

桐生試験地における樹冠通過雨量,樹幹流下量,遮断量の研究 II 遮断量の解析

誌名	日本林學會誌 = Journal of the Japanese Forestry Society
ISSN	0021485X
著者名	鈴木,雅一 加藤,博之 谷,誠 福寫,義宏
発行元	日本林學會
巻/号	61巻11号
巻号補足	
掲載ページ	p. 391-398
発行年月	1979年11月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



論文

桐生試験地における樹冠通過雨量, 樹幹流量, 遮断量の研究 (II)

遮断量の解析

鈴木雅一*・加藤博之*・谷 誠*・福嶋義宏*

鈴木雅一・加藤博之・谷 誠・福嶋義宏: 桐生試験地における樹冠通過雨量, 樹幹流量, 遮断量の研究 (II) 遮断量の解析 日林誌 61: 391~398, 1979 滋賀県大津市の国有林内にある桐生水文試験地で測定した林外雨量, 樹冠通過雨量, 樹幹流量から降雨の遮断量を求めた。遮断量は樹体に付着貯留し, 降雨後に蒸発する成分と, 降雨中に蒸発する成分で構成される。樹体に付着貯留する量は, 流域平均で 1.92 mm であり, 樹木の現存量, 葉面積から推定される値と一致した。降雨中の蒸発率は「降雨中」の定義によって変わるが, 平均的目安となる値を求めることができた ($Ke=0.1618$ mm/hr)。また, これらの値を用いて遮断量を経時的に算出するモデルを示した。このモデルを用いて 6 年間の遮断量を求めたが, 年間の遮断量は, 290~350 mm で年降雨量の 18.5~22.9% であった。降雨量の少ない年は遮断量の比率が大きくなるが, 遮断量は少なくなる。年によって遮断量は 100 mm 前後変化した。

SUZUKI, Masakazu, KATO, Hiroyuki, TANI, Makoto & FUKUSHIMA, Yoshihiro: Throughfall, stemflow and rainfall interception in the Kiryu Experimental Catchment (II) Rainfall interception J. Jap. For. Soc. 61: 391~398, 1979 The previous measurements of throughfall and stemflow have been used to provide a quantitative estimate of rainfall interception in the Kiryu Experimental Catchment (34°58'N, 136°00'E). This catchment is situated in a mixed-stand of Akamatsu, Japanese red pine (*Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC.) and Hinoki, Japanese cypress (*Chamaecyparis obtusa* SIEB. et ZUCC.). Rainfall interception has two components; one is the attached and stored water on the canopy, evaporating after the rain, and the other is the evaporating water during the raining period. The maximum amount of attached water on the canopy has been estimated as an average of 1.92 mm in this catchment. This value agrees with the amount of attached water on leaves calculated from the standing crop and the storage capacity of each leaf. The estimated average evaporation rate during the raining period is 0.1618 mm/hr. A predictive model of rainfall interception in forest canopies is shown. The amount of attached water and the evaporation rate during raining period has been used in this model. Annual rainfall interception has been calculated with this model for the six years from 1972 to 1977. The annual interception was 290~390 mm (18.5~22.9 percent of the annual precipitation). Annual interception is decreasing, but its ratio to precipitation is increasing as the annual precipitation is decreasing.

I. はじめに

桐生試験地における樹冠通過雨量, 樹幹流量の測定結果を前報(14)で報告した。本報告では, 一降雨に対応する樹冠等の植被による遮断量を求めた。また, これをもとに, 降雨が森林で遮断されるモデルを提起し, 経時的に通過雨量, 樹幹流量, 遮断量を推定した。

通常, 遮断量は降雨量と後述(3)式のような関係式が得られる。この関係式では樹体に水分が十分付着貯留した後も, 降雨の継続で遮断水分は増加することになる。

(4)式によって, この増分は降雨中の蒸発によると考えられる。しかし, 「降雨中の蒸発」とはどのようなものかはまだ明らかでない。この点は, 山地の流域水収支における蒸発損失量の推定を行なう上でも重要であり, あわせて検討を行なった。

遮断量を経時的に求める試みは, すでに RUTTER ら(11, 12)のものがあリ, GASH らはこのモデルを用いてイギリスのマツ林の水収支表を報告している(4)。彼らのモデルは, 葉に付着した水分量に応じた滴下の推定と, MONTEITH(7)の蒸発式を用いた付着水分の推定からな

* 京都大学農学部 Fac. of Agr., Kyoto Univ., Kyoto 606

っており、微気象的な視点からの組み立てとなっている。イギリスでは降雨量、降雨強度とも日本より小さく、遮断による蒸発が蒸発散の約半分を占めることが報告されている。

そして、アメリカ西海岸北部における FRITSCHEN らによる、28 m ダグラスファーのある計量型ライシメータ実験でも、遮断による蒸発が蒸発散の 24~37% を占めることが報告されている(1)。

また、遮断された水分の蒸発強度については MURPHY ら(9)、STEWART(13)が微気象解析を用いた研究を行っており、蒸散強度にくらべて遮断された水分の蒸発強度が大きいことが示されている。

これら近年の研究では、遮断による蒸発がこれまでよりも大きく評価される傾向にあるといえる。

日本では遮断量の研究はすでに数多くなされているが、これまでは一降雨量との関係から年間遮断量を推定することが主で、蒸発散現象としての取組みは、あまりなされていない。本報告は、このような取組みの一試行である。

試験地、測定方法は前報(14)で記したので、ここでは割愛した。

なお、樹冠通過雨量は樹冠にふれずに林床へ達するものと、樹冠や枝から滴下するものを、合わせたものである。対象とした林分が閉鎖しているので区別をせずに扱った。

II. 遮断水分の解析

通過雨量と樹幹流下量は、降雨量の一次式として次のように表わすことができる。

$$T_f = a_t P - b_t \quad (P > b_t/a_t \text{ の降雨について}) \quad (1)$$

$$S_f = a_s P - b_s \quad (P > b_s/a_s \text{ の降雨について}) \quad (2)$$

T_f : 通過雨量, S_f : 樹幹流下量, P : 降雨量, a , b : 係数

遮断量 I は、

$$I = P - T_f - S_f$$

であるから

($0 < P < b_t/a_t$ のとき)

$$I = P \quad (3)'$$

($b_t/a_t < P < b_s/a_s$ のとき)

$$I = (1 - a_t)P + b_t \quad (3)''$$

($b_s/a_s < P$ のとき)

$$I = a_1 P + b_1 \quad (3)$$

$$a_1 = 1 - a_t - a_s, \quad b_1 = b_t + b_s$$

と表わすことができる。

また、樹体に十分水分が付着する降雨量を持つ一降雨

について、降雨時間と遮断量の関係として提起されている式は、

$$I = S + Ke t \quad (4)$$

S : 樹体付着量, K : 葉面積指数, e : 単位葉面積あたりの降雨中蒸発強度, t : 降雨時間

である。この式は、遮断量が樹体に付着貯留し降雨後に蒸発する水分(第1項)と降雨中に蒸発する水分(第2項)からなることを示している。第2項は(3)式で得られている降雨が増加するにつれて増える遮断量のゆくえとして、降雨中の蒸発による水分消失を想定し、降雨中の平均蒸発強度を仮定することによりもたらされたものである。これまでの測定例では第2項から得られる降雨中蒸発量が相当大きいことが報告されており(6), その理由に森林の葉面積(蒸発面)の大きさがあげられている。

この第2項において、降雨中の蒸発強度 Ke が葉面積指数 K と比例する関係と示されているのはこのためであるが、実際に降雨中蒸発強度と葉面積が比例するかどうかは疑問である。室内実験や閉鎖していない林分においては、降雨中の蒸発強度と葉面積が比例することが考えられるが、広がりをもつ閉鎖した林分において葉面積の増大にともなって降雨中蒸発強度がどこまでも比例的に増えていくことは考えがたい。閉鎖した林分の濡れた樹冠からの蒸発も微気象条件によって定まるエネルギー変換の過程であり、蒸発強度は葉面積指数が大きくなると葉面積指数よりも入射する純放射量、顕熱の流入や風速分布などによって定まるものと考えられるからである。本研究の対象が閉鎖した林分であることと、(4)式を用いるときに葉面積あたりの降雨中蒸発強度 e よりも単位面積あたりの降雨中蒸発強度そのものが必要であることから、降雨中蒸発強度を Ke という一つのパラメータとして取り扱うこととする。また、第1項の樹体付着量は単に S と記したが、これは樹体の表面積によって決まる量といえ、主要には葉面積に影響されると考えられる。

(4)式の表現上では、第2項に葉面積の項が含まれ、第1項には含まれていないが、閉鎖した林分における遮断量の検討では、葉面積はむしろ第1項に影響し、第2項には微気象条件のパラメータである降雨中蒸発強度 Ke が影響すると考えられる。以下の検討で(4)式の各項はこのような意味で用いることとする。

(3), (4)式を対比すると、 b_1 と S はどちらも付着貯留される水分を表わす定数である。 $S = b_1$ とすれば

$$Ke = a_1 P / t \quad (5)$$

となる。

ここで、 a_1 , P , t が既知ならば、降雨中の蒸発強度

Ke を決定することができる。ただし、 a_1 は多くの降雨から平均的に求められる値なので、同式で用いられる降雨強度 P/t も平均的な値を用いることになる。

前報(14)で求められた通過雨量、樹幹流下量と一降雨量の関係式の係数を用いて、遮断量の関係式を求めると、

$$I = 0.08 P + 1.92 \quad (P > 4.44 \text{ mm のとき}) \quad (6)$$

となる。

ただし、前報で述べたように通過雨量、樹幹流下量のそれぞれの測定値には、サンプリング誤差が考えられる。これを考慮すると、平均値から求められた(6)式の係数が必ずしも実際の値であると決められない。そこで、通過雨量については、全測定値から求めた90%信頼度の範囲の値を用い、樹幹流下量については、プロットごとに測定された値の最大値、最小値を用いて、遮断量の推定値を求めた。

$$I_{\min} = 0.02 P + 2.06 \quad (7)$$

$$I_{\max} = 0.14 P + 1.79 \quad (8)$$

一降雨4.5 mm以上の雨に対して遮断量はこれらの値の範囲で推定されることになる。

付着貯留量を意味する定数項は、いずれにせよ2 mm前後の値である。しかし、降雨量に従って増加する遮断量の係数は推定の幅が大きい。これは、通過雨量の関係式における係数 a_t にバラツキが大きいことによる。この点は推定上の一つのネックといえる。

次に(5)式を用いて降雨中の平均蒸発強度 Ke を求める。(5)式の降雨量 P 、降雨時間 t は、測定期間中の降雨記録より個々の降雨例の P 、 t を求め、それぞれ相加平均した値を用いた。個々の降雨は、長雨や雷雨なども含まれ、様々な降雨パターンをもつから、 P 、 t の値を平均値として扱うことには検討の余地があるが、(5)式ではこれら様々な降雨から回帰的に求められた値である a_1 と共に用いるので、この計算法を採った。

降雨量 P と降雨時間 t の集計にあたって、一降雨の区切り方を定めねばならない。降雨の区切り方は、①(3)式の a_1 を求めたものと同じであること。②(4)式に対応するように、前の降雨の付着水分が存在する短時間の降雨中断のときには、一連の降雨となり、降雨中断時に付着水分が消失するときには、別個の降雨となるように定められていること、の2点を満たす必要がある。何時間までの中断を一連の雨とするかという規準は、降雨中断が夜間に生ずる場合、昼間に生ずる場合で事情が異なることもあり、定めにくい。ここでは、妥当と思われるこの一連の雨に含める最大中断時間を6~10時間と想定して、6時間、10時間の2通りで P 、 t を求めた。測定期間中の一降雨4.5 mm以上の降雨の P 、 t の平均値

は、中断を6時間までとしたとき P : 23.9 mm, t : 11.30 hr, 10時間までとしたとき P : 28.4 mm, t : 14.04 hr であった。(5)式に用いる P/t を求めると、それぞれ、2.117 mm/hr, 2.023 mm/hr となり、この範囲では中断時間の定め方で値は大きく異ならない。このことから、 a_1 を求めたときの一降雨の定義、「一連の降雨記録の後に10時間雨量が記録されないとき、最後の雨量記録時をもって降雨終了とする」をここで用いることは相当と考えられ、この区切り方による値を用いることとした。

P/t に 2.023 mm/hr, a_1 に(6)式の値を用いて(5)式によって Ke を求めると、

$$Ke = 0.1618 \quad (\text{mm/hr})$$

(7)、(8)式の値を用いて、90%信頼度で推定すると、

$$Ke = 0.0405 \sim 0.2832 \quad (\text{mm/hr})$$

となった。

III. 付着水分量の検討

付着水分量は枝、葉の表面積と単位表面積当たりの付着水分量によって決まると思われるので、これまでに報告されている樹種ごとの枝と葉の付着量データと測定プロットの表面積推定から付着量を試算して、前項で推定された値と比較を行なった。

試算の手順は、

- ① プロット内のアカマツ、ヒノキの枝、葉の表面積推定
 - ② 樹木に付着する単位面積当たりの水分量推定
 - ③ 樹種、部位ごとに①、②の積を求め合計する
- ということになる。

通過雨量、樹幹流下量の測定を行なったNo.4プロットについて試算を行なった。表面積の推定は、プロット付近の林分での伐倒調査から得られている相対生長式を用いて、アカマツ、ヒノキの葉の現存量を求め、これから葉面積を求めた。幹、枝の表面積見積りは困難であるが、ヒノキは全表面積の15%、アカマツは全表面積の5.5%と簡易に推定した。樹木に付着しうる水分量は、ヒノキについては藤井の報告(2)があり、浸水後の付着量と、これを2度手で振った後の付着量が求められている。これらを用いてヒノキの付着水分総量を求め、プロット面積で割って水高換算すると、それぞれ0.79 mm, 0.36 mmとなる。マツについては田崎がクロマツの付着水分量を報告している(15)。田崎のものは十分な散水をした後2分後の付着水分量である。これによれば、プロット内のアカマツの付着水分量は0.98 mmとなり、

このプロット内の樹体表面上の付着可能水分は 1.34~1.77 mm と算出された。

幹や枝の付着量推定にはさらに検討の余地があるが、算出された値は前項で推定された値 1.79~2.06 mm と近い値となった。このことは、林分の付着量つまり (3) 式の b_t の値、表面積と単位表面積あたりの付着量から概算しうることを示している。

IV. 降雨中平均蒸発強度について

推定された降雨中の平均蒸発強度 Ke について検討する。葉面積指数 K と降雨中平均蒸発強度 Ke の関係は II. で述べたように明らかではない。この関係は間伐などによる遮断量変化を考える上で必要と思われるが、この点についての検討は今回の測定からはできなかった。しかし、閉鎖した林分の降雨中蒸発量は、単位葉面積あたりの蒸発強度 e ではなく、単位面積あたりの蒸発強度 Ke を用いて比較が可能である。

通常、降雨中は湿度が高いため蒸発が活発であるとは考えにくい、これまでの遮断量の測定例によって大きな値が報告されている (6)。STEWART (13) の微気象から求めた遮断水分がある濡れた森林からの蒸発測定でも、純放射より大きな蒸発強度となることが報告されている。

II. で Ke は 0.04~0.28 mm/hr の範囲で求められたが、その中央値である 0.1618 mm/hr という値を降雨中蒸発強度としたとき、この値は 3.9 mm/day であり、夏の晴天日の蒸発パン蒸発量に近い蒸発強度となる。この値は、他の測定例と同様に大きい蒸発強度である。

ただし、降雨中蒸発強度の「降雨中」の意味するところは、降雨期間の定義によって変わる。II. の解析で用いた降雨の定義では、10 時間以内の降雨中断は一連の降雨の中に含まれることになるので、この中断期間の付着水分の蒸発も降雨中の蒸発に含まれている。

実際の Ke 値が推定された範囲のどこに位置するか不明であるが、平均値から求められた値 ($Ke=0.1618$ mm/hr) を一応の目安として以下の検討に用いた。

V. 蒸発を考慮した遮断水分推定モデル

(1)~(3) 式の関係は図-1 のようなモデルによって説明することができる。

図-1 の左側のタンク (A) は樹冠に付着貯留される水分を示し、降雨初期はこのタンクに水が満たされていく。このタンクは (1) 式の b_t の降雨で満水し、その後はこのタンクから溢れ出る。溢れた水は (1), (2) 式の a_t : a_s の比で通過雨量として林床に達するものと、枝

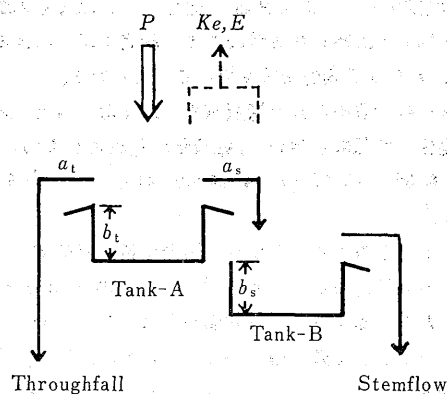


図-1. 遮断量計算モデル
Calculative model for rainfall interception

や樹皮による付着貯留を意味する右側のタンク (B) へ行くものに分かれる。この右側のタンクは左上のタンクから (2) 式の b_s だけ水が流入したとき満水となり、その後溢れた水は樹幹下流量となる。また降雨中にはタンクから上方へ Ke ずつ蒸発が行なわれるとして、これを引くこととする。

前に求めた Ke の値を用いると、それに対応した a_s の値を持つ雨量と遮断量の関係が成り立つことになる。ただし、降雨の定義が「1 時間に雨量記録のあるときを降雨中とする」と変わっている。このため、(1)~(3) 式の関係とこのモデルは厳密に等価ではない。しかし計算結果にその差はあまり影響しなかった。この点は次項で検討する。

このモデルによれば、少量の降雨についても遮断量が推定でき、また降雨後の蒸発量 E をタンクから引くことにすれば、降雨中断を含む雨についても遮断量を経時的に求めることができる。これは、今後遮断の効果を考えて流出解析を行なう際に用いることができよう。

石原ら (5) は、樹体に人工降雨を与え重量測定を行ない、樹体に貯留される水分について詳細に検討を行っており、そこで得られている結果とこのモデルを対照させておく。石原の報告によれば、一定の降雨強度の雨を与えると、20~80 mm/hr の強度の範囲では 5~10 分で各降雨強度に応じてそれぞれ一定の貯留量となり、その値は降雨強度によって増加する。また降雨停止直後、樹体貯留量は急な低減をし、20~30 分経過するとその減少はゆるやかとなる結果が示されていて、降雨後 30 分までを樹体上に連続体として存在する水の流動現象、それ以後を滴下による貯留の減少として解析を行なっている。これらの結果によれば、降雨中樹体に貯留される水分量、すなわち図-1 のモデルの各タンクの深さは降雨

強度によって変わることになる。しかし、この降雨強度による増加分は降雨後直ちに流下または滴下するものであり、ここでは1時間単位のモデルであるので、この増加分を無視している。降雨強度の大きいときは、降雨量にくらべてこの増加分は小さい比率となるから、この結果を流出解析に用いるときに影響は少ないと思われるし、年間の遮断量の算定では降雨強度数 mm/hr 以下の

弱い雨がほとんどであり、この点にも問題はないと思われる。

貯留された水分の流下、滴下の大半が降雨後 30 分までに発生していることは、このモデルでは降雨の記録されたその時間内に通過雨量、樹幹流下量が発生していることと対応するものである。石原らの報告では、降雨後1時間後以降に滴下する水分も一部存在しているが、このモデルではこの部分も降雨時に発生した通過雨量、樹幹流下量として算定している。この点の差異は若干の時間遅れだけであり、総量の算定とは無関係といえる。

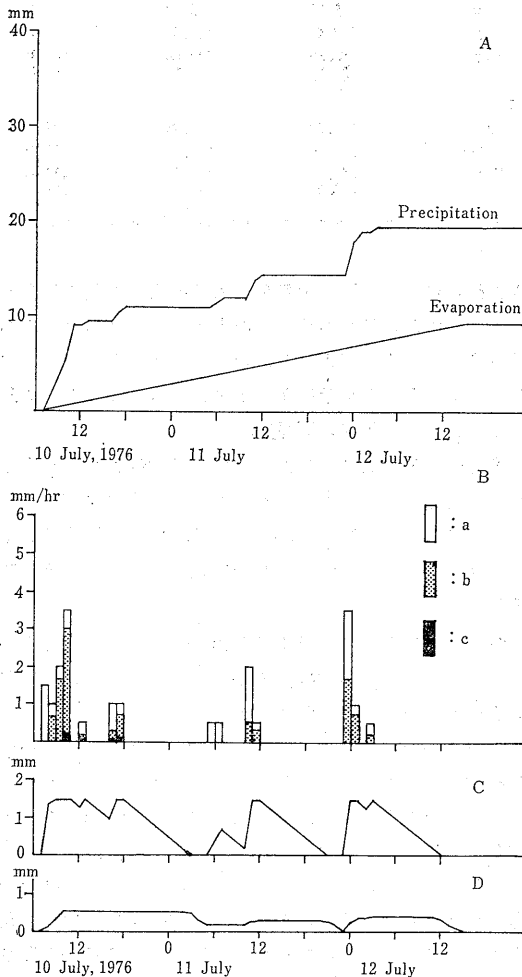


図-2. 遮断量計算モデルによる計算例
(1976. 7. 10~12)

Calculations for 10~12 July 1976 using the model of Fig. 1

- A: Accumulated observed precipitation and estimated evaporation
B: Hyetograph, a: observed precipitation, b: estimated throughfall, c: estimated stemflow
C: Calculated water on leaves (stored in Tank-A)
D: Calculated water on branches and stems (stored in Tank-B)

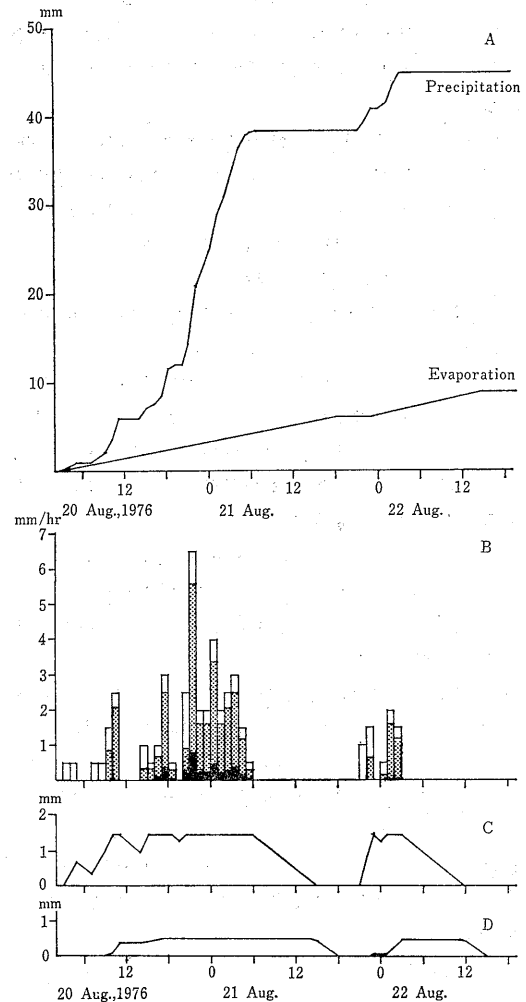


図-3. 遮断量計算モデルによる計算例
(1976. 8. 20~22)

Calculations for 20~22 August 1976 using the model of Fig. 1

Same explanations as given in Fig. 2

このモデルによって通過雨量、樹幹流下量、遮断量を求めた計算例を図-2, 3 に示した。この計算では、 a_b , b_b , a_s , b_s の値に測定結果の平均値である前報の (4), (5) 式のものを用い、 Ke は 0.1618 mm/hr を用いている。また付着している水分の降雨後の蒸発強度は降雨中と同様の値を与えている。

VI. 桐生試験流域の年間遮断量

試験流域の年間遮断量を求めるのに、二通りの方法を用いた。一つは降雨回数と年間の降雨時間による年総量の算出 (試算 A) で、もう一つは前項のモデルによる経時的計算の積算によるもの (試算 B) である。

二通りの計算を行なったのは、モデル化にあたって変更された「降雨」の定義の影響を検討するためである。

試算 A

遮断量を①付着貯留され降雨後に蒸発する量、②降雨が付着可能量以下ですべてが降雨中、降雨後に蒸発する量、③降雨中の蒸発量の 3 成分に分け、それぞれを

① [付着量] × [一降雨 2 mm 以上の降雨回数]

② [一降雨 2 mm 以下の総降雨量]

③ [降雨中蒸発強度] × [2 mm 以上の降雨の総降雨時間]

によって求める。2 mm 以下の降雨ではすべて付着量になるとして別途計算している。桐生における降雨条件では、②は 15.5 mm と①, ③の項にくらべて小さいから、①, ③の値はそれぞれ降雨後の付着水分蒸発、降雨中蒸発の量と見ることができよう。

なお、この計算法は 2~4.5 mm の降雨に対して、(3'') 式のかわりに (3) 式を用いることになるので、(3'') 式を用いるより値が大きくなるが、この差はほとんどないと見なした。

1976 年の降雨記録では、降雨回数 104 回 (うち一降雨 2 mm 以上のもの 84 回)、降雨時間 1,353 時間 (うち 2 mm 以上の降雨によるもの 1,320 時間) である。このうち雨量が記録された時間は 877 時間で、残りは一連の降雨中に含まれる中断時間である。

降雨中の蒸発強度に 90% 信頼度の上下限值、および平均値を与えて計算した結果、表-1 のようになった。

試算 B

図-1 のモデルによって、1 時間きざみで雨量をインプットし、通過雨量、樹幹流下量、蒸発量を計算する。蒸発量がすなわち遮断量ということになる。

計算法は図-2, 3 を求めたものと同様で降雨があれば、雨量のインプットのとき降雨中蒸発量を差し引く。その時間ステップに降雨量がなければ (試算 A では降雨中に

表-1. 降雨中蒸発強度 Ke を変えて行なった二通りの計算法による 1976 年の遮断量推定値
Estimated annual rainfall interception in 1976, calculated by two methods

Runs	Value of Ke (mm/hr)		
	Mean 0.1618	90% confidence interval	
		Max. 0.2832	Min. 0.0405
Run-A			
①	161.28	150.36	173.04
②	15.50	15.50	15.50
③	213.58	373.82	53.46
Total	390.36 (20.4)	539.68 (28.1)	242.00 (12.6)
Run-B			
$P>0$	141.92	248.36	35.48
$P=0$	226.50	227.52	168.21
Total	368.42 (19.2)	475.88 (24.9)	203.69 (10.7)

Note: In parentheses, percentage of annual precipitation.

含まれる場合でも) 一定量を付着貯留水分の蒸発量としてタンク A から差し引く。このときタンク A (葉による貯留分) から先に引き、これが空になると右のタンク B から引く。どちらも空になれば付着水分がなくなり蒸散になるとして付着水分蒸発量は 0 とする。

差し引く蒸発量は、降雨中および降雨後とも降雨中蒸発強度として求められている値とした。表-1 において、 $P>0$ は降雨が記録された時間中の蒸発量、 $P=0$ は降雨が記録されていない時間の付着貯留されている水分の蒸発量である。

降雨中と降雨後の付着水分の蒸発強度に同じ値を用いたのは、降雨中蒸発強度が夏の晴天時に考えられる蒸発強度に近い相当大きい値であることからである。

表-1 において、二つの方法の結果を比較する。いずれの Ke の値でも試算 A による値が大きい。しかし、平均値を用いたときに、その差は小さくなり、約 20 mm である。推定範囲にくらべてこの差は小さい。

試算 A の③と、試算 B の ($P>0$) はどちらも降雨中の蒸発量を意味する項であるが、その値は試算 A による値の方が大きい。これは降雨の定義によって降雨中蒸発量の値は変わることを表わしている。ここでは、試算 A, B は降雨の定義の差が内訳を変えるが、総量はほぼ等しいものとして得られる関係であると判断した。

いずれにせよ年間の遮断量は 500~200 mm の範囲で推定されたことになる。

桐生試験地の蒸発散量は、水収支から年間 720~760 mm と求められている (3) ので、遮断に起源をもたない蒸発散量は 220~560 mm ということになる。この場合、遮断によらない蒸発散が 220 mm というのはいかにも過

表-2. 年間遮断量推定値 (降雨中蒸発強度に測定結果の平均値を用いる)

Annual rainfall interception, by mean value of K_e

Year	Precipitation (mm)	Interception (mm)	(%)
1972	1887.5	377.5	20.0
1973	1490.0	295.9	19.9
1974	1793.0	332.6	18.5
1975	1801.5	386.9	21.5
1976	1917.5	368.4	19.2
1977	1267.0	290.2	22.9

少である。実際の遮断量は平均値から求められた値か、それよりやや少ない値の範囲であろうと思われる。そして、推定の下限の値が約 200 mm であったことは、かりに実際がこの付近の値であるとしても、遮断に起源をもつ蒸発量が蒸発散量の 3 割近くを占めることを示している。

表-2 は 1972~77 年の時間雨量記録から試算 B の計算法を用いて年間の遮断量を計算したものである。降雨中蒸発強度等のパラメータにはすべて測定値の平均値から求めた値を用いた。この結果では、桐生試験地の遮断量は、降雨の約 20% となった。この値は、村井の報告(8)によるマツ林の無雪期遮断率と等しく、中野(10)がまとめている年遮断率の各地測定例と同様のレンジである。このことは、測定結果とここで用いた降雨中蒸発強度の値の妥当性の裏づけとなっていると思われる。

また、各年の値は年降雨量に対応して、多い年と少ない年があり、100 mm 近い差が生じている。1977 年は少雨の年であるが、この年の遮断量は他の年より少なく、降雨量に対する比は大きくなるという結果である。降雨中の蒸発強度を変えて計算すると、各年遮断量の降雨量に対する比率は変化するが、年ごとの値の大小関係は変わらない。したがって、年間遮断量は、その年の降雨の状態で 100 mm 程度変わることがあると考えてよい。山地流域の水収支の検討では遮断量の増減により、損失量が年によって変わることも考慮する必要がある。

VII. お わ り に

従来より遮断作用が森林流域の水移動の中で大きな一要素であることが指摘され、数多くの測定がすでになされてきた。しかし、水資源の管理、利用をより自然と適合させ有効に行なうための基礎とするには、遮断された水分量を求めるだけでなく、遮断された水分の影響が流出にどのように反映されるかを明らかにすることが必要であろう。そのためには、流出解析に用いられる形の遮断水分の推定法が必要であり、良好な推定を行なうには

蒸発現象としての物理的な背景の解明がなされなければならない。

本報告では、このような見地から解析を進めた。

遮断量は、樹体に付着貯留される水分と、降雨中の蒸発量によって構成されるが、付着貯留される量の上限值は、樹体の現存量と葉面積から推定された値とほぼ一致した。また、降雨中の蒸発強度は降雨の定義によっても変わる値であるが、平均的な目安となる値を得ることができた。この数値は今後は、微気象学的な研究もとり入れたより詳細な測定によって決定すべきものである。

また、遮断量を経時的に算出するモデルを示し、これによって桐生試験地の 6 年間の遮断量を求め、降雨に占める割合を示した。

以上、前述の課題の解明に向けた成果が得られたと思う。

なお、計算処理にあたっては京大計算機センターの FACOM-M-190 システムを利用した。

引用文献

- (1) FRITSCHEN, L. J., HSIA, J. & DRAISWAMY, P.: Evapotranspiration of a Douglas fir determined with a weighing-lysimeter. *Water Resour. Res.* 13: 145~148, 1977
- (2) 藤井真一: ヒノキ林の遮断雨量に関する試験. *日林誌* 41: 262~269, 1959
- (3) 福嶋義宏・鈴木雅一・谷 誠・加藤博之: 滋賀県東南部の花崗岩山地における 3 つの小流域の水文観測報告. *京大演報* 50: 115~127, 1978
- (4) GASH, J. H. C. & STEWART, J. B.: The evaporation from Thetford forest during 1975. *J. Hydrol.* 35: 385~396, 1977
- (5) 石原安雄・小葉竹重機: 雨水流出現象における初期貯留量について一樹木による降雨遮断一. *京大防災研年報* 13 B: 69~81, 1970
- (6) 吉良竜夫: 陸上生態系. *生態学講座* 2, 166 pp., 共立, 東京, 1976
- (7) MONTEITH, J. L.: Evaporation and environment. *Symp. Soc. Exptl. Biol.* 19: 205~234, 1965
- (8) 村井 宏: 森林植生による降水の遮断についての研究. *林試研報* 232: 25~64, 1970
- (9) MURPHY, C. E. & KNOERR, K. R.: The evaporation of intercepted rainfall from a forest stand: An analysis by simulation. *Water Resour. Res.* 11: 273~280, 1975
- (10) 中野秀章: 森林水文学. *水文学講座* 13, 66 pp., 共立, 東京, 1976
- (11) RUTTER, A. J., KERSHAW, K. A., ROBINS, P. C. & MORTON, A. J.: A predictive model of rainfall interception in forests (I) Derivation of the model from observations in a plantation of Corsican pine. *Agr. Meteorol.* 9: 367~384, 1971
- (12) ———, MORTON, A. J. & ROBINS, P. C.: A predictive model of rainfall interception in forests (II) Generalization of the model and comparison with observations in some coniferous and hardwood

- stands. *J. Appl. Ecol.* **12**: 367~380, 1975
- (13) STEWART, J.B.: Evaporation from the wet canopy of a pine forest. *Water Resour. Res.* **13**: 915~921, 1977
- (14) 鈴木雅一・加藤博之・谷 誠・福嶋義宏: 桐生試験地における樹冠通過雨量, 樹幹流下量, 遮断量の研究 (I) 樹冠通過雨量と樹幹流下量について. *日林誌* **61**: 202~210, 1979
- (15) 田崎忠良: 降雨下における林木の水分付着量について. *日林誌* **32**: 56~61, 1950

(1978 年 7 月 27 日受理)