

온천 주변 소형하천에 서식하는 부착조류군집에 관한 연구

최환석 · 유춘만
전남대학교 생물학과

A Study on the Epilithic Algae in a stream drained from Hot Springs

Hwan Seok Choi and Chun Man Yu

Department of Biology, Chonnam National University, Kwang-ju, Korea

ABSTRACT

Attached algal community and several physico-chemical characters were investigated at Seokjong hot spring in Chollabukdo in February and in April, 1997. The results of physico-chemical factors are as follows: water temperatures were varied from 6.5°C to 32.0°C; pH range was 6.9 to 7.7; The levels of electric conductivity were 105 μ mhos/cm to 477 μ mhos/cm; chemical oxygen demand(COD) range was 1.5 mg/l to 21.2 mg/l; ammonia concentration was 0.20 mg/l to 8.74 mg/l; nitrate concentrations were 0.36 mg/l to 2.43 mg/l; phosphate concentration was N.D. to 0.52 mg/l; sulfur concentration was 14.6 mg/l to 66.1 mg/l. Attached algal species were identified. Totally, 63 taxa were classified and composed of 4 phylum, 4 class, 10 order, 17 family and 31 genera. The total biomass of attached algae was 1.036×10^7 cells/l that composed of 5.39×10^6 cells/l of blue-green algae, 4.05×10^6 cells/l of diatom and 0.93×10^6 cells/l of green algae. The succession of dominant species was *Synechocystis thermalis*. This could be due to the thermal wastewaters. In biotic indices tests, the values of dominance index(DI) were 0.33 to 0.67 in winter, 0.18 to 0.68 in spring. The values of diversity index(H') were 1.44 to 2.69 in winter, 1.62 to 2.89 in spring. And the values of evenness index(J) were 0.31 to 0.61 in winter, 0.37 to 0.65 in spring.

Keywords : Attached algal community, Hot spring

I. 서 론

최근 각종 용수의 수요 증가와 더불어 급증하고 있는 생활 및 산업폐수의 방류는 자연환경의 오염과 훼손을 초래하고 있다.

우리나라의 경우 도시 근교나 산간지역에 유락시설로서 온천 개발이 한창 진행되고 있으나 온천에서 배출되는 더운물 배수가 주변의 소형하천의 수질과 생태계에 미치는 영향에 관한 조사연구가 매우 미비한 실정이다.

온천수는 높은 수온과 지하의 풍부한 미네랄을 포함하는 지하수로서 폐광산의 지하에서 흘러나오는 각종 중금속 오염과 발전소에서 배출되는 온배수가 수질을 오염시키고 생태계의 파괴라는 부작용처럼 온천폐수 역시 불완전한 처리는 불쾌한 악취, 하천

의 부영양화, 토양오염 그리고 종의 다양성 감소로 인한 심각한 생태계 파괴를 야기 시킨다.

특히 전라북도내에 개발된 대부분의 온천은 하천의 상류에 위치하거나 농업용수로 사용되는 하천에 인접하고 있기 때문에 온천폐수로 인한 환경오염이 심각한 실정이다.

온천폐수에 함유된 유기물에는 질소화합물이 상당량을 차지하며, 이는 주변의 이화학적 요인에 따라 발생속도와 존재형태가 결정되는데, 온천폐수의 경우에는 특히 암모니아성 질소의 함량이 가장 높다. 이러한 수중의 질소화합물은 인(P)과 함께 1차 생산자인 조류(藻類) 및 수생식물의 발생과 성장에 영향을 미치며, 수질환경의 1차생산력을 결정짓는데 중요한 요인이 된다.¹⁾

또한 온천폐수에 함유되어 있는 각종 무기이온은

담수조류를 비롯한 많은 생물군의 비정상적인 변화로 인해 하천 생태계의 파괴를 유발한다.

하천의 암반과 토양 그리고 식물체 등 다양한 기질에서 서식하는 부착조류는 수생식물 보다는 1차생산력은 낮지만 수중생태계의 저차생산자로서 먹이연쇄를 통한 에너지 흐름에 중요한 역할을 하며, 이화학적 환경조건에 매우 민감한 반응을 보인다. 그러므로 부착조류의 생물분포 동향을 연구함으로써 특정수역의 이화학적 환경조건에 적응하여 군집을 형성하는 생물군의 생태학적 지위를 이해할 수 있으며 수환경의 장단기적인 영향에 의한 축적효과를 파악할 수 있다. 또한 조류군집의 시·공간적 천이나 변이를 근거로 장래 수환경 변화의 예측을 가능하게 해준다.^{2,3,4)} 온배수와 관련한 국내의 연구 보고에는 고리 원자력 발전소 주변 해역의 더운물 배수와 식물플랑크톤상의 변화에 대한 연구 보고 등,^{5,6)} 주로 해양생태계를 대상으로 하는 조사가 대부분이고, 소형 하천이나 강을 대상으로 하는 연구는 미비한 실정이다.

이러한 견지에서 본 연구는 높은 수온과 다량의 유기물을 함유한 온천 온배수가 주변 하천의 이화학적 요인과 부착조류의 생태계에 미치는 영향에 대해 알아보고 더불어 온천배수가 흐르는 지역과 온천 배수의 영향을 받지 않는 지역, 그리고 이들 혼합지점간의 특성을 비교, 분석함으로써 온천 주변의 소형 하천의 효율적인 관리에 기초자료를 제시하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 조사기간 및 조사지점

본 연구의 조사는 1997년 2월, 동계와 동년 4월, 춘계로 나누어 실시하였다. 조사지점은 전라북도 고창군 고창읍에 소재하고 있는 석정온천의 더운물 배수의 영향을 직·간접적으로 받는 7개의 지점을 선정하였다(Fig 1).

2. 이화학적 수집분석

환경요인의 분석에 있어 수온(봉상 수온 온도계; -20~110°C), pH(Orion Model 740A), 전기전도도(YSI Model 51A)는 현장에서 직접 측정하였으며, COD, NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} 등의 조사항목은 조사현장 시료를 채수하여 4°C의 Ice box에 보관, 실험실로 옮긴 후, 수질오염공정 시험법(1992)⁷⁾ 및 APHA(1985)⁸⁾에 준하여 분석, 정량하였다.

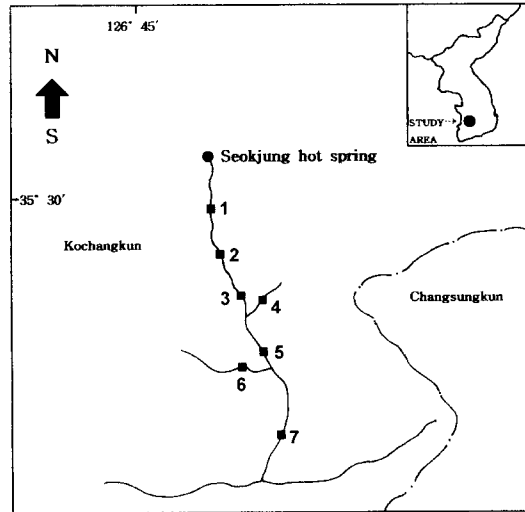


Fig. 1. A map showing smpling stations.

3. 부착조류 시료의 채취 및 생물조사

부착조류의 채집은 각 정점에서 유속이 비교적 완만한 지점(20 cm/sec.)을 선택, 하상의 편평한 기질의 상부를 부드러운 솔을 이용하여 수세한 후, 100 ml의 폴리에틸렌 용기에 넣고 5-7%의 중성 포르말린용액으로 고정하여 실험실로 운반, 침전법과 KMnO_4 측매하에 산으로 처리하여 표본 제작하였다.⁹⁾

부착조류 군집의 특성을 분석하기 위해 모든 시료에 Ultrasonic homogenizer를 이용, 20 kHz/min. 수준으로 분쇄 후 농축하였다. 농축된 시료의 0.1 ml을 취하여 Sedgwick-Rafter Chamber를 이용하여 개체수(cell/l)를 산정하였다.

출현된 조류 종과 개체수를 근거로 조사정점별로 우점종, 우점도 지수, 종 다양성 지수, 유사도 지수 그리고 균등도 지수를 산출하였다.¹⁰⁾

III. 결과 및 고찰

1. 이화학적 특성

본 조사기간중 측정된 수온은 동계의 경우 6.5-32.0°C, 춘계의 경우 10.5-29°C의 범위로 정점 간의 큰 변화를 보였으며, 더운물 배수구로부터 근거리에 있는 정점 1, 2, 3에서 높은 수온을 유지하였다. 반면 더운물 배수의 영향을 받지 않는 지류지점인 정점 4에서 가장 낮은 수온을 유지하였다.

pH는 동계의 경우 7.4-7.7, 춘계의 경우 6.9-7.3의

범위로 정점 간의 비교적 안정된 결과를 나타냈다. 전기전도도는 동계의 경우 105-374 $\mu\text{mhos/cm}$, 춘계의 경우 173-477 $\mu\text{mhos/cm}$ 로 정점간의 큰 변화폭을 보였고, 춘계의 정점 3에서 최고 477 $\mu\text{mhos/cm}$, 지류지점인 동계의 정점 6에서 최저 105 $\mu\text{mhos/cm}$ 로 측정되었다.

화학적 산소요구량(COD)은 동계의 경우 1.5-21.2 mg/l, 춘계의 경우 3.6-14.4 mg/l로 정점간의 큰 변화폭을 보였으며, 온배수의 영향을 직·간접적으로 받는 정점 1, 2, 3, 5, 7 정점에서 높은 수준의 유기물을 함유하였으며, 온배수의 영향을 받지 않는 지류정점 4, 6에서는 낮은 수준을 유지하였고, 동일 정점간의 계절적인 뚜렷한 변화폭은 없었다.

본 조사연구에서는 영양염류중 수환경의 1차생산

력과 관계가 깊은 질소와 인을 중심으로 조사하였으며, 질소의 경우 무기태 용존성 질소로서 암모니아성 질소($\text{NH}_3\text{-N}$)와 질산성 질소($\text{NO}_3\text{-N}$)를, 인의 경우 무기태 용존성 인의 형태인 인산성 인($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$)을 측정, 분석하였다.

암모니아성 질소의 농도는 동계의 경우 0.41-4.68 mg/l, 춘계의 경우 0.20-8.74 mg/l로 온배수의 영향을 직접받는 정점 1, 2, 3에서 높게 측정되었고, 그의 정점에서는 낮은 농도로 대체로 상류에서 하류로 가면서 감소하는 양상을 보였다.

질소화합물의 최종 산물질인 질산성 질소는 동계의 경우 0.91-2.43 mg/l, 춘계의 경우 0.36-1.54 mg/l로 측정되었으며, 지류의 영향을 받는 중·하류부가 상류에 비해 높은 농도를 유지하였다.

Table 1. Water quality of drainage areas of Seokjung hot spring

Factors		Site						
		1	2	3	4	5	6	7
W.T.(°C)	Feb.	32.0	30.0	27.0	6.5	17.0	7.5	15.5
	Apr.	29.0	28.5	27.0	10.5	18.0	15.0	13.0
pH	Feb.	7.4	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.7
	Apr.	7.1	7.2	7.3	7.1	7.2	7.2	6.9
Cond. ($\mu\text{mhos/cm}$)	Feb.	374	342	330	320	220	105	237
	Apr.	457	466	477	188	404	173	260
COD(mg/l)	Feb.	16.7	12.6	14.3	5.53	21.2	1.5	19.3
	Apr.	11.6	13.6	14.4	4.4	3.6	4.8	8.0
NH_4^+ (mg/l)	Feb.	4.68	4.61	4.39	3.70	2.88	0.41	2.59
	Apr.	8.74	7.96	7.29	0.25	0.20	0.30	1.09
NO_3 (mg/l)	Feb.	1.00	0.97	0.91	1.86	2.43	2.22	2.20
	Apr.	0.36	0.36	0.40	3.27	1.28	1.54	1.34
PO_4^{3-} (mg/l)	Feb.	0.25	0.29	0.35	0.27	0.24	0.18	0.21
	Apr.	0.52	0.33	0.33	N.D	0.19	N.D	0.04
SO_4^{2-} (mg/l)	Feb.	66.1	59.0	50.3	38.5	47.2	24.1	36.9
	Apr.	54.0	55.1	51.1	14.6	56.5	15.0	30.1
Cr(mg/l)	Feb.	N.D	N.D	0.020	N.D	N.D	N.D	N.D
	Apr.	0.05	0.030	0.010	0.020	0.020	0.004	0.008
Zn(mg/l)	Feb.	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.0020
	Apr.	0.023	0.017	0.013	0.002	N.D	0.009	0.002
Cu(mg/l)	Feb.	0.020	0.030	0.010	0.005	0.010	N.D	N.D
	Apr.	0.003	N.D	N.D	0.014	0.012	0.006	N.D
Pb(mg/l)	Feb.	N.D	0.01	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	Apr.	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
Cd(mg/l)	Feb.	N.D	0.005	N.D	N.D	0.002	0.002	N.D
	Apr.	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D

legend : W.T. : Water temperature ; Cond. : Electric conductivity ; N.D : Non detection ; Feb. : February ; Apr. : April

인산성 인은 동계의 경우 0.18-0.35 mg/l, 춘계의 경우 N.D.-0.52 mg/l로 나타났다. 질소는 생물학적 고정이나, 대기중의 방전, 공업적 질소고정 등에 의해 자연수 및 지표수에 유입될 수 있으나, 인은 자연계에서 순환되지 못하고 세제, 분뇨, 우수, 기타의 오폐수에 의해 하천수에 유입되는 것이 통상적인 예라고 볼 수 있다.

황은 수중에서 H₂S와 같은 물질을 형성하며, 수중생물에 대한 영향은 명백하지는 않으나 성장의 제한인자로 작용하기도 하고 정상적인 식물의 단백질은 Sulfhydryl Group을 가지고 있는 아미노산들로 구성되어 있기 때문에 황의 결핍은 Chlorophyll Synthesis를 저해하는 방식으로 조류군집에 영향을 미치기도 한다.^{11,12)}

SO₄²⁻는 동계의 경우 24.1-66.1 mg/l, 춘계의 경우 14.6-56.5 mg/l로 측정되었으며, 하류로 가면서 지류의 영향을 받음으로서 감소하는 경향을 보였다.

본 조사에서 측정 분석된 중금속류는 크롬, 아연, 구리, 납, 카드뮴이다. 이들은 조류의 발생과 성장에 영향을 미치는데 전체적으로 크롬의 분석결과는 N.D.-0.05 mg/l로 춘계의 정점 1에서 가장 높았으며, 아연의 분석결과 N.D.-0.023 mg/l로 춘계의 정점 1에서 가장 높게 측정되었다. 구리는 N.D.-0.03 mg/l로 동계의 정점 2에서 가장 높게 검출되었다. 납은 동계, 춘계의 모든 정점에서 검출되지 않았으며, 카드뮴은 동계의 정점 2, 5, 6에서만이 검출되었으며 그의 정점에서는 검출되지않았다(Table 1).

2. 생물학적 군집 분석

1) 종 조성 및 생물량

조사기간 동안 동정 확인된 종은 총 63분류군으로 밝혀졌으며, 이들은 총4강 1아강 10목 5아목 17과 9아과 31속 54종 8변종 1품종으로 구성되었다. 각 강별 분류군의 구성은 규조류가 39종으로 전체의 61.90%를 차지하였고, 남조류가 13종으로 20.63%, 녹조류 10종으로 15.87%, 황색편모조류가 1종으로 가장 낮았다.

계절별로 살펴보면 동계에 총 44종이 출현하였으며, 지류지점인 정점 4에서 24종으로 가장 많은 종이 출현하였다. 춘계에는 총 47종이 출현하였으며 정점 4에서 15종으로 가장 많은 종이 출현함으로써 동계의 조사와 유사한 경향을 보였다. 이는 하천으로 흘러들어오는 더운물 배수가 조류의 번식과 성장에 제한인자로 작용함을 알 수 있다.

본 조사에서 측정된 생물량은 총 1.036×10⁷ cells/l이었으며, 동계에는 4.59×10⁶ cells/l, 춘계에는 5.77×10⁶ cells/l로 동계에 비해 춘계에 약간의 생물량의 증가를 볼 수 있으나 온배수의 영향으로 인하여 계절간의 큰 변화폭이 없는 것으로 판단된다. 그러나 지류지점과 그의 영향을 받는 정점 4, 5, 6, 7에서는 동계에 비해 춘계의 생물량이 큰 폭으로 증가하였다.

분류군별 생물량의 조성은 남조류가 5.39×10⁶ cells/l로 총생물량의 51.98%를 차지하였고, 돌말류가 4.05×10⁶ cells/l로 39.05%, 녹조류가 0.93×10⁶ cells/l인 14.25%로 가장 낮은 비율을 차지하였다.

2) 우점종 및 우점도 지수

조사기간 동안에 출현 종수는 규조류가 우세하였지만 생물량은 남조류가 전체의 52%로 가장 많은 생물량을 보였다. 본 조사결과 동계와 춘계의 모든 정점에서 우점종으로 출현된 종은 *Synechocystis thermalis*, *Chroococcus minutus* var. *minutus*, *Oscillatoria subbrevis*, *Oscillatoria amphibia*, *Ulothrix variabilis*, *Nitzschia parvula*, *Navicula cryptocephala* var. *veneta*, *Chroococcus turgidus* var. *turgidus*, *Scenedesmus quadricauda*, *Phormidium tenue*, *Lyngbya nigra*, *Melosira varians*, *Nitzschia affinis* 등 이었다.

동계와 춘계의 정점 4를 제외한 모든 조사정점에서 단세포성인 *Synechocystis thermalis*가 우점종으로 출현 3.11×10⁶ cells/l로 전체의 24.06%로 가장 높은 비율을 차지하였다. 또한 온배수의 영향을 받지않는 지류지점과 지류의 영향을 받는 하류 정점에서 규조류인 *Navicula*속과 *Nitzschia*속의 출현빈도가 증가하였으며, 특히 *Navicula cryptocephala* var. *veneta*가 1.04×10⁶ cells/l의 생물량으로 전체의 8.06%를 차지하였다.

우점도지수의 경우 동계에 0.33-0.67, 춘계에 0.18-0.68의 범위를 보였으며, 온배수의 영향을 가장 많이 받는 춘계의 정점 1에서 0.68로 가장 높게 나타났다. 반면 온배수의 영향을 받지 않는 춘계의 정점 4에서 0.18로 가장 낮게 나타났다. 전체적으로 하류 지점에서 우점도 지수가 낮았다. 이는 온천온배수가 조류의 번식과 성장 그리고 다양성의 저해 환경조건으로 작용함을 알 수 있다(Table 2).

3) 종 다양성지수 및 균등도

출현 종수와 개체수를 근거로 종 다양성 지수(H')를 산출한다. H'값의 수치가 크면 군집을 이루고 있

Table 2. Biotic characters in each sampling station in Seokjung hot springs

	Station	Dominant species	DI	H'	J
February	1	<i>Synechocysis thermalis-Chroococcus minutus var.minutus</i>	0.67	1.44	0.32
	2	<i>Synechocysis thermalis-Oscillatoria amphibia</i>	0.64	1.57	0.35
	3	<i>Synechocysis thermalis-Oscillatoria subbrevis</i>	0.47	1.90	0.43
	4	<i>Ulothrix variabilis-Nitzschia parvula</i>	0.37	2.69	0.61
	5	<i>Synechocysis thermalis-Navicula cryptocephala var.veneta</i>	0.49	1.95	0.44
	6	<i>Synechocysis thermalis-Chroococcus turgidus var.turgidus</i>	0.47	2.13	0.48
	7	<i>Navicula cryptocephala var.veneta-Scenedesmus quadricauda</i>	0.33	1.80	0.40
April	1	<i>Synechocysis thermalis-Phormidium tenue</i>	0.68	1.62	0.37
	2	<i>Synechocysis thermalis-Phormidium tenue</i>	0.43	2.26	0.51
	3	<i>Synechocysis thermalis-Lyngbya nigra</i>	0.34	2.47	0.56
	4	<i>Navicula cryptocephala var.veneta-Nitzschia parvula</i>	0.18	2.89	0.65
	5	<i>Synechocysis thermalis-Ulothrix variabilis</i>	0.37	2.43	0.55
	6	<i>Synechocysis thermalis-Melosira varians</i>	0.34	2.40	0.54
	7	<i>Navicula cryptocephala var.veneta-Nitzschia affinis</i>	0.26	2.67	0.60

DI : dominance index; H' : species diversity index; J : evenness index

는 요소들의 특성이 매우 다양하고 오염부하량이 적으며 생태학적으로 안정된 수역으로 간주된다. 반면 H'값의 수치가 작으면 환경에 대한 내성이 강한 특정 우점종에 의해 지배되는 군집으로 생태학적으로 불안정하며 오염정도가 심한 수역으로 간주된다.^{10,13)}

본 조사기간 동안 종의 다양성지수는 전체적으로 1.44-2.89의 범위로서 동계의 경우 1.44-2.69, 춘계의 경우 1.62-2.89의 범위로 동계에 비해 춘계의 종 다양성지수가 높은 값을 보였다. 지류지점인 정점 4에서 동계 2.69, 춘계 2.89로 가장 높은 수치를 보인 반면 온배수구에 가장 근거리에 위치한 정점 1에서는 동계 1.44, 춘계 1.62로 가장 낮은 값을 보였다 (Table 2).

균등도지수의 산출결과 전체적으로 0.32-0.65의 범위로 동계의 경우 0.31-0.61, 춘계의 경우 0.37-0.65의 범위로 동계에 비해 춘계의 균등도지수가 높은 값을 보였다. 지류지점인 정점 4에서 동계 0.61, 춘계 0.65

로 가장 높은 값을 보였고, 정점 1에서 동계 0.32, 춘계 0.37로 가장 낮은 값을 보였다(Table 2).

위의 담수조류군집 분석결과의 근거로하여 석정 온천 배수유역의 유기오탁정도를 파악하였다.¹⁴⁾

판정결과 전체적으로 -중부수성 범위를 보였으며, 춘계의 정점 1에서-중부수성을 보였고 그외는 동계와 춘계 모두-중부수성을 보였다.

4) 유사도 지수

유사도 지수는 각 조사정점의 출현종과 개체수를 근거로 상호간 조류군집의 유사성을 조사하는 것으로 수환경의 정도와 상태 그리고 지점간의 상호관계 및 생물군집의 서식환경을 비교하는데 필수적이다.^{15,16)}

본 조사결과 전체적으로 0.13-0.67의 범위로 동계의 경우 0.13-0.53, 춘계의 경우 0.22-0.67의 범위를 보였다. 온배수구 근처의 정점 1과 2사이에서 춘계 0.67로 가장 높은 값을 보였으며, 반면 동계의 정점 1과 4사이에서 가장 낮은 0.13의 유사도지수를 나타

Table 3. Matrix of similarity indices in each sampling station in Seokjung hot springs

Site	February						Site	April					
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
7	0.32	0.30	0.40	0.33	0.25	0.26	7	0.23	0.29	0.29	0.43	0.33	0.34
6	0.44	0.32	0.35	0.29	0.50		6	0.32	0.44	0.30	0.33		
5	0.38	0.35	0.47	0.42			5	0.46	0.50	0.43	0.27		
4	0.13	0.25	0.25				4	0.30	0.29	0.22			
3	0.40	0.38					3	0.42	0.31				
2	0.53						2	0.67					

냈다(Table 3).

전체적으로 살펴보면 지류지점에 해당되는 정점들과 온배수구 근처의 정점사이에서 유사도가 낮게 나타났다. 이는 정점간의 수온과 유기물 부하량의 극심한 차이가 주된 원인으로 판단된다.

참고문헌

- 1) Stockner, J.G.: Algal growth and primary productivity in a thermal stream. *J. Fish. Res.*, **5**, 2037-2058, 1967.
- 2) Fjordingstad, E.: Pollution of streams estimated by benthic phytomicro-organism. I. Asaprobian system on communities of organism and ecological factors. *Int. Revue. Hydro. Biol.*, **1**, 49:63, 1964.
- 3) Wilhm, J.L. & T.C. Dorris: Biological parameters of water quality. *Bioscience*, **18**, 477-481, 1968.
- 4) Watanabe, T.: Water pollution of Kanzaki river on Osaka prefecture and the diatom flora of the bottom mud on the river bed. *Nara. Hydrobiol.*, **6**, 27-65, 1977.
- 5) 여환구, 심재형: 한국 연안해역에 있어서 온배수 배출의 생태학적 영향-III. 고리 원자력발전소 부근 해역 무생물환경과 일차 생산자의 군집구조. *Korean J. Env. Biol.*, **10**(2), 122-142, 1992.
- 6) 심재형, 여환구: 한국 연안해역에 있어서 온배수 배출의 생태학적 영향-III. 고리 원자력발전소 냉각계통 통과에 따른 식물플랑크톤의 변화. *Korean J. Env. Biol.*, **10**(1), 1-8, 1992.
- 7) 동화기술: 수질오염공정시험법. 421pp, 1992.
- 8) APHA-AWWA-WPCF: Standard methods for the examination of water and wastewater. 16th ed., APHA, Washington D. C., 1134pp, 1985.
- 9) Tsumura, K.: Notes on cleaning method. *Jap. Bull. Phyco.*, **9**, 33, 1961.
- 10) Llyod, M. and R.J. Gheraldi: A table for calculating the equitability component of species diversity. *J. Animal. Ecol.*, **33**, 217-225, 1964.
- 11) Basslavsvaskaya, S. & M. Syroeshyina: Standard methods for the examination of water and wastewater. 16th. ed. APHA, Washington, 1134pp, 1936.
- 12) Potash, M.: A biological test for determining the potential productivity of water. *Ecology*, **37**, 631-639, 1956.
- 13) Pielou, E.C.: Shannon's formula as a measurement of species diversity. *Amer. Nat.* **100**, 463-465, 1966.
- 14) Hamm, A.: Die Ermittlung der Gewassergutklassen bei Fließgewässern nach dem Gewassergutesystem und Gewasserguten-nomogramm. *Munch. Beitr. Fis. Flussbiol.*, **15**, 46-48, 1969.
- 15) Sorenson, T.: A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analysis of vegetation on Danish commons. *Biol. Skar.*, **5**, 1-34, 1948.
- 16) Morisita, M.: Measuring of interspecific association and similarity between communities. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ. Ser.*, **3**, 65, 1959.