

養魚池水質調査(1)

——水産孵化場養鯉池の一考察——

江 口 弘 大 久 保 正 一

諸言 本邦湖沼、養魚池の水質に就いては従來各方面に於て幾多の研究調査が遂げられ、之れが養魚上の裨益する所は尠くない。又養魚池に於ける水質の日中變化を究明する事は養魚上の實際問題として重要であり、古くは川村氏(1934)、大島氏(1927)、渡邊氏(1932)、瀧川、杉田氏(1934)、吉越氏(1935)、等の論文がある。又魚の鼻揚時の水質を研究されたものに H. S. Pruthi(1932)等の論文があり、魚の鼻揚げ、特に未明に起る鼻揚げの主要原因は有機物の分解、藻類の呼吸作用に基く炭酸瓦斯の増加、溶存酸素の缺乏に在ると言はれてゐる。

筆者等は昨年7月機會を得て水産孵化場、止水養鯉池、流水式養鯉池、稻田養鯉池の三種類につき、水温、酸素、水素イオン濃度の日中變化の状態、及び浮游生物の觀察を行つたが、當日、止水池に於ては飼育魚の鼻揚げ實施を觀察する機會に出會した。觀測回数は僅か一回に止まつたが以下結果を述べて參考に供したいと思ふ。

觀測池の状況及び觀察方法

觀測池は水産孵化場構内養鯉池の止水池、稻田、流水池の三種類につき觀測した。當日各養鯉池の状況は

- 1 止水池(四角型, 101.6坪, 水深2尺, 池壁板, 底質泥土)で河水を引用し, 長期間止水状態であつた。二才鯉75尾, 當才三色鯉900尾を飼育中。
- 2 流水池(河川利用流水式養鯉池で面積62.8坪, 水深1尺, 池壁玉石積, 底質礫泥)で注水量 $0.537\text{m}^3/\text{sec}$, 体長4寸-5寸の二才鯉527尾飼育中。
- 3 稻田(面積1.280坪, 水深4寸, 池壁コンクリート, 底質軟泥で用水は掛流し, 注水量 $0.0024\text{m}^3/\text{sec}$, 稲は昨年6月12日植付終了, 鯉仔放養は7月12日~7月16日に行ひ, 平均体長1.5cm, 平均体重0.05grのもの7000尾を飼育中, 稲の長さは78.0cm, 分蘗24本, 葉取11枚, で生長は良好。

觀測は7月19日午前9時より開始し, 其の後2時間目毎に觀測を繼續して翌朝の午前9時に止んだ。気温は孵化場構内備付寒暖計により, 水温は池水表面水温を測定した。酸素は Winkler 氏法により供試水を北原表層採水器で靜かに汲り取り, 之を氣胞, 波動の生ぜざる様注意して 100c.c. 酸素定量壺に移し, 可及的速かに之を定量した。次に水素イオン濃度は比色法により, 指示薬は Phenol red, Bromthymol blue, Thymol blue, を使用した。浮游生物の定量は小久保式 Plancton 定量装置により, 檢水10L中の容積 c.c. を以て表はした。次に觀測當日の池の状態を記すれば

- 1 止水池池水は濃綠色, 及び赤褐色を呈し, 前者は *Microcystis*, 後者は *Euglena* による所謂水の華(Water Bloom)を形成してゐた。その他見られたものは *Coelosphaerium* で動物性は植物性に比して甚だ少數であつた。正午, 池水10L中の沈澱量 1000c.c. の多量を示した。*Microcystis* 及び *Euglena* の水の華の形成状態の日中變化を觀察すると *Microcystis* は常に *Euglena* の下層に形成せられ, *Euglena* の赤褐色の水の華は日没後2時間程前より幾分黃褐色に變じて逐次池底に沈下して行つた。*Microcystis* は午前 11時頃より水の華を形成し, それは約4時間程繼續して午後時頃より沈下を始めた。

觀察當日の氣象條件と水の華形成状況を記すれば次の如くである。

時 間	天 候	風 向	風 速	雨 量	氣 温	<i>Euglena</i> 出 現 状 況	<i>Microcystis</i> 出 現 状 況
1948							
7. 19. AM 9	F	N W	1	1	26.4	+	-
12	F	N W	1	2	30.2	+	+
PM 3	F	N W	1	2	32.6	+	+
6	C	0	1	4	31.6	R	-
9	C	0	0	4	28.0	R R R	-
12	C	0	0	4	25.2	-	-
7. 20. AM 3	F	N W	0	0	25.1	-	-
6	F	N W	1	0	25.0	R R R	-

註 + 養魚池表面全層をなして出現

- 養魚池底部に沈下し表層に出現してゐない

R 養魚池表面に集塊をなして一部分出現

RRR 養魚池表面から見て浮上してゐる状態は見られないが池の側方よりみれば少し現はれてゐる状態

- 流水池 池水は透明で浮游生物として植物性のものでは *Anabaena*, *Coelosphaerium*, *Microcystis* 等が極微量出現してをり、動物性はほとんど見られなかつた。
- 稻田 池水は稍々白濁を呈し、植物性のものでは *Microcystis*, *Coelosphaerium*, *Oscillatoria*, *Anabaena*, *Euglena* 等があり、動物性のものは *Daphnia*, *Mospuit of Lava* 等が見られ、池水10L中の沈澱量 22.6c.c. を測定した。池底の稻株間には *Spirogyra* が一面に繁殖して緑色を呈し、處々イトミミズの集落も見られた。

観測當日、各観測池の浮游生物の種類別量的變化を示せば次の通りである。

種類	観測池			
	PIK. cc/10L	流 水 池	稻 田	止 水 池
		---	22.6	10000
<i>Anabaena</i>		RRR	RRR	RRR
<i>Coelosphaerium</i>		RR	C	C
<i>Microcystis</i>		RR	+	+
<i>Oscillatoria</i>		RRR	RRR	RRR
<i>Cocconeis</i>		-	RR	RRR
<i>Cocconema</i>		--	RRR	-
<i>Cymbella</i>		RRR	RRR	-
<i>Encyonema</i>		R	R	RRR
<i>Navicula</i>		-	RR	-
<i>Netrium</i>		RR	R	RRR
<i>Nitzschia</i>		-	RRR	-
<i>Mesotaenium</i>		-	RRR	-
<i>Milosira</i>		-	RRR	-
<i>Pinnularia</i>		RR	R	RRR
<i>Pleurosigma</i>		-	R	RRR
<i>Pediastrum</i>		-	RR	RR
<i>Secenedesmus</i>		RR	R	RR
<i>Staurastrum</i>		-	RRR	-
<i>Selenastrum</i>		-	RRR	RRR
<i>Euglena</i>		-	R	+
<i>Ruttulus</i>		-	-	RRR
<i>Daphnia</i>		-	RRR	-
Mosquit of Lava		-	RR	-

註 + 最多量 R 微量 C 多量 RRR 最微量

観 測 結 果

7月19日～7月20日に於ける各養鯉池の水温，酸素，水素イオン濃度の観測結果を示せば次の通りである。

観測時刻		7. 19.					7. 20.			
		AM 9	12	PM 3	6	9	12	AM 3	6	
事 項	候	F	F	F	C	C	C	F	F	
	風 向	NW	NW	NW	0	0	0	NW	NW	
	風 速	1	1	1	1	0	0	0	1	
	雲 量	1	1	2	4	4	4	0	0	
氣 温	°C	25.0	28.5	28.0	26.5	22.0	19.0	18.5	19.9	
止 水 池	水 温	°C	25.4	30.2	32.6	31.6	28.0	25.2	25.1	25.0
	O ₂ cc/L		4.15	6.93	6.76	5.68	3.07	2.40	2.00	1.53
	O ₂ %		71.3	130.7	133.0	109.6	55.4	52.5	52.1	26.1
	P H		8.8	9.8	9.5	9.4	8.2	7.6	7.5	7.4
稻 田	水 温	°C	25.2	30.2	34.0	32.0	27.4	27.0	25.5	24.6
	O ₂ cc/L		3.68	7.08	8.53	6.38	2.77	2.30	1.53	1.07
	O ₂ %		63.0	131.2	192.9	124.1	49.4	40.8	26.5	18.1
	P H		7.8	8.8	9.6	9.0	8.8	8.1	8.5	7.3
流 水 池	水 温	°C	21.8	24.8	27.0	27.4	24.8	23.8	22.5	21.6
	O ₂ cc/L		3.53	3.67	4.62	4.29	3.98	3.37	3.37	3.52
	O ₂ %		56.9	62.7	81.9	76.6	67.6	56.3	54.9	56.5
	P H		6.6	6.8	7.2	7.2	7.0	6.8	6.8	6.5

観 測 結 果 の 考 察

水 温 止水池に於ける最高水温は表面 32.6°C，最低 25.0°C で最高出現時は午後3時，最低出現時は午前6時であつた。稻田に於ては最高水温は34.0°C，最低24.6°C で最高出現時は午後3時，最低出現時は午前6時で止水池と一致した。以上の如く止水池，稻田に於ては水温は気温と同様日中高く，夜間は降下し，気温は高低を共にし，常に水温は気温よりも高温を示してゐた。流水池に於ては最高水温は 27.4°C，最低 21.6°C で最高出現時は午後6時，最低出現時は午前 6時であつた。その最高出現時は止水池，及び稻田のそれよりも約3時間遅れて出現した。しかして日中は気温が水温よりも高く，日没後之が次第に轉倒して水温が却つて高温となり，気温が水温以下に低下した。而して日没後は兩者共に上昇して気温の上昇が水温に勝る結果，夜間と反對の位置をとる様になる。本観測中の水温及び気温の一日中の最高，最低の較差を示せば次の通りである。

稻 田	{ 気温の最高最低の差	10.0°C
	{ 水温	9.4°C
止 水 池	{ 気温の最高最低の差	10.0°C
	{ 水温	7.6°C
流 水 池	{ 気温の最高最低の差	10.0°C
	{ 水温	5.8°C

気温及水温の最高最低は勿論の事，日中變化の相互關係は水界の状況に依り，又季節に依り氣象状況に依つて生ずる事は云ふ迄も無い事である。

酸素 止水池に於ける溶存酸素の最高は午後3時、6.76cc/L (133%)、最低午前6時、1.53cc/L (26.1%) で較差は5.23cc/Lであつた。観測當日止水池は前述の如く *Microcystis* 及び *Euglena* による水の華が著しく形成され、午前6時の観測に於て飼育魚の鼻揚げ實施を觀察し、最小酸素含有量は 1.53cc/L を測定したが、渡邊氏 (1932) は北大養魚池の観測 (8月29日, PM, 5.) で 0.42cc/L、大島氏 (1921) は豊橋養魚池で (7月14日, AM, 6.) 0.6055cc/L を測定、しかも當時鼻揚げがなかつた事を報告、又瀧川、杉田氏 (1934) が吉田實習場で 0.73cc/L で輕微な鼻揚げを觀察してゐるのに反して筆者等の場合は多量で奇異の感はあるが然し、この酸素の缺乏と水温の上昇が鼻揚げの主要原因をなしたものと考へられる。稻田に於ける溶存酸素量の最高は午後3時、8.53cc/L (192.9%)、最低午前6時、1.07cc/L (18.1%) で較差は 7.46cc/L を示し止水池のそれよりも大であつた。

止水池に於ける青粉 (*Microcystis*) の適度の蕃殖はミヂンコ類、その他、蟲類の餌料となり、呼吸作用による水中酸素が平時補給され、魚の呼吸を補ひ、養魚池には重要なものとされてゐる。愛知縣、静岡縣等の養鰻の盛んな地方に於ては養魚家は適度な藍藻の青粉を以て良好な養魚用水の基準となしてゐる。又最近 Weilman (1935) はドイツ、シュレエジエン地方に於て青粉によつて同地方の養鰻池の等級を定める事を發表し、多数の池につき精密なる研究、比較對照の結果が此等藻類の發生と池の收穫増加の關係が實證され、池の緑の着色によつて池の階級が判斷されてゐる事は注目すべきであらう。

しかし養魚池の植物浮游生物の過度の繁殖は夜間、その旺盛な呼吸作用のため酸素の最低時に危険を伴ふ恐れがあるから所謂濃厚池水とならざる様十分な注意を必要とする稻田に於ける綠色植物殊に *Spyrogyra* 等の繁殖についても同様である。Butcher (1930) は綠色植物の多く繁殖した池で飼育魚が急激に斃死する事を述べ有機物による酸素の消費、綠色植物による夜間の酸素消費量等が相合して水中酸素を魚に危険な程度にまで引き下げ得る事を述べてゐる。

次に流水池に於ける溶存酸素量を見ると其の最高は午後3時、4.62cc/L (81.9%) で最低は午前6時、3.52cc/L (56.5%) で較差は 1.1cc/L で止水池、稻田とは反對にあまり酸素の減少といふ事は起つてゐない。急流に於ては酸素を多量に必要とする生物が棲息する故酸素含有量は著しく多量の如く考へられるが、分析の結果は左程多い譯でなく、僅か過飽和の状態に却つて止水池が日中水中植物の同化作用の爲、飽和量の 2倍以上を含有するのに比較出来ない程少量である。故に急流中に酸素を多く必要とする動物が多いのは水中酸素が多い爲といふよりは寧ろ静止した水中では魚類の居る附近の水中酸素が消耗され、その補充は除々にその周圍から擴散によつて行はれるのに反して急流では絶へず酸素の飽和した水が魚に供給され殆んど酸素の減少といふ事が起らないからである。

止水池に於ける酸素量は水温が高まれば飽和溶解量は減少するが、日中は水中植物の同化作用に因つて過飽和の状態を示すのに反し夜間は水中動植物の呼吸及び腐殖質の分解等によつて、夜明頃に甚だ減少するものである事は前述の如くであり、之に加へて魚類の酸素消費量は水温 10°C 高まる毎に約倍量に達する事が判明してゐるから、單位面積に於ける飼育魚の量は自ら制限され、止水池に於ては坪當り400匁—500匁以上を收容する事は難事であるが、流水池に於ては單位面積の收容量は數貫—百數十貫迄増加し得る事が知られてゐる。酸素の最高量は其の水界の生物學並びに化學的状況、その他によつて左右されるもので、其の高低は一様でなく、最高出現時間は晝間水中植物の同化作用に依る放出酸素蓄積の頂點で多くは午後2時—5時の間にある事は間違ひの無い事であるが只其の観測時期、天候、水界周圍の状況等に依つて左右され、その高低は一様ではなくなるものである。筆者等の今回の観測の三池を比較すると水中植物の繁殖状況が一見して明かに稻田、止水池、が優勢であつた。又酸素の最低量の出現は日出直前或は直後の遠からざる中にあるが、これも水界の生物學的並びに化學的諸條件及び天候等の關係に相違偏寄するものであらう。

水素イオン濃度 止水池に於ける PH の最高は正午、9.8 の強アルカリ性に達し、以下次第に低下し、最低は午前6時、7.4 で一日中の較差は 2.4 であつた。稻田に於ては最高は午後3時、9.6、最低は午前6時、7.3 で較差は 2.3、PH の最高は止水池のそれよりも3時間遅れて出現した。流水池に於ては最高は午後3時—6時、7.2、最低は午前6時、6.5 を測定し、一日中の較差はわずかに 0.7 程度であつた。PH の高低の型は三池同様で晝間は濃度を高め、夜間は之を低下する。流水池に於ては特にその變化の度が少なかつたその變化の状態はその高低が酸素含有量の日中變化と相伴つた。これは言ふ迄もなく PH の重なる原因が水中動植物の呼吸及び同化作用に依つて水中の遊離、並びに半化合炭酸が増減するからであり、水中の生物、有機物等と密接な關係があり、此等の狀況の相違に依り夫々、其の價を異にするものである。筆者等の今回の觀測に於て止水池は浮游性藍藻 (*Microcystis*) 及び *Euglena* の所謂水の華を形成し、池水10L中の沈澱量は1000c.c. の濃厚池水であり、又稻田は綠色藻類 (*Spirogyra*) の繁殖旺盛であつた爲、PH はそれぞれ 9.8、9.6、といふ強アルカリ性を示してゐる、反對に流水池に於ては PH の日中變化の較差は極めて僅かであつた。

湖沼や養魚池に於て一般に水の華を形成する處では夏に水表面が浮游性藻類のためアルカリ性が増すものであるが、特に藍藻の水の華によつて著しくアルカリ性とされる事が知られてゐる。S. N. Skadowsky 氏は蘇聯邦の藍藻の水の華を主とする富栄養湖で PH 9.6—9.9 に及ぶ事を觀察し、我國に於ても吉村氏は埼玉縣高須賀沼に藍藻が現はれる時には湖水は急に強アルカリ性となる事を報告し、根來氏 (1935) は茨城縣神の池で *Anabenopsis Raciborskii* が水の華を形成し7月8日、午後2時—3時、表面水溫26.9°C、でPH \geq 9.9の強アルカリ性を報告、又同氏は同年9月8日、霞ヶ浦に於て *Anabena* 及び *Microcystis* の水の華形成時、水溫26.5°C、午前10時—12、時の間にPH8.5を觀察してゐる。養魚池に於ては渡邊氏 (1935) の觀察があり、北大養鯉池で8月28日、*Microcystis* の水の華形成時、午後2時、水溫27.3°CでPH9.2を測定、浮游生物の沈澱量1L中10c.c.を報告してゐる。

摘 要

- 1 北海道水産孵化場養鯉池三種 (止水池・稻田・流水池) につき觀測を開始して一晝夜に亘る日中變化を水溫、酸素、水素イオン濃度に對して測定した。
- 2 水溫は止水池・稻田共に氣溫と同様日中高く、夜間は低下して氣溫と其の高低を共にし常に水溫は氣溫よりも高かつたが、流水池に於ては日中は氣溫が水溫よりも高く日没後之が次第に轉倒して水溫が却つて高溫となり、氣溫が水溫以下に低下した。止水池の最高水溫は表面32.6°C (PM.3.)、最低水溫は 25.0°C (AM.6)、稻田に於ては其の最高は 34.0°C (PM.3)、最低は 24.6°C (AM.6) であり、流水池では其の最高は 27.4°C (PM.6.)、最低は 21.6°C (AM.6.) を示した。
- 3 酸素含有量は各地とも晝間に含有量多く夜間に少い。最高含有量は止水池、午後3時、6.76cc/L (133%)、稻田、午後3時、8.53cc/L (192.9%)、流水池、午後3時、4.62cc/L (81.9%) であり、其の最低は止水池、午前6時、1.53cc/L (26.1%)、稻田、午前6時、1.07cc/L (18.1%)、流水池、午前6時、を觀測した。止水池に於ては午前6時の觀測時、酸素含有量 1.53cc/L (26.1%) で飼育魚が鼻揚げを實施した事は注目に價する。鼻揚げの主要原因は水溫の高かりし事と酸素の缺乏にあつた様であり、養魚の鼻揚げと急激な斃死被害が日出前後にある事は養魚上注意すべき事である。
- 4 水素イオン濃度は各池とも晝間高く、夜間は少ない。その最高は止水池、正午、9.8、稻田、午後3時、9.6、流水池、午後3時—6時、7.2 であり、最低は止水池、午前6時、7.4、稻田、午前6時、7.3、流水池、午前6時、6.5 を觀測した。
- 5 養魚池の酸素、水素イオン濃度の變化は水中植物の生理作用に影響され、植物の繁殖狀況を異にする池の同時觀測により各池間に相違を生ずる。特に今回の觀察の結果、止水池に於ける植物

性浮游生物の過度の繁殖によつて現はれる所謂濃厚池水は養魚上注意を要するもので適當な注水の必要を認め、又稻田に於ける綠色藻類の過度の繁殖についても同様其の驅除をなす必要を認めた。

文 献

- 渡邊 宗重 1932 ; 養魚池に於ける水溫, 酸素, 炭酸瓦斯, 及び水素イオン濃度の日中變化, 水産學雜誌, 35.
 大島 信夫 1921 ; 養魚池水酸素含有量に就いて, 水産研究誌, 22,4.
 1931 ; 養魚池の異狀水質に就いての二三知見, 水産研究誌, 26,7.
 市村 正雄 1921 ; 養魚池に於ける酸素, 水溫, 及氣象狀態と浮游生物の關係, 水産研究誌, 16,7.
 吉越 義秀 1935 ; 臺灣に於ける養魚池水質に就きての一考察, 水産學雜誌, 38.
 阿 部 圭 1931 ; 養鯉と養鰻, 大日本水産會.
 山田徳二郎 1934 ; 養魚場の水質に關する資料, 水産試験場調査資料, 1,14.
 小久保清二 1931 ; 浮游生物分類學, 厚生閣.
 Butcher, 1930 ; Variation in composition of river water (Internat. River der ges Hydrob und Hydorog Bd 24 Heft 112.)
 Ward, H. B and G. C. Whipple, 1918; Fresh water Biology.
 上野 益三 1935 ; 陸水生物學概論, 養賢堂.
 根來健一郎 1935 ; 茨城縣神ノ池に於ける *Anabaenopsis Raciborskii* の夥しい繁殖に就いて, 陸水學雜誌, 5,4.
 Weimann, R, 1935 ; Die Grünfärbung des wassers in Schlesischen karpfenteichen, Fisherei Zeitung, 38,50.
 Skadowsky, S, N, 1926 ; Ueber die aktuelle reaktion der Süßwasserbecken und ihre biologische Bedeutung verhand, Intern, Limnol, 3.
 吉村 信吉 1931 ; 日本湖水の水素イオン濃度, 地理學評論, 7.
 Pruthi, H. S., 1932 ; Investigations regarding recent Epidemie of Fish Mortailty (Internat. Revve der ges, Hydrob, und Hydorog 26 Heft 319.)
 江 口 弘 1946 ; 北海道に於ける流水養鯉試験, 水産孵化場試験報告, 1,1.