

同齡單純林における蓄積推定の一方法*

森 田 栄 一**

はじめに

林分の生長予測に関して林分密度管理図に関係する論説は、すでに本会誌においても幾つか掲載された。^{1, 3, 4, 10, 14, 15} 筆者も同誌に林分密度管理図への疑問¹⁾ や時系列データによる解析²⁾ を報告すると共に、クヌギ林の生長予測については、「中九州クヌギ林分収穫表等の調製」⁵⁾ を報告した。

一方、九州のコジイ林については、林試特別研究「ミズナラ等主要広葉樹用材林育成技術の開発」(昭和57~60年度)の研究が進められているが、最近20~30年にわたる針葉樹人工林一辺倒の世情を反映した中で一貫してコジイ林の研究を続けられたのは、辻本・三善らの僅かな研究者に過ぎず、したがって、この研究の最大の障害は、林分調査データの不足と研究期間の短さであった。その中にあって、「シイ林の密度管理技術」を確立するための最初の研究として、針葉樹人工林と全く異なる直径分布を示すコジイ林に対する蓄積推定を提案した。⁸⁾

これら一連の研究の中から、今回、これまでと異なる視点からの蓄積推定の一方法を求めることができたので、主として林分密度管理図の問題点と関連づけて報告する。

なお、本報は、昭和60年 7月「林業統計研究会夏期セミナー(名古屋大学稲武演習林)」における発表内容をとりまとめたものである。

1 断面積の推定法

この断面積推定法は、すでに、林試九州支場実験林におけるテーダマツの生長解析の一部として間接的に提案したが⁶⁾、後段でのべる今回の蓄積推定法への関連づけと、今回の論旨の基本的な考え方としてのべる。

いま、平均直径 D と本数密度 N から求めた断面積を「みかけの断面積 G' 」と呼ぶ。

$$\begin{aligned} G' &= D^2 \times \pi \times N \div 40000 \\ &= 0.7854 D^2 \times N \div 10000 \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

この値と、(2)式の単木直径 D_i (または、単木断面積 g_i)による実断面積 G との間には、常に(3)式の関係が成り立つ。

$$G = \sum g_i = \sum (D_i^2 \cdot \pi) \div 40000 \dots\dots\dots (2)$$

$$G > G' \dots\dots\dots (3)$$

* Eiichi MORITA : A Method of Estimating Growing Stock in an Even - Aged Pure Stand

** 林業試験場九州支場 : Kyushu Branch, For. & Forest Prod. Res. Inst., Kumamoto 860

このことは、統計学における変数 x の偏差平方和は、必ず「正」であることから明らかである (s. s. = $\sum x_i^2 - n \bar{x}^2$)。したがって、断面積の簡易な推定式は、(4)式によってかなりの精度で推定できる。^{5, 6, 9, 12)}

$$G = a + b G' \quad \text{or} \quad = K G' \quad \dots\dots\dots (4)$$

ところが、全国の主な林分収穫表の中には(3)式が成り立たない、すなわち G'/G (GRと呼ぶ)が「1」よりも大きいものが見られた。そこで、その傾向をしらべてみると、表-1-(1)に示すように、GRが「1」よりも大きいものがあらわれた林分収穫表は茨城スギを含む7資料(30%)、逆に「0.9」以下があらわれたものは山形スギほか5資料(22%)であった。一方、GRの値がほぼ妥当で、地位間のバランスもとれていると思われるのは、秋田スギのほか11資料(48%)であった。これらのうち、たゞ一つ特異なのは天城スギで、地位2等地30年を除いて、すべてが「1」(0.997~1.000)であり、その調製説明書を見ると、筆者と同様の G' の考え方で(4)式を用いているが、筆者は固定収穫試験地の実測値 G と比較したのに対し、標準地調査の修正値 G としており、結果としては「林内のすべての立木の直径が平均直径と等しい」こととなり、明らかに不合理であった。また、西谷は土佐ヒノキにおいて、すでに(4)式を用いていたように、手もとには、これら林分収穫表の調製説明書のすべてを入手しているわけではないが、それらの中には多分同類のものが含まれているものと推察される。

以上のことは、表-1-(2)に示した九州の固定収穫試験地の結果と比較すれば明白であり、かなりの林分収穫表の調製では針葉樹人工林における断面積の特性に気付いていなかったものもあったと推察される。何故、このような調製方法になったかは、後述の林分蓄積推定法と共にのべる。

2 林分蓄積の推定法の提案

前述の断面積推定法と同様の考え方とコジイ林の研究を基に、平均直径 D と平均樹高 H による単木材積 v と本数密度 N の積から求めた蓄積を「みかけの蓄積 V' 」と呼び、実蓄積 V (単木材積の合計)との比を、蓄積比 VR と呼ぶ。この場合も、 VR は(3)式と同様に必ず「1」よりも小さい。

$$VR = V' / V \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$V = V' / VR \quad \text{or} \quad = V' \times 1 / VR \quad \dots\dots\dots (6)$$

したがって、この蓄積比 VR を利用した蓄積推定法は、(6)式となる。前報⁸⁾では、コジイ林分の D 分布のほとんどが針葉樹人工林と異なる L 型分布であったため、この VR の推定式には、これまでの考え方と異なる D 分布のヒズミをあらわす変数として、 ΔD_{min} 、 ΔD_{max} (最小直径または最大直径と平均直径 D との差)を取り入れた(7)式として提案した。

$$VR = a + b_1 \Delta D_{min} + b_2 \Delta D_{max} + b_3 D \quad \dots\dots\dots (7)$$

今回、この式を基として針葉樹人工林のスギ・ヒノキをしらべてみると、これらの分布は、周知のとおり、多少のヒズミはあっても平均値のまわりに多くの本数が集中し、かなり正規分布に近いために、表-2-(1)に示すように、(7)式の効果はあまりなく、単に平均 VR による(6)式の利

表-1 林分収穫表に示された断面積のGRによる検討

(1) 全国の主な林分収穫表におけるGRの範囲

収穫表名	局	樹種	地位	1等地	2等地	3等地	出現頻度	
							GR>1, <0.9	
青森	青森	スギ		0.936 ~ 0.977	0.913 ~ 0.981	0.986 ~ <u>1.058</u>	4	0
秋田	秋田	"		0.949 ~ 0.961	0.940 ~ 0.946	0.925 ~ 0.949	0	0
山形	"	"		0.953 ~ 0.963	0.952 ~ 0.961	<u>0.897</u> ~ 0.956	0	1
越後会津	前橋	"		0.955 ~ 0.969	0.967 ~ 0.973	0.953 ~ 0.971	0	0
茨城	東京	"		<u>1.001</u> ~ 1.013	0.999 ~ <u>1.015</u>	0.995 ~ <u>1.023</u>	13	0
北関東阿武隈	"	"		0.966 ~ 0.973	0.960 ~ 0.979	0.960 ~ 0.971	0	0
関東	"	ヒノキ		0.911 ~ 0.988	0.924 ~ 0.975	0.958 ~ 0.984	0	0
富士箱根	"	"		0.908 ~ 0.969	<u>0.849</u> ~ 0.973	<u>0.721</u> ~ 0.972	0	2
天城	"	スギ		<u>0.998</u> ~ 1.000	0.988 ~ 1.000	0.999 ~ 1.000	本文で説明	
"	"	ヒノキ		0.963 ~ 0.968	0.951 ~ 0.983	0.912 ~ 0.928	0	0
大井天龍	"	スギ		0.967 ~ 0.977	0.958 ~ <u>1.016</u>	0.958 ~ 0.977	1	0
"	"	ヒノキ		0.978 ~ <u>1.005</u>	0.962 ~ 0.990	<u>0.818</u> ~ 0.950	1	1
木曾	長野	"		0.948 ~ 0.976	0.921 ~ 0.967	0.939 ~ 0.985	0	0
飛騨	名古屋	"		0.935 ~ <u>1.006</u>	0.919 ~ 0.994	0.928 ~ <u>1.018</u>	2	0
愛知岐阜	"	スギ		0.901 ~ 0.955	<u>0.881</u> ~ 0.963	<u>0.849</u> ~ 0.943	0	2
"	"	ヒノキ		<u>0.831</u> ~ <u>1.028</u>	<u>0.808</u> ~ 0.961	<u>0.773</u> ~ 0.959	2	5
◎山陰	大阪	スギ		0.959 ~ 0.973	0.956 ~ 0.971	0.950 ~ 0.969	0	0
四国内海	高知	ヒノキ		0.970 ~ 0.979	0.965 ~ 0.983	0.952 ~ 0.984	0	0
土佐	"	スギ		0.965 ~ 0.973	0.959 ~ 0.976	0.958 ~ 0.969	0	0
"	"	ヒノキ		0.970 ~ 0.980	0.970 ~ 0.978	0.965 ~ 0.975	0	0
熊本	熊本	スギ		0.946 ~ 0.994	0.947 ~ <u>0.999</u>	1.021 ~ <u>1.049</u>	5	0
オビ	"	"		0.973 ~ 0.984	0.966 ~ 0.981	0.969 ~ 0.977	0	0
九州	"	ヒノキ		0.948 ~ 0.995	0.977 ~ <u>0.999</u>	<u>0.800</u> ~ 0.988	0	1

注) 各地位とも、林齢 20, 30, 40, 50, 60 の 5 段階のみ、計 15

(2) 固定収穫試験地(九州)におけるGRの範囲

樹種	資料数	平均(範囲)	標準偏差 s	c. v.
スギ	51	0.966 (0.925 ~ 0.993)	0.014	1.43%
ヒノキ	109	0.967 (0.949 ~ 0.989)	0.009	0.97

資料の範囲

スギ				ヒノキ			
地位指標	林齢	N		地位指標	林齢	N	
~ 1.0	9	~ 20	5	~ 1000	13	~ 1.0	0
1.0 ~	10	20 ~	19	1000 ~	4	~ 20	3
1.5 ~	6	30 ~	13	1500 ~	12	20 ~	8
2.0 ~	13	40 ~	1	2000 ~	8	30 ~	4
2.5 ~	5	50 ~	3	2500 ~	12	40 ~	16
3.0 ~	8	60 ~	10	3000 ~	2	50 ~	32
						2500 ~	3
						3000 ~	2

表-2 VRの推定精度

(1) 九州の固定収穫試験地における結果

	平均VR	R	S.E.	CV%	誤差A	誤差B	s
スギ (7)式		0.3243	0.0252	2.69	-7.2%	2.83%	1.81
(5)式	0.935		s = 0.0258	2.76	-6.3	2.42	1.56
ヒノキ (7)式		0.6606	0.0116	1.22	3.6	0.91	0.76
(5)式	0.954		s = 0.0152	1.60	5.6	1.39	1.07

資料数 スギ 11試験地 51 ヒノキ 19試験地 109

誤差Aとは、推定Vの最大誤差率

誤差Bとは、誤差率の絶対値総和の平均とその標準偏差

(2) 林分密度管理図のV式によるVRとの比較(表中の()は%)

VRの範囲	スギ		ヒノキ	
	(5)式	管理図	(5)式	管理図
~ 0.799	0	2	0	6
0.800 ~	5	9	0	17
0.900 ~	46(90)	13(26)	109(100)	26(24)
1.000 ~	0	27(53)	0	60(55)
計	51	51	109	109

用で十分なことがわかった。すなわち、九州における個々の林分のVRは、極めて小さい変動であるのに対し、これらの林分に林分密度管理図(九州国有林のスギ・ヒノキ)のV算定式を適用してみると、表-2-(2)に示すように、そのVRは全く異なり、統計学的に成立するはずのない「1」を越えるVRが、実に50%以上もあらわれた。

一方、林分収穫表においても、表-3-(1)に示すように、14資料のうちVRが「1」より大きい、「0.9」より小さいものがあらわれたのは、青森スギ以下13資料(93%)と断面積の場合よりも更に著しく、このいずれにも該当しなかった林分収穫表は、杉藤による山陰スギ(昭和44年)たゞ一つであった。そこで文献を入手してしらべてみると、杉藤は筆者と同様、V'の考え方に着目し、主林木蓄積の修正に用いてはいたが、今回のように、蓄積推定の基本的理念として、すべてに適用するところまでには至っていなかった。これまでも「林分収穫表の蓄積は現実林に合わない」とよく耳にしてきたが、今回の結果から見てそれは当然のことであったと理解される。しかも、この計算には立木幹材積表が必要であるが、使用するべき立木幹材表が示されているものは、ごく一部の林分収穫表に過ぎなかったため、表-1のすべての地域について、その正否を試すことはできなかった。たとえ

表-3 林分収穫表に示された主林木蓄積のVRによる検討

(1) 全国の主な林分収穫表におけるVRの範囲(件数のみ)

収穫表名	局	樹種	調製年月		出現頻度	
			収穫表	材積表	VR > 1	VR < 0.9
青森	青森	スギ	37.1	33.4	6	5
山形	秋田	〃	35.5	32.3	1	1
茨城	東京	〃	34.3	<u>36.3</u>	4	0
関東	〃	ヒノキ	36.3	36.3	0	1
富士箱根	〃	〃	30.2	<u>36.3</u>	1	0
天城	〃	スギ	31.6	<u>36.3</u>	5	0
〃	〃	ヒノキ	30.3	<u>36.3</u>	9	2
大井天龍	〃	スギ	39.3	36.3	2	2
〃	〃	ヒノキ	28.2	<u>36.3</u>	0	1
飛騨	名古屋	〃	38.3	34.3	0	12
愛知岐阜	〃	〃	35.9	34.3	2	11
◎山陰	大阪	スギ	44.6	(式あり)	<u>0</u>	<u>0</u>
熊本	熊本	〃	30.3	<u>32.9</u>	9	0
〃	〃	〃		<u>37.1</u>	1	5
九州	〃	ヒノキ	32.8	32.9	3	5
〃	〃	〃		<u>36.4</u>	1	8

(2) 林分収穫表(熊本スギ・九州ヒノキ)におけるVRの範囲

VRの範囲	熊本スギ		九州ヒノキ	
	旧材積表	新材積表	旧材積表	新材積表
~0.799	0	0	0	3
0.800~	0	5	5	5
0.900~	6(40%)	9(60%)	7(47%)	6(40%)
1.000~	9(60%)	1	3(20%)	1

注) 各地位とも、林齢20, 30, 40, 50, 60の5段階のみ、計15

(3) 中九州クヌギ林分収穫表におけるVRの精度

	n	VRの平均(範囲)	s	c.v.
実例	20	0.857 (0.776 ~ 0.921)	0.0462	5.38%
収穫表	48	0.858 (0.836 ~ 0.878)	0.0099	1.15

ば、表-3-(2)に示すように、九州地方のスギ・ヒノキの林分収穫表では、旧立木幹材積表（スギ・ヒノキ共通）は昭和32年以前に、新立木幹材積表（スギ・ヒノキ独立）は昭和37・36年に調製されているが、林分収穫表はスギ昭和30年、ヒノキ昭和32年の調製となっており、この林分収穫表の蓄積は現在用いられている立木幹材積では当然合わない筈である。このように、林分収穫表と立木幹材積表の調製順序が逆ならば、比較する意味すらない。ちなみに、今回の考え方を発見する前に調製した「中九州クヌギ林分収穫表等」においては、同本文P23に実例として示した20林分におけるVRと、調製された林分収穫表（萌芽林4県）の地位指数6~16m、林齢10年と20年、N1500~3000（計48例）のVRとを比較してみると、表-3-(3)に示すように、かなり良く調製されていた。このことは、「中九州クヌギ林分収穫表等」の調製方法は、従来の林分収穫表や林分密度管理図の調製方法よりもより現実的に優れていたといえよう。なお、今回の知見により、前報⁷⁾の簡易な蓄積の修正方法では、従来、林分収穫表に含まれていた誤差まで修正されておらず、使用に耐えないことがわかったので、ここに記してこの論文を破棄したい。その対応策としては、表-2-(1)のVRと(6)式で容易に修正できる。

以上の結果から、前報^{1,2)}についてつぎの3点を改良した。

- 1) 蓄積推定法(6)式を用いることにより、HF式は不要となる。
- 2) 間伐木・残存木の平均樹高Hの推定法
- 3) 間伐木・残存木の平均直径Dの推定法

その式および全体のフローチャートを図-1に示す。

	t	D	H	N	NP%	V	VP%	E	G	(HF)	VR
現在	●	●	●	●		○			○		常数
		↓	↓	↓							
将来(全体)	●	◎	◎	◎		○			○		常数
(間伐)		△	▲	△	●	△	▲	△	○		"
(残存)		△	▲	△		△			○		"

図-1 新しい生長予測システムの改良点とそのフローチャート

- : 必要なデータ
- : 同年の推測
- ▲: 間伐(推測)
- ◎: 将来の予測
- △: 間伐(計算)
- E: 間伐収穫量(=間伐のV)

1) 蓄積推定式

$$\begin{array}{l} \text{旧} \quad V = G \times HF \\ \downarrow \\ \text{新} \quad V = V' / VR \quad \text{or} \quad V = V' \times I / VR \end{array}$$

2) 間伐木の樹高 H_t と残存木の樹高 H_z の推定

修正係数 PH_t (or PH_z) の推定式 NP: 本数間伐率

$$PH_t(\text{or } PH_z) = a' + b_1' NP + b_2' NP^2$$

$$H_t(\text{or } H_z) = H \times PH_t(\text{or } PH_z)$$

3) 間伐木の直径 D_t と残存木の直径 D_z の算定式

$$\log D_t = \{ \log(V_t \cdot VR / N_t) - a - b_2 \log H_t \} \div b_1$$

D_z は添字 t → z に、a, b₁, b₂ は立木幹材積式の係数

3 考 察

以上のことは、極めて重要なことであって、従来から研究されてきた林分収穫表や林分密度管理図の調製方法における大量データによる平均的な生長傾向を基とした蓄積推定法では、千変万化する色々な林分（3次元D・H・Nの生物集団、さらに、地位・林齢の変化管理履歴）のすべてを説明することはできないことがわかった。しかも、データの少ないR y 0.5以下の部分にまで補外した図の構成も疑問である。ちなみに、表-2に示したスギ林の個々の資料を用いて、本案(6)式における誤差率と林分密度管理図の蓄積推定式における誤差率のちがいを図-2に示す。この図において、資料としたスギ林のVRの範囲は、0.877~0.980であったから、平均VR0.935によって修正された誤差率は、図-2左に示すよに、-6.2~+4.8%ときわめて狭い。これに対して林分密度管理図の蓄積推定式は、単なる重回帰解（許容誤差率16.2%）であるから、その誤差率の幅は約-24~+37%と極めて大きい。しかもその結果は、蓄積量の大小や地位の上下に関係なく広がっている。つまり、林学的

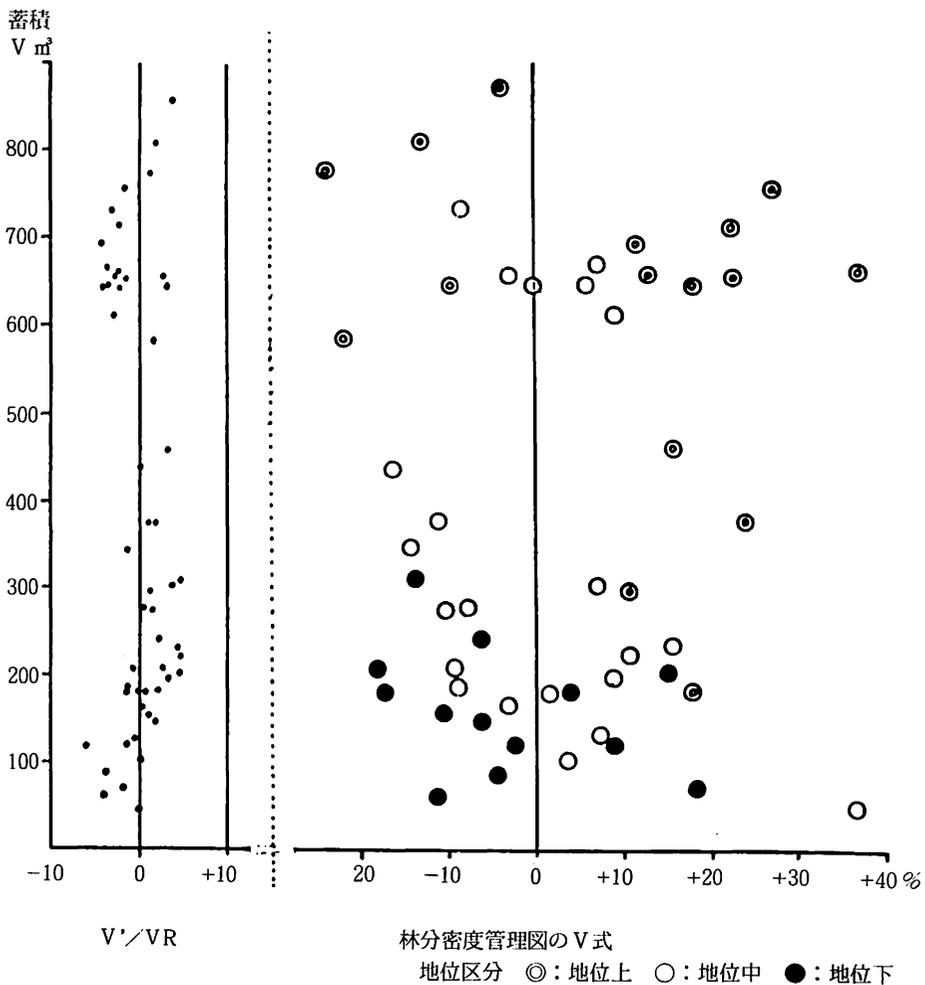


図-2 新しい推定法と林分密度管理図の推定法との誤差率の比較（スギ林 n=51）

な配慮が不十分な単なる統計的方法（中心極限定理）の利用であったと理解される。特に重要なことは、林分密度管理図を個々の林分に適用する場合には、図の中のたゞ一点のみに対応することから図上のすべての点が均一な精度を持たない限り林分によってはかなりの誤差を含むこととなる。すなわち、管理図作成上のデータの疎密と出来上がった図上の各点とは全く異質なものである。このことは、たとえどれだけデータ量を増やしても、何度作り替えても、現在の管理図の精度を飛躍的に向上させることは不可能であることを意味する。また、林分は一枚の図でそのすべてをあらわせるほど単純ではない。ましてや異なる立木幹材積表を無視した全国一本の密度管理図の蓄積など全く架空のものであったわけである。その点、今回の提案は地位・林齢・本数密度さらには管理履歴を問わず、あらゆる条件の林分に対して全く独立にしかも平等な推定を可能にしたこととなる。

また、聞くところによれば、現在、クヌギ・コナラあるいはコジイの林分密度管理図まで作成されつつあるようであるが、許容誤差率30~40%では、たゞ単に同じ手法で作成したというだけの「害あって益なき図表」に過ぎない。

逆説的にいえば、この林分密度管理図の前身（最初の提案者）只木ら¹⁷⁾が、平均単木材積 v までに止どめたことの方が正しかった。何故ならば、平均単木材積 v ならば、何時でも(6)式に戻ることが出来たからである。

なお、夏期セミナーの会場における大友のコメント「VRによる比推定と回帰推定の比較が必要」については、

$$V = a + V' \dots\dots\dots (8)$$

すでに、テータマツ⁶⁾で示したように、今回も(8)式の精度は、

スギ (n=51)	r=0.9987	s=12.967	CV=3.39%
	最大誤差率	-7.5%	平均誤差率(絶対値) 2.59%
ヒノキ (n=109)	r=0.9990	s=6.870	CV=1.46%
	最大誤差率	5.38%	平均誤差率(絶対値) 1.46%

と、表-2-(1)に示したVRによる推定よりも著しく優れた結果とは言えなかった。

一方、箕輪は、平田²⁾がすでに、直径の変動係数 CV_D を用いた補正方法、すなわち、

$$v = V / N$$

$$v = \bar{v} \times \{1 + 5/3 (CV_D)^2\} \dots\dots\dots (9)$$

ここで、 v は V の算術平均材積。 \bar{v} は平均 $D \cdot H$ の単木材積があると指摘したが、この場合、 CV_D を20%とすれば、(9)式の補正項目{ }は、約1.067となり、表-2(1)におけるスギのVR=0.9353の逆数1.069にはゞ等しい。しかし、将来直径の変動係数を推定するとなれば、再び間伐などの管理履歴と D 分布の関係を含む予測の精度に逆戻りすることとなるから、上述の誤差の程度であれば、簡便さも含めて十分実用に耐えるものと言えよう。

さらに、本案が林分収穫表・林分密度管理図と異なる点の第一は、実験式を用いていないこと。第二は、平均の直径・樹高を用いていることが特徴である。何故ならば、従来の上層木樹高の考え方な

らば、下層木の本数の多少にかかわらず同じ蓄積しか求められないから、当然、現実林との差が生じることは明らかである。¹³⁾ 製本・印刷された図表を見ると、いかにもまことしやかにみえるけれども、その値の基礎的な理論構成が誤っていれば、いかにコンピュータを駆使しても数字の遊びに過ぎない。このことを如実に示した例としては、たまたま入手した九州スギ民有林の林分密度管理図¹⁴⁾においては、管理図が施業モデルではなく、単なるマップに過ぎないため、施業モデルとしてRy4種、地位級5種、本数密度5種(計100通り)の管理コースを示している。しかし、これでは全く数字の羅列であり、現実林において100通りもの管理コースのとおりに行うことは不可能であろう。世俗に「林学栄えて、林業亡ぶ」と比喩されているように、近年は学術的な理論展開のスマートさが賞され過ぎて、「山から学び、山へ返す心」が足りないのではないかとさえ酷評であろうか。

おわりに

以上のことから、現在まで本会誌でも論議されてきた林分密度管理図作成上の考え方は、先にのべた間伐量・直径推定¹¹⁾に加えて蓄積推定の過程でも問題があることがわかった。

しかし、これまでの研究のすべてが無意味と言っているわけではない。林分収穫表調製の特長は、地位の概念から林齢・樹高の関係を明らかにした点であり、最早、生長論の主流は、 H を縦のディメンション(次元)と考えれば、横のディメンションとしての $D \cdot N$ あるいは G の生長論・生長予測、たとえば、西沢らのワイブル分布、大隅らの断面積生長論、さらには鈴木・田中らの $D \cdot H^2$ 元分布など(文献多数につき省略)の解明と言えよう。つまり、生長予測に関しては直径は直径、樹高は樹高として、その推定精度を向上させさえすれば、その蓄積量は本案の(6)式により、簡単に、しかも従来とは比較にならない精度で推定可能である。また、林分密度管理図の中で最も精度のよかった林分形状高 $H \cdot F$ も、所詮はことむずかしく頭で考えた産物であり無用となった。

最後に、本報のとりまとめに際し、林試四国支場・経営研究室長 都築和夫氏には高知局の旧立木幹材積表を、林試関西支場・経営研究室主任研究官 長谷川敬一氏には、山陰スギ林分収穫表調製説明書を送付いただいた。また、稲武の会場では、大友栄松博士のご助言や三重大学部助教授・箕輪光博博士の文献の紹介を賜った。ここに記して厚くお礼を申し上げる。

引用文献

- (1) 相場芳憲：林統研誌 2：4～8, 1977
- (2) 平田種男：東大演報 56：1～76, 1962
- (3) 菊沢喜八郎：林統研誌 5：33～36, 1980
- (4) —————：————— 10：63～73, 1985
- (5) 九州林試協：中九州クヌギ林分収穫表等の調製説明書，秀巧社，102pp, 1985
- (6) 森田栄一 他2名：林試九州支場年報 22：19～24, 1979
- (7) —————・本田健二郎：日林九支研論 32：71～72, 1979

- (8) ——— : 日林九支研論 37 : 117~118, 1984
- (9) ——— : ——— 37 : 37~38, 1984
- (10) ——— : 林統研誌 4 : 4~13, 1979
- (11) ——— : ——— 7 : 64~66, 1982
- (12) ——— : ——— 9 : 5~18, 1984
- (13) ——— : 日林九支研論 38 : 35~36, 1985
- (14) 内藤健司 : 林統研誌 3 : 5~6, 1978
- (15) ——— : ——— 8 : 1~13, 1983
- (16) 大分県 : スギ人工林収穫予想表, 170pp, 1982
- (17) 只木良也 : 四手井綱英 : 京大演報 34 : 1~31, 1963