

岩屋小屋森林理水試験地における林外雨量と
林内雨量・樹幹流下雨量の関係について*

高瀬 恵次*・江崎 次夫**

Relationships among Drip, Through Fall, Stem Flow
and Net rainfall in IWAYAGOYA Experimental
Forest Watershed.

I はじめに

森林が流域における水循環に果たす役割を評価するための研究の一部として、前年度から愛媛大学農学部演習林岩屋小屋森林理水試験地において、林内雨量・樹幹流下雨量の測定を開始した。

前報ではこの試験区の概要と観測の状況、及び観測結果の一部を紹介し、今後予想される幾つかの問題点を指摘した。そこで、本報ではその後得られた観測資料をもとに、林外雨量と林内雨量・樹幹流下雨量の関係について検討を加えたので以下に報告する。

II 観測期間中の降雨状況

林内雨量・樹幹流下雨量の測定試験地は、岩屋小屋森林理水試験地内に設けられた4つの雨量観測点のうち、流域界尾根付近（標高約800m）の雨量観測点と谷付近（標高約670m）に位置する観測点の間に設置されている¹⁾。そこで表1には、両地点における月雨量を示した。観測期間中の総降雨量は約1800mm、1600mmで松山における1941年～1970年30年間平均値の2倍以上に達する。特に8月は例年になく前線の活動が活発で非常に大きな月雨量を記録している。

さて、両観測地点は水平距離にして250m程度しか離れていないにもかかわらず、観測降雨量には明らかな差が認められる。そこで、両観測点における日雨量及び時間雨量の関係を図1に示す。なお、日雨量については欠測日を除くすべてのデータを、時間雨量については7/1～7/15までのデータを用いた。図1から明らかなように、両地点の間には日雨量、時間雨量ともに極めて高い相関性が存在するが、谷における降雨量は尾根に比べてかなり小さいことがわかる。降雨量が標高とともに増加することはよく知られているが、両観測点の間の相違は標高だけでなく谷と尾根という地形因子にも起因していると考えられる。従って、

表1 試験地の月雨量分布

観測年月	林外雨量		松山における 1941～1970年の平均
	尾根	谷	
1980年6月	312.5	263.5	222
7月	596.5	461.5	202
8月	439.0*	425.0	91
9月	195.0	185.0	173
10月	200.5*	200.0	103
11月	73.0	71.5	71
	1816.5	1606.5	862

* 一部欠測

* Keiji TAKASE and Tsugio EZAKI: Relationships among Drip, Through Fall, Stem Flow and Net rainfall in IWAYAGOYA Experimental Forest Watershed

** 土地改良学研究室 Laboratory of Land Reclamation and Improvement Research

附属演習林 University Forest

こうした流域においては比較的小さい面積に降る雨量の把握さえかなり困難であり、できれば林内雨量測定地において林外雨量も測定することが望ましい。

III 林外雨量と林内雨量・樹幹流下雨量の関係

前報で述べたように、林内雨量 (= 通過雨量 + 滴下雨量) は90×90cmの受水わくを3個用い、そのうち2つ (№1と№3) を113.1ml/1転倒の特製転倒計により、残り1つを15.71ml/1転倒の標準転倒計によって計測している。樹幹流下雨量は胸高直径9.2cm~12.6cm、樹冠投影面積1.40m²~4.64m²の計6本の測定木を抽出し、2つの標準転倒計に各々3測定木からの樹幹流を通過して計測している。林内雨量や樹幹流下雨量を表わす単位としては体積/単位時間 (例えばml/hr) や水深/単位時間 (例えばmm/hr) があるが、本論ではすべての測定雨量について後者を用いた。特に本論では、樹幹流下雨量について樹冠投影面積を支配面積としていることに留意されたい。

一方、IIで述べたように、本試験地では林外雨量でさえ谷部と尾根部でかなりの差が認められ、林外雨量としてどのような資料を採択するかは非常に難しい問題であるが、以下では尾根部における観測雨量を用いて論を進めることにした。

林外雨量と林内雨量・樹幹流下雨量の関係を図2に示す。また表2には林外雨量Rに対する林内雨量Ri及び樹幹流下

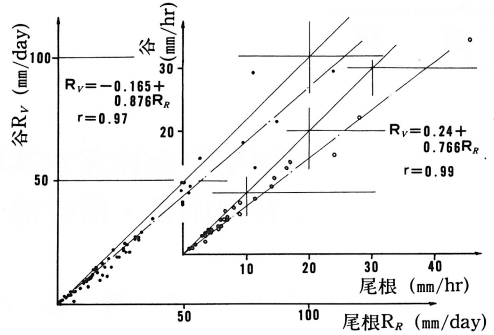


図1 谷と尾根の降雨量の比較

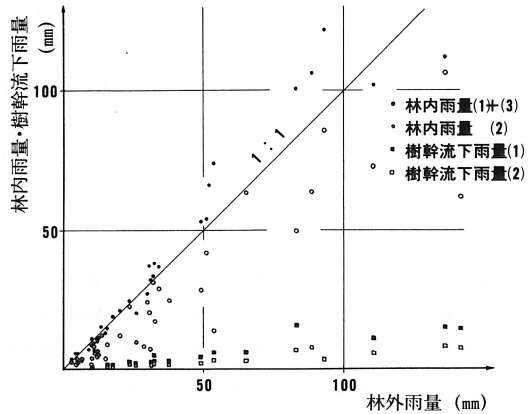


図2 林外雨量と林内雨量・樹幹流下雨量の関係

表2 林外雨量と林内雨量・樹幹流下雨量の回帰関係

林内雨量	Ri				備考	樹幹流下雨量 Rs			
	a	b	相関係数			a'	b'	相関係数	
林内 (1) + (3)	1.07	0.33	0.96	うっ閉率16%	樹幹(1)	0.11	-0.29	0.95	
(2)	0.62	0.21	0.91	84%	(2)	0.06	-0.27	0.96	
平均	0.94	-0.24	0.96	40%	平均	0.08	-0.27	0.95	
アカマツ・ヒノキ	0.914	0.015		混交壮齡林		0.06	0.005		
広葉樹	0.901	0.031		壮齡林		0.04	0.005		

雨量Rsの回帰式 (1式) の係数と他の研究者らによって報告されている係数の一例を示す²⁾。このように、林内雨

$$R_i \text{ or } R_s = aR + b \quad (1)$$

量に関しては、うっ閉率の違いによって係数aの値に極めて大きな差が認められる。村井は5m間隔の格子点数十点の中からランダムに抽出した27の観測点で受水面積100cm²のポット型雨量計により林内雨量を測定した結果、測定値が「極端に少ないのは樹冠の発達程度が稠密な場所や樹幹基部の位置であり、また、極端に多いのは樹冠末端部の直下で、雨滴が集中滴下するような場所であった」と報告している³⁾。今回測定に供した受水わく上の樹冠からの滴下雨量についても同様の現象が存在するとすれば、林内雨量(1)+(3)の係数aが1を超えることも、逆に林内雨量(2)の係数aがこれに比べて極めて小さいことも理解できる。従って今回得られたデータだけから当試験地における林内雨量の空間的平均値を知ることは難しいが、受水わく(1)~(3)の平均値と他の研究者らによって報告されている値を比較すれば、当試験地における林内雨量は林外雨量のおよそ90%程度であろうと考えられる。

樹幹流下雨量については、本論では樹冠投影面積を支配面積としたことはすでに述べたが、表2に示したa', b'の値から、本試験に供した樹木では樹冠上に降る雨の約1割が樹幹を通じて林床へ到達すると考えられる。

さて、林外雨量と林内雨量・樹幹流下雨量の関係が、統計的には非常に高い相関係数をもつ一次回帰式で表わされることは明らかであるが、次に現象論的な立場からこれらの関係を整理・検討した。

1 樹木を対象とした場合の収支条件は次式で与えられる。(ただし、樹冠支配面積内での通過雨量は無視できるものとする。)

$$R = R_D + R_S + I_C + E_t$$

即ち $R_D = R - (R_S + I_C + E_t)$ (2)

- R: 林外雨量
- R_D : 滴下雨量
- R_S : 樹幹流下雨量
- I_C : 樹冠遮断量
- E_t : 降雨期間中の樹冠からの蒸発散量

(2)式において、樹冠遮断量 I_C は降雨前の樹木の乾湿条件によって左右されるが、ある最大値 $I_C \max$ を有する。これに対して樹幹流下雨量は樹冠遮断量を超える林外雨量に比例すると考えられる。一方、降雨期間中の樹冠からの蒸発散量 E_t については、葉面に付着した雨水の蒸発が大部分を占める。水面からの蒸発量は気象条件、位置などによって異なるが夏季の晴天日で7~8 mm/day 降雨日で1~3 mm/day であると考えられるから、降雨継続時間が2~3日の場合でも E_t の値は5~20mm程度と予想される。以上のことを総合すると、林外雨量と滴下雨量の関係は図3に示すようになる。即ち先行降雨が多く樹木が十分に湿った状態にある場合の降雨に対しては $I_C \approx 0$ となり、滴下雨量は原点を通り傾き α (< 1)の直線に沿って増加する。樹木が乾燥すればするほど、この直線は右方向へ平行移動する。従って、乾湿条件の異なる数多くの降雨に対して、林外雨量と滴下雨量を図3のようにプロットし、これらを包絡する直線を描けばx切片から樹冠遮断量の最大値 $I_C \max$ を知ることができる。また直線の傾き α から樹幹流下雨量と降雨期間中の蒸発散量についての情報を得ることができる。そこで、本試験地における林内雨量のデータから次の様な方法で滴下雨量を分離して検討を加えた。

本試験における各雨量間の関係は模式的に図4のように表わされる。滴下雨量が樹冠下では一様に分布し、通過雨量は林外雨量に等しいと仮定すれば、観測された林内雨量から次式によって滴下雨量を求めることができる。

$$R_D = \frac{1}{A_2} \{ (A_1 + A_2) R_i - A_1 R \} \quad (3)$$

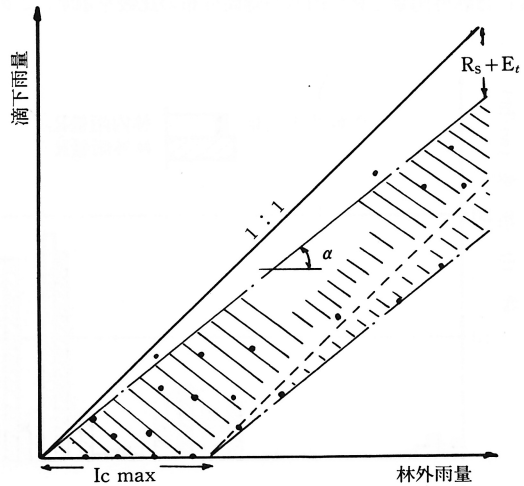


図3 林外雨量と滴下雨量の関係を示す模式図

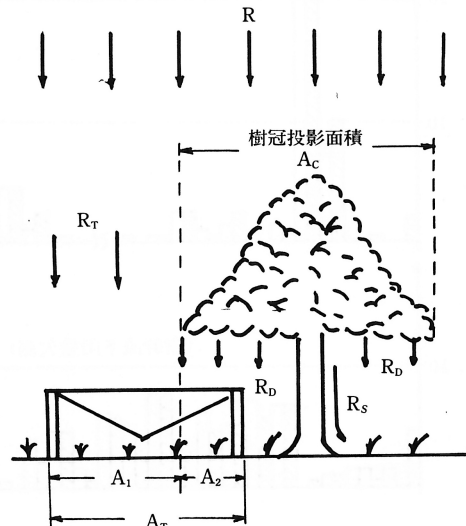


図4 受水わくと各雨量の関係

(3)式によって求めた滴下雨量を林外雨量に対してプロットした結果、樹冠遮断量最大値 $I_c \max = 15\text{mm}$ を得たが、上限、下限を包絡する直線の傾きは一致せず、 α を同定することはできなかった。これは、樹冠下で滴下雨量が一樣に分布すると仮定したこと、蒸発散量の影響がそれぞれの降雨で異なることなど様々な要因によるためと考えられ、計測法も含めて今後の検討課題である。

IV 林内雨量の時間分布

これまで述べてきたように、総雨量に関しては林外雨量と林内雨量の間に高い相関性が存在し、その中でのバラツキも先行降雨条件等の乾湿状態と降雨期間中の蒸発散量を考慮することによってある程度補正されるであろうことが予測された。しかしながら、森林における流出現象を考える場合には総雨量もさることながら、降雨の時間的分布を把握することも重要な課題の1つである。そこで、幾つかの降雨例について林外雨量と林内雨量（平均値）の比較を試みた。

比較の際には林内雨量の時間分布を林外雨量の最小計測単位である0.5mm単位に再整理した。

図5には林外雨量と林内雨量の時間分布の比較を示す。このように降雨初期には林外雨量>林内雨量なる傾向を

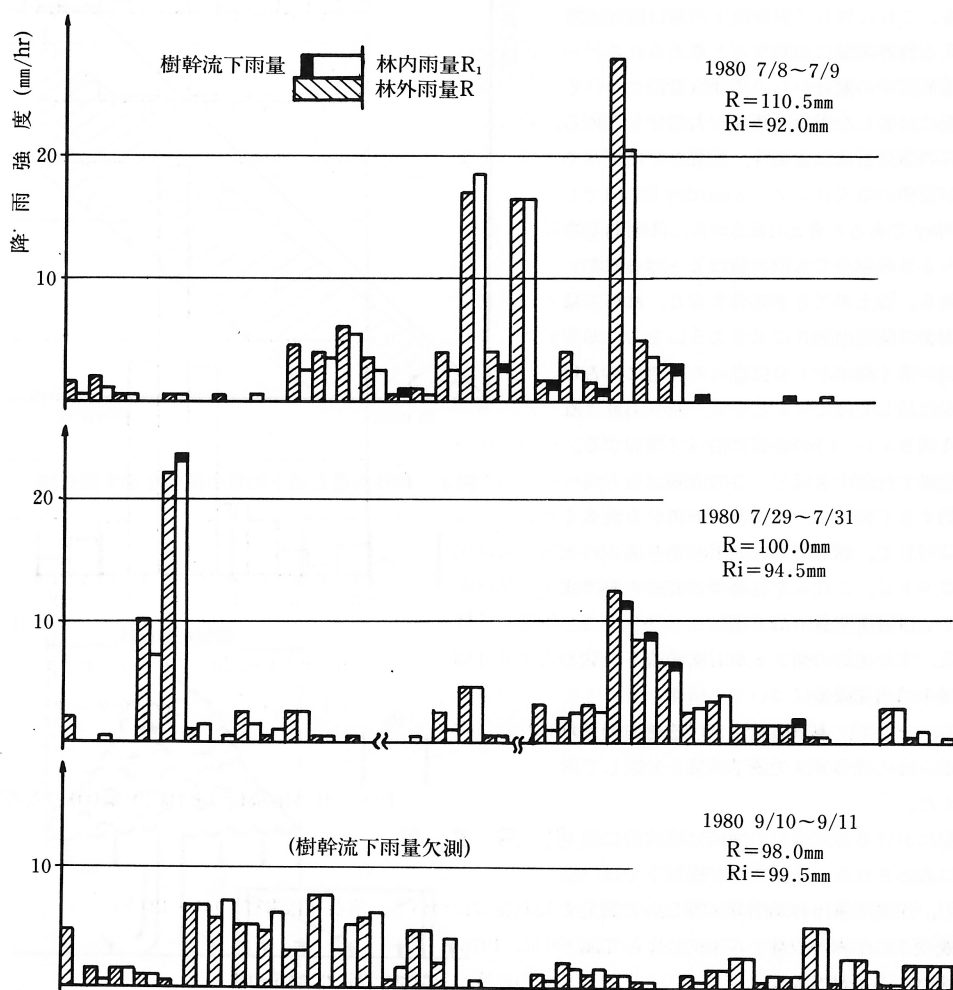


図5 林外雨量と林内雨量の時間分布の比較

示すが、累加雨量が数mm～十数mmに達するとはっきりとした傾向が認められなくなる。これは樹木に付着する水量がこのあたりで飽和に達するためと考えられる。また、降雨が数時間休止した直後にも林外雨量>林内雨量となるが、この傾向は数mmの累加降雨によって消滅する。しかしながら、この図からだけでは林外雨量と林内雨量の時間分布特性を厳密に比較することはできないので、各時間雨量について両者の差の分布を検討した。図6には階級毎の差の分布と全資料の分布を示す。このように差の分布は負の度数のやや多い分布を示すが、これは降雨初期の影響によるものと考えられる。このことを考慮すれば、十分な累加降雨後の差の分布はおそらく0を中心とした正規分布に近いものとなる予想され、林外雨量と林内雨量の時間分布にほとんど差がないものと考えられる。

V ま と め

本報では林外雨量と林内雨量・樹幹流下雨量の関係について検討した。その結果、以下のようなことが明らかとなった。

- i) 林内雨量・樹幹流下雨量と林外雨量の間には非常に高い相関関係が存在し、各々の関係を一回帰式で表わすことができる。
- ii) 林内雨量から滴下雨量を分離して解析した結果、樹冠遮断量最大値はおよそ15mm程度と予想された。
- iii) 林内雨量と林外雨量の時間分布を比較すると降雨初期には林外雨量>林内雨量となるが、累加雨量が数mm～十数mmに達すると両者はほぼ等しくなる。この傾向は両雨量の差の分布を調べることにより、一層明らかとなった。

しかしながら、林内雨量、樹幹流下雨量は空間的な不均一性が著しく、今回の測定でも測定位置によってかなりの差が認められた。従って時間的分布は林外雨量と大差がなくても、この空間的不均一性によって森林における流出現象が複雑化する可能性もある。さらに、本論で述べた林外雨量と林内雨量・樹幹流下雨量の関係は多分にこの不均一性の影響を受けていると考えられ、今後、計測法の改良等を含めたより詳細な検討を行なう必要がある。

最後に、本試験の観測に際し御協力を頂いた演習林の技官の方々に、記して深謝の意を表す。

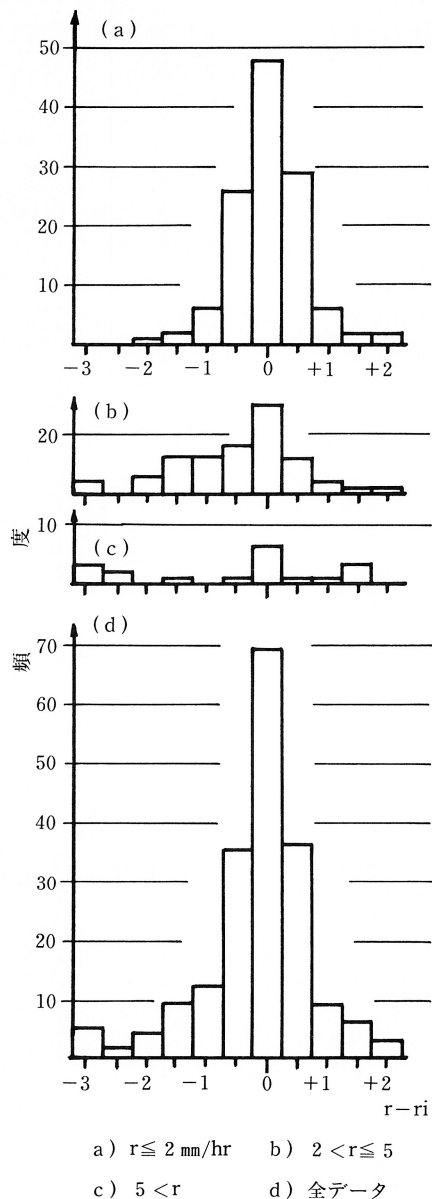


図6 林外雨量(r)と林内雨量(ri)の差の分布

引用文献

- 1) 小川滋ら：岩屋小屋森林理水試験地の設定と観測施設について。演習林報告17：117～124
- 2) 中野秀章：森林水文学。65pp，共立出版，東京，1976
- 3) 村井宏：森林植生による降水のしゃ断についての研究，林試研報№232：25～64

(1981年8月31日受理)