

びわ湖における埋立工事濁水に関する研究

箕田冠一・村長義雄・伊東正夫・中 賢治

1 緒 言

昭和38年度から滋賀県開発公社によって着手された野洲郡守山町木浜地先びわ湖を埋立てて、約120万 m^2 の陸地を造成する工事は大量に排出される浚渫の余剰濁水により、びわ湖の広い水域に亘って、各方面の問題をまきおこした。これらの中で特に大きな問題となったものの一つに漁業に及ぼす影響がある。

工事はこれらの問題の対策のため全年11月中旬以後一時中断し、関係機関で種々協議検討の結果本排水問題の一つの焦点である排水中の多量の懸濁物を化学的処理によって除去し、且つ一日の工事量を縮小することで再開されたが、この間我々はこの問題に関連して、淡水真珠養殖漁場の濁水化、北湖盆における浮遊物の増加、排水の化学処理の外湖に及ぼす影響等いくつかの試験、調査を実施したのでここに取まとめて報告する。

なおこれらの試験、調査のうち漁場環境の理化学的性状に関するものは箕田、村長が、生物試験は伊東が、プランクトンは中が、それぞれ主に担当し、現場調査及び試料の処理には田沢茂技師、大野喜弘技師・寺村哉一技師補・吉原利雄技師補等が参加した。

又、浮遊物の検討には、国立真珠研究所大田繁所長、水本三朗、和田浩爾両技官に種々御教示戴いた。記して謝意を表したい。

II 埋立工事の概要

問題の発端となった埋立工事の規模、方法などは次のとおりである。

- | | |
|---------|--|
| 1. 期 間 | 昭和38年5月～昭和40年10月完工予定 |
| 2. 工 法 | サンドポンプ船埋立工法 |
| 3. 埋立面積 | 120万 m^2 37万坪 |
| 4. 埋立土量 | 400万～450万 m^3 38年11月までの工事量 200万～220万 m^3 |
| 5. 廃水量 | 4000万～4500万 m^3 38年11月までの廃水量 2,000万～2,200万 m^3 |
| 6. 土水比 | 約 1:10 |
| 7. 浚渫能力 | 1万 m^3 /1日(土砂) 排水10万 m^3 /1日 |

8. びわ湖水量 概算約 280 億 m^3

Ⅲ 試験調査の概要

これらの試験調査はいずれも本埋立工事濁水問題に関連して実施されたものであるが当初から一貫した計画のもとに実施されたものではない。埋立工事の進捗に伴い次々に派生する各種の漁業上の問題の中で、規模や、性質からみて本県漁業上放置するを得ないもののみを取上げている。従って、それぞれの調査等は、その都度、その目的によって、内容の異なったものとなっているので以下に簡単に列記してその内容を略述する。

1. 本浜内湖真珠漁場懸濁化に伴う調査試験

これは外湖からの揚水を必要とする本浜内湖で行われている淡水真珠養殖に関する問題で、取水口部が著しく濁水化した為、内湖も強い懸濁が起り、大量の養殖母貝への影響が懸念された。

1.a 予察的現況調査

日時 昭和38年7月9日

調査水域、本浜内湖及び附近のびわ湖（南湖） 10ヶ地点

目的 応急的現況確認 その後の対策の基礎

主内容 濁りの現況、範囲、水質分析、プランクトン相、真珠母貝への影響、懸濁物の検討

1.b 揚水施設新設地選定調査

日時 昭和39年7月13日

調査水域 野洲郡守山町木浜、赤井地先びわ湖 9ヶ地点

目的 1.a 予察的現況調査結果から内湖に清浄な外湖水を揚水する必要を認めたため、良好な外湖水を得られる適地を選定する。

主内容 真珠漁場水としての適否のための水質分析、湖流、プランクトン相

1.c 本浜内湖回復状況連続調査

日時 昭和38年8月30日～昭和39年2月25日 7回実施

調査水域 野洲郡守山町木浜 本浜内湖 6ヶ地点

目的 新設の揚水施設からの揚水で一時著しい懸濁状態にあった内湖は徐々に正常に復帰したがその状況を調査観測

主内容 濁りの状況、水質分析、母貝の状態

2. 小糸網附着物異常増加問題

昭和38年9、10月頃から、びわ湖湖辺の漁業者から、湖中に設置する小糸網に大量の附着物がついて、殆んど漁獲がなくなったとの声が上り始めた。この現象は北湖盆最北端部にまで及んだことから、或いはびわ湖全域にわたって異常環境が出現しているかも知れないおそれも考えられ、早急に実状を知る必要に迫られた。

2.a 小糸網附着物確認調査

日時 昭和39年10月25日～11月9日

調査水域 滋賀郡志賀町わに地先 東浅井郡湖北町尾上地先、坂田郡米原町礪地先（第1図）

目的 漁業者のいう 事実の確認 試料の入手検討

主内容 関係漁業者からのききとり、附着状況観察、試料の採取検討

3. 排水の化学処理に関する諸問題

本埋立工事は一に漁業上の問題のみならず、衛生上（主に上水道関係）等からも問題が起きたため、昭和38年11月12日以後一時中断された。各関係機関が種々協議した結果、支障が起らないならば、最近開発された第一工業製薬株式会社の凝集沈澱剤パンフロックを用いて懸濁粒子を除去して工事を続行することとなり、一定期間試験的に施用してこの間各方面から試験検討を加えることとなった。本剤は生物に対して殆んど無害とされているが、淡水で大規模に用いられた例は少く、従って漁業上に及ぼす影響も不明であったので、当水試ではこの薬剤による処理に関して、試験施用と併行して次のような調査、実験を行い、漁業上影響を及ぼす可能性を検討した。

3.a 対照調査

日 時 昭和38年11月24日 25日

調査水域 北湖盆を一部含むびわ湖南湖盆一帯 14ヶ地点

目 的 化学処理の試験施用の外湖に及ぼす影響を調査するに当り、施用前の外湖の状態を知る。

主 内 容 気象 湖象 水質 懸濁物 沈澱物 底質

3.b 定点連日調査

日 時 昭和38年11月28日～12月2日

調査水域 守山町木浜地先 埋立工事場所附近外湖5ヶ定点

目 的 試験施用期間中 外湖に及ぼす影響を主に経時的に追求

主 内 容 気象 湖象 水質 懸濁物 沈澱物

3.c 精密分布調査

日 時 昭和38年11月30日

調査水域 埋立工事現場前面のびわ湖南湖盆一帯 23ヶ地点

目 的 排水の分布と影響度合を知る

主 内 容 気象 湖象 水質 懸濁物

3.d 広域分布調査

日 時 昭和38年12月5～6日

調査水域 北湖盆を一部含むびわ湖南湖盆一帯 14ヶ地点（対照調査時と同じ）

目 的 化学処理実験 後びわ湖の広い水域に如何なる変化が起るかを知る

主 内 容 気象 湖象 水質 懸濁物 沈澱物 底質

3.e 生物試験

日 時 昭和38年11月27日～12月14日

試験場所 彦根市松原町 水試内

目 的 化学処理使用薬剤及び生成フロックの水産生物に及ぼす毒性を知る。

主 内 容 溶存パンフロック及び硫酸アルミの毒性（セタシジミ ヒメダカ供試）
生成フロックの影響（セタシジミ供試）

Ⅳ 結果及び検討

1. 木浜内湖真珠漁場懸濁化に伴う調査、試験

この内湖は外湖より1m内外水位が高く平常時は概ね外湖からの揚水によって水位を保っている。夏期水稻栽培期には内湖から水田に揚水して灌漑するのでこの時期外湖から大量に水を補給しなければならない。一方本内湖では従来から各所で淡水真珠養殖が行われていて、優良な成績をあげていた。従って内湖に養殖中の淡水真珠施術母貝等は数十万個、金額にして数千万円に達する。

従来の内湖への補給水は埋立工事の中心部に当る木浜港の附近から揚水していた。(第3図参照)従って外湖の工事で懸濁した濁水の最も甚しいものが内湖へ揚水され、内湖へ強い影響を及ぼすこととなる。外湖からの揚水は6月～9月位の間で、その他の季節は田用水は不要なので、少量の自然流入水で或程度水位は保つものの様であり、又多少減水しても不都合はない模様である。

1.a 予察的現況調査

6月末から7月初旬にかけて内湖の濁りが甚しくなり真珠漁場への影響も憂慮されるに至ったので濁りの現況を確認し併せて真珠養殖に及ぼす影響を検討するため調査を実施した。

調査日時 昭和38年7月9日

調査場所 滋賀県野洲郡守山町木浜地先外湖

全 上 内湖 計10ヶ地点
第5図のとおり

調査項目 気象 天候、雲量 風向 風力 気温

湖象 水深 水色 透明度 流向 流速 水温

水質 DO PH, Ca, Alkalinity, Acidity, KMnO_4 消費量

$\text{NH}_3\text{-N}$ $\text{NO}_2\text{-N}$ $\text{NO}_3\text{-N}$ $\text{PO}_4\text{-P}$ $\text{SiO}_2\text{-Si}$

水中懸濁物質

プランクトン

調査分析結果及考察

調査分析結果を一括して表示すると第1-a表の如くである。

イ) 濁りの現況について

問題の中心となった埋立工事の濁水による影響がこれら調査水域にどの程度に又どの範囲に及んでいるかを調査結果から検討してみる。調査項目中、濁りの状態をよく反映しているものは、水色・透明度・濁度、懸濁物重量などである。水色は肉眼観察、透明度は定法、濁度は光電光度計を用いlight path 2.7cm, wave length 375m μ 及び600m μ で蒸留水をBlankとして光の減耗を求め、次式によって、light path 1m当りの遮光度合を求めて濁度とした。

$$I = I_0 e^{-\tau \cdot L} \quad \tau = \frac{2.3026}{L} (\log I_0 - \log I) \text{ 但し } \tau: \text{濁度 } I_0: \text{はじめの}$$

光度 I : 検液通過後の光度 L : light path(m 単位)

又、懸濁物はメンブランフィルターNo-2で吸引濾過してフィルター上に残ったものを乾燥秤量した。各調査地点の透明度の状態を図示すると第5図の様である。図中透明度0.5m以下の地域はかなり明瞭に濁りが認められると言って良い。最も濁りの甚しかったのは第3地点の0.03mであり、内湖では第4地点の0.07mであった。これらの地点は勿論工事濁水の影響

を強くうけていることに異論はないが、その外の地点でどこまで濁水の影響をうけていると看做すかについてはこれらの水域の平常時の状態と比較対照する必要がある。外湖について36年5月、8月、11月及び、37年2月に行った定期観測¹⁾ 結果からこの近くの地点の透明度をみると、それぞれ、3.9m、4.3m、2.1m、1.8mで平均3.0mであった。又内湖について36年度の調査²⁾ から36年5月、8月、11月及び37年2月期の土々脇内湖の透明度をみると、0.70m、1.10m、1.25m、1.40mで平均は1.1mである。従って、外湖においては第2地点の1.05mも本工事濁水の影響を、かなりうけていると見なし得るが内湖の地点でははっきり濁水の影響をうけていると看做し得る値は第8地点の0.55mまでで第9地点、第10地点では平常時と大差ない値と言える。

水色についても、透明度と同様な範囲に本工事濁水の影響が認められた。

懸濁物重量でみると、最も大きい値は、第3地点の727ppmであった。平常時これらの水域では外湖では数ppm程度、内湖でも10~20ppm程度であるから本調時の値は極端なものといえる。

濁度も懸濁物の重量と略同様の傾向である。

ロ) 湖流について

湖流は標流板³⁾を用いて測定した。風向は第1地点、第2地点共Eであった。びわ湖の湖流は第1図に示した如きものが認められている。⁴⁾これに反し、調査時測定された湖流は第5図に図示した如きものである。これは従来のものとは逆流するもので、又風とも直接的な関連性は認められない。しかし、調査時東岸沿いに北流する湖流のあったことは事実で濁水も、工事現場から北に向って分布している。この様な湖流が常時存在するものか或いは特種な事情で一時的に発生する現象であるのが今後精査する必要あるものと思料される。いづれにしても大規模な本埋立工事の濁水の影響がどのような形で、どのような範囲に現われるかは湖流に負う所が大きいので、従来一般に認められたものとは全く逆の湖流が調査時測定された点は留意の要がある。

ハ) 水質分析結果について

濁水の影響が水質面にはどのような変化を与えているかを主な点のみ検討してみる。最も濁水の影響が強く現れている第3地点の水質(第1-a表)を見ると、分析項目中、異常と見られる数値の出ているものは、D、O、PH、Acidity、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 等である。これらの異常はいづれも、濁水の根源が外湖湖底泥の攪拌、浸出によって生じたものである点に由来していると考えられる。底泥浸出水は分解しやすい有機物や還元性物質を比較的多く含有するので水中の溶存酸素量を減少させる。又、底泥浸出水は一般にPHが水層のそれよりも低い傾向があるこの影響でPHがやや低くなっているものと見做される。Acidityが多いのはPHの低いことに関連して弱酸性物質が多いことを示している。又 $\text{NH}_3\text{-N}$ がst 1~4共多いのは重要な点であるがこれも底泥中に含有されていたものと解される。これらは濁水の起源に由来する。一次的な水質変化であるが二次的に、懸濁物の過量が光線を著しく遮閉することにより水質面に影響を及ぼすことが考えられる。即ち水深と透明度との関係から見て、各地点共平常時は底層から表層までが、栄養生成層に属しているものと思われる。然るに濁水の影響で光線の透過が妨げられる結果、補償深度は著しく上昇して、極く表層以外の大部分の水層は栄養分解層³⁾に属するに至っている。このことは生物学的環境としては大きな意味をもつもので、バクテリア、植物性プランクトン等の代謝の結果増減する傾向のあるDO、PH、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 CO_2 などの成分はこの為の影響をうけることも考えられる。

これら一次的、二次的の作用が相俟ってD、Oの減少PHの低下、NH₃-Nの増加、Acidityの増加などの水質面での異常を惹起しているものと思料される。

ニ) プラクトン相

st1~4の地点で採集されたプラクトンの検鏡結果は第1-a表の如くであった。プラクトンネットは口径44.5cm、ミューラーガーゼXXX-25である。

普通、外湖と内湖とではその性状の相違に応じてプラクトン相が大きく異り、一概に論じることが出来ない。外湖と内湖の性状の主な相違は湖沼学的にいえば、内湖の方がより富栄養的だという点にある。

外湖st1及2のプラクトンはこの時期のものとしては格別特異なものとは思われない。Melosira sp Staurastrum sp Closterium sp などが多いのも平常時の傾向と同様である。st-4は内湖であるがここにもまだとりたてて論ずる程の顕著な変化は認められない。st-3は外湖ではあるが湾入の最奥部に当り、各種の水中溶存成分の補給なども多く、内湖的性状の水域であるが濁水の影響を強くうけており、プラクトン相にも異常が認められる。即ちここに出現しているものは、Melosira sp, Closterium sp, Staurastrum sp, Larvae of Copepoda の4つに限られ、これは外湖において著しく大量或いはかなり大量に見出されたもののみで、量的には僅しか認められない。

この時期この地点では連日外湖水を内湖に揚水していたので、平常なら外湖水に近いものが達していた筈である。従って、st1~2の如きプラクトンを含む水が、第5図に示した懸濁区を経て、st-3に達するまでにプラクトンの種、量の著しい減少傾向を示しているといえる。この現象の原因としては前にも述べた底泥浸出物の一次的影響と、透明度0.03mという極端な光線の遮閉がもたらした二次的な影響が考えられよう。

ホ) 養殖中の真珠母貝(イケチョウガイ)への影響

前述した各種の環境の変化が真珠養殖にはどのような意味をもつかは重要な問題である。この点を検討するため調査時St-4, 6及び7附近に垂下養殖中の母貝をとり上げ母貝の状態を調べたSt-4は内湖中最も濁りが強く透明度は0.07mであったが、母貝を解剖して桿晶体胃内容物などを調べた所、桿晶体には格別の異常は認められなかったが、胃中に全く餌が認められず、完全な絶食状態にあることが判明した。(母貝3ヶ共) st-6では少量の緑色の餌を認め、St-7でも同様であった。調査時の現状では斃死するものは認められなかった。イケチョウガイの生態と考え併せてみるとこれらの環境変化は主に次の様な点で真珠養殖に影響を及ぼすことが考えられる。第1に懸濁物の過量が直接的に母貝の鰓の呼吸機能や摂餌機能に障害を及ぼす可能性が考えられること。St-4の状態は既にこの障害が母貝に及んでいるものと見られる。第2に水質の変化例えばO₂の減少などが進行すると重大な悪影響を及ぼす可能性があること。St-4では僅かながらこの傾向が発生し始めている。第3に濁りのため光線が遮られて二次的に水層の性格が変わり、プラクトン相の変化を来して、イケチョウガイの餌料が従来と違って影響をうけることが考えられる。これはSt-4にもまだ現れていないがSt-3では顕著である。これらの点からこのまま濁水を内湖に揚水し続けて、これ以上内湖を懸濁化させることは内湖の真珠養殖に悪影響を与えると判断した。

ヘ) 懸濁物について

埋立工事廃水に著しい濁りを与えている懸濁物について2~3検討してみよう。

粒度 湖底から取り上げた底泥は大は可視的なものから小は1μにも及ばないあらゆる粒径の粒子を含むものであろう。しかし埋立工事の過程で粒径の大きい沈降しやすいものは沈

降して埋立てに用いられる。従って廃水中に含まれて排出される粒子は粒径の極く小さいものに限られる。最も濁りの強かったSt-3の試料について粒度を見た結果は以下の通りである。

No	粒径区分	割合	区分方法
1	40 μ 以上	0%	ネットXXX25で濾過して残るもの。
2	20~40 μ	17.8	ガラスフィルター1GNa-3に残るもの
3	0.4~20 μ	82.2	メンブランフィルターNa-2に残るもの
4	0.4 μ 以下	0	メンブランフィルターNa-2を通過するもの

ここで割合は、600m μ で測定した濁度から算出したので正確に重量に換算は出来ないが濁りの主体が20 μ 以下の粒子によるものであることは疑をいれな所である。

沈降性 これらの懸濁粒子は水中では比重及び粒径に応じて沈降を続けるが、粒径が非常に小さいので速度は遅く、清澄な水となるには長時間かかる。St-3のSampleについて24時間静置後濁度の減少を測定した所以下の結果が得られた。

No	区 分	割 合
1.	最初の濁度	100%
2.	24h後の濁度	54
3.	24hで5cm以上沈降した部分	46

これは水柱20cmで実験したが表層5cmの所から採水して濁度測定した。この様に静置しても多くの部分は24hで5cmも沈降しない。天然水域では常に多少共水の攪乱が起っているから、殆んど半永久的な懸濁状態を維持することとなる。

灼熱試験 これら水中に懸濁している粒子が有機性のものか無機性のものかを知るためメンブランフィルターで分別し乾燥秤量した後灼熱して減量を測定した。この結果でみると懸濁物の組成は採水地点で著しく異っているがいづれも重量的には灼熱残量の方が多いと

項目 \ 地点	St-1		St-2		St-3	St-4	
	表	底	表	底	中	表	底
乾全量 Ppm	91	79	13	126	727	247	366
灼熱残量 ppm	71	62	8	83	368	239	311
“ %	78	78	61	65	50	96	84
灼熱減量 ppm	20	17	5	43	359	8	55
“ %	22	22	39	35	50	4	16

いえる。然し乍ら、含水の状態では灼熱減量の大部分を占める有機性懸濁物は膨潤していると考えられるので濁りに与へる影響度はこの数値より大きくなる。又、各地点の性状、表底層の数値等を考え併せると、懸濁物中有機性のものの方が沈降しやすいのではないかと考えられ、又比重の点から、有機性の部分は粒径が大きいものと推察される

1. b 揚水施設新設地調査

予察的現況調査から、濁りの現況、内湖真珠養殖漁場に既にかんりの懸濁状態が現れていること、その影響が養殖母貝に表れ始めていること。現状での揚水続けることは漁場条件を更に悪化させる恐れ強いこと等が明らかになったので、稲作要水期間、汚りの及んでいない外湖水域から内湖に揚水するよう計画が立てられた。このため、予察的現況の外湖の性状を調査す

ることとなったが、先の調査でSt 1～2は埋立現場からかなりはなれて居り、且つ従来の湖流等からは濁りが及ぶことはないと考えられたので新しい取水口取付候補地とされていたが、調査の結果、濁りの影響がかなり弱められたことから候補地から除外することとなった。

調査日時 昭和38年7月13日

調査場所 滋賀県野洲郡守山町木ノ浜及赤ノ井地先外湖及び流入河川 9ヶ地点

第5図参照

調査項目 予察調査時に同じ

調査分析結果及考察

調査分析結果を一括して第1-b表に表示する。

イ) 新取水口撰定に当って當場としては次の様な条件の場所が適当だと考えた。第1に埋立工事による濁水の影響が少いこと。第2に、その他の原因による汚濁の惧れないこと。第3に外湖水と真珠漁場の水とでは種々の相違点があるが出来るだけ内湖水に近い性状の水であること。この様な基準から、調査結果を検討した。

ロ) 調査結果から湖流及び透明度を平面図上に記入すると第5図のとおりである。湖流は複雑で各地点でかなりばらばらの方向を示し、一率でないが総合的な傾向として記入した。調査時の風向はNを中心としてNW→NEであったから表層流は風の影響を受けているかも知れない。底層の流向は風向に逆らってNW方向に動いている点、前回の1-aの調査時も指摘した如く、東岸沿いに北上の湖流がある様である。従って埋立工事濁水は埋立現場から北方には強く影響し易いが南側には比較的影響が小さく出ている。透明度からみると、この附近には埋立濁水とは別の影響源のあることが判り、その中心はSt-1及びSt-2で、影響範囲はSt-3, 4, 5である。これらの影響源は赤井湾に流入する小河川と、放竜川で、これの上流には工場廃水なども混じて居り、場合によっては汚濁源ともなり得る可能性がある。従ってこれらの河川に悪因子が含まれた場合、St-1, 2は勿論、St-3, 4, 5辺までは影響を蒙ることとなる。事実赤井湾は従来屢々流入陸水の影響と思われる種々の問題を惹起しているの、これと同一系統と考えられるSt 1～5の水域から内湖に揚水することは好ましくない。

ハ) 水質面での比較

第1-b表末尾に掲げたのは優良な内湖真珠漁場の水質である。St 1～9の全調査地点中St-2は流水であるから除外して、残る8ヶ地点を比較してみるとSt 1～5までのグループとSt 6～9までのグループの2つに大別出来る。この2つのグループでは各分析項目でかなりの差が認められる。(第1-b表参照)。この異った水質の分布は前述の透明度の分布(第5図)と全く同じ傾向である。異った水質の成因は流入陸水及びその累積的效果であろうことがその位置的関係から読みとれる。2つのグループの水塊の水質的な差異を簡単にいえばSt-9の表層に表れている貧栄養的で清澄な外湖水質に、汚濁的傾向の認められる流入陸水の影響が及びつつあるものと言える。それでは個々の分析項目の数値はどの様に表れ又どのような意味をもつものであろうか。

2. グループの水質比較

項 目	単位	St 1～5	St 6～9
DO	CC/L	2.10～4.75	4.06～ 6.42
	%	342～80.6	66.9～108.2
PH		6.62～6.91	6.99～ 7.90

Alkalinity(MO)	ppm	2.30~38.8	17.6~30.9
Acidity (pp)	"	7.3~16.6	4.7~7.3
KMnO ₄ 消費量	"	15.7~20.5	5.7~19.1
Ca	"	68.3~99.9	78.4~87.7
NH ₃ -N	"	0.14~1.49	0.00~0.18
NO ₂ -N	"	0.00~0.017	0.00~0.005
NO ₃ -N	"	0.032~0.126	0.006~0.046
PO ₄ -P	"	0.000~0.039	0.000~0.011
SiO ₂ -Si	"	2.75~4.63	0.73~2.06

上表は各水質分析項目について、グループ別にその水準を示したものである。この表中で主だった差を指摘すると、D.Oがcc/lでみても%でみてもSt1~5のグループはかなり低い水準にある。PHもかなり明瞭に低い。AcidityはPHに関連して高い。KMnO₄消費量はやや多い。

無機栄養塩類は全体に多く、特にSiO₂-Siに顕著である。これらはSt1~5のグループが流入陸水の影響で俗にいう汚れていることを物語るものである。これらの数値は別段、直接的に真珠養殖漁場の水質として支障が考えられる程のものではないのであるが、問題は赤井湾、放竜川等の影響を強くうけている点にある。この附近の流入水には上流部の工場の廃水などが混入する可能性があり、その影響もSt1~5の地点にはかなり強く表れることが考えられるからである。今後長期に亘って連続揚水する取水口を設定するのにこの点を無視することは出来ない。よって内湖水に比すと多少貧栄養的ではあっても、汚濁の可能性の少ないSt6~9の地点から取水する方が適当だと思料された。

二) プランクトンについて

採集方法は中、底層を正確にとるためにポンプ採水によった。ミューラーガーゼはXXX-2.5。結果を速やかに出すことを要請されていたので、沈殿量は測定せず試料を遠心沈殿(2000r/m 10分)して検鏡同定した。前にのべた予察的現況調査時の結果とも対照し乍らプランクトン相について検討すると、本調査における9ヶ地点はそのプランクトンの組成及び量的な関係から4つのグループに大別出来る。それらは、St2, St1.3.4.5. St6.7.8. St9. の4グループである。それぞれについてその特徴を述べると、St2は流水で他地点とは根本的な条件が異り、好流水性の珪藻類の数種以外は種量共に少ない。他の静水域の地点と比較しても意味がない。

St1.3.4.5.の地点は、種量共同様の傾向を示して居り 他地点よりも個体数が少ないのがこのグループの特徴である。内湖に多い鞭毛虫類、根足虫類、輪虫類等の量も少ない。

St6.7.8.のグループは位置的には外湖沿岸部であるが、多種多量のプランクトンを含み、組成的には予察調査時の西ノ池に似ており、量的には西ノ池より多い。内湖に多くみられる鞭毛虫類、輪虫類なども多量に認められた。

St9は外湖的な性状が現れて居り、予察調査時の外湖St1.2.とよく似た組成である。

これらプランクトン相の特性から考えるとSt6.7.8.の地点から取水することが適当であると思われた。

ホ) 各調査項目を総合してみると、いづれの面からも一致して、St6.7.8.の地点が良好な性状を具えていると目されたのでこの旨関係各方面に報告し、その後St8の地点に新しい場

水施設が設置されることとなった。

へ) 本調査では、調査目的とは直接的に関係はないが水理、水質面の調査結果とプランクトン相の間に密接なつながりが見出された事は興味深い。はじめに極く簡単に透明度の分布から調査地点をS t 1.3.4.5.とS t 6.7.8.9.の二つに分けたが、水質面でも全く同様の地点的差異が認められることと更にその差異がどのような種類のものでどんな意味をもつものであるかを検討した。

然るにプランクトンの面でも前記と同様の地点的差異が認められ水質環境と生物群集との間に密接な関連性のあることが判明した。調査地点中S t 1.3.4.5.6.7.8.は位置的な環境としてはそれ程著しい差のある所ではなく、いづれも外湖沿岸部に属し、距離的にも近い所にある。まして、外湖にはかなりの湖流があるから、ここら一帯の水の性状はよく均一化され同様の性質のものとなりそうに思われる。然るに調査結果は明瞭に一つの限界線を表して居り、その一方は、水質面では汚濁的傾向の強いという性質を示し、又、プランクトン相ではかなり明瞭な量的減少という負の面が現れている。直ちに両者間の因果関係を推定するのは早計であるが今後充分調査検討すべき問題と思われる。

1.c 木浜内湖回復状況連続調査

埋立工事によって著しく懸濁化した外湖水が内湖に揚水されて内湖にも強い濁りが波及したため内湖真珠漁場への直接間接の悪影響が懸念される状態になり、これが対策の一つとして従来とは別の位置から清浄な外湖水を揚水する方策がとられることになった。然し乍ら新しく揚水設備を設置し、これが稼動する様になるのには一ヶ月前後の日時を要する。揚水施設新設工事は8月中旬頃出来上り8月下旬から稼動を開始した。それ以後は旧揚水施設からの揚水は停止することとなった。しかしこの時期までに内湖には既に旧揚水施設からの揚水によって強い濁りが及んでいたので、真珠養殖漁業者の中には養殖中の母貝を大量に遠方の他漁場へ移した者などもあり、前記の措置により、内湖の濁りがどの様に回復してゆくか関心が集った。

當場ではこの点に関し、昭和38年8月末から昭和39年2月の間前後7回に亘り本内湖の状態を調査し回復の状況を検討した。

調査日時

第1回	昭和38年8月30日
第2回	〃 9月10日
第3回	〃 9月20日
第4回	〃 9月30日
第5回	〃 10月10日
第6回	〃 10月30日
第7回	昭和39年2月25日

調査場所 滋賀県野洲郡守山町木浜地先内湖6ヶ地点 第6図参照

調査項目 気象 予察調査時に同じ

湖象 水深、水色、透明度、水温

水質 DO、PH、蒸発残渣、灼熱減量、Alkalinity(MO)、Acidity (PP)、KMnO₄-消費量、Ca、Fe、NH₃-N

水中懸濁物

調査分析結果及考察

得られた結果を第1-c表に示す。

イ) 新しい揚水施設は8月下旬から稼動を開始し、内湖の懸濁状況は回復に向ったのであるが、どの様な形で いづごろ迄に回復したかを調査結果に基いて検討してみよう。それにはまずこの内湖での水の性状が、平常時にはどの様なもので、又今度の懸濁問題で、主にどんな成分にどの程度の変化を来しているかを明らかにする必要がある。さいわい我々は過去昭和36年度及び37年度において、淡水真珠養殖漁場調査の対象漁場の一つとして本内湖をとり上げ

平常時と懸濁時の水質比較表

項 目		平常時24回(St-4)			38年7月9日(St-6)		38年8月30日
		最高	最低	平均	表層	底層	(St-6)
湖 象	水深 m	250	144	174	180		165
	水色			灰緑	灰褐色		灰褐
	透明度 m	>1.70	0.70	>1.13	0.07		0.13
	水温 °C	30.0	26	17.0	27.8	24.9	25.8
水 質	D.O cc/l	9.02	2.12	53.0	2.26	15.4	22.1
	D.O %	95.1	38.8	73.8	40.6	26.2	38.1
	P H	7.56	6.62	7.05	6.82	6.90	7.12
	蒸発残渣 ppm	265	74	106	—	—	275
	灼熱減量 "	190	4	40	—	—	70
	Alkalinity(MO) "	542	142	246	365	428	324
	Acidity(pp) "	249	20	7.9	18.5	168	173
	KMnO ₄ -消費量 "	5833	1485	27.14	27.62	24.84	28.8
	I ₂ 消費量 "	9.64	0.00	2.00	—	—	0.00
	Ca "	12.02	52.8	7.93	98.3	106.5	107.1
	Fe "	—	—	—	—	—	0.69
	NH ₃ -N "	0.75	0.00	0.15	0.95	1.06	0.54
懸 濁 物	水中懸濁物乾量 "	—	—	—	2.47	3.66	1.46
	灼熱減量 "	—	—	—	8	55	14
	灼熱残量 "	—	—	—	239	311	132
	濁度(遮光度)375mμ	—	—	—	174	180	119
	" 600mμ	5.7	0.9	3.1	75	81	45

て、各月1回計24回の調査を行って居る。^{2) 5)} その結果をもって平常時の状態と看做し、今度の懸濁問題が起ってからの調査分析結果と比較すると上表のとおりである。2年間、24回の調査の間には不時の、平常時とはかなり大巾に差のある値もあり、又、項目によっては大きな季節的変動をも含んでいるので、最大、最小値は標準として採用するわけにはゆかないが、平常時の変動の中をも見るつもりで記入した。この様な場合、やはり、平均値が、標準として適当

であろう。なお平常時の調査地点は、本調査時の地点ではS t - 4に当る土々脇内湖であるが、平常は本内湖は全体にかなり均一的な性状で地点的にそれ程著しい差異はない。

上表から見て、大きい差異を示している項目は、水色、透明度、DO、NH₃-N、懸濁物、蒸発残渣等であり、僅か乍ら異常と認められるものは、PH、Alkalinity、Acidity Ca等の成分であるといえる。従って、これらの成分の動きを平常時の標準と比較しながらみていけば、回復状態も判然とすると思われる。

ロ) 回復状況

前記の論議に従って、調査結果の主要なものを取りまとめ図示すると第6-2図のとおりとなるこの内湖には当初、旧揚水機から濁水が揚水されS t - 6から順次S t - 1の方へ波及して行った。その後新揚水機から清澄な外湖水が揚水されさきとは逆にS t - 1からS t - 6の方へ及んで行った。従って旧揚水口に近い地点程、早くから、強くそして長時間濁水の影響を受けることとなった。なおS t - 3及5については、透明度のみを測定し、採水分析は行っていない。

S t - 6についてみると、透明度、懸濁物、濁度に表示される様に第6回調査時位まで濁りの本体である懸濁粒子が残っていた様である。水質成分の変化はすみやかに回復して、第3回調査時以降は平常の水準に戻った様に思われる。

S t - 5は透明度のみであるがS t - 6と同様第6回調査時まで濁りが残っている。

S t - 4ではS t - 6と同じ傾向であるが程度が著しくない。水質的には第2回調査時以降は平常と見なされよう。

S t - 3は透明度のみであるが第6回調査時までには僅かはあるが濁りの影響が残っていたといえよう

S t - 2及び1については第1回調査時から特にとり立てゝ平常時と異なる程の異常はなかった。なおS t - 1第3回調査時、やや濁りが認められたがこれは新揚水機取水部に一時外湖濁水が及んだためであるが軽微なものである。

これらを総合して、内湖の回復状況をみるとS t 5.6地点では全調査時期を通じて完全に平常時に復したとはいいきれない。しかし、異常の程度は第3回調査時以降はそれ程著しいものではない。S t - 3, 4でも全調査時を通じて幾分濁りの影響を残している様であるが著しいのは第2回調査時までであとは軽微なものである。

S t 1.2においては当初から顕著な濁り及びこれに附随する水質変化は認められなかった。只第3回調査時外湖取水口部に濁りが波及した為、S t - 1に異常が表れたがこの調査時、この回だけであった。これらの結果に基き、避難した業者も本内湖漁場に戻り、その後、順調に正常状態に回復した。

2. 小糸網附着物異常増加問題

埋立工事が進行するに伴って前記の真珠漁場問題の外に外湖それも北湖盆の全域に亘る広い水域で、小糸網に大量の浮遊物が附着するという現象が起り問題となった。これは主にモロコ等の小糸網漁の際、平常は極く細い見え難い糸に附着物が大量について著しく太く且つよく見える様な状態になり、殆んど漁獲出来なくなるというものである。勿論これが埋立工事と関係があるかどうかは不明であるが、それとは別にびわ湖の広い範囲に從來なかった、浮遊物の増加が起っている可能性が認められたので、調査検討することとなった。時期は小糸網の盛漁期である9.10月頃から問題となって来たので、或いはそれ以前から気付かれずに存在していたかも知れない。

2. a 小糸網附着物確認調査

この種の異常が報告されて来たのは坂田郡米原町磯 東浅井郡湖北町尾上 高島郡今津町 同郡安曇川町四津川 滋賀郡志賀町に等(第1図参照)の漁業関係者からで、要するに地域的にはびわ湖の全域に亘って居る。異常の状況は各者共殆んど同様に前記の通りであった。よって第一にこのような現象が実際に起っているのかどうかを確認し、もし事実とすれば附着物の本体を採集して検討する必要がある。よって応急的に問題の起っている水域を調査せ、現況の確認と試料の採取に努めた。

調査日時及場所

年 月 日	場 所	備 考
昭和38年10月25日早朝	米原町磯	試料採取
11月 5日	志賀町わに	試料不採取
11月 9日	湖北町尾上	試料採取

調査結果及検討

イ) 10月25日磯の場合はスゴモロコ用小糸網で磯から彦根市にかけての外湖5号前後の水域のほぼ水底部にはった網である。前日夕刻網を入れこれを早朝にとり上げる。即ち平常の操業状態に準じて、網への附着物の模様を調べた。小糸網には関係漁業者らの言う様に大量の附着物があり、これをポリバケツ中に洗い落して採集した。附着物の外観はやや粘稠性のある緑褐色の腐泥状物質で、一旦このような形で捕集されたものはかなり水とは良く分離して暫時の静置で沈澱物を形成するが、湖中に分散している状態ではどのような性質であるかわからない。なお小糸網を入れる漁場、周辺水域では外観的に湖水が濁っていたりする様な異変は認められない。なお漁業者は晴天で風波の穏やかな時に湖水中に大量の「モロモロ」(浮遊の状態からこの様に呼んでいる)が浮遊しているのが見えると主張する。我々もその後注意して観察していたが、成る程この時期に、条件が良いと肉眼的に湖水中に浮遊物を観察することが出来た。これは長さ数mm程度の糸クズ状或いはクモの糸状のもので、非常に細い粒子が脆くつながり合っていて出来ているらしく、プランクトンネットなどで捕集しようとしても、こわれてネットの目から抜けて集められない。又、水に浮遊の状態のまま採水しても、肉眼的には湖水中にかなり多量に認められるが、10ℓ位の採水中には殆んど入ってこない。このようなわけでこの浮遊物の実態をはっきりさせるのは難しく、又、この現象が、平常のものか、或いはこの時期の小糸網附着物の異常増加にも関連ある異常現象であるか不明である。というのはこれまでこの様な関心をもって湖水中を観察したことはなく、又、光線状態の良好な時でないとは観察し難いのであっても気付かず見過していたかも知れないからである。外観的性状は小糸網から捕集された附着物と湖水中に観察された浮遊物ではかなり異っている。

ロ) 11月5日調査時(志賀町わに地先)の状況もほぼ磯地先と同様であった。ただしこの時は木浜埋立工事現場とも距離的に近いこともあり、その影響と思われる濁りが湖水に認められた。しかし近いとは言え、木浜より北、北湖盆南端に位置し、又、従来の湖流に対する考え方(第1図)からすると濁りの及ぶことはないだろうと考えられた水域である。

前日湖中に設置した小糸網には網糸を藁にして大量の附着物がついていることが確認された。附着物の外観的性状はほぼ前の米原町磯の場合と同様である。

ハ) 11月9日調査時(東浅井郡湖北町尾上)も前記二水域と同様な状況であったが、小糸網附着物の外観は前二者より青味が強くかつ粘度も高くなって居り、特有の臭気を認めた。この臭いは、青臭ささに生臭さを加えた様な悪臭である。色で青味が勝っているのは特徴的であ

ランクトンの色と思われる。なおこの水域で底層水はかなり強く北流していることが観測された。

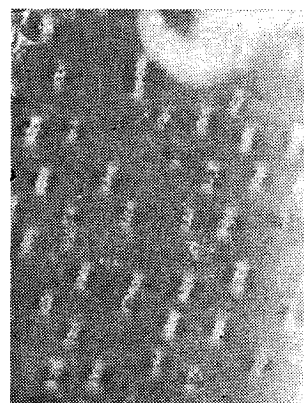
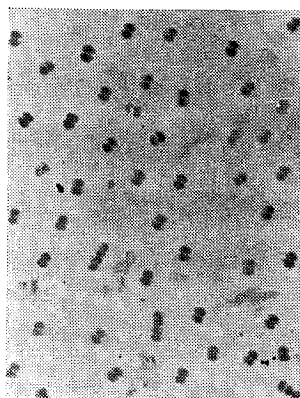
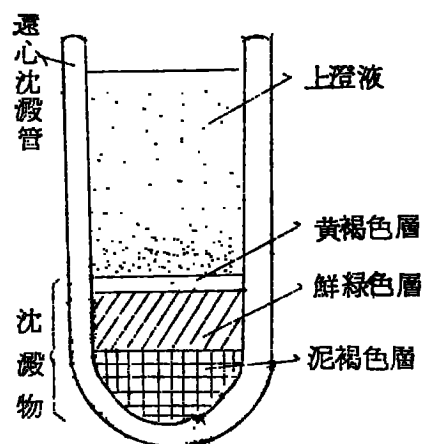
二) 採集試料の検討

採集した含水状態の附着物を遠心沈澱(3000^r/m 10分)した所明瞭な三層に分れることが明らかとなった。

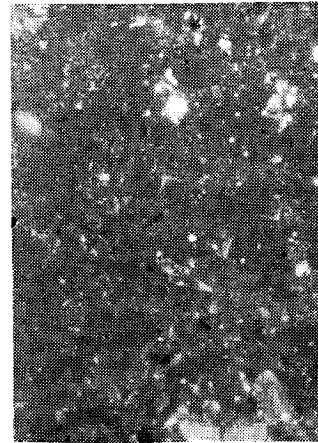
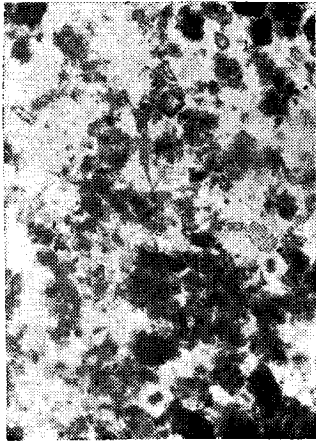
その模様は第8図に図示する様で最上層は淡い黄褐色の層である。次は鮮やかな緑色の層でこれは植物性のプランクトンの集合と思われ、粘度が高い。何か粘糊な細胞外物質を分泌していると思われる。最下層は微細な泥の如くで色も泥褐色である。採集した場所によってこれら各層の量的関係は一定でないが質的にはこれらの混合物であることは同様である。湖北町尾上の試料でみると泥褐色層とその上の二層がおおよそ容積で1:1前後と思われた。米原町磯の試料はこれよりも泥褐色層の割合が少い。

ホ) 顕微鏡による検討

通常の光学顕微鏡をもってこれらの試料を検鏡した所では以下の如き所見が得られた。黄褐色層及び鮮緑色層は、殆んど純粋なプランクトンの集合体である。それも殆んどが植物性のプランクトンである。この内黄褐色層中に見出されるものは主に *Cosmarium pachydermum* 外数種を含むものであるが殆んど色素を欠き、死んでいる個体の集合と考えられた。次の鮮緑色層は明らかに植物性プランクトンの葉緑素によるものでここは生きたプランクトンのそれも殆んど純粋な形の *Cosmarium pachydermum* の集合体である。第9図はこれを顕微鏡写真に撮影したものである。



泥褐色の最下層は比重の重い泥状である。検頭の所見ではプランクトンの遺骸などが多くふくまれる一種の骸泥 (gyttia) ではないかと思われる。



これらの附着物の性状を更に詳しく知るために偏光顕微鏡で検鏡することとした。偏光顕微鏡は三重県志摩郡賢島国立真珠研究所所有のものを同研究所の好意により使用することとし、Sampleを持参して検鏡した。第10図は第9図と同じ視野を暗視野でみたものである。一般に光学的特異性のないものは暗視野の状態では見えない。鉱物性のものは特異性が強いので、暗視野の中で強くかがやいて見える。よって、暗視野の状態で、強く輝いて見えるものは鉱物性のもの、そうでないものは有機性のものと弁別出来る。第11図及び、第12図は最下層の泥褐色層を明視野及び暗視野でみたものである。第12図で強く輝いている部分が鉱物性のものとみられる。ただしプランクトンの殻でもかなり光って見えているものもある。

これらの検討の結果得られた結論としては、最上層の黄褐色の層は *Cosmarium pachydermum* の死んだもの及びその他数種のプランクトンの集合物、第2の鮮緑層は *Cosmarium pachydermum* の生きた細胞の殆んど純粹に近い集合物、第3の泥褐色層はプランクトンの古い遺骸や、細く砕けた残滓などと鉱物性の粒子との混成物で、一般にいわゆる有機物を多く含む骸泥に近いものと思われる。これらのものが混合して附着物を形成しているのであるが、第3の骸泥に近い組成のものがどこから、何に起因して来たものかは明らかでない又、第2の *Cosmarium* の層は量的にも、性状から言っても浮遊物の形成や小糸網への附着に大きな役割を占めていると考えられる。即ち、この種は先にもふれた様に細胞の周囲に多量の粘質物を分泌している。これが骸泥などの纏絡や小糸網へ附着を容易にしているのではないかと思われる節がある。

Cosmarium はびわ湖において普通な種である。しかし過去に於て著しい優占種として大量出現した様な記録はない。然るに38年においては秋期この種が著しい増殖をしていることが定期横断観測結果で記録されている。即ち38年9月に急に出現し10月に最大となり、

11月観測時もかなり残って居り、12月には殆んど認められなくなった。この消長の状況は小糸網附着物の異常増加が問題となった時期と良く符合するもので、又、附着物の大きな部分がこのものである点を考え合せると、この問題の原因が、現象的にはこのプランクトンの増殖に大きく負っているということは疑いを容れない所である。しかし乍ら、更にその奥の原因、即ちこの植物性のプランクトンの一種のみが何故に、従来になく増殖をしたか、或いは附着物の中の骸泥に近い部分が、何に起因しているかなどの原因までは明確にし得なかった。これら

については後述する様に、大量の湖底泥及び無機栄養成分等を含む濁水が南湖から北湖盆へ流入した形跡がある。勿論植物性のプランクトンの消長などは天然の各種環境要因などによって大きく左右されるものであるが、それらには自ら或る巾があり、これを突き破る様な変動には何らかの外因が働いたと見なすべきであろう。この意味で、由来不明の懸泥状物質——Cosmarium の大增殖——小糸網の附着物増加という一連の現象と、湖底泥及び栄養成分を高濃度に含む泥水の大量流入という現象は、内容的に密接な関連性があるものといえるので、これがこれら一連の現象の根本的な原因となっているのではないかとの見方は、かなり有力なものの一つといえよう。

3. 排水の化学処理に関する諸問題

Ⅱの試験調査の概要の項に述べた様な経過で化学処理による濁排水の浄化の実験が実施されることになり、当场ではこれに伴う水産上の問題を検討することとなったが、試験調査、結果の内から重要な知見のみについて報告する。なおこれらの問題については、滋賀県開発公社、第一工業製薬KK滋賀県衛生研究所、当场、滋賀大学工学部湖沼研究所等の研究陣がそれぞれ分担して仕事を進め既に得られた結果を持ちよって検討の末、一応本化学処理を採用して工事は再開された。

イ) 調査研究の目標

処理廃水の外湖放流後の動向(現場調査)

影響水域における環境の変化の性質と程度(現場調査)

本処理の魚介類に対する毒性の有無(室内生物試験)

ロ) 化学的浄化処理の概要

濁水中の懸濁粒子は先にも述べた様に湖底泥中の最も細く且つ沈降し難い部分でこのままでは殆んど半永久的な懸濁状態を維持する。化学的浄化処理(以後化学処理という)はこれに硫酸アルミニウムを加えて生ずる陽イオンを核として静電的に粒子を凝集せしめ、更にパンフロックと称する高分子有機化合物(ポリアクリルアミド)を加えて大きい凝塊とせしめ、速かに沈殿させて、上澄液のみを放出しようとするものである。

薬品添加濃度

懸濁物濃度	硫酸アルミ	パンフロック
1300ppm 位	75~100ppm 位	2.0~4.0ppm 位
5.000ppm "	150 ppm "	40 ppm "
6800ppm "	2.00 ppm "	40 ppm "

注 第一工業製薬KK提供資料による。

硫酸アルミは $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ としての濃度である。

数値は水に対する濃度で示している。

ハ) 化学処理実験の日時、場所、規模

日時 昭和38年11月27日午前10時~12月3日午前6時

場所 第3、第4図に示した埋立工区の内、第3工区第4工区及びその間の3号水路で行われた。浚渫泥は第3工区に送られ、余水は3号水路のみを径て外湖に放出される様に施設し、3号水路中に薬品添加施設を設けた。水路末端には仕切を作り上澄のみ外湖に放出、沈殿したフロックは小型サンドポンプで再び第3、第4工区内に揚げられるポンプ船 2隻(平常時8隻)

濁水量 20000~25000m³/day 総水量20000~25000m³×7=140000~175000m³(公社資料)
 浚渫量 2000~2500m³/day (平常時10000m³/day)
 廃水濁度 最高6000~最低3000ppm 平均4350ppm (第一工業製薬KK資料)
 硫酸アルミ添加総量 平均200ppmとして28000Kg~35000Kg (概算)
 パンフロック添加総量 平均40ppmとして 5600~7000Kg (概算)
 処理後廃水濁度 平均的に30~50ppm位におさえる。(第一工業製薬KK資料)

3.a 対照調査

この後の各現場調査の基準として化学処理実験の行われる前のびわ湖外湖(主に湖南部)の性状を調査した。この時期には過去埋立工事中断以前の濁水の影響がまだ残っており、各種の性状は必しも平常時の状態とは言いきれない面があるが、化学処理という点のみで考えると充分対照になると思われる。

調査日時 昭和38年11月24日25日

調査場所 北湖盆の一部を含む外湖南湖盆一帯 14ヶ地点 第2図の通り

調査項目 3a, 3b, 3c及び3dの各現場調査における調査項目と分析方法を一括して第2表に示す。

調査分析結果及考察

この調査で得られた結果はおおよそ第3-a表のとおりであった。(1部省略)

イ) 対照調査時と平常時との違い

本調査時は化学処理実験以前の状態ではあるが、工事中断(38年11月12日)以前の濁りの影響はまだ残っている。この点について昭和36年度の定期観測結果の透明度と比較すると下記の様である。この結果から見ても本調査時かなり平常時より濁っていることは明らかであるが、化学処理実験に対する対照にはなり得るし、濁り以外の成分はほぼ平常時と大差ないと考えられた。

	最大	最小	平均	備 考
36年度	4.3 m	1.0 m	2.7 m	但し2ヶ地点 5.8.11及び翌2月調査時
本調査時	1.8 m	0.7 m	1.4 m	南湖盆分のみ10ヶ地点

ロ) 光消散係数について

濁りの一指標として、村山電機製A型水中照度計で測定した水中照度から0m~底層の消散係数を求めた。なお本機は Amber, Green, Blue, Opearl の各フィルターの透光を測定する様になっているが、ここに挙げた数値は4つの平均である。

計算は $I = I_0 e^{-\alpha z}$ (I:光量, I_0 :入射光量, α :消散係数, z:水層の厚さ)

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\alpha z} \quad \log_e \frac{I}{I_0} = -\alpha z \quad \therefore \alpha = \frac{2.3}{z} (\log_{10} I_0 - \log_{10} I) \text{ によった。}$$

この調査時の消散係数は南湖盆10ヶ地点では最高2.75(St 11)最低0.75(St 1)平均1.23であり、北湖盆では0.68~0.63 Blank 地点のSt 14では0.37という値が得られた。

St 14の0.37という値は、吉村信吉の測定値0.31~0.37とよく符合しているが、その他の地点の値は透明度同様かなり平常時より大きいものと思われる。

ハ) 水質について

分析項目中、平常時のびわ湖水と比較して異常と思われる値は見出されない。水質的には、平常時のびわ湖と同様であると見做し得る。なおこの中で SO_4 についてみると、いづれも0.0ppmであるが、これは直接比濁法⁸⁾によって分析したため、3.5ppm以下は定量不可能で従って、0.0ppmというのは3.5ppm以上はなかったという事を示すものである。

ニ) 水中懸濁物について

一般に平常時のびわ湖における懸濁物量は僅かで僅々数 mg/ℓ に満たない場合が多い。しかし本調査時は、埋立工事中断以前の濁りが残留していることは透明度、光消散係数の項にも述べた通りで水中懸濁物にもこのことが現れている。全体として平常時よりかなり大きい値となっているが特にSt2底層、St5底層、st11の表底層、St13表底層の値は大きい。この内St11、13は表底層共大きい値であるから、事実強い濁りがあったと見なし得る。St-2の底層については1m毎に測定した水中照度から算出した消散係数 α が、0-1m層0.54、1-2m層1.22、2-3m層1.44、3-3.7m層2.33という値であった。これは明らかに、表層は異常ないが底層に行くに従って強い懸濁状態が存在している事を物語って居り、水中懸濁物乾量の大きいことも肯ける。St5の底層の大きい値については、水中照度には何等特別な値が出ていないので、採水上のミスか、或いはごく底層のみに強い濁りがあったものか判定出来ない。

ホ) 沈殿物について

これは化学浄化処理実験で生成したフロックが外湖に流出する場合を想定して測定してみた。St1に内径0.30mのガラス丸型水槽を底土上に設置し24h放置後、その中の堆積物を採集測定した。値は1 m^2 当りに換算してある。この附近、水深が浅く、風波が強いとすぐに著しく濁り正確な沈殿物量を知り難いので参考程度に止めたい。

ヘ) 底質について

本化学処理では SO_4 、生成フロックなど、底質に影響を及ぼす可能性が強い。この附近の底質については従来あまり調査分析した例がないので、この機会に分析して、長い期間の後の変化に備えることとした。第3-a表には記載していないがこの外基礎的なデータとして、粒度を篩陶汰分析によって測定している。

各項目の水準についてみると

PHは6.05 ~ 7.80ではほぼ中性だが水層に比し弱酸性を示すものが少ない。(Wetで測定) CODは6.98 ~ 52.83 mg/g と大きな差がある。これは酸性過マンガン酸カリ消費量から換算した。

灼熱減量は 2.08 — 12.46%の範囲であった。内湖等の底土に比べるとやや少い傾向である。

H_2S は0.00 — 0.05 mg/g で全般に少く、底質は良好な状態にあると思われる。

SO_4 は0.00 — 0.68 mg/g であった。

3 b 定点連日調査

濁水の化学的処理の実験が行われている間、排出水が附近の外湖にどのような影響を及ぼすかを主に経時的に追求することにした。

化学処理実験 昭和38年11月27日 — 12月3日

調査日時 昭和38年11月28日 — 12月2日 1日に午前と午後の2回を目途に

実施した。

調査場所 第4図に示す 3号水路前面の地点 0.1 2.3及び4の5ヶ地点

調査項目 第2表に示したとおり

調査分析結果及考察

本調査で得られた結果は第3-b表のとおりであった。

イ) 原廃水の性状と外湖水との比較

原廃水(濁水を化学処理して外湖に放流する直前のものを原廃水と呼ぶことにする)が外湖水に比しどのような特性をもつかは、考え得るすべての問題の基礎となる重要な点であろう。

St 0の採水試料の分析値と、対照調査時の外湖水の数値との比較から、原廃水の特性を検討してみよう。

主な水質項目	原 廃 水						対 照 調 査 時 外湖水準	単 位
	11月28日	11.30	12.1	12.1	12.2	平均		
P H	5.92	5.29	5.02	5.20	5.00	5.29	7.20 ~ 7.80	—
M Oアルカリ度	55	55	53	42	47	50	27.4 ~ 35.0	ppm(CaCO_3 換算)
P P酸度	16.7	17.5	16.3	17.2	17.3	17.0	3.4 ~ 4.9	" "
A l	150	005	100	040	400	139	000	"
S O ₄	618	565	760	835	618	679	000	"
C a	168	162	181	155	154	164	88.9 ~ 10.05	"
KMnO ₄ 消費量	17.68	15.12	14.71	14.45	17.79	16.55	10.11 ~ 14.97	"
I ₂ 消費量	0.00	05.0	0.00	10.1	0.00	0.03	0.00 ~ 2.00	"
NH ₃ -N	9.66	10.50	15.00	13.32	13.80	12.46	0.00	"
NO ₂ -N	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 ~ 0.01	"
NO ₃ -N	—	0.06	0.04	0.04	0.03	0.04	0.00 ~ 0.05	"
PO ₄ -P	0.00	0.04	0.03	0.06	0.04	0.03	0.00	"
懸濁物乾量	168	65	—	710	345	319	3.0 ~ 43.6	"
灼熱減量	5.9	25	—	9.1	5.5	5.5	1.2 ~ 14.5	"

上表は原廃水と外湖水の主な水質項目を比較したものである。上表にも認められる様に、原廃水の水質的な特性は、PHが低いこと、アルカリ度が低いこと、酸度が高いこと、Al, SO₄が多いこと、Caが多いこと、KMnO₄消費量がやや多いこと、NH₃-Nが著しく多いこと。PO₄-Pが多いこと、等である。これらの内、外湖水の水質と比較して特に留意すべき項目はPH, Al, SO₄, NH₃-Nであろう。なお、Al, SO₄は明らかに添加した硫酸アルミの影響である。

ロ) 各定点に表れた異常

本調査の定点は原廃水に近い順にSt 0-St 5と定めてある。それぞれの距離は原廃水排出部(3号水路末端)から、St 1は0m, St 2は40m, St 3は100m, St 4は250m, St 5は500mである。(第4図参照)原廃水は前述の様に、外湖水とかなり水質組成を異にしているから、これが、処理実験期間中20000~25000 $\mu\text{g}/\text{day}$ づつ放流され

項 目	月 日	薬注から の時間	St O 排水路	1 距岸0m	2 40m	3 100m	4 250m	5 500m
PH	11月29日午前	約 43h		7.30	7.60	7.35	7.55	7.22,
	午後	48		6.30	7.39	7.59	7.60	
	30日午前	67	5.29	6.19	7.45	7.50	7.35	
	12月 1日午前	91	5.02	5.70	7.21	7.20	7.22	
	午後	96	5.20	5.79	6.58	7.32	7.30	
	2日午前	115	5.00	6.20	7.01	7.20	7.22	
MOアル カリ度	11月29日午前	43		27.0	27.0	27.5	28.0	28.1
	午後	48		17.0	27.0	24.8	28.6	
	30日午前	67	5.5	13.5	27.6	28.1	28.3	
	12月 1日午前	91	5.3	18.5	21.1	28.9	25.9	
	午後	96	4.2	10.5	23.0	26.2	27.7	
	2日午前	115	4.7	19.2	27.3	27.0	27.8	
PP酸度	11月29日午前	43		3.0	1.7	1.3	2.6	1.9
	午後	48		8.3	1.8	2.0	1.9	
	30日午前	67	17.5	8.3	1.9	1.2	1.9	
	12月 1日午前	91	1.63	8.6	2.3	1.2	1.1	
	午後	96	17.2	11.1	3.4	1.0	0.7	
	2日午前	115	17.3	5.7	1.1	1.0	0.9	
Al	11月29日午前	43		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	午後	48		0.04	0.00	0.00	0.00	
	30日午前	67	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	
	12月 1日午前	91	1.00	0.04	0.00	0.00	0.00	
	午後	96	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	
	2日午前	115	4.00	0.02	0.00	0.03	0.03	
SO ₄	11月29日午前	43		13.0	5.0	4.0	4.1	0.0
	午後	48		45.0	5.4	3.5	3.5	
	30日午前	67	56.5	35.1	0.0	0.0	0.0	
	12月 1日午前	91	7.60	54.1	10.4	8.9	3.8	
	午後	96	8.35	51.7	64.0	3.5	3.7	
	2日午前	115	6.18	21.5	3.7	6.6	0.0	
Ca	11月29日午前	43		10.0	10.1	9.9	10.2	9.6
	午後	48		12.7	9.9	9.8	9.5	
	30日午前	67	16.2	12.3	9.9	9.1	9.7	
	12月 1日午前	91	18.1	16.7	9.6	9.5	9.6	
	午後	96	15.5	13.5	10.9	8.8	9.1	
	2日午前	115	15.4	11.4	9.1	9.1	8.8	

て行くと、これらの定点にも何等かの異常が表れてこよう。次表は原廃水の特徴となっている主な水質項目について、調査結果から時間的及び空間的關係を整理して示したものである。表中、明らかに外湖水と異なる溶存量を示した範囲を斜線で囲んだ。多くの項目は115時間経過後も距岸40m以内位にしか明瞭な影響が表われていない。これは、外湖水の水準と原廃水の水準があまり変わらないことや、化学的作用（緩衝作用）などで影響が打ち消されること、などによるものと思われる。外湖水と溶存量が著しく異なる SO_4 についてみると43時間で既に250m先のSt4にまで影響が表れているから、廃水は高い希釈率で速やかに遠方まで達するが、多くの成分では高希釈率のために影響を認め難いものと思われる。

これらの水質項目の中で、生物にとって直接、間接に最も大きい影響をもつものは、PHであろう。原廃水の存在を敏感に反映する SO_4 と、このPHの間には調査範囲内では良好な相関関係が認められ、 SO_4 が15~20ppm以上に達するとPHに明らかな低下傾向が表れる点留意したい。

ハ) 沈殿物 懸濁物等について、懸濁物除去に関する本処理は極めて有効で原廃水で外湖並になる。

さきにも触れた様にこの附近の外湖は少しの風波で底泥が巻き上り懸濁する。これは直ちに水色、透明度、懸濁物乾量、沈殿物量水中照度などに強く反映して来る。本調査時にも調査結果に、この影響が表れて居り、本来この問題では最も重視されるべきこれらの項目を検討して或る傾向をつかむという様なことが困難である。よって一応得られた結果を表示するに止めた。なお、調査時までの埋立工事濁水の影響で、この附近の湖底に、細い泥粒が柔く且つ大量に堆積しており、平常時より一層僅かな風波でも、懸濁し易い状態になっているものの様に思われた。

二) 調査結果の示す水産上の意味

本調査で明らかになった諸点は、今後この化学処理で工事を続行するとした場合、多くの示唆を含むものである。これらについて重要な点を挙げると、

原廃水はPHが低い点を除いて水中生物にそれ程強く直接的な影響を及ぼす様な性質のものではない。従って直ちに異常死等の急激な現象の原因となる様なことはあるまい。

実験の規模は平常の操業状態に比し約1/4である。従って、平常の操業の規模で本化学処理を連続実施すれば、当然影響範囲は本調査時の結果より著しく拡大されよう。影響範囲の内、PHの低下現象の起る様な範囲では、長時間では生物相はかなり大きく変化するかも知れない。この外原廃水は多量の NH_3 -Nを含有し、其他の栄養成分をも含むから、大量の原廃水の流入は、貧栄養湖とされるびわ湖の物質代謝の面で大きい影響をもつことになるだろう。最初に考えられるのはバクテリア、及び植物性プランクトンの増生である。これらの影響は善悪いずれとも早急に判断し難い。

又、原廃水は処理の過程で大量の SO_4 を溶入することとなる。従来知見では当地方内水面底質中の硫酸塩還元バクテリア及び生成硫化水素量は、 SO_4 によって左右される傾向がある。従って、この大量の SO_4 が底土に堆積されると、硫化水素発生の一因となることも考えられる。これらのことはいずれも、長時間この原廃水が外湖中に放流された場合どの様な形で累積し、且つ分散していくかで、大きく様相を異にするとと思われる。

3.c 精密分布調査

本調査は原廃水放出開始 三日間後に、平面的にどの範囲にどの程度の濃度で分布しているか明らかにすることを主目的に実施した。

調査日時 昭和38年11月30日
調査場所 第4図に示す23ヶ地点
調査項目 第2表に示した通り
調査分析結果及び考察

本調査で得られた結果は第3-c表のとおりである。調査項目中St 0以外の地点において原廃水の影響と思われる異常を示している項目は、PH、アルカリ度、酸度、Al、SO₄ Ca等である。懸濁物は原廃水より、外湖各地点の方が遙に多いので問題とならない。これらの項目の中でSO₄以外のものはSt 1にのみ異常が表れ、他の地点では正常である。(AlはSt 10にも異常がある)SO₄のみは原廃水放流部からかなり離れた地点にも異常が表れて居り、且つこの附近、原廃水以外にSO₄の増加する原因が考えられない点好都合であるので、SO₄を指標として原廃水の動向を検討してみよう。

イ) 平面的分布

SO₄の濃度から原廃水の分布を平面的に表わすと第4図の様な分布が考えられる。第4図で実線内は35ppm以上検出された範囲であり、点線内はそれ以下だが僅かに検出された範囲。その外側は全然検出されなかったものである。但し、不検出とはいっても直接比濁法⁸⁾で不検出だったと言うことで、本法では約30ppm以下では検出出来ない。

ここで重要なことは、原廃水が湖中に放出されてもかなりはっきりした塊となって存在していることである。今後平常時の規模で長時間原廃水が放出されることになると、かなり広い面積に亘って、原廃水が滞留する範囲が出来、そこには原廃水の影響が累積的に表れて来る様なことが起るかも知れない。分布が南に偏ったのは、調査時風向がNWであったためかも知れない。

ロ) 稀釈率等について

原廃水中のSO₄濃度は平均的に67.9ppmであった。附近外湖水中のSO₄は0~3ppmである。

仮に原廃水中のSO₄を70ppm、外湖水のそれを、1ppmとすると実線の外縁部は約2.7倍2ppmとすると約4.5倍、3ppmとすると約13.0倍稀釈された限界だということになる。

一方調査時まで外湖に放出された原廃水量は60000~75000m³である。第4図の点線内の面積は約40万m²、平均水深2mで水量は約80万m³である。従ってSO₄の検出された範囲の水量は排出された原廃水量の約10~13倍に当る数字となっている。

3.d 広域分布調査

本調査は化学処理実験終了後、びわ湖の広い範囲に何らかの変化が現れているかを主眼に実施したものである。一般的には本調査範囲の広大さと化学処理実験が期間的にも水量的にも規模が小さかったことを考え併せると調査地点に対照調査時と変った点が表われる可能性は少ないものと思われた。

調査日時 昭和38年12月5日6日
調査場所 対照調査時に同じ 第2図のとおり
調査項目 第2表に示した通り

調査分析結果及び考察 本調査で得られた結果は第3-d表のとおりであった。

イ) 対照調査時との違い

本調査は、対照調査と全く同様に行われた。対照調査は昭和38年11月24日25日

にかけて行われ、11月27日から12月の3日にかけて化学処理実験が実施された。本調査は12月5日6日に行われているから対照調査時から11日経過、化学処理実験開始からは8日間、化学処理実験終了からは2日間経過した後のびわ湖の状態ということになる。

調査項目中、対照調査時に比して異常と思われる変化を示したものは SO_4 及び $\text{NH}_3\text{-N}$ であった(第3-a及びd表)懸濁物量、光消散係数、透明度などの項目もかなり異って来ているが、いずれも、原廃水とは関係なく自然に懸濁物が少くなって来ていることを反映しているものである。その他の項目も細い点ではそれぞれ少しづつは変っているが、自然の変動の範囲に入るものと目され、原廃水の影響は認め難い。

$\text{NH}_3\text{-N}$ 、 SO_4 はさきにも述べた通り外湖水には殆んど検出されず、原廃水中に高い濃度で存在するいわばいずれも原廃水の指標ともいえるべき成分である。このものに外湖地点で異常が表れたのであるから、この間外にこれらの成分を増加させる様な外因はない点を考え併せるとこれが原廃水の影響によるものである可能性は濃厚と言える。

ロ) 両項目の分布と意味

$\text{NH}_3\text{-N}$ 、 SO_4 の両指標成分を平面図上に記入し分布を推定すると第7図のようになる。ここで、両項目がSt1以外の地点では全く別の分布をしているが、その意味する所は不明である。又、St1以外の地点ではいずれも異常の表れているのは底層である。($\text{NH}_3\text{-N}$ のSt4は中層) 特に $\text{NH}_3\text{-N}$ の分布は異常で、これが原廃水中のもの(平均して1246ppm)とすると、東岸沿いに北上して、北湖盆に流入していることが考えられる。しかもSt14の底層に表れた0.67ppmという値は、平常のびわ湖水では考えられない高い値であること。又St14はBlankとして撰定した。非常に離れた地点であること等は種々の示唆を含むものである。1aの予察的現況調査において、この附近に、一般に認められていたとは逆の北上流の傾向のあることを指摘したが、本調査の $\text{NH}_3\text{-N}$ の分布もこの傾向に符合するものである。一、二回の調査結果から速断することは危険であるが、少なくとも今回の一連の調査結果では、多量の懸濁泥粒と、栄養成分を含んだ本埋立工事濁水が、過去において、大量に北湖盆に流入していたのではないかという疑は否定出来ず、ひいては、これが、先にも述べた北湖盆でのCosmariumの増生、小糸網附着物の増加などの現象につながる可能性も出て来るといえるだろう。

ハ) 直接的影響の可能性

本調査で明らかになった外湖水域の水質異常は水産生物に対する影響という面では微弱なもので、これがために水産生物が直接的な悪影響を蒙る様なことは恐らくないだろうと考えられる。

3.e 生物試験(本処理の生物に対する影響試験)

本化学処理に用いる薬品は前述した様に硫酸アルミニウムとパンフロックである。これらの薬品は毒性の点では極く弱いものとされてはいるが、パンフロックについては新しい薬剤で、毒性の程度も明らかでないので、簡単な生物試験を実施した。

実施期日 昭和38年11月27日から12月14日の間

実施場所 当水試内

試験結果及び考察

試験結果は第3-e表の通りであった。

イ) ヒメダカに対する水溶液の薬剤の毒性は弱く、48hでパンフロック90ppm、硫酸アルミ

270ppm の試験区で60%の斃死率の程度である。この濃度は化学処理に用いる濃度よりも高い濃度であり、實際上毒性が問題となることはないと思われる。なお、硫酸アルミ180ppm以上の区でPHが顕著に低下しているが、或いは斃死原因となっているかも知れない。

- ロ) 水溶性薬剤のセタシミに対する毒性は極めて弱く、殆んど問題はないと考えられる。
- ハ) 生成フロックが底土上を覆った場合についてみると、その下に棲むセタシミは或程度影響を受けるものの様で、厚さ約6cm以上になると斃死率がかなり大きくなる。(168時間)これがフロックのPHが低いためのものか、或いは呼吸困難等物理的なものか、その他の原因によるものが明らかでない。
- ニ) 更に連日連続的にフロックを投入すると、斃死率は更に高くなる。即ち2cm×5回=10cmの区ではブランクに比し10日後の斃死率45%と著しく高い。この区はハ)の場合のフロックの厚さに換算すると約4cmに相当するものである。(15分後のフロックの厚さは24h後には約2/5になる)連続的に底土上に堆積する場合の方が障害が大きいものといえよう
- ホ) 総じてこの化学処理は水産生物に対する毒性という点では弱く、生成したフロックの回収が完全に行われるならば、直接的に、問題の起る可能性はまずないと見て良いだろう。

V 摘 要

昭和38年度から開始された滋賀県野洲郡守山町木浜地先びわ湖々岸の埋立工事は、大量の余剰濁水を外湖に排出するために、各方面に種々の問題を惹起した。当场ではこの問題に関連して38年度内にいくつかの調査、研究を行ったが、それらの主なもの及びその結果は概要以下のとおりであった。

1) 調査研究の主なもの

木浜内湖真珠漁場問題に関して

予察的現況調査

揚水施設新設地撰定調査

回復状況連続調査

小糸網附着物異常増加問題に関して

小糸網附着物確認調査

排水の化学処理実験に関して

対照調査

定点連日調査

精密分布調査

広域分布調査

生物試験

2) 木浜内湖真珠漁場問題に関して

a) 昭和38年7月9日内、外湖を予察的に調査

イ) 内湖及び外湖に著しい懸濁状態が起っていることが確認された。外湖第3地点では透明度0.03m。懸濁物乾量727ppmに達していた。

ロ) 外湖において東岸を北上する従来一般に考えられていたとは逆の湖流が観測された。

- ハ)懸濁の著しい地点では水質面でもPH, D.O, Acidity・NH₃-Nなどに変化が表れている。
- ニ)プランクトンの面では外湖の懸濁水域では種、量共顕著な減少傾向が認められる。
- ホ)淡水真珠養殖母貝には既に濁りのための無摂餌の状態が表れて居り其他の悪影響も考えられる。
- ヘ)懸濁物の主体は底泥中の最も沈降し難い部分で粒径 0.4 ~ 40 μ, 灼熱残量大きく、沈降時間が極めて長いものである。
- ト)早急に外湖から清澄な水を揚水する必要が認められる。等の点が明らかとなった。
- b) 昭和38年7月13日実施した揚水施設新設地擇定調査から。
- イ)水質面からはSt 6,7,8,9.のいずれかの地点(第5図参照)から取水するのが適当と思われた。
- ロ)プランクトンの面からSt 6,7,8.の地点が適当と見られた。(最終的にはSt 8から取水することとなった)
- c) 昭和38年8月から昭和39年2月の間7回にわたり木浜内湖回復状況連続調査を実施し
- イ)指標成分としては、水色、透明度、D.O, NH₃-N, 懸濁物、蒸発残渣等が重要であることを明らかにした。
- ロ)これらの項目を連続追求した所St 65 では第3回以降、St 4.3では第2回以降、St 2.1では第1回調査時から、殆んど平常状態に戻ったものと認められた。
- 3) 小糸網附着物異常増加問題について
- a) 昭和38年10月25日~11月9日の間3回に亘り確認調査を行い
- イ)小糸網から大量の附着物を採集した。
- ロ)採集試料を検討した所これが植物性プランクトンと骸泥の混成物であることが判明した
- ハ)植物性プランクトンは主にCosmarium pachydermumのみである。
- ニ)これとは別に定期観測結果⁶⁾からこの時期びわ湖で上記プランクトンの著しい増生が認められることが明らかとなった。
- 4) 排水の化学処理実験に関して
- a) 昭和38年11月24日25日実施した対照調査結果から。
- イ)平常時に比し、かなり濁りの強いこと。
- ロ)水質面では平常時と大差ないことが明らかになった。
- b) 昭和38年11月28日~12月2日の定点連日調査で
- イ)原廃水の主な特性は、PH、酸度、アルカリ度、Al, SO₄等の項目に表れていること。
- ロ) 外湖の各定点ではSO₄が特に強く原廃水の存在を反映する指標となる
- ハ)その他の成分はごく狭い範囲にしか変化を表さない。
- ニ)これらの水質異常は水産生物にとって直接的な悪影響を示す程強いものではないと考えられる等の点が明らかになった。
- c) 昭和38年11月30日実施した精密分布調査では
- イ)SO₄を指標として、原廃水の平面的分布が明かになった。
- ロ)原廃水放出後3日間で、総排水量の約10~13倍の水量に当る外湖の範囲に、影響が表れた。(SO₄を指標として)
- d) 昭和38年12月5日6日に行われた広域分布調査で

- イ) 対照調査時に比し、 NH_3 -N、 SO_4 の両項目に異常が表れた。
 - ロ) これらの異常は原廃水の影響によるものである可能性が高い。
 - ハ) 両成分の分布は全然異っているが原因は不明である。
 - ニ) NH_3 -N の分布は附近東岸を北上する湖流の存在を示しているものの様に思われる。
 - ホ) NH_3 -N の S t 14 の濃度から、低稀釈率のまま濁水が北湖盆に流入している公算が大である
 - ヘ) この程度の水質異常では直接的に水産生物への悪影響は考えられないが、物質代謝の面ではかなりの影響をもつかも知れない。
 - e) 昭和38年11月27日～12月14日の間行われた生物試験では
 - イ) 化学処理に用いる水溶状薬剤の毒性は弱く、ヒメダカを用いて、パンフロック90ppm 硫酸アルミ270ppmの濃度で、48時間後60%斃死程度である。
 - ロ) セタシジミに対する毒性は更に弱く、殆んど問題にならないと思われる。
 - ハ) 生成したフロックが底土上に堆積するとその下のセタシジミ等は障害をうける様である。
 - ニ) フロックが連続的に堆積する場合障害は一層強く表れる様に思われる。
 - ホ) フロックがセタシジミに障害を与える機構は、化学的なものか物理的なものか明らかでない。
 - ヘ) 生成したフロックを完全に除去すれば、実用上本化学処理の水産生物に対する直接的悪影響が問題となる様なことはないと思われる。
- 等の諸点が明らかとなった。

VI 文 献

1. 箕田冠一・有馬武司：琵琶湖定期観測・滋賀県水産試験場業務報告，16，83-112 1963
2. 箕田冠一・村長義雄：淡水真珠養殖漁場に関する基礎調査Ⅰ，滋賀県水産試験場業務報告 16、27-56，1963
3. 西条八束：湖沼調査法，Ⅰ版 古今書院 東京，1-306，1957
4. 神戸海洋気象台：琵琶湖調査報告第一篇，海洋気象台・神戸・1-104 1926
5. 箕田冠一・村長義雄：淡水真珠養殖漁場に関する基礎調査Ⅳ 滋賀県水産試験場研究報告 17. 93-140 1964
6. 中賢治，箕田冠一：琵琶湖定期観測・滋賀県水産試験場研究報告 本号 1965
7. 吉村信吉：湖沼学，Ⅰ版，三省堂，東京，1-426，1937
8. 半谷高久：水質調査法・丸善・東京，1-399，1960
9. 箕田冠一，水沼栄三，村長義雄：淡水真珠養殖漁場に関する基礎調査Ⅱ，滋賀県水産試験場事業報告，14. 49-90，1962
10. 神戸海洋気象台：海洋気象観測法，3版，海洋気象台・神戸，5-39，1931
11. 古川厚外：海中懸濁物質並びに主としてその点から見た貝類養殖場の特性に関する研究、内

海区水産研究所研究報告，14（業績番号94），1961

12. 根来健一郎：琵琶湖のプランクトン，琵琶湖水位低下対策（水産生物）調査報告書，滋賀県水産試験場 1-40，1954
13. 小久保清治：浮遊生物分類学，改訂版，厚生閣 東京 1962.
14. _____ プランクトン実験法 厚生閣 東京，1960
15. 第一工業製薬株式会社化成品部：ポンプ船埋立工法に於ける界面活性剤添加の現場実験について 第一工業製薬株式会社，プリント，1963
16. _____ ：パンフロック工法適用予備試験方法，第一工業製薬株式会社，プリント 1963
17. _____ ：パンフロックの生物に及ぼす影響試験報告書，第一工業製薬株式会社，プリント，1963
18. _____ ：パンフロックの水産生物に対する影響，第一工業製薬株式会社 プリント 1963
19. 滋賀県衛生研究所：木浜埋立工事に伴う湖水の水質について，滋賀県衛生研究所，プリント 1963