

愛知県版林分収穫予想表の作成

愛知県森林・林業技術センター 技術開発部 技師 ○星 涼太

要旨

森林経営を行う上で、山林の材積状況を把握することは非常に重要であり、かねてから林分の将来的な材積量を予測する林分収穫予想表が活用されてきました。愛知県の林分収穫予想表[1]は1983年以来更新されておらず、80年生以上の高齢級林分に未対応となっていました。そのため、今回の調査により高齢級林分の樹高及び林齢データを収集し、過去の林分収穫予想表の資料等と合わせてスギ306本、ヒノキ331本を資料として新規に地位級別の樹高成長曲線を作成することで、80年生以上の高齢林に対応した林分収穫予想表を約40年ぶりに更新しました。

はじめに

「林分収穫予想表」とは「ある樹種に対して施業上同一の扱いを受けた同齢単純林より生産される1ha当たりの本数、材積、成長量などの諸要素の標準的な値を、一定の林齢（普通5年）ごとに表示した図表」を指します。

今日、全国的に林分収穫予想表が更新されるなど、民有林の高齢化に対応する動きが盛んになってきました。本県も例外ではなく、改めて現況の林分の成長推移を把握し、高齢林の主伐に対応する必要があります。また、最近ではJークレジット制度*1のような森林系プロジェクトでも活用されるなど、需要が拡大しつつあります。そうした背景から、今回、林分収穫予想表を更新しましたので、愛知県での事例として報告します。

1 資料の収集

(1) 現地調査方法

主に高齢林データの確保のため、2022年度から2024年度にかけて、民有林及び国有林の間伐・皆伐地を対象に、100㎡のプロット調査を行いました。後述する樹高成長曲線を設定するため、調査項目は樹高及び林齢としました。樹高はLASER TECH製のトゥルーパルス360を使用し、調査地の標準的な木を1本選定し、3回計測した結果の平均値を採用しました。林齢は森林簿の参照によるものではなく、伐採後の切り株から直接年輪を計数しました（写真1）。



(写真1：現地調査状況)

(2) 資料の整理

今回の調査により、スギ77本ヒノキ102本分の資料が新たに得られました。これに、2014年度から2016年度にかけて愛知県森林・林業技術センターで実施された「愛知県版スギ・ヒノキ細り表の作成」における調査資料スギ90本、ヒノキ99本を追加し、さらに1983年の既存の林分収穫予想表作成時の資料スギ149本、ヒノキ139本を追加し、総計スギ316本、ヒノキ340本を樹高成長曲線の作成に供しました。

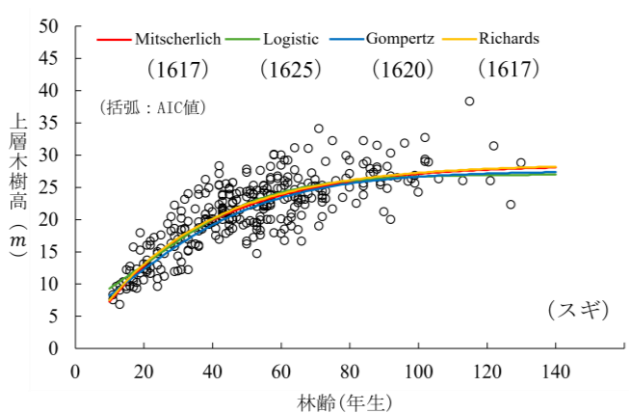
2 樹高成長曲線の決定

樹高成長曲線とは、ある林齢に対する樹高の値を示した曲線であり、一般的に成長曲線モデル式が適用されています。今回使用した成長曲線モデル式は図1に示す4式であり、統計解析ソフト「R(Ver. 4.3.2)」を用いて赤池情報量基準(AIC)という手法によりAIC値が最も低く最適な曲線式を検討しました。解析の結果、スギ・ヒノキ共にMitscherlich式とRichards式が最小の同値となりましたが、既往の文献で多く採用されていることを考慮してMitscherlich式を最適なモデル式としました(図2、3)。

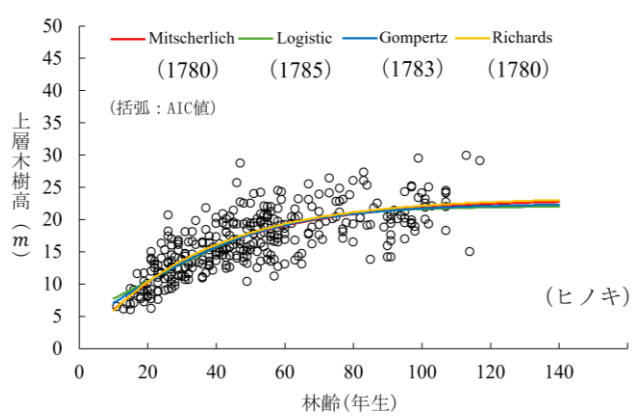
成長曲線モデル式一覧

①Mitscherlich式 : $H = A(1 - B * e^{-kt})$ ②Logistic式 : $H = A/(1 + B * e^{-kt})$
 ③Gompertz式 : $H = A * B^{-e^{-kt}}$ ④Richards式 : $H = A(1 - e^{-kt})^B$
 (A, B, k: 定数 H: 上層木平均樹高(m) t: 林齢(年生))

(図1 : 成長曲線モデル式一覧)



(図2 : 樹高成長曲線の検討 (スギ))

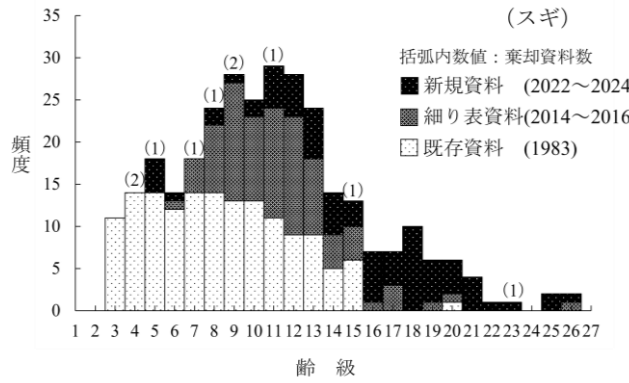


(図3 : 樹高成長曲線の検討 (ヒノキ))

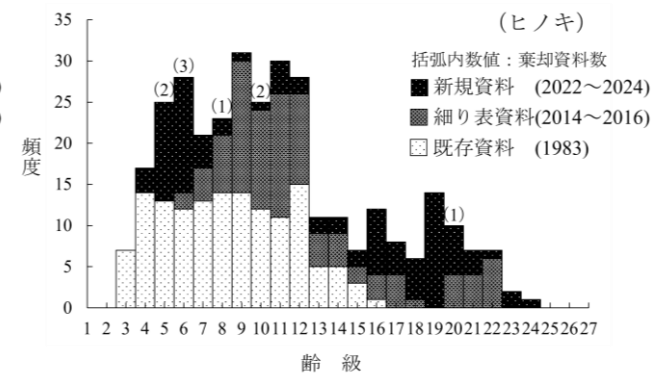
3 地位級別樹高成長曲線の作成

(1) 地位指数の推定及びデータ整理

決定した樹高成長曲線を活用して各調査プロットの樹高を愛知県地域森林計画に基づいてスギは40年生時、ヒノキは45年生時に変換し、林地の生産力(樹木の成長しやすさ)の指標となる地位指数を推定しました。その後、外れ値を棄却し、スギ306本、ヒノキ331本を地位級別樹高成長曲線の作成に供しました。結果、齢級別の資料数の内訳は図4及び図5のとおりとなり、80年生以上の高齢級資料が追加され、各齢級について網羅的に資料を確保することができました。



(図4 : 齢級別資料数 (スギ))



(図5 : 齢級別資料数 (ヒノキ))

(2) 地位級の設定

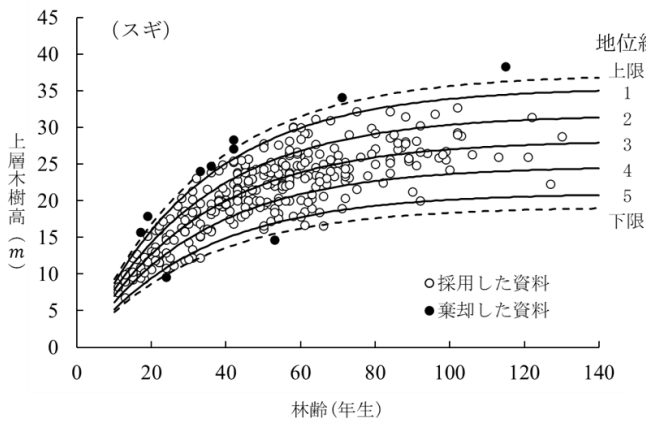
外れ値棄却後の資料を用いて、再び樹高成長曲線を作成し、地位級別樹高成長曲線の基準線（ガイドカーブ）を決定しました（図6）。

ガイドカーブ

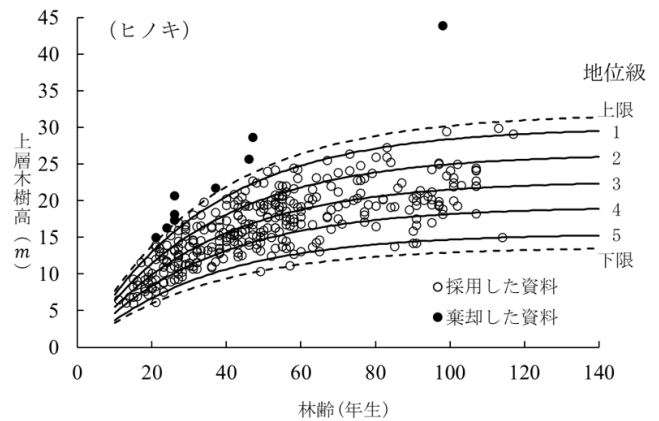
$$\begin{aligned} \text{スギ} &: H = 28.22(1 - 1.031 * e^{-0.0316t}) \\ \text{ヒノキ} &: H = 22.79(1 - 1.019 * e^{-0.0295t}) \end{aligned}$$

(図6：ガイドカーブ式)

決定したガイドカーブを地位級の中心（地位級3）とし、地位指数の上下限値を閾値として平均偏差率により5本の地位級別樹高成長曲線及び5区分の地位級を設定しました（図7、8）。

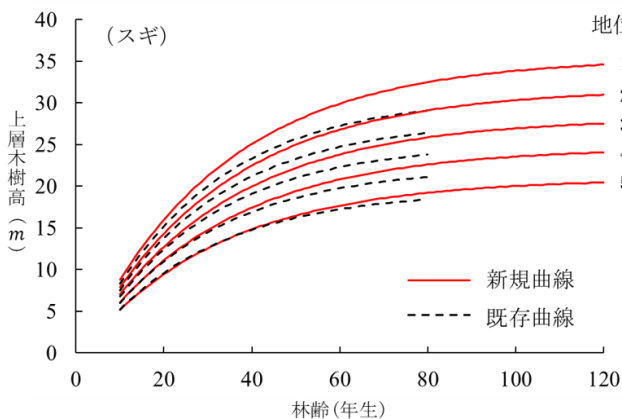


(図7：地位級別樹高成長曲線（スギ）)

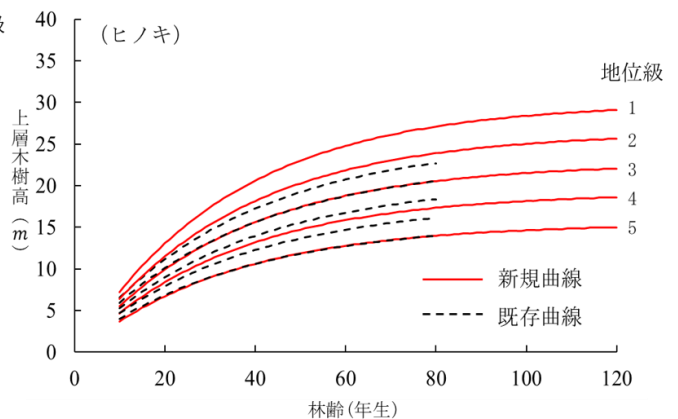


(図8：地位級別樹高成長曲線（ヒノキ）)

作成した地位級別樹高成長曲線について、1983年の林分収穫予想表で使用された曲線と比較した結果、スギ・ヒノキ共に曲線が上方に推移しており、地位級が高く齢級が高いほどその乖離は大きくなっていました（図9、10）。今回の調査により、地位級が高い林分では高齢級でも緩やかに成長が継続していることがわかりました。



(図9：新旧地位級別樹高成長曲線（スギ）)



(図10：新旧地位級別樹高成長曲線（ヒノキ）)

4 林分収穫予想表の作成

(1) 項目の設定

林分収穫予想表の作成するためには「①地位級」、「②植栽密度」、「③施業体系」の3項目が必要となります。「①地位級」は先述のとおり5段階で作成しましたので、②及び③について述べていきます。

②について、1983年の林分収穫予想表では3,000/ha、3,300/ha、3,500/ha、4,000/haの4種類がありました。しかし、昨今では低密度植栽が主流となっているため、新たに1,500/ha、2,000/ha、2,500/haの3区分を追加し、多くの植栽密度に対応できるよう設定しました。

③について、現在の林分状況に合った体系とするべく、現地調査を行った箇所を対象に間伐等の施業履歴の聞き込み調査を行いました。森林所有者の代変わりなどで追跡ができる状況ではない事例がほとんどであったため、別の方法を検討しました。検討の結果、80年生以上の長伐期にも対応したものとするため、2012年に本県で作成された「長伐期林業施業体系（あいちモデル）」（愛知県農林水産部 2012）[2]を適用しました（図11）。

（スギ）

※資料より一部抜粋して改変

林齢		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
地位1	施業	除伐	第1回間伐 (切捨て)	第2回間伐 (定性・切捨て)	第3回間伐 (列状)	第4回間伐 (列状)	第5回間伐 (点状)	主伐 (択伐・皆伐) →			
	間伐率(%)		25	33	33	33	33				
	本数(本/ha)	2,750	2,000	1,350	900	600	400				
地位2 4	施業	除伐	第1回間伐 (切捨て)	第2回間伐 (定性・切捨て)	第3回間伐 (列状)	第4回間伐 (列状)	第5回間伐 (点状)	主伐 (択伐・皆伐) →			
	間伐率(%)		25	25	33	33	33				
	本数(本/ha)	2,750	2,050	1,500	1,020	680	450				
地位5	施業	除伐	第1回間伐 (切捨て)	第2回間伐 (定性・切捨て)	第3回間伐 (列状)	第4回間伐 (列状)	第5回間伐 (点状)	主伐 (択伐・皆伐) →			
	間伐率(%)		20	20	33	33	33				
	本数(本/ha)	2,950	2,350	1,850	1,240	830	550				

（図11：施業体系図（スギ））

(2) その他の設定

林分収穫予想表における材積等の項目を計算するため、1981年、1982年に林野庁が作成した「林分密度管理図（南関東・東海地方）」[3,4]の計算式を活用しました。現地調査で得た樹高を基に平均胸高直径や全林木本数などの項目を計算し、5段階の地位級ごとに材積を計算しました。

また、先述の長伐期林業施業体系（あいちモデル）に従って材積を計算した場合、間伐の影響で収量比数 R_y が0.6以下になってしまい、現実の林分状況に則さない場合が確認されたため、 R_y が0.6以下とならないよう考慮した施業体系としました。

さらに、林分密度管理図上で立木本数が1,000本以下の際の自然枯死曲線が存在しない点や、枯死木の割合が立木本数に対して極めて小さい点を考慮し、立木本数が1,000本を下回った場合に自然枯死の影響を受けない設定としました。

各項目や設定を調整した上で材積を計算した結果、地位級5区分それぞれに対して植栽密度7区分の計35区分の林分収穫予想表を作成し、2024年9月30日に愛知県農林基盤局林務課のホームページで公開することができました（表1、2）[5]。

(表1：林分収穫予想表（例：スギ））

スギ林分収穫予想表

植栽本数 1500本/ha		地位級 1												
項目	林齢	上層木平均樹高	平均胸高直径	胸高断面積	全林木本数	主林木本数	副林木本数	全林木材積	主林木材積	副林木材積	収量比率	相对幹距比	形状比	
単位	年生	m	cm	m ² /ha	本	本	本	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	-	-	-	
施業		10	8.8	13.7	21.5	1461	1461	0	110	110	0	0.54	0.297	0.642
		15	12.7	17.4	33.7	1417	1417	0	233	233	0	0.69	0.209	0.730
	25%間伐	20	16.0	19.8	31.7	1371	1028	343	361	324	37	0.70	0.195	0.808
		25	18.8	23.9	45.1	1006	1006	0	439	439	0	0.76	0.168	0.787
	33%間伐	30	21.3	25.6	33.9	984	659	325	551	476	75	0.69	0.183	0.832
		35	23.3	30.8	49.1	659	659	0	568	568	0	0.73	0.167	0.756
	33%間伐	40	25.1	31.9	35.3	659	442	217	655	561	94	0.65	0.190	0.787
		45	26.6	37.5	48.8	442	442	0	628	628	0	0.68	0.179	0.709
	33%間伐	50	27.9	38.4	34.3	442	296	146	691	572	119	0.58	0.208	0.727
		55	29.0	44.1	45.2	296	296	0	624	624	0	0.60	0.200	0.658
		60	29.9	44.9	46.9	296	296	0	665	665	0	0.61	0.194	0.666
		65	30.7	45.6	48.3	296	296	0	703	703	0	0.62	0.189	0.673
		70	31.4	46.2	49.6	296	296	0	736	736	0	0.63	0.185	0.680
		75	32.0	46.7	50.7	296	296	0	766	766	0	0.64	0.182	0.685
		80	32.5	47.1	51.6	296	296	0	791	791	0	0.65	0.179	0.690
		85	32.9	47.4	52.2	296	296	0	811	811	0	0.65	0.177	0.694
		90	33.3	47.7	52.9	296	296	0	831	831	0	0.66	0.175	0.698
		95	33.6	47.9	53.3	296	296	0	846	846	0	0.66	0.173	0.701
		100	33.9	48.2	54.0	296	296	0	862	862	0	0.66	0.171	0.703
		105	34.1	48.3	54.2	296	296	0	872	872	0	0.67	0.170	0.706
	110	34.3	48.5	54.7	296	296	0	882	882	0	0.67	0.169	0.707	
	115	34.4	48.5	54.7	296	296	0	887	887	0	0.67	0.169	0.709	
	120	34.6	48.7	55.1	296	296	0	898	898	0	0.67	0.168	0.710	

(表2：林分収穫予想表（例：ヒノキ））

ヒノキ林分収穫予想表

植栽本数 3000本/ha		地位級 3												
項目	林齢	上層木平均樹高	平均胸高直径	胸高断面積	全林木本数	主林木本数	副林木本数	全林木材積	主林木材積	副林木材積	収量比率	相对幹距比	形状比	
単位	年生	m	cm	m ² /ha	本	本	本	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	-	-	-	
施業		10	5.5	9.2	19.1	2871	2871	0	59	59	0	0.41	0.339	0.598
		15	7.8	11.5	28.4	2731	2731	0	124	124	0	0.59	0.245	0.678
	15%間伐	20	9.9	13.1	29.6	2581	2194	387	192	178	14	0.66	0.216	0.756
		25	11.6	15.0	37.1	2101	2101	0	237	237	0	0.73	0.188	0.773
	20%間伐	30	13.2	16.0	32.3	2009	1607	402	294	268	26	0.72	0.189	0.825
		35	14.5	18.1	40.1	1558	1558	0	315	315	0	0.77	0.175	0.801
		40	15.6	18.8	42.1	1517	1517	0	355	355	0	0.80	0.165	0.830
	33%間伐	45	16.6	19.4	29.3	1479	991	488	392	340	52	0.71	0.191	0.856
		50	17.4	22.6	39.8	991	991	0	366	366	0	0.73	0.183	0.770
		55	18.1	23.0	41.2	991	991	0	394	394	0	0.75	0.176	0.787
		60	18.8	23.3	42.3	991	991	0	422	422	0	0.77	0.169	0.807
	33%間伐	65	19.3	23.6	29.0	991	664	327	442	375	67	0.67	0.201	0.818
		70	19.8	27.0	38.0	664	664	0	393	393	0	0.68	0.196	0.733
		75	20.2	27.2	38.6	664	664	0	408	408	0	0.69	0.192	0.743
		80	20.5	27.4	39.2	664	664	0	420	420	0	0.70	0.189	0.748
		85	20.8	27.6	39.7	664	664	0	431	431	0	0.71	0.187	0.754
		90	21.1	27.8	40.3	664	664	0	443	443	0	0.72	0.184	0.759
		95	21.3	27.9	40.6	664	664	0	451	451	0	0.72	0.182	0.763
		100	21.5	28.0	40.9	664	664	0	459	459	0	0.73	0.181	0.768
		105	21.7	28.1	41.2	664	664	0	467	467	0	0.73	0.179	0.772
	110	21.8	28.1	41.2	664	664	0	470	470	0	0.74	0.178	0.776	
	115	21.9	28.2	41.5	664	664	0	474	474	0	0.74	0.177	0.777	
	120	22.0	28.2	41.5	664	664	0	478	478	0	0.74	0.176	0.780	

5 まとめ

新規に行った現地調査によりスギ77本、ヒノキ102本の資料を確保し、80年生以上の高齢林データを充実させることができました。過去の研究で実施した現地調査資料や1983年の林分収穫予想表で扱われた資料を追加し解析を行った結果、最適な樹高成長曲線がMitscherlich式となり、新規に地位級別樹高成長曲線を作成することができました。作成した曲線を1983年の林分収穫予想表で使用された曲線と比較した結果、地位級の高い林分では高齢林でも緩やかに樹高成長が継続していることがわかりました。

得られた地位級5区分それぞれに植栽密度7区分を反映した計35区分の表を作成し、120年生まで対応したスギ・ヒノキ林分収穫予想表を完成させることができました。

6 今後の課題

今回作成した林分収穫予想表はある一定の施業を行った際に将来的に得られる材積を推定したものであり、あらゆる施業体系を反映したものではありません。そのため、今後はさまざまな施業体系に則したシステム収穫表を作成し、より利便性を高めていきたいと考えております。

おわりに

今回の調査により、高齢林を中心に現況の林分状況を反映したものとすることができたため、少なからず林業経営者や森林所有者の意欲の向上に資するものとすることができたと感じています。林分収穫予想表の作成にあたり、(国研)森林総合研究所森林管理研究領域の皆様には多くのご助言をいただき、愛知県の各農林水産事務所の林業普及指導員の皆様には現地調査にご協力いただいたことに、心より感謝申し上げます。

参考文献等一覧

- [1] 愛知県 (1983) 林分材積表 林分収穫予想表 スギ・ヒノキ人工林 [参考]
- [2] 愛知県農林水産部林務課 (2012) 長伐期林業施業体系 (あいちモデル) [引用]
- [3] 林野庁 (1981) スギ人工林林分密度管理図説明書 南関東・東海地方 [参考]
- [4] 林野庁 (1982) ヒノキ人工林林分密度管理図説明書 南関東・東海地方 [参考]
- [5] 愛知県 (2024) スギ・ヒノキ人工林林分収穫予想表. <https://www.pref.aichi.jp/uploaded/attachment/532270.pdf>. [引用]
- [6] 稲田充男 (1991) 林分密度管理図に基づく人工林収穫予測表等の作成. 森林計画誌16 : 71-85. [参考]
- [7] 島田博匡 (2010) 三重県のスギ・ヒノキ人工林における長伐期施業に対応した林分収穫表の作成. 三重県林業研報2, 1-28. [参考]
- [8] 長濱孝行 (2006) 長伐期施業に対応した鹿児島県ヒノキ人工林管理基準. 鹿児島県林試研報9, 7-25. [参考]
- [9] 長濱孝行・近藤洋史 (2006) 長伐期施業に対応した鹿児島県スギ人工林収穫予測. 日林誌88, 71-78. [参考]
- [10] 細田和男・西園朋広・北原文章・笹川裕史・古田朝子 (2024) 南関東・東海地方スギ人工林林分密度管理図の検証と改訂の試み. 関東森林研究75, 17-20. [参考]
- [11] 吉田和広・星涼太 (2026) 愛知県スギ・ヒノキ人工林林分収穫予想表の調製について. 森林計画誌59 : 81-85. [参考]
- [12] 林野庁 (2024) 林分密度管理図による収穫予想表作成の手順書 民有林スギ人工林版 [参考]

*1 J-クレジット制度：省エネルギー設備の導入や再生可能エネルギーの利用によるCO₂等の排出削減量や、適切な森林管理によるCO₂の吸収量を「クレジット」として国が認証する制度。