

碩士學位論文

濟州道 周邊海域의 動物Plankton生産量
推定과 群集構造에 關한 研究

濟州大學校 大學院

海洋學科



1987年 月 日

濟州道 周邊海域의 動物Plankton生産量
推定과 群集構造에 關한 研究

指導教授 高 有 峰

吳 奉 喆

이 論文을 理學 碩士學位 論文으로 提出함

1987年 12月

吳奉喆의 理學 碩士學位 論文을 認准함



審査委員長

崔 永 贊

委 員

尹 正 守

委 員

高 有 峰

濟州大學校 大學院

1987年 12月

STUDIES ON THE ESTIMATION OF PRODUCTION
AND COMMUNITY STRUCTURE OF ZOOPLANKTON
IN SURROUNDING SEA OF CHEJU ISLAND

Bong-Cheol Oh
(Supervised by Professor You-Bong Go)

 제주대학교 중앙도서관
A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF NATURAL SCIENCE

DEPARTMENT OF OCEANOGRAPHY
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1987

目 次

| | |
|------------------------------------|----|
| Summary | 1 |
| I. 緒 論 | 4 |
| II. 材料 및 方法 | 6 |
| 1. 採集 및 試料處理 | 6 |
| 2. 現存量 및 生産量 推定 | 9 |
| 3. 多樣度 및 類似度 | 12 |
| III. 結 果 | 15 |
| 1. 海洋環境 | 15 |
| 2. 現存量 | 18 |
| 3. 生産量 | 27 |
| 4. 群集構造 | 30 |
| 5. 沿岸域(朝天, 新川)의 生産量과 群集構造 特性 | 39 |
| IV. 考 察 | 48 |
| 1. 生産量 | 48 |
| 2. 群集構造 | 56 |
| V. 結 論 | 58 |
| VI. 參考文獻 | 60 |

List of Figures

| | |
|---|----|
| Fig.1. The study area showing 88 sampling in surrounding sea of Cheju island | 7 |
| Fig.2. Distribution of sampling frequency at each grid from 1981 to 1986. A: cold season (November – May) B: warm season (June – October) 13 | 13 |
| Fig.3. Schematic representation of the water mass distribution in winter(A) and in summer (B) (After Kondo, 1985). | 14 |
| Fig.4. Horizontal distribution of average water temperature at 30m depth from 1981 to 1986. A: cold season (November – May) B: warm season (June – October) • 16 | 16 |
| Fig.5. Horizontal distribution of average salinity at 30m depth from 1981 to 1986. A: cold season (November – May). B: warm season (June – October) | 17 |
| Fig.6. Distribution of individual number (Inds./ m^3) of zooplankton in 0-50 m water column A: cold season (November – May) B: warm season (June – October) ... 21 | 21 |
| Fig.7. Relative frequency of the average size of zooplankton (biomass/no. of individuals, for each sampling) in cold (A) and warm (B) seasons in surrounding sea of Cheju Island. A normalized frequency distribution fitted by logarithmic transformation of body weights is superimposed on the right side of each figure. N is number of sampling stations. | 23 |
| Fig.8. Distribution of biomass (mg wet weight/ m^3) (A) and secondary production (mg carbon/ m^3 /day) (B) of zooplankton in 0-50m water column during cold season (November – May) from 1981 to 1986 | 25 |

| | |
|--|----|
| Fig.9. Distribution of biomass (mg wet weight/ m^3) (A) and secondary production (mg carbon/ m^3 /day) (B) of zooplankton in 0 – 50m water column during warm season (June – October) from 1981 to 1986. | 26 |
| Fig.10. Distribution of daily P/B ratio of zooplankton in 0 – 50m water column from 1981 to 1986 A: cold season (November – May), B: warm season (June – October) | 28 |
| Fig.11. Demarcation by Simpson's index ($1-\lambda$) of diversity of zooplankton communities in 0 – 50m water column. A: cold season (November – May) B: warm season (June – October) | 31 |
| Fig.12. Demarcation by shannon – Weaver's index (H') of diversity of zooplankton communities in 0 – 50 water column. A: cold season (November – May), B: warm season (June – October) | 32 |
| Fig.13. Demarcation by Pielou's index (J') of diversity of zooplankton communities in 0 – 50 water column. A: cold season (November – May) B: warm season (June – October) | 34 |
| Fig.14. Dendrogram illustrating the zooplankton groups association during cold season (November – May) | 37 |
| Fig.15. Dendrogram illustrating the zooplankton groups association during warm season (June – October) | 38 |
| Fig.16. Monthly variation of the estimated secondary production on the coast of Jocheon. | 40 |
| Fig.17. Sampling area of zooplankton on the coast of Sincheon. | 41 |
| Fig.18. Monthly variation of the estimated secondary production on the coast | 42 |
| Fig.19. Monthly variation of water temperature, salinity, dissolved oxygen, silicate contents, phytoplankton standing crop and secondary production on the coast of Jocheon. | 43 |

| | |
|--|----|
| Fig.20. Monthly variation of water temperature, salinity, Nitrate contents, Nitrite contents, Phospate contents, Phytoplankton standing crop, secondary production and P/B ratio on the coast of Sincheon | 44 |
| Fig.21. Dendrogram showing correlation between copepoda species occurring on the coast of Sincheon from June 7, 1986 to Mar. 14, 1987. | 45 |
| Fig.22. Demdrogram showing correlation between Chaetognatha species occurring on the coast of Sincheon from June 7, 1986 to Mar. 14, 1987. .. | 46 |
| Fig.23. Distribution of plankton biomass (wet weight mg/m^3 in winter 1967 ~ 1969 (After Park, 1969) | 49 |
| Fig.24. Distribution of plankton biomass (wet weight mg/m^3 in summer, 1967 ~ 1969 (After Park, 1969) | 50 |
| Fig.25. Demarcation by zooplankton biomass (wet weight $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) in 0 - 150 m water column. A:warm season (June - October), B:cold season (November - May), area enclosed by broken line shows 10 - 30 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (After Hattori and Motoda 1983) | 52 |
| Fig.26. A. zooplankton biomass and isotherms (100 - m depth, continus lines, 50 - m depth, broken lines) during the cold season (December - April) in Kuroshio and adjacent seas. B. distribution of estimated secondary production. (After Ikeda and Motoda, 1978). | 54 |
| Fig.27. A. zooplankton biomass and isotherms (100 - m depth, continus lines, 50 - m depth, broken lines) during the warm season (June - October) in Kuroshio and adjacent seas. B. distribution of estimated secondary production. (After Ikeda and Motoda, 1978). | |

List of Tables

| | |
|--|----|
| Table 1. Filtration efficiency of net (T: average number of revolution without a net (calibration), t: average number of with a net) ... | 19 |
| Table 2. Relative percentage of the important zooplankton groups | 20 |
| Table 3. rate between dry weight and wet weight. | 24 |
| Table 4. Percentage composition of major component of zooplankton communities in 0 - 50 m water column in the four type residual group determined by simpson's index in the cold season (November - May) | 35 |
| Table 5. Percentage composition of major component of zooplankton communities in 0 - 50m water column in the four type residual group determined by simpson's index in the warm season (June - October) | 36 |
| Table 6. Monthly variation of the estimated secondary production on the coast of Sincheon. | 51 |



Summary

Little has known to date, about the estimation of secondary production in Korea, in spite of important features of the role of zooplankton in marine ecosystem. The estimation of secondary production and zooplankton community structure analysis around Cheju Island are attempted in this study.

Zooplankton samples were collected, using MTD plankton net (mesh size: $330\mu\text{m}$), during cruises of Cheju 401 and Cheju 402, training and research vessels of Cheju National university, from 1981 to 1986, in surrounding seas ($124^{\circ}40'E - 128^{\circ}20'E$, $31^{\circ}40'N - 34^{\circ}20'N$) of Cheju Island. Data from the coasts of Jocheon and Sincheon sampled throughout a whole year, were also used.

Biomass, number of animals of sorted groups, secondary production, diversity and similarity of community were calculated for averaged data in grids, lat. $20'$ by long. $20'$. A total of 88 grids in the warm season (June–October) and 84 grids in the cold season (November–May) were processed. The production was estimated from respiration–body size relationships, by Ikeda & Motoda's method applying Winbeg's basic balanced equation.

During these investigations, the main groups of zooplankton were Copepoda(77.4%), Chaetognatha(4.8%), Ostracoda(2.9%), Crustacea nauplii(2.9%), Cladocera(2.8%), Amphipoda(1.7%), Appendicularia(91.5%), Euphausiacea(1.3%) and Decapoda(1.2%).

The average number of animals in the study area was 319 Inds./m^3 in the cold season and 339 Inds./m^3 in the warm season. Biomass (wet weight) in the cold and warm seasons was 48.81 mg/m^3 and 77.83 mg/m^3 , respectively. The ratio of dry weight to wet weight was 0.167: 1 in the cold season and 0.151: 1 in the warm season.

The average body weight of zooplankton, calculated by using 408 data in the cold season and 522 ones in the warm season, was 0.1mg–0.2mg/animal and

0.2mg–0.3mg/animal, respectively.

The estimated values of secondary production in 0–50m water column, throughout the study area, in the cold and warm seasons, were 12.96mg C/m²/day and 31.46mgC/m²/day, respectively indicating higher production levels in the warm season than in the cold season. It is thought that the production is closely related to water temperature and biomass in this area.

Distribution of biomass and secondary production in the study area was higher in the south–eastern area of Cheju Island than in other areas in cold season and was higher in the south–eastern and north–western areas of Cheju Island than in the others in warm season.

The estimated values of annual secondary production in the 0–50m water column throughout the study area in the cold and warm seasons were 2.7 gC/m²/year and 4.72 gC/m²/year, respectively. The estimated total annual secondary production was 60,000tonC/year in the study area as a whole.

The estimated daily P/B ratio in the 0–50m water column throughout the study area in the cold and warm seasons were 0.07 and 0.12, respectively, showing higher ratio in the warm season than in the cold season. This difference could explain the reason why water temperature and activity of organisms were higher in warm season than in the cold season. The ratio was higher in the areas with increasing water temperature, small body size and numerous individuals, as well.

The estimated values of secondary production on the coasts of Jocheon and Sincheon were 1.76 mgC/m³/day and 3.60 mgC/m³/day, respectively showing that the latter was 2 times higher than the former. However these values were remarkably lower than off the Island. The largest values of secondary production was in August (3.96 mgC/m³/day) on the coast at Jocheon and in November (5.72 mgC/m³/day) on the coast at Sincheon.

Diversity index (Simpson's index, Shannon– Weaver's index and Pielou's index) was calculated at each grid to examine the zooplankton community structure, and was divided into four types, both in the cold and warm season.

Demarcation by Simpson's index is correspond to demarcation of Shannon–Weaver's index and Pielou's index. The index was higher in the northern coast seas, west–southern seas and southern seas of Cheju Island in the cold season. The higher seas in the cold season was lower in the warm season, in contrast, the lower seas in the cold season was higher in the warm season. Dominant group, Copepoda in the cold and warm seasons occupied with more than 90% and 50% level in the seas of type I and type IV, respectively.

Occurance simirity index between zooplankton groups was calculated and shown as dendrograms by clustering. The zooplankton communities were divided into 4 groups in the cold season and two in the warm season at 0.6 similarity level. The percentage of individual number of 4 groups occupied 83% of total zooplankton in the cold season and that of 2 groups occupied 91% in the warm season.

Similarity index between species of Copepoda and Chaetognatha were also showed. The Copepoda species were divided into 5 groups and Chaetognatha species into 4 ones at 0.6 similarity level.



I. 緒 論

動物 plankton은 海洋 生態系內에서 植物 plankton의 主要 飽食者이면서 有用生物을 包含한 大部分의 動物의 營養을 支持하는 所謂 生産構造上 植物 plankton 有機物の 極히 높은 轉移效率(Conversion efficiency)을 나타내는 第二次 生産者에 屬한 뿐만 아니라(Steede, 1974, Ikeda and Motoda, 1978), 그들의 排泄作用을 통한 營養鹽類의 再生은 一定한 基礎生産을 維持하는 데에 있어서 重要的 役割을 擔當하고 있다(Corner and Davis, 1971, Ikeda et al., 1978).

動物 plankton의 研究는 分類學的인 多樣性和 地理的인 分布上의 差異 때문에 많은 어려움이 있지만, 定量的인 研究를 통한 生産量의 推定 및 種間·群集間의 出現關係의 糾明은 대단히 重要하다. 海洋에서 動物 plankton의 分布를 制限하는 物理·化學的 및 生物學的 要因이 存在하고(Davis, 1972), 生物學的 資料가 物理·化學的 分析을 통한 海洋環境 解釋을 保完하고 뒷받침하고 있다(沈, 1980)는 役割을 考慮할 때 動物 plankton에 對한 累積된 資料의 確保가 대단히 必要하다. 이러한 資料를 바탕으로 한 第二次 生産量 推定 및 質的·量的 關係의 糾明은 沿岸資源의 再評價와 漁海況 豫報 및 指標 設定의 資料로서도 極히 重要的 事項임을 看過할 수 없다.

動物 plankton의 第二次 生産量 推定에 대해서 약간의 研究가 이루어 지고 있는데, 最近 動物의 RNA(리보核酸)含量에 根據한 方法(Bamsiedt and Skjoldal, 1980), 濾水速度에 根據한 方法(Huntley and Boyd, 1984) 및 酸素消費度에 根據한 方法(Ikeda and Motoda, 1978) 등이 알려져 있다. 각각의 方法에는 問題點이 있지만, Ikeda and Motoda(1978)의 方法이 많이 使用되고 있어서, Kuroshio와 Bering海를 中心으로 한 研究가 이 方法을 利用한 그 代表的인 例라 할 수 있고(Ikeda and Motoda, 1978, Ikeda and Motoda, 1978), 日本內海(Inland of Japan)를 中心으로 한 一次·二次 生産構造에 대해서도(Uye et al., 1987) 밝혀지고 있다.

韓國에서는 局地的인 海域에서 動物 plankton의 分類, 種出現 및 分布를 中心으로 한 研究가 一部の 研究者에 의해 수행되었고(朴, 1970, 金, 1971, 1972, 朴, 1973, 沈等, 1982, 1983, 朴, 1984, 劉等, 1985, 康, 1986, 沈等, 1986, 高等, 1987), 排泄量에 對한 斷片的인 報告(朴, 1986)가 있다. 그러나 生産構造와 群集構造의 特性을 밝히

는 生産過程의 一環으로서, 動物 plankton의 第二次 生産量 推定에 對한 研究는 進
혀 되어 있지않은 實情이다.

濟州道 周邊海城은 대마난류, 중국대륙 연안수 및 황해저층냉수等の 影響으로 매
우 複雜한 海洋環境을 나타내는 곳으로서 우리나라의 海洋學的 位置上 매우 重要한
곳이다. 最近 濟州道 潮間帶 및 一部 沿岸에 있어서의 動物 plankton 群集의 量的 研究
(高等, 1983, 1987)가 있기는 하지만 濟州道 周邊海城에서 全體的인 二次 生産量을
論할 정도의 研究는 되어 있지 않다.

따라서 本 研究에서는 濟州道 周邊海城(동지나해 일부 및 한국남해 일부를 포함하는)
(Fig.1)에서 動物 plankton의 定量的 研究를 통한 現存量과 第二次 生産量 推定 및
種間·群集間의 構造를 밝히는 것을 主要 目的으로 하고 있다.



II. 材料 및 方法

1. 採集 및 試料處理

本 研究에서는 1981년부터 1986년까지 濟州大學校 實習船 濟州 401號 및 濟州 402號에 의해서 一年 2~3회씩 定期的으로 濟州道 周邊海域(124°40'E~128°20'E, 31°40'N~34°20'N) (Fig.1)에서 採集된 것과 濟州道 一部 沿岸(朝天 및 新川沿岸)에서 採集된 試料를 使用하였다. 研究 全體 海域을 經度·緯度 각각 20'씩의 間隔으로 하여 모두 88 區劃으로 나뉘었다. 採集 地點이 經度 구획선에 接했을 때는 東쪽의 區劃에, 緯度 구획선에 接했을 때는 北쪽의 區劃에 包含시켰다. 調查時期는 原則上 크게 寒節期(11月~5月)와 溫節期(6月~10月)로 나뉘어, 각각의 資料를 各 期間中에 包含시켰다(Fig.2).

採集에는 MTD形 plankton net(망목크기 330 μ m, D₁ 56cm 全長 155cm)를 使用하였고, 水平·垂直 曳引 試料와 一部 濟州道 沿岸(朝天, 新川)의 表層(水深 5m)까지에서 水平 曳引된 試料를 대상으로 하였다. 各 net에는 flowmeter(Rigisha Co.와 Hydrobio Co.)를 附着하고 濾過水量을 計算하였다. 採集된 試料는 船上에서 즉시 5%의 中性 formaline에 固定되었다. 固定된 標本은 實驗室에서 Folsom 分割器로 나뉘어, 分類群의 檢索用과 個體數用, 稱量用 및 保管用으로 區分하였다.

稱量用 試料는 濕重量과 乾燥重量을 測定하는데 使用되었으며, 濕重量 測定時 破壞되기 쉬운 腔腸動物類의 有無를 미리 確認하고 有器碎片 등을 除去한 후 Whatman GF/C Glass Filter를 使用하여 眞空 pump로 조심스럽게 濾過하였다. 濕重量 測定을 위해 濾과된 것을 여과자 위에 올려놓아 가볍게 移動시켜 間隔水를 最大限 除去하고 microbalance(SARTORIUS CO, 55)를 使用하여 0.1mg 단위까지 測定하였다. 乾燥重量 測定을 위해서는 무게가 稱量된 소형 유리병에 濕重量이 測定된 試料를 넣어 乾燥器(dry oven)에서 60°C의 溫度로 24時間 乾燥시킨 後 再稱量하였다. 濕重量과 乾燥重量은 試料中에 包含되는 個體數로 나누어서 100리 當의 平均값으로 算出하였다.

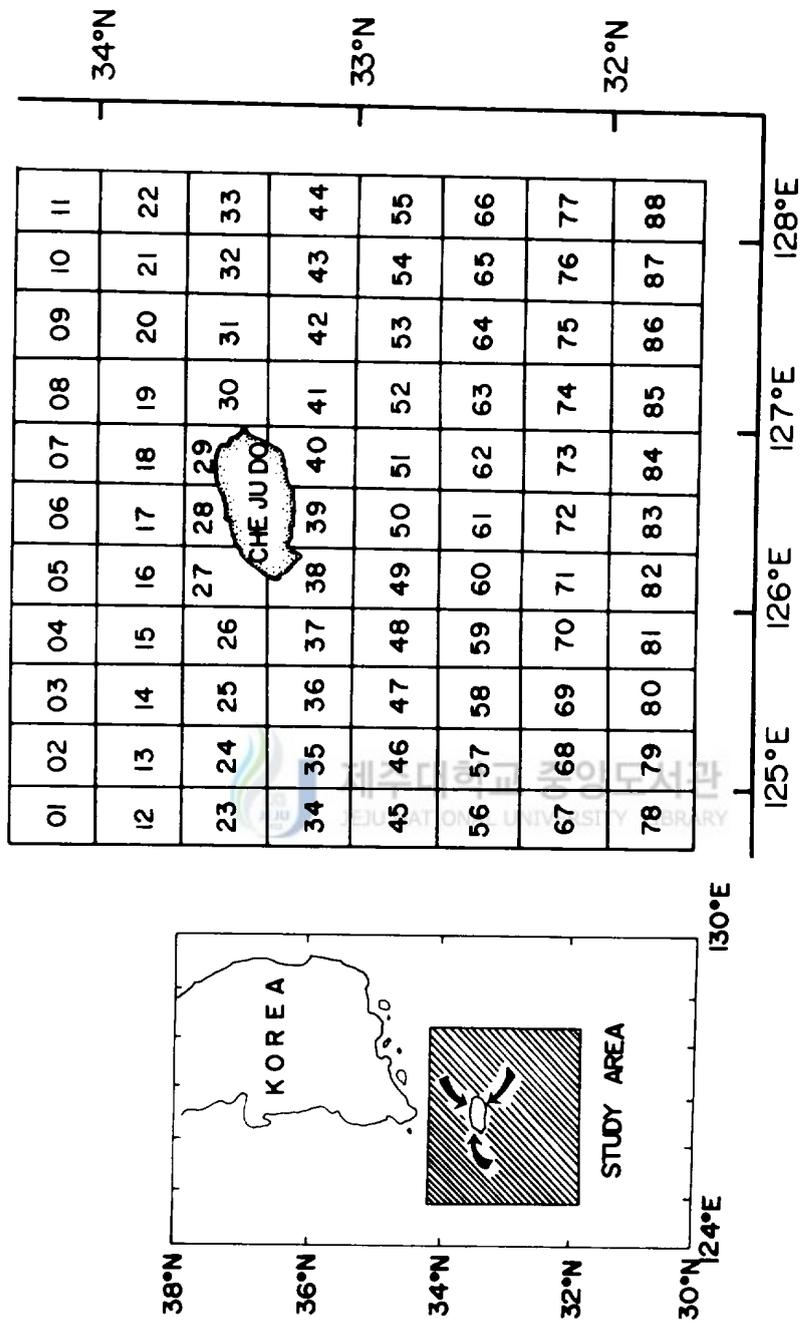


Fig.1. The study area showing 88 sampling grids in surrounding sea of Cheju Island.

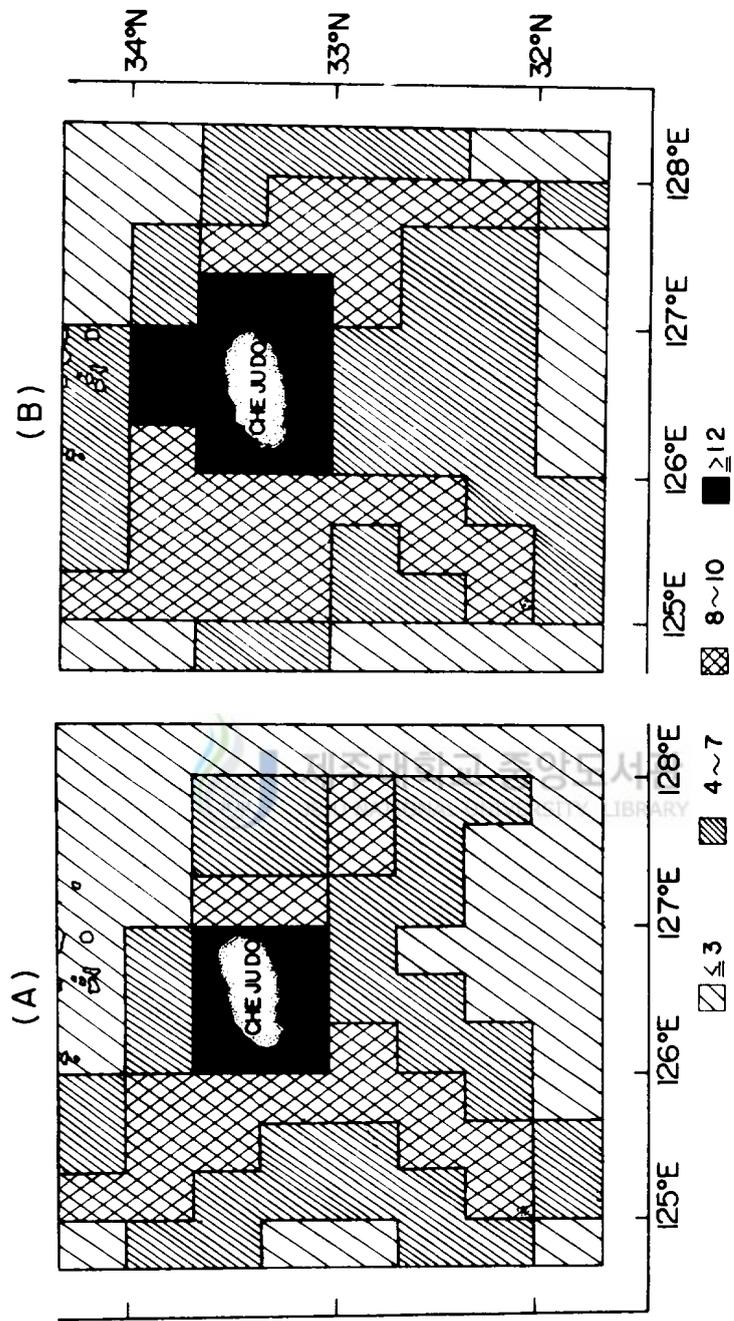


Fig.2. Distribution of sampling frequency at each grid from 1981 to 1986. A: cold season (November—May)
 B: warm season (June—October)

2. 現存量 및 生産量 推定

動物 plankton의 個體數, 濕重量, 乾燥重量은 戰位 體積當으로 換算하였다. 이때 濾過水量計의 回轉數에 依한 取과 수량은 定量的으로 나타내기 위하여 該 調査時마다 無網試驗(Calibration)을 行하여(Table 1) 다음식에 의해서 計算하였다.

$$V = \pi r^2 \cdot 100t/T \dots\dots\dots (1)$$

여기에서, V: 總濾過水量(m³)
 r: net의 半徑(0.28m)
 t: 濾過水量計의 回轉數
 T: 無網試驗時 濾過水量計의 平均 回轉數.

動物 plankton의 生産量 推定에 있어서는 動物 plankton의 攝食과 生産 成長을 Winberg(1956)의 basic balanced equation에 適用시키고 呼吸과 body size의 關係에서 推定된 Ikeda and Motoda(1978)의 生理學的 方法을 使用하였다. 그 方法을 要約하면 다음과 같다.

$$R = aW^b \dots\dots\dots (2)$$

$$\log_{10} 10^R = \log_{10} 10^a + b \log_{10} 10^W \dots\dots\dots (3)$$

여기에서, R: 呼吸率 (μlO₂/animal/hr.)
 W: 乾燥重量 (mg/animal)
 a, b: 常數 (棲息溫度 關係에서 주어짐)
 $b = -0.01089 \tau + 0.8918$
 $\log_{10} 10^a = 0.02538 \tau - 0.1259$

그런데 棲息水溫은 動物 plankton의 垂直分布를 考慮하여 平均 50m層의 水柱에서는 30m의 水溫을, 50m 이하의 水柱에서는 20m의 水溫을 代表 棲息水溫으로 使用하였다.

呼吸率은, 呼吸商인 RQ=0.8(蛋白質代謝)을 採擇하여 炭素單位(Carbon Unit)로 나타냈다(Taniguchi, 1975). 攝餌(G)와 生産率(P)은 "basic balanced equation"(Winberg, 1956)에 依해 呼吸率로 부터 推定되었다.

$$K_1 = P/G = P/((R+P)/A) \quad (\because AG = R+P) \quad \dots\dots\dots (4)$$

動物 plankton의 總成長率(K_1)과 同化率(A)은 각각 30%, 70%로 假定되었는데, 이것은 다른 研究者들의 많은 實驗室 實驗結果를 參照하였다(cf. Ikeda and Motoda, 1978). 攝餌率(G)과 生産量(P)은 呼吸率로 부터 推定되었다.

$$G = 2.5 R, \quad P = 0.75 R \quad \dots\dots\dots (5)$$

여기에서, G : 攝餌率 ($\mu\text{g}/\text{mg dry wt.}/\text{hr.}$)
 R : 呼吸率 ($\mu\text{l O}_2/\text{Inds.}/\text{hr.}$)
 P : 生産量 ($\mu\text{g C}/\text{mg dry wt.}/\text{hr.}$)

動物 plankton 群集은 草食性和 肉食性 모두를 包含하지만, 動物 plankton의 生産을 考慮할 때 食性的 區別은 必須적으로 特別히 二次 生産量 推定에 있어서 重要하다 (Ikeda and Motoda, 1978). 動物 plankton의 群集은 類似한 크기分布, 같은 消化率 (70%)과 總成長率(30%)로 假定하였으며 草食性 動物의 每日生産($0.75a \sum W_i^2 (b_i/B_i) B_i$) (여기에서 b_i 는 주어진 body size의 動物 plankton의 個體數)이 一次 肉食性 動物에 의한 每日消費($2.5a \sum W_i^2 (b_i/B_i) B_i$)와 같다고 假定하면 다음식이 된다.

$$B_1 = (0.75/2.5) B_0 \quad \dots\dots\dots (6)$$

여기에서, B_0 : 動物群集內의 草食性的 個體數
 B_1 : 動物群集內의 一次 肉食性的 個體數.

더 낮은 營養段階에서 肉食性 動物의 每日生産이 다음 營養段階에서 肉食者의 每日消費와 같다고 假定하면, 營養段階 n 에서의 肉食性 動物의 數는

$$B_n = (0.75/2.5)^n B_0 \quad \dots\dots\dots (7)$$

그러나 肉食者의 營養段階數를 간단히 2로 取하면 一次, 二次 肉食者의 數는 다음과 같이 推定된다.

$$B_1 + B_2 = 0.39 B_0 \quad \dots\dots\dots (8)$$

이 값은 肉食性的의 營養段階數가 無限하다고 생각될 때 얻어진 값과 크게 다르지 않다. 즉,

$$B_1 + B_2 + \dots + B_\infty = 0.4B_0 \dots\dots\dots (9)$$

따라서 그 값인 0.4 : 1은 肉食性 動物 plankton의 比로 取할 수 있다.

生産 도중에 死亡(自然生理的 死亡)은 반드시 考慮되어야 한다. 式(2)와 式(5)에서 瞬間 成長率은 다음과 같은 式이 된다.

$$dW/dt = (0.75/1,000)aW^b \dots\dots\dots (10)$$

여기에서, W: 乾燥重量(mg dry wt)
t: 時間(hr)

따라서, egg(W_0 mg)에서 成體(W mg)까지 成長하는데 必要한 時間은 다음 式에서 얻어진다.

$$t = 1,000(W^{1-b} - W_0^{1-b}) / 0.75(1-b) \dots\dots\dots (11)$$

自然死亡까지의 時間을 1.5t로 놓으면 每日 死亡率(M)은 다음 式이 된다.

$$M = 24/(1.5t) \dots\dots\dots (12)$$

以上에서 얻어진 單位 體積當(m^3), 單位 時間當의 生産量(μgC)은 水柱 全體로 나타내었고, 一日當 生産量으로 推定되었다. 이를 다시 全體 面積과 寒節期 및 溫節期로 나눠 각각 그 日數를 곱하여 年間 二次 生産量으로 나타내었다.

生物量에 對한 生産量의 比(P:Bratio)는 寒節期和 溫節期の 各 區劃別로 推定된 純生産量을 平均 現存量으로 나눠서 計算하였다. 여기에서 生産量和 現存量은 모두 炭素單位(mgC/m^3)로 轉換(Ikeda and Motoda, 1978)하여 計算하였다.

3. 多樣度와 類似度 指數 計算

動物 plankton 群集의 多樣度는 다음과 같은 式에 依해서 計算되었다.
Simpson(1949)의 多樣度 指數(λ)

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^s n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \dots\dots\dots (13)$$

여기에서, N: 動物 plankton의 總個體數
 n_i : i번째 種(또는 生物 group)의 個體數.
 s: 種(또는 生物 group)의 個體數.

λ 의 값은 높은 多樣度에서는 값이 낮게, 1種만이 出現하는 群集에서는 最大值 1이 되므로, 直觀적인 면에서 混同을 가져올 우려가 있으므로 여기에서는 多樣度 尺度로써 $1 - \lambda$ 의 값을 使用하였다.

Shannon-Weaver(1949)의 情報量 指數(H')

$$H' = -\sum_{i=1}^s (n_i/N) \log_2 (n_i/N) \dots\dots\dots (14)$$

여기에서, N: 動物 plankton의 總個體數
 n_i : i번째 種(生物 group)의 個體數.
 s: 種(生物 group)의 數.

計算된 H' 의 값을 覽수록 不確定이어서, 모든 個體가 同 group에 속할 때 H' 의 값은 最少가 되고, 1마리씩의 個體가 모두 다른 group에 속할 때 H' 의 값은 最大가 된다.

또한 H' 와 H'_{max} 와의 근사값의 表現으로 group分布 상황을 나타내기 위해서 J' 값도 아울러 計算하였다.

Pielou(1966)의 均等性 指數(J')

$$J' = H'/H'_{max} = H'/\log_2 S \dots\dots\dots (15)$$

여기에서, H' : Shannon-Weaver의 情報量指數

n_i : i 번째 生物 group의 個體數
 s : 生物 group의 數

J '의 값이 높을수록 여러 生物 group이 고른 分布를, 작을수록 주로 우점 生物群이 다수를 차지하는 群集을 나타낸다.

動物 plankton 群集의 類似도는 Morisita(1959)의 式을 利用였다.

$$\lambda_1 = \frac{\sum_{i=1}^s n_{1i} i (n_{1i} - 1)}{N_1 (N_1 - 1)}$$

$$\lambda_2 = \frac{\sum_{i=1}^s n_{2i} i (n_{2i} - 1)}{N_2 (N_2 - 1)}$$

$$C_\lambda = 2 \frac{\sum_{i=1}^s n_{1i} n_{2i}}{(\lambda_1 + \lambda_2) N_1 N_2} \quad (0 \leq C_\lambda \leq 1) \dots \dots \dots (18)$$

여기에서, N_1 : 第一群集에 있어서의 標本 總個體數.
 N_2 : 第二群集에 있어서의 標本 總個體數
 n_{ij} : 各各의 群集에 있어서 i 번째 生物 group(또는 種)에 속하는 個體數
 s : 生物 group(또는 種)의 數
 λ_1 : 第一群集에서의 Simpson의 多樣度 指數
 λ_2 : 第二群集에서의 Simpson의 多樣度 指數.

C_λ 값은 全體의 group 또는 (種)이 똑 같은 數가 그 群集에서 똑 같이 出現할 때 1이 된다.

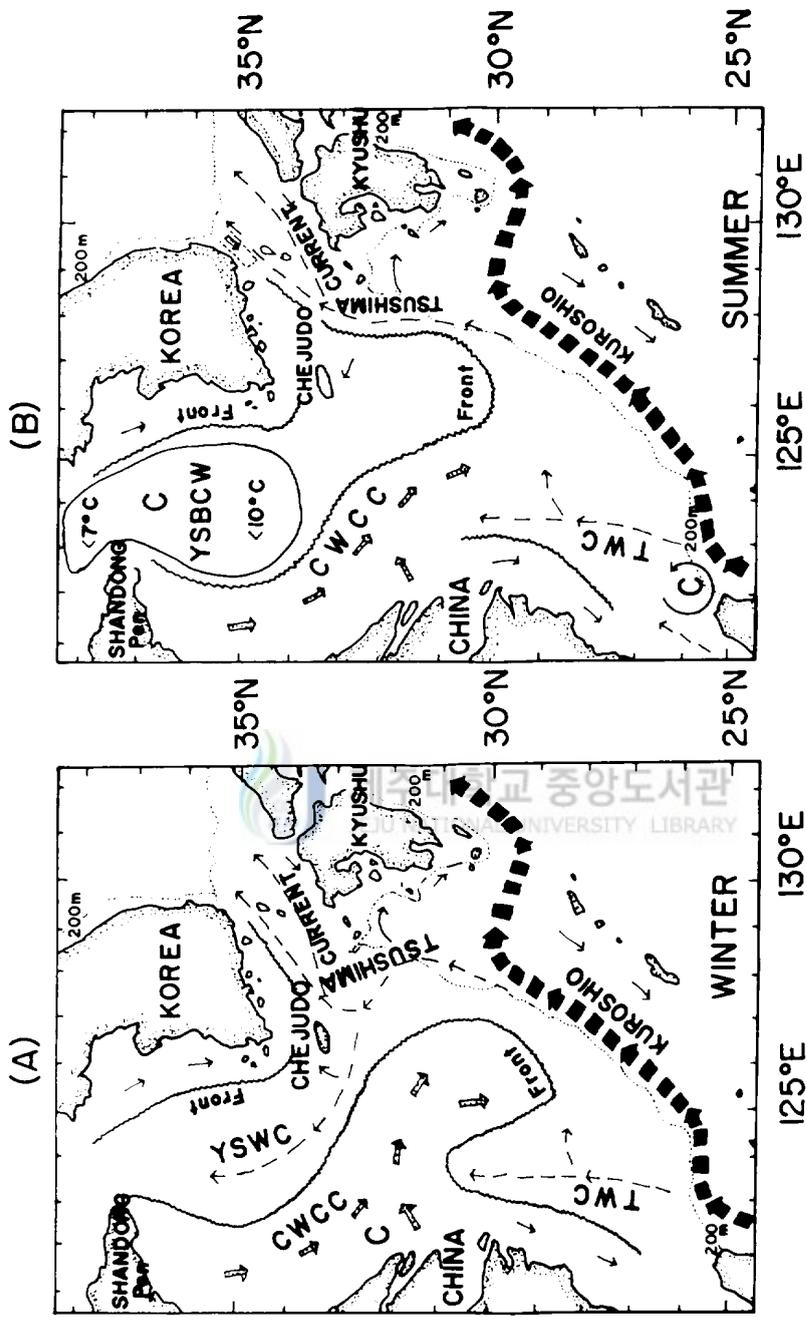


Fig.3. Schematic representation of the water mass distribution in winter (A) and in summer (B) (After Kondo, 1985).

Ⅲ. 結 果

1. 海洋 環境

本 研究 海域의 物理·化學的 環境에 關한 資料는 試料 採集 期間中 同時에 觀測 된 것을 使用하였다.

1) 一般的 傾向

濟州道 海域에는 대마난류, 황해난류, 황해 저층냉수, 남·서해 및 제주도 연안 수 그리고 중국대륙 연안수 등의 主要 水塊들이 相接하여 있으므로, 本 研究 海域에 서는 이들 水塊의 季節的 소장에 따라 海況이 복잡하게 變化한다(姜, 1974).

本 研究 海域에 顯著的 影響을 주는 水塊는 季節에 따라 달라진다. 즉 冬季에는 대류 혼합기로서 寒冷 乾燥한 北西 季節風에 依해서 上下層이 혼합되어 水溫·鹽分 等の 物理的 特性이 垂直的으로 均一한 分布를 나타내며 산둥반도 쪽에서 저온·저 염의 냉각된 중국 대륙 연안수가 양자강퇴를 따라 南東方向으로, 황해 中央域으로는 대마난류에서 分岐한 比較的 高溫·高鹽의 황해난류가 북상한다(Fig.3).

夏季에는 중국 대륙 연안수의 한반도 周邊으로 擴張 및 강한 日射量에 의한 表層의 高溫·低鹽의 海水와 저층의 比較的 低溫·高鹽의 海水가 確實히 區別되어 나타나는 二層海洋 構造를 보인다(Uda, 1934; Nakao, 1977). 黃海 中央域에도 冬季에 形成된 黃海低層冷水가 夏季(春季에서 秋季)에 걸쳐 季節的인 水溫躍層의 消滅과 함께 勢力이 緩和된다(Uda, 1934; Nakao, 1974).

2) 水溫

本 研究에서는 浮遊生物의 日間 平均 垂直分布像에 따라 水柱 50m中 30m 水層에 가장 많은 比率의 浮遊生物(動物 plankton群集)이 存在하므로(高·巽,未發表), 모든 物理·化學的 環境에 關한 資料는 30m層을 基準으로 하였다.

30m層의 水溫은 寒節期(11月~5月)에 平均 13°C로 G03에서 가장 낮은 6.42°C를 나타내었고, G75에서 가장 높은 20.6°C를 보였다. 溫節期(6月~10月)에는 平均 18.2°C로 G01에서 가장 낮은 12.12°C의 값을, G76에서 25.43°C의 値로 가장 높게 나

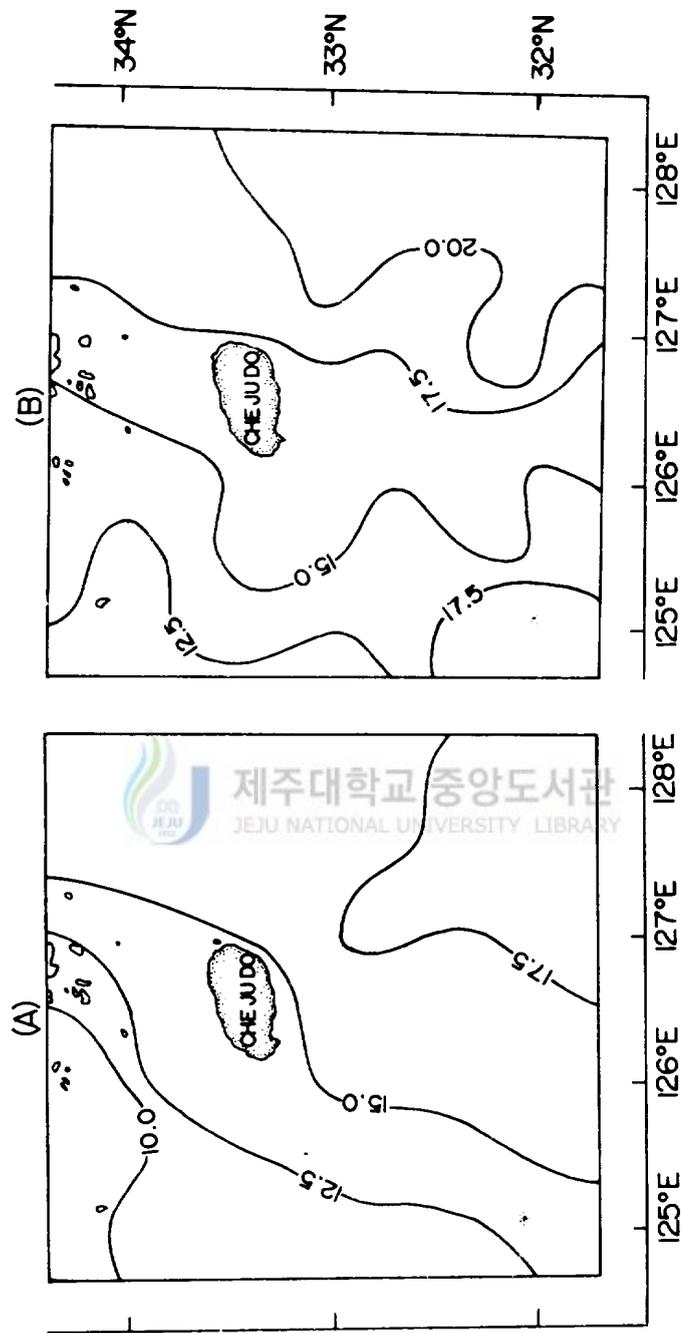


Fig.4. Horizontal distribution of average water temperature at 30m depth from 1981 to 1986.

A : cold season (November–May), B : warm season(June–October)

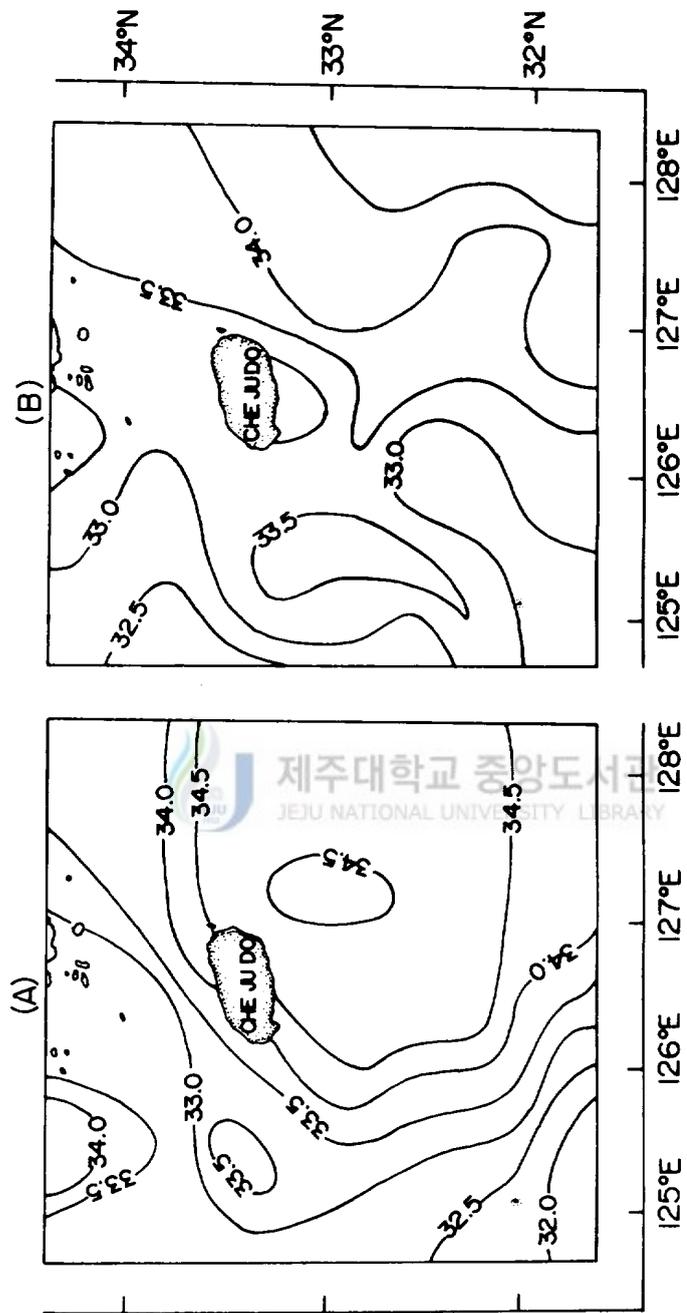


Fig.5. Horizontal distribution of average salinity at 30m depth from 1981 to 1986.
 A : cold season (November–May), B : warm season(June–October)

타나고 있었다. 研究 海域의 水深 30m層의 等溫線 分布(Fig.4)를 보면, 寒節期에는 濟州道의 東南方을 中心으로 比較的 비스듬한 南北方向으로 15°C 等溫線이 形成되고 濟州道 南東 方向에서는 대마난류의 影響으로 보이는 比較的 高溫인 17.5°C 等溫線이 北西 方向의 斜상으로 확장되고 있었다. 또한 가장 낮은 水溫 分布를 나타내는 G01에서 G06海域은 黃海 低層冷水 形成 過程의 間接的인 影響으로 보이지만, 寒節期에는 황해저층냉수가 북상·소멸함을 알 수 있다. (Fig.4-A)

溫節期の 等溫線 分布(Fig.4-B)를 보면, 17.5°C 等溫線은 濟州道 南쪽에서는 寒節期에서 보다 오히려 北쪽으로 移動하여 우도의 沿岸을 잇는 南北 方向으로 北上함을 볼 수 있으며, 15°C 等溫線은 濟州道를 넘어 濟州道 西方 海域으로 斜상처럼 擴張하고 있다. 研究 海域 남서단 G67, G68 및 G79는 17.5°C 等溫線이 나시 나타나는데 이는 夏季 중국대륙 沿岸水의 間接的인 影響으로 보인다. 이 等溫線은 水深 30m層의 平均值이므로 세밀한 水溫 分布의 動態는 알기 어려우나 生物 環境의 特徵 및 生物量 推定의 棲息 溫度로서는 뚜렷하게 大別됨을 알 수 있다.(Fig.4).

3) 鹽分

本 研究 海域의 鹽分 濃度 分布를 Fig.5에 나타냈다. 寒節期에는 平均 鹽分 濃도가 33.35‰로 G50에서 가장 낮았고(31.30‰), G43에서 가장 높았다(34.65‰). 溫節期에는 平均 鹽分 濃도가 33.51‰로 寒節期보다 約 0.14‰ 높게 나타났고, 가장 낮은 區劃(G70)과 높은 區劃(G05)에서의 分布는 各各 32.0‰, 34.79‰였다.

寒節期和 溫節期로 나뉜 研究 海域에서 30m層 平均 鹽分의 水平 分布를 보면, 高溫·高鹽의 Kuroshio 海流의 影響으로 存在하나(Fig.5-B) 寒節期에는 強하게 西쪽으로 移動하여 濟州道를 中心으로하여 強한 염분 구배(Fig.5-A)를 보이는 特徵이 있었다.

2. 現存量

現存量 測定에는 濾過水量計(flowmeter)를 읽고 無網試驗 結果值를 代入하여 單位 體積(m³)당 出現 個體數, 濕重量 및 乾燥重量으로 나타내었다. 여과수량계의 무망 시험 結果를 Table 1에 나타냈다. Table 1에 나타낸 無網試驗值는 每 航海타리의 檢定 結果를 總合하여 平均한 것이다. 濾過效率(F.T)은 平均 81.3%였다. 만약 보통 濾過效率를 100%로 假定해서(朴, 1983; 杜榮, 1984) 여과수량을 推定한다면 現存量은

Table 1. Filtering efficiency of net (T: average number of revolutions without a net (calibration), t: average number of with a net).

| FLOWMETER | T | t | F (t/T) |
|-----------------|-----|-----|---------|
| RIGOSHA NO. 874 | 990 | 805 | 0.81 |
| RIGOSHA NO. 881 | 983 | 827 | 0.84 |
| HYDROBIOS NO. 1 | 365 | 283 | 0.78 |
| HYDROBIOS NO. 2 | 349 | 297 | 0.85 |
| HYDROBIOS NO. 3 | 382 | 288 | 0.75 |
| HYDROBIOS NO. 4 | 365 | 313 | 0.86 |
| HYDROBIOS NO. 5 | 374 | 299 | 0.80 |

過度推定(Overestimate)될 가능성이 매우 높게 된다.

1) 出現率

研究 海域에서 動物 plankton의 主要群의 出現率을 Table 2에 나타내었다. 週年에 걸친 出現을 보면, 橈脚類(Copepoda)가 全體 動物 plankton의 77.4%로 第一 優點群이었고, 毛顎類(Chaetognatha)가 4.8%, 介形類(Ostracoda) 2.9%, 甲殼類 幼生(Crustacea nauplii) 2.9%, 枝角類(Cladocera) 2.8%, 端脚類(Amphipoda) 1.7%, 尾虫類(Appendicularid) 1.5%, 난바다곤쟁이類(Euphausiacea) 1.3%, 十脚類(Decapoda) 1.2% 順이었다.

이것을 季節別로 보면, 寒節期에는 橈脚類가 第一 優點群으로 75.7%이었고, 甲殼類 幼生 5.2%, 介形類 3.4%, 毛顎類 3.2%, 枝角類 1.3%, 十脚類 1.1%, 順으로 出現하였다.

반면 溫節期에는 第一 優點群은 역시 橈脚類로 79.1%였고, 毛顎類 6.4% 介形類 2.4%, 枝角類 1.4%, 端脚類 2.3%, 尾虫類 1.4%, 난바다곤쟁이類 1.2%, 十脚類 1.2% 順이었다.

이들 季節別 出現樣相中 特異한 것으로는 毛顎類가 寒節期에는 第四 優點群(3.2%)인데 반해서 溫節期에는 第二 優點群(6.4%)으로 出現하고 있었고, 端脚類는 寒節期에 1.0%였던 것이 溫節期에 2.3%로 2배로 出現率이 높아졌다. 甲殼類 幼生은 寒節期에 5.2%로 높고 溫節期에는 0.6%에 불과하였는데, 이것은 寒節期(11月~5月),

Table 2. Relative percentage of the important zooplakton groups

| | Cold season | Warm season | Average |
|-------------------|-------------|-------------|---------|
| Chaetognatha | 3.2 | 6.4 | 4.8 |
| Cladocera | 3.2 | 2.3 | 2.8 |
| Ostracoda | 3.4 | 2.4 | 2.9 |
| Copepoda | 75.7 | 79.1 | 77.4 |
| Amphipoda | 1.0 | 2.3 | 1.7 |
| Euphansiacea | 1.3 | 1.2 | 1.3 |
| Decapoda | 1.1 | 1.2 | 1.2 |
| Appendicularia | 1.6 | 1.4 | 1.5 |
| Crustacea nauplii | 5.2 | + | 2.9 |
| Others | 4.3 | 3.7 | 4.0 |

溫節期(6月~10月)로 나뉘기 때문에 春季 및 秋季 大増殖의 結果로서 幼生(nauplii)段階의 甲殼類가 많아질 것으로 생각된다. 枝角類는 寒節期에 1.3%, 溫節期에는 2.3%에 불과하지만, 一部 區劃에서는 個體數 面에 있어서 優點 生物群으로 出現할 때도 있었다. 즉 寒節期에는 G08(25.3%), G20(53.1%), G65(76.5%)에서 溫節期에 있어서는 G29(25.5%), G39(67.6%), G63(35.7%), G71(43.9%)에서 特異하게 많이 出現하였다.

이상의 結果를 綜合해 보면, 本 研究 海域에서는 全體적으로 橈脚類(Copepoda), 毛顎類(Chaetognatha), 介形類(Ostracoda) 등이 個體數 面에서 優點하고 있었고, 甲殼類 幼生(Crustacea nauplii)은 寒節期에 集中的으로 出現하는 반면, 枝角類(Cladocera)는 季節에 關係없이 국부적인 海域에서 大量으로 出現하고 있음을 알 수 있다.

2) 個體數

研究 海域의 單位 體積當 個體數는 平均 329 Inds./m³로서, 季節別로는 寒節期에 319 Inds./m³, 溫節期에 339 Inds./m³를 나타내어 별로 差異가 없었다. 그러나 同一한 季節이라도 海域에 따른 變化 양상이 현저하여 寒節期에는 G65에서 5926 Inds./m³으로 가장 많이 出現하고, G72에서 21 Inds./m³으로 가장 낮은 반면, 溫節期에는 G15에서 4368 Inds./m³으로 가장 많고, G67에서 14 Inds./m³으로 가장 낮게 出現하고 있었다(Fig 6).

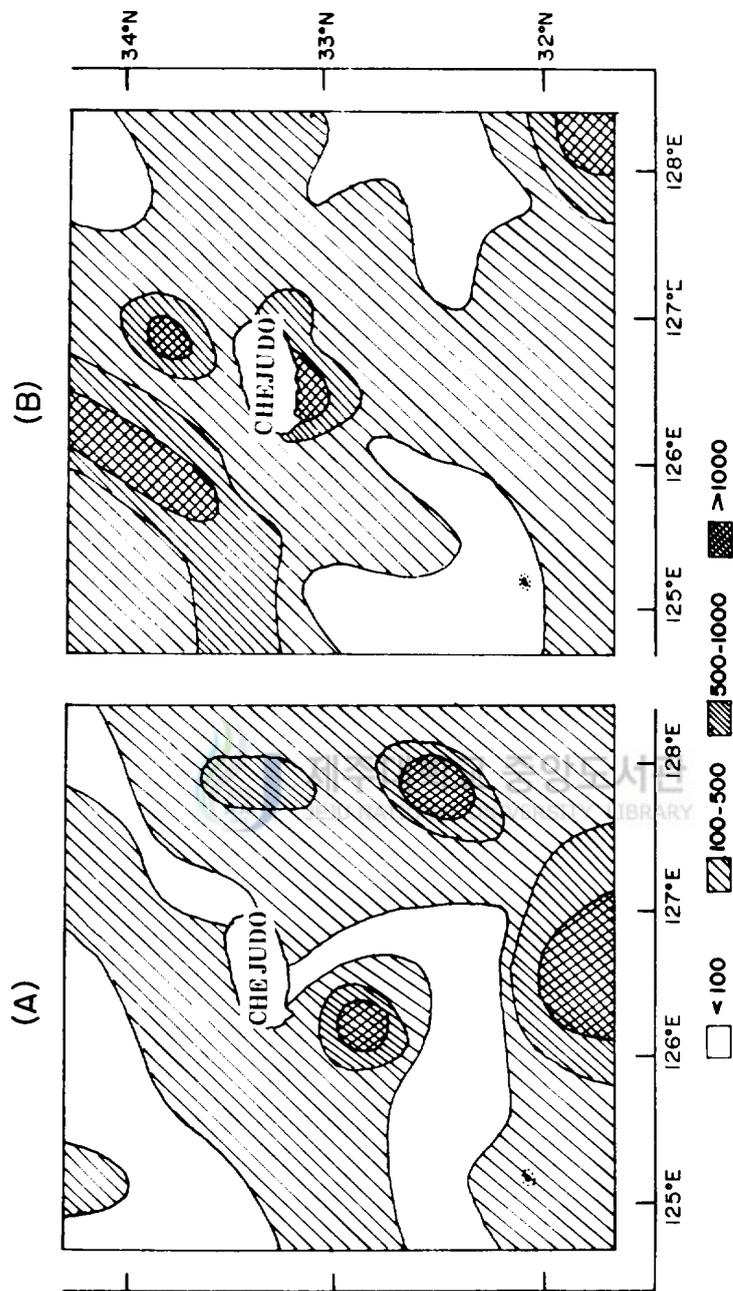


Fig.6. Distribution of individual number (Inds./m³) of zooplankton in 0—50m water column.

A : cold season (November—May), B : warm season (June—October)

이것을 季節別로 보면 寒節期에는 濟州道 南方近海 G49를 中心으로 한 海域, 濟州道 南方 外海 G84를 中心으로 하는 海域, 濟州道 南東方 G65를 中心으로 하는 海域 등에서 500 Inds./m³이상의 높은 個體數의 分布를 보였다(Fig.6-4). 반면에 濟州道 西北方 소흑산도를 中心으로 한 넓은 범위의 海域, 濟州道 동쪽 우도에서 부산쪽으로 向하는 海域에서는 좁은 길모양으로 낮게 分布하고 있었다. 또한 서귀포 沿岸에서 남쪽으로 내려 오다가 G62 부근에 이르러서는 서쪽으로 뻗어지는 넓은 길모양을 한 100 Inds./m³이하의 낮은 個體數 分布를 나타내는 양상을 보이고 있었다.

溫節期에는 濟州道 西北方 海域, 거문도 南西部 海域, 濟州道 南部 沿岸 海域 및 日本 오도열도 近海에서 500 Inds./m³ 이상의 높은 個體數 分布를 나타내고 있었다(Fig.6-B). 濟州道 南西方 Socotra 암초 북부 海域, 제주도 南東方 오도열도와 濟州道 사이의 中間 海域 및 제주도 北東方 G10, G11에서는 100 Inds./m³이하로 매우 낮게 나타나고 있었다.

以上の 結果로 부터 單位 體積當 平均 個體數는 寒節期와 溫節期가 비슷하여, 各 各 319 Inds./m³, 339 Inds./m³였으나, 最少值(14 Inds./m³)와 最高值(5,926)間에는 큰 差異를 보였고, 季節別 密度 分布가 海域에 따라 달라 大體的으로 寒節期에는 濟州道 南東方 海域에서, 溫節期에는 濟州道 北西方 및 濟州道 南方沿岸 海域에서 높게 나타나고 있다고 結論지을 수 있다.

3) 濕重量 및 乾燥重量

研究海域에서의 動物 plankton 生物量 分布를 알아 보기 위해 計算한 結果에 依하면 年平均 濕重量 및 乾燥重量은 各 各 63.32 mg/m³, 9.93 mg/m³였다. 季節別로 본 寒節期의 濕重量은 平均 48.81 mg/m³으로, G54에서 가장 높고(22.9 mg/m³) G34에서 가장 낮았다(5.4 mg/m³). 乾燥重量은 平均 8.13 mg/m³으로, G63에서 가장 높고(50.8 mg/m³) G19에서 가장 낮았다(0.9 mg/m³).

溫節期에 있어서 濕重量은 平均 77.83 mg/m³로 寒節期 보다 約 60% 程度 높고, 最大値와 最少値는 各 各 G52의 412.1 mg/m³, G07의 8.2 mg/m³였다. 乾燥重量으로 나타낸 平均값은 11.73 mg/m³로, G41에서 가장 높고(51.1 mg/m³), G07 및 G68의 兩 區劃에서 同히 가장 낮은 값(0.5 mg/m³)을 보였다.

寒節期와 溫節期의 濕重量과 乾燥重量의 比를 Table 3에 나타냈다. 寒節期와 溫節期에 있어서의 乾燥重量은 各 各 濕重量의 16.7%, 15.1%에 해당되어 寒節期의 濕重量에 對한 乾燥重量의 比가 溫節期 濕重量에 對한 乾燥重量의 比보다 약간 높지

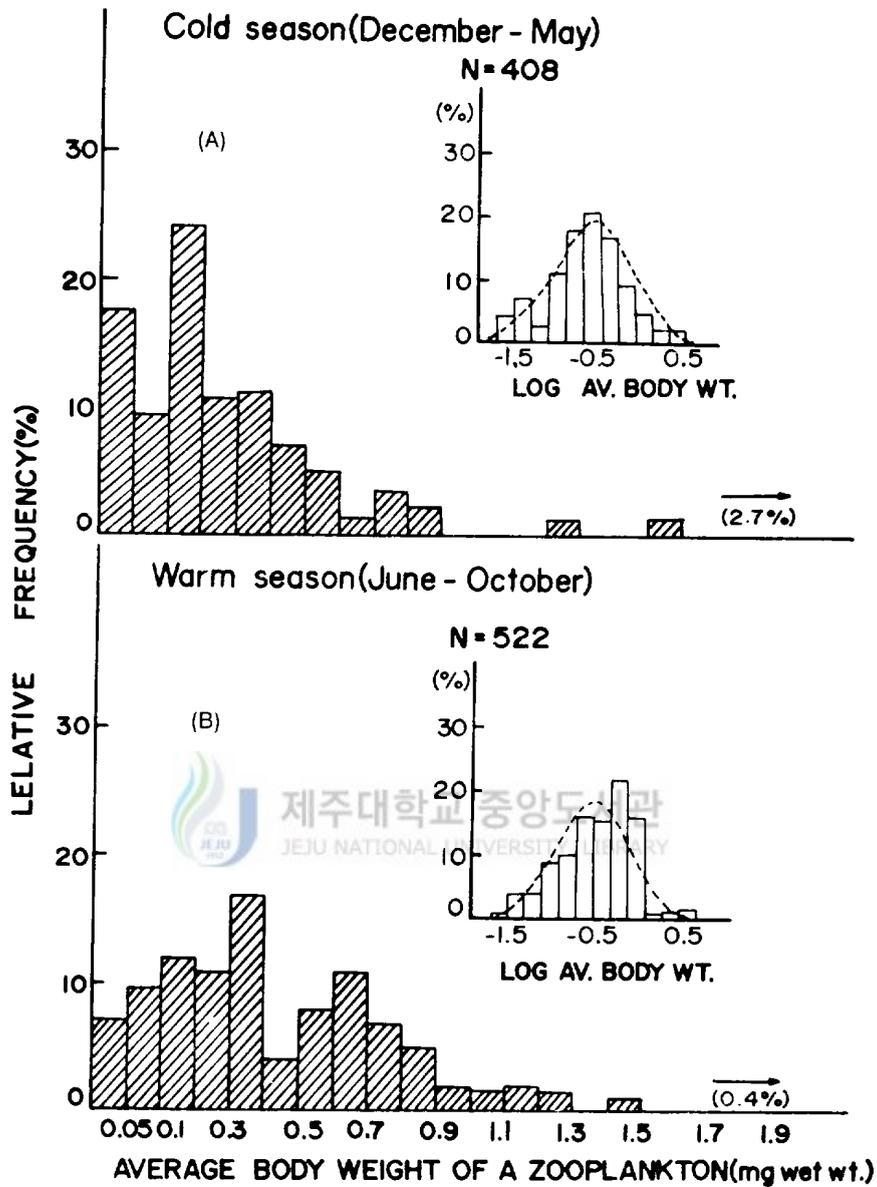


Fig.7. Relative frequency of the average size of zooplankton (biomass/no. of individuals, for each sampling) in cold (A) and warm (B) seasons in surrounding sea of Cheju Island. A normalized frequency distribution fitted by logarithmic transformation of body weights is superimposed on the right side of each figure. N is number of sampling stations.

Table 3. Rate between dry weight and wet weight

| | Dry wt. | Wet wt. |
|----------------|---------|---------|
| Cold season | 0.167 | 1 |
| Warm season | 0.151 | 1 |
| Annual average | 0.159 | 1 |

나타나고 있었다 (Table 3).

動物 plankton 群集의 體重分布는, 寒節期(N=408), 溫節期(N=522)에 包含되는 濕重量과 個體數의 資料에서 1마리當의 平均値로 算出하여, Fig.7에 나타내었다. 寒節期와 溫節期에 있어서의 平均體重은 各各 0.1~0.2 mg/animal, 0.2~0.3 mg/animal로 溫節期에 더 높고, 平均體重分布의 散布度는 寒節期에서가 溫節期에서보다 조금 낮았다.

研究海域의 生物量(mg wet wt/m³)은 1個의 階級(10 mg/m³, 10-50 mg/m³, 50-100 mg/m³, >100 mg/m³)으로 나뉘고 그 分布 樣相을 그림으로 나타내었다(Fig.8-A, Fig.9-A). 寒節期에 있어서는 濟州道 東南方 海域에서 相對的으로 높은 값을 나타내었고, 濟州 海협을 包含한 濟州道 北方 海域에서 낮은 값을 나타내었고 있었다(Fig.8-A). 즉, 濟州道 南方 海域에서 G54를 中心으로 하여 濟州도와 奧多爾도 사이의 中間 海域에서 50-100 mg/m³ 또는 100 mg/m³ 이상의 높은 값의 分布를 보이고 있으며, 濟州道 全 沿岸을 包含하여 東方 및 西方의 海域에서 부터 Socotra 암초 주변을 中心으로 한 넓은 海域, 奧多爾도 근해 및 濟州도 서북방 小嶽산도 南部近海에서는 10-50 mg/m³로 比較的 낮은 값을 나타내었고 있었다. 한편 濟州海협을 包含한 추자도, 보길도 근해, 濟州道 西方 海域 및 小嶽산도를 中心으로 한 周邊海域에서는 아주 낮은 값인 10 mg/m³ 이하를 보였다.

溫節期에는 寒節期보다 높은 生物量의 범위가 넓게 分布하였다(Fig.9-A). 濟州道의 東南方 海域 및 西北方 海域에서 매우 높은 값(100 mg/m³)을 나타내었고 있는 반면, 보길도를 中心으로 한 濟州海협, Socotra 암초 주변 및 奧多爾도 近海에서 낮은 (<10 mg/m³) 나타내었고 있었다. 즉, G41, G42 및 G52를 中心으로 한 海域에서 100 mg/m³ 이상으로 特別히 G41에서 412.1 mg/m³의 極히 높은 값을, 濟州道 西北方 海域 즉 小嶽산도와 濟州도 사이의 海域에서도 比較的 높은 범위에 걸쳐서 100 mg/m³ 이상의 값을 보였다. 이들 높은 값을 보이는 海域은 濟州道 西北方 小嶽산

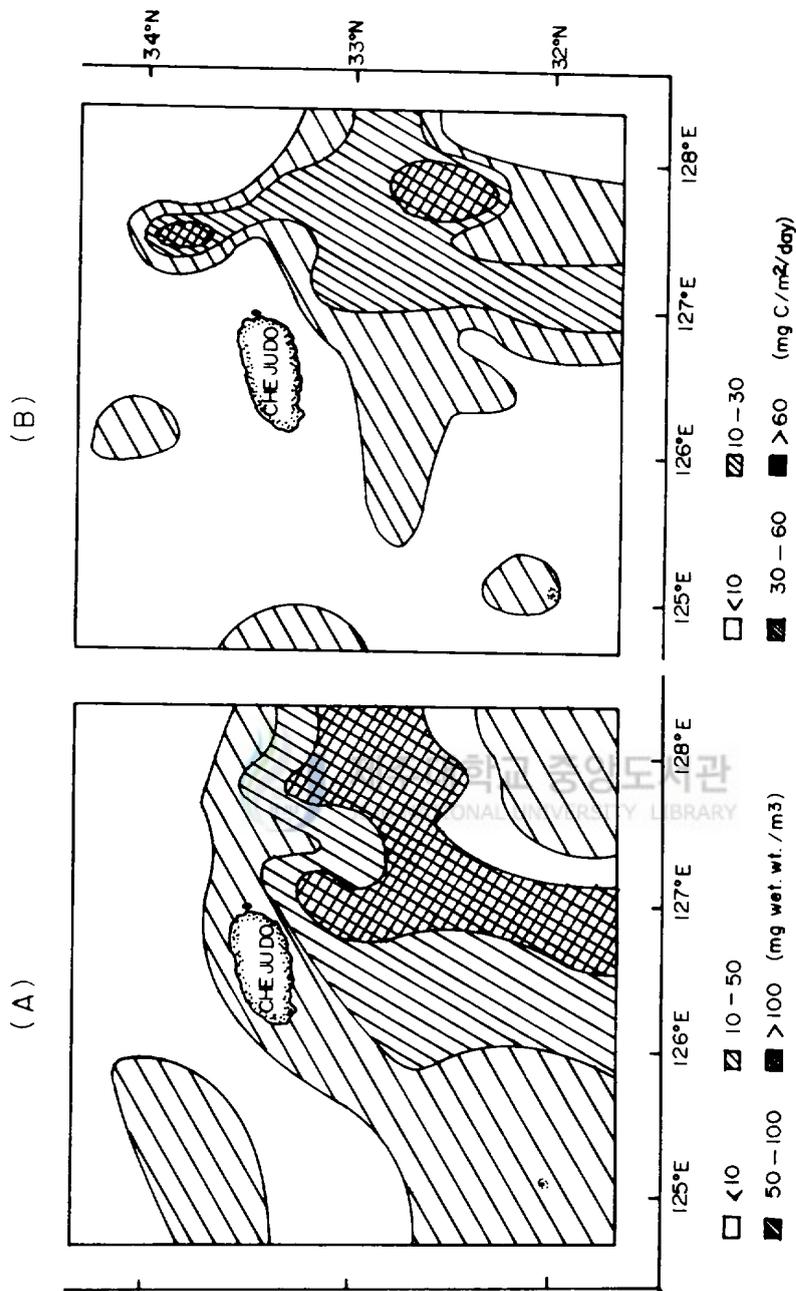


Fig. 8. Distribution of biomass (mg wet weight/m³) (A) and secondary production (mg Carbon/m²/day) (B) of zooplankton in 0-5-m water column during cold season (November~May) from 1981 to 1986.

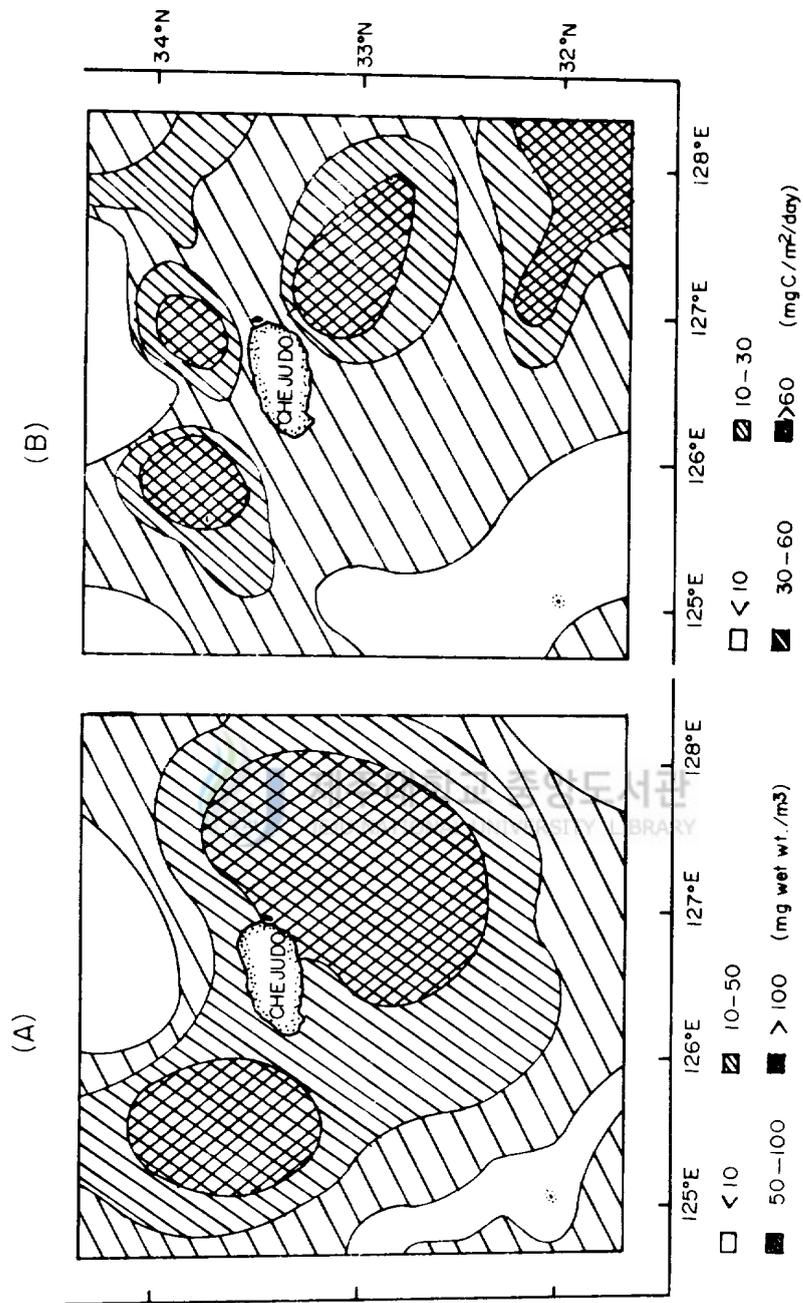


Fig.9. Distribution of biomass (mg wet weight/m³)(A) and secondary production (mg Carbon/m²/day) (B) of zooplankton in 0-50m water column during warm season(June~October) from 1981 to 1986.

도에서 오토열도 近海까지 마치 주머니 모양으로 比較的 높은 값인 50-100 mg/m³ 等量線으로 둘러 싸여 있음을 알 수 있다.

이상의 結果로 부터 單位 體積當 平均 生物量은 寒節期와 溫節期에 있어서 각각 48.81 mg/m³, 77.83로 溫節期에서 더 높게 나타나고, 生物量 分布 역시 季節別로 차이가 있었으나, 寒節期에는 濟州道 東南方 海域에서, 溫節期에는 濟州道 北西方 海域에서 相對的으로 높게 나타나고 있음을 알 수 있다.

3. 生産量

1) 日間 生産量

個體當 平均 濕重量(mg wet wt)과 棲息 水溫에서 呼吸率과의 關係를 利用, 一日 當 單位 面積(m²)에서의 生産量을 推定하였다(Fig.8-B, Fig.9-B). 一日 平均 單位 面積當 生産量은 21.21 mgC/m²/day로 比較的 낮은 값이었다.

寒節期에 推定된 一日 平均 生産量은 12.96 mgC/m²/day로 G65에서 가장 높았고 (103.54 mgC/m²/day), G91에서 가장 낮았다(0.81 mgC/m²/day). 반면 溫節期에는 寒節期에 비해 높아, 平均 31.46 mgC/m²/day, G18에서 最高值인 419.29 mgC/m²/day를, G68에서 最低值인 0.89 mgC/m²/day를 記錄하고 있었다. 이러한 두 季節間의 平均 生産量의 差異로 부터 寒節期에 비해 溫節期이 約 2.5倍 程度 높음을 알 수 있었다.

生産量의 地理的 分布를 자세히 알아보기 위하여 4개의 階級(<10 mgC/m²/day, 10-30 mgC/m²/day, 30-60 mgC/m²/day, >60 mgC/m²/day)으로 나눠 比較했다(Fig. 8-B, Fig. 9-B). 寒節期에 있어서는 濟州道 東南方 海域에서 相對的으로 높고 그외의 海域에서는 部分的으로 높은 소규모 海域을 제외하고는 極히 낮은 生産量을 보였다. 즉, 寒節期에는 濟州道 南東方 海域인 G65를 中心으로 하여 제주도와 오토열도 사이의 中間 海域에서 30-60 mgC/m²/day로 生産量이 높고(Fig.8-B), 그주위를 10-30 mgC/m²/day 程度의 生物量으로 둘러싸고 있었다. 또한 Socotra 앞초수면과 濟州道 北西方 G34, G23 海域 및 추자도 北西部 海域인 G05, G16 海域에서 相對的으로 주위보다 生産量이 조금 높은(10-30 mgC/m²/day) 것을 제외하면, 濟州道 全沿岸을 둘러 싸는 넓은 海域에서는 매우 낮아 10 mgC/m²/day이하의 값을 보이고 있었다.

溫節期에는 Socotra 앞 초수면해역, 소흑산도 北西部 海域 및 모감도 海域等을 제

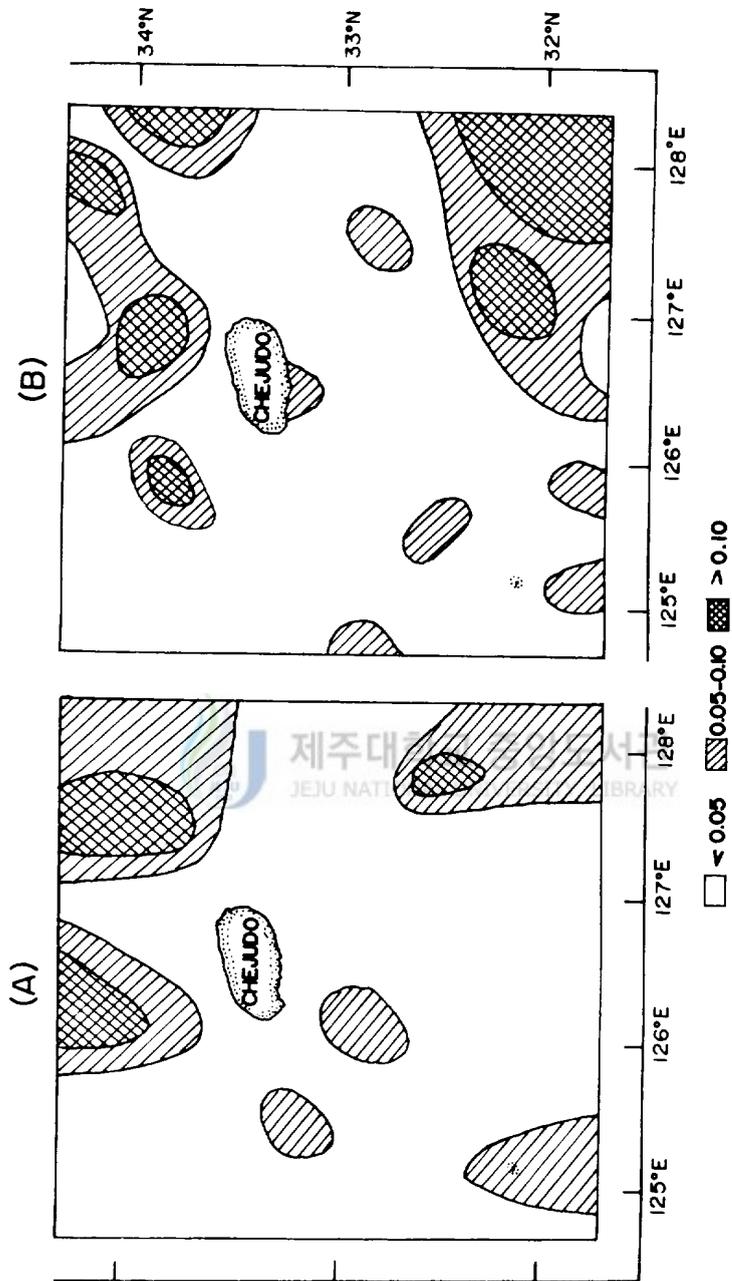


Fig.10. Distribution of daily P/B ratio of zooplankton in 0-50m water column from 1981 to 1986
 A : cold season (November-May) B : warm season (June-October).

외하면 대체로 높은 생산량을 보이고 있었다. (Fig. 9-B) 즉 소흑산도 북서부, 보길도 주변해역 및 소흑산도 周邊海域등(10 mgC/m²/day)을 除外하고 대체로 높은 생산량의 分布를 보였는데, G74, G87을 中心으로 한 오도열도 北西方, 濟州道 東南方, 濟州도와 소흑산도 사이의 中間, 濟州道와 보길도 사이의 中間 海域等에서 60mgC/m²/day 이상의 높은 값을 보였다. 그 外의 海域 特別 相對적으로 高生産量을 나타내는 海域을 中心으로 둘러싸고 있는 形態의 海域에서는 10~30 mgC/m²/day 程度의 값을 나타내고 있었다.

以上の 結果로 부터, 寒節期와 溫節期の 生産量은 그 數値에서 큰 差異를 나타내어 溫節期(平均 31.46mgC/m²/day)에서가 寒節期(平均 12.96mgC/m²/day)에 비해 2.43 倍 程度 높으며, 高 生産量을 나타내는 海域도 顯著히 달라서 寒節期에는 濟州道 東南方 海域이, 溫節期에는 一部 東南方 海域과 北方 海域이 相對적으로 높아 生物量 分布와 類似한 傾向을 보이고 있음을 알 수 있다.

2) 年間 生産量

研究 全體 海域에 對한 年間 第二次 生産量을 推定하였다. 이 값은 一部 육지로 되어 있는 區劃의 面積을 除外한 全體 面積에 對한 各 區劃의 一箇 第二次 生産量 (mgC/m²/day)에 寒節期 및 溫節期로 나뉜 日數를 곱함으로써 求해졌다. 研究 海域의 表層에서 50m까지의 年間 草食性 動物 plankton 生産量은 約 60,000 tonC/year로 推定되었다.



3) 生物量에 對한 日間 生産량의 比(daily P/B ratio)

生産速度의 高低을 알아보기 위하여 各 區劃別로 日間 平均 生物量에 對한 純生産량의 比(daily P/B ratio, turnover rate)를 구하였다. P/B比의 季節別·海域別 分布를 알아보기 위하여 3개의 階級 <0.05, 0.05~0.10~ >0.10으로 나타내었다 (Fig.10). 寒節期와 溫節期에 있어서의 P/B比는 各各 0.07, 0.12로 溫節期에서가 寒節期 보다 約 1.7배로 높게 나타났다. 이는 寒節期보다 溫節期에 溫度가 더 높기 때문으로 생각된다.

季節別로 보면, 寒節期에 生物量은 적으나 個體數가 많은 濟州道 北方 海域과 오도열도 近海의 一部海域에서 높게 나타났다. (Fig.10-A)

溫節期에 역시 濟州해협을 包含한 濟州道 北方海域 및 오도열도 近海에서 매우 높았다. 濟州도 北方海域은 生物量은 적으나 개체수가 많고, 오도열도 近海에서는

溫度가 높은 特徵이 있었다. (Fig.10-B)

以上の 結果에서, 寒節期와 溫節期의 平均 日間 P/B比는 各各 0.07, 0.12로 溫節期에 높고, 生物量은 적으나 個體數가 많은 海域(즉 生物의 크기가 작음) 및 溫度가 높은 海域에서 높게 나타나는 傾向이 있다고 推定할 수 있다.

4. 群集構造

研究海域의 群集構造를 파악하기 위해서 生物 group 수준에서의 多樣度 및 道似度를 利用, 分析하였다.

1) 多樣度

各 區劃別로 生物의 多樣度를 알아보기 위하여 Simpson의 多樣度 指數($1-\lambda$)를 求했고, Shannon-Weaver의 情報量 指數 및 Pielou의 均等性 指數를 求하였다.

(1) Simpson 指數($1-\lambda$)

Simpson의 多樣度 指數 λ 를 直觀的인 面에서 혼동을 가져올 우려가 있으므로 $1-\lambda$ 의 값을 使用하여, 그 값을 <0.2, 0.2-0.4, 0.4-0.6, >0.6의 4계급으로 나뉘어서 그 分布를 Fig.11에 나타냈다.

季節別로 그 分布를 보면, 寒節期에는 대체로 濟州道 沿岸을 包含한 北方海域 및 濟州道 西南方 海域에서 높게 나타나고(0.4~0.6), 그외의 海域에서 낮게 나타났다(Fig.11-A).

溫節期에 있어서는 濟州道 西方沿岸을 除外한 全沿岸과 濟州道 東南方 海域 및 濟州道 西南方 海域에서 높게 나타나고 있었다(0.4이상). 반면에 濟州도 북서방 海역, 오도열도 北西海域 및 Socotra암초 南西部 海域등에서 낮게(<0.2) 나타났다(Fig.11-B).

이상으로 부터 寒節期에는 대체로 濟州道 全 沿岸을 包含한 北方 海域과 西南方 및 南方 外海域을 中心으로 多樣한 生物 group이 出現하고 있으며, 溫節期에는 一般的으로 寒節期에 높은 多樣度の 海域에서는 溫節期에 낮게, 寒節期에 낮게 나타나는 곳에서는 溫節期에 높게 나타나 정반대의 傾向을 보이고 있음을 알 수 있다.

(2) 情報量 指數(H')

多樣度 指數와 比較하기 위하여 동시에 Shannon-Weaver의 情報量 指數(H')

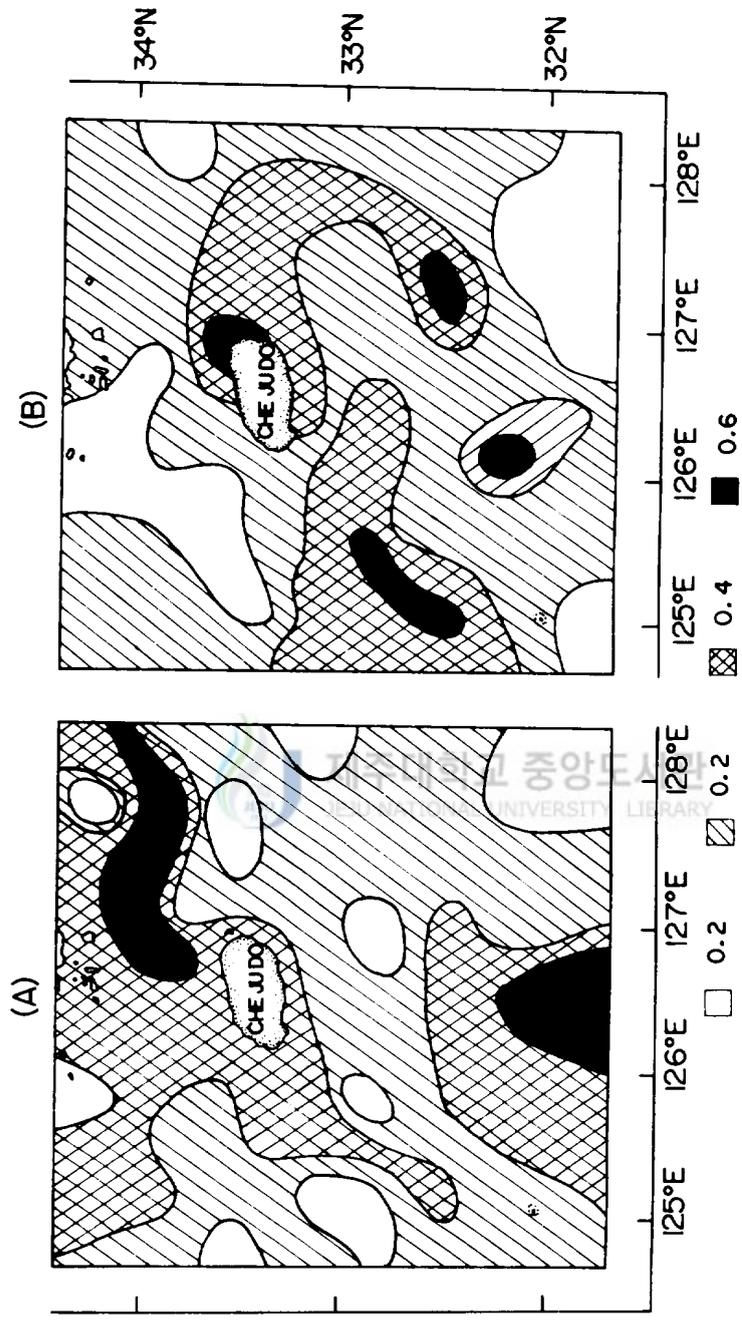


Fig.11. Demarcation by Simpson index($1-\lambda$) of diversity of zooplankton communities in 0-50m water column.

A: cold season (November-May), B: warm season (June-October)

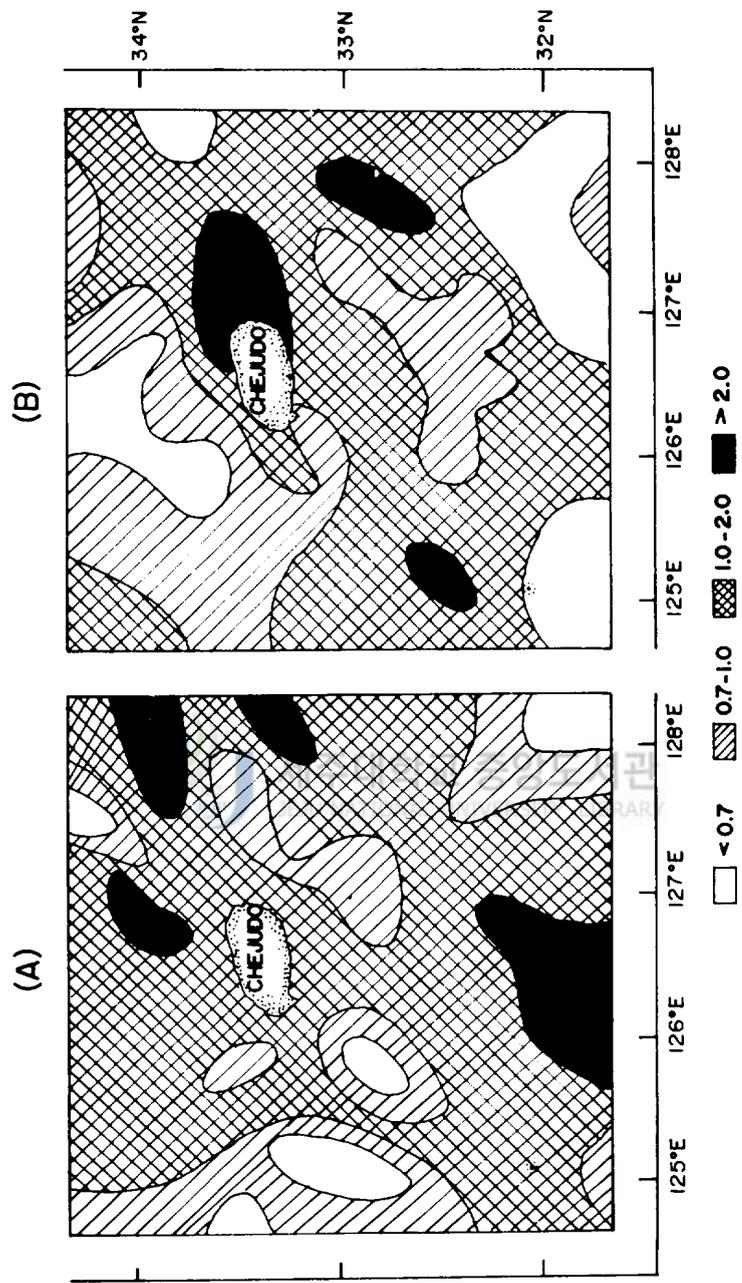


Fig.12. Demarcation by Shannon-Weaver's index (H') of diversity of zooplankton communities in 0-50 water column.
 A: cold season (November-May), B: warm season (June-October)

H'의 값은 <0.7, 0.7-1.0, 1.0-2.0, >2.0의 4개의 계급으로 나뉘서 그 分布를 Fig.12에 나타냈다. 寒節期에는 濟州道 沿岸을 비롯, 제주도 北東方 海域, 濟州道 東方 海域 및 南方 海域에서 1.0이상으로 높았고, 제주도 西方海域과 오도열도 近海에서 낮게 나타났었다(Fig.12-B).

溫節期에는 濟州道 沿岸을 中心으로 폭넓게 높은 값의 分布를 보이면서 0.1이상을 記錄하고 있는데 그 中에서도 제주도 北方海域에서 東方海域에 걸쳐 2.0이상을 記錄하는 海域이었다. 반면에 제주도 西方 外海域, Socotra 암초 西南部 海域, 제주도 東南方 海域 및 오도열도 近海域에서 낮게 나타나고 있었다(Fig.12-B).

(3) 均等性 指數(J')

生物 group 分布 상황을 H'와 H'max과의 근사값 表現인 均等性 指數(J')값도 아울러 計算하였다. J'값을 4개의 계급 즉 <0.15, 0.15-0.30, 0.30-0.40, >0.40으로 나뉘서 그 分布를 季節別로 나타냈다(Fig.13).

寒節期에는 濟州道 東北方 海域 및 南方海域에서 높게 나타나는 반면, 오도열도 近海와 各 分島 海역중지를 비롯하여 局地的으로 J'의 값이 0.15이하의 낮은 分布를 보이고 있었다(Fig.13-A).

溫節期에는 濟州道沿岸을 包含하는 東남방 海역, 西南方 海域에서 J'값이 0.4이상으로 높게 나타났으나, 제주도 북서방 海역, Socotra 暗礁域 및 오도열도 近海域에서는 낮은 값의 分布를 보이고 있었다(Fig.13-B). 결국 均等性 指數(J') 0.4이상의 높은 값은, 寒節期에는 제주도 西南方 海域과 南方海域에서, 溫節期에는 濟州道 남서방 및 東남방 海역을 中心으로 나타나고 있음을 알 수 있었다.

따라서 Simpson의 多樣度 指數($1-\lambda$)와 情報量 指數(H') 및 均等性 指數(J') 값들의 분포양상은 대체로 유사하여, 다양한 生物 group이 出現하고 있는 곳에서 이들 3가지 指數값들이 높게 나타나고 있음을 보여주고 있다.

以上の 結果로부터 情報量 指數(H') 1.0이상의 높은 값은 寒節期보다 溫節期에 넓게 分布하고 있으며, 대체적으로 寒節期에는 濟州道 西北方 海域과 南方海域에서 낮은 값을 溫節期에는 西方外海域과 南方海域 쪽에서 낮은 값의 情報量 指數를 나타내고 있음을 알 수 있다.

(4) 生物組成

多樣度($1-\lambda$)에 의해서 特徵 지워진 海역(Fig.11)의 生物組成을 알아보기 위하여, 多樣度 값을 4개의 Type 즉, Type I (<0.2), Type II (0.2-0.4), Type III (0.4-0.6), Type IV (>0.6)으로 나뉘 各各의 범주에 속하는 生物組成을 파악하였다(Table 4, Table 5).

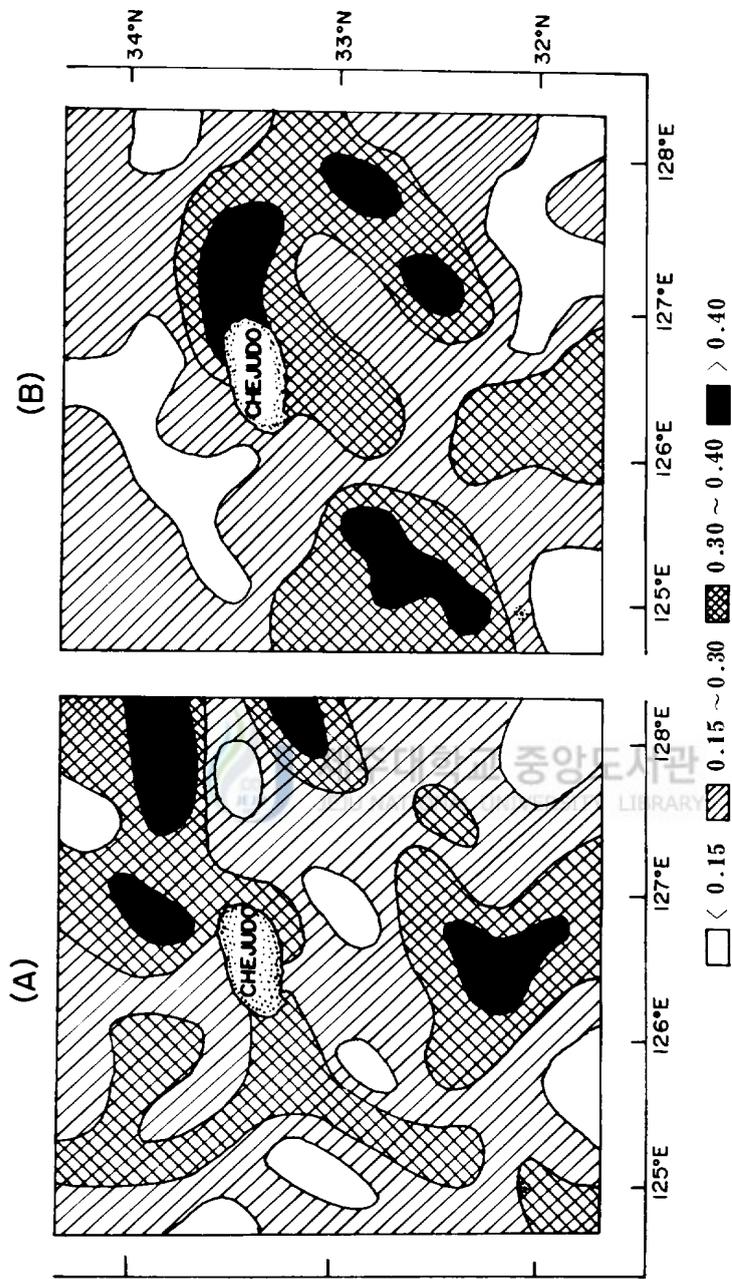


Fig.13. Demarcation by Pielou's (J') of diversity of zooplankton communities in 0-50 water column.
 A : cold season (Nov.-May), B : warm season (June-October)

Table 4. Percentage composition of major component of zooplankton communities in 0–50m water column in the four types and residual group determined by Simpson's index(1-λ) in the cold season(November–May)

| | Type I | Type II | Type III | Type IV |
|-------------------|--------|---------|----------|---------|
| Copepoda | 90.2 % | 77.6 % | 63.3 % | 53.7 % |
| Cladocera | + | 1.2 | 4.4 | 16.0 |
| Crustacea nauplii | 1.9 | 4.8 | 10.2 | + |
| Chaetognatha | 1.6 | 2.5 | 3.8 | 5.4 |
| Ostracoda | + | 3.2 | 6.3 | 1.7 |
| Appendicularia | + | 1.5 | 2.3 | 1.2 |
| Amphipoda | + | + | + | 5.3 |
| Euphausiacea | 1.0 | 2.1 | + | 1.9 |
| Decapoda | 1.1 | + | 1.3 | 1.5 |
| Pteropode | + | + | + | 2.3 |
| Siphonophora | + | + | + | 1.9 |
| Foraminifera | + | + | + | 1.6 |
| Others | 1.1 | 4.3 | 3.8 | 7.1 |

+less than 1%

季節別로 보면 寒節期에 있어서는 Type I 海域에서는 橈脚類(Copepoda) 90.2%, 甲殼類 幼生(Crustacea nauplii) 1.9%, 毛顎類(Chaetognatha) 1.6%, 난바다곤쟁이類(Euphausiacea) 1.0%, 十脚類(Decapoda) 1.1%였고, Type II 海域에서는 橈脚類 77.6%, 枝角類 1.2%, 甲殼類 幼生 4.8%, 毛顎類 2.5%, 介形類(Ostracoda) 3.2%, 尾虫類(Appendicularia) 1.5%, 난바다곤쟁이類 2.1%등이었다. 또한 Type III 濟州道에서는 橈脚類 63.3%, 枝角類 4.4%, 甲殼類 幼生 10.2%, 毛顎類 3.8%, 介形類 6.3%, 尾虫類 2.3%, 十脚類 1.3% 등이었고, Type IV 海域에서는 橈脚類 53.7%, 枝角類 16.0%, 毛顎類 5.4%, 介形類 1.7%, 尾虫類 1.2%, 端脚類(Amphipoda) 5.3%, 난바다곤쟁이類 1.9%, 十脚類 1.5%, 翼足類(Pteropoda) 2.3%, 管絨과리類(Siphonophora) 1.9%, 有孔虫類(Foraminifera) 1.6% 등이었다(Table 4).

溫節期에 있어서 海域別 生物組成은 Table 5에 나타내었다. Type I 海域에서는 橈脚類 93.3%, 端脚類 1.2%, 난바다 곤쟁이類 2.0%였고, Type IV 海域에서는 橈脚類 52.2%, 毛顎類 21.4%, 端脚類 4.8%, 枝角類 10.1%, 介形類 1.7%, 尾虫類 1.

Table 5. Percentage composition of major component of zooplankton communities in 0–50m water column in the four types and residual group determined by Simpson's index(1-λ) in the warm season (June~October)

| | Type I | Type II | Type III | Type IV |
|----------------|--------|---------|----------|---------|
| Copepoda | 93.3 % | 82.9 % | 66.7 % | 52.2 % |
| Chaetognatha | + | 4.9 | 10.2 | 21.4 |
| Amphipoda | 1.2 | 3.1 | | 4.8 |
| Cladocera | + | + | 6.1 | 10.1 |
| Ostracoda | + | 2.3 | 2.1 | 1.7 |
| Appendicularia | + | + | 3.0 | 1.3 |
| Salpa | + | + | 1.5 | 2.3 |
| Foraminifera | + | + | 1.8 | + |
| Euphausiacea | 2.0 | 1.2 | + | + |
| Decapoda | + | 1.4 | 1.2 | + |
| Pteropoda | + | + | + | 1.5 |
| Others | 0.4 | 0.8 | 1.4 | 2.1 |

+less than 1%

3%, Salpa類 2.3%, 翼足類 1.5% 등이었다.

以上の結果로부터 Type別 海域에서의 生物造性 特徴을 보면 Type I 海域에서는 季節에 關係없이 橈脚類가 90% 이상으로 거의 大部分을 차지하고 다른 生物群의 出現빈도가 아주 낮아지게 되고, Type IV 海域쪽으로 갈수록 橈脚類의 相對的 出現이 낮아져 다른 生物群도 많이 出現하여 多様な 生物群集임을 알 수 있었다.

2) 類似度

群集構造 分析을 위하여 各 生物 group間的 出現 類似度を 求하였다(Fig. 14, Fig. 15). 寒節期에 있어서는 類似度 값이 比較的 높은 0.6을 基準으로 하였을 때에 4개의 群으로 大別될 수 있었다. 즉, 第一群에는 尾虫類, 稚魚(Fish larva), 中復足類(Mesogastropoda), 管絨動物類, Tornaria類, 甲殼類 幼生の 生物 group들이 包含되어 있었고(11.2%), 第二群에는 介形類, 多毛類(Polychaeta)가 (2.3%), 第三群에는

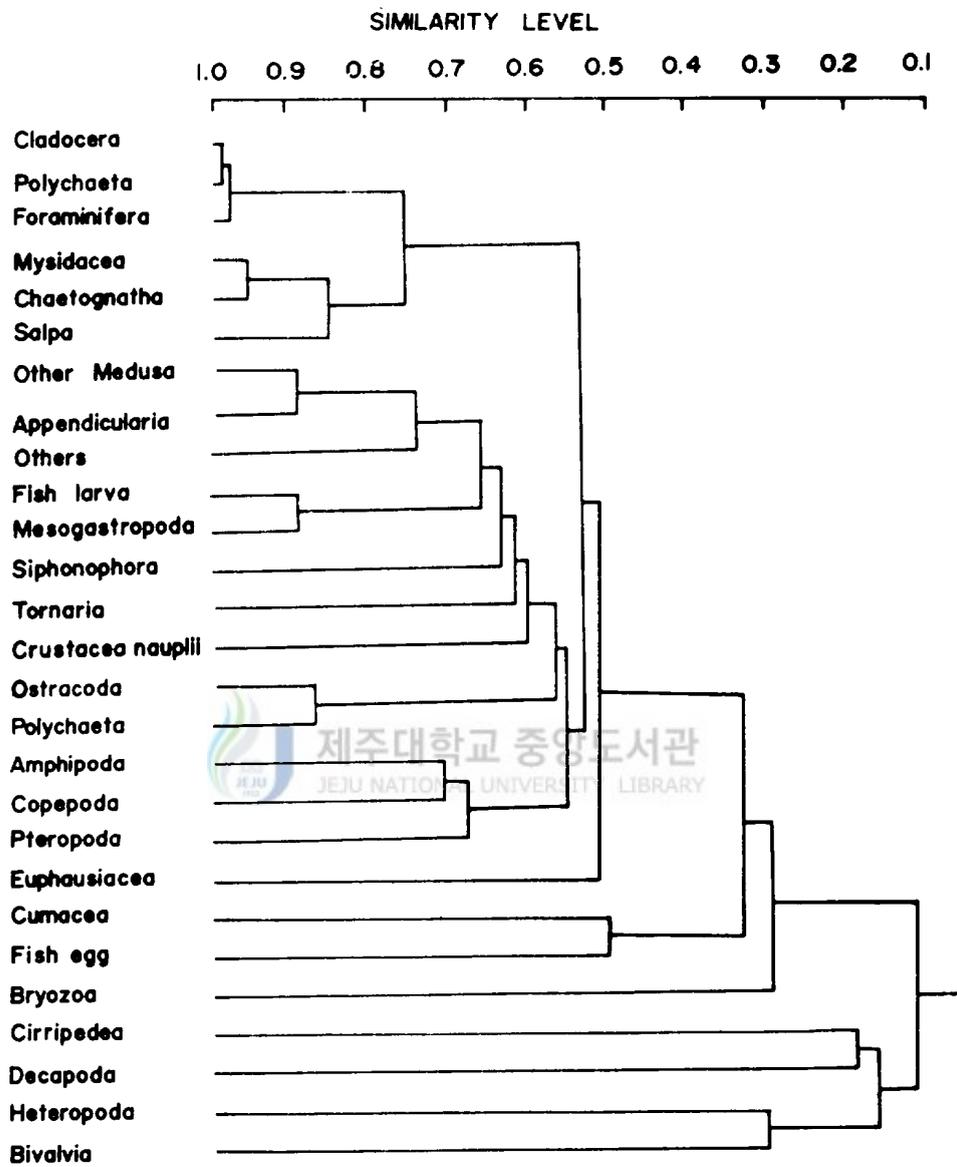


Fig.14. Dendrogram illustrating the zooplankton groups association during cold season (November–May)

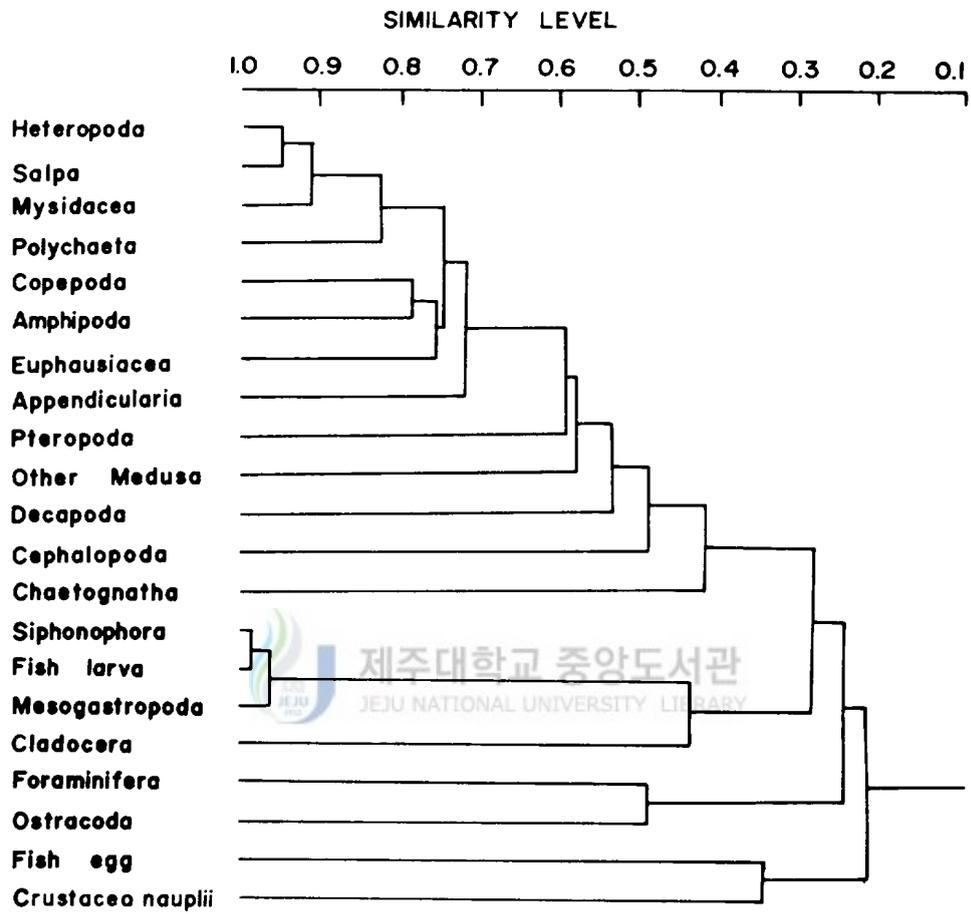


Fig.15. Dendrogram illustrating the zooplankton groups association during warm season (June–October)

端脚類, 橈脚類, 翼足類가(79.8%), 第四群에는 枝角類, 有孔虫類, 곤쟁이類, 毛類類, Salpa類等(3.0%)이 包含되어 있어서 이들 生物들이 出現은 個體數 面에 있어서 全體의 83%를 占有하고 있었다. (Fig.14)

溫節期에는 類似度 값 0.6을 基準으로 했을때 크게 2개의 群으로 大別되어 第一群에는 곤쟁이類, Salpa類, 翼足類, 多毛類, 橈脚類, 端脚類, 난바다곤쟁이類, 尾虫類等이(87.4%), 第二群에는 稚魚, 管해파리類, 中腹足類等이(3.9%) 包含되었다. 이들 二個의 群에 속하는 生物의 出現은 個體數面에서 全體의 91%였는데, 나머지 生物群들의 出現은 간헐적이거나 또는 出現 類似도가 낮은 것들이었다. (Fig.15)

以上에서 生物 group間 出現 類似度 分析 結果로 부터, 寒節期에는 4개의 群, 溫節期에는 2개의 群으로 크게 나눌 수 있었고, 이들 主要 出現 生物 group에 속하는 個體數는 各各 全體의 83%, 91%를 차지하고 있음을 알 수 있었다.

5. 沿岸域(朝天, 新川)의 生産量과 群集構造의 特性

海洋 綜合 觀光 단지 조성이 계획되고 있는 朝天과 水産 養殖場으로 活用되고 있는 新川沿岸에서 二次 生産量과 優點群인 橈脚類와 毛類類의 群集構造를 알아보기 위하여 週年에 걸친 資料를 利用, 分析을 行하였다. 여기에서 쓰여진 資料는 “濟州道 朝天地區 海洋觀光단지 造성에 따른 海洋學的 基礎調査” 濟州大學校 海洋科學大學, 1984) 및 “조리의 增産에 관한 學術研究 報告書” 濟州大學校 海洋資源 研究所, 1987)의 資料를 利用하였다. 朝天과 新川沿岸은 水深 10~20m 程度에 해당하는 곳이다.

1) 生産量

濟州道 一部 沿岸, 朝天과 新川에서 月別로 調査된 資料를 利用하여 單位體積當 (m^3)으로 日間 第二次 生産量을 推定하였다(Fig.16, Fig.17).

(1) 朝天沿岸

調査沿岸에 對한 二次 生産量이 月別 變動 状況과 海水의 特性에 관한 資料와의 關係를 살펴 보았다(Fig.16, Fig.18).

調査 沿岸 海域에서 週年에 걸친 第二次 平均 生産量은 $1.76mgC/m^3/day$ 이었고, 3월에 $1.01mgC/m^3/day$ 로 가장 낮게, 8월에 $3.96mgC/m^3/day$ 로 가장 높게 나타났다(Fig.16). 溫帶域에서는 大増殖이 秋季 大増殖보다 훨씬 높은 것이 一般的인데 本 研究海域에서는 生物量 및 生産量에 있어서 春季(4月, 5月)보다 오히려 秋季(8月, 10

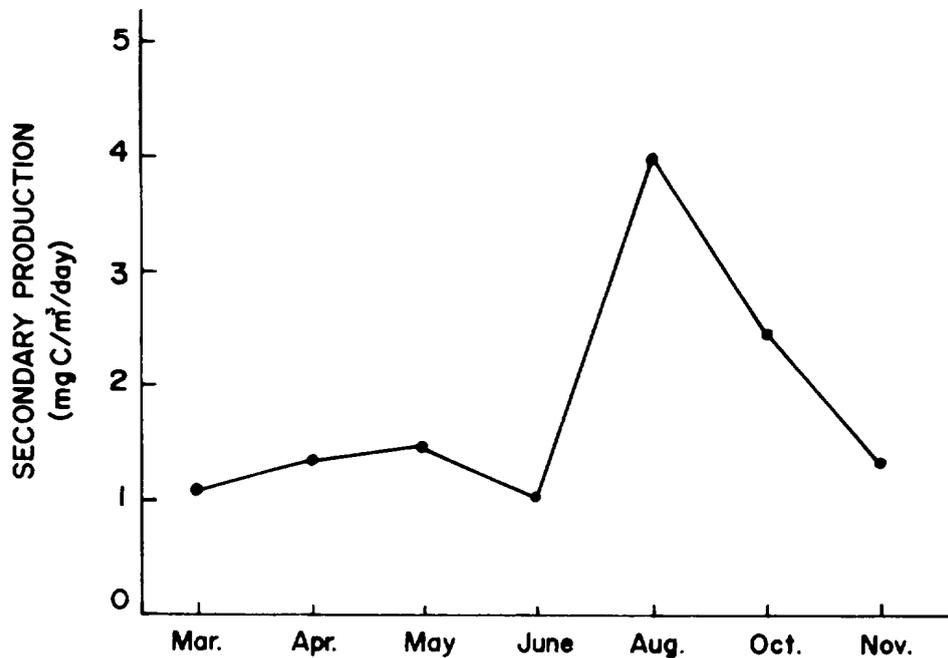


Fig.16. Monthly variation of the estimated secondary production on the coast of Jocheon.

월에 더 높게 나타나고 있음을 알 수 있었다.

水温, 鹽分, 容存酸素, 榮養鹽, 植物 plankton 및 第二次 生産量의 關係를 Fig.19에 나타내었다. 日謝量이 增加함에 따라 8月傾에 溫度가 가장 높고 降水의 流入으로 鹽分은 8월경에 가장 낮았다. 반면에 榮養鹽(질산염, 亞산염, 인산염)은 8月 이후에 급격히 높아졌다. 植物 plankton의 細胞數는 5월에 가장 높았으며, 4月과 3월에 가장 낮았다.

推定된 單位 體積當 第二次 生産量은 溫度가 높고, 鹽分은 낮으나 榮養鹽이 急增하기 시작하는 8月경에 最大가 되었다. 반면에 水温, 容存酸素, 榮養鹽 및 植物 plankton의 細胞數가 아주 낮고, 鹽分은 最大가 되는 3월에 最少가 되는 樣相을 보였다.

以上の 結果를 綜合해 보면, 朝天 海岸에서 第二次 生産量은 平均 $1.76 \text{ mg C/m}^3/\text{day}$ 로, 水温, 鹽分, 榮養鹽이 높은 8월에 最大值($3.96 \text{ mg C/m}^3/\text{day}$), 容存酸素, 榮養鹽, 水温, 植物 plankton 細胞數가 낮은 3월에 最少值($1.01 \text{ mg C/m}^3/\text{day}$)를 나타내었고

있었다.

(2) 新川沿岸

新川 沿岸域內的 局地的 特性을 比較하기 위해서 養殖場域(A)과 平和川 河口域(B) 그리고 陸地와 멀리 떨어진 곳(C)을 對象으로 調査·比較하였다(Fig.17, Fig.18). 이들 3개 지역에서의 二次 生産量의 月別 變動事項가 環境要因과의 關係를 Fig.20에 나타냈다. 第二次 生産量은 月平均 3.69 mgC/m³/day이었다. 水溫, 榮養鹽 및 植物 plankton의 個體數가 相對的으로 많은 11月과 6月(6月 20日)에 各各 5.72 mgC/m³/day, 5.41 mgC/m³/day로 높았다(Fig.19). 반면 水溫, 榮養鹽 및 植物 plankton 個體數가 적은 '87年 1月에 가장 낮아 1.48 mgC/m³/day이었다.

또한 日間 生物量에 對한 純生産量의 比(daily P/B ratio)가 求해졌다. P/B比는 水溫이 높고 植物 plankton의 細胞數가 많은 6月, 7月 및 9월에 대체로 높으나 水溫 및 植物 plankton 個體數가 낮은 11月, 1月 및 3월에 낮았다(Fig.20).

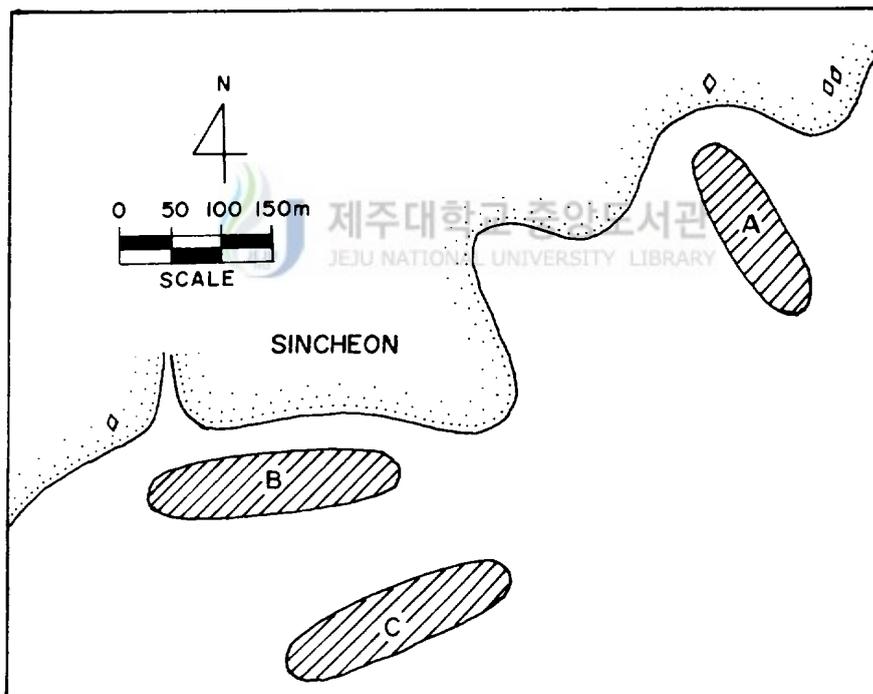


Fig.17. Sampling area of zooplankton on the coast of Sincheon.

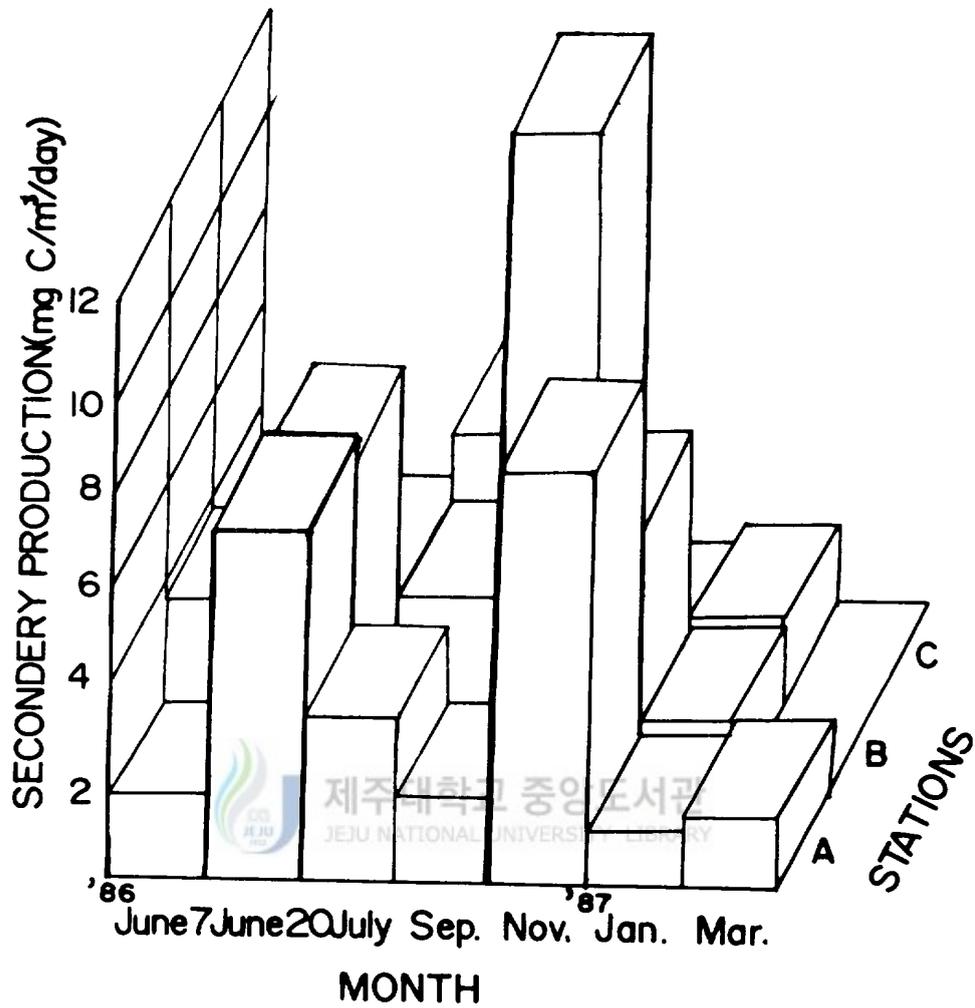


Fig.18. Monthly variation of the estimated secondary production on the coast of Sincheon.

이상의 결과에서 新川沿岸의 年平均 第二次 生産量은 $3.69 \text{ mgC/m}^3/\text{days}$ 이었고, 水溫, 榮養鹽 및 植物 plankton의 密度가 높은 6月과 11월에 높았으며, 일간 P/B比 (daily P/B ratio)는 水溫이 높은 時期에 높아짐을 알 수 있었다.

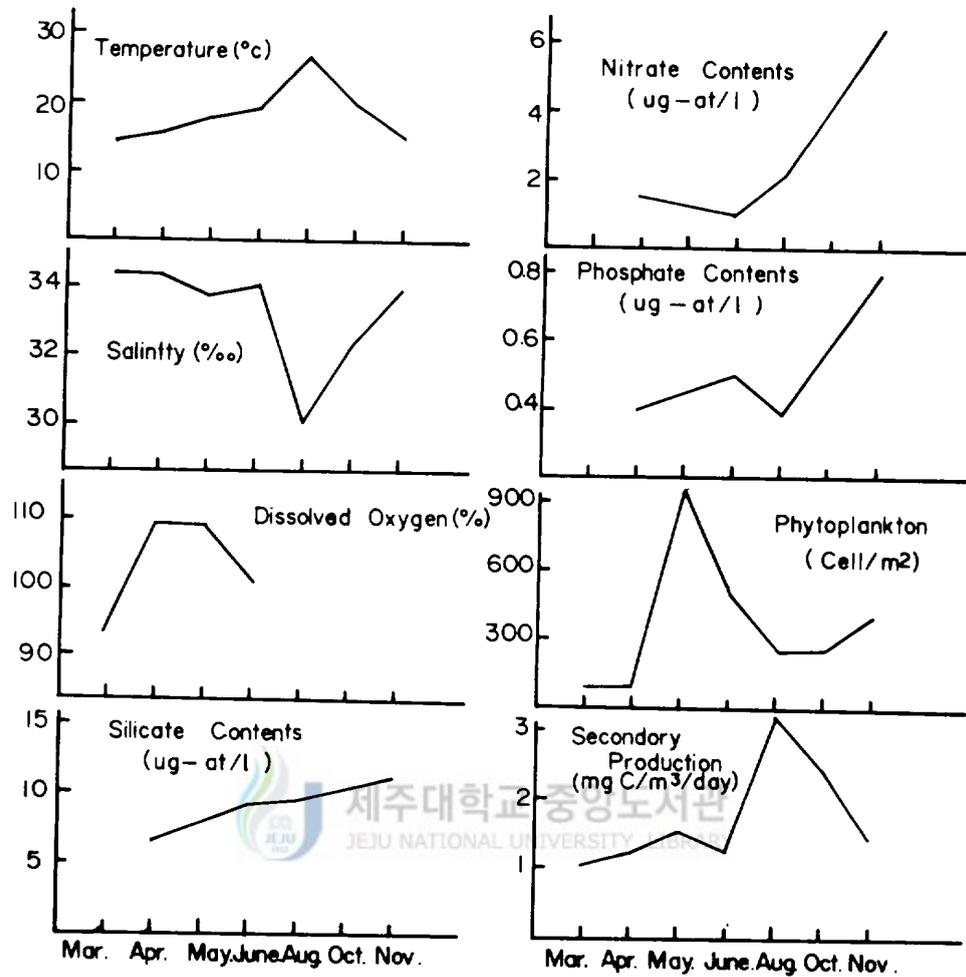


Fig.19. Monthly variation of water temperature, salinity, dissolved oxygen, silicate contents, Phytoplankton standing crop and secondary production on the coast of Jocheon.

2) 橈脚類(Copepoda)와 毛類類(Chaetognatha)의 群集構造

新川沿岸에서 採集된 橈脚類와 毛類類의 種間 出現 關係를 알아보기 위하여 種수 순까지 同定하여 出現 類似度를 求하고 Clustering하여 dendrogram으로 나타내었다 (Fig.20, Fig.21).

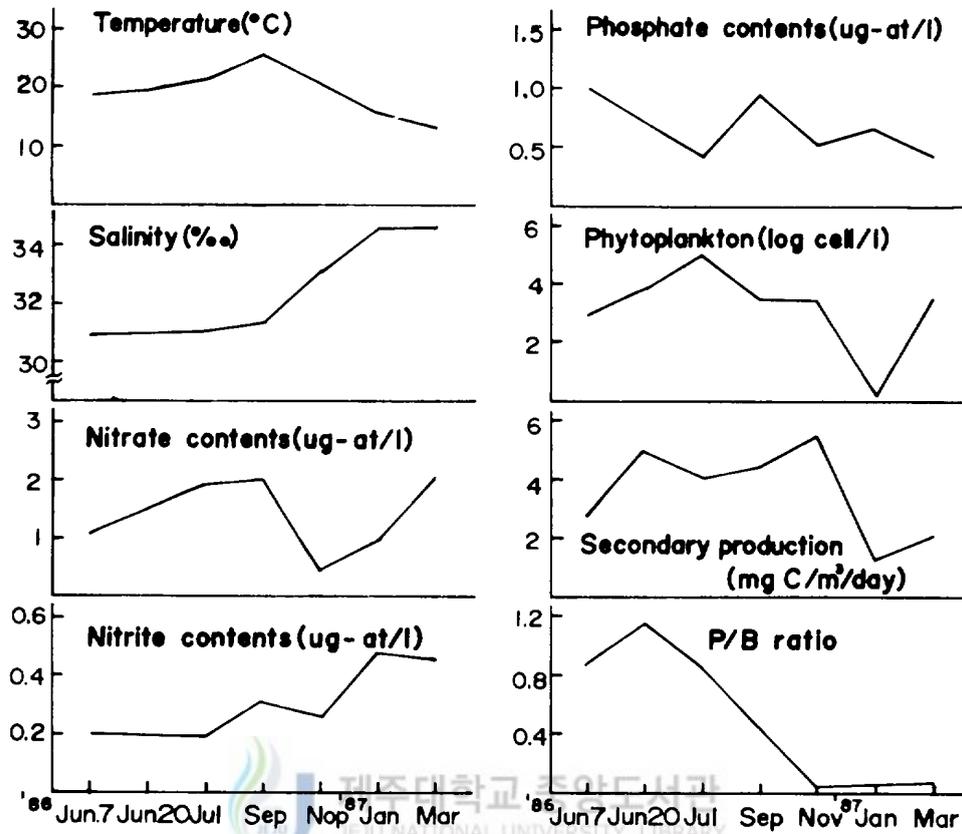


Fig.20. Monthly variation of water temperature, salinity, Nitrate contents, Nitrite contents, Phosphate contents, Phytoplankton standing crop, secondary production and P/B ratio on the coast of Sincheon

橈脚類에 있어서는 出現 類似度 값이 比較的 높은 0.6을 기준으로 하였을 때에 5개의 群으로 大別될 수 있었다. 즉 第一群에는 *Oithona media*, *O. mediterranea*, *Eucalanus bungii*, *Corycaeus* sp.2, *Oithona tenuis*, *O. sp.*, *Candacia curta*, *Eucalanus subu*, *Scolecithrix danae*, *Pseudocalanus minutus*, *Candacia* sp., *Acartia tsuensis*, *Euchaeta* sp., *Undinula vulgaris*, *Acartia grandi*, *Paracalanus aculeatus*, *Euchaeta* sp., *E. attenu*, *Eucalanus* sp., *Euchaeta marina*, *Acartia clausi*, *Oithona* sp.2, *Paracalanus parvus*가 包含되어 있었고, 第二群에서는 *Oithona fallax*, *Euchirella* sp., *Oithona plumifera*, *Calanus sinicus*, *Sapphirina* sp.가, 第三群에서는 *Acartia hamata*, *A. sp. 1*.

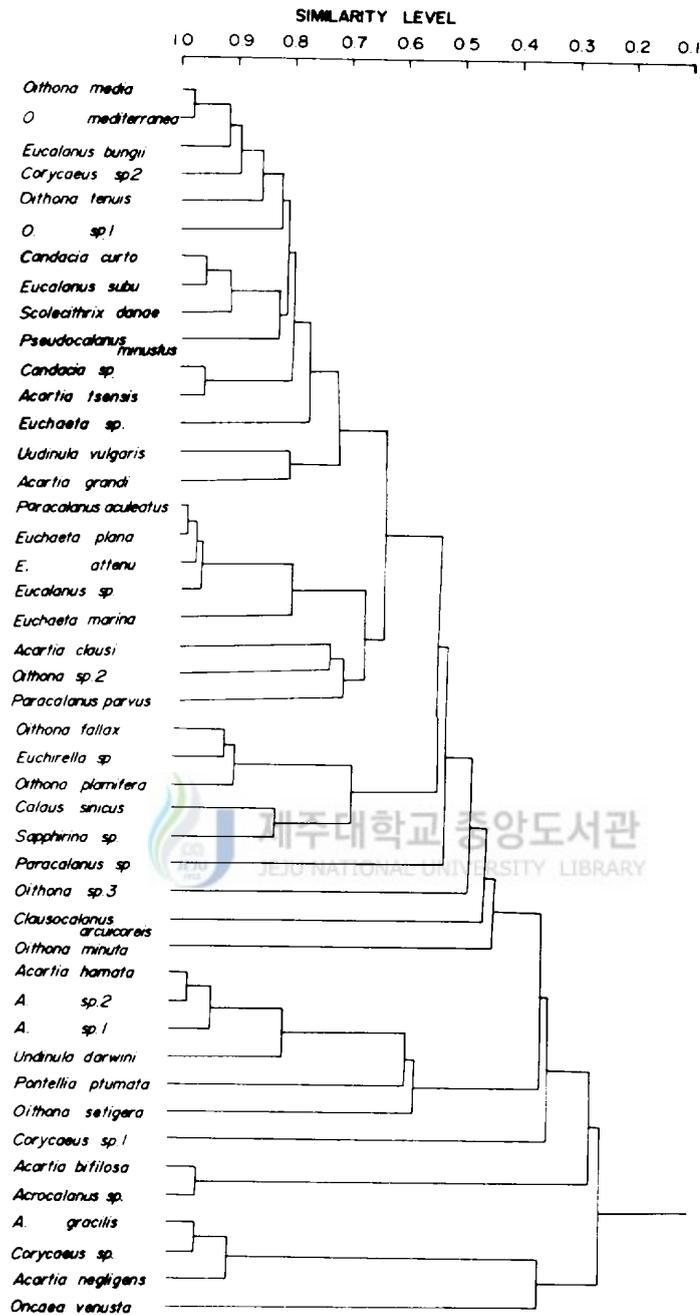


Fig.21. Dendram showing correlation between copepoda species occurring on the coast of Sincheon from June 7, 1986 to Mar. 14, 1987.

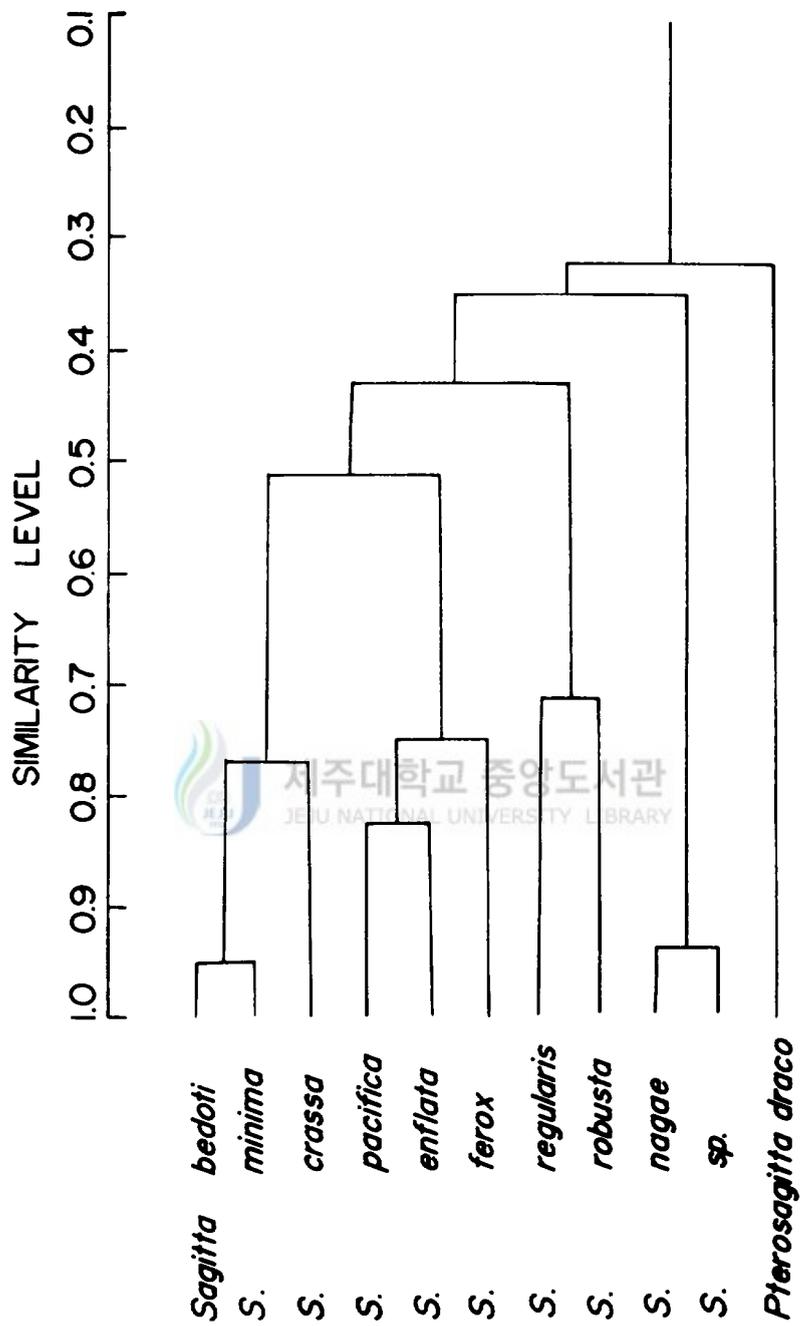


Fig.22. Dendrogram showing correlation between Chaetognatha species occurring on the coast of Sincheon from Jun 7, 1986 to Mar. 14, 1987

A. sp. 2가 속해 있었으며 第四群에서는 *Acartia bifilosa*, *Acrocalanus* sp.가 第五群에는 *Acrocalanus gracilis*, *Corycaeus* sp.1, *Acartia negligens*가 포함되어 있었다. 第一群은 巨大하여 個體數 面에서 全體의 70%이상을 차지하고 있었다.

本 沿岸에 出現하는 이들 橈脚類는 *Acartia clausi*, *A. bifilosa*, *Paracalanus parvus*는 沿岸·內灣性種이며, *Undinula vulgaris*, *Oithona fallax*, *O. plumifera* 등은 暖水性, *Candacia curta*, *Scolecithrix danae*, *Paracalanus aculeatus*, *Euchaeta marina* 등은 暖水·外洋性, *Acartia tsuensis*는 汽水性, *Eucalanus bungii*, *Pseudocalanus minutus*는 冷水性 種이다. (Saraswathy, 1982; 西田, 1984; 關口, 1984; Kim, 1985; 李, 1986)

毛顎類(Chaetognata)에 있어서는 比較的 單純하여 類似度 0.7 수준에서 4개의 群으로 出現하고 있었다(Fig.22). 즉 第一群은 *Sagitta bedoti*, *S. minima*, *S. crassa*가 포함되어 있었으며 個體數面에서 毛顎類 全體의 26.3%를 차지하고 있었다.

第二群에는 *Sagitta pacifica*, *S. enflata*, *S. ferox*가 포함되어 있었고(64.8%), 第三群에는 *Sagitta regularis*, *S. robusta*가(5.1%), 第四群에는 *Sagitta nagae*, *S. sp*가(0.6%) 포함되어 있었다. *Pterosagitta draco*는 散發的으로 出現하고 있었으며 他種과의 出現 類似도가 極히 낮았다.

이중 *Sagitta bedoti*, *Pterosagitta draco*는 暖水·沿岸性, *S. regularis*, *S. robusta*는 暖水·外洋性 種이며, *S. minima*, *S. nagae*는 混合 水域種이었다(朴, 1967, 1968, 朴, 1970; 朴, 1973; 寺崎, 1984; 金, 1987).

以上の 新川 沿岸에서 얻어진 橈脚類와 毛顎類의 種間 出現 類似 關係로 부터 橈脚類와 毛顎類는 各各 5개, 4개의 群으로 出現하고 있었는데 沿岸種 혹은 暖流種이 主要 群集을 이루어 類似하게 出現하고 있었음을 알 수 있다.

IV. 考 察

1. 生産量

本 研究 海域 뿐만 아니라 우리나라에서는 動物 plankton의 第二次 生産量에 關係 報告한 것은 없다. 本 研究海域의 一部를 包含하는 북부 동지나해에서 CSK 자료를 利用한 Ikeda and Motoda(1978)의 報告가 있으나, 本 研究 海域內에서는 단지 3개의 定點에서 採集된 資料를 示하고한 것에 不過하다.(Fig.26, Fig.27)

本 研究 結果 單位 體積當의 平均 個體數는 寒節期와 溫節期에 있어서 各各 319 Inds./m³, 339Inds./m³로 큰 差異가 없었고, 濕重量으로 나타낸 生物量은 寒節期에 18.8 mg/m³, 溫節期에 77.83 mg/m³로 溫節期에 비해 寒節期에 比較시 約 1.6배 높게 나타났다. 個體數에서는 거의 類似하다 生物量에 있어서의 큰 差異는 Fig.7에 나타낸 動物 plankton의 體重 分布에서 察할 수 있다고 생각된다. 즉 寒節期에는 0.1 mg~0.2 mg에서 대부분 나타내고 있는 반면 溫節期에는 0.2mg~0.3mg에서 대부분 이루어 있는 것에 기인되는 것으로 推測할 수 있다. Kuroshio와 연결해역에서 調査된 動物 plankton의 體重 分布 Ikeda and Motoda, 1978에서도 季節에 따라 類似한 傾向을 보이고 있었다.

單位 體積當 動物 plankton에 대해서 韓國科學 技術院 海洋 研究所(KORDI)의 調査(1986)에서는 129~4,579Inds./m³로 本 研究 結果(329Inds./m³)보다 상회하는데, 이는 採集 net의 綱目크기에 의한 差異와 KORDI에서는 一時的 調査에 국한된 것이므로 比較하기는 어렵다고 생각된다.

本 研究 海域의 一部를 포함하는 海域에서, 朴(1973)이 調査한 動物 plankton의 現存量 研究 結果에 의하면 3月과 8月 두 차례에 걸친 調査에 不過하지만, 3월에 55 mg/m³, 8월에 65 mg/m³로 本 研究 結果와 類似하였고, Motoda, Irie and Yamazi (1968)에 의한 동지나해에서 調査한 結果에서도 50-100 mg/m³로 보고 되어 本 研究와 類似한 結果를 보이고 있었다.

韓國 近海를 對象으로 1967년부터 1969년까지 調査한 生物量의 水平的 分布에 關하여 Park(1969)이 報告하고 있다(Fig.23, Fig.24). 이 結果에 의하면 濟州道 南東方 海域에서 높게 나타내고 있는 반면 濟州 海협을 包含하여 北部海域과 西南方 海域

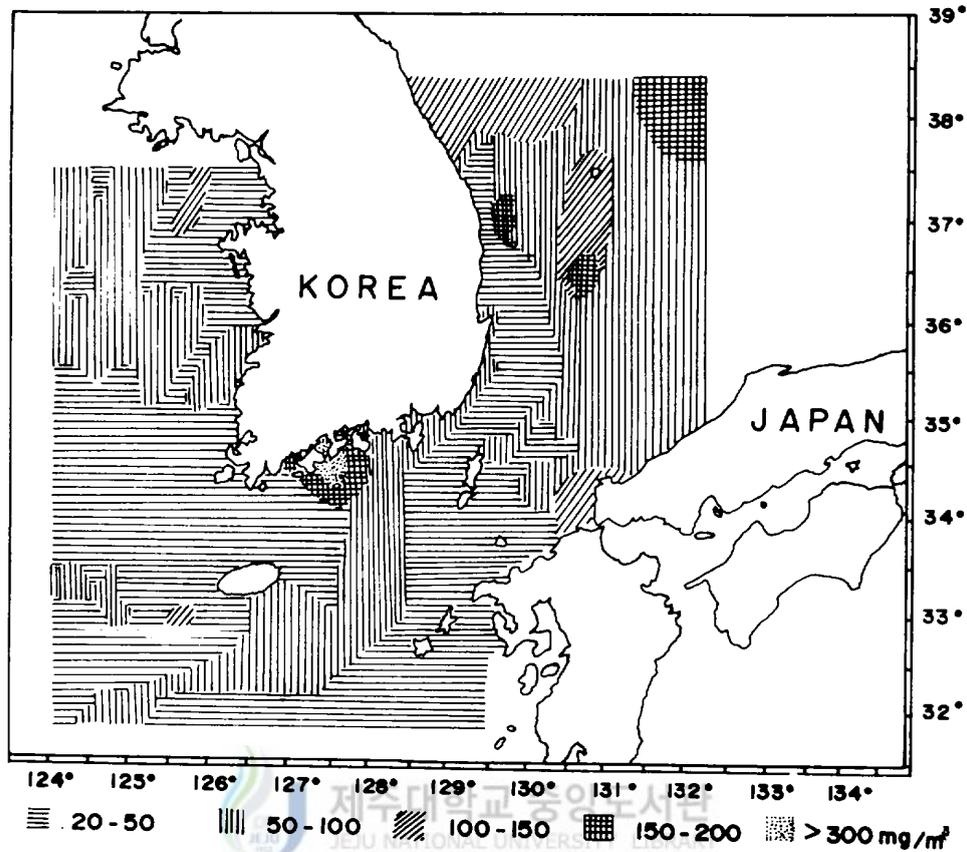


Fig.23. Distribution of plankton biomass (wet weight mg/m^3 in winter, 1967~1969 (After Park, 1969)

에서 낮았지만(Fig.23), 溫節期에는 濟州道 北西方 海域이 南東方 海域보다 더 높게 나타나고 있었다(Fig.24). 한편, Motoda and Hattori(1983)(Fig.25)는 CSK 資料를 利用하여 적도에서 부터 북위 50°N 까지 北西 太平洋을 대상으로 動物 plankton 生物量에 對해 大대한 報告을 하였는데, 本 研究 海域에 해당하는 곳과 동지나해에서의 生物量은 $50\sim 100 \text{ mg}/\text{m}^3$ 범위로 나타나고 있었다(Fig.25). 上記와 같은 研究 結果는 季節別 分布 및 平均 生物量 測定에 있어서 本 研究와 대체로 類似한 傾向을 보이고 있음을 입증해 주고 있다.

Table 6에는 지금까지 제2차 생산량과 관계된 보고들을 간추려서 요약한 것이다. 動物 plankton의 生物量에 있어서는 용승역 Sulu海, Celebs海, Peru 海流域 및

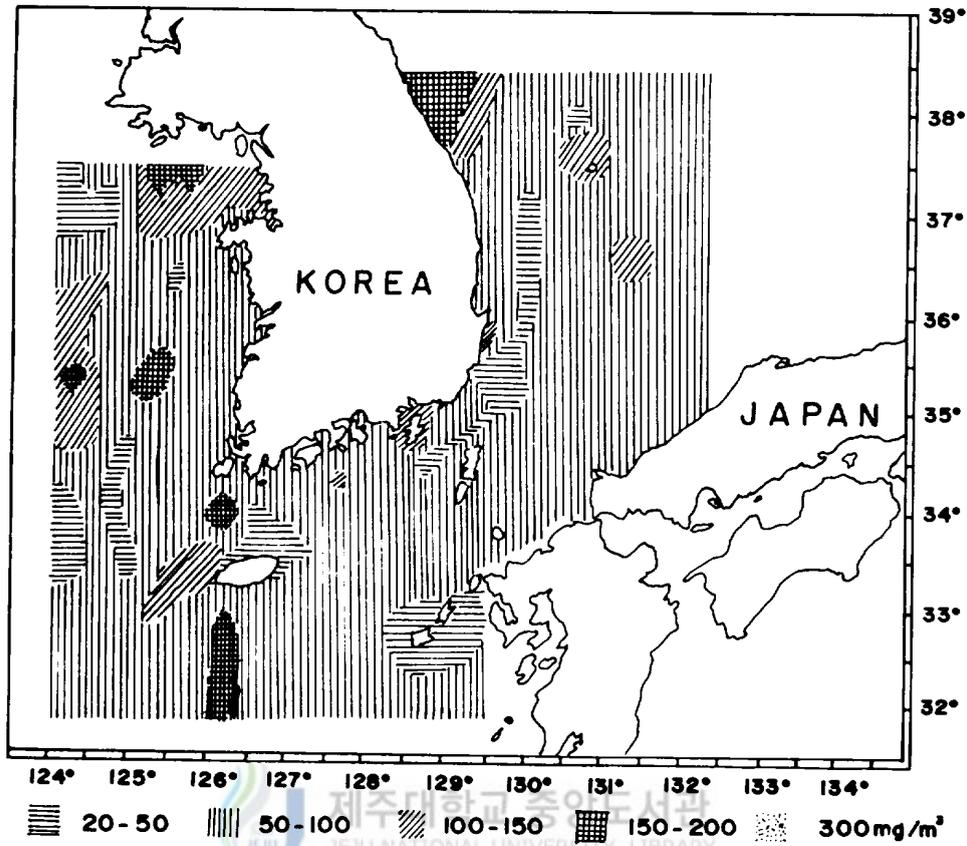


Fig.24. Distribution of plankton biomass (wet weight mg/m^3 in summer, 1967~1969 (After Park, 1969)

California海流域 등지에서 $98-227 \text{ mg}/\text{m}^3$ (Cushing, 1971; Ikeda and Motoda, 1978)의 범위를 보이고 있고, 고위도 해역 즉 Bering海, 北部 北太平洋 등에서는 $244-286 \text{ mg}/\text{m}^3$ 로 極히 높게 나타나고 있다. 한편 중위도 海域인 동지나해에서는 寒節期와 溫節期에 各各 $50-100 \text{ mg}/\text{m}^3$, $100 \text{ mg}/\text{m}^3$ (Ikeda and Motoda, 1978), 本 研究에서의 $48 \text{ mg}/\text{m}^3$, $78 \text{ mg}/\text{m}^3$ 등의 수준인 반면 太平洋 亞熱帶域에서는 約 $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ (Ikeda and Motoda, 1978)로 極히 낮게 나타나고 있었다. 이와같은 海域別 生物量 分布 樣相을 一般的인 生物量 分布 傾向 즉, 湧升域과 고위도 海域에서 높으며 저위도 海域에서 낮게 나타나는 것과 잘 일치하고 있음을 보여주고 있다.

生産量에 있어서는 Georgy Bank의 $20 \text{ mgC}/\text{m}^2/\text{day}$ (Riley, 1947), Long Island

Table 6. Comparison of biomass production daily P/B ratio and yearly production for various sea

| | Depth (m) | Biomass (mg wt. μt^{-1}) | Production ($\text{mg C}/\text{m}^2/\text{day}$) | Daily P/B ratio | Yearly production (g $\text{C}/\text{m}^2/\text{yr.}$) | Incls No (Inds. m^2) | Period | Remark |
|----------------------------|-----------|--------------------------------------|--|-----------------|---|--------------------------------|-----------|----------------------|
| Bering sea | 0-72 | 286.14 | 40 | 0.024 | 13.3 | - | Summer | Ikeda & Motoda, 1978 |
| Northern North Pacific | 0-150 | 244.09 | 43 | 0.022 | 6.5 | - | Summer | Ikeda & Motoda, 1978 |
| Bering Sea | - | - | - | - | 75-150 | - | Summer | Sanger, 1972 |
| Bering Sea | - | - | - | - | 24-30 | - | Summer | Larurance, 1971 |
| California Current | - | - | 24.0 | - | - | - | - | Cushing, 1971 |
| Peru Current | - | - | 58.4 | - | - | - | - | Cushing, 1971 |
| South Arabian | - | - | 72.2 | - | - | - | - | Cushing, 1971 |
| Costaria Dome | - | - | 62.1 | - | - | - | - | Cushing, 1971 |
| Benguela Current | - | - | 129.3 | - | - | - | - | Cushing, 1971 |
| Sulu Sea & Celebes Sea | 0-150 | 98-227 (138) | 31-60 | - | - | - | June-Oct. | Ikeda & Motoda, 1978 |
| Georgy Bank | - | - | 200 | 0.03 | - | - | Year | Riley, 1947 |
| English Channel | - | - | 75 | 0.1 | - | - | Year | Harvey, 1950 |
| Long Island Sound | - | - | 166 | 0.17 | - | - | Year | Conover, 1956 |
| North Sea | - | - | 180 | 0.048 | - | - | Year | Steele, 1958 |
| Subtropic region | 0-150 | 10 | Ca.10 | - | - | - | June-Oct. | Ikeda & Motoda, 1978 |
| Northern east China Sea | 0-150 | 100 | 31-60 | - | - | - | June-Oct. | Ikeda & Motoda, 1978 |
| Northern east China Sea | 0-150 | 50-100 | 11-30 | - | - | - | Nov.-May | Ikeda & Motoda, 1978 |
| South eastern Sea of Japan | 0-150 | 10-50 | 11-30 | - | - | - | Nov.-May | Ikeda & Motoda, 1978 |
| Around Cheju Island | 0-50 | 48.81 | 12.96 | 0.07 | 2.72 | 319 | Nov.-May | Present study |
| Around Cheju Island | 0-50 | 77.83 | 31.46 | 0.12 | 4.72 | 339 | June-Oct. | Present study |

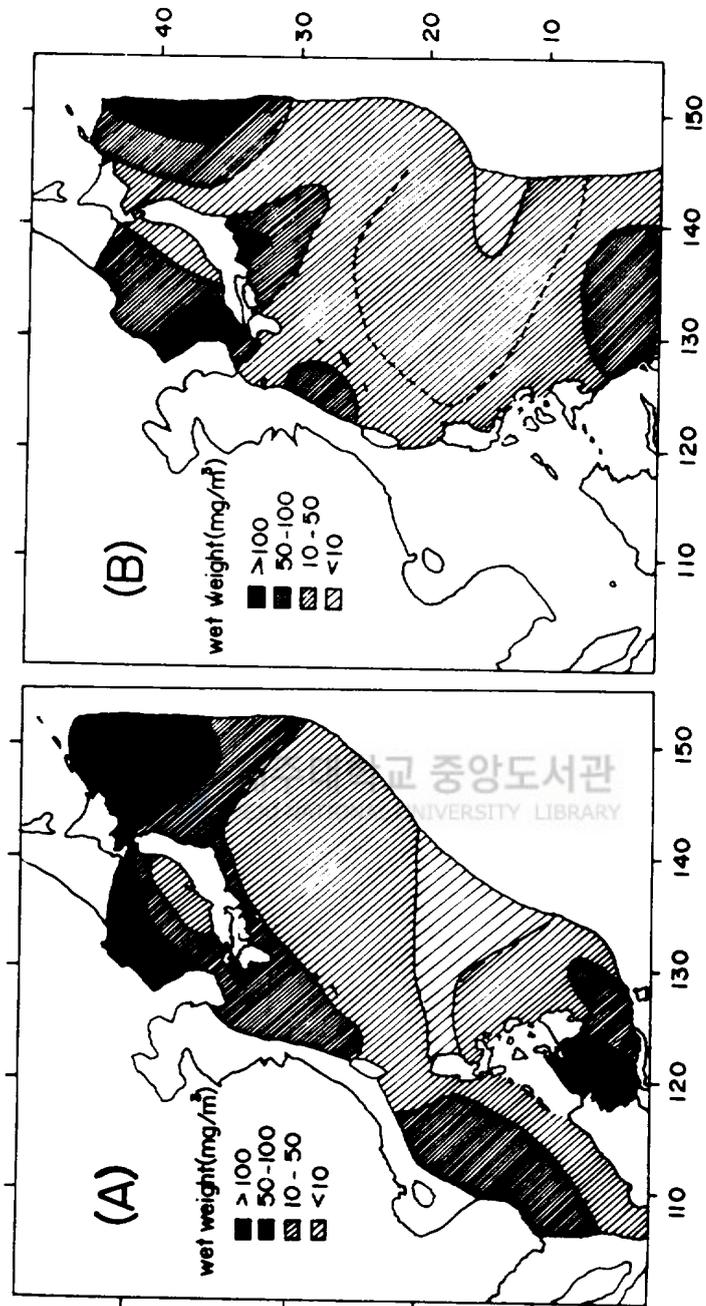


Fig.25. Demarcation by zooplankton biomass (wet weight $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$) in 0-150m water column. A : warm season (June-October), B : cold season (November-May), area enclosed by broken line shows $10-30\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ (After Hattori and Motoda 1983)

Sound의 $166 \text{ mgC/m}^2/\text{day}$, 北海의 $180 \text{ mgC/m}^2/\text{day}$ (Steele, 1958)와 같이 一部 海域에서 極히 높은 값을 보이고 있는데, 生物量이 相對적으로 높은 高緯度 海域인 Bering海와 北部 北太平洋에서는 $40\sim 43 \text{ mgC/m}^2/\text{day}$ (Ikeda and Motoda, 1978)의 범위를 보이고 있다. 涌승역으로는 Peru 海流域의 $58.4 \text{ mgC/m}^2/\text{day}$ (Cushing, 1971), Benguela 海流域의 $129.3 \text{ mgC/m}^2/\text{day}$ (Cushing, 1971)로 海域에 따른 差異는 있으나 높은 편이고, 中緯度 海域인 Sulu海와 Celebes海에서 $31\sim 60 \text{ mgC/m}^2/\text{day}$ (Ikeda and Motoda, 1978), 東지나海에서는 季節에 따른 差異가 크게 나타나 溫節期에 $31\sim 60 \text{ mgC/m}^2/\text{day}$, 寒節期에 $11\sim 30 \text{ mgC/m}^2/\text{day}$ 의 범위를 보여, 本 研究에서의 季節別 差異(寒節期에 $13 \text{ mgC/m}^2/\text{day}$, 溫節期에 $31.46 \text{ mgC/m}^2/\text{day}$)와 같은 様相을 보였다. 그러나 生物量이 극히 적은 太平洋 亞熱帶域에서는 $10 \text{ mgC/m}^2/\text{day}$ (Ikeda and Motoda, 1978)로 生産量이 극히 낮지만, 낮은 生物量에 比하면 매우 높은 生産力을 나타내고 있다고 할 수 있다.

이상과 같은 結果로 부터 生産量은 北海와 Georgy Bank등 일부 海域에서 極히 높고 涌승역에서도 높게 나타나는데, 生物量이 높은 高緯度 海域(例, Bering海)에서 낮고 東지나海에서 역시 높지 않은데, 亞熱帶 海域에서 가장 낮은 값을 보여주는 特徵이 있다고 생각할 수 있다.

本 研究 海域에서 生物量과 生産量의 水平 分布(Fig.8, Fig.9)의 特徵으로부터 溫節期에는 높은 값의 分布가 제주해협 또는 濟州道 西北方 海域으로 넓게 펼쳐지는 傾向이 있기는 하지만, 대체로 寒節期와 溫節期 모두 濟州道 南東方 海域에서 높게 나타나고 있었다. 濟州道 南東方 海域은 一般的으로 貧營養 海流인 Kuroshio의 影響을 強하게 받는 海域(朴, 1982)으로 알려져 왔지만 6個年間の 調査에 의한 本 研究 結果에서는 生産量이 相對적으로 높게 나타났다. 이것에 對해서는 物理·化學的 및 生物學的 모든 要因에 기인한 것으로 생각되어야 하겠지만, 本 研究 結果에서 알 수 있는 것은 生物 活動에 큰 影響을 주는 水溫에 크게 影響을 받고 있다는 점과, 貧營養 海域이라 하더라도 많은 動物의 排泄에 依한 營養鹽類 등의 再生(Ikeda et al, 1982; 朴, 1986) 등을 通하여 一定한 생물活動을 유지할 수 있는 要因들에 對해서도 考慮되어야 할 것으로 생각된다. 韓國科學 技術院 海洋 研究所(KORDI)의 報告 結果에 의하면 濟州道 南東方 海域의 海水 流動이 時計方向으로 와류가 同 研究 海域中 다른 海域에 比해서 特異한 現象도 일어나고 있는 점등을 考慮할 때, 複合的인 原因구명을 위한 綜合的인 調査가 이뤄져야 할 것으로 생각된다.

本 研究에서 計算된 平均 生物量에 對한 日間 生産量의 比(daily P/B ratio)는 寒

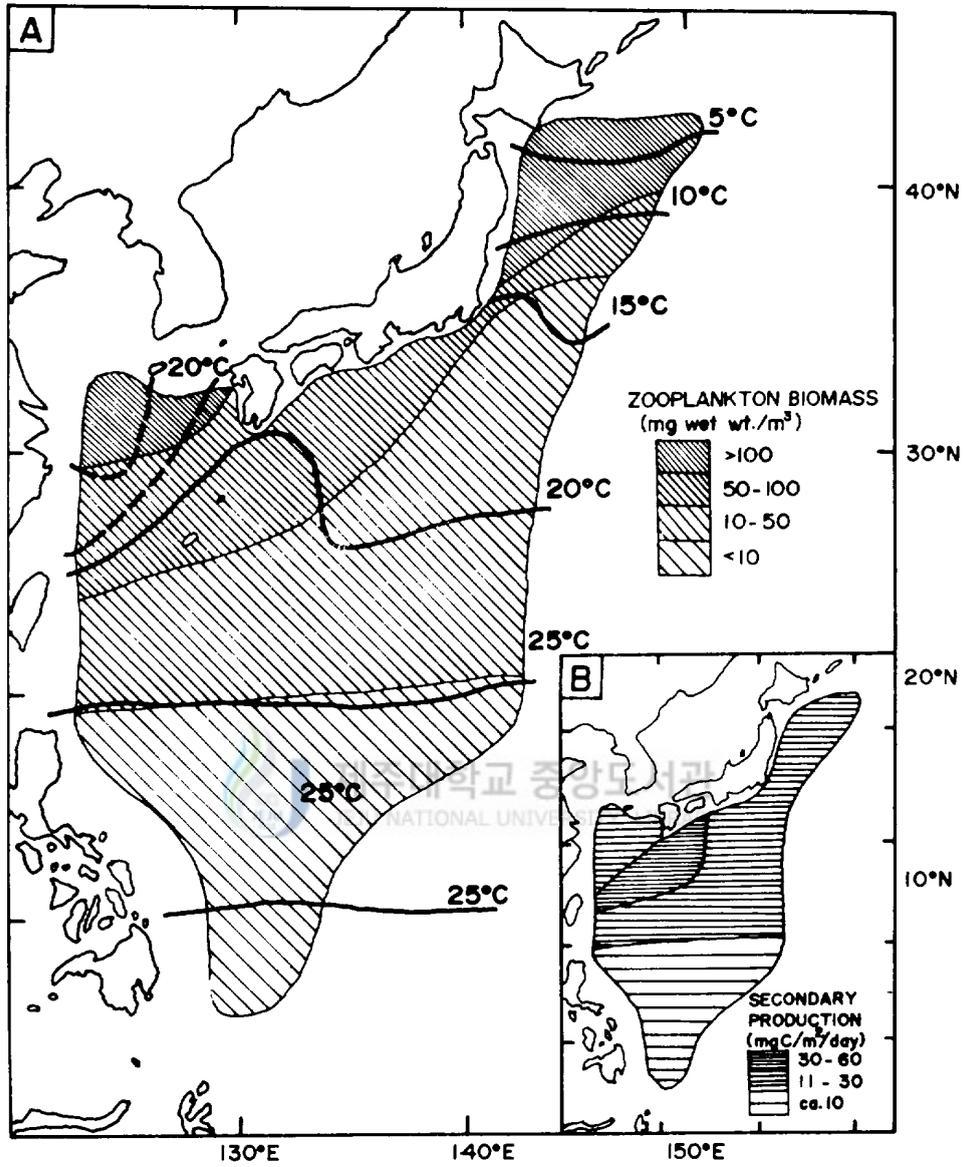


Fig.26. A. zooplankton biomass and isotherms (100—m depth, continuous lines, 50—m depth, broken lines) during the cold season (December~April) in Kuroshio and adjacent seas. B. distribution of estimated secondary production. (After Ikeda and Motoda, 1978).

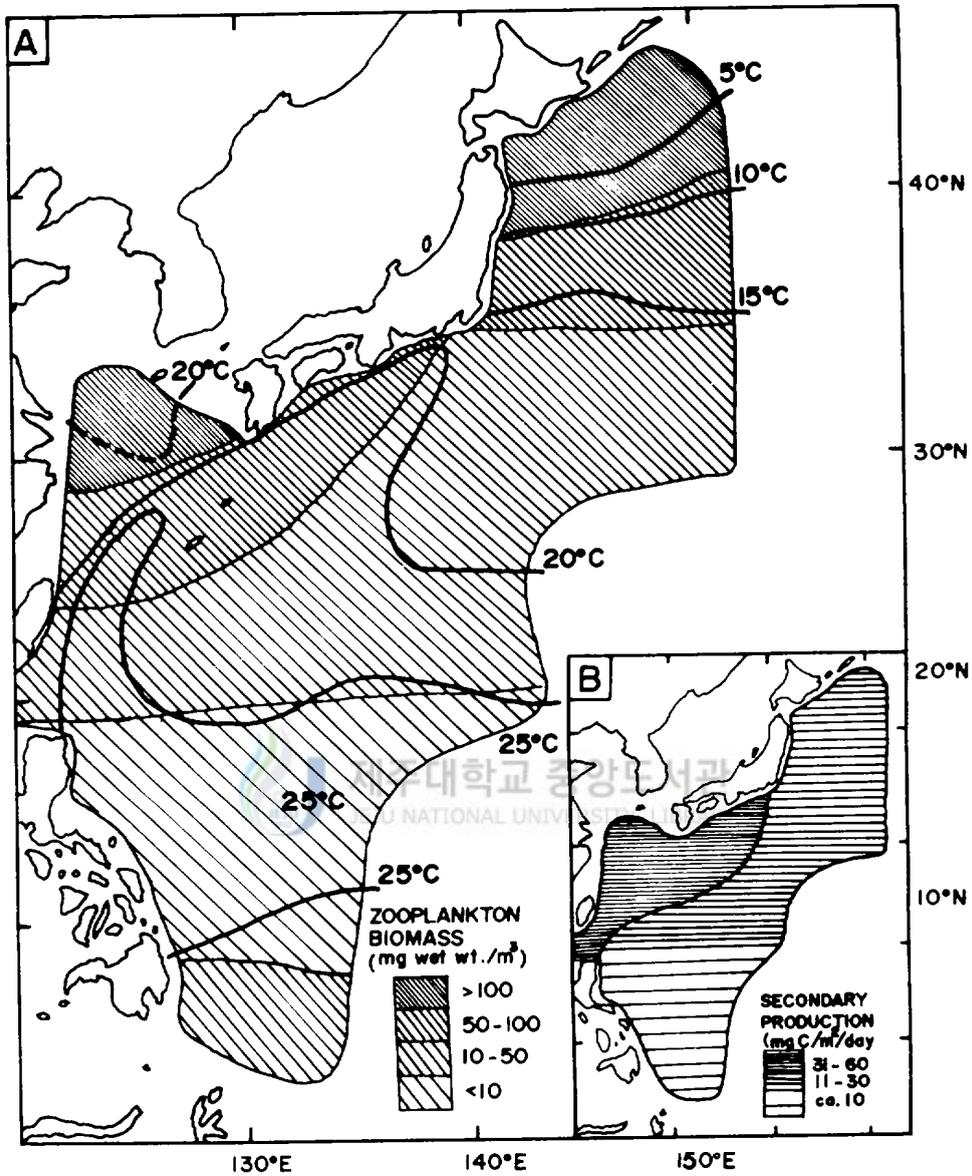


Fig 27. A. zooplankton biomass and isotherms (100—m depth, continus lines, 50—m depth, broken lines) during the warm season (June—October) in Kuroshio and adjacent seas. B. distribution of estimated secondary production(After Ikeda and Motoda, 1978)

節期에 0.07, 溫節期에 0.12로 溫節期에서가 寒節期에서 보다 훨씬 높았다. Ikeda and Motoda(1978)에 의한 北部 北平太洋 및 Bering海에서의 여름철 값은 0.024~0.022, 北海에서의 年間平均은 0.048(Steele, 1958)이고 生物量이 많은 영국해협 (Harvey, 1980)과 Long Island Sound(Conover, 1956)에서는 높아 각각 0.1과 0.17을 기록하고 있기는 하지만 P/B比는 一般的으로 水溫 및 個體數의 크기에 密接한 關係를 보이고 있음은 유추할 수 있다. 이와같은 推定은 Uye(1983)가 橈脚類에서 調査한 P/B比와 溫度와의 높은 상관관계, Ikeda(1974~1986)가 많은 生理實驗 結果로부터 얻어낸 個體數 크기와의 關係로 부터도 뒷받침이 되고 있다.

濟州道 一部 沿岸, 朝天과 新川에서 推定된 平均 二次 生産量은 각각 1.76 mgC/m²/day, 3.69 mgC/m²/day로 新川에서가 朝天에서 보다 約 2배 높게 나타난다(Fig.19, Fig.20). 朝天에서는 8월에 3.96 mgC/m²/day로 가장 높았고, 新川에서는 6월과 11월에 各各 5.41 mgC/m²/day, 5.72 mgC/m²/day로 높게 나타났다. Hisashi와 Shirah(1983)가 Osaka만에서 行한 5월에서 10월까지의 生産量 推定 結果를 보면, 月平均 7.40 mgC/m²/day 및 8월에 最高值인 12.31 mgC/m²/day를 기록, 本 研究보다 아주 높게 나타났다. 이는 Osaka만이 富營養 海域으로 本 研究의 朝天과 新川沿岸보다 훨씬 生産活動이 活發한 곳(Hisashi and Shirah, 1983)이기 때문으로 思料된다. 또한 Uye, Kuwata and Endo(1986)의 日本 内海(Inland of Japan)를 對象으로 報告한 것에 따르면 橈脚類(Copepoda)만의 生産量은 1月(0.6 mgC/m²/day)과 4月(0.9 mgC/m²/day)의 값이 6月, 10月 및 11月の 값 모두 4.9 mgC/m²/day)보다 훨씬 낮게 나타나고 있어서 生物 group別 生産時期와 成長에 따라 季節別 生産量의 變化가 현저한 것이 豫象된다.

2. 群集構造

生物의 多樣度 分析은 種 수준에서 이뤄져야 하지만 많은 Samples에 對한 種의 수준의 資料를 뽑는 데는 各 分野마다의 전문가가 必要하므로, 우선 生物 group別로 나타내어 4개의 Type 海域으로 나타냈다(Fig.11, Fig.12, Fig.13, Table 4, Table 5). Hattori and Motoda(1983) 및 康(1986) 등도 이 方法을 利用하여 調査海域을 多樣度 값의 分布에 의해 區分하므로써 海域마다의 生物 多樣度 特性을 밝혀내고 있는데, 本 研究에서도 마찬가지로 獨特한 分布樣相의 group別로 나눌 수 있었다. 그러나 앞으로는 種 수준의 同定을 토대로한 多樣度 해석이 요망된다.

本 研究에서 4개의 Type으로 나뉜 生物群의 組成은 Type I 海域에서 橈脚類가 90% 이상, Type IV 海域에서 50% 정도의 相對的 出現率을 보이고 있었다. 또한 Hattori and Motoda(1983)가 北西 太平洋에서 3개의 Type으로 구분한 것에서도 Type I 海域에서 寒節期, 溫節期 各各 橈脚類가 95%, 97%, Type III 海域에서는 各各 40%, 69%로 나타나 橈脚類의 出現率 程度가 多樣度 指數에 많은 영향을 주고 있음을 시사해 주고 있다.

生物 group間的 出現 類似度 關係에서 寒節期에는 4개의 群으로 溫節期에는 2개의 群으로 出現하고 있었다. 個體數에 있어서 各各 83%, 91%를 차지하고 있는 群에서, 本 研究 海域에서는 寒節期에 強한 Kuroshio 海流의 영향을 강하게 받는 반면 溫節期에는 相對的으로 적게 받아 生物의 多樣性의 面에서의 差異에 기인한 것으로 생각되어진다. 韓國近海의 動物性 浮游生物의 研究에서 溫節期보다 寒節期에 즉, 8月보다 3月에 生物 group別 生物의 더욱 복잡하게 出現類似을 보였고(朴, 1973), 南海岸에서도 本 研究의 寒節期에 包含되는 4月과 11월에 비교적 복잡하고, 8月과 10월에 比較的 單純한 結果를 찾아볼 수 있었다(康, 1986). 그리고 Hattori and Motoda(1983)의 北西太平洋의 動物 plankton 群集 研究 報告에서도 本 研究 海域과 同一한 제주도 海域에서 寒節期가 溫節期에 비해서 훨씬 복잡함을 찾아볼 수 있었다.

新川沿岸에서는 橈脚類와 毛顎類에 대해서 種間 出現 類似關係가 규명되었다(Fig.22, Fig.23). 橈脚類의 出現 類似群은 모두 5개의 群을 形成하고 있었으나, 第一群은 巨大하였는데, 이는 新川沿岸은 2개의 河川과 濟州道 南東部 沿岸으로서 다른 沿岸보다 비교적 Kuroshio 海流의 영향을 강하게 받는 特異한 沿岸으로 이해될 수 있다고 생각된다.

毛顎類는 水塊指標 生物로서 많이 利用되는 生物群으로서(朴, 1969, 1972; 김, 1987), 本 研究에서는 그 出現은 沿岸種 혹은 暖流性 外洋種으로 높은 유사도의 出現을 보였다. 新川沿岸은 水深 20m이하의 沿岸域에 속하지만 육수의 流入이 많고, 또한 外海에서 흘러 들어오는 난류의 영향을 강하게 받고있다는 것을 뒷받침해 주고 있다고 사료된다.

V. 結 論

1981년부터 1986년까지 年2·3미씩 MTD形 plankton net로 表層에서 水深 50m까지 垂直 曳引 採集된 試料을 對象으로 하여 調査한 結果는 다음과 같다.

1. 調査期間동안 全體 研究海域에서 出現한 動物 plankton의 主要群은 橈脚類(Copepoda) 77.4%, 毛類類(Chaetognatha) 4.8%, 介形類(Ostracoda) 2.9%, 甲殼類幼生(Crustacea nauplii) 2.9%, 枝角類(Cradocera) 2.8%, 端脚類(Amphipoda) 1.7%, 昆虫類(Appendicularia) 1.5%, 난바다공쟁이類(Euphahausiacea) 1.3%, 十脚類(Decapoda) 1.2%이었다.

2. 單位 體積當 平均 個體數는 寒節期와 溫節期가 비슷하여 各各 319 Inds./m³, 339 Inds./m³였으나, 最少值(14 Inds./m³)와 最高值(5,926 Inds./m³)間에는 큰 差異를 보였고 季節別 密度 分布가 海域에 따라 달라 대체적으로 寒節期에는 濟州道 南東方 海域에서, 溫節期에는 濟州道 北西方 및 濟州道 南方沿岸 海域에서 높게 나타났다.

3. 單位 體積當 平均 生物量은 寒節期와 溫節期에 있어서 各各 48.81mg/m³, 77.83mg/m³로 溫節期에 더 높게 나타났고, 生物量 역시 季節別로 差異가 있어 寒節期에는 濟州道 東南方 海域에서, 溫節期에는 濟州道 東南方 및 濟州道 北西方 海域에서 相對적으로 높게 나타났다.

4. 寒節期와 溫節期の 生産量은 그 數値에서 큰 差異를 나타내어 溫節期에서 (平均 31.46mgC/m²/day)가 寒節期(平均 12.96mgC/m²/day)에 비해 2.43배 程度 높으며, 高 生産量을 나타내는 海域도 현저히 달라서 寒節期에는 濟州道 東南方 海域이, 溫節期에는 一部 東南方 海域과 北方 海域이 相對적으로 높아 生物量 分布와 類似한 傾向을 보이고 있었다.

5. 研究 全體 海域의 50m 水柱內에서 推定된 年間 2次 生産量은 약 60,000tonC/year로 推定되었다.

6. 寒節期와 溫節期の 平均 日間 P/B比(daily P/B ratio)는 各各 0.07, 0.12로 溫節期에 높고, 生物量은 적으나 個體數가 많은 海역(즉 生物의 크기가 작음) 및 溫度가 높은 海域에서 높게 나타나는 傾向이 있다고 推定할 수 있었다.

7. 多樣度は, 寒節期에 대체로 濟州道 全 沿岸을 包含하는 北方 海域과 西南方 및 南方 外海域을 中心으로 多様な 生物 group이 出現하고 있으며, 溫節期에는 一般的으로 寒節期에 높은 多樣度の 海域에서는 溫節期에 낮게, 寒節期에 낮게 나타나는 곳에서는 溫節期에 높게 나타나 正反對의 傾向을 보이고 있었다.

8. 情報量 指數(H') 1.0이상의 높은 값은 寒節期보다 溫節期에 넓게 分布하고 있었으며, 대체적으로 寒節期에는 濟州道北方과 南方海域에서 낮은 값을, 溫節期에는 西方海域과 南方海域쪽에서 낮은 값의 情報量 指數를 나타내고 있었다.

9. 多樣도에 의해서 4Type의 海域으로 나뉘었는데, Type別 海域에서의 生物組成 特徵은, Type I 海域에서 季節에 關係없이 橈脚類가 90% 이상으로 거의 大部分을 차지하고 다른 生物群의 出現빈도가 아주 낮아지게 되고, Type IV 쪽으로 갈수록 橈脚類의 相對的 出現이 낮아져 다른 生物群도 많이 出現하여 多様な 生物群集의 樣相을 나타내고 있었다.

10. 生物 group間 出現 類似度 分析 結果로부터, 寒節期에는 4개의 群, 溫節期에는 2개의 群으로 크게 나눌 수 있었고, 이들 主要 出現 生物 group에 속하는 個體數는 各各, 全體의 83%, 91%를 차지하고 있었다.

11. 朝天沿岸에서 週年間 採集된 資料에서 推定한 第二次 生産量은 평균 $1.76\text{mgC}/\text{m}^3\text{day}$ 로 水溫($3.96\text{mgC}/\text{m}^3\text{day}$), 容存酸素, 榮養鹽, 水溫, 植物 plankton 細胞數가 낮은 3월에 最少值($1.01\text{mgC}/\text{m}^3\text{day}$)를 나타내고 있었다.

12. 新川沿岸의 年平均 第二次 生産量은 $3.69\text{mgC}/\text{m}^3\text{day}$ 이었고, 水溫, 榮養鹽 植物 plankton의 密度가 높은 6월과 11월에 높았으며, 生物量에 對한 일간 生産量의 比(P/B ratio)는 水溫이 높은 時期에 높아짐을 알 수 있었다.

13. 新川沿岸에서 分析한 橈脚類와 毛類類의 種間 出現 類似 關係에서 橈脚類와 毛類類는 各各 5개, 4개의 群으로 出現하고 있었는데, 沿岸種 혹은 暖流種이 主要 群集을 이루어 類似하게 出現하고 있음을 알 수 있었다.

參 考 文 獻

- 崔孝, 奉鍾憲, 朴庸向, 盧洪吉, 高有峰, 全得山, 尹正守, 1986. 파랑도(Socotra rock)와 그 주변 해역의 다목적 이용 개발을 위한 조사 연구(I). 한국과학 기술원 해양연구소. p.196. BSPE 007~107~1.
- Conover, R. T., 1956. Bull. Bingham Oceanogr. Coll. 15, pp.156~233.
- Corner, E. D. S. and A. G. Davies., 1971. Plankton as a factor in the nitrogen and phosphorus Cycles in the sea. Adv. Mar. Biol. 9, pp.101~204.
- Cushing, D. H., 1971. Upwelling and the production of fish. Adv. mar. Biol., 9, pp.255~234.
- Davis, R. A., 1972. Principles of Oceanography. Addison-Wesley Publ. Co. pp.268~269.
- 高有峰, 全得山, 1983. 서귀포産 자리돔의 漁獲改善 및 畜正利用을 위한 資源生物學的研究-II. Bul. Mar. Res. Inst. Cheju Nat. Univ. 7, pp.15~21.
- 高有峰, 全得山, 1984. 濟州道 三陽沿岸域에서의 플랑크톤 研究. Bull. Mar. Resour. Res. Inst. Cheju Nat. Univ., 8, pp.19~30.
- 高有峰, 朴吉淳, 朴庸向, 尹正守, 楊城其, 全得山, 1984. 濟州朝天地區 海洋觀光團體造成에 따른 海洋學的 基礎調査. 濟州大學校 海洋科學大學. p.113.
- 高有峰, 全得山, 崔永贊, 高基源, 吳奉喆, 申昭燮, 金尙賢, 1987. 소라의 增産에 관한 學術研究報告書. 濟州大學校 海洋資源研究所. pp.21~88.
- Go, Y. B., 1987. Zooplankton Community and Biomass on the Coast of Sincheon, South eastern Part of Cheju Island. Bull. Mar. Resour. Res. Inst. Cheju Nat. Univ. Vol. 11. 41~51.
- 木元新作, 1976. 動物群集研究法 I - 多様性と種類組成 - 生態學研究法 講座 14, 共立出版株式會社, pp.192.
- Hattori H. and S. Motoda. 1983. Regional Diference in Zooplankton communities in the Western North Pacific Ocean (CSK Data). Bulletin of Plankton Society of Japan Vol.30, No.1, pp.53~63.

- Harvey, H. W. 1950. On the production of living matter in the sea off Plymouth.
J. mar. biol. Ass. U. K., 29, pp.97~137.
- 弘田禮一郎, 1982. シンポジウム“沿岸域における動物プランクトンの生態的特性
— 特に季節的消長と分布について”, Bulletin of Plankton Society of Japan
Vol.29, No.1, pp.49~51
- Ikeda, T., E. H. Fay, S. A. Hutchinson and G. M. Boto. 1982. Ammonia and
Inorganic Phosphate Excretion by Zooplankton from Inshore Waters of the
Great Barrier Reef, Queensland. I. Relationship between Excretion Rates and
Body Size. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 33, pp.55~70.
- Ikeda, T. 1985. Metabolic rate of epipelagic marine zooplankton as a function of
body mass and temperature. Marine Biology 85, pp. 1~11.
- Ikeda, T. 1970. Relationship between Respiration Rate and Body size in Marine
Plankton Animals as a Function of the Temperature of Habitat. Bulletin of the
Faculty of Fisheries, Hokaido Univ. Vol.21 No.2, pp. 91~112.
- Ikeda, T. and Motoda. 1975. An Approach to the Estimation of Zooplankton
Production in the Kuroshio and Adjacent Regions. Symp. Papers. Session 2.
Fish. Oceanogr. pp. 291~295.
- Ikeda, T. and Motoda, S. 1978. Estimated Zooplankton production and their
Ammonia Excretion in the Kuroshio and Adjacent Seas. Fishery Bulletin
Vol.76, pp. 356~367.
- Ikeda, T. and Motoda, S. 1978. Zooplankton Production in the Bering Sea
Calculated From 1956~1970. Oshoro Maru Data. Marine Science Communica-
tions, 4(4), pp. 329~346.
- 井上尚文, 1981. 東シマ海および對馬暖流域における海況特性. 五島生物の生物—壹
岐・對馬との對比—長崎縣生物學會.
- 康英實, 1986. 韓國 南海岸 動物性 浮游生物 群集相의 地域的 差에 關한 研究.
Bull. Fish. Dev. Agency. 37, pp.35~44.
- 姜喆中, 1974. 韓國 南海岸 沿岸水의 季節變動에 關한 研究. 國立水產振興院 研究
報告. 12, pp.107~121.
- 金原稜, 1989. 韓國産 毛顎類의 分類學的 研究. 漢陽大學校 碩士學位論文. pp. 55.
- 箕田 嵩, 1982. 熱帶・亞熱帶外洋域の動物プランクトン現存量と種の多様性. SYM-

- POSIUM 熱帶・亞熱帶海域の外洋生態系/7. pp.39~44.
- Kim, Dong-Yup. 1985. Taxonomical Study on Calanoid Copepoda (Crustacea: Copepoda) in Korean Waters. Thesis for Doctor. H.Y.U. pp.187.
- Kondo, M., 1985. Oceanographic investigation of fishing grounds in the East China Sea and the Yellow Sea- I. Characteristics of the mean temperature and Salinity distributions measured at 50m and near the bottom. bull. Seilkai Reg. Fish. Res. Lab., No.62, pp.19~66.
- Larrance, J. D., 1971. Primary production in the midsubarctic Pacific region. 1966~1968. Fish. Bull. U.S., 69, pp.595~613.
- 李三頌, 1986. 韓國 南海岸 Calanoid 幼生期의 形態學的 研究. Bill. fish. Res. Dev. Agency, 37, pp.45~150.
- Longhurst, Alan R., 1985. The Structure and Evolution of Plankton Communities. Prog. Oceanog. Vol. pp.1~35.
- Madhupratap, M. and Takashi Onbé, 1986. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 23, pp.725~737.
- McAllister, C. D., 1972. Estimates of transfer of primary production to secondary production at ocean station. pp.575~579.
- Minoda, T. and S. Motoda, 1974. Plankton of the Bering Sea. Oceanography of the Bering Sea (D. W. Hood and E. J. Kelly, Eds) pp.207~241.
- Minoda, T. and H. Takao., 1982. Zooplankton Community in the cove of Cumberland Bay, south Georgia in the Southern Summer From January to February 1973. National Institute of Polar Research. pp.32~38.
- Motoda, S. and M. Takashi, 1972. Herbivorous zooplankton food Phytoplankton Relationship in the Western North Pacific (142°E). "The Kuroshio II" Proc. of the 2nd CSK Symposium, Tokyo, 1970 (ed. K. Sugawara) pp.213~217.
- Motoda, S., A. Taniguchi, and T. Ikeda., 1972. Plankton Ecology in the Western North Pacific Ocean, Primary and Secondary Productivities. Section III of the Indo-Pacific Fisheries Council Proceedings, 15th session, Wellington, Newzealand. pp.18~27. Symposium on Coastal and High seas Pelagic Resources IPFC Procs. 15(III).
- Motoda, S. and T. Minoda, 1972. バーリング海峽 生物群集.

- Oceanography of the Northern North Pacific Ocean, (ed. A. Y. Takenouti et al.) Idemitsu Shoten, Tokyo.
- 元田 茂, 箕田 嵩, 1972. 月刊「海洋科學」Marine Sciences/Monthly. Vol.4, pp. 451~459.
- 村野正昭, 箕田 嵩, 1984. “動物プランクトン”. 日本プランクトン學會報創立 30周年記念號別刷 pp.33~86.
- Makao, T., 1977. Oceanic variability in relation to fisheries in the East China Sea and the yellow sea. J. Fac. Mar. Sci. Tech., Tokai. Univ., Japan. Spec. pp. 190~367.
- 西田周平, 1984. 浮遊性かいあし類の分類. 日本プランクトン學會報 創立 30周年記念號 pp.36~40.
- 南基樹, 卞相慶, 李島洙, 洪在上, 蔣舜權, 蔡璋源, 崔孝, 1987. 韓國海域 綜合海洋資源圖 作成研究. 一南海(豫備調査), 韓國科學技術院 海洋研究所(KORDI) 科學技術處, p.357. BSPG00046-163-7.
- Omori, Makoto and Tsutomu Ikeda, 1984. Methods in Marine Zooplankton Ecology. A Wiley-Interscience Publication, New York pp.332.
- Onbé, T. 1985. Seasonal fluctuations in the abundance of populations of marine Cladocerans and their resting eggs in the Inland Sea of Japan. Marine Biology 87. pp.83~88.
- 朴周錫, 1967. 冬季 한국 근해의 水塊指標性 毛類類. The Journal of the Oceanological Society of Korea. Vol.2, No.1-2. pp.24~41.
- Park, Joo-Suck, 1967. Note sur les Chaetogantes indicateurs planctoniques dans la mer Coréenne en hiver. The Journal of Oceanological Society of Korea. Vol.2, No.1-2, pp.34~41.
- 朴周錫, 1970. 한국 근해의 모악류(毛類類)에 관한 연구. Bulletin of Fisheries Research & Development Agency PUSAN, KOREA. No.6 pp.174.
- 朴周錫, 1973. 韓國近海 動物性 浮遊生物의 主要群의 量的 分布. The Journal of Oceanological Society of Korea. Vol.8, No.1, pp.33~45.
- 朴周錫, 1973. 大韓海峽의 浮遊性 毛類類의 垂直分布와 水塊流動. The Journal of Oceanological Society of Korea. Vol.7, No.1, pp.22~32.
- Park, Joo-Suck, 1984. Relationship between the Composition of Food Organ-

- isms of Skipjack Tuna *Katsuwonus pelamis* and Plankton in the waters Adjacent to Cronulla, New South Wales, Australia. The Journal of the Oceanological Society of Korea Vol. 19, No.1, pp.01~10.
- 朴吉淳, 1982. 濟州島 沿岸海水의 營養鹽流에 關한 研究. 韓水誌. 15(4), pp.255~262.
- 朴龍喆, 1986. 韓國 東南海域에서의 動物性浮游生物에 의한 窒素營養染 再循環 및 Glutamate dehydrogenase의 生化學的 酵素 活性度에 關한 研究. The Journal of the Oceanological Society of Korea. Vol. 21, No.2, pp.110~117.
- 박철, 1982. 춘계 한국 서해역에서의 동물 플랑크톤의 종조성 및 양적 분포에 관한 연구. Thesis for Masters S.N.U pp.42.
- Riley, G. A., 1947. A theoretical analysis of the zooplankton population of Georges Bank. J. mar. Res., 6, pp.104~113.
- Riley, G. A., 1956. Oceanography of Long Island Sound, 1952~1954. IX. Production and utilization of organic matter. Bull. Bingham oceanogr. Coll., 15, pp.325~344.
- Saraswathy, M. 1982. Siphonostomes (Copepoda-Cyclopoida) from Indian Ocean. Journal of Plankton Research. Vol.4, No.3, pp.633~641.
- 關口秀夫, 1984. 浮遊性 かいあし類の 分布生態. 日本プランクトン學會報 創立 30周年 記念號. pp.40~43.
- 城久, 宇野史郎, 1983. 大阪灣における動物プランクトンの現存量とそれから見積られる生産量. Bulletin of Plankton Society of Japan Vol.30, No.1, pp.41~51.
- Shim, J. H. and C. P., 1982. On the composition and the abundance of zooplankton in the Yellow Sea in April, 1981. The Journal of the Oceanological Society of Korea. Vol.17, No.2, pp.95~101.
- Shim, J. H. and W. H. Lee, 1983. Plankton study in south eastern sea of Korea. The Journal of the Oceanological Society of Korea. Vol.18, No.2, pp.91~103.
- 沈載亨, 李東燮, 1983. 群山 近海産 動物플랑크톤에 關한 研究. Proc. Coll. Natur. Sci., SNU. Vol.8, pp.121~140.

- 沈載亨, 李東燮, 1986. Studies of the Plankton in the South western Waters of the East sea (Sea of Japan)(Ⅲ). Zooplankton—Standing stock, composition and Distribution. The Journal of the Oceanological Society of Korea. Vol.21, No.3, pp.146~155.
- Steedman, H. F. 1976. Zooplankton fixation and preservation. The Unesco Press Paris. pp.350.
- Steele, J. H.. 1958. Plant production in the northern North sea. Mar. Res., 7, pp.1~36.
- Steele, J. H. 1974. The structure of marine ecosystems. Harvard Univ. Press. Camb., Mass., pp.128.
- Taniguchi, A.. 1973. Phytoplankton—Zooplankton relationships in the western pacific ocean and adjacent seas. Mar. Biol., 21, pp.115~121.
- 谷口旭, 1975. “動物プランクトンの生産生態”(海洋科下基氣講座 6), 海洋プランクトン(元田茂編). 東海大學出版會, 東京, pp.119~235.
- 辻田時美, 1982. シッポソウム「水産海洋」日本近海漁業資源の生産力評価—生物生産と環境變動—. 水産海洋研究會報 第42號.
- Uye, S.. 1982. Seasonal cycles in Abundance of Major Holozooplankton in the Innermost part of Onagawa Bay, Northeast Japan. J. Fac. Appl. Biol. Sci. Hiroshima Univ. 21, pp.1~10.
- Uda, M.. 1934. The result of simultaneous oceanographical investigation in the Japan Sea and its adjacent water in May and June, 1932. J. Imp. Fish. Exp. St.7, pp.91~151.
- Uye, S., Y. Iwai and S. Kasahara. 1983. Growth and production of Inshore Marine Copepoda *Pseudodiaptomus marinus* in the Central Part of the Inland sea of Japan. marine Biology 73. pp.91~98.
- 上眞一, 1984. 内灣性かいあし類の個體群動態と生産に関する研究. Journal of the Oceanographical Society of Japan Vol.40, No.2. pp.163~174.
- 上眞一, 1985. 沿岸生態系における動物プランクトンの機能的役割. Bulletin on Coastal Oceanography Vol.22, No.2.

- Uye, S. 1985. Resting Egg Production as a Life History strategy of Marine Plankton Copepods. Bulletin of Marine Science 37(2). p.440~449.
- Uye, S., K. Hiroshi and E. Takuo, 1986. Standing stocks and Production Rate of Phytoplankton and planktonic copepods in Inland Sea of Japan. Journal of the Oceanographical Society of Japan Vol.42, No.6, pp.421~434.
- Vanderspel, S. and A.C. Pierrot - Bults, 1979. Zoogeography and diversity of plankton. Halsted Press, A Division of John Wiley & Sons. Inc., pp.110, 605 Third Avenue, New York, N.Y. 10016.
- Winbrg. G. G. 1956. Rate of metabolism and food requirements of fishes. Nauchn. Tr. Belorussovo Gos. Univ. Minsk. U.S.S.R. pp.253.
- 劉光日, 崔乘民, 1985. 韓國產 곤쟁이, *Neomysi awatschensi* (甲殼綱 : 곤쟁이目)의 生物學的 研究. The Journal of the Oceanological Society of Korea. Vol.20, No. 2, pp.61~66.



謝 辭

부족한 점이 많은 저를 學文의 길로 引道하여 주시고, 本 論文이 完成되기까지는, 남달리 바쁘심에도 불구하고, 精誠으로 指導하여 주신 高有峰 교수님께 깊숙히 머리숙여 感謝를 드립니다.

아울러 本 論文에 많은 觀心을 가지시고 조언을 아끼지 않으신 尹正守 교수님, 崔永贊 교수님 및 李峻佰 박사님께 심심한 감사를 드립니다. 또한 기회 있을때마다 충고와 재찍으로 바로잡아 주신 函陽대학교 劉光日 교수님과 서울대학교 안희수 교수님께 감사를 드리오며, 그 외에도 항상 관심을 가지시고 직접·간접으로 도움을 주신 주위 여러분들께도 깊은 감사 올립니다.

그리고 장기간에 걸친 試料 採集에 협조를 아끼지 않으신 本大學校 實習船, 제주 401號 정용진 선장님과 제주 402號 오만홍 선장님을 비롯하여, 많은 고생을 하신 승무원 여러분께 감사드립니다. 특히 여러 차례의 冬季觀測에서 계속되는 악천후에도 불구하고 기꺼이 배를 움직여 일련의 觀測들을 성공으로 이끌게 하여주신 선장님들의 땀과 결단에 우리나라는 존경의 마음을 表합니다.

또한 試料 採集에 주축이 되었을 뿐만 아니라 방대한 자료 정리에 고생을 같이 해준, 희섭, 석훈, 상욱, 경민, 재석, 형범, 행근, 명호군 및 미정양께도 그 고마움을 表하고, 본 학과에서 공부하고 있는 同學들께도 감사함을 느낍니다.

마지막으로 오늘의 제가 있기까지 끝없는 기도와 함께 뒤를 보살펴 주신 연로하신 부모님과 물심양면으로 도와주신 형님 가족들께 이 작은 영광을 돌리며, 일생을 희생으로 점철하셨고 최후의 순간까지 철저한 희생으로 이승을 떠나신 누님의 영전에, 시작에 불과한 이 작은 결실을 올립니다.