

# 海産 魚類 養殖場 가두리의 DO收支

— 곤리도 방어 양식장의 경우 —

김 용 술  
통영수산전문대학

## Dissolved Oxygen Budget in Floating Net Cage of Fish Farm at the Coastal Area

—In case of yellow tail farm in Konli-Do—

Yong Sool KIM

Department of Aquaculture, Tong-yeong Fisheries Junior College  
Chungmu 650-160, Korea

In coastal fish farms the farmers, especially engaging in dealing with the floating cage culture, going to know about relationships between holding capacity and water quality in cage. Some of water quality managers and specialists studing physiological ecology understand that the key of water quality management concerned fish farming is budget of dissolved oxygen.

This paper deals with oxygen budget in floating cage of the yellow tail farms at southern coastal area in Korea. The sampling station is located at Konli-Do fish farm near Chungmu, and the data is collected for 24 hours from 3:00 p.m. 8th September 1987.

In result, the needed oxygen coming after the consumption by the rearing fish had been supplied with the tide current exchange, the sum of oxygen produced by phytoplankton photosynthesis and diffused from atmosphere are no more that 43% for the needs of sea water consumption included respiration of planktons and decomposition of organic matters.

The optimum holding capacity of cage is possible to compute with the calculation of minimum diurnal water exchange rate  $[Q_{in} \cdot V^{-1} (C - \bar{c})]$  through net mesh of cage.

### 緒 論

近年에 그물들을 사용하는海面 가두리 養殖方式이 우리나라 海産魚類 養殖의 주된 방식으로 정착하면서, 가두리 양식장의 水質과 飼育魚의 收容量 사이에 존재할 함수관계에 대하여 관심이 높아가고 있다. 井上(1969, 1977), 中村(1977), 松川(1979), 佐野(1979)는 양식장 오염부하 허용량을 산출하는데 溶在酸素 收支에 관한 자료가 有用하다고 하였다. 양식장 오염부하 허용량의 개념은 양식장 생태계의 물질대사와 양식환경의 적정수준 유지에 관련되는

有機에너지 入出力 규모를 규정하는 의미를 갖는다고 할 수 있으므로, 용존산소 수치 해석을 통하여 양식장에서 사육되는 생물량의 사육한도 算定에 기초적이고 윤곽적인 정보를 얻을 수 있을 것으로 기대하고, 본 연구는 경남 통영군 곤리도 앞바다에 소재하는 金星水産 방어 가두리 양식장에서 측정된 자료를 분석하여 보고한다.

### 材料 및 方法

측정 대상 가두리는 경남 통영군 곤리도 地先 金

海産 魚類 養殖場 가두리의 DO收支

海水産 방어 양식장의 가두리 50개 중에서 飼育魚 가두리를 택하였다(Fig. 1).  
 를 가장 높은 밀도로 收容한 가장 바깥쪽 모퉁이의

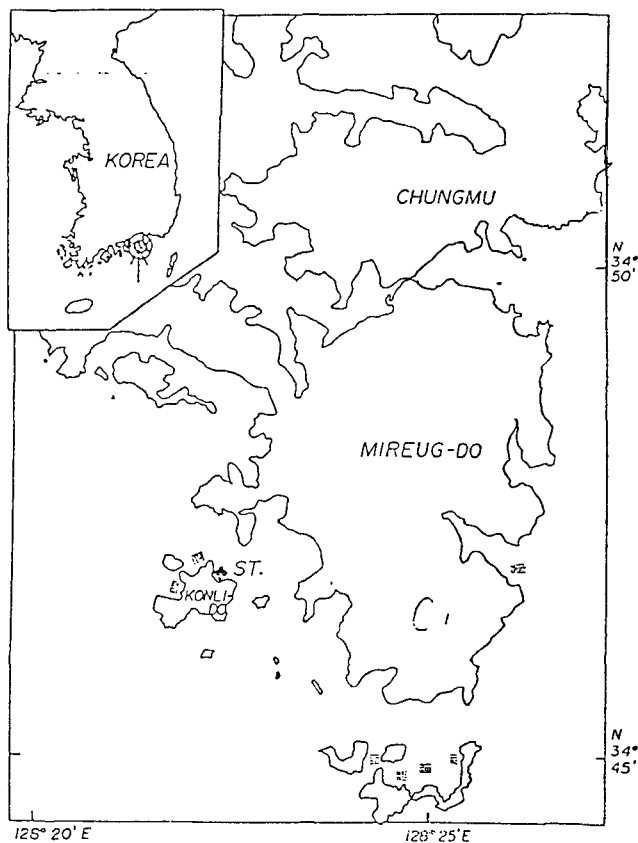


Fig. 1. Location of the sampling station.

調査는 1987년 9월 8일 15시부터 다음날 9일 15시까지 2시간 간격으로 모두 13회 실시하였다. 매번 조사 때마다 수온, 유속, 가두리 内外의 용존산소량, 海水의 光合成量, 海水의 산소소비량, 水深을 측정하였다.

수온은 전기수온계(Toho Dentan ET-5)로 측정하였고, 流速은 海面 漂流物이 5 또는 10m 거리를 이동하는 시간을 측정하고, 단위시간당 표류거리를 산출하여 表層流速으로 삼았다.

용존산소량은 Sodium azide를 사용하는 Winkler 변법으로 측정하였으며, 每回, 그리고 每試料마다 5회 반복 측정하였다. 滴定에는 Brand社의 디지털 뷰렛을 사용하였고, 終點 檢출은 Carpenter(1965)의 光滴定法을 導入하였으며, Bausch & Lomb의 Spectronic 20 분광광도계를 개조하여 580nm에서

요오드-전분 청색의 소멸점을 檢출하는 방법을 썼다.

이 방법의 측정 정밀도는 0.01N Potassium iodate standard solution에 대한 0.01N Sodium thiosulfate solution 滴定에서 5회 반복 표준편차가  $\pm 0.05\%$ 였다.

가두리 안의 채수는 가두리 중앙에서 Van Dorn 채수기로 표층 2m 아래의 물을 채수하였고, 가두리 밖의 채수도 표층에서 2m 아래 물을 채수하였다.

해수의 光合成量과 산소소비량은 망목 0.196mm인 나일론 그물로 현장의 물을 걸러서 明瓶-暗瓶法으로 배양하여 光滴定法으로 측정한 용존산소량 자료에서 계산하였다. 海水培養과 測定은 모두 5회 반복법으로 실시하였다.

水深은 1시간 간격으로 측심줄을 사용하여 측정

하고, 相對潮位를 산출하였다.

조사대상 가두리는 나이론 그물, 網目 30mm, 크기 10×10×10m였고, 水中에 잠기는 부분의 용적은 흐름이 정지되었을 때 800m<sup>3</sup>로 추정되었다.

收容魚種은 방어(*Seriola quinqueradiata*) 當年生이며, 평균체중 220g, 사육미수 12,700미, 收容重量은 2,800kg였다.

### 結果 및 考察

조사결과는 Fig. 2 와 같다. 수온은 23.5℃ 에서 21.8℃ 까지 거의 직선적인 下降을 보였다. 가두리가 위치한 곳의 수심은 최간조시 14.8 m였으며, 시간에 따른 상대조위의 변화는 Fig. 2 에서 보는 바와 같이 正弦曲線 변화를 나타내었다. 그러나 表層流速은 正弦變化는 아니었고, 최간조 1 시간 전에 최대 유속을 보였다. Fig. 2 에 표현되지 아니하였지만 流向은 수시로 변하고 있어서 定向性을 나타내지 않았다. 이것은 地形과 가두리群의 흐름에 대한 저항때문으로 생각된다.

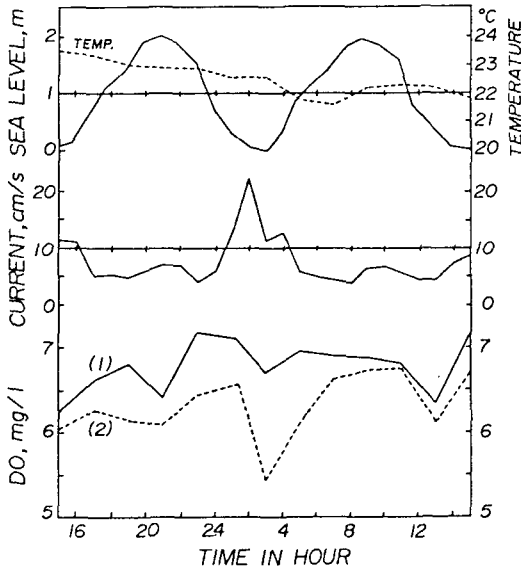


Fig. 2. Observed diurnal fluctuation of water temperature, relative sea level, current speed and dissolved oxygen in the yellow tail farm, Konli-Do during 24 hours from PM 3:00 of 8th to PM 3:00 of 9th September 1987. (1) out cage, (2) in cage, dissolved oxygen of sea water respectively.

용존산소량은 가두리 안이 가두리 밖보다 24시간을 통하여 언제나 낮았으며, 최간조시에 안팎 모두 최저값을 보였다. 가두리 내외의 용존산소량 차이는 최간조시인 오후 3 시에 1.26mg/l 로서 최대차를 보였고, 만조 2 시간 후인 오전 11시에 0.07mg/l 의 최소차를 보였다.

천해 양식장에서 海水에 산소를 공급하는 요소로는 식물플랑크톤과 바다 植生식물에 의한 광합성 작용에 따른 산소생산, 물의 흐름과 확산에 의한 산소공급, 표면을 통한 大氣中 산소의 溶入, 질산염, 황산염 등으로 부터의 산소환원이 고려되고, 해수로부터 산소를 감소시키는 요소로는 양식생물에 의한 호흡, 플랑크톤과 바다에 서식하는 저서생물에 의한 호흡, 박테리아에 의한 유기물의 생물학적 분해, 화학적 산화, 흐름과 확산에 의한 소실, 과포화일때 大氣로 산소방출 등을 고려할 수 있으며, 이러한 요소들에 의하여 양식장 내의 산소변화율(dc/dt)은 다음 식과 같이 표현할 수 있다(井上, 1977).

$$\frac{dc}{dt} = \frac{Q_{in}}{V} (C_0 - C) + K_L \frac{A}{V} (C_s - C) - \frac{RN}{V} - \frac{\sum rn}{V} + W + M \frac{Ab}{V} \dots \dots \dots (1)$$

여기서 C : 양식장내 DO, C<sub>0</sub> : 양식장 밖의 유입 외양수의 DO, C<sub>s</sub> : 양식장내 DO 포화량, t : 시간, V : 물의 용적, A : 수면적, Ab : 바닥면적, Q<sub>in</sub> : 단위 시간당 유입水量, K<sub>L</sub> : 대기로부터 산소 溶入時 물 질이동계수, R, r : 양식생물과 잡어에 의한 산소소비율, N, n : 양식생물과 잡어의 개체수를 의미한다. 그리고 式中 W는 양식장내 해수의 단위용적당 순산소 생산속도를, M 은 양식장 바닥의 단위면적당 순산소 생산속도를 의미한다. 그러나 본조사가 양식장 가두리 안과 밖을 한정적으로 조사하였으므로 底生動物의 산소생산과 소비는 가두리 안밖에서 동일조건이라고 보고, 또 조사대상 가두리는 조사당시 망갈이 한지 2일 밖에 경과되지 않아 그물에 부착한 생물에 의한 오차분을 거의 무시할 수 있다고 보아서 플랑크톤의 산소생산과 소비만 감안하여 式(1)을 式(2)와 같이 고쳐 쓸 수 있겠다.

$$\frac{dc}{dt} = \frac{Q_{in}}{V} (C_0 - C) + K_L \frac{A}{V} (C_s - C) - \frac{RN}{V} + PP - PC \dots \dots \dots (2)$$

여기서 PP와 PC는 水中의 식물성 플랑크톤에 의한 총산소생산속도와 산소소비속도를 각각 의미한다. Fig. 2 의 日週 측정치로부터 가두리안의 산소 변화율(dc/dt)을 계산하여 Fig. 3 의 dc/dt(1)곡선으

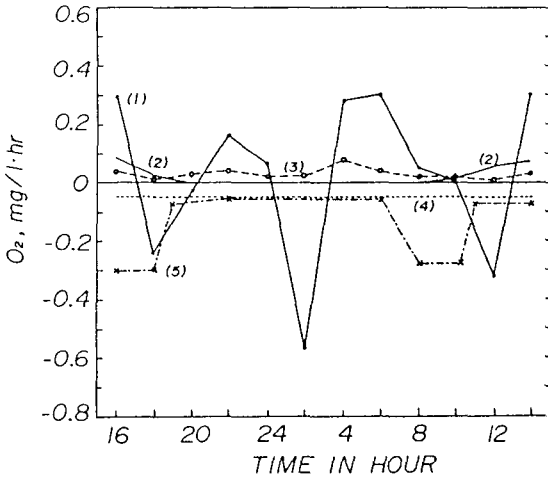


Fig. 3. Diurnal oxygen rates in the cage of the yellow tail farm, calculated from the data of Figure 1. (1)  $dc/dt$ : DO by time rate, (2) PP: gross oxygen production by phytoplankton, (3)  $K_L A V^{-1}(C_S - C)$ : dissolved rate from atmosphere, (4) PC: oxygen consumption by sea water mass, (5)  $RN/V$ : oxygen consumption rate by rearing fishes.

로 표현하였다. Fig. 3 중의 PP(2)와 PC(4) 곡선은 明瓶-暗瓶法으로 배양하여 측정된 값에서 계산하여 표현한 것이다. 사육어에 의한 산소소비속도 R은 井上(1969)의 도표를 사용하여 수온과 개체평균체중, 사육미수, 해수용적, 給餌形便의 자료로 부터 산출하였으며, 그 값의 日週變化는 Fig. 3의 곡선(5)와 같다. 大氣로 부터의 산소 溶入速度 계산은 Dobbins & O'conner式을 사용하되,  $A/V$  대신 가두리의 수심  $H(H=8m)$ 를 대입하여 계산하였다.

$$K_L \frac{A}{V} (C_S - C) = K_L \cdot H^{-1} \cdot (C_S - C) \dots \dots \dots (3)$$

이 式中の 물질이동계수  $K_L$ 은 분자확산 계수  $D_L$ 과 水表面 更新率  $s$ 로 표현하는 Dankwerts式을 사용하였고,

$$K_L = \sqrt{D_L \cdot s} \dots \dots \dots (4)$$

산소의 확산계수  $D_L(O)$ 는 Gertz 실험식에 따라 산출하였다.

$$D_L(O) = 2.037(1.037)^{T-20} \cdot 10^{-5} (cm^2/sec) \dots \dots \dots (5)$$

여기서 T는 수온이다. 표면갱신율 s는 畠田(1975)

의 가정을 도입하였으며, 즉 가두리 内の 흐름을 等方性亂流(水深 1.5m 이상)로 보고, 流速  $u$ , 수심 H 일때 혼합거리  $l = 0.1H$ , 연직방향 난류변동속도  $|v'| = 0.1u$ 로 가정하여  $s = u/H$ 로 산출하였다. 그 결과는 Fig. 3에서 보는 바와 같다(곡선(3)). 海水交流에 의한 산소공급 속도  $\frac{Q_{in}}{V} (C_0 - C)$ 는 식(2)에서

$$\frac{Q_{in}}{V} (C_0 - C) = \frac{dc}{dt} - \left[ K_L \cdot H^{-1} (C_S - C) - \frac{RN}{V} + PP - PC \right] \dots \dots \dots (6)$$

로 고쳐서 산출하였다.

위와 같이 산출한 各時刻別 速度要素의 日週값을 積算하면 Table 1과 같다.

Table 1. DO budget of yellow tail net cage in Konlido coastal farm during 24 hours from 8th through 9th September 1987

Item	O <sub>2</sub> g/m <sup>3</sup> /day
Production by phytoplankton	+0.50
Consumption by water mass in cage	-1.24
Dissolution from atmosphere	+0.039
Replenishment from tide current	+4.001
Consumption by rearing fishes	-3.089

Table 1에서 고찰하건대, 이 양식장에서는 水中의 식물성 플랑크톤에 의한 생산량과 大氣로부터 녹아 들어가는 양을 합한 산소량은 水中의 有機物 분해, 플랑크톤의 호흡 등을 포함하는 水體의 산소 소비량의 43%를 감당하는 수준에 그치고, 사육어가 소비하는 다량의 산소는 해수교류에 의하여 공급되고 있다고 하겠다. 따라서 이 양식장의 사육어 수용량은 가두리 그물의 망목을 통한 해수교환율에 절대 의존한다고 보아지며,  $\int (Q_{in} \cdot V^{-1} (C - \bar{C}))$ 의 日間 최소값을 산출할 수 있으면 適正收容量을 결정할 수 있을 것이다. 그러나 끈리도 어장의 경우처럼 많은 수의 가두리를 바둑판처럼 正方形으로 集群하여 어장으로 조성하고 있을 때는 各 가두리마다 해수교환율( $Q_{in} \cdot V^{-1}$ )이 다르고, 가두리 안으로 공급되는 가두리 밖의 해수중 용존산소량(C)도 다를 것이므로, 적정수용량을 한 가지로 말하기는 어렵겠고, 가두리 各個別  $\int (Q_{in} \cdot V^{-1} (C - \bar{C}))$ 에 따라 결정되어야 할 것이다.

### 要 約

본 연구는 1987년 9월 8일, 9일 양일간에 걸쳐 24시간 동안 끈리도 금성수산 방어 가두리 양식장

에서 해산어류 양식장·가두리의 방양한도를 산정하는데 기초자료로 쓰일 수 있는 용존산소 수치를 해석해 보기 위하여 실시하였다.

가두리에 수용된 당년생 방어 2,800 kg이 1일간 소비하는 산소량은 3.09 g/m<sup>3</sup>였고, 가두리 안의 수체에 의하여 소비되는 산소량은 1.24 g/m<sup>2</sup>·day였으며, 수중 식물성 플랑크톤에 의해 생산공급된 산소량과 대기로부터 해수중으로 녹아 들어간 산소량의 합계는 수중 유기물의 분해와 플랑크톤의 호흡을 포함하는 수체자체의 산소소비량의 43%를 감당하는 수준이었고, 그 나머지 57%와 사육어가 소비하는 다량의 산소는 가두리 안밖으로 교류하는 해수유통에 의하여 공급되고 있었다. 이 어장의 가두리에 수용할 어체량은 해수교환율에 의해 결정되는 듯이 보이며, 어장내의 조류에 대한 가두리 배치방식에 따라 해수교환율이 달라지게 될 것이므로 가두리마다의 해수유통에 따라 수용량을 조정할 필요가 있다 하겠다.

## 文 獻

- Carpenter, J. H. 1965. The accuracy of the Winkler method for dissolved oxygen analysis. *Limnol. Oceanogr.* 10, 135~140.
- 合田健. 1975. 溶存酸素濃度と自浄作用. *水質工學 基礎編*. 179~188. 刃善, 東京.
- 井上裕雄. 1969. ハマチの酸素消費量. *養魚學講座 4. 縁書房*. 東京. pp. 119~121.
- 井上裕雄. 1977. 養殖場環境の管理と回復. *浅海養殖と自家汚染*. 恒星社. 東京. pp. 87~108.
- 松川康夫. 1979. 汚濁物質の分散過程. *水域の自浄作用と浄化*. 恒星社. 東京. pp. 11~21.
- 中村充. 1977. 養殖環境の回復. *浅海養殖と自家汚染*. 恒星社. 東京. pp. 109~117.
- 佐野和生. 1979. 酸素. *水産養殖と水 Scientist Co.* 東京. pp. 103~131.

1987년 10월 4일 접수

1988년 1월 5일 수리