

博多湾底質からの窒素, りんの溶出に関する基礎的研究

(第3報)

高木 雅子¹・山中 栄美¹・常松 順子²・

美山 光雄³・松原 英隆¹

Basic research for elution of nitrogen and phosphorus from sediments of Hakata Bay (part 3)

Masako TAKAKI, Emi YAMANAKA, Junko TSUNEMATSU,
Mitsuo MIYAMA, Hidetaka MATSUBARA

博多湾の富栄養化の一因として底質からのりん, 窒素等の栄養塩類の溶出が考えられる。今回は各季節(95年5月, 9月, 96年1月, 3月)の博多湾底質(3地点)を用いて, 各季節の水温, 溶存酸素量(DO)の条件下で, 底質試料40g(厚み1cm)でのりん, 窒素の溶出実験を行い底質からの栄養塩類の溶出の季節変動について調査した。その結果, 水温が高く(25℃), DOが低い9月の溶出速度が最も大きかった。次に溶出速度が大きかったのは5月であった。1月と3月では1月の方が水温が低かったにもかかわらず溶出速度はほぼ同じであった。各地点毎に溶出速度を比較すると5月, 1月, 3月についてはあまり差が認められなかったが, 9月の底質についてみると溶出速度はE-6地点が最も大きく, C-1, W-7地点の順に小さくなった。また窒素の溶出結果については良い結果が得られなかった。

次に溶出実験に用いる底質の厚みについて検討した。底質の厚さを2~15cmの範囲で段階的に試料を作り溶出実験を行った。その結果, 窒素, りん共に厚み10cm以上で溶出速度はほぼ一定になり, 溶出実験には底質の厚みは10cm程度で十分であることが明らかとなった。

Key Words: 底質 sediment, 溶出 elution, 窒素 nitrogen, りん phosphorus

I はじめに

博多湾の富栄養化には河川等から運び込まれる栄養塩類の他に海底に蓄積した底質から溶出する窒素, りんも大きな影響を与えていると思われる。河川等からの流入負荷量の正確な測定は流入量及び流入水中の窒素, りん濃度を正確に測定すれば可能である。

ところが博多湾の底質からの窒素, りんの溶出量については測定方法も確立されておらず, 過去の調査で得られた予想値は正確な値であるとは言い難い。従って当試

験所では博多湾底質からの窒素, りんの溶出量を正確に定量するために実験装置及び実験条件を設定することを目的とし, 3年前より基礎的な研究を進めている。

先の研究(第22回環境保全・公害防止研究発表会)より窒素, りんの底質からの溶出量は静置実験より得られる結果に非常に近いということが明らかとなった。そこで今回は静置実験において各季節毎に季節変化にマッチするように水温や溶存酸素量(DO)を変化させたときの窒素, りんの溶出量を各実験毎に比較することにより水温やDOの変化が溶出量に与える影響の度合いについて調査した。

また正確な溶出速度を得るため底質の厚さについても実験を行った。

1. 福岡市衛生試験所 理化学課

2. 福岡市衛生試験所 理化学課

(現所属: 福岡市下水道局東部水処理センター)

3. 福岡市衛生試験所 理化学課

(現所属: 福岡市水道局水質試験所)

II 実験方法

1. 試料

濾過海水：博多湾湾口部で採水した海水をガラスフィルター (Whatman GF/C) で濾過し、実験前に窒素又は空気ではっ気し、実験条件にあわせて DO を調整したものをを用いた。濾過海水に含まれる栄養塩類の化学組成を表 1 に示す。

表 1 濾過海水分析結果

(単位 mg/L)					
T-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NO ₂ -N	T-P	PO ₄ -P
0.19	0.05	0.05	0.008	0.012	0.003

底質：博多湾西部の W-7 地点、中部の C-1 地点、東部の E-6 地点の 3 地点でエグマンパーシグラブ採泥器にて採取した表層底質 (0~20 cm) を 2mm メッシュのふるいに通したものを底質試料とした。採泥は 95 年 5 月、9 月、96 年 1 月、3 月の 4 回行った。各底質の化学分析値を表 2 に示す。

表 2 底質試料分析結果

採泥年月	地点	乾燥減量 (%)	強熱減量 (%)	COD (mg/g)	T-N (mg/kg)	T-P (mg/kg)
95年 5月	W-7	44	4.7	12	1,100	760
	C-1	51	4.6	18	1,600	600
	E-6	56	4.7	21	1,800	610
9月	W-7	37	5.9	11	710	610
	C-1	51	7.8	18	1,200	630
	E-6	59	10	31	1,600	630
96年 1月	W-7	47	7.7	15	950	720
	C-1	53	8.1	18	1,300	610
	E-6	62	10	31	1,700	650
3月	W-7	45	9.0	16	1,100	780
	C-1	52	9.3	17	1,600	590
	E-6	59	11	28	1,800	560

2. 各季節の条件下での溶出実験

300 ml ビーカー (内径 75 mm) に底質試料 40 g (厚み 1 cm) を敷き詰め、DO を調整した濾過海水 200 ml を静かに注入した後、疎水性膜とラップフィルムで覆い、恒温室中で静置した。恒温室の条件と調整した濾過海水の DO を表 3 に示す。一定日数 (0, 1, 4, 8, 15, 30 日) 経過後、DO を測定し、上澄み液を濾過

表 3 実験条件

採泥月	恒温室		濾過海水 DO (mg/L)
	温度 (°C)	酸素濃度 (%)	
5月	20	20	7.1
9月	25	10	1.5
1月	10	20	8.6
3月	20	20	7.8

(Whatman GF/C) し、ろ液の全窒素、アンモニア態窒素、硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、全りん、りん酸態りんを測定した。

3. 底質試料の厚みの検討

底質の各厚み毎に高さの異なる内径 75 mm のガラス製円筒形の容器に、底質試料を 1, 2, 4, 6, 10 cm の厚さになるように敷き詰めた。これに窒素ではっ気した濾過海水 300 ml を静かに注入した後、疎水性膜とラップフィルムで覆い、酸素濃度 5% の恒温室中 (20 °C) で静置した。一定日数経過後、2. と同様の操作、測定を行った。また、これとは別に後日厚さ 5, 10, 15 cm の底質試料についても溶出実験を行った。

III 結果及び考察

1. 各季節の条件下での溶出実験

図 1 に 95 年 5 月採泥分の W-7, C-1, E-6 の各 3 地点のりんの溶出結果、図 2 に 95 年 9 月分、図 3 に 96 年 1 月分、図 4 に 96 年 3 月分のりんの溶出結果を示す。

図 1 の 95 年 5 月の溶出実験において各地点とも DO は 5~6 mg/L で安定した。溶出速度の最大値は W-7 地点で 0.43 mg/m²·day (4~8 日目)、C-1 地点では 0.33 mg/m²·day (4~8 日目)、E-6 地点では 0.53 mg/m²·day (4~8 日目) であった。従って各地点ごとの溶出速度にはあまり差はなかった。またどの地点においても最大溶出速度は 4~8 日目と比較的早い時期に得られた。

次に図 2 の 95 年 9 月の溶出実験においては DO は 2~3 mg/L で安定した。溶出速度の最大値は W-7 地点で 0.50 mg/m²·day (1~5 日目)、C-1 地点では 1.8 mg/m²·day (1~5 日目)、E-6 地点では 2.2 mg/m²·day (1~9 日目) であった。各地点とも溶出速度は 95 年 5 月の結果より大きくなったが、これは水温の上昇 (25 °C) と DO の低下によるものと思われる。地点別に見てみると溶出速度は E-6, C-1,

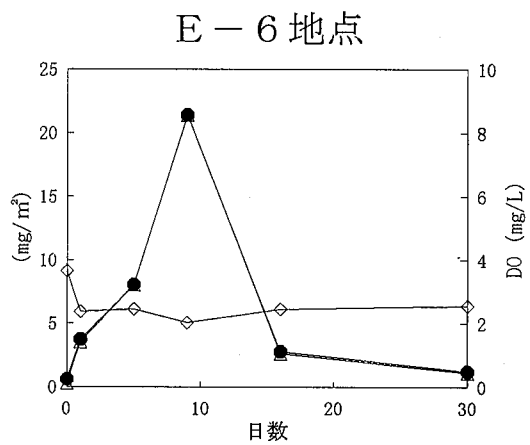
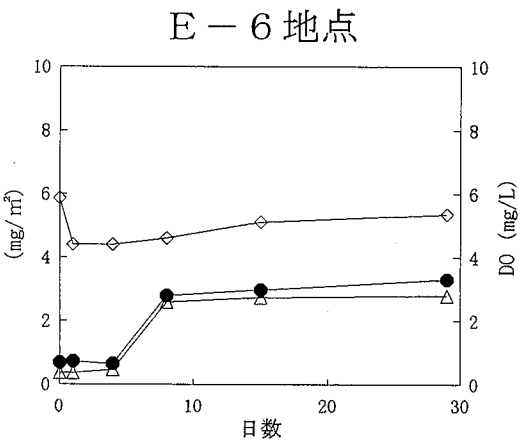
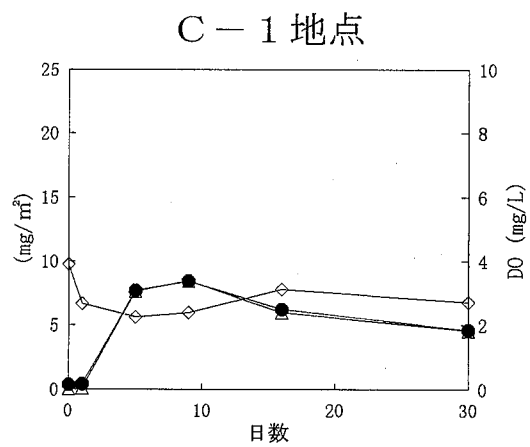
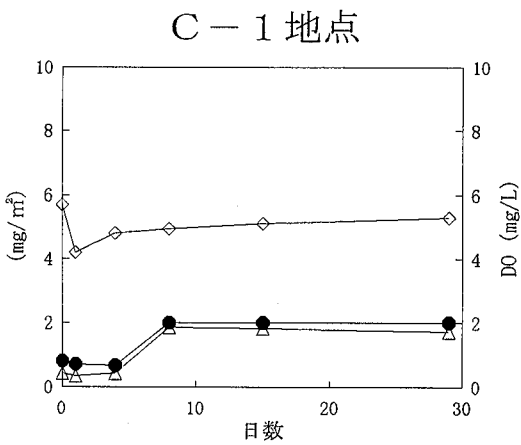
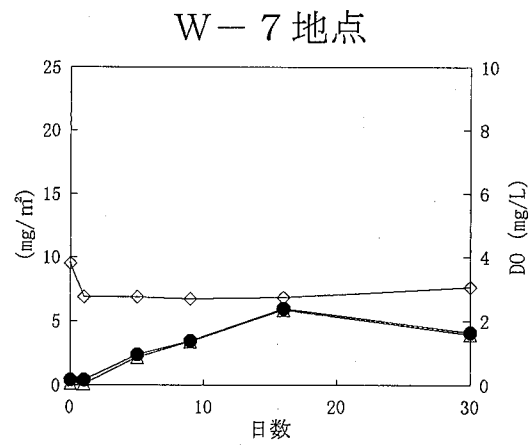
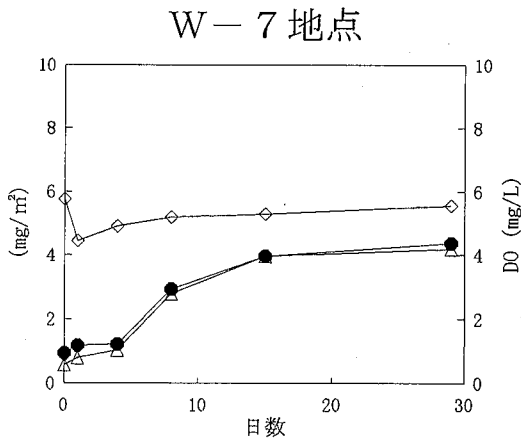


図1 95年5月採泥分のりんの溶出結果 (20℃)
(● 全りん △ りん酸態りん ◇ DO)

図2 95年9月採泥分のりんの溶出結果 (25℃)
(● 全りん △ りん酸態りん ◇ DO)

W-7の順に小さくなっている。表2の95年9月の底質試料の分析結果の全りんを見てみるとC-1地点、E-6地点は630 mg/kg、W-7地点は610 mg/kgとあまり差がないにもかかわらず溶出速度はE-6地点はW-7地点の約4倍となった。これは底質の性質及び微生物群の差によるものと推察される。またりんの溶出状

況をみるとW-7地点は15日目まで溶出し続けた後、溶出量は減少している。C-1地点は5日目まで溶出量が急速に増加した後9日目から徐々に減少し、E-6地点では9日目まで溶出量が急速に増加した後減少している。この9日目または15日目からの溶出量の減少は微生物によるものと考えられるが、これについては次年

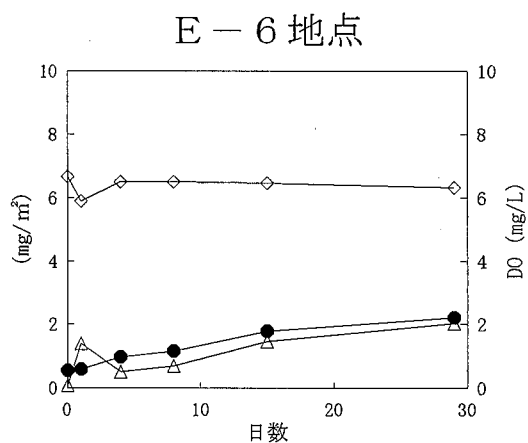
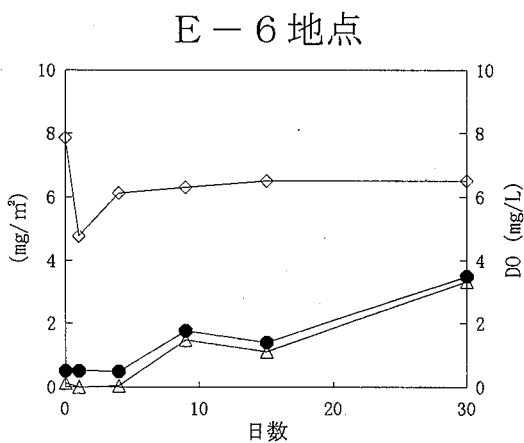
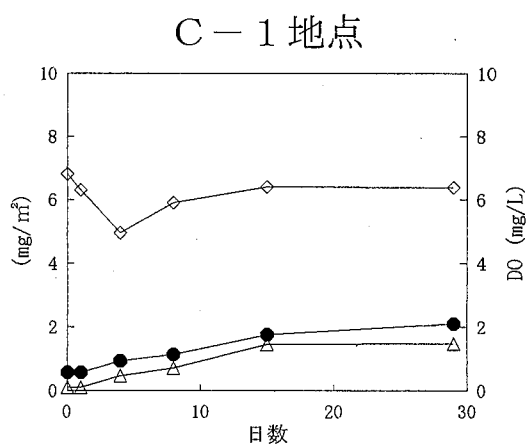
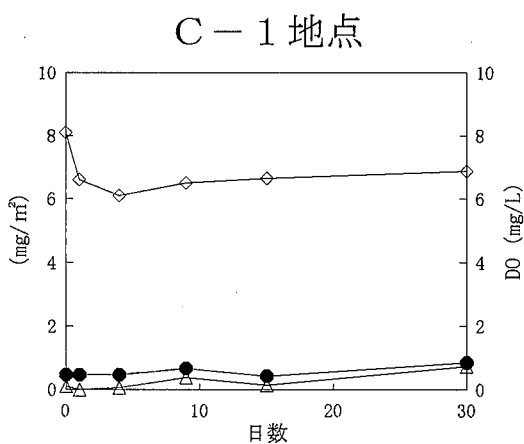
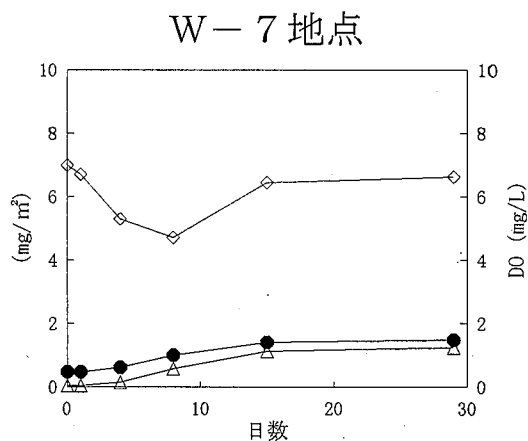
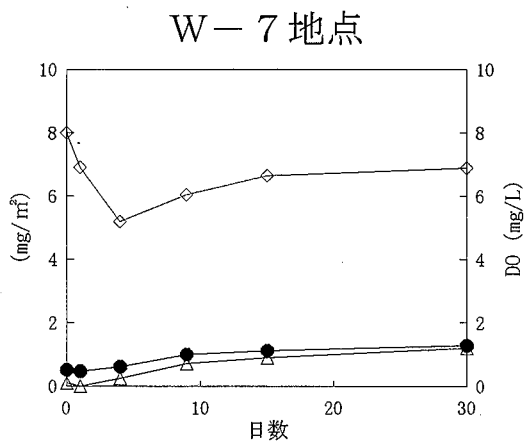


図3 96年1月採泥分のりんの溶出結果 (10℃)
 (● 全りん △ りん酸態りん ◇ DO)

図4 96年3月採泥分のりんの溶出結果 (20℃)
 (● 全りん △ りん酸態りん ◇ DO)

度検討する予定である。

次に図3の96年1月の溶出実験においてはDOは6~7 mg/Lで安定した。W-7地点の溶出速度の最大値は0.076 mg/m²・day (4~9日目), C-1地点は0.036 mg/m²・day (4~9日目), E-6地点では0.25 mg/m²・day (4~9日目)であった。W-

7, C-1地点では溶出速度は1年を通して最も小さくなった。これは水温が低かった(10℃)こととDOが95年5月に比べても1 mg/L程度高かったことによるものと思われる。地点別に見てみるとE-6地点の溶出速度が他の地点より3~7倍高くなっているが、底質分析結果と対応しておらずこれも9月の結果と同様に底質

の性質などの差と推察される。

次に図4の96年3月の溶出実験においてDOは6~7 mg/Lで安定した。溶出速度の最大値はW-7地点で0.095 mg/m²・day (4~8日目), C-1地点では0.12 mg/m²・day (1~4日目), E-6地点では0.12 mg/m²・day (1~4日目)であった。水温、DOの条件は採泥時の海水の状態から図1の5月の実験と同じにしたが、溶出速度の最大値がどの地点においても5月より小さくどちらかといえば1月の溶出速度の方に近くなったのは底質の状態がまだ冬の状態に近かったためではないかと推察された。

以上の結果より、最大溶出速度が最も大きかったのは温度が高くDOが低い夏場の95年9月の底質であった。また実験条件が同じ95年5月と96年3月の溶出速度が5月の方が大きく、DOは同じだが、温度が10℃と20℃と違う96年1月と96年3月の溶出速度の差があまりないことは底質試料の性質及び微生物群の差と推察される。また地点による溶出速度の差は溶出速度が大きい夏場には見られたが、その他の季節では溶出速度が小さく差が見られなかった。

また窒素については溶出状況のばらつきが大きいためよい結果が得られず更に検討が必要である。

2. 底質試料の厚みの検討

底質試料の厚みと溶出期間15日目の全窒素の溶出量との関係を図5に示す。この溶出実験ではどの厚みでもDOは1 mg/L前後で安定した。全窒素の溶出量は8~15日目までは増加し、その後は減少した。また溶出した窒素のほとんどがアンモニア態窒素であった。

底質の厚みと窒素の溶出量との関係を見てみると、底質の厚み1 cmで溶出量は32 mg/m², 2 cmでは48 mg/m², 4 cmでは82 mg/m², 6 cmでは91 mg/m², 10 cmでは109 mg/m²となり、窒素の溶出量

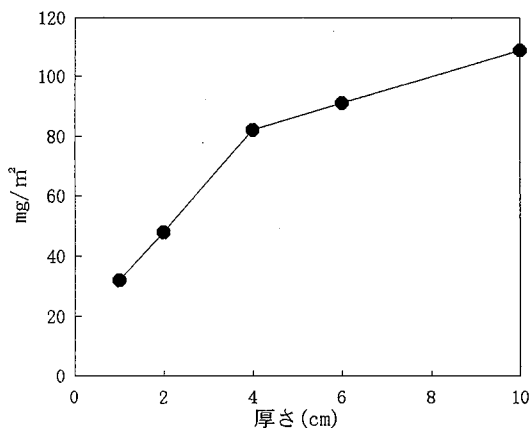


図5 底質の厚みと全窒素溶出量の関係

は厚さ4 cmまではかなり増加したが、それ以降は緩やかな増加となった。

しかし、溶出量が平衡に達しなかったため異なる底質を用いてさらに底質の厚みを増し(5 cm, 10 cm, 15 cm), 確認の実験を行った。その溶出結果を図6に示す。この図6より、底質の厚み5 cmでは若干溶出量が少なかったものの10 cm, 15 cmでは同じ溶出結果を得られた。以上のことより、窒素については底質の厚みは10 cm程度必要であることがわかった。

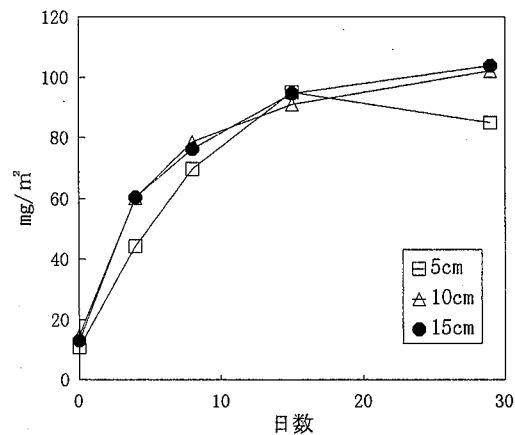


図6 全窒素の溶出結果

次にりんについて試みる。底質試料の厚みと溶出期間15日目の全りん溶出量との関係を図7に示す。全りんの溶出量はどの厚みにおいても8~15日目までは増加し、そのほとんどがりん酸態りんであった。

底質の厚みとりんの溶出量との関係を見てみると、底質の厚み1 cmでは5.1 mg/m², 2 cmでは6.7 mg/m², 4 cmでは10 mg/m²と底質の厚み4 cmまでの全りんの溶出量は、底質が厚くなるに従ってかなりの増加が見られた。しかし、厚み6 cmでは9.8 mg/m²,

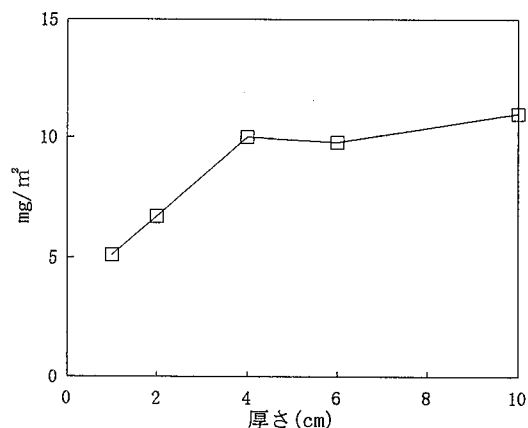


図7 底質の厚みと全りんの溶出量との関係

10 cm では 11 mg/m^2 となり、厚み 4 cm との差はわずかであった。

次に確認のため行った底質の厚み 5 cm, 10 cm, 15 cm でのりんの溶出結果を図 8 に示す。図 8 より、5 cm では 10 cm, 15 cm の溶出量より少ないことがわかった。しかし 10 cm, 15 cm での溶出量, 溶出状況がほぼ同じことから底質の厚みは 10 cm 程度必要であるということが明らかとなった。

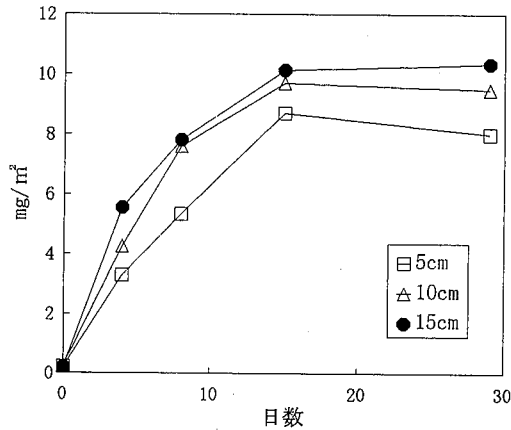


図 8 全りんの溶出結果

IV ま と め

各季節の条件における博多湾底質の溶出実験を行った結果、最大溶出速度が最も大きかったのは温度が高く DO が低い夏場の 9 月の底質であった。次に溶出速度が大きかったのは 5 月であった。また実験条件が同じ 5 月と 3 月の溶出速度が 5 月の方が大きく、温度が 10°C と 20°C と違う 1 月と 3 月の溶出速度の差があまりないことは底質試料の性質及び微生物群の差と推察される。また地点による溶出速度の差は溶出速度が大きい夏場には見られたが、その他の季節ではあまり見られなかった。

また底質の厚みと窒素, りんの溶出量との関係は底質の厚み 10 cm 程度で溶出量が安定することが明らかとなった。

今後は 9 月の溶出実験で見られた微生物によるものと思われる溶出期間 15 日目を以降の溶出量の減少の検討, またどの溶出実験でも最大溶出速度が比較的早い時期に得られたことから溶出期間の設定に関する検討を行う予定である。