

循環 Green Water 飼育裝置 內에서의 魚類의 成長實驗

金 仁 培 · 李 淑 姬

釜山水産大學 養殖學科

Fish Growth Experiment in a Green Water Recirculating System

In-Bae KIM and Sook-Hee LEE

National Fisheries University of Busan, Namgu, Busan, 601-01 Korea

A recirculating water system without filter bed was used for a high density experimental rearing of common carp, *Cyprinus carpio*, during the summer of 1981.

Of the water system, 3 tanks were used for stocking each tank with 10,000, 20,000 and 30,000 common carp fingerlings which averaged 0.6 g. The water in the system was maintained in dark green colour by heavy growth of phytoplankton during the most period of the experiment.

In this experiment, the best daily growth rate, 3.7%, was obtained from the 10,000 fish group followed by 2.8% and 3.0% from the 20,000 and 30,000 fish groups respectively. Thus there was no significant difference between the latter two groups.

Especially, notably high concentration of total ammonia, 5~7 ppm ammonia-N, in the culture water appeared during the most experimental period, but this did not seem to have affected feeding and growth of the fish when the water was kept at heavy bloom.

It was also obvious that the outbreak of columnaris disease was effectively depressed in this green water recirculating system compared to that in clarified recirculating system.

One tank (7 m²) of this system was stocked with 446 common carp of intermediate size averaging 352.2 g and after 40 day rearing they grew to 486.3 g in average with a daily growth rate of 0.8%. This result was a little inferior to that reared in a tank of the clarified water system as control which showed 1.0% daily growth rate.

Therefore, before an initiation of the commercial production of fish in this method, further studies concerning the amount of ammonium with its effect on the fish under rearing in this system and the columnaris disease problem should be carried out.

序 言

循環濾過式 飼育施設에 의한 魚類의 養殖은 現在 産業化로 向한 試圖와 一部 成功的인 事例로 發展되

어 가고 있는 實情이다. 그런데, 이 方法은 그 自體 가 지니고 있는 施設의 複雜性, 敏繁한 失敗 等 아 직도 解決해야 할 問題는 山積되고 있는 實情이다. 그런데, 이 方法의 核心을 이루고 있는 濾過裝置는

This research was supported by the reseach grant of the Ministry of Education, The Republic of Korea.

建設과 管理面에서 가장 큰 負擔을 주고 있다. 그래서, 이 核心 部分을 略式化 또는 除去하는 方向에서 一次的으로 試圖해 본 것이 이번 實驗의 目的이었다. 이번 實驗에 있어서 水質維持의 基礎는 탱크 속에 發生하는 植物性 Plankton으로 이뤄지는 Green water에 의한 溶存汚染有機物質의 吸收이며, 아울러, 可及의 負荷汚染量을 줄이기 위한 固形汚物의 早期 除去에 있다.

方法 및 材料

1981年 여름 釜山水産大學 養魚場에 設置된 이번 實驗에 使用한 飼育施設 全貌의 平面圖는 Fig. 1에, 그리고, 固形汚物의 早期 除去를 위한 옆물길 水流의 斷面圖는 Fig. 2에 表示한 바와 같다.

Fig. 1에 나타난 面積 7m²되는 8個의 탱크(T)는 똑같은 水流配列로 이루어지는 2個 單位로 구성되며, 이 두個 單位의 水流는 1個의 動作 펌프(P₁)로 가동된다.

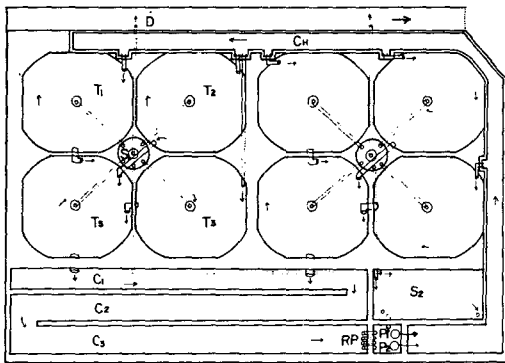


Fig. 1. Top view of the whole rearing system.
 T₁-T₃: rearing tanks
 T_s: supplementary tank
 S₁-S₂: primary and secondary settling tank
 C₁-C₃: water flow channel
 C_H: head flow channel
 RP: regulating pipe
 D: drain to sewage
 P₁: operating pump
 P₂: standby pump for emergency use

P₂ 펌프는 豫備로 설치되어 있다. 各單位 탱크群 4個中 3個(T₁-T₃)만이 主飼育에 利用되고 補助沈澱 탱크(T_s)는 以上 3個의 탱크에서 나오는 主水流를 받아서 廻轉水流를 形成하면서 通過시켜 排水路(C₁-C₃)로 보내고, 飼育 탱크에서 따라 나온 固形汚物(糞

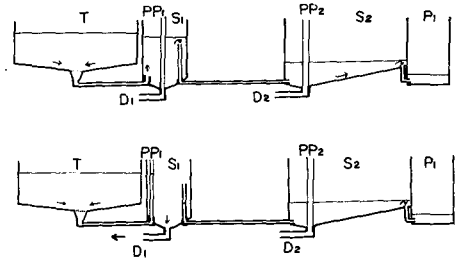


Fig. 2. Sectional views of the bypass flow for solid waste removal. Upper figure shows state of normal operation and lower the state of waste removing in the primary settling tank. This device is one partly modified from the facility of Kim (1980 b).

T: rearing or supplementary tanks
 S₁-S₂: primary and secondary settling tanks
 D: drain to sewage
 P₁: operating pump
 PP₁-PP₂: plug pipes

과 過度로 주어진 먹이의 1部)을 沈澱시켜 汚物 除去를 爲한 탱크 바닥 中央의 副水流를 따라 第1沈澱槽(S₁)로 나간다. 固形汚物의 大部分은 各飼育 탱크의 바닥 中央으로부터 바로 第1沈澱槽로 나간다. 여기서 거의 大部分의 固形汚物은 바닥에 沈澱되고 上澄水는 連結管을 通하여 第2沈澱槽(S₂)로 나가고 여기서 다시 上澄水만이 펌프槽로 流入된다.

一面 補助沈澱槽에서 나온 主水流는 水路(C₁-C₃)를 지나서 펌프槽로 들어가는데, 水路의 끝과 펌프槽 사이에는 여러 개의 파이프(各種 굵기)로 連結되어 그 중 1部를 막음으로써 循環水量을 調節한다. 여기에 使用된 펌프는 軸流垂直펌프이며, 徑 25 cm, 揚水高는 最高 1.6 m이다. 揚水된 물은 注水路(C_H)를 通하여 다시 各飼育 탱크(T₁-T₃)로 注入된다. 이 注入部에도 여러 개의 파이프를 通過케하고 그 中 一部를 막음으로써 注入水量을 調節한다. 第1沈澱槽(S₁)의 바닥에 쌓인 多量의 固形汚物은 1日 1~數回씩 下水溝로 流出시킴으로써 除去하고, 第2沈澱槽(S₂)의 清掃는 數日~1週日에 一回씩 實施한다. 以上과 같이 主飼育部의 構造는 金(1980 b)의 實驗에 使用한 것과 거의 같지만 汚物沈澱部의 構造에는 一部 修正改善을 가하여 만들어 졌다.

使用된 實驗 魚類는 大小 2種으로 이루어졌다. 그 中 小形魚는 平均 0.6 g 남짓한 잉어 稚魚였으며, Woynarovich (1962) 法에 依하여 實驗室內에서 孵化시키고 靜水式池中에서 育成시킨 것이었다. 이것을

稚魚飼育池에서 採捕되는데로 3개의 탱크에 收容하였다. 처음 탱크에는 7월 28일 10,000尾, 다음은 8월 4일 20,000尾, 마지막에는 8월 6일 30,000尾를 기준으로 收容하여 9월 13일까지 飼育實驗하였다. 이 3개의 收容密度에 따른 成長度의 差異를 究明하면서 이 施設의 事業的 使用可能 如否를 實驗하였다.

다음에, 大形魚는 8월 19일 平均 무게 352.2g되는 것 446尾, 總重量 157.1 kg의 잉어를 1개의 탱크에 收容하였다. 對照實驗으로는 濾過裝置가 달린 循環飼育施設(金, 1980 b)의 1개의 飼育 탱크에 同一한 크기의 잉어를 同一數量 收容하여 飼育 實驗하였다.

탱크 內의 水量은 大體의으로 3.5 m³ (平均水深 50cm) 內外로 維持되었다.

使用된 飼料는 Table 1에 나타낸 成分으로 實驗室에서 만든 Pellet 形態였고, 小形魚의 實驗에서는 이 Pellet 를 다시 깨뜨려 만든 Crumble 飼料를 使用했다. 投藥時는 Terramycin을 魚體重 100 kg당 1日 10 g 되도록 먹이에 混合해서 쓰기도 했다. 또, 1時는 Fish meal (魚粉)에 Shrimp meal (새우粉)을 섞어서 利用한 적이 있었다.

Table 1. Ingredients of the feed used

Ingredients	%
Fish meal	50
Polished barley	44
Malt	2
Mineral	1
Salt	1
Dry yeast	1
Vitamin mixture*	1
Vitamin C (5 g/100 kg)	
Total	100

* Refer to Kim *et al.* (1977)

結果 및 考察

1. 稚魚 飼育 結果

濾過 裝置를 設置하지 않은 平均 水溫 약 25°C 前後의 Green water 飼育 탱크 3개에 각각 10,000尾群, 20,000尾群, 30,000尾群을 基準으로 收容하고 飼育한 結果는 Table 2에 나타난 바와 같다.

먼저, 10,000尾群으로서 1981年 7월 28일부터 9월 13일까지 平均 0.63 g짜리 잉어 稚魚 9551尾 (5.99 kg)를 48日間 飼育했을 때, 平均 3.62 g으로 자랐으며 1日平均成長率은 3.7%였다.

다음은, 放養 密度를 더 높여서 20,000尾群으로서 平均 0.69 g짜리 잉어 稚魚 18,390尾 (12.81 kg)를 8월 4일부터 9월 13일까지 41日間 成長시키고, 또 30,000尾群으로서는 平均 0.68 g짜리 28,684尾 (19.39 kg)를 8월 6일부터 9월 13일까지 39日間 收容하여 飼育했다. 이 期間동안 20,000尾群은 平均 2.20 g으로 자랐고, 30,000尾群은 平均 2.23 g으로 자라서 1日平均 個體成長率은 각각 2.8% 및 3.1%를 나타내었으며 이 高密度 成長 實驗 結果 10,000尾群의 密度에서 가장 成長이 좋았고, 나머지 20,000尾群, 30,000尾群에서는 거의 差異가 없는 것으로 나타났다.

實驗 全期間을 通하여 Total ammonia(NH₃, NH₄+N)농도는 대개 5.2~6.6 ppm 정도로 維持되었으나 實驗 도중에 水質의 3次處理 淨化를 위해 水路에 넣어 成長시키던 부평초가 1部分 죽어서 腐敗된 상태 하에서는 11.2 ppm 까지 올라간 경우도 있고, 實驗 末期 Ammonia 濃度를 減少시키기 위하여 生物 濾過膜을 設置한 경우 營養鹽의 不足으로 飼育 탱크의

Table 2. Rearing results of carp in the green water culture system

Division	Period (days)	W.T. (mean) (°C)	Stocking			Yield			Mortality		Gain (kg)	Growth rate	
			No.	Weight (kg)	Mean (g)	No.	Weight (kg)	Mean (g)	No.	Weight (g)		Total (times)	Daily (%)
1	Jul. 28-Sep. 13 48 days	17.8-34.1 24.13	9551 (1345)	5.99 (1.16)	0.63 (0.86)	9071 (1345)	32.84 (24.08)	3.62 (17.91)	480 (0)	944.2 (0)	27.79 (22.92)	5.746 (20.825)	3.709 (6.529)
2	Aug. 4-Sep. 13 41 days	17.8-30.8 25.23	18390 (1434)	12.81 (1.02)	0.69 (0.71)	17461 (1434)	38.40 (11.11)	2.20 (7.74)	929 (0)	4343.8 (0)	29.93 (10.09)	3.188 (10.901)	2.868 (5.999)
3	Aug. 6-Sep. 13 39 days	17.8-29.6 25.07	28684	19.39	0.68	26829	59.80	2.23	1855	2592.1	43.00	3.279	3.092

Numbers in parentheses denote data for tilapia which were stocked in addition.

바닥이 보일 정도로 透明해져 거의 완전히 清澈하게 되었는데 이 때는 Ammonia 量이 3.4ppm으로 내려갔다. 그런데, 이렇게 높은 암모니아 濃度에서도 Green water 狀態에서는 모든 飼育 稚魚가 사료를 활발히 먹으면서 成長한 것은 注目할만 한 일이라 하겠다.

또한, 이번 實驗 期間동안 初期 高水溫의 Green water 狀態下에서의 飼育時에는 맑은 물 狀態下에서 問題를 크게 일으킨 Columnaris 發病이 抑制되는 경향이 보였으며, 中間 Sampling의 結果도 1日 個體 成長率에 3~6%로 좋은 成長을 나타내었다. 즉, 낮에는 Phytoplankton의 光合成에 의해 充分한 酸素가 供給되어 사료 供給에 별 지장이 없었으며, 밤에는 그들의 呼吸作用이 加重作用해서 낮과 같이 계속해서 많은 循環 注水量을 流入시켜도 모든 飼育魚들이 입을림을 할 정도로 酸素가 不足한 상태가 되었다. 그리하여, 自然的으로 酸素가 낮에는 增加하고 밤에는 減少하면서 調節되는 점에서 Columnaris 病의 抑制에 아주 有益했다고 생각된다. 이 점은 自然池中養魚 때와 비슷한 狀態를 示顯하는 것이라고 보아도 좋을 듯하다.

魚類의 池中飼育에서의 그동안의 經驗에 의하면 여름철 池中 Plankton이나 水草의 作用에 의하여 正常的인 日氣下에서는 밤이면 酸素 不足을 겪은 것이 보통이고, 낮에는 池中 植物體의 光合成에 의하여 多量の 酸素를 放出하므로 魚類의 먹이 섭취와 成長에 별 支障을 주지 않는 것이 보통이다. 그런데, 이렇게 하여 成長시킨 잉어의 種苗를 收穫하여 密集 蓄養하면 Columnaris 病을 일으키는 일이 많다. 即, 飼育中の 池中에서는 Columnaris 病原菌을 가지고 있으면서도 이에 의한 發病이 抑制되어진다고 보아야 할 것 같다.

그러나, 9月 이후 水溫이 20°C로 낮아지고 生物附着材로서 방충망(兩表面積 396m²) 設置하여 이 網地에 多量の 附着植物이 發生하여 植物 Plankton의 發生을 抑止하고 水色이 透明해져 맑은 물로 되어 밤에도 酸素가 높은 상태로 유지되면서부터 Columnaris 病이 심하게 나타나 잉어 稚魚의 成長이 현저히 低下되었다. 그래서, Furanace (0.5ppm)에 약독시킨 뒤 Terramycin 藥用 飼料를 供給함과 同時에 注水量도 줄여서 (52.17 l/min) 모든 飼育魚들이 입을림을 할 때까지 줄였으며, 이때의 D.O.는 2.3 ppm 정도로 維持되었다. 그리하여, Columnaris 病의 發生을 막을 수 있었다.

그러나, 注水量을 줄임으로 해서 탱크內的 循環水

의 回轉 速度가 減少되어 魚類의 배설물이나 먹고 남은 飼料 찌꺼기들이 充分히 탱크 밖으로 빠지지 못하고 탱크 바닥에 蓄積되는 現象이 나타나서 탱크 自體內的 汚染이 대두되었다.

以上の 實驗에서 이러한 人工 탱크의 高密度 飼育에는 適正 密度에 맞추어서 收容하는 것도 重要하지만, 이와 함께 魚類의 크기에 따른 飼育 탱크의 크기나, 탱크內 물 循環率 調節等, 이 system을 利用함에 있어서의 問題점에 關한 研究가 앞으로 더욱 進行되어야 할 것으로 考慮된다.

2. 大形 食用魚 飼育

이번 實驗의 별도 濾過槽가 없는 Green water 飼育 施設의 1個 탱크에 平均 352.2g 짜리 잉어 446尾 (157.1kg)를 收容하였다. 對照區로는 자갈 濾過槽가 있는 맑은 물 System의 똑같은 크기의 탱크(金, 1980 b)에도 같은 尾數·重量을 收容하였다.

1981年 8月 19일부터 9月 27일까지 40日間을 2期로 나누어 飼育했으며 그 結果는 Table 3에 나타난 바와 같다.

第 1期(8月 19日~8月 31日)에는 平均 水溫 26°C에서 Green water內에서는 平均 393g까지 成長하고 1日 個體 成長率 0.8%, 飼料 係數(F.C.) 1.7로서 다소 不振한 結果를 나타내었다. 그러나, 對照區인 맑은 물에서는 平均 416g으로 成長했으며 1日 個體 成長率과 F.C.는 1.3% 및 1.0으로 좋은 成長을 나타내었다.

第 2期(9月 1日~9月 27日) 동안은 平均 水溫 22.4°C로 Green water에서는 平均 486g으로 成長하고 F.C. 1.7, 1日 成長率 0.7%로 第 1期에 比하여 若干 저조했으나, 對照區에서는 平均 531g까지 成長하고 F.C. 1.44, 1日 成長率 0.9%로 1期에 比해서 그 成長이 크게 저하되었다.

이와 같이 2期에 實驗區에서의 成長이 不振한 이유로는 水溫과 Columnaris 영향 때문이 아닌가 한다. 水溫은 1期에 비해서 3~4°C 낮았다. 또한 2期初에 Columnaris 증상과 多數의 아가미 吸虫이 發見되었으므로 Formalin 45 ppm과 Malachite green 0.15 ppm을 處理함과 同時에 Kim(1980 a)의 보고에서와 같이 注水量을 調節하여 낮에는 겨우 飼料를 먹을 정도로 溶存酸素를 3 ppm 범위에서 維持시키고 밤에는 대부분이 입을림을 하도록까지 낮춤으로써 어느 정도 發病을 극복할 수 있었다.

實驗 全期間을 통하여 암모니아(NH₄⁺-N)의 濃度는 實驗區(Green water)에서는 매개 5~7 ppm 前

Table 3. Carp growth comparison between green water and clean water recirculating system

Division	Period (days)	W. T. (mean) (°C)	Stocking			Yield		
			No.	w. t. (kg)	mean (g)	No.	w. t. (kg)	mean (g)
Experimental system (Green water recirculating system without filter-bed)	Aug. 19-31 (13)	23.5-28.7 (25.9)	446	157.1	352.2	444	174.8	393.7
	Sep. 1-27 (27)	18.2-26.4 (22.1)	444	174.8	393.7	439	213.5	486.3
	Whole period (40)	18.2-28.7 (24.0)	446	157.1	352.2	439	213.5	486.3
Control system (Clean water recirculating filter system)	Aug. 19-31 (13)	25.3-27.9 (26.6)	446	157.1	352.2	436	181.7	416.7
	Sep. 1-27 (27)	19.9-26.8 (22.7)	436	181.7	416.7	430	228.6	531.6
	Whole period (40)	19.9-27.9 (24.7)	446	157.1	352.2	430	228.6	531.6

Division	Mortality		Gain (kg)	Feed (kg)	F. C.	Growth rate	
	No.	w. t. (kg)				Total (times)	Daily (%)
Experimental system (Green water recirculating system without filter-bed)	2	0.29	17.99	30.37	1.71	1.1178	0.8605
	5	1.02	39.72	68.18	1.72	1.2352	0.7854
	7	1.31	57.71	98.55	1.71	1.3807	0.8098
Control system (Clean water recirculating filter system)	10	4.79	29.39	32.35	1.10	1.1831	1.3019
	6	2.61	49.51	71.40	1.44	1.2757	0.9060
	16	7.40	78.90	103.75	1.31	1.5093	1.0345

後로 높게 維持되었으나, 對照區에서는 1 ppm 이하로 維持되었다. 特히, 實驗區에서는 1期과 2期 모두 對照區에서 飼育했을 때의 結果와 比較해서 成長이 약간 遲延되는 것을 보면, 500 g 前後의 잉어에서도 그 成長에 암모니아의 影響을 많이 받았기 때문이 아닌가 하는 생각도 든다.

이러한 점에서 볼 때 濾過槽가 없는 Green water에서의 飼育에는 암모니아 濃度を 減少시키는 것이 가장 重要한 問題라고 생각된다. 그러나, 一面 實驗期間中 암모니아 濃도가 아주 높은 時期에서도 Sampling 조사 結果 잘 成長하는 일도 있었으므로 암모니아의 影響에 對해서는 다른 側面에서의 검토 研究도 必要하다고 느껴진다.

암모니아 減少策으로는 水路 (Fig. 1. C₁~C₃)에 앞서 濾及한 바와 같이 生物 濾過膜 裝置를 해 보았으나 構造상의 問題로 청소에 不便한 점과 또 이들 濾過膜 밑에 쌓인 有機廢物이 腐敗하여 암모니아 濃도가 11.2 ppm 까지 올라가는 問題점 등이 發生하여 앞으로 여기에 對한 構造의 問題가 充分히 檢

討되어야 할 것으로 간주된다.

그리하여, 앞으로 이 施設方式의 産業的 利用을 爲해서는 若干의 生長效率向上에 必要한 研究 檢討가 必要하다고 생각되며 앞으로 계속해서 이 研究를 進行할 豫定이다.

要 約

1981年 여름 濾過槽가 없는 循環飼育裝置를 設置 利用하여 잉어의 高密度 實驗 飼育을 施行하였다.

平均 0.6 g 짜리 잉어 稚魚 約 10,000尾, 20,000尾, 30,000尾를 約 7 m² 되는 3개의 飼育 탱크에 各各 收容하여 平均 水溫 25 °C 前後에서 實驗 飼育한 結果 10,000尾 群에서는 1日 個體成長率 3.7%였고 20,000尾, 30,000尾群에서는 各各 2.8% 및 3.1%로 이들 사이에는 거의 差異가 없었다.

이번 飼育 期間동안 大部分의 時期는 植物性 Plankton의 發生에 의하여 水色이 綠은 綠色으로 維持되었다. 特히, 本 實驗 期間동안 5~7 ppm 정도의

높은 총 암모니아 濃度에도 불구하고 모두 활발히 飼料를 먹으면서 成長을 했다.

그리고, Green water 内에서는 맑은 물에 比해서 Columnaris 病의 發病이 현저하게 抑制됨을 알 수 있었다.

또, 이 施設中の 다른 1個의 탱크(7 m²)에서 1981 年 8月 19일부터 9月 27일까지 平均 352.2 g 되는 잉어 446尾를 收容하여 40日間 飼育한 結果 平均 486.3 g으로 자랐고, 1日 平均 個體 成長率은 0.8%로 나타났다. 이것은 對照로 實驗한 맑은 물에서의 1日 成長率 1.0%에 比해서 다소 成長이 지연된 結果였다.

따라서, 이 裝置에서 産業的으로 生産을 하기 前에 좀 더 암모니아量 및 Columnaris 病 等の 問題點을 解決하기 위한 實驗的 研究가 要請된다고 느껴진다.

金仁培·金容億·趙載潤. 1977. 뱀장어 養殖에 關한 研究. 韓水誌 10(2), 115-124.

Kim, I. -B. 1980 a. Feed conversion efficiency of the hybrids between *Sarotherodon niloticus* and *S. mossambicus*. Commemoration Papers for Prof. C. W. Kim's 60th Birthday Anniv. 301-311. (In Korean).

金仁培. 1980 b. 循環 濾過式 飼育水 淨化 再使用 方法에 의한 pilot 規模의 魚類養殖試驗. 韓水誌 13(4), 195-206.

Woynarovich, E. 1962. Hatching of carp egg in "Zuger"glass and breeding of carp larvae until an age of 10 days. Bamidgeh 14(2), 38-46.