

森林流域からの流出水質に降雨イベントが影響を与えるメカニズム

勝山 正則・大手 信人・浅野 友子・小橋 澄治

The influence of a rainfall event on the chemical changes of forest runoff water

Masanori KATSUYAMA, Nobuhito OHTE, Yuko ASANO and Sumiji KOBASHI

要 旨

森林流域からの流出水質に降雨イベントが影響を与えるメカニズムを解明するため、滋賀県南部に位置する桐生水文試験地内の源頭部小流域において降雨イベント時の溶存物質濃度の経時変化を詳細に観測した。生成に地球化学的ソースの影響が大きい SiO_2 濃度は流量ピーク時に必ず低下したが、生物学的ソースの影響が大きい NO_3^- 濃度は降雨イベントごとに上昇する場合と低下する場合が見られた。溶存物質負荷量の変動を考慮するとその違いは降雨イベント前の流域の水分条件・飽和地下水帯の水位・ソースの空間分布が影響すると考えられる。地下水中で濃度が高い SiO_2 は表層土壌からの流出水で希釈される。一方表層土壌内の中層から下層にかけて濃度が高い NO_3^- は流出水の通過した層の違いによって上昇と低下の2パターンが現れる。また、降雨の規模が大きくなるに連れて表面流出成分・河道上への降雨成分の影響が大きくなることも濃度低下の原因となる。

1. はじめに

森林流域では降雨・浸透・流出の一連の水循環過程において気象条件、地形・地質条件、生物条件、水文条件などの影響を受けるためその水質が大きく変化する。本研究で対象とした桐生流域では1990年以降水質水文観測が行われており、流域内部での林外雨・林内雨・一時的飽和側方流・飽和帯地下水・湧水・流出水という各水文素過程における水質の形成機構が明らかにされてきている。本研究で着目した森林流出水に関してはこれまで平水時の水質についての知見が得られている¹⁾。平水時の森林流出水の水質は降雨から飽和帯にいたる水文過程で形成された地下水質に主として対応しており、湧出・流下の過程で溶存 CO_2 以外の主要溶存物質の濃度の変化は見られないことが明らかにされている。

降雨イベント時の流出水の水質変化に関しては数例の報告が見られる。降雨イベント時の流量の増加は基底流出成分に直接流出成分が加わるために起こることが多い。Muraoka and Hirata (1988)²⁾は降雨イベントに対する溶存物質の応答特性の違いは流出通減時に現れるとし、濃度が降雨前のベース値に回復する SiO_2 、 Na^+ 、 Cl^- 、電気伝導度をType I、降雨前のベース値を上回る NO_3^- -N、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} をType IIと分類した。また、Type Iは表層の土壌溶液中よりも地下水で濃度が高く、Type IIは地下水に比べ表層の土壌溶液中で濃度がより高いことを明らかにしている。大類ら(1992)³⁾は林齢や地形などの要因に着目し、 Na^+ 、 Cl^- 、 HCO_3^- 、 SiO_2 は流量の増加に伴い濃度が低下し、流量の減少とともに濃度が上昇する傾向が見られ、また K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NO_3^- -N、 SO_4^{2-} ではその逆の傾向が見られたとしている。さらにこの傾向は総降雨量の大きい降雨イベント時、すなわち直接流出の発生が多いときほど顕著であり、直接流量が小さいときは一定の傾向が見

られないとしている。また、木平ら(1997)⁴⁾は降雨によって飽和帯が表層土壌まで拡大すると渓流水の NO_3^- -N濃度が上昇するとしている。これらの報告ではいずれも大きな降雨イベントほど明確な変動が観測されている。

図1に既往の研究結果に基づく平水時と降雨イベント時の流出の概念を示した。

本研究では比較的小規模の降雨イベントを対象に、降雨イベントが流出水の溶存物質濃度に影響を与えるメカニズムを明らかにすることを目的とし、森林流出水を短時間間隔で連続採水することによって溶存物質濃度の経時変化を詳細にモニターした。

2. 方 法

観測は滋賀県南部に位置する草津川上流域の桐生水文試験地(5.99ha)内の源頭部小流域(マツ沢, 0.68ha)で行われた。観測流域の植生は40年生のアカマツ・ヒノキ混交林であり、年平均気温は 12.6°C (1977年)、1972年~1981年の10年間の年平均降水量、年蒸発散量、年流出量はそれぞれ1671.8mm、740.2mm、936.0mmである⁵⁾。基岩地質は風化花崗岩である。マツ沢流域の表面地形における斜面傾斜は平均傾度が 20.3° で、 15° 以下の部分が全面積の62.8%、 25° 以上の部分が11.2%であり、緩斜面の卓越する流域といえる。平均土層厚は103.2cmであり、流域の24%は2m以上の土層厚を持つ⁶⁾。桐生試験地の位置、流域縦断面図および流域の地形図をそれぞれ図2、3、4に示す。本流域の湧水点直上では年間を通じて飽和地下水帯が形成されている。

採水は1996年7月19~20日、同9月13~14日、同9月25日~26日の3回の降雨イベント時に行った。流域末端の湧水点から数m流下した流出水採水点において自動採水器(AMERICAN SIGMA製MODEL 900およびMODEL 702)を用いて最短10分の間隔で採水し、全サンプル採水終了後、原位置でpH、EC、溶存 pCO_2 、水温を測定した。また、持ち帰ったサンプルの主要カチオン・アニオン濃度をイオンクロマトグラフィー法(島津製作所製HIC-6A)で、Si濃度をICP発光分析法(SEIKO製SPS1500VR)によって測定した。

林外雨は流域下流の露場の1点において、林内雨は流域内の4点において降雨イベント終了後に採水した。また、同露場において転倒升式雨量計を用いて降雨量を測定した。流量は流域下端の量

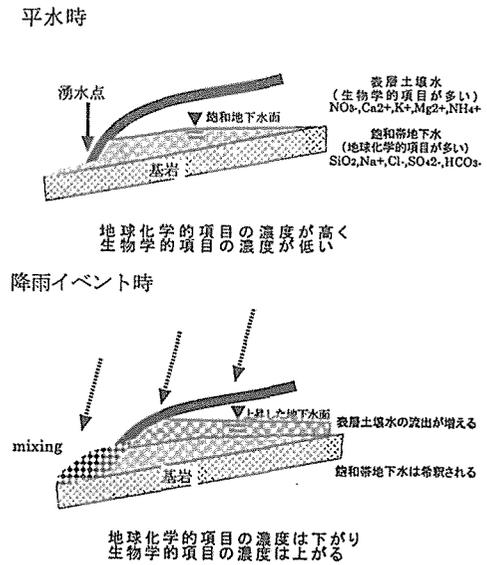


図1 既往の研究結果に基づく平水時と降雨イベント時の流出水質形成の概念
[参考文献: 1)2)3)4) 他]

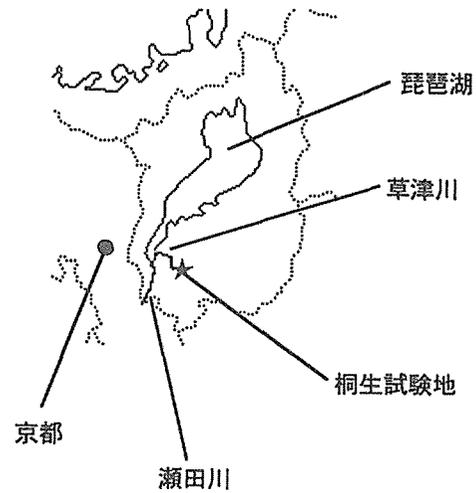


図2 桐生試験地の位置

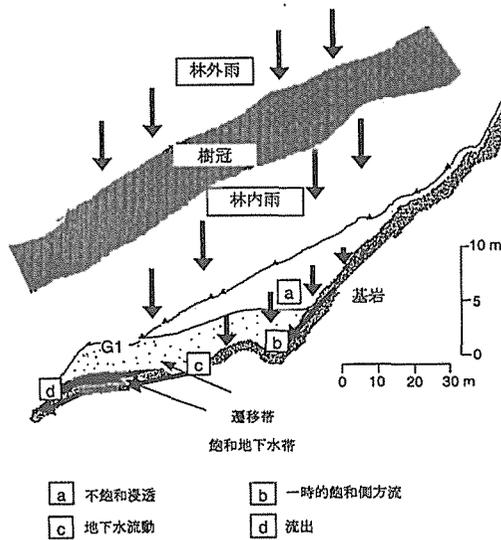


図3 流域縦断面図

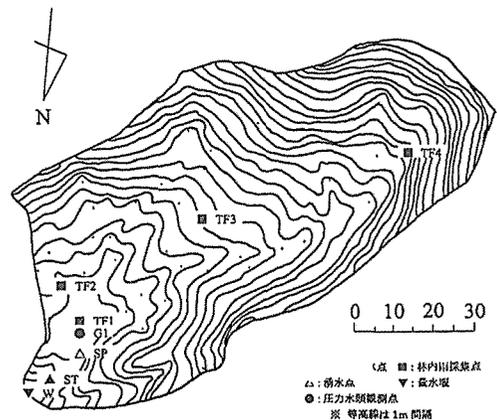


図4 流域の地形図

- ▲：流出水採水点
- △：湧水点
- ：圧力水頭観測点
- ：林内雨採集点
- ▼：量水堰
- ※ 等高線は1m間隔

水堰（Vノッチ三角堰）に設置された自記水位計によって測定した。

3. 結 果

イベント間で溶存物質の流出特性を比較するために、流出水量と溶存物質濃度および溶存物質負荷量の変動に着目する。溶存物質は主に地殻構成鉱物の化学的風化によって生成する地球化学的項目と主に生態系内の生物活動によって生成する生物学的項目に大別される。Muraoka and Hirata (1988) ²⁾ の区分では地球化学的項目はType Iに、生物学的項目はType IIに一致する。本報告では前者の代表として地殻の主要構成成分であり、雨水中にはほとんど含まれず、また植物による吸収や土壌粒子への吸着の影響もほとんどないSiを、後者の代表として有機物の分解・硝化・脱窒・植物による吸収などの生物活動の影響を大きく受け、他の生物学的項目に属するカチオンの土壌粒子からの溶出にも大きく関与するNO₃⁻を取り上げ、その変動様式を検討した。Si元素濃度は通常水中で存在する形態であるSiO₂濃度に換算した。雨量・流量およびSiO₂、NO₃⁻それぞれの濃度と負荷量の経時変化を図5、6に示した。ただし、図では各イベント間の濃度変動様式の違いをより比較しやすくするため、SiO₂濃度に最も大きな低下が見られた時刻をそろえ、その時刻を含む前後10時間をイベント期間としてその間の経時変化を示した。

①降雨イベントの特徴

各降雨イベントにおける降雨・流出の主な特徴を表1に示した。イベント1は総雨量6mm、イベント期間中降雨5mm、イベント期間までの先行降雨0mmで3回のイベント中最も少ない。イベント2は総雨量37.5mm、イベント期間中降雨12.5mm、先行降雨24.5mm、イベント3は総雨量19mm、イベント期間中降雨16mm、先行降雨3mmである。イベント2の採水中の雨量とイベント3の雨量はほぼ等しい。流量はイベント1、3でほぼ等しく、イベント2ではその約2倍である。降雨にピークが見られるイベント1、2ではそれに対応して流量にもピークが見られ、降雨に明確なピークが見られないイベント3では流量にもピークは見られず、徐々に増加した。

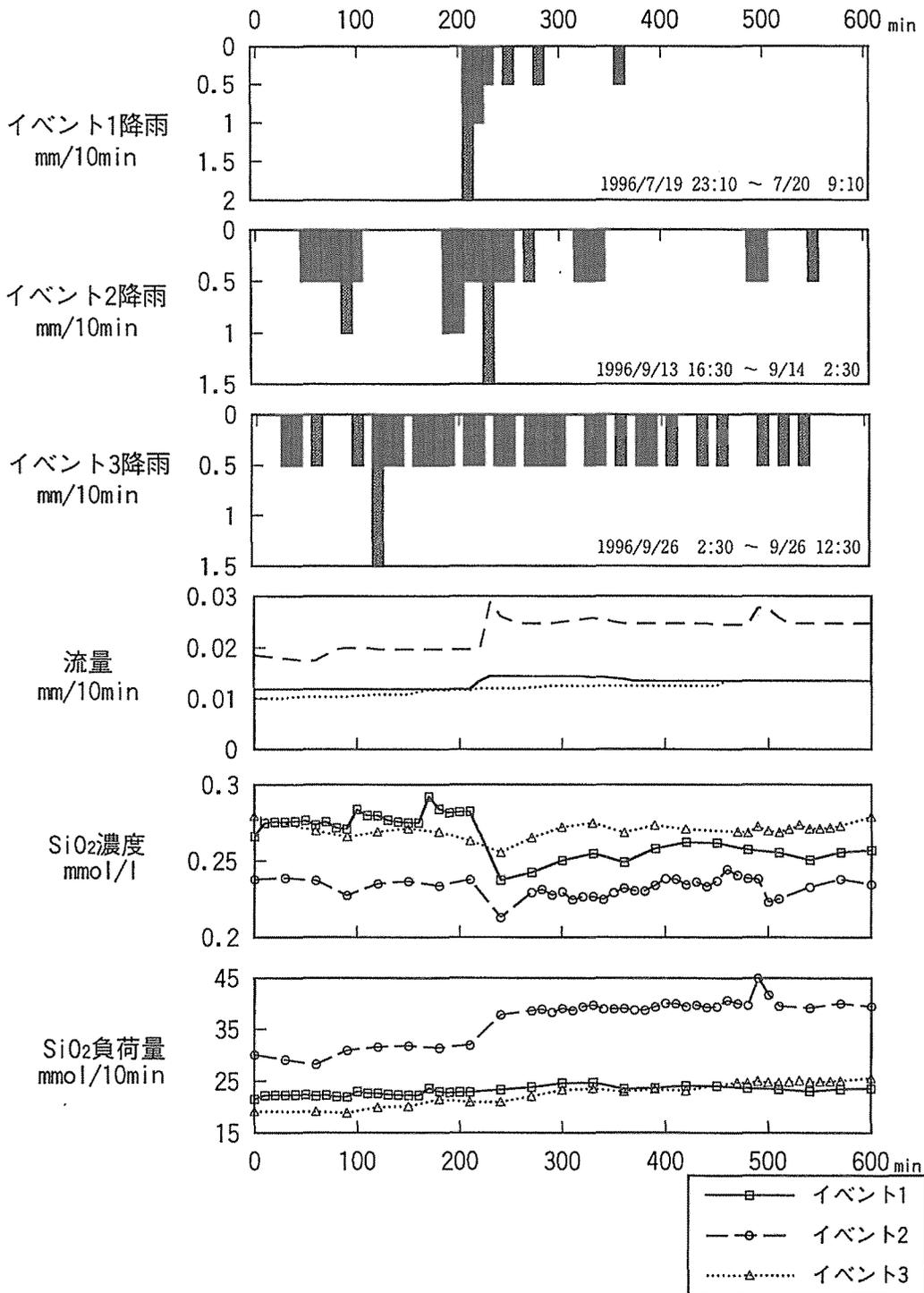


図5 イベント期間*のSiO₂濃度・負荷量の経時変化
*SiO₂濃度が最も大きな低下を示した時刻の前後10時間

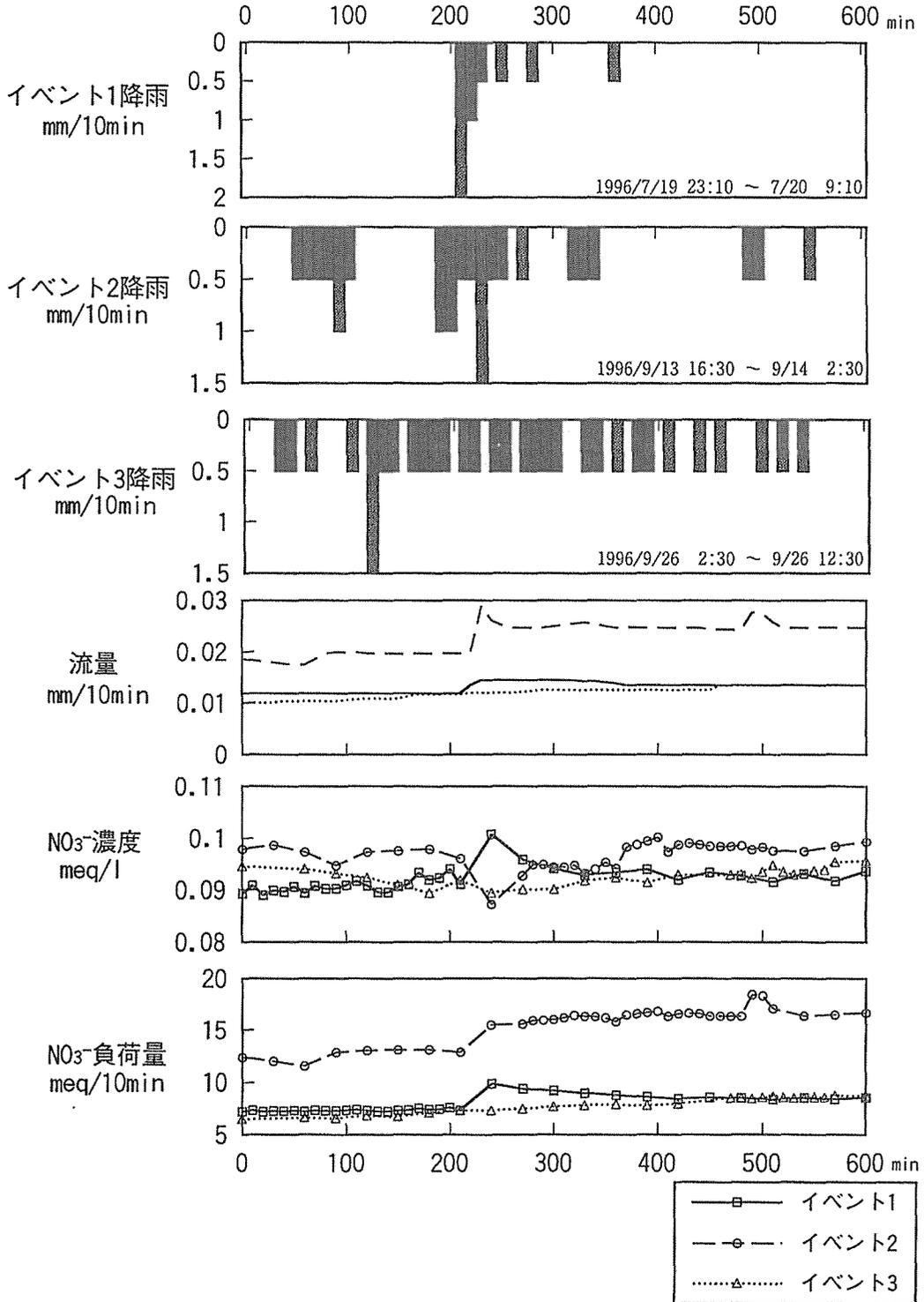


図6 イベント期間*のNO₃⁻濃度・負荷量の経時変化
*SiO₂濃度が最も大きな低下を示した時刻の前後10時間

表1 降雨イベントにおける降雨・流出の特徴

	イベント1	イベント2	イベント3
採水日	1996/7/19~7/20	1996/9/13~9/14	1996/9/25~9/26
総雨量(mm)	6	37.5	19
イベント期間雨量(mm)	5	12.5	16
イベント期間までの先行降雨量(mm)	0	24.5	3
最大降雨強度(mm/10min)	2	1.5	1.5
イベント期間流出量(mm)	0.799	1.396	0.738
イベント期間開始時流出量(mm/10min)	0.0119	0.0186	0.0101
最大流量(mm/10min)	0.0144	0.0261	0.0135
G1地点の圧力圧力水頭(cm)	1996/7/19	1996/9/13	
depth(cm)	5	-52	-14
	10	-28	-21
	30	+10.8	+4.05
	60	+52.65	+41.85

* イベント期間：SiO₂濃度の低下が最大となる時刻の前後10時間

②SiO₂濃度

SiO₂濃度は3回のイベントで共通してピーク時に流量増加とともに低下している。イベント1, 3では流量がほぼ等しいが、流量に明確なピークのないイベント3では濃度の変化が非常に小さいのに対して、イベント1では流量のピーク時にSiO₂濃度が大きく低下している。流量が約2倍のイベント2では濃度は他のイベントよりも低く、流量ピーク時に大きく低下している。

負荷量を見るとイベント1, 3ではほとんど等しく、イベント期間を通じてほとんど変動がない。イベント2では流量の増加とともに負荷量も増加している。

以上のような結果からSiO₂は流量が多いときほど負荷量も多くなるが、負荷量の増加よりも流量の増加の割合が高く、希釈を受けることになるためわずかな流量の増加でも大きな濃度低下が見られ、また流量の多いイベントほど濃度が低くなることがわかる。

③NO₃⁻濃度

NO₃⁻濃度はイベント1では流量ピーク時に上昇しているのに対し、イベント2では逆に流量ピーク時に低下している。またイベント3では前半は低下、後半は上昇しているが、その変動は非常に小さい。イベント1では低い濃度(約0.09meq/l)で推移し、わずかな流量の増加に対して濃度が大きく上昇(約0.1meq/l)している。それに対して流量はほぼ等しいが流量増加が小さいイベント3では濃度の変化はほとんど見られない。流量の大きいイベント2では他のイベントよりも濃度が高く(約0.1meq/l)推移しており、流量のピーク時には急激に低下し(約0.09meq/l)、その後回復している。

負荷量を見ると流量ピーク時に濃度上昇が見られるイベント1では同時に負荷量も増加しているが、濃度変化のないイベント3では負荷量も変化していない。またイベント2では流量の増加とともに負荷量も増加しており、急激な濃度低下が見られた時点でも負荷量は急増している。

以上のような結果からNO₃⁻は流量の増加とともに負荷量も増加するが、流量と負荷量の増加の割合が場合によって異なるために濃度の上昇と低下の2パターンが現れることになる。

4. 考 察

平水時の流出成分のほとんどは飽和帯地下水の流出で構成される。これに対し降雨イベントによる流量の増加成分、すなわち直接流出成分は表面流出成分、河道上への降雨成分、表層土壤中を通過し地下水に混合する成分で構成される。流出水中の溶存物質の濃度変動に関してはこれらそれぞれの成分による影響が考えられる。

①表面流出成分の影響

既往の報告例では SiO_2 濃度の低下^{2) 3) 7) 8)}と NO_3^- 濃度の上昇^{3) 4) 8) 9) 10) 11)}に関しては多くの報告がなされている。また、 NO_3^- 濃度の低下についても数例の報告例が見られる^{2) 12)}が、この原因は表面流出の発生に伴う希釈効果であるとしている。しかし、太田ら¹³⁾が地質が同じで傾斜がマツ沢流域よりも大きい桐生試験地内の別流域で人工降雨を与えて行った実験では表面流は発生しなかったこと、また希釈による濃度低下が観測された報告例と比較して本研究で対象とした降雨イベントは規模が小さいことなどから、本研究での SiO_2 、 NO_3^- 濃度の低下は表面流発生による希釈効果だけによるものではないと考えられる。

②河道上への降雨成分の影響

図7に各イベントごとの SiO_2 、 NO_3^- それぞれの林外雨・林内雨・流出水中の平均濃度の比較を示した。まず、 SiO_2 濃度はいずれのイベントでも降雨中にはほとんど含まれていない。従って河道上への降雨は希釈の方向に働くため濃度が低下した観測結果と矛盾しない。

NO_3^- 濃度はイベント1では流出水中よりも林内雨中での濃度が高いが、これは濃度が上昇した結果と矛盾しない。イベント2では林内雨中での濃度が流出水中での濃度より低いが、これも濃度低下が起こった結果と矛盾しない。イベント3ではイベント2と同様に希釈の方向に働くはずであるが、結果には現れていない。これは降雨強度が小さく、ピークもなかったため影響が小さかったと考えられる。

以上の結果からこの成分の影響は定性的には観測結果と矛盾しない。

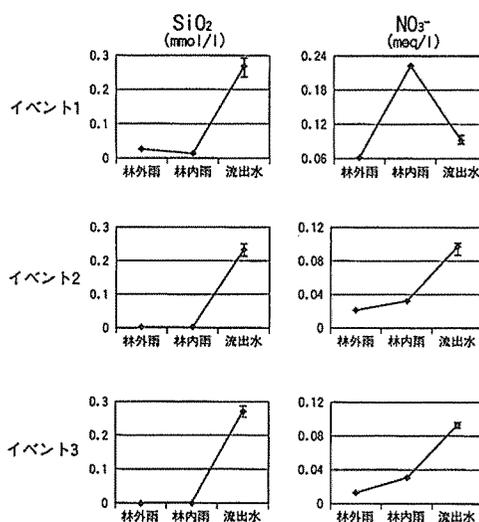


図7 降水と流出水の物質濃度の比較
(流出水は最高・最低・平均濃度)

③表層土壤中を通過し地下水に混合する成分の影響

この成分に含まれる溶存物質は、土壤中での空間分布と降雨イベント前の流域の水分条件・飽和帯地下水の水位の違いによってその影響が変動する。

(1)物質のソースの空間分布

島田ら(1992)⁷⁾は桐生試験地マツ沢流域における観測結果によって SiO_2 濃度は鉛直不飽和浸透と一時的飽和側方流の過程で上昇し、飽和地下水帯では一定濃度で平衡状態に達し、地下水の側方流動による濃度変化はないことを明らかにしている。つまり SiO_2 の鉛直方向の濃度分布は表

層土壤水よりも飽和帯地下水中で高いプロファイルを持つことになる。一方徳地¹⁴⁾は桐生試験地斜面下部において NO_3^- は表層土壤水では上部より下部の方が濃度が高いプロファイルを持つことを明らかにしており、また大手¹¹⁾によって飽和帯地下水では濃度が低いことが確認されている。

(2)降雨イベント前の流域の水分条件・飽和帯地下水の水位

イベント1では採水前の約3週間無降雨だったのに対し、イベント2ではイベント期間までの先行降雨が24.5mm観測されており、G1地点での圧力水頭の観測結果(表1)からもイベント2では湧水点直上の地下水位がイベント1よりも高かったと考えられる。またイベント3では採水前の5日間は無降雨で、イベント期間までの先行降雨量は3mmと少なかったため、イベント2の条件よりは乾燥していたと考えられる。イベント期間中の降雨量はイベント2と3ではほぼ等しいが、湿潤な条件であったイベント2で大きな変動が見られ、イベント3では濃度変動がほとんど見られない。これらの結果からイベント前の水分条件がその後の降雨流出時の濃度の変動様式を決定する前提条件になっている。

上記(1)、(2)の2点から SiO_2 と NO_3^- の濃度形成メカニズムを考察すると以下ようになる。平水時の濃度は飽和帯地下水濃度に対応しているため、 SiO_2 濃度は高く NO_3^- 濃度は低い。降雨イベントによって地下水位が上昇するが、その上昇度合いは降雨量そのものだけでなく流域の降雨前の水分条件によっても異なる。イベント2では先行降雨によってすでに水位が上昇していたが、イベント1、3では先行降雨がなかったために水位は上昇していなかった。その結果が採水開始時点での流量の差となって現れた。

地下水位が上昇すると土壤水中の溶存物質が流出する。 SiO_2 の場合、上記のような鉛直分布を持つため、飽和帯地下水よりも濃度の低い成分が流出することになる。このため流量が増加すると濃度は低下するが負荷量は増加するという現象が説明される。一方 NO_3^- の場合、イベント1のように地下水位の上昇がわずかであると考えられるときは降雨前の地下水面のすぐ上の層からの流出が起こる。この層からの流出水は NO_3^- 濃度が高いため、濃度上昇という結果が現れた。しかしイベント2のように降雨量が多く、かつ先行降雨によってあらかじめある程度地下水位が上昇していたと考えられるときは、イベント1、3よりも負荷量が大きいため既に NO_3^- 濃度の高い層からの流出が始まっていたことが分かり、その後の降雨の継続で更に地下水面が上昇したために表層近くの濃度の低い層からの流出があり、濃度の低下が見られた。

図8、9に流量に対する負荷量および濃度の対応関係を示した。流量と負荷量は SiO_2 、 NO_3^- ともに直線関係にあることがわかる。流量が増加しても直線関係が維持されていることから本研究で対象とした降雨イベントでは流量の増加成分に、土壤層中を通過し、平水時の流出成分と同様のソースを持つ成分の寄与が大きく、表面流出成分および河道上への降雨成分の寄与は小さいことが考えられる。また、金ら⁶⁾によるとマツ沢流域では逓減時の流出量は流域下部の地下水位と強い相関がある。金らの報告は流出の逓減時であり、本研究では流出の増加時である点が異なるが、本研究で対象とした流量は金らの対象とした逓減時の流量内に収まっていることから、流出には地下水位の上昇が伴っていたことが示唆され、このことから土壤層中を通過した成分の寄与が大きかったと考えられる。

一方流量と濃度の関係からは流量の増加とともに SiO_2 濃度は低下し、 NO_3^- 濃度は上昇する関係が見られる。これは既往の研究から得られている知見^{3)、4)他}と一致している。ただし濃度の変動は直線関係にはならない。 SiO_2 の場合流量が0.01~0.02mm/10minの範囲では濃度低下が大きいが、0.02mm/10minを越えると濃度低下傾向は鈍くなる。 SiO_2 濃度の鉛直分布を考慮すると濃度が低い表層土壤層からの流出が始まるとすぐに濃度低下が見られ、その後の流量の増加で濃度の低下はあ

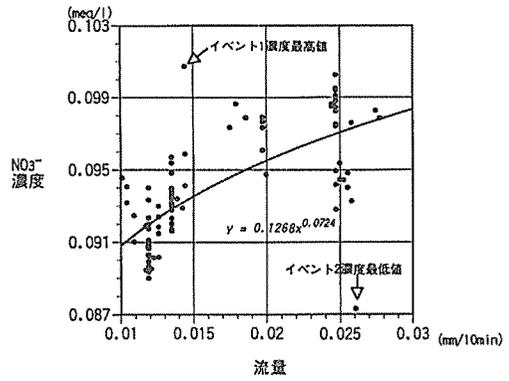
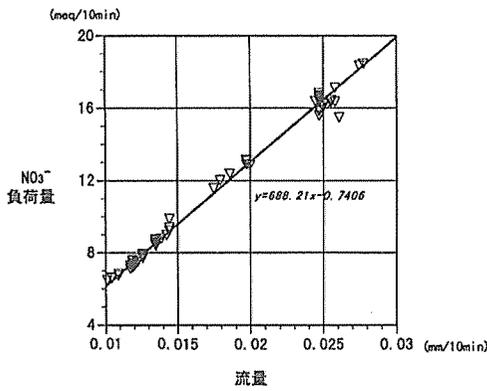
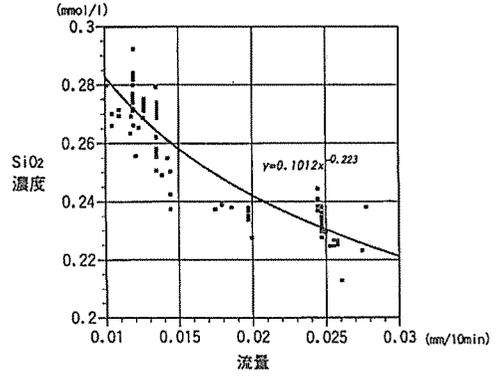
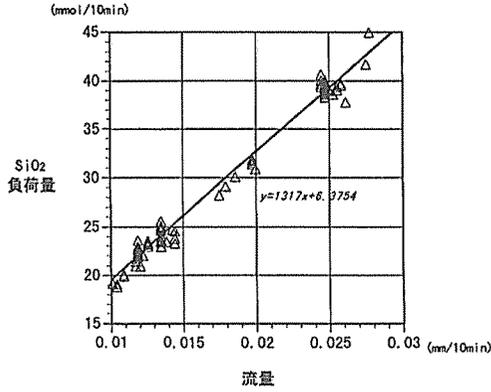


図8 流量と負荷量の対応関係

図9 流量と濃度の対応関係

SiO₂濃度の低下

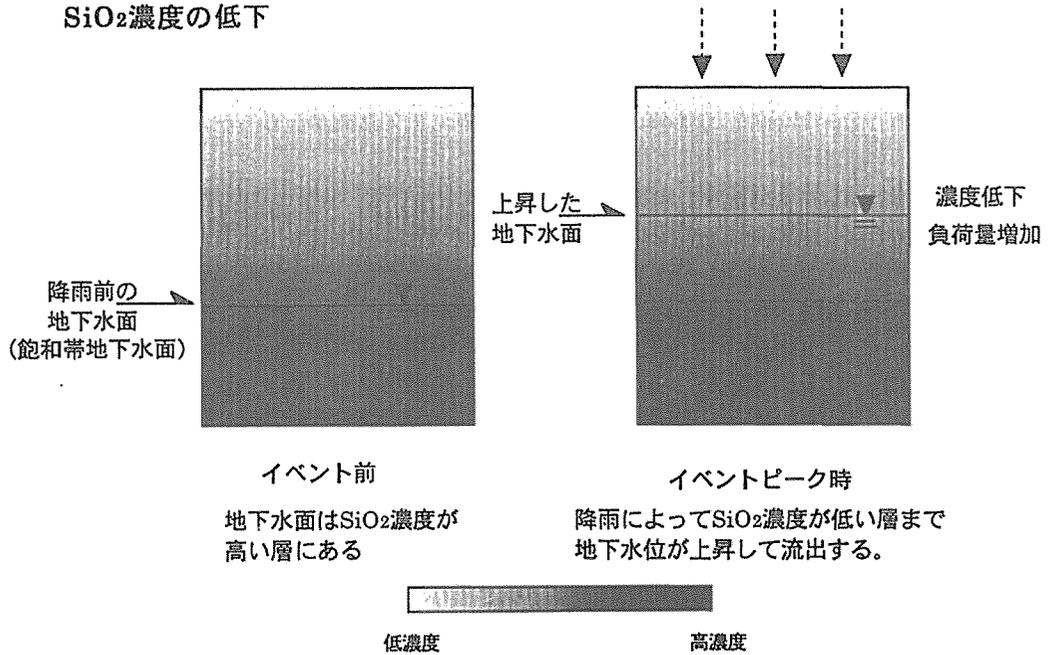
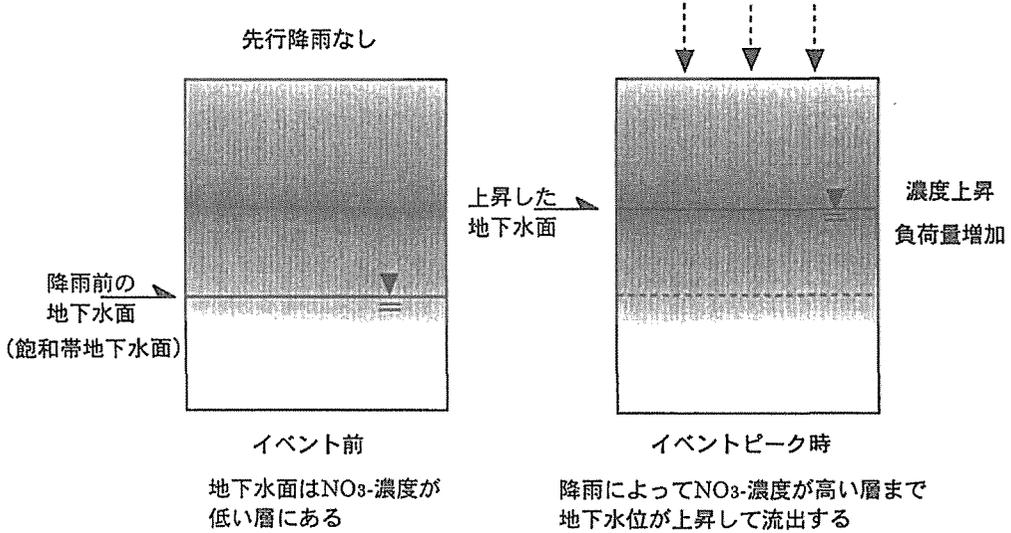


図10 SiO₂濃度変化のメカニズム

NO₃⁻濃度が上昇する場合



NO₃⁻濃度が低下する場合

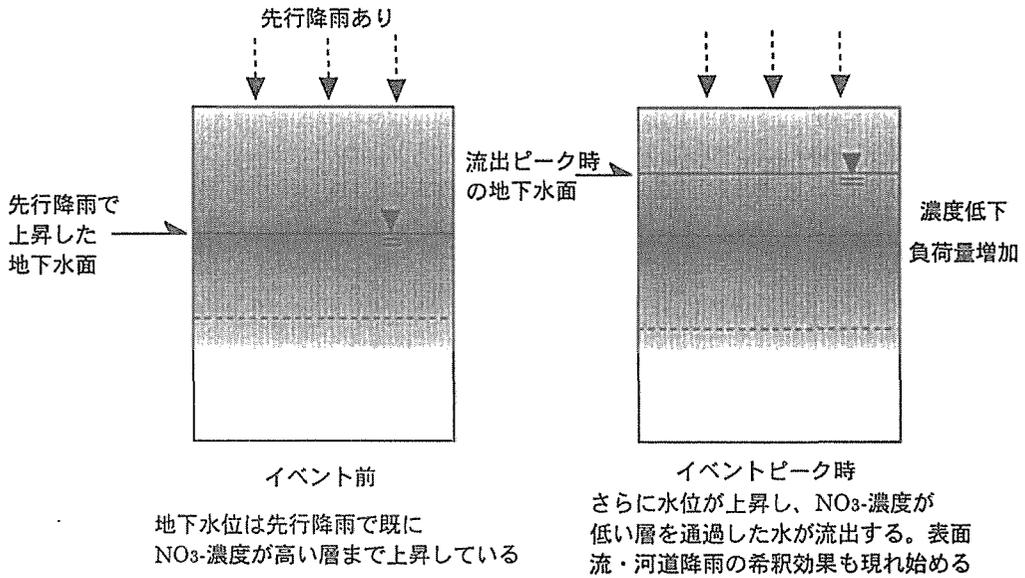


図11 NO₃⁻濃度変化のメカニズム

る一定値に近付きながら更に進むことが予想される。 NO_3^- 濃度は SiO_2 とは逆に流量が0.01～0.02mm/10minの範囲では濃度上昇が大きい、0.02mm/10minを越えると濃度上昇傾向は鈍くなる。 NO_3^- 濃度の鉛直分布を考慮すると降雨イベントにより上昇した地下水位が表層土壌層中の濃度が最も高い層に達するまでは濃度の上昇も大きい、地下水位が更に上昇すると上昇傾向の鈍化につながることを示唆される。流量と濃度の曲線関係は表面流出成分や河道上への降雨成分による希釈の影響が小さい場合の関係を示すが、イベント2ではピーク時にこれらの成分の影響が大きくなり、急激な濃度低下が見られたものと考えられる。

以上のような考察から得られた SiO_2 と NO_3^- の濃度変動のメカニズムを図10, 11に示した。

5. 結論および今後の課題

観測結果から以下のような知見が得られた。

- ・比較的小規模な降雨イベント時の森林流出水の濃度の経時変動は主に表層土壌中を通過した流出成分の影響を受ける。
- ・降雨イベント前の流域の水分条件・飽和地下水帯の水位・ソースの空間分布の違いによって、イベントごと・物質ごとの変動特性の差異が生じる。
- ・土壌水中よりも地下水中で濃度が高い SiO_2 は地下水位の上昇に伴う濃度の低い土層からの流出によって希釈され濃度が低下する。
- ・地下水面上の土壌水中で濃度が高い NO_3^- は地下水位が上昇するとまず濃度の高い層からの流出が起こるが、水位が更に上昇すると濃度が低い層からの流出が起こる。その結果流量が増加するに連れて濃度の上昇傾向は鈍くなる。
- ・降雨イベントの規模が大きくなるに連れて表面流成分や河道上への降雨成分が濃度の経時変動に与える影響が大きくなり、急激な濃度低下が起こりうるということが推測される。これらのメカニズムが NO_3^- 濃度の変動に2パターン見られた原因である。

近年重要視されている酸性降下物に対する森林の緩衝作用や下流域への汚濁物質としての窒素の流出を考える上で、森林流域からの流出水質に降雨イベントが影響を与えるメカニズムを解明することは現実に起こっている現象の影響を定性的・定量的に評価し、将来的に起こりうる現象を予測するために不可欠である。今後はさらに様々な形態の降雨イベント時に採水を試み、同時に飽和帯地下水位の連続観測や降雨イベント時の土壌水中の溶存物質濃度の実測を行うことによって今回の観測から得られた知見を裏付けていく必要がある。特に地下水位変動と濃度形成の關係に焦点を当てて観測を行う予定である。

謝 辞

本研究を進めるに当たって京都大学農学研究科森林水文学研究室・山地保全学研究室の皆さんをはじめとして多くの方々に現地調査・化学分析などを手伝っていただき、また考察を進めていく上で様々なアドバイスをいただきました。深く感謝いたします。

この研究の一部は日産科学振興財団の助成のもとに行った。

引 用 文 献

- 1) 大手信人・徳地直子・鈴木雅一 (1991) : 森林流域内の水移動に伴う地下水・渓流水の水質変化, 京大演

- 報, 63, 69-81
- 2) Muraoka and Hirata (1988) : Streamwater chemistry during rainfall events in a forested basin. *Journal of Hydrology*, 102, 235-253
 - 3) 大類清和・生原喜久雄・相場芳憲 (1992) : 降雨イベントでの渓流水の溶存物質の流出特性と流出成分の分離. *日林誌*, 74(3), 203-212
 - 4) 木平英一・窪田順平・塚本良則 (1997) : 降雨に伴う谷部飽和帯の拡大と渓流水の NO_3^- -N濃度の変動. *水文・水資源学会誌*, 10(2), 154-160
 - 5) 福嶋義宏・鈴木雅一 (1986) : 山地流域を対象とした水循環モデルの提示と桐生流域の10日連続日・時間記録への適用. *京大演報*, 57, 115-127
 - 6) 金 載水・窪田順平・鈴木雅一・福嶋義宏 (1988) : 桐生試験地の緩斜面における土壌水分と地下水の変動. *京大演報*, 60, 174-189
 - 7) 島田緑子・大手信人・徳地直子・鈴木雅一 (1992) : 山地小流域における地下水渓流水の SiO_2 濃度形成. *水文・水資源学会誌*, 5(2), 3-11
 - 8) Duysings, J.J.H.M, Verstraten, J.M., and Bruynzeel, L. (1983) : The identification of runoff sources of a forested lowland catchment, A chemical and statistical approach. *Journal of Hydrology*, 64, 357-375
 - 9) 生田和義・藤山英保・長井武雄 (1995) : 森林小流域からの降雨時窒素流出の解析. *日本土壤肥科学雑誌*, 66(4), 396-403
 - 10) 鈴木啓助 (1995) : 融雪時における渓流水のpH低下. *水文・水資源学会誌*, 8(6), 568-573
 - 11) 海老瀬潜一 (1993) : 降雨流出過程におけるトレーサーとしての溶存物質. *日本水文科学会誌*, 23(2), 47-58
 - 12) 海老瀬潜一・村岡浩爾・佐藤達也 (1984) : 降雨流出解析における水質水文学的アプローチ. 第28回水理講演会論文集, 547-552
 - 13) 太田岳史・福嶋義宏・鈴木雅一 (1983) : 一次元鉛直不飽和浸透を用いた雨水流出特性の検討. *日林誌*, 65(4), 125-134
 - 14) 徳地直子 (1993) : 森林生態系における溶存物質濃度・量の垂直的・水平的分布に関する研究. 京都大学農学部学位論文, 128pp

Résumé

In order to clarify the mechanism of the influence of a rainfall event on the chemical changes of forest runoff water, we sampled intensively the forest runoff water and monitored in detail the temporal changes in the concentrations of both geochemically generated SiO_2 and biochemically generated NO_3^- in Kiryu Experimental Catchment. As a result, we found that SiO_2 concentration decreased at the peak of discharge in all three observed events, while NO_3^- concentration increased in one event, decreased in another event and didn't clearly change the other event. Taking the variations in the loads of dissolved substances into account, it was suggested that the differences in the variation result from the vertical distribution of elements, the soil moisture condition and groundwater level of the saturated zone in existence before the occurrences of the event. SiO_2 concentration, which is higher in groundwater than that in soil solution, decreases due to a dilution by the direct runoff water. On the other hand, NO_3^- concentration, which is higher over the range from the middle to the lower layers than that in the upper layer within the surface soil, increases after runoff water passed through the lower layer, and decreases after runoff water passed through the upper layer. And the surface flow which may occur in larger rainfall and the channel precipitation are another cause of the concentration decrease.