Bull. Korean Fish. Soc., 10(2), 137–143, 1977. 韓水誌, 10(2), 137–143, 1977

体長組成과 成長曲線式에서 生殘率을 推定하는 方法

辛 翔 澤*

ESTIMATION OF THE SURVIVAL RATE IN FISH POPULATION FROM THE LENGTH COMPOSITION AND THE GROWTH EQUATION

Sang Taek SHIN*

A study has been made to find out a new method of calculating the survival rate of a fish population from length composition and growth equation.

1. In the steady state of the fish population, let the total mortality rate be z, the age of complete recruitment a, and the number of x year class N_x. Then we obtain

$$Nx = Na \exp\{-z(x-a)\}$$

Let the oldest age in the catch be b, the average age between the age of complete recruitment and the oldest age in the catch Ux. Then we have

$$Ux = \frac{a-b\exp\{-z(b-a)\}}{1-\exp\{-z(b-a)\}} + \frac{1}{z} \qquad \cdots\cdots(1)$$

and then let b be infinite. Then we obtain

$$Z = \frac{1}{Ux-a} \qquad \cdots\cdots(2)$$

2. Calculating numerical value of Ux from age composition table and growth equation and substitute in (1) or (2) for it, we may obtain the value of z and e^{-z}.

3. This method is applied to a case of yellow croaker in the Yellow Sea and the East China Sea.

The results are as follows:

Total mortality rate	0. 82595
Survival rate	0. 43782
95 percent confidence interval	0. 43767–0. 43797

序 言

水産資源에 關한 數理的 研究의 3大目標는 資源의 診斷, 漁況의 豫測, 漁業의 管理에 關한 知識을 얻는데 있다. 이 研究를 爲해서는 統計學的 分析에 必要한 統計資料가 資源調査를 通해서 얻어져야 하며, 또 얻어진 資料를 分析하여 資源의 特性値와 資源의 量的 變動 및 分布에 關한 法則性을 求하여야 한다.

資源의 特性値中 生殘率은 特히 重要한 意義를 가지고 있으며 이것에 關해서 年令, 体重 및 体長의 最大値와 平均値를 利用하여 生殘率을 求하는 方法(田内, 1947), 標本平均과 그 正規分布 法則을 利用한 方法(土井, 1948), 年令組成을 利用한 方法(田中, 1963), 그리고 最高年令과 平均年令을 利用한 方法(Kurita, 1948)等 많은 學者들의 研究가 있다. 또한 魚族의 体長組成과 年級群別 体長度數分布가 正規分布하는 것을 利用하여 土井(1975)는 年令組成을 推定하는 方法을 提示하였고, 辛(1976)은 生殘率을 推定하

* 釜山水産大學, National Fisheries University of Busan

는 方法을 提示하였는데, 本硏究에서는 体長組成, 成長曲線式을 利用하여 生殘率을 推定하는 方法을 報告하고자 한다.

推 定 方 法

魚類資源의 減少係數를 Z, 完全加入年令을 a, a歲의 資源量(尾數)을 Na라 하면 x歲 年級群의 資源量(尾數)은

$$Nx=Na\ \exp\{-z(x-a)\}$$

로 表現된다. 여기서 完全加入年令이라 함은 95% 以上이 漁獲되어질 수 있는 体長에 到達한 年令을 말한다.

漁獲物中의 最高年令을 b라 하면 完全 加入年令으로 부터 最高年令까지의 平均年令은

$$Ux=\frac{\int_a^b x\ N_a\ \exp\{-z(x-a)\}dx}{\int_a^b N_a\ \exp\{-z(x-a)\}dx}$$

$$=\frac{a-b\ \exp\{-z(b-a)\}}{1-\exp\{-z(b-a)\}}+\frac{1}{z}\ \cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

이 된다. 여기서 $b\rightarrow\infty$로 하면 平均年令은

$$Ux=a+\frac{1}{z}\ \cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

즉 $Z=\frac{1}{Ux-a}$ $\cdots\cdots\cdots\cdots$ (3)

이 된다. 体長을 m個의 階級으로 區分하고 各 階級을 $l_i(i=1,\ 2,\cdots\cdots,\ m)$, l_i 階級에 들어가는 魚類의 尾數를 Nl_i, x_j歲$(j=1,\cdots\cdots\ 2,\ n)$의 尾數를 Nx_j, x_j歲고 그중에 l_i階級에 들어갈 確率을 $P(l_i,\ x_j)$라 하면 $Nl_i=\sum_{x_j} Nx_j\cdot P(l_i,\ x_j)$가 된다. 이것을 表로 만들면 Table 1과 같다 (辛1976).

l_i 階級의 平均 年令을 U_i라 하면

$$U_i=\frac{\sum_{x_j} x_j\cdot Nx_j\cdot P(l_i,\ x_j)}{\sum_{x_j} Nx_j\cdot P(l_i,\ x_j)}=\frac{\sum_{x_j} x_j\cdot Nx_j\ P(l_i, x_j)}{Nl_i}$$

가 되므로 l_i階級의 總年令은 $U_i\cdot Nl_i$가 된다.

成長曲線式 $lx=l\infty[1-\exp\{-k(x-x.)\}]$의 lx에 l_i 階級値를 代入하여 x값을 求하고 $U_i=x$라 假定한다.

l_1, l_2, $\cdots\cdots$, lm 全階級에 걸친 總年令은 $\sum_{i=1}^{m} Nl_i U_i$

이고 總尾數는 $\sum_{i=1}^{m} Nl_i$ 이므로 全体의 平均年令은

$$Ux=\frac{\sum_{i=1}^{m} Nl_i\cdot U_i}{\sum_{i=1}^{m} Nl_i}\ \cdots\cdots\cdots\cdots (4)$$

가 된다. (4)式을 (1)式에 或은 (3)式에 代入하여 減少係數Z값을 求하고 이 Z값을 使用하여 生殘率e^{-z}값을 求한다.

Table 1. Probability distribution by year and body length classes

Body length	Year class X_1	X_2	$\cdots\cdots$	X_j	$\cdots\cdots$	X_n	Number of fishes
l_1	$P(l_1,\ x_1)$	$P(l_1,\ x_2)$	$\cdots\cdots$	$P(l_1,\ x_j)$	$\cdots\cdots$	$P(l_1,\ x_n)$	$N(l_1)$
l_2	$P(l_2,\ x_1)$	$P(l_2,\ x_2)$	$\cdots\cdots$	$P(l_2,\ x_j)$	$\cdots\cdots$	$P(l_2,\ x_n)$	$N(l_2)$
$\vdots$	$\vdots$		$\vdots\ \vdots$	$\vdots$	$\vdots\ \vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$\vdots$	$\vdots$		$\vdots\ \vdots$	$\vdots$	$\vdots\ \vdots$	$\vdots$	$\vdots$
l_i	$P(l_i,\ x_1)$	$P(l_i,\ x_2)$	$\cdots\cdots$	$P(l_i,\ x_j)$	$\cdots\cdots$	$P(l_i,\ x_n)$	$N(l_i)$
$\vdots$	$\vdots$		$\vdots\ \vdots$	$\vdots$	$\vdots\ \vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$\vdots$	$\vdots$		$\vdots\ \vdots$	$\vdots$	$\vdots\ \vdots$	$\vdots$	$\vdots$
l_m	$P(l_m,\ x_1)$	$P(l_m,\ x_2)$	$\cdots\cdots$	$P(l_m,\ j)$	$\cdots\cdots$	$P(l_m,\ x_n)$	$N(l_m)$
Total	1	1		1		1	

適 用 例

黃海 및 東支那海產 참조기의 減少係數 및 生殘率

統計資料로서 黃海 및 東支那海에서 操業한 韓國機船底引網漁船에서 漁獲된 참조기의 年令 및 体長의 精密査定表와 体長組成表를 使用했다(水産振興院, 1972) 体長의 精密査定表를 分類, 集計, 整理, 要約하여 年級群別 体長度數分布表를 만들면 Table 2와 같다. 이 表를 利用하여 Bertalanffy의 成長曲線式에 適合시키면(辛, 1976)

$$l_x = 43.26414[1-\exp\{-0.10228(x+3.63688)\}] \quad \cdots\cdots(5)$$

가 된다. (5)式은 若年令에서 適合하지 않으므로 1歲未滿의 成長式으로서는 1歲의 計算体長이 16.33890이므로 直線式

$$l = 16.33899x \quad \cdots\cdots(6)$$

를 使用하였다. 体長組成表(Table 3)의 第3欄은 第2欄을 3点移動平均法으로서 求한 것이다. 第1欄의 各 階

Table 2. Frequency of body length by year classes of yellow croaker in 1971

Body length (cm)	Year class 2.5	3.5	4.5	5.5	6.5
18.5	5				
19.5	30	4			
20.5	24	21			
21.5	10	65			2
22.5	2	88	7	1	0
23.5	1	55	26	2	0
24.5		10	58	11	1
25.5		2	30	40	5
26.5			6	48	15
27.5			1	22	20
28.5			1	5	25
29.5				0	10
30.5				0	8
31.5				1	1
32.5					1
Total	72	245	129	130	88

級値를 成長曲線式(5)에 依하여 年令으로 換算한 것이 第4欄이다. 但 1歲未滿인 15.5*cm* 以下 階級의 年令換算은 (6)式을 使用하였고 体長 34.5*cm* 以上의 階級에 해당하는 年令을 成長曲線式(5)로서 換算해 보면 漁獲되는 最高年令 11.5歲 以上의 값이 나오므로 이것을 使用할 수가 없다. 그러므로 이 部分은 다른 方法으로 年令을 推定해야 한다.

本例에서는 x_i年級群이 階級 l_i일 確率이 表示되어 있는 確率表인 Table 4(辛, 1976)에서 確率이 가장 높은 年令을 階級의 年令으로 하였다.

尼數가 가장 많은 階級値에 해당하는 年令 近方에 完全加入年令이 있을 것이므로 最大尼數인 階級値 15.5*cm*와 이 階級値와 前後한 階級値 14.5*cm*, 16.5*cm*에 해당하는 年令을 각각 完全加入年令의 첫째 近似값으로 보았다.

Table 3. Body length composition

Body length (l_i) cm	No. of fish	Moving average by 3 point (Nl_i)	Age (x_i)
10.5	450,805		
11.5	1,753,840		
12.5	3,415,990		
13.5	5,254,721		
14.5	6,702,864	6,332,444	0.887452
15.5	7,039,748	6,603,299	0.948656
16.5	6,067,285	5,840,827	1.058673
17.5	4,415,449	4,518,144	1.430977
18.5	3,071,697	3,155,433	1.818022
19.5	1,979,154	2,269,157	2.221023
20.5	1,756,619	1,915,698	2.641352
21.5	2,011,321	1,936,074	3.080566
22.5	2,040,282	1,898,875	3.540443
23.5	1,645,023	1,611,871	4.023023
24.5	1,150,308	1,159,120	4.530665
25.5	682,029	720,008	5.066114
26.5	327,687	399,814	5.632596
27.5	189,725	224,915	6.233929
28.5	157,333	155,506	6.874694
29.5	119,460	118,561	7.560396
30.5	78,891	81,536	8.297852
31.5	46,256	47,898	9.095503
32.5	18,548	26,554	9.964057
33.5	14,858	16,248	10.917359
34.5	15,337	14,745	11.000000
35.5	14,041	13,824	11.000000
36.5	12,095	11,799	11.000000
37.5	9,260	9,239	11.000000
38.5	6,362	6,550	11.500000
39.5	4,027	3,979	11.500000
40.5	1,547	—	
Total		39,092,118	

階級値 14.5*cm*, 15.5*cm*와 16.5*cm*에 해당하는 年令을 各各 完全加入年令으로 보았을 때 平均年令은

145*cm* 일 때 $Ux_1 = \dfrac{76,280,779.95}{39,092,118} = 1.95131$

15.5*cm*일 때 $Ux_2 = \dfrac{70,661,036.48}{32,759,674} = 2.15695$

16.5*cm*일 때 $Ux_3 = \dfrac{64,396,777.26}{26,156,375} = 2.46199$

이 된다. 이 3個의 平均値 Ux_1, Ux_2, Ux_3의 加重平均値 $\bar{U}x$는 $\bar{U}x=2.15634$가 된다.

平均年令은 $\bar{U}x=2.15634$라 볼 때의 完全 加入年令을 a라 하면 $Ux_2 \doteqdot \bar{U}_x$이므로 a는 体長 15.5*cm*인 階級 즉 x_2階級에 속한 것이다.

$$\bar{U}x=\frac{aNl_2+x_3Nl_3+\cdots\cdots\cdots+x_{26}Nl_{26}}{N}$$

단 $N=Nl_2+Nl_3+\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots+Nl_{26}$

라 두면

$$a=\frac{1}{Nl_2}\{N\bar{U}x-(x_3\ Nl_3+x_4\ Nl_4+\cdots\cdots+x_{26}Nl_{26})\}=0.94560$$

가 된다. 그러므로 Table 3에서 完全加入 年令이 $a=0.94560$이고 a가 体長 15.5*cm*인 階級에 속한다고 하면 總尾數 $N=32,759,674$이며 平均年令 $\bar{U}x=2.1534$이고 標準偏差 $S=1.48596$ 이다. 그러므로 참조기 母集團의 平均年令 Ux의 95% 信頼限界는 2.15583, 2.15685가 된다. 이 a, $\bar{U}x$와 信頼限界값을 (3)式에 代入하여 減少係數 Z값들을 求하면

Table 4. Calculated probability distribution by year class and length

Body Length(*cm*)	Year class 0.5	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	No. of fishes
16.5	0.04181	0.17545							5,840,827
17.5		0.45128							4,518,144
18.5		0.29672	0.07704						3,155,433
19.5		0.02655	0.32651						2,269,157
20.5			0.39001	0.06191					1,915,698
21.5			0.15641	0.25767					1,936,074
22.5				0.36768	0.08435				1,898,875
23.5				0.22573	0.24262	0.01863			1,611,871
24.5				0.03801	0.33242	0.12743			1,159,120
25.5					0.22385	0.24968	0.07523		720,008
26.5					0.06676	0.28810	0.17067	0.05427	399,814

Body Length(*cm*)	Year 5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	No. of fishes
27.5	0.19433	0.24901	0.12400	0.05135	0.09938			224,915
28.5	0.07180	0.24121	0.20190	0.10506	0.05253	0.02540	0.01093	155,506
29.5		0.15505	0.22790	0.16685	0.09715	0.05709	0.03760	118,561
30.5		0.05879	0.19074	0.19919	0.14230	0.09293	0.06433	81,536
31.5			0.11067	0.19115	0.17760	0.13315	0.09179	47,898
32.5			0.04052	0.13807	0.17683	9.15443	0.12232	26,554
33.5				0.07556	0.14039	0.15628	0.14005	16,248
34.5				0.02246	0.09500	0.13799	0.13728	14,745
35.5					0.05091	0.09870	0.12560	13,824
36.5					0.00788	0.06195	0.09593	11,799
37.5						0.03205	0.06841	9.239
38.5							0.04156	6,550
39.5							0.01420	3,979

平均年令 $\bar{U}x$에 對한 값은 $Z=0.82595$

信頼下限값에 對한 값은 $Z_l=0.82629$

信頼上限값에 對한 값은 $Z_u=0.82560$

이 된다. Z, Z_l, Z_u에 對한 生殘率 e^{-z}값을 求하면 다음과 같다.

平均生殘率 $e^{-z}=0.43782$

生殘率의 95% 信賴區間(0.43767~0.43797)이 된

推定方法과 適用例에 對한 考察

魚類의 完全加入年令을 a, 最高年令을 b라 하면 平均年令 $U'x$는 (1)式과 같이 되고, 完全加入年令을 a, 最高年令을 ∞로 하면 平均年令 Ux는 (3)式과 같이 되는데 $U'x$와 Ux의 差를 求하면

$$Ux-U'x=a+\frac{1}{z}-\frac{a-b\exp\{-z(b-a)\}}{1-\exp\{-z(b-a)\}}-\frac{1}{z}$$

$$=\frac{b-a}{\exp\{z(b-a)\}-1}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(7)$$

와 같이 된다. $b-a$ 값의 변화에 따른 (7)式의 右邊 값의 변화를 보면

$$\lim_{b-a\to 0}\frac{b-a}{\exp\{z(b-a)\}-1}=\frac{1}{z},$$

$$\lim_{b-b\to\infty}\frac{b-a}{\exp\{z(b-a)\}-1}=0$$

가 되므로 $b-a$가 적으면 적을수록 그 값은 커져서 $\frac{1}{z}$에 수렴한다. 實際에 있어서는 대개 $z<1$ 이므로 $\frac{1}{z}>1$ 이 된다. $b-a$가 크면 클수록 그 값은 적어져서 0에 수렴한다. $b-a$가 커서 相對誤差 $\frac{Ux-U'x}{U'x}<0.1$ 程度이면 近似的으로 $U'x=Ux$라 보아도 좋다. 萬若 $U'x=Ux$라 볼 수 없을 때는(1)式에 依하여 z값을 求하면 된다. 本例에서는 $a=0.94560$ $b=11.5$ $z=0.82595$이므로 $\frac{Ux-U'x}{U'x}=0.00081$이 되어 $U'x$에 對한 相對誤差가 0.00081이므로 近似的으로 $U'x=Ux$라 보아도 좋다.

揚陸되는 大, 中, 小, 細, 箱子를 標本抽出하여 이들 속에 들어 있는 魚類의 体長을 測定, 分類 集計 整理하고 이것을 基本으로 하여 全体的인 体長組成表를 作成하는데 이 過程에서 서로 이웃하는 階級間에 l_i階級에 들어간 고기가 l_{i-1}階級이나 l_{i+1}階級에 들어가는 等의 混入이 예상되므로 各 階級에 屬하는 度數(尾數)를 3点移動 平均法으로 平滑化하였다.

各 階級의 中点을 各 階級의 平均体長으로 보고 平均 体長에 해당하는 年令은 그 階級의 平均年令으로 하였다. 1971年度을 年令別 体長度數分布表(Table 2)에서 計算한 年令別 平均体長과 成長曲線式(5)에서 求한 理論的인 年令別 平均体長은 Table 5와 같다. 1967年 부터 1971年 까지의 年令別 体長度數分布表에서 計算한 年令別 平均体長과 이 年令別 体長度數分布表에서 推定한 成長曲線式

$l_x=42.79[1-\exp\{-0.1188(x+2.9584)\}]$에서 求한 理論的인 年令別 平均体長은 Table 6과 같다. Table 5에서 보면 2.5歲에서 6.5歲까지는 理論値가 實測値에 잘 適合한다. 또 Table 6에서 1.5歲에서 10.5歲까지는 理論値와 實測値가 잘 適合함으로 表5의 實測値가 없는 區間에서도 理論値는 實測値와 잘 適合하리라고 생각된다. 그러나 0.5歲와 11.5歲에서는 實測値의 資料가 적으므로 理論値와의 適合度의 程度는 알 수 없다. Bertalanffy의 成長曲線式은 若年令層에서 適合하지 않으므로 滿 1歲未滿에서는 成長式(6)을 使用하였다.

各 輪徑을 測定하여 이 輪徑이 形成되었을 때의 体長을 計算하고 이 計算値로서 成長曲線式을 求하는 方法을 採擇 했으면 좋겠으나 資料가 없으므로 이 方法

Table 5. Means($\bar{x}$) of body length by Table 2 and estimates (μ) of body length by growth curve(5)

Body length (cm) \ Year class	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5
$\bar{x}$	—	—	20.18	22.31	24.57	26.23	27.93	—	—	—	—	—
μ	—	17.68	20.17	22.41	24.41	25.27	27.92	29.41	30.76	31.98	33.07	34.03

Table 6. Age and body length of yellow croacker

Body length(cm) \ Age(yrs) class	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	33.03	34.15	35.12

을 採擇하지 못했다. 이 方法으로서 求한 Bertalanffy의 成長曲線式(鄭, 1970)이 있으나 本例에서 使用한 資料에 適合하지 않으므로 利用할 수 없었다. 成長曲線式(5)에서 1歲의 母平均体長 $U=16.33890cm$이고 關係式

$$\alpha^2=0.45084\ \exp\ (0.24891x)\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(8)$$

에서 (辛, 1976) 1歲의 母分散 $\alpha^2=0.57825$이다. 따라서 1歲의 95% 信賴區間은

$$14.84845<x<17.82935$$

가 된다. 또 成長曲線式(6)에서 0.7歲의 母平均 体長은 $\mu=11.43723cm$이고 母分散 $\alpha^2=0.53665$이다. 따라서 0.7歲의 95% 信賴區間은 $10.00140<n<12.87303$이 된다. 表3에서 最頻階級의 平均年令을 보아 95% 以上이 漁獲되는 年令은 0.7歲가 아니고 1歲 근방에 있다고 보아지므로 完全加入年令은 1歲로 假定하였다.

本例에서 使用한 統計資料와 資料에서 求한 Parameter를 使用하여 本例와는 다른 方法으로 推定한 生殘率은 0.46089이었다(辛, 1976). 그러나 本例에서 얻은 生殘率은 0.43782이므로 두 값의 差는 0.02307이다. 이 差는 推定方法과 完全加入年令의 相異 等에 基因하는 것 같다. 그러나 生殘率 0.46089에 對한 相對誤差는 0.05이므로 두 값의 差는 無視할 수 있는 程度이다. 李 (1977)에 의하면 黃海 및 東支那海産 참조기의 平均 生殘率은 0.446이고, 金 (1977)에 의하면 0.27이다.

漁獲된 참조기의 最高年令은 約11.5 歲(辛, 1972)이므로 体長 34.5cm 以上의 階級에 對한 年令은 11.5歲 以下로 推定하여 平均年令을 計算하였다. 体長 34.5cm 以上의 階級에 對한 理論的인 年令을 成長曲線式(5)에 依해서 計算하면 階級 34.5cm의 平均年令은 11.97375歲, 35.5cm는 13.15827歲, 36.5cm는 14.50534歲, 37.5cm는 16.07047歲, 38.5cm는 17.93339歲, 39.5cm는 20.23685歲가 된다. 이 階級의 平均年令을 使用하여 平均年令(U_x)을 計算하면 完全加入体長이 14.5cm 인 때 1.95666歲이고 15.5cm 인 때 2.16334歲, 16.5cm 인 때 2.46999歲가 된다. 이 세가지의 平均年令과 本例에서 求한 세 가지의 平均年令과의 差(完全加入体長 14.5cm, 15.5cm 및 16.5cm에 對한 두個의 Ux값끼리)는 0.00535, 0.00539 및 0.00800이고, 平均年令값 1.95666歲, 2.16334歲 및 2.46999歲에 對한 相對誤差는 各各 0.00273, 0.00295, 0.00324가 된다. 따라서 두 平均年令은 近似的으로 같다고 볼 수 있으므로 成長曲線式(5)에서 求한 理論的인 年令을 体長 34.5cm 以上인 階級의 年令으로 간주해도 큰 誤差는 없다고 할 수 있다.

要　　約

完全狀態에 있는 資源에 있어서 減少係數를 Z, 完全加入年令을 a라 할 때 x歲 年級群의 尾數는 $Nx=N_a \exp\{-z(x-a)\}$이므로 体長組成과 成長曲線式에서 減少 係數 z 및 生殘率 e^{-z}를 推定하는 方法을 研究한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 最高年令을 b라 하고, a, b, z와 平均年令 Ux와의 關係는

$$Ux=\frac{a-b\ \exp\{-z(b-a)\}}{1-\ \exp\{-z(b-a)\}}+\frac{1}{z}$$

$$Z=\frac{1}{Ux-a}$$

이다.

2. 成長式을 使用하여 体長組成表의 各 体長階級値에 해당하는 年令을 推定하고 全階級에 걸친 平均年令을 計算하였다.

3. Ux값을 Ux, a, b, x의 關係式에 代入하여 減少係數 z값을 求하고 이 z값을 使用하여 生殘率 e^{-z}값을 求하였다.

4. 黃海 및 東支那産 참조기의 減少係數, 生殘率 및 生殘率의 95% 信賴區間을 計算한 結果는 0.82595, 0.43782, 0.43767~0.43797이였다.

5. 같은 統計資料를 써서 다른 方法으로 計算한 生殘率 0.46089과의 相對誤差는 約0.05이였다

文　　献

鄭 相喆(1970) : 한국산 서해안 참조기의 연령과 성장. 韓水誌, 3, 154—160.

Kurita S. (1948) : A theoretical consideration on the method for estimating the yearly survival rate of fish stock by using the age difference between the oldest and the average. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish, 14, 1—12.

金 容文(1977) : 黃海·東支那海産 참조기 資源管理의 効果的 方法에 關한 力學的 研究. 水振研報, 16, 33—50.

李 璋旭(1977) : 黃海 東支那海産 참조기의 年令組成과 生殘率의 推定. 水振研報, 16, 7—31.

辛 翔澤(1972)：黃海 및 東支那海에 있어서 機船底引網漁業對象 참조기의 資源量解析. 漁技研, 8, 1—13.

辛 翔澤1976)：体長組成으로서 生殘率을 推定하는 方法—I. 韓水誌, 9, 143—150.

水産振興院(1972)：水産振興院漁業統計資料. No. 6—2(底魚類編), pp. 114.

田内森三郎(1947)：年令 体重 体長の最大値と平均値とつかつて見掛けの生殘率を求める方法の吟味. 日水誌, 13, 91—94.

Tanaka S. (1953)：The methcd to caclulate precision of survival rate estimated from age—composition by ratio estimate —II. A method applied to age—composition obtained using length for stratification. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish, 19, 279—282.

土井長之(1948)：生殘率を求める推計的な一つの方法. 日水誌, 14, 97—104.

土井長之(1975)：水産資源力學入門(4). 日水資保協日報, 127, 5—17.