

降水中金属成分から見た越境汚染の影響について

川下博之・吉川昌範

About the impact of transboundary pollution as seen from in precipitation metal component

Hiroyuki KAWASHITA, Masanori YOSHIKAWA

1. はじめに

全国環境研協議会の酸性雨広域大気汚染調査研究部会では、全国各地で酸性雨の調査を実施している。当センターも調査に参画し、降水中の pH やイオン成分等を測定している。

福井県の降水中の pH を全国の測定値と比較すると、H24 年度は全国で 3 番目に低く¹⁾、H25 年度は 2 番目に低い値であった²⁾。このように福井県では全国的に見て酸性度の高い雨が降っている。

福井県の降水の特徴としては、特に冬季において pH が低下する傾向を示している。この要因の一つとして、冬季には西風（偏西風）の影響を受け、大陸からの汚染物質の移流の影響があると考えられる。

本報では、pH やイオン成分の季節変化を考察するとともに、降水中の金属成分の挙動から越境汚染について評価した。

2. 方法

2. 1 調査地点等

- (1) 調査地点 福井県衛生環境研究センター屋上（福井市原目町）
- (2) 採取方法 降水時のみ受水部が開く降水時開放型採取装置（WET ONLY 採取）を用い、原則 1 週間単位で降水を採取。
- (3) 調査項目 降水量、pH、電気伝導率（EC）、イオン成分 7 項目、金属成分 19 項目

2. 2 使用データ

H24 年度～H26 年度の測定結果を解析対象とし、週単位の各成分の測定データを降水量で加重平均して求めた月平均値を解析に用いた。

3. 結果および考察

3. 1 pH、硫酸イオンの季節変化

図 1 に年度別の pH の経月変化を、図 2 に年度別の SO_4^{2-} の経月変化を示す。

pH は、各年度とも秋季～冬季にかけて減少する傾向にあった。

SO_4^{2-} 濃度は、各年度とも春季～夏季にかけて減少し、秋季～冬季にかけて上昇する傾向にあった。

SO_4^{2-} は降水を酸性化させるため、冬季の pH の低下は、 SO_4^{2-} 濃度の上昇がその要因にあると示唆される。

なお、冬季に SO_4^{2-} 濃度が上昇する要因の一つとして、冬季には西風（偏西風）が優位になることから、大陸からの汚染物質の移流が考えられる。

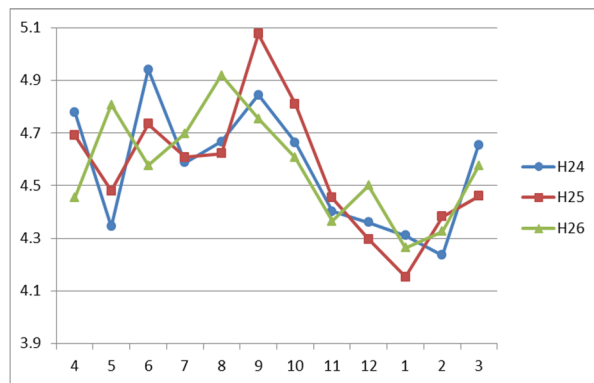


図 1 pH の経月変化

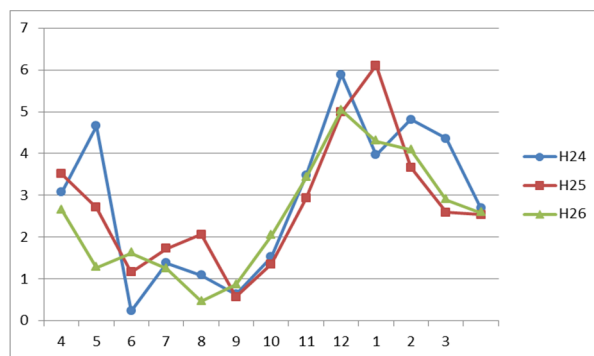


図 2 SO_4^{2-} の経月変化

3. 2 金属成分を用いた越境汚染の評価

前述した SO_4^{2-} 濃度の越境汚染の影響を評価するため、降水中の V/Mn 比と Pb/Zn 比の経月変化について考察した。

3. 2. 1 V/Mn 比

V は石油燃焼の指標となる金属であり、Mn は一般的な金属である。V/Mn 比が高ければ石油燃焼の影響が大きいと考えられる。石炭の寄与率が高い大陸の V/Mn 比は、日本より低いと推測でき、過去の文献値では、大気エアロゾル中の V/Mn 比は、国内が 0.2 程度、中国では 0.054 との報告がある³⁾。

このことから、冬季に越境汚染の影響が大きいと仮定した場合、降水中の V/Mn 比は冬季にかけて低下すると推測される。

図 3 に H24 年度～H26 年度の V/Mn 比の経月変化を示す。

H24 年度の V/Mn 比は、夏季に最大となり冬季に低下したが、H25 年度、H26 年度については、夏季の値がそれほど高くなく冬季に低下する傾向も認められなかった。こ

のことから、今回の V/Mn 比からは越境の有無を評価し難い結果となった。なお、夏季の V/Mn 比の変動が大きかった要因の一つとして、夏季のサンプル数が冬季よりも少なかったことが考えられるため、今後とも、V/Mn 比の変動については注視していきたい。

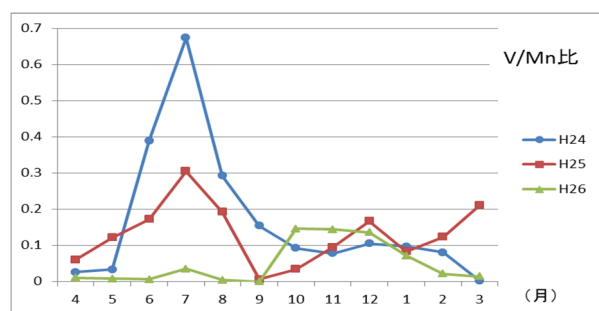


図3 V/Mn 比の経月変化

3. 2. 2 Pb/Zn 比

国内の大気中の Pb 濃度は、1970 年代から始まった有鉛ガソリンの規制（禁止は 1986 年）によって、現在では大幅に減少している。

一方、大陸では有鉛ガソリンの規制をわが国よりも遅い 1990 年頃から始めたため、Pb 濃度は比較的高く、Pb/Zn 比は国内より高いと推測できる。

表 1 に Pb/Zn 比の文献値を示した。大陸由来の Pb/Zn 比は 1994 年には 1 以上であったが、2008 年には 0.50 と低下傾向がみられる。国内の Pb/Zn 比についても 1994 年の 0.5 に対して、2008 年には 0.26 と低下しており、大陸と国内のいずれにおいても Pb/Zn 比は低下傾向がみられる。しかし、依然として大陸で高く国内で低い値にあることから、越境の影響がみられる際には国内の Pb/Zn 比は上昇すると考えられる。

図 4 に Pb/Zn 比の経月変化を示す。

春季、夏季の Pb/Zn 比は、概ね 0.1~0.2 と国内由来の気塊比と同程度であったが、秋季から上昇し冬季には大陸由来の Pb/Zn 比と同程度の 0.4~0.6 になる傾向にあった。この傾向から、冬季には大陸からの影響を受けていることが示唆される。

表 1 Pb/Zn 比の文献値

地域	向井ほか ⁴⁾ (1994)	村本ほか ⁵⁾ (1998)	島田ほか ⁶⁾ (2008)
中国中部, 朝鮮半島	≥1	0.55	0.50
日本国内	≒0.5	0.20	0.26

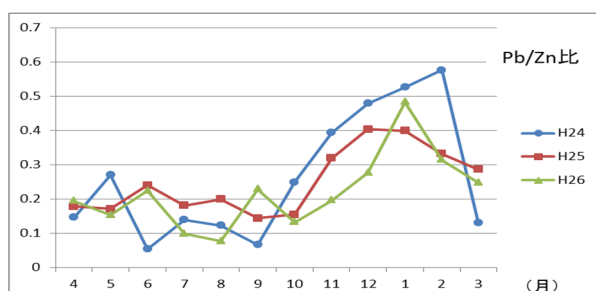


図4 Pb/Zn 比の経月変化

3. 2. 3 Pb/Zn 比と各項目の相関

越境の指標と考えられている Pb/Zn 比とイオン成分、金属成分との相関を表 2 に示す。

SO₄²⁻, Al, Fe, As, Pb が Pb/Zn 比と 0.7 以上の強い相関を示したことから、これらの成分は大陸からの越境によって移流してくることが示唆された。

Al, Fe, As は石炭燃焼が排出源の一つであり、大陸では国内よりも石炭燃焼の寄与が大きいことから、Pb/Zn 比との相関が高くなったものと考えられる。

Pb については前述したように、大陸では有鉛ガソリンの規制が国内よりも遅いため、大陸由来の Pb 濃度が高いためであると考えられる。

また、SO₄²⁻が Pb/Zn 比と強い相関を示したことから、大陸からの越境によって移流した SO₄²⁻が、県内の雨を酸性化させる一つの要因になっていることが示唆される。

表 2 Pb/Zn 比と各項目の相関係数

SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺
0.80	0.67	0.65	0.50	0.68	0.66
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al	V	Cr	Mn
0.48	0.66	0.71	0.52	0.57	0.44
Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As
0.74	0.42	0.51	-0.07	0.35	0.77
Se	Cd	Sb	Ti	Pb	
0.68	0.48	0.59	0.41	0.86	

4. まとめ

福井県の降水は全国的に見て酸性度が高くなっており、特に冬季に SO₄²⁻濃度が上昇し pH が減少していた。

降水中の V/Mn 比と Pb/Zn 比を用いて越境汚染の影響を評価した。その結果、V/Mn 比は夏季の変動が大きいため越境の有無を評価することができなかったが、Pb/Zn 比は冬季に上昇がみられ、越境汚染の影響が大きいことが示唆された。

また、Pb/Zn 比とイオン成分および金属成分との相関を求めた結果、強い相関を示した成分はいずれも大陸で高濃度と考えられるものであり、大陸からの越境により移流した SO₄²⁻が県内の雨を酸性化させる一つの要因になっていることが示唆された。

参考文献

- 堀江洋佑他：第 5 次酸性雨全国調査報告書(平成 25 年度),全国環境研会誌, 40, 3, 2~46, 2015
- 堀江洋佑他：第 5 次酸性雨全国調査報告書(平成 24 年度),全国環境研会誌, 39, 3, 2~48, 2014
- 日置正他：松山, 大阪, つくばで観測した浮遊粉じん中金属元素濃度比による長距離輸送と地域汚染特性の解析, 大気環境学会誌, 44, 2, 91~101, 2009
- Mukai, H., Tanaka, A. and Fujii, T. : Lead Isotope ratios of airborne particulate matter as tracers of long-range transport of air pollutants around Japan, J. Geophys. Res., 99, 1064~1071, 1994
- 丸本孝治他：大気・降水中の水銀の発生源評価, 電力中央研究所報告, 10, 2001
- 島田友梨他：福岡市における初期降雨中のイオン成分と微量金属元素による大気汚染物質の長距離輸送の評価, 福岡市保健環境研究所報, 34, 39~46, 2009