

短報 [Note]

滋賀県西部の森林溪流水の水質と環境条件の関係解析

大久保卓也*・東善広

(2014 年 1 月 21 日受付, 2014 年 3 月 29 日受理)

Analysis of relationships between water quality parameters and environmental conditions of forest streams in the western area of Shiga Prefecture, Japan

Takuya Okubo* and Yoshihiro Azuma

摘 要

2010 年夏季に滋賀県西部の溪流水 78 カ所で水質調査を行い、環境条件と水質の関係について検討した結果、次のことが明らかになった。①緯度と溶存態有機炭素 (DOC)、溶存態全窒素 (DTN)、 NO_2^- -N、 NO_3^- -N、 Cl^- 、 Na^+ 濃度で正の相関がみられ、北の地点ほど、これらの濃度が高い傾向がみられた。②標高と電気伝導度 (EC)、 Cl^- 、 Na^+ 濃度で負の相関がみられた。③花崗岩比率に対して DTN、 NH_4^+ -N、 NO_3^- -N、 SiO_2 -Si、 Na^+ 濃度は正の相関、 PO_4^{3-} -P、 SO_4^{2-} 、 Mg^{2+} 濃度は負の相関がみられた。④ナラ群落面積比率と水質の相関はみられず、ナラ枯れと水質の関係については不明であった。

キーワード : 溪流水, 水質, ナラ枯れ, 硝酸態窒素, 海塩

Abstract

Relationships between water quality parameters and the environmental conditions of forest streams in the western area of Shiga Prefecture were analyzed on the basis of field research at 78 sites in the summer of 2010. The results of the analysis were as follows: 1) The concentrations of dissolved organic carbon (DOC), dissolved total nitrogen (DTN), nitrite nitrogen (NO_2^- -N), nitrate nitrogen (NO_3^- -N), Cl^- , and Na^+ increased with the latitude of the sampling site. 2) There were negative correlations between the altitude of the sampling site and the concentrations of Cl^- and Na^+ . 3) There were positive correlations between the ratio of the regional areas of granite and concentrations of DTN, ammonium nitrogen (NH_4^+ -N), NO_3^- -N, SiO_2 , and Na^+ , and negative correlations between the ratio of the regional areas of granite and the concentrations of phosphate phosphorus (PO_4^{3-} -P), SO_4^{2-} , and Mg^{2+} . 4) There were no clear correlations between the ratio of the area of oak trees and the water quality parameters.

Keywords: Forest streams, Water quality, Dissolved nitrogen, Nitrate nitrogen, Sea salt

滋賀県琵琶湖環境科学研究センター 〒520-0022 滋賀県大津市柳が崎 5-34 Lake Biwa Environmental Research Institute, Yanagasaki 5-34, Ohtsu, Shiga 520-0022, Japan

*連絡代表者 (Corresponding author): okubo-t@lberi.jp

緒 言

滋賀県の湖西から湖北にかけての河川（安曇川、石田川、知内川、大浦川、姉川）では、河川水中の硝酸態窒素（ $\text{NO}_3\text{-N}$ ）の濃度が増加傾向にある（図1）。この原因としては、生活排水の流入、カシノナガキクイムシによるナラ類の枯死（「ナラ枯れ」）、森林で近年個体数が増加しているシカによる下草の食害などが想定されるが、科学的に原因が特定される段階には至っていない。滋賀県の資料によると（滋賀県，2011），生活排水や工場・事業場排水由来の窒素排出負荷量は、石田川ではやや増加しているが、安曇川、知内川、大浦川、姉川では増加していない。ナラ枯れは、湖北・湖西地域を中心に1980年代後半から見られ、被害面積は2000年に4.38 ha、2005年に9.88 ha、2010年に22.96 haと増加傾向にあったが、2011年には10.71 ha、2012年には18.03 haと推移し（滋賀県，2013），最近は頭打ちになっている。安曇川支流の調査結果では、ナラ枯れが進行した2000年代に、渓流水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が増加したことが報告されている（金子ら，2007）が、他の地域でナラ枯れによって $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が増加したという事例は報告されておらず因果関係は明確になっていない。シカの食害によって森林からの窒素の流出が増加する可能性は、福島ら（2008）が指摘しているが、その後の調査結果はまだ報告されていない。このような背景のもと、本研究は、滋賀県の湖西から湖北にかけて多地点での渓流水水質調査を行い、水質と集水域の

植生（ナラ群落占有比率）、地質等の環境条件との関係を解析し、滋賀県北西部河川の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度増加の原因解明のための基礎的検討を行った。

方 法

調査地点

2010年8月30日から9月2日にかけて、図2に示す高野川上流（京都府北部）、安曇川中上流、比良山系の木戸川、大谷川、比良川、鴨川上流、石田川上流、境川上流、知内川上流の78地点で渓流水の採水を行った。採水はポリバケツを用いて行った。採水したサンプルは、クーラーボックスに入れ実験室に持ち帰った。調査地点の緯度経度は、GARMIN社製GPS eTrex20を用いて測定した。なお、調査日および調査前2週間の間に降雨はなく、晴天が続いていた。調査前の降雨は8月12日にあり、今津で34.5 mmの降水量が観測されていた。

水質分析方法

採取した水サンプルを、ガラス繊維フィルター（Whatman GF/F、孔径約 $0.7\mu\text{m}$ ）でろ過し、ろ液を用いて溶存態全窒素（DTN）、アンモニア態窒素（ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ）、亜硝酸態窒素（ $\text{NO}_2\text{-N}$ ）、硝酸態窒素（ $\text{NO}_3\text{-N}$ ）、溶存態全リン（DTP）、リン酸態リン（ $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ ）、ケイ酸（ $\text{SiO}_2\text{-Si}$ ）を測定した。DTN、DTPは、過硫酸カリウムによる同時分解法（細見ら，1983）で測定した。 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 、 $\text{SiO}_2\text{-Si}$

は、オートアナライザー（ブランルーベ社、現在ビーエルテック社、製QUAATRO）を用い、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ はインドフェノール青法、 $\text{NO}_2\text{-N}$ はN-（1-ナフチル）エチレンジアミン法、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は銅・カドミウムカラム還元-N-（1-ナフチル）エチレンジアミン法、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ はモリブデン青法、 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ はモリブデン青法で測定した。溶存態有機炭素（DOC）は、島津製作所製TOC-Vを用いて測定した。電気伝導度（EC）は、CyberScan社製ラコムテスター導電率計ECTest11+で測定した。また、カチオン（ Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} ）とアニオン（ Cl^- 、 SO_4^{2-} ）をダイオネクス社製イオンクロマトグラフISC-90で測定した。

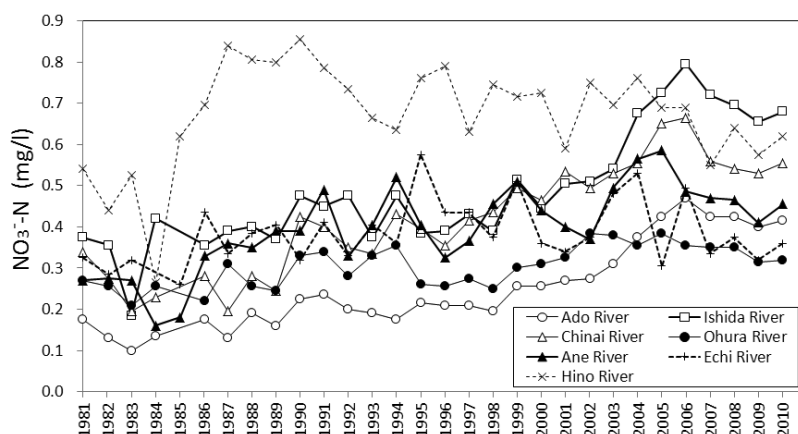


図1 滋賀県北部及び西部の河川の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の長期変化

（滋賀県環境白書（1982～2013）の毎月の測定値から各年度の中央値を計算しプロットした。対照として滋賀県東部の愛知川と日野川を図中に示した。）

Fig. 1 Changes in concentration of $\text{NO}_3\text{-N}$ of rivers in the northwestern area of Shiga Prefecture. The changes of Echi River and Hino River in the eastern area of Shiga Prefecture are shown for comparison.

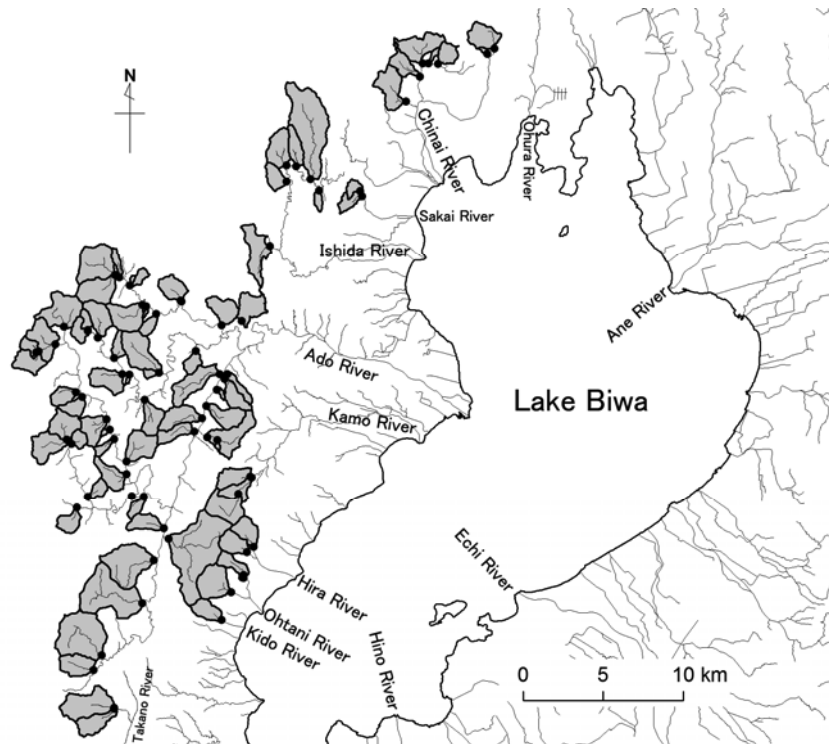


図2 調査地点（黒丸で示した地点が採水場所，グレーで示した区域が採水地点の上流の集水域を示す。）

Fig. 2 Locations of water sampling sites(black circles) and their watershed areas (gray areas).

集水域の環境情報

各調査地点の集水域の環境情報として，流域面積，標高，植生分類別面積，表層土壌地質区分別面積を求めた．流域面積，標高は，調査地点の緯度経度から GIS ソフト（ESRI 社製 ArcGIS）を用いて求めた．集水域の植生分類別面積は，環境省第 6 回自然環境保全基礎調査植生調査（平成 11～16 年度）の調査結果を環境省が GIS データ化したものから ArcGIS を用いて求めた．本研究ではナラ枯れの水質への影響をみるため，植生分類の中で，アベマキコナラ群落，クレーミズナラ群落，ブナミズナラ群落，ユキグニミツバツツジコナラ群落，クロモジブナ群落，シロモジ群落，スギミズナラ群落，スギブナ群落，タニウツギノリウツギ群落，ヒメヤシヤブシートニウツギ群落はナラ枯れの被害を受けやすい植生と考え，これらの群落の面積を合計して「ナラ群落」として扱った．集水域の表層土壌地質区分別面積は，国土交通省の「1/500,000 土地分類基本調査（表層地質図）」から ArcGIS を用いて求めた．表層地質は，琵琶湖古生層の堆積岩地帯と

花崗岩地帯の 2 分類に分けて解析することとした．

統計解析

統計解析は SPSS 社（現在 IBM 社）製 SPSS Ver.11 を用いて行った．

結果および考察

集水域の環境条件間の相関

水質調査地点の集水域の環境条件間のスピアマンの順位相関係数を求めた結果を表 1 に示す．標高とナラ群落面積比率に正の相関，標高と緯度の間に負の相関がみられた．それぞれの環境条件の水質への影響をみるためには，環境条件間の相関を無くす必要があるため，標高が高い地点（標高 420 m 以上）のデータを除いたところ環境条件間の相関はなくなった（表 2）．

集水域の環境条件と水質の相関

環境条件間の相関がなくなったデータを用いて，環

境条件と水質との相関を求めた結果を表3に示す。流域面積と水質の相関で有意水準1%で有意となったものはなかった。また、ナラ群落面積比率と水質の相関においても、有意水準1%で有意となったものはな

った。花崗岩比率と水質との相関では、DTN, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, $\text{SiO}_2\text{-Si}$, Na^+ は正の相関(有意水準1%), $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$, SO_4^{2-} , Mg^{2+} は負の相関(有意水準1%)を示した。図3にそれらの相関プロットを示した。火山岩や花崗岩

表1 集水域の環境条件間のスピアマン順位相関係数

Table 1 Spearman's rank-correlation coefficients among environmental parameters.

		Watershed area	Ratio of oak trees area	Ratio of granitic area	Latitude
Ratio of oak trees area	Correlation coefficient	0.076			
	Significance probability	0.532			
	N	70			
Ratio of granitic area	Correlation coefficient	0.039	-0.046		
	Significance probability	0.735	0.708		
	N	77	70		
Latitude	Correlation coefficient	-0.194	-0.071	0.120	
	Significance probability	0.096	0.566	0.303	
	N	75	68	76	
Altitude	Correlation coefficient	-0.016	.372(**)	-0.201	-.305(**)
	Significance probability	0.892	0.002	0.081	0.007
	N	75	68	76	78

** Significant by significance level of 1%.

* Significant by significance level of 5%.

表2 集水域の環境条件間のスピアマン順位相関係数(標高が高い地点を除く)

Table 2 Spearman's rank correlation coefficients among environmental parameters.

The coefficients are calculated using dataset without high altitude sites.

		Watershed area	Ratio of oak trees area	Ratio of granitic area	Latitude
Ratio of oak trees area	Correlation coefficient	0.123			
	Significance probability	0.403			
	N	48			
Ratio of granitic area	Correlation coefficient	0.081	0.052		
	Significance probability	0.557	0.723		
	N	55	48		
Latitude	Correlation coefficient	-0.213	-0.003	0.145	
	Significance probability	0.118	0.984	0.290	
	N	55	48	55	
Altitude	Correlation coefficient	-0.108	0.275	-0.169	-0.250
	Significance probability	0.433	0.059	0.218	0.061
	N	55	48	55	57

** Significant by significance level of 1%.

* Significant by significance level of 5%.

表3 環境条件と水質間のスピアマン順位相関係数(花崗岩地域を含む)

Table 3 Spearman's rank correlation coefficients among environmental parameters and water quality parameters.

The coefficients are calculated using dataset including the sites in granitic area.

		DOC	DTN	$\text{NH}_4^+\text{-N}$	$\text{NO}_2^-\text{-N}$	$\text{NO}_3^-\text{-N}$	$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$	$\text{SiO}_2\text{-Si}$	EC	Cl^-	SO_4^{2-}	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
Watershed area	Correlation coefficient	-0.219	0.066	0.019	0.021	0.142	-0.042	0.034	0.191	-.343(*)	.331(*)	-0.148	-0.118	.329(*)
	Significance probability	0.109	0.632	0.892	0.880	0.300	0.758	0.803	0.161	0.010	0.014	0.280	0.393	0.014
	N	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
Ratio of oak trees area	Correlation coefficient	-0.109	0.109	-0.255	-0.085	0.179	0.214	0.016	-0.126	-0.135	-0.063	-0.156	-0.109	-0.094
	Significance probability	0.462	0.459	0.080	0.564	0.222	0.143	0.915	0.393	0.359	0.670	0.291	0.460	0.525
	N	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
Ratio of granitic area	Correlation coefficient	-0.063	.429(**)	.487(**)	0.143	.507(**)	-.552(**)	.699(**)	-0.043	-0.209	-.466(**)	.354(**)	-.683(**)	0.078
	Significance probability	0.647	0.001	0.000	0.299	0.000	0.000	0.000	0.754	0.126	0.000	0.008	0.000	0.571
	N	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
Latitude	Correlation coefficient	.463(**)	.488(**)	.430(**)	.707(**)	.412(**)	-0.158	-0.130	0.092	.777(**)	-0.128	.616(**)	0.101	-0.200
	Significance probability	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.239	0.336	0.497	0.000	0.343	0.000	0.453	0.136
	N	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
Altitude	Correlation coefficient	0.044	-.344(**)	-0.212	-0.181	-0.315(*)	0.068	-0.222	-.416(**)	-.310(*)	-0.199	-.432(**)	-0.083	-.325(*)
	Significance probability	0.747	0.009	0.113	0.178	0.017	0.615	0.098	0.001	0.019	0.137	0.001	0.541	0.014
	N	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57

** Significant by significance level of 1%.

* Significant by significance level of 5%.

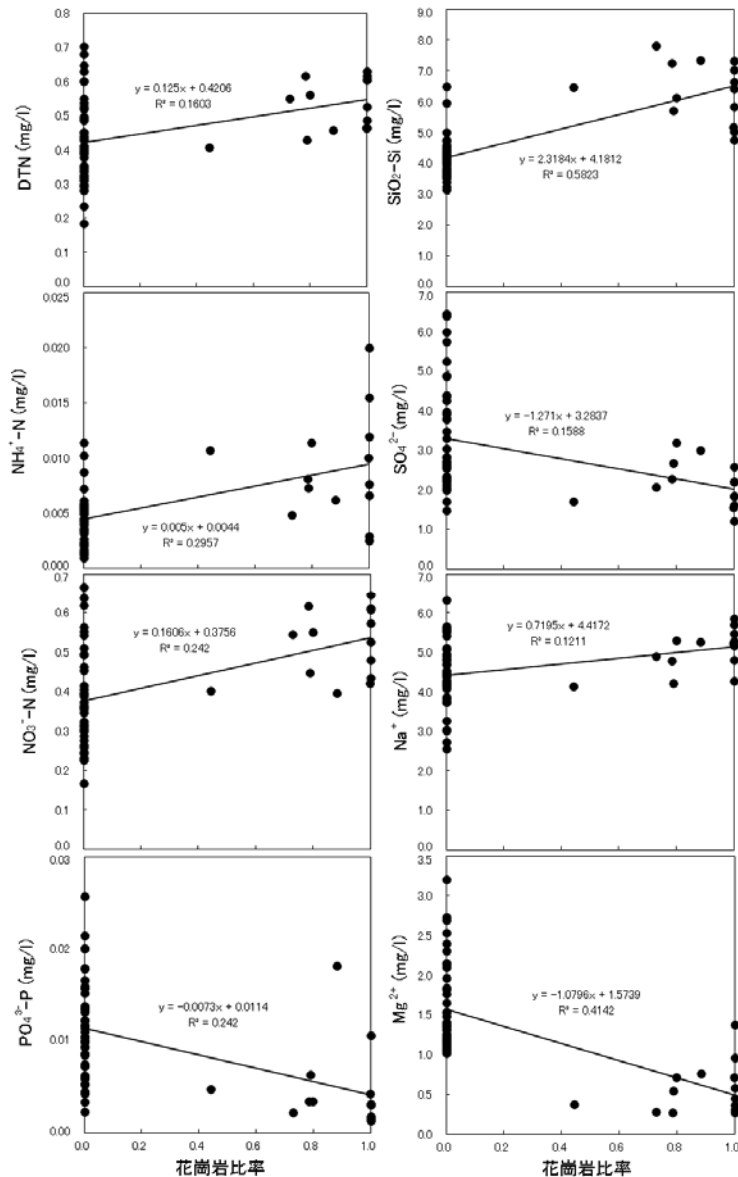


図3 花崗岩比率と水質の関係(表3で相関係数が有意になった相関を示す.)

Fig. 3 Correlations between the ratio of the regional areas of granite and concentrations of water quality parameters. The correlations with significant level of 1% in Table 3 are shown.

の地域では、砂岩や頁岩等の堆積岩地域よりも、NO₃-N、SiO₂-Si の濃度が高いことは、石塚ら (2004)、田村ら (2009)、熊谷ら (2010) の研究でも報告されている。一方、PO₄³⁻-P 濃度は、火成岩、変成岩地域で低く、堆積岩地域で高いことが報告されており(若松ら, 2006)、本研究の結果と既往の研究結果とは一致していた。

緯度と水質の間でも相関がみられ、緯度が高いほど、

つまり、北に行くほど、DOC、DTN、NH₄⁺-N、NO₂⁻-N、NO₃⁻-N、Cl⁻、Na⁺濃度が高い相関がみられた(有意水準1%)。Cl⁻は海塩起源で高くなることが報告されており(五名ら, 2007)、これらの物質の一部は、日本海側から海塩として、また、一部は冬季に季節風(北風)によって大陸から大気経路で運ばれてきた可能性が考えられる。友寄ら (2009) は、2003~2006 年の全環酸性雨全国調査結果データから、西日本地域では、SO₄²⁻、NO₃⁻、NH₄⁺の沈着量が経年的に増加傾向にあり、それが中国等の大陸からの越境汚染である可能性を指摘し、また、それらの物質の沈着量は冬季に降雪が多い新潟県から鳥取県にかけての日本海側で多いことを示している。大原 (2011) は、シミュレーションモデルによる計算から、大陸での大気汚染物質排出量の増加に伴いオゾン、窒素酸化物、硫黄酸化物などの日本への沈着量が増加している可能性を指摘している。これらの知見を踏まえると、今回の調査で得られた「北に行くほど渓流水中の DOC、DTN、NH₄⁺-N、NO₂⁻-N、NO₃⁻-N 濃度が高い」という結果は、大陸からの越境汚染の可能性が考えられるが、さらに詳細な調査が必要である。

標高との関係では、DTN、EC、Na⁺で負の相関がみられた(有意水準1%)。越川ら (2011) は、新潟県の渓流水の多地点調査で SiO₂-Si と NO₃⁻-N は、標高の低下に伴って増加する傾向があることを示しており、窒素についてはその報告と傾向が一致した。

次に、花崗岩の影響を除いてそれ以外の環境条件の影響を検討した。花崗岩地域の調査地点のデータを除いて環

境条件間の相関をみた結果、再び、標高とナラ群落面積比率の間に正の相関(有意水準5%)がみられたため一部のデータを削除し、相関がないように調整した。調整したデータで環境条件と水質との相関を求めた結果を表4に示した。

緯度と DOC、DTN、NO₂⁻-N、NO₃⁻-N、Cl⁻、Na⁺で正の相関がみられ(有意水準1%)、花崗岩地域の調査地

表 4 環境条件と水質間のスピアマン順位相関係数（花崗岩地域を除く）

Table 4 Spearman's rank correlation coefficients among environmental parameters and water quality parameters. The coefficients are calculated using dataset without the sites in granitic area.

		Watershed area	Ratio of oak trees area	Latitude	Altitude	DOC	DTN	NH ₄ ⁺ -N	NO ₂ ⁻ -N	NO ₃ ⁻ -N	PO ₄ ³⁻ -P	SiO ₂ -Si	EC	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	Mg ²⁺
Ratio of oak trees area	Correlation coefficient	0.122															
	Significance probability	0.461															
Latitude	Correlation coefficient	-0.147	-0.002														
	Significance probability	0.371	0.988														
Altitude	Correlation coefficient	0.086	0.284	-0.307													
	Significance probability	0.603	0.080	0.051													
DOC	Correlation coefficient	-0.114	-0.125	.415(**)	-0.172												
	Significance probability	0.489	0.448	0.007	0.282												
DTN	Correlation coefficient	0.142	0.154	.656(**)	-0.349(*)	0.220											
	Significance probability	0.388	0.348	0.000	0.025	0.167											
NH ₄ ⁺ -N	Correlation coefficient	-0.107	-0.193	.396(*)	-0.145	.369(*)	0.298										
	Significance probability	0.516	0.239	0.010	0.365	0.018	0.058										
NO ₂ ⁻ -N	Correlation coefficient	0.044	-0.071	.673(**)	-0.139	.432(**)	0.299	.326(*)									
	Significance probability	0.790	0.668	0.000	0.387	0.005	0.058	0.038									
NO ₃ ⁻ -N	Correlation coefficient	0.193	0.219	.590(**)	-0.326(*)	0.153	.988(**)	0.264	0.251								
	Significance probability	0.238	0.180	0.000	0.037	0.338	0.000	0.095	0.114								
PO ₄ ³⁻ -P	Correlation coefficient	-0.011	0.257	-0.165	-0.065	0.112	0.121	-0.124	-0.347(*)	0.154							
	Significance probability	0.948	0.114	0.303	0.687	0.488	0.450	0.439	0.026	0.336							
SiO ₂ -Si	Correlation coefficient	-0.070	0.012	-0.279	-0.169	0.179	-0.158	-0.231	-.411(**)	-0.153	.505(**)						
	Significance probability	0.671	0.942	0.077	0.292	0.282	0.323	0.147	0.008	0.341	0.001						
EC	Correlation coefficient	0.143	-0.138	.338(*)	-.486(**)	.365(*)	.349(*)	0.042	.353(*)	.363(*)	0.087	0.270					
	Significance probability	0.385	0.402	0.031	0.001	0.019	0.025	0.792	0.024	0.020	0.590	0.088					
Cl ⁻	Correlation coefficient	-0.282	-0.192	.774(**)	-.549(**)	.421(**)	.469(**)	0.237	.433(**)	.422(**)	-0.103	-0.002	.527(**)				
	Significance probability	0.082	0.243	0.000	0.000	0.006	0.002	0.136	0.005	0.006	0.521	0.988	0.000				
SO ₄ ²⁻	Correlation coefficient	.347(*)	-0.095	-0.001	-0.279	0.152	0.211	0.071	0.063	0.220	-0.055	-0.061	.342(*)	-0.113			
	Significance probability	0.030	0.567	0.993	0.077	0.343	0.186	0.658	0.696	0.168	0.732	0.707	0.028	0.480			
Na ⁺	Correlation coefficient	-0.137	-0.218	.610(**)	-.495(**)	.530(**)	.400(**)	0.252	.437(**)	.377(*)	0.072	0.264	.735(**)	.862(**)	-0.009		
	Significance probability	0.406	0.183	0.000	0.001	0.000	0.010	0.113	0.004	0.015	0.654	0.095	0.000	0.000	0.954		
Mg ²⁺	Correlation coefficient	-0.077	-0.131	0.136	-0.291	0.161	0.028	-0.183	0.223	0.042	-0.092	0.027	.745(**)	.411(**)	0.162	.452(**)	
	Significance probability	0.640	0.427	0.398	0.065	0.314	0.860	0.252	0.160	0.796	0.567	0.866	0.000	0.008	0.310	0.003	
Ca ²⁺	Correlation coefficient	0.281	-0.160	0.088	-0.353(*)	0.292	0.190	-0.028	0.248	0.213	0.097	0.270	.883(**)	0.179	.456(**)	.452(**)	.610(**)
	Significance probability	0.109	0.332	0.596	0.023	0.064	0.235	0.862	0.118	0.182	0.548	0.088	0.000	0.262	0.003	0.003	0.000

** Significant by significance level of 1%.
* Significant by significance level of 5%.

点を除かない場合とほぼ同じ結果になった。また、標高とは、EC、Cl⁻、Na⁺で負の相関がみられた（有意水準 1 %）。DTN、NO₃⁻-N でも有意水準 5 %では標高と負の相関がみられ、標高と水質の関係も花崗岩地域を除いても除かない場合とほぼ同じ結果になった。一方、ナラ群落面積比率と水質の相関はみられず、ナラ枯れと水質の関係については不明であった。

北に行くほど渓流水の DOC や DTN、NO₃⁻-N 濃度が高い原因としては、Cl⁻、Na⁺のように海塩粒子の沈着のためとは考えにくい。大陸からの越境汚染の可能性（友寄ら，2009）があるが、そうだとすると SO₄²⁻の濃度も北の渓流水で高くなるはずである。しかし、そのような傾向は今回の結果ではみられていない。ナラ枯れは、滋賀県の場合、北部から南部に進行してきており、北部の方がナラ枯れの影響が水質に出た可能性もある。これらの因果関係については、今回得られたデータだけでは解析できず、長期的な水質モニタリングなど、別の調査が必要である。現在、ナラ枯れが進行している京都府北部の渓流水で DOC や DTN、NO₃⁻-N 濃度が

上昇していることが今後確認できれば、ナラ枯れがそれらの濃度上昇の原因であり、滋賀県の北部及び西部の河川水の NO₃⁻-N 濃度上昇もナラ枯れが原因であったことが確認できる。

水質間の相関

水質項目間の相関も表 4 に示した。また、相関プロットを図 4 に示した。Cl⁻と相関がみられた（有意水準 1 %）のは、EC、DOC、DTN、NO₂⁻-N、NO₃⁻-N、Na⁺、Mg²⁺であった。また、Na⁺と Cl⁻は相関が高く、海塩由来で同じ挙動をしていると考えられる。SiO₂-Si と PO₄³⁻-P との間に相関がみられた（有意水準 1 %）が、ケイ素、リンともに岩石の風化によって渓流水に供給されてくると言われており（若松ら，2006）、妥当な結果と言える。

まとめ

2010 年夏季に滋賀県西部の溪流 78 か所で水質調査を

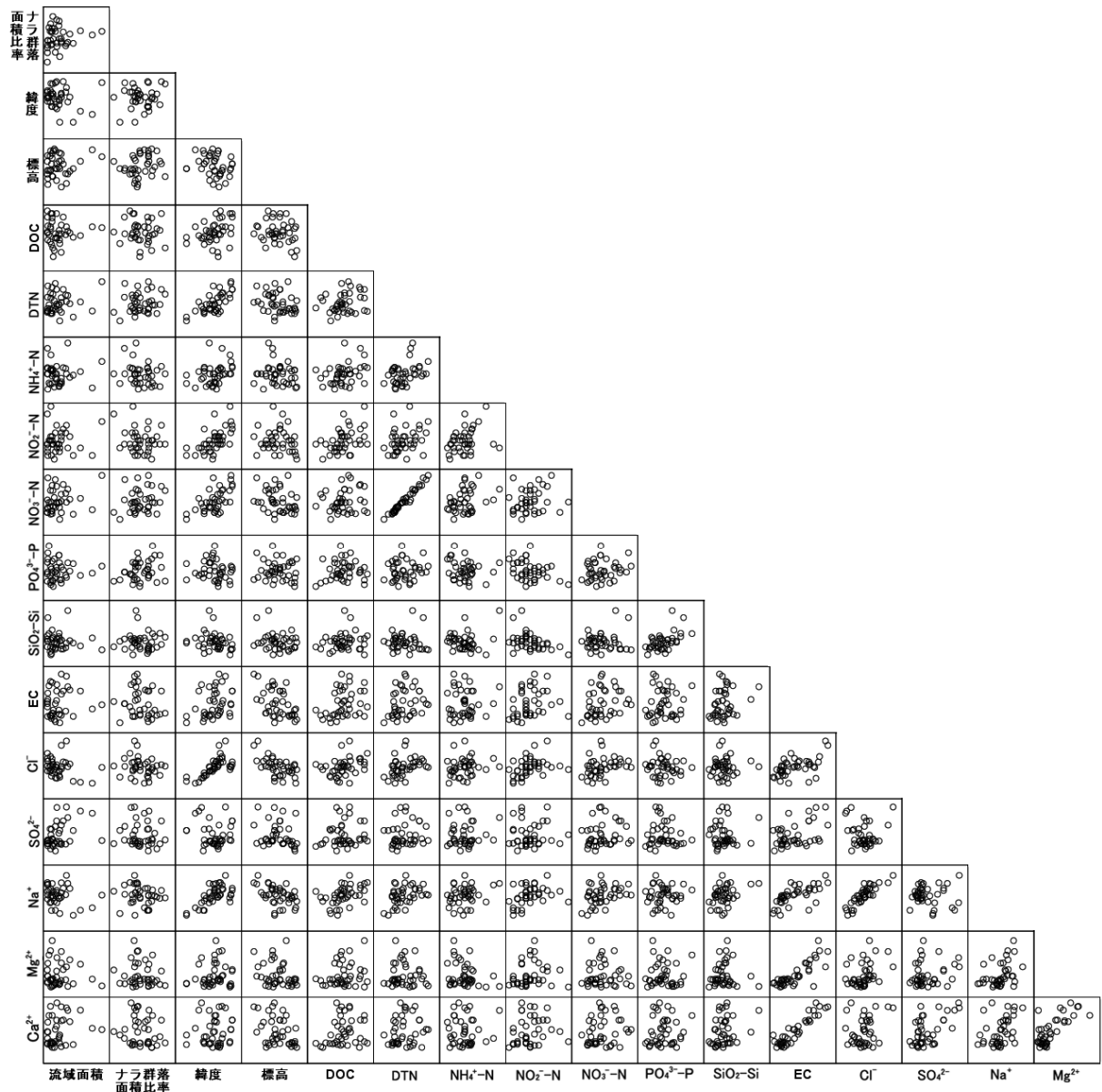


図4 環境条件および水質の相関（花崗岩地域を除く）

Fig. 4 Correlations among environmental parameters and water quality parameters. The correlations are showed without the sites in granitic area.

行い、水質と集水域の環境条件の関係を調べた結果、次のことが明らかになった。

- ① 緯度と DOC, DTN, NO_2^- -N, NO_3^- -N, Cl^- , Na^+ 濃度で正の相関がみられ、北に位置する地点ほど、これらの濃度が高い傾向がみられた。
- ② 標高と EC, Cl^- , Na^+ 濃度で負の相関がみられた。
- ③ 集水域の花崗岩比率に対して DTN, NH_4^+ -N, NO_3^- -N, SiO_2 -Si, Na^+ 濃度は正の相関, PO_4^{3-} -P, SO_4^{2-} , Mg^{2+}

濃度は負の相関がみられた。

- ④ 集水域のナラ群落面積比率と水質の相関はみられず、ナラ枯れと水質の関係については不明であった。

緒言で述べた滋賀県北西部の河川での NO_3^- -N の増加は、越境汚染で大陸から輸送された NO_x の沈着量増加が原因となっている可能性があり、さらに詳細な調査が必要である。

謝辞

水質分析は、臨時職員の赤岩さや佳氏、西村剛史氏、渡邊岳氏にご協力いただいた。また、ナラ枯れの対象となる植生については金子有子博士にご教授いただいた。ここに記して皆様に謝意を表します。

参考文献

- 福島慶太郎・徳地直子 (2008):シカの食害が森林生態系の物質循環に与える影響 溪流水質の予備調査から、森林研究, **77**, 77-87.
- 五名美江・蔵治光一郎・春田泰次・鴨田重裕・小田智基・堀田紀文・渡邊良広 (2007):東京大学 5 演習林 8 試験流域における溪流水質の特性. 東京大学農学部演習林報告, **108**, 65-83
- 細見正明・須藤隆一 (1983):懸濁物を含む試水中の窒素とリンの同時分解定量法. 用水と廃水, **25**, 675-680.
- 石塚正秀・紺野雅代・井伊博行・平田健正 (2004):溶存ケイ素に着目した紀ノ川流域における水質特性. 水工学論文集, **48**, 1483-1488.
- 環境省:「環境省第 6 回自然環境保全基礎調査植生調査 (平成 11~16 年度)」GIS データ
http://www.biodic.go.jp/kiso/vg/vg_kiso.html (2014 年 3 月 27 日接続確認)
- 金子有子・國松孝男・籠谷泰行・中島拓男 (2007):環境負荷の軽減を図るための森林管理方法の検討ー森林流出水および森林動態の長期モニタリングー. 琵琶湖環境科学研究センター研究報告書, **3**, 101-109.
- 越川昌美・渡邊未来・高松武次郎・林誠二・野原精一・佐竹研一 (2011):新潟県三面川水系における溪流水質と集水域の地質および地形の関係. 陸水学雑誌, **72**, 71-80.
- 国土交通省国土政策局国土情報課:「1/500,000 土地分類基本調査 (表層地質図)」
<http://nrb-www.mlit.go.jp/kokjo/inspect/landclassification/download/index.html> (2014 年 3 月 27 日接続確認)
- 熊谷博史・田中義人・白川ゆかり・松尾宏・金並和重 (2010):有明海北東部流入河川の溶存態ケイ素濃度の予測. 水環境学会誌, **33**, 17-23.
- 大原利眞 (2011): なぜ日本の山岳や島嶼でオゾン濃度が上昇しているのか? (< 特集 > 広域大気汚染の生態系影響). 日本生態学会誌, **61**, 77-81.
- 滋賀県 (2011):第 6 期琵琶湖に係る湖沼水質保全計画資料 (内部資料).
- 滋賀県 (1982~2013):滋賀県環境白書
- 滋賀県 (2013):滋賀県森林・林業統計要覧 (平成 24 年版).
- 田村隆雄・岡部健士・星川豪・末永慶寛・渡辺康之 (2009):地質の異なる 2 つの山地森林流域における大雨時の NO₃-N 流出機構の比較検討. 水工学論文集, **53**, 499-501.
- 友寄喜貴・野口泉・大泉毅・北村洋子・中川史代・溝口俊明・向井人史 (2009): 2003~2006 年度の湿性沈着調査が示す越境大気汚染ー全環研酸性雨全国調査結果よりー. 大気環境学会誌, **44**, 117-127.
- 若松孝志・木平英一・新藤純子・吉岡崇仁・岡本勝男・板谷明美・Min-Sik, KIM. (2006):わが国における溪流水のリン酸態リン濃度とその規定要因. 水環境学会誌, **29**, 679-686.