

工場廃水に関する調査 — XIII

淡水性硫酸塩還元細菌の瀬田川荒廃蜆漁場に 及ぼす影響に関する調査 — II

水 沼 栄 三

緒 言

前報¹⁾に引続き瀬田川の底泥温が上昇し底土中における淡水性硫酸塩還元細菌の活動適温となった盛夏に前年度調査実施水域と更にこの細菌が作用して硫化物の生成を促がす栄養源となると思われる廃水、都市下水の流入する瀬田川注入口より上流の琵琶湖水域を含めて、底土中の化学的酸素消費量、灼熱減量、硫酸塩、PH等の起源を明らかにすることに主眼をおき、淡水性硫酸塩還元細菌、硫化物の分布状態を観察し瀬田川漁場における蜆減産傾向の原因を明らかにするための考察検討をなし、二、三の知見を得たのでその結果について報告する。

調査地点ならびに環境

第1図に示す大津市膳所刑務所地先約250mの琵琶湖岸第1地点(東海道本線瀬田川鉄橋の上流約1500mの地点)から約4000m下流の第15地点までの17ヶ地点において1958年8月28日、29日(気温27.2~32.8℃)に底土中の淡水性硫酸塩還元細菌、硫化物、硫酸塩等の分布に関して諸種の観測測定を実施した。

この川には鉄橋と第4地点との間の西岸にベアリング研磨廃油(西日本精工KK廃液)が第4地点と第8地点との間の西岸に石炭ガス廃水(新日本電気KK)、綿紡洗滌冷却廃水(都築紡績KK)および大津市都市下水の一部が、又第1地点より上流約1200mの西岸に製板紙パルプ廃水(大津板紙KK)が放流されている。又鉄橋の下流第17地点までの東岸に塗装、鍍金廃水(三洋電機KK)および鉄橋下流約250mの西岸にグイスコース式人絹工場浄化处理廃水(東洋レーヨンKK滋賀工場活性汚泥法処理)が排出放流されている。

なお、この川の流量(近畿地方建設局瀬田川洗堰管理所調)は $417 \frac{t \text{ on}}{m^3 / sec}$ (なお、33.8.22. $105 \frac{t \text{ on}}{sec}$)であつた。

調 査 方 法

淡水性硫酸塩還元細菌の計数は前報¹⁾と同じ方法を用い、培養温度は30℃で240時間実施した。またこの調査に際しては、瀬田川底層水の水温、PH、化学的酸素消費量(C・O・D)、硫酸塩(SO₄)ならびに底土の泥温、PH、C・O・D、灼熱減量(I・L)、SO₄、全硫化物(Total S.)および遊離硫化水素(Free H₂S)等の定量を行った。

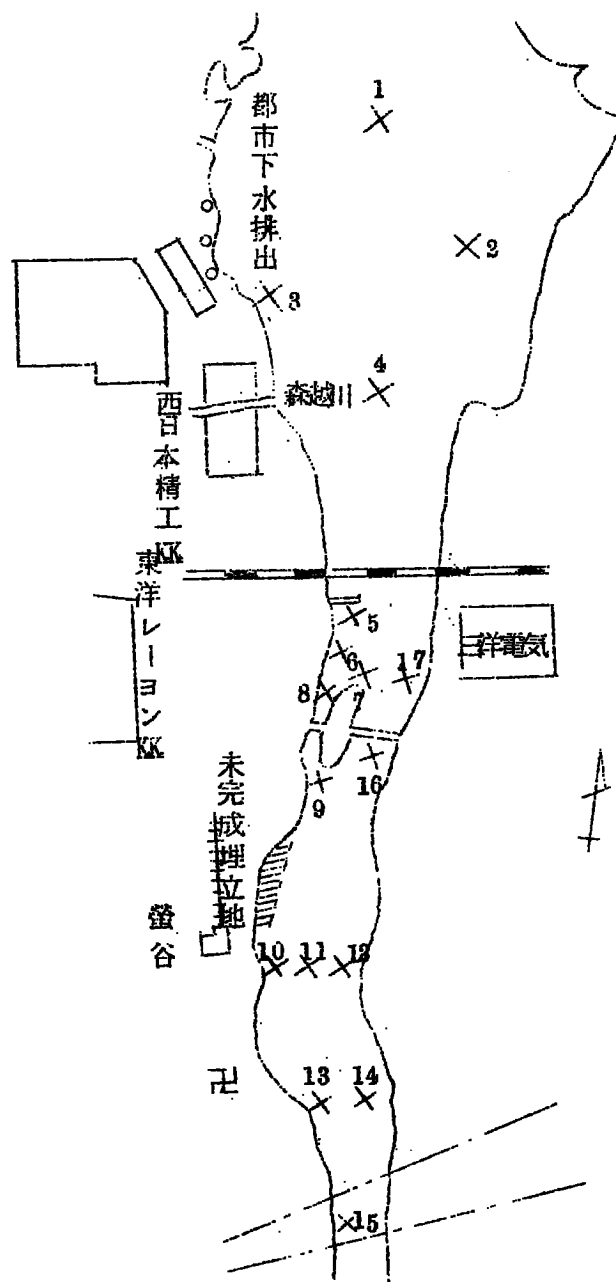
底層水のPHは現場で比色法により測定すると共に他方酸素瓶に密封して帰場後硝子電極PHメーターで測定し、底土のPHは帰場後湿潤泥を試料として硝子電極PHメーターで測定した。

Total S, Free H₂S の定量は富山・神崎²⁾の方法、SO₄, C・O・D, I. L. の定量は前年度と同じ方法¹⁾によつて実施した。

調 査 結 果

結果は第1, 2表に示す通りである。

第1表(水質結果)より硫酸塩が第1, 2, 3, 4, 5地点において3PPm以下であつたのに第6地点(東洋レーヨン株式会社滋賀工場瀬田川放出口から約40m下流)では、68PPmを超過し、第7, 8, 9, 10, 11, 14, 15地点までの間においては、地点により多少の差はあつても高い濃度を示しており、第2表に示す瀬田川底土の硫酸塩含有濃度とはほぼ一致した関係を示した。第2表により底土に発育する淡水性硫酸塩還元細菌の数は第1, 2, 4, 11, 地点では甚だ少く10³~10⁴/g底土であつたが、この地点以外の何れの地点でも10⁴~10⁷/gであつて、琵琶湖沿岸水域にくらべて、かなり大きい値を示した³⁾。



第 1 図

第 1 表 瀬田川底層水質分析結果

調査地点	採水時刻	採水深度	採水時水温	P _H	底層水の溶 存酸素量	底層水の 酸素 飽和度%	底層水の C.O.D	S O ₃
St	h m	m	°C		cc/l		P.P.m	P.P.m
1	8月28日 10・45	3.1	26.4	7.53 (7.2)	5.46	95.6	3.28	2.74
2	11・10	3.6	26.4	7.52 (7.2)	5.32	93.3	2.89	3.09
3	11・40	1.0	27.0	7.56 (7.2)	5.20	92.2	3.79	1.72
4	12・20	2.9	26.9	7.70 (7.4)	4.40	77.9	2.35	2.40
5	12・55	1.7	27.2	7.58 (7.2)	5.36	95.4	2.64	2.06
6	13・20	0.8	28.1	7.14 (7.1)	4.88	88.2	3.79	63.79
7	14・35	1.6	27.4	7.61 (7.3)	5.29	94.5	2.62	10.98
8	15・00	1.0	27.8	7.38 (7.3)	4.45	79.7	3.35	30.18
9	15・20	1.6	27.5	7.36 (7.2)	4.43	79.2	3.79	24.80
10	16・00	1.0	27.4	7.37 (7.1)	5.11	91.3	2.99	27.10
11	16・20	2.2	27.1	7.70 (7.3)	5.35	95.0	2.48	16.12
12	16・40	1.6	27.8	7.70 (7.3)	5.23	93.2	2.80	2.74
13	17・10	1.3	27.4	7.60 (7.2)	4.64	82.9	2.51	4.12
14	17・30	2.0	27.2	7.62 (7.2)	5.24	93.2	3.10	9.95
15	17・50	2.0	27.4	7.68 (7.2)	4.22	75.4	2.92	4.80
16	18・25	2.9	26.9	7.63 (7.2)	5.20	92.0	2.71	4.12
17	8月29日 7・10	0.5	26.0	7.60 (7.2)	5.01	87.1	2.41	3.77

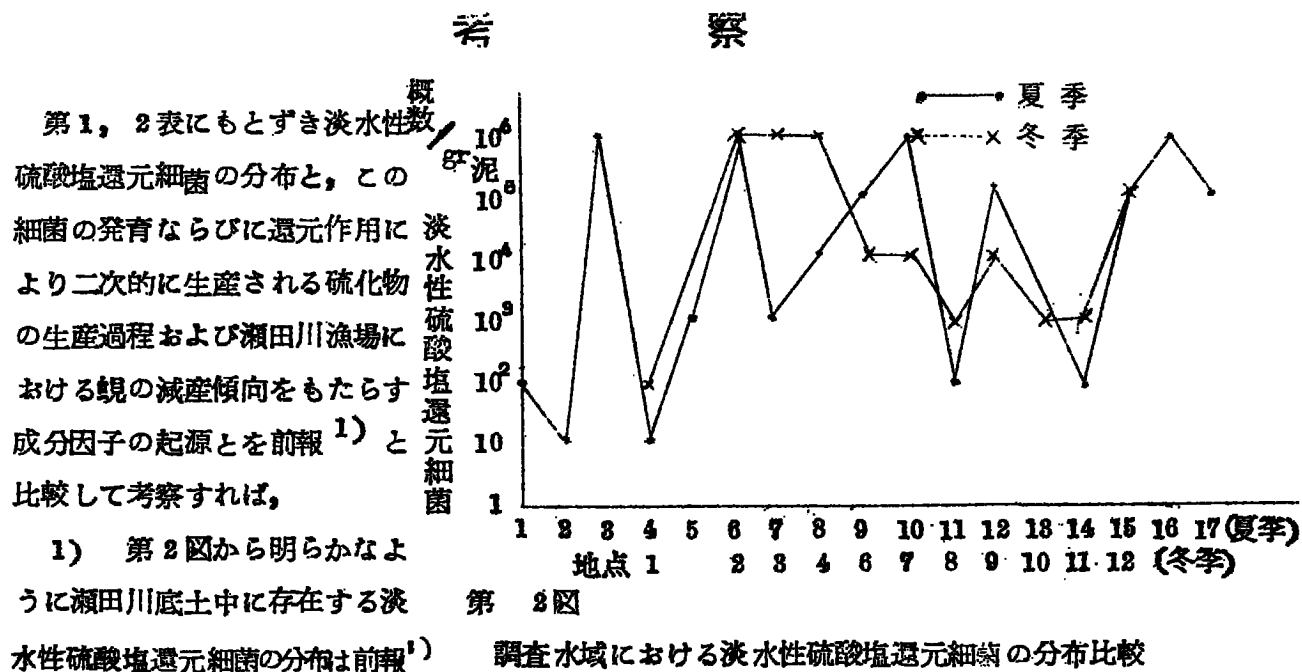
注 P_H 欄中 () 内は現場における比色測定値

第 2 表 瀬田川底土に分布する淡水性硫酸塩還元細菌および底質分析結果

調査地点	試料採 集時刻	水深	泥温	P _H	淡水性硫 酸塩還元 細菌数	C.O.D	I. L	S O ₃	Total S	Free H ₂ S
St	h m	m	°C		数/泥g	mg/g 乾土	%乾土	mg/g. 乾土	mg/g 乾土	mg/g 乾土
1	8月28日 10・45	3.75	26.8	6.85	10 ² -10 ³	5.79	8.80	0.055	0.079	0.079
2	11・10	4.25	26.1	6.10	10-10 ²	14.33	8.53	0.007	0.083	0.025
3	11・40	1.60	26.3	5.76	10 ⁶ -10 ⁷	8.87	3.99	0.189	0.263	0.038
4	12・20	3.63	26.9	6.72	10-10 ²	5.55	3.50	0.005	0.027	0.027

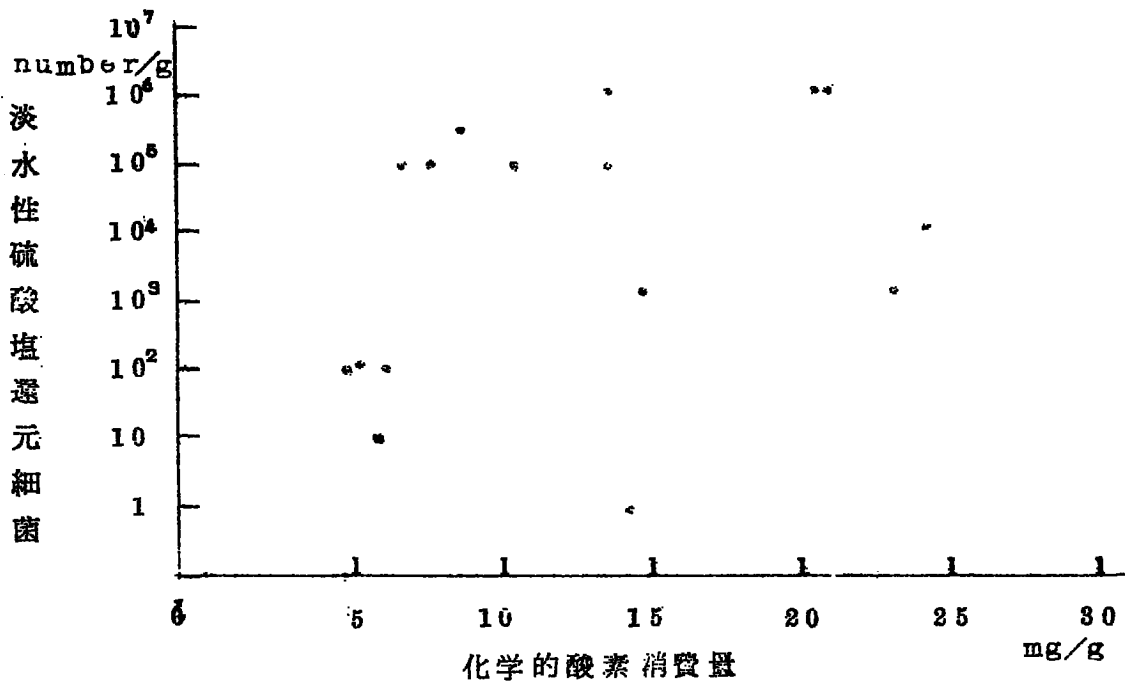
調査地点	試料採集時刻	水深	泥温	PH	淡水性硫酸塩還元細菌数/泥g	C.O.D mS/g 乾土	I.L % 乾土	SO ₃ mg/g 乾土	Total S mg/g 乾土	Free H ₂ S mg/g 乾土
St	h m	m	°C							
5	12・55	2.25	26.6	6.25	10 ³ -10 ⁴	14.47	8.65	0.120	0.073	0.012
6	13・20	1.35	27.2	5.45	10 ⁶ -10 ⁷	20.16	6.34	0.480	0.417	0.000
7	14・35	2.10	26.0	5.86	10 ³ -10 ⁴	22.41	10.45	0.340	0.447	0.126
8	15・00	1.90	26.6	5.80	10 ⁴ -10 ⁵	23.23	8.86	0.274	0.359	0.051
9	15・20	2.15	26.9	5.28	10 ⁵ -10 ⁶	7.55	2.71	0.257	0.450	0.033
10	16・00	1.75	25.1	5.69	10 ⁶ -10 ⁷	13.95	5.17	0.168	0.530	0.063
11	16・20	3.00	27.1	6.89	10 ² -10 ³	5.08	1.50	0.000	0.006	0.006
12	16・40	2.35	26.1	5.52	10 ⁵	14.04	5.89	0.137	0.189	0.071
13	17・10	2.05	底質岩の礫のため採集不能							
14	17・30	2.80	—	7.08	10 ² -10 ³	5.11	3.04	0.137	0.190	0.128
15	17・50	2.60	25.9	5.69	10 ⁵	10.00	3.10	0.103	0.173	0.000
16	18・25	3.50	26.3	5.84	10 ⁴ -10 ⁷	20.33	10.38	0.326	0.148	0.000
17	8月29日 7・10	1.05	26.2	8.18	10 ⁵ -10 ⁶	5.98	1.68	0.000	0.005	0.000

底土の硫化物含有量は第1, 2, 4, 5地点では琵琶湖沿岸水域の有機物の含有の多い底土⁴⁾のそれと大差はなかつたが第3, 6, 7, 8, 9, 10地点ではそれより遙かに大となり, 下流に行くにしたがつて漸次減少した。又化学的酸素消費量は底層水では地点による差は殆んど認められなかつたが, 底土については, 第5地点から漸次増加し, 第6, 7, 8, 16地点と急増した。



と同様人絹工場廃水の有無、および高泥温による著しい差異は認められず、かつ何れの地点にも大差なく多数存在している。

2) 底土中の淡水性硫酸塩還元細菌ならびに硫化物の分布と底土中の化学的酸素消費量ならびに灼熱減量との間には第 3, 4 図に示す通り或種の相関関係が存在する。



第 3 図 底土中の淡水性硫酸塩還元細菌数と化学的酸素消費量との関係

すなわち、細菌と化学的酸素消費量との関係を第 3 図について考察すると化学的酸素消費量の値が高いからといって必ずしも細菌の数が多いとは限らないが、第 4 図で明らかなように化学的酸素消費量と灼熱減量との比の値が大きい程細菌の数が多くなっており、細菌の増生と化学的酸素消費量および灼熱減量の間には正の相関関係が存在し、化学的酸素消費量と灼熱減量との比が細菌の増生要因となつているものと言えよう。しかし更に進んで第 4 図から細菌と硫化物との分布について考察すると、細菌が多数増生したからといって、必ずしも硫化物が多量に生産されるとは限らないことがわかる。

3) 底土中の硫化物と硫酸塩との間には第 5 図に示す通り正の相関関係が存在し、硫化物生産の硫黄源としての硫酸塩の濃度が硫化物の二次生産を制限する要因となつていると考えることが出来、木俣外の研究⁵⁾と一致している。

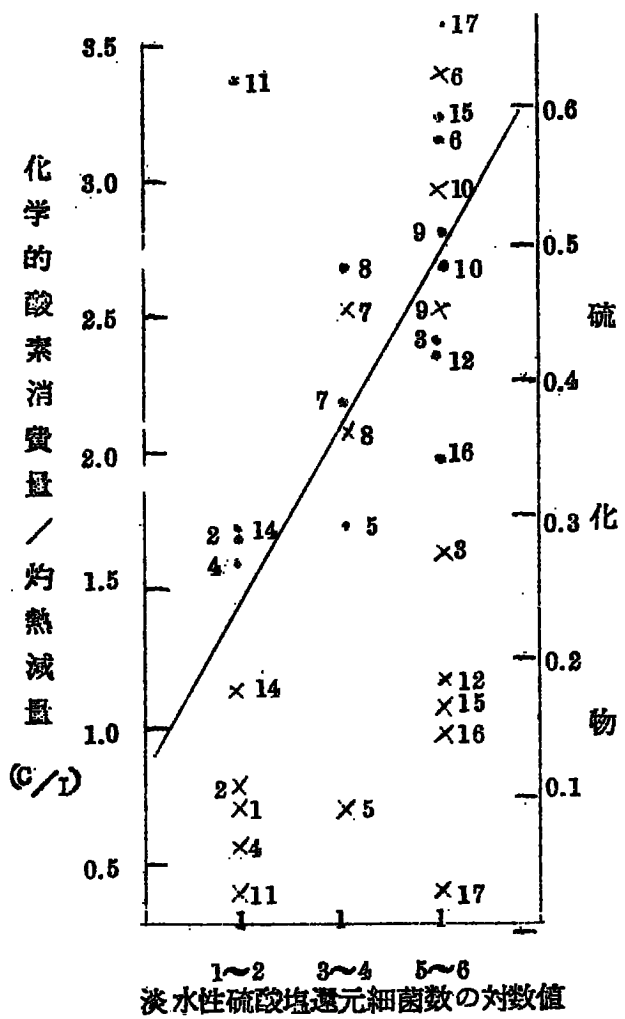
4) 而して、底土中の硫酸塩含有の起源を探究するため、第 1, 2 表にもとずき瀬田川底層水と底土中の硫酸塩含有との関係を示せば第 6 図の通りで、底層水における硫酸塩含有濃度は、ヴァイスコース式人絹工場(東洋レーヨン株式会社滋賀工場) 廃水瀬田川排出口より上流の第 1, 2, 3, 4, 5 地点では 1.72 PP.m ないし 3.09 PP.m であるのに、同工場廃水排出口

より約40m下流の第6地点(水深0.8m)では急激に増加し、63.79 P.P.mの含有を示し、瀬田川西岸流域において流下するに従い漸次減少している。又本調査時における瀬田川東岸の第16、17地点では県内一般水域の硫酸塩含有と差が認められなかつた。

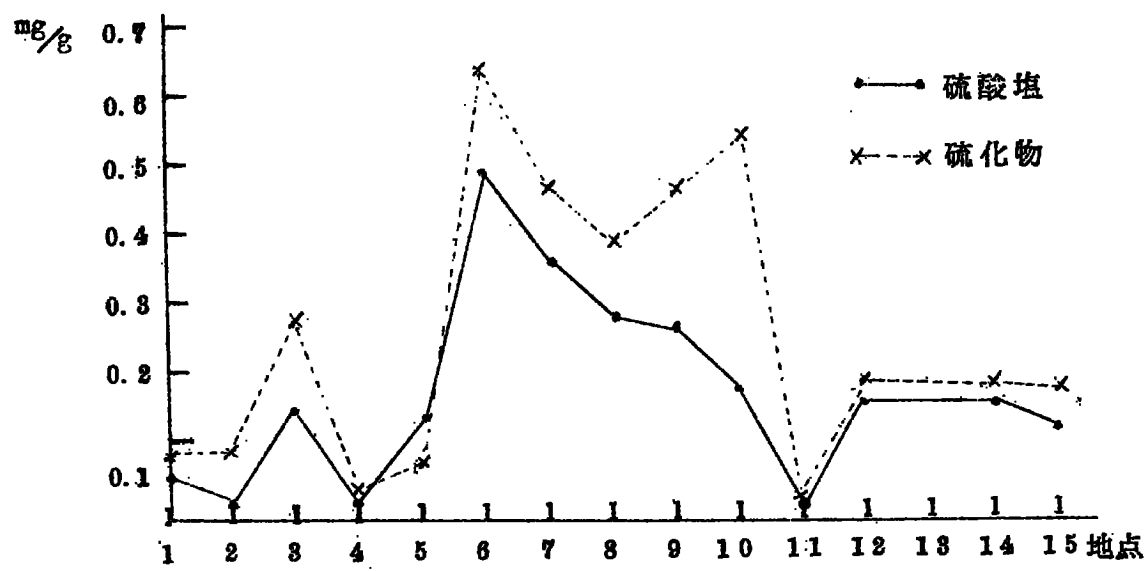
底土中の硫酸塩含有濃度も第6地点で急激な増加を示し、下流に行くに従い漸次減少し、底層水の硫酸塩含有分布と同傾向を示しており瀬田川の観漁場におけるセタシジミの減産をうながす原因となる要素源は、この人絹工場廃水にあると考えられる。

なお底土中の硫酸塩含有で人絹工場廃水と何等関係のない第3、5地点で本調査実施時底層水の硫酸塩含有と相反して0.189~0.120 mg/g 乾土の含有が見られたが、此等地点の上流西岸に前述の製板紙パルプ廃水⁶⁾、大津市の都市下水および第5地点上流西岸の森越川から東洋レーヨン株式会社滋賀工場硫酸回収工場の廃水の一部が排出しているので、これら廃下水に含まれる硫酸塩が永年の間に沈降吸着したものと史料される。

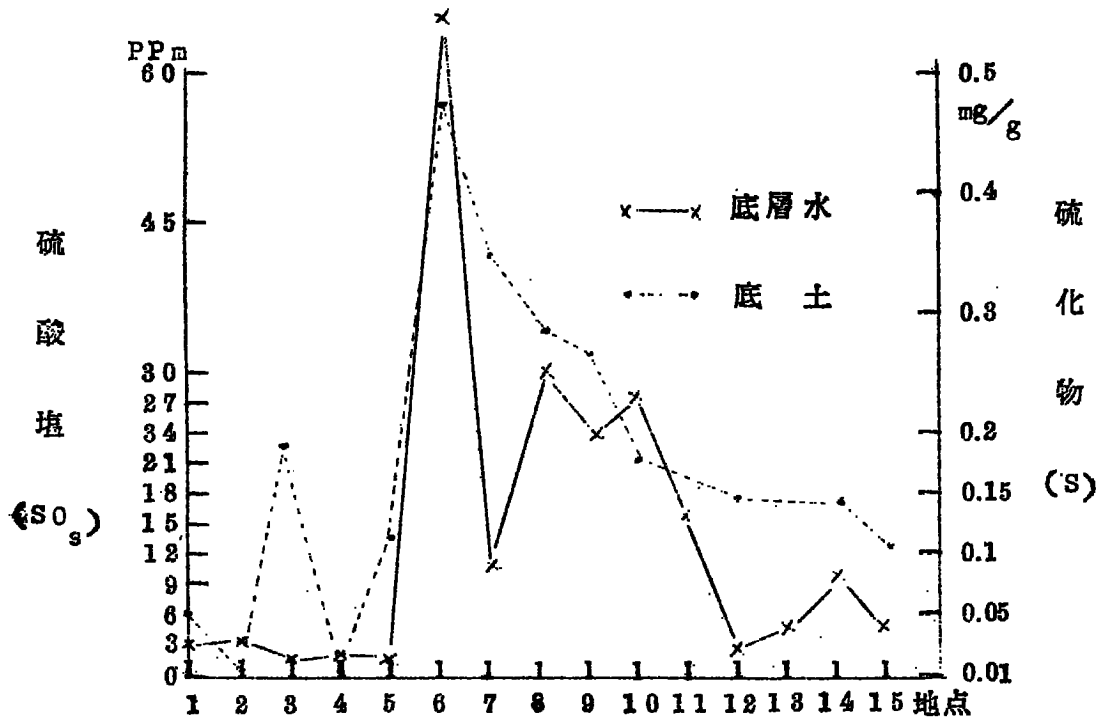
●細菌とC/Iとの関係
×細菌と硫化物との関係



第4図 底土中の化学的酸素消費量・灼熱減量の比および二次生成硫化物と細菌の数の関係



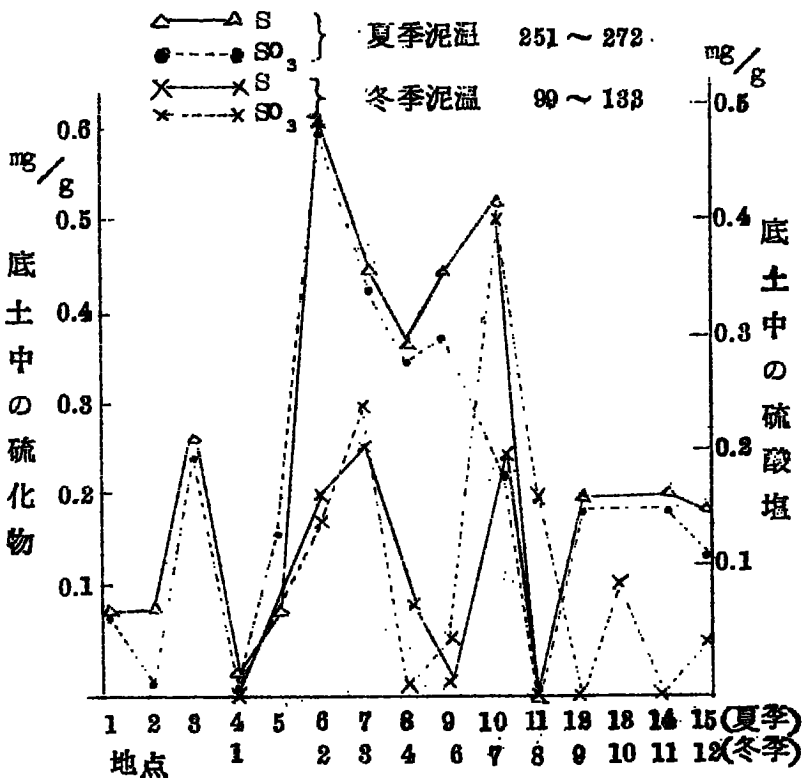
第5図 底土中の硫酸塩と硫化物との関係



第 6 図 瀬田川における底層水と底土との硫酸塩含有の関係

5) 冬季¹⁾と夏季における泥温の変化による底土の硫酸塩含有と細菌の活動にともなう硫化物の二次生産との関係を比較して図に示せば第 7 図の通りで冬季の低泥温時には硫酸塩濃度が大きであっても細菌の活動が停止しているため二次的に生産される硫化物が少く、夏季になると泥温が上昇すると細菌の活動が活潑となり硫酸塩を還元する作用が盛んに行われ硫化物の生産が助長されたことを明示している。

6) 本調査水域における底土中の化学的酸素消費量、灼熱減量で表はされる有機物は第 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15,



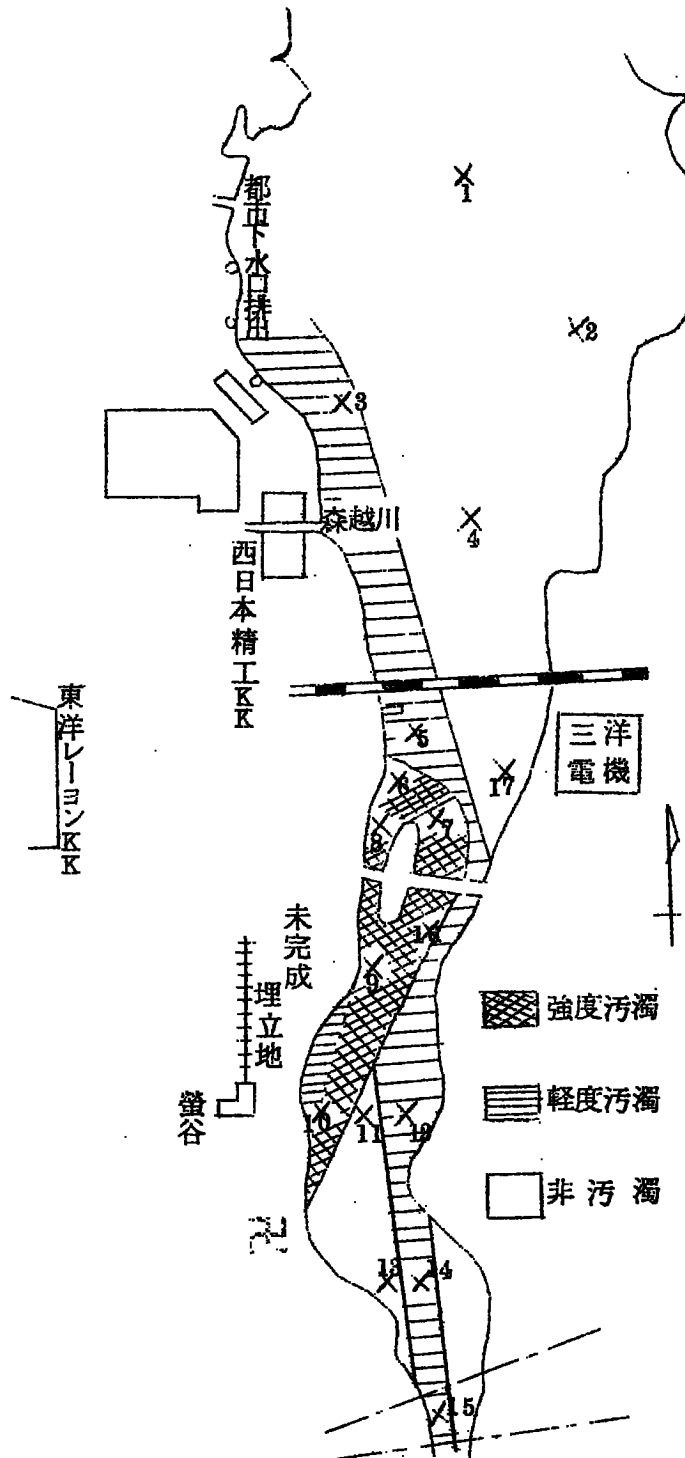
第 7 図 泥温の変化による底土中の硫酸塩濃度と硫化物生産との関係

16 地点に多く、主に瀬田川西岸部に比較的多量な有機物の沈積が見られることから、前述の鉄橋上流部からの各種廃下水に依る点も考えられるが、特に第 6, 7, 8 地点で 2~3 倍量に急増していることから鉄橋より下流部の瀬田川における有機物の沈積の起源は殆んど東洋レーヨン株式会社滋賀工場廃水にあると考えて差支えないと思料される。

7) 淡水性硫酸塩還元細菌の発育がよく、硫酸塩の還元反応に水素の供給源として用いられる有機物の濃度も高く、かつ硫酸塩の含有も多量で硫化物の二次生産の多い第3, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 16 地点のPHを見ると木俣外⁷⁾, 村上⁸⁾, 川口・大杉⁹⁾等の指摘しているPH範囲よりはるかに低い値を呈しているが、これは本調査実施時以前に既に細菌の活動が開始していて、本調査時には細菌の硫酸塩還元作用が最盛期¹⁰⁾に達していることを暗示している。

8) 底土中で二次生産された硫化物のシジミに及ぼす毒性については、生物試験を実施していないので明確には言えないが、荒川¹¹⁾の海水底土中の硫化物含量のアサリに及ぼす致死量(0.5 mg/g)をあてはめて差支えないものと仮定すると、第6, 10地点の硫化物含有量でシジミは致死する。又この致死量に近い第7, 8, 9, 16地点でもシジミの棲息に悪影響を及ぼしていると考えられる。

9) 以上の考察を総合して、瀬田川鯉漁場底土における二次生産硫化物のセタシジミに及ぼす汚濁水平分布状態を図示すれば第8図の通りである。



第8図 瀬田川底土汚濁水平分布図

要 約

泥温が26~27℃に上昇し瀬田川底土中における淡水性硫酸塩還元細菌の活動適期となった盛夏に前年度調査実施した水域と、更にこの細菌が作用して硫化物の二次生産を促がす栄養源となると考えられる廃水、都市下水の流入する瀬田川注入口より上流の琵琶湖水域を含めて、細菌、硫化物の分布および底層水質ならびに底質の硫酸塩、化学的酸素消費量、灼熱減量、PH等を調査観察し、

瀬田川漁場におけるセタシジミの減産傾向におよぼす硫化物の生産機構を種々の観点より検討して次の知見を得た。

1) 瀬田川および上流琵琶湖の一部を含む底土中における淡水性硫酸塩還元細菌は人絹工場廃水の有無にかかわらず化学的酸素消費量、灼熱減量であらわされる有機物が或る程度存在すれば、何れの地点にも多数存在している。

2) 底土中の化学的酸素消費量と灼熱減量との比の値が大きい程淡水性硫酸塩還元細菌の数は増大する傾向にあるが、この関係要素だけでは硫化物は生産されず、硫化物の生産にはこれ等要素と共に硫黄源としての硫酸塩の含有が絶対に必要である。

3) 瀬田川底土における硫酸塩は瀬田川注入口の上流にある製板紙パルプ工場廃水、大津市都市下水および東洋レーヨン株式会社硫酸回収工場の一部廃水等の流下にも幾分よるところがあるかも知れないが殆んど東洋レーヨン株式会社の活性汚泥法処理廃水中に含まれる硫酸塩の沈積吸着によるものと推定される。

4) 又淡水性硫酸塩還元細菌の発育増生に必要である水素の供給源として用いられる比較的分解されやすい有機物も東洋レーヨン株式会社滋賀工場廃水によるところが大きいと思料される。

5) 底土中で二次生産された硫化物がセタシジミの棲息に強く悪影響をおよぼしている範囲は第8図に示す第6, 7, 8, 9, 10, 16地点を含む水域と考えられる。

文 献

- 1) 水沼栄三：滋賀県水産試験場研究報告 10, 84~89 (1959)。
- 2) 富山哲夫・神崎嘉瑞夫：日本水産学会誌 17, (5) 115~121 (1951)。
- 3) 水沼栄三・村長義雄・其田冠一：滋賀県水産試験場研究報告 12 10~22 (1960)。
- 4) 箕田冠一・水沼栄三： 12 23~74 (1960)。
- 5) 木俣正夫 門田 元・畑 幸彦・三好英夫：日本水産学会誌 22, (11) 701~707 (1957)。
- 6) 水沼栄三・箕田冠一・村長義雄：滋賀県水産試験場研究報告 12, 10~22 (1960)。
- 7) 木俣正夫・門田 元・畑 幸彦・田島卓明：日本水産学会誌 21 (2) 102~108 (1955)。
- 8) Edahiko Murakami：愛知学芸大学研究報告 1, 77~79 (1952)。
- 9) 川口桂三郎・大杉 繁：日本土壤肥料学雑誌 16 (4) 123~135 (1942)。
- 10) 通商産業省鉱山保安局：水質基準 274~275 日本鉱業協会技術部 東京 (1957)。
- 11) 荒川 清：内海区水産研究所研究報告 7, (業績49) 12~15 (1955)。
- 12) 7 24~25 (1955)。