

樹冠遮断研究の新たな展開—降雨中に大量蒸発が起こるメカニズム—

村上茂樹 ((独) 森林総合研究所 十日町試験地)

はじめに

樹冠遮断による蒸発は年降水量の約 10～50%を占め、そのほとんどは降雨中の蒸発である。さらに、樹冠遮断は降雨強度に比例して増加するとされ、蒸発速度は 10 mm h^{-1} 以上にも達することがある。近年、飛沫蒸発説が提唱されてこの蒸発メカニズムの解明が進んだが^{2), 3)}、樹冠遮断に伴う水蒸気・潜熱の輸送メカニズムと潜熱の供給源は不明である。本研究では飛沫蒸発説を概観し、新たに提唱・定式化された基本原理、蒸発力⁴⁾によって降雨中の大量蒸発が説明可能なことを指摘する。

飛沫蒸発説と水蒸気・潜熱輸送

茨城県の森林総合研究所常陸太田試験地において、ヒノキ林の樹冠遮断を2年間測定した²⁾。図1は一降雨における時間雨量(降雨強度)と時間当たりの樹冠遮断量(蒸発速度)の測定例である。両者は比例関係にあり、最大蒸発速度は 5.4 mm h^{-1} であった。熱収支的に考えると、濡れた樹冠表面からの蒸発は降雨強度に無関係であるため、比例関係は説明できない。雨滴の粒径と個数密度は降雨強度と伴に増加するので(Marshall-Palmer 分布)、雨滴が樹冠に衝突して発生する飛沫とその飛沫からの蒸発も降雨強度と伴に増加する。相対湿度 95% (降雨中を仮定)、気温 $10\sim 20^\circ\text{C}$ における計算では、直径数 $10 \mu\text{m}$ 以下の水滴は数 m の自由落下で蒸発・消滅するので、図1の比例関係は飛沫蒸発によって定性的に説明可能である。

図1では降雨中に蒸発が継続しており、当然ながら水蒸気は未飽和である。一方、 5 mm h^{-1} の蒸発には太陽定数の 2.5 倍の 3407 W (20°C) もの潜熱が必要である。これらの観測事実を説明するには効率的な水蒸気・潜熱の輸送メカニズムと大きな熱源が必要となる。しかし、そもそも樹冠遮断を議論する前に、降雨中の水蒸気

が飽和しない仕組みが解明されていない。

蒸発力

いま飽和湿潤空気を考えると、全圧に占める各気体の分圧の割合は、水蒸気以外では高度に対して一定であるが(Dalton の法則)水蒸気では高度と伴に減少する。これが原動力となって蒸発力(evaporative force)が生じる。水蒸気の断熱減率は 1.2 K km^{-1} で湿潤空気よりも小さいため、蒸発した水蒸気は雲底で凝結するまで上昇を続ける。また、蒸発力は湿潤なほど大きいので降雨中には強く作用する。飛沫からの大量の上向き水蒸気フラックスを補う形で、上空で凝結・放出された潜熱が下降して樹冠で消費されるとすれば左記の問題は矛盾なく説明できる。

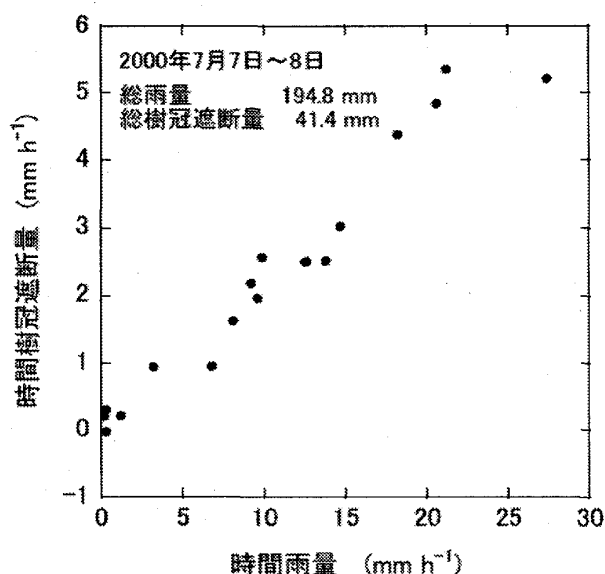


図1 時間雨量(降雨強度)と時間樹冠遮断量(蒸発速度)

【文献】

- 1) 塚本良則ら, 1988. 波丘地研究, **6**, 60-82.
- 2) Murakami, S. 2006. J. Hydrol., **319**, 72-82.
- 3) Murakami, S. 2007. J. Hydrol., **342**, 305-319.
- 4) Makarieva, A. M. and Gorshkov, V. G. 2007. Hydrol. Earth Syst. Sci., **11**, 1013-1033.