

西海沿岸의 養殖場 環境調查

3. 扶安 백합 養殖場 環境

李廷烈 · 金榮吉*

群山水產專門大學 養殖科, 水族病理科*

Environmental Survey on the Cultivation Ground in the West Coast of Korea

3. Enviromental Conditions for Hard Clam Farm in Puan

Jeong-Yeol LEE and Young-Gill KIM*

Department of Aquaculture, Kunsan National Fisheries Junior College

*Department of Fish Pathology, Kunsan Natonal Fisheries Junior College

Kunsan 573-400, Korea

ABSTRACT

In puan area the environmental surveys were carried out at two farms of hard clam, *Meretrix lusoria* from April 1987 to November 1978 in order to know wheather the farm environments could be rehabilitated for the cultivation of hard clam or not.

The range of temperature of surface seawater was 10.7~27.4°C, pH 7.6~8.2, salinity 22.3~30.3 ppt, COD 0.20~4.71 mg/ℓ, sulfide 0.04~0.22 μg-at./ℓ, suspended solid 34.8~199.3 mg/ℓ, chlorophyll a 3.71~49.02 mg/m³, TIN 2.01~24.47 μg-a5./ℓ, phosphate 0.60~11.03 μg-at./ℓ, and silicate 4.04~476.36 μg-at./ℓ.

The range of temperature of substratum (bottom soil) was 14.2~29.7°C, pH 8.3~9.5, water content of substratum was 0.28~0.49 mg/g dried mud, COD 2.80~50.94 mg/g dried mud, total organic matter 1.05~1.97%, concentration of total Kjedhal nitrogen 31.9~194.9 μg./ℓ dried mud, and sulfide 0.032~0.133 mg/g dried mud. Fine sand was dominant ranging over 92~95% and silt and clay was 2.8~8.1% of the composition of substratum.

Some residual agricultural chemicals, α, β, γ-BHC, heptachlor, heptachlor-epoxide, aldrin, DDE, DDT and dieldrin were detected in hard clams collected from Puan areas. Especialy, more chemical were detected during the period of rainfalls.

From above results, it is considered that the hard clam frams were not yet recovered from deteriorated conditions for aquaculture.

序 論

백합(*Meretrix lusoria*)은 우리나라 全 沿岸의 鹽分이 낮은 淺海 干潟地에 널리 棲息하는 重要 養殖種으로서 西海 沿岸에서도 扶安地域을 중심으로 1968년 부터 많은 養殖이 이루어져 왔으나, 1972년경

부터 斃死現象이 일어나기 시작하여 1973년에는 大量斃死가 일어난 이후 현재까지 既存 백합養殖場이 제대로 活用되지 못하고 있는 실정에 있다. 백합의 大量斃死에 대하여 많은 原因 究明의 試圖(元과 高 1975 ; 柳 等 1975 ; 張 等 1976 ; 田, 李 1976 ; 裴 等, 1977 ; 田 等, 1981 ; Lon et al. 1981)가 있었지만 아직까지 大量斃死의 原因은 정확히 밝혀지고 있지 않다.

本 調査는 백합이 斃死되어 10여년이 경과된 최근에 自然産 백합이 一部 産出되고 있으므로 養殖場의 回復與否와 앞으로의 백합養殖 可能性을 打診하기 위한 基礎資料로서 活用하기 위하여 大量斃死가 일어났던 全北 扶安郡 沿岸의 백합養殖場 중 自然産 백합이 조금씩 産出되고 있는 장신리와 대항리 백합양식장을 대상으로 1987년 4월부터 11월까지 養殖場環境을 調査하고 분석한 結果이다.

材料 및 方法

1. 調査養殖場 位置

調査 對象 養殖場은 既存의 백합 養殖場으로서 扶安郡 (A 漁場, 1 ha)와 邊山面 대항리(B 漁場, 1 ha)의 두 곳으로 (Fig. 1)모두 海岸에서 가까운 곳에 위치하여 淡水의 影響을 비교적 많이 받으며 露出時間은 각각 4시간 및 3시간 線이다.

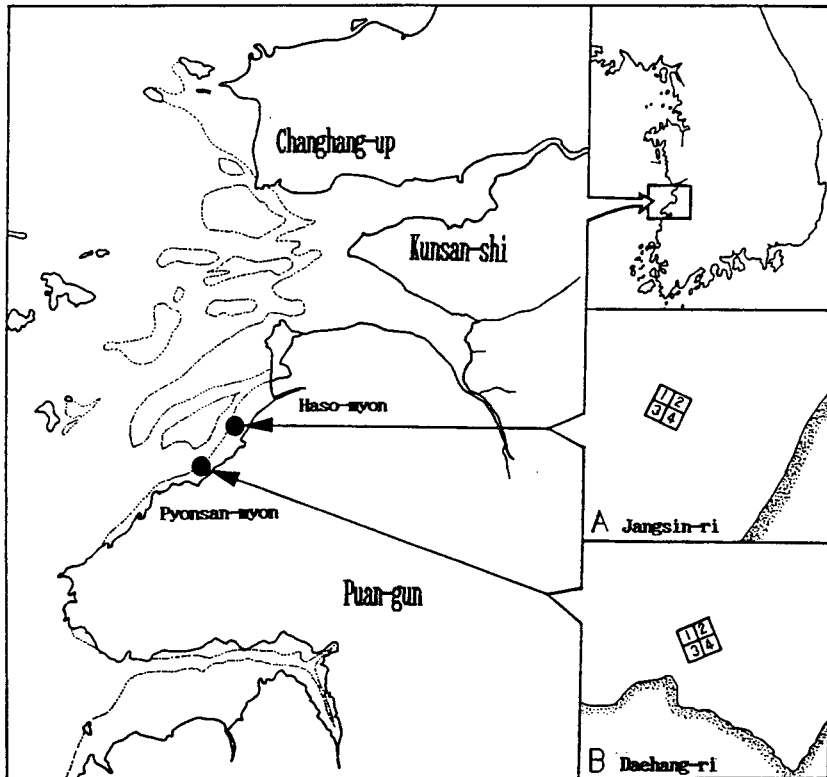


Fig. 1. Map showing the sampling areas.

2. 養殖場 環境調査

가. 水溫 및 干潟地溫度

장신리 및 대항리의 各 養殖場에서 水溫은 滿潮時에 海水위치와(표층 또는 중층) 干潟地溫度는 干潮時 底質의 表面下 5cm 깊이에서 棒狀溫度計(1/10°C)로 測定하였다.

나. 海水 水質

每月 1회씩 滿潮時에 1ℓ 容量의 플라스틱 채수병에 現場海水를 채수하여 곧 바로 실험실로 운반한 다음 各 海수의 成分을 分析하였다. pH는 pH meter(Jenco Model 607)로 測定하였으며, 鹽分은 Salinometer (TS-E2)로, COD는 과망간산 알칼리法(FAO 1975)으로, 黃化物은 차오 황산나트륨 規定溶液으로 測定하였다(Grasshof et al., 1983). 浮游性固形物質(SS)은 試料 500ml를 membrane 濾紙(HA type, 0.45μm)로 거른 후 105°C에서 6시간 동안 乾燥시켜 그 무게를 측정하였다. 암모니아態 窒素는 phenolphthalein法(Solorzan 1969), 亞窒酸態 窒素는 Dizo法 (Strickland and Parsons 1968), 窒酸態 窒素는 試料를 hydrazin sulfate와 cupric sulfate에 의해 還元시킨 후 亞窒酸態 窒素와 같은 방법으로 定量(Mullin and Riley 1955) 하였고, 磷酸은 heteropoly酸으로 發色시켜 比色 定量(Strickland and Parsons 1968)하였으며, 硅酸은 silicomolybdate法 (FAO 1975)으로 比色 定量하였다. 葉綠素 a 量은 일정량의 海水를 微乳濾紙로 걸러 90% 아세톤으로 처리하여 葉綠素를 抽出한 후 UNESCO-SCOR (1966)法에 의하여 定量하였다.

다. 底質 性狀

各 養殖場에서 區劃別로 底質을 表面에서 5cm 깊이까지와 10cm층까지 약 1kg을 채취하여 실험실로 가져온 다음 底質의 pH, COD, 總窒素, 黃化物, 含水量 및 粒度分析을 하였다. pH, COD, 黃化物量은 海水分析和 동일하게 하였고, 總窒素 含量은 Kjeldahl 法(APHA, 1985)으로 分析하였으며, 粒度組成은 3~4일 風乾시킨 후 送風式 乾熱器에서 80°C로 1일간 乾燥시킨 다음 標準체로서 分析하였으며, 含水量은 乾試料 20g에 蒸溜水를 適下하여 충분히 水分이 飽和될때까지의 水分量으로 하였다.

라. 백합내 殘留 農藥成分 調査

各 養殖場別로 試驗 養殖中인 백합을 採集하여 비닐 봉지에 密封, 冷藏시킨 다음 韓國海洋研究所에 의뢰하여 殘留 農藥 成分을 分析하였는데, 分析 對象은 有機鹽素系農藥만을 對象으로 하였으며 分析方法은 A.O.A.C.(1980)에 준하여 GLC로 分析하였다.

結果 및 考察

1. 海洋 水質

調査期間 동안 扶安郡의 各 調査地點에서 測定된 一般의 海洋水質의 結果는 Table 1에 나타난 바와 같다.

가. 水溫

두 養殖場의 水溫變化는 Fig. 2에 나타난 바와 같이 調査期間 동안 장신리 어장 및 대항리 어장 모두 11월에 각각 最低 水溫을 나타냈으며, 8월에 最高 水溫을 나타내었다. 그리고 장신리 어장이 대항리 어장 보다 높은 水溫 傾向을 보였는데, 그 차이는 2°C내외였다. 이는 장신리 어장이 陸水의 影響을 보다 많이 받는 地域에 位置함으로서 陸水가 水溫에 影響을 미친것이라고 생각된다.

백합의 棲息水溫 範圍는 11~28°C로, 아가미 纖毛運動은 25.5°C에서 最大이고, 29°C가 되면 불규칙하게

Table 1. The results of surface water quality analyses in two hard clam farms in Puan area

Date	Item	W. T.	pH	Salin.	COD	S	TSS	Chl.a	NH ₄	NO ₂	NO ₃	PO ₄	Si
May 9	A	14.2	8.2	29.3	0.41	0.13	125.4	8.90	1.58	0	0.72	0.61	16.95
	B	14.0	8.2	30.3	0.57	0.17	126.0	5.61	1.34	0	0.75	0.72	10.67
May 28	A	18.8	8.1	27.4	0.93	0.11	77.5	7.49	8.98	0.21	0.91	3.61	16.97
	B	16.9	8.0	26.5	1.10	0.21	84.5	20.54	6.45	0.17	1.03	3.03	19.36
June 4	A	19.3	8.0	29.7	0.78	0.13	52.8	3.71	10.18	0.38	0.59	2.80	16.63
	B	18.1	8.1	25.5	1.62	0.18	53.5	49.02	2.49	0.23	0.54	2.63	28.04
June 28	A	22.3	8.2	25.8	0.20	0.11	34.8	5.19	2.60	0.06	1.42	11.03	46.97
	B	21.4	8.1	25.8	0.26	0.15	69.0	17.59	15.97	0.26	2.86	8.77	163.39
July 13	A	22.4	8.1	24.9	2.31	0.18	97.1	12.15	21.54	0.39	2.54	2.37	45.82
	B	21.9	8.1	24.3	1.95	0.18	89.4	9.94	6.01	0.18	2.15	4.30	66.64
July 23	A	24.2	7.8	6.5	1.31	0.17	129.8	7.03	10.00	1.08	1.77	6.31	186.06
	B	23.4	7.6	5.8	2.55	0.12	199.3	25.13	5.30	0.99	2.60	6.36	425.10
Aug. 21	A	27.4	8.0	22.9	3.50	0.18	111.0	7.74	6.49	2.32	2.18	9.42	476.36
	B	26.7	8.2	23.4	1.08	0.04	66.4	29.65	0.83	0.15	1.03	3.24	84.52
Sep. 23	A	22.1	8.1	24.7	4.71	0.16	84.0	11.06	9.38	1.55	0.93	2.41	175.10
	B	22.3	8.0	24.7	0.79	0.15	38.8	19.20	3.40	0.12	0.95	1.36	91.74
Oct. 29	A	16.6	8.2	23.8	1.21	0.22	38.0	9.86	2.95	0.57	1.76	1.62	13.39
	B	15.1	8.1	24.7	0.95	0.13	44.0	6.58	3.73	0.94	1.54	1.52	6.18
Nov. 25	A	11.4	8.2	22.3	1.56	0.15	71.1	19.59	2.09	1.58	4.18	0.63	5.02
	B	10.7	8.1	25.6	0.93	0.15	43.9	15.42	1.61	0.59	3.34	0.60	4.40
Mean	A	19.9	8.1	23.7	1.69	0.15	82.2	9.27	7.58	0.81	1.70	4.08	99.93
	B	19.1	8.1	23.7	1.18	0.15	81.5	19.87	4.71	0.36	1.68	3.25	90.00

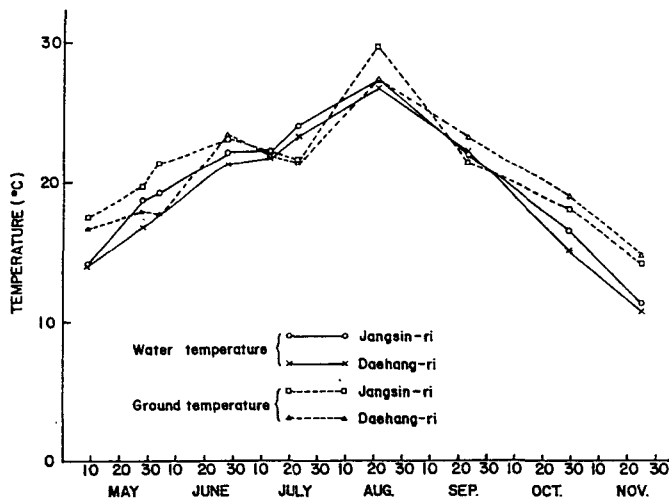


Fig. 2. Fluctuation of water and substratum temperature in Puan area.

되며 3°C 이하와 39°C 이상에서는 거의 停止 된다고 알려져 있다(柳 等 1975). 本 調査에서는 8월의 最高水溫이 26.7~27.4°C로서 平常時 水溫에 의해 백합의 生理에 미치는 影響은 거의 없다고 할 수 있다.

나. pH

두 養殖場 海水의 pH 變化는 7.6~8.2로서 降雨期인 7월에 7.6~7.8의 낮은 값을 제외하고는 月別 變化가 거의 없이 정상적인 沿岸海水의 특징을 나타내었으며, 또한 두 養殖場間에도 큰 差異가 없었다.

다. 鹽分

백합은 內灣性으로 海水 比重이 낮은 河口 부근의 물길 같은 곳에 주로 서식하고 있고, 比重 1.140~1.024가 알맞다(Reference).

本 調査에서 鹽分은 降雨期인 7월에 5.8~6.5‰의 현저히 낮은 濃度를 제외하고는 대체로 22.3~30.3‰의 變動 範圍를 나타내었는데, 이들 養殖場이 淡水流入의 影響을 많이 받는 곳에 위치함으로서 鹽分變化가 다소 큰 것으로 나타났다. 특히 降雨期에 低鹽分 現象은 백합이 廣鹽性種이라 하더라도 成長期에 있는 백합의 生理에 상당한 影響을 미칠 것으로 생각된다.

라. COD

광망간산칼륨 알칼리法으로 測定한 두 養殖場의 COD값 分布는 0.20~4.71mg/l의 變動幅을 보였다. 月別 變動을 보면 장신리 어장은 8~9월에 높은 값을 보였고, 대항리 어장은 7월에 높은 값을 보여 대체로 여름철에 높은 傾向을 나타내었다(Fig. 3). 특히 장신리 어장의 경우 8~9월에는 海역의 沿岸環境基準值인 3mg/l(柳 1978)를 초과하여 陸水의 影響이 큼을 나타내었다.

마. 黃化物

두 養殖場의 黃化物 分布를 보면 0.04~0.22 µg-at./l의 變動幅을 나타내었다. 月別 變動을 보면 Fig. 3에 나타난 바와 같이 장신리 어장의 경우는 6월까지 0.11~0.13 µg-at./l의 일정한 水準을 나타내던 것이 7월에는 0.18 µg-at./l로 높아져 이후 거의 비슷한 水準을 유지하였으며, 대항리 어장의 경우에는 7월까지 0.15~0.21 µg-at./l로 장신리 어장 보다 높은 傾向을 보이다가 0.04 µg-at./l로 현저히 낮아졌고 이후에도 0.15 µg-at./l 이하의 값으로 장신리 어장 보다 낮은 水準을 維持하였다.

黃化物의 경우 우리나라 環境基準值로서는 基準이 없으나, 日本의 水産用水 基準에서는 0.3ppm

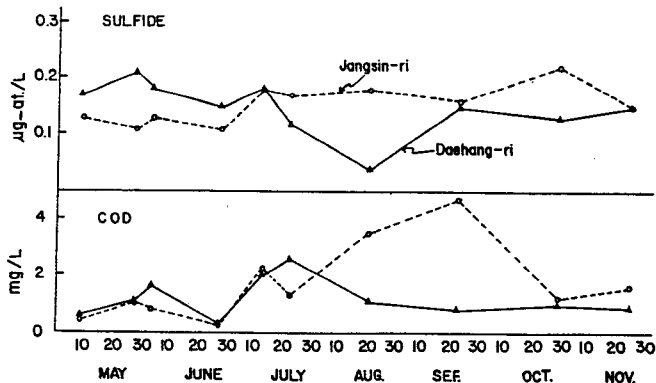


Fig. 3. Fluctuation of COD and sulfide of surface water in Puan area.

이하로 規定하고 있다(新田 1976). 이번 扶安沿岸의 海水內 黃化物 含量은 두 養殖場 모두에서 基準值 이하를 보임으로서 비교적 良好한 水質을 나타낸다 하겠으나, 장신리 어장의 경우 여름철 강우기에 높은 黃化物 값을 보인것은 이 漁場內의 백합 生理에 影響을 미칠 수 있을 것으로 생각된다.

바. 浮游性固形物質

調査期間 동안 두 養殖場의 浮游性 固形物質의 濃度는 34.8~199.3 mg/ℓ로서 넓은 變動幅을 보였는데, 浮游物質의 月別 變化를 보면 장신리 漁場이나 대항리 어장 모두 7월에 높은 값을 보였고 10월에 比較的 낮은 傾向을 보였다. 漁場別로는 7월까지의 대항리가 장신리 보다 높은 값을 나타내었으나 8월 이후에는 오히려 장신리가 높은 傾向을 보였다 (Fig. 4).

本 調査值는 같은 西海海域인 群山 앞바다(洪 等 1985) 및 淺水灣(張 等 1985)이나 藍浦海域(Kim et al., 1986)에 비하여 높은 값이고, 庇仁灣 調査值(李 等 1989)와는 비슷하며, 海域의 2級 環境基準值인 25ppm을 훨씬 超過하고 있어 沿岸 生物 生理에 影響을 미칠 것으로 판단된다.

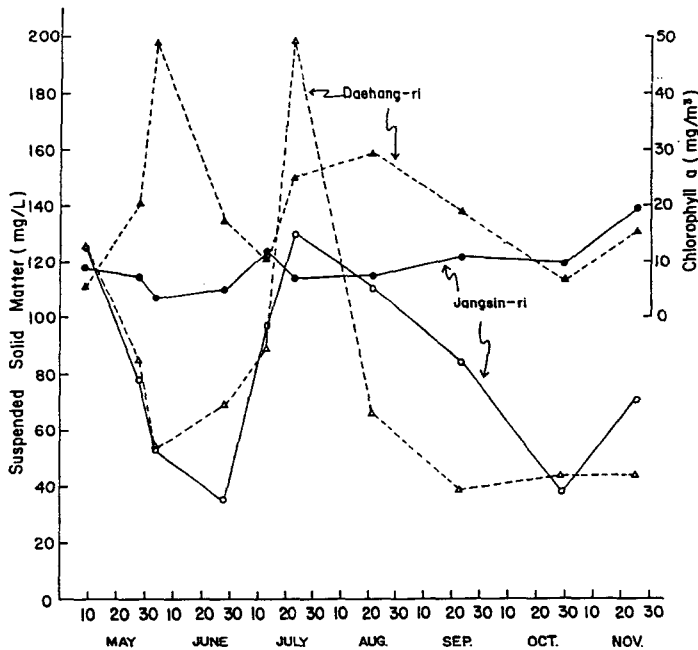


Fig. 4. Fluctuation of suspended solid and chlorophyll a in Puan area.

사. 葉綠素 a 量

두 養殖場에서 調査된 葉綠素 a 含量은 3.71~49.02mg./m³로서 대항리 어장이 장신리 어장 보다 높은 값을 나타내었다. 季節에 따른 變動은 뚜렷하지 않으며 대항리 어장의 경우는 상당히 불규칙한 變化를 보이고 있어서 地形地勢에 따른 플랑크톤의 群集에 變化가 심함을 보였다. 그러나 이와 같은 값은 西海沿岸에서 測定된 값들(洪 等 1985 ; Kim et al., 1986 ; 李 等 1989)과 비슷한 값으로 南海岸에 비하면 다소 낮은 生産性을 나타낸 것이다.

아. 營養鹽類

營養鹽類가 백합養殖場에 미치는 重要性은 백합 자체보다는 海洋의 生産力을 左右하여 조개류의 먹이가 되는 플랑크톤의 繁殖에 影響을 주기 때문에 백합의 成長에 상당한 관계가 있다고 할 수 있다.

① 總 無機窒素(TIN)

두 養殖場에서 水中의 植物에 窒素營養源으로 이용되는 NH_4-N , NO_2-N , NO_3-N 의 合計量으로 나타내는 總 無機窒素의 變化는 2.01~24.47 $\mu g-at./\ell$ 範圍로 夏節期에 높은 傾向을 나타내었다. 漁場別로는 장신리 어장이 대항리 어장 보다 높은 傾向을 보였다.

沿岸海域의 窒素 營養鹽의 主 供給源은 河川水이다. 따라서 장신리 어장이 대항리 어장 보다 陸水의 影響을 많이 받기때문에 總無機窒素의 含量이 많다고 보아진다. 本 調査值는 다른 西海海域의 調査值(洪等 1985; 金等 1985; 李等 1985; Kim et al., 1986; 李等 1989)와 비슷한 값으로 西海 沿岸環境의 一般의 性格을 나타내었다.

② 磷酸鹽

本 調査에서 磷酸鹽의 變化를 보면 0.60~11.03 $\mu g-at./\ell$ 로 變動幅이 다소 컸으며 總無機窒素에서와 같이 夏節期에 높은 傾向을 나타내었다. 漁場別로는 장신리 어장이 대항리 어장보다 높은 傾向을 보여 陸水의 影響을 보다 많이 받는 어장의 磷酸鹽 濃度가 더 높음을 보였다.

이들 漁場의 磷酸鹽 濃度는 다른 西海 海域의 調査值(張等 1981, 1985; 李等 1985; Kim et al., 1986; 李等 1989)에 비해서 약간 높은 편이다.

③ 硅酸

調査期間을 통하여 나타난 두 養殖張의 硅酸分布는 4.40~476.36 $\mu g-at./\ell$ 로 넓은 變動을 보였는데 6~9월에 높은 값을 보였고, 11월에는 4.40~5.02 $\mu g-at./\ell$ 의 낮은 값을 나타내었다. 漁場別 傾向을 보면 7월까지의 대항리 어장이 장신리 어장 보다 높은 傾向을 보였으나, 7월 이후에는 장신리 어장이 대항리 어장보다 높은 傾向을 보여 陸水의 影響이 보다 큼을 反映하였다. 이러한 값은 夏節期을 제외하고는 다른 西海海域과 類似한 傾向을 나타낸 것이다.

2. 底質의 性狀

扶安郡의 두 백합養殖場에서 採取한 底質의 一般의 性狀을 分析한 結果는 Table 2와 Table 3에 나타난 바와 같다.

가. 干潟地 溫度

두 養殖場의 干潟地 溫度는 Fig. 2에 나타난 바와 같이 5월 初旬에 16.7~17.5℃를 나타내던 것이 氣溫 上昇과 더불어 점차 높아져 8월 中순에는 27.4~29.7℃의 높은 값을 보이다 11월에는 14℃ 전후로 下降하였다. 두 養殖場間의 差異는 대체로 8월까지 장신리 어장이 높았으나 8월 이후에는 대항리 어장이 높게 나타났으며 평균 값으로는 장신리 어장이 높았다(Table 2, 3). 이는 장신리 어장이 대항리어장 보다 露出線이 높는데 起因하는 結果라고 생각된다.

一般적으로 地盤이 높은 高露出線에 백합을 養殖하는 경우 여름철에 30℃를 넘는 高溫 狀態로 장시간 露出되면 백합의 生理에 障礙를 줄 수도 있다. 柳等(1975)은 本 扶安地域에서 8월에 30~32℃의 干潟地溫度를 報告하였고, 日本의 full disciption(1978)도 여름철 干潟地 溫度는 39℃까지 上昇하는 경우가 있다고 하였다. 이와 같이 높은 干潟地 溫度는 백합 斃死의 한 原因이 될 수 있는데 이번 調査에서 아주 높은 干潟地 溫度가 나타나지 않은 것은 잦은 降雨로 日射量이 적었던데 起因하는 것으로 보이며

Table 2. The results of substratum analyses in Jangsin-ri hard clam farm in Puan

Date	Depth	Temp. (°C)	pH	Water included (ml/g)	COD (O ₂ mg/g)	Organic matter (%)	T-N (µg/g)	Sulfide (mg S/g)
May 9	U	17.5	8.3	0.34	8.17	1.80	49.4	0.039
	L		9.1	0.35	9.45	1.58	107.1	0.032
May 28	U	19.7	8.7	0.33	9.76	1.65	52.5	0.082
	L		9.3	0.36	10.03	1.35	87.8	0.077
June 4	U	21.5	8.6	0.36	9.81	1.54	76.2	0.124
	L		9.4	0.37	10.86	1.18	72.1	0.107
June 28	U	23.2	9.3	0.28	11.29	1.63	31.9	0.082
	L		9.5	0.37	9.77	1.28	84.1	0.091
July 13	U	22.3	8.9	0.39	40.30	1.53	161.5	0.072
	L		9.2	0.37	20.22	1.08	49.9	0.053
July 23	U	21.7	9.0	0.43	20.80	1.19	89.8	0.055
	L		9.3	0.43	17.84	1.43	134.2	0.085
Aug. 21	U	29.7	8.5	0.46	36.52	1.97	123.5	0.041
	L		8.6	0.49	39.98	1.60	79.6	0.062
Sep. 23	U	21.6	9.1	0.39	50.94	1.05	133.1	0.105
	L		9.3	0.41	52.24	1.27	161.9	0.081
Oct. 29	U	18.2	9.1	0.49	50.94	1.27	79.6	0.103
	L		9.3	0.42	46.63	1.28	65.9	0.120
Nov. 25	U	14.2	9.5	0.41	5.61	1.10	116.7	0.115
	L		9.4	0.45	4.44	1.54	94.7	0.101
Mean	U	21.0	8.9	0.39	24.41	1.47	91.4	0.082
	L		9.2	0.40	22.15	1.21	93.7	0.081

U : Upper layer, L : Lower layer

장신리 어장 처럼 高露出線에 위치하는 漁場은 여름철에 높은 高溫을 나타낼 수 있다고 생각된다.

나. pH

底質의 pH는 土壤의 老朽化 및 汚染現象을 診斷할 수 있는 指標中 하나이다. 各 養殖場에서 採取한 底質의 pH는 장신리 어장의 경우 8.3~9.5의 범위였는데, 上層보다 下層의 pH가 높았다. 月別 傾向을 보면 上·下層 모두 5월부터 서서히 높아지기 시작하여 6월 下旬에 가장 높았으며, 다시 낮아져 8월 中旬에 最低값을 보인 후 다시 上昇하는 傾向을 보였다. 한편, 대항리 어장의 경우는 8.3~9.3으로 역시 上層보다 下層의 pH가 높았다. 그러나 月別變化는 장신리와는 달리 夏節期에 낮지않고 10월에 낮은 값을 보였다 (Fig. 5). 장신리어장이 8월에 낮은 것은 降雨로 인한 多量의 陸水流入이 底質의 pH에 影響을 준 것으로 보이며, 대항리 어장의 pH가 큰 變動없이 보다 安定性을 가지는 것으로 나타났다

Table 3. The results of substratum analyses in Daehang-ri hard clam farm in Puan

Date	Depth	Temp. (°C)	pH	Water included (ml/g)	COD (mg/g)	Organic matter (%)	T-N (µg/g)	Sulfide (mg S/g)
May 9	U	16.7	8.3	0.35	9.43	1.50	124.9	0.068
	L	—	9.2	0.37	10.26	1.60	194.9	0.041
May 28	U	18.0	8.7	0.38	11.48	1.54	68.5	0.074
	L	—	9.2	0.36	14.88	1.46	96.8	0.075
June 4	U	17.8	8.7	0.37	9.81	1.69	33.6	0.078
	L	—	9.3	0.35	9.66	1.49	35.7	0.133
June 28	U	23.5	8.9	0.38	9.17	1.41	36.7	0.076
	L	—	9.2	0.36	10.69	1.28	44.3	0.085
July 13	U	22.1	8.8	0.38	17.49	1.56	78.7	0.075
	L	—	9.1	0.37	28.90	1.74	112.4	0.040
July 23	U	21.5	8.9	0.39	17.73	1.43	58.4	0.079
	L	—	9.2	0.37	21.02	1.42	74.1	0.076
Aug. 21	U	27.4	9.2	0.41	25.09	1.26	61.1	0.033
	L	—	9.3	0.39	24.11	1.25	57.6	0.040
Sep. 23	U	23.4	9.0	0.38	27.09	1.21	89.2	0.080
	L	—	9.2	0.38	31.73	1.24	119.2	0.082
Oct. 29	U	19.1	8.5	0.36	24.72	1.23	50.8	0.133
	L	—	8.5	0.40	33.78	1.52	74.5	0.078
Nov. 25	U	14.8	9.2	0.40	3.11	1.37	116.3	0.104
	L	—	9.3	0.38	2.80	1.64	97.8	0.108
Mean	U	20.4	8.8	0.38	15.51	1.42	71.8	0.080
	L	—	9.2	0.37	18.78	1.46	90.8	0.076

U : Upper layer, L : Lower layer

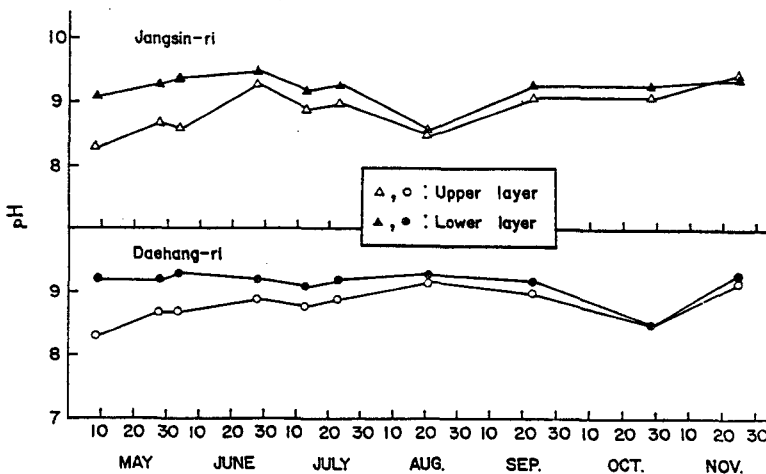


Fig. 5. Fluctuation of pH of substratum in hard clam farms in Puan area.

다. 底質의 粒度組成

장신리 및 대항리 백합 養殖場의 底質 粒度 分析結果를 보면 Table 4 및 Table 5에서 보는 바와 같이 粒徑 0.35~0.074mm의 가는 모래가 92~95%로서 대부분을 차지하고 있으며 2.8~8.1% 정도가 粘土質로 구성되어 있다. 이와 같은 底質 組成은 柳 等(1975)이 本 調查養殖場 부근에서 調查 報告한 값(81~96%)과 비슷하여 10여년 동안 底質 組成에는 큰 變化가 없음을 보여 주었으나, 金 等(1986)이 藍浦地域의 백합 養殖場에서 細砂나 粘土質이 많으면 波浪이나 激한 물결에 浮泥가 浮上하여 海水의 濁度를 增加시키는데 海水中 浮泥가 많아지면 조개류의 開閉運動이 低下되고 濾水率의 減少現象 등이 나타나게 된다(香川水試 1974; 愛媛水試 1974, 1975). 또 海水中 浮泥가 6.5ppm이 되면 진주조개의 貝殼 開閉運動에 影響을 미치고, 바지락은 殼幅 두께의 堆積物이 덮히면 10%가 斃死를 하며(村上, 1975), 전복은 短時間內에 죽는다고 報告된 바 있다(五十嵐, 1944). 또한 張 等(1976)의 백합에 대한 懸濁浮泥의 影響實驗 結果에 따르면 殼長 2.5~5.5cm의 백합에 10cm 두께의 泥質을 덮어 46일간 飼育하면서 斃死率을 調查하였는데, 30일이상이 經過하면 稚貝의 斃死가 먼저 나타나면서 이어서 中貝, 成貝의 順으로 斃死가 일어나 39~43일에는 稚貝나 成貝를 막론하고 50% 이상이 斃死하였다고 한다. 여기서 稚貝의 斃死가 먼저 일어난 것은 稚貝가 成貝에 비하여 生理的 代謝作用이 활발한 반면 耐性이 약함으로서 부적당한 環境으로 부터 稚貝가 成貝보다 먼저 그리고 더 심한 障礙를 받기 때문이다. 따라서 本 調查養殖場에서 養殖하던 백합은 成長함에 따라 보다 微砂가 적은 養殖場으로 옮기는 方案도 백합의 斃死를 줄일 수 있는 方案中 하나라고 생각된다.

라. 含水量

底質의 含水量은 底質을 구성하는 粒子間에 품을 수 있는 水分含量을 말하는 것으로 底質의 保水力을 나타내 주는 指標이다. 本 調查에서 장신리 어장 및 대항리 어장 모두 上·下層間의 含水量에 큰 差異가 없으며 漁場間에도 큰 差異가 없어 두 養殖場에 底質 粒子의 구성은 비슷한 것으로 나타났다 (Table 2, 3).

Table 4. Percentage of grain size composition in Jangsin-ri hard clam farm in Puan (Unit : mm)

Site	Depth	Grain size	Granule sand	Coarse sand	Medium sand	Fine sand	Very fine sand	Silt & clay
		< 4.76 ≥ 2.38	< 2.38 ≥ 0.84	< 0.84 ≥ 0.35	< 0.35 ≥ 0.149	< 0.149 ≥ 0.074	0.074 <	
1	U	0.01	0.09	0.41	54.48	36.95	8.06	
	L	0.02	0.05	0.17	48.31	45.80	5.65	
2	U	—	0.05	0.29	37.70	54.86	7.10	
	L	0.47	0.58	1.08	50.55	44.52	2.80	
3	U	—	0.07	0.08	54.98	40.47	4.40	
	L	—	0.07	0.69	60.25	34.53	4.46	
4	U	0.01	1.09	4.24	48.72	42.34	3.70	
	L	0.78	0.16	0.15	61.28	33.75	3.88	
Mean	U	0.01	0.32	1.25	48.97	43.65	5.80	
	L	0.20	0.21	0.52	55.09	39.65	4.20	

U : Upper layer, L : Lower layer

Table 5. Percentage of grain size composition in Daehang-ri hard clam farm in Puan (Unit : mm)

Grain size		Granule sand	Coarse sand	Medium sand	Fine sand	Very fine sand	Silt & clay
Site	Depth	< 4.76 ≥ 2.38	< 2.38 ≥ 0.84	< 0.84 ≥ 0.35	< 0.35 ≥ 0.149	< 0.149 ≥ 0.074	0.074 <
1	U	0.05	0.04	0.30	50.72	44.03	4.86
	L	0.08	0.05	0.16	33.22	60.15	6.34
2	U	2.57	1.95	1.12	34.95	52.52	6.89
	L	0.09	0.05	0.06	42.02	52.40	5.38
3	U	0.03	0.07	1.08	56.73	37.32	5.37
	L	—	0.05	0.19	58.14	36.77	4.85
4	U	0.01	0.02	0.05	32.48	61.73	5.71
	L	0.02	0.05	0.29	50.57	41.66	7.41
Mean	U	0.66	0.52	0.63	43.72	48.90	5.70
	L	0.04	0.05	0.17	45.98	47.74	5.99

U : Upper layer, L : Lower layer

마. 化學的 酸素要求量(COD)

底質의 化學的 酸素要求量은 一般的으로 砂質의 含量이 90% 이상일 때 8 O₂mg/g 乾泥 이하인 것이 正常的이라고 할 수 있고 鰾질이 많아짐에 따라 COD값도 급속히 增加하게 된다.

本 調査에서 두 養殖場의 COD 含量은 Table 2 및 Table 3에서 보는 바와 같이 장신리 어장은 4.44~50.94 O₂mg/g 乾泥의 範圍로서 月別 傾向을 보면 Fig. 6에 나타낸 바와 같다. 5월 부터 6월 까지 낮은 수준을 나타내다 7월 부터 增加하기 시작하여 9~10월에 높은 값을 보였고 11월에는 다시 減少하는 傾向을 보였다. 底質의 上層과 下層의 差異는 거의 없으나 7월에만 약간의 差異를 나타내었다. 대항리 어장은 2.80~33.78 O₂mg/g 乾泥 範圍로서 장신리 어장 보다 낮은 값을 보였다. 月別 傾向은 장신리 어장의 경우와 같이 7월 부터 10월까지 높은 값을 보였는데(Fig. 6), 이와 같은 값은 以前의 測定值 0.93~1.72mg/g 乾泥(柳 等 1975)에 비하여 상당히 높아진 값이지만 夏節期를 除外하면 10 O₂ mg/g 乾泥 이하의 正常的인 값을 보여, 降雨가 잦은 夏節期에 周圍 環境으로 부터 有機成分의 流入이 있음을 意味하는 것이라 하겠다.

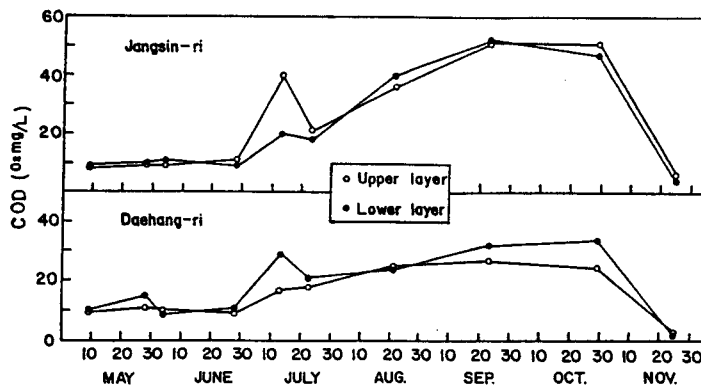


Fig. 6. Fluctuation of COD of substratum in two hard clam farms in Puan area.

마. 有機物 總量

乾燥시킨 底質을 高爐에서 600°C로 태운 뒤 그 減量으로 나타낸 有機物과 粒度와의 관계는 底質粒度中 펄질의 含量이 20%일 때 有機物은 2.5%, 40% 4.8%, 일 때, 80일 때 10% 정도로 변하는 것이 일반적인 底質과 有機物과의 관계이며, 여기서 벗어날수록 非正常的인 底質로 底棲生物 群集에 變化가 일어나게 되며 특히 8%를 넘어서게 되면 底棲生物에 影響을 주게 된다.

本 調査에서 장신리 어장의 경우 1.05~1.97%의 變動範圍를 가지며 月別 變化는 不規則한 變化를 나타내었다 (Fig. 7). 또한 上層과 下層의 差異도 不規則한 變化를 보여 7~9월에 낮고 10월 이후 다시 增加하는 傾向을 보였다. 上層과 下層의 有機物 含量 差異는 그다지 크지 않으며 역시 장신리 어장과 마찬가지로 正常的인 有機物 含量을 가지는 것으로 나타났다.

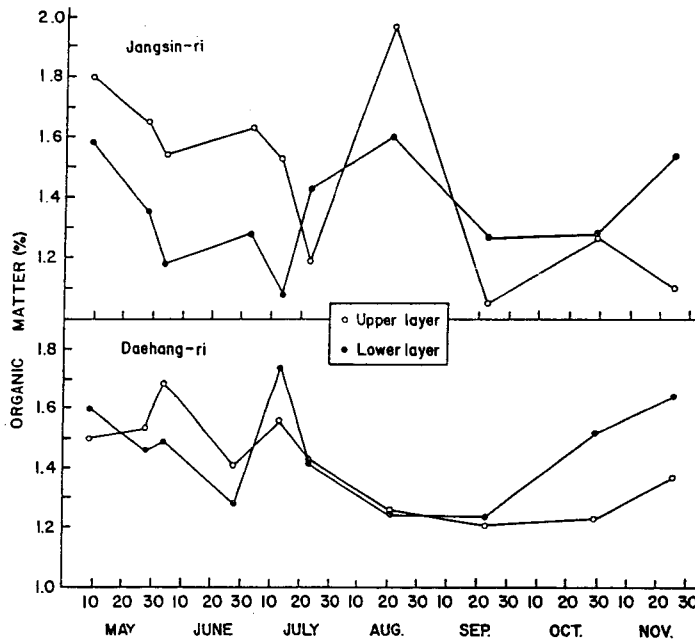


Fig. 7. Fluctuation of total organic content of substratum in two hard clam farms in Puan area.

사. 總窒素(TEN) 含量

海洋生物에 의해 排出되는 排泄物은 흔히 바다에 쌓여 底質을 惡化시키는데 특히 養殖場의 경우 좁은 面積에 많은 動物을 養殖함으로써 막대한 量의 排泄物이 排出되어 養殖場의 老朽化를 촉진시킨다는 것은 잘 알려져 있는 사실이다(Lund 1957a, b; Kusuki 1977; 조, 김 1977, 1978; Tsuchiya 1981; Lee 1989). 바다에 堆積된 排泄物은 含 窒素를 가지고 分解되어 가는데 底質의 總窒素 含量 測定은 底質의 汚染狀態를 豫測할 수 있는 資料가 된다.

장신리 어장은 31.9~161.9 $\mu\text{g/g}$ 乾泥의 範圍를 가지는데, 대체로 봄철보다 여름철에 높은 傾向을 보였으며 上·下層의 差異는 有機物含量에서와 같이 不規則한 變動을 하였다. 그러나 대항리 어장의 경우에는 總窒素含量의 範圍가 33.6~194.9 $\mu\text{g/g}$ 乾泥로서 5월에 높은 값을 보이던 것이 6월에 낮은 값을 보이다가 7월 이후에는 적은 幅으로 變動하면서 일정한 水準을 나타내었다 (Fig. 8). 또한 장신리

어장의 總窒素含量이 대항리 어장 보다 높게 나타나 이 養殖場에서 老化를 促進시킬 수 있는 가능성이 더 크다고 할 수 있다.

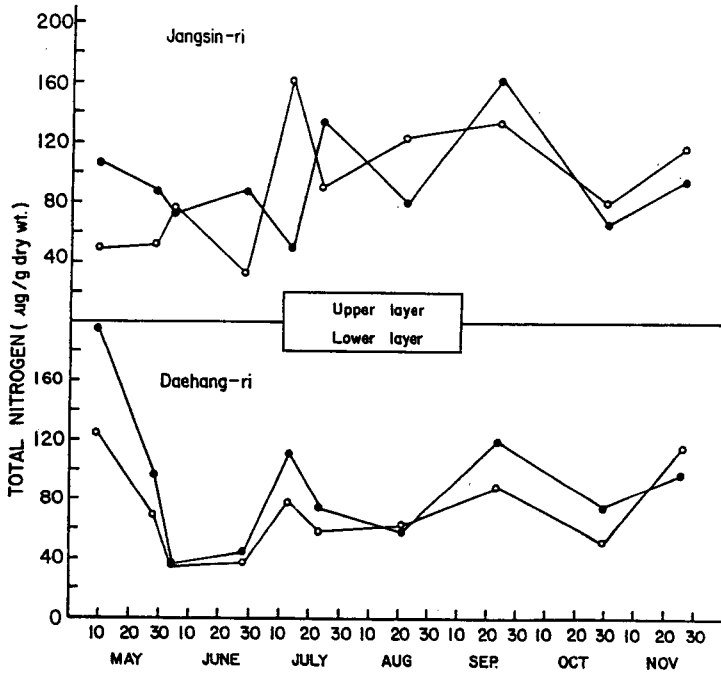


Fig. 8. Fluctuation of total nitrogen of substratum in two hard clam farms in Puan area.

아. 黃化物量

本 調査에서 장신리어장의 黃化物質은 0.032~0.124 mg/ℓ/g 乾泥를, 대항리 어장은 0.033~0.133mg/ℓ/g 乾泥의 範圍를 나타내었는데 Fig. 9에서 보는 바와 같이 두 漁場 모두 6월에 높았고 5월과 8월에 낮았으며 上·下層間의 差異는 크지 않았다.

一般的으로 淺海 干潟地에서 조개류를 斃死시킬 수 있는 有害物質 中 黃化物은 毒性이 상당히 큰 것으로 알려져 있으며 0.05 ppm만 되어도 20% 이상의 呼吸能을 抑制한다고 하였다(柳 等 1975). 底質中의 黃化物은 水中의 철이온과 결합하여 黃化水素를 發生하면서 刺戟性 냄새를 가진다. 또 黃化水素가 存在하면 底質이 嫌氣의 狀態가 되어있다는 것을 意味하는 것으로 底棲性 好氣的 生物에 타격을 주게 된다. 또한 泥質은 砂質에 비하여 黃化物含量이 많은데 黃化物含量이 0.02 mg/ℓ/g 乾泥를 超過하게 되면 底質은 老化現象을 띄게 되고, 1 µg/g 乾泥를 超過하게 되면 生物의 成長에 타격을 주게 된다(日本水産學會, 1973). 本 調査에서는 두 養殖場이 모두 0.03 mg/ℓ/g 乾泥를 超過하고 있고, 앞에서 살펴본 COD 값이나 總窒素含量 등과 함께 本 調査地域의 以前 測定值(柳 等 1975)와 비교하여 볼 때 높은 값이어서 아직 漁場의 老化現象이 改善되었다고 보기에는 어려울 것 같다.

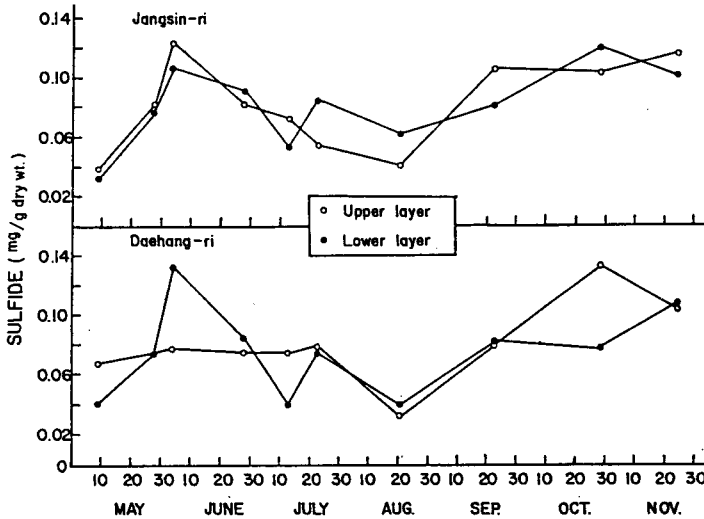


Fig. 9. Fluctuation of sulfide content of substratum in two hard clam farms in Puan area.

3. 백합내 殘留 農藥成分 調査

農地에 撒布된 農藥 中에는 殘留性이 큰 農藥成分들이 河川을 따라 결국은 沿岸海域으로 流入되므로 河口 海域의 水産生物에 여러가지 惡 影響을 미치고 있는 現象에 대해서 많은 研究가 이루어져 오고 있다. Butler(1966a, b) 및 Wurster(1968)에 의하면 DDT와 같은 有機 鹽素系 農藥의 경우, 高濃度에서는 短時間에 生物을 죽이게 되지만 1 ppb 정도의 低濃度에서는 成長에 妨害를 하고 長期間 露出되면 環境水中의 農藥成分이 水産生物의 體内に 蓄積된다고 하였다. 本 調査도 백합養殖場에서 試驗 養殖中에 있던 백합에 어떤 農藥成分이 어느정도로 含有되어 있는지를 알아 보았는데, 分析에 있던 백합에 어떤 農藥成分이 어느정도로 含有되어 있는지를 알아 보았는데, 分析對象 農藥은 α -BHC, β -BHC, γ -BHC, heptachlor, heptachlor-epoxide, aldrin, DDE, DDT 및 dieldrin 등이었다.

장신리 어장과 대항리 어장에서 產出된 백합을 對象으로 6 월부터 7 월의 斃死되지 직전까지 4 회에 걸쳐 백합내 殘留農藥 成分을 分析한 結果는 Table 6에 나타낸 바와 같다. 1 회 調査時와는 약간 다른 傾向을 나타내었다. 또한 α -BHC와 β -BHC가 각각 장신리와 대항리에서 높은 값으로 나타났으나 그 量은 현저히 減少하였다. 3 회 調査時인 7 월 中旬에는 6 월 下旬부터 시작한 장마의 影響으로 隣近 農耕地로 부터 많은 陸水가 흘러들어 장신리 어장의 경우 2회때 보다 2 배나 많은 8 種이 檢出되었고 그 量도 增加하였으며, DDE 및 α -BHC가 가장 많이 檢出되었다. 대항리 어장産에서도 6 種이나 檢出되었고 α -BHC 및 β -BHC가 가장 많이 檢出되었다. 斃死가 50% 이상 일어난 7 월 中旬에 채집한 백합에서는 장신리 어장의 경우 이제까지 檢出되지 않던 dieldrin이 追加 檢出되었고, BHC 種類 및 heptachlor의 量은 增加된 반면 다른 農藥 成分은 減少를 나타내었으나 대항리의 경우 檢出된 7種 모두가 현저히 量的으로 增加하여 이 漁場의 백합 斃死에 一部 影響을 미친 것으로 推定되었다.

田等(1981)의 報告에 따르면 內草島 및 界火里의 海水에서 農藥을 分析한 結果 α -BHC와 γ -BHC만이 檢出되었다고 하였고, 또 全北 金堤 심포 앞바다에서 調査한 資料(미발표, 1983)에 의하면 이곳 海水에서는 α , β , γ 의 3종류 BHC가, 백합에서는 α , β 두 種類의 BHC와 heptachlor가, 底質에서는 heptachlor가 檢出된 바 있다. 이들 資料와 本 調査 分析値와 비교하여 볼 때 殘留性 農藥의 種類가 보다

Table 6. Agricultural chemicals detected in hard clams from Puan farms (Unit : ppb)

Component	Date Farm	June 4		June 28		July 13		July 23		Mean	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
α-BHC		2.59	4.92	0.50	0.82	2.46	0.88	1.50	1.87	1.76	2.12
β-BHC		1.94	2.88	0.38	1.49	0.44	0.84	7.94	2.63	2.68	1.96
γ-BHC		0.89	-	0.25	0.62	0.21	0.61	0.66	1.11	0.50	0.59
Heptachlor		-	-	-	-	0.23	0.34	0.44	0.89	0.17	0.31
Heptachlor-epoxide		5.66	-	0.50	0.34	0.34	-	-	2.51	1.63	0.71
Aldrin		0.24	-	-	0.29	0.59	0.25	0.09	1.93	0.23	0.62
pp-DDE		1.94	0.30	-	0.05	2.88	0.02	0.06	4.19	1.22	1.14
pp-DDT		-	-	-	-	0.29	-	-	-	0.07	0
Dieldrin		-	-	-	-	-	-	0.22	-	0.06	0

※ - : Not detected A : Jangsin-ri, B : Daehang-ri

多様해져 農藥의 影響이 점차 擴大되어 가는 現象을 보이고 있다.

특히 7월 中旬을 前後로 하여서는 降雨로 인해 장신리 어장으로 흘러 들어가는 陸水에서 상당한 정도의 農藥 냄새를 맡을 수 있어서 장신리 어장과 같이 陸地 가까운 물길부근에 있는 漁場은 農藥의 影響을 상당히 받을 것으로 推定된다. 田等(1981)의 調査에서도 降雨 直後 滲수한 陸水에서 상당량의 BHC 農藥成分이 檢出되어 백합 養殖場 海水中에 分布하는 BHC의 주된 根源은 農耕地로 부터 流入되는 河川水라고 하였으나 그 含量이 0.1 ppb정도로 急性毒性을 일으키기에는 훨씬 낮은 濃度였다고 하였다. 그러나 Bulter (1966a)는 DDT의 경우 1 ppb에서 자란 굴의 內質部 中에는 7 ppm의 農藥이 檢出되어 環境水 濃度의 7000배 濃縮 效果를 나타내었다고 하였다. 따라서 農藥의 濃度가 急性의 中毒現象을 일으킬 수 있는 濃度는 아니라 하더라도 殘留性이 강한 農藥이 河川水로 부터 계속 流入된다면 백합의 生體內에 蓄積될 것이고 이것은 백합의 成長阻害 및 生理的 障礙를 誘發시켜 여름철 高水溫 低鹽分 時期에, 즉 백합이 生理的으로 活性이 좋지 못할 때 결국 斃死에 이르게 하는 하나의 原因이 되지 않나 생각된다.

원래 水産生物과 같이 水中의 立體的 環境影響 아래에서 棲息하는 生物의 生活環境을 명확히 理解한다는 것은 대단히 어려운 일이다. 더우기 같은 生物이라 할지라도 個體마다 條件이 다르고, 백합과 같이 底質에 埋没하여 棲息하는 種은 어떤 한 個體에 의하여 田 個體群 集團이 影響을 받을 수도 있는 등, 매우 복잡한 樣相을 띠고 있어 그 原因 究明이란 體系的이고 複合的인 研究가 계속적으로 이루어 지지 않는 한 밝혀내기가 어렵다.

한번 自然 生態界의 均衡이 파괴되면 원래대로 回復되는데는 상당한 時間이 요하게 되며 그 回復程度도 원래와 같지 않을 때가 많다. 또한 環境汚染은 그 環境自體의 破壞 뿐만 아니라 결국 人間에 까지 그 影響을 미치게 함으로써 直·間接的 被害를 입게 마련이다.

금번 扶安沿岸 일대에 백합養殖 可能性 診斷을 위한 養殖場環境 調査 結果를 70년대초 大量斃死後 釜山水産大學 調査팀에 의해 調査된 調査值(1975)와 比較하여 보면 아직 漁場이 완전히 回復되었다고 보기에는 어려울 것 같다. 養殖場 底質 粒子組成中 아직 漁場이 완전히 回復되었다고 보기에는 어려울 것 같다. 養殖場 底質 粒子組成中 微砂가 비교적 많은편으로 浮泥를 일으킬 수 있는 素因이 많으며, 底質의 COD 및 黃化物 含量이 以前의 調査值 보다 낮아지지 않고 오히려 높은 數值를 나타내었으며, 5~10cm 아래층의 底質이 아직도 검게 색이 있는 것을 確認할 수 있었다. 또한 두 곳의 백합養殖場에서 產出되는 백합마저 여름철 降雨期를 지나면서 斃死量이 증가되고 斃死의 原因이 아직도 內在되어

있다고 보아야 할 것 같다. 또한 例年에 볼 수 없었던 暴雨로 인하여 多量의 陸水가 流入됨으로써 低鹽分 (5.8-6.5‰) 現象으로 받는 生理的 打擊도 큰 原因으로 꼽을 수 있으며, 陸水에 含有되어 있는 有害物質의 影響도 排除할 수 없으리라 본다.

따라서 백합을 斃死시키는 原因은 어떤 한 原因에 의해서만 이루어지는 것이 아니고 環境條件이 나빠져 있고 백합이 生理的으로 弱화되어 있을 때 어떤 다른 要因에 의해 個體가 받는 生理的 障礙가 促進되어 약한 個體가 먼저 斃死하고 이어서 斃死 個體가 腐敗하면서 연속적으로 集團 全體에 有害物質이 擴散되면서 일시적으로 大量斃死를 일으키는 原因이 된다고 생각된다. 그러므로 아직은 正常的인 백합 養殖을 하기는 어려울 것 같고 앞으로 계속적인 環境評價를 실시하여 漁場이 回復되었다고 판단될 때 養殖을 실시하는 것이 바람직하다고 보아진다.

要 約

全北沿岸의 백합 養殖場 回復與否를 診斷하기 위하여 扶安群海域의 장신리와 대항리 백합 養殖場을 對象으로 1987년 4월 부터 11월까지 漁場環境調査를 실시한 結果는 다음과 같다.

두 養殖場의 海水水溫 變化는 10.7~27.4°C, pH는 7.6~8.2, 鹽分은 降雨期를 除外하고는 22.3~30.3 ‰, COD는 0.20~4.71mg/l, 黃化物은 0.04~0.22 µg-at./l, 浮游性固形物質은 34.8~199.3mg/l, 葉綠素 a 含量은 3.71~49.02mg/m³, TIN은 2.01~24.47 µg-at./l, 磷酸은 0.60~11.03 µg-at./l, 硅酸은 4.40~476.36 µg-at./l 범위로 變動하였다.

干潟地의 水溫은 14.2~29.7°C 범위였고, pH는 8.3~9.5, 含水量은 0.28~0.49 mg/g 乾泥, COD는 2.80~50.94 mg/g 乾泥, 有機物總量은 1.05~1.97%, 總窒素含量은 31.9~194.9 µg 乾泥, 黃化物量은 0.032~0.133 µg 乾泥 범위를 나타내었다.

底質의 粒島分析 結果는 粒徑 0.35~0.074 mm의 가는 모래가 92~95%로서 대부분을 차지하였고 2.8~8.1%가 粘土質으로 構成되어 있었다.

두 養殖場에서 產出된 백합을 對象으로 殘留農藥成分을 分析한 바 α, β, γ-BHC, heptachlor, heptachlor-epoxide, aldrin, DDE, DDT 및 dieldrin등이 檢出되었으며, 특히 降雨期에 많은 種類가 檢出되었다.

文 獻

- 金炳珍 外. 1985. L-1 事業 環境影響評價書. 韓國石油開發公社 457 p.
- 金榮吉 外. 1986. 藍浦地區 干拓農地 綜合開發事業에 따른 漁場被害有無 調査報告書(地區外). 群山水大 水產科學研究所 147 p.
- 裴平岩 · 姜弼愛 · 金 潤. 1977. 白蛤에 寄生하는 吸蟲類 *Ceraria pectinata*에 關하여. 水振研報 18 : 131-140.
- 柳晟奎. 1979. 淺海養殖. 새로출판사, 605 p.
- 柳晟奎 · 李擇烈 · 陳 平 · 田世圭 · 崔渭卿. 1975. 扶安灣 白蛤斃死에 對한 調査研究. 釜山大 海研報 8 : 39-52.
- 柳淳錫. 1978. 環境保全法. 法文社, 392 p.
- 元鐘勳 · 高楠表. 1975. 光陽灣 白蛤養殖場 水質에 미치는 影響. 韓水誌 8(2) : 73-84.
- 李仁圭 外. 1985. 舒川 T/P 冷却水가 沿岸養殖 水產物에 미치는 影響調査. 서울大 自然科學綜合研究所 381 p.
- 李廷烈 外. 1989. 西海沿岸의 養殖場環境調査 1. 庇仁灣 筍養殖場의 水質環境. 群山水大 水科研報 5 : 11-30.

- 張善德·陳平·成炳恩. 1976. 泥質과 鹽分이 白蛤의 斃死에 미치는 影響. 韓水誌 9(1) : 69-73.
- 張善德 外. 1981. 高亭 火力發電所 建設에 따른 漁業被害範圍 調査 報告書. 釜山水大 海洋科學研究所 138 p.
- 張善德 外. 1985. 淺水灣 防潮堤 建設에 따른 海洋 및 漁業營養 調査報告書. 釜山水產大學 沿岸海洋研究室 141 p.
- 田世圭·李鐘百. 1976. 大합에 寄生하는 吸蟲類 幼蟲의 研究. 韓水誌 9(1) : 35-42.
- 田世圭·張東錫·朴清吉·盧龍吉. 1981. 백합 생산을 위한 기초조사. 水振研報 26 : 7-36.
- 조창환·김용술. 1977. 굴 養殖場의 微細環境에 관한 研究 1. 巨濟灣의 養殖場密度 및 富營 養化에 關하여. 韓水誌 10(4) : 259-265.
- 조창환·김용술. 1978. 忠武附近養殖場의 底質에 관한 研究. 韓水誌 11(4) : 243-246.
- 洪淳佑 外. 1985. 酒精廢液의 海洋投棄에 따른 環境影響調査 研究. 友豐化學株式會社 356 p.
- 大分縣淺海漁業試驗場. 1978. ハマガリの生物學的知見並びに増養殖技術に關する既往資料. 昭和53年度 大規模増殖事業開發調査 中間報告書 1 : 55-87.
- 新田 忠雄. 1976. 水產用水域의 汚濁と水產用水基準. 用水廢水ハンドブック編輯委員會, 用水廢水ハンドブック. pp 54-61.
- 愛媛縣水產試驗場. 1974. 泥の濁りがイに及ぼす影響について. 本州四國連結架橋 漁業影響報告 5 : 115-121.
- 愛媛縣水產試驗場. 1975. 魚介類の卵稚漁期における濁りの影響について(豫報). 本州四國連結架橋 漁業影響報告 6 : 55-62.
- 五十嵐彦仁. 1944. 泥土による鮑の被害に就て. 日水誌 12(6) : 202-203.
- 日本水產學會. 1973. 水圏の富營養化と水產増養殖. 恒星社厚生閣 125 p.
- 村上彰男. 1975. 海洋環境の保全. 海洋生物 資源環境. pp. 192-204.
- 香川縣水產試驗場. 1974. 貝類の酸素消費に及ぼす濁りの影響について. 本州四國連結架橋 漁業影響報告 4 : 191-200.
- APHA, AWWA, WPCF, 1985. Standard methods for the examination of water and wastewater. 16th ed. APHA, Washington.
- Butler, P. A. 1966a. The problem of pesticides in estuaries. Am. Fish. Soci. Spec. Publ. No. 3 : 110-115.
- Butler, P. A. 1966b. Pesticide in the marine environment. Jour. of applied ecology Vol. Supplement : 253-259.
- FAO. 1975. Manual of methods in aquatic environment research. FIRI/T137.
- Grasshoff, K., M. Ehrhardt, and K. Kremling. 1983. Methods of seawater analysis. 2nd ed. Verlag Chemie GmbH Weinheim, pp. 73-84.
- Kim, Y. G. et. al., 1986. On the marine environmental survey of Nampo sea area. Bull. Fish. Sci. Inst. Kunsan Fish. Jr. Coll. 2 : 15-24.
- Lee, J. Y. 1989. Nitrogen metabolism of hard clam, *Meretrix lusoria*(Roding). Bull. Fish. Sci. Inst. Kunsan Fish. Jr. Coll. 5 : 1-9.
- Lin, Y. S., S. L. Chen and Y. H. Pang. 1981. Studies on the relationship between mass mortality of hard clam(*Meretrix lusoria*) and dissolved sulfide. Nat. Taiwan Univ. Inst. Fish. Biol. 3(4) : 1-11.

- Lund, E. J. 1957a. A quantitative study of clearance of a turbid medium and feeding by the oyster. *Publ. Inst. Mar. Sci. Univ. Texas* 4(4) : 296–312.
- Lund, E. J. 1957b. Self-silting by the oyster and its significance for sedimentation geology. *Publ. Inst. Sci. Univ. Texas* 4(2) : 320–327.
- Mullin and Riley. 1955. The spectrophotometric determination of nitrate in natural waters with particular reference to seawater. *Anal. Chem. Acta.* 12 : 464–480.
- Solorzano, L. 1969. Determination of ammonia in natural waters by the phenolhypochloride method. *Limnol. Oceanogr.* 14 : 799–801.
- Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons. 1968. A practical handbook of seawater analysis. *Fish. Res. Board Canada Bull.* 167.
- Tsuchiya, M. 1981. Biodeposit production and oxygen uptake by the Japanese common scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay). *Bull. Mar. Biol. Stn. Asamushi Tohoku Uni.* 17(1) : 1–15.
- UNESCO-SCOR. 1966. Determination of photosynthesis pigment in seawater. *Monographs on oceanographic methodology*, 1. UNESCO.
- Wurster, C. F., Jr. 1968. DDT reduces photosynthesis by marine phytoplankton. *Science* 159 : 1474–1475.