

鳥取県における酸性雨の状況について(1992～2001年度)

[大気・地球環境室]

田中卓実 佐々木順一 尾田喜夫 福田明彦

Circumstances of Acid Precipitation in Tottori, Japan (1992-2001)
 Takumi TANAKA, Junichi SASAKI
 Yoshio ODA, Akihiko FUKUTA

Abstract

In order to capture probable temporal trends of nss-sulfate, nitrate, ammonium, nss-calcium, and hydrogen ions, weekly bulk sample data of four sampling points in Tottori prefecture for 1992-2001 were preliminarily discussed. As a result of analyzing the precipitation component data, the annual mean concentration of hydrogen ion was found to be decreasing (that is, pH value was increasing) at all sampling points. It was considered that the decrease of the acidity was caused mainly by an increase of calcium carbonate of Kosa (yellow sand) aerosol derivation and a decrease in the sulfuric acid incorporated in the precipitation.

1 はじめに

大気汚染に起因する降水の酸性化は酸性雨現象と呼ばれ、地球的規模で懸念される環境被害の一因となっている。これらの影響を的確に把握し、汚染対策を実施する基礎資料とするため、全国的に降水のモニタリング調査が実施されている。

当所においても、1988年度から継続して4地点で調査を実施しており、2001年度までの計14年間のデータが蓄積している。1994年度からは、そのうちの1地点をバックグラウンド調査として山岳部で実施している。今回、当初から調査が継続されている都市部3地点およびバックグラウンド地点1地点における降水の酸性化の経年的傾向について、過去10年間のデータを解析したので報告する。

2 調査地点及び調査方法

調査地点をFig.1に示す。このうち の郡家町は1994年度から都市型大気汚染の直接的影響が少なくと判断される 氷ノ山(若桜町)に調査地点を変更したため、現在は調査を行っていない。

試料の採取は、1996年度以前については環境庁仕様酸性雨濾過式採取装置並びに降雪採取装置を併用して実施していたが1996年度からは降雪採取



Fig.1 Location of sampling points of acid precipitation

Table1 Parameters and methods of measurement (dissolving)

parameters	measurement
pH	grass electrode
EC	electric conductivity
SO ₄ ²⁻	ion chromatography
NO ₃ ⁻	''
Cl ⁻	''
NH ₄ ⁺	''
Ca ²⁺	''
Mg ²⁺	''
K ⁺	''
Na ⁺	''

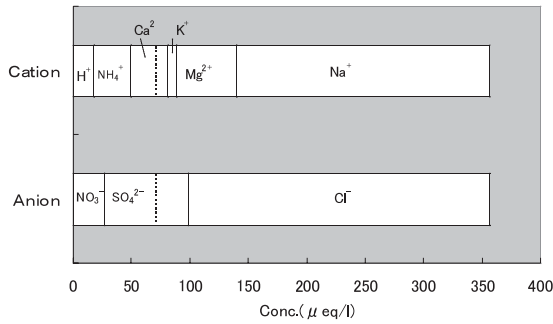


Fig.2 Average ion composition figure in Tottori city (2001)

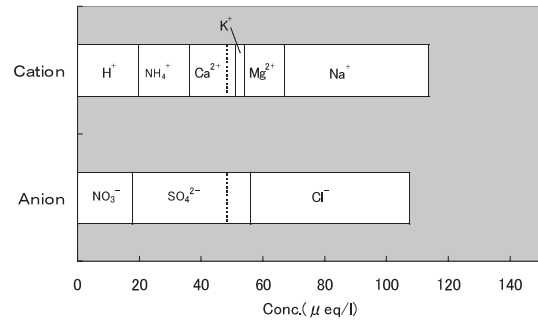


Fig.3 Average ion composition figure in Mt.Hyounosen (2001)

用ヒーター付きの環境庁仕様酸性雨濾過式採取装置を使用している。

調査方法は酸性雨等調査マニュアル(環境庁)に準拠して試料の分析を行った。なお、今回、解析した水溶性成分については、地点、月により採取期間が異なっていたが、試料データはすべて1ヶ月の平均値(月平均値)として取り扱っている。調査項目及び測定方法をTable1に示す。

3 調査結果及び考察

上記の方法により得られた水溶性成分のデータはバックデータとして使用した。なお、鳥取市、倉吉市、米子市については1992～2001年度のデータ、氷ノ山については1994～2001年度のデータを使用した。また、イオン濃度はすべて当量濃度(μeq/l)を用いて解析を行った。

(1)イオン組成図

イオン組成図の例として、鳥取市と氷ノ山の2001年度の年平均値をFig.2, Fig.3に示す。鳥取市の降水は例年同様、海塩由来成分の比率が高くなっており、この傾向は倉吉市、米子市についても同様であった。

(2)酸とアルカリの経年変化と地域差

pHは酸とアルカリの濃度のバランスで決まる量である。酸の濃度は非海塩性硫酸イオン(nss-SO₄²⁻)と硝酸イオンの濃度、中和に用いられたアルカリの濃度は非海塩性カルシウムイオン(nss-Ca²⁺)とアンモニウムイオンの濃度にほぼ対応すると考えられる。そこで酸濃度をAcid=[nss-SO₄²⁻] + [NO₃⁻]、アルカリ濃度をAlkali=[nss-Ca²⁺] + [NH₄⁺]としてpHへの影響を調べた。

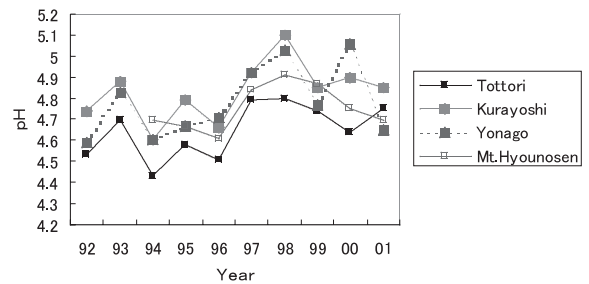


Fig.4 Annual pH values for precipitation at 4 sampling points (1992 ~ 2001)

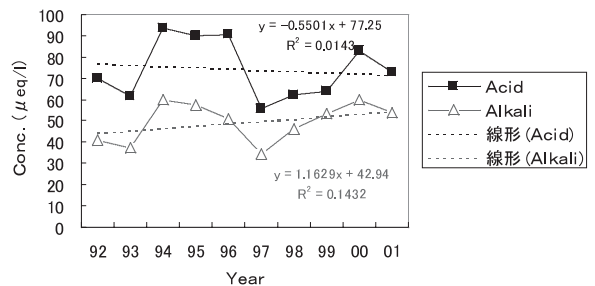


Fig.5 Annual mean concentrations of acid and alkali in Tottori city (1992 ~ 2001)

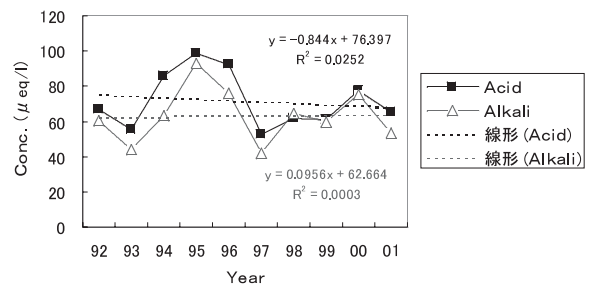


Fig.6 Annual mean concentrations of acid and alkali in Kurayoshi city (1992 ~ 2001)

Fig.4に4地点におけるpHの年平均値の経年変化、Fig.5～8に地点毎の酸濃度とアルカリ濃度の経年変化を示す。

Fig.4から4地点のpHはやや上昇しており、降水酸性化の緩和傾向が見られる。また、酸濃度については減少傾向、アルカリ濃度については増加傾向が見られる。

都市部3地点は氷ノ山に比べて酸濃度、アルカリ濃度とも高く、周辺の大気汚染の直接影響が伺える。都市部の3地点を比較すると、酸濃度は各地点でほぼ同程度であるが、アルカリ濃度は地点によりかなり異なり、倉吉市、米子市は鳥取市に比べて、酸濃度に対するアルカリ濃度の比率が高く、特に米子市では1998年度から2000年度にかけてアルカリ濃度が酸濃度を上回っていた。

(3)中和の進行度

上記の事実から、倉吉市と米子市の降水は鳥取市の降水に比べ、アルカリによる中和がより進行しやすいものと予想され、以下の式で定義される分率酸性度(Fractical Acidity)の経年変化 (Fig.9)、季節変化 (Fig.10)を各地点毎に調べ、中和の程度を検証した。

$$\begin{aligned} \text{Fractical Acidity} &= [\text{H}^+] / ([\text{nss-SO}_4^{2-}] + [\text{NO}_3^-]) \\ &= [\text{H}^+] / \text{Acid} \end{aligned}$$

Fig.9の分率酸性度の経年変化を見ると、過去10年間では4地点ともやや低下の傾向が見られ、アルカリによる中和の進行度が高くなっているものと考えられる。地点で見ると倉吉市及び米子市、鳥取市、氷ノ山の順に値が小さく、この順に中和が進行していることがわかる。鳥取市の地点が他の2都市の地点に比べて、中和が進行しない原因は不明であるが、大気中のアルカリ濃度が低いことなどが考えられ、都市中心部からの距離や方向、海からの距離など測定の立地条件によるものと推測している。

一方、Fig.10の分率酸性度の季節変化から4地点とも3～5月の春季に最も中和が進み、逆に9月、12～2月の冬季は中和があまり進まない期間であることがわかる。その原因として、春季は黄

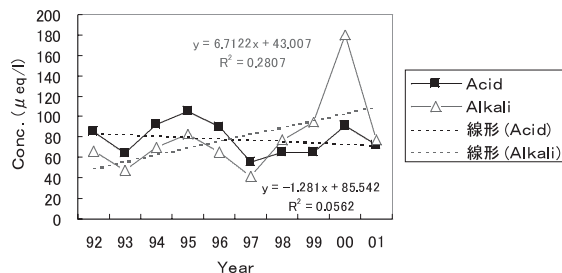


Fig.7 Annual mean concentrations of acid and alkali in Yonago city (1992 ~ 2001)

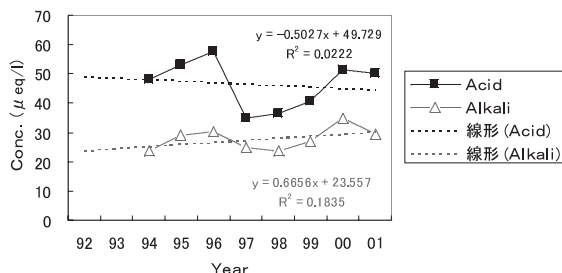


Fig.8 Annual mean concentrations of acid and alkali in Mt.Hyounosen (1992 ~ 2001)

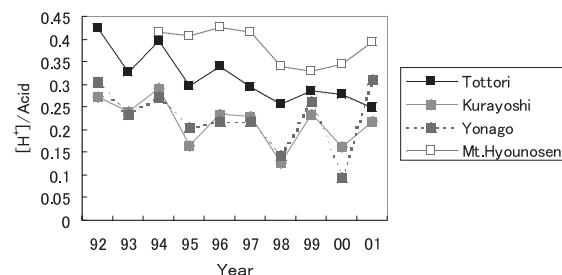


Fig.9 Annual mean of [H⁺]/Acid for precipitation

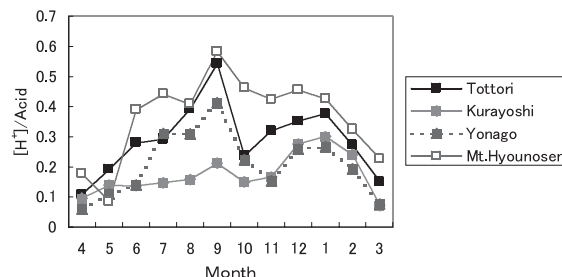


Fig.10 The seasonal variation of [H⁺]/Acid for precipitation

砂によるアルカリ濃度の増加、冬季は季節風による酸濃度の増加が考えられる。

(4)降水の酸性化の緩和傾向について

4地点のpHが、経年的に、やや中性側へ上昇する傾向が見られることから、この原因について

Table2 The concentration fluctuations of composition ions in Tottori city and Mt.Hyounosen of the every season (Tottori city:1992 ~ 2001, Mt.Hyounosen:1994 ~ 2001)

	Component	Spring (Mar. ~ May.)		Summer (Jun. ~ Aug.)		Autumn (Sept ~ Nov.)		Winter (Dec. ~ Feb.)	
		Variance ($\mu\text{eq/l}\cdot\text{year}$)	Trend Effect	Variance ($\mu\text{eq/l}\cdot\text{year}$)	Trend Effect	Variance ($\mu\text{eq/l}\cdot\text{year}$)	Trend Effect	Variance ($\mu\text{eq/l}\cdot\text{year}$)	Trend Effect
Tottori city	H ⁺	-1.62	neutralize	-0.86	neutralize	0.13	acidify	-2.26	neutralize
	nss-SO ₄ ²⁻	0.66	acidify	-1.18	neutralize	-1.23	neutralize	-0.96	neutralize
	NO ₃ ⁻	0.71	acidify	0.00	const.	-0.38	neutralize	0.88	acidify
	Acid	1.37	acidify	-1.18	neutralize	-1.61	neutralize	-0.08	const.
	nss-Ca ²⁺	3.64	neutralize	-0.31	acidify	-0.35	acidify	1.23	neutralize
	NH ₄ ⁺	0.80	neutralize	0.19	neutralize	-0.09	const.	0.01	const.
Alkali	4.44	neutralize	-0.12	acidify	-0.44	acidify	1.24	neutralize	
Mt. Hyounosen	H ⁺	-0.58	neutralize	-1.31	neutralize	0.54	acidify	-1.56	neutralize
	nss-SO ₄ ²⁻	0.83	acidify	-1.22	neutralize	-1.50	neutralize	0.41	acidify
	NO ₃ ⁻	0.74	acidify	-0.14	neutralize	-0.76	neutralize	0.61	acidify
	Acid	1.57	acidify	-1.36	neutralize	-2.26	neutralize	1.02	acidify
	nss-Ca ²⁺	1.24	neutralize	0.13	neutralize	0.12	neutralize	1.71	neutralize
	NH ₄ ⁺	0.74	neutralize	1.21	neutralize	-1.88	acidify	0.19	neutralize
Alkali	1.98	neutralize	1.34	neutralize	-1.76	acidify	1.90	neutralize	
A difference of two points	H ⁺	-1.04	neutralize	0.45	acidify	-0.41	neutralize	-0.70	neutralize
	nss-SO ₄ ²⁻	-0.17	neutralize	0.04	acidify	0.27	acidify	-1.37	neutralize
	NO ₃ ⁻	-0.03	const.	0.14	acidify	0.38	acidify	0.27	acidify
	Acid	-0.20	neutralize	0.18	acidify	0.65	acidify	-1.10	neutralize
	nss-Ca ²⁺	2.40	neutralize	-0.44	acidify	-0.47	acidify	-0.48	acidify
	NH ₄ ⁺	0.06	const.	-1.02	acidify	1.79	neutralize	-0.18	acidify
Alkali	2.46	neutralize	-1.46	acidify	1.32	neutralize	-0.66	acidify	

考察した。解析は、遠隔地からの物質輸送の影響を見るため、鳥取市と氷ノ山の2地点を対象とし、春季(3~5月)、夏季(6~8月)、秋季(9~11月)、冬季(12~2月)における主要5成分イオンの濃度および酸濃度、アルカリ濃度の経年変化(Fig.12~15)を調べ、その回帰直線の傾きを年間当たりの成分増減量として表2にまとめた。

この結果より、両地点とも秋季以外の季節で降水のpHが上昇する傾向が認められ、鳥取市の場合、冬季、春季、また、氷ノ山の場合、冬季、夏季にその傾向が大きいことがわかった。

pHの上昇傾向の大きい季節、地点について成分濃度の増減を見ると冬季と春季は非海塩性カルシウムイオン濃度の大きな増加、夏季は非海塩性硫酸イオン濃度の大きな減少が見られ、pHの上昇の主な原因は、降水に取り込まれるアルカリ性のカルシウム化合物の増加及び硫酸の減少によるものと推測された。Fig.11は鳥取市における黄砂日の過去8年間の月別日数を示したものであるが、黄砂の飛来回数が最近急激に増えていることから、

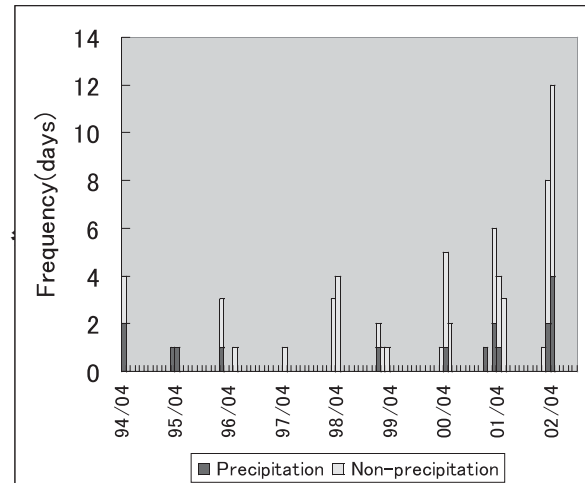


Fig.11 Frequency of Yellow Sand Phenomenon in Tottori city (1994.4 ~ 2002.6)

合物の増加は黄砂による影響と思われる。

また、周辺大気の影響の少ない氷ノ山において、冬季と春季に硝酸イオン、非海塩性硫酸イオンの濃度が増加傾向にあるが、この原因として、季節風により大陸から輸送されて来る酸性物質の増加、あるいは酸性物質を取り込むと言われている黄砂量の増加による影響が考えられた。

さらに、両地点の濃度差は鳥取市内の大気汚染の寄与を色濃く反映しているものと思われるが、汚染物質濃度の高くなる冬季においては、非海塩性硫酸イオンの減少が見られ、鳥取市において大気中の二酸化硫黄濃度が減少傾向にある事実と一致する。

4 まとめ

鳥取県の各調査地点における過去10年間の降水成分データを解析した結果、以下の知見を得た。

- 1) 都市部3地点の降水中に取り込まれる酸濃度は同程度であるがアルカリ濃度に違いが見られ、中和の進行度に相違が見られる。
- 2) 4地点とも、降水のpHはやや上昇しており、降水の酸性化の緩和傾向が見られる。
- 3) この緩和傾向の主な原因は、降水に取り込まれる黄砂由来の炭酸カルシウムの増加と硫酸の減少によるものと考えられる。

参考文献

- 1) 原 宏：酸性雨とは？：定義とその生成機構，
天気，Vol.42，No.5，p.4～11(1995)
- 2) 原 宏：入門講座 酸性雨，大気汚染学会誌，
Vol.26，p.A1～A8,A33～A40,A51～A59(1991)
- 3) 木村義明他：鳥取県における降水成分調査について，鳥取県衛生研究所報，38，p59～64
(1998)
- 4) 木村義明他：鳥取県における降水成分調査について，鳥取県衛生研究所報，39，p62～67
(1999)