

# 한국 남해의 동물성 플랑크톤 생산량 추정

김 용 슌\*

## ESTIMATION OF ZOOPLANKTON PRODUCTION IN THE SOUTH SEA OF KOREA

Yong Sool KIM\*

The present paper deals with estimation of zooplankton production in the South Sea of Korea based on the plankton data of the Annual Report of Oceanographic Observations, Fisheries Research and Development Agency, Korea during the period of seven years from 1967 through 1973.

Net zooplankton biomass of the layer upper 150 meters is calculated with an average of 70.2 mg/m<sup>3</sup> and gross production in the region 59,800 km<sup>2</sup> are about 5.14~10.27×10<sup>6</sup> tons/year. Mean zooplankton productivity is estimated 86~172 tons/km<sup>2</sup>/year.

### 서 언

한국 주변 바다의 해양생산력 변동기구를 파악하고자 하는 노력의 일환으로, 동물성 플랑크톤의 격년변동 및 계절변동분석(김, 1971, 1976a, b)에 이어, 남해역의 동물성 플랑크톤 현존량 분포특성을 살피고 연간 총생산력을 추정하였다. 바다의 생물생산 규모를 추정할 때는 유기탄소량으로 표현하는 것이 바람직하지만, 우리나라 근해의 플랑크톤 생산량을 탄소량으로 관측된 것은 누적자료가 없으므로, 오차가 커지겠지만 동물성 플랑크톤 현존량 자료를 사용하여 추정한 것을 보고한다.

### 재료 및 방법

#### 1. 재 료

국립수산진흥원에서 발간한 해양조사년보 Vol.16~22(1967~1973)의 7개년간 동물 플랑크톤 현존량 조사 자료중에서 해양관측선 203~208선 및 314선에 대한 보고서와 국제함동조사 자료 14회 관측자료와, 한일어업공동조사 해양관측점중 5개(St. 12, 14, 16, 24, 26)

에 대한 13회 관측분을 추려 기산(起算)하였다. 취급한 대상해역은, 제주도 서단을 지나는 씨줄(經度線)과 제주도 부남곶(府南串)—Koto연도 남단을 연결하는 선 및 208선의 연장선으로 구획되는 남해구역에서 한국 연안의 도서내만과 일본 연안부분을 제외한 대마난류의 유로해역이다(Fig.1). 이 해역의 정확한 구분은 다음 각 점을 순차로 연결한 구역내에서 제주도과 대마도 및 수개의 작은 섬을 제외한 해면이 된다.

34°07'10"N	34°07'10"E	34°42'00"N
126°09'30"E	126°55'00"E	128°02'00"E
34°42'00"N	35°03'00"E	35°28'05"N
128°38'50"E	129°05'20"E	129°27'03"E
34°32'05"N	33°51'30"E	33°16'00"N
130°49'08"E	129°41'00"E	129°06'00"E
32°36'10"N	33°11'10"E	33°17'00"N
128°36'00"E	126°17'30"E	126°09'30"E

이 해역의 해면면적은 59,840km<sup>2</sup>이며, 150m 이치의 해수용적은 5,985km<sup>3</sup>이고, 평균 수심은 100m이다.

#### 2. 시 료

시료채집은 Norpac net로서 수심 150m에서 표면까지, 150m미만인 곳은 지층에서 표면까지, 1m/sec

\*통영수산전문학교, Tong-yeong Fisheries Technical Junior College

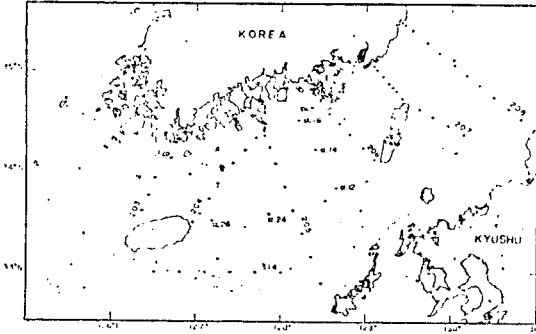


Fig. 1. Location of plankton sampling stations in the South Sea of Korea. Numbers (203—208, 314) indicate transect of oceanographic sampling.

속도로 수직인망하였는데, net의 mesh size가 0.33mm 이므로 시료의 대부분은 동물성 플랑크톤으로 볼수 있다. 채집된 시료는 대형 강장류, 피낭류, 갑각류물 제거하고 습중량(Wet weight)으로 계량되었다.

## 결과 및 고찰

### 1. 플랑크톤 현존량 분포

7년간의 플랑크톤 현존량 자료를 각 조사지점별로 평균치를 산출하여 10mg 계급으로 등밀도 분포곡선을 그리면 Fig. 2와 같다.

플랑크톤 현존량 분포의 특징은 한국 및 일본의 연안측은 100mg/m<sup>3</sup> 이상이고 중앙의 유로로 나갈수록 60mg/m<sup>3</sup>까지 차츰 분포량이 줄어지며, 제주해협과 대마도 서수도에서는 부분적으로 40mg/m<sup>3</sup>까지 적은 양을 나타내었다. 특히 한국 남해 중앙의 넓은 부분에서 동물의 위(胃) 모양으로 보이는 70~80mg/m<sup>3</sup> 대의 분포상이 주목되며, 난류유입구역이 되는 제주도 남동해역의 314선상 각 점이 60mg/m<sup>3</sup> 대에 속하는 것을 유념할 때, 이러한 분포를 유기(誘起)한 해양학적인 상관인자가 내제할 것으로 보인다.

이 해역에서는 한국 남해 연안을 따라 서향(西向)하는 남해 반류의 존재(이, 1972)가 발견되었으며, 해에 따라 양상은 조금씩 달리하지만 여름철에 발산성 와류가 발생하며, 그에 따라 표층까지 이르는 용승은 아닐지라도 표층하 50m까지 저층수가 용기되는 thermal dome 현상이 인지(Lim, 1976)된 점은 이러한 플랑크톤 현존량의 분포를 설명하는데 중요한 관련성을 가진

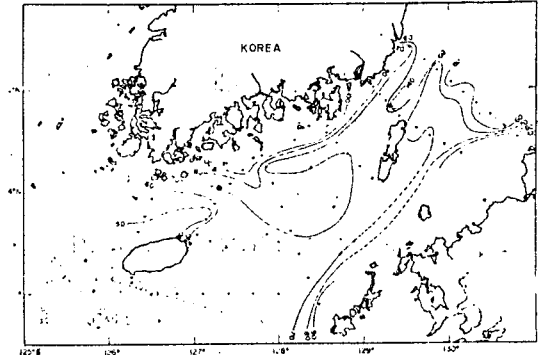


Fig. 2. Mean zooplankton biomass content in miligram per cubic meter.

것으로 보인다.

남해의 동물성 플랑크톤 평균 현존량은 70.2mg/m<sup>3</sup>이며, 150m 이천의 전세계 평균치 50mg/m<sup>3</sup> (Reid, 1962)에 비하여 1.4배이며, Kyushu 남방 Kuroshio 유로의 13mg/m<sup>3</sup> (Taniguchi, 1972)에 비하면 5.4배이고, 일본 남해의 100mg/m<sup>3</sup> (Bogorov, 1961)에는 0.7배이다.

### 2. 플랑크톤 현존총량 산출

플랑크톤 현존총량의 계산은 위의 등밀도 분포도 (Fig. 2)와 25m 수심 간격의 등심선 분포도(Fig. 3)를 겹쳐서 플랑크톤 밀도 계급별 해수용적을 산출하고, 다시 해수용적에 밀도 중앙값을 곱하여 플랑크톤 현존총량을 산출하였다(Table. 1).

결과, 남해구역 59,840 km<sup>2</sup>에 현존하는 전 동물성 플랑크톤의 총량은 419,600 ton이고, 단위 해면당 현존량은 7.01 ton/km<sup>2</sup>로 산출되었다.

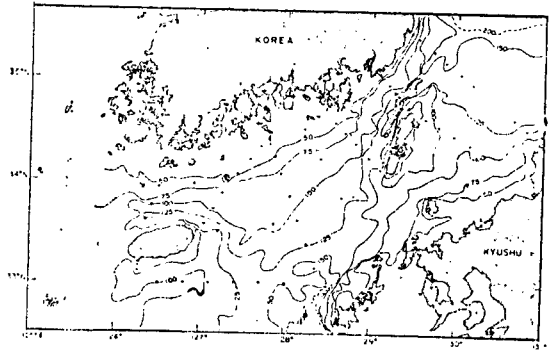


Fig. 3. Bathymetric chart of the region south sea of Korea. Contours are represented in meters.

Table 1. Calculation of zooplankton amount from mean biomass content and sea water bulk in the region south sea of Korea

Biomass(mean) (mg/m <sup>3</sup> )	Sea surface (km <sup>2</sup> )	Sea water bulk (km <sup>3</sup> )	zooplankton amount(M/T)
>100(100)	5,201.28	359.86	35,985.60
100—80(90)	5,489.28	491.10	44,198.79
80—70(75)	14,832.00	1,431.96	107,397.36
70—60(65)	27,066.24	2,978.24	193,585.40
60—50(55)	4,832.64	455.47	25,050.96
50>(50)	2,476.80	268.59	13,429.40
Total	59,840.64	5,985.22	419,647.51

3. 플랑크톤 현존량의 계절변동지수 산출

남해의 동물성 플랑크톤 현존량의 계절변동분석은 이미 결과가 나와 있지만(김, 1972), 과거의 조사에서 1월에 관측된 적은 없으므로, 누락된 1월분 현존량을 추정하기 위하여 자기상관계수(Autocorrelation coefficient)를 써서 계절변동주기를 구하고, 확정주기에 있어서의 대응값간에 성립되는 상관식을 최소자승법으로 구하여 1월에 대응하는 달의 현존량으로부터 계산해내는 방법을 사용하였다.

Fig. 4에서 2~12월의 실자료(實資料)에 의한 현존량 월변동을 살펴보면 년 2회의 순환변동을 하며, 변동주기는 길가늌으로 5~7개월쯤 되어 보인다. 주기를

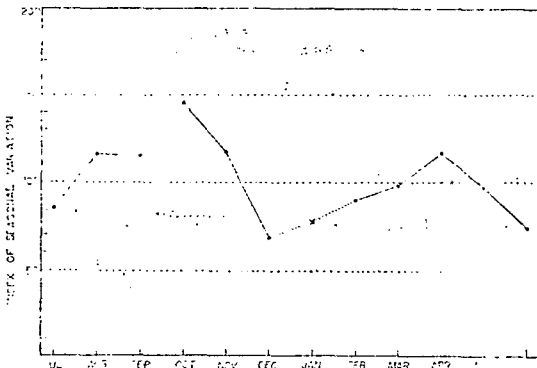


Fig. 4. Monthly fluctuations of the index of seasonal variation. In January, (x) indicates estimated value from Figure 5.

확정하기 위하여, 주기  $K=4\sim 8$ 개월간의 자기상관계수를 구하면,  $K=6$ 에서 최대값이 얻어진다(Table 2). 그에 따라 순환주기를 6개월로 잡고,  $x$ 축에  $i$ 월의 현을,  $y$ 축에  $(i+6)$ 월의 현존량을 plot한 좌표(Fig. 5)의 회귀직선은

$$y = 1.7120x - 49.8864$$

로 표현된다.  $y$ 의  $x$ 에 관한 회귀계수 1.7120의 95% 신뢰한계는 0.7692~2.6548이다. 따라서 미지의 1월치 현존량 추정값은 1+6월, 즉 7월의 현존량을  $y$ 값에 대

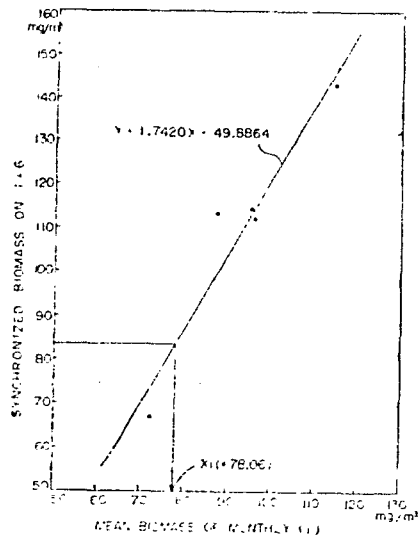


Fig. 5. Estimation of biomass in January. Related equation was calculated by the least squar method from monthly mean biomass( $i$ ) and synchronized biomass of 6-month period( $i+6$ ).

Table 2. Period analysis by autocorrelation coefficients( $r_k$ )

Trial period	4	5	6	7	8
$r_k$	-0.4955	0.0819	0.5416	0.0819	-0.4955

입하여 산출되는  $x$ 의 값으로 한다. 계산결과 얻은 값은  $78.06\text{mg}/\text{m}^3$ 이다(Fig.5). 이상으로 정리된 12개월 월별 평균 현존량으로부터 100에 대한 계절변동지수를 산출하면 Table.3과 같다.

Table 3. Index of seasonal variation.

Month	Biomass(mg/m <sup>3</sup> )	Index
Jan.	78.06	77.44
Feb.	87.68	89.64
Mar.	96.30	98.46
Apr.	114.71	117.28
May	95.53	97.67
June	72.55	74.17
July	83.76	85.64
Aug.	113.44	115.98
Sep.	112.21	114.72
Oct.	143.24	146.45
Nov.	114.53	117.08
Dec.	67.07	68.57

4. 월간 세대수 추정

동물성 플랑크톤이 1년에 단지 1세대를 바꾸는 것은 아니므로 연간 총생산량을 계산하기 위해서는 세대수의 추정이 필요하다. 그러나 실제 해중의 동물성 플랑크톤은 다양하게 여러 종류가 혼서하므로 그 추정이 간단하지는 않다. 남해의 동물성 플랑크톤 조성은 계절에 따라 다소 차이를 보이지만, *Copepoda*가 약 86%의 주조성을 이루고 있으므로(朴, 1973) *Copepoda*의 세대수자료를 살펴보면, 20°C에서 *Sinocalanus*가 약 25일, *Tigriopus*는 5~7일만에 세대를 교체하며(松平, 1957),

Table 5. Estimation of zooplankton production in metric ton.

The production was calculated by the formula,  $P_t = \sum_{i=1}^{12} (\text{Biomass amount}) \cdot \text{Si} \cdot \text{Gi}$

Month	Seasonal Index (Si)	Generation (Gi)	Production(P <sub>t</sub> )	
			Low	High
Jan.	79.45	0.5—1.0	166,704	333,409
Feb.	89.24	0.5—1.0	187,246	373,492
Mar.	98.01	0.5—1.0	205,648	411,296
Apr.	116.75	1 —2	489,937	979,875
May	97.23	1 —2	408,022	816,045
June	73.84	1 —2	309,867	619,734
July	85.25	1.5—3	536,623	1,073,247
Aug.	115.46	1.5—3	726,786	1,453,573
Oct.	145.79	1 —2	611,803	1,223,606
Nov.	116.56	1 —2	489,140	978,281
Dec.	68.26	1 —2	286,451	572,902
Total		12 —24	5,137,145	10,274,296

*Calanus cristatus*, *C. plumchrus*, *Eucalanus bungii bungii* 등은 5~10°C에서 1~2개월에 50%가 세대교체를 한다(Ikeda, 1973). 북해 중앙부에서 *Copepoda*의 대부분이 약 8~21주의 수명을 갖는다(Cushing, 1959). Shirota(1973)는 수서곤충의 사육성적에 관하여 IBP로부터 받은 연람문서에서, 열대해역에서는 온대해역보다 3~4배 세대회전이 빠르다고 한 견해에 따라 그의 온대해역 플랑크톤 세대조사 자료에서 추정하여, 남지나해에서의 동물성 플랑크톤 월간 세대수를 평균 2~5회, 연간 24~72회로 보았다. 한국 남해의 표면수온은 겨울철 12°C에서 여름철 27°C로 변하므로(한국해양편람, 1964), 저자는 저수온기에는 한대의 수온환경을, 고수온기에는 아열대 수온환경을 적용하여, Table.4와 같이 월별 세대수를 추정하였다.

Table 4. Estimation of seasonal generation period of *Copepod* groups in the South Sea of Korea

Season	Month	Estimated living period	Generations per month
Spring	Apr., May, Jun.	15—30days	1—2
Summer	Jul., Aug., Sep.	10—20	1.5—3
Autumn	Oct., Nov., Dec.	15—30	1—2
Winter	Jan., Feb., Mar.	30—60	0.5—1

5. 플랑크톤 연간 총생산량추정

플랑크톤 연간 총생산량  $P_t$ 는 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$P_t = \sum_{i=1}^{12} \frac{1}{100} P_B \cdot S_i \cdot G_i$$

$P_B$ , 동물성 플랑크톤 현존 총량

$S_i$ , 계절 변동 지수

$G_i$ , 월간 추정 세대수

계산결과는 Table 5에서 보는 바와 같이 남해의 동물성 플랑크톤 연간 총 생산량은 약 514만톤~1,027만톤이며, 해면면적에 대한 평균 생산량은 약 86~172 ton/km<sup>2</sup>/year이다. 이 값은 Kuroshio의 동물 플랑크톤 평균 생산력 100 ton/km<sup>2</sup> (Ryther, 1969)과 근사한 값이며 남지나해의 취송류에 의한 용승이 있는 해역의 약 1/2(Shirota, 1973)정도 된다.

Ryther(1969)는 연안구역에서 영양단계를 3단계로 보고, 각 단계간의 에너지 전환효율을 15%로 보았으며, Odum(1971)은 영양단계간 에너지 평균 효율을 10~20%로 보았다. 한국 남해역을 Ryther가 말한 연안구역으로 본다면 동물 플랑크톤부터 유용어족까지의 먹이 전환 단계를 2단계로 볼 수 있으며, 단계간 효율을 15%로 할 때, 효율계수는  $\frac{15}{100} \times \frac{15}{100} \approx \frac{1}{44.4}$  이 된다 이 계수를 사용하여 남해의 플랑크톤 연간 총 생산량에서 유용어족의 잠재 생산력을 계산하면 1.9~3.9 ton/km<sup>2</sup>/year이다.

## 요 약

1. 1967~1973년까지 7년간 한국 남해에서 국립수산진흥원이 조사한 동물성 플랑크톤 현존량 자료에서 동해역의 동물성 플랑크톤 연간 총 생산량을 추정하였다.
2. 남해역 59,800 km<sup>2</sup>에서 1년동안에 생산되는 동물성 플랑크톤 총량은 약 5.14×10<sup>6</sup>~10.27×10<sup>6</sup>ton으로 추정되며, 면적당 평균 생산력은 86~172 ton/km<sup>2</sup>/year이다.
3. 동해역에서의 영양단계간 에너지 전환효율 15%, 동물플랑크톤 부터 유용어족까지의 먹이 전환단계를 2로 볼 때, 남해역의 유용어족 잠재 생산력은 1.9~3.9 ton/km<sup>2</sup>/year로 추정된다.

## 문 헌

Bogorov, V. G. et al. (1961): Distribution of zooplankton biomass in the Central part of the Pacific Ocean. Trud. Vses. Hidrobiol. Obsch., 10, 208-228.

Cushing, D. H. (1959): The seasonal variation in Oceanic Production as a problem in population dynamics. Joun. Consei Exp. Mer., 24, 455-464.

Ikeda, T. (1973): Nutritional ecology of marine zooplankton. 博士論文, 北海道大學(水産學部), pp. 126.

김용술(1971): 한국 서해의 동물성 플랑크톤량의 경년변화에 관한 연구. 한수지, 4(3,4), 99-102.

\_\_\_\_\_ (1972): 한국 남해의 동물성 플랑크톤량의 경년변화에 관한 연구, 한수지, 5(4), 108-114.

\_\_\_\_\_ (1976a): 한국 동해의 동물성 플랑크톤량의 경년변동에 관한 연구. 한국해양학회지, 11(2), (인쇄중).

\_\_\_\_\_ (1976b): 한국 근해의 동물성 플랑크톤의 계절변동에 관한 연구. 통영수전연보, 12(인쇄중)

이창기(1974): 한국 남해역에 있어서의 해류병시 탐조사. 수전연보, 12, 7-26.

Lim, D. B. (1976): The movements of the waters off the South Coast of Korea. The Jour. Oceanol. Soc. Korea. 11(2), 77-88.

松平近義(1957): Copepoda(*Sinocalanus tenellus*)의培養とその觀察. 日本プランクトン研究連絡會報, 5, 1-6.

Odum, E. P. (1971): Fundamentals of Ecology (3rd edition). Saunders, p. 63-64.

朴周錫(1973): 韓國近海 動物性浮游生物의 主要群의 量的分布. 韓國海洋學會誌, 8(1), 33-45.

Reid, J. L. (1962): On circulation phosphate-phosphorus content and zooplankton values in the upper part of the Pacific Ocean. Limnol. Oceanogr., 7(3), 287-306.

Ryther, J. H. (1969): Photosynthesis and fish production in the sea. Science, 166, 72-77.

Shirota, A. (1973): Records of echo-sounder tracing as guid to locate and evaluate good fishing grounds. Ibid., SEAFDEC/SCS. 73, 5-17.

代田昭彦(1975): 水産餌料生理學, 生産の場と餌料生物. 恒星社厚生閣, p. 334-343.

Taniguchi, A. (1972): Geographical variation of primary production in the Western Pacific Ocean and adjacent seas with reference to the inter-relationships between various parameters of primary production. Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 19, 1-33.