

ノート 三重県内における露水の性状について (第1報)

鳥居成幸、奥田哲也、高橋康三、橋倉清和

三重県内における露水の性状を明らかにするため、採取法・分析法の検討を行った。三重県亀山市内において露水を採取し分析した結果、pHの平均値は雨水よりも高かった。しかしながら露水中の成分濃度は、雨水と比較して高濃度であった。また、雨水では通常少量しか含まれない成分(亜硝酸、ギ酸、酢酸)が比較的高濃度で確認された。

1. はじめに

露は雨、霧と共に我々が日常目にする気象現象の一つである。しかしながら雨水、霧水はその発生、輸送過程において大気汚染物質を取り込み、生態系への影響を及ぼす湿性大気汚染が起きていることは広く知られており、これに関する研究は酸性雨のモニタリング調査を中心にして、各種の機関において精力的に行われている。

露水もその生成過程において、雨水、霧水と同様に大気汚染物質を取り込むことが予想される。しかしながらその挙動は雨水等とはいくぶん異なり、生成地点での局地的な影響をより受けやすく、また生成面との接触時間が長いなどの特徴がある。これら露水の性状については徐々に研究が行われ始めているが、その数はまだ多くはないのが現状である^{1)~5)}。

今回筆者らは、三重県における露水の性状を把握するため、採取法、分析法の検討を行い、今年度は比較的人為的な寄与の少ない、郊外の住宅地において露水の採取を行った。

2. 調査方法

2-1. 採取期間および地点

露水の採取は1997年6月より11月にかけて、三重県亀山市内において行った。採取地点は住宅地にあり、付近に大規模な固定発生源は存在しない。また交通量の多い幹線道路としては、国道1号線が200mほど離れた位置にある。採取地点は図1に示した。

2-2. 採取方法^{2) 3)}

採取装置として、発泡スチロール板(900mm×900mm×50mm)の表面にテフロンシートを貼り付けたも

のを使用し、夜間に地上400mmの位置に固定して採取した。翌朝、テフロンシート上に付着した露水をテフロン製のスクレイパーで収集し、露水は採取後直ちに孔径0.45μmのメンブランフィルターでろ過した後、分析まで冷蔵保存した。露水採取装置の模式図を図2に示した。

2-3. 測定方法¹⁾

採取した露水試料は、採取量、pH、電気伝導度



図1 露水採取地点

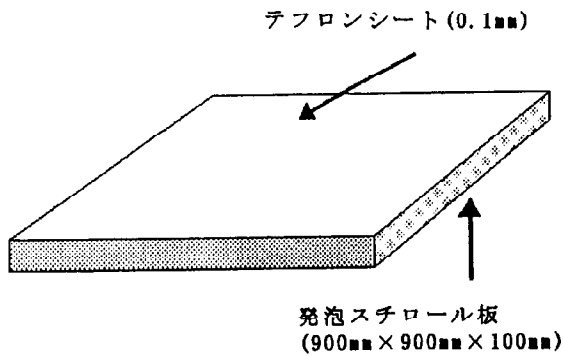


図2 露水採取装置

(EC)、無機イオン成分 (NH_4^+ 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-}) および有機イオン成分 (HCOO^- 、 CH_3COO^-) の分析を行った。

pHはガラス電極法、電気伝導度は導電率計法によって測定を行った。また、陰イオンおよび1価の陽イオンはイオンクロマトグラフ法で、2価の陽イオンはフレーム原子吸光法で測定した。イオンクロマトグラフの測定条件は表1に示した。

表1 イオンクロマトグラフ測定条件

装置：横河アナリティカルシステムズ製 IC-7000P
 検出器：電気伝導度検出器
 恒温槽温度：40℃

(陰イオン)

カラム：ICS-A35
 溶離液：4mM Na_2CO_3 +1.5mM NaHCO_3
 サプレッサ：HPS-SA1
 除去液：15mM H_2SO_4

(陽イオン)

カラム：ICS-C15
 溶離液：15mM HNO_3
 サプレッサ：HPS-SC1
 除去液：50mM NaOH

3. 結果と考察

3-1. 露水のpH、EC

調査期間中に18サンプルの露水を採取することができ、pHの最小値は5.33、最大値は6.97であった。また露水の採取量によって加重平均したpHは5.99と、平成8年度の三重県における降水の加重平均pH値4.74と比較して大きく、より中性に近かった。採取した露水のpH出現頻度を図3に示した。

また、ECについても中央値、最大値、最小値のすべてにおいて露水のほうが大きな値を示しており、その成分濃度の高いことが伺えた。

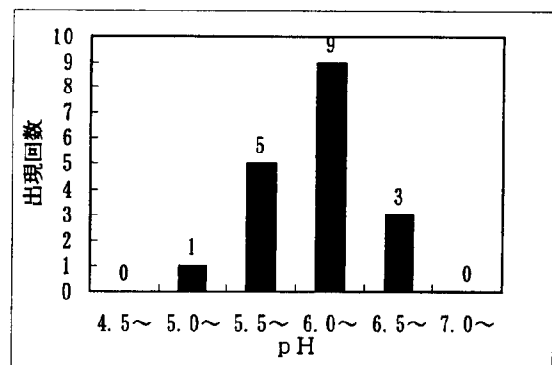


図3 露水のpH出現頻度

3-2. 露水の成分濃度

採取した露水は前述した11成分について濃度分析を行った。通常、降水成分には有機酸2種類と、亜硝酸イオンはほとんど含まれず、8種類のイオン成分でイオンバランスはほぼとれている。しかしながら露水の場合は図4に示すとおり、これら11成分のイオンバランスでは陽イオン過剰であり雨水中より

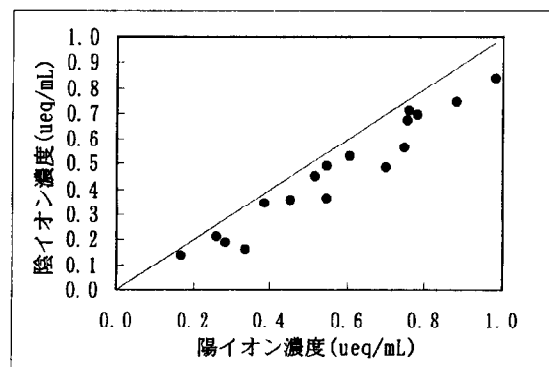


図4 露水のイオンバランス

表2 露水と雨水の成分分析結果

成分名	露水 (n=18)			雨水 (n=76)		
	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値
pH	5.99	6.97	5.33	4.74	6.74	4.13
EC	74.3*	415	21.8	22.1*	112.3	5.50
HCOO ⁻	16.3	143	0.00	—	—	—
CH ₃ COO ⁻	10.6	52.9	1.02	—	—	—
Cl ⁻	104	548	30.7	51.3	427.6	9.01
NO ₂ ⁻	53.5	165	21.6	—	—	—
NO ₃ ⁻	66.4	1720	11.5	27.3	131	5.00
SO ₄ ²⁻	140	984	32.5	42.7	202	15.6
Na ⁺	94.3	785	25.7	26.8	602	0.87
NH ₄ ⁺	289	1430	112	50.5	446	0.39
K ⁺	10.3	63.2	4.35	5.28	360	0.26
Mg ²⁺	23.5	78.2	4.03	28.4	339	0.31
Ca ²⁺	51.9	164	17.6	6.47	57.2	0.35
Total	861			257		

*注：ECについては中央値を示した

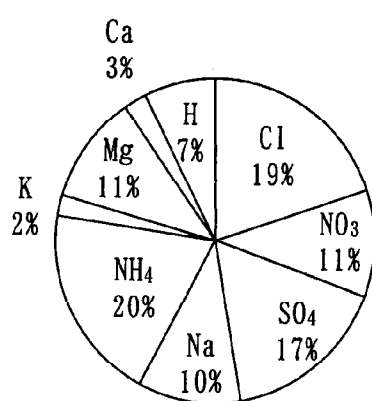


図5 降水成分の等量濃度比

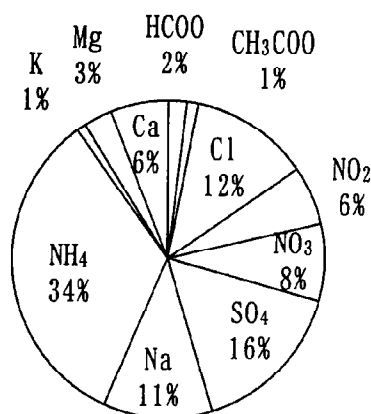


図6 露水成分の等量濃度比

も多種の陰イオンが、無視できない濃度で存在していると考えられる¹⁾。

露水と雨水の成分濃度の加重平均値を表2に、それぞれの成分濃度の等量濃度比を図5、図6に示した。成分濃度はほとんどの項目において、雨水より

も高い値を示し、イオン成分の総量では露水は雨水の約3倍の濃度を示した。

また、露水は硫酸イオン、硝酸イオンなどの酸性成分も、雨水と比較して高い濃度で存在していたが、アンモニウムイオン、カルシウムイオンなどの中和

成分もまた高濃度で存在するため、そのpHは中性に近くなったものと考えられた。

3-3. 露水成分の由来

湿性大気汚染現象には酸性雨、酸性霧などがあり、雨水の場合は雲内での大気物質の取り込み(rainout)および、雲底下での取り込み(washout)により、比較的広い地域での大気の影響を受けている。また霧水では粒径がより小さく、表面積が大きいため大気物質を取り込みやすいが、その影響を受ける範囲は雨よりも狭い⁶⁾。

それに対し露水は風が弱い晴天の夜間に発生し、また雨水、霧水とは異なり、付着する物体の表面で生成する。このため、大気中を移動しながらの汚染物質の取り込みがなく、より局地的な地表付近の大気の状態を反映しているものと思われる⁵⁾。

このため、露水中に存在する成分の由来として、発生意面上での乾性沈着物に含まれる溶解性成分の取り込みや、露水表面での大気物質の拡散沈着が考えられるが、大気物質の露水への沈着機構や寄与割合には不明な点も多く、今後の検討課題である。

4. まとめ

三重県亀山市内で露水を採取した結果、次のような知見が得られた。

- (1) 採取された露水のpHは雨水よりも中性に近かった、しかしながらECについても高く、露水のイオン成分濃度は雨水の約3倍を示した。
- (2) 露水中には、通常雨水には少量しか含まれないイオン種も比較的高濃度で存在していた。
- (3) 露水は、雨水、霧水よりも、より局地的な地表付近における大気の状態を反映していると思われる。

謝辞

本研究を行うにあたり、貴重なご助言を頂いた神奈川大学工学部の大河内博博士、東京都多摩環境保全事務所の小山功氏に感謝いたします。

参考文献

- 1) Hiroshi Okochi, Takuya Kajimoto, Yukiko Arai, and Manabu Igawa: Effect of acid Deposition on urban Dew Chemistry in Yokohama, Japan, Bulletin of the Chemical Society of Japan, 69, 3355 (1996)
- 2) 大河内博、馬場晶子、荒井由紀子、井川学: 露水の化学組成とその酸化機構(3)、第36回大気環境学会講演要旨集、219 (1995)
- 3) 小山功: つゆの測定、第37回大気環境学会講演要旨集、554 (1996)
- 4) 大河内博、大田垣恵、馬場晶子、井川学: 露水の化学組成とその酸化機構(4)、第37回大気環境学会講演要旨集、551 (1996)
- 5) 三宅隆之、佐久川弘、竹田一彦、藤原棋多夫: 広島県における降水および露中の有機酸の測定、第38回大気環境学会講演要旨集、292 (1997)
- 6) 大喜多敏一 監修: 新版 酸性雨、pp. 64、博友社 (1996)

Study on Properties of Dew Water in Mie Prefecture (First Report)

TORII Naruyuki, OKUDA Tetsuya, TAKAHASHI Kouzou and HASHIKURA Kiyokazu

To clarify the properties of dew water in the Mie prefecture, its sampling and analytical methods were examined.

The analysis of the dew water was collected in the Kameyama city, Mie prefecture, show that its average pH value is higher than that of rain water. It contains, however, higher densities of components than the rain water. Beside, the existence of rather high concentrations of nitrous acid, formic acid and acetic acid can be recognized in the dew water, whereas only tiny amounts of them can be detected usually in the rain water.