

경산지역 토양 및 수질오염에 관한 연구

김 용 태 · 이 부 용 · 김 동 석 · 양 소 영 · 이 동 훈^{*} · 박 병 윤
대구가톨릭대학교 환경과학과 · 경북대학교 농화학과
(2001년 4월 10일 접수; 2002년 7월 2일 채택)

A Study of Soil and Water Pollutions in Kyungsan Province

Yong-Tae Kim, Bu-Yong Lee, Dong-Seog Kim, So-Young Yang
Dong-Hoon Lee^{*} and Byoung-Yoon Park

Dept. of Environ. Sci., Catholic University of Daegu, Kyungsan, 712-702, Korea
^{*}Dept. of Agricultural Chemistry, Kyungpook National University, Taegu, 702-701, Korea
(Manuscript received 10 April, 2001; accepted 2 July, 2002)

In order to provide the basic information on the environmental pollution of Kyungsan province, the contents of Pb, Cd, Cr, Cu, Mn and Zn in soil, stream water, aquatic sediment and groundwater were investigated, and also the values of pH, COD, KMnO₄-C, NH₃-N, NO₂-N, NO₃-N and Cl⁻ of stream water and groundwater were determined.

The results were as follows.

The values of COD, NH₃-N, NO₂-N and NO₃-N of the stream waters were very low. The contents of Pb, Cd, Cr, Cu and Zn in the stream waters were respectively at range of 0.014~0.063 mg/l, 0.004~0.007 mg/l, 0~0.045 mg/l, 0~0.008 mg/l and 0.001~0.175 mg/l, and these values were much lower than those of contaminated stream water in Korea. The contents of Cd, Cr, Cu and Zn in the soils were respectively at range of 0.12~0.71 ppm, 0.88~2.65 ppm, 2.86~22.33 ppm and 3.89~26.39 ppm, and these values were much lower than those of ordinary polluted areas in Korea. The contents of Cd, Cr, Cu, As, Zn and Mn in the aquatic sediments were respectively at range of 3.05~3.81 ppm, 14.6~70.6 ppm, 13.74~61.59 ppm, 76.8~465.5 ppm, 12.56~190.83 ppm and 333.3~1188.3 ppm. The values of pH, KMnO₄-C, NH₃-N and NO₃-N of the groundwaters were respectively at range of 7.6~8.4, 0~3.95 ml, 0.05~0.15 mg/l and 0.05~0.42 mg/l. The contents of Pb, Cd and Cr in the groundwaters were respectively at range of 0.015~0.061 mg/l, 0.006~0.009 mg/l and 0.005~0.045 mg/l.

Key words : Kyungsan province, stream water, aquatic sediment, groundwater

1. 서 론

산업활동의 급격한 증가와 인구의 도시집중으로 도시 주변의 토양과 수질은 급격히 악화되고 있다. 토양과 수계로 유입된 중금속을 비롯한 온갖 유해물질은 생태계 본래의 기능을 잃게 하고, 또한 이들 유해물질은 먹이연쇄를 통해서 또는 상수원수나 지하수로 유입되어 음용수로서 인간에게 건강상의 장

해를 유발한다. 더욱이 다양하고 복잡한 하이테크산업은 해명되지도 않고 존재조차도 알 수 없는 수많은 화학물질을 환경 중에 배출한다. 많은 연구자들에 의해 우리 나라의 많은 지역의 토양, 물 및 지하수, 그리고 이들 오염지역에서 자란 농작물이 중금속류를 비롯한 여러 가지 유해물질에 오염되어 있음이 조사 보고되고 있다.

박 등¹⁾은 부산광역시 소재 남석 광산 지역 토양 및 수 중에 함유된 Pb, Cd, Cr, Cu 등을, 류 등²⁾은 경기도 광명시에 소재한 가학 광산 주변 논 토양 중에 함유된 Pb, Cd, Cu 등을, 정 등³⁾이 낙동강 하류 유역 토양 중에 함유된 Pb, Cd, Cr, Cu, Zn 등을, 박

Corresponding Author : Byoung-Yoon Park, Dept. of Environ. Sci., Catholic University of Daegu, Kyungsan, 712-702, Korea
Phone : +82-53-850-3247
E-mail : dawolf@hanmail.net

등⁴⁾은 서 낙동강 유역의 강물, 저토 및 토양 중에 함유된 Pb, Cd, Cu, As, Zn, Mn 등을, 조 등⁵⁾은 전주 일광산 주변 논 토양 및 하상 퇴적물 중에 함유된 Pb, Cd, Cu, Zn, Mn 등을 조사하였으며, 또한 이 등⁶⁾은 금호강 유역의 수질, 토양 및 작물체 중의 중금속함량을, 정 등³⁾은 낙동강 하류 유역의 저니토, 토양, 잡초 및 채소 중의 중금속 분포에 대하여 조사하였다. 그 결과 조사지역의 토양과 물이 매우 우려될 정도로 오염되어 있고, 오염된 토양에서 자란 식물체 중에는 다량의 중금속과 같은 유해물질이 함유되어 있음이 밝혀졌다.

경산시는 1995년 1월 1일부로 경산시 중심가 6개동(중앙동, 동부동, 서부동, 남부동, 북부동, 중방동)과 1개읍(하양읍)과 7개면(남천면, 남산면, 용성면, 자인면, 압랑면, 진량면, 와촌면)이 통합 확대된 이래 인구가 주택이 급증하고 있고, 1998년도 인구가 180,000명 이상이 되며, 또한 하루 유동인구가 100,000명을 능가하는 도시로 크게 발전하고 있다. 특히 대구광역시 바로 인접한 교육 및 산업의 중심 도시로서 대구광역시와 동일 생활권을 이루고 있다. 11개 대학과 1,300여 개의 중소기업체가 입주해 있고, 축산이 크게 장려되고 있다. 또한 대추, 포도, 복숭아 및 사과는 아직도 넓은 지역에서 재배되고 있다. 도·농 복합도시로 급성장하는 경산시는 환경오염문제가 심각한 사안으로 되고 있다. 특히 공단이나 축산단지에서 유출된 것으로 추정되는 폐수에 의한 지표수 및 지하수 오염을 염려하지 않을 수 없는 상태이다. 또한 근교농업이 많은 경산시의 농토는 각종 유해물질에 노출되어 있다. 이러한 오염은 직·간접적으로 경산 시민의 건강에 심각한 영향을 미칠 것이다.

본 연구에서는 경산시 지역에서 토양, 지표수, 저니토 및 지하수를 채취하여 pH, COD, $KMnO_4-C$, NH_3-N , NO_2-N , NO_3-N , Cl 등의 일반적인 오염특성과 Pb, Cd, Cr, Cu 및 Zn 등의 중금속오염특성을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험재료

본 연구는 1999년 3월 6일, 경산시 남천면 신방리 지역의 신방 못을 기점으로 100 m, 200 m, 500 m, 1 km, 3 km 간격의 6개 지점과 홍산교, 홍산천과 송백천의 합류점, 대명교, 남천강, 금호강의 5개 지점, 총 11개 지점에서 하천수, 저니토와 토양을 채취하였다. 또한 남천면 일대 신방리, 송백리, 금곡리, 홍산리, 하도리, 원리, 삼성리, 대명리, 산전리, 협석리 등 12개 지점에서 지하수를 채취하여 사용하였

다(Fig. 1, Fig. 2).

2.2. 실험방법

2.2.1. 하천수

1999년 3월 6일, 경산시 11개 지점에서 각각 하천수 3ℓ 채취하여 pH, 화학적산소요구량(COD), 암모니아성질소(NH_3-N), 아질산성질소(NO_2-N), 질산성질소(NO_3-N) 등의 수질오염지표와 Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl 등의 일반 무기이온과 Pb, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn 등의 중금속을 환경오염공정시험법⁷⁾ 및 Standard Method⁸⁾에 준하여 분석하였다. 이 때 COD는 $KMnO_4$ 산성산화법, 암모니아성질소는 인도페놀법, 아질산성질소는 디아조화법, 질산성질소는 부루신법, Ca^{2+} , Mg^{2+} 는 EDTA 적정법, Cl는 Argentometric법으로 측정하였으며, 중금속은 원자흡광분광도계(A.A.S.)로 측정하였다.

2.2.2. 토양

채취한 토양을 풍건시킨 후 2 mm체로 통과시켜 시료로 사용하였고, 분석은 일반적인 토양화학분석법⁹⁾에 준하였다. pH는 토양과 H_2O 의 비를 1:5로 하여, 유기물함량은 Tyurin법으로 측정하였으며, 치환성양이온은 1N- CH_3COONH_3 용액으로 추출하여, 그리고 중금속은 0.1N-HCl용액으로 침출하여 하천수에서와 같이 A.A.S로 분석하였다.

2.2.3. 저니토

시료를 풍건하여 2 mm체로 통과시킨 후 시료를 5 g 취하여 진한 H_2SO_4 20 mL를 가한 후 hot plate 상에서 가열 분해시킨 후 여과지로 여과하여, 그 여액으로 중금속을 측정하였다.

2.2.4. 지하수

분석항목은 먹는물 수질기준의 44개 항목중 pH, 과망간산칼륨소비량($KMnO_4-C$), 증발잔류물(Residual solids), 암모니아성질소(NH_3-N), 질산성질소(NO_3-N), 총경도(Total hardness), Pb, Cd, Cr, Cu, Zn, Mn 등 12개항목에 대하여 환경부 먹는물관리법 제5조의 2 규정에 의한 먹는물수질공정시험방법¹⁰⁾에 준하여 분석하였다.

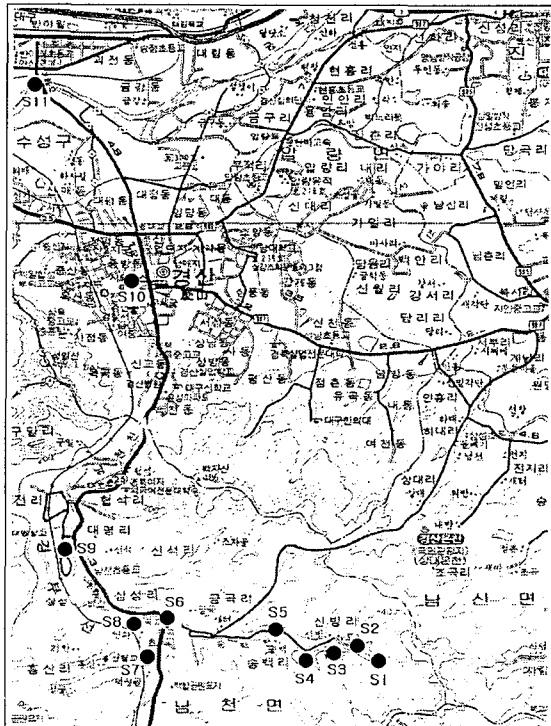
3. 결과 및 고찰

3.1. 하천수

3.1.1. 하천수의 일반적인 오염특성

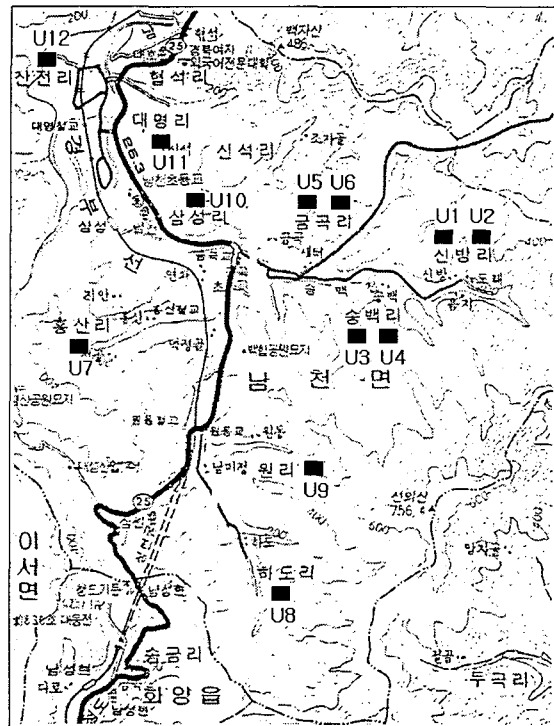
경산시 11개 지점에서 채취한 하천수에 대하여 pH, COD, NH_3-N , NO_2-N , NO_3-N 등의 수질오염 지표와 Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl 등을 조사한 결과는 Table 1과 같았다. 주요 조사지역인 경산시 남천면 지역은 상수도 보급이 전무한, 비교적 청정한 지역으로서

경산지역 토양 및 수질오염에 관한 연구



NO.	Sampling sites	
S1	Sinbang pond, 0m	S2 Sinbang pond, 100m
S3	Sinbang pond, 200m	S4 Sinbang pond, 500m
S5	Sinbang pond, 1km	S6 Sinbang pond, 3km
S7	Heungsan bridge	
S8	Junction(Heungsan stream and Songbaek stream)	
S9	Daemyung bridge	S10 Seohok bridge
S11	Ansim bridge	

Fig. 1. Sampling sites of stream water, aquatic sediment and soil.



NO.	Sampling sites	
U1	Sinbang dong	U2 Sinbang dong
U3	Songbaek 2 dong	U4 Songbaek 1 dong
U5	Keumgok 2 dong	U6 Keumgok 1 dong
U7	Heungsan 1 dong	U8 Hadori
U9	Wonri	U10 Samsung 1 dong
U11	Daemyung 1 dong	U12 Sanjunri

Fig. 2. Sampling sites of groundwater.

Table 1. The pollution characteristics of stream water used in experiment

Sampling sites	pH	COD (mg/l)	NH ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)
Sinbang pond 0 m	8.5	4.0	0.047	0.001	0.203	1.42	4.01	5.35
Sinbang pond 100 m	8.4	3.8	0.073	0.001	0.260	5.67	34.07	5.35
Sinbang pond 200 m	8.3	13.0	0.250	0.055	0.459	19.85	31.30	9.24
Sinbang pond 500 m	8.4	6.0	0.370	0.034	0.453	8.51	27.54	11.18
Sinbang pond 1 km	8.4	6.6	0.611	0.074	0.441	9.93	32.06	18.75
Sinbang pond 3 km	8.5	6.2	0.447	0.060	0.443	15.59	36.87	15.08
Heungsan bridge	8.4	1.2	0.277	0.061	0.447	8.51	22.44	7.78
Junction	8.1	1.2	0.048	0.002	0.473g	73.74	36.07	8.76
Daemyung bridge	7.7	0.8	0.047	0.001	0.473	39.70	32.06	9.73
Seohok bridge	8.6	4.8	0.204	0.040	0.549	53.77	41.68	8.27
Ansim bridge	8.8	6.8	0.178	0.033	0.469	60.97	40.08	8.75

송백천 상류 신방 못에서 금호강 하류 지점까지 소규모의 산업시설만이 일부 위치하고 있을 뿐이다. 다만 오수처리시설을 갖추지 못한 소규모 축산업과 포도재배를 위주로 한 농업활동이 지역 생태계의 주요 오염원이다.

pH는 7.70~8.80사이로서 다소 높게 나타났으나 pH기준 6.5~8.5기준에 크게 벗어나는 것은 아니었다.

화학적 산소요구량(COD)은 유역별 약간의 차이는 나타내었으나 전체적으로 농업용수기준인 8 mg/l에 비해 낮게 나타났으나 신방못으로부터 200 m 지점이 13.0 mg/l로 특히 높았다. 이는 주변 축산농가의 폐수유입과 관련이 높은 것으로 판단되어진다.

NH₃-N는 0.047~0.611 mg/l, NO₂-N는 0.001~0.074 mg/l, NO₃-N는 0.203~0.549 mg/l로 다소 낮게 나타나기는 했으나 이미 오래 전부터 축산오수나 생활하수의 유입이 일어나고 있음을 알 수 있다. 질소성분 역시 신방 못 하류지역으로 갈수록 높게 나타났다.

생활하수와 축산폐수와 밀접한 관련이 있는 Cl⁻은 신방 못 하류지역으로 갈수록 매우 뚜렷하게 농도가 높아져갔다. 더욱이 Cl⁻은 휘발되거나 화학반응을 통해서 없어지는 것이 아니기 때문에 Cl⁻이 많이 검출되는 것은 오염현상이 매우 심각해지고 있음을 의미한다.¹¹⁾

이들 결과로부터 청정한 지역으로 여겨져 왔던 송백천도 이미 오염되어 있음을 알 수 있다. 그러나 오염이 항상 문제시되어 왔던 지역들에 비하면 아직은 오염도가 다소 낮다. 박 등¹²⁾이 1990년 7월에 조사한 금호강 최 하류지점인 강창교 부근 하천수의 COD는 27.6 mg/l, NH₃-N는 1.94 mg/l이었으며, 황 등¹³⁾이 1997년 2월에서 6월까지 부산지역 3개 하천의 수질특성을 조사한 바에 의하면 낙동강, 서낙동강 및 수영천에서의 COD는 각각 4.94~6.12 mg/l, 6.12~14.39 mg/l, 8.69~38.87 mg/l의 범위였으며, T-N는 9.34~16.08 mg/l, 8.99~19.45 mg/l, 수영천 10.51~26.69 mg/l의 범위였다.

3.1.2. 하천수의 중금속 함량

채취한 하천수에 대하여 Pb, Cd, Cr 등의 맹독성 중금속과 Cu, Fe, Mn 등의 일반 중금속을 조사한 결과는 Table 2와 같았다.

하천수 중 중금속 함량은 대부분이 미량으로 검출되었다. Pb는 0.014 ~0.063 mg/l, Cd는 0.004~0.007 mg/l, Cr은 0~0.045 mg/l, Cu는 0~0.008 mg/l, Zn은 0.001~0.175 mg/l 등으로 대부분 지역에서 수질 환경기준치¹⁴⁾ 이하로 나타났다. 즉 광산지

역 또는 대도시를 관통해 흐르는 지역에 비하면 실험을 행한 경산시 남천면 지역은 중금속오염에 크게 노출되어 있지 않았다. 박 등¹¹⁾이 조사한 부산광역시 회동수원지 상류지역, 남석 광산 지역의 용출수와 하천수의 중금속 함량은 Pb 0~0.251 ppm, Cd 0~0.110 ppm, Cr 0~0.190 ppm, Cu 0~0.943 ppm, Zn 0.005~10.192 ppm, Fe 0.023~258.900 ppm의 범위였으며, 박 등¹²⁾이 1990년에 조사한 금호강 최 하류지점인 강창교 부근 하천수의 중금속 함량은 Cd 0.034 ppm, Cr 1.018 ppm, Cu 0.270 ppm이었다.

Table 2. The contents of heavy metals in stream water (mg/l)

Smpling sites	Pb	Cd	Cr	Cu	Zn	Fe	Mn
Sinbang pond 0 m	0.063	0.004	0.030	0.001	0.013	0.315	0.053
Sinbang pond 100 m	0.026	0.005	0.039	0.000	0.001	0.148	0.049
Sinbang pond 200 m	0.039	0.005	0.003	0.007	0.001	0.151	0.106
Sinbang pond 500 m	0.014	0.005	0.018	0.003	0.001	0.165	0.030
Sinbang pond 1 km	0.037	0.005	0.020	0.008	0.002	0.123	0.136
Sinbang pond 3 km	0.034	0.005	0.018	0.005	0.003	0.047	0.024
Heungsan bridge	0.041	0.007	0.015	0.001	0.004	0.000	0.019
Junction	0.036	0.006	0.045	0.004	0.043	0.199	0.038
Daemyung bridge	0.040	0.006	0.000	0.003	0.026	0.814	0.063
Seohok bridge	0.042	0.007	0.015	0.005	0.077	0.098	0.052
Ansim bridge	0.028	0.006	0.045	0.007	0.175	0.219	0.089

3.2. 토양

3.2.1. 토양의 화학적 특성

경산시 남천면 지역 송백천 상류 신방 못에서 금호강 하류 지점까지 11개 지점에서 하천수를 채취하면서 함께 채취한 주변 토양시료의 화학적 특성은 Table 3과 같았다.

토양의 가장 기본적인 화학적 특성을 조사한 것으로 pH는 5.8~8.4, 유기물 함량은 0.41~2.87 %, 치환성 Na는 1.22~2.87 me/100g, 치환성 Ca는 7.06~14.27 me/100g, 치환성 K는 0.05~2.32 me/100g의 범위로서 특별히 지역적인 차이를 나타내지는 않았다.

Table 3. Chemical properties of soil used in experiment

Sampling sites	pH	O. M (%)	Na (me/100g)	Ca (me/100g)	K (me/100g)
Sinbang pond 0 m	5.8	0.41	2.87	13.39	0.83
Sinbang pond 100 m	7.7	2.24	2.87	10.51	2.32
Sinbang pond 200 m	5.8	1.99	2.63	7.06	1.51
Sinbang pond 500 m	8.4	2.64	1.22	14.27	2.09
Sinbang pond 1 km	6.7	1.98	1.28	8.51	0.28
Sinbang pond 3 km	7.8	1.45	1.27	10.93	0.28
Heungsan bridge	7.5	0.35	2.54	10.06	0.09
Junction	7.8	0.52	2.66	9.22	0.08
Daemyung bridge	6.8	1.54	2.12	8.70	0.28
Seohok bridge	7.7	0.83	1.78	7.28	0.05
Ansim bridge	7.6	2.87	2.36	10.49	0.23

Table 4. The contents of heavy metals in soil (ppm)

Sampling sites	Cd	Cr	Cu	Zn	Fe	Mn
Sinbang pond 0 m	0.15	0.88	7.91	3.89	119.3	145.6
Sinbang pond 100 m	0.12	1.50	7.40	9.25	175.2	333.4
Sinbang pond 200 m	0.17	1.13	15.69	9.98	758.5	139.3
Sinbang pond 500 m	0.25	1.39	2.86	4.22	179.5	97.4
Sinbang pond 1 km	0.25	2.17	22.33	15.44	181.4	152.3
Sinbang pond 3 km	0.49	1.43	3.50	15.27	124.1	117.0
Heungsan bridge	0.27	1.78	3.53	5.09	155.8	52.5
Junction	0.33	1.40	5.53	7.12	161.7	63.2
Daemyung bridge	0.44	2.33	11.61	6.57	117.2	69.5
Seohok bridge	0.50	2.65	6.97	9.65	200.9	140.8
Ansim bridge	0.71	2.41	20.93	26.39	461.8	498.3

3.2.2. 토양의 중금속 함량

하천수를 채취하면서 함께 채취한 주변 토양시료에 함유된 중금속의 농도를 측정된 결과는 Table 4와 같았다.

Cd는 0.12~0.71 ppm, Cr 0.88~2.65 ppm, Cu는 2.86~22.33 ppm, Zn 3.89~26.39 ppm의 범위로 나타났는데, 우리 나라의 0.1N-HCl 가용성 중금속의 자연함량 Cu 4.52 ppm, Cd 0.133 ppm, Zn 3.90 ppm 및 Cr 0.362 ppm¹⁵⁾와 비교할 때 대부분의 지역에서 매우 높은 것으로 나타났다. 이는 채굴된 중금속이 산업에 이용된 후 여러 경로를 통해 환경 중에 유출되기 때문이다. 즉 인간이 활동하는 곳이라면 반드시 중금속이 자연함량보다 높게 나타난다고 볼 수 있다. Cu의 함량이 높은 것은 과거 과수원에 사용된 유산동 및 석회보르도액이 원인이 되었을 수도 있고, Zn의 함량이 높은 것은 채소 및 과서류 재배지에서 과거에 아연 비료를 사용했기 때문일 수도 있다. 따라서 비교적 청정지역인 이 지역에서 중금속함량이 높은 것은 농업활동 결과가 원인으로 판단된다.

토양중에 함유된 중금속이 비록 자연함유량보다 높다고는 하나 일반적으로 생각되는 오염지역에 비하면 매우 낮은 값이다.

박 등¹¹⁾이 조사(HNO₃+HF+HClO₄ 분해법)한 부

산광역시 소재 납석 광산 지역 토양의 중금속 함량은 Pb 64.88~80.80 ppm, Cd 0.05~1.76 ppm, Cr 8.97~38.56 ppm, Cu 20.60~74.62 ppm, Zn 112.82~308.71 ppm의 범위였으며, 류 등²⁾이 조사(0.1N-HCl 침출법)한 경기도 광명시에 소재한 가학광산 주변 토양의 중금속 함량은 Pb 2.19~522.50 ppm, Cd 0.30~16.38 ppm, Cu 0.39~138.28 ppm, Zn 9.42~511.00 ppm의 범위였으며, 정 등³⁾이 낙동강 하류 유역 토양의 중금속을 조사(왕수 분해법)한 결과는 Pb 10.42~46.12 ppm, Cd 1.20~30.27 ppm, Cr 0~13.37 ppm, Cu 4.43~19.98 ppm, Zn 20.24~85.40 ppm 범위였다. 또한 이 등⁶⁾이 금호강 주변에서 시료로 채취한 작물체가 생육하고 있는 토양중의 중금속을 조사(강산 분해법)한 결과 Pb 20.462~215.325 ppm, Cd 3.002~18.524 ppm, Cu 27.328~124.126 ppm, Zn 40.247~326.422 ppm 범위였다.

3.3. 저니토 속의 중금속 함량

하천수와 함께 채취한 하천 저니토 속에 함유된 중금속을 측정된 결과는 Table 5와 같았다.

하천 저니토에는 유기물이 많아 진한 황산으로 완전히 분해시킨 후 분석에 사용하였다.

Cd는 3.05~3.81 ppm, Cr은 14.6~70.6 ppm, Cu는 13.74~61.59 ppm, As는 76.8~465.5 ppm, Zn은 12.56~190.83 ppm, Mn은 333.3~1574.0 ppm 등으

Table 5. The contents of heavy metals in aquatic sediment (ppm)

Sampling sites	Cd	Cr	Cu	As	Zn	Mn
Sinbang pond 0 m	3.21	58.2	39.01	76.8	43.90	832.5
Sinbang pond 100 m	3.25	52.4	24.24	149.1	120.95	1034.5
Sinbang pond 200 m	3.28	68.2	38.25	150.0	122.22	481.9
Sinbang pond 500 m	3.25	21.7	27.52	165.0	99.09	660.2
Sinbang pond 1 km	3.57	53.4	61.59	163.8	190.83	1574.0
Sinbang pond 3 km	3.05	14.6	29.92	127.4	51.88	333.3
Heungsan bridge	3.22	54.6	16.02	152.9	58.93	393.1
Junction	3.80	70.6	26.26	204.7	12.56	1188.3
Daemyung bridge	3.81	57.6	15.96	311.5	88.45	808.3
Seohok bridge	3.77	40.9	20.48	358.6	140.03	681.9
Ansim bridge	3.33	17.2	13.74	465.5	76.29	338.3
Mean	3.41	46.31	28.45	211.39	91.38	756.94

로 나타나 비교적 청정한 지역으로 생각되어왔던 송백천 상류에서 금호강하류 지점까지의 하천저니토가 상당히 오염되어 있음을 알 수 있다.

정 등³⁾이 조사한 낙동강 하류 유역의 하천 저니토의 중금속 함량은 Cd 0.13~5.31 ppm, Cr 0.97~34.14 ppm, Cu 0.59~28.08 ppm, Zn 5.15~132.20 ppm 범위였으며, 박 등¹⁶⁾이 조사한 금호강 저니토 중에 함유된 중금속 함량은 Cd 0.89~3.59 ppm, Cr 0.43~147.83 ppm, Cu 87.38~620.77 ppm, Zn 451~7350 ppm 범위였으며, 박 등⁴⁾이 1월과 2월에서 낙동강 유역 6개 지점의 저니토에서 조사한 중금속 함량의 평균값은 Cd 2.54 ppm, Cu 42.95 ppm, As 10.52 ppm, Zn 197.48 ppm이었다. 또한 조 등¹⁷⁾이 영산강 하류 39개 표층 퇴적물을 조사한 중금속 함량은 Cr 60~87 ppm, Cu 15~37 ppm, Zn 62~176 ppm, Mn 462~1078 ppm 범위였다.

3.4. 지하수

3.4.1. 지하수의 일반적인 오염특성

수질의 일반적인 오염지표로 삼는 pH, KMnO₄-C, Residual solids, NH₃-N, NO₃-N, Total hardness 등을 조사한 결과는 Table 6과 같았다.

지하수는 지표수와 달리 토양체를 통과하여 고인

물이므로 그 조성이 지표수와 다르고, 토양의 여과 기능과 지질학적 특성에 따라서 다르게 나타난다.

pH는 7.6~8.4, KMnO₄-C는 0~3.95 ml 등으로 나타나 먹는 물 수질기준인 pH 5.8~8.5, KMnO₄-C 10 mg/l 등과 비교하면 분석에 사용한 지하수들의 수질은 비교적 양호하다고 할 수 있다. 그러나 생활 오폐수, 축산폐수, 비료, 기타 산업폐수 등에 의하여 오염되는 NH₃-N와 NO₃-N는 각각 0.05~0.15 mg/l, 0.05~0.42 mg/l 범위로 나타났다. 비록 NH₃-N의 수질기준 0.5 mg/l 이하와 NO₃-N의 수질기준 10 mg/l 와 비교할 때 모든 지역에서 낮은 수준으로 나타났다나 청정한 것으로 여겨왔던 이 지역의 지하수는 이미 오염되어 왔음을 알 수 있다. 그리고 Residual solid, Hardness는 각각 21~445 mg/l, 76.36~312.2 mg/l 의 범위로 나타났다.

김 등¹⁸⁾이 조사 분석한 1994년 1년 동안 경상남도 보건환경연구원에서 측정된 3,492개의 측정자료에 의하면 경상남도 지하수의 pH는 4.1~10.9, NH₃-N은 ND~4.94 mg/l, NO₃-N은 ND~26.0 mg/l, KMnO₄-C는 0.6~29.3 mg/l, Hardness는 8~2,350 mg/l 범위였으며, 대구지역 지하수 측정자료¹⁹⁾에 의하면 대구지역 지하수의 pH는 6.5~7.9, NH₃-N은 0~0.10 mg/l, NO₃-N은 0~21.5 mg/l, KMnO₄-C는 0~10.5 mg/l, Hardness는 4.0~505.0 mg/l, Residual solid는 36.0~950.0 mg/l 범위였다. 그리고 울산광역시에서 1993년과 1996년 사이에 측정된 자료²⁰⁾에 의하면 울산광역시 지역에서 음용되는 지하수의 pH는 5.5~9.1, NH₃-N은 0~1.4 mg/l, NO₃-N은 0~9.56 mg/l, KMnO₄-C는 0.1~22.7 mg/l, Hardness는 10~778 mg/l 범위였으며, 이 등²¹⁾이 조사한 경남의 대표적 시설원예지대인 김해, 창녕, 함안, 사천 및 진주 지역 지하수의 NH₃-N은 각각 0.02~0.34 mg/l, 0.01~0.74 mg/l, 0.01~0.63 mg/l, 0.01~0.19 mg/l, 0.01~0.12 mg/l 이었으며, NO₃-N은 각각 0.20~1.66 mg/l, 0.17~43.4 mg/l, 0.11~0.50 mg/l, 0.17~3.76 mg/l, 0.32~27.2 mg/l 이었다. 이들 자료와 비교해볼 때 송백천 상류지역에서 금호강 하류에 위치한 이 지역 지하수들의 오염은 아직은 우려할 정도는 아닌 것으로 생각된다. 특히 농경지역이나 축산지역에서의 오염이 크게 우려되는 NH₃-N와 NO₃-N이 농도가 타 지역보다 매우 낮다.

3.4.2. 지하수중의 중금속 함량

지하수의 유해성을 조사하기 위하여 Pb, Cd, Cr, Cu, Zn, Mn 등의 중금속을 분석한 결과는 Table 7과 같았다.

암반 지하수중의 중금속은 지질 광물학적인 원인

Table 6. The pollution characteristics of groundwater used in experiment

Sampling sites	pH	KMnO ₄ -C (mg/l)	Residual Solids	NH ₃ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	Hardness (mg/l)
Sinbang dong	8.2	1.58	387	0.15	0.42	156.7
Sinbang dong	7.6	2.37	445	0.05	0.33	312.2
Songbaek 2 dong	8.1	0.79	295	0.05	0.33	155.0
Songbaek 1 dong	8.3	3.16	225	0.07	0.29	76.36
Keungok 2 dong	8.1	1.58	413	0.05	0.39	201.1
Keungok 1 dong	8.1	3.95	149	0.05	0.34	297.7
Heungsan 1 dong	8.4	0.79	219	0.05	0.33	179.7
Hadori	8.0	0.00	182	0.05	0.29	88.14
Wonri	8.3	0.00	21	0.05	0.33	88.31
Samsung 1 dong	8.2	2.37	340	0.08	0.36	153.0
Daemyung 1 dong	8.4	2.37	44	0.07	0.05	167.4
Sanjunri	8.2	1.58	226	0.05	0.07	102.4
Mean	8.2	1.71	246	0.06	0.29	164.8

Table 7. The contents of heavy metals in groundwater (mg/l)

Sampling sites	Pb	Cd	Cr	Cu	Zn	Mn
Sinbang dong	0.025	0.006	0.031	0.013	0.245	0.023
Sinbang dong	0.015	0.007	0.019	0.026	0.077	0.025
Songbaek 2 dong	0.029	0.006	0.013	0.007	0.083	0.027
Songbaek 1 dong	0.034	0.007	0.005	0.006	0.064	0.025
Keungok 2 dong	0.044	0.008	0.007	0.008	0.775	0.030
Keungok 1 dong	0.047	0.009	0.013	0.040	0.105	0.032
Heungsan 1 dong	0.053	0.008	0.0454	0.052	0.100	0.096
Hadori	0.061	0.009	0.008	0.027	0.085	0.030
Wonri	0.055	0.009	0.034	0.059	0.110	0.036
Samsung 1 dong	0.037	0.009	0.013	0.016	0.057	0.035
Daemyung 1 dong	0.037	0.009	0.016	0.014	0.096	0.055
Sanjunri	0.019	0.009	0.020	0.011	0.214	0.034
Mean	0.038	0.008	0.019	0.023	0.168	0.037

이 크며, 알은 층 지하수의 경우에는 산업폐수 및 농업활동 등에 의한 인위적 요인이 크다.

특히 인체에 유해한 Pb, Cd, Cr은 각각 0.015~0.061 mg/l, 0.006~0.009 mg/l, 0.005~0.045 mg/l의 범위로 나타나 음용수 수질기준 Pb 0.05 mg/l, Cd 0.01 mg/l, Cr 0.05 mg/l와 비교할 때 문제점이 없는 것으로 생각된다. 그리고 Cu, Zn, Mn 등의 함유량도 각각 0.006~0.059 mg/l, 0.057~0.775 mg/l, 0.023~0.096 mg/l 등으로 나타나 음용수 수질기준 Cu 1.0 mg/l, Zn 1.0 mg/l, Mn 0.3 mg/l 등보다 매우 낮다.

이 등²¹⁾이 경남의 대표적 시설원예 지역에서 측정한 자료에 의하면 김해, 창녕, 함안, 사천 및 진주 지역 지하수의 중금속 함량은 Pb는 각각 ND~0.067 mg/l, ND~0.036 mg/l, ND~0.024 mg/l, ND~0.015 mg/l, ND~0.016 mg/l이었으며, Cd는 각각 ND~0.017 mg/l, ND~0.023 mg/l, ND~0.018 mg/l, ND~0.004 mg/l, ND~0.007 mg/l이었으며, Cu는 각각 ND~0.024 mg/l, ND~0.012 mg/l, ND~0.014 mg/l, ND~0.012 mg/l, ND~0.012 mg/l이었으며, Zn은 각각 0.002~0.076 mg/l, ND~0.049 mg/l, ND~0.084 mg/l, ND~0.040 mg/l,

ND~0.032 mg/l이었으며, Mn은 각각 0.11~2.08 mg/l, 0.07~0.23 mg/l, 0.02~0.57 mg/l, 0.01~0.07 mg/l, 0.01~0.09 mg/l이었으며, 천¹⁹⁾이 조사한 대구지역 지하수의 Cu는 0~0.03 mg/l, Zn은 0~0.507 mg/l, Mn은 0~0.112 mg/l의 범위였다. 그리고 양²⁰⁾이 1993년과 1996년 사이에 조사한 울산광역시 지역에서 음용되는 지하수의 Cu와 Zn의 함량은 각각 0~2.104 mg/l, 0~4.870 mg/l 범위였다.

4. 결 론

경산시 지역에서 토양, 지표수, 저니토 및 지하수를 채취하여 pH, COD, KMnO₄-C, NH₃-N, NO₂-N, NO₃-N, Cl⁻ 등의 일반적인 오염특성과 Pb, Cd, Cr, Cu 및 Zn 등의 중금속오염 특성을 조사하였다.

- 1) 하천수의 COD, NH₃-N, NO₂-N 및 NO₃-N의 값은 매우 낮았다.
- 2) 하천수의 중금속 함량은 Pb 0.014~0.063 mg/l, Cd 0.004~0.007 mg/l, Cr 0~0.045 mg/l, Cu 0~0.008 mg/l, Zn 0.001~0.175 mg/l 범위로 미량으로 검출되었다.
- 3) 토양의 중금속 함량은 Cd 0.12~0.71 ppm, Cr

- 0.88~2.65 ppm, Cu 2.86~22.33 ppm, Zn 3.89~26.39 ppm의 범위로 나타났으며, 이는 일반적으로 생각되는 오염지역에 비하면 매우 낮은 값이다.
- 4) 하천 저니트의 중금속 함량은 Cd 3.05~3.81 ppm, Cr 14.6~70.6 ppm, Cu 13.74~61.59 ppm, As 76.8~465.5 ppm, Zn 12.56~190.83 ppm, Mn 333.3~1188.3 ppm 범위였다.
 - 5) 지하수의 수질오염특성은 pH 7.6~8.4, KMnO₄-C 0~3.95 mL, NH₃-N 0.05~0.15 mg/l, NO₃-N 0.05~0.42 mg/l 범위였다.
 - 6) 지하수 중의 인체에 매우 유해한 Pb, Cd, Cr은 각각 0.015~0.061 mg/l, 0.006~0.009 mg/l, 0.005~0.045 mg/l의 범위로 나타났다.

참 고 문 헌

- 1) 박맹언, 김근수, 1998, 납석 광산에서 발생하는 토양 및 수질오염실태 : 부산광역시 회동수원지 상류지역, 한국환경과학회지, 7(2), 149-155.
- 2) 류순호, 노광준, 이상모, 박무언, 김계훈, 1996, 가학광산 주변 논 토양의 카드뮴, 구리, 납 및 아연 함량 분포, 한국토양비료학회지, 29(4), 424-431.
- 3) 정기호, 김문순, 정중학, 1996, 낙동강 하류 유역의 저니토, 토양, 잡초 및 채소 중의 중금속의 분포와 상관관계, 한국환경과학회지, 5(6), 801-812.
- 4) 박홍재, 박종길, 박원우, 1994, 서낙동강 유역의 강물, 저토 및 토양의 중금속 분포 특성, 한국환경과학회지, 3(4), 409-416.
- 5) 조규성, 정덕호, 1998, 전주 일광산 주변의 환경오염에 관한 연구 -겨울철 중금속오염을 중심으로-, 한국환경과학회지, 7(5), 623-631.
- 6) 이정재, 최정, 1986, 금호강 유역의 수질, 토양 및 작물체주의 중금속(Zn, Cu, Cd, Pb) 함량조사, 한국환경농학회지, 5(1), 24-29.
- 7) 산업공해연구소, 1986, 환경오염공정시험법(수질분야), 녹원출판사, 14-186pp.
- 8) APHA-AWWA-WPCF, 1992, Standard Method for the Examination of water, 67-612pp.
- 9) 농촌진흥청 농업기술연구소, 1988, 토양화학분석법-토양·식물체·토양미생물, 삼미인쇄사.
- 10) 환경부, 1997, 먹는물수질공정시험방법, 5-117pp.
- 11) 박병윤, 1995, 저수조내에서 수질의 경시적 변화에 관한 연구, 한국환경과학회지, 4(1), 81-89.
- 12) 박병윤, 양성호, 이송애, 1991, 하절기 중 금호강의 수질조사연구, 대구효성가톨릭대학교논문집, 42, 303-312.
- 13) 황성출, 이봉현, 박원우, 정영언, 박홍재, 정성욱, 1997, 낙동강, 서 낙동강, 수영천 하구의 하상구조에 따른 연중 퇴적저토의 오염특성 연구와 부산근해 적조에의 영향에 관한 연구, 한국환경과학회지, 6(5), 513-520.
- 14) 이규성, 이성홍, 이진하, 최규철, 황상용, 2000, 수질오염개론, 형설출판사, 322-325pp.
- 15) 최선, 김복영, 최정원, 윤을수, 정병간, 1995, 우리나라 논 토양중 중금속 자연함량, 한국토양비료학회지, 28(4), 295-300.
- 16) 박영규, 이철희, 노명영, 1987, 금호강저질중에 함유된 동의 오염경로, 영남대학교 환경연구소 논문집, 6(2), 135-150.
- 17) 조영길, 박경양, 1998, 영산강 하구 표층 퇴적물의 중금속 함량 및 분포, 한국환경과학회지, 7(4), 549-557.
- 18) 김승현, 이찬원, 허종수, 1998, 경상남도 지역의 지하수질 특성조사, 한국환경과학회지, 7(6), 859-865.
- 19) 천경아, 1998, 대구지역 지하수의 수질특성, 경북대학교 석사학위논문.
- 20) 양운진, 1998, 울산지역의 지하수 수질에 관한 통계학적 연구, 한국환경과학회지, 7(4), 461-466.
- 21) 이성태, 조주식, 이홍재, 손보균, 정연규, 허종수, 1998, 경남 시설원예지농업용 지하수의 수질 현황, 한국환경과학회지, 7(4), 531-539.