

금호강 수 중의 영양염류의 장기변동

배준웅 · 이상학 · 이성호* · 송희봉**

경북대학교 자연과학대학 화학과, *계명문화대학 식품과학과, **대구광역시 보건환경연구원

Long-Term Change of Nutrient Salt Concentration in the Kumho River Water

Zun-Ung Bae, Sang-Hak Lee, Sung-Ho Lee* and Hee-Bong Song**

Department of Chemistry, College of Natural Sciences, Kyungpook National University,
Taegu 702-701, Korea

*Department of Food Science, College of Keimyung,
Taegu 705-037, Korea

**Public Health and Environmental Institute of Taegu City,
Taegu 706-090, Korea

In order to study the long-term change of nutrient salt concentrations in the Kumho river water, water analysis was conducted at 13 sites surrounding the Kumho river system for 18 times from September 1993 to August 1999. Analytical items for the study of nutrient salt concentrations are as follows; $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ and total-P. The six year term was divided into Part I and Part II, which covers the term from September 1993 to August 1996 and the term from September 1996 to August 1999, respectively. The mean concentrations of $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ and total-P in the unit of ppm for the Part I period showed 1.37, 0.10, 0.47, 0.18 and 0.41 respectively. The mean concentrations of $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ and total-P in the unit of ppm for the Part II period showed 0.41, 0.09, 0.21, 0.19 and 0.26 respectively. The concentrations of $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ and total-P in the second term were found to be decreased by 1/3.34, 1/2.24 and 1/1.58, respectively. The concentrations of $\text{NO}_2\text{-N}$ and $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ was found to be nearly constant in the total period studied in this work.

Key words: long-term change, nutrient salt concentration of the Kumho river water.

1. 서 론

금호강은 경상북도 영일군 죽장면에서 발원하여 영천시, 경산시 및 인근 3개 군을 지나 대구광역시의 신천을 합한 뒤 낙동강으로 흘러드는 하천으로 유로 연장 118.4 Km와 유역면적 2,053.3 Km²로 낙동강 지류 중 그 규모가 2번째로 크다. 이들 지역에 각종 공업, 농업, 및 생활용수를 공급하는 것 줄기이며, 또한 낙동강의 수질에도 많은 영향을 미치고 있다. 그러나 경제 성장에 따른 급속한 산업발전과 인구 집중화에 따른 수질 환경 보전의 불균형으로 금호강 하류의 수질은 도시하수와 공장폐수로 극도로 오염되어 그 오염도가

전국의 어느 지역보다 심각한 지경에 이르게 되었다. 이러한 극도의 수질오염을 인식한 정부 당국은 금호강 유역의 수질오염을 근원적으로 해결할 비상계획을 발표한 바 있으며, 많은 노력을 기울이고 있다.

지금까지 금호강 수계의 수질평가에 대한 연구는 비교적 많이 수행된 바 있다. 박영규¹⁾ 등은 금호강 수계의 오염이 낙동강 수질에 미치는 영향을 조사·보고한 바 있다. 송승달²⁾은 금호강 유역의 수질, 토양 및 무속의 중금속 함량에 조사·보고를 이정제³⁾ 등도 금호강 수질과 하상의 퇴적오니, 토양 및 농작물 중의 중금속 함량을 조사·보고한 바 있다. 또한 강화신⁴⁾, 이철희⁵⁾ 및 이순탁⁶⁾은 금호강 유역의 수질환경과 오염원 특성,

수질의 현황과 장래전망 그리고 금호강 유역의 환경보전 대책에 대하여 조사·보고한 바 있다. 박영규⁷⁾ 등은 수년에 걸친 금호강 수질을 파악하여 수질관리에 필요한 모델을 제시하기도 하였다. 이태관⁸⁾ 등은 금호강 수질환경의 계절적 변동과 관리에 대한 보고를 하였다. 또한 배준웅⁹⁾ 등은 1990년 9월부터 1993년 8월까지 3년간의 금호강 수질의 변동에 관한 연구(이하 “1차 연구”라 한다)를 한 바 있다.

그러나 이 연구들은 단기간의 조사에 그치고 있다. 화학적인 방법에 의한 수질조사는 여러 가지 환경인자에 의하여 매우 유동적인 값이므로 보다 신뢰성이 있는 정확한 조사는 장기적이고 종합적인 조사이어야 한다.

따라서 본 연구에서는 “1차 연구”에 연속하여 1993년 9월부터 1999년 8월까지 6년 동안의 영양염류인 $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 와 total-P에 대한 장기적인 조사를 하였다. 조사지점으로는 지천과 본류를 포함하여 “1차 연구” 결과에서 뚜렷한 특성이 없는 영동교, 금호와 경산의 3지점을 제외한 13 지점에서 조사하였다.

2. 조사내용 및 조사방법

2.1. 채수지점의 선정

금호강 본류의 총 유로 연장은 118.4 km로서 많은 지류를 포함하고 있다. 그러므로 상류에서 하류에 걸쳐 각 지류의 특성 및 본류 수질에 미치는 지류 수질의 영향을 정확히 파악하고 오염원의 종류나 특성을 정확히 규명하기 위해서는 채수 위치의 선정이 중요하다. 그래서 본 연구에서는 지류가 있는 지점에서는 합류 전의 본류 지점과 오염물이 충분히 혼합된 후의 본류 지점 및 지류 지점을 각각 선정하였으며 지류가 없는 경우에 4~5 km 거리를 두고 각각 채수 지점을 선정하는 방법을 택하였다. 그리고 “1차 연구”의 결과에서 뚜렷한 특성이 없는 영동교, 금호와 경산 3지점을 제외하였다. 이상의 원칙으로 선정한 채수 지점의 수는 총 13개소로서 Fig. 1에 나타내었다.

2.2. 채수 및 시료수의 전처리

시료수는 맑은 질산으로 잘 세척한 10 L들이 폴리에틸렌용기와 유리용기를 사용하여 채취하였다. 시료의 채수는 용기를 각 지점의 시료수로 여러 번 잘 세척한

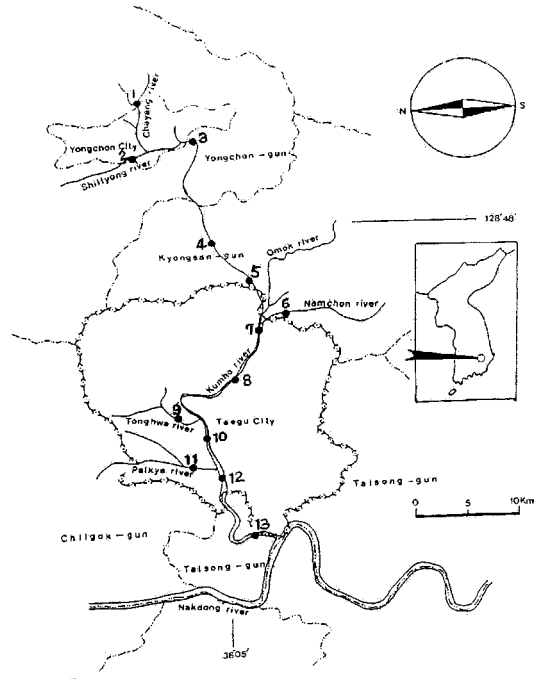


Fig. 1. Location of the sampling site in the Kumho river. 1. Danpo bridge 2. Seosan bridge 3. Youngcheon rail bridge 4. Entrance of Taegu Univ. 5. Chungcheon resort 6. Seongdong bridge 7. Dongchon 8. Bullo-dong 9. Mutae 10. Mutae bridge 11. Maecheon bridge 12. Paidal bridge 13. Gangchang bridge.

후에 수질오염공정시험법¹⁰⁾의 채수기준에 따라 하천의 수심이 가장 깊은 수면지점과 이 지점을 중심으로 좌우 수면폭을 2 등분한 각 지점의 수면으로부터 수심이 2 m 미만일 때는 수심이 1/3되는 지점에서 채수하였다. 채수한 시료수는 수질의 변화를 방지하기 위하여 수질오염공정시험법의 시료 전처리 방법에 따라 전처리 하였다.

2.3. 측정항목 및 측정방법

본 연구에서 화학적 수질 판정의 지표가 되는 측정항목으로는 $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 및 T-P 등 영양염류 항목이다. 시료수 수질을 판정하기 위한 각 측정항목의 분석방법은 환경오염 공정시험법¹⁰⁾과 부분적으로 미국의 AOAC 표준법¹¹⁾ 등에 따라 다음과 같이 측정하였다. $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 및 T-P 경우 각각 인도페놀법, 디아조화법, 부루신법, 몰리브덴 청법과 아스코르빈산 환원법으로

발색을 시킨 다음 분광광도계를 이용하여 630, 540, 410, 690, 880 nm에서 흡광도를 측정하여 정량하였다. 흡광도의 측정에 이용한 분광광도계는 Jasco사(Tokyo, Japan)의 model V-550을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

금호강의 장기적인 수질오염을 파악하기 위한 6년간의 지점별 수질측정 결과를 얻었다. 이 결과는 1993년 9월에서 1999년 8월까지의 자료이며, 매년 9월에서 이듬해 8월까지 봄, 여름, 가을 및 겨울에 걸쳐 측정하였으며, 각 지점의 산술평균치를 연차별로 Table 1~6

에 나타내었다. 장기간에 걸쳐 주기적으로 여러 번 측정된 자료들을 이용하여, 각 항목에 대한 지점별, 계절별, 연도별 차이 및 수질의 변동과정 등을 항목별로 대표적인 특징을 고찰하였다.

하천수의 부영양화에 원인이 되는 영양염류로서 암모니아성 질소(NH₃-N), 아질산성 질소(NO₂⁻-N), 질산성 질소(NO₃⁻-N), 인산성 인(PO₄³⁻-P)과 총 인(Total-P)에 관한 각 지점의 오염정도, 장기변동 및 특징을 보면 다음과 같다.

3.1. 암모니아성 질소(NH₃-N)

NH₃-N는 질소 비료의 용해에 의해 배출되며, 그 의

Table 1. Water quality of Kum-ho River (1993.9-1994.8)*

ITEM	SITE												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
NH ₃ -N	0.10	0.65	2.74	0.44	0.38	3.99	1.43	1.07	0.33	1.17	6.71	3.68	5.17
NO ₂ ⁻ -N	0.01	0.02	0.06	0.04	0.04	0.13	0.12	0.05	0.02	0.07	0.25	0.43	0.31
NO ₃ ⁻ -N	0.20	0.37	0.09	0.22	0.08	0.40	0.40	0.26	0.58	0.27	0.28	0.92	0.55
(PO ₄) ³⁻ -P	0.01	0.02	0.05	0.13	0.06	0.08	0.06	0.05	0.02	0.08	0.19	0.16	0.25
Total-P	0.57	0.35	0.48	0.38	0.48	0.76	0.87	0.47	0.51	0.33	0.57	0.68	0.69

*Above data are the mean value of four times of measurements, that is SEP and DEC of 1993 and APR and AUG of 1994. All Unit is ppm except pH

Table 2. Water quality of Kum-ho River (1994.9-1995.8)*

ITEM	SITE												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
NH ₃ -N	0.13	0.07	0.34	0.15	0.24	0.33	0.46	0.09	0.10	0.38	1.78	1.00	1.91
NO ₂ ⁻ -N	0.02	0.03	0.06	0.05	0.06	0.04	0.05	0.03	0.03	0.04	0.09	0.10	0.13
NO ₃ ⁻ -N	0.43	0.71	0.41	0.06	0.44	1.49	0.48	0.82	0.81	0.36	0.14	0.64	0.44
(PO ₄) ³⁻ -P	0.24	0.10	0.08	0.14	0.09	0.44	0.41	0.14	0.14	0.19	0.78	0.49	0.48
Total-P	0.24	0.26	0.28	0.30	0.26	0.51	0.31	0.17	0.17	0.23	0.61	0.38	0.34

*Above data are the mean value of three times of measurements, that is DEC of 1994 and MAY and AUG of 1995. All Unit is ppm except pH

Table 3. Water quality of Kum-ho River (1995.9-1996.8)*

ITEM	SITE												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
NH ₃ -N	1.03	0.15	0.44	0.85	0.59	0.72	1.30	0.56	0.20	0.56	2.50	2.31	2.73
NO ₂ ⁻ -N	0.02	0.03	0.13	0.11	0.12	0.05	0.11	0.04	0.01	0.12	0.33	0.17	0.21
NO ₃ ⁻ -N	0.76	0.65	0.52	0.51	0.79	0.97	0.29	0.68	0.48	0.61	0.27	0.67	0.37
(PO ₄) ³⁻ -P	0.02	0.04	0.02	0.04	0.03	0.35	0.13	0.08	0.04	0.13	0.68	0.39	0.52
Total-P	0.08	0.11	0.08	0.10	0.10	0.44	0.23	0.16	0.10	0.18	0.81	0.48	0.69

*Above data are the mean value of two times of measurements, that is JAN and JUL of 1996. All Unit is ppm except pH

Table 4. Water quality of Kum-ho River (1996.9-1997.8)*

ITERM	SITE												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
NH ₃ -N	0.44	0.39	0.40	0.89	0.62	1.05	0.62	0.52	0.35	0.56	3.32	0.92	1.34
NO ₂ ⁻ -N	0.03	0.04	0.04	0.10	0.06	0.12	0.05	0.04	0.02	0.03	0.21	0.09	0.13
NO ₃ ⁻ -N	0.09	0.08	0.03	0.09	0.06	0.12	0.09	0.10	0.06	0.08	0.08	0.10	0.10
(PO ₄) ³⁻ -P	0.01	0.01	0.01	0.10	0.04	0.68	0.17	0.08	0.07	0.05	0.55	0.44	0.53
Total-P	0.04	0.05	0.05	0.14	0.10	0.77	0.24	0.11	0.07	0.13	0.97	0.54	0.65

*Above data are the mean value of three times of measurements, that is SEP of 1996 and JAN and MAY of 1997.
All Unit is ppm except pH

Table 5. Water quality of Kum-ho River (1997.9-1998.8)*

ITERM	SITE												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
NH ₃ -N	0.02	0.01	0.02	0.06	0.11	0.54	0.08	0.12	0.01	0.07	0.67	0.21	0.33
NO ₂ ⁻ -N	0.01	0.02	0.02	0.06	0.08	0.13	0.11	0.14	0.01	0.07	0.30	0.12	0.22
NO ₃ ⁻ -N	0.32	0.63	0.43	0.42	0.50	0.69	0.50	0.54	0.39	0.49	0.15	0.51	0.58
(PO ₄) ³⁻ -P	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.52	0.09	0.09	0.01	0.06	0.31	0.25	0.25
Total-P	0.02	0.05	0.05	0.05	0.05	0.85	0.17	0.16	0.05	0.12	0.46	0.35	0.37

*Above data are the mean value of three times of measurements, that is SEP and DEC of 1997 and MAY of 1998.
All Unit is ppm except pH

Table 6. Water quality of Kum-ho River (1998.9-1999.8)*

ITERM	SITE												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
NH ₃ -N	0.05	0.02	0.02	0.07	0.22	0.29	0.16	0.21	0.14	0.20	0.31	0.25	0.25
NO ₂ ⁻ -N	0.02	0.05	0.04	0.07	0.11	0.27	0.12	0.07	0.02	0.12	0.21	0.08	0.08
NO ₃ ⁻ -N	0.05	0.04	0.07	0.03	0.08	0.37	0.09	0.08	0.05	0.05	0.02	0.08	0.07
(PO ₄) ³⁻ -P	0.00	0.01	0.00	0.04	0.03	1.06	0.44	0.14	0.01	0.13	0.35	0.39	0.58
Total-P	0.11	0.04	0.06	0.10	0.06	1.19	0.50	0.17	0.09	0.15	0.40	0.41	0.60

*Above data are the mean value of three times of measurements, that is SEP of 1998 and JAN and MAY of 1999.
All Unit is ppm except pH

에 분뇨 및 하수도, 분뇨처리 시설의 폐수, 가축의 사육 폐수 등이 NH₃-N의 오염원이 된다. NH₃-N는 유기 화합물의 분해과정에 있어서 무기화합물의 첫 번째 단계이다. 또한, 노 중의 요소도 NH₃-N로 변환되기 쉬우므로 NH₃-N의 검출은 분뇨오염의 지표로서도 가치가 있다.

6년간의 각 지점의 NH₃-N의 양의 분포(평균값)를 비교적 오염이 되지 않은 상류와 낙동강에 유입되는 하류의 영역으로 대별하여 살펴보면, 상류지역인 site 1에서는 ND~1.92(0.24 ppm)이며, 가장 하류지점인 site 13에서는 0.06~14.90(2.09 ppm)의 값을 보였다. 그리고 상대적으로 오염이 심한 지역인 site 6과 site

11에서는 각각 0.08~9.64(1.34 ppm)와 0.01~14.27(2.78 ppm)으로 상류에서 하류로 내려감으로 오염이 심화됨을 알 수 있었다. 각 지점에 대한 연도별 변화 추이를 나타낸 Fig. 2를 보면, 해가 지남에 따라 상류에서도 전반적인 감소추세를 보이거나, 하류로 내려갈수록 오염 감소율이 더욱 커짐을 알 수 있다. 예로서 하류지역에서 오염이 가장 심한 site 11에서 '94년 평균 값이 6.71 ppm, '97년 3.32 ppm 그리고 '99년 0.31 ppm으로 전반적으로 큰 감소추세를 보이고 있음을 알 수 있다.

“1차 연구”와 비교한 대표적인 특징으로는 오염이 심한 지역인 site 6과 site 11과 하류지점인 site 13

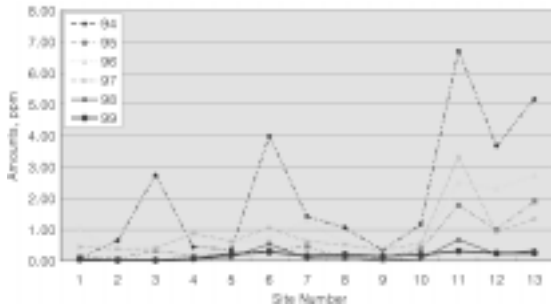


Fig. 2. Change of $\text{NH}_3\text{-N}$ in the Kumho river by the year from 1994 to 1999. Site 2, 6, 9, 11 are branch streams.

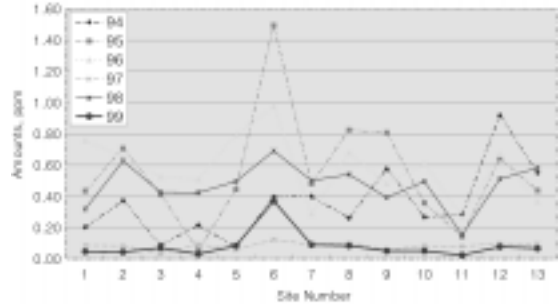


Fig. 3. Change of $\text{NH}_3\text{-N}$ in the Kumho river by the year from 1994 to 1999. Site 2, 6, 9, 11 are branch streams.

에서 3년간의 $\text{NH}_3\text{-N}$ 평균값이 각각 3.97 ppm, 7.62 ppm과 9.99 ppm에서 1999년 평균값 0.29 ppm, 0.31 ppm과 0.25 ppm으로 1/13.7, 1/24.6과 1/40로 대폭적인 감소를 보였다. 또한 전지점에 대한 “1차 연구”, “2차 연구”와 “3차 연구”의 각 3년간 자료의 분포(평균값)는 각각 0.01~32.21(3.11 ppm), 0.01~14.90 (1.37 ppm)과 ND~5.91(0.41 ppm)으로 대폭적인 감소를 보였다.

이와 같은 현저한 오염의 감소를 보인 주요원인으로 금호강 수질개선을 위한 집중투자의 결과로 생각된다. '87년 7월 달서천하수종말처리시설(시설용량: 250,000m³/일)의 가동으로부터 '93년 이후에는 달서천하수종말 처리시설 증설(150,000m³/일), 신천하수종말 처리시설 신설(350,000m³/일)과 더불어 금호강 상류지역인 영천하수종말처리시설(25,000m³/일)이 본격 가동되었다. 이후 신천하수종말처리시설 증설('98. 5월, 330,000m³/일)과 북부하수종말 처리시설 신설('97. 12월, 170,000m³/일)로 하수처리능력이 더욱 확충된 효과가 큰 것으로 판단된다.

그리고, 오염이 심한 것으로 알려지고 있는 영산강의 수질과 비교하면 다음과 같다. 영산강은 상류에 광주광역시와 중류에 나주시 등의 소도시가 위치하고 있어 하류인 영산호에서 1997년 7월부터 1998년 6월까지 조사된 값이 0.04~0.97 ppm의 분포를 보고한 것¹²⁾과 비교할 때, 비슷한 기간에 조사된 금호강의 값은 0.01~0.67 ppm으로 낮음을 알 수 있다.

3.2. 아질산성 질소와 질산성 질소($\text{NO}_2\text{-N}$ 와 $\text{NO}_3\text{-N}$) 분뇨나 동물성 질소화합물이 분해하여 생성된 $\text{NH}_3\text{-N}$

N가 더욱 산화되면 $\text{NO}_2\text{-N}$ 와 $\text{NO}_3\text{-N}$ 가 된다. 따라서 이들 항목의 측정은 미생물학적 세균오염의 화학적 검출의 지표항목이 된다. 특히, $\text{NO}_3\text{-N}$ 는 혈액중의 헤모글로빈과 결합하여 산소의 체내 운반을 방해하므로 최근 문제가 되고 있는 유아의 청색병을 일으키는 원인물질로 부각되고 있다.

6년간의 각 지점의 $\text{NO}_2\text{-N}$ 와 $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 분포(평균값)를 보면, 상류인 site 1에서 각각 ND~0.04(0.02 ppm)과 ND~1.18(0.28 ppm)이며, 오염이 상대적으로 심한 site 6에서 각각 0.01~0.45(0.12 ppm)과 0.01~3.47(0.64 ppm)이며, 가장 하류지점인 site 13에서 0.01~0.89(0.19 ppm)과 0.02~1.56(0.36 ppm)이었다. 각 지점에 대한 연도별 $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 변화추이를 나타낸 Fig. 3을 보면, 지점에 따라서 오염도가 감소되었다가 다시 증가하는 등 뚜렷한 경향성은 약하나 전반적인 경향으로는 해가 지남에 따라 감소하는 경향을 보였으며, 이와 같은 경향은 $\text{NO}_2\text{-N}$ 의 경우에도 동일하였다.

“1차 연구”와 비교한 대표적인 특징으로는 오염이 심한 지역인 site 6과 site 11 그리고 하류지점인 site 13에서 3년간의 $\text{NO}_2\text{-N}$ 경우는 평균값이 각각 1.00 ppm, 1.17 ppm과 1.13 ppm에서 1999년 평균값 0.27 ppm, 0.21 ppm과 0.08 ppm으로 1/3.7, 1/5.6 그리고 1/14.1로 감소를 보였다. 또한 $\text{NO}_3\text{-N}$ 경우는 평균값이 각각 0.85 ppm, 1.13 ppm 그리고 1.44 ppm에서 1999년 평균값 0.37 ppm, 0.02 ppm 그리고 0.07 ppm으로 1/2.3, 1/56.5 그리고 1/20.6로 감소를 보였다. 이러한 결과는 $\text{NH}_3\text{-N}$ 값의 변화 추세와 일치한다. 그리고 영산호에서 $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 분포값이 1.58~6.77 ppm인 보고¹²⁾와 비교할 때, 비슷한 기간에 조사된 금

호강의 값은 0.15~0.69 ppm으로 낮음을 알 수 있었다.

또한 전지점에 대한 “1차 연구”, “2차 연구”와 “3차 연구”의 각 3년간 자료의 분포(평균값)를 살펴보면 NO_2^- -N는 각각 ND~7.36(0.94 ppm), ND~1.54(0.10 ppm)과 ND~0.45(0.09 ppm)이며, NO_3^- -N는 ND~14.46(2.33 ppm), 0.01~3.47(0.47 ppm)과 ND~1.80(0.21 ppm)으로 감소함을 알 수 있었다.

3.3. 인산성 인과 총인 (PO_4^{3-} -P과 Total-P)

인산이온은 오르토 인산(H_3PO_4), 축합 인산(트리폴리인산 $\text{H}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$), 피로 인산($\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$) 등의 다양한 화학형으로 존재하며 유기 인산 화합물로도 존재한다.

인산염은 폐수나 배수내에 여러 가지 형태로 존재하는데 오르토 인산의 경우에는 인 비료가 강우에 씻겨 나와 지표수에 함유될 수 있다. 유기 인산 염은 생물학적 처리과정이나 수중의 생물상에 의해 오르토 인산으로부터 만들어진다. 인산염은 수중의 생물을 과대 증식시킬 수 있다. 그 외에 인산이온은 분뇨, 사체, 공장 폐수 등에서 혼입되는 경우가 많으므로 수질오염의 지표가 된다.

6년간의 각 지점의 PO_4^{3-} -P와 total-P의 분포(평균값)를 보면, 상류인 Site 1에서 각각 ND~0.66(0.05 ppm)과 ND~1.74(0.21 ppm)이며, 상대적으로 오염이 심한 지역인 site 6과 site 11에서는 각각 0.03~1.08(0.47 ppm)과 0.04~1.97(0.75 ppm)이며, 가장 하류지점인 site 13에서 0.08~0.78(0.41 ppm)과 0.11~1.18(0.55 ppm)으로 상류에서 하류로 내려감으로 오염이 심화됨을 알 수 있었다.

각 지점에 대한 연도별 PO_4^{3-} -P와 T-P의 변화추이를 나타낸 Fig. 4와 Fig. 5를 보면, 지점에 따라서 오염도가 감소되었다가 다시 증가하는 등 뚜렷한 경향성은 약함을 알 수 있었다.

“1차 연구”와 비교한 대표적인 특징으로는 오염이 심한 지역인 site 6, site 11 그리고 하류지점인 site 13에서 3년간의 PO_4^{3-} -P 경우는 평균값이 각각 0.15 ppm, 0.22 ppm과 0.48 ppm에서 가장 최근의 농도인 1999년 평균값이 각각 1.06 ppm, 0.35 ppm과 0.58 ppm으로서, 각각 7.1배, 1.6배와 1.2배의 증가를 보였다. 또한 T-P 경우도 site 6, site 11과 site 13에서 평균값이 각각 0.70 ppm, 0.59 ppm과 0.63 ppm에

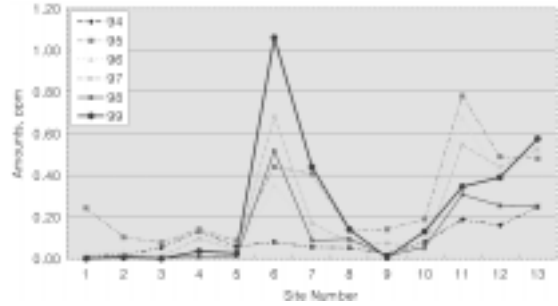


Fig. 4. Change of NH_3 -P in the Kumho river by the year from 1994 to 1999. Site 2, 6, 9, 11 are branch streams.

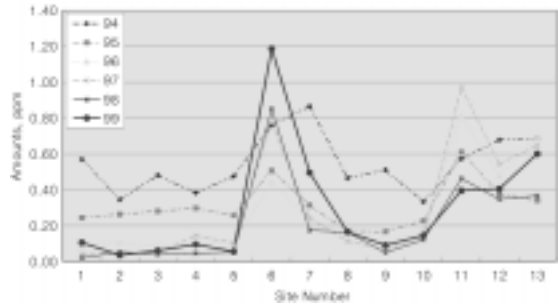


Fig. 5. Change of T-P in the Kumho river by the year from 1994 to 1999. Site 2, 6, 9, 11 are branch streams.

서 1999년 평균값이 각각 1.19 ppm, 0.40 ppm과 0.60 ppm으로 site 6에서는 1.7배의 증가를 보였다. 이와 같은 결과는 낙동강으로 유입되기 직전의 금호강의 가장 하류지점인 site 13(강창교)에서 1999년 평균값이 0.60 ppm으로 환경부의 자료13인 0.58 ppm과 비슷한 값을 보이고 있으며 오염이 심함을 알 수 있었다. 또한 비교적 오염이 심한 것으로 발표되고 있는 영산호에서 T-P의 분포값이 0.04~0.588 ppm과 평균값이 약 0.25 ppm인 보고¹²⁾와 비교하더라도 높은 값을 알 수 있었다.

또한 전지점에 대한 “1차 연구”, “2차 연구”와 “3차 연구”의 각 3년간 자료의 분포(평균값)를 살펴보면 PO_4^{3-} -P는 각각 0.01~2.29(0.17 ppm), ND~1.07(0.18 ppm)과 ND~1.08(0.19 ppm)이며, T-P는 0.01~1.87(0.31 ppm), 0.01~2.88(0.41 ppm)과 ND~1.90(0.26 ppm)이었다. 위에서 나타낸 NH_3 -N, NO_2 -N 및 NO_3 -N의 오염도가 “1차 연구”에 비하여 금번 연구의 경우 크게 감소된 반면, PO_4^{3-} -P나 T-P는 오염도가 거의

일정하거나 감소되었다가 다시 증가하는 등 오염이 지속되고 있음을 알 수 있다. 이러한 결과는 하수종말처리 시설에 의하여 PO_4^{3-} -P나 T-P가 효율적으로 제거되지 않는 것으로 추정되며, 따라서 인류의 효율적인 처리방안이 요구되는 실정이다.

3.4. 금호강 하천수 오염의 계절별 특징

금호강 수질의 계절별 오염특징을 살펴보기 위해 1993년 9월부터 1999. 8월까지의 자료에서 계절별로 산술 평균하여 구하였다. 그리고 최근인 1999년에 오염의 정도가 미미한 항목을 제외한 대표적인 항목들에 대한 결과는 다음과 같다.

영양염류인 NH_3 -N의 경우는 Fig. 6에서 보는 바와 같이 오염이 상대적으로 심한 지역인 site 6, 11, 12, 13에서 겨울과 봄에 높은 값을 보이며, 여름과 가을에 낮은 값을 보였다. 이러한 결과는 계절에 따른 평시 하천 유량의 차이에 의한 결과로 생각된다. NO_3 -N는 여름에 오염이 심하였으며(13개 지점 모두 최고값), 가을에 낮은 값을 보였다(13개 지점 중 12개 지점에서 최저값). 그리고 Total-P의 경우도 Fig. 7에서 보는 바와 같이 여름에 오염이 심하였고(13개 중 9개 지점에서 최고값), 가을에 낮은 값을 보였다(13개 지점 중 9개 지점에서 최저값). NO_3 -N와 Total-P의 경우는 다른 항목들과 달리 여름에 최고치를 나타내고 있으며, 오염이 상대적으로 심한 지점뿐만 아니라 상류지점에서도 상당량의 수치를 보이고 있다. 이의 원인으로는 농사 등에 사용된 비료성분에 의한 영향이 큰 것으로 예상되며, 최저값을 보인 계절이 가을인 것은 비료의 사용량 감축뿐만 아니라 7, 8월의 우기 이후에 하천의 유지 수량이 다른 계절에 비해 많아진 결과로 생각된다.

4. 결 론

금호강 하천수의 수질오염 현황을 종합적으로 조사하기 위해 1993. 9월부터 1999년 8월까지 6년간에 걸쳐 영양염류를 측정하였다. 6년간의 자료값은 분포가 넓으므로 각 3년간 즉 1993. 9월부터 1996년 8월까지 결과(이하 “2차 연구”라 한다)와 1996. 9월부터 1999년 8월까지(이하 “3차 연구”라 한다) 자료로 세분화하였다. 그리고 1991. 9월부터 1993년 8월까지의 3년간의 “1차 연구”결과와 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

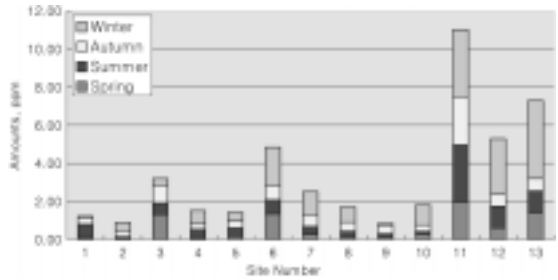


Fig. 6. Seasonal distribution on NH_3 -N in the Kumho river by sampling site. Data are the mean value of 18 times of measurements from 1994 to 1999. Site 2, 6, 9, 11 are branch streams.

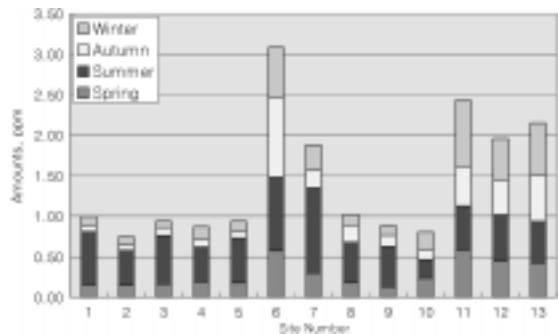


Fig. 7. Seasonal distribution of T-P in the Kumho river by sampling site. Data are the mean value of 18 times of measurements from 1994 to 1999. Site 2, 6, 9, 11 are branch streams.

1. 전 조사지점에 대한 각 영양염류들의 항목별 “2차 연구”와 “3차 연구”의 각 3년간 자료의 분포(평균값)는 각각 다음과 같다. NH_3 -N는 0.01~14.90(1.37 ppm); ND~5.91(0.41 ppm), NO_2 -N는 ND~1.54(0.10 ppm); ND~0.45(0.09 ppm), NO_3 -N는 0.01~3.47(0.47 ppm); ND~1.80(0.21 ppm), PO_4^{3-} -P는 ND~1.07(0.18 ppm); ND~1.08(0.19 ppm), T-P는 0.01~2.88(0.41 ppm); ND~1.90(0.26 ppm)이었다. 해가 거듭됨에 따라 NH_3 -N는 1/3.34, NO_3 -N는 1/2.24, T-P는 1/1.58로 감소하였으나, NO_2 -N, PO_4^{3-} -P는 미미한 변화를 보였다.

2. 각 지점에 대한 오염의 특징은 상류에서 하류로 내려올수록 오염의 정도는 심화되고 있었다. 그러나 해가 거듭됨에 따라 인산염을 제외한 대부분 항목들의 오염은 상당한 양의 감소를 보였다. 특히 “1차 연구”에서 가장 극심한 오염을 보인 site 6(남천)과 site 11(팔계천)의 수질이 상대적으로 큰 감소를 보였으며, 전체

오염의 감소에 큰 역할을 한 것으로 판단된다. 이와 같은 수질개선의 결과는 분뇨처리시설이나 하수종말처리 시설 등의 효과가 큰 것으로 생각된다. 그러나 PO_4^{3-} -P 경우는 1, 2, 3차 연구결과의 평균값이 각각 0.18 ppm, 0.18 ppm과 0.19 ppm이며, T-P는 0.33 ppm, 0.41 ppm과 0.26 ppm으로 오염도가 거의 일정하거나 감소되었다가 다시 증가하는 등 오염이 지속되고 있음을 알 수 있다. 이러한 결과는 하수종말처리 시설에서 PO_4^{3-} -P와 T-P이 효과적으로 제거되지 않는 것으로 추정되며, 효율적인 처리방안이 요구되는 실정이다.

3. 중요 항목에 대한 계절별 오염 특징을 보면 NH_3 -N 등은 하천의 평상시 유량이 많은 여름에서 가을에 낮은 오염을 보였고, 유량이 적은 겨울에서 봄에 높은 오염을 보였다. 그러나 NO_3 -N와 Total-P의 경우는 여름에 최고값을 보이며, 비교적 오염이 되지 않은 상류 지점에서도 상당히 높은 값을 보였다. 이의 원인으로 농사 등에 사용된 비료성분에 의한 영향이 큰 것으로 예상된다.

참고문헌

- 1) 박영규, 1978, 대구 도시권 하천수의 수질오염 현황과 수질보전 대책, 영남대학교 학위논문집.
- 2) 송승달, 1984, 금호강 유역의 수질, 토양 및 무우의 중금속 함량에 관한 연구, 경북대학교 보건대학원, 학위논문집.
- 3) 이정재, 최정, 한국환경농학지, 1986, 5, 30-34.
- 4) 강화신, 1988, 금호강 유역의 오염원 특성에 관하여, 세계 환경의 날 심포지움, pp 29-52, 중대구 청년 회의소, 대구.
- 5) 이철희, 1988, 금호강 수질 현황과 장래, 세계 환경의 날 심포지움, pp 7-28, 중대구 청년 회의소, 대구.
- 6) 이순탁, 1988, 금호강 유역 환경보전대책(하천유역의 보전방향), 세계 환경의 날 심포지움, pp 95-116, 중대구 청년 회의소, 대구.
- 7) 박영규, 이철희, 1989, 금호강 수질개선 방안에 관한 연구보고서, 건설부, 한국 수자원공사, 서울.
- 8) 이태관, 박태규, 계명대환경과학논집, 1996, 1(1), 155-170.
- 9) 배준웅, 서무룡, 장혜영, 송희봉, 박태명, 한국환경과학회지, 1995, 4(3), 207-220.
- 10) 환경부, 1998, 수질오염공정시험법, 환경부 고시 제 1998-146호.
- 11) AOAC, 1993~1999, Official Methods of Analysis of AOAC International, U.S.A.
- 12) 조기안, 안병권, 홍순강, 정동욱, 한국환경과학회지, 1999, 8(6), 691-697.
- 13) 환경부, 1997~1999, 환경연감, 환경부.