研究速報

底泥の間隙水のシリンジによる直接採水法

青木 豊明*・谷田 一三**・竹門 康弘**

はじめに

多くの湖水や閉鎖海域では、含リン化合物や含窒素化合物の濃度の増大によって富栄養化が進行している。それら富栄養化物質の表層水中の濃度測定は日常的に行われているが、水中と底泥との間での富栄養化物質の動態については必ずしも明らかではない。特に、湖底や海底の底泥からの富栄養化物質の回帰に関しては、その測定の難しさから充分には行われてこなかった。

底泥内の化学物質は、まず間隙水に溶解し、水中へと移流、ないしは拡散していく。この間隙水内の化学物質濃度を明らかにできれば、水中への底泥の影響を見積もることが可能になる。

従来から行われてきた間隙水の採水法としては、Mayer の報告した透析器を用いる方法がある¹⁾。この透析器は、板状のプラスチック枠の表面を透析膜で覆い、内部に水を入れ、底泥中に挿入される。一定時間そのままにし、平衡に達した後、内部の溶液を分析することにより間隙水中の目的成分の濃度を求める。Hesslein は同様の透析法で平衡に達する時間を調べているが、平衡に達するのに1週間以上を要した、と報告している²⁾。このように、透析法は長時間を要するため、測定底質環境の即応的な変化を見積もることが難しい。また、Bender らは、底泥をそのまま採取し、ピストン型の圧縮機に入れ、圧縮して間隙水を絞り出す方法を報告している³⁾。この方法では底泥を取り出すため、その操作の間に底泥や間隙水が化学変化する可能性がある。以上以外にも種々の方法が報告されており、それらの詳細については、青木がまとめている⁴⁾ので参照されたい。

Fig. 1 Schematic diagram of the syringe sampler of pore water in sediment. volume of syringe : 1 cm³, a : cotton filter

以上記したように、今までの方法は採水に長時間を要したり、また、間隙水中の水質が変化する可能性があった。本論分では、間隙水の採水を短時間で、水質変化を伴わずに簡便に行う方法について報告する。

2. 実験

2.1 採水器と採水方法

使用した採水器の概略図を Fig.1 に示した。容量 1 cm³のディスポーザルシリンジ（テルモ製 SS-01 T2525型）に38mm長さの刀型の針（テルモ製 NN-1838S 型、外径1.25mm、内径0.80mm）を取り付けた。カメラのフィルムケース（富士フィルム製で材質は高密度ポリエチレン）を底から4mm高さで切り取り、底の中央に1mm程度の穴を開け、注射針を差し込んだ。このケースを取り付けたのは、底泥に採水器をあて、間隙水を採水する際、周りから底泥直上の水

*大阪府立大学工学部 Toyoaki AOKI
 **大阪府立大学総合科学部
 Ichizo TANIDA, Yasuhiro TAKEMON

1998年5月26日 受付
 1998年6月9日 受理

Fig. 2 Schematic diagram of the bottle sampler of leached water from sediment. volume of bottle : 524 cm³

が入ることを防ぐ目的のためである。また、針の先端部には、脱脂綿を撚ったものを差し込み、採水時に間隙水中の懸濁物が入らないようにした。底泥からの深さを変えて間隙水を採水するが、その深さの調節はフィルムケース底から出す針先の長さの位置にペイントマーカーで印を付けることによって行った。

採水方法としては、測定場所近くの岸上で種々の深さに印を付けた針をシリンジにとりつけ、内部に空気が入らないように注意して表層水を詰めた。これら採水器は、琵琶湖北湖の菅浦沖の水深14mの湖底までスキューバ潜水で運び、シリンジ内の表層水を押し出した後、採水器をFig. 1に示したように底泥上に支持し、間隙水を1cm³採取した。その後、針先にシリコンゴムを付け深層水を詰めたプラスチック製の箱に入れ、岸まで戻り、冷暗箱に保存した。間隙水の水質化学分析は採水後、5時間以内に行った。この方法を以下ではシリンジ法と称する。

また、この方法と並行して溶出平衡法と考えられる採水法についても同じ測定場所で検討した。この採水瓶の概略図をFig. 2に示した。容量524cm³の褐色の広口試薬瓶の周り4カ所に、長さ300mm、太さ2mmの銅線をプラスチックの被覆線の針金で取り付け、そして、前述した菅浦沖の測定場所にスキューバ潜水で設置した。そして一定日数後に設置場所で蓋をして、岸まで戻り、冷暗箱に保存し、5時間以内に分析した。

測定場所である菅浦の湖底の概況については、竹

Fig. 3 Temporal change in concentration of chemical species in the bottle sampler at Suga-ura. Initial date : July 21, 1993.

Table 1 Change in concentration of chemical species in the bottle sampler after 28 days at Suga-ura. concentration, ppm*

	initial date**	after 28 days
nitrate	0.22	0.04
ammonia	0.01	0.27
Fe(II)	0.20	1.50
Mn(II)	0.01	0.12
dissolved oxygen	6.83	3.50

* ppm of nitrate and ammonia : mg as N/d m³.

** July 21, 1993

門らが別途報告している⁵⁾。

2.2 分析方法

試料水中のアンモニアおよび亜硝酸、硝酸イオンの定量は、それぞれ先に Aoki et al が報告した方法^{6),7)}によった。アンモニアの定量法は、試料水中のアンモニアをアルカリ性で膜分離後、蛍光縮合物に変え、蛍光測定する方法である。亜硝酸および硝酸イオンの分析法は、それぞれ異なる還元剤で、NOに変え気相化学発光測定を行う方法である。また、鉄(II)、マンガン(II)の定量は、それぞれ1,10-フェナントロリン比色法⁸⁾およびホルムアルドキシム比色法⁹⁾によった。

3. 結果および考察

3.1 溶出平衡法

著者らは、間隙水が底泥直上の湖水に濃度拡散で溶出することから、底泥側に開口した容器を設置し、その水質の経時変化を調べるにより、間隙水中の水質を予測できないかと考えた。Fig. 2 に示した採水瓶を底泥上に設置し、一定日数後に容器瓶をスキューバ潜水で回収し、その中の水質を測定した。設置した日は、1993年7月21日で、最終の採水瓶の回収まで28日間の変化を追った。

Fig. 3 に各測定項目の経日変化を示す。また、Table 1 には、最初と28日後の測定した水質を示した。ただし、溶存酸素(DO)は、7月21日にはDOセンサー(YSI製3800型)を用い、底泥直上水を測定したが、28日後は、採水瓶を現場で取り外し、直ちに湖水中でDO測定キット(ケメット製K-7510型)で測定した。キットでのDO濃度は、色の標準列から目視で判断した。

Fig. 3 に示したように、設置日数の増加とともに硝酸イオンが減少するとともに鉄、アンモニア、マンガンは増大した。後者の化学種は嫌氣的雰囲気微生物作用で生成し、増大したと考えられる。しかし、28日後においてもDO濃度は零ではなかった。これは採水瓶内の水が静置状態のため底泥部に接した水と瓶上部の水では、DO濃度が違っていただ可能性が高い。おそらく、底泥部の水のDOはほとんど零であった、と思われる。それは、瓶設置部分の底泥の色が、瓶外の底泥の色より黒く、還元になっていたことから類推される。

以上のことより、本採水法は実際の流動的な底質環境を静的に変えてしまうため局所的に還元状態にする。このことより、この方法によって得られた結果は、間隙水の水質の判断材料には直接的にはなにくいと考え、この採水法を打ち切った。

3.2 シリンジ法

著者の一人である竹門が、スキューバ潜水で底泥上にFig. 1 に示したようにシリンジを設置して採水した。間隙水の採水間隔は、底泥表面から2, 4, 6 mmである。採水日は1993年7月21日である。

分析した結果をFig. 4 に示した。硝酸イオンは底泥直上水に0.220 N-ppm (mg as N/d m³) 存在していたが、6 mm深さでは検出限界(0.006 N-ppm)以下にまで減少していた。他方、アンモニアは0.01 N

Fig. 4 Vertical profiles of chemical species in the pore water at Suga-ura on July 21, 1993.

-ppm から2.52 N-ppm に増大していた。このことから、底泥上部で6.83ppm 存在した溶存酸素は、6 mm深さでは零になったと推定される。このような還元状態のため鉄もマンガンも2価の存在状態で溶存していたと考えられる。

このように、底泥表面から数mmと非常に微小な深さで種々の化学種が大きく変動していることが、この方法を用いることにより明らかになった。さらに、間隙水中における種々の化学種の垂直分布や、それらの季節的变化について別途、詳細に報告する予定である。

Key Words : 間隙水, シリンジ法, 底泥, 栄養塩, 琵琶湖

参考文献

- 1) L. M. Mayer : Limnol. Oceanogr., 21, 909 (1976).
- 2) R. H. Hesslein : Limnol. Oceanogr., 21, 912 (1976).
- 3) M. Bender, W. Martin, J. Hess, F. Sayles, L. Ball, C. Lambert : Limnol. Oceanogr., 32, 1214 (1987).
- 4) 寒川喜三郎, 日色和夫編著「最新の底質分析と化学動態」技報堂, pp.27-39 (1996).
- 5) 竹門康弘, 谷田一三, 玉置昭夫, 向井 宏, 川端善一郎共著「棲み場所の生態学」平凡社, pp.56-66 (1995).
- 6) T. Aoki, S. Uemura, M. Munemori : Anal. Chem., 55, 1620 (1983).
- 7) T. Aoki, M. Wakabayashi : Anal. Chim. Acta, 308, 308 (1995).
- 8) 日本水道協会編「上水試験方法」p.394 (1978).
- 9) 日本分析化学会北海道支部編「水の分析」p.207 (1981).