

## 어획 통계고에 의한 멸치의 장기 변동 분석

張志元·徐斗玉

(釜山水產大學)

STATISTICAL PREDICTION OF THE ANNUAL CATCHES OF ANCHOVY,  
*ENGRAULIS JAPONICA*, IN KOREA BY MEANS OF PAST DATA

by

Jee-Won CHANG and Doo-Ok SU

(Pusan Fisheries College)

By means of past data, taken from the annual catches of anchovy landings in Korea, from the year 1926 to 1967, as reported in the Annual Statistical Reports of Fisheries, the future annual catches from the year 1968 to 1973 were predicted by statistical extrapolation.

The trend  $C(t)$  in the 42 year period above was interpreted by the least square method. Also, the ratio of the actual annual catches  $C_t$  to this trend  $C(t)$  was regarded as a stationary variate and the serial correlation coefficients  $r_k$  were calculated. The type of statistical variate model was therefore determined by the correlogram. A periodical analysis, using Whittaker's method, was performed and a harmonic analysis was also performed. According to these calculations the stationary variate  $y_t$  was fixed and the annual catches following the year 1967 were predicted by extrapolation.

## 서 언

어획은 해황, 자원 및 어획강도등에 따라 변동하며 자원은 또한 해황과 생물학적 요인에 따라 변동을 함으로 어획은 결코 단순한 표현으로 결정할 수는 없다. 어획강도도 조업 척수, 어구의 성능, 어획 노력등에 좌우되므로 어획은 더욱 그 변동의 면모가 복잡할 더 할 뿐이다. 그러나 여기서는 장기간에 일어나는 변동을 시계열(時系列)로 보고 처리하여 그 사이에 맺어진 관계를 이용하여 외삽법으로 앞으로의 어획을 예측하여 보았다.

## 자료 및 해석 방법

자료는 1926년부터 1960년까지의 어획통계표(농림부 1961a)와 1961년부터 1967년까지의 수산통계년보(농림부 1961b, 1962~1966, 수산청 1967)를 기초로 하여 1945년 이전의 자료는 연간 총어획고에서 함경도 지방과 평안 및 황해도 지방의 어획고를 감한 수치의 계열을 1945년 이후의 어획고와 같은 계열의 통계 자료로 보았으며 그 정리된 결과는 Table 1 과 같다. 그리고 1941년부터 1943년까지의 3년간은 통계 자료가 없었으므로 다음 방법으로 추정하여 보았다.

연간 총어획고  $C_t$ 를 시계열로 보고 이것을 자료로 하여 최소 자승법에 의해서 장기 경향 곡선을 구한다.

Table 1. Annual Catches

(단위 噸)

Year	Annual Catch	Year	Annual Catch
1926	58,733	1947	18,480
1927	49,318	1948	8,479
1928	83,647	1949	18,226
1929	73,429	1950	6,228
1930	30,803	1951	19,183
1931	22,345	1952	18,688
1932	41,962	1953	11,408
1933	34,854	1954	15,818
1934	47,163	1955	15,669
1935	34,264	1956	28,803
1936	36,028	1957	30,687
1937	40,747	1958	37,684
1938	36,180	1959	36,796
1939	28,454	1960	37,310
1940	39,148	1961	39,656
1941	—	1962	46,955
1942	—	1963	32,391
1943	—	1964	35,592
1944	29,045	1965	56,761
1945	20,940	1966	66,349
1946	16,708	1967	78,538

$$at^4 + bt^3 + ct^2 + dt + e = C(t) \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{C_t}{C(t)} \times 10^3 = y_t \dots\dots\dots (2)$$

여기서  $C_t$ 는 경향치이며,  $a, b, c, d$  및  $e$ 는 상수이고  $t$ 는 년(年)을 나타낸다. 식(2)의  $y_t$ 를 정상 변동으로 보고 열 상 관계수

$$r_k = \frac{\frac{1}{N-k} \sum y_t \cdot y_{t+k}}{\frac{1}{N} \sum y_t^2} \dots\dots\dots (3)$$

를 구하여 Correlogram을 그려서 그 변동의 형(型)을 판정한다. 그 결과에 따라 주기 변동이면 Whittaker의 방법을 써서 다음식으로 주기 분석을 행한다.

$$a = \frac{(\bar{y}_t - \bar{y}_t)^2}{p} \dots\dots\dots (4)$$

여기서  $a^2$ 는 진폭,  $p$ 는 주기,  $\bar{y}_t$ 는  $y_t$ 의 평균이며  $\bar{y}_t$ 는  $\bar{y}_t$ 의 평균이다. 또, 식(4)의  $a^2$ 의 최대치에서 정수 주기( $p$ )를 추정하여 조화 분석을 행한다.

$$y'_t = A_0 + (A_i \cos m \frac{2\pi}{p} t + B_i \sin m \frac{2\pi}{p} t) \dots\dots (5)$$

$$C_c = y'_t \cdot C(t) \times 10^{-3} \dots\dots\dots (6)$$

여기서  $y'_t$ 는  $y_t$ 의 계산값이고,  $A_0, A_i$  및  $B_i$ 는 조화 상수이고,  $m$ 은 정정수(正整數)이다. 식(5)에 의해서  $y'_t$ 가 구해지면 식(2)에 의해서  $C_t$ 의 계산치  $C_c$ 는 식(6)에 따라 주어지므로 이것에 의해서 앞으로의 어획고를 예측하였다.

결 과

장기경향곡선의 상수  $a, b, c, d$  및  $e$ 는 다음과 같으며

별치의 장기 변동 분석

a = -0.14989  
 b = 16.11287  
 c = -458,71501  
 d = 2358.17023  
 e = 49431.36712

Table 2. Calculations of Trend  $c_t$  and Stationary Values  $y_t$

Year	$C_{(t)}$	$y_t$	Year	$C_t$	$y_t$
1926	51,346.78 ( $\frac{M}{T}$ )	1,143.84	1947	15,700.25 ( $\frac{M}{T}$ )	1,173.31
1927	52,439.35	940.47	1948	15,108.96	561.19
1928	52,800.34	1,584.21	1949	14,822.01	1,229.65
1929	52,517.45	1,398.18	1950	14,901.55	417.94
1930	51,674.77	596.09	1951	15,356.11	1,249.11
1931	50,352.77	443.76	1952	16,190.64	1,154.24
1932	48,628.35	862.91	1953	17,406.50	655.38
1933	46,574.80	748.34	1954	19,001.41	832.46
1934	44,261.80	1,065.54	1955	20,969.55	747.22
1935	41,755.53	820.58	1956	23,301.46	1,236.10
1936	39,118.41	920.99	1957	25,984.11	1,192.53
1937	39,409.36	1,119.13	1958	29,000.84	1,299.41
1938	33,683.71	1,074.10	1959	32,331.44	1,138.08
1939	30,700.77	926.81	1960	35,952.05	1,037.76
1940	28,385.79	1,379.14	1961	39,835.26	970.39
1941	26,271.47	—	1962	43,950.02	1,068.37
1942	23,257.87	—	1963	48,261.72	671.17
1943	21,524.04	—	1964	52,732.41	674.95
1944	19,624.84	1,478.99	1965	57,319.44	990.25
1945	18,029.32	1,161.44	1966	61,978.21	1,070.52
1946	16,730.15	998.67	1967	66,659.43	1,178.19

$C_{(t)}$ 와  $y_t$ 의 계산치는 Table 2와 같다.

Table 2의  $y_t$ 를 정상 변동으로 보고 이것에 의한 계열 상관 계수  $r_k$ 의 계산치는 Table 3과 같으며 그 Correlogram은 Fig. 1과 같다.

Fig. 1에서 변동은 주기적이라고 판단되므로 Whittaker방법으로 식 (4)에 의하여 진폭의 제곱을 계산하니 Table 4와 같으며 그 Periodogram은 Fig. 2와 같다.

Table 3. Serial Correlation Coefficients

$k$	$\frac{N}{N-k}$	$\sum y_t \cdot y_{t+k}$	$\frac{\sum y_t \cdot y_{t+k}}{\sum y_t^2}$	$r_k$	$k$	$\frac{N}{N-k}$	$\sum y_t \cdot y_{t+k}$	$\frac{\sum y_t \cdot y_{t+k}}{\sum y_t^2}$	$r_k$
0	1	2,914,388.41	1	1	8	1.3928	-395,730.23	-0.1357	-0.18910
1	1.0540	214,212.80	0.0735	0.07747	9	1.4444	-140,437.34	-0.0481	-0.06961
2	1.1142	77,943.80	0.0267	0.02979	10	1.5000	-397,497.56	-0.1363	-0.20450
3	1.1818	-410,470.65	-0.1408	-0.16640	11	1.5600	127,098.21	0.0436	0.06801
4	1.2187	-418,967.17	-0.1408	-0.17164	12	1.6250	69,278.07	0.0237	0.03861
5	1.2580	-31,330.41	-0.0107	-0.01352	13	1.6956	-211,363.84	-0.0725	-0.12291
6	1.3000	-540,786.53	-0.1855	-0.24120	14	1.7727	-99,112.35	-0.0340	-0.06025
7	1.3448	-112,550.80	-0.0386	-0.05190	15	1.8571	431,217.72	0.1479	0.27475

$k$	$\frac{N}{N-K}$	$\sum Y_t \cdot Y_{t+k}$	$\frac{\sum Y_t \cdot Y_{t+k}}{\sum Y_t^2}$	$r_k$	$k$	$\frac{N}{N-K}$	$\sum Y_t \cdot Y_{t+k}$	$\frac{\sum Y_t \cdot Y_{t+k}}{\sum Y_t^2}$	$r_k$
16	1.8571	311,964.48	0.1070	0.19878	29	3.0000	150,917.66	0.05178	0.15535
17	1.8571	247,674.23	0.0849	0.15782	30	3.2500	322,518.65	0.11066	0.35901
18	1.8571	351,451.45	0.1205	0.22395	31	3.5454	180,331.78	0.06184	0.21921
19	1.9500	-67,393.44	-0.0231	-0.04509	32	3.9000	221,970.15	0.07616	0.29700
20	2.0526	-77,896.81	-0.0267	-0.05484	33	4.3333	320,580.33	0.10999	0.47660
21	2.1666	-183,128.47	-0.0628	-0.13614	34	4.8750	1,997.77	0.00068	0.00335
22	2.2941	-37,800.14	-0.01297	-0.02975	35	5.5714	-387,151.88	-0.13284	-0.74015
23	2.4375	385,593.97	0.13230	0.32249	36	6.5000	-290,479.51	-0.09663	-0.64765
24	2.6000	-120,113.51	-0.06121	-0.10710	37	7.8000	-78,739.41	-0.02701	-0.21070
25	2.6000	-363,091.00	-0.12458	-0.32392	38	9.7500	60,771.22	0.02085	0.20330
26	2.6000	-465,761.27	-0.15981	-0.41550	39	13.0000	75,668.40	0.02596	0.33750
27	2.6000	-319,668.50	-0.10968	-0.28518	40	19.5000	-2,211.65	0.00075	0.14785
28	2.7857	92,002.17	0.03156	0.08793	41	39.0000	23,921.82	0.00820	0.31990

Table 4. Period Analysis by Whittaker's Method

$p$	$(\bar{y} - \bar{\bar{y}})^2$	$a^2$
20	753,257.51	37,662.875
21	801,356.82	38,159.848
22	894,137.71	51,878.390
23	1,193,203.17	40,642.621
24	1,080,995.69	45,641.487
25	1,236,111.18	51,504.632
26	1,200,175.71	50,090.654
27	1,269,720.21	52,905.008
28	1,653,397.33	66,135.893
29	1,740,157.60	66,929.138
30	1,880,444.33	69,646.085
31	1,856,371.33	66,298.990
32	1,909,986.90	65,861.615
33	1,915,541.47	63,851.382
34	1,886,997.90	60,870.905
35	1,747,428.83	54,607.150
36	1,826,622.71	55,352.201
37	2,173,650.97	63,930.915
38	2,450,794.61	70,022.705
39	2,653,260.43	73,701.675
40	2,869,468.46	77,553.201
41	2,884,210.39	75,900.273
42	2,914,388.41	74,725.343

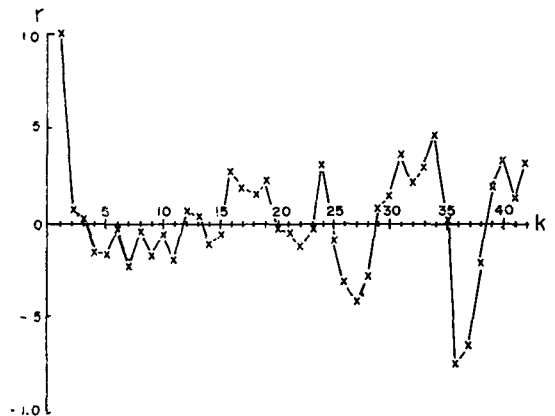


Fig. 1. Correlogram of the annual catches of anchovy, *Engraulis japonica*, in Korea, by the lag correlation method.

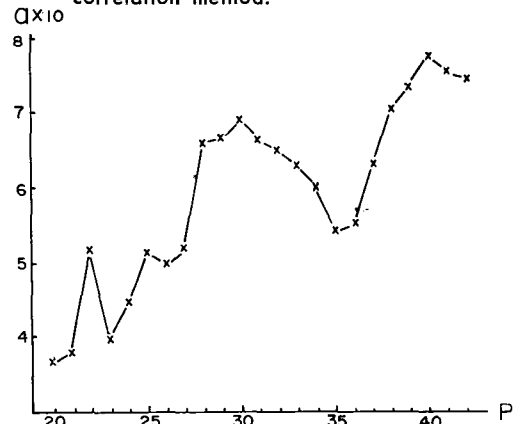


Fig. 2. Periodogram of the annual catches of anchovy, *Engraulis japonica* in Korea.

Table 5. Harmonics Analysis

Cosine		Harmonics		Sine		Harmonics	
A <sub>0</sub>	4.2001	A <sub>11</sub>	48.1160	B <sub>1</sub>	7.6411	B <sub>12</sub>	3.3816
A <sub>1</sub>	-30.9679	A <sub>12</sub>	59.1100	B <sub>2</sub>	-90.4847	B <sub>13</sub>	11.9118
A <sub>2</sub>	59.2444	A <sub>13</sub>	74.0140	B <sub>3</sub>	100.4972	B <sub>14</sub>	85.2202
A <sub>3</sub>	-30.1084	A <sub>14</sub>	-24.6126	B <sub>4</sub>	135.8567	B <sub>15</sub>	-2.1604
A <sub>4</sub>	-2.8966	A <sub>15</sub>	48.8300	B <sub>5</sub>	139.4979	B <sub>16</sub>	79.7280
A <sub>5</sub>	-63.7824	A <sub>16</sub>	-71.5888	B <sub>6</sub>	31.2425	B <sub>17</sub>	103.4409
A <sub>6</sub>	7.2866	A <sub>17</sub>	25.2005	B <sub>7</sub>	-30.4039	B <sub>18</sub>	-96.9226
A <sub>7</sub>	-144.1384	A <sub>18</sub>	49.0881	B <sub>8</sub>	-8.8756	B <sub>19</sub>	51.0460
A <sub>8</sub>	-44.1855	A <sub>19</sub>	-54.1455	B <sub>9</sub>	-11.3601		
A <sub>9</sub>	34.4514	A <sub>20</sub>	-35.1318	B <sub>10</sub>	-77.6225		
A <sub>10</sub>	72.6275			B <sub>11</sub>	79.3812		

확정 주기와 같은 것은 없다고 생각되나 조화분석에 알맞는 주기는 역시 주기 분석으로 추정되는 주기가 되어야 하므로 그 주기를 찾으면 Fig. 2에서 40년이다.

따라서 P를 40년으로 하여 조화분석한 결과의 조화 상수는 Table 5와 같으며 계산상으로 주어지는 예측치와 1941년부터 1943년까지의 보간치(補間值)는 Table 6과 같다. 이들 계산 어획고와 실어획고의 비교를 위하여 경향 변동 곡선과 함께 Graph를 Fig. 3에 보인다.

Table 6. Comparison of Calculated Annual Catches  $C_c$  with Observed Annual Catches  $C_t$  (Unit: %) (Unit: %)

Year	$C_t$	$C_c$	Year	$C_t$	$C_c$
1926	58,733	55,670.26	1950	6,228	8,106.75
1927	49,318	55,480.67	1951	19,183	19,514.86
1928	83,647	87,083.44	1952	18,683	19,217.26
1929	73,429	75,835.56	1953	11,408	11,005.20
1930	30,803	32,555.98	1954	15,818	16,104.77
1931	22,345	19,976.30	1955	15,669	15,161.55
1932	41,962	41,233.29	1956	28,803	28,916.57
1933	34,854	34,287.76	1957	30,687	31,497.60
1934	47,163	46,865.14	1958	37,684	37,171.15
1935	34,263	33,221.20	1959	36,796	37,204.66
1936	36,028	36,747.71	1960	37,310	36,166.93
1937	40,747	41,371.48	1961	39,656	39,002.98
1938	36,180	37,020.31	1962	46,955	48,035.42
1939	28,454	28,237.86	1963	32,391	30,873.84
1940	39,148	38,078.03	1964	35,592	33,513.22
1941	—	26,271.41	1965	56,761	57,045.85
1942	—	23,254.87	1966	66,349	68,430.92
1943	—	21,524.04	1967	78,538	70,525.47
1944	29,045	30,370.16	1968	—	117,612.19
1945	20,940	21,354.59	1969	—	109,564.31
1946	16,708	17,226.63	1970	—	50,586.40
1947	18,480	18,649.82	1971	—	33,524.48
1948	8,479	7,554.73	1972	—	74,986.44
1949	18,226	18,547.77	1973	—	67,775.94

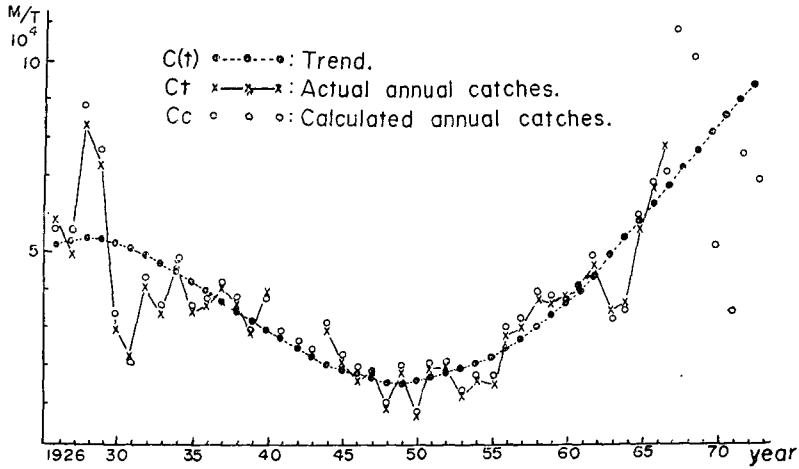


Fig.3. Comparison between calculated annual catches and actual annual catches.

### 고찰

장기 경향 곡선은 Fig. 3에서 외관상 포물선으로 보인다. 만일 포물선이면 어황은 앞으로 호조 일로 무한히 증대될 뿐이다. 이것은 사실상 모순을 내포하므로 호황과 불황 즉, 극대점과 극소점을 가진 변동으로 보며 이것을 4차식으로 근사시켰다. 이 점은 다소 무리하기는 하나 외삽법에 의한 예측치는, 극히 실측치가 주어진 범위에 가까운 부위(部位)이므로 큰 착오는 없을 듯하다. Fig.1의 Correlogram은 주기성으로 판정되나 Fig.3의  $y_t$ 의 변동을 보면 주기라는 것은 사실상 인정되지 않는다.

그러나  $y_t$ 의 변동 분석에는 주기가 필요하므로 Fig.2의 Periodogram에서 주기를 얻어 조화 분석을 행하였다. Fig.3에서 보이는 바와 같이 그 결과는 계산치와 실측치가 매우 잘 맞는다. 그런데 실측 자료로 보아 주기성은 인정되지 않으나 주기 변동으로 간주하여 분석한 것에는 상당한 무리가 생길 것이 예상되며 예컨대 100년 정도로 자료가 조금만 많았더라면 주기성도 실측치에 나타났을 것으로 생각되고 매우 정도(精度)가 높은 분석이 가능하였으리라 믿는다. 이와 같은 이유로 실측고와 계산고 사이의 대비를 일목 요연하게 볼 수 있는 Fig.3에서 짐작할 수 있는 바와 같이 1968년도의 실어획고와 예상 어획고를 비교하면 예측치가 실측치의 2배나 되는 교차를 볼 수 있다. 이 격차는 전술한 분석의 무리에서 오는 것으로 생각된다. 그러나 보간한 1941~1943년의 3년간의 추정치는 매우 잘 맞고 있는 Fig.3으로 미루어 보아 신뢰도도 매우 높다고 생각된다.

### 요약

1926년~1967년의 42년간의 연간 총어획고를 자료로 하여 Periodogram 분석 방법에 의한 어황 보간과 어황 예측을 한 결과 다음을 얻었다.

어황 보간(년총어획고)		어황 예측(년총어획고)	
1941년	26, 271. 43%	1968년	117, 612. 19%
1942년	23, 254. 87%	1969년	109, 564. 31%
1943년	21, 524. 04%	1970년	50, 588. 40%
		1971년	33, 524. 48%
		1972년	74, 986. 44%
		1973년	67, 765. 94%

## 문헌

- ① 岸根卓郎(1966) : 理論應用 統計學, 養賢堂, pp. 155—222.
- ② 農林部(1961a) : 漁獲統計表(1926—1960)農林部中央水產試驗場.
- ③ 農林部(1961b) : 水產統計年報, 農林部 水產局.
- ④ 農林部(1962) : 水產統計年報, 水產局 農林部.
- ⑤ 農林部(1963) : 水產統計年報, 農林部 水產局.
- ⑥ 農林部(1964) : 水產統計年報, 農林部 水產局.
- ⑦ 農林部(1965) : 水產統計年報, 農林部 水產局.
- ⑧ 農林部(1966) : 水產統計年報, 農林部 水產局.
- ⑨ 水產廳(1967) : 水產統計年報, 農林部 水產廳.