

閉鎖循環濾過시스템에서의 넙치, *Paralichthys olivaceus* 稚魚의 飼育密度
— 高密度飼育의 可能性 —

張 榮 振 · 柳 晟 奎

釜山水產大學 養殖學科

Rearing Density of a Flounder, *Paralichthys olivaceus* Juveniles in a Closed Recirculating Sea Water System
— Possibility of High-density Rearing —

Young Jin CHANG and Sung Kyoo YOO

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

ABSTRACT

In order to investigate a reasonable rearing density and the possibility of high-density rearing, flounder, *Paralichthys olivaceus*, juveniles of 2.53 ± 0.24 cm in total length and 1.12 ± 0.12 cm in body height were used in this study. The initial rearing density of them was 10 (D10), 20 (D20), 30 (D30) and 40 (D40) individuals per 137.75 cm^2 of bottom area, respectively.

Ranges of water temperature and specific gravity during the rearing period of 65 days were $21.0 \sim 27.0 \text{ }^\circ\text{C}$ and $1.024 \sim 1.026$, respectively, showing relatively higher values than that of natural sea water. Dissolved oxygen during the rearing period was $5.4 \sim 7.5 \text{ ml}/\ell$ and inorganic nitrate was $0.07 \sim 0.48 \text{ ppm}$ in $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $0.006 \sim 0.33 \text{ ppm}$ in $\text{NO}_2\text{-N}$ and $3.89 \sim 34.06 \text{ ppm}$ in $\text{NO}_3\text{-N}$.

Growth in total length and body height of the juveniles in four rearing density at the end of the experiment was $8.17 \pm 0.80 \text{ cm}$ and $4.16 \pm 0.39 \text{ cm}$, the highest in D20 and $7.72 \pm 0.40 \text{ cm}$ and $3.94 \pm 0.21 \text{ cm}$, the lowest in D10. Significant differences, however, were not recognized between the slope values of growth regressions in four rearing density. Slope values of the relative growth between total length and body height of the juveniles in four rearing density were 0.5346, the highest in D10 and 0.5165, the lowest in D30, but there were no significant differences in those values.

Survival rate of juveniles at the end of the experiment was 90 % in D10, D20 and D30, but that of D40 was 75 %.

The relationship between total length \times body height (X) and body surface area of ocular side (Y) to calculate the rate of Y to bottom area in rearing tank (covering rate) as an indicator of rearing density was expressed by a linear regression, $Y = 0.5994X + 0.1840$.

Covering rate in four rearing density at the end of the experiment was ranged 1.2~4.1 times. Judging from the covering rate above 4 times, it seems to be possible rearing the flounder juveniles in high-density.

序 論

최근, 海産魚 養殖에 대한 업계의 관심이 高潮되면서 우리나라의 氣候 및 海洋環境의 여건상 水溫條件이 알맞고, 값이 비싼 넙치의 陸上 탱크 養殖이 전국적으로 확산되고 있다. 이에 따라, 養殖의 原料라 할 수 있는 넙치 種苗의 원활한 需給이 문제시 되고 있으며, 심지어는 日本에서 種苗를 輸入해 들여오는 사례도 적지않게 발생하고 있다.

넙치 養殖의 활성화를 기하기 위해서는 우선적으로 種苗의 效率인 生産體系가 正립되어야 함에도 불구하고, 種苗生産의 성과를 좌우한다고 볼 수 있는 採卵法, 初期먹이, 飼料, 水溫, 鹽分 등의 環境條件, 飼育密度의 적정화 등 현안문제가 山積되어 있다. 이들에 대해서는 지금까지 日本에서 비교적 많은 研究가 이루어져 그 結果로부터 다소의 資料가 확보되기는 하지만, 모든 種苗生産過程이 전적으로 陸上 탱크내에서 수행될 뿐만 아니라, 海底面을 棲息處로 하고 있는 本種의 生態的 特性에 비추어 볼때, 탱크 飼育時의 收容密度가 單位面積當 生産量을 크게 좌우하고 있음에도, 稚魚의 飼育密度에 관하여는 仲野 등 (1984)에 의한 20일간의 實驗結果 이외에는 더 이상 進전된 研究成果가 보이지 않고 있다.

따라서, 本 研究에서는 넙치 種苗의 大量 生産方法에 관한 基礎的 資料를 얻기 위하여, 閉鎖 循環濾過 시스템을 이용하여 飼育密度別 넙치稚魚의 成長과 生存에 대해 比較하고, 아울러 高密度 飼育의 可能性에 대하여 檢討하였다.

材料 및 方法

稚魚飼育用 施設로는 閉鎖式 循環濾過水槽를 이용하였다. 그 構造는 Fig. 1에서 보는 바와 같이, T는 1톤들이 圓形판라이트 飼育水槽로 水溶積은 0.8톤이며, S는 貯水槽내에 설치한 스폰지濾過

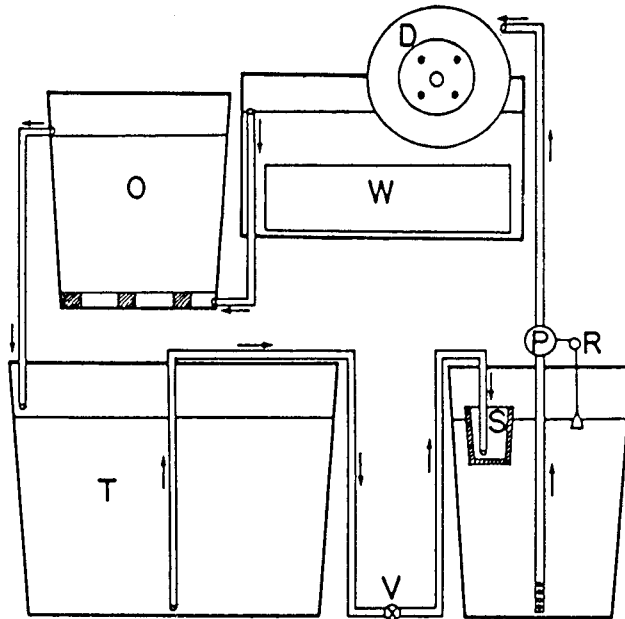


Fig. 1. Schematic diagram of closed recirculating sea water system for rearing experiment. D : rotary disc, O : oyster shells, P : pump, R : electric relay, S : sponge basket for filtering, T : rearing tank, V : valve, W : waving plastic plates.

施設로 飼育水槽로부터 流入되는 먹이 찌꺼기 및 魚體의 排泄物 中 粒子가 큰 것을 제거하도록 하였다. R은 펌프(P)의 電源 릴레이로서 4~5분 간격으로 作動되도록 조정하였다. D와 W는 生物學的 窒酸化工程을 위한 回轉圓板 및 프라스틱 波板이며, O는 굴 貝殼을 넣은 水槽로서 飼育水中의 pH 調整 및 濾過機能을 겸할 수 있도록 하였다. 本 시스템에서의 飼育水는 化살표 방향으로 진행하면서 계속 循環되도록 하였고, 飼育水槽의 1일 循環率은 6.0~7.4회로 유지하였다.

實驗에 사용한 稚魚는 1988년 6월 9일 巨濟 水産種苗培養場으로부터 분양받은 넙치의 受精卵을 연구실내의 種苗生産施設을 이용하여 孵化飼育하여 온 것으로서, 實驗開始時의 魚體 크기는 全長 2.53 ± 0.24 cm, 體高 1.12 ± 0.12 cm 이었다.

實驗用 稚魚는 前述한 循環濾過 水槽內에 설치된 黃色 프라스틱製 四角 콘테이너의 底面積 137.75 cm² 當 10개체 (D10), 20개체 (D20), 30개체 (D30) 및 40개체 (D40)씩 區分 收容한 다음, 1988년 8월 5일부터 10월 8일까지 65일간 密度別로 飼育하였다.

實驗期間中の 먹이로는 넙치稚魚用 配合飼料를 사용하였는데, 그 組成은 Table 1에서와 같이, 水分이 5.4 %로 매우 낮고, 粗蛋白은 50 % 이상으로 가장 높으며, 海産魚에 있어 필수적인 영양소인 $\omega 3$ 不飽和脂肪酸의 含量이 3.9 %였다(協和醱酵工業株式會社). 稚魚飼育의 經過日數에 따른 配合飼料의 공급은 Table 2에서와 같이, 全長別 飼料投與 基準에 따라 初期의 1~21일간은 1일 1개체당 0.02 g을 주었고, 22~43일까지는 0.05 g, 44~65일까지는 0.10 g으로 늘려 주었다. 各 密度別 飼料의 總 投與量은 D10의 35.0 g부터 D40의 125.7 g까지였다.

Table 1. General composition of the prepared diet, Kyowa C

Component	%
Moisture	5.4
Crude protein	57.2
Crude lipid	16.4
Crude ash	14.3
Phosphorus	2.2
Calcium	3.4
$\omega 3$ HUFA	3.9

HUFA : highly unsaturated fatty acid.

Table 2. The kind and amount of prepared diet fed to juveniles in each rearing density according to the days elapsed

Days elapsed	Kind of feed	F.F.D. (g)	Total feed amount (g)			
			D10	D20	D30	D40
1~21	Kyowa C-1700	0.02	4.2	8.4	12.6	16.8
22~43	Kyowa C-2700	0.05	11.0	20.9	31.9	38.5
44~65	Kyowa C-2700	0.10	19.8	39.6	38.5	70.4
Total			35.0	68.9	83.0	125.7

F.F.D. : feed amount per fish per day. D10, D20, D30 and D40 represent initial rearing density of 10, 20, 30, and 40 juveniles per 137.75 cm² of bottom area, respectively.

本 實驗期間中の 環境條件으로서의 水温, 比重, 溶存酸素量 및 溶存無機態窒素量은 매일 測定하였는데, 水温은 棒狀溫度計로 측정하였으며, 比重은 B型 比重計에 의해 實測한 후 更正比重으로 換算하였다. 溶存酸素量은 OXI 91 溶存酸素 檢量計로 측정하였고, 溶存無機態 窒素로서 $\text{NH}_4\text{-N}$ 은 Phenate method, $\text{NO}_2\text{-N}$ 은 sulfanilamide와 N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride법, $\text{NO}_3\text{-N}$ 은 cadmium reduction method(APHA · AWWA · WPCF, 1985)에 의해 측정하였다.

飼育水の 換水는 無換水를 원칙으로 하였으나, 實驗中半에 溶存無機態 窒素의 증가 경향을 파악하기 위하여 1 회에 한해서만 全量 換水하였고, 공기중으로의 蒸發水量은 地下水로 蒸發分만큼 보충하여 주었다.

密度區別 稚魚의 成長 및 生存은 每 21~22일 간격으로 조사하였는데, 成長은 모눈종이를 이용하여 1mm 단위까지 全長과 體高를 全數計測한 다음, 密度區別로 비교하였다.

結 果

實驗期間中の 水槽內 水温 및 比重의 日別變化는 Fig. 2와 같으며, 水温은 全 實驗期間을 통해 20.9~27.0 °C의 범위를 나타내고 있으나, 實驗開始 20일 전후까지는 26 °C이상의 高水温이 지속되었으며, 이후부터는 점차 낮아져서 實驗末期에는 21 °C의 수준까지 내려갔다. 比重은 全期間을 통하여 1.024~1.026의 범위로서 飼育水 循環中 水分蒸發에 의하여 平均的으로 1.025 이상의 수준을 유지하고 있으나, 全量換水時(Fig. 2의 화살표)의 比重인 1.024에 비해 높은 편이었다.

實驗期間中の 溶存酸素量은 5.4~7.5 ml/ℓ의 범위로서 대체적으로는 6.5 ml/ℓ의 水準이었고, 溶存無機態 窒素中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 은 4.69~34.41 $\mu\text{g-at}/\ell$ (0.07~0.48 ppm), $\text{NO}_2\text{-N}$ 은 0.43~23.83 $\mu\text{g-at}/\ell$ (0.006~0.33 ppm)의 범위를 나타낸 反面, $\text{NO}_3\text{-N}$ 은 278~2433 $\mu\text{g-at}/\ell$ (3.89~34.06 ppm)로 매우 높은 편이었다 (Fig. 3).

各 密度區別 넙치 稚魚의 全長成長을 보면, Fig. 4와 같이 實驗開始時 各 密度區 共히, 平均全長

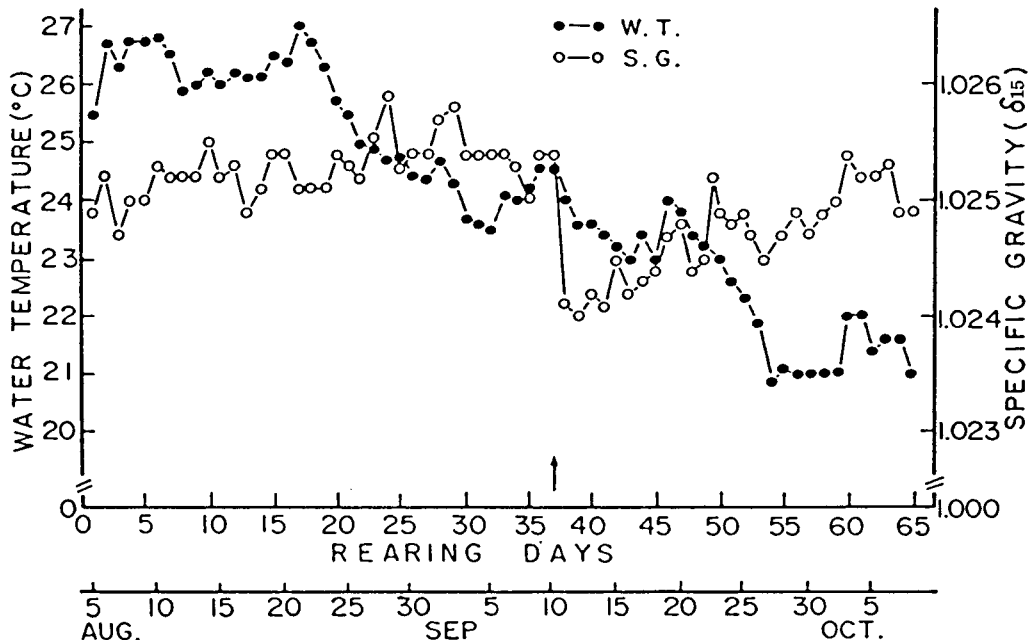


Fig. 2. Fluctuations of water temperature and specific gravity of rearing sea water during the period of rearing juveniles. An arrow indicates the exchange of fresh sea water.

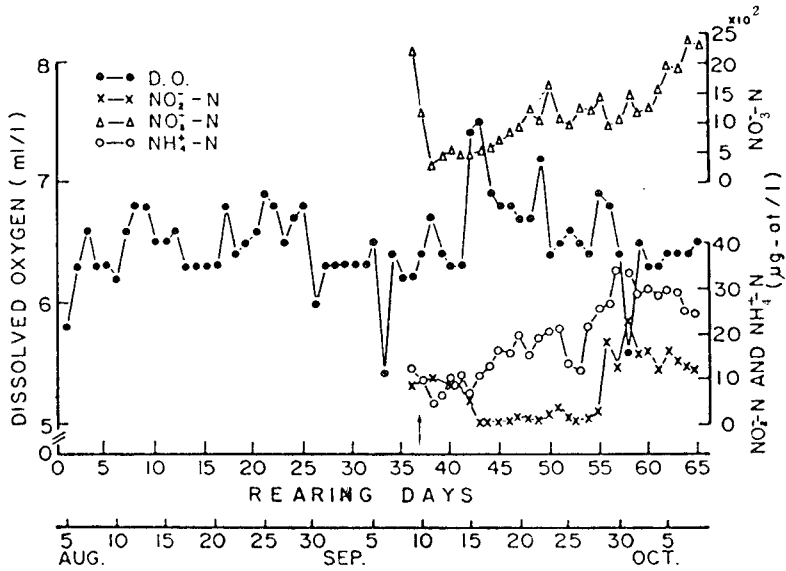


Fig. 3. Fluctuations of dissolved oxygen, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{NH}_4\text{-N}$ in rearing sea water during the period of rearing juveniles. An arrow indicates the exchange of fresh sea water.

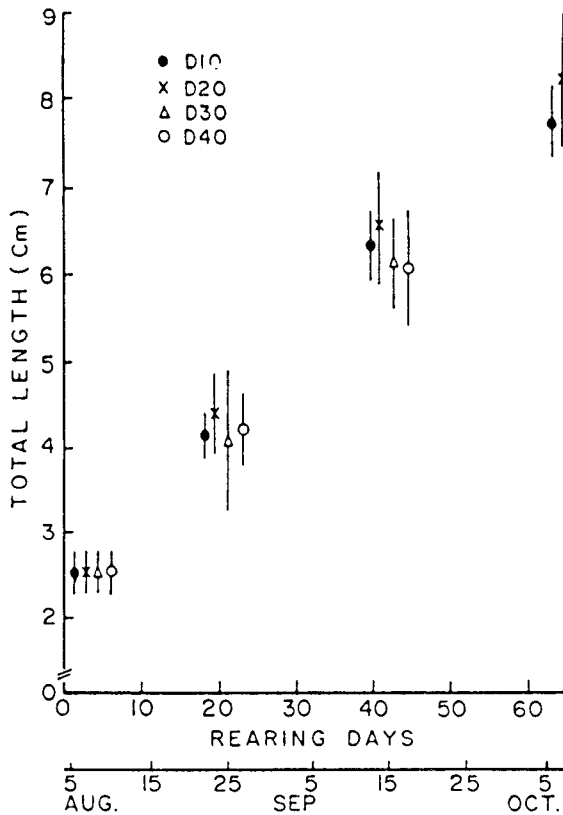


Fig. 4. Growth of total length according to the rearing days in each rearing density.

2.53 cm 이었던 개체가 實驗 終了時인 65일후에는 平均 7.72~8.17 cm의 範圍로 成長하였으며, 그 중 D20이 가장 빠른 成長을 보였으나, 나머지구는 서로 비슷한 成長結果를 나타내고 있다. 한편, 體高成長에서도 Fig. 5와 같이, 實驗開始時 各 密度區間 共히 平均 1.12 cm 이었던 개체가 實驗 終了時에는 平均 3.94~4.16 cm의 範圍로 成長하였으며, 역시 D20에서 가장 빠른 成長을 보였으나, 나머지 구는 비슷한 成長度를 보이고 있다.

各 密度區別 飼育日數에 대한 稚魚의 全長과 體高의 成長에 있어서 回歸直線의 기울기값 b는, Table 3과 같이 全長에 있어서는 D10의 0.0829부터 D20의 0.0892 범위였으나, 各 기울기에 대한 F-檢定の 결과, 有意의 差는 인정되지 않았고, 體高에서는 D30의 0.0441부터 D20의 0.0480 범위

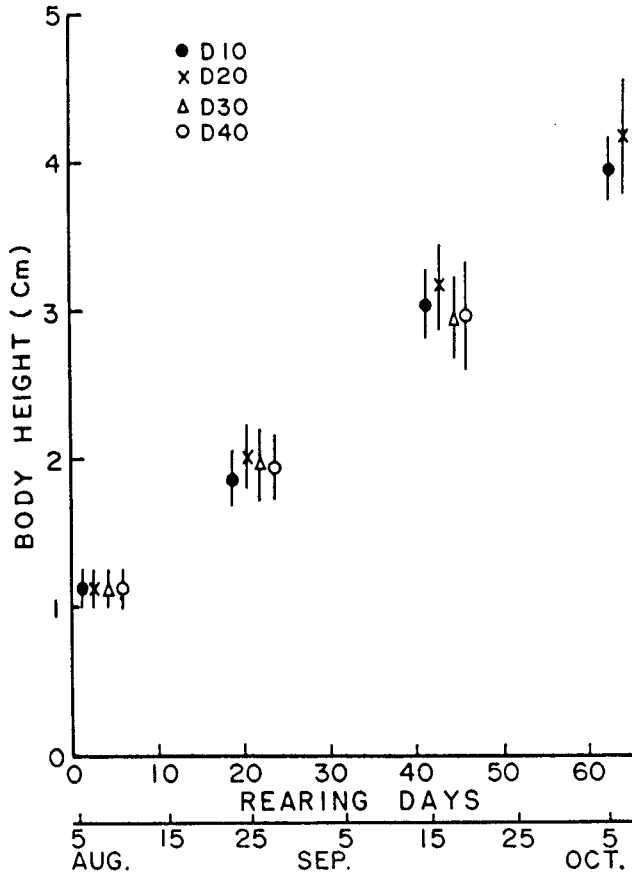


Fig. 5. Growth of body height according to the rearing days in each rearing density.

Table 3. Values of a, b and r² in formulae (y=bx+a) on relationships between the rearing days (x) and total length (y), and body height (y')

Constant	Rearing days : Total length				Rearing days : Body height			
	D10	D20	D30	D40	D10	D20	D30	D40
n	38	75	113	137	38	75	113	137
a	2.4699	2.4959	2.4433	2.4378	1.0420	1.0579	1.0593	1.0507
b	0.0829	0.0892	0.0842	0.0837	0.0448	0.0480	0.0441	0.0445
r ²	0.9692	0.9312	0.9442	0.9259	0.9653	0.9500	0.9464	0.9315

였으나, 역시 有意의 差는 없으므로써, 各 密度區別 成長에 있어서 密度에 의한 成長差異는 인식할 수 없었다.

또, 各 密度區別 稚魚의 全長과 體高의 相對成長에 관한 기울기값 b 는, Table 4와 같이 D30의 0.5165로 부터 D10의 0.5346 범위였으나, 상호간의 有意의 差는 인정되지 않음으로써 經過日數에 대한 稚魚의 成長이나, 飼育密度에 따른 體形의 變化가 없이 各 實驗區가 거의 비슷한 成長結果를 나타내고 있다.

全 實驗期間中 飼育密度別 稚魚의 生存率을 보면, Fig. 6과 같이 D10부터 D30까지는 飼育日數 43일까지 한두마리의 斃死에 그쳐 90%의 높은 生存率을 나타낸 반면, D40은 지속적으로 斃死하여

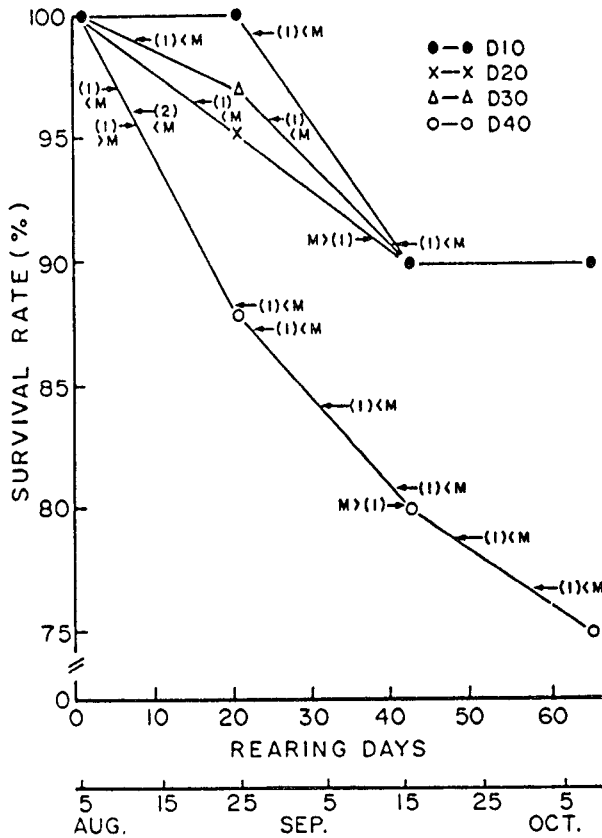


Fig. 6. Survival rate in each rearing density. Arrows and numerals in parentheses represent date and number of juvenile death, respectively. M: mean total length.

Table 4. Values of a , b and r^2 in formulae ($y=bx+a$) on relationship between the total length (x) and body height (y) of juveniles in each rearing density

Constant	Rearing density			
	D10	D20	D30	D40
n	38	75	113	137
a	-0.2635	-0.2261	-0.1940	-0.1994
b	0.5346	0.5273	0.5165	0.5237
r^2	0.9750	0.9820	0.9629	0.9827

75 %의 生存率을 보였으나, 斃死個體의 크기를 보면, D40의 한個體만 제외하고는 모두 평균치 이하의 全長範圍에 속했다.

稚魚의 飼育密度에 대해 지금까지는 單位 水容積當 및 單位 底面積當 個體數의 密度로 표현해 왔으나, 水面을 立體的으로 이용하는 他魚種에 비해 넘치는 底棲性 魚種이라는 生態의 特性에 비추어 볼때, 飼育密度는 體表面積과 底面積의 比로 나타내는 것이 타당할 것이다. 따라서, 收容密度의 指標로써, 眼側 體表面積이 水槽底面積을 덮는 率의 계산이 필요하다. 이의 계산을 위해서는 먼저, 넘치의 眼側 體表面積을 구해야 하는데, 실제 成長度 計測時에는 全長과 體高만을 측정하므로 이에 대한 相關關係式을 구하기 위하여 全長과 體高를 곱한 面積과 眼側體表面積과의 관계를 各 魚體 크기에 따라 프로트하여 보면, 그 관계는 Fig. 7 에서와 같이 回歸直線關係로 나타나, 그 式은 $Y=0.5994 X+0.1840$ 으로 표시된다. 이 式을 이용하여 實驗初期부터 各 飼育密度別, 經過日數別로 魚體의 眼側

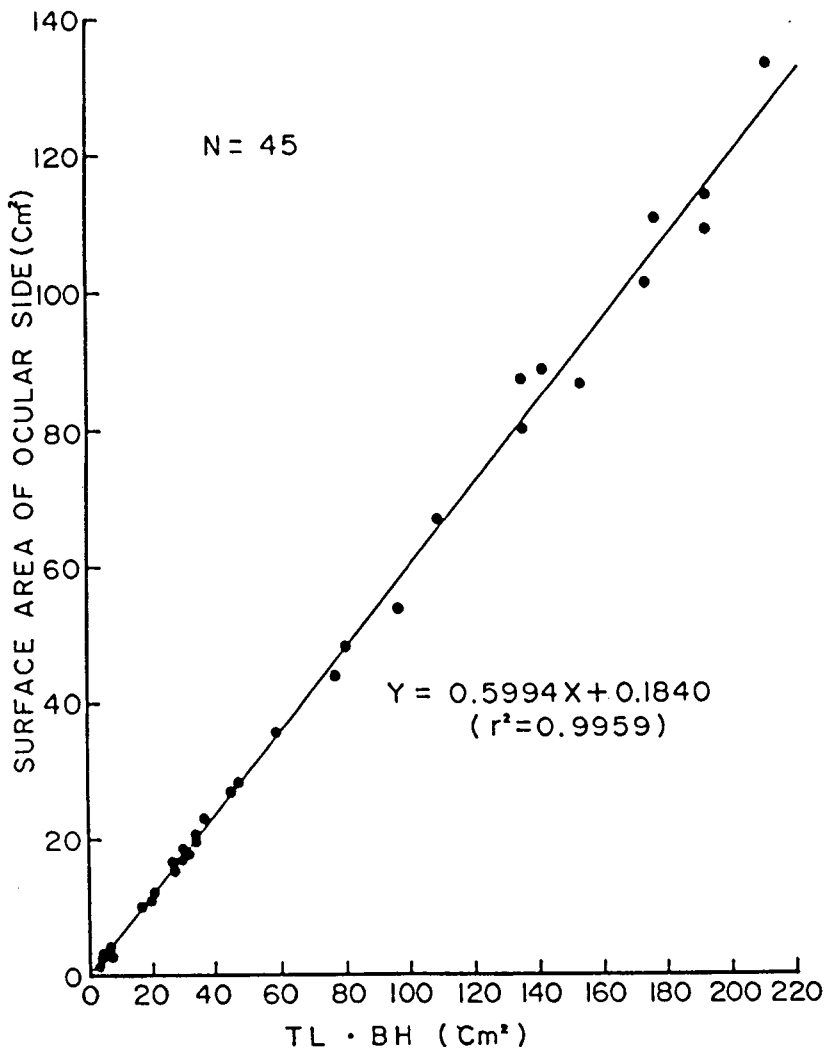


Fig. 7. Relationship between TL · BH (total length×body height) and body surface area of ocular side of juvenile.

體表面積이 底面積을 덮는率 (covering rate)을 나타내보면, Fig. 8과 같이 實驗初期에 D10의 0.14배부터 D40의 0.55배까지였던 것이 實驗終了時인 65일 후에는 D10의 1.2배로부터 D40의 4.1배까지로 나타나, 4層 이상으로 넙치稚魚를 포개어 飼育하여도 成長에 있어 底密度 飼育에서와 차이가 없다는 결과를 보여주고 있다.

實驗中 各 密度區別로 魚體의 體色을 관찰한 결과, 實驗初期에는 各 區別로 體色이 동일했던 것이 底面積을 덮는率 2倍 이상부터는 飼育密度가 높아짐에 비례하여 體色이 짙어지고 斑紋이 뚜렷해지는 경향을 보였으나, 各 密度區別 먹이의 捕食活性이나 成長에는 차이가 없이 활발했다.

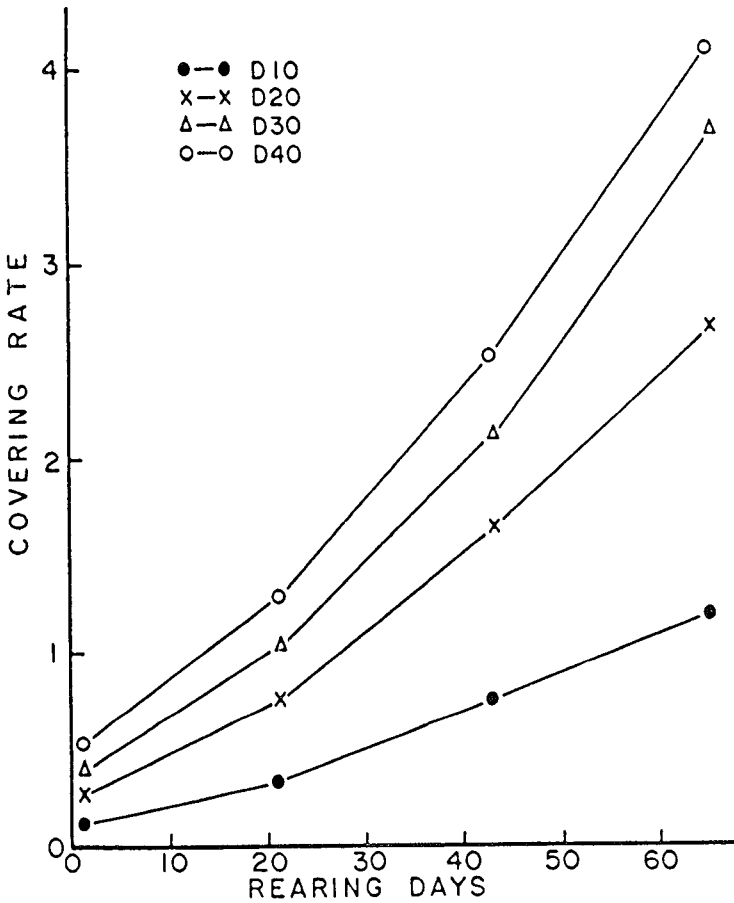


Fig. 8. Changes of covering rate of juveniles to bottom area in each rearing density.

考 察

魚類의 養殖方法에 대해서는 현재까지 自然水面에서의 粗放의 放養 및 가두리 養殖과 陸上 탱크 養殖으로 大別된다. 우리 나라의 氣候 및 地形 環境의 여건에 비추어 볼때, 魚類養殖 특히, 淡水魚 養殖의 경우는 循環濾過 시스템을 이용한 高密度飼育法이 개발되어 (金, 1980 ; 金, 1983 ; 田, 1983), 그 효과가 크게 인정되고 있다. 한편, 海産魚 養殖에 있어서는 수 년 전부터 방어 養殖 등이 일부 시행되어 오기는 하였으나, 水温條件 등 環境管理 및 經營上의 문제가 적지 않았다. 따라서, 최근에

種苗生産의 技術이 개발되면서 우리 나라의 氣候 및 海洋環境의 조건에 알맞는 넙치, 조피볼락, 능성어 등의 養殖이 활기있게 전개되고 있다. 그러나, 이러한 新魚種의 養殖이 갖 시작된 단계에 있으므로 현단계에서는 商品的인 크기로 키워내는 것만이 우선적 課題일 수 밖에 없다. 앞으로는 養殖技術이 점차 정착되면서 單位面積當 生産量이 크게 문제가 될 것이며, 특히, 넙치 養殖의 경우에 있어서는 陸上 탱크 養殖이 널리 보급되고 있는 실정이고 보면, 해저면을 棲息處로 하는 넙치의 生態的 習性에 비추어 볼때, 單位 面積當 飼育密度는 事業의 成果를 좌우할 수 있는 중요한 요인이 될 것이다. 單位 面積當 收容密度를 높이는 飼育條件下에서는 우선적으로 水質環境의 인위적 조절이 필수적이며, 특히, 閉鎖循環濾過 飼育施設을 이용한 種苗生産 및 養殖에 있어서 高密度飼育의 조건과 水質管理는 밀접한 相關關係가 있다.

本 研究에 있어서의 飼育水槽內의 水質環境은 同一水槽內에 各 密度區가 설정되어 있었으므로 상호비교하는 데에 있어서 環境條件은 동일 조건이 된다. 全 密度區에 있어서 魚體의 成長狀況과 環境과의 관계에서, 實驗初期의 약 20일간은 넙치의 成長 適水温인 20~24 °C (熊井, 1984) 이상의 水温條件을 보였음에도, 適水温 範圍에 있었던 20~60일간의 결과와 成長面에서 차이를 나타내지 않았으므로 보아, 적어도 稚魚의 경우 高水温에 대한 耐久力이 강함을 알 수 있다.

比重에 있어서는 低比重海水에 대한 강한 耐久力이 밝혀진 바 있으나 (西田, 1974; 熊井, 1984), 本 研究에서는 水分蒸發에 의해 一般海水의 比重인 1.024의 수준을 넘어 대부분의 實驗期間에 걸쳐 1.025의 수준이 지속되었음에도 稚魚의 成長 및 生存에는 영향이 없는 것으로 나타났다. 특히, 無機態溶存窒素量에 있어서는 飼育海水 공급원이었던 海雲台水域 海水의 과거 調査值 (釜山水産大學海洋科學研究所, 1976) 및 本 研究時의 測定值인 $\text{NH}_4\text{-N}$ 0.025 ppm, $\text{NO}_2\text{-N}$ 0.002 ppm, $\text{NO}_3\text{-N}$ 0.26 ppm에 비해 매우 높은 濃도를 나타내고 있는 것은 實驗水槽의 底面에 多量의 넙치 幼魚를 함께 飼育하고 있었기 때문이며, $\text{NH}_4\text{-N}$ 이나 $\text{NO}_2\text{-N}$ 에 비해 $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 溶存量이 월등히 많았던 것은 넙치의 排泄物이 窒化細菌에 의해 암모니아로 부터 亞窒酸을 거쳐 窒酸으로 酸化되는 生物學的 窒酸化工程이 원활하게 이루어지고 있음을 증명하는 것이라고 判斷된다. 이러한 本 研究中の N 量은, *Tilapia*의 경우 $\text{NH}_4\text{-N}$ 10 ppm (金, 1983)과 뱀장어의 成長에 지장을 주는 濃도인 $\text{NH}_4\text{-N}$ 10 ppm, $\text{NO}_2\text{-N}$ 10 ppm (山形·丹羽, 1979; 1982)에도 못 미치는 수준을 보임으로써 넙치 稚魚의 成長에는 영향을 미치지 않는 濃도인 것으로 보여진다. 또한, 安永 (1976)는 孵化後 30일째의 넙치 稚魚의 경우, $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 농도 0.1 ppm에서의 48시간 生存率은 90~100 %였고, $\text{NO}_3\text{-N}$ 은 100 ppm에서 100 %라 하였는데, $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 濃도는 本 研究에서의 濃도가 훨씬 높았음에도 불구하고 높은 生存率을 보였던 점은 稚魚의 크기에 따라 암모니아의 毒性에 대한 耐久力에 차이가 있는 것이 아닌가 推測된다. $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 경우는 本 研究의 濃度值에서는 飼育에 지장이 없는 것으로 판단되며, $\text{NO}_3\text{-N}$ 300 ppm에서는 문어에게 有害하나 魚類에는 영향이 없다는 川本 (1977)의 言及이 이를 뒷받침해 주고 있다.

稚魚의 飼育密度에 관하여 日本에서는 全長 2 cm의 경우 底面積 m^2 當 3,000~4,000 개체가 일반적이라고 하며 (仲野 등, 1984), 우리나라에서는 아직 이에 관한 資料가 보고되어 있지 않으므로 比較할 수는 없겠으나, 著者の 調査結果에 의하면, 全長 3~5 cm의 경우 底面積 m^2 當 2,000~3,000 개체가 일반적인 것으로 推定된다. 넙치의 탱크 養殖에서 養殖物量은 土地의 面積과 비례하기 때문에 이와 같은 集約養魚에서는 한정된 면적에 가능한한 최대의 收容量을 유지하는 것이 목적이므로, 收容密度를 낮추어서 斃死가 생기지 않도록 飼育하더라도 경제적으로 収支가 맞지 않으면 養殖經營은 성립되지 않을 것이다. 넙치의 收容密度는 지금까지 경험에 의해 결정되는 수가 많으며 基準이 설정되어 있지는 않다. 仲野 등 (1984)은 流水式 가두리내에서 m^2 당 2,000~6,000 개체의 密度로 사육한 결과, 各 區 共히 成長이나 生存에는 별다른 차이를 보이지 않았다고 報告한 바 있어 稚魚의 高密度飼育이 가능함을 시사하고 있다. 本 研究에서도 D20이 全長, 體高에 있어 他 實驗區에 비해 다소 빠른 成長을 보였으나, 各 密度別로 成長에 관한 有意性檢定 결과 密度區別 差異는 인정할 수 없었다. 또한, 生存率에 있어서 D40의 密度區가 75 %로 가장 낮았으나, 이보다 密度가 낮았던 仲野 등 (1984)의 1,000 개체/ m^2 에서 73.1%의 生存率이었던 점을 考慮하면, D40의 경우도 成績이

좋은 편으로 간주된다. 더욱이, 本研究中の 斃死 個體는 대부분이 平均值 이하의 全長範圍에 속했던 점에 비추어보면, 飼育日數의 경과에 따른 個體間的 成長差異로 인해 작은 개체가 큰 개체에 의해 물어뜯겨 斃死한 것으로 판단됨으로써, 稚魚 크기별 選別作業에 의해 生存率은 높일 수 있다고 생각된다.

넙치는 生態적으로 底棲性 魚類이기 때문에 飼育에 있어 오직 水槽底面만을 점유한다는 점이 他 魚種과 다른 특징이므로, 飼育密度는 魚體의 底面積 占有率로서 표현하는 것이 타당할 것이다. 따라서, 本研究에서 넙치稚魚의 底面積 占有率을 산정하기 위한 基礎資料로서 全長과 體高를 곱한 面積과 眼側 體表面積과의 關係의 제시는 의의가 있다고 본다. 넙치의 眼側 體表面積이 底面積을 덮는 率에 대해서는 아직까지 적용된 바가 없기 때문에 他 研究結果와 비교할 수 없으나, 本研究에서 底面積의 4 배 이상까지 稚魚를 수용하여도 成長이나 生存에 지장이 없었던 결과는 稚魚의 飼育에 있어 高密度飼育이 가능함을 立證해 주고 있다. 또, 이러한 가능성을 더욱 뒷받침하여 주는 것으로는 酸素消費量의 傾向에서도 입증된다. 즉, 모래속에 潛入하여 棲息한다는 넙치의 生態的 特性때문에, 水槽내에 한 個體씩 격리 수용한 것보다 모래를 깔아주거나 여러 개체가 겹쳐 있도록 한 것보다 적은 酸素消費量을 나타낸다는 Honda (1988)의 言及에서 넙치를 重層으로 포개어 飼育할 수 있다는 가능성을 엿볼 수 있다. 結論적으로, 넙치稚魚의 飼育에 있어 2.5~8.2 cm의 全長範圍에서는 底面積의 4 배 이상의 體表面積에 상당하는 密度로 사육하더라도, 底密度에서와 비슷한 成長을 꾀할 수 있고, 적어도 75%의 生存率을 기대할 수 있을 것으로 판단된다. 本研究終了後 계속된 飼育結果에서 底面積의 7 배까지도 成長이나 斃死에 영향이 없는 結果(張, 未發表)를 얻어냄으로써, 高密度飼育은 실제의 種苗生産 및 養成現場에서 응용될 수 있다고 보아진다.

一般的으로, 넙치의 種苗生産時 成長의 차이 및 飼育密度가 높을 때는 魚體가 스트레스를 받아 體色이 검어 진다고 한다. 本研究에서 飼育密度가 높아질수록 體色이 짙어지고 斑紋이 뚜렷해지는 傾向은 보였으나, 먹이의 捕食活性이나 成長狀況이 좋았던 점으로 보아, 이것은 密度에 의한 스트레스 현상이 아니라 飼育容器 底面의 색깔에 의한 영향인 것으로 판단된다. 즉, 飼育中 콘테이너의 底面이 黃色이었으므로, 眼側 體表面積이 底面積을 덮는 率 1 배까지는 반대쪽 體表面이 底面과 접촉할 기회가 많기 때문에 保護色의 현상에 의해 淡黃色의 體色을 나타냈으나, 2 배 이상부터는 개체들이 언제나 重層으로 존재하는 관계로 오히려 정상적인 體色을 유지하게 되었던 것으로 보여진다.

앞으로 넙치 稚魚의 高密度飼育에 대해서는 大量種苗生産 施設에 응용하여 그 可能性을 입증할 수 있는 種苗生産 結果가 기대되며, 이를 토대로 稚魚 뿐만 아니라 상품적인 크기까지의 養成에서도 적용될 수 있도록 擴大 研究할 필요가 있다.

要 約

養殖用 넙치 種苗의 효율적인 大量生産 方法에 관한 기초적 자료로서 稚魚의 飼育密度를 검토함과 동시에 高密度飼育의 가능성에 대하여 調査하고자, 閉鎖循環濾過 飼育水槽를 全長 2.53 ± 0.24 cm, 體高 1.12 ± 0.12 cm의 넙치稚魚를 底面積 137.75 cm²당 10개체 (D10), 20개체 이용하여 (D20), 30개체 (D30) 및 40개체 (D40) 식수용한 4 개 密度區를 설정한후 65일간 飼育한 결과는 다음과 같다. 飼育期間中の 水温은 $21.0 \sim 27.0$ °C로 自然水温에 비해 높았고, 比重(δ_{15})은 $1.024 \sim 1.026$ 으로 비교적 높은 편이었다. 飼育期間中の 溶存酸素는 $5.4 \sim 7.5$ ml/l 범위였고, 無機態窒素로서 $\text{NH}_4\text{-N}$ 은 $0.07 \sim 0.48$ ppm, $\text{NO}_2\text{-N}$ 은 $0.006 \sim 0.33$ ppm이었으며, 특히, $\text{NO}_3\text{-N}$ 은 $3.89 \sim 34.06$ ppm으로 매우 높았다.

密度別 稚魚의 全長成長은 D20에서 8.17 ± 0.80 cm로 가장 빨랐고, D10에서 7.72 ± 0.40 cm로 가장 느렸으나, 密度區別 成長差異에 대한 有意의 差는 없었다. 密度別 稚魚의 體高成長은 D20에서 4.16 ± 0.39 cm로 가장 빨랐고, D10에서 3.94 ± 0.21 cm로 가장 느렸으나, 密度區別 成長差異에 대한 有意의 差는 없었다.

密度別 稚魚의 全長에 대한 體高의 相對成長比는 D10이 $b=0.5346$ 으로 가장 높았고, D30이 $b=0$.

5165로 가장 낮았으나, 密度區間の 有意의 差는 인정되지 않았다.

密度區別 稚魚의 生存率은 D10, D20, D30 共히 90 %로 높았으나, D40은 75 %로 낮은 편이었다.

收容密度의 指標로서, 眼側 體表面積이 水槽의 底面積을 덮는率을 구하기 위하여 全長과 體高를 곱한 面積 (X)과 眼側 體表面積 (Y)의 相關關係는 $Y=0.5994X+0.1840$ 으로 表示되었다.

各 密度區別 모든 個體의 眼側 體表面積이 底面積을 덮는率은, 實驗終了時 D10의 1.2배로부터 D40의 4.1배까지로 나타나, 稚魚의 高密度飼育이 가능한 것으로 判斷되었다.

謝 辭

本 研究過程中, 材料인 넙치의 受精卵을 提供하여 주신 巨濟 水産種苗培養場長 閔炳書 博士와 稚魚飼育에 手助하여 준 車他順孃 및 韓弘熙君을 비롯한 實驗室員에게 깊은 感謝의 뜻을 表한다.

參 考 文 獻

- APHA·AWWA·WPCF. 1985. Standard methods for the examination of water and wastewater, 16th ed. APHA. Washington, p. 373-406.
- 田世圭. 1983. 高密度 鰻魚養殖水槽의 疾病對策. 韓水誌 16:103-110.
- Honda, H. 1988. Displacement behavior of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* estimated by the difference of oxygen consumption rate. Nippon Suisan Gakkaishi 54:1259.
- 川本信之. 1977. 魚類生理. 恒星社厚生閣. 東京, pp. 1-605.
- 金仁培. 1980. 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, 195-206.
- 金仁培. 1983. 無濾過循環水탱크利用 Tilapia의 高密度飼育實驗. 韓水誌 16:59-67.
- 熊井英水. 1984. 히라메의 養殖 3. 히라메의 養成. 日本水産資源保護協會 月報 243:14-17.
- 仲野達也·原田正敏·中本幸一·廣瀬和孝. 1984. 히라메種苗의 中間育成試驗(特に收容密度, 餌料差による比較). 兵庫水試事報 昭和 58年度:304-308.
- 西田輝己. 1974. 히라메의 低比重海水에 對する 影響에 對하여. 鳥取水試報告 15:101-102.
- 釜山水産大學 海洋科學研究所. 1976. 釜山沿岸의 海洋環境基礎調査. 釜山水大海科研報 9:71-81.
- 山形陽一·丹羽誠. 1979. 亞硝酸의 ウナギ에 對する 毒性에 對하여. 水産増殖 27:5-11.
- 山形陽一·丹羽誠. 1982. 日本ウナギ에 對する 安モニア의 急性および慢性毒性. 日水誌 48:171-176.
- 安永義暢. 1976. 마코갈레이および히라메卵稚仔의 生殘에 及ぼす 各種汚染物質의 影響에 對하여. 東海區水研報 86:81-111.