한국농공학회논문집
제50권 제1호

JOURNAL OF THE KOREAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, JAN. 2008, pp. 85-92

영농기 농촌 평야지 유역의 중금속 부하량 산정

Estimation of Heavy Metal Loads at Plain Area of the Rural Watersheds during Farming Season

김진호*,† · 한국헌*

Kim, Jin Ho*,† · Han, Kuk Heon*

Abstract

This study was carried out to estimate heavy metal loads at plain area of the rural watersheds during farming season in 2006. The experimental area was belonging to Geum River watershed. That was located at the center of South Korea. Water samples were corrected at two kinds of aspects. One is regular sampling(every two month) and the other is irregular sampling(every rainfall event). The result showed that heavy metal properties of regular samples were highest at May and June with lively agricultural activities. Heavy metal concentration of irregular samples was lower than that of regular samples. But the heavy metal loads of irregular samples were high. The correlation between each heavy metals of regular samples was following as Mn-Cd > Mn-Fe > Mn-Al > Fe-Al > Al-Cd. The correlation of irregular samples was following as Fe-Al > Zn-Mn > Fe-Cd > Cd-Al. Loading rates of daily discharge the plain area of designed rural watershed during farming season were Al 3.070 kg/day, Cu 0.526 kg/day, Fe 0.745 kg/day, Zn 0.314 kg/day, Cd 0.010 kg/day, Cr 0.055 kg/day, Mn 0.140 kg/day and Pb 0.098 kg/day. Loading rate of discharge with heavy metals during the survey period was Al(577.23 kg) > Fe(140.08 kg) > Cu(98.93 kg) > Zn(58.99 kg) > Mn(26.34 kg) > Pb(18.51 kg) > Cr(10.34 kg) > Cd(1.93 kg).

Keywords : Non-point source pollution, Agricultural watershed, Heavy metal, Correlation, Loading rate

Ⅰ. 서 론

중금속은 환경에 유입되면 동·식물의 생체 내에 축적되고 먹이사슬을 통해 확대됨으로써 결국은 우리 인체에도 해를 미치는 지속성 오염물질이다(Choi et al., 1998). 자연에서 배출되는 중금속은 토양의 고형 유기물에 흡착되어 침전되거나, 수중에 용존 상태로 큰 강으로 유입되어 바다로 배출되어지고, 인간의 활동에 그 오염도는 점점 더 증가하고 있는 실정이다.

최근까지의 연구는 대부분이 큰 하천이나 해안지역을 중심으로 한 중금속의 함량에 관한 조사 연구를 통하여 생태계 내 생물들에 미치는 영향을 추정하는 연구와 유효한 오염지표의 검토들을 위한 연구가 진행되어 왔고(Kim, 1988; Kim et al., 1991), 오염물질의 주요 통로가 되는 하천에 대한 연구는 한강에서 중금속 함량에 대한 조사와 오염정도 파악(Kim et al., 1981; Hong et al., 1981), 금호강에서 수계의 토양 및 수질의 오염현황 파악(Kim et al., 1984; Lee et al., 1986), 금호강 수질환경의 계절적 변동과 관리 및 중금속 오염과 변동에 대한 연구(Lee et al.,

* 농촌진흥청 농업과학기술원 환경생태과
† Corresponding author. Tel.: +82-31-290-0221
Fax: +82-31-290-0206
E-mail address: water@rda.go.kr

1996; Park et al., 1996)가 이루어져 왔다. 그러나 이들 연구들은 대부분 도시 및 산업단지가 밀집한 대규모 하천에서의 중금속 오염에 관한 연구였고, 농촌 유역에서의 중금속 오염과 변동 상황에 대한 연구는 현재까지 미흡한 편이다.

농업활동에 의해 배출되는 중금속들은 대부분 비료, 농약, 농자재 및 외부적 요인에 의해 발생하며 작물에 흡수되거나 토양에 축적되어진다. 이렇게 흡수되거나 축적되어진 중금속들은 강우나 하천공사 등에 의해 토양에 흡착된 상태로 농촌유역의 소하천에 유입되어 오염을 유발시킨다. 그러나 농촌유역의 소하천을 대상으로 한 연구는 영양염류에 대한 연구 즉 원단위 부하량 및 유출 부하량 등이 주로 연구되어 왔을 뿐(Kwon et al., 2002; Kim et al., 2003; Kim et al., 2005), 농촌유역의 소하천에 대한 강우 및 비강우시기의 중금속 유출 부하량에 관한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 농촌 소유역인 공주시 의당면에 위치한 동혈천 유역을 대상으로 오염물질 중 중금속의 수질 변화양상과 유출 부하량을 평가하고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 조사대상지역

본 연구의 대상유역은 충남 공주시 의당면에 위치한 동혈천 유역을 연구대상지로 선정하여, 영농기간을 포함 2006년 4월 27일~10월 31일(188일)까지 연구를 수행하였다. 동혈천 유역의 총면적은 1,924 ha로 이 중 논이 355.36 ha(18.5%), 밭이 157.76 ha(8.2%), 산림 1,323.37 ha(68.8%), 거주지 및 기타가 85.74 ha(4.5%)의 토지이용을 보이고 있다(Table 1, Fig. 1). Fig. 2는 시험유역의 토양통으로 대구통, 귀

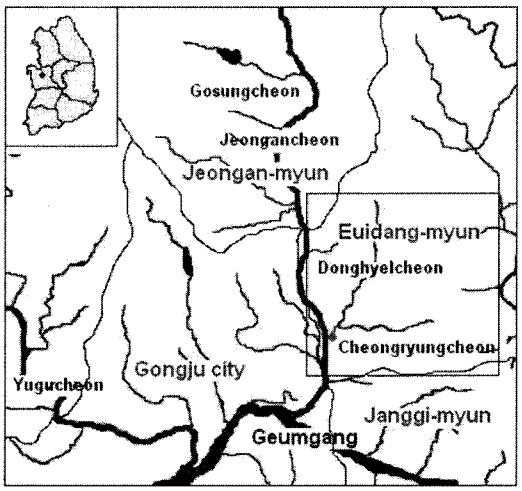

Fig. 1 Location of the study area

Table 1 Land use of the study area (Unit : ha)

Item	Total	Paddy	Upland	Orchard	Forest	Residential	Others
Value	1,924.00 (100%)	355.36 (18.47%)	157.76 (8.21%)	1.77 (0.09%)	1,323.37 (68.78%)	68.53 (3.56%)	17.21 (0.89%)

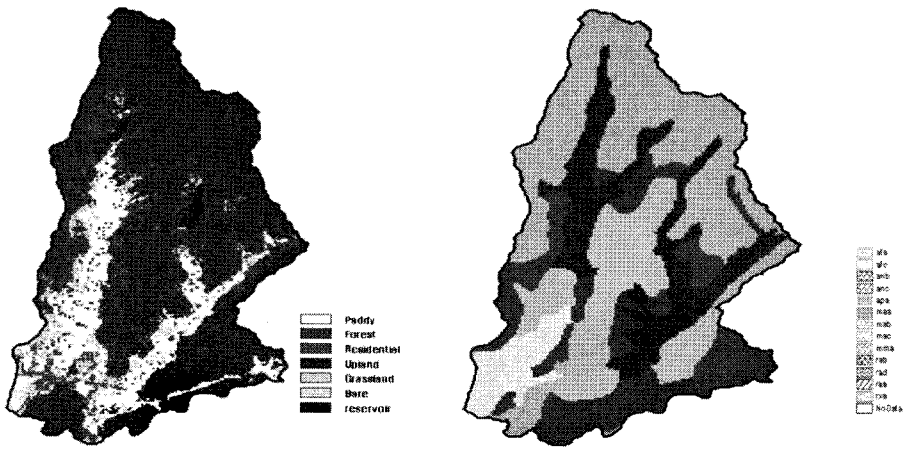

Fig. 2 Land use and soil map in the experimental watershed

산통, 오산통, 매곡통이 주를 이루고 있으며, 하천주변으로는 석천통이 주를 이루고 있으며, 시험유역의 토질은 주로 배수가 매우 양호한 양토 내지 미사질양토로 이루어져 있다.

본 연구대상유역인 동혈천 유역의 점오염원현황을 보면, 인구는 5,025명으로 그 중 남자는 2,544명, 여자는 2,481명이며, 가축사육두수는 한우 1,296두, 돼지 7,738두, 가금 153,242수, 사슴 28마리 등 주로 돼지와 가금을 많이 사육하고 있는 것으로 조사되었다.

2. 수문조사

시험유역의 수문조사는 유역말단부에 기포식수위계인 Orphimedes(OTT, Germany)와 압력식 수위계인 Level 2000(Madgetech, USA)을 설치하여 5분 간격으로 수위자료를 수집하여 상호보완을 하였으며, 수위-유량관계곡선식을 위한 유속측정은 미국 SonTek Corp.의 도플러방식 유속계인 Flow Tracker를 사용하였다. 강우시는 독일 OTT Corp.의 대용량 유속계인 프로펠라형 C31을 사용하여 유속을 측정 후, 평균단면법을 이용하여 유량을 산정하였다. 중금속의 유출부하량 산정은 L-Q식을 이용하여 구하였다. 시험유역의 기상자료는 유역말단부에서 3 Km정도 떨어진 공주시농업기술센터의 AWS자료를 이용하였다.

3. 수질조사 및 분석방법

수질시료 채취는 연구기간동안 2주 간격으로 정기조사를 실시하였으며, 강우기 시료채취는 유역말단부에 Autosampler를 설치하여 강우사상별로 2시간 간격으로 일주기 분석 시료를 채취하였다. 분석방법은 수질오염공정시험방법(Ministry of Environment, 2002)에 준하여 실시하였으며, 채취한 수질 시료는 실험실로 옮겨 c-HNO_3를 첨가하여 pH 2 이하로 보존한 후 각 중금속 항목의 전처리 방법에 따라 전처리를 이행하였다. 중금속 정량에 이용한 기기는 ICP-AES (INTEGRA XL DUAL, GBC)로 분석조건은 다음과 같다. Generator power는 1 kw, pump speed는 10 rpm로 구성되어 있으며, 분당 아르곤 가스의 량(L/min)은 Nebulizer가 0.6 L/min, Auxiliary가 0.5 L/min 및 Plasma gas flow가 10 L/min으로 조절하여 최적 조건에서 실험을 수행하였다. 측정파장으로는 Cd, Cu, Pb, Zn, Ni, Cr, Al, Fe 및 Mn에 대하여 각각 226.502, 324.754, 220.353, 206.200, 231.604, 267.716, 394.401, 259.837 및 293.306 nm를 이용하였다.

4. 상관분석

수집된 자료는 통계용 프로그램인 SPSS Ver. 12를 이용하여 두 변수 사이의 관계의 정도를 측정하고 표현하는 분석하는 상관분석을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 강우량 및 유출량

연구기간동안 시험유역에 내린 강우량은 903.0 mm로 대전지방 30년 평균치인 1,145.6 mm 보다 적었으며, 우리나라의 장마시기인 6월부터 9월까지 강우량은 771.0 mm로 연간 총 강우량의 85.4%를 차지하고 있다. 연구기간동안 월별 강우특성을 보면, 6월의 경우는 대전지방 평균치의 77%, 8월의 경우 28%, 9월의 경우 13%로 평년값에 비해 8월과 9월의 강우량이 상대적으로 적었으나, 7월의 경우는 평년값의 182%로 상당히 많은 강우량을 나타내었다.

측정한 5분 간격의 수위자료와 수위-유량관계곡선식을 이용하여 일별 유출량을 산정하였는데, 시험유역의 유출량은 5월부터 6월 중순까지는 가뭄으로 기저유출량이 약 0.17 m^3/s로 이는 하루에 14,688 m^3가 정안천 본류로 유입된 것으로 추정되며, 장마시기 중 7월 16일~20일 사이(5일간)의 231.0 mm 강우로 인해 1.03 m^3/s에서 최고 15.68 m^3/s의 많은 유출량이 발생하였는데, 이들 5일간의 일평균유출량은 7.65 m^3/s로 3,301 천m^3 정도가 동혈천유역에서 유출된 것으로 조사되었는데, 이는 연구기간 총 유출량 8,420.7 천m^3의 39.3%로 상당한 많은 양을 차지하고 있다 (Fig. 3).

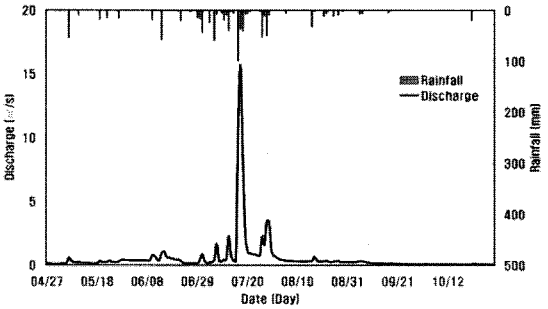

Fig. 3 Daily rainfall and discharge of the study area

2. 정기조사시 중금속 농도

연구기간동안 2주 간격으로 총 13회의 수질시료를 분석하였으며, 그 결과를 정리하면 Table 2와 같다. 미량금속중 Al은 본 시험유역에서 N.D.~0.318 mg/L로 검출되었으며, 영농활동 초기 수중에서 많은 양이 검출되었는데 시간이 지나면서 점점 감소하는 추세를 보이고 있다. Cd의 경우 N.D.~0.0003 mg/L로 검출되었고, 농업용수 수질기준은 0.01 mg/L로서 조사기간 동안 수질기준을 초과하지 않았다(Ministry of Environment). Cr은 N.D.~0.003 mg/L로 검출되었으며, 농업용수 수질기준은 6가 크롬이 0.05 mg/L인데 본 연구결과는 수질기준보다 낮았으며, 영농활동 초기에 많이 검출되는 특성을 보이고 있었다. Cu는 0.006~0.021 mg/L로 우리나라 장마시기인 7월에 다소 높게 검출되는 특징을 보였는데, 금호강 수중의 중금속류 장기변동에서 금호강 상류지역에서 Cu의 농도가 N.D.~0.050 mg/L로 보고되었는데(Bae et al., 2001), 본 연구도 영농활동 초기에 비슷한 경향으로 검출되었다. Mn은 N.D.~0.129 mg/L로 검출되었고, Pb는 본 연구에서 N.D.~0.009 mg/L로 검출되었고, Zn은 N.D.~0.055 mg/L으로 나타났고, Fe는 0.006~0.567 mg/L로 검출되었는데 다른 중금속들에 비해 영농활동 후기에 증가하여 다른 중금속 성분들과 반대 경향을 보인 것으로 조사되었다.

Al의 경우 토양, 식물, 동물조직의 구성성분으로 지질 내 풍부하게 존재하는 원소로서 먹는물 수질기준 농도는 0.2 mg/L(Ministry of Environment)이며, Cd는 일반적으로 물속의 Cd 농도는 0.001 mg/L 이하로 알려져 있고, 지표수 중의 Cd 농도가 0.002~0.003 mg/L 이상인 경우도 있는데, 이는 오염된 토양으로부터 유출된 결과로 수질이 오염된 경우라고 알려져 있다(Korean Society of Soil and Groundwater Environment, 2001).

Table 2 Average concentration of heavy metals of regular survey (Unit : mg/L)

Date	Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
2nd May	0.185	N.D.	0.001	0.016	0.261	0.003	N.D.	N.D.
15th May	0.040	N.D.	0.003	0.011	0.099	0.001	N.D.	0.001
2nd Jun.	0.055	N.D.	0.003	0.015	0.286	0.016	N.D.	N.D.
16th Jun.	0.318	0.0003	N.D.	0.018	0.567	0.129	N.D.	0.002
28th Jun.	0.104	N.D.	0.001	0.021	0.026	0.009	N.D.	0.002
11th Jul.	0.107	0.0002	0.001	0.011	0.006	0.000	N.D.	0.002
28th Jul.	0.067	N.D.	N.D.	0.007	0.018	N.D.	N.D.	N.D.
14th Aug.	0.070	N.D.	N.D.	0.009	0.050	0.014	0.004	N.D.
24th Aug.	N.D.	N.D.	0.000	0.006	0.047	N.D.	N.D.	0.013
11th Sep.	0.023	N.D.	0.001	0.008	0.101	N.D.	0.001	0.009
25th Sep.	N.D.	N.D.	N.D.	0.006	0.039	0.002	N.D.	N.D.
12th Oct.	0.039	N.D.	0.001	0.010	0.099	0.003	0.001	0.055
2nd Nov.	0.017	N.D.	N.D.	N.D.	0.017	0.002	0.009	N.D.

Cu는 가축 사료의 효과를 증진시키기 때문에 돼지나 소의 사료에 첨가되기도 하여 강우기에 가축분뇨들이 하천에 유입될 경우 Cu의 농도가 높아질 것으로 판단된다.

3. 강우시 중금속 농도

Table 3은 강우시 2시간 간격으로 측정한 각 강우사상별 중금속 농도를 나타내었다. 조사기간 동안 전체 중금속 분석시료에 대해 Al은 N.D.~1.201 mg/L, Cd는 N.D.~0.0008 mg/L, Cr은 N.D.~0.005 mg/L, Cu는 N.D.~0.218 mg/L, Fe은 N.D.~0.742 mg/L, Mn은 N.D.~0.076 mg/L, Pb는 N.D.~0.010 mg/L, Zn은 N.D.~3.194 mg/L로 검출되었는데, 강우시 중금속 농도는 정기조사의 중금속 농도보다 다소 낮게 검출되는 경향을 보였으나, Zn 함량은 증가한 것으로 조사되었다. 강우시 중금속 농도는 유량, 농도에 대한 부하량 측면에서 농업활동이나 자연적인 환경요인에 의해 토양에 흡착된 중금속 성분들이 강우에 의해 용탈되거나 토양입자에 포함되어 하천

Table 3 Concentration of heavy metals of rainy survey (Unit : mg/L)

Date	No. of sample	Item	Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn	Rainfall (mm)
14th to 15th Jun.	13	Ave.	0.193	0.0001	0.000	0.024	0.099	0.002	0.001	0.005	58
		Max.	0.829	0.0008	0.001	0.037	0.371	0.006	0.007	0.011	
		Min.	0.085	N.D.	N.D.	0.018	0.018	N.D.	N.D.	N.D.	
		Med.	0.100	0.0000	0.000.	0.024	0.056	0.001	0.000	0.005	
29th Jun. - 1st Jul.	18	Ave.	0.186	0.0001	N.D.	0.015	0.157	0.003	0.001	0.007	76
		Max.	0.910	0.0007	N.D.	0.033	0.742	0.045	0.003	0.017	
		Min.	0.065	N.D.	N.D.	0.002	0.029	N.D.	N.D.	N.D.	
		Med.	0.126	0.0000	N.D.	0.015	0.091	0.000.	0.000	0.008	
4th Jul.	8	Ave.	0.112	N.D.	0.000	0.043	0.008	0.000	0.001	0.004	24
		Max.	0.127	N.D.	0.002	0.218	0.015	0.001	0.009	0.008	
		Min.	0.103	N.D.	N.D.	0.012	0.003	N.D.	N.D.	N.D.	
		Med.	0.111	N.D.	0.000	0.020	0.006	0.000	0.000	0.004	
12th to 13th Jul.	12	Ave.	0.101	0.0001	0.000	0.011	0.037	0.026	0.000	0.999	42
		Max.	0.141	0.0005	0.002	0.014	0.131	0.076	0.001	3.194	
		Min.	0.083	N.D.	N.D.	0.005	0.002	N.D.	N.D.	0.002	
		Med.	0.099	0.0000	0.000	0.011	0.022	0.012	0.000	0.647	
16th to 19th Jul.	38	Ave.	0.064	0.0001	0.001	0.007	0.026	0.004	0.001	0.008	184
		Max.	1.201	0.0007	0.005	0.018	0.562	0.015	0.010	0.138	
		Min.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
		Med.	0.017	0.000.	0.001	0.007	0.001	0.003	0.000	0.002	
22th to 23th Oct.	11	Ave.	0.056	0.0000	0.000	0.013	0.007	0.004	0.001	0.001	20
		Max.	0.265	0.0001	0.002	0.021	0.058	0.010	0.004	0.005	
		Min.	N.D.	N.D.	N.D.	0.007	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
		Med.	0.035	0.0000	0.000	0.012	0.000	0.003	0.001	0.000	

으로 유입되는 것으로 판단된다.

4. 중금속 수질 항목간의 상관관계

정기조사 동안 중금속 성분간 상관관계는 Mn-Cd > Mn-Fe > Mn-Al > Fe-Al > Al-Cd 순으로 높은 정상관을 보였고, Pb-Cu는 부상관으로 나타났다. 본 연구 결과는 지각을 구성하는 중금속 성분 중 토양에 많이 함유된 중금속들이 상관성이 높은 것으로 나타났다. Fe과 Al이 다른 중금속들과 상관성이 높은 물질로 조사되었다(Table 4).

강우시 중금속 성분간 상관관계는 Fe-Al > Zn-Mn > Fe-Cd > Cd-Al 순으로 높은 정상관을 보였고, 특히 Fe, Mn 및 Zn에서 높은 상관성이 있는 것으로 나타났다. 중금속간의 상관성은 정기조사와 유사한 경향으로 나타났다. 강우시의 경우엔 토양에 함유된 중금속 성분들이 강우에 의해 하천 유입과 토양에서 용탈되어 농도가 증가하여 상관성이 높은 것으로 판단된다(Table 5).

Table 4 Correlation coefficient between heavy metals of regular water samples

Constituent	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
Al	0.797**	-0.163	0.669**	0.800**	0.823**	-0.257	-0.201
Cd		-0.214	0.346	0.659**	0.855**	-0.188	-0.128
Cr			0.328	0.119	-0.166	-0.297	-0.087
Cu				0.554*	0.436	-0.589*	-0.098
Fe					0.854**	-0.262	-0.075
Mn						-0.124	-0.116
Pb							-0.063

*, ** : significant at 5% and 1% level, respectively

Table 5 Correlation coefficient between heavy metals of irregular water samples

Constituent	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
Al	0.225*	0.031	0.084	0.912**	0.138	-0.101	0.005
Cd		0.113	-0.144	0.291**	0.113	0.084	0.004
Cr			-0.140	-0.051	0.058	-0.032	0.026
Cu				0.048	-0.085	-0.047	-0.037
Fe					0.191	-0.097	0.003
Mn						-0.069	0.829**
Pb							-0.106

*, ** : significant at 5% and 1% level, respectively

5. 중금속 유출부하량

연구기간동안 시험유역의 중금속 유출부하량은 유량과 부하량 관계식(L-Q식)을 이용하여 각 성분별로 유출부하량을 산정하였다. 그 결과 조사기간 전체에 대한 일별 유출부하량은 Al 3.070 kg/d, Cu 0.526 kg/d, Fe 0.745 kg/d, Zn 0.314 kg/d, Cd 0.010 kg/d, Cr 0.055 kg/d, Mn 0.140 kg/d, Pb 0.098 kg/d로 조사되었는데(Fig. 4), 이들 중금속 유출부하량의 경우 지각이 함유하고 있는 중금속들의 양과 유사한 경향을 보여준다.

조사기간에 따른 유출부하량을 보면 4월 27일부터 6월 28일까지는 영농활동이 활발한 시기로 중금속의 유출부하량이 증가하였다가 점차 감소하는 것으로 나타났다. 이는 동절기에 토양에 흡착되어 있는 중금속들이 영농활동(써레질 및 이앙기)에 의해 하천에 유입되어 증가한 것으로 판단된다. 6월 29일부터 9월 30일까지는 우리나라 장마시기로 강우에 의해 토양에 흡착된 중금속들이 하천으로 유입되는 시기로 강우시는 저농도이지만 유출량이 상대적으로 따른 시기에 비해 많아 유출부하량이 높아진 것으로 판단되며, 10월은 영농활동이 마무리되는 시기로서 하천에 유입되는 중금속들의 함량이 감소하여 유출부하량이 낮아지는데, 하천에서 발생하는 중금속 부하량은 하천의 유량과 토양에 흡착된 중금속 양과 밀접한 관련이 있다고 판단된다.

Table 6은 비강우기(4월 27일~6월 28일, 10월 1일~31일)와 강우시기(6월 29일~9월 30일)에 대한 유출부하량을 나타낸 것으로, 강우시기의 유출부하량 값이 비강우시기보다 Al은 3배, Cu는 3배, Fe는 2배, Zn와 Cd는 4배, Cr과 Mn은 6배, Pb은 3배 정도 차이가 나타나는 것으로 조사되었고, Cr, Mn과 Zn에서 가장 많은 차이를 보였다. 이런 결과는 토양속에 존재하는 중금속의 자연함량과 영농활동에 의해 축적된 중금속 성분이 강우시기동안 강우와 함께 토양에 흡착된 중금속 성분들이 유출수와 함께 하천에 유입되어 영농활동보다는 강우와 밀접한 관계가 있는 것으로 판단되며, 또한, 농촌유역의 경우 마을하수 및 유사비점오염물질이 미처리되어 하천으로 직접 유입되어 하천의 중금속 농도 및 유출부하량을 높이는데 기여하는 것으로 판단된다.

Table 6. Discharge loads between the dry and rainy seasons (Unit : kg/day)

Item	Al	Cu	Fe	Zn	Cd	Cr	Mn	Pb
Dry seasons	1.600	0.253	0.401	0.115	0.004	0.017	0.040	0.043
Rainy seasons	4.541	0.800	1.090	0.512	0.017	0.093	0.241	0.154

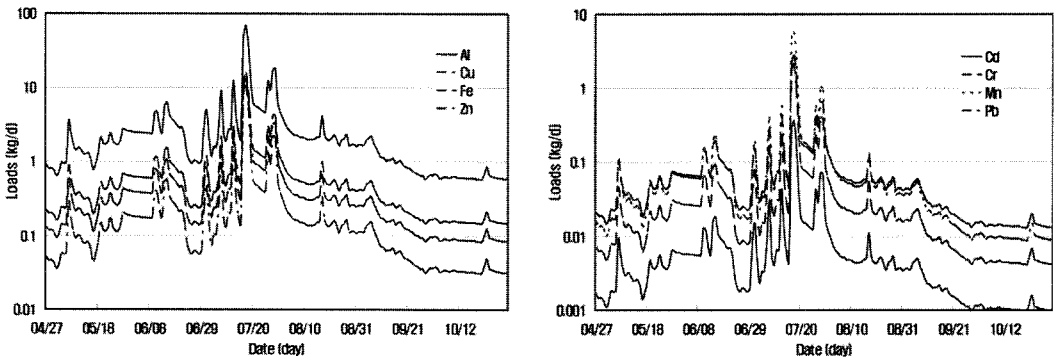

Fig. 4 Daily discharge loads of heavy metal at survey period

IV. 요약 및 결론

본 연구는 농촌유역 소하천에서 유출되는 비점원오염물질 중 중금속의 수질 변화양상과 유출부하량을 산정하기 위해, 2주 간격으로 총 13회의 정기조사와 6회의 강우-유출사상별 수질농도를 측정하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

연구기간동안 정기조사의 경우 Al, Cr, Fe의 경우는 영농활동 초기에 높은 함량을 보이다가 점차 낮아지는 경향을 보였으며, Cu는 우리나라 장마시기인 7월에 다소 높게 검출되는 특징을 보였으며, 다른 중금속 성분들과 다르게 Pb와 Zn의 경우는 영농활동 초기에는 검출되지 않다가 여름철 장마후에 증가하여 다른 중금속 성분들과 반대 경향을 보인 것으로 조사되었다.

중금속 성분간의 상관관계는 정기조사의 경우 Mn-Cd > Mn-Fe > Mn-Al > Fe-Al > Al-Cd 순으로 높은 정상관, Pb-Cu는 부상관으로 나타났고, 강우시는 Fe-Al > Zn-Mn > Fe-Cd > Cd-Al 순으로 높은 정상관을 보였는데, 중금속 성분간의 상관성은 지각을 구성하는 중금속 성분 중 토양에 많이 함유된 중금속들이 상관성이 높은 것으로 나타났다.

연구기간동안 시험유역의 중금속 유출부하량은 강우시기전에는 영농활동에 의해 증가하였는데, 이는 동절기에 토양에 흡착되어 있는 중금속들이 영농활동(써레질 및 이앙기)에 의해 하천에 유입되어 증가한 것으로 판단되며, 강우시기에는 강우에 의해 토양에 흡착된 중금속들이 하천으로 유입되어 농도는 저농도이지만 유출량이 상대적으로 따른 시기에 비해 많아 유출부하량이 타 시기에 비해 많으며, 10월은 영농활동이 마무리되는 시기로서 유출부하량이 낮아지는 경향을 보였다. 비강우기시기와 강우시기에 대한 유출부하량은 강우시기의 유출부하량 값이 비강우시기보다 2~6배 정도까지의 차이가 있는 것으로 조사되었다.

이런 중금속들은 유기물이나 토양입자에 흡착되어 흐르다가 하천이나 호소의 정체된 수역을 만났을 경우 침전 또는 침적하여 중금속 오염을 초래하므로 적절한 관리가 필요할 것으로 생각된다.

Reference

1. Bae, J. U., Lee, S. H., and Lee, S. H., 2001, Long-Term Change of Heavy Metal Concentration in the Kumho River Water. J. of the Korean Environmental Sciences Society, 10(1), pp. 27-33.
2. Choi, Y. S., and Cho, H. D., 1998, The Comparison of the Concentration of Heavy Metals in the Forest Ecosystem of the Tamyang Lake and Kwangju Lake Watershed. Agriculture Science & Technology Review, 33 : pp. 99-107.
3. Hong, S. U., and Hong, J. R., 1982. Distribution of Heavy Metals in Fresh-Water Fishes in Han River. Korean J. Limnol, 15 : pp. 7-14.
4. Kim, D. H., and Song, H. D., 1984, Heavy Metals from Water, Soil and Radish around the Geumho River Basin, Report of industrial development research institute in Kyungpook Univ., 12, pp. 131-144.
5. Kim, D. M., and Kim, H. S., 1991. About Heavy Metal Contents of Fresh-Water Shellfish to Inhabit in Guem River System. The Korean Journal of Malacology, 7 : pp. 66-75.
6. Kim, J. H., Lee, J. S., Ryu, J. S., Lee, K. D., Jung, G. B., Kim, W. I., Lee, J. T., and Kwun, S. K., 2005. Characteristics of Non-Point Pollutants Discharge in a Small Agricultural Watershed during Farming Season. Kor. J. Environ. Agric., 24(2) pp.77-82.
7. Kim, M. H., and Park, S. B., 1981. Studies on the Heavy Metal Contents of Freshwater Fishes from Han River. Korean J. of pharmaceutical society, 25 : pp. 27-37.
8. Kim, N. S., 1988, A Study on the Heavy Metal Contents in Freshwater Fishes on the Mankyung River. The Korean journal of preventive medicine, 21 : pp. 121-131.

9. Kim, S. M., Kang, M. S., and Park S. W., 2003. Estimation of Pollutant Loadings from Agricultural Small Watershed Using the Unit Loading Factor and Water Quality Monitoring. J. Kor. Soc. Agric. Eng., 45(3) pp. 94-102.
10. Ministry of Environment, 2002, Korean Standard Methods for Water Quality.
11. Ministry of Environment, Basic Law of Environmental Policy.
12. Korean Society of Soil and Groundwater Environment. 2001, Soil Environment Engineering. Hyangmoonsa, pp. 130.(in Korean)
13. Kwon, Y. H., Han, S. I., and Lee, J. B., 2002. Pollution Loadings in DaeChungho Watershed, J. of Kor. Soc. Water & Wastewater, 16(5) pp.581-595.
14. Lee, J. J., and Choi, J., 1986, Investigation of Heavy Metal(Zn, Cu, Cd, Pb) Contents in the Effluents, Soils and Plants at Keumho Riverside. Korean journal of environmental agriculture, 5, pp. 30-34.
15. Lee, T. G., and Park, T. G., 1996, Management and Seasonal Change of Water environment of the Kumho River. Journal of Nakdonggang environmental research institute. 1(1), pp. 155-170.
16. Park, T. G., Han, K. C., Lee, J. K., and Song, S. D., 1996, Variation and Contamination on Heavy Metals of the Kumho River. Journal of environmental science in Kyungpook Univ., 10, pp. 69-83.
17. Park S. K., Ahn S. G., and Uhm S. W., 1996, Water Quality Management of Drinking water. DongHwaTechnology, pp. 37.(in Korean)