

海洋生態學的 특성에 따른 피조개稚貝의 大量斃死

全永烈 · 羅琪煥 · 崔禹政
國立水產振興院 統營水產研究所

Mass Mortality of Arkshell, *Anadara broughtonii* SCHRENCK Seedlings with Marine Ecological Characteristics

Young-Yull CHUN · Gui-Hwan NA and Woo-Jeung CHOI
Tong Young Fisheries Research Laboratory of National Fisheries Research
and Development Agency., Tong Young 651-940, Korea

Both long period of summer drought and unusual high water temperature in 1988 caused the harmful effect to the aquacultural organisms in south coast of Korea. One of those was the mass mortality of arkshell seedlings in Jinhae Bay. The purpose of this study was to verify the effects of environmental factors on arkshell seedlings by investigating not only water quality and food organisms in culturing grounds, but also meteorological conditions.

Water temperature in November was higher at 2.0°C than mean water temperature and the concentration of total inorganic nitrogen and N/P ratio were 0.38µg-at/l, 0.98, respectively which indicated the exhaustion of nutrients, especially nitrogen in the study area.

In analysis of phytoplankton population structure, species diversity index(\bar{H}), equitability index(e), species richness index(d_1) were low, but dominance index(δ_2) was high at the value of 98.4 and dominant species was *Nitzschia pungens*.

In conclusion, it seems that mass-mortality of arkshell seedlings in November was resulted from the metabolism disorder with poor food organism under the unstable marine environment.

緒 論

피조개(*Anadara broughtonii*)는 우리나라에 있어서는 東海岸 남부에서 南海岸 및 西海岸의 內灣이나 內海에 분포하고 있는 조개류이다. 또한, 본종은 자연 채묘 및 양식기술의 확립으로 1988년 현재 58,000여톤을 생산, 성패 또는 가공후에 수출되는 기업화된 양식품종의 하나로 주로 固城, 紫蘭灣, 晉州灣, 駕莫灣, 得糧灣 등에서 양식이 성행하고 있다. 이들 해역의 양식에 필요한 稚貝는 대부분 鎮海灣, 塘洞, 加助島 海域에서 자연 채묘된 채패가 공급되고 있어 이 해역의 稚貝 생산량이 우리나라 피조개양식의 勝敗를 좌우하고 있다.

鎮海灣 해역의 피조개 자연채묘는 수온이 20°C 이상 되는 7~8월에 魚網 등의 부착기를 사용, 채묘를 하여 10월부터 다음해 4월까지 保護網에 씌워 中間育成을 한후 5, 6월에 양식장에 살포한다(柳; 1979). 따라서 이 기간에 初期成長을 좌우하는 수온 등 해양의 物理化學的 요인 및 먹이 생물의 生物學的인 조건과 특히 내만해역에 있어서 이들의 物質循環을 좌우하는 가뭄, 강우, 태풍과 汚染 등의 영향에 따른 海況變動이 그 성과를 좌우한다(卞等; 1979).

본 研究는 1988년 11월초 鎮海灣內 加助島 주변 해역에서 피조개 치패가 대량 탈락하여 폐사하는 현상에 대한 原因 糾明 조사로 여러 因子들을 海洋

生態學的으로 分析한 결과를 보고하고자 한다.

材料 및 方法

피조개 稚貝가 대량 脱落하여 소실이 일어난 가조도 부근 해역에서 1988년 10월부터 1989년 1월 까지 4개의 定點을 정하여 環境調査와 함께 먹이 생물 조사를 매월 1회 실시하였으며, 동일 시기에 영양염 등 物理化學的 因子가 안정된 곳으로 판단된 섬진강과 남강의 영향권내에 있는 靑州灣과 충무시의 北灣해역을 선정하여 비교 검토하였다(Fig. 1).

물리화학적 인자중 영양염은 Strickland and Parsons(1972)법으로, 용존산소는 Winkler법을 개량한

中井의 分析法(1933)으로 측정하였고, 植物性 plankton의 定量試料는 簡易채수기로 試水 1l를 채수하여 5% Lugol액으로 고정후 실험실로 옮겨 침전법에 의해 일정액으로 濃縮하여 시료로 사용하였으며, 검정에 의한 同定 및 細胞數 계수는 濃縮한 시료를 균일하게 한 후 micro pipette로 0.1ml를 취하여 Sedgwick-Rafter counter chamber에서 현미경으로 동정, 계수하여 原試水내의 密度로 換算하였다. 분류동정은 Parke and Dixon(1976)법에 의거하였고 植物性 plankton 群集構造 分析은 Table 1과 같은 指數를 사용하였다. 치패의 生殘率은 현장 조사시 採苗網 30×30cm당 附着率에 의거 조사하였고 降雨量은 충무, 고성측후소 자료를 이용하였다.

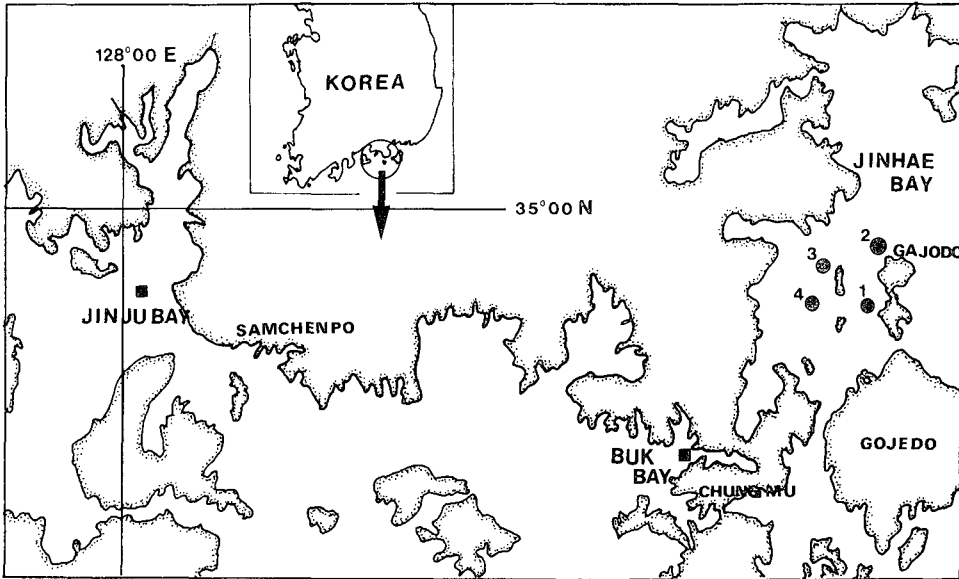


Fig. 1. A map showing study area (○) and comparison area (■).

Table 1. Analysis index of phytoplankton community structure

Index	Equation	Source	Remark
Dominance index (δ_2)	$\frac{n1+n2}{N} \times 100$	Hulburt; 1963, McNaughton; 1968	N=Total abundance for all species
Species richness (d_1)	$\frac{S-1}{\log_e N}$	Margalef; 1958	S=Number of species in sample
Species diversity index(\bar{H})	$-\sum_{i=1}^n \left(\frac{n_i}{N}\right) \cdot \log_2\left(\frac{n_i}{N}\right)$	Shannon and weaver; 1963	n_i =Number of i species in sample
Equitability index(e)	$\frac{\bar{H}}{\log_e S}$	Pielou; 1966	

結 果

1. 피조개稚貝의 대량脱落 및 異常個體 現象

동 조사해역의 피조개 치패의脱落狀況은 Table 2와 같다. 채묘당시인 9, 10월중에는 30×30cm의採苗網에 225~250미의 치패가 부착하였으나 11월 초순 대량 탈락시에는 이중 92~93%가 탈락하여 7%정도가 生殘해 있었으며, 12월에는 5~6%가 生殘하여 탈락율이 감소하였고 翌年 1월 중에는 더 이상 탈락이 없었다. 또한, 치패의 대량 탈락시기에는 일부 살아있는 개체에서 貝殼의 綠邊部가 고르지 못하거나 뒤틀림등의 異常個體가 발견되기도 했다 (Fig. 2).

Table 2. Survival ratio(S. R) of the arkshells during the seedlings in 1988 and 1989

		1988			1989
Area		Sep. and Oct.	Nov.	Dec.	Jan.
Goje	N	250	19	18	18
	S. R (%)	100	7.6	5.3	5.3
Gosong	N	225	16	15	15
	S. R (%)	100	7.1	6.3	6.3

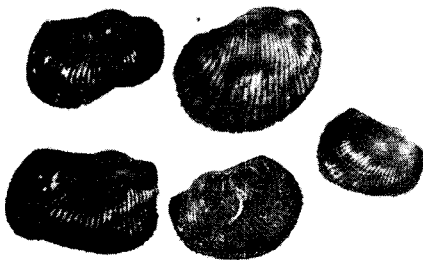


Fig. 2. Unusual individuals appeared in the study area.

2. 物理化學的 環境의 特性

조사해역의 물리화학적 인자의 변동을 보면(Fig. 3) 채묘당시인 10월의 수온은 21.7℃였으나 대량 탈락시인 11월에는 18.2℃였다. 수소이온 농도(pH)는 10월에 8.26에서 11월에 7.93으로 감소하였다가 12월에 8.21로 증가하였으나 그 차는 적었다. 영양

염류중 磷酸磷($PO_4^{3-}-P$)은 0.33~0.45 $\mu g-at/l$ 의 농도로 월별 큰 변동없이 安定된 상태였으며, 總無機窒素(TIN)는 탈락 이전인 10월 중에는 12.61 $\mu g-at/l$ 의 농도였으나 대량 탈락시인 11월에는 0.38 $\mu g-at/l$ 로 최소치를 나타냈으며 다시 12월에는 3.86 $\mu g-at/l$ 로 증가하는 경향을 나타내고 있었다. 窒素, 磷의 비율(N/P)도 10월에는 28.0에서 11월에는 0.98로 최소치를 보이다가 12월, 익년 1월에는 증가하는 경향을 보이고 있었다.

3. 植物性 plankton의 生態學的 特性

가. 植物性 plankton의 組成과 現存量

식물성 plankton의 조성을 보면(Table 3) 조사기간중 총 49종이 出現하였으며 이중 硅藻類가 35

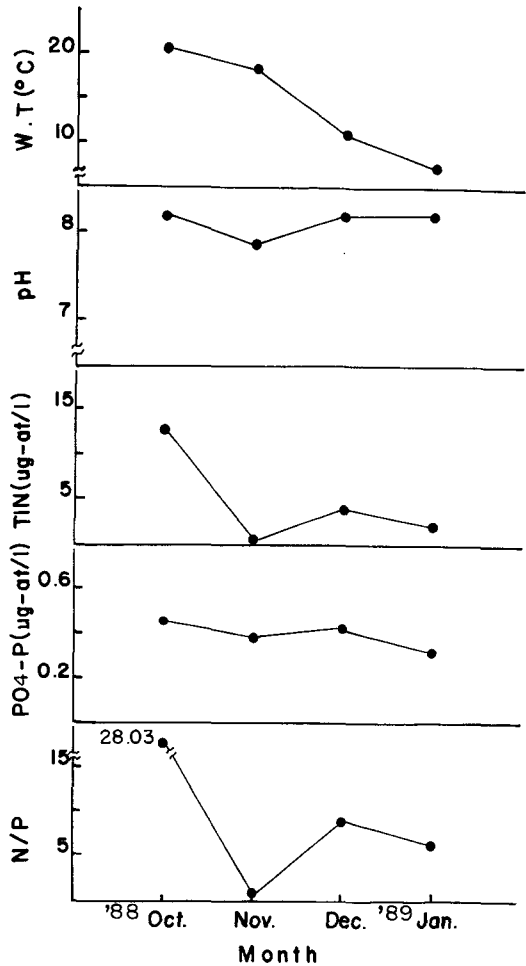


Fig. 3. Monthly changes of physico-chemical parameters of Gajo area (mean value) from October 1988 to January 1989.

Table 3. Monthly phytoplankton standing crops (cells/ml) in the study area

Species	Month				Total
	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	
<i>Amphipora gigantea</i>			1		1
<i>Chaetoceros danicum</i>	21			165	186
<i>Ch. affine</i>	180		25	107	312
<i>Ch. curvisetum</i>			65	13	78
<i>Ch. didymum</i>	18		5	8	31
<i>Ch. pendulum</i>				4	4
<i>Ch. subsecundum</i>			15		15
<i>Ch. paradoxum</i>			2		2
<i>Ch. social</i>	22	20			42
<i>Cocconeis pediculus</i>			1		1
Coc. sp.				1	1
<i>Cylindrotheca closterium</i>	1				1
<i>Diploneis fusca</i>			1		1
<i>Eucampia zodiacus</i>				7	7
<i>Gyrosigma fascicola</i>			1		1
<i>Lauderia annulata</i>	2				2
<i>Leptocylindrus minimus</i>				3	3
<i>Lep. danicus</i>		4			4
<i>Licmophora abbreviata</i>	43			2	45
<i>Nitzschia pungens</i>	3	2,665	1	25	2,694
<i>Nit. longissima</i>	1			1	2
<i>Nit. sigma</i>				1	1
<i>Nit. delicatissima</i>			1		1
<i>Nit. sp.</i>			1		1
<i>Navicula membrancea</i>			1		1
<i>Na. sp.</i>				2	2
<i>Pleurosigma pelagicum</i>			1		1
<i>Rhizosolenia delicatula</i>			1	10	11
<i>Rh. hebetata</i>				8	8
<i>Rh. setigera</i>		27	1		28
<i>Rh. sp.</i>	2	6			8
<i>Skeletonema costatum</i>	166	8		53	227
<i>Synedra acus</i>				1	1
<i>Thalassiosira hyalina</i>	2		2	7	11
<i>Thalassionema nitzschioides</i>		5	1		6
<i>Trichodesmium thiebautii</i>			1		1
<i>Ceratium sp.</i>		3			3
<i>Distephanus speculum</i>				1	1
<i>Dissodinium pseudolunula</i>				4	4
<i>Dictyocha fibula</i>			1		1
<i>Eutreptiella sp.</i>				5	5
<i>Eut. viridis</i>			2		2
<i>Euglena sp.</i>				1	1
<i>Gymnodinium splendens</i>		2	41	57	100
<i>Gyrodinium falcatum</i>			1		1
<i>Katodinium glaucum</i>			1	26	27
<i>Mesodinium rubrum</i>		8	3	4	15
<i>Prorosentrum triestinum</i>	1				1
<i>Protoperdinium bipes</i>	2			2	4
Total standing crops	464	2,748	176	518	3,906
Number of species	14	10	25	26	49

중, 藍藻類가 1종, 鞭藻類 및 纖毛蟲類가 13종이었다. 월별 出現種 및 現存量을 보면 10월에는 14종이 出現하여 現存量이 평균 464 cells/ml였으나 11월에는 10종이 出現하여 種류는 감소하였으나 現存量은 평균 2,748 cells/ml로 증가하였다. 다시 12월에는 25종이 出現하여 種류는 전월에 비해 증가하였으나 現存量은 평균 176cells/ml로 감소하였으며 이때에는 조사 지점간 現存量의 차이도 크게 나타나고 있었다. 그러나 익년 1월에는 26종이 出現하여 現存量은 평균 518 cells/ml였다.

나. 植物性 plankton의 群集構造 變化

植物性 plankton의 優點度 指數의 월변화를 보면 (Fig. 4) 10월에는 74였으나 稚貝가 대량으로 탈락하는 시기인 11월에는 98을 나타내어 최대치를 보였으며 탈락이 감소하였던 12월에는 다시 71, 翌年 1월에는 62로 나타나 점차 감소하였다. 優點度 指

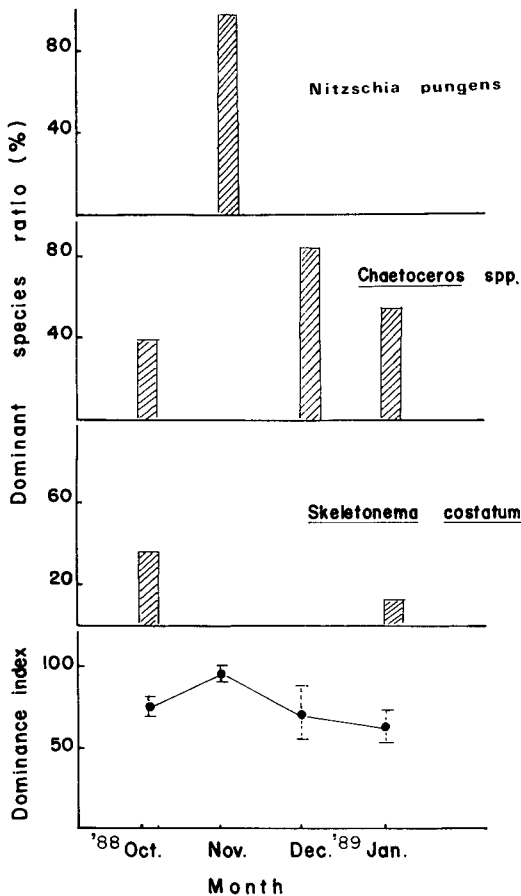


Fig. 4. Monthly succession of dominant species ratio and dominance index from October 1988 to January 1989.

數가 낮은 10월, 12월, 1월중의 優點種은 *Chaetoceros* spp.와 *Skeletonema costatum*이었으나 優點度가 최대치를 보였던 11월의 優點種은 *Nitzschia pungens*이었다. 따라서 본 조사해역에서는 11월을 基點으로 植物性 plankton의 群集變化가 심하게 일어나고 있었고 이때의 優點種은 *Nitzschia pungens*가 特徵적으로 나타나고 있었다.

다. 植物性 plankton의 群集構造에 의한 安定性 分析

본 조사 해역의 식물성 plankton의 群集構造를 種의 豐富性指數(d_1), 均等性指數(e), 多樣性指數(H') 등으로 분석한 월별 경향을 보면 (Fig. 5) 種의 豐富性은 10월에 2.1이었으나 11월에는 0.32로 급

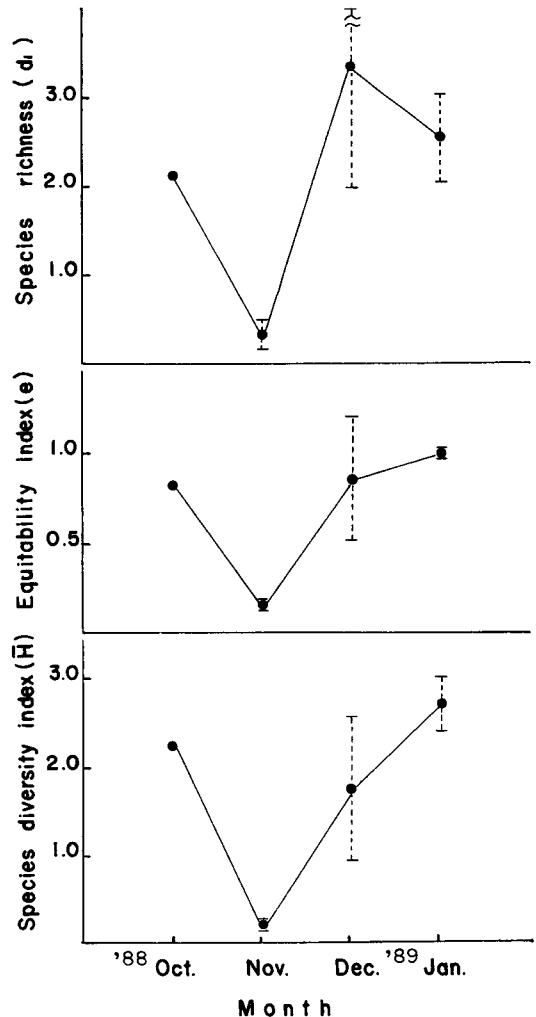


Fig. 5. Monthly change of species richness(d_1), equitability index(e), species diversity index(H') from October 1988 to January 1989.

격히 감소하여 최소치를 나타냈고 이때의地點別,水層別 偏差는 적었으나 12월에는 3.4, 1월에는 2.5로 증가하였으며 偏差도 크게 나타나고 있었다. 均等性指數 변화도 같은 경향을 보이고 있었으며, 種의多樣性指數(\bar{H})의 변화도 10월에는 2.20이었으나 11월에는 0.19로 최소치를 보였으며 또한 그 偏差도 적었으나 12월에는 1.75, 익년 1월에는 2.7로 증가하였고 지점간, 수층간 편차도 크게 나타나고 있어 群集의 構造變化가 이루어지고 있음을 알 수가 있었다.

어떤 生態系의 安定度는 生物群集의 構造中 種의多樣性指數와 직접 영향이 있어 이때 物理化學的으로 壓力을 받은 곳은 種多樣性指數가 낮고, 生物學的으로 支配된 곳은 높아진다(Wilhm and Doriss, 1968; H. T. Odum, 1971). 따라서 본 조사 해역에서의 種多樣性指數로 볼때 11월을 基點으로하여 그 이전에 物理化學的으로 壓力을 받은 不安定된 生態系였던 것으로 보아진다. 그리고 본 조사 해역에서 조사 기간중 種의 優點度指數(δ_2)와 多樣性指數(\bar{H})의 관계는 種多樣性指數 1.5, 優點度指數 80에서 두 그룹으로 나누어지는 陰(-)의 相關性을 나타내고 있었으며(Fig. 6), 優點度指數 80이하 즉 環境이 安定된 때는 相關係數($n=13$)가 -0.670이었고, 또 優點度指數가 80이상 즉 不安定시기에는 相關係數($n=11$)가 -0.656이었다.

4. 對照區와의 生態學의 特性比較

본 조사 해역에서 피조개 치패의 대량 탈락기에

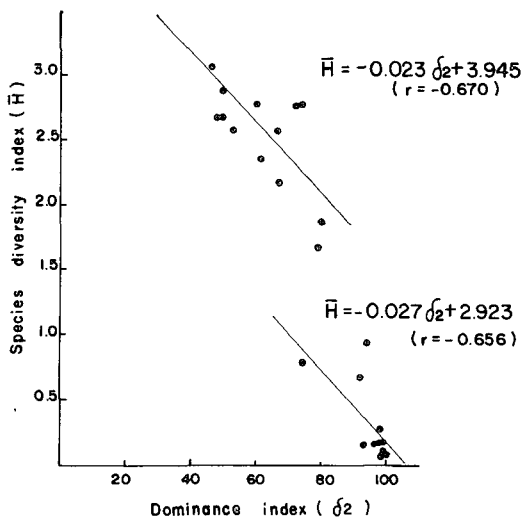


Fig. 6. Relationship between dominance index and species diversity index.

不安定한 生態系였음을 더욱 구체적으로 알아보기 위해 월별로 다른 對照區를 정하여 物理化學的의 要因과 植物性 plankton 群集 構造를 비교검토하여 보았다(Fig. 7, Fig. 8). 물리화학적 요인중 pH는 10월에 대조구인 晋州灣보다 다소 높게 나타났으나 11월에는 대조구인 北灣보다 낮게 나타났고, 12월에는 3개해역이 비슷하였다. 營養鹽類중 總無機窒素는 10월, 12월에는 조사해역이 대조구 해역보다 높거나 비슷한 濃度를 보였지만 11월에는 대조구보다 월등히 낮은 濃度를 보이고 있었다. 磷酸磷의 농도는 조사해역과 대조해역이 각 월 0.3 $\mu\text{g-at/l}$ 이상의 濃度를 나타내고 있었다. N/P율을 보면 10월

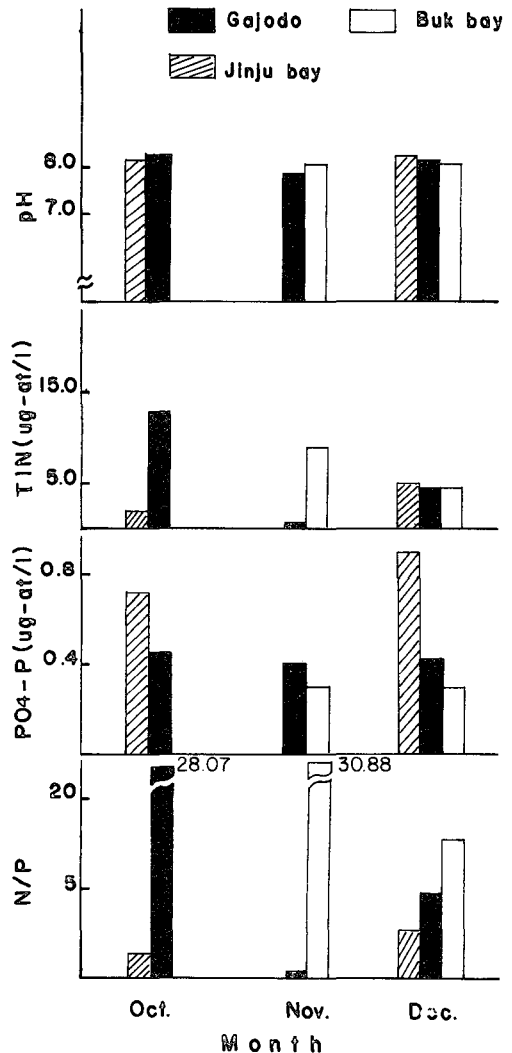


Fig. 7. Comparison of physico-chemical parameters between study area and comparative area.

과 12월에는 대조구 해역보다 높거나 비슷한 수치였고 11월은 조사해역이 대조구해역보다 월등히 낮은 수치를 나타내고 있었다. 다음 식물성 plankton도 種의 豐富性指數(d_1), 多樣性指數(\bar{H}), 均等性指數(e)가 공히 10월, 12월에는 대조구해역과 大差없이 비슷하였고 11월에는 월등히 낮은 수치를 나타내고 있었다. 따라서 이상의 결과에서도 본 조사해역에서 11월이전에 不安定한 生態系였다는 것을 알 수 있었다.

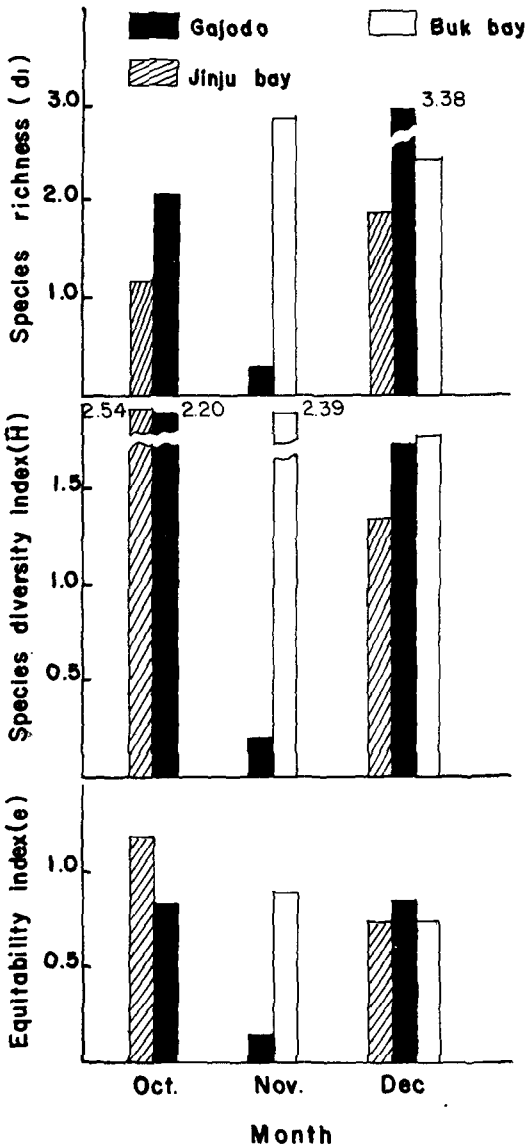


Fig. 8. Comparison of study area and comparative area with regard to species richness(d_1), species diversity index(\bar{H}), equitability index(e).

5. 降雨量 分析

內灣이나 沿岸海峽에서 物質流入 및 循環의 주된 요인이 하천, 못, 농경용수의 유입으로 볼때 주변해역의 降雨量의 조사가 절대필요하다. 조사해역 주변지역의 1988년 월별 降雨量을 보면(Fig. 9) 3월을 제외한 全月의 강우량이 平年보다 적었으며 그 차는 4월 이후 점차 증가하여 豪雨期인 8월에는 平年에 비해 26% 수준이었으며 年중을 통해 볼때 平年에 비해 61.5%의 수준에 지나지 않았다. 특히 조사해역에서 피조개 치패가 대량 탈락하기 직전인 10월중에는 강우량이 4.6mm로 平年에 비해 6%의 수준에 지나지 않아 강우량 絶對 不足現象이 있었음을 알 수가 있었다.

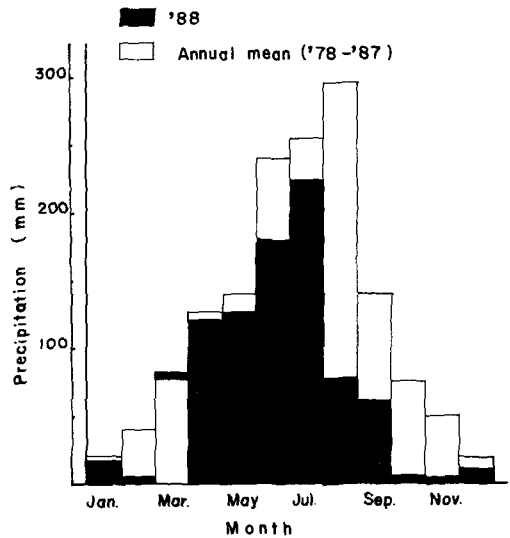


Fig. 9. Monthly changes of average precipitation in Chungmu and Gosong area.

考 察

본 研究 海峽인 鎮海灣에서 피조개 稚貝의 生殘率은 金等(1980)이 23.9~25.0%, 鄭等(1982)이 34.4%로 보고한 바 있으나 본 연구 당시 生殘率은 5.3~7.6%로 극히 낮았고 生殘된 個體에서 異常 個體가 出現하였는데, 이와 같은 일련의 현상을 동해역에서 生態系의 變化로 推定해 보았다.

海洋 生態系의 자연적 과정은 생태계를 貧營養으로 誘導하고 富營養系는 많은 외부 에너지가 정기적으로 流入되는 곳에서만 존재한다. 그 경로는 외부 에너지의 流入이 없을 경우 내부적으로 불안정하게 되는데, 이러한 현상은 海水의 安定度가 증

가하고 영양염의 감소가 일어날 때 大型으로 부터 小型인 植物性 plankton으로 種의 遷移가 進行되는 것으로 알 수가 있다. 이러한 경로의 설명은 그것이 不均衡 상태에서 존재한다는 것으로서 가능하다 (Margalef, 1975; 沈, 1982).

본 조사에서 海洋生態系의 物理化學的 因子중 수온은 朴(1980)이 보고한 동해역의 평년 수온에 비해 2~3℃의 高溫相을 보였으며, 磷酸磷의 농도 분포는 안정된 상태로 보아지나 總無機窒素가 11월에 급격히 감소하여 吉田(1973)의 營養階級 기준에 비추어 볼때 貧營養 海역이었음을 알 수 있었고 또한 이때의 窒素, 磷의 비율도 朴(1975)이 보고한 동일 海역에서의 12.2와 비교해 볼때도 0.98로 매우 낮은 수치를 나타내고 있었다.

이와 같은 物理化學的 因子의 變化는 植物性 plankton의 群集構造의 變化와 일치하는 현상을 나타내고 있었는데, 즉 총무기질소(TIN)의 농도 및 N/P율이 높은 10월, 12월, 1월중에는 11월에 비해서 出現種의 수가 많았으나, 現存量은 적어 優點度指數가 낮게 나타났고, 반대로 總無機窒素(TIN)의 농도 및 N/P율이 낮았던 11월에는 出現種 수가 적고 現存量이 많아 優點度指數가 높은 수치를 보였으며 이때의 優點種은 *Nitzschia pungens*가 特徵的으로 出現하였다.

海洋에 있어서 生物의 群集構造와 動態把握은 生態系를 이해하는데 必要不可缺한 것이며 어떤 生態系에서 群集構造의 變化는 外部壓力에 민감하게 反應한다고 한다(H. T. Odum, 1971). 福島(1972)의 보고에 의하면 的失灣의 海역이 安定된 시기인 1951~1956년의 優點種은 *Chaetoceros* spp.가 60%, *Thalassionema* spp.가 15%였으나 不安定期인 1961~1971년에는 *Nitzschia* spp.가 60%를 점하고 있었다고 하며 이때 微細 硅藻類인 *Nitzschia*는 먹이 가치가 낮다고 하였다. 또한 朴(1980)의 보고에 의하면 패류에 있어서 有效 餌料인 *Chaetoceros*, *Skeletonema*보다 *Nitzschia*가 먹이가치가 없으며 이 *Nitzschia*의 優點種 組成은 養殖生物의 衰退와 斃死를 초래하는 要因에 된다고 하였다. 또 李(1984)의 보고에 의하면 鎭海灣 海역에서 *Nitzschia pungens*은 廣溫-廣鹽性의 種으로 보고하였다. 따라서 *Nitzschia pungens*가 海洋의 環境變化에 있어서 耐性이 강한 種으로서, 본 조사 海역에서도 不安定한 시기에 優點種으로 出現하여 먹이價値 低下에 따른 피조개 稚貝 탈락의 要因으로 작용한 것으로 보아진다.

어떤 生態系의 安定性은 生物群集의 構造중 種多樣性 指數와 직접 영향이 있고 이때 物理化學的

으로 壓力을 받은 곳은 種多樣性 指數가 낮고, 生物學的으로 支配가 된 곳은 높아진다고 하였다 (Wilhm and Dorris, 1968; H. T. Odum, 1971). 본 조사에서도 조사기간중 10월과 12월, 1월은 種多樣性指數(\bar{H}), 均等性指數(e), 豐富性指數(d_1)가 모두 높았으나 11월에는 이들 指數가 최소치를 보이고 있었다. 따라서 이들 指數의 變化를 볼때 11월을 基點으로 하여 그 이전에 物理化學的으로 壓力을 받은 不安定된 生態系였던 것으로 보아진다. 또한 種의 優點度指數(δ_2)와 多樣性指數(\bar{H})간에는 두 그룹으로 나누어진 음(-)의 相關性을 나타내고 있었으며 두 그룹이 分離되는 優點度指數는 80으로 李(1984)가 鎭海灣 海역에서 연구한 相關性의 결과와도 거의 일치하고 있었다.

본 조사 海역에서 피조개 稚貝가 대량 脫落하는 시기가 不安定된 海洋 生態系로서 物理化學的으로 그리고 먹이 生物의 餌料價値 저하로 壓迫을 받았다는 것을 對照區를 정해 비교해 본 결과에서도 나타나고 있었다.

內灣이나 沿岸海域에서 海洋 生態系의 營養經路는 外部 에너지의 流入에서 시작된다(Margalef, 1975)고 볼때 주변해역의 降雨量 變化는 物質 流入 및 循環과 밀접한 관계가 있다고 할 수 있다. 조사 海역 주변지역의 월별 강우량을 조사해 본 결과 年中 年平均 61.5% 수준이었고 특히 豪雨期인 8월에는 평년비 26%, 10월에는 6%의 수준으로 강우량의 絶對 不足現象이 있었음을 알 수가 있었다. 따라서 11월 이전에 조사해역에 物理化學的으로 壓力을 주어 不安定된 生態系를 형성하는데 制限 要因이 된 水溫, pH, 鹽分, 營養鹽類 및 植物性 plankton의 群集構造 變化는 주변 지역의 夏季降雨量 不足의 영향이 큰 것으로 보아졌다. 그러나 水産生物의 養殖에 있어서 種苗의 健康度는 先天的인 것과 後天的인 것이 잘 연결될때 그 결과가 만족할 만한 쪽으로 나온다고 보았을 때, 현재의 결과는 後天的인 環境變化에 의한 稚貝의 健康度에 관한 고찰로서今後 어미 자원의 健康度에 따른 稚貝의 生理的 影響에 관한 연구가 계속 이루어져야 할 것으로 思料된다.

要 約

鎭海灣 西部 加助島 주변 海역의 피조개 採苗場에서 1988년 11월에 稚貝가 대량 脫落하여 斃死하는 現象에 대한 環境調査와 먹이生物을 조사한 海洋生態學的 分析 결과 평년비 2℃의 높은 고수온이

였고, 총무기질소(TIN)가 11월에 0.38 $\mu\text{g-at/l}$ 의 貧營養 상태이었고, N/P율도 0.98로 최소치를 보여 영양염 수준이 不安定하였다.

이때 피조개 치패의 먹이 생물인 식물성 부유생물의 群集構造의 種多樣性指數(\bar{H}), 均等性指數(e), 豐富性指數(d_1)는 최소치를 보였으나 이와는 반대로 優點度指數(δ_2)는 98.4로서 최대치를 나타냈고 이때의 優點種은 *Nitzschia pungens*였다. 조사기간 중의 피조개 稚貝의 大量斃死는 주로 장기 가뭄에 따른 高水溫 및 貧營養 상태의 不安定된 生態學的 環境으로 먹이 생물의 質量 變化에 의해 稚貝의 代謝 生理에 영향을 주어 貝殼의 뒤틀림등 異常個體出現과 함께 大量斃死가 誘發된 것으로 判斷된다.

參 考 文 獻

- 鄭成采 · 姜海遠 · 李鐘汶. 1982. 피조개 *Anadara broughtonii*(SCHRENCK)의 조기 인공종묘생 산시험. 水振 研究報告, 28, 185~197.
- Hasle, G. R. 1972b. The distribution of *Nitzschia seriata* Cleve and allied species. Nova Hedwigia. Beih. 39, 171~190.
- 福島菊夫. 1970. 的失灣および五ヶ所灣におけるアコヤガイ의 異常斃死에 關する 研究. とくに餌料 生物環境について. 眞珠技術研究會會報, 9, 1~21.
- 福島菊夫. 1972. 餌料生物環境とアコヤガイ의 健康 狀態について. 異常斃死에 關する昭和 46年度 の試驗. 眞珠技術研究會會報, 10, 15~31.
- Hulbert, E. M. 1963. The diversity of phytoplanktonic population in ocean, coastal estuarine regions. J. Mar. Res. 21, 81~93.
- 金鐘萬 · 異舜吉 · 許聖範 · 金東樺 · 李梓學 · 李晋煥 · 許亨澤. 1981. 東海岸 汽水湖(香湖, 松池湖, 永郎湖)의 海洋生態學的研究. 海洋研究所 報, 3, 29~37.
- 金鐘斗 · 鄭成采 · 姜海遠. 1980. 피조개 *Anadara broughtonii*(SCHRENCK)의 人工種苗量産에 關한 研究(II). 稚貝의 中間育成에 對하여. 水振 研究報告, 25, 45~53.
- 李晋煥. 1984. 鎮海灣 植物性 플랑크톤群集의 構造와 動態에 關한 研究. 漢陽大學校 大學院 博士學位 論文, 1~95p.
- 柳晟奎. 1979. 淺海養殖. 大韓教科書株式會社, p. 605.
- Margalef, Ramon. 1958a. Information theory in ecology. Gem. Syst. 3, 36~71.
- Margalef, Ramon. 1975. External factors and ecosystem stability. Schweiz. Z. Hydrol. 37, 102~117.
- 日本水産學會. 1977. 淺海養殖と自家汚染. 水産學シリーズ 21. 恒星社厚生閣, 東京, 67~76p.
- 中西弘 · 浮田正夫. 1975. N. P. 降雨時 流出量調査. 水質變化豫測 基本調査報告書, 土木學會, 151~179.
- Odum, E. P. 1971. Fundamental of Ecology(3rded) Sannders. philladelphia, p. 574.
- 朴周錫. 1980. 韓國 南海岸의 植物性 플랑크톤의 出現量 및 組成과 이들이 먹이와 赤潮로서 養殖生物에 미치는 影響. 水振 研究報告, 23, 7~92.
- 朴清吉. 1975. 鎮海灣海域의 磷酸鹽 分布의 特性에 關하여. 韓水誌, 8(2), 68~72.
- 卞忠圭 · 金鐘斗 · 鄭成采 · 張榮振 · 姜海遠. 1979. 피조개 種苗生産과 育成試驗. 水振 事業報告, 49, 93~122.
- Pielou, E. C. 1966. The measurement of diversity in different type of biological collections. J. Theor. Biol. 13, 131~144.
- Parke, M. and P. S. Dixon. 1976. Checklist of british marine alage. Third revision. J. Mar. Biol. Assoc. U. Kingd. 56, 527~594.
- Putman, R. T. and S. D. Wratten. 1984. Principle of ecology. CROOM HEIM London and Canberra, 388p.
- 沈載亨. 1982. 海洋生態系의 營養構成에 關하여. 水振研究報告, 28, 253~258.
- Shannon, C. E. and W. Weaver. 1963. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, 117p.
- Strickland, J. D. H. and J. R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Bull. Fish. Rec. Bd. Can. 167, 310p.
- Wilhm, J. L. and T. C. Dorris. 1968. Biological parameters for water quality criteria. Bioscience, 18, 447~481.
- 吉田陽一. 1973. 低次生物段階における生物生産의 變化. 水圈의富營養化と水産増殖. 水産學シリーズ1. 日本水産學會, pp. 92~103.
- 劉光日. 1980. 汚染海域에 있어서의 生物群集한 環境指標性에 關한 研究. 漢陽大學校 環境科學研究所 論文集, 1, 10~14.

1990년 12월 28일 접수

1991년 1월 19일 수리