

보령담수호 유역내 논물과 논토양의 화학적 성분 변화

Chemical Components of the Rice Paddy Water and Soil in Boryeong Watershed

최진규*, 손재권*, 구자웅*, 조재영*, 김영주**
Choi, Jin-Kyu, Son, Jae-Gwon, Koo, Ja-Woong, Cho, Jae-Young, Kim, Young-Joo

Abstract

This study was carried out to provide the basic information for the water quality management of Boryeong fresh water reservoir watershed. Nine sub-watersheds were delineated and the water quality of the paddy water and paddy soil of the sub-watersheds were periodically investigated from January 1999 to September 2001. Soil and water quality indexes of water temperature, pH, EC, T-N, T-P, and organic matter in soil were analyzed. The result showed that pH ranged from 6.33 to 9.64 (average 7.30) and EC From 54.0 to 5,621.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (average 618.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$). T-N concentrations affected by the livestock wastes and agricultural activities and ranged from 3.20 to 19.38 mg/L (average 6.22 mg/L). The T-N concentrations were generally greater than the agricultural water quality standard of 1.0 mg/L. Total-P ranged from 0.003 to 0.045 mg/L (average 0.020 mg/L) and generally was lower than the agricultural water quality standard of 0.1 mg/L. Most of the soil of the watershed was sandy clay loam. CEC of the soil ranged from 8.1 to 29.7 cmol(+)/kg (average 19.4 cmol(+)/kg). T-N and T-P ranged from 117.6 to 2,181.2 mg/kg (average 716.5 mg/kg) and from 77.2 to 1,521.5 mg/kg (average 514.2 mg/kg), respectively. Correlation of nutrient concentrations between the water and the soil did not show significant relationships. It was thought that nutrient concentrations in paddy water were mainly affected by the quality of irrigation water, precipitation and amounts of chemical and organic fertilizers.

I. 서론

오늘날 경제성장과 소비 확대, 인구증가와 도시집중, 국토이용의 과밀화, 산업의 발달, 환경기초시설의 부족 등으로 인하여 하천, 호소

및 지하수 등의 수자원이 심각하게 오염되고 있으며, 이러한 수질 오염은 강수량 등 자연적 요인과 더불어 사회경제적인 인간의 활동과 관련되어 있다. 수질을 오염시키는 원인은 오염물질이 발생하는 형태에 따라서 점오염원과 비

* 전북대학교 농과대학 (농업과학기술연구소)
(choijk@moak.chonbuk.ac.kr)

** 전북대학교 대학원

키워드 : 보령담수호, 논물, 논토양, 총질소, 총인

점오염원으로 구분하는데, 점오염원은 하수관, 배수구, 수로, 터널, 관정, 밀집된 축사 등 수질오염원의 발생장소 및 유출경로를 알 수 있는 것을 말하며, 비점오염원은 농경지에 사용된 농약과 비료, 유실 토양, 축사 유출물, 대기강하물, 도시지역 먼지 및 쓰레기 등 오염경로의 확인이 어려운 점오염원 이외의 오염원을 말한다 (경기개발연구원, 1999).

수질오염을 가져오는 이들 오염물질의 배출원은 생활하수, 산업폐수, 축산폐수, 기타 등으로 구분된다. 특히 도시하수의 증가현상이 뚜렷하고, 논과 밭 등의 경작지에 사용된 농약 및 화학비료 사용량의 증가, 공장폐수 및 생활하수의 농경지 유입, 가두리 양식장의 사료와 배설물의 발생, 기타 낚시와 주변 쓰레기 등 오물의 유입, 그리고 대기 오염물질의 낙하 등으로 인하여 이들이 수질오염에 미치는 영향이 커지고 있다 (박근조의, 1996; 이광식의, 1996; 이홍근, 1989; 장정렬외, 1997).

세계적으로 농업비점오염원으로 인한 수질오염문제를 해결하기 위한 연구가 활발하게 이루어지고 있으며 (Allan et al., 1980; Datta, 1987, 1995; Fillery et al., 1986) 우리나라에서도 농업비점오염원에 의한 수질오염의 심각성을 인식하고 하천이나 호소, 담수호 수질개선을 위한 유역 규모의 최적관리기법이나 농경지에서 부하되는 농업비점오염원에 대한 연구활동이 증가하고 있는 추세이다 (박승우외, 1996, 1997; 이요상외, 2000; 정영상외, 1997, 1998; 최종대, 1996). 우리 국민의 주곡인 벼를 재배하는 논에 광산폐수 등이 유입되어 중금속에 오염된 쌀이 생산되어 사회 문제화 되기도 하였다. 농업활동이 지나치게 화학비료와 농약 등 농자재의 과잉 투여로 농업생태계가 파괴되고 있으며, 식품의 안전성이 위협받고 있다 (농업환경보전, 1991).

환경부에서는 토양과 수질오염실태 및 추이 등을 종합적으로 파악하여 적합한 보전대책을 추진하고 예측가능한 정책을 추진하기 위하여

1987년부터 전국 522개 지역의 2,610개 지점을 오염원별로 구분하여 매년 절반씩 토양오염실태를 조사하고 있으며, 이 측정망의 주된 관심사는 음용수로서의 수질을 감시하고 보호하기 위한 것이다. 농업기반공사는 전국의 주요 농업용수 수리시설을 대상으로 450여개 지점에 대하여 농업용수의 수질을 조사하여 수질개선은 물론 체계적인 수질관리를 도모하고 있다 (농업기반공사, 2000). 농업환경이 수질과 토양의 질에 미치는 영향을 조사하기 위한 연구가 일부 진행되고 있지만 유역 규모에서의 체계적인 연구는 아직 부족한 실정이다.

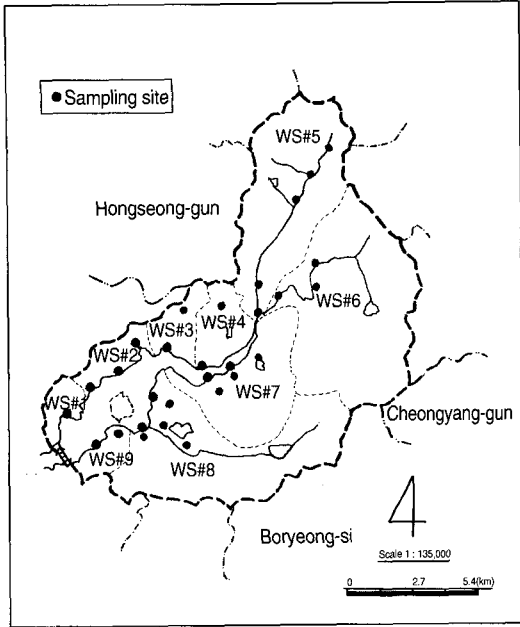
본 연구에서는 보령 담수호의 수질보전을 위한 농업유역 및 하천의 수질관리와 수질예측모형의 개발에 필요한 기초자료를 제공하고자 보령 담수호로 유입되는 9개의 소유역에 위치한 주요 하천지점의 인근 논을 대상으로 논물과 논토양의 물리적 특성 및 pH, EC, T-N, T-P 등 화학성분의 시기별 함량변화를 분석하였다. 본 연구결과는 농업유역에서 관개기간 동안 하천 또는 농경지 오염원의 적정관리방안의 개발과 시행에 기여할 수 있을 것이다.

II. 재료 및 방법

1. 대상지구

가. 지구 개요

본 연구의 조사 대상은 보령담수호 지구로서 충남 홍성군과 보령군에 걸쳐 위치하고 있으며, 전체유역면적은 14,180ha, 관개면적은 4,722ha, 총저수량은 1,933ha-m, 만수면적은 582ha 이다 (농어촌진흥공사, 1998). 조사 지구는 보령 담수호로 유입되는 유역을 1:25,000 지형도를 기본으로 하여 <Fig. 1>과 같이 9개의 소유역으로 분할하였으며, 이중 WS#1과 WS#2 유역은 하천이 발달되어 있지 않고 일부 처리되지 않은 축산폐수가 담수호로 유입되고 있다.



〈Fig. 1〉 Location map of study area

나. 조사 지점

본 조사에서는 보령담수호 유역내 각 소유역의 담수호 유입부 제수문 및 하천의 교량지점에 인접한 논을 대상으로 6월부터 9월까지의 영농기간을 포함하여 1999년 1월부터 2001년 9월까지 논물과 논토양에 들어 있는 영양물질 및 중금속오염물질의 함량을 조사하였다〈Table 1〉.

〈Table 1〉 Sampling sites of paddy water and soil

Sub-sheds	Lake inlet points (control gate of bank)	Stream points (near bridge)
WS#1	Duman	
WS#2	Whadong, Songhyeon, Nakdong	
WS#3	Sindeok	Sinjuok
WS#4	Sinhyeondul	Jangcheck
WS#5		Chungkwang, Singok, Sinjin, Sangjeong
WS#6		Soam, Gasigok, Soryong, Ongam
WS#7		Jooklim, Sinsong
WS#8		Nonhyang, Jinjook, Sondeok, Geumoh, Gojam
WS#9		Wungpo
Total	6	18

2. 시료 채취 및 분석방법

가. 논물

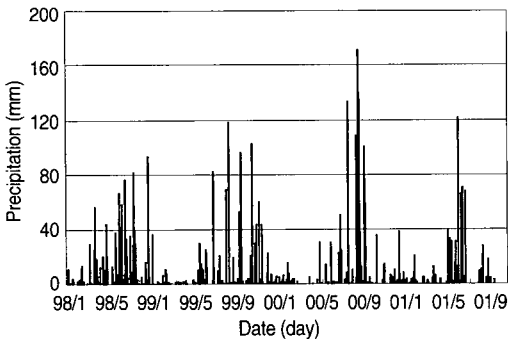
논물 시료는 영농기간 동안 각 조사지점별로 매월 1회 채취하였다. 논물을 2l의 폴리에틸렌용기에 채수하여 Ice box에 보관하면서 분석시료로 사용하였다. 시료보관 및 분석방법은 환경처의 수질오염공정시험법(환경처, 1993)에 기준하였으며, 조사 및 분석항목은 담수심, 수온, pH, EC, T-N, T-P 등이다.

나. 논토양

논토양 시료는 1999년 2월에 채취된 시료를 대상으로 토양의 물리·화학적 특성에 대한 조사를 실시하였다. 그리고, 2개월마다 1회씩 논물의 시료 채취지점을 대상으로 논토양을 채취하여 pH, T-N, T-P, 유기물 등 영양물질의 함량변화를 조사하였다. 논토양 시료는 토양채취기를 이용하여 채취한 다음 폴리에틸렌 봉지에 넣어 실험실로 운반하였다. 시료를 풍건시킨 다음 2mm체를 통과시켜 농업기술연구소의 토양화학분석법(1983)에 따라 분석하였으며, 분석항목은 pH, T-N, T-P, 유기물함량 등이다.

3. 강수량 자료

본 지구의 제반 기상자료는 보령 관측소의 일별 자료를 사용하였다. 조사기간 동안의 연 강수량을 보면 1998년은 1397.2mm, 1999년은 1284.1mm, 2000년에는 1515.4mm, 그리고 2001년은 10월까지 858.7mm로서 2001년을 제외하고는 우리나라 연평균 강수량 1,274mm 보다 약간 많은 편이었다. 월별로는 1998년 8월과 1999년 9월에 각각 341.7mm와 292.5mm로 월 최대값을 나타냈지만, 2000년에는 2~5월에 비교적 강수량이 적은 반면 8월에는 태풍과 집중된 호우로 인하여 701.5mm의 많은 강우량을 기록하였다. 또한, 일 최대 강우량은 1998년은 9월 30일의 93.5mm이었으며, 1999년은 6월 23일의 118.5mm, 2000년은 8월 26일의 171.5mm, 2001년은 7월 21일의 121.5mm를 기록하였다 (Fig. 2).



(Fig. 2) Daily precipitation of Boryeong meteorological station (1998~2001)

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 논물의 수질 특성

가. 담수심

벼 재배기간 동안 담수호유역내 소유역별로 24개 지점의 논을 대상으로 논의 담수심을 측

정한 결과 이양후 활착기에 비교적 높은 담수심을 나타내었으며, 중간 낙수기인 7월 하순과 완전 낙수기인 8월 중순에는 상대적으로 낮은 담수심을 나타내고 있었다. 시기별로 담수심은 0~12cm의 범위였으며, 1999년도 유역전체의 담수심은 2.2~5.6cm, 2000년도는 1.5~4.6cm, 2001년도에는 1.1~4.8cm이었으며, 조사기간동안의 평균 담수심은 3.3cm였다 (Fig. 3). 일반적으로 논 담수심과 물꼬 높이는 인위적인 조작에 따라 좌우되는 변수로서 경작자마다 서로 다르게 관리하고 있는 것으로 보여진다.

나. 수온

1999부터 2001년까지 영농기간 동안 논물의 수온은 21~34℃의 범위로 평균은 26.8℃였다 (Fig. 4). 일반적으로 논물의 수온은 대기의 온도와 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있다. 논의 수온은 모내기후 점차 상승하여 7월 하순에서 8월초 사이에 최고치를 나타낸 후 점차 내려가는 전형적인 경향을 나타냈다.

다. 수소이온농도(pH)

논물의 수소이온농도는 6.33~9.64의 범위로 평균은 7.3을 나타냈다 (Fig. 5). 수소이온농도는 부분적으로 이양후 6월과 7월이 8월과 9월에 비하여 상대적으로 약간 높았다. 1999년의 pH는 2000년의 pH보다 평균적으로 약간 높았으나 유의적인 차이는 없었다. 논물의 pH는 하천과 호소의 4등급 농업용수 수질기준인 6.0~8.5의 범위내에 있었다. 그러나, 1999년 6월과 7월에는 3개 지점에서 염수쟁기현상에 의해 일부 수소이온농도는 농업용수 수질기준을 초과하기도 했다.

라. 전기전도도 (EC)

삼투압으로 인하여 작물의 수분흡수에 영향을 미칠 수 있는 논물의 전기전도도는 54.0~5,621.0 μ S/cm의 범위로 평균 618.0

$\mu\text{S}/\text{cm}$ 였다(Fig. 6). 전기전도도는 보령 담수호와 인접해 있는 WS#2의 화동제방과 송천제방에서 평균적으로 각각 3,785 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 와 3,179 $\mu\text{S}/\text{cm}$, WS#3의 신태제방, WS#4의 신흥들제방 및 WS#9의 옹포교 지점을 포함한 제수문지점 제방 부근 논에서 높게 나타났으며, 유역별 및 시기별로는 큰 차이가 없었다.

마. 총질소 (T-N)

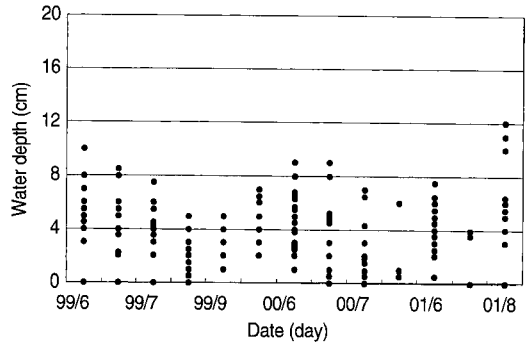
논물의 총질소 농도는 3.20~19.38 mg/L의 범위로 평균 6.2 mg/L를 나타냈다(Fig. 7). T-N의 농도는 WS#2의 화동제방에서 11.42 mg/L, WS#3의 신태제방에서 12.36 mg/L를 비롯하여 WS#8의 고잠교와 송덕교 지점, WS#9의 옹포교 지점에서 높게 나타났다. T-N의 농도는 비료시비 시기에 증가하였다가 강우에 의한 지표유출 및 작물의 영양물질 흡수량이 증가하면서 점차 감소하는 경향을 보였다.

논물의 T-N 농도는 영농기간에 점차적으로 증가하였다가 서서히 감소하는 경향을 나타내었다. 시기별로는 5월 7월에 총질소의 농도가 다른 시기에 비해 조금 높게 나타났는데 이는 농경지에 시비된 화학비료가 잦은 강우-유출 과정을 통하여 하천수질에 일부 영향을 미쳤기 때문인 것으로 생각된다. 우리 나라 호소 수질 환경 기준의 총질소의 농도는 농업용수 수질기준인 4등급의 경우 1.0 mg/L 이하이나 본 조사에서의 논물 T-N 농도는 이 기준치를 대부분 초과하였다.

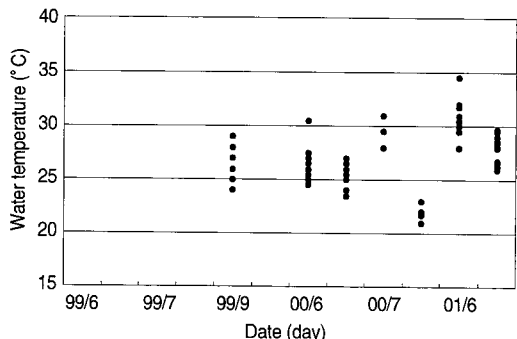
바. 총인 (T-P)

수질악화의 원인이 되는 부영양화를 일으키고 식물성 플랑크톤의 과다발생을 일으켜 냄새와 수색변동을 일으키는 영양염류의 하나인 논물의 총인 농도는 0.003~0.045mg/L의 범위로 평균 0.020mg/L였다(Fig. 8). 총인의 농도는 모든 논물에서 호소의 4등급 농업용수

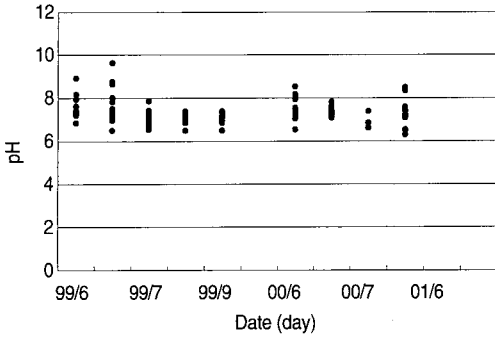
수질환경기준인 0.1 mg/L 보다 낮았다. T-P의 농도는 WS#1의 두만제방에서 0.037 mg/L, WS#2의 화동제방에서 0.041 mg/L을 비롯하여 WS#6의 소룡교, WS#7의 죽림교 지점에서 다른 유역에 비하여 비교적 높게 나타났다. 이는 WS#1 및 WS#2 유역의 축산폐수와 WS#6 및 WS#7 유역의 생활하수로 인한 영향때문으로 생각된다. 연도별로는 1999년의 T-P 농도가 2000년의 T-P 농도보다 증가한 것으로 나타났으나, 전반적으로 기비시비후에 일시적으로 증가하였다가 점차 감소하는 경향을 보였으며, 가용성인산은 조사기간 동안 검출되지 않았다. 이는 경작지에 시비된 인산질 비료의 상당량이 빠른 시일내에 토양중에 흡착되거나 여러 가지 토양조건에 의하여 불용화되어 그 농도변화가 적게 나타난 것으로 생각된다.



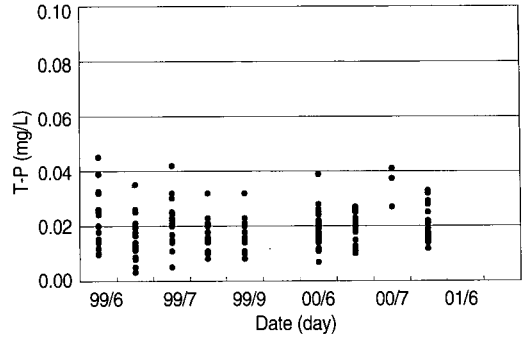
(Fig. 3) Flooding depth of paddy water (1999~2001)



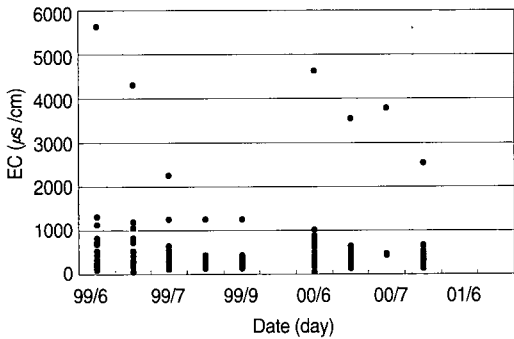
(Fig. 4) Temperature of paddy water (1999~2001)



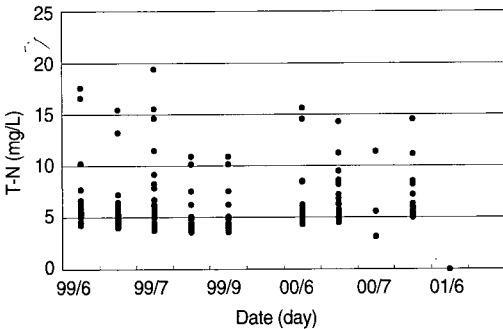
〈Fig. 5〉 pH of paddy water (1999~2001)



〈Fig. 8〉 T-P of paddy water (1999~2001)



〈Fig. 6〉 EC of paddy water (1999~2001)



〈Fig. 7〉 T-N of paddy water (1999~2001)

WS#6 및 WS#7에서는 사질양토(Sandy Clay, SC)로 조사되었다. 양이온치환용량(CEC)은 8.1~29.7 cmol(+)/kg으로 다소 높으며 평균 19.4 cmol(+)/kg를 나타냈다. 우리나라 일반 논토양의 양이온치환용량이 8~10 cmol(+)/kg인 것과 비교하면 상당히 높은 수치라고 할 수 있을 것이며, 이는 담수호 주변에서의 염류의 영향을 받은 때문으로 생각된다.

가. 수소이온농도(pH)

우리나라 농경지 토양의 pH는 지역에 따라 다소간의 차이가 있으나, 내륙지대의 논과 밭은 대체로 pH 5.0~5.5 사이가 가장 많으며, 논이 밭보다 더 산성화되어 있다. 이러한 토양 반응은 중요한 토양의 화학적 성질의 하나이고, 또한 토양미생물과 고등식물의 생육에 영향을 크게 끼치는 생리학적 성질이기도 하다.

1999년 2월부터 2001년 3월까지 보령담수호 유역을 대상으로 한 논토양의 표토 pH는 〈Fig. 9〉와 같이 5.09~8.57의 범위로 평균 6.28을 나타내어 우리나라 일반 농경지의 토양 pH보다 약간 높은 수준을 나타냈다. 1999년 7/22일, 2000년 7/14, 9/7, 9/23 및 10/21일, 2001년 6/15일에 pH가 7.0을 초과하였고, WS#8의 고잠교와 송덕교 지점에서 높았다. 그러나, 조사기간 동안 유역별 및 시료 채취 시기별로 pH는 큰 차이를 나타내지 않았다.

2. 논토양 특성

보령 담수호 유역내 논토양의 이화학적 특성을 조사한 결과, 토성은 WS#3, WS#4, WS#8 및 WS#9에서는 미사질양토(Silty Clay Loam, SiCL)였으며, 그 밖의 WS#5,

나. 총질소(T-N)

토양으로 질소의 공급원은 대기 강하물, 토양미생물에 의한 질소의 고정과 같은 자연적인 공급과 영농을 위한 화학비료와 퇴비형태의 질소시용이다. 다만, 소량의 질소가 지각층의 광물질에서 유래되는 경우도 있으며, 산업발달과 도시화 및 소비생활의 향상으로 인한 폐기물 및 하수오니도 토양의 질소농도 증가에 기여할 수 있다.

1999년 2월부터 2001년 9월까지 조사기간 중 유역에 분포하는 논토양중 총질소의 농도는 117.6~2,181.2 mg/kg의 범위로 평균은 716.5 mg/kg이었다. 시료채취시기를 기준으로 하였을 때 비영농기간 동안에는 질소원의 함량변화가 나타나지 않은 반면, 영농기간에는 농경지에 시비된 화학비료의 영향으로 인하여 그 변화폭이 다양해지는 경향이였다<Fig. 10>. 또한 조사유역을 기준으로 하였을 때 WS#5와 WS#8에서 높게 나타났는데 이는 부분적으로 축산단지가 산재해 있고, 각 농가별 화학비료의 시비량과 농업형태가 서로 상이하여 차이가 나타난 것으로 생각된다.

다. 총인(T-P)

인산은 무기광물중에 함유되어 있는 인이 화학적으로 분해되거나 또는 유기물중에 함유된 인산이 미생물에 의하여 분해되므로서 유리상태로 되어 가동성을 갖는다. 특히, 인산은 약산성의 습윤한 토양과 유기물이 시용된 후에 이러한 과정이 촉진되는 것으로 알려져 있다. 토양은 인산의 과잉으로 인하여 그 기능이 저해를 받는다고 생각되지 않는데 그 이유는 무기태인산이라 하더라도 대부분 토양에 강하게 흡착 결합되어 있고 단지 소량만이 가급태로 존재하기 때문이다.

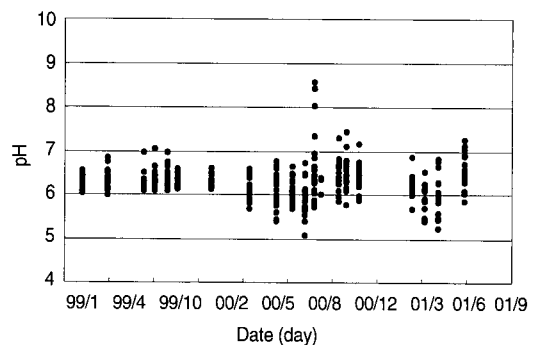
1999년 2월부터 2001년 3월까지 보령담수호 유역 논토양중 총인의 농도는 77.2~1,521.5 mg/kg의 범위로 평균 514.2 mg/kg을 나타냈다<Fig. 11>. 유역별로 인산원의 농

도는 WS#4, WS#8과 WS#9에서 높게 나타났으며, 시기별로는 농경지에 시비된 화학비료의 영향으로 인하여 영농기간 동안에 높게 나타나는 경향이였다. 축산단지가 산재해 있는 일부 지점에서 인산원의 집적량이 아주 높게 나타났는데, 강우량이 많은 6, 7, 8월에 농경지로부터 유출된 토사가 하천에 유입될 경우 하천생태계와 수계환경에 영향을 미칠 수 있을 것으로 생각된다.

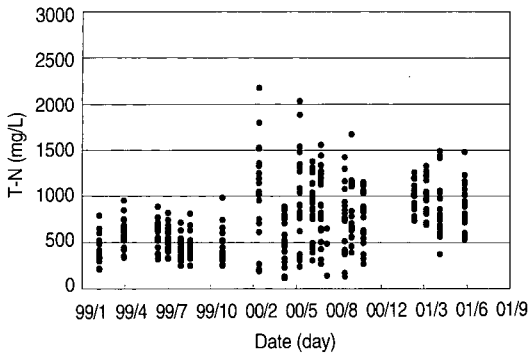
라. 유기물

토양유기물은 작물의 수확물 잔사, 토양생물의 유체, 유기질비료 그리고 산림에서는 낙엽과 가지나 뿌리등이 모재가 되며 그의 일부는 분해되는 한편 일부는 축적된다. 토양에 유기물이 축적되기 시작하면 식물에 대한 유효양분의 공급이 늘게 되고 그로 인하여 식물체의 생산과 유체의 양은 증가되며 이러한 상태는 유기물의 축적속도와 분해속도가 같은 평형에 이르기까지 계속된다. 토양에 축적되는 유기물의 양은 그 지역의 기후, 식생, 배수상태, 작물의 재배 및 토성, 지형, 토지의 이용형태, 비료의 사용, 무기화속도 등 여러 요인의 영향을 받게 된다.

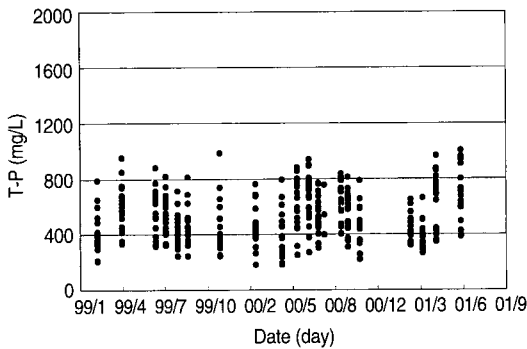
논토양중 유기물의 함량은 1.14~5.60%의 범위로 평균 2.79%를 나타났으며<Fig. 12>, 일반적인 우리나라 답토양의 유기물 함량인 2.5% 보다 약간 높게 나타나는 경향이였다.



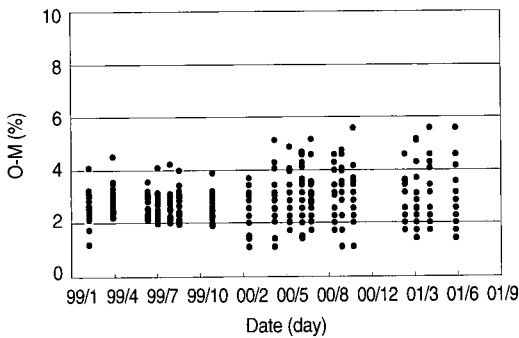
<Fig. 9> pH of paddy soil (1999~2001)



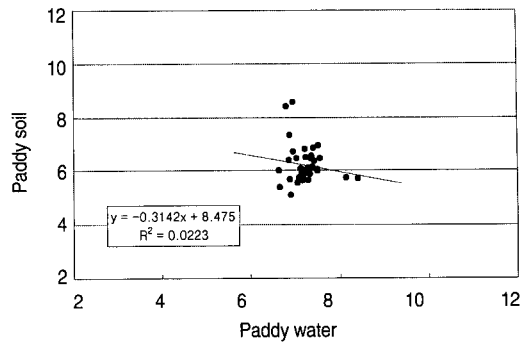
〈Fig. 10〉 T-N of paddy soil (1999~2001)



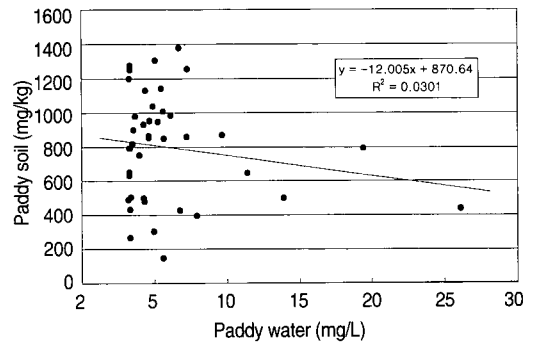
〈Fig. 11〉 T-P of paddy soil (1999~2001)



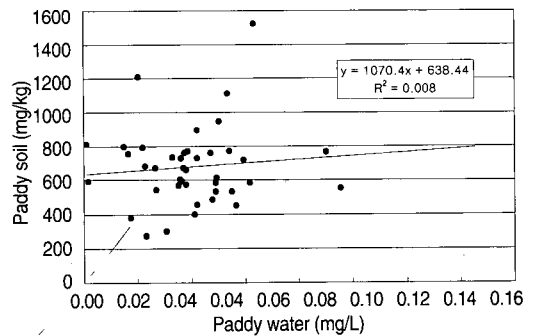
〈Fig. 12〉 Organic matter of paddy soil (1999~2001)



〈Fig. 13〉 Relationships of pH between paddy water and soil (1999~2001)



〈Fig. 14〉 Relationships of T-N between paddy water and soil (1999~2001)



〈Fig. 15〉 Relationships of T-P between paddy water and soil (1999~2001)

3. 논물과 논토양의 화학적 성분의 관계

보령 담수호 유역의 논물과 논토양중에 존재하는 수소이온농도(pH)와 총질소(T-N), 그리고 총인(T-P)의 상관관계를 조사한 결과는 다음과 같다. 논물과 논토양의 pH ($r=-0.15$),

그리고 총질소($r=-0.17$)사이에는 유의성이 낮은 음(-)의 상관관계를 나타내었다. 총인은 정(+)의 상관을 보였지만 유의성이 인정되지 않았으며($r=0.089$)〈Fig. 13, 14, 15〉, 전반적으로 논토양 내에 존재하는 영양물질과 논물중의 영양물질 농도 사이에 상관성이 인정되지 않았

는데, 이는 논물중 영양물질의 농도는 논토양의 화학적 성분에 의한 영향보다는 논에 관개된 수질, 강우성분 및 시비량 등에 더 많은 영향을 받기 때문인 것으로 생각된다.

IV. 요약 및 결론

보령담수호 유역의 논물과 논토양에 함유되어 있는 영양물질의 시기별 함량변화를 조사하기 위하여 담수호 유입부 제수문 및 하천의 교량지점에 인접한 논을 대상으로 1999년 1월부터 2001년 9월까지 논담수심 및 수온, 그리고 pH, EC, T-N, T-P 등에 대하여 24개 지점을 조사하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 논에서의 평균 담수심과 수온은 각각 3.3 cm 및 26.8℃를 나타내었으며, 수소이온농도의 경우 농업용수 수질기준인 6.0~8.5의 범위 이내에 존재하였다. 또한 총질소와 총인의 함량 변화는 평균적으로 각각 6.2 mg/L와 0.020 mg/L로 나타났다.

2. 논토양의 토성은 대부분 미사질 양토 및 사질양토이며, 수소이온농도는 지역에 따라 다소 차이가 있으나 평균적으로 6.28을 나타내었으며, 양이온치환용량은 우리나라 일반 논토양보다 다소 높은 19.4 cmol(+)/kg을 나타냈다. 총질소와 총인의 농도는 각각 716.5 mg/kg 및 532.2 mg/kg으로 나타났다. 또한 유기물의 경우에는 우리나라 논토양의 유기물 함량인 2.5%보다 약간 높은 2.79%를 나타내었다.

3. 조사기간 동안 각 논에서 채취한 논물과 논토양에 대하여 수소이온농도, 총질소 및 총인의 영양물질 함량의 상관관계를 분석한 결과 유의성 있는 상관관계를 보이지 않았다.

본 연구는 2000년도 농림기술개발연구과제의 협동연구비(유역과 하천의 관리에 관한 연구) 지원에 의하여 수행되었음

참고문헌

1. 경기개발연구원, 1999. 경기도내 하천별 수질오염원의 기초조사에 관한 연구.
2. 농림부, 농업기반공사, 2000. 농업용수 수질측정망조사 보고서.
3. 농어촌진흥공사, 1998. 흥보지구농업종합개발사업계획서.
4. 농업환경보전, 1991. 한국 환경농학회 창립 10주년 심포지엄.
5. 박근조, 안열, 1996. 일본에서의 저수지 수질관리, 농공기술, 53, pp.130~141.
6. 박승우, 1996. 농업유역 환경의 최적관리방안, 한국농공학회지, 38(3), pp.15~23.
7. 박승우, 류순호, 강문성, 1997. 소유역의 토지이용에 따른 비점원오염 부하량, 한국농공학회지, 39(3), pp.115~127.
8. 박승우, 윤광식, 임상준, 강문성, 1996. 농업유역의 생태환경 모니터링 연구, 한국농촌계획학회지, 2(2), pp.91~102.
9. 서승덕, 1997. 21C 농업용수 관리 및 수질보전, '97 국제심포지엄 보고서, 농지개발조합연합회, pp.205~267.
10. 이광식, 백청오, 1996. 농업용수 수질오염 현황과 보전대책, 농공기술 50, pp.144~156.
11. 이기춘 외, 1990. 농업수리학, 향문사, pp.254~294.
12. 이요상, 강병수, 2000. 댐저수지 유역의 오염부하 유출특성, 한국수자원학회논문집, 33(6), pp.97~116.
13. 이홍근, 1989. 하천 및 호수에 대한 비점오염원의 문제점과 조사방향, 한국환경과학연구협의회, pp.97~116.
14. 장정렬, 조국현, 1997. 우리나라 농업용수원 수질실태 조사 연구(기술정보), 농공기술 57, pp.132~142.
15. 정영상, 양재의, 박철수, 권영기, 주영규, 1998. 북한강 울문천 소유역에서 수질변화와 농업활동에 의한 N, P 부하량, 한국토양비료학회지, 31(2), pp.170~176.
16. 정영상, 양재의, 주영규, 이주영, 박용성, 최문헌, 최승출, 1997. 농업형태가 다른 한강 상하류 하천수 및 농업용 지하수 수질, 한국환경농학회지, 16(2), pp.199~205.

17. 최중대, 1996. 소양호유역으로부터 총인과 총 질소의 유입 특성, 한국관개배수, 3(2), pp.167~175.
18. 환경처, 1993. 수질오염공정시험법.
19. 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.
20. Datta, S. K., 1987. Nitrogen transformation processes in relation to improved cultural practices for lowland rice, Plant and Soil, 100, pp.47~69.
21. Datta, S. K., 1995. Nitrogen transformation in wetland rice ecosystems, Fertilizer Research, 42, pp.193~203.
22. 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.