

뱀장어 養殖에 關한 研究*

(循環濾過式 利用)

金 仁 培** · 金 容 億** · 趙 載 潤**

REARING OF THE EEL *ANGUILLA JAPONICA*
IN RECIRCULATING AQUARIUMS

In-Bae KIM**, Yong Uk KIM** and Jae-Yoon JO**

From August 1976 to May 1977, a series of rearing experiments of eels weighing over 5 grams were carried out utilizing indoor recirculating aquariums and the results are summarized as following:

1. The eels were instantly acclimatized in the aquarium when alive *Tubifex* was fed as food, resulting in the food coefficient of around 5, and the daily growth rate of 2% or so (Table 2).
2. When mackerel flesh was used in combination with flour dough or commercial powdered feed, the food coefficients were 4 to 5 and daily growth rates were between 1 and 2% (Tables 3 and 4).
3. The eels of 12.4-14.7g in average weight which had not shown any growth when fed processed feed, grew normally when they were fed alternately with alive *Tubifex* and processed feed with the results of 4.3-6.0 in food coefficient and 1.4-2.3% in daily growth rates (Table 5).
4. Experimental processed feed containing North Pacific white fish meal as the main ingredient showed the food coefficient of 1.31-1.83 as dry material and this means that there is not any significant difference between this experimental feed and the control commercial eel feed, imported from Japan which showed food coefficient of 1.34 and 1.328 (Tables 6 and 7).
5. The feed cost may be reduced by about 45% (based on the domestic prices in the spring 1977) if this experimental processed feed is used instead of imported commercial feed.
6. Uneven growth is markedly significant in eels, and those which showed retarded growth gave very poor food efficiency as well as poor growth rate until they reach the size of about 30 grams. Thereafter they recovered both the normal food coefficient and growth rate.
7. Individuals which have been showing significant retarded growth may have some inherent physiological factors but this poor growth might also be, more or less, results of some external factors which are considered necessary to be investigated.

序 言

韓國의 뱀장어 養殖은 春期 主로 南西海岸에 遡上 하는 鱖뱀장어를 採捕하여 그 初期段階만을 飼育하

여 1kg 당 500근의 크기 以上으로 成育시키 種苗用 으로 日本 또는 台灣으로 輸出하는 데 그치고 있다. 그동안 極히 初期에는 실지렁이 등 生餌料로 먹이물

* 本研究는 1976年 産學協同財團의 研究助成費로 이루어졌음.

** 釜山水産大學 National Fisheries University of Busan

方 法

임을 시키고, 이어서 日本으로부터 輸入한 配合飼料에 依存하는 것이 大部分이다. 이러한 過程에 있어서 그 生存率, 成長度 등이 各業者에 따라 差異가 甚하고 심지어는 事業自體의 成立이 困難한 경우도 적지 않은 것으로 들고 있다. 그런데, 이들 初期飼育에 關한 研究로서는 金·趙(1974)에 依한 報告를 볼 수 있고, 이에 依하면 適正水溫의 範圍, 실지령이를 利用한 먹이의 供給등으로 高密度循環濾過式 飼育이 可能함을 提示하여 最近 國內養魚業者들이 部分的 또는 全的으로 이 方法을 採擇함으로써 成育結果의 向上을 보이고 있는 例를 볼 수 있게 되었다.

그러나, 甁장어 養殖을 이러한 中間段階의 種苗育成까지로 그치고, 이를 海外에 輸出한다는 것은 正常的인 養殖事業의 發展을 爲해서 아쉬운 점이 너무나 크다. 따라서 本人들은 中間種苗以後의 成育에 關하여 循環濾過式 飼育裝置內에서 成長實驗을 하기로 하여 이 研究에 着手하였다. 여기서 主要考慮對象이 된 것은 먹이의 供給에 있어서 國內에서 自給할 수 있는 材料의 選擇과 成長速度있으며, 特別 循環濾過式을 利用한 것은 韓國의 氣候條件이 野外 自然水溫에서는 一年中 成長이 可能한 高水溫期가 3~4個月에 不過하므로 比較의 水溫調節이 容易한 순환 여과식 方法을 採擇함으로써 成鱖成時의 成育期間延長을 考慮하였기 때문이다.

이번 實驗의 主眼點은 研究室에서 調達할 수 있는 飼料의 使用이었는데, 飼料는 養鱖經營上 가장 重要한 要素이며 日本에서도 總生産費中의 70~80%를 차지한다고 하는데 (松井, 1972), 現在 우리 나라에서는 日本으로부터 導入하는 配合飼料와 生飼料에 依存하고 있는 實情이다. 日本에서 輸入하는 飼料는 輸入에 關聯되는 費用을 감안하면 成鱖 養殖에서는 日本에서의 경우보다 훨씬 높은 經營費 比重을 차지하게 되어 이를 使用하기에는 種苗用初期飼育外에는 너무 無理하다고 생각되며 生飼料 亦是, 最近의 魚價 上昇 및 求得上 애로점등 때문에 全的으로 이에 依存하기에는 너무나 그 比重이 무거워진다.

國內에서 成鱖養殖을 試圖하기에 앞서서 成鱖用配合飼料의 國內調達이 무엇보다 重要한 課題임을 느끼지 않을 수 없다. 따라서, 이번 研究의 主目的은 어디까지나 研究室에서 調製한 飼料를 利用하였을 때의 甁장어의 健康, 成長度, 飼料係數등을 把握하는 데 主眼點을 두었다.

1. 飼育裝置 및 作動

(1) 裝置 1

60cm×45cm×45cm의 유리수조 3個를 사육 수조로 하고, 수심은 약 30cm로 유지하였다. 여과장치는 80cm(高)×30cm(內徑)의 PVC 圓筒 여과조에 濾過材는 길이 약 50cm 되도록 Zeolite石 부순 것을 채웠다. 濾過材의 크기는 1~2cm 정도였으며, 부스러기도 함께 사용하였다. 순환용 펌프는 溫水 循環用(金星製 PH-0410) 105W 었으며, 循環水量은 30l/min 였다. 이 여과장치에 3個의 水槽를 連結하였다 (Fig. 1). 따라서, 各水槽의 平均水量은 12l이며, 1回 循環에 要하는 時間은 平均 약 12分이다. 水溫調節은 Bimetal thermostat를 1個의 水槽에 설치하고 Magnet switch를 동작시켜 여기에 連結된 유리 Heater에 依存했다.

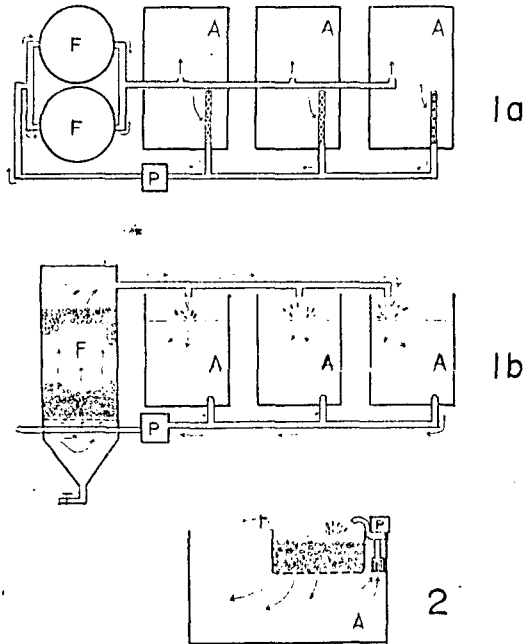


Fig. 1. Diagrammatic drawing of the rearing systems used for the experiment.

- 1a: Top view of set 1
- 1b: Side view of set 1
- 2: Side view of set 2
- P: Pump
- F: Filter tank
- A: Aquarium stocked with eels

(2) 裝置 2

60cm×30cm×30cm의 유리水槽를 飼育水槽로 하

여 수심 약 27cm로 유지하였다. 여과장치는 36.5 × 27 × 13(cm)의 Plastic 바구니에 크기 약 1~2 cm의 작은 자갈과 조개 껍질을 담아 76年 8月 13日 부터 11月 23日 까지 Air lift式 여과를, 그 후부터 각 수조마다 작은 양수기를 사용하여 여과시켰다.

양수기를 사용하였을 때 양수기의 수량은 평균 352 l/hr로서 평균 한시간에 7.2회의 순환율을 나타내었다. 수온 조절을 위해서 각 수조마다 Bimetal thermostat에 1개의 유리 heater를 사용하였다. 酸素補充을 위해서는 各水槽마다 Blower 펌프로부터의 空氣注入을 시켰다.

2. 飼料

(1) 實驗飼料

實驗裝置에 백강어를 收容한 후 처음은 裝置內에서 익숙해질 때까지 선지령이를 供給하였다. 그 結果 正常的인 成長을 하는 것을 알게된 후 相當期間동안 高등어肉을 밀가루풀 또는 實驗飼料 및 對照飼料에 섞어서 飼育한 뒤에 飼料比較實驗을 하였다.

PROCESSING OF EXPERIMENTAL FEED

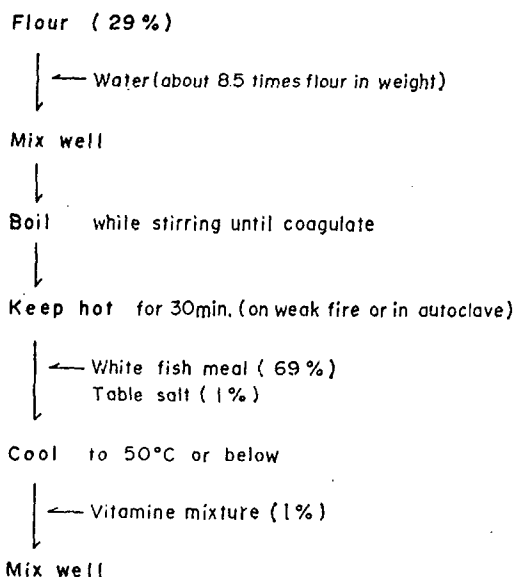


Fig. 2. Processing of experimental feed.

Ingredients after preparation (average results of 11 examples) became as following:

Flour 9.1%, Fish meal 21.5%, Salt 0.3%, Vitamine mixture 0.3%.

Water added 68.8%*

Rate of reduced water results from evaporation during processing.

Table 1. Contents of vitamin mixture

Ingredient	Amount contained in 1 kg
Retinol (A)	5,000,000 I. U.
Cholecalciferol (D ₃)	1,000,000 I. U.
Tocopherol (E)	3,750 I. U.
Menadione Sodium Bisulfite	300 mg
Thiamin (B ₁)	300 mg
Riboflavin (B ₂)	5,000 mg
Pyridoxine (B ₆)	1,000 mg
Cobalamine (B ₁₂)	5,000 μg
Calcium Pantothenate	5,000 mg
Niacin	650 mg
Folacin	170 mg
Choline HCl	150 g
dl-Methionine	100 g

實驗飼料은 北洋魚粉(高麗遠洋産) 69%, 밀가루 29%, 소금 1%, 비타민 混合 1%로 調製했으며 비타민 混合은 家畜用市販品(柳韓洋行 네오믹스, Table 1)을 使用하였다.

飼料의 調製(Fig. 2)는 먼저 밀가루를 약 8.5倍 重量의 물에 잘 풀어서 加熱한다.

약 7~8分 지으면서 加熱하면 앙키게 된다. 그 후는 弱한 불위에서 20分間지으면서 유지한다. 實驗後期에는 일단 앙킨 뒤는 미리 加熱準備해둔 加壓釜(Autoclave)에 넣어서 약 5氣壓下(108.8℃)에서 30分間 加熱하였다. 그 다음 魚粉을 잘 섞어서 冷却시키고 소금과 비타민을 섞어서 잘 混合하여 먹이로 使用했다.

調製가 끝난 飼料은 添加한 물의 一部分이 증발하여 添加水分이 68.8%로 되고 飼料의 原料成分은 31.2%로 되었다(이것은 11回의 調製結果의 平均 值임).

(2) 對照飼料

1-5g 稚魚用(黑子用) 및 養中用(5-25g用)의 2種이 利用되었으며 처음은 黑子用을 使用하다가 1977年 2月 9日 이후는 養中用을 使用하였다.

반죽을 만들 때 黑子用은 重量으로 飼料粉末1에 對하여 물 1.2를 加하였으며 따라서 濕重量으로서의 飼料係數에 1/2.2을 곱하여 乾燥飼料로서의 飼料係數를 求하였다.

養中用은 粉末1에 대하여 물 1.1을 加하였으므로 乾燥飼料係數는 濕重量 係數에 1/2.1을 곱하여 求하였다.

3. 實驗魚類

當年産(1976年産) 백강어를 주로 使用하고, 成長

이 늦어진 2年 經過魚(1974年産)도 同時에 實驗飼育을 하였다. 크기는 약 5g 以上 되는 것부터 시작하여 약 30g 以上으로되어 成臍用으로 簡單하게 飼育할 수 있을 때까지의 飼育結果를 내었다.

各 飼育實驗單位別 크기와 尾數는 Table 2~8 에 表示한 바와 같다.

結 果

1. 實驗水槽內에서의 適應

1976年 8月 13日부터 8月 30日까지 水槽內에서의 適應 및 成長狀態를 確認하기 위하여 먹이를 全的으로 실지렁이에 依存 一定水溫을 維持하면서 實驗

飼育을 하였다. 그 結果는 Table 2에 表示한 바와 같이 成長度, 飼料効率 다같이 比較的 良好하였으며, 水槽 1-3의 1974年産 받은 成長度, 飼料効率 다같이 좋지 못했다.

期, 裝置 1에서는 水溫이 平均 27.5℃로 유지되었으며, 1-1과 1-2에는 76年産(當年産)으로 1-1에는 10尾 81.1g 收容하여 122g으로 자랐고, 실지렁이에 의한 飼料係數는 4.77, 日間成長率은 2.29%였으며 1-2에서는 10尾 81.9g 收容, 117.3g 收獲, 飼料係數 5.90, 日間成長率 2.01% 였는데, 1-3에 收容한 74年産은 飼料係數 9.69, 日間成長率 0.82%로 나타났다.

裝置 2에 收容한 것도 水溫이 28.5~28.8℃의 範圍 아래서, 2-1에서는 10尾 56.6g 收容, 85.7g로 成

Table 2. Result of conditioning to aquarium by giving *Tubifex* as food for 18 days (August 13 - 31, 1976)

Division(Feed)	Average W. T. (°C)	First		Last		Gain	Food coefficient (Wet)	Growth rate(%)	
		Weight/No. (Aver.)	Weight/No. (Aver.)	Weight/No. (Aver.)	Weight/No. (Aver.)			Total	Daily
1-1 (<i>Tubifex</i>)	27.3	81.1/10(8.11)	122/10(12.2)	40.9	4.77	50.43	2.294		
1-2 (")	28.8	81.9/10(8.19)	117.3/10(11.73)	35.4	5.90	43.22	2.016		
1-3 (")	28.7	151.8/10(15.18)	176/10(17.6)	24.2	9.69	15.94	0.825		
2-1 (")	28.8	56.6/10(5.66)	85.7/10(8.57)	29.1	4.98	51.41	2.331		
2-2 (")	28.7	53.2/10(5.32)	86.0/10(8.60)	32.8	4.41	61.65	2.704		
2-3 (")	28.5	58.4/10(5.84)	81.0/10(8.10)	22.6	5.66	38.69	1.834		

* The eels which retained from 1974 by retarded growth.

Table 3. A result of rearing for 30 days fed with combination of processed feed and fresh mackerel flesh (Oct. 23 - Nov. 22, 1976)

Division (Feed)	Average W. T. (°C)	First		Last		Gain	Food coefficient (Wet)	Growth rate(%)	
		Weight/No. (Aver.)	Weight/No. (Aver.)	Weight/No. (Aver.)	Weight/No. (Aver.)			Total	Daily
2-1 (Mackerel mixed feed)	25.9	158/10(15.8)	232/10(23.2)	74.0	4.66	46.83	1.289		
2-2 (")	28.0	124/10(12.4)	212.4/10*(21.2)	88.4	3.83	71.29	1.810		
2-3 (")	29.7	158/10(15.8)	282/10(28.2)	124.0	4.30	78.48	1.950		

* Escaped one is included at its initial average weight.

長, 飼料係數 4.98, 日間成長率 2.33% 였으며, 2-2에서는 10尾 53.2g收容, 86.0g로 成長, 飼料係數 4.41, 日間成長率 2.70%였고, 2-3에서는 10尾 58.4g 收容, 81.0g로 成長, 飼料係數 5.66, 日間成長率 1.83%였다.

2. 生飼料 混合使用時의 飼育結果

이와 같이 실지렁이를 供給하면서의 水槽內 適應은 比較的 쉽게 이기었으므로 人工配合飼料 만으로

飼育하여 그 結果를 얻기 위한 實驗을 하기에 앞서 配合飼料에 生飼料를 섞어서 供給하여 그 結果를 檢討하면서 人工飼料効率에 關한 實驗을 하도록 했다.

Table 3은 1976年 10月 23日 부터 11月 22日까지 30日間 飼育한 結果를 表示한 것인데, 成長率 및 飼料効率 다같이 良好하였다. 이 期間에는 고등어를 探肉, 갈아서 밀가루물에 섞어서 준 것인데, 밀가루의 量은 適當한 精度를 주기 위한 것이었으며, 그

백장어 養殖

Table 4. A result of rearing for 20 days fed with combination of fresh mackerel flesh and dough from Dec. 5 to Dec. 25, 1976

Division (Feed)	Average W. T. (°C)	First		Last		Gain	Food coefficient (Wet)	Growth rate	
		Weight/No. (Aver.)	Weight/No. (Aver.)	Weight/No. (Aver.)	Weight/No. (Aver.)			Total	Daily
1-1 (Control 1)* ¹	24.9	244/10 (24.4)	323/10 (32.3)	73	4.45	29.91	1.317		
1-2 (Mackerel mixed feed)	24.9	246/10 (24.6)	358/10 (35.8)	112	4.7	45.52	1.893		
1-3* ² (/)	24.9	233/8 (29.1)	303/8 (41.5)	70	5.85	30.04	1.322		
2-1 (Control)* ¹	26.0	261/10 (26.1)	368/10 (36.8)	107	3.09	40.99	1.732		
2-2 (Mackerel mixed feed)	27.9	253/10 (25.3)	338/10 (33.8)	85	4.69	33.59	1.458		
2-3 (/)	29.9	237/10 (23.7)	289/10* ³ (28.9)	52	4.71	21.94	0.997		
2-4 (/)	25.9	133/10 (13.3)	175/10 (17.5)	42	4.64	31.57	1.381		
2-5* ² (/)	26.6	328/10 (32.8)	402/10 (40.2)	74	4.81	22.56	1.022		
2-2 (/)	23.8	125/10 (12.5)	146/10 (14.6)	21	6.19	16.80	0.780		

* 1. For control, commercial feed for 1~5g eels (Kuroko) manufactured by the Chubu-Shiryo Co., LTD. Japan was used instead of flour dough to combine with mackerel flesh. When preparing into dough, 1.2 part of water is added to 1 part of dry feed.

* 2. Over two years old eels retained from 1974.

* 3. This includes 3 dead ones which died from accidental aeration failure.

Table 5. Growth, by feeding with combination of *Tubifex* and processed feed, of those which previously did not grow when fed only processed feed (From April 7 to May 18, 1977, for 41 days)

Division (Feed)	Average W. T. (°C)	First		Last		Gain	Food coefficient (Wet)	Growth rate(%)	
		Weight/No. (Aver.)	Weight/No. (Aver.)	Weight/No. (Aver.)	Weight/No. (Aver.)			Total	Daily
2-4 (<i>Tubifex</i> and Control feed)	26.56	112/9 (12.4)	283/9 (31.4)	172	4.70	153.57	2.295		
2-5 (<i>Tubifex</i> and Exper. feed)	26.14	133/9 (14.7)	317.7/9 (35.3)	184.7	4.30	138.87	2.146		
2-6 (/)	26.27	112/8 (14.0)	200/8 (25.0)	88	6.07	78.57	1.424		

량은 特別히 檢討 分析하지 않았다. 濕重量으로서의 飼料係數는 2-1에서 4.66, 2-2에서 3.83, 2-3에서 4.30 이있고, 日間成長率은 2-1에서 1.289%, 2-2에서 1.810%, 2-3에서 1.950%이다.

Table 4는 1976年 12月 5일부터 同 25日까지 20日間 飼育한 結果인데, 1-1과 2-1은 珉가루 대신 日本 中部飼料株式會社製 黒子用 먹이를 使用, 기타는 珉가루를 使用하여 高등어 肉의 반죽에 썼다. 飼育結果는 1-3과 2-6을 제외하고는 飼料係數 4.64~4.81사이있고, 1-1 및 2-1 對照區에서는 4.45 및 3.09라는 成績을 나타내었다. 成長率도 水溫이 23.8

°C인 2-6에서는 日間成長率 0.78%란 낮은 結果였고, 약 26°C 以上の 其他에서는 比較的 좋은 結果를 나타내었다. 그러나, 29.9°C인 2-3에서는 오히려 낮은 成長率을 나타내었는데, 이는 飼育 도중 失手로 aeration이 중단되어 3尾가 죽고, 남은 것도 甚한 苦痛을 받은 때문인 것으로 보인다. 그리고, 1-3은 74年産 魚類인 때문에 약간 높은 飼料係數를 나타내었다.

Table 5는 4月 7일부터 5月 18日까지의 41日間, 그以前에 人工飼料 만으로 길러본 結果 거의 成長을 증지한 것을 收容하여 人工配合飼料와 珉지렁이를 교대로 거의 절반량씩 供給하여 길러본 結果이다.

이 期間中에는 配合飼料로 商品飼料를 2-4 水槽에 주고, 2-5 및 2-6 水槽에는 實驗配合飼料를 供給했는데, 水溫은 모두 平均 26℃를 조금 낮은 程度로 維持되었는데, 飼料効率 및 成長度 모두 良好하였다. 그러나, 2-6에서만은 飼料効率が 약간 낮았다. 어쨌든 成長이 中止된 것이라도 실지렁이를 多量供給함으로써 成長이 回復 正常化되었다.

3. 飼料效果比較實驗

1976年 12月 25일부터 1977年 2月 8일까지 45日間に 걸쳐 裝置2에서 6個의 水槽를 利用하여 飼育實驗을 하였다. 이 期間동안 甚한 추위로 室溫이 너무 下降하고, 따라서 水槽內의 水溫이 내려가는 일이 많았고 그 結果 Table 6에서 表示한 바와 같이 平均水溫이 最高28.8℃ 最低23.2℃의 範圍었다.

6個의 水槽中 2-1은 對照로 日本 中部飼料株式會

社製 照子用을 使用하고, 2-2에서 2-6까지의 5個水槽에는 實驗配合飼料를 使用하였다. 實驗用 배장어는 2-5에서만 74年産 배장어였지만 余他는 當年産이었고 크기는 各水槽마다 달랐고 또 個個의 水槽中에서도 그 以前부터 適應飼育하고 있던 것을 可及의 程度로 안배하였기 때문에 甚한 크기 差異가 있었다. 이것은 再配置로 인한 安定性 상실로 먹이 拒否 및 成長不調를 막기 위해서 있다. 따라서, 죽은 것은 例外없이 아주 작은 것이며, 큰것에 물린 자국이 甚했고, 行方不明도 가장 작은 것이었을 것으로 짐작된다.

이런 飼育에서는 大體로 飼料効率が 좋았고, 對照飼料에서는 1.34의 飼料係數를 나타내었으며, 2-2에서부터 2-6까지 各各 1.65, 1.83, 1.31, 1.34, 1.66 이었다. 成長率은 크게 좋지는 않았으나 大體의 으로 滿足할만한 範圍인 日間 0.9% 進후었다.

Table 6. Feed effect experiment 1 (For 45 days from Dec. 25, 1976 to Feb. 8, 1977)
(Weight in grams)

Division (Feed)	Average W. T. (°C)	First		Last		Gain	Food coefficient		Growth rate(%)	
		Weight/No. (Aver.)	Weight/No. (Aver.)	Weight/No. (Aver.)	Weight/No. (Aver.)		(Wet)	Dry	Total	Daily
2-1 (Control)* ¹	23.9	368/10(36.8)	566/8* ² (70.7)	198	(2.949)	1.340* ⁵	53.80	0.961		
2-2 (Exper. feed)	26.2	338/10(33.8)	462/10(46.2)	124	(5.31)	1.656	36.68	0.697		
2-3 (/)	26.8	164/7 (23.4)	247/7 (35.2)	83	(5.89)	1.837	50.61	0.914		
2-4 (/)	25.6	175/10(17.5)	273/9* ³ (30.3)	98	(4.20)	1.310	56.00	0.993		
2-5* ⁴ (/)	25.5	402/10(40.2)	620/10 (62.0)	218	(4.31)	1.344	54.22	0.967		
2-6 (/)	23.2	146/10(14.6)	223/10 (22.3)	77	(5.33)	1.662	52.73	0.946		

- * 1. Feed for eel size of 1-5g (Kuroko) manufactured by Chubu-Shiryo Co. LTD., Japan.
- * 2. Two missing ones are excluded, which might have been eaten by large ones.
- * 3. Missing one is excluded.
- * 4. Test animals were those kept from 1974.
- * 5. In this feed added was 1.2 parts of water to 1 part of powdered feed when prepared into dough.

Table 7. Feed effect experiment 2 (For 99 days from Feb. 8 to May 18, 1977)
(Weight in grams)

Division (Feed)	Aver. W. T. (°C)	First		Last		Gain	efficient		Growth rate(%)	
		Weight/No. (Aver.)	Weight/No. (Aver.)	Weight/No. (Aver.)	Weight/No. (Aver.)		(Wet)Dry	Total	Daily	
2-1 (Control feed)	26.1	212/10(21.2)	567.4/10* ¹ (56.7)	353.0	(2.79)	1.328* ³	166.51	0.995		
2-2 (Exper. feed)	25.8	236/10(23.6)	770/10 (77.0)	534.0	(4.77)	1.488	226.27	1.201		
2-3 (/)	26.3	244/10(24.4)	636.8/10* ² (63.6)	386.0	(5.07)	1.584	158.19	0.963		

General note: When growing vigorously, smaller or weaker ones are frequently attacked by larger and stronger ones resulting in death or escape by jumping out of the aquarium.

- * 1: Missing two are included by calculation.
- * 2: Missing two are included by calculation.
- * 3: Calculated on the basis of 1.1 parts of water addition to 1 part of powdered middling (Yochu : 5-25g) feed.

뱀장어 養殖

Table 7은 그후 2月 8日부터 5月 18日까지의 99日 間 水槽 2-1, 2-2 및 2-3에서 個體 크기 20g~28g사이의 고른것을 再配置시켜 飼育한 結果이다. 그러나, 99日 間의 飼育後에 個體間의 甚한 差異를 나타내고 2-1에서는 거의 成長하지 않는 것부터 最大146g되는 것까지 나타났고, 2-2에서는 最大 129g, 2-3에서는 最大 105g 되는 것까지 나타났다. 이 測의 實驗配合飼料는 Table 6 測와 같은 것이 있지만, 對照飼料로서는 中部飼料株式會社의 黑子用 대신 養中用을 使用하였다. 飼育期間中의 平均水溫은 26℃전후였고, 飼料係數는 乾燥材料에 對하여 對照인 2-1에서 1.32, 2-2와 2-3에서는 各各 1.48 및 1.58이었다. 日間成長率도 1.0 전후 및 1.2로서 滿足할만한 범위였다.

4. 成長이 지연된 74年產 뱀장어의 飼育

Table 8에 나타낸 바와 같이 一般적으로 그 成長이 年産(76年產)에 比하여 부진하였다.

첫 飼育期間인 8月 13日부터 8月 31日까지 平均水溫 27.3℃에서 실지렁이로 飼育한 結果 日間成長率 0.83%, 飼料係數 9.69(濕重量, 이하 飼料係數는 濕重量인)를 기록하였으나 8月 31日부터 10月 10日까지는 먹이를 조금 바꾸어 고등어와 밀가루를 섞은 飼料에 메트로 실지렁이를 주면서 平均水溫 27.5℃

에서 飼育한 結果 日間成長率 0.3% 飼料係數 13.06의 좋지 않은 成長을 나타냈다. 다음 10月 10日부터 10月 23日사이 高등어와 밀가루를 섞은 것만으로서 平均水溫 27.5℃에서 飼育한 結果, 日間成長率 0.077%, 飼料係數 36.0으로 飼育實驗中 成長이 가장 부진하였다. 그 뒤, 10月 23日부터 10月 31日까지, 10月 31日부터 11月 22日까지, 11月 22日부터 12月 4日까지의 3차례 飼育에서 平均水溫은 各各 26.0℃, 23.6℃, 25.2℃였고, 日間成長率은 各各 0.186%, 0.302%, 0.556%였으며, 飼料係數는 各各 22.6, 12.64, 10.73으로 점차 내리고 있지만 여전히 나쁜 成績을 나타내었다. 그러나, 다음 12月 5日부터 12月 25日 사이의 약 30g 前後되었을 때는 2個의 水槽에서 飼育한 것을 보면 첫번째 平均水溫 24.9℃, 日間成長率 1.322%, 飼料係數 5.85였고, 다음 水槽에서도 平均水溫 26.6℃, 日間成長率 1.022% 飼料係數 4.81로 비교적 좋은 成績을 보였으며, 마지막 飼育實驗인 12月 5日부터 이듬해 2月 8日까지의 45日間은 고등어肉 대신 實驗配合飼料로서 平均水溫 25.5℃에서 飼育한 結果 日間成長率 0.96%, 飼料係數 濕重量으로서 4.31, 乾燥量으로서 1.344의 비교적 좋은 結果를 보였다.

Table 8. Growth of over 2 years old eels in the experimental aquarium

Period (Days)	Feed	Average W. T. (℃)	First		Last		Gain	Food coefficient (Wet)	Growth rate(%)	
			Weight/No. (Aver.)	(Aver.)	Weight/No. (Aver.)	(Aver.)			Total	Daily
Aug. 13~ Aug. 31 (18)	<i>Tubifex</i>	27.3	151.8/10 (15.1)		176/10(17.6)	24.2	9.69	15.94	0.825	
Aug. 31~ Oct. 10 (41)	Exper. feed & <i>Tubifex</i>	27.5	176/10 (17.6)		199/9 (22.1)	23	21.26	13.06	0.300	
Oct. 10~ Oct. 23 (13)	Mackerel mixed feed	27.5	199/9 (22.1)		201/9 (22.3)	2	36.00	1.00	0.077	
Oct. 23~ Oct. 31 (8)	〃	26.0	201/9 (22.3)		204/9 (22.6)	3	22.66	1.49	0.186	
Oct. 31~ Nov. 22 (22)	〃	23.6	204/9 (22.6)		218/9 (24.2)	14	12.64	6.86	0.302	
Nov. 22~ Dec. 4 (12)	〃	25.2	218/9 (24.2)		233/8 (29.1)	15	10.73	6.88	0.556	
Dec. 5~ Dec. 25 (20)	〃	24.9	233/8 (29.1)		303/8 (37.8)	70	5.85	30.04	1.322	
〃 (〃) 〃	〃	26.6	328/10 (32.8)		402/10(40.2)	74	4.81	22.56	1.022	
Dec. 25. 76~ Feb. 8, 1977(45)	Exper. feed	25.5	402/10 (40.2)		620/10(62.0)	218	4.31 Dry 1.344	54.22	0.967	

W. T. : Water temperature

考 察

1. 實驗裝置에 對한 問題點

(1) 逃避防止 問題

뱀장어는 強한 逃避性이 있으므로 이에 對한 充分한 對策을 세워야 한다. 이번 實驗에서도 이따금 逃避로 인한 行方不明이 생겼으므로 實驗結果의 檢討에 큰 애로를 느꼈다. 水槽內에서의 逃避防止策으로는 뚜껑을 잘하는 것이 重要하지만 그래도 뚜껑의 어느 틈을 뚫고 나가는 일이 종종 생긴다. 江草·大家(1957)도 2月 15日에 실험장어 635尾 부터 시작하여 작은것은 選別除去하면서 마지막 12月 21日에는 178尾 만을 남겼는데, 그동안 逃亡한 것이 81尾나 되었다고 한다. 따라서, 今後的 實驗裝置 設計에는 水面上 적어도 30cm 정도의 여유를 두고, 그 위에 內向板 구조를 만드는 것이 좋다고 생각된다. 水上 30cm라는 數字는 勿論 뱀장어 크기에 따라 달라지겠지만 約 100g미만의 뱀장어의 實驗飼育時에는 無難한 것으로 보인다. 이 경우에 있어서 內式 浸漬 濾過裝置를 設置한 경우는 濾過槽를 철사 또는 適當한 方法으로 매달고 물의 循環은 小形 Vertical 펌프를 사용하는 것이 가장 便利한 것으로 생각된다.

(2) 濾過槽에 關한 問題

뱀장어는 반죽 상태의 飼料를 먹으므로 사료먹는 동안에 相當量의 飼料粒子가 물 속으로 흩어진다. 이것은 粘着效果를 가지는 밀가루를 물에 풀어 100℃로 溫度를 올린 뒤 20分 이상 加熱하여도 뱀장어의 먹이먹는 習性 關係로 풀려서 흩어지는 양이 적지 않고, 물 빛깔이 부영계 된다. 따라서, 이들 澱粉質과 함께 흩어진 魚粉 其他成分들이 飼育槽에서 빠른 時間안에 除去되어야 하므로 濾過水量이 每 5~6分에 飼育槽水量을 1回轉할 정도로 되는 것이 바람직하다고 생각되고, 또 濾過材料속에서 吸着 除去시켜야 하므로 濾過材料量이 많을 것이 必要하다. 內式濾過方式에 依할 때는 5~6日에 한번씩 가볍게 씻어서 過重한 附着物을 除去시킬 수도 있겠지만 外式의 보다 大形單一濾過槽에 의존할 때는 이 洗滌이 어려우므로 充分한 여유를 가진 濾過材料가 들어갈 수 있는 濾過槽의 設置가 必要하다. 만약, 보다 大形의 뱀장어 飼育實驗을 하는 Pilot plant 같으면 먹이먹는 時間동안 생겨나는 懸濁水를 飼育裝置外로 流出시키는 特殊 먹이供給器를 考察 裝置한 수도 있을 것으로 보인다. 그러나, 10~20 尾 内外를 一單位로 飼育하는

實驗室內規模에서는 이것이 어려울 것으로 생각된다. 一面, 二系列의 濾過裝置를 하여 其中 一系列은 먹이먹는 동안 및 그후 水中에 擴散된 懸濁飼料粒子가 吸收될때 까지 作用시킬 것이 必要하다고 보인다. 이 경우 懸濁物의 吸收가 끝나면 이副濾過裝置의 洗滌이 必要하다고 생각된다.

2. 不均一成長

뱀장어는 一般的으로 成長이 고르지 않고, 따라서 飼育期間中 週期的인 大小選別이 必要하다. 이 不均一成長은 實驗水槽內 뿐만 아니라 野外 露池에서도 마찬가지다. 이 현상은 高水温의 急成長期에 더욱 甚하다는 見解도 있다. 그리하여 8月中에는 뱀장어의 一部만 먹이를 먹다가 9月에는 全部가 먹는다는 것이다(稻葉, 1976).

그렇지만 뱀장어는 어릴때, 즉 실험장어부터 약 1~2g 때까지는 좋은 飼料와 適水温 및 맑은 水質에서 飼育하면 均一하게 成長한다. 이 現象은 1975年의 뱀장어의 初期飼育實驗때(金·趙, 1974) 관찰된 일이며, 또 그 후의 實驗室內에서의 學生實驗用飼育時 계속 관찰된 일이다. 특히 먹이는 살아 있는 실지렁이를 使用했으며, *Chironomus* 幼虫等 다른 먹이도 同一한 結果를 얻어리라고 생각된다.

그러나, 약 2g 以上으로 자란 후부터는 成長이 不均一해지는 現象을 나타내기 시작한다. 이번 研究에서는 元來 飼料를 人工飼料로 代替하는 問題를 主로 取扱했기 때문에 不均一의 原因을 最適飼料가 아니라는 데 돌릴 수도 있을 것이다. 江草·大家(1957)가 실지렁이, 바지락肉을 준 경우도 甚한 不均一成長을 나타냈으며, 佐伯(1958)도 마찬가지였다. 그리고, 胥江·他(1966)의 Pellet 먹이를 준 實驗에서는 처음 112尾로부터 飼育을 시작 途中에 작은 것을 除去하면서 마지막의 第3 및 4 段階 飼育에서는 29尾만 남겼으나 역시 11g에서 102g에 이르는 甚한 差異를 나타내었다.

이번 飼育을 通하여, 水質과 飼料를 보다 좋게 유지하면 5g 以上の 뱀장어라도 成長이 보다 均一해지는 것을 느낄 수 있었다. 그러나, 어릴 때같이 그렇게 均一成長을 하지는 않았다. 만약, 보다 좋은 水質과 좋은 먹이를 주면 成長이 보다 均一해진다는 것은 의심할 여지가 없지만, 그러나 完全한 均一成長은 기대하기 힘들고 그렇게 하기에는 産業經濟的 問題가 따른다고 생각된다.

一面, 野外 콘크리트 못에서의 飼育經驗인데, 지난 8月 一部 큰 것은 320g 放養하고 飼育하다가 그

뱀장어 養殖

대로 越冬시키고, 77年 봄부터는 잉어 사료 (반죽사료)를 주면서 放置해 두었는데, 그중 3尾는 正常대로 成長하였으며, 심지어는 잉어 飼料를 배불리 잘먹는 것을 觀察하였다. 그러나, 나머지 大部分은 잘 먹지 않고 여위고, 1部는 죽어가고 있었다.

이것을 볼 때, 뱀장어 個体中 1部는 나쁜 環境과 나쁜 飼料로서도 잘 견디고 크는 體質을 가졌다고 보아지고 1部는 그렇지 못하다고 생각된다. 그리고 이 生活強度는 個体마다 조금씩, 差異가 있는 것으로 보아진다. 따라서, 처음에 強하고 빨리 크는 것은 選別하여 別途의 곳에 收容하여 餘他的 것과 같은 먹이 같은 方法으로 기르면 훨씬 빨리 자라게 되는 것으로 보아진다. 1面 成長이 늦은 것에도 여러 層이 있으며, 가장 느린 것은 別途로 收容하여 相當한 크기로 될 때까지 보다 좋은 環境과 좋은 먹이를 계속 供給할 必要가 있다고 생각된다.

이러한 現象은 뱀장어의 크기가 약 30g 진후로 되면서부터 달라지는 것으로 나타났다. 74年産이나 76年産이나 다 같이 일단 30g 진후로 된 후는 거의 고르게 成長했으며, 比較的 飼育이 容易함을 볼 수 있었다.

3. 成長이 지연된 多年令 뱀장어의 成長

만 2년이 경과하여도 10~20g 정도 밖에 되지 않은 것의 成長을 當年産의 正常的인 것의 成長과 比較해 보기 위해 飼育實驗한 結果는 Table 8에 나타난 바와 같이 成長度나 飼料效率面에서나 다같이 대단히 좋지 않은 結果였다. 即 76年 8月 13일부터 31일까지의 첫 實驗에서 실지렁이 만으로 飼育했을 때도 飼料係數 9.7, 日間成長率 0.83%라는 나쁜 效率를 나타내고 當年産의 4.8前後에 比較하면 너무 심한 差異라 볼 수 있다. 그후 8月 31일부터 10月 10일까지의 配合飼料와 실지렁이를 다 같이 먹었을 때도 飼料係數 21 이라는 극단적인 非效率인 수치를 나타내었다. 그러나, 그동안 꾸준히 成長하여 없어진 1尾를 除外한 9尾는 平均 22.6g으로 자랐고, 그후 고등어肉을 섞은 飼料만으로 飼育한 10月 31日 부터 11月 22日까지의 飼育에서는 飼料效率이 多少 向上된 飼料係數 12.6을 나타내었다. 그후 11月 22日 부터 12月 4日까지의 飼育에서 飼料係數 10.73을 나타내고 平均 29.1g으로 成長하였다. 이 후의 成長은 12月 5日 부터 同 25日까지의 飼育에서 日間成長率 1.32%, 飼料係數 5.85로 平均 37.8g으로 成長하였으며, 이는 아주 正常的인 成長이라 보아진다. 그후 별도로 준비된 成鱒 育成水槽에 섞어 收容하였

더니 當年産의 急成長群과 差異없이 成長하였다.

이와 같이 成長初期에 어떤 理由로든지 일단 成長이 늦어진 뱀장어는 약 30g의 크기로 될 때까지 成長度나 飼料效率面에서나 다같이 빠른 成長群에 比較하여 養殖上 相當히 不利한 것으로 나타났다. 이 現象은 先天的인 因子에 依한 生理的 差異의 結果인지도 모르지만, 後天的인 外的 條件도 影響을 줄지 모른다. 이러한 뱀장어의 早期成長度 회복에 관한 검토 및 研究가 必要하다고 생각된다.

4. 飼料의 經濟的 檢討

現在 使用하고 있는 輸入配合飼料와 고등어등 生飼料는 그 價格이 높고, 特히 成鱒用으로 利用할 때는 그 經濟的 比重이 너무 커지고 養鱒業自体에 큰 어려움을 주는 일이 있다.

飼料의 生産費比重을 다루기 위하여 飼料 또는 그 原料의 單價基準이 있어야 하는데, 이는 相當한 變動幅이 있으므로 1977年 봄의 時勢에 따라 일단 大略 다음과 같이 決定하여 計算基準으로 삼기로 했다.

輸入配合飼料

黑子用 1kg당 1,000원

養中用 1kg당 700원

實驗配合飼料原料

밀가루 1kg당 128원

白色魚粉 1kg당 300원

비타민혼합 1kg당 4,200원

소금 1kg당 100원

그러면 實驗配合飼料(乾材料) 1kg 만드는 데 必要한 경비는 다음과 같아진다.

밀 가루	29%	37.12원
白色魚粉	69%	207 원
비 타 민	1%	42 원
소 금	1%	1원
		₩ 287.12

100kg 만드는 데 必要한 경비물

人件費 3,000원

연료(石油2l) 142원

동력비(5kw/h) 60원(농업용계산)

기타잡비(10%) 320원

₩ 3,522

1kg당 35.22원

1kg당 총비용은

(원료) 287.12+(경비) 35.22=₩ 322.34

따라서 實驗配合飼料를 使用했을 때의 飼料係數를 기초로 飼料費用을 계산해보면, Table 6에서 2-1의

對照區黑子用商品飼料의 경우 飼料係數 1.34로 kg 당 단가 1,000원으로 계산하면, 뱀장어 $1kg$ 增肉에 ($₩1,000 \times 1.34 = 1,340$ 원)이 소요되고, 2-2부터 2-6까지의 飼料係數 평균치를 계산해보면 1.56이므로 $1kg$ 增肉에 $₩ 322.34 \times 1.56 = 502.85$ 원으로 商品黑子用의 2.66분의 1에 해당된다. 또, 이 경우 2-1區에서 黑子用 대신 糞中用을 使用하여 이와 같은 效果가 낫다고 해도 $₩ 700 \times 1.34 = 938$ 원으로 實驗配合飼料에 比較하여 1.86배나 所費된다. 다음 Table 7의 경우 實驗飼料區에서 2-2 및 2-3의 평균 飼料係數는 1.536이며 $1kg$ 生産에는 $₩ 322.34 \times 1.536 = 495.11$ 원이 所要되고 糞中用飼料區인 2-1에서는 $1kg$ 生産에 $₩ 700 \times 1.328 = 929.60$ 이 所要되므로 實驗飼料보다 1.87배나 된다.

糞中用의 商品飼料를 輸入하는 데 경비를 절감시킨다 하더라도 生産에의 費用에 相當한 差가 있을 것으로 보인다. 다만, 飼料를 自給한다고 할 때 그 原料인 北洋白色魚粉의 供給이 한가지 문제로 남는데, 이는 漁業會社와 行政府間의 協助로 解決될 수 있을 것으로 생각된다.

12.4~14.7g 평균의 뱀장어에게 실지령이와 配合飼料를 適宜交代로 供給하니 飼料係數 4.3~6.0, 日間 成長度 약 1.4~2.3%의 正常的인 成長을 하였다 (Table 5).

4. 北洋白色魚粉을 主原料로 한 實驗配合飼料로서 飼育한 結果 乾燥原料換算飼料係數 1.31~1.83, 平均 1.55 (Table 6, 7)로 對照로 使用한 日本商品飼料黑子用 및 糞中用의 係數 1.34 및 1.328에 比較하여 大差있는 結果를 나타내었다.

5. 實驗配合飼料는 輸入商品飼料에 比較하여 增肉生産費가 약 1.8분의 1(약 45% 節減)(77年 봄의 國內 時勞基準) 밖에 소요되지 않는다.

6. 不均一成長이 심하고 成長이 늦어진 것은 약 30g의 크기로 될 때까지 成長이 빠른 것에 比較하여 飼料 効率 및 成長率 다 같이 대단히 좋지 못했으며, 약 30g以上이 된 후부터는 이 두 要素 모두 正常化되었다.

7. 成長이 늦은 것은 內的인 生理機能에도 그 原因이 있을 것으로 생각되지만 또 外的인 要素에도 原因이 있을지도 모른다. 이 점에 對한 究明研究가 必要하다고 생각된다.

要 約

1976年 8월부터 1977年 5월까지 室內水槽에서 循環濾過裝置를 하여 5g 정도 이상되는 뱀장어를 對象으로 飼育試驗을 하고 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 실지령이를 먹이로 하면 水槽 내에서 곧 適應하여 보통은 飼料係數 5진 후, 日間 成長率 2%진 후의 成長成績을 나타내었다 (Table 2).

2. 고등어 肉을 밀가루 또는 配合飼料에 섞어서 飼育한 結果는 대체적으로 飼料係數 4~5사이였고 日間 成長率도 特別한 경우를 除外하고는 1% 以上 2% 가까운 數字를 나타내었다 (Table 3, 4).

3. 配合飼料로 飼育한 結果 거의 成長이 中止된

文 獻

- 青江弘·野口祐三·増田毅·杉澤雄二(1966): 罔形飼料によるウナギの飼育-1, 實驗室內における小規模の飼育試驗. 水産増殖, 14(3), 139-146.
- 江草周三·大家正太郎(1957): 室內小水槽におけるシラスウナギの飼育, 水産増殖, 5(1), 12-18.
- 稻葉俊(1976): 9月の管理, 鰻. 養殖 13, (9), 104-106.
- 金仁培·趙載潤(1974): 뱀장어의 初期飼育에 關한 研究. 韓水誌, 7(4), 179-186.
- 松井魁(1972): 鰻學(養殖技術篇). pp. 285-737, 恒星社厚生閣, 東京.
- 佐伯有常(1958): 循環水槽によるウナギの飼育. 水産増殖, 6(1), 36-42.