

黃海 및 東支那海에 있어서 機船底引網漁業
對象 淸조기의 資源量 解析

辛 翔 澤

부산수산대학

**Stock Assessment of Yellow Croacker for Korean
Trawlers in The Yellow Sea and East China Sea**

Sang Taek SHIN

Pusan Fisheries College

Abstract: Yellow croacker, *Tseudociaena manchurica* Jordan et Thompson in the Yellow Sea and East China Sea are subjected to be caught by trawl nets throughout the year.

First indices of population size in every period are calculated. Considering present status of the yellow croacker fishery and ecology of the fish, mathematical models must have been established in order to determine catchability coefficient, natural mortality, fishing mortality, recruiting coefficient of the fishing ground, and dispersion coefficient from the fishing ground. The results are summarized as follows:

Catchability coefficient (C) = 2.2628×10^{-5}

Natural mortality (M) = 0.3293

Population for the first half season (July 1st to the following January 31st)

Initial population = 14,621 ♀

Recruitment = 45,597 ♀

Natural mortality = 8,660 ♀

Final population = 42,970 ♀

Population for the latter half season (February 1st to June 30th)

Initial population = 69,170 ♀

Dispersion = 51,688 ♀

Natural mortality = 6,082 ♀

Final population = 1,802 ♀

1. 序 言

우리나라의 西, 南쪽에 있는 黃海, 東支那海의 漁場은 東南部는 200m 以深인 海域에 의하여 太平洋과 接하고 大韓海峽과 對馬海峽으로서 東海와, 台灣海峽으로서 南支那海와 連結되어 있다.

지금까지의 調查結果에 의하면 이 漁場에서 生産되는 主要魚族으로서 이 海峽을 多量으로 出入하는 것은 없으므로 이 漁場은 하나의 閉鎖되어 있는 漁場을 形成하고 있다고 볼 수 있겠다. 이 중 참조기에 關하여 系群과 分布를 살펴보면, 久保·吉原(1960)에 의하면 系群은 渤海系群, 江蘇系群, 浙江系群, 韓國系群의 4個의 系群이 있고 主要漁場은 中國의 浙江省沿岸 江蘇省沿岸 黃海의 三大漁場으로 되어 있다. 우리나라 漁船의 漁撈하는 漁場은 이 중에서 그림1과 같은 海域으로서 漁獲의 大部分이 濟州島 西南海域과 우리나라의 西海 南海에서 이루어지고 表5에서 알 수 있는 바와 같이 이 漁業은 年中 계속하여 行하여지고, 主로 機船底引網, 流刺網, 안강網으로 이루어진다.

여기서는 참조기의 韓國 機船底引網漁業 對象 資源에 關하여 研究 하었는데 漁期를 2分하여 7月 1일부터 다음 해 1月末까지를 前半 漁期, 2月 1일부터 6月末까지를 後半 漁期로 하고 (11)式으로 表現되는 資源量變動의 數學的 Model에 의하여 漁獲能率, 참조기自然死亡係數를 求하고 나아가서 漁獲係數, 漁獲率, 自然死亡係數, 自然死亡率, 加入係數, 加入率, 逸散係數, 逸散率 資源量을 計算한 結果 Ⅲ. 4), 5) 및 Ⅳ. 3), 4), 5)와 같았고, 참조기의 生長式은 Bertalanfy의 形式에 의하여 求한 結果 (12)(13)(14)式을 얻었다.

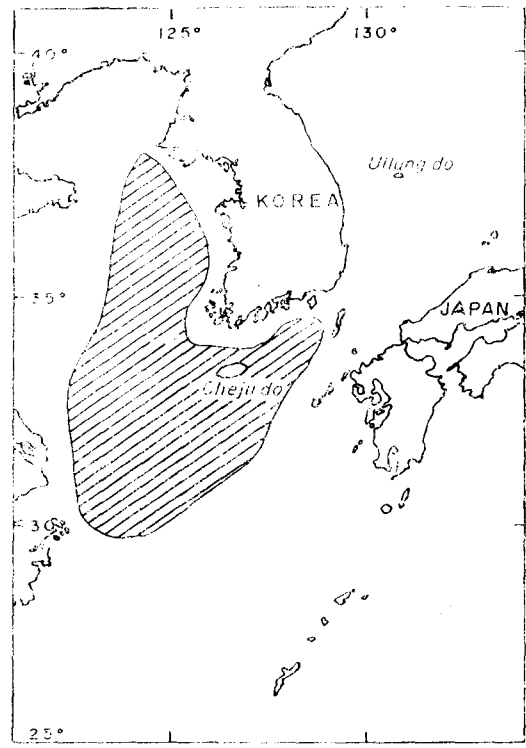


Fig 1. Fishing. Ground of the Korean Trawlers for yellow croaker.

본 研究에 있어서 資料의 收集 및 整理에 힘써주신 國立水産振興院技士 安和夫氏와 여러가지로 助言을 아끼지 않았던 釜山水産大學 金基柱, 張志元, 全환一 教授와 李秉敦 博士에게 감사의 뜻을 表하는 바이다.

Ⅱ. 資源量變動의 數學的 Model 設定

$$\begin{array}{c} \text{第1期間} \quad \text{第2期間} \quad \dots \quad \text{第r期間} \quad \text{第r+1期間} \dots \\ \hline t_0 \quad t_0 + \tau \quad t_0 + 2\tau \quad \dots \quad t_0 + (r-1)\tau \quad t_0 + r\tau \quad t_0 + (r+1)\tau \end{array}$$

漁期를 위 그림과 같이 n等區分하여 各區分의 期間을 τ , 第r期間의 漁獲量(重量)을 f_{wr} , 全減少係數를 Z_r 이라 하고 漁具에 對한 初期 加入年令을 t_0 才, 完全加入年令을 t_0' 才라 하면 各期間마다의 $t_0 + \theta$ 才의 尾數는 다음과 같이 換算된다.

여기서 $t_0' - t_0 \leq \theta \leq t_0 - t_0'$, t_0 는 最高年令, 全減少係數 Z_r 는 漁獲係數, 加入係數, 逸散係數, 自然死亡係數를 包含하고 있고, N_0 는 t_0 才의 尾數로서 每年 加入量이 같다고 본다. 그리고 $W(t) = W(\infty)(1 - e^{-k(t-t_0)})^2$,

$N_0 \int_{t_p+m}^{t_p+m+1} e^{-Zt} dt$ 는 $t_p+m \sim t_p+m+1$ 才間の 尾數, $\int_{t_p+m}^{t_p+m+1} w(t)dt / \int_{t_p+m}^{t_p+m+1} dt$ 는 $t_p+m \sim t_p+m+1$ 才間の 1尾當의 平均重量, $Q_0=1, Q_1=-3, Q_2=3, Q_3=-1$ 이다.

第1期間에 있어서의 $t_p+\theta$ 才의 漁獲尾數

$$N_0 \int_{t_p+\theta}^{t_p+\theta+1} e^{-Zt} dt \frac{\int_{t_p+\theta}^{t_p+\theta+1} w(t)dt}{\int_{t_p+\theta}^{t_p+\theta+1} dt}$$

$$N_0 \int_{t_p}^{t_p+1} e^{-Zt} dt \cdot \frac{\int_{t_p}^{t_p+1} w(t)dt}{\int_{t_p}^{t_p+1} dt} + N_0 \int_{t_p+1}^{t_p+2} e^{-Zt} dt \cdot \frac{\int_{t_p+1}^{t_p+2} w(t)dt}{\int_{t_p+1}^{t_p+2} dt} + \dots + N_0 \int_{t_p+m}^{t_p+m+1} e^{-Zt} dt \cdot \frac{\int_{t_p+m}^{t_p+m+1} w(t)dt}{\int_{t_p+m}^{t_p+m+1} dt} + \dots$$

$$\times Yw_1 \times \frac{1}{\frac{\int_{t_p+\theta}^{t_p+\theta+1} w(t)dt}{\int_{t_p+\theta}^{t_p+\theta+1} dt}}$$

$$= \frac{\int_{t_p+\theta}^{t_p+\theta+1} e^{-Zt} dt}{\int_{t_p}^{t_p+1} e^{-Zt} dt \cdot \int_{t_p}^{t_p+1} w(t)dt + \int_{t_p+1}^{t_p+2} e^{-Zt} dt \cdot \int_{t_p+1}^{t_p+2} w(t)dt + \dots + \int_{t_p+m}^{t_p+m+1} e^{-Zt} dt \cdot \int_{t_p+m}^{t_p+m+1} w(t)dt} \times Yw_1 \dots (4)'$$

第2期間에 있어서의 $t_p+\theta$ 才의 漁獲尾數

(4)'와 같이 하여

$$\frac{\int_{t_p+\theta}^{t_p+\theta+1} e^{-Zt} dt}{\int_{t_p+\tau}^{t_p+\tau+1} e^{-Zt} dt \cdot \int_{t_p+\tau}^{t_p+\tau+1} w(t)dt + \int_{t_p+\tau+1}^{t_p+\tau+2} e^{-Zt} dt \cdot \int_{t_p+\tau+1}^{t_p+\tau+2} w(t)dt + \dots + \int_{t_p+\tau+m}^{t_p+\tau+m+1} e^{-Zt} dt \cdot \int_{t_p+\tau+m}^{t_p+\tau+m+1} w(t)dt} \times Yw_2 \dots (4)''$$

第r期間에 있어서의 $t_p+\theta$ 才의 漁獲尾數

$$\frac{\int_{t_p+\theta}^{t_p+\theta+1} e^{-Zt} dt}{\int_{t_p+(r-1)\tau}^{t_p+(r-1)\tau+1} e^{-Zt} dt \cdot \int_{t_p+(r-1)\tau}^{t_p+(r-1)\tau+1} w(t)dt + \int_{t_p+(r-1)\tau+1}^{t_p+(r-1)\tau+2} e^{-Zt} dt \cdot \int_{t_p+(r-1)\tau+1}^{t_p+(r-1)\tau+2} w(t)dt + \dots + \int_{t_p+(r-1)\tau+m}^{t_p+(r-1)\tau+m+1} e^{-Zt} dt \cdot \int_{t_p+(r-1)\tau+m}^{t_p+(r-1)\tau+m+1} w(t)dt} \times Yw_r$$

簡單히 하면

$$= \frac{e^{-Zr\theta}}{w(\infty) \sum_{n=0}^3 Q_n e^{-n\theta} \{t_p+(r-1)\tau-n\}} \cdot \frac{1-e^{-n\theta}}{nk} \cdot \frac{1-e^{-(n\theta+Zr)(t_p-t_0)}}{1-e^{-(n\theta+Zt)}} \times Yw_r^3$$

$$t_i \rightarrow \infty \text{로 하면}$$

$$= \frac{e^{-Z_r \theta}}{w(\infty) \sum_{n=0}^3 Q_n e^{-nk} \{t_\rho + (r-1)\tau - t_0\}} \cdot \frac{1 - e^{-nk}}{nk} \cdot \frac{1}{1 - e^{-(nk+Z_r)}} \times Y w_r \dots (4)'''$$

第r+1期間에 있어서 $t_\rho + \theta$ 才의 漁獲尾數

$$\frac{e^{-Z_{r+1} \theta}}{w(\infty) \sum_{n=0}^3 Q_n e^{-nk} \{t_\rho + r\tau - t_0\}} \cdot \frac{1 - e^{-nk}}{nk} \cdot \frac{1}{1 - e^{-(nk+Z_{r+1})}} \times Y w_{r+1} \dots (4)''''$$

한편 漁期初의 $t_\rho + \theta$ 才의 尾數를 N_1 , 第r期間에 있어서의 漁獲係數를 F_r 라고 하면 各期間마다의 $t_\rho + \theta$ 才의 漁獲尾數는 다음과 같이 된다.

第1期間에 있어서의 $t_\rho + \theta$ 才의 漁獲尾數

$$N_1 \frac{F_1}{Z_1} (1 - e^{-Z_1 \tau}) \dots (5)'$$

第2期間에 있어서의 $t_\rho + \theta$ 才의 漁獲尾數

$$N_1 \frac{F_2}{Z_2} (1 - e^{-Z_2 \tau}) e^{-Z_1 \tau} \dots (5)''$$

.....

第r期間에 있어서의 $t_\rho + \theta$ 才의 漁獲尾數

$$N_1 \frac{F_r}{Z_r} (1 - e^{-Z_r \tau}) \cdot e^{-(Z_1 + Z_2 + \dots + Z_{r-1}) \tau} \dots (5)'''$$

第r+1 期間에 있어서의 $t_\rho + \theta$ 才의 漁獲尾數

$$N_1 \frac{F_{r+1}}{Z_{r+1}} (1 - e^{-Z_{r+1} \tau}) e^{-(Z_1 + Z_2 + \dots + Z_r) \tau} \dots (5)''''$$

(5)

이 된다.

(4)(5)式은 近似的으로 간아야 하므로 各期間마다 다음과 같은 等式이 생긴다.

第r期間

$$w(\infty) \sum_{n=0}^3 Q_n e^{-nk} \{t_\rho + (r-1)\tau - t_0\} \cdot \frac{1 - e^{-nk}}{nk} \cdot \frac{1}{1 - e^{-(nk+Z_r)}} \times Y w_r = N_1 \frac{F_r}{Z_r} (1 - e^{-Z_r \tau}) e^{-(Z_1 + Z_2 + \dots + Z_{r-1}) \tau} \dots (6)$$

第r+1期間

$$w(\infty) \sum_{n=0}^3 Q_n e^{-nk} \{t_\rho + r\tau - t_0\} \cdot \frac{1 - e^{-nk}}{nk} \cdot \frac{1}{1 - e^{-(nk+Z_{r+1})}} \times Y w_{r+1} = N_1 \frac{F_{r+1}}{Z_{r+1}} (1 - e^{-Z_{r+1} \tau}) e^{-(Z_1 + Z_2 + \dots + Z_r) \tau} \dots (7)$$

(6)÷(7)하여 變形하면

$$\frac{\sum_{n=0}^3 Q_n e^{-nk} \{t_\rho + r\tau - t_0\} \cdot \frac{1 - e^{-nk}}{nk} \cdot \frac{1}{1 - e^{-(nk+Z_{r+1})}} \cdot Y w_r \cdot F_{r+1} \cdot Z_r (1 - e^{-Z_{r+1} \tau})}{\sum_{n=0}^3 Q_n e^{-nk} \{t_\rho + (r-1)\tau - t_0\} \cdot \frac{1 - e^{-nk}}{nk} \cdot \frac{1}{1 - e^{-(nk+Z_r)}} \cdot Y w_{r+1} \cdot F_r \cdot Z_{r+1} \cdot (1 - e^{-Z_r \tau})} = e^{Z_r \tau} \cdot \frac{e^{-Z_{r+1} \theta}}{e^{-Z_r \theta}} \dots (8)$$

$Z_r = cf_r + M'$, $Z_{r+1} = cf_{r+1} + M'$ 를 代入하여 變形하면, 여기서 C 는 漁獲能率, f_r 는 r期에 있어서의 努力數, M' 는 自然死亡係數로서 自然死亡係數 以外 加入係數, 逸散係數를 包含하고 있다.

$$\frac{(Cf_r + M')(1 - e^{-(Cf_{r+1} + M')\tau})}{(Cf_{r+1} + M')(1 - e^{-(Cf_r + M')\tau})} \times \frac{\sum_{n=0}^3 Q_n e^{-nk(t_p + r\tau - t_0)} \cdot \frac{1 - e^{-nk}}{nk} \cdot \frac{1}{1 - e^{-(nk + Cf_{r+1} + M')}}}{\sum_{n=0}^3 Q_n e^{-nk(t_p + (r-1)\tau - t_0)} \cdot \frac{1 - e^{-nk}}{nk} \cdot \frac{1}{1 - e^{-(nk + Cf_r + M')}}} \times \frac{Yw_r}{f_r} \times \frac{f_r}{Yw_{r+1}}$$

$$\doteq e^{c\{f_r\tau + \theta(f_r - f_{r+1})\} + M'\tau} \dots \dots \dots (9)$$

兩邊에 對數를 取하면

$$\log \frac{(Cf_r + M')(1 - e^{-(Cf_{r+1} + M')\tau})}{(Cf_{r+1} + M')(1 - e^{-(Cf_r + M')\tau})} + \log \frac{\sum_{n=0}^3 Q_n e^{-nk(t_p + r\tau - t_0)} \cdot \frac{1 - e^{-nk}}{nk} \cdot \frac{1}{1 - e^{-(nk + Cf_{r+1} + M')}}}{\sum_{n=0}^3 Q_n e^{-nk(t_p + (r-1)\tau - t_0)} \cdot \frac{1 - e^{-nk}}{nk} \cdot \frac{1}{1 - e^{-(nk + Cf_r + M')}}} + \log \frac{Yw_r}{f_r} - \log \frac{Yw_{r+1}}{f_{r+1}} \doteq c\{f_r\tau + \theta(f_r - f_{r+1})\} + M'\tau \dots \dots \dots (10)$$

(10)式的 左邊의 第1項은 第r期間과 第r+1期間의 努力數의 變化에 의하여 決定되는 函數이고, 第2項은 주로 코기의 第r期間과 第r+1期間의 体重의 增加에 의한 差異에 의하여 決定되는 函數이다. 努力數와 体重의 增加에 큰 變化가 없으면 第1項, 第2項의 값은 적으므로 無視하여

$$\log \frac{Yw_r}{f_r} - \log \frac{Yw_{r+1}}{f_{r+1}} \doteq c\{f_r\tau + \theta(f_r - f_{r+1})\} + M'\tau \dots \dots \dots (11)$$

가 된다.

漁船들이 操業하는 全漁場의 面積을 單位面積으로 보았을때 資源量密度指數는, 田中(1957)에 의하여, 資源量指數라고 할 수 있다. 資源量指數의 變動은 資源量의 變動을 나타내는 指票라고 할 수 있으므로 이리 경우 資源量密度指數의 變動은 資源量의 變動에 相當한다. (11)式的 右邊은 努力數, 漁獲能率, 절보기 自然死亡係數, 年令을 決定하는 變數 θ 로 되어 있고, 左邊은 資源量密度指數의 變動值의 對數가 되어 있다. 第r期間과 第r+1 期間의 努力數의 變化와 体重의 差異가 작을때는 (11)式을, 큰 때는 (10)式을 資源量變動의 數學的 Model로서 使用하면 좋겠다.

III 材料 및 生物學的 Parameter와 資源量變動의 數學的 Model에 관한 Parameter의 推定.

本研究에 쓰인 統計材料는 大部分 國立水産振興院에서 調査한 것이다. 統計值에서 諸般 關係式의 算出은 最小自乘法에 의하였고, 計算은 小數 7位에서 四捨五入하여 小數 6位까지 求하였으나, 本論文에는 適當한 자리 까지만 적어둔다.

1) 生長式의 推定

1967年 1월부터 1971年 12月 사이에 釜山魚市場에 揚陸된 漁獲物中에서 자웅 區別없이 4687尾의 標本을 無作爲抽出하여 精密測定한 材料를 整理하여, 年令과 体長과의 關係로서 表1과 그림2를, 体長과 体重과의 關係로서 表2와 그림 3을 얻었다. 成長은 同化作用과 異化作用의 差로서 이리워질 때는 Bertalanffy의 方式에 따라서 体長의 生長式은

$$L(t) = 42.79(1 - e^{-0.1188(t+2.9684)}) \dots \dots \dots (12)$$

体重은 体長의 3乘에 比例한다고 보는 Beverton의 方式에 따라서 体重의 生長式은

$$W(t) = 0.0163 L^3 \dots \dots \dots (13)$$

$$l(t) = 1280.99(1 - e^{-0.1188(t+2.968)})^3 \dots\dots\dots(14)$$

을 求하였다. 단 體長은 B.L이다.

Table 1. Age and Body Length of Yellow Croaker

Body Length(cm)	Age (yrs)											
	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5
Observed length	—	17.51	20.32	22.77	24.87	26.63	28.61	30.86	32.04	33.33	34.04	—
Calculated length	8.05	17.60	20.44	22.95	25.17	27.14	28.90	30.45	31.84	33.06	34.15	35.12

(12)(13)(14)式을 求한 基本統計資料는 魚市場에 揚陸된 漁獲物中에서 標本抽出한 것이므로. 漁獲對象이 되는 年令層에 重點을 둔 生長式이라 하겠다. 理論値와 實測値를 比較해 보면 그림 2에서 보는 바와 같이 滿1才에서 0才로 가면서 두 값의 差가 점차로 벌어진다. 따라서 이 年令層에 있어서는, (12)式은 生長式으로서는 不適當하다. 0才와 滿1才사이의 生長式으로서는 此魚에 關한 統計資料를 求하여 다른 方式에 의한 表現이 必要하겠다. 본 研究에서는 干先 그림 2에 表示한 點線과 같이 原點(0.0)과 生長式 12)에 의한 理論値인 (1, 16.1)인 點을 直線으로 連結하여 이 直線式을 이 사이의 體長生長式으로서 代用하겠다. 이 式을 求하면

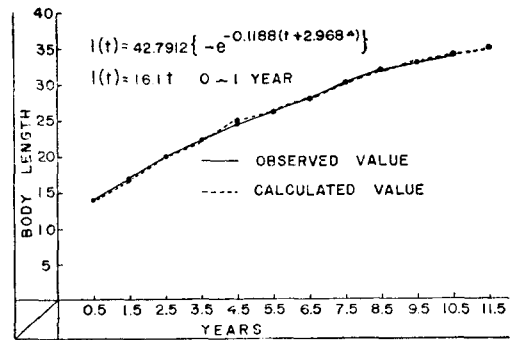


Fig. 2 Yellow Croaker

$$L(t) = 16.1 t \dots\dots\dots(15)$$

가 된다.

Table 2. Body Length and Body Weight of Yellow Croaker

Body Length(cm)	Body Weight(g)	Observed Value	Calculated Value
			20.5
			141.76
			140.84
12.5	30.95	31.93	21.5
			162.25
			162.47
13.5	34.80	40.22	22.5
			186.24
			186.21
14.5	47.22	49.84	23.5
			214.38
			212.16
15.5	70.67	60.88	24.5
			242.36
			240.41
16.5	80.45	73.44	25.5
			275.67
			271.07
17.5	89.93	87.41	26.5
			309.10
			304.23
18.5	105.50	103.51	27.5
			341.65
			339.98
19.5	125.61	121.22	28.5
			376.22
			378.44

참조기의 資源量 解析

29.5	418.42	419.69	32.5	544.00	561.19
30.5	469.92	463.83	33.5	588.30	614.60
31.5	512.00	510.96	34.5	616.67	671.30

2) 年間全成少係數 Z의 推定

1969年度부터 1971年度까지의 3年間을 各年度別로 推定한 体長別 資源量指數 組成表를 3年間을 年間으로, 体長別로 平均한 年平均 体長別 資源量指數 組成表 3으로 고쳐서 다시 生長式 (1) 및 (2)를 써서 年平均 年齡別 資源量指數組成表4으로 換算하였다.

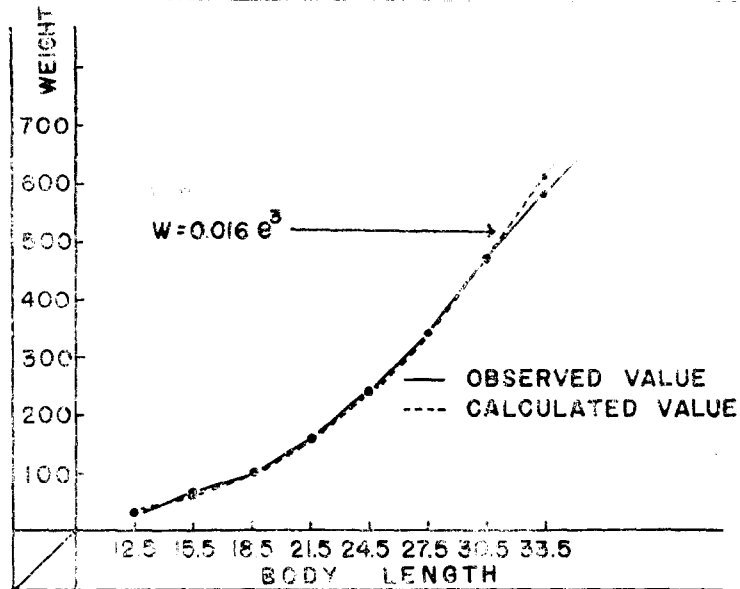


Fig. 3 Body length and weight

Table 3. Population Index of Yellow Croacker by Body Length

Body Length (cm)	Number of Fish	Body Length(cm)	Number of Fish
10	493, 843	24	1, 041, 614
11	1, 877, 379	25	645, 797
12	3, 558, 875	26	347, 988
13	5, 417, 607	27	225, 506
14	6, 861, 749	28	191, 880
15	7, 206, 440	29	146, 904
16	6, 255, 447	30	99, 648
17	4, 617, 302	31	61, 265
18	3, 200, 524	32	31, 741
19	2, 017, 079	33	29, 248
20	1, 617, 637	34	30, 403
21	1, 767, 764	35	28, 726
22	1, 770, 954	36	24, 562
23	1, 448, 002		

Table 4. Population Index of Yellow Croacker by Age

Age (yrs)	Number of Fish		
		6	330,388
		7	183,582
1	36,595,618	8	76,575
2	6,449,959	9	37,550
3	4,276,137	10	32,631
4	2,274,563	11	28,375
5	705,984	12	22,688

表4로서 年平均 全減少係數Z를 推定하였다니

$$Z=0.6712$$

를 얻었다.

3) 漁具에의 初期加入年齡(t_0), 完全加入年齡(t_0') 및 最高年齡(t_1)의 推定.

漁具에의 初期 加入年齡이라 함은 어떤 年齡의 고기 全體의 約50%가 漁獲對象이 되는 年齡으로 하고, 完全 加入年齡이라 함은 大部分이 漁獲對象이 되는 첫 年齡으로 規定하였다. 같은 年齡의 고기 體長은 平均體長을 中心으로 正規分布를 한다. (田中, 1956). 體長別 年平均 資源量 指數組成表 3에서 첫 階級值 10cm를 漁獲物의 最小體長이라 볼 수 있겠다. 이것은 0歲부터 1.5歲間의 體長生長式 (1.5)으로서 計算해 보면 約 0.6歲가 되나, 計算의 便利上 中間數字 0.5歲로 하였다. (이렇게 하여도 뒤 漁獲能率의 計算結果에는 큰 差異가 없다.)

體長 10cm는 0.5歲의 平均 體長이라 보았고, 正規分布의 性質上 0.5歲로서 體長이 10cm 以上인 것은 0.5歲, 全體의 約 50%가 되므로 漁獲對象은 全體의 50%가 된다고 할 수 있겠다. 그래서 漁具에의 初期 加入年齡을 0.5歲로 보았다. 또 表 3에서 資源量指數가 가장 높은 階級の 階級值은 15cm이다. 이 年齡은 (15)式으로 計算해 보면 約 0.9歲가 되나, 역시 計算의 便利上 1歲로 보았다. 고기 的 年齡組成이 指數曲線인 것과 正規分布의 性質上 資源量指數가 가장 높은 階級の 階級值에 해당하는 年齡은 大部分 漁獲對象이 된다고 볼 수 있다. 여기서는 1歲의 平均 體長이 15cm이고 標準偏差가 1,065cm이었으므로 計算結果 約 100%가 漁獲對象이 되었다. 그래서 完全加入 年齡은 1歲로 보았다.

精密測定한 材料에서는 4687尾中 最高年齡 11歲는 1尾밖에 없었고, 또 土井(1972)에 의하면 最高年齡을 11歲로 하고 있으므로 最高年齡을 11歲로 보았다.

4) 漁獲能率, 漁獲係數, 自然死亡係數, 加入係數 및, 逸散係數의 推定.

ㄱ. 漁獲能率(C) 및 漁獲係數(F)의 推定

表5는 1969年 1月부터 1971年 12月까지의 月別平均努力數(f_r) 漁獲高(Yw_r)와 單位努力當漁獲高(CPUE)이다. 단 努力數는 引網回數로 하였다.

참조어의 資源量 解析

Table 5. Monthly haul(f_t), Catch (Yw_t) and C. P. U. E. (1969—1971)

Month	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY.	JUNE.
Number of haul (f_t)	17,954	14,463	15,642	19,494	18,862	10,472
Yw_t (kg)	1,752,554	1,818,439	1,760,888	1,423,961	1,201,497	393,021
CPUE	97.61	125.73	112.57	73.05	63.70	37.53
Month	TULY.	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.
Number of haul(f_t)	9,268	9,920	12,815	15,710	15,696	18,029
Yw_t (kg)	536,668	564,249	1,037,204	1,308,182	1,463,025	1,926,948
CPUE	57.91	56.88	80.94	83.27	93.21	106.88

이 表와 그림 4에서 알 수 있는 것과 같이, 單位努力當 漁獲高가 大略 2月에서 6月까지는 점차로 減少하고 7月에서 12月까지는 增加狀態에 있다. 그래서 7月에서 다음해 1月까지는 前半漁期 2月에서 6月까지는 後半漁期로 區分하였다. 斐(1960)에 의하면 참조어의 時期的 生態의 變化를 고려한 移動과 分布를 越冬期 産卵洄游期 및 分散成育期の 三期로 나누고 있는데, 前半漁期는 주로 分散成育期와 越冬期에, 後半漁期는 越冬期과 産卵洄游期에 해당하고 있다.

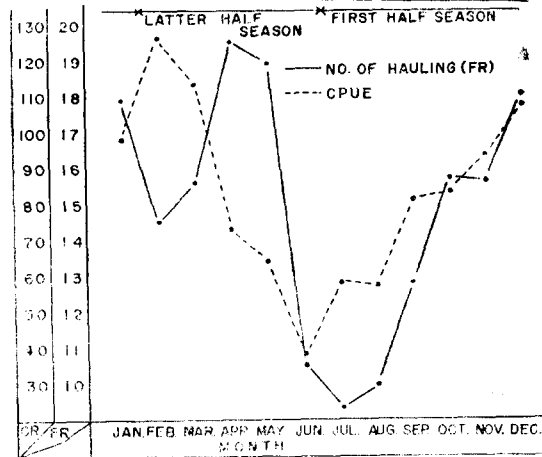


Fig. 4 Monthly number of hauling nets and C. P. U. E.

漁具에 對한 初期加入年齡을 $t_0=0.5$ 歲, 完全加入年齡을 $t_0=1$ 歲, $Z_t=cf_t+M'$, $\tau=\frac{1}{12}$ 年으로 하고 表 5와 (11)式으로서 前, 後半漁期の 年齡別 漁獲能率 C 및 참조기自然死亡係數 M' 를 計算하여 表 6을 얻었다.

여기서 참조기自然死亡係數 M' 는 自然死亡係數 以外 加入係數 或은 逸散係數를 包含하고 있다.

Table 6. Catchability(C) and Apparent Natural Mortality (M')

Age(yrs)		1	2	3	4	5	6
First half sea-son	C_a	6.01×10^{-5}	1.84×10^{-5}	1.05×10^{-5}	7.46×10^{-6}	5.74×10^{-6}	4.66×10^{-6}
	M'_a	-1.974	-1.470	-1.389	-1.358	-1.342	-1.332
Age(yrs)		7	8	9	10	11	Average
First half sea-son	C_a	3.92×10^{-6}	3.39×10^{-6}	2.98×10^{-6}	2.66×10^{-6}	2.40×10^{-6}	2.83×10^{-6}
	M'_a	-1.325	-1.320	-1.317	-1.314	-1.311	-1.405

Age(yrs)	1	2	3	4	5	6	
Latter half season	C _b	3.43 × 10 ⁻⁵	1.20 × 10 ⁻⁵	7.24 × 10 ⁻⁶	5.19 × 10 ⁻⁶	4.05 × 10 ⁻⁶	3.31 × 10 ⁻⁶
	M' _b	2.834	3.208	3.286	3.321	3.340	3.352
Age(yrs)	7	8	9	10	11	平 均	
Latter half season	C _b	2.81 × 10 ⁻⁶	2.43 × 10 ⁻⁶	2.15 × 10 ⁻⁶	1.94 × 10 ⁻⁶	1.74 × 10 ⁻⁶	1.69 × 10 ⁻⁵
	M' _b	3.361	3.367	3.372	3.375	3.378	3.290

表 6에서 아는 바와 같이 漁獲能率의 값은 若年齡에서 高年齡으로 갈수록 작아진다. 漁獲能率의 年齡 全般에 걸친 全体の 平均을 말하면, 年齡別 漁獲量이 全減少係數Z에 比例하여 差가 있을 것이므로, 各年齡에 對한 加重된 平均을 求해야 하겠다. 이 平均을 求하는 數學的 Madel를 만들면 다음과 같다.

$$C = \frac{\sum_{\zeta=0}^L \left[C_{\zeta} \int_{t_0+\zeta}^{t_0+\zeta+1} N(t) \cdot W(t) dt \right]}{\int_{t_0}^{t_2} N(t) \cdot W(t) dt}$$

$$= \frac{\sum_{\zeta=0}^L C_{\zeta} \left[\sum_{n=0}^3 Q_n \cdot e^{-\{(nk+z)(t_0+\zeta)-nk t_0\}} \frac{1-e^{-(nk+z)}}{nk+z} \right]}{\sum_{n=0}^3 Q_n \cdot e^{-\{(nk+z)t_0-nk t_0\}} \frac{1-e^{-(nk+z)L}}{nk+z}} \dots\dots\dots(16)$$

여기서 Q₀=1, Q₁=-3, Q₂=3, Q_n=-1, N(t)=N₂e^{-kt}, W(t)=W_{(∞)}(1-e^{-k(t-t₀)})³, N₂:t₀才의 資源量, k=0.1188, t₀=-2.9684, Z=0.6712, L=t₂-t₀=11-1=10, t₀=1, t₂=11, C_ζ=t₀+ζ才의 漁獲能率(表 6에서 연음), ζ=0, 1, 2, ……10.}

(16)式의 分母는 t₀才부터 t₂才까지의 總重量이고, 分子의 []內의 積分記號內는 t₀+ζ才의 重量이다. (16)式에 의하여 年齡別 加重平均比를 求하면 表 7과 같고, 加重平均漁獲能率을 求하면 다음과 같다.

Table 7. Average Weight Ratio by Ages

Age(yrs)	1	2	3	4	5	6
Weight Ratio	2.180 × 10 ⁻²	1.613 × 10 ⁻²	1.077 × 10 ⁻²	6.710 × 10 ⁻³	3.959 × 10 ⁻³	2.219 × 10 ⁻³
Age(yrs)	7	8	9	10	11	
Weight Ratio	1.214 × 10 ⁻³	6.473 × 10 ⁻⁴	3.583 × 10 ⁻⁴	1.717 × 10 ⁻⁴	8.600 × 10 ⁻⁵	

前半漁期에서는 漁獲能率 C_a=2.8337 × 10⁻⁵ 後半漁期에서는 漁獲能率 C_b=1.6919 × 10⁻⁵ 前半漁期와 後半漁期의 平均을 求하면

$$C = \frac{C_a + C_b}{2} = 2.2628 \times 10^{-5}$$

前後半漁期에서 努力數가 各各 14,434, 15,787 이 있으므로

$$\text{前半漁期의 漁獲係數 } F_a = 2.2628 \times 10^{-5} \times 14,434 = 0.3266$$

$$\text{後半漁期의 漁獲係數 } F_b = 2.2628 \times 10^{-5} \times 15,787 = 0.3572 \text{가 된다.}$$

ㄴ. 自然死亡係數(M)의 推定.

自然死亡係數는 年齡과 季節에 따라서 多少 差가 있을 것이나, 平均的으로 같다고 보면 $Z = F + M$ 이므로 $Z = \frac{1}{2} (F_a + M + F_b + M) = 0.6712$ 이 된다. 따라서

$$\text{自然死亡係數 } M = 0.3293$$

을 얻는다.

ㄷ. 前後半漁期의 全減少係數(Z_a, Z_b)의 推定.

表6에서 아눈바와 같이 前後半漁期의 檢보기 自然死亡係數 M' 는 年齡別로 큰 差가 없으므로 加重平均을 하지 않고, 前·後半別로 單純平均으로 하면

$$\text{前半漁期의 檢보기 自然死亡係數 } M'_a = -1.4046$$

$$\text{後半漁期의 檢보기 自然死亡係數 } M'_b = 3.2903$$

이므로

$$\text{前半漁期의 全減少係數 } Z_a = F_a + M'_a = -1.0780$$

$$\text{後半漁期의 全減少係數 } Z_b = F_b + M'_b = 3.6475$$

을 얻는다.

ㄹ. 加入係數(α) 및 逸散係數(ϵ)의 推定

檢보기 自然死亡係數 M' 는 自然死亡係數 M 以外 加入係數 α 逸散係數 ϵ 를 包含하고 있다.

M' 가 M 와 α 만을 包含하고 있으면

$$Z = F + M' = F + M - \alpha \dots\dots\dots(17)$$

M' 가 M 와 ϵ 만을 包含하고 있으면,

$$Z = F + M' = F + M + \epsilon \dots\dots\dots(18)$$

가 될 것이다. 여기서 $F, M, \alpha, \epsilon > 0$ 이다. (18)式에서 ϵ 의 大小에 불구하고 恒常 $Z > 0$ 이다. (17)式에서는 $\alpha > F + M$ 이면 $Z < 0$, $\alpha < F + M$ 이면 $Z > 0$ 이다. 즉 加入係數가 漁獲死亡係數와 自然死亡係數의 合보다 크고 적고에 따라서 漁場의 資源이 增減함을 意味한다. 본 연구에서는 4), ㄷ에서 알다싶이 前後半漁期에서 全減少係數 $Z_a < 0$, $Z_b > 0$ 이었으므로 大体로 前半漁期에서는 加入係數, 後半漁期에서는 逸散係數를 생각할 수 있겠다. 이 값을 計算하면

前半漁期에서는

$$M'_a = M - \alpha = 0.3293 - \alpha = -1.4046 \text{ 이므로}$$

$$\text{加入係數 } \alpha = 1.7339$$

後半漁期에서는

$$M'_b = M + \epsilon = 0.3293 + \epsilon = 3.2903 \text{ 이므로}$$

$$\text{逸散係數 } \epsilon = 2.9610 \text{ 의 얻는다.}$$

5) 生殘率(S), 自然死亡率(D), 漁獲率(E), 加入率(R), 逸散率(ϵ)의 計算

ㄱ. 生殘率; $S = e^{-Z}$

$$\text{前半漁期의 生殘率 } S_a = e^{-Z_a} = e^{1.0780} = 2.9389$$

$$\text{後半漁期의 } S_b = e^{-Z_b} = e^{-3.6475} = 0.0261$$

ㄱ. 自然死亡率; $D = \frac{M}{Z}(1-S)$

前半漁期の 自然死亡率 $D_a = \frac{M}{Z_a}(1-S_a) = 0.5033$

後半漁期の $D_b = \frac{M}{Z_b}(1-S_b) = 0.0171$

ㄴ. 漁獲率; $E = \frac{F}{Z}(1-S)$

前半漁期の 漁獲率 $E_a = \frac{F_a}{Z_a}(1-S_a) = 0.5871$

後半漁期の $E_b = \frac{F_b}{Z_b}(1-S_b) = 0.0451$

ㄷ. 加入率; $R = \frac{C}{A_a}(1-S_a)$

前半漁期の 加入率 $R = 3.1185$

ㄹ. 逸散率; $\varepsilon = \frac{S}{Z_b}(1-S_b)$

後半漁期の 逸散率 $\varepsilon = 0.7906$

을 얻는다.

IV. 要約 및 論議

참조기의 生長식은 Bertalanffy의 形式에 따르고, 漁期를 n 等區分하여 各 區分마다의 漁獲量(重量)을 各 年齡別 尾數로 換算해 준 것과, 各 年齡別 漁獲死亡, 自然死亡, 逸散, 加入 등으로 因한 尾數의 增減과의 關係를 利用하여 資源量變動의 數學的 Model (10), (11)式을 만들었다. 前半漁期는 分散成育期에서 越冬場으로 集結함으로써 資源量은 점차로 增加하나 그 後는 産卵回遊期를 거처서 다시 分散成育期에 들어가면서 資源量은 점차로 減少해 가는 年中을 通한 週期的인 變動을 함으로, 前半漁期는 漁場에 加入이 있고, 後半漁期는 漁場에서 逸散이 있다고 보았다. 이 事實은 漁獲統計의 資源量密度指數의 變化狀態를 보고 想定하였다. 이와같은 想定下에서 數學的 Model (11)式으로서 計算한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1) 前後半漁期の 平均漁獲能率을 求하면

$C = 2.2628 \times 10^{-5}$ 이 된다.

2) 前, 後半漁期別의 分析에서 各係數 및 各 比率을 求하면 다음과 같다.

ㄱ. 係數

	全減少係數	自然死亡係數	加入係數	逸散係數	漁獲係數	결보기 自然死亡係數
前半漁期	-1.0780	0.3293	1.7339	—	0.3266	-1.4046
後半漁期	3.6475	前期와 같음	—	2.9610	0.3572	3.2903

ㄴ. 比 率

	生 殘 率	自然死亡率	漁 獲 率	加 入 率	逸 散 率
前 半 漁 期	2.9389	0.5923	0.5874	3.1185	—
後 半 漁 期	0.0261	0.0879	0.0954	—	0.7906

이 된다.

3) 表 5에서 前半漁期の 總漁獲量 $Yw_a = 8,588.8$ ㎏ 後半漁期の 總漁獲量 $Yw_b = 6,507.8$ ㎏ 이었으므로 위 資源量 特性值로서 各 漁期別 資源量を 計算하면 다음과 같다.

ㄱ. 前半漁期(7月 1日 ~ 翌年 1月末)

$$\text{初期資源量 } Yw_{a,0} = \frac{Yw_a}{E_a} = 11,621 \text{ ㎏}$$

$$\text{加入總量 } Yw_{a,0} \times \alpha = 45,597 \text{ ㎏}$$

$$\text{自然死亡量 } Yw_{a,0} \times D_a = 8,660 \text{ ㎏}$$

$$\text{漁期末資源量 } Yw_{a,0} \times S_a = 42,970 \text{ ㎏}$$

ㄴ. 後半漁期(2月1日 ~ 6月末)

$$\text{初期資源量 } Yw_{b,0} = \frac{Yw_b}{E_b} = 69,170 \text{ ㎏}$$

$$\text{自然死亡量 } Yw_{b,0} \times D_b = 6,082 \text{ ㎏}$$

$$\text{逸散總量 } Yw_{b,0} \times \varepsilon = 54,688 \text{ ㎏}$$

$$\text{漁期末資源量 } Yw_{b,0} \times S_b = 1,802 \text{ ㎏}$$

4) 前半漁期末의 資源量과 後半漁期初의 資源量은 一致하여야 된것인데 約 23,000 ㎏의 差가 생긴 것은 前半漁期末項에 相當한 數量이 前半期 漁場 즉 越冬期 漁場에서 産卵場으로 逸散하였을 것인데 이것을 고려하지 않은 것과, 이 分析自体의 誤差에 基因하는 것이라고 생각된다. 또 後半漁期末의 資源量과 逸散總量의 合은 前半漁期初의 資源量과 加入總量의 合과 같아야 된것인데, 約 4,000 ㎏의 差가 생긴 것은 역시 이 分析에 있어서의 誤差의 程度를 나타내는 것이라고 생각된다.

5) 참조기 機船底引網漁業에 從事하는 漁船의 型態를 살펴보면 大型쌍끌이, 中型쌍끌이, 中型의끌이로 分類할 수 있다. 이것들의 漁獲能率이 各各 다를것이므로 황(1971)은 漁船의 型態別로 漁獲能率을 大型 쌍끌이의 漁獲能率을 1로 하여 比較해두었다. 본 研究에서는 每月 漁獲量의 90% 以上이 大型쌍끌이로서 얻어지므로 漁船型態別로 漁獲能率을 고려하지 않았다.

6) 漁獲能率을 前, 後半漁期の 平均을 取하였고, 自然死亡係數는 前, 後半漁期와 年令區別없이 一定하다고 보았는데 魚群은 季節에 따라 生態的인 變化와 産卵洄遊, 分散育成, 越冬等を 합으로 漁獲能率 및 自然死亡率은 季節的으로 差異가 있을 것이다. 이에 關한 研究는 다음 機會로 미루겠다.

文 獻

裴東煥(1960); 韓國近海에 있어서 참조기漁業의 資源生物學的研究, 韓國海務廳 中央水產試驗場 水產資源調查報告, 第4號.

土井長之(1972); 再生産機構를考慮した キグチ(東シナ海江蘇群)의 資源診斷法と資源管理方策について. 東海區水研報, 69, 1~14.

田中昌一(1956); Polymodel な 度數分布の一つの 取扱方および その キ다이 體長組成解折への 應用. 東海區水研報, 14, 1~13.

田中昌一(1957); 資源量의 相對指數と有効漁獲努力量, 東海區水研報, 28, 1~200.

황번일(1971); 기전저인망어업 어획노력량의 표준화에 관한 연구(1). 국립수산진흥원 연구보고, 제7호.

久保伊津男·吉原友吉(1969); 水產資源學, 共立出版, 東京, PP. 307~321.