

屋外都市スケールモデルを用いた降雨中遮断蒸発の検討

東京工業大学

学生会員○仲吉 信人

東京工業大学

正会員 森脇 亮

東京工業大学

正会員 神田 学

1. はじめに

降雨中に生じる遮断蒸発はその量が無視し得ないほど大きいと言われており、例えば森林では降雨中の遮断蒸発量が降雨量に対して 30%程度にも相当することが知られている。しかし、そのメカニズムは十分に把握されていないのが現状である。近年、森林域では遮断蒸発は樹体に保留される量だけでは説明できず、降雨強度の増加とともに降雨中蒸発（Evaporation During Rainfall, EDR）が増えると主張されている（塚本ら，1998；Murakami, 2006）。一方でこの大きな蒸発を維持するためには熱供給（例えば大気から地表面へ向かう顕熱）が必要であるが、熱収支的にこれを示唆するような現象は起きていないという報告もある（水谷ら，1997）。そこで本研究では、降雨・流出過程を完全に閉じることが可能な屋外スケールモデル実験サイト上において、降雨・流出の残差から遮断蒸発量を計測するための装置を整備し、降雨中の遮断蒸発量について検討を行った。本実験施設は、浸透をほぼ無視でき、降雨中にリアルタイムで高精度に降雨・流出過程が計測できるという大きな特長をもっている。

2. 実験概要

図-1 に屋外模型都市（以下 COSMO サイトと呼ぶ）の模式図を示す。50 m × 100 m のコンクリート基盤上に建物に見立てた 1.5 m 角のコンクリート立方体が建蔽率 0.25、表面積率 2.0 で配置されている。この中の一角（6 m 四方、図中網掛け部）に遮断蒸発実験施設を整備した。十分広い範囲に渡ってコンクリートブロックが配置されているため、水平方向一様性を仮定でき横方向からの移流の影響を無視できる。遮断蒸発実験施設の縁には遮水板を設置し、コンクリートブロック、床面ともに防水加工を施している。これによりサイト内への水の流入は降雨のみ、また水の流出は完全に量水計で計測可能な状態となっており、降雨中にリアルタイムで高精度な降雨・流出過程が計測できる。図-1 中の丸囲み数字は表-1 に対応し、それぞれ①量水計、②雨量計・気温計・相対湿度計、③風向・風速計、気温（2H の高さで計測、H はキャノピー高さを表す）、④熱流板（床面、壁面、屋根面、計 164 枚）、⑤遮断蒸発実験施設の設置箇所を示している。

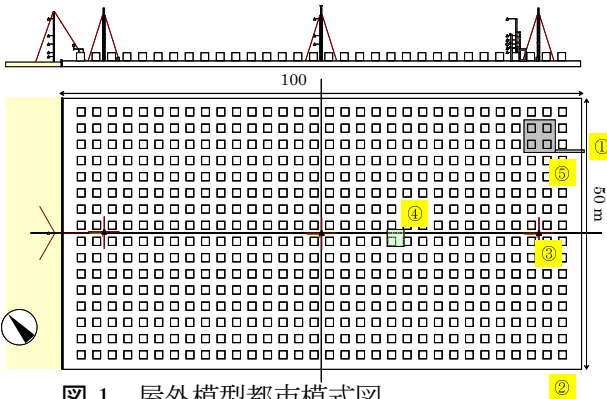


図-1 屋外模型都市模式図

表-1 計測機器一覧表

測定項目	測器	型番、製造元	サンプリング周期
① 流出量	転倒マス型量水計	UIZ-TB1000、株式会社ウイジン	—
雨量	転倒マス型雨量計	TR-525M、Texas Electronics, inc.	—
② 気温	Humidity and Temperature transmitter	Humitter50U/50Y(X)、Vaisala	1Hz
相対湿度			1Hz
③ 風速	風向風速センサー	03001-L、Campbell	1Hz
④ 表面温度	熱流板	HF-300T、Captec	1Hz

遮断蒸発サイトの防水性能、流出特性などについて検定を行ったところ、本施設における初期損失量（表面貯留量と初期浸透量）は 0.15 mm と極めて小さいことが確認された。

一降雨の取り扱いについては、雨量計解像度の 2 倍以上（0.2 mm）降った段階で降雨開始とし、雨量計カウント終了後 3 時間経過した段階で降雨終了としている。

キーワード 遮断蒸発，都市，水収支，屋外実験

連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1-I4-9 TEL 03-5734-2768

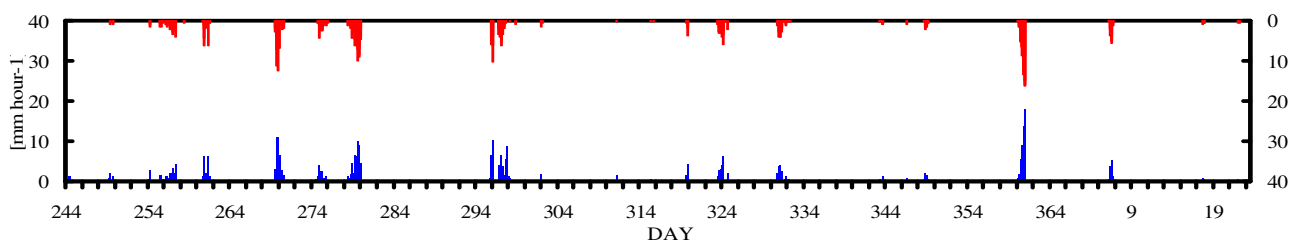


図-2 9月6日から1月21日までのハイドロハイエトグラフ 左軸：雨量 右軸：流出量

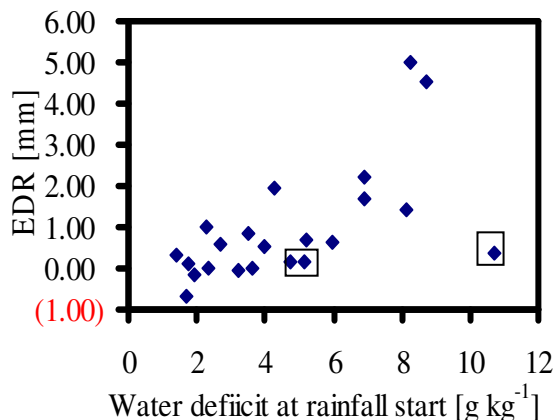


図-3 積算 EDR と降雨開始時飽差の関係

□は降雨の全てが蒸発したデータ

3. 結果と議論

2006年9月から翌年1月21日までに本サイトで得られた降雨数は32で、最大降雨強度にして $0.1\text{--}13.1\text{ mm hour}^{-1}$ 、総降雨量にして $0.2\text{--}134.5\text{ mm}$ までと有意な幅を持った降雨イベントが得られた(図-2)。

降雨量と流出量の残差から求めた一降雨毎の EDR は $0\text{--}4.9\text{ mm}$ とばらつきがあった。この一降雨 EDR について検討した結果、EDR は飽差に大きく依存することがわかった(図-3)。図-3によれば降雨開始時の飽差が大きくなるほど一降雨 EDR が増加する。図-4はある一降雨イベントのハイドロハイエトグラフと相対湿度を示している。降雨開始時は相対湿度が低く、降雨が継続しているにもかかわらず流出が生じていない。このことから飽差によって降雨中蒸発が駆動されていることがわかる。

次に森林水収支でよく議論されている EDR と降雨強度の関係性について検討した(図-5)。本実験結果からは、森林域で報告されているような顕著な降雨強度依存性は見られず(図上)、またその絶対値も森林のそれと比べて小さい(図下)ことが分かった。

参考文献

- ・塚本良則ほか：降雨中の遮断蒸発，水文・水資源学会 1998 年研究発表会要旨集，40-41，1998。
- ・Murakami: A proposal for a new forest canopy interception mechanism: splash droplet evaporation, J. Hydrol., 319, 72-82, 2006。
- ・水谷完治ほか：落葉広葉樹林における遮断蒸発の推定(2)，水文・水資源学会 1997 年研究発表会要旨集，157-158，1997。

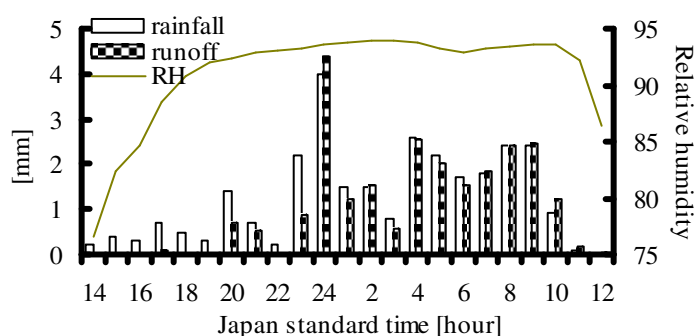


図-4 2006年10月1日の降雨，流出，相対湿度

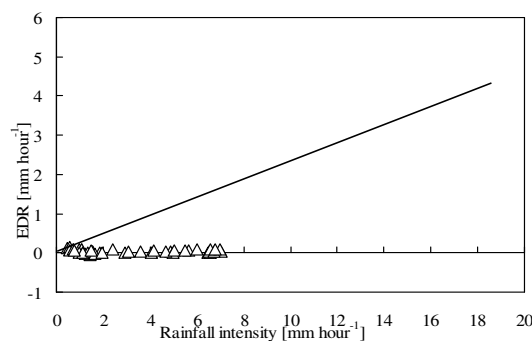
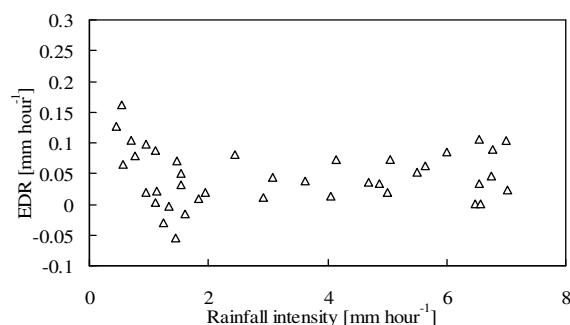


図-5 降雨中 EDR と降雨強度の関係

上図：本実験の結果，下図：森林での実験式 (Murakami, 2006) 図中のプロットは本実験