

山林からの汚濁負荷流出の特徴と そのモデル化に関する研究

愛知県 正員 ○林 高吉 岡山大学工学部 正員 河原長美
岡山大学工学部 学生員 檀野秀樹 滋賀県立短期大学 正員 國松孝男

1. はじめに

近年、地球規模においては熱帯雨林の破壊や酸性雨により、わが国においてはゴルフ場やスキー場建設等のリゾート開発、宅地開発、道路建設やそれらの派生的効果などによって、森林面積は年々減少の一途を辿っている。

森林の役割について研究が進むにつれて、森林が極めて貴重な資源であることが広く認識されてきている。しかし、森林で起きている現象には未解明な部分が多く存在し、わが国の国土の70%弱を占め、水系水質に大きな影響を有すると推定されるにもかかわらず、森林での浄化作用や森林からの汚濁負荷の流出現象も十分に分かっていない。

そこで、本研究では山林の物質循環を考慮した汚濁負荷流出機構のモデル化に関する基礎的研究として、滋賀県三上山での観測値の検討をし、森林における物質循環と関係付けて汚濁負荷流出の特徴を検討した。

2. 用いたデータの概要と解析方法

本研究に使用したデータは、琵琶湖東岸の野洲町に位置する三上山で滋賀県立短期大学の國松・須戸らが観測した定期観測（およそ週一回の観測を一年間）と4回の降雨流出時の観測データである。これは、水文データと水質データの両者が観測されている。但し、研究で用いたデータの中には多くの欠測を含むものもある。また、観測流域では1988年1月～3月にかけて山頂付近において公園の造成工事が行われていて、これが2回目の降雨流出時のデータに影響を与えていると考えられる。

降雨時の解析に際しては、4回の降雨流出観測の内降水量が観測されている2、3、4回目の降雨流出時のデータを用い、降雨のみによる流量、濃度、負荷量を把握する目的で、降雨時流出中の負荷量並びに流量から基底流出量を差し引いた値を使用した。なお、降水量が観測される直前の観測流量と汚濁物質濃度を基底流出成分と考えた。

3. 森林における物質循環の概要

森林における物質の循環構造を模式的に表現すると図-1の様である。炭素（有機物）、窒素としてリン、ミネラルでは各々循環経路の重要性が異なり、個別の物質については、より簡略化された構造で表すことが可能であると考えられる。

3-1 森林における収支

炭素（有機物）は、植物体の光合成によって森林に取り込まれ、森林内での生物の呼吸、土壌中の有機物の分解による CO_2 放出、降雨による土砂流亡により森林から排出される。これらは、温度や植生等の影響を受けて変化するので、定量的なことは十分把握されていない。

窒素は、生物による窒素固定や降雨、降下粉塵によって森林に取り込まれ、生物による脱窒や降雨流出により森林から排出される。窒素固定と脱窒については現状ではあまりよく分かっていない。窒素は一般に流出しにくい物質であり、降雨中の濃度よりも流出水中の濃度の方が低い物質であることが多くの調査結果より分かっている。

リン及びミネラルは、降雨や降下粉塵中に含まれて入る経路と母岩の風化によって土壌に供給される経路で物質循環系に取り込まれ、降雨流出により森林から排出される。ここには生物的作用が働いていない。母岩の風化により供給される量やその結果流出する量は、母岩の分布状態に法則性がなく、同一森林内だからといって一様であるとは限らない。

3-2 森林内での循環

炭素（有機物）は、森林構成物質の90%以上を占める。リターフォールによる林木から土壌への養分供給はあるが、土壌から林木へという再循環経路が存在しない。

窒素は、温度、植生、土壌環境によって数値的にはかなり異なるが、約80～90%が土壌、特に鉾質土層に集積していて、樹体については集積量は低い。土壌にはリターフォールによる供給が主体であり、降雨による

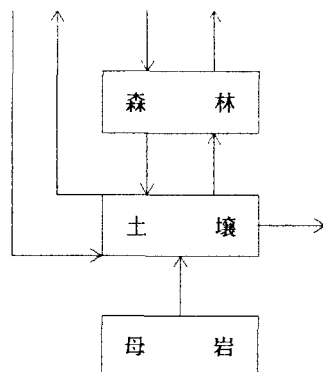


図-1 各物質の循環構造の模式図

洗脱、溶脱による供給量は少ない。また、土壌から林木へ再循環する。

リン及びミネラルは、概略的には窒素とほぼ同じ動きをする。リンは土壌への供給の主体がリターフォールであり、森林内を最も移動しにくい物質である。ミネラルは土壌への供給の主体が降雨による洗脱や溶脱であり、水を媒体として移動する。集積量や養分の供給・吸収量には、母岩の分布状況が大きく影響する。各物質の森林での蓄積量、循環量、ならびに、森林での収支を表-1、2に示す。

森林からの汚濁負荷の流出量については、森林での物質循環が影響すると考えられるものの、蓄積量や循環量に比して極わずかな量であり、これらの量とは相対的に独立していると考えられる。

4. 観測結果の解析

図-2に年間の水質変化の例を示す。図より明らかなように、季節的变化は必ずしも明瞭ではない。個々の物質に関しても、TN、TPおよびSSは、流量が大きい時に濃度も高く、よく似た挙動を示すが、SSは他の2つの項目に比べて濃度の立ち上がり早い様である。また、ミネラルは流量がピークの時に濃度が低下する傾向がある。

降雨時の濃度変化の例を図-3に、また、累加流量と累加負荷量との関係の例を図-4に示す。浮遊性物質(SS、PN、PP、PCOD)と溶解性物質(DN、DP、DCOD)並びにミネラルとではそれぞれ傾向が異なる。浮遊性物質では、流量よりも早く濃度上昇してピークに達し、流量の減少に伴い上昇前と同等の濃度か、もしくはそれ以下の濃度に比較的早い時間で到達する。また、累加流量の急増と共に累加負荷量も上昇し、その後は一定量を保持する傾向がある。ミネラルでは、時間流量と負荷量が高い相関関係を示し、累加流量と累加負荷量では更に高い相関関係を示す。溶解性物質では、流量よりも早く上昇してピークに達するが、上昇前と同程度の濃度に戻るには浮遊性物質よりも時間がかかる。また、累加流量と累加負荷量の関係を見ると、ミネラルと浮遊性物質の中間的な関係となるが、ミネラルに近い傾向を示す。

表-1 森林における物質循環 (1)

物質	リター中の成分割合 (%)	林内雨+樹幹流質量 (kg/ha/yr)	山林からの流出負荷量 (kg/ha/yr)
C	45.0~55.0	—	10.7~13.9 (COD)
N	0.50~1.5	7.0~34.5	0.60~12.7
P	0.04~0.1	0.2~7.5	0.060~0.51
Ca	0.50~1.5	16.1~70.3	5.0~145
Mg	0.10~0.3	4.6~4.8	2.3~23.2
K	—	14.7~59.7	2.3~9.0

表-2 森林における物質循環 (2)

わが国における森林の落葉量 (t/ha/yr)
2.7±0.6 (落葉針葉樹林)
~3.7±1.5 (常緑広葉樹林)
わが国における森林純生産量 (t/ha/yr)
8.7±3.0 (落葉針葉樹林)
~18.1±4.9 (常緑広葉樹林)
各気候帯多雨地域における極相林の生育期間中の呼吸速度 (t・CO ₂ /ha/yr)
13.14~35.04 (温帯落葉広葉樹林)
から17.52~52.56 (暖帯照葉樹林)

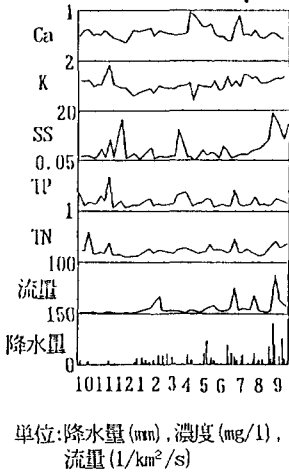


図-2 各項目の季節的变化

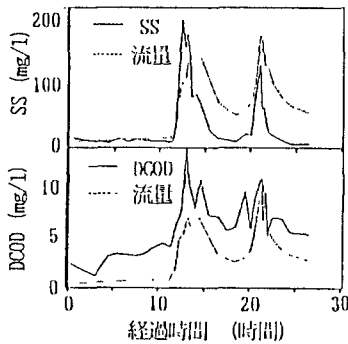


図-3 時間流量と各物質濃度との経時的変化の例

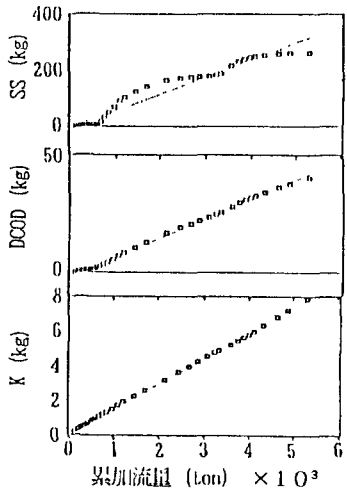


図-4 累加流量と各物質累加負荷量との相関図の例