



| | |
|------------------|---|
| Title | 北海道の貧栄養湖における大気汚染物質の降下とその水質に与える影響 |
| Author(s) | 石田, 憲生; 深澤, 達矢; 橘, 治国 他 |
| Description | 第9回衛生工学シンポジウム (平成13年11月1日 (木) -2日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 2 環境保全 . 2-11 |
| Citation | 衛生工学シンポジウム論文集, 9, 138-143 |
| Issue Date | 2001-11-01 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/7159 |
| Type | departmental bulletin paper |
| File Information | 9-2-11_p138-143.pdf |



2-11

北海道の貧栄養湖における大気汚染物質の降下と
その水質に与える影響

○石田憲生，深澤達矢，橘 治国，清水達雄，太田幸雄（北海道大学）
永淵 修（福岡県保健環境研究所）

1. はじめに

重金属や硫酸化物，窒素酸化物といったさまざまな大気汚染物質が，都市域や工場群などの発生源から排出されている．これらは大気中を長距離輸送され本来汚染源のないはずの清浄地域にも沈着し，そこでさまざまな影響をおよぼすことが知られている．たとえば，酸性雨による湖沼の酸性化，それに伴う生態系の破壊が北欧・北米などで起きており，これらは工業地帯からの越境汚染であると報告されている．また，重金属は環境中の存在量が微量でも食物連鎖を経て濃縮されることにより人体への悪影響が懸念されている．

本研究では，大気降下物に含まれる重金属・化学成分による湖沼水質への影響を明らかにすることを目的として，2000年8月に北海道白老町にある倶多楽湖において大気降下物と湖沼水質について調査を行った．その結果を報告する．

2. 方法

(1) 調査地点

倶多楽湖の諸元を表1に示す．北海道白老郡白老町にある倶多楽湖（42° 29′ N，141° 11′ E，図1）は約4万年前に倶多楽火山の噴火によって形成された火口型カルデラ湖である．支笏洞爺国立公園内にある集水域は森林で覆われ，人為的汚染はきわめて少ないと考えられる．倶多楽湖は流入河川を持たないため，汚染物質の入力は大気汚染物質の降下による．

(2) サンプルング

湖水の採水は最深部において行なった．2000年8月11日に表層から130mまでの9層（0，2，5，10，20，40，50，80，130m），8月16日と19日には表層から50mまでの7層（0，2，5，10，20，40，50m）をバンドン式採水器によって採水した．また，湖岸に設置した大気降下物全量採取器（SIBATA，W-102）により，8月11日から16日まで，16日から19日までの大気降下物を採取した．実験室に持ち帰った湖水および大気降下物試料はニュークリポアフィルター（Whatman，0.4μmφ）によってろ過し，ろ液を重金属分析用と化学成分分析用に分けて角型ポリビン（NALGENE，ポリプロピレン製，250mL，125mL）に入れ，さらにチャック付ポリ袋で密閉して冷蔵庫に保存した．重金属成分分析用試料には超高純度硝酸（関東科学，Elgrade，61%）を硝酸濃度が1%程度となるように加えた．



図1 倶多楽湖の位置

表1 倶多楽湖の諸元

| | |
|-------------------------|---------------------|
| 標高(m) | 258 |
| 湖面積(km ²) | 4.68 |
| 湖体積(m ³) | 491×10 ⁶ |
| 最大水深(m) | 148 |
| 平均水深(m) | 105.1 |
| 周囲長(km) | 7.8 |
| 滞留時間(年) | 28.69 |
| 年降水量(mm) | 1866 |
| 集水域面積(km ²) | 3.4 |

(3) 分析

イオンクロマトグラフィー(YOKOGAWA IC-7000)によってイオン成分濃度(Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-})を測定した。また、誘導結合プラズマ質量分析装置(ICP-MS; YOKOGAWA HP-4500)によって重金属成分濃度を測定した。測定元素はアルミニウム(Al), バナジウム(V), クロム(Cr), マンガン(Mn), ニッケル(Ni), 銅(Cu), ガリウム(Ga), ヒ素(As), ルビジウム(Rb), ストロンチウム(Sr), カドミウム(Cd), バリウム(Ba), 鉛(Pb)である。大気降水物の分析結果と捕集雨量から湖への沈着量を算出した。ICP-MSの検出限界は全ての元素について100ng/L程度であった。精度管理は河川水標準物質(多摩化学)によって行なった。

3. 結果および考察

倶多楽湖は8月には水温躍層が発達している(図2)。サンプリング期間中はこの温度成層が保たれていた。

(1) 化学成分

深さ50mまでの湖水中化学成分の測定結果を図3に示す。各イオン濃度は表層から水深20mの層にかけて深さとともに濃度が増加している。これは大気中の化学成分濃度が湖水より低く、湖の表層では大気降水物による希釈が起きていることを示す。

サンプリング期間中の大気降水物中の各イオン濃度と沈着量を表2に示す。8月16~19日(以下、期間II)までは降水がなかったため、大気降水物全量採取器の内壁を超純水(ADVANTEC, Milli-Q Jr.)によって洗浄することによって乾性沈着を洗い流し、これを回収して試料とした。試料IIの濃度はこの洗浄液の濃度である。

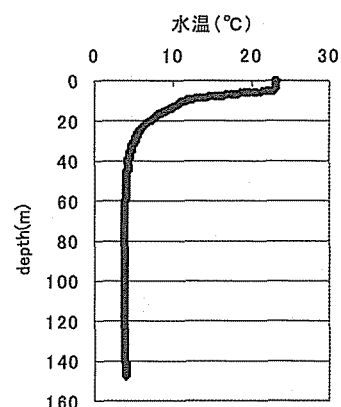


図2 2000年8月16日の倶多楽湖における温度成層

| | SO_4^{2-} | Cl^- | NO_3^- | Na^+ | NH_4^+ | Ca^{2+} | Mg^{2+} | K^+ |
|---------|-----------------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|------------------|------------------|--------------|
| 試料I濃度 | 0.8 | 1.1 | 0.6 | 0.7 | | 0.5 | 0.2 | 0.1 |
| 期間I沈着量 | 8.7 | 11.4 | 6.1 | 7.5 | | 5.1 | 1.8 | 0.5 |
| 試料II濃度 | (0.6) | (0.4) | (1.7) | (0.7) | (0.1) | (0.6) | (0.4) | (0.1) |
| 期間II沈着量 | 4.9 | 3.4 | 13.3 | 5.3 | 1.1 | 4.5 | 3.2 | 1.2 |
| 濃度はmg/L | 沈着量はmg/m ² | | | | | | | |

8月11~16日(以下、期間I)に採取した大気降水物試料(以下、試料I)のpHは4.1であった。アンモニウムイオンは検出されなかった。大気降水物から検出された各イオン濃度は、硝酸イオンを除いてはいずれも湖水全層よりも低濃度であり、湖水中濃度を減少させ、硝酸イオンは逆に湖水中濃度を増加させる。期間Iでの湖水中濃度の変化は K^+ , Cl^- , Mg^{2+} , Ca^{2+} , SO_4^{2-} は表層~10mで濃度が減少し、 NO_3^- は、表層~20mで濃度が上昇した。これは大気降水物の影響が表層付近に現れたことを示している。 Na^+ , Cl^- , Mg^{2+} , SO_4^{2-} に見られる10m以深の濃度増加は大気以外の影響によると考えられる。 Na^+ は期間Iにおいて表層付近での濃度変化と大気降水物中濃度との関連が見られなかった。

次に、期間IIでは降水がなく大気降下物は乾性沈着である。このため、湖水は雨水による希釈を受けずに、汚染物質の沈着量に応じて湖水中濃度が上昇することが考えられる。実際に期間IIでの湖水中濃度変化は、硝酸イオンを除く全ての成分に深さ 5m, あるいは 10m より表層での濃度の上昇が見られ、大気降下物との関連性が確認できた。

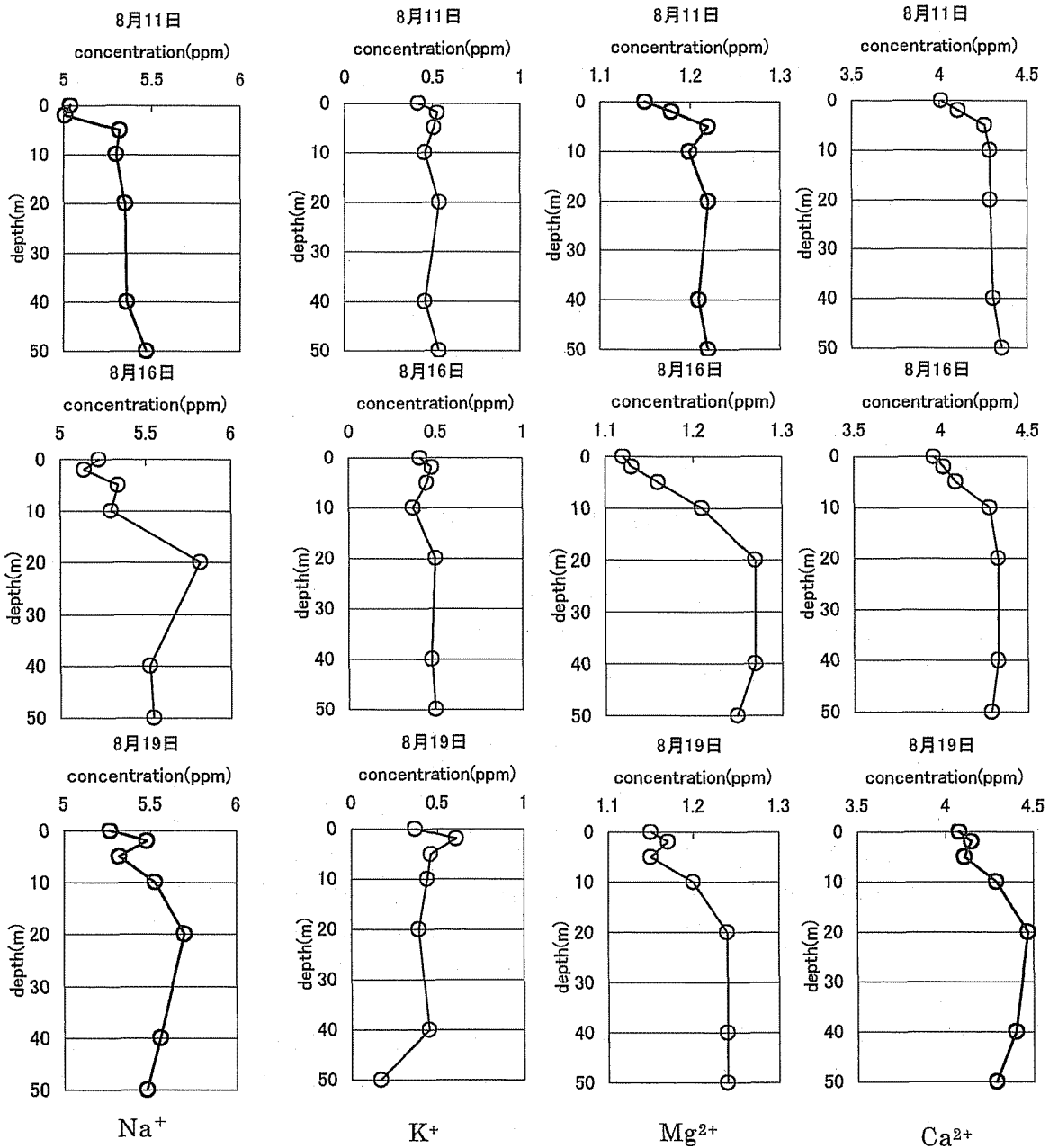


図3 湖水中化学成分の濃度変化

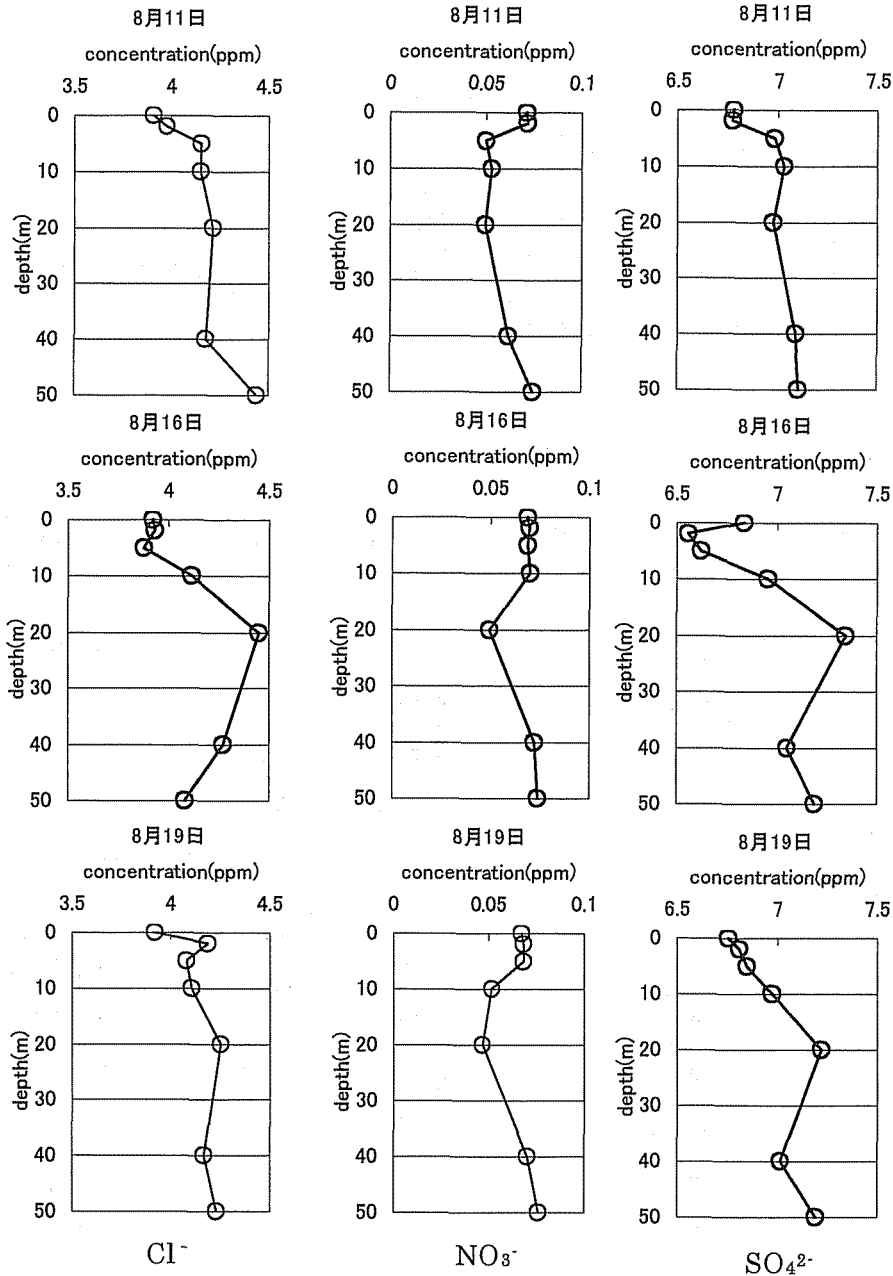


図 3(続き) 湖水中化学成分の濃度変化

(3) 重金属成分

重金属成分濃度は表層～5m または 10m において変化が見られ、それ以上の深さにおいてはサンプリング期間中ほぼ一定であった。また、マンガンは最深部の 130m において濃度の上昇が見られ(図 4)、底泥の巻き上げや、湖底湧水による影響が考えられた。

大気降下物中の各元素濃度と沈着量を表 3 に示す。化学成分と同様、試料 II 濃度は洗浄液のものである。ヒ素は試料 I，試料 II とも検出限界以下であった。

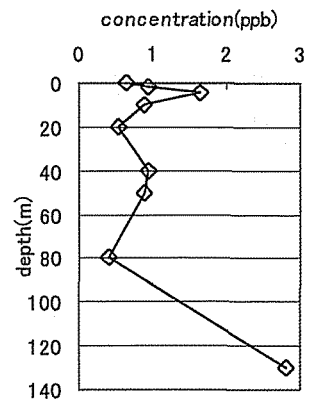


図 4 マンガンの濃度分布

| 表3 大気降下物中重金属成分濃度と沈着量 | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-----|-------|-------|-----------|--------|--------|-------|-------|-------|-----|-------|
| | Al | V | Cr | Mn | Ni | Cu | Zn | Rb | Sr | Cd | Ba | Pb |
| 試料Ⅰ濃度 | 1.3 | 0.1 | 0.1 | | | 1.4 | | | 0.1 | | 0.4 | 1.0 |
| 期間Ⅰ沈着量 | 14.2 | 1.2 | 1.5 | | | 15.2 | | | 1.4 | | 4.6 | 10.4 |
| 試料Ⅱ濃度 | (450) | | (0.3) | (3.2) | (5.3) | (67.6) | (19.2) | (0.3) | (2.4) | (0.2) | | (0.1) |
| 期間Ⅱ沈着量 | 3583 | | 2.5 | 25.7 | 42.2 | 537.8 | 152.6 | 2.5 | 18.8 | 1.9 | | 1.2 |
| 濃度は $\mu\text{g/L}$ 沈着量は $\mu\text{g/m}^2$ | | | | | 空欄は検出限界以下 | | | | | | | |

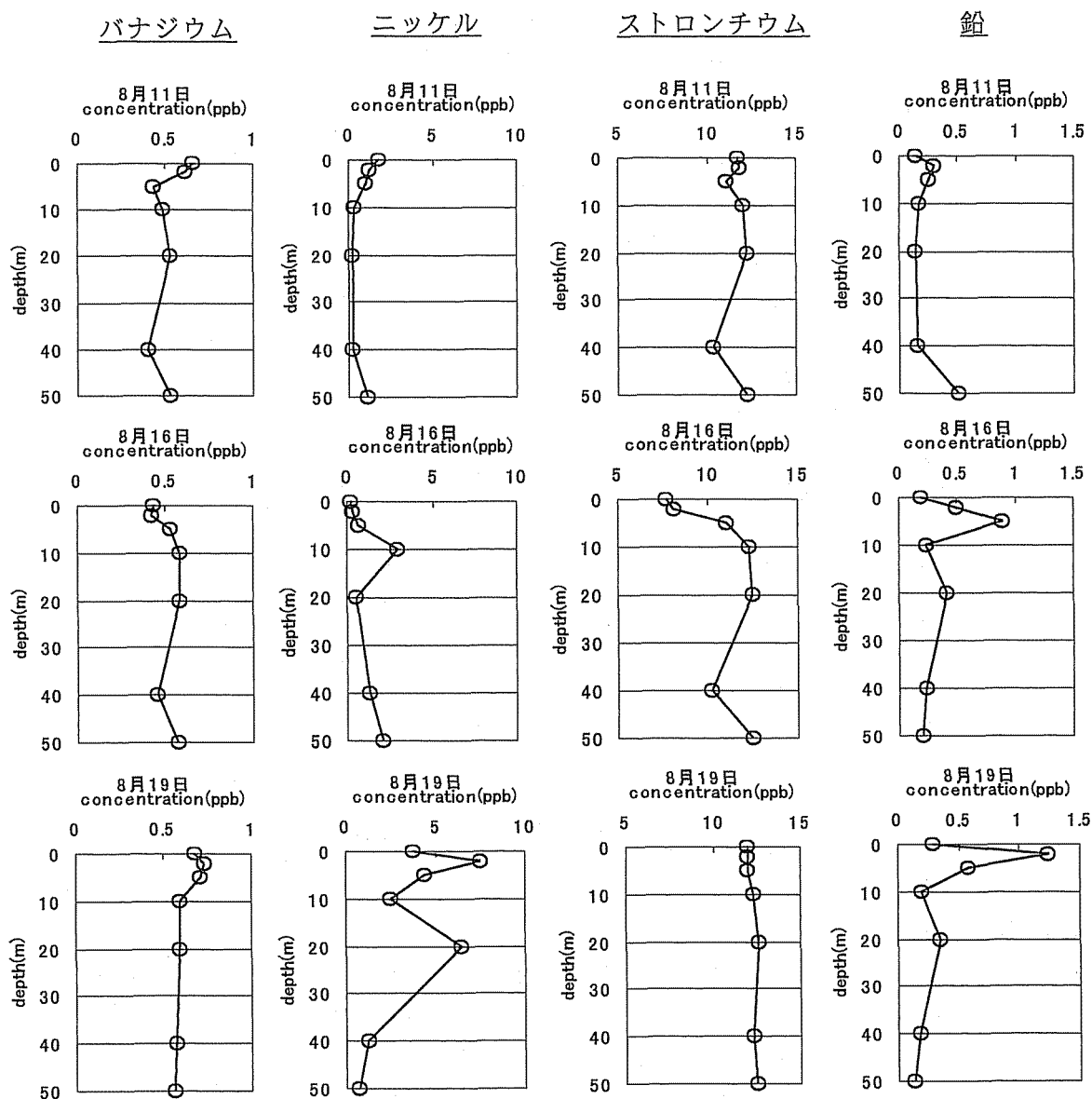


図5 湖水中重金属の濃度変化

図 5 に、重金属成分の測定結果のうち湖水中での濃度変化が特徴的であったバナジウム、ニッケル、ストロンチウム、鉛を示す。試料 I では、鉛を除く全ての元素が 8 月 11 日の湖水中よりも低い濃度で検出された。図 5 を見ると、8 月 11 日から 16 日にかけて、鉛以外の元素濃度が表層の 0~10m 程度で減少していることがわかる。しかし、期間 I において、ニッケルのように表層では濃度が減少するが、その下の 10m~20m の層では濃度の上昇した元素もあった。その原因についてはわからなかった。鉛は 2m~5m で濃度が上昇した。

期間 II では全ての元素において表層~10m 付近で濃度の上昇が見られた。これは化学成分と同様に、この期間の大気降下物が全て乾性沈着であったことによるものである。

4. おわりに

化学成分・重金属成分とも、湖水よりも大気降下物の汚染物質濃度が低い時には湖表層は希釈され、大気降下物濃度の方が高いときには表層濃度が増加した。対象としたほぼ全ての物質について大気降下物による影響を確認することができ、短期的には湖の表層 0~20m 程度の水質に影響していることがわかった。しかし、より深層での各汚染物質の濃度変化は大気降下物のみによる評価では説明ができなかった。

今後はこのような短期調査を積み重ね、湖に流出している沢水の影響などにも考慮しつつ、倶多楽湖におけるより長期的な化学成分・重金属成分の動態について考えていきたいと思う。