한국환경과학회지 제10권(제1호), 27~33, 2001
J. of the Korean Environmental Sciences Society

금호강 수 중의 중금속류의 장기변동

배 준 웅 · 이 상 학 · 이 성 호*
경북대학교 자연과학대학 화학과 *계명문화대학 식품과학과
(2000년 8월 31일 접수)

Long-Term Change of Heavy Metal Concentration in the Kumho River Water

Zun-Ung Bae, Sang-Hak Lee and Sung-Ho Lee*
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*
(Manuscript received 31 August, 2000)

In order to study the long-term change of heavy metal concentrations in the Kumho river water, water analysis was conducted at 13sites surrounding the Kumho river system for 18times from September 1993 to August 1999.

Analytical items for the study of water quality are Cu, Zn, Cd, Cr, Fe, Mn and Pb.

The six year term studied in this work was divided into Part I and Part II, which covers the period from September 1993 to August 1996 and the period from September 1996 to August 1999, respectively.

The mean concentrations of Cu, Zn, Cd, Cr, Fe, Mn and Pb in the unit of ppm for the Part I period showed 0.032, 0.025, 0.006, 0.006, 0.050, 0.053 and 0.019, respectively. The mean concentrations of Cu, Zn, Cd, Cr, Fe, Mn and Pb in the unit of ppm for the Part II period showed 0.001, 0.001, 0.001, 0.004, 0.020, 0.002 and 0.002, respectively.

The heavy metal concentrations in the Kumho river water for the second period were found to be decreased by 1/32, 1/25, 1/6, 1/1.5, 1/2.5, 1/26.5 and 1/9.5 for Cu, Zn, Cd, Cr, Fe, Mn and Pb, respectively. The present results clearly indicate that the water quality in the Kumho river is improving in terms of heavy metal contaminations..

Key words : long-term change, heavy metal, 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 ㎞와 유역면적 2,053.3㎢로 낙동강 지류 중 그 규모가 2번째로 크다. 금호강은 이들 지역에 각종 공업, 농업 및 생활용수를 공급하는 젖줄기이며, 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.[1] 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. 박영규 등[2]은 금호강 수계의 오염이 낙동강 수질에 미치는 영향을 조사 · 보고한 바 있다. 김두회 등[3]은 금호강 유역의 수질, 토양 및 무속의 중금속 함량에 조사 · 보고를 이정제 등[4]도 금호강 수질과 하상의 퇴적오니, 토양 및 농작물 중의 중금속 함량을 조사 · 보고한 바 있다. 또한 강화신[5], 이철희[6] 및 이순탁[7]은 금호강 유역의 수질환경과 오염원 특성, 수질의 현황과 장래전망 그리고 금호강 유역의 환경보전 대책에 대하여 조사 · 보고한 바 있다. 박영규[8] 등은 수년에 걸친 금호강 수질을 파악하여 수질관리에 필요한 모델을 제시하기도 하였다. 이태관[9], 박태규 등[10]은 금호강 수질환경의 계절적 변동과 관리 및 중금속 오염과 변동상황에 대한 보고를 하였다. 또한 배준웅 등[1]은 1990년 9월부터 1993년 8월까지 3년간의 금호강 수질의 변동에 관한 연구(이하 "1차 연구"라 한다)를 한 바 있다.

그러나 상기 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 동안 장기적인 조사를 하였다. 조사지점은 지천과 본류를 포함한 13개 지점이며, 조사항목은 카드뮴과 납 등의 중금속류 총 6개 항목이다.

2. 조사내용 및 조사방법

2.1. 채수지점의 선정

금호강 본류의 총 유로 연장은 118.4㎞로서 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㎞ 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.

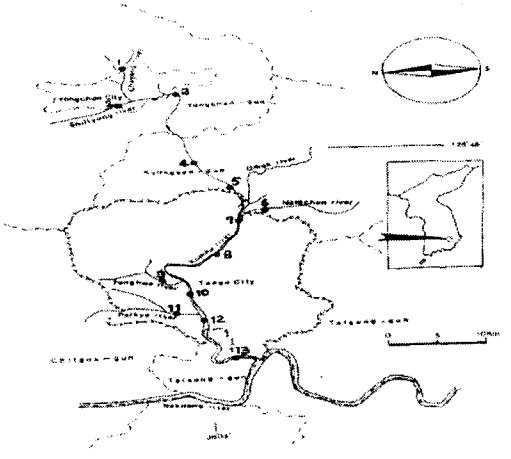

Fig. 1. Location of the sampling site in the Kumho river. 1. Danpo bridge 2. Seosan bridge 3. Youngcheon rail bridge 4. Entrance of Taegu Univ. 5. Chungcheon resort 6. Seongdong bridge 7. Dongchon 8. Bullo-dong 9. Mutae 10. Mutae bridge 11. Maecheon bridge 12. Paldal bridge 13. Gangchang bridge.

2.2. 채수 및 시료수의 전처리

시료수는 묽은 질산으로 잘 세척한 10ℓ들이 폴리에틸렌용기와 유리용기를 사용하여 채취하였다. 시료의 채수는 용기를 각 지점의 시료수로 여러 번 잘 세척한 후에 수질오염공정시험법의 채수기준에 따라 하천의 수심이 가장 깊은 수면지점과 이 지점을 중심으로 좌우 수면폭을 2등분한 각 지점의 수면으로부터 수심이 2m미만일 때는 수심이 1/3되는 지점에서 채수하였다.[11] 채수한 시료수는 HNO_3을 첨가하여 pH가 1정도 되게 하였다.

2.3. 측정항목 및 측정방법

본 연구에서 화학적 수질 판정의 지표가 되는 중금속으로 Cu, Zn, Cd, Cr, Fe, Mn과 Pb를 환경부의 수질오염 공정시험법[11]에 따라 다음과 같이 측정하였다.

실험에 이용한 표준용액은 Junsei Chemical사(Tokyo, Japan)의 1000ppm표준용액을 단계적으로 증류수로 묽혀 사용하였으며, 사용한 증류수는 1차 증류수를 초순수 제조 장치인 Millipore사(Philadelphia, USA)의 Mill-Q 장치를 통과시켜 얻은 탈염수(≥18 MΩ · ㎝)를 사용하였다. 중금속 정량에 이용한 기기는 유도결합플라즈마 원자방출분광기(Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer, ICP-AES, Jobin-Yvon, France, JY50)로, 분광기의 제원과 분석조건은 다음과 같다. 분광기는 40.68 MHz의 R. F. generator, 최대 power 1.5 Kw, holographic grating 및 PMT검출기로 구성되어 있으며, 시료도입용 Nebulizer로 Concentric type을 사용하였으며, 분당 아르곤 가스의 량(ℓ/min)으로 Cooling, Auxiliary 및 Nebulizing 각각 13~15, 0.2~0.5, 0.3~0.8의 조건으로 시료량, gas유량, power 및 관측높이 등을 조절한 최적조건에서 실험을 하였다. 측정파장으로는 Cu, Zn, Cd, Cr, Fe, Mn과 Pb 각각 324.654, 213.856, 214.438, 205.552, 238.204, 257.610과 220.353㎚를 이용하였으며, 3σ검출한계는 각각 0.18, 0.15, 0.09, 0.15, 0.19, 0.05와 1.50ppb이다.

3. 결과 및 고찰

금호강의 장기적인 중금속오염을 파악하기 위해 6년간 봄, 여름, 가을 및 겨울에 총 13개 지점의 결과로 1993년 9월에서 1999년 8월까지의 자료이며, 각 지점의 산술평균치를 연차별로 Table 1~6에 나타내었다.

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
Cu	0.033	0.038	0.043	0.050	0.040	0.046	0.045	0.035	0.040	0.055	0.053	0.053	0.063
Zn	0.023	0.013	0.013	0.020	0.018	0.025	0.023	0.018	0.018	0.018	0.018	0.028	0.040
Cr	ND	ND	0.005	ND	ND	0.003	ND	0.003	0.005	ND	ND	0.008	0.005
Cd	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.005	0.003	ND	ND	ND	ND
Fe	ND	0.020	0.155	ND	0.010	0.008	ND	ND	ND	0.025	0.155	ND	0.300
Mn	0.033	0.020	0.030	0.027	0.070	0.120	0.018	0.030	0.033	0.035	0.043	0.038	0.183
Pb	0.005	ND	ND	0.005	0.005	0.010	0.005	0.078	ND	0.040	0.015	0.010	0.028

* 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. ND means not detected.

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
Cu	0.030	0.020	0.027	0.030	0.030	0.043	0.033	0.030	0.030	0.040	0.030	0.033	0.030
Zn	0.063	0.017	0.007	0.010	0.013	0.010	0.013	0.014	0.017	0.017	0.020	0.017	0.030
Cr	0.017	0.010	0.020	0.017	0.013	0.013	0.017	0.017	0.017	0.007	0.013	0.017	0.020
Cd	ND	0.003	0.003	0.007	0.007	0.017	0.017	0.017	0.020	0.027	0.023	0.030	0.030
Fe	0.020	0.053	0.037	0.020	0.013	0.027	0.047	0.030	0.033	0.047	0.073	0.080	0.030
Mn	0.063	0.027	0.037	0.040	0.040	0.190	0.040	0.047	0.040	0.047	0.053	0.043	0.050
Pb	0.007	0.030	0.030	ND	ND	0.003	0.027	ND	ND	0.010	0.110	0.073	0.150

* 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. ND means not detected.

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
Cu	0.014	ND	0.003	0.004	0.005	0.019	ND	0.007	ND	ND	ND	0.005	0.003
Zn	0.035	0.024	0.010	0.007	0.006	0.100	0.101	0.004	0.035	0.010	0.157	0.026	0.017
Cr	ND	0.010	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.007	0.002	0.011
Cd	ND	ND	ND	ND	ND	0.010	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fe	0.007	0.021	0.019	0.018	0.024	0.087	0.037	0.066	0.057	0.049	0.159	0.150	0.098
Mn	0.016	0.058	0.050	0.098	0.064	0.049	0.032	0.087	0.029	0.088	0.030	0.068	0.034
Pb	ND	ND	ND	ND	0.025	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

* Above data are the mean value of two times of measurements, that is Jan. and Jul. of 1996.
All Unit is ppm. ND means not detected.

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

ITEM \ SITE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Cu	ND	ND	ND	0.003	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.006
Zn	ND	ND	ND	ND	ND	0.005	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cr	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cd	ND	ND	ND	ND	ND	0.003	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fe	ND	ND	0.002	0.008	0.022	0.055	0.012	ND	0.004	0.008	0.229	0.045	0.072
Mn	0.006	0.004	0.004	0.003	ND	0.016	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

* Above data are the mean value of three times of that is Sep. of 1996 and Jan. and May. of 1997.
All Unit is ppm. ND means not detected.

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

ITEM \ SITE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Cu	0.003	0.007	0.006	0.004	0.003	0.007	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002
Zn	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.015	0.002	0.003	0.003	0.002	ND	0.002	0.009
Cr	0.007	0.003	0.003	0.003	0.003	0.007	0.007	0.003	0.003	0.007	0.003	0.002	0.007
Cd	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	ND	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	ND	0.003
Fe	0.011	0.028	0.031	0.025	0.025	0.064	0.039	0.003	0.012	0.029	0.011	0.018	0.016
Mn	0.003	0.003	0.003	ND	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.009
Pb	0.005	0.005	0.003	0.004	0.005	0.006	0.006	0.004	0.005	0.008	0.003	0.004	0.002

* 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. ND means not detected.

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

ITEM \ SITE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Cu	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Zn	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cr	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cd	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fe	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mn	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

* 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. ND means not detected.

중금속류는 수중에 적은 양이 있더라도 수중 생물체에 농축되어 큰 피해를 야기할 수 있다. 그러므로 장기간에 걸쳐 주기적으로 여러 번 측정된 자료들을 이용하여, 각각의 중금속 항목에 대한 대표적인 특징을 고찰하였다.

6년 동안인 장기간의 자료값은 넓은 분포를 보이며, 최근 3년간과 그 이전인 3년간의 중금속 농도에서 뚜렷한 차이가 있으므로 다음과 같이 자료를 세분화하였다. 즉 1993년 9월부터 1996년 8월까지 결과(이하 "2차 연구"라 한다)와 1996년 9월부터 1999년 8월까지(이하 "3차 연구"라 한다) 자료로 나누었으며, 1991년 9월부터 1993년 8월까지의 3년간의 "1차 연구"결과[1]와 비교하였다. 또한 금호강 수역이 넓으므로 상류, 중류와 하류영역으로 구분하여 고찰하였다. 즉 상류로는 site 1(단포교) 유역이며, 중류영역은 대구광역시로 유입되는 site 7(동촌)영역으로 그리고 하류영역은 낙동강 합류 전인 site 13(강창교) 유역으로 구분하였다.

3.1. 구리(Cu)와 아연(Zn)

조사 지점에 대한 구리의 2차 및 3차 연구에 대한 분포(평균값)를 보면, 상류지역인 site 1에서 ppm농도로서 각각 ND~0.050(0.027)과 ND~0.010(0.001), site 7에서 ND~0.090(0.031)과 ND~0.010(0.002)이며, 하류지역인 site 13에서는 ND~0.090(0.038)과 ND~0.010(0.003)의 값을 보였다. 평균값으로 계산한 오염의 감소량은 site 1, 7, 13에서 각각 1/27, 1/15.5과 1/12.7로 큰 감소를 보였다. 이와 같은 결과는 각 지점에 대한 연도별 Cu의 변화추이를 나타낸 Fig. 2에서도 잘 나타나고 있다. 또한 2차 연구기간인 1994년과 1995년에 전체적으로 심한 오염을 보였으며, 이와 같은 결과는 박대규 등[10]의 결과와도 잘 일치한다. 또한 해가 거듭됨에 따라 큰 감소를 보이며 1999년에는 대부분 영역에서 검출되지 않았다.

아연의 경우는 상류지역인 site 1에서 ppm농도로서 각각 ND~0.100(0.039)과 ND~0.010(0.001), site 7에서 ND~0.196(0.037)과 ND~0.005(0.001), 하류지역인 site 13에서는 ND~0.060(0.032)과 ND~0.016(0.003)으로서 평균값으로 계산된 오염량이 site 1, 7, 13 각각 1/39,

1/37과 1/10.7로 감소되었다.

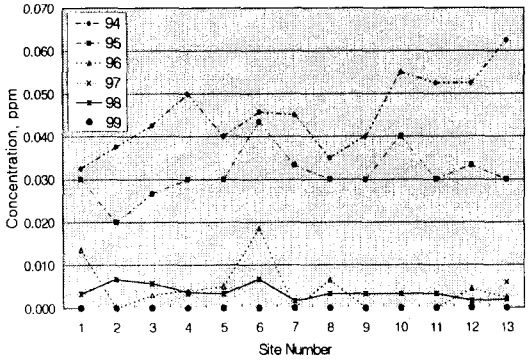

Fig. 2. Change of Cu in the Kumho river by the year from 1994 to 1999. Site 2, 6, 9, 11 are branch streams.

이와 같은 결과는 각 지점에 대한 연도별 Zn의 변화추이를 나타낸 Fig. 3에서 보는 바와 같이 해가 거듭됨에 따라 큰 감소를 보이며 1999년에는 대부분 영역에서 검출되지 않았다. 그리고 오염이 상대적으로 심한 site 6, 11은 1차 연구에서도 동일한 현상을 보였으며, 1, 2, 3차 연구의 평균값은 site 6에서 0.079, 0.037, 0.007 ppm 그리고 site 11에서 0.135, 0.049, 0.000 ppm으로 해가 거듭됨에 따라 큰 감소를 보였다. 최근인 1999년에는 대부분 영역에서 검출되지 않았다.

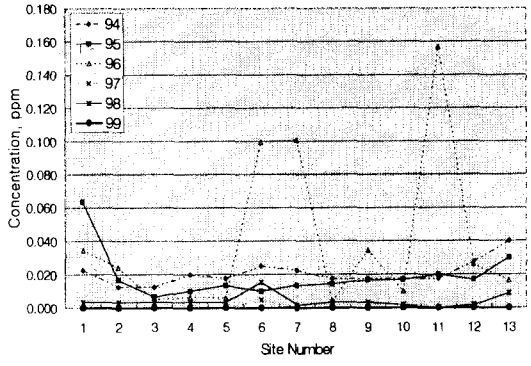

Fig. 3. Change of Zn in the Kumho river by the year from 1994 to 1999. Site 2, 6, 9, 11 are branch streams.

3.2. 카드뮴(Cd)과 크롬(Cr)

조사 지점에 대한 카드뮴의 2차 및 3차 연구에 대한 분포(평균값)를 보면, 상류지역인 site 1에서 ppm농도로서 각각 ND와 ND~0.010(0.001)이고 상대적으로 가장 오염이 심한 site 13에서는 ND~0.050(0.010)과 ND~0.010(0.001)의 값을 보였다. 류지역인 site 13지점에서하 2차 및 3차 연구기간의 평균값으로 계산된 오염량이 1/10로 감소되었다. 이와 같은 결과는 각 지점에 대한 연도별 Cd의 변화추이를 나타낸 Fig. 4에서 보는 바와 같이 해가 거듭됨에 따라 큰 감소를 보이며 또한 1999년에는 전체 영역에서 검출되지 않았으며, 카드뮴에 의한 오염은 거의 없음을 알았다.

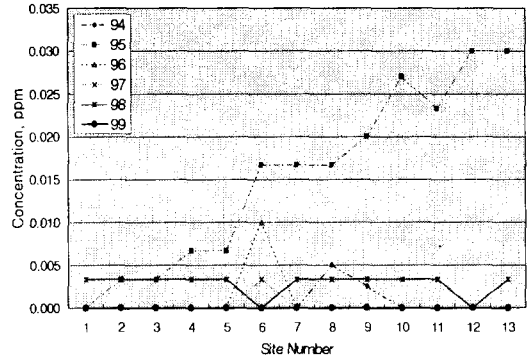

Fig. 4. Change of Cd in the Kumho river by the year from 1994 to 1999. Site 2, 6, 9, 11 are branch streams.

본 실험에서 측정한 크롬의 값은 총크롬이다. 조사기간 동안 주요 지점에 대한 크롬의 2차 및 3차 연구에 대한 분포(평균값)를 보면, site 1에서 ppm농도로서 ND~0.050(0.006)과 ND~0.010(0.002)이고 상대적으로 가장 오염이 심한 site 13에서는 ND~0.060(0.011)과 ND~0.010(0.002)이었다. 그리고 오염이 상대적으로 심한 site 13에서 1, 2, 3차 연구의 평균값은 0.084, 0.011, 0.002ppm으로 해가 거듭됨에 따라 큰 감소를 보였다.

크롬은 수중에서 Cr^{2+}(불안정), Cr^{3+}, CrO_4^{2-}, $Cr_2O_7^{2-}$ 등으로 존재한다. 크롬에 의한 중독은 주로 6가 크롬에 의해서 일어나는데 중독시에는 크롬궤양을 일으키며 접촉부위에 궤양을 발생시킨다. 호흡기를 통한 중독때에는 비점막의 궤양과 함께 폐암발생률이 증가하는데, 심한 경우 위장증세, 무뇨증, 요독증 등으로 사망하게 된다. 한편 카드뮴은 이따이 이따이병을 일으키는 원인 물질로 카드뮴 광산, 축전지 제조 공장, 합금제조, 카드뮴 색소 제조공장 등에서 배출되고 있다. 현재 환경 보존법에서 정한 하천수의 환경 기준치로는 모든 수역에서 카드뮴의 양을 0.01ppm이하로 규정하고 있다. 한편, 각국의 먹는물 수질기준[12]으로 우리 나라와 일본에서는 0.01 ppm이하로 규정하고 있으며, 금호강에서 최근인 1999년에는 조사된 전 지점에서 검출되지 않았다.

3.3. 철(Fe)과 망간(Mn)

조사기간 동안 주요 지점에 대한 철의 2차 및 3차 연구에 대한 분포(평균값)를 보면, 상류지역인 site 1에서 ppm농도로서 각각 ND~0.030(0.008)과 ND~0.022(0.004)이며, 상대적으로 오염이 심한 하류지역인 site 13에서는 ND~0.870(0.165)과 ND~0.143(0.029)의 값을 보였다. 평균값으로 계산한 오염 감소량은 site 1과 13에서 각각 1/2과 1/5.7로 나타났다. 이와 같은 결과는 각 지점

에 대한 연도별 Fe의 변화추이를 나타낸 Fig. 5에서 보는 바와 같다. 그리고 오염이 상대적으로 심한 site 6, 11, 13은 1차 연구에서도 동일한 현상을 보였으며, 1, 2, 3차 연구의 평균값은 site 6에서 0.184, 0.032, 0.040ppm, site 11에서 0.433, 0.129, 0.080ppm 그리고 site 13에서 0.363, 0.165, 0.029ppm으로 해가 거듭됨에 따라 큰 감소를 보였다. 또한 최근인 1999년에는 대부분 영역에서 검출되지 않았다.

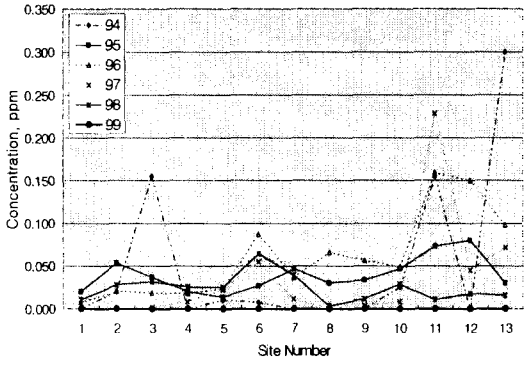

Fig. 5. Change of Fe in the Kumho river by the year from 1994 to 1999. Site 2, 6, 9, 11 are branch streams.

망간의 경우에도 상류지역인 site 1에서 ppm농도로서 각각 ND~0.130(0.039)과 ND~0.017(0.003)이며, 오염이 가장 심한 site 6에서는 ND~0.380(0.127)과 ND~0.030(0.006), 그리고 가장 하류지역인 site 13에서는 ND~0.360(0.105)과 ND~0.026(0.003)의 값을 보였다. 평균값으로 계산한 오염 감소량은 site 1, 6과 13에서 각각 1/13, 1/21.2와 1/35로 나타났다. 이와 같은 결과는 각 지점에 대한 연도별 Mn의 변화추이를 나타낸 Fig. 6에서 보는 바와 같다.

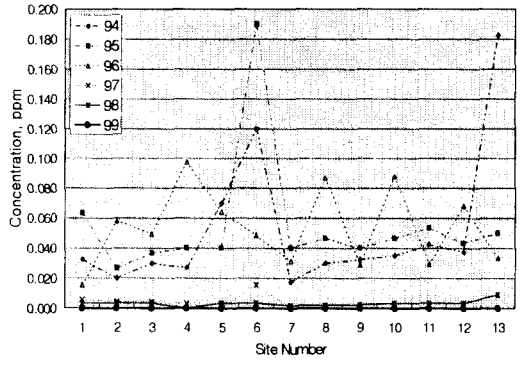

Fig. 6. Change of Mn in the Kumho river by the year from 1994 to 1999. Site 2, 6, 9, 11 are branch streams.

그리고 1차 연구에서 오염이 상대적으로 심한 site 6, 11, 13에서 1, 2, 3차 연구의 평균값으로부터 오염도 변화량을 구한 결과, site 6에서 0.142, 0127, 0.006ppm, site 11에서 0.154, 0.129, 0.001ppm 그리고 site 13에서 0.208, 0.105, 0.003ppm으로 해가 거듭됨에 따라 큰 감소를 보였다. 이러한 결과는 전반적인 변화 추세와 잘 일치하는 결과이다.

철은 자연계에 널리 존재하며 영양 생리상 특히, 조혈을 위하여 불가결의 성분이나 과도한 철분은 착색이나 금속 맛을 내는 원인이 된다. 각국의 먹는물 수질기준[12]에 의하면, 우리 나라, WHO, 일본에서는 0.03ppm 이하, 영국에서는 0.02ppm이하 그리고 미국에서는 규정하고 있지 않다. 한편 망간은 철과 마찬가지로 자연계에 널리 존재하는 물질로서, 철과 비교할 때 제거가 대단히 곤란하며 미량에서도 물의 색을 띄게 하며 관내에 축적하여 혹수의 원인이 되기도 한다. 색과 탁도의 장해를 일으킬 염려가 있으므로 정수과정에서 0.05ppm이하로 처리할 필요가 있다. 망간이 0.5~1ppm 있으면 금속취미를 일으킨다. 각국의 먹는물 수질기준에 의하면, 우리나라는 0.3ppm이하, WHO에서는 0.5ppm이하 그리고 미국에서는 규정하고 있지 않다. 최근의 1999년 결과에 의하면 철과 망간의 오염농도는 대부분 영역에서 ND~0.006ppm값으로 수질기준에도 적합함을 알 수 있었다.

3.4. 납(Pb)

조사 지점에 대한 납의 2차 및 3차 연구에 대한 분포(평균값)를 보면, 상류지역인 site 1에서 ppm농도로서 각각 ND~0.020(0.004)과 ND~0.014(0.002), 상대적으로 높은 오염을 보인 site 11에서 ND~0.330(0.043)과 ND~0.007(0.001)이며, 가장 오염이 심한 하류지역인 site 13에서는 ND~0.450(0.062)과 ND~0.007(0.001)값을 보였다. 평균값으로 계산한 오염의 감소량은 site 1, 11, 13에서 각각 1/2, 1/43과 1/62로 큰 감소를 보였다. 이와 같은 결과는 각 지점에 대한 연도별 Pb의 변화추이를 나타낸 Fig. 7에서도 잘 나타나고 있다.

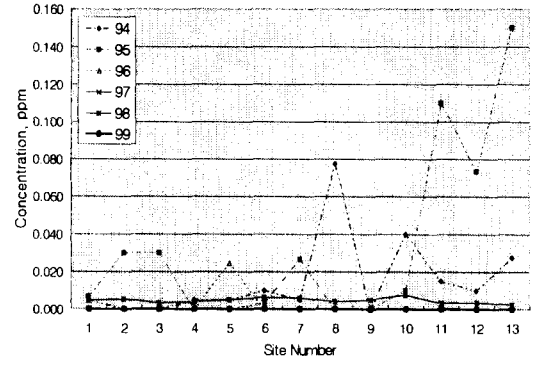

Fig. 7. Change of Pb in the Kumho river by the year from 1994 to 1999. Site 2, 6, 9, 11 are branch streams.

또한 2차 연구기간인 1994년과 1995년에 전체적으로

심한 오염을 보였으며, 이와 같은 결과는 박태규 등[10]의 결과와도 잘 일치한다. 또한 해가 거듭됨에 따라 큰 감소를 보였으며, 이러한 결과는 전반적인 변화 추세와 잘 일치하는 결과이다.

납은 금속 또는 화합물로서 용도가 광범위하여 각종 기기용 기구, 화학약품, 안료, 도료, 염료, 농약 및 연료 등의 중요 성분이 되거나 첨가성분으로 쓰인다. 납에 대한 하천수의 환경기준치는 0.1ppm이하이며, 먹는물 수질 기준 또한 0.1ppm이하이다. 최근의 1999년 결과에 의하면 납의 오염농도는 대부분의 영역에서 ND로서 환경기준에도 적합함을 알 수 있었다.

앞에서 살펴본 바와 같이 납을 포함한 대부분의 중금속에서 현저한 오염의 감소를 보인 주요원인으로는 금호강 수질개선을 위한 집중투자의 결과로 생각된다. 1987년 7월 달서천하수종말처리시설(시설용량 : 250,000 m³/일)의 가동으로부터 1993년 이후에는 달서천하수종말처리시설 증설(150,000m³/일), 신천하수종말처리시설 신설(350,000m³/일)과 더불어 금호강 상류지역인 영천하수종말처리시설(25,000m³/일)이 본격 가동되었다. 이후 신천하수종말처리시설 증설(1998. 5월, 330,000m³/일)과 북부하수종말 처리시설 신설(1997. 12월, 170,000m³/일)로 하수처리능력이 더욱 확충되었을 뿐만 아니라 하수종말처리시설의 방류수 수질기준도 더욱 강화되면서 금호강의 수질이 더 한층 개선되었으며, 환경부 자료[13,14]에 의하면 낙동강 유입전의 site 13(강창교) 지점의 1999년 평균 수질이 크게 좋아졌음을 발표하였으며, 이는 본 연구와도 잘 일치하는 결과임을 알 수 있다.

3.5. 금호강 하천수 오염의 계절별 특징

금호강 수질의 계절별 오염특징을 살펴보기 위해 1993년 9월부터 1999년 8월까지의 6년간 자료에서 산술평균으로 봄, 여름, 가을 및 겨울의 계절별로 자료를 구하였다. Zn와 Mn의 경우를 보면, Fig. 8과 Fig. 9에 나타낸바와 같이 대부분의 지점에서 여름철에 오염이 가장 심하며 가을철에 가장 낮은 값을 보였다.

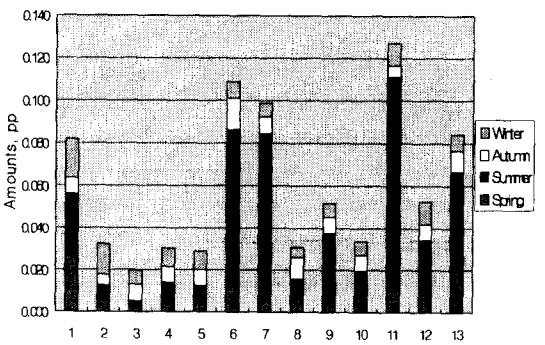

Fig. 8. Seasonal distribution of Zn in the Kumho river by sampling site. Data are the mean value of 18 times of measurements from 1994 to 1999. Site 2, 6, 9, 11 are branch streams.

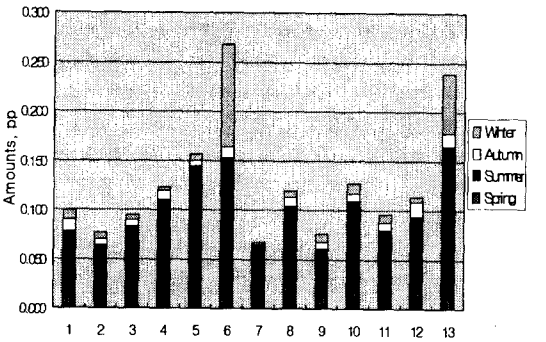

Fig. 9. Seasonal distribution of Mn in the Kumho river by sampling site. Data are the mean value of 18 times of measurements from 1994 to 1999. Site 2, 6, 9, 11 are branch streams.

Fe의 경우도 동일한 경향을 보였다. 이는 유량과 온도가 높은 여름철에 상대적으로 높은 오염을 보인 것은 특이한 현상으로서 중금속 배출량의 증가 또는 하상 퇴적물로부터의 용출 등을 생각할 수 있으며, 가을철에 낮은 오염을 보인 것은 여름철 우기 이후에 깨끗한 상태의 지속으로 여겨진다.

Cu는 여름에 높은 오염을 보임은 대부분의 중금속과 동일한 현상이나 오염이 가장 낮은 계절은 봄철이었다. Cd은 대부분의 지점에서 여름에 높은 오염을 보이나, site 10~13까지의 하류지역에서는 봄철에 심한 오염을 보였고 오염이 가장 낮은 계절은 가을철이었다. 그리고 Pb은 지점에 따라 최고오염을 보인 계절이 달랐으며, site 8과 site 10은 여름이고 하류인 site 11, 12와 13에서는 겨울이었다.

4. 결 론

금호강 하천수의 수질오염 현황을 종합적으로 조사하기 위해 1993년 9월부터 1999년 8월까지 6년간에 걸쳐 Cd 외 5개 항목의 수질을 측정하였다. 6년간의 자료값은 분포가 넓으므로 각 3년간 즉 1993년 9월부터 1996년 8월까지 결과(이하 "2차 연구"라 한다)와 1996년 9월부터 1999년 8월까지(이하 "3차 연구"라 한다) 자료로 세분화하였다. 그리고 1991년 9월부터 1993년 8월까지의 3년간의 "1차 연구"결과와 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 전 조사지점에 대한 각 항목의 "2차 연구"와 "3차 연구"의 각 3년간 자료의 분포(평균값)는 다음과 같다. Cu는 ND~0.100(0.032 ppm); ND~0.010(0.001 ppm), Zn는 ND~0.268(0.025 ppm); ND~0.019(0.001 ppm), Cd는 ND~0.050(0.006 ppm); ND~0.010(0.001 ppm), Cr은 ND~0.060(0.006 ppm); ND~0.010(0.004 ppm), Fe는 ND~0.870(0.050 ppm); ND~0.603(0.020 ppm), Mn는 ND~0.380(0.053 ppm); ND~0.030(0.002 ppm), Pb는 ND~0.450(0.019 ppm); ND~0.016(0.002 ppm)이었다.

2) 생물체에 큰 영향을 줄 수 있는 대부분 중금속들

에 대한 조사기간인 2차 및 3차 연구에서 평균값으로 계산한 오염 감소량은 Cu, Zn, Cd, Cr, Fe, Mn과 Pb 각각 1/32, 1/25, 1/6, 1/1.5, 1/2.5, 1/26.5과 1/9.5로 해가 거듭됨에 따라 큰 감소를 보였다. 그리고 최근인 1999년에는 대부분 영역에서 검출되지 않았다.

3) 계절별 오염 특징을 보면, Pb을 제외한 대부분의 항목에서 여름철에 높았고 가을철에 낮은 값을 보였다. Pb경우는 지점에 따라 최고오염을 보인 계절이 달랐다.

참 고 문 헌

1) 배준웅, 서무룡, 장혜영, 송희봉, 박태명, 1995, 금호강 수질의 장기 변동에 관한 연구, 한국환경과학회지, 4(3), 207-220.
2) 박영규, 1978, 대구 도시권 하천수의 수질오염 현황과 수질보전 대책, 영남대학교 학위논문, 1pp.
3) 김두희, 송형달, 1984, 금호강 유역의 수질, 토양 및 무우의 중금속 함량에 관한 연구, 경북대학교 산업개발연구소연구보고 12, 131-144.
4) 이정재, 최정, 1986, 금호강 유역의 수질과 하상오니, 토양 및 농작물 중의 중금속 함량 조사, 한국환경농학회지, 5, 30-34.
5) 강화신, 1988, 금호강 유역의 오염원 특성에 관하여, 세계 환경의 날 심포지움, 중대구 청년 회의소, 29-52.
6) 이철희, 1988, 금호강 수질 현황과 장래, 세계 환경의 날 심포지움, 중대구 청년회의소, 7-28.
7) 이순탁, 1988, 금호강 유역 환경보전대책(하천유역의 보전방향), 세계 환경의 날 심포지움, 중대구 청년회의소, 95-116.
8) 박영규, 이철희, 1989, 금호강 수질개선 방안에 관한 연구, 건설부 한국 수자원 공사, 1pp.
9) 이태관, 박태규, 1996, 금호강 수질환경의 계절적 변동과 관리, 계명대환경과학 논문집, 1(1), 155-170.
10) 박태규, 한갑조, 이진국, 송승달, 1996, 금호강 수계의 중금속 오염과 변동상황, 경북대 환경과학 논문집, 10, 69-83.
11) 환경부, 1998, 수질오염공정시험법, 1pp.
12) 박석기, 안승구, 엄석원, 1996, 먹는물의 수질관리, 동화기술, 37pp.
13) 환경부, 1997-1999, 환경연감, 1pp.
14) 환경부, 1999, 금호강의 어제와 오늘 그리고 미래, 1pp.