

## 금강유역 농업지대의 토양 및 수질오염

한강완 · 조재영 · 김성조<sup>1)</sup>

전북대학교 농과대학, <sup>1)</sup>원광대학교 생명자원과학대학

### Effects of Farming on Soil Contamination and Water Quality in Keum River Districts

Kang-Wan Han, Jae-Young Cho and Seong-Jo Kim<sup>1)</sup> (Department of Agricultural Chemistry, Chonbuk National University, Chonju, 561-756, Korea ; <sup>1)</sup>College of Life and Natural Resources, Wonkwang University, Iksan, 570-749, Korea)

**Abstract :** This studies was carried out to investigate the soil contamination and water quality affected by agricultural activities in the Keum river Districts.

Soil pH of the Keum river districts were 5.56~7.09 in Keum river headwater and Namdae-cheon but that of Keumgang-lake were 5.07~7.21 because of the cattle shed and industrial complex around. Total nitrogen contents of soils were found difference as period of fertilizer application. Total phosphorous content of soils no difference were found between the headwater and Keumgang-lake. Heavy metal contents of soils were natural background level.

Water pH of the Keum river districts ranged from 6.59 to 7.80 and COD was maintain below 1.0 mg/L. Total nitrogen content affected by a livestock wastes and sewage water were the higher than that of others and total phosphorous content showed below 0.5 mg/L. Nitrate nitrogen and ortho-phosphate contents were very high according to the influence a livestock waste and sewage water in headwater region of the Keum river partly. Chlorine and sulfate contents were high according to the influence of sea water invasion. Heavy metal contents of waters were natural background level.

## 서 론

우리나라는 국가경제 성장정책으로 비약적인 경제발전을 이룩하는데는 성공하였지만 그 결과로 환경오염의 정도가 심화되어 생태계 및 환경이 균형을 잃어가고 있다. 이에 따라 농업환경의 질도 갈수록 오염이 가중되고 있다. 즉, 도시의 대형화와 공업단지에서 산업활동의 과정에서 배출되는 각종 폐기물이 토양에 투기되어 토양과 수질의 오염이 가중되고 있으며, 일부 오염된 물이 농작물 재배에 이용되고 있다<sup>1-9)</sup>. 최근에는 우리 국민의 주곡인 벼를 재배하는 논에 광산폐수 등이 유입되어 중금속에 오염된 쌀이 생산되어 사회문제화 되기도 하였다. 또한 농업활동이 지나치게 화학비료와 농약 등 농자재의 과잉투여로 농업생태계가 파괴되고 있으며 식품의 안전성이 위협받고 있다<sup>10-13)</sup>.

환경부에서는 토양과 수질오염 실태 및 추이 등을 종합적으로 파악하여 적합한 보전 대책을 추진하고 예측 가능한 정책을 수립·추진하기 위하여 1987년부터 전국 522개 지역 2,610개 지점을 오염원별로 구분하여 매년 절반씩(261개 지역, 1,305 지점) 토양오염실태를 조사하

고 있으며<sup>13,14)</sup>. 5대강유역의 1,348개소에서 수질측망을 구성하여 감시하고 있다<sup>15-17)</sup>. 이 측정망에서 주된 관심사는 음용수로서의 수질을 감시하고 보호하기 위한 것이다. 농업에 필요한 농업용수의 수질은 농어촌진흥공사에서 50여개소를 대상으로 조사하고 있는데 이들 조사는 농업용수의 수질 그 자체에만 관심이 집중되어 있을 뿐이다. 농업환경이 수질과 토양의 질에 미치는 영향을 조사하기 위한 연구가 일부 진행되고 있지만 유역규모에서 체계적인 연구는 아직 부족한 실정이다.

본 연구는 금강수계 주요 수도작지대와 복합영농지대의 토양오염 실태와 소유역의 농업형태가 수질오염에 미치는 영향을 조사하여 농업환경관리의 기초자료를 마련하고자 일련의 실험을 수행하였다.

## 재료 및 방법

금강유역은 남한의 중앙부 서쪽에 위치하며 충청남도, 충청북도의 약 절반과 전라북도의 약 1/4을 점하고 일부는 경기도, 경상북도에 걸쳐있는 남한 제3의 유역으로서 유역면적은 9,843km<sup>2</sup>이며, 본류의 유로연장은 393.9km에

본 연구는 1995년도 교육부 학술연구조성비사업(농업과학분야)중의 농업과학기술기센터(NICEM)의 대학간 공동연구 지원사업(과제번호 : 95-NICEM-3)으로 수행되었음.

Table 1. Locations of soil sampling

Districts	Site No.	Locations			
금강상류 및 남대천수계	S01.	전북 진안군 상전면	외송리	외송교	수도작지대
	S02.	전북 무주군 안성면	통인리	소각장	수도작지대
	S03.	전북 무주군 안성면	공정리	공정교	수도작지대
	S04.	전북 무주군 안성면	내당리	공정교	수도작지대
	S05.	전북 무주군 안성면	외당리	마을끝	수도작지대
	S06.	전북 무주군 안성면	상산리	마 을	수도작지대
	S07.	전북 무주군 안성면	하산리	덕용교	수도작지대
	S08.	전북 무주군 안성면	하산리	덕용교	수도작지대
	S09.	전북 무주군 안성면	하산리	안청천	수도작지대
	S10.	전북 무주군 안성면	신촌리	보건소	수도작지대
	S11.	전북 진안군 동향면	하산동	마 을	수도작지대
	S12.	전북 진안군 동향면	능금리	안쇄실	수도작지대
	S13.	전북 진안군 동향면	능금리	안쇄실	수도작지대
	S14.	전북 진안군 동향면	대량리	동향중	수도작지대
S15.	전북 진안군 동향면	하양지	동향국	수도작지대	
S16.	전북 진안군 동향면	성산리	대야교	수도작지대	
S17.	충남 금산군 부리면	신촌리	신촌교	수도작지대	
S18.	충남 금산군 부리면	신촌리	학 교	수도작지대	
S19.	충남 금산군 부리면	신촌리	신촌교	인삼밭토양	
S20.	충남 금산군 부리면	신촌리	신촌교	수도작지대	
S21.	충북 영동군 확산면	원당리	원당천	수도작지대	
S22.	충북 영동군 확산면	원당리	원당천	포도밭토양	
S23.	충북 영동군 확산면	원당리	원당천	수도작지대	
S24.	충북 영동군 확산면	원당리	원당천	포도밭토양	
금강호유역	S25.	전북 익산군 성당면	성당리	왼 쪽	수도작지대
	S26.	전북 익산군 성당면	성당리	오른쪽	수도작지대
	S27.	전북 익산군 성당면	부곡리	왼 쪽	수도작지대
	S28.	전북 익산군 성당면	부곡리	왼 쪽	수도작지대
	S29.	전북 익산군 성당면	부곡리	오른쪽	수도작지대
	S30.	전북 익산군 성당면	장선리	오른쪽	수도작지대
	S31.	전북 익산군 성당면	장선리	왼 쪽	수도작지대
	S32.	전북 익산군 성당면	와초리	오른쪽	수도작지대
	S33.	전북 익산군 성당면	와초리	왼 쪽	수도작지대
	S34.	전북 익산군 용안면	덕룡리	왼 쪽	수도작지대
	S35.	전북 익산군 망성면	용두리	오른쪽	수도작지대
	S36.	전북 익산군 망성면	용두리	왼 쪽	수도작지대
	S37.	전북 익산군 망성면	법성리	오른쪽	수도작지대
	S38.	전북 익산군 망성면	법성리	왼 쪽	수도작지대
	S39.	전북 익산군 망성면	석동리	오른쪽	수도작지대
	S40.	전북 익산군 망성면	석동리	왼 쪽	수도작지대

달한다. 주요 지류는 상류로부터 남대천, 봉황천, 송천, 갑천, 미호천, 유구천, 지천, 논산천 등이 있으나 미호천을 제외하고는 어느 것이나 본류의 3~6% 정도의 유역면적밖에 가지지 않은 소하천들이다. 금강본류는 소백산맥의 주봉인 표고 1,594m의 덕유산에서 발원하여 북쪽으로 흐르다가 중류 침천부근에서 노령산맥을 관입하면서 지류 미호천과 합류되는 곳에서 남서쪽으로 우향하여 군산지점에서 황해로 유입된다.

금강유역의 평야부는 청주부근과 논산, 강경지역에 발달되어 있고, 분지는 미호천지류와 대전, 금산, 옥천, 부여일대에 산재되어 있으며 하류지역에는 넓은 구릉지대가 발달되어 있다. 금강수계에는 현재 중류지역에 대청 다

목적댐이 설치되어 있고 하류지역에 금강하구둑이 건설되어 있으며 상류지역에 용담다목적댐이 건설중에 있어 충청남북도와 전라북도, 그리고 서해안개발에 필요한 각종 용수공급원으로서의 역할을 담당하게 되는 하천이다.

금강 상류 및 남대천 수계는 전형적인 농업지역으로 수도작이 주를 이루고 있는데 최근 들어 관광지로의 개발 및 특용작물의 재배면적이 증가하고 있는 추세이다. 금강호유역의 경우는 수도작을 중심으로 주변에 소규모 축산시설이 급증하고 있으며, 최근 들어 시설채소단지가 증가하고 있다.

**조사시기 및 조사지점**

토양시료에 대한 조사는 금강수계 상류 및 남대천 수계, 금강호 유역 중에서 비교적 농업 활동이 많이 이루어지고 있는 전형적인 수도작지대와 복합영농지역의 토양시료를 채취하였다. 조사시기는 1995년 7월부터 1996년 6월까지 12개월간으로서 총 2회 40개지점을 표토와 심토로 구분하여 조사 비교하였으며(표 1), 토양시료는 1차(1995. 9. 24~9. 29), 2차(1996. 4. 10~4. 18)로 구분하여 채취하였다.

수질현황조사는 금강 최상류역인 용포교 수계 그리고 무주읍 관류하천인 남대천 수계를 기점으로 하여 금강 최하류지역인 전라북도 익산시 망성면의 금강하구연까지를 대상으로 하였다. 조사시기는 1995년 7월부터 1996년 6월까지 12개월간으로서 총 3회 47개 지점을 조사 비교하였다(표 2). 수질시료는 1차(1995. 7. 24~7. 27), 2차(1995. 11. 20~11. 25), 3차(1996. 4. 5~4. 10)로 구분하여 채취하였다.

**시료채취 및 분석방법**

시료채취 토양시료는 토양채취기를 이용하여 채취한 다음 폴리에틸렌 봉지에 넣어 운반한 후 풍건시킨 다음 2mm체를 통과시켜 농업기술연구원 토양화학분석법<sup>19)</sup>에 따라 분석하였다.

수질시료 채취는 각 지점당 3개소씩 수심 약 30cm 되는 곳에서 폴리에틸렌용기(2ℓ)에 채수하여 Ice box에 보관하여 실험실로 운반하였다. 또한 수질시료중 암모니아태 질소, 총질소, 화학적산소요구량을 측정하기 위하여 황산으로 pH를 2이하로 조정한 다음 4°C이하에서 보관하였으며, 그밖의 시료보관 및 분석은 환경처의 수질공정시험법<sup>19)</sup>에 기준하였다.

분석방법 토양시료중 입도분석은 미국 농무성법에 기준하여 5% sodium hexa-metaphosphate 분산에 의한 pipette법, pH측정은 토양과 증류수의 비율을 1:5로 희석한 현탁액 중에서 pH-meter(TOA HM-20S)로 측정하였다. 토양유기물은 Walkley-Black법, 총인산은 Vanadate법, 유효인산은 Bray법, 치환성 양이온은 1M-NH<sub>4</sub>OAc(pH: 7.0)에 의한 침출 후 원자흡광분석기(Varian

Table 2. Locations of water samplings.

Districts	Site No.	Locations
금강상류 및 남대천 수계	W01	전라북도 진안군 상전면 갈현리 갈주교
	W02	전라북도 진안군 상전면 수동리 외송교
	W03	전라북도 진안군 상전면 구룡리 평원마을
	W04	전라북도 무주군 안성면 장내리 철교
	W05	전라북도 무주군 안성면 돈당리 공정교
	W06	전라북도 무주군 안성면 중산리 덕유교
	W07	전라북도 진안군 동향면 능금리 금곡교
	W08	전라북도 진안군 동향면 대량리 성산교
	W09	전라북도 진안군 동향면 자산리 용암교
	W10	전라북도 무주군 무주읍 용포리 용포교
	W11	전라북도 무주군 무주읍 중리 무주교
	W12	전라북도 무주군 무주읍 장백리 장백교
	W13	전라북도 무주군 실천면 기곡리 기곡교
	W14	전라북도 무주군 실천면 청량리 남대천교
	W15	충청북도 영동군 용화면 용화리 용화교
	W16	전라북도 무주군 무풍면 현내리 무풍교
	W17	전라북도 무주군 무풍면 현내리 무창교
	W18	전라북도 무주군 무풍면 철목리 철목교
	W19	전라북도 무주군 실천면 길산리 선바위
	W20	전라북도 무주군 무주읍 읍내리 내도교
	W21	충청남도 금산군 부리면 도파리 수통대교
W22	충청남도 금산군 부리면 신촌리 신촌교	
W23	충청남도 금산군 제원면 제곡리 제원대교	
W24	충청남도 금산군 제원면 제원리 제원교	
W25	충청북도 영동군 양산면 호탄리 호탄교	
W26	충청북도 영동군 양산면 호탄리 잠수교	
W27	충청북도 영동군 양산면 호탄리 호탄천상류	
W28	충청북도 영동군 학산면 원당리 원당천상류	
W29	충청북도 청원군 부용면 부용리 지천	
금강호 유역	W30	충청남도 연기군 동면 예양리 미호교
	W31	충청남도 연기군 금남면 대평리 금남교
	W32	충청남도 연기군 남면 송원리 송암교
	W33	충청남도 공주시 금성동 금강교
	W34	충청남도 공주시 신관동 정안천교
	W35	충청남도 청양군 우성면 동대리 동대교
	W36	충청남도 부여군 장평면 구룡리 지천교
	W37	충청남도 부여군 규암면 반산리 나목교
	W38	충청남도 부여군 규암면 반산리 백계교
	W39	충청남도 부여군 규암면 반산리 백계교 상류
	W40	충청남도 부여군 규암면 석동리 석동교
	W41	충청남도 부여군 양화면 입포리 입포교
	W42	충청남도 부여군 양화면 벽룡리 벽룡교
	W43	충청남도 부여군 양화면 성외리 단상교
	W44	충청남도 부여군 화양면 황사리 광암교
	W45	충청남도 부여군 화양면 옥포리 옥포교
	W46	충청남도 서천군 마서면 망월리 망월교
	W47	충청남도 서천군 마서면 망월리 금강하구둑

spectr AA 400)를 이용하여 분석하였다. 질산태질소는 Brucine법, 암모니아태질소와 전질소는 Kjeldahl법으로 측정하였다. 또한 Cu, Cd, Fe, Mn, Zn는 토양을 0.1M-HCl으로 침출 후 원자흡광분석기를 이용하여 분석하였다. 수질시료중 pH와 EC는 현장에서 기기(Orion Model 840)를 이용하여 직접 측정하였으며, COD는 시료 100 ml를 취하여 과망간산칼륨법에 기준하여 분석하였다. 전

질소와 암모니아태질소는 수질시료 500ml를 취하여 Kjeldahl법에 기준하여 분석하였으며, 전인산은 500ml를 취하여 50ml로 농축한 다음 염화제일주석 환원법에 기준하여 분석하였다. Cu, Cd, Fe, Mn, Zn는 시료 500ml를 취하여 50ml로 농축하여 원자흡광분석기를 이용하여 분석하였다. NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>는 0.45µm이하의 유리 섬유여지(GF/C)를 사용하여 여과한 다음 이온크로마토 그래피(Dionex, MIC-2001)를 이용하여 분석하였다.

**결과 및 고찰**

금강상류 및 남대천 수계는 임야가 차지하는 비율이 26%로 높은 편이며 전형적인 농업지역으로 수도작이 주를 이루고 있는데 최근 들어 관광지로의 개발 및 특용작물의 재배면적이 증가하고 있는 추세이다. 금강호 유역의 경우는 수도작을 중심으로 주변에 농공단지과 소규모 축산시설이 급증하고 있으며 최근 들어 시설채소 단지가 증가하고 있다.

금강수계 상류 및 남대천 수계, 금강호 유역 중에서 비교적 농업 활동이 많이 이루어지고 있는 수도작지대와 복합영농지역의 토양과 수질의 오염정도를 조사한 결과는 다음과 같다.

**토양오염 현황**

pH 금강수계 토양의 표토 pH는 비교적 산간지대로서 전형적인 농업지대인 상류와 남대천 수계의 경우 약 5.56~7.09 수준이었으며, 대전공업단지와 농공단지가 주변에 산재해 있는 금강호 유역의 경우 5.07~7.26 정도의 수준을 유지하고 있었다.

질소원 전형적인 농업지역으로 밭농사 보다는 수도작이 주를 이루고 있는 금강상류 토양의 전질소 함량은 농업적인 형태에 영향을 크게 받는 것으로 나타났다. 즉 기비와 분얼비, 수비를 사용한 시기에 토양중 전질소의 함량이 높게 나타났으며, 금강호 유역은 시설원예와 특수작물 재배면적의 증가로 인하여 일정한 경향을 보이지 않았으며, 대전, 공주, 부여와 같은 중소도시의 형성으로 인해 가정에서 배출되는 가정하수와 공업단지에서 배출되는 산업폐수에 의한 영향을 더 받는 것으로 나타났다.

인산원 금강수계 토양 중 인산원은 표토와 심토가 크게 차이를 나타내지 않았으며, 상류와 금강호 유역의 차이가 크게 나타나지 않았는데 상류의 경우 부분적으로 축산단지 부근의 토양에서는 금강호 유역 보다 높게 검출되었다.

중금속 오염물질 금강 상류와 금강호 유역의 토양에서 검출되는 중금속의 함량은 불검출에서 자연함유량 수준으로서 아직까지 오염의 우려는 없으나 철의 경우 상류에서 보다 금강호 유역에서 2배이상 높게 검출되었다.

일반적으로 2차 시료채취 때 오염물질의 농도가 1차

Table 3. Variation of pH, nutrients, and heavy metal contents along with sampling time of the soil samples from the Keum river districts. Unit : mg/kg

Items	Keum river head water, Namdae-cheon				Keumgang-lake			
	surface soil		sub soil		surface soil		sub soil	
	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
pH(1 : 5)	5.56-6.54 (6.19)	6.46-7.01 (6.79)	6.10-7.00 (6.51)	6.61-7.09 (6.84)	5.08-5.92 (5.51)	5.07-5.88 (5.49)	5.55-7.26 (6.52)	5.50-7.21 (6.49)
T-N	810.7-3,989.9 (2,071.0)	235.0-2,141.3 (1,104.3)	142.7-2,346.4 (1,088.0)	138.1-1,490.9 (826.7)	896.6-1,998.3 (1,328.3)	562.3-1,420.6 (1,009.8)	354.4-2,056.6 (1,018.9)	225.9-1,573.3 (759.7)
T-P	122.1-568.3 (340.8)	61.6-449.8 (234.9)	158.6-560.8 (301.0)	88.7-697.1 (266.5)	148.6-466.6 (302.1)	126.3-420.3 (264.5)	172.5-395.1 (260.0)	102.3-289.3 (201.3)
NO <sub>3</sub> -N	3.8-116.6 (35.6)	2.6-67.3 (20.0)	0.5-29.8 (11.5)	0.3-38.8 (4.66)	11.2-91.7 (40.9)	8.9-68.9 (27.9)	0.7-31.1 (19.9)	0.6-28.5 (16.1)
NH <sub>4</sub> -N	2.6-24.8 (13.3)	2.3-21.1 (9.5)	15.6-76.9 (30.3)	4.6-56.3 (15.20)	2.8-34.9 (9.2)	2.1-22.5 (7.1)	12.3-54.2 (33.2)	8.9-42.3 (25.9)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	22.9-99.4 (59.5)	24.5-324.0 (173.3)	22.1-88.6 (50.5)	18.9-242.0 (109.2)	20.3-82.3 (33.3)	14.6-66.3 (28.1)	23.6-48.8 (34.8)	18.2-40.2 (25.9)
Cd	N.D	N.D-0.06 (0.01)	N.D	0.00-0.35 (0.02)	0.00-0.02 (0.00)	N.D	0.00-0.02 (0.00)	N.D
Mn	10.5-149.5 (50.3)	6.5-83.5 (27.0)	4.5-257.0 (74.5)	15.0-100.5 (43.2)	23.0-70.0 (38.5)	19.9-99.8 (36.4)	16.0-280.0 (81.2)	12.5-220.3 (167.5)
Zn	10.5-14.0 (11.5)	3.5-12.3 (6.7)	8.2-16.0 (10.9)	2.0-9.9 (5.6)	11.0-13.5 (12.1)	8.6-12.5 (10.2)	10.0-14.0 (11.5)	8.9-12.0 (10.3)
Fe	115.0-1,162.5 (432.5)	163.6-999.6 (687.3)	210.0-1,540.0 (703.8)	92.9-1,024.1 (566.5)	760.0-1,340.0 (1,040.6)	454.3-1,123.3 (851.3)	345.0-2,812.5 (1,238.8)	123.5-1,999.2 (957.4)
Cu	9.2-22.0 (15.0)	2.5-15.4 (9.0)	7.5-20.0 (12.1)	1.9-14.5 (7.3)	5.0-19.0 (15.0)	8.9-15.5 (12.5)	8.5-16.0 (12.3)	6.5-14.3 (11.2)

(1) N.D : Not Detected (2) ( ) : Average

시기에 비해 농도가 높게 나타났는데 1996년 3월에 금강 수계 전역에 걸쳐 내린 강우(예년 3월 강수량 : 51.7mm, 금년 3월 강수량 : 114.6mm)의 영향을 받았기 때문인 것으로 사료된다.

#### 수질오염 현황

수질환경은 한번 조사된 결과만으로 전체를 추정할 수 있는 것은 아니며, 유역의 이용상황에 따라 급변하는 것이 일반적이기 때문에 수십년간 축적된 자료가 있어야만 진정한 의미에서 수질환경보전계획을 수립할 수 있는 여건이 만들어진다. 기존의 수질측정자료는 금강수계 전역에 산재한 하천별로 모두 조사되어 있는 것이 아니라 대하천 중 일부 지점에만 국한되어 있어 금강 전역의 수질환경을 파악하기가 불가능하다.

따라서 본 연구처럼 금강유역 전체의 수계를 조사하는 연구가 다년간 추진되어 수질환경에 대한 꾸준한 데이터를 확보하여 농업생산활동이 강의 수질에 미치는 영향을 추정할 수 있으며 공업화가 진행되고 있는 상황에 있어서 다양한 개발계획 수립시 수질환경보전에 대한 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

온도 수온은 수질의 변화에 영향을 미치는 중요한 항목 중의 하나이다. 자연계내의 수온변화는 대기온도에 의해 영향을 받게 되며 용존산소의 농도에 영향을

주게 되고 수중미생물의 활동에 깊이 관여하게 되어 하천에서는 자정작용의 변수로 작용하여, 호소에서는 수체에 작용하여 밀도차를 부여하여 수온약층을 형성하게 된다. 수온약층은 보이지 않는 수체의 경계선을 형성하며 밀도가 다른 수체간에 혼합하지 못하도록 하므로서 수체의 상하운동을 방해하여 저층으로의 산소이동을 차단하는 역할을 하게 된다. 따라서 저층에 혐기성 상태를 만들며 봄과 가을에는 수온변화에 따른 전도현상이 일어나 수질악화의 요인이 되기도 한다.

본 연구기간 동안 금강수계 수온의 측정결과는 1차(여름) 평균 22.9°C, 2차(가을) 평균 16.8°C, 3차(봄) 평균 20.0°C로서 전형적인 온대지방의 계절변화 특성을 보여 주고 있다.

pH pH는 오염에 의한 수질변화를 예측할 수 있는 방법 중의 하나이며, 조류에 의해서 발생하는 탄산가스의 양에 의해서 pH값이 변화하고 조류발생을 판단할 수 있으며 다량의 폐수유입으로 인해 그 폐수 성상에 따라 pH가 변화하는 경우, 또는 상류의 지질특성에 의해 변화하는 경우가 있다.

본 연구기간 동안 금강수계 수질의 pH는 6.59~7.80으로 양호한 상태였으며, 금강하구둑과 인접해있는 W46(망월교)에서는 9.22로 높게 나타났는데 금강 하구둑 부근 염수의 침입에 의한 것으로 사료된다. 금강상류 및 남대천 유역의 경우 해당수계에 큰 도시나 큰 공장 등의

Table 4. Variation of temperature, pH, nutrients, and heavy metal contents along with sampling time of the water samples from the Keum river districts. Unit : mg/L

Items	Keum river head water, Namdae-cheon			Keumgang-lake		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
Temp.(°C)	22.0-25.0 (22.1)	16.2-17.5 (16.9)	15.1-23.1 (18.2)	21.8-28.0 (24.3)	16.5-17.1 (16.8)	18.5-25.2 (21.5)
pH	6.66-7.86 (7.20)	7.05-8.41 (7.80)	7.01-8.47 (7.40)	6.59-9.22 (7.32)	7.21-8.90 (7.72)	7.23-8.92 (7.88)
EC(μS/cm)	63-191 (118)	80-204 (141)	54-282 (115)	64-542 (189)	103-446 (232)	100-603 (266)
COD	0.66-1.31 (0.93)	0.10-0.49 (0.22)	0.27-1.07 (0.63)	0.27-2.42 (1.34)	0.14-1.86 (0.64)	0.05-3.17 (1.07)
T-N	0.33-5.98 (2.41)	0.40-2.33 (1.11)	1.33-4.76 (2.37)	0.79-3.99 (1.39)	0.32-5.38 (1.11)	0.25-6.25 (1.68)
T-P	0.03-0.53 (0.15)	0.01-0.42 (0.07)	0.01-0.21 (0.06)	0.05-0.37 (0.15)	0.01-0.15 (0.06)	0.01-0.28 (0.07)
NO <sub>3</sub> -N	0.26-5.76 (1.67)	0.06-1.90 (0.72)	0.94-3.77 (1.04)	0.32-3.09 (0.98)	0.09-3.91 (0.63)	0.06-2.05 (1.04)
NH <sub>4</sub> -N	0.01-0.14 (0.05)	0.01-0.18 (0.08)	0.20-0.62 (0.33)	0.03-0.51 (0.15)	0.04-0.95 (0.22)	0.08-1.30 (1.23)
Ortho-P	0.01-0.15 (0.07)	0.00-0.04 (0.01)	0.00-0.14 (0.01)	0.05-0.15 (0.10)	0.00-0.007 (0.003)	0.00-0.03 (0.002)
Cl <sup>-</sup>	1.44-5.44 (3.37)	0.86-6.55 (2.62)	4.46-11.52 (8.59)	2.23-14.70 (6.26)	2.19-15.02 (3.15)	2.20-38.46 (22.47)
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	5.9-15.5 (12.9)	1.0-5.0 (2.51)	4.84-11.92 (8.75)	6.34-42.00 (18.1)	1.74-29.99 (4.59)	1.20-51.95 (19.08)
Cd	0.001-0.012 (0.002)	0.001-0.005 (0.002)	N.D (0.002)	0.001-0.006 (0.002)	0.001-0.012 (0.002)	0.000-0.025 (0.002)
Cu	0.005-0.019 (0.006)	0.015-0.056 (0.008)	0.001-0.020 (0.004)	0.002-0.012 (0.003)	0.031-0.042 (0.034)	0.000-0.045 (0.003)
Zn	0.006-0.024 (0.007)	0.002-0.041 (0.006)	0.001-0.004 (0.002)	0.002-0.012 (0.010)	0.010-0.057 (0.014)	0.002-0.030 (0.015)
Mn	0.003-0.029 (0.006)	0.005-0.025 (0.008)	0.001-0.007 (0.004)	0.009-0.031 (0.013)	0.010-0.037 (0.014)	0.002-0.061 (0.014)
Fe	0.015-0.107 (0.089)	0.000-0.078 (0.045)	0.000-0.058 (0.022)	0.058-0.447 (0.146)	0.025-0.632 (0.245)	0.022-0.535 (0.209)

(1) N.D : Not Detected (2) ( ) : Average

오염물질 배출업소가 적고 산지가 많아 수질상태가 양호한 편이었으며, 해당수계에 축사가 산재해 있으며 대전공업단지를 거쳐 금강수계로 유입되는 금강호유역은 부분적으로 수질의 상태가 불량하였다.

EC 삼투압으로 인하여 작물의 수분흡수에 큰 영향을 미치는 EC를 조사한 결과 금강상류 및 남대천 유역의 경우 오염물질의 유입이 적은 관계로 EC가 대체로 150 μS/cm이하를 유지하고 있었으나 부분적으로 축산폐기물이 유입되는 지점에서는 200μS/cm이상을 나타내는 지점도 있었다. 또한 대전공업단지와 부여·공주지역의 농공단지를 거쳐 하류로 유입되는 지점에서는 500μS/cm이상을 유지하는 지점도 있었다.

COD 수종의 피산화성물질을 일정한 산화조건에서 반응시켜 그에 요구되는 산화제의 양을 산소량으로 계산한 COD의 분석결과 금강상류 및 남대천유역의 경우 오염물질의 유입이 적은 관계로 COD가 대체로 1.0mg/

ℓ이하로 상수원수 1급수 수준을 유지하고 있는 반면, 금강호 유역에서는 큰 도시나 농공단지 등에서 유출되는 산업폐수와 축산폐수 및 생활하수의 유입으로 인하여 부분적으로 약간 높게 나타나고 있으나 대부분 2.0mg/ℓ 이하로 상수원수 2급수 수준을 유지하고 있었다. 시료채취시기에 따른 COD의 변화를 보면 남대천수계와 금강상류지역은 큰 차이가 없었으나 금강호유역의 하류지역에서는 1차시기에 가장 높게 나타났다.

질소원 우리나라 호소 수질환경 기준에는 1등급이 0.2 mg/ℓ 2, 3등급이 각각 0.4mg/ℓ, 0.6mg/ℓ이하로 정하고 있는데 금강수계의 전질소량은 상류에서 일반적으로 높게 나타났다. 상류지역과 금강호 유역에서 질소원의 농도차이가 크게 나타나지 않았으나 시료채취시기별로 약간의 차이를 나타내고 있었다.

시료채취시기에 따른 전질소 및 암모니아태질소의 함량변화를 보면 남대천 수계와 금강 상류지역의 수도작지대에서 분얼비를 시비한 1차시기와 기비를 시용한 3차시기에 모두 높았으며, 금강호유역의 하류지역에서는 시설원에 및 특수작물 재배면적의 증가로 인하여 일정한 경향을 보이지 않았다.

인산원 수질악화의 원인이 되는 부영양화를 일으키고 식물성 플랑크톤의 과다발생을 일으켜 이취미와 수색변동을 일으키는 영양염류중 대표적인 전인산의 부하량은 전반적으로 0.50mg/ℓ 이하였으며 상류 및 남대천 수계의 경우 해당수계에 큰 도시나 공업단지 등 오염물질 배출업소가 적고 산지가 많은 관계로 인산부하량이 높지 않은 편이었으나 금강호 유역은 해당 수계에 대도시의 형성에 따른 가정하수와 공업단지에서 배출되는 산업폐수와 부분적으로 유입되는 관계로 부분적으로 인산부하량이 증가하는 경향이였다.

질산염, 인산염, 황산염, 염소이온 금강유역 수질에서 검출된 음이온 중 질산염과 인산염이 1차 시료채취시에 상류에서 부분적으로 높게 나타났다. 시료채취시기가 여름철이어서 많은 관광객의 이동도 있었지만 농가 소규모 축산시설에서 배출되는 축산폐수에 의한 영향이 컸던 것으로 생각된다. 염소이온과 황산이온의 농도는 상류와 하류의 차이가 크게 나지 않았으며 함량은 낮은 수준이었다. 금강하구둑 인접지역에서 부분적으로 높게 나타났는데 이것은 염수침입에 의한 농도상승으로 사료된다.

중금속오염물질 금강수계 수질중에서 검출된 중금속의 함량은 극미량수준이었다. 일본의 수도재배용 농업용수 제한기준은 아연 0.5, 구리 0.02, 카드뮴 0.01mg/ℓ에 비하면 금강수계 수질중에서 검출되는 평균 중금속함량은 아연 0.010, 구리 0.008, 카드뮴 0.002mg/ℓ으로 양호한 수준이었다. 이것은 수계인근에 광산이나 중금속 오염배출원이 적게 존재하는 관계로 오염물질의 유입이 크지 않았기 때문인 것으로 사료된다.

## 적 요

금강수계 상류 및 남대천 수계, 금강호유역 중에서 비교적 농업 활동이 많이 이루어지고 있는 수도작지역과 복합영농지역의 토양 및 수질의 오염실태를 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 금강수계 토양의 pH는 비교적 산간지대로서 전형적인 농업지대인 상류와 남대천 수계의 경우 약 5.56~7.09 수준이었으며, 대전공업단지와 농공단지가 주변에 산재해 있는 금강호 유역의 경우 5.07~7.21 정도의 수준을 유지하고 있었다.

2. 호소에서 부영양화를 유발하는 영양염류 중 대표적인 질소는 상류와 하류에서 큰 차이를 나타내지 않았으나 질소질비료 시비시기와 부분적으로 배출되는 축산폐수의 영향을 받았으며, 전인산의 함량도 비슷한 경향이였다.

3. 금강수계 수질의 pH는 6.59~7.80으로 양호한 상태였으며, EC의 경우도 상류 및 남대천 유역의 경우 오염물질의 유입이 적은 관계로 150 $\mu$ S/cm이하를 유지하고 있었으나, 대전공업단지와 부여·공주지역의 농공단지를 거쳐 하류로 유입되는 지점에서 500 $\mu$ S/cm이상을 유지하는 곳도 있었다.

4. 금강상류 및 남대천 수계의 수질 중 COD는 1.0 mg/l이하로 상수원수 1급수 수준을 유지하고 있는 반면 금강호 유역에서는 큰 도시나 농공단지 등에서 배출되는 산업폐수와 생활하수의 유입으로 인하여 부분적으로 약간 높게 나타나고 있으나 대부분 2.0mg/l이하로 상수원수 2급수 수준을 나타내고 있었다.

5. 금강수계 상류와 금강호 유역 수질 중 질소원 함량은 큰 차이를 보이지 않았으나 분얼비와 기비를 시비한 시기에 증가하는 경향을 나타내었다. 이것으로 보아 질소 질비료의 시비시기에 따른 강우에 의한 토양 유출수 중 영양염류의 집중관리가 수계로 유입되는 영양염류의 농도를 감소시키는데 중요한 역할을 하는 것으로 생각된다.

6. 금강상류와 금강호 유역 수질 중 인산원의 농도는 전반적으로 0.50mg/l이하였으나, 금강호 유역은 대도시의 형성에 따른 가정하수와 농공단지에서 배출되는 산업폐수가 부분적으로 유입되는 일부 지점에서 높게 나타나고 있었다.

7. 금강수계 상류와 금강호 유역의 토양과 수질 중 중금속함량은 불검출에서 자연함유량 수준으로 아직까지

오염의 우려는 없는 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

1. 전라북도(1995). 수질보전대책 종합보고서(만경강, 동진강, 섬진강, 금강).
2. 국토개발연구원(1989). 상수보호구역의 지정과 관리에 관한 연구.
3. 환경처(1992). 전국 환경보전 장기종합계획사업 종합보고서(I, II, III)
4. 국립환경연구원(1989). 하천 및 호소수질의 최적화 관리 방안.
5. 광주환경지청(1989). 영산강 수질보전대책(III).
6. 박혜영(1992). 낙동강에서의 영양염 분포특성에 관한 연구, 부산수산대학교 석사학위논문.
7. 김복영(1988). 수질오염과 농업, 한국환경농학회지, 7(2) 153.
8. Schindler, D. W(1977). Evolution of phosphorous limitation in lakes, Science. 195.
9. 양운진(1989). 환경식물학, 동화기술, 121~198.
10. 농업환경화학(1989). 동화기술, 119~141.
11. 환경농학(1991). 한국환경농학회.
12. 농업환경보전(1991). 한국환경농학회. 창립 10주년 기념 심포지움.
13. 광주환경지청(1989). 만경강 수질보전대책.
14. 한국수자원공사(1993). 금강, 영산강, 섬진강 유역 용수 이용현황조사 자료집.
15. 농림수산부(1995). 농림수산통계연보.
16. 환경부(1994). 한국환경연감.
17. 전라북도(1988). 금강 하천정비 기본계획.
18. 농업기술연구소(1990). 토양화학분석법.
19. 환경처(1993). 수질공정분석법.
20. Ellis(1993). Agriculture and the environment, Horwood Limited.
21. Olle Petterson(1976). Heavy metal ion uptake by plants from nutrient solution with metal plant species and growth period variation. Plant and Soil. Vol. 45. 445~449
22. Sigmund F. Zakrzewski(1991). Principles of Environmental Toxicology. ACS professional reference book. 208~210.
23. Angelone, M. and C. Bini(1992). Trace elements concentration in soils and plants of Western Europe, Lewis publishers. 19~60.