

동진강 상류하천 유역의 수질특성

손재권* · 박종민* · 최진규* · 송재도**

*전북대학교 새만금연구사업단 · **전북대학교 대학원

Characteristics of Water Quality in Upper Stream Watershed of Dongjin River

Son, Jae-Gwon* · Park, Jong-Min* · Choi Jin-Kyu* · Song, Jae-Do**

*Saemankum Research Center, Chonbuk National University · **Graduate School, Chonbuk National University

ABSTRACT : It is the purpose of this study to investigate the change of stream water quality in upper stream of Dongjin river, and to give the basic information for the conservation of water quality. Water samples were taken periodically at 9 sampling sites during 8 months from March to October in 2002.

The results of this study were as follows :

1. The water temperature and pH of stream water were ranged 9.0~29.4°C, 6.48~9.33, respectively. The COD values of stream water was ranged from 0.60 to 19.06. The contents of T-N and T-P mainly affected by the livestock wastes, and agricultural activity were 1.88~6.74 mg/L, ND(not detected)~0.50 mg/L, respectively.
2. The SS, DO and BOD values of stream water were ranged 0.4mg/L~274.0mg/L, 0.5~6.0 mg/L, and 7.3~13.7 mg/L respectively.
3. The cation is one of the important components in analysis of stream water quality. The contents of analysis, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺ and K⁺ were ranged 1.96~11.08 mg/L, 1.21~6.16 mg/L, 3.38~18.44 mg/L, 1.12~7.96 mg/L, respectively. SAR was ranged 0.31~1.63 below 2.0. The contents of cation showed in the order Na⁺ > Ca⁺⁺ > K⁺ > Mg⁺.
4. The contents of heavy metal Zn, Cu, and Pb were ND~0.071 mg/L, ND~0.012 mg/L, and ND~0.043 mg/L, respectively. Cd was not detected in all samples.
5. As a result of these researches showed water quality in upper stream watershed of Dongjin river more affected by livestock wastes and living sewage than agricultural activity.

Key words : Dongjin river, Stream watershed, Water quality

1. 서론

하천은 농업용수와 생활용수를 공급하는 이수기능, 홍수조절을 하는 치수 기능을 비롯하여 친수 및 환경보전 기능 등 다양한 기능을 가지고 인간과 밀접한 관계를 유지해 오고 있다. 이러한 하천이 산업화와 도시화가 급속히 진행됨에 따라 도시지역에서부터 농촌지역 전반에 걸쳐 상류에서 하류에 이르기까지 하수와 축산폐수 등의 유입량이 많아지고, 화학비료 시비량의 증가와 제초제, 살균제, 살충제 등 농약의 사용량 증가

로 인해 강우시 농경지로부터 오염부하량이 증가하여 농업용수로도 사용할 수 없을 정도로 심각하게 오염되어 가고 있다. 오염된 하천수가 농업용수로 이용되는 경우 농작물의 생육과 품질을 저하시키고 인간의 건강에 해를 끼치며, 호소에 부영양화를 일으키는 등 많은 문제가 발생되기 때문에 하천의 수질관리는 매우 중요한 일이라 할 수 있다.

한편, 전북지역의 주요 식량공급원인 호남평야의 중심을 지나며 농업용수를 공급하고, 새만금 담수호와 직접 관련이 있는 동진강은 유역면적이 1,129.3 km², 유로연장은 46.0 km이고, 농경지가 524.94 km²로 전체유역의 48.1%를 차지하고 있어 농업활동이 활발히 이루어지고 있는 하천이라 할 수 있다. 또한, 동진강의 용수

Corresponding author : Son, Jae-Gwon

Tel : 063-270-2523

E-mail : sjg@moak.chonbuk.ac.kr

이용은 총 5.58억 m³중 농업용수가 4.91억 m³으로 88.1%, 생활용수는 0.26억 m³인 4.7%. 공업용수가 0.25억 m³으로 4.4%, 기타 하천유지용수 0.16억 m³ 2.8%로서 하천용수중 농업용수가 가장 큰 비중을 차지하고 있다.

동진강 뿐 만이 아니라 우리나라 대부분의 하천의 경우 상류 유역의 수질은 비교적 양호하다고 할 수 있으나 하천이 시가지나 공장지역 등 산업지역을 통과하면서 오염부하량의 증가로 인해 그 수질이 악화되어진다. 동진강은 만경강과 더불어 새만금 간척사업으로 조성되는 새만금 담수호의 수질에 영향을 주는 가장 중요한 하천이다. 이렇게 중요한 역할을 하는 하천임에도 상류측에 수질방지를 위한 환경기초시설의 설치 등에 대한 하드웨어적인 일은 활발히 추진되어지고 있으나 시기별로 주기적인 수질조사, 분석, 평가 등 소프트웨어적인 조사연구는 부족한 실정이다.

따라서, 본 연구는 새만금 담수호를 구성하는 만경강과 동진강 등 2개의 대규모 유역 가운데 하나인 동진강 유역의 상류유역을 대상으로 하천의 수온, pH, DO, BOD, COD, 영양염류, 중금속류의 함량, SAR 등에 대한 수질을 분석하여 체계적인 유역관리와 오염 발생원에 대한 대책을 수립하는 등 새만금 담수호의 수질보전 대책을 제시하기 위한 기초자료를 제공하는데 그 목적을 두고 있다.

II. 재료 및 방법

1. 유역현황

수질오염은 오염물질이 배출되는 형태에 따라 점원오염과 비점원오염으로 나눌 수 있다. 이중 사람의 활동에 의한 생활하수, 가축사육에 따른 축산폐수, 산업

활동에 따른 공장폐수와 같이 특정지점이나 장소에서 배출되어 오염을 일으키는 것을 점원오염이라 하며, 농경지, 임야, 도로 등을 포함한 광범위한 지역에 걸쳐 발생하는 것을 비점원오염이라 한다. 이에 본연구에서의 유역현황조사는 점원오염과 비점원오염을 발생시키는 주요 오염원이라 할 수 있는 인구수, 인구밀도, 가축사육현황, 토지이용상태 등을 중심으로 실시하였다.

본 연구의 대상유역은 동진강의 상류유역으로서 정읍시 산외면에서 정읍천과 합류하는 신태인부근까지 포함하고 있다. 또한, 이 유역은 전형적인 농업·산간지역으로 행정구역상 정읍시 산외면, 칠보면, 북면, 웅동면, 정우면, 태인면, 신태인읍 등 1개읍, 6개면에 걸쳐 총 38개의 마을(리)로 이루어져 있다<그림 1>.

조사유역의 전체면적은 21,607.3ha이고, 인구는 21,792명이 거주하고 있으며, 단위면적(ha)당 인구밀도를 보면 WS#9지역에서 9명/ha로 가장 높게 나타나고 있다. 1:25,000 지형도를 이용하여 산정한 토지이용 현황은 표 1에서 보는 바와 같이 임야가 11,879ha로 55.0%, 논이 4,494.6ha로 20.8%, 밭은 1,909.1ha로 8.8%, 기타가 3,324.6ha로서 15.4%로 조사되었다. 각 소유역별로는 임

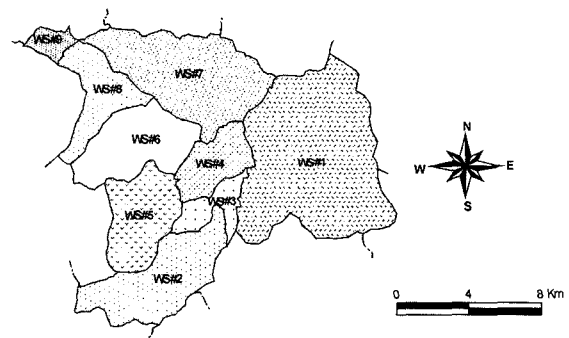


그림 1. Division of sub-watershed

표 1. Land use and population in sub-watershed(정읍시통계자료, 2002)

| Watershed | Population | Population Density (P/ha) | Land Use(ha) | | | | | | | | Total |
|-----------|------------|---------------------------|--------------|------|---------|------|----------|------|---------|------|---------|
| | | | Upland | % | Paddy | % | Forest | % | Others | % | |
| WS#1 | 4450 | 1 | 397.4 | 5.9 | 652.2 | 9.8 | 4,768.7 | 71.4 | 859.5 | 12.9 | 1,065.3 |
| WS#2 | 857 | 1 | 100.2 | 3.9 | 145.4 | 5.7 | 2,003.4 | 78.7 | 296.4 | 11.7 | 255.2 |
| WS#3 | 1147 | 2 | 30.9 | 4.3 | 190.6 | 26.5 | 377.5 | 52.5 | 120.2 | 16.7 | 252.3 |
| WS#4 | 843 | 1 | 50.7 | 4.9 | 251.2 | 24.1 | 566.8 | 54.5 | 171.4 | 16.5 | 330.9 |
| WS#5 | 2234 | 1 | 310.4 | 12.3 | 618.5 | 24.4 | 1,277.2 | 50.4 | 327.5 | 12.9 | 965.6 |
| WS#6 | 3181 | 2 | 358.8 | 16.1 | 990.4 | 44.6 | 448.6 | 20.2 | 423.1 | 19.1 | 1,409.9 |
| WS#7 | 3762 | 1 | 369.5 | 9.2 | 907.4 | 22.5 | 2,114.2 | 52.5 | 639.4 | 15.8 | 1,308.6 |
| WS#8 | 2290 | 2 | 241.8 | 16.5 | 567.9 | 38.7 | 302.0 | 20.6 | 355.6 | 24.2 | 864.9 |
| WS#9 | 3028 | 9 | 49.4 | 13.3 | 171.0 | 45.9 | 20.6 | 5.5 | 131.5 | 35.3 | 279.6 |
| Total | 21,792 | | 1,909.1 | 8.8 | 4,494.6 | 20.8 | 11,879.0 | 55.0 | 3,324.6 | 15.4 | 6,732.3 |

표 2. Numbers of livestock breeding(정읍시통계자료, 2002)

| Watershed | Livestock | | | | | | | | Total |
|-----------|------------|------|-----------|------|--------|------|---------|------|---------|
| | Korean cow | % | Daily cow | % | Pig | % | Chicken | % | |
| WS#1 | 4,121 | 31.9 | 0 | 0 | 12,151 | 17.1 | 95,464 | 6.7 | 111,736 |
| WS#2 | 797 | 6.2 | 0 | 0 | 342 | 0.5 | 17,557 | 1.2 | 18,696 |
| WS#3 | 552 | 4.3 | 0 | 0 | 593 | 0.8 | 28,686 | 2.0 | 29,831 |
| WS#4 | 574 | 4.4 | 51 | 1.6 | 1,015 | 1.4 | 49,169 | 3.5 | 50,809 |
| WS#5 | 866 | 6.7 | 122 | 3.9 | 11,494 | 16.2 | 433,014 | 30.6 | 445,496 |
| WS#6 | 1,756 | 13.6 | 0 | 0 | 16,288 | 23.0 | 273,285 | 19.3 | 291,329 |
| WS#7 | 1,778 | 13.8 | 1,637 | 52.5 | 24,287 | 34.2 | 301,701 | 21.3 | 329,403 |
| WS#8 | 2,183 | 16.9 | 1,274 | 40.8 | 4,732 | 6.7 | 184,685 | 13.0 | 192,874 |
| WS#9 | 283 | 2.2 | 36 | 1.2 | 38 | 0.1 | 33,221 | 2.4 | 33,578 |
| Total | 12,910 | | 100 | | 3,120 | | 100 | | 70,940 |

야가 5.5~78.7%의 분포를 보이고 있으며, 논은 5.7~45.9%, 밭은 3.9~16.5%, 기타가 11.7~35.3%를 차지하고 있다. 특히, WS#6, WS#8, WS#9유역에서는 다른 유역과는 달리 임야가 차지하는 비율이 각각 20.2%, 20.6%, 5.5%인데 비하여, 논과 밭 등 농경지가 차지하는 비율은 60.7%, 55.2%, 59.2%를 나타내어 농업활동이 활발하게 이루어지고 있음을 알 수 있다.

한편, 2002년을 기준으로 소유역별 가축사육 현황을 살펴보면 표 2에 나타난 바와 같이 한우의 경우 WS#1에서 WS#9까지 각 소유역별로 2.2%~31.9%를 차지하고 있고, 그중 WS#1에서 31.9%로 조사유역중에서 한우사육 두수가 가장 높게 나타났다. 젓소의 경우 WS#7, WS#8 유역에서 전체의 52.5%와 40.8%를 차지하고 있으며, 돼지는 WS#1에서 WS#9유역까지 각 소유역별로 0.1%~34.2%를 차지하고 있는 것으로 조사되었다. 닭의 경우에는 사육두수가 WS#5, WS#6, WS#7 유역에서 30.6%, 19.3%, 21.3%를 차지하고 있는 것으로 나타나 다른유역에 비해서 상대적으로 많은 것으로 나타났다. 전체적으로 가축사육현황을 한우와 젓소의 사육수의 경우로 보면 축산활동이 가장 활발하게 이루어지고 있는 유역은 WS#1, WS#8, WS#7, WS#6의 순으로 조사되었다.

2. 수질조사 시기 및 지점

본 유역내 하천지점의 수질 조사는 2002년 3월부터 2002년 10월까지 실시하였으며 각 소유역별로 지천들이 동진강으로 유입되는 상류유역 가운데 접근성이 용이하고, 각 유역의 유출량 지점을 대상으로 하여 2주마다 1회씩 시료를 채취하여 총 17회에 걸쳐서 9개 지점의 하천수질을 조사하였다. 각 유역별 조사지점 및 위치는 그림 2와 표 3에서 보는 바와 같다. 한편, 하천의 유량은

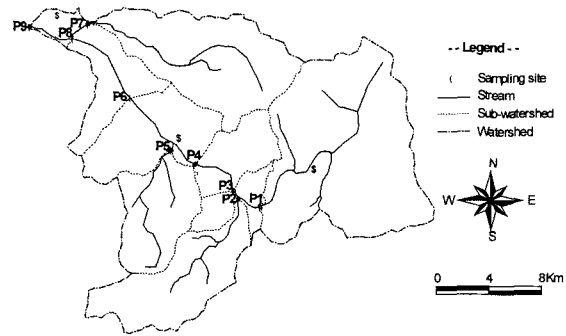


그림 2. Sampling sites

표 3. Location of sampling sites

| Watershed | Sampling sites | Location |
|-----------|---------------------------|-------------------------------------|
| WS#1 | Chilbo-bridge(P1) | Jeongeup-city Chilbo-myeon Sisan-ri |
| WS#2 | Songsan-bridge(P2) | Chilbo-myeon Sisan-ri |
| WS#3 | Museong-bridge(P3) | Chilbo-myeon Museong-ri |
| WS#4 | Daechil-bridge(P4) | Ongdong-myeon Sanseong-ri |
| WS#5 | Deckjip-bridge(P5) | Taein-myeon Gusan-ri |
| WS#6 | Gusan-bridge(P6) | Taein-myeon Taechang-ri |
| WS#7 | Baeksan-bridge(P7) | Taein-myeon Obong-ri |
| WS#8 | Upper stream Sintaein(P8) | Jeongu-myeon Daesa-ri |
| WS#9 | Sintaein-bridge(P9) | Sintaein-up Sinyong-ri |

건교부에서 수위계를 설치하여 측정중인 거산교지점(WS#6)과 신태인교지점(WS#9)의 자료를 이용하였다.

3. 시료채취 및 분석방법

수질시료는 폴리에틸렌용기(2 L)에 채수하여 4℃ 이하의 온도로 보관하면서 분석시료로 사용하였으며, 수질시료중 암모니아태질소, 총질소 및 화학적산소요구량을 측정하기 위해서 H₂SO₄로 pH 2 이하로 조정된 다음 4℃ 이하에서 보관하였다. pH는 현장에서 기기(Orion Model 840)를 이용하여 직접 측정하였으며, 화학적산소요구량은 시료 100 mL를 취하여 과망간산칼륨에 준하여 분석하였다. 총질소와 암모니아태질소는 수질시료 500 mL를 취하여 각각 환원증류-킬달법과 중화적정법으로 분석하였다. 총인은 수질시료 500 mL를 취하여 50 mL로 농축한 다음 ascorbic acid reduction법에 준하여 분석하였다. 그 밖의 시료분석은 환경부의 수질오염공정시험법에 기준하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 기상자료

가. 기온

기온은 수온에 영향을 끼치며, 수온은 수중 용존산소량 및 생물상에 크게 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 본 조사 대상구역의 기온자료는 2002년 3월부터 2002년 10월의 조사기간 중 조사구역 내에 있는 정읍 기상관측소의 기상자료를 이용하였다.

조사결과, 조사지역의 기온은 표 4 및 그림 3에서 보는 바와 같이 3월에 평균기온 7.8℃를 기록한 후 서서히 증가하여 4월에는 13.9℃, 5월에는 17.2℃, 6월에는 21.8℃, 7월에는 25.3℃를 기록하였으며 비교적 많은 강우가 발생하였던 8월에는 24.6℃, 9월과 10월로 접어들면서 20.8℃, 17.1℃를 기록하여 점차적으로 기온이 낮아졌다.

나. 강우량

강우량은 수질중 영양물질, 용존산소(DO), 화학적산소요구량(COD), 생물화학적산소요구량(BOD) 등 여러 가지 화학성분의 함량변화에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 또한 강우 중에 함유된 화학성분의 함량은 주변 수질의 화학성분 변화에도 영향을 미칠 수 있는 것으로 알려져 있다.

2002년 3월부터 2002년 10월까지 8개월 동안 조사 대상지역에 내린 강우량과 강우 특성을 조사한 결과는 다음과 같다.

2002년 3월 한달 동안 내린 강우량은 48.5mm이고 이 가운데 강우량이 5mm 이상을 기록한 강우일수는 4일로 나타났다. 4월에는 총 161mm의 강우가 내렸는데 강우량이 5mm 이상을 기록한 강우일수는 3월과 마찬가지로 4일로 조사되었다. 특이할 점은 4월 16일에 일강우량 93mm를 기록하는 많은 강우가 내린 것으로 나타났다. 5월 한달 동안 강우량은 84mm로 나타났다. 장마는 6월 20일경에 시작하여 7월 18일경에 종료되었는데, 약 28일로서 예년의 29일과 비슷한 경향이었다. 6월의 강우량은 총 74mm로 5mm이상의 강우일수는 4일로 나타났으며, 7월의 강우량은 155.5mm로 5mm이상의 강우일수는 7일이었다. 8월에 많은 강우량을 나타내고 있는데 총 강우량은 410mm로, 5mm이상의 강우일수는 10일로 조사되었다. 수도권 영농시기로 논에서 물의 유·출입이 많은 6, 7, 8월에 내린 강우량은 643.5mm였고 5mm이상의 강우일수는 약 21일이었다. 8월을 기점으로 하여 비관개기인 9월과 10월에는 강우일수가 각각 5일, 9일 이었으며 강우량은 69.5mm, 123.5mm로 나타났다. 조사기간 동안 시험구역에 내린 강우량은 총 1,130mm로 조사되었다. 그림 3은 조사기간동안 일별 기온변화 및 일별강우량 변화를 나타낸 것이다.

표 4. Monthly rainfall and temperature at Jeongeup station

| Item | Month | | | | | | | | Total |
|---------------------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|---------|
| | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | |
| Mean temperature(℃) | 7.8 | 13.9 | 17.2 | 21.8 | 25.3 | 24.6 | 20.8 | 17.1 | - |
| Rainfall(mm) | 48.5 | 161.0 | 84.0 | 78.0 | 155.5 | 410.0 | 69.5 | 123.5 | 1,130.0 |

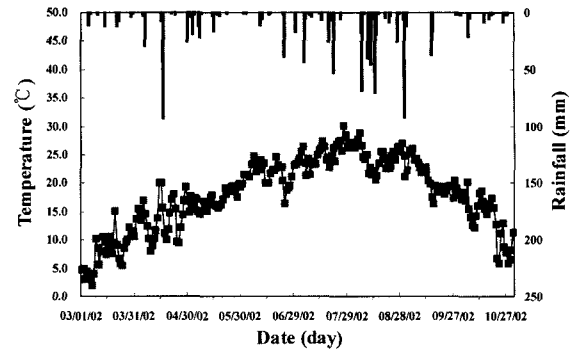


그림 3. Daily temperature and rainfall at Jeongeup meteorological station

2. 수위-유량변화

조사기간중 동진강 상류구역의 수위와 유량의 변화는 건설교통부 영산강 홍수통제소에서 수위계를 설치하여 관리하고 있는 거산교 지점(WS#6)과 신태인교 지점(WS#9)의 측정자료를 이용하였다. 그림 4와 그림 5는 거산교와 신태인교 지점에서의 수위-유량곡선을 그림으로 나타낸 것이고, 식 (1)과 식(2)는 거산교와 신태인교에서의 수위와 유량과의 관계를 나타낸 수위-유량곡선식이다.

$$\text{거 산 교 지점 : } Q = 31.2929(H+0.0241)^{1.953} \quad (1)$$

$$\text{신태인교 지점 : } Q = 32.33(H-0.2182)^{1.4941} \quad (2)$$

여기서, H : 수위(m), Q : 유량(m³/s)

일별 강우량과 유량과의 관계를 살펴보면 그림 5와 그림 6에서와 같이 90mm이상의 강우량이 발생한 4월 중순과 7월 하순, 8월 하순에 유출량의 증가로 수위가 상승하여 유량이 증가한 것을 알 수 있었다. 또한, 농업활동이 시작되는 4월중순 이후에는 2지점 모두에서 수위가 점진적으로 상승하다가, 본격적인 농업활동시기인 5월 이후부터는 상류에 위치한 섬진댐으로부터 동진강으로 일정량의 용수가 취수되어 수위가 어느 정도 일정하게 유지되고 있음을 알 수 있었다.

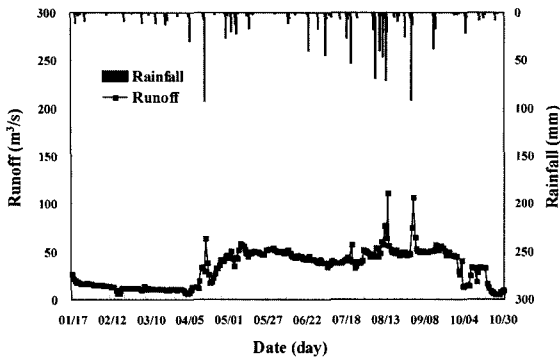


그림 4. Variation of runoff at Gusan Bridge

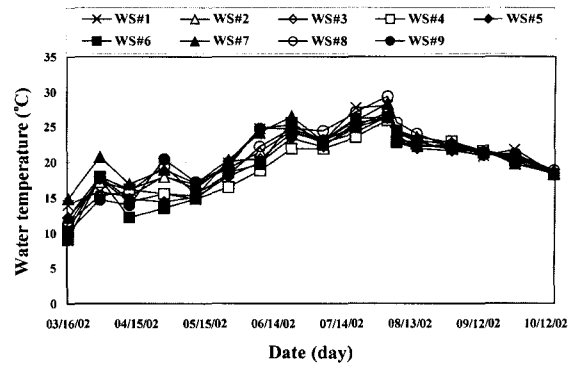


그림 6. Variation of water temperature in stream water

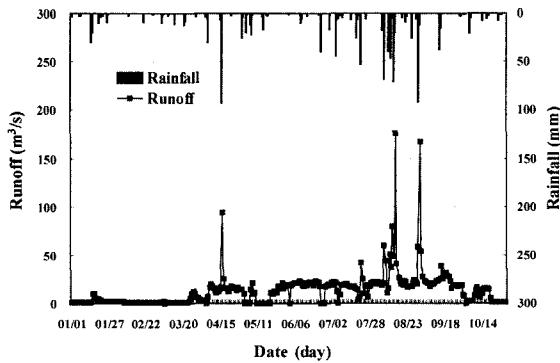


그림 5. Variation of runoff at Sintaein Bridge

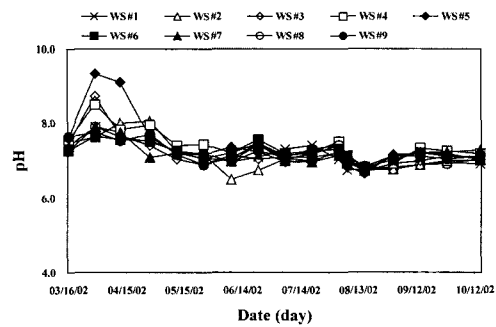


그림 7. Variation of pH in stream water

3. 하천의 수질특성

수질환경은 한번 조사된 결과만으로 전체를 추정할 수 있는 것은 아니며, 유역의 이용상황에 따라 급변하는 것이 일반적이기 때문에 장기간에 걸쳐 축적된 자료가 있을 때만이 진정한 의미에서 수질환경보전계획을 수립할 수 있는 여건이 만들어진다고 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 새만금간척사업이 진행중인 새만금담수호 유역의 일부인 동진강 상류유역에 대한 수계조사 실시와 수질환경에 대한 데이터를 지속적으로 확보함으로써 새만금담수호 유역의 수질환경보전에 대한 자료로 활용할 수 있도록 장기간의 자료수집을 위한 그 첫 번째 단계로 2002년 3월부터 10월까지 8개월에 걸쳐 수질을 조사하였다. 이에 대한 분석한 결과는 다음과 같다.

가. 수온

수온은 수질의 변화에 영향을 미치는 중요한 항목중의 하나이다. 조사기간중 하천수의 수온은 그림 6에서 보는 바와 같이 3월부터 5월까지의 평균 16.0°C, 6월부터 8월까지의 평균 23.4°C, 9월부터 10월까지의 평균 20.2°C를 나타내었다. 전체 조사기간중 하천수의 수온은 9.0~29.4°C의 범위였고, 평균은 20.5°C를 나타내었으며, 유역별로는 큰 차이를 나타내지 않았다.

나. 수소이온농도

물의 수소이온농도(pH)는 산성 또는 알칼리성의 정도를 나타내는 지표로서 가장 기본적인 수질조사항목중의 하나이다. 동진강 상류유역 하천수질의 수소이온농도는 그림 7에서 보는 바와 같이 6.48~9.33의 범위로 평균 7.24로 나타났다. 시료채취 대상 일부 지점(WS#5)에서 하천의 상류부에 위치한 측사로부터 측산농가의 부주의로 처리되지 않은 원액의 축산분뇨가 일시적으로 직접 하천으로 유입되어 하천유량이 적은 3월과 4월초순경에 9.0 이상으로 약간 높게 나타났으나 전반적으로 유역별로는 하천의 농업용수 수질기준치인 6.0~8.5범위(권순국 등, 1999)로서 큰 차이를 나타내지 않았다. 시기별로는 갈수기로서 강우량이 적은 3~4월 상순경이 약간 높게 나타나는 경향을 보였으나, 5월과 10월 사이에는 6.48~7.57의 범위를 나타내었다.

다. 전기전도도

물의 전기전도도(EC ; electrical conductivity)는 물속 도전 성분(주로 염류)의 지표이다. 관개수나 토양용액중의 염류농도가 높아지면 작물은 염해를 받는다. 즉 삼투압으로 인하여 작물의 수분흡수에 영향을 미칠 수 있는 전기전도도의 변화를 조사한 결과 20~231 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로서, 염분농도에 따라 관개용수를 분류할 경우 낮은

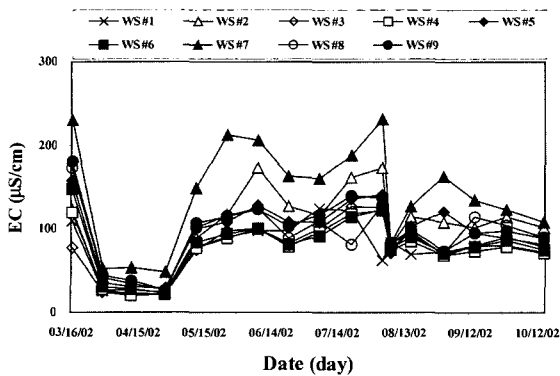


그림 8. Variation of EC in stream water

기준치에 해당하는 100~250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 범위(최진규 등, 2000) 내로서 평균 94.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 를 나타내었다. 그림 8에서 분석된 자료를 보면 시료채취 지점별로는 백산교(WS#7)에서 영농기인 5월과 8월 사이에 일시적으로 높게 나타났는데 이는 다른 유역에 비해 상대적으로 젖소(52.5%)와 돼지(34.2%) 등 가축의 사육두수가 많아 활발한 축산활동이 영농활동과 더불어 이루어졌기 때문인 것으로 판단된다. 시기별로는 5월~6월에 높게 나타났는데 이는 수도작 지대에 공급된 모내기 및 못자리용 용수의 물관리 과정 중 인위적인 배수와 농경지에 시비된 화학비료의 영향을 받았기 때문인 것으로 생각된다. 하지만, 본 조사지역의 경우 전기전도도만을 기준으로 하였을 때 비의 수확량에 영향을 미치는 한계라 할 수 있는 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이하(권순국 등, 1999)로 나타나, 동진강 상류의 하천수를 농업용수로 이용할 경우 작물재배에는 영향을 미치지 않을 것으로 조사되었다.

라. 용존산소량 및 생물학적산소요구량

용존산소(DO ; dissolved oxygen)는 물의 오염상태를 나타내는 항목 중의 하나로 물 속에 녹아 있는 산소의 양을 말한다. DO는 하천에 유기물이 증가하면 물 속의 미생물이 용존산소를 소비하여 유기물을 분해하는 등 수중생물의 생육과 밀접한 관계가 있다. 생물학적산소요구량(BOD ; biochemical oxygen demand)은 하천의 유기오염 지표의 한가지로서 어떤 물속의 미생물이 산소가 존재하는 상태에서 유기물을 분해하거나 안정시키는데 요구되는 산소량을 수치로서 나타낸 것이다. 즉, BOD의 수치가 크면 그 물속에는 부패성 물질이 많다는 것을 의미한다.

DO 및 BOD는 측정장비의 이상으로 전주지방환경관리청에서 2002년 3월부터 10월 사이에 측정한 월별 수질조사자료를 참고하여 WS#4와 WS#6유역만을 대상으로 분석하였다. 분석결과 DO는 그림 9에서 보는 바와

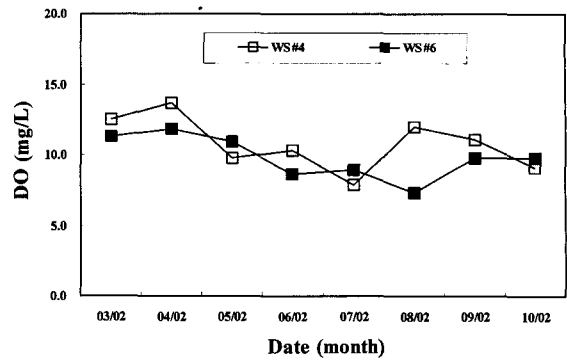


그림 9. Variation of DO in stream water

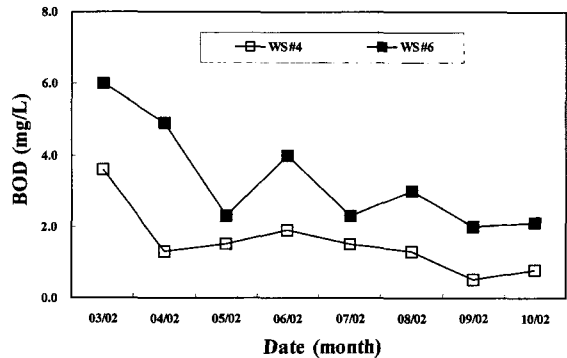


그림 10. Variation of BOD in stream water

같이 WS#4유역에서 7.9~13.7mg/L 범위, 평균값이 10.8 mg/L로 나타났고, WS#6유역에서는 7.3~11.8 mg/L 범위, 평균값이 9.5 mg/L로 나타나 하천의 농업용수 수질기준치인 2 mg/L(권순국 등, 1999, 최진규 등, 2000)보다 높게 조사되었다. 한편, BOD는 그림 10에서 보는 바와 같이 WS#4유역에서 0.5~3.6 mg/L 범위, 평균값이 1.6 mg/L로 나타났고, WS#6유역에서는 2.0~6.0 mg/L 범위, 평균값이 3.3 mg/L로 조사되어 BOD역시 하천의 농업용수 수질기준치인 8 mg/L 이하로 조사되었다. 이러한 DO와 BOD의 조사결과로 볼 때 동진강 상류유역의 하천수는 농업용수수질기준치 이하인 것으로 나타나 농업용수로의 사용에는 별다른 지장이 없는 것으로 나타났다.

마. 화학적산소요구량

화학적산소요구량(COD ; chemical oxygen demand)은 수중의 피산화성물질을 일정한 산화조건에서 반응시켜 그에 요구되는 산화제의 양을 산소량으로 계산한 것으로 COD가 큰 관개수는 토양환원을 촉진하고 환원에 의한 비 생육저해의 원인이 된다.

본 조사유역의 소유역별 COD를 조사한 결과 0.60~19.06 mg/L의 범위로 평균 4.22 mg/L를 나타내었다. 우리나라에서는 비농사를 재배하는데 필요한 수질기준으

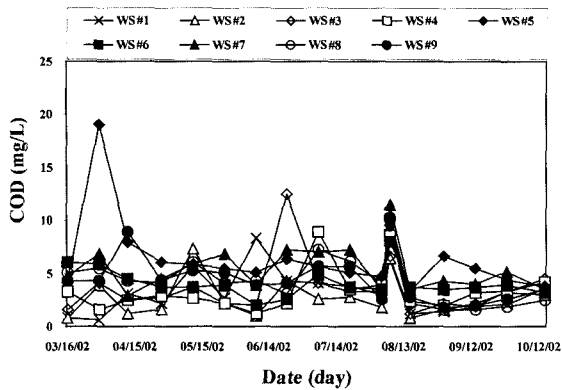


그림 11. Variation of COD in stream water

로 COD의 경우 8 mg/L이하(권순국 등, 1999)로 정하고 있는데, 본 조사지점에서는 거의 대부분의 지점에서 4 mg/L 이하를 나타내어 양호한 수질상태를 나타내고 있었다. 하지만 농촌마을로부터 일부 생활하수와 하천부근에 위치한 축사로부터 축산농가의 부주의로 축산폐수가 직접 하천으로 유입된 것으로 판단되는 WS#5(멧집교)유역에서 3월 말에 최고 19.06 mg/L을 나타냈고, 평균 6.37 mg/L을 나타내어 추후 농업용수로의 질적 평가를 하는데 있어 이에 대한 사전조사가 필요할 것으로 판단된다. 시기별로는 7월 하순과 8월 초순 사이에 COD가 일부 증가하였는데 이는 농경지에서의 강우-유출과정을 통한 유기물 및 유출토사의 유출로 인한 영향으로 평가되었다. 그림 11은 조사기간 동안의 COD변화를 도시한 것이다.

바. 총질소

농업용수 수질기준중에서 가장 문제가 되는 것 중의 하나가 총질소(T-N ; total nitrogen)라 할 수 있다. 수중의 질소농도 증가에 의한 생태학적인 영향으로 부영양화현상이 일어나는 것인데 이 현상은 질소를 비롯한 영양물질이 지나치게 풍부한 상태에서 수생식물의 급속한 생장을 촉진시키게 된다. 관개용수 중 질소는 그 형태에 따라서 수도생육에 미치는 영향이 다르지만 어느 것이든 과잉으로 공급되면 과번무로 도복이나 등숙 불량, 품질저하 등 질소과잉장애가 나타난다(권순국 등, 1999). 특히 과잉의 유기태질소는 토양에 축적되어 토양질소 증가의 원인이 되며 이상토양환원과 질소과잉의 피해를 수도에 나타내게 된다. 한편, 비재배시 총질소 함량이 3 mg/L까지는 시비와 재배기술의 개량 등으로 개선이 가능하지만 5 mg/L이상에는 수량 감소가 확실히 발생하는 것으로 보고된 바 있다.

본 조사유역은 축산단지가 곳곳에 산재해 있으며, 이들 축산폐수가 제대로 정화되지 않은 상태로 방류되고 있어 하천수질에 영향을 미친 것으로 생각된다. 조사결

과 본 조사지점에서의 총질소(T-N)의 함량은 그림 12에서 보는 바와 같이 1.88~6.74 mg/L의 범위로 평균 3.33 mg/L을 나타내고 있었다. 시기별로는 5월 하순에서 7월 초순 사이에 총질소의 함량이 3.71~4.60 mg/L의 범위로 다른 시기에 비해 조금 높게 나타났는데 이는 농경지에 시비된 화학비료가 잦은 강우-유출과정을 통하여 하천수질에 일부 영향을 미쳤기 때문인 것으로 생각된다. 전반적으로 수질시료 중 총질소의 함량은 비영농기간에 비해 시비효과와 농경지로부터 강우-유출로 인한 유출수로 인하여 영농기간에 높아지는 경향이였다. 따라서 영농기간중에 하천수를 농업용수로 이용할 시 질소로 인한 피해가 없도록 이에 대한 세심한 주의가 필요한 것으로 나타났다.

사. 총인

총인(T-P ; total phosphorus)은 수질악화의 원인이 되는 부영양화를 일으키고 식물성 플랑크톤의 과다발생을 일으켜 이취미와 수색변동을 일으키는 영양염류중 대표적인 것 중의 하나이다.

총인의 함량변화를 조사한 결과 그림 13에서 보는 바와 같이 불검출~0.50 mg/L의 범위로 평균 0.09 mg/L를 나타내었다. 본 조사에서는 생활하수와 축산폐수의 유입이 이루어지고 있는 신태인교(WS#9), 멧집교(WS#5) 및 백산교(WS#7) 등 일부 지점에서 간헐적으로 높게 나타나고 있었으나 거의 대부분의 유역에서 0.05 mg/L 이하를 유지하고 있어 인으로 인한 피해는 없을 것으로 판단된다. 시기별로는 4월과 5월 초순에 멧집교와 신태인교 상류유역에서 높게 나타났는데 이 기간 동안에 커다란 기상 및 영농활동의 변화가 없었음을 감안할 때 일시적인 축산폐수의 유입이나 생활하수의 영향을 받았기 때문인 것으로 판단된다. 또한, 5월중·하순에 논에 기비로 시비된 인산질비료의 영향과 함께 발농사지대에서의 인산질비료 시비영향으로 인하여 영농기간이 비영농기간에 비하여 그 함량이 높게 나타나는 경향이였다.

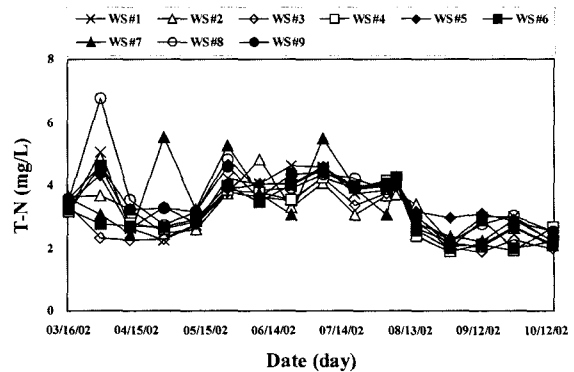


그림 12. Variation of T-N in stream water

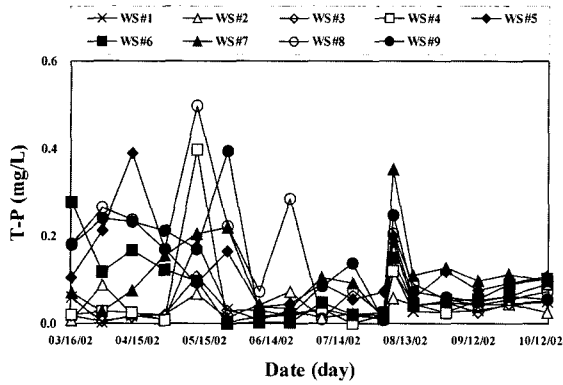


그림 13. Variation of T-P in stream water

아. 부유물질(suspended solids)

농경지로부터 강우-유출과정에 의해 유실된 토사 및 유기체에 의해 그 함량변동이 일어나며 무기물과 유기물을 함유하는 고형물질인 부유물질(SS ; suspended solids)은 수중에서 물의 탁도를 흐리게 하고, 산소의 원활한 공급에 장애를 주어 수중생물들의 정상적인 생육을 어렵게 하는 것으로 알려져 있다. 우리나라 수도작 농업용수의 기준은 100 mg/L이하(권순국 등, 1999, 최진규 등, 2000)로 설정되어 있는데, 본 조사지점에서는 그림 14에서 보는 바와 같이 0.4~274.0 mg/L의 범위로 평균 32.92 mg/L를 나타내었다. 거의 대부분의 조사지점에서 50 mg/L이하의 수준을 나타내었는데, 신태인교 상류지점(WS#8)에서는 평균값이 90.57 mg/L를 나타내어 수도작 농업용수로서의 직접 사용시 일부 어려움이 있을 것으로 나타나 이에 대한 대책을 마련해야 할 것으로 조사되었다. 시기별로는 강우가 집중되는 6월 하순과 8월 초순에 농경지로부터의 토사가 유출되어 272.0 mg/L과 274.0 mg/L로서 100 mg/L을 초과하여 일시적으로 높아졌다가 점진적으로 감소하여 수위가 안정된 10월에 들어서서는 10.2~51.2 mg/L의 수준을 나타내고 있었다.

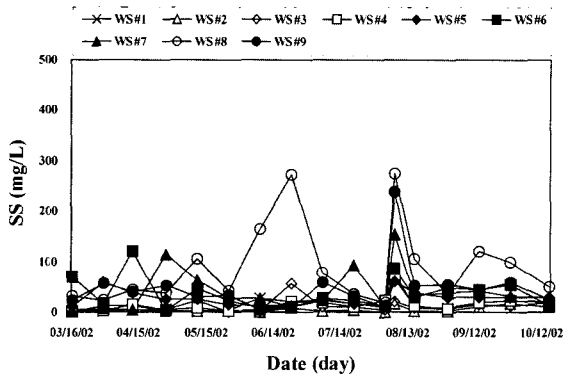


그림 14. Variation of SS in stream water

자. 양이온

주요 양이온 물질인 칼슘(Ca^{++}), 마그네슘(Mg^{++}), 나트륨(Na^+) 및 칼륨(K^+)은 관개용수 수질의 중요한 요소이다. 해면 간척지의 하구 부근의 감소하천의 용수를 이용하는 경우와 강우가 적은 건조지대에서 중요한 문제를 일으킬 수 있기 때문이다. 이들 양이온의 함량이 높은 용수를 관개용수로 이용시 농경지내에서 염류집적과 함께 토양내 기타 필수양분의 흡수효율 저하 및 고농도의 염분 자체가 식물생육에 커다란 영향을 미칠 수 있는 것으로 알려져 있다. 본 조사지점에서 이들 양이온의 함량은 그림 15~그림 18에서 보는 바와 같이 칼슘의 경우 1.96~11.08 mg/L의 범위로 평균 5.24 mg/L, 마그네슘 1.21~6.16 mg/L의 범위로 평균 2.40 mg/L, 나트륨 3.38~18.44 mg/L의 범위로 평균 6.99 mg/L, 그리고 칼륨 1.12~7.96 mg/L의 범위로 평균 3.79 mg/L를 나타내었다. 각각의 양이온 종류별로는 나트륨 > 칼슘 > 칼륨 > 마그네슘의 순서로 나타났다.

농업용수내에 Na^+ 의 양이 Mg^{++} 와 Ca^{++} 의 양과 비교하여 과대할 때에는 Na^+ 가 Ca^{++} 와 치환되어 점토구조를 파괴하는 등 배수가 불량하게되어 토양에 나쁜 영향을

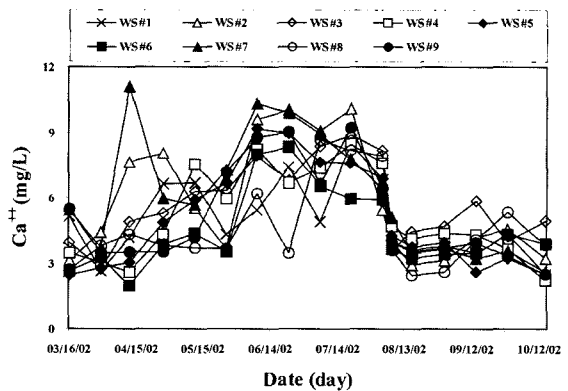


그림 15. Variation of Ca^{++} in stream water

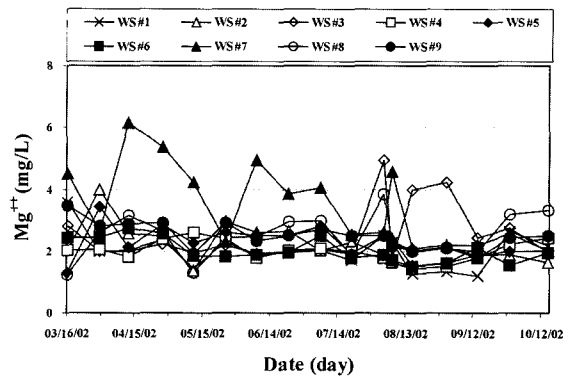


그림 16. Variation of Mg^{++} in stream water

동진강 상류하천 유역의 수질특성

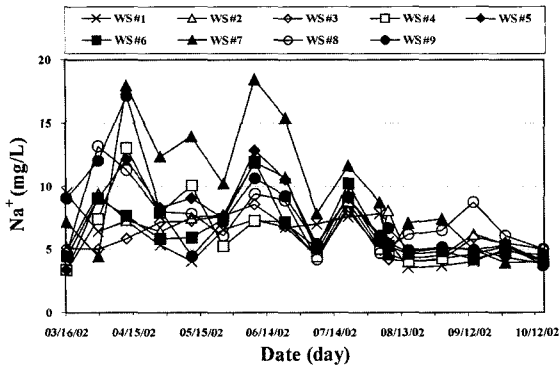


그림 17. Variation of Na⁺ in stream water

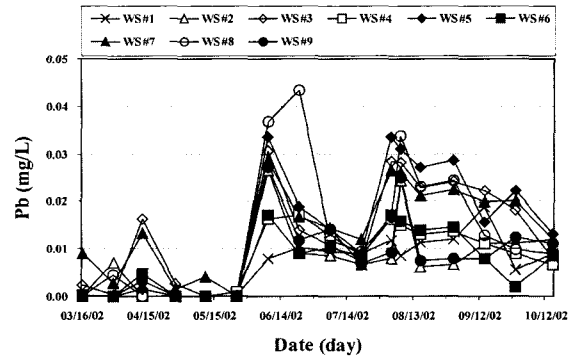


그림 20. Variation of Pb in stream water

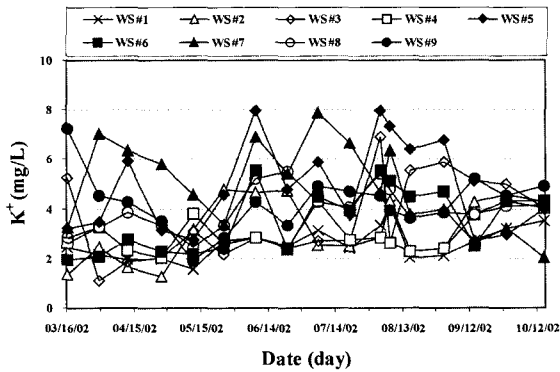


그림 18. Variation of K⁺ in stream water

미치는 것으로 알려져 있다. 토양수의 나트륨 함량이 높아지면 알칼리성 토양이 되어 투수성이 감소하며, 배수 불량일 수 있다. 관개용수의 수질기준으로 일반적으로 나트륨흡착률(SAR:sodium adsorption ratio)이 이용되어 지는데 그림 19에서 보는 바와 같이 전체적으로 0.31~1.63범위로 평균 0.66으로 분석되었다. 따라서, 본 조사유역 수질중 SAR의 값은 2.0이하로서 농업용수의 수질분류 기준치중 낮은 기준에 속하는 0~10범위(최진규 등, 2000)로서 본 조사유역의 하천수를 농업용수로 사용할 경우 나트륨으로 인한 피해는 발생하지 않을 것으로 판단된다.

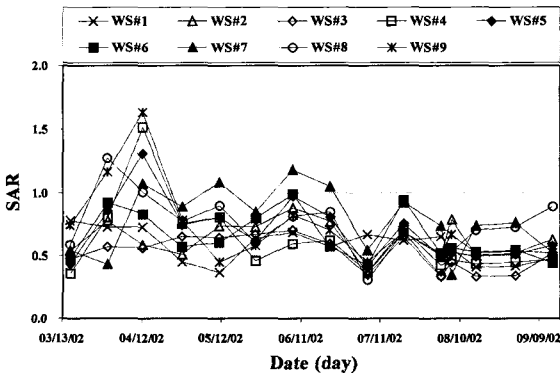


그림 19. Variation of SAR in stream water

차. 중금속 오염물질

우리나라의 비농사 수질기준 중 중금속 오염물질은 Hg 0.005 mg/L이하, Pb 0.05 mg/L이하, Cr⁶⁺ 0.1 mg/L이하, CN 0.1 mg/L이하, As 0.05 mg/L이하, Cd 0.01 mg/L이하, Zn(-), Cu 0.01mg/L이하 등으로 기준(최진규 등, 2000)을 정하여 관리하고 있다. 본 조사에서는 비교적 농업 유역에서 그 발생빈도가 높은 Pb, Cu, Zn 및 Cd을 대상으로 하였다. 조사결과 그림 20~그림 22에 나타난 바와 같이 Pb가 불검출~0.043 mg/L의 범위로 평균 0.011 mg/L, Zn이 불검출~0.071 mg/L의 범위로 평균 0.013 mg/L, Cu는 불검출~0.012 mg/L의 범위로 평균 0.001 mg/L를 각각 나타내었다. Cd은 모든 조사지점에서 검출되지 않았다. 시기별로 Pb는 6월 초순경에, 그리고 Cu와 Zn은 4월 중순경에 일시적으로 그 함량이 높게 나타났으나 일정한 경향을 보이지 않았다. 우리나라에서 비농사 수질기준으로 정하고 있는 기준과 비교하면 본 조사지점의 하천수에서 검출되는 중금속함량은 자연함유량 수준으로 아직 문제가 되는 수준은 아니었다.

IV. 요약 및 결론

본 연구는 새만금 담수호유역의 수질보전을 위한 기

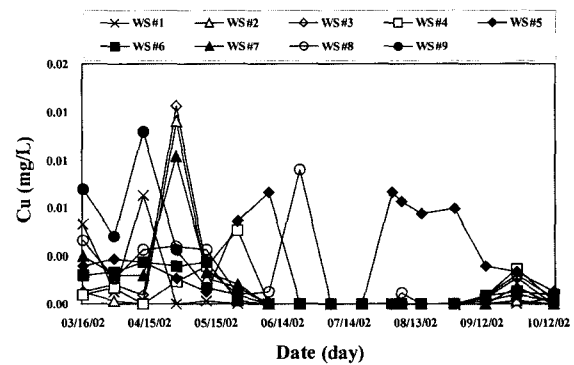


그림 21. Variation of Cu in stream water

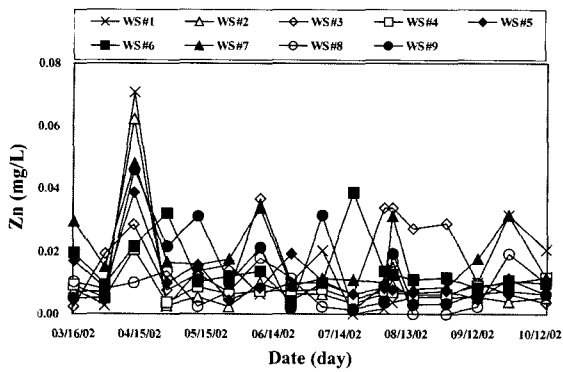


그림 22. Variation of Zn in stream water

초자료를 제공하고자 동진강 상류유역 하천의 수질조사를 수행한 것으로 2002년 3월부터 2002년 10월까지 총 9개소의 소유역에서 17회에 걸쳐 실시한 수질자료 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 전체 조사기간중 하천수의 수온은 9.0~29.4℃의 범위였으며, 평균 20.5℃를 나타냈고, 수소이온농도는 6.48~9.33의 범위로 평균 7.24로 나타났다.

2) 하천수중 화학적산소요구량(COD)을 조사한 결과 0.61~19.06mg/L의 범위로 평균 4.22 mg/L를 나타내었으며, 총질소(T-N)의 함량은 1.88~6.74 mg/L, 평균 3.33 mg/L, 총인(T-P)의 함량은 불검출~0.50 mg/L, 평균 0.09 mg/L로 나타났다.

3) 부유물질(SS)의 함량은 0.4~274.0 mg/L의 범위로 평균 32.92 mg/L를 나타내었으며, 용존산소량(DO)은 7.3~13.7 mg/L, 평균 10.3 mg/L, 생물화학적산소요구량(BOD)은 0.5~6.0 mg/L, 평균 2.5 mg/L로 각각 나타났다.

4) 주요 양이온의 함량은 칼슘의 경우 1.96~11.08 mg/L의 범위로 평균 5.24 mg/L, 마그네슘은 1.21~6.16 mg/L, 평균 2.40 mg/L, 나트륨이 3.38~18.44 mg/L, 평균 6.99 mg/L, 그리고 칼륨은 1.12~7.96 mg/L, 평균 3.79 mg/L를 나타내었다. 각각의 양이온 종류별로는 나트륨 > 칼슘 > 칼륨 > 마그네슘의 순서로 나타났다. SAR의 값은 2.0이하로 나타났다.

5) 본 조사유역의 하천수중 중금속함량은 Zn이 불검출~0.071 mg/L의 범위로 평균 0.013 mg/L, Cu는 불검출~0.012 mg/L, 평균 0.001 mg/L, Pb는 불검출~0.043 mg/L, 평균 0.011 mg/L를 나타내었다. Cd은 모든 조사 지점에서 검출되지 않았다.

6) 본 수질조사 및 분석결과 동진강 상류유역의 경우 농업활동이 일시적으로 수질에 영향을 미치고 있었으

나 축산폐수 및 생활하수는 농업활동에 의한 것보다 더 많이 하천수질에 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다. 따라서, 동진강 상류지역에서 수질보전대책은 축산농가에 대한 홍보와 철저한 지도관리 등을 통해 축산폐수가 하천으로 직접 유입되는 것을 방지하는 형태로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

V. 참고문헌

1. 권순국의 6인, 1999, 지역환경공학, 향문사
2. 농림부, 농어촌진흥공사, 1998, 새만금호 수질보전 대책 수문조사 보고서
3. 농어촌진흥공사, 1998, 새만금 유역의 비점오염원 관리대책 수립연구
4. 민광지리정보, 2001, 정읍시 행정지도
5. 문영희, 손재권, 박종민, 김계환, 2001, 만경강상류 지역수질의시기별변화, 한국환경농학회지 20(4) : 252-257
6. 박승우, 윤광식, 강문성, 1997, 소유역의 토지이용에 따른 비점원오염 부하량, 한국농공학회지 39(3) : 115-127
7. 이정전, 박석순, 정재춘, 1999, 신재환경공학, 학문사
8. 전라북도, 1995, 수질대책 종합보고서(만경강, 동진강, 섬진강, 금강)
9. 정상옥, 1996, 농업배수가 수질에 미치는 영향과 오염저감 대책, 한국관개배수학회지 3(2) : 20-35
10. 정영상, 양재의, 주영규, 이주영, 박용성, 최문현, 최승출, 1997, 농업 형태가 다른 한강 상·하류 하천수 및 농업용 지하수 수질, 한국환경농학회지 16(2) : 199-205
11. 정오진, 1999, 환경시료의 화학분석, 자유아카데미
12. 정하우, 김선주, 김진수, 안병기, 이근후, 이남호, 정상옥, 1999, 관개배수공학, 동명사
13. 최진규, 한강완, 구자웅, 손재권, 조재영, 김영주, 2000, 보령 담수호 유역의 하천 토사 및 수질특성, 한국농공학회지 42(5) : 84-93
14. 홍성구, 권순국, 2001, 농촌유역특성과 하천수질과의 관계, 한국농공학회지 43(3) : 56-65
15. 환경부, 2000, 환경오염공정시험법
16. Hidaka, S., 1993, Multi-utilization of water and irrigation water quality, Jap. Soc. Soil Sci. Plant Nutr. 64 : 465-473