http://creativecommons.org/licenses/by/2.1/jp/>)

対象	計測地域	計測年度	資源解析	計測面積(km <sup>2</sup> )	業務名
					・令和元年度航空レーザ測量及び山地災害重点地域全体計画策定業務委託 ・令和2年度 水源林林況等基礎調査業務委託
民	福島県(一部)	平成 30 年	○	1710	森林情報活用路網整備推進3002業務 県内一円地区
民	栃木県(那須町、矢板市、鹿沼市)	平成 27 年	○	77.5	平成27年度栃木県素材供給力強化等業務委託 森林資源調査(航空レーザ計測・解析)
民	茨城県	令和元年	○	197.6	令和元年度高精度森林情報基盤整備業務(航空レーザ計測)委託

表 3-2 グループ別の航空レーザデータ一覧

スギグループ	ヒノキグループ	使用データ	略称
A-1	A	H26 福島(国)	福島(浜通り)
A-2	-	H30 福島(民)会津側+H30 福島(国)	福島(会津)
B-1	C	H30 福島(民)中通側+H27 栃木(民)	福島(中通り)・栃木
B-2	-	R1 新潟(国)+R1 長岡(民)	新潟
C-1	B-1	R1 茨城(民)	茨城
C-2	B-2	R2 静岡(国)+R1 静岡(民)	静岡
D	D	H31~R2 神奈川(民)	神奈川

### 3.1.2 解析地点の選定

H26 福島県の国有林データを除き、国有林内で計測された航空レーザデータは森林資源解析が実施されていない。そのため、福島県南会津地域、群馬県新治地域、新潟県上越地域、静岡県川根本町地域の4地域において森林資源解析を実施した。

解析地点はスギまたはヒノキを含む小班とし、既存の森林簿情報とオルソ写真を基に選定した。各解析地域の計測データ諸元及び選定小班面積を表 3-3 に、各地域の選定小班の位置図を図 3-1~図 3-2 に示す。

表 3-3 各解析地域の概要

県名	地域	管轄	計測年度	選定小班	解析範囲
福島県	南会津町	林野庁 関東森林管理局	平成 30 年度	2.93	1.16
群馬県	新治地区	林野庁 関東森林管理局	平成 30 年度	2.99	2.48
新潟県	上越市	林野庁 関東森林管理局	令和元年度	0.68	0.68
静岡県	川根本町	林野庁 関東森林管理局	令和 2 年度	10.61	10.61

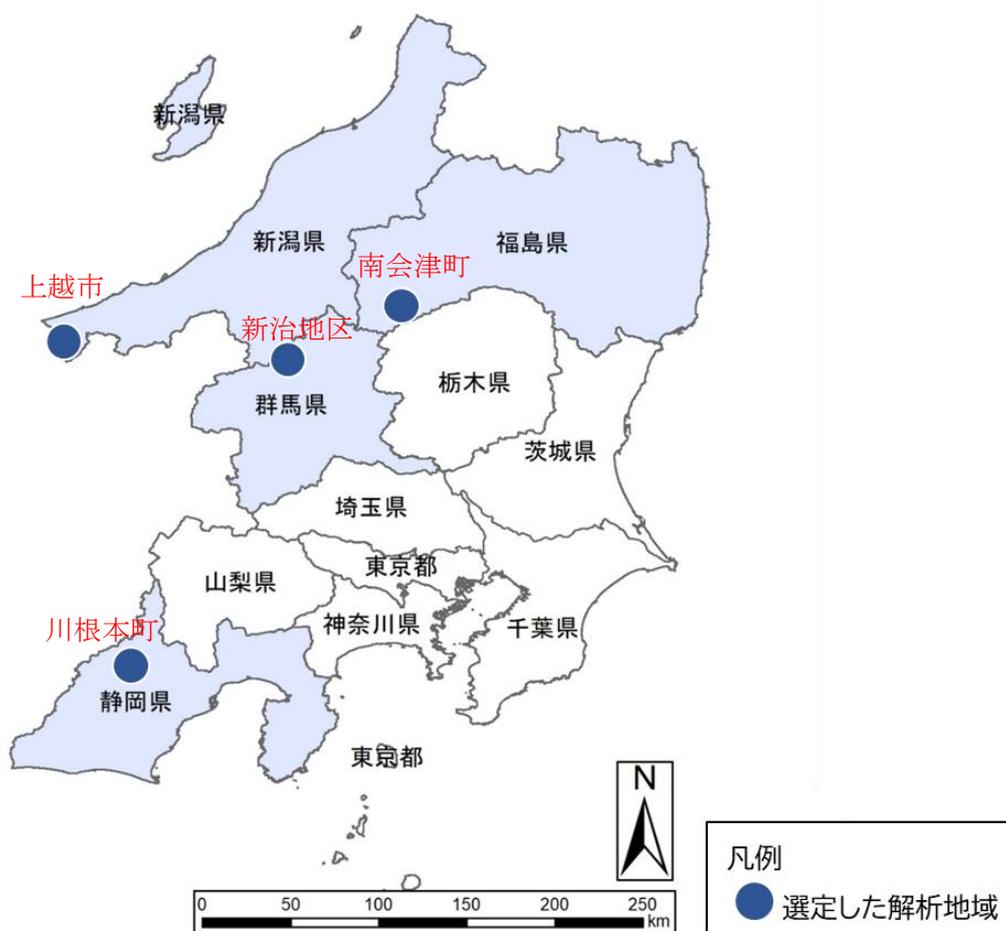


図 3-1 選定小班の位置図(広域)



図 3-2 選定小班位置図(福島県)



図 3-3 選定小班位置図(群馬県)

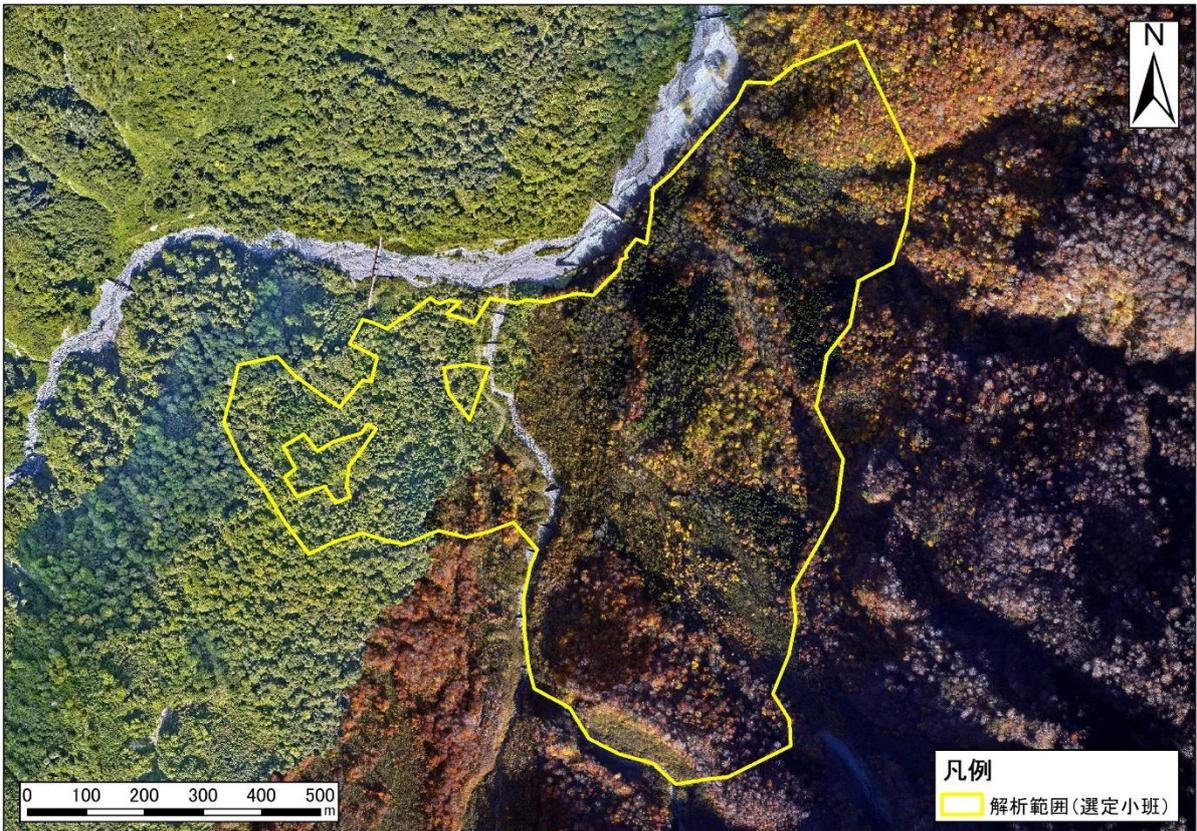


図 3-4 選定小班位置図(新潟県)

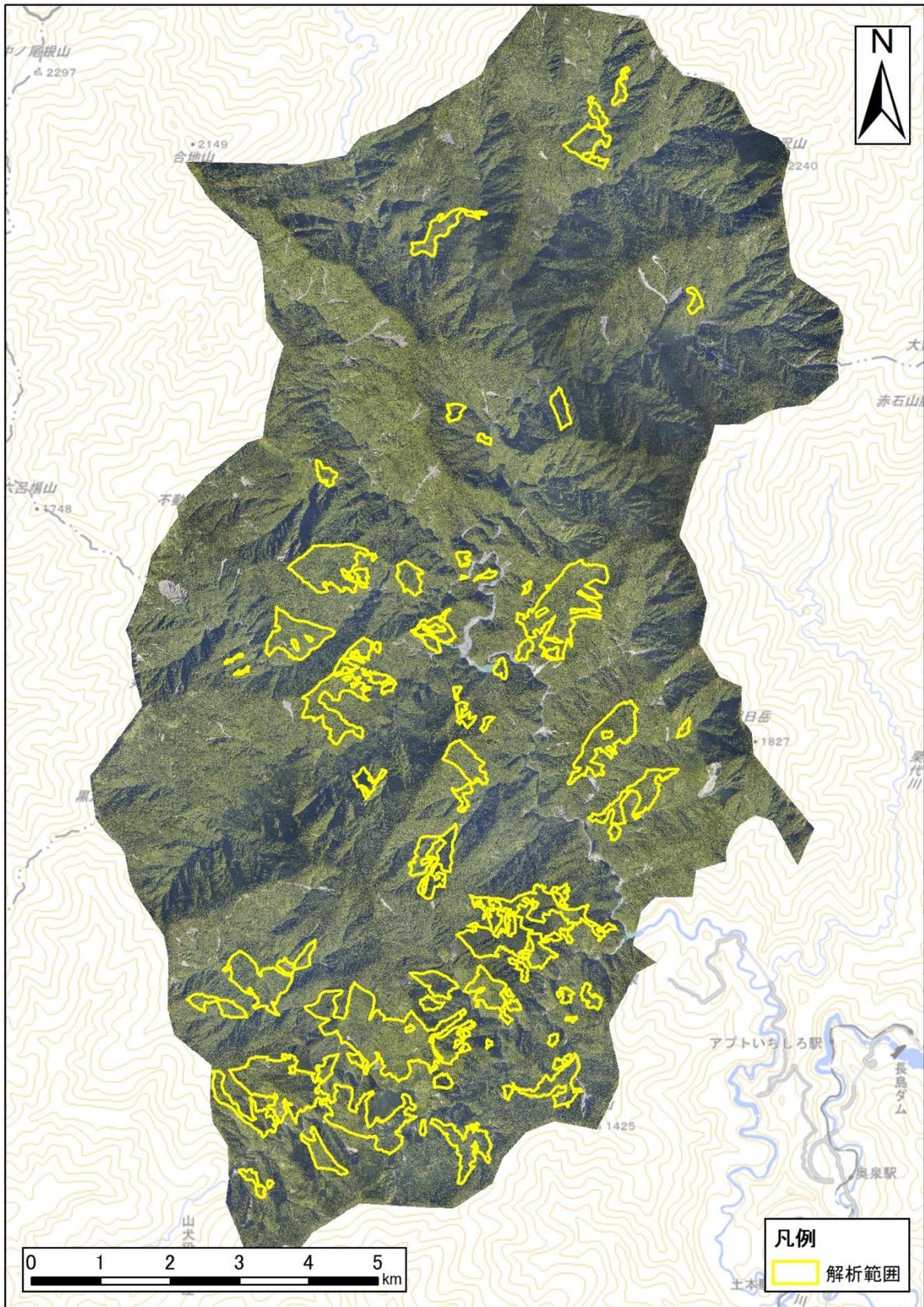


図 3-5 選定小班位置図(静岡県)

### 3.1.3 林相判読

#### 1) 林相識別の手法

取得した森林データと森林簿を比較した場合、小班内にスギ・ヒノキが混在しており、森林簿のみでは資源配置を詳細に検討できないことから、解析範囲内にて詳細な林相判読を行った。

林相判読は航空写真の他、航空レーザ計測データから林相識別図としてレーザ林相図（特許第5592855号）を作成した。レーザ林相図はオルソ写真等と比較すると、判読作業において以下のような利点がある。このような利点があるレーザ林相図を併用して判読することで、より精度の高い林相区分図を作成することができる。

- 撮影時の日射条件（天候や太陽方位・高度等）による画像の色合いに違いが生じず、撮影範囲を一様に判別できる。
- 植生域を緑色だけでなく、赤色、黄色、青色など多様な色で表現でき、樹種を識別するための情報量が多い。
- 地形の影響による影が生じず、谷部でも明瞭に表現される。
- 樹木や建物などの倒れ込みが生じず、より正確に境界線を判読できる。

#### 2) レーザ林相図の作成

レーザ林相図は、以下の3つの構成要素の画像を合成して作成する。

##### ▶ 樹冠高モデル（DCHM: Digital Canopy Height Model）

DCSM(Digital Canopy Surface Model:数値表層高モデル)とDEM(Digital Elevation Model:数値標高モデル)の差分解析により作成される樹冠高を表すモデルである。

##### ▶ 樹冠形状モデル

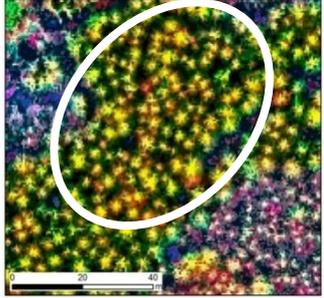
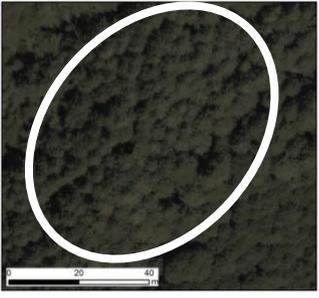
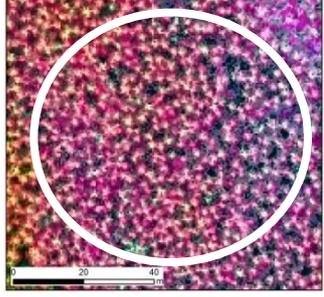
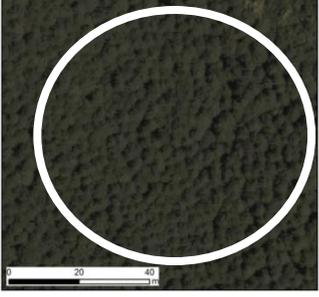
樹冠高モデルから作成される樹冠の形状、凹凸、樹木配列等を表すモデルである。

##### ▶ レーザの反射強度モデル（DIM: Digital Intensity Model）

航空機から照射されたレーザが地表面で反射して再びセンサに検知される際の強度を表すモデルである。照射されるレーザの波長は1,064nmの近赤外波長であることから、反射したときに取得される反射強度は植生の違いを識別する指標として有効である。

樹冠高、樹冠形状、反射強度の3種類の画像を合成することで、レーザ林相図を作成した。また、各樹種の代表的な判読キーを表3-4に示す。レーザ林相図はオルソ写真と比べて、色調、テクスチャの違いが明確で、樹種や生育状況が異なる林分の分布境界の識別が容易である。

表 3-4 レーザ林相図とオルソ写真から読み取れる判読キーの特徴

林相名	レーザ林相図	オルソ写真
スギ		
	<p>スギは、個々の樹冠が明瞭であり、青みがかった黄色～緑がかった黄色を呈する。樹冠の密度が疎な林分では林床を示す青色が混じることもある。</p>	<p>赤みを帯びた深緑色に見える。樹冠は円錐形で、明瞭であり、ヒノキに比べてきめが粗い。</p>
ヒノキ		
	<p>ヒノキは、スギと比べて、個々の樹冠がやや不明瞭である。若齢林は桃色～濃い桃色を呈し、壮齢～老齢林は赤みを帯びた橙色～赤色を呈する。</p>	<p>樹冠は鈍い円錐形であり、スギに比べてきめが細かい、若齢林は薄い黄緑色、壮齢～老齢林は深い黄緑色に見える。</p>
その他 針葉樹		
	<p>マツは、青みを帯びた緑色を呈する。樹冠が疎である箇所では広葉樹が混じることもある。</p>	<p>スギやヒノキに比べて色が薄く見える。樹冠は不整形で、羽毛状に見える。</p>

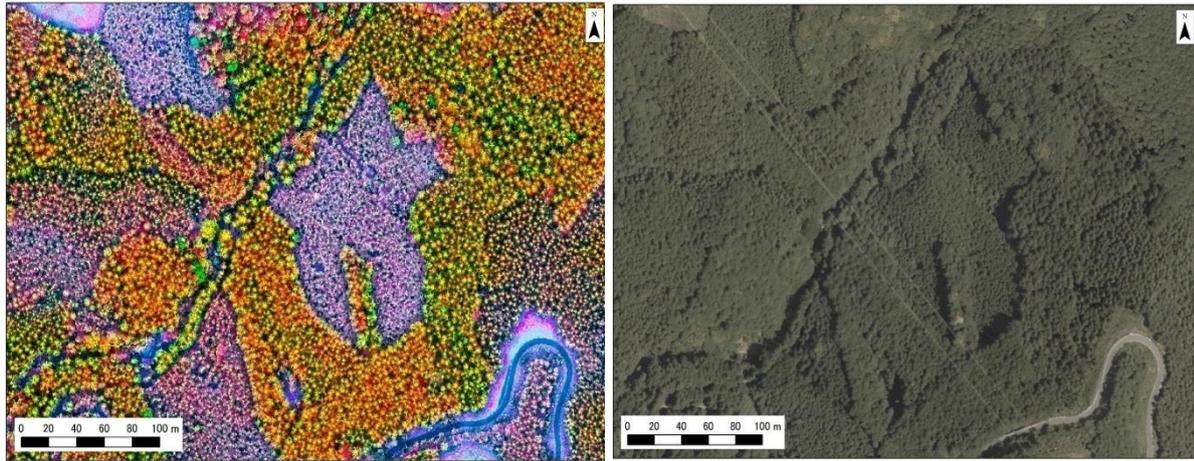


図 3-6 レーザ林相図とオルソ写真の同一箇所と比較

### 3) 林相判読

林相判読にあたり、レーザ林相図及びオルソ写真の色調を、樹種分布と照合し、判読キー（各凡例の判読指標）を作成した（サンプル例 表 3-4 で示す）。この判読キーの特徴を基に、レーザ林相図、オルソ写真から目視判読により林相区分図を作成した。なお、最小判読単位は縮尺 1/5,000 の図上で 1cm×1cm（実尺 50m×50m）とした。

林相区分図の凡例を表 3-5 に示す。

表 3-5 林相区分図の凡例

林相 ID	林相名
1	スギ
2	ヒノキ
3	その他樹種

以上に基づき、各地域の林相判読を行った。各地域の林相判読の結果について図 3-7～図 3-12 に示す。

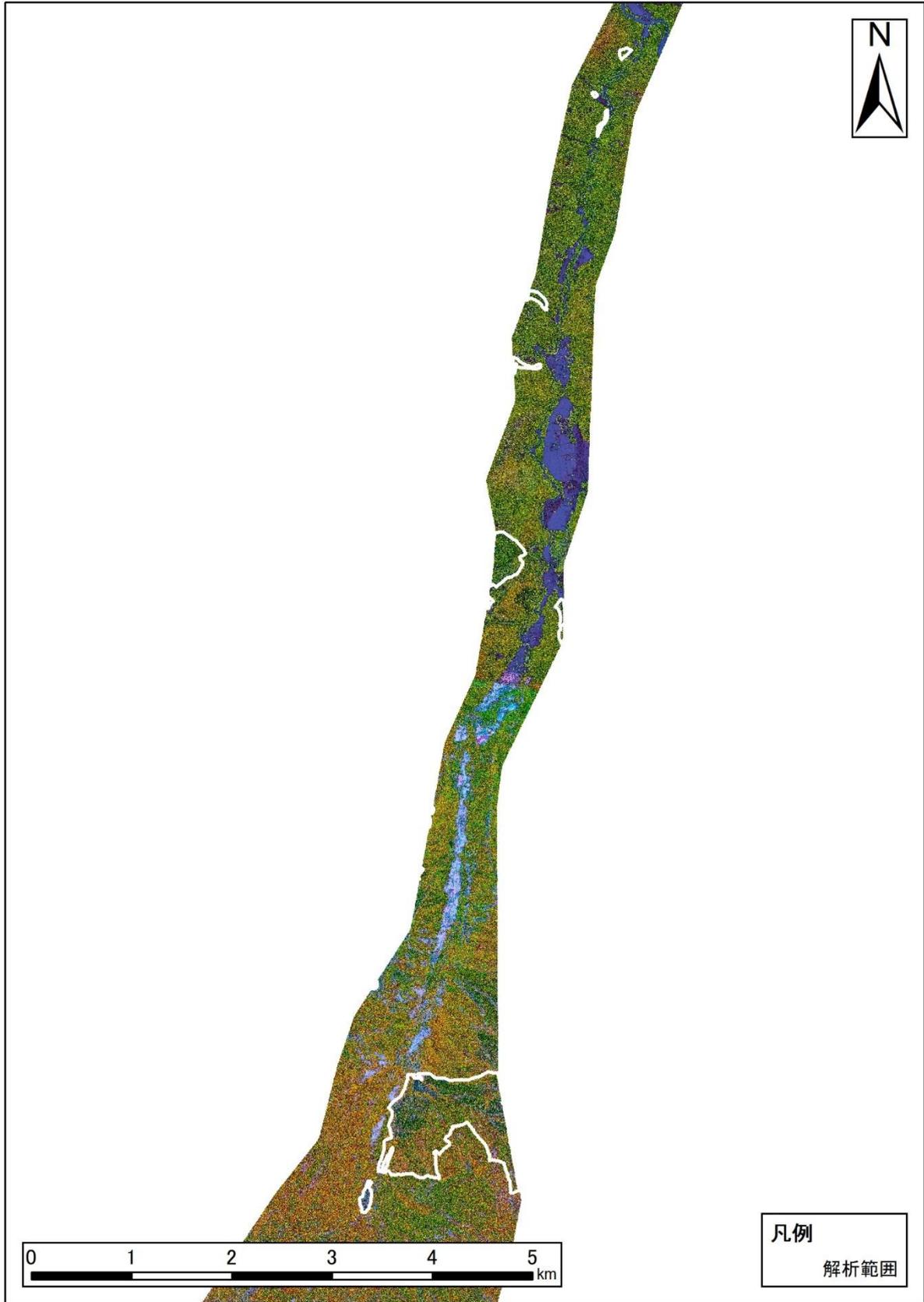


図 3-7 レーザ林相図(福島県)

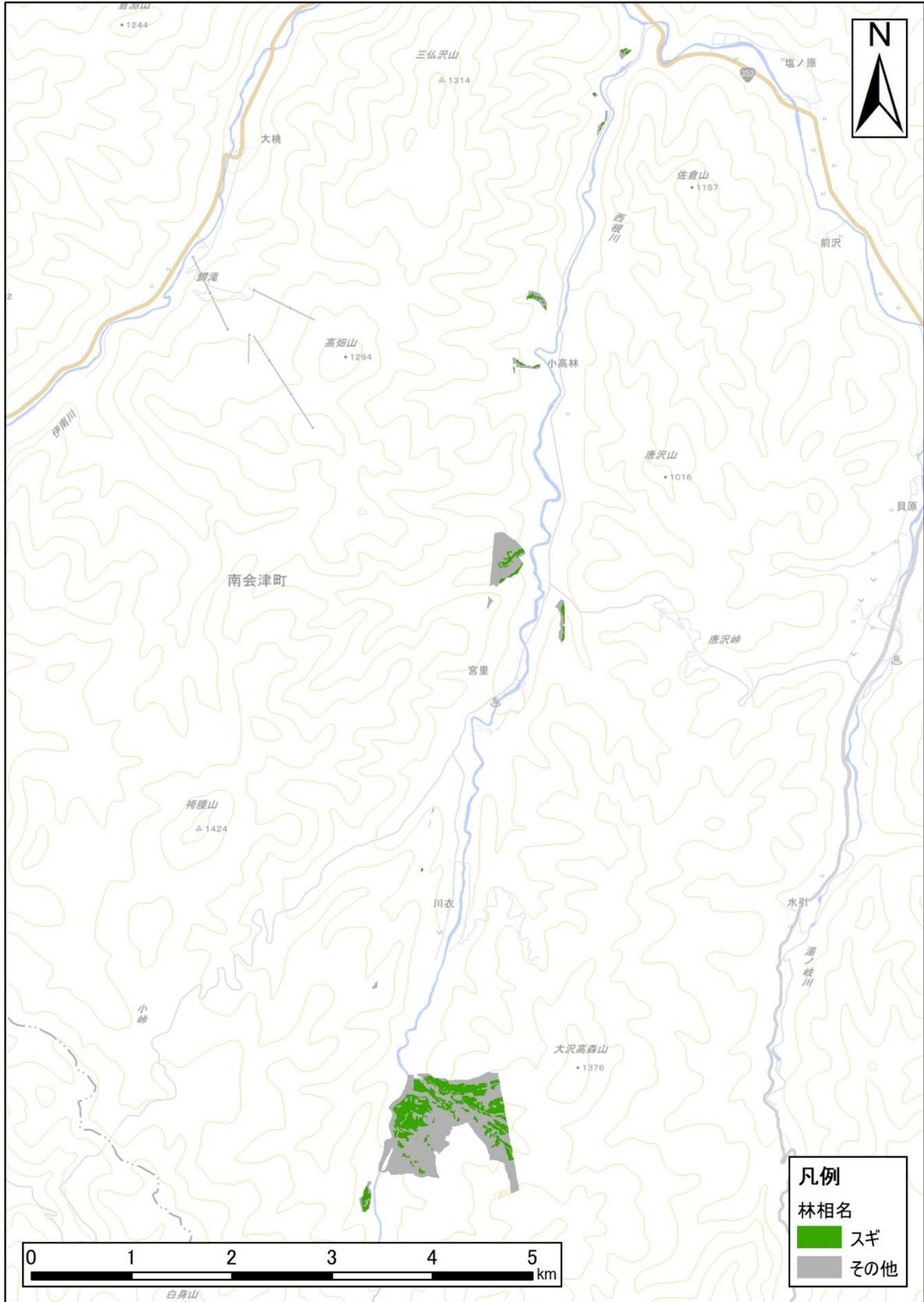


図 3-8 林相区分図(福島県)

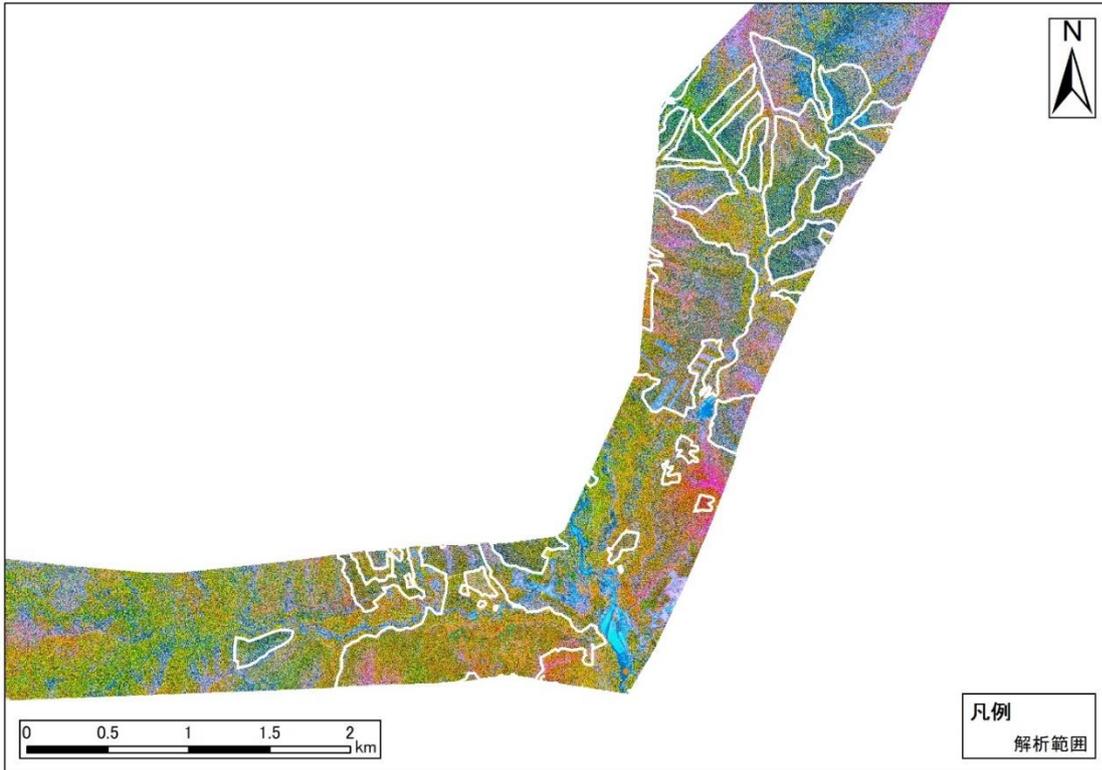


図 3-9 レーザ林相図(群馬県)

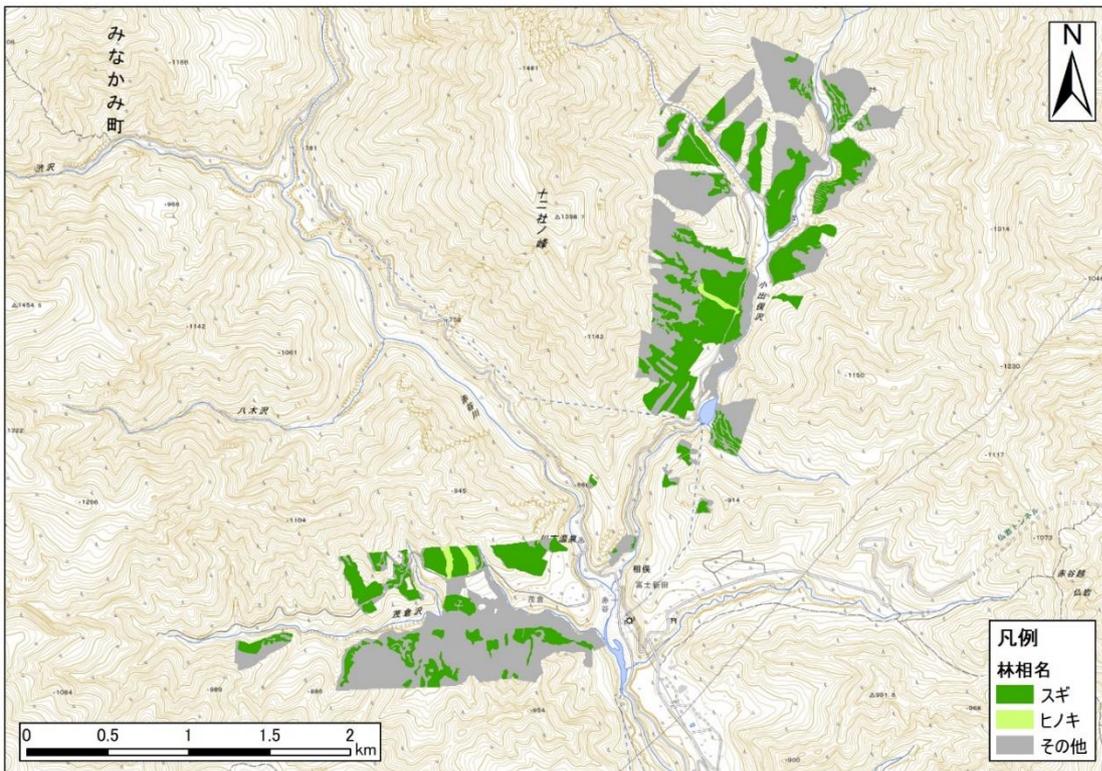


図 3-10 林相区分図(群馬県)

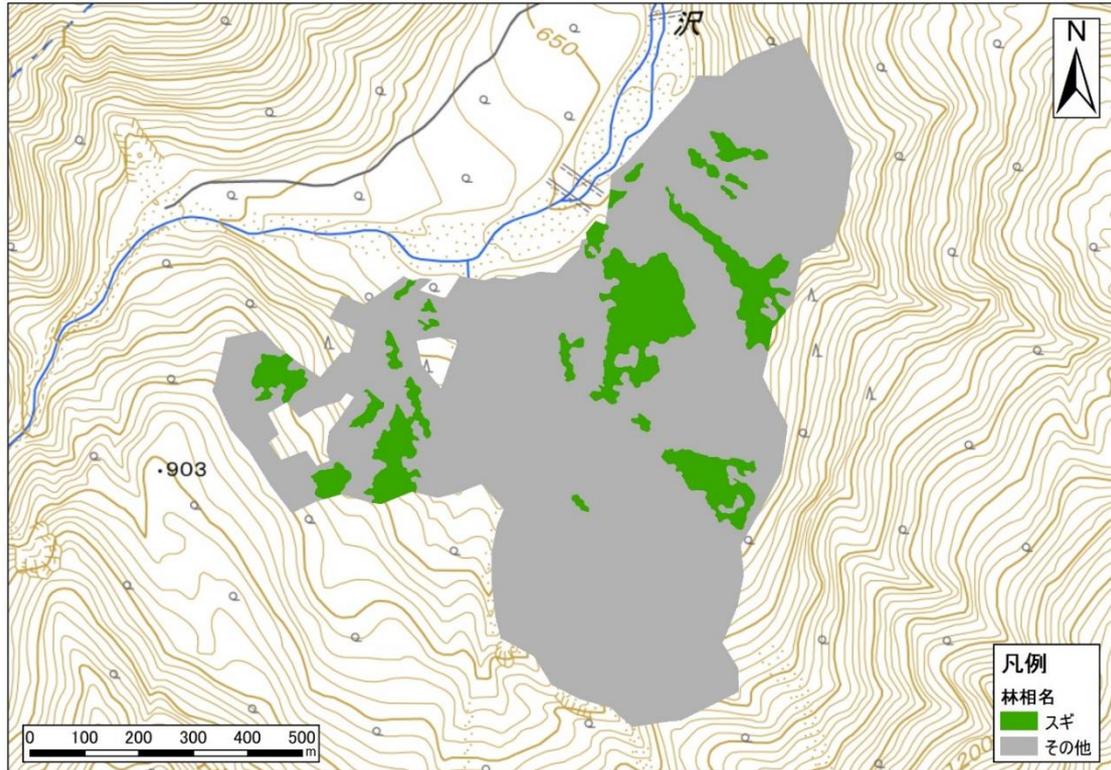


図 3-11 林相区分図(新潟県)

※計測データ内に反射強度が含まれなかったため、レーザ林相図は未作成

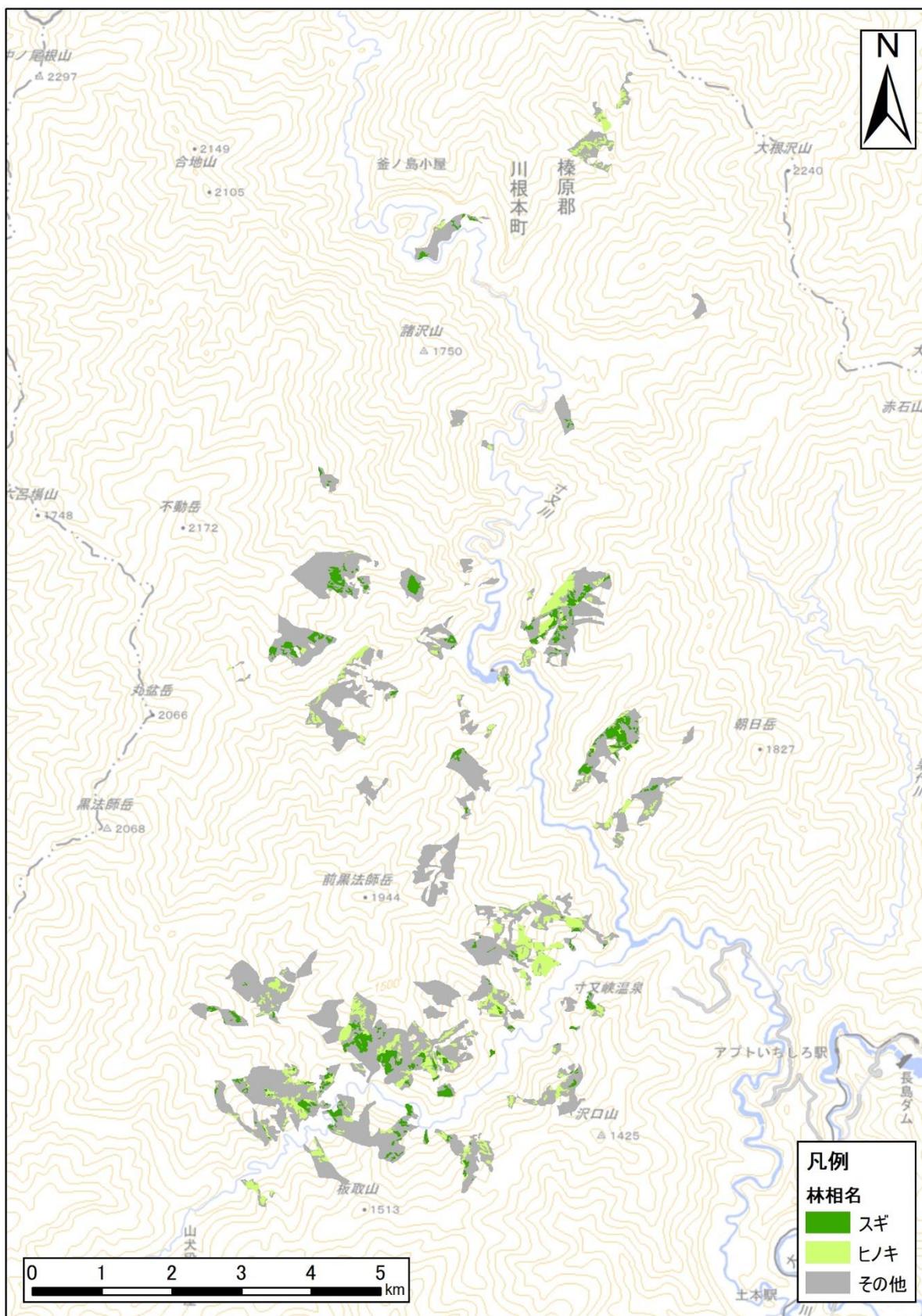


図 3-12 林相区分図(静岡県)

※計測データ内に反射強度が含まれなかったため、レーザ林相図は未作成

### 3.1.4 樹頂点の抽出

#### 1) 樹頂点抽出及び樹高計測方法

本業務では、樹頂点抽出技術（特許第 4279894 号）を用いてスギ、ヒノキの解析を行った。手順は以下の①~③の通りである。

- ① DCHM から樹冠形状指数を計算する。樹冠形状指数とは、樹冠表層面の凹凸を表角度情報で表す指数で、凸部ほど高い値になり凹部ほど低い値を取る。梢端では凸状であり、樹冠縁は凹状となり、必ず単木毎に高い値と低い値が含まれる。そのため画像上で単木を識別しやすくなる。
- ② 冠形状指数を用いて、樹冠部を抽出する。動的に決められる閾値以上のまとまりが樹冠部として抽出される。
- ③ 最後に樹冠部の中の DCHM を調べ、最も DCHM が高いメッシュの位置を樹頂点として抽出する。一つの樹冠に複数の凸部がある場合の過剰抽出を避けるために樹頂点間の距離に制限値を設定し、制限値以内の距離にある複数の樹頂点のうち、最も DCHM が高い樹頂点のみを抽出する。

抽出した樹頂点の位置の DCHM を樹頂点に紐付け、樹高として情報を整備した。

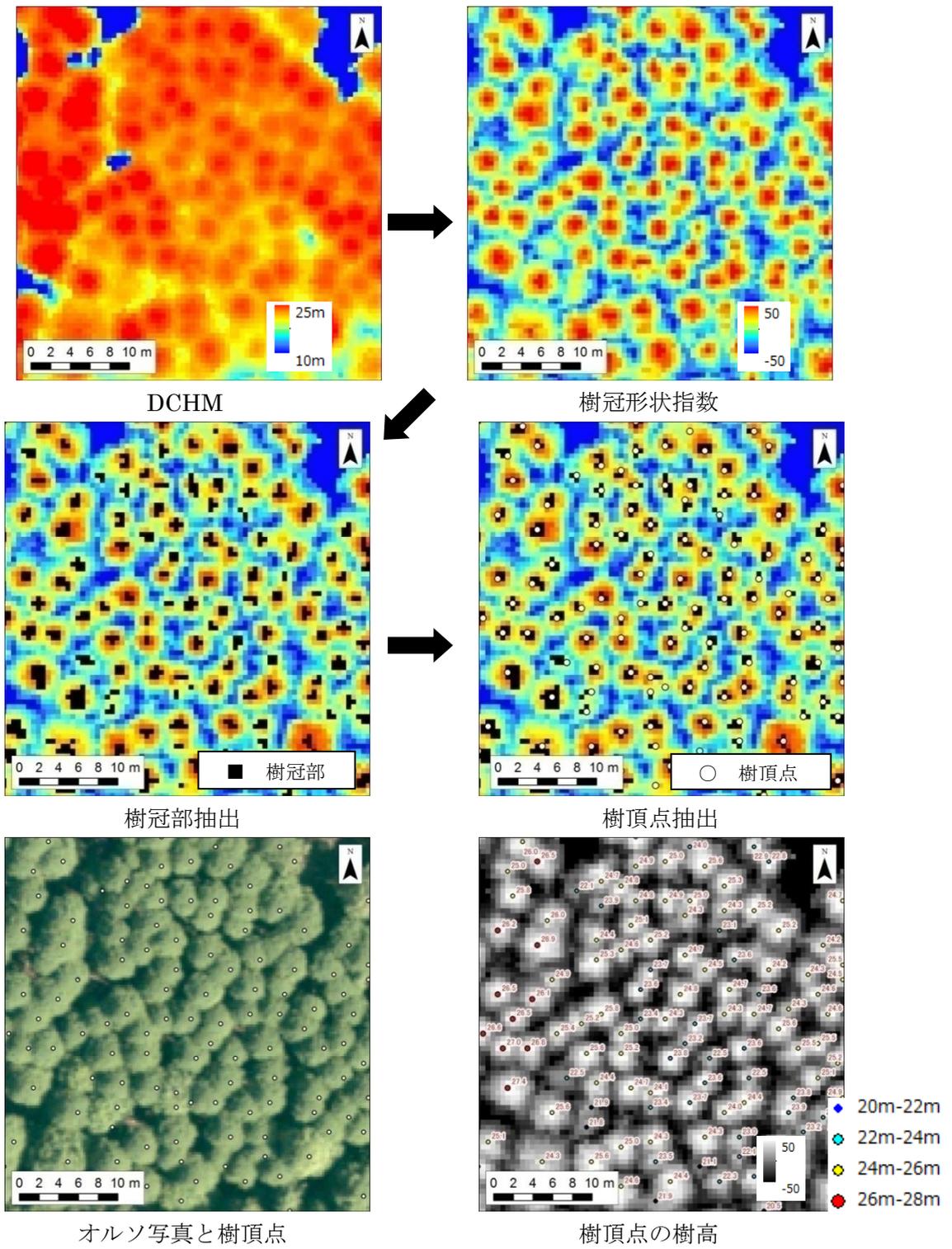


図 3-13 樹頂点の抽出過程

### 3.1.5 胸高直径の推定

航空計測データは上空からの形状計測となるため、DBHのような側面からの計測が必要なものは、現地調査により計測樹のDBHを計測し、レーザによる樹冠形状と計測DBHの相関を検討することにより値を推定する。

本業務においては、選定したエリア周辺の民有林における調査成果の現地調査結果と抽出樹頂点の結果から重回帰分析を実施し、胸高直径推定式を用いて推定を実施した。

重回帰分析のイメージを図 3-14 に、地域毎の重回帰分析結果及び胸高直径推定式を表 3-6～表 3-9 に示す。

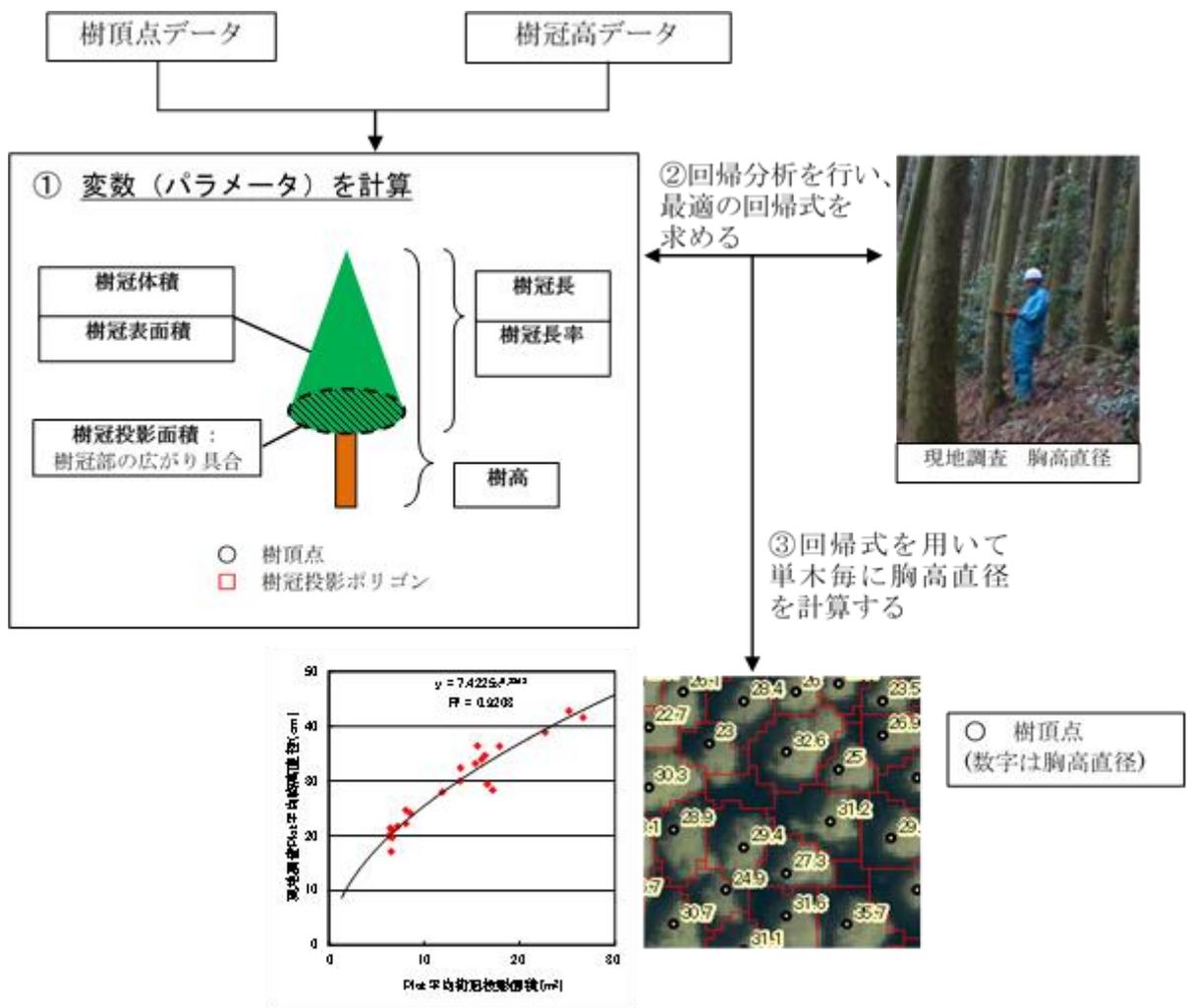


図 3-14 重回帰分析の流れ

### 【回帰分析に使用する用語】

- 補正  $R^2$  値…回帰式を評価する場合、一般的に  $R^2$  値が使用される。しかし、重回帰分析において説明変数の数が違う場合、 $R^2$  値から式の良否を評価することはできない（説明変数の数が大きいほど  $R^2$  値は良好な値を示す）。このような説明変数の数の影響を取り除き、見かけ上の当てはまりの良さを差し引いた数値が補正  $R^2$  値である。この数値が高いほど、回帰式から求められる予測値が目的変数に近く、回帰式の当てはまりが良いことを示す。自由度調整済決定係数ともいわれる。
- RMSE…2乗平均平方根誤差（Root Mean Squared Error）。回帰式から求められる予測値が真値からどの程度乖離しているかを示す。0に近い値であるほど誤差が小さいことを示す。
- p 値…回帰分析の場合、目的変数と関係がない説明変数を加えても回帰式は作成される。例えば体重を目的変数とした場合、身長や腹囲など体重と関係がある説明変数の他に、視力という全く関係ない説明変数を加えて回帰分析すると、作成された回帰式に視力の係数も設定される。しかし、その係数は偶然その値になっただけで、視力と体重に関係があることを示しているわけではない。このような目的変数と説明変数の関係を判断するために p 値が用いられる。  
p 値は帰無仮説（ある仮説に対して真逆の仮説）が成立していると仮定した場合、帰無仮説が成立する確率である。本解析では、樹冠投影面積、樹高などの説明変数が胸高直径と全く関係がないと仮定した場合、回帰式の係数が得られる可能性を示している。p 値が小さければ、「目的変数と説明変数の関係が全くないということはありません」といえることになり、目的変数と説明変数に関係があると考えられることができる。この p 値の判断基準として、一般的に 0.05（5%）未満が用いられる。

$R^2$  値や、RMSE が回帰式から求められる予測値を評価するものであるのに対し、p 値は回帰式の説明変数の使用の可否を判断するものである。

胸高直径の推定に使用する回帰式を決定する際、まず説明変数の p 値が全て 0.05（5%）未満である回帰式を選び、その中で補正  $R^2$  値が高く、RMSE が小さい式を選定した。

すなわち、目的変数（胸高直径の実測値）と説明変数（樹冠投影面積、樹高など）の関係が強く、回帰式の当てはまりが良く、回帰式から求められる予測値（胸高直径の推定値）と真値（胸高直径の真値）の誤差が小さい回帰式を良好な胸高直径の推定式として選定した。

現地で計測した平均胸高直径  $d$ (cm) と、航空レーザ計測より求められた 6 つの変数との比較を行い、最も関係の強い変数を使用することで、平均胸高直径を推定する回帰式を求めた。6 つの変数は、樹高  $h$ (m)、樹冠投影面積  $Ca$ ( $m^2$ )、樹冠長  $Ch$ (m)、樹冠長率  $Cp$ (%)、樹冠表面積  $A$ ( $m^2$ )、樹冠体積  $V$ ( $m^3$ ) である。回帰式を求める際には、6 つの変数から強い関係が予想される変数の組み合わせを 11 パターン試行し比較を行った。回帰式の基本型は以下の式となる。

$$d = \alpha \times X_1^{\beta_1} \times X_2^{\beta_2} \times X_3^{\beta_3}$$

( $\alpha$ :定数  $X_1 \sim X_3$ :説明変数  $\beta_1 \sim \beta_3$ :説明変数の係数)

各県のスギ・ヒノキにおける回帰式は民有林の周辺地域のものを用いた。

なお、回帰式の選択の際は、1 変数による影響を抑えるために、基本的に 2 つ以上の変数を用いることを原則とした。

本業務で解析したエリアにおける回帰分析結果を表 3-6～表 3-9 に示す。

表 3-6 重回帰分析結果(福島県 スギ)

回帰式	説明変数の組合せ	$\alpha$	$\beta 1$	$\beta 2$	$\beta 3$	補正R <sup>2</sup>	RMSE
1	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積	5.765 ***	0.642 ***			0.634	4.39
2	X <sub>1</sub> 樹冠表面積	7.526 ***	0.331 ***			0.332	6.02
3	X <sub>1</sub> 樹冠体積	10.243 ***	0.279 ***			0.409	5.99
4	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹高	2.236 ***	0.295 ***	0.597 ***		0.880	2.87
5	X <sub>1</sub> 樹冠表面積 X <sub>2</sub> 樹高	1.803 ***	0.142 ***	0.721 ***		0.854	3.18
6	X <sub>1</sub> 樹冠体積 X <sub>2</sub> 樹高	2.240 ***	0.117 ***	0.696 ***		0.858	3.23
7	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹冠長	6.198 ***	0.842 ***	-0.260 **		0.687	3.81
8	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹冠長率	14.480 ***	0.694 ***	-0.280 ***		0.810	3.17
9	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹高 X <sub>3</sub> 樹冠長	2.309 ***	0.327 ***	0.582 ***	-0.030	0.878	2.85
10	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹高 X <sub>3</sub> 樹冠長率	2.575 **	0.322 ***	0.560 ***	-0.025	0.878	2.86
11	X <sub>1</sub> 樹高	2.419 ***	0.818 ***	0.000	0.000	0.8038	3.55

† p値<0.1 \* p値<0.05 \*\* p値<0.01 \*\*\* p値<0.001

・スギの回帰式

$$d = 2.236 \times Ca^{0.295} \times h^{0.597} \quad (Ca : \text{樹冠投影面積} \quad h : \text{樹高})$$

(平成30年度福島県民有林の森林資源解析結果で得られたもの)

表 3-7 重回帰分析結果(群馬県 上:スギ、下:ヒノキ)

回帰式	説明変数の組合せ	$\alpha$	$\beta 1$	$\beta 2$	$\beta 3$	補正R <sup>2</sup>	RMSE
1	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積	5.765 ***	0.642 ***			0.634	4.39
2	X <sub>1</sub> 樹冠表面積	7.526 ***	0.331 ***			0.332	6.02
3	X <sub>1</sub> 樹冠体積	10.243 ***	0.279 ***			0.409	5.99
4	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹高	2.236 ***	0.295 ***	0.597 ***		0.880	2.87
5	X <sub>1</sub> 樹冠表面積 X <sub>2</sub> 樹高	1.803 ***	0.142 ***	0.721 ***		0.854	3.18
6	X <sub>1</sub> 樹冠体積 X <sub>2</sub> 樹高	2.240 ***	0.117 ***	0.696 ***		0.858	3.23
7	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹冠長	6.198 ***	0.842 ***	-0.260 **		0.687	3.81
8	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹冠長率	14.480 ***	0.694 ***	-0.280 ***		0.810	3.17
9	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹高 X <sub>3</sub> 樹冠長	2.309 ***	0.327 ***	0.582 ***	-0.030	0.878	2.85
10	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹高 X <sub>3</sub> 樹冠長率	2.575 **	0.322 ***	0.560 ***	-0.025	0.878	2.86
11	X <sub>1</sub> 樹高	2.419 ***	0.818 ***	0.000	0.000	0.8038	3.55

† p値<0.1 \* p値<0.05 \*\* p値<0.01 \*\*\* p値<0.001

回帰式	説明変数の組合せ	$\alpha$	$\beta 1$	$\beta 2$	$\beta 3$	補正R <sup>2</sup>	RMSE
1	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積	6.380 ***	0.579 ***			0.686	2.67
2	X <sub>1</sub> 樹冠表面積	5.754 ***	0.458 ***			0.590	3.01
3	X <sub>1</sub> 樹冠体積	10.441 ***	0.326 ***			0.613	3.28
4	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹高	2.323 ***	0.315 ***	0.563 ***		0.891	1.70
5	X <sub>1</sub> 樹冠表面積 X <sub>2</sub> 樹高	1.914 ***	0.240 ***	0.623 ***		0.882	1.71
6	X <sub>1</sub> 樹冠体積 X <sub>2</sub> 樹高	2.697 ***	0.173 ***	0.610 ***		0.886	1.90
7	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹冠長	6.267 ***	0.615 ***	-0.055		0.676	2.66
8	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹冠長率	13.133 ***	0.636 ***	-0.292 ***		0.794	2.17
9	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹高 X <sub>3</sub> 樹冠長	2.328 ***	0.256 **	0.577 ***	0.080	0.890	1.65
10	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹高 X <sub>3</sub> 樹冠長率	1.611	0.256 **	0.657 ***	0.080	0.890	1.65
11	X <sub>1</sub> 樹高	2.023 **	0.844 ***	0.000	0.000	0.7704	2.62

† p値<0.1 \* p値<0.05 \*\* p値<0.01 \*\*\* p値<0.001

・スギの回帰式

$$d = 2.236 \times Ca^{0.295} \times h^{0.597} \quad (Ca : \text{樹冠投影面積} \quad h : \text{樹高})$$

・ヒノキの回帰式

$$d = 2.323 \times Ca^{0.315} \times h^{0.563} \quad (Ca : \text{樹冠投影面積} \quad h : \text{樹高})$$

(平成30年度福島県民有林の森林資源解析結果で得られたもの)

表 3-8 重回帰分析結果(新潟県 スギ)

回帰式	説明変数の組合せ	$\alpha$	$\beta 1$	$\beta 2$	$\beta 3$	補正R <sup>2</sup>	RMSE
1	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積	4.206 ***	0.751 ***			0.832	3.28
2	X <sub>1</sub> 樹冠表面積	5.091 ***	0.466 ***			0.483	5.49
3	X <sub>1</sub> 樹冠体積	8.629 ***	0.360 ***			0.567	5.37
4	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹高	2.093 ***	0.445 ***	0.478 ***		0.926	2.29
5	X <sub>1</sub> 樹冠表面積 X <sub>2</sub> 樹高	1.243	0.242 ***	0.725 ***		0.912	2.53
6	X <sub>1</sub> 樹冠体積 X <sub>2</sub> 樹高	1.870 ***	0.182 ***	0.686 ***		0.912	2.71
7	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹冠長	4.420 ***	0.926 ***	-0.283 ***		0.879	2.71
8	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹冠長率	8.292 ***	0.746 ***	-0.205 ***		0.909	2.46
9	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹高 X <sub>3</sub> 樹冠長	1.998 **	0.409 **	0.506 ***	0.030	0.925	2.30
10	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹高 X <sub>3</sub> 樹冠長率	1.799	0.415 **	0.526 **	0.025	0.924	2.29
11	X <sub>1</sub> 樹高	1.807 *	0.894 ***	0.000	0.000	0.8063	3.83

† p値<0.1 \* p値<0.05 \*\* p値<0.01 \*\*\* p値<0.001

・スギの回帰式

$$d = 2.093 \times Ca^{0.445} \times h^{0.478} \quad (Ca : \text{樹冠投影面積} \quad h : \text{樹高})$$

(令和元年度新潟県長岡市の民有林の森林資源解析結果で得られたもの)

表 3-9 重回帰分析結果(静岡県 上:スギ、下:ヒノキ)

回帰式	説明変数の組合せ	$\alpha$	$\beta 1$	$\beta 2$	$\beta 3$	補正R <sup>2</sup>	RMSE
1	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積	9.981 ***	0.441 ***			0.713	2.94
2	X <sub>1</sub> 樹冠表面積	14.729 ***	0.213 ***			0.343	4.23
3	X <sub>1</sub> 樹冠体積	18.358 ***	0.169 ***			0.405	4.28
4	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹高	2.474 **	0.223 ***	0.604 ***		0.855	2.07
5	X <sub>1</sub> 樹冠表面積 X <sub>2</sub> 樹高	1.601	0.084 *	0.826 ***		0.813	2.27
6	X <sub>1</sub> 樹冠体積 X <sub>2</sub> 樹高	1.886 *	0.067 *	0.801 ***		0.817	2.31
7	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹冠長	8.631 ***	0.608 ***	-0.199 **		0.797	2.36
8	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹冠長率	13.298 ***	0.530 ***	-0.185 ***		0.838	2.20
9	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹高 X <sub>3</sub> 樹冠長	3.023 **	0.337 ***	0.490 **	-0.087	0.862	2.02
10	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹高 X <sub>3</sub> 樹冠長率	4.476 **	0.336 ***	0.405 *	-0.086	0.862	2.03
11	X <sub>1</sub> 樹高	1.442	0.946 ***	0.000	0.000	0.7745	2.57

† p値<0.1 \* p値<0.05 \*\* p値<0.01 \*\*\* p値<0.001

回帰式	説明変数の組合せ	$\alpha$	$\beta 1$	$\beta 2$	$\beta 3$	補正R <sup>2</sup>	RMSE
1	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積	6.010 ***	0.683 ***			0.669	2.60
2	X <sub>1</sub> 樹冠表面積	8.684 ***	0.392 ***			0.372	3.63
3	X <sub>1</sub> 樹冠体積	14.885 ***	0.259 ***			0.385	4.10
4	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹高	2.721 ***	0.453 ***	0.427 ***		0.796	2.20
5	X <sub>1</sub> 樹冠表面積 X <sub>2</sub> 樹高	2.123 *	0.245 ***	0.606 ***		0.738	2.46
6	X <sub>1</sub> 樹冠体積 X <sub>2</sub> 樹高	3.060 ***	0.159 ***	0.599 ***		0.734	2.77
7	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹冠長	4.884 ***	0.899 ***	-0.301 **		0.739	2.20
8	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹冠長率	9.445 ***	0.725 ***	-0.223 ***		0.792	2.13
9	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹高 X <sub>3</sub> 樹冠長	2.874 ***	0.563 ***	0.360 **	-0.102	0.795	2.15
10	X <sub>1</sub> 樹冠投影面積 X <sub>2</sub> 樹高 X <sub>3</sub> 樹冠長率	4.626 *	0.566 ***	0.254	-0.104	0.795	2.15
11	X <sub>1</sub> 樹高	2.733 **	0.740 ***	0.000	0.000	0.6091	2.83

† p値<0.1 \* p値<0.05 \*\* p値<0.01 \*\*\* p値<0.001

・スギの回帰式

$$d = 2.474 \times Ca^{0.223} \times h^{0.604} \quad (Ca : \text{樹冠投影面積} \quad h : \text{樹高})$$

・ヒノキの回帰式

$$d = 2.721 \times Ca^{0.453} \times h^{0.427} \quad (Ca : \text{樹冠投影面積} \quad h : \text{樹高})$$

(令和元年度静岡県志太榛原地域の民有林の森林資源解析結果で得られたもの)

また、参考情報として、その他の地域の航空レーザ計測データから作成された胸高直径推定式を以下に示す。なお、茨城県の民有林で作成された胸高直径推定式については作成方法などの情報が得られなかった。

(福島県 国有林)

平成26年度「森林における除染等実証事業」のうち「航空レーザ計測業務」

・スギの回帰式

$$d = 8.0718 C_a^{0.5214} \quad (C_a : \text{樹冠投影面積})$$

※相関係数R 0.97, RMSE 2.20

・ヒノキの回帰式

$$d = 6.0718 C_a^{0.6262} \quad (C_a : \text{樹冠投影面積})$$

※相関係数 R 0.99, RMSE 1.77

(栃木県 民有林)

平成27年度栃木県素材供給力強化等業務委託 森林資源調査 (航空レーザ計測・解析)

・スギの回帰式

(全地区)

$$d = 3.500 \times C_a^{0.406} \times h^{0.347} \quad (C_a: \text{樹冠投影面積} \quad h: \text{樹高})$$

※相関係数R 0.93, RMSE 3.03

・ヒノキの回帰式

(那須町、鹿沼市)

$$d = 6.904 C_a^{0.508} \quad (C_a : \text{樹冠投影面積})$$

※相関係数 R 0.91, RMSE 2.02

(矢板市)

$$d = 10.694 C_a^{0.362} \quad (C_a : \text{樹冠投影面積})$$

※,相関係数 R 0.91, RMSE 1.38

(神奈川 民有林)

①平成31年度水源林林況等基礎調査業務委託(航空レーザ計測・解析)

計測地域；県西地域

・スギの回帰式

$$d = 4.238 \times C_a^{0.343} \times h^{0.377} \quad (C_a: \text{樹冠投影面積} \quad h: \text{樹高})$$

※相関係数R 0.93, RMSE 2.65

・ヒノキの回帰式

$$d = 1.721 \times h^{0.961} \quad (h : \text{樹高})$$

※相関係数R 0.91, RMSE 2.44

②令和元年度航空レーザ測量及び山地災害重点地域全体計画策定業務委託(航空レーザ計測・解析)

計測地域：相模原市(緑区)

- ・スギの回帰式

$$d = 2.506 \times Ca^{0.196} \times h^{0.659} \quad (\text{Ca: 樹冠投影面積 } h: \text{樹高})$$

※相関係数R 0.93, RMSE 2.19

- ・ヒノキの回帰式

$$d = 2.943 \times Ca^{0.408} \times h^{0.390} \quad (\text{Ca: 樹冠投影面積 } h: \text{樹高})$$

※相関係数R 0.93, RMSE 1.56

③令和2年度水源林林況等基礎調査業務委託(航空レーザ計測・解析)

計測地域；県央地域

- ・スギの回帰式

$$d = 2.965 \times Ca^{0.347} \times h^{0.473} \quad (\text{Ca: 樹冠影面積 } h: \text{樹高})$$

※相関係数R 0.96, RMSE 3.04

- ・ヒノキの回帰式

$$d = 2.570 \times Ca^{0.348} \times h^{0.529} \quad (\text{Ca: 樹冠投影面積 } h: \text{樹高})$$

※相関係数R 0.97, RMSE 2.38

### 3.1.6 集計結果

3.1.5 章において各地域のスギ、ヒノキ林相における樹頂点毎に、回帰分析により求めた胸高直径推定式から、単木毎の胸高直径を推定した。その後、小班林相単位(小班内の林相毎)及び20mメッシュ林相単位(20mメッシュ内の林相毎)に集計し、現実林分の資源情報を整理した。以下に各種集計結果を示す。

#### 1) 立木密度

各地域の対象小班内のスギ、ヒノキの各林相における立木密度を集計した。対象4地域の立木密度区分毎の面積を表3-10～表3-13に、立木密度区分図を図3-15～図3-22に示す。

表 3-10 立木密度区分毎の面積(福島県 スギ)

樹種	500未満 (本/ha)		500以上 750未満 (本/ha)		750以上 1000未満 (本/ha)		1000以上 1250未満 (本/ha)		1250以上 1500未満 (本/ha)		1500以上 (本/ha)		総計 面積 (ha)
	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	
スギ	0.00	0.0%	0.74	2.2%	11.29	33.0%	19.37	56.7%	2.78	8.1%	0.00	0.0%	34.19

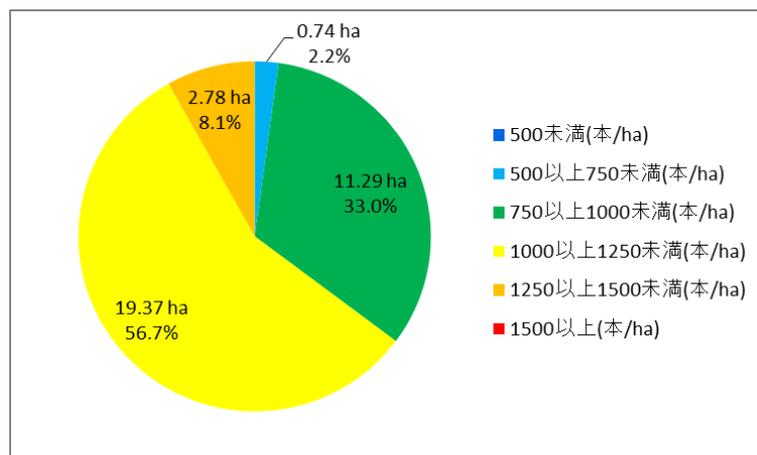


図 3-15 立木密度区分毎の面積(福島県 スギ)

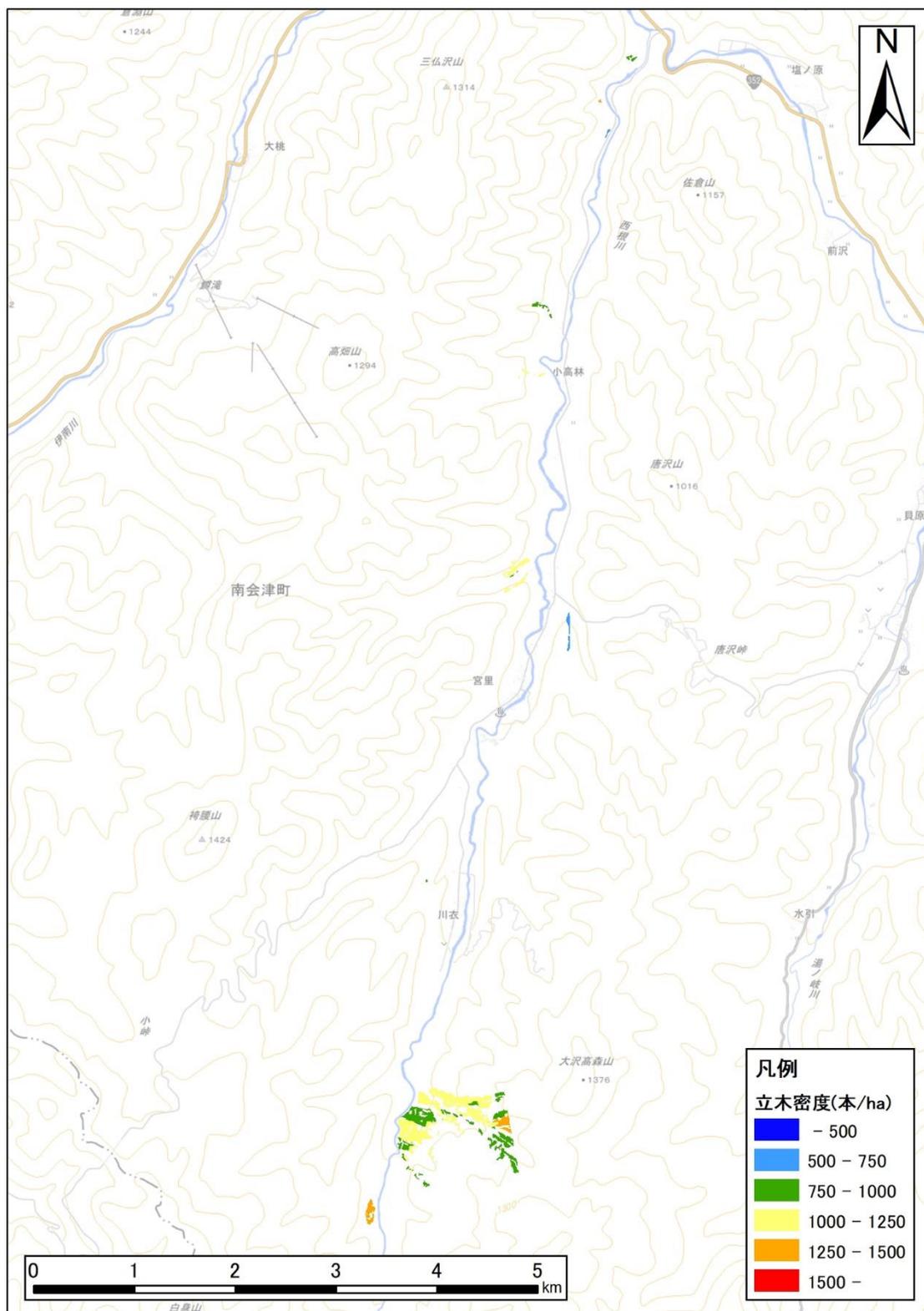


图 3-16 立木密度区分图(福島県)

表 3-11 立木密度区分毎の面積(群馬県)

樹種	500未満 (本/ha)		500以上 750未満 (本/ha)		750以上 1000未満 (本/ha)		1000以上 1250未満 (本/ha)		1250以上 1500未満 (本/ha)		1500以上 (本/ha)		総計 面積 (ha)
	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	
スギ	0.00	0.0%	8.00	8.4%	50.13	52.4%	22.72	23.7%	10.90	11.4%	3.92	4.1%	95.67
ヒノキ	0.00	0.0%	0.00	0.0%	0.04	1.6%	0.14	5.7%	0.21	8.9%	2.00	83.8%	2.39
合計	0.00	0.0%	8.00	8.2%	50.17	51.2%	22.86	23.3%	11.11	11.3%	5.92	6.0%	98.06

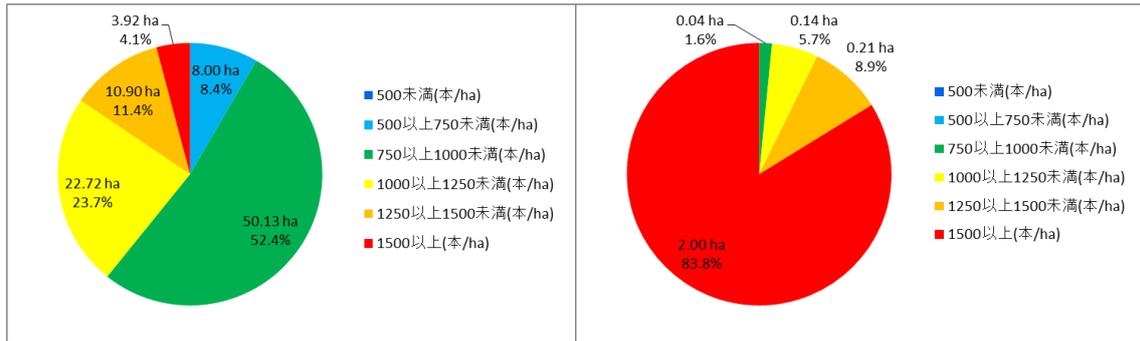


図 3-17 立木密度区分毎の面積(群馬県 左:スギ、右:ヒノキ)

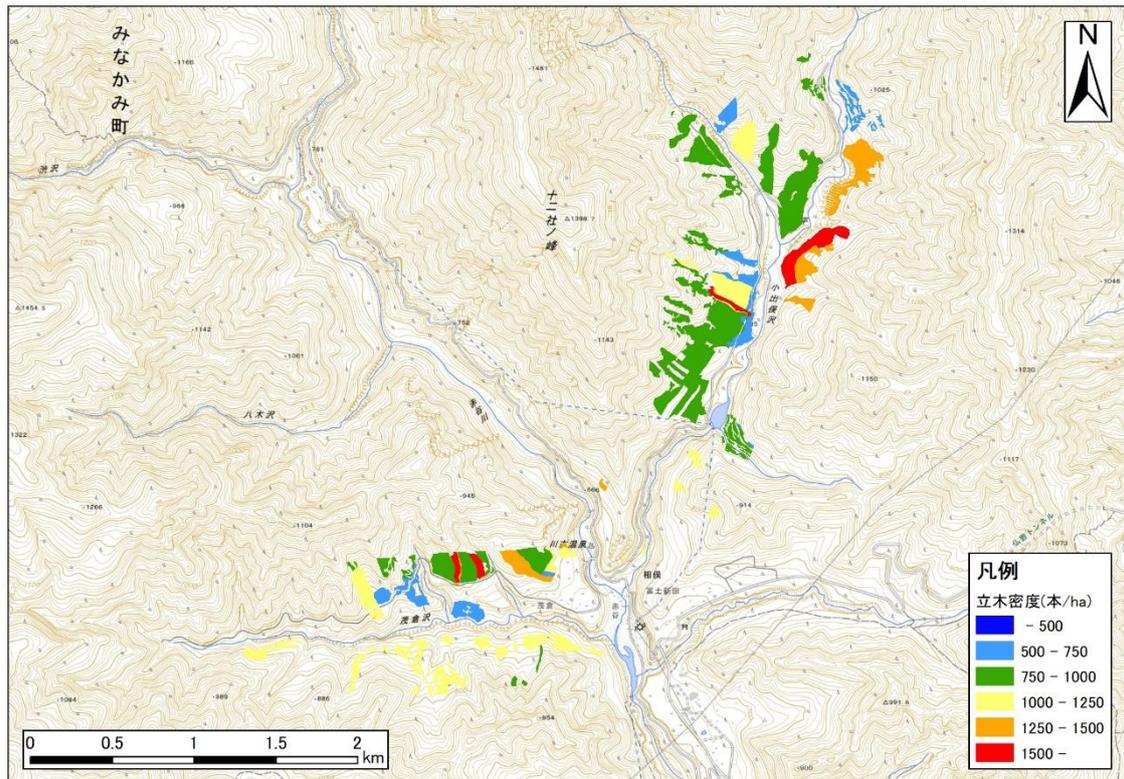


図 3-18 立木密度区分図(群馬県)

表 3-12 立木密度区分毎の面積(新潟県 スギ)

樹種	500未満 (本/ha)		500以上 750未満 (本/ha)		750以上 1000未満 (本/ha)		1000以上 1250未満 (本/ha)		1250以上 1500未満 (本/ha)		1500以上 (本/ha)		総計 面積 (ha)
	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	
スギ	0.00	0.0%	0.00	0.0%	2.77	30.7%	6.25	69.3%	0.00	0.0%	0.00	0.0%	9.01

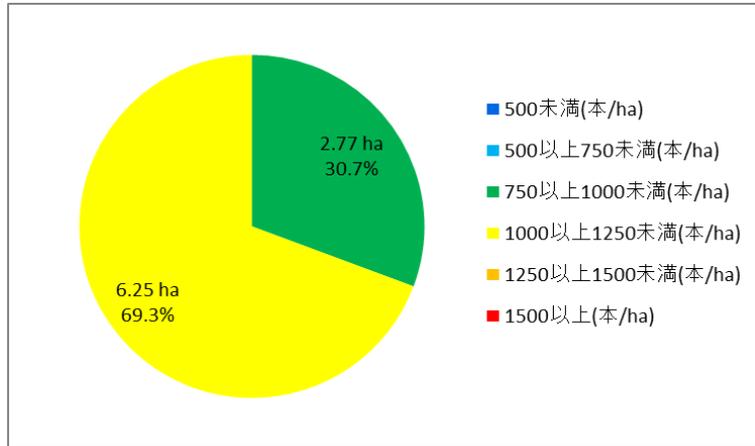


図 3-19 立木密度区分毎の面積(新潟県 スギ)

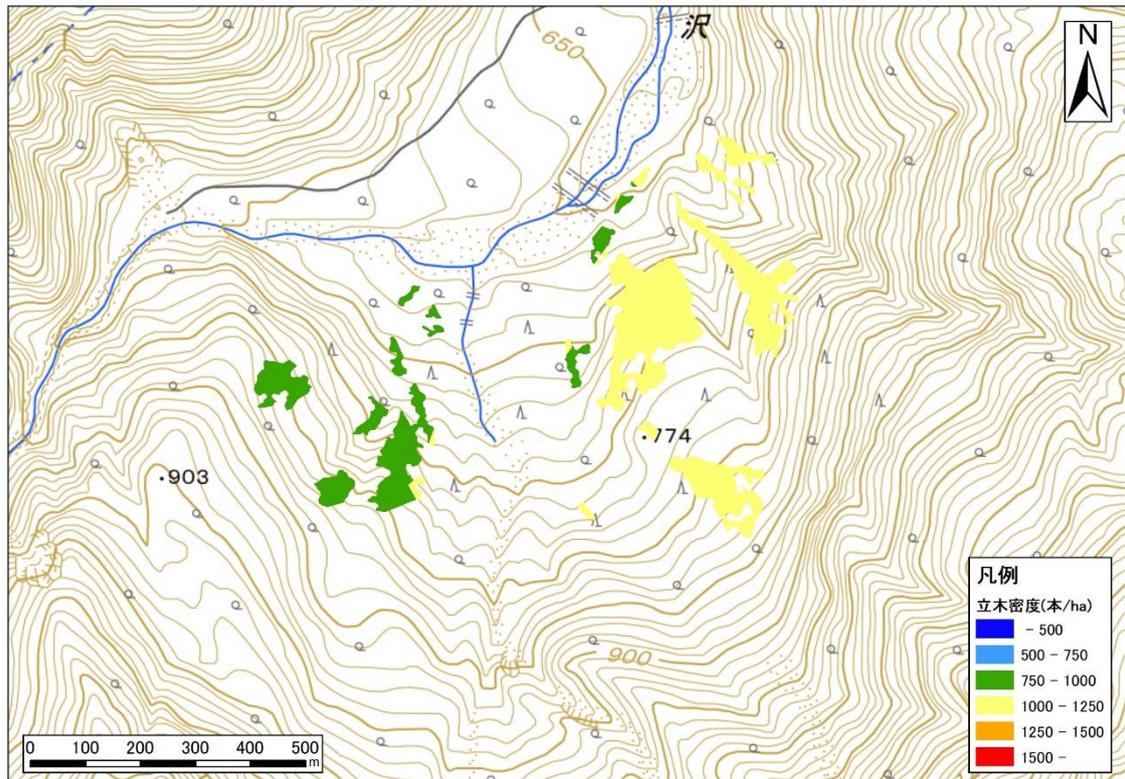


図 3-20 立木密度区分毎の面積(新潟県)

表 3-13 立木密度区分毎の面積(静岡県)

樹種	500未満 (本/ha)		500以上 750未満 (本/ha)		750以上 1000未満 (本/ha)		1000以上 1250未満 (本/ha)		1250以上 1500未満 (本/ha)		1500以上 (本/ha)		総計 面積 (ha)
	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	
スギ	1.09	1.2%	26.77	29.5%	54.88	60.5%	7.34	8.1%	0.50	0.6%	0.19	0.2%	90.77
ヒノキ	0.00	0.0%	3.37	2.3%	22.47	15.3%	17.66	12.0%	76.71	52.1%	27.06	18.4%	147.27
合計	1.10	0.5%	30.15	12.7%	77.34	32.5%	24.99	10.5%	77.21	32.4%	27.25	11.4%	238.04

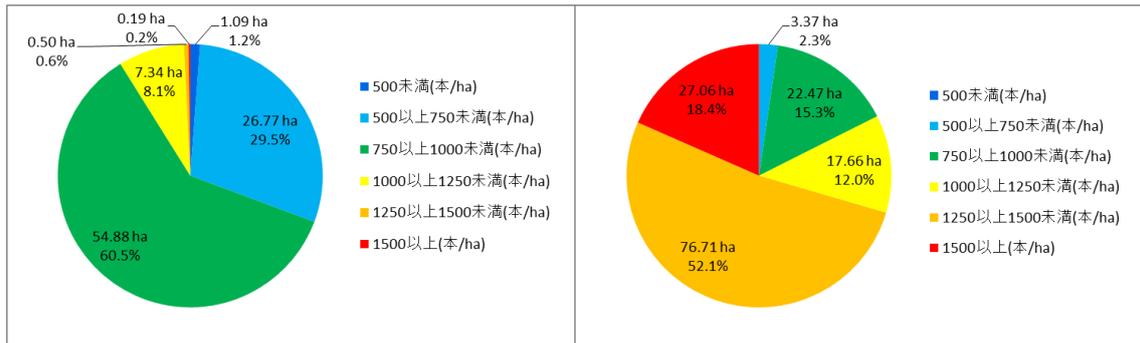


図 3-21 立木密度区分毎の面積(静岡県 左:スギ、右:ヒノキ)

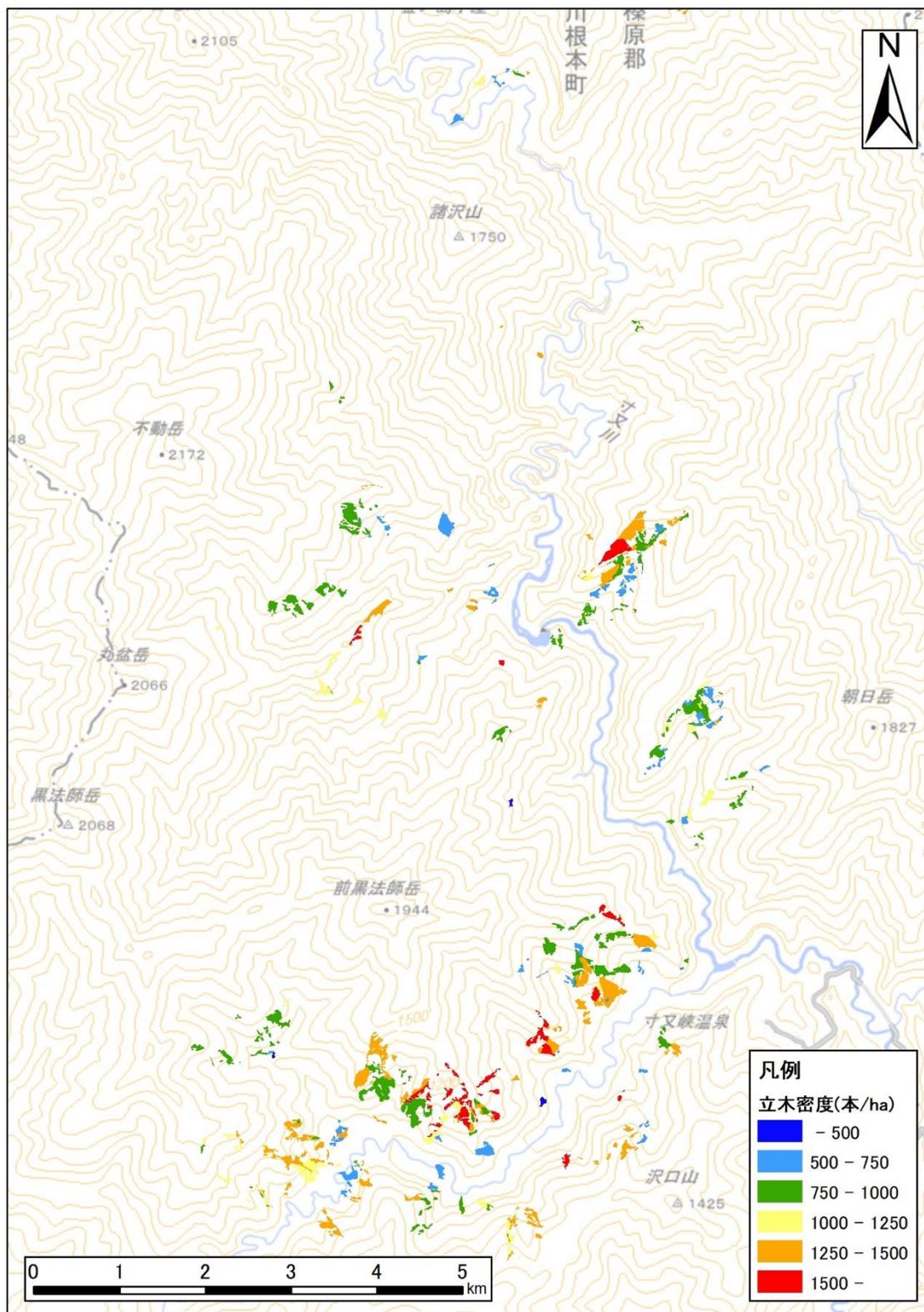


图 3-22 立木密度区分图(静岡県)

## 2) 樹高

各地域の対象小班内のスギ、ヒノキの各林相における樹高を集計した。対象 4 地域の樹高区分毎の面積を表 3-10～表 3-13 に、樹高区分図を図 3-24～図 3-30 に示す。

表 3-14 平均樹高区分毎の面積(福島県 スギ)

樹種	15未満 (m)		15以上20未満 (m)		20以上25未満 (m)		25以上30未満 (m)		30以上 (m)		総計 面積 (ha)
	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	
スギ	3.46	10.1%	16.46	48.2%	14.17	41.4%	0.11	0.3%	0.00	0.0%	34.19

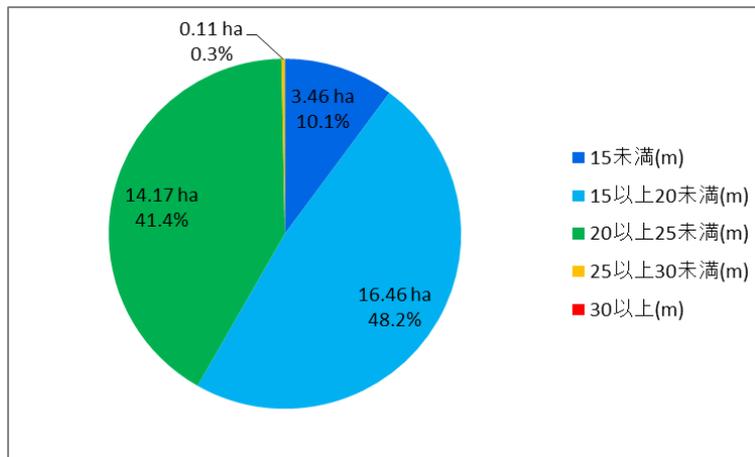


図 3-23 平均樹高区分毎の面積(福島県 スギ)

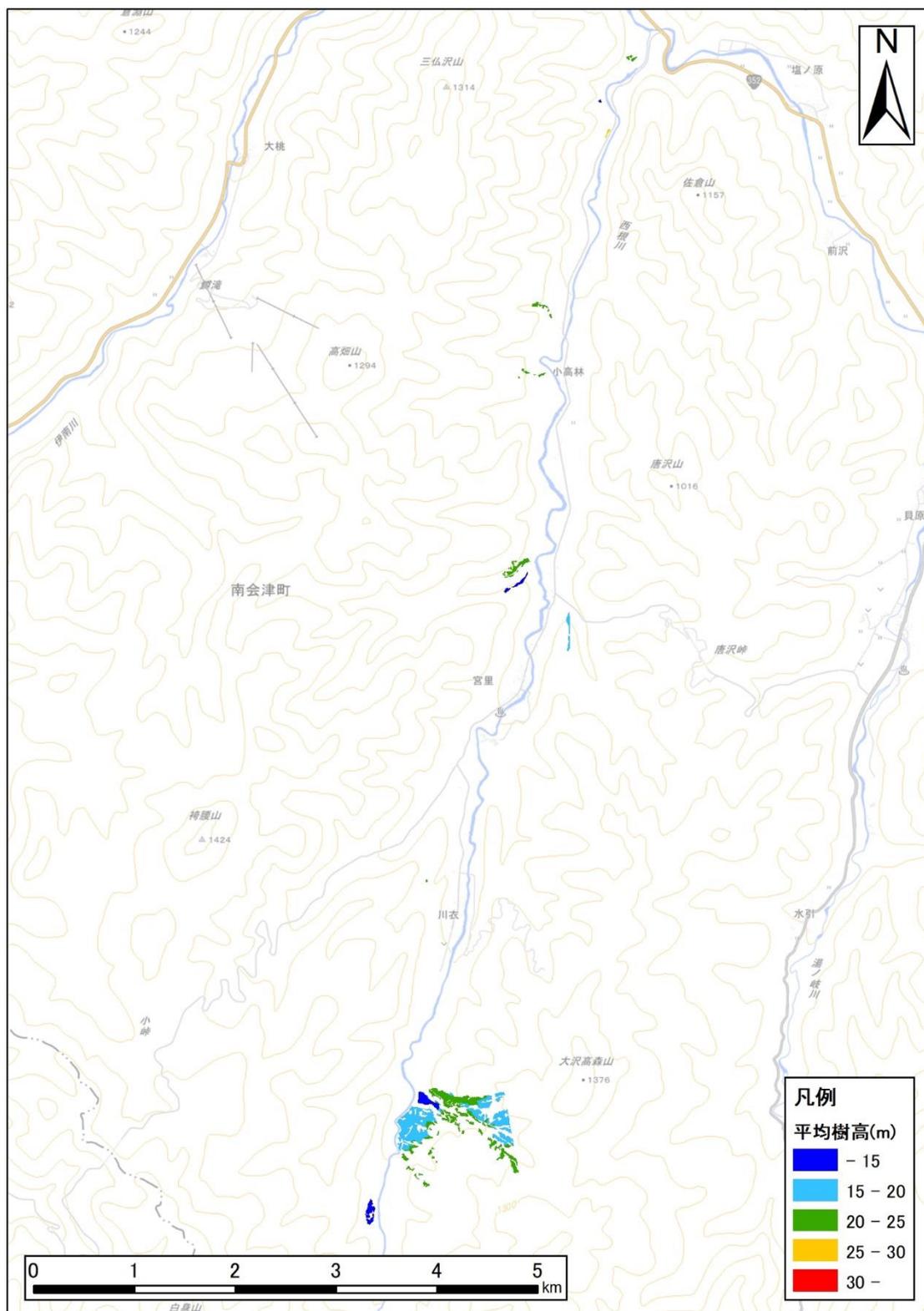


図 3-24 平均樹高区分図(福島県)

表 3-15 平均樹高区分毎の面積(群馬県)

樹種	15未満 (m)		15以上20未満 (m)		20以上25未満 (m)		25以上30未満 (m)		30以上 (m)		総計 面積 (ha)
	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	
スギ	0.00	0.0%	37.31	39.0%	46.67	48.8%	11.69	12.2%	0.00	0.0%	95.67
ヒノキ	1.78	74.5%	0.61	25.5%	0.00	0.0%	0.00	0.0%	0.00	0.0%	2.39
合計	1.78	1.8%	37.92	38.7%	46.67	47.6%	11.69	11.9%	0.00	0.0%	98.06

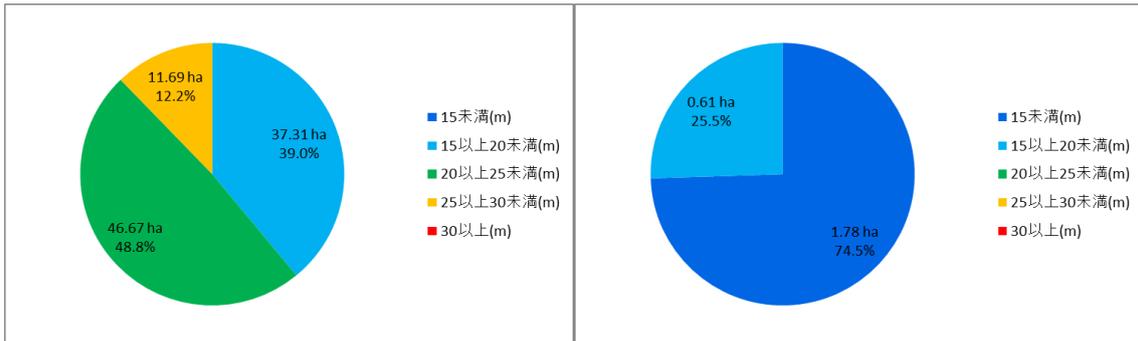


図 3-25 平均樹高区分毎の面積(群馬県 左:スギ、右:ヒノキ)

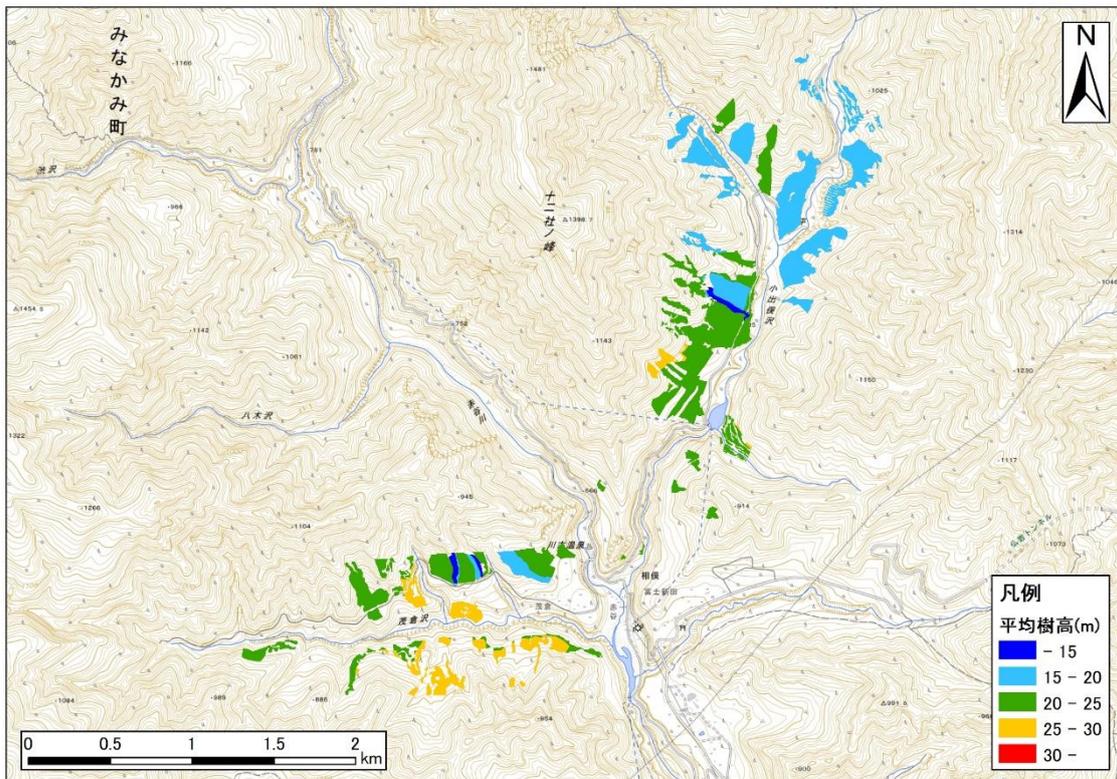


図 3-26 平均樹高区分図(群馬県)

表 3-16 平均樹高区分毎の面積(新潟県 スギ)

樹種	15未満(m)		15以上20未満(m)		20以上25未満(m)		25以上30未満(m)		30以上(m)		総計 面積 (ha)
	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	
スギ	3.86	42.8%	5.16	57.2%	0.00	0.0%	0.00	0.0%	0.00	0.0%	9.01

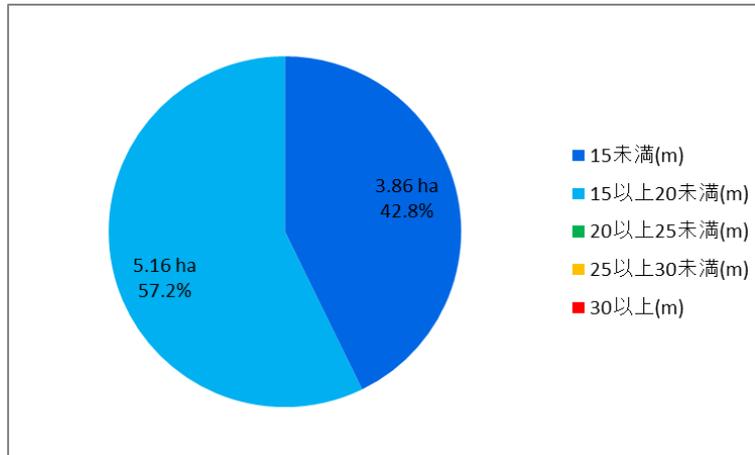


図 3-27 平均樹高区分毎の面積(新潟県 スギ)

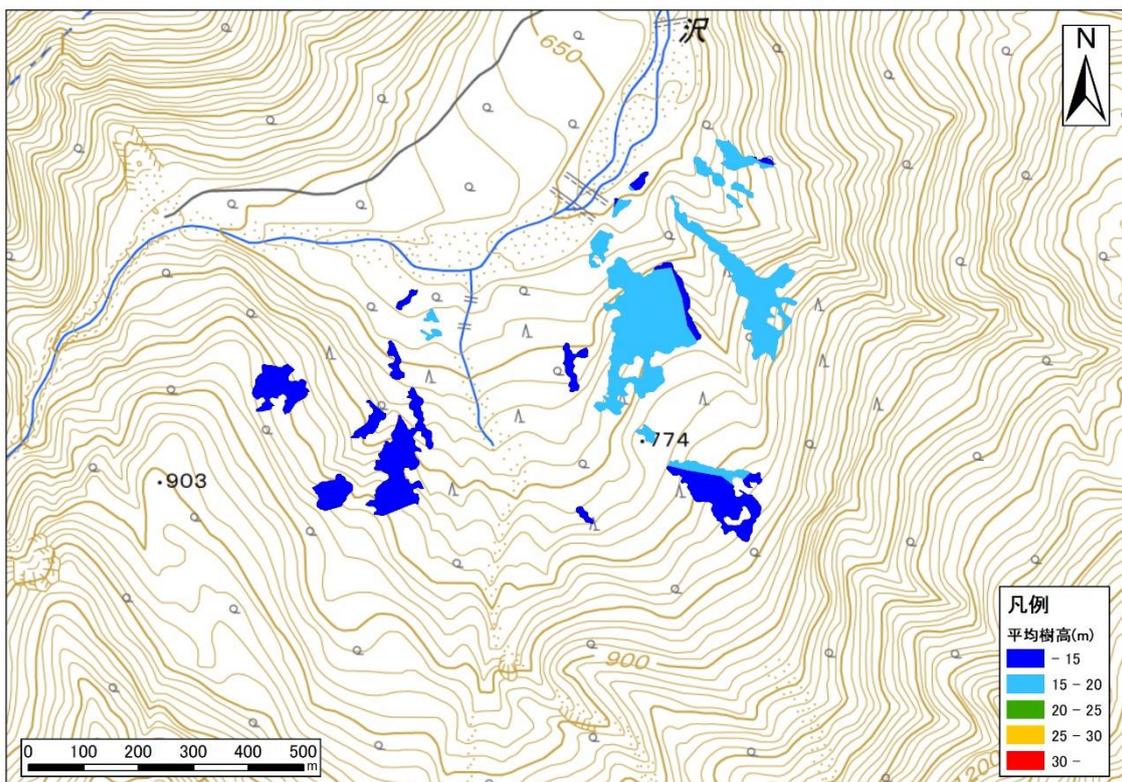


図 3-28 平均樹高区分図(新潟県)

表 3-17 平均樹高区分毎の面積(静岡県)

樹種	15未満 (m)		15以上20未満 (m)		20以上25未満 (m)		25以上30未満 (m)		30以上 (m)		総計 面積 (ha)
	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	
スギ	0.00	0.0%	0.90	1.0%	48.46	53.4%	40.22	44.3%	1.20	1.3%	90.77
ヒノキ	5.13	3.5%	67.67	46.0%	62.05	42.1%	11.81	8.0%	0.61	0.4%	147.27
合計	5.13	2.2%	68.57	28.8%	110.51	46.4%	52.02	21.9%	1.81	0.8%	238.04

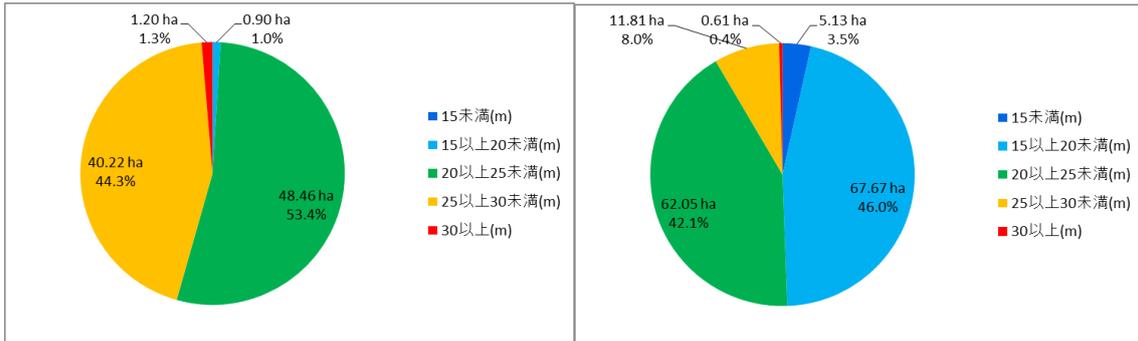


図 3-29 平均樹高区分毎の面積(静岡県 左:スギ、右:ヒノキ)

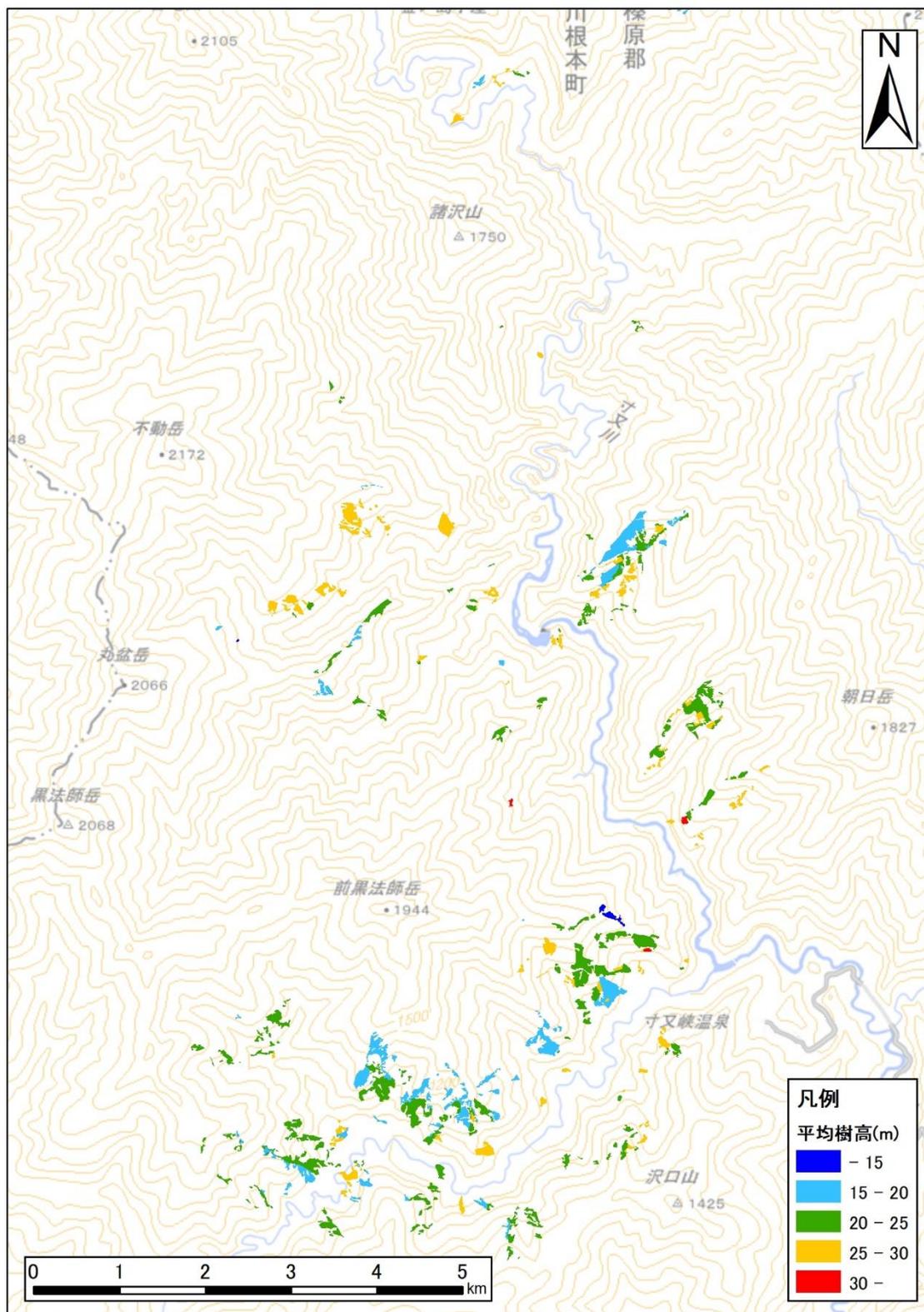


图 3-30 平均樹高区分图(静岡県)

### 3) 胸高直径

各地域の対象小班内のスギ、ヒノキの各林相における胸高直径を集計した。対象 4 地域の平均胸高直径区分毎の面積を表 3-18~表 3-21 に、樹高区分図を図 3-31~図 3-37 に示す。

表 3-18 平均胸高直径区分ごとの面積(福島県 スギ)

樹種	20未満 (cm)		20以上25未満 (cm)		25以上30未満 (cm)		30以上35未満 (cm)		35以上40未満 (cm)		40以上 (cm)		総計 面積 (ha)
	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	
スギ	4.87	14.2%	13.58	39.7%	15.63	45.7%	0.00	0.0%	0.11	0.3%	0.00	0.0%	34.19

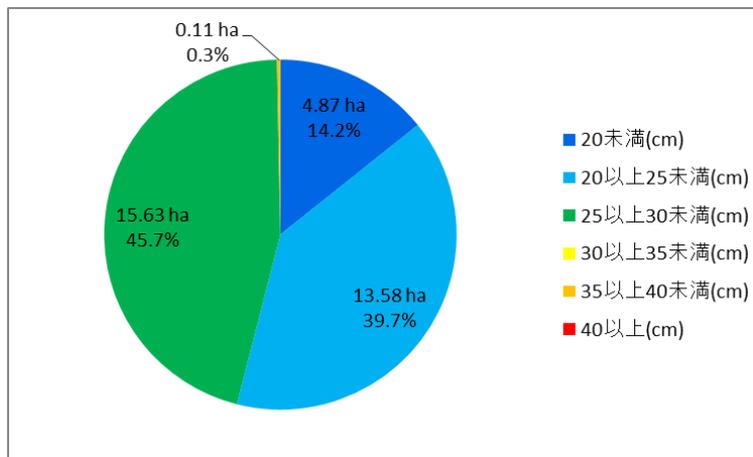


図 3-31 平均胸高直径区分毎の面積(福島県 スギ)

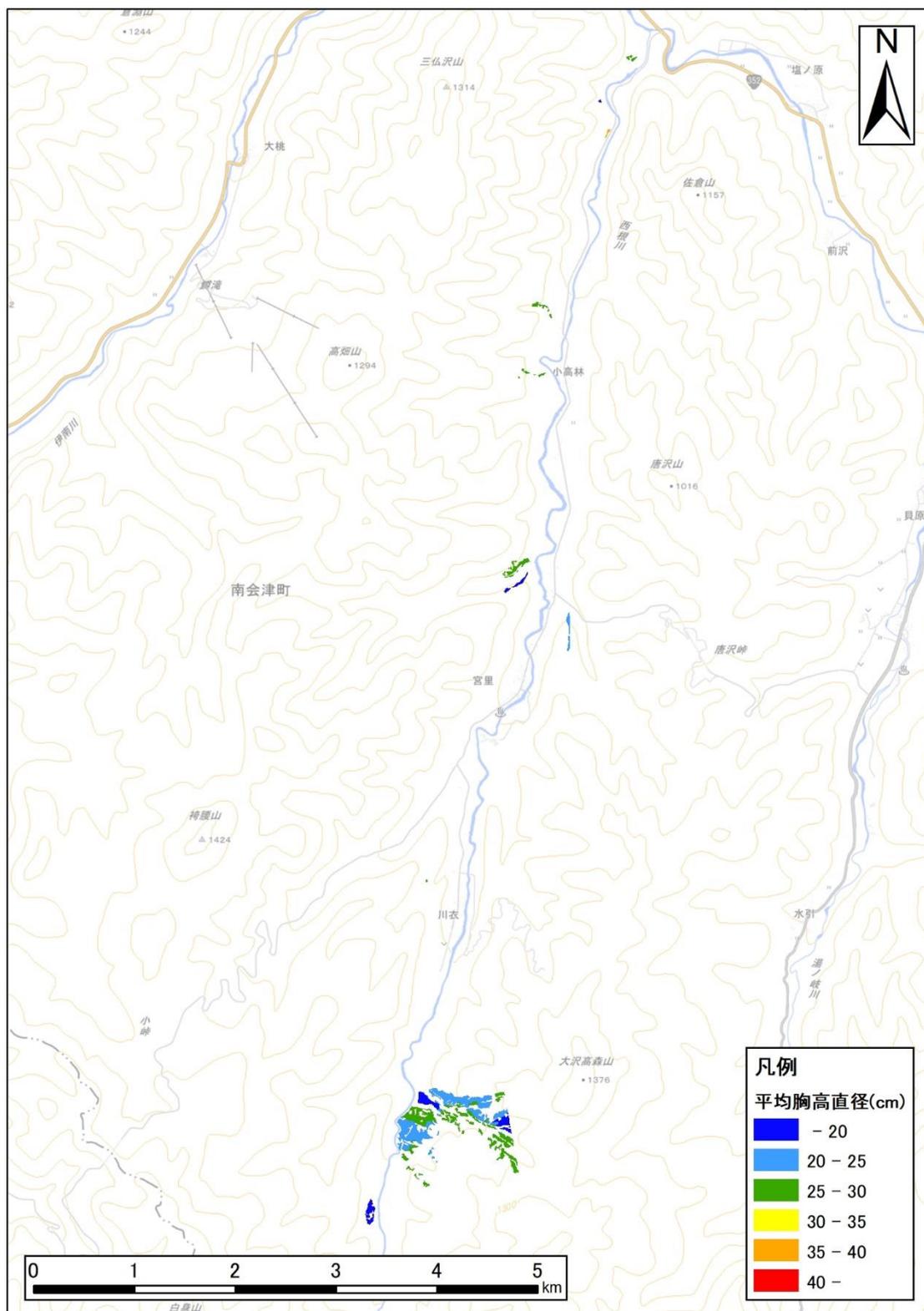


图 3-32 平均胸高直径区分图(福島県)

表 3-19 平均胸高直径区分毎の面積(群馬県)

樹種	20未満 (cm)		20以上25未満 (cm)		25以上30未満 (cm)		30以上35未満 (cm)		35以上40未満 (cm)		40以上 (cm)		総計 面積 (ha)
	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	
スギ	3.92	4.1%	18.02	18.8%	67.31	70.4%	6.43	6.7%	0.00	0.0%	0.00	0.0%	95.67
ヒノキ	2.39	100.0%	0.00	0.0%	0.00	0.0%	0.00	0.0%	0.00	0.0%	0.00	0.0%	2.39
合計	6.30	6.4%	18.02	18.4%	67.31	68.6%	6.43	6.6%	0.00	0.0%	0.00	0.0%	98.06

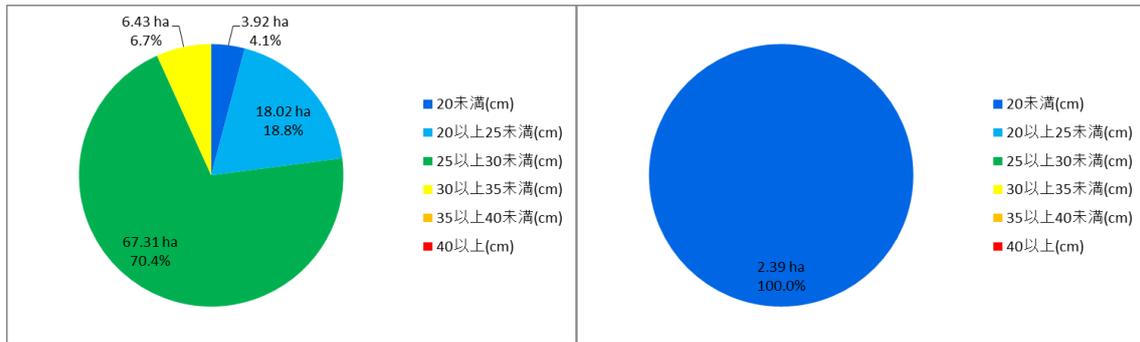


図 3-33 平均胸高直径区分毎の面積 (群馬県 左:スギ、右:ヒノキ)

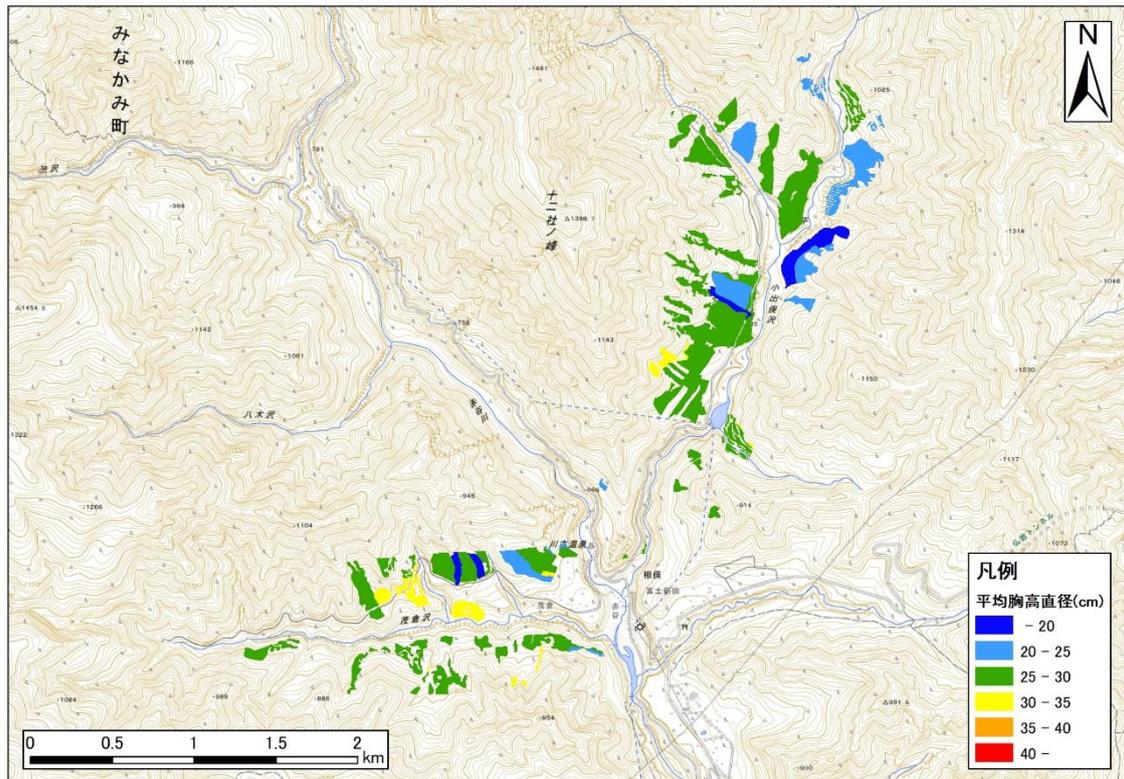


図 3-34 平均胸高直径区分図(群馬県)

表 3-20 平均胸高直径区分毎の面積(新潟県 スギ)

樹種	20未満 (cm)		20以上25未満 (cm)		25以上30未満 (cm)		30以上35未満 (cm)		35以上40未満 (cm)		40以上 (cm)		総計 面積 (ha)
	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	
スギ	6.83	75.8%	2.18	24.2%	0.00	0.0%	0.00	0.0%	0.00	0.0%	0.00	0.0%	9.01

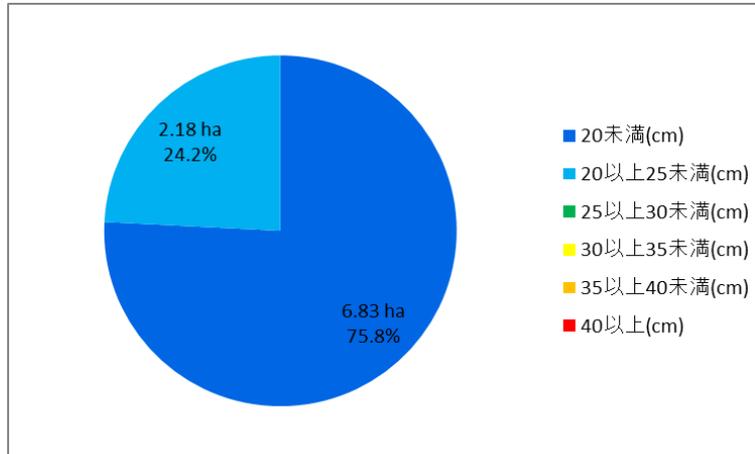


図 3-35 平均胸高直径区分毎の面積(新潟県 スギ)

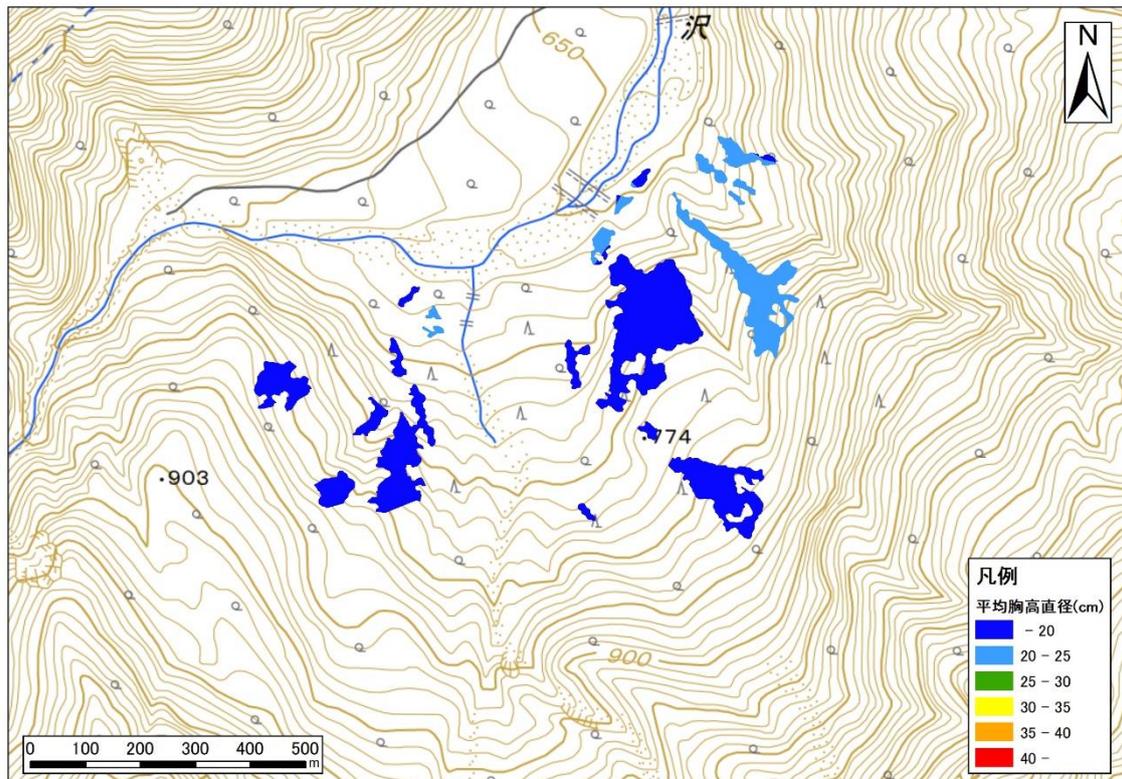


図 3-36 平均胸高直径区分図(新潟県)

表 3-21 平均胸高直径区分毎の面積(静岡県)

樹種	20未満 (cm)		20以上25未満 (cm)		25以上30未満 (cm)		30以上35未満 (cm)		35以上40未満 (cm)		40以上 (cm)		総計 面積 (ha)
	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	面積 (ha)	割合	
スギ	0.10	0.1%	4.27	4.7%	53.42	58.8%	30.84	34.0%	2.15	2.4%	0.00	0.0%	90.77
ヒノキ	15.45	10.5%	94.65	64.3%	22.60	15.3%	12.36	8.4%	2.21	1.5%	0.00	0.0%	147.27
合計	15.55	6.5%	98.92	41.6%	76.02	31.9%	43.20	18.1%	4.36	1.8%	0.00	0.0%	238.04

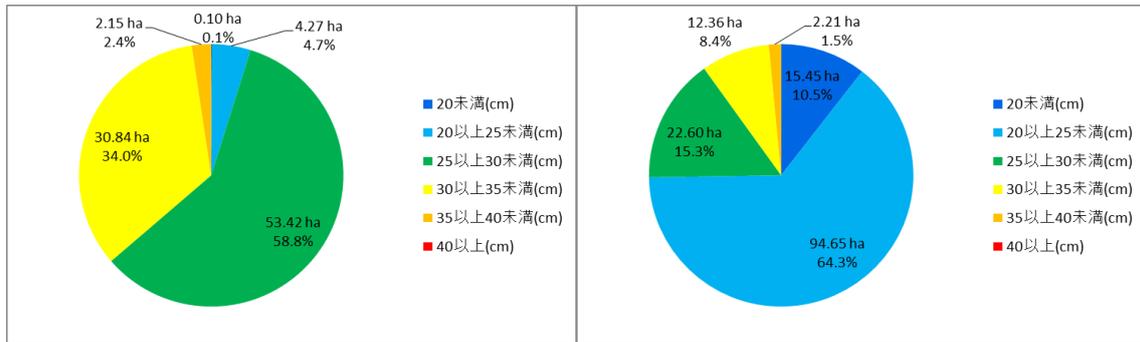


図 3-37 平均胸高直径区分毎の面積(静岡県 左:スギ、右:ヒノキ)

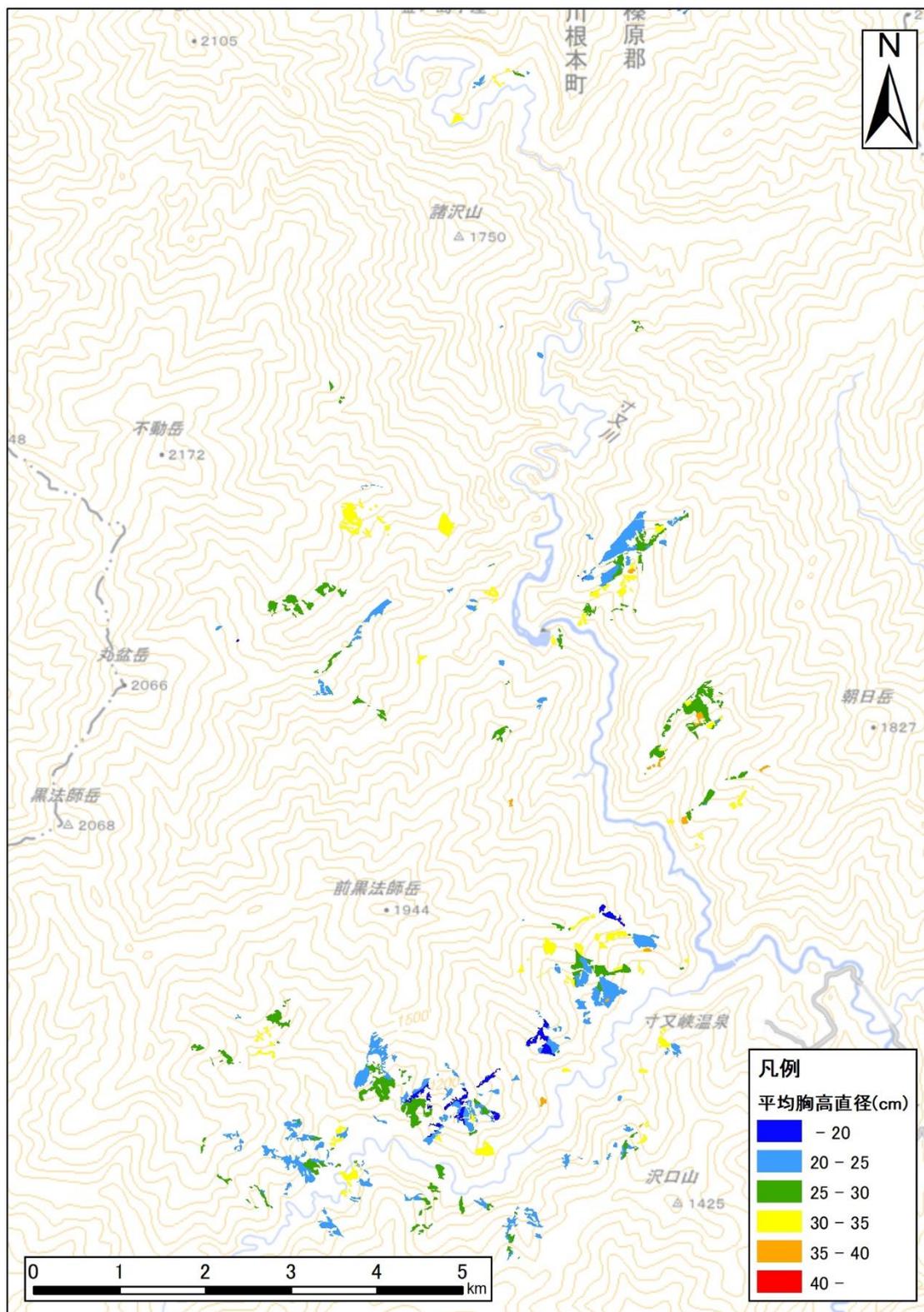


图 3-38 平均胸高直径区分图(静岡県)

## 3.2 収穫調査との整合

国有林において実施された収穫調査データを用いて、現行の国有林の収穫予想表と比較することで妥当性の検証を行った。使用したデータは国有林内で実施された収穫調査野帳データを用いた。

収穫調査は国有林野の産物売り払い、譲渡、内部的利用の目的を持って、定められた調査規定に基づき、現地にて必要な調査を実施するものである。

### 3.2.1 収穫調査データの整理

収穫調査データの概要を樹種毎に、スギは図 3-39、ヒノキは図 3-40 に示す。この図では、収穫調査データのうち、スギまたはヒノキの材積合計が林分全体の 80%以上を占める林分のみを抽出し、林齢と樹高の関係をプロットした。なお、縦軸の樹高には、胸高断面積での重み付けにより上層木平均樹高と近い値を示す Lorey's height (5.2.2 に後述) を用いた。

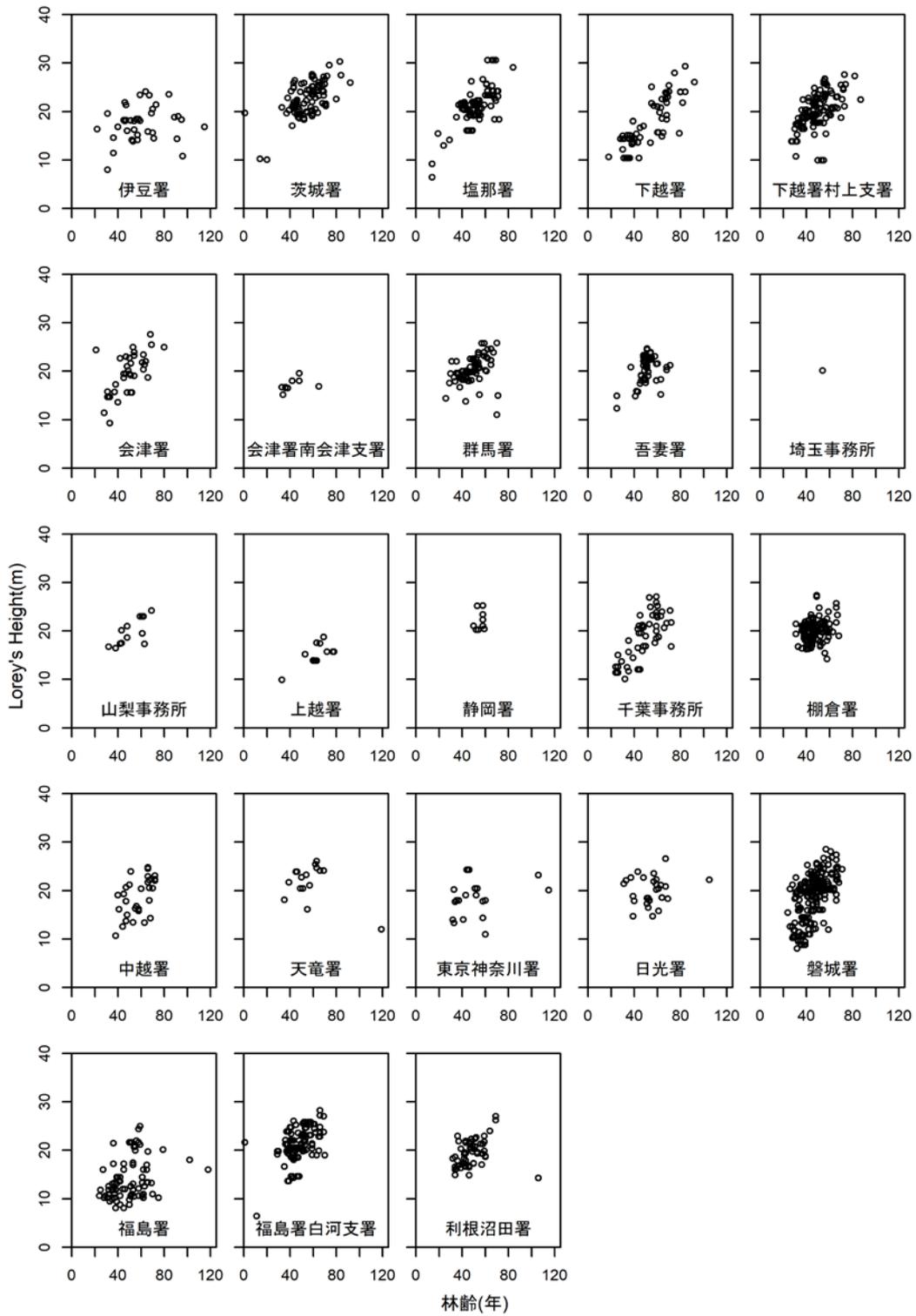


図 3-39 森林管理署別収穫調査データ概要(スギ)

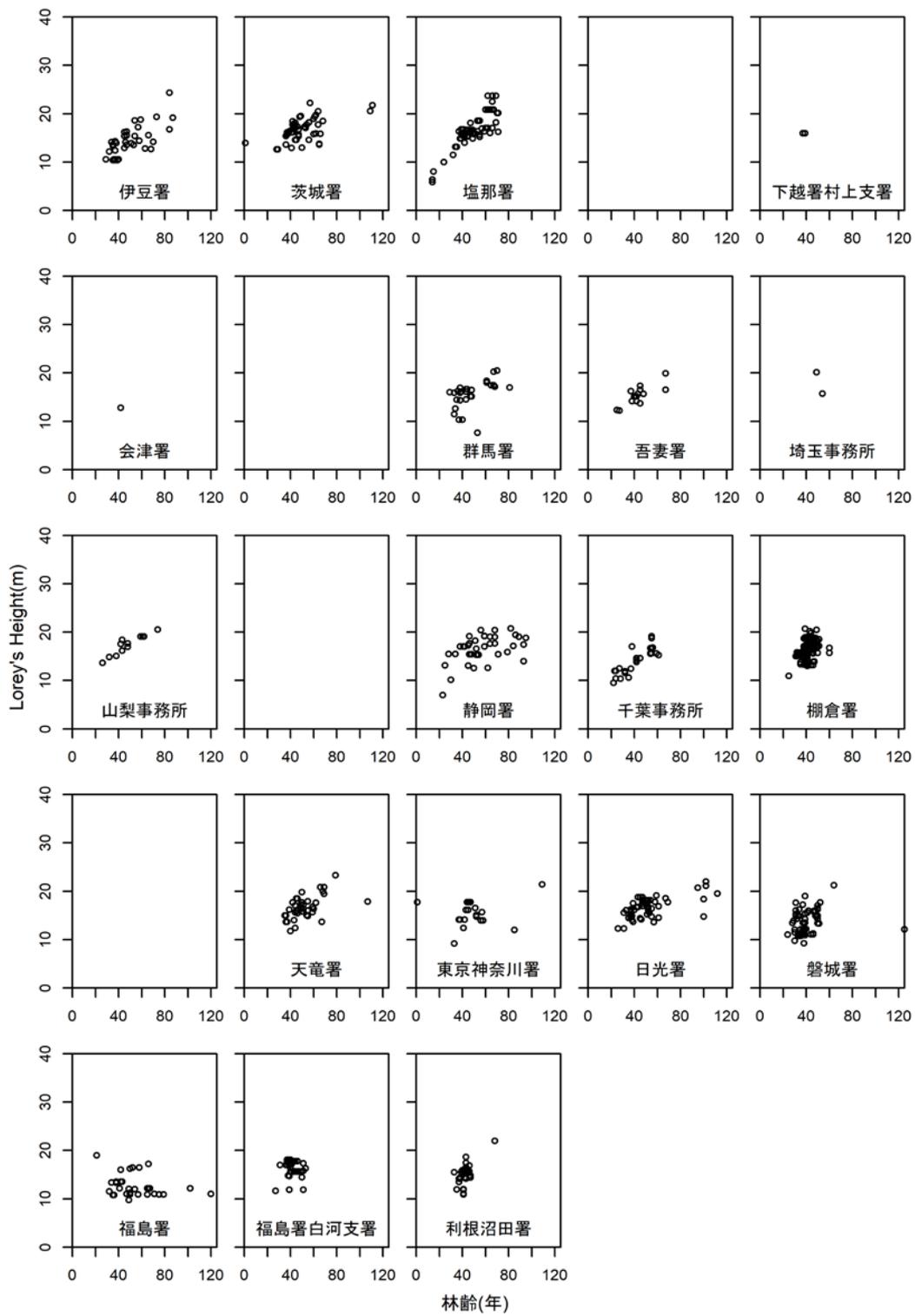


図 3-40 森林管理署別収穫調査データ概要(ヒノキ)

### 3.2.1 現行収穫予想表との整合性

現行収穫予想表の地域別に各森林管理署・管理事務所の収穫調査データを、各収穫調査表の数値と現状の成長度合いの比較を実施した。樹種毎の比較結果を、スギについては図 3-41、ヒノキについては図 3-42 に示す。なお、収穫調査データは、復命書に記載された森林計画区毎に再区分した。現行の収穫予想表については、比較のために地位 2 のデータをミッチャーリッヒ式で近似した曲線を赤色の線で表示した。また、収穫調査結果のデータをミッチャーリッヒ式で近似できた場合は、その結果を緑色の線で重ねて表示した。なお、収穫調査結果の樹高には Lorey's height、収穫予想表については主林木平均樹高を使用した。

樹種・地域により差異は見られるものの、概ね、収穫調査結果の樹高の方が、現行の収穫予想表よりも高めとなる傾向が見られた。特に、「八溝多賀、水戸那珂、霞ヶ浦」地域のスギや、「富士」、「伊豆」、「静岡、天竜」地域のスギ及びヒノキでは、高齢級になるほどこの差異が顕著になる傾向が見られた。

一方、「磐城」や「那珂川」地域のスギ等、現行の収穫予想表でも、収穫調査結果と良好な整合性を示す地域も見られた。

なお、「埼玉」、「多摩」等、比較に適した林分が少なかったため傾向は明瞭ではない地域もあったが、現行の収穫予想表と、顕著な乖離は見られなかった。

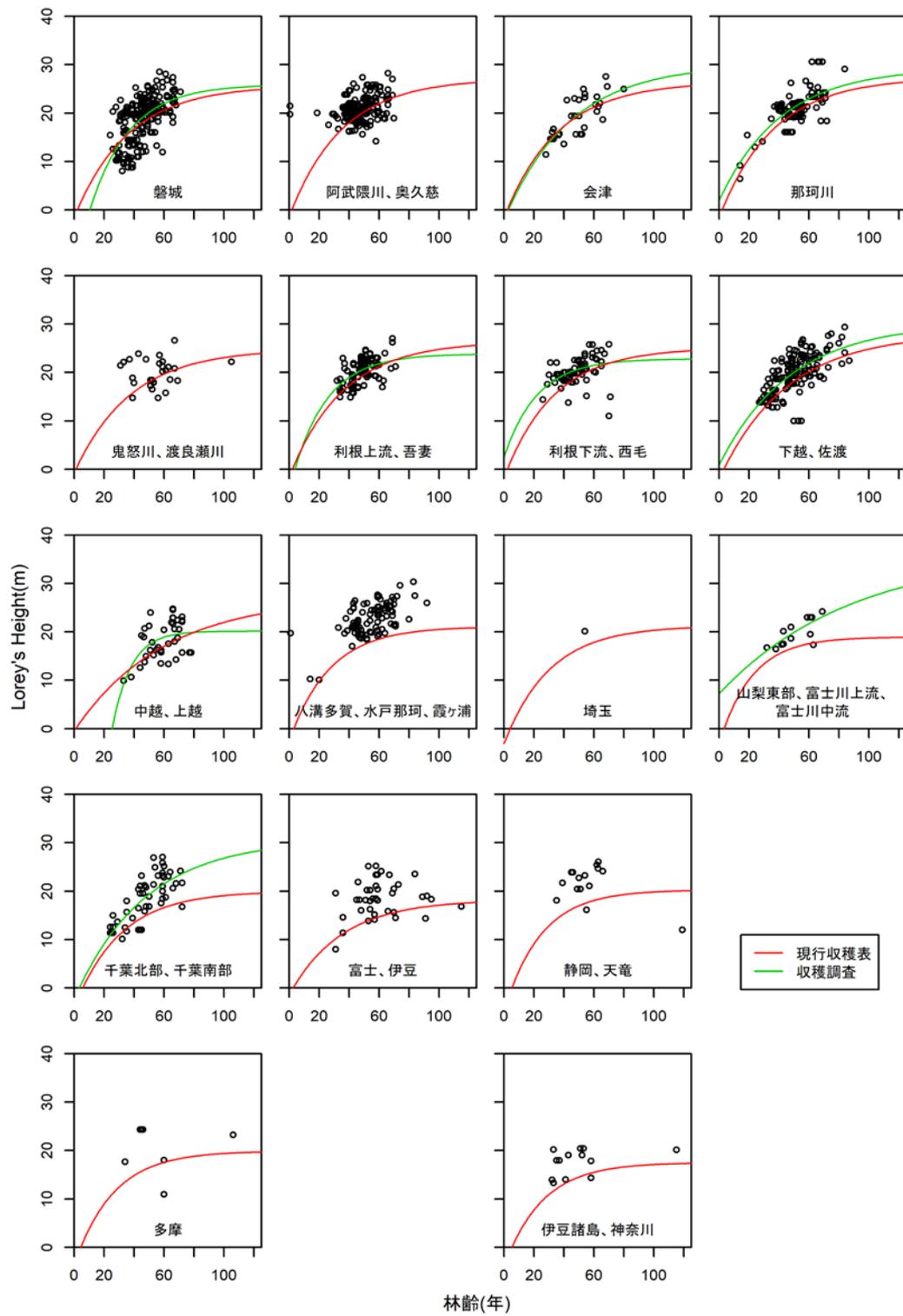


図 3-41 収穫調査結果と現行収穫予想表の比較(スギ)

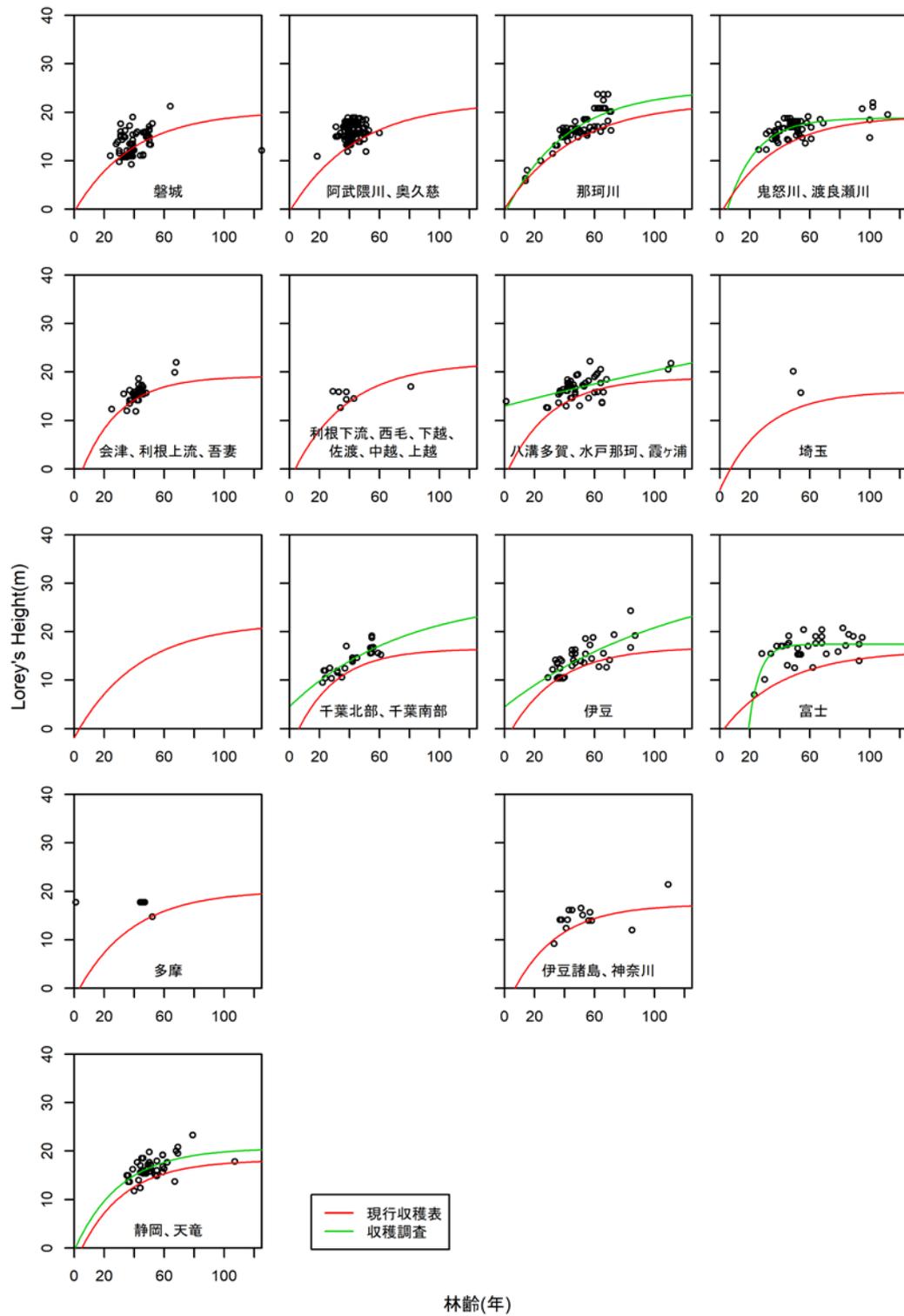


図 3-42 収穫調査結果と現行収穫予想表の比較(ヒノキ)

## 4 周辺民有林の最新収穫表の整理

現行の収穫予想表の妥当性を検討するため、地域森林計画等、民有林で利用されている収穫表関連データを収集・整理し、国有林の収穫予想表と比較を行った。データの収集に当たっては、各都県担当者へデータ利用申請を行い、併せて収穫表の作成方法等について聞き取りを行った。

### 4.1 民有林の収穫表関連データの収集

各県の収穫表の概要について整理したものを、スギは表 4-1、ヒノキは表 4-2 に示す。なお、天然林の北限が栃木県の日光周辺や福島県いわき市赤井岳と言われているヒノキの場合、多雪地域では漏脂病が発生する等の生育環境から、豪雪地域である新潟県と福島県の会津地域では、ほとんど造林されておらず、収穫予想表は作成していない。

都県によって対応が異なっているものとして、収穫予想表に胸高直径、樹高の記載が無いものがあつた。また、主林木と副林木を区別するかどうかでも違いがあつた。

なお、都県からの聞き取りでは、地域森林計画で使用している収穫予想表については、作成時期が古いこともあり、多くの都県で作成・調整の経緯の追跡はできなかった。

以下に、都県への聞き取りから得られた参考情報を記載する。

#### 【高齢級林分への対応について】

収穫予想表で整備している林齢の上限は都県によって異なっている。スギは、200 年生の静岡県、165 年生の栃木県、100 年生が福島県と千葉県、東京都、80 年生が新潟県と山梨県、75 年生が埼玉県と神奈川県、70 年生が群馬県、65 年生が茨城県となっている。

ヒノキは、200 年生の静岡県、110 年生の栃木県、100 年生の千葉県、99 年生の東京都、80 年生の山梨県、75 年生の埼玉県、神奈川県、70 年生の茨城県、群馬県、50 年生の福島県となっている。

静岡県の 200 年生の情報は、500 年以上の歴史を持つ天竜林業や伊豆天城御林山等が背景にある。次に、165 年の高齢級の情報を持つ栃木県には、江戸時代にブランド化された日光林業地や八溝林業地を持っており、江戸時代中期、後期にインフレ対策の一つに、備蓄林としての植林も推奨された経緯が背景にある。一方、埼玉県の西川林業、東京都の青梅林業、千葉県の山武林業は、一大消費地である江戸に小径木を中心として供給する短伐期林業が主な施業方法であったことが、収穫予想表の作成時期に高齢級林分が少ないことの背景と考えられる。この他、薪炭林経営を中心に行っていた地域と、産業造林を行ってきた地域との差も背景にある。

スギとヒノキの林齢の違いは、江戸時代からの植林地の違いと、市場の需要でスギが好まれていたことに起因するとみられる。ヒノキはスギに比べて加工の扱いが難しく、江戸の一般的な家屋では用いてこられなかった歴史があり、江戸時代・明治時代では対象地域での積極的な植林は少なかった。このため、スギに比べると、高齢級の情報は少ない。なお、高齢

級に対応していない収穫予想表を持っている県では、研究は行っているものの、地域森林計画や森林簿に反映する段階までには至っていない。

#### 【目標とする材に応じた収穫予想表について】

山梨県は、一般材と良質材に分けている。一般材は、植栽本数は 3,000 本が標準で、伐期は、スギが 60 年、ヒノキが 45 年、間伐の収量比数は、0.80~0.70 となっている。一方、良質材とは、植栽本数は 4,000 本以上で、間伐は上層高によって 3 段階設定されており、きめ細かい施業でスギ、ヒノキとも伐期 80 年となっている。

千葉県は、山武杉の特徴である挿し木造林があるため、実生と挿し木の 2 種類がある。また、新潟県は、一般スギとボカ杉の区別は行っていない。

このように、都県の実情に合わせて独自に取り組んできている。

#### 【その他の収穫予想表について】

地域森林計画、森林簿とは別に、収穫予想表を作成し運用している都県も存在した。東京都は平成 22 年に、森林吸収源機能等評価のため作成している。山梨県では平成 15 年に県有林経営のための収穫予想表を作成した。この収穫予想表は、FSC 認証されている県有林経営でのみ使用している。

#### 【今後の各都県における収穫予想表に関連した課題について】

各都県においても、現状と既存の収穫予想表との乖離や、高齢級林分への対応等、収穫予想表に関する課題を把握しており、更新に向けて研究を行っている県がある。ただし、研究成果を収穫予想表に反映し更新するところまでは現時点では至っていない。20 年生以下の若齢林分の精度向上は、現時点ではどの都県も対応していなかった。

その他、聞き取りの結果以下の課題が挙げられた。

- 関東森林管理局内での各都県の動きを関係者が情報共有できていない。
- レーザデータを活用しどのような計算式で算出するのか、本事業の成果を参考にしたい。
- 更新されることにより、収穫予想値がどのように変更され、どのような影響が出るかについて検討が必要。収穫予想表の更新のみならず、その後の対応についても情報が欲しい。

表 4-1 各県の民有林収穫予想表の概要(スギ)

	福島県	茨城県	栃木県	群馬県	埼玉県	千葉県	東京都	神奈川県	新潟県	山梨県	静岡県
発表年度	平成 21 年 2009 年	-	-	昭和 63 年 1988 年	-	平成 15 年 2003 年	-	昭和 38 年 1963 年	平成 22 年 2010 年	昭和 58 年 1983 年	平成 10 年 1998 年
標準地点数	87～235	-	-	-	-	-	-	5500	-	150	-
計算ソフト	独自	-	-	-	-	-	-	-	-	独自	-
樹高成長曲線	ゴンペルツ式	-	-	-	-	-	-	-	ライプニッツ式	ゴンペルツ式	ミッチャーリック式
地位タイプ	3	3	3	7	3	3	5	1	7	5	5
地域数	3 地域	共通	6 地域	共通	4 地域	2 地域	共通	10 地域	共通	共通	共通
最大林齢	～100	～65	～165	～70	～75	～100	～100	～75	～80	～80	～200
胸高直径		○				○	○		○	○	○
樹高	○	○				○	○		○	○	○
Ha 当たり本数		○				○	○		○	○	○
Ha 当たり材積	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
主副	なし	あり	なし	なし	なし	あり	なし	なし	なし	あり	なし
その他						実生と挿し木				一般材と良質材	

表 4-2 各県の民有林収穫予想表の概要(ヒノキ)

	福島県	茨城県	栃木県	群馬県	埼玉県	千葉県	東京都	神奈川県	新潟県	山梨県	静岡県
発表年度	昭和 40 年 1965 年	昭和 49 年 1974 年	-	-	-	平成 15 年 2003 年	-	昭和 38 年 1963 年		昭和 59 年 1984 年	平成 10 年 1998 年
標準地点数	217	-	-	-	-	-	-	5500		140	-
計算ソフト	独自	-	-	-	-	-	-			独自	-
樹高成長曲線	ゴンベルツ式	-	-	-	-	-	-			ゴンベルツ式	ミツチャーリツ式
地位タイプ	3	3	3	3	3	3	5	共通		5	5
地域数	3 地域	6 地域	6 地域	共通	4 地域	共通	共通	10 地域		共通	共通
最大林齢	～50	～70	～110	～70	～75	～100	～100	～75		～80	～200
胸高直径						○	○			○	○
樹高						○	○			○	○
Ha 当たり本数						○	○			○	○
Ha 当たり材積	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○
主副	なし	なし	なし	なし	なし	あり	なし	なし		あり	なし
その他										一般材と 良質材	

※新潟県は自然条件によりヒノキの植林は行っていない。

## 4.2 現行国有林収穫予想表との比較

民有林収穫表と、その地域に該当する現行国有林収穫予想表との比較を行った。なお、表 4-1、表 4-2 に整理した通り、都県によっては樹高、胸高直径、ha 当たり本数の情報が得られなかったため、得られた都県のみで比較を行った。また、茨城県と千葉県は主林木・副林木の区別がされているため主林木の値を用いた。そのほかの都県では区別がなされていないため副林木を含めた平均と思われる点に留意が必要である。

林齢ごとの平均樹高（地位指数曲線）の比較を図 4-1（スギ）、図 4-2（ヒノキ）に示す。直線で示された民有林収穫表の値と、点線で示された国有林収穫予想表の値を比較すると、茨城のスギ、山梨のスギ、東京のスギ・ヒノキ、千葉のヒノキではいずれも民有林の地位区分で最下位近くの曲線に近いところに国有林の点線が分布している。一方で、新潟のスギ、福島のスギでは国有林の方がやや樹高が低いものの大きな違いはなかった。山梨のヒノキでは曲線の形状が民有林と国有林とで異なっていた。

林齢ごとの平均胸高直径の比較を図 4-3（スギ）、図 4-4（ヒノキ）に示す。山梨の収穫表では間伐のタイミングに応じて段階的に成長するような形式となっており、曲線の形状が大きく異なっていた。他の地域ではおおむね民有林収穫表の中間の地位よりもやや下に国有林収穫予想表が位置していた。

林齢ごとの ha 当たり本数の比較を図 4-5（スギ）、図 4-6（ヒノキ）に示す。おおむね国有林の収穫予想表と近い値をとっているが、山梨のスギ（良質材）では国有林収穫予想表の方が本数は少ない値をとっていた。逆に、千葉、静岡のスギでは国有林収穫予想表の方が高い値となっていた。ヒノキでは大きな違いはなかった。

林齢ごとの ha 当たり材積の比較を図 4-7 (1)・(2)（スギ）、図 4-8 (1)・(2)（ヒノキ）に示す。スギ、ヒノキともに、国有林収穫予想表の方が大幅に過小評価となっている地域が多かった。栃木では国有林収穫予想表と大きな違いはなかったが、国有林収穫予想表の値がない 60 年生以降において、民有林収穫表では地域によって大きく傾向が異なっていた。また、山梨、静岡の収穫表では間伐のタイミングに応じて段階的に成長するような形式となっており、曲線の形状が大きく異なっていた。

以上の比較結果から、地域によって違いはあるものの、民有林と比べて国有林の収穫予想表の方が、樹高、胸高直径、材積の予想値が概ね下方に位置する傾向があることがわかった。

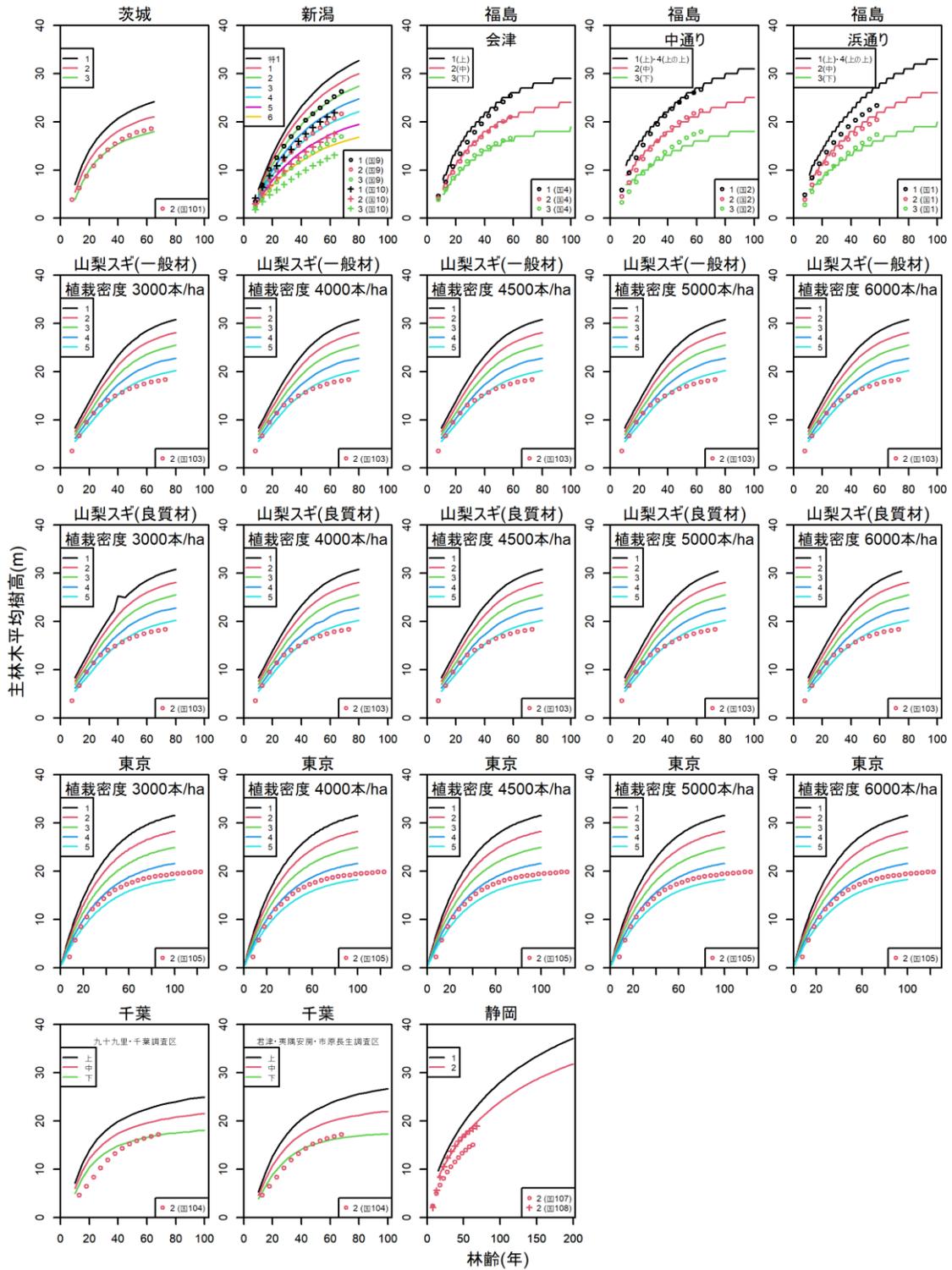


図 4-1 民有林収穫表と現行国有林収穫予想表との比較(スギ・樹高)

※直線が民有林、点線が国有林。括弧内の(国 101)等の数字は国有林収穫予想表番号を示す。  
茨城県・千葉県民有林収穫表は主林木の値、そのほかの都県は主林木・副林木の区別なし。

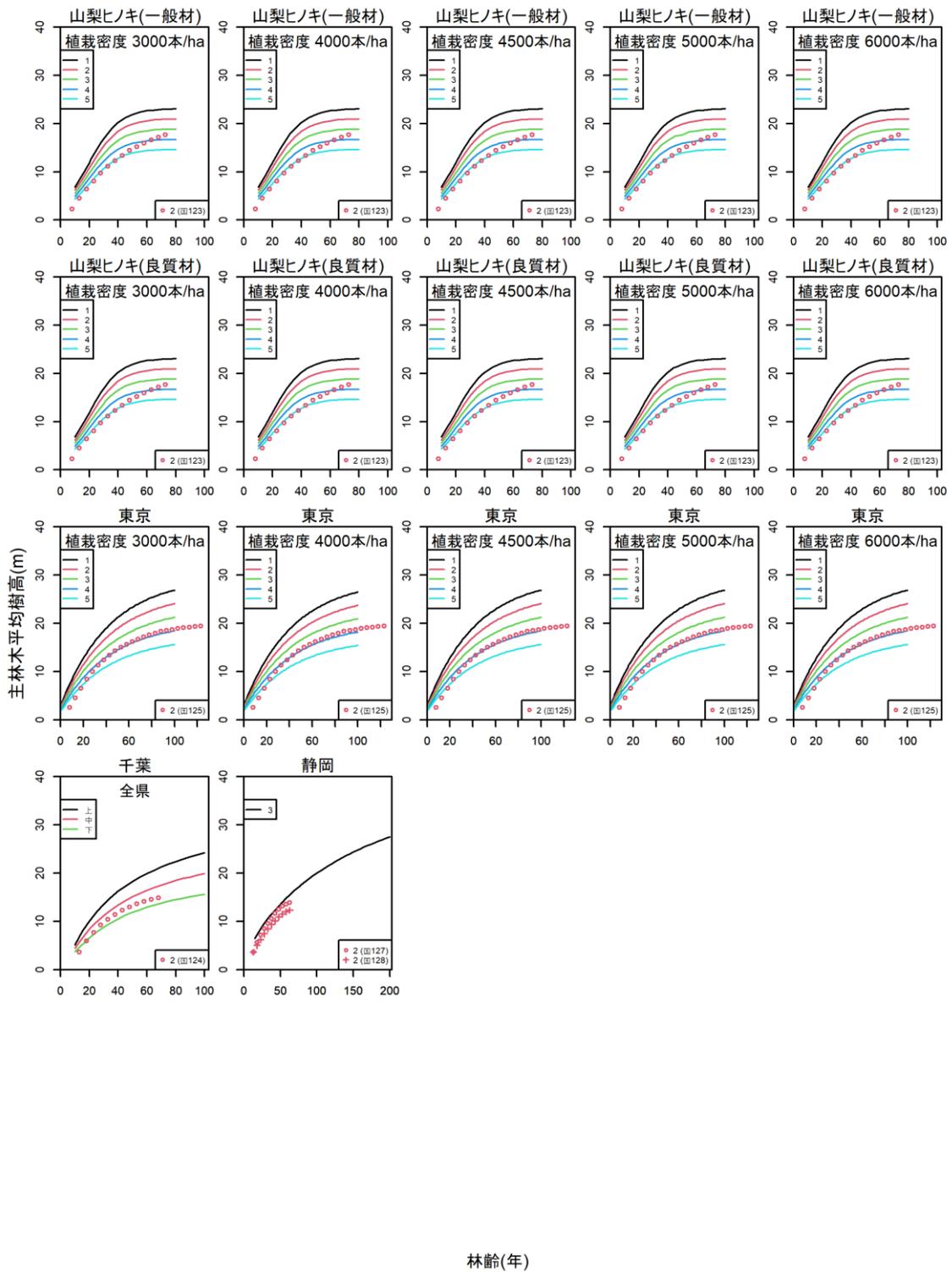


図 4-2 民有林収穫表と現行国有林収穫予想表との比較(ヒノキ・樹高)

※直線が民有林、点線が国有林。括弧内の(国 123)等の数字は国有林収穫予想表番号を示す。  
茨城県・千葉県は民有林収穫表は主林木の値、そのほかの都県は主林木・副林木の区別なし。

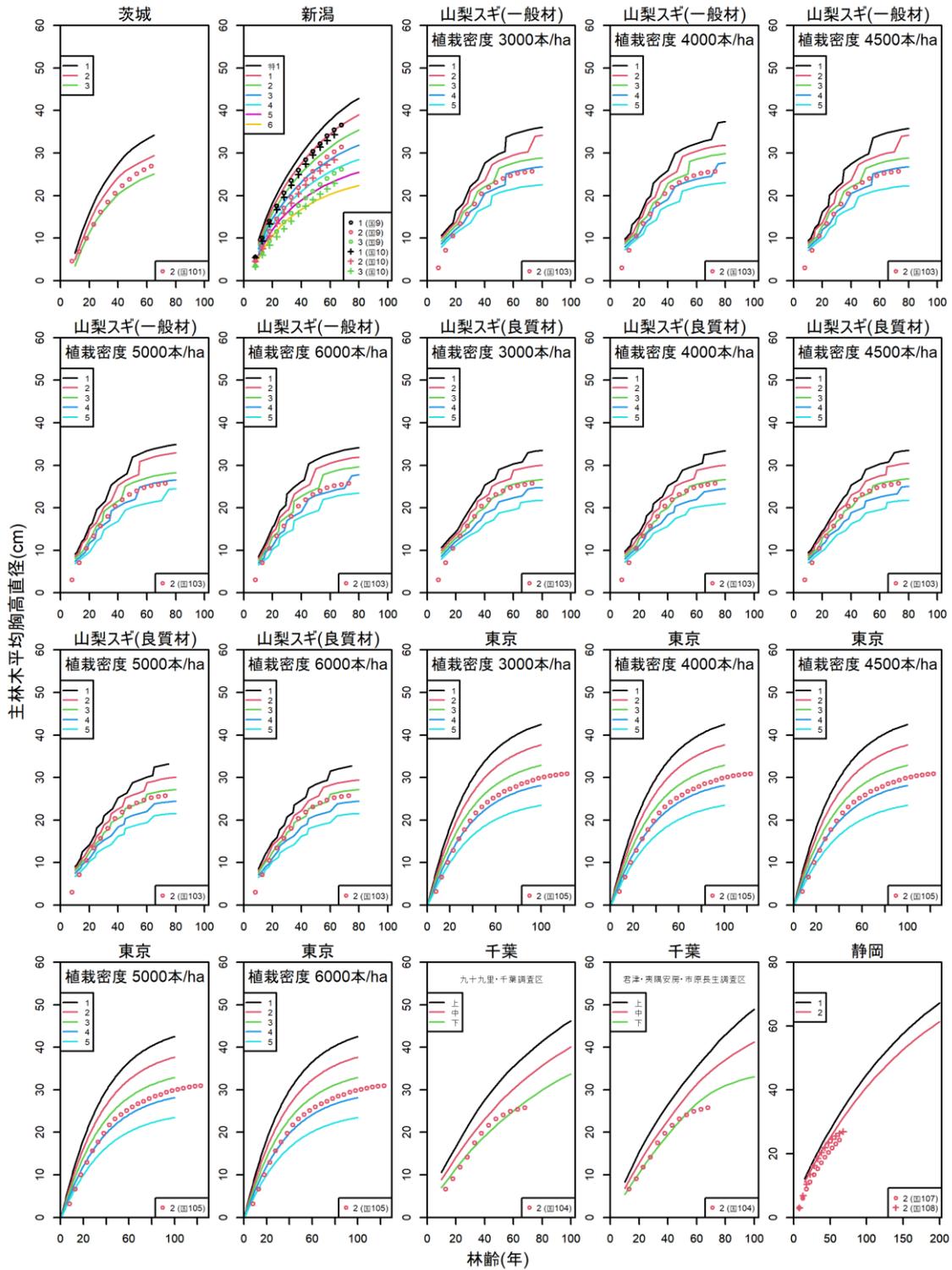


図 4-3 民有林収穫積表と現行国有林収穫予想表との比較(スギ・胸高直径)

※直線が民有林、点線が国有林。括弧内の(国 101)等の数字は国有林収穫予想表番号を示す。  
茨城県・千葉県の民有林収穫表は主林木の値、そのほかの都県は主林木・副林木の区別なし。

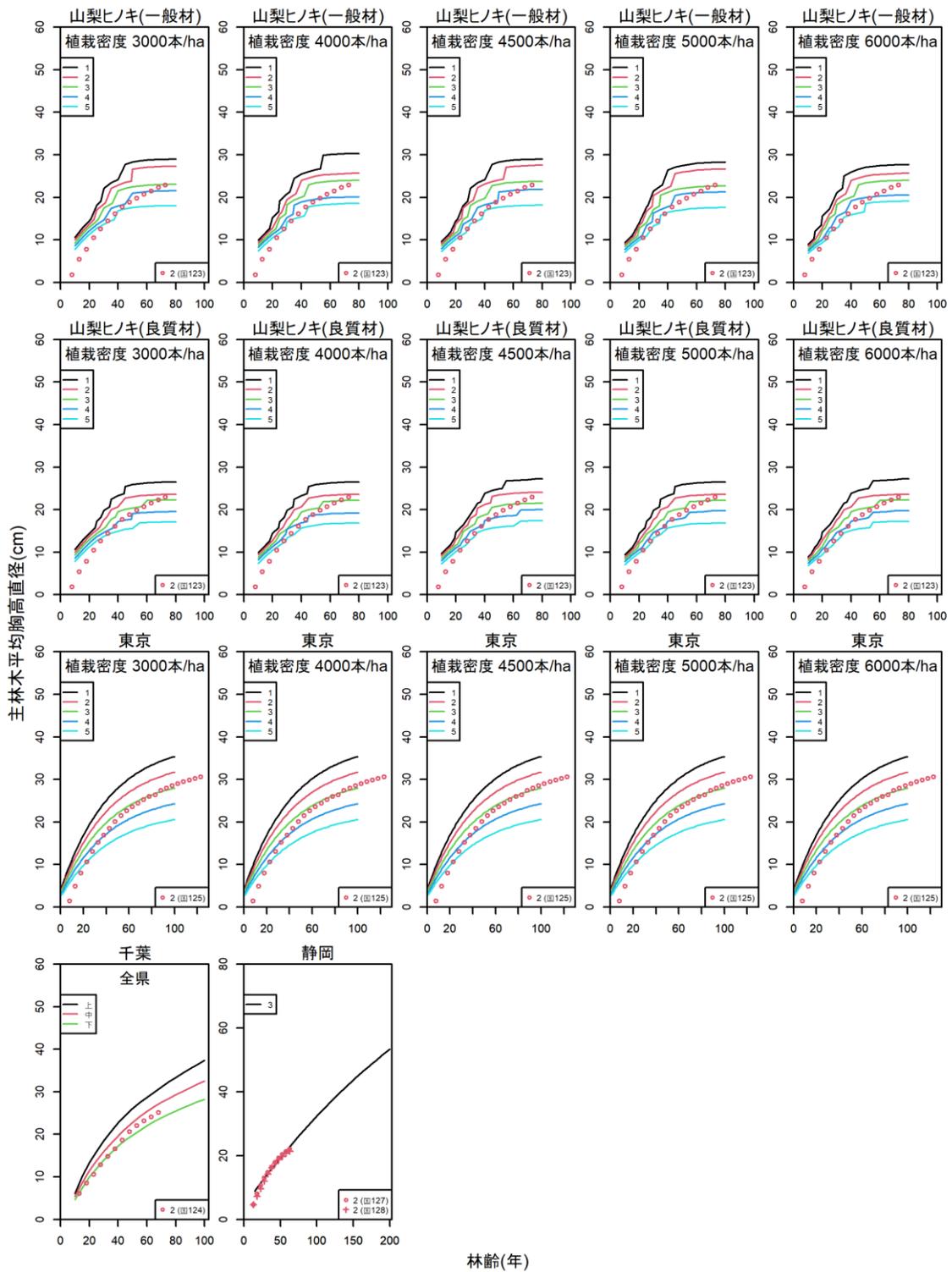


図 4-4 民有林収穫表と現行国有林収穫予想表との比較(ヒノキ・胸高直径)

※直線が民有林、点線が国有林。括弧内の(国 123)等の数字は国有林収穫予想表番号を示す。  
茨城県・千葉県は民有林収穫表は主林木の値、そのほかの都県は主林木・副林木の区別なし。

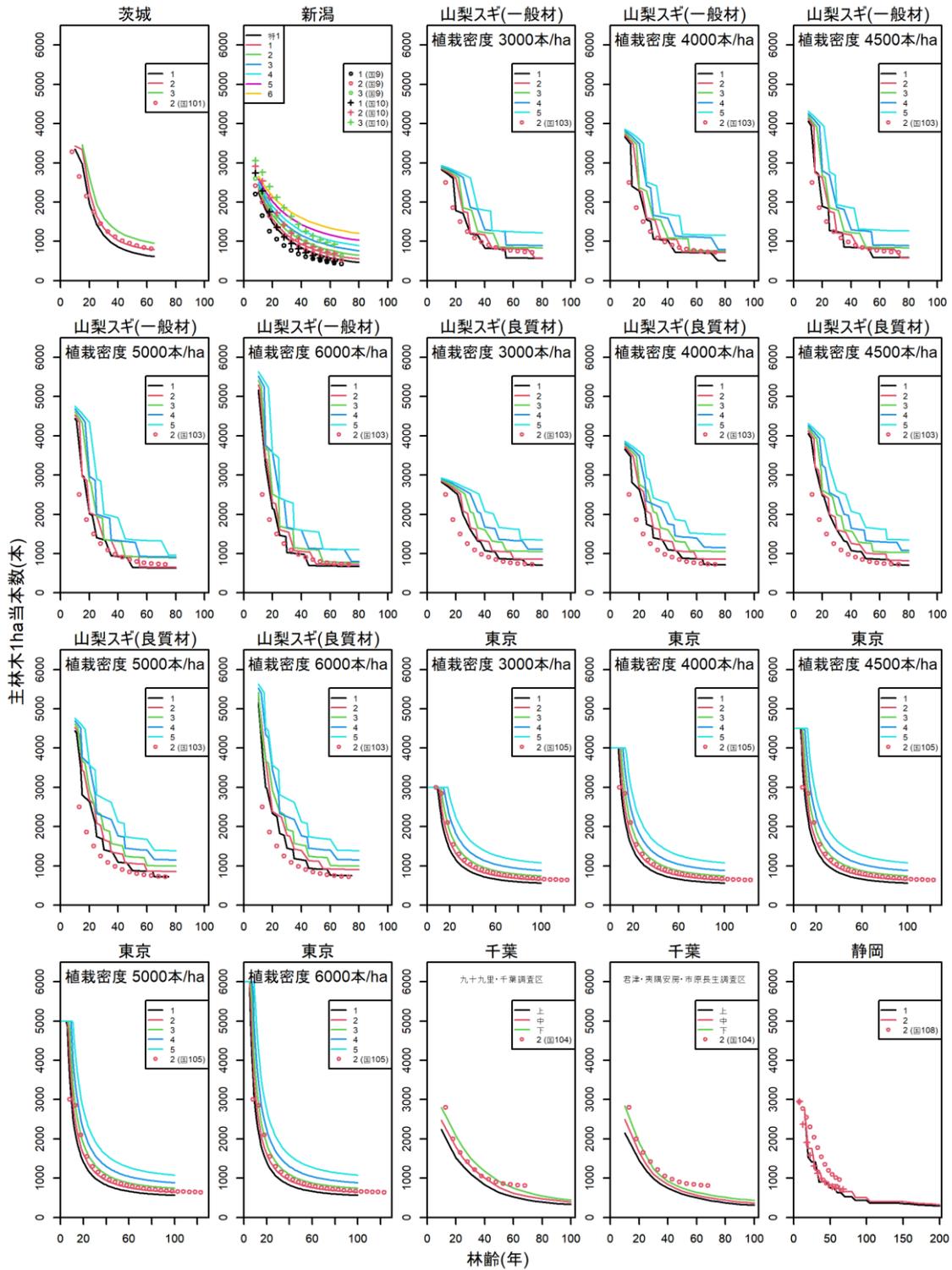


図 4-5 民有林収穫表と現行国有林収穫予想表との比較(スギ・haあたり本数)

※直線が民有林、点線が国有林。括弧内の(国 101)等の数字は国有林収穫予想表番号を示す。  
茨城県・千葉県の民有林収穫表は主林木の値、そのほかの都県は主林木・副林木の区別なし。

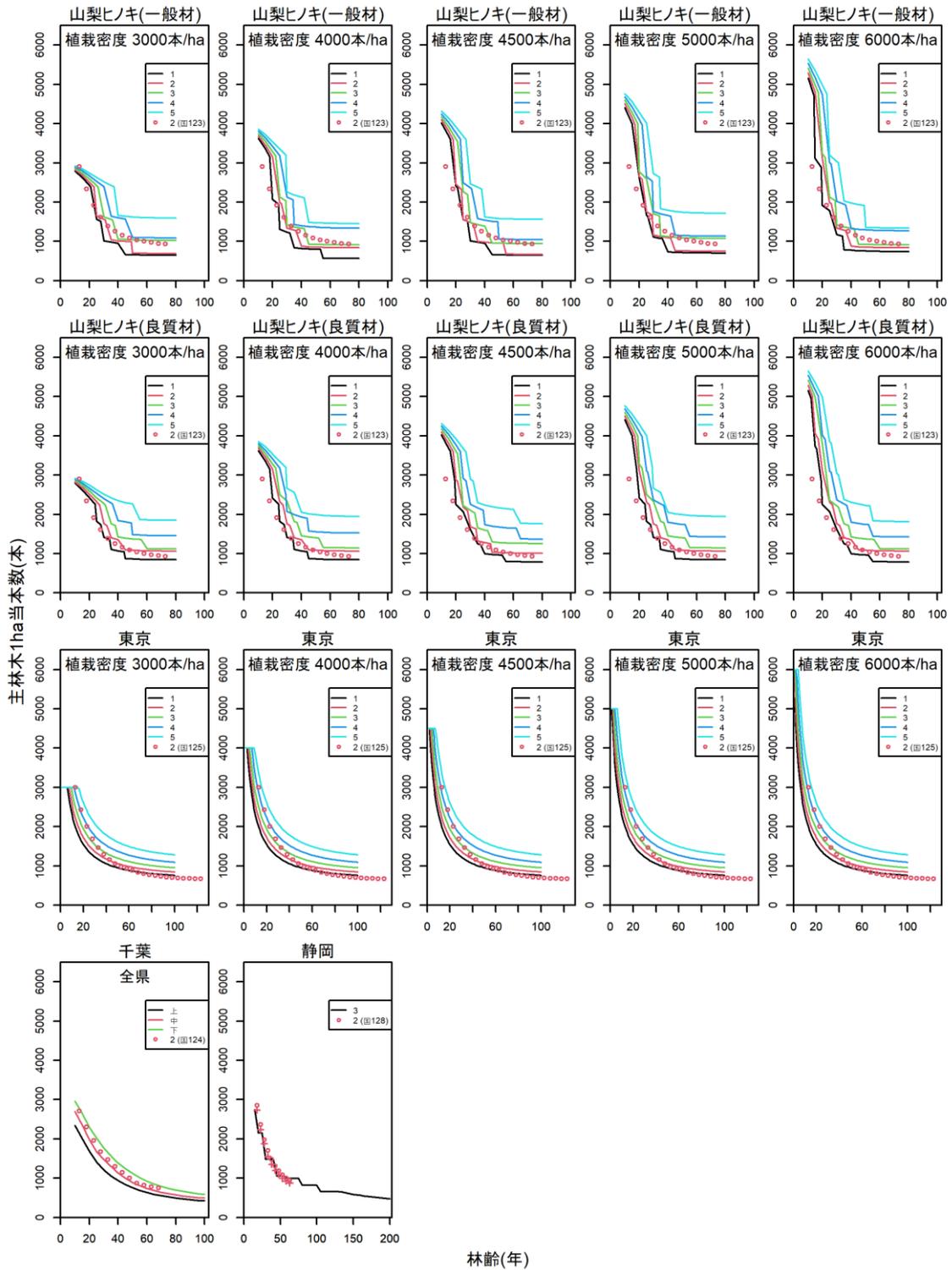


図 4-6 民有林収穫履歴と現行国有林収穫予想表との比較(ヒノキ・ha あたり本数)

※直線が民有林、点線が国有林。括弧内の(国 123)等の数字は国有林収穫予想表番号を示す。  
茨城県・千葉県の民有林収穫表は主林木の値、そのほかの都県は主林木・副林木の区別なし。

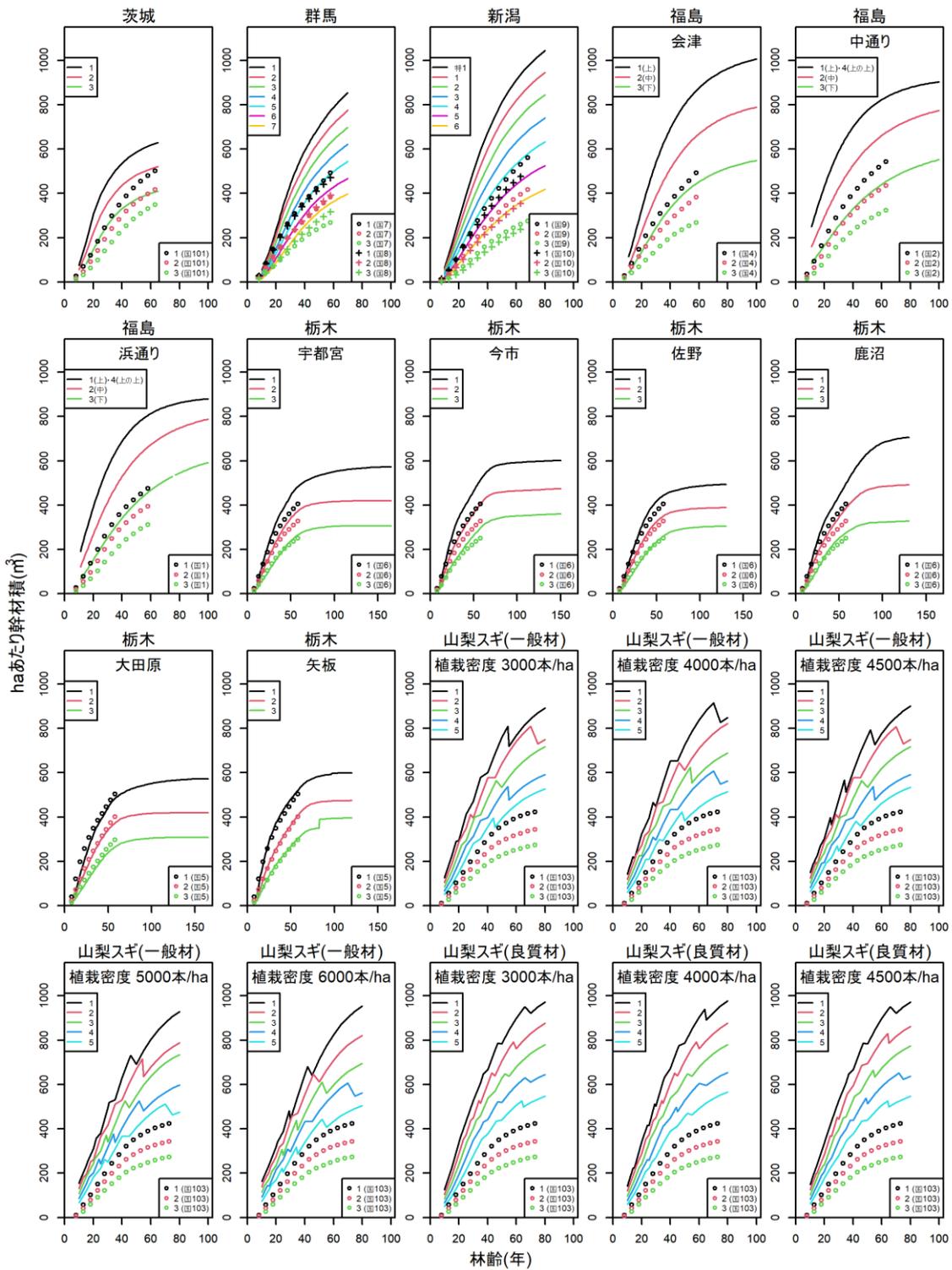


図 4-7 (1) 民有林収穫表と現行国有林収穫予想表との比較(スギ・材積)

※直線が民有林、点線が国有林。括弧内の(国 10)等の数字は国有林収穫予想表番号を示す。  
茨城県・千葉県は民有林収穫表は主林木の値、そのほかの都県は主林木・副林木の区別なし。

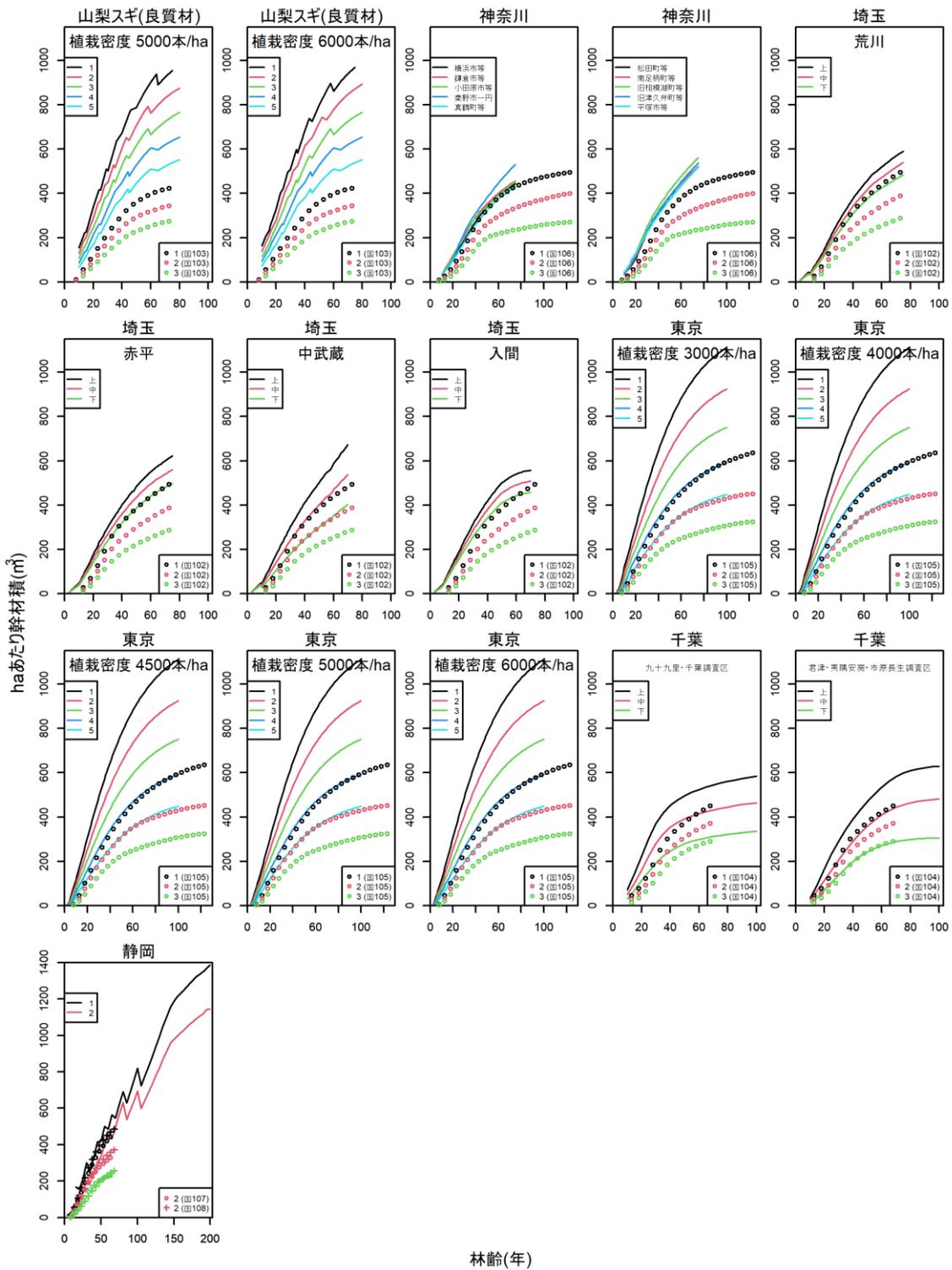


図 4-7 (2) 民有林収穫表と現行国有林収穫予想表との比較(スギ・材積)

※直線が民有林、点線が国有林。括弧内の(国 103)等の数字は国有林収穫予想表番号を示す。  
茨城県・千葉県民有林収穫表は主林木の値、そのほかの都県は主林木・副林木の区別なし。

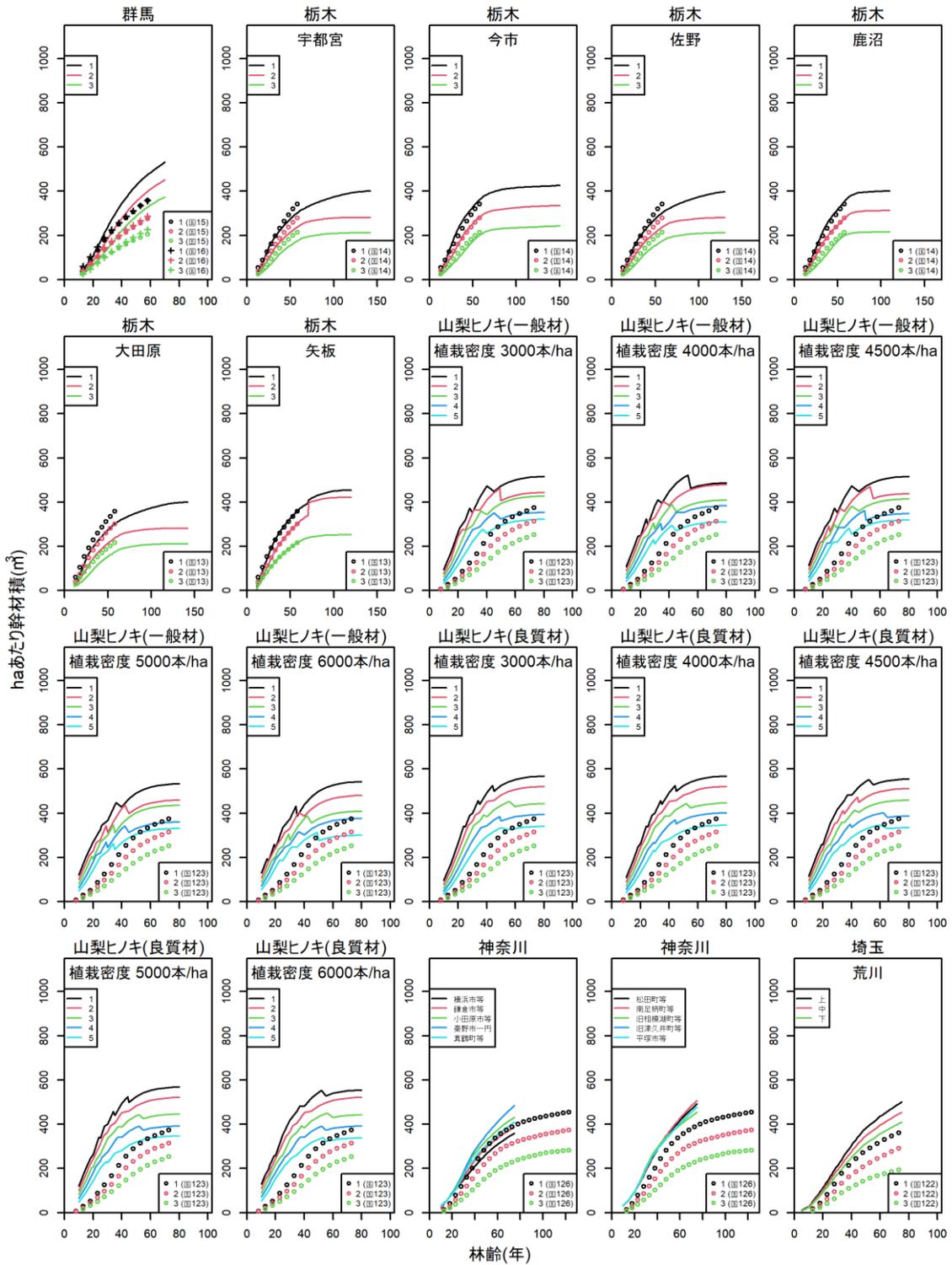


図 4-8 (1) 民有林収穫表と現行国有林収穫予想表との比較(ヒノキ・材積)

※直線が民有林、点線が国有林。括弧内の(国 15)等の数字は国有林収穫予想表番号を示す。  
茨城県・千葉県は民有林収穫表は主林木の値、そのほかの都県は主林木・副林木の区別なし。

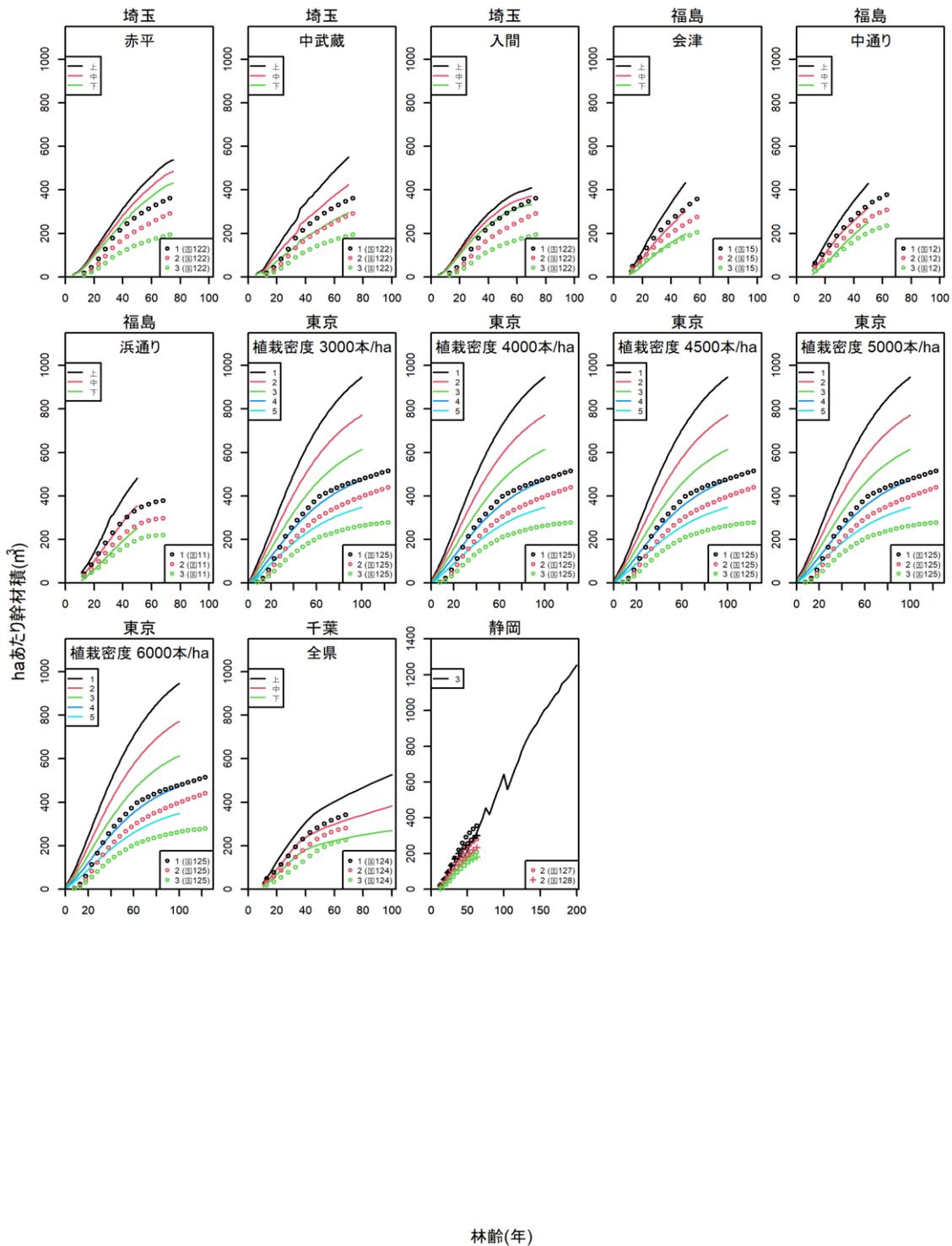


図 4-8 (2) 民有林収穫表と現行国有林収穫予想表との比較(ヒノキ・材積)

※直線が民有林、点線が国有林。括弧内の(国122)等の数字は国有林収穫予想表番号を示す。

茨城県・千葉県民有林収穫表は主林木の値、そのほかの都県は主林木・副林木の区別なし。

## 5 成長予測モデルの検討・整備

### 5.1 新たな成長予測モデルの概要

森林資源解析結果を基に新たな成長予測モデル（成長予測モデル）の検討を行った。成長予測モデルの作成方法は過年度業務にて実施した手法と同一とし、白石ら（1995）が作成した収穫予想表の作成手法に従い実施した。作成フローを図 5-1 に示す。



出典：森林総合研究所北海道支所

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/1st-chukiseika-9.pdf>

図 5-1 収穫予想表作成フロー

本作成手法は、上層平均樹高、平均 DBH、単木材積などの各解析値について、それぞれの相関を取りつつ、各地位指数曲線別の値を推定する手法である。本手法の利点として既に、北海道、三重県、愛媛県などで同様の手法を用いて収穫予想表が作成されており実績があること、また、作成に係る計算が簡易であり、データの検証の他、現地技術者による計算・修正・検証が可能なこと、林齢など各数値に修正があったとしても、相関式の変化により、柔軟に対応できる利点がある。そのため、今回解析を行う地域についても同様の解析にて収穫予想表を作成した。

成長予測モデルの解析は以下の手順で行った。

1. 樹高成長曲線（ガイドカーブ）の算出

メッシュ毎に集計した上層平均樹高と林齢情報を基とし、樹高成長曲線を求める。

2. 地位指数曲線の算出

樹高成長曲線のカーブを元に、地位指数毎に曲線を算出。

3. 各因子の相関計算

上層樹高-DBH、DBH-単木材積、DBH-ha 当たり本数の各散布図を作成し、近似曲線を求める。

4. 収穫予測

地位指数・林齢別に各値をとりまとめる。

解析においては、まずエリア全体を 20mメッシュにて区分し、このメッシュを基本として、樹高・DBH などの森林資源情報を平均値として集計した。

林齢など森林簿によらなければ不明な情報については、各メッシュと森林簿の図郭を重ねて、情報を抽出して対応した。ただし、図 5-2 の通り、メッシュによっては複数の情報が混在する箇所もあり、このような箇所は解析には利用しないこととした。

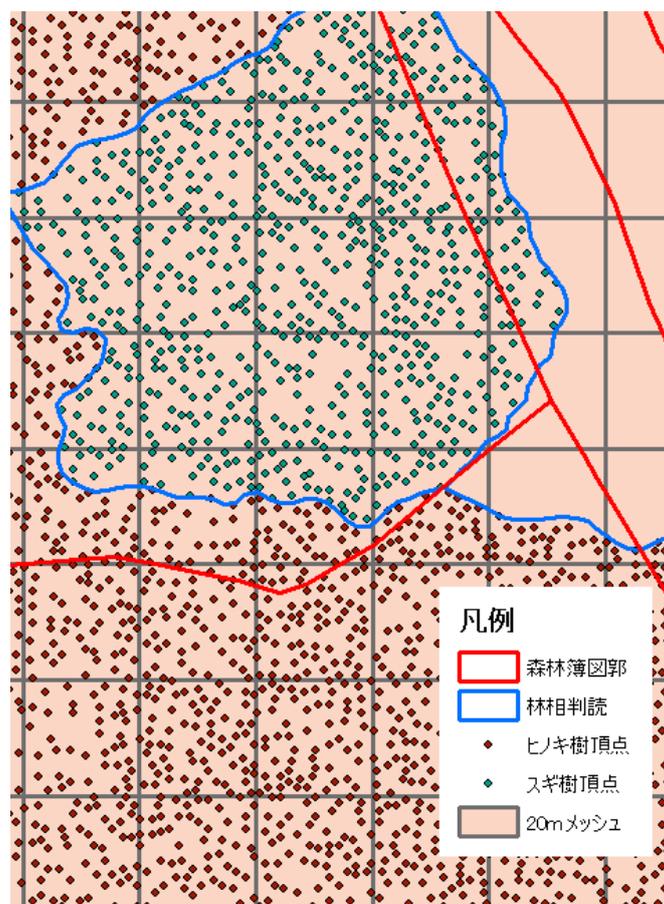


図 5-2 解析に係る単木情報とメッシュのイメージ図

新たな成長予測モデル作成に当たりポイントとしたところは以下の通りである。

ポイント1：メッシュ内で樹種及び林齢が混合する箇所については平均値が偏る恐れがあることから、メッシュ内全てが同一林齢及び同一樹種となるよう集計した。また、メッシュ内の本数が10本未満のメッシュは別途目視にて樹頂点の分布に偏りが無い確認し、偏りがあるメッシュは除外した。

ポイント2：20m×20mのメッシュ内に含まれる立木本数でha当たりの本数を算出すると、立木の局所的な偏りが影響する恐れがある。そのため、ha当たり本数については、小班内の林相区分を単位としてha当たり本数を抽出することにより、密度効果を含めた本数単位を示した（図5-3）。

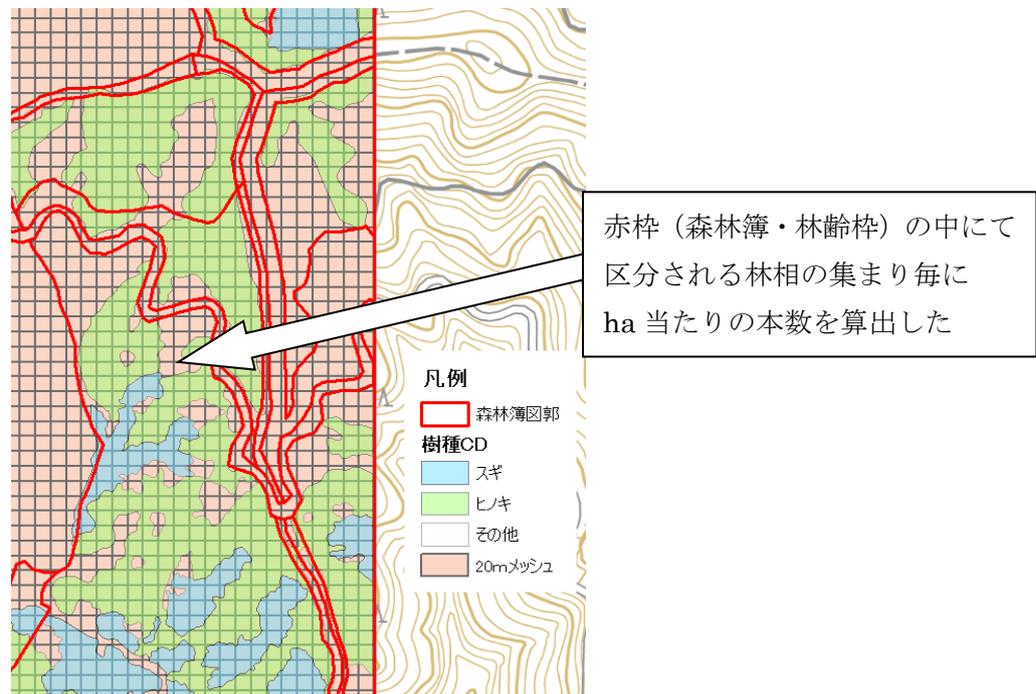


図 5-3 ha 当たり本数算出の考え方

## 5.2 成長予測モデルの作成方法

### 5.2.1 樹高成長曲線の計算方法

樹高と林齢の関係から、樹高成長曲線を算出する。適用する成長式の候補としては、一般に多く用いられるミッチャーリッヒ式またはリチャーズ式が挙げられる。ただし、成長式の特徴として、リチャーズ式では原点を通るのに対しミッチャーリッヒ式では必ずしも原点を通らない。本業務で作成する成長曲線は、若齢林の成長についても適切に表すことが必要となるため、原点を通るリチャーズ式の方が適していると判断した。

$$\text{リチャーズ式： } H_t = a(1 - \text{EXP}(-b \cdot t))^c$$

$t$ は林齢、 $H_t$ は林齢 $t$ における上層樹高、 $a, b, c$ はパラメータである。なお、 $a$ パラメータは理論上の最大樹高となる。20mメッシュ別に求めた林齢と樹高データから、非線形回帰により $a, b, c$ のパラメータを求めた。

これをガイドカーブとして、上限線と下限線を決定した。各線の決定は和口ら(2013)<sup>5</sup>の検討に基づき平均偏差率を算出した。平均偏差率は以下の式により求められる。

$$\delta = \frac{1}{N} \sum \left| \frac{Y - Y'}{Y'} \right|$$

このとき、 $N$ はサンプル数、 $Y$ は上層木平均樹高、 $Y'$ は算出したガイドカーブにより求めた樹高である。

これを基に基準となる上限線と下限線を決定する。この値を以下の式に代入しガイドカーブの上限・下限線を求めた。

$$H_t = A (1 + n \delta) (1 - \text{EXP}(-b \cdot t))^c$$

$n$ は平均偏差率の倍数であるが、 $n$ が $\pm 2.5$ のときに分布の95.5%が含まれる。このときの曲線を上限・下限線として設定した。

---

<sup>5</sup>和口美明, 今治安弥, & 迫田和也. (2013). 長伐期化に対応した奈良県スギ人工林地位曲線の作成.

### 5.2.2 メッシュ集計時の補正

成長モデル作成のためのメッシュ集計を行うにあたり、各種フィルタリング及び補正処理を行った。

#### 【フィルタリング】

- 形状比が 40 未満または 150 以上となる単木は、樹高一胸高直径関係がうまく推定できていない異常値と考え、除外した上でメッシュ集計を行った。
- メッシュは小班区画、林相区画の境界と交差しないものを対象とした。
- 森林簿林齢が 0 年となるメッシュは除外した。
- メッシュ内立木本数が 0 本となるメッシュは除外した。
- メッシュ内立木本数が 10 本未満のメッシュについて、単木ポイントの分布を目視で確認し、メッシュ内に偏って分布するメッシュは林縁部のため標準的な樹形でない可能性があるため除外した（図 5-4）。

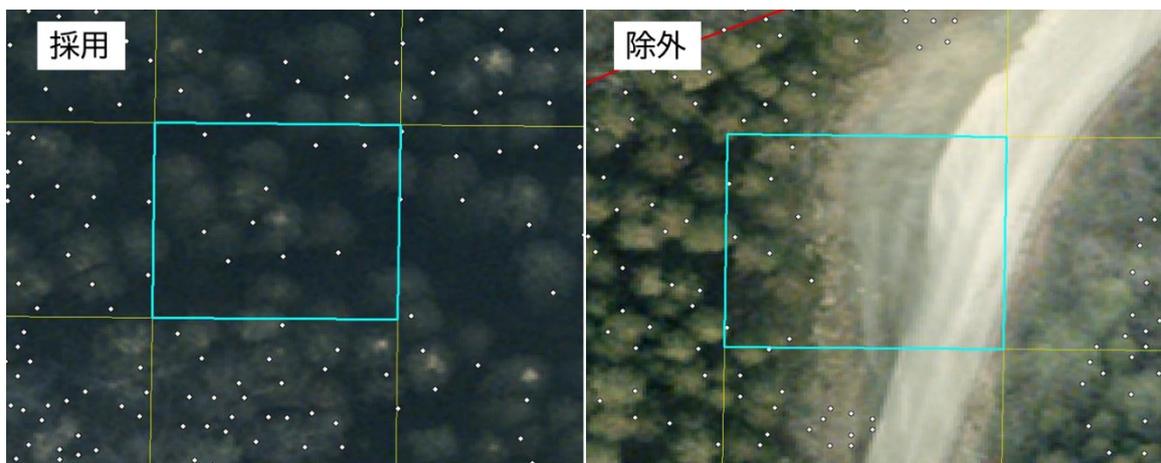


図 5-4 メッシュ内の単木ポイント分布の確認イメージ(左のメッシュは採用、右のメッシュは除外)

#### 【補正】

- 航空レーザ計測時と使用する森林簿（林齢）が大きく離れている、平成 26 年度に計測した航空レーザデータを使用する範囲について、森林簿の林齢を計測当時の林齢に補正した。
- 国有林の森林調査簿など、1つの小班に樹種・林齢データが3つずつ紐づいている場合がある。原則として「樹種 1」に紐づく「林齢 1」を採用したが、林齢 > 樹高となるデータは異常値の可能性があるので、そうしたデータについて、樹種 2 または樹種 3 が林相判読結果の樹種と一致している場合は林齢 2 または林齢 3 を採用した。いずれにも一致せず、林齢が 10 未満のデータは異常値と考え集計から除外した。

- 平均樹高が著しく低いメッシュについては、立木間のギャップに存在する低木等の単木ポイントが影響している可能性がある。樹高成長曲線の作成には上層樹高を用いるため、そのような低木の影響を軽減する目的で Lorey' s height を計算し上層樹高として用いることとした。

Lorey' s height は、以下の式で計算できる、胸高断面積を重みとする加重平均樹高である。ここで、 $H_{Lorey}$  は Lorey' s height (m)、BA は胸高断面積 (cm<sup>2</sup>)、DBH は胸高直径 (cm)、H は樹高である (参考 : Pourrahmati et al., 2018<sup>6</sup>等)。

$$H_{Lorey} = \frac{\sum_{i=1}^n BA_i \times H_i}{\sum_{i=1}^n BA_i} = \frac{\sum_{i=1}^n DBH_i^2 \times H_i}{\sum_{i=1}^n DBH_i^2}$$

---

<sup>6</sup> Rajab Pourrahmati, M., Baghdadi, N., Darvishsefat, A. A., Namiranian, M., Gond, V., Bailly, J. S., & Zargham, N. (2018). Mapping Lorey's height over Hyrcanian forests of Iran using synergy of ICESat/GLAS and optical images. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1), 100-115.

### 5.2.3 メッシュ集計

樹頂点毎に算出した樹高・DBH・単木材積の解析結果を各 20m メッシュ単位に集計して平均値を算出した。また、立木密度、ha 材積は小班林相単位で集計した値を 20m メッシュに結合した。同様に、各樹種の林齢は森林簿から 20m メッシュに結合した（表 5-1）。

各地域別のメッシュ数を表 5-2 に示す。なお、このメッシュ数は前述した補正処理等を経て最終的にモデル作成に利用したメッシュ数である。

表 5-1 20m メッシュの属性一覧

林相名	小班林相別計算結果		メッシュ別計算結果					森林簿
	立木密度	ha 当たり材積	平均樹高	平均 DBH	平均単木材積	形状比	Lorey's height	林齢
スギ	763	534.59	21.9	26.8	0.61	82.8	22.2	52
スギ	474	625.42	30.0	36.2	1.44	84.6	30.5	78
スギ	681	548.49	24.2	29.4	0.80	83.3	24.7	46
スギ	474	625.42	28.0	36.0	1.34	78.5	28.9	78

表 5-2 成長予測モデル利用メッシュ数

地域名	スギメッシュ数	ヒノキメッシュ数
福島(浜通り)	42, 148	14, 148
福島(会津)	110, 135	-
福島(中通)・栃木	78, 256	20, 633
新潟	42, 265	-
茨城	30, 105	3, 107
静岡	13, 785	9, 188
神奈川	109, 382	71, 000
合計	426, 076	118, 076

※地域名は表 3-2 に示した略称。

#### 5.2.4 樹高成長曲線及び地位指数曲線の作成

メッシュ集計により得られた上層樹高 (Lorey' s height) と林齢のデータをプロットし、リチャーズ式をあてはめた樹高成長曲線を作成した。また、得られた樹高成長曲線をガイドカーブとし、分布の 95.5% を含むよう上限線・下限線を設定した。

地位指数曲線は、林齢 40 年時の上限線と下限線の樹高の範囲で得られる偶数の値毎に作成した。

それぞれの地域について、対応する現行収穫予想表も併せて水色の線で表示した。

次ページより、それぞれの地域において作成された樹高成長曲線及び地位指数曲線を示す（各地域分けは表 3-2 参照）。

全体の傾向として、現行収穫予想表よりも今回作成した樹高成長曲線及び地位指数曲線の方が各林齢での樹高が高かった。このことから、現行収穫予想表から推定された樹高は実際よりも過小評価となることがわかる。また、スギと比ベヒノキは最大樹高が低くなる傾向があった。

80 年生以上の高齢級林分については、地域によってはデータ数が少なくなるため、それぞれの地域でどの林齢まで適用可能か検討する必要があると考えられる。

1) 福島（浜通り）地域（スギ A-1、ヒノキ A グループ）

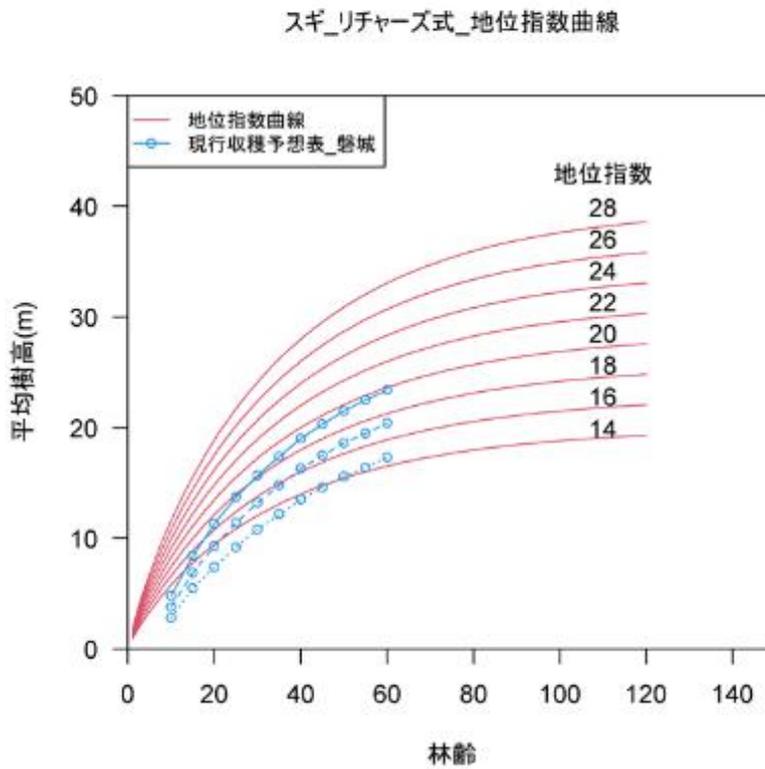
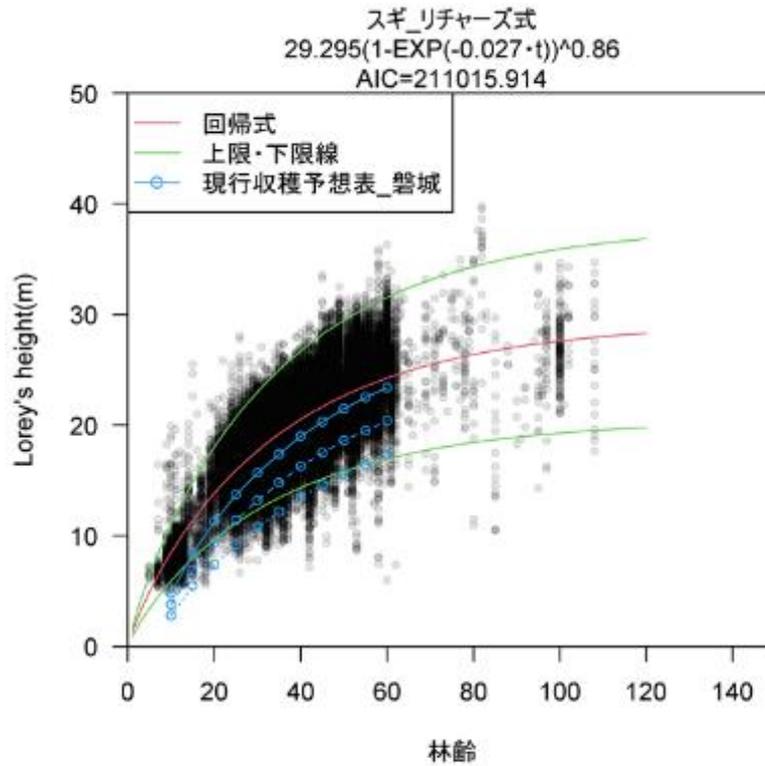


図 5-5 福島(浜通り)地域の樹高成長曲線及び地位指数曲線(スギ)

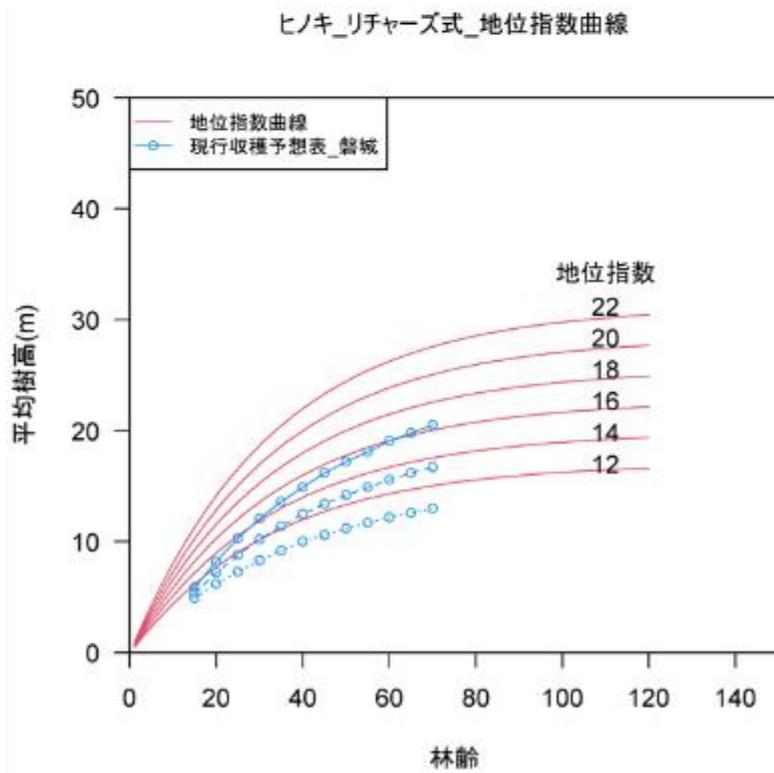
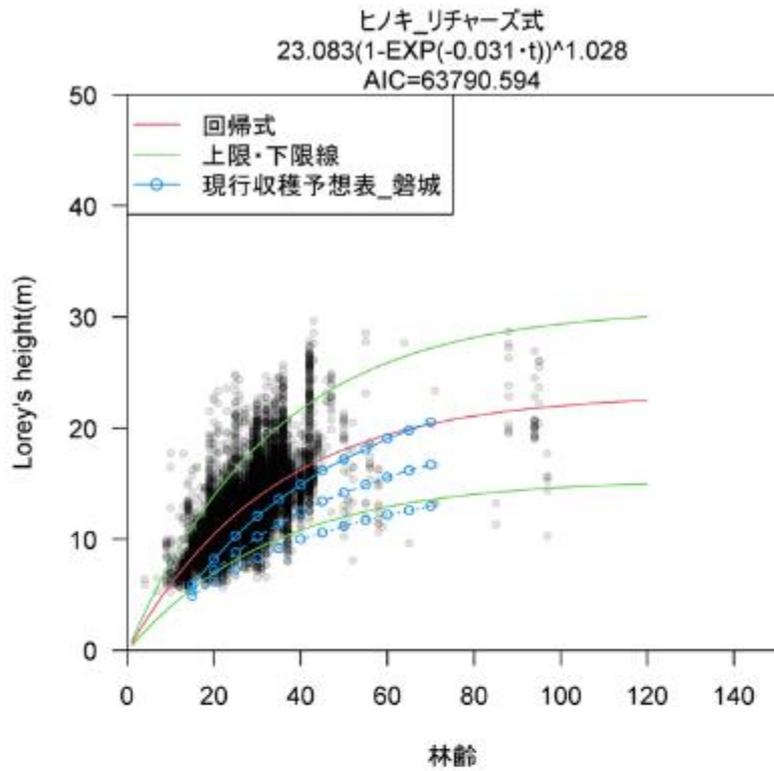


図 5-6 福島(浜通り)地域の樹高成長曲線及び地位指数曲線(ヒノキ)

2) 福島（会津）地域（スギ A-2 グループ）

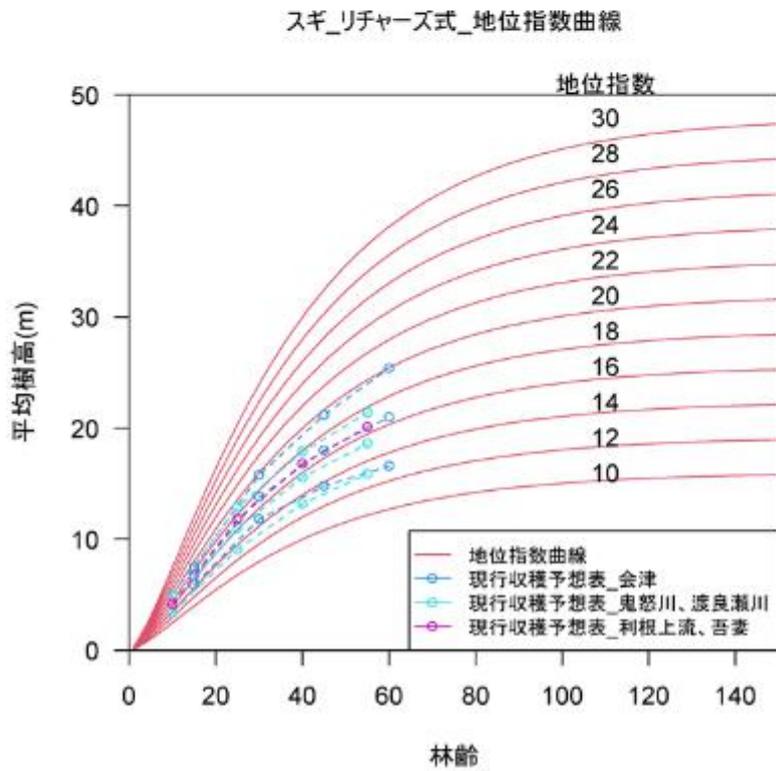
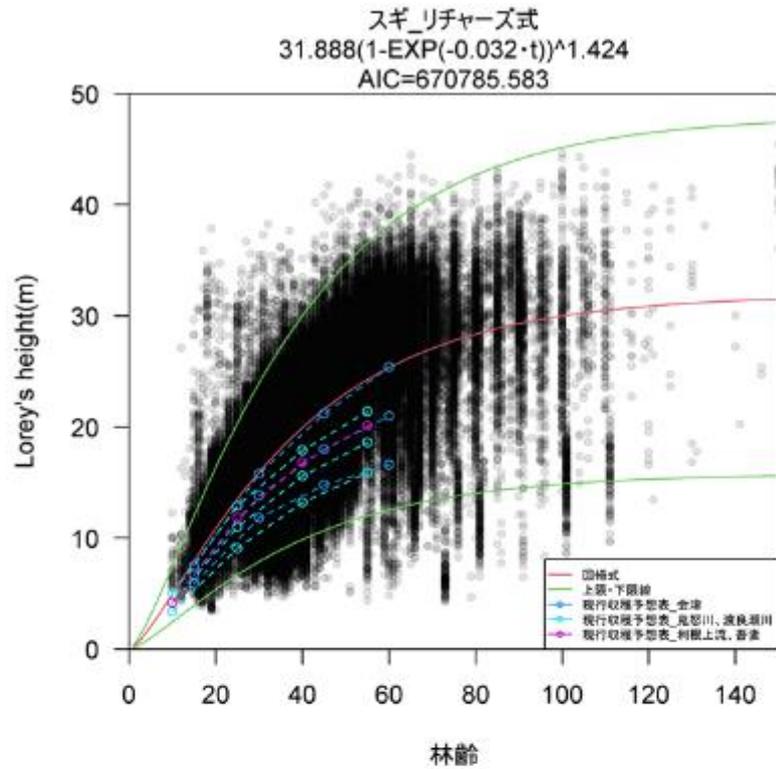
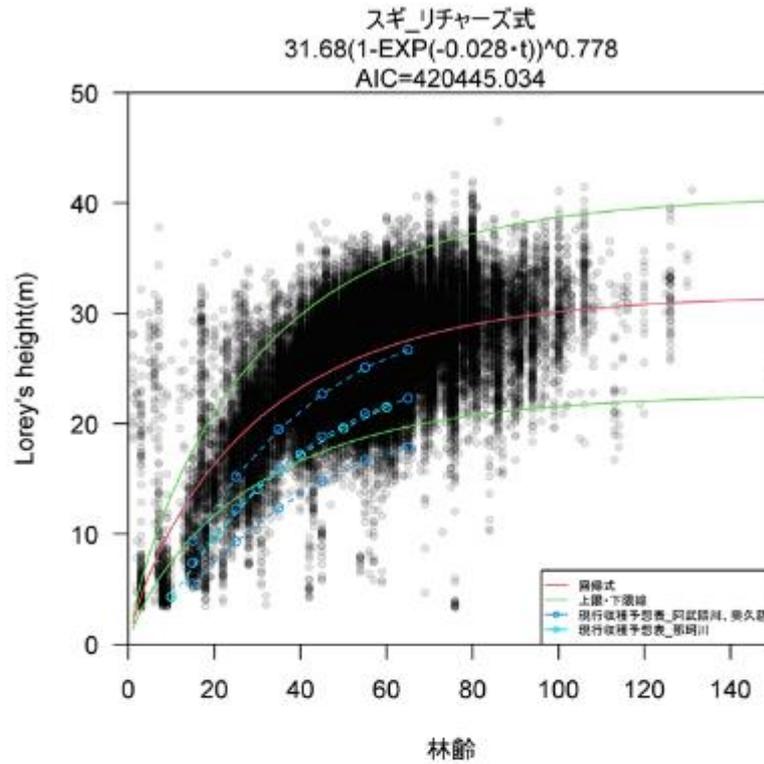


図 5-7 福島(会津)地域の樹高成長曲線及び地位指数曲線(スギ)

3) 福島（中通り）・栃木地域（スギ B-1、ヒノキ C グループ）



スギ\_リチャーズ式\_地位指数曲線

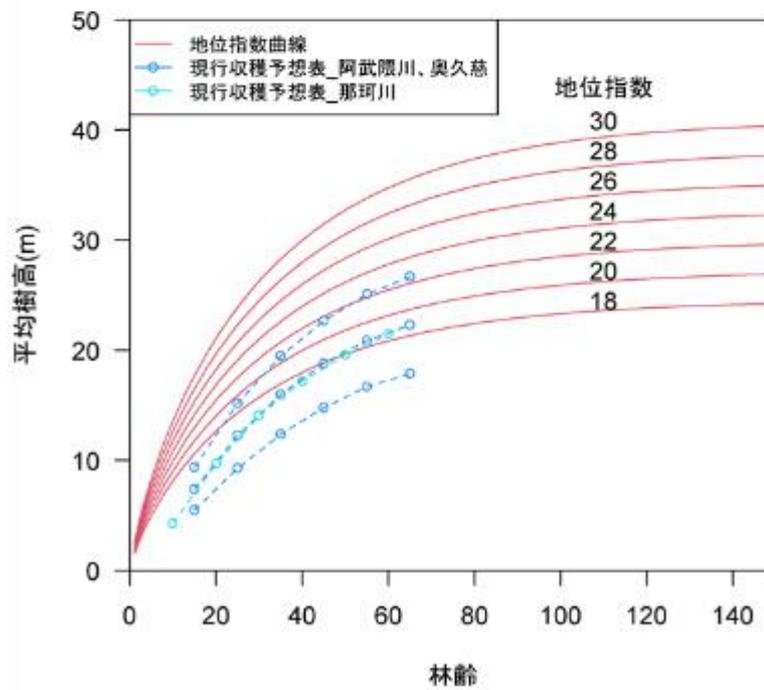


図 5-8 福島（中通り）・栃木地域の樹高成長曲線及び地位指数曲線（スギ）

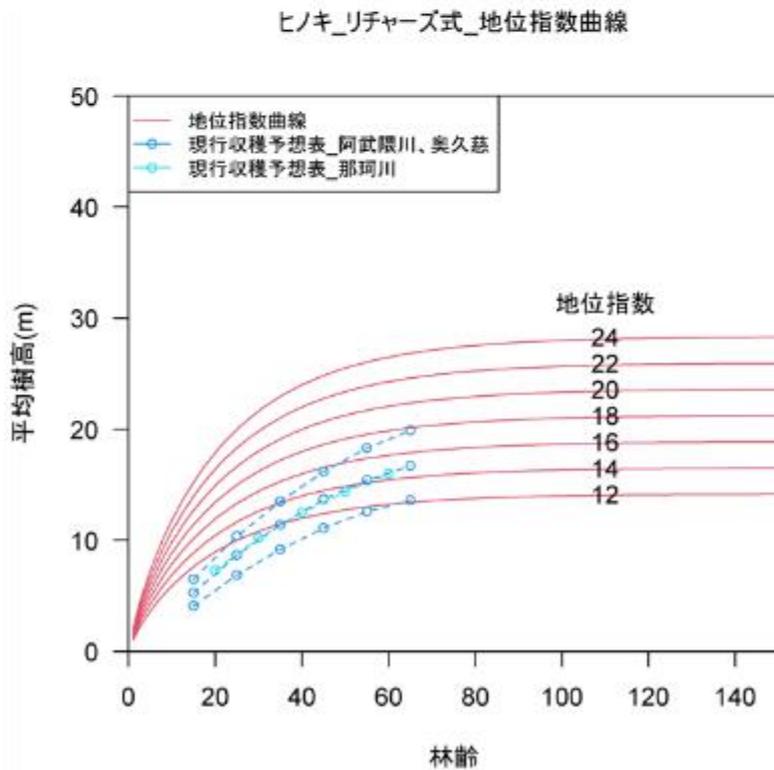
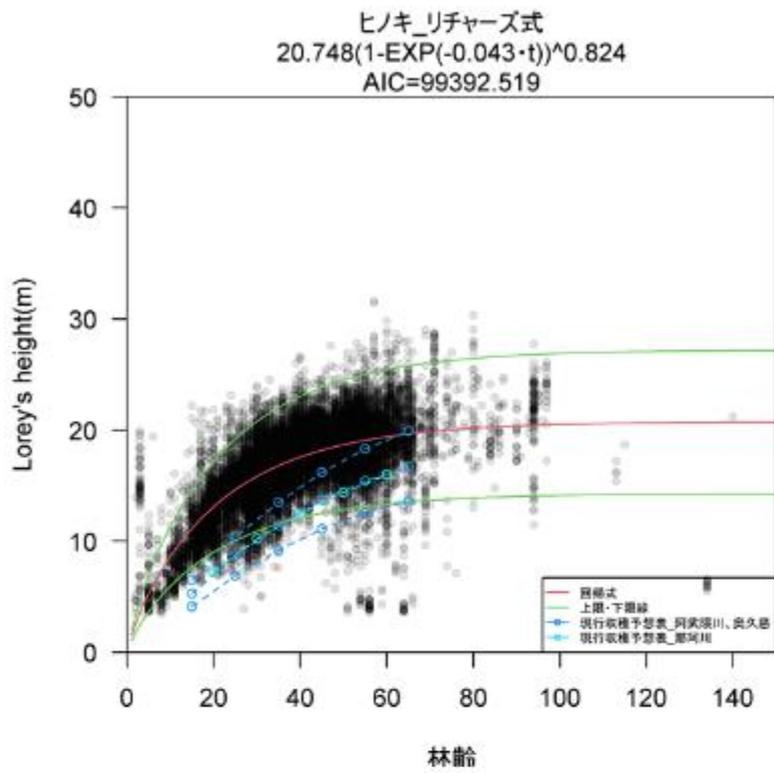
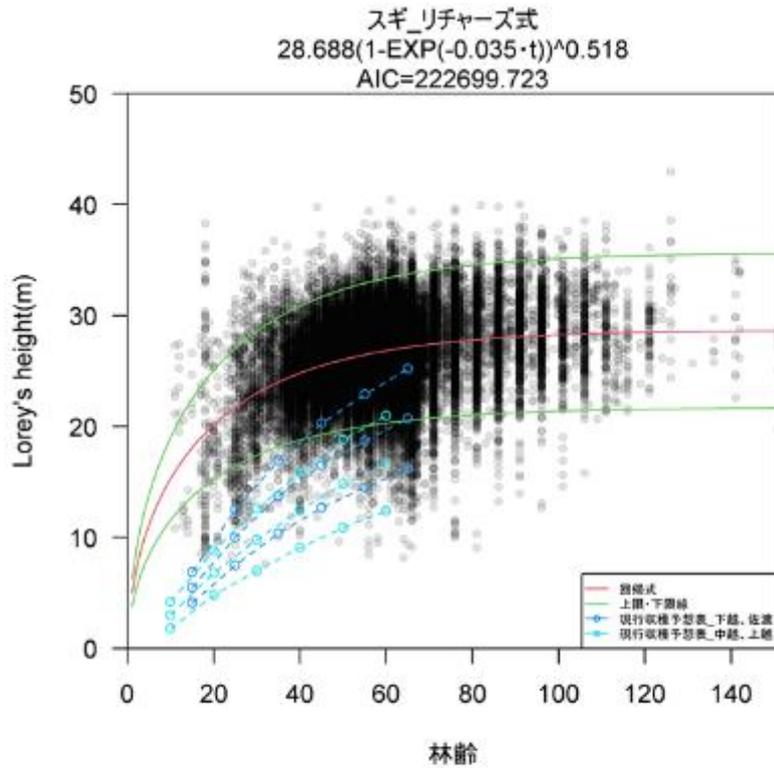


図 5-9 福島(中通り)・栃木地域の樹高成長曲線及び地位指数曲線(ヒノキ)

4) 新潟地域 (スギ B-2 グループ)



スギ\_リチャーズ式\_地位指数曲線

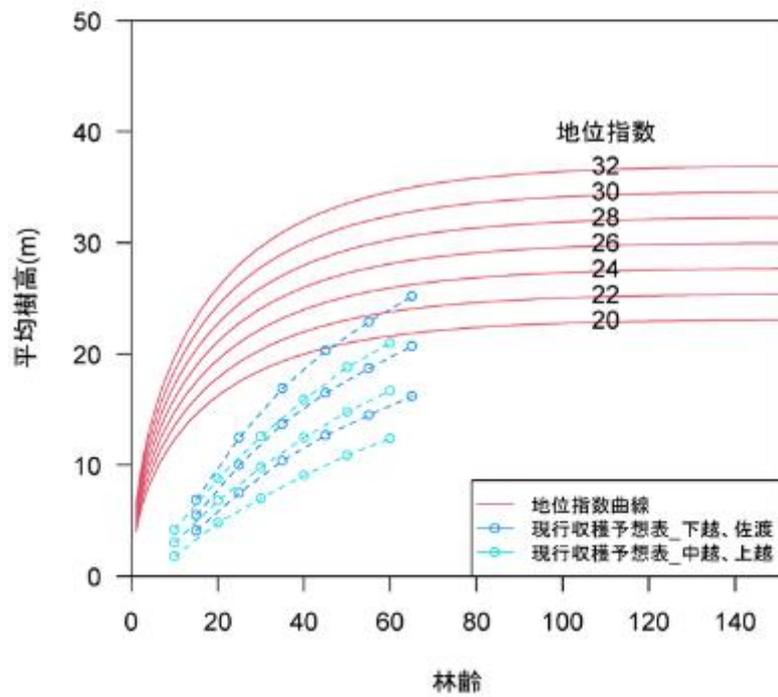
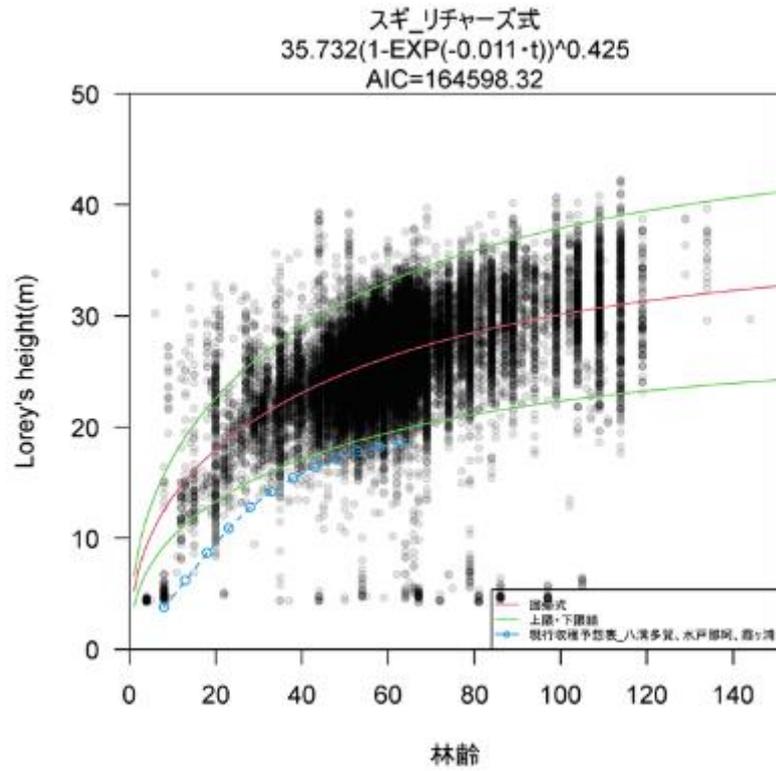


図 5-10 新潟地域の樹高成長曲線及び地位指数曲線(スギ)

5) 茨城地域 (スギ C-1、ヒノキ B-1 グループ)



スギ\_リチャーズ式\_地位指数曲線

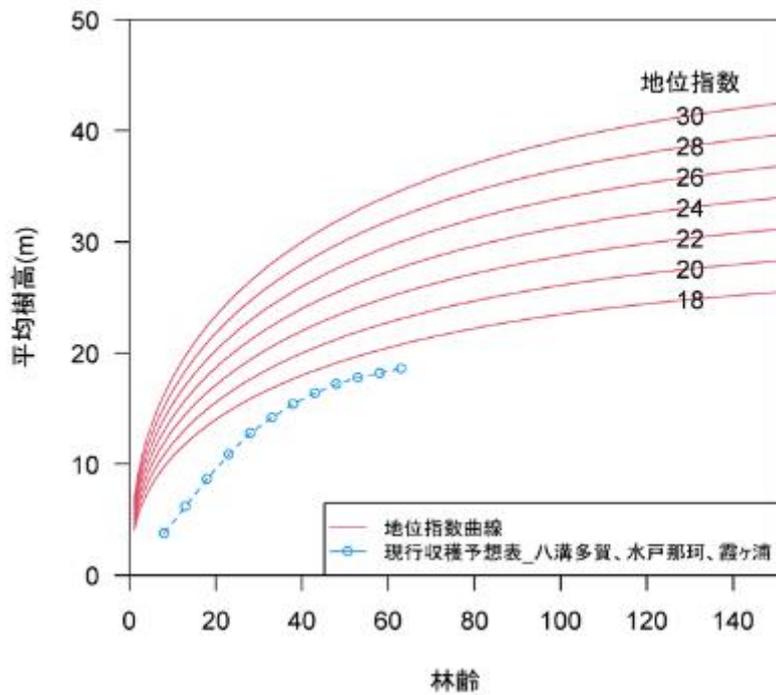
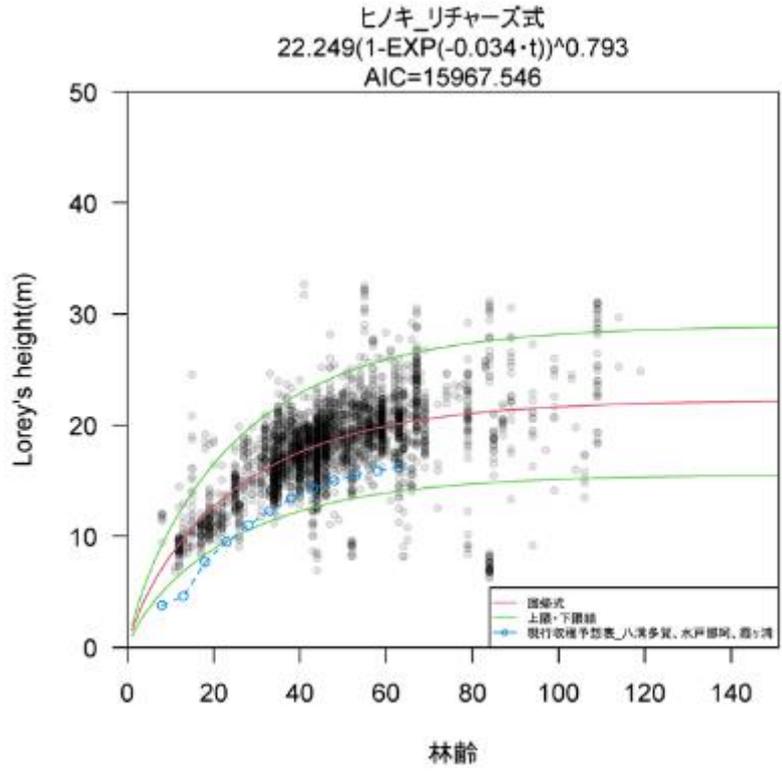


図 5-11 茨城地域の樹高成長曲線及び地位指数曲線(スギ)



ヒノキ\_リチャーズ式\_地位指数曲線

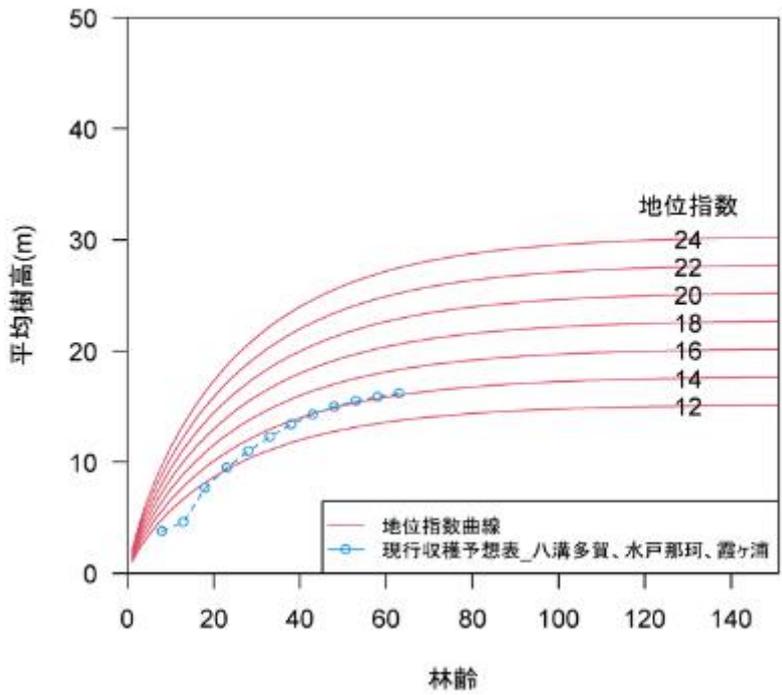
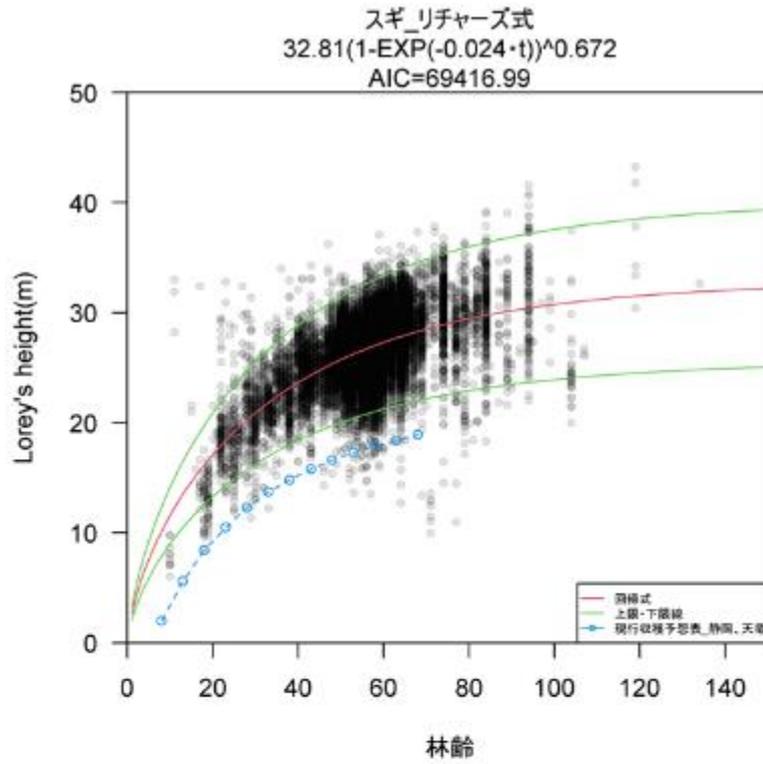


図 5-12 茨城地域の樹高成長曲線及び地位指数曲線(ヒノキ)

6) 静岡地域 (スギ C-2、ヒノキ B-2 グループ)



スギ リチャーズ式\_地位指数曲線

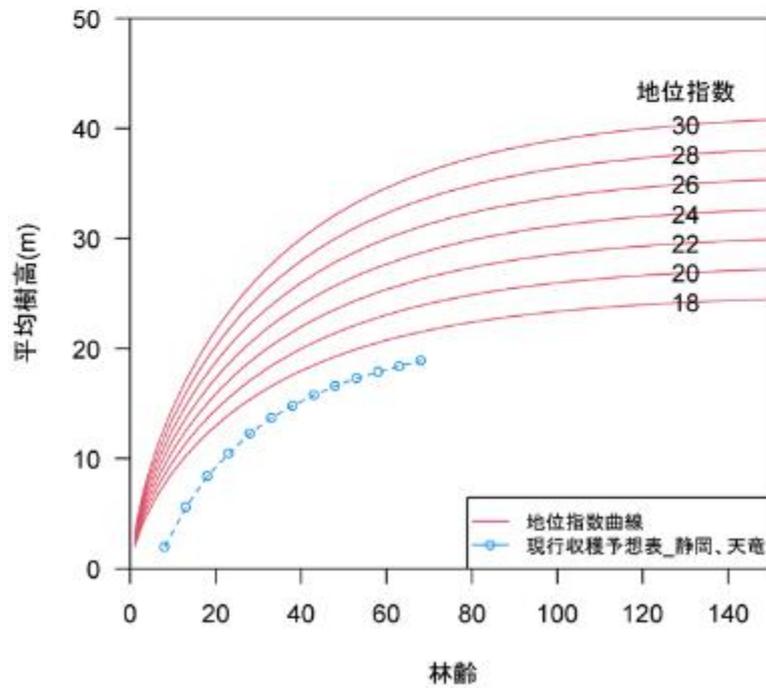
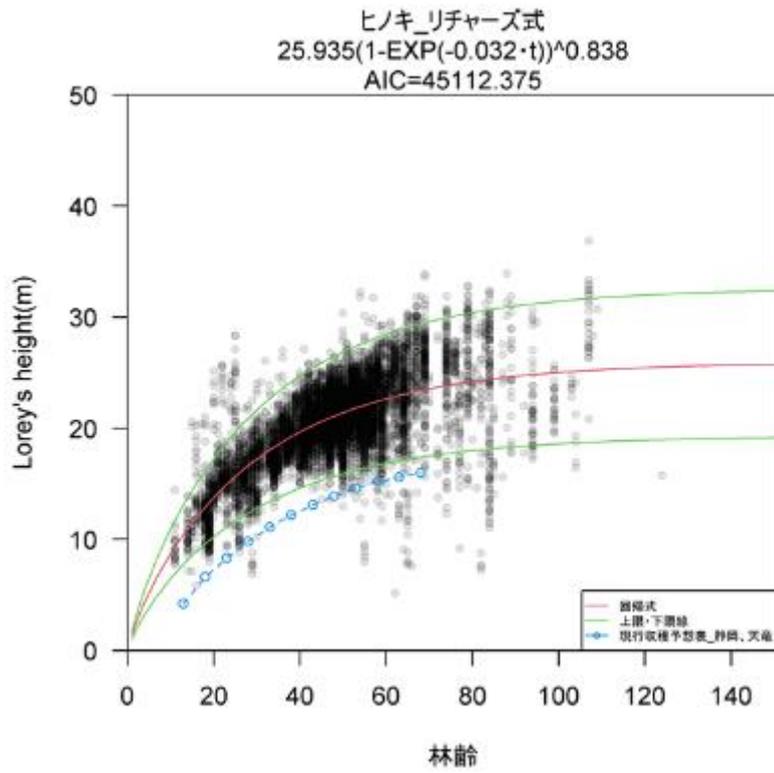


図 5-13 静岡地域の樹高成長曲線及び地位指数曲線(スギ)



ヒノキ\_リチャーズ式\_地位指数曲線

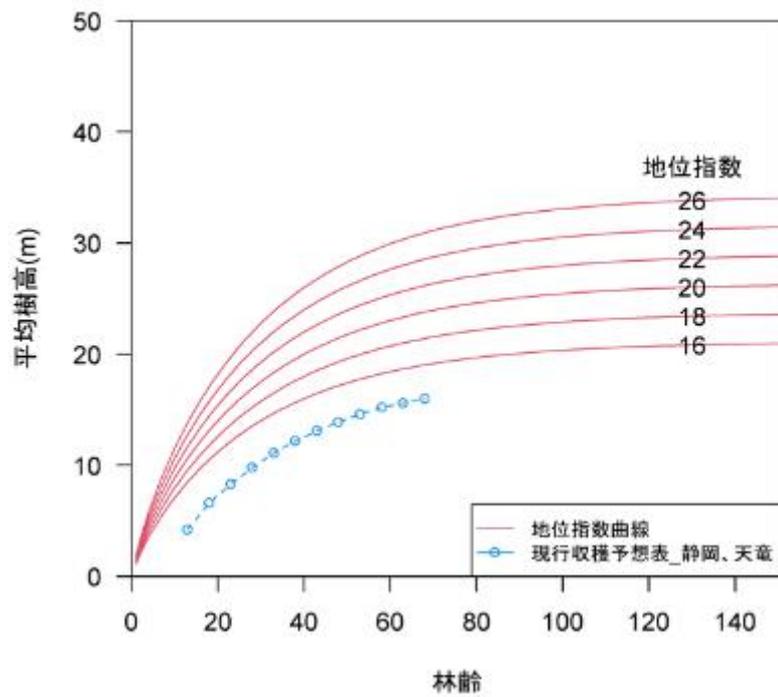


図 5-14 静岡地域の樹高成長曲線及び地位指数曲線(ヒノキ)

7) 神奈川地域 (スギ D、ヒノキ D グループ)

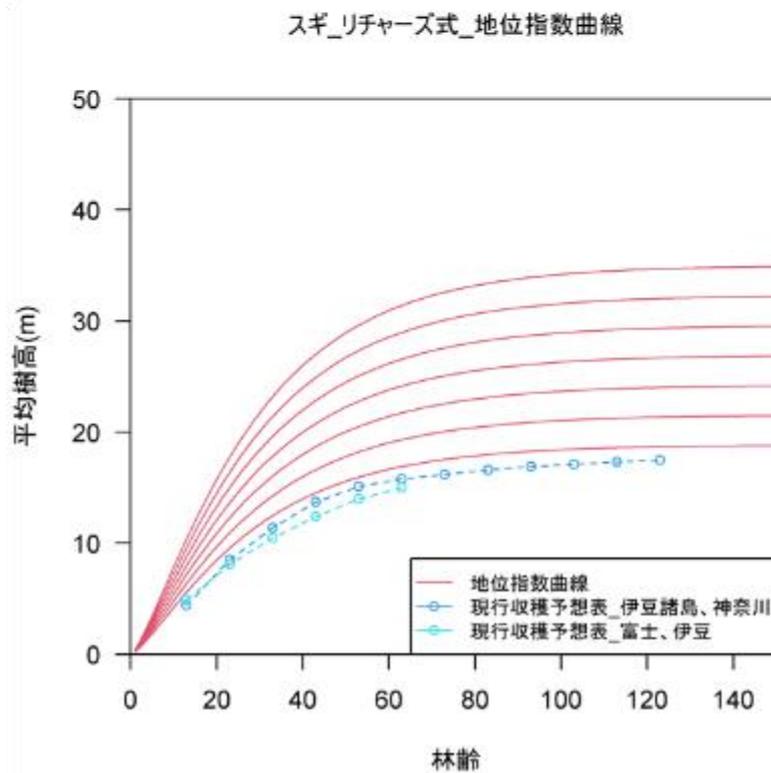
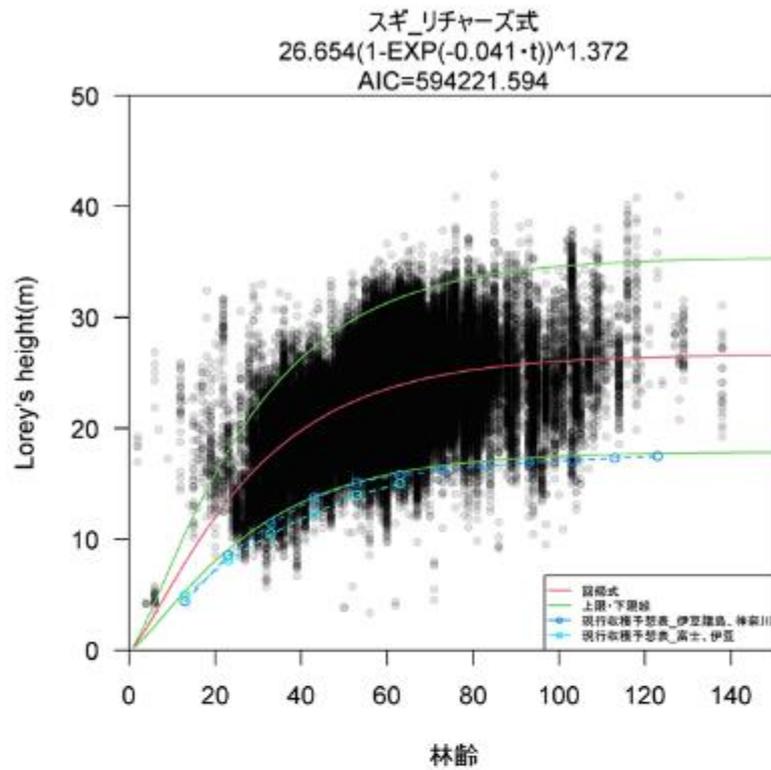
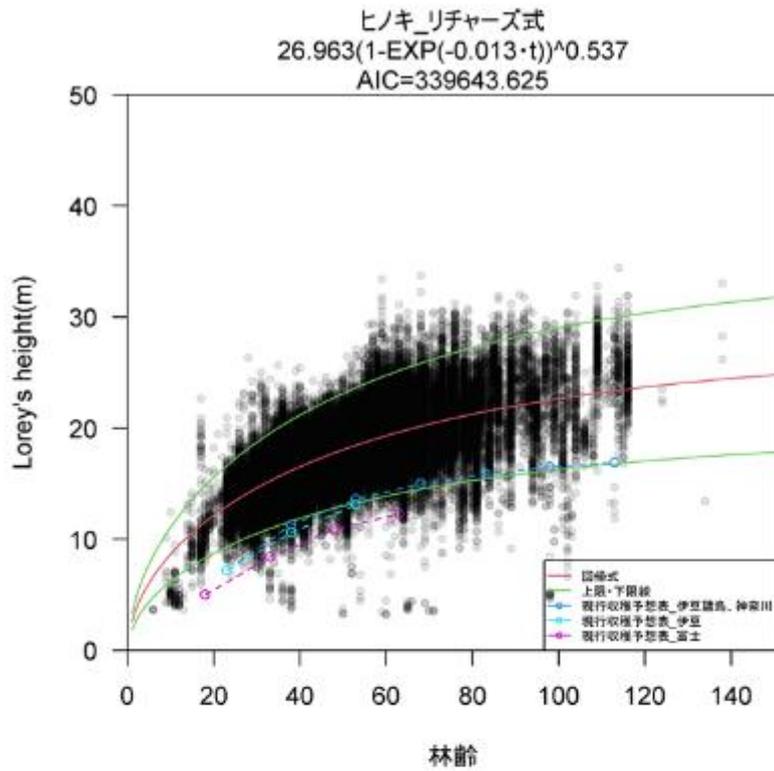


図 5-15 神奈川地域の樹高成長曲線及び地位指数曲線(スギ)



ヒノキ\_リチャーズ式\_地位指数曲線

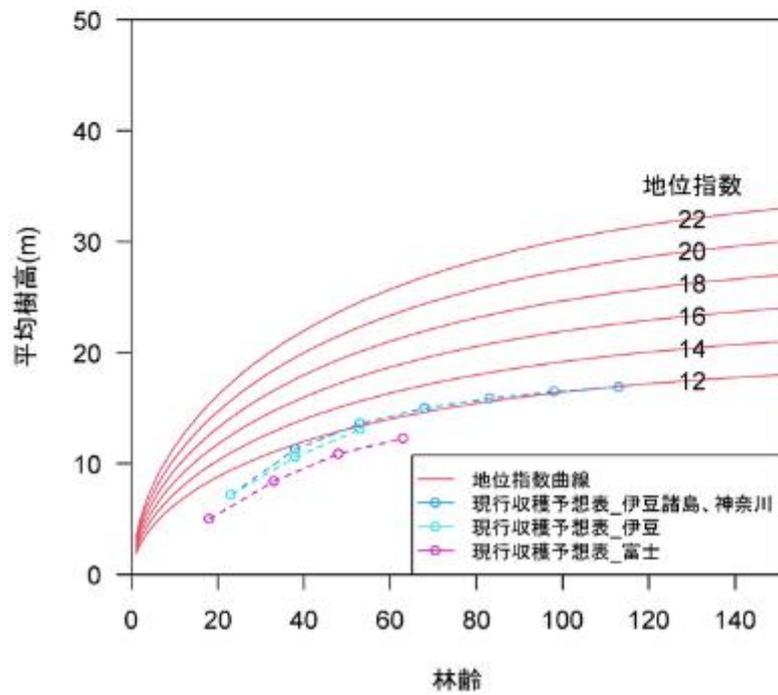


図 5-16 神奈川県地域の樹高成長曲線及び地位指数曲線(ヒノキ)

### 5.2.5 直径、本数、材積の近似曲線の算出

それぞれのメッシュにおける上層樹高、DBH、単木材積、ha 当たり本数の散布図を作成し、近似式を求めた。

近似にあたって、DBH-単木材積、DBH-ha 当たり材積の関係については相対成長式を用いた。ここで、a,b はパラメータである。

$$y = ax^b$$

DBH から樹高を求める近似式としては、拡張相対成長式がよく用いられる (伊東, 2015<sup>7</sup>)。ここで、D は胸高直径、a, b, H<sub>max</sub> はパラメータであり、特に H<sub>max</sub> は最大樹高である。

$$\frac{1}{H - 1.2} = \frac{1}{aD^b} + \frac{1}{H_{max}}$$

ただし、今回のモデルでは上層樹高から DBH を求める必要があるため、上記の式を以下のように変形した。

$$D = \left( \frac{1}{H - 1.2} - \frac{1}{H_{max}} \right)^{-\frac{1}{b}} \cdot \left( \frac{1}{a} \right)^{\frac{1}{b}}$$

この式を用いて上層樹高から DBH を推定する近似式を作成した。次ページより、各地域における散布図と近似式を示す。なお、樹高-DBH の散布図上部の数値はそれぞれのパラメータである (c は H<sub>max</sub>)。参考として、該当地域で胸高直径推定式を求める際に実施した現地調査プロットのデータを図中に赤丸の点で示している。

---

<sup>7</sup>伊東宏樹. (2015). 樹種間差および測定誤差を考慮した胸高直径-樹高関係のベイズ推定. 森林総合研究所研究報告, 14(2), 73-74.

1) 福島（浜通り）地域（スギ A-1、ヒノキ A グループ）

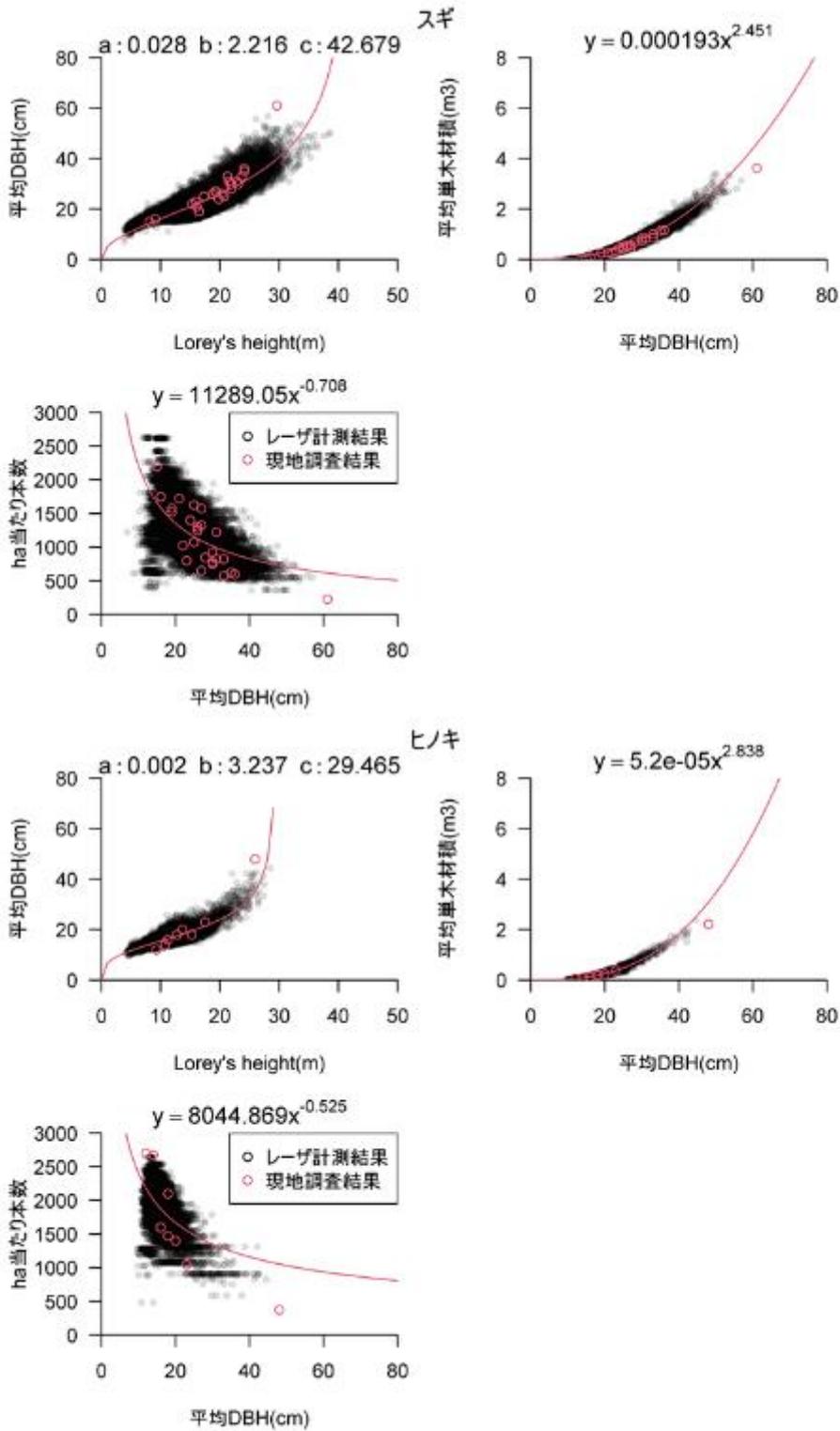


図 5-17 福島（浜通り）地域の直径、材積、本数近似式

2) 福島（会津）地域（スギ A-2 グループ）

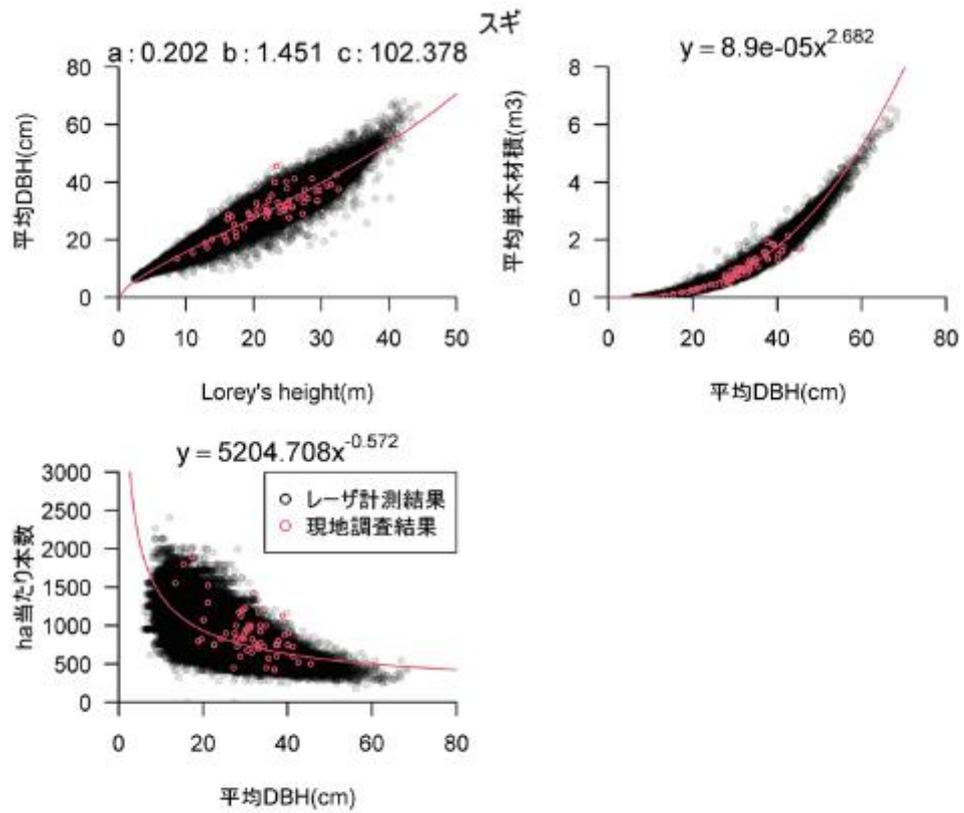


図 5-18 福島(会津)地域の直径、材積、本数近似式(スギのみ)

3) 福島（中通り）・栃木地域（スギ B-1、ヒノキ C グループ）

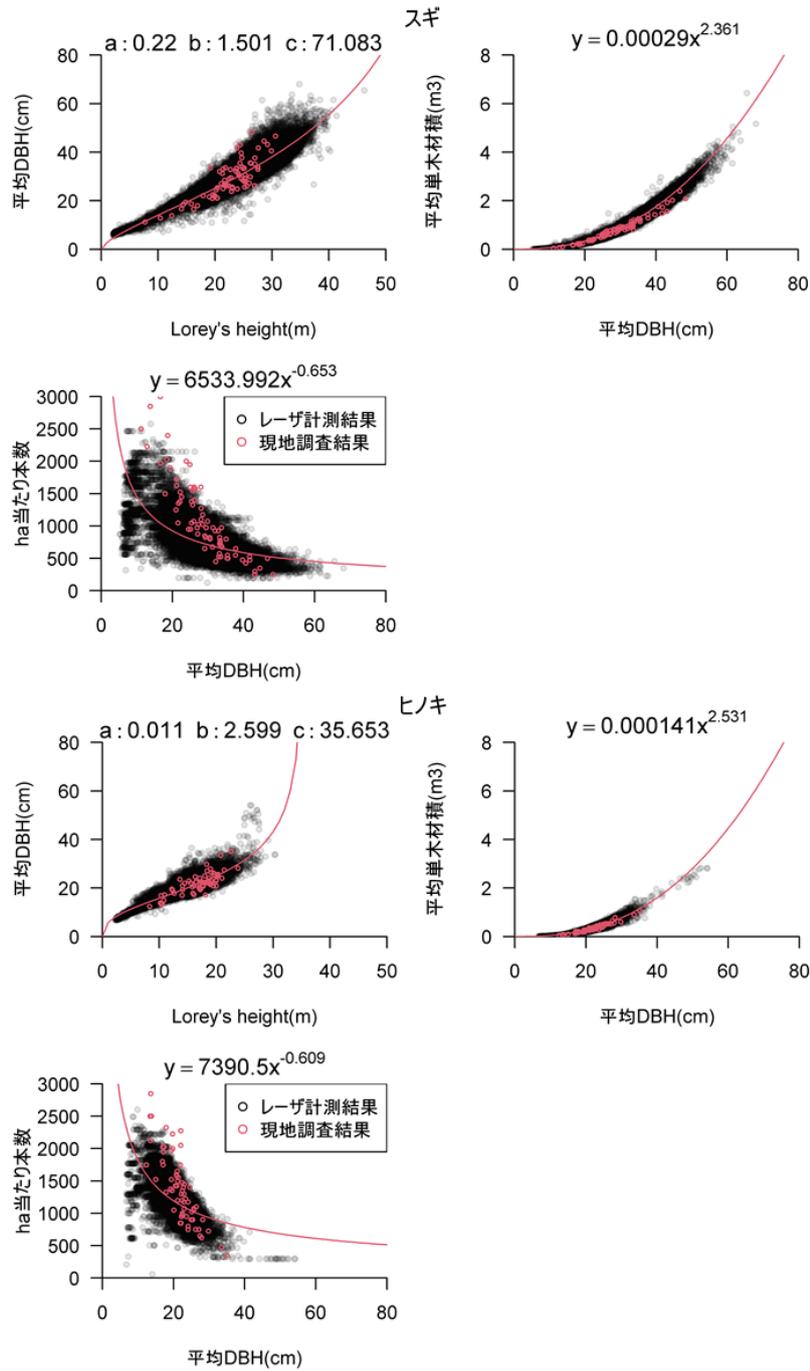


図 5-19 福島(中通り)・栃木地域の直径、材積、本数近似式

4) 新潟地域 (スギ B-2 グループ)

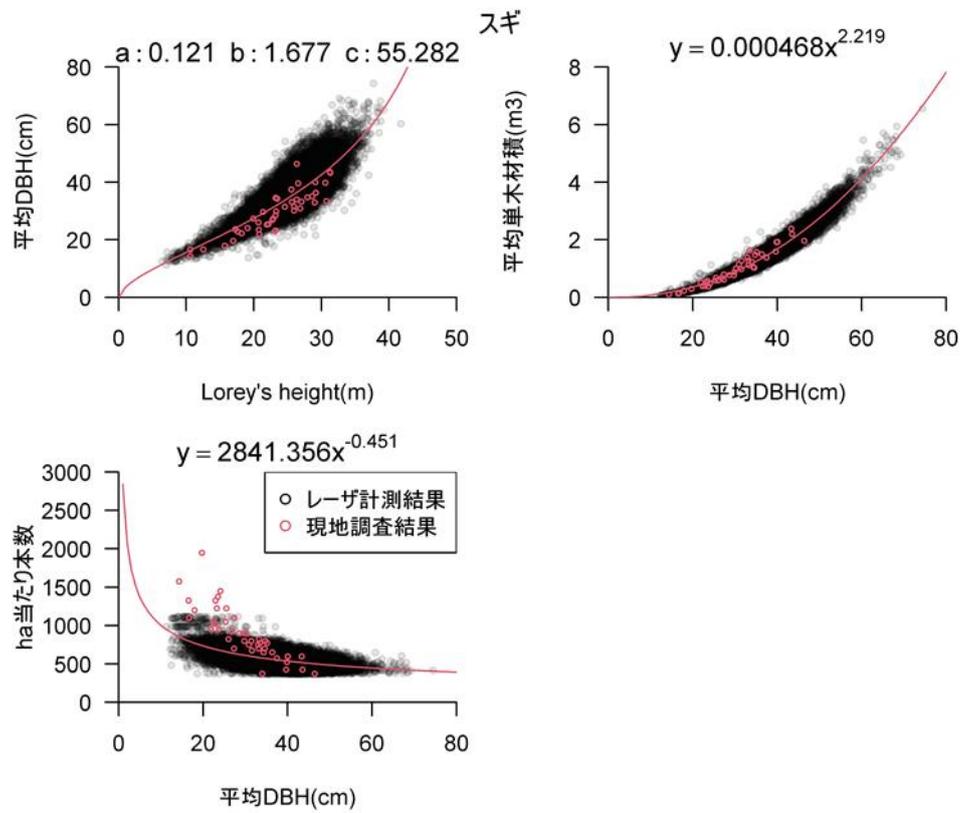


図 5-20 新潟地域の直径、材積、本数近似式(スギのみ)

5) 茨城地域 (スギ C-1、ヒノキ B-1 グループ)

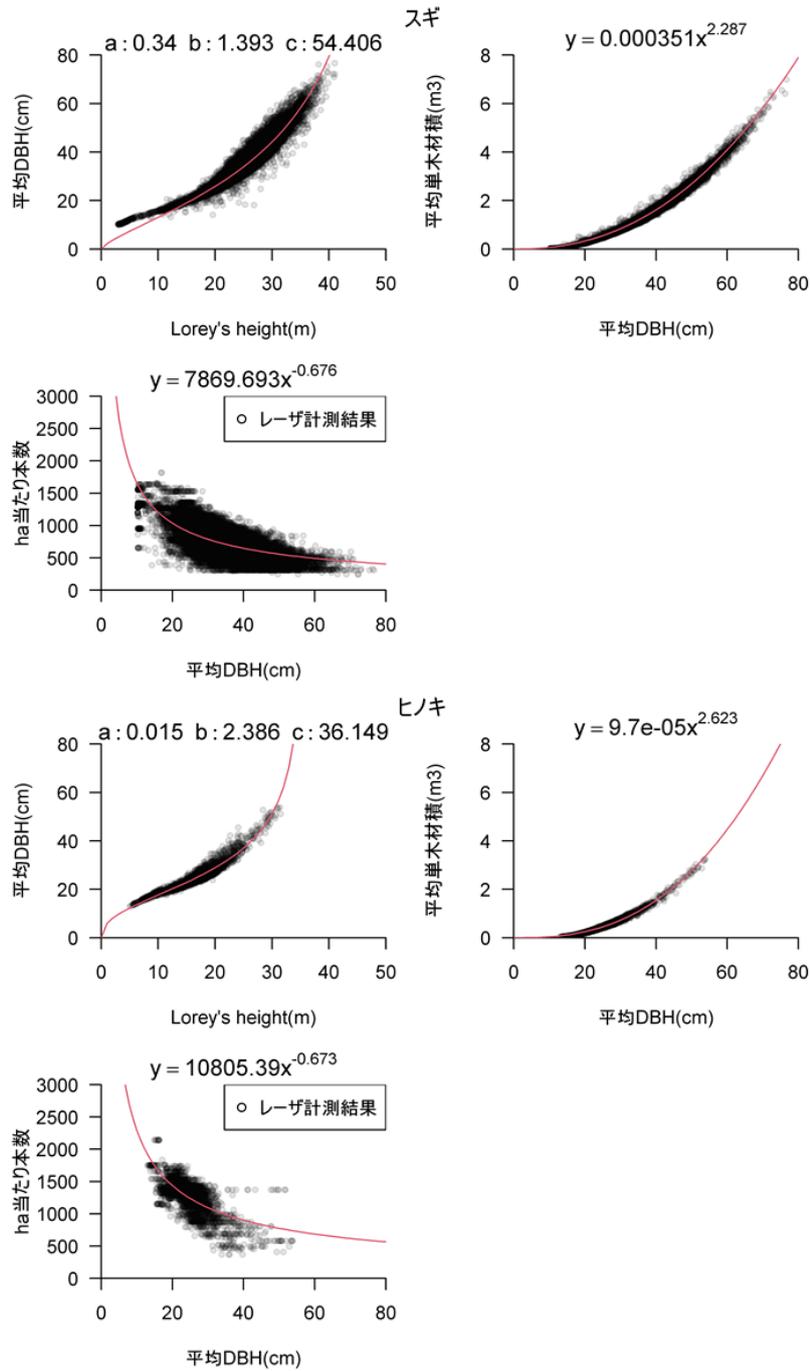


図 5-21 茨城地域の直径、材積、本数近似式

6) 静岡地域 (スギ C-2、ヒノキ B-2 グループ)

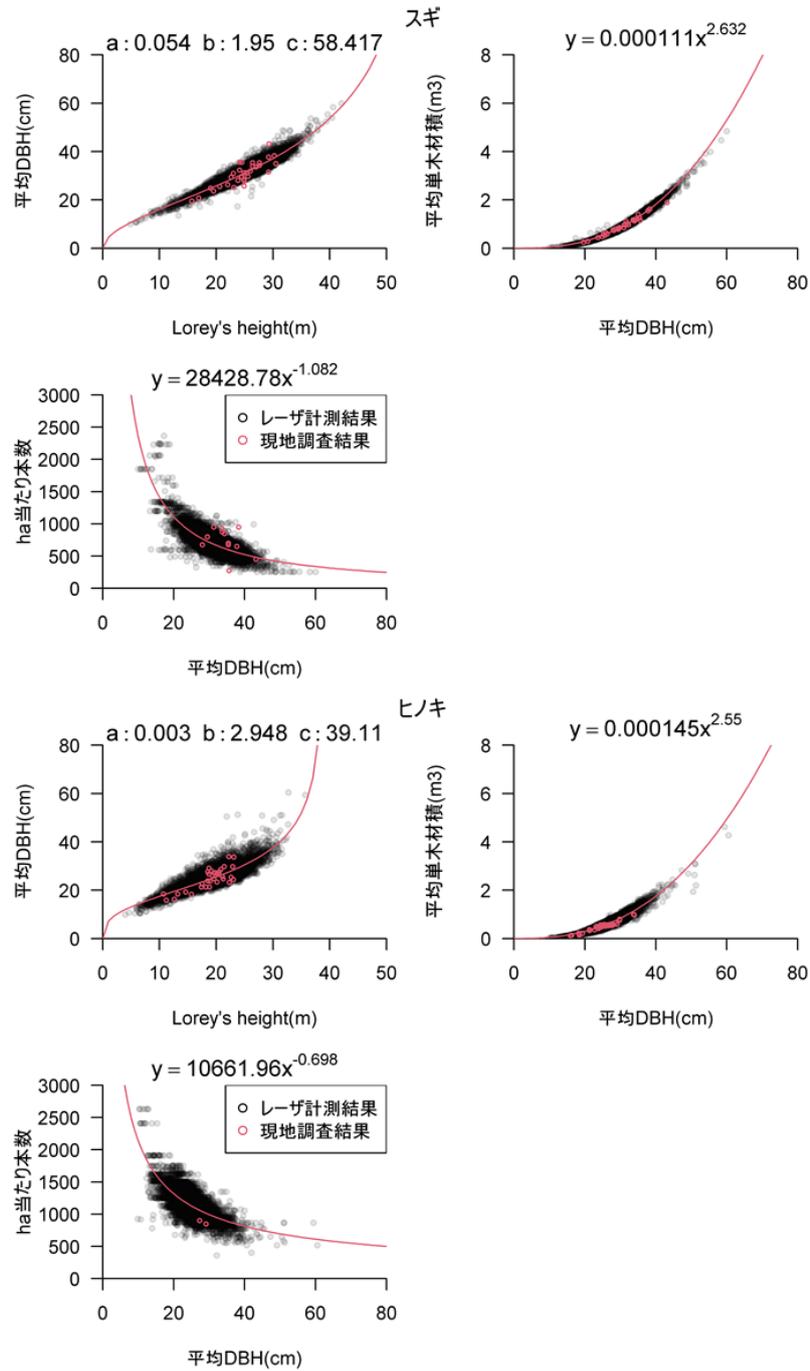


図 5-22 静岡地域の直径、材積、本数近似式

7) 神奈川県 (スギ D、ヒノキ D グループ)

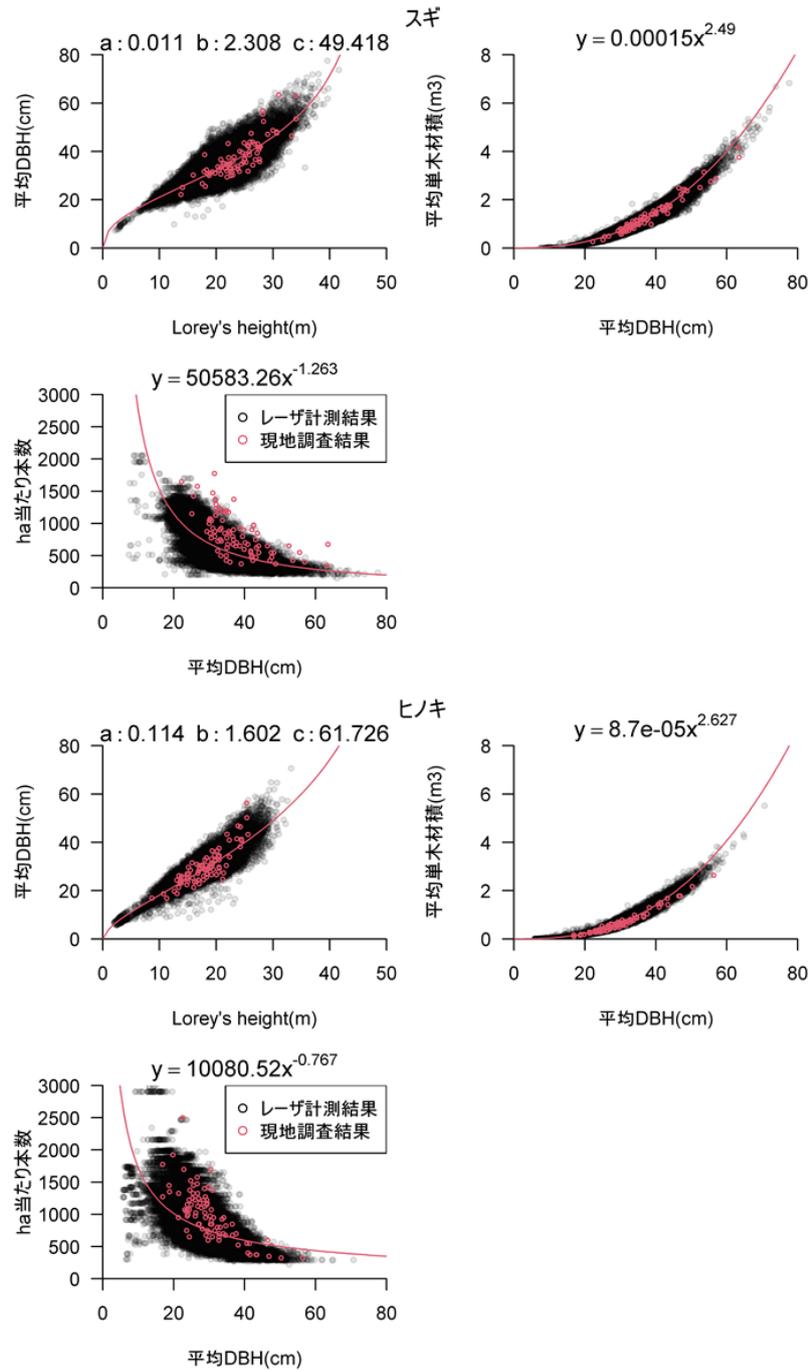


図 5-23 神奈川県 (スギ D、ヒノキ D グループ) の直径、材積、本数近似式

### 5.2.6 収穫予測

前章で得られた相関式に基づき、平均樹高の地位指数曲線別にそれぞれの直径、単木材積、ha 当たり本数を求める曲線を作成した。

図 5-24～図 5-30 にそれぞれの地域での結果を示す。

全体の傾向として、直径・材積については今回作成した地位指数曲線別の成長曲線により、概ね現実林分の差異を表現できているように見える。ただし、ha 当たり本数については現実林分でのばらつきが大きく、今回の成長曲線では十分に反映できていないと考えられる。

1) 福島（浜通り）地域（スギ A-1、ヒノキ A グループ）

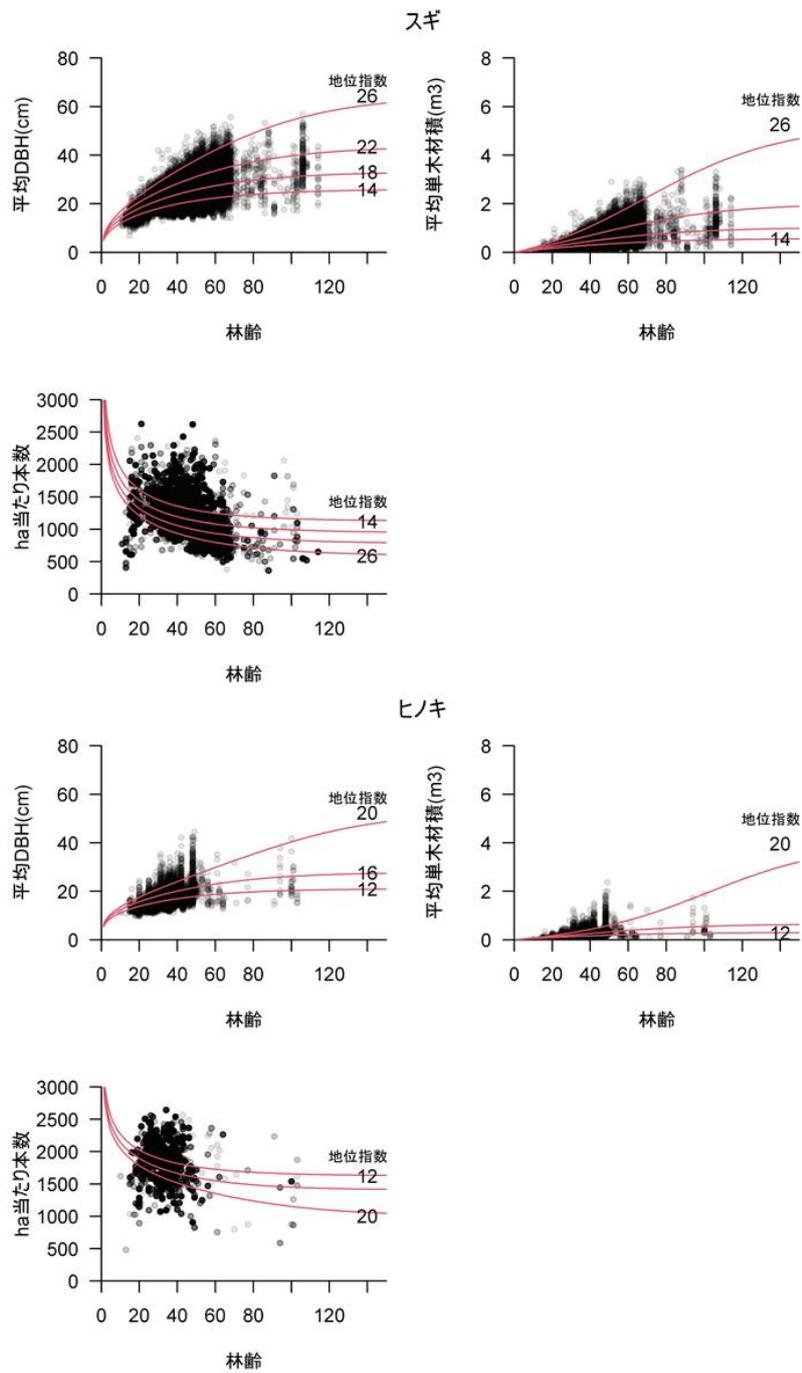


図 5-24 福島（浜通り）地域の地位指数曲線（直径、材積、本数）

2) 福島（会津）地域（スギ A-2 グループ）

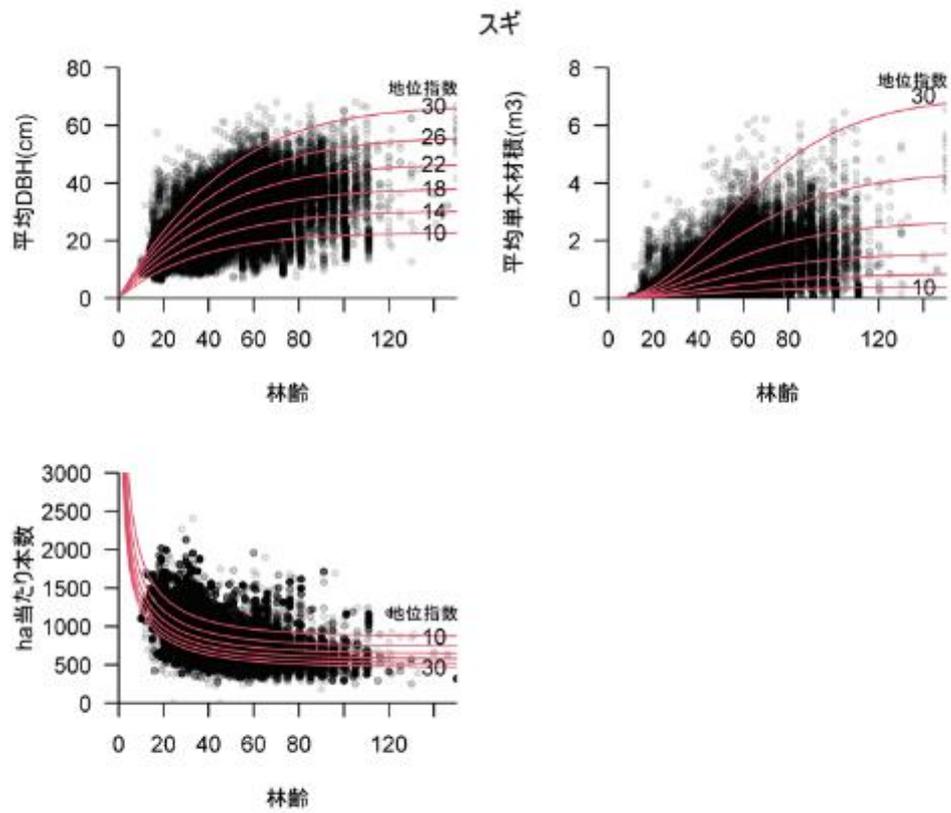


図 5-25 福島(会津)地域の直地位指数曲線(直径、材積、本数)(スギのみ)

3) 福島（中通り）・栃木地域（スギ B-1、ヒノキ C グループ）

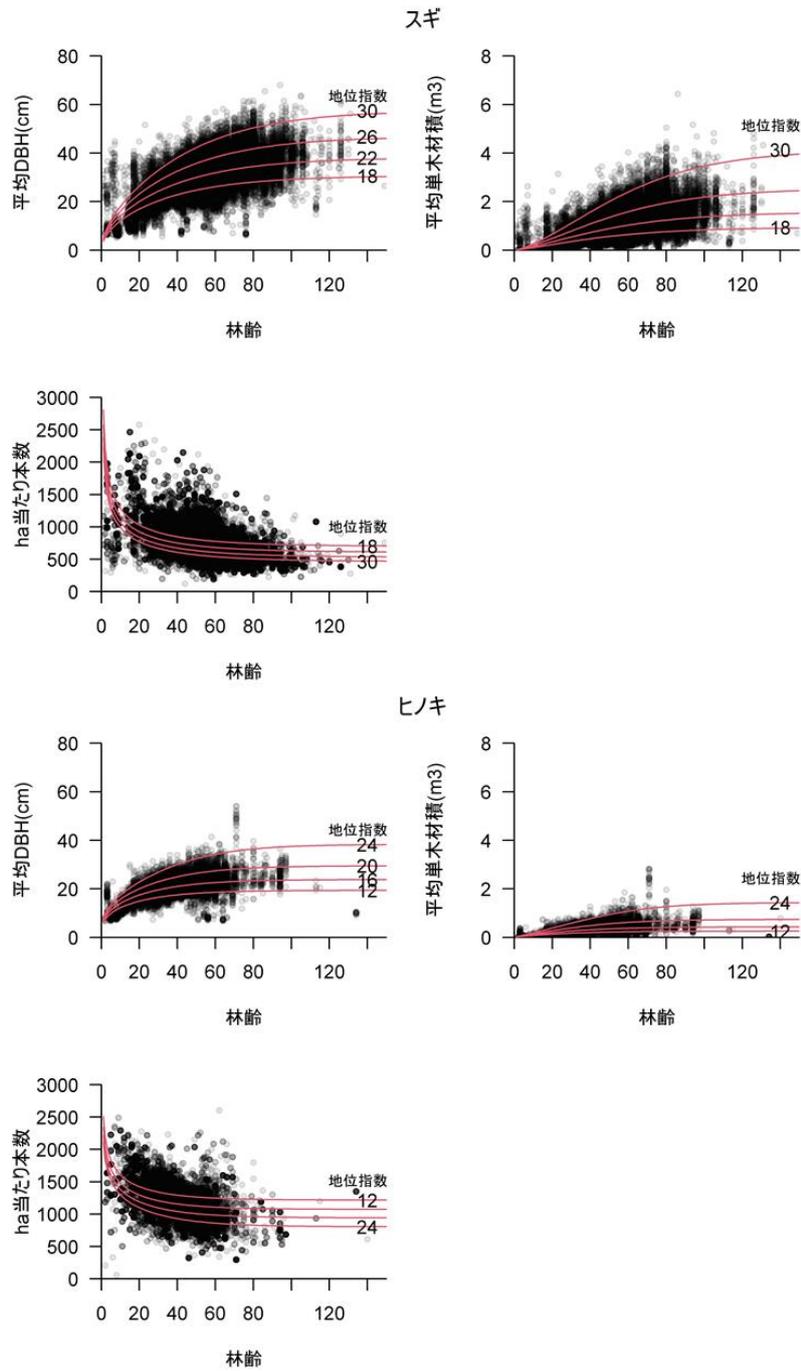


図 5-26 福島(中通り)・栃木地域の地位指数曲線(直径、材積、本数)

4) 新潟地域 (スギ B-2 グループ)

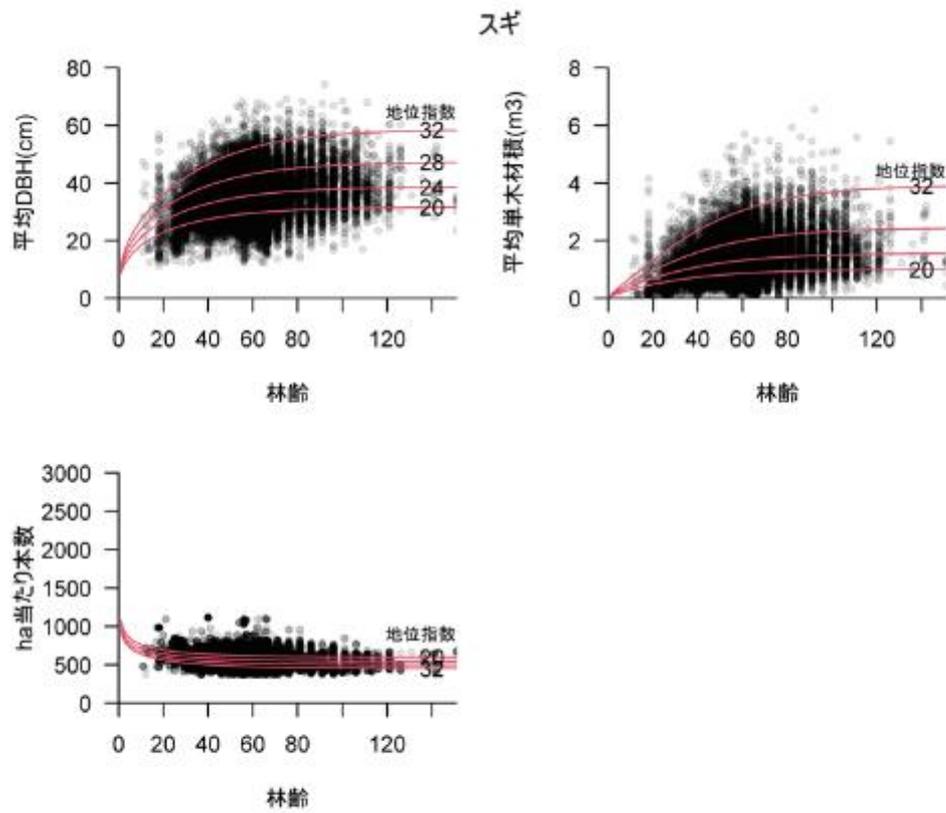


図 5-27 新潟地域の地位指数曲線(直径、材積、本数)(スギのみ)

5) 茨城地域 (スギ C-1、ヒノキ B-1 グループ)

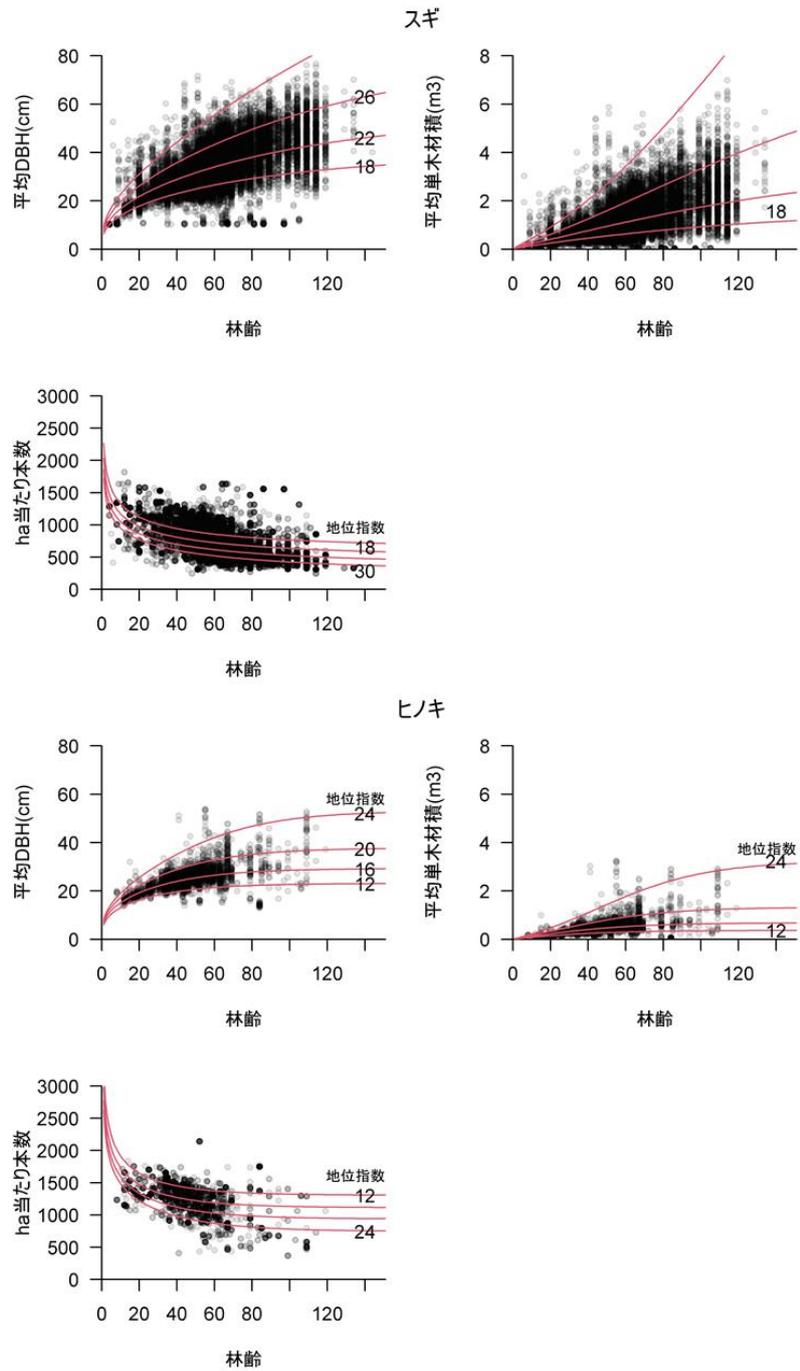


図 5-28 茨城地域の地位指数曲線(直径、材積、本数)

6) 静岡地域 (スギ C-2、ヒノキ B-2 グループ)

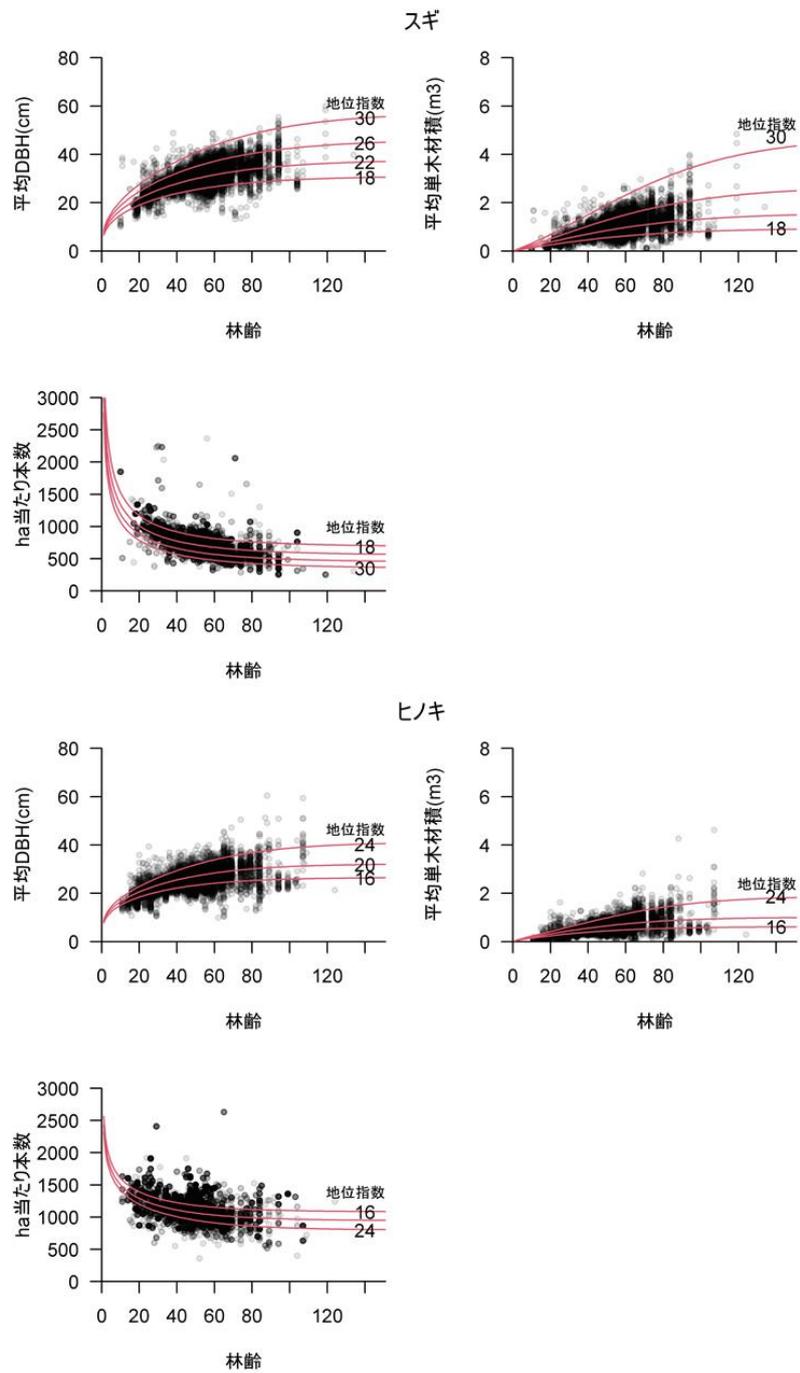


図 5-29 静岡地域の地位指数曲線(直径、材積、本数)

7) 神奈川地域 (スギ D、ヒノキ D グループ)

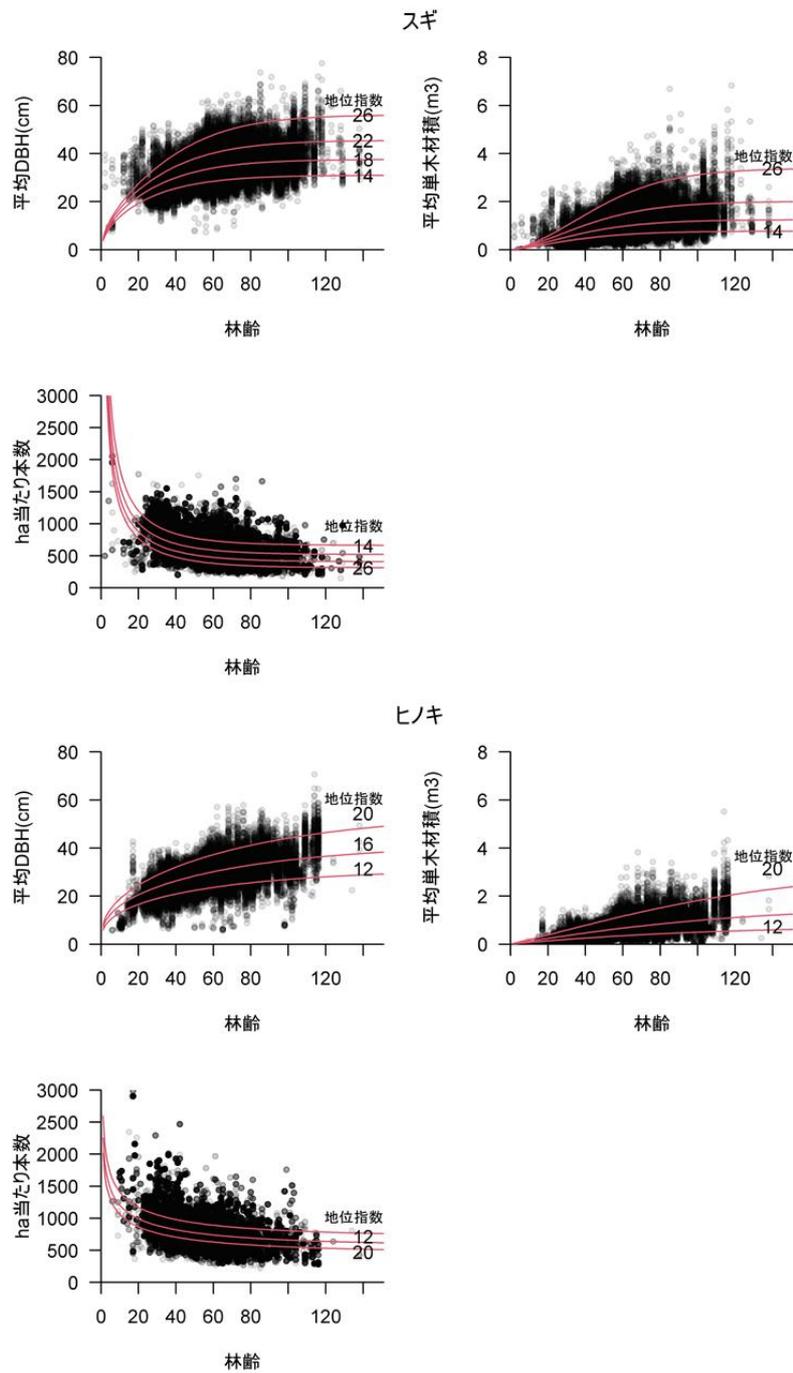


図 5-30 神奈川地域の地位指数曲線(直径、材積、本数)

以上の計算から得られた、地位指数別・林齢別の樹高、胸高直径、平均単木材積、ha 当たり本数、ha 当たり材積を、新たな成長予測モデルとして収穫予想表の形式で整理した。各地域で作成した整理表を表 5-3～表 5-14 に示す。

表 5-3 地位指数別成長予測モデル（福島（浜通り）地域：スギ）

林齢	地位別樹高								地位別平均 DBH								地位別平均単木材積								地位別 ha 本数								地位別 ha 材積							
	14	16	18	20	22	24	26	28	14	16	18	20	22	24	26	28	14	16	18	20	22	24	26	28	14	16	18	20	22	24	26	28	14	16	18	20	22	24	26	28
5	3.4	3.9	4.3	4.8	5.3	5.8	6.3	6.8	9.1	9.7	10.3	10.9	11.4	11.9	12.5	13.0	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.08	0.09	0.10	2364	2256	2164	2084	2013	1950	1893	1841	102	115	127	139	152	164	177	189
10	5.8	6.6	7.5	8.3	9.1	9.9	10.8	11.6	11.9	12.8	13.7	14.5	15.3	16.1	16.9	17.6	0.08	0.10	0.12	0.14	0.15	0.17	0.20	0.22	1949	1854	1773	1701	1637	1580	1527	1479	164	186	208	230	253	276	300	324
15	7.8	8.9	10.0	11.1	12.2	13.3	14.4	15.6	14.0	15.1	16.1	17.2	18.2	19.3	20.4	21.4	0.12	0.15	0.18	0.21	0.24	0.27	0.31	0.35	1744	1654	1576	1507	1445	1389	1337	1289	216	246	278	310	344	379	416	455
20	9.4	10.8	12.1	13.5	14.8	16.2	17.5	18.9	15.6	16.9	18.2	19.4	20.7	22.0	23.4	24.8	0.16	0.20	0.24	0.28	0.33	0.38	0.44	0.51	1614	1526	1450	1382	1320	1264	1211	1162	262	300	341	384	429	478	530	587
25	10.9	12.4	14.0	15.5	17.1	18.6	20.2	21.7	16.9	18.4	19.9	21.4	22.9	24.5	26.2	28.0	0.20	0.24	0.29	0.35	0.42	0.49	0.58	0.68	1522	1436	1359	1291	1229	1172	1118	1068	302	349	399	453	511	575	645	724
30	12.1	13.8	15.5	17.2	19.0	20.7	22.4	24.1	18.1	19.7	21.4	23.1	24.9	26.8	28.8	31.0	0.23	0.29	0.35	0.42	0.51	0.61	0.73	0.87	1454	1367	1291	1223	1160	1101	1046	993	339	394	453	518	590	671	762	866
35	13.1	15.0	16.8	18.7	20.6	22.5	24.3	26.2	19.1	20.9	22.7	24.6	26.7	28.9	31.3	34.0	0.27	0.33	0.41	0.50	0.60	0.73	0.89	1.09	1400	1314	1237	1168	1104	1044	986	931	371	434	503	580	667	765	880	1015
40	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	19.9	21.9	23.9	26.0	28.3	30.8	33.6	36.9	0.30	0.37	0.46	0.57	0.70	0.86	1.07	1.33	1357	1271	1194	1124	1058	996	937	878	401	471	550	638	740	858	999	1171
45	14.8	16.9	19.0	21.1	23.2	25.3	27.4	29.6	20.7	22.7	24.9	27.3	29.8	32.7	35.9	39.7	0.32	0.41	0.51	0.64	0.79	0.99	1.25	1.60	1323	1236	1158	1087	1020	956	894	833	427	505	592	693	809	949	1119	1334
50	15.4	17.7	19.9	22.1	24.3	26.5	28.7	30.9	21.3	23.5	25.9	28.4	31.2	34.4	38.1	42.5	0.35	0.44	0.56	0.70	0.89	1.12	1.44	1.90	1294	1207	1128	1056	988	922	858	793	451	535	632	743	876	1037	1239	1504
55	16.0	18.3	20.6	22.9	25.2	27.5	29.8	32.1	21.9	24.2	26.7	29.4	32.5	36.0	40.2	45.4	0.37	0.48	0.61	0.77	0.98	1.26	1.65	2.22	1270	1182	1103	1030	961	893	826	758	472	563	668	791	939	1123	1359	1680
60	16.5	18.9	21.3	23.6	26.0	28.4	30.7	33.1	22.4	24.8	27.4	30.3	33.6	37.5	42.1	48.1	0.39	0.51	0.65	0.83	1.06	1.39	1.85	2.56	1249	1162	1082	1008	937	868	799	727	491	588	700	834	998	1205	1478	1863
65	17.0	19.4	21.8	24.3	26.7	29.1	31.5	34.0	22.8	25.4	28.1	31.2	34.7	38.9	44.0	50.9	0.41	0.53	0.69	0.88	1.15	1.52	2.06	2.93	1232	1144	1064	989	917	846	774	699	508	610	730	874	1053	1283	1596	2052
70	17.4	19.8	22.3	24.8	27.3	29.8	32.2	34.7	23.2	25.8	28.7	31.9	35.6	40.1	45.8	53.5	0.43	0.56	0.72	0.94	1.23	1.64	2.27	3.33	1218	1129	1048	972	899	827	753	674	524	631	757	911	1105	1358	1710	2244
75	17.7	20.2	22.8	25.3	27.8	30.3	32.9	35.4	23.6	26.3	29.2	32.6	36.5	41.3	47.5	56.2	0.45	0.58	0.76	0.99	1.30	1.76	2.48	3.75	1205	1116	1035	958	884	810	734	652	537	649	782	945	1152	1428	1822	2440
80	18.0	20.6	23.1	25.7	28.3	30.8	33.4	36.0	23.9	26.6	29.7	33.2	37.3	42.4	49.1	58.8	0.46	0.60	0.79	1.03	1.37	1.88	2.69	4.18	1194	1105	1023	946	871	795	717	631	549	665	804	975	1196	1494	1929	2639
85	18.2	20.8	23.4	26.1	28.7	31.3	33.9	36.5	24.1	27.0	30.1	33.7	38.0	43.4	50.6	61.3	0.47	0.62	0.81	1.07	1.44	1.99	2.89	4.63	1185	1096	1013	935	859	782	702	613	560	679	823	1003	1236	1556	2031	2837
90	18.5	21.1	23.7	26.4	29.0	31.6	34.3	36.9	24.4	27.3	30.5	34.2	38.7	44.3	51.9	63.7	0.48	0.64	0.84	1.11	1.50	2.09	3.09	5.09	1177	1087	1004	926	849	771	689	596	569	692	841	1028	1273	1613	2129	3035
95	18.6	21.3	24.0	26.6	29.3	32.0	34.6	37.3	24.6	27.5	30.8	34.6	39.2	45.1	53.2	66.0	0.49	0.65	0.86	1.14	1.55	2.19	3.28	5.56	1170	1080	997	918	840	761	677	581	577	703	857	1050	1306	1665	2221	3230
100	18.8	21.5	24.2	26.9	29.6	32.3	34.9	37.6	24.7	27.7	31.1	35.0	39.8	45.9	54.4	68.2	0.50	0.66	0.88	1.17	1.60	2.28	3.46	6.03	1164	1074	990	911	832	752	667	568	584	713	870	1070	1336	1713	2307	3422
105	19.0	21.7	24.4	27.1	29.8	32.5	35.2	37.9	24.9	27.9	31.3	35.3	40.2	46.5	55.5	70.3	0.51	0.68	0.90	1.20	1.65	2.36	3.63	6.49	1159	1069	985	905	826	745	657	556	591	722	883	1088	1363	1757	2387	3608
110	19.1	21.8	24.5	27.3	30.0	32.7	35.5	38.2	25.0	28.1	31.6	35.6	40.6	47.1	56.5	72.3	0.52	0.69	0.91	1.23	1.69	2.43	3.79	6.95	1155	1064	980	899	820	738	649	545	596	730	894	1104	1387	1796	2461	3788
115	19.2	21.9	24.7	27.4	30.2	32.9	35.7	38.4	25.1	28.3	31.8	35.9	41.0	47.7	57.4	74.2	0.52	0.69	0.93	1.25	1.73	2.50	3.94	7.40	1151	1060	976	895	815	732	642	535	601	737	903	1118	1408	1832	2529	3960
120	19.3	22.1	24.8	27.6	30.3	33.1	35.8	38.6	25.3	28.4	31.9	36.1	41.3	48.1	58.2	75.9	0.53	0.70	0.94	1.27	1.76	2.57	4.08	7.83	1148	1056	972	891	810	727	636	526	606	743	912	1130	1428	1865	2592	4123
125	19.4	22.2	24.9	27.7	30.5	33.2	36.0	38.8	25.3	28.5	32.1	36.3	41.6	48.6	58.9	77.5	0.53	0.71	0.95	1.29	1.79	2.62	4.20	8.25	1145	1053	969	887	806	722	630	519	610	748	920	1141	1445	1894	2649	4277
130	19.5	22.2	25.0	27.8	30.6	33.4	36.1	38.9	25.4	28.6	32.2	36.5	41.8	49.0	59.5	79.0	0.54	0.72	0.96	1.30	1.82	2.67	4.32	8.64	1142	1051	966	884	803	718	625	512	613	753	926	1151	1460	1920	2700	4422
135	19.5	22.3	25.1	27.9	30.7	33.5	36.3	39.0	25.5	28.7	32.3	36.7	42.1	49.3	60.1	80.4	0.54	0.72	0.97	1.32	1.84	2.72	4.42	9.01	1140	1048	963	881	800	715	621	506	616	757	932	1160	1473	1943	2747	4557
140	19.6	22.4	25.2	28.0	30.8	33.6	36.4	39.2	25.6	28.8	32.4	36.8	42.3	49.6	60.7	81.6	0.54	0.73	0.98	1.33	1.86	2.76	4.52	9.36	1138	1046	961	879	797	712	617	500	618	760	937	1168	1485	1963	2789	4681
145	19.6	22.4	25.2	28.0	30.8	33.6	36.4	39.3	25.6	28.8	32.5	36.9	42.4	49.9	61.1	82.8	0.55	0.73	0.98	1.34	1.88	2.79	4.61	9.69	1136	1045	959	877	795	709	614	495	621	763	942	1174	1496	1981	2827	4796
150	19.7	22.5	25.3	28.1	30.9	33.7	36.5	39.3	25.7	28.9	32.6	37.0	42.6	50.1	61.5	83.8	0.55	0.73	0.99	1.35	1.90	2.83	4.68	9.99	1135	1043	958	875	793	707	611	491	623	766	946	1180	1505	1998	2860	4901

表 5-4 地位指数別成長予測モデル(福島(浜通り)地域:ヒノキ)

林 齢	地位別樹高						地位別平均 DBH						地位別平均単木材積						地位別 ha 本数						地位別 ha 材積					
	12	14	16	18	20	22	12	14	16	18	20	22	12	14	16	18	20	22	12	14	16	18	20	22	12	14	16	18	20	22
5	2.3	2.7	3.1	3.5	3.9	4.3	8.9	9.4	9.8	10.2	10.6	11.0	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	2551	2482	2423	2372	2326	2285	66	75	83	91	100	108
10	4.4	5.1	5.8	6.6	7.3	8.0	11.1	11.8	12.4	13.0	13.5	14.1	0.05	0.06	0.07	0.08	0.08	0.10	2272	2205	2147	2096	2050	2007	111	126	142	158	174	191
15	6.2	7.2	8.2	9.3	10.3	11.3	12.7	13.5	14.2	15.0	15.7	16.5	0.07	0.08	0.10	0.11	0.13	0.15	2124	2056	1997	1943	1894	1849	149	172	195	220	246	274
20	7.7	9.0	10.3	11.6	12.9	14.1	13.8	14.8	15.7	16.7	17.6	18.6	0.09	0.11	0.13	0.15	0.18	0.21	2026	1956	1894	1838	1785	1735	183	214	246	282	320	363
25	9.0	10.5	12.1	13.6	15.1	16.6	14.8	15.9	17.0	18.2	19.3	20.6	0.11	0.13	0.16	0.20	0.23	0.28	1954	1882	1818	1757	1700	1644	215	253	296	343	397	460
30	10.2	11.9	13.6	15.3	17.0	18.7	15.7	16.9	18.2	19.5	21.0	22.6	0.13	0.16	0.20	0.24	0.29	0.36	1899	1825	1757	1692	1630	1567	244	291	344	405	479	569
35	11.2	13.0	14.9	16.7	18.6	20.5	16.4	17.7	19.2	20.8	22.5	24.6	0.15	0.18	0.23	0.29	0.36	0.46	1855	1778	1707	1638	1569	1499	270	326	390	468	565	691
40	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	17.0	18.5	20.1	21.9	24.0	26.6	0.16	0.21	0.26	0.33	0.43	0.58	1820	1740	1665	1592	1517	1437	294	358	435	531	656	833
45	12.7	14.8	17.0	19.1	21.2	23.3	17.5	19.2	21.0	23.0	25.5	28.8	0.18	0.23	0.29	0.38	0.51	0.72	1790	1708	1630	1552	1470	1379	316	389	478	594	754	998
50	13.3	15.6	17.8	20.0	22.2	24.5	18.0	19.7	21.7	24.0	27.0	31.1	0.19	0.25	0.32	0.43	0.60	0.90	1766	1681	1600	1516	1427	1324	336	417	519	657	858	1194
55	13.9	16.2	18.5	20.8	23.1	25.4	18.4	20.3	22.4	25.0	28.4	33.7	0.20	0.27	0.35	0.48	0.70	1.13	1745	1658	1573	1486	1389	1271	354	443	558	719	968	1432
60	14.3	16.7	19.1	21.5	23.9	26.3	18.7	20.7	23.0	25.9	29.9	36.5	0.21	0.28	0.38	0.54	0.80	1.42	1728	1639	1551	1458	1353	1218	370	467	595	781	1085	1728
65	14.7	17.2	19.6	22.1	24.5	27.0	19.1	21.1	23.6	26.7	31.3	39.8	0.22	0.30	0.41	0.59	0.91	1.81	1713	1622	1531	1434	1321	1164	384	488	629	840	1208	2109
70	15.0	17.6	20.1	22.6	25.1	27.6	19.3	21.5	24.1	27.5	32.7	43.7	0.23	0.32	0.44	0.64	1.04	2.36	1701	1608	1514	1413	1291	1108	397	507	661	897	1336	2620
75	15.3	17.9	20.4	23.0	25.6	28.1	19.6	21.8	24.5	28.2	34.0	48.6	0.24	0.33	0.46	0.68	1.16	3.20	1690	1596	1500	1394	1263	1048	408	525	690	952	1470	3353
80	15.6	18.2	20.8	23.4	26.0	28.6	19.8	22.1	25.0	28.9	35.4	55.3	0.25	0.34	0.48	0.73	1.30	4.61	1681	1585	1487	1377	1238	979	417	540	716	1004	1608	4517
85	15.8	18.4	21.0	23.7	26.3	28.9	19.9	22.3	25.3	29.5	36.7	65.8	0.25	0.35	0.50	0.77	1.44	7.56	1673	1576	1476	1363	1214	894	426	554	740	1053	1750	6753
90	16.0	18.6	21.3	23.9	26.6	29.3	20.1	22.5	25.6	30.0	38.0	89.6	0.26	0.36	0.52	0.81	1.59	18.13	1666	1568	1466	1350	1193	760	434	566	762	1098	1895	13786
95	16.1	18.8	21.5	24.2	26.9	29.6	20.2	22.7	25.9	30.5	39.2	NA	0.27	0.37	0.54	0.85	1.74	NA	1661	1562	1458	1338	1173	NA	440	577	781	1140	2040	NA
100	16.3	19.0	21.7	24.4	27.1	29.8	20.3	22.9	26.1	30.9	40.4	NA	0.27	0.38	0.55	0.89	1.89	NA	1656	1556	1451	1328	1155	NA	446	586	798	1178	2186	NA
105	16.4	19.1	21.8	24.5	27.3	30.0	20.4	23.0	26.4	31.3	41.5	NA	0.27	0.38	0.56	0.92	2.05	NA	1652	1551	1445	1320	1138	NA	451	595	814	1213	2330	NA
110	16.5	19.2	21.9	24.7	27.4	30.2	20.5	23.1	26.5	31.7	42.6	NA	0.28	0.39	0.57	0.95	2.20	NA	1648	1547	1439	1312	1123	NA	455	602	827	1244	2470	NA
115	16.5	19.3	22.1	24.8	27.6	30.3	20.6	23.2	26.7	32.0	43.6	NA	0.28	0.39	0.58	0.97	2.35	NA	1645	1543	1435	1305	1109	NA	459	608	839	1272	2607	NA
120	16.6	19.4	22.2	24.9	27.7	30.5	20.6	23.3	26.9	32.3	44.5	NA	0.28	0.40	0.59	1.00	2.50	NA	1643	1540	1431	1300	1097	NA	462	614	849	1298	2738	NA
125	16.7	19.5	22.2	25.0	27.8	30.6	20.7	23.4	27.0	32.5	45.4	NA	0.28	0.40	0.60	1.02	2.64	NA	1640	1538	1427	1295	1086	NA	465	618	858	1320	2863	NA
130	16.7	19.5	22.3	25.1	27.9	30.7	20.7	23.5	27.1	32.7	46.2	NA	0.29	0.41	0.61	1.04	2.77	NA	1638	1535	1424	1290	1076	NA	467	622	866	1340	2980	NA
135	16.8	19.6	22.4	25.2	28.0	30.7	20.8	23.5	27.2	32.9	46.9	NA	0.29	0.41	0.61	1.05	2.89	NA	1637	1533	1422	1286	1067	NA	469	626	873	1357	3089	NA
140	16.8	19.6	22.4	25.2	28.0	30.8	20.8	23.6	27.3	33.0	47.6	NA	0.29	0.41	0.62	1.07	3.01	NA	1635	1532	1420	1283	1060	NA	471	629	879	1372	3190	NA
145	16.8	19.6	22.5	25.3	28.1	30.9	20.8	23.6	27.3	33.2	48.2	NA	0.29	0.41	0.62	1.08	3.12	NA	1634	1530	1418	1280	1053	NA	473	632	884	1385	3283	NA
150	16.9	19.7	22.5	25.3	28.1	30.9	20.9	23.7	27.4	33.3	48.7	NA	0.29	0.41	0.63	1.09	3.22	NA	1633	1529	1416	1278	1047	NA	474	634	888	1397	3368	NA

表 5-5 地位指数別成長予測モデル(福島(会津)地域:スギ)

林齢	地位別樹高											地位別平均 DBH											地位別平均単木材積													
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30			
5	1.0	1.2	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1	3.1	3.5	3.9	4.3	4.7	5.1	5.4	5.8	6.1	6.4	6.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
10	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	5.8	6.6	7.3	8.1	8.8	9.5	10.1	10.8	11.5	12.1	12.7	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08
15	4.0	4.8	5.6	6.4	7.2	8.0	8.8	9.6	10.4	11.2	12.0	8.1	9.2	10.3	11.3	12.4	13.4	14.4	15.4	16.3	17.3	18.2	0.02	0.03	0.05	0.06	0.08	0.09	0.11	0.14	0.16	0.19	0.22	0.22	0.22	0.22
20	5.5	6.6	7.6	8.7	9.8	10.9	12.0	13.1	14.2	15.3	16.4	10.1	11.5	12.9	14.3	15.6	16.9	18.2	19.5	20.8	22.0	23.3	0.04	0.06	0.08	0.11	0.14	0.18	0.21	0.26	0.30	0.36	0.42	0.42	0.42	0.42
25	6.8	8.1	9.5	10.9	12.2	13.6	14.9	16.3	17.7	19.0	20.4	11.8	13.5	15.2	16.8	18.4	20.0	21.6	23.2	24.8	26.4	28.0	0.07	0.10	0.13	0.17	0.22	0.28	0.34	0.41	0.49	0.58	0.68	0.68	0.68	0.68
30	8.0	9.6	11.2	12.8	14.4	16.0	17.6	19.2	20.8	22.4	24.0	13.3	15.3	17.2	19.1	21.0	22.8	24.7	26.6	28.5	30.4	32.3	0.09	0.13	0.18	0.24	0.31	0.39	0.49	0.59	0.71	0.85	1.00	1.00	1.00	1.00
35	9.1	10.9	12.7	14.5	16.3	18.1	19.9	21.7	23.5	25.4	27.2	14.6	16.8	19.0	21.1	23.2	25.3	27.5	29.6	31.8	34.0	36.2	0.12	0.17	0.24	0.32	0.41	0.52	0.65	0.79	0.96	1.14	1.36	1.36	1.36	1.36
40	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	15.8	18.2	20.5	22.9	25.2	27.6	29.9	32.3	34.8	37.3	39.8	0.15	0.21	0.30	0.39	0.51	0.65	0.81	1.00	1.22	1.46	1.75	1.75	1.75	1.75
45	10.8	13.0	15.2	17.3	19.5	21.7	23.8	26.0	28.1	30.3	32.5	16.8	19.3	21.9	24.4	26.9	29.5	32.1	34.8	37.5	40.2	43.1	0.17	0.25	0.35	0.47	0.61	0.78	0.98	1.21	1.48	1.80	2.16	2.16	2.16	2.16
50	11.5	13.9	16.2	18.5	20.8	23.1	25.4	27.7	30.0	32.3	34.6	17.6	20.4	23.1	25.8	28.5	31.2	34.0	36.9	39.9	42.9	46.0	0.20	0.29	0.40	0.54	0.71	0.91	1.15	1.43	1.75	2.13	2.58	2.58	2.58	2.58
55	12.2	14.6	17.0	19.5	21.9	24.3	26.8	29.2	31.6	34.1	36.5	18.4	21.2	24.1	26.9	29.8	32.7	35.7	38.8	42.0	45.3	48.7	0.22	0.32	0.45	0.61	0.80	1.03	1.31	1.63	2.01	2.47	2.99	2.99	2.99	2.99
60	12.7	15.3	17.8	20.3	22.9	25.4	28.0	30.5	33.0	35.6	38.1	19.0	22.0	25.0	28.0	31.0	34.1	37.2	40.5	43.9	47.4	51.0	0.24	0.36	0.50	0.68	0.89	1.15	1.46	1.83	2.27	2.78	3.40	3.40	3.40	3.40
65	13.2	15.8	18.4	21.1	23.7	26.4	29.0	31.6	34.3	36.9	39.5	19.6	22.7	25.7	28.8	32.0	35.2	38.5	42.0	45.5	49.2	53.1	0.26	0.38	0.54	0.74	0.97	1.26	1.60	2.01	2.50	3.09	3.78	3.78	3.78	3.78
70	13.6	16.3	19.0	21.7	24.4	27.2	29.9	32.6	35.3	38.0	40.7	20.0	23.2	26.4	29.6	32.9	36.2	39.7	43.2	47.0	50.9	54.9	0.28	0.41	0.58	0.79	1.05	1.36	1.73	2.18	2.72	3.37	4.15	4.15	4.15	4.15
75	13.9	16.7	19.5	22.3	25.1	27.9	30.6	33.4	36.2	39.0	41.8	20.4	23.7	27.0	30.3	33.6	37.1	40.7	44.4	48.2	52.3	56.6	0.29	0.43	0.61	0.84	1.11	1.45	1.85	2.34	2.92	3.63	4.48	4.48	4.48	4.48
80	14.2	17.1	19.9	22.8	25.6	28.4	31.3	34.1	37.0	39.8	42.7	20.8	24.1	27.5	30.8	34.3	37.8	41.5	45.3	49.3	53.5	58.0	0.31	0.46	0.64	0.88	1.17	1.53	1.96	2.48	3.11	3.87	4.79	4.79	4.79	4.79
85	14.5	17.4	20.3	23.2	26.1	29.0	31.9	34.8	37.6	40.5	43.4	21.1	24.5	27.9	31.3	34.9	38.5	42.3	46.2	50.3	54.6	59.2	0.32	0.47	0.67	0.92	1.22	1.60	2.05	2.60	3.27	4.08	5.07	5.07	5.07	5.07
90	14.7	17.6	20.6	23.5	26.5	29.4	32.3	35.3	38.2	41.2	44.1	21.3	24.8	28.2	31.7	35.3	39.1	42.9	46.9	51.1	55.6	60.3	0.33	0.49	0.70	0.95	1.27	1.66	2.14	2.71	3.42	4.28	5.32	5.32	5.32	5.32
95	14.9	17.9	20.8	23.8	26.8	29.8	32.7	35.7	38.7	41.7	44.7	21.6	25.0	28.5	32.1	35.8	39.5	43.5	47.6	51.9	56.4	61.2	0.34	0.50	0.72	0.98	1.31	1.72	2.21	2.81	3.55	4.45	5.54	5.54	5.54	5.54
100	15.0	18.1	21.1	24.1	27.1	30.1	33.1	36.1	39.1	42.1	45.1	21.8	25.3	28.8	32.4	36.1	40.0	43.9	48.1	52.5	57.1	62.0	0.35	0.52	0.73	1.01	1.35	1.76	2.28	2.90	3.67	4.60	5.74	5.74	5.74	5.74
105	15.2	18.2	21.3	24.3	27.3	30.4	33.4	36.4	39.5	42.5	45.5	21.9	25.5	29.0	32.7	36.4	40.3	44.3	48.6	53.0	57.7	62.7	0.35	0.53	0.75	1.03	1.38	1.81	2.33	2.98	3.77	4.73	5.92	5.92	5.92	5.92
110	15.3	18.4	21.4	24.5	27.5	30.6	33.7	36.7	39.8	42.8	45.9	22.1	25.6	29.2	32.9	36.7	40.6	44.7	49.0	53.5	58.3	63.3	0.36	0.54	0.76	1.05	1.40	1.84	2.38	3.04	3.86	4.85	6.07	6.07	6.07	6.07
115	15.4	18.5	21.6	24.6	27.7	30.8	33.9	37.0	40.0	43.1	46.2	22.2	25.8	29.4	33.1	36.9	40.9	45.0	49.3	53.9	58.7	63.9	0.36	0.54	0.78	1.07	1.43	1.88	2.43	3.10	3.93	4.95	6.21	6.21	6.21	6.21
120	15.5	18.6	21.7	24.8	27.9	31.0	34.1	37.2	40.3	43.4	46.5	22.3	25.9	29.5	33.3	37.1	41.1	45.3	49.6	54.2	59.1	64.3	0.37	0.55	0.79	1.08	1.45	1.90	2.46	3.15	4.00	5.04	6.33	6.33	6.33	6.33
125	15.6	18.7	21.8	24.9	28.0	31.1	34.2	37.3	40.5	43.6	46.7	22.4	26.0	29.7	33.4	37.3	41.3	45.5	49.9	54.5	59.4	64.7	0.37	0.56	0.79	1.09	1.47	1.93	2.50	3.20	4.06	5.12	6.43	6.43	6.43	6.43
130	15.6	18.7	21.9	25.0	28.1	31.2	34.4	37.5	40.6	43.7	46.9	22.4	26.1	29.8	33.5	37.4	41.5	45.7	50.1	54.8	59.7	65.0	0.37	0.56	0.80	1.10	1.48	1.95	2.52	3.23	4.11	5.18	6.52	6.52	6.52	6.52
135	15.7	18.8	21.9	25.1	28.2	31.4	34.5	37.6	40.8	43.9	47.0	22.5	26.2	29.9	33.7	37.6	41.6	45.8	50.3	55.0	60.0	65.3	0.38	0.57	0.81	1.11	1.49	1.97	2.55	3.27	4.15	5.24	6.59	6.59	6.59	6.59
140	15.7	18.9	22.0	25.2	28.3	31.4	34.6	37.7	40.9	44.0	47.2	22.5	26.2	29.9	33.7	37.7	41.7	46.0	50.4	55.2	60.2	65.6	0.38	0.57	0.81	1.12	1.50	1.98	2.57	3.29	4.19	5.29	6.66	6.66	6.66	6.66
145	15.8	18.9	22.1	25.2	28.4	31.5	34.7	37.8	41.0	44.1	47.3	22.6	26.3	30.0	33.8	37.7	41.8	46.1	50.6	55.3	60.4	65.8	0.38	0.57	0.82	1.13	1.51	1.99	2.59	3.32	4.22	5.33	6.72	6.72	6.72	6.72
150	15.8	19.0	22.1	25.3	28.4	31.6	34.7	37.9	41.1	44.2	47.4	22.6	26.3	30.1	33.9	37.8	41.9	46.2	50.7	55.4	60.5	65.9	0.38	0.58	0.82	1.13	1.52	2.01	2.60	3.34	4.25	5.37	6.77	6.77	6.77	6.77

林齡	地位別 ha 本数											地位別 ha 材積										
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
5	2715	2525	2374	2250	2147	2058	1980	1912	1851	1796	1746	5	7	8	10	12	14	16	19	21	23	26
10	1909	1774	1666	1577	1502	1438	1383	1333	1289	1249	1213	19	25	31	38	45	53	62	70	80	90	100
15	1576	1462	1371	1297	1234	1180	1132	1090	1053	1019	988	38	50	64	78	94	111	129	148	168	190	213
20	1388	1286	1205	1138	1081	1032	990	952	918	887	859	61	80	102	126	153	181	212	244	279	317	357
25	1267	1172	1097	1035	982	936	896	861	829	800	773	85	113	145	179	218	259	305	354	407	464	525
30	1182	1093	1021	962	912	869	831	797	766	738	713	110	147	188	235	286	342	404	471	544	624	710
35	1120	1034	966	909	861	819	782	749	719	692	667	134	180	231	289	354	426	505	592	687	791	906
40	1073	990	923	868	821	780	744	712	683	656	632	157	211	273	343	421	508	605	712	830	961	1106
45	1036	955	890	836	790	750	715	683	655	628	604	179	241	312	393	485	587	702	829	971	1130	1305
50	1007	928	864	811	766	726	691	660	632	606	582	198	268	349	441	545	662	794	942	1107	1293	1500
55	984	906	843	791	746	707	672	641	613	587	563	216	293	382	484	600	731	880	1047	1235	1448	1687
60	965	888	826	774	730	691	657	626	598	572	548	232	316	413	524	651	795	959	1145	1355	1593	1864
65	949	873	811	760	716	678	644	613	585	560	536	247	336	440	559	696	853	1031	1234	1465	1728	2028
70	936	861	800	749	705	667	633	603	575	549	526	259	354	464	591	737	905	1096	1315	1566	1852	2179
75	926	851	790	739	696	658	625	594	566	541	517	271	370	485	619	774	951	1155	1388	1656	1963	2317
80	917	842	782	732	688	651	617	587	559	534	510	280	384	504	644	806	992	1207	1453	1737	2064	2442
85	909	835	775	725	682	644	611	581	553	527	504	289	396	521	666	834	1029	1253	1511	1809	2154	2553
90	903	829	769	720	677	639	606	575	548	522	498	297	406	535	685	859	1061	1293	1562	1873	2233	2652
95	898	824	765	715	672	635	601	571	543	518	494	303	415	547	702	881	1088	1329	1607	1929	2303	2740
100	893	820	761	711	668	631	597	567	540	514	490	309	423	558	716	900	1113	1360	1646	1978	2365	2817
105	890	816	757	708	665	628	594	564	537	511	487	313	430	568	729	916	1134	1386	1680	2021	2419	2884
110	886	813	754	705	662	625	592	562	534	508	485	318	436	576	739	930	1152	1410	1709	2058	2466	2943
115	884	811	752	702	660	623	589	559	532	506	482	321	441	583	749	942	1168	1430	1735	2091	2507	2995
120	881	809	750	700	658	621	587	557	530	504	480	324	445	589	757	953	1181	1447	1757	2119	2542	3039
125	879	807	748	699	656	619	586	556	528	503	479	327	449	594	764	962	1193	1462	1776	2143	2572	3078
130	878	805	746	697	655	618	584	554	527	501	477	329	452	598	770	970	1203	1475	1793	2164	2599	3111
135	876	804	745	696	654	616	583	553	526	500	476	331	455	602	775	976	1212	1486	1807	2182	2621	3140
140	875	803	744	695	653	615	582	552	525	499	475	333	458	605	779	982	1219	1496	1819	2197	2641	3164
145	874	802	743	694	652	615	581	551	524	498	474	334	460	608	783	987	1226	1504	1829	2210	2658	3186
150	873	801	742	693	651	614	581	551	523	497	474	335	461	611	786	991	1231	1511	1838	2222	2672	3204

表 5-6 地位指数別成長予測モデル(福島(中通り)・栃木地域:スギ)

林齢	地位別樹高							地位別平均 DBH							地位別平均単木材積							地位別 ha 本数							地位別 ha 材積						
	18	20	22	24	26	28	30	18	20	22	24	26	28	30	18	20	22	24	26	28	30	18	20	22	24	26	28	30	18	20	22	24	26	28	30
5	5.0	5.6	6.1	6.7	7.3	7.8	8.4	8.4	9.1	9.8	10.4	11.0	11.7	12.3	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	1625	1546	1478	1418	1364	1316	1272	72	82	93	103	114	126	137
10	8.2	9.1	10.0	10.9	11.8	12.7	13.6	12.1	13.1	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	0.10	0.13	0.15	0.17	0.20	0.23	0.27	1287	1222	1165	1114	1069	1028	991	133	153	173	194	217	240	264
15	10.6	11.8	13.0	14.2	15.4	16.5	17.7	14.8	16.0	17.3	18.6	19.9	21.2	22.5	0.17	0.20	0.24	0.29	0.34	0.39	0.45	1128	1068	1016	969	928	890	855	188	217	248	280	314	350	389
20	12.7	14.1	15.5	16.9	18.3	19.7	21.1	17.0	18.5	20.0	21.6	23.2	24.8	26.4	0.23	0.28	0.34	0.41	0.48	0.57	0.66	1030	974	924	880	840	804	771	239	277	317	361	407	457	510
25	14.3	15.9	17.5	19.1	20.7	22.3	23.9	18.8	20.5	22.3	24.1	26.0	27.9	29.9	0.30	0.36	0.44	0.53	0.64	0.75	0.88	963	909	861	818	780	744	712	285	331	382	437	495	559	628
30	15.8	17.5	19.3	21.0	22.8	24.5	26.3	20.4	22.3	24.3	26.4	28.5	30.6	32.9	0.36	0.44	0.54	0.66	0.79	0.94	1.11	914	861	815	773	735	700	668	326	381	442	507	578	656	742
35	17.0	18.9	20.7	22.6	24.5	26.4	28.3	21.7	23.8	26.0	28.3	30.6	33.1	35.7	0.41	0.52	0.64	0.78	0.94	1.12	1.34	877	825	779	738	700	666	634	364	427	496	572	656	748	850
40	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	22.9	25.2	27.5	30.0	32.6	35.3	38.1	0.47	0.59	0.73	0.89	1.08	1.31	1.57	848	796	751	710	673	639	607	398	468	546	632	728	834	952
45	18.9	21.0	23.1	25.2	27.3	29.4	31.5	23.9	26.3	28.8	31.5	34.3	37.2	40.3	0.52	0.65	0.81	1.00	1.22	1.48	1.79	824	773	728	688	651	617	585	428	506	592	687	794	914	1048
50	19.6	21.8	24.0	26.2	28.4	30.6	32.7	24.7	27.3	30.0	32.8	35.8	38.9	42.3	0.57	0.71	0.89	1.10	1.35	1.65	2.00	805	755	710	670	633	599	567	455	539	633	737	855	987	1137
55	20.3	22.5	24.8	27.1	29.3	31.6	33.8	25.5	28.2	31.0	34.0	37.1	40.5	44.1	0.61	0.77	0.96	1.20	1.47	1.81	2.21	789	739	695	655	618	584	553	479	569	670	783	910	1055	1220
60	20.9	23.2	25.5	27.8	30.1	32.4	34.8	26.2	29.0	31.9	35.0	38.3	41.8	45.6	0.65	0.82	1.03	1.28	1.59	1.95	2.40	776	726	682	642	605	572	540	501	596	703	823	960	1116	1296
65	21.3	23.7	26.1	28.5	30.8	33.2	35.6	26.7	29.6	32.7	35.9	39.3	43.0	47.0	0.68	0.87	1.09	1.36	1.69	2.09	2.58	765	716	671	631	595	561	529	520	620	732	860	1005	1172	1365
70	21.8	24.2	26.6	29.0	31.4	33.9	36.3	27.2	30.2	33.4	36.7	40.3	44.1	48.3	0.71	0.91	1.14	1.43	1.78	2.21	2.74	756	707	662	623	586	552	520	537	641	758	892	1046	1222	1427
75	22.1	24.6	27.0	29.5	32.0	34.4	36.9	27.7	30.7	34.0	37.4	41.1	45.1	49.4	0.74	0.94	1.19	1.50	1.87	2.33	2.89	748	699	655	615	578	544	513	552	659	782	922	1082	1268	1484
80	22.4	24.9	27.4	29.9	32.4	34.9	37.4	28.1	31.2	34.5	38.0	41.8	45.9	50.4	0.76	0.98	1.24	1.56	1.95	2.43	3.03	742	692	648	609	572	538	506	565	676	803	947	1114	1308	1535
85	22.7	25.2	27.8	30.3	32.8	35.3	37.9	28.4	31.6	34.9	38.5	42.4	46.6	51.3	0.78	1.01	1.28	1.61	2.02	2.52	3.16	736	687	643	603	566	532	500	576	690	821	970	1143	1344	1580
90	23.0	25.5	28.1	30.6	33.2	35.7	38.3	28.7	31.9	35.3	39.0	43.0	47.3	52.0	0.80	1.03	1.31	1.66	2.08	2.61	3.27	731	682	638	598	562	528	496	586	703	837	991	1169	1376	1621
95	23.2	25.7	28.3	30.9	33.5	36.0	38.6	28.9	32.2	35.7	39.4	43.4	47.8	52.7	0.82	1.05	1.34	1.70	2.14	2.68	3.37	727	678	634	594	558	524	491	595	714	851	1008	1191	1405	1657
100	23.3	25.9	28.5	31.1	33.7	36.3	38.9	29.2	32.5	36.0	39.8	43.9	48.3	53.3	0.83	1.07	1.37	1.73	2.19	2.75	3.46	723	674	630	591	554	520	488	603	724	864	1024	1211	1430	1689
105	23.5	26.1	28.7	31.3	33.9	36.5	39.2	29.4	32.7	36.3	40.1	44.2	48.8	53.8	0.85	1.09	1.39	1.77	2.23	2.81	3.54	720	671	627	588	551	517	485	610	733	875	1038	1228	1452	1718
110	23.6	26.3	28.9	31.5	34.1	36.8	39.4	29.5	32.9	36.5	40.4	44.6	49.2	54.3	0.86	1.11	1.42	1.80	2.27	2.86	3.62	717	669	625	585	548	514	482	616	741	884	1050	1244	1472	1743
115	23.7	26.4	29.0	31.7	34.3	36.9	39.6	29.7	33.1	36.7	40.6	44.8	49.5	54.7	0.87	1.12	1.43	1.82	2.30	2.91	3.68	715	666	623	583	546	512	480	621	747	893	1061	1257	1489	1765
120	23.8	26.5	29.1	31.8	34.4	37.1	39.7	29.8	33.2	36.9	40.8	45.1	49.8	55.0	0.88	1.13	1.45	1.84	2.33	2.95	3.74	713	664	621	581	544	510	478	625	753	900	1070	1269	1504	1785
125	23.9	26.6	29.3	31.9	34.6	37.2	39.9	29.9	33.3	37.0	41.0	45.3	50.1	55.3	0.88	1.14	1.46	1.86	2.36	2.99	3.78	711	663	619	579	542	508	476	629	758	906	1078	1280	1518	1802
130	24.0	26.7	29.3	32.0	34.7	37.3	40.0	30.0	33.5	37.2	41.1	45.5	50.3	55.6	0.89	1.15	1.48	1.88	2.38	3.02	3.83	710	661	617	578	541	507	475	633	762	912	1086	1289	1529	1817
135	24.1	26.8	29.4	32.1	34.8	37.5	40.1	30.1	33.6	37.3	41.3	45.7	50.5	55.9	0.90	1.16	1.49	1.89	2.40	3.05	3.87	709	660	616	576	540	506	473	636	766	917	1092	1297	1539	1830
140	24.1	26.8	29.5	32.2	34.9	37.5	40.2	30.2	33.6	37.4	41.4	45.8	50.6	56.1	0.90	1.17	1.50	1.91	2.42	3.07	3.90	708	659	615	575	539	504	472	639	770	921	1097	1304	1548	1841
145	24.2	26.9	29.6	32.2	34.9	37.6	40.3	30.2	33.7	37.5	41.5	45.9	50.8	56.2	0.91	1.17	1.51	1.92	2.44	3.09	3.93	707	658	614	574	538	503	471	641	773	925	1102	1310	1556	1852
150	24.2	26.9	29.6	32.3	35.0	37.7	40.4	30.3	33.8	37.5	41.6	46.0	50.9	56.4	0.91	1.18	1.51	1.93	2.45	3.11	3.96	706	657	613	574	537	503	470	643	775	928	1106	1315	1563	1860

表 5-7 地位指数別成長予測モデル(福島(中通り)・栃木地域:ヒノキ)

林齢	地位別樹高							地位別平均 DBH							地位別平均単木材積							地位別 ha 本数							地位別 ha 材積						
	12	14	16	18	20	22	24	12	14	16	18	20	22	24	12	14	16	18	20	22	24	12	14	16	18	20	22	24	12	14	16	18	20	22	24
5	3.6	4.2	4.8	5.4	6.1	6.7	7.3	9.8	10.5	11.2	11.8	12.4	12.9	13.5	0.05	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	1836	1763	1701	1647	1600	1557	1518	85	96	108	119	131	143	155
10	5.9	6.9	7.9	8.9	9.9	10.8	11.8	12.2	13.1	14.0	14.9	15.7	16.6	17.4	0.08	0.10	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	1610	1541	1481	1429	1382	1339	1299	128	147	167	187	208	230	253
15	7.6	8.9	10.2	11.4	12.7	14.0	15.3	13.8	14.9	16.0	17.1	18.1	19.2	20.4	0.11	0.13	0.16	0.19	0.22	0.25	0.29	1496	1427	1368	1315	1266	1222	1181	162	188	215	243	274	306	342
20	9.0	10.4	11.9	13.4	14.9	16.4	17.9	14.9	16.2	17.5	18.7	20.1	21.4	22.8	0.13	0.16	0.20	0.24	0.28	0.33	0.39	1425	1356	1295	1241	1191	1145	1101	189	221	255	292	332	377	426
25	10.0	11.7	13.3	15.0	16.7	18.3	20.0	15.8	17.2	18.7	20.1	21.6	23.2	25.0	0.15	0.19	0.23	0.28	0.34	0.41	0.49	1376	1306	1245	1189	1137	1089	1042	211	248	289	334	384	441	507
30	10.8	12.6	14.4	16.2	18.0	19.8	21.6	16.5	18.1	19.6	21.2	23.0	24.8	26.9	0.17	0.21	0.26	0.32	0.39	0.48	0.59	1340	1270	1207	1150	1097	1046	996	229	272	318	371	431	501	584
35	11.5	13.4	15.3	17.2	19.1	21.0	23.0	17.1	18.7	20.4	22.2	24.1	26.2	28.6	0.19	0.23	0.29	0.36	0.44	0.55	0.68	1313	1243	1179	1121	1066	1013	960	244	291	343	403	472	555	656
40	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	17.5	19.2	21.0	22.9	25.0	27.3	30.0	0.20	0.25	0.31	0.39	0.49	0.61	0.78	1293	1222	1157	1098	1041	986	931	256	307	364	430	508	603	723
45	12.4	14.5	16.6	18.6	20.7	22.8	24.8	17.9	19.7	21.5	23.6	25.8	28.3	31.3	0.21	0.27	0.33	0.42	0.53	0.67	0.86	1277	1205	1140	1080	1022	965	908	267	320	381	453	539	646	784
50	12.8	14.9	17.0	19.1	21.3	23.4	25.5	18.2	20.0	22.0	24.1	26.4	29.2	32.5	0.22	0.28	0.35	0.44	0.56	0.72	0.94	1265	1192	1127	1066	1007	948	888	275	331	396	472	566	683	839
55	13.0	15.2	17.4	19.5	21.7	23.9	26.1	18.4	20.3	22.3	24.5	27.0	29.9	33.4	0.22	0.29	0.37	0.46	0.59	0.77	1.02	1255	1182	1116	1054	994	934	873	282	340	408	489	588	715	887
60	13.2	15.5	17.7	19.9	22.1	24.3	26.5	18.6	20.5	22.6	24.9	27.4	30.5	34.3	0.23	0.30	0.38	0.48	0.62	0.80	1.08	1247	1174	1108	1045	984	923	860	287	348	418	502	607	743	930
65	13.4	15.7	17.9	20.1	22.4	24.6	26.9	18.7	20.7	22.8	25.2	27.8	31.0	35.0	0.24	0.30	0.39	0.50	0.64	0.84	1.14	1241	1168	1101	1038	976	914	849	292	354	426	514	623	767	967
70	13.6	15.8	18.1	20.4	22.6	24.9	27.1	18.9	20.9	23.0	25.4	28.1	31.4	35.5	0.24	0.31	0.40	0.51	0.66	0.87	1.19	1236	1163	1095	1032	970	907	841	295	359	433	523	636	786	998
75	13.7	16.0	18.2	20.5	22.8	25.1	27.4	19.0	21.0	23.2	25.6	28.4	31.7	36.0	0.24	0.31	0.40	0.52	0.67	0.89	1.23	1232	1159	1091	1027	964	901	834	298	363	439	531	647	803	1025
80	13.8	16.1	18.4	20.7	23.0	25.3	27.5	19.0	21.1	23.3	25.7	28.6	32.0	36.4	0.24	0.32	0.41	0.52	0.68	0.91	1.26	1229	1155	1087	1023	960	896	828	301	366	443	537	657	817	1047
85	13.8	16.2	18.5	20.8	23.1	25.4	27.7	19.1	21.2	23.4	25.9	28.7	32.2	36.8	0.25	0.32	0.41	0.53	0.69	0.93	1.29	1227	1153	1085	1020	957	892	823	303	369	447	542	664	828	1066
90	13.9	16.2	18.5	20.9	23.2	25.5	27.8	19.2	21.2	23.5	26.0	28.9	32.4	37.1	0.25	0.32	0.42	0.54	0.70	0.94	1.32	1225	1150	1082	1018	954	889	820	304	371	450	546	670	837	1082
95	14.0	16.3	18.6	20.9	23.3	25.6	27.9	19.2	21.3	23.5	26.1	29.0	32.6	37.3	0.25	0.32	0.42	0.54	0.71	0.95	1.34	1223	1149	1080	1016	952	886	817	306	373	452	550	675	845	1094
100	14.0	16.3	18.7	21.0	23.3	25.7	28.0	19.2	21.3	23.6	26.1	29.1	32.7	37.5	0.25	0.33	0.42	0.55	0.72	0.96	1.36	1222	1147	1079	1014	950	884	814	307	374	454	553	679	851	1105
105	14.0	16.4	18.7	21.0	23.4	25.7	28.1	19.3	21.4	23.6	26.2	29.2	32.8	37.6	0.25	0.33	0.42	0.55	0.72	0.97	1.37	1221	1146	1078	1013	948	883	812	308	375	456	555	682	856	1114
110	14.1	16.4	18.7	21.1	23.4	25.8	28.1	19.3	21.4	23.7	26.2	29.2	32.9	37.8	0.25	0.33	0.42	0.55	0.72	0.98	1.38	1220	1145	1077	1012	947	881	810	308	376	457	557	685	860	1121
115	14.1	16.4	18.8	21.1	23.5	25.8	28.2	19.3	21.4	23.7	26.3	29.3	33.0	37.9	0.25	0.33	0.43	0.55	0.73	0.98	1.39	1219	1145	1076	1011	946	880	809	309	377	458	558	687	864	1127
120	14.1	16.4	18.8	21.1	23.5	25.8	28.2	19.3	21.4	23.7	26.3	29.3	33.0	37.9	0.25	0.33	0.43	0.55	0.73	0.99	1.40	1218	1144	1075	1010	945	879	808	309	378	459	559	689	867	1131
125	14.1	16.5	18.8	21.2	23.5	25.9	28.2	19.3	21.4	23.7	26.3	29.3	33.1	38.0	0.25	0.33	0.43	0.56	0.73	0.99	1.41	1218	1143	1075	1009	945	879	807	310	378	460	560	691	869	1135
130	14.1	16.5	18.8	21.2	23.5	25.9	28.2	19.3	21.5	23.8	26.3	29.4	33.1	38.1	0.25	0.33	0.43	0.56	0.73	0.99	1.41	1218	1143	1074	1009	944	878	806	310	378	460	561	692	871	1138
135	14.1	16.5	18.8	21.2	23.5	25.9	28.3	19.3	21.5	23.8	26.4	29.4	33.1	38.1	0.25	0.33	0.43	0.56	0.73	0.99	1.42	1217	1143	1074	1009	944	877	806	310	379	461	562	693	872	1141
140	14.1	16.5	18.8	21.2	23.6	25.9	28.3	19.4	21.5	23.8	26.4	29.4	33.2	38.1	0.26	0.33	0.43	0.56	0.73	1.00	1.42	1217	1143	1074	1008	944	877	805	310	379	461	562	693	873	1143
145	14.1	16.5	18.9	21.2	23.6	25.9	28.3	19.4	21.5	23.8	26.4	29.4	33.2	38.2	0.26	0.33	0.43	0.56	0.74	1.00	1.42	1217	1142	1074	1008	943	877	805	311	379	461	563	694	874	1145
150	14.1	16.5	18.9	21.2	23.6	25.9	28.3	19.4	21.5	23.8	26.4	29.4	33.2	38.2	0.26	0.33	0.43	0.56	0.74	1.00	1.42	1217	1142	1073	1008	943	877	805	311	379	462	563	695	875	1146

表 5-8 地位指数別成長予測モデル(新潟地域:スギ)

林齢	地位別樹高							地位別平均 DBH							地位別平均単木材積							地位別 ha 本数							地位別 ha 材積						
	20	22	24	26	28	30	32	20	22	24	26	28	30	32	20	22	24	26	28	30	32	20	22	24	26	28	30	32	20	22	24	26	28	30	32
5	9.0	9.9	10.8	11.7	12.6	13.5	14.4	14.5	15.5	16.5	17.6	18.6	19.6	20.7	0.18	0.21	0.24	0.27	0.31	0.35	0.39	850	824	800	779	759	741	724	150	170	190	211	233	257	281
10	12.3	13.6	14.8	16.0	17.3	18.5	19.7	18.3	19.7	21.1	22.6	24.0	25.6	27.1	0.30	0.35	0.41	0.47	0.54	0.62	0.71	765	740	717	696	676	658	641	227	258	292	329	367	409	454
15	14.6	16.0	17.5	19.0	20.4	21.9	23.3	20.9	22.6	24.3	26.1	28.0	29.9	31.9	0.40	0.47	0.56	0.65	0.76	0.88	1.02	721	696	673	651	631	613	595	286	329	375	425	480	540	606
20	16.2	17.9	19.5	21.1	22.7	24.4	26.0	22.8	24.8	26.8	28.9	31.1	33.4	35.9	0.48	0.58	0.69	0.82	0.96	1.13	1.32	692	667	644	622	602	583	565	335	388	445	509	579	657	745
25	17.5	19.3	21.0	22.8	24.5	26.3	28.0	24.4	26.5	28.8	31.2	33.7	36.3	39.2	0.56	0.68	0.81	0.97	1.15	1.36	1.61	672	647	623	602	581	561	542	376	437	505	581	666	762	871
30	18.5	20.4	22.2	24.1	26.0	27.8	29.7	25.6	27.9	30.4	33.0	35.8	38.8	42.0	0.62	0.76	0.92	1.10	1.31	1.57	1.87	657	632	608	586	565	545	526	410	479	556	643	742	855	985
35	19.3	21.3	23.2	25.1	27.1	29.0	31.0	26.6	29.1	31.8	34.6	37.6	40.9	44.4	0.68	0.83	1.01	1.22	1.46	1.76	2.12	646	620	596	574	553	532	512	440	515	601	698	809	938	1088
40	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	27.4	30.1	32.9	35.9	39.1	42.6	46.5	0.73	0.89	1.09	1.32	1.60	1.94	2.35	637	611	587	564	543	522	502	464	546	639	745	868	1011	1181
45	20.5	22.6	24.6	26.7	28.7	30.8	32.9	28.1	30.9	33.8	37.0	40.4	44.1	48.3	0.77	0.95	1.16	1.41	1.72	2.09	2.56	630	604	580	557	535	514	493	485	572	671	786	919	1076	1263
50	21.0	23.1	25.2	27.3	29.4	31.5	33.6	28.7	31.6	34.6	37.9	41.5	45.4	49.9	0.81	0.99	1.22	1.49	1.82	2.23	2.74	624	598	574	551	529	507	486	503	594	699	820	963	1132	1335
55	21.3	23.5	25.6	27.7	29.9	32.0	34.1	29.2	32.1	35.2	38.7	42.4	46.5	51.2	0.84	1.03	1.27	1.56	1.91	2.35	2.91	620	593	569	546	523	502	481	517	613	722	850	1001	1180	1398
60	21.6	23.8	26.0	28.1	30.3	32.4	34.6	29.6	32.6	35.8	39.3	43.2	47.5	52.3	0.86	1.07	1.31	1.62	1.99	2.46	3.05	616	590	565	542	519	497	476	530	628	742	876	1033	1223	1453
65	21.9	24.1	26.3	28.4	30.6	32.8	35.0	29.9	33.0	36.3	39.9	43.8	48.3	53.3	0.88	1.09	1.35	1.67	2.06	2.55	3.18	613	586	562	538	516	494	472	540	642	759	897	1061	1259	1501
70	22.1	24.3	26.5	28.7	30.9	33.1	35.3	30.2	33.3	36.6	40.3	44.4	48.9	54.1	0.90	1.12	1.38	1.71	2.12	2.63	3.29	610	584	559	535	513	491	469	549	653	774	916	1085	1290	1542
75	22.3	24.5	26.7	28.9	31.2	33.4	35.6	30.4	33.6	37.0	40.7	44.8	49.5	54.8	0.92	1.14	1.41	1.75	2.17	2.70	3.38	608	582	557	533	510	488	466	557	663	786	931	1105	1316	1577
80	22.4	24.6	26.9	29.1	31.4	33.6	35.8	30.6	33.8	37.2	41.0	45.2	50.0	55.4	0.93	1.16	1.43	1.78	2.21	2.75	3.47	606	580	555	531	508	486	464	563	671	796	945	1122	1339	1608
85	22.5	24.8	27.0	29.3	31.5	33.8	36.0	30.8	34.0	37.5	41.3	45.6	50.4	55.9	0.94	1.17	1.45	1.80	2.24	2.80	3.54	605	578	553	530	507	484	462	568	677	805	956	1137	1358	1633
90	22.6	24.9	27.1	29.4	31.7	33.9	36.2	30.9	34.2	37.7	41.5	45.8	50.7	56.3	0.95	1.18	1.47	1.83	2.27	2.85	3.60	604	577	552	528	505	483	460	573	683	812	965	1149	1374	1655
95	22.7	25.0	27.2	29.5	31.8	34.0	36.3	31.0	34.3	37.8	41.7	46.1	51.0	56.7	0.96	1.19	1.49	1.85	2.30	2.88	3.65	603	576	551	527	504	482	459	577	688	818	973	1160	1388	1674
100	22.8	25.0	27.3	29.6	31.9	34.1	36.4	31.1	34.4	38.0	41.9	46.3	51.2	57.0	0.96	1.20	1.50	1.86	2.32	2.91	3.69	602	575	550	526	503	481	458	580	692	824	980	1168	1400	1689
105	22.8	25.1	27.4	29.7	31.9	34.2	36.5	31.2	34.5	38.1	42.0	46.4	51.4	57.2	0.97	1.21	1.51	1.88	2.34	2.94	3.73	601	574	549	526	502	480	457	582	695	828	986	1176	1409	1703
110	22.9	25.2	27.4	29.7	32.0	34.3	36.6	31.3	34.6	38.2	42.1	46.6	51.6	57.5	0.97	1.22	1.52	1.89	2.36	2.96	3.76	601	574	549	525	502	479	456	585	698	832	990	1182	1418	1714
115	22.9	25.2	27.5	29.8	32.1	34.4	36.7	31.3	34.6	38.3	42.2	46.7	51.8	57.6	0.98	1.22	1.52	1.90	2.37	2.98	3.78	600	573	548	524	501	478	456	586	701	835	994	1187	1425	1723
120	22.9	25.2	27.5	29.8	32.1	34.4	36.7	31.4	34.7	38.3	42.3	46.8	51.9	57.8	0.98	1.23	1.53	1.90	2.38	2.99	3.80	600	573	548	524	501	478	455	588	703	837	998	1192	1431	1731
125	23.0	25.3	27.6	29.9	32.2	34.5	36.8	31.4	34.7	38.4	42.4	46.9	52.0	57.9	0.98	1.23	1.53	1.91	2.39	3.01	3.82	599	573	548	524	500	477	455	589	704	839	1001	1195	1436	1738
130	23.0	25.3	27.6	29.9	32.2	34.5	36.8	31.4	34.8	38.4	42.4	46.9	52.1	58.0	0.99	1.23	1.54	1.92	2.40	3.02	3.84	599	572	547	523	500	477	454	590	706	841	1003	1199	1440	1744
135	23.0	25.3	27.6	29.9	32.2	34.5	36.8	31.5	34.8	38.5	42.5	47.0	52.1	58.1	0.99	1.24	1.54	1.92	2.40	3.03	3.85	599	572	547	523	500	477	454	591	707	843	1005	1201	1443	1748
140	23.0	25.3	27.6	29.9	32.2	34.5	36.8	31.5	34.8	38.5	42.5	47.0	52.2	58.2	0.99	1.24	1.54	1.93	2.41	3.03	3.86	599	572	547	523	499	477	454	592	708	844	1007	1203	1446	1752
145	23.0	25.3	27.7	30.0	32.3	34.6	36.9	31.5	34.9	38.5	42.6	47.1	52.2	58.3	0.99	1.24	1.55	1.93	2.41	3.04	3.87	598	572	547	523	499	476	453	593	709	845	1008	1205	1449	1756
150	23.1	25.4	27.7	30.0	32.3	34.6	36.9	31.5	34.9	38.5	42.6	47.1	52.3	58.3	0.99	1.24	1.55	1.93	2.42	3.05	3.88	598	572	546	522	499	476	453	593	709	846	1009	1207	1451	1759

表 5-9 地位指数別成長予測モデル(茨城地域:スギ)

林齢	地位別樹高							地位別平均 DBH							地位別平均単木材積							地位別 ha 本数							地位別 ha 材積						
	18	20	22	24	26	28	30	18	20	22	24	26	28	30	18	20	22	24	26	28	30	18	20	22	24	26	28	30	18	20	22	24	26	28	30
5	8.0	8.9	9.8	10.7	11.6	12.5	13.4	10.9	11.9	12.9	13.9	15.0	16.0	17.1	0.08	0.10	0.12	0.15	0.17	0.20	0.23	1568	1476	1396	1325	1262	1205	1153	129	149	170	192	216	241	268
10	10.7	11.9	13.1	14.2	15.4	16.6	17.8	13.9	15.3	16.7	18.1	19.6	21.1	22.7	0.14	0.18	0.22	0.26	0.32	0.38	0.44	1329	1246	1173	1109	1051	999	951	191	223	257	294	334	377	423
15	12.5	13.9	15.3	16.7	18.1	19.5	20.9	16.1	17.8	19.5	21.3	23.2	25.1	27.2	0.20	0.25	0.31	0.38	0.46	0.56	0.67	1203	1125	1056	994	939	889	843	242	284	330	381	436	497	565
20	14.0	15.6	17.1	18.7	20.2	21.8	23.4	17.8	19.8	21.8	24.0	26.2	28.6	31.1	0.26	0.32	0.41	0.50	0.62	0.75	0.91	1121	1045	978	918	864	815	770	286	339	396	461	532	612	701
25	15.2	16.9	18.6	20.3	22.0	23.7	25.4	19.4	21.6	23.9	26.3	28.9	31.7	34.7	0.31	0.39	0.50	0.62	0.77	0.95	1.17	1060	986	920	862	809	760	715	327	389	458	535	623	722	835
30	16.3	18.1	19.9	21.7	23.5	25.3	27.1	20.7	23.1	25.7	28.4	31.4	34.5	38.0	0.36	0.46	0.59	0.74	0.93	1.16	1.44	1013	940	876	818	765	717	672	364	435	515	607	711	830	969
35	17.2	19.1	21.0	22.9	24.8	26.7	28.7	21.9	24.6	27.4	30.4	33.7	37.2	41.2	0.41	0.53	0.68	0.86	1.09	1.38	1.73	975	903	839	782	730	681	636	399	479	570	675	796	937	1102
40	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	23.0	25.8	28.9	32.2	35.8	39.8	44.2	0.46	0.60	0.77	0.99	1.26	1.60	2.04	944	872	809	752	700	652	606	431	520	622	741	879	1042	1236
45	18.7	20.8	22.9	25.0	27.0	29.1	31.2	24.0	27.0	30.3	33.9	37.8	42.2	47.2	0.50	0.66	0.86	1.11	1.42	1.83	2.36	917	846	783	726	674	626	581	462	559	672	805	961	1147	1371
50	19.4	21.5	23.7	25.8	28.0	30.1	32.3	24.9	28.1	31.6	35.5	39.7	44.5	50.0	0.55	0.72	0.95	1.23	1.60	2.07	2.70	894	824	761	704	652	604	558	491	597	720	866	1040	1250	1507
55	20.0	22.2	24.4	26.6	28.8	31.0	33.3	25.8	29.2	32.9	37.0	41.6	46.8	52.8	0.59	0.79	1.03	1.35	1.77	2.32	3.06	874	804	741	685	633	584	538	518	632	766	926	1118	1353	1644
60	20.5	22.8	25.0	27.3	29.6	31.9	34.2	26.6	30.1	34.0	38.4	43.3	48.9	55.5	0.64	0.85	1.12	1.47	1.94	2.57	3.42	856	786	724	668	615	566	520	544	666	810	984	1194	1454	1782
65	21.0	23.3	25.6	28.0	30.3	32.6	35.0	27.3	31.0	35.1	39.7	45.0	51.0	58.1	0.68	0.91	1.20	1.59	2.12	2.82	3.81	840	771	709	652	600	551	504	568	698	853	1040	1269	1555	1920
70	21.4	23.8	26.2	28.6	31.0	33.3	35.7	28.0	31.9	36.2	41.0	46.6	53.0	60.7	0.72	0.96	1.29	1.71	2.29	3.08	4.21	826	757	695	638	586	537	490	592	729	894	1094	1342	1655	2059
75	21.8	24.3	26.7	29.1	31.5	34.0	36.4	28.6	32.7	37.1	42.2	48.1	55.0	63.2	0.75	1.02	1.37	1.83	2.47	3.35	4.62	814	745	683	626	573	524	476	614	758	933	1147	1414	1754	2198
80	22.2	24.7	27.2	29.6	32.1	34.6	37.0	29.2	33.4	38.1	43.4	49.5	56.8	65.7	0.79	1.07	1.45	1.95	2.64	3.62	5.04	802	733	671	615	562	512	464	635	786	971	1198	1484	1851	2338
85	22.6	25.1	27.6	30.1	32.6	35.1	37.6	29.8	34.1	38.9	44.5	50.9	58.6	68.1	0.83	1.12	1.52	2.06	2.82	3.89	5.47	792	723	661	604	551	501	453	655	813	1007	1247	1552	1947	2478
90	22.9	25.4	28.0	30.5	33.1	35.6	38.2	30.3	34.8	39.8	45.5	52.3	60.4	70.5	0.86	1.18	1.60	2.18	2.99	4.16	5.91	783	714	652	595	542	491	443	674	839	1042	1295	1618	2042	2618
95	23.2	25.8	28.4	30.9	33.5	36.1	38.7	30.8	35.4	40.6	46.5	53.6	62.1	72.8	0.89	1.22	1.67	2.29	3.16	4.43	6.37	774	705	643	586	533	482	433	692	863	1075	1341	1683	2136	2757
100	23.5	26.1	28.7	31.3	33.9	36.5	39.2	31.3	36.0	41.3	47.5	54.8	63.7	75.0	0.93	1.27	1.74	2.40	3.33	4.70	6.83	766	697	635	578	525	474	424	709	887	1107	1386	1746	2228	2896
105	23.8	26.4	29.0	31.7	34.3	36.9	39.6	31.8	36.5	42.0	48.4	56.0	65.3	77.2	0.96	1.32	1.81	2.50	3.50	4.98	7.29	759	690	628	571	517	466	416	725	909	1138	1429	1808	2318	3034
110	24.0	26.7	29.3	32.0	34.7	37.3	40.0	32.2	37.1	42.7	49.3	57.1	66.9	79.4	0.99	1.36	1.88	2.61	3.66	5.25	7.77	752	683	621	564	510	459	408	741	930	1168	1470	1867	2406	3171
115	24.2	26.9	29.6	32.3	35.0	37.7	40.4	32.6	37.6	43.3	50.1	58.2	68.4	81.5	1.01	1.40	1.94	2.71	3.82	5.52	8.24	746	677	615	558	504	452	401	756	951	1196	1510	1925	2493	3307
120	24.4	27.2	29.9	32.6	35.3	38.0	40.7	33.0	38.1	43.9	50.9	59.3	69.8	83.5	1.04	1.45	2.01	2.81	3.98	5.79	8.73	740	671	609	552	497	445	395	770	970	1223	1549	1982	2578	3442
125	24.6	27.4	30.1	32.9	35.6	38.3	41.1	33.3	38.5	44.5	51.6	60.3	71.2	85.5	1.07	1.48	2.07	2.90	4.14	6.05	9.21	735	666	604	546	492	440	388	783	989	1249	1586	2036	2660	3576
130	24.8	27.6	30.3	33.1	35.9	38.6	41.4	33.6	38.9	45.1	52.4	61.2	72.5	87.5	1.09	1.52	2.13	3.00	4.29	6.31	9.69	730	661	599	541	487	434	382	796	1006	1274	1622	2089	2741	3707
135	25.0	27.8	30.6	33.3	36.1	38.9	41.7	34.0	39.3	45.6	53.0	62.2	73.8	89.3	1.11	1.56	2.18	3.09	4.44	6.57	10.18	725	657	594	536	482	429	377	808	1023	1298	1656	2139	2820	3837
140	25.2	28.0	30.8	33.6	36.4	39.2	41.9	34.3	39.7	46.1	53.7	63.1	75.0	91.2	1.14	1.59	2.24	3.17	4.59	6.83	10.66	721	652	590	532	477	424	372	819	1039	1320	1689	2189	2897	3965
145	25.3	28.1	31.0	33.8	36.6	39.4	42.2	34.5	40.1	46.5	54.3	63.9	76.2	93.0	1.16	1.63	2.29	3.26	4.73	7.08	11.15	717	648	586	528	473	420	367	830	1055	1342	1721	2236	2971	4091
150	25.5	28.3	31.1	34.0	36.8	39.6	42.4	34.8	40.4	47.0	54.9	64.7	77.4	94.7	1.18	1.66	2.34	3.34	4.87	7.33	11.63	713	645	582	524	469	415	362	840	1069	1363	1751	2282	3044	4214

表 5-10 地位指数別成長予測モデル(茨城地域:ヒノキ)

林齢	地位別樹高								地位別平均 DBH								地位別平均単木材積								地位別 ha 本数								地位別 ha 材積							
	12	14	16	18	20	22	24		12	14	16	18	20	22	24		12	14	16	18	20	22	24		12	14	16	18	20	22	24		12	14	16	18	20	22	24	
5	3.5	4.1	4.6	5.2	5.8	6.4	7.0	10.3	11.1	11.9	12.6	13.2	13.9	14.5	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	2241	2135	2045	1968	1900	1840	1785	100	115	130	145	161	177	193					
10	5.7	6.6	7.5	8.5	9.4	10.4	11.3	13.1	14.1	15.1	16.1	17.1	18.1	19.0	0.08	0.10	0.12	0.14	0.17	0.19	0.22	1917	1819	1736	1663	1599	1541	1487	157	183	209	237	265	295	327					
15	7.3	8.6	9.8	11.0	12.2	13.4	14.7	14.9	16.2	17.4	18.7	19.9	21.2	22.5	0.12	0.14	0.18	0.21	0.25	0.29	0.34	1753	1658	1577	1505	1441	1382	1327	203	239	276	316	359	405	455					
20	8.7	10.1	11.6	13.0	14.4	15.9	17.3	16.3	17.8	19.3	20.8	22.3	23.9	25.5	0.15	0.18	0.23	0.28	0.33	0.40	0.48	1650	1556	1475	1402	1337	1276	1220	242	287	335	388	446	510	581					
25	9.8	11.4	13.0	14.6	16.3	17.9	19.5	17.4	19.1	20.8	22.5	24.3	26.2	28.3	0.17	0.22	0.28	0.34	0.42	0.51	0.62	1578	1484	1402	1329	1262	1199	1140	275	329	388	453	527	611	708					
30	10.6	12.4	14.2	16.0	17.7	19.5	21.3	18.3	20.2	22.0	24.0	26.0	28.3	30.7	0.20	0.26	0.32	0.40	0.50	0.62	0.77	1525	1431	1348	1273	1204	1139	1077	304	366	435	513	603	708	834					
35	11.4	13.3	15.2	17.1	19.0	20.9	22.8	19.1	21.1	23.1	25.2	27.6	30.1	33.0	0.22	0.29	0.37	0.46	0.58	0.73	0.94	1484	1389	1306	1229	1159	1091	1026	329	399	477	568	674	802	959					
40	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	19.7	21.8	24.0	26.3	28.9	31.8	35.2	0.24	0.31	0.40	0.52	0.66	0.85	1.10	1452	1357	1272	1195	1122	1052	984	351	427	515	617	740	891	1083					
45	12.5	14.6	16.7	18.8	20.9	22.9	25.0	20.2	22.5	24.8	27.3	30.1	33.3	37.1	0.26	0.34	0.44	0.57	0.73	0.96	1.27	1426	1330	1245	1166	1092	1020	948	369	452	548	661	800	975	1204					
50	12.9	15.1	17.3	19.4	21.6	23.7	25.9	20.7	23.0	25.4	28.1	31.1	34.7	38.9	0.27	0.36	0.47	0.61	0.80	1.06	1.44	1405	1309	1223	1143	1067	993	918	385	473	577	701	855	1053	1321					
55	13.3	15.5	17.7	19.9	22.2	24.4	26.6	21.1	23.5	26.0	28.8	32.1	35.9	40.6	0.29	0.38	0.50	0.65	0.86	1.16	1.61	1389	1292	1205	1124	1047	971	893	399	492	602	736	905	1126	1433					
60	13.6	15.9	18.1	20.4	22.7	24.9	27.2	21.4	23.8	26.5	29.5	32.9	36.9	42.1	0.30	0.40	0.52	0.69	0.92	1.25	1.77	1375	1278	1190	1108	1030	952	871	411	508	624	767	949	1192	1539					
65	13.8	16.2	18.5	20.8	23.1	25.4	27.7	21.6	24.2	26.9	30.0	33.5	37.9	43.5	0.31	0.41	0.55	0.73	0.97	1.34	1.92	1363	1266	1177	1095	1015	936	853	421	522	643	794	989	1253	1638					
70	14.1	16.4	18.7	21.1	23.4	25.8	28.1	21.9	24.5	27.3	30.4	34.2	38.7	44.7	0.32	0.43	0.57	0.75	1.02	1.42	2.07	1354	1256	1167	1084	1003	922	837	429	534	660	818	1024	1307	1729					
75	14.2	16.6	19.0	21.4	23.7	26.1	28.5	22.1	24.7	27.6	30.8	34.7	39.4	45.8	0.32	0.44	0.58	0.78	1.06	1.49	2.20	1346	1248	1159	1075	993	910	823	437	544	674	839	1054	1355	1813					
80	14.4	16.8	19.2	21.6	24.0	26.4	28.8	22.2	24.9	27.8	31.2	35.1	40.1	46.8	0.33	0.45	0.60	0.80	1.10	1.55	2.33	1339	1241	1151	1067	984	901	812	443	553	687	856	1081	1398	1889					
85	14.5	16.9	19.4	21.8	24.2	26.6	29.0	22.4	25.1	28.0	31.5	35.5	40.6	47.6	0.34	0.45	0.61	0.82	1.13	1.61	2.44	1334	1235	1145	1060	977	892	802	448	560	697	872	1104	1436	1958					
90	14.6	17.1	19.5	21.9	24.4	26.8	29.2	22.5	25.2	28.2	31.7	35.8	41.1	48.4	0.34	0.46	0.62	0.84	1.16	1.66	2.54	1329	1230	1140	1055	971	885	793	453	566	706	885	1125	1469	2018					
95	14.7	17.2	19.6	22.1	24.5	27.0	29.4	22.6	25.3	28.4	31.9	36.1	41.5	49.0	0.34	0.47	0.63	0.85	1.18	1.70	2.64	1326	1226	1136	1050	966	880	786	457	572	714	896	1142	1498	2072					
100	14.8	17.2	19.7	22.2	24.6	27.1	29.6	22.7	25.4	28.5	32.1	36.4	41.9	49.6	0.35	0.47	0.64	0.87	1.20	1.74	2.72	1322	1223	1132	1046	962	875	780	460	576	721	906	1157	1523	2120					
105	14.8	17.3	19.8	22.3	24.7	27.2	29.7	22.7	25.5	28.6	32.2	36.6	42.2	50.1	0.35	0.48	0.64	0.88	1.22	1.77	2.79	1320	1220	1129	1043	958	870	775	463	580	726	914	1170	1544	2162					
110	14.9	17.4	19.9	22.4	24.8	27.3	29.8	22.8	25.6	28.7	32.4	36.7	42.4	50.5	0.35	0.48	0.65	0.89	1.24	1.80	2.85	1317	1218	1127	1040	955	867	770	465	584	731	921	1181	1563	2198					
115	14.9	17.4	19.9	22.4	24.9	27.4	29.9	22.8	25.7	28.8	32.5	36.9	42.7	50.9	0.35	0.48	0.65	0.89	1.25	1.83	2.91	1315	1216	1125	1038	952	864	767	467	586	735	927	1190	1579	2229					
120	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0	22.9	25.7	28.9	32.6	37.0	42.8	51.2	0.36	0.48	0.66	0.90	1.26	1.85	2.95	1314	1214	1123	1036	950	861	764	468	589	738	932	1198	1593	2256					
125	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0	22.9	25.8	28.9	32.6	37.1	43.0	51.5	0.36	0.49	0.66	0.91	1.27	1.87	3.00	1312	1213	1121	1034	948	859	761	470	591	741	937	1205	1604	2279					
130	15.0	17.6	20.1	22.6	25.1	27.6	30.1	22.9	25.8	29.0	32.7	37.2	43.1	51.7	0.36	0.49	0.66	0.91	1.28	1.88	3.03	1311	1212	1120	1033	947	857	759	471	592	744	940	1211	1614	2299					
135	15.1	17.6	20.1	22.6	25.1	27.6	30.1	23.0	25.8	29.0	32.8	37.3	43.3	51.9	0.36	0.49	0.67	0.91	1.29	1.90	3.06	1310	1211	1119	1032	945	856	757	472	594	746	943	1216	1623	2317					
140	15.1	17.6	20.1	22.6	25.1	27.7	30.2	23.0	25.9	29.1	32.8	37.4	43.4	52.1	0.36	0.49	0.67	0.92	1.29	1.91	3.09	1310	1210	1118	1031	944	854	755	473	595	748	946	1220	1630	2331					
145	15.1	17.6	20.1	22.7	25.2	27.7	30.2	23.0	25.9	29.1	32.8	37.4	43.4	52.2	0.36	0.49	0.67	0.92	1.30	1.92	3.11	1309	1209	1117	1030	943	853	754	474	596	749	948	1223	1636	2344					
150	15.1	17.6	20.2	22.7	25.2	27.7	30.2	23.0	25.9	29.1	32.9	37.5	43.5	52.4	0.36	0.49	0.67	0.92	1.30	1.93	3.13	1308	1208	1117	1029	942	852	752	474	597	750	950	1226	1641	2354					

表 5-11 地位指数別成長予測モデル(静岡地域:スギ)

林齢	地位別樹高							地位別平均 DBH							地位別平均単木材積							地位別 ha 本数							地位別 ha 材積						
	18	20	22	24	26	28	30	18	20	22	24	26	28	30	18	20	22	24	26	28	30	18	20	22	24	26	28	30	18	20	22	24	26	28	30
5	5.7	6.4	7.0	7.7	8.3	8.9	9.6	11.6	12.3	13.0	13.7	14.4	15.0	15.7	0.07	0.08	0.10	0.11	0.12	0.14	0.15	2003	1876	1767	1672	1588	1514	1446	141	154	168	182	196	210	224
10	8.8	9.8	10.8	11.7	12.7	13.7	14.7	14.9	15.9	16.8	17.8	18.7	19.7	20.6	0.14	0.16	0.19	0.22	0.25	0.28	0.32	1529	1426	1337	1260	1191	1129	1073	207	229	251	273	296	319	343
15	11.1	12.4	13.6	14.8	16.1	17.3	18.6	17.2	18.4	19.6	20.8	22.0	23.2	24.4	0.20	0.24	0.28	0.33	0.38	0.43	0.50	1307	1215	1135	1065	1002	946	895	259	288	317	347	379	411	445
20	13.0	14.5	15.9	17.4	18.8	20.2	21.7	19.0	20.4	21.8	23.2	24.6	26.1	27.6	0.26	0.31	0.37	0.44	0.51	0.59	0.69	1172	1085	1011	945	886	833	784	303	338	374	412	452	494	538
25	14.6	16.2	17.8	19.4	21.1	22.7	24.3	20.5	22.1	23.7	25.3	26.9	28.6	30.3	0.32	0.38	0.46	0.55	0.64	0.76	0.88	1079	997	925	862	805	754	707	341	382	425	470	518	569	624
30	15.9	17.7	19.4	21.2	23.0	24.7	26.5	21.8	23.5	25.3	27.1	28.9	30.8	32.8	0.37	0.45	0.55	0.65	0.78	0.92	1.09	1011	931	862	800	745	695	649	374	421	470	523	579	639	705
35	17.0	18.9	20.8	22.7	24.6	26.5	28.4	22.9	24.8	26.7	28.6	30.7	32.8	35.1	0.42	0.52	0.63	0.76	0.91	1.08	1.29	959	881	813	753	699	650	604	404	455	511	570	635	705	781
40	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	23.9	25.8	27.9	30.0	32.3	34.6	37.1	0.47	0.58	0.71	0.86	1.04	1.25	1.50	917	841	775	715	662	613	568	430	487	548	614	686	765	853
45	18.8	20.9	23.0	25.1	27.2	29.3	31.4	24.7	26.8	29.0	31.3	33.7	36.3	39.0	0.51	0.64	0.78	0.95	1.16	1.41	1.71	884	809	743	685	632	583	539	453	515	581	654	733	822	921
50	19.6	21.7	23.9	26.1	28.3	30.4	32.6	25.4	27.6	29.9	32.4	35.0	37.7	40.7	0.55	0.69	0.85	1.05	1.28	1.57	1.92	857	782	717	659	607	559	514	474	540	611	690	777	875	985
55	20.2	22.5	24.7	27.0	29.2	31.4	33.7	26.1	28.4	30.8	33.4	36.1	39.1	42.3	0.59	0.74	0.92	1.13	1.39	1.72	2.12	834	760	696	638	586	538	493	493	562	639	723	817	923	1045
60	20.8	23.1	25.4	27.7	30.0	32.3	34.6	26.6	29.0	31.6	34.3	37.1	40.3	43.8	0.63	0.79	0.98	1.21	1.50	1.86	2.32	814	742	678	620	568	520	476	510	583	663	753	854	968	1101
65	21.3	23.6	26.0	28.4	30.7	33.1	35.4	27.1	29.6	32.2	35.1	38.1	41.4	45.1	0.66	0.83	1.04	1.29	1.60	2.00	2.50	798	726	662	605	553	505	460	525	601	686	780	887	1010	1153
70	21.7	24.1	26.5	28.9	31.3	33.7	36.2	27.6	30.1	32.9	35.8	38.9	42.4	46.3	0.69	0.87	1.09	1.36	1.70	2.13	2.69	784	712	649	592	540	492	447	538	617	706	805	918	1048	1202
75	22.1	24.5	27.0	29.4	31.9	34.3	36.8	28.0	30.6	33.4	36.4	39.7	43.3	47.4	0.71	0.90	1.14	1.42	1.79	2.25	2.86	772	701	637	581	529	481	436	550	632	724	827	946	1083	1246
80	22.4	24.9	27.4	29.9	32.4	34.9	37.3	28.3	31.0	33.9	37.0	40.4	44.2	48.4	0.74	0.93	1.18	1.48	1.87	2.37	3.02	762	691	628	571	519	471	426	561	645	740	848	971	1116	1288
85	22.7	25.2	27.7	30.3	32.8	35.3	37.8	28.6	31.4	34.3	37.5	41.0	44.9	49.4	0.76	0.96	1.22	1.54	1.95	2.47	3.17	753	682	619	562	511	463	418	570	657	755	866	994	1145	1326
90	23.0	25.5	28.1	30.6	33.2	35.7	38.3	28.9	31.7	34.7	37.9	41.5	45.6	50.2	0.78	0.99	1.26	1.59	2.02	2.57	3.32	745	674	612	555	503	455	410	579	668	768	882	1015	1172	1361
95	23.2	25.8	28.3	30.9	33.5	36.1	38.6	29.1	32.0	35.0	38.4	42.0	46.2	50.9	0.79	1.01	1.29	1.64	2.08	2.66	3.45	739	668	605	549	497	449	404	586	677	780	897	1034	1196	1392
100	23.4	26.0	28.6	31.2	33.8	36.4	39.0	29.4	32.2	35.3	38.7	42.5	46.7	51.6	0.81	1.04	1.32	1.68	2.14	2.75	3.57	733	662	600	543	491	443	398	593	686	790	910	1051	1218	1421
105	23.6	26.2	28.8	31.4	34.0	36.7	39.3	29.6	32.5	35.6	39.1	42.9	47.2	52.2	0.82	1.05	1.35	1.71	2.19	2.82	3.69	727	657	595	538	486	438	393	599	693	800	922	1066	1238	1448
110	23.7	26.4	29.0	31.6	34.3	36.9	39.5	29.7	32.7	35.9	39.3	43.2	47.7	52.8	0.84	1.07	1.37	1.75	2.24	2.89	3.79	723	653	590	534	482	434	388	604	700	808	933	1080	1255	1471
115	23.9	26.5	29.2	31.8	34.5	37.1	39.8	29.9	32.9	36.1	39.6	43.6	48.0	53.3	0.85	1.09	1.39	1.78	2.28	2.96	3.88	719	649	586	530	478	430	384	609	706	816	943	1092	1272	1493
120	24.0	26.7	29.3	32.0	34.7	37.3	40.0	30.0	33.0	36.3	39.8	43.8	48.4	53.7	0.86	1.10	1.41	1.81	2.32	3.01	3.97	715	645	583	527	475	427	381	614	711	823	951	1103	1286	1513
125	24.1	26.8	29.5	32.1	34.8	37.5	40.2	30.1	33.2	36.4	40.0	44.1	48.7	54.1	0.87	1.11	1.43	1.83	2.36	3.07	4.05	712	642	580	524	472	424	378	617	716	829	959	1113	1299	1530
130	24.2	26.9	29.6	32.3	35.0	37.6	40.3	30.2	33.3	36.6	40.2	44.3	49.0	54.5	0.87	1.13	1.44	1.85	2.39	3.11	4.12	710	640	577	521	469	421	375	621	720	834	966	1122	1311	1546
135	24.3	27.0	29.7	32.4	35.1	37.8	40.5	30.3	33.4	36.7	40.4	44.5	49.2	54.8	0.88	1.14	1.46	1.87	2.42	3.16	4.19	707	637	575	519	467	419	373	624	724	839	972	1130	1321	1560
140	24.4	27.1	29.8	32.5	35.2	37.9	40.6	30.4	33.5	36.8	40.5	44.7	49.5	55.1	0.89	1.15	1.47	1.89	2.45	3.19	4.24	705	635	573	517	465	417	371	626	727	843	977	1137	1331	1573
145	24.4	27.1	29.9	32.6	35.3	38.0	40.7	30.5	33.6	37.0	40.7	44.9	49.7	55.4	0.89	1.15	1.48	1.91	2.47	3.23	4.30	703	633	571	515	463	415	369	629	730	847	982	1143	1339	1584
150	24.5	27.2	29.9	32.7	35.4	38.1	40.8	30.6	33.7	37.1	40.8	45.0	49.9	55.6	0.90	1.16	1.49	1.92	2.49	3.26	4.34	702	632	570	513	462	413	367	631	733	850	987	1149	1347	1595

表 5-12 地位指数別成長予測モデル(静岡地域:ヒノキ)

林齢	地位別樹高						地位別平均 DBH						地位別平均単木材積						地位別 ha 本数						地位別 ha 材積					
	16	18	20	22	24	26	16	18	20	22	24	26	16	18	20	22	24	26	16	18	20	22	24	26	16	18	20	22	24	26
5	4.2	4.8	5.3	5.8	6.3	6.9	12.3	12.9	13.4	13.9	14.4	14.9	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	1852	1794	1744	1698	1658	1620	161	175	188	202	215	229
10	7.1	8.0	8.9	9.7	10.6	11.5	15.1	15.8	16.6	17.3	18.0	18.7	0.15	0.17	0.19	0.21	0.23	0.25	1605	1551	1502	1459	1419	1382	234	257	280	302	326	349
15	9.3	10.5	11.7	12.9	14.0	15.2	17.0	17.9	18.8	19.7	20.6	21.6	0.20	0.23	0.26	0.29	0.33	0.36	1477	1423	1374	1330	1289	1251	292	323	354	386	420	455
20	11.2	12.6	14.0	15.4	16.8	18.2	18.4	19.5	20.6	21.7	22.8	24.0	0.24	0.28	0.33	0.37	0.42	0.48	1394	1339	1290	1244	1201	1161	341	379	419	461	506	555
25	12.7	14.3	15.9	17.5	19.1	20.7	19.6	20.9	22.1	23.4	24.8	26.2	0.29	0.34	0.39	0.45	0.52	0.60	1334	1279	1228	1180	1135	1092	383	429	478	530	588	651
30	14.0	15.8	17.5	19.3	21.0	22.8	20.6	22.0	23.4	24.9	26.5	28.2	0.33	0.38	0.45	0.53	0.61	0.72	1289	1232	1180	1131	1084	1038	420	473	531	594	665	746
35	15.1	17.0	18.9	20.8	22.6	24.5	21.5	23.0	24.6	26.2	28.0	30.0	0.36	0.43	0.51	0.60	0.71	0.84	1254	1196	1142	1091	1042	993	452	512	579	653	739	839
40	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	22.2	23.8	25.5	27.4	29.4	31.7	0.39	0.47	0.56	0.67	0.80	0.97	1225	1166	1111	1058	1007	955	480	547	623	708	809	930
45	16.8	18.9	21.0	23.1	25.1	27.2	22.8	24.5	26.4	28.4	30.7	33.3	0.42	0.51	0.61	0.74	0.90	1.11	1202	1142	1086	1031	977	922	505	579	662	759	876	1020
50	17.4	19.6	21.8	23.9	26.1	28.3	23.3	25.2	27.2	29.4	31.9	34.9	0.45	0.54	0.66	0.80	0.99	1.24	1183	1122	1064	1008	952	894	527	606	698	806	938	1107
55	18.0	20.2	22.5	24.7	26.9	29.2	23.8	25.7	27.8	30.2	32.9	36.3	0.47	0.57	0.70	0.86	1.07	1.37	1167	1105	1046	989	930	870	546	631	730	849	997	1192
60	18.4	20.7	23.0	25.3	27.6	29.9	24.2	26.2	28.4	30.9	33.9	37.6	0.49	0.60	0.74	0.91	1.15	1.50	1154	1091	1031	972	912	848	563	653	758	887	1052	1273
65	18.8	21.2	23.5	25.9	28.2	30.6	24.5	26.6	28.9	31.6	34.8	38.8	0.50	0.62	0.77	0.96	1.23	1.63	1143	1080	1019	958	896	830	577	672	784	923	1102	1351
70	19.2	21.6	24.0	26.3	28.7	31.1	24.8	27.0	29.4	32.2	35.5	39.9	0.52	0.64	0.80	1.01	1.30	1.75	1134	1070	1008	946	882	813	590	688	806	954	1148	1424
75	19.4	21.9	24.3	26.7	29.2	31.6	25.1	27.3	29.8	32.7	36.2	41.0	0.53	0.66	0.83	1.05	1.37	1.87	1126	1061	999	936	870	799	601	703	826	982	1190	1493
80	19.7	22.2	24.6	27.1	29.5	32.0	25.3	27.5	30.1	33.1	36.9	41.9	0.55	0.68	0.85	1.09	1.43	1.98	1119	1054	991	927	860	787	610	716	844	1007	1228	1557
85	19.9	22.4	24.9	27.4	29.9	32.3	25.5	27.8	30.4	33.5	37.4	42.7	0.56	0.69	0.87	1.12	1.48	2.08	1114	1048	984	919	851	776	619	727	859	1029	1262	1616
90	20.1	22.6	25.1	27.6	30.1	32.6	25.6	28.0	30.6	33.8	37.9	43.5	0.56	0.71	0.89	1.15	1.53	2.18	1109	1043	978	913	844	766	626	736	872	1049	1293	1670
95	20.2	22.8	25.3	27.8	30.3	32.9	25.7	28.1	30.9	34.1	38.3	44.2	0.57	0.72	0.91	1.17	1.58	2.27	1105	1039	973	907	837	758	632	745	884	1066	1320	1718
100	20.4	22.9	25.4	28.0	30.5	33.1	25.9	28.3	31.1	34.4	38.7	44.8	0.58	0.73	0.92	1.20	1.62	2.35	1101	1035	969	903	831	751	637	752	894	1080	1344	1763
105	20.5	23.0	25.6	28.1	30.7	33.3	26.0	28.4	31.2	34.6	39.0	45.3	0.58	0.73	0.93	1.22	1.65	2.42	1099	1032	966	899	827	744	641	758	903	1093	1365	1802
110	20.6	23.1	25.7	28.3	30.8	33.4	26.0	28.5	31.4	34.8	39.3	45.8	0.59	0.74	0.95	1.23	1.68	2.49	1096	1029	963	895	822	739	645	763	910	1105	1383	1837
115	20.6	23.2	25.8	28.4	31.0	33.5	26.1	28.6	31.5	35.0	39.5	46.2	0.59	0.75	0.95	1.25	1.71	2.55	1094	1027	960	892	819	734	649	768	917	1114	1399	1869
120	20.7	23.3	25.9	28.5	31.1	33.6	26.2	28.7	31.6	35.1	39.8	46.6	0.60	0.75	0.96	1.26	1.73	2.60	1092	1025	958	890	816	730	652	772	922	1123	1413	1896
125	20.8	23.4	26.0	28.6	31.1	33.7	26.2	28.7	31.7	35.2	39.9	46.9	0.60	0.76	0.97	1.27	1.75	2.64	1091	1023	956	887	813	727	654	775	927	1130	1425	1920
130	20.8	23.4	26.0	28.6	31.2	33.8	26.3	28.8	31.7	35.3	40.1	47.2	0.60	0.76	0.98	1.28	1.77	2.68	1089	1022	955	886	811	724	656	778	931	1136	1436	1941
135	20.9	23.5	26.1	28.7	31.3	33.9	26.3	28.9	31.8	35.4	40.2	47.4	0.60	0.76	0.98	1.29	1.79	2.72	1088	1020	953	884	809	721	658	780	935	1142	1445	1960
140	20.9	23.5	26.1	28.7	31.3	34.0	26.3	28.9	31.9	35.5	40.4	47.7	0.61	0.77	0.99	1.30	1.80	2.75	1087	1019	952	883	807	719	659	782	938	1147	1453	1976
145	20.9	23.5	26.2	28.8	31.4	34.0	26.4	28.9	31.9	35.6	40.5	47.8	0.61	0.77	0.99	1.31	1.81	2.78	1086	1018	951	881	806	717	661	784	941	1151	1459	1990
150	20.9	23.6	26.2	28.8	31.4	34.0	26.4	29.0	32.0	35.6	40.5	48.0	0.61	0.77	0.99	1.31	1.82	2.80	1086	1018	950	880	805	715	662	786	943	1154	1465	2002

表 5-13 地位指数別成長予測モデル(神奈川地域:スギ)

林齢	地位別樹高							地位別平均 DBH							地位別平均単木材積							地位別 ha 本数							地位別 ha 材積						
	14	16	18	20	22	24	26	14	16	18	20	22	24	26	14	16	18	20	22	24	26	14	16	18	20	22	24	26	14	16	18	20	22	24	26
5	1.9	2.1	2.4	2.7	2.9	3.2	3.5	9.4	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.4	0.04	0.05	0.05	0.06	0.07	0.07	0.08	2994	2774	2593	2440	2309	2195	2094	118	127	136	144	152	160	167
10	4.2	4.8	5.4	6.0	6.6	7.2	7.8	13.7	14.6	15.4	16.2	17.0	17.8	18.5	0.10	0.12	0.14	0.15	0.17	0.19	0.21	1861	1717	1598	1497	1410	1334	1267	187	202	217	231	245	259	272
15	6.5	7.4	8.3	9.2	10.2	11.1	12.0	16.8	18.0	19.1	20.2	21.3	22.3	23.3	0.17	0.20	0.23	0.27	0.30	0.34	0.38	1432	1315	1218	1136	1064	1002	946	242	262	283	303	322	342	361
20	8.5	9.7	10.9	12.1	13.3	14.5	15.7	19.3	20.7	22.1	23.5	24.8	26.1	27.5	0.24	0.28	0.33	0.39	0.44	0.51	0.57	1202	1099	1013	940	876	820	770	286	312	338	364	389	415	441
25	10.2	11.7	13.1	14.6	16.1	17.5	19.0	21.3	23.0	24.6	26.2	27.8	29.5	31.1	0.31	0.37	0.44	0.51	0.59	0.68	0.78	1060	965	885	817	757	705	657	324	354	385	417	448	481	514
30	11.7	13.4	15.1	16.7	18.4	20.1	21.7	23.0	24.9	26.7	28.6	30.5	32.4	34.4	0.37	0.45	0.53	0.63	0.74	0.86	1.00	963	873	798	733	676	625	579	355	390	426	463	501	540	582
35	13.0	14.8	16.7	18.5	20.4	22.2	24.1	24.4	26.4	28.5	30.6	32.7	35.0	37.3	0.43	0.52	0.63	0.75	0.89	1.05	1.23	895	808	735	672	617	567	523	381	421	462	503	547	594	643
40	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	25.5	27.8	30.0	32.3	34.7	37.3	40.0	0.48	0.59	0.71	0.86	1.03	1.22	1.46	844	760	689	627	573	524	480	404	447	492	539	588	641	699
45	14.9	17.0	19.1	21.2	23.4	25.5	27.6	26.5	28.9	31.3	33.8	36.4	39.3	42.3	0.52	0.65	0.79	0.96	1.16	1.39	1.68	806	723	653	593	539	491	446	422	469	518	569	624	684	750
50	15.6	17.8	20.0	22.3	24.5	26.7	28.9	27.3	29.8	32.4	35.0	37.9	41.0	44.4	0.56	0.70	0.86	1.05	1.28	1.55	1.89	776	695	626	566	513	465	420	438	487	539	595	655	721	795
55	16.2	18.5	20.8	23.1	25.4	27.7	30.0	28.0	30.6	33.3	36.1	39.2	42.5	46.2	0.60	0.75	0.92	1.13	1.38	1.70	2.09	753	673	605	545	492	444	400	451	503	558	617	682	753	835
60	16.7	19.0	21.4	23.8	26.2	28.6	30.9	28.5	31.2	34.0	37.0	40.2	43.8	47.8	0.63	0.79	0.98	1.20	1.48	1.83	2.27	735	656	588	529	476	428	383	462	516	573	636	704	781	870
65	17.1	19.5	21.9	24.4	26.8	29.2	31.7	28.9	31.7	34.6	37.7	41.1	44.9	49.1	0.65	0.82	1.02	1.26	1.56	1.94	2.43	721	642	575	516	463	414	370	470	526	586	652	724	805	900
70	17.4	19.9	22.4	24.8	27.3	29.8	32.3	29.3	32.2	35.2	38.4	41.9	45.8	50.3	0.67	0.85	1.06	1.32	1.64	2.04	2.58	709	631	564	505	452	404	359	478	535	597	665	740	826	926
75	17.7	20.2	22.7	25.2	27.7	30.3	32.8	29.6	32.5	35.6	38.9	42.5	46.6	51.2	0.69	0.87	1.09	1.36	1.70	2.13	2.71	700	622	555	496	444	395	350	484	543	606	676	754	843	948
80	17.9	20.4	23.0	25.5	28.1	30.6	33.2	29.9	32.8	35.9	39.3	43.0	47.2	52.1	0.71	0.89	1.12	1.40	1.75	2.21	2.82	693	615	548	490	437	388	343	489	549	614	685	765	858	967
85	18.1	20.6	23.2	25.8	28.4	30.9	33.5	30.1	33.1	36.2	39.7	43.5	47.8	52.8	0.72	0.91	1.14	1.43	1.80	2.27	2.91	687	609	543	484	431	383	338	493	554	620	693	775	870	983
90	18.2	20.8	23.4	26.0	28.6	31.2	33.8	30.2	33.3	36.5	40.0	43.8	48.2	53.4	0.73	0.92	1.16	1.46	1.83	2.33	2.99	682	605	538	480	427	378	333	496	558	625	699	783	880	996
95	18.3	20.9	23.5	26.2	28.8	31.4	34.0	30.4	33.4	36.7	40.2	44.1	48.6	53.8	0.74	0.93	1.18	1.48	1.86	2.37	3.06	678	601	535	476	423	375	329	499	561	629	704	789	888	1008
100	18.4	21.0	23.7	26.3	28.9	31.6	34.2	30.5	33.6	36.8	40.4	44.4	48.9	54.2	0.74	0.94	1.19	1.50	1.89	2.41	3.12	675	598	532	473	420	372	326	501	564	632	708	795	895	1017
105	18.5	21.1	23.8	26.4	29.1	31.7	34.3	30.6	33.7	37.0	40.6	44.6	49.2	54.6	0.75	0.95	1.20	1.51	1.91	2.44	3.17	673	596	529	471	418	369	324	503	566	635	712	799	901	1024
110	18.6	21.2	23.9	26.5	29.2	31.8	34.5	30.6	33.8	37.1	40.7	44.7	49.4	54.8	0.75	0.96	1.21	1.52	1.93	2.47	3.21	671	594	527	469	416	367	322	505	568	637	715	803	906	1031
115	18.6	21.3	23.9	26.6	29.2	31.9	34.6	30.7	33.8	37.2	40.8	44.9	49.5	55.1	0.76	0.96	1.22	1.53	1.94	2.49	3.24	669	592	526	467	414	366	320	506	570	639	717	806	910	1036
120	18.7	21.3	24.0	26.6	29.3	32.0	34.6	30.8	33.9	37.2	40.9	45.0	49.7	55.3	0.76	0.97	1.22	1.54	1.96	2.50	3.27	668	591	524	466	413	364	319	507	571	641	719	808	913	1040
125	18.7	21.4	24.0	26.7	29.4	32.0	34.7	30.8	33.9	37.3	41.0	45.1	49.8	55.4	0.76	0.97	1.23	1.55	1.97	2.52	3.29	667	590	523	465	412	363	317	508	572	642	720	810	915	1044
130	18.7	21.4	24.1	26.7	29.4	32.1	34.8	30.8	34.0	37.3	41.0	45.1	49.9	55.5	0.76	0.97	1.23	1.56	1.97	2.53	3.31	666	589	522	464	411	362	317	508	573	643	722	812	917	1047
135	18.7	21.4	24.1	26.8	29.5	32.1	34.8	30.9	34.0	37.4	41.1	45.2	50.0	55.6	0.77	0.98	1.23	1.56	1.98	2.54	3.32	665	588	522	463	410	362	316	509	573	644	723	813	919	1049
140	18.8	21.4	24.1	26.8	29.5	32.2	34.8	30.9	34.0	37.4	41.1	45.3	50.0	55.7	0.77	0.98	1.24	1.56	1.99	2.55	3.33	664	587	521	463	410	361	315	509	574	645	724	814	921	1051
145	18.8	21.5	24.1	26.8	29.5	32.2	34.9	30.9	34.1	37.4	41.1	45.3	50.1	55.8	0.77	0.98	1.24	1.57	1.99	2.56	3.34	664	587	521	462	409	361	315	510	574	645	724	815	922	1052
150	18.8	21.5	24.2	26.8	29.5	32.2	34.9	30.9	34.1	37.5	41.2	45.3	50.1	55.8	0.77	0.98	1.24	1.57	1.99	2.56	3.35	663	587	520	462	409	360	314	510	575	646	725	816	923	1054

表 5-14 地位指数別成長予測モデル(神奈川地域:ヒノキ)

林齢	地位別樹高						地位別平均 DBH						地位別平均単木材積						地位別 ha 本数						地位別 ha 材積					
	12	14	16	18	20	22	12	14	16	18	20	22	12	14	16	18	20	22	12	14	16	18	20	22	12	14	16	18	20	22
5	4.4	5.1	5.9	6.6	7.3	8.1	10.2	11.4	12.4	13.5	14.5	15.6	0.04	0.05	0.07	0.08	0.10	0.12	1695	1565	1459	1370	1295	1229	66	80	95	111	127	145
10	6.3	7.3	8.4	9.4	10.5	11.5	13.0	14.5	16.0	17.4	18.8	20.3	0.07	0.10	0.13	0.16	0.19	0.24	1408	1296	1204	1127	1062	1004	104	127	152	178	206	236
15	7.7	9.0	10.2	11.5	12.8	14.1	15.0	16.8	18.5	20.3	22.0	23.7	0.11	0.14	0.19	0.24	0.29	0.36	1263	1160	1075	1004	943	890	135	166	200	236	275	317
20	8.8	10.3	11.8	13.2	14.7	16.2	16.6	18.6	20.6	22.6	24.6	26.6	0.14	0.19	0.24	0.31	0.39	0.48	1170	1073	992	925	866	815	163	201	243	289	338	392
25	9.8	11.4	13.0	14.7	16.3	17.9	17.9	20.1	22.3	24.5	26.8	29.1	0.17	0.23	0.30	0.39	0.49	0.61	1104	1010	933	867	811	761	188	233	282	337	397	462
30	10.6	12.4	14.2	15.9	17.7	19.5	19.0	21.4	23.8	26.2	28.7	31.3	0.20	0.27	0.36	0.46	0.59	0.74	1054	962	887	823	768	720	210	262	319	382	452	530
35	11.3	13.2	15.1	17.0	18.9	20.8	20.0	22.6	25.2	27.8	30.5	33.3	0.23	0.31	0.42	0.54	0.69	0.87	1013	924	851	788	734	686	231	289	353	425	505	594
40	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	20.9	23.6	26.4	29.2	32.1	35.1	0.26	0.35	0.47	0.61	0.79	1.00	981	893	821	759	706	659	250	314	385	465	555	656
45	12.6	14.7	16.8	18.9	21.0	23.1	21.7	24.5	27.4	30.4	33.5	36.8	0.28	0.39	0.52	0.68	0.88	1.13	953	867	796	735	682	636	268	337	415	503	603	716
50	13.1	15.3	17.5	19.7	21.9	24.0	22.4	25.4	28.4	31.6	34.9	38.3	0.31	0.43	0.57	0.75	0.98	1.26	930	845	774	715	662	616	285	359	443	539	648	773
55	13.6	15.9	18.1	20.4	22.7	24.9	23.1	26.2	29.3	32.6	36.1	39.8	0.33	0.46	0.62	0.82	1.07	1.38	910	826	756	697	645	599	300	380	470	574	692	828
60	14.0	16.4	18.7	21.0	23.4	25.7	23.6	26.9	30.2	33.6	37.3	41.1	0.35	0.49	0.67	0.89	1.17	1.51	892	809	740	681	629	583	315	399	495	606	734	882
65	14.4	16.8	19.2	21.6	24.0	26.4	24.2	27.5	30.9	34.5	38.3	42.4	0.37	0.53	0.72	0.95	1.26	1.64	877	794	726	667	616	570	328	417	519	637	773	933
70	14.8	17.3	19.7	22.2	24.6	27.1	24.7	28.1	31.7	35.4	39.3	43.6	0.40	0.56	0.76	1.02	1.34	1.76	863	781	713	655	604	558	341	434	542	666	811	982
75	15.1	17.6	20.2	22.7	25.2	27.7	25.1	28.7	32.3	36.2	40.3	44.7	0.41	0.58	0.80	1.08	1.43	1.88	851	770	702	644	593	548	353	450	563	694	848	1029
80	15.4	18.0	20.6	23.2	25.7	28.3	25.6	29.2	32.9	36.9	41.2	45.7	0.43	0.61	0.84	1.14	1.51	2.00	840	759	692	634	583	538	364	465	583	720	882	1074
85	15.7	18.3	21.0	23.6	26.2	28.8	26.0	29.7	33.5	37.6	42.0	46.7	0.45	0.64	0.88	1.19	1.59	2.11	830	750	683	625	575	529	375	480	602	746	915	1117
90	16.0	18.6	21.3	24.0	26.6	29.3	26.3	30.1	34.0	38.2	42.7	47.6	0.47	0.66	0.92	1.25	1.67	2.22	821	741	675	617	567	521	384	493	620	769	946	1159
95	16.2	18.9	21.6	24.3	27.0	29.7	26.7	30.5	34.5	38.8	43.5	48.5	0.48	0.69	0.95	1.30	1.75	2.33	813	734	667	610	559	514	394	505	637	792	976	1198
100	16.5	19.2	21.9	24.7	27.4	30.2	27.0	30.9	35.0	39.4	44.1	49.3	0.50	0.71	0.99	1.35	1.82	2.44	806	727	660	603	553	508	402	517	653	813	1005	1236
105	16.7	19.4	22.2	25.0	27.8	30.5	27.3	31.2	35.4	39.9	44.8	50.1	0.51	0.73	1.02	1.40	1.89	2.54	800	720	654	597	547	502	410	528	668	833	1032	1272
110	16.9	19.7	22.5	25.3	28.1	30.9	27.5	31.6	35.8	40.4	45.4	50.8	0.53	0.75	1.05	1.44	1.95	2.63	794	715	649	592	541	496	418	539	682	852	1057	1307
115	17.0	19.9	22.7	25.5	28.4	31.2	27.8	31.9	36.2	40.9	45.9	51.5	0.54	0.77	1.08	1.48	2.02	2.73	788	709	643	587	536	491	425	549	695	870	1082	1340
120	17.2	20.1	22.9	25.8	28.7	31.5	28.0	32.2	36.6	41.3	46.4	52.2	0.55	0.79	1.11	1.53	2.08	2.82	783	704	639	582	532	486	432	558	708	887	1105	1371
125	17.4	20.2	23.1	26.0	28.9	31.8	28.3	32.4	36.9	41.7	46.9	52.8	0.56	0.81	1.13	1.56	2.14	2.91	778	700	634	578	527	482	438	567	720	904	1127	1401
130	17.5	20.4	23.3	26.3	29.2	32.1	28.5	32.7	37.2	42.1	47.4	53.3	0.57	0.83	1.16	1.60	2.19	2.99	774	696	630	574	523	478	444	575	731	919	1147	1429
135	17.6	20.6	23.5	26.5	29.4	32.3	28.6	32.9	37.5	42.4	47.8	53.9	0.58	0.84	1.18	1.64	2.24	3.07	770	692	627	570	520	475	450	583	742	933	1167	1456
140	17.8	20.7	23.7	26.6	29.6	32.6	28.8	33.2	37.8	42.7	48.2	54.4	0.59	0.86	1.21	1.67	2.30	3.14	766	688	623	567	516	471	455	590	752	947	1185	1481
145	17.9	20.9	23.8	26.8	29.8	32.8	29.0	33.4	38.0	43.1	48.6	54.9	0.60	0.87	1.23	1.70	2.34	3.22	763	685	620	563	513	468	460	597	761	960	1203	1506
150	18.0	21.0	24.0	27.0	30.0	33.0	29.2	33.5	38.2	43.3	49.0	55.3	0.61	0.88	1.25	1.73	2.39	3.29	760	682	617	561	510	465	465	603	770	972	1220	1529

### 5.3 成長予測モデルの地域間比較

作成した成長予測モデルの地域間比較を行う。図 5-31～図 5-34 にそれぞれの地域で作成した成長モデルの中央線を比較した。

樹高について、スギでは 40 年生までの若齢林時の成長が地域によって差が大きいことがわかる。100 年生を超えてくると、地域によって 30m 付近に収束するグループと 25m 付近に収束するグループがあり、地域により異なる。また、神奈川では当初より成長が悪く成長後も樹高は低い水準となるが、福島（会津）では当初は成長が悪いものの高齢級では上位に位置するようになる。このように、地域によって成長パターンが異なっていることがわかる。ヒノキは、スギと比べ樹高は 20m 前後で収束している。

平均 DBH では、スギでは若齢時の成長の差は比較的大きいものの、茨城地域を除いて、成長するにつれて 30cm～40cm の範囲に収束していった。茨城地域では高齢級となっても直径の成長が続く傾向となった。ただし、120 年生以降の高齢級林分についてはデータが不足しているため参考に留める必要がある。同様に、ヒノキでは神奈川で高齢級においても直径成長が持続する傾向となった。

平均単木材積については平均 DBH と概ね同じ傾向であった。

ha 当たり本数について、スギでは概ね 500 本/ha 程度に収束し、ヒノキでは福島（浜通り）と神奈川を除き 1000 本/ha 程度に収束した。

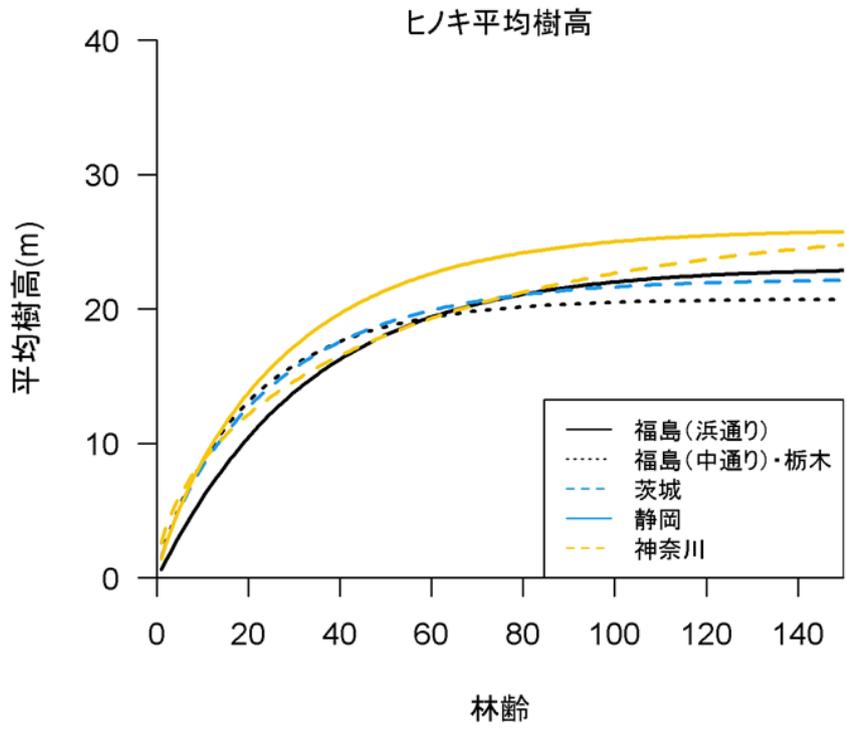
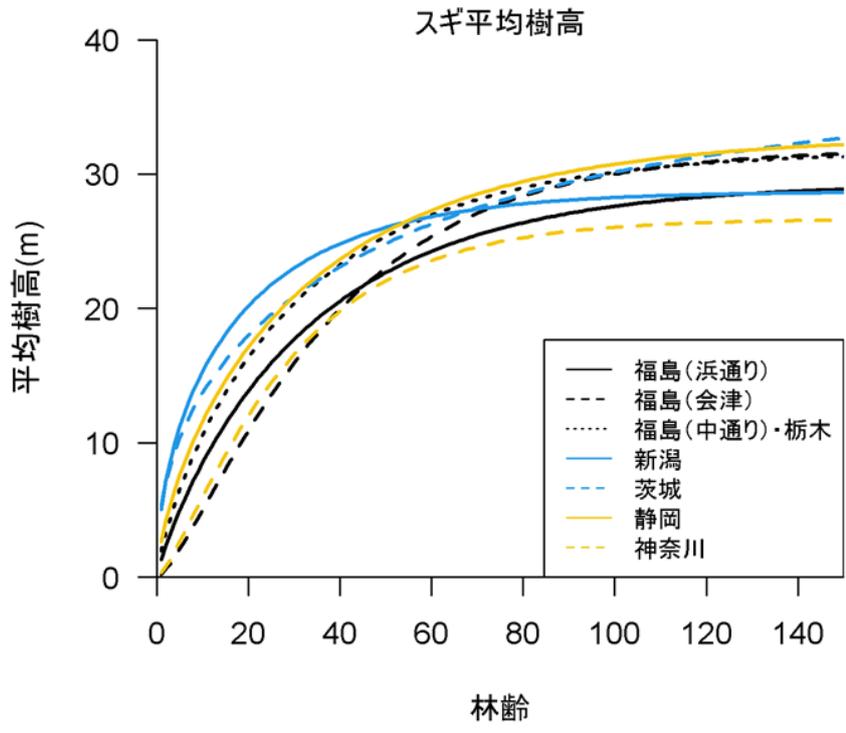


図 5-31 各地域成長モデルの中央線比較(平均樹高)

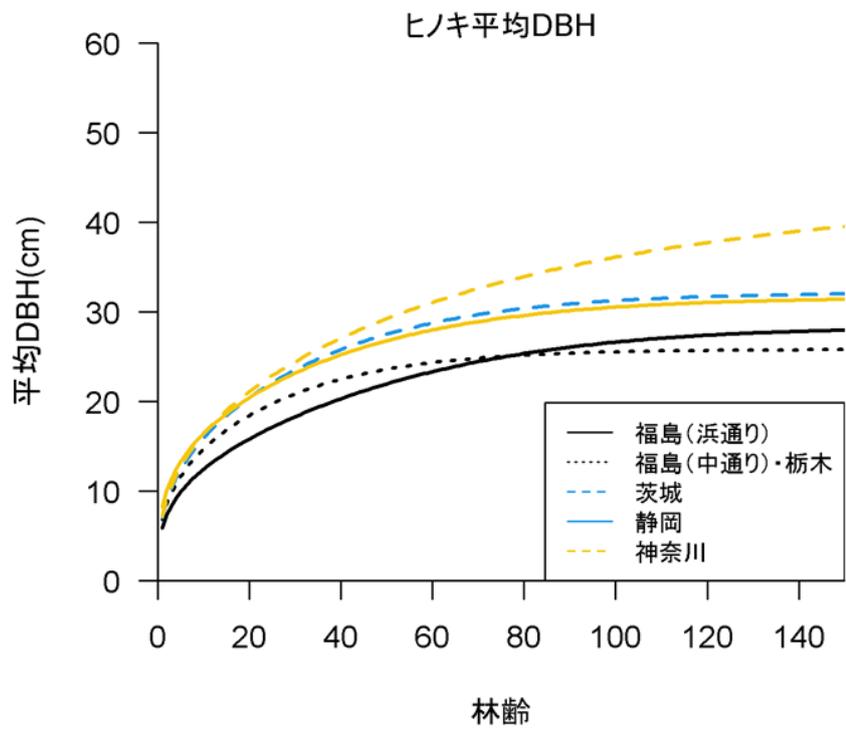
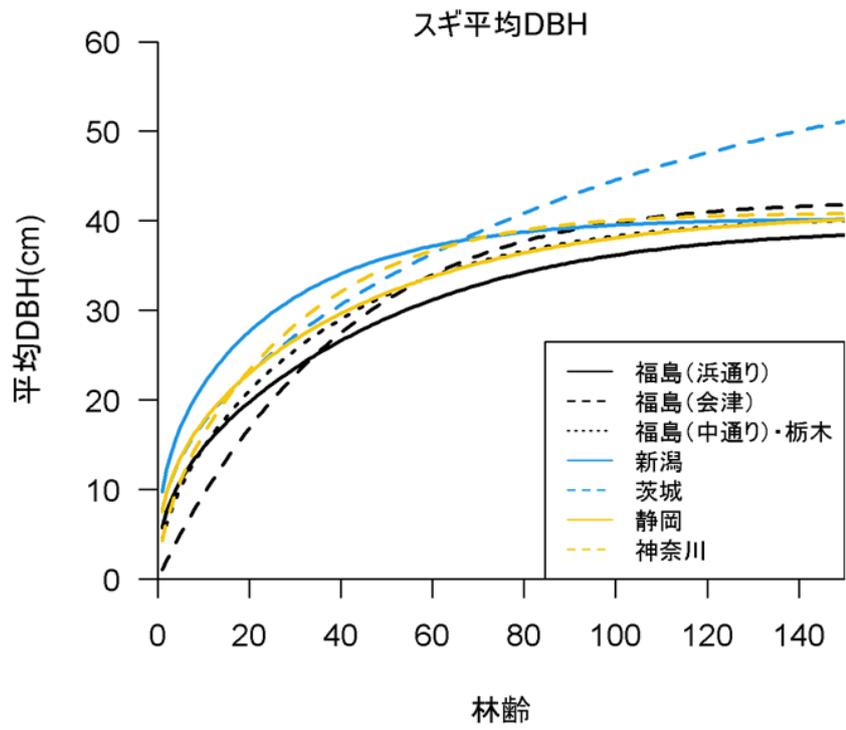


図 5-32 各地域成長モデルの中央線比較(平均胸高直径)

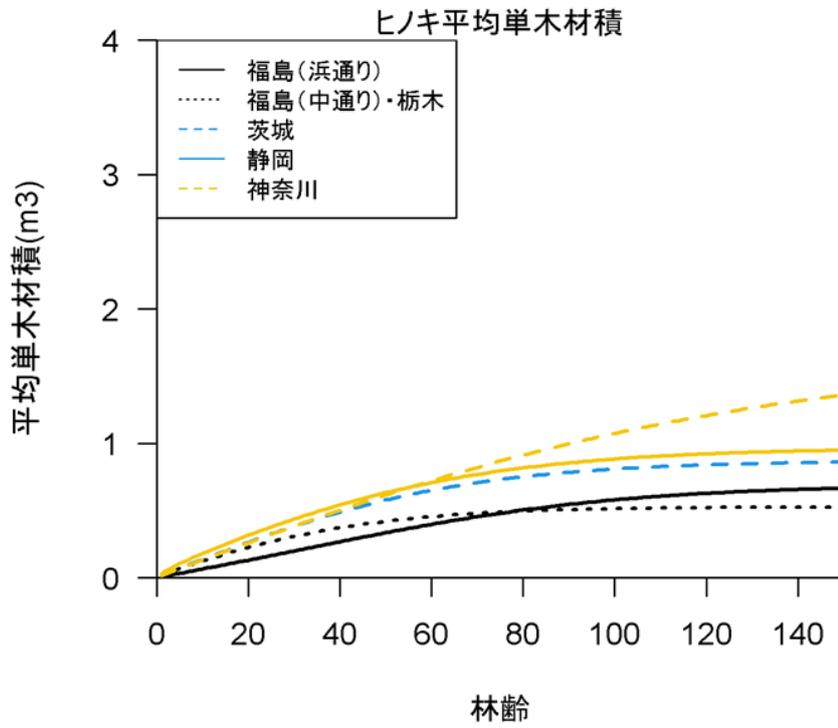
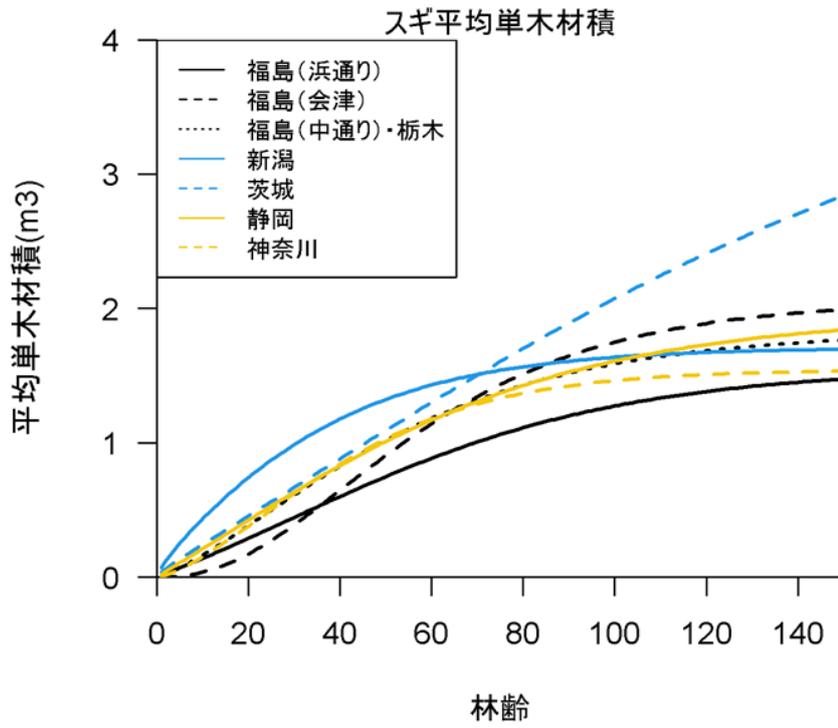


図 5-33 各地域成長モデルの中央線比較(平均単木材積)

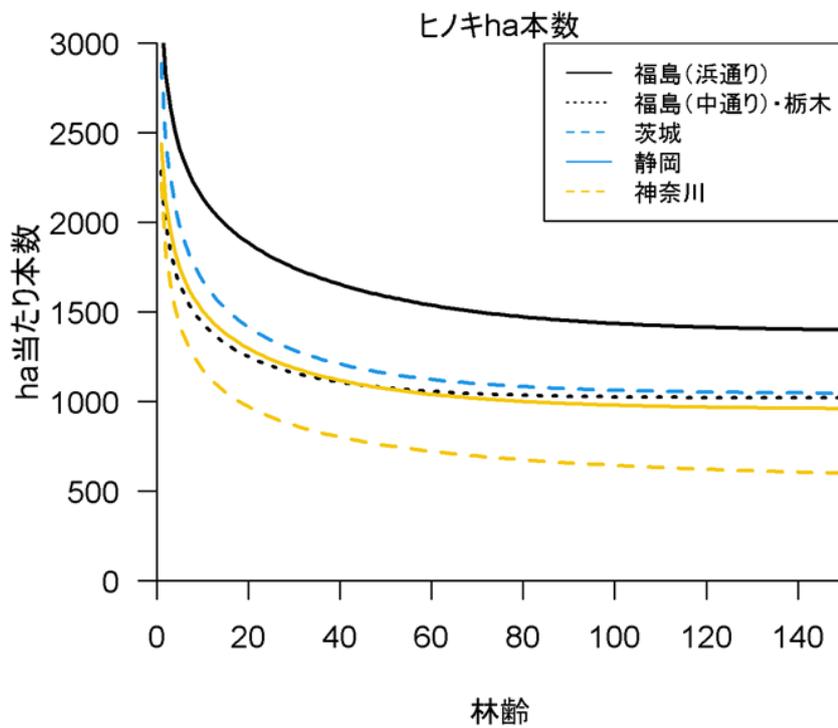
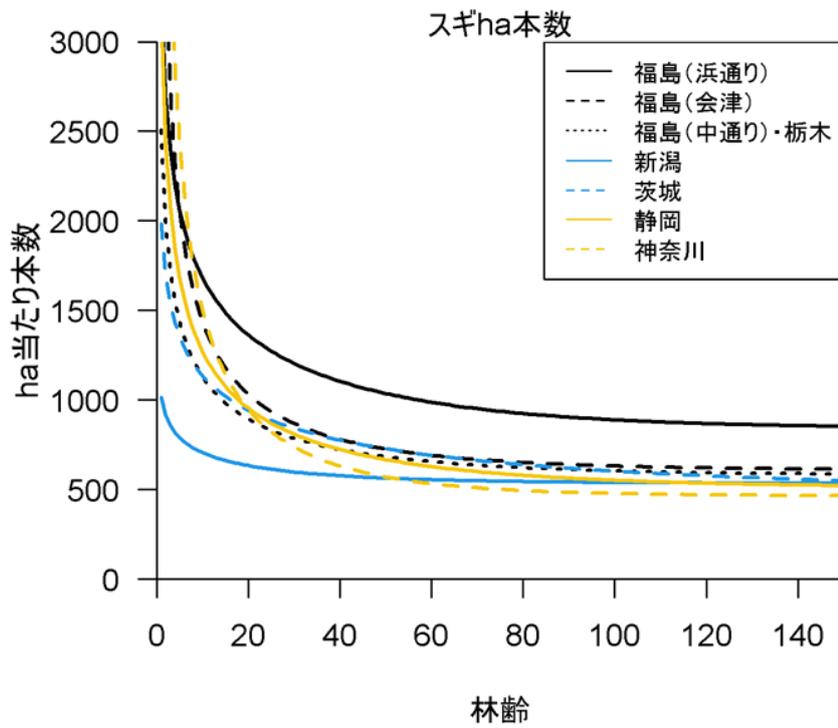


図 5-34 各地域成長モデルの中央線比較(ha 当たり本数)

## 5.4 成果のまとめ

本業務ではスギ7地域、ヒノキ5地域にグループを分けた上で、航空レーザ計測データを用いて成長予測モデルを作成した。現行収穫予想表との比較の結果、平均樹高はどの地域においても現実林分よりも過小評価となっており、今回作成した成長モデルは予測値を大幅に上方修正するものとなった。

樹高成長曲線を基に求めた地域別の地位指数曲線に基づき、平均胸高直径、平均単木材積、ha 当たり本数の予測値を求めた。直径・材積については今回作成した地位指数曲線別の成長曲線により、概ね現実林分の差異を表現できていた。ただし、ha 当たり本数については現実林分でのばらつきが大きく、課題が残る結果となった。

成長モデルの地域間比較では、成長曲線の中央線で各地域を比較した。若齢時の成長パターンと高齢時の成長パターンが地域によって異なる傾向を示し、地域特性が表れている可能性がある。

## 5.5 今後の検討事項

### ➤ 航空レーザ計測データの蓄積と継続調整

今回各地域で算出した成長予測モデルは航空レーザ計測データを基に作成したものであるが、一部の地域では国有林における計測データを得られなかったため民有林で計測されたデータを用いた。この場合、国有林と民有林で地位の違いなどがあつた場合、実際の国有林の成長と乖離が出てくる可能性がある。また、20年生以下や80年生以上などサンプル数が十分に得られていない林齢の範囲ではモデルの信頼性が低下する。

成長予測モデルはその時々々の状況を反映したもので、施業の方向性が変われば将来の予測値も変わるものである。成長予測モデルは継続的に調整することが必要であり、また今後の調整時に十分なサンプルが得られるように航空レーザデータの蓄積が必要である。

### ➤ データスクリーニングの検討

今回の解析では、メッシュ内が単一の林相及び小班となるメッシュのみを解析対象とし、またメッシュ内の立木本数、単木の形状比からデータのスクリーニングを実施した。これによりある程度異常値を排除できたと考えているが、一部地域では作成した成長モデルの範囲外に多数のデータが残っている。この原因としては、小班の森林簿に実際と異なる林齢が入力されている、森林資源解析時の林相区分の誤り、樹頂点の誤抽出などが考えられる。幼齢林や高齢林といったサンプル数が少ない林分でこのような異常値が含まれてしまうと推定される成長曲線の形状に大きく影響を与える可能性があるため、データの適切なスクリーニング方法について継続して検討が必要である。

### ➤ 林齢情報の精度向上

林齢の精度については過年度業務から継続して指摘されている事項である。今回の調査

範囲においても、伐採の情報が反映されておらず高齢級のままとなっている林分などが見受けられた。新たな成長予測モデルは林齢に対する上層平均樹高を基盤として解析を実施するものであるため、この精度向上は、常に検討する必要がある。

日常の業務の中において、林齢の精度向上に関する情報収集を行い蓄積することと同時に、抜本的に林齢を推定しなおす方法も検討の余地がある。例えば、Vega & St-Onge (2009)<sup>8</sup>では1945年から2003年までの空中写真から時系列のDSM（樹冠高モデル）を作成し、そこから20mメッシュ毎の地位指数と林齢を推定するモデルを構築している。この方法を適用するには既存の樹高一林齢モデルが必要となるが、今回作成した成長予測モデルを仮データとして適用可能かどうか検証することも可能であると考えられる。

➤ 作成した成長予測モデルの適用可能範囲

本業務で作成した成長モデルは、既存の航空レーザ計測データから森林資源解析によって作成された胸高直径推定式を用いて単木材積やha当たり本数を計算している。そのため、胸高直径推定式の精度に大きく影響を受けることになる。各推定式が地理的にどの範囲まで適用可能なのか検討が必要である。

また、成長予測モデルの作成に用いた航空レーザ計測データの位置や対象林分の齢級分布等を確認し、それが同じグループ内の国有林を代表できているのか、といった確認も必要と考えられる。

➤ レーザデータを活用した今後の成長予測のありかた

航空レーザで得られるデータは、樹冠を形成する上層木を捉えたものであり、劣勢木も含めて全木が調査される地上調査で得られるものとは異なる。既存の収穫予想表の作成方法は地上調査を前提としたものであるため、航空レーザのデータから何が得られ、そこからどのように収穫表を調製するかは改めて整理する必要がある。

また、収穫予想表という表の形式にとらわれず、システム収穫表のように植栽本数や間伐シナリオに応じた予想をGISベースで計算可能となるようなシステムなど、レーザデータを活用した今後の森林資源の成長予測のありかたについても検討を進めていくことが望ましい。

---

<sup>8</sup> Véga, C., & St-Onge, B. (2009). Mapping site index and age by linking a time series of canopy height models with growth curves. *Forest Ecology and Management*, 257(3), 951-959.

## 6 委員会の実施

検討委員候補の選定は、表 6-1の学識経験者に依頼を行った。

表 6-1 検討委員一覧(敬称略:順不同)

氏名	まつえけいご 松英恵吾
所属	宇都宮大学 農学部森林科学科 准教授
専門分野	森林計画学・森林計測学・森林リモートセンシング・森林GIS

氏名	にしぞのともひろ 西園朋広
所属	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 森林管理研究領域 チーム長(資源動態担当)
専門分野	森林計画学、森林計測学、森林情報の計測評価及び持続的利用

氏名	みつだやすし 光田 靖
所属	宮崎大学農学部 森林緑地環境科学科 教授
専門分野	森林計画学、森林経理学

委員会は下記の日時で開催した。

1. 開催日時 2022年 2月1日(火) 13:30~15:30
2. 開催場所 Webによる開催

## 議事録

### ※現行の収穫予想表の整理・分析に係る報告に関する質疑

(スライドに基づき説明)

【松英委員】 スライドの 9 枚目、地域のグルーピングに影響するかどうかは分かりませんが、ミッチャーリッヒとリチャーズの 2 つの式でミッチャーリッヒを採用ということでした。ミッチャーリッヒの方はエクスポネンシャルの前の「 $b \times$ 」の  $b$  がパラメータになっていて、リチャーズの方はエクスポネンシャルの前にパラメータがなしになっています。 $b$  はいわゆる初期値ですが、ミッチャーリッヒの方はその初期値がパラメータになっていて、リチャーズの方はミッチャーリッヒでいうパラメータ  $b$  のところを 1 に固定していますが、この使い分けの意味は何かありますか。

【アジア航測】 こちらは一般的に他の文献などでもよく使われているような式の形に準じて使っています。リチャーズ式のエクスポネンシャル前にパラメータも付けて回帰などを試みましたが、係数が多過ぎて非線形回帰で収束するものとしないうちがありました。そのあたりのテクニカルな事情も考慮し、一般的な式で係数が少ないもので検討した結果、この形のリチャーズ式使いやすいのではないかとということで採用したという流れになっています。

【松英委員】 説明ありがとうございます。ではミッチャーリッヒの方の  $b$  を 1 にして、初期値を同じような条件として固定して回帰するという選択肢はなかったのですか。

【アジア航測】 その回帰はまだ試してはおりません。ミッチャーリッヒ式の方も当てはまりは非常によいのですが、原点 0 を通らない場合があるため、リチャーズ式の方が使いやすいのではないかと考えていたところですが、これも式の形の工夫にもよると思います。

【松英委員】 この後、グルーピングする前提で AIC で判定してミッチャーリッヒということだったと思いますが、恐らくここ（リチャーズ式の係数  $b$ ）を固定しているかしていないかが利いて式が選択されているということも考えられるので、少しその点を検討していただければと思います。

【西園委員】 私も先ほど松英さんがおっしゃっているミッチャーリッヒ式の単純なバージョンというのでも試してみる価値があるのかなと思いますので、よろしくをお願いします。

もう一点、この一覧表を見ると樹高成長曲線が書かれていますが、このもともとの調製説明書に書いてある式の形と分類された結果というのは何か関連はありますか。

【アジア航測】 まず調整説明の資料は森林総研・林業試験場による、図中の水色の線に関わる調製の説明となっております。グルーピングの際には、林野庁様で使われている収穫予想表には式が特にございませんので、私どもでミッチャーリッヒもしくはリチャーズで回帰をしてリチャーズの係数でクラスター解析を行ったという流れとなっております。収穫予想表の出自は、申し訳ありませんが、詳しい情報がたどれない状況になっているという

こととございます。

【光田委員】 グルーピングの解釈のところで、最大積雪深のメッシュ気候値も併せて見せていただけるといいかもしれないですね。

### ※現実林分のデータ把握に係る報告に関する質疑

(スライドに基づき説明)

【西園委員】 直径を推定するところで、樹冠形状の変数が非常に重要なようですが、これの求め方は、例えば 32 ページの左から 2 番目の図だと黄色や赤という部分を樹冠半径とみなして、単木毎に樹冠投影面積を求めていくことにしているということでしょうか。

【アジア航測】 樹頂点の情報を抽出する際は、今、御指摘があった通り、個々の樹木の最高点と林床の高さのデータから樹冠を円錐、三角柱と見立て、図にあるような図形に落とし込んで樹冠の形状を抽出しています。具体的な式については報告書で説明させていただきますが、各抽出の式がございますので、そちらで算出しております。

【西園委員】 その図で見えている青い部分はギャップとして、樹冠の部分から除かれて計算されているということですか？

【アジア航測】 そうですね。高いところをまず抽出し、そこに（樹頂点として）点を落としていますので、樹冠の下のデータは基本的に木のデータとしては抽出されません。

【西園委員】 分かりました。ありがとうございます。

【光田委員】 樹高と樹冠投影面積から直径を推定する式ですけれども、この現地調査はどのようなプロットで行われたのでしょうか？ この業務で実施した（現地調査の）データではないですね。

【アジア航測】 そうですね。福島県で行った既存業務のものです。

【光田委員】 このデータを取ったときは、業務の中でいろいろなところで調査を行ったということですね。

【アジア航測】 はい。今回に限って群馬県の方では、一番（地理的に）近接しているものが福島県会津地方の現地調査のデータでございましたので、そのデータで現地比較を行い、モデル式を設定しました。

【光田委員】 この辺はかなり林分の途中の取り扱いによって変わってくるところなので、この式の汎用性については少し検討する必要があるのではないかなと思います。

【松英委員】 確認ですが、これはメッシュ単位でデータ化されており、後で集計する際は、また小班ポリゴン毎にメッシュデータから林分データに直して集計しているということでしょうか。それとも集計はもうメッシュ単位のデータのままでやっているのですか。

【アジア航測】 基本は 20m メッシュのデータを使っておりますが、立木本数などメッシュだと適切に取れないようなものだけ、小班林相という、もう少し大きいくくりのデータを使うようにしております。

**※周辺民有林の最新収穫表の整理に係る報告に関する質疑及び成長予測モデルの検討・整備に係る報告に関する質疑**

(スライドに基づき説明)

【松英委員】 先に細かいところの確認ですけれども、スライドの 59 枚目で拡張相対成長式が使われていますが、胸高直径は 1.3 メートル設定のまま使っているのですか。

【アジア航測】 そうです。

【松英委員】 細かなところですが、恐らく国有林の胸高直径は 1.2 メートル設定だと思います。同じこの式で樹高の上限値 (Hmax) はどのように推定しているのでしょうか。

【アジア航測】 こちらも a や b と同様に、通常のパラメータとして (非線形回帰で) 推定しています。

【松英委員】 では観測データから出てくる広域の中でのポテンシャルとして検討しているのではなく、あくまで観測データの中で推定されるものをパラメータとして扱っているということですね。

【西園委員】 今のその拡張相対成長式ですけれども、右辺が積の形になっていますが、これは和ではないですか。「・」となっているところは「+」だと思います。右辺の第一項と第二項を足すのではないかと思うのですが。

【アジア航測】 確認します。

【西園委員】 あと、その下の変形した形で、エクスポネンシャルの中に log が入っていますが、多分これはもっと単純に log のこの括弧の中身のべき乗が b 分の 1 と書けるのではないかと思うので御検討ください。

【アジア航測】 ありがとうございます。

【西園委員】 60 ページの直径と樹高の図で、以前見せていただいたときよりかなり常識的な散布図になっているのかなと思うのですが、それについては多分フィルタリングの効果かなと思います。フィルタリングで形状比 40~150 を (閾値として) 使っていますが、これはどのように決めたのかというのと、あとは異常値が出てきてしまう原因は分かるものなのでしょうか。お願いします。

【アジア航測】 ここの形状比のフィルタリングの値は、御指摘いただいたように、当初胸高直径と樹高の相関式で、この低いところで値が出てこないということに対処するために設定しています。実験的に幾つか閾値を試してみて、この範囲で妥当なプロットになるということで試行錯誤しながら設定したものになります。なお、異常値が出てくる原因として、この浜通りのところでは直径を樹冠投影面積から推定しております。この推定式の中に樹高のパラメータも入れてあれば、樹高と直径の関係がかなり直線に近くなってきますが、それがいないため、樹高が低いけれども、かなり直径が大きいような立木も出てきています。樹冠投影面積を計算するとき、(林冠内の) ギャップが含まれてしまうような立木については (胸高直径が大きく推定されるため)、そういう異常値になってしまうの

かなと考えております。

【光田委員】 基本的には現地調査に基づいた直径と、レーザ計測で得られた樹冠（毎）の樹高等の値と、今表示されている DBH（胸高直径）と Ca（樹冠投影面積）の（関係）式に依存しているわけですね。推定値に推定を重ねていっているわけなので、その大元の部分がどれぐらい信頼できるかによって、この方式では直径がその先（の推定結果）に非常に大きく影響します。今見ているものは、この式で推定したものに推定を重ね、その推定式に合うような数値が出てくると思うのですが、ではプロット調査して、この推定式がどれぐらい信頼できるのか、そしてこれを将来的に他の地域で応用しようという場合には、どのようなデータを取っておかないといけないのかということをしかりと検証しておかないといけないと思います。

【アジア航測】 ありがとうございます。（データを参照した）この過去の業務の報告書にも直径推定式の精度などが出ていると思いますので、それを参照して（本業務の報告書に）載せるようにしたいと思います。

【光田委員】 もしくは、このモデル式を作成するためには完全に独立したデータを使って検証される方がいいと思います。なかなかそういうデータはないとは思いますが。

【アジア航測】 そうですね。例えば収穫調査のデータを精度検証してみるとかになるでしょうか。

【光田委員】 そうすると多分樹冠のデータがないので。

【アジア航測】 そうですね。

【光田委員】 うまく合わないと思うのですが、そのあたりは繰り返し申し上げますが、レーザ計測の樹高や樹冠のデータから直径を推定する式が、この後の全部の推定式の肝になっているので、そこの検証はしっかりしておかないと、この業務のこの方法で作られる収穫表がどれぐらい信頼できるかということに関わってくるところです。そのため、そこはしっかりと考えて、今回はできなくても将来的にどうということを考えないといけないかというところに、しっかり記載していただければと思います。

【アジア航測】 はい、ありがとうございます。

【松英委員】 今回の光田先生の御指摘にも関連してですが、やはりレーザデータで何が取れているのかという整理も必要のかなと思います。そのレーザデータ由来の樹高や本数が実際の林地の樹高や本数ではないので、取れているものが何かというのをちゃんと整理する必要があると思います。そういった意味で、例えば今回の樹高は断面積の重み付きの平均を使われていますけれども、断面積の重み付きの平均の直径は、また直径がパラメータに使われているわけですね。そういったときにレーザデータで取られている樹頂点が純粋に上層木を捉えていると捉えれば、また解釈が変わります。レーザデータからどのように収穫表を調製するのかというのは今後必要となる試みです。その前提として、それぞれのデータがどうであるか、光田先生が御指摘されたように、モデル式、推定モデルの信頼性がどこまであるか、汎用性がどこまであるかも含めて（検討が必要）。恐らく今後このレーザデー

タというのは広域で面的に取られたデータとしてどんどん積み重なっていくと思いますので、それを生かせるようにするにはどうすればいいかというのも（検討が必要）。今回は白石先生の収穫用の調整のフローを採用されていますが、一方で、こういうレーザデータを前提にしたときはどのように収穫表を考えればいいのかというのを別途ちゃんと組み立てる必要もあるのかなと思います。

【光田委員】 本数の話ですが、本数は当然 20×20（m メッシュ単位）で見ておられるので、かなりばらつきが出てくるのは当たり前のことです。そのため、収穫表として出す場合は、あまりここにこだわらなくてもいいのではないかと思います。先ほど松英さんが言われたように、レーザベースでできちんと今あるものを捉えて、そこからいろいろと計算していき、（その収穫表をアップデートする場合は、この辺もしっかりやる必要があると思いますが、）現段階で収穫表として出すようなときは、国有林の中で標準施業があって本数のコントロールの目安があると思うので、本数はそれに合わせればいいのではないですか。

【アジア航測】 ありがとうございます。成長モデルと民有林収穫表との関わりであったり、今後どのような比較検討をさらに行うべきか、またどのような記載で報告書にフィードバックしていくか、といった観点も含めて、御意見などがあればお願いできますでしょうか。

【松英委員】 やはり民有林と国有林は立地というか、そもそも地域によって違いがあるので、ちゃんとそれを整理しておくということが必要です。

また、県によっては公表している収穫表とは別に、実はいろいろな試算を新しく何度かやっていて、ただそれを公表していないという実態もあります。この中には私が知っているものでも、近代になって調整しているけれども、それを採用されてない都道府県もあります。そのため、公表されているものをベースにするのか、実は後でいろいろ試作されたけれども採用されていないものをベースにするのか、選択肢としてはそういうものがあると思います。

#### ※総合討議・質疑応答

【アジア航測】 全体を通しての御意見や、また今後の課題、御質問等も含めて、よろしければお願いいたします。

【西園委員】 西園です。最後に書いてありますけれども、やはり地位をどのように把握するかなど、LiDAR で樹高が把握できて林齢が分かれば地位指数も割と簡単に出てくると思うので、そういったところにつなげていただければと思います。

【光田委員】 この事業の中では従来型の収穫表を作るといいと思いますが、松英さんから御意見にあったように、せっかくレーザのデータという出発点があるのに、最後はまた表に戻ってしまうのは非常にもったいないので、今後の収穫表というか資源の把握と予測のシステム作りのようなことを念頭に置かれて、少し将来的な像を示していただけるといいかなと感じました。

【松英委員】 どうしても収穫表の調整をやると、今回もそうですけれども、タイムシリーズデータではなくて、どうしてもクロスセクションデータなので、齢級によって当然、仕

立て方が違っているデータが含まれてしまうし、齢級によって地位のばらつき、特に国有林だと斜面で下から上に更新した時期が違うということがあると、それぞれの齢級が全体のばらつきを表しているわけではなく、集合体としてどうしても推定せざるを得ない。先ほど光田先生がおっしゃっていた本数も当然ばらつくのは、今回は特に 20 メートルのメッシュで検討しているのだから、細かな微地形の差などもそこに反映されてしまう。ある程度前提として、何をアウトプットしようとしているかということに合わせてデータを使うことを整理された方がいいのかなと思います。

【アジア航測】 最後の今後の課題のところでも書かせていただいております、業務の中でも継続的な課題になっていると思うのですが、レーザデータから地位指数を推定するに当たって林齢情報の精度などがネックになってくることが多々あるかと思っております。そういった場合、それをうまく補完するようなアプローチや、もしくは現地でしっかりデータを取った方がいいのか、といったことについて、もし御意見やアドバイスなどをいただけるとありがたいのですが、いかがでしょうか。

【光田委員】 これは林野庁の別の事業の話ですけれども、時系列のデータがあって、その場合に、林齢の推定をしてしまう方法があります。

【アジア航測】 ありがとうございます。

【林野庁経営企画課】 先生がおっしゃられた将来予測、これはまさに事業でそういうツールができ上がればと思いつつながら、とりあえずこのように森林管理局毎に今までいろいろあるレーザデータを拾いながらやってきたところもありますので、次年度以降検討してまいりたいと思います。また、国有林はこれまで間伐も保安林の指定施業要件ぎりぎりの伐率で何回か繰り返してきた歴史がありますので、本数についてはかなりばらつきが出るのは当然のことかと思っております。この中で出てきたようなその DBH と平均樹高は林齢で相関的に分かるということですので、そこに本数それぞれ、松英先生がおっしゃったような考え方で、それを当てはめていく方法もあるのかなと考えていたところです。

【アジア航測】 ありがとうございます。

— 了 —