

금강의 부영양화 현상에 관한 연구

유 선 재 · 김 종 구 · 권 태 연 · 이 석 모^{*}
군산대학교 해양환경공학과 · '전북대학교 환경공학과 · '부경대학교 환경공학과
(1998년 9월 24일 접수)

A Study on the Eutrophication in the Keum River

Sun-Jae You, Jong-Gu Kim, Tae-Yeon Kwon[†], and Suk Mo, Lee

Dept of Marine Environmental Engineering, Kunsan National University, Kunsan 573-400, Korea

^{*}Dept of Environmental Engineering, Chonbuk University, Cheonju, Korea

[†]Dept of Environmental Engineering, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

(Manuscript received 24 September, 1998)

To investigate the water quality characteristics and eutrophication of the Keum River, survey were conducted on samples collected from 6 stations in Aug. and Oct. in 1995 and Jan. and May in 1996.

The results were summarized as follows : Concentration of pollutants were in the range of 1.74~6.35(mean 3.81)mg/ℓ for BOD and 1.98~8.21(5.14)mg/ℓ for COD and 1.46~51.94(18.52) g/ℓ for TSS. Water quality were evaluate to be 2~3 grade of station 1 and other stations were 3~4 grade of water quality criteria.

The concentration of nutrients were in the range of 55.2~735.3(309.3)µg-at/ℓ for Dissolved inorganic nitrogen(DIN) and 0.06~6.03(2.80)µg-at/ℓ for dissolved inorganic phosphate(DIP). Nutrient concentrations in Keum River were usually high and the DIN/DIP ratio ranged from 72 to 2648.

The concentration of chlorophyll-a was in the range of 1.1~143.7(44.3)mg/m³. Chlorophyll-a concentration were high 10mg/m³ except station 1, which is the value of eutrophication criteria by EPA.

Correlations between nutrients and chlorophyll-a were not significant. According to eutrophication evaluation, Keum river was equivalent to the eutrophic state.

Key words : Keum River, water quality characteristics, eutrophication evaluation

1. 서 론

금강은 우리나라 중서부에 위치하고 있으며, 전라북도와 충청남북도 사이를 통과하여 금강하구둑을 거쳐 서해로 유입되는 유로 연장 412Km, 유역면적 9,886 km²에 이르는 남한 제3의 하천이다.¹⁾ 금강의 중하류 지역에 형성된 대전, 대덕, 공주, 논산, 강경 등 중소도시의 생활하수와 주변공단에서 배출되는 하·폐수량의 증가로 인하여 금강의 수질은 점점 악화되어 가고 있어 대청댐 하류에서 하구둑에 이르는 중·하류역에 있어 양질의 수자원 확보를 위한 종합적인 수질관리 대책수립이 시급한 실정이다.

특히 1994년 8월 금강하구에 위치한 하구둑의 수문조절로 인하여 금강하구해역에 대한 수질특성의 변화가 크게 일어나고 있음을 김 등²⁾이 보고하였고, 금강하구둑 상류수는 체류시간의 증가 등 수문학적 특성의 변화로 인한 수질의 변화가 예상됨에도 불구하고 이에 대한 조사는 부족한 실정이다.

금강하구둑 수문조작 전의 금강의 수질에 대한 연구를 보면, 양과 김³⁾이 금강 하류역에서의 시공간적 변화특성에 관

하여 연구에서 조석의 영향을 크게 받고 있다고 보고하였으며, 이⁴⁾는 금강하구둑 건설 전·후의 해양환경변화에 관하여 조사하였고, 최⁵⁾는 금강하류부의 수질변화에 관하여 조사연구하였고 그리고 유 등⁶⁾은 금강하구해역의 황색수색대의 환경변화특성에 관한 연구 등이 있다. 그러나 이들 대부분의 연구는 하구둑 수문조작 전에 수행된 하구역을 중심으로 한 조사연구로서, 하구둑 수문조작 후 대청댐에서부터 하구둑에 이르는 중하류역 구간에 대한 수질조사, 영양염류와 유기물의 농도변화 특성에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 금강 하구둑 수문조작 후인 1995년 8월부터 1996년 5월까지 금강의 중하류역을 중심으로 계절별로 수질의 계절변동 특성을 조사하고, 부영양화 현상 관련인자인 영양염류와 클로로필a 양의 변동 및 관계를 조사하여 금강의 수질관리를 위한 기초자료를 제공함을 목적으로 한다.

2. 재료 및 방법

금강의 계절별 수질특성 및 부영양도 평가를 위하여

1995년 8월부터 1996년 5월까지 계절별로 조사하였다. 조사지역 및 시료채취 지점은 Fig. 1과 같이 대청댐 방류구 아래 지점 1을 기점으로 하여 대전의 생활하수가 흐르는 갑천이 유입되어 완전히 혼합되는 금남교(지점2)와 공주(지점3), 부여(지점4), 강경(지점5) 그리고 금강하구둑 안쪽(지점6)의 총 6개 지점을 대상으로 하였다. 시료채취는 다리 위 하천 중앙부에서 표층하 30cm이내의 물을 채수하였으며, 현장에서 측정 가능한 항목 이외의 항목은 채수 즉시 실험실로 운반하여 측정하였다.

분석방법을 보면, 수온과 용존산소(DO)는 봉상온도계와 DO meter(YSI model 57)을 이용하여 현장에서 측정하였고, 화학적산소요구량(COD)은 환경오염공정시험법⁷⁾의 산성 KMnO₄ 법으로, 생물학적산소요구량(BOD)은 BOD₅법으로, 총부유물질(TSS)과 휘발성부유물질(VSS)은 중량법으로 측정하였다.

암모니아질소는 standard method⁸⁾의 phenate method로, 아질산질소는 NED법으로, 질산질소는 cadmium reduction 법으로 측정하였고, 용존무기질소(DIN)은 암모니아질소와 아질산질소 그리고 질산질소의 합으로 구하였다. 인산염(DIP)은 Ascorbic acid법으로 비색정량하였고, 클로로필 a는 Strickland and Parson 법⁹⁾으로 정량하였다.

측정자료를 이용하여 하천의 계절별, 지점별 수질변화 특성을 조사하였고, 또한 하천의 부영양도를 평가할 수 있는 기준에 제시된 여러방법 중에서 호소의 영양상태지수(Trophic State Index)에 의한 평가방법인 수정 Carlson 지수¹⁰⁾를 사용하여 부영양도를 평가하였다.

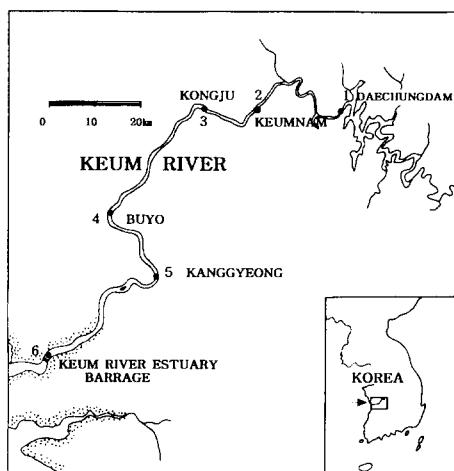


Fig. 1. Map of the sampling stations in Keum River.

3. 결과 및 고찰

금강 중하류역의 6개 지점을 대상으로 계절별로 조사된 수질분석결과를 Table 1에 나타내었다.

3.1. 일반수질특성

용존산소(DO), 화학적산소요구량(COD), 생화학적산소요구량(BOD) 및 총부유물질(TSS)의 계절별, 지점별 변화 특성을 Fig. 2에 나타내었다.

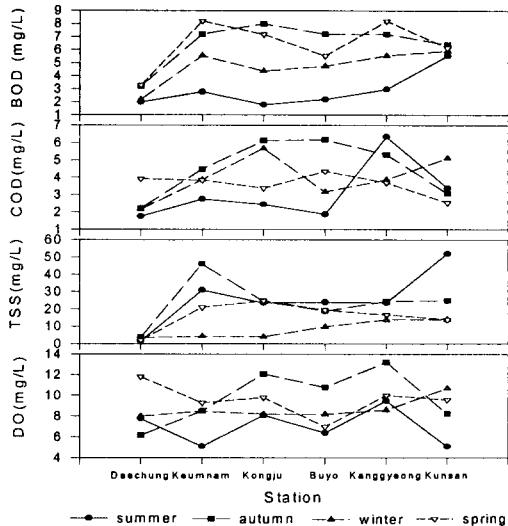


Fig. 2. Spatial variation of BOD, COD, TSS and DO in Keum River.

DO의 농도 범위는 5.1~13.2(평균 8.8)mg/l 이었는데, 대전의 생활하수 및 공장 폐수가 유입되는 지점 2와 금강하구둑 안쪽인 지점 6에서 여름조사시에 5.1mg/l로 낮은 농도를 나타냈지만, 나머지 지점에서는 전 계절에 걸쳐 6.0mg/l 이상의 농도를 나타냈다. 특히 지점5에서 가을조사시에 13.2mg/l의 높은 용존산소 농도를 나타냈는데 이는 조류의 광합성 때문인 것으로 생각되며 지점1에서 봄철 조사시 11.8mg/l의 DO농도를 나타했는데 이는 대청호의 봄철 turnover 현상 때문인 것으로 판단된다.

COD의 농도 범위는 2.0~8.2(평균 5.1)mg/l로 대청댐 아래인 지점1에서 평균 2.7mg/l로 가장 낮았고 나머지 지점은 거의 비슷한 농도였다. 이상의 결과에서 지점1의 농도는 김¹¹⁾의 대청호 유역조사 결과인 1.3~2.9mg/l와 비슷한 수준이었으며, 전체 농도는 해양연구소¹²⁾의 금강 5개 지점에서 금강하구둑 수문 조작전에 보고된 2.4~6.6mg/l과 유사한 결과이었다. 계절별로 보면 가을과 봄에 조사지점의 평균 COD농도(6.5mg/l와 6.4mg/l)가 여름과 겨울조사시(2.9mg/l와 4.7mg/l) 보다 1.4~2.4배 높게 나타났는데 이는 조사시기에 따라 금강에서 생성되는 자생 유기물의 차이 때문인 것으로 판단된다.

BOD의 농도 범위는 1.7~6.4(평균 3.8)mg/l로 지점 1이 평균 2.4mg/l로 가장 낮았고 논산의 생활하수 등이 유입되는 강경 부근인 지점 5에서 평균 4.8mg/l로 가장 높았다. 이들 결과를 하천수질 환경기준¹³⁾과 비교해 보면 지점1이 II등급, 그 외 지점은 III등급이었지만 여름 조사시 지점 5와 가을 조사시 지점 3,4에서는 IV등급을 나타내기도 하였다. 특히 지점5는 새만금 담수호의 보충수로 이용될 금강수 유입지점이 되는 곳이기 때문에 적절한 수질관리 대책이 요구된다. TSS의 농도 범위는 1.5~51.9(평균 18.5)mg/l로 대청댐하류인 지점 1에서 평균 2.6mg/l로 낮았고 금강하구둑 안쪽인 지점 6에서 평균 26.2mg/l로

금강의 부영양화 현상에 관한 연구

Table 1. The analysis result of water quality at Keum river

Date	Station	Temp °C	DO	COD	BOD	TSS	VSS	$\text{NH}_4^+ \text{-N}$		$\text{NO}_2^- \text{-N}$		$\text{NO}_3^- \text{-N}$		DIN	DIP	Chl.a mg/m^3	VSS/TSS	DIN/DIP
								mg/l		$\mu\text{g-at/l}$		mg/m^3						
17, Aug. 1995	1	28.4	7.8	2.0	1.7	1.5	0.8	3.1	1.9	50.1	55.2	0.000	3.1	55	-			
	2	30.0	5.1	2.8	2.7	30.9	17.1	36.9	6.3	97.1	140.4	1.94	58.5	55	72			
	3	31.0	8.1	1.8	2.4	23.5	18.2	28.6	14.5	105.7	148.8	1.94	64.2	78	77			
	4	31.0	6.4	2.2	1.9	23.9	20.6	6.6	11.9	116.4	134.9	1.61	50.5	86	84			
	5	31.2	9.5	3.0	6.4	23.6	19.7	1.7	10.9	103.6	116.2	0.97	85.6	83	120			
	6	30.0	5.1	5.5	3.4	51.9	22.2	33.8	3.5	85.7	123.0	0.97	28.5	43	127			
	mean	30.3	7.0	2.9	3.1	25.9	16.4	18.5	8.2	93.1	119.8	1.24	48.4	66.7	80			
21, Oct. 1995	1	20.0	6.2	3.2	2.2	3.7	2.0	11.4	1.0	134.3	146.8	0.06	8.6	54	2446			
	2	18.2	8.5	7.2	4.5	46.0	20.0	220.0	7.4	240.0	467.4	0.94	5.3	44	497			
	3	18.0	12.1	8.0	6.1	24.3	23.0	121.4	9.1	206.4	337.0	0.52	77.1	95	648			
	4	16.5	10.8	7.2	6.2	18.9	11.1	31.4	7.9	180.7	220.1	0.01	129.2	59	2201			
	5	18.0	13.2	7.2	5.3	24.3	13.3	48.6	3.0	178.6	230.1	0.10	138.6	55	2301			
	6	18.5	8.3	6.4	3.1	25.0	14.0	10.7	3.9	145.7	160.4	0.26	143.7	56	617			
	mean	18.2	9.8	6.5	4.6	23.7	13.9	73.9	5.4	181	260.3	0.33	83.6	60.5	1451.7			
26, Jan. 1996	1	5.0	8.0	2.2	2.2	3.4	1.4	2.4	0.4	115.8	118.6	0.10	1.1	41	1186			
	2	4.0	8.5	5.6	3.9	4.2	3.8	613.4	6.9	94.7	715.0	4.97	3.3	91	144			
	3	5.0	8.2	4.4	5.7	4.0	2.4	613.4	3.7	118.2	735.3	6.03	10.6	60	122			
	4	4.0	8.2	4.8	3.2	9.8	3.0	155.2	4.5	129.1	288.8	2.87	11.0	31	101			
	5	4.0	8.6	5.6	2.9	13.8	5.4	354.7	2.6	128.1	485.4	3.16	22.7	39	154			
	6	3.0	10.7	5.9	5.1	14.0	5.0	288.2	3.2	132.3	423.7	0.16	48.9	36	2648			
	mean	4.2	8.7	4.8	4	8.2	3.5	337.9	3.6	126.4	443.3	2.88	16.3	49.7	725.8			
7, May. 1996	1	8.3	11.8	3.3	3.9	2.0	0.3	40.0	0.8	115.2	156.0	0.10	2.7	15	150			
	2	14.5	9.3	8.2	3.8	21.0	15.3	396.6	9.1	60.7	466.4	2.84	37.1	73	164			
	3	14.3	9.8	7.2	3.4	24.7	12.0	400.3	9.1	148.8	558.1	2.71	22.6	49	206			
	4	14.0	7.0	5.5	4.3	19.3	14.3	237.8	7.4	135.2	380.4	1.90	35.0	74	200			
	5	15.5	10.0	8.2	3.7	16.7	9.7	270.5	7.1	136.6	414.2	1.23	49.2	58	337			
	6	16.0	9.6	6.2	2.5	14.0	10.0	249.9	5.1	146.2	401.2	0.94	25.5	71	427			
	mean	13.8	9.6	6.4	3.6	16.3	10.3	265.9	6.4	123.6	396.1	1.62	28.9	56.7	247.3			

로 가장 높게 나타났다. 거의 모든 지점에서 TSS중 휘발성부유물질(VSS)의 비율(VSS/TSS)이 50% 이상을 차지했는데, 이는 금강의 부영양화로 인한 석물성 플랑크톤의 증식 및 인근 중소도시에서 유입되는 유기물에 의한 것으로 판단된다.

3.2. 영양염류의 분포

영양염류 분포 및 변화 특성을 보면, 암모니아질소의 농도 범위는 1.7~613.4(평균 174.0) $\mu\text{g-at/l}$ 로 대청댐 하류인 지점 1에서 2.4~43.1 $\mu\text{g-at/l}$ 로 가장 낮게 검출되었고 대전의 생활하수가 유입되는 지점 2에서 36.9~613.4 $\mu\text{g-at/l}$ 로 가장 높은 값을 보였다. 계절분포는 겨울 조사시 2.4~613.4(337.9) $\mu\text{g-at/l}$ 로 여름 조사시 1.7~36.9(18.5) $\mu\text{g-at/l}$ 보다 18배 높았다. 이상의 결과는 최와 박^[14]의 낙동강 하류에서 43.38(0.22~173.37) $\mu\text{g-at/l}$, 양과 김^[3]의 금강하류역에서 15~60 $\mu\text{g-at/l}$ 보다 4배정도 높았으며, 신^[15]의 낙동강 조사시 금호강 유입 지점인 고령에서 190.07 $\mu\text{g-at/l}$ 와 비슷한 농도로서, 금강하구둑 수문조작 전보다 전체적으로 높

은 농도를 나타내었다.

아직산질소의 농도 범위는 0.4~14.5(평균 5.9) $\mu\text{g-at/l}$ 로 대청댐 하류인 지점 1에서 0.4~1.9(1.0) $\mu\text{g-at/l}$ 로 가장 낮게 검출되었으며 지점 2~4에서 높게 검출되었다. 계절 분포는 전 지점이 비슷하였지만 여름 조사시 평균 8.2 $\mu\text{g-at/l}$ 로 가장 높게 나타났다. 이를 결과는 한국해양연구소^[12,16]의 1992년 4월과 1993년 5월에 금강에서 조사된 결과 0.68~8.72(5.26) $\mu\text{g-at/l}$ 와 0.64~6.28(4.01) $\mu\text{g-at/l}$ 보다 높은 농도이었다.

질산질소의 농도 범위는 50.1~240.0(평균 129.4) $\mu\text{g-at/l}$ 이었다. 계절별로 살펴보면 가을 조사시 134.3~240.0(181.0) $\mu\text{g-at/l}$ 로 여름에 50.1~116.4(평균 93.1) $\mu\text{g-at/l}$ 보다 2배 높은 결과를 나타냈다. 이를 결과는 양과 김^[3]의 금강하류역에서 15~80 $\mu\text{g-at/l}$, 한국해양연구소^[12,16]의 조사 결과인 46.60~137.22(80.01) $\mu\text{g-at/l}$ 과 31.35~33.48(32.47) $\mu\text{g-at/l}$ 3배 이상 높은 농도이며, 신^[15]이 낙동강에서 조사한 26.6~267.0 $\mu\text{g-at/l}$ 과 비슷한 농도였다.

용존무기질소는 55.2~735.3(평균 309.3) $\mu\text{g-at/l}$ 의 농

도 범위로 대전의 생활하수가 유입하는 지점 2에서 지역별 최대농도인 연평균 $447.3\mu\text{g-at/l}$ 를 나타내었고, 이후 하류로 유하함에 따라 조금 감소하는 경향은 있었으나 큰 변화는 없었다. 이를 결과는 신¹⁵⁾이 낙동강에서 조사한 $0.14\sim606.36\mu\text{g-at/l}$ 보다는 조금 높은 농도 수준이었다.

Fig. 3, 4는 용존무기질소 중 암모니아질소, 아질산질소, 질산질소의 계절별, 지점별 변화율을 나타낸 것이다. 암모니아질소는 여름의 15.2%에서 겨울에 73.3%로 변화하여 변화폭이 컸으며 일반적인 변화패턴인 여름에 낮고 겨울에 높은 특성을 보였다. 지점별로는 대전의 생활하수가 대량으로 유입되는 지점2에서 가장 높은 함유율을 보이다가 하류로 갈수록 감소하는 경향을 나타내어 갑천의 영향을 크게 받고 있음을 알 수 있다. 아질산질소는 암모니아질소와 반대로 여름에 6.5%의 함유율에서 겨울에 0.8%로 줄어들었는데, 이는 일반적인 질산화박테리아의 활성도가 수온에 의존하는 내용과 일치하고 있다. 지점별 변화에서 유기물이 다양 유입되는 지점2 보다 아래인 지점4에서 가장 높은 4.4%의 함유율을 보였다. 질산질소는 아질산질소와 유사한 변화 양상을 보였는데 여름에 77.8%에서 겨울에 26.0%로 변화하였다. 지점별로는 대청호의 영향을 제외하면 질산화 때문에 지점 4에서 가장 높은 함유율, 유기물이 대량 유입되는 지점 2에서 가장 낮은 함유율을 보였다. 이상과 같은 질소성분의 계절별 변화 현상은 질산화박테리아의 활성도에 따라 각 질소성분의 농도비가 변화하고 있으며 전체적으로 수온의 변화와 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다. 또한 하계와 추계 암모니아질소의 낮은 비율은 일부 식물풀랑크톤의 성장에 따른 것과도 밀접한 관련성을 가지는 것으로 판단되었다.

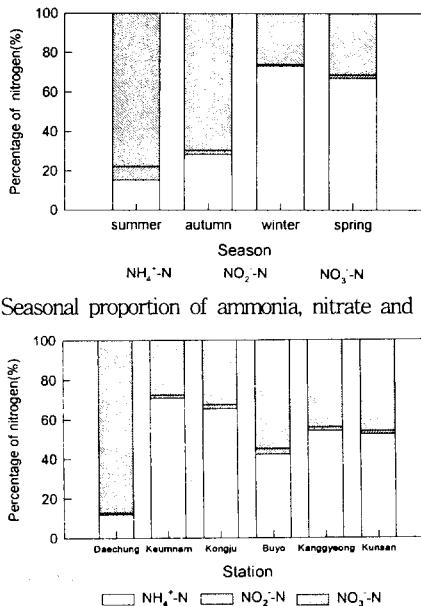


Fig. 3. Seasonal proportion of ammonia, nitrate and nitrite.

인위적 오염이 없는 대청댐 아래인 지점 1에서 ND~0.01 ($0.06\mu\text{g-at/l}$)로 가장 낮게 나타났으며 공주 부근인 지점 3에서 $0.52\sim6.03(2.80)\mu\text{g-at/l}$ 로 가장 높게 나타났다. 계절별로는 가을 조사시에 $0.06\sim0.93(0.33)\mu\text{g-at/l}$ 로 가장 낮았고, 겨울 조사시에 $0.01\sim6.03(2.28)\mu\text{g-at/l}$ 로 가장 높았다. 이를 결과는 지점 1을 제외하고 일본수산자원보호협회¹⁷⁾의 적조 발생 가능 농도 $0.47\mu\text{g-at/l}$ 를 상회하고 있어 지속적인 수질관리가 필요하다.

조사 지점에서 용존무기질소와 인산인의 비(DIN/DIP)는 72~2648로 질소의 점유비율이 매우 높았고, 특히 가을에 전체적으로 높은 비를 보였는데, 이는 가을 철 클로로필 a 농도와 비교해 볼 때 조류번식에 따른 인산인의 소모에 의한 것으로 판단된다. Fig. 5에서 나타낸 바와 같이 본 조사에서 영양염류와 클로로필 사이에는 상관관계가 나타나지 않았는데, 이는 Sakamoto¹⁸⁾, 박¹⁹⁾ 등이 보고한 N/P 값이 10~25 범위에서 클로로필 a 농도와 영양염류 농도 사이에 상관관계가 있다는 내용과 일치하지는 않지만, 최와 박¹⁴⁾이 낙동강 하류역 조사에서 보고한 N/P 값이 대단히 높을 때는 용존무기질소의 절대량이 풍부함에 따라 클로로필 a와 영양염류 사이에는 상관관계가 없다는 보고와 일치하고 있다.

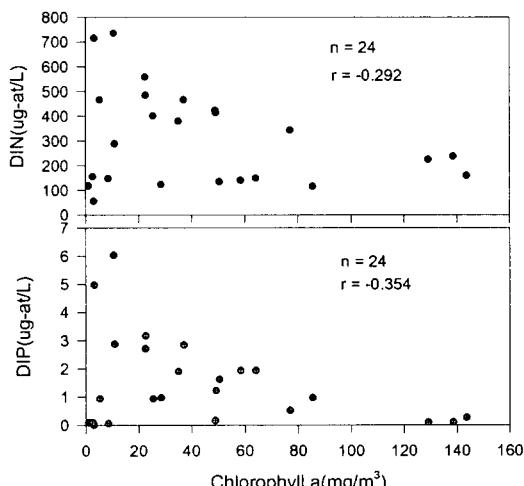


Fig. 5. The relationship between chlorophyll-a and nutrients.

전체적으로 영양염류의 농도는 본 조사수계에서 높은 농도를 보이고 있으며, 특히 용존무기질소의 경우 상당히 높아 집중적인 관리가 요망된다. 또한 BOD를 이용한 하천 수질관리에 있어 BOD의 농도에 포함된 자생BOD는 영양염을 이용하여 증가한 조류에서 발생되며, 신¹⁵⁾이 낙동강에서 자생 BOD가 전체 BOD기여율의 약 46%를 차지한다는 보고에서 영양염류의 집중적인 관리가 필요함을 알 수 있다.

3.3. 클로로필a 농도분포

수역의 생산성을 나타내는 클로로필 a의 농도 변화특

Fig. 4. Stational proportion of ammonia, nitrate and nitrite.

인산 인의 농도 범위는 ND~6.03(평균 $1.52\mu\text{g-at/l}$)로

성을 Fig. 6에 나타내었다.

클로로필 a의 농도 분포는 1.1~143.7(평균 44.3)mg/m³로서, 지점1에서 평균 3.8mg/m³으로 낮고 하류로 가면서 점점 증가되어 지점 5에서 평균 74.0mg/m³으로 가장 높게 나타났다. 이는 금남교에서 높은 비율을 보인 암모니아질소가 하류로 갈수록 감소하는 경향에서 조류성장에 이용된다는 것을 보여주고 있었다. 계절별로는 겨울 조사시에 평균 16.3mg/m³으로 가장 낮고 가을인 10월 조사시에 다른 계절보다 2~5배 높은 평균 83.7mg/m³이었다.

클로로필a 평균 농도인 16.3~83.7mg/m³은 미국 환경보호청(EPA)에서 호소의 부영양화 판정 기준인 10mg/m³와 비교해 볼 때 부영양화가 되어 있음을 알 수 있었고, 이와 같은 결과는 쇠와 박¹⁴⁾의 부영양화 되었다고 보고한 낙동강 물금에서 7.63~75.16 (33.98)mg/m³보다 높았으며 현재 부영양화가 심각하다고 보고한 신¹⁵⁾의 낙동강 물금에서 24.93~190.74(68.59)mg/m³과 비슷한 수준이었다.

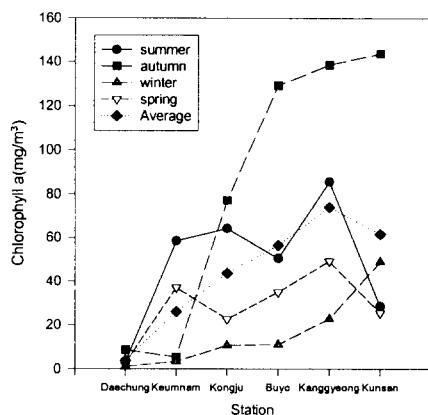


Fig. 6. Spatial variation of chlorophyll-a in the Keum River.

3.4. 부영양도 평가

금강 중하류역의 수질의 영양상태를 판정하기 위하여 계절별 수질조사자료를 이용하였으며, 부영양도 판정에는 호소의 영양상태판정에 이용되는 Carlson¹⁰⁾를 수정 보완한 수정 Carlson's 지수²⁰⁾를 이용하였다. 금강 중하류역의 각 지점에서 측정된 수질자료중 부영양화 관련인자인 클로로필 a 와 인산인 자료의 계절별 평균자료를 이용하여 수정 Carlson 지수를 계산하였다(Table 2).

영양상태지수에 따른 금강의 부영양도를 평가해보면, 지점별로 대청댐 아래인 지점 1이 빈영양상태 또는 중영양상태를 나타내며, 그 외 지점에서는 모두 부영양상태를 훨씬 초과하는 지수값을 보였다. 계절별로는 전체적으로 부영양단계의 수준을 나타내고 있었다.

4. 결 론

금강하구둑 수문조작 후 금강 중하류역의 부영양화 현상을 파악하기 위해 1995년 여름부터 1996년 가을까지 계절별로 6개 지점에서 수질을 조사하였는데 결과를 요약하면 다음과 같다.

Table 2. Revised Carlson's Index(RTSI) of the Keum river

Station	Constituent	Summer	Autumn	Winter	Spring	average
Daechung	RTSI(TP)	-	32.0	37.0	37.0	32.0
	RTSI(Chl)	39.0	50.3	27.8	37.5	41.6
Kuemnam	RTSI(TP)	74.6	65.5	86.5	79.5	78.7
	RTSI(Chl)	71.3	44.9	39.9	66.3	62.4
Kongju	RTSI(TP)	74.6	58.1	88.9	78.9	79.3
	RTSI(Chl)	72.3	74.3	52.6	60.9	68.1
Buyo	RTSI(TP)	72.4	37.0	79.6	74.4	72.4
	RTSI(Chl)	69.6	79.9	53.0	65.7	70.9
Kang-gyeong	RTSI(TP)	65.9	37.0	80.8	68.9	70.2
	RTSI(Chl)	75.4	80.7	60.9	69.4	73.8
Kunsan	RTSI(TP)	65.9	49.4	43.5	65.5	59.5
	RTSI(Chl)	63.4	81.1	69.3	62.2	71.8
Seasonal average	RTSI(TP)	58.9	46.5	69.4	67.4	65.4
Seasonal average	RTSI(Chl)	65.2	68.5	50.6	60.3	64.8

- 금강의 일반항목중 BOD는 1.7~6.2mg/l로서 평균 3.8mg/l을 나타내었고 대청댐 하류인 지점 1이 수질 환경기준 II ~ III등급이었고 그 외 지점은 III ~ IV등급을 나타내었다. TSS의 경우 지점 1이 평균 2.6mg/l로서 가장 낮았고, 금강 하구둑 안쪽인 지점 1이 평균 26.24mg/l로서 가장 높았다. 특히 TSS중 50% 이상이 VSS를 나타내고 있었다.
- 금강의 영양염류의 수질특성을 보면, DIN의 경우 55.2~735.3 $\mu\text{g-at/l}$ 범위로서 평균 309.3 $\mu\text{g-at/l}$ 를 나타내었다. 이는 호수수질기준 V등급에 해당되는 107 $\mu\text{g-at/l}$ 를 훨씬 초과하는 농도를 나타내었다. DIP의 경우 0.06~6.03 $\mu\text{g-at/l}$ 범위로서 평균 2.8 $\mu\text{g-at/l}$ 이었으며, 호수수질기준 III등급을 초과하는 농도수준을 나타내었다.
- 금강의 클로로필 a 농도분포는 1.1~143.7mg/m³으로 평균 44.3mg/m³이었으며, 대청댐 하류인 지점 1을 제외하고는 전 지점에서 부영양판정기준인 10mg/m³를 훨씬 초과하는 농도를 보였다.
- 클로로필 a와 영양염류의 관계는 본 조사수계의 영양염 농도가 매우 풍부하기 때문에 상관성을 전혀 나타내지 않았다.
- 금강의 영양상태를 부영양화지수에 의한 평가방법으로 평가한 결과, 대청댐 방류구인 지점 1이 빈영양 또는 중영양상태를 나타내고 있을 뿐 그 외 하류역은 모두 부영양상태를 훨씬 초과하는 영양상태를 나타내고 있었다.

이상의 결과를 종합해 보면, 금강 중하류역의 수질은 부영양화가 많이 진행되어 있으며, 특히 영양염류의 농도가 매우 높아 수계의 수질관리를 위하여 유기물의 관리도 중요하지만, 유기물에 직접적으로 관여하는 영양염류에 대한 관리대책도 수립되어야 한다. 특히 부여지점은 충청

남도 및 전라북도 일부 도시의 중요 상수원수로서 이용되고 있고, 금강수가 농업용수로도 많이 이용되는 주요 하천인 만큼 이에 대한 집중적인 조사 및 관리대책의 수립이 필요하다 하겠다.

참 고 문 헌

- 1) Chung, J. Y., J. H. Lee, and H. S. An, 1983, Circulation Dynamics of the Keum River Estuary I. Variability of the Salinity Boundary Layer. *J. Oceanogr. Soc. Korea*, 18(2).
- 2) 김종구, 유선재, 권정노, 1998, 금강하구둑 건설후의 수질변화, *한국수산학회지*, 31(5), 685~694.
- 3) 양한섭·김성수, 1990, 금강하류역에서 수질의 시공간적 변화특성, *한국수산학회지*, 23(3).
- 4) 이문찬, 1990, 금강하구둑 건설 전후의 해양환경 변화에 관한 연구, 조선대학교 지구과학과 석사학위논문.
- 5) 최병현, 1993, 금강하류부 수질변동에 관한 연구. 전북대학교 환경공학과 석사학위논문.
- 6) 유병철·유선재·조주환, 1994, 금강하구에 나타나는 황색 수색대의 환경특성, *한국수산학회지* 27(1), 97~105.
- 7) 동화기술, 1993, 수질오염 공정시험방법, 환경처고시 제 1993-42호.
- 8) APHA.AWWA.WPCF, 1989, Standard method for the examination of water and wastewater, 17th ed., Washington.
- 9) Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons, 1972, A practical handbook of seawater analysis, 185, Fish. Res. Board. Can. Bull. No.167.
- 10) Carlson, R. E., 1977, A Trophic State Index for Lakes, *Limnology and Oceanography*, Vol. 22(2), p.361~369.
- 11) 김제윤, 1996, 대청호 유역의 수질 변동특성 및 상관성에 관한 연구, *한국환경과학회지*, 5(6), 763~770.
- 12) 한국해양연구소, 1992, 황해의 해양오염 조사 및 대책 연구 -1차보고-, 과학기술처, 32~42.
- 13) 동화기술, 1995, 환경 관계 법규, 국제 환경문제 연구소.
- 14) 최영찬·박정길, 1986, 낙동강 하류역의 부영양화 현상에 관한 연구, 339~346.
- 15) 신성교, 1996, 자생BOD를 고려한 낙동강의 수질관리, 부산수산대학교 환경공학과 박사학위논문.
- 16) 한국해양연구소, 1993, 황해의 해양오염 조사 및 대책 연구, 환경처·과학기술처, 115~125.
- 17) 日本水産資源保護協會編, 1973, 水產環境水質基準, 11~13.
- 18) Sakamoto Mitsura, 1966, Primary production by phytoplankton community in some Japanese lakes and its dependence on lake depth, Water Research Lab. Faculty of Sci. Nagoya Univ.
- 19) 박정길, 1975, 진해만 해수의 부영양화와 클로로필 분포, *한국수산학회지* 8(3), 121~126.
- 20) 相崎守弘·大槻晃·福島武彦·河合崇欣細見正明·村岡浩爾, 1981, 修正 カールソン富營養化状態指標の日本湖沼への適用と他の水質項目との関係-湖沼の富營養化状態指標に關する基礎研究, 國立公害研究所報告 第23號, 13~31.