佐鳴湖に於る魚類斃死の原因に就て⁽¹⁾

清水 光 夫, 倉 茂 英 次 郎

On the Causes of the Death of Fishes at Sanaru-ko.

By M. SIMIDU and H. KURASIGE

Abstract:—Sanaru-ko is a highly eutrophied brackish lake, 0.6 km. in width and 2.2 km. in length, situated near the City Hamamatu in the prefecture Siduoka. Almost all the quantities of *Hypomesus olidus* (Pall.), *Konosirus punctatus* (T. & S.) and other fishes died in the short period, from the evening of 30th. to the morning of 31st., August 1933. In this paper the causes of this sudden occurrence were investigated by us in view of chemical, biological and meteorological conditions. Since the middle part of the month of August a remarkable outburst of water-bloom, mainly consisting of *Clathrocystis aeruginosa* Henfrey had been occurred and before a few days of this unusual event the phytoplankton died and sunk down into the bottom layer. As a result of putrefaction of the organisms the O_2 -consumption and H_2S -production (3 mg./L) were made and moreover the supply of O_2 was very poor by the prevalence of the calm weather.

I. 緒 言

濱松市外入野村佐鳴湖に於て昭和8年8月30日夕刻より31日午前に亘り養殖魚類の大部分の斃死を來し總額1萬貫の損害を蒙つた。依つて静岡縣養魚同業組合より該原因並に誘因調査を依頼されたるを以つて、著者の一人清水は31日正午現場觀測並に採水を爲し溶在酸素、離遊炭素、炭酸硬度及び硫化水素の分析を行ひ、其他の營養鹽類等の分析並にプランクトンの査定は中央氣象臺に於て倉茂之を爲した。

魚類中全滅せるものはワカサギ、コノシロにしてエビ、ブシ、イナの當才のものは6,7割其他フナ、コヒ、ウナギの斃死せるものを可なり見らる。

II. 佐鳴湖の地理的要素其他

佐鳴湖は濱松市の西方約3 km. 入野村地内にあり幅0.6 km, 長さ2.2 km. を有し北東より南西に延びる小湖である。(第1圖参照) 湖の長軸の兩岸は高さ約30 m. の丘陵岸に迫り短軸の兩岸即ち北東岸と南西岸は平地に接して居る。流入河川は大なるもの無く只北岸に三方原臺地に源を發する2小川注入するのみで、流出は南西端にあり濱松より濱名湖

(1) 中央氣象臺彙報.

に通ずる堀留運河と合し濱名湖に入る。深さは大部分 2 m. 内外で最深點 2.2 m. である。田中阿歌麿⁽¹⁾氏に依れば其の成因は往時此の附近は、濱名湖の一入江であつたが其の後三方原の隆起と共に現神久呂、雄踏の地域を構成し本湖と分離したものであると云ふ。故に以前は可なり鹽分の高い鹹湖であつたが現在は鹽分僅に 3% 内外に過ぎない。(清水)

III. 斃死前後の魚類の状況

佐鳴湖養魚事務所主任竹村氏談に依る。8 月 22 日頃より富塚村小鉾(北東岸)方面の水澄み次第に青粉(水の華)(倉茂註。之は主として *Clathrocystis aeruginosa* ならん)固まり湖中に垂下せる鰻の生かし少量斃死す。28 日夕刻 5 時鮒浮上す。29 日夜鰻の生かし 16 貫全部斃死す。尙當夜曳網を曳きたるも富塚附近にては 1 匹も漁獲なし。30 日夜 8 時半頃小海老岸に集り(ハリツクと稱す)陸よりの垂水口附近に群集し、2 百匁位の鰻岸にのぼる。午後 8 時頃より 10 時頃の間ツナシ(コノシロの幼魚)全部浮上し夜半ワカサギ斃死浮上す。翌 31 日朝 8 時頃斃死魚最も夥し。(清水)

IV. 魚類斃死前後の佐鳴湖の観測

濱松測候所に於ては 8 月 8 日濱名湖観測の 1 部として佐鳴湖の観測を行ひ更に前記の如く 8 月 31 日に再び観測を行つたが其の結果は第 1 表の如し。

即ち水温は 8 日には表面より次第に底部に低下するも 31 日には表底層孰れも 30.3°C の高温を示す pH に於て 8 月 8 日は湖内何れも 9.8 の強アルカリ性反應を呈し如何に

第 1 圖

佐鳴湖の昭和 8 年 8 月 31 日に於ける pH の水平分布圖
(括弧内の數字は観測地點番號)

(1) 田中阿歌麿: 日本地理風俗大系.

Clathrocystis の生活力の著しきかを示して居る。然るに同月 31 日に於ては 8.5~7.4 に低下し特に被害の甚しき湖の北部は低値を示してゐる。

更に溶在酸素に就て見るに 8 日は植物性プランクトンの光力合成作用に依つて 130% 以上の甚しい過飽和を示すに反し、31 日には St. 2 に於て 36% の少量となる。北部區域の觀測値の無きは甚だ遺憾であるが pH の分布状態より推察して St. 3, 4 附近はより以上の酸素量の減少あるものの如く、且つ該觀測時は正午なるも魚類斃死の最も著しかりし同日早朝は酸素の日中變化の最低出現時⁽¹⁾にあたるが故に其の O₂ 量の甚しく缺乏し居たるは想像に難くない。更に有機物の腐敗に依る硫化水素が 31 日には 3 mg/L 發生して居る。(清水)

第 1 表

日 附	時刻	地點	気温	湿度	雲量	風向	風速	水色	透明度	水 温		pH	O ₂ c.c./L.	O ₂ %	H ₂ S mg/L.	CO ₂	Cl g/L
										0m	2m						
8, VIII	8-13	11	28.7	73	—	—	—	10	0.5	29.0	28.3	9.8	—	—	—	—	
	8-37	4	28.4	83	OK. 1	NE	1.5	—	0.5	29.1	—	9.8	7.73	139	—	-0.5	1.635
	9-28	6	30.2	71	—	—	—	—	0.5	29.7	28.3	9.8	—	—	—	—	
	9-43	2	30.3	70	K. 1	S	1.2	10	0.5	30.2	28.3	9.8	7.21	132	0.94	-0.9	1.735
31, VIII	13-50	1			10	S	1			30.3	30.3	8.4	3.72	63	—	-0.1	—
	14-50	2			10	S	1			30.3	30.3	8.0	1.94	36	2.83	—	—

V. 魚類斃死前後の氣象

今濱松測候所觀測に於る 8 月中旬以後の氣象状況を記せば第 2 表の如く連日平年より 1°C 以上の高温を保ち、風速は 20 日より 31 日に至る 12 日間日平均 2 m. を出でず、天氣は連日好晴で従つて雲量少く日照時間は 27 日以後 10 時間以上である。(清水)

第 2 表 氣象要素

1933 VIII	平均気温	最高気温	最低気温	風速 (m/sec)	日照時數
25	25.9	29.9	21.7	1.7	12.2
26	26.2	31.4	22.3	1.6	8.9
27	25.8	30.5	20.9	1.8	10.1
28	26.5	30.6	22.7	1.9	10.5
29	26.4	29.9	22.2	1.4	10.2
30	26.4	30.9	21.7	1.5	12.5
31	25.8	31.1	21.5	1.8	10.5

(1) 倉茂英次郎：藻の水中溶在酸素の日中變化と日射量，氣象集誌，第 10 卷，第 8 號，1932.

	時 日	2	6	10	14	18	22
氣 温	29	24.4	22.7	29.9	29.3	27.2	24.8
	30	23.3	22.3	29.6	30.5	27.8	24.6
	31	23.1	22.3	30.0	28.8	26.9	23.9
風向, 風速	29	WNW 1.8	SE 1.9	NE 0.5	SSW 3.9	SSW 1.0	— 0.2
	30	NE 1.6	N. 2.0	SSW 1.5	S 4.2	S 0.9	E 1.0
	31	N 2.2	NNE 1.9	N 0.5	SSE 3.2	SE 0.6	SEN 1.5

VI. 佐鳴湖のプランクトン

プランクトン定量は 8 月 31 日採集の水 300 c.c. を採り網目の番號 No. 20 の Müller ガーゼにて濾過し其の個體数を數へた。

第 3 表の如く平原の富營養湖の水の華として最も普通なる藍藻類の *Clathrocystis* 相當に多く査定せられたが其の大部分は本來の體色たる藍綠色を失ひ薄褐色を呈し既に生活力の失はれたるを示してゐる。綠藻類には只 *Botryococcus* 1 種のみ見られ、珪藻の量及び種類數も比較的少ない。31 日以前のプランクトンの定量成績の缺けてゐるのは遺憾であるが竹村氏の談らるゝ如く 27 日頃より水の表面に浮漂せる *Clathrocystis* は水温其他の生存に不適當なる環境條件に依り其の生活に堪えず沈降し腐敗せる結果前述の硫化水素の發生及び酸素の缺乏を來したものである。

更に酸素消費の一因として見逃し得ないのは輪蟲類の多量に見られた點である。(倉茂)

第 3 表 佐鳴湖のプランクトン (表層, 1 L 中の個體數)
(31, VIII, 1933)

<i>Clathrocystis aeruginosa</i> Henfrey	7,800
<i>Aphanocapsa grevillei</i> Rab.	200
<i>Botryococcus braunii</i> Kützing	500
<i>Pleurosigma attenuatum</i> W. S.	200
<i>Synedra</i> sp.	400
<i>Fragilaria</i> sp.	300
<i>Amphora ovalis</i> Kützing	200
<i>Anuraea Cochlearis</i> Gosse	100
<i>Monostyla</i> spp.	1,200

VII. 化 學 成 分

第 4 表に見らるゝ如く地點 2 に於て 8 日と 31 日の相異を見るに珪酸鹽はあまり減少し

第 4 表

日 附	地 點	SiO ₂ (mg/L)	P ₂ O ₅ (mg/m ³)	N ₂ O ₃ -N	N ₂ O ₃ -N	Hard. ness	Consumed O ₂	CaO (mg/L)
8, VIII	2	17.3	203	85	2.8	3.56	4.60	40.3
31, VIII	1	15.4	200	40	1.5	3.30	5.52	—
	2	16.8	122	40	1.0	3.30	5.48	40.5
17 IX	A	10.0	133	—	1.2	4.10	5.36	—
"	B	15.3	168	30	1.0	3.70	5.40	55.5
"	C	10.6	180	—	1.0	4.70	5.60	—
"	D	13.0	30	15	0.5	2.10	2.18	6.44
"	E	16.8	22	—	0.5	2.10	2.00	6.40

ないが磷酸鹽は約 80 mg/m³ 及び窒素化合物も相當の消費が認められる。有機物も可なり多く又海水の殘存の爲に Ca 量 40 mg 以上にして従つて炭酸硬度もやゝ高い。營養鹽類の最減期にあたる夏季に於てさへ斯く豊富な營養鹽類を有する事は適當なる注意に依つて魚類養殖場として好適な湖であると云ひ得る。

第 5 表 昭和 8 年 9 月 17 日の觀測値
(地點は第 1 圖 參照)

地 點	時 刻	氣 溫	水 溫 (0m)	pH
A	11-00	27.7	28.9	9.1
B	11-17	27.1	27.9	8.6
C	11-25	29.2	29.3	8.4
D	8-20	—	—	6.4
E	8-35	—	—	6.55
2	7-00	23.5	28.1	9.3

更に 9 月 17 日には注入川及び水道の水質を識る爲に觀測を行つた。水道は濱名湖に近くに従ひ海水本來の pH 値に降り D, E の注入川の地點は弱酸性を呈するが魚類に害を及ぼす程ではない。(倉茂)

VIII. 魚類斃死の原因に對する考察

以上數項に亘り吾々の得たる觀測資料に依つて水の化學成分の變化、生物學的及び氣象要素の方面の事實を記述したのであるが、之が魚類斃死の原因に就ての明確なる結論を與へるには稍々不完全の憾がある。例へば斃死時及び最も被害の甚しき地點及び底層に於る酸素含量其他の觀測の缺乏或は斃死前のプランクトン定量成績の無き點等である。更に此の問題は各魚類の環境の變化に對する生活力の強弱即ち生理的方面に關連し此等の生活機能に對する實驗的知識を得るにあらざれば其の主因の斷定を下し難く、又曾つて小南清⁽¹⁾氏に依つて提論せられたる如く赤潮の害を起す程度の惡水に於ては當然細菌の繁殖も旺盛なるべく此れに依る魚類に對する障害も考慮せねばならない。Steuer, A.⁽²⁾も述べて居る如く *Clathrocystis* の著しい増加の今回の現象の如きは赤潮の 1 種として取り扱ひ得べく從

(1) 小南清：赤潮の細菌學的研究，植物學雜誌，第 25 卷，第 298 號，明治 44 年。

(2) Steuer, A.: Planktonkunde, 1911.

つて其の原因を大別して2と爲すべきである。即ち藍藻の顯著なる増殖を促せる適當なる環境條件及び該藻類の急激なる死滅を來す不順なる狀況であり、此の結果として O_2 の缺乏、 H_2S の生産及び細菌の發生等を來し水族に對して其生存に堪えざらしめざるに至る。

今與へられたる材料に依つて其等の原因に就て考察を進める事とする。先ず其の遠因たる *Clathrocystis* の増殖であるが化學分析表に見らるゝ如く元來營養度の高い佐鳴湖に於て $20\sim 25^\circ C$ の比較的高溫を好む⁽⁶⁾此の種類は8月中旬頃の順調な天候に依つて著しい増加を示した事は水素イオン濃度の著しい高値よりも推測し得られる。8月下旬に至り30度以上の水溫に依つて遂に *Clathrocystis* の生存に堪え難く底層に沈降し湖底有機物と共に腐敗を來し酸素含量の積極的な消費並に硫化水素の發生となり、又比較的生活力の強い惡水にも堪え得る輪蟲類特に *Monostyla* spp. の旺盛なる繁殖は更に酸素を消耗した。一方酸素供給源の一たる湖水の擾亂が連日無風状態の爲起らず遂に8月31日早朝に於る如き狀況となつた。前述せる如く魚類斃死の直接原因は酸素含量の缺乏、硫化水素の害作用及び細菌の影響等であるが、最後の細菌に就ては全く議論すべき資料を有せず、硫化水素が如何程の量に達せる時害となるかの實驗的研究は寡聞にして著者等は未だ知らない。最初の水中溶在酸素の缺乏に對する魚類の生存し得る最低値に就ての實驗は2, 3見られる。⁽⁵⁾

- (1) マイワシ 2 e.c./L. にて鼻上し初む、水溫 $24^\circ C$.
- (2) フグ 0.9 e.c./L. にても生存す、水溫 $12\sim 22^\circ C$.
- (3) コアユ 2 e.c./L. にて多少、1.5 e.c. にて全部鼻上す。但し O_2 を漸次的に減少せしむれば 1 e.c. 以下にても生存す、水溫 $16^\circ C$.
- (4) フナ 1.0 e.c./L. にて尙生存す、 $12.8^\circ C$.

今回の魚類中の全滅せるワカサギ、コノシロに就ての實驗成績の無いのは遺憾であるが前者に極く近縁のアユ、後者に類するイワシは 2 e.c. にて鼻上し始め、フナ等が斃死率の低かつた事は此の實驗値と良く一致してゐる。31日正午に於る O_2 の觀測値 1.94 e.c. は全滅せしむる程の低値では無いが前述の如く早朝は之以下に減少せりと思はれるので、酸素含量の缺乏のみにても上記の魚類を斃死せしむる可能性が充分あると考へられ、少な

(1) 末廣恭雄：水産物理談話會。33 號、昭和 7 年。
 (2) Hall, F. G.: The Respiration of Puffer Fish. Biol. Bull., 61, 1931.
 (3), (4) 滋賀縣水産試驗場事業報告。第 1, 2 卷。
 (5) 末廣恭雄氏の厚意を謝す。
 (6) Whipple, G. C.: The Microscopy of Drinking Water, 1927.

くとも最も主要なる斃死の要因の一であると云ひ得る。

尙濱名湖に通ずる流出口狭く殊に8月下旬は濱名湖の水位高く流出の不充分なりしも湖水變質の一因と考へられる。(倉茂)

IX. 結 言

以上佐鳴湖に於ける魚類斃死の原因の考察を主題として2, 3 陸水學的な記述を爲した。魚類斃死の直接原因は湖水の溶在酸素の缺乏と硫化水素の増加に依つて魚類の呼吸困難に陥つた爲と推定せらるゝが其等水質變化を來さしめた原因は植物性プランクトン特に *Clathrocystis aeruginosa* の著しき増殖後の死滅腐敗と動物性プランクトンの増加であるが更に氣象要素中特に氣溫の過高と無風状態の空中よりの酸素供給の遮斷とが誘因と爲りしに因る。

斯くの如き被害を未然に防ぐ爲には底層水の循環を良くし其他相當の施設並に經營上の改良を爲すべきである。(倉茂)

(17, XI, 1933. 氣象學會講演發表)

米 作 と 氣 象 (第 四 報)⁽¹⁾

伊 東 四 郎

Relation between the Yield of Rice-crop and the
Meteorological Elements in Japan. (Part IV)

By S. Ito.

Abstract:—In this paper the relation between the yield of rice-crop and the summer temperature has been determined for each prefecture of Japan. The average yield of rice-crop in each district correlates to the normal summer temperature of the prefecture, and its correlation coefficient was found to be 0.54. The variability of the yield of rice-crop for the twenty years preceeding 1931 and that of the summer temperature were calculated. The ratio of these two quantities depends upon the position of each prefecture, and the average value of these ratios for the whole country is about 50%.

前回の米作と氣象⁽²⁾(第三報) までには全國的に見た米作と氣象の關係、及び全國を十地方區に分けた各區の米作と氣象との關係に就て述べたが、本編に於ては之を更に全國各府

(1) 中央氣象臺彙報.

(2) 伊東四郎：米作と氣象(第三報)，氣象集誌 第二輯，第十卷，第十一號，昭和七年。