

넙치, *Paralichthys olivaceus* 仔魚 및 稚魚의 攝食과 消化

元文星 · 張榮振 · 柳晟奎

釜山水產大學 養殖學科

Feeding and Digestion by Postlarvae and Juveniles of the Flounder, *Paralichthys olivaceus*

Moon Seong WON, Young Jin CHANG and Sung Kyoo YOO

Department of Aquaculture,
National Fisheries University of Pusan, Nam-gu, Pusan 608-737, Korea

ABSTRACT

There are many problems to be solved for the establishment of more feasible and simplified method of seed production of marine fishes. One of the most important tasks in seed production is to clarify the feeding ecology of larvae and juveniles under rearing conditions.

In the present study, two groups of postlarvae-juveniles of the flounder, *Paralichthys olivaceus* were used. One ranging 11.38 to 17.08 mm in mean total length was fed with *Artemia* nauplii at two different water temperatures (19 to 21 °C and 24 to 25 °C) and the other ranging 4.39 to 10.64 cm in mean total length was fed with prepared diet.

Time required from the start of feeding to satiation was 45 to 55 minutes at 24 to 25 °C and nearly one hour at 19 to 21 °C. Mean numbers of *Artemia* nauplii in digestive tract were 236 to 375 individuals per fish at 24 to 25 °C. The amount of food remained in the intestine was 24.8 % of the total food in the digestive tract.

In juveniles of 4.39 to 10.64 cm in mean total length, amount of prepared diet consumed at satiation was 0.04 to 0.46 g per fish.

Digestive tract index in juveniles was rapidly decreased for 24 hours after satiation and kept nearly constant after 48 hours, showing that the time to completely digest the prepared diet in juveniles was estimated to be about 48 hours.

緒 論

最近 海産魚 養殖이 盛行되면서 種苗生産技術의 發達과 더불어 그 對象魚種도 늘어나는 趨勢에 있다. 이 중에서도 넙치, *Paralichthys olivaceus*의 種苗生産技術은 最近 數年間 많은 進展을 보아 왔으나, 먹이 및 飼育環境등에 관해서는 아직 體系化되지 못하고 있다. 種苗生産을 効率的으로 하기 위하여는 環境과 더불어 各 發育段階마다 攝食生態를 把握하는 것이 重要하며, 特히 먹이 供給量 決定은 魚類의 成長, 즉 收穫量에 關係하는 重要한 要因中的의 하나라고 할 수 있다.

魚類의 攝食에 관한 生態學的인 研究로서는 Ivlev (1961)에 의한 動物榮養生態學的인 側面에서의 研究를 비롯하여, 石渡 (1968a, 1968b)의 攝食에 影響을 미치는 여러 要因에 대한 다수의 研究 結果와 青山 (1958)의 鯉, *Trachurus japonicus*의 消化曲線, 狩谷 (1969)의 胃內容物量과 攝食

량과의 關係등의 研究를 들수 있다. 한편, 仔魚 및 稚魚의 攝食과 消化에 관하여는 安永 (1971), 福所 (1976a, 1976b, 1977) 등이 報告한 바 있다.

그러나, 이상의 研究結果는 주로 活動性이 강한 游泳魚類를 대상으로 研究한 것이므로, 해저면에 着底하여 저서생활로 一生을 보내는 넙치의 生態的 特性에 비추어 볼때, 攝食生態는 달라질 수 있을 것이다.

따라서, 本 研究의 目的은 着底期이후의 넙치 仔魚 및 稚魚의 攝食과 消化에 대해 調査하여, 種苗生産時 먹이의 供給方法을 改善할 수 있는 基礎資料를 얻는데에 있다.

材料 및 方法

1. 仔魚 및 稚魚의 *Artemia nauplii* 供給實驗

本 實驗에 使用된 材料로서는 1988年 6月 9日 거제 種苗培養場으로부터 분양받은 넙치의 受精卵을, 부산수산대학 천해양식연구실내의 種苗生産施設을 利用하여, 부화사육하여온 孵化後 日齡 27~45日인 仔魚 및 稚魚를 使用하였다. 實驗은 1988年 7月 9일부터 同年 7月 27일에 實施하였고, 飼育期間중의 水溫은 20.4~25.7 °C, 比重 (δ_{15})은 1.026~1.027이었다. 實驗期間중의 먹이인 *Artemia* 孵化幼生의 密度는 1 ml당 5~10개체로 維持하였다. 水溫別 攝食實驗을 위해서는, 低水溫區 (19~21 °C)와 高水溫區 (24~25 °C)를 設定하고, 各 水溫區마다 플라스틱水槽 (36×57×30 cm)에 孵化後 27일부터 45일까지의 仔魚 및 稚魚를 3일간격으로 各各 70~130마리씩 수용하여 6~10時間의 溫度適應時間과 絶食時間을 두었다. 여기에 먹이인 *Artemia* 孵化幼生을 供給한후, 5分間隔으로 3~6마리씩 採取하여 5% 포르말린液에 固定시킨 다음, 解剖顯微鏡하에서 全長을 測定하고 消化管內의 먹이를 計數하였다.

2. 稚魚의 配合飼料 供給實驗

本 實驗에 使用된 稚魚의 크기는 Table 1과 같이 平均全長 4.39~10.64 cm 範圍로서, 크기별로 I, II, III, IV의 4群으로 나누었다. 實驗은 1988年 7月 1일부터 同年 7月 20일까지 實施하고, 이 期間중의 飼育水溫은 22.6~26.1 °C, 比重 (δ_{15})은 1.025~1.026이었다. 먹이로서는 Table 2와 같이 粒度 1.7~2.7 mm의 日本協和醱酵製 넙치치어용 배합사료가 使用되었다. 實驗用 稚魚는 96時間 絶食시킨 후, 충분히 飼料를 供給하여 더이상 攝食行動을 나타내지 않는 段階, 즉, 飽食에 달할때까지 두었고, 魚體의 全長 및 體重은 飽食後 72時間 經過時에 測定하였다. 消化速度를 把握하기 위하여는 飽食後 3時間부터 96時間까지 經過時間別로 魚體의 全長 및 體重을 測定하고, 腹腔을 切開한 다음 消化管의 무게를 計測하여 體重에 대한 消化管重量의 比를 求하였다.

Table 1. Measurements of the fish used for the experiment

Group	Number of fish	Total length	Body height	Body weight
		(cm)	(cm)	(g)
		Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD
I	24	4.39±0.32	2.04±0.16	0.76±0.13
II	22	5.48±0.32	2.50±0.15	1.42±0.27
III	14	8.09±0.34	3.91±0.17	4.62±0.42
IV	16	10.64±0.49	5.28±0.27	11.39±1.64

Table 2. General composition of the prepared diet, Kyowa C

Ingredient	Percentage
Moisture	5.4
Crude protein	57.2
Crude fat	16.4
Crude ash	14.3
Phosphorus	2.2
Calcium	3.4
ω 3 highly unsaturated fatty acid	3.9

結 果

1. 仔魚 및 稚魚의 *Artemia nauplii* 供給實驗

孵化後 27일부터 45일까지 19~21 °C와 24~25 °C의 2개의 水温條件下에서 *Artemia* 孵化幼生을 供給했을때, 넙치 仔魚 및 稚魚의 消化管内 먹이의 수는 Table 3과 같다. 水温範圍 24~25 °C에서 먹이를 供給한후 飽食에 달하는 時間은 50분이었고 消化管内의 *Artemia*幼生수는 317.3개체로서 最大値를 보인 반면, 19~21 °C에서는 飽食에 이르기까지 거의 1時間이상이 所要되어, 水温이 높을수록 攝食量이 많았고, 飽食에 이르는 時間은 짧아지는 傾向을 보였다.

孵化後 日齡 27~45일의 넙치 仔魚 및 稚魚를 魚體의 크기별로 나눈 4群에 대한 經過時間에 따른 消化管内의 *Artemia*幼生數의 變化는 Fig. 1과 같다. 平均全長 11.38 mm, 12.49 mm, 13.94 mm, 17.08 mm의 4群에 있어서 消化管内에 들어있는 *Artemia*幼生數가 最大로 될때까지의 所要時間은 먹이를 供給한 후 각각 45分, 50分, 50分, 55분이었다. 이때 4群에서 넙치 稚魚의 消化管内 平均 먹이수는 각각 236개체, 302개체, 337개체, 375개체로서, 魚體의 크기가 클수록 攝食量은 늘어났으나, 飽食에 이르는 時間은 늦어지는 傾向을 보였다.

넙치 仔魚 및 稚魚의 크기에 따른 消化管内 攝食된 먹이의 經過時間別 累積個體數를 나타내보면, Fig. 2와 같이 時間이 經過할수록 全長의 크기에 따라 攝食量이 많아지는 傾向을 나타내고 있다. 이것을 最小自乘法를 利用하여 一次回歸直線式으로 나타내었을때, 기울기와 절편의 값은 Table 4에서 보는 바와 같다. 經過時間 5분에서의 기울기값 b는 水温 19~21 °C에서 2.7632, 24~25 °C에서 0.8564로 나타났고, b가 最大로 될때는 水温 19~21 °C에서 攝食開始後 50분으로 15.5985, 24~25 °C에서는 55분으로 27.8888로 나타나, 時間이 經過할수록 기울기의 값이 커지는 傾向, 즉 魚體의 크기에 따라 攝食量의 差異가 明確해지는 傾向을 보였다.

넙치 仔魚 및 稚魚의 胃와 腸에서 消化管内 먹이의 構成比率을 經過時間別로 나타내보면 Fig. 3 및 Fig. 4와 같다. 19~21 °C의 水温區에서 直腸을 包含한 腸에서의 百分率이 最大로 될때는 45분으로서 24.82 %였고, 24~25 °C에서는 35분으로 24.81 %였다. 消化管중에 腸에 대한 百分率이 最初로 20 % 이상이 되는 時間은 19~21 °C에서 45分, 24~25 °C에서 25분으로서 水温이 높은 區에서 消化管内 먹이의 移動이 빨랐다.

2. 稚魚의 配合飼料 供給實驗

96時間동안 絶食을 시킨후, 飽食에 이를때까지 配合飼料를 供給했을때 4群의 攝食量, 日間成長率과 飼料轉換率은 Table 5와 같다. 平均全長 4.39~10.64 cm 범위인 I群부터 IV群까지의 넙치 稚魚 1마리당 配合飼料의 飽食量은 0.0441~0.4569 g으로서 魚體의 크기가 클수록 많았으나, 飼料의

Table 3. Changes of the amount of ingested *Artemia* nauplii fed ad libitum to starved postlarvae and juveniles of *P. olivaceus* at two different water temperatures

Time after feeding (min.)	19 ~ 21 °C					24 ~ 25 °C				
	Number of fish examined	Total length (mm)	Number of <i>Artemia</i> nauplii in digestive tract		Number of fish examined	Total length (mm)	Number of <i>Artemia</i> nauplii in digestive tract		Number of <i>Artemia</i> nauplii in digestive tract	Total
			Stomach	Intestine			Stomach	Intestine		
5	20	13.88±1.69	49.0	1.3	50.3	18	14.07±2.55	54.1	0.2	54.3
10	19	13.93±2.01	83.0	4.7	87.7	18	14.25±2.53	86.7	10.6	97.3
15	20	14.30±2.57	96.8	11.1	107.9	18	13.93±2.08	122.0	18.7	140.7
20	21	14.07±2.37	94.7	20.4	115.1	18	13.81±2.13	126.0	30.5	156.5
25	21	14.17±2.23	104.1	16.8	120.9	17	14.15±2.24	122.4	32.3	154.7
30	21	13.95±1.99	125.8	23.8	149.6	18	14.16±2.48	145.8	44.5	190.3
35	20	13.91±2.38	125.3	31.2	156.5	18	14.05±2.37	175.5	57.9	233.4
40	21	14.26±2.43	135.0	33.6	168.6	16	14.36±2.49	204.3	59.1	263.4
45	21	14.37±2.47	135.1	44.6	179.7	18	14.09±2.53	217.9	65.7	283.6
50	21	14.19±2.17	166.6	46.7	213.3	18	14.61±2.89	249.4	67.9	317.3
55	21	14.17±2.36	170.3	50.6	220.9	18	14.07±2.62	238.5	59.7	298.2
60	21	14.38±2.17	188.0	54.2	242.2	18	14.69±3.14	243.6	52.5	296.1

* Density of *Artemia* nauplii : 5-10 Ind./ml in the water.

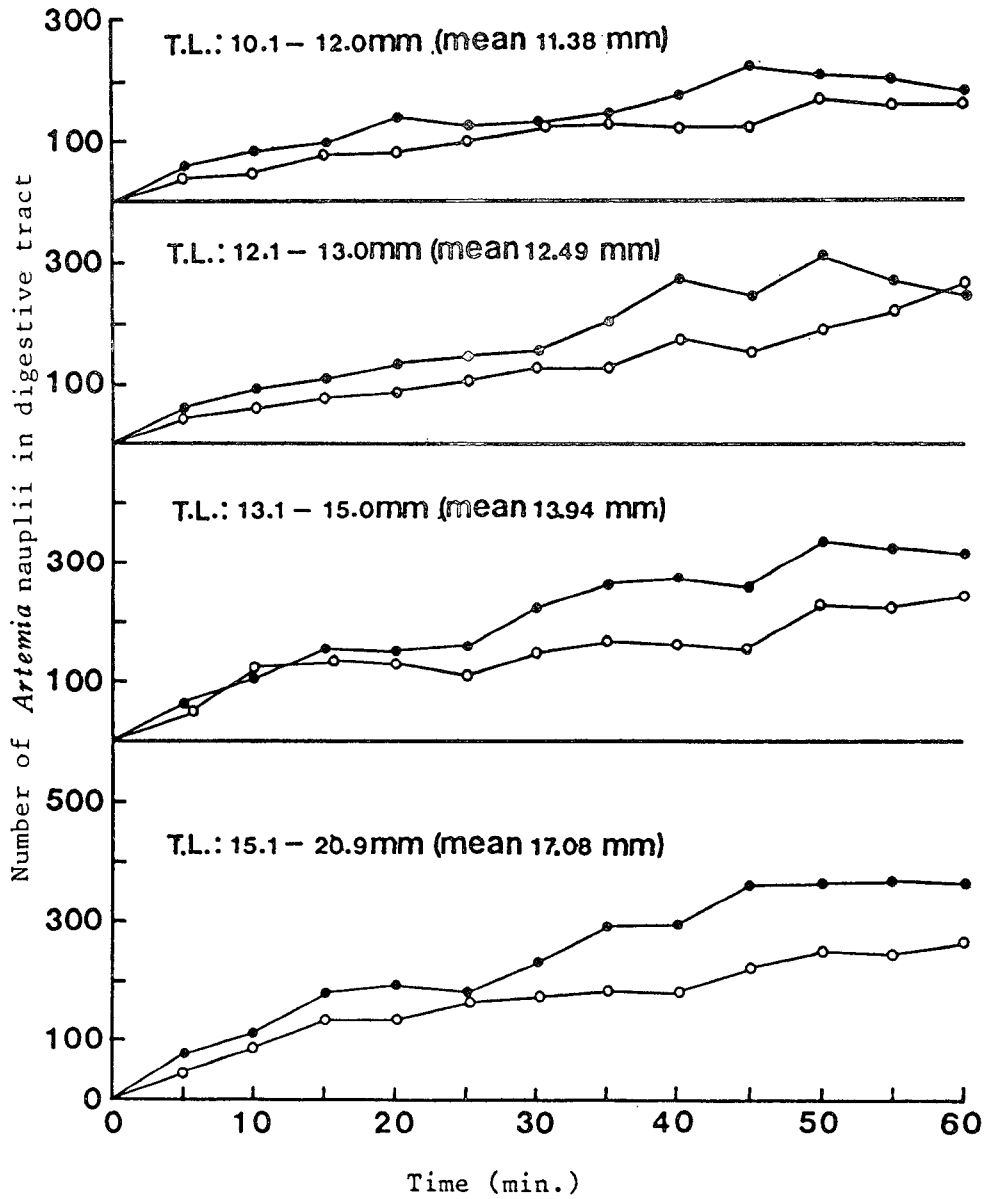


Fig. 1. Change of the number of *Artemia* nauplii in the digestive tract in postlarvae and juveniles of *P. olivaceus* which had been starved for 6-10 hour.

○—○ : 19 °C to 21 °C, ●—● : 24 °C to 25 °C.

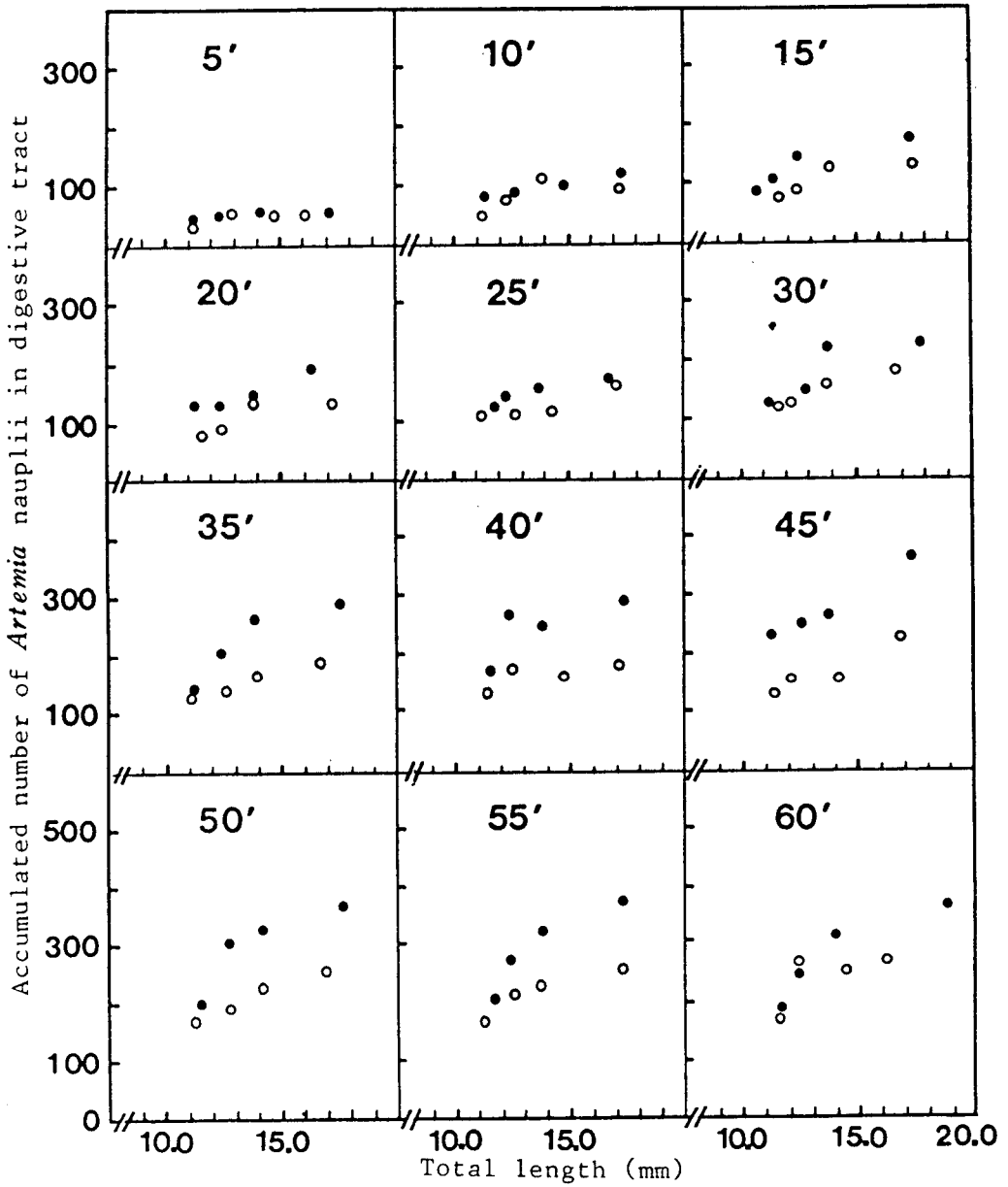


Fig. 2. Accumulated number of *Artemia* nauplii in the digestive tract of the various size of postlarvae and juveniles with time.

○ : 19 °C to 21 °C, ● : 24 °C to 25 °C.

Table 4. Values of a, b and r in formula ($F=a+bT$, L.) for the relationship between total length (T, L.) and accumulated number of *Artemia* nauplii in digestive tract (F) with time elapsed

Time after start of feeding (min.)	19 ~ 21 °C			24 ~ 25 °C		
	a	b	r	a	b	r
5	11.5788	2.7632	0.7430	42.3111	0.8564	0.7657
10	-10.1667	6.6455	0.5928	24.3784	5.0607	0.9952
15	-43.4475	10.9464	0.8883	-85.5099	16.2468	0.9226
20	-35.4033	10.5880	0.8183	-5.0149	11.5943	0.9533
25	-23.0095	10.7451	0.9422	35.1783	8.4454	0.8905
30	-23.5607	12.6221	0.9636	-48.5893	16.0485	0.8812
35	9.2213	10.8529	0.9729	-37.4749	19.4558	0.9237
40	71.7569	6.6947	0.6733	29.4755	16.4529	0.7076
45	-42.8477	15.4413	0.9521	-19.4657	21.6599	0.9787
50	-2.4505	15.5985	0.9021	-25.8848	21.9190	0.8527
55	28.4291	13.5803	0.8966	-91.4404	27.8888	0.9310
60	29.6645	15.3022	0.6399	-37.5132	22.3865	0.8892

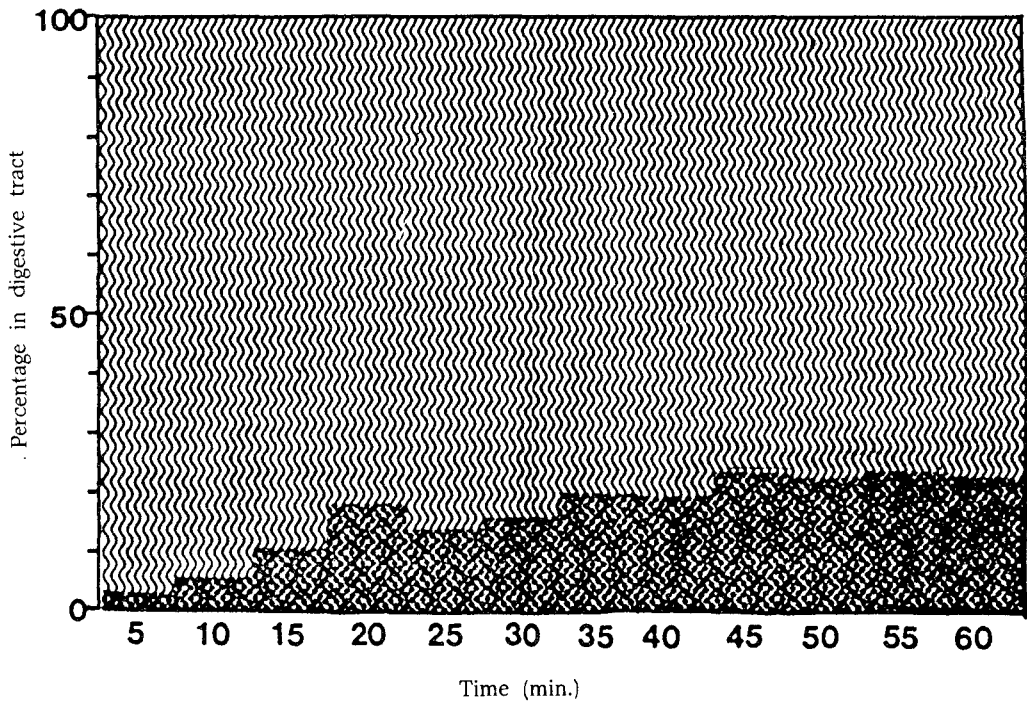


Fig. 3. Percentage of *Artemia* nauplii in digestive tract of postlarvae and juveniles of *P. olivaceus*, which were starved before the start of feeding.

* Water temperature : 19 °C to 21 °C, ≡ : stomach, ◆ : intestine and rectum.

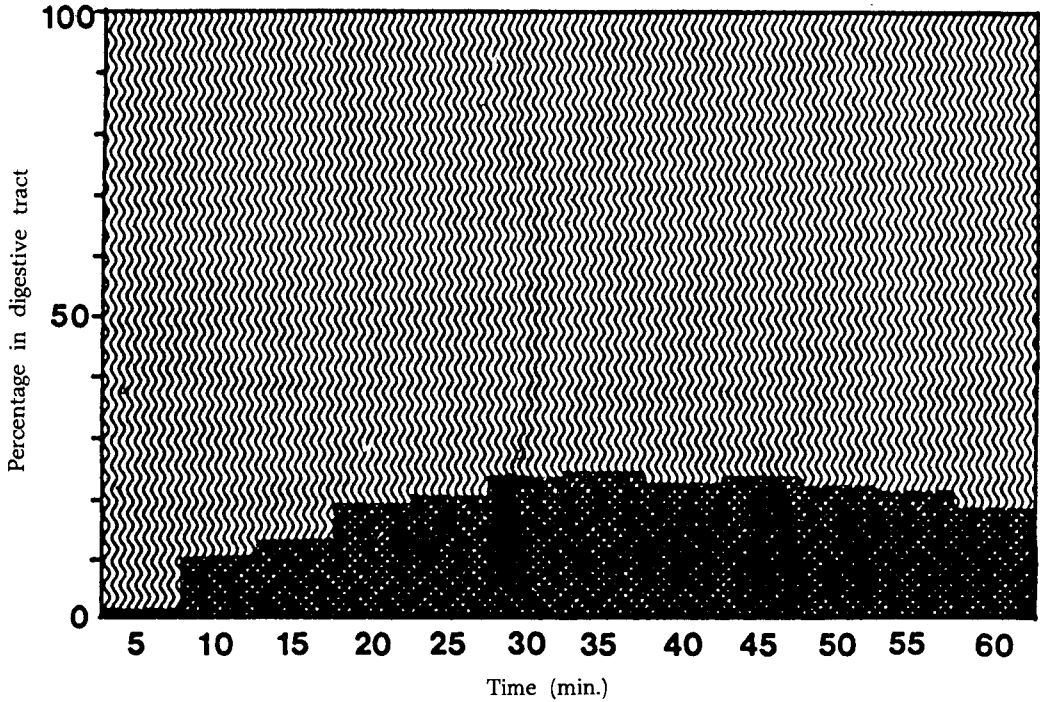


Fig. 4. Percentage of *Artemia* nauplii in digestive tract of postlarvae and juveniles of *P. olivaceus*, which were starved before the start of feeding.

* Water temperature : 24 °C to 25 °C, ▨ : stomach, ▩ : intestine and rectum.

Table 5. Result of feeding experiments in juveniles of *P. olivaceus* fed ad libitum three times

Group	Body weight (g)		Amount of feed fed ad libitum (g)		Number of feeding	Feeding rate (%)	Daily growth rate (%)	Feed conversion efficiency (%)	Mortality (%)
	Initial	Final	Total	Per fish					
I	0.76	0.87	1.0593	0.0441	3	5.80	1.13	124.23	0
II	1.42	1.61	1.7277	0.0785	3	5.53	1.05	120.03	0
III	4.62	5.28	3.3325	0.2380	3	5.15	0.91	108.53	0
IV	11.39	12.38	7.3097	0.4569	3	4.01	0.69	139.68	0

攝食率과日間成長率은 각각 5.80~4.01 %, 1.13~0.69 %로減少하는傾向을 나타내었다.

飽食後 96時間동안 經過時間에 따른 消化管 重量指數 (消化管 重量×100/魚體重)의 變化를 보면 Fig. 5와 같다. 消化管 重量指數는 처음 24時間동안에는 급격히 減少하였으나, 48時間까지는 緩慢하였다가, 그 이후부터 96時間까지 거의 一定한 값을 보임으로써, 넙치 稚魚의 配合飼料 消化時間은 48時間으로 推定된다.

經過時間에 따른 消化管 重量指數의 變化를 指數函數式으로 나타내었을때의 절편과 기울기값은 Table 6에서 보는 바와 같으며, 절편의 값은 I群에서 23.3010이었고, IV群에서 18.2652로 나타나, 魚體의 크기가 클수록 減少하는傾向을 보였다.

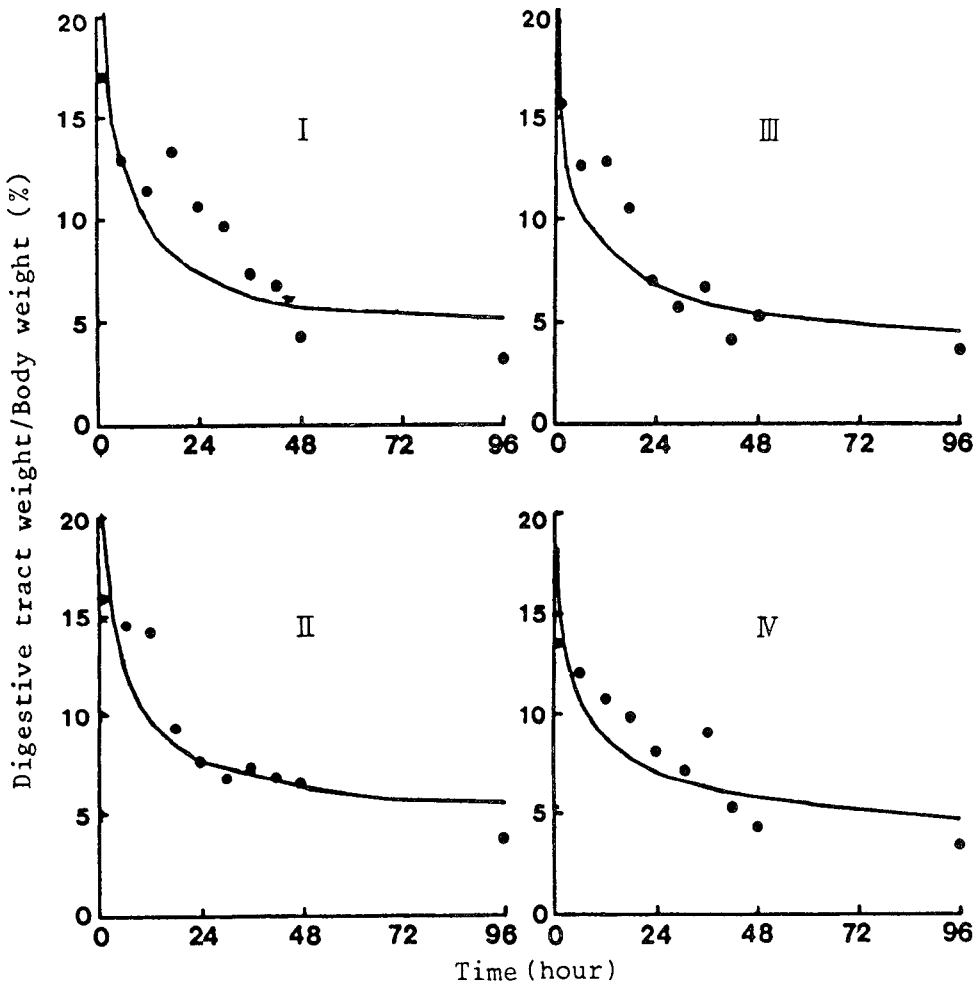


Fig. 5. Changes of digestive tract indice of juveniles of *P. olivaceus* fed on prepared diets after 96 hours starvation before the start of feeding.

Table 6. Values of a, b and r in formula ($D. I. = at^b$) for the relationship between time (t) and percentage of digestive tract weight to body weight

Group of fish size	a	b	r
I	23.3010	-0.3360	0.8201
II	21.2743	-0.3081	0.8891
III	21.0142	-0.3475	0.8775
IV	18.2652	-0.2950	0.8331

D. I. : digestive tract index [digestive tract weight (g)×100/body weight (g)].

考 察

魚類는 飼育適溫의 範圍에서 水温이 높으면 體内の 代謝가 빠르게 進行되며, 또한 活動도 活發하여 먹이의 要求量이 增加하게 된다. 着底後 넙치飼育의 適水温인 18~25 °C의 範圍에서 水温이 높을수록 攝食量이 많아지며, 消化管内 먹이의 移動速度도 빠르게 進行된다 (田村, 1974).

安永 (1971)는 水温 14~21 °C에서 넙치 仔魚 및 稚魚에 rotifer와 *Artemia*幼生을 供給했을때, 飽食은 어체의 크기에 상관없이 15~20분에 完了된다고 하였다. 그러나, 동일어종을 사용했던 本 研究結果에서는 飽食에 달하는 時間이 50~60분으로써 魚體의 크기에 따라 消化時間에 차이를 나타내고 있다. 이러한 차이는 水温 및 魚體의 크기에 따른 飽食活性의 차이에 그 원인이 있다고 보아진다. 한편, 어종이 다른 돌돔을 사용했던 福所 (1977)는 全長 20 mm 前後의 稚魚에 *Tigriopus japonicus*를 供給했을때, 經過時間에 따라 攝食量은 늘어나 飽食에 이르는 時間은 거의 1時間이라고 함으로써 本 研究의 結果와 一致하고 있다.

安永 (1971)가 使用하였던 넙치 仔魚 및 稚魚 1마리당 1日間の *Artemia*幼生の 理論的 攝食量 (1回당 飽食量×1日攝食可能時間/消化時間) 계산법에 따라, 攝食可能時間 15時間, 消化時間 2.6時間을 本 研究結果에 적용시켰을때의 攝食量은 平均全長 11.38 mm에서 1363.3개체, 12.49 mm에서 1742.3개체, 13.94 mm에서 1944.2개체, 17.08 mm에서 2164.6개체로 추정된다.

石渡 (1968a)의 報告에 따르면 魚體重이 증가함에 따라, 攝食量은 比例的으로 늘어나나, 攝食率 (攝食量/魚體重)은 減少한다고 하여 本 研究에서의 結果와 一致하고 있다. 이러한 現象은 魚體의 크기가 작을수록 체중에 비해 더많은 飼料를 攝食하며, 그에 따라서 더 빠른 成長을 期待할 수 있을 것이다.

尾崎 (1971)는 數種의 有胃魚의 消化時間에 대해서 既存의 報告를 綜合하였는데, 一般的으로 消化時間은 4~10時間이나, 特殊한 條件下에서는 胃內容物이 30時間이상 滯留한다고 하였다. 消化時間이 4~10時間인 境遇에는 주로 生飼料를 使用한 것으로써, 本 研究에서 넙치치어에 配合飼料를 먹이로 했을때는 48時間으로 나타남으로써 生飼料에 비해 消化時間이 늘어났다고 할 수 있다.

또, 消化時間은 먹이의 種類뿐만 아니라 먹이의 量, 年齡, 環境, 活動性等 여러 要因에 의해 달라질 것이므로, 앞으로는 이와 關聯해서 攝食, 消化 및 排泄에 대해 體系的으로 研究하고, 나아가서는 魚類의 에너지代謝에 대한 綜合的인 검토가 이루어져야 할 것이다.

要 約

넙치의 種苗生産에 관한 基礎的 資料를 얻기 위하여 넙치 仔魚 및 稚魚에 *Artemia nauplii*와 配合飼料를 먹이로 했을 때, 이들의 攝食과 消化에 대해서 調査한 結果는 다음과 같다.

平均全長 11.38~17.08 mm인 仔魚 및 稚魚의 飽食에 이르는 時間은 水温 24~25 °C에서 45~55 분이었으며, 飽食量은 1마리당 236~375개체였으나, 水温 19~21 °C에서는 거의 1時間이 所要되었다.

消化管内에 攝食된 먹이중 腸에서의 比率이 가장 높았던 때는 水温 24~25 °C에서 먹이를 供給한후 35분이었고, 19~21 °C에서는 45분이었다. 이때의 百分率은 24.8 %였다.

平均全長 4.39~10.64 cm인 稚魚의 配合飼料 飽食量은 1마리당 0.04~0.46 g이고, 이때 攝食率과 日間成長率은 各各 5.80~4.01 %, 1.13~0.69 %였다.

經過時間別 消化管 重量指數의 變化는 飽食後 24時間동안은 급격히 낮아졌으나, 그 이후는 緩慢하여 空腹에 이르는 時間은 48時間으로 推定되었다.

參 考 文 獻

- 青山恒雄, 1958. マアジ *Trachurus japonicus* の消化曲線, 西海水研報告 15: 29~32.
- 福所邦彦, 1976a. イシダイ仔魚の飽食時間. 水産増殖 23: 139~144.
- 福所邦彦, 1976b. イシダイ仔魚の消化時間. 水産増殖 24: 134~139.
- 福所邦彦, 1977. イシダイ稚魚の飽食時間と消化時間. Japanese Journal of Ichthyology 24: 193~198.
- 石渡直典, 1968a. 魚の攝餌に関する生態學的研究-V. 魚の大小と飽食量との關係. 日水誌 34: 781~784.
- 石渡直典, 1968b. 魚の攝餌に関する生態學的研究-VI. 飽食量に影響する外的條件(1). 日水誌 34: 785~791.
- Ivlev, V. S., 1961. Experimental ecology of the feeding of fishes. [Transl. from Russian by D. Scott] Yale Univ. Press, New Haven, 302.
- 尾崎久雄, 1971. 魚類生理學講座 第4卷 IV 消化の生理 (下). 緑書房, 328.
- 田村 保, 1974. 魚類生理學概論. 恒星社, 72.
- 安永義暢, 1971. ヒラメ稚仔の 攝餌生態と成長. 東海水研研報 68: 31~43.