

II-428

山地小流域からの有機物の降雨流出特性について

秋田高専 正員 佐藤 悟
東北大学 正員 佐藤敦久

1. はじめに

森林内土壌の表層には、リターと呼ばれる多量の未分解腐植物質が堆積し、生態系の経路の一つである生物分解を受けつつ、さまざまな分子量からなる多くの有機物を生成している。降雨時には、これらの一部が河道へと流出し、炭素系の自然汚濁物質として流下する。ここでは、有機物が流域内での雨水の流れ変化の情報を含むトレーサーと考え、森林内土壌の有機物の存在形態の特徴と、降雨の前後における変化について検討した。さらに河川有機物の降雨出水時の変化特性と土壌中での変化とを対応づけ、有機物の分子量レベルでの成分分離の可能性と、それから得られた新しい知見について検討した。

2. 湯ノ里川流域および調査方法

湯ノ里川は、秋田市の北東部、太平山系の西側斜面に位置し、多くの溪流を合わせ持つ典型的な山地小流域河川である。本流域には人家その他の施設や施肥もなく、人為的影響をほぼ無視できるものと思われる。流域は流下方向に伸びた形状を持ち、その集水面積は約 4.6km² である。流域内土壌については、溪流から約 10m離れた地点に定点を設け、降雨前後における鉛直方向の土壌採取を最大 40cm深まで行った。河川については、最下流の採水点に転倒マス型雨量計と水位計、ならびに自動採水装置を設置した。河川水位と降雨強度は10分間隔で観測した。採水はあらかじめ設定された降雨強度時に開始され、1時間間隔の採水を 24時間継続する。調査は1989年 7月 5日～8月 15日、同年 9月 25日～11月30日まで連続した。採取した土壌は一般的な物理、化学特性を測定するほか、土壌間隙水についてはゲルクロマトグラフィー

（ヒパデックス G-15）による溶解性有機物の分子量分画を行った。河川水は予めメンブラン濾過（0.45μm）し、それぞれ硝酸態窒素、溶存態ケイ素、Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、電気伝導度、全有機炭素量を測定した。同様にゲルクロによる有機物の分画を行い、各濃縮条件、倍率、操作条件等は土壌と同じである。

3. 結果及び考察

降雨の前後における土壌中有機物組成の鉛直方向変化を図-1に示した。土壌中には複数の分画ピークをもつ溶解性有機物が存在し、降雨前においては高分子有機物を代表する最初のピーク（第一分画成分、F1成分）が多量に存在する。相対的に低分子有機物である以後のピーク（第二分画成分、第三分画成分・・・、F2成分、F3成分・・・）は比較的表層付近に偏在する傾向が認められた。降雨後は表層付近に存在していたいくつかの有機物ピークが消失、減少するが、これは特にF1成分に顕著である。このことは、有機物は中間流出成分の代表的なトレーサーとして利用される NO₃-Nとは異なり、濃度変化と分子量変化の二つの情報をも

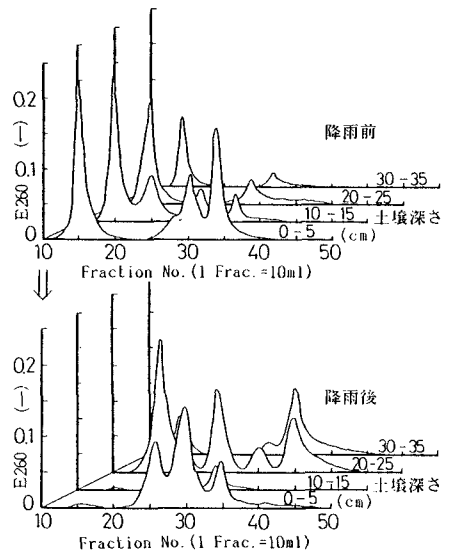


図-1 降雨による土壌中有機物の組成変化

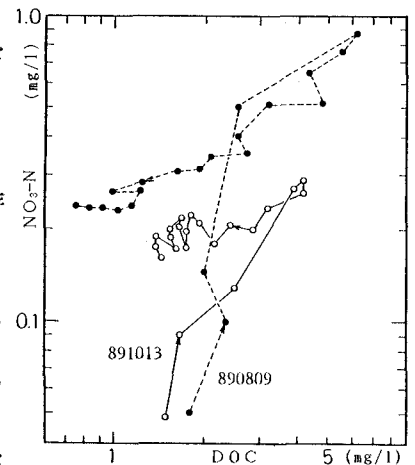


図-2 有機物と硝酸態窒素の降雨流出特性

ち、新しい分子量変化を用いた中間流出成分の分離が可能であることを示すものと思われる。

図-2は、河川水中の $\text{NO}_3\text{-N}$ と DOC の流出を比較したもので、DOC は流量の増加時には比較的 $\text{NO}_3\text{-N}$ と同様な増加パターンを示すが、その後の濃度減少の割合が著しい。図-3は、890709 出水における有機物組成変化である。F1成分が流量ピークの 7月10日 8時53分以前より極端な増加を始め、その後は他の分画成分と比べても急速に減衰することがわかる。

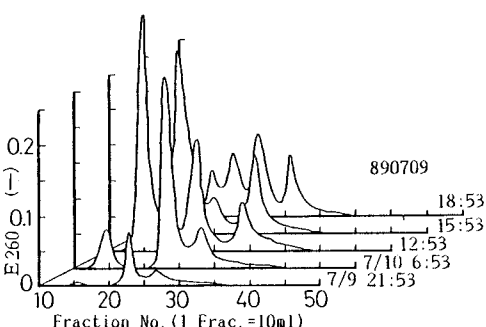


図-3 降雨出水時の有機物組成変化

土壌中を流下するいわゆる中間流出成分には、従来よりごく表層付近を流下する比較的早い流れと、相反する遅い流れの二つの存在がある。この比率は、降雨出水の規模や土壌特性などにより連続的に変化する。この分離のために次の操作を行う。ここで、比較的表層土壌中の有機物組成を高分子有機物量としての Fs1 (F1成分)、低分子有機物量としての Fs2 (F2成分) とに大きく分類する。同様に、地下水位付近での土壌有機物量をそれぞれ $\text{Fs1}'$ 、 $\text{Fs2}'$ 、河川で観測される有機物量を F1 、 F2 とする。さらに、表層土壌中の有機物の特徴をもつ流量成分を Qs 、きわめて地下水位に近いものを Qd とし、その和である全中間流出量を Qi とする。予め基底流出成分のもつ有機物組成を物質収支式を用いて除去し、次の分子量別物質収支式を仮定する。

$\text{Fs1} \cdot \text{Qs} + \text{Fs1}' \cdot \text{Qd} = \text{F1} \cdot \text{Qi}$ 、 $\text{Fs2} \cdot \text{Qs} + \text{Fs2}' \cdot \text{Qd} = \text{F2} \cdot \text{Qi}$ 、 $\text{Qs} + \text{Qd} = \text{Qi}$
ごく下層土壌中の $\text{Fs1}'$ 成分は土壌分析結果より無視できるものとし

$$\text{Qs} / \text{Qi} = \{ (\text{F2} / \text{F1} - \text{Fs2} / \text{Fs1}) \cdot \text{Fs1} / \text{Fs2}' + 1 \}^{-1}$$

が得られる。ここで、 $\text{Fs1} / \text{Fs2}$ には、実際の土壌有機物の分画結果を利用し、 $\text{Fs2}'$ には降雨出水直前の、基底流出と思われる河川水のもつ F2 成分を割り当

てる。図-4は、以上より得られた分離結果である。図-5は、観測された最大流量と、流量と Qs 成分のピークが出現するまでの時間遅れとの関係である。これによると、大部分の降雨出水において Qs 成分は必ずしも流量の立ち上がり部分には関与しないほか、流量ピーク後は急速に減衰し、洪水の後期にはほとんどが消滅する。さらに降雨の規模により、本河川においては Qs 成分の出現ピークは流量ピークに対し約 1～9 時間の遅れをもって変化することがわかる。これらは、強い降雨時には比較的早期に表層の浸透能が飽和し、いわゆる部分的流出寄与域の概念にある飽和地表流が発生することを示すものと思われる。今回の結果からは、表層土壌付近の有機物は飽和地表流の形で急速に河道へと流出し、特に高分子有機物の急速な増減となって観測される。同様な解釈が可能であれば、逆に土壌浸透能を越えない弱い降雨時には飽和地表流は特に発生せず、大部分の地表付近に存在した有機物は降雨とともに比較的地下深くへと浸透する。この流れはいわゆる緩慢に河道へと流出する遅い中間流出成分と考えられる。なお、他の結果については講演時に行う予定である。

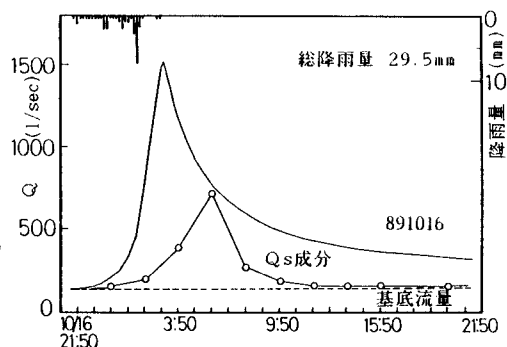


図-4 河川有機物の分子量分画を利用した成分分離結果

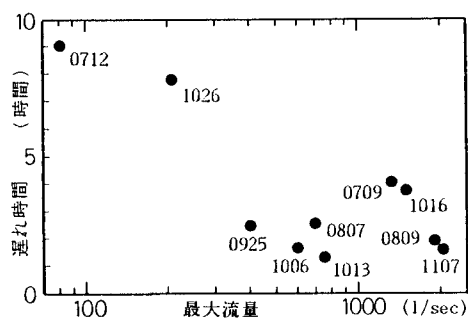


図-5 最大流量と遅れ時間との関係