熱収支法による樹冠遮断量の推定と観測との比較

近藤純正*・石井正典**

Estimation of Rainfall Interception Loss from Forest Canopies and Comparison with Measurements Junsei KONDO・Masanori ISHII

A heat balance method is used to estimate rainfall interception loss from forest canopies, and satisfactory results are obtained when the estimated interception losses are compared with experimental data.

For the meteorological conditions in Japan, the ratio of the interception loss I to the annual rainfall amount P decreases as the value of P ; that is, $I/P \approx 0.25$ when $P = 1000 \text{ mm/year}$ and $I/P \approx 0.13$ when $P = 2500 \text{ mm/year}$.

Key words: forest interception, potential interception, heat balance method

熱収支法による遮断蒸発量の式と降水日の気象資料を用いて、遮断蒸発量を推定した。さらに、既往の水収支法による測定値と比較し、推定式の実用性を調べた。

その結果、熱収支法による今回の遮断蒸発量の推定式は樹冠が密(樹冠疎密度=80~100%)の場合に応用できることがわかった。また、気象環境が異なっている盛岡、名古屋、宮崎の年遮断率は年降水量が大きくなるにつれて小さくなることがわかった。

キーワード：樹冠遮断能、遮断蒸発量、熱収支法

1. はじめに

森林に降った降水の一部は、樹体に付着され、地表面に達することなく大気中に戻る。この量は樹冠遮断量(遮断蒸発量)と呼ばれ、森林流域における水収支、水循環において重要な位置を占めている。そのため、種々の林分を対象に林外降水量、林内降水量(樹冠通過量+樹冠滴下量)、樹幹流量の測定が実施され、水収支法により樹冠遮断量の推定がなされてきた。

わが国における樹冠遮断量の研究は、森林測候所において森林内外における気象条件の比較調査の一環として始められた(農商務省; 1917, 平田; 1921)。

森林の樹冠遮断に関する実証的研究として村井(1970)の研究がある。それは、アカマツ林、カラマツ林を対象に行なわれたもので、樹冠遮断量の通年測定、下層低木類の遮断量の測定、間伐及び葉の着脱が遮断量に及ぼす影響、落葉地被物の保水量の測定等多岐に及んでいる。村井の研究は、樹冠遮断を定量的かつ総合的に解明した

点で高く評価される。

樹冠通過量、樹幹流量、樹冠遮断量に関する理論的研究としては、武田(1951)の報告がある。さらに、近年、服部ら(1982)はヒノキ林で水収支法により測定した樹冠遮断量と降水量、降水強度、降水時間の関係を解析することにより、ヒノキ林の樹冠遮断特性を明らかにするとともに、ヒノキ林地の微気象を測定し、それと樹冠遮断量の関係を解析した。

樹冠遮断量時系列的な推定モデルとしては、鈴木ら(1979)のタンクモデル、近嵐ら(1983)の水保留機能を中心とした数式的なモデルがある。一方、国外でも研究が盛んに行なわれている(Murphy・Knoerr; 1975, Rutter・Kershaw・Robins・Morton; 1971, Rutter・Morton・Robins; 1975, Stewart; 1977)。

今後微気象学的なアプローチからも、遮断蒸発量の物理的な解明を行なわなければならない。

本研究は、はじめに盛岡気象台で観測されている気象資料を用いて熱収支法による遮断蒸発量の推定方法を示す。この結果と盛岡近郊のアカマツ・カラマツ林で水収

*東北大学理学部 Geophysical Institute, Tohoku University

**岩手大学農学部 Fac. of Agr., Iwate University

支法により測定された遮断蒸発量との関係を調べ、本モデルの実用性を検証する。さらに、名古屋気象台と宮崎気象台の気象資料を用いてその地点の遮断蒸発量を推定し、上記の盛岡気象台の結果を含めて、遮断蒸発量の季節・地域特性を調べた。

II. 水収支法による遮断蒸発量の推定

水収支法による遮断蒸発量 I (mm) の推定は次の方法による。

対象森林内に標本調査区をとり、この区域内の林内降水量(樹冠通過量+樹冠滴下量)と樹幹流量を測定するとともに、一方では林外降水量を測定し、(1)式で樹冠遮断量を求める。

$$I = P - (P_t + P_d + P_s) \quad (1)$$

ここで、 P ：林外降水量(mm)， P_t ：樹冠通過量(mm)， P_d ：樹冠滴下量(mm)， P_s ：樹幹流量(mm)である。

遮断蒸発量は気象条件と森林条件によって支配される。前者では総降水量、降水強度、降水頻度、湿度、風速、気温、日射量などが主要な支配要素であり、後者では一般的に樹冠層の厚さと枝葉の密度、つまり葉面積指数など、したがって樹種、森林構造、林齢、季節などが支配要素となる。

III. 地表面熱収支と遮断蒸発能

地表面(本研究の場合は樹冠層の上面)に入る放射エネルギーは、顕熱、蒸発の潜熱、地表面の放出する赤外放射および地表面下の層を昇温させるエネルギーに変換される。この関係を表すのが熱収支式である。このうち、顕熱輸送量と潜熱輸送量はそれぞれバルク式で表すことができる。それゆえ、これら3式を連立して解けば、地表面温度 T_s と顕熱輸送量 H と潜熱輸送量 E を予測することができる。この際与えるべきものは地表面条件(森林のバルク輸送係数と蒸発効率)と気象条件(風速、気温 T 、湿度、入力放射量 $R \downarrow$)である(近藤; 1984, Kondo・Watanabe; 1991)。

地表面(この場合は森林)が湿っていれば蒸発効率は1とみなすことができ、さらに $\sigma T_s^4 \approx \sigma T^4 + 4\sigma T^3(T_s - T)$ で近似すれば次章によって樹冠遮断能 I_p (=遮断蒸発能)を計算できる。なお、記号の σ 、 T はそれぞれ、ステファン・ボルツマン定数、絶対温度である。

遮断蒸発能とは樹木が完全にぬれているときの蒸発速度(mm/日)のことである。十分な降水が続き、樹木が絶えずぬれていれば遮断蒸発量は遮断蒸発能に等しいが、降水量が少ないときの遮断蒸発量は降水量を超えることはない。

IV. 熱収支法による遮断蒸発能の推定方法

遮断蒸発量 I (mm) は(2)式で表される(近藤・渡辺, 1991)。

$$I = \text{降水中の蒸発} + \text{降水直後の蒸発} \\ = I_p \times (\tau/24) + S \quad (2)$$

ここで、 I_p ：遮断蒸発能(mm/日)， τ ：一降水の継続時間で平均的に約10時間(hr)， S ：樹木の葉・枝・幹の表面に付着した保水量(mm)であり、降水直後約半日間で蒸発してしまう量である。 S は森林上の一様な厚さに換算して表わし、通常の密な森林では1~2mm程度である。間伐林や葉面積指数の小さい森林では S は小さくなる。また、雪の場合は雨と多少違ってくる。それら詳細については続報で論じられる。

本報告は遮断蒸発量の年間値が熱収支法によって評価できるかどうかを探るために、林冠疎密度が100%に近い密な森林を対象とする。その場合に対して、上式右辺の第1項と第2項はほぼ同じ大きさとなり、 I は右辺第1項の、 $\tau=24\text{hr}$ とした式で近似できる。すなわち、 $I \approx I_p$ となる。

近藤・渡辺(1988, 1991)は有効入力放射量($R \downarrow - \sigma T^4$)を無視できる場合とそれを無視できない場合の遮断蒸発能 I_p を下記のように示した。

1. $R \downarrow - \sigma T^4 = 0$ のときの I_p

これは厚い低い雲に覆われた降雨時の条件である。この時の樹冠全体と大気との熱収支式は(3)式である。

$$4\sigma T^3(T_s - T) + H + \epsilon I_p \approx 0 \quad (3)$$

ただし、 T_s ：樹冠平均の葉温， T ：樹冠上の気温， H ：樹冠から大気への顕熱輸送量， ϵI_p ：樹冠から大気への潜熱輸送量，である。

この式にバルク式を用いて解くと(4)式が得られる。

$$\epsilon I_p = (1 - h) k_H c_p \rho \frac{q_{SAT}}{\gamma} \left(1 - \frac{k_H d / \gamma}{A} \right) \quad (4)$$

ただし、

$$k_H = C_H U$$

$$q_{SAT} = 0.622 e_{SAT} / (p - 0.378 e_{SAT}) \approx 0.622 e_{SAT} / p$$

$$e_{SAT} = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4 + a_5 t^5 + a_6 t^6$$

$$d = dq_{SAT} / dt$$

$$A = (4\sigma T^3 / c_p \rho) + (1 + d / \gamma) k_H$$

$$\gamma = c_p / \epsilon$$

ここで、 h ：相対湿度， C_H ：バルク係数(無次元)， U ：風速， c_p ：空気sの定圧比熱， ρ ：空気sの密度， σ ：ステファン・ボルツマン定数， T ：絶対温度(°K)， t ：気温(°C)， q_{SAT} ：気温 t における飽和比湿(mb)， e_{SAT} ：飽和水蒸気圧(mb)， p ：大気圧(mb)， ϵ ：水蒸気sの潜熱， a_0 ：6.10780， a_1 ：0.443652， a_2 ：0.0142895， a_3 ：2.65065×10⁻⁴， a_4 ：3.03124×10⁻⁶， a_5 ：2.03408×10⁻⁸， a_6 ：

6.13682×10⁻¹¹である。

2. $R \downarrow - \sigma T^4 \neq 0$ のときの I_p

これは日中の降雨時に相当する。(3)式の右辺がゼロでない場合は(5)式となる。

$$I_p = \frac{J}{\gamma} (R \downarrow - \sigma T^4) \{T^+ + q^+ (1 - h)\} \quad (5)$$

ただし、

$$J = (c_{pp}/4\sigma T^3) k_H$$

$$T^+ = \{1 - J(\Delta/\gamma)(1 - h)q^+\} / \{1 + J(1 + \Delta/\gamma)\}$$

$$q^+ = 4\sigma T^2 q_{SAT} / \{\Delta(R \downarrow - \sigma T^4)\}$$

したがって、遮断蒸発能は風速と気温及び有効入力放射量と共に増加し、飽差に比例することが結論できる。

3. 降水日の有効入力放射量の求め方

日降水量が0.5mm以上の日を降水日とする。一般に、有効入力放射量は(6)式である(近藤・中村・山崎; 1991a)。

$$R \downarrow - \sigma T^4 = (1 - r)S_d \downarrow + L_d \downarrow - \sigma T^4 \quad (6)$$

ここで、 r : 森林のアルベド、 $S_d \downarrow$: 降水日の全日放射量の日平均値、 $L_d \downarrow$: 降水日の下向きの大気放射量の日平均値である。

なお、 $S_d \downarrow$ は①全日放射量の観測値を用いる場合、②曇量と快晴日の全日放射量で表す場合、③日照率と大気上端における水平面日放射量で表す場合の3方法がある(近藤, 1990)。

一方、 $L_d \downarrow$ は(7)式で推定する。

$$L_d \downarrow = \sigma T^4 \{1 - (1 - \frac{L_{dr} \downarrow}{\sigma T^4})C\} \quad (7)$$

ただし、

$$L_{dr} \downarrow = (0.74 + 0.19x + 0.07x^2) \sigma T^4$$

$$x = \log_{10} W_{TOP}^*$$

$$\log_{10} W_{TOP}^* = 0.0315 t_{DEW} - 0.1836$$

ここで、 t_{DEW} : 地上の露点温度(°C)、 $L_{dr} \downarrow$: 快晴日の下向き大気放射量の日平均値、 C : 雲の効果を表す係数である。

なお、 C の求め方は、①曇量で表す場合、②日照率で表す場合、③日射量 $S \downarrow$ で表す3方法がある(近藤, 1990)。

4. 遮断蒸発能と関係因子

遮断蒸発能はいろいろな気象要素によって影響を受ける。図-1には、例として日照率20%、平均気温15°C、全日日照量8 MJ・m⁻²、森林のアルベド0.1、蒸気圧12mbとした場合について相対湿度と遮断蒸発能の関係を平均風速をパラメーターとして示した。

遮断蒸発能は近似的に平均風速に比例する。例として平均風速が3 m/秒の場合、相対湿度が70%と90%の遮断蒸発能はそれぞれ3.9、1.8mm/日である。なお、ここでは省略したが、全日日照量、平均気温によっても遮断蒸

図-1 平均風速をパラメーターとしたときの遮断蒸発能と相対湿度の関係(日照率:20%, 気温:15°C, 全日日照量:8 MJ・m⁻², 森林のアルベド:0.1, 蒸気圧:12mbの場合)

能は影響を受けることは当然である。

V. 対象地点の気象特性

本研究では盛岡地方気象台における気象資料を用いて降水日の遮断蒸発能を推定する。解析期間は1985年1月～1989年12月の5か年である。

なお、用いた気象要素は日々統計されている日平均気温、日平均蒸気圧、日平均相対湿度、日平均風速、日照時間、全日日照量、日降水量である。蒸気圧は露点温度 t_{DEW} を求めるために用いる。なお、以下では日照時間は日照率で表す。

1. 平均湿度、全日日照量、日照率

図-2の上段には、月平均と降水日平均の平均湿度を示した。これによると、盛岡では春期の湿度が低く、夏期・秋期のそれが高い。なお、年平均と降水日全体の平均湿度はそれぞれ73%、81%である。

図-2の中段には、月平均と降水日平均の全日日照量を示した。これによると、盛岡では春期・夏期の値が大きく、冬期の値が小さい。なお、年平均と降水日全体の全日日照量はそれぞれ11.7MJ/m²、8.0MJ/m²である。

図-2の下段には、月平均と降水日平均の日照率を示した。これによると、盛岡では夏期の日照率が小さく、特に7月の値は8%ときわめて小さい。なお、年平均と降水日全体の日照率はそれぞれ39%、20%である。

これらの気象特性から盛岡では春期の遮断蒸発能が大きくなることは予想できる。また、月平均と降水日平均の平均湿度、全日日照量、日照率には大きな違いが見られる。

2. 平均気温、蒸気圧、平均風速

図-3の上段には、月平均と降水日平均の平均気温を示した。平均気温は月平均、降水日平均ともに最大が8月、最小が1月である。なお、5～8月の降水日の気温

図一 盛岡気象台における平均湿度，全天日射量，日照率(○印：月平均値，●印：降水日平均値)

図一 盛岡気象台における平均気温，蒸気圧，平均風速(○印：月平均値，●印：降水日平均値)

は月平均よりやや低く，2，10，11月の降水日の気温は月平均よりやや高い。年平均と降水日全体の平均気温はそれぞれ 10.0°C ， 9.6°C であって，差は小さい。

図一 3 の中段には，月平均と降水日平均の蒸気圧を示した。これによると，蒸気圧の季節変動は平均気温と同様で，盛岡では冬の蒸気圧が低く，夏期のそれが高い。なお，年平均と降水日全体の蒸気圧はそれぞれ 10.8mb ， 11.4mb である。

図一 3 の下段には，月平均と降水日平均の平均風速を示した。これによると，盛岡では春期の値が大きく，夏期，秋期の値が小さい。なお，年平均と降水日全体の平均風速は 3.0m/s で同じである。

以上のように，平均気温，蒸気圧，平均風速は月平均と降水日平均で差が小さい。

VI. 熱収支による遮断蒸発能と遮断蒸発量の計算

1. 遮断蒸発能 I_p

有効入力放射量がゼロか否かで I_p は(3)式または(4)式を

用いるが，盛岡では有効入力放射量はゼロとならないので，ここでは(4)式を用いて I_p を計算した。その際，Kondo・Watanabe(1991)を参照して，密な森林を想定し， $C_H=0.005$ を用い，風速は気象台の実測値を用いた。

なお，森林のアルベドは 0.1 と固定し， $S_d\downarrow$ は降水日の全日照量の月平均値を用い，また，(6)式の雲の効果を表す係数 C は日照率で表す方法によった。

図一 4 の上段には，解析期間の月別の遮断蒸発能 I_p を示したが，その最大は5月の 3.8mm/日 ，最少は1月の 1.2mm/日 である。 $I_p=3.8\text{mm/日}$ の場合，一降水が3日間続けば一降水で 11.4mm の遮断蒸発量があるということになる。

2. 遮断蒸発量

森林環境が一定でも遮断蒸発量 I (mm/日)は降水量 P (mm/日)と遮断蒸発能 I_p (mm/日)による。すなわち，降水量が遮断蒸発能より小さい場合は，遮断蒸発量は降水量を超えない。また，降水量が遮断蒸発能より大きい場合は遮断蒸発能を超えない。したがって，本研究では遮断蒸発量は(7a)，(7b)式とおいた。

$$I = P, \quad (P < I_p) \quad (7a)$$

$$I = I_p, \quad (P \geq I_p) \quad (7b)$$

なお、樹冠の保水量 S は当日に遮断蒸発量として消失することとした。つまり、本モデルでは $P \geq I_p$ の多降水日には樹冠はちょうど24時間ぬれているという仮定が含まれている。

本研究のモデルが妥当かどうかについて一言述べておこう。 I_p は降水中のぬれた樹体表面からの蒸発速度であるので、遮断蒸発量 I は I_p と降水継続時間 τ の積である。実際の降水現象は途切れることがあるが、樹体表面の保水の大部分が乾燥してしまわない数時間以内の短時間に途切れがあったとしても、降水は継続したと考えるべきである。鈴木ら(1979)によると、 τ は16時間、服部ら(1982)では8時間である。これらから平均的に、 $\tau=12$ 時間(半日)程度とみてよいだろう。したがって、 $I_p=3$ mm/日程度を考慮すると、 $I=1.5$ mmになる。一方、降水が止んだとき樹体に保持されている保水量 S は1.92mm(鈴木ら, 1979), 1.24mm(服部ら, 1982), 1.0~2.1mm(Monteith, 1975)と言われており、平均的に1.5mm程度とみてよいだろう。この保水量はいずれ蒸発してしまう量である。実際の I は上記の降水中の蒸発(1.5mm程度)と、降水後の保水量からの蒸発(1.5mm程度)の和である。以上のことから、本モデルで計算した遮断蒸発量は第1近似として妥当とみてよいだろう。より詳細なモデルによる

計算は続報にゆずる。

図-4の下段には盛岡の気象資料に基づいて計算された月遮断蒸発量を示した。前述のように、森林環境が同じ場合でも、遮断蒸発量は降水量と遮断蒸発能に影響を受けるが、年による降水量の変動が大きい期間(夏期、春期)の変動が大きく、冬期のそれが小さい。

解析期間の月平均遮断蒸発量は図中の○印で示したが、最大は5月の30.9mm/月、最小は12月の12.6mm/月である。

VII. 水収支法による結果との比較

1. 水収支法による遮断蒸発量の測定

村井(1970)は盛岡市近郊(北へ約20km離れている岩手郡玉山村好摩)のアカマツ林とカラマツ林で水収支法による遮断蒸発量を測定したが、ここではその成果との比較を行なう。

村井はA区(アカマツ高木層のみ)、B区(アカマツ高木層の下に低木類を含む)、Q区(カラマツ林無処理区)、R区(カラマツ林間伐区)、T区(アカマツ・広葉樹混交林無処理区)の5区について遮断蒸発量の測定を行なった。本研究で示した熱収支モデルは密な森林を対象とするものであるから、高木層のみの試験区を選んだ。それはA、Q区である。森林が密でない場合にどのようなかを見るために間伐区のR区を選んだ。以下ではそれらをそれぞれアカマツ林、カラマツ林、カラマツ林(間伐)と呼ぶこととする。

表-1には熱収支法と村井の結果を示したが、参考のため同表には服部ら(1982)が茨城県下笠間営林署管内のヒノキ林で測定した値も示した。

アカマツ林の林齢は40~45年生(平均43年)、樹冠層の疎密度は密(85%)である。カラマツ林の林齢は28~30年生(平均29年)、樹冠層の疎密度は密(95~96%)である。カラマツ林(間伐)の林齢は28~30年生(平均29年)、樹冠層の疎密度は中(53~78%)である。

期間はアカマツ林では1956年10月~1960年9月の4年間であり、カラマツ林とカラマツ林(間伐)では1966年10月~1969年9月の3年間である。なお、表-1には前年の10月から当年の9月を測定年として表示した。

2. 熱収支法と水収支法の遮断蒸発量の比較

1) 年遮断蒸発量について

盛岡気象台における解析期間の年降水量は1027.5mm~1269.0mmであり、熱収支法による年遮断蒸発量は242.0~299.4mm、その降水量に対する比(遮断率)は20.2~29.1%である。

アカマツ林での年降水量は1106.6mm~1462.1mmであり、水収支法による年遮断蒸発量は230.1~324.9mm、遮断率は19.5~23.9%である。一方、カラマツ林とカラマツ林(間伐)の年降水量は1089.5mm~1279.0mm、水収支法によ

図-4 盛岡の気象資料に基づいて計算された遮断蒸発能と遮断蒸発量の月別値(下段の横線は各年、○印は5か年平均値)

表-1 年降水量と年遮断蒸発量およびその比との関係

	年	降水量 mm	遮断 蒸発量 mm	遮断率 %	林冠 疎密度 (%)	樹高 m	場所	備考
密な森林	1985	1027.5	299.4	29.1			岩手県	盛岡気象台 の気象条件 (熱収支法)
	1986	1116.0	242.0	21.7				
	1987	1269.0	256.8	20.2				
	1988	1071.5	281.9	26.3				
	1989	1143.5	245.0	21.4				
アカマツ林	1957	1317.5	315.9	23.9	密 (85)	15	岩手県	村井(1970)のA区 (水収支法)
	1958	1106.6	230.1	20.8				
	1959	1462.1	283.9	19.5				
	1960	1403.3	324.9	23.1				
カラマツ林	1967	1089.5	286.6	26.3	密 (95~96)	10~11	岩手県	村井(1970)のQ区 (水収支法)
	1968	1279.0	291.0	22.7				
	1969	1123.5	258.8	23.0				
カラマツ林 (間伐)	1967	1089.5	183.2	16.8	中 (53~78)	13~14	岩手県	村井(1970)のR区 (水収支法)
	1968	1279.0	196.2	15.3				
	1969	1123.5	184.5	16.4				
ヒノキ林	1980	1542.5	328.9	21.3	密	11	茨城県	服部ら(1982) (水収支法)

る年遮断蒸発量はそれぞれ258.8~291.0mm, 183.2~196.2mm, 遮断率はそれぞれ22.7~26.3%, 15.3~16.8%となり, 間伐区の方が76~95mm(7~10%)少ない。つまり間伐区の遮断蒸発量は密な森林の約67%である。

水収支法と熱収支法で推定した結果は期間・場所が異なるので両方法を直接比較することには若干問題があるが, 熱収支法の評価の目安となる。

表-1の水収支法と熱収支法で推定した遮断率は降水量が大きくなるにつれて小さくなる傾向が認められる(図-8も参照)。

2) 月遮断蒸発量について

本研究で推定した年遮断蒸発量または遮断率は林冠疎密度が密の場合に相当することがわかる。そこでここでは, 月降水量との関係をアカマツ林・カラマツ林について比較する。

図-5には, 水収支法と熱収支法で推定した月降水量と月遮断蒸発量の関係を示した。降水量が大きくなるにつれて遮断蒸発量は大きくなる傾向を示している。

VIII. 遮断蒸発量の地域特性

上記のように熱収支法は大筋で遮断蒸発量の推定として妥当であることがわかった。そこで, 気象条件の異なる他の地域についても同様な方法で降水日の遮断蒸発能と遮断蒸発量を計算し, その地域特性を調べた。

1. 遮断蒸発能について

図-6には, 盛岡, 名古屋, 宮崎における降水日の気象条件を用いて計算した遮断蒸発能の季節変化である。名古屋と宮崎の遮断蒸発能の最大は8月であり, 盛岡とは異なった傾向を示している。

この主たる原因は, 盛岡と名古屋・宮崎の夏期の降水日における全日日射量, 平均気温, 平均風速の違いによる。

2. 遮断蒸発量について

上記のように遮断蒸発能に地域的な違いが認められたので, 遮断蒸発量を計算し, 図-7に示した。

名古屋と宮崎の夏期の遮断蒸発能の違いは小さいが, 同期間の遮断蒸発量の違いは大きくなった。この原因はこの期間の降水量およびその頻度の違いによる。とくに

図一五 月降水量と月遮断蒸発量との関係

図一六 遮断蒸発量の比較(○印:盛岡, ○印:名古屋, ●印:宮崎)

8月の降水量の違いが大きいためによる。

3. 年遮断率について

図一八は年降水量と年遮断率の関係である。同図には表一のアカマツ林、カラマツ林、ヒノキ林の水収支法による測定と熱収支法の場合を示した。

年遮断率は年降水量とともに減少傾向を示すが、このような傾向は既往の水収支法で得られた結果からも知られていることである。

IX. あとがき

遮断蒸発量は、森林の水循環において重要な位置を占めているにもかかわらず、その推定方法の研究は遅れている。

本研究では熱収支法によって遮断蒸発量の推定方法を示し、各気象観測地点の気象資料から当該地の遮断蒸発量の推定を試みた。この計算では、気象官署における気象資料を用いた。遮断蒸発量は降水日の風速、気温、湿

図一七 遮断蒸発量の比較(○印:盛岡, ○印:名古屋, ●印:宮崎)

度、放射量の関数であり、これらの誤差が結果に誤差を含むことになる。誤差は風速に1m/s、気温に1℃、相対湿度に5%、放射量に10W/m²程度が考えられる。その場合の年遮断量(300mm/年程度)に及ぼす誤差を評価してみると、それぞれ16mm/年、25mm/年、-24mm/年、9mm/年となった。それゆえ、気象条件の推定による年遮断蒸発量の誤差は大きくないことがわかる。また、雪と雨の場合で遮断蒸発量に多少の違いがある。同じ一降水の降水量に対して雪の場合は降水継続時間が雨より約1.6倍長い。このことによる年遮断蒸発量の誤差は10mm/年以下である。いずれも詳細は続報の敏感度テストによって説明される。

図-8 年降水量と年遮断率との関係

本研究では一応の成果が得られたので、今後は熱収支法による精度の高いモデルをつくり、遮断蒸発量を計算し、測定値と比較検討するとともに、森林環境(林冠疎密度、樹種、着葉の有無、下層植生の有無等)との関係についても研究したい。

最後に、本研究を進めるにあたって岩手大学大学院連合農学研究科村井 宏教授に有益なご助言を戴いた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

1. 近嵐弘栄・服部重昭(1983): ヒノキ林における林内雨量の推定, 林試研報, 324, pp. 101~124
2. 服部重昭・近嵐弘栄・竹内信治(1982): ヒノキ林における樹冠遮断量測定とその微気象学的解析, 林試研報, 318, pp. 79~102
3. 平田徳太郎(1921): 樹冠保留雨量に就いて, 森林測候所特別報告, 6, pp. 1~38
4. 近藤純正(1984): 複雑多様な地表面の熱収支—研究の指針一, 天気, 31, pp. 43~51
5. ———・渡辺 力(1988): 森林による雨水の捕捉・蒸発, 1988年日本気象学会秋季大会講演予稿集, 54, pp. 70
6. ———(1990): 日射と大気放射, 水文・水資源学会誌, 3(4), 1~13
7. ———・中村 亘・山崎 剛(1991): 日射量および下向き大気放射量の推定, 天気, 38, pp. 41~48
8. ———・渡辺 力(1991): 広域陸面の蒸発—研究指針一, 天気, 38, (投稿中)
9. Kondo, J. & T. Watanabe (1991): Studies on the bulk transfer coefficients over a vegetated surface with a multilayer energy budget model, J. Atmos. Sci., (投稿中)
10. Monteith, J.L. (1975): Vegetation and the Atmosphere, Academic Press. pp. 278
11. 村井 宏(1970): 森林植生による降水の遮断についての研究, 林試研報, 232, pp. 25~64
12. Murphy, C.E. & Knoerr, K.R. (1975): The evaporation of intercepted rainfall from a forest stand; An analysis by simulation, Water Resour. Res. 11, pp. 273~280
13. 農商務省山林局(1917): 林木の雨水保持量に関する試験, 森林測候所特別報告, 4, pp. 205~220
14. Rutter, A.J., Kershaw, K.A., Robins, P.C. & Morton, A.J. (1971): A predictive model of rainfall interception in forests (I) Derivation of the model from observations in a plantation of Corsican pine, Agr. Meteorol. 9, pp. 367~384
15. ———, Morton, A.J. & Robins, P.C. (1975): 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, pp. 367~380
16. Stewart, J.B. (1977): Evaporation from the wet canopy of a pine forest, Water Resour. Res. 13, pp. 915~921
17. 鈴木雅一・加藤博之・谷 誠・福嶋義宏(1979): 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, 日林誌, 61, pp. 391~398
18. 武田京一(1951): 林地雨量について, 気象集誌, 29(6), pp. 19~32

(1991年5月31日受付, 1991年9月10日受理)