

한국 남해의 동물성 플랑크톤량의 경년 변화에 관한 연구

金 龍 洙*

SECULAR VARIATION OF ZOOPLANKTON BIOMASS
IN THE SOUTH SEA OF KOREA

by

Yong Sool KIM*

The present paper deals with secular analysis of zooplankton biomass by statistical method in the south sea of Korea during the period of nine years from 1963 through 1971.

Data were taken from the Annual Report of Oceanographic Observations, Fisheries Research and Development Agency, Korea. The trend value of annual variations in the 108 month period above was calculated by method of 12 month moving average, and a period analysis was made by use of correlogram method using autocorrelation coefficients.

The trend of zooplankton biomass shows periodical fluctuation for the period of 63 months with high interrelationships. The seasonal variation has been obvious with growth phase twice a year, in April and October.

머 리 말

해양의 생물 자원에 대한 장년(長年)의 변동 추세를 통계적 입장에서 파악하는 것은 어획 예보의 초보적 단계에서 중요하게 취급되어 왔으나, 자원 생물의 영양의 근거를 이루는 플랑크톤 현존량의 경년 변화에 대한 연구는 대단히 적었고, 더우기 한국 근해에 대한 연구는 이루어 지지 못했다.

한국 근해의 해양의 생산력 변동 기구를 파악하고자 하는 노력의 시작으로 한국 서해 해역에 대한 동물성 플랑크톤의 경년 변화¹⁾를 살펴본 데 이어서 이 보고서에서는 한국 남해의 동물성 플랑크톤 현존량에 대한 계통적 변동을 취급하였으며, 추세 변동과 계절 변동의 특색에 대하여 보고한다.

재료 및 방법

자료는 국립수산진흥원에서 발간한 해양조사연보²⁾에서 뽑은 것이다.

분석 해역은 32°40'~35°30' N. Lat., 126°10'~131°00' E. Long.의 해역으로서, 완도—제주도 서단—고토오 열도를 연결하는 선과, 울진—미시마를 연결하는 선으로 구획되는 한국 남해 전역이며, 플랑크톤 채집 지점은 이 해역에 배열된 6개 해양 관측선상의 45개 조사 지점이다 (Fig. 1).

조사 기간은 1963~1971년의 9개년 동안이며, 총 70회의 조사 자료를 취급하였다. 플랑크톤 채집 기구는 망지 GG54를 쓴 Norpac net이며, 수심 50~0m까지 수직 채집하고 대형 강장류, 갑각류, 피낭류는 샘플에서 제거되었으며, 현존량은 습중량(mg/m³)으로 계량되었다.

* 통영수산고등전문학교, Tongyeong Fisheries Technical Junior College

한국 남해의 동물성 플랑크톤의 경년 변화

자료는 조사 시기별로 전해역에 대해 각 지점의 플랑크톤 현존량을 산술 평균(=y_t)하고 이것을 월차 계열(月次系列)로 취급하였다. y_t의 경향 곡선은 최소 자승법으로 산출하는 것이 가장 합리적이고 객관적인 방법이 되겠으나, y_t의 경과 도표에서 경향선이 어떤 종류의 곡선이라고 가정(假定)하기가 대단히 어려우며, 또 그것이 반드시 옳다고 보증할 수 없으므로, 최초의 최후의 각 6개월 자료에 대한 값을 산출할 수 없다는 단점이 있어도 적응성이 넓고, 경향선의 모양에 구애되지 않으며 계산이 비교적 간단한 이동 평균법으로 경향치 y_t를 계산하였다. 이동 평균 항수(項數)는 계절변동에 관한 분석의 경우를 감안하여 계절 주기인 12개월로 하여 12항 이동 평균을 산출하였다.

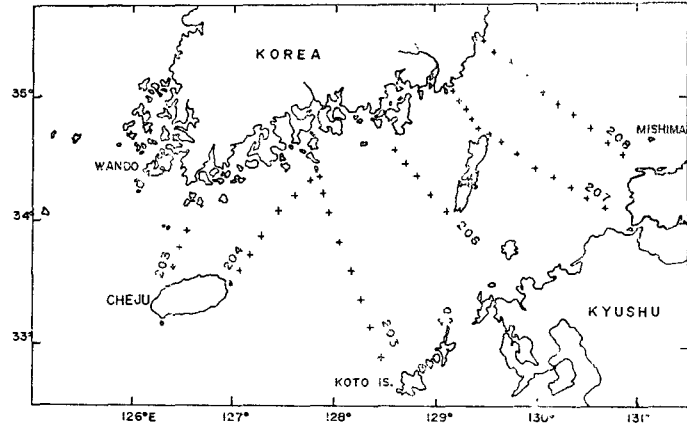


Fig. 1. Chart showing the sampling stations in the south sea of Korea, Numbers(203—208) indicate oceanographic lines.

주기 분석은 자기 상관 계수 r_k에 의한 correlogram을 쓰는 방법을 이용했다. 이것은 r_k의 최대치에 대응하는 k의 값을 주기로 정하는 방법이다. y_t가 연속 계열이 되지 못하므로 경향치 y_t를 써서 r_k를 계산한다. 시계열 y₁, y₂, ...를 주기 k에 대하여 (y₁, y_{1+k}), (y₂, y_{2+k})... (y_t, y_{t+k}), (y_{m-k}, y_m)로 짝을 만들고, x=[y_{1k}, y_{2k}...y_{m-k}]의 집합과 y=[y_{1+k}, y_{2+k}...y_n] 집합사이의 상관 계수 r_k를

$$r_k = \frac{\sum xy - (\sum x \sum y) / n}{\sqrt{[\sum x^2 - (\sum x)^2 / n] [\sum y^2 - (\sum y)^2 / n]}}$$

의 식에 의하여 산출한다.

계절 변동 분석은 y_t의 추세 제거치 Y_t를 다음식으로 구하고 Y_t를 동일 월별로

$$Y_t = 100 y_t / \bar{y}_t$$

모아서 월별 평균 \bar{Y}_i (i=1~12)를 계산하여 이 값에서 계절 변동 지수 S_i를 산출하였다. 식에서 \bar{Y}_i 는 \bar{y}_i 의 평균이다.

$$S_i = 100 Y_i / \bar{Y}$$

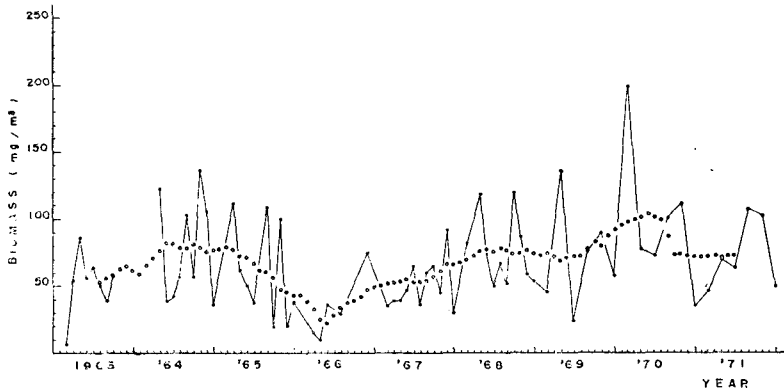


Fig. 2. Annual variations of zooplankton biomass in the south sea of Korea, 1963—1971; Dots and open circles indicate actual and trend values.

金 龍 沈

Table 1. Annual Zooplankton Biomass (mg/m³) and Calculations of Trend Values by Moving Average (M. A.)

year	month	biomass	12 point M. A.	24 point M. A.	trend value	
1963	1					
	2	5.9				
	3	54.7				
	4	86.1				
	5	55.7				
	6	64.4				
	7	50.7413.8		827.6	51.7
	8	39.1413.8		821.2	54.7
	9	56.7407.4		760.1	56.1
	10	352.7		741.8	61.8
	11	389.1		763.1	63.6
	12	374.0		725.4	60.5
1964	1		.....351.4	709.4	59.1
	2		.....358.0	780.2	65.0
	3		.....422.2	844.7	70.4
	4		.....422.5	981.8	75.5
	5	123.5	.....559.3	1,225.0	81.9
	6	39.6	.....665.7	1,368.0	80.5
	7	41.8	.....702.3	1,404.6	78.0
	8	57.3	.....702.3	1,404.6	78.0
	9	103.3	.....702.3	1,517.3	79.9
	10	57.0	.....815.0	1,568.4	78.4
	11	136.8	.....753.4	1,507.8	75.4
	12	106.4	.....764.4	1,524.5	76.2
1965	1	36.6	.....760.1	1,462.9	77.0
	2		.....702.8	1,411.3	78.4
	3		.....708.5	1,378.3	76.6
	4	112.7	.....670.3	1,303.6	72.4
	5	61.9	.....633.3	1,280.6	71.1
	6	50.6	.....647.3	1,195.6	66.4
	7	37.5	.....548.3	1,096.6	60.9
	8		.....548.3	1,096.6	60.9
	9	109.0	.....548.3	999.2	55.5
	10	18.8	.....450.9	848.9	47.1
	11	99.8	.....398.0	782.3	43.5
	12	20.4	.....384.3	731.1	43.0
1966	1	37.6	.....346.8	723.1	42.5
	2		.....376.2	643.4	37.8
	3		.....267.2	475.6	31.7
	4	15.3	.....208.4	317.0	24.4
	5	9.5	.....108.6	254.7	21.2
	6	36.4	.....146.1	311.8	28.3
	7		.....165.7	331.4	33.1
	8	29.4	.....165.7	366.6	36.6
	9		.....200.9	435.2	38.0
	10		.....234.3	508.4	42.4
	11		.....274.1	558.9	46.5
	12	75.1	.....284.8	634.4	48.8
1967	1		.....349.6	706.1	50.4
	2		.....356.5	773.4	51.6
	3	35.2	.....416.9	894.4	52.8
	4	48.7	.....481.5	1,008.1	53.1
	5	49.3	.....526.6	1,070.1	53.5
	6	47.1	.....543.5	1,117.6	53.2
	7	64.8	.....574.1	1,148.2	52.2
	8	36.3	.....574.1	1,195.5	54.3
	9	60.4	.....621.4	1,194.1	56.9
	10	64.6	.....572.7	1,215.4	60.8
	11	45.1	.....642.7	1,312.2	65.6
	12	92.0	.....669.5	1,324.8	66.2
1968	1	30.6	.....655.3	1,341.8	67.1
	2		.....686.5	1,374.9	68.7
	3	82.5	.....688.4	1,432.1	71.6
	4	119.3	.....743.7	1,529.0	76.4

<Tabl 1. Continued>

year	month	biomass	12 point M. A	24 point M. A	trend value
1969	5	73.9	.....752.3	1,537.6	76.9
	6	50.6	.....775.6	1,527.9	76.4
	7	67.5	.....775.6	1,551.2	77.6
	8	62.3	.....739.1	1,514.7	75.7
	9	119.9	.....739.1	1,478.2	73.9
	10	86.7	.....756.5	1,495.6	74.8
	11	59.0	.....682.6	1,439.1	75.7
	12	53.9	.....656.1	1,338.7	74.3
	1		.....588.6	1,244.7	73.2
	2	46.0	.....603.0	1,191.6	74.4
	3		.....483.1	1,086.1	72.4
	4	136.7	.....486.5	969.6	69.2
1970	5		.....427.5	914.0	70.3
	6	24.1	.....432.0	859.5	71.6
	7		.....432.0	864.0	72.0
	8	76.7	.....586.0	1,018.0	84.8
	9		.....586.0	1,172.0	97.6
	10	90.1	.....527.5	1,113.5	92.8
	11		.....527.5	1,055.0	88.0
	12	58.4	.....576.2	1,103.7	92.0
	1		.....576.2	1,152.4	96.0
	2	200.0	.....600.1	1,176.3	98.0
	3		.....600.1	1,200.2	100.0
	4	78.2	.....621.7	1,221.8	101.8
1971	5		.....621.7	1,243.4	103.6
	6	72.8	.....599.0	1,220.7	101.7
	7		.....599.0	1,198.0	99.8
	8	100.6	.....599.0	1,045.2	87.1
	9		.....446.2	892.4	74.3
	10	111.7	.....446.2	884.5	73.7
	11		.....438.3	876.6	73.0
	12	35.7	.....438.3	868.2	72.3
	1		.....429.9	859.8	71.6
	2	47.2	.....429.9	867.5	72.3
	3		.....437.6	875.2	72.9
	4	70.3	.....437.6	866.6	72.2
5		.....429.0	858.0	71.5	
6	64.4	.....429.0	872.1	72.7	
7		.....443.1			
8					
9	108.3				
10	103.1				
11					
12	49.8				

결 과

12개월 이동 평균법에 의한 동물성 플랑크톤 현존량의 경향치는 Table 1과 같다. 이것의 경과 도표는 Fig. 2와 같다. 경향치 변동은 1964년 말에서 하나의 Mode를 만들고 1966년 5월에 최소치가 되었다가 1969년에 다시 다른 또 하나의 Mode를 만든다. 즉, 동물성 플랑크톤 현존량은 계절간의 변동의에 여러 해를 두고 대단위의 변동을 하고 있다.

다음, 주기 계산을 위하여 Fig. 2에서 경향치의 Mode 간격을 길가량 하면, 5년 정도 되므로 $k=31\sim70$ 으로 잡고, r_k 를 계산하면 Table 2와 같다. r_k 의 최대값은 Fig. 3의 correlogram에서 보는 바와 같이 k 값이 63일 때 그 때의 r_k 의 값은 0.85로서 대단히 높은 값이다. 남해에서 경향치로 본 동물성 플랑크톤 현존량의 장년(長年) 변동은 주기성이 강하며 그 주기는 63개월로 볼 수 있다.

Table 2. Period Analysis by Autocorrelation Coefficients

k	r_k	k	r_k	k	r_k
31	-0.2592	46	-0.6132	61	0.6210
32	-0.2824	47	-0.5620	62	0.6326
33	-0.2767	48	-0.5396	*63	0.8535
34	-0.2634	49	-0.4929	64	0.7721
35	-0.3239	50	-0.4413	65	0.7070
36	-0.3538	51	-0.3319	66	0.7250
37	-0.3561	52	-0.1746	67	0.6664
38	-0.4655	53	-0.0809	68	0.5009
39	-0.2950	54	-0.1094	69	0.3951
40	-0.3958	55	0.1592	70	0.4017
41	-0.5116	56	0.2111		
42	-0.5240	57	0.3722		
43	-0.4348	58	0.4453		
44	-0.5825	59	0.5517		
45	-0.5029	60	0.6110		

계절 변동은 Fig. 2의 플랑크톤 현존량 경과 도표에서 볼 때, 각 년은 대체로 두 개의 peak를 가지고 있다. 전체 자료를 추세 제거치로 고쳐서 계절 변동 지수를 계산한 결과는 Table 3과 같고, 이를 plot하면 Fig. 4와 같다. 남해에서 동물성 플랑크톤은 양적으로 뚜렷한 계절 변동을 하며, 봄철의 4월과 가을철의 10월에 극대기가 된다. 봄철보다는 가을철의 현존량이 더 많은 경향이며, 봄철의 증대 감소 모양이 거의 정규형인 데 비해 가을철은 증대기가 길고 감소 경사가 급하여 대체로 대수 정규형을 이룬다.

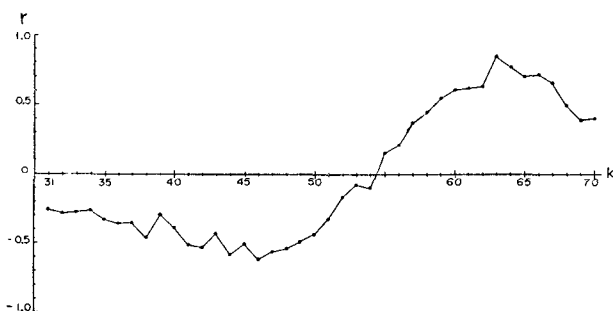


Fig. 3. Correlogram of the annual zooplankton biomass in the south sea of Korea, by the autocorrelation coefficient.

고 찰

한국 남해에서 플랑크톤의 현존량은 63개월을 일주기로 하여 주기 변동을 하고 있으나, 한국 서해에 대해서 필자 (1971)³⁾가 분석한 동물성 플랑크톤량의 연장기변화는 포물선적이었다. 그러나, 고찰에서 이미 논한 것 처럼 플랑크톤량의 포물선적 증가는 실제로 모순을 내포하고 있으며 서해의 변동은 분석에 사용된 기간이 1963~1969년이므로 1970년 이후의 자료가 누적된다면 서해에서도 남해와 유사한 주기성이 나타날 것으로 기대된다. 이러한 기대는 플랑크톤량의 최소점이 서해에서는 1965년 10월로 계산되었고, 남해에서는 1966년 5월로 추정되었는데, 이 두 기간은 하나의 겨울철을 사이에 둔 매우 근접한 시기로 볼 수 있는 것에 근거를 둘 수 있다. 그러나, 남해에서 앞으로도 계속하여 플랑크톤의 변동 주기가 63개월로 지켜

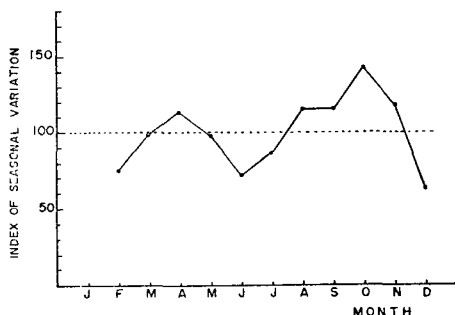


Fig. 4. Monthly change of the index of seasonal variation.

한국 남해의 동물성 플랑크톤의 경년 변화

Table 3. Calculations of Index Seasonal Variations (S_i) by Removing Values of Trend

year month	1963	1964	1965	1966	1967	1968
Jan.						
Feb.					43.13	120.09
Mar.			147.12	48.26	92.23	
Apr.		163.57	85.59	39.02	92.84	156.15
May		48.50	71.16	171.70	88.04	96.09
June		51.92	56.45		121.80	66.23
July	98.06	73.46		88.82	69.54	87.01
Aug.	71.48	132.43	178.98		111.23	82.30
Sep.	101.07	71.34			113.53	160.90
Oct.		174.49	211.89		75.82	115.90
Nov.		141.11	46.90	161.50	140.24	79.26
Dec.		48.03	87.40		46.58	72.54
Jan.						
Feb.	61.82		66.19	291.73	72.93	75.43
Mar.				287.61	95.87	99.16
Apr.	197.54	76.81	67.36	878.88	109.86	**113.63
May				475.49	95.10	98.37
June	33.66	71.58	88.58	490.22	70.03	72.43
July				416.89	83.38	86.24
Aug.	90.44	115.50		782.36	111.76	115.59
Sep.				446.84	111.71	115.54
Oct.	97.09	151.56		826.75	137.79	**142.52
Nov.				569.01	113.80	117.70
Dec.	63.48	49.37		367.40	61.23	63.33
				ΣY_i	1,063.46	
				Y_i	96.68	

질 것인지에 대해서는 회의적이다. 이것을 자료수가 아직 부족하여 변동 Model을 확정할 수 없고 플랑크톤량의 주기 변동을 일으키는 원인이 밝혀지지 못한 때문이다.

계절 변동은 서해에서 대체로 년 1회의 극대기를 보인 것에 비해 남해에서는 봄, 가을 극대기가 뚜렷하게 나타나고 있다. 최(1969)¹¹⁾는 한국 근해에서 식물성 플랑크톤의 계절별 양적 변동은 서해에서는 7.8월에 가장 빈약하고 남해에서는 7.8월에 가장 풍부하다고 보고했는데, 이것은 영양의 천이에 따른 시차를 고려한다면 서로 관련성을 갖는다. 즉, 남해에서 동물성 플랑크톤 최소 시기에 식물성 플랑크톤량은 최대치가 나타남을 말하는 결과가 되는데, 이것은 동물성 플랑크톤의 가을철 증식을 위한 에너지가 되는 것으로 고찰되며, 서해의 경우는 그 반대 현상이므로 남해와 같은 봄, 가을 2회의 극대기는 잘 나타나지 않는 것으로 보아진다.

요 약

한국 남해의 동물성 플랑크톤 현존량은 1963~1971년간의 자료로 분석한 결과 63개월을 일주기로 주기 변동을 하고 있으며, 그 주기성은 자기 상관 계수 $r_k=0.86$ 으로 강한 편이다.

계절 순환 변동은 4월과 10월을 극대기로 하는 쌍봉성 변동을 하며, 그 경향은 대단히 뚜렷한데, 이것은 이 해역에 있어서 식물성 플랑크톤의 양적 소장과 중요한 관련성을 가지는 것으로 고찰된다.

金 龍 沅

문 헌

- 1) 崔 杓(1969): 韓國海域의 植物플랑크톤의 研究Ⅳ. 동해, 남해 및 서해해역의 식물플랑크톤. 韓海學誌 4(2): 49~67.
- 2) 국립수산진흥원(1963~71): 海洋調査年報. Vol. 12~20.
- 3) 金龍沅(1971): 한국 서해의 동물성 플랑크톤량의 경년변화에 관한 연구. 韓水誌 4(3,4): 99~102.