

## 水底質汚濁に関する研究——Ⅱ

### アンモニア廃水による魚類の 異常斃死の1調査例について

箕田冠一・村長義雄・吉原利雄

#### I 緒 言

近時の各種産業の発展は眼覚しく、これに伴って、加速度的に、水産生物の生活環境たる自然の水質、底質環境が、人為によって汚濁される機会が増加しつつあり、自然条件に依存する度合の大きい水産業にとって大きな問題をなげかけている。

各種汚濁の極端且つ急激な場合、そこに生息して来た水産生物の斃死事故を誘発し、人の眼に Catch されることになるが、我々は従来、水族の環境保全の観点から、この種事故発生の通報のあった場合は可及的速やかに現場調査を実施し、原因の解明、事故再発防止などに資すべく努めて来た。

然し乍ら、工場廃水などのように、汚濁成分が、恒常的に排出されるような場合は別として、偶発的な事故などが原因の場合は、環境変化は急激に起り、且つ速かに旧に復することが多いので、時間の経過のため、肝心の悪水塊を調査時、捕えることが出来ず、調査が全く徒労に帰するような場合も決して少なくない。

本報では、この種の問題の内 昭和39年6月7日、大津市尾花川町地先びわ湖々岸及び湖中に設置された小割式網生簀において発生した魚類の異常斃死事故、及びこれに対して行なわれた現場調査により、原因が、附近の製氷会社から不時に流失したアンモニアであろうと推定された一例について大要を報告し、大方の検討の資としたい。

#### II 経過の概要

##### 1) 斃死発生の日時

昭和39年6月7日 午前11時頃から12時位までの間

##### 2) 斃死事故発生場所

大津市尾花川町地先一帯のびわ湖南湖盆湖岸、及び湖中に設置された小割式網生簀

(第1図、調査地点図参照)

##### 3) 関係者

大津漁業協同組合及び同組合員（網生簀所有者）

4) 通報の種類

13時前後に、大津漁協組員からの電話連絡で斃死事故の通報をうける。

5) 現場調査の時刻

通報を受けた後直ちに調査準備を行ない自動車現場に急行したが、現地に到着したのは16時頃であり、採水を行なったのは16時30分頃となった。斃死発生当初からは約5時間位経過している。

6) 斃死現場の状況

漁業関係者から聴取した内容と我々が直接確認したことを総合して、斃死の模様を畧述すると大体以下のとおりである。

イ) 現場附近の状況。 斃死の起った場所は第一図に示したとおりであるが、附近には紅葉館ホテルがあり、又、少し離れた南側には製氷工場がある。ホテル附近の湖岸は完全に護岸された岸壁となって居り、その南方は自然のままの砂浜となっている。又この附近には二ヶ所にヤミ目立った流入水があり、一つは製氷工場の冷却廃水、他はホテルからの排水のようである。附近の住民から聴取した所によると、斃死発生時刻と同じころ、この一帯が、異様な悪臭に包まれた事実があったらしい。

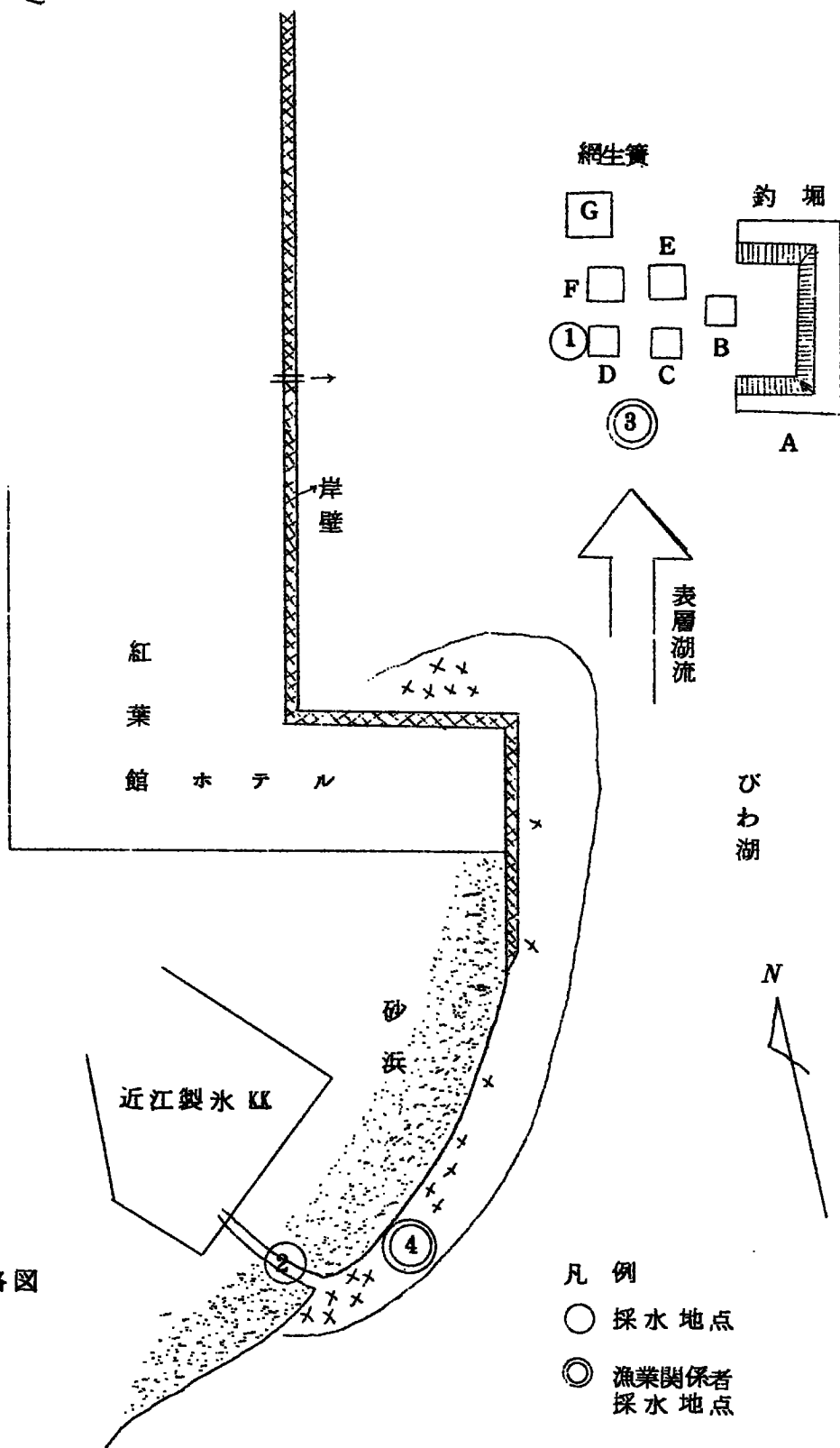
現場附近の湖は比較的速浅で、湖水は表層水がゆるやかに北上流しているのが肉眼的に観察された。

ロ) 斃死魚の種類、数量。斃死魚は製氷工場附近からホテル前面の湖岸部一帯に打上げられ、且つ浮上しているのが認められた。種類は、オイカワ、タナゴ類、ゼゼラ、ワタカ、カマツカ、アユ等附近の湖中に普通に生息するものである。数量は自然のものについては、正確に推定することは困難であるが、比較的の小規模であるとは云える。

網生簀については魚種及び数量は下表のとおりである。第一表でAは、釣堀になって居り正確な放養尾数が不明である。又、Bのハイとあるのはびわ湖地方で、オイカワの雌雄を別視して、♀をこのように呼ぶ。斃死重量が不明となっているのは、飼育による増重が、現場調査時

第1表 網生簀での斃死状況

イケース名	魚種	放養尾数	同重量	概略斃死率	斃死重量
A	コイ	—	—kg	0%	不 明
B	ハイ・アユ	—	—	—	
C	コイ	1,600	50	50	
D	コイ	4,300	300	50	
E	コイ	1,500	300	50	
F	オイカワ	100,000	300	100	
G	コイ	6,000	1,250	50	



第1図 調査地点略図

正確にわからなかったためである。

#### ハ) 斃死の経過及び特徴

生簀管理者がたまたま、投餌のため、斃死発生時現場に居あわせていたので、斃死の経過は比較的是っきり確認されている。それによると、異常は極めて急激に起り、同日午前11時30分～45分頃生簀網周辺で雑魚類が狂奔をはじめ、すぐに生簀網中の鯉、オイカワが苦悶、狂奔を開始、短時間で致死し、その後約30分を経過した12時前後には既に殆んど異常は回復した由である。調査時の状態では斃死魚の大部分は沈降していたが、浮上しているものもかなり認められた。生簀周辺でも陸地寄り程斃死が甚しかった。

斃死魚の外観的な特徴としては、湖岸部に散在した天然の雑魚類の斃死魚には眼球が異常に膨出しているものが多く認められた。生簀中のやゝ大型の鯉などでは、僅かにこの傾向が認められ、又鰓がやゝ褪色しているように感じられたが死後の一般的現象であるかも知れない。

#### ニ) 想定される斃死原因

これらの斃死状況から、一応強い毒性をもった化学物質が何らかの事情で高い濃度のまゝ一時この附近に滞留してこれに触れた魚類を斃死せしめたことはほゞ明らかと考えられ、且つそのものは、小雑魚類に眼球を突出させるような作用をも持つもの、と云うことが出来よう。

### Ⅲ 調査試験結果及び考察

現場調査で我々が確認した事実、関係者から聴取した状況及び調査時採集した試料を基に、水質分析、生物試験などを含む幾らかの実験を行なったので、以下にその結果を記し、重要な点について考察を加えてみよう。

#### 1) 採水試料について

本調査で採取した試水は4つある。この内調査地点1及び2(第1図参照)の試水は、我々が現場調査時採水した。調査地点3及び4(第1図参照)のものは、斃死時、漁業関係者が応急的にあり合わせのバケツ及び1斗鐘に採水(表層)し、保存したものを、参考試料として持ち帰り供試した。従って、調査地点、時刻その他やゝ曖昧な点もあるが、後述するように諸般の状況から、悪意による作為がなされたと云うようなおそれはまず考えられない。

又、分析進行中、 $\text{NH}_4\text{-N}$ に異常が認められたので、びわ湖水を簡易濾過した当水試水道水に、 $\text{NH}_4\text{-OH}$ をst4の試水と同濃度に加えたものを調製してBlankとし、比較対照の資とした。

#### 2) 調査時の気象及び水質分析結果

得られた結果を一括表示すると、第2-1、第2-2表のとおりである。

第2-1表 気 象

StNO	採水時刻	採水層	天候	風向	風力	気温	雲量	水温
1	16時30分	中層	bc	W	2	27.3	4	22.4
2	17時15分	表	"	"	"	"	"	-

StNO	採水時刻	採水層	天候	風向	風力	気温	雲量	水温
3	12時頃	表	bc	-	-	-	-	-
4	13時頃	'	'	-	-	-	-	-
B	当該水道水に NH <sub>4</sub> OH-N を 15.80 ppm 混入して分析に供試							

第2-2表 水質分析結果

StNO	O <sub>2</sub> cc/l	PH	アルカリ度		酸度 P.P	KMnO <sub>4</sub> 消費量	I <sub>2</sub> 消費量	Ca
			M.O	P.P				
1	4.26	7.53	ppm 36.5	ppm 0.0	ppm 4.5	ppm 15.92	ppm 7.60	ppm 9.19
2	6.14	7.41	44.0	0.0	8.2	14.66	0.00	11.52
3	-	8.40	43.0	0.0	8.0	37.35	0.00	9.60
4	-	9.60	225.3	174.0	0.0	171.14	5.58	9.25
B		10.20	253.0	199.5	0.0	11.06	0.00	10.51

NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P	Fe	τ <sub>600mμ</sub>	備考
ppm 1.75	ppm 0.003	ppm 0.015	ppm 0.054	ppm 0.00	3	現場調査時場員採水
3.16	0.003	0.042	0.290	1.07	5	
6.80	0.011	0.015	0.037	0.04	5	斃死時関係者採水
15.80	0.039	0.068	0.780	1.18	16	
15.80	0.000	0.000	0.060	0.00	0	

註：st 2 の水温が欠測になったのは水銀温度計破損のためである。

PHは帰場後硝子電極 PHメーターで測定した。

酸度、アルカリ度の値はCaCO<sub>3</sub>に換算したppmである。

KMnO<sub>4</sub>-消費量は酸性法、CaはEDTA法、NH<sub>4</sub>-Nはネスラー法、

NO<sub>3</sub>-NはMullin, Rileyの方法、PO<sub>4</sub>-Pは燐モリブデン酸青法、Feは硫シアン化カリ法によった。

τ<sub>600mμ</sub>は600mμの波長の光が濁りによって透過を妨げられる度合を、光電光度計で測定した透過率から算出した。1m当りの消散係数である<sup>1)</sup>。

- 1) st 1及び2の試水の水質で、留意を要する値を示した成分はNH<sub>4</sub>-N、PO<sub>4</sub>-P及びFeであった。この内、PO<sub>4</sub>-P及びFeはst2のみに表れた高値で、st-2の水源は地下水である点を考慮すれば、格別の異常とは云えないかも知れない。又、斃死原因たり得る可能性についてみても、PO<sub>4</sub>-P自体の毒性は殆んど無視し得る程度のもので、急激な異常斃死の直接原因となる可能性はまず考えられない<sup>2)</sup>。Feは、魚類にとって有害性のある物質とは見做されているが、この程度の濃度で短時間でコイ等を致死せしめようとは思われない<sup>2)</sup>。<sup>3)</sup>

PO<sub>4</sub>-PもFeも、びわ湖水中には甚だ少なく、地下水には多量に含有されることもある成分で、且つ製氷工場で冷却水に使用中増加する可能性の考えられるものである。

ロ) st1及び2の水質分析項目中問題となるものはNH<sub>4</sub>-Nの高値である。その理由は、調査時外湖水st-1の試水中の濃度が非常に高いこと、st-2では更に濃度が高くこの流入水が有力な汚濁源と考えられること及びNH<sub>4</sub>-Nが溶存状態によっては非常に強い毒性を魚類に対して示すことなどによるものである。

従来の各種調査から得られた知見<sup>4)</sup>・<sup>5)</sup>・<sup>6)</sup>から考えて、st-1の1.75ppmと云う値は異常と云うべき値で、何らかの人為的汚濁によらなければ先ずびわ湖外湖において現れることはないと思われる。急激な異常斃死事故のあった数時間後の現場採水試料中に表れた異常だけに、重要な点と云える。但し、この程度の濃度では、急激な魚類の斃死を招く程ではない。

st-2で更に高いNH<sub>4</sub>-Nの値を見たことは、st-1の異常の源がこゝにあることを示すものと云える。更に、本流入水が製氷工場の冷却廃水である点を考慮すると、事故等により、不時にアンモニヤが混入する可能性は充分あると思われる。

アンモニヤ若しくはアンモニウムイオンの水産生物に対する毒性及びその作用等については種々報告<sup>2)</sup>・<sup>7)</sup>されているが、特に留意すべき点は、NH<sub>4</sub>OHの形で毒性が著しく、従って毒性はPHの函数として変化する性質があること、PHが高い程毒性は強く表れること、魚類等の呼吸機能に障害を及ぼして、濃度が高いと急激に斃死に到らしめることなどの点であろう。

ハ) st3及び4の、斃死時採水保存試料の水質分析結果は、イ)ロ)で指摘した点をすべて裏書きするような値を示している。全体的に云えば、st1及び2の試水に表れた異常が一層強く且つ端的に表れていると云える。

st1, 2の試水3, 4の保存試料の水質を比較すると、後者が時間経過と共に平常に復しつゝ前者となったと見做すのが妥当で、後者に故意に作為が加えられた形跡は認められない。

st3, 4の試料のみについて云えば、PHが異常に高いこと、KMnO<sub>4</sub>消費量が多いことNH<sub>4</sub>-Nが非常に危険なまでの高値を示していること、PO<sub>4</sub>-P, Feが多いことなどが目立つ点である。PHの高値はNH<sub>4</sub>-NがNH<sub>3</sub>かNH<sub>4</sub>OHの形で混入したと考えるとよく理解出来る。PO<sub>4</sub>-Pがst4で非常に多いのは冷却用水としての用途のため人為的にこの種の薬品が添加されていることを示すものかも知れない。Feは恐らく地下水中に元来含まれたものであろう。KMnO<sub>4</sub>消費量の高値は、試水中に斃死魚が数尾入れられていたのでそのためと考えられる。アルカリ度、酸度の異常は、PH, KMnO<sub>4</sub>消費量, PO<sub>4</sub>-Pの異常に関連あるものと云えよう。

ニ) Blankの分析値は、びわ湖水にNH<sub>4</sub>-OHをNとして15.80ppmになるように加えた時の水質を示している。PH, アルカリ度など、st-4の試料にかなり似たものとなった。或程度の相違は基の水質の違い、緩衝能力の違いなどから当然と云えよう。

ホ) これら水質分析結果は、製氷工場で何らかの事故によりNH<sub>3</sub>或いはNH<sub>4</sub>-OHが大量に冷却水に混入し、外湖に流出してこれにふれた魚類を急激に斃死せしめたのではないかとの推測

を強く抱かせるものと云える。

### 3) 生物試験結果

水質分析と併行して、採水試料について、ヒメダカを供試魚として簡単な生物試験を行ない、毒性の表れ方などを観察した。st 1, 2の試料は、すでに天然域で調査時致死的な毒性を持っていないことが明らかとなっており、且つ試水量の関係もあって生物試験には供試しなかった。結果は次表のとおりである。

第 3 表

供 試 水			容 器	供試魚ヒメダカ		水温	PH	NH <sub>4</sub> - N	24h後 死亡率	備 考
種類	水量	稀釈率		全長	尾数					
st-3	約4ℓ	1/1	丸型ガラス	2~3cm	5尾	19℃	8.40	6.80	20%	残4尾異常なし
-4	5ℓ	"	"	"	"	"	9.60	15.80	100	5分後5尾共死 体表膨潤・眼球突出
水道水	5ℓ	-	"	"	"	20℃	7.50	0.00	0	5尾共異常なし
B	0.5ℓ	-	ビーカー	"	3尾	20.8℃	10.20	15.80	100	7~9分で死 体表膨潤・眼球突出

この結果の中で重要な点は

- イ) st-4の採水保存試料中に、本斃死事故の原因と思われる有毒成分がCatchされていること、これはこの種の調査の成否を決める重要な点である。問題の悪水塊を捕え得れば、先ず現場調査はかなりの部分まで目的を達したと見て良いと思われる。
- ロ) 致死の状態が、現場での斃死状況に矛盾しないのみならず、眼球突出の特徴も表れた。
- ハ) 良好な水質の水にNH<sub>4</sub>-OHをst-4の試水と同程度に加えただけで、ほぼ同程度の毒性が表れた。これは、st-4の試水の示す毒性が主にNH<sub>4</sub> OHによることを示すと思われる。斃死魚の特徴も良く類似している。

等の諸点と云える。これらは要するに本斃死事故の原因となった有毒成分がアンモニアであったことを示しているものと考えられる。

## IV 摘 要

我々は水産生物の異常斃死事故に関しては速やかに現場調査を実施し、被害の実態、斃死原因などを明らかにし、水族の環境保全に資すべく努めているが、こゝにはこの種調査で各種の事情が比較的明瞭に把握された一例について記し、参考に供することとした。その概要を取りまとめると、以下のとおりである。

- 1) 斃死発生日時 昭和39年6月7日、午前11時頃から12時位の間
- 2) 場 所 大津市尾花川町地先一帯びわ湖及湖中設置の小割式網生簀。第1図参照
- 3) 関 係 者 大津漁業協同組合及び組合員 近江製氷株式会社
- 4) 通 報 大津漁協組員から斃死発生約1時間後電話連絡をうける
- 5) 現場調査時刻 斃死発生後約5時間経過。午後16時30分頃より調査実施

## 6) 斃死状況

- イ) 天然水域。近江製氷株式会社冷却水流出路附近から北方湖岸で、天然雑魚類が急激に狂奔致死魚種は、オイカワ、各種タナゴ、ゼゼラ、ワタカ、カマツカ、アユ等。斃死魚には眼球膨出の特徴が見られた。なおこの時の湖流は肉眼的に表層水が北上流しているのが認められた。
  - ロ) 網生簀。致死に到る経過はイ)に同じ。魚種コイ、オイカワ、アユ。数量は尾数にしてコイ約6~7千尾、オイカワ約10万尾、重量でコイ1.000kg以上、オイカワ300kg以上。
  - ハ) 斃死状況の特徴は、短時間に極めて急激に起り、且つ回復したこと。小雑魚の眼球膨出等。これらは化学的作用の強い有害成分が急激に作用したことを物語ると思われる。
- 7) 現場調査時採水した試料の水質分析結果からNH<sub>4</sub>-Nが異常に高濃度に検出された。その汚濁源は近江製氷株式会社冷却水でないかと考えられた。
- 8) 斃死時漁業関係者が採水保存した試料の水質分析結果は一層端的に7)の推測を裏付けるものであった。なおこの試料は水質分析結果の比較などから充分信用し得るものと思われた。
- 9) 生物試験結果も斃死原因物質がアンモニアであることを裏つけるものと思われた。
- 10) この種の問題の原因解明には斃死発生時の現場の試水を採取することが重要で、採取試水中に原因物質が含まれてさえいれば、原因物質の何たるかは知り易いと云える。ある水域で天然に生息する魚類等が致死すると云うような事態は、強い環境の悪変を示すものと考えられ、比較的明瞭に水質面などに異常が表れる可能性があると云える。
- 11) 諸般の状況は、近江製氷株式会社冷却水に何らかの事情により一時高濃度にアンモニアが混入して、外湖に流出し、この水塊にふれた魚類を急激に致死せしめたことを物語っていると考えられた。斃死発生後5時間経過した現場調査時でもその痕跡がかなりはっきりCatchされた。
- なお、本問題に関しては、既に会社側と漁業関係者の間で、話し合いの上円満な解決が見られていることを附記する。

## V 文 献

- 1) 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。滋賀県水産試験場業務報告・第14号。P 53-54。1962。
- 2) California州水質汚濁防止庁(一文字正三外訳)：水質基準。日本鉱業協会。東京。1959。
- 3) 日本水産資源保護協会：水産用水基準。P-28。1965。
- 4) 箕田冠一・有馬武司：びわ湖定期観測。滋賀県水産試験場研究報告・第16号。P 83-112。1963。
- 5) 箕田冠一外：びわ湖における埋立工事濁水に関する研究。滋賀県水産試験場研究報告。第18号。1965。
- 6) 箕田冠一外：湖中養殖適地調査結果。未発表。1963年度
- 7) 日本水産資源保護協会：水産用水基準。P 30-31。1965。
- 8) 松江吉行編：水質汚濁調査指針。恒星社厚生閣。東京。1-384。1961。



- 9) 西片武治：飲料水の判定標準とその試験方法，3版．日本水道協会．東京．1957．
- 10) 半谷高久：水質調査法，1版．丸善．東京．1960．