

大阪市水道局 正 ○宮内 潔
大阪大学工学部 正 末石 属太郎
大阪大学工学部 正 森岡 通

1. はじめに

い、たム堆積した底泥からの表層水への二次的な栄養塩類の供給は、富栄養化の進行過程を考える場合、非常に重要であるとされている。そして、このような溶出現象について、この現象に關与する要因の検討や、機構のモデル化が進められてきた。しかし、まだ現場との対応の上で、溶出量を有効に把握できる段階に至っていない。そこで本研究では、現場対応の上で重要と考えられる温度・プランクトン・底泥中の細砂やシルトの割合などについて簡単な実験を行い、若干の知見を得たので報告する。

2. 実験の方法と結果

すべての実験を通じて、琵琶湖南湖(赤)井湾)においてエックマン採泥器により採取したものを試料とした。(IL 8.7%, 乾比重 1.90, TN 1400 $\mu\text{g/g}$ 乾泥, TP 46 $\mu\text{g/g}$ 乾泥)

a. 温度の影響

試料を均一にしたのち、内径60mmのスチロール容器に200g投入し、200ccの蒸留水又は窒素曝気水を泥がまきあがらないように注入した。これを測定回数だけ作成し、温度段階を4℃, 15℃, 30℃に設定して一定時間静置後、上層水の分析を行い、分析に供した容器は再使用しなかった。溶出量の経時変化は、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の

場合、従来¹⁾報告と同様に $\frac{M_{\text{tot}}}{M_{\text{tot}} - M_{\text{int}}}$ に比例して溶出量が増加するのが認められ、図1のように温度による影響をみる事ができる。直線の傾き α はほぼ一定であることから、仮に T_0 ℃ α と t 時間後までの溶出量を M_{tot} と表わすと、一般に T ℃のときの溶出量は直線の傾きを α として、 $M_{\text{int}} = M_{\text{tot}} e^{\alpha(T-T_0)}$ と表示することが可能である。この実験では好気度にかかわらず $\alpha = 0.0367$ を得、4℃に比して30℃の場合には溶出量が2.5倍以上になることがわかった。この違いの原因は、泥中の有機態栄養素の分解の速さが温度によって異なるためであり、また、わずかなデータではあるが間隙水濃度も経時変化を示していることから、従来のよりいわれている拡散速度と供給速度に差があり、かつ温度による影響を受けていることがわかる。なお $\text{PO}_4\text{-P}$ についても同様の実験を行、ているが、底泥表面上で α 酸化膜の形成もあり、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の場合ほどは、きりした結果は得られなかった。しかし、温度の影響はさらに大きく、30℃での溶出量は4℃での3倍以上になることが認められた。

b. 底泥中の細砂やシルトの割合の影響

試料と試料に対し細砂(0.075mm以下)を乾重量比で1:1に混合したものを、内径5cmの塩ビパイプに底から5cmの厚みに投入した。水深(窒素曝気水)を10cm, 20cm, 40cmの三段階として、毎日水深10cm分だけを上層水攪拌後採水して $\text{NH}_4\text{-N}$ の溶出量を測定し、同量の窒素曝気水を補給した。試料に細砂を混入した場合、実験の前後で含水率などが変化しないよう若干の蒸留水を加えたが、その際単純に間隙水濃度が薄まるとして計算した場合よりも実際の濃度はかなり低くなり、加えた砂が $\text{NH}_4\text{-N}$ を吸着したことを示す。水深を変えた α は、上層水の量と泥量とのVolume比や上層水の交換速度を考えると α のことである。

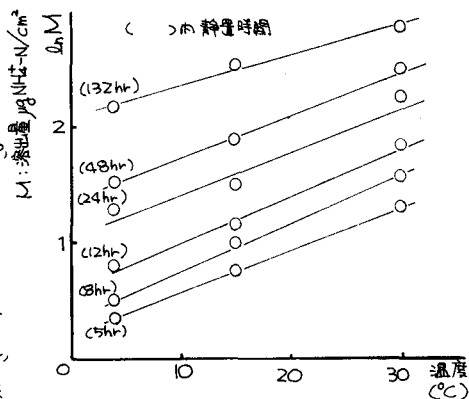


図1. 溶出量と温度との関係(嫌気の場合)

表1. 底質の初期状態

	投入泥量(g)	含水率(%)	間隙水濃度(ppm)	間隙率(%)
細砂混入	143.7	28.4	14.0	49.4
細砂混入時	160.2	20.0	7.7	38.8

溶出量は、初日に最も多く以後漸減していくが、実験開始後6日目までの累計値をとると次のような結果になった。まず、細砂を混入しなかった場合に比しての混入した場合の溶出量の割合は、水深10cm, 20cm, 40cmのものについて59.8%, 66.2%, 64.2%であり、大きな差異はない。泥中のTNの比計算上62.3%であることから、溶出量はこの程度の実験では、TNに比しているといえることが出来る。また、細砂混入の場合水深10cm, 20cm, 40cmのものについて溶出量の比は1.26:1.21:1, 細砂混入なしの場合1.17:1.09:1であった。このことから、上層水流動が盛んな水域では相対的に溶出量も多く、かつ、この傾向は細砂やシルトが多い底層ほど顕著であると解釈することが可能である。

C. プラントン活動の影響

試料100gをA.と同じスチロール容器に投入し、上層水として野池の水200ccを注入した。これを測定個数だけ作成して二つのグループに分け、片方は24時間蛍光灯をつけ、もう一方は光を遮断して植物プランクトンの活動を抑えた。光の強度は2000luxであり、温度は25±1℃に保った。増殖したプランクトンは死滅などにより沈降するので、この量を知るためにこの容器内に内径50mmの別の小さな透明な容器（以下内管という）をつるした。増殖した生物中に含まれる栄養塩の量はそのまま溶出量としてとらえることができる。この実験では、増殖を制限する栄養塩としてリンを選びこの溶出量について検討した。図2は上層水(65cc)

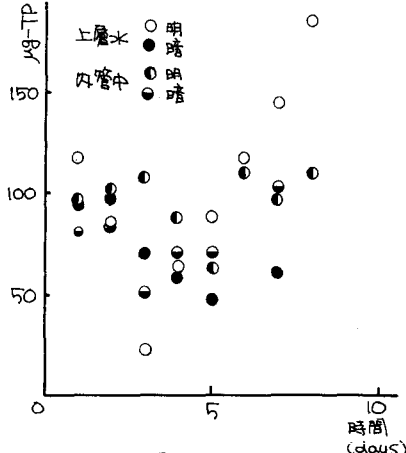


図2 TP量の経時変化

と内管中(内管中の水量35ccを含む)のTPの経時変化を表わす。また、プランクトンは上層水中だけでなく底泥表面でも増殖し、始めのうちはわずかな水の流動でも上層水へまきあげられるが観察された。そこでここの増殖量を、プランクトン個体数の計数により上層水でのプランクトン個体数・TPの関係と同じであるとして求める方法をとった。底泥表面で増殖するプランクトンはしだいにスライム状になったが、実験開始後7日目までに明条件の場合には暗条件の場合の約2倍のリンが溶出した。さらに、蒸留水を上層水とした同様の実験と対照すると、野池の水の生物種は底層より優勢化するプランクトンの種によって短期間のうちにおさまられてしまう傾向のあることが認められ、上層水より底泥が生物活動に与える効果が大きいことを示した。

3. 結論

以上の様な結果から得られた知見は次のとおりである。①温度による溶出量の差があり、ある温度での溶出量は基準温度での溶出量に対し、式(1)の様な表示が可能である。②細砂やシルトの堆積により、底泥・間隙率や間隙水濃度が変化した、溶出量は差がでることからわかる。溶出現象に与える上層水の流動の効果は、上層水の抜き取り回数をパラメータとした簡単な実験により推定しうることを示唆した。③上層水中および泥表面における生物活動は溶出量に差を与え、浅い水域では無視できないと考えられる。ここの生物種の選別傾向は水質AGPテストに類似した生物学的な栄養評価の可能性を示している。

4. 今後の課題

有機態の栄養塩類が推測してから溶出するまでの段階を三つに分け、溶出量に影響を与える要因との対応を見ると表2のようになる。実験室での詳細な解析と平行して、現場との対応という観点から、これから要因を簡単なパラメータとして溶出基本式に組み込むべき時期にきていると考える。

表2. 溶出現象に影響を与える因子

	分解	吸着・解吸(移動)	拡散
PH	自然水域ではウェイト小さい	水質に依る(Ph46)とpH依存	
温度	N・Pに重要	無関係	無関係
DO, ORP	N・Pに重要	DOの場合に重要	
泥と水のvolunt			上層水の濃度勾配に依存?
細砂・シルト量	若干あり	細砂量と間隙水の移動関係	細砂効果はわかりにくい関係
上層水の流動		泥表面の移動関係(Ph)	濃度勾配の勾配
生物活動	上層水プランクトンと底泥・底層水と、泥表面でのプランクトン活動と関係、水生植物の根の活動、バクテリア		

参考文献1) 中西、浅田 等29 国土土木学会報告集 II-311 (1974)