

速報

北部九州の森林小流域における降雨イベント時の渓流水質の変動特性^{*1}釣田竜也^{*2} ・ 大貫靖浩^{*2} ・ 清水貴範^{*3}

釣田竜也・大貫靖浩・清水貴範：北部九州の森林小流域における降雨イベント時の渓流水質の変動特性 九州森林研究 63：121-123, 2010 熊本県北部に位置する鹿北流域試験地3号沢（面積3.69 ha）における降雨イベント時の渓流水質の変動特性を明らかにし、L-Q式を用いた流出負荷量の算出に及ぼす影響を検討した。3つの降雨イベントに対し、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Cl⁻、SO₄²⁻、HCO₃⁻、Siは増水時に濃度が減少し、K⁺、NO₃⁻は増水時に濃度が増加する傾向が認められた。イベント試料のNO₃⁻のL-Q関係は定期採水のそれより増水時に上にプロットされた。定期採水データにイベントデータを加えて作成したL-Q式を用いると、2005～2008年の年窒素流出量は、定期採水のみを用いた場合よりも1.16～1.33倍の範囲で増加した。しかし、窒素流入量に対する窒素流出量の割合は0.2～0.4の範囲であった。これらの結果は、イベント時のL-Q関係を考慮しても、対象試験地では窒素の流出量が流入量を下回ることを示している。

キーワード：森林小流域、降雨イベント、溶存物質濃度、L-Q式、窒素流出量

I. はじめに

近年、東アジアでの経済発展にともなう人為起源の窒素・硫黄酸化物の増加が見込まれており、これらが我が国の森林生態系に及ぼす影響が懸念されている(1)。こうした問題に対する森林生態系の応答を明らかにするには、長期的なモニタリングを実施し、森林流域の物質収支を把握することが重要である。我々は、熊本県北部にある鹿北流域試験地3号沢における月2回の頻度の林外雨と渓流水の定期採水に基づき、2001年～2006年の対象試験地の窒素収支を明らかにした(5)。その際、渓流水の流出量とその時の窒素流出量の関係(L-Q式)を作成して窒素流出量を算出したが、月2回の採水の際に流出量が10 Ls⁻¹以上の増水時のデータがほとんど得られなかったため、降雨時の窒素流出量の評価が不十分である可能性がある。そこで本研究では、降雨イベント時に得られたデータから、対象試験地における降雨イベント時の渓流水質の変動特性を明らかにし、L-Q式を用いた流出負荷量の算出に及ぼす影響を検討する。

II. 研究方法

(1) 調査流域の概要

熊本県山鹿市にある鹿北流域試験地3号沢（熊本森林管理署長生国有林内）を調査流域とした。調査流域の面積は3.69ha、地質は結晶片岩、土壌は乾性から適潤性の褐色森林土である。植生は30～50年生のスギ・ヒノキ人工林で、アラカシ・ツブラシイ等が混在している(2)。

(2) 流量と降水量の測定

流量は試験地末端の堰に圧力式水位計（ウイジン社、WL-500）を設置し20分間隔で自記記録した。降水量は試験地に最も近いアメダス観測点「鹿北」の値を気象庁のウェブサイトより引用した。

(3) 溶存物質濃度の分析

定期採水と同一地点で、自動採水装置（ISCO社、model6700）を用いて降雨イベント時の渓流水を1時間間隔で採取した。試料水を研究室に持ち帰り、0.45 μmのフィルターでろ過後、イオンクロマト法でNa⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻濃度を、ICP発光分析法でSi濃度を測定した。また、pH4.6アルカリ度法でHCO₃⁻濃度を算出した。流量と溶存物質濃度の間の相関分析ではピアソン相関係数を用いた。

III. 結果

(1) 降雨イベント時の流量と溶存物質濃度の関係

本研究では、3つの降雨イベントの観測結果をもとに検討した(表-1)。3つの中で、イベント1は総降水量が最も小さく、最大流出量も最も小さかった。イベント2は総降水量、最大降雨強

表-1. 降雨イベントの概要

イベント番号 Event no.	降雨日 Date	継続期間 duration (h)	総降水量 Total rainfall (mm)	最大降雨強度 Peak rainfall intensity (mm h ⁻¹)	最大流出量 Peak runoff rate (L s ⁻¹)
1	2008/6/24	10	20.0	7.0	5.7
2	2008/8/22	24	111.0	33.0	50.7
3	2008/9/29	42	96.5	6.5	7.4

^{*1} Tsurita, T., Ohnuki, Y. and Shimizu, T.: Characteristics of stream chemistry during rainfall event in a small forest catchment in northern Kyushu.

^{*2} 森林総合研究所九州支所 Kyushu Res. Center, For. & Forest Prod. Res. Inst., Kumamoto 860-0862

^{*3} 森林総合研究所 For. & Forest Prod. Res. Inst., Ibaraki 305-8687

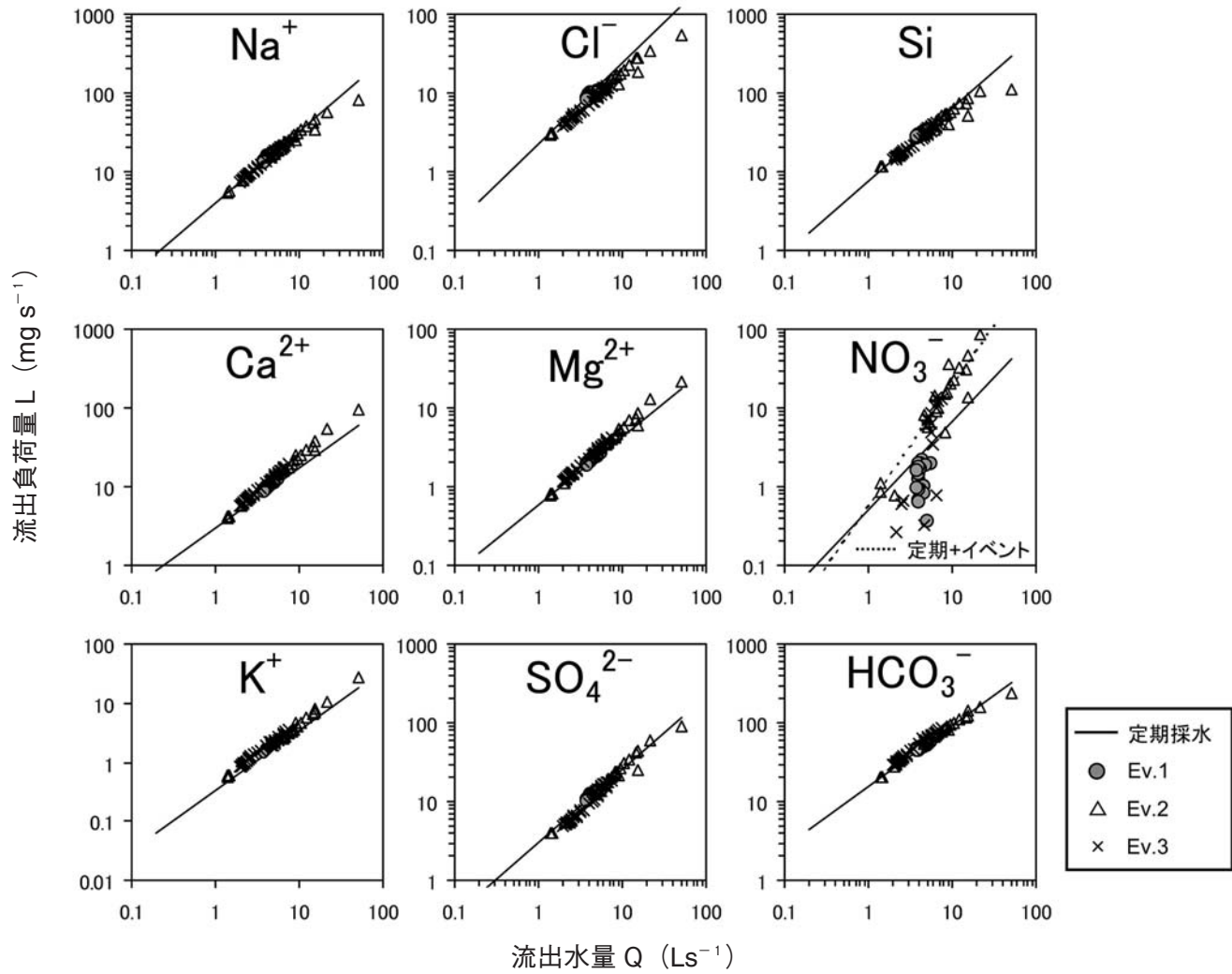


図-1. 降雨イベント時のL-Q関係

表-2. 降雨イベントの流出量と溶存物質濃度の相関係数

Event no.	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Si	Number of samples
1	-0.73	0.62	-0.84	-0.77	-0.68	ns	-0.74	-0.87	-0.92	24
2	-0.89	0.65	-0.76	-0.56	-0.81	0.56	-0.55	-0.84	-0.83	25
3	-0.91	ns	-0.89	-0.51	-0.48	0.78	0.48	-0.96	-0.72	50

注) 有意な相関係数 ($P < 0.05$) のみ示す。nsは有意差なしを示す。

度、最大流出量とも最も大きかった。イベント3は総降水量がイベント2と同等であるが、最大降雨強度が小さく、最大流出量はイベント2の1/7程度であった。各降雨イベントに対する流出量と溶存物質濃度の相関係数をみると、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Cl⁻、HCO₃⁻、Siの濃度は、流出量と負の相関が認められた(表-2)。また、SO₄²⁻濃度は、イベント1と2では流出量と負の相関が認められたが、イベント3では正の相関が認められた。K⁺とNO₃⁻濃度は、1つのイベントを除き、流量と正の相関が認められた。

(2) 降雨イベント時のL-Q関係

降雨イベント時のL-Q関係を定期採水のL-Q式と比較すると、Na⁺、Cl⁻、Siは、Qが10Ls⁻¹程度以上の増水時に定期採水のL-Q式よりも下にプロットされた(図-1)。一方、Ca²⁺、Mg²⁺、NO₃⁻は、Qが10Ls⁻¹以上の増水時に定期採水のL-Q式よりも上

にプロットされた。K⁺、SO₄²⁻とHCO₃⁻は、定期採水のL-Q式とほぼ一致した。なお、NO₃⁻以外は、Qが10Ls⁻¹程度以下では定期採水のL-Q式とほぼ一致したが、NO₃⁻はQが小さいときのばらつきが大きく、定期採水のL-Q式との一致が良くなかった。

IV. 考察とまとめ

本試験地における降雨イベント時の各溶存物質濃度の増減のパターンは、高知県(3)や宮崎県(4)の森林流域の結果とほぼ一致しており、これらのパターンは、異なる森林流域間での変異が比較的小さいと推察された。増水時に定期採水のL-Q式よりも下にプロットされたNa⁺、Cl⁻、Siは、定期採水のL-Q式のみから流出負荷量を算出すると、過大評価につながると考えられる。一方、増水時に定期採水のL-Q式よりも上にプロットされたCa²⁺、Mg²⁺、NO₃⁻は、定期採水のL-Q式のみから流出負荷量を算出すると、過小評価につながると考えられる。

NO₃⁻について、定期採水データにイベントデータを加えて作成したL-Q式(図-1, 点線の式; $L = 0.54 \times Q^{1.52}$)を用いると、2005~2008年の年窒素流出量は、定期採水のL-Q式から算出した

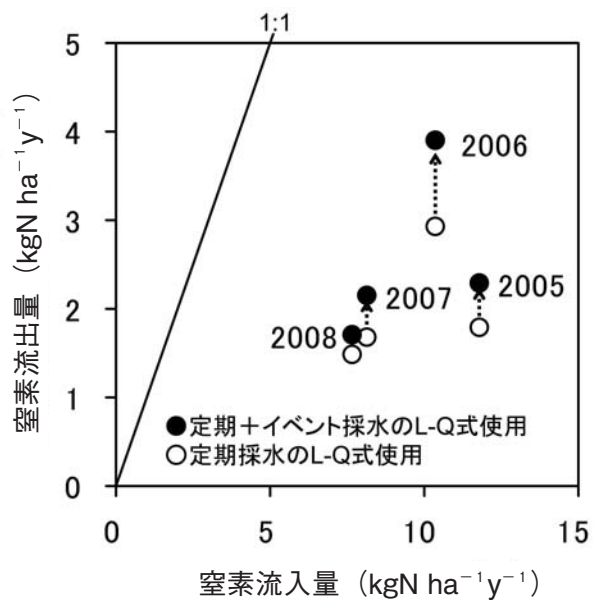


図- 2. 窒素の流入量と流出量の関係

場合よりも1.16~1.33倍の範囲で増加し、 $1.7\sim 3.9 \text{ Kg N ha}^{-1}\text{y}^{-1}$ となった(図- 2)。しかし、窒素流入量($7.7\sim 11.8 \text{ Kg N ha}^{-1}\text{y}^{-1}$)に対する窒素流出量の割合は0.19~0.37の範囲であり、依然として窒素の流出量が流入量を下回っていた。これらのことから、イベント時のL-Q関係も含めて算出することで窒素流出量はやや増加するものの、対象試験地の生態系で窒素が吸収されている傾向は変わらないと考えられる。

引用文献

- (1) Mitchell, M. J. *et al.* (1997) *For. Ecol. and Manage.* 97 : 39-51.
 - (2) Shimizu, A. *et al.* (2003) *Hydrol. Process.* 17 : 3125-3139.
 - (3) 篠宮佳樹ほか(2007) *森林立地* 49 : 133-144.
 - (4) 高木正博ほか(2004) *日林誌* 86 : 279-282.
 - (5) 釣田竜也ほか(2009) *九州森林研究* 62 : 148-149.
- (2009年10月24日受付；2010年1月5日受理)