

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

金 仁 培*

PILOT SCALE FISH PRODUCTION IN WATER RECYCLING SYSTEM

In-Bae KIM*

Fish were grown in a water recycling rearing system consisting of a filter system, of which the area is about 30 m² and the volume of filter gravels is about 15 m³, 6 rearing and 2 supplementary tanks about 7 m² of surface area each. The results for 180 days from April 18 to October 14, 1980 are summarized as following :

One rearing tank was used for main experiment stocked with an equal number, and weight of each Israeli strain and F₁ hybrid between this strain and Korean local strain of common carp. Gross total production was 461 kg with a net production of 395 kg, and the Israeli strain grew to about 8 times initial weight and the hybrid about 6 times.

Based on an analysis of results of the above mentioned main experiment and the other miscellaneous fish grown in the remaining tanks, it was considered to be feasible to implement a commercial production in this system by improving parts of the system and adding a number of the units. A special problem seems to be an adoption of more effective aeration device when fish loading increases.

A solid waste removal system was devised by use of by-pass flow and this system worked very efficiently in view of supply water economy.

A serious problem encountered in this experiment was heavy outbreaks of the gill-fluke, *Dactylogyrus* sp. which was relatively easily eradicated with Dipterex or DDVP treatment in the first trials, but later on strains which were resistant to any of these chemicals appeared.

緒 言

現在 國內의 活魚需要가 날로 增加해 가는 反面 그 供給은 極히 制限된 狀態에 있어 그 價格이 國際時勢를 反映 上廻하는 現象을 나타내고 있을 뿐만 아니라

앞으로 豫想되는 우리 나라의 經濟成長과 더불어 이러한 樣狀은 풀리지 않을 것으로 보아진다.

우리 나라는 限定된 國土面積, 比較的 不利한 養魚 氣候條件 등으로 古典的인 池中養植의 發展은 올바른 始發을 하지도 못한 채 벽에 부딪치고 있는 實情이다.

* 釜山市 南區 大淵洞 釜山水產大學, National Fisheries University of Busan, Namgu, Busan, 601-01 Korea.

이러한 條件들을 감안하여 볼 때, 面積, 水量 및 氣候條件들의 制限을 가장 적게 받는 飼育用水의 循環濾過에 의한 淨化再使用方法을 利用한 企業養魚의 發展이 우리 나라 養魚의 發展을 위한 가장 適切한 解決策이라고 보아진다.

循環濾過方式에 의한 魚類의 生産을 爲해서는 이미 많은 研究報告가 있으며 佐伯(1962, 1963, 1965)는 잉어를 對象으로 Pilot 規模의 實驗을 한 바 있지만 이 方法에 의한 養魚의 發展에 이어가지 못했다. 우리 나라에서도 循環濾過 장치를 利用한 研究가 있지만(金·趙 1974, 1977, 1978; 金·金·趙 1977) 모두가 실내에서 소규모로 行한 實驗이었다. 이번 實驗에서는 事業的 經濟性檢討에 必要한 여러가지 要素를 分析하여 事業을 爲한 資料를 提供하며 그동안 惹起된 問題點 등을 檢討하여 앞으로의 養魚生産을 爲한 資料로 삼고자 한다.

方 法

1. 豫備 飼育實驗과 準備

1979年 여름에 面積 33 m²되는 飼育탱크 1個를 面積 26m²되는 자갈 濾過槽에 連結하여 잉어를 收容하여 豫備의 飼育實驗을 한 結果, 飼育탱크 內的 먹이 찌꺼기나 排出物이 流出되지 않아서 魚類가 正常的인 成長을 하지 않았기 때문에 이 탱크 2個를 각각 水面積 약 7m²되는 4個의 飼育 탱크로 區分 改造하여 모두 8個의 飼育 탱크로 만들었다(Fig. 1.2).



Fig. 1. View of rearing tanks.

2. 飼育施設과 濾過機作

平面圖는 Fig.2와 같으며 飼育 탱크(T)는 3 m ×

2.75 m로 모퉁이런 圓形으로 하여 面積 약 7 m², 깊이는 0.8 m 되었으며, 平均水深 0.46 m으로 하여 各탱크의 水量은 약 3.22m³ 있다.

(1) 濾過槽

자갈 여과 方式으로 하고 여과조는 8개로 區劃되었으며 F₁에서 F₈까지 차례로 逆濾過하도록 設計되어 있다. 총 面積은 약 26 m², 平均 깊이는 약 1 m, 자갈의 量은 그중 약 절반 정도였으므로 용량은 모두 13 m³ 정도였다. 그리고 各 區劃마다 獨立的으로 逆水注入으로 掃除가 可能하도록 排水配管을 하였다.

(2) 飼育탱크의 構造와 機作

8個의 탱크는 4個씩을 1群으로 하여 2群으로 나누어 만들어졌으며, 4個의 탱크 群의 中央部에 이들 4個의 탱크의 中央底部로부터 모아 나오는 汚物을 수집 沈澱시키기 위한 直徑 約 1m의 第1沈澱部(S₁)가 設置되어 있다. 4個의 탱크 중 3個에는 濾過된 물이 注入되며, 남은 1個에는 이 3個의 탱크(T₁, T₂, T₃)에서 飼育하고 있는 魚類들의 排水를 받아 通過하면서 浮游固形物을 追加沈澱시키는 補助탱크(T₄)이다. 이들 4個의 탱크에 들어가는 물은 탱크 속의 물을 時計方向으로 廻轉시키도록 注水파이프의 方向을 조절해 두었다. 탱크속의 물이 廻轉함으로써 魚類가 내어 놓는 固形汚物을 中央에 모이게 하는 데 도움이 되게 하고, 또한 탱크 바닥이 中央部로 向하여 약 10%정도 경사지게 되어 있으므로 飼育 탱크와 補助 탱크에서는 效果의으로 固形物이 바닥 중앙에 모이고, 여기서부터 탱크 바닥에 설치된 파이프를 통하여 第1沈澱部로 쉽게 나가도록 하고 있다. 탱크의 바닥 中央部는 直徑 약 30cm의 逆圓錐沈澱部로 되어 있고 그 上部는 魚類의 流出을 막기 위한 구멍板 스크린을 장치한다.

(3) 循環水流의 機作

飼育 탱크와 濾過 탱크를 通過하는 主水流 및 中央排水 固形汚物分離沈澱을 爲한 副水流은 모두 1臺의 펌프 P₁에 의하여 이루어지며, P₂ 펌프는 P₁가 故障時에 對備한 餘備 펌프이다. 사육탱크 T₁~T₃에서 補助 沈澱 탱크 T₄로 향하는 水管과 T₂와 水路 C₁ 사이의 水管은 充分한 口徑을 가져서 이들 탱크 및 水路間에는 表面水位의 差가 아주 작다. 그러나, C₁ 水路과 C₂ 水路 사이에는 水流調整 Pipe(RP)가 있어서 水位差가 甚하며, 따라서 C₂ 水路과 사육 탱크 T 및 보조 탱크 T₄ 사이에는 相當한 水位差가 있어서 이들 탱크에서 中央沈澱部 S₁ 및 二次 沈澱水路 S₂를 통하여 C₂ 水路로 이르는 副水流가 形成된다.

펌프 P₁에서 揚水된 물은 머리 탱크 H로 들어가고 다음 F₁에서 F₈에 이르는 각 자갈 濾過槽를 順次로 逆

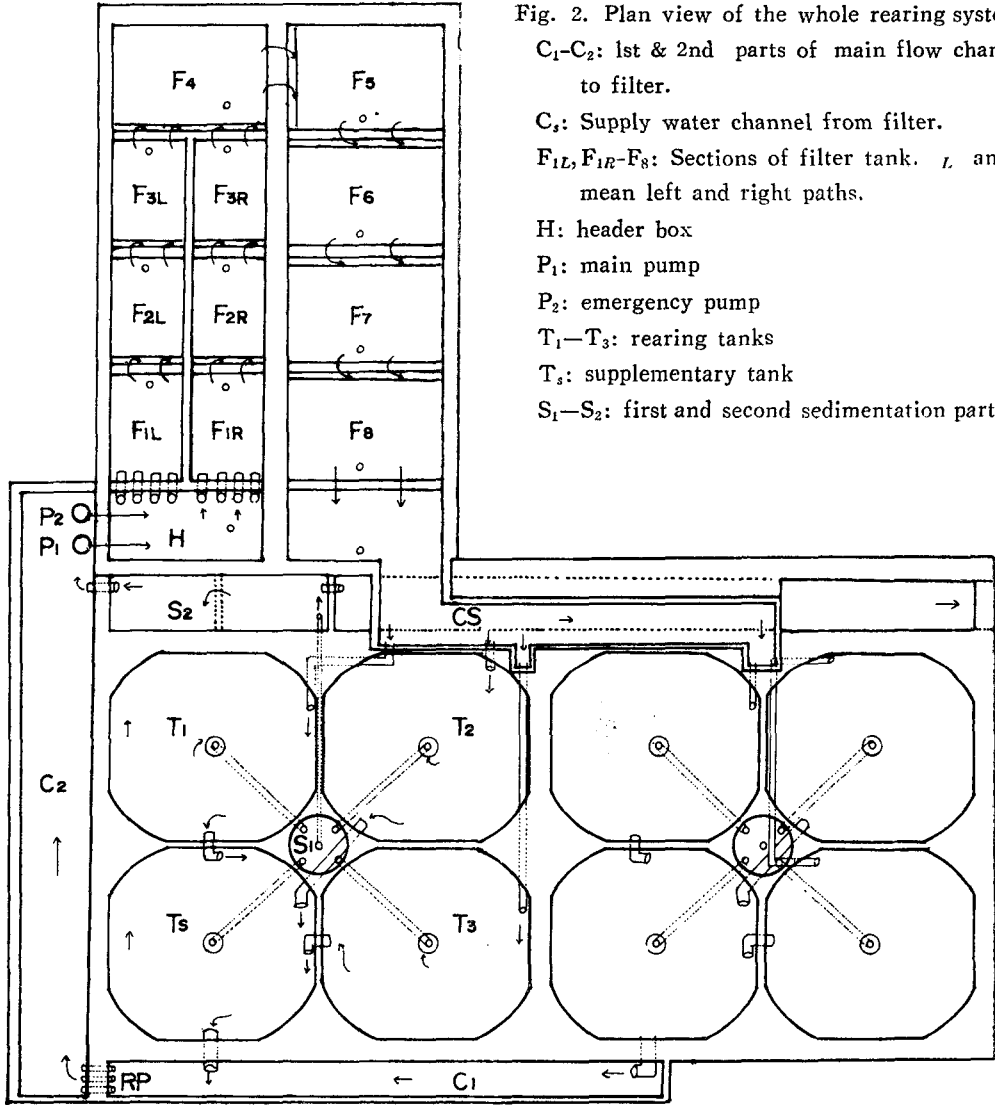


Fig. 2. Plan view of the whole rearing system.

C₁-C₂: 1st & 2nd parts of main flow channel to filter.

C₃: Supply water channel from filter.

F_{1L}, F_{1R}-F₈: Sections of filter tank. *L* and *R* mean left and right paths.

H: header box

P₁: main pump

P₂: emergency pump

T₁-T₃: rearing tanks

T_s: supplementary tank

S₁-S₂: first and second sedimentation parts

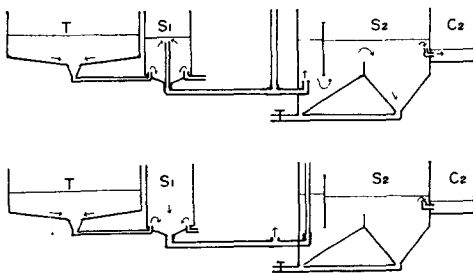


Fig. 3. Sectional views of the bypass flow for solid wastes removal. Upper figure shows state of normal operation and lower the state of waste removing.

T: rearing or supplementary tanks.

S₁, S₂: first and second sedimentation parts.

C₂: second part of the main flow path to filter.

過하여 水路 CS로 흐르고 이 注水路로부터 各 飼育탱크 T₁~T₃로 75 mm 파이프로 통해 들어간다. 個別的인 탱크의 注入水量 조절은 이 파이프로 적절히 막음으로써 可能하다. 揚水펌프는 揚水高 1.2 m, 徑

0.25 m의 軸流垂直 펌프이며, 總循環水量的 調節은 RP의 水量 조절管으로 이루어진다. 펌프의 모터는 出力의 餘分을 감안하여 2.2KW, 220V, 3相이었으나, 보통때의 消費電力은 6A 정도였으므로 약 1.3KWH이며, 이때의 揚水량은 約 1500l/min 였다. 이 물이 T₁~T₃의 3個의 탱크 및 第2의 탱크群 3개를 合한 6개의 사육탱크에 注入되므로 各 탱크에는 平均 250l/min의 물이 注入된다. 各 탱크의 水量은 平均 3200l였으므로 約 13分에 1回 순환의 비율이다(1時間 4.7回). 그러나, 收容魚類의 量이 많아지면 RP 조절판을 더 열어서 더 많은 물을 循環시킬 수 있고 揚水循環量을 이 2倍까지 증가시킬 수도 있다. 그렇지만, 이번 장치에서는 各 區劃의 濾過槽面積이 좁아서 여기를 通過하는 水流가 빨라지고 微細固形物의 沈澱이 防害되어, 물의 濁도가 높아지는 副作用이 일어났다. 보통은 微細固形物이 F₁에 대부분 잡히고 일부는 F₂에서 잡히므로 F₁은 (때로는 F₂까지) 1주 1~2회되는 빈번한 逆洗掃掃로 水質을 維持시킬 수 있지만, 水流를 增加시키면 微細汚物이 F₁~F₃까지 골고루 分散되어 잡힐 뿐만 아니라 不完全하게 잡히므로 물이 탁해진다.

固形汚物沈澱除去를 爲한 副水流系를 따라 第1沈澱部(S₁)에 모인 많은 量의 糞은 每日 1~2回 排水하여 施設밖으로 排出시킨다. 그리고, S₂의 바닥에도 어느 정도 固形物이 沈澱하는데 底部가 V 자형으로 되어 있고, 또 이 속에 2~3尾의 어류(잉어)를 收容해 둠으로써 그 運動에 의하여 大部分의 沈澱物은 V字形 바닥의 가장 깊은 곳에 모이므로 1日

1회씩 그 底部에 설치된 排水管을 열으로써 極少量의 물을 流水시키면서도 大部分의 沈澱汚物은 効果적으로 流出시켜진다(Fig. 3).

作業의 便利 및 가급적 高水溫의 維持를 爲하여 該 施設은 비닐하우스 內에 收容하였다.

탱크內의 水溫은 Table 1에 表示한 바와 같으며, Table 2에 표시한 이 實驗施設 밖의 露池에서의 11年間의 水溫과 比較해 보면 低水溫期인 겨울과 봄 가을에는 상당히 높은 水溫을 유지할 뿐만 아니라 成長水溫의 期間도 約 2個月 정도는 延長됨을 알 수 있다(Fig. 4).

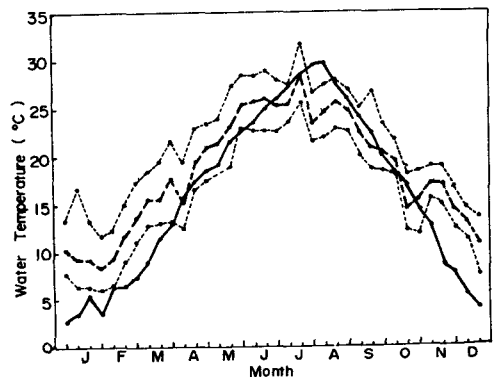


Fig. 4. Mean water temperature (.....) and the upper and lower limits(.....) of the temperature in the present experimental system in 1980 and mean water temperature in a outdoor pond in Busan for 11 years(——).

Table 1. Water temperature in the water recycling rearing system which was used for the experiment in 1980

	1st 10 days		2nd 10 days		3rd 10 days		monthly	
	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean
January	7.8~13.4	10.4	6.2~16.7	9.4	6.2~13.4	9.2	6.2~16.7	9.7
February	6.0~11.7	8.4	6.5~12.3	9.3	9.0~15.0	11.7	6.0~15.0	9.8
March	11.1~17.3	13.6	12.8~18.4	15.6	13.0~19.5	15.5	11.1~19.5	14.9
April	13.2~21.7	17.7	12.5~19.5	15.1	16.5~22.8	19.4	12.5~22.8	17.4
May	17.5~23.4	20.9	18.2~23.9	21.3	18.8~27.3	23.0	17.5~27.3	21.7
June	22.8~28.4	25.3	22.6~28.4	25.6	22.6~28.9	26.0	22.6~28.9	25.6
July	22.5~27.8	25.2	23.5~27.3	25.6	25.5~31.7	28.3	22.5~31.7	26.4
August	21.5~26.7	23.4	21.9~27.3	24.5	22.8~27.8	25.6	21.5~27.8	24.5
September	22.5~26.8	24.7	20.0~25.0	22.3	18.6~26.7	20.9	18.6~26.8	22.6
October	18.4~23.4	20.3	17.8~21.7	19.3	12.2~18.0	14.4	12.2~23.4	18.0
November	11.8~18.4	15.3	15.5~18.9	17.2	15.0~18.9	16.9	11.8~18.9	16.5
December	12.3~16.7	14.4	11.1~14.5	13.0	7.4~13.4	10.7	7.4~16.7	12.7

Table 2. Surface water temperature of a fish pond which is less than 1 m deep, based on the data for 11 years, from 1968 to 1978 in Busan, Korea (°C)

Month	Date					
	1-10		11-20		21-30(31)	
	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean
January	0~7.5	2.7	0~7.5	3.4	0~9.3	5.4
February	0~9	3.3	0~11.2	6.3	0~10.0	6.3
March	0~12.3	7.3	0~14.0	8.9	3.5~18.8	11.4
April	7.3~18	13.0	7~21.7	15.6	13~23	17.4
May	14.6~24.3	18.5	15~25.7	19.1	16~28.5	21.5
June	17.5~29	22.6	18.9~29	23.5	19.5~30.7	24.9
July	19~34	25.9	20.3~37.9	27.1	21.7~37	28.4
August	24~37	29.4	22.9~36	29.6	23.7~33.8	27.7
September	21.7~31.5	26.0	20~28	24.0	19~28	22.3
October	14.5~28	20.2	13.7~25	18.4	9~22.3	16.9
November	9~22.5	14.3	3.8~17	12.6	2~14.5	8.7
December	0~14	7.7	0~13	5.4	0~9	3.9

3. 實驗用 種苗

主實驗魚種은 이스라엘 잉어와 이 종과 한국산 사어의 F₁ 잡종의 2가지 種苗를 主飼育實驗 對象으로 定하였다. 이스라엘系 種苗는 1979年 여름 江原道 春城郡 西面 錦山里的 養魚場에서 生産된 것을 忠南牙山郡 신장면 수장리에 있는 牙山養魚場에서 入手하여 기르던 것을 分讓받았으며, F₁ 잡종은 本養魚場에서 1979年 여름 實驗的으로 生産하여 靜水池에서 기르던 것이었다.

같은 탱크內에서의 成長實驗을 하면서 그 結果를 比較하기 위하여 이들 두 群의 크기를 同一하게 하기 위하여 入手된 이스라엘純系 種苗의 크기에 맞추어서 F₁ 잡종의 크기를 選別 調節하여 結局 각각 1017尾, 무게로 33kg 되도록 했다. 따라서, 種苗의 平均 크기는 32.4g였다.

其他 同時飼育한 魚種은 잉어, 밴장어, Tilapia 였으며 이들은 남은 탱크에 收容하여 成長시켰다. 그런데, 이들은 모두 4月 18日부터 同時에 收容 實驗한 것이 아니고, 1部는 途中에 收容하거나 또 1部는 必要에 따라 收穫해 낸 것이 있다. 그러나, 모두 各期別로 처음부터 있던 것과 도중에 追加 收容한 것은 放養量으로 計算하고, 끝까지 못에 있었던 것과 도중에 밖으로 나간 것은 收穫量으로 取扱 計算하였다.

結 果

1. 主實驗魚의 飼育結果

6個의 飼育專用탱크를 包含한 8個의 탱크중 1個를 이번의 主實驗魚의 飼育에 利用하였다. 主實驗魚는 이스라엘系와 한국系 사이의 F₁ 잡종과 이스라엘純系 잉어의 2종류였으며, 이들을 1個의 탱크에서 混合飼育한 結果를 30日 間격으로 나누어 정리하고 그 結果를 Table 3과 4에 나타내었다. 即 1980年 4月 18日부터 同年 10月 14日까지의 180日間을 6期로 나누었다. 4月 18日에 收容한 數量은 各群 1017尾, 體重으로 33kg 되도록 했으므로 兩群合하면 66kg로서 尾數는 2034 마리였다.

第1期(4月 18日~5月 17日)와 第2期(5月 18日~6月 16日)의 60日間은 各各 1日平均 成長率 1.0%와 0.7% 남짓한 낮은 成績에 飼料效率도 F.C.(飼料係數) 2.2 전후의 좋지 못한 結果를 나타내었다. 이 期間中 일어난 問題點은 처음부터 아가미吸虫(Dactylogyrus) 症勢가 F₁ 잡종群에 甚하게 나타나서 斃死魚가 急增하고, 이어서 이스라엘系群에도 傳染되어서 斃死魚가 생기기 시작했다는 點이다. 이 點은 疾病問題에서 상세히 論議되겠지만 Dipterex 藥品處理로 對處하면서 飼育을 繼續하였으며, 그동안 F₁ 잡종이 131尾, 이스라엘 純系가 29尾 斃死하고, 또 Dipterex 處理의 後遺症으로 이스라엘 純系魚에서는 꼬리 部分이 굵어지는 것이 대단히 많이 나타났다. 多少나마 굵어진 것을 合하면 80% 以上 거의 大部

분에 가까운 정도였다. 그러나, F₁ 잡종에서는 後遺症이 생기지 않았다.

第3期(6月 17日~7月 16日)부터는 實驗魚들의 健康이 相當히 回復되어 正常的인 成長을 하였다. 第3期 30日間の 總成長量은 59.46kg여서 1日平均 成長量은 약 2kg에 이르렀고, 이 期間中の 飼料効率は F. C. 1.36이라는 좋은 成績을 나타내었다. F₁과 이스라엘종과의 個別的인 成長을 보면 F₁은 25.61kg, 이스라엘종은 33.85kg 成長으로 計算되었다. 그런데 第1~2期에 있어서 먼저 吸虫에 甚하게 시달렸던 F₁은 거의 完全하게 健康을 回復한 것으로 보였으나 늦게 感染되었던 이스라엘종은 第3期에 들어서도 24尾나 斃했으며 이 가운데는 Dipterex 後遺症으로 묻이 甚하게 굵어지고 動作이 매우 不自由하게 된 것이 多數 包含되어 있었다.

第4期(7月 17~8月 15日)에도 第3期과 비슷하게 좋은 成長을 나타내었으며, 計算結果는 총성장 108.05kg으로 1日平均 3.6kg씩 成長한 셈이다. 飼料効率は 더욱 좋아졌으며, F. C. 1.21이고, 이 期間中の F₁ 잡종의 增加量은 40.85kg, 1日 成長率은 1.4% 以上이었다. 이스라엘純系는 67.2kg 增加, 1日 成長率은 1.7% 以上の 成長結果를 얻었다. 第3期과 第4期인 6月 17일부터 8月 15일까지는 普通은 여름의 高水溫期지만 今年는 異狀低溫의 탓으로 平均水溫이 25℃ 남짓하였다. 그런데 간혹 맑고 더운 날일 때마다 水溫이 30℃ 전후로 上昇하고 이 때는 水中의 溶存酸素量이 甚하게 減少하는 일이 생겨서 補充的인 曝氣를 해도 目的을 充分히 이루지 못하는 경우가 있었다.

第5期(8月 16日~9月 14日)初에는 總 1845尾, 平均 152.5g, 總體重量 281.4kg로 늘어나서 飼料供給量도

이 期間中 189.0kg나 所要되었으나 總增重量은 101.07kg으로 F. C. 1.87이라는 低調한 飼料効률을 나타냈다. 이 期間에 들어와서 다시 아가미 吸虫이 甚하게 寄生하게 되어, 魚類의 斃死現象이 일어나기 前에 Dipterex 處理를 6日間 했으나 이번에는 吸虫이 조금도 除去되지 않았다. 그래서, DDVP를 0.4ppm (有効濃度) 되도록 處理했다니 單2回의 處理만으로 아주 깨끗이 吸虫이 除去되고 2~3日 以內로 아주 正常的인 攝食活動을 回復했다. 그런데, 이 期間의 末頃이 되어서 다시 吸虫이 아가미에 많이 나타나기 시작하였다. 이 때, DDVP를 0.4 ppm 되도록 使用했으나 이번에는 이들 吸虫이 除去되지 않았다. 그 結果 이 期間의 末頃부터 다음 第6期初에 걸쳐서 이스라엘系 잉어의 斃死數가 相當히 많았다. 이 때의 吸虫發生은 F₁ 잡종에 比하여 이스라엘純系에 甚하게 나타났다. 그리고 第4期까지는 항상 이스라엘系가 F₁ 잡종보다 높은 成長率을 나타냈으나 第5期과 다음의 第6期에는 成長率이 反對로 F₁ 잡종이 약간 높은 結果로 되었다.

第6期(9月 15日~10月 14日)는 第5期과 비슷한 結果로, 總成長量은 78.6kg로 줄었지만 飼料의 供給量을 減少시켰기 때문에 飼料係數는 若干 向上된 F. C. 1.66으로 나타났다. 第5期때부터 問題되던 吸虫除去를 위하여 이번에는 DDVP와 Dipterex를 混合하여 사용함으로써 어느 정도 吸虫을 눌릴 수 있었다. 그 後는 20℃ 以下の 水溫 下降과 더불어 別問題는 일어나지 않았다.

全期間을 통한 飼育經過는 明白히 苦難과 希望의 뒤범벅이었으며, 그래도 이 結果를 土臺로 앞으로의 이 일의 進展을 위한 資料가 된다고 생각된다.

全期間(第1~第6期) 180日間の 結果를 綜合하면

Table 3. Combined growth results of the main experimental fish;Israeli strain and the F₁ hybrid

Rearing period (days)	Initial weight (kg)	Final weight (kg)	Gain (kg)	Growth rate (times)	Daily increment (%)	Feed (kg)	F. C.
1. April 18~May 17 (30)	66	90	24	1.36363	1.039	53.275	2.22
2. May 18~June 16 (30)	90	113.89	23.89	1.26544	0.788	51.91	2.17
3. June 17~July 16(30)	113.89	173.35	59.46	1.52933	1.426	80.6	1.36
4. July 17~August 15 (30)	173.35	281.4	108.05	1.62330	1.628	131.33	1.21
5. August 16~September 14 (30)	281.4	382.47	101.07	1.35916	1.028	189.065	1.87
6. September 15~October 14(30)	382.47	461.12	78.65	1.20563	0.625	130.5	1.66
Whole period (180)	66	461.12	395.12	5.98666	0.999	636.68	1.61

Table 4. Growth Comparison between Israeli strain and F₁ hybrid (Israeli×Korean) grown mixed in the same main experimental tank

Rearing period (days)	Hybrid							
	Stocking		Number of mortality	Yield		Gain (kg)	Growth rate (times)	Daily increment (%)
	No.	Weight(kg)		No.	Weight (g)			
1. April 18~May 17 (30)	1017	33.0	43	974	43.0	10	1.30303	0.886
2. May 18~June 16 (30)	974	43.0	88	886	50.72	7.72	1.17953	0.552
3. June 17~July 16 (30)	886	50.72	1	885	76.33	25.61	1.50493	1.378
4. July 17~August 15 (30)	885	76.33	2	883	117.18	40.85	1.53518	1.439
5. August 16~September 14(30)	883	117.18	8	875	162.85	45.67	1.38974	1.103
6. September 15~October 14(30)	875	162.85	1	874	196.79	33.94	1.20841	0.733
Whole period (180)	1017	33.0	143	874	196.79	163.79	5.96333	0.997

Rearing period (days)	Israeli							
	Stocking		Number of mortality	Yield		Gain (kg)	Growth rate (times)	Daily increment (%)
	No.	Weight (kg)		No.	Weight (kg)			
1. April 18~May 17 (30)	1017	33.0	15	1002	47.0	14	1.42424	1.186
2. May 18~June 16 (30)	1002	47.0	14	988	63.17	16.17	1.34404	0.990
3. June 17~July 16 (30)	988	63.17	24	964	97.02	33.85	1.53586	1.441
4. July 17~August 15 (30)	964	97.02	2	962	164.22	67.2	1.69264	1.770
5. August 16~September 14 (30)	962	164.22	16	946	219.62	55.4	1.33735	0.974
6. September 15~October 14 (30)	946	219.62	40	906	264.33	44.71	1.20358	0.619
Whole perid(180)	1017	33.0	111	906	264.33	231.33	8.01	1.163

1980年 4月 18日 66kg의 종묘를 放養하여 10月 14日 에는 395kg 증가한 461kg에 이르렀고, 供給한 飼料의 總量은 636.68kg, 飼料效率 F.C. 1.61이였으며, 系群別로는 F₁ 잡종이 33kg 放養하여 163.79kg 증가한 196.79kg로 成長, 살아남은 874尾의 平均體重은 225.1g, 成長倍率은 約 6倍였으며, 1日平均 成長率은 약 1%였다. 一面, 이스라엘純系群은 231.33kg 증가한 264.33kg로 되어 살아남은 906尾의 平均體重은 291.7g로 成長倍率은 약 8倍로 되고, 1日平均成長率은 1.163%였다.

2. 全施設內的 飼育結果

飼育用 탱크 6個와 補助탱크 2個의 總施設이 같은 濾過施設과 結合되어 1個의 單位로서 動作하므로 主實驗魚群의 成長實驗과 더불어 그 동안 放養飼育된 他魚群의 飼育經過도 重要한 資料가 되므로 여기에 그 結果를 要約한다. 主實驗魚群과 마찬가지로 1980

年 4月 18日부터 10月 14日까지 180日間을 30日 間 隔으로 6期로 나누어 計算한 것은 Table 5와 같다.

第1期(4月 18日~5月 17日)와 第2期(5月 18日~6月 16日)는 역시 成績이 좋지 않고, 平均日間總成長率은 0.3~0.4% 전후의 낮은 成長率로서 飼料效率도 F.C. 3 전후의 不良한 成績이었다.

第3期(6月 17日~7月 16日)와 第4期(7月 17日~8月 15日)는 平均日間成長率 약 1.1% 및 약 1%되는 正常的인 成長率로서, F.C.도 1.26 및 1.50 이라는 良好한 飼育效率를 나타냈다. 그리하여, 이 期間의 純生産量도 各各 253kg와 298kg 되는 成長量을 보이고 있다.

第5期(8月 16日~9月 14日)와 第6期(9月 15日~10月 14日)에는 다시 結果가 나빠져서 平均1日成長率 이 各各 0.7% 및 0.5% 남짓하고, F.C.는 2.0 및 1.8 以上の 比較적 좋지않은 편이었다.

Table 5. Growth results in the whole system which was stocked with eels, common carp and tilapia as well as the fish of main experiment

Rearing period (days)	Water temp (°C)		Stocked (kg)	Yield (kg)	Net gain (kg)	Total growth rate (times)	Dily growth rate (%)	Feed given (kg)	F. C
	Range	Mean							
1. April 18~May 17 (30)	12.8~23.5	20.1	717.34	792.62	75.28	1.1049	0.333	218.430	2.9
2. May 18~June 16 (30)	18.2~28.4	24.0	590.82	669.492	78.672	1.1332	0.418	239.277	3.05
3. June 17~July 16 (30)	22.5~28.9	25.58	632.56	886.10	253.54	1.4008	1.130	319.792	1.26
4. July 17~August 15 (30)	21.5~31.7	25.71	871.3	1169.22	297.92	1.3419	0.985	447.177	1.50
5. August 16~September 14 (30)	20.2~27.8	24.64	878.42	1108.21	229.79	1.2616	0.777	469.755	2.04
6. Sept. 15~Oct. 14 (30)	18.5~25.0	20.92	1098.61	1287.32	188.71	1.1718	0.530	346.005	1.83
Total (180)				1123.912				2040.36	1.815

全期間을 통한 成長은 純成長量 약 1124kg, F. C. 1.8정도였다.

考 察

全期間을 통한 飼育經過는 明白히 苦難과 希望의 뒤범벅이었으나, 그래도 여러 問題點을 分析하고, 또 이 結果를 土臺로 한 事業의 經濟分析을 해 보는 것이 이 일의 앞으로의 進展을 爲한 資料가 될 것이다.

1. 疾病問題

이번 實驗飼育中 가장 深刻한 問題는 아가미吸虫, *Dactylogyrus* sp.의 寄生으로 인한 魚體의 健康惡化, 成長不良 및 斃死였으며, 그 完全驅除에 失敗하면서 飼育한 點이다. 그 다음 問題는 *Trichodinaz*가 간혹 나타났으나 이것은 Formalin 30 ppm 濃度되도록 處理함으로써 쉽게 驅除되었으므로 數回の 處理後에는 거의 問題되지 않았다. 그리고, 施設全體로서는 Tilapia를 주로 하여 少量收容한 탱크에서 간혹 *Columnaris* 病을 일으켰으며 이 경우는 發病한 탱크의 流量을 줄이고, 溶存酸素量을 2ppm 전후로 되도록 줄이고, 먹이에 Terramycin 때로는 Furanace를 섞어서 5~6日間 줌으로써 解決되었다(Kim, 1980).

그런데 아가미吸虫 驅除에는 아주 어려움을 당했으며, 이에 대하여 몇가지 考察을 해보고자 한다. 아가미吸虫은 처음 F₁ 30에서 먼저 甚하게 나타나서 斃死하기 시작하고 이어서 같이 있는 이스라엘系

에도 올라가서 같이 斃死하기 시작했다. 이 F₁ 30은 本大學 養魚場의 露池에서 生産成長된 것이며 또 低密度로 飼育하고 있는 限 成長에 別異狀을 주지 않는다. 그런데, 이번에 循環濾過飼育施設에서 高密度로 放養하고 飼育함으로써 甚하게 增殖하는 것은 이들 病原體로 汚染된 飼育水를 계속 再使用함으로써 이 病原體가 쉽게 蓄積殘留되기 때문이라고도 생각된다.

아가미吸虫의 發生과 治療結果를 Table 6에 나타내 보았다. 4월 22일에 Dipterex를 有効成分 0.8ppm 되도록 施藥하고 24시간 후에 魚體에 주는 後遺症을 염려하여 물을 交換하였다. 그런데, 아가미에 寄生한 吸虫은 거의 그대로 남아 있어 藥處理의 效果를 거의 認定하지 못하였다. 그래서 5日 後인 4월 27일에 다시 濃度를 올려서 1.2ppm 되도록 약을치고, 다음날 다시 0.8ppm 되는 量을 追加 處理하였다. 그리고 물은 交換하지 않고 그대로 두었더니 效果가 나타났다. 그 다음 每 10日 間隔으로 5월 8日과 5월 18日에 1.2ppm 되도록 Dipterex를 치고, 물을 그대로 두었는데 처음은 效果가 있었으나 뒤의 처리 후에는 效果가 줄었으므로 4日 後인 5월 22일에 또 藥을 쳤으나 全然 效果가 없었다. 그리고, 吸虫症은 점점 甚해지지만 했으므로 이번에는 6월 5일부터 同 9日까지 5日間 連續으로 藥品濃度를 낮춰서 첫날은 0.8 ppm, 다음날부터의 追加分은 0.4ppm 用量을 施藥했더니 效果가 있어 그렇게 甚했던 吸虫이 거의 完全히 除去된 것으로 보였다. 그러나, 1個月 以上이 지나서 또 吸虫이 나타났으므로 前回와 같이 다시 連續施藥을 7월 14일부터 17日까지 4日間 實施하였다

Table 6. Medication for the eradication of the gill flukes, *Dactylogyrus* sp. and its efficacy

Date	Medication (Active ingredient)	Remarks
April 22, 1980	Dipterex 0.8 ppm (Water changed after 24 hr.)	Efficacy not perfect.
April 27	Dipterex 1.2 ppm	
April 28	Dipterex 0.8 ppm	Effective.
May 8	Dipterex 1.2 ppm	Effective.
May 18	Dipterex 1.2 ppm	Efficacy diminished.
May 22	Dipterex 1.2 ppm	Not effective.
June 5	Dipterex 0.8 ppm	Flukes very heavily proliferated.
June 6	Dipterex 0.4 ppm	
June 7	Dipterex 0.4 ppm	
June 8	Dipterex 0.4 ppm	
June 9	Dipterex 0.4 ppm	Very effective.
July 14	Dipterex 0.8 ppm	Flukes reappeared.
July 15	Dipterex 0.4 ppm	
July 16	Dipterex 0.4 ppm	
July 17	Dipterex 0.4 ppm	Flukes much decreased.
July 22	Dipterex 0.8 ppm	Flukes increased.
July 23	Dipterex 0.4 ppm	
July 24	Dipterex 0.4 ppm	
July 25	Dipterex 0.4 ppm	
July 26	Dipterex 0.4 ppm	Flukes decreased.
August 14	Dipterex 0.8 ppm	Flukes much proliferated.
August 15	Dipterex 0.4 ppm	
August 16	Dipterex 0.4 ppm	
August 17	Dipterex 0.4 ppm	
August 18	Dipterex 0.4 ppm	
August 19	Dipterex 0.4 ppm	Not effective.
August 23	Dipterex 0.4 ppm	
August 24	Dipterex 0.4 ppm	Flukes in serious condition.
August 27	D. D. V. P. 0.4 ppm	Dipterex replaced by DDVP.
August 28	D. D. V. P. 0.4 ppm	Very effective.
September 8	D. D. V. P. 0.4 ppm	Sign of small flukes reappearing. Efficacy doubtful.
September 17	D. D. V. P. 0.4 ppm Dipterex 0.4 ppm	Mixed treatment. Effective.

Most water in the system was changed 24 hr. after the first treatment of April 22, but from the second treatment, most water in the system retained except small amount of water which was needed to remove solid wastes settled in the settling tanks.

나 相當히 効果가 있었으나 이번에는 完全하지 못했으므로 7月 22일부터 다시 5日間 連續施藥을 했다. 그랬더니, 역시 效果가 相當히 있었으나 完全하지 못한을 알았다.

8月 中旬에 들어서 吸虫이 아주 甚해졌으므로 8月

14일부터 19일까지 6日 連續하여 施藥했으나 이제는 Dipterex의 效果를 全히 認定할 수 없었으며, 궁여지책으로 8月 23日과 24日에 또 施藥했다. 勿論 아무 效果가 없었다. 모든 飼育魚는 아가미에 寄生하는 吸虫의 量의 狀態로 보아서는 重態에 빠진 것으로 보

였으나 이상하게도 飼育魚의 大量斃死가 수반하지 않았다. 이것은 그동안 오랫동안의 感染을 通하여 魚體는 相當한 抵抗力을 보인 것으로 인정된다.

이번에는 藥品을 바꾸기로 하고 DDVP를 0.4ppm 有効濃度 되도록 8月 27일에 썼더니 아주 効果가 좋았으며, 28일에도 한번 더 계속하여 使用했다. 그 効果는 奇跡의이라 할 수 있었다. 後 10日쯤 경과 하니 몇몇 살아 남은 吸虫이 어느 정도 增殖하였으므로 9月 8일에 DDVP를 0.4 ppm 有効濃度되도록 施藥했다. 이번에는 지난번의 큰 効果와는 달리 뚜렷한 效果를 나타내지 않았다. 數日 지나보니 吸虫은 점점 심해졌으므로 또다시 藥品의 變更이 必要함을 느끼게 했다.

9月 17일에 DDVP와 Dipterex를 각각 0.4ppm 有効濃度되도록 混合施藥을 해 보았다. 그랬더니 吸虫이 效果의으로 驅除되었다.

以上과 같이 이번 飼育期間中の 病歷과 그 對策에서 뚜렷이 나타난 事實은 지금까지 吸虫類에 對한 特效藥이라고 알려진 Dipterex도 循環濾過式 高密度 飼育에서는 反復使用하는 동안에 耐藥性이 나타나고 結果의으로는 無効로 된다는 事實이다. DDVP도 Dipterex와 마찬가지로 反復使用하면 藥品에 對한 耐性이 생긴다. 吸虫症에 對한 驅除策을 이들 藥品의 交代使用 또는 混合使用과 施藥期間, 그리고 重症이 되기 前 早期對策 등을 바탕으로 完全驅除方法을 確立하는 研究가 必要하다고 생각된다.

2. 水質問題 管理

水溫의 經過는 Table 1에 나타난 바와 같이 一重 비닐 하우스內에서도 平均水溫 약 20℃ 以上이 全期間인 6個月間 維持되었으며, 이 點에 關해서는 Tilapia 등 25℃ 以上의 高水溫이 바람직한 種類를 除外한 잉어, 뱀장어 등의 充分한 成長水溫에 該當되며, 이 期間前後인 봄과 가을의 成長可能水溫 유지 기간까지 合하면 年間 特別한 加熱없이 210日 以上의 飼育이 可能하다고 보아지며, 特히 이스라엘系 잉어같이 15℃ 정도에서도 相當히 活潑한 攝食活動을 하는 魚種에서는 年間 12月~2月の 약 3個月을 除外한 약 9個月 270日間の 成長을 期待할 수 있다고 보아진다.

溶存酸素量의 維持는 循環펌프의 가동에 의한 水流를 利用한 曝氣로 達成될 수 있었으나 施設內의 總收容魚體量이 약 1,000kg에 이르고, 水溫이 24~25℃ 以上으로 될 때는 甚한 酸素不足이 隨伴되어 曝氣를 爲한 補助펌프 1馬力을 사용하였다. 또, 循環

用펌프에서 나오는 물을 直徑 30cm 되는 파이프의 上部에서 받게 하고 약 1.2m 깊이의 물속에 있는 아랫 구멍으로 나가게 하는 U管原理(Colt, 1979; Speece, 1969)를 利用함으로써도 DO量을 1 ppm 정도 增加시킬 수 있었다. 그래서 高密度 飼育施設에서는 앞으로 動力節約型的 曝氣法導入研究가 生産費用減縮과 energy 節約面에서 重要한 일이라 하겠다. 一面, DO量의 增加를 目的으로 循環水量을 增加시키니 濾過槽內에서 固型廢物이 附着除去되지 못하고 빠른 水流에 따라 浮游하게 되어 水質이 混濁해지는 現象을 나타내었다. 그래서, 一部 循環水는 옆길을 通하여 濾過槽에 通하지 않고 直接 되돌아 오도록 했다. 보다 많은 水量을 濾過槽로 通過시키려면 濾過槽의 水流通過斷面積을 크게 하여야 하며, 上向流 또는 下向流의 自給 濾過槽를 利用할 때는 豫想 最大循環水量에 符合되는 面積이 넓은 單位濾過槽를 設置토록 留意해야 한다.

이번 사육기간中の pH는 7.2~7.7 정도였으나 有機酸이 축적되어 수색이 누렇게 될 때는 6.5~ 6.7 정도로 내려갔으며, 암모니아는 0.1 ppm NH₄-N 전후로 심할 때는 0.7 ppm을 나타내기도 했다. 窒酸量은 약 20 ppm NO₃-N, 그리고 總硬도는 200 ppm 전후로 유지했으며 이러한 要素가 魚類의 成長에 나쁜 영향을 미쳤다고는 보아지지 않았다. 單 第4期와 第5期の 1日 飼料供給量이 15 kg 전후로 될 때는 有機溶解物의 量이 增加하여 거품이 甚해졌다. 그래서, 펌프로부터 나온 물이 瀑水現象을 일으키는 附近에서 나오는 거품을 밖으로 流出시키도록 (Air stripping)하여 水質管理에 補助的 役割을 시켰다. 即, 別途의 動力없이 循環펌프에 의한 瀑水는 曝氣(Aeration)겸 Air stripping의 兩面手段으로 利用할 수 있고, 그 效率을 向上시키는 장치의 改善考察이 앞으로의 일이다.

3. 經濟性 評價

1) 主實驗魚群의 飼育結果에 立脚한 評價

180日間 全期間동안 種묘 66kg부터 總生産 461 kg으로 성장시켰으니 成長量 395kg, 飼料效率 F.C 1.61, 6個의 탱크에 모두 이와 같이 걸렸다고 假定하여 이에 따르는 經濟性을 檢討해 보기로 한다. 消費電力 220V, 6A를 적용하고, 所要人力은 1人으로 한다. 種묘 32g 平均의 單價는 成長한 商品의 價格보다는 若干 높다고 보아야 하므로 生産品의 價格은 kg당 3,000원, 種묘는 4,000원으로 잡고 飼料는 kg당

500원, 動力費는 農業用을 適用하여 1KWH당 30원
으로 하여 그 飼育經濟性을 計算해 보기로 한다.

收入部	
生産品	461(kg)×6(탱크)×3000원 = 8,298,000원
支出部	
種苗代	66(kg)×6(탱크)×4000원 = 1,584,000원
飼料代	395(kg)×6(탱크)×1.61(F.C.)×500원 = 1,907,850원
電氣料	0.22(KV)×6(A)×24(시간)×186(일)×30원 = 171,072원
人件費	1(일)×6(개월)×200,000원 = 1,200,000원
施設維持費(비닐하우스, 콤팩트 수리 등)	= 500,000원
雜費 (藥品, 停電時油類代 등)	= 500,000원
計	5,862,922원
純益	2,435,078원

이 計算은 아주 概略的인 것이지만, Pilot 實驗生産을 통한 結果에 立脚했으며, 實驗飼育동안 얻은 經驗을 살려 가면서 問題點을 解決해 간다면, 疾病의 早期對策 또는 豫防으로 成長을 促進시킬 수 있을 것이며, 또한 飼料效率向上에 의한 事業經濟性이 向上될 것이다. 그러나 反面, 남은 施設에서 모두 이와 같은 生産을 했을 때 이번에 收容한 魚類의 總量과는 다른 負擔가 걸린 것이고, 따라서 溶存酸素量의 增加를 爲한 努力이나 기타 水質管理上의 難點도 豫見된다. 어쨌든, 全體적으로 생각해 生産性이 向上된 것으로 期待할 수 있다고 보아지며, 이러한 單位의 增設을 통한 事業着手의 可能性을 뒷받침한다고 생각된다. 또, Table 4에서도 明白하듯이 生産性이 높은 이스라엘純系를 利用하면 더욱 經濟性이 向上될 것으로도 짐작된다.

(2) 全施設에서의 飼育結果에 立脚한 評價

Table 5에 표시한 全施設內에 收容한 雜多魚類의 實際飼育結果에 立脚하여 收支計算을 해 보기로 한다. 단, 여기서 增重量 1124kg 중에는 100kg 以上の 鰻장어 增重量이 包含되어 있었으므로 잉어류 기타를 1024kg, 단가는 3,000원, 鰻장어 100kg은 단가 8,000원으로 하여 計算한다. 그리고 總飼料量은 2040kg 그대로 適用하고, 飼料單價는 모두 500원으로 한다. 그 理由는 鰻장어 飼料도 本研究室에서 調製하였으므로 單價에 큰 差異가 없기 때문이다. 여기서 生産은 純生産을 計算基礎로 했기 때문에 種苗代는 除外한다.

收入部	
잉어류	1,024(kg)×3,000원 = 3,072,000원
鰻장어	100(kg)×8,000원 = 800,000원
計	3,872,000

支出部	
飼料	2,040(kg)×500원 = 1,020,000원
電氣料	(前例와 同一) 171,000
人件費	(前例와 同一) 1,200,000
施設維持費(前例와 同一)	500,000
雜費 (前例와 同一)	500,000
計	3,391,000원
純益	481,000원

以上の 結果로부터 알 수 있듯이 成長量이 먼저 主實驗魚를 相對로 하여 計算한 推定値에 比하여 極히 낮은 것은, 主實驗魚를 收容한 것 外의 탱크에는 종류가 雜多했고, 크기가 고르지 않은 것을 1部는 保管狀態, 産卵用親魚의 低溫適應, 極少量의 鰻장어 사육탱크 등으로 처음에는 施設의 飼育上 利用도가 極히 낮았고 非正常的이었으며 또한 吸虫에 의한 甚한 시달림 등으로 非効率的인 結果를 그대로 基礎로 했기 때문이다. 그래도 計算上 收支不均衡은 아니며, 다른 生産業에서의 不良生産結果에서 보는 赤字는 나타나지 않았다. 그리고, 이들 問題點들은 多分히 改善될 수 있는 것이므로 飼育管理 技術의 改善과 施設單位擴充을 통한 事業性이 있다고 보아진다.

謝 辭

本 實驗은 1979年度의 産學協同財團에서 支給받은 研究費를 土台로 하여 이뤄졌음을 밝히며, 이 實驗을 可能케 해 준대 對하여 먼저 謝意를 表한다. 그리고 이 實驗을 爲하여 魚類의 飼育管理 뿐만 아니라 1979年의 豫備實驗結果에 따라 飼育施設을 全面改造하는 大作業을 外部로부터의 手手나 미장공의 도움이 없이 遂行토록 協助해 준 釜山水産大學 大學院 姜石中(現助教), 養殖學科 學生 婁東漢, 洪炳圭, 및 初期作業의 推進에 協力해 준 國立水産振興院 研究官 閔炳書, 그리고 實驗結果 資料整理에 많은 時間을 割愛해 준 大學院 李淑姬 및 魚類養殖研究室에 出入하는 여러 學生들의 協助에 對하여 眞心으로 感謝 드리며, 앞으로 이 일의 進展과 이에 따르는 榮譽가 있다면 오직 이분들의 協助의 結果로 돌릴 수 밖에 없음을 밝혀 두고자 한다. 또한 施設改修作業中 不足되는 1部 資材의 側面支援을 해 준 釜山水産大學 前庶務課長 鄭奎錫 書記官에게 보다 깊은 謝意를 表하는 마이다.

要 約

面積 26 m², 여과방 자갈 약 15 m³로 된 자갈 여과

文 獻

장치에 連結된 單位面積 약 $7m^2$ 되는 飼育탱크 6個와 補助탱크 2個로 構成된 裝置에서 魚類를 飼育하면서 1980年 4月 18일부터 同 10月 14일까지의 180日間の 成長結果를 整理하여 본 結果는 다음과 같다.

1個의 飼育탱크를 主實驗用으로 使用했으며 이스라엘系 잉어와 이 종과 국내산 잉어 사이의 F_1 잡종을 같은 數量씩 넣어 기른 結果는 總生産 461kg, 純生産 395kg였으며 그 중 이스라엘系 잉어는 약 8倍로 成長했는데, F_1 잡종은 약 6倍로 成長했다.

남은 탱크에 收容한 雜多魚類의 成長結果와 上記 生産量을 참작해 보니 이 施設을 補完改善해 가면서 利用하면 産業的 生産試圖도 可能할 것으로 짐작된다. 特히 魚類密度가 높아졌을 때는 보다 効率的인 曝氣方法을 利用함이 必要했다.

이 實驗을 爲해 만들어 使用한 副循環流利用의 固形汚物沈澱 除去장치는 用水節約을 爲해서 効率的이며, 그 機能이 잘 發揮되었다.

가장 問題된 點은 아가미吸虫의 甚한 繁殖이었으며, Dipterex, DDVP 등의 使用으로 처음은 잘 除去되지만 곧 抵抗個體의 出現과 繁殖으로 이들 藥品의 効력이 나타나지 않음을 알았다. 그리고, 이스라엘系 純種은 Dipterex 使用에 의해서 거의 大部分이 奇形魚로 되지만 F_1 잡종 및 國內産 一般 잉어에는 奇形魚가 거의 나타나지 않았다.

Colt and Tchobanoglous (1979): Design of aeration systems for aquaculture. Department of Civil Engineering, Univ. of California Davis, CA 95616. pp.25.

金仁培·趙載潤(1974):뱀장어 初期飼育에 關한 研究. 韓水誌 7(4), 179—186.

——·金容億·趙載潤(1977):뱀장어 飼育에 關한 研究, 韓水誌 10(2), 115—124.

——·趙載潤(1977):釜山地方에서 室內水槽를 利用한 무지개 송어 飼育實驗. 韓水誌 10(4), 267—273.

——·——(1978):室內水槽를 利用한 무지개 송어 飼育實驗. 韓水誌 11(4), 233—238.

Kim, I-B. (1980): 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.

佐伯有常·青江優夫(1962):코이의 1톤 飼育裝置と 此れによる 養殖例. 水産増殖臨時號 1, 13—27.

——·青江弘(1963):코이의 5톤 飼育裝置と 此れによる 養殖試驗. 水産増殖 11(4), 217—228.

佐伯有常(1965):魚介類의 循環濾過式 飼育法의 研究 — II, 코이의 養殖試驗. 日水誌, 31(11), 916—923.

Speece, R. E. (1969): U-tube oxygenation for economical saturation of fish hatchery water. Trans. Am. Fish. Soc. 98(4), 789—795.