

ゴーランドによって1mm毎の雨水を7mmまで自動採取し、pH、NO₃⁻、Na⁺などを測定した。そのほかの21ヶ所の地点では1雨毎の雨水を100mlずつ採取し簡易測定器(コンパクトpHメータ [Twin pH, B-112/212]、コンパクト導電率系 [Twin cond, B-173]、コンパクト硝酸イオンメータ [カーディ、C-141]、コンパクトナトリウムイオンメータ [カーディ、C-122])によって測定した。なお、硫酸イオン、カルシウムイオン、塩素イオンについては、共立理化学の高精度迅速水質計(直読式光電計)を用いて測定した。

雷雨による酸性雨の地域性についても検討してみた。

1994年7月からは、毎月の総降水について山形大学の柳沢文孝研究室の協力を得て、硫酸イオンのイオウ同位体比(³⁴S/³²S)の測定も行なっている。

III 調査結果と考察

1994~1998年の調査結果の概要をまとめると、次のようになる。

1) 季節による特徴

平成5年度から平成7年度のデータによると、春から秋にかけて、すなわち3~10月はpHが低く酸性雨が強い傾向が見られる。群馬県の環境白書によれば群馬県もほぼ同じ傾向にあることが分かる(群馬県環境白書、1995・1996・1997)。このような暖候期の高濃度は、首都圏の車や工場からの窒素酸化物・硫黄酸化物などの酸性物質が、春から秋にかけての南からの風の影響(第2図参照)で、関東平野の奥地

まで運ばれ雨水に溶け込むものと考えられる。このことは村野らも赤城山の酸性霧調査からも検証されている(Murano et al., 1997)。一般的には冬季はpH値は高く酸性度は低いのであるが、関東平野南部は恒常的に大気汚染がひどく、冬季でもpH値は低い。

また、西日本も含め6月の梅雨時の雨は酸性度が強いが(福岡義隆 1992)、北関東におけるこの度の測定ではそれほどでもなかった。

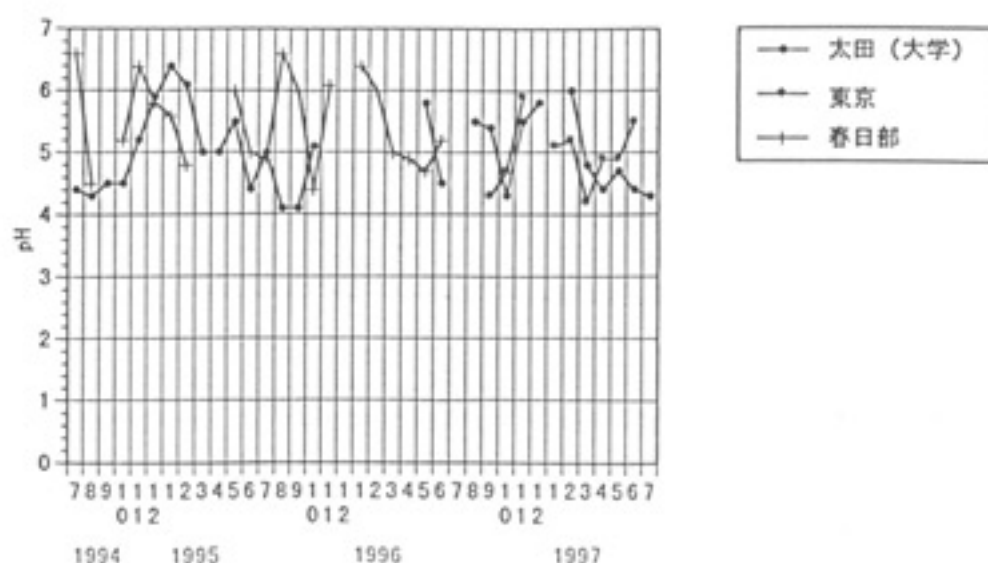
非常に興味あることには、夏季、よく晴れた日の雷雨の雨水はpH値が4以下という強い酸性雨であった。

5~6月および9月などの雨が数日間降り続くときは、一雨の後半になるにつれて酸性度は弱くなる傾向が多いことも分かった。

2) 地域による特徴

栃木県東南部葛生町辺りの雨は、他の地域と同程度の硝酸イオンが含まれているにもかかわらず、他より酸性度は低い(pH値が7~8の中性からアルカリ性を呈している)。導電率も90~370 μ S/cmと高いので多くのイオンが溶け込んでいることが分かる。酸性雨になるはずのところ中和させているのは、この辺りが石灰岩地域で、セメント工場からの塵埃による中和作用と考えられる。

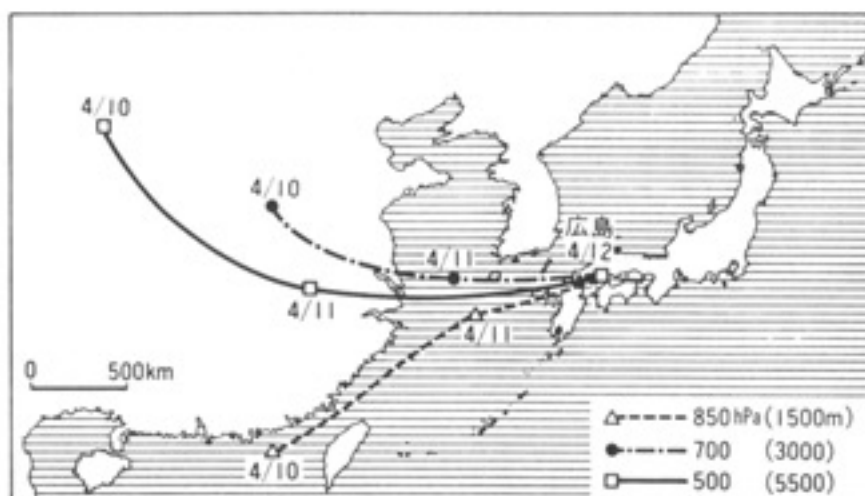
雷雨による酸性雨の地域性にも注目される。同じように強い酸性度を示す雨水でも、群馬県より栃木県の方が硝酸イオンが少なかった。雷雨における酸



第2図 太田、春日部および東京における1994/7から1997/7のpH値変化
Fig. 2 pH variation from 1994/7 to 1997/7 at Ohta, Kasukabe and Tokyo.

第1表 降水1mm毎のpH値の地域差
Table1 Regional differences of pH every 1 mm precipitation.

降水量 (mm)	1994/9/1 (雷雨)				1995/7/26			
	太田 (宝町)		春日部		葛生		葛生	
	pH	NO ₃ ⁻ (ppm)	pH	NO ₃ ⁻ (ppm)	pH	NO ₃ ⁻ (ppm)	pH	NO ₃ ⁻ (ppm)
1	4.3	16	6.5	41	7.8	18	8.0	62
2	4.0	10	6.7	32	7.8	10	7.6	40
3	3.8	8	6.8	21	7.7	12	7.7	34
4	3.9	9	6.5	17	7.8	14	7.1	35
5	3.7	8	5.0	9	7.5	13	6.9	34
6	5.3	13	4.9	10	7.4	9	7.3	35
7	—	—	4.8	8	7.3	8	7.5	44
8	—	—	4.8	8	7.8	12	7.8	20



第3図 1988年4月12日広島市で酸性雨を観測した2日前の各高度流跡線
Fig. 3 Trajectory analysis at acid-rain in Hiroshima, April 12th, 1988.

性雨の原因物質に地域性があると思われる。(第1表参照)

3) 硫黄同位体比について

1994年7月から、毎月の総降水について、山形大学(柳沢文孝研究室)の協力を得て、硫黄の同位体比(³⁴S/³²S)の測定も行なっている。硫酸イオンのイオウ同位体比発生源である石油やその発生源の環境を反映しており、硫酸イオンの発生源を推定することができる。関東地方を発生源とするイオウ同位体比は0~5%であるのに対して、大陸を起源とするものは5%以上である。このことは、日本海側で冬季にイオウ同位体比が高くなることから明らかである(柳沢ら 1994)。福岡ら(1992)は高層天気図による流跡線解析や気象衛星「ひまわり」雲画像の解析などから、中国大陸からの酸性雨長距離輸送の可能性を見出だしているが(第3図参照)、イオウ同位体比により更に化学的に実証することができる。本研究

でも、1994~1995年の冬に同位体比が高くなっており、栃木県太田市においても冬の季節風に乗って、大陸起源の硫酸イオンがやってきていることが分かる。しかし、それが雨水の酸性度に寄与していないことが、冬季の高いpH値が物語っている。また、1995~1996年の冬は降水量がかなり少ないために、残念ながら有意義なデータは得られなかった。

IV あとがき~今後の展望

1999年よりは、立正大学グループとの共同研究の形で、雷雨時の雨水に観測対象を絞り、各種イオンの測定を行なうことにした。雷雨は既述のように地域性の強いものであるので、その雨水を観測することは、その周辺上空の大気汚染を間接的に測定することになり、発生源と時刻を考慮することによって、夏季における北関東上空の汚染物質の動きを把握できるものと思われる。

1999年は予備的観測として、群馬県(太田市・桐生市・前橋市・吉岡町)、埼玉県(春日部市)、茨城県(土浦市)、東京都(文京区)における7~9月の雷雨を主とした雨水を採取した。雨水は採取後に冷凍保存し、10月にイオンクロマトグラフィ(立正大学)を用いて、陽イオンと陰イオンの測定を行なった。解析途中であるが、目下のところ、群馬県桐生市のpH値が低いことと、pH値には硝酸イオンが大きく関与しているらしいことが分かっている。今後、その他のデータも解析し、さらに2000年の夏季の観測も加え、酸性雨国際学会(2000年12月つくば市で開催予定)で発表する予定である。

参考文献

- 村野健太郎(1993):『酸性雨と酸性霧』実業房, p.179.
 福岡義隆(1992):『人間の尺度の地球環境』古今書院.
 福岡義隆(1998):中国の環境問題とエネルギー事情, 地学雑誌, 107(4), 602-605.
 蔵上 豊, 石川廣隆, 酸性雨研究学生グループ(1998):北関東における酸性雨の研究(1), 関東学園大学紀要 Liberal Arts, 6, 105-118.
 群馬県編(1995, 1996, 1997):環境白書.
 Murano, K., Hatakeyama, S., Matsumoto, M., Yasuda, Y. and Ikeda, Y. (1997): Acid fog caused by transport of air pollutants from Tokyo metropolitan area, Proc. of Int. Congress of Acid Snow and Rain, 1997, 114-121.
 柳沢文孝ほか(1994):山形県米沢市の湿性降下物に含まれる硫酸イオンのイオウ同位体比, 山形大学紀要(自然科学), 13(3), 239-249.

The relationship between acid rain and weather condition in Northern Kanto

Takigami, Y., Fukuoka, Y., Fukuoka, T. and Nagashima, T.

Conclusion based on the analytical results are as follows.

- 1) The pH values of rain-water samples collected in northern Kanto area, March to October except rainy season in early summer, were less than 5 in most cases. These lower pH values are possibly caused by dissolution of exhaust gas of automobiles in rain water. The gases were transported to inner part of Kanto plain from Metropolitan area. No acid rain was recorded in northern Kanto area, November to February, because of seasonal wind from north direction. In Southern Kanto area, however, the lower pH values of rain water were observed in winter season. This may be explained by the existence of polluted air.
- 2) The concentrations of NO_3^- ion in strong acid rain water in northern Kanto area are higher than those in southern Kanto area. High contents of NO_3^- ion may originate from exhaust gas of automobiles.
- 3) From observations on pH values of rain water of thunder of storms on the same day in summer, we found that the concentration of NO_3^- ion in rain water in Gunma Prefecture was higher than it in Tochigi Prefecture. This suggests that the origin of acid rain in thunder storm is different from the region.
- 4) The analytical results of sulfur isotope ratios ($^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$) of rain water in thunder storm by Yanagisawa of Yamagata University indicate that the isotope ratios of winter season in 1994-1995 were higher than those in another. This suggests that high sulfur isotope ratios are originated from continental materials.

Keywords : pH value, rain water, NO_3^- ion, thunder storm, sulfur isotope ratio