

63 熱帯降雨林におけるSSの発生・流下過程

農林水産省林野庁森林総合研究所
Forest Research Institute Malaysia

○三森利昭・野口正二・谷誠
Zulkifli Yusop・Baharuddin Kasran

1. はじめに

熱帯降雨林から流出する浮遊固体物(Suspended Solids:SS)の発生・運搬過程を量的・質的に明らかにすることは、森林生態系内の物質収支を考える上でも、また、連続する森林-河川生態系の相互作用を把握する上でも、有効であると著者らは考える。このSS発生・運搬過程を含む熱帯降雨林の水文学的過程について、森林総合研究所とマレーシア森林研究所による共同研究が1992年から行われてきた。今回、これまでの観測ならびに実験結果を元に、熱帯降雨林におけるSSの発生・運搬過程について若干の考察を行ったので、その結果を報告する。

2. 観測方法

観測を行ったBukit Tarek森林水文試験地はマレーシア半島の中央部に位置し、起伏の比較的小さいlow land hillである(図1)。年降水量は2414mmであり、月別では11月が最も多い。継続時間の短い降雨特性から、流出水と浮遊水質ならびにSSの変化については、急激な変化が予想されたため、降雨強度計と水位計、電気伝導度計(EC)・溶存酸素計(DO)からなる自動水質観測システム(すべて5分間隔でアップリグ)と、降雨強度をトリガーとし短時間間隔(5~30分)で採取する自動採水器と2時間間隔で採取する自動採水器の計2台による自動アップリグ水採取システム(SS測定用)を用いて、洪水時における変動を観測した。SSについては秤量法を用い、また濾過物の強熱減量についても測定した。また、裸地斜面の代表として林道上において、流水試験と自然降雨時のSS濃度の測定を行った。

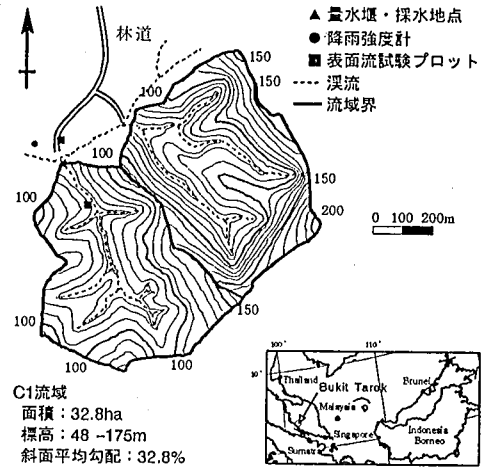


図1. 試験流域(Bukit Tarek森林水文試験地)

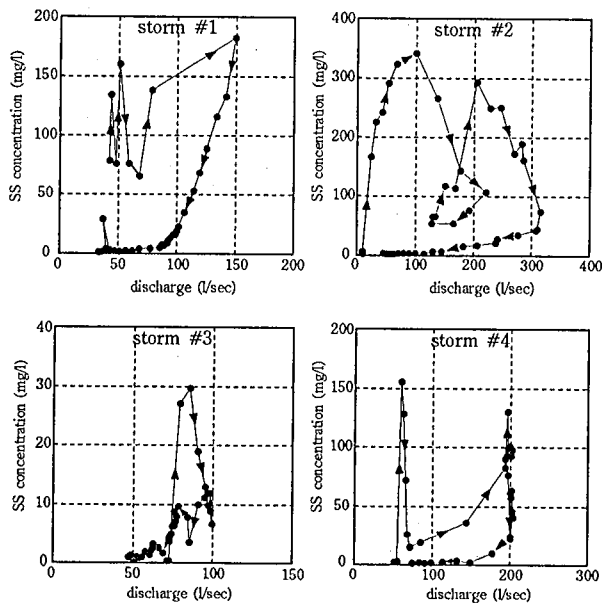


図3. 4つの出水における流出量-SS濃度の関係

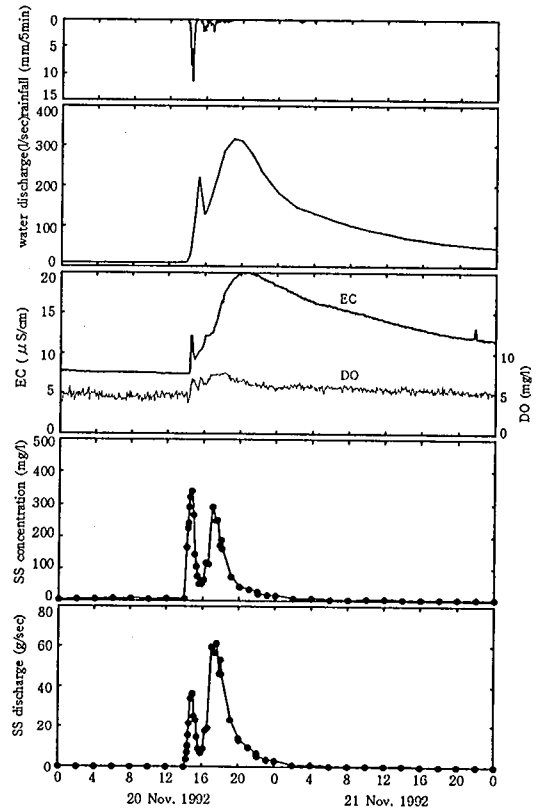


図2. storm#2における降雨・流出水量・水質の時間変化

3. 結果と考察

3.1. DO・EC・SSの変動

初期の降雨に対しDOは素早く応答していたが、DO濃度の高い降雨水が洪水初期の流出を形成するためと推察された。これに対し、地中流を起源とする高いEC値の水は洪水の後半を構成し、対照的であった。SS濃度はDOの変動と同様に流出水量の増加に先立ち上昇していた(図2)。SS濃度と流出水量との間にはフィッスループが認められ、その大きさは洪水のスケールと関係があった(図3)。SS濃度と相関が高いものとして降雨強度に着目し、降雨強度とSS濃度のピーク-クの時間差(ΔT)をSSの発生域から観測点までの運搬時間として、Manningの流速公式を用いて考慮したところ、ある時間TにおけるSS濃度:SS(T)は降雨強度: $R(T-\Delta T)$ のべき乗で表され((1)式、図4参照)、そのパラメータは洪水初期の流量に依存することがわかった(図5)。 $SS(T) = c \cdot [R(T-\Delta T)]^d$(1)

SSの強熱減量とSS濃度との関係では、SS濃度が増加するにしたがい30-40%程度に減少する逆比例の関係が見られたが(図6)、SS濃度の高低によって強熱減量に変化する理由はその発生起源が異なるためと推察された。

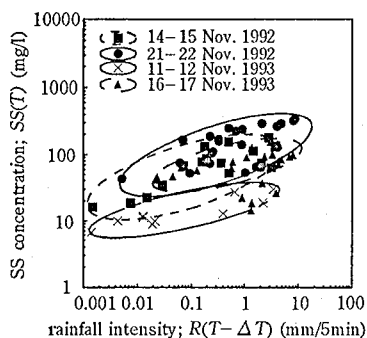


図4. 降雨強度とSS濃度の関係

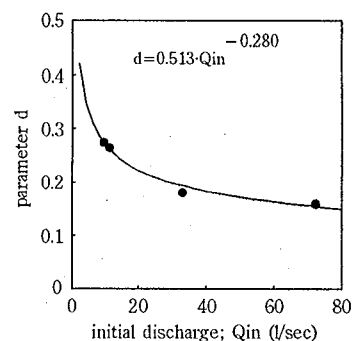
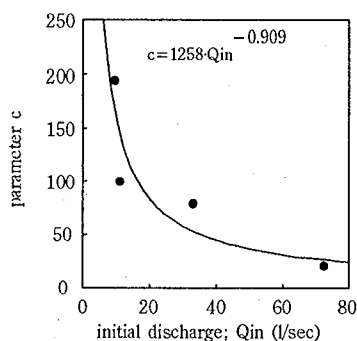


図5. (1)式におけるc・dパラメータ

3.2. 表面流実験

表面流による水理実験では、林地における実験で地中への浸透量が非常に多く、森林においてはほとんど表面流が生じないことが明らかになった。対照的に、林道表面における流出率はほぼ100%で多量の表面流を発生させていた。雨滴衝撃のある自然降雨時の林道におけるSSの発生量は雨滴衝撃のない表面流実験時の約1000倍に達し、雨滴衝撃による表土粒子の分離がSS発生に重要な役割を果たしていた。

3.3. SS発生過程の検討

SS濃度と降雨強度のピーク時間差が非常に短く、発生源から観測点までの間を発生後速やかに運ばれること、林地斜面上では表面流を発生し得ないことなどから、SSの発生源は溪流の近傍にあり、また、その発生源では非常に薄い表面流が発生していることが推察された。溪流沿いの帯状の湿潤な箇所や湿地状の箇所はこの条件を満たし、SS発生源である可能性が高い。Bukit Tarek森林水文試験地内にはこの様な溪流沿いの帯状の湿潤な箇所や湿地状の箇所は河道沿いに存在している。降雨とSS濃度のピーク-ク時間差から水理的に計算したSS発生源の付近は溪床勾配が緩く、付近には帯状の湿潤地や小規模な湿地状の箇所が溪流沿いに多く見られ、推測した発生源の特徴と合致していた。

比較的規模の小さい洪水における流出水量とSS濃度との良い対応は、洪水初期のSSと溪流水の発生源が一致していることを表す。SSの発生源が降雨の停止と共に消失するのに対し、流出水の発生源は降雨後も引き続き拡大するため、これが大洪水時における強いヒステリシスを生み出す原因となっている。SSの発生は降雨が継続している洪水ステージの初期の段階においては雨滴の衝撃力によって規定され、降雨停止後の洪水後期の段階においてはその発生源自体が消失することによって規定される。本研究において提示したSS発生源とSS発生機構は、湿潤な地域における小流域ではほぼ普遍的な現象であろう。

4. おわりに

熱帯林小流域におけるSS発生・流下過程について観測を行った。その結果、SS濃度は降雨と良い対応を示しており、降雨との遅れ時間も短くSS発生源は河道の近傍と推定された。なお、末尾ながら、本研究は環境庁地球環境研究総合推進費によって行ったことを付記する。

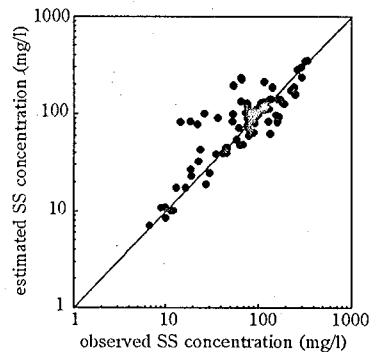


図6. SSの観測値と推定値((1)式)