

가을철 迎日灣海水中的 植物性플랑크톤 色素量과 그 分布

郭 熙 相* · 李 敬 魯**

*韓國船舶海洋研究所 · **建國大學校生物學科

DISTRIBUTION OF PHYTOPLANKTON PIGMENTS IN YEONGIL BAY WATER OF KOREA, LATE OCTOBER

Hi-Sang Kwak and Kyung-Ro Lee***

*Korea Research Institute of Ship and Ocean · **Dept. of Biology, Kon-kuk University

ABSTRACT

Chlorophyll concentrations of phytoplankton were determined by 5 meters interval from surface to bottom layers in Yeongil Bay water of Korea, late October 1973.

The contents of phytoplankton chlorophyll decreased outward from the inner part to the entrance of the Bay. It seemed to be caused by incoming land waters which are rich in nutrients. And vertical distribution pattern of the chlorophyll showed three layer zones in the middle and outer parts, and two layers in the inner part of the Bay. These phenomena suggest that there are two different water masses, the one is bottom cold water originated from offshore, the other is surface warm water. And they are mixed together in the middle layer.

The correlation between the contents of chlorophyll a and chlorophyll c represented perfect positive relation with coefficient of $r=0.999$ from the extracted data. In general, chlorophyll a percent-content of total chlorophyll varied in the range of 14.64~19.83% (mean value; 18.74%) and chlorophyll c content was about as much as four times compared with chlorophyll a content.

序 論

無機物에서 有機物을 生産하는 곳으로서 뿐만 아니라 人類의 마지막 食糧供給處로서의 海洋에 對한 基礎生産의 重要性이 날로 높아져 國際印度洋調查때나 Kuroshio海域調查때 生産力이 測定되었고 北西太平洋(Sorokin and Koblentz-Miskke; 1958, Ichimura and Saijo; 1959, Saijo and Ichimura; 1960, Aruga and Monsi; 1962, 川村; 1963), 인도네시아 週邊海域(Doty *et al*; 1963) 등에서도 基礎生産이 測定된 바 있다. 日本의 主要 9個灣에서는 月別測定(松平等; 1964)이 되었다.

우리 나라 沿岸에서는 崔와 鄭(1966)이 C^{14} 을 利用하여 光合成量을 測定하였고 Kang(1967)은

水營灣에서 季節別로 酸素消耗에 의한 光合成量을 測定했다. 우리나라 沿岸이나 週邊海域의 植物性플랑크톤의 調查事實은 많으나(小久保와 鈴木; 1938, 1940, 倉茂; 1943, 1944, 朴; 1956a, b, 崔; 1966, 1967, 1969a, b, 朴과 金; 1967, 方; 1967, 崔; 1969, 이 등; 1972b, 1973, 1974a, e, f, 1975a, b, Choe; 1972, 박 등; 1974a, 朴 등; 1975) 이들은 대부분이 分類이고 沈澱量이나 濕重量調查에 불과하다. 水質汚染과 관련된 水質調查時에도(元; 1963, 1964, 1970, 張과 襄; 1968, 박 등 1969, 李 등; 1969, 金; 1970, 元和 朴; 1970, 1973, 홍 등; 1971, 崔와 鄭; 1971, 1972, 姜; 1973, 황 등; 1972, 이 등; 1972a, b, 1973, 1974a, b, c, d, f, 1975a, b, 번 등; 1973, 한 등; 1973, 1974a, b, 1975, 황 등; 1973, 1974, 1975, 김과 조; 1974a, b, 박 등; 1974a, b, 박과 조; 1974, 李 등; 1974, 鄭과 權;

1974, 郭과 李; 1975, 박 등; 1975,朴; 1975a) 클로로필測定에 의한 生産力調査는 없었다. 클로로필調査로서는 朴(1975b)이 營養鹽類와 比較한 일이 있고 전과 박(1969)이 東海의 海洋觀測點에서 測定했던 것이 유일한 것이다.

迎日灣은 길이 약 8마일, 폭이 약 6마일로 北東쪽으로 開口해 있는 灣으로 外海로 나갈수록 깊어져 灣口에서는 水深이 약 40m에 달하며, 潮差보다는 外海의 영향을 직접 받아 壓流에 의한 海面上昇이 더 큰 海域(황 등; 1972)이며 東海의 底層冷水帶의 季節變化가 민감하게 나타나는 海域中的 하나이다. 따라서 植物性플랑크톤의 分布도 多樣할 것이므로 클로로필色素量의 分布現象으로 異質水塊의 識別도 가능할 것이다.

迎日灣의 調査는 崔의 C¹⁴法에 의한 生産力測定(1966)과 植物性플랑크톤分類(1967), 흥 등

(1971)과 황 등(1972)의 一般海洋學의 調査, 한 등의 水質調査(1974a, b, 1975)가 있을뿐이다.

그러므로 迎日灣에서 東海의 底層冷水帶가 擴張되는 가을철에(郭; 1976) 植物性플랑크톤의 色素量 分布와 色素量間的 關係, 異質水塊의 判斷性 與否를 調査하여 報告한다.

採水 및 分析方法

1973年 10月 下旬에 浦項 迎日灣에서 소한리와 대보를 연결하는 線을 A線, 환호동과 대동배를 연결하는 線을 B線, 그리고 浦項 漁港燈臺와 입암洞을 연결하는 線을 C線이라고 定하고 定線 A에서 定點 A-1(36°05'49''N, 129°27'17''E), A-2(36°05'35''N, 129°28'43''E), A-3(36°05'18''N, 129°30'22''E), A-4(36°05'03''N, 129°

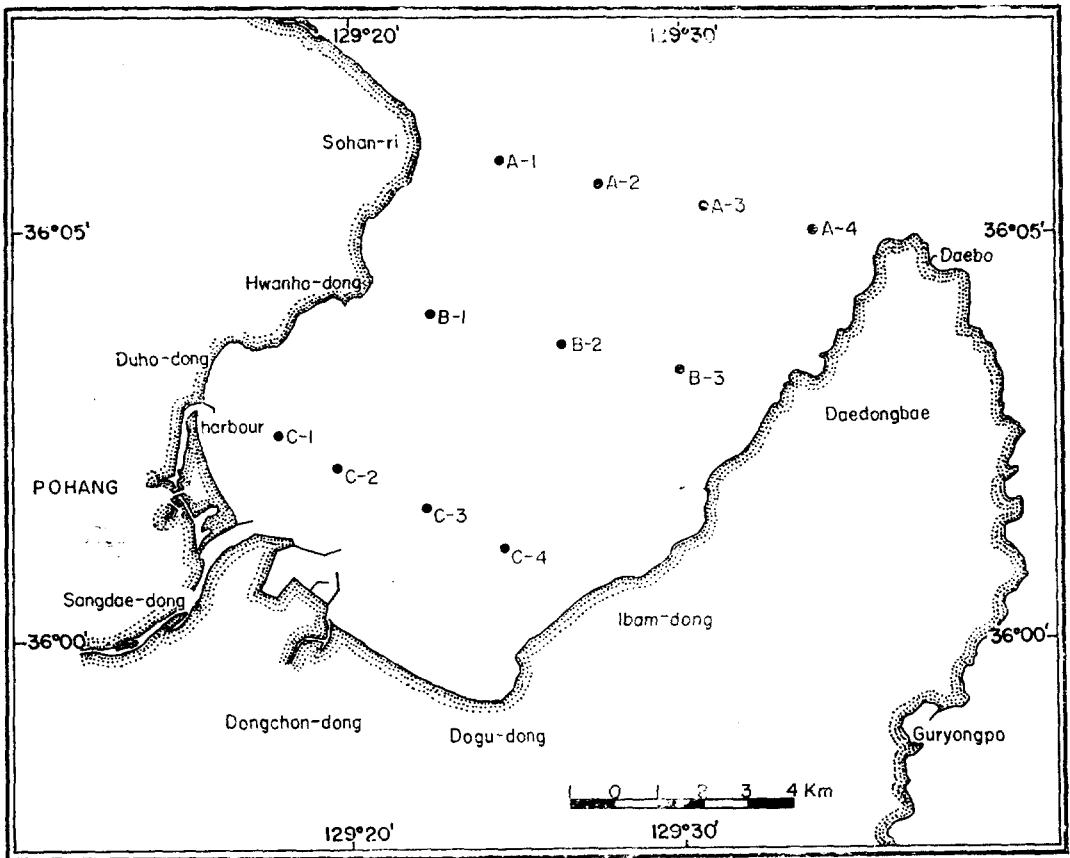


Fig. 1. Locations of sampling stations in Yeongil Bay of Korea, late October 1973.

Line A: Sohanri~Daebo, Line B: Hwanho-dong~Daedongbae, Line C: harbour~Ibam-dong

31'58''E)를, 定線 B에서는 定點 B-1(36°03'53'' N, 129°26'12''E), B-2(36°03'32''N, 129°28'13'' E), B-3 (36°03'15''N, 129°30'00''E), 및 定線 C에서는 定點 C-1(36°02'25''N, 129°23'55''E), C-2(36°02'02''N, 129°24'52''E), C-3(36°01'35''N, 129°26'08''E), C-4(36°01'07''N, 129°27'20''E)를 잡아(Fig. 1) 모두 11個 定點을 定하고 大潮에 表層과 表層으로부터 5m 間隔으로 各 定點에서 北原式 採水器로 3 liter씩 採水하였다. 採水된 試料은 動物 플랑크톤을 제거하기 위하여 meshsize 약 0.3mm인 net로 濾過시킨 다음 直徑 47mm HA型(AA型 代用) Millipore 濾過紙 (pore size 0.45 μ ; UNESCO, 1966)로 濾過하였다. 濾過가 끝나기 直前に 1%炭酸마그네슘 懸濁液 1 ml를 고르게 混濁시켜 클로로필의 變質을 막았다. 이렇게 濾過된 材料은 冷凍室에 보관시켰다가 ice-box에 넣어서 實驗室로 옮겨 곧 分析되었다.

다. 分析은 材料을 screw-cap 유리試驗管에 넣고 90% 아세톤 10 ml를 가하여 溶解시켜서 20時間 4°C 冷暗所에서 抽出한 후 4,000 rpm에서 10分間 遠心分離시켜(UNESCO; 1966) 그 上澄液을 Bechmann DU-2 分光光度計를 사용하여 各各 663 nm, 645nm, 630nm(UNESCO; 1966)에서 吸光度를 測定하고 750nm에서 濁度を 測定하였다(Strickland and Parsons; 1968).

이렇게 얻어진 測定值를 가지고 SCOR UNESCO Procedure(UNESCO; 1966)에 의하여 各各 클로로필 a, b 및 c를 換算하였다.

結 果

定線別 클로로필 分布: Fig. 2와 Table 1에서 보면, 定線 A에서는 대체로 클로로필 總量이 깊이에 따라 적어지다가 20m보다 깊은 곳에서는

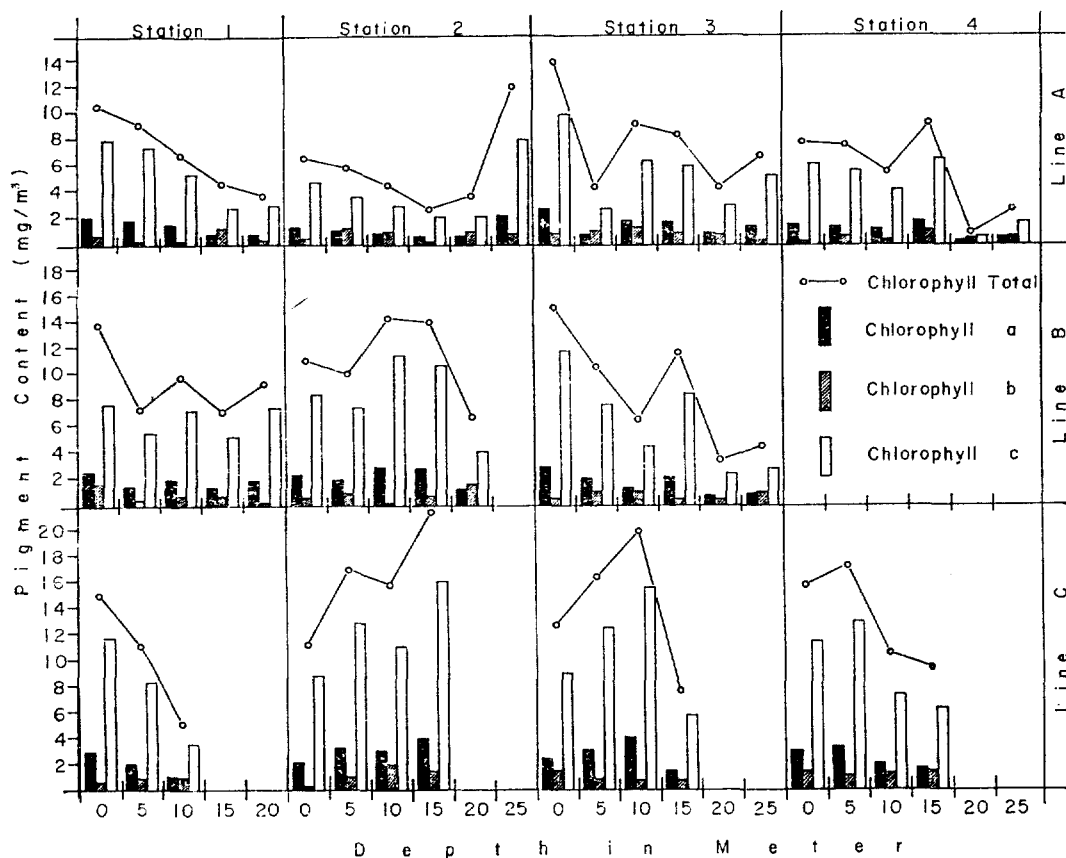


Fig. 2. Each chlorophyll content of each sampling station by depth in Yeongil Bay of Korea, late October 1973. Chlorophyll total denotes the amounts of chlorophyll a, b and c.

Table. 1. Contents of each chlorophyll and distribution of water temperature in Yeongil Bay of Korea, late October 1973.

Observed Line	Chlorophyll (mg/m ³) & water temp. (°C)	Depth(m)					
		0	5	10	15	20	25
Line A	Chlorophyll a	1.860	1.223	1.217	1.137	0.545	1.316
	Chlorophyll b	0.467	0.658	0.626	0.762	0.489	0.453
	Chlorophyll c	7.350	4.876	4.704	4.354	2.077	5.372
	Chlorophyll Total*	9.678	6.757	6.548	6.252	3.111	7.141
	Water Temperature**	17.65	17.65	17.75	17.75	17.08	14.33
Line B	Chlorophyll a	2.516	1.743	1.939	2.035	1.181	0.741
	Chlorophyll b	0.816	0.662	0.551	0.533	0.624	0.924
	Chlorophyll c	9.942	6.863	7.675	8.081	4.552	2.726
	Chlorophyll Total*	13.274	9.269	10.164	10.649	6.357	4.391
	Water Temperature**	17.40	17.43	17.50	17.50	16.23	15.70
Line C	Chlorophyll a	2.569	2.940	2.385	2.374	—	—
	Chlorophyll b	0.863	0.811	1.141	1.088	—	—
	Chlorophyll c	10.175	11.618	9.289	9.333	—	—
	Chlorophyll Total*	13.608	15.368	12.815	12.794	—	—
	Water Temperature**	16.13	16.65	16.93	17.00	—	—
Total Mean*	Chlorophyll a	2.297	1.989	1.837	1.777	0.818	1.172
	Chlorophyll b	0.706	0.715	0.793	0.791	0.547	0.571
	Chlorophyll c	9.084	7.869	7.182	6.966	3.138	4.711
	Chlorophyll Total*	12.087	10.573	9.813	9.534	4.502	6.453
	Water Temperature**	17.03	17.23	17.38	17.41	16.71	15.43

Data listed in this table are mean values derived from original data.

*Mean values calculated from original data.

**Water temperature was cited from water temperature data from KWAK(1976).

다시 높아지는 현상을 나타냈으나, 클로로필 b만은 이와 반대로 A線 전체적으로 깊이에 따라 약간 증가하는 듯이 나타났다. 水深 20m 이하에서 水溫이 갑자기 떨어지는 것을 보면(郭; 1976, Table 1) 底層에서 많은 클로로필량은 플랑크톤의 양이 다름을 나타내는 것으로 생각된다. 定線 B에서는 클로로필함량이 전체적으로 A線보다 높으며 양쪽 沿岸의 分布樣相은 A線과 비슷하나 가운데는 中間層이 높고 上層이 낮은 현상을 보였다. 이는 兄山江의 流入이 灣中央部에 까지 영향을 미친 것 같다. 定線 C는 沿岸에 接近해 있어서 周圍環境의 영향을 가장 많이 받는 地域임에도 아직은 클로로필의 함량이 가장 높으며 仁安洞 앞인 定點 4는 대체로 漁港入口인 定點 1과 함께 A線의 分布樣相과 비슷하다. 그러나 定點 2와 3은 兄山江水의 流入의 영향을 직접 받는 곳으로 灣中央에서와 같은 現

象이 나타났으며 表層과 中間層과의 隔差는 灣中央보다 더 크다. 이런 結果는 陸水의 流入으로 表層의 水溫이 낮아져서(郭; 1976) 植物性플랑크톤의 양이 달라진 것으로 생각되어서, 灣入口의 底層에서 나타났던 現象과 같은 것으로 볼수 있겠다.

클로로필의 種類別 分布: 클로로필 a, b 및 c를 定線別, 水層別로 聚合해보면(Table 1) 클로로필 a와 c는 內灣(C線)에서는 5m層이 높았고 灣中央部(B線)와 入口(A線)에서는 表層이 현저히 높았으며 전체적으로 10m와 15m層에서는 거의 비슷하게 나타났으나 水溫이 변하는 20m層에서는 半以下로 적어졌다가 다시 底層에서 上昇했다. 클로로필 b는 內灣에서 불규칙하지만 灣中央에서는 水深에 따라 낮아지다가 水溫混合層을(20m層) 지나 底層에서 많았고 灣入口에서는 이와 반대로 水深에 따라 많아지다가 水溫混合層

에서부터 적어졌다. 灣 전체적으로보면 모든 클로로필色素量이 水深에 따라 적어지며 그 幅이 20m層(水溫境界層)에서는 거의 반으로 줄어들었다가 底層에서 약간 많아지는 경향이다. 이런 현상은 역시 플랑크톤량의 變化에 의한 것으로 볼 수 있겠다.

考 察

各 植物性플랑크톤色素의 量과 分布: 測定된 클로로필을 Mini-Computer NOVA 01을 利用하여 分析해 보면(Fig.3), 클로로필 a와 c는 위치에 관계없이 그 分布樣相이 같은데, 灣 中央과 入口에서는 上·下層의 區別이 뚜렷하고 그 사이의 中間層이 매우 두텁게 발달되었으나, 內灣에서는 底層分布의 存在가 뚜렷하지 않다. 클로로필 a와 c의 含量은 灣 入口보다 中央部가 약 두배정도 많으며 內灣이 약 세배가량 많고 灣 入口나 中央에서는 上層의 含量이 中間層보다 많은데 비하여 內灣에서는 오히려 적다. 이와 같은 현상은 營養鹽이 풍부하고 가을철에 水溫이 낮은 陸水가 多量 流入하고 있기 때문이라고 생각된다. 中間層의 分布를 보면 클로로필 a와 c가

灣 入口에서는 두꺼운 層이 단조롭게 南·北側 沿岸으로 연결되어 있으나 灣 中央에서는 中間層에 독특한 分布樣相을 이루고 있으며 이것이 內灣에서는 底層에까지 닿았다. 이런 현상은 內灣의 海水流動速度가 아주 미약하고(홍 等; 1971, 황 等; 1972), 灣 入口에서는 沿岸流의 流速이 비교적 內灣보다 빠르기 때문인 것으로 생각된다. 또 內灣에서 보면 定點 1과 2 사이에 表層에서 底層에 이르기 까지 또 다른 독특한 分布가 形成되어 있는데 이는 漁港의 汚染水의 影響을 받아 內港에서 差異를 나타낸 것으로 생각된다. 클로로필 b를 보면 灣 入口나 中央部와 비교해서 內灣에서는 월등히 그 含量이 높다. 垂直分布現象은 灣 入口에서는 中間層에 큰 高含量 核을 내포하고 있으나, 灣 中央部에서는 이와 반대로 低含量 核을 내포한다. 內灣에서의 定點 2의 底層을 중심으로 한 高含量 核은 陸水와 섞이지 않는 底層海水에서 海水浴場과 같은 營養供給源에 의한 것으로 보여 漁港入口의 汚染地域과 대조적이다.

이런 현상으로 미루어 보면, 클로로필 a나 c를 많이 含有하는 植物플랑크톤群과 클로로필 b를 많이 含有하는 植物플랑크톤群은 서로 別個의

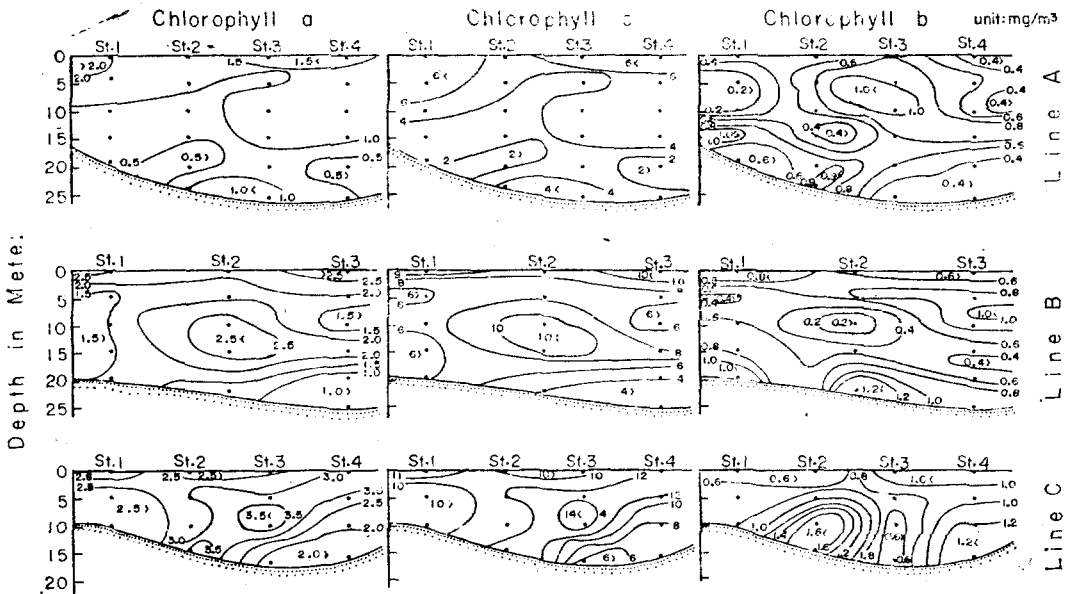


Fig. 3. Vertical distributions of chlorophyll pigments at each observed line and depth in Yeongil Bay of Korea, late October 1973.

群으로 생각된다. 이들 서로 다른 플랑크톤群의 混合密度나, 같은 植物플랑크톤의 現存量은 水塊에 따라 다르게 되므로 이들이 나타내는 클로로필함량의 差異나 含量分布樣相의 서로 다른 異質水塊의 存在를 의미하는 것으로 볼 수 있다. 이와 같이 생각할 때 內灣에서의 上·下層 區分이나, 灣 中央部나 入口에서의 上·中·下層의 區別로 각기 이에 해당하는 水塊의 存在를 생각할 수 있다. 이러한 水塊形成의 原因은 봄철부터 가을철에 걸쳐 流入된 上層의 對馬暖流의 存在와 季節的 變遷에 의한 東海底層冷水帶의 流入에 의하여 形成된 두개의 큰 水塊에서 비롯되는 것으로 생각된다.

各色素量間的 相互關係: 이번 에 調査한 實驗值을 基準으로 각 클로로필 사이의 關係를 살펴보면 클로로필 a와 b 그리고 클로로필 b와 c 사이에는 相關性이 없는 것으로 나타났다. 그러나 클로로필 a와 c 사이에는 Fig. 4에서 보는바와 같이 相關圖上에서 相關性이 매우 큰 것으로 나타났다. 이들의 相關係數는 $r=0.999$ 로 거의 直線에 가깝다. 이를 檢定해 보면

$t=161.124 > 50$, 0.001%에서는 0.4433으로 이는 採水當時의 조건하에서 母集團으로부터 採水·抽出한 클로로필 a와 c 사이에 相關性이 있을 確率이 99.999%라는 것을 의미하는 것이다. 그리고 이 두 色素量間的 回歸直線은 클로로필 a를 獨立變數로 한 클로로필 c의 값이 $y=4.02x-0.16$ 이고 이에 대한 標準誤차는 $S_{y,x}=\pm 0.192$ 가 되며 全體實驗值의 72.2%가 이 標準誤차 內에 포함된다. 그리고 $2S_{y,x}$ 內에는 96.3%, $3S_{y,x}$ 內에는 100%가 포함되어 각각 68%, 95%, 99.7% 이상 이 포함되는 相關性을 보였다. 또 이 關係式으로 보면 클로로필 c의 含量은 클로로필 a의 量에 비하여 약 4배가 된다. 그래서 Table 2에서 보는바와 같이 클로로필 a를 基準으로 한 클로로필 c의 量이 調査定線別, 水深別로 모두 거의 4배에 가까운 값이 나왔으며 이른 回歸直線과 거의 一致하는 것이다. 이를 다시 클로로필 a, b 및 c를 合한 數를 100%로 보고 각 클로로필色素의 含量比를 보니 Fig. 5와 같은 結果가 나왔다. 여기에서도 물론 클로로필 c의 比率는 대략 클로로필 a의 약 4배가 되지만 클로로필 b의 含量比

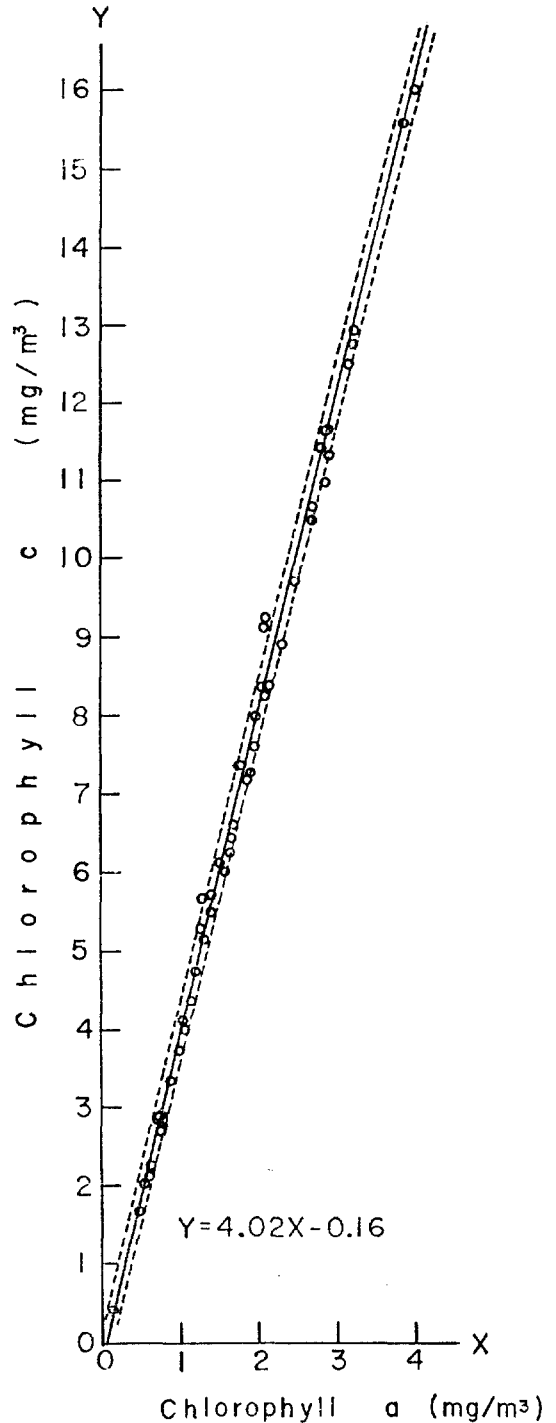


Fig. 4. Relationship between chlorophyll a and c in Yeongil Bay of Korea, late October 1973. Solid line denotes regression line of chlorophyll c (Y) on chlorophyll a (X). Two parallel dashed lines show vertical distances of regression line, $S_{y,x}=\pm 0.192$.

Table 2. Ratio of chlorophyll c on chlorophyll a.

Depth(m)	Line A	Line B	Line C	Mean*
0	3.95	3.95	3.96	3.96
5	3.99	3.94	3.95	3.96
10	3.87	3.96	3.90	3.91
15	3.83	3.97	3.93	3.92
20	3.81	3.85	—	3.84
25	4.08	3.68	—	4.02
Mean*	3.94	3.92	3.94	3.94

*Mean values were obtained from chlorophyll a and c of each observed line or depth.

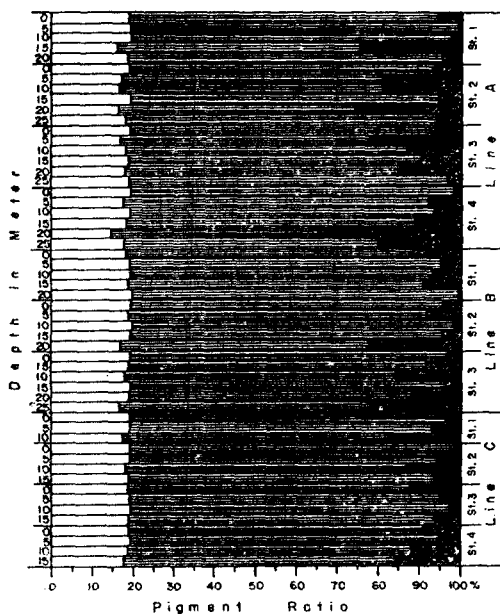


Fig. 5. The percentage of each chlorophyll pigment on the amounts of chlorophyll a, b and c in Yeongil Bay of Korea, late October 1973.

- : Percentage of chlorophyll a on the total chlorophyll
- : Percentage of chlorophyll b on the total chlorophyll
- ▨ : Percentage of chlorophyll c on the total chlorophyll

에 따라 클로로필 c의 함유비율이 反對로 變하는 것을 볼 수 있으나 확실한 相關性은 없다. 이와는 대조적으로 클로로필 a는 그 범위가 14.64~19.83%(平均 18.74%)로 클로로필 b(0.009~32.42%)나 클로로필 c(52.94~80.21%)보다 그 安定度가 높게 나타났다.

그러나 이런 相關係數나 回歸直線의 기울기 또

는 클로로필 a에 대한 클로로필 c의 倍率 그리고 全體클로로필량에 대한 클로로필 a의 含量比率 등은 植物性플랑크톤의 種類에 따라 클로로필 a와 클로로필 c의 含量비가 서로 달라질 가능성이 있고 심지어는 같은 種類라도 季節이나 場所에 따라 各種 클로로필의 含量비가 달라질 가능성도 있으므로, 植物性플랑크톤의 組成비에 따라 複合된 結果로 나타난 本實驗으로 어떤 결론을 내리기는 어렵다. 다만 클로로필 a의 含量비가 매우 安定性이 있는 것으로 보아 種類別 또는 季節別로 複合組成에 따른 클로로필 a량의 含有比率에 대한 安定性이 확실해 지면 이를 기준으로 해서 電子計算機를 사용하여 植物性 플랑크톤 色素량의 比率로 그 水塊의 植物性플랑크톤의 組성을 判別할 수 있는 가능성이 엿보인다. 이렇게 되면 이 判別된 植物性플랑크톤의 組成으로 異質水塊를 찾아낼 수 있는 가능성이 충분히 있다고 생각된다.

結 論

1973年 10月 下旬에 調査한 迎日灣 海水中的 植物性플랑크톤 色素量의 特徵은 다음과 같다.

1. 色素量의 分布는 灣 入口에서 內灣쪽으로 들어오면서 生産性이 높아지는데 이는 充分한 營養鹽의 供給에 기인하는 것으로 생각할 수 있다.
2. 色素量의 分布樣相은 灣中央部나 外海쪽에서는 垂直分布가 뚜렷이 구별되며 이는 水塊의 異質性에 의한 것으로 생각된다.
3. 各種 色素量間의 關係는 클로로필 a와 c가 陽의 相關關係를 나타내고, 클로로필 c는 클로로필 a의 약 4배에 달한다. 總色素量의 18.7% 가량이 클로로필 a로 나타났다.

그러나 이같은 關係들은 植物性플랑크톤의 組成이나 生長環境에 따라 달라질 가능성도 있다고 생각된다.

參 考 文 獻

- Aruga, Y. and M. Monsi. 1962. Primary production in the northwestern part of the Pacific off Honshu.

- Japan. J. Oceanog. Soc. Japan, 18, 37.
- 張志元·裴三喆. 1968. 釜山, 日內間 海水의 水質調査 (海水의 放射線을 中心으로). 韓國水產學會誌, 1, 51~54.
- 崔貞信. 1969. 水營灣에 있어서의 硅藻類의 季節的인 量 및 組成變化. 韓國水產學會誌, 2, 16~24.
- 崔相. 1966. 韓國海域의 植物플랑크톤의 研究 I. 1965年 夏季의 韓國海峽表層水의 植物플랑크톤의 量과 分布. 韓國海洋學會誌, 1, 14~21.
- 崔相·鄭兌和. 1966. 韓國沿岸水域의 基礎生産. 原子力研究所彙報(韓國), 3(1), 42~57.
- 崔相. 1967. 韓國海域의 植物플랑크톤에 關한 研究 II, 韓國沿岸水域의 植物플랑크톤. 韓國海洋學會誌, 2, 1~12.
- 崔相. 1969a. 韓國海域의 植物플랑크톤의 研究 III. 1967年 5月 北東部 韓國海峽表層水의 植物플랑크톤의 量과 分布. 韓國海洋學會誌, 4, 1~8.
- 崔相. 1969b. 韓國海域의 植物플랑크톤의 研究 IV. 東海·南海 및 西海海域의 植物플랑크톤. 韓國海洋學會誌, 4, 49~67.
- 崔相·鄭兌和. 1971. 古里海域의 海洋學의 特性 I. 水溫, 鹽分 pH 및 透明度의 年間變化에 關하여. 韓國海洋學會誌, 6, 37~48.
- 崔相·鄭兌和. 1972. 洛東江 河口水域의 營養鹽類와 有機懸濁物質. 韓國海洋學會誌, 7, 1~14.
- Choe, Sang. 1972. Studies on the seasonal variations of plankton organisms and suspended particulate matter in the coastal area of Ko-ri. J. Oceanolog. Soc. Korea, 7, 47~58.
- Doty, M. S., R. E. Soeriaatmadja and S. Soegiarto. 1963. Observations on the primary marine productivity of Northwestern Indonesian Waters. Marine Res. in Indonesia. 5, 1~25.
- 한희수·정형규·라견연·권선원. 1973. 동해연안어장 환경조사. 경북 연안어장 환경조사. 국립수산진흥원 사업보고, 17, 117~153.
- 한희수·손승경·권선원. 1974a. 수질오탁 조사. 1972-영일만. 국립수산진흥원 사업보고, 23, 42~87.
- 한희수·권선원·손승경. 1974b. 수질오탁 조사. 1973-영일만. 국립수산진흥원 사업보고, 23, 195~204.
- 한희수·권선원·손승경. 1975. 한국연안 수질오염조사. 영일만. 국립수산진흥원 사업보고, 30, 101~109.
- 홍승명·추교승·정낙기·허영규·현동욱·최영선. 1971. 영일만 및 부근일대 해양관측 결과. 교통부수로국, 서울, 韓國.
- 황진풍·추승교·허영섭·현동욱·정낙기. 1972. 1972년도 해양관측 결과보고서. 교통부수로국, 서울, 韓國. 51~80.
- 황호정·추상용·김명남·위종환·김종철·김상근. 1973. 남해 연안어장 환경조사. 전남 연안어장. 국립수산진흥원 사업보고, 17, 51~90.
- 황호정·추상용·김명남·위종환·김종철·김상근. 1974. 연안어장 환경조사. 전남 연안어장 환경조사. 국립수산진흥원 사업보고, 21, 43~60.
- 황호정·김명남·김종철. 1975. 연안어장 환경조사. 전남 연안어장 환경조사. 국립수산진흥원 사업보고, 28, 37~60.
- Ichimura, S. and Y. Saijo. 1959. Chlorophyll content and primary production of the Kuroshio off the southern mid-coast of Japan. Bot. Mag., 72, 193~202.
- 전기옥·박정길. 1969. 한국 동해의 Chlorophyll 분포에 관한 연구. 국립수산진흥원 연구보고, 4, 27~43.
- 정찬세·권낙연. 1974. 수질오탁조사. 1973-제주도 주변해역. 국립수산진흥원 사업보고, 23, 228~251.
- 姜傑源. 1972. 낙동강 하구 부근(용원리) 김 어장의 것병, 특히 공작 폐수의 영향에 관하여. 韓國水產學會誌, 5, 39~44.
- Kang, Yong Joo. 1967. Studies on the primary production in Suyong Bay. J. Oceanolog. Soc. Korea, 2, 13~23.
- 川村 輝良. 1963. 北太平洋北部及びベリンク海の基礎生産量 豫備調査. 日本 ブランクトン研究會報, 10, 28~34.
- 金仁培. 1970. 낙동강하류의 수산개발을 위한 기본조사. 2. 수온 및 수질. 韓國水產學會誌, 3, 65~70.
- 김진열·조상영. 1974a. 수질오탁조사. 1972-인천만. 국립수산진흥원 사업보고, 23, 110~114.
- 김진열·조상영. 1974b. 수질오탁조사. 1973-인천만. 국립수산진흥원 사업보고, 23, 217~227.
- 小久保 清治·鈴木 朝得. 1938. ブランクトン時報, No. 14.
- 小久保 清治·鈴木 朝得. 1940. ブランクトン時報, No. 15.
- 倉茂 英次郎. 1943. 朝鮮黃海側及び南鮮における浮游性硅藻の量的並に質的 特性. 第1報. 昭和12年乃至16年 定量成績. 朝鮮總督府 水産試験場報告, 8, 1~40.
- 倉茂 英次郎. 1944. 朝鮮黃海側及び南鮮における浮游性硅藻の量的並に質的 特性. 第2報. 昭和17~18年 沿岸各地成績並に滿州國及び關東州沿岸との

- 比較. 日本海洋學會誌, 3, 254~267.
- 郭熙相·李鍾華. 1975. 冬季 鎮海·馬山海域의 重金屬. 韓國海洋學會誌, 10, 7~16.
- 郭熙相. 1976. 가을철 迎日灣의 一般海洋學의 特性. 韓國海洋學會誌, 11, 89~95.
- 이창기·임기봉·김성규·위길영·박대원·김기혁·박주석·이삼석·송재선·조상영·이금열·권낙엽·박상경. 1972a. 연안어장 환경조사 사업보고. 국립수산진흥원 사업보고, 12.
- 이창기·강철중·김성규·박대원·위길영·오운근·박정길·이금열·박주석·이삼석·송재선·박상경. 1972b. 수질오탁조사 사업보고, 1967~1971. 국립수산진흥원 사업보고, 15.
- 이창기·박주석·강철중·이삼석·오운근·박정길·이금열·김성규·김복기·위길영·송재선. 1973. 남해 연안어장 환경조사-경남연안. 국립수산진흥원 사업보고, 17, 9~50.
- 이창기·박주석·강철중·이삼석·오운근·박정길·이금열·김성규·김복기·위길영·송재선. 1974a. 연안어장 환경조사. 경남연안어장 환경조사. 국립수산진흥원 사업보고, 21, 12~42.
- 이창기·박주석·강철중·이삼석·오운근·박정길·이창국·김복기·이금열·김성규·위길영·송재선. 1974b. 수질오탁조사, 1972-부산항. 국립수산진흥원 사업보고, 23, 11~21.
- 이창기·박주석·강철중·이삼석·오운근·박정길·이창국·김복기·이금열·김성규·위길영·송재선. 1974c. 수질오탁조사. 1972-낙동강~진해만에 이르는 해역. 국립수산진흥원 사업보고, 23, 22~34.
- 이창기·박주석·강철중·이삼석·오운근·박정길·이창국·김복기·이금열·김성규·위길영·송재선. 1974d. 수질오탁조사, 1972-마산만. 국립수산진흥원 사업보고, 23, 35~40.
- 이창기·박주석·강철중·이삼석·오운근·박정길·이창국·김복기·이금열·김성규·위길영·송재선. 1974e. 수질오탁조사. 1972-부산, 마산 및 진해만의 부유생물 경량조사. 국립수산진흥원 사업보고, 23, 41~42.
- 이창기·박주석·강철중·이삼석·오운근·박정길·이창국·이금열·김복기·위길영·송재선. 1974f. 수질오탁조사. 1973-울산만, 부산항, 낙동강 하구, 진해만, 마산만. 국립수산진흥원 사업보고, 23, 137~194.
- 이창기·박주석·강철중·이삼석·오운근·박정길·김복기·위길영·송재선. 1975a. 연안어장 환경조사. 경남 연안어장 환경조사. 국립수산진흥원 사업보고, 28, 10~36.
- 이창기·박주석·강철중·이삼석·오운근·김복기·정진태·김학균·위길영·송재선·이기영·곽남선·윤동수. 1975b. 한국연안 수질오염조사. 울산만, 온산만, 부산항, 낙동강 하구, 진해만, 마산만, 옥포만, 나라도 및 거문도, 여수항 및 광양만, 인천만, 금강 하구. 국립수산진흥원 사업보고, 30.
- 李春九·張南基·崔信錫. 1969. 貝類養殖을 위한 適地 環境要因에 관한 研究. 韓國水產學會誌, 2, 33~40.
- 李鍾華·金春洙·郭熙相. 1974. 冬季鎮海灣一帶海水의 化學的成分含量分布. 韓國海洋學會誌, 9, 39~51.
- 松平 康雄 外. 1974. 日本沿岸水域 基礎生産力 總合研究結果. 日本プランクトン研究會報, 11, 24~73.
- 房極旬. 1967. 關山灣에 있어서 Microplankton의 量 및 造成에 對한 調査. 국립수산진흥원 연구보고, 1, 117~130.
- 박병하·조상영. 1974. 수질오탁조사. 1972-제주도 주변해역. 국립수산진흥원 사업보고, 23, 115~127.
- 朴清吉. 1975a. 鎮海灣海域의 磷酸鹽分布의 特性에 關하여. 韓國水產學會誌, 8, 68~72.
- 朴清吉. 1975b. 鎮海灣海水의 富營養化와 클로로필分布. 韓國水產學會誌, 8, 121~126.
- 朴周錫·金鍾斗. 1967. 鎮海灣의 赤潮現象에 關한 研究. 국립수산진흥원 연구보고, 1, 63~79.
- 박주석·김복기·김학균. 1975. 제주해협 종합개발조사. 1. 산치 중심어장 생물학적 조사. 국립수산진흥원 사업보고, 26.
- 박경희·이승길·고태승. 1974a. 수질오탁조사. 1972-금강하류 주변해역. 국립수산진흥원 사업보고, 23, 88~109.
- 박경희·이승길·고태승. 1974b. 수질오탁조사. 1973-금강하류 주변해역. 국립수산진흥원 사업보고, 23, 205~216.
- 박상운·오운근·박정길·조상영. 1969. 鎮海灣附近海域의 海水化學成分의 季節的 變化에 關하여. 국립수산진흥원 연구보고, 4, 59~68.
- 朴泰鍊. 1956a. 韓國海峽에 있어서 Plankton의 季節的 變化에 關하여. 釜山水產大學 研究報告, 1, 1~12.
- 朴泰鍊. 1956b. 夏季南海岸에 있어서 Microplankton의 量及組成에 關한 研究. 釜山水產大學 研究報告, 1, 13~32.
- 변충규·조석현·백국기·차영일. 1973. 동해 연안어장 환경조사-강원도 연안. 국립수산진흥원 사업보고, 17, 93~116.

- Saijo, Y. and S. Ichimura. 1960. Primary production in the Northwestern Pacific Ocean. *J. Oceanog. Soc. Japan*, **16**, 139~145.
- Sorokin, Yu I. and O. Koblentz-Mishke. 1958. Primary production of the Sea of Japan and the part of the Pacific Ocean adjoining Japan, during Spring 1957. *Rep. Acad. Sci., U. S. S. R.*, **122**, 1018~1020.
- Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons. 1968. *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Bull. **167**, Fish. Res. Bd. Canada, Ottawa, Canada. 185~192.
- UNESCO. 1966. Determination of Photosynthetic Pigments in the Sea-water. *Monographs on Oceanographic Methodology 1*. Imprimerie Corbaz S. A., Montreux, Switzerland. 11~20.
- 元鍾勳. 1963. 輪津江河口的水質分布에 대하여. 釜山水產大學研究報告, **5**, 1~10.
- 元鍾勳. 1964. 洛東江河口 김밭水質의 每月 大潮日에서의 時間的 變化(1962年 11月~1963年 10月), 釜山水產大學研究報告, **6**, 21~34.
- 元鍾勳. 1970. 慶南 昌原郡 熊東面 龍院里 김밭의 水質에 대하여. 韓國海洋學會誌, **5**, 30~36.
- 元鍾勳·朴吉淳. 1970. 莞島邑 및 平日島 김밭에 있어서의 冬季五個月間의 潮水에 따른 變動. 韓國海洋學會誌, **5**, 14~29.
- 元鍾勳·朴吉淳. 1973. 海水污染源 追跡子로서의 플루오르化合物이온 및 鎳海灣의 플루오르化合物이온의 濃度分布. 韓國海洋學會誌, **8**, 9~21.