

湖中砂利採取に判う濁水の拡散状況について

前河孝志・太田豊三・鈴木俊一・藤原公一・山中 治★★☆

滋賀県における砂利採取行為は、河川法、砂利採取法、自然公園法などの関連法の規制や条件のもとに行われている。

琵琶湖内の砂利採取は、現在、北湖では高島郡新旭町沖をはじめ長浜沖から姉川沖、愛知川沖で、また南湖では木ノ浜沖から赤の井湾沖などの水域で実施されている。このような沿岸部は浅水域で、地形、植生の変化に富み、魚介類に好適な生活の場所を提供し、魚介類相も豊富で産卵繁殖場としての条件を満たしているのである。

湖中の砂利採取に伴う湖底（地形）の変化や、底泥中の腐植性物質、微細な無機物質、窒素、りん、金属類（重金属を含む）などの水中への回帰拡散は漁場劣化の要因となり、水産資源に影響を与えるものと考えられる。また滋賀県は全国に先がけて、琵琶湖の富栄養化防止に関する条例を制定し、有りりん洗剤の使用・販売の禁

止をはじめ工場・事業所等における窒素・りんの排出規制をしているところである。このような状況の元、湖中の砂利採取による窒素・りん等の栄養塩類の水中への再負荷が琵琶湖の富栄養化を進行させる一要因となることは憂慮すべきことと考えられる。

著者等はこのような観点から、主に湖中砂利採取に伴う濁水の拡散・底泥中の物質の水中への回帰状況等を把握するため本調査を実施した。

調査方法

1. 調査年月日
昭和58年3月29日
2. 調査水域および調査地点
調査水域および調査地点は図1に示した。

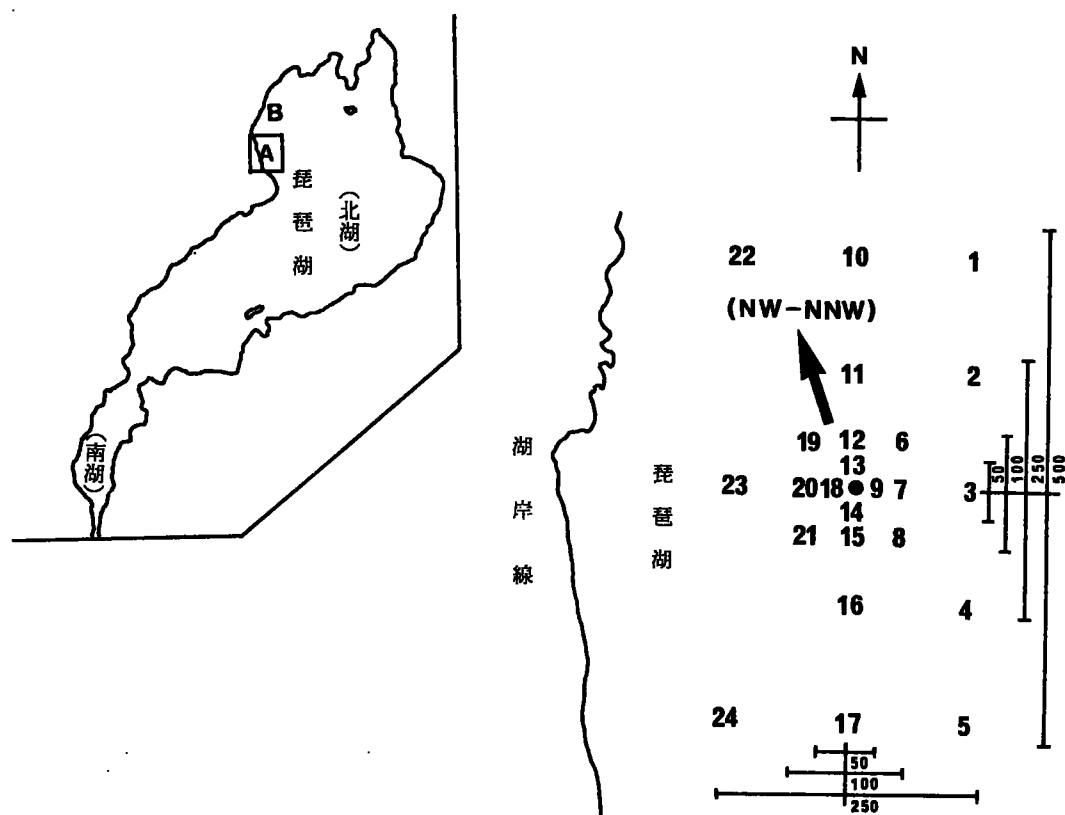


図1 調査水域および調査地点
(矢印は流向を示す)

* 昭和58年当時：滋賀県農林部水産課

調査水域は、高島郡新旭町沖の砂利採取現場（A）を対象とした。また対照水域として水質レベルが同程度の知内沖（B）を設定した。

調査地点は「湖中砂利採取に伴う濁水影響調査計画書¹⁾」を参考にした湖中砂利採取に伴う濁水影響調査計画書に基づき、砂利採取船を基点に南北1km、東西500mの水域枠内に距離計およびコンパスを用いて24地点を設定した。

調査は対象水域の知内沖を調査した後、新旭沖の砂利採取現場に向かい、地点No順に調査を実施した。水質試料の採取は濁度の程度により現場で判断し採取した。

3. 調査および分析項目

調査および分析項目は表1に示した。

結果

気象・水象、水温、濁度、溶存酸素の測定結果は表2に、底質、水質分析結果は表3、表4に示した。

1. 砂利採取現場の状況

調査時の砂利採取現場の状況は、調査を開始した13時には風波もなく良い天候であったが、No10地点付近から北東の風が吹き始め、No12地点付近からさざ波が出始めた。砂利採取付近の湖流は、砂利採取船を目標にして、14時に湖流板を水面下2mに投入して測定した結果、図1に示すように北西ないし北北西方向に毎秒5cmの流れがみられた。

砂利採取船は稼働中であったが砂利採取船の廻りに

表 1 調査、分析項目および定点数一覧

項 目		区 分	現 場 調 査 および処理	帰場後分析	調 査 定 点 数 * (対照水域を含む)
気 象 ・ 水 象	風向		○		25
	風力		○		"
	波浪		○		"
	水深		○		"
	水温		○		"
	透明度		○		"
	濁度		○		"
水 質	DO		○	○	10
	pH			○	9
	COD			○	"
	NH ₄ -N			○	"
	PO ₄ ³⁻			○	"
	T-P			○	"
	Fe (溶存態)		○	○	"
	T-Fe			○	10
	SS			○	9
底 質	粒度組成			○	2
	IL			○	"
	水分率			○	"
	ORP			○	"

* 定点数には水深別の数は含まない。

表 2 气象、水象等

[illegible][illegible]

表 3 底質物析結果

	粒 度 組 成 (乾 泥)			間 ゲ キ 水 (mg/ℓ)		酸化還元	水 分 率
	粒 度 mm	組成(%)	I L(%)	NH_4-N	PO_4^{3-}	電位(mv)	(%)
西	> 1	0.4	36.8	0.51	2.80	- 120	39.0
	0.99 ~ 0.5	0.2	10.7				
	0.49 ~ 0.25	2.3	3.0				
	0.249 ~ 0.125	9.7	1.9				
	< 0.1249	87.4	3.5				
東	> 1	0.6	17.9	0.33	1.44	- 110	31.5
	0.99 ~ 0.5	0.8	8.5				
	0.49 ~ 0.25	4.7	4.8				
	0.249 ~ 0.125	15.3	2.6				
	< 0.1249	78.6	4.6				

* 間ゲキ水 泥粒子間に含まれる水。(エクマンバージ採泥器で底泥2~3cmを採取)

表 4 水質物析結果

地点m	項 目	pH	COD	NH_4-N	PO_4^{3-}	T-P	Fe (溶存)	T-Fe	SS
知内沖	0.5	7.52	2.71	0.01	ND	0.013	0.028	0.334	1.2
(対照水域)	5.0	7.55	2.15	0.01	ND	0.013	0.035	0.168	1.6
3	0.5	7.50	2.07	0.01	ND	0.012	0.028	0.112	4.0
	4.0	7.63	2.19	0.01	ND	0.015	0.035	0.106	1.1
	5.5	7.63	2.24	0.01	ND	0.013	0.035	0.088	1.3
7	0.5	7.57	2.19	0.01	ND	0.013	0.028	0.248	1.2
	4.0	7.49	2.17	0.01	ND	0.013	0.028	0.272	2.0
	7.0	7.31	4.95	0.09	0.007	0.155	0.028	15.767	111.8
9	0.5	7.56	2.32	0.01	ND	0.018	0.028	0.204	1.8
	6.0	7.68	2.94	0.01	ND	0.034	0.041	1.921	15.9
13	0.5	7.66	1.97	0.02	ND	0.027	0.035	0.531	12.6
	2.0	7.57	2.49	0.01	ND	0.029	0.028	1.780	13.8
	5.5	7.46	3.69	0.04	0.007	0.089	0.028	16.092	67.7
14	0.5	7.34	2.34	0.01	ND	0.012	0.028	0.106	1.5
	2.0	7.47	2.17	0.01	ND	0.013	0.028	0.155	1.0
18	0.5	7.44	2.15	0.01	ND	0.012	0.028	0.272	1.2
	2.0	7.57	2.17	0.01	ND	0.013	0.035	0.401	2.6
	6.0	7.40	3.89	0.05	0.007	0.103	0.028	2.800	78.6
19	2.0	7.48	2.46	0.02	ND	0.029	0.048	2.050	18.4
24	0.5	7.50	2.15	0.01	ND	0.012	0.028	0.155	1.9
	1.5	7.57	2.15	0.01	ND	0.009	0.035	0.124	1.4
11	0.5							1.413	
	2.0							2.280	
	2.5							2.093	

は湖中砂利採取の許可条件である汚濁防止膜（プロテクター）の使用はみられなかった。

湖中砂利採取の許可条件（湖中砂利採取に伴う調査報告書より抜粋）

「濁水等水質汚濁を防止するため汚濁防止膜の適正な設置により万全の措置を講ずるとともに、さらに装置の改良、操作の改善に努めること」

2. 底質

砂利採取船の東、西50mで採取した底質分析の結果、粒度組成は粒度0.1249mm以下が70～80%以上で粒度が大きい程組成比が小さく、0.5mm以上の粒度は0.6～1.4%であった。各組成の灼熱減量(%)は粒度が大きい程減量%が大きい傾向がみられた。このことは微細な有機物質が少なく、大きい有機物質が比較的多い事を示している。(分析の段階でヨシ等の植物の小片がみられた。)

底泥の間隙水中のアンモニア態窒素は0.3～0.5 mg/ℓ、りん酸イオンは1.4～2.8 mg/ℓの範囲であった。また、酸化還元電位は-110～-120 mV、水分率は31～39%の範囲であった。東、西方向を比較すると、砂利採取船の西側の方が東側に比べていずれの項目もやや高い値であった。

3. 水質

砂利採取水域の水質を対照水域の知内沖と対比すると共に、濁水等の拡散および底質からの溶出状況は次のとおりである。

1) 透明度

透明度の分布を図2に示した。

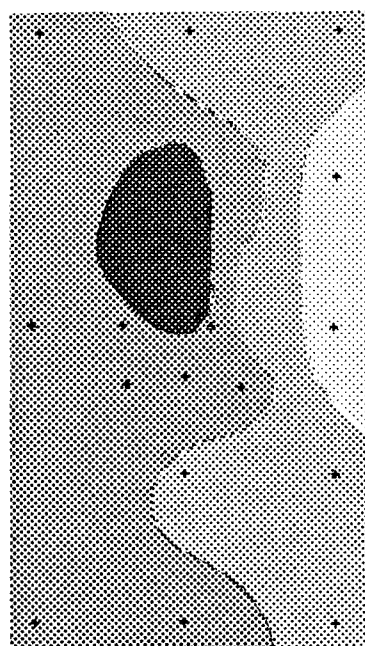


図2 透明度の分布

砂利採取水域の透明度は、対照水域の知内沖の4.5mに対して最大0.6m～最小5.4mであった。

透明度の分布は砂利採取船の北側約250m、北西側約200mの楕円形の水域では1m以下の透明度を示し、その外側は2～3mで砂利採取船から遠ざかるにしたがって良く、砂利採取船を基点とした東側250mのNo.2、No.3地点では対照水域並の透明度であった。

2) 濁度

濁度の濃度分布は表層、中層、底層ごとに表3、4、5に、また高濃度分布域を中心とした北西側から南東側にかけての断面からみた分布を図6に示した。

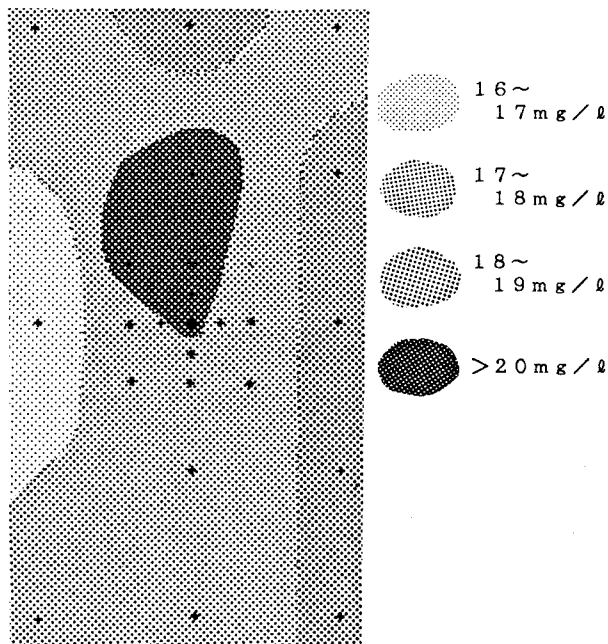


図3 表層（0.5 m）の濁度分布

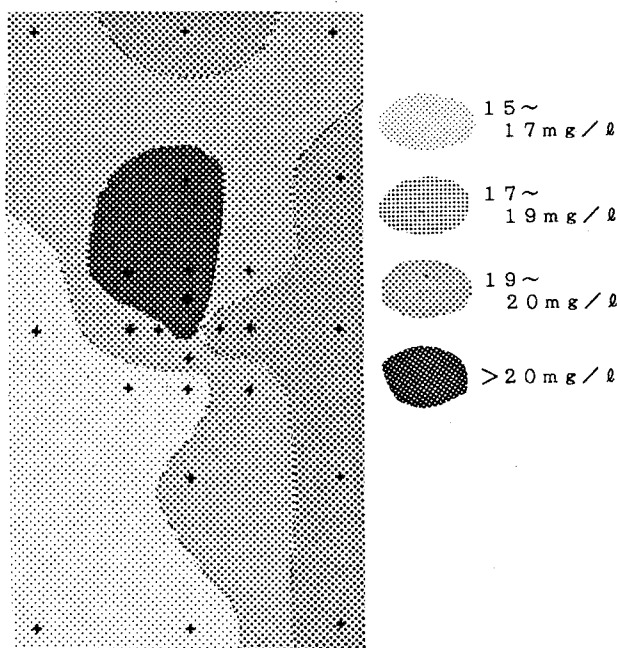


図4 中層（2.0 m）の濁度分布

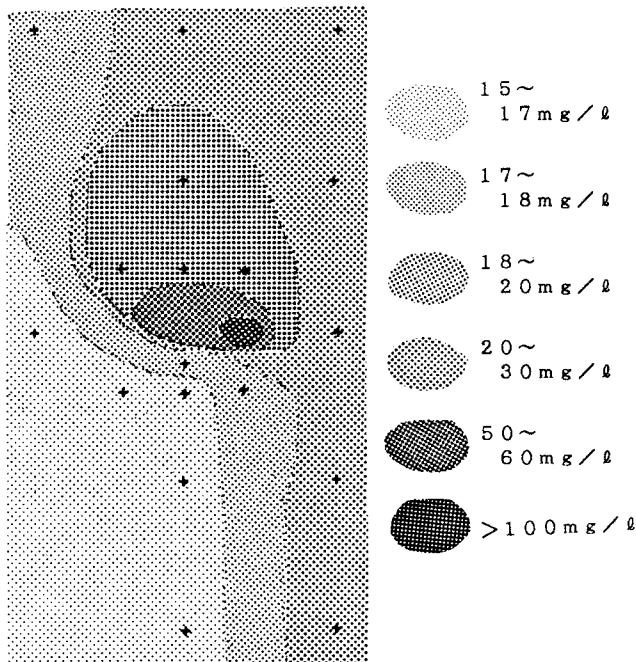


図5 底層（底部から0.5～1 m上層）の濁度分布

対照水域の知内沖は表層で15.5 mg/ℓ、中層および底層は17.3 mg/ℓの濁度であった。

砂利採取水域の濁度は表層では最大24.9 mg/ℓ～最小16.4 mg/ℓの範囲であった。

濃度分布は、砂利採取船の北側250m、北西側200mの範囲は20 mg/ℓ以上の濁度を示し、その外側は17～18 mg/ℓで対照水域並の値であった。また東側の250mラインは18～19 mg/ℓで西側の同ラインよりやや高目であった。

中層は最大28.5 mg/ℓ～最小15.5 mg/ℓの範囲で、20 mg/ℓ以上の分布域は表層と似かよった形で現れている。

底層は最大126.5 mg/ℓ～最小15.5 mg/ℓの範囲であった。濃度分布は表層および中層とは大きく異なり、砂利採取船の東側に100 mg/ℓ以上の分布域があり、その外側は50～60 mg/ℓで北側100m、東側200mの範囲にまで拡散がみられた。また20～30 mg/ℓの分布域は表層および中層より東側に大きな張出しがみられた。

次に砂利採取船の東側底層の高濃度域を中心に北西側のNo.22地点から南東側のNo.3、4地点にかけての断面の濃度分布をみると、表層および中層は砂利採取船から北西に拡散がみられ、深くなるにしたがって逆に砂利採取跡地と思われるNo.7地点付近に高濃度域がみられた。

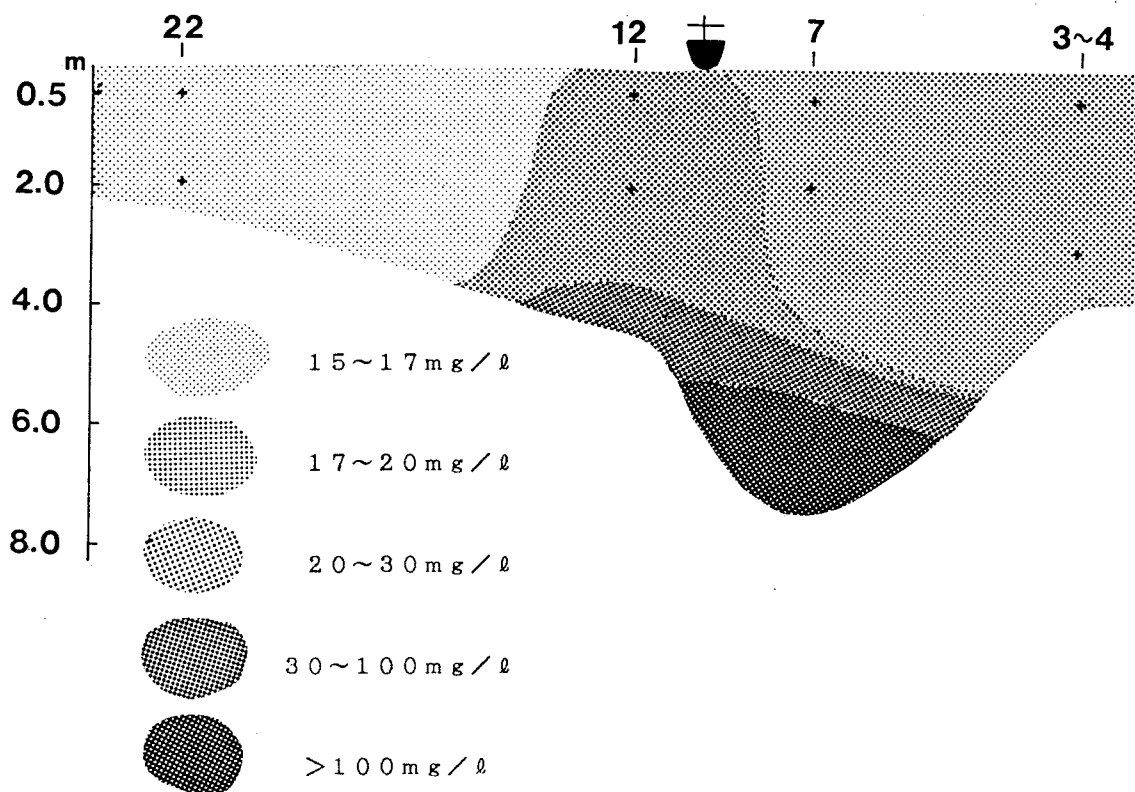


図6 高濃度域を中心とした断面の濁度分布

3) 鉄

濃度分布は図7、8に示した。

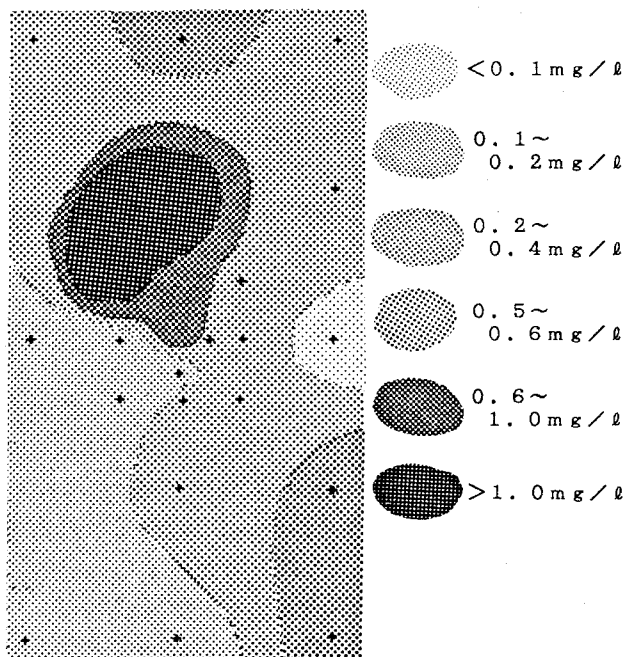


図7 表層の全鉄の濃度分布

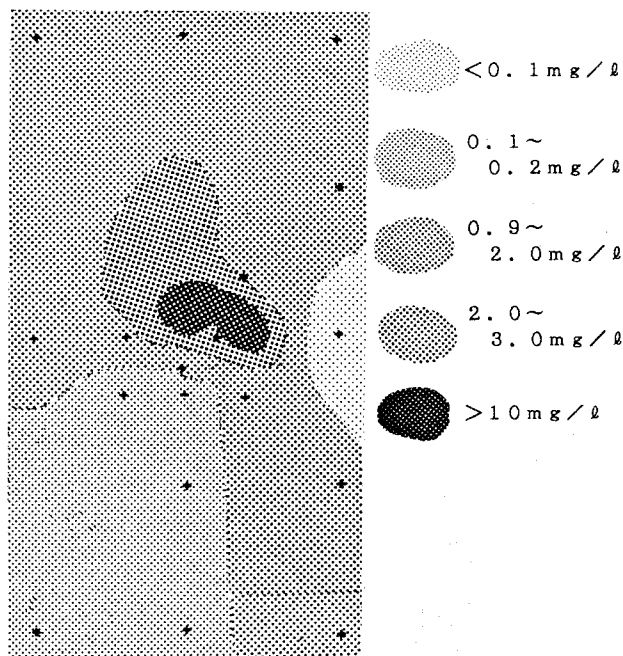


図8 底層の全鉄の濃度分布

溶存態の鉄は対照水域の $0.028 \sim 0.035 \text{ mg/l}$ に対して $0.028 \sim 0.048 \text{ mg/l}$ の範囲で大差はみられなかった。

全鉄についてみると、溶存態鉄とは異なり、対照水域の $0.168 \sim 0.334 \text{ mg/l}$ に対し最大 16.09 mg/l ～最小 0.106 mg/l の範囲であった。

表層の濃度分布は 1.0 mg/l 以上の分布域が砂利採取

表-5 対照水域との比較

項目 \ 水域		知内沖 (対照水域)	砂利採取水域
水温	℃	7.3	7.3 ~ 8.0
pH		7.55 ~ 7.52	7.30 ~ 7.68
DO	mg/l	12	11.7 ~ 12.1
"	%	120.9	101 ~ 104
COD	mg/l	2.15 ~ 2.71	1.97 ~ 4.95
NH ₄ -N	"	0.01	0.01 ~ 0.09
PO ₄ -P	"	ND	ND ~ 0.007
T-P	"	0.13	0.12 ~ 0.155
SS	"	1.2 ~ 1.6	1.1 ~ 111.8

船の北西側約 $150 \text{ m} \times 250 \text{ m}$ の楕円形に広がり、その外側は $0.6 \sim 1.0 \text{ mg/l}$ の分布域がみられた。底層は濁度の分布と同様に表層の分布とは異なり、北東ないしは東側に高濃度の分布域がみられた。

4) その他の項目

透明度・濁度・鉄以外の項目の対照水域との比較を表5に示した。

窒素およびりん濃度は、砂利採取船に最も近いNa7、Na13、Na18（東、北、西）地点の底層でアンモニア態窒素で $0.04 \sim 0.09 \text{ mg/l}$ 、りん酸イオンで 0.007 mg/l の範囲で検出された。これらの値は対照水域および砂利採取船からの遠地点の値に比べて高い値であった。

懸濁物質に関するCOD、T-N、SS等もアンモニア態窒素等と同様にNa7、Na13、Na18地点の底層で高い値がみられた。

その他pH、溶存酸素については対照水域と同程度の値であった。また濁水等の拡散に与する水温は深度および地点による差はほとんどみられなかった。

考察

砂利採取行為に伴い、底泥を構成する物質の拡散および溶出の程度は、砂利採取の期間あるいは稼働状況により左右されるが、それ以外に風波や湖流等の動的要因や水温・底泥の性状等の理化学的要因が大きく関与するものと考えられる。

新旭沖の砂利採取に伴う濁水の拡散状況は、透明度および濁度の分布にみられるように、広い範囲に拡散がみられた。また深度によっても濁りの分布域が大きく異なり、特に底層部の濁りは高濃度域の断面分布にみられるように湖底の凹部に停滞残留し、地形の変化によっても拡散の状況が大きく変わることが明らかとなった。

調査時の湖流が毎秒 5 cm で濁りを $200 \times 300 \text{ m}$ の範囲にまで拡散していることを考えれば、調査時以上の風波や湖流が生じた場合には当然濁水は広範囲に拡散し、湖岸の植生部にも流達するものと考えられる。また新旭沖の底質が細砂を含む割合が多いことも拡散の範囲を広げて

いる要因として上げられる。即ち水中に回帰した懸濁物質が容易に沈降せず浮遊拡散する度合いが大きいことを示している。

次に底泥からの窒素およびリンの溶出であるが、水中に溶出する窒素、リンは多くの場合一次的には間隙水中の $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 PO_4^{3-} が水中に回帰溶出することが多い。新旭沖の場合は琵琶湖周辺の内湖や内湾等のレベルより低く、調査区域全体としては水中への溶出量も顕著なものではなかったが、砂利採取船に近い地点ではやや高濃度の溶出が認められた。

間隙水中の物質濃度の程度は底泥中に含まれる有機質の量と還元程度により大きく左右される。

著者が過去に閉鎖型の内湖において底泥を攪拌した場合の物質の水中への回帰と平常レベルに回復する日数を求めた実験では、還元状態が進んでいる所（ORP 値 $-220\sim-270\text{ mV}$ 、IL $30\sim35\%$ ）を広範囲に攪拌した場合、水中のレベルが平常のレベルに回復する期間は、窒素やリン等の溶存態に係るものは約18日間、SSや透明度等の懸濁物質に係るものは約7日間であった。これは底質の性状が水中への物質の回帰を大きく左右する良い例である。

幸い新旭沖は底質の性状は内湖や内湾等に比べれば細砂が多いものの間隙水中の物質濃度や還元程度が比較的良く、この事が溶出量が少ないことに結びついているものと考えられる。

しかしながら、前述したように調査時以上に動的要因が強くなれば、濁水の拡散状況はもとより底質からの溶出量も増大することは容易に予想される。

湖底の砂利を採取すれば強度の濁りが生じる事は当然であるがため、許可条件が定められているのであり、条件の厳守は元より可能なかぎりの対策を講じて作業すべきと考えられる。また、砂利採取の結果生じる湖底の極度な変化は漁獲行為をはじめ底棲生物の繁殖にとっても支障を来すものであり、平坦な湖底の再生が望まれるところである。

要約

1. 琵琶湖の沿岸水域における湖中砂利採取が水域に及ぼす影響について、新旭沖の砂利採取現場を対象にして、濁水の拡散および底泥からの窒素、リンなどの溶出状況を調査した。
2. 新旭沖の底質は細砂の含有率が高く、また比較的粒径の大きい有機物質が多いことが特徴であった。
3. 濁水の拡散状況は、透明度および濁度などの分布から $200\times300\text{ m}$ の広範囲に拡散がみられた。また底層の拡散状況は、表層および中層とは異なり湖底の凹部に停滞残留し、地形の変化により拡散の状態が大きく変わることが示唆された。
4. 底泥からの窒素、リンなどの溶出は顕著なものではなかったが、砂利採取船に近い地点では $\text{NH}_4\text{-N}$ および PO_4^{3-} の溶出がみられた。
5. その他の項目の変化については、pH、溶存酸素量、水温などは対照水域並で変化はみられなかったが、懸濁物質に関するCODやSSなどは $\text{NH}_4\text{-N}$ と同じく砂利採取船に近い地点で高値がみられた。
6. 調査時、現場の状況は、風も弱く、また湖流も毎秒 5 cm であったが、動的要因が調査時以上に強くなれば濁水の拡散状況はもとより底質からの溶出量も増大するものと考えられる。
7. 砂利採取の操業に際しては、許可条件の厳守と可能なかぎりの対策を講じると共に、砂利採取で生じる湖底の変化は色々な面で支障を来すものであり、平坦な湖底の再生が望まれるところである。

参考資料

- 1) 湖西建設骨材協同組合（1981）：湖中砂利採取に伴う調査報告書