

# 보령 담수호 유역의 하천토사 및 수질 특성

## Characteristics of Stream Sediments and Water Quality in Boryung Fresh-water Reservoir Watershed

최진규\* · 한강완\* · 구자웅\*  
Choi, Jin Kyu · Han, Kang Wan · Koo, Ja Woong  
손재권\* · 조재영\* · 김영주\*\*  
Son, Jae Gwon · Cho, Jae Young · Kim, Young Joo

### Abstract

To provide the basic information for the water improvement and control of water resource in Boryung fresh water reservoir watershed, the characteristics of stream sediments and water quality of the watershed were investigated through 16 times totally, from November in 1998 to March in 2000. The COD values of stream water quality of the Boryung fresh-water reservoir watershed ranged from 0.75 to 6.83. Total-N concentration affected by the livestock wastes and agricultural activity ranged from 0.45 to 21.80mg/L and which was almost over the quality standard of agricultural water(1.0mg/L). Total-P concentration ranged from 0~0.176 mg/L and average value 0.031 mg/L. The contents of heavy metals were investigated as natural background level. Total-N content of stream sediments ranged from 138.4 to 3,457.3mg/kg and total-P were from 210.0 to 468.3mg/kg. These were very high according to the influence by the livestock waste and sewage water partly.

### I. 서론

최근 담수호로 유입되는 하천을 비롯한 우리나라 대부분 하천의 수질오염 상태가 악화되고 있는 것으로 보고되고 있다.<sup>1)</sup> 이처럼 하천의 오염도가 높은 이유는 하천 인근 유역에서 발생하는 오·폐수의 정화처리가 제대로 이루어지지 않은 것이 큰

요인으로 지적되고 있으나 대단위 수도작 농업지대에서 발생하는 농업비점오염원에 대한 정확한 평가가 제대로 이루어지지 않은 점도 환경부하량에 크게 영향을 미치는 것으로 일부 보고되고 있다.<sup>2-6)</sup> 이는 가정하수, 축산폐수, 공장폐수 등 점오염원에 대한 처리시설능력 향상, 처리시설 확충으로 오염물질 정화가 제대로 이루어진다고 하더라도

\*전북대학교 농과대학(농업과학기술연구소)

\*\*전북대학교 대학원

키워드 : 보령 담수호, 유역관리, 영양물질, 하천토사, 하천수질

도 농업활동 과정 중에서 유출되는 농업비점오염원에 대한 사전조사와 유역관리가 이루어지지 않는 한 하천의 수질개선을 기대할 수 없을 뿐만 아니라 엄청난 규모의 시설투자비가 낭비되어 경제적 손실이 뒤따르게 될 것이다.

하천 수질악화의 원인은 처리되지 않은 생활오수나 오염된 공장폐수 등이 하천에 방류되거나, 축산오수와 폐기물 등이 흘러 들거나 빗물에 씻겨 워 하천으로 유입되는데 있다. 그 밖에도 도시나 농경지로부터 강우-유출 과정에서 오염물질이 용해되거나, 토사와 함께 유입되는데 기인되는 것이다. 최근 들어 세계적으로 농업비점오염원으로 인한 수질오염문제를 해결하기 위한 연구개발이 활발하게 이루어지고 있으나<sup>7-13)</sup> 우리나라에서는 농업비점오염원으로 인한 수질오염의 심각성을 인식하는 단계로<sup>14-15)</sup> 하천이나 담수호 수질개선을 위한 유역 규모의 최적관리기법이나 농경지에서 부하되는 농업비점오염원에 대한 체계적인 연구조사가 미진한 상태이다.

지금까지 하천이나 호소의 수질관리에 중점을 두었던 점오염원에 대한 오염물질 관리도 중요하게 다루어져야 하겠지만 농업활동 과정중 농경지에 투여된 농업용 화학물질의 환경용량 평가와 체계적인 유역관리기법의 개발이 필요한 시기에 와 있다고 볼 수 있다. 앞으로 대체농지 조성 및 수자원개발 차원에서 토양의 질을 보전하고 비료, 농약 및 관개의 합리적인 조절을 피하여 환경친화형 농업형태를 정착시켜야 할 필요성이 크게 대두되고 있으며, 아울러 하천의 수질을 개선하는데 필요한 인근 농업유역의 최적관리와 수질예측모형의 개발이 필요할 것으로 생각된다.

본 연구에서는 보령 담수호의 수질보전을 위한 농업유역 및 하천의 최적관리와 수질예측모형의 개발에 필요한 기초자료를 제공하고자 하였으며, 이를 위하여 유역으로부터 보령 담수호로 유입되는 각 소유역의 하천을 대상으로 1998년 11월부터 2000년 3월까지 하천수질 및 하천토사의 질 변화를 조사하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 유역 개황

대상지역인 홍보지구는 충남 홍성군과 보령군에 위치하며, 동남쪽에 조서산을 중심으로 북동쪽에서 남서방향으로 진당산, 봉황산으로 이어지는 차령산맥이 있으며, 서쪽으로는 완만한 구배로 저구

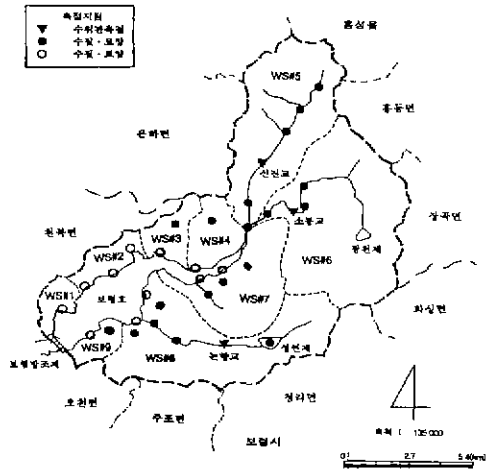


Fig. 1. Location map of stream sediments and water sampling

Table 1. Status of land use

Subshed	Land use (ha)				Total
	Paddy	Upland	Forest	Others	
WS#1	82.4	27.8	143.7	18.5	272.4
WS#2	158.7	89.0	135.3	30.6	413.6
WS#3	133.5	77.3	178.1	25.5	414.4
WS#4	225.5	152.3	138.1	56.3	572.2
WS#5	694.1	440.9	1,193.8	264.4	2,593.2
WS#6	796.0	644.0	1,106.7	233.9	2,780.6
WS#7	346.4	238.3	626.8	78.7	1,290.2
WS#8	751.6	529.6	1,342.0	226.7	2,849.9
WS#9	47.0	25.3	178.3	10.7	261.3
Sum	3,235.2	2,224.5	5,042.8	945.3	11,447.8

(Note) WS#10 Bingdo and fresh-water area were excluded.

를 평야지대를 이루며 천수만과 서산만에 접하여 있다. 지구내 유역면적이 28,600ha로서 소하천이 운집되어 홍성·보령 담수호를 형성하여 전체유역의 약 77%인 22,000ha를 이룬다.

본 조사에서는 보령 담수호로 유입되는 유역을 1/25,000 지형도를 기본으로 하여 Fig. 1과 같이 9개의 소유역으로 분할하였으며, 각 유역별 토지이용현황은 Table 1에 정리된 바와 같다.

한편 보령담수호 유역의 가축사육 현황을 보면 Table 2와 같으며, 한우의 경우 WS#6 및 WS#5 유역이 각각 전체의 20.5%와 18.9%, 젓소의 경우 WS#1 유역이 51.3%, 돼지의 경우 WS#3 및 WS#7 유역이 각각 34.9%와 25.7%, 닭의 경우 WS#8 유역이 51.4%를 차지하고 있다.

Table 2. Livestock breeding(1998)

Subshed	Livestock				Total
	Native cattle	Dairy cow	Pig	Chicken	
WS #1	1,076	1,602	16,535	20,000	39,213
WS #2	938	560	4,561	149,700	155,759
WS #3	1,287	51	36,039	65,000	102,377
WS #4	1,157	23	3,738	19,000	23,918
WS #5	2,138	234	2,434	12,904	17,710
WS #6	2,329	169	8,380	24,708	35,586
WS #7	1,351	252	26,512	30,254	58,369
WS #8	1,027	229	5,001	339,716	345,973
WS #9	39	0	25	70	134
Sum	11,342	3,120	103,225	661,352	779,039

2. 조사시기 및 지점

하천수질 조사는 9개의 소유역으로부터 담수호로 유입되는 하천을 대상으로 1998년 11월부터 2000년 3월까지 17개월동안 하천수질을 조사하였으며, 조사지점은 Fig. 1과 같다. 여기서 WS#1과 WS#2 유역은 하천이 발달되어 있지 않고 일부 처리되지 않은 축산폐수가 담수호로 유입되고 있다. 수위계는 논향교, 소룡교 및 신진교에 설치하였으며, 간이표척은 담수호로 유입되는 하천지점

에 설치하였다. 하천토사 시료는 각 유역별로 매 2개월 마다 1회씩 하천수질시료 채수지점을 대상으로 하천에 퇴적된 토사를 채취하여 하천토사중에 함유된 영양물질과 중금속오염물질의 함량변화를 조사하였다. 하천수질 및 하천토사 시료의 채취시기는 강우에 의한 하천수질 변화를 최소화하여 평상시의 수질자료를 확보하고자 강우사상이 발생하지 않은 시기를 대상으로 하였다. 한편, 조사기간인 1998년 11월부터 2000년 3월까지 보령관측소의 강수량은 1,369.5mm 이었고, 그중 1999년도의 강수량은 1,284.1mm 이었으며, Fig. 2는 조사기간중의 일별 강수량을 도시한 것이다.

Table 3. Monthly precipitation at Boryung station

Year	Month	Rain (mm)	Year	Month	Rain (mm)
1998	11	29.3	1999	8	180.0
	12	3.8		9	292.5
1999	1	7.9	2000	10	169.0
	2	9.5		11	24.9
	3	71.0		12	25.8
	4	88.5		1	42.1
	5	124.5		2	3.2
	6	192.5	3	7.0	
	7	98.0	Total		1,369.5

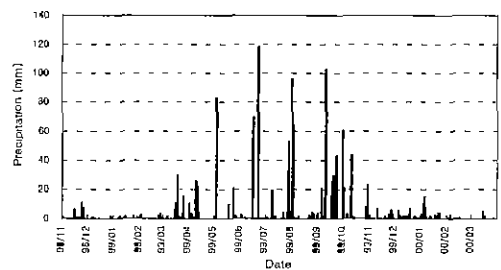


Fig. 2. Daily precipitation at Boryung meteorological station

3. 시료채취 및 분석방법

수질시료 채취는 각 지점당 3개소씩 수심 약 20cm 되는 곳에서 폴리에틸렌용기(2l)에 채수하

여 Ice box에 보관하였다. 또한 수질시료 중 암모니아태 질소, 총질소, 화학적 산소요구량을 측정하기 위하여  $H_2SO_4$ 로 pH를 2 이하로 조정한 다음  $4^{\circ}C$  이하에서 보관하였으며, 그 밖의 시료보관 및 분석은 환경처의 수질오염공정시험법<sup>16)</sup>에 기준하였다. 하천토사 시료는 토양채취기를 이용하여 채취한 다음 폴리에틸렌 봉지에 넣어 실험실로 운반하였으며, 풍건시킨 다음 2mm체를 통과시켜 농업기술연구소의 토양화학분석법<sup>17)</sup>에 따라 분석하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 하천수질

보령 담수호를 대상으로 한 기존의 수질측정 자료는 담수호 유역에 산재한 하천별로 모두 조사되어 있지 않을 뿐만 아니라 하천유량이 적은 갈수기에 대한 수질자료는 많지 않은 편이다. 본 연구의 조사기간인 1998년 11월부터 2000년 3월까지 보령담수호로 유입되는 유역내 하천 수질변화를 조사한 결과는 다음과 같다.

##### 가. 수소이온농도(pH)

보령담수호로 유입되는 하천수질의 수소이온농도는 6.82~8.54의 범위로 평균 7.49로 나타났다. 보령담수호와 인접한 일부 지점에서 염수폐기현상에 의해 약간 높게 나타났으나 전반적으로 시기별 및 유역별로 큰 차이를 나타내지 않았으며, Fig. 3은 시기별 수소이온농도의 변화를 도시한 것이다.

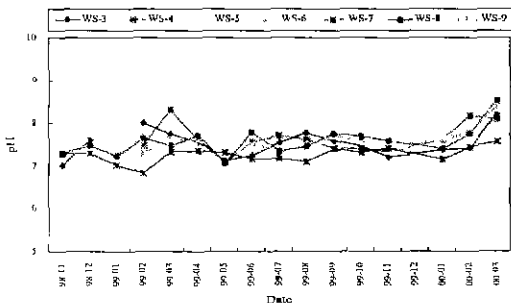


Fig. 3. Changes of pH in stream water

##### 나. 전기전도도(EC)

삼투압으로 인하여 작물의 수분흡수에 영향을 미칠 수 있는 전기전도도의 변화를 조사한 결과  $41\sim 1,940\mu S/cm$ 의 범위로 평균  $346\mu S/cm$ 를 나타내었다. 보령담수호로부터 거리가 멀고, 주변에 임야와 농경지가 주로 구성되어 있는 유역에서는 일반적으로  $200\sim 400\mu S/cm$ 의 범위를 나타내었으나, 일부 생활하수의 유입의 영향과 함께 WS#3, WS#8 및 WS#9 유역의 담수호와 가까이 위치한 지점에서 높게 나타났다. 시기별로는 4월~6월에 높게 나타났는데 이는 수도작 지대에 공급된 모내기 및 못자리용 용수의 물관리 과정에서 인위적인 배수와 농경지에 시비된 화학비료의 영향을 받았기 때문인 것으로 생각된다. Fig. 4는 시기별 전기전도도의 변화를 나타낸 것이다.

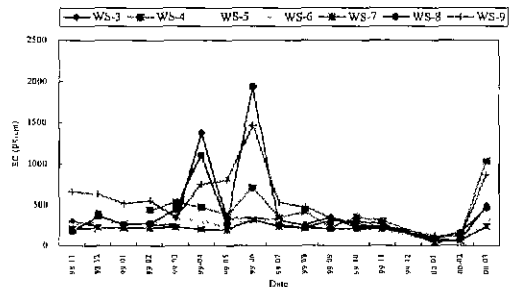


Fig. 4. Changes of EC in stream water

##### 다. 화학적 산소요구량(COD)

수중의 피산화성 물질을 일정한 산화조건에서 반응시켜 그에 요구되는 산화제의 양을 산소량으로 계산한 화학적 산소요구량을 조사한 결과  $0.75\sim 6.83mg/L$ 의 범위로 평균  $3.01mg/L$ 를 나타내었다. 유역별로는 WS#4, WS#5 및 WS#9 유역에서  $4mg/L$  이상을 나타낸 반면 그 밖의 유역에서는 전반적으로  $4mg/L$  이하를 나타내었다. 화학적 산소요구량이 높은 WS#4, WS#5 및 WS#9 유역은 일부 축산폐수 및 생활하수가 유입되어 영향을 미친 것으로 판단되며, 시기별로는 3월부터 약간씩 증가하여 5월부터 9월까지 높게 나타났다가 11월 이후 낮아지는 경향을 나타내고 있는데 이는

강우-유출 과정 중 농경지에서 유출된 유기물과 유출토사의 영향을 받았을 것으로 생각된다. Fig. 5는 시기별 화학적 산소요구량의 변화를 도시한 것이다.

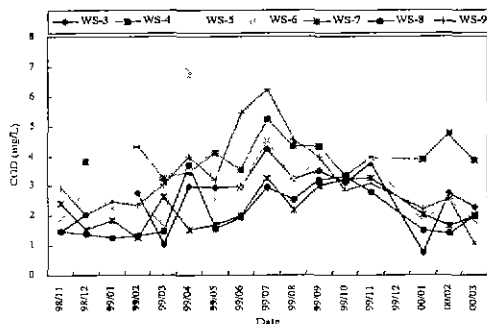


Fig. 5. Changes of COD in stream water

라. 인

수질악화의 원인이 되는 부영양화를 일으키고 식물성 플랑크톤의 과다발생을 일으켜 이취미와 수색변동을 일으키는 영양염류중 대표적인 전인(T-P)의 함량변화를 조사한 결과 불검출~0.176mg/L의 범위로 평균 0.031mg/L을 나타내었다. 본 조사에서는 가정하수와 축산폐수의 유입이 이루어지고 있는 일부 유역에서 간헐적으로 높게 나타나고 있었으나 거의 대부분의 유역에서 0.04mg/L 이하를 유지하고 있었다. 시기별로는 2월과 3월에 WS#3, WS#4 등 일부 유역에서 높게 나타났는데 이 기간 동안에 커다란 기상 및 영농활동의 변화가 없었음을 감안할 때 일시적인 축

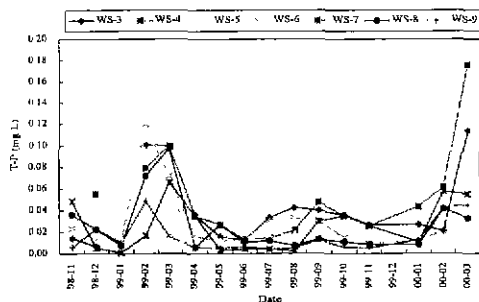


Fig. 6. Changes of T-P in stream water

산폐수의 유입으로 인한 영향이 있었던 것으로 생각된다. 인산의 함량을 조사한 결과 대부분의 조사지점에서 검출되지 않았으며, Fig. 6은 시기별 전인의 변화를 도시한 것이다.

마. 질소

우리 나라 호소 수질환경 기준에는 전질소(T-N)의 경우 1등급이 0.2mg/L, 2, 3등급이 각각 0.4mg/L, 0.6mg/L, 4등급의 농업용수가 1.0mg/L 이하로 정하고 있는데, 본 조사지역에서는 모두가 기준치를 초과하는 것으로 조사되었다. 본 조사유역은 축산단지가 곳곳에 산재해 있으며, 이들 축산폐수가 제대로 정화되지 않은 상태로 방류되고 있어 하천수질에 영향을 미칠 것으로 생각된다. 조사결과 본 조사지점에서의 전질소(T-N)의 함량은 0.45~21.80mg/L의 범위로 평균 3.86mg/L을 나타내고 있었다. 시기별로는 5월~7월에 전질소의 함량이 다른 시기에 비해 조금 높게 나타났는데 이는 농경지에 시비된 화학비료가 잦은 강우-유출과정을 통하여 하천수질에 일부 영향을 미쳤기 때문인 것으로 생각된다. 유역내 농경지 면적이 비교적 적은 WS#4 유역에서 전질소의 함량이 가장 높게 나타난 것은 채수지점 인근에 축사가 위치한 때문으로 보여지며, 본 조사지점에서 하천수중 질소의 함량은 영농활동에 의한 영향보다는 축산폐수 및 생활하수에 의해 더 크게 영향을 받고 있는 것으로 생각된다.

또한 질소를 질산태 질소(NO<sub>3</sub>-N)와 암모니아태 질소(NH<sub>4</sub>-N)의 형태로 분류하여 조사한 결과 질산태 질소는 0.27~13.71mg/L의 범위로 평균 2.25mg/L을 나타내었으며, 암모니아태 질소는 0.09~8.00mg/L의 범위로 평균 1.40mg/L을 나타내었다. 수도작 영농활동이 이루어지지 않은 11월부터 3월까지의 하천수질이 농경지에 시비되어 유출되는 화학비료의 영향을 비교적 적게 받는 관계로 암모니아태 질소의 형태보다 질산태 질소의 형태가 더 많이 검출되는 것으로 알려지고 있는데 본 조사결과도 이와 유사하게 나타났다. Fig. 7은 시기별 전질소의 변화를 도시한 것이다

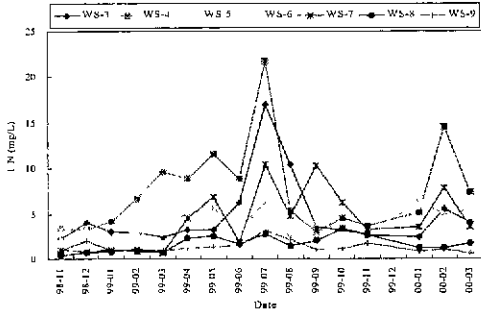


Fig. 7. Changes of T-N in stream water

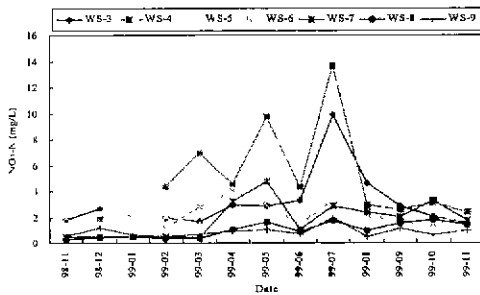


Fig. 8. Changes of NO<sub>3</sub>-N in stream water

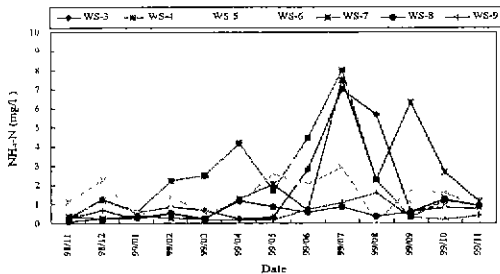


Fig. 9. Changes of NH<sub>4</sub>-N in stream water

바. 중금속 오염물질

본 조사지역에서 검출된 중금속의 함량은 Zn이 불검출~0.084mg/L의 범위로 평균 0.019mg/L, Cu는 불검출~0.03mg/L의 범위로 평균 0.001mg/L를 나타내었으나 거의 대부분의 조사지점에서 검출되지 않았으며, Cd은 모든 조사지점에서 검출되지 않았다.

2. 하천토사

농경지에서 유출되어 하천으로 유입된 영양물질들은 정체상태의 수체에서 끊임없이 물과 교환이 이루어지면서 서서히 용출되어 수층으로 이동하게 된다. 이러한 과정을 통하여 수계환경에서 지속적이고 반복적으로 부영양화 현상이 나타날 수 있는 것으로 알려져 있다. 이와 같이 잠재적인 오염원으로 존재할 수 있는 보령담수호 유역 하천에 퇴적된 토사를 대상으로 영양물질과 중금속 오염물질의 함량변화를 조사한 결과는 Table 4와 같다.

가. 수소이온농도

하천토사의 pH는 6.16~7.17의 범위로 평균 6.55를 나타내었다. 하천토사의 경우 특별하게 하천이 고갈되는 경우를 제외하고는 상시 담수상태가 유지되고 있으며, 이 과정에서 환원상태가 조장되어 pH가 더 높게 나타난 것으로 추정된다. 하천토사 중 pH 값은 유역별로, 시료채취 시기별로 큰 차이를 나타내지 않았다.

나. 토성과 양이온치환용량

삼각좌표방식에 의해 하천토사의 입도분포를 조사한 결과 옹포교 하천토사만이 Silt 함량이 30% 이상으로 나타나 사질토(Sandy Loam, SL)로 조사되었고, 그 밖의 하천토사는 모두 미사의 함량이 5% 미만인 자갈섞인 모래로 조사되었다. 양이온치환용량(CEC)의 경우 옹포교와 장척교 하천토사의 경우에서 각각 19.5와 10.1cmol/kg으로 높게 나타났으나, 그 밖의 하천토사는 거의 대부분이 5.6~6.4cmol/kg으로 낮게 나타났다.

다. 질소

하천토사 중 전질소의 함량은 138.4~3,457.3mg/kg의 범위로 평균 906.1mg/kg을 나타내었으며, 유역별로는 WS#4와 WS#9 유역에서 높게 나타났다. 이 지점은 WS#4 지점의 경우 측사가 인접해 있고 WS#9는 전체적으로 흐름이 정체되어 있으며, 또한 토사 중에 미사성분이 많이 함유되어 있고

Table 4. Nutrients and heavy metals in stream sediments

Items	Date	WS#3	WS#4	WS#5	WS#6	WS#7	WS#8	WS#9
pH	1998.12	6.69	6.52	6.39	6.46	6.83	6.23	6.89
	1999.02	6.63	6.26	6.39	6.51	6.93	6.36	6.66
	1999.04	6.52	6.41	6.29	6.41	6.88	6.16	6.59
	1999.06	6.68	6.53	6.39	6.50	6.74	6.22	6.69
	1999.08	6.59	6.62	6.25	6.36	6.56	6.31	6.71
	1999.10	6.52	6.51	6.47	6.51	6.39	6.51	6.66
	2000.02	6.86	6.51	6.69	6.89	6.78	7.17	-
T-N (mg/kg)	1998.12	276.8	1409.9	613.2	555.1	450.6	520.9	3006.3
	1999.02	244.5	1050.8	513.8	463.9	385.3	453.7	2428.1
	1999.04	318.4	1621.5	705.6	633.8	518.2	541.8	3457.3
	1999.06	331.6	1582.4	703.4	634.4	523.5	529.7	3345.0
	1999.08	315.8	1395.7	639.6	596.9	503.6	512.4	2978.5
	1999.10	319.2	1394.2	623.2	568.6	496.8	532.6	2419.7
	2000.02	138.4	497.1	298.1	557.3	353.6	533.0	-
T-P (mg/kg)	1998.12	218.2	242.5	433.4	259.4	255.7	310.3	412.6
	1999.02	210.9	234.3	417.5	250.5	246.9	291.6	397.6
	1999.04	210.0	233.6	418.7	250.0	246.4	289.4	398.6
	1999.06	222.3	262.1	420.3	259.3	251.2	299.4	402.3
	1999.08	223.5	236.1	433.9	260.1	256.4	293.2	413.2
	1999.10	222.2	241.7	396.7	301.0	247.9	299.3	396.4
	2000.02	468.3	435.8	248.8	465.2	214.3	333.0	-
Ortho-P (mg/kg)	1998.12	8.5	1.1	24.8	12.1	5.7	16.9	1.9
	1999.02	8.8	2.1	23.5	12.0	6.2	15.0	2.8
	1999.04	9.7	1.6	27.6	13.7	6.6	16.4	2.4
	1999.06	10.2	2.7	26.9	13.9	7.3	17.6	2.5
	1999.08	6.4	3.1	21.0	10.2	6.4	13.5	2.7
	1999.10	7.1	2.6	24.0	9.5	6.7	14.1	3.0
O-M (%)	1998.12	0.36	0.61	0.25	0.34	0.23	0.32	0.31
	1999.02	0.33	0.61	0.21	0.31	0.19	0.28	0.28
	1999.04	0.35	0.63	0.23	0.31	0.21	0.31	0.27
	1999.06	0.32	0.60	0.24	0.33	0.22	0.28	0.29
	1999.08	0.36	0.49	0.35	0.41	0.30	0.36	0.34
	1999.10	0.51	0.50	0.32	0.39	0.27	0.33	0.34
Zn (mg/kg)	1998.12	3.00	2.24	5.98	9.38	5.06	7.00	18.34
	1999.02	3.07	2.32	5.98	9.31	5.08	7.07	18.08
	1999.04	1.81	0.61	6.49	11.83	5.04	7.29	25.89
	1999.06	2.33	2.04	2.74	6.78	3.14	7.15	15.47
	1999.08	3.74	3.84	3.01	9.14	4.52	6.85	16.35
	1999.10	2.01	2.67	2.66	8.25	3.98	6.66	14.44
Ni (mg/kg)	1998.12	0.15	0.46	1.01	0.96	0.41	1.07	4.15
	1999.02	0.16	0.47	1.05	1.00	0.43	0.90	4.31
	1999.04	0.15	0.46	1.02	0.97	0.41	0.92	4.17
	1999.06	0.15	0.45	1.00	0.95	0.41	0.90	4.11
	1999.08	0.15	0.46	1.02	0.97	0.41	0.92	3.25
1999.10	0.12	0.39	0.87	0.69	0.40	0.63	3.54	
Cu (mg/kg)	1998.12	1.00	3.20	2.74	3.93	1.45	1.74	4.94
	1999.02	0.99	3.16	2.72	3.89	1.43	1.86	4.89
	1999.04	1.00	3.21	2.76	3.95	1.46	1.69	4.97
	1999.06	1.00	3.19	2.74	3.92	1.44	1.56	4.93
	1999.08	0.87	2.68	3.10	2.97	1.23	1.52	3.87
1999.10	1.02	2.68	2.72	3.26	1.43	1.86	4.10	

양이온치환용량이 높아 영양물질의 흡착률이 높기 때문에 하천토사 중에서 전질소의 함량이 높게 나타난 것으로 생각된다. 그러나, 시기별로는 큰 함량차이가 나타나지 않았다. 유역에 분포하는 논토양중 전질소의 함량이 652.3~1,178.96mg/kg의 범위로 평균 883.89mg/kg을 나타낸 것과 비교시 하천토사에서 검출되는 전질소의 함량이 더 높게 나타나고 있었다. 이는 농경지 유출토사 뿐만 아니라 산업발달과 도시화 및 소비생활의 향상으로 인해 발생하는 폐기물이나 하수오수에 의해 하천토사 중 질소의 함량이 점진적으로 증가하고 있는 것으로 생각된다.

#### 라. 인

인산은 무기광물중에 함유되어 있는 인이 화학적으로 분해되거나 또는 유기물 중에 함유된 인이 미생물에 의하여 분해되므로서 유리상태로 되어 가동성을 갖게 되는데 특히 약산성의 습윤한 토양과 유기물이 사용된 후에 이러한 과정이 촉진되는 것으로 알려져 있다.

하천토사 중 전인(T-P)의 함량은 210.0~468.3mg/kg의 범위로 평균 306.9mg/kg을 나타내었다. 유역별로는 WS#5와 WS#9 지점에서 전인의 함량이 395.6mg/kg 및 403.5mg/kg을 나타내어 가장 높게 나타났는데, 이 지점은 논토양 중 전인의 함량이 400mg/kg 이상을 나타낸 유역으로 논으로부터 유출된 유출토사에 의해 영향을 받고 있는 것으로 생각된다. 논토양에 존재하는 인은 거의 대부분이 화학비료의 형태로 공급되며, 시비 직후 거의 대부분이 토양입자에 흡착되어 이동성이 낮은 형태로 전환된다. 토양입자에 흡착된 인은 식물체에 흡수되거나 지표유출 과정에서 토사에 결합된 형태로 지표손실이 발생하게 되어 하천토사 중 전인의 함량을 높이는 결과를 초래하게 된다.

인산(Ortho-P)의 함량은 1.1~27.6mg/kg의 범위로 평균 10.3mg/kg을 나타내었으며, 유역별로는 WS#5와 WS#8에서 높게 나타났다. 하천에서 검출되는 거의 대부분의 인산(O-P)은 합성세제에

의한 영향이 가장 큰 것으로 알려지고 있는데 본 조사에서 인산의 함량이 비교적 높게 나타난 WS#5와 WS#8 유역은 농공단지(WS#5)와 생활근거지가 밀집해 있는 지역으로 가정하수에 의해 영향을 받고 있는 것으로 추정된다. 하지만 시기별로 인산의 함량을 조사하였을 때 영농기에 약간 높게 나타났는데 이는 농경지에 시비된 화학비료에 의해서도 일부 영향을 받을 수 있음을 나타내 주는 결과로 생각된다.

#### 마. 중금속

토양용액 중의 중금속은 유리이온의 상태 및 수용성 킬레이트 이온의 상태로 존재하는데 이들은 고등식물이나 미생물에 흡수될 수 있으며, 점토나 부식같은 토양교질물에 침전, 고정, 흡착되기도 한다.

하천토사 중 중금속의 함량은 각각 Cu가 0.87~4.97mg/kg의 범위로 평균 2.60mg/kg, Zn는 0.61~25.89mg/kg의 범위로 평균 6.87mg/kg, Cd는 0~0.11mg/kg의 범위로 평균 0.04mg/kg, 그리고 Ni는 0.12~4.31mg/kg의 범위로 평균 1.11mg/kg으로 나타났다. 이들 중금속의 함량은 자연함유량 수준으로 아직까지 크게 오염의 우려가 없는 것으로 생각된다. 유역별로는 Cd의 경우 WS#3과 WS#5에서 높게 나타난 반면, 기타 중금속은 WS#9에서 높게 나타났다. 하천토사 중 중금속의 함량은 유역 논토양 중 중금속의 함량과는 큰 상관관계를 나타내지 않았는데, 이 점으로 보아 하천토사에서 검출되는 중금속의 함량은 농경지로부터 유출된 유출토사에 의한 영향 보다는 산업발달과 도시화 및 소비생활의 향상으로 인해 발생하는 폐기물이나 하수오수에 의해 더 영향을 받고 있는 것으로 추정된다.

#### 바. 유기물

토양유기물은 작물의 수확물 잔사, 토양생물의 유체, 유기질비료 그리고 산림에서는 낙엽과 가지나 뿌리 등이 모재가 되며 그의 일부는 분해되는 한편 일부는 축적되는 것으로 알려져 있다.



하천토사 중 유기물의 함량은 0.19~0.63%의 범위로 평균 0.34%를 나타내었다. 조사대상 하천토사의 토성은 WS#9를 제외하고는 거의 대부분이 자갈섞인 모래로 구성되어 있기 때문에 하천토사에서 검출되는 유기물의 함량이 낮게 나타난 것으로 생각되며, 시기별로는 큰 차이가 나타나지 않았다.

보령담수호 유역의 하천수질은 유역 내에 산재한 농업 농가에서 배출되는 하수 및 소규모로 사육되어지는 축산폐수의 영향을 받고 있는 것으로 조사되었다. 또한 유역 WS#1, WS#2 및 WS#3에서는 생활하수 및 인근 축산농가의 축산폐수가 정상적인 정화과정을 거치지 않고 그대로 하천으로 유입되어 하천오염이 시간이 경과할수록 심각해지고 있는 것으로 조사되었다. 따라서 보령담수호의 수질을 개선시키기 위해서는 유역내 소규모 축산단지가 밀집해 있는 WS#2와 WS#3 유역에 축산폐수의 정화시설 및 WS#6 하류에 계획된 하수종말처리장의 설치가 빠른 시일 내에 이루어져야 할 것으로 생각된다.

#### IV. 요약 및 결론

보령 담수호의 수질보전을 위한 기초연구로 유역으로부터 담수호로 유입되는 각 하천을 대상으로 1998년 11월부터 2000년 3월까지 17개월에 걸쳐 하천수질과 하천토사의 질 변화를 조사하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 하천수 중 화학적 산소요구량은 0.75~6.83mg/L의 범위로 평균 3.01mg/L를 나타내었으며, 전인의 함량은 불검출~0.176mg/L의 범위로 평균 0.031mg/L을 나타내었다. 전질소의 함량은 0.45~21.80mg/L의 범위로 평균 3.86mg/L을 나타내고 있었다. 본 조사지역에서 검출된 중금속의 함량은 Zn이 불검출~0.084mg/L의 범위로 평균 0.019mg/L, Cu는 불검출~0.03mg/L의 범위로 평균 0.001mg/L, Cd은 모든 조사지점에서 검출되지 않았다. 하천수에 대한 수질조사 결과 본 담수호

유역의 경우 농업활동에 의한 영향보다는 축산폐수 및 생활하수에 의해 더 크게 영향을 받고 있는 것으로 조사되었다.

2. 하천토사 중 전질소의 함량은 138.4~3,457.3mg/kg의 수준으로 평균 906.1mg/kg을 나타내었으며, 유역별로는 WS#4와 WS#9 유역에서 높게 나타났다. 전인의 함량은 210.0~468.3mg/kg의 범위로 평균 306.9mg/kg을 나타내었다. 유역별로는 WS#5와 WS#9에서 전인의 함량이 400mg/kg 이상을 나타내어 가장 높게 나타났다.

본 연구는 1999년도 농림기술개발연구과제의 협동연구비 지원에 의하여 수행되었음

#### 참 고 문 헌

1. 이흥근, 1989, 하천 및 호수에 대한 비점오염원의 문제점과 조사방향, 한국환경과학연구협회, pp. 97~116.
2. 박승우, 1996, 농업유역 환경의 최적관리방안, 한국농공학회지, 38(3), pp. 15~23.
3. 박승우·류순호·강문성, 1997, 소유역의 토지이용에 따른 비점원오염 부하량, 한국농공학회지, 39(3), pp. 115~127.
4. 박승우·윤광식·임상준·강문성, 1996, 농업유역의 생태환경 모니터링 연구, 한국농촌계획학회지, 2(2), pp. 91~102.
5. 정영상·양재의·박철수·권영기·주영규, 1998, 북한강 울문천 소유역에서 수질변화와 농업활동에 의한 N, P 부하량, 한국토양비료학회지, 31(2), pp. 170~176.
6. 정영상·양재의·주영규·이주영·박용성·최문천·최승출, 1997, 농업형태가 다른 한강 상하류 하천수 및 농업용 지하수 수질, 한국환경농학회지, 16(2), pp. 199~205.
7. 國松孝男, 夢 榮, 戶 幹, 武田育郎, 1994, 非作付期間の田からの水質汚染物質の表面流出, 日

- 本農業土木學會論文集, 170, pp. 45~54.
8. 武田育郎, 國松孝男, 小林愼太郎, 九山利輔, 1990, 水田群からの汚濁負荷流出に関する研究. - 降雨時に水田群からの汚濁負荷流出 - 日本農業土木論文集, 147, pp. 979~985.
  9. 武田育郎, 國松孝男, 小林愼太郎, 九山利輔, 1991, 水田群からの汚濁負荷流出に関する研究. - 水系における水田群の汚濁物質の收支 - 日本農業土木論文集, 153, pp. 63~72.
  10. Allan O., E. D. Rhoades, S. J. Smith, and R. G. Menzel, 1980, Fertilizer nutrient losses from rangeland watersheds in central Oklahoma. *J Environ. Qual.*, 9, pp 81~86.
  11. Datta, S K., 1987, Nitrogen transformation processes in relation to improved cultural practices for lowland rice. *Plant and Soil*, 100, pp. 47~69.
  12. Datta, S. K., 1995, Nitrogen transformation in wetland rice ecosystems. *Fertilizer Research*, 42, pp. 193~203.
  13. Fillery, I. R., P. Simpson J. R and S. K. Datta. 1986, Contribution of ammonia volatilization to total nitrogen loss after applications of urea to wetland rice fields. *Fertilizer Research*, 8, pp. 193~202.
  14. 최종대, 1996, 소양호유역으로부터 총인과 총질소의 유입 특성, 한국관개배수, 3(2), pp. 167~175.
  15. 정창규, 1992, 하천 및 호수에서 퇴적물과 수층 사이의 인의 교환에 관한 연구, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
  16. 환경처, 1993, 수질오염공정시험법.
  17. 농업기술연구소, 1983, 토양화학분석법.
  18. 농어촌진흥공사, 1997, 홍보지구 농업종합개발사업(사후환경영향조사보고서).