

# 漁獲對象 魚類의 生殘率 推定

—韓國 沿岸의 고등어, 전갱이—

辛 翔 澤

釜山水產大學 應用數學科

## Estimation of the Survival Rate in Fish Population

—Mackerel and Horse Mackerel in the Coastal Waters of Korea—

Sang-Taek SHIN

Department of Applied Mathematics, National Fisheries University of Busan, Namgu,  
Busan, 601-01 Korea

A study was 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  $a$ , the oldest age in the catch  $b$  and the average between the age of complete recruitment and the oldest age in the catch  $U_t$ , then we have

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

And let  $b$  be infinite, then we obtain

$$Z = \frac{1}{U_t - a} \dots\dots\dots(2)$$

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

3. This method is applied to a case of mackerel and horse mackerel in the coastal waters of Korea, with the following results:

	Mackerel	Horse mackerel
Total mortality rate	0.87909	2.22327
Survival rate	0.41516	0.10825
95 percent confidence interval of survival rate	0.35966~0.47264	0.06897~0.14974

### 序 言

水產資源에 關한 數理的研究의 3大目標은 資源의 診斷, 漁況의 豫測, 漁業의 管理에 關한 知識을 얻는

데 있다. 이 研究를 爲해서는 統計學의 分析에 必要한 統計資料가 資源調査를 통해서 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 特性值 中 生殘率은 特히 重要한 意義를 가지고 있으며 이것을 求하는데 年齡, 體重 및 體長의 最大値와 平均値를 利用하는 方法(田內 1947), 標本平均과 그 正規分布 法則을 利用하는 方法(土井 1948), 年齡組成을 利用하는 方法(田中1953), 그리고 最高年齡과 平均年齡을 利用하는 方法(Kuritta, 1948) 등 많은 學者들의 研究가 있다. 또한 魚族의 體長組成, 成長曲線式과 年級群別 體長度數分布가 正規分布하는 것을 利用하여 辛(1976)은 生殘率을 推定하는 方法을 提示하였고, 또 辛(1977)은 體長組成, 成長曲線式, 完全加入年齡, 最高年齡 및 平均年齡을 利用하여 生殘率을 推定하는 方法을 設定하여 底棲魚인 韓國 沿近海産 참조기의 生殘率을 推定하는데 適用하였는데 本 研究에서는 위 方法을 浮魚인 고등어와 전갱이의 生殘率을 推定하는데 適用한 結果 및 그 方法을 報告하고자 한다.

推定方法

魚類資源의 減少係數를  $z$ , 完全加入年齡을  $a$ ,  $a$ 歲의 資源量(尾數)을  $N_a$  라 하면  $t$ 歲 年級群의 資源量(尾數)은

$$N_t = N_a \cdot \exp\{-z(t-a)\}$$

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

漁獲物 中의 最高年齡을  $b$  라 하면 完全加入年齡으로부터 最高年齡까지의 平均年齡은

$$U_i = \frac{\int_a^b t \cdot N_a \cdot \exp\{-z(t-a)\} dt}{\int_a^b N_a \cdot \exp\{-z(t-a)\} dt}$$

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

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

$$U_i = a + \frac{1}{z} \dots\dots\dots(2)$$

즉

$$Z = \frac{l_1}{U_i - a} \dots\dots\dots(3)$$

이 된다. 體長을  $m$ 個의 階級으로 區分하고 各 階級을  $l_i (i=1, 2, \dots, m)$ ,  $l_i$  階級에 들어가는 魚類의 尾數를  $N(l_i)$ ,  $t_j$ 歲 ( $j=1, 2, \dots, n$ )의 尾數를  $N(t_j)$ ,  $t_j$ 歲 고기 中에  $l_i$  階級에 들어갈 確率을  $P(l_i, t_j)$ 라 하면

$$N(l_i) = \sum_{t_j} N(t_j) \cdot P(l_i, t_j) \text{가 된다. 이것을 表로 만}$$

들면 Table 1과 같다(辛, 1976).

$l_i$  階級の 平均年齡을  $U_i$ 라 하면

$$U_i = \frac{\sum_{t_j} t_j \cdot N(t_j) \cdot P(l_i, t_j)}{\sum_{t_j} N(t_j) \cdot P(l_i, t_j)} = \frac{\sum_{t_j} t_j \cdot N(t_j) \cdot P(l_i, t_j)}{N(l_i)}$$

가 되므로  $l_i$  階級の 總年齡은  $U_i \cdot N(l_i)$ 가 된다.

成長曲線式  $l_t = l_\infty [1 - \exp\{-k(t-t_0)\}]$ 의  $l_i$ 에  $l_i$  階級値를 代入하여  $t$  값을 求하고  $U_i = t$ 라 假定한다.

$$l_1, l_2, \dots, l_m \text{ 全階級에 걸친 總年齡은 } \sum_{i=1}^m N(l_i) \cdot U_i$$

이고 總尾數는  $\sum_{i=1}^m N(l_i)$  이므로 全體의 平均年齡은

$$U_i = \frac{\sum_{i=1}^m N(l_i) \cdot U_i}{\sum_{i=1}^m N(l_i)} \dots\dots\dots(4)$$

Table 1. Probability distribution by year and body length classes

Body length	Year	$t_1$	$t_2$ ..... $t_j$ ..... $t_n$	Number of fish
	No. of fish	$N(t_1)$	$N(t_2)$ ..... $N(t_j)$ ..... $N(t_n)$	
$l_1$		$P(l_1, t_1)$	$P(l_1, t_2)$ ..... $P(l_1, t_j)$ ..... $P(l_1, t_n)$	$N(l_1)$
$l_2$		$P(l_2, t_1)$	$P(l_2, t_2)$ ..... $P(l_2, t_j)$ ..... $P(l_2, t_n)$	$N(l_2)$
...		.....	.....	.....
$l_i$		$P(l_i, t_1)$	$P(l_i, t_2)$ ..... $P(l_i, t_j)$ ..... $P(l_i, t_n)$	$N(l_i)$
...		.....	.....	.....
$l_m$		$P(l_m, t_1)$	$P(l_m, t_2)$ ..... $P(l_m, t_j)$ ..... $P(l_m, t_n)$	$N(l_m)$
Total		1	1	1

가 된다. (4)式을 (1)式에 代入하여 減少係數  $z$  값을 求하고 이  $z$  값을 使用하여 生殘率  $\exp(-z)$  값을 求한다. 計算은 (1)式을 使用한 Newton-Raphson 反復法 計算式

$$Z_{i+1} = z_i - \frac{\{(U_i - a)z_i - 1\} \exp\{z_i(b - a)\}}{\{U_i - a + (U_i - a)(b - a)z_i - \frac{+(b - U_i)z_i + 1}{b + a} \exp\{z_i(b - a)\} + b - U_i} \dots\dots(5)$$

을 使用하고 第1近似値는 (3)式에서 求한  $z$  값을 使用하였다.

適用例

韓國 沿岸産 高등어, 전갱이의 減少係數 및 生殘率에 對하여 다음과 같이 適用해 본다.

統計資料로서 韓國 沿岸의 第1海區에서 操業한 韓國 巾着船에서 漁獲된 高등어와 전갱이의 年級群別 體長度數分布表와 體長組成表를 使用했다(水産振興院 1972~1974). 年級群別 體長度數分布表를 年度別로 보면 資料數가 적었으므로 1972, 73, 74年 3個年度 資料를 合하였다. 또 年度別로 고기의 成長이 多少 差가 있을 것으로 보고 體長別 度數를 3點 移動平均하였다. 이렇게 整理하여 高등어 전갱이의 것을

각각 Table 2, Table 3에 表示하였다. 年級群別 度數分布의 統計資料가 年級群別로 正規分布를 하지 않으면 標本抽出 및 測定值 自體에 잘못이 있다고 보아야 하므로 이 統計資料는 使用할 수 없다. 왜냐하면 一般의으로 魚類의 한 年級群에 對한 體長度數分布는 正規分布를 하기 때문이다(田中1956).

Table 2, Table 3에서 各 年級群別로 體長의 度數分布에 對한 正規性 檢定( $\chi^2$ -檢定)을 위한 計算의 結果는 Table 4와 같다. 高등어 2.5歲와 전갱이 1.5歲의 度數分布는 有意水準 1%로서 有意的이나  $\chi^2$  값과  $\chi^2_{0.005}$  값이 거의 같으므로 近似的으로 正規分布한다고 볼 수 있다. 즉 各 年級群別의 體長度數分布는 Table 2, Table 3에 表示한 바와 같은 體長平均  $\bar{x}$ , 標準偏差  $S$ 인 正規分布를 한다고 볼 수 있다.

韓國 沿岸의 第1海區에 있어서 韓國 巾着船의 對象인 高등어와 전갱이 母集團은 年級群別로 母體長平均( $\mu$ )과 母分散( $\sigma^2$ )은 年級群間에 어떤 傾向線이 있을 것이다. 體長에 關한 이 傾向線式이 바로 高등어와 전갱이의 成長曲線式이다. Table 2와 Table 3을 使用하여 Bertalanffy의 成長曲線式을 求하면 高등어는

Table 2. Frequency of body length by year classes of mackerel in 1972-1974

Body length (cm)	Year class				
	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5
21.5	6.0				
22.5	14.0				
23.5	18.3				
24.5	15.3	11.7			
25.5	9.0	19.7			
26.5	4.7	29.3			
27.5	2.3	27.3	1.3		
28.5		27.7	10.3		
29.5		21.7	13.3		
30.5		25.7	19.0		
31.5		26.7	25.0		
32.5		24.0	39.0	4.0	
33.5		11.3	43.0	18.0	1.7
34.5			29.0	28.0	5.3
35.5			12.7	28.0	9.0
36.5			2.0	14.0	8.3
37.5					4.7
Total	69.6	225.1	194.6	92.0	29.0
<i>l</i>	23.93966	29.00600	32.48201	34.82609	35.81034
<i>S</i>	2.22624	6.58671	3.71653	1.17627	1.25541

*l*: mean    *S*: variance

Table 3. Frequency of body length by year classes of horse mackerel in 1972-1974

Body length (cm)	Year class				
	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5
14.5	5.0				
15.5	26.0				
16.5	30.7	1.0			
17.5	34.3	8.3			
18.5	26.7	15.3			
19.5	32.0	25.3			
20.5	29.7	50.7			
21.5	19.0	83.0	2.3		
22.5	8.7	102.3	5.7		
23.5		88.3	18.3		
24.5		51.0	33.3		
25.5		21.3	39.7	1.0	
26.5		2.7	32.7	3.3	
27.5			18.0	3.7	
28.5			10.3	4.3	
29.5			4.3	4.0	
30.5				5.3	
31.5				4.3	
32.5				2.3	0.5
33.5				1.0	1.7
34.5				1.0	3.3
35.5				1.0	5.3
36.5					5.0
37.5					3.7
38.5					3.0
39.5					2.7
40.5					1.7
Total	212.1	449.2	164.6	31.2	27.1
<i>l</i>	18.45050	22.26848	25.62515	29.82692	36.67792
<i>S</i>	4.39218	3.35023	2.78385	5.82261	4.10885

*l*: mean    *S*: variance

Table 4. Calculated result for  $\chi^2$ -test of Table 2 and Table 3

Item	Mackerel class					Horse mackerel class				
	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5
$\chi^2$	1.65135	20.40633	13.97638	0.65677	0.12109	19.08446	11.19672	1.12530	0.38611	0.43801
<i>d·f</i>	4	7	6	2	2	6	5	4	2	2
$\chi^2$	11.143	16.013	14.449	7.378	7.378	14.449	12.832	11.143	7.378	7.378
$\chi^2$	14.860	20.278	18.548	10.597	10.597	18.548	16.750	14.860	10.597	10.597

$$l_{(t)} = 38.24960[1 - \exp\{-0.45024(t + 0.67988)\}] \dots\dots\dots(6)$$

이고 전경이는

$$l_{(t)} = 50.04998[1 - \exp\{-0.12877(t + 2.07132)\}] \dots\dots\dots(7)$$

이 된다.

(6), (7)式에서 年級群別로 母體長平均의 推定值( $\hat{\mu}$ )를 求하면 Table 5와 같다. Table 5에서 年級群別(1.5~5.5歲)로 標本에서 求한 母體長平均의 不偏推定值( $\bar{l}$ )와 傾向式에서 求한 母體長平均의 推定值( $\hat{\mu}$ )와의 差에 關한 有意性檢定을 위한 計算을 한 結果는 Table 6과 같다.

Table 5. Calculated  $l$  of year class by Table 2 and Table 3, estimate of  $u$  by trend line (6), (7)

$t$	Mackerel			Horse mackerel		
	$n$	$l$	$\hat{u}$	$n$	$l$	$\hat{u}$
0.5			15.76328			14.10782
1.5	69.6	23.93966	23.91509	212.1	18.45050	18.45050
2.5	225.1	92.00600	29.11168	449.2	22.26848	22.26850
3.5	194.6	32.48201	32.42439	164.6	25.62515	25.62519
4.5	92.0	34.82609	34.53616	31.2	29.82692	28.57630
5.5	29.0	35.81034	35.88237	27.1	36.67712	31.17084
6.5			36.74055			33.45191
7.5			37.28761			35.45736

$t$ : year classes,  $n$ : number of fish,

$l$ : unbiased estimate of means of body length by Table 2 & Table 3

$u$ : estimate of means of body length by trend line (6), (7)

고등어에 關係서는 有意水準 0.01로 有意的이 아니므로 標本은 各 年級群別로 母體長平均  $\mu=u$ 인 母集團으로부터 無作為抽出된 것이라고 볼 수 있겠다. 따라서 이 고등어 母集團은 年級群別로 母體長平均  $\mu$ 인 正規母集團을 하고 있다고 할 수 있다.

다. 따라서 年齡( $t$ )와 體長의 標本分散間의 傾向線은 없다고 보아진다. 體長組成表(Table 7)의 第3欄과 第6欄은 第2欄과 第5欄을 各各 3點移動平均法으로서 求한 것이다. 第1欄의 各 階級值를 成長曲線式(6)에 依하여 年齡으로 換算한 것이 第4欄이고, 成長曲線

Table 6. Calculated result for test of difference between  $l$  and  $u$

Item (Age)		Class				
		1.5	2.5	3.5	4.5	5.5
Mackerel	$ l-u /(S/\sqrt{n})$	0.137354	0.61783	0.41698	2.56403	0.34617
Horse mackerel	$ l-u /(S/\sqrt{n})$	0.00015	0.00031	0.00026	2.89498	14.14109

$z_{0.025}=1.96$   
 $z_{0.005}=2.58$  ) used normal distribution  
 $t_{0.025, 26}=2.056$   
 $t_{0.005, 26}=2.779$  ) used  $t$ -distribution

魚類는 大概 高年齡이 됨에 따라 成長速度가 줄어진다. 그런데 Table 3에서 보드시피 4.5歲, 5.5歲의 成長速度가 더 빠르다. 따라서 이 統計資料는 標本抽出 過程이나 測定이 잘못되었거나, 어떤 特殊한 環境要因에 의한 大發生年에 해당하는 年級群이라 보아지므로 傾向線의 推定에는 쓸 수 없다. 그러므로 年齡의 成長曲線式(7)은 1.5歲, 2.5歲, 3.5歲의 세 標本平均値로서 求하였다. 따라서 年齡에 關係서는 有意水準 0.01로 1.5~3.5歲에서 有意的이 아니고 4.5歲, 5.5歲에서는 有意的이 되었다. 그러므로 이 年齡의 母集團은 年級群別로 母體長平均  $\mu=u$ 인 正規母集團을 하고 있다고 보아도 좋을 것이다.

年齡( $t$ )와 體長의 標本分散( $S^2$ )과의 相關係數는 고등어가  $r=-0.51543$ 이고 年齡이  $r=0.26062$ 였다. 相關의 有無를 檢定하였더니 둘 다 相關이 없었

式(7)에 依하여 年齡으로 換算한 것이 第7欄이다. 고등어에 있어서 37.5 cm 以上の 階級에 해당하는 年齡을 成長曲線式(6)으로서 換算해 보면 漁獲되는 最高年齡 7.5歲 以上の 값이 나오므로 이것을 使用할 수가 없어서 37.5 cm 以上の 階級에 해당하는 年齡은 最高年齡 7.5歲라 보았다. 같은 理由로서 年齡에 있어서는 35.5 cm 以上の 階級에 해당하는 年齡은 最高年齡 7.5歲라 보았다.

고등어에 있어서 尾數가 가장 많은 階級值 31.5 cm에 해당하는 年齡 3.17287을 完全 加入年齡이라 假定하면 平均年齡은

$$U_i = \frac{\sum t_i N(t_i)}{\sum N(t_i)} = \frac{12626.10372}{2997.8} = 4.21179$$

이다. Table 2의 4.5歲에 해당하는 體長의 標準偏差  $S=1.08456$  cm를  $U_i=4.21179$  歲에 相應하는 體長

Table 7. Body length composition

Body length ( $l_i$ ) cm	Mackerel			Horse mackerel		
	No. of fish	Moving average by 3 points [ $N(l_i)$ ]	Age	No. of fish	Moving average by 3 points [ $N(l_i)$ ]	Age
20.5	135			401, 263		
21.5	184	178.3	1.15417	1, 669, 072	1, 619, 018.7	
22.5	216	210.0	1.29090	2, 786, 721	1, 891, 511.3	2.56498
23.5	230	226.7	1.43660	1, 218, 741	1, 433, 075.7	2.85210
24.5	234	254.0	1.59253	293, 765	532, 526.7	3.15025
25.5	298	263.0	1.76024	85, 074	145, 212.3	3.46030
26.5	257	265.3	1.94166	56, 798	62, 343.3	3.78325
27.5	241	250.0	2.13922	45, 158	39, 773.7	4.12021
28.5	252	273.0	2.35609	17, 365	27, 041.3	4.47246
29.5	326	379.0	2.59645	18, 601	16, 784.7	4.84144
30.5	559	542.7	2.86601	14, 388	16, 245.7	5.22884
31.5	743	655.0	3.17287	15, 748	12, 639.0	5.63659
32.5	663	651.3	3.52902	7, 781	8, 583.7	6.06693
33.5	548	565.0	3.95339	2, 222	8, 051.0	6.52253
34.5	484	459.3	4.47847	14, 150	13, 004.0	7.00654
35.5	346	335.7	5.16743	22, 640	19, 810.0	7.50000
36.5	177	196.0	6.17150	22, 640	17, 923.3	7.50000
37.5	65	90.3	7.50000	8, 490	14, 150.0	7.50000
38.5	23	33.0	7.50000	11, 320	12, 263.3	7.50000
39.5	5	11.7	7.50000	16, 980	14, 150.0	7.50000
40.5	1			14, 150	15, 093.3	7.50000
41.5				14, 150	14, 150.0	7.50000
42.5				14, 150	14, 150.0	7.50000
43.5				14, 150	14, 150.0	7.50000

34.02164 cm의 標準偏差라고 假定하면 體長の 95% 信賴限界值 33.80001 cm, 34.24326 cm가 된다. 이 값을 年齡으로 換算하면 4.09831歲, 4.33138歲이다. 이것이 고등어에 對한 平均年齡  $U_i$ 의 95% 信賴限界值이다.

같은 方法으로 전갱이의 完全加入年齡은 體長 22.5 cm에 해당하는 年齡 2.56498이고 平均年齡은

$$U_i = \frac{13091666.72}{4342632.3} = 3.0146846$$

이고  $U_i = 3.0146846$ 歲에 相應하는 體長 24.05007 cm의 標準偏差를 Table 3의 3.5歲에 해당하는 體長の 標準偏差  $S = 1.66849$ 와 같다고 假定하면 體長の 95% 信賴限界值은 23.7917 cm, 24.30496 cm가 된다. 이 값을 年齡으로 換算하면 2.93892歲, 3.09119歲이다. 이것이 전갱이에 對한 平均年齡  $U_i$ 의 95% 信賴限界值이다.

完全加入年齡  $a$ , 最高年齡  $b$ , 平均年齡  $U_i$ 와  $U_i$ 의 信賴限界值를 (1)式에 代入하여 減少係數  $z$ 를 求하면 고등어에 關해서

$$\text{平均年齡 } U_i \text{에 對한 } z \text{ 값은 } z = 0.87909$$

信賴上限值에 對한  $z$  값은  $z_u = 0.74942$

信賴下限值에 對한  $z$  값은  $z_l = 1.02261$

이고

전갱이에 關해서

平均年齡  $U_i$ 에 對한  $z$  값은  $z = 2.22327$

信賴上限值에 對한  $z$  값은  $z_u = 1.89886$

信賴下限值에 對한  $z$  값은  $z_l = 2.67415$

이다.

$z$ ,  $z_u$ ,  $z_l$ 에 對한 生殘率  $\exp(-z)$ 를 求하면 다음과 같다.

고등어는 平均生殘率  $\exp(-z) = 0.41516$ 이고 生殘率의 95% 信賴區間은 (0.35966~0.47264)이고

전갱이는 平均生殘率  $\exp(-z) = 0.10825$ 이고 生殘率의 95% 信賴區間은 (0.06897~0.14974)이다.

### 推定方法과 適用例에 對한 考察

(3)式에서 求한 고등어의 全減少係數  $z = 0.96253$ 은 (1)式에서 求한 全減少係數  $z = 0.87907$ 의 第1近似值로서 (5)式을 使用해서 反復計算할 때 使用하는 것

이 좋겠다. 이와 같이 하여 전갱이의 第1近似値는  $z=2.22369$ 이다.

揚陸되는 大, 中, 小 및 細 箱子를 標本抽出하여 이들 속에 들어 있는 魚類의 體長을 測定, 分類, 集計 整理하고 이것을 基本으로 하여 全體的인 體長組成表를 作成하는데 이 過程에서 서로 이웃하는 階級間에,  $l_i$  階級에 들어 갈 고기가  $l_{i-1}$  이나  $l_{i+1}$  階級에 들어 가는 등의 混入이 豫像되므로 各 階級에 屬하는 度數(尾數)를 3點移動平均法으로 平滑化하였다.

各 階級の 中點을 各 階級の 平均體長으로 보고 平均體長에 해당하는 年齡을 그 階級の 平均年齡으로 하였다.

各 輪徑을 測定하여 이 輪徑이 形成되었을 때의 體長을 測定하고 이 測定値로서 成長曲線式을 求하는 方法을 採擇했으면 좋을 것이나 1972~1974年度의 이에 關한 測定 資料가 없으므로 이 方法을 採擇하지 못했다. 이 方法으로서 求한 高등어와 전갱이의 Bertalanffy 成長曲線式(안 1971, 1973)이 있으나 本例에서 使用한 資料에 適合하지 않으므로 利用할 수 없었다. 本例에서 使用한 高등어와 전갱이의 Bertalanffy 成長曲線式 (6), (7)은 오히려 年齡과 體長間의 傾向式이라 함이 좋겠다.

高등어에 있어서, 本例와 같이 37.5 cm 以上인 階級에 해당하는 年齡을 最高年齡 7.5歲로 보고 平均年齡을 求한 값과 37.5 cm 以上인 階級에 해당하는 年齡을 (6)式에서 求한 값으로 비교 平均年齡을 求한 값은 거의 差異가 없었다. 이와 같이 하여 전갱이에 대해서도 두 값 間에는 거의 差異가 없었다.

### 要 約

漁獲對象 資源에 있어서 減少係數를  $z$ , 完全加入 年齡을  $a$ , 最高年齡을  $b$ 라 할 때 體長組成과 成長曲線式을 利用해서 減少係數  $z$ 를 求하는 數學的 模型을 設定하여 高등어와 전갱이의 生殘率을 推定한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 平均年齡을  $U_i$ 라 하면  $a, b, z$  및  $U_i$ 와의 關係式은

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

이다.

2. 成長曲線式을 使用하여 體長組成表의 各 體長 階級에 해당하는 年齡을 推定하고 全階級에 걸친 平均年齡을 計算하였다.

3.  $U_i$  값을  $a, b, z$  및  $U_i$ 와의 關係式에 代入하여 減少係數  $z$  값을 求하고 生殘率  $\exp(-z)$  값을 求하였다.

4. 韓國 沿岸(第1海區)産 高등어와 전갱이의 減少係數, 生殘率 및 生殘率의 95% 信賴區間을 計算한 結果는

高등어가 0.87909, 0.41516,  
0.35966~0.47264

전갱이가 2.22327, 0.10825,  
0.06897~0.14974

이었다.

### 文 獻

- 안화부. 1971. 高등어 *Scomber japonicus* Houttuyn의 年령과 성장. 水振研報 7.
- 안화부. 1973. 전갱이의 年령과 성장. 水振研報 10.
- 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), 1-12.
- 辛翔澤. 1976. 體長組成으로서 生殘率을 推定하는 方法. 韓水誌 9(2), 143-150.
- 辛翔澤. 1977. 體長組成과 成長曲線式에서 生殘率을 推定하는 方法. 韓水誌 10(2), 137-143.
- 田内森三郎. 1947. 年齡·體重·體長の 最大值と 平均値とをつかつて 見掛けの 生殘率を 求める 方法の 吟味. 日水誌 13(2), 291-294.
- 土井長之. 1948. 生殘率を 求める 推計的 一つの 方法. 日水誌 14(2), 97-104.
- Tanaka S. 1953. The method to calculate precision of survival rate estimated from age.
- 田中昌一. 1956. Polymodelな 度數分布の 一つの 取扱方および そのキダイ體長組成解析への 應用. 東海區水研報 14, 1-13.