

林木および林分の蒸散量 (第2報)

群馬県地方のブナの葉量について

森 沢 万 佐 男⁽¹⁾
平 和 敬⁽²⁾

I 緒 言

治水、利水の面よりみて、水源地帯の森林をどのような状態におくべきかは重要な問題である。すなわち、林木および林地を含めて森林の水分消費量が最も少なく、かつその流域からの流出状態が治水的にみて、良好な状態におかれることが最も望ましいと考えられる。具体的に以上のような森林にするにはどのような樹種の林木をどのような施業法で育林すればよいかということである。林木および林分の蒸散量を知ることは以上の問題を究明するのに役立つものと思う。蒸散量推定の方法としては、

- (1) 林内外の気象因子を測定することにより蒸散量を推定する¹⁾。
- (2) 単葉の蒸散量を知つて葉量と結びつけ、林木ならびに林分の蒸散量を推定する。

の2法がある。筆者らは KITTREDGE¹⁾らの考えにもとづいて後者の方法を選んだ。

針葉樹については、第1報として丸山、佐藤³⁾の岩手県地方のアカマツの葉量についての研究がすでに発表されており、また本邦水源地帯天然林の蓄積の大部分はブナによつて占められているので、第2報としてまず宝川試験地のブナについて葉量調査を行った。したがつて将来はこれの単葉蒸散量を測定してブナ林分の蒸散量を推定し、宝川試験地の水収支の問題に役だてるつもりである。

このような方法により林分の水分消費を研究した例は従来少ないので一般的にも参考になると思われる。

なお、葉量調査は、遮断量や林地の透透能にも関係する林内落葉量の推定にも大いに参考になると考えられる。

この研究の実行にあたり、実験計画については丸山理水研究室長より指導を受け、取りまとめについては東京大学農学部佐藤助教授、防災部中野技官をはじめ防災部各位より助言を受け、測定にあつては現地の永見主任をはじめ吉野技官、高橋技官、浅田技官(現在宮崎分場)、堀口業手、阿部業手、理水研究室の遠藤技官(現在釜淵分場防災研究室)、菊谷技官、清水技官の援助を受けた。上記の諸氏の御協力に厚く感謝の意を表する。

II 調査の方法

(1) 供 試 木

群馬県利根郡水上町宝川森林治水試験地内の天然林択伐跡地に残生するブナを供試木とした。この天然林択伐跡地は、ブナのほかに、カエデ、シオジ、ヒバ、トチノキ、カヤ等が中程度の密度で生育してお

(1) (2) 防災部防災第二科理水研究室

第 1 表

供試木 Sample No.	胸高直径 D. B. H.	樹高 Tree height	枝下高 Clear length	樹冠高 Crown length	樹冠占有面積 Area shaded by crowns	生葉重量 Fresh leaf weight
	cm	m	m	m	m ²	kg
1	2.5	4.4	1.1	3.3	5.2	0.21
2	3.5	3.1	0.5	2.6	3.6	0.35
3	4.0	5.7	1.3	4.4	7.2	0.48
4	6.0	7.3	3.3	4.0	43.3	1.27
5	8.0	9.9	2.0	7.9	18.6	2.07
6	9.5	16.6	4.4	12.2	27.8	2.79
7	12.0	13.3	6.0	7.3	30.9	2.71
8	14.0	23.4	11.5	11.9	43.3	5.61
9	16.0	16.6	5.8	10.8	57.7	13.47
10	18.0	19.6	10.3	9.3	68.0	8.79
11	20.0	14.3	3.0	11.3	55.0	15.67
12	22.0	19.3	8.4	10.9	40.2	9.61
13	24.0	20.9	5.9	15.0	67.0	19.30
14	25.0	20.3	4.7	15.6	78.4	18.18
15	29.5	19.4	5.3	14.1	87.4	19.86
16	32.0	14.7	2.9	11.8	54.1	36.95
17	35.0	20.5	4.6	15.9	138.5	17.55
18	40.5	24.1	5.8	18.3	95.9	54.22
19	52.0	27.1	8.6	18.5	143.4	46.97
20	60.0	27.1	5.1	22.0	169.1	64.32
21	76.0	31.1	5.9	25.2	244.7	135.02

り、灌木類としてイヌガヤ、クロモジ、オウカメノキ等が散生し、林床はイワスゲ、シダによつておおわれていた。

葉量の測定は1954年8月4日～11日の8日間に、胸高直径2.5～25cmのもの14本についておこなひ、1955年7月26日～8月5日の11日間に胸高直径29.5～76cmのもの7本についておこなつた。天然林内のブナは樹令がはつきりせずまた生育場所の立地条件の差による生長状態の相違が大きいために、胸高直径級別に測定した。上に示す第1表はそれらの測定結果を表わしている。

第1表にみられるように供試木の胸高直径は、最小2.5cm、最大73cmで、樹高は3.1～31.1mであつた。

(2) 葉量および樹冠占有面積の測定

供試木を伐倒して直ちに全葉を摘みとり、水分が蒸発しないようにビニール製の袋に、これを入れ、スプリングバランスで秤量したものを生葉重量とした。その際小枝などが付着したままで測定されないよう極力注意した。

気乾重量は、摘みとつた生葉の一部分(任意にえらんだ10枚)を室内で自然に乾燥させた重量で表わした。気乾重量を測定し終つたものを乾燥器に入れ、70°Cの恒温に保ち、重量の一定した時の重量をもつて絶乾重量とした。次に示す第2表は気乾重量および絶乾重量の測定結果を表わしている。

第2表にみられるように、気乾重量および絶乾重量の生葉重量に対する割合は、それぞれ45.3～62.0%

第 2 表

供試木	胸直 高直 cm	生葉重量	気乾重量	気乾重量	絶乾重量	絶乾重量	絶乾重量	葉面積 10枚 cm ²	単位生	単位気乾	単位絶乾
		10枚 gr	10枚 gr	生葉重量 %	10枚 gr	生葉重量 %	気乾重量 %		重量当 葉面積 cm ² /gr	重量当 葉面積 cm ² /gr	重量当 葉面積 cm ² /gr
1		2.45	1.22	49.8	1.05	42.9	86.1	240	98	197	229
2		3.40	1.60	47.1	1.46	42.9	91.3	470	138	294	322
3		4.00	1.97	49.3	1.75	43.8	88.8	380	95	193	217
4		4.00	2.48	62.0	2.27	56.8	91.5	270	68	109	119
5		4.20	2.50	59.5	2.29	54.5	91.6	300	71	120	131
6		4.30	2.35	54.7	2.15	50.0	91.5	450	105	191	209
7		4.90	2.22	45.3	1.96	40.0	88.3	540	110	243	276
8	29.5	3.20	1.74	54.4	1.56	48.8	89.7	214	67	123	137
9	35.0	3.60	1.80	50.0	1.59	44.2	88.3	377	105	209	237
10	40.5	3.30	1.63	49.4	1.45	43.9	89.0	334	101	205	230
11	52.0	2.45	1.14	46.5	1.01	41.2	88.7	287	117	252	284
12	60.0	3.20	1.68	52.5	1.50	46.9	89.3	305	95	182	203
13	76.0	4.10	1.99	48.5	1.78	43.4	89.4	438	107	220	246
平均				51.6		46.3	89.7		98	189	211

および 40.0~56.8% であつて、その平均はそれぞれ 51.6% および 46.3% であつた。

葉面積の測定は、気乾重量および絶乾重量を測定すべく摘みとつた生葉の一部(各 10 枚)を白紙にトレースし、プランメーターを用いてそれぞれの面積を出し、その算術平均値をもつて面積とした。次に示す第3表はその結果を表わし

第 3 表

ている。

第3表にみられるように、単位重量当りの葉面積は、生葉重量で 67~138 cm²/g, 気乾重量で 109~293 cm²/g, 絶乾重量で 119~322 cm²/g であつて、その値はいずれの場合においても2倍以上のひろがりがあるが、これは葉の熟、未熟による差と考えられる。すなわち、未熟な葉は柔らかくて薄く、したがつて単位重量当りの葉面積は大きな値となり、反対に熟した葉は

供試木	胸高直径 cm	1枚当 葉面積 cm ²	単位生重量 当葉面積 cm ² /gr	単位気乾重 量当葉面積 cm ² /gr	単位絶乾重 量当葉面積 cm ² /gr
1		24.0	98	197	229
2		47.0	138	294	322
3		38.0	95	193	217
4		27.0	68	109	119
5		30.0	71	120	131
6		45.0	105	191	209
7		54.0	110	243	276
8	29.5	21.4	67	123	137
9	35.0	37.7	105	209	237
10	40.5	33.4	101	205	230
11	52.0	28.7	117	252	284
12	60.0	30.5	95	182	203
13	76.0	43.8	107	220	246
平均		35.4	98	189	211

固くて厚いために、その値が小さくなるのである。

樹冠占有面積は、供試木の樹幹の中心から各枝張りの先端までの距離を巻尺で測り、これをもとにして紙上に樹冠の投影図を画き、プランメーターを用いてその面積を求め、これを樹冠占有面積とした。

Ⅲ 成績および考察

(1) 単木の葉量と胸高直径との関係

単木の葉量に関する変数としては、樹令、樹高、胸高直径、樹冠占有面積、樹冠高、枝下高、幹材積、幹重量、枝重量などが一応考えられる。また、葉量を表わす実験式としては、KITREDGE¹⁾ の

$$\log W = a \log D - b$$

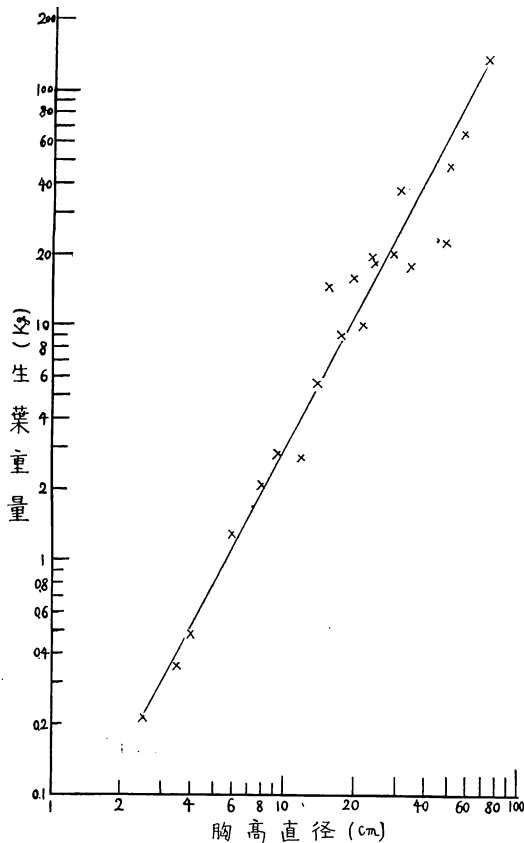
YAMAOKA²⁾ の $A = K \cdot S$

などがある。ここに W: 葉重量, D: 胸高直径, A: 葉面積, S: 樹幹断面積, a, b, K はそれぞれ常数である。

測定した資料に基づいて、胸高直径、樹高、枝下高、樹冠占有面積、樹冠高などの生葉重量に対する対数の相関関係を求めてみた。第 4 表はその対数の相関係数を表わしたものである。

第 4 表

	胸高直径	樹高	枝下高	樹冠高	樹冠占有面積
生葉重量との相関係数	0.99	0.91	0.55	0.57	0.76



第 1 図

第 4 表から、単木の生葉重量は、胸高直径と最も相関関係が大であつて、ついで樹高、樹冠占有面積、樹冠高、枝下高の順になつてゐることがわかる。

両対数方眼紙の横軸に胸高直径をとり、縦軸に生葉重量をとつて供試木 21 本につきプロットしたのが第 1 図である。

報 1 図にみられるように、生葉重量と胸高直径は両対数方眼紙にプロットすれば大略直線となる。

今、単木の葉量を表わす式として、上記の KITREDGE の提出した式を基礎として、供試木 21 本の資料から平均法によつて常数 a, b を決定して次の関係式を得た。

$$\log W = 1.85 \log D - 1.38 \dots (1)$$

ここに W および D の単位はそれぞれ kg および cm である。なお、スイスのヨーロツパブナの調査³⁾では、a の大きさは 1.51~1.70 となつてゐる。

(2) 枝条の元口直径、重量と枝条に着生する葉量との関係

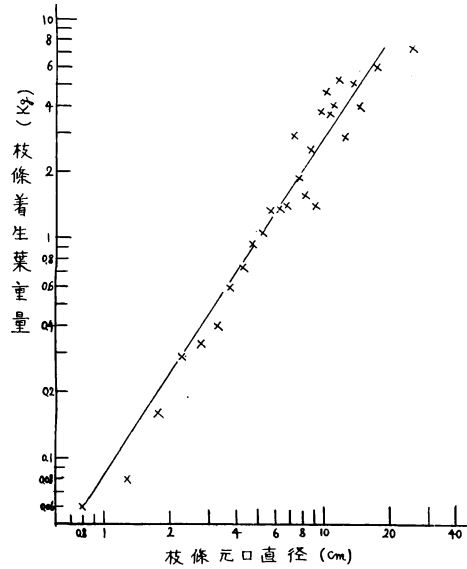
枝条の元口直径、重量とその枝条に着生する葉量との関係をみるために、各供試木について枝条の元口

直径、重量、枝条着生葉重量を測定した。第5表はその測定結果を表わしている。

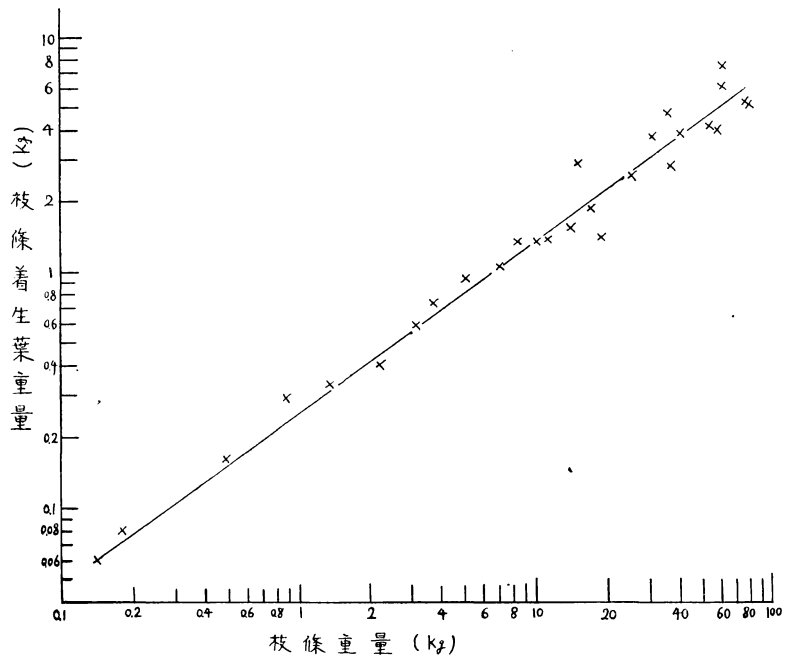
第 5 表

両対数方眼紙の横軸に枝条元口径、縦軸に枝条着生葉重量をとるように測定値をプロットしたのが第2

No.	枝の元口径 cm	枝重量 kg	生葉重量 kg
1	0.6~1.0	0.14	0.06
2	1.1~1.5	0.18	0.08
3	1.6~2.0	0.49	0.16
4	2.1~2.5	0.88	0.29
5	2.6~3.0	1.38	0.33
6	3.1~3.5	2.22	0.40
7	3.6~4.0	3.07	0.59
8	4.1~4.5	3.81	0.73
9	4.6~5.0	5.14	0.93
10	5.1~5.5	7.12	1.05
11	5.6~6.0	8.40	1.32
12	6.1~6.5	10.17	1.34
13	6.6~7.0	11.11	1.39
14	7.1~7.5	15.15	2.89
15	7.6~8.0	17.40	1.86
16	8.1~8.5	14.39	1.56
17	8.6~9.0	25.73	2.52
18	9.1~9.5	19.09	1.40
19	9.6~10.0	41.44	3.81
20	10.1~10.5	35.90	4.63
21	10.6~11.0	30.60	3.74
22	11.1~11.5	54.40	4.13
23	11.6~12.0	77.90	5.20
24	12.6~13.0	36.50	2.79
25	13.6~14.0	82.60	5.05
26	14.6~15.0	58.65	3.97
27	17.6~18.0	61.94	6.00
28	25.1~25.5	63.10	7.38



第 2 図



第 3 図

図であり、横軸に枝条重量、縦軸に枝条着生葉重量をプロットしたのが第3図である。

第 2 図, 第 3 図が示すように枝条の元口直径と枝条着生葉重量, および枝条重量と枝条着生葉重量は両対数方眼紙上にプロットすれば大略直線となる。両者の相関関係をみるために対数の相関係数を求めた結果, 前者は 0.94, 後者は 0.92 となり, ともに密接な相関関係を有するものと考えられる。

単木の葉量をあらわす実験式と同様に, 枝条着生葉重量を表わす実験式が

$$\log W = a \log d - b$$

であらわされるものとして, 平均法によつて常数 a, b を求めて次の式を得た。

$$\log w = 1.55 \log d - 1.12 \dots \dots \dots (2)$$

ここに w は枝条着生葉重量, d は枝条の元口直径をあらわし, その単位はそれぞれ kg および cm である。

(3) 単木の幹材積と葉量との関係

幹材密度の測定は困難なうえに偏差も大きいから, 密度と幹重量から推算した幹材積と, 胸高直径と樹高から算出する材積表からの幹材積との差は比較的大きいと考えられる。ここでは, 幹重量と密度から求められた幹材積は考えないこととし, 材積が樹高 H (m) と胸高直径 D (cm) の函数として計算されていることから, 全資料に基いて log W の log D, log H に対する重相関係数を計算すると 0.99 となつた。これは, log W と log D の単相関係数と大差がない。一次式を想定し, 定数を決定すると,

$$\log W = 1.81 \log D + 0.10 \log H - 1.44 \dots \dots \dots (3)$$

となる。

この (3) 式と, 前述の (1) 式の適合度を見るために, 測定値との標準偏差をみると, 対数単位でそれぞれ 0.14 および 0.12 で大差はなく, (3) 式は形が複雑であるから単木の葉量を表わす式としては, (1) 式によるのが合理的であると考えられる。

(4) 単位樹冠占有面積当りの葉量

うつ閉度が変わらないものとすれば (たとえば完全にうつ閉している場合), 生葉重量 W を林木の樹冠占有面積で除した W/a の変動は, 林地の単位面積当りの葉量に比例することになる。

第 1 表の資料から log W/a と log D との相関係数を求めると 0.85 となり, 相当高い相関関係をもつていて考えられる。なお, 平均法により, log W/a = a log D - b 式の定数 a, b を決定して次の実験式を得た。

$$\log W/a = 0.86 \log D - 1.82$$

上式の log D の係数は正であるから, 胸高直径の増加に伴つて log W/a が増加することがうかがわれる。したがつて天然林においては, うつ閉したまま老令になつてゆく場合には, 単位面積当りの葉量は増加してゆく。“蒸散量は葉量に比例する” という KIPPTRIDGE²⁾ の仮定を是認すれば, このブナ林分においては林木が大径木化するにしたがつて蒸散量は大きくなるということができる。

遮断量についても同様のことがいえる。すなわち, 遮断量は葉量に比例するという仮定を是認すれば, 林分が大径木化するにしたがつて遮断量は増大するということができる。

IV 要 約

1. 林木および林分の蒸散量推定の方法としては,
 - (1) 林内外の気象因子を測定して推定する。

(2) 単葉の蒸散量を知つて葉量と結び付け、林木ならびに林分の蒸散量を推定する。の2法がある。筆者は KITTREDGE らの考えにもとづいて後者の方法を選び、まずブナの葉量の測定を行つた。これは遮断量、林地に堆積する有機物の量の決定にも役だつものと思う。

供試木は群馬県利根郡水上町 林業試験場宝川試験地の 胸高直径 2.5~76 cm のブナ 21 本で、測定は 1954 年 8 月上旬と 1955 年 7 月下旬の 2 回にわたつて行つた。測定結果は第 1 表に示される。

2. 単木の生葉重量 W (kg) は胸高直径を D (cm) として

$$\log W = 1.85 \log D - 1.38$$

で表わすのが、適合度および実用性からみて最も合理的である。

気乾重量および絶乾重量は、それぞれ生葉重量の 52%, 46% であつた。

3. うつ閉度が変わらない（たとえば完全にうつ閉している場合）として、単位樹冠占有面積当りの生葉重量をみると、胸高直径の増加に伴つて増加する傾向がみられる。したがつて、蒸散量および遮断量は葉量に比例するという仮定を是認すれば、このブナ林分においては、林木が大径木化するにつれて蒸散量および遮断量は増すといえよう。

文 献

- 1) KITTREDGE, J.: Estimation of the amount of foliage of trees and stand. Jour. Forestry, 42-12 (1944) p. 905~912
- 2) KITTREDGE, J.: Forest influences. McGraw, (1948) p. 26~44
- 3) 丸山岩三・佐藤 正: 林木および林分の葉量に関する研究, (第 1 報) 岩手県地方のアカマツについて, 林業試験場研究報告 No. 65, (1953) p. 1~10
- 4) PENMAN, H. L.: Estimating Evaporation. Trans. Amer. Geophys. Union. Vol. 37. No. 1 (1956) p. 43~50
- 5) YAMAOKA, Y.: Measurement of the total transpiration from a forest. 林業試験場研究報告, No. 54, (1952) p. 187~206

Estimation of the Transpiration of Trees and Stands. (Report 2)

—The amount of foliage of beech of GUNMA District—

Masao MORISAWA and Kazuyoshi TAIRA

(Résumé)

1. There are two methods of estimating the transpiration for trees and stands. The first is by measuring meteorological factors interior and exterior of the forest. The second is by getting a quantitative estimate of unit leaf transpiration and total foliage, to lead transpiration of trees and stands.

The writers took the latter method following a precedent, and measured the amount of foliage of beech. It is also applicable to estimate the interception and the amount of the organic materials accumulated on the forest floor.

Sample trees were collected at Takaragawa Experimental Forest of Government Forest Experiment Station, Gunma Prefecture.

We measured them in August, 1954, and in July, 1955. The results are shown in table I.

2. It is logical, from the adaptability and utility point of view, to represent the fresh leaf weight by the following formula :

$$\log W = 1.85 \log D - 1.38$$

where W is fresh leaf weight in kilograms, and D is stem diameter at breast height in centimeters.

Air dry leaf weight and oven dry leaf weight are 52 and 46 percent, respectively, of fresh leaf weight.

3. If the crown density remains unchanged, fresh leaf weight per unit area shaded by the crown seems to increase with the augmentation of stem diameter at breast height, therefore, when the supposition that the transpiration is proportionate to leaf weight is appropriate, it may be presumed that the transpiration increases with the growth of trees.