

## 낙동강 주요 지천의 인 및 질소부하량에 관한 연구

허우명·김범철\*

삼척산업대학교 환경공학과, \*강원대학교 환경학과  
(1995년 4월 8일 접수)

### Phosphorus and nitrogen loading from the main tributaries into the Nakdong River

Woo-Myung Heo and Bom-Chul Kim\*

*Dept. of Environmental Engineering, Samchok National University,*

*\*Dept. of Environmental Science, Kangwon National University*

(Manuscript received 8 April 1995)

#### Abstract

Phosphorus and nitrogen loadings from the main tributaries into the Nakdong River were estimated by measuring phosphorus and nitrogen concentration in the main tributaries, Nakdong River(Kangjung), Kumho River, Heichun, Hwang River, Nam River, Milyang River, and Yangsanchun from May 1994 to October.

Total phosphorus concentration of Kumho River was vary high, average 1.0 mgP/l. The other rivers were the range 0.05~0.15 mgP/l. Total nitrogen concentration of Kumho River was vary high, average 6.27 mgN/l. The other rivers were the range 1.5~3.0 mgN/l. The phosphorus loading from Kumho River, Nakdong River(Kangjung), Nam River, Milyang River, Hwang River, Yangsanchun, and Heichun were calculated to be 1,108, 603, 198, 57, 34, 23, and 21 tP/yr, respectively. Therefore, the loading from Kumho River accounted for 45 % of total loading, 2,042 tP/yr. The nitrogen loading from Nakdong River (Kangjung), Kumho River, Nam River, Milyang River, Hwang River, Heichun, and Yangsanchun were calculated to be 12,636, 7,411, 2,611, 1,523, 779, 608, and 391 tN/yr, respectively. Therefore, the loading from Nakdong River(Kangjung) and Kumho River accounted for 50 % and 30% of total loading, 25,959 tN/yr, respectively.

Key Words : Phosphorus and nitrogen loading, Nakdong River.

#### 1. 서론

최근 국내 대부분의 하천 수계에서 부영양화에 따른 수질악화가 심각한 문제로 대두되고 있으며 낙동강 수계 역시 이미 상수원수 3급수를 초과하였을 뿐만아니라 농공용수로도 사용이 어려운 실정이다. 허 등(1995)은 Carlson(1977)과 Aizaki(1981)가 제안한 부영양화도지수(TSI)를 낙동강

본류수계에 적용한 결과 TP, Chl. a, SD(투명도) 모두 60~80 수준을 넘는 부영양화된 상태라고 하였다. 또한 이들은 TN/TP 비가 6월부터 9월 사이에 낙동강 본류수계 대부분에서 16 이하의 값을 보이고 있어 질소가 제한영양염으로 작용했을 가능성도 제시하였다. 그러므로 낙동강을 상수원수로 사용하고 있는 부산일원의 영남지역은 근본적인 수질개선 대책이 시급하다 하겠다. 낙동강은

넓은 유역면적(23,860 km<sup>2</sup>)을 가지고 있으며 오염원으로는 대구시의 금호강 유역에서 유입되는 생활하수 및 공단폐수와 그외 5개의 중요 지천(회천, 황강, 남강, 밀양강, 양산천)으로부터 유입되는 각종 생활하수, 농업배수 및 가축폐수등을 들 수 있다.

하천 수계는 호수와는 달리 유속이 빠르므로 물의 체류시간이 짧은 것이 특징이다. 그러나 낙동강 수계는 금호강 유입직전인 낙동강 상류수계(강정)부터 하구둑까지 하상구배가 매우 완만하며 유속이 느리다. 따라서 물의 체류시간이 호수와 비슷한 양상을 보이고 있다. 더우기 낙동강 본류수계는 주변의 도시와 농경지로부터 물의 소모량이 크기 때문에 본류수계의 물의 흐름이 더욱 완만해지고 이로 인하여 수질 악화가 가속화되고 있다. 낙동강 하류수계에는 1987년에 하구둑이 축조되었으며, 기수역이 담수화된 이래로 지금까지 여러학자들에 의해 수차례의 연구가 있었다. 수질상태 및 관리에 관한 연구로는 손과 정(1988), 권(1991), 송 등(1993a), 송 등(1993b), 송 등(1993c) 및 허 등(1995)의 연구가 있으며, 식물플랑크톤의 분포에 관한 연구로는 Kim과 Lee(1991), Lee등(1994)과 이등(1994)의 연구가 있다. 또한 낙동강 지류수계인 금호강의 생태학적 연구가 김등(1993)과 정등(1993)에 의해 수행된바 있다. 하천의 수질을 관리하기 위해서는 각 지류에 대한 오염원의 평가와 오염부하량의 정확한 산정이 선행되어야 하며, 이

를 토대로 수계 전체에 미치는 영향정도가 큰 지류부터 오염부하량을 저감할 수 있는 합리적인 대책이 수립되어야 할 것으로 본다.

따라서 본 연구는 낙동강 수계의 각 지류에 대한 인 및 질소부하량을 파악하기 위하여 낙동강 상류수계인 강정지역부터 낙동강 하구언까지 주요 지류 유입수 7개 지점에서 1994년 5월부터 10월까지 총인과 총질소 농도를 측정하였다.

## 2 재료 및 방법

### 1) 조사지 개요

낙동강유역은 발원지인 강원도 태백시 일부지역을 제외하면 대부분이 경북, 경남지역으로 전체 유역면적은 약 23,860 Km<sup>2</sup> 에 이른다. 유로연장은 525.8 Km로 우리나라 전 국토면적의 24.1 % 를 차지하며, 낙동강 유역내 년평균 강우량은 1,106 mm로서 우리나라 연평균 강우량 1,159 mm 와 비슷하다. 수자원 부존량은 263.9 억톤이고 이중 유실량은 120.1 억톤으로서 45.5 % 를 차지한다. 연간 총유출량은 143.8 억톤중 홍수시 유출량은 81.5억톤, 평상시 유출량의 비율은 각각 56.7 % 및 43.3 %로서 홍수시 유출량이 13% 정도 많다(동남개발연구원, 1994). 낙동강 유역내에는 본류의 상류부에 안동댐, 지류인 금호강상류부에 영천댐, 남강에 남강댐, 황강에 합천댐 그리고 본류의 하구부에 낙동강 하구둑이 있으며, 현재 건설중에 있는 댐으로는 밀양강 상류에 운문댐과 남강댐 보강공사가 진행중에 있다.

### 2) 조사지점 및 방법

낙동강의 배수구역도 및 조사지점은 Fig. 1과 같으며, 이들 유역의 유역면적은 Table 1과 같다. 조사지점은 금호강 유입직전인 낙동강 상류수계(강정)부터 하구언까지 주요 지류 유입수 7개 정점(낙동강(강정), 금호강, 회천, 황강, 남강, 밀양강, 양산천)에서 1994년 5월부터 10월까지 매월 1~4 회씩 채수하여 총인 및 총질소 분석에 사용하였

Table 1. Drainage area and percentage in the main watersheds of the Nakdong River

Watershed	Drainage Area (Km <sup>2</sup> )	%
Nakdong River (Kangjung)	11,762	49.3
Kumho River	2,088	8.8
Heichun	779	3.3
Hwang River	1,364	5.7
Nam River	3,486	14.6
Milyang River	1,447	6.1
Yangsanchun	289	1.2
the others	2,647	11.1
Total	23,860	100

다. 총인(total phosphorus; TP)과 총질소(total nitrogen; TN)는 시료 500ml에 황산 20N 0.5ml를 첨가하여 보관하였던 시료를 사용하여 persulfate digestion 후 총인은 ascorbic acid법, 총질소는 cadmium reduction 법에 따라 측정하였다(APHA, 1992).

과의 관계로부터 산출하였다. 본 연구에서 유입 수량 자료는 삼랑진에서 측정되는 수위 자료를 각 유역의 유역면적비로 나누어 사용하였다. Fig. 2와 3은 낙동강 상류수계(강정)에서 측정된 유량(Q)대 총인(TP), 유량(Q)대 총질소(TN)를 log-log로 plot한 것으로 양의 상관을 보이고 있다. 그러므로

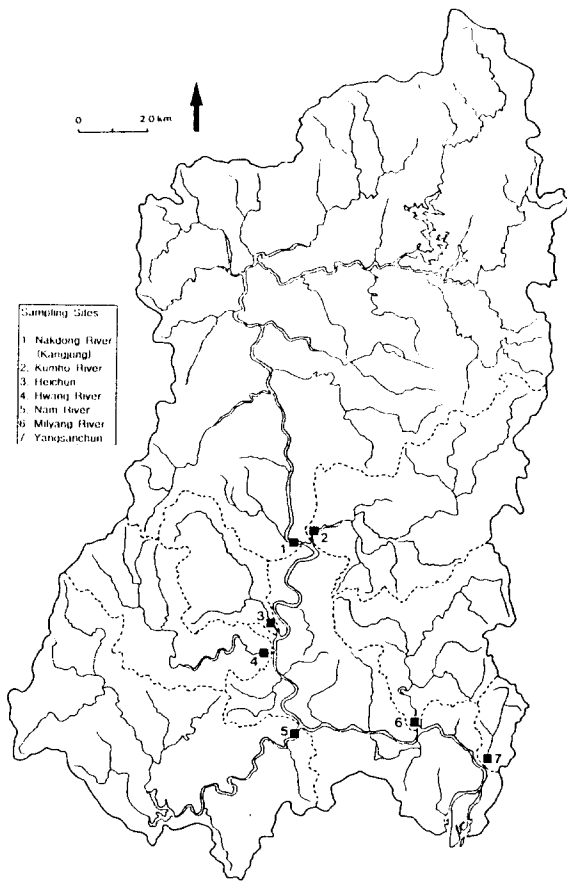


Fig. 1. Map showing the sampling sites in the Nakdong River basin.

### 3) 인 및 질소부하량 측정

본 연구에서는 낙동강 각 지류의 오염원을 비점 오염원으로 간주하고 비점오염원에 대한 인 및 질소부하량을 비점오염원의 인 및 질소유출과 유량

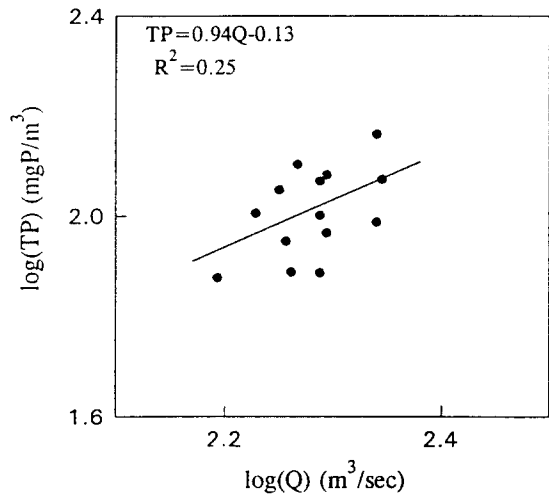


Fig. 2 Plot of log(Q) vs. log(TP) in the inflowing water Kangjung data from May 1994 to October.

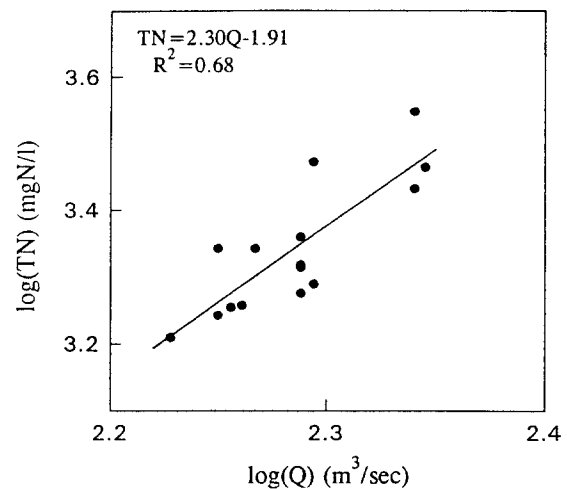


Fig. 3. Plot of log(Q) vs. log(TN) in the inflowing water Kangjung data from May 1994 to October.

Table 2. Total phosphorus(TP), total nitrogen(TN) concentration and flow rate(Q) from the main tributaries into the Nakdong River  
(Units: TP:mgP/l, TN:mgN/l, Q:m<sup>3</sup>/sec)

Site Month	Nakdong River			Kumho River			Heichun			Hwang River			Nam River			Milyang River			Yangsanchun		
	TP	TN	Q	TP	TN	Q	TP	TN	Q	TP	TN	Q	TP	TN	Q	TP	TN	Q	TP	TN	Q
'94/05/26	0.097	2.71	218.7	0.954	7.07	41.1	0.085	1.94	14.9	0.130	2.20	25.0	0.151	2.53	66.3	0.038	2.54	26.6	0.113	2.46	5.1
06/19	0.100	1.89	194.2	1.482	7.26	36.5	0.091	1.90	13.3	0.070	2.16	22.2	0.050	2.43	58.9	0.098	5.35	23.6	0.197	5.26	4.5
06/28	0.118	2.10	194.2	0.814	6.20	36.5	0.059	1.60	13.3	0.045	1.20	22.2	0.072	2.90	58.9	0.050	2.60	23.9	0.145	4.80	4.5
07/06	0.146	3.50	218.7	0.896	6.50	41.1	0.034	0.90	14.9	0.052	1.20	25.0	0.119	1.20	66.3	0.049	2.40	26.6	0.143	3.50	5.1
07/16	0.127	2.22	184.8	1.367	6.41	34.8	0.085	1.43	12.6	0.076	0.96	21.1	0.347	1.61	56.0	0.119	1.52	22.4	0.076	4.53	4.3
07/25	0.101	1.60	168.9	1.536	7.00	31.8	0.189	0.80	11.5	0.050	1.20	19.3	0.098	0.70	51.2	0.106	0.60	20.5	0.207	2.10	3.9
08/11	0.121	3.00	196.6	1.254	6.60	37.0	0.079	2.00	13.4	0.080	1.00	22.5	0.154	1.50	59.6	0.046	1.90	23.9	0.167	2.50	4.6
08/17	0.093	2.00	196.6	1.099	6.10	37.0	0.091	1.70	13.4	0.034	1.00	22.5	0.107	1.30	59.6	0.063	2.10	23.9	0.130	2.10	4.6
08/22	0.089	1.80	180.2	1.136	6.31	33.9	0.034	1.17	12.3	0.030	1.12	20.6	0.120	1.51	54.6	0.060	1.88	20.9	0.146	1.33	4.2
09/03	0.077	2.10	194.2	0.857	7.30	36.5	0.041	0.40	13.3	0.037	0.90	22.2	0.223	1.40	58.9	0.108	1.20	23.6	0.127	1.90	4.5
09/10	0.097	1.80	182.5	0.906	6.70	34.3	0.040	2.20	12.5	0.031	0.90	20.9	0.106	0.60	55.3	0.099	2.40	22.2	0.154	2.30	4.3
09/24	0.076	1.75	177.9	0.744	6.80	33.5	0.028	2.42	12.2	0.033	2.40	20.4	0.196	2.93	53.9	0.115	1.75	21.6	0.160	3.14	4.2
10/08	0.076	3.50	155.8	0.888	3.40	29.3	0.025	1.10	10.6	0.034	1.00	17.8	0.249	0.40	47.2	0.081	1.90	18.9	0.216	2.00	3.6
10/14	0.119	2.90	221.2	0.580	2.40	41.6	0.053	1.70	15.1	0.043	1.30	25.3	0.125	1.00	67.1	0.034	1.60	26.9	0.158	3.20	5.2
10/17	0.104	2.29	194.2	0.791	6.91	36.5	0.038	1.47	13.3	0.020	1.16	22.2	0.050	1.44	58.9	0.044	1.73	23.4	0.171	3.58	4.5
10/22	0.113	2.20	177.9	0.776	7.40	33.5	0.063	1.90	12.2	0.039	4.00	20.4	0.102	1.80	53.9	0.032	2.30	21.6	0.104	4.20	4.2

이를 근거로 하여 다른 지류에 대해서도 각각 같은 방법으로 관계식을 유도하였으며, 또한 본 연구에서 측정하지 못한 5월부터 10월을 제외한 시기의 총인 및 총질소 농도를 이들 관계식으로부터 계산하였다. 각 지류의 인 및 질소부하량은 각 지류의 관계식에 각 지류의 일일 유입수량 자료를 대입하여 일일 부하량을 계산하였으며, 이들 부하량을 더해주는 방법으로 월간, 및 연간 부하량을 계산하였다.

### 3. 결과

낙동강 각 지류의 총인 및 총질소 농도는 지류마다 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다(Table 2). 낙동강 상류수계인 강정(대구시 상수 취수원)의 총인 농도는 5월부터 10월까지의 평균치가 약 0.1 mgP/l이었으나 7월에는 약 0.13 mgP/l로 약간 높았다. 그러나 8월과 9월에는 약 0.08 mgP/l로 7월에 비해 낮은 수준을 보였다. 금호강은 5월부터 10월까지의 평균치가 약 1.0 mgP/l로 매우 높은 것으로 나타났으며, 7월의 경우는 약 1.3 mgP/l로

강정에 비해 10배 이상 높았던 것으로 나타났다. 그러나 9월과 10월의 경우는 약 0.8 mgP/l로 7월에 비해 0.5 mgP/l 정도 낮았던 것으로 나타나 계절적인 차이가 큰 것으로 보인다. 회천은 6월 중순과 7월 하순부터 8월 초순을 제외하고는 약 0.05 mgP/l로 강정이나 금호강에 비해 매우 낮은 값을 보였다. 황강과 밀양강도 전반적으로 회천과 비슷한 수준으로 5월부터 10월까지의 평균농도가 약 0.05 mgP/l이었다. 남강과 양산천은 5월부터 10월까지의 평균치가 약 0.12~0.13 mgP/l 정도로 나타나 강정과 비슷한 것으로 보인다. 낙동강 상류수계(강정)의 총질소 농도는 5월부터 10월까지의 평균치가 약 2.34 mgN/l이었으며 계절적인 차이는 크지 않은 것으로 보인다. 금호강은 5월부터 10월까지의 평균치가 약 6.27 mgN/l로 매우 높았으며, 계절적으로는 10월 초순경에 약간 낮은 값을 보였을뿐 큰 차이는 없는 것으로 나타났다. 회천, 황강, 남강, 밀양강, 및 양산천의 5월부터 10월까지의 평균 농도는 각각 1.54, 1.48, 1.58, 2.11, 및 3.06 mgN/l로 나타났으며, 계절적인 차이는 밀양강과 양산천이 6월에 각각 4.0 과 5.0 mgN/l로 높았을뿐 큰 차이를 보이지 않았다.

Table 3. Monthly phosphorus loading from the main tributaries into the Nakdong River (Units: tP/month)

Month	Nakdong River	Kumho River	Heichun	Hwang River	Nam River	Milyang River	Yangsan-chun
Jan.	40.2	81.6	1.2	1.9	12.8	5.8	1.9
Feb.	34.4	71.6	1.1	1.7	11.9	5.9	2.0
Mar.	39.7	81.0	1.2	1.8	12.6	5.7	2.0
Apr.	37.7	77.7	1.1	1.7	12.0	5.6	1.9
May	61.5	106.0	2.2	3.6	20.0	3.8	1.8
June	54.9	97.9	2.0	3.2	18.6	4.0	1.9
July	67.6	108.8	2.7	4.8	22.3	4.1	1.8
Aug.	57.1	101.5	1.9	3.2	18.5	4.1	1.9
Sep.	46.5	88.2	1.5	2.5	15.4	4.9	1.9
Oct.	48.4	91.4	1.6	2.5	15.6	4.8	1.9
Nov.	61.6	105.2	2.2	3.7	20.7	3.6	1.8
Dec.	53.2	97.2	1.8	2.9	17.2	4.3	1.9
Total (tP/yr)	602.8	1108.1	20.5	33.5	197.6	56.7	22.7

낙동강 각 지류의 유역으로부터 유입되는 월간 인부하량은 금호강을 제외하고는 대체적으로 유역 면적에 비례하는 것으로 나타났다(Table 3). 월간 인부하량의 계절변화는 우기인 5월부터 8월사이에 약간 높은 수치를 보였을뿐 큰 변화는 확인되지 않았다. 낙동강 상류수계(강정유역)의 월 인부하량은 40~60 톤 정도로 나타났으나 금호강은 월 약 80~100 톤 정도 부하되어 강정에 비해 2배 정도 많은 것으로 보인다. 남강의 경우는 월 인부하량이 20 톤 내외 이었으며, 그 이외의 회천, 황강,

밀양강, 및 양산천은 1~5 톤 정도로 매우 미미한 것으로 나타났다. 본 연구에서 조사한 7개 지류중 연간 인부하량이 가장 많은 유역은 금호강으로 낙동강 총 인부하량 2,042 tP/yr의 54% 인 1,108 tP/yr로 매우 많은 것으로 나타났으며, 낙동강(강정유역), 남강 밀양강, 황강, 양산천, 및 회천 유역으로부터의 인부하량은 각각 603, 198, 57, 34, 23, 및 21 tP/yr 이었다(Fig. 4). 낙동강 각 지류의 월간 질소부하량도 금호강을 제외하고는 대체적으로 유역면적에 비례하는 것으로 나타났다(Table 4).

Table 4. Monthly nitrogen loading from the main tributaries into the Nakdong River (Units: tN/month)

Month	Nakdong River	Kumho River	Heichun	Hwang River	Nam River	Milyang River	Yangsan-chun
Jan.	680	564	32	48	95	102	25
Feb.	546	499	28	44	66	96	23
Mar.	659	561	31	48	88	101	25
Apr.	617	540	29	45	78	96	24
May	1396	691	66	81	396	151	40
June	1162	646	58	74	280	142	37
July	2048	700	98	94	355	164	45
Aug.	1220	669	58	74	289	142	37
Sep.	888	595	43	60	167	120	30
Oct.	937	616	44	61	187	121	31
Nov.	1408	683	69	83	389	156	41
Dec.	1075	647	51	68	220	132	34
Total (tN/yr)	12636	7411	608	779	2611	1523	391

월간 질소부하량의 계절변화는 우기인 5월부터 8월 사이에 비교적 많이 유입되는 것으로 보인다. 낙동강 상류수계(강정유역)의 월 평균 질소부하량은 1000 톤 정도로 나타났으나 금호강은 월 약 620 톤 정도 부하되어 인부하량과는 달리 강정유역이 금호강에 비해 1.6배 정도 많았다. 남강과 밀양강의 월 평균 질소부하량은 각각 200 톤과 130 톤 내의 이었으며, 그 이외의 회천, 황강, 및 양산천은 30~50 톤 정도인 것으로 나타났다. 낙동강 전체수계의 연간 총 질소부하량은 25,959 tN/yr

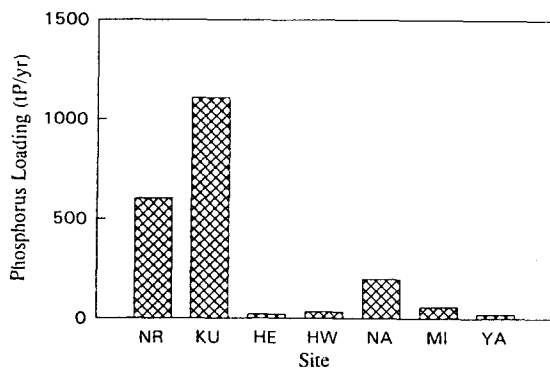


Fig. 4. Phosphorus loading from the main tributaries into the Nakdong River(NR : Nakdong River(Kangjung), KU : Kumho River, HE : Heichun, HW : Hwang River, NA : Nam River, MI : Milyang River, YA : Yangsanchun).

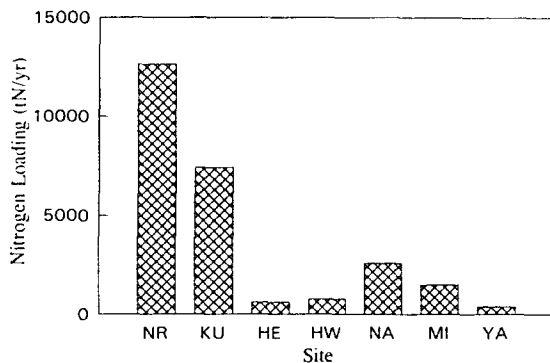


Fig. 5. Nitrogen loading from the main tributaries into the Nakdong River(NR : Nakdong River (Kangjung), KU : Kumho River, HE : Heichun, HW : Hwang River, NA : Nam River, MI : Milyang River, YA : Yangsanchun).

이였으며, 낙동강 상류수계인 강정유역이 총 질소 부하량의 약 50% 인 12,636 tN/yr 이었다. 금호강 으로부터의 부하량은 전체부하량의 약 30% 인 7,411 tN/yr 이었으며, 그 이외의 남강, 밀양강, 황강, 회천 및 양산천으로부터의 부하량은 각각 2,611, 1,523, 779, 608, 및 391 tN/yr로 계산되었다 (Fig. 5).

#### 4. 고 찰

하천이나 호수로 유입되는 유입수의 총인과 총 질소 농도는 유량이 큰 우기에 높게 나타나는 것으로 보고된바 있다(허동, 1993). 그러나 본 연구가 진행된 시기에는 낙동강 전 유역에 걸쳐 가뭄이 심했던 결과로 유입수량이 크게 증가한 시기가 없어 유입수량 증가에 따른 총인과 총질소 농도의 증가와 같은 경향은 뚜렷하지 않았다. 본 연구결과 낙동강 상류수계인 강정, 남강, 회천, 및 황강 유역은 어느정도 유입수량 증가에 따라 총인 및 총질소 농도 증가가 있었던 것으로 보이나, 금호강과 양산천의 경우는 거의 경향이 없는 것으로 나타났는데 이는 우기의 집중현상도 없었을 뿐만 아니라 유역이 대개 도시로 형성되어 있어 나타나는 특징으로 보인다.

낙동강 상류수계(강정)의 총인 및 총질소 농도가 각각 평균 0.1 mgP/l 와 2.34 mgN/l로 나타났는데 이는 낙동강 상류수계인 강정유역이 낙동강의 다른 유역에 비해 유역면적이 매우 넓기 때문으로 사료된다. 낙동강 상류수계의 주 오염원은 안동시, 영주시, 김천시, 구미시 등과 같은 중소도시에서 배출되는 가정하수와 넓은 농경지 및 소규모의 축산폐수를 들 수 있다. 그러므로 낙동강 상류수계의 평균 인 및 질소농도는 본 연구기간 동안에 강우의 집중현상이 없었던 것을 감안해 볼때 평수기에 유입되는 background 농도라 사료된다. 낙동강 상류수계은 낙동강 전체 유역면적 23,860 km<sup>2</sup> 의 49.3% 인 11,762 km<sup>2</sup> 를 차지하는 넓은 지역으로 인 및 질소부하량 또한 각각 603 tP/yr 및

12,636 tN/yr로 큰 것으로 계산되었다. 허등(1993)은 유역에 오염원이 거의 없는 소양호의 경우 인 및 질소 부하량이 각각 104 tP/yr과 4,232 tN/yr라고 보고하였다. 소양호는 유역면적이 2,703 km<sup>2</sup>으로 낙동강 상류수계의 유역면적에 비해 4.4배 정도 적은 지역으로 유역면적을 고려한다면 인부하량은 소양호 보다 140 tP/yr 정도 많은 것으로 보이나, 질소부하량은 소양호보다 5,995 tN/yr 적은 것으로 나타났다. 이등(1993)은 대청호의 경우 인 부하량이 138 tP/yr 정도라고 보고한바 있는데 대청호의 유역면적은 4,134 km<sup>2</sup>이다. 그러므로 대청호와 비교한다면 낙동강 상류수계는 대청호 보다 약 200 tP/yr 많은 것으로 나타나 낙동강 상류수계가 중소도시에서 부하되는 인부하량이 무시할 수 없는 수준에 있으며 낙동강 전체 수계에 미치는 기여도가 약 30% 정도인 것으로 보인다. 그러므로 낙동강 상류수계에 대한 인부하량 저감대책도 점차 마련되어야 할 것으로 보인다.

금호강의 평균 인 및 질소농도는 각각 1.0 mgP/l와 6.27 mgN/l로 낙동강의 다른 지천보다 인은 10~50배, 질소는 2~4배 정도 높은 것으로 나타났다. 이는 금호강 유역이 대구시 일원의 공장에서 부하되는 폐수와 각종 생활하수가 많이 유입되기 때문으로 사료된다. 송등(1993c)과 허등(1995)은 낙동강 수계의 인농도가 금호강 유입 이후에 크게 높아졌다고 하였으며, 낙동강 수계의 총인농도가 Likens(1975)이 제시한 부영양호의 총인 기준 0.03 mgP/l을 훨씬 초과하는 hypertrophic 수준이라고 하였다. 또한 최등(1995)은 강정과 금호강으로부터 유입되는 인부하량이 크기 때문에 염록소 a의 증가에도 크게 기여하고 있다고 하였으며, 이들 지역으로부터 유입되는 인부하량을 줄일 경우 물금지역에서의 BOD 농도가 현저히 감소된다고 보고하였다. 금호강의 인부하량은 낙동강 총 인부하량의 54%인 1,108 tP/yr로 유역면적이 비슷한 소양호보다 10배 이상 큰 것으로 보이며, 질소부하량은 낙동강 전체 질소부하량의 약 30%인 7,411 tN/yr로 소양호 보다는 약 1.7배 많다. 그러므로 금호강은 낙동강 전체유역의 8.7%로

적음에도 불구하고 단일 지천으로는 매우 큰 부하량을 보이고 있다. 또한 낙동강 전체유역으로부터 부하되는 부하량과 유역면적을 감안한다면 금호강은 점오염원(point source)에 해당되는 것으로 판단된다. 따라서 낙동강의 부영양화를 억제하고 영남지역의 식수원을 보호하기 위해서는 금호강과 같은 점오염원 반드시 통제되어야 할 것으로 사료된다.

남강은 유역면적이 3,486 km<sup>2</sup>으로 낙동강 유역에서 낙동강 상류수계(강정) 다음으로 넓은 유역면적을 가지고 있다. 남강의 총인농도는 평균 0.12~0.13 mgP/l로 낙동강 상류수계보다 다소 높은 것으로 나타났으며, 질소농도는 1.58 mgN/l로 회천 및 황강과 비슷한 수준으로 보인다. 남강 유역은 진주시를 제외하고는 대부분 군 지역으로 주요 오염원은 농경지와 소규모 축산농가로부터 부하되는 축산폐수 등의 비점오염원인 것으로 사료된다. 남강유역의 인부하량은 198 tP/yr로 유역면적을 고려한다면 소양호나 대청호와 비슷한 수준으로 보이나, 질소부하량은 2,611 tN/yr로 소양호나 대청호 보다 낮은 수준이다.

낙동강 전체수계에 미치는 인부하량의 기여도는 금호강이 54%, 낙동강 상류수계(강정유역)가 30%로 이 두유역으로부터 부하되는 양이 전체의 84%를 차지한다. 그러므로 낙동강 전체수계의 인부하량을 저감하기 위해서는 이 두유역으로부터 부하되는 양을 줄여야하나 낙동강 상류수계(강정유역)는 유역면적도 넓고 유량도 많아 인부하량 제어가 어려울 것으로 사료된다. 그러나 금호강은 인농도는 높으나 유량이 적어 효율적으로 인부하량을 줄일 수 있을 것으로 사료된다. 질소부하량 역시 금호강으로부터 부하되는 양이 30%로 많아 인과 함께 저감대책이 수립되어야 할 것으로 판단된다. 이와같이 금호강으로부터 부하되는 인 및 질소부하량이 통제될 경우 낙동강 수계 전체의 내부생성 유기물질량도 크게 감소될 것으로 보인다. 최등(1995)은 금호강으로부터의 인부하량을 50% 줄일 경우 물금지역의 BOD 감소 효과가 21% 정도라고 보고하였다.

## 5. 결론

낙동강 상류수계인 강정(대구시 상수 취수원)의 총인 농도는 5월부터 10월까지의 평균치가 약 0.1 mgP/l 이었으나 7월에는 약 0.13 mgP/l로 약간 높았다. 금호강은 5월부터 10월까지의 평균치가 약 1.0 mgP/l로 매우 높은 것으로 나타났으며, 7월의 경우는 약 1.3 mgP/l로 강정에 비해 10배 이상 높았던 것으로 나타났다. 회천, 황강 및 밀양강의 총인농도는 약 0.05 mgP/l 내외로 나타났다. 남강과 양산천은 5월부터 10월까지의 평균치가 약 0.12~0.13 mgP/l 정도로 나타나 강정과 비슷한 것으로 보인다. 강정과 금호강의 총질소 농도는 5월부터 10월까지의 평균치가 각각 2.34 mgN/l 와 6.27 mgN/l 이었으며 계절적인 차이는 크지 않은 것으로 보인다. 회천, 황강, 남강, 밀양강, 및 양산천의 5월부터 10월까지의 평균 농도는 각각 1.54, 1.48, 1.58, 2.11, 및 3.06 mgN/l로 나타났으며, 계절적인 차이는 밀양강과 양산천이 6월에 각각 4.0 과 5.0 mgN/l로 높았을뿐 큰 차이를 보이지 않았다.

인부하량은 본 연구에서 조사한 7개 지류중 금호강으로부터의 부하량이 낙동강 총 인부하량 2,042 tP/yr의 54% 인 1,108 tP/yr로 나타나 낙동강 전체유역으로 볼때 점오염원 수준에 해당된다. 강정유역, 남강 밀양강, 황강, 양산천, 및 회천 유역으로부터의 인부하량은 각각 603, 198, 57, 34, 23, 및 21 tP/yr으로 낙동강 상류수계인 강정과 남강을 제외하고는 낙동강 수계에 미치는 영향이 적을 것으로 보인다. 낙동강 전체수계의 연간 총 질소부하량은 25,959 tN/yr 이었으며, 낙동강 상류수계인 강정유역이 총 질소부하량의 약 50% 인 12,636 tN/yr로 계산되었다. 금호강으로부터의 부하량은 전체부하량의 약 30% 인 7,411 tN/yr 이었으며, 그 이외의 남강, 밀양강, 황강, 회천 및 양산천으로부터의 부하량은 각각 2,611, 1,523, 779, 608, 및 391 tN/yr로 계산되어 낙동강 수계에 미치는 영향이 크지 않을 것으로 사료된다.

그러므로 낙동강의 부영양화를 통제하고 영남지역의 상수원수를 보호하기 위해서는 유량은 적고

인, 질소농도가 높은 금호강과 같은 점오염원의 통제가 시급히 해결되어야 할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- 권오섭, 1991, 낙동강 하구언 건설에 의한 환경요인의 변화, 한국육수학회지, 1991, 24, 231~238.
- 김범철, 안태석, 조규송, 1988, 한강수계 인공호의 부영양화에 관한 비교 연구, 한국육수학회지, 21, 151-163.
- 김용재, 박정원, 정준, 1993, 금호강 수계에서 *Scenedesmus*속 개체군의 분석과 정점별 분포, 한국환경생물학회지, 11, 145~153.
- 동남개발연구원, 1994, 낙동강 상수원수 수질 개선 방안,
- 손동헌, 정원태, 1988, 낙동강유역의 수질 및 담수어중 수은함량에 관한 연구, 한국수질보전학회지, 4, 41~48.
- 송교욱, 박혜영, 박청길, 1993a, 낙동강 수계 수질관리를 위한 모델링(I)-영양염류 분포특성에 관한 연구-, 한국수질보전학회지, 9, 41~53.
- 송교욱, 안성욱, 박청길, 1993b, 낙동강 수계 수질관리를 위한 모델링(II)-용존산소 수지에 관한 연구-, 한국수질보전학회지, 9, 54~66.
- 송교욱, 김준구, 박청길, 1993c, 낙동강 수계 수질관리를 위한 모델링(III)-허용오염 부하량 산정-, 한국수질보전학회지, 9, 131~138.
- 이기종, 허우명, 김범철, 1993, 대청호 유역과 가두리양어장으로부터의 인부하량과 인수지, 한국수질보전학회지, 9, 139~144.
- 정준, 최재신, 이정호, 1993, 부착규조 군집의 유기오염지표(DAI<sub>po</sub>)에 의한 금호강의 수질평가, 한국환경생물학회지, 11, 43~58.
- 정준, 김한순, 김용재, 1994, 낙동강 하구댐의 식물성플랑크톤 군집 구조, 한국육수학회지, 27, 33~46.



- 최종수, 김범철, 허우명, 황길순, 최광순, 박원규, 1995, 낙동강 수계 모델링에 의한 BOD 부하량 저감과 인부하량 저감의 수질개선 효과 비교, 한국수질보전학회지, 투고중.
- 허우명, 1993, 소양호의 부영양화와 남조류 bloom 에 관한 연구, 이학박사학위논문, 강원대학교.
- 허우명, 김범철, 황길순, 최광순, 박원규, 1995, 낙동강 수계의 계절별 인, 질소, 및 Chl. a 농도 분포, 한국육수학회지, 투고중.
- Aizaki, M., A. T. Otsuki, T. Fukushima, M. Kawai, Hosomi and K. Muraoka 1981, Application of modified Carlson's trophic state index to Japanese lakes and its relationships to other parameters related to trophic state. Res. Rep. Natl. Inst. Environ. Stud., 23, 13~31.
- APHA, AWWA, WPCF, 1992, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 18th ed. APHA. N. Y.
- Carlson, R. E. 1977, A trophic state index for lakes. Limnol. Oceanogr. 22, 361~369.
- Kim, J. W., and H. Y. Lee. 1991, A Study on phytoplankton communities in the reservoir of Nakdong River Estuary. Kor. J. Lim. 24, 143~151.
- Lee, J. A., K. J. Cho, O. S. Kwon, I. K. Chung, and B. Y. Moon, 1994, Primary production of phytoplankton in Nakdong Estuarine Ecosystem, 27, 69~78.
- Likens, G. E., 1975, Primary production of inland aquatic ecosystem In 'Primary productivity of the Biosphere' ed H. Lieth and R.H. Whittaker. Springer Verlag.