

馬山灣의 環境汚染 評價를 위한 野外 生物 汚染 試驗 研究

朴 周 錫

國立 水產 振興院

FIELD BIOASSAYS ON SHELLFISH TO ASSESS ENVIRONMENTAL POLLUTION LEVELS OF THE MASAN BAY

Joo-Surk Park

Fisheries Research & Development Agency, Busan, Korea

ABSTRACT

A study on field bioassay test using four species of commercially important shellfish was carried out to assess the effect of pollutants and determine the extent of marine environmental pollution of the Masan Bay from 9 to 15 August 1978. Water quality analysis and planktological examination of sea water were made during the experiment and the examination gave the following results.

The water temperature was so high at 31.7°C in maximum and rather subject to change on weather condition of the land than on the effect of the water mass from outer bay.

The range of DO, COD and SS at the stations were 0.3-7.08cc/l, 0.07-3.31ppm and 5.5-117ppm, respectively with the high values of COD and SS at the stations 7 and 1.

The concentrations of the dissolved inorganic nitrogen in sea water, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N and Po₄-P were 18.90-99.80, 2.48-19.60, 13.00-39.00 and 1.04-14.0 μg-at/l, respectively with decrease of their values in the outer part of the Bay. The high values mentioned above were caused by the sewage and industrial activities. The effects of organic waste are increased oxygen demand, nutrient concentration, turbidity and a higher input of pathogens, leading to structural changes in the marine ecosystems and to a considerable hazard to public health.

The percentage composition of phytoplankton standing crop between diatom and dinoflagellate was characterized by making a difference between the two groups in respect of location: a decrease of diatom and a increase of dinoflagellate in numerical abundance toward inner part from outer part of the bay. Namely phytoplankton organisms were composed of 80% of diatom and 20% of dinoflagellate in outer bay, on the contrary, only 4% of diatom and 96% of dinoflagellate occupied by 94% of *prorocentrum micans* known as tolerant species to polluted reas in the inner bay.

On the occurrence and composition of zooplankton, there are two significant communities in the bay: one is characterized by the predominance of *Oithona nana* and the other by *Favella* sp. They were composed of a range from 84% to 90% of the total organisms and monotonously constituted of themselves only at most inner station 3 even small numbers. From the results mentioned above, *Oithona nana*, *Favella* and *prorocentrum micans* recommed themselves as valuable indicators for judging the extent of the marine pollution.

During the period of the biossays *Mytilus edulis* showed the highest mortality and *Tapes japonica* the lowest one between the four test species. The highest death rate by stations was

found at most inner stations 3 and 4 near Masan Free Export Zone with the most sensitive response and the lowest one occurred at outer station 13 where no death specimen of oyster and arkshell was found during the whole test period. As for mussel, 85 percent death rate appeared after 72 hours and 100 percent rate after 120 hours at station 4.

It was found that the significant high mortality of the test shellfish mentioned above was caused by severe pollution with mainly organic pollutants from domestic sewage and industrial wastes from the results of too much higher concentrations of dissolved inorganic nitrogen especially ammonia-N, COD, SS and lack of dissolved oxygen, and furthermore occurrence and abundance composition of *Prorocentrum*, *Favella* and *Oithona nana* by stations, valuable indicator species of coastal pollution by organic and biological pollutants.

緒 言

馬山灣은 停滯性 內灣水域인 위에 急激한 臨海 工業의 發達과 大規模의 都市化에 따라 大量 排出되는 各種 産業廢水 및 都市 排水의 影響으로 海洋 環境이 汚染되므로서 所謂 人間에 依한 새로운 生態系가 形成되자 第一次 生物環이 깨어지고 生物이 받는 被害程度는 날로 深刻해져가는 傾向에 있다.

그러나 지금까지 馬山灣에서 調査한 海洋環境 汚染關係 研究 實績은 主로 海水의 化學成分에 關한 報告 程度이고(國立水產振興院 1972, 1974, 1975, 1977; 李等 1974 a, b; 朴 1975; 金等 1976; 劉等 1976) 實際 그 環境에 있어서의 生物의 棲息 適否를 判定하는 生物學的 汚染 效果 試驗 特히 野外 生物 毒性 實驗을 通하여 汚染度를 評價하는 生物學的인 研究는 찾아 볼 수 없다.

따라서 本 試驗은 이러한 環境條件下에서 汚染物에 對한 産業上 重要 貝類인 굴, 홍합, 피조개 및 바지락等 4個種의 毒性 反應과 斃死狀態 그리고 Plankton의 出現量과 그 組成上의 特性에 따른 汚染指標性을 究明하므로써 馬山灣의 汚染度를 生物學的으로 分析 評價하고 나아가서는 鎮海灣 一帶에 미칠 赤潮 豫防 措置와 水産物의 持續의 最大生産을 爲한 漁場 管理 및 環境 保全 政策의 基本資料로서 活用코져 한다. 끝으로 本 試驗에 協助하여 준 金學均技佐에게 謝意를 表한다.

資料 및 方法

馬山灣에서 産業廢水 및 都市下水의 影響으로

汚染度가 높은 곳이라 인정되는 깊숙한 內灣 奧部인 自由 輸出團地 및 昌原 工業團地 下水域과 馬山 魚市場을 對象으로 8個點을 選定하여 野外 生物 毒性 試驗을 實施하였으며 아울러 水質 調査와 Plankton 調査도 併行하였다 (Fig. 1).

本 試驗에 使用한 供試 貝類는 統營郡 龍南面(원문포)의 殼長平均值 들이 3.8cm의 굴과 3.5cm의 홍합, 鎮東面 古縣産의 4.3cm의 피조개

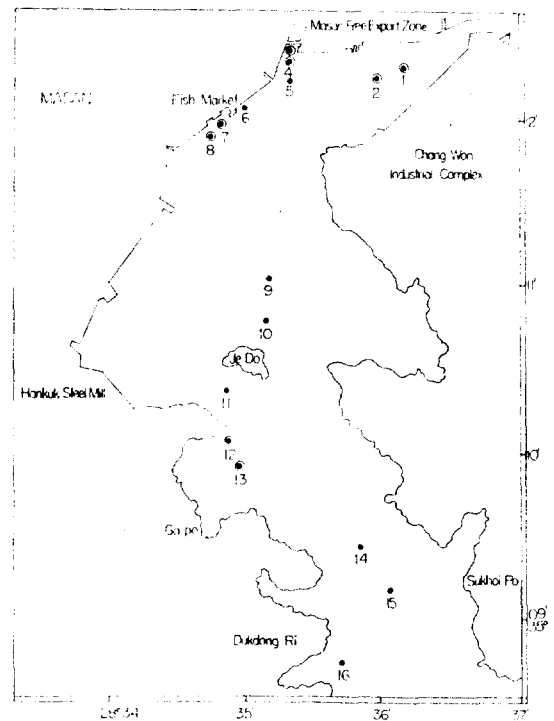


Fig. 1. Map showing stations for bioassay experiment on four shellfish, water quality, plankton and sediment samples in Masan bay in August 1978. White circles indicate bioassay experiment stations.

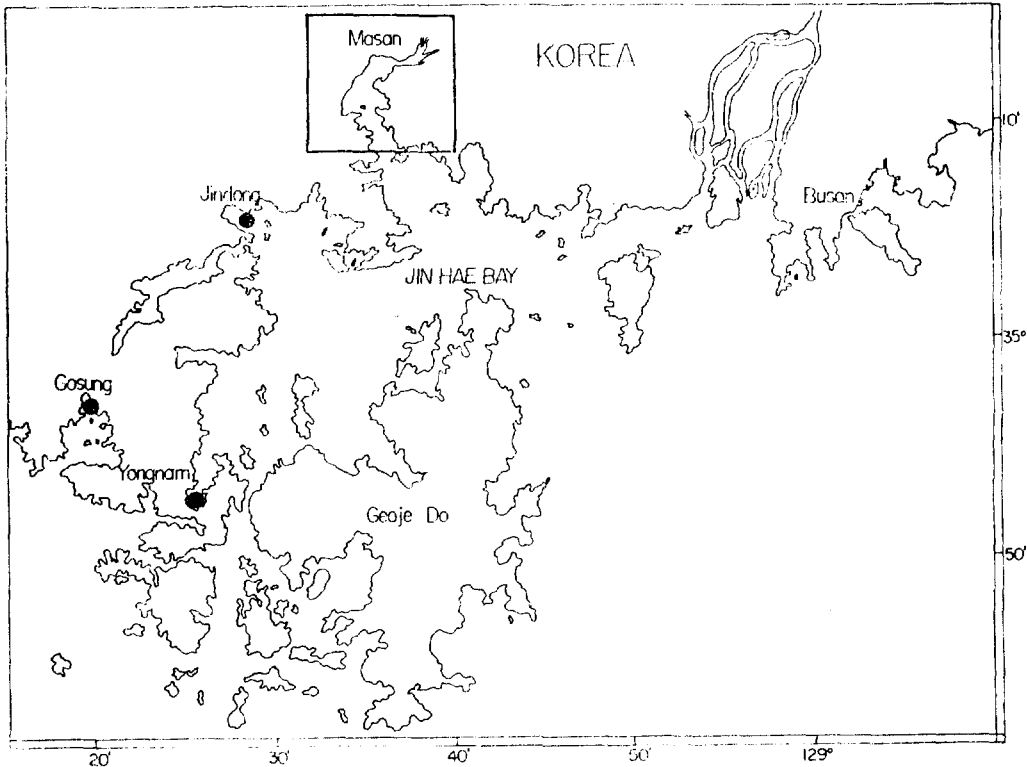


Fig. 2. Map showing sampling stations (black circles) of four test shellfish used for the field bioassay experiment in Masan Bay, August 1978. Rectangular part shows the region elaborated in figure 1.

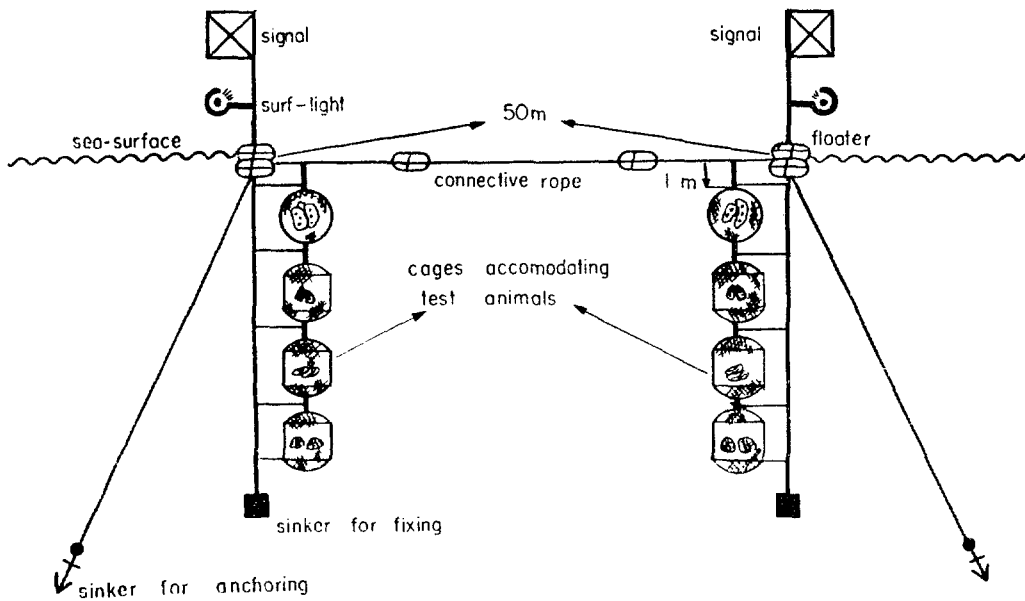


Fig. 3. Vertical view of the hanging cages for bioassay test using four shellfish with a range from 2.1cm to 4.3cm in shell length. From top layer: oyster, mussel, neck clam and arkshell.

그리고 固城灣産의 2.1cm의 바지락이었으며 이들 試料들이 棲息한 環境 水質은 比較的 良好한 便이었다(Fig. 2).

野外 水中에서 取扱한 試驗方法은 垂下施設을 하여 種類別로 各各 收容하였다(Doudroff et al, 1951; 4th FAO/SIDA, 1975). 即 前述한 4個 海域마다 포리에치렌 로—프로서 2個 地點間(定點 1~2, 3~4, 7~8, 12~13)을 連結하고 이를 固定하기 爲하여 小型 양카를 使用했으며 海女用 스티로폴 浮子로서 浮力을 調整했다. 이와같이 施設한 幹線에 줄(枝線)을 垂下하고 그 줄에 水面下 0.5~1m 位置로 부터 20cm 간격으로 4개의 바구니를 달고 각 바구니에 서로 다른 供試料를 收容하여 試驗하였다(Fig. 3).

이때의 바구니는 直徑 30cm의 구멍 뚫린 正方形의 비닐바구니에 50결의 無結節綱으로 포위하였고 굴의 경우는 貝殼의 破損 막기위하여 自然 그대로 海水中에 노출 하였다. 한개의 바구니當 供試料의 收容量은 굴은 稚貝가 부착한 덩어리 상태 그대로 使用하였으므로 投入尾數가 不規則하였으나 바지락 홍합, 피조개는 各各 50, 40, 10尾씩 一定하게 收容하였으며 위로부터 굴, 홍합, 바지락 및 피조개 順으로 垂下하였으며 24시간 週期로 觀察하였다.

觀察 方法은 試料를 船上에 올리기 直前に 觀察하고 또 올려놓고 各 個體의 斃死狀態를 상세히 檢體하였으며 死亡 判定 基準은 다음과 같다

첫째 針 刺戟法인데 針으로 肉質部, 貝殼筋을 자극하여 그 反應을 보며 開殼 個體가 닫는지의 與否 및 자극시의 運動으로 判定하며 둘째 海水 放置法인데 死亡個體를 뽑아내어 灣入口의 定點 13의 養殖場에 별도의 바구니를 매달아 그 속에 넣고 24시간 收容後 回復 與否를 觀察하므로써 死亡 狀態를 判定했다.

觀察時에 採取한 環境 水質은 다음 方法으로 分析하였다.

溶存 酸素는 Winkler 變法, 化學的 酸素要求量(COD)은 Alkali法, 油脂類는 n-hexan 抽出法, 浮游物質(SS)은 Filter法, 營養鹽類는 光電 比色計로서 測定했고 重金屬은 原子吸光度計로서 分析하였다.

Plankton은 採水法과 Net 採集法으로 採集하

였다. 前者는 表面水 1l을 採取, 沈澱法에 依하여 100~200cc되게 濃縮하여 種類別로 分類檢索 하였으며 後者는 Kitahara 定量採集綱으로 採集 하였다.

現存量은 Phytoplankton은 1l當 細胞數 (Cells /l)로, Zooplankton의 경우는 1m³當 個體數로 換算 表示하였다.

底質分析에 있어서 硫化物은 Kildahl 分解法, 有機物은 電氣爐法, 化學的 酸素 要求量은 過산화 간산 카티 소비량에 依한 測定法으로 分析하였다.

結 果

1. 環境 水質

試驗期間 水質의 特性을 보면 Table 1과 같다. 먼저 表面 水溫은 30°C±1°C程度로서 年中 가장 높은 時期이며 外海側이라 보는 鎭海灣 入口인 駕德島 附近의 水溫 26.92°C에 比하면 約 3°C 以上の 高溫相으로서 內灣의 特性을 잘 나타내었으며 生物 棲息에 미치는 效果는 자못 큰 것으로 본다.

鹽分은 27.44~30.61‰로서 全域的으로 濃度가 낮으며 灣 奧部인 馬山 自由輸出 團地 附近의 定點 3이 가장 낮고 外洋側인 定點 13이 가장 높았다.

溶存酸素量 (DO)은 0.34~7.08cc/l 범위로서 定點 3이 0.34cc/l로서 가장 낮은 값을 보였고 定點 13이 7.08cc/l로서 最高值를 나타내었으며 大部分의 定點에서 生物 棲息에 不足한 酸素量을 나타내었다.

化學的 酸素 要求量(COD)은 0.67~3.31ppm 범위로서 馬山 魚市場 앞의 定點 7에서 灣 奧部側으로 2ppm 以上の 높은 값을 나타내었으며 外洋側인 12와 13點은 1ppm 以下の 낮은 값을 보였다.

油脂類의 含量은 2.4~12ppm로서 調査定點에 따라 多少 差異가 있으나 定點 1, 4, 8 및 12에서 약 10ppm 나타났다. 浮游物質의 含量은 5.5~117ppm 범위로서 昌原 工團 下水域 特히 定點 1이 117ppm로서 가장 많고 가포 양식장인 13點이 10ppm 以下로서 적은 편이었다.

營養鹽類의 分布量을 보면 全域的으로 많은

Table 1. Water quality conditions for the field bioassay experiment on four fish in Masan Bay, August 12, 1978

Parameter	Station	1	2	3	4	7	8	12	13
W.T. (°C)		30.0	31.0	31.7	30.6	29.7	30.5	30.7	29.6
SAL. (%)		29.65	29.65	27.44	28.73	28.74			30.61
DO (cc/L)		1.74		0.34	4.33	1.35	5.20	5.34	7.08
PH		7.72	7.02	7.54	7.63	7.82	7.47	7.60	7.52
COD (ppm)		2.44	2.35	3.08	2.71	3.31	1.69	0.73	0.67
Oil&Grease (ppm)		10.0	6.4	6.0	9.2	4.0	10.4	12.0	2.4
SS (ppm)		117.0	35.5	55.0	59.5	10.5	—	5.5	7.5
NH ₄ -N (μg-at/L)		36.10	98.60	79.75	78.30	58.00	99.80	21.46	18.90
NO ₂ -N (μg-at/L)		11.00	19.60	4.80	5.28	12.96	2.48	3.84	5.56
NO ₃ -N (μg-at/L)		26.00	39.00	19.50	17.94	32.50	20.15	13.00	14.95
Total-N		73.10	157.20	104.05	101.51	103.46	122.43	38.30	43.41
PO ₄ -P (μg-at/L)		3.92	6.4	11.0	14.0	5.4	6.6	1.04	1.66
N:P		18.7	24.6	9.5	7.3	19.2	18.6	36.8	26.0
Zn (ppb)		4.0	7.3	5.9	9.9	5.4	4.3	3.0	8.1
Hg (ppb)		0.24	0.13	0.17	0.09	0.11	0.17	0.13	0.12
Cd (ppb)		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Pb (ppb)		7.5	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	3.0	3.0
Cu (ppb)		18.0	0.8	1.0	15.4	2.4	2.2	0.8	2.0

량이며 암모니아성 질소가 18.9~99.8μg-at/l, 아산화질소성 질소가 2.48~19.6μg-at/l, 산화질소성 질소가 13.0~39.0μg-at/l로서 모두 높은 수치이나 특히 암모니아성 질소가 너무 많은 것으로 보아 有機性 汚染物質의 多量 流入이 原因이 된 것으로 보아진다.

인산염은 1.66~14.0μg-at/l로서 비교적 많은 양을 나타내었으며 질소와 인산의 比率은 7.3:1~36.8:1, 平均 20:1로서 질소가 상당히 높은 비율을 차지함으로서 질소함량이 높은 有機性 汚染物質의 特性을 드러내고 있다. 한편 이번 試料中の 重金屬 含量은 全般的으로 적은 편이었다.

2. 底 質

底質의 硫化物 含量은 0.89~0.96mg/g, 有機物은 12.8~15.1%, 化學的 酸素 要求量은 18.9~24.8mg/g로서 全般的으로 너무 많은 양을 나타내어 生物의 棲息에 나쁜 影響을 끼칠 것이며 이들의 分布量은 內灣쪽으로 갈수록 많아지는 傾向을 볼 수 있다(Table 2). 內灣(St. 4, 9)에 있어서는 採取 試料 350g中的 Benthos相을 調査해본 결과 1尾의 個體도 發見할 수 없었다.

Table 2. Bottom sediments in Masan Bay, September 1977

Item	Station	4	9	15
Sulfide (mg/g)		0.91	0.96	0.89
Total Organic (%)		14.3	15.1	12.8
COD (mg/g)		23.0	24.8	18.9

3. Plankton

가. Phytoplankton

全域的으로 出現 種類數가 적고 또한 그 組成도 單調로우며 海灣別로 各己 特性을 지니고 있다(Table 3).

珪藻類와 鞭毛藻類의 組成率을 보면 外洋側에서 內灣側으로 갈수록 珪藻類는 定點 13이 80%, 10이 70%, 3과 2는 불과 4%와 7.7%차지 하므로서 外洋에서 內灣側으로 들어 갈수록 全體中 차지하는 比率이 減少되며 특히 定點 7에서 急激히 減少하는 反面 鞭毛藻類의 組成率이 크게 增加하였다. 即 內灣奧部에서의 出現量은 汚濁에 對한 耐性이 강한 몇 種의 鞭毛藻類인 *Prorocentrum micans*을 爲始해서 *Ceratium*, *Goniaulax*屬에 依해서 支配되고 있음을 알 수 있다. 外洋

Table 3. Percentage composition of phytoplankton abundance from surface water samples of 1 Liter in Masan Bay, August 1978

Species	Biomass (cells/L)	Station				
		2 28,080	3 98,760	7 53,810	10 49,520	13 81,280
Diatoms						
<i>Bacteriastrum varians</i>						1.5
<i>Chaetoceros affinis</i>				3.8	5.7	10.7
<i>Ch. compressus</i>						3.0
<i>Ch. curvisetus</i>				1.3	1.14	4.6
<i>Ch. didymus</i>					5.68	15.2
<i>Ch. lorenzianus</i>				3.8	2.3	4.6
<i>Ch. subsecundus</i>	7.7	2.0	1.3		9.09	12.1
<i>Coscinodiscus</i> sp						1.5
<i>Ditylum brightwellii</i>						1.5
<i>Leptocylindrus danicus</i>		2.0	1.3			1.5
<i>Nitzschia seriata</i>			6.5		2.27	
<i>Rhizosolenia delicatula</i>						3.03
<i>Rh. stolterforthii</i>						1.5
<i>Schrodella delicatula</i>					2.27	4.55
<i>Skeletonema costatum</i>					1.14	1.52
<i>Thalassinoma nitzschioides</i>					40.3	3.03
<i>Thalassiosira</i> sp.						1.52
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>						1.52
Flagellates						
<i>Ceratium furca</i>	20.08					1.52
<i>Cera. fusus</i>				2.5	5.68	4.55
<i>Dictyocha fibula</i>				1.3		
<i>Distephanus speculum</i>	7.69					1.52
<i>Gonyaulax</i> sp.	23.08	2.0				1.52
<i>Peridinium sphaericum</i>				3.8	1.14	
<i>Prorocentrum micans</i>	41.08	94.0	74.4		23.86	10.61

側으로 갈수록 특히 규조류의 출현량이 많을 뿐만 아니라 그 種類數도 多樣한 편이나 優占種은 定點 別로 相異함을 알 수 있다. 即 定點 13은 *Chaetoceros affinis*, *Chaet. didymus*, *Chaet. subsecundus*를 主組成으로 한 *Chaetoceros*屬이 全體中 약 60.7%로서 主組成屬이라 할 수 있으나 定點 10은 *Thalassinoma nitzschioides*가 40%로서 主組成種이 바뀌게 되었고 定點 7은 *Nitzschia seriata*가 優勢하였다. 定點 3과 2는 규조류 대신 편모조류가 92% 이상 차지하고 특히 定點 3은 汚濁의 指標種인 *Prorocentrum micans*가 94%나 獨占 出現하였다. 本種은 外洋의 定點 13에서도 10.61% 出現하므로써 內 外洋 共히 優占 種임이 밝혀졌다.

나. Zooplankton

出現組成을 보면 Copepoda와 纖毛蟲類가 主組成을 하고 있으며 *Sagitta crassa naikaiensis*, *Oikopleura* sp, *Podon* sp *Evadne* sp 등이 少量 出現하였다. 이들의 海域別 現存量을 比較하면 內灣側인 定點 5는 Copepoda가 68,443個體/m³ 纖毛蟲類가 1,073,801 個體/m³, 外洋側인 定點 11은 前者가 106,965 個體/m³, 後者가 785,978 個體/m³로서 Copepoda는 內灣보다 外洋이 훨씬 많으나 섬모충류는 그 反對였다. 그러나 灣 奧部인 定點 3은 全量도 적거니와 *Oithona nana*와 *Favella* sp 單의 單獨出現이기 때문에 動物의 棲息 不適 水域임을 指標하는 것으로 생각된다 (Table 4).

Table 4. Percentage composition of dominant zooplankton (Copepoda and Ciliata) from samples collected by Kitahara's quantitative plankton net in Masan Bay, August 1978

Species	Station		
	5	3	11
indiv. /m ³	68,443	737	106,965
Copepoda			
<i>Oithona nana</i>	0.90		2.87
<i>Oithona nauplius</i>	86.18	100	90.20
<i>Acartia clausi</i>	8.44		2.35
<i>Acartia nauplius</i>	3.59		1.72
<i>Paracalanus parvus</i>	0.90		1.72
<i>Calanus helgolandicus</i>			1.15
indiv./m ³	1,073,801	184	785,978
Ciliata			
<i>Codonellopsis</i> sp.	13.40		4.46
<i>Favella</i> sp.	86.60	100	84.68
<i>Tintinnus</i> sp.			3.29
<i>Tintinnopsis mortensenii</i>			3.23
<i>Tintinnopsis radix</i>			4.34

Remark: *Branchionus* dominated at stations 2, 4 and 5

出現組成을 보면 Copepoda는 各點 共히 內灣 性인 *Oithona nana*가 壓倒的으로 多量 出現하므로서 他 海域에 比할 수 없는 單調로운 組成이며 *Acartia clausi*, *Paracalanus parvus*도 제법 많이 出現하였으나 그外 多樣性은 볼 수 없었다.

纖毛蟲類는 *Favella* sp가 各點 共히 大部分 차지하였으며 特히 定點 3은 獨占하였다. 外洋에서는 內灣보다 比較적 出現量은 적은 便이나 *Tintinnopsis*와 *codonellopsis*屬이 出現함으로서 種類數는 많은 것이 特色이었다. Rotifera中의 *Branchionus* sp의 出現은 內灣에서 더욱 많이 볼 수 있었다.

이상으로 外洋에서 內灣으로 들어갈 수록 Plankton의 出現量이 줄어들고 汚染에 對한 耐性이 강한 特殊種만 나타나며 特히 灣奧部에서는 藻類 甲殼類等은 거의 出現하지 않고 汚染指標種인 *Prorocentrum micans*과 *Favella* sp 만으로 組成되어 있는 것이 특색이다.

4. 供試 貝類의 死亡率

貝類 4個 種類(굴, 홍합, 바지락 및 피조개)

에 대한 野外 毒性試驗結果를 보면 Fig. 4와 같이 120시간 경과하는 동안 8개 試驗 定點別 死亡率은 馬山 自由 輸出 地域 및 昌原工團 下水域인 定點 1~4가 가장 높고 外洋의 12와 13點이 가장 낮았다.

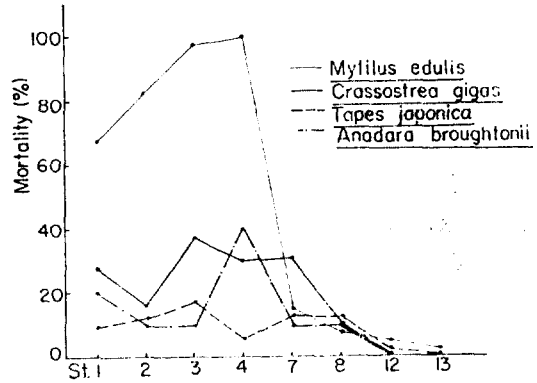


Fig. 4 Comparison of mortality of four shellfish by stations after 120 hours in Masan Bay, August 1978

生物 種類別 死亡率은 홍합이 가장 높고 굴, 피조개, 바지락 順이었다. 높은 死亡率을 示顯하는 定點 1~4는 홍합이 67.5%以上, 他 3個種은 6~40% 範圍로 斃死하였으며 定點 12와 13은 全 生物 共히 5%未滿의 낮은 사망율을 나타내었다.

가. 홍 합

試驗期間 거의 全 定點에서 가장 폐사율이 높은 生物로서 毒性反應이 가장 빨리 나타나는 定點은 3과 4이며 全期間 사망율이 가장 높은 곳 또

Table 5. Mortality of mussel *Mytilus edulis* during the bioassay experiment in Masan Bay, August 1978 (%)

St.	Time elapsed(hr)	No. of specimen					Mortality (%)
		24	48	72	96	120	
1	40	0	17.5	20	35	67.5	
2	40	0	30	75	80	82.5	
3	40	15	22.5	37	95	97.5	
4	40	15	22.5	85	90	100	
7	40	0	0	7.5	15	15	
8	40	0	7.5	2.5	5	7.5	
12	40	0	5	5	5	5	
13	40	0	0	0	2.5	2.5	

한 이 定點들이다. 反面 사망율이 가장 낮은 定點은 外洋의 12와 13인데 120시간후 5%와 2.5%였다.

定點 1, 2, 8 및 12는 48시간만의 觀察時 反應을 보였으며 定點 4에서는 72시간만에 85%의 폐사율을 낳았고 96시간 후에는 定點 2와 4가 80~95%의 사망율을 示顯하였으며 120시간 후에는 定點 4에서는 全量 사망하였다(Table 5).

나. 굴

120시간 시험중 굴의 사망율을 보면 Table 6과 같다. 馬山 自由 輸出 地域부근인 定點 3, 4가 全期間 가장 폐사율이 높고 빨리 반응이 나타나는 反面 外洋의 13點은 始終 폐사체를 발견할 수 없었다.

24시간만에 관찰한 結果는 定點 3과 4의 5%와 15% 사망율 이외는 반응이 없었다. 昌原工團 下流域인 定點 1과 2에서는 48시간 후의 관찰에서 死亡個體가 5.5%와 4%가 생겼으며 馬山魚市場 부근인 定點 7과 8에서는 毒性반응이 늦어 72시간 후의 관찰에서 3.7%와 7.7%의 死亡率이 나타났다. 그 이후 全地點 共히 사망율이 증가하는 傾向이었으며 120시간 후에는 定點 3이 37.5%의 사망율로서 最高이고 定點 7이 30.8%, 定點 3이 27.8%의 사망율을 각각 나타내었으며 最少사망율은 定點 7의 11.1%이었다.

Table 6. Mortality of oyster, *Crassostrea gigas* during the bioassay experiment in Masan Bay, August 1978 (%)

Time elapsed(hr)	No. of specimen	24	48	72	96	120
1	18	0	5.5	11.1	22.2	27.8
2	25	0	4	4	8	16
3	40	5	10	30	32.5	37.5
4	20	15	15	20	20	30
7	27	0	0	7.7	23.1	30.8
8	13	0	0	3.7	3.7	11.1
12	10	0	0	0	0	0
13	10	0	0	0	0	0

다. 바지락

바지락은 全域의으로 낮은 사망율을 나타내고 있으며 24시간 以內에는 死亡個體가 發見되지 않았다. 120시간이 지난 후에도 최고 폐사율은

Table 7. Mortality of clam, *Tapes japonica* during the bioassay experiment in Masan Bay, August 1978 (%)

Time elapsed(hr)	No. of specimen	24	48	72	96	120
1	50	0	0	2	4	10
2	50	0	2	2	6	12
3	50	0	2	6	10	18
4	50	0	0	2	6	6
7	50	0	0	0	0	8
8	50	0	2	2	6	8
12	50	0	2	2	2	2
13	50	0	0	0	0	0

자유 수출 지역인 定點 3의 18%이고 다음이 定點 2의 12%였다. 外洋側인 定點 12는 오직 48시간 경과후 2%의 死亡個體가 관찰될 뿐이었다(Table 7).

라. 피조개

全地點 共히 굴과 融合보다는 사망율이 낮으며 定點 4에서 처음 관찰시부터 사망개체가 발견되었으나 他 地點에서는 반응이 상당히 늦어 96시간 후 사망율이 나타났다(Table 8).

Table 8. Mortality of *Anadara broughtonii* during the bioassay Experiment in Masan Bay, August 1978 (%)

Time elapsed(hr)	No. of specimen	24	48	72	96	120
1	10	0	0	0	10	20
2	10	0	0	0	0	10
3	10	0	0	0	10	10
4	10	10	10	10	20	40
7	10	0	0	0	0	10
8	10	0	0	0	10	10
12	10	0	0	0	0	0
13	10	0	0	0	0	0

定點 8과 3, 7, 2에서는 비슷한 경향이 생겼으며 120시간 경과후 관찰에서 定點 4와 1에서는 사망율이 증가하여 40%와 20%를 示顯하였으나 가포양식장의 定點 12와 13은 始終 사망개체를 찾아 볼 수 없었다.

考 察

毒성을 갖는 여러 要因이 生物體內에 蓄積 殘留하므로서 生物이 最後 저항능력을 상실할 때 모든 活動은 정지된다. 特히 海洋生態系에 있어서는 海潮流에 依하여 海水 溶存物質등은 持續, 擴散流動, 沈澱, 分解등의 物理, 化學, 生物學的 諸 作用이 活潑하게 일어나므로서 淨化되기 때문에 平衡을 維持하고 있으나 自然的인 限界以上の 物質을 人爲的으로 添加하면 이러한 自淨作用이 그 機能을 發揮할 수 없으므로 卡집내 均衡이 깨뜨려진 生態系가 생겨진다. 特히 馬山灣은 內灣 局地性이 강한 閉鎖水域이기 때문에 海水의 停滯性에 따른 汚染物質의 蓄積이 自然 淨化 能力限界 即 環境容量을 招過케하므로서 環境汚染은 甚하여 生産力의 減少와 더불어 종류에는 無生物圈 비슷하게 耐性이 강한 特殊한 原生動物만 서식하는 水域으로 變하기 쉽다.

本 試驗을 通하여 生體實驗에서 얻은자료와 水質, 저질 및 浮游生物등과 종합분석 고찰하면 供試生物의 死亡은 有機汚染이 主가 된環境要因에 起因하는 것으로 본다(Fig. 5~7).

본 시험에서 통합의 경우 120시간 후 67.5~100% 사망율을 示顯한 馬山自由 輸出團地 및 昌原工團 下水域인 定點 1~4의 COD는 2.35~3.08ppm, SS(浮游物質)은 35.5~117.0ppm, 암모

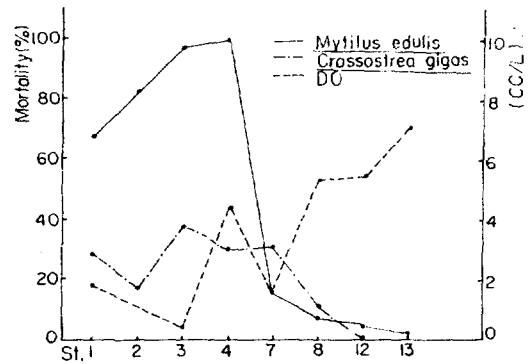


Fig. 6. Relationship between mortality of 2 species of shellfish and dissolved oxygen in Masan Bay, August 1978.

니아성 窒素 36.1~98.6 μ g-at/l로서 모두 生物棲息에 不適合한 높은 값 소위 環境 基準値를 超過하였으나 貝類의 사망율이 거의 없거나 아주 낮은 外洋·定點 12와 13에서는 COD와 SS는 모두 1ppm과 10ppm 以下の 농도를 示顯함으로써 상호 一致하였다(Fig. 5).

溶存酸素 含量을 보면 Fig. 6과 같이 통합과 굴의 사망율이 높은 定點 1~7에서는 0.34~4.33cc/l로서 生物 棲息에 致命的인 效果를 나타낼 含量이나 反面 사망율이 낮은 定點 8~13은 5.20~7.08cc/l의 높은 含量을 나타내었다.

汚染指標生物의 觀點에서 Plankton의 群別 出現量과 組成率을 보면 Fig. 7과 같이 통합과 굴의 사망율이 가장 높은 定點 2~7은 鞭毛藻類가

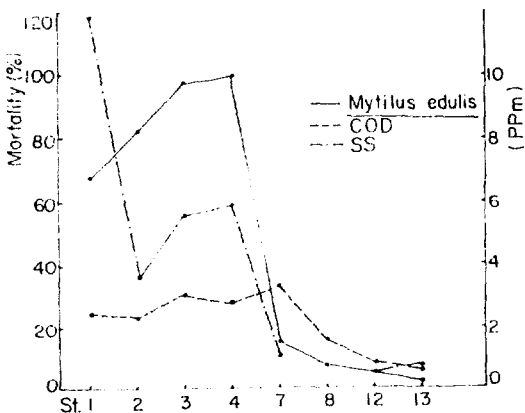


Fig. 5. Relationship between the mortality of *Mytilus edulis* and COD and SS in Masan Bay, August 1978

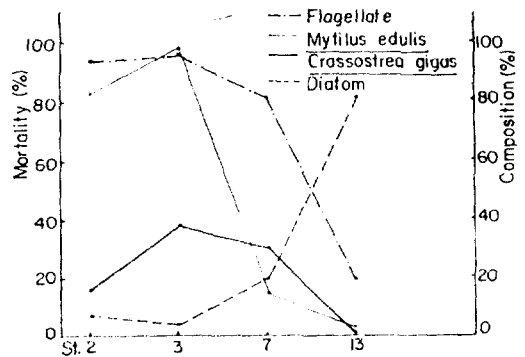


Fig. 7. Relationship between the mortality of 2 species of shellfish and composition of diatom and flagellates in Masan Bay, August 1978.

82~96% 차지하고 그중 汚染 指標 生物인 *Prorocentrum micans*가 41~94%로서 主 組成을 이루었으며 反面 珪藻類는 거의 흔적적으로 出現하였다. 한편 5%이하의 낮은 死亡率을 보이고 있는 定點 13은 鞭毛藻類 대신 珪藻類가 80.3% 차지 함으로서 外洋과 內灣의 主組成의 變化는 汚染度에 起因하는 것이므로 死亡率의 顯著한 差異를 역실히 證明하여 주고 있다. 이와같은 組成上的 海域別 特性이나 出現種의 多樣性 缺如, 그리고 營養鹽, 浮游物質等 環境要因과의 關係도 보아 特히 內灣側에는 有機性 汚染이 極甚함을 알 수 있다.

動物性 Plankton의 特性으로 볼때 (Table 5) 內灣 局地性인 *Oithona nana*와 *Favella* sp가 內灣 奧部에서는 거의 獨點하고 調查海域 全域에 걸쳐 85~90% 차지할 뿐만 아니라 出現種의 多樣性的 缺如를 통하여 同灣은 汚染이 極甚한 水域임을 또한 充分히 뒷받침 해주고 있다. 먹이 效果面으로 볼때 本灣은 珪藻類의 出現量이 적으므로 우점종인 *Prorocentrum*, *Oithona*, *Favella* 등을 먹이로 하는 特殊動物만 棲息할 수 있을 것이다.

營養鹽類에 있어서는 암모니아성 窒素의 量은 特히 內灣에 있어서는 36.1~99.8 $\mu\text{g-at/l}$ 로서 過營養狀態이며 이는 都市排水 및 産業廢水로부터 有機性 汚染物質의 過多流入에 起因하는 것으로서 供試貝類의 高死亡率을 이르게 된 것으로 본다. 窒素와 磷의 比率에서 N:P가 7.25~36.8배로서 일반 海水의 比率 4~12배 (Goldman 1975)를 벗어 나므로서 각종 排出水가 窒素를 많이 含有한 有機物임을 알 수 있다.

底質成分을 보면, 硫化物 總有機物 및 COD 濃度는 모두 底棲生物의 成育에 不適合한 높은 含量을 나타낸 것으로 보며 內灣에서 底質試料中 1尾의 Benthos도 發見할 수 없었다.

위와 같은 環境要因으로 본 過營養 狀態에서 有機 汚染物質이 高溫下에서 가속적으로 분해 促進시키므로서 酸素의 缺乏, 硫化水素와 메탄가스의 發生 등이 生物의 斃死를 이르게 한다고 본다. 총합과 굴에 비해서 바지락과 피조개의 死亡率이 낮은 것은 이것들은 底棲生活을 통하여 汚染의 저항성에 適應이 되었기 때문이

라 추측된다. 今般 重金屬의 濃度는 모두 比較的 낮은 含量으로 이러한 각각의 汚染成分은 生物에 急致死를 이르게 하는 Toxic unit에는 未達하지만 이것들이 점차 蓄積되고 복합作用에 의하여 Total Toxic unit가 增加할 때 이 海域에 棲息하는 生物은 致命傷을 받을 것이다. (Sprague and Ramsay, 1965).

馬山灣의 海洋環境 保全策으로서는 馬山灣 周邊의 産業廢水의 排出規制強化는 물론, 都市排水 및 生活下水의 終末 淨化處理場을 迅速 設置 運營하여 窒素와 磷을 비롯한 諸汚染物質의 過多流入量을 最少限度 줄여야 한다는 것이 急先務이며, 이것이 곧 嶺海灣 一圓의 赤潮發生豫防 및 水産資源保護에 크게 寄與하는 筈일 것이다.

要 約

1978 8, 馬山灣에 있어서 野外生物 毒性試驗 結果를 중심으로 水質, 底質, 및 生物學的 綜合 分析結果로 본 馬山灣의 汚染度를 다음과 같이 評價하였다.

1. 溶存酸素量은 0.3~7.08cc/l, 化學的酸素 要求量(COD)은 0.67~3.31ppm로서 馬山魚市場 부터 內灣側은 各各 4cc/l以下, 2ppm以上으로 汚染度가 比較적 높았다.

浮游物質(SS)은 5.5~117ppm으로서 內灣側이 주로 35ppm以上이고 外洋側이 모두 10ppm以下 이었다. 特히 암모니아성 窒素가 12.90~99.80 $\mu\text{g-at/l}$ 로 多量 나타남으로서 有機性 窒素의 過多流入을 알 수 있다.

2. 珪藻類와 鞭毛藻類의 組成率은 外洋(St. 13)에서는 珪藻類 80%와 鞭毛藻類 20%이나 內灣(St. 3)에서는 珪藻類 4%와 鞭毛藻類 96%로서 外洋에서 內灣으로 갈수록 珪藻類가 적고 鞭毛藻類가 增加하는 반면 內灣에서 外洋으로 갈수록은 그 反對現象임을 알았다.

96%의 鞭毛藻類中에는 汚染에 대한 耐性이 강한 *Prorocentrum micans*이 94%나 차지하는 特異한 現象임을 밝혔다.

動物性 浮游生物은 汚濁에 저항성이 강한 內灣局地性인 *Oithona nana*와 *Favella* sp.가 모두 약 86%를 차지하는 優占種들이며 特히 內灣 奧

部에서는 위와 같은 특이한 두종 이외의 다른 生物은 出現하지 않았다.

따라서 本 生物들은 環境과 汚染指標生物로서의 충분한 價値를 認定하고 汚染度를 判定할 수 있다고 본다.

3. 同灣에서 120時間 野外 試驗동안 4個 貝類 中 種類別 死亡率은 總합이 가장 높고 바지락이 가장 낮으며 調査 定點別 死亡率은 輸出自由地域 地下水域인 St 4가 가장 높고 外洋인 St 13이 가장 낮았다.

毒性反應이 가장 빠른 동시에 斃死程度가甚한 地點은 St 3과 4이다.

種類別로 보면 總합의 경우는 72시간만에 85%, 120시간에는 100% 死亡하였고 굴, 피조개의 경우는 St 12와 13은 全期間 死亡個體의 發見이 없었다.

4. 이상 貝類의 死亡率이 높은 原因은 水溫이 $30^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 로서 年中 가장 높고 溶存無機窒素와 磷, 특히 암모니아態 窒素의 過多現象이나 汚染指標 Plankton의 出現 組成, 특히 有機汚濁指標種인 *Prorocentrum micans*와 *Oithona nana*의 優占組成으로 보아 馬山灣은 都市排水 및 産業廢水로 부터 有機性汚染物質의 過多流入으로 因해 過營養域 乃至 腐水域을 形成하므로써 溶存酸素量이 결핍되고 COD와 浮游物質이 너무 많아진 탓이라 보며 따라서 同灣은 有機汚染海域이란 特徵을 가졌다고 본다.

참 고 문 헌

- Doudroff and B.G. Anderson. 1951, Bioassay methods for the evaluation of acute toxicity of industrial wastes to fish. Sew. Indust. Wastes, 23 (11).
- FAO/SIDA, 1975. Fourth FAO/SIDA training course on aquatic pollution in relation to protection of living resources. Bioassays and toxicity testing.
- F.R.D.A. 1972, 1974, 1975, 1977. Survey of water pollution in Korean waters. Technical Report, 15, 23, 30 and 34.
- Goldman, J.C. 1976. Identification of nitrogen as a limiting nutrient in waste waters and coastal marine waters through continuous culture algal assays. Woodsholl Oceanogr. Institution Collected reprint, part 1.
- Kim, J.M., S.J. Han and J.W. Lee, 1976. Environmental studies on Masan Bay 1. Physical factors and chemical contents. J. Oceanol. soc. Korea, 11 (1):25-38.
- Lee, J.W., S.J. Han and O.K. Yeun, 1974a. Concentrations of heavy metals in sediments from the sea off Jinhae and Masan, Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 9(1-2):31-38.
- Lee, J.W., C.S. Kim and H.S. Kwak, 1974b. Studies on the distribution of chemical contents in the sea off Jinhae during winter period. Korea J. Oceanol. Soc. Korea, 9(1-2):39-51.
- Park, C.K. 1975, Study on the characteristic distribution of phosphate in Jinhae Bay. Bull. Korean Fish. Soc., 8(2):68-72.
- Sprage, J.B. and B. Ann Ramsay, 1965. Lethal levels of mixed copper-zinc solutions for juvenile salmon. J. Fish. Res. Bd. Can. 22:425-432.
- Yoo, K.I. and J.W. Lee, 1976. Environmental studies on Masan Bay 2. Annual cycle of phytoplankton. J. Oceanol. Soc. Korea, 11(1):34-38.