

カラマツ立木幹材積表の作成

和田茂彦・光枝和夫・谷口直文
大牧治夫・山内隆之・渡辺康弘

まえがき

昭和24年設定以来北海道演習林とくに標茶区においては、積極的に林種転換がはかられ、その結果表にみられるように、カラマツ造林地面積は約200haに達しようとしており、今後も徐々にその面積を増していく傾向にある。

現存量あるいは主・間伐収穫量を的確に把握するためには、独自に地方的立木材積表を作成することが望ましい。最近間伐や研究のための伐採等によって、幹材積が正確に測定できるようになり、この2、3年間で収集した資料も150本余りとなった。現在進めている立木・丸木材積測定作業の省力化にあたって、現行立木材積表は必ずしも適当とはいえないので、上記資料を用いて適合性の検定を行った後で、新たに材積表を作成することとした。本数も少ない上に、直径階範囲も限られているので、完全なものは期待できないが、実用には充分供することができるものと考えられ、とりあえずここに報告することとした。

なお測定にあたっては、当演習林の教職員各位の協力を得たので、ここに記して謝意を表しておきたい。

樹種別・齢級別造林面積

単位：ha 昭和56年3月末現在

齢級	カラマツ	トドマツ	エゾマツ	外国産 マツ類	ヤチダモ その他広葉樹	計
I	43.94	19.72	11.75	6.52		81.93
II	28.85	21.88	3.88	22.36		76.97
III	52.92	23.46	1.08	42.39		119.85
IV	44.48	5.75		11.08	3.00	64.31
V	20.61	1.94	0.43	0.81	5.61	29.40
VI	5.51	0.41	0.59		0.95	7.46
計	196.31	73.16	17.73	83.16	9.56	379.92

注) アカエゾはエゾマツに含む

資 料

昭和52～54年に主として4、11林班及び事務所構内において伐採されたカラマツを常法に従って区分求積し、諸因子を別表に掲げておいた。直径階範囲は4～28cm、樹高階範囲は5～17mで、総本数は157本である。

上記のように適用対象地域全域から資料木が選定されたものでなく、また本数も少ないので、今後この調整を図って、補完を行う必要がある。

現行材積表の適合性の検定

現在当演習林のカラマツに対して適用されているのは、北海道立木幹材積表—落葉松¹⁾—であって、過去の経験等からかなりよく適合するのではないかと考えられてきた。しかし、これまでは資料が調わなかったこともあって適合性の検定は行われていなかった。従って、改めて検定を行うこととし、大友の方法²⁾を用いることとした。

表-1 現行材積表の適合性の検定

直径階範囲 (cm)	資料数	回 帰 式	検定 (F ₀)
4 ~ 10	46	$\hat{y} = -0.0005 + 1.0160x$	0.104
12 ~ 20	99	$\hat{y} = 0.0018 + 0.9957x$	0.655
22 ~ 28	12	$\hat{y} = 0.0240 + 0.8682x$	22.728**
全	157	$\hat{y} = 0.0038 + 0.9588x$	8.565**

x : 材積表材積 y : 実材積

表からも明らかなように、直径階20cm以下では、この材積表の値は実材積によく一致している。しかし22cm以上では、材積表材積は過大値を与えることを示しており、すべての直径階を通してみた場合も同じ結果が得られた。現在のところ資料数、特に22cm以上の本数が少ないので、この材積表が適合しないと言い切ることに躊躇せざるを得ないが、一方において材積計算の簡略化という強い要請もあるので、とりあえず一つの材積式にまとめる方向で作業を進めることとした。

カラマツ育林経営上の自然的立地因子による地域区分によれば、この地方は東半島内陸部（釧路内陸）に属し、生長度Ⅱ等級に格付けされている。今後大きな径級の資料を追加することによって、より正確な材積表を作成するとともに、やや梢殺という結果の出ている幹形についても他の立地区のものと比較することを試みたいものと考えている。

立木幹材積表の作成

当演習林のカラマツ造林地が年々増大し、また間伐量も今後増加する傾向にある現状に鑑み、とりあえずこれまでに収集した資料を用いて、独自の、しかも正確な材積表を作成することとした。

材積表を作成する場合現在最も多く用いられるのは、材積式を選択してそれを最小二乗法で決定する方法であり、材積式としてよく用いられ、またここで採用したものを挙げると次のようになる。

(1) 材積を胸高直径のみの関数として表わしたもの

- ① $V = aD^b$ (a, b は定数)
- ② $V = aD^2 - bD$ (a, b は定数)
- ③ $V = a + bD + cD^2$ (a, b, c は定数)

(2) 材積を胸高直径と樹高の関数として表わしたもの

- ④ $V = aD^bH^c$ (a, b, c は定数)

山本和蔵氏が一般材積表を調製する際に提案したもので、現在ではほとんどの材積表がこれによっている。

- ⑤ $V = a(D^2H)^b$ (a, b は定数)

対数変数結合式とも呼ばれ、相対生長関係式として用いられる。

- ⑥ $V = a + bD^2 + cH + dD^2H$ (a ~ b は定数)

STOATE が提案したもので、オーストラリア公式とも呼ばれる。

⑦ $V = a + bD^2H$ (a, b は定数)

これは変数結合式とも呼ばれる。

収集した資料にもとづいて、各材積式の回帰式を求め、またその精度を残差の百分率誤差で示すと、次の表のようになる。

表-2 各材積式の回帰式及び精度

材積式	回 帰 式	百分率誤差 (%)
①	$\log V = -3.890113 + 2.504874 \log D$	13.33
②	$V = 0.000670 D^2 - 0.002262 D$	12.23
③	$V = -0.00510 - 0.001415 D + 0.000639 D^2$	12.76
④	$\log V = -4.178409 + 1.921971 \log D + 0.880377 \log H$	6.10
⑤	$\log V = -4.196537 + 0.940158 \log D^2 H$	6.13
⑥	$V = -0.00858 + 0.000071 D^2 + 0.001408 H + 0.000031 D^2 H$	6.73
⑦	$V = 0.00647 + 0.000037 D^2 H$	7.21

表に示されたように、直径、樹高の2変数を用いた材積式の方がより高い精度をあげることが期待される。SPURRによれば、資料数100~500本の場合はオーストラリア公式⑥が推奨されている。ここでも各重回帰係数はいずれも有意であったが、④、⑤式に比べると優れているとはいえず、従って④式を採用することとした。引続いて不適当な資料の棄却を行った後、全資料を一つの直径級にまとめて回帰式を求め、立木幹材積表を作成した。

$$\log V = -4.189107 + 1.900388 \log D + 0.912471 \log H$$

資料数：150本 百分率誤差：5.33%

胸高直径のみの測定ですむ1変数材積表は精度的に難点があるにしても、実用上極めて効率が良い利点を有している。最も誤差の小さかった材積式について異常観測値の棄却を行った後求めた回帰式を参考に掲げておく。

$$V = 0.000675D^2 - 0.002334D$$

資料数：148本 百分率誤差：9.52%

引用文献

- 1) 中島広吉：北海道立木幹材積表—落葉松—，林友会北海道支部，(1948)
- 2) 大友栄松：材積表の検定について，日林誌，38(6)，(1956)
- 3) 北海道林務部編：カラマツ間伐技術指針，北海道林業改良普及協会，(1978)
- 4) SPURR, S. H. : Forest Inventory The Ronald Press Company, New York, (1952)

表-3 カラマツ立木幹材積表

単位：m³

直径cm	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	直径cm	
樹高m															樹高m	
2	0.002	0.004													2	
3	0.002	0.005													3	
4	0.003	0.007	0.012												4	
5	0.004	0.008	0.015	0.022	0.032										5	
6	0.005	0.010	0.017	0.026	0.037	0.050	0.064	0.081							6	
7	0.005	0.012	0.020	0.030	0.043	0.058	0.074	0.093							7	
8	0.006	0.013	0.022	0.034	0.049	0.065	0.084	0.105	0.128	0.153	0.181				8	
9	0.007	0.014	0.025	0.038	0.054	0.072	0.093	0.117	0.143	0.171	0.202				9	
10	0.007	0.016	0.028	0.042	0.059	0.080	0.103	0.128	0.157	0.188	0.222	0.258	0.298	0.339	10	
11	0.008	0.017	0.030	0.046	0.065	0.087	0.112	0.140	0.171	0.205	0.242	0.282	0.325	0.370	11	
12	0.009	0.019	0.032	0.050	0.070	0.094	0.121	0.152	0.185	0.222	0.262	0.305	0.351	0.401	12	
13		0.020	0.035	0.053	0.076	0.101	0.131	0.163	0.199	0.239	0.282	0.328	0.378	0.431	13	
14		0.022	0.037	0.057	0.081	0.108	0.140	0.175	0.213	0.256	0.302	0.351	0.404	0.461	14	
15			0.040	0.061	0.086	0.115	0.149	0.186	0.227	0.272	0.321	0.374	0.431	0.491	15	
16			0.042	0.065	0.091	0.122	0.158	0.197	0.241	0.289	0.341	0.397	0.457	0.521	16	
17				0.068	0.096	0.129	0.167	0.209	0.255	0.305	0.360	0.419	0.483	0.550	17	
18				0.072	0.102	0.136	0.176	0.220	0.268	0.322	0.380	0.442	0.509	0.580	18	
19						0.143	0.185	0.231	0.282	0.338	0.399	0.464	0.534	0.610	19	
20						0.150	0.193	0.242	0.295	0.354	0.418	0.486	0.560	0.638	20	
21							0.157	0.202	0.253	0.309	0.370	0.437	0.509	0.586	0.668	21
22										0.322	0.386	0.456	0.531	0.611	0.696	22
23										0.336	0.402	0.475	0.553	0.636	0.725	23
24													0.574	0.661	0.754	24
25													0.596	0.686	0.783	25

資料木一覧表 (その1)

直径階 (cm)	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	材積 (m ³)	直径階 (cm)	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	材積 (m ³)
4	4.4	6.1	0.0063	12	12.8	9.2	0.0727
	3.6	5.0	0.0031		11.4	10.3	0.0539
	4.3	5.5	0.0048		12.2	9.2	0.0646
	4.2	5.3	0.0043		12.7	10.4	0.0793
	4.0	6.4	0.0051		12.6	11.3	0.0761
	4.9	6.6	0.0074		11.3	9.8	0.0497
6	6.0	6.0	0.0093		11.8	11.6	0.0703
	5.9	6.2	0.0112		11.1	10.4	0.0583
	6.6	7.1	0.0140		11.9	11.1	0.0608
	5.7	6.3	0.0097		12.7	12.8	0.0719
	5.4	5.6	0.0079		12.7	14.5	0.1013
	6.6	7.1	0.0142		12.4	12.2	0.0732
	6.3	7.9	0.0140		11.8	13.0	0.0753
	6.0	6.5	0.0102		11.4	12.6	0.0615
	5.9	6.4	0.0096		12.9	15.9	0.1064
	6.3	6.5	0.0108		12.9	15.1	0.0942
	6.7	7.0	0.0145		11.1	10.4	0.0561
	5.5	5.7	0.0084		12.2	10.6	0.0672
8	8.7	7.8	0.0260	12.0	10.9	0.0622	
	7.9	7.3	0.0200	11.6	10.7	0.0556	
	8.7	8.2	0.0253	12.3	13.0	0.0733	
	8.7	7.3	0.0227	12.1	12.0	0.0712	
	8.4	8.2	0.0256	11.2	12.2	0.0644	
	7.3	7.6	0.0194	11.7	11.8	0.0691	
	7.6	7.2	0.0166	12.1	12.2	0.0669	
	7.5	6.0	0.0153	12.0	12.9	0.0751	
	7.0	6.2	0.0145	11.4	11.6	0.0577	
	8.2	8.3	0.0265	11.1	11.1	0.0558	
	7.9	9.6	0.0239	11.2	11.8	0.0614	
				12.8	12.8	0.0795	
10	9.0	8.5	0.0304	14	13.8	10.9	0.0861
	9.8	8.1	0.0346		13.8	11.2	0.0904
	9.0	7.8	0.0269		13.9	10.8	0.0908
	9.0	8.1	0.0288		13.5	10.5	0.0844
	9.7	8.7	0.0374		14.2	12.2	0.0977
	9.5	9.8	0.0403		13.0	10.0	0.0734
	10.5	10.1	0.0458		13.5	11.1	0.0767
	10.3	13.0	0.0548		14.7	14.1	0.1133
	10.6	11.8	0.0538		14.2	13.2	0.1046
	10.4	12.5	0.0542		14.8	11.7	0.1076
	9.6	10.2	0.0387		13.1	12.9	0.0888
	9.4	9.0	0.0295		13.6	14.0	0.0978
	10.6	12.1	0.0577		13.9	14.7	0.1162
	9.1	8.8	0.0280		14.3	12.8	0.1001
	9.2	10.2	0.0357		13.0	10.9	0.0673
	10.8	11.4	0.0529		13.0	13.6	0.1003
	10.2	11.0	0.0460		13.7	14.0	0.1004

資料木一覽表 (その2)

直径階 (cm)	胸高直径 (cm)	樹 高 (m)	材 積 (m ³)	直径階 (cm)	胸高直径 (cm)	樹 高 (m)	材 積 (m ³)	
14	13.3	14.9	0.1023	18	17.4	13.7	0.1662	
	13.2	13.9	0.1018		18.3	16.6	0.2049	
	13.6	11.9	0.0893		17.3	15.2	0.1848	
	13.6	12.0	0.0835		18.2	15.3	0.2050	
	13.8	13.4	0.0924		17.7	11.0	0.1263	
	14.4	14.7	0.1088		17.9	14.2	0.1751	
	13.9	14.3	0.1097		18.7	13.5	0.1789	
	13.9	12.8	0.1007		18.6	14.4	0.2110	
	13.1	13.8	0.0932		17.9	16.0	0.2150	
	14.9	14.2	0.1316		18.6	13.7	0.1842	
	14.1	15.4	0.1213		18.2	13.7	0.1572	
	14.7	12.8	0.1045		17.4	11.6	0.1320	
	14.8	12.4	0.1055					
	16	16.7	11.2		0.1365	20	19.0	14.3
16.4		14.1	0.1467	19.5	14.6		0.2110	
16.7		14.8	0.1602	20.2	13.6		0.2196	
16.5		14.4	0.1476	19.8	14.8		0.2118	
16.0		14.3	0.1385	20.1	14.1		0.2113	
15.2		11.2	0.1112	20.7	16.2		0.2515	
16.4		13.2	0.1398	19.3	16.9	0.2588		
16.7		14.2	0.1565	19.6	15.2	0.2343		
16.6		15.2	0.1698	22	21.7	15.5	0.2887	
15.7		15.3	0.1560		21.4	16.2	0.2610	
16.0		14.8	0.1490		21.8	15.7	0.2841	
16.0		13.2	0.1516		21.9	15.9	0.2738	
15.5		13.4	0.1220		21.2	15.1	0.2558	
15.7		13.6	0.1366		22.4	15.6	0.2844	
15.3		13.3	0.1216	21.7	14.3	0.2480		
15.7		13.2	0.1272	22.0	15.5	0.2783		
15.4	11.5	0.1075	24	23.7	15.4	0.3001		
18	18.8	9.0		0.1284	24.6	15.7	0.3406	
	18.5	14.6	0.1910	23.8	14.8	0.2988		
				28	27.0	16.3	0.4274	