

東京大学大学院 学 ○ 古 米 弘 明

東京大学工学部 正 大 垣 真一郎

1. はじめに 水質汚濁における底質からの負荷は、閉鎖及び半閉鎖水域において非常に重要である。底質は、堆積作用、底質内の微生物活動、物質溶出といった様々な側面から把握の必要があるが、それ自体の複雑性のため不明点が多い。

本報告は、嫌気条件下で溶出し富栄養化の重要因子となるリンに注目し、底質内の微生物活動が関与すると考えられるリン溶出機構を、実験的に検討した結果である。

2. 実験方法 供試底泥は、東京都港区の高浜運河御橋橋中央より、エックマン採泥器で採取したものである(1979.11.27)。現地での運河表層水質は、下水処理水と海水が混合したものである。また、底層はほぼ海水である。泥の性状は、黒色で H_2S 臭があり、有機物分・リンが極めて多い。(3000 rpm 10分間遠沈泥:含水率=70.3%, 全 $P=1.01$ mg/g 遠沈泥、強熱減量=19.5%, C量=24.7 mg/g 遠沈泥, N量=2.67 mg/g 遠沈泥)

溶出実験は、ふらんぴん(約100~120 ml)に底泥30g(遠沈)を入れ、各条件の表層水を加え、各々の温度の暗所恒温水槽に保存し、水質の経時変化を調べた(表-1参照)。分析は、1又は数本のぴんの表層水をピペットで採取し、間隙水は泥を遠沈(3000 rpm 10分間)後の上澄水と定義する。これらの検水について pH, ORP, S を測定し、 PQ_4-P , IC は $0.45 \mu m$ ミリポアフィルターを用いて濾過した濾液を分析した。

3. 実験結果及び考察

3-1 温度の影響 実験A-1, 2, 3の水質経時変化を図1に示した。保存温度が高い程、表層水ORP値が速く、安定レベルも低い。それに対応して、間隙水リン濃度も高く、表層水リン濃度も急激に上昇し、高濃度となる。また、表層水リン濃度は頭打ち傾向を示し、飽和濃度は、保存温度が高いほど高くなる。これは、リン溶出をORPが支配していることを示すものと考えられる。特に、A-2では間隙水リン濃度が、二段階になっており、ORPのレベルとの対応は注目すべき点と思われる。

また、保存温度が高い程、S, IC 生成量が多い。S, IC 量は、微生物代謝(特に硫酸還元菌)の程度を示すものと思われる。この微生物代謝の程度とORP値レベルは、ほぼ相関性があるが、ある経過日数を過ぎると、S

表-1 実験条件

実験番号	表層水条件	保存温度
A-1	人工海水	10°C
A-2	人工海水	20°C
A-3	人工海水	30°C
B-1-1	人工海水	30°C
B-1-2	15日グルコース添加	30°C
B-2	グルコース 500 mg/l	30°C

人工海水成分 [g/l (g/l)]
 NaCl 27.8 MgSO₄ 1.72
 MgCl₂ 3.95 CaSO₄ 1.41
 B-1-2のグルコースは20000 mg/lを2 ml
 B-2のグルコースは人工海水を母液

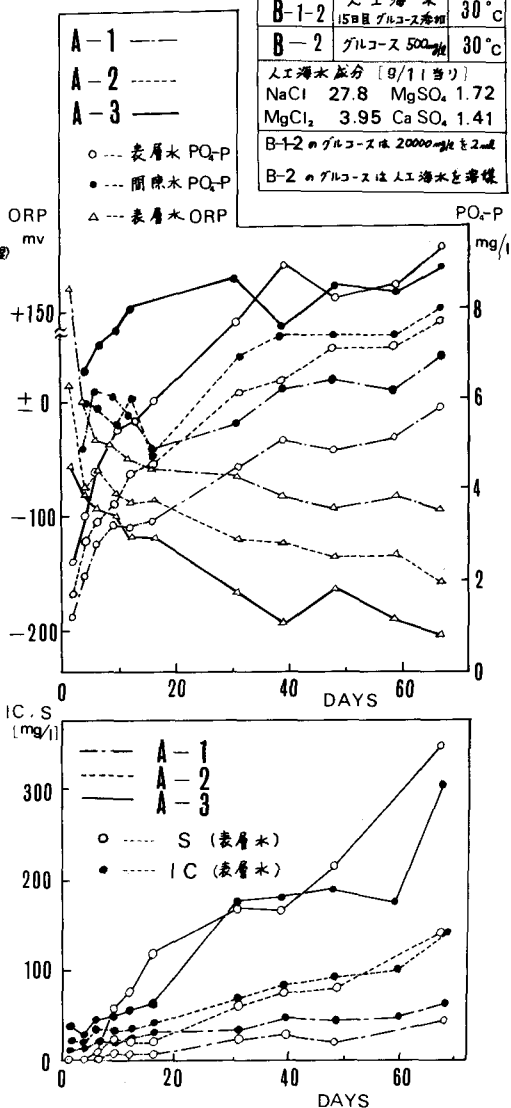


図-1 水質経時変化 (温度の影響)

生成が進んでも、ORPの低下はなく、リンの溶出もない。S生成については、ORP約-100mV以下で活発化すると考えられる。ORPが、硫酸還元レベルに到達すると、硫酸イオンが存在する限り、ORPの急激な低下はないと思われる。なお、微生物活動(硫酸還元)により生成されるSイオン自体は、還元状態が進行した環境では、リン酸塩の可溶化といった形でリン酸生成に影響しないと考えられる。しかし、Sイオンが酸化還元過程のプロセスにおいて重要な位置を占めていることは明らかであろう。

3-2 グルコースの影響 実験B-1-1, 1-2, 2の結果は、図-2に示した。有機物であるグルコース添加により、pHは急激に低下し、ORPの低下も速く、それに対応して、リン溶出が無添加に比べ速い。しかし、ある時期を過ぎると溶出量は同じレベルとなった。これは、ORPが約-150mVで安定し始めていることと対応している。また、ORPが約-100mV以下

のような還元状態で、グルコースを添加すると、一時的にORPは上昇し、リン濃度は低下している。これは、ORPと PO_4 -Pの関係が化学平衡的であることを示していると思われる。なお、この時の生成は促進され、pHも低下している。

グルコース添加直後のpHの低下は、グルコース分解により有機酸が生成されたためであり、その後のpH上昇は、有機酸が硫酸還元により消費されたためと思われる。但し、S濃度が高い状況では、有機酸は生成集積するという実験結果も得ている。

4. まとめ 底質からのリン溶出は、底質での PO_4 生成と PO_4 拡散溶出に分けるのが妥当と思われる。ここで、これらを支配しているのは底質及び表層水の酸化還元状態と思われる。したがって、微生物活動の活発化によるORP低下により、底質内での PO_4 生成集積レベルが上昇し、それに伴い溶出量が増加する。表層水のORPと PO_4 -P濃度を、プロットすると、(図-3)相関性が見られ、表層水への PO_4 溶出も十分にORPの影響を受けていると考えられる。つまり、温度や有機物量(負荷・堆積量)が、微生物活動(硫酸還元)に影響し、ORP低下及び最終ORPが決まる。その状況下で、間隙水リン濃度レベルが決まり、 PO_4 拡散溶出を支配していると考えられる。本実験は、底質において季節的には夏を想定し、硫酸還元が活発化した状況下のリン溶出を検討したものであり、今後さらに、好嫌気条件の兼ね合いを含めたリン溶出を短期及び長期的な応答として捉えることも必要であろう。最後に、この研究に際し協力いただいた岩井英夫技官、栗林薫氏に深く感謝致します。

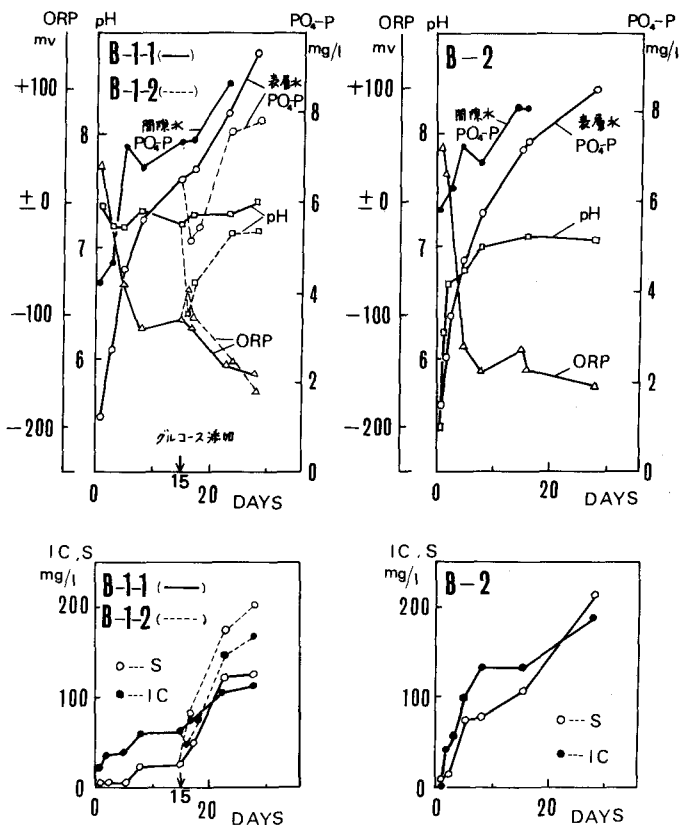


図-2 水質経時変化 (グルコースの影響)

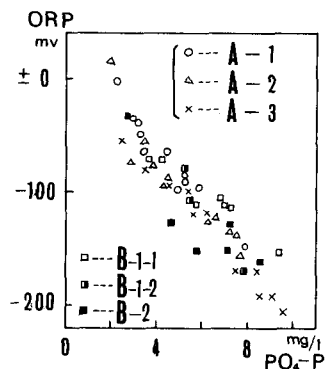


図-3 表層水のORPと PO_4 -P関係