

地域酸性雨の研究

福岡県立小倉高等学校 SS環境科学研究会

2007年7月7日 第43回科学関連支部合同九州大会 分析化学部門 発表内容

[緒言]

近年、酸性雨により銅像や銅製屋根などから銅イオンが溶け出す現象が報告されている。また、福岡県北九州市小倉北区においては、雨水のpHの変動の幅が大きい。そこで、小倉における雨水の特徴を明らかにし、銅の溶解との関係を研究した。

[実験]

銅製モデル屋根(純度99.90%,大きさ108cm×112.5cm)を小倉高校(3階建て)の屋上に設置した。銅製屋根を伝った雨と直接採取した雨を分けて採取・濾過した。銅製屋根を伝った雨水は、原子吸光分析法により溶け出した銅濃度を測定した。直接採取した雨水は、ガラス電極でpHを測定し、イオンクロマトグラフィーによりCl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, Na⁺, NH₄⁺, Ca²⁺の濃度を測定した。空気塊の予測移動経路を、トラジェクトリ(流跡線)解析システム CGER-METEX を用いて出力した。

[結果と考察]

雨水のpHに関して(図1)

主に、夏から冬にかけてpHが5.6より低い日が多く、4を下回る日があった。冬から夏にかけてはpHが5.6より高い日が多く、7より高い日があった。

AiとBiの比較(図2)

NO_x及びSO_xは雨水に溶けてpHを下げる働きを持つが、これらの濃度は全NO₃⁻濃度及び全SO₄²⁻濃度から非海塩由来成分として算出される。また、pHを高くする要因には炭酸カルシウム・アンモニア等が考えられる。そこで、pHを低くするパラメータとしてAiを、高くするパラメータとしてBiを、以下のような濃度の和として定義する。

$$Ai = [NO_3^-] + [SO_4^{2-}] + [Cl^-] \quad (\text{すべて非海塩由来})$$

$$Bi = [NH_4^+] + [Ca^{2+}] \quad (\text{すべて非海塩由来})$$

非海塩由来の成分濃度は雨水の全Na⁺濃度を基準として海塩由来の部分の評価し、残りを非海塩由来であると仮定して算出した。

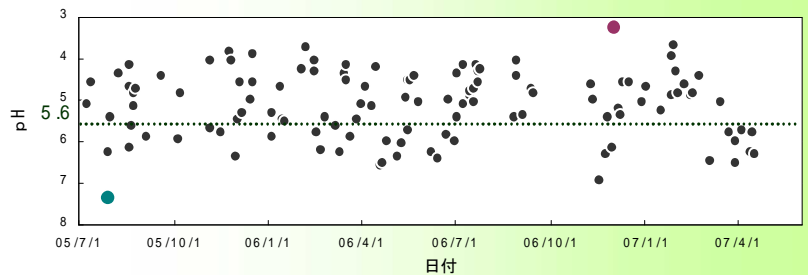


図1. 直接採取した雨水のpH

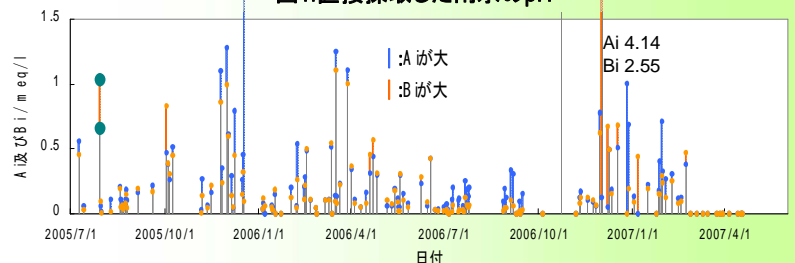


図2. 直接採取した雨水のAiとBi

◇イオンのバランスとpH(図3)

差(Ai-Bi)とpHとの関係は図3のようになる。全体として、秋・冬の雨はAi-Biが大きくpHが低い。春・夏の雨は(Ai-Bi)が小さく、pHが高い傾向が見られる。

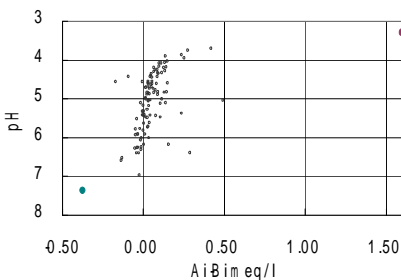
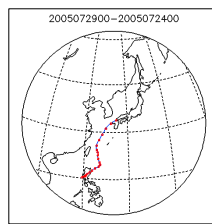


図3. (Ai-Bi)とpHの関係

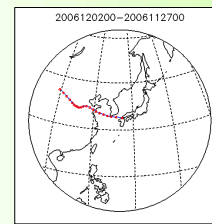
◇空気塊の移動とイオン濃度(図4)

図1においてpHが最高・最低の日について、予測される空気塊の移動経路を、トラジェクトリ解析したものを図4に示す。北西の風が吹いたときはAi>BiでpHは低く、南風が吹いたときはAi<BiでpHが高くなる傾向がある。pHが最高の図4-1の場合は、南風が吹いた日で、非海塩由来のCa²⁺濃度が高い値だった。これは、小倉の南にあるカルスト台地の平尾台から炭酸カルシウム由来のCa²⁺が供給されたためと考えられる。pHが最低の図4-2の場合は、北西の風で、非海塩由来のNO₃⁻濃度や非海塩由来のSO₄²⁻濃度が高かった。このことから、大陸からNO_x及びSO_x等の酸性物質が運ばれていることが示唆された。



pH	7.36
風向	南西
非海塩由来成分濃度	
Cl ⁻	0.01
NO ₃ ⁻	0.25
SO ₄ ²⁻	0.41
NH ₄ ⁺	0.04
Ca ²⁺	0.99 (meq/l)

図4-1. 05/7/29の予測経路



pH	3.28
風向	北西
非海塩由来成分濃度	
Cl ⁻	0.00
NO ₃ ⁻	1.44
SO ₄ ²⁻	2.70
NH ₄ ⁺	1.55
Ca ²⁺	1.00 (meq/l)

図4-2. 06/12/2の予測経路

雨水による銅製モデル屋根の溶解について(図5)

北西の季節風が吹くときには、SO₄²⁻やNO₃⁻濃度が高い雨がみられる。海塩中のCl⁻や、大陸から風で運ばれるSO_x及びNO_x等の酸性物質により、銅製屋根が溶解すると考えられる。

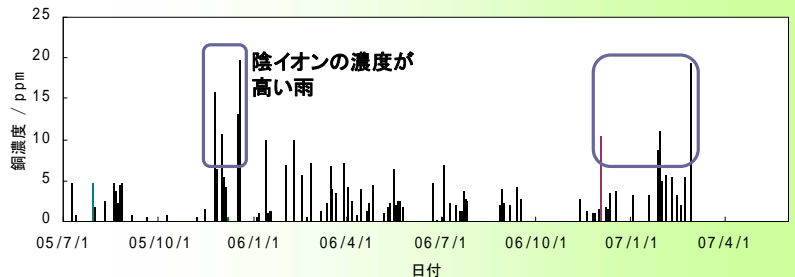


図5. 銅製屋根を流れた雨水中の全銅イオン濃度



[結論]

小倉における雨水のpHは、非海塩由来成分に大きな影響を受けている。すなわち、北西の風が吹いて大陸から酸性物質が供給されたことを示す非海塩由来のNO₃⁻濃度や非海塩由来のSO₄²⁻濃度が高いときにpHが低くなる。また、南風が吹くときには、平尾台に由来すると考えられる非海塩由来のCa²⁺濃度が高くなり、pHが高くなる。

銅製屋根からの銅の溶解については、海塩に多く含まれるCl⁻の影響が現れた。Cl⁻の濃度が高いときや、NO₃⁻濃度またはSO₄²⁻の濃度も高いとき、銅濃度は高くなった。