

火力發電所 冷却系統이 海洋生物에 미치는 影響

II. 底棲生物에 미치는 影響*

異 舜 吉
海洋研究所
(1987년 7월 14일 수리)

Effects of Cooling Water System of a Power Plant on Marine Organisms

II. Effects on Benthic Organisms*

Soon Kil Yi

Korea Ocean Research and Development Institute, Ansan, 171-14 Korea
(Accepted July 14, 1987)

To understand the effects of the cooling water system of the power plant on the succession of sessile zoobenthos, a series of experiments were carried out at the cooling water system of Samchonpo Power Plant from May 1985 to May 1986.

The lowest species diversity of the zoobenthos was observed at the discharge canal. This is probably caused by both increased velocity and temperature of circulating water. It is also noticeable that species composition of the zoobenthos, to a certain degree, was affected due to the impingement of meroplankton during the entrainment process. While the number of species attached on the experimental substrata installed in the thermally altered area is smaller than that in the intake canal, the biomass is increased as the increased temperature eliminates some species and in turn stimulates reproduction and growth of the others. It is interesting that relatively high similarity exists between the summer communities in the intake canal and the spring communities in the thermally altered area, and the same relationship is also found between the fall communities in the intake canal and the winter communities in the thermally altered area. Ecological index curves of the zoobenthos of the intake canal follows the fluctuation pattern of the thermally altered area in one or two months of elapsed time, probably due to temperature increase by the inflow of heated water discharged from the power plant.

序 論

冷血動物에 속하는 대부분의 水棲動物은 溫度變化에 민감하게 반응하며 특히, 底棲動物은 運動력이 없거나 미약 하기 때문에 發電所에서 배출 되는 溫排水에 그대로 노출되어 影響을 입게 된다. 底棲動物이 發電所 冷却系統 가동에 따라오는 影響은, 이들의 浮游幼生이 冷却系統에 連行되어 입는 影響과,

幼生 및 成體가 溫排水 擴散區域내에서 입는 影響으로 나눌수 있다. 이 두가지 影響은 서로가 복합적으로 작용을 하기 때문에 정확히 예측 하기는 어렵고, 더우기 發電所의 가동 조건이 일정하지 못하고 또한, 汚損生物 제거를 위하여 투입 되는 화학약품(Burton and Margrey, 1979)의 影響과도 연관이 되므로 그 影響의 定量化가 한층 더 힘들게 된다.

이러한 影響에 관한 연구는 Cairns(1956), Coutant

* 부산수산대학 해양학연구소 연구연적 제184호(Contribution No. 184 of Institute of Marine Sciences, National Fisheries University of Pusan)

(1968, 1969, 1970, 1971, 1976), Dickson(1975), Hedgpeth and Gonor(1969), Naylor(1965) 등에 의하여 많은 발전을 이룩 하였으나, 국내에서는 金等(1985), 宋(1985) 등 소수의 학자에 의한 단편적인 조사에 그치고 있는 실정 이다.

따라서 本 研究는 三千浦 火力發電所冷却系統을 대상으로 取水路, 排水路 및 溫排水 擴散區域의 底棲生物 群集의 遷移를 비교 하여 熱汚染의 영향을 定量的으로 평가 하기 위한 기초 자료를 제공하기 위하여 수행 되었다.

材料 및 方法

1. 環境要因

調査地域의 環境要因 측정 방법과 調査地點은 前報(異와 陳, 1987)와 같다.

2. 底棲生物

天然石村로 製作한 30×30 cm 크기의 正方形 附着板을 取水路에는 平均低潮線 水深에, 排水路와 溫排水 擴散區域에는 水深 1 m 되는 곳에 각각 30개씩 垂下한 후 매월 2개씩 채취하여 底棲生物 群集의 變化를 調査하였다. 또한 附着板을 같은 場所에 매월 2개씩 垂下한 후 1個月 후 수거하는 方法을 되풀이 하여 월별 重要附着生物의 加入狀況을 調査하였다.

수거된 附着板은 10% 중성 포르말린에 固定하여 實驗室에 運搬한 후 海藻類와 운동성이 있는 底棲動物은 분리하고, 固着性 底棲動物은 附着板위에 투명한 셀로판지를 덮고 底棲動物의 種類別 出現樣相을 도면화한 후 同定 및 計數하였으며, 아울러 被覆度를 計算하였다. 被覆度의 計算은 20개의 직선을 固着性 底棲動物이 그려진 셀로판지 위에 等間隔으로 긋고 각 線上에 나타나는 各種別 거리의 百分率로 표시하였다.

운동성이 있는 底棲動物은 試料의 量에 따라 적당량을 分離하여 보고로브 計數板에 옮겨서 同定 및 計數하였다.

各 調査地點의 월별 表品은 별개의 群集으로 간주하여 分析하였으며 群集分析에 사용된 生態學的 指數중 優占度 指數는 Simpson(1949), 種多樣性 指數는 Shannon and Weaver(1963), 均等度 指數는 Pielow(1966), 類似度 指數는 Sanders(1960), 回轉率은 Goren(1979)의 식에 따라 計算하였다.

이중 Sanders의 類似度 指數는 群集의 類似性을

밝혀내는 데 사용하였으며 方式을 전환하여 回歸群의 分析에 사용하였다. 계산된 두 指數는 각각 平均 調合法(average linkage method)에 의하여 集團圖를 그렸다.

海藻類의 경우 調査期間 중 총 出現種數가 13種에 불과하며 개개의 表品別로는 2~3種에 불과하였기 때문에 生態學的인 分析을 생략하였다.

結果 및 考察

1. 海藻類

調査期間中 관찰된 海藻類는 매우 빈약하여 取水路에서 7種, 排水路에서 5種 溫排水 擴散區域에서 11種등 總13種에 불과하였으며 種類別로는 綠藻類가 6種으로 우세하였으며, 褐藻類가 3種, 紅藻類가 4種 出現하였다. 綠藻類에 속하는 남작파래(*Enteromorpha compressa*)는 調査期間中 全 調査地點에서 附着板垂下직후부터 出現하기 시작하여 2~3개월 후에는 전체 附着板에서 優占種으로 나타났다. 準優占種인 구멍갈파래(*Ulva pertusa*)는 取水路에서 많이 出現하였으며 排水路에서는 겨울철에, 溫排水 擴散區域에서는 겨울에서부터 봄철 사이에 주로 出現하였다 (Table 1).

調査地域에 出現한 海藻類 中에는 Dayton(1975)이 言及한 바와 같이 다른 海藻類 및 動物의 棲息에 중요한 影響을 미치는 草冠種은 溫排水 擴散區域에서 11월부터 1월까지 또한 5월에 出現한 紅藻類에 속하는 입꼬시래기(*Gracilaria textorii*) 뿐이었으며, 일파래(*E. linza*)는 溫排水 擴散區域에서 봄철에 구멍갈파래는 取水路에서 여름철에 각각 準草冠種이라 할 수 있었다.

調査地域의 植生은 인근 신수도에서 金 等(1985)이 調査한 海藻相이나 우리나라 남해안 일대의 海藻相(孫, 1983, 孫 等, 1982)보다는 아주 빈약하였지만, 같은 지점에서 金 等(1985)이 보고한 5種 보다 는 약간 우세하였다.

發電所 冷却系統의 가동이 海藻類에 미치는 影響으로서 극단적인 예로는 海藻類의 胞子가 冷却系統 통과시 입는 피해도 들 수 있겠지만, 水溫의 變化에 의한 影響이 대부분이라 생각된다. 즉, 청각(*Codium fragile*), 패(*Ishige okamurai*)와 입꼬시래기가 排水路에서는 出現하지 못한 것과, 溫排水 擴散區域의 出現種의 數가 他地域보다 월등히 많았으며 구멍갈파래의 出現時期가 각기 달랐던것은 溫排水의 影響 이라고 할 수 있겠다.

異 舜 吉

Table 2. Occurrence of macrozoobenthos on the experimental substrata in the intake canal of Samchonpo Power Plant

Unit: organisms/400cm²

Species	Year Month	1985							1986				
		June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May
Crustacea													
<i>Chthamalus challenger</i>		597	942	70	9	12	734	249	128	87	91	68	140
<i>Balanus trigonus</i>		245	180	141	282	161	138	71	87	43	74	39	13
<i>Balanus amphitrite</i>		0	0	28	4	3	0	0	0	8	17	8	2
<i>Jasa falcata</i>		556	1415	668	769	215	6	92	82	22	36	41	22
<i>Corphium acherusicum</i>		108	690	910	1	0	0	1	43	18	28	11	21
<i>Erictionius brasiliensis</i>		0	0	57	24	18	0	27	4	3	2	1	1
<i>Paradexamine barnardi</i>		12	171	43	14	1	3	77	71	2	11	11	0
<i>Stenothoe valida</i>		2	43	85	16	62	3	0	21	6	5	2	0
<i>Podocerus inconspicuus</i>		0	156	115	9	3	0	3	18	3	5	0	1
Gammaridae indt.		0	0	0	0	3	0	22	26	3	2	0	0
<i>Caprella californica</i>		23	467	484	37	89	2	34	3	2	2	4	1
<i>Caprella acanthogaster</i>		64	768	1607	14	0	0	0	0	2	0	1	
<i>Caprella equilibra</i>		48	1920	981	78	85	1	11	11	2	5	5	4
<i>Janiropsis longiantennata</i>		1	7	43	1	1	0	0	7	1	14	0	1
<i>Paranthura japonica</i>		0	0	0	16	26	3	3	25	3	7	0	1
<i>Sphaerozius nitidus</i>		0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hemigrapsus sinensis</i>		0	0	0	2	1	0	0	0	1	0	1	0
<i>Rhynchoplax coralicola</i>		0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
<i>Pugettia quadridens</i>		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Megalopa</i> larvae		0	5	0	0	0	0	0	0	0	9	7	0
Ostracoda unid.		0	11	0	4	0	0	2	0	3	0	5	4
Copepoda unid.		0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polychaeta													
<i>Dexiospira alveolatus</i>		612	248	129	71	93	313	8	233	10	7	5	59
<i>Hydroides ezoensis</i>		32	193	78	75	139	260	148	128	174	94	213	92
<i>Eumida sanguinea</i>		2	2	4	0	0	2	2	2	1	2	0	1
<i>Eumida</i> sp.		0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	1	0
<i>Eulalia bilineata</i>		2	1	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0
<i>Eulalia viridis</i>		0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Harmathoe imbricata</i>		3	0	0	3	0	1	0	6	6	1	10	3
<i>Typosyllis aciculata orientalis</i>		0	5	1	4	17	1	8	5	3	15	6	0
<i>Nereis multignatha</i>		0	2	0	2	5	2	4	4	4	4	0	0
<i>Nereis</i> sp. (A)		0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0
<i>Chloeia flava</i>		0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1
<i>Polyththalmus</i> sp.		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Polydora</i> sp.		0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0
<i>Terebella ehrenbergi</i>		0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
<i>Lepidonotus squamata</i>		0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	4
<i>Halosydna brevisetosa</i>		0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
<i>Tharyx</i> sp.		0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
<i>Ancitides koreana</i>		0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Pelecypoda													
<i>Hiatella orientalis</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	25	32	36	51
<i>Saxostrea echinata</i>		0	255	34	46	14	29	6	0	0	2	0	3
<i>Musculitsa senhousia</i>		0	0	1	0	0	1	0	0	5	4	11	7
<i>Mytilus edulis</i>		0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Ctenoides lischkei</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

火力發電所 冷却系統이 海洋生物에 미치는 影響

Species	Year	Month	1985						1986					
			June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May
Gastropoda														
<i>Proterato callosa</i>			0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Sakuracolis enosimensis</i>			0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	
<i>Philine argenthata</i>			0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
<i>Pleurobrachaea japonica</i>			0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
<i>Capalus dilatatus</i>			0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
<i>Acteopyramis eximia</i>			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Reticunassa beata</i>			0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
<i>Patelloida saccharina</i>			0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
<i>Acmaea pallida</i>			0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Gastropoda unid.			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
Tunicate														
<i>Ciona intestinalis</i>			0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	12	
<i>Styela plicata</i>			0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	4	
<i>Didemnum aspiculatum</i>			0	0	0	0	0	0	0	10	0	1	1	
<i>Didemnum</i> sp.			30	1	1	1	1	1	1	5	75	49	21	
<i>Botrylloides</i> sp.			0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	3	
Bryozoa														
<i>Schizoporella</i> sp.			0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	14	
<i>Dakaria subovoidea</i>			285	142	148	53	44	33	35	51	32	22	46	
<i>Lichenopora imperialis</i>			125	28	33	5	10	7	1	10	0	0	5	
<i>Iodictyum</i> sp.			13	393	72	20	11	0	23	2	2	3	1	
<i>Hippopatraliella magma</i>			0	1	0	2	5	117	1	0	4	17	0	
<i>Electra</i> sp.			0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	
<i>Celleporina</i> sp.			0	0	0	0	0	0	0	6	0	2	1	
<i>Crisid</i> sp.			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
Others														
<i>Anthopleura</i> sp.			0	0	0	0	1	1	3	1	1	63	0	
<i>Tubularia mesembryanthenum</i>			0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	
<i>Dynamena crisioides</i>			0	0	21	44	12	40	1	18	331	397	17	
<i>Halichondria okudai</i>			0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	
<i>Prosthiostomum</i> sp.			0	0	0	5	1	1	0	0	0	2	1	
Nemertinea unid.			0	2	1	0	1	0	3	1	1	2	1	
<i>Stylochus uimai</i>			14	6	1	26	0	0	1	1	1	4	3	
<i>Amphiporus</i> sp.			0	1	1	2	0	0	1	2	2	2	4	
<i>Tanystylum</i> sp.			0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
<i>Ichnochiton comptus</i>			0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	
<i>Dorometra</i> sp.			0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	
<i>Ophiotrix koreana</i>			0	0	1	0	0	0	0	2	1	0	2	
<i>Caudina</i> sp.			0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	
<i>Acanthozoaster gemnata</i>			0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
Total number of organisms			2778	8080	5762	1645	1045	1705	845	1027	905	1075	631	885

2. 底棲動物

1) 重要種의 附着現況

調査期間中 取水路의 附着板에 出現한 種의 數는 82種이었는데 이중 全期間에 걸쳐 出現한 種은 조무래기따개비(*Chthamalus challengerii*), 삼각따개비(*Balanus trigonus*), *J. falcata*, 부채넓적이끼벌레(*Dakaria subovoidea*) 등 8種에 불과하였으며 5회이상 出現한 種은 32種이었다(Table 2). 그 외의 種들

은 대부분 일시적으로 出現하는 大形種들이었다. 1월 이후에 種數가 급격히 늘어난 것은 초기에 少量 種이었던 種들이 감소한 것과 垂下口數가 증가함에 따라 새로운 種들이 첨가될 수 있는 여건이 마련된 점, 또한 일시적으로 出現하는 大形種에 그 원인이 있다고 보아진다.

排水路에서는 53種이 出現하였는데(Table 3), 全期間 出現한 種은 조무래기따개비, 주걱따개비(*Balanus amphitrite*), 새점박이참갯지렁이(*Nereis mul-*

異 舜 吉

Table 3. Occurrence of macrozoobenthos on the experimental substrata in the discharge canal of Samchonpo Power Plant

		Unit: organisms/400cm ²										
Species	Year Month	1985					1986					
		June	July ^a	Aug. ^b	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Crustacea												
<i>Chthamatus challengeri</i>		90	443	197	150	447		66	56	48	21	36
<i>Balanus trigonus</i>		0	43	63	20	9		86	63	61	78	18
<i>Balanus amphitrite</i>		38	2334	234	111	107		81	80	52	27	35
<i>Jasa falcata</i>		1	4	1	12	5		0	56	41	164	16
<i>Corophium acherusicum</i>		0	2	1	2	0		3	27	21	76	317
<i>Erictoniue brasiliensis</i>		1	0	0	0	0		0	2	0	21	4
<i>Paradexamine barnardi</i>		0	0	1	0	0		2	0	4	21	2
<i>Stenothoe valida</i>		0	0	0	1	1		1	0	1	1	0
<i>Podocerus inconspicuus</i>		0	0	0	0	0		0	9	0	192	171
Odicerotidae indt.		2	0	0	0	0		0	0	0	0	0
Gammaridae indt.		1	0	0	0	2		0	0	0	1	6
<i>Caprella californica</i>		2	0	0	0	0		0	0	0	134	6
<i>Caprella acanthogaster</i>		0	0	3	0	0		0	0	0	2	0
<i>Caprella equitica</i>		0	0	3	2	2		0	3	5	299	8
<i>Janiropsis longiantennat</i>		0	0	0	0	0		0	0	2	50	12
<i>Paranthura japonica</i>		0	0	0	0	0		1	0	0	0	0
Ostracoda unid.		0	0	0	0	0		0	12	4	36	18
Polychaeta												
<i>Hydroides ezoensis</i>		13	14	1	0	0		10	4	37	15	8
<i>Eumida sanguinea</i>		0	0	0	0	0		1	0	0	0	1
<i>Eulalia bilineata</i>		0	0	0	0	0		0	0	0	1	0
<i>Harmathoe imbricata</i>		1	2	1	1	0		1	0	1	4	2
<i>Typosyllis aciculata orientalis</i>		3	2	0	0	0		4	17	6	9	8
<i>Perinereis cultrifera</i>		0	0	0	0	0		0	3	0	0	0
<i>Nereis multignatha</i>		2	7	2	3	3		3	6	2	1	1
<i>Polydora</i> sp.		0	1	0	0	0		0	0	1	2	0
<i>Opellina aulogaster</i>		0	0	0	0	0		1	0	0	0	0
<i>Terebella ehrenbergi</i>		0	0	0	0	0		0	0	0	1	0
<i>Lumbrineris</i> sp.		0	0	0	0	1		0	0	0	0	0
<i>Lepidonotus squamata</i>		0	0	0	0	0		0	0	0	2	1
<i>Phyllodos</i> sp.		0	0	0	0	0		0	0	0	1	0
<i>Anatides koreana</i>		0	0	0	1	1		0	0	0	0	0
Pelecypoda												
<i>Hiatella orientalis</i>]		0	0	0	0	0		103	108	448	0	0
<i>Saxostrea echinata</i>		0	13	0	0	21		10	1	0	0	2
<i>Musculista senhousia</i>		0	0	0	0	0		115	8	14	0	0
<i>Mytilus edulis</i>		0	0	0	0	0		3	0	107	0	0
<i>Arcopsis symmetrica</i>		0	0	0	0	1		1	0	0	0	0
Gastropoda												
<i>Sakuraceolis enosimensis</i>		0	0	0	0	0		1	0	0	0	0
<i>Philine argenthata</i>		0	4	0	0	0		0	2	1	0	0
<i>Tiberia pulchella</i>		0	0	0	0	0		0	1	0	0	0
Tunicate												
<i>Ciona intestinalis</i>		0	0	0	0	0		0	0	0	0	2
<i>Styela plicate</i>		0	0	0	0	0		0	0	0	0	3
Bryozoa												
<i>Dakaria subovoidea</i>		0	0	0	0	0		0	0	2	0	1
<i>Iodictyum</i> sp.		0	0	0	0	0		0	0	0	7	2
<i>Celleporina</i> sp.		0	0	0	0	0		0	0	0	6	2

Species	Year	Month	1985					1986						
			June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May
Others														
<i>Anthopleura</i> sp.			0	0	0	0	15		1	1	2	2		3
<i>Tubulcria mesembryanthenum</i>			0	0	0	0	0		4	0	0	0		0
<i>Prosthiostomum</i> sp.			0	0	0	0	1		3	0	0	0		0
Nemertinea unid.			0	0	0	4	2		0	12	0	2		1
<i>Stylochus ijimai</i>			0	7	0	0	0		0	2	4	1		1
<i>Amphiporus</i> sp.			0	0	0	0	0		4	0	0	0		0
<i>Tanystylum</i> sp.			0	0	0	0	1		0	1	0	0		0
<i>Ichnochiton comptus</i>			0	0	0	0	0		1	1	0	0		3
<i>Ophiopholis mirabilis</i>			0	0	0	0	1		1	0	0	0		0
Total number of organisms			154	2878	507	307	620		507	477	864	1177		690

Table 4. Occurrence of macrozoobenthos on the experimental substrata in the thermally altered area of Samchonpo Power Plant

Unit: organisms/400cm²

Species	Year	Month	1985					1986						
			June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May
Crustacea														
<i>Chthamalus challengerii</i>			973	4603	1030	59	143	1160		208	91	97	83	311
<i>Balanus trigonus</i>			13	1369	891	369	237	127		181	106	114	96	266
<i>Balanus amphitrite</i>			0	0	2	4	0	0		1	2	3	56	78
<i>Jasa falcata</i>			3218	2885	139	129	35	157		183	224	7040	6048	3232
<i>Corophium echerusicum</i>			199	2162	21	24	3	2		0	168	4153	6944	5817
<i>Erictonius brasiliensis</i>			14	114	5	4	0	80		2	48	156	2688	512
<i>Paradexamine barnardi</i>			0	0	0	0	2	0		0	0	0	0	0
<i>Stenothoe valida</i>			0	0	3	0	1	58		96	0	29	96	0
Gammaridae indt.			0	0	0	5	0	8		0	48	0	64	0
<i>Caprella californica</i>			8	356	25	2	0	69		0	48	4386	1952	11040
<i>Caprella aconthogaster</i>			25	441	32	0	0	0		0	0	526	1280	528
<i>Caprella equilibra</i>			10	1707	48	3	0	59		0	0	3086	4928	7424
<i>Janiropsis longiantennata</i>			0	0	0	3	0	1		0	136	142	1504	224
<i>Cirolana</i> sp.			0	0	0	0	0	2		0	0	0	0	0
<i>Ligia exotica</i>			0	0	0	0	0	0		1	0	0	0	0
<i>Paranthura japonica</i>			0	14	0	0	0	1		0	32	0	0	32
<i>Sphacrosius nitidus</i>			0	0	0	0	0	1		0	0	0	0	0
<i>Hemigrapsus sinensis</i>			0	0	0	4	1	1		0	1	2	0	0
<i>Rhynchoplax coralicola</i>			0	0	0	0	0	3		1	0	8	2	0
Megalopa larvae			1	0	0	0	0	0		0	1	1	3	2
Ostracoda unid.			0	0	0	0	0	0		1	0	0	0	416
Copepoda unid.			37	18	0	0	0	0		0	0	19	28	16
Polychaeta														
<i>Dexiospira alveolatus</i>			0	0	0	0	0	0		2	0	0	2	0
<i>Hydroides ezoensis</i>			651	309	829	292	568	60		48	332	60	71	52
<i>Eumida sanguinea</i>			0	10	2	1	2	0		1	2	2	1	1
<i>Eumida</i> sp.			0	0	0	0	0	0		0	1	0	0	0
<i>Eulalia viridis</i>			0	0	0	0	0	0		0	3	8	1	1
<i>Harmathoe imbricata</i>			7	3	3	6	4	7		0	3	5	1	2
<i>Typosyllis aciculata orientalis</i>			2	5	20	3	1	5		1	1	0	0	1
<i>Perinereis cultrifera</i>			0	0	0	0	0	0		5	4	4	0	0

異 舜 吉

Species	Year	1985						1986						
		Month	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May
<i>Nereis multignatha</i>			41	10	29	27	9	7		4	32	4	11	8
<i>Nereis</i> sp. (B)			0	0	0	0	0	0		0	0	1	0	0
<i>Chloeia flava</i>			0	0	0	0	0	4		0	4	0	0	0
<i>Terebella ehrenbergi</i>			0	3	0	0	0	0		0	0	0	0	1
<i>Chrysopetalum occidentale</i>			0	0	0	1	1	1		0	0	0	0	0
<i>Lepidonotus squamata</i>			0	0	0	0	0	0		0	0	2	2	1
<i>Halosydna brevisetosa</i>			0	0	0	0	0	0		20	12	3	10	12
<i>Anaitides koreana</i>			4	6	1	3	1	1		0	0	0	0	0
Pelecypoda														
<i>Hiatella orientalis</i>			0	0	0	0	0	0		40	0	32	38	40
<i>Saxostrea echinata</i>			0	31	13	7	3	9		7	6	3	1	2
<i>Musculista senhousia</i>			0	0	5	0	0	1		0	1	1	3	732
<i>Mytilus edulis</i>			0	0	0	2	0	0		0	25	203	178	32
<i>Arcopsis symmetrica</i>			0	0	0	0	0	1		0	0	0	0	0
<i>Arca boucardii</i>			0	0	0	0	0	0		2	0	0	0	0
<i>Ctenoides lischkei</i>			0	0	0	0	0	1		0	0	0	0	0
Gastropoda														
<i>Sakuraeolis enosimensis</i>			0	32	0	0	0	0		0	0	0	0	0
<i>Philine argenthata</i>			0	0	0	0	0	0		0	1	0	0	0
<i>Pleurobranchaea japonica</i>			0	1	0	0	0	0		0	0	0	0	0
<i>Dendronotus frondosus</i>			0	1	0	0	0	0		0	0	0	0	0
<i>Tiberia pulchella</i>			0	0	0	0	0	0		6	0	0	0	0
<i>Mitrella bicinata</i>			0	0	1	0	0	3		0	0	0	0	0
<i>Papyriscala ookoyamai</i>			0	0	0	1	0	0		0	0	0	0	0
<i>Patelloida saccharina</i>			0	0	0	0	0	0		0	0	1	0	0
Tunicata														
<i>Ciona intestinalis</i>			0	1	8	0	3	14		8	0	0	1	0
<i>Ascidia sydnetensis divisa</i>			0	0	0	0	0	0		4	3	0	0	0
<i>Styela clava</i>			0	0	5	0	1	0		4	0	6	0	0
<i>Styela plicata</i>			0	0	3	0	0	0		19	11	3	3	0
<i>Didemnum</i> sp.			1	1	0	0	0	0		3	2	0	3	0
<i>Botrylloides</i> sp.			0	0	0	0	0	0		0	6	1	0	0
Bryozoa														
<i>Schizoporella</i> sp.			0	0	0	0	0	0		0	8	5	0	0
<i>Dakaria subovoidea</i>			0	0	13	0	0	0		1	0	1	0	0
<i>Iodictyum</i> sp.			0	0	0	1	1	1		0	0	0	0	0
<i>Hippopatriella magma</i>			0	0	0	0	0	0		1	0	0	0	0
Others														
<i>Anthopleura</i> sp.			2	2	11	132	15	1		7	0	0	188	76
<i>Tubularia mesembryanthenum</i>			0	28	0	0	0	0		0	0	0	0	0
<i>Dynamena crisioides</i>			0	3	2	9	1	33		27	0	0	0	0
<i>Halichdria okudai</i>			0	0	0	0	0	0		1	2	0	0	0
<i>Prosthiostomum</i> sp.			12	8	0	12	1	0		0	0	0	0	1
Nemertines unid.			0	0	0	0	0	0		43	0	2	9	2
<i>Stylochus ijimai</i>			3	36	48	0	0	4		0	0	1	321	28
<i>Amphiporus</i> sp.			0	0	44	0	5	3		0	0	0	0	0
<i>Ichhnoiton comptus</i>			0	0	1	0	2	1		32	0	2	0	0
<i>Ophiothrix koreana</i>			0	0	0	0	0	0		0	2	0	0	0
<i>Caudina</i> sp.			0	0	0	0	0	0		64	0	6	0	0
<i>Sipuncula</i> sp.			0	0	0	0	0	0		0	1	0	0	0
Total number of organisms			5221	40159	3234	1103	1040	1886		1024	1367	20118	26616	30890

tignatha) 3種뿐이었다. 이러한 빈약한 種組成을 나타내는 것은 전항에서 설명한 바와 같이 浮遊幼生이 제한되었기 때문으로 생각되며, 이와 아울러 附着에 성공한 種類라도 빠른 流速으로 脱落되거나 여름철 水溫이 과도히 상승하여 生存에 실패하였기 때문으로 유추된다.

調査 후반부인 3월까지 이동성 있는 小型 甲殼類가 出現하지 못한 것은 이들이 附着하더라도 빠른 流速에 의하여 脱落되었기 때문이라 생각되며 그 이후 附着基質 즉 은신처가 증가되어 脱落되지 않고 附着板에서 憩息할 수 있었다고 판단된다. 한편 取水路에서 잘 出現하지 않았던 주걱따개비가 많이 나타난 것은 이 種이 高溫에 대한 저항력이 크기 때문인 것으로 생각하며 또한 苔蟲類, 우산석회관갯지렁이(*Hydroides ezoensis*), 둥근석회관갯지렁이(*Dexiospira alveolatus*)가 거의 出現하지 못한 것도 이들과 取水路에서 초기 附着정도가 비슷했던 조무래기따개비가 어느정도 出現하는 것으로 보아 溫度에 의한 影響이라고 유추할 수 있겠다.

溫排水 擴散區域에서는 총 76種이 出現하여 取水路和 排水路의 중간 수준을 유지하였지만 個體數에 있어서는 두 地域보다 월등히 높았다(Table 4). 全期間에 걸쳐 나타난 種은 조무래기따개비, 삼각따개비, 주걱따개비, *J. falcata* 및 우산석회관갯지렁이

의 5種으로 取水路和 유사하였다. 溫排水 擴散區域의 특징은 取水路에서 많이 出現한 苔蟲類와 둥근석회관갯지렁이가 거의 出現하지 않은 반면, 갯지렁이류와 個體性的의 멧게류가 많이 出現한 것이다. 또한 삼각따개비가 全期間에 걸쳐 被覆度에 있어서 優占을 이룬것과 우산석회관갯지렁이의 被覆度 변화가 큰 것도 특기할 만한 일이다. 이중 苔蟲類와 둥근석회관갯지렁이가 出現하지 못한것은 溫排水 擴散區域의 水溫이 이들 種의 棲息範圍를 초과하였기 때문이라 보여진다.

월별 重要種들의 附着時期를 보면 調査地點別로 많은 차이가 있었으며 다음 몇가지 類形으로 나눌 수 있었다(Fig. 1).

첫째, 取水路, 排水路, 溫排水 擴散區域 모두 비슷한 附着樣相을 갖지만, 附着時期만 약간 변하는 種으로 조무래기따개비, 삼각따개비를 代表種으로 들 수 있다. 이들은 1년에 2회의 附着時期를 가지고 있어 取水路에서는 5월과 8월 사이와 11월에 附着하였으나, 排水路和 溫排水 擴散區域에서는 第一附着時期가 5월~7월로 1개월 단축되었고 第二附着時期는 12월 또는 11월~12월로 연장되었다.

둘째는, 取水路和 溫排水 擴散區域에서 비슷한 附着樣相을 보이나 溫排水 擴散區域쪽에 더 많이 附着하며 附着時期도 연장되는 種으로 우산석회관갯지렁이

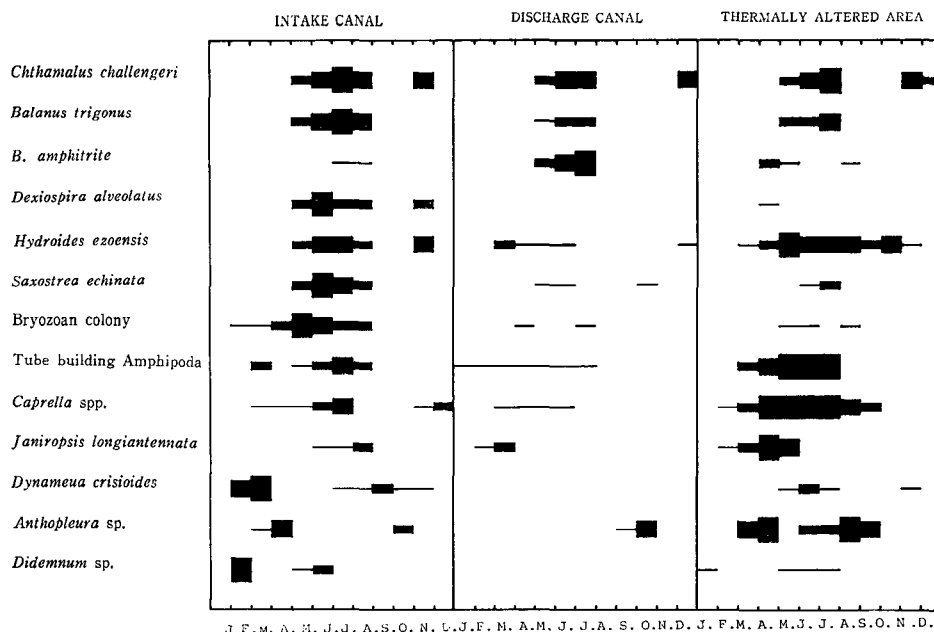


Fig. 1. Recruitment periods of the major benthic organisms on the experimental substrata, Samchonpo Power Plant (The thickness of the bars represents the relative density of newly recruited macrozoobenthos).

이, 泥質性 管을 형성하는 端脚類(*Jasa falcata*, *Corophium acherusicum*, *Erictonius brasiliensis*)와 바다대나무벌레류(*Caprella californica*, *C. equilibra*, *C. acanthogaster*)가 그 代表種이라 할 수 있다.

세째로, 取水路에서만 주로 附着하여 排水路와 溫排水 擴散區域에서는 거의 附着하지 않거나 附着時期가 극히 짧은 기간으로 제한되는 種들로 등근석회관갯지렁이, 가시굴(*Saxostria echinata*)과 苔蟲類인 부채넓적이끼벌레, *Lichenopora imperialis*, 흰덩이멍게류인 *Didemnum* sp.를 들 수 있다.

네째는, 주걱따개비 1種으로 排水路에만 왕성하게 附着하며 取水路에서는 附着時期와 個體數가 아주 적은 種이다.

이들중 운동성이 있어서 새로운 附着基質인 附着板에 쉽사리 이동해오는 種들도 있지만, 대부분이 浮遊幼生時期를 갖는 固着性 動物이다.

따라서 取水路와 주위에 풍부한 성체자원이 있는 溫排水 擴散區域을 제외한 排水路에 설치한 附着板에 새로이 附着하는 데는 몇가지 제한요인이 있다.

排水路에 附着하는 幼生의 공급처는 排水路에 기존하는 성체자원과, 冷却水에 의해 운반되는 附着期 幼生으로 생각할 수 있다. 그러나, 浮遊幼生의 공급처가 排水路 자체라 가정할 경우, 排水路에서 生産된 幼生이 排水路에 머물 수 있는 시간은 溫排水의 빠른 流速때문에 2~3분에 지나지 않는다. 따라서 이 짧은 시간에 생산된 幼生이 附着期에까지 도달하기는 어렵기 때문에 幼生의 공급원은 冷却水라는 결론에 도달할 수 있다. 한편 冷却水에 의해 운반되는 幼生은 반드시 發電所 冷却系統을 거쳐야 하므로 이에 따른 피해도 고려해야 한다. 또한 전기한 바와 같이 排水路에 머물 수 있는 시간이 극히 짧으므로 완전히 附着期까지 성숙한 幼生이 아니고서는 排水路 附着板에 附着할 수 없기 때문에 자연이 附着量 및 附着時期가 제한될 수 밖에 없다고 보여진다. 그러나 만일 冷却水에 의하여 排水路까지 운반되는 幼生의 수가 충분하다고 가정할 경우 본 調査의 결과로 볼때 첫번째 무리는 廣溫性種, 둘째 무리는 中溫性種, 세째 무리는 狹低溫性種, 네째 무리는 狹高溫性種이라고 할 수도 있을 것이다.

溫排水 影響으로 生殖週期가 변하는 현상에 대해서는 Naylor(1965), Dickson(1975) 등에 의하여 연구되었는데 주걱따개비는 溫水性種으로 英國 海域에서는 溫排水 影響下($\Delta T < 7^{\circ}C$)에서는 2회의 産卵을

하고 影響이 줄거나 없을 경우 1회 또는 전혀 産卵하지 않는다고 하며, 또한 *C. acherusicum*은 溫排水 影響下에서 産卵期間이 연장되며 유령멍게류는 産卵期間이 제한된다고 보고하였다.

2) 底棲動物群集의 分析

各 調査地點別 出現種數의 변화폭은 取水路가 20~47種, 掘水路가 11~29種, 溫排水 擴散區域이 19~38種의 범위로 取水路가 가장 변화가 컸다(Fig. 2).

取水路에서는 附着板 垂下 후 9개월만에, 排水路와 溫排水 擴散區域에서는 10개월만에 最大種數에 도달하였다.

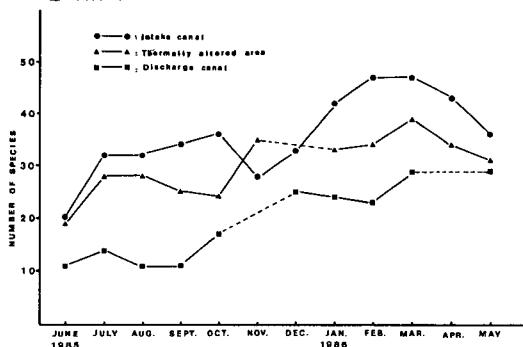


Fig. 2. Monthly fluctuations of the total number of species of macrozoobenthos on the experimental substrata, Samchonpo Pownr Plant.

한편 種數의 변화양상은 溫排水 擴散區域에서는 附着板垂下 후 6~7개월 후부터 出現種數가 비교적 안정되는 추세였으나 取水路에서는 2개월 후부터 7개월까지 어느 정도 안정된 추세를 보이다가 이 후 다시 증가하여 절정에 이른 후 10개월째 이후 완만히 감소하였다.

Ciborowski and Clifford(1984)는 出現種數의 증가는 여름철이 빠르다고 하였으나 본 調査에서는 오히려 가을~겨울철에 出現種數의 증가폭이 컸다, Arntz and Rumohr(1982)는 人工底質에는 실험개시 후 1년 이면 重要種이 거의 모두 出現한다고 보고하였다. Hedgpeth and Gono(1969)는 溫排水區域에서 種數의 급격한 감소가 일어난다고 하였는데 이는 본 調査와도 잘 일치하는 사실이며, 본 調査 地點인 排水路의 경우 높은 水溫과 아울러 빠른 流速도 種數의 변화에 많은 影響을 미치고 있다고(Ciborowski and Clifford, 1984) 보여진다. 種多樣性指數의 변화는 調査初期부터 5개월까지는 各 調査地點別로 큰 차이를

보이다가 이후 점차 유사한 樣相을 나타내고 있었는데 種多樣性 指數의 변화 곡선중 溫排水 擴散區域과 排水路의 것을 1~2개월씩 좌측으로 이동시키면 그 변화추이가 매우 유사한 것으로 밝혀졌다(Fig. 3).

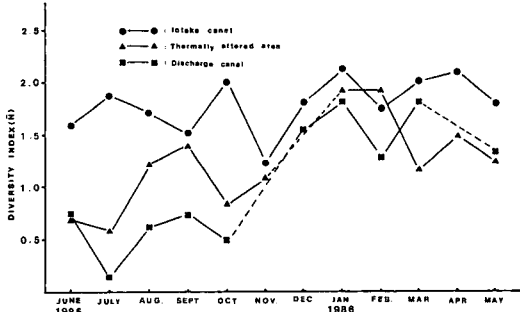


Fig. 3. Monthly fluctuations of diversity indices of macrozoobenthos on the experimental substrata, Samchonpo Power Plant.

이러한 현상은 이들 지역의 水溫차이가 각각 3~4°C로 우리나라 南海岸의 월간 水溫變化의 幅과 일치하는 것을 볼 때 水溫變化에 의한 影響을 많이 받고 있다고 볼 수도 있겠다. 한편 調査 6개월 이후부터 種多樣性 指數가 유사하게 된 것은 각 地點別로 個體數 密度에서는 차이가 있겠지만 調査 초기에는 小數의 優占種에 의하여 群集構造가 좌우되다가 調査 中期 이후부터는 비교적 많은 수의 優占種 또는 準優占種에 의하여 群集構造가 변형되었기 때문으로 생각된다. 이러한 사실은 優占度 指數의 變化推移(Fig. 4) 및 均等度指數(e)의 變化推移(Fig. 5)로도 잘 설명되어 지는데 특히 溫排水 擴散區域과 排水路에 있어서 小數種에 의한 優占度가 컸었다.

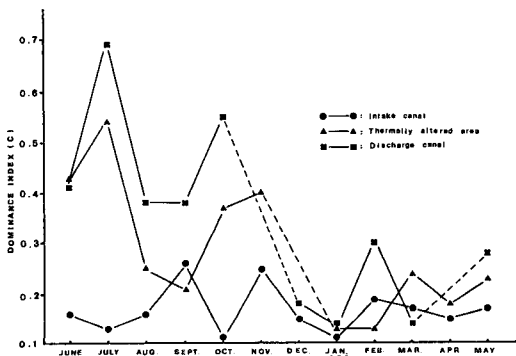


Fig. 4. Monthly fluctuations of dominance indices of macrozoobenthos on the experimental substrata, Samchonpo Power Plant.

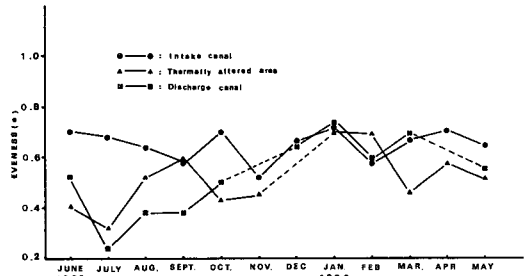


Fig. 5. Monthly fluctuations of evenness indices of macrozoobenthos on the experimental substrata, Samchonpo Power Plant.

Warinner and Brehmer(1966)는 溫排水 區域에서는 여름철에 낮은 種多樣性 指數를 겨울철에 높은 種多樣性 指數를 나타낸다고 하였는데 본 調査 結果中 排水路의 種多樣性 指數 변화와 잘 일치하고 있었다.

각 調査地點別 底棲動物의 棲息密度의 變化를 보면 溫排水 擴散區域에서는 7월과 翌年 4~5월에 뚜렷한 大繁殖이 일어난 것을 알 수 있는데(Fig. 6), 이는 이 地域에 이미 오래 전부터 棲息하던 3種의 *Caprella* spp.와 泥質性管을 형성하는 端脚類가 새로운 附着基質에 棲사리 옮겨 올 수 있었기 때문으로 생각된다. 한편 取水路의 경우는 7월 1回의 大繁殖만이 나타났는데 8월부터 翌年 2월까지의 溫排水 擴散區域과 비슷한 수준이었다. 取水路에서 7월의 大發生은 따개비류, 둥근석회관갯지렁이 등이 주도하였으며, 排水路에서는 주걱따개비만이 우세하게 나타났다.

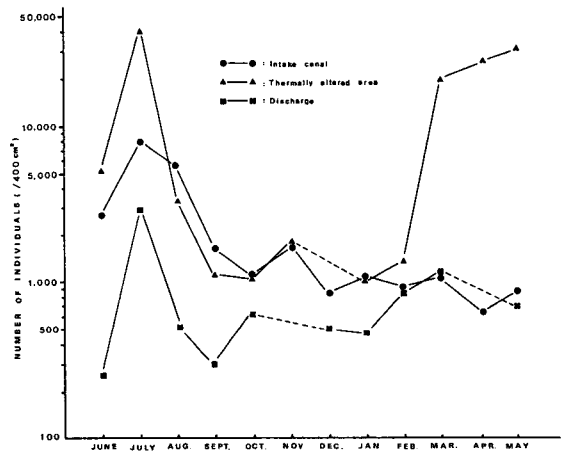


Fig. 6. Monthly fluctuations of number of macrozoobenthos on the experimental substrata, Samchonpo Power Plant.

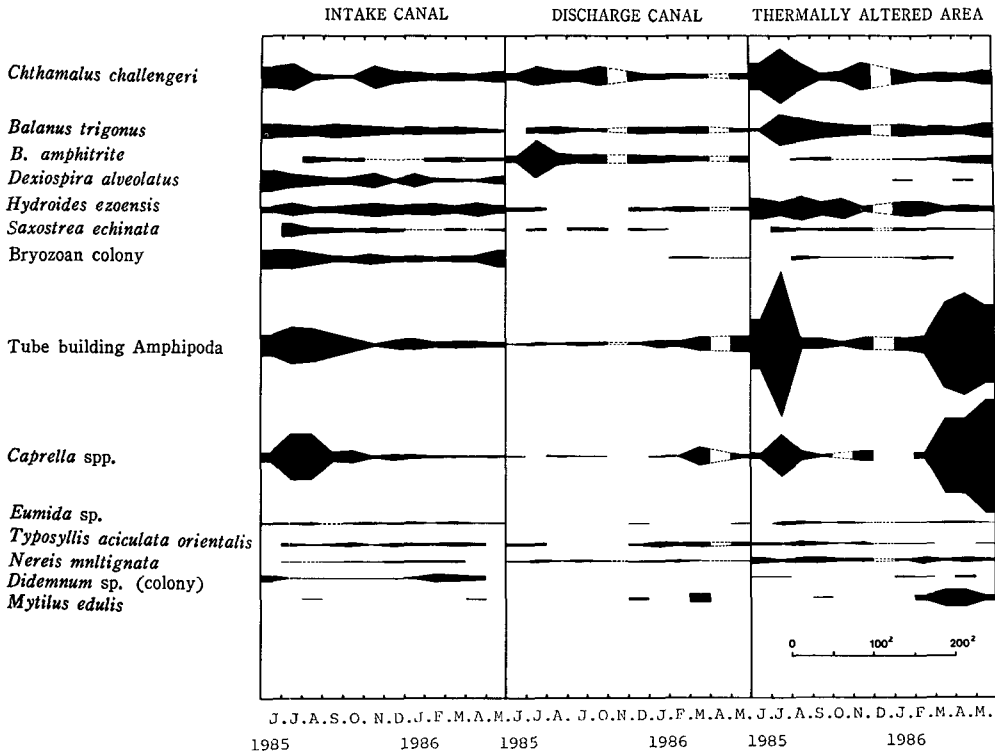


Fig. 7. Monthly density variations of the major macrozoobenthos on the experimental substrata, Samchonpo Power Plant.

重要種의 調査地點別 棲息密度를 보면 조무래기따개비, 삼각따개비, 우산석회관갯지렁이, 泥質性管을 형성하는 端脚類, 3種의 *Caprella* spp.는 溫排水 擴散區域에 優세하게 나타났다(Fig. 7). 동근석회관갯지렁이, 苔蟲類 전체와 흰등이멍게류는 取水路에서 많이 出現한 한편 주걱따개비는 오히려 排水路에서 優세하게 出現하였다. 한편 새점박이갯지렁이, *Typosyllis aciculata orientalis* 등의 갯지렁이류는 비교적 세 지역 모두 고르게 出現하여, 각각 地點別로 매우 특징있는 樣相을 나타내었다.

固着性 底棲動物의 월별 被覆度 變化는 個體數의 變化와는 다른 樣相을 나타내고 있었다. 取水路의 경우 8월과 11월에 두 絶頂期가 관찰되었으며 각각 66.3%, 82.5%의 높은 被覆度를 나타내어 이 기간 중에는 附着基質이 보이지 않을 정도이었는데 8월에는 부채넓적이끼벌레(50.9%)가 主種을 이루었고, 11월에는 삼각따개비(20.9%), 우산석회관갯지렁이(13.3%) 및 부채넓적이끼벌레 등의 苔蟲類 3種(33%)으로 세분되어졌다(Fig. 8). 溫排水 擴散區域에서는 8월 1회의 絶頂期만이 관찰되었는데 삼각따개비(26.6%)와 우산석회관갯지렁이(22.5%)에 의하여

주도되었으며 그 외의 調査時期에는 20~30% 내외의 被覆度를 기록하였다. 한편 排水路에서는 被覆度 역

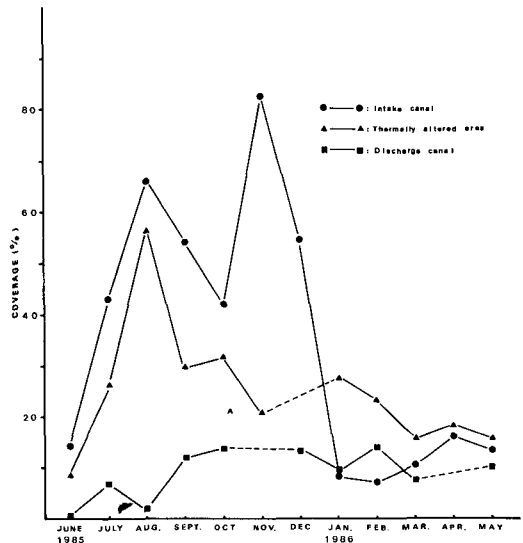


Fig. 8. Monthly fluctuations of coverage of macrozoobenthos on the experimental substrata, Samchonopo Power Plant.

시 미약하여 주걱따개비 외에는 특이한 固着性 動物이 없어 10~15% 내외의 被覆도를 기록하였을 뿐이다.

각 地點別, 월별 表品을 개개의 群集으로 가정하고 Sanders(1960)의 類似度 指數를 사용하여 각각의 群集間의 類似度 指數에 따른 분류를 하여 集團圖를 그려본 결과 3개의 큰무리 및 5개의 작은 무리로 나눌 수 있었다(Fig.9). 첫번째 큰 무리는 取水路의 가을과 이른봄, 排水路의 겨울, 그리고 溫排水 擴散區域의 봄철을 제외한 나머지를 포괄하는 큰 무리인데 다시 取水路의 가을과 겨울, 溫排水 擴散區域의 가을과 겨울, 그리고 排水路의 겨울의 3개의 작은 무리로 나뉘어질 수 있었다. 두번째 큰 무리는 排水路의 여름철을 포함하며 역시 작은 무리의 성격도 같이 보여주고 있었다. 전체적으로 볼 때 각각 調査 地點別로 類似度가 계절에 따라 특징적으로 구분되었는데 取水路의 여름철 群集과 溫排水 擴散區域에 봄철 群集 또 取水路의 가을 群集과 溫排水 擴散區域의 겨울철 群集이 비교적 높은 類似性을 나타내어 같은 무리를 이루고 있는 것은 매우 의미가 있는 현상이라 하겠다.

본 調査에서 出現한 種 중 出現頻도가 높거나 調

査地點別로 특색있는 出現樣相을 나타내는 29種을 선정하여 回歸群 分析을 하였다. 일반적으로 回歸群의 分析에 많이 이용되는 指數는 Orlovi(1967)와 Fager and MaGowan(1963)의 類似度 指數인데 이들의 指數들이 出現여부에만 중점을 두고 있기 때문에 본 調査에서는 Sanders의 類似度 指數의 方式을 변경하여 回歸群의 分析을 하였다. 그 결과 類似度 指數 40~50%의 범위에서 4개의 무리로 나누어졌다(Fig.10).

첫째 무리는 조무래기따개비, 삼각따개비, 우산석회관갯지렁이, 가시굴 등이 포함되는 비교적 出現頻도가 調査地域 모두에 골고루 퍼져 있는 種들이었고, 둘째 무리는 비교적 큰 무리로 3개의 작은 무리로 나눌 수 있었다. 제1 작은 무리는 *Erictonius brasiliensis*, *Janiropsis longiantennata*, 넓적벌레(*Stylochus ijimai*), 진주담치(*Mytilus edulis*)로 溫排水 擴散區域에서 봄철에 많이 나타나는 種類였으며, 제2 작은 무리는 3種의 *Caprella* spp., *Jasa falcata* 등 取水路와 溫排水 擴散區域에 널리 出現하지만 溫排水 擴散區域에 더 많이 出現하는 種類 들이었다. 제3 작은 무리는 흰머더덕(*Styela plicata*), 가는줄 연두

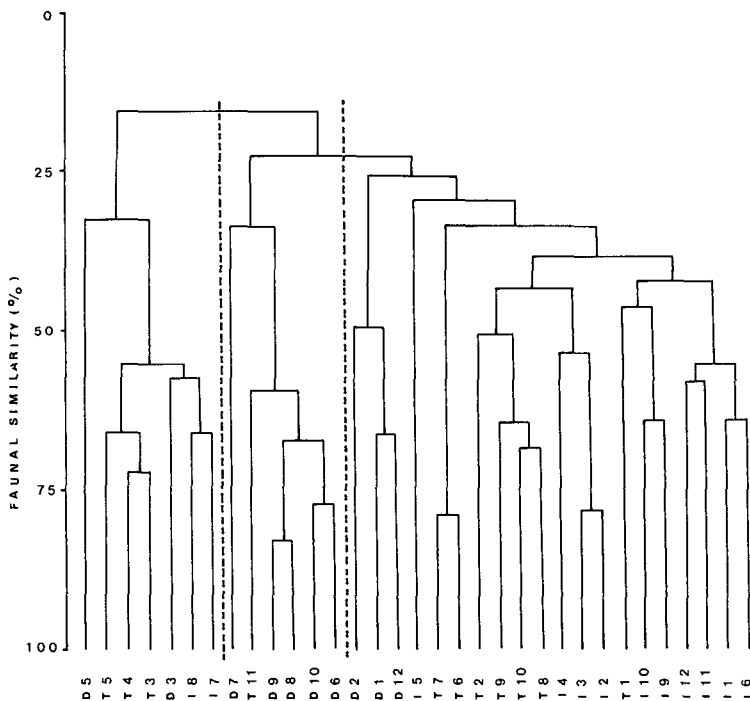


Fig.9. Cluster diagram of faunal similarities of macrozoobenthic communities on the experimental substrata, Samchonpo Power Plant (I: Intake canal, D: Discharge canal, T: Thermally altered area, Numbers represent months).

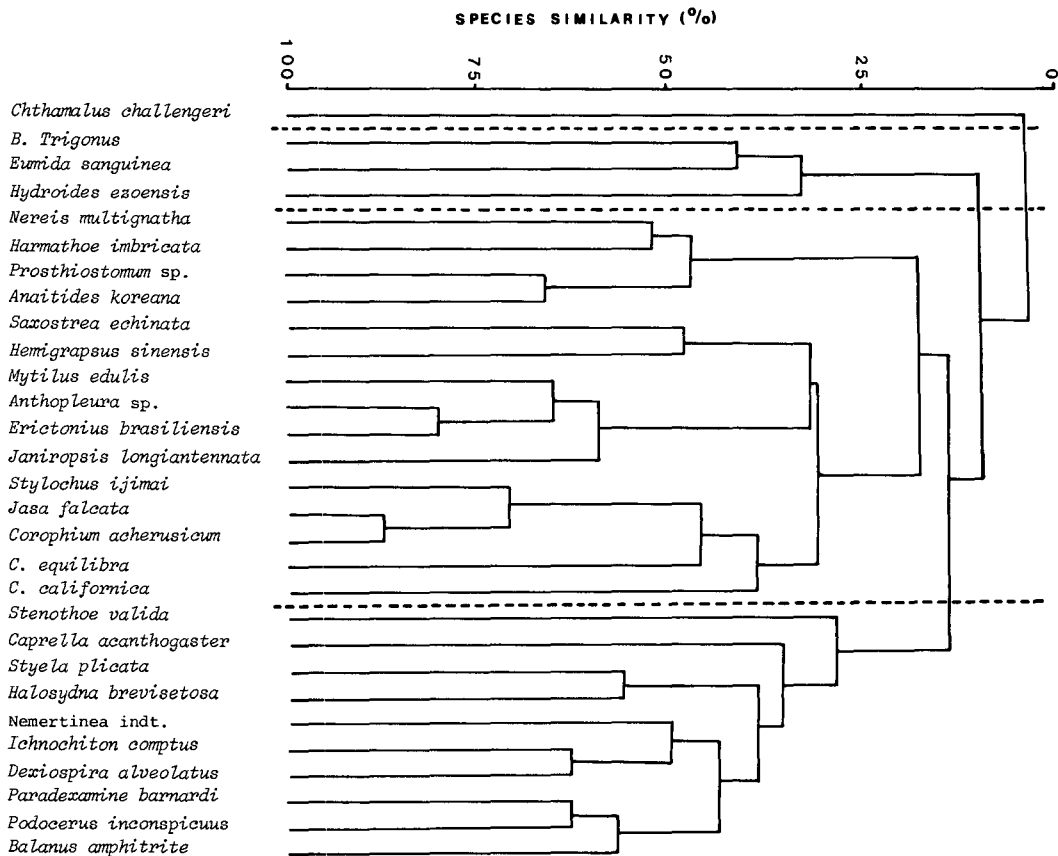


Fig.10. Cluster diagram of species similarities of the major macrozoobenthos on the experimental substrata, Samchonpo Power Plant.

군부(*Ichnochiton comptus*), 짧은 미류비늘갯지렁이 (*Halosydna brevisetosa*)와 紐形動物로 個體의 크기가 크며 出現密度가 낮은 種들로 구성되었다. 세째 무리는 둥근석회관갯지렁이, *Paradexamine barnardi*, *Podocerus inconspicuus* 3種으로 取水路에서 우세하게 나타나는 種들이었고, 네째 무리는 주걱까개비 1種으로 排水路에서 우세하게 나타나는 種이었다.

3) 底棲動物 群集의 遷移

底棲動物의 遷移過程에 관한 研究로는 Sanders(1968)의 時間說, Pain(1966)의 飽食說, Fisher(1960)의 環境 安定說 등 여러가지가 있는데 대부분 遷移의 최종단계에 다다를수록 種多樣性이 증가하고 群集構成 요소의 振幅이 감소하여 점차 안정된 상태가 된다고 정의하고 있다.

底棲生物群集이 안정되었다는 것은 장기간에 걸쳐

주어진 環境條件에 收斂的(예: 極地方과 深海底)으로 또는 發散的(예: 산호초)으로 遷移가 이루어져 生物群集이 環境要因과 平衡狀態에 도달하였다는 것을 뜻한다. 따라서 底棲生物群集의 遷移過程을 알기 위하여서는 장기적인 관찰이 필요하며, 더우기 環境要因이 週期的으로 변하는 溫帶地方의 경우는 더 한층 정밀한 調査가 수반되어야 한다. 이러한 것은 인위적인 附着基質에 遷移되는 生物群集 分析에서도 마찬가지이며, 이 경우 附着基質에 새로이 형성된 生物群集이 自然상태의 群集과 완전히 같을 수는 없기 때문에 상대적인 자료제공만 가능하다.

Goren(1979), Arntz and Rumohr(1982), Cibrowski and Clifford(1984) 등은 인위적인 附着基質을 사용하여 回轉率로 底棲生物群集의 遷移過程을 調査한 研究들인데 自然상태에서 優占種으로 나타나는 종류들이 새로운 附着基質에도 제일 먼저 또 빠른 시간

Table 5. Monthly rates of settlement and extinction of macrozoobenthos on the experimental substrata

Unit: %

Experimental Site	Year Rate Month	1985								1986					Average
		June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May		
Intake canal	Settlement	100.0	40.6	28.1	29.4	30.6	28.6	42.4	33.3	29.8	21.3	25.6	30.6	36.7	
	Extinction	0.0	5.0	28.1	25.0	26.5	44.4	32.1	15.2	21.4	21.3	31.9	41.9	42.4	
	Turnover	50.0	52.4	33.2	65.2	35.7	61.9	42.0	39.3	57.0	21.0	50.0	57.3	47.0	
Discharge canal	Settlement	100.0	50.0	27.3	27.3	47.1		60.0	50.0	27.3	41.4		20.7	45.1	
	Extinction	0.0	36.4	42.9	27.3	18.2		41.2	52.0	33.3	22.7		20.7	29.5	
	Turnover	74.3	58.9	36.2	16.9	30.2		66.3	33.7	46.2	77.8		57.5	49.9	
Thermally altered area	Settlement	100.0	35.7	32.1	32.0	25.0	42.9		57.6	52.9	38.5	14.7	16.1	40.7	
	Extinction	0.0	5.3	32.1	39.3	32.0	16.7		57.1	51.5	32.4	25.6	20.6	28.4	
	Turnover	86.2	20.8	75.7	33.7	38.0	70.8		54.5	60.8	63.8	27.8	39.0	52.1	

내에 나타나기 때문(Arntz and Rumohr; 1982)에 어느 정도 유의성이 있다고 하겠다.

따라서, 取水路에 설치한 附着板에 遷移되는 底棲生物群集이 자연상태의 底棲生物群集을 상대적으로나마 대표하여 줄 수 있고, 排水路와 溫排水 擴散區域에서는 環境要因의 변화, 특히 水溫에 따라 遷移過程이 결정된다고 가정하면, 이들 地域間的 초기 遷移過程 중의 出現種의 回轉率과 加入 및 脫落率을 비교하여 環境要因의 변화가 底棲生物의 遷移過程에 미치는 影響을 유추할 수도 있겠다.

調査期間中 平均回轉率은 取水路가 47.0%로 가장 낮았고, 溫排水 擴散區域이 52.1%로 가장 높았으며, 排水路는 49.9%로 그 중간 수준이었다(Table 5). 排水路의 回轉率이 溫排水 擴散區域보다 낮았던 것은 環境變化에 강한 小數의 種에 의하여 排水路 底棲動物群集의 遷移가 좌우되며, 또한 이들 種의 出現密度가 상대적으로 높았기 때문으로 생각된다. 이러한 사실은 각 地點別 回轉率의 월별 변화(Fig. 11)

推移를 비교할 때 排水路의 경우 高水溫期인 8월에서 10월중과 低水溫期인 1월에 각각 17~36% 및 34%의 비교적 낮은 回轉率을 나타낸 것으로 잘 설명된다. 또한 溫排水 擴散區域에서 回轉率의 振幅이 컸던 것은 優占種의 순위가 他 調査地域에 비하여 많이 변경되었기 때문에 이들이 回轉率의 변화에 미치는 影響이 컸기 때문으로 생각된다. 取水路의 平均回轉率은 Goren(1979)의 결과보다 낮았고 그외의 地域은 비슷한 수준이었는데 특히 排水路 및 溫排水 擴散區域의 振幅은 Goren(1979)의 경우보다 10~15% 큰 수준이었다.

한편 加入率과 脫落率의 경우 取水路에서는 어느 시기에든지 최소한 21%의 새로운 種이 매월 加入하였고 5%의 種(단, 초기 6, 7월 제외)이 脫落하였다(Fig. 12). 平均 加入率은 36.7%이었으며 脫落率은 24.4%로 脫落하는 率보다 加入率이 약간 높았다.

排水路에서는 최소 加入率과 脫落率이 각각 20.7% 및 18.2%로 加入率은 取水路보다 높았지만 상대

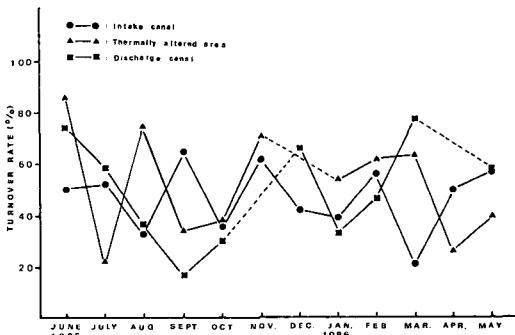


Fig. 11. Monthly fluctuations of turnover rates of macrozoobenthos on the experimental substrata in the intake canal of Samchonpo Power Plant.

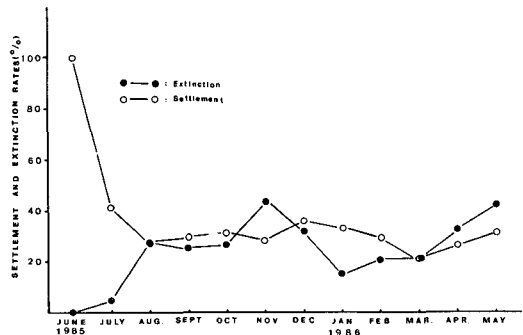


Fig. 12. Monthly fluctuations of settlement and extinction rates of macrozoobenthos on the experimental substrata in the intake canal of Samchonpo Power Plant.

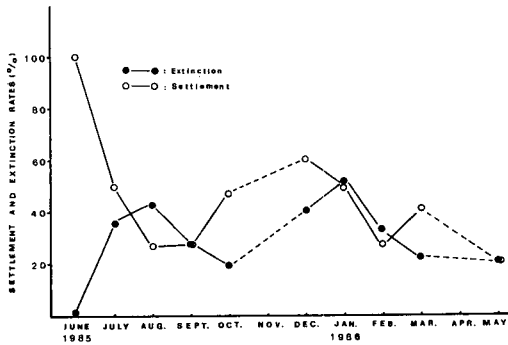


Fig. 13. Monthly fluctuations of settlement and extinction rates of macrozoobenthos on the experimental substrata in the discharge canal of Samchonpo Power Plant.

적으로脱落率도 높았기 때문에 出現種數의 振幅이 컸다(Fig. 13). 平均 加入率은 45.1%, 平均 脱落率은 29.5%이었으며 1월에는 加入率과 脱落率이 50%를 상회하였다. 溫排水 擴散區域에서는 最小 加入率 14.7%, 最小 脱落率은 5.3%로 각각 4월과 7월에 기록되었다(Fig. 14). 平均 加入率은 40.7%, 平均脱落率은 28.4%였다.

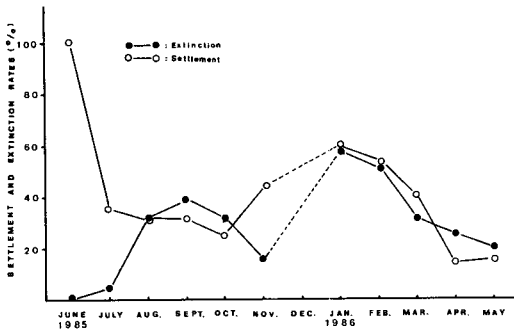


Fig. 14. Monthly fluctuations of settlement and extinction rates of macrozoobenthos on the experimental substrata in the thermally altered area of Samchonpo Power Plant.

전체적으로 볼 때 取水路의 加入 및 脱落率은 Goren(1979)의 결과보다 약간 높았으며 그 외는 비슷한 수준이었다. 한편 排水路에서 높은 加入率과 脱落率이 기록되었는데 이는 排水路의 附着板이 他 지역보다 附着密度가 빈약하여 상대적으로 더 많은 種을 附着시킬 능력이 있지만 빠른 水流과 높은 水溫으로 인하여 脱落이 쉽사리 일어나기 때문이라 생각된다. 그러나 水流가 거의 없는 溫排水 擴散區域과 비교하여 비슷한 수준의 脱落率을 나타낸 것은 固着力이 큰 種類들과 個體의 크기가 크며 운동성이

활발하여 어느정도 水流에 저항할 수 있는 種들이 두 地域에 공통적으로 많이 出現하였기 때문이다.

取水路의 底棲動物 群集의 遷移는 加入 및 脱落率로 볼 때 附着板 垂下後 3개월 때부터는 매우 안정되어 있는 상태라 할 수 있으며 排水路에서는 전체적으로 불안한 상태, 溫排水 擴散區域은 11월부터 3월 사이의 低水溫期에만 불안한 상태를 나타내고 있었다. 排水路에서 전체적으로 불안한 상태를 나타내고 있는 것은 이 지역의 浮遊幼生 공급원이 주로 冷却水에 의하여 운반되는 자원에 의존하고 있기 때문으로 판단되며, 溫排水 擴散區域의 경우 低水溫期에 發電所의 가동중지, 潮汐週期 등 物理的인 자극이 컸기 때문으로 생각된다.

要 約

本 研究은 1985년 5월부터 1986년 5월까지 三千浦 火力發電所를 대상으로 發電所 冷却系統의 가동이 底棲生物群集의 遷移에 미치는 영향을 구명하기 위하여 실시되었다.

發電所 冷却系統의 加동은 排水路 및 溫排水 擴散區域에 棲息하는 底棲動物의 附着週期에 많은 影響을 미치고 있었다. 排水路의 낮은 種分化도와 빈약한 附着程度는 이 地域에 出現하는 底棲生物의 附着期幼生이 冷却水에 의하여 공급되는 자원에 의존하고 있어, 높은 溫度 및 빠른 流速에 더하여 附着期幼生이 冷却系統 통과시 입는 影響이 가미되었기 때문이라 보여진다. 溫排水 擴散區域에서 種의 數는 取水路보다 적었지만 附着生物의 量이 컸던 것은 溫度上昇이 몇몇 種類는 淘汰시키는 결과를 보였지만 나머지 種들의 繁殖을 促進시켰고, 또한 이 地域에 附着期幼生 資源과 새로운 附着基質로 이동해 올 수 있는 動物資源이 풍부하였기 때문이라 생각되어진다.

取水路의 여름철 群集과 溫排水 擴散區域의 봄철 群集, 그리고 取水路의 가을철 群集과 溫排水 擴散區域의 겨울철 群集이 비교적 높은 類似性을 나타낸다는 점과 取水路 底棲動物群集의 生態學的 指數曲線이 1~2개월의 차이를 두고 排水路와 溫排水 擴散區域의 指數曲線 변화와 비슷한 변화추이를 보인다는 점은 매우 유의할 만한 현상이었다.

謝 辭

本 研究를 수행함에 있어 많은 激勵를 하여 주신

海洋研究所 許亨澤所長님께 감사드리며, 原稿를 읽어 주시고 體制를 잡아주신 李秉滋教授님, 李澤烈教授님, 金仁培教授님, 陳平教授님과 白義人教授님께 깊은 감사 드립니다. 施設을 개방하여 주신 三千浦火力發電所 관계자들도 감사드리며, 아울러 標品採集에 도움을 준 동료 室員과 金季子양께 감사드립니다. 끝으로 本 研究는 科學技術處의 基本연구비에 의해서 部分的으로 지원받았음을 밝혀 둔다.

文 獻

- 김 은아 等. 1985. 보령. 삼천포, T/P 냉각수가 연안양식 수산물에 미치는 영향조사(I). 서울대학교 자연과학연구소, 1-761.
- 孫徹鉉. 1983. 오동도의 海藻部落. 韓水誌 16, 368-378.
- 孫徹鉉·李仁圭·姜悌源. 1982. 南海岸 突山島의 海藻. I. 釜山水大 年報 14, 37-40.
- 宋浚任. 1985. 月城과 舒川의 附着動物에 관한 研究. J. Kor. Res. Inst. Liv. 36, 69-78.
- 異舜吉·陳平. 1987. 火力發電所 冷却系統이 海洋生物에 미치는 影響. I. 基礎生産力에 미치는 影響. 韓水誌 20(5), 381-390.
- Arntz, W.E. and H. Rumohr. 1982. An experimental study of macrobenthic colonization and succession, and the importance of seasonal variation in temperate latitudes, J. Exp. Mar. Biol. 64, 17-45.
- Burton, D.T. and S.L. Margrey(1979): Control of fouling organisms in estuarine cooling water system by chlorine and bromine chloride. Env. Sci. Tech. 13, 684-689.
- Cairns, J., Jr. 1956. Effects of increased temperatures on an aquatic organisms. Indus. Wastes 1, 150-152.
- Ciborowski, J.J.H. and H.F. Clifford. 1984. Short-term colonization pattern of lotic macroinvertebrates. Can. J. Fish. Aqual. Sci. 41, 1626-1633.
- Coutant, C.C. 1968. Thermal pollution-biological effects. JWPCF. 40, 1047-1052.
- Coutant C.C. 1969. Thermal pollution-biological effects. *ibid.* 41, 1036-1053.
- Coutant, C.C. 1970. Thermal pollution-biological effects. *ibid.* 42, 1025-1057.
- Coutant, C.C. 1971. Thermal pollution-biological effects. *ibid.* 43, 1292-1334.
- Coutant, C.C. 1976. Shermal pollution-biological effects. *ibid.* 48, 1486-1554.
- Dayton, P.K. 1975. Experimental evaluation of ecological dominance in a rocky intertidal algal community. Ecol. Monogr., 45, 137-159.
- Dickson, D.R. 1975: Waste heat in aquatic environment. NRC. Pub., NRCC 14109, Ottawa, pp.1-40.
- Fager, E.W. and J.A. McGowan. 1963. Zooplankton species groups in North Pacific. Science 144, 453-460.
- Fisher, A.G. 1960. Latitudinal variations in organic diversity. Evolution 14, 64-81.
- Goren, M. 1979. Succession of benthic community on artificial substratum at Elat(Red Sea): J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 38, 19-40.
- Hedgpeth, J.W. and J.J. Gonor. 1969. Aspects of the potential effect of thermal alteration on marine and estuarine benthos. P.A. Krenkel and F.L. Parker *ed.* Biological aspects of thermal pollution. Vanderbilt Univ. Press, Oregon, pp.80-118.
- Naylor, E. 1965. Effects of heated effluents upon marine and estuarine organisms. Adv. Mar. Biol. 3, 63-103.
- Orloci, L. 1967. An agglomerative method for classification of plant communities. J. Ecol. 55, 193-206.
- Pain, R.T. 1966. Food web complexity and species diversity. Amer. Natur. 100, 65-75.
- Pielou, E.C. 1966. A measurement of diversity in different types of biological collections. J. Theoret. Bio. 13, 31-44.
- Sanders, H.L. 1960. Benthic studies in Buzzards Bay. III. The structure of the soft-bottom community. Limnol. Oceanogr. 5, 138-153.
- Sanders, H. L. 1968. Marine benthic diversity: A comparative study. Amer. Natur. 102, 243-282.
- Shannon, C.E. and Weaver. 1963. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press, Urbana, pp.1-117.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. Nature, 163: 688.
- Warinner. J. E. and M.L. Brehmer. 1966. The effects of thermal effluents on marine organisms. Air and Water Poll. 10, 227-289.