

토지이용의 공간적 분포와 농업용저수지 수질 간의 상관분석

이새봄 · 윤춘경* · 정광욱 · 장재호 · 전지홍¹

(건국대학교 환경과학과, ¹퍼듀대학교 농공학과)

Analysis of Relationship between Spatial Distribution of Land Use and Water Quality in Agricultural Reservoirs. Lee, Sae-Bom, Chun-Gyeong Yoon*, Kwang-Wook Jung, Jae-Ho Jang and Ji-Hong Jeon¹ (Department of Environmental Science, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea; ¹Department of Agricultural and Biological Engineering, Purdue University, US)

This study covers the relationship between land use and water quality items. The kinds of land used in this study were almost agricultural areas with paddy fields and mountains. We set up zones at intervals of 200 m along 48 watersheds all over the country. The analysis showed high relationship between the water quality and the land use specially on the areas in the 400 m radius from the stream so that the areas needed to have strict managements. In the cases of residential area and upland, the positive correlation had a tendency to be lower when they were farther away from the stream. It depended on the increase of rainfall during July and August which affected on the water quality of reservoirs. The correlation analysis of paddy fields resulted in negative relationship, which indicated that paddy fields did not have negative effect on the quality of the stream. Through adequate irrigation and management, paddy fields may be led to have positive effect on the quality of the reservoirs. In the case of forest, it also resulted in negative correlation so it was concerned as a positive factor which helped to improve water quality. Furthermore more than 60% of the land used in this study is comprised of forest so that it would have a positive effect on the reservoir management.

Key words : reservoirs, water quality, land use, correlation analysis

서 론

현재 우리나라에서 연간 사용하는 수자원 약 50% 정도가 농업용수로 이용되고 있다(정 등, 2000). 농업용저수지는 우리나라 전체 논 관개면적의 60% 이상에 농업용수를 공급하기 때문에 저수지는 용수원으로서 중요한 역할을 하고 있다(한국농촌공사, 2002). 최근 농업용수의 수질오염 문제가 대두되고 그 중요성과 심각성이 점차

커져가고 있다. 농업용저수지는 시간이 경과할수록 부영양화를 유발할 가능성이 높아지게 된다. 우리나라 저수지의 95% 이상은 유효저수량이 500만 m³ 이하이고, 52% 이상은 조성된 지 50년 이상 오래되었다(한국농촌공사, 2004). 저수지의 수질은 지역적인 기후, 유역 내 오염원과 토지이용 현황, 그리고 저수지 규모와 같은 형태학적인 특성, 수리수문학적 구조에 영향을 받을 수 있다(김과황, 2004).

이러한 수계의 수질악화는 유역 내의 토지이용과 깊은

* Corresponding author: Tel: 02) 450-3747, Fax: 02) 446-2543, E-mail: chunyoona@konkuk.ac.kr

관계가 있다는 연구가 보고되고 있다(Gburek and Folmar, 1999; Tong and Chen, 2002; Zalidis *et al.*, 2002). Hooda *et al.* (2000)은 비도시구역, 농경지, 축산을 사용하는 유역이 질소, 인 및 유기물질 등이 토양에 축적되어 수계로 유입될 때 이들 사이에서 일정한 상관성을 갖고 수계로 유입된다고 하였다. 또한 USEPA (1992)는 농업 활동이 지류와 호수의 오염에 영향을 미치는 가장 큰 원인이라고 하였고, Dylan *et al.* (2005)은 농경지가 하천의 수질항목 TSS와 $\text{NO}_3\text{-N}$ 에 큰 영향을 미치며, 인구 밀도와 TSS가 상관성이 있음을 보고하였다. Basnyat *et al.* (1999)과 Sliva and Williams (2001)는 토지이용이 대부분 도시화된 유역의 용존무기인 농도와 상관성이 있다고 보고하였고, 농경활동이 강이나 하천으로 유입되는 토사, 영양염류 및 분원성 미생물의 주 오염과 상관성 있다는 연구가 보고된 바 있다(Wilcock *et al.*, 1999; Niyogi *et al.*, 2003). 따라서 농업용수의 수질오염 문제가 심각한 가운데, 토지이용과 저수지의 수질과의 관계에 관한 분석이 필요하며, 이를 통해 토지이용과 수질항목 간의 관계를 명확하게 정립할 수 있을 것으로 판단된다.

현재 우리나라 오염총량관리제도에서는 유달부하량을 이용하고 있다. 유달부하량은 오염물질이 지천을 통하여 하천수계의 본류까지 도달되는 동안 자정작용으로 그 양이 감소하는 것으로 정의하고 있다(국립환경과학원, 2002). 즉, 하천에서 거리가 멀어질수록 자정작용을 통해 저수지로 유입하는 오염물질의 양이 감소하게 되고, 가까운 곳에서 발생하는 오염부하량은 먼 곳에서 발생하는 오염부하량보다 많은 영향을 줄 것으로 추정할 수 있다.

본 연구는 저수지 유역의 토지이용이 거리에 따라 저수지 수질에 미치는 영향을 평가하기 위하여 수행되었다. 전국적으로 분포한 48개 저수지의 토지이용에 대한 공간적 분포와 수질 간의 상관분석을 실시하여 토지이용 또는 변경 계획수립에 필요한 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 대상유역

본 연구의 대상유역은 한국농촌공사가 운영하고 있는 492개 저수지 중 1999년과 2000년에 농업용수 수질환경 기준을 초과한 시설 40개와 수질오염 우려지역 8개로 총 48개를 선정하였다(한국농촌공사, 2000). 48개 저수지의 분포는 Fig. 1과 같다. 48개 저수지에 대한 수질자료는 한국농촌공사에서 1999년부터 2004년까지 년 2~4회 조사한 자료를 이용하였다(한국농촌공사, 2004). 본 연구에

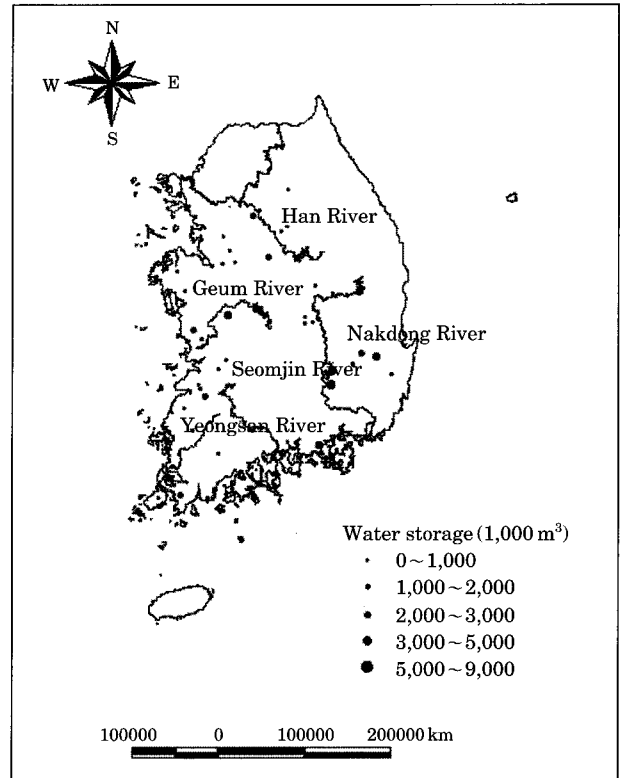


Fig. 1. Location of 48 reservoirs.

서 사용하는 수질항목은 BOD_5 , COD, SS, T-N, T-P 및 Chl-*a*이다. 농업용수는 4월부터 9월까지 경작기에 대부분 사용되기 때문에, 수질자료를 각각 period 1(4~9월)과 period 2(10~3월)로 분류하였다. 본 연구에서 대상으로 다루어진 48개 저수지의 저수량, 유역면적, 만수면적 및 설치년도에 대한 내용은 Table 1에 정리하였다(한국농촌공사, 2000).

2. BASINS를 이용한 유역분할

본 연구에서 사용한 토지이용도는 환경부 1999년 5월 21일과 2000년 2월 29일 자료를 이용하여 구축하였다. 대상 저수지가 위치한 유역은 대부분 전형적인 농촌지유역으로, 1999년 이후 큰 토지이용 변화가 없는 것으로 가정하였다. 유역의 토지이용은 주거지역, 논, 밭, 산지, 그리고 기타(초지, 나지, 습지, 수역)로 분류하였다. 저수지 유역의 소유역 분할은 USEPA (2001)에서 개발된 통합수질관리 프로그램인 BASINS의 수치고도지도(Digital Elevation Map, DEM)와 하천도를 이용하여 효과적으로 분할하였다. DEM은 대상 지역을 격자로 나누고, 각 격자의 위상관계를 포함하고 있어서 대상지역의 지형을 표현

Table 1. Characteristics of 48 reservoirs.

No.	Location (Province)	Name (Reservoir)	Water storage (10 ³ m ³)	Drainage area (ha)	Surface area (ha)	Reservoir age (yr)
1	Daegu	Dalchang	8,788	5,630	131	1972
2		Okyeon	3,797	2,260	58	1964
3		Noheung	1,013	502	16	1977
4	Incheon	Gilsang2	1,325	880	39	1962
5	Gwangju	Jijeong	1,185	740	60	1926
6	Gyeonggi	Jangheung	2,890	794	256	1995
7		Hyangri	457	360	15	1945
8		Mansu	505	375	24	1945
9		Banggyo	626	398	12	1945
10	Gangwon	Heungeop	1,013	1,750	25	1962
11		Gungchon	772	1,336	15	1971
12	Chungbuk	Mugeuk	2,791	1,315	44	1982
13	Chungnam	Ipjang	539	752	17	1952
14		Gyeryong	3,349	1,574	67	1964
15		Chukdong	1,622	746	82	1955
16		Oksan	2,682	1,700	73	1945
17		Jamhong	1,527	1,129	77	1958
18		Gongri	1,410	370	44	1985
19		Suryong	1,383	750	23	1960
20		Sinhyu	1,317	842	53	1954
21		Jungan	1,510	676	30	1976
22		Sangseung	1,183	730	35	1958
23	Jeonbuk	Yongsan	2,189	1,290	40	1966
24		Daehwa	1,692	1,840	55	1962
25		Sukwoo	991	446	24	1945
26		Dukrim	502	381	5	1944
27	Jeonnam	Gusi	1,653	1,416	38	1963
28		Dukchon	1,110	3,538	27	1978
29		Jangchi	1,280	1,855	25	1978
30		Bongam	1,800	2,565	38	1988
31		Naebong	1,800	2,565	38	1988
32		Wolcheon	1,251	1,308	40	1926
33		Dunjeon	1,120	725	80	1958
34		2yeonbong	1,020	2,292	45	1934
35	Gyeongbuk	Myeonggye	1,643	1,063	18	1982
36		Gaeun	1,180	665	22	1948
37		Pungrak	2,119	980	60	1932
38		Oksung	1,898	1,150	36	1946
39		Saguk	202	216	6	1970
40		Simguk	3,368	1,970	68	1931
41		Mueul	1,283	750	31	1970
42		Hoehyeon	1,379	910	19	1963
43		Cheongsang	1,551	1,100	21	1964
44		Homin	622	520	29	1945
45	Gyeongnam	Daega	4,856	2,026	92	1932
46		Samhwa	1,079	590	8	1997
47		Geumho	545	312	25	1962
48		Songwon	662	1,040	24	1959

Table 2. Water quality standards for agriculture on Korea.

Item	River	Lake	Groundwater
pH	6.0~8.5	6.0~8.5	6.0~8.5
BOD (mg L ⁻¹)	8	-	-
COD (mg L ⁻¹)	-	8	8
SS (mg L ⁻¹)	100	15	-
DO (mg L ⁻¹)	≥2	≥2	-
T-N (mg L ⁻¹)	-	1.0	-
T-P (mg L ⁻¹)	-	0.1	-

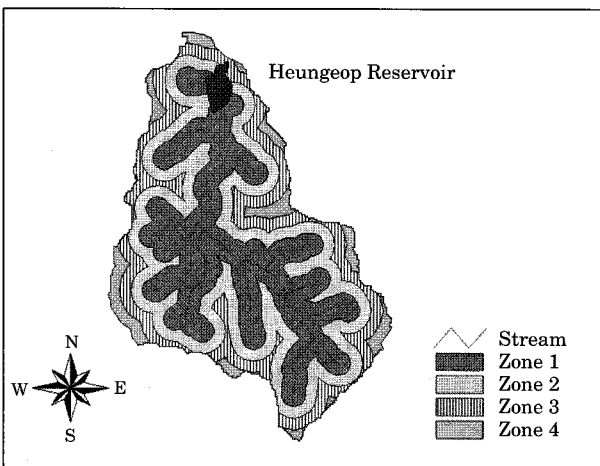
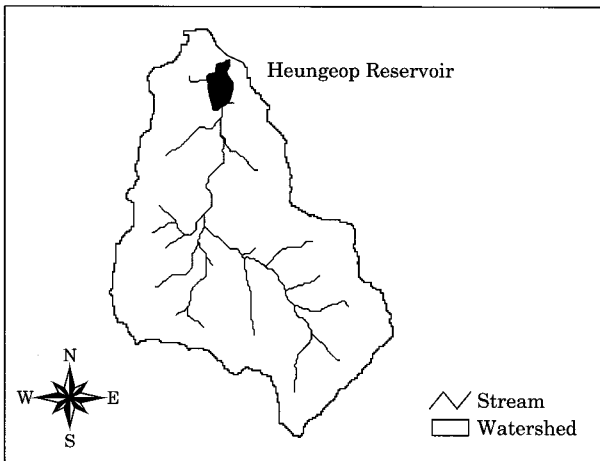


Fig. 2. An example of watershed and land use classification by BASINS tool (Heungeop Reservoir).

할 수 있는 자료로, 환경부에서 제공해 주는 자료를 사용하였다. BASINS에서의 DEM은 소유역 분할 시 이용되며 유역모형 적용 시 매우 중요한 자료이다. 하천도는 한국수자원공사 하천정보시스템의 자료를 사용하였고, 토지이용도는 환경부에서 제공받아 주거지역, 논, 밭, 산림 및 기타(초지, 나지, 습지, 수역)로 분류하였다 (Fig. 2).

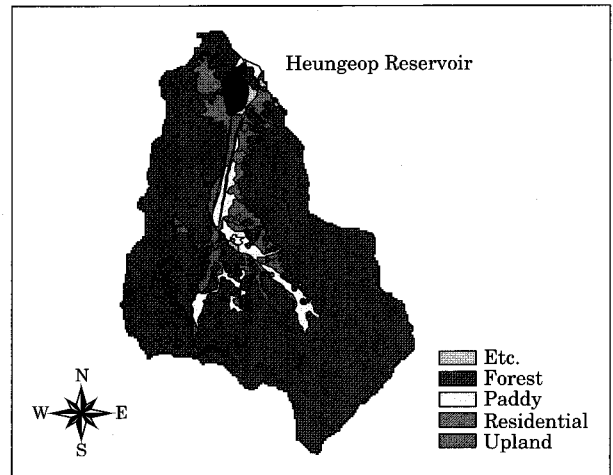


Fig. 3. An example of zoning of sub-basins in watershed (Heungeop Reservoir).

3. Zone 구축과 상관분석

GIS로 구축된 하천으로부터 거리에 따라 200 m의 간격인 4개의 zone을 구축하였으며, 하천에서 근접한 순으로 zone 1에서 zone 4로 지정하였다 (Fig. 3). 본 연구에서는 대상 저수지의 수질항목 BOD₅, COD, SS, T-N, T-P 및 Chl-a를 선택하여 zone별 토지이용과 상관성 분석을 실시하였으며, 1999년부터 2004년까지 측정된 자료를 이용하였고, SPSS 12.0 version의 이변량 상관계수를 이용하여 분석하였다.

4. 우리나라 농업용수 수질환경기준

우리나라의 수질환경기준은 환경정책기본법 제10조, 동법 시행령 제2조에 따라 수역별, 항목별로 기준이 설정되어 있다 (환경부, 환경정책기본법 제10조). 수역별로는 하천, 호소, 지하수로 구분되어 있고, 하천수질환경기준 7등급을 농업용수 수질기준으로 하고 있으며, 호소는 호소수질환경기준 7등급을 농업용수로 하고 있다. 또한 지하수는 지하수수질기준에 따라 농업용수 수질기준을 설정해 두고 있다.

결과 및 고찰

1. 저수지 유역의 토지이용과 오염원 및 수질 현황

48개 저수지 유역의 토지이용도는 주거지역, 논, 밭, 산림 및 기타로 분류하였다 (Table 3). 48개 저수지 유역은

Table 3. Statistics of land use classification of 48 watershed.

	Minimum	Maximum	Average	Median	Standard deviation
Residential					
Area (ha)	0.5	98.7	37.8	28.6	27.7
%	0.2	8.9	3.5	3.4	2.2
Paddy					
Area (ha)	3.7	739.6	179.4	120.6	173.1
%	1.2	42.4	16.0	13.8	11.0
Upland					
Area (ha)	5.7	545.0	149.2	110.1	136.4
%	1.4	63.2	14.8	9.9	14.2
Forest					
Area (ha)	30.5	4,298.7	809.7	625.6	892.8
%	8.4	94.8	63.0	65.7	22.6
The etc.					
Area (ha)	1.2	299.4	35.2	20.1	59.6
%	0.5	13.6	2.7	2.4	2.6
Total					
Area (ha)	212.3	5,485.8	1,211.3	925.6	1,113.5

Table 4. Water quality of 48 reservoirs.

	Minimum	Maximum	Average	Median	Standard deviation
BOD₅ (mg L ⁻¹)	0.7	10.1	4.0	3.6	2.05
COD (mg L ⁻¹)	1.8	20.0	7.8	7.4	3.25
SS (mg L ⁻¹)	1.8	140.6	11.9	8.0	19.61
T-N (mg L ⁻¹)	0.5	6.3	1.6	1.4	0.97
T-P (mg L ⁻¹)	0.0	0.4	0.1	0.1	0.07
Chl-<i>a</i> (µg L ⁻¹)	3.4	111.4	25.5	18.8	23.28

산림이 대부분으로 평균 63.0%를 차지하고 있으며, 농경지는 30.8%, 주거지역은 3.5%, 기타는 2.7% 순으로 전형적인 농촌지구역 특징을 가지고 있는 것으로 나타났다.

상관분석에 이용된 BOD₅, COD, SS, T-N, T-P, Chl-*a*는 Table 4와 같다. BOD₅는 범위 0.7~10.1 mg L⁻¹, 평균 4.0 mg L⁻¹, 중앙값 3.6 mg L⁻¹을 나타내었다. COD의 호소 수질환경기준은 8 mg L⁻¹ 이하로, 대상 저수지의 44%가 수질기준을 초과하는 것으로 나타났다. SS는 물에 녹지 않고 부유하거나 현탁되어 있는 물질을 말하며, 부유물질은 물이 탁해지는 원인이 된다. SS농도는 대체적으로 수질기준을 만족하는 것으로 평가되었으며, 특정 5개

의 저수지에서 수질기준을 초과하는 것으로 나타났다. T-N의 호소 수질환경기준은 1 mg L⁻¹ 이하이며, 전체의 73%가 수질기준을 초과하였다. T-P의 호소 수질환경기준은 0.1 mg L⁻¹인데, 대부분 0.1 mg L⁻¹ 이하로 기준에 적합하였으나, 4개의 저수지는 기준을 초과하였다. 또한 OECD (1982)는 Chl-*a*의 농도가 25 µg L⁻¹ 이상이면 과영양으로 분류한다. Chl-*a*의 전체 농도범위 3.4~111.4 µg L⁻¹를 OECD (1982) 기준으로 평가하였을 때, 약 33%가 기준을 초과하는 것으로 나타났다.

2. Zone별 토지이용과 수질항목 간의 상관분석

하천을 기준으로 zone별 토지이용과 저수지 수질자료 간의 상관분석을 실시하였다 (Table 5). Table 5에서는 상관계수가 양의 값이면 저수지 수질에 좋지 않은 영향을, 그리고 음의 값이면 긍정적인 영향을 미치는 것을 의미한다.

Period 1에서 주거지역의 경우, zone 1의 BOD₅, COD, SS, T-P 및 Chl-*a* 항목이 1% 이내의 유의수준을 나타내어, period 2보다 다소 높은 양의 상관성을 보여준다. 이는 period 1의 7~8월 집중강우로 점 또는 비점오염물질이 수계로 유입되어 저수지 수질에 좋지 않은 영향을 미친 것으로 판단된다. Zone 2에서는 period 1의 COD, SS, T-P 및 Chl-*a* 항목과 period 2의 COD, SS 및 T-P 항목이 1% 이내의 유의수준인 양의 상관성을 나타내었다. Zone 1과 비슷한 경향을 나타내었으나, zone 1보다는 다소 상관성이 낮았다. Zone 3과 zone 4에서는 대부분 항목이 유의한 상관성을 나타내지 않았으며, zone 1에서 zone 4로 멀어질수록 상관계수(r) 값이 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 주거지역이 하천으로부터 멀어질수록 주거지역으로부터 배출되는 오염원이 하천에 영향을 덜 미친다는 것으로 판단할 수 있다. 다시 말해 하천 주변의 주거지역 생활하수와 정화조의 유출 등은 하천의 수질악화로 이어지며, 강우시에는 수질에 더 좋지 않은 영향을 미치는 것으로 나타났다.

논의 경우는 zone 4의 period 1, period 2의 Chl-*a*와 period 1의 COD를 제외한 모든 zone에서 유의한 상관성을 나타내지 않았으나 전반적으로 음의 상관관계를 나타내었다. 일반적으로, 논은 관개배수와 비료시비 등에 의해 하천에 영향을 미치는 비점오염원으로 인식되어 왔다. 그러나 본 연구에서는 논이 다른 요소에 비하여 수질에 미치는 영향이 적고, 시비나 관개형식 등을 조절함으로써 저수지나 하천의 수질영향을 완화할 수 있는 여지가 있을 수도 있다고 판단된다. Dobermann *et al.* (1998)

Table 5. The coefficient of correlation between land use and water quality.

	Period 1					Period 2				
	Resi.	Paddy	Upland	Forest	The etc.	Resi.	Paddy	Upland	Forest	The etc.
Zone 1 (0~200 m)										
BOD ₅	0.517**	0.044	0.365*	-0.324*	0.181	0.469**	0.097	0.252	-0.318*	0.389*
COD	0.441**	-0.111	0.562**	-0.312*	0.106	0.407**	0.087	0.495**	-0.416**	0.203
SS	0.407**	-0.030	0.428**	-0.310**	0.278	0.350*	0.133	0.375*	-0.375*	0.232
T-N	0.105	-0.266	0.270	-0.017	0.206	0.079	-0.218	0.288	-0.046	0.137
T-P	0.406**	-0.155	0.460**	-0.242	0.259	0.259	0.017	0.306	-0.244	0.202
Chl- <i>a</i>	0.584**	0.000	0.620**	-0.448**	0.189	0.550**	0.206	0.497**	-0.519**	0.245
Zone 2 (200~400 m)										
BOD ₅	0.295	0.092	0.354*	-0.308	0.169	0.270	0.132	0.228	-0.270	0.348*
COD	0.408**	0.065	0.489**	-0.380*	0.080	0.448**	0.256	0.427**	-0.434**	0.176
SS	0.416**	-0.004	0.327*	-0.261	0.103	0.453**	0.205	0.356*	-0.375*	0.192
T-N	0.196	-0.126	0.201	-0.118	0.151	0.393*	-0.032	0.200	-0.166	0.067
T-P	0.564**	0.014	0.373*	-0.321*	0.159	0.498**	0.096	0.257	-0.267	0.104
Chl- <i>a</i>	0.565**	0.103	0.542**	-0.450**	0.110	0.312*	0.201	0.523	-0.458**	0.211
Zone 3 (400~600 m)										
BOD ₅	0.144	0.048	0.062	-0.044	-0.187	0.053	0.019	-0.046	0.005	0.030
COD	0.375*	0.112	0.412*	-0.348*	-0.281	0.379*	0.197	0.295	-0.326	-0.086
SS	0.177	-0.070	0.065	0.004	-0.345	0.272	0.274	0.131	-0.191	-0.073
T-N	0.056	-0.119	-0.014	0.016	0.050	0.214	0.010	0.045	-0.073	-0.026
T-P	0.220	0.026	0.141	-0.123	-0.163	0.251	0.105	0.127	-0.144	-0.146
Chl- <i>a</i>	0.337*	0.113	0.321	-0.279	-0.291	0.272	0.166	0.252	-0.270	-0.043
Zone 4 (600~above m)										
BO'D ₅	0.008	0.258	0.153	-0.124	-0.262	-0.056	-0.037	0.017	0.037	-0.161
COD	0.083	0.494*	0.380	-0.383*	-0.231	0.101	0.370	0.268	-0.290	-0.172
SS	-0.162	0.287	-0.064	0.101	-0.381*	0.037	0.354	0.121	-0.109	-0.250
T-N	0.043	0.012	0.043	-0.007	-0.139	0.105	0.039	0.060	-0.089	-0.039
T-P	-0.017	0.274	0.072	-0.109	-0.177	0.019	0.172	0.053	-0.087	-0.099
Chl- <i>a</i>	0.174	0.472*	0.352	-0.376	-0.230	0.096	0.584**	0.150	-0.331	-0.059

***p*-value < 0.01, **p*-value < 0.05, Resi.: Residential

는 관개와 비료시비의 적정관리를 통하여 논이 수질에 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 것이라고 하였다. 또한 Yoon *et al.* (2003)에 의하면 물관리를 통해 논에서의 오염물질 부하량을 줄일 수 있다고 보고하였고, Kim *et al.* (2006)은 강우시 논이 식생피복이 토양유실을 최소화한다고 하였다. 정 등(2006)은 토지이용과 하천 수질과의 상관성 분석결과, 논은 하천 수질에 좋은 영향을 미치는 것으로 보고하였다. 최 등(2004)은 점토질 롬 밭과 논이 비점오염원 부하량을 평가하였는데, 밭이 논보다 비점오염원 부하량이 많아 수질에 미치는 영향이 크다고 보고하였다.

밭의 경우는 period 1의 zone 1에서 COD, SS, T-P, 그리고 Chl-*a*가 1% 이내의 유의수준에서 양의 상관성을 나타내었고, BOD₅가 5% 이내의 유의수준에서 양의 상관성을 나타내었다. Zone 2에서도 높은 양의 상관성을 보였

으며, zone 1보다는 상관성이 낮으나 유사한 범위를 나타내었다. 밭은 강우에 직접 영향을 받고, 경운으로 인해 토양 결집력이 약화되는 특징을 갖고 있으며, 대부분 밭이 산간에 발달하여 토양유실이 많다(최 등, 1995). 밭은 경작법에 따라 토사유출이 심한 곳과 그렇지 않은 곳으로 엄밀하게 구분되어진다. 그러나 period 1의 zone 1에서 나타난 높은 유의수준의 양의 상관성 결과는 많은 양의 토사유출과 상대적으로 많은 시비로 공급된 질소성분이 7~8월의 집중강우와 함께 유출·침투되어 수질에 미치는 상관성이 높게 나타난 것으로 판단된다. Period 2의 zone 1에서 COD와 Chl-*a*가 1% 이내의 유의수준에서 양의 상관성을 나타내었고 zone 2~zone 4로 거리가 멀어 질수록 상관성이 낮아지는 경향을 나타내었다.

산림의 경우는 zone 1과 zone 2에서 모두 음의 상관성을 나타내었고 zone 3과 zone 4에서도 음의 상관성을 보

였으나, 거리가 멀어질수록 상관성이 낮아지는 것으로 나타났다. 많은 연구자들에 의해 산림은 강우 유출에 의해서 발생하는 오염물질을 막아주는 역할을 한다고 보고되고 있으며 (Baker, 2003; Ngoye and Machiwa, 2004), 우리나라와 같이 산지가 잘 발달된 지역에서는 그 역할이 다른 지역보다 클 것으로 판단된다. 그러나 많은 축산활동이 산림과 인접한 지역에서 이루어지고 있으므로, 토지이용 상에는 축산이 산림으로 구분되어 있는 경우가 많기 때문에 저수지와 토지이용 간의 상관관계를 평가하는데 주의를 기울여야 한다.

3. 하천에 근접한 토지이용관리 중요성

하천을 기준으로 구성한 zone별 토지이용과 저수지 수질과 상관성을 분석한 결과에서는 주거지역, 밭, 논, 산림 대부분이 zone 1~zone 2에서는 1% 이내의 유의수준에서 상관성을 나타냈었고, zone 3~zone 4에서는 상관성이 낮아졌다. 즉, 하천으로부터 거리가 멀어질수록 상관관계가 낮아진다는 사실을 알 수 있다. 그러므로 하천의 수질에 큰 영향을 미치는 zone 1~zone 2 (400 m까지)의 토지를 적절히 관리할 경우 하천 수질의 개선에 도움을 줄 것으로 판단된다.

적 요

본 연구의 대상 저수지로 유입되는 유역 내의 토지이용은 산림과 농경지가 대부분인 전형적인 농촌지유역 특징을 갖고 있다. 전국 48개 주요 저수지 유역의 하천을 기준으로 각각 200 m 간격의 zone을 형성하여, zone별 토지이용에 대한 저수지 수질항목 간의 상관분석을 실시하였다.

Zone별 토지이용이 저수지 수질에 미치는 영향을 분석한 결과, 하천으로부터 400 m까지는 수질항목과의 상관성이 비교적 높게 나타나므로 이에 대한 특별관리가 필요한 것으로 판단된다.

주거지역과 밭의 경우는 양의 상관관계를 나타내어 하천으로부터 거리가 멀어질수록 상관관계가 낮아지는 경향을 나타내었다. period 1이 period 2보다 상관관계가 더욱 높게 나타났는데, 이는 7~8월의 집중강우시 하천으로 유입되는 유량이 증가되어 저수지의 수질에 영향을 미치는 것으로 판단된다. Eran and David (1996)는 주거지역의 정화조 유출이나 처리되지 않고 유입되는 유량이 수질오염에 영향을 미친다고 보고하였다. 또한 밭은 경작

법에 따라 토사유출의 정도가 구분되어지나, 대부분 토사 유출이 많고(최 등, 1995) 이러한 토사유출 자체가 오염 물질이므로, 양의 상관성을 갖는 것으로 판단된다. 그러므로 강우시에는 하천으로부터 가까운 곳에 위치한 주거지역과 밭에 대한 적절한 오염부하량 저감노력이 필요할 것으로 판단된다.

논의 상관분석 결과는 전반적으로 음의 상관관계를 나타내어, 논이 하천 수질에 좋지 않은 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 최 등(2004)은 밭이 논보다 비점오염원 부하량이 많아 수질에 미치는 영향이 크다고 평가하였다. 또한 밭이 논보다 비점오염원 부하량이 큰 이유 중의 하나는 밭과 논 토양 특성의 차이 때문이라고 보고하였다. 그래서 관개와 비료시비 및 적정 물관리를 통하여 논이 저수지 수질에 긍정적인 영향을 미치는 요인으로 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

산림의 경우는 음의 상관성을 나타내어 수질개선에 도움을 주는 요인으로 평가되었다. Sliva and William (2001)은 산림이 토양유실을 막아주는 역할을 한다고 보고하였다. 본 연구의 대상 저수지 유역 내의 토지이용이 60% 이상 산림으로 구성되어 있으므로 저수지 관리에 긍정적인 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 농업특정연구사업(과제번호: 20060201033006) “농업용수의 수질오염 방지기술 개발”의 지원에 의해 이루어진 것임.

인 용 문 헌

- 국립환경과학원 한강물환경연구소. 2005. 비점오염원의 오염 부하 유출량 조사 최종보고서.
- 김호섭, 황순진. 2004. 옥수학적 특성에 따른 국내 저수지의 부영양화 유형분석-엽록소 a 와 수심을 중심으로, *옥수지* 37: 213-226.
- 정광욱, 윤준경, 장재호, 김형철. 2006. 유역의 토지이용과 오염원 현황이 수질특성에 미치는 영향분석, *옥수지* 39: 41-51.
- 정하우, 김선수, 김진수, 안병기, 이근후, 이남호, 정상욱. 2000. 관개배수공학. 동명사, 서울.
- 최중대, 권순국, 권기석. 2004. 점토질 롬 밭과 논 비점오염원 부하량 평가, *한국농공학회지* 46: 107-114.
- 최중대, 최예환, 김기성. 1995. 방목지와 초지의 지표수 및 지하수 수질 특성. *한국수자원학회지* 28: 175-186.

- 한국농촌공사. 2000. 농업용수 수질오염원조사 종합보고서 (1997~2000).
- 한국농촌공사. 2002. 이상호우에 대비한 농업용 댐(저수지) 홍수조절 기능 분석 및 개선 방안.
- 한국농촌공사. 2004. 농업용수 수질측정망 조사 보고서. 환경부, 환경정책기본법 제10조.
- Arheimer, B. and R. Liden. 2000. Nitrogen and phosphorus concentrations for agricultural catchment: influence of spatial and temporal variables. *Journal of Hydrology* **227**(1-4): 140-159.
- Baker, A. 2003. Land use and water quality. *Hydrological Process* **17**: 2499-2501.
- Basnyat, P., L.D. Teeter, K.M. Flynn and B.G. Lockaby. 1999. Relationships between landscape characteristics and nonpoint source pollution inputs to coastal estuaries. *Environmental Management* **23**(4): 539-549.
- Bolstad, P.V. and W.T. Swank. 1997. Cumulative impacts of land use on water quality in a southern Appalachian watershed. *Journal of American Water Research Association* **33**(3): 519-534.
- Brainwood, M.A., S. Burign and B. Maheshwari. 2004. Temporal variations in water quality of farm dams: impacts of land use and water sources. *Agricultural Water Management* **70**: 151-175.
- Close, M.E. and R.J. Davies-Colley. 1990. Baseflow water chemistry in New Zealand rivers 2. Influence of environmental factors. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* **24**: 343-356.
- Dobermann, A., K.G. Cassman, C.P. Mamaril and J.E. Sheehy. 1998. Management of phosphorus, potassium, and sulfur in intensive, irrigated lowland rice. *Field Crops Research* **56**: 113-138.
- Dylan, S.A., W.S. Richard, A.D. Randy, A. Michael, J. Joshua and W.T. Kenneth. 2005. Land use and land cover influence on water quality in the last free-flowing river draining the western Sierra Nevada, California. *Journal of Hydrology* **313**: 234-247.
- Eran, F. and B. David. 1996. Quantifying the inherent uncertainty in the quantity and quality of domestic wastewater. *Water Science and Technology* **33**(2): 65-78.
- Fisher, D.S., J.L. Steiner, D.M. Endale, J.A. Stuedemann, H.H. Schomberg, A.J. Franzluebbbers and S.R. Wilkinson. 2000. The relationship of land use practices to surface water quality in the Upper Oconee Watershed of Georgia. *Forest Ecology and Management* **128**: 39-48.
- Kim, T.C., U.S. Gim, J.S. Kim and D.S. Kim. 2006. The multi-functionality of paddy farming in Korea. *Paddy and Water Environment* **4**(4): 169-179.
- Ngoye, E. and J.F. Machiwa. 2004. The influence of landuse patterns in the Ruvu river watershed on water quality in the river system. *Physics and Chemistry of the Earth* **29**: 1161-1166.
- Nyogi, D.K., K.S. Simon and C.R. Townsend. 2003. Breakdown of tussock grass in streams along a gradient of agricultural development: implications for ecosystem functioning and ecosystem health. *Freshwater Biology* **48**: 1689-1708.
- OECD. 1982. Eutrophication of waters. Monitoring, Assessment and Control, OECD.
- Osborne, L.L. and M.J. Wiley. 1988. Empirical relationships between land-use cover and stream water-quality in an agricultural watershed. *Journal of Environmental Management* **26**(1): 9-27.
- Sliva, L. and D.D. Williams. 2001. Buffer zones versus whole catchment approaches to studying land use impact on river water quality. *Water Research* **35**: 3462 - 3472.
- USEPA. 1992. National water quality inventory: 1992 Report to Congress. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency, 1992: EPA 841-94-001.
- USEPA. 2001. Better Assessment Science Integrating Point and Nonpoint Sources (BASINS) Version 3.0 User's Manual., EPA 823-8-01-001, office of water, Washington, DC, USA.
- Wilcock, R.J., J.W. Nagels, H.J.E. Rodda, M.B. O'Connor, B.S. Thorrold and J.W. Barnett. 1999. Water quality of a lowland stream on a New Zealand dairy farming catchment. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* **33**: 683-696.
- Yoon, C.G., J.H. Ham and J.H. Jean. 2003. Mass balance analysis in Korea paddy rice culture. *Paddy and Water Environment* **1**(2): 99-106.
- Zalidis, G., S. Stamatiadis, W. Takavakoglou, K. Eskridge and N. Misopolinos. 2002. Impacts of agricultural practices on soil and water quality in the Mediterranean region and proposed assessment methodology. *Agriculture, Ecosystem and Environment* **88**(2): 137-146.

(Manuscript received 7 June 2007,
Revision accepted 11 September 2007)