

II-611 降雨時の森林域からの溶存態有機物および鉄、アルミニウムの流出特性に関する研究

東北大学大学院 学生員○林 誠二
東北大学工学部 正員 後藤光亀
東北大学工学部 正員 須藤隆一

1. はじめに

森林域からの有機物の流出は流入水域生態系の維持に不可欠である一方で、時として富栄養化を助長する働きや、利水面においても凝集阻害を引き起こすなどの好ましくない側面も有している。これに対しその流出特性について十分な検討が必要であると考えられるが、窒素、リンといった栄養塩に関連した汚濁負荷としての評価は数多くなされているものの、有機物の組成に着目し、更に土壤中において有機物の挙動と密接な関係を持ち、水域の生態系や利水において大きな影響を与える鉄やアルミニウムの流出を併せて評価した事例は非常に少なくその検討が必要とされる。そこで今回、その初段階として、降雨時における森林域からの溶存態有機炭素(DOC)と溶存態鉄(s-Fe)及び溶存態アルミニウム(s-Al)の個々の流出特性ならびに両者の関係について、調査、解析を試みたのでここにその結果を報告する。

2. 調査の概要

調査流域は仙台市作並広瀬川水系元木沢流域であり流域の概要は表-1に示す通りである。調査として降雨時に降雨量及び溪流水流量を連続観測すると共に、水質分析用に降雨は一降雨単位で、溪流水は流量変動に応じて30分～数時間間隔で連続して各々採取し、速やかに0.45 μ mメンブランフィルターでろ過し試料とした。分析項目はpH（ガラス電極）、電気伝導度、DOC（TOC分析計）、E260（吸光光度計）、s-Fe, s-Al（原子吸光光度計）である。

表-1 調査流域の概要

流域面積	0.55km ²
H.W.L	340~761m
植生	ミズナラ、楓等の落葉広葉樹
土壌	褐色森林土

3. 調査結果

調査結果としてここでは、'93年8月10~12日（ケース1、降雨量38mm）、同8月26~28日（ケース2、降雨量130mm）の2ケースについて以下に示す。

3-1. 降雨量及び流量とDOCの関係

ケース1、2は各々異なる降雨特性を有しており、図-1,2には各ケースにおける溪流水の流量とDOC濃度の経時変化を示した（ケース2については流量は欠測）。先行降雨の影響、流量データの不足等、検討にあたり不確定な要素もあるが、降雨強度の経時変化から見ても降雨時の溪流水中のDOC濃度は流量の変化に非常に良く追従する事が窺えた。また、ここには示していないが同時に測定した難分解性有機物を示す指標であるE260発現成分も、DOCとほぼ同じパターンで変化している事から、図に示された様な降雨時における溪流水中のDOC濃度の増加は、降雨量の増大に伴い生じる斜面方向の流れである直接流出成分（地表流+速い中間流、特に森林土壌では一般的に速い中間流出が卓越）が増加する事により、雨水浸透時に森林土壌表層のリター層、腐植層といった有機物に富んだ層位から溶脱した難分解性物質を多量に含んだ有機成分が直接的に溪流水質に影響を及ぼしたためと考えられる。

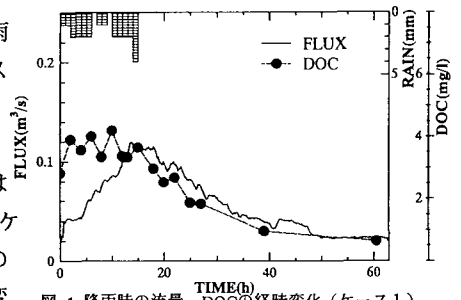


図-1 降雨時の流量、DOCの経時変化（ケース1）

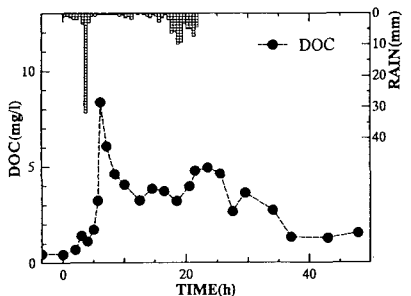


図-2 降雨時のDOCの経時変化（ケース2）

3-2. 渓流水中のDOCとFeおよびAlの関係

降雨時の渓流水中のDOCに対するs-Fe, Alの変化は図-3, 4に示すようにケース1のFeを除けば、ばらつきはあるもののDOCと正の相関があることは明かであり、他の降雨時の調査においても同様な結果が得られた。これは流出過程における土壌中でのs-Fe, Alの挙動に対して、森林土壌表層部を由来とする溶存態有機物が何らかの影響を有している事を示している。具体的には、降雨時の渓流水のpHが7前後で、FeやAlの溶解度から見ても無機イオンや水和錯体の形態で渓流水中に存在し得る量は、実際の降雨時の測定値の数パーセントに過ぎない事から降雨時の渓流水中でのs-Fe, Alの濃度上昇の原因として、森林土壌においてリター層や腐植層由来の有機物を錯形成剤として、FeやAlは錯体を作る事により可溶化し直接流出成分として渓流水質形成への寄与が挙げられる。そこで、降雨時の渓流水が有する金属イオンとの錯体形成能の定量的評価を試みた。

3-3. 渓流水の錯体形成能の検討

降雨時の渓流水の錯体形成能の評価手法として水酸化銅沈澱法を用いた。方法は、0.45 μm メンブランフィルターでろ過した渓流水100mlに50mM硫酸銅(II)溶液5mlを添加した後、50mM炭酸ナトリウム溶液でpHを約10とし錯化されない銅イオンを水酸化銅(II)として沈澱させ、次に煮沸して沈澱を酸化銅(II)に変えた後定容し、0.45 μm メンブランフィルターでろ過する。ろ液10mlに0.1 mlの割合で硝酸を加え、銅錯体濃度を原子吸光光度法で定量し、その濃度を錯体形成能とするものである。図-5にはケース2における錯体形成能とs-Feとs-Alの合計した濃度の経時変化を各々示した。図より錯体形成能は図-2に示したDOCの変化に対応しており溶存態有機物の錯体形成の寄与を裏付けるものとなったが、s-Feとs-Alの合計量に対しては10~50%程度を占めるに過ぎなかった。

この様な結果となった原因として主に二つの事が考えられる。一つは、水酸化銅沈澱法がEDTAの様な大きな安定度定数を有する強錯形成剤の定量に対して有効である反面、比較的安定度定数の小さい錯形成剤の定量には適しておらず、森林土壌を由来とする多様な溶存態有機物の多様な錯形成能を十分に評価出来なかったのではないかとする。もう一つは、s-Fe, Alにおいて有機物等と錯体を形成しているものの他に、水酸化鉄、水酸化アルミニウムのコロイド粒子が水中の有機物により安定化しているため溶存態として扱われている可能性が考えられるという事である。前者については、幅広い安定度定数を有する錯形成剤の定量をし得る手法を用いて今後検討を加えていく必要があり、後者については、今回、便宜的に溶存態の定義として孔径0.45 μm のフィルターを用いたに過ぎない事から、FeやAlの溶存態としての取扱についてより孔径の小さなフィルターを用いてろ過する等、その定義に対して詳細な検討が必要とされると思われる。

4. まとめ

降雨時の森林域の渓流水の流量増加に応じてDOCとs-Fe, Alは共に濃度増加を示し、流出過程の挙動において両者は密接な関係にある事が推測されたが、具体的な流出機構の解明及び定量的な評価は不十分であり今後の検討課題としたい。

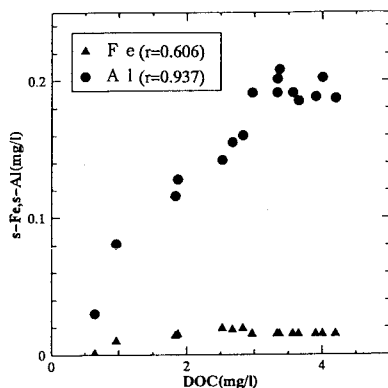


図-3 降雨時のDOCとs-Fe, s-Alの関係：ケース1

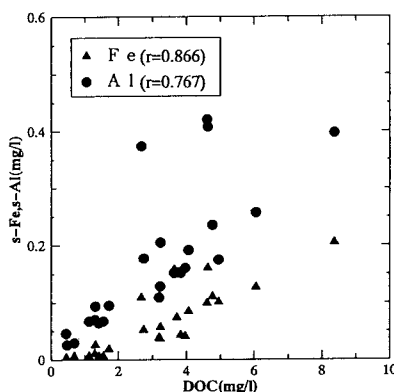


図-4 降雨時のDOCとs-Fe, s-Alの関係：ケース2

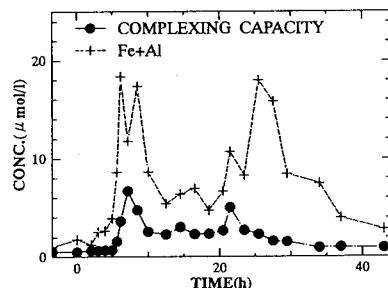


図-5 降雨流出時の渓流水中における錯体形成能