

大気降下物量の長期モニタリングによる非定常性・非均一性について

○中澤 暦, 曾東洋士, 國松孝男 (滋賀県大・環境科学), 永淵 修 (千葉科大・危機管理)

1 はじめに

大気降下物量の測定には貯水タンクにロートを取り付けたバルクデポジットサンプラー (以下, BDS と略する) が, その簡便さから生物地球化学や生態学の分野の研究で広く用いられてきた。しかし, これまでの多くの論文では NO_3^- や NH_4^+ が主であり, 全窒素や全リンについてはほとんど調査されていない。さらに, 大気降下物量は大きく季節変動し, また降雨条件の変化によって長期変動する非定常的現象であり, かつ地理すなわち測定地点の自然・人為条件によって変化する非均一性の強い現象であるが, これらのついてはほとんど検討・解析されていない。

当研究室では琵琶湖集水域の北西部の山岳地帯と中部の水田地帯の 2 地点で, それぞれ現在まで 18 年, 11 年間にわたって大気降下物量を測定してきた。本研究では, それらのデータから大気降下物量の非定常性, 非均一性について解析した。

2 実験方法

2.1 調査地

滋賀県高島市麻生地先の「朽木の森」地点 (標高約 200 m, 以下では朽木と略する) では, 1989 年から現在まで 18 年間継続して調査した。調査期間の平均雨量は, 2327 mm/y で多雪地帯である。水田地帯の調査地点は琵琶湖岸に近い滋賀県彦根市犬上川河口地先で, 1991~1994 年は旧滋賀県立短期大学内の 4 階建校舎上, 2000 年以降は滋賀県立大学内圃場で計 11 年間調査した (以下, 彦根と略する)。なお, 1995~1999 年は欠測である。調査期間の年平均雨量は 1574 mm (彦根気象台) であった。

2.2 バルクデポジットサンプラー

例年, 1 m 以上の積雪がある朽木では, 芝地上約 1.5 m の位置にとりつけた $\phi 20$ cm の雨雪量計の排水を, コンクリート製の集水マスに入れたポリエチレン (PE) 製の 21 L 容の PE 製貯水タンクに貯水した。毎回, 貯水タンクに濃硫酸を 3 ml 添加し, TN, DN, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, TP, DP, $\text{PO}_4\text{-P}$, COD, TOC, DOC, $\text{SiO}_2\text{-Si}$ 測定用とした。別に, $\phi 21$ cm の PE 製ロートを同じ 21 L 容 PE 製貯水タンクに取り付けた BDS を並べて設置し, 主要イオン測定用とした。ロートの上面の高さは地上から約 60 cm であった。

彦根では $\phi 30$ cm の PE 製ロートを取り付けた BDS を用いた。同様に調査期間のはじめに濃硫酸を 3 ml 添加した。別に, 主要イオン測定用の BDS ($\phi 20$ cm PE 製ロート) を設置した。

2.3 水質分析

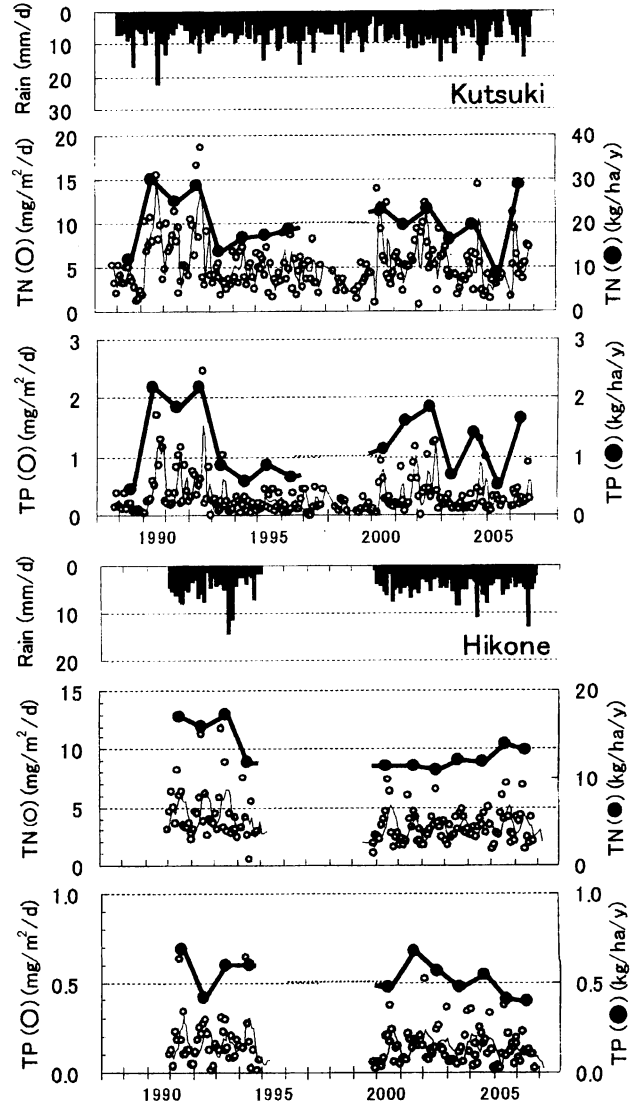


図 1 降水量と TN, TP 降下量の日平均値と年平均値の変動

原則として月に 1 回採水した。TN, TP, TOC はろ過前の試料を分析した。溶存成分は口径 $1\mu\text{m}$ のガラス繊維ろ紙でろ過した後分析した。朽木では前記したように冬季に積雪があるため, 主要イオン測定用の BDS サンプルを用いて測定した 12~4 月の主要イオン類, および 1997 年 4 月~1999 年 8 月のすべての項目のデータは参考値とした。

3 結果と考察

3.1 非定常性

3.1.1 長期変動

採水期間ごとの日平均降水量と、年降水量の経年変化を図 1 に示した。朽木の TN の年降水量を見ると、約 10~30 kg/ha/y の間を前後して推移し、一定の傾向は認められなかった。TP は TN より変動が大きく、0.5~2 kg/ha/y の間で変化し、同様に一定の傾向は認められなかった。一方、彦根では TN 年降水量は、1991~1993 年は朽木と同様にそれ以降よりやや高い傾向が認められた。TP は TN のような傾向は認められず 0.5 kg/ha/y 前後で変動した。

3.1.2 周年変動

大気降下物量は年によって大きく異なるので、月大気降下物量データを年度ごとに標準化し、標準化した月ごとの値の朽木、彦根それぞれ 18, 11 年間の平均値を図 2 に示した。朽木では Na⁺ と Cl⁻ は夏に低く冬に高い、明瞭な 1 山の周年変動を示した。これは冬の北西季節風の影響と考えられる。海水中の濃度が比較的高い SO₄²⁻ と Mg²⁺ にも同様の傾向が認められた。一方、NH₄-N と NO₃-N には初春から初夏にかけて高くなる Na⁺ とほぼ逆の周年変動が認められた。その結果、TN の降水量は 3~8 月に多く、9~2 月に少なくなる周年変動を示した。TP は TN より約 4 か月遅れた 7~11 月にピークを示した。

彦根でも Na⁺, Cl⁻, Mg²⁺ は朽木よりは弱いもののほぼ同様の周年変動パターンを示した。しかし、SO₄²⁻ は朽木の場合と異なり一定の変動パターンを示さなかった。すなわち、彦根は周辺地域から SO₄²⁻ の人為汚染を受けていると推察された。TN は NH₄⁺, NO₃⁻ とともに 4~7 月に顕著に多くなった。TP もほぼ同じ時期に多くなった。

3.2 大気降下物量の非均一性

朽木と彦根の全測定期間の水量加重平均濃度および平均降水量を表 1 に示した。降水量は朽木の方が彦根より 1.48 倍も多かった。TN の濃度はそれぞれ 0.795, 0.881 mg/l で、彦根の方がやや高くなった結果、降水量は朽木が 18.5 kg/ha/y、彦根が 13.4 kg/ha/y で、両地点間の差は 1.38 倍に縮まった。彦根について NO₃-N:NH₄-N:ON の比をみると、39:33:28 であった。

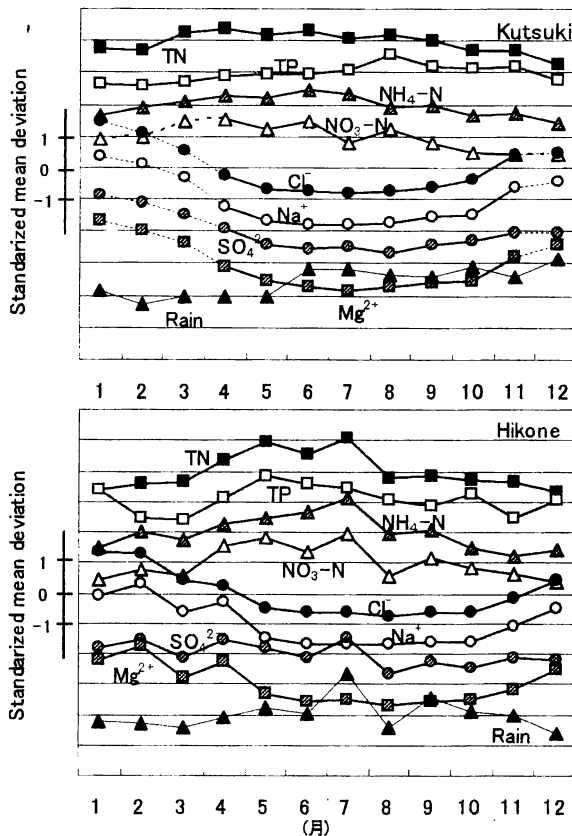


図 2 月別降水量の年平均偏差

月大気降下量を各年ごとに標準化して、平均した。期間は朽木は 18 年、彦根は 11 年である。破線は参考値。

一方、TP 濃度は朽木、彦根でそれぞれ 0.0462, 0.0359 mg/l で、TN とは逆に朽木の方が高濃度であった。そのため、降水量はそれぞれ 1.09, 0.541 kg/ha/y で、2.01 倍も朽木の方が多くなった。PO₄-P の割合は朽木が 55%、彦根が 56% でほとんど差はなかった。

参考文献

Kunimatsu, T. and Sudo, M. (2006), Long-term fluctuation and regional variation of nutrient loads from the atmosphere to lakes, *Water Science & Technology*, 53 (2), 53-62.

表 1 朽木と彦根の大気降下物濃度と降水量

Items	Kutsuki				Hikone			
	Concentration		Loading rates		Concentration		Loading rates	
	(mg/l)	CV (%)	(kg/ha/y)	CV (%)	(mg/l)	CV (%)	(kg/ha/y)	CV (%)
NO ₃ -N	-	-	-	-	0.346	38	5.25	23
NH ₄ -N	0.253	45	5.84	66	0.287	26	4.4	89
DN	0.708	41	16.4	67	0.801	32	12.1	18
TN	0.795	38	18.5	65	0.881	30	13.4	18
PO ₄ -P	0.025	76	0.598	91	0.020	41	0.301	19
DP	0.035	71	0.828	85	0.026	39	0.394	26
TP	0.046	65	1.09	81	0.036	37	0.541	25
SiO ₂ -Si	0.263	70	6.37	58	0.131	117	1.96	18
rain (mm/y)	-	-	2327	13	-	-	1573	13