

生態水文学研究所白坂試験流域における水質分析結果報告

五名美江^{*1, *2}・春田泰次^{*2, *3}・蔵治光一郎^{*2}

Report of the Chemical Analysis of Water Quality in Shirasaka Experimental Watershed (SEW), Ecohydrology Research Institute

Mie GOMYO^{*1, *2}, Yasuji HARUTA^{*2, *3}, Koichiro KURAJI^{*2}

I. はじめに

東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林生態水文学研究所（以下、生態水文学研究所）では、1997年より白坂試験流域において、降水、本谷溪流水（流域面積88.5ha）、北谷溪流水（流域面積1.2ha）、北谷地表水・地中水（流域面積0.4ha）の採水および水質分析が続けられてきた。2003年からは、南谷溪流水（流域面積1.4ha）も加わり、現在は6地点での採水と水質分析が実施されている。採水頻度は、1997年～1998年は週1回、1999年～2006年は月2回、2007年以降は月1回である。このうち、2003年8月～2010年3月の南谷溪流水、2011年4月～12月の本谷溪流水の水質分析結果は、既に東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林基盤データ整備委員会水文水質部門（2014）によって公表されている。本報告は、1997年1月～2012年2月までの16年間における白坂試験流域の水質分析結果の概要を報告するものである。

II. 担当者

分析責任者：1997年1月～2007年12月 春田泰次

：2008年1月～2012年2月 五名美江・蔵治光一郎

観測・分析：1997年1月～2007年12月 春田泰次

：2008年1月～2012年2月 五名美江・澤田晴雄・加藤敦美・鎌田幸子・原孝秀・

蔵治光一郎

* 1 日本学術振興会特別研究員PD

JSPS Research Fellow

* 2 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林生態水文学研究所

Ecohydrology Research Institute, The University of Tokyo Forests, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

* 3 元所属

Former affiliation

Ⅲ. 水質分析結果

Na, K, Mg, Ca濃度は原子吸光光度計により原子濃度の分析を行い, Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} 濃度はイオンクロマトグラフによりイオン濃度の分析を行った。降水および渓流水のpH, 電気伝導度(EC), 各溶存物質濃度の1997年1月から2012年2月までの水質の算術平均値(a)と標準偏差(b)を表-1に示す。表-1は採水間隔が異なる期間すべての平均値および標準偏差である。

表-1. 1997年1月から2012年2月までの水質の平均値(a)と標準偏差(b)

(a)

流域名	項目	pH	EC	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	OH^-	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	H^+	Σanion	Σcation
降水		4.8	18.2	24.3	27.5	39.6	0.0	19.6	5.3	4.2	20.4	26.3	91.3	75.7
	地表水	6.8	48.6	83.1	1.4	92.3	0.1	215.3	39.4	31.3	148.1	0.2	176.8	434.2
北谷	地中水	6.4	61.4	79.8	1.3	79.5	0.0	220.1	52.1	33.8	217.3	0.5	160.6	523.8
	渓流水	6.6	47.5	79.6	1.4	87.1	0.0	207.6	44.6	34.7	135.2	0.3	168.2	422.3
南谷	渓流水	6.7	44.1	72.9	6.7	87.6	0.1	220.3	47.5	36.1	158.6	0.2	167.2	462.7
本谷	渓流水	6.7	52.4	100.4	16.0	96.9	0.1	216.5	49.2	42.7	156.7	0.2	213.4	465.3

単位は, EC($\mu\text{S}/\text{cm}$), 各溶存物質濃度($\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)

注) 南谷渓流水は2003年8月開始, $\Sigma\text{anion} = \text{Cl}^- + \text{NO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{OH}^-$, $\Sigma\text{cation} = \text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+} + \text{H}^+$

(b)

流域名	項目	pH	EC	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
降水		0.5	15.0	28.1	28.9	34.9	29.5	11.2	6.5	24.2
	地表水	0.2	9.6	11.9	2.3	15.9	30.3	10.4	5.7	43.7
北谷	地中水	0.2	10.9	12.4	2.3	15.5	28.4	11.5	5.2	38.0
	渓流水	0.2	8.5	12.3	2.2	15.7	27.0	12.0	5.6	31.4
南谷	渓流水	0.2	7.0	10.9	5.9	16.0	22.3	10.9	5.5	26.3
本谷	渓流水	0.3	7.9	30.1	7.9	11.1	24.0	11.6	7.8	33.8

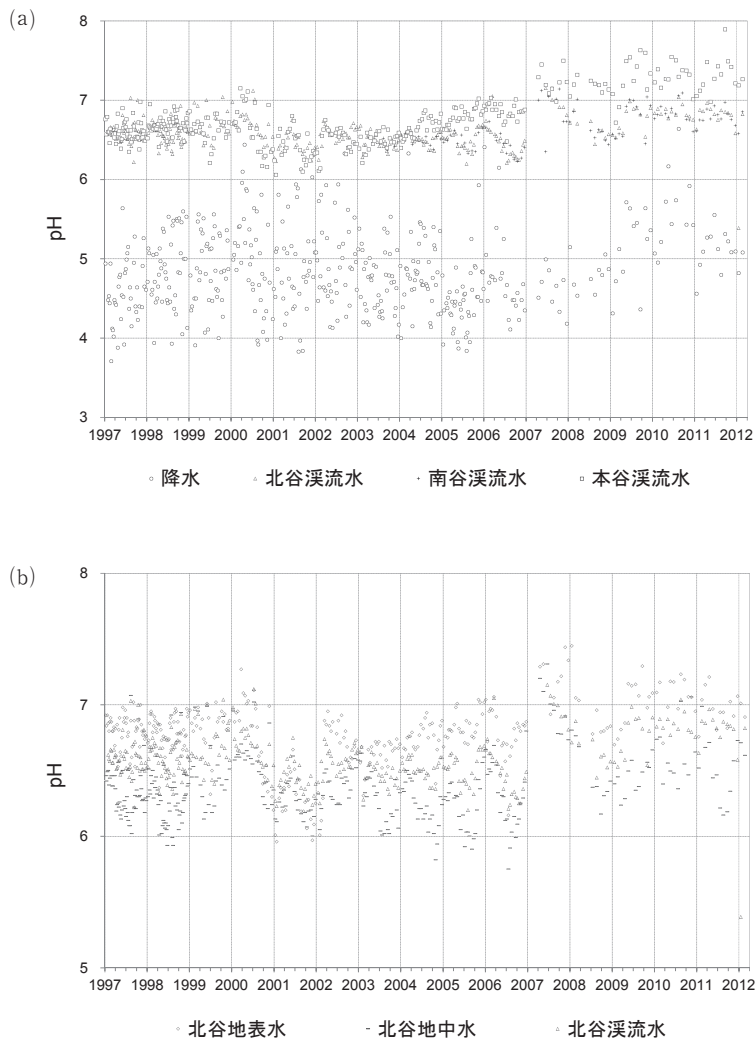


図-1. (a)降水および北谷・南谷・本谷渓流水のpH変動, (b)北谷地表水・地中水・渓流水のpH変動

降水および北谷・南谷・本谷渓流水のpH変動を図-1(a), 北谷地表水・地中水・渓流水のpH変動を図-1(b)に示す。相対的な比較を行うため, 図の縦軸は(a)(b)で変えてある。図-1(a)より, 降水のpHは, 3.7~6.7の範囲で推移している。値にばらつきはあるものの, 2005年ごろから, わずかにpHが上昇しているように見受けられる。この傾向は, 渓流水のpHの変動にも同様に見られる。渓流水のpHは, 本谷は6.0~7.9, 南谷は6.2~7.2, 北谷は5.3~7.2の範囲で推移している。表-1より, 渓流水のpH平均値は, 本谷, 南谷, 北谷の順に高くなっている。流域面積が大きい流域ほど酸を中和するカチオンが多く流出しているためと考えられる。表-1の総カチオン濃度で比較しても, 本谷, 南谷, 北谷の順に高くなっている。北谷地表水・地中水・渓流水のpHは5.3~7.5の範囲にあり, 中でも地中水のpH平均値は6.4と最も低い。

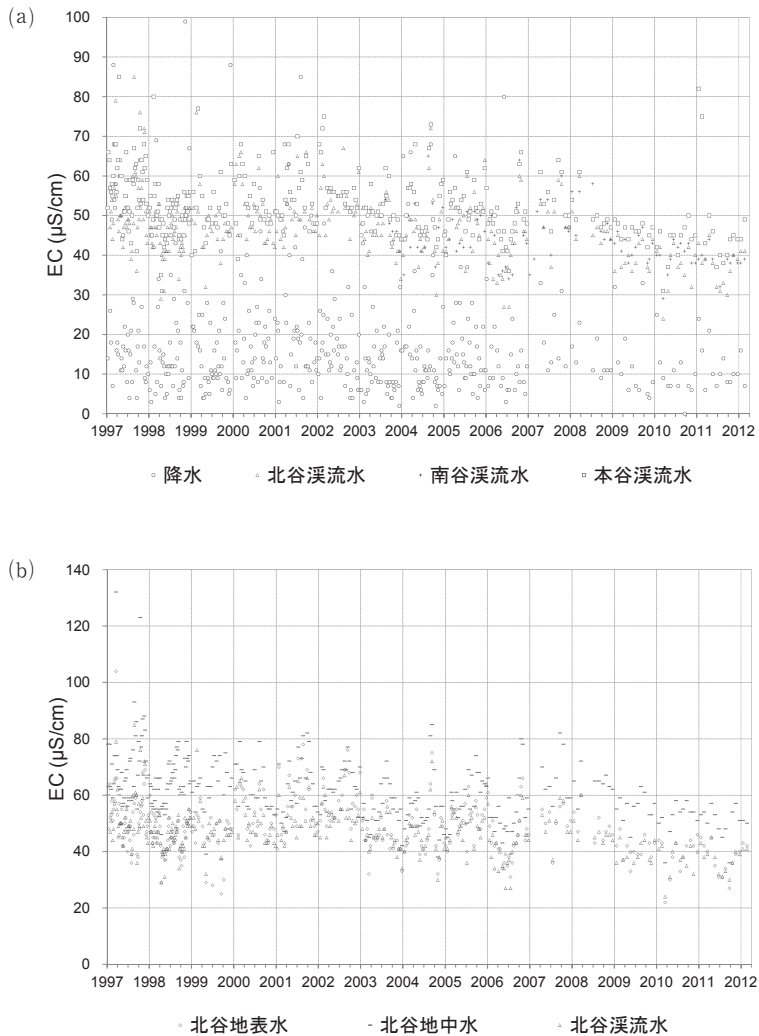


図-2. (a)降水および北谷・南谷・本谷渓流水の電気伝導度(EC)変動, (b)北谷地表水・地中水・渓流水の電気伝導度(EC)変動

降水および北谷・南谷・本谷渓流水のEC変動を図-2(a), 北谷地表水・地中水・渓流水のEC変動を図-2(b)に示す。相対的な比較を行うため, 図の縦軸は(a)(b)で変えてある。表-1を見ると, 降水のEC平均値は $18.2 (\mu\text{S/cm})$ であるが, 図-2(a)を見ると, 降水のECは $2 \sim 99 (\mu\text{S/cm})$ の範囲にばらついており, 変動幅が大きい。渓流水のEC平均値は, 本谷 $52.4 (\mu\text{S/cm})$, 南谷 $44.1 (\mu\text{S/cm})$, 北谷 $47.5 (\mu\text{S/cm})$ であり, 降水のECほどの変動幅はなく, $24 \sim 85 (\mu\text{S/cm})$ の範囲で推移している。表-1の北谷地表水・地中水・渓流水のEC平均値を見ると, 地中水が $61.4 (\mu\text{S/cm})$ で最も高く, 地表水, 渓流水と比べても $36 \sim 132 (\mu\text{S/cm})$ の高い範囲で値が推移している。

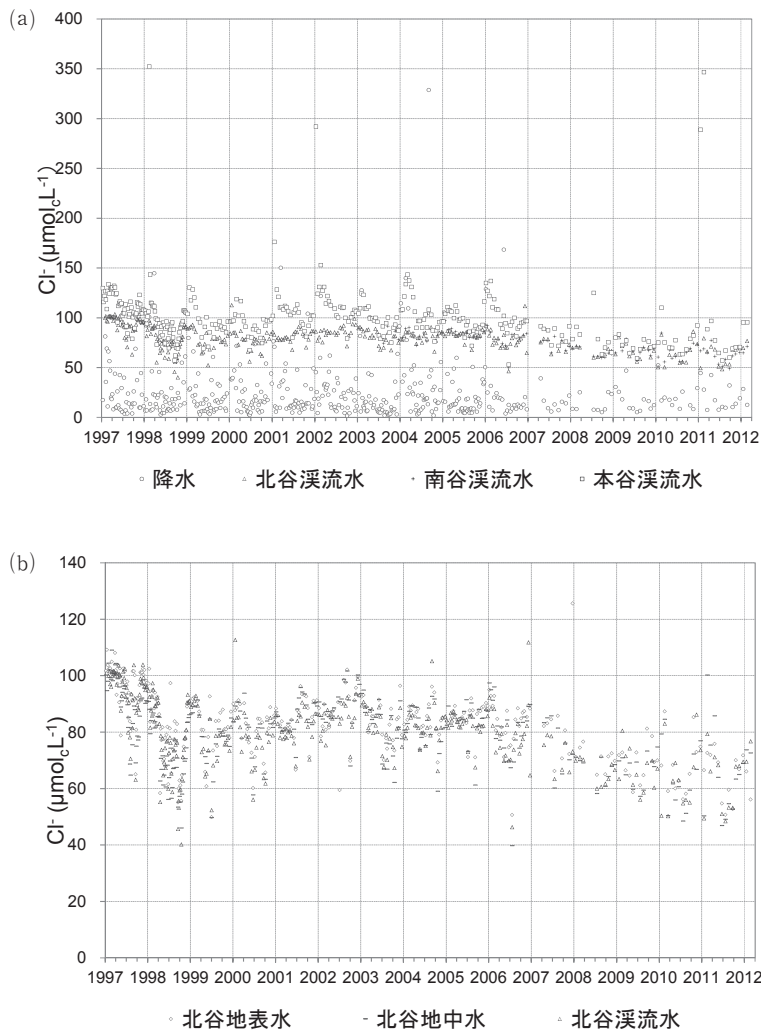


図-3. (a)降水および北谷・南谷・本谷溪流水の Cl^- 濃度変動, (b)北谷地表水・地中水・溪流水の Cl^- 濃度変動

降水および北谷・南谷・本谷溪流水の Cl^- 濃度変動を図-3(a), 北谷地表水・地中水・溪流水の Cl^- 濃度変動を図-3(b)に示す。相対的な比較を行うため, 図の縦軸は(a)(b)で変えてある。図-3(a)の降水の Cl^- 濃度を見ると, 2004年9月1日に $328.7 (\mu\text{mol}_c\text{L}^{-1})$ と高い値を示しているが, それ以外は $1.7 \sim 170 (\mu\text{mol}_c\text{L}^{-1})$ の範囲で推移している。溪流水の Cl^- 濃度平均値は, 本谷($100.4 \mu\text{mol}_c\text{L}^{-1}$), 北谷($79.6 \mu\text{mol}_c\text{L}^{-1}$), 南谷($72.9 \mu\text{mol}_c\text{L}^{-1}$)であるが, 流域面積が大きい本谷溪流水の Cl^- 濃度のばらつきは大きい。北谷地表水・地中水・溪流水の Cl^- 濃度は, 地中水は $39 \sim 109 (\mu\text{mol}_c\text{L}^{-1})$, 溪流水は $40 \sim 113 (\mu\text{mol}_c\text{L}^{-1})$, 地表水は $49 \sim 126 (\mu\text{mol}_c\text{L}^{-1})$ であり, 地表水が最も高い濃度で推移している。

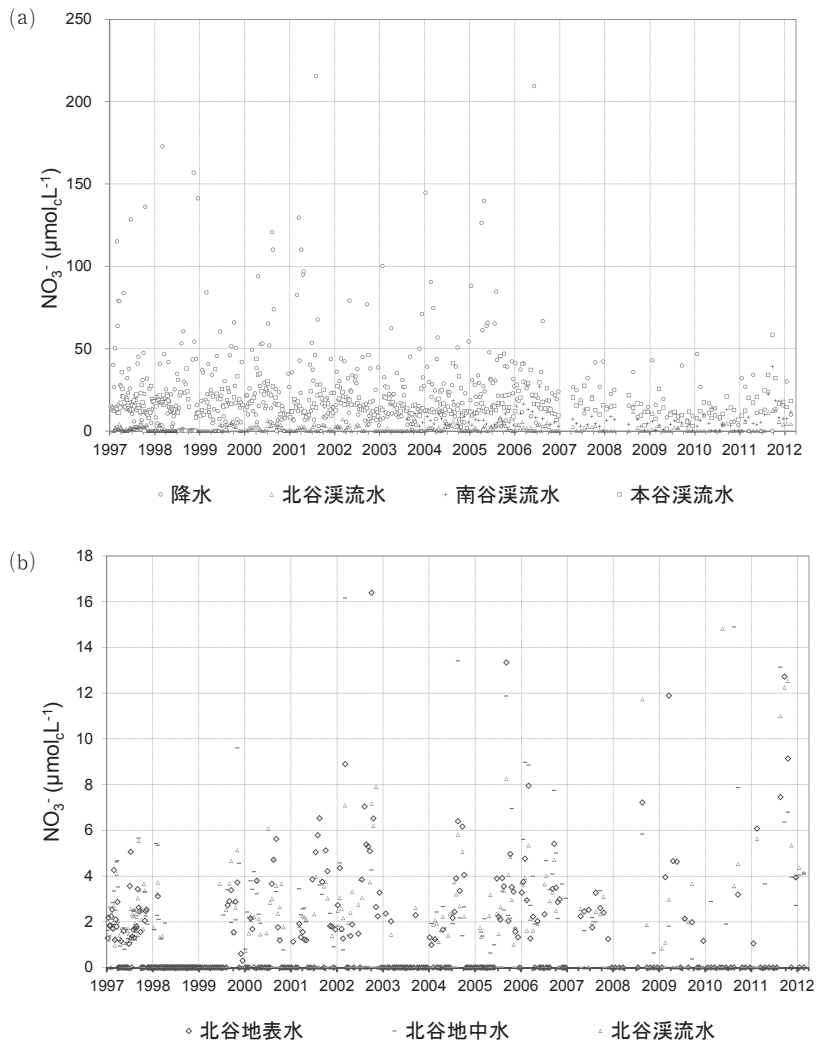


図-4. (a)降水および北谷・南谷・本谷溪流水の NO_3^- 濃度変動, (b)北谷地表水・地中水・溪流水の NO_3^- 濃度変動

降水および北谷・南谷・本谷溪流水の NO_3^- 濃度変動を図-4(a), 北谷地表水・地中水・溪流水の NO_3^- 濃度変動を図-4(b)に示す。相対的な比較を行うため, 図の縦軸は(a)(b)で変えてある。表-1を見ると, 北谷は地表水・地中水・溪流水とともに, 南谷・本谷の溪流水の NO_3^- 濃度と比較して低い値を示しているが, これは, 図-4(b)に示したように, 北谷では NO_3^- 濃度検出限界以下が多いためである。降水の NO_3^- 濃度は変動幅が大きく, 最大 $215.4 (\mu\text{mol}_c\text{L}^{-1})$, 最小 $0 (\mu\text{mol}_c\text{L}^{-1})$ である。 NO_3^- 濃度は, 流域面積が大きい順に, 本谷溪流水 $0 \sim 59 (\mu\text{mol}_c\text{L}^{-1})$, 南谷溪流水 $0 \sim 39 (\mu\text{mol}_c\text{L}^{-1})$, 北谷溪流水 $0 \sim 15 (\mu\text{mol}_c\text{L}^{-1})$ の範囲で推移している。

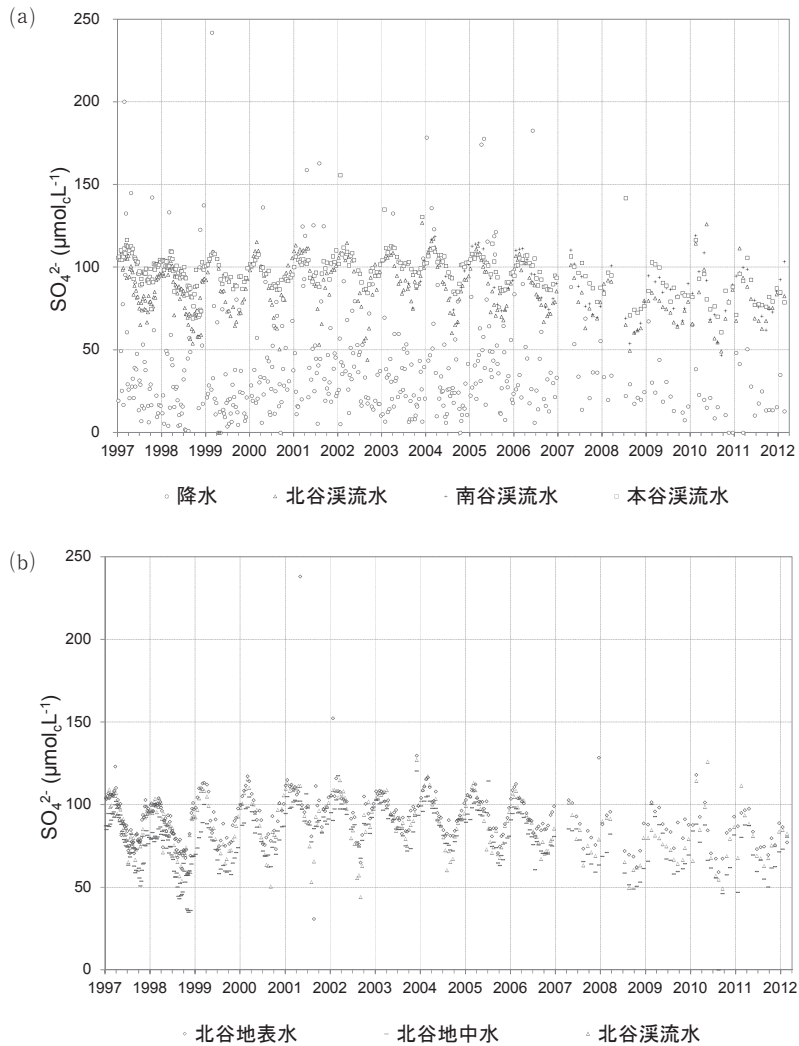


図-5. (a)降水および北谷・南谷・本谷溪流水の SO_4^{2-} 濃度変動, (b)北谷地表水・地中水・溪流水の SO_4^{2-} 濃度変動

降水および北谷・南谷・本谷溪流水の SO_4^{2-} 濃度変動を図-5(a), 北谷地表水・地中水・溪流水の SO_4^{2-} 濃度変動を図-5(b)に示す。図-5(a)(b)を見ると, SO_4^{2-} 濃度は春に上昇, 秋にかけて低下する季節変動が見られる。一方, 降水の SO_4^{2-} 濃度には季節変動が見られない。従って, この季節変動を生じさせているのは流域内部の現象と考えられるが, 現時点では細かなメカニズムの特定には至っておらず, 今後の課題である。

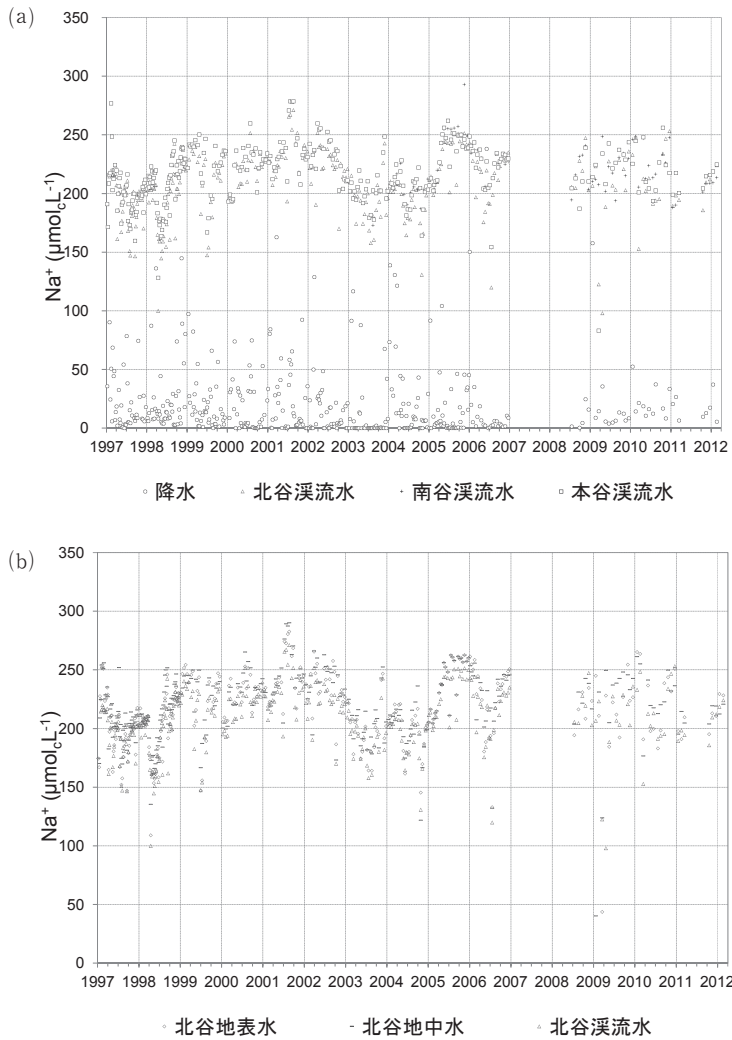


図-6. (a)降水および北谷・南谷・本谷渓流水の Na^+ 濃度変動, (b)北谷地表水・地中水・渓流水の Na^+ 濃度変動

降水および北谷・南谷・本谷渓流水の Na^+ 濃度変動を図-6(a), 北谷地表水・地中水・渓流水の Na^+ 濃度変動を図-6(b)に示す。降水の Na^+ 濃度平均値は $19.6 (\mu\text{mol}_c\text{L}^{-1})$ であるが, 渓流水の Na^+ 濃度は $83 \sim 293 (\mu\text{mol}_c\text{L}^{-1})$ の範囲で推移していることから, 流域内部から供給される Na が渓流水中に多く流出している可能性が高い。図-6(b)を見ても地表水・地中水と渓流水の Na^+ 濃度の絶対値および変動は同期している。

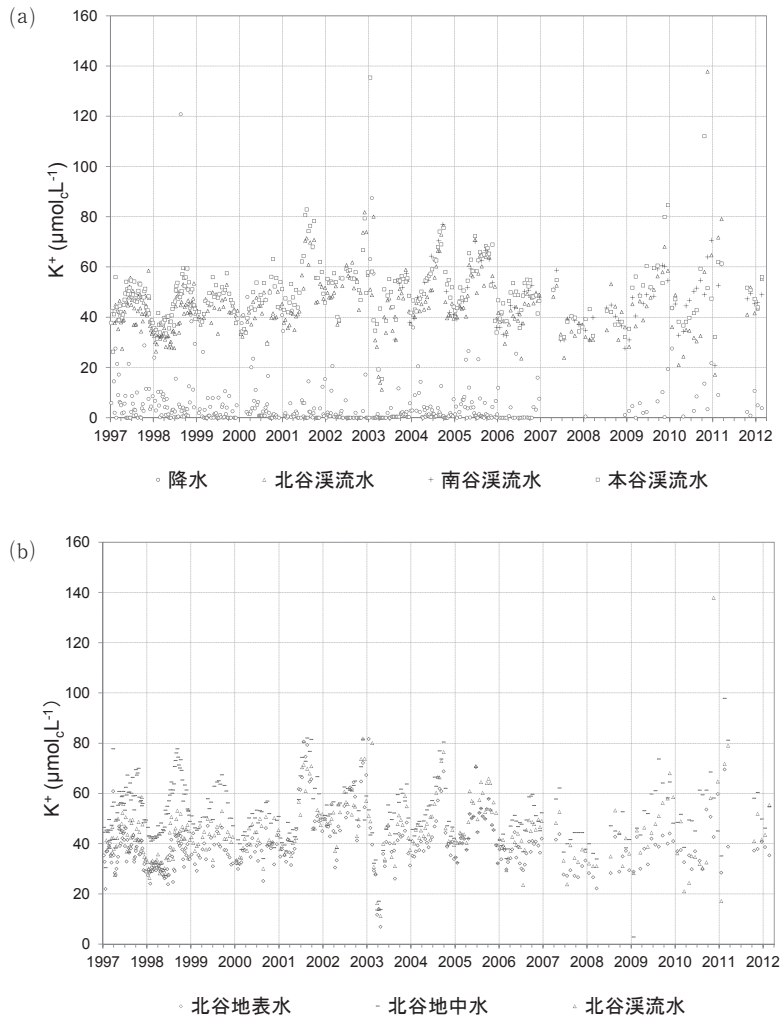


図-7. (a)降水および北谷・南谷・本谷渓流水のK⁺濃度変動, (b)北谷地表水・地中水・渓流水のK⁺濃度変動

降水および北谷・南谷・本谷渓流水のK⁺濃度変動を図-7(a), 北谷地表水・地中水・渓流水のK⁺濃度変動を図-7(b)に示す。図-7(a)(b)を見ると, 降水のK⁺濃度変動幅は大きいものの, 平均値は5.3 ($\mu\text{mol}_c\text{L}^{-1}$)である。一方, 渓流水のK⁺濃度平均値は, 流域面積の大きい順に, 本谷 ($49.2\mu\text{mol}_c\text{L}^{-1}$), 南谷 ($47.5\mu\text{mol}_c\text{L}^{-1}$), 北谷 ($44.6\mu\text{mol}_c\text{L}^{-1}$)となっている。K⁺濃度変動は3流域ともに同期している。図-7(b)を見ると, 北谷地中水のK⁺濃度は, 地表水, 渓流水に比べて高い濃度で推移している。

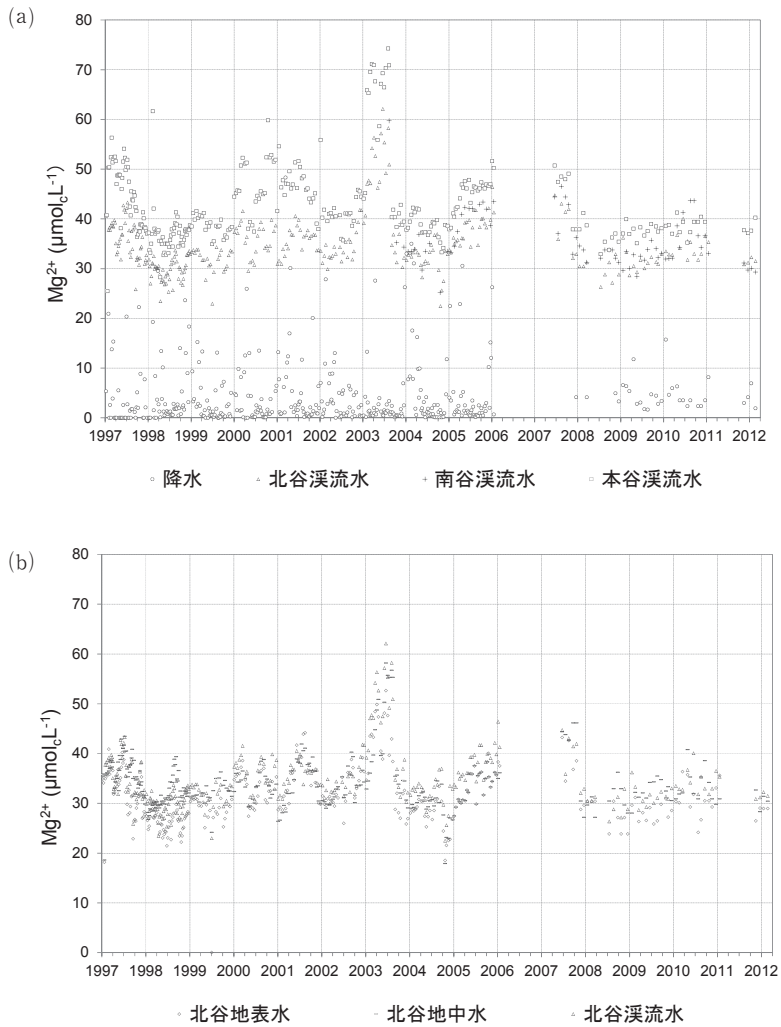


図-8. (a)降水および北谷・南谷・本谷渓流水の Mg^{2+} 濃度変動, (b)北谷地表水・地中水・渓流水の Mg^{2+} 濃度変動

降水および北谷・南谷・本谷渓流水の Mg^{2+} 濃度変動を図-8(a), 北谷地表水・地中水・渓流水の Mg^{2+} 濃度変動を図-8(b)に示す。 K^+ 濃度と同様に, 渓流水の Mg^{2+} 濃度平均値は, 流域面積の大きい順に高く, Mg^{2+} 濃度変動は3流域ともに同期している。

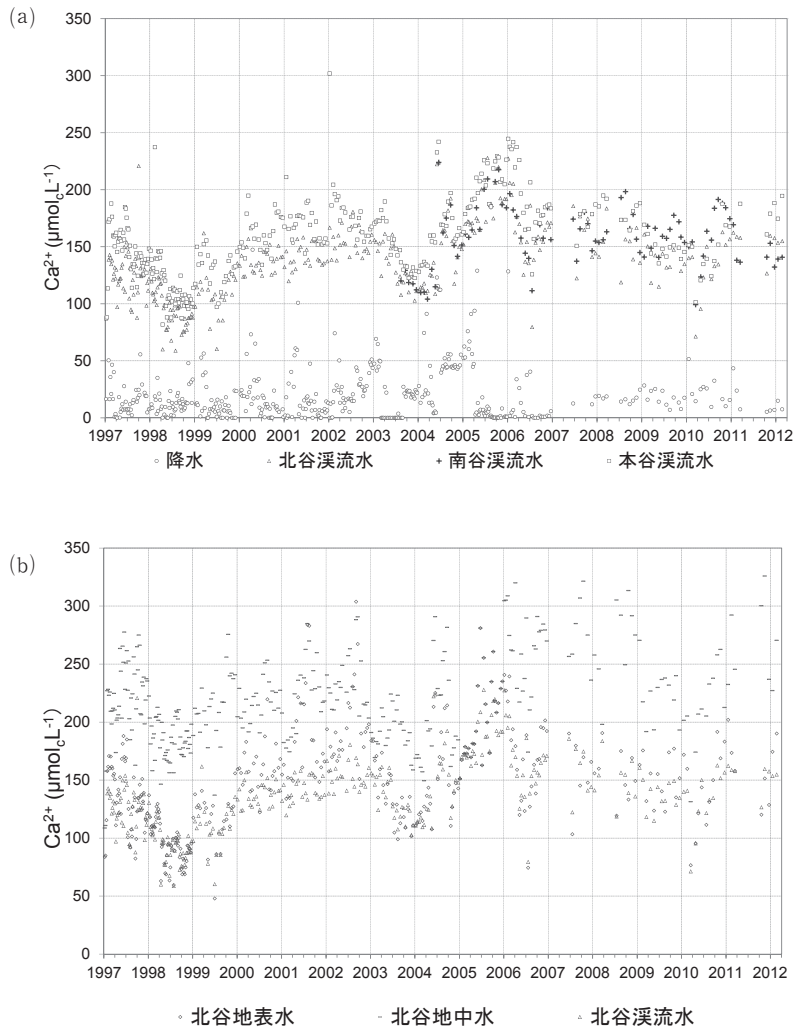


図-9. (a)降水および北谷・南谷・本谷渓流水のCa²⁺濃度変動, (b)北谷地表水・地中水・渓流水のCa²⁺濃度変動

降水および北谷・南谷・本谷渓流水のCa²⁺濃度変動を図-9(a), 北谷地表水・地中水・渓流水のCa²⁺濃度変動を図-9(b)に示す。図-9(a)を見ると, 渓流水のCa²⁺濃度変動は3流域ともに同期している。図-9(b)を見ると, 北谷地中水のCa²⁺濃度は108 ~ 326 ($\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)の範囲で推移しており, 地表水48 ~ 304 ($\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$), 渓流水58 ~ 228 ($\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)に比べて高い濃度で推移している。地中水のCa²⁺濃度が高いことから, 地中から多くのCaが流出してきていることを示唆している。

今後、採水時の流量データ、降雨出水時の濃度変動の結果を補完することで、各流域における降雨から渓流水に至る水質形成および物質収支の特徴が明らかになるものと期待される。本稿に示したすべてのデータは、生態水文学研究所に保管されている。

謝辞

生態水文学研究所特任専門職員の加藤敦美氏、鎌田幸子氏、同元技術職員の原孝秀氏、同元技術専門職員（現：樹芸研究所）の澤田晴雄氏には水採取、水質分析において多大なる支援を頂きました。また、全国大学演習林協議会LTFHRデータベース運営委員会、平成15～17年度科学研究費補助金基盤研究(A)（代表：小川滋）「流域生態圏における水・熱・物質循環の長期変動モニタリングと広域比較研究」、および平成18～20年度科学研究費補助金基盤研究(A)（代表：丹下健）「森林における水・物質動態の流域特性の広域比較研究」の支援を受けました。ここに記して謝意を表します。