

森林地帯における溶存物質濃度と流域面積との関係

末松, 剛介
九州大学農学部砂防学講座

井倉, 洋二
九州大学農学部附属演習林

丸谷, 知己
九州大学農学部砂防学講座

<https://doi.org/10.15017/23544>

出版情報 : 九州大学農学部学藝雑誌. 49 (3/4), pp.149-154, 1995-03. 九州大学農学部
バージョン :
権利関係 :

森林地帯における溶存物質濃度と流域面積との関係

末松 剛 介・井 倉 洋 二*・丸 谷 知 己

九州大学農学部砂防学講座

(1994年11月30日受理)

Relationship between Concentration of Inorganic Compounds in Flood Runoff Water and Catchment Area

Gosuke SUEMATSU, Youji INOKURA and Tomomi MARUTANI

Soil and Water Conservation Laboratory, Faculty of Agriculture,
Kyushu University Fukuoka 812-81

はじめに

一般に、土壌中には鉱物の化学的風化による無機物質が多量に分布する。森林地帯では、森林生態系を構成する動植物の生物活動により生産された無機物質もこれに加わる。生物活動による無機物質は、生物の種類と活動範囲とによって土壌中での分布位置が確定されるものと思われる。その分布位置は、土層内の孔隙

構造を反映して、 A_0 層から基岩層までの土層ごとに分布特性を示すものと推測される。しかし、土層中の無機物質を広い範囲で直接計測するのは困難である。

一方、降雨にともなう中間流は、土層中を通過することによって渓流水として流出することが知られている。土層の孔隙内に貯蓄された無機物は、中間流が土層中を透過する過程で溶解し、渓流水の水質特性として表れることが予測される。また、鉛直方向での土層

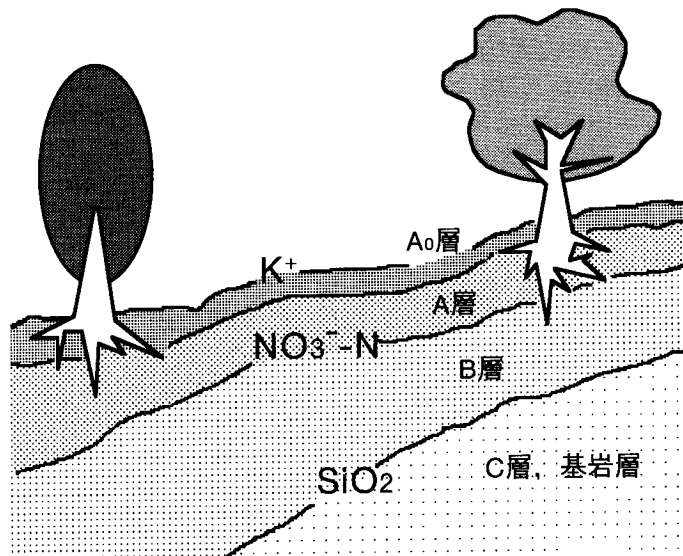


図1 森林土壌中の無機物質の垂直分布

* 九州大学農学部附属演習林

構造(層序, 層厚)がほぼ等しい隣接した小流域において, 流域面積がそれぞれの土層の体積を指標しているといえる。

筆者らは, これらのことを利用して, 隣接した小流域における降雨時の渓流水について水質分析を行うことによって, 流域単位での無機物の分布特性を推定できると考えた。特に, 土層のA₀層からA層にかけてはK⁺が多量に分布し(岩坪ら, 1972; 丸山ら, 1965), A層からB層にかけてはNO₃⁻-Nが多量に分布し(堤, 1973), 基岩層にはSiO₂が多量に分布することが(大類ら, 1989)分かっている(図1)。このことから, 本研究ではこれら3成分に着目して, 渓流水における各成分の濃度と流域面積との関係を明らかにすることを目的とした。

調査地および調査方法

本報では, 溶存物質濃度の尺度として濃度の時間的な変化と, 一降雨を通じての平均濃度を調べ, それぞれについて流域面積との関係を検討した。調査対象地は図2に示す九州大学福岡演習林内の新建川流域の13~16林班で, 流域面積は60.0haである。新建川の流域は標高185~546mに位置し, 地形は急峻である。植生は大部分がスギの中齢林・壮齢林, ヒノキの中齢林・壮齢林, あるいは針広混交林で尾根には広葉樹林が分布しているが, 流域により植生の顕著な差はみられなかった。地質は古生層の新建系角閃岩で, 断層, 節理に富む(木下・瀧本, 1936)。

新建川に沿う3流域を選定し, それぞれの流域出口に採水および流量の計測地点を設定した。これらの3流域は, 植生および土層構造をほぼ類似した条件とするためにいれ子状になるように設定し, 上流側から順に流域1, 流域2, 流域3とした。また, 3流域の周辺に受雨口径0.2mの転倒ます式自記雨量計を設置した。この3流域で1993年10月6日から7日, 11月6日から7日, 11月10日から11月11日の計3降雨(前から順に降雨1, 降雨2, 降雨3とする)について, 採水と計測を行った。各降雨での流量とK⁺, NO₃⁻-N, SiO₂の濃度の計測時間間隔は2, 3時間ごととした。具体的な計測方法は, 以下の通りである。

降水量については, 3流域周辺に設置した受雨口径0.2mの転倒ます式雨量計の測定値を自記させ各計測地点の降水量の変化を求めた。

流量については, 各計測地点において降雨前に水位柱を設置し, 水位柱による直読による水位変化を記録した。水位-流量変換は, 実測流量(流域2, 流域3

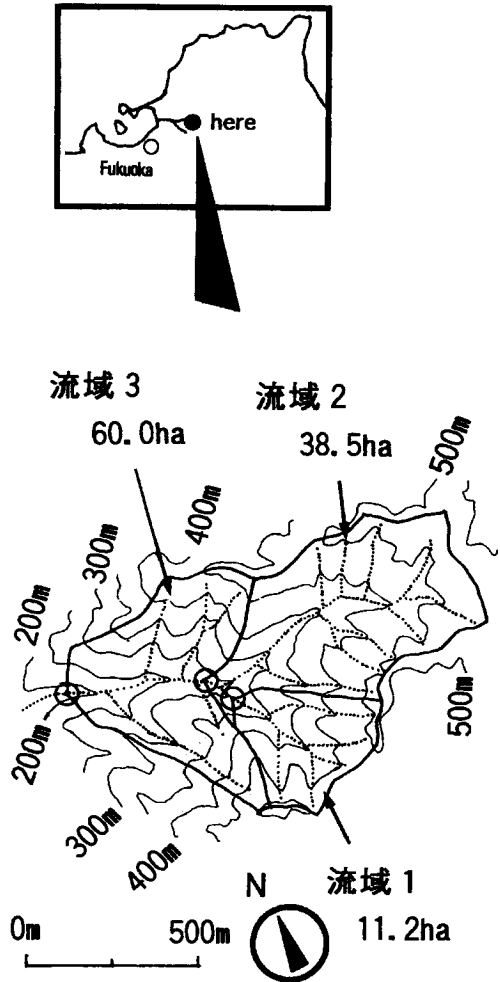


図2 調査対象流域

はプロペラ式回転流速計と流下断面積の積, 流域1は20リットルバケツによる)との関係から導かれた水位-流量式

$$\text{No.1} : Q = 2.14 \times H + 2.05$$

$$\text{No.2} : Q = 1.151 \times H^{1.615}$$

$$\text{No.3} : Q = 2.622 \times (H - 13)^{1.517}$$

ここで, Q : 流量 ($10^{-3} \text{m}^3/\text{sec}$), H : 水位柱による水位 ($10^{-3} \text{m}^3/\text{sec}$) を用いた。

溶存物質については, 採取された渓流水の分析をK⁺の濃度は原子吸光法で, NO₃⁻-Nの濃度はイオンクロマトグラフィーで, SiO₂の濃度はケイモリブデン酸を用いたフローインジェクション法でおこなった。

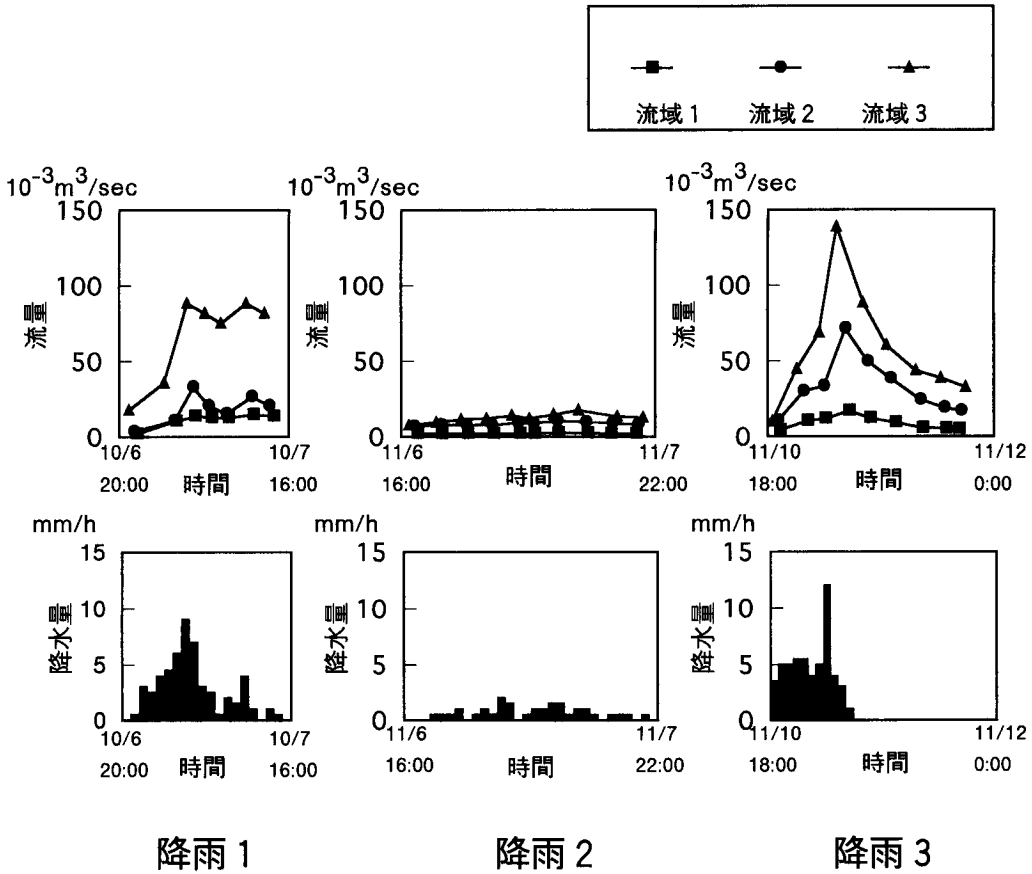


図3 3降雨におけるハイドログラフとハイトグラフ

結果と考察

1. 降雨型

各降雨についてハイトグラフと3流域ごとのハイドログラフを図3に降雨別に示した。

降雨1では、総雨量が52.5mmで降雨継続時間が17時間、平均降雨強度は3.1mm/hで、最大時間降雨量は9mm/hであった。ハイトグラフの2つのピークに応答してハイドログラフも2つのピークを示した。

降雨2では、総雨量が18.5mmで降雨継続時間が22時間、平均降雨強度は0.84mm/h、最大時間降雨量も2mm/hという少雨長雨型であった。ハイドログラフの変動は小さく、ほぼ直線となった。

降雨3では、総雨量が53.5mmで最大時間降雨量は12mm/h、平均降雨強度は4.9mm/hの短時間強雨型であった。ハイドログラフのピークはひとつで、最大流量は流域1, 流域2, 流域3でそれぞれ17.0(10⁻³m³/

sec), 71.5(10⁻³m³/sec), 138.8(10⁻³m³/sec)を記録した。これらの最大流量は3降雨を通じて最も大きな値であった。

2. 溶存物質濃度の時間的変化と流域面積との関係

図4には溶存物質濃度の時間的変化を示した。グラフの縦軸は溶存物質濃度で、横軸は時間である。K⁺, NO₃⁻-N, SiO₂の濃度の時間的変化は、流域面積の違いにより顕著な差異はみられなかったが、無機物質ごとに固有の時間的変化を示した。K⁺は流量増加初期において濃度が最高値を示した。これはK⁺が表層部に多く存在することにより、溪流兩岸の斜面表層付近を流下する比較的浅い中間流と表面流に高濃度で含有されるためと思われた。NO₃⁻-Nの濃度は流量のピークより3~4時間遅れて最高値を示した。土壌表層部から中層部(A₀, A層)に多く分布するNO₃⁻-Nが、地下水位の上昇にともない、溪流に流出するまでに時間を要するためと思われた。SiO₂は流量が増加すると濃度

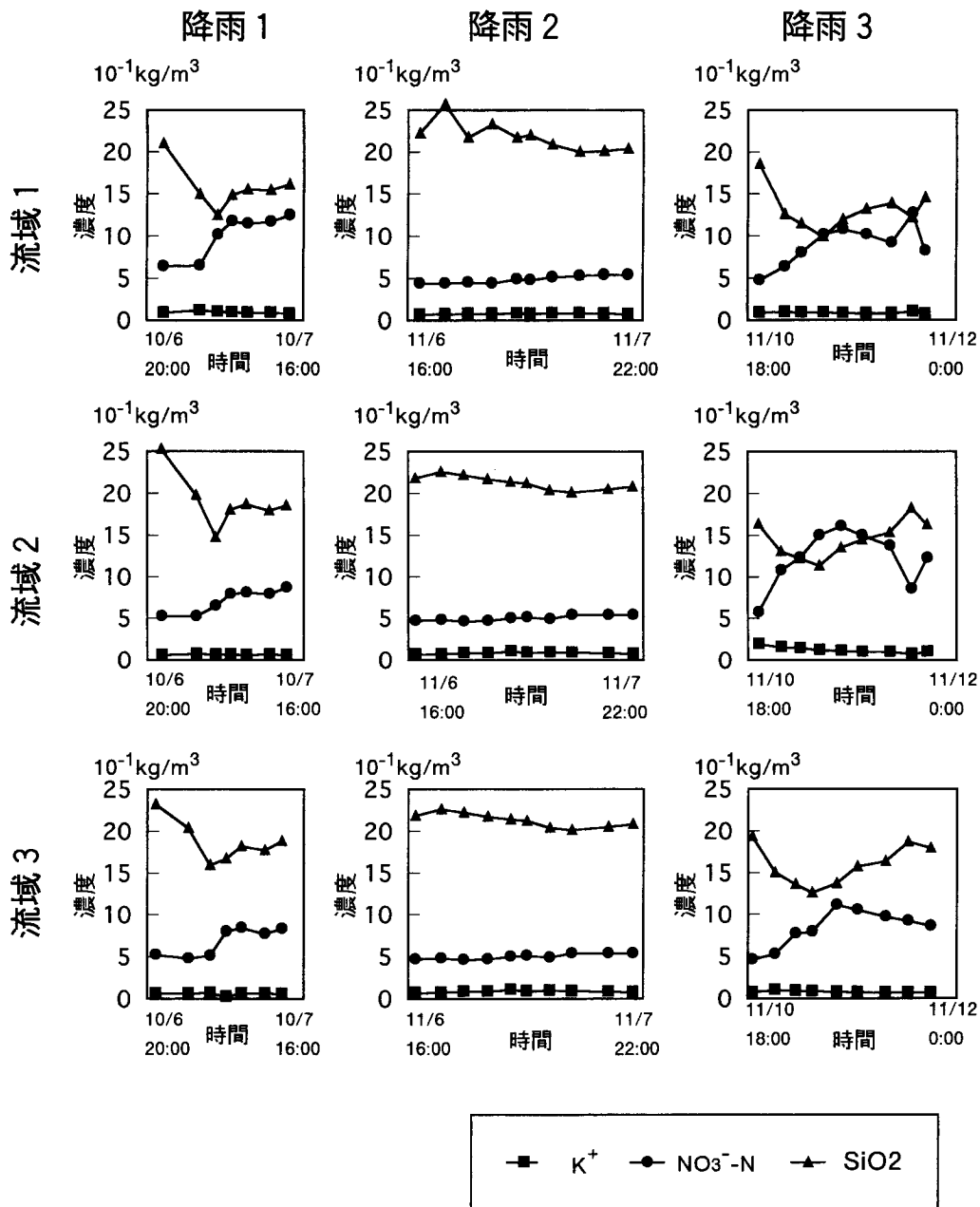


図4 溶存物質濃度の時間的变化

が減少し、流量が減少すると濃度が増加するという流量と負の相関を示した。すなわち、流量のピーク時に濃度が最低値を示す。これは、基岩層に多く分布する SiO_2 が地下水位の上昇による希釈の影響を受けるためと思われる。このことより、 K^+ 、 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 、 SiO_2 の順に表層部から下方に分布していることが渓流水の水

質の時間的变化に表れているといえる。

3. 溶存物質の平均濃度と流域面積との関係

図5は一降雨における溶存物質の平均濃度と流域面積との関係を示したものである。 K^+ は降雨によって異なる傾向を示した。 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ は降雨1、降雨2で流域面積の大きい流域ほど平均濃度が低くなり、降雨3で

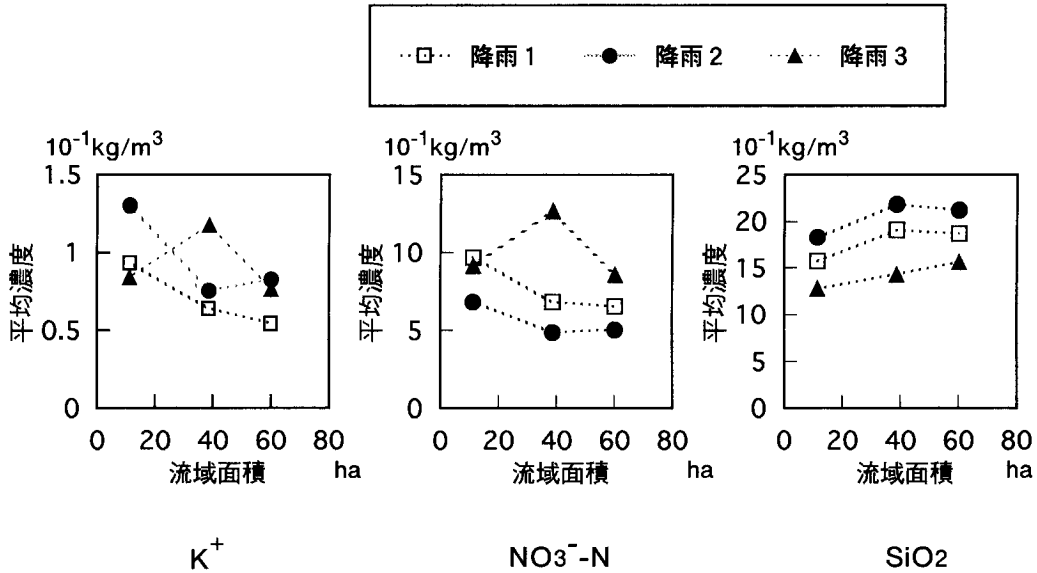


図5 溶存物質の平均濃度と流域面積との関係

は、流域2で最も高くなる傾向がみられた。 SiO_2 は3降雨とも流域面積が大きいほど平均濃度は高くなる傾向を示した。すなわち、 SiO_2 、 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 、 K^+ の順に流域面積と高い相関を示すといえる。これらのことより、溶存物質の溪流への流出過程で、深部に位置する土層内に分布する無機物質の方が、より流域面積の影響を受けることが明らかになった。

まとめ

溶存物質濃度の時間的変化について、各溶存物質ごとに固有の変化が示され、土層中における無機物の分布範囲を表わす結果となったが、流域面積との関係はみられなかった。平均濃度については、流域面積との応答関係が示され、 SiO_2 では、流域面積と正の相関がみられた。また、深部に位置する土層内に分布する無機物質の方が、より流域面積の影響を受ける傾向があることが明らかになった。

本研究では、3流域での結果にもとづいているため、

流域面積と溶存物質濃度との関係について、定量化にはいたらなかった。今後、流域面積の異なる多くの流域において、渓流水だけでなくとどまらず、表面流出、中間流出、地下水流出の各流出の溶存物質について調査することが、必要であると思われる。

文 献

- 岩坪五郎・堤 利夫 1967 森林内外の降水中の養分量について (第2報). 京大演報, 39: 110-124
- 木下亀城・瀧本 清 1936 九州帝国大学農学部附属粕屋演習林付近の地質. 九大演報, 9: 1-71
- 丸山明雄・岩坪五郎・堤 利夫 1965 森林内外の降水水中の養分量について (第1報). 京大演報, 36: 25-39
- 大類清和・生原喜久雄・相場芳恵 1989 森林集水域での土壌から溪流への水質変化. 日林誌, 75(5), 389-397
- 堤 利夫 1973 生態学講座 5b. 共立出版, 東京, 1~60頁

Summary

Distribution of inorganic compounds in the forested catchment was estimated by the relationship between catchment area and concentration of inorganic compounds content in flood runoff water. Water quality about K^+ , $\text{NO}_3^- \text{-N}$, SiO_2 (=inorganic compounds dissolved in interflow) were mea-

sured at three points along same stream. They located at the outlets of catchments with different area as each fits the others. The temporal changes and the averages of concentration were analyzed during three rainfall periods. The maximum concentration about K^+ and NO_3^- -N were showed before and at 3 or 4 hour after the peak runoff respectively. Temporal changes of concentration about SiO_2 tend to be contrary to the changes of runoff. The average concentration about NO_3^- -N showed large value and that about SiO_2 showed small value as increment of catchment area. These analyses led that the catchment area was efficiency to the concentration of inorganic compounds in runoff water according to the roots of interflow in soil layers.