

# 넙치, *Paralichthys olivaceus*의 種苗輸送中 水中 溶存酸素의 變化

高永植\* · 張榮振 · 權準永

釜山水產大學校 養殖學科

\*機張郡廳 水產課

## Changes of Dissolved Oxygen Concentrations During the Transportation of the Olive Flounder (*Paralichthys olivaceus*) Seedlings

Young-Sik Ko\*, Young Jin Chang and Joon-Yeong Kwon

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

\*Section of Fisheries, County Office of Kijang-gun, Pusan 626-900, Korea

### ABSTRACT

Experimental transportations of the olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) seedlings (body weight  $2.1 \pm 0.39$  g) with polyethylene vinyl bag were performed to study the change of dissolved oxygen (DO) during transportation, survival rate and feeding activity of seedlings after transportation. The distance and time required for the transportations were 272 km and 11 hours, respectively.

DO was rapidly decreased within 3 hours ( $P < 0.05$ ) during the transportation of seedlings of 40 fish in 10 l of sea water at  $15.6 \sim 17.8^\circ\text{C}$  of initial water temperature with 5 ml/l of initial DO. The decreasing tendency of DO (Y) according to elapsed time (X) was expressed an equation of  $Y = 2.7444X^{-0.4780}$  ( $r = 0.8071$ ).

Feeding activity of the seedlings after transportation supplemented with oxygen and icepack besides above transport conditions was significantly higher than that of fish supplemented with icepack only ( $P < 0.05$ ). It was desirable to starve the seedlings for 36 hours before transportation. Survival rate of seedlings was greatly reduced, when the dissolved oxygen concentration was lowered below the range of  $0.77 \sim 0.94$  ml/l just after transportation.

### 序 論

養殖魚類의 生産 및 消費過程에서 이루어지는 活魚輸送은 魚體의 健康度 및 商品價値에 직접적인 영향을 미칠 수 있어, 효과적인 수송을 위하여 마취제와 저수온(田村 等 1967) 및 전기 충격을 이용하는 수송

방법이 다양한 관점에서 논의되어 왔다. 최근 양식 생산의 체계가 종묘 생산과 상품어 생산으로 분화되면서, 活魚輸送은 종묘 수송과 상품어 수송으로 나뉘어지고 있다. 특히, 상품어의 크기까지 계속 사육해야 하는 종묘를 수송하는 데 있어 수송중의 斃死는 물론, 수송후 魚體活力이 크게 문제시 된다(鍛治 1962; 田畑 1976; 村井 等 1983). 필리핀에서는 매년 13억 5천만 마리의 milkfish 仔稚魚가 自然水界에서 어획되어 양성장으로 운반되는 도중 6.15%인 8천 3백만 마리가 斃死한다고 보고된 바 있다(Villaluz et al. 1984).

活魚輸送時 魚類가 斃死하는 原因은 물의 동요에 의한 어체끼리의 접촉, 수조벽과 충돌 등 物理的 要因, 輸送水中의 CO<sub>2</sub> 증가, 탁도 증가, pH 저하 등 化學的 要因 및 수질 악화에 의한 호흡 빈도 증가, 삼투압 평형 상실 등 生理的 要因으로 나누어 진다(川本 1978). 이 중 輸送水中의 CO<sub>2</sub> 증가는 혈액의 pH 저하를 유발하고 酸血病(acidosis)을 일으키며, 그 결과 血液의 酸素攝取 能力이 약화되어 어체가 斃死에 이르는 것으로 알려져 있다(Black 1957). 특히 活魚輸送中 魚類의 生理에 가장 큰 영향을 미치는 것은 호흡과 관련한 수송수의 酸素收支 問題로 지적되어 왔으며(板澤 1982), 이에 따라 어류의 산소 소비량에 관한 많은 연구가 진행되고 있다(위·장 1976; 山元 等 1990; 金 1992). 실제 活魚輸送時 널리 이용되고 있는 活魚車 또는 비닐 포장에 의한 수송에서도 이러한 점을 감안하여, 酸素供給裝置를 装着 하거나 酸素를 封入하여 수송하고 있다. 그러나 활어의 수송 과정중 輸送水의 溶存酸素 變化傾向에 관한 구체적인 資料가 부족하여, 輸送中の 산소 공급시 魚類의 酸素要求 變化에 적절히 대응하지 못하고 있다.

더우기 單位體重當 酸素消費量은 어체의 크기가 작아질수록 급격히 높아지는 것으로 알려져 있어(板澤 1982; 金 1992), 종묘 수송의 경우는 상품어 수송에서 보다 溶存酸素의 缺乏이 더욱 문제시 될 수 있다. 뿐만 아니라 계속적인 물의 동요가 수반되는 수송중의 어류와 사육 수조내에서 안정 상태에 있는 어류의 酸素要求에는 큰 차이가 발생할 수 있다(諸岡 等 1967). 따라서 양식용 종묘의 수송시 적절한 용존 산소 관리를 위하여는, 輸送中 酸素量의 變化傾向 및 輸送終了時의 溶存酸素量이 生存率과 어떠한 상관 관계를 갖는 지에 대한 기초 지식이 요구된다.

본 연구에서는 시간 경과에 따른 용존 산소량 변화를 파악하기에 적합한 밀폐식 비닐을 이용하여 넙치의 종묘를 수송하면서, 輸送水의 溶存酸素 및 pH의 變化를 조사하고 輸送魚類의 斃死에 관한 용존 산소량의 臨界範圍를 파악하였다. 아울러 수송시 酸素封入 및 絶食效果에 관하여도 검토하였다.

## 材料 및 方法

### 實驗魚

全南 高興郡 內羅老島 所在 東一種苗培養場에서 생산한 평균 전장 6.2±0.35 cm, 평균 체중 2.1±0.39 g의 넙치 종묘 총 1,420 마리를 여러가지 다른 방법으로 輸送實驗하였다. 종묘 생산시의 사육 온도는 16~18℃였다. 輸送經路 및 實驗方法 輸送距離는 종묘 생산지인 高興 內羅老島로 부터 釜山까지 총 272 km로 輸送路의 상태는 非鋪裝道路 8 km, 海上輸送路 2 km, 鋪裝道路 262 km였으며(Fig. 1), 輸送車輛은 실내 온도 조절이 가능한 車輛(15인승 승합차)을 사용하였다.

실험어의 輸送容器로는 54×36×22 cm의 사각 스티로폼 상자를 이용하였으며, 여기에 海水 10 l를 채운 2겹의 비닐주머니를 넣고 採水用 裝置를 装着한 후(Fig. 2), 어체를 수용하여 수송하였다. 수송중 車輛內 平均氣溫은, 일반적으로 넙치 종묘의 수송 시기가 대기의 영향을 크게 받는 5~6월인 점을 고려하여, 20℃ 전후로 유지하였다. 輸送開始時의 水溫은 15.6~17.8℃, 溶存酸素는 5 ml/l 전후였고, 輸送時間은 11시간이 소요되었다.

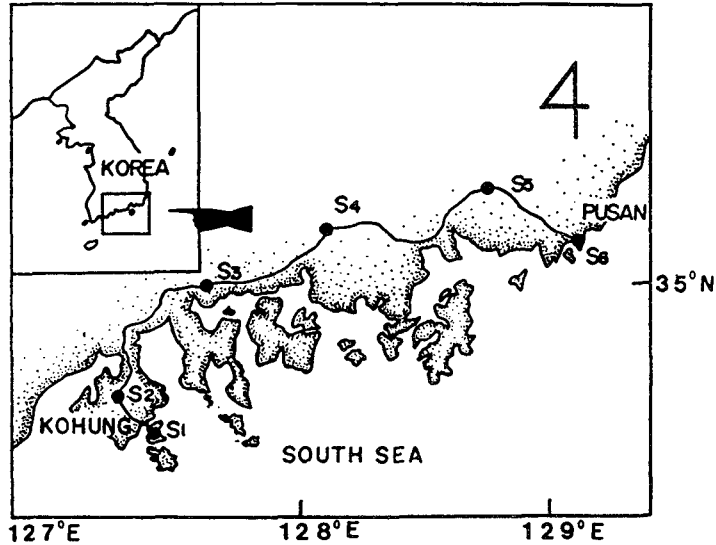


Fig. 1. Map showing the transportation route of olive flounder seedlings from Kohung to Pusan. S<sub>1</sub>~S<sub>6</sub>: The stations of observation of pH, temperature and dissolved oxygen in transport water.

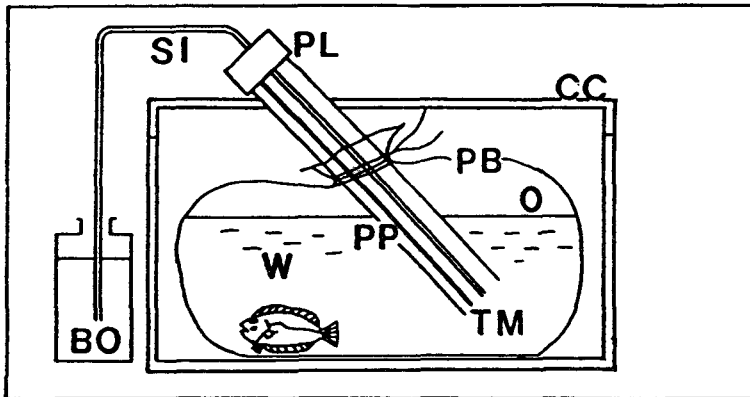


Fig. 2. Apparatus used for the experimental transportation of olive flounder seedlings. BO: Bottle for measuring dissolved oxygen, CC: Closed container made of styrofoam, O: Oxygen, PB: Polyethylene vinyl bag, PL: Plug, PP: PVC pipe for measuring water temperature and dissolved oxygen, SI: Siphon, TM: thermometer, W: Transport water.

용존 산소량 분석을 위한 採水 및 pH와 수온의 조사는 수송 중 2시간 간격으로 실시하였으며, pH는 pH-ion meter (DP-880)로, 용존 산소량은 Winkler법의 아지드화 변법(APHA 1989)으로 각각 분석하였다.

輸送直後에는 生存率, 水溫, pH, 溶存酸素量을 測定하고 循環濾過式 飼育水槽에 實驗魚를 수송시의 실험구별로 분리 수용한 다음, 일주일간 사육하면서 그 기간 동안의 生存率 및 攝食活性(個體別 平均

攝食量, g/개체)을 조사하였다.

### 輸送水の 溶存酸素 및 pH 變化

넙치 종묘 輸送中 輸送水の 溶存酸素 및 pH 變化傾向을 파악하기 위하여, 공업용 산소 및 공기를 넣지 않고 海水 10 l당 40마리씩의 실험어를 수용하여 4반복으로 수송 실험하였다. 수송전 絶食時間은 24시간으로 하였다.

### 酸素封入有無別 輸送

酸素封入有無에 따른 輸送效果를 알아보기 위하여, 해수 10 l에 5 l씩의 공업용 산소를 봉입한 4개의 실험구와 산소를 봉입하지 않은 4개의 실험구를 설정하였다. 비닐주머니의 주위에는 각각 0, 300, 600 및 900 g씩의 얼음을 넣고 40마리씩의 실험어를 수용하여, 실험어의 생존율과 回復時 攝食活性을 조사하였다. 수송전 絶食時間은 24시간으로 하였다.

### 密度別 輸送

넙치 종묘의 적정 輸送密度를 알아보기 위하여, 5개의 輸送容器에 해수 10 l와 산소 2 l씩을 넣고 24시간 절식시킨 실험어를 각각 20, 40, 60, 80, 100마리씩 수용한 다음, 그 주위에 400 g씩의 얼음을 넣어 수송한 후, 생존율 및 回復時 攝食活性을 조사하였다. 絶食時間別 輸送 輸送前 絶食時間이 수송 결과에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 산소와 얼음을 넣지 않은 5개의 수송 용기에 0, 12, 24, 36, 48시간 絶食시킨 넙치 종묘를 각각 40마리씩 수용하여 수송한 후, 생존율 및 回復時 攝食活性을 조사하였다.

### 統計處理

통계학적 資料分析은 線形回歸分析과 分散分析을 이용하였고, 평균간의 유의성 검정은 Duncan's multiple range test와 slope test에 의하였다(Zar 1984).

## 結 果

### 溶存酸素 및 pH의 變化

인위적인 산소 보충없이 수송한 密閉 輸送容器內的 용존 산소량은 輸送開始時의 5 ml/l로부터 1시간 후에  $3.0 \pm 0.39$  ml/l, 3시간후에  $1.6 \pm 0.25$  ml/l로 유의하게 감소하였다( $P < 0.01$ ). 그러나 이후부터 輸送終了時인 11시간후 까지는  $0.9 \pm 0.31 \sim 1.2 \pm 0.34$  ml/l 범위로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 수송중 용존산소(Y)의 減少傾向은 Fig. 3에 나타난 바와 같이, 수송 경과 시간(X)에 대해  $Y = 2.7444X^{-0.4780}$  ( $r = 0.8071$ )의 逆指數函數式으로 나타났다.

pH는 輸送開始時  $7.6 \pm 0.13$ 에서 輸送終了時  $7.0 \pm 0.25$ 로 유의하게 낮아졌지만( $P < 0.05$ ), 輸送條件에 따른 유의차는 없었다( $P > 0.05$ ).

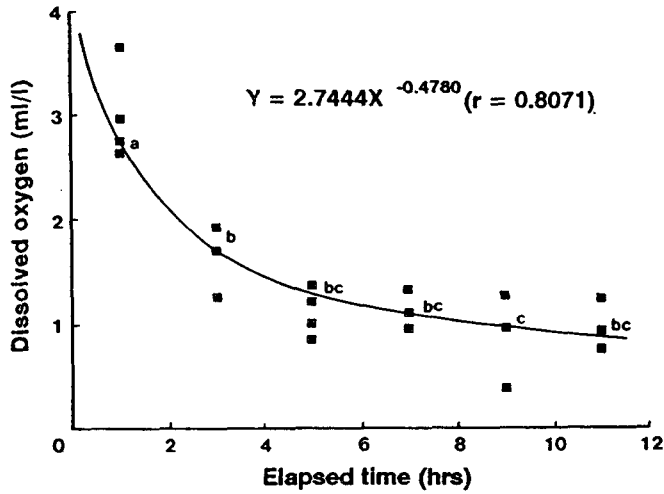


Fig. 3. The change of dissolved oxygen (Y) in the transport water as elapsed times (X). The different alphabets mean significant difference (P < 0.05)

酸素封入有無別 輸送

酸素를 넣어 수송한 실험어는 산소를 넣지 않고 수송한 실험어에 비해 回復時 魚體의 攝食量이 유의하게 많았다(P < 0.05). 그러나 생존율에는 유의한 차이가 없었다(Table 1). 한편 酸素封入 輸送條件内에서는 넣어 준 얼음의 양이 많을수록 輸送終了時 水溫이 더욱 낮아졌고, 攝食量도 적었다.

Table 1. Survival rate and feeding activity of olive flounder seedlings according to the amount of ice and oxygen supplemented

No. of fish	Amount of ice (g)	Starved time (hrs.)	Oxygen (ℓ)	F.W.T. <sup>1</sup> (°C)	Survival rate <sup>2</sup> (%)	Feeding activity <sup>3</sup> (g/fish)
40	0	24	0	14.6	90.0	0.03
40	300	24	0	13.2	95.0	0.02
40	600	24	0	11.2	95.0	0.10
40	900	24	0	10.2	100.0	0.09
Mean±S.D.					95.0±3.2 <sup>a</sup>	0.06±0.032 <sup>a</sup>
40	0	24	5	16.0	97.5	0.35
40	300	24	5	13.5	97.5	0.27
40	600	24	5	12.3	100.0	0.20
40	900	24	5	9.0	100.0	0.13
Mean±S.D.					98.8±1.1 <sup>a</sup>	0.24±0.073 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> Water temperature just after transportation.

<sup>2</sup> Survival rate of seedlings reared for a week after transport.

<sup>3</sup> Feeding amount of olive flounder seedlings during a week after transportation.

Mean in same column having the different alphabetic superscripts are significantly different (P < 0.05).

密度別 輸送

산소(2 ℓ)와 얼음(400 g)을 넣고 密度別로 수송한 결과, 용존 산소량은 60~100마리 수송실험구에서 3시간 경과시 감소하였다가 다시 증가하는 경향을 보였다(Fig. 4). 低密度 輸送區(20~40마리)의 수송 후 생존율은 모두 100% 였으며, 60마리 수송구는 99.2%, 80마리 수송구는 99.4% 였다. 100마리 수송구(어체중 25 g/ℓ)에서도 수송 후 생존율은 94% 로 높았고, 回復時 個體當 飼料 攝食量도 0.26 g/개체로 높은 攝食活性을 보였다.

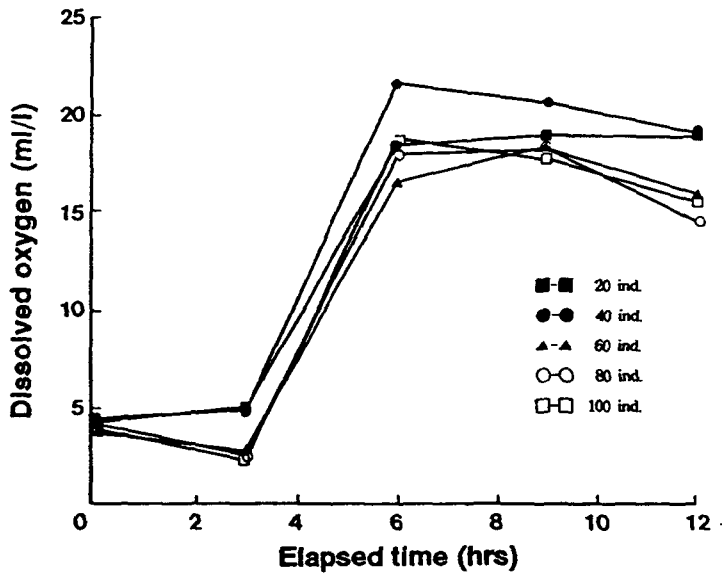


Fig. 4. The change of dissolved oxygen in the transport water by different fish density. Each transport containers were treated by ice (400 g) and oxygen (2 ℓ) in the sea water of 10 ℓ.

絶食時間別 輸送

輸送前 絶食時間이 길수록 生存率이 높고 攝食活性이 양호한 것으로 나타났다(Table 2). 특히 12

Table 2. Survival rate and feeding activity of olive flounder seedlings according to the different conditions of starvation before transport

No. of fish	Starved time (hrs.)	F.D.O. <sup>1</sup> (ml/ℓ)	Survival rate <sup>2</sup> (%)	Feeding activity <sup>3</sup> (g/fish)
40	0	0.42	27.5	0.07
40	12	0.63	11.3	0.00
40	24	0.94	90.0	0.03
40	36	1.43	91.3	0.14
40	48	1.42	81.5	0.15

<sup>1</sup> Dissolved oxygen just after transportation.

<sup>2</sup> Survival rate of seedlings reared for a week after transport.

<sup>3</sup> Feeding amount of olive flounder seedlings during a week after transportation.

시간 이하의 絶食條件에서는 매우 낮은 생존율을 보였다. 攝食活性은 36시간(0.14 g/fish) 이상의 絶食條件에서 양호한 것으로 나타났다.

### 輸送終了時 溶存酸素量과 生存率

수송조건을 달리한 각 실험에서 얻어진 수송 후 실험어의 生存率은 最終 溶存酸素量 0.77 ml/l 이하에서 50% 미만이었으며, 0.94 ml/l 이상에서 평균 97%를 넘어, 수송 어류의 생사를 좌우하는 수송 종료시 용존 산소량의 臨界範圍는 0.77~0.94 ml/l인 것으로 나타났다(Fig. 5).

## 考 察

活魚輸送中 魚類의 生理에 가장 큰 영향을 미치는 것은 呼吸과 相關한 酸素收支 問題이며(板澤 1982), 輸送水中의 용존 산소량은 어체의 산소 소비와 밀접한 관계가 있다. 어체의 酸素消費量은 수송 초기에 증가하였다가 시간이 경과하면서 서서히 감소되는 것으로 알려져 있는데(諸岡 等 1967), 본 연구의 결과에서도 밀폐된 수송 용기내의 용존 산소량은 수송 전과 비교하여 輸送後 有意하게 감소하였다. 이 감소는 輸送開始後 3시간 이내에 일어난 것으로 나타나, 수송 초기에 급격한 용존산소의 소모가 일어남을 알 수 있었다. 諸岡 等(1967)은 활어조 내에 방어 成魚(4 kg)를 수용하고 時間經過에 따른 산소 소비량을 측정된 결과, 수송 1시간째 430 ml/kg · hr이던 것이 3시간 이후 207 ml/kg · hr로 감소한다는 사실을 밝힌 바 있다. 본 연구에서 산소와 얼음을 넣어주고 密度別로 수송한 결과에서도 輸送初期에 溶存酸素의 감소가 일어났다가 3시간 이후 다시 증가하는 양상을 나타냄으로써 수송초기의 酸素量 急減을 뒷받침하고 있다. 이 경향은 수송 용기에 수용하는 과정에 받은 스트레스로 어체의 代謝量은 증가된 상태이고, 封入한 工業用 酸素는 아직 水中에 溶入되지 못한 데서 비롯한 것으로 판단된다.

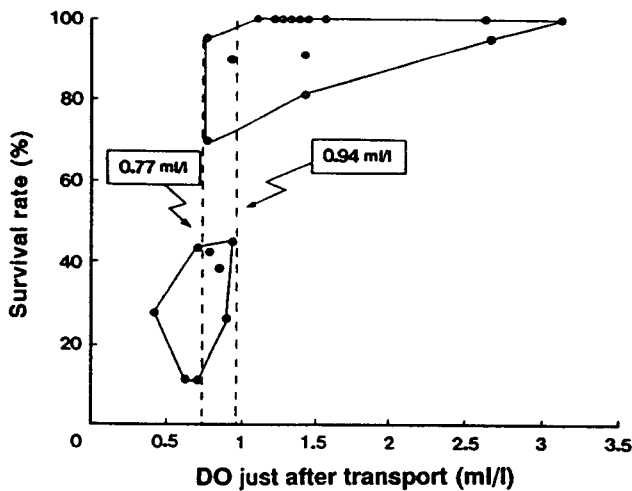


Fig. 5. Survival rate according to the dissolved oxygen (DO) just after transportation of olive flounder seedlings.

密度別 輸送實驗에서는 얼음(400 g)과 酸素(2 l)를 封入하였을 경우, 全長  $6.4 \pm 0.94$  cm의 넙치 種묘가 10 l의 水量에 80마리까지는 100%의 生存率을 나타내었다. 현재 양식 현장에서의 種묘 수송은 일정한 기준이 없이 경험적 지식에 의해 어체중 20~60 g/l (체중 2 g의 種묘를 기준, 50~200마리/10 l)의 밀도로 수송되고 있다. 田中(1982)는 감성돔의 一種인 *Acanthopagrus sivicolus*를 수송 전 수온 25.0°C, pH 8.29의 조건에서 14시간 수송한 결과, 輸送海水 1 l당 어체중 30 g (體重 0.2~1.0 g인 *A. sivicolus* 약 500마리/10 l) 까지는 생존율 100%에 가까운 種苗輸送 成績을 올릴 수 있었다고 하였다. 이를 본 研究에서는 10 l 해수에 넙치 種묘 100마리 收容輸送區(25 g/l, 평균 체중  $2.1 \pm 0.39$ )가 94%의 생존율을 보였다. 이 결과는 *A. sivicolus*가 亞熱帶 海域의 어류로써 본 研究에서 사용한 실험어와 生態的 條件이 다른 점이 있기는 하나, 넙치 種묘의 경우에 있어서도 適水溫 範圍에 속하는 15°C 내외 및 충분한 용존 산소량의 조건만 갖추어 진다면, 해수 1 l당 어체중 30 g 이상의 수송이 가능함을 시사한다. 특히 넙치는 低密度보다 高密度 수송 상태에서 개체당 산소 소비량이 적고 안정화되는 陽의 群效果(positive group effect)를 갖는다고 보고되어 있어(Honda 1988), 高密度輸送을 고려해 볼 수 있는 종이다.

活魚輸送時 魚體의 生存率을 높이기 위하여 酸素를 使用한 것은 19세기말 유럽에서 밀폐식 비닐에 酸素를 封入했던 것이 그 효시였다. 양식 산업의 발달에 따라 산소 공급 장치를 장착한 활어차 및 밀폐식 비닐(McFarland and Norris 1958)에 의한 수송이 늘어나면서 산소의 사용이 일반화되고 있다. 본 研究에서도 酸素와 얼음을 동시에 封入하여 實驗한 結果, 生存率이 100%에 가깝고, 또 산소를 封入한 실험에서 수송후 어체의 攝食量이 산소를 封入하지 않았던 실험구 보다 유의하게 많아 魚體의 活力이 좋았음을 알 수 있다. 그러나 수온이 낮은 실험구의 어체가 수송후 사료 섭취량이 적은 경향을 보여, 수송시 代謝率 低下를 위한 얼음의 사용은 보다 구체적 연구가 뒷받침 되어야 할 필요성이 있다.

Jobling (1981)은 輸送途中 消化될 먹이가 없도록 胃를 비워 두어야 한다고 지적한 바 있으며, 胃가 없는 어종인 잉어의 仔魚도 輸送前 약 12~18時間 동안 絶食시킨 것이 수송결과가 양호하였다는 보고가 있다(Sampson and Macintosh 1986). 본 研究에서는 어체를 輸送前 36시간 및 48시간 絶食시키는 것이 酸素消費量, 水質, 生存率, 輸送後 攝食活性에서 좋은 成績을 나타내었다. 元等(1988)은 全長 4~10 cm인 넙치 種묘가 飼料飽食 이후 24시간까지는 급격히 胃內容物이 줄어들다가 이후 48시간까지의 사이에 空腹에 달했다고 하여, 36시간 絶食하면 空腹에 달한다는 본 연구 결과와 附合됨을 알 수 있다. 한편 본 연구에서 輸送種苗의 生存에 대한 輸送終了時 溶存酸素量의 임계 범위는  $0.77 \sim 0.94$  ml/l로 나타나, 넙치 種묘의 斃死酸素量이 0.66 ml/l라고 밝힌 金(1992)의 보고와 다소 차이를 보이지만, 이러한 차이는 輸送中 물의 動搖나 魚體間의 接觸으로 인한 스트레스를 고려하여 볼 때 설명 가능하다. 한편 수송 종료시의 pH는 密度, 絶食時間 등에 따라 유의한 차이가 없었고, 6.5 이상에서는 생존율에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

이상의 연구 결과는, 넙치 種苗輸送時 지속적으로 산소를 공급하여 주는 활어차의 경우에도 수송 수조의 魚體收容密度가 높으면 순간적인 酸素缺乏이 일어날 수 있음을 시사하고 있다. 본 연구에서는 수송시 輸送用 海水는 輸送前 數時間동안 충분히 에어레이션하여 輸送水의 酸素量이 飽和狀態에 달하였을 때 사용하고, 輸送種苗는 36시간 이상 絶食시켜 空腹狀態에서 수송함으로써, 輸送終了時 溶存酸素量을 1 ml/l 이상 유지되도록 하는 것이 효과적인 넙치 種묘의 수송 방법일 수 있음을 제시한다. 보다 바람직한 수송 방법의 확립을 위하여, 앞으로 수송 조건이 輸送後 飼育過程中 種苗의 活力 및 健康狀態에 미치는 生理學的 研究가 요구된다.



## 要 約

넙치 種苗輸送時 輸送水の 溶存酸素 變化 및 輸送後 生存率과 回復時 攝食活性을 把握하여 효과적인 輸送方法에 대한 基本資料를 얻고자, 밀폐식 비닐에 실험어를 수용하여 輸送距離 272 km, 輸送時間 11시간에 이르는 長距離 輸送實驗을 실시하였다.

해수 10 l에 넙치 종묘 40마리를 수용하여 輸送開始 水溫 15.6~17.8°C로, 인위적인 산소 보충없이 溶存酸素 濃度 5 ml/l의 조건으로 輸送한 實驗에서 輸送中 溶存酸素量(Y)은 수송 개시 3시간 이내에 급격히 감소하였으며, 시간(X) 경과에 따른 감소경향은  $Y=2.7444X^{-0.4780}$  ( $r=0.8071$ )의 역지수함수식 으로 나타났다.

酸素封入有無別 輸送實驗에서 輸送後 魚體의 攝食活性은 얼음만을 單獨으로 넣어 준 것에 비하여 얼음과 酸素를 동시에 넣어 준 實驗區에서 유의하게 높았다( $P < 0.05$ ). 輸送用 種묘는 輸送前 36시간 이상 絶食시켜 空腹狀態로 輸送하는 것이 效果의이었다. 輸送種묘의 生存을 위한 輸送終了時 溶存酸素 量의 임계 범위는 0.77~0.94 ml/l로 나타났다.

## 謝 辭

實驗魚를 提供하여 주신 東一種苗培養場의 高錫良社長님께 感謝드리며, 實驗을 도와준 東京大学 農学部 魚類生理學研究室의 孫永昌 君과 釜山水產大學校 養殖生理學 研究室의 金脚娥 嬢, 張允禎 嬢에게도 感謝의 뜻을 전한다.

## 參 考 文 獻

- APHA, 1989. Standard methods for the examination of water and wastewater. 17th ed. APHA. Washington. 4 : 152~156.
- Black, E. C., 1957. Alternations in the blood level of lactic acid in certain salmonid fishes following muscular activity. J. Fish. Res. Bd. Can. 14 : 117~134.
- Honda, H., 1988. Displacement behavior of Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* estimated by the difference of oxygen consumption rate. Nippon Suisan Gakkaishi 54, p. 1259.
- Jobling, M., 1981. The influence of feeding on the metabolic rate of fishes ; A short review. J. Fish Biol. 18 : 385~400.
- McFarland, W. N. and K. S. Norris, 1958. The control of pH by buffers in fish transport. Calif. Fish and Game. 44 : 291~310.
- Sampson, D.R.T. and D.J. Macintosh. 1986. Transportation of live carp fry in sealed polyethylene bags. Aquaculture 54 : 123~127.
- Villaluz, A. C., W. R. Villaver, and R. J. Slade, 1984. Milkfish fry and fingerling industry of the Philippines : Methods and practices. Southeast Asia Fisheries Development Centre, Tech. Rep. No. 9.
- Zar, J. H. 1984. Biostatistical analysis. 2nd. Prentice-Hall. 718 p.

- 金一男, 1992. 數種 養殖魚類의 酸素消費에 관한 研究. 釜山水產大學校 産業大學院 碩士學位論文. pp. 1~31.
- 山元憲一・島隆夫・山下秀幸・綿石慶太, 1990. 海産硬骨魚類36種の安靜狀態での酸素消費量と體重の關係. 水産増殖 38 : 41~45.
- 위중환・장영진, 1976. 活魚輸送에 관한 基礎的 研究 1. 水振研報 15 : 91~118.
- 元文星・張榮振・柳晟奎, 1988. 넙치, *Paralichthys olivaceus* 仔魚 및 稚魚의 攝食과 消化. 韓國養殖學會誌 1 : 1~11.
- 鍛治秀雄, 1962. 稚鮎輸送に關する觀察, 特に道路の良否による溶存酸素の影響. 生物研究(福井) 6 : 9~12.
- 田畑和男, 1976. アユ種苗生産の技術檢討 II. 淡水馴致の簡便化, 兵庫縣水試 研究報告 16 : 35~40.
- 田中二良, 1982. 活魚輸送. III. 輸送方法と問題点. 9. 航空輸送. 水産學シリーズ 39. 恒星社厚生閣. 東京. pp. 113~120.
- 田村修・鹽崎晴朗・藤原清・平島裕, 1967. 活魚輸送に關する基礎的研究-I. 痲醉劑と低溫の魚類酸素消費量に及ぼす影響, 長崎大學 水産學部 研究報告 22 : 57~67.
- 諸岡 等, 1967. 活魚輸送に關する研究. 長崎縣水試 論文集 3 : 1~53.
- 川本信之, 1978. 養魚學總論, 恒星社厚生閣. 東京. pp. 1~676.
- 村井衛・青木雄二・西村和久, 1983. マダイ種苗長時間船舶輸送. 水産増殖 31 : 131~133.
- 板澤靖男, 1982. 活魚輸送. I. 輸送中の生理 1. 呼吸. 日本水産學會編. 水産學シリーズ 39. 恒星社厚生閣. pp. 9~21.