

## 靜水養魚池에서의 水質觀察과 赤潮現象(물변화)에 관한 報告

金 仁 培\* · 朴 明 子\*

AN OBSERVATION OF WATER QUALITY AND RED WATER  
IN STILL WATER FISH PONDS

In-Bae KIM\* and Myeong Ja PARK\*

A study on the contents of dissolved oxygen and phytoplankton in the pond water has been carried out to determine the water quality and to investigate the cause of red water in fish ponds at Pusan Fisheries College in 1972—1973. The results obtained are as follows:

1. Measured oxygen content during the period from 6th to 7th of August 1972 was: 23.95ppm (328% in saturation rate) in daytime and 0.39 ppm(5%) in the early morning in the water which contains heavy bloom of phytoplankton, on the other hand, in clear water the range of oxygen content was 8.72 to 6.58ppm.

2. The occurrences of red water in 1972—1973 were always caused by the sudden death of *Synechocystis aquatilis* (Cyanophyta) when the water temperature was very high (30—33.5°C) and then high mortality of fish under rearing followed.

3. The phytoplankton observed during this study period was 133 species belonging to 55 genera in 23 families, and those of Chlorophyta was dominant in number of species, and Cyanophyta in quantity.

4. Zooplankton observed was 12 species belonging to 11 genera in 11 families, and they were very small both in number of species and in quantity compared to those of phytoplankton.

## 緒 言

適切한 養魚技術의 確立으로 單位面積當 最高의 生産量을 올리는 것은 養魚에 있어서 가장 重要한 施行過程의 한가지로 取扱된다.

여기에는 여러가지 要因들이 많았으나 가장 基礎的인 問題의 하나로 養魚池의 水質을 들 수 있으며, 그 중에서도 물속에 녹아 있는 酸素의 溶存量은 魚類의 呼吸에는 물론이고 水中의 化學反應에도 크게 影響을 주어 養魚池의 水質을 豫測할 수 있는 尺度라고 하겠다<sup>1)</sup>.

酸素의 溶存度는 水中植物 및 plankton과 密接한 關係가 있으며, 植物性 plankton의 繁盛과 死滅은 DO의 日日變化와 물 變化에 깊이 關與하여 魚類의 生理에 直接, 間接으로 影響을 미친다<sup>2)</sup>.

酸素의 溶存도가 魚類의 孵化 및 成長에 미치는 試驗에 關하여는 Adelman and Smith<sup>3)</sup>, Oseid and Smith<sup>4)</sup>, Moss and Scott<sup>5)</sup>, Coble<sup>6)</sup>씨 等の 研究報告가 있으며, 一般적으로 湖沼에 있어 淡水魚의 DO 安全濃度는 3ppm, 致死濃度는 0.3ppm을 限界點으로 보고 있다.

本大學 6號池 實驗養魚池는 白鰻(*Hypophthalmichthys molitrix*)의 飼育을 目的으로 植物性 plankton을 大量發生시킨 곳으로서 여름철 高溫期가 되면 하루의 DO의 變化가 매우 甚하여 낮에는 靑캄이나 새벽이 되면 溶存酸素量이 急激히 減少하고 이와 매물 같이 하여 물의 빛깔이 變換한 경우가 1972年 8月19日과 1973年 8月11日 2회에 걸쳐 觀察되었다.

이를 究明하는 基礎段階로서 日日 溶存酸素量의 變化와 plankton의 種類 및 量을 調査하였다.

물 變化에 對하여는 日本의 佐野에 依하여 日本의 養鰻池를 비롯한 여러 곳에서 그 經過와 原因等을 調査한

\*釜山水產大學, Pusan Fisheries College

研究 報告가 많이 紹介되고 있다. 8) 이에 依하면 植物性 plankton이 綠藻類에서 藍藻類의 一種인 *Microcystis*에의 移行 또는 rotifer에 依한 植物性 plankton의 捕食에 依한 물 變化 및 營養塩이 充分한 곳에서 炭酸塩이 不足한 경우 등을 列舉하고 있다.

이 報告에서 물 變化라 함은 養魚池內에서 많이 發生하고 있던 植物性 plankton이 갑자기 死滅하여 水質을 惡變시키고, 飼育중인 魚類를 大量 斃死시킨 경우를 對象으로 報告하는 것이다.

本 實驗을 爲해서 水質分析 및 資料整理를 도와 준 釜山水產大學 金鍾萬군과 水 整理등 諸般 準備를 살피 준 이정백군, 김영자양과 文獻을 提供해 주신 釜山水產大學 姜悌源博士께 깊은 感謝를 드린다.

## 材料 및 方法

### 1) 實驗 場所

釜山水產大學 6號養魚池 및 concrete 못을 實驗場所로 使用했으며, 6號養魚池는 白鯪의 養殖을 目的으로 못에 肥料를 주어 植物性 plankton이 豊富하게 있는 富營養性 養魚池로서, 白鯪 外에 잉어, 비단잉어, 草魚도 함께 飼育하는 못이며, 붕어등 雜魚도 繁殖하고 있는 곳이다.

6號池의 크기는 約 1,800m<sup>2</sup>, 平均 水深이 約 1.2m, 水量이 約 2,000ton이며 못 속에 收容되었던 養殖 魚類의 量은 1972年度에 1m<sup>2</sup>當 約 0.8kg로 못의 收容能力에 比해 많았으며, 1973年度에는 約 0.4kg이었다. concrete 못은 넓이 約 16m<sup>2</sup> 水量 約 10ton되는 직사각형의 작은 實驗池이며 plankton이 없는 맑은 물로서 plankton이 豊富한 6號池와 比較하여 DO의 日日變化를 測定하였다.

### 2) 溶存 酸素量의 測定

試水(表層水) 1l에 對하여 10% aluminium potassium sulfate [AlK(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · 12H<sub>2</sub>O] 10ml와 35% NaOH 1ml를 넣어 아래 위로 잘 混合한 後 一定한 場所에 가만히 두었다가(約 15分) plankton이 沈澱하면 上層의 맑은 液을 사이폰으로 조심스럽게 酸素瓶에 採水하여 Winkler법에 依하여 測定하였다.

### 3) Plankton의 調査

試水 1l를 5% formalin에 固定하여 約 一週日 後 plankton이 沈澱하면 上層液을 사이폰으로 除去하고 100cc로 濃縮하였다. 檢鏡時에는 plankton量이 均一하게 되도록 혼든 후에 血球 計수판에서 1mm<sup>2</sup>에 散在되어 있는 plankton의 種類와 個體數를 觀察하였다. 分類는 水野壽彦(1971), Smith (1950), Palmer (1959), Prescott (1954)의 것을 參考하였다.

### 4) pH

Hitachi-Horiba M-5 pH메터로서 溶存酸素量 測定時에 pH를 測定하였다.

### 5) 透明度 및 水溫調査

透明度 測定은 直徑 20cm의 Secchi 透明度 板을 使用했으며, 水溫調査는 DO 測定時와 1972年 및 1973年の 5~8月 동안 日日 最高, 最低의 水溫을 調査하였다.

### 6) 調査時期

本報告에 提示된 資料는 1972年 및 1973년에 測定한 것 中 溶存 酸素量은 1972年 8月, 10月, 12月(맑은 날과 바람 부는 날), 1973年 1月, 7月, 8月(맑은 날), 1日 2時間마다 12回 測定한 것이다.

plankton은 1972~1973年 2年 동안 月別로 動物性 및 植物性 plankton을 調査한 것이다.

## 實驗 結果

### 1) 溶存 酸素(DO)

1972年과 1973年の 日中 DO의 變化는 Table 1, 2, 3과 같으며 이것을 飽和度로 表示하면 Fig. 1, 2와 같다.

Table 1. The diel changes of dissolved oxygen in the bloomed experimental pond, College Pond No. 6 (mg/l 1972)

item time	rainy and windy days																	
	clear days						rainy and windy days											
	August 6~7		August 14~15		October 15~16		August 2~3		October 3~4		December 25~26							
water temp. (°C)	DO (ppm)	sat. rate (%)	water temp. (°C)	DO (ppm)	sat. rate (%)	water temp. (°C)	DO (ppm)	sat. rate (%)	water temp. (°C)	DO (ppm)	sat. rate (%)	water temp. (°C)	DO (ppm)	sat. rate (%)	wea-ther			
05:00	28.8	1.06	14	—	—	19.0	5.66	59	—	—	—	—	—	—	—			
07:00	28.6	7.89	101	28.1	4.79	61	19.0	4.84	29.0	7.03	90	19.8	5.57	59	cloud			
09:00	29.0	12.28	157	28.9	9.56	123	19.0	5.39	29.5	9.65	125	19.6	6.03	65	wind			
11:00	31.3	16.77	225	30.7	13.99	184	19.5	5.93	29.7	10.11	130	20.0	6.47	70	rain			
13:00	32.3	21.46	292	31.8	15.83	214	20.5	10.16	29.0	3.88	50	20.0	5.71	62	◇			
15:00	33.1	23.95	328	32.0	17.73	240	20.8	10.63	28.5	3.99	51	20.0	6.02	65	◇			
17:00	32.1	20.75	280	31.5	17.59	236	20.5	11.15	28.6	2.51	32	20.0	6.60	72	wind			
19:00	30.9	15.34	205	31.0	14.30	191	20.0	8.51	28.5	1.92	24	20.0	5.90	64	◇			
21:00	29.9	7.41	96	29.8	10.03	130	19.5	5.64	28.5	0.47	6	19.2	5.23	56	◇			
23:00	29.9	4.86	63	29.1	7.65	98	19.5	4.81	28.2	0.33	4	19.0	5.01	54	◇			
01:00	29.5	3.04	39	28.5	5.57	71	19.0	5.26	28.1	0.23	3	18.5	5.05	54	◇			
03:00	28.9	1.53	20	28.5	3.82	49	18.5	5.07	28.0	0.23	3	18.5	4.94	53	◇			
05:00	28.5	0.39	5	28.3	2.58	33	18.3	4.46	27.8	0.25	3	18.5	5.19	55	◇			
07:00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17.5	5.08	53	◇			
09:00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
transpa- rency	15cm			15cm			21cm			15cm			27cm			40cm		

Table 2. The diel changes of dissolved oxygen in the bloomed experimental pond, College Pond No. 6 (mg/l, 1973)

item	clear days																		
	January 13~14			July 8~9			July 21~22			July 29~30			August 11~12						
	water temp. (°C)	DO (ppm)	sat. rate (%)	water temp. (°C)	pH	DO (ppm)	sat. rate (%)	water temp. (°C)	pH	DO (ppm)	sat. rate (%)	water temp. (°C)	pH	DO (ppm)	sat. rate (%)				
05 : 00	—	—	—	29.5	7.75	2.58	34	29.5	7.75	1.59	21	31.0	7.80	5.91	79	31.0	7.50	0.32	4
07 : 00	2.5	11.79	8.6	29.6	7.65	2.13	28	29.5	7.85	2.09	27	31.0	7.85	5.77	77	31.0	7.60	0.45	6
09 : 00	—	—	—	30.0	7.70	4.36	56	29.5	7.85	3.27	47	31.0	8.00	8.26	110	31.5	7.60	2.02	27
11 : 00	4.7	11.93	92	31.0	7.80	7.21	96	30.2	8.05	6.06	78	32.0	8.55	13.55	183	32.0	7.60	4.81	65
13 : 00	—	—	—	31.5	8.30	7.56	101	31.5	8.30	8.91	120	33.5	9.00	19.27	266	32.5	7.45	4.38	60
15 : 00	5.5	12.13	96	31.0	8.30	9.78	130	32.0	8.55	10.68	144	33.0	8.90	20.70	284	33.5	7.50	6.35	88
17 : 00	5.8	12.79	102	31.0	7.95	9.78	130	32.3	8.70	13.20	178	33.0	8.95	21.77	298	33.5	7.55	4.88	67
19 : 00	—	—	—	30.0	8.00	8.66	112	32.0	8.65	11.22	152	32.0	8.65	16.22	219	33.0	7.45	0.77	11
21 : 00	5.5	12.03	95	30.0	7.95	6.67	87	31.5	8.40	9.98	134	31.5	8.25	11.98	161	33.0	7.45	0.20	3
23 : 00	—	—	—	29.5	8.00	5.27	68	31.3	8.25	8.34	111	31.0	7.95	9.50	127	32.0	7.45	0.11	1
01 : 00	—	—	—	29.0	7.95	4.36	56	—	—	—	—	31.0	7.75	8.10	108	32.0	7.48	0.32	4
03 : 00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30.0	7.68	5.96	77	31.0	7.55	0.08	1
05 : 00	—	—	—	29.0	7.70	1.97	25	30.0	7.85	3.47	45	30.0	7.65	4.56	51	31.0	7.55	0.31	4
07 : 00	5.0	11.12	87	—	—	—	—	30.0	7.85	3.19	41	—	—	—	—	—	—	—	—
11 : 00	5.9	11.48	92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14 : 00	6.3	12.39	101	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
transparency	40cm			22cm			25cm			20cm			20cm						

靜水養魚池에서의 水質觀察과 赤潮現象

Table 3. The diel changes of dissolved oxygen in the clear water concrete pond(August 6, 1972)

time	item	water temp. (°C)	dissolved oxygen (ppm)	saturation rate (%)
05 : 00		24.0	6.58	77
07 : 00		24.0	7.06	83
09 : 00		25.7	8.63	104
11 : 00		27.7	8.12	102
13 : 00		28.6	8.11	103
15 : 00		29.5	8.72	113
17 : 00		29.0	8.72	112
19 : 00		28.5	8.42	107
21 : 00		28.0	8.24	104
23 : 00		27.5	8.09	101
01 : 00		27.2	7.96	98
03 : 00		27.2	7.67	95
05 : 00		26.9	7.53	93
07 : 00				

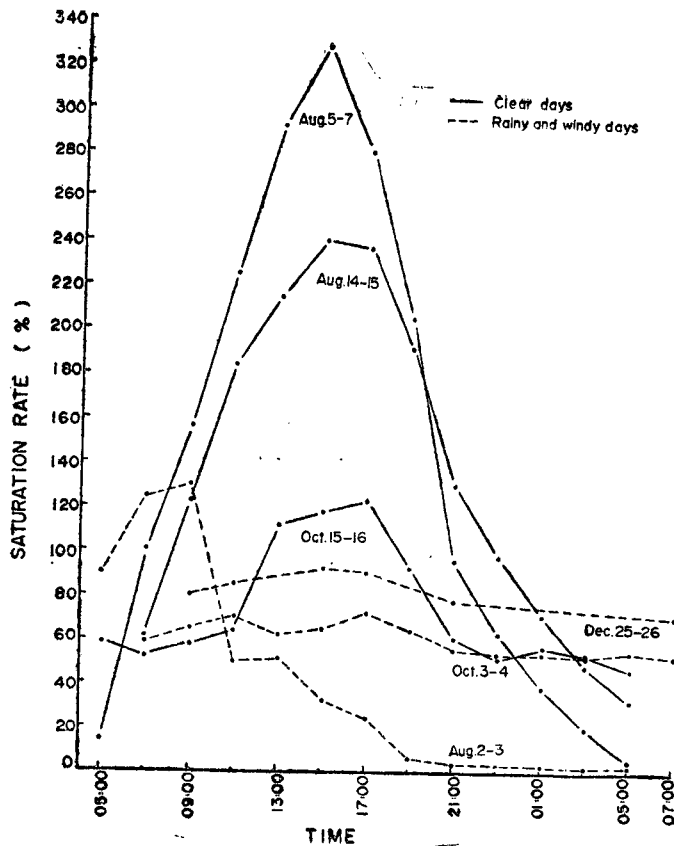


Fig. 1. Saturation values of dissolved oxygen in clear and rainy days (1972).

植物性 plankton이 豊富한 곳(Table 1, 2)과 전혀 없는 곳(Table 3)의 DO變化를 比較하면 plankton이 豊富한 곳은 最高 23.95ppm, 最低 0.39ppm (1972. 8월 6일~7일의 경우), plankton이 없는 곳은 最高 8.72ppm, 最低 6.58ppm으로 plankton이 豊富한 곳에서 日日變化幅이 대단히 넓었다.

하루중 DO의 最高量은 午後 3時를 中心으로 하여, 最低量은 새벽 5時를 中心하여 나타났으며, 植物性 plankton이 豊富한 곳에서는 여름철 새벽에 DO의 缺乏이 초래되는 現象을 잘 나타내고 있다.

植物性 plankton이 豊富한 곳에 있어서도 비와 바람 부는 날과 맑은 날 間에는 日中 DO의 量에 差異가 있었는데, 비와 바람 부는 날의 경우는 最高 6.60 ppm, 最低 4.94ppm (1972. 10월 3일~4일)이었고 맑은 날은 23.95~0.39ppm (1972年 7月29日~30日) 등으로 맑은 날은 비오고 바람 부는 날에 比해 日中 DO의 變化의 幅이 매우 크며 새벽에 DO의 量이 매우 떨어지는 것을 알 수 있다.

그리고, 23.95~0.39ppm의 경우에 비 단잉어 5마리, 草魚 2마리가 斃死하였다.

비와 바람이 부는 날이라도 밤새 비가 그치고 고요해지면 DO의 量이 새벽에는 매우 減少하는데, 1972年 8月 2日~3日의 경우 낮 最高 10.11ppm 이던 것이 새벽에 0.23ppm까지 떨어졌다. 그러나, 이 경우 魚類의 斃死는 없었다. 低溫期(겨울철)는 高溫期(여름)에 比해 變化의 幅이 좁아 1972年 12月 25-26日의 10.96~8.50ppm, 1973年 1月 13-14日의 12.79~11.12ppm으로 DO의 最高最低量間에 差異가 거의 없었다.

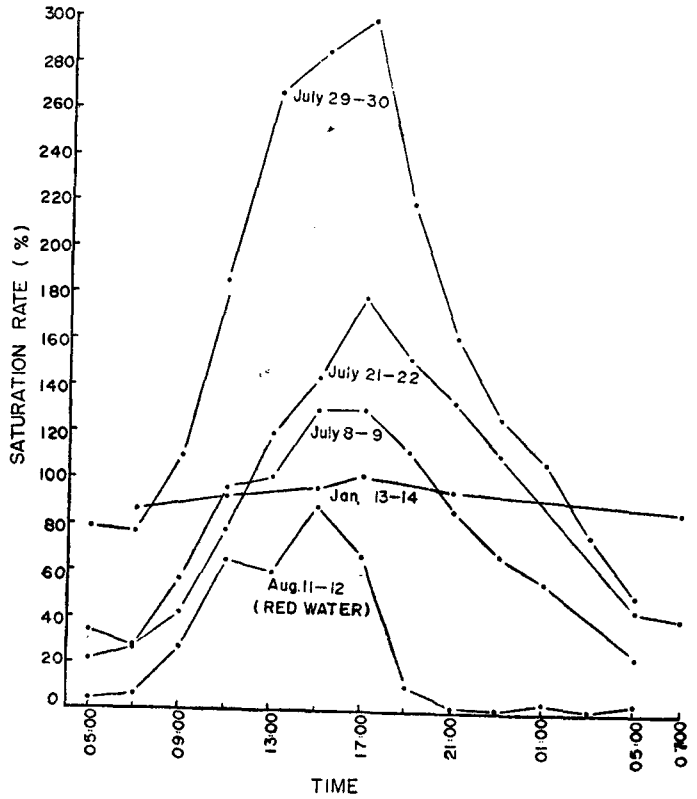


Fig. 2. Saturation values of dissolved oxygen in clear days (1973).

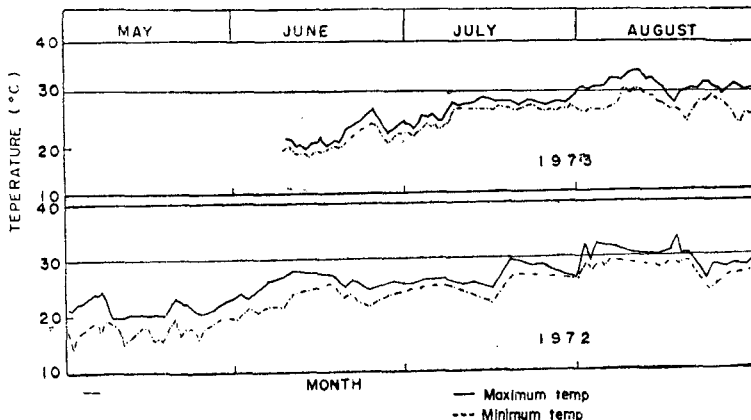


Fig. 3. Water temperature (1972-1973).

## 靜水養魚池에서의 水質觀察과 赤潮現象

물 變化가 일어난 때의 日中 DO量은(Table 2) 最高 6.35ppm, 最低 0.08ppm으로 이때 魚類가 大量(約300kg) 死亡하였다.

水溫의 日中 變化는 낮에 높고 해뜨기 前에 가장 낮으며(Table 1, 2, 3), 季節別로는 8月이 가장 높아 水溫이 30℃ 以上 維持되고 最高 33.5℃가 되는 경우도 있었다. (Fig. 3)

물 變化가 일어났을 때의 環境은 晴明한 날씨가 (強한 太陽光線)가 10日 以上 오래 繼續되고 水溫이 30℃程度 維持되다가 33.5℃ 以上の 高溫이 되는 경우였다.

pH의 變化는 日中 DO의 變化和 比例하여 새벽에 낮고, 낮에 높다(Table 2).

### 2) Plankton과 물變化

물 變化가 일어난 時期는 여름철 高溫期로서 DO의 日中 격차가 甚한 경우 即 새벽에 DO의 量이 아주 적을 때였으며 이때 plankton組成에도 큰 變化가 있었다.

plankton의 種類와 量은 1972年과 1973年의 2年 동안 觀察한 것으로서 檢出된 種은 總 6門 34科 66屬 145種 이었으며 그 內容은 다음과 같다.

**藍藻類(Cyanophyta):** 3科 12屬 20種으로 綠藻類나 珪藻類等에 比해 種類는 많다고 할 수 없으나 量에 있어서는 8月 中旬경에 모든 plankton相에서 完全優點種이 되었으며, 물變化가 일어났을 때에는 거의 死滅하여 變化가 매우 甚하였다. 이 中에서도 量의 變化가 가장 甚하고 물變化와 가장 關聯이 깊은 種은 *Synechocystis aquatilis*였으며 이 種은 1972年의 경우 6月 下旬에 細胞數가  $14 \times 10^3/ml$ 이던 것이 氣溫이 上昇한 8月 中旬에는  $1576 \times 10^3/ml$ 로 急激히 增加하였다가 물變化가 일어났던 8月20日에는  $2 \times 10^3/ml$ 로 細胞數가 갑자기 줄었으며, 1973年의 경우도 1972年과 마찬가지로 7日29日에  $550 \times 10^3$ 이던 것이 물변화가 일어났던 8月 11日에는 전혀 觀察할 수 없었다. 물변화가 있는 後 水質이 점차 正常으로 되면 이 種이 다시 發生하였다가 水溫이 下降하면 서서히 없어지는 것을 觀察할 수 있었다.

年中 出現하였고 量이 많은 것은 *Aphanocapsa pulchra*, *A. elachista*, *A. sp*였으며 6월에 많았던 것은 *Merismopedia tenuissima*, *Chroococcus turgidus*, *C. sp.*, 겨울철에 많은 것은 *Dactylococcopsis rupestris*, *Rhabdoderma lineare*였다.

이 외에 1972년에는 없었으나 1973년에 出現한 種은 *Oscillatoria sp.*와 *Anabaena sp.*였는데, 여름철 독특한 냄새와 함께 물 表面에 bloom을 形成하였다가 물變化 後에 갑자기 없어졌다.

以上の plankton外에 *Aphanothece sp.*, *Gloeothece linearis*, *Coelosphaerium kuetzingianum*, *Aphanocapsa delicatissima*, *A. rivularis*가 少數 出現하였다.

**珪藻類(Bacillariophyta, Diatom):** 種類와 量이 매우 적었으며 年中 特異한 것은 없었고 뚜렷한 傾向도 볼 수 없었다. 珪藻類 中에서 優點種이라 할만한 것은 *Synedra ulna str.*였다.

出現한 species는 *Cocconeis placentula*, *C. sp.*, *Nitzschia frustulum*, *N. commutata*, *Cyclotella comta*, *Stephanodiscus sp.*, *Navicula hasta*, *N. exigua*, *N. cryptocephala*, *N. sp.*, *Diploneis ovalis*, *Amphora sp.*의 13種이었다.

**綠藻類(Chlorophyta):** 種類가 가장 많아 11科 28屬 62種이 分類 되었으며 年中, 細胞數는 7月과 9月, 10월에 많고 8月과 12월에는 적었으며 種類는 9월을 中心으로 10月, 8月, 7月, 6月, 5월의 順序로 차츰 줄어들어 겨울철에 가장 적었다. 全般的으로 特別한 優點種은 없었으며 물變化때에 細胞數가 약간 줄었다.

7月과 9월에 比較的 많이 出現한 것은 *Chlorella vulgaris*, *C. ellipsoidea*, *Selenastrum minutum*, *Tetraëdron minimum*, *T. muticum*, *T. caudatum*, *Crucigenia tetrapedia*, *Closteriopsis longissima*, *Scenedesmus ellipsoideus*, *S. acuminatus*, *S. dimorphus*, 年中 出現한 것은 *Schroederia setigera*, *Ankistrodesmus falcatus var.*, *A. spiralis*, *Characium limneticum*, *Scenedesmus sp.*, 봄에 출현한 것은 *Oöcystis apiculata*, *O. lacustris*, *Chlamydomonas cingulata*, 10월을 中心하여 많이 나타난 것은 *Dictyosphaerium pulchellum*, 그의 *Chodatella subsalsa*, *C. caudriseta*, *C. wratislawiensis*, *C. citrifornmis*, *C. minor*, *C. quadriseta*, *Selenastrum westii*, *S. sp.*, *Schroederia sp.*, *Tetraëdron vermiculose*, *T. pentaedricum*, *T. elegans*, *T. trigonum*, *T. sp.*, *Quadrigula sp.*, *Ankistrodesmus sp.*, *Kirchneriella lunaris*, *K. obesa*, *Oöcystis borgei*, *O. sp.*, *Pachycladon umbrinus*,

*Scenedesmus bijuga* var., *S. denticulatus*, *S. abundance*, *S. longispina*, *S. quadricauda*, *Crucigenia rectangularis*, *Closteridium* sp., *Staurastrum* sp., *Arthrodesmus convergens*, *Cosmarium* sp., *Micrasterias* sp., *Gloeocystis gigas*, *Asterococcus limneticus*, *Pediastrum duplex*, *P.* sp., *Golenkinia radiata*, *Coelastrum sphaericum*, *C.* sp., *Brachiomonas submarina*, *Polytoma tetraolare*가 年中 뚜렷한 傾向없이 少数 出現하였다.

黃色鞭毛藻類(Chrysophyta): 出現種은 *Ochromonas mutabilis*, *Chromulina ovalis*, *C. nebulosa*, *Mallomonas tonsurate*, *M. acaroides*의 5種이었으며 量은 極히 少数여서 季節의 出現 傾向은 알 수 없었다.

유글레나類(Euglenophyta): 總 4屬 33種으로 *Trachelomonas* 20種, *Euglena* 6種, *Phacus* 6種, *Lepocinclis* 1種이 觀察되었으며, 種類와 量은 年中 뚜렷한 傾向없이 비슷하게 나타났으나 種은 6월에 10種, 9월에 7種, 12월에 5種의 순서였으며, 量은 6月 下旬과 7月上旬에 많았으며 11, 12, 4월에도 多數 나타났다.

*Euglena* sp., *Trachelomonas volvocina*가 年中을 通해 다른 種에 비해 量이 比較的 많았다. 이상의 種外에 觀察된 種은 *Trachelomonas ensifela*, *T. oblonga*, *T. hispida*, *T. granulosa*, *T. volvocina*, *T. abrupta*, *T. cylindrica*, *T. cervicula*, *T. dybowskii*, *T. hexangulata*, *T. crebea*, *T. vermiculosa*, *T. curta*, *T. muscosa*, *T. pseudo-hispida*, *T. schewiakoffi*, *T. pulcherrima*, *T. raciborskii*, *T. pusilla*, *Euglena acus*, *E. viridis*, *E. proxima*, *E. geniculata*, *E. pisciformis*, *Phacus unguis*, *P. caudatus*, *P. curvicauda*, *P. acuminatus*, *P. trypanon*, *P.* sp., *Lepocinclis salina*였다.

動物性 Plankton (Zooplankton): 出現種은 11科 11屬 12種으로 7, 8월을 除外하고 年中 觀察되었으며 특히 12月, 1月の 추운 時期에 많이 나타나는 傾向을 보였다. 다른 種에 비해 比較적 많이 나타난 것은 *Colpoda cucullus*였으며 그의 *Trichocerca scipio*, *Vorticella* sp., *Daphnia* sp., *Cryptomonas erosa*, *Strombolidium gygans*, *Nassula citrea*, *Stentor* sp., *Glaucoma scintillans*, *Diffugia* sp., *Pseudodiffugia gracilis*, *P.* sp.가 소수 출현하였다.

## 考 察

물 속에 溶存되어 있는 酸素의 量은 水中生物 特히 魚類에 가장 큰 制限要因으로서 作用하게 되며(Odum 1971) 酸素의 溶存度는 植物性 plankton과 密接한 關係가 있어서 plankton이 豊富한 곳에서는 日中 DO의 變化가 매우 심하며, 特히 夏期의 高溫期에는 하루의 DO量에 極端의인 不均衡이 초래되어 새벽에 酸素의 결핍이 일어나서 魚類가 폐사하는 경우가 생기게 된다.

Hannan과 Anderson (1971)은 하루의 DO量의 變化는 植物이 많은 곳에서 크며 DO量의 最高値는 낮 16:00~20:00時에, 最少量은 06:00~08:00時 사이라고 報告한 바 있다.

本 實驗을 통하여 植物性 plankton이 豊富하게 있는 곳은 전혀 없는 곳에 비하여 하루중 DO變化的 폭이 커서 어떤 경우 낮에는 極端의인 過飽和 狀態가 되고 새벽에는 魚類가 必要로 하는 限界点 以下로 떨어진다.

하루중 DO量의 變化는 午後 3時를中心으로 最高量이 되었다가 저녁 7時頃부터 점점 減少하기 始作하여 해 뜨기 직前인 5時頃 가장 적어졌으며, DO가 制限要素로서 魚類의 呼吸에 支障을 주는 時間은 새벽인 것을 알 수 있었다. DO量은 水溫과 깊은 關係가 있었으며 水溫이 높을 時期일수록 日中 變化의 幅이 甚하였다. 水溫이 植物性 plankton의 呼吸作用에 크게 影響을 미친 것으로 생각한다. 물變化現象도 高溫期에 發生하였다.

비와 바람부는 날은 맑은 날에 비해서 變化가 甚하지 않아 새벽에도 DO의 甚한 減少는 일어나지 않았다. 이것은 비와 바람으로 인한 水溫의 低下와 大氣中의 酸素의 溶存에 基因된 것으로 認定된다. 그러나, 비와 바람이 부는 날이더라도 밤 사이 비가 그치고 고요해 지면 새벽에 DO의 量이 매우 減少하는데 (Table 1), 그 例로서 1972年 8月 2~3日의 경우 낮에 最高 10.11ppm이던 것이 새벽에 0.23ppm까지 떨어졌다. 맑은 날 最高 23.95ppm, 最低 0.3ppm인 경우 魚類가 斃死한데 비해 이 때에는 DO의 量이 더욱 낮았음에도 魚類의 斃死가 없었던 것으로 보아 魚類의 致死點은 그때 그때의 DO量의 變化速度, 水溫에 따라 變化하는 것을 알 수 있으며, 이 사실은 Moss와 Scott(1961)가 發表한 바와 같이 魚類에 對한 DO의 致死點은 飽和狀態에서 限界濃度로 갑자기 減少시킨 것이 順和하면서 서서히 減少시킨 것보다 더욱 惡影響을 미쳐서 致死時의 DO限界點이 높아지고, 水溫이 높을 때에는 낮을 때보다 또한 높아지기 때문이다. 그리고 DO의 變化가 甚한 경우 aeration은 DO量을 增加시키



## 靜水養魚池에서의 水質觀察과 赤潮現象

는 데 多少 效果가 認定되었다(Table 1, 8月 14日~15日).

앞에서 說明한 바와 같이 植物性 플랑크톤은 日中 DO의 變化와 물 變化現象에 깊이 關與한 것이 나타났는데 (Table 4), 即 低溫期와 물 變化時期에 比較하여 여름철에 特徵 plankton (*Synechocystis aquatilis*)의 量이 많은 것을 알 수 있었다.

本實驗에서 plankton은 34科 66屬 145種이 檢出되었으며, 綠藻類, 珪藻類, 유글레나類 및 動物性 plankton은 年中 뚜렷한 變化를 볼 수 없었다. 그러나, 濫藻類인 *Synechocystis aquatilis*는 季節에 따라 뚜렷한 變化가 있었고 물 變化와도 깊은 關係가 있었다. *Synechocystis aquatilis*의 年中量의 變化를 보면 앞에서 말한 바와 같이 低溫期에는 細胞數가 아주 적으나 水溫이 上昇하는 8月에는 急激히 增加하여 모든 plankton相에서 優點性이 되었다가 물 變化와 함께 모두 死滅해 버린다.

이러한 現狀은 1972年과 1973年 꼭 같이 일어났다. 물 變化時에는 새벽에 DO의 量도 急激히 減少하여 最低 0.08ppm까지 떨어졌으며 (Table 2, 1973. 8. 11~12), 이때 魚類가 大量 斃死하였다 (1,800m<sup>2</sup>의 못에서 約 300kg 斃死).

물 變化는 佐野<sup>8)</sup>가 소개한 바와 같이, 지금까지는 綠藻類에서 濫藻類의 一種인 *Microcystis*로 移行되는 植物性 plankton의 種遷移(succession), 輪虫類 等 動物性 plankton에 依하여 植物性 plankton이 捕食되어 plankton相이 植物性에서 動物性으로 變하는 경우 및 炭酸不足 때문에 生成된 炭酸 칼슘에 依한 백탁 現狀 等を 들고 있는데, 本實驗中 물 變化의 原因은 濫藻類인 *Synechocystis aquatilis*의 急激한 死滅에 있었고, 따라서 死滅한 plankton의 急激한 腐敗에 依한 水質 惡變에 基因한 것임이 植物性 plankton의 觀察 結果 나타났다. *Synechocystis aquatilis*의 死滅은 여름철 30~33.5℃의 높은 水溫과 맑은 날이 10日 以上 繼續되어 새벽 DO의 缺乏이 일어날 염려가 많은 때 發生하였다.

이러한 狀態로 미루어 물 變化의 原因을 植物性 plankton이 過度로 繁殖하는 경우에 水中 炭酸鹽의 不足, 其他 要因에 基因하여 *S. aquatilis*를 死滅케 하였거나, 또는 DO 不足이 이 種類의 死滅에 作用하였거나<sup>9)</sup>, 日日 DO의 甚한 變化가 水中 環境에 不均衡을 초래하여 植物性 plankton의 生理에 나쁜 影響을 주었고, 또한 높은 水溫과 강한 太陽 光線이 植物 酵素에 破壞 作用을 한 結果<sup>11)</sup> 等이라고 할 수 있겠으나 확실한 것은 다른 각도에서의 추궁이 必要하다고 생각된다.

그리고 *S. aquatilis*가 急激히 死滅하여 물 變化를 일으킨 뒤라도 곧 이어서 少数의 *S. aquatilis*가 나타나기 始作하고 얼마 안가서 이것이 다시 植物性 plankton의 主体를 이루면서 물 빛이 회복되는데, 이러한 점증으로 보아 *S. aquatilis*의 急激한 死滅은 過密度 繁殖에 依하여 自体內에서 形成되는 代謝物質의 有毒成分에 基因하는 것이라기보다 環境水中의 다른 物理, 化學的 要因에 基因하는 것이라고 생각된다.

即 *Synechocystis aquatilis*만이 長期間 優點種이 되어 높은 密度를 維持함으로써 해서 發生하는 生産能力(energy flow)의 不均衡이 *S. aquatilis*의 死滅을 초래하여 물 變化를 일으켰고 많은 魚類를 (約 300kg) 斃死케 하였다고도 생각할 수 있겠다.

## 要 約

國立釜山水產大學 6號 實驗 養魚池에서 1972~1973年 2年동안 溶存 酸素量의 日中變化 및 plankton과 물 變化를 調査한 結果는 다음과 같다.

1) 日中 DO의 變化는 plankton과 水溫에 密接한 關係가 있으며 植物性 plankton이 豊富하고 魚類가 많은 못에서 日日 溶存酸素量의 變化를 보면, 맑으며 高溫인 날은 비오고 바람부는 날에 비해 낮과 밤의 격차가 매우 甚하였으며, 어떤 경우에는 낮 最高 23.95ppm(飽和度 328%)이던 것이 새벽에는 0.39ppm (5%)까지 내려가서 魚類를 斃死케 하는 일도 있었으므로 이런 경우는 밤과 새벽 사이에 特別한 酸素供給 對策이 강구되어야 할 것이다.

2) 植物性 plankton은 23科 55屬 133種檢出되었으며 種類는 綠藻類가, 量에는 濫藻類가 가장 優勢하였다.

3) 動物性 plankton은 11科 11屬 12種이었고 量은 時期的으로 뚜렷한 變化를 볼 수 없었다.

4) 1972年 및 1973年의 最高溫期인 8月 中旬에 (水溫 30℃ 以上) 있었던 물 變化의 原因은 濫藻類인 *Synech-*

*ocystis aquatilis*의 갑작스런 死滅에서 일어났으며 魚類의 大量 斃死를 同伴하였다.

8月 高溫期에 *S. aquatilis*의 大量發生은 DO量이 하루동안에 甚한 變化를 일으키게 하였으며 이런 때에 水溫이 極히 높아지면(33.5℃) 死滅하고 그 後 腐敗 分解로 因한 水質의 惡變으로 養殖中인 多量의 魚類에 被害를 주었다. 그러나 그 後부터 分解가 끝나면 곧 이어서 다시 이 種類의 plankton이 發生하는 것으로 보아 자신에게 有毒한 物質을 形成하지는 않는 것 같다.

## 文 獻

- 1) 半谷高久(1960): 水質調査法, 丸善株式會社, pp.391.
- 2) Hannan, H. H. and B. T. Anderson (1971): Predicting the diel oxygen minimum in ponds containing macrophytes. *Progve Fish Cult.* 33(1): 45~46.
- 3) 佐野和生(1959): 養鰻池の水質. *水産増殖* 6(4): 61~71.
- 4) Adelman, Ira R. and Lloyd L. Smith (1970): Effect of oxygen on growth and food conversion efficiency of northern pike. *Progve Fish Cult.* 32(2): 93~96.
- 5) Oseid, D. M. and L. L. Smith (1971): Survival and hatching of walleye and white sucker eggs at various dissolved oxygen levels. *Progve Fish Cult.* 33(3): 158~159.
- 6) Moss, D. D. and D. C. Scott (1961): Dissolved oxygen requirements of three species of fish. *Trans. Am. Fish. Soc.* 90(4): 377~393.
- 7) Coble, D. W. (1961): Influence of exchange and dissolved oxygen in redds on survival of steel head trout embryos. *Trans. Am. Fish. Soc.* 90(4): 469~474.
- 8) 佐野和生(1959): 水變りについて. *水産増殖* 6(4): 81~84.
- 9) Swingle, H. S. (1969): Methods of analysis for waters, organic matter and pond bottom soils used in fisheries research. Rev. ed., Auburn Univ. pp.119.
- 10) 日本分析化學會北海道支部(1971): 新版 水の分析. 化學同人. pp.398.
- 11) 水野壽彦(1971): 日本淡水 プランクトン圖鑑. 保育社. pp.351.
- 12) Smith, G. M. (1950): Fresh water algae of the United States. 2nd ed. McGraw-Hill Publs Bot. Science pp.719.
- 13) Palmer, C. M. (1959): Algae in water supplies. Public Hlth Service Publicaation No. 657. Cincina. Ohio. pp.88.
- 14) Prescott, G. W. (1954): How to know the fresh-water algae. WM. C. Brown Co. pp.211.
- 15) Odum, E. P. (1971): Fundamentals of Ecology. W. B. Saunders Co. pp.574.
- 16) McElroy, W. D. and Carl P. Swanson (1968): Mordern Cell Biology. Foundations. of Biol. Program Part 2. pp.388.