

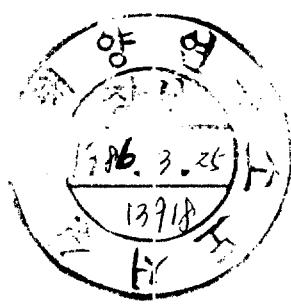
BSPE 00061-100-3

大單位 發電所 溫排水가 固着性 底棲動物群集의
遷移過程에 미치는 影響에 관한 研究

Studies on the effect of Cooling Water Discharges
from Power Plants on the Sessile Zoobenthos.

1986. 3.

韓國科學技術院
海洋研究所



提　　出　　文

海洋研究所長　責下

本 報告書를 大單位 發電所 溫排水가 固着性 底棲動物 群集의 遷移過程에 미치는 影響에 관한 研究의 最終報告書로 提出합니다.

1986年 3月 31日

韓國科學技術院 海洋研究所

總括研究責任者：異　舜　吉

要 約 文

1. 題 目

大單位 發電所 溫排水가 固着性 底棲動物 群集의 遷移過程에 미치는 影響에 관한 研究

2. 研究開發의 目的 및 重要性

現在 우리나라에서 가동중에 있는 大單位 發電所들은 대부분 1회 冷却方式을 採擇하고 있으며 建設과 稼動의 容易性에 따라 앞으로도 이 방식을 계속 사용할 것으로 생각된다. 급격히 증가하는 電力需要에 부응하기 위하여 서기 2,001년도에는 發電量이 약 38.8GW로 증가되어야 할 것이며, 대부분 임해지역에 건설되어 海水를 冷却水原으로 이용할 것으로 展望된다. 따라서 發電技術의 획기적인 發展이 없는 한 1GW의 發電을 위하여 초당 약 50 t의 冷却水가 必要하므로 서기 2,001년도에는 년간 약 580 億 t이라는 막대한 양의 海水가 冷却水로 사용될 것이다.

溫度는 海洋生態系에 있어서 가장 중요한 환경요인일 뿐만 아니라 모든 해양 물리학적 특성과 화학 반응작용도 溫度에 따라 變하고 있어 생물체는 미세한 溫度의 變化에도 매우 민감한 반응을 보이고 있으며, 특히 冷却系統에 막대한 피해를 주는 固着性 底棲動物은 運動力이 없기 때문에 환경요인 특히 溫度變化에 대한 指標種들이 될 수 있다. 이런 사실을 감안하여 근간 이부분에 대한 研究가 國內外에서 많은 관심을 끌고 있으나 우리나라 경우 단편적으로 실시되고 있을 뿐 아직 체계화되어 있지 못한 실정이다.

따라서 본 연구는 三浦火力發電所의 冷却系統의 固着性 底棲動物 群集의 遷

移에 미치는 影響을 定量·定性的으로 分析 評價하여 溫排水 影響을 감소시킬 수 있는 방안을 강구하는 기본 資料로 活用함과 아울러 冷却系統에 피해를 입히는 附着生物 구제를 위한 기본資料로 이용하며, 특히 본 研究所에서 수행중인 高級魚種增·養殖 技術開發事業 및 人工 真珠養殖技術 開發事業에 必要한 溫排水를 이용한 越冬技術 開發에 直接 活用하는데 있다.

III. 研究開發의 內容 및 範圍

本 研究는 慶南 固城郡 下二面 소재 韓國電力公社 三千浦 火力發電所 冷却系統을 대상으로 하며, 發電所의 溫排水가 基礎生產力 및 固着性 底棲動物의 遷移에 미치는 影響을 究明하기 위하여 실시되었다. 주요 내용은 取水口·排水口에서의 격월별 基礎生產力 조사와 取水口, 排水口 및 溫排水 擴散區域에서 실시한 固着性 底棲動物의 遷移過程에 관한 연구이었다.

IV. 研究開發 結果 및 活用에 대한 建議

研究開發結果

三千浦 火力發電所 排水口의 水溫은 溫排水 擴散區域과 取水口보다 각각 6~7°C와 3~4°C 높았으며 그 差異는 여름철 高水溫期 때 가장 높았고 겨울철에 가장 낮았다.

取水口의 純基礎生產力은 3.28 ~ 29.53 mg C / m³ / h로써 排水口의 -2.35 ~ 10.78 mg C / m³ / h보다 높았다. 한편 水溫이 낮은 11월에는 오히려 排水口의 純基礎生產力이 取水口보다 높았는데 이는 水溫에 따라서는 發電所 冷却系統에 의하여 입는 피해보다도 水溫上昇으로 인하여 얻는 利益이 더 클 수도 있다는 것을 암시해 준다.

전체적으로 볼때 조사기간中 發電所 冷却系統이 식물부유 생물의 純生產力에 미치는 影響은 6.2 ~ 36.8 %의 범위이며 이는 우리나라 沿岸漁場의 生產力과 비교할 때 最大 3ha에 달하는 양이다.

조사기간中 부착판에 출현한 底棲動物은 총 81種이었으며 取水口에서 58種, 排水口에서 35種, 溫排水擴散區域에서 53種이 출현하였으며 生物量은 溫排水擴散區域이 제일 많았다.

種多樣性 指數로 볼때 取水口와 溫排水 擴散區域 間의 상반된 값을 볼 수 있으며 지수곡선의 變化는 2개월의 간격을 두고 비슷하게 變化하는데 이는 두 地域間의 溫度差異가 平均 4 °C이며 조사기간中 平均水溫의 增加가 月 2 °C 内외인 것을 감안할 때 溫排水의 影響으로 인한 것으로 볼 수도 있다.

한편 優占度를 비교할 때 取水口는 어느정도 안정된 動物群集의 水準이었으나 溫排水區域에서는 소수의 우점종이 뚜렷이 나타나고 있어 주위의 環境要因이 소수의 特定種에 유리하게 나타나고 있다는 것을 알수 있었다.

排水口에서 낮은 種分化度를 나타낸 것은 溫度의 影響보다는 溫排水의 빠른 流速에 인하여 부착기 유생들이 着生하지 못한 것으로 생각된다.

전체적으로 볼때 발전소 冷却系統에 의한 影響은 溫排水 擴散區域의 底棲動物의 生物量을 높이는 결과를 초래하여 큰 문제는 없는듯 하나 높은 溫度는 動物群集의 種組成을 變化시키는데 충분한 影響을 미치고 있었다.

綜合建議

三千浦火力發電所 뿐만이 아니라 임해지역에 위치하여 海水를 冷却水로 사용하는 모든 種類의 發電所의 冷却系統에 의하여 海洋生態系가 입는 影響은 어느 정도 불가피하다. 이러한 影響, 즉 溫度에 의한 影響은 여름철 高水溫期에는 몇몇 生物에게는 치명적일 可能性이 있는 반면 봄, 가을, 겨울철에는 生產力を 높

여줄 수도 있다. 발전소 冷却系統의 설계는 여름철 高水溫期에 海洋生態系에 미치는 影響을 고려하여야 한다. 또한 그 外의 계절에는 溫排水를 이용하여 海洋의 生產力を 높여줄 수 있는 方案을 강구하여야 하며 溫排水를 養殖產業에 이용하는 것이 그 해답이 될 수 있다.

한편 부착생물 제거를 위한 藥品處理는 부착생물의 부착시기에 맞추어 투여하는 것이 바람직하며, 三千浦 火力發電所의 경우 5월과 6월, 11월에 집중 투여하는 것이 따개비류나 석회관을 형성하는 갯지렁이를 제거하는데 效果가 클 것으로 생각된다. 또한 부착생물의 量이 감소하고 새로이 부착하는 生物이 적은 겨울철에는 가급적 藥品處理를 줄이거나 중지하여, 溫排水를 養殖產業(水產生物의 越冬 및 育成)에 이용하였을 경우 藥品에 의하여 養殖生物이 입는 피해를 줄이는 것이 바람직하다.

SUMMARY

I. Title

Studies on the effect of cooling water discharges from power plants on the sessile zoobenthos.

II. Significance and objectives of the study

With the rapidly increasing demand of electricity in recent years, the total generating power in Korea will be 38.3GW in 2,001. Considering that the most of large units of fossile fueled and nuclear power plants have been/will be located coastal areas to use sea water for the condenser cooling, cooling water discharges from power plants will reach up to $58\text{Km}^3/\text{year}$ or about 45% of the annual rain fall when the all power plants will apply once through cooling system with 33% of thermal efficiency and 7°C of ΔT .

As temperature is the most important factor governing marine ecosystem, this large volume of cooling water discharge will, beneficially or detrimentally, affect marine ecosystem to a certain degree. Sessile benthic invertebrates, due to inability to move away from heated water, are directly exposed to large temperature changes

and receive more affects than other marine organisms. For this reason, the sessile zoobenthos are used as indicator organisms of thermal pollution. However, little is known on the effects of cooling water discharges from power plants on the sessile zoobenthos in the Korean waters.

The main objectives of the study are to analyse the effects of cooling water discharges from power plants on sessile organisms and the rate of primary production of phytoplantion, and to provide basic ideas to be used in aquacultures of marine organisms using heated water from power plants.

III. Scope of the study

The study was designed to analyse the effects of cooling water discharges from power plants on the rate of primary production of marine phytoplantokon and the succession of sessile zoobenthos.

The major study items were the bimonthly determination of the primary production of phytoplankton using light and dark bottle method at intake and discharge area, and monthly investigation of the succession of sessile zoobenthos on the experimental plates at intake, discharge and thermally altered area.

IV. Result of the study and suggestion

Result of the study

The water temperature at discharge area was 3 to 4°C higher than that of thermally altered area and 6 to 7°C higher than that of intake area.

The net primary production rate at intake area showed 3.28 to 29.53 mg C/m³/h. The highest adverse effect on the net primary production was observed on September when the maximum water temperature at discharge area reached up to 34°C. However, heated water accelerated net primary production on November. The average adverse effects of cooling water discharges on net primary production was assumed to be 6 to 37% and may equivalent to the production in 3ha of coastal water.

Totally 81 species of benthic invertebrates were found on the experimental plates during the study. Intake area comprised 58 species, discharge area contained 35 species and thermally altered area comprised 53 species. The lowest species composition at discharge area seemed to be caused by high velocity of discharged water, however, there was some confidence that the heated water also affected the species composition in a certain degree.

There were two month deviation between intake and thermally altered area for the tendencies of fluctuation curves of species diversity and dominance indices. Considering that the difference of water temperature between these two point was about 4°C and monthly changes of water temperature was about 2°C , it seemed that this phenomenon was caused by cooling water discharges from power plant.

The cooling water discharges from Samcheonpo Power Plant seemed to increase the total biomass of zoobenthos at thermally altered area. However, in other hand, it altered the species compositions and shifted the dominant species.

Suggestions.

It is recommended that much care should be taken to reduce adverse effects of cooling water discharges from power plants, especially during summer season. Use of heated water in aquaculture can partly reduce the damage to the marine environment by reducing the heat load on receiving waters. It is also recommended that the chemical treatment for the control of fouling organisms should be done only for the settling sesons of planktonic larvae of benthic organisms. The settling seasons of the major fouling

organisms such as barnacles are May to June and early November. If chemical treatments are not done, the production of aquaculture using heated water will enough to compensate the all adverse effects caused by power plant operation.

目 次

表 目 次	17
그 립 目 次	19
第一章 序 論	21
第二章 材料 및 方法	25
第一節 調査地域의 特性 및 水溫	25
第二節 基礎生產力에 미치는 影響	25
第三節 固着性 底棲動物群集에 미치는 影響	27
第三章 結果 및 考察	28
第一節 調査地域의 特性 및 水溫	28
1. 調査地域	28
2. 水 溫	28
第二節 基礎生產力에 미치는 影響	30
1. 取・排水口의 基礎生產力	30
2. 發電所 溫排水가 基礎生產力에 미치는 影響	31
第三節 固着性 底棲動物群集에 미치는 影響	35
1. 固着性 底棲動物群集의 遷移	35
가. 取水口	35
나. 排水口	41
다. 溫排水 擴散區域	44

2. 調査定占別 底棲動物群集의 構造比較	50
3. 發電所 溫排水가 底棲動物群集에 미치는 影響	56
第四章 結論	61
参考文獻	63

CONTENT

List of Tables	18
List of Figures	20
Chapter I. Introduction	21
Chapter II. Materials and Methods	25
Section 1. Study area and water temperature	25
Section 2. Effects on Primary Production	25
Section 3. Effects on sessile zoobenthos	27
Chapter III. Result and Discussion	28
Section 1. Study area and water temperature	28
1. Study area	28
2. Water temperature	28
Section 2. Effects on primary production	30
1. Primary production at intake and discharge area	30
2. Effects of thermal effluent on primary production	31
Section 3. Effects on sessile zoobenthos	35
1. Development of sessile zoobenthos	35
a. Intake area	35

b. Discharge area	41
c. Thermally altered area	44
2. Comparision of structure of benthic communities	50
3. Effects of thermal effluent on sessile zoobenthos	56
Chapter IV. Conclusion	61
References	63

表 目 次

表 1. 水溫變化에 따른 물의 物理・化學的 特性變化 (IAEA, 1974)	23
表 2. 三千浦 火力發電所 基礎生產力 조사를 위한 對照區	27
表 3. 三千浦 火力發電所 取・排水口의 基礎生產力 (1985.7 ~ 1986.1)	31
表 4. 三千浦 火力發電所 取・排水口의 각 對照區別 基礎生產力 (1985.7 ~ 1986.1)	33
表 5. 三千浦 火力發電所 冷却系統이 식물플랑크톤의 基礎生產力에 미치는 影響 (1985.6 ~ 1986.1)	34
表 6. 三千浦 火力發電所 取水口에 설치한 부착판의 底棲動物 出現 樣相 (1985.6 ~ 1985.12)	36
表 7. 三千浦 火力發電所 排水口에 설치한 부착판의 底棲動物 出現 樣相 (1985.6 ~ 1985.12)	42
表 8. 三千浦 火力發電所 溫排水 擴散區域에 설치한 부착판의 底棲動物 出現 樣相 (1985.6 ~ 1985.11)	45

List of Tables

Table 1.	Variations of water properties as a function of temperature (IAEA, 1974)	23
Table 2.	Experimental methods for the primary production study at Samcheonpo Power Plant	27
Table 3.	Amount of primary production at intake and discharge area of Samcheonpo Power plant (1985. 7-1986. 1)	31
Table 4.	Amount of primary production of each reference analysis at Samcheonpo Power Plant (1985. 7- 1986. 1)	33
Table 5.	Effects of cooling water system on the primary production at Samcheonpo Power Plant (1985. 6- 1986. 1)	34
Table 6.	Distribution of zoobenthos on the experimental plates at intake area of Samcheonpo Power Plant (1985. 7-12)	36
Table 7.	Distribution of zoobenthos on the experimental plates at discharge area of Samcheonpo Power Plant (1985. 6-12)	42
Table 8.	Distribution of zoobenthos on the experimental plates at thermally altered area of Samcheonpo Power Plant (1985. 6-1985. 11)	45

그 림 目 次

그림 1. 서기 2,001년까지의 우리나라 예상발전량 및 冷却水 所要量.	22
그림 2. 調査地域의 모식도. 三千浦火力發電所, 慶南 固城郡 下二面.	26
그림 3. 三千浦 火力發電所 取水口, 排水口 및 溫排水 擴散區域의 平均水溫 및 氣溫의 月別變化 (1985.5.1 ~ 1985.11).	29
그림 4. 三千浦 火力發電所 取水口, 排水口 및 溫排水 擴散區域에 설치한 부착판에 출현한 底棲動物群集의 월별 種數의 變化 (1985.6 ~ 1985.12).	51
그림 5. 三千浦 火力發電所 取水口, 排水口 및 溫排水 擴散區域에 설치한 부착판에 출현한 底棲動物群集의 월별 個體數의 變化 (1985.6 ~ 1985.12).	52
그림 6. 三千浦 火力發電所 取水口, 排水口 및 溫排水 擴散區域에 설치한 부착판에 출현한 底棲動物群集의 월별 種多樣性 指數의 變化 (1985.6 ~ 1985.12).	54
그림 7. 三千浦 火力發電所 取水口, 排水口 및 溫排水 擴散區域에 설치한 부착판에 출현한 底棲動物群集의 월별 優占度의 變化 (1985.6 ~ 1985.12).	55
그림 8. 三千浦 火力發電所 取水口, 排水口 및 溫排水 擴散區域에 설치한 부착판에 출현한 底棲動物群集의 월별 種類似度. (1985.6 ~ 1985.12).	57
그림 9. 三千浦 火力發電所 取水口, 排水口 및 溫排水 擴散區域에 설치한 부착판에 출현한 중요종의 월별出現 樣想 (1985.6 ~ 1985.12).	59

List of Figures

Fig. 1.	Projected generating power and amount of cooling water demand in Korean by 2001.	22
Fig. 2.	Modified map of Study area, Samcheonpo Power Plant, Haimyon, Kosung Kun, Kyungnam.	26
Fig. 3.	Monthly variations of average water temperature at intake, discharge, thermally altered area and air of Samcheonpo Power Plant (1985. 1-1985. 11).	29
Fig. 4.	Monthly variations of species number on the experimental plates at intake, discharge and thermally altered area of Samcheonpo Power Plant (1985. 6-1985. 12).	51
Fig. 5.	Monthly variations of the total number of organisms on the experimental plates at intake, discharge and thermally altered area of Samcheonpo Power Plant (1985. 6-1985. 12).	52
Fig. 6.	Monthly variations of diversity index on the experimental plates at intake, discharge and thermally altered area of Samcheonpo Power Plant (1985. 6-1985. 12).	54
Fig. 7.	Monthly variations of dominance index on the experimental plates at intake, discharge and thermally altered area of Sancheonpo Power Plant (1985. 6-1985. 12).	55
Fig. 8.	Monthly variations of percentage similarity on the experimental plates at intake, discharge, and thermally altered area of Samcheonpo Power Plant (1985. 6-1985. 12).	57
Fig. 9.	Occurrence of some important species of zoobenthos on the experiment plates at intake, discharge and thermally altered area of Samcheonpo Power Plant (1985. 6-1985. 12).	59

第一章 序論

현재 우리나라에서 가동 중에 있는 大單位 發電所들은 대부분 1回 冷却方式을 採擇하고 있으며 建設과 稼動의 容易性에 따라 앞으로도 1回 冷却方式을 계속 採擇할 것으로 展望된다.

한편 급격히 증가하는 電力需要에 부응하기 위하여 1991 年도에는 21.8 GW, 2,001 年에는 38.8 GW의 發電量이 必要할 것으로 추정되며 (그림 1) 이러한 大規模의 發電施設은 부지 및 冷却水 確保의 편의상 臨海地域에 건설될 것이라고 생각된다. 일반적으로 볼 때 현재의 發電技術로서의 發電效率은 原子力 發電所 약 33 %, 石炭・石油 등의 火力發電所가 40 % 내외이기 때문에 실제 發電量보다 더 많은 에너지가 廢熱로서 없어지게 된다. 이 중 대부분이 冷却系統에 의하여 처리되어야 하는데 原子力의 경우는 使用燃料의 62 ~ 65 %, 火力의 경우는 50 % 정도가 冷却系統에 의하여 처리된다. 따라서 冷却系統 통과후 冷却水의 溫度增加幅 (ΔT)에 따라 冷却水의 양이 결정되어지는데 ΔT 를 7 °C 정도로 예상할 경우 1991 年에는 초당 880 t, 2,001 年에는 초당 1,850 t의 冷却水가 必要하게 된다. 서기 2,001 年에는 연간 약 580 億 t의 冷却水가 必要할 것으로 추정되는데 우리나라의 年平均 降水量이 약 1,300 mm인 것을 감안하면 2,001 年에 冷却水 소요량은 우리나라 年平均 降水量의 45 %에 버금가는 양이 될 것이고, 이와 같은 추세로 電力使用量이 증가한다면 2,010 年에는 우리나라의 年平均 降水量과 맞먹는 막대한 量의 冷却水가 必要하게 될 것이다.

溫度는 현재까지 알려진 環境要因 중 가장 중요한 것이며 (Gunter 1957), 따라서 육상생물뿐만이 아니라 해양생물의 地理的 分布 역시 溫度에 따라 구분되어 진다. 또한 모든 물리・화학적 반응속도와 반응결과도 溫度에 따라 좌우된다.

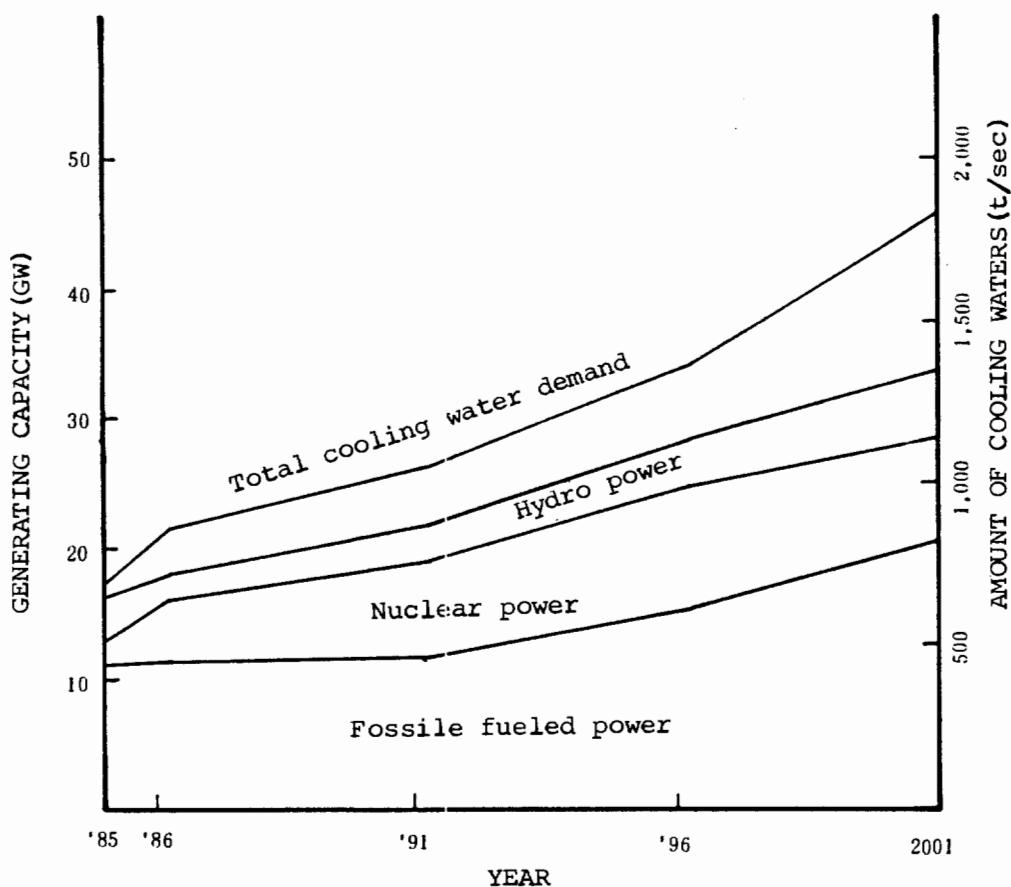


그림 1. 서기 2,001년까지의 우리나라 예상발전량 및 冷却水 所要量.

Fig. 1. Projected generating power and amount of cooling water demand in Korean by 2001.

물의 경우, 密度, 粘度, 氣化壓, 表面長力, 容解度 등 모든 성질이 溫度에 따라 變化하는데(Nakatani 1969, IAEA 1974) 氣化壓, 氣體溶解度에 많은 영향을 미치고 있다(表1). 溫度에 의한 化學的 性質의 變化를 보면 水產生物에 해로운 비이온화-암모니아의 양은 수온 1°C 증가에 따라 8 %씩 증가($\text{pH}7, 20^{\circ}\text{C}$) 하며 (Trusell 1972), 질산염의 대사는 6 ~ 9 %증가한다 (Stratton & Mccarty

1967). 또한 發電所에서 배출된 溫排水가 연안이나 하구지역 등 제한된 지역으로 방출되면 주위의 海水와 잘 혼합되지 못하고 階層水流를 일으키게 된다 (Krenkel & Parker 1969, Dickson 1975). 이 경우 上層의 溫排水와 下層의 自然水 사이에 水溫弱層, 酸素弱層이 형성되게 되며 底層에 산소부족현상을 일으키게 된다. 또한 높은 수온은 수중과 저질의 물질대사를 촉진시켜 인산염, 질산염 등의 축적을 돋게 되어 부영양화를 촉진하게 되고 水溫上昇에 따른 산소용해도 감소, 미생물 대사의活性化는 결국 COD값을 증가시키는 결과를 초래하게 된다. 더욱기 이러한 冷却水의 방출이 水產生物의 산란장·성육장或은 회유경로에 일어날 경우 그 피해는 매우 크리라 생각한다.

冷却系統이 水產生物에 미치는 影響은 크게 두가지로 나누어지는데 첫째는 冷

表 1. 水溫 變化에 따른 물의 物理·化學的 特性 變化 (IAEA 1974)

Table 1. Variations of water properties as a function of temperature
(IAEA 1974)

tempera-ture (°C)	evapora-tive pressure (mb)	viscosity ($C\rho$)	density (g/m ℓ)	surface tension (dyn/cm)	oxygen solubility (mg/ ℓ)	oxygen diffusivi-ty (cm 2 /sec)
0	6.12	1.879	0.99984	75.6	14.6	
5	8.75	1.519	0.99997	74.9	12.8	
10	12.32	1.307	0.99970	74.2	11.3	15.7
15	17.10	1.139	0.99910	73.5	10.2	18.3
20	23.45	1.002	0.99820	72.8	9.2	20.9
25	31.77	0.890	0.99704	72.0	8.4	23.7
30	92.56	0.798	0.99565	71.2	7.6	27.4
35	56.41	0.719	0.99406		7.1	
40	74.00	0.653	0.99224	69.6	6.6	

却系統 그 자체에 의한 影響이고 둘째는 溫排水 擴散領域에서의 影響이다.

冷却系統에 의한 影響을 좀더 자세히 설명하면, 비교적 큰 動物의 경우 取水口에서의 빠른 流速에 의하여 취수구스크린에 충동하여 피해를 입게되며, 작은 種類들은 冷却水와 같이 冷却系統에 들어가게 되어 物理的인 影響과 溫度變化에 따른 生理的인 피해를 입는 것으로 나눌 수 있다.

溫排水 擴散區域에서의 影響은 水溫上昇에 따른 直接的인 影響과 水溫變化에 따른 각종 物理·化學的 特性變化로 인한 2차적인 影響을 들 수 있다.

이러한 것을 종합할 때 발전소 冷却系統稼動 및 溫排水의 방출이 水產生物에 미치는 影響은 매우 크다고 할 수 있다. 따라서 본 조사의目的是 最近까지 연구되어온 각종 影響을 다각적으로 분석 경리하고, 발전소 冷却系統이 基礎生產力과 固着性 低棲動物에 미치는 影響을 定量化하여 그 影響을 줄일 수 있는 方法을 강구하는데 基礎資料로 사용함과 아울러 廢熱의 이용을 極大化하기 위한 資料로 사용케 하는데 있다.

第二章 材料 및 方法

第一節 調査地域의 特性 및 水溫

조사지역의 특성은 三千浦 火力發電所의 資料를 이용하였으며 水溫은 $1/10^{\circ}\text{C}$ 눈금의 수온온도계를 사용하여 取水口, 排水口 및 溫排水 擴散區域에 설치한 眞珠조개 양성 뗏목의 3곳(그림 2)에서 캐일 測定하였으며, 三千浦 火力發電所의 資料를 參考로 하였다.

第二節 基礎生產力에 미치는 影響

基礎生產力은 수온조사지점과 동일한 장소에서 격월로 실시되었다. 測定方法은 酸素量 變化法으로 褐色 산소병과 백색 산소병을 각각 3개씩 1조로 하여 表2와 같이 5 가지의 對照區를 설정하여 Strickland and Parson (1972)에 準하여 실시하였다.

사용된 酸素병은 300 mℓ 내외의 유리製品이며 그 容積은 1/100 mℓ 까지 測定한 후, 매회 진한 黃酸과 증유수로 세척하여 사용하였다. 산소병 중 褐色병은 검은 비닐로 도포한 후 다시 알미늄 foil로 둘러쌓아 빛을 차단하였다. 試水는 각각의 調査地點에서 表層水를 채수한 후 50 μ網目의 체로 걸러서 동물플랑크톤과 大形 浮遊物質을 제거한 후 잘 교반하여 용존 酸素量이 飽和狀態를 유지하게 한 후 산소병에 담아 각각의 위치에 일출후 1시간에서부터 8시간동안 培養하였다. 培養후 현장에서 용존산소를 固定한 후, 즉시 조사현장 부근에 위치한 실험실로 옮겨 Winkler 씨법에 의하여 適定한 후 酸素量의 變化를 炭素量으로 환산하여 基礎生產力を 測定하였다.

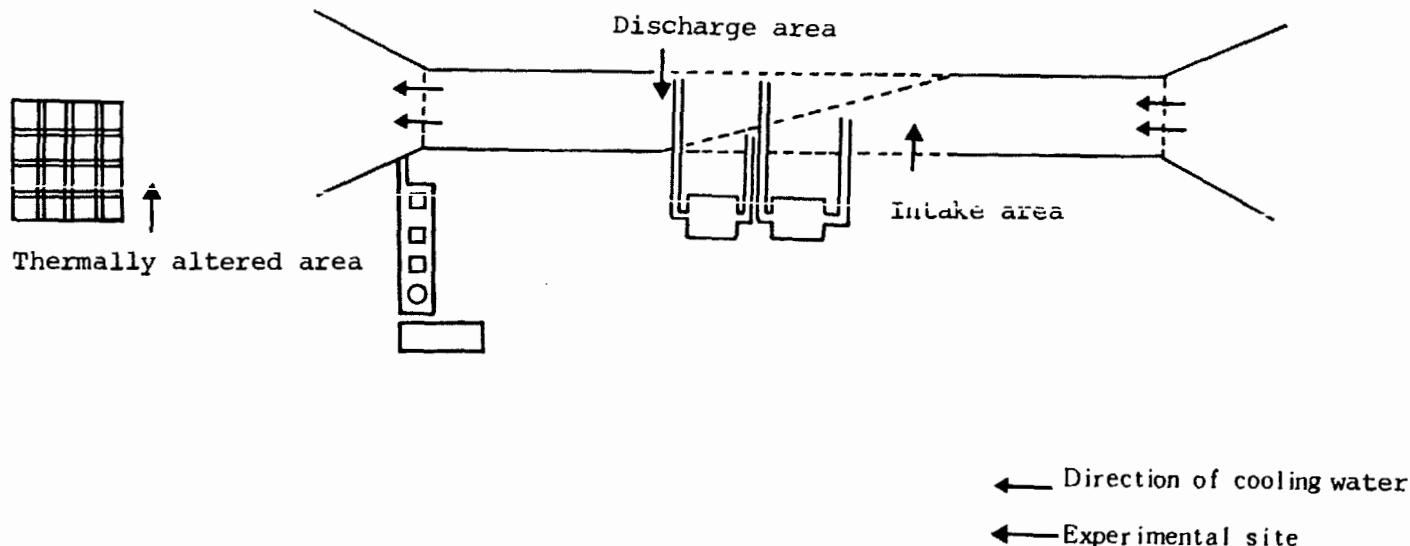


그림 2. 調査地域의 모식도. 三千浦火力發電所, 慶南 固城郡 下二面.

Fig. 2. Modified map of Study area, Samcheonpo Power Plant,
Haimyon, Kosung Kun, Kyungnam.

표 2 . 三千浦 火力發電所 基礎生產力 조사를 위한 對照區

Table 2 . Experimental methods for the primary production study at Samcheonpo Power Plant

Code	Water Sample	Incubation place	Incubation depth	Remark
I I	Intake	Intake	1m below MSC	P.P. at intake water
I D	Intake	Discharge	1m	effect of temperature rise
I D I	Intake (stock 15 minute at discharge)	Intake	1m below MSC	effect of mechanical damage
DD	Discharge	Discharge	1m	P.P. at discharge water
D I	Discharge	Intake	1m below M S C	effect of cooling water system

* MSC : Mean Sea Level

P.P. : Primary production

第三節 固着性 底棲動物群集에 미치는 影響

水質調查地域과 동일한 위치에 天然石材로 제작한 $30 \times 30 \text{ cm}$ 크기의 正方形附着版을 取水口에서는 平均海面下 1m에, 排水口와 溫排水區域에서는 수심 1m 되는 곳에 각각 30 개씩 수하하여 매월 2 개씩 채취하여 底棲動物群集의 變異를 조사하였다. 動物群集의 分析에 사용된 지수는 優占度 (Simpson 1949), 종 다양성지수 (Shannon and Weaver 1963) 와 種類似度 (Jaccard, 1908) 이었다.

계산된 種類似度는 Average linkage method에 의하여 Cluster diagram을 그렸다. colony 를 형성하는 種들은 colony 의 수와 被度로 표시하였으며 따개비류와 石灰管을 형성하는 종류는 개체수와 피도를 함께 표시하였고 그외의 種들은 개체수로 표시하였다.

第三章 結果 및 考察

第一節 調査地域의 特性 및 水溫

1. 調査地域

조사대상지역인 三千浦 火力發電所는 慶南 固城郡 下二面에 소재하고 있는 화력발전소로서 현재 50만 KW 짜리 發電機 2機가 가동중에 있으며 정상 가동시 溫排水에 의하여 처리되는 廢熱量은 초당 약 77,000 Kcal이며 이를 위하여 $40 \text{ m}^3/\text{초}$ 의 冷却水를 사용하고 있으며 溫排水의 ΔT 는 7°C 내외이다.

冷却水는 자연적인 흐름에 의하여 取水地點까지 도달하며 여기서 펌프로 热交換機까지 운반되어지며 热交換機 통과 시간은 약 10분 내외이다. 溫排水는 약 300m 정도의 開放式 導管으로 방출되며 溫排水의 흐름은 $2 \text{ m}/\text{초}$ 이다.

따라서 취수된 물이 一般 海水와 혼합하기까지 걸리는 시간은 20분 이내의 짧은 시간이다. 온배수 확산거리는 ($\Delta 1^\circ\text{C}$ 의) 경우 排水導管의 하단으로부터 $1.5 \sim 2 \text{ km}$ 의 범위(金等 1985)이다.

三千浦 火力發電所에서는 부착생물 탐제를 위하여 연속적으로 염소와 황산철을 주입하고 있다.

2. 水溫

取水口 : 取水口의 月別平均水溫은 5월의 16.5°C 에서 점차 上昇하여 9월에는 22.8°C 까지 상승한 후 점차 下降하여 11월에는 15.7°C 까지 하강하였다. (그림 3). 최저, 최고 수온의 경우 5월이 12.4°C 로 가장 낮았고 9월이 26.8°C 로써 가장 높았다.

排水口 : 排水口의 月別平均水溫은 5월에 24.0°C 이었고 8월에 31.0°C 까지 상승

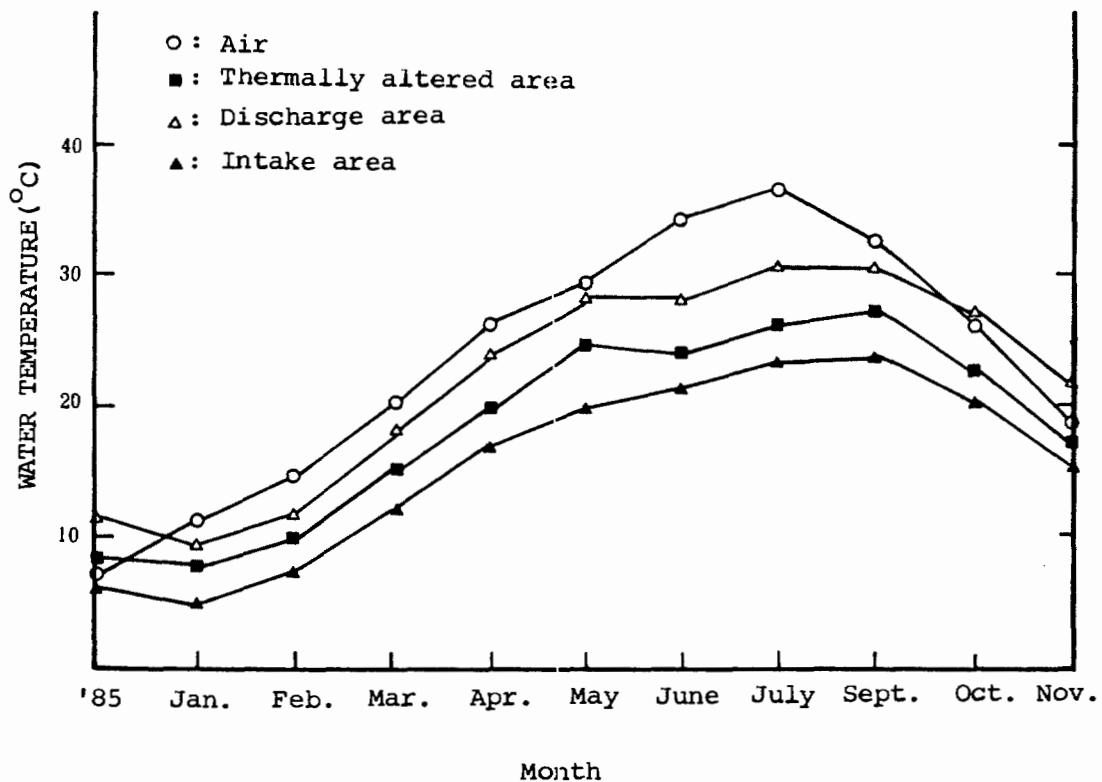


그림 3. 三千浦火力發電所取水口, 排水口 및 溫排水擴散區域의 平均水溫 및 氣溫의 月別變化(1985.5.1 ~ 1985.11).

Fig. 3. Monthly variations of average water temperature at intake, discharge, thermally altered area and air of Samcheonpo Power Plant (1985. 1-1985. 11).

한 후 점차下降하여 11월에 22.0 °C를 기록하였는데 대체로 취수구보다 평균 6.4 °C 높았다. 取水口와 排水口의 水溫差異는 氣溫의 變化에 따라 1 °C내외의 差異가 있었는데 氣溫이 높은 시기에 주로 設計值 (ΔT)에 가까운 값을 나타내었다.

溫排水擴散區域 : 溫排水擴散區域의 月別平均水溫은 5월에 20 °C에서 점차 상승하여 8월과 9월에 27.5 °C를 기록한 후 다시 점차下降하여 11월에는 18.8 °C 까

지 변화하였다. 溫排水 廣散區域의 水溫은 取水口보다는 $3 \sim 4^{\circ}\text{C}$ 정도 높았으며 그 반대로 排水口보다는 $3 \sim 4^{\circ}\text{C}$ 낮았다.

이러한 세 지점의 水溫을 기온변화와 비교하여 보면 取水口의 水溫은 氣溫과 비슷한 변화를 나타내며 排水口 및 溫排水區域의 水溫은 氣溫이 높은 시기에 取水口 水溫과의 差異가 가장 크고 氣溫이 낮은 시기에 그 폭(ΔT)이 작았다. 이러한 현상은 氣溫이 낮은 시기에 溫排水와 氣溫과의 溫度差異가 커 상대적으로 溫排水에서 大氣中으로 热擴散率이 증가하였기 때문으로 생각되며 夏節期에는 높은 氣溫의 影響으로 热擴散이 大氣에서 溫排水쪽으로 역행하였기 때문에 나타난 현상으로 생각된다.

第二節 基礎生產力에 미치는 影響

1. 取・排水口의 基礎生產力

取水口의 基礎生產力은 炭素量으로 製산하여 全生產力이 $7.50 \sim 36.09 \text{ mg C}/\text{m}^2/\text{h}$, 純生產力이 $3.28 \sim 29.53 \text{ mg C}/\text{m}^2/\text{h}$ 범위였다.

한편 排水口의 基礎生產力은 대체로 取水口보다 적어서 全生產力이 $5.16 \sim 21.56 \text{ mg C}/\text{m}^2/\text{h}$ 범위로 나타났다(表 3).

純生產量의 경우 取水口에서는 9月이 $29.53 \text{ mg C}/\text{m}^2/\text{h}$ 로 가장 높았는데 같은 시기에 排水口에서는 $-2.35 \text{ mg C}/\text{m}^2/\text{h}$ 의 음의 값을 나타내었다. 이는 高水溫期인 9月에 溫排水의 影響으로 인하여 排水口의 水溫이 34°C 가까이 까지 상승하여 光合成을 저해한 반면 呼吸을 촉진하였기 때문으로 생각된다. 排水口의 純生產力은 取水口에 비하여 47%정도 낮은 수준이지만, 이것이 발전소 溫排水에 의한 影響이라고 할 수는 없다.

사실 식물플랑크톤이 冷却系統을 통과한 후 取水口보다 7°C 내외의 높은 온도를 유지하는 溫排水 地域에 머무는 시간은 15~20분 정도이며, 더우기 시간이 지남에 따라 溫排水의 온도도 감소하므로 그 影響은 이보다 적게 될 것이다.

表 3. 三千浦 火力發電所 取・排水口의 基礎生產力 (1985.7 ~ 1986.1)

Table 3. Amount of primary production at intake and discharge area of Sam-cheonpo Power Plant (1985.7 ~ 1986.1)

unit : mg C/m²/h

area	production	1985			1986
		July	Sept.	Nov.	Jan.
Intake (II)	Gross	16.88	36.09	15.47	7.50
	Net	12.66	29.53	7.97	3.28
	Resp.	4.22	6.56	7.50	4.22
Drcharge (DD)	Gross	15.47	9.84	21.56	5.16
	Net	9.38	- 2.35	10.78	1.88
	Resp.	6.09	12.19	10.78	3.28

한편 水溫이 낮은 11 월에는 排水口의 純生產力이 取水口보다 높았는데, 이는 水溫에 따라서는 冷却系統에 의하여 입는 저해요인 보다는 온도상승에 의하여 입는 利益이 더 클 수 있다는 것을 암시하여 준다.

呼吸量은 取水口에서는 32 ~ 58 mg O₂/m²/h 의 범위이었고 排水口에서는 25 ~ 94 mg O₂/m²/h 의 범위로 取水口보다 높았으며, 水溫의 變化와 비교적 잘 일치하였다.

전체적으로 볼 때 取水口와 排水口의 基礎生產力은 一般海水에 있어서의 基礎生產力의 범주 (Lorenzen . 1976)에 속하였다.

2. 發電所 溫排水가 基礎生產力에 미치는 影響

發電所 溫排水가 基礎生產力에 미치는 影響은 冷却系統 통과시에 입는 物理的・機械的 영향과 온도상승에 의한 영향이 있다 (海生研 1980).

이러한 影響은 基礎生產力이 식물 플랑크톤 자체의 생리적인 상태와 외부환경 즉

溫度, 光量, 海水의 化學的 特性에 따라 변하기 때문에 명확하게 구분할 수는 없다. 그러나 어느 주어진 시간에 溫度를 제외한 다른 요인들의 影響은 일정하다고 가정할 때 取・排水口의 生產力과 取水口의 海水를 排水口에서 배양시킨 경우의 生產力, 또는 排水口의 海水를 取水口에서 배양시킨 경우의 生產力を 비교하여 상대적으로 알아낼 수는 있다. 즉 取水口의 海水를 排水口에서 배양한 경우를 II, 取水口의 海水를 냉각계통을 통과시키지 않고 排水口에서 배양한 경우를 ID, 取水口의 海水를 排水口에 냉각계통 통과시간 만큼 방치한 후 다시 取水口에 옮겨 배양한 경우를 IDI, 排水口의 海水를 排水口에서 배양한 경우를 DD라 하고 排水口의 海水를 取水口에 옮겨서 배양한 경우를 DI라 하면 다음의 관계를 가정할 수 있다.

II - ID = 지속적 온도상승 영향

II - DI = 냉각계통 영향

II - IDI = 냉각계통 중 온도상승 영향

ID - DD = 냉각계통 중 기계적 영향

그러나 排水口의 海水를 取水口에 옮겨서 배양한 경우(DI)와 取水口의 海水를 排水口에 일시 방치한 후 다시 取水口에 옮겨서 배양한 경우(IDI)는 이중으로 온도자극을 받은 것이기 때문에 정확한 影響을 파악하기는 곤란하다.

각 對照區의 基礎生產力を 보면 取水口의 海水를 그대로 排水口에 옮겨 배양한 경우가 全生產力과 純生產力 모두가 다른 對照區보다 월등히 높았다(표 4).

이러한 사실은 전술한 바와 같이 단순한 溫度上昇은 高水溫期를 제외하고는 식물 플랑크톤의 生產力を 향상시켜 준다는 것을 다시 한번 증명해 주고 있으며 미국 Atlantic Generating Station 에서도 같은 경향이 조사되었다. (PSEG 1976).

取水口의 海水를 排水口에 옮겨서 배양한 것과 取水口에서 그대로 배양한 것과의 차이를 보면 7月과 11月에는 生產力を 촉진시키는 影響을 미치며 9月과 1

표 4. 三千浦 火力發電所 取・排水口의 각 對照區別 基礎生產力(1985.7 ~ 1986.1)

Table 4. Amount of primary production of each reference analysis at intake and discharge area of Samcheonpo Power Plant (1985.7 ~ 1986.1)

Ref. code	production	year month	1985			1986
			July	Sept.	Nov.	Jan.
ID	Gross		23.91	20.63	25.78	5.16
	Net		18.75	10.78	18.28	2.34
	Resp.		5.16	9.85	7.50	2.82
DI	Gross		7.03	5.63	12.66	6.09
	Net		3.28	- 1.41	3.28	2.34
	Resp.		3.75	7.04	9.38	3.75
IDI	Gross		14.53	16.41	20.16	3.28
	Net		10.31	8.44	- 0.94	0
	Resp.		4.22	7.97	21.10	3.28

月에는 生產力を 저하시키는 影響을 미치는 것으로 나타났다 (표 5). 이러한 현상은 전술한 排水區域의 生產力과도 흡사한 결과이다.

한편 $II - DI = (II - IDI) + (ID - DD)$ 의 공식이 성립할 수 있는 데 표5에서 환산하면 좌변보다는 우변의 합이 약간씩 크지만 비슷한 수치를 나타내고 있으며, DI 와 IDI 의 경우 이중으로 온도자극을 받은 것을 감안하면 전기한 가정은 어느 정도 신빙성이 있다고 볼 수 있다.

이러한 결과를 종합하여 볼 때 냉각계통의 純生產力에 미치는 影響은 機械的인 影響이 46 %, 溫度上昇에 의한 影響이 54 %이며, 溫度上昇에 의한 影響은 高水

表 5. 三千浦火力發電所 冷却系統의 식물플랑크톤의 基礎生產力에 미치는 影響
 (1985.7 - 1986.1)

Table 5. Effects of cooling water system on the primary production at Samcheonpo Power Plant (1985.7 - 1986.1)

		unit : mg C/m ² /h			
code (Effect)	Year month production	1985			1986
		July	Sept.	Nov.	Jan.
ID-II (Continuous thermal)	Gross	7.03	15.46	10.31	- 2.34
	Net	6.09	- 18.75	10.31	- 0.94
II-DI (Entrainment)	Gross	9.85	30.46	2.81	1.41
	Net	9.38	30.94	4.69	0.94
II-IDII (Thermal)	Gross	2.35	19.48	- 4.69	4.22
	Net	2.35	21.09	8.91	3.28
ID-DD (Physical)	Gross	8.44	10.79	4.22	0
	Net	9.37	13.13	7.50	0.46

溫期에 크고, 그 외의 시기에는 溫度上昇에 의한 影響이 基礎生產力を 촉진시키는 결과를 초래하여 機械的인 影響을 어느 정도 완화시켜 주고 있다고 보여진다.

또한 전체적으로 볼 때 純生產力에 미치는 影響은 6.2 ~ 36.8 %의 범위에 속하고 있다고 볼 수 있다. 金等(1985)은 같은 지역에서의 식물플랑크톤의 影響을 光合成 色素量으로 측정하여 10 %내외의 連行死亡率을 보고하였으며 許等(1979)은 고리원자력 발전소에서 뚜렷한 連行死亡率을 光合成 色素量으로 측정하기는 곤란하다고 하였다. 일반적으로 볼 때 分析方法이 용이한 光合成 色素量을 基礎生產力의 연구에 많이 사용하고 있으나 發電所 溫排水의 경우 냉각계통 통과 시간이 10 분 미만인 것을 감안할 때, 연행에 의한 影響을 光合成 色素量으로 판단하기는 어려운 듯하다. 또한 이러한 連行死亡率은 附着生物除去를 위한 염소주입

및 黃酸鐵 注入에 의한 영향도 포함하고 있다. Fox and Mayer(1972)는 연해에 의한 광합성 감소를 26%, 鈣素注入과 연행에 의한 감소를 66%로 보고하였으며, Koops(1978)는 연행에 의한 생산력 감소를 거의 무시할 수 있다고 하였다. Mcwilliam(1972)은 溫排水의 影響에 따라 全生產量은 증가하지만 純生產量은 점차 감소한다고 하였는데, 본 조사결과 뚜렷한 차이는 없었지만 純生產力이 받는 影響이 全生產力보다는 비교적 큰것으로 나타났는데 이는 온도증가에 따른 呼吸量의 증가에 의한 것으로 판단된다. 실질적으로 온배수계통의 가동에 의한 影響을 정확히 추론하기는 어려우나 식물플랑크톤의 限界溫度에 접근하기까지는 연행에 의한 악영향보다는 溫度上昇에 따른 촉진작용이 더 클 수 있으며, 高水溫期에는 종종 식물부유생물의 限界溫度를 초과하여 光合能力을 현저히 감소시킬 염려가 많다. 三千浦 發電所에 있어서 온배수계통에 의한 식물부유생물이 입는 피해는 년간 최소 1.05tC에서 최대 6.12tC으로 추정되며 우리 나라 연안의 基礎生產力を 沿岸海域의 일반적 生產力인 $200\text{g C/m}^2/\text{y}$ 로 가정한다면 $0.5 \sim 3\text{ ha}$ 의 海面에 해당하는 量이다.

第三節 固着性 底棲動物群集에 미치는 影響

1. 固着性 底棲動物群集의 遷移

가. 取水口

附着版 垂下후 1개월이 지난 6월에는 固着性이며 石灰管을 형성하는 것처럼이류인 *Dexiospira* sp.가 616개체, 甲殼類인 *Chthamalus challengeris*가 597개체, 같은 종류인 *Balanus trigonus*가 245개체가 출현하였고, 泥質性管을 형성하는 端脚類인 *Jasa falcata*가 556개체 출현하였다(표 6). Colony를 형성하는 종류로는 苔形動物인 *Dakaria subovoidea*가 285 colony, *Lichenopora imperialis*(?)가 125 colony 출현 하였으며 멍개류인 *Didomnum* sp.도 30 co-

表 6. 三千浦火力發電所取水口에 설치한 부착판의 底棲動物 出現樣相(1985.6 ~ 1985.12)

Table 6. Distribution of zoobenthos on the experimental plates at intake area of Samcheonpo Power Plant(1985.7-1985.12)

Unit:inds, (% Coverage) / 400 cm²

Species \ Month	6	7	8	9	10	11	12
Crustacea							
<i>Chthamalus challengeris</i>	597 (0.75)	942 (0.26)	70 (0.39)	9 (0.3)	12 (0.3)	734 (0.46)	249 (0.16)
<i>Balanus trigonus</i>	245 (0.92)	108 (0.62)	141 (2.80)	282 (33.33)	161 (16.1)	138 (20.90)	71 (15.5)
<i>Balanus amphitrite</i>			28 (0.3)	4 (0.47)	3 (0.3)		
<i>Jasa falcata</i>	556	1,415	668	769	215	6	92
<i>Corophium acherusicum</i>		90	910	1			1
<i>Ericionius brasiliensis</i>			57	24	18		27
<i>Paradexamine barnardi</i>	12	71	43	14	1	3	77
<i>Stenothoe valida</i>	2	43	85	16	62	3	
<i>Podocerus inconspicuus</i>		56	115	9	3		3
Gammaridae					3		22
<i>Caprella californica</i>	23	467	484	37	89	2	34
<i>Caprella acanthogaster</i>	64	768	1,607	14			
<i>Caprella equilibra</i>	48	1,920	981	78	85	1	11
<i>Janiropsis longiantennata</i>	1	7	43	1	1		
<i>Paranthura japonica</i>				16	26	3	3
<i>Pugettia quadridens</i>					1		
<i>Hemigrapsus sinensis</i>				2	1		
Copepoda		21			4		2
Ostracoda							
<i>Sphaerozious nitidus</i>					1		

表6. 계속.

Table 6. Continued.

Species \ Month	6	7	8	9	10	11	12
Polychaeta							
<i>Dexiospira</i> sp.	616 (1.54)	248 (1.24)	129 (1.29)	71 (0.89)	93 (0.93)	313 (3.13)	8 (0.27)
<i>Hydroides ezoensis</i>	32 (0.01)	193 (6.78)	78 (2.35)	75 (1.40)	139 (6.9)	260 (13.3)	148 (7.1)
<i>Eumida sanguinea</i>	2	2	4			2	2
<i>Eumida</i> sp.			1				
<i>Eulalia bilineata</i>	2	1			2		
<i>Anaitides koreana</i>			1		1		
<i>Harmathoe imbricata</i>	3			3		1	
Syllidae					1		
<i>Typosyllis</i> sp.		5	1	4	16	1	8
<i>Nereis multignatha</i>		2		2	5	2	4
<i>Nereis</i> sp.					2		
Cirratulidae						1	
Amphinomidae							1
<i>Polyphthalamus</i> sp.							1
<i>Polydora</i> sp.							3
Bivalves							
<i>Saxostria echinata</i>		255 (3.18)	34 (0.85)	46 (2.88)	14 (0.3)	29 (0.53)	6 (1.6)
<i>Musculista senhousia</i>			1			1	
<i>Mytilus edulis</i>				1 (0.19)			
Gastropoda							

表 6. 계속。

Table 6. Continued.

Species \ Month	6	7	8	9	10	11	12
<i>Proterato callosa</i>		1					
<i>Sakuraeolis enosimensis</i>						1	
<i>Capalus dilatatus</i>						1 (0.88)	
<i>Patelloidea saccharina</i>					1		
<i>Acmaea pallida</i>			1				
Others							
<i>Dakaria subovoidea</i>	285 (6.88)	142 (21.0)	148 (50.85)	53 (8.25)	44 (7.5)	33 (12.7)	35 (15.85)
<i>Lichenopora imperialis(?)</i>	125 (2.07)	28 (2.73)	33 (2.80)	5 (0.75)	10 (0.3)	7(10.3)	1 (1.45)
<i>Iodictyon</i> sp.	13 (0.20)	393 (3.94)	72 (1.15)	20 (0.6)	11 (4.5)		23 (7.4)
<i>Hippopatraliella magna</i>		1		2 (0.09)	5 (0.3)	117 (10.3)	1
<i>Tanystylum</i> sp.						1	
<i>Ichnochiton comptus</i>		1					1
<i>Acanthozoater gemnata</i>					2		
<i>Amphiporus</i> sp.		1	1	2			1
<i>Prosthiostomum</i> sp.				5	1	1	
<i>Stylochus ijimai</i>	14	6	1	26			1
<i>Ophiothrix koreana</i>			1				
<i>Dorometra</i> sp.			1		1		1
<i>Anthopleura</i> sp.					1	1	3
<i>Dynamena</i> sp.			21 (1.31)	44 (2.2)	12 (0.75)	40 (2.5)	1 (0.1)
<i>Didomnum</i> sp.	30 (2.23)	1 (0.56)	1 (2)	1 (2.67)	1 (1.8)	1 (8.25)	1 (4.8)

tony 출현하였다. 그 외에 端脚類인 *Caprella californica*, *C. acanthogaster*, *C. egilibra* 및 갓지렁이류인 *Hydroides ezoensis* 등 총 19 種이 출현하였다. 개체수에서 볼 때 *Ch. challenger* 와 *Dexiospira* sp. 가 被度로 볼 때는 *D. subovoidea* (6.88 %)가 각각 優占이었다.

7 월에는 *Ch. challenger* 가 942 개체로 증가하였으나 *J. falcata* 가 1,415 개체로 증가하여 우점을 이루었으며 새로이 二枚貝類인 *Saxostrea echinata* 가 255 개체 附着하였으며, 나질의 관을 형성하는 端脚類인 *Corophium acherusicum* 등이 새로이 출현하여 총 種數는 28 種으로 증가하였다.

優占으로는 *C. egilibra* (1,920 개체), *J. falcata* (1,415 개체) 및 *Ch. challenger* (942 개체) 등 甲殼類가 대부분이었으며, 被度는 *D. subovoidea* (21.0 %), *H. ezoensis* (6.78 %)의 순이었다.

8 월에는 種數가 31 種으로 증가하였으며 種組成에도 많은 변화가 있었다. 6 월과 7 월에 많이 출현한 *Ch. challenger* 7- 70 개체로 감소하였으며 대부분의 種들이 크기는 증가한 반면 개체수에서는 많은 감소를 하였다. 특기할만한 점은 나질성관을 형성하는 단가류인 *Erictonius brasiliensis* 와 樹枝狀의 colony 를 형성하는 히드라류인 *Dynamena* sp. 甲殼類인 *B. amphitrite* 가 새로이 출현한 것과 被度에 있어서 *D. subovoidea* 가 50.85 %를 차지하여 거의 全附着版을 덮고 있는 것이었다.

9 월에는 8 월과 비슷한 種組成으로 33 種이 출현하였다. *Ch. challenger* 는 9 개체로 감소하였으며 *B. amphitrite* 는 4 개체, *Co. acherusicum* 은 1 개체 *Caprella* spp. 는 수십개체로 감소한 것이 특징이었고, 前月에 최대의 被度를 나타내었던 *D. subovoidea* 는 피복도가 8.25 %로 감소하였다. *B. trigonus* 가 前月에 비하여 2 배가량 증가하였는데 이는 이 種이 계속적으로 첨가된 것이 아니라 각각의 附着版에 附着한 개체수의 變異에 기인한 것으로 판단된다. 개체수에 있어서는 *J. falcata* 가 769 개체로 優占이었으나 被度는 *B. trigonus* 가 33.33 %로 가장

높았다. *B. trigonus* 와 *D. subovoidea* 의 관계를 보면 附着초기에는 *D. subovoidea* 가 우세하나 *B. trigonus* 가 점차 성장하면서 오히려 *Dakaria colony* 를 축출할 수 있게 되어 두 種間의 경쟁이 특징적으로 나타났다.

10月에는 35種으로 조사기간중 가장 많은 種類가 출현하였다. 種組成에서는 뚜렷한 변화는 찾아보기 힘들었고 대체적으로 약간씩 감소하였다. 개체수에서는 *J. falcata* 가 215개체로 優占이었고 被度에서는 *B. trigonus* (16.1%), *D. subovoidea* (7.5%) 이었고, *H. ezoensis* 가 많이 성장하여 6.9%의 피도를 나타내었다.

11월에는 *Ch. challengerii* 의 어린 것들이 새로이 附着하기 시작하여 734개체로 늘어났으며 *Dexiospira* sp. 도 새로이 증가하여 優占을 이루었다. 被度에서는 역시 *B. trigonus* 가 20.9%로 가장 높았으며 *H. ezoensis* 13.3%, *D. subovoidea* 12.7%, 같은 苔形動物인 *Iodictyum* sp. 가 10.3%로 그 다음의 순서이었다. *Didomnum* sp. 는 1 colony 로 8.25%의 피복도를 나타내어 附着版의 한 부분을 차지하고 있었다. 전체의 種數는 26種으로 감소하였다.

12월에는 11월보다 種數는 32種으로 증가하였지만 개체수에서는 대부분 감소하여 빈약한 부착상태를 나타내었다. 개체수에서는 *Ch. challengerii* 가 249개체로 優占이었고 被度는 *B. trigonus*의 개체수가 감소하는데 힘입어 *D. subovoidea* 가 15.85%로 증가하였으며 *H. ezoensis* 는 7.1%, *Indictyum* sp. 는 7.1%로 감소하였다.

대체적으로 볼 때 取水口에 있어서의 優占度와 被度의 변화는 그 구성종에 따라서 많은 변화를 나타내었다. 전기간에 걸쳐 출현한 種은 12種, 5개월 이상 출현한 種은 9種으로 이들 21種이 전체의 변화를 주도하였고 다른 종들은 일시적으로 출현하였거나 慢息密度가 낮아서 본 실험에서는 1.2개월을 제외하고는 관찰되지 못하였다. 이러한 種으로는 *Pugettia quadridens*, *Hemigrapsus sinensis* 등 十脚類와 *Harmathoe imbricata*, *Polydora* sp. 같은 갯지렁이류, *Musculista*

senhousia, *Mytilus edulis* 등의 二枚貝類로 비교적 개체의 크기가 큰 種이 대부분으로 生態學的인 유의성을 무시할 수는 없는 것이다.

나. 排水口

取水口에서 전기간에 걸쳐 58 種이 출현한 반면 排水口에서는 35 種만이 출현하여 매우 빈약한 種組成을 나타내었다(표 7).

6 월에는 11 種이 출현하였는데 *Chthamalus challengeris* 가 90 개체 *Balanus trigonus* 38 개체, *Hydroides ezoensis* 13 개체이었고 나머지 종은 1 ~ 3 개체 뿐이었다.

7 월에는 15 種이 출현하였는데 *Ch. challengeris* 가 443 개체로 증가하였고 *B. amphitrite* 는 2,334 개체로 증가하여 5.34 %의 被度를 나타냄과 함께 優占을 이루었다.

8 월에는 11 種이 출현하였으며 개체수는 많은 *B. amphitrite* 가 사망함에 따라 현저히 감소하였으나 優占種의 순위는 7 월과 유사하였다.

9 월에는 9 種이 출현하였으며 개체수에 있어서 前月보다 다소 감소하였다. 그러나 *B. amphitrite* 의 경우 개체수는 前月보다 20 % 감소하였으나 개체의 크기가 증가하여 被度가 8.33 %로 증가하였으며, *Ch. challengeris* 는 3.63 %의 被度를 기록하였다.

10 월에는 *Ch. challengeris* 의 어린 개체가 새로이 부착하기 시작하여 개체수에서 약간 증가하였으나 전체적인 被度는 감소하였으며, 種數는 17 種으로 증가하였다.

11 월에는 附着版의 유실로 관찰하지 못하였다.

12 월은 일시적으로 출현한 種들이 많아서 24 種으로 증가하여 가장 많은 種들이 나타났으나 개체수에서는 10 월의 1/2 수준이 하이었으며 *B. trigonus* 가 86 개체에 2.44 %의 被度를 기록하였다.

表7. 三千浦 火力發電所 排水口에 설치한 투착판의 底棲動物 出現 樣相 (1985.6 - 1985.12)

Table 7. Distribution of zoobenthos on the experimental plates at discharge area of Samcheonpo Power Plant(1985.6-1985.12)

Species	Unit:inds,(% Coveroge) / 400 cm ²							
	Month	6	7	8	9	10	11	12
Crustacea								
<i>Chthamalus challengeris</i>	90 (0.14)	443 (1.16)	197 (0.94)	150 (3.63)	477 (2.57)			66 (0.56)
<i>Balanus trigonus</i>		43 (0.65)	63 (0.79)	20 (1.04)	9 (1.13)			86 (2.44)
<i>Balanus amphitrite</i>	38 (0.16)	2,334 (5.34)	234 (1.02)	111 (8.33)	7 (0.7)			
<i>Jasa falcata</i>	1	4	1	12	5			
<i>Corophium acherusicum</i>		2	1	2				3
<i>Ericionius brasiliensis</i>	1							
<i>Paradexamine barnardi</i>			1					2
<i>Stenothoe valida</i>					1	1		1
<i>Gammaridae</i>	1					2		
<i>Caprella californica</i>	2							
<i>Caprella acanthogaster</i>			3					2
<i>Caprella equilibra</i>			3	2	2			3
<i>Paranthura japonica</i>								1
<i>Odicerotidae</i>	2							
Polychaeta								
<i>Hydroides ezoensis</i>	13 (0.1)	14 (0.18)	1					10 (0.13)
<i>Eumida sanguinea</i>								1
<i>Anaitides koreana</i>					1	1		
<i>Harmathoe imbricata</i>	1	2	1	1				1

表7. 계속.

Table 7. Continued.

Species	Month	6	7	8	9	10	11	12
<i>Typosyllis</i> sp.		3	2					4
<i>Nereis multignatha</i>		2	7	2	3	3		3
<i>Polydora</i> sp.			1					
<i>Opellina aulogaster</i>								1
Terebellidae			2					1
<i>Lumbrineris</i> sp.						1		
Bivalves								
<i>Saxostria echinata</i>			13 (0.25)			21 (0.85)		10 (1.25)
<i>Arcopsis symmetrica</i>						1		1
Gastropoda								
<i>Sakuraeolis enosimensis</i>								1
<i>Reticunassa beata</i>			2			1		
<i>Philine argentata</i>			4					2
Others								
<i>Tanystylum</i> sp.						1		
<i>Ichnochiton comptus</i>								1
<i>Amphiporus</i> sp.								4
<i>Stylochus ijimai</i>			7					2
<i>Ophiopholis mirabilis</i>						1		
<i>Anthopleura</i> sp.						15 (0.5)		1

排水口에 있어서 取水口보다 빈약한 種組成을 나타내는 것은 두 가지 측면으로 해석할 수 있다. 첫째는 底棲動物의 幼生들이 냉각계통을 통과할 때 입은 영향으로 死滅하거나 附着할 능력을 잃었기 때문으로 판단되며, 둘째는 부착한 후 溫度에 의한 影響과 빠른 流速으로 인하여 이탈될 가능성이 크기 때문에 생각된다.

냉각계통의 影響과 빠른 流速에 의한 影響은 복합적으로 일어날 수 있는데 이는 取水口에서 많이 부착한 *Ch. challengeris*, *B. trigonus*와 니질성관을 형성하는 단각류 3種, 갯지렁이류인 *Dexiospira* sp., *H. ezoensis*의 부착밀도가 현저히 감소한 것과 苔形動物이 거의 출현하지 못한 것으로 잘 설명된다. 한편 取水口에서 잘 출현하지 않던 *B. amphitrite*가 비교적 많이 출현한 것은 溫度上昇에 따른 影響이라고 보여진다. 한편 移動性이 있는 갯지렁이류인 *Harmathoe imbricata*, *Typosyllis* sp., *Nereis multigratha* 등이 取水口와 같은 밀도로 나타나는 것은 이들이 개체의 크기가 비교적 커 빠른水流를 이길 수 있기 때문으로 판단된다. 또한 *Caprella* spp. 와 기타 甲殼類가 출현하지 못한 것은 溫排水의 影響도 있지만 뚜렷한 隱身處가 없어 부착하더라도 빠른水流에 의하여 떨어져 나간 것으로 생각되며 이는 取水口에 있어서 水溫이 비교적 높은 7월과 8월에 이들이 많이 부착하였으나 排水口에서는 거의 부착하지 못한 것으로 잘 설명되어진다.

다. 溫排水擴散區域

전체적으로 볼 때 총 出現種數는 53種으로 取水口와 비슷하였지만 각 月에 있어서 種組成은 取水口보다 대체로 빈약하였다(표 8).

6월에는 *Chthamalus challengeris* (173개체), *Hydroides ezoensis* (651개체) 가 출현하여 取水口와 비슷한 양상이었으나 *Jasa falcata*가 3,218개체로 많이 출현하여 優占種으로 나타났으며, 取水口에서 7월과 8월에 출현하기 시작한 *Ceropithium acherusicum*, *Erictonius brasiliensis* 두 종의 니질성관을 형성하는 단각류가 출현하였고, 기타 갯지렁이류의 개체수가 증가하였다. 이 중 *Nereis mul-*

表 8. 三千浦 火力發電所 溫排水 擴散區域에 설치한 부착판의 底棲動物 出現 樣相
(1985.6 ~ 1985.11)

Table 8. Distribution of zoobenthos on the experimental plates at thermally altered area of Samcheonpo Power Plant(1985.6~1985.11)

Unit:inds (% Coverge)/400 cm²)

Species	Month	6	7	8	9	10	11
Crustacea							
<i>Chthamalus challengeris</i>		973 (1.25)	4,03 (3.45)	1,030 (2.59)	59 (0.59)	143 (0.11)	1,160 (0.87)
<i>Balanus trigonus</i>		13 (2.65)	1,39 (12.9)	891 (26.56)	369 (15.8)	237 (12.39)	127 (13.15)
<i>Balanus amphitrite</i>				2 (0.25)	4 (0.8)		
<i>Jasa falcata</i>		3,218	28,55	139	129	35	157
<i>Corophium acherusicum</i>		199	2,162	21	24	3	2
<i>Ericionius brasiliensis</i>		14	14	5	4		80
<i>Paradexamine barnardi</i>						2	
<i>Stenothoe valida</i>				3		1	58
Gammaride							
<i>Caprella californica</i>		8	356	25	2		69
<i>Caprella acanthogaster</i>		25	44	32			
<i>Caprella equilibra</i>		10	1,707	48	3		59
<i>Janiroopsis longiantennata</i>					3		1
<i>Paranthura japonica</i>			14				1
<i>Hemigrapsus sinensis</i>					4	1	1
<i>Sphaerozius nitidus</i>							1
<i>Cirolana</i> sp.						2	
<i>Rhynchoplax coralicola</i>							3

表 8. 계속.

Table 8. Continued.

Species \ Month	6	7	8	9	10	11
Polychaeta						
<i>Hydroides ezoensis</i>	651 (2.44)	309 (7.5)	829 (22.5)	292 (8.3)	568 (16.4)	60 (0.45)
<i>Eumida sanguinea</i>		10	2	1	2	
<i>Anaitides koreana</i>	4	6	1	3		1
<i>Harmathoe imbricata</i>	7	3	3	6	4	7
<i>Typosyllis</i> sp.	2	5	20	3	1	5
<i>Nereis multignatha</i>	41	10	29	27	9	7
Amphinomidae						4
<i>Chrysopetalum occidentale</i>				1	1	
<i>Opellina aulogaster</i>	1					
Terebellidae A		2				
Terebellidae B		1				
Bivalves						
<i>Saxostria echinata</i>		31 (0.35)	13 (0.3)	7 (0.35)	3 (0.6)	9 (0.2)
<i>Musculista senhousia</i>			5 (0.01)			1
<i>Mitilus edulis</i>				2 (0.33)		
<i>Ctenoides lischkei</i>						1
<i>Arcopsis symmetrica</i>						1
Gastropoda						

表8. 계속.

Table 8. Continued.

Species	Month	6	7	8	9	10	11
<i>Sakuraeolis enosimensis</i>			32				
<i>Mitrella bixinata</i>				1			3
<i>Papyriscala yokoyamai</i>					1		
<i>Pleurobranchaea japonica</i>			1				
<i>Dendronotus frondosus</i>			1				
Others							
<i>Dakaria subovoidea</i>				13 (0.25)			
<i>Iodictyum</i> sp.					1 (0.15)	1	1
<i>Ichnochiton comptus</i>				1		2 (0.2)	1
<i>Amphiporus</i> sp.				44		5	3
<i>Prosthiostomum</i> sp.	12	8		12		1	
<i>Stylochus ijimai</i>	3	36	48				4
<i>Anthopleura</i> sp.	2 (1.2)	2	11 (0.41)	132 (3.05)	15 (0.62)		1
<i>Didomnum</i> sp.	1 (1)	1 (1)					
<i>Enedri as nebulosus</i> (larvae)					1		2
<i>Tubularia mesembryanthemum</i>		28					
<i>Styela clava</i>				5 (0.26)		1 (0.3)	
<i>Dynamena</i> sp.			3 (4.55)	2	9 (0.1)	1	33 (2.48)
<i>Ciona intestinalis</i>			1 (0.1)	8 (1.6)		3 (1.0)	14 (2.8)
<i>Styela plicata</i>				3(0.63)			

tigrinatha 는 41 개체나 출현하여 양조으로 優占을 이루었으며 苔形動物이 출현하지 않은 것이 특징이었다. 出現種數는 18 種으로 取水口의 6 월과 비슷하였으나 개체수에서는 *J. falcata*가 대량 출현하는 것에 힘입어 약 2 배 가량되었다.

7 월에는 총 28 種이 출현하여 10 種이 새로이 첨가되었는데 二枚貝類인 *Saxostrea echinata* (31 개체), 부족류인 *Sakuraeolis enosimensis* (32 개체), 히드라 층류인 *Tubularia mesembryanthenum* 과 *Dynamena* sp., 명개류인 *Ciona intestinalis* 등이 새로이 첨가되었다. 한편 *J. falcata*는 28,885 개체로 大發生을 이루었으며 *Ch. challengerii* 도 4,603 개체로 증가하였다. 또한 *B. trigonus*는 1,363 개체가 출현하여 12.9 %의 被度를 기록하였다. *H. ezoensis*는 개체수가 1/2 정도로 감소하였으나 被度에서는 7.5 %로 증가하였다.

8 월에는 7 월에 大發生한 *J. falcata*가 대부분 소멸함에 따라 개체수에서 현저한 감소현상을 보였으나 種數에서는 변화가 없었다. *J. falcata*와 마찬가지로 *Co. acherusicum*, *Erictonius brasiliensis*도 대부분 소멸하였고 3 種의 *Caprella* spp. 도 현저히 줄어들었다. *B. trigonus*는 개체수는 약간 감소하였지만 개체크기가 꾸준히 증가하여 26.56 %의 피도를 보였고 *H. ezoensis*는 22.5 %의 피도를 나타내어 이 두 종이 전체의 50 %에 가까운 피도를 점령하고 있었다. 특히 8 월에는 다른 固着性 底棲動物의 피도가 많이 증가하여 부착판 전체가 生物로 피복되었다. 8 월에 첨가된 種중에서 *Styela clava*, *Styela plicata* 등은 어장의 부착생물로 중요하며 태충류인 *Dakaria subovoidea*가 출현한 것과 *B. amphitrite*가 출현한 것은 주목할 만하다.

9 월에는 8 월과 유사한 양상의 種組成을 나타내었으나 개체수와 種數가 약간씩 감소하였다. 총 出現種數는 25 種이 었으며 二枚貝類인 *Mitilus edulis*, 十殼類인 *Hemigrapsus sinensis* 등 비교적 大型種들이 새로이 추가되었고 *D. Subovoidea*, *Stylochus ijimai* 등은 발견되지 않았고 腔腸動物인 *Anthopleura* sp. 가 현저히 증가하였다. 한편 *B. amphitrite*는 15.8 %의 被度를 나타내어 전 附着

版을 주도하였고 *H. ezoensis*는 8.3 %의 被度를 나타내어 외견상으로 8월과 매우 흡사하였다.

10월 역시 9월과 비슷한 種組成 및 個體數를 기록하였다. 새로이 출현한 종 중 특징있는 것은 없었으나 3種의 *Caprella* spp. 가 전혀 출현하지 못한 것과 8, 9월에 약간씩 나타나던 *B. amphitrite*가 소멸한 것이 특징으로 들수가 있으며 *H. ezoensis* 個體數가 많이 증가하여 16.4 %의 被度를 나타내었고 *B. trigonus*는 12.39 %의 被度를 기록하였다. *H. ezoensis*의 被度가 증가한 것은 個體의 크기가 증가하였기 때문이며 이 種의 個體數가 증가한 것은 9월에 과도한 부착으로 인하여 표층에 밀집되어 있는 個體들이 이탈된 흔적이 있는 것으로 미루어 볼 때 그리 중요한 현상은 아니라고 본다.

11월에는 9월에 비하여 9種이 더 출현하여 33種을 기록하여 조사기간 중 최대의 種組成을 나타내었으며 個體數에서는 *Ch. challengeri*의 새로운 개체들이 附着되어 현저히 증가하였다. 種數가 늘어난 것은 어떠한 특징적인 種들이 증가한 것보다도 小數의 大型種들의 出現에 기인하고 있었다. *B. trigonus*는 個體數가 감소하였지만 13.15 %의 被度를 나타내었고 *H. ezoensis*는 90 % 이상이 소멸하여 0.45 %의 빈약한 被度를 나타내었으며 히드라충류인 *Dynamena* sp. 가 33 colony, 2.48 %의 被度를 나타내고 *Ci. intestinalis*는 14개체에 2.8 %의 被度를 나타내었다. *H. ezoensis*는 10월을 고비로 급격히 감소하였는데 이는 밀착성이 강한 *B. trigonus*에 의하여 밀려났기 때문이라 생각된다.

12월은 附着版의 유실로 관찰하지 못하였다.

대체적으로 볼 때 溫排水擴散區域에 있어서 固着性底棲動物의 출현양상은 苔形動物이 적게 출현한 것과 *Dexiospira* sp. 가 전혀 나타나지 않은 것은 제외하고는 取水口와 비슷한 양상이었다. 또한 *J. falcata*의 大發生은 溫排水區域에 위치한 진주조개 양식어장의 影響으로 附着版에 有機物質과 나질이 많이 쌓일 수 있는 조건때문으

로 생각되며, 8월~10월에 *H. ezoensis* 가 많이 附着한 것과 *Eumida sanginea*, *Anaitides koreana* *Hamathoe imbricata*, *Typosyllis* sp., *Nereis multignatha* 등 비교적 大型인 갯지렁이류가 꾸준히 출현한 것이 특징이다.

2. 調査定占別 底棲動物群集의 構造比較

出現種數에 있어서 부착판 수하 후 2개월까지는 取水口와 溫排水擴散區域이 비슷한 수준으로 증가하였지만 高水溫期인 8월에서부터는 많은 差異가 있었다(그림 4).

取水口에서는 부착판 수하 후 1개월 때인 6월부터 꾸준히 증가하여 5개월째인 10월에 35種까지 증가한 후 11월에 26種으로 감소하였다가 12월에 다시 32種으로 증가하여 일반적으로 韓國沿岸의 조간대에 있어서의 底棲動物의 種數變化(Yi 1975, Lee 1976)와 비슷한 경향을 나타낸 반면 溫排水擴散區域에서는 高水溫期에 접어드는 시기인 8월부터 種數가 약간씩 줄어들어 7월과 8월의 28種에서 10월에는 24種으로 줄었다가 그후 다시 회복되어 11월에는 오히려 取水口보다 많은 33種을 기록하였다. 한편 排水口에서는 出現種數가 매우 빈약하여 수하 후 1개월째인 6월에 11種, 7월에 15種을 기록한 후 감소하여 9월에 9種으로 최저수준을 보이다가 다시 증가하여 12월에는 23種까지 증가하였다. 種數에서도 溫排水區域과 排水區域은 대단히 큰 差異를 나타냈지만 種數의 變化推移가 비슷한 것은 매우 의미있는 일이며, 조사지역에 있어서의 種數의 變化는 溫排水와 매우 밀접한 관계에 있다는 것을 암시해 준다.

이에 반하여 colony를 형성하는 種들을 제외한 총 出現個體數의 變化를 비교하여 보면 7월에 溫排水擴散區域에서 니질성관을 형성하는 단각류인 *Jasa falcata*가 大發生하여 個體數가 4만개체를 넘는 것을 제외한다면 取水口와 溫排水擴散區域간에 큰 차이를 발견할 수는 없다(그림 5).

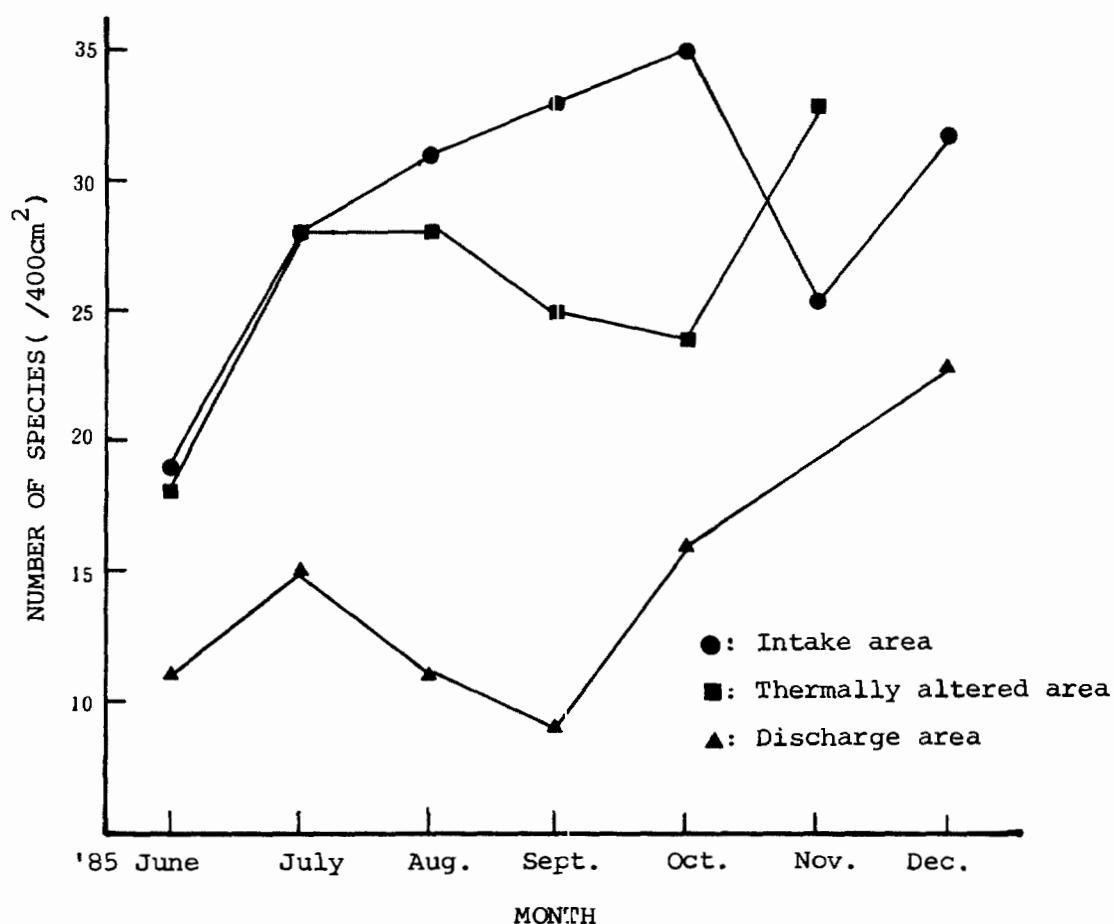


그림 4. 三千浦火力發電所取水口, 排水口 및 溫排水擴散區域에 설치한 부착
판에 출현한 底棲動物群集의 월별 種數의 變化(1985.6 ~ 1985.12).

Fig. 4. Monthly variations of species number on the experimental plates at intake, discharge and thermally altered area of Samcheonpo Power Plant (1985. 6-1985. 12).

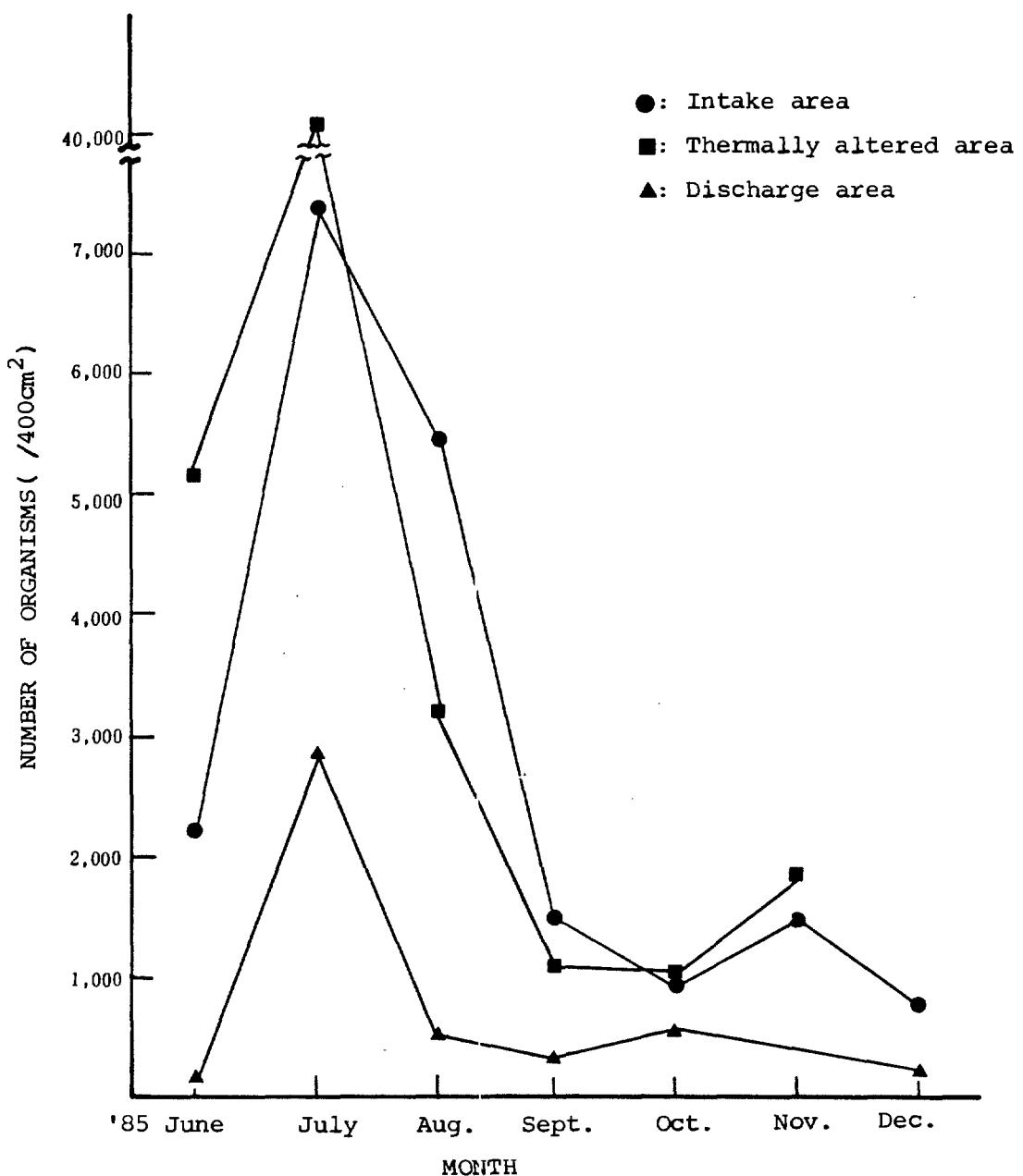


그림 5. 三千浦火力發電所取水口, 排水口 및 溫排水擴散區域에 설치한 부착판에 출현한 底棲動物群集의 월별 個體數의 變化(1985.6 ~ 1985.12).

Fig. 5. Monthly variations of the total number of organisms on the experimental plates at intake, discharge and thermally altered area of Samcheonpo Power Plant (1985. 6-1985. 12).

排水口의 경우 대체적으로 取水口와 溫排水擴散區域의 1/3이하의 個體數를 기록하였다. 個體數에서 볼 때 그 變化의 推移가 3個의 조사지점이 모두 유사한 경향을 나타내고 있는 것이 出現種의 變化와 다른 점이며 이러한 현상은 전 지역에 비교적 고르게 출현하는 小數의 우점종에 의하여 나타난 결과라고 보여진다.

種多樣性指數의 변화를 보면 取水口가 다른 지점보다 매우 높은 값을 보이고 있는데 이는 出現種數와 個體數의 구조를 볼 때 특이한 현상은 아니다. 그러나 取水口와 溫排水擴散區域이 아주 상반되는 種多樣性指數를 나타내는 것은 주목할 만하다(그림 6).

7월에 溫排水擴散區域의 種多樣性指數가 낮은 것은 이때 大發生한 *Jasa falcatia*의 影響을 받은 것으로 해석할 수도 있지만 다른 시점에서의 결과를 볼 때 전적으로 그 影響으로 볼 수는 없다. 溫排水擴散區域과 取水口의 溫度差異는 평균 약 4°C인데 5월에서 9월까지의 取水口水溫變化를 보면 월 평균 약 2°C 상승한다는 것을 알 수 있다. 즉 두 지역의 水溫差異는 월로 확산하여 2개월에 해당한다고 추론할 수 있다.

한편 取水口의 種多樣性指數의 변화곡선을 2개월만큼 이동시킨다면 溫排水擴散區域의 種多樣性指數와 그 變化推移가 일치한다는 것을 알 수 있다. 따라서 種多樣性指數의 變化推移는 溫排水와 밀접한 관계에 있다고 추론할 수 있으며 種多樣性指數의 절대값의 차이는 그 외의 環境要因으로 설명하여야 할 것이다.

이러한 가정은 優占度의 변화를 분석하여 보면 보다 명백해진다. 取水口와 溫排水區域間의 優占度 차이는 매우 커는데 (그림 7), 이러한 사실은 溫排水區域에 있어서는 뚜렷한 우점종이 나타나고 있으며 取水口에서는 각 出現種들간에 優占度를 비교하기가 힘들다는 것을 말하여 준다. 한편 優占度가 높다는 것은 주위 環境要因이 小數의 特定種에 유리하게 작용한다고 해석할 수도 있으며 그 원인을 溫排水에서 찾을 수도 있는 것이다. 또한 取水口의 優占度 변화곡선을 2개월분 가량 이동시킨다면 역시 溫排水區域의 優占度 變化曲線과 비슷한 變化推移를 나타내는

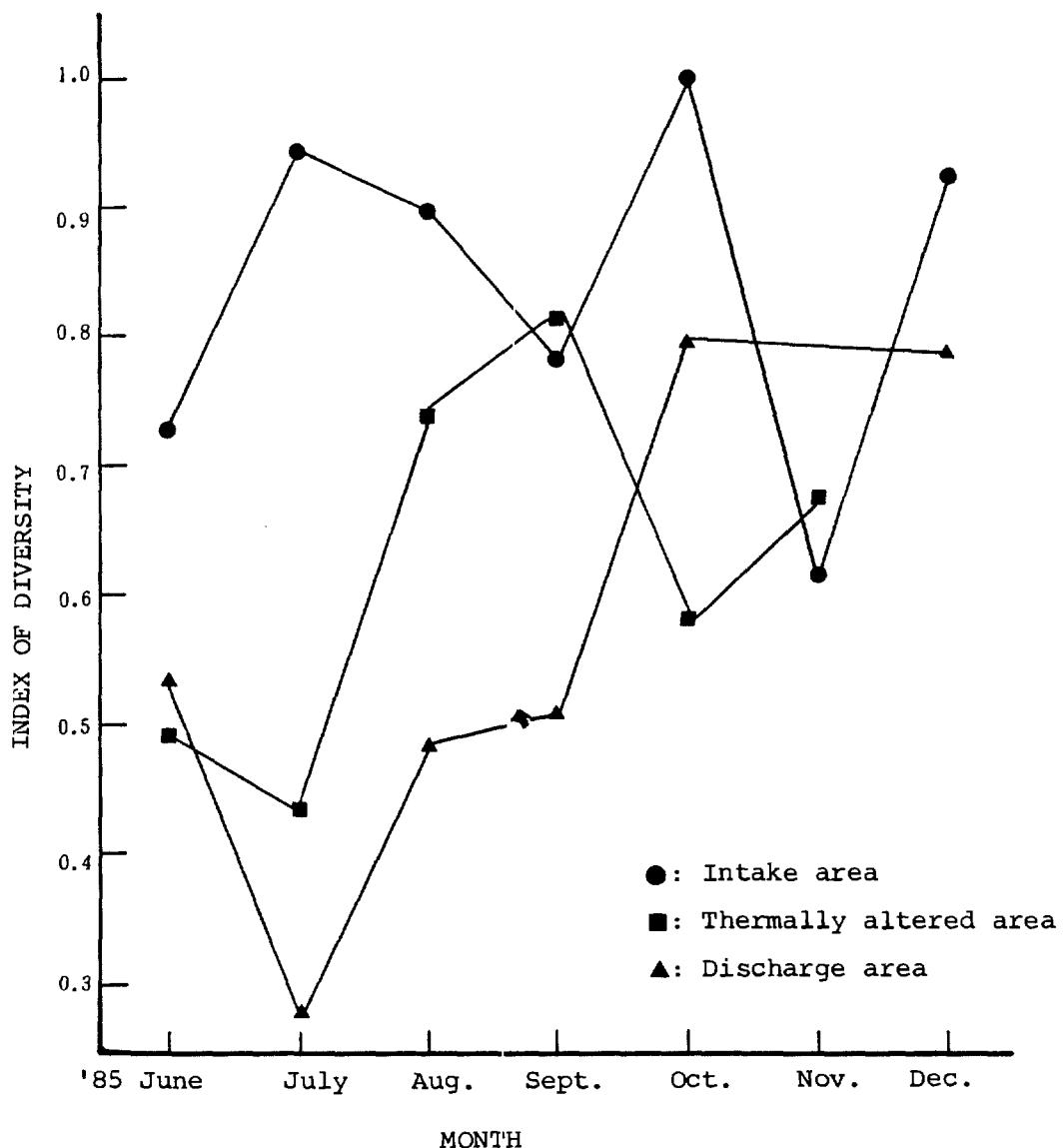


그림 6. 三千浦火力發電所取水口, 排水口 및 溫排水擴散區域에 설치한 부착
판에 출현한 底棲動物群集의 월별 種多樣性指數의 變化 (1985.6 ~
1985.12).

Fig. 6. Monthly variations of diversity index on the experimental plates at intake, discharge and thermally altered area of Samcheonpo Power Plant (1985. 6 ~ 1985. 12).

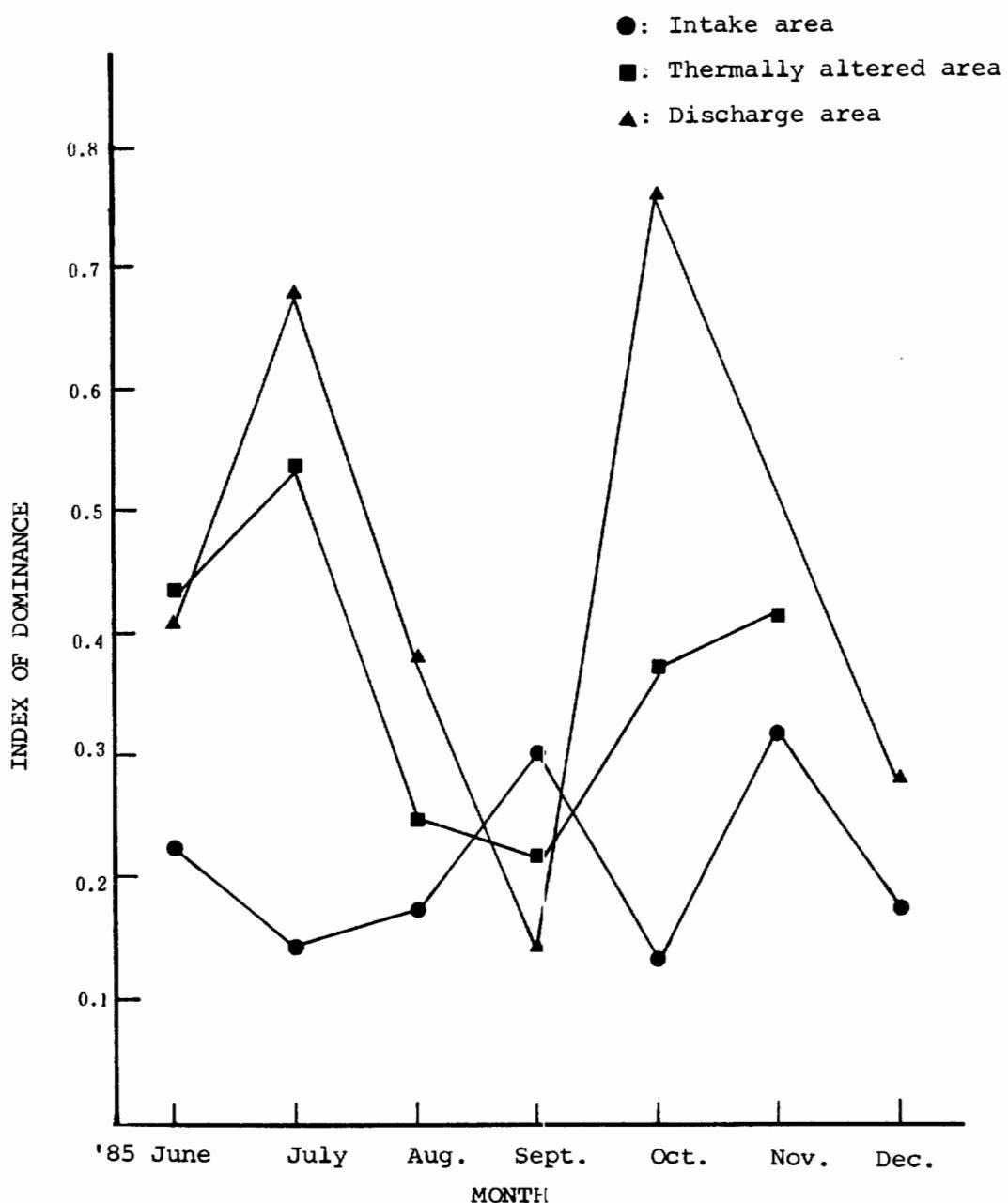


그림 7. 三千浦火力發電所取水口, 排水口 및 溫排水擴散區域에 설치한 부착판

에 출현한 底棲動物群集의 월별 優占度의 變化(1985.6 ~ 1985.12).

Fig. 7. Monthly variations of dominance index on the experimental plates at intake, discharge and thermally altered area of Samcheonpo Power Plant (1985. 6-1985. 12).

것을 알 수 있다.

한편 排水口에 있어서 種多樣性指數는 그 변화폭이 매우 커서 부착판 수하 후 2개월째에 0.28로 최저이었다가 점차적으로 증가하고 있는 양상을 띤다. 이는 부착 초기에는 강한 水流와 높은 溫度로 底棲生物이 서식하기 힘든 조건이지만 점차적으로 底棲生物群集이 형성됨에 따라 더 많은 種들이 첨가될 수 있는 조건이 만 들어지기 때문이며 또한 犬占度를 볼 때 0.75 이상의 수치를 나타내는 것은 약조건하에서 살아남을 수 있는 소수의 種들로서 群集이 형성되고 있다는 것을 알 수 있다.

각 조사지점에서 각 월별로 출현하는 動物群을 개개의 動物群集으로 간주하고 種類似度를 본 결과 각 지점별로 구분되어졌다(그림 8).

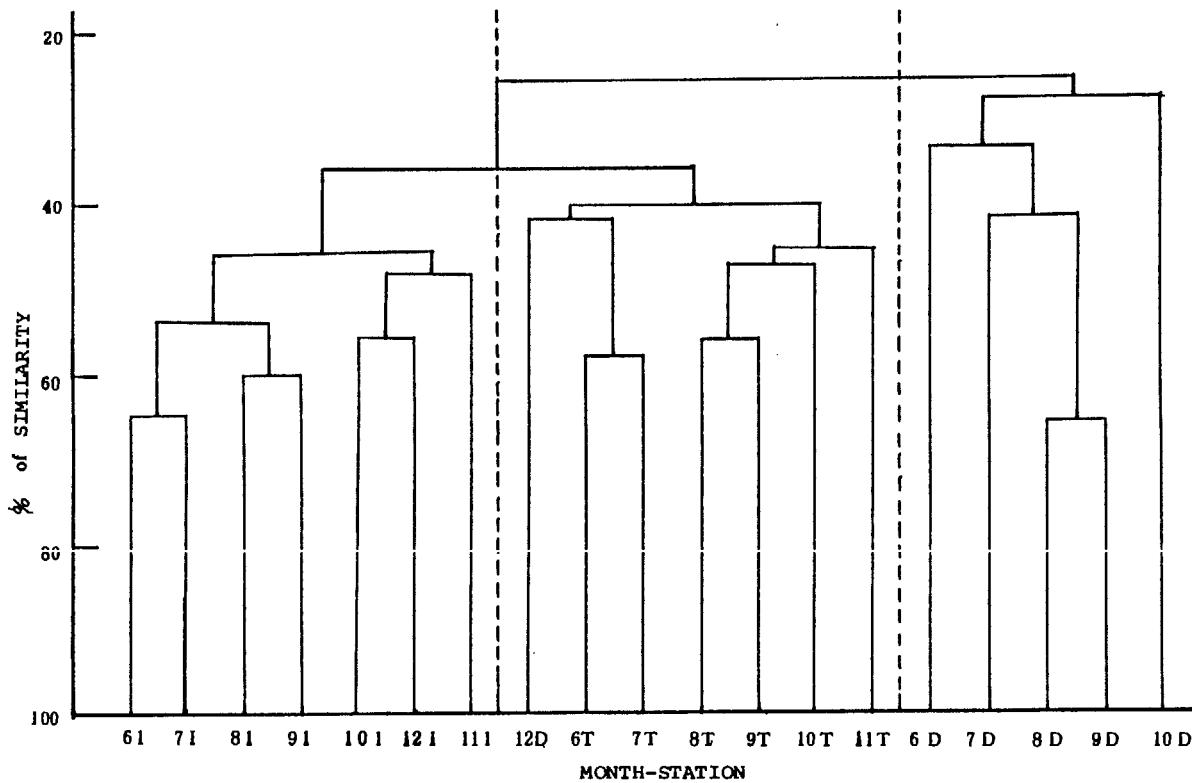
取水口地域에서는 전체가 46.5 %의 類似度를 나타내고 있었으며 최대치는 6월과 7월의 65.6 %이었다. 한편 溫排水擴散區域에서는 8월과 9월이 58.6 %로 가장 유사하였으며 전체가 41 % 수준의 유사성이 있었다. 이 송 排水口의 12월이 溫排水擴散區域의 6월, 7월과 43 % 수준의 類似度를 보인 것은 주목할 만하다.

한편 排水口는 10월과 11월이 66.7 %의 類似度를 보였고 12월을 제외한 전체가 28.5 %수준의 類似度를 기록하여 이지역의 動物群集이 아직 안정되어 있지 못하다는 것을 알 수 있었다.

3. 發電所 溫排水가 底棲動物群集에 미치는 影響

底棲動物들은 운동력이 없거나 매우 약하여 外部環境變化로 부터 도피할 능력이 없기 때문에, 그 環境變化에 많은 影響을 받고 있는 반면 대체적으로 環境變化 특히 溫度變化에 대한 적응력이 강하다. 이러한 특징은 온대지방에 4 계절 출현하는 種들 중 조간대에 서식하는 種들에게서 찾아 볼 수 있다.

조사지역에 서식하는 種들을 대상으로 發電所 溫排水의 影響을 정확히 수치화



(Numbers indicate months, I: Intake area, D: Discharge area; T: Thermally altered area.)

그림 8. 三千浦火力發電所取水口, 排水口 및 溫排水擴散區域에 설치한 부착판에 출현한
底棲動物群集의 월별 種類似度 (1985.6 ~ 1985.12).

Fig. 8. Monthly variations of percentage similarity on the experimental plates at intake, discharge, and thermally altered area of Samcheonpo Power Plant (1985. 6-1985. 12).

하기는 어렵지만 發電所에서 배출되는 여타 化學物質의 影響을 무시한다면 어느 정도 가능하리라 본다.

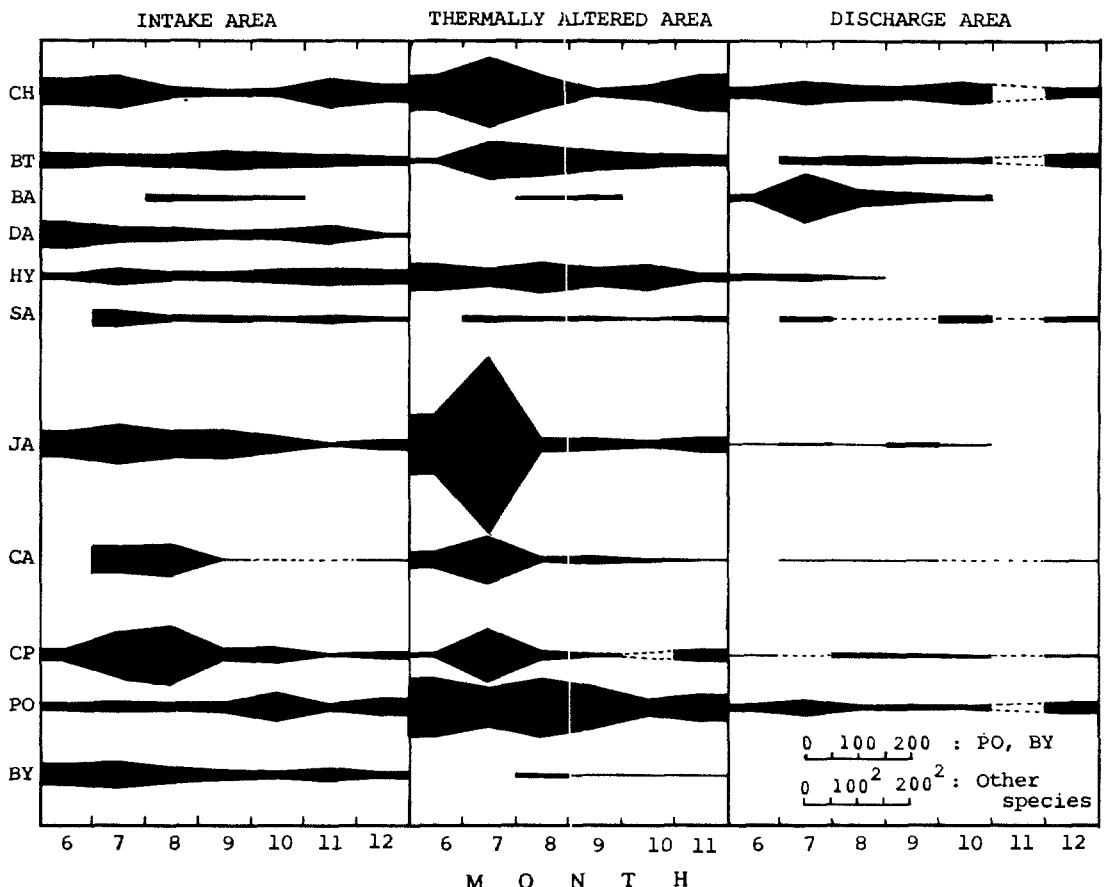
排水口 地域에서는 높은 溫度의 上昇과 초당 2m의 速度로 흐르는 溫排水의 水流에 影響을 많이 받으며, 溫排水擴散區域에서는 약간의 溫度上昇影響만 받는다고 가정할 수 있다.

세 조사 지역에 모두 출현하거나 優占的으로 출현하는 種들을 대상으로 볼 때 몇 가지 특정적인 현상을 들 수 있다.

*Chthamalus challengeris*는 우리나라 潮間帶 상부에 널리 분포하는 種으로 古里原子力 發電所 주변에도 優占種으로 출현하는 種이다 (郭, 異, 柳 1983). 이 種은 溫度變化에 매우 강하기 때문에 溫排水의 影響을 받지 않는 種으로 생각된다. *Ch. challengeris*의 부착형태를 보면 溫排水區域에 가장 많이 부착하고 排水口에서 가장 낮았는데 (그림 9), 이는 溫排水의 影響으로 인한 것보다는 排水口에서 강한水流로 인하여 幼生이 부착하기 힘들었기 때문으로 생각된다. 물론 이 種도 幼生發達段階에 있어 각 단계별로 溫度에 대한 적응이 틀리며 附着期 幼生이 溫排水系統에 連入되어 있는 피해도 고려해야 하겠지만 溫排水區域의 부착밀도가 取水口보다 높은 것을 감안할 때 그 피해는 그다지 크다고 할 수는 없겠다.

한편 본 조사에서 *Ch. challengeris*는 년 중 2회 산란하는 것이 밝혀졌는데 주 부착시기는 6월과 10월 사이로 나타났으며, 溫排水區域에서는 가을철 부착시기가 약 1개월 정도 빠른 듯하며, 이는 溫度上昇에 따라 산란시기가 앞당겨졌기 때문으로 생각된다.

*Balanus trigonus*는 *Ch. challengeris*와 비슷하지만 부착시기가 5~6월 1회 밖에는 관찰되지 않았다. 한편 *Balanus amphitrite*는 排水口에서 대단히 많이 번식하여 위 두 種과 좋은 대조를 이루었다. *Dexiospira* sp.는 取水口에서만 출



CH: *Chtanulus challengeri*, BT: *Balanus trigonus*, BA: *B. amphitrite*, DA: *Dexiospira* sp., HY: *Hydrodys esocinis*, SA: *Saxostrius echin*
JA: *Jasa faloata*, CA: *Corophium acherusicum*, CP: *Caprella* spp., PO: Polychaeta other than HY, BY: Bryozoa colony.

그림 9. 三千浦火力發電所取水口, 排水口 및 溫排水擴散區域에 설치한 부착판에 출현한 중요종의 월별出現樣樣 (1985. 6 ~ 1985. 12).

Fig. 9. Occurrence of some important species of zoobenthos on the experiment plates at intake, discharge and thermally altered area of Samcheonpo Power Plant (1985. 6~1985. 12).

현하여 溫度의 영향을 많이 받는 것으로 생각되어지며 *Hydroides ezoensis*는 溫排水區域에 많이 부착하였고 排水口 부근에는 별로 부착하지 못하였다. 태형동물, 니질성관을 형성하는 단각류와 이동성 갯지렁이류도 *H. ezoensis*와 비슷한 부착 상태를 나타내고 있었다.

이러한 사실을 종합해 볼 때, 溫排水가 어느 정도 底棲動物群集에 影響을 미치고 있는 것은 사실이지만 그 정도를 명확하게 구분하기는 힘들다.

三千浦 火力發電所의 경우 取水口와 溫排水區域간에 어느 정도 動物群集의 差異를 발견할 수 있지만, 전체적인 生體量은 溫排水區域이 더 높게 나타나고 있어 실질적인 피해는 거의 없다고 할 수 있다. 한편 排水口에서는 높은 溫度, 강한水流 등의 影響으로 種組成이 매우 빈약하였으며, 生物量도 적었는데 이는 排水口에 있어서의 특징적인 것이고 그 면적이 얼마되지 않기 때문에 큰 문제가 될 수는 없을 것이다. 따라서 부착판에 출현하는 底棲動物의 입장에서 볼 때 數種의 태형동물과 몇몇의 갯지렁이류를 제외한다면 溫排水에 의한 影響은 오히려 生物量을 증가시키는 결과를 나타낸다고 할 수 있다.

그러나 제한된 지역에서이지만 溫排水의 계속적 放出은 底層의 溶存酸素量을 감소시키거나 먹이생물의 양을 감소시키고 堆積作用을 촉진시키는 결과를 초래하기도 한다. 이에 따라 底棲動物이 대량 魏死하거나 (Dickson 1975, Miller et al. 1976) 樓息密度가 감소하는 경우 (Elake et al.)도 종종 있기 때문에 주의하여야 한다. 取水口와 溫排水擴散區域을 비교할 때 取水口의 種數나 種多樣性指數가 溫排水擴散地域보다 높게 나타나는 것은 種數에 있어서 溫排水가 어느 정도 影響을 미치고 있다고 보아야 할 것이다.

第四章 結論

1985년 5월부터 1986년 1월까지 千浦火力發電所를 대상으로 하여 發電所溫排水가 底棲動物에 미치는 영향 조사결과는 다음과 같다.

千浦火力發電所 排水口의 水溫은 溫排水擴散區域과 取水口보다 각각 $6\sim7^{\circ}\text{C}$ 와 $3\sim4^{\circ}\text{C}$ 높았으며 그 差異는 여름철 高水溫期에 가장 높았고 겨울철에 가장 낮았다.

取水口地域의 純生產力은 $3.28\sim29.53 \text{ mg C}/\text{m}^2/\text{h}$ 로써 排水口의 $-2.35\sim10.78 \text{ mg C}/\text{m}^2/\text{h}$ 보다 높았다. 한편 水溫이 낮은 11월에는 오히려 排水口의 純生產力이 取水口보다 높았는데 이는 水溫에 따라서는 發電所 냉각계통에 의하여 입는 피해보다도 水溫上昇으로 인하여 얻는 이익이 더 클 수도 있다는 것을 암시해 준다.

전체적으로 볼 때 조사기간중 발전소 냉각계통이 식물플랑크톤의 純生產力에 미치는 影響은 $6.2\sim36.8\%$ 의 범위이며 이는 우리나라 沿岸魚場의 生產力과 비교할 때 最大 3 ha 에 달하는 양이다.

조사기간중 부착판에 출현한 底棲動物은 총 81種이었으며 取水口에서 58種, 排水口에서 35種, 溫排水擴散區域에서 53種이 출현하였으며 生物量은 溫排水擴散區域이 제일 많았다.

種多樣性指數로 볼 때 取水口와 溫排水擴散區域간의 상반된 값을 볼 수 있으며 指數曲線의 變化는 2개월의 간격을 두고 비슷하게 변화하는데 이는 두 지역간의 溫度差異가 평균 4°C 이며 조사기간중 평균 수온의 증가가 월 2°C 내외인 것을 감안할 때 溫排水의 影響으로 인한 것으로 볼 수도 있다.

한편 優占度를 비교할 때 取水口는 어느 정도 안정된 動物群集의 수준이었으나 溫排水擴散區域에서는 소수의 優占種이 뚜렷이 나타나고 있어 주위의 環境要因이 소수

의 特定種에 유리하게 나타나고 있는 것을 알 수 있었다.

排水口地域에서 낮은 種分化度를 나타낸 것은 溫度의 影響보다는 溫排水의 빠른
流速에 인하여 부착기 유생들이 着生하지 못한 것으로 생각된다.

전체적으로 볼 때 발전소 냉각계통에 의한 影響은 溫排水擴散區域의 底棲動物의
生物量을 높이는 결과를 초래하여 큰 문제는 없는듯 하나 높은 온도는 動物群集의
種組成을 변화시키는데는 충분한 影響을 미치고 있었다.

參 考 文 獻

- Blake, N. J., L. J. Doyle, and T. E. Pyle. 1976. The Macrobenthic community of a thermally altered area of Tampa Bay, Florida. Pages 296-301 in G. W. Esch and R. W. MaFarlane *ed.* Thermal ecology. II. Tech. Inf. Cen., ERDA. U.S.A.. 400 pp.
- Dickson, D. R. 1975. Waste heat in the aquatic environment. Nat. Res. Coun. Cana. Publ. No. NRCC-14109, Ottawa. 40 pp.
- Gunter, G. 1957. Temperature. Chapter 8. Treatise on marine ecology and paleoecology. I. Geol. Soc. Am. Mem., 67: 159-184.
- Huh, H. T., J. M. Kim, S. K. Yi, D. Y. Kim, J. H. Lee, K. I. Yoo, and Jin H. Lee. 1979. Effects of thermal effluents on marine biota. Chapter 18. Pages 447-520 in S. D. Hahn *ed.* Oceanography studies for Kori Nuclear Power Plants. KORDI Rep. BSPI-00151-24-1, Seoul. 524 pp.
- IAEA. 1974. Thermal discharges at nuclear power station. Their management and environmental impacts. IAEA Tech. Rep. Ser. 155, Vienna. 155 pp.
- Jaccard, P. 1908. Nouvelles recherches sur la distribution florale. Bull. Soc. Vaudoise Sci. Nat., 44:223-270.
- Koops, F. B. J. 1978. Some problems in finding good standards for cooling water. KEMA Ser., XVI (20): 353-356.

- Krenkel, P. A., and F. L. Parker. 1969. Engineering aspects, sources, and magnitude of thermal pollution. Pages 10-52 in P. K. Krenkel, and P. L. Parker *ed.* Biological aspects of thermal pollution. Pro. Nat. Symp. Ther. Poll. June 3-5, 1968. Portland, Oregon, Vanderbilt Univ. Press, Nashville, Tenn. 407 pp.
- Lee, J. H. 1976. A study on the benthic fauna along the Busan Coast, Korea. Publ. Inst. Mar. Soc., Nat. Fish. Univ. Busan, 9:49-70.
- Lorezen, C. J. 1976. Primary production in the Sea. Pages 173-185 in D. H. Cushing and J. J. Walsh *ed.* The ecology of the Seas. Blackwell Sci. Pub. London. 467 pp.
- McWilliam, P. S. 1972. Changes in the oxygen pressure system in Lake Liddell, N. S. W. an associated observations on the ecology of aquatic micro-and macro phytes. Pages 60-66 in Thermal discharges engineering and ecology. Thermo-Fluid Conferences, 4-7 Dec. 1972. Sydney. The I. Engineers, Australia. 125 pp.
- Miller, M. C., G. R. Hater, T. W. Feferle, and J. P. Reed. 1976. Effects of a power plant operation on biota of a thermal discharge channel. Pages 251-258 in G. W. Esch, and B. W. McFarlane *ed.* Thermal ecology. II. Tech. Inf. Cen., ERDA. U.S.A.. 400 pp.

- Nakatani, R. E. 1969. Effects of heated discharges on anadromous fishes. Pages 294-319 in P. K. Krenkel, and P. L. Parker ed. Biological aspects of thermal pollution. Pro. Nat. Symp. Ther. Poll. June 3-5, 1968. Portland, Oregon, Vanderbilt Univ. Press, Nashville, Tenn. 407 pp.
- PSEG. 1976. Revised draft environmental statement related to construction of Atlantic Generating Station Unit 1 and 2. Public Service Electric and Gas Company Docket Nos. STN 50-477 and STN 50-478. Washington D.C.. 445 pp.
- Shannon, C. E. and W. Weaver. 1963. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press, Urbana, U.S.A.
- Simpson, E. H. 1949. Measurement of diversity. Nature, 163:688.
- Stratton, F. E., and P. L. McCarty. 1967. Production of nitrification effects on the dissolved oxygen balance of streams. Env. Sic. & Tech., 1: 405-410.
- Strickland, J. D. H., and T. R. Parsons. 1972. A Practical handbook of Sea Water analysis. Bull. 167. Fish. Res. Bd. Canada. 310 pp.
- Trusell, R. P. 1972. The percent un-ionized ammonia in aqueous solution at different pH levels and temperature. J. Fish. Bd. Canada, 29: 1505-1507.
- Yi, S. K., 1975. Studies on the intertidal macrofauna community at Yong-ho Bay, Busan, Korea. Bull, Korean Fish. Soc, 8:133-149.

郭熙相, 異舜吉, 柳在洛. 1983. 環境影響評價報告書, 原子力 5·6 號機 最終安全
性 分析 報告書中 數地部分, 韓國電力公社, Seoul, 201pp.

金銀娥等. 1985. 保寧, 三千浦 T/P 冷却水가 沿岸 養殖水產物에 미치는 影響調
社(I), 서울大學校 自然科學 綜合研究所, KRC-84C-JO I, Seoul, 761pp.

海洋生物環境研究所. 1980. 冷却水の取放水に係る 環境影響評價 ヌニユアル案
東京. 577pp.