

鎮海灣의 微生物分布(I)

—環境要因과의 相關關係에 對하여—

崔 榮 吉

(漢陽大學校 理科學 生物學科)

Microbial Distribution in Jiahae-bay (I)

—Relationship between Microbial distribution and Environmental factors—

CHOI, Yong-Keel

(Dept. of Biology, College of Sciences, Hanyang University)

ABSTRACT

The physico-chemical and biological factors of coastal sea water were measured bimonthly from 1976 to 1979 for elucidating the relationship between microbial distribution and environmental factors at Masan and Jinhae bay. The experimental results are summarized as followings:

1) The population size of bacteria in sea water were increasing as the water temperature increased, and that was higher at station 2 and 3 than at station 1. The number of fungi showed the highest value on July on bottom. The population size of yeast showed no seasonal variation and also showed a relation with the geographic distance.

2) The correlation between microbial distribution and environmental factors showed little coefficient in surface water. And the other hand, at bottom water, between general bacteria and water temperature and dissolved oxygen, and between yeast and salinity, there were relatively high coefficient.

I. 緒 論

海洋의 生態系는 物理的, 化學的, 生物學的 諸環境要因이 氷河, 溫泉과 같은 극한환경(extreme condition, extreme environment)이 아닌 獨立的인 要素로서 作用하는 것이 아니라 環境要因間的 相補的인 影響域이 결정되어지는 것으로 알려져 있고 그러한 相補的인 影響域에서의 生物의 生存과 作用에 關한 報文(ZoBell 1958, Meyer et al 1962)도 이미 다수 발표되어 있다.

著者は 1976년부터 鎮海 —馬山灣일대의 沿岸

海水의 各種 微生物群의 個體群의 크기를 주기적으로 측정하여 왔고, 個體群의 消長에 關한 環境要因의 영향과, 영향력의 우선순위에 對하여 數理的 分析과 해석을 試圖하여 왔다.

이러한 多變量分析(multivariate analysis)을 통하여 環境要因이 生物群에 미치는 壓力의 정도와 個體群의 크기와 作用에 미치는 影響을 豫見할 수 있으며 逆의 경우에 있어서는 各 生物群의 個體群규모에 따른 生態系의 遷移過程과 海水生態系의 構造의 變化를 豫見할 수도 있는 것이다. 이제 1976년부터 1979년말까지의 微生物 個體群크기와 그당시의 몇 가지의 環境要因과의

相關關係分析의 結果가 정리되었기에 이에 報告하는 바이다.

II. 材料 및 方法

(1) 海水의 採水

鎭海灣의 調査 定點은 馬山灣內에 2個 定點과 行岩灣內의 2個 定點과 대조구로서 馬山灣과 行岩灣의 中間에 위치한 2個 定點을 選定하였다 (Fig. 1).

調査日程은 1976年 7月부터 1979年 11月까지 격월간으로 총 21회 시행하였다 (Table 1).

採水方法은 standard method (APHA, 1976)의 方法에 따랐다.

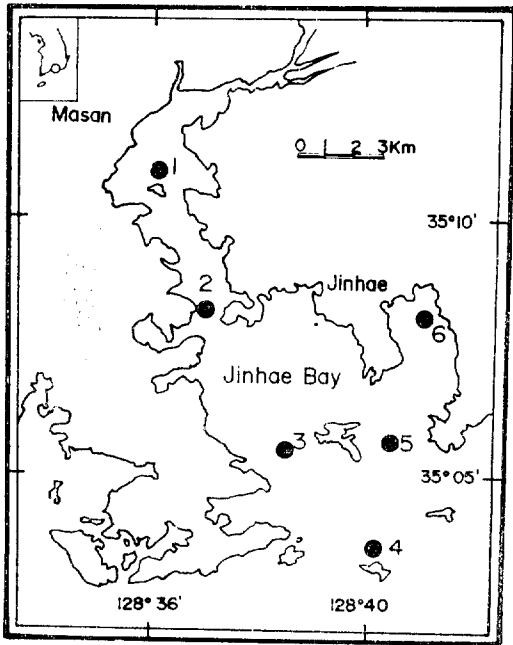


Fig. 1. Map showing stations at the Jinhae bay.

Table 1. The sampling dates in Jinhae-bay.

Year	1976	1977	1978	1979
Month				
1		31	24	25
3		2	11	25
5		14	13	19
7	10	9	21	21
9	1	11	24	22
11	5	12	30	19

(2) 微生物 個體群 및 環境要因의 分析

一般細菌은 試料를 멸균 증류수에 희석하여 nutrient agar 에 도말한 후 25°C의 항온기에서 3日間 배양한 후 나타난 colony 를 세었다.

一般菌類는 chloramphenicol 이 10µg/ml 정도로 첨가된 Czapeck agar 에 도말한 후 7日後에 나타난 colony 를 세었다.

酵母는 역시 chloramphenicol 이 10µg/ml 첨가된 yeast extract-malt extract agar 에 도말한 후 3日後에 나타난 colony 를 계수하였다 (APHA, 1976).

環境要因의 分析資料는 同日, 同定點에서의 水溫, pH, 溶存酸素量(D.O), 鹽分度(salinity), 磷酸이온(PO₄⁻³), 및 亞窒酸性窒素(NO₂)의 分析置를 서울大學校 微生物學科 河永七, 洪淳佑教授로부터 제공받은 측정치에 의거하였다 (鎭海灣 海洋基礎調査 報告書 1976, 1977, 1978, 1979).

微生物의 個體群과 각 環境要因과의 相關係數는 單純相關分析을 하였다. 分析에 利用한 式은

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x \cdot S_y}$$

$$S_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$S_y^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

$$S_{xy} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

n=21(채수 횟수)

y_i=微生物의 變數

x_i=環境要因의 變數

母集團에의 적용은 5% 有意水準으로 檢定하였다.

III. 結果 및 考察

1. 微生物 個體群의 消長

(1) 一般細菌(general bacteria): 一般細菌의 個體群의 크기를 定點(station)과 月別로 그 變化를 나타낸 것이 Fig. 2이다. 表層의 경우, 定點 1은 5월에 가장 높은 수치인 9.72×10⁴ cells/ml의 평균치를 보이며 3, 7, 11월에는 2.7~4.1×10⁴ cells/ml의 범주였다. 定點 2는 9월에

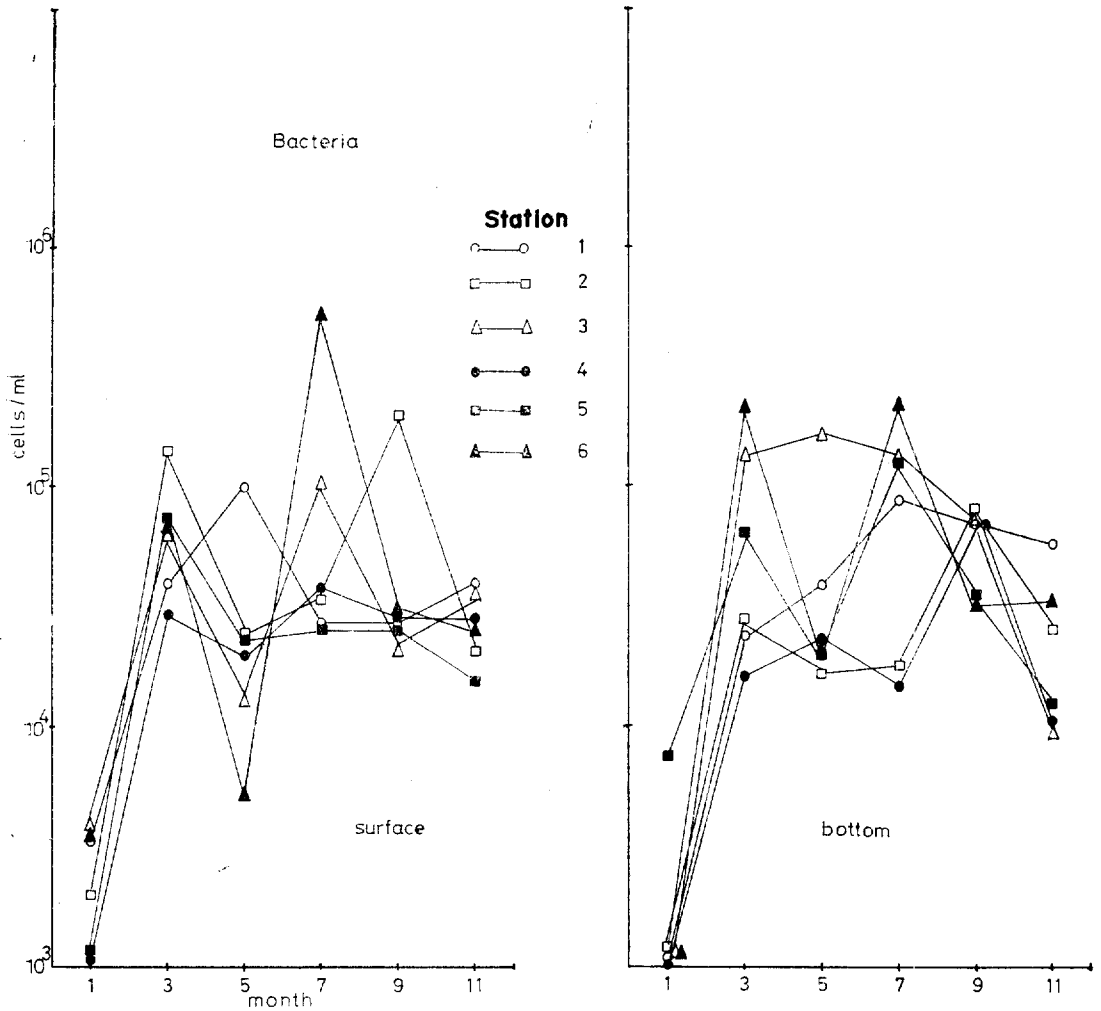


Fig. 2. Seasonal variation of population size of general bacteria in Jinhae bay (1976~1979).

2.06×10^5 cells/ml의 최대치를 이루고 있으며 定點 3은 1.01×10^5 cells/ml로 7월에 그리고 外海인 定點 4는 7월에 3.68×10^4 cells/ml로 각각 최대치를 보이지만 다른 계절에 比較하여 큰 차이가 없다. 定點 5의 결과는 定點 4의 경우와 유사한 경향을 보이며 定點 6은 5월에 5.4×10^3 cells/ml, 7월에 5.19×10^5 cells/ml로 개체수가 증가하는 현상을 보여주었다.

底層의 경우, 定點 1은 細菌數가 증가하다가 9. 11월에는 감소경향을 나타낸다. 定點 2는 9월에 8.06×10^4 cells/ml로 극대를 나타내고 定點 3은 5월에 1.64×10^5 cells/ml로 극대를 이룬 후 점차 감소하고 있다. 定點 4는 9월에 7.05×10^4

cells/ml로 최대치이며 定點 5와 6은 비슷한 변화폭을 가지고 3월과 7월에 각각 극대값을 나타내었다.

海水에 있어서의 微生物의 分布는 一般的으로 周圍 環境要因에 의해서 매우 민감하게 결정되어 지는 것으로 알려지고 있다. 外海인 定點 4의 一般細菌의 分布가 가장 안정되고 均質한 海洋 조건에서의 正常的의 分布로 볼 때, 각종 오염물질이 유입되는 定點 1과 6의 그것은 一般細菌의 個體群의 크기와 변화폭도 크고 一定한 경향성도 나타내지 않고있다. 특히 表層의 경우 더 많은 有機汚染源과 營養鹽類의 유입이 많은 까닭에 底層과 比較하여 보면 그 變化폭이 대단히

큰것을 Fig. 2에서 확인할 수 있다.

(2) 一般菌類(general fungi): 一般菌類의 각 定點別, 月別 分布규모는 Fig.3에 나타난 바와 같다. 水溫이 낮은 1월에는 菌類의 個體數가 적으나 3월에는 定點 1, 2, 4에서는 極大를 이루어 5월부터 감소하며 定點 3, 5, 6은 이와는 대조적으로 계속 증가경향을 나타낸다.

定點 1은 11월에 異常的인 증가를 보여주고 있는데 그것은 '76년 11월에 측정된 1.01×10^5 cells/ml 라는 높은 수치때문이며 11월의 개체수의 표준편차 $\sigma=426.0$ 을 감안하면 특수한 기후적 變動으로 인한 異常分布의 영역임을 意味하는 것이다. 定點 2는 7월에 1.22×10^4 cells/ml 로 최대치를 나타내며, 定點 3은 5월에 7.57×10^3 cells/ml, 定點 4는 3월에 1.07×10^4 cells/ml 로서 각각 최대의 分布를 나타내고 있다. 또한 定

點 5는 9월에 8.37×10^3 cells/ml, 定點 6도 9월에 4.6×10^3 cells/ml 로서 각각 최대의 개체수를 나타내었다.

한편 底層의 경우 定點 1은 表層과 유사한 경사한 경향을 보여주고 있다. 즉 11월에 1.05×10^5 cells/ml 로서 가장 높은 수치를 보이는데 이 역시 表層의 경우처럼 '76年度 11월의 측정치인 4.05×10^5 cells/ml(11월의 표준편차 $\sigma=1704.25$) 때문이며 同一한 理由로 해석된다. 定點 2도 역시 表層과 비슷한 변화를 보여준다. 3월에 2.03×10^3 cells/ml 로서 5월에는 감소하다가 7월에는 5.47×10^4 cells/ml 로서 최대의 개체수를 나타내었다. 定點 3도 表層과 같이 5월에 3.97×10^3 cells/ml 의 극대를 이루며 定點 4는 1월을 제외하고는 큰 變化없이 $1.1 \sim 2.6 \times 10^3$ cells/ml 의 수준을 유지하고 있다. 定點 5는 7월에 1.

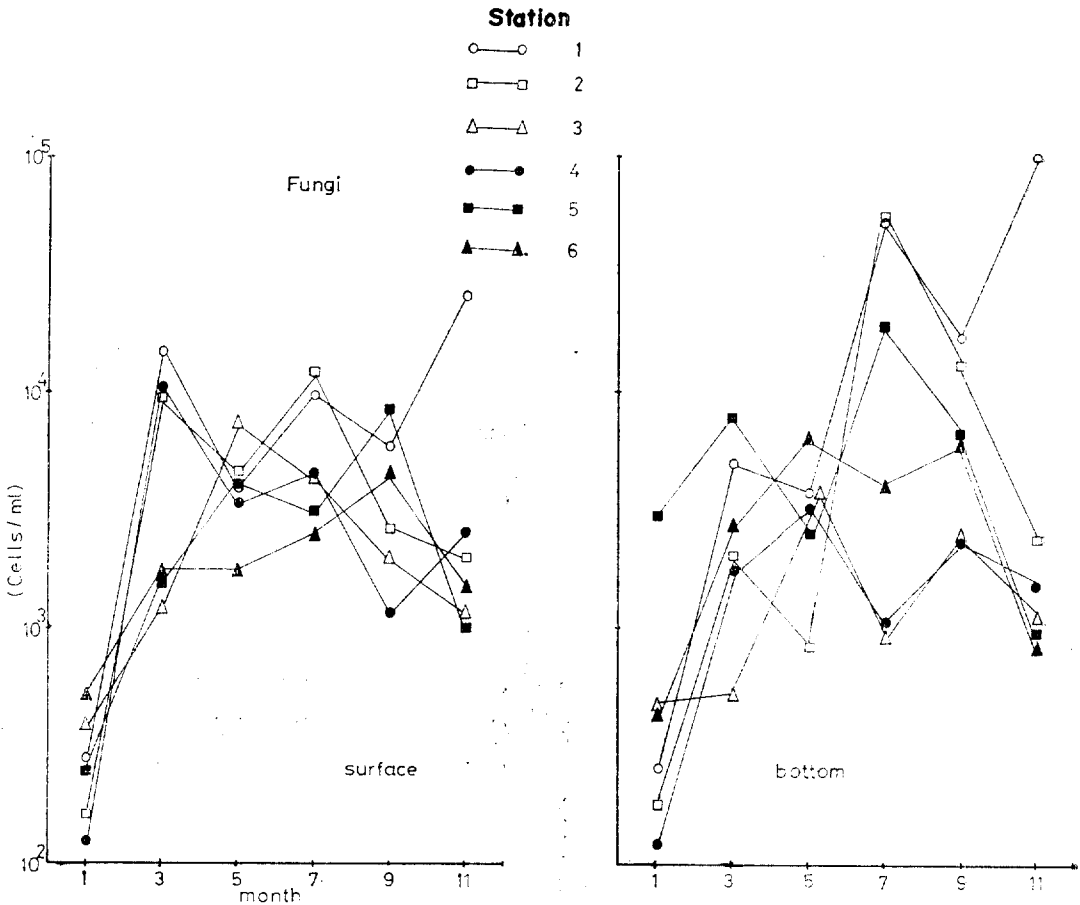


Fig. 3. Seasonal variation of population size of general fungi in Jinhae bay (1976-1979)

$\times 10^5$ cells/ml의 최대치를 보이며 定點 6은 5, 7, 9월에 $4.1 \sim 6.1 \times 10^3$ cells/ml의 分布를 나타내고 있다.

(3) 酵母(Yeast): Fig.4는 酵母個體群의 계절적 消長을 나타낸 것이다. 表層의 경우 水溫이 낮은 1월과 水溫이 높은 7월에 비교적 낮은 個體數를 보이며 解氷期인 3월과 雨期인 9월에는 비교적 높은 수치를 나타내고 있다. 특히 이때에는 沿岸에 가까운 定點 1과 2에서 酵母의 개체수가 대단히 높게 나타난다.

定點 3은 5월에 1.33×10^2 cells/ml의 낮은 수준이다가 ($\sigma=48.0$) 7월에 8.26×10^4 cells/ml의 증가를 보이는데 이러한 경향은 他定點과는 상이한 결과였다.

底層의 경우, 定點 1에서 전조사기간을 통하여 酵母의 개체수가 가장 높으며 7월에 6.1×10^4 cells/ml의 수치를 보여 表層, 底層 모든 경우에 가장 높은 分布를 보여주고 있다. 定點 6은 水溫의 상승과 함께 7월까지 증가하다가 9월, 11월에는 감소경향을 보이고 있고 그 외의 定點

은 表層과 같은 形態의 變化를 보이고 있다.

各定點의 表層과 底層사이의 酵母의 個體數는 表層이 底層보다 많으며 이러한 結果는 이 海域에 分布하는 酵母는 海洋性인 것보다는 陸上酵母가 解氷期와 雨期때 沿岸에 流入되는 것으로 해석된다.

海洋에서의 微生物은 그 棲息地의 根源이 陸地에서 流入된 것과 海洋에서 自生하는 것으로 大別할 수 있다. 陸地에서 流入된 微生物은 淡水를 통하여 海水에 流入되나 2~14일의 체류기간동안 대부분 死滅하는 것으로 알려져 있다. 海洋自生の 微生物은 光合成細菌과 같은 獨立營養體도 있으나 대부분이 從屬營養體로서 各種有機物과 無機營養鹽類의 濃度와 그외의 物理的인 環境要因에 依하여 分布의 영역과 個體群의 성장에 영향을 받는 것으로 報告되어 있다(Lynch and Poole, 1979). 이러한 環境要因들은 각각 獨立的으로 微生物의 最適生存條件을 決定하는 것이 아니며 各環境要因들의 相補的인 影響域이 결정되어지는 것이다. 例로서 鹽分도에 따라서 海

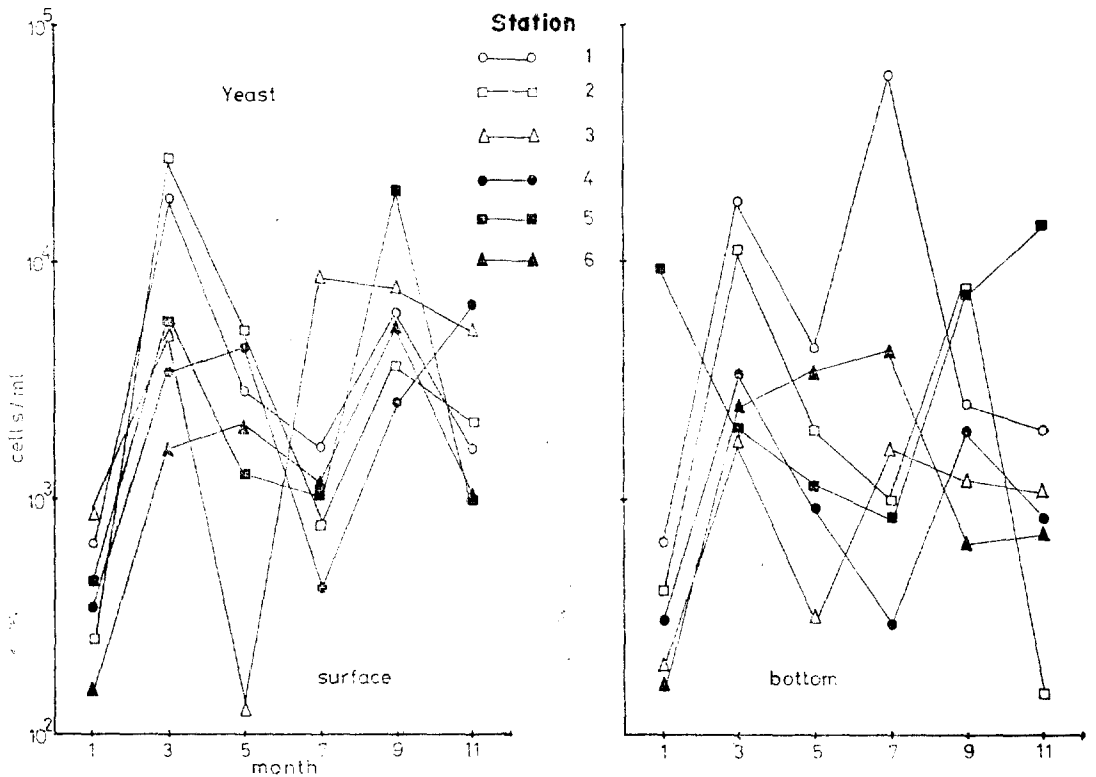


Fig. 4. Seasonal variation of yeast population in Jinhae bay (1976~1979).

Table 2. Correlation coefficient between environmental factors and microbial population.

Factors	Surface			Bottom		
	bacteria	fungi	yeast	bacteria	fungi	yeast
Water temperature	0.182	0.132	0.041	0.720	0.111	0.028
pH	0.025	0.099	-6.43×10^{-3}	-0.457	-0.067	0.052
D.O.	0.142	0.104	-0.098	0.547	-0.252	-0.081
Salinity	-0.084	-0.300	0.079	-0.051	-0.210	0.560
Phosphate	0.067	0.078	8.50×10^{-3}	0.019	0.072	0.026
Nitrite	-0.036	0.042	0.062	0.027	0.316	0.460

洋細菌의 最適生存溫度가 달라짐이 밝혀진 것이다(Morita et al 1973, Meyer et al 1962). 洪等(1968)은 漢江의 영향을 받는 海域에서 一般細菌의 個體數는 鹽分度의 증가에 反比例함을 報告한 바 있는데, 本 조사에서는 鹽分度와 無關하게 外海나 內海가 거의 유사한 수준으로(Fig. 2) 分布함을 확인하였다. 이러한 결과는 本 조사해역내의 一般細菌이 淡水의 영향을 크게 받지 않는 동시에 그 根源的인 棲息地가 海洋인 것으로 판단되는 것이다.

一般細菌의 個體數에 依한 水棲環境의 營養化의 정도를 區分함에 있어서 7월~9월의 成層期에 그 個體數가 10^3 cells/ml 이하이면 貧營養域 $10^3 \sim 10^4$ cells/ml 이면, 富營養域, $10^3 \sim 10^5$ cells/ml 이면 過營養域, 10^5 cells/ml 이상이면 腐水域으로 分類하는데(河等, 1978) 이러한 기준에 依하면 이 海域은 過營養의 海域에 속한다고 할 수 있다.

2. 微生物의 分布와 環境要因과의 相關關係

Table 2에서 보는 바와 같이 海水의 水溫, pH, 溶存酸素量(DO), 磷酸鹽(PO_4^{-3}), 亞窒酸鹽(NO_2) 鹽分度와 微生物個體群과의 相關關係(correlation)는 底層과 表層에서 相異한 결과를 보인다.

表層의 경우 一般細菌의 分布는 水溫, 溶存酸素(DO), 磷酸鹽의 順으로 相關關係를 보이고 있으며 鹽分度, pH, 亞窒酸鹽과는 有意한 相關關係를 보여주지 않았다.

菌類는 一般細菌보다도 相關係數는 낮으나 역시 水溫과 溶存酸素가 他 環境要因보다도 菌類의 分布에 큰 영향력을 미치고 있음을 알 수 있다. 그러나 酵母의 分布는 모든 環境要因과 相

關關係가 매우 稀박한 것으로 나타났다.

底層의 경우는 表層과는 달리 微生物個體群과 環境要因間에 相關關係의 有無가 뚜렷히 나타난다. 一般細菌에서는 水溫이 0.72라는 수치를 보이고 있으며, 溶存酸素는 0.547을, 그러나 磷酸鹽과 亞窒酸鹽과 같은 영양염류와는 有意性있는 相關關係가 없는 것으로 판단된다. 그러한 이유는 海水의 底層이 亞窒酸鹽의 농도가 낮고 ($0.3 \sim 1.6 \mu\text{g-atm N/l}$) 磷酸鹽의 함유량($0.8 \sim 3.4 \mu\text{g-atm P/l}$)도 낮을뿐만 아니라 그 변화폭도 적어서 一般細菌이 성장하는데에 決定的인 環境要因으로 작용하지 못하는 것으로 해석된다.

海水의 pH와는 逆相關關係를 보이고 있는데 이는 底層에서의 활발한 유기물의 분해로 인하여 海水의 酸性化에 基因한 것으로 보이며 이는 각 定點이 모두 底層의 pH가 表層보다 낮다는 事實이 이를 立證하고 있다.

一般菌類의 分布는 영양염류인 亞窒酸鹽과 가장 큰 相關關係를 보인다. 水溫은 有意한 상관관계가 없으며 溶存酸素와 鹽分度와는 逆相關關係를 갖는다.

한편 酵母群은 鹽分度와 가장 큰 相關關係를 가지며 또한 영양염류인 亞窒酸鹽과도 비교적 높은 상관관계를 가지는 것으로 나타난다. 그러나 水溫, 溶存酸素와는 有意한 관계를 인정할 수 없었다.

이상과 같은 분석결과를 종합하건데, 海水의 表層에서 微生物의 分布와 環境要因間에 相關關係가 底層에서보다 낮다는 사실은 表層水가 底層보다 不安定한 상태, 또는 각 環境要因의 변화폭이 불연속적이기 때문인 것으로 해석하였다.

IV. 摘 要

1976年 7월부터 1979年 11월까지 蔚山灣 一帶의 沿岸海水에 대한 微生物의 分布를 調査하生物의 그 分布와 環境要因과의 相關關係를 검토하였는데 그 結果는 다음과 같다.

一般細菌은 水溫이 올라갈수록 그 수가 증가하고 있으며 定點 1보다는 定點 2와 3에서 더 많은 수가 分布하며 菌類는 表層에서는 경향성이 없이 分布하나 底層에서는 7월에 가장 높은 값을 보여주고 酵母는 3월에 증가하나 季節적으로 큰 變化를 보여주고 있지 않다.

微生物과 環境要因과의 相關關係는 表層에서는 有意한 상관관계를 보이지 않으며 底層에서는 水溫과 一般細菌과는 매우 큰 相關關係를 보였으며, 溶存酸素와 一般細菌, 酵母와 鹽分度가 比較的 相關關係가 높은 것으로 나타났다.

V. 참고문헌

- 1) 김중만, 한상준, 이종화, 1976. 馬山灣의 環境學의 究研. I. 物理的 特性과 化學成分 含量에 對하여. 海洋學會誌 11 : 25—33.
- 2) 이종화, 김춘수, 박희상, 1974. 冬季 蔚山灣一帶 海水의 化學的 成分 含量의 分布. 海洋學會誌 9 : 39—51.
- 3) 박정길. 1975. 蔚山灣 海域의 磷酸鹽 分布의 特性에 對하여. 韓水誌 8 : 68—72.
- 4) ——. 1975. 蔚山灣 海水의 富營養化와 Chlorophyll 分布. 韓水誌 8 : 121—126.
- 5) 유광일, 이종화. 1976. 馬山灣의 環境學의 究研. II. 植物性 plankton의 年 變化. 海洋學會誌 11 : 34—38.
- 6) 최상, 정태화. 1972. 洛東江 河口水域의 營養鹽類와 有機懸濁物質. 海洋學會誌 7 : 1—14.
- 7) 崔榮吉, 安泰爽. 1981. 馬山灣의 微生物分布에 關한 研究. 環境科學研究所 論文集 2 : 80—92.
- 8) 河永七外 3人, 1978 蔚山灣海洋基礎報告書. 서울 大學校 微生物學科
- 9) 洪淳佑, 河永七, 李光雄. 1968. 漢江下流 감조수역에 있어서의 微生物分布. 微生物學會誌 6 : 107—112.
- 10) 洪淳佑, 河永七, 김상중. 1976. 光陽灣의 microflora에 대한 조사연구. 光陽灣一帶의 水質, 해상 및 生態學의 調査. 한국원자력연구소 109—119.
- 11) 關文威. 1976. 水界微生物生態研究法. 共立出版社 東京.
- 12) APHA, AWWA, WPCF. 1976. Standard method for the examination of water and waste water. 14th ed N.Y.
- 13) Lynch, J.M. and N.J. Poole, 1979. Microbial ecology: A conceptional approach. John Wiley and Sons. N.Y.
- 14) Meyer, G.H., M.B. Morrow, O. Wyss, T.E. Berg, and J.L. Littlepage, 1962. *Antarctica; the microbiology of an unfrozen saline pond. Science* 138 : 1103—1104.
- 15) Morita. R.Y. et al., 1973. Salinity and temperature inter-actions and their relationship to the microbiology of the estuarine environment. in *Estuarine microbial ecology*. Ed. by Stevenson and Colwell. Univ. S, Carol. Press Columbia: 221—232.
- 16) Seki, H., et al., 1974. Halophilism of micro-organism in the eutrophied bay of Tokyo at the of summer stagnation period. *La mer.* 12 : 66—71.
- 17) Strickland, J.D.H. and T.R. Parsons. 1968. A practical hand book of sea water analysis. Fish. Bd. Canada.
- 18) Rein, H.R. and A. Wood. 1978. Ecology of inland and estuaries. John Wiley and Sons. N.Y.
- 19) Tsuji, T.H. Seki and A. Hattori. 1974. Results of red tide formation in Tokyo bay. *J. Water Poll. Cont.* 4 : 172—177.
- 20) ZoBell, C.E. 1958. Ecology of sulfate reducing bacteria. *Producers Monthly* 22(7) : 12—29.