

京都光華女子大学/大阪成蹊大学/大阪成蹊短期大学 正 会 員 ○千田 眞喜子

三重大学生物資源学部 非 会 員 中村 望美 三重大学大学院生物資源学研究科 非 会 員 西 正

三重大学大学院生物資源学研究科 フェロー 葛葉 泰久

1. 序論

大気汚染の原因となる主な成分は、硫黄酸化物、窒素酸化物などの酸性雨の原因となる物質や、浮遊粒子状の物質として代表される重金属等である。これらの成分は降水に溶け込み環境に影響を与える。そこで、本研究では、降水中の成分に対する気象条件の総合的な影響を、統計的解析手法を用いて検討する。

2. 研究方法

降水の採水地点は、三重県津市の三重大学屋上と大阪府吹田市の住宅地の2か所である。三重県津市では、2011年9月～2012年12月において31回（うち14回の降水イベントは分画採取を行った）。大阪府吹田市では、2013年4月～2013年11月において36回の降水イベント（初期採取と全期採取）において採水した。イオン成分濃度は、イオンクロマトグラフィー、微量金属濃度はICPで測定した。気象データに関しては、津市は津地方気象台（降水量・風向・風速・先行晴天日数）のデータを、吹田市は茨木気象観測所（降水量・先行晴天日数）及び大阪管区気象台（風向・風速）のデータを用いた。分析ソフトRを用いて、以下の3つの分析を行った。1) 濃度相関係数マトリクスによる、降水の成分のグループ分け。2) 濃度と気象条件の相関係数マトリクスによる気象条件の濃度への関与。3) 主成分分析による降水中の成分に対する気象条件の総合的な影響。

3. 結果・考察

3-1. 濃度相関係数マトリクスによる降水中の成分のグループ分け

濃度相関係数マトリクスによる降水の成分のグループ分けを行った。表1に、津市の降水イベントごとのイオン成分と微量金属の濃度相関マトリクスを示す。降水中のイオン成分や微量金属は、相関係数により、3分類（SSIグループ、ASIグループ、ASMグループ）することができた。Cl⁻, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, ss-SO₄²⁻, ss-Ca²⁺は、SSIグループで海塩粒子を主な起源¹⁾とするイオングループである。F⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, nss-SO₄²⁻, nss-Ca²⁺は、ASIグループで、人為的汚染物質や土壌粒子を主な起源¹⁾とするイオングループである。Al, Fe, Mn, Pb, Znは、ASMグループで、人為的汚染物質や土壌粒子を主な起源¹⁾とする微量金属のグループである。吹田市の降水イベントごとの結果においても、相関係数により概ね

表1 津市の降水イベントごとの降水のイオン成分と微量金属の濃度相関マトリクス。（ $n=31$, 2011年9月～2012年12月）。

¹⁾SSI グループは海塩粒子を主な起源と考えられるイオングループ。 ²⁾ASI グループは人為的な汚染物質と土壌粒子を主な起源と考えられるイオングループ。 ³⁾ASM グループは人為的な汚染物質と土壌粒子を主な起源と考えられる微量金属グループ。

Main source	Group	Elements	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	ss-SO ₄ ²⁻	ss-Ca ²⁺	F ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	nss-SO ₄ ²⁻	nss-Ca ²⁺	Al	Fe	Mn	Pb	Zn
海塩粒子 (sea salt)	SSIグループ ¹⁾	ions	Cl ⁻															
			Na ⁺	0.990**														
			K ⁺	0.714**	0.722**													
			Mg ²⁺	0.991**	0.988**	0.768**												
			ss-SO ₄ ²⁻	0.990**	1.000**	0.722**	0.989**											
			ss-Ca ²⁺	0.985**	0.985**	0.683**	0.973**	0.984**										
人為的汚染物質、土壌粒子 Anthropogenic pollution, soil	ASIグループ ²⁾	ions	F ⁻	-0.102	-0.102	0.343	-0.031	-0.101	-0.142	1								
			NO ₃ ⁻	-0.149	-0.157	0.292	-0.093	-0.156	-0.209	0.851**	1							
			NH ₄ ⁺	-0.097	-0.107	0.391*	-0.024	-0.106	-0.127	0.950**	0.860**	1						
			nss-SO ₄ ²⁻	-0.010	-0.009	0.455*	0.063	-0.008	-0.023	0.937**	0.761**	0.938**	1					
			nss-Ca ²⁺	0.141	0.136	0.296	0.155	0.135	0.185	0.430*	0.194	0.396*	0.515**	1				
人為的汚染物質 Anthropogenic	ASMグループ ³⁾	Trace metals	Al	-0.155	-0.141	0.278	-0.099	-0.141	-0.167	0.649**	0.501**	0.586**	0.637**	0.259	1			
			Fe	-0.149	-0.128	0.244	-0.087	-0.128	-0.165	0.653**	0.537**	0.576**	0.647**	0.278	0.957**	1		
			Mn	-0.138	-0.100	0.473**	-0.054	-0.099	-0.165	0.611**	0.497**	0.591**	0.619**	0.198	0.874**	0.814**	1	
			Pb	-0.046	-0.019	0.191	0.000	-0.019	-0.038	0.661**	0.361*	0.525**	0.661**	0.535**	0.791**	0.837**	0.607**	1
			Zn	-0.134	-0.108	0.311	-0.073	-0.108	-0.135	0.702**	0.541**	0.689**	0.730**	0.460**	0.876**	0.883**	0.812**	0.821**
																		1

Bold: $r>0.5$; * $p<0.05$; ** $p<0.01$.

3分類することができた。

3-2. 相関係数マトリクスと主成分分析による気象条件の降水中の成分濃度への関与

“イオン成分及び微量元素の濃度”と“気象条件”との相関係数マトリクスによると、濃度と正の相関が高い気象条件は、風速及び風向であった。図1に、津市及び吹田市での降水イベントごとの降水中の成分と気象条件の主成分分析の結果を示す。降水中の成分と気象条件を、i), ii), iii)の3つのグループに分類した。i)は、SSIグループとそれらの濃度を上げる気象条件（風速、風向）のグループである。ii)は、ASIグループ、ASMグループと、それらの濃度を高める気象条件（風向）のグループである。iii)は、降水中の成分の濃度上昇に影響しない気象条件のグループである。K⁺イオンだけ、i)のグループの中でii)のグループよりの位置にあるのは、これは、尾関ら²⁾のように、海塩粒子とアジア大陸からの気流（人的汚染物質や土壌粒子を含む）の両方によって輸送されたからと思われる。風速が大きいと、SSIグループの濃度が、高くなる傾向があった。これは、風速が大きいと、海水が飛散する量が増加し、大気中へ海由来イオンが移流し、降水中の海由来イオンが増加するからと考えられる。風向に関しては、津市では東や東南東の場合、吹田市では南・西南西の場合、SSIグループの濃度が高くなる傾向があった。これは、海からの風の影響と考えられる。津市では南東の場合、吹田市では東南東・北北西の場合、ASIグループとASMグループの濃度が高くなる傾向があった。降水イベントごとのデータによる解析のため、風向も水質も平均化されているが、ある風向の場合に濃度が高くなる原因の一つには、その方向に存在する工場・事業場、自動車、船舶、飛行機、家庭等小煙源などの人為的汚染物質の影響が示唆される。

4. まとめ

1) 降水中のイオン成分や微量元素は、3分類〔SSI（海塩粒子を主な起源とするイオン）グループ、ASI（人為的汚染物質や土壌粒子を主な起源とするイオン）グループ、ASM（人為的汚染物質や土壌粒子を主な起源とする微量元素）グループ〕することができた。

2) 風速が大きい場合、SSIグループの濃度が高くなる傾向があった。風速が大きいと、海水が飛散する量が増加し、大気中へ海由来イオンが移流し、降水中の海由来イオンが増加すると考えられる。

3) 風向については、津市では東や東南東の場合、吹田市では南・西南西の場合、SSIグループの濃度が高くなる傾向があった。海からの風の影響と考えられる。

4) ある風向の場合にASIグループとASMグループの濃度が高くなる傾向があった。その原因の一つには、その方向に存在する人為的汚染物質の影響が示唆される。

5. 謝辞：三重大の研究費による支援を受けました。また ICP 測定に際し、ご教示賜った三重大伊賀拠点の加藤進教授、紀平征希博士、測定に協力して頂いた三重大大学生物資源学部水域研究室の高木奈緒子氏に深謝致します。

6. キーワード：降水・統計的手法・水質・気象条件

7. 参考文献 1)溝畑ら、堺における大気浮遊粒子状物質中の諸元素の発生源の同定(1)、大気汚染学会誌、15(5)、198-206、1980; 2)尾関ら、降水中の汚染物質の越境汚染に関する日本海側広域調査(2000-2001)と主成分分析によるイオン種の分類、分析化学、53(12)、1427-1434、2004。

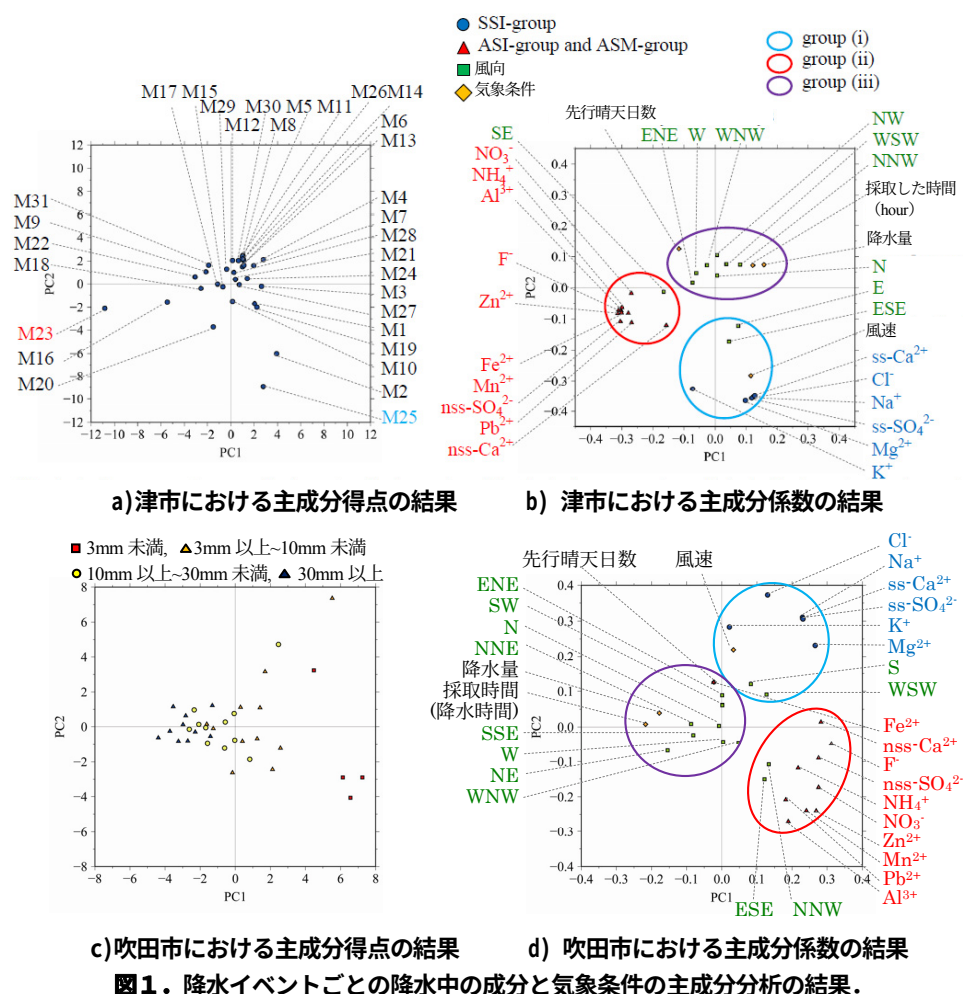


図1. 降水イベントごとの降水中の成分と気象条件の主成分分析の結果。