

洛東江 下流의 水界環境과 富營養化에 관한 研究

이 종 남*·정 중 문**

< 目 次 >

I. 緒論	IV. 要約
II. 調査方法	V. 參考文獻
III. 結果 및 考察	<Abstract>

I. 緒論

부영양화는 모든 수역에서 나타나는 자연적인 과정이나 최근 인간 활동에 의하여 비자연적으로 부영양화가 촉진되고 있는데 이를 문화적 부영양화라 한다. 이것은 주로 有機物質과 營養鹽의 貯水性 水系에로의 오랜기간 축적이 원인으로 되고, 藻類의 이상 번식을 야기하고, 水域의 가치를 파괴한다. 따라서 강으로 유입되는 영양염 부하량은 강 자체에 중요한 영양을 미치게 된다. 낙동강 하류에는 경남의 김해군과 양산군, 부산시가 인접해 있어 이 곳에 생활용수와 농·공업용수의 중요한 수원으로 이용되고 있다. 1987년 염해방지와 수원확보의 목적 등으로 하구둑이 건설되었으나 최근 각종의 산업폐수, 가정하수, 가축분뇨, 농약 등으로 오염이 가속화 되면서 영양염의 과다로 문화적 부영양화가 문제되고 있다.

낙동강 일원에 관한 조사연구로 수질이나 중금속에 관한 조사는 비교적 많이 이루어 졌으나 부영양화에 관해서는 崔·朴(1986), 송 등(1993)만이 있다.

따라서 본 연구는 낙동강 하류의 水界環境을 밝히고 부영양화 현상의 인자인 영양염류와 클로로필의 함량 변화를 조사검토하여 지역별로 어느 정도의 부영양화가 진행되었는지를 구명하고자 한다.

* 한국해양대학교 교양과정부 강사(동·식물분류학 전공)

** 부산시 상수도사업본부 수질검사소 연구원

Ⅱ. 調查方法

1. 조사시기 및 정점

조사시기는 1992년 6월부터 1993년 5월까지 매일 1회 통산 12회 시료를 채집, 분석하였다.

조사정점은 Fig. 1과 같이 洛東江 本流의 4개 定點 즉 물금의 상수도 취수장 아래(정점1), 대저(대동) 수문 앞(정점2), 을숙도의 동쪽으로 수자원공사 앞인 下端(정점3), 을숙도의 서쪽으로 부산시 요트선수단 연습장인 명지(정점4)와 西洛東江의 2개 정점 즉 녹산(정점5), 서낙동강교 아래인 조만포(정점6)를 설정하였다.

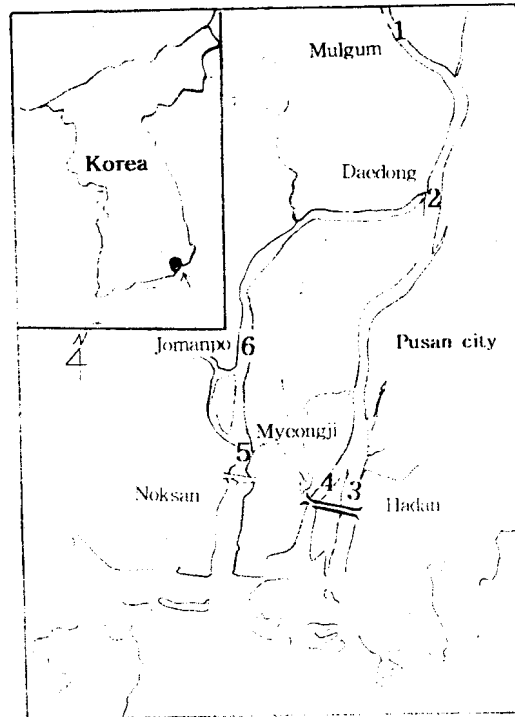


Fig. 1. Map showing the collection stations from the Nakdong River.

2. 시료 분석방법

- ① 水溫 : 현장에서 棒狀 알코올 온도계로 측정.
- ② pH : 현장에서 pH meter(PRION, Model 250A)로 측정.

- ③ 溶存酸素(DO) : Winkler method로 정량.
- ④ 生物學的 酸素 要求量(BOD) : Winkler method로 정량.
- ⑤ 암모니아태 窒素($\text{NH}_4^+\text{-N}$) : Phenate method로 비색정량.
- ⑥ 亞窒酸態 窒素($\text{NO}_2\text{-N}$) : Sulfanilamide와 NED[N-1-naphthyl-ethylene diamine dihydrochloride] method로 비색정량.
- ⑦ 窒酸態 窒素($\text{NO}_3\text{-N}$) : Cadmium reduction method로 비색정량.
- ⑧ 總無機窒素(TIN) : $\text{NH}_4^+\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$.
- ⑨ 磷酸鹽($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$) : Stannous chloride method로 비색정량.
- ⑩ chlorophyll-a : Strickland & Parsons method로 비색정량.

Ⅲ. 結果 및 考察

1. 이화학적 조사

낙동강과 서낙동강의 6개 정점의 수계환경을 조사하여 분석한 정점별 수질농도는 Table 1과 같다.

① 수온 : 표층수온의 변화(평균)는 $0.5\sim 30.0(17.3)^\circ\text{C}$ 범위로 변화의 폭이 크다. 정점별 평균 수온은 6개 정점이 거의 유사하였으며, 월별 수온은 평균 17.3°C 를 기준으로 할때 4월에서 9월까지의 높으나 그 외의 달은 낮았다.

② pH : pH의 농도 범위는 $6.7\sim 9.4$ 로 상류인 물금, 대동, 조만포보다 하류의 독 근처인 하단, 명지, 녹산이 대체로 평균 8이상으로 높았다.

③ DO : DO의 농도 범위는 $0.42\sim 16.86\text{mg/L}$ 이고 평균 DO농도는 pH와 같이 상류에서 하류로 갈수록 높게 나타났다.

④ BOD : BOD의 농도 범위는 $0.97\sim 11.60\text{mg/L}$ 이고, 낙동강 본류(물금, 대동, 하단, 명지) 평균 4.70mg/L 보다 서낙동강(녹산, 조만포)이 평균 6.75mg/L 로 높게 나타났으며, 서 낙동강이 많이 오염되어 있음을 알 수 있었다.

⑤ $\text{NH}_4^+\text{-N}$: $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 의 농도 범위는 $0.04\sim 2.81\text{mg/L}$ 이다. 평균적으로 낙동강 본류 0.65mg/L 보다 서낙동강 0.715mg/L 이 높은 농도를 보이고, 조만포가 0.73mg/L 로 가장 높고 하단이 0.57mg/L 로 가장 낮은 농도분포를 보인다. 월별로 2월과 1월이 2.14mg/L 와 1.81mg/L 로 높았고, 5월이 0.12mg/L 로 가장 낮았다(Fig.2).

⑥ $\text{NO}_2\text{-N}$: $\text{NO}_2\text{-N}$ 의 농도 변화 범위는 $0.04\sim 0.47\text{mg/L}$ 이며, 낙동강 본류의 4개 정점의 평균 0.09mg/L 보다 서낙동강의 녹산(0.19mg/L)과 조만포(0.17mg/L)가 보다 높았다. 월별로 5월과 12월이 0.24mg/L 와 0.22mg/L 로 높았고, 8월이 0.05mg/L 로 가장 낮았다(Fig.2).

⑦ $\text{NO}_3^- \text{-N}$: $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 의 농도 변화 범위는 $0.2 \sim 7.7 \text{mg/L}$ 였으며, 하단이 평균 3.07mg/L 로 높은 농도를 나타내었고 그 외는 거의 같은 수치였다. 월별로 보면 최저 0.80mg/L (6월) 최대 6.18mg/L (12월)로서 10, 11, 12,월이 다른 달에 비하여 3배 정도로 높았다(Fig.2).

⑧ 총 질소 : 총 질소의 농도 범위는 $0.74 \sim 8.34 \text{mg/L}$ 였으며, 평균값으로 보면 하단과 명지가 3.72mg/L 로 가장 높고 물금 3.05mg/L 로 가장 낮은 농도를 보이며, 상류인 물금, 대동, 조만포보다 독 근처인 하단, 명지, 녹산이 대체로 높은 농도를 보인다. 월별로 보면 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 과 같이 비슷한 경향을 보이는데 6월이 1.13mg/L 로 가장 낮고 12월이 6.99mg/L 로서 가장 높으며, 또 10월과 11월도 상당히 높게 나타났다(Fig.2). 특히 질소중 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 보다 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 가 적은 양을 나타내 '藻類의 질소 섭취가 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 보다 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 를 우선적으로 섭취한다'는 Batees(1976)의 보고와 일치하는 경향을 나타내었다.

⑨ $\text{PO}_4^{3-} \text{-P}$: $\text{PO}_4^{3-} \text{-P}$ 의 농도 범위는 $0.01 \sim 0.31 \text{mg/L}$ 로써 서낙동강인 녹산 0.11mg/L 과 조만포 0.14mg/L 가 낙동강 본류의 정점들 평균 0.075mg/L 보다 높은 농도를 보인다. 이는 서낙동강 지역이 대다수의 농경지로서 施用한 비료에서 다량의 인이 유입된 것으로 보인다. 월별로 9월이 0.24mg/L 로 가장 높고 3월이 0.02mg/L 로 가장 낮았다(Fig.3). Pocella 등(1980)에 의하면 富營養化를 일으키는 인의 기준치는 0.025mg/L 로서 낙동강 전 지역이 부영양화가 심한 상태이다.

⑩ N/P비율 : 조사정점에서의 N/P비율을 비교하면 명지가 115.42mg/L 로 가장 높고, 그 다음이 조만포 88.28mg/L , 녹산 73.67mg/L , 대동 68.04mg/L , 물금 65.43mg/L 이며, 하단이 63.31mg/L 로 가장 낮았다. 대체로 인보다 질소의 점유 비율이 매우 높아 인이 조류의 제한요인으로 작용하게 되는 것이 특징으로 崔·朴(1986)과 같은 경향이었으나 하구둑 공사 이전 보다도 매우 높은 비율이다.

이상의 결과를 낙동강 하구둑 공사 이전의 조사인 崔·朴(1986)의 영양염분포 특성과 비교하여 보면 전 영양염이 공사 이전 보다도 이후가 높은 수치를 보이는데 특히 $\text{NO}_2^- \text{-N}$ 와 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 는 2배이상 높아 그 동안 영양염의 유입이 더 많아졌음을 알 수 있다(Table 2). 본 조사에서 질소의 경우 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 보다 $\text{NO}_2^- \text{-N}$ 와 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 는 4배정도로 높아 '조류의 질소 섭취가 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 보다 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 를 더 우선적으로 섭취한다'는 송 등(1993)의 보고와 일치한 경향을 나타냈다. 이는 하천 본래의 기능 보다도 인간의 간섭에 의한 공장폐수와 가정하수의 유입이 크게 작용하고 있다고 볼 수 있다.

$\text{PO}_4^{3-} \text{-P}$ 는 崔·朴(1986) 0.05mg/L 와 비교하면 본 조사가 0.10mg/L 로 높게 나타나고, 서낙동강 수역의 경우 0.125mg/L 로서 심하게 부영양화되어 있음을 알 수 있다.

N/P비율 역시 崔·朴(1986)보다 본 조사가 높게 나타남을 알 수 있다.

Table 1. Range and mean values of physicochemical elements investigated in the lower part of Nakdong River.

Water quality	Stations					
	1	2	3	4	5	6
Water T. (°C)	3.0~29.0 (17.0)	4.0~29.0 (17.0)	2.0~29.5 (17.4)	3.0~30.0 (17.6)	0.5~30.0 (17.4)	1.5~30.0 (17.5)
pH	6.8~8.8 (7.8)	6.7~8.5 (7.7)	7.0~9.3 (8.1)	7.2~9.4 (8.0)	7.1~9.3 (8.2)	7.1~9.4 (7.9)
DO (mg/L)	7.19~14.07 (9.69)	7.04~15.94 (10.24)	6.89~16.86 (11.02)	6.42~16.44 (11.10)	6.74~15.15 (11.08)	6.85~15.45 (10.62)
BOD (mg/L)	1.09~8.48 (4.38)	0.97~8.76 (4.28)	1.45~11.20 (4.74)	1.43~10.76 (5.40)	2.62~11.60 (6.40)	2.53~11.42 (7.10)
NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	0.09~2.16 (0.66)	0.11~2.25 (0.66)	0.18~1.84 (0.57)	0.05~2.81 (0.70)	0.13~2.02 (0.70)	0.04~2.23 (0.73)
NO ₂ ⁻ -N (mg/L)	0.04~0.18 (0.09)	0.04~0.17 (0.09)	0.04~0.20 (0.09)	0.04~0.15 (0.09)	0.04~0.47 (0.19)	0.04~0.40 (0.17)
NO ₃ ⁻ -N (mg/L)	0.7~5.2 (2.31)	0.6~7.6 (2.43)	0.7~7.7 (3.07)	0.7~5.7 (2.40)	0.5~6.9 (2.54)	0.2~7.1 (2.25)
TIN (mg/L)	1.97~5.80 (3.05)	1.67~8.15 (3.17)	1.14~8.34 (3.72)	1.19~6.79 (3.72)	0.74~8.12 (3.43)	0.41~7.74 (3.15)
PO ₄ ³⁻ -P (mg/L)	0.01~0.20 (0.08)	0.01~0.19 (0.07)	0.02~0.27 (0.08)	0.01~0.29 (0.07)	0.01~0.21 (0.11)	0.02~0.31 (0.14)
Chl.a (mg/m ³)	5.4~127.5 (30.4)	6.6~125.6 (28.9)	3.7~55.9 (27.5)	6.4~120.9 (36.4)	24.0~182.3 (67.0)	13.3~235.5 (60.9)
N/P (mg/L)	12.1~227.0 (65.4)	10.1~230.0 (68.0)	7.5~166.8 (63.3)	5.8~553.0 (115.4)	7.4~406.0 (73.7)	1.6~743.0 (88.3)

():Mean

Table 2. Comparison of nutrient concentration and N/P ratio of Nakdong River.

Site	NH ₄ ⁺ -N mg/L	NO ₂ ⁻ -N mg/L	NO ₃ ⁻ -N mg/L	PO ₄ ³⁻ -P mg/L	N/P	Remark
Mulgeum	0.83	0.04	1.00	0.04	46.8	Choi·Park(1983.10-1984.9)
Gupo	0.41	0.04	0.99	0.05	28.8	"
Hadan	0.59	0.05	0.90	0.06	25.7	"
Mean	0.61	0.04	0.96	0.05	33.8	
Mulgeum	0.66	0.09	2.31	0.08	65.4	1992.6-1993.5
Daedong	0.66	0.09	2.43	0.07	68.0	"
Hadan	0.57	0.09	3.07	0.08	63.3	"
Myeonggi	0.70	0.09	2.40	0.07	115.4	"
Noksan	0.70	0.19	2.54	0.11	73.7	"
Jomanpo	0.73	0.17	2.25	0.14	88.3	"
Mean	0.67	0.12	2.30	0.10	79.0	

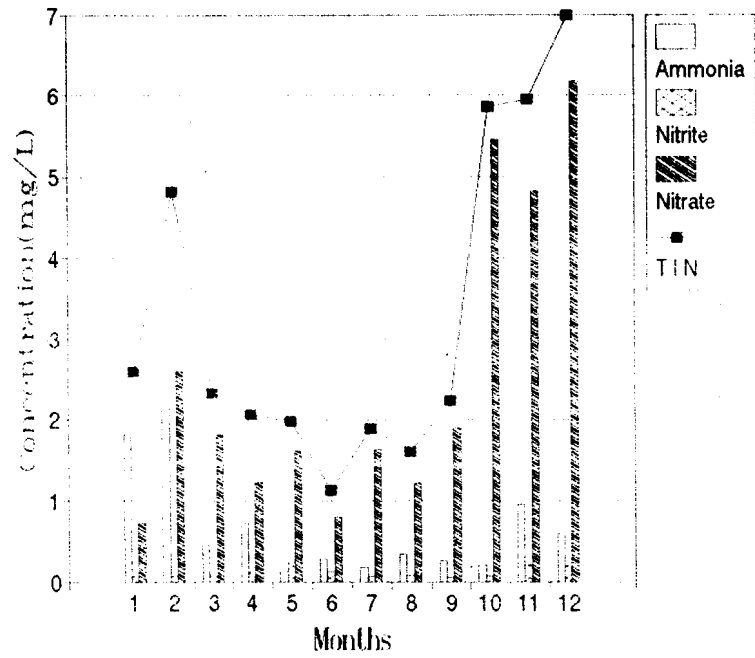


Fig. 2. Monthly variation of Ammonia($\text{NH}_4^+\text{-N}$), Nitrite($\text{NO}_2^-\text{-N}$), Nitrate($\text{NO}_3^-\text{-N}$) and total inorganic nitrogen(TIN).

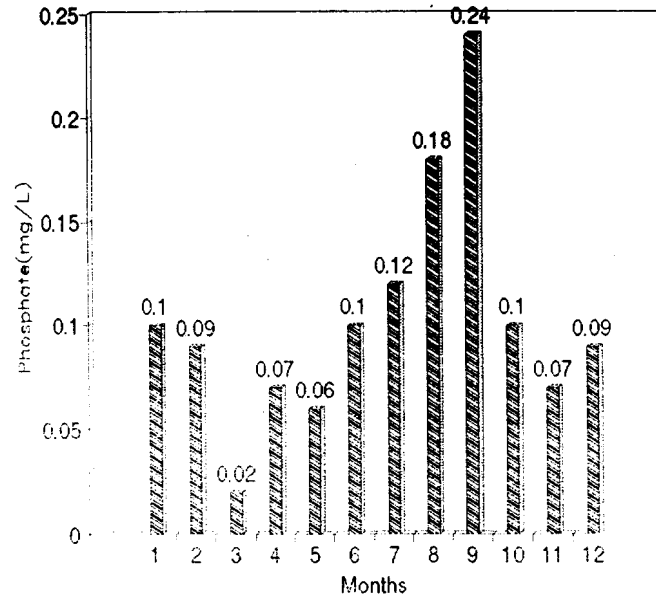


Fig. 3. Monthly variation of phosphate($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$) of 6 sites.

2. chlorophyll-a농도

낙동강 하류의 chlorophyll-a농도 분포는 3.7~235.5mg/m³로서 하구둑 공사 이전인 崔朴(1986)의 조사 1.8~75.2mg/m³와 공사 이후인 趙(1992)의 조사 8~150mg/m³보다 대단히 넓은 변화폭을 보였다(Table 2). 1980년 미국 Environmental Protection Agency - National Eutrophication Survey(EPA-NES)의 부영양화 현상을 나타내는 chlorophyll-a의 기준량인 7.4mg/m³와 비교하면 전 정점별 월별 모두 부영양화 상태이다(Fig. 4). 정점별로 서낙동강인 녹산과 조만포가 평균 2배 정도로 낙동강 본류보다 높아 서낙동강이 심하게 부영양화되어 있다고 볼 수 있고, 월별로 4월이 116.9mg/m³으로서 가장 높고 5월이 12.3mg/m³로 가장 낮았는데 전체적으로 4월과 7월이 다른 달보다 상당히 높게 나타났고 5월과 8월의 chlorophyll-a가 양적으로 낮게 나타난 것은 趙許(1988)의 조사와 비슷한 경향으로서 施肥량이 많은 8월과 9월에 chlorophyll-a농도가 증가한다는 水野(1982)의 학설과는 相異한데 이는 이 지역이 연중 부영양화 현상을 보이는 특수성에 기인한 것으로 생각된다. 특히 서낙동강인 녹산과 조만포는 연중 부영양화되어 있으며, 4월에 116.9mg/m³는 EPA-NES의 부영양화 기준치의 16배나 넘고 있다.

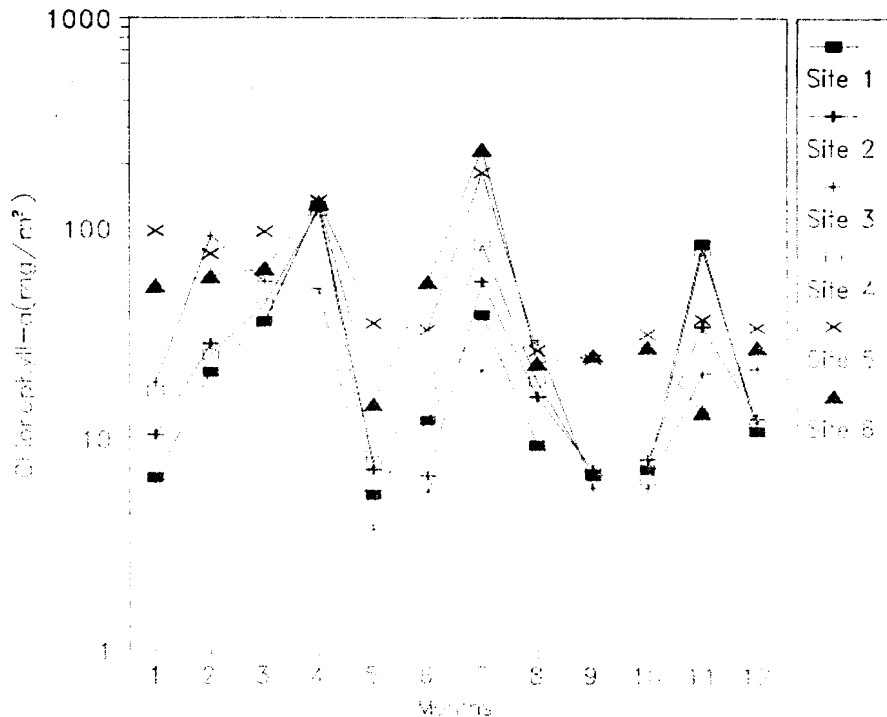


Fig. 4. Monthly variation of chlorophyll-a of 6 sites.

3. chlorophyll-a량과 營養鹽類와의 관계

Sakamoto(1966)에 의하면 chlorophyll-a농도와 營養鹽類와의 관계에 대하여 水系에서의 營養鹽類의 N/P값이 10~25범위내에 있을 때 窒素와 磷의 각 성분의 증가와 藻類의 現存量(chlorophyll-a량으로 표시)의 증가는 직선적 상관관계가 있다고 하였으며, 崔·朴(1986)은 N/P값이 63~120으로 나타나면 일정한 상관관계가 없다고 하였다.

본 조사에서 N/P값이 평균 79.0으로 崔·朴(1986)과 같이 높게 나타났으나 chlorophyll-a량과 營養鹽類농도의 상관관계에 있어서는 Sakamoto(1966)와 같이 직선적 상관을 보였다(Fig. 5). chlorophyll-a량과 총 질소농도 사이에는 상관계수 값(R)이 0.0007로서 상관성이 적고, chlorophyll-a량과 총 인농도 사이에는 상관계수 값(R)이 0.729로서 상관성이 높게 나타나 인이 조류증식에 크게 작용하고 있는 것 같다.

4. 富營養化

1) N/P比率에 의한 制限因子

본 조사수역의 無機態 窒素와 磷酸態 磷과의 比率은 Table 1에서 보는 바와 같이 1.6~743.0(조만포)의 높은 변화 범위로서 洛東江의 조사인 박 등(1986)의 3.3~302.8범위와 崔·朴(1986)의 36.3~302.8 그리고 만경강의 조사(심 등, 1991)인 0.2~90.8보다 변화폭이 매우 컸다. 월별 평균값은 3월(193.1)과 11월(317.1)이 높았고 9월(9.4)이 낮은 비율을 나타냈다. 정점별 평균으로는 명지가 115.4로 가장 높았으며 하단이 63.3으로 가장 낮은 비율을 나타냈다.

Forsberg(1978)는 藻類의 제한 營養物質을 N/P비가 10이하일 때 窒素이며, 10~17일 때는 窒素 또는 磷, 17이상일 때는 磷이라고 하였다. Forsberg(1978)의 비에 의하면 9월을 제외하고는 연중 N/P가 17이상으로 인이 제한요인이라 하겠다.

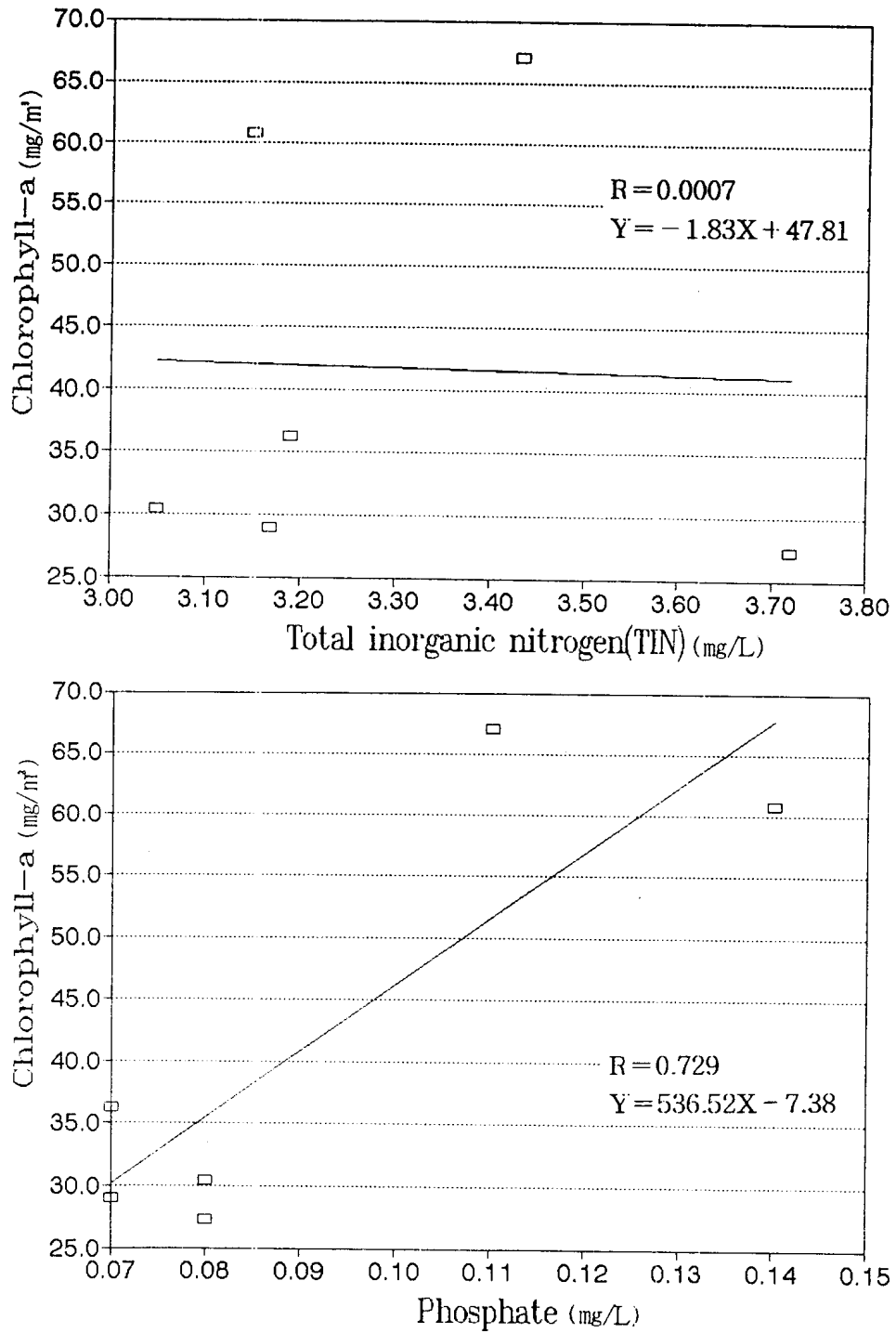


Fig. 5. The relationships between total inorganic nitrogen(TIN), phosphate($PO_4^{3-}P$) contente to chlorophyll-a.

2) 營養段階

수계의 부영양화는 주로 호소내에서 일어나는 현상으로서 수중에 營養物質이 過多하게 증가하여 植物플랑크톤이 대량증식하므로서 水系 生態系의 평형을 파괴하는 현상이다. 최근에는 유속이 느린 하천(강)에서도 부영양화가 적용된다. 호소의 부영양화의 단계를 나타내는 지수중 미국의 Environmental Protection Agency - National Eutrophication Survey(EPA-NES)의 기준 (Porcella 등, 1980), EPA-NES보다 조성농도에 따른 영양단계의 판정이 더 강화된 것으로 Carlson(1977)에 의해 제안된 Trophic State Index(TSI)의 기준이 있으나 본 조사에서는 1981년 相崎 등에 의해 제안된 Revised Trophic State Index(RTSI)에 의하여 영양화 단계를 구분하였다(Table 3).

Table 3. Classified groups of trophic state according to the concentration of chlorophyll-a and total phosphate(TP).

Trophic state	Chlorophyll-a(mg/m ³)	TP(mg/m ³)
	RTSI	RTSI
Oligotrophic	< 1.60	< 4.6
Mesotrophic	1.6-10	4.6-23
Eutrophic	> 10.00	> 23

RTSI : Revised Trophic State Index

$$RTSI(Chl.-a) = 10(2.46 + \frac{\ln Chl. - a}{\ln 2.5})$$

$$RTSI(TP) = 10(2.46 + \frac{6.71 + 1.15 \times \ln TP}{\ln 2.5})$$

相崎 등(1981)의 공식인 Revised Trophic State Index(RTSI)에 의하여 정점별 및 월별의 평균값으로 영양상태지수를 나타낸 결과는 Table 4, 5와 같다.

Table 4. Average of revised trophic state index(RTSI) in 6 stations.

Index	Stations					
	1	2	3	4	5	6
RTSI(Chl.-a)*	61.87	61.32	60.77	63.80	70.48	69.44
RTSI(TP)*	152.83	151.15	152.83	151.15	156.82	159.85

* mg/m³

Table 5. Monthly mean of revised trophic state index(RTSI) of 6 stations.

Months	RTSI(Chl.-a)*	RTSI(TP)*	Months	RTSI(Chl.-a)*	RTSI(TP)*
1	58.13	152.83	7	57.05	155.63
2	75.16	156.82	8	62.96	154.31
3	57.51	146.93	9	67.27	158.92
4	52.21	167.13	10	68.37	126.73
5	53.69	154.31	11	76.56	155.63
6	66.04	144.13	12	51.96	152.83

* mg/m³

chlorophyll-a에 의한 지수는 정점별의 경우 최저 60.77(정점3)~최고 70.48(정점5)의 범위이며 월별로는 최저 51.96(5월)~최고 76.56(4월)의 범위로서 chlorophyll-a의 富營養化 기준치인 10보다 5배이상을 나타내었다. TP에 의한 지수는 정점별의 경우 최저 151.15(정점2와 4)~최고 159.85(정점6)의 범위로 나타났고, 월별로는 최저 126.73(3월)~최고 167.13(9월)의 범위로서 TP의 富營養化 기준치인 23보다 6배이상을 나타냈다. 따라서 chlorophyll-a량과 총 인만으로 영양화 단계를 판정하면 洛東江의 담수역(하구 독위)은 정점별 월별 富營養化 상태가 매우 높다고 할 수 있다.

본 조사의 chlorophyll-a의 60.77~70.48과 TP의 151.15~159.85의 영양상태지수가 송 등(1993)의 chlorophyll-a 56.46~77.38보다 범위가 좁으나 정점1(물금)지역의 경우 송 등(1993)의 60.67에 비하여 조금 높게 나타났다. TP는 송 등(1993)의 60.23~85.01보다 본 조사가 두배 이상 높은 값을 나타내 인에 의한 부영양화가 높음을 알 수 있다.

한편 본 조사를 李(1991)가 조사한 chlorophyll-a량과 TP값인 陝川댐(20~41과 49~58), 南江댐(20~45와 47~60), 回夜댐(20~51과 48~59), 回東水源池(25~53과 45~57) 등과 비교하면 본 조사지역이 정체지역이 아닌 일정 유속이 있는 하천임에도 불구하고 이들 지역의 수치보다 높게 나타났다.

IV. 要約

낙동강 하류 일원의 수계환경 및 부영양화 정도를 파악하고자 1992년 6월 부터 1993년 5월 까지 하구독 상부의 담수역 6개 정점을 선정하여 월별로 년중 조사한 결과는 다음과 같다.

1) 이화학적 환경조사로서 수온은 0.5~31.0℃이고, pH는 6.7~9.4, DO는 5.62~16.86mg/L 이고, BOD는 0.21~11.60mg/L, NH₄⁺-N는 0.04~8.05mg/L, NO₂⁻-N은 0.01~1.77mg/L, NO₃⁻-N은 0.1~7.8mg/L, TIN은 0.26~9.72mg/L, PO₄³⁻-P는 0.01~0.37mg/L이다.

2) 인은 0.10mg/L로 부영양화 되어있고, 서낙동강 수역(0.125mg/L)은 낙동강 본류(0.075mg/L)보

다 심하게 부영양화되어 있다.

3) chlorophyll-a농도는 $3.7 \sim 235.5 \text{mg/m}^3$ 으로서 낙동강 본류보다는 2배이상 서낙동강인 녹산과 조만포가 부영양화되어 있으며, 4월에 116.9mg/m^3 은 EPA-NES의 부영양화 기준치(7.4mg/m^3)의 16배나 넘었다.

4) chlorophyll-a와 영양염류농도 사이에는 N/P비가 Sakamoto(1966) 기준치의 3배 이상인 평균 79.0으로 높게 나타났고 직선적 상관관계가 있었다.

5) 전 정점에서 식물플랑크톤 증식의 제한요소로서의 영양염류는 인이다

6) RTSI에 의한 chlorophyll-a지수는 정점별 경우 60.77(정점3)~70.48(정점5)이고 월별 경우 51.96(5월)~76.56(4월)으로서 富營養化 기준치(10)의 5배이상이었다.

7) RTSI에 의한 TP지수는 정점별의 경우 151.15(정점2와 4)~159.85(정점6)의 범위로 나타났고, 월별로는 126.73(3월)~167.13(9월)으로서 富營養化 기준치(23)의 6배이상 이었다.

8) chlorophyll-a농도와 총 인만으로 영양화 단계를 판정하면 洛東江의 담수역(하구 독위)은 정점별 월별 富營養化가 높은 상태에 있다고 할 수 있다.

參考文獻

- 박청길·조규대·허성희·김상곤·조창환. 1986. 낙동강 하구 부근의 해양환경 조사 연구. 어업 기술, 22(4):1~20.
- 相崎守弘·大槻 晃·福島武彦·河合崇欣·細見正明·村岡治爾. 1981. 修正カルソン富營養化狀態指標の日本湖沼への適用とその他の水質項目の關係. 國立公害研究所研究報告書, R-23-81, p.13-31.
- 송교욱·박혜영·박청길. 1993. 낙동강 수계 수질관리를 위한 모델링(1)-영양염 분포특성에 관한 연구. 한국수질보전학회지, 9(1):41~53
- 水野壽彦. 1982. 池沼の生態學. 生態學研究シリーズ第1卷. 築地書館, pp.187.
- 심재형·신윤근·이원호. 1991. 만경강 하류의 환경과 식물플랑크톤 군집. 한국육수학회지, 24(1):45~54.
- 李鍾根. 1991. 釜山, 慶南主要上水源의 富營養化 調査. 釜山地方環境廳, pp.359.
- 趙京濟. 1992. 洛東江 河口的 自然環境 및 生態變化. 仁濟大學校 環境研究所 제1회 環境심포지움 發表論文集. 環境研究노트 제1호, p.23~45.
- 趙昌煥·許成會. 1988. 洛東江 河口 附近的 植物플랑크톤 群集構造와 分布. 해양학회지. 10(1):39~45.
- 崔永贊·朴清吉. 1986. 洛東江 下流域의 部營養化現象에 관한 研究. 韓國水産學會誌, 19(4):339~346.
- Bates, S. S. 1976. Effects of light and ammonium on nitrate uptake by two species of estuarine phytoplankton. Limnol. Oceanogr, 21:212.
- Carlson, R. E. 1977. A trophic state index for lakes. Limnol. Oceanogr., 22:361~369.
- Forsberg, C.N. 1978. OECE. op. cit, p.139.
- Porcella, D.B., S.A. Peterson and D.P. Larsen. 1980. Index to evaluate lake restoration. J.S.E.E., ASCE, 106(6):1151~1169.

<Abstract>

A study on the aquatic environment and eutrophication in the lower part of Nakdong River

Lee, Jong Nam*·Chong Mun Chung**

**Faculty of Liberal Arts & Sciences, Korea Maritime University, Pusan Korea

**Water Quality Institute, Water Works HQ Pusan City

A study was carried out to evaluate the aquatic environment and the level of eutrophication near the Nakdong River estuary from June 1992 to May 1993. For this study, 6 areas were randomly selected and investigated every month during the studying period. The results are as follows.

1. In the physicochemical elements investigated, the water temperature ranged 0.5~31.0℃, and pH ranged 6.7~9.4, and dissolved oxygen(DO) ranged 5.62~16.86mg/L, biochemical oxygen demand(BOD) ranged 0.21~11.60mg/L, and the content of NH₄⁺-N, NO₂⁻-N, NO₃⁻-N, TIN, and PO₄³⁻-P ranged 0.04~8.05mg/L, 0.01~1.77mg/L, 0.1~7.8mg/L, 0.26~9.72mg/L, and 0.01~0.37mg/L respectively.

2. PO₄³⁻-P were measured 0.10mg/L at the area which showed the level of eutrophication, and western area(Noksan & Jomanpo) of Nakdong River showed high eutrophication of 0.125mg/L in the concentration of PO₄³⁻-P.

3. The concentration of chlorophyll-a ranged 3.7~235.5mg/m³ which means that the study areas are seriously progressing the eutrophication, and the value recorded as 116.9 mg/m³ in April was about 16 times higher than that of the standard(7.4mg/m³) of EPA-NES.

4. The N/P ratio of nutrient salts was 79.0 which was 3 times higher than standard value (from Sakamoto), and there was straight relationship between chlorophyll-a and nutrients.

5. PO₄-P to limit factors may influence to the multiplication of phytoplankton.
6. Stationary and monthly value of chlorophyll-a by RTSI ranged 60.77(station 3)~70.48(station 5) and 51.96(May)~76.56(April), and so the level of eutrophication is over 5 times to the standard RTSI.
7. Stationary and monthly value of total phosphate(TP) by RTSI ranged 60.77(station 3)~70.48(station 5) and 51.96(May)~76.56(April), and so the level of eutrophication is over 6 times to the standard RTSI.
8. Trophic state by value of chlorophyll-a and total phosphate(TP) showed that freshwater areal upper dam of Nakdong River were seriously progressing the eutrophication to stationary and monthly.

