

만경강 하류유역 수질의 월별 변화

Changes of Water Quality in the Downstream Basin of the Mangyeong River

손재권* 최진규** 구자웅*** 송재도**** 김영주*****
Son, Jae Kwon · Choi, Jin Kyu · Koo, Ja Woong · Song, Jae Do · Kim, Young Ju

Abstract

This study was carried out to investigate the change of stream water quality in the downstream of the Mangyeong river. Water samples were taken at 6 sampling sites for 11 months from November, 2003 to September, 2004.

Water quality was analyzed with respect to pH, DO, BOD, COD, SS, Total-P, Total-P, Cations. Measured COD, SS, T-N, T-P, DO, BOD concentration 2.61~41.44mg/L, 7.8~1496.0mg/L, 1.07~25.72mg/L, 0.01~1.86mg/L, 2.20~8.42mg/L and 3.3~14.8mg/L respectively. Also Ca, Mg, Na, K concentration of stream water was ranged 6.20~22.67mg/L, 1.89~26.50mg/L, 4.09~295.00mg/L and 2.35~32.20mg/L respectively.

The annual Total-N and Total-P loads of the watershed were 15,211,720 kg/yr and 3,864,388 kg/yr, respectively. Major causes of water pollution were domestic sewage, livestock wastewater in the downstream basin of the Mangyeong river.

In conclusion, in order to conserve water quality of the Samangeum fresh-water lake, systematic examination on water quality should be considered in the downstream basin of the Mangyeong river.

1. 서론

최근 산업화와 도시화 과정이 급속히 진행됨에 따라 경제활동은 물론 일상생활에서도 용수

수요의 증가와 산업발달로 인한 수질오염문제가 두드러지게 나타나고 있다. 만경강은 동진강과 함께 새만금 담수호 수질에 대단히 큰 영향을 끼치는 것으로 나타나고 있으며, 향후 새만금

*전북대학교 농업생명과학대학(sig@chonbuk.ac.kr)

**전북대학교 농업생명과학대학(choijk@chonbuk.ac.kr)

***전북대학교 농업생명과학대학(koojw@chonbuk.ac.kr)

****전북대학교 대학원(song352@naver.com)

*****전북대학교 대학원(achimsan@chonbuk.ac.kr)

키워드 : 만경강, 하류유역, 수질, 오염부하량

간척사업이 지속적으로 추진되기 위해서는 만경강의 중점적인 수질관리가 요구되어지고 있다⁵⁾.

동진강에 비해 만경강 유역에는 전주시, 익산시 등의 도시와 익산왕궁축산단지가 위치해 있어 생활하수나 축산폐수가 만경강으로 많이 유입되고 있다. 새만금 담수호의 수질관리를 위해 상류유역은 농림부와 전라북도, 담수호는 농업기반공사가 역할을 분담하여 수질을 개선하기 위해 노력을 하고 있다. 하지만, 만경강의 수질에 대한 조사와 분석은 주로 상류지점인 고산천(오성교)에서 전주천과 고산천이 합류되는 삼례교 지점을 거쳐 김제시 백구면에 위치한 만경강 제수문까지를 대상으로 이루어지고 있으며, 만경강 제수문 하류유역에서 만경강으로 유입되고 있는 하천의 수질에 대한 수질조사는 잘 이루어지지 못하고 있는 실정이다³⁾.

따라서, 본 연구의 목적은 새만금 담수호 유역 중 만경강 제수문과 제수문 하류유역을 대상으로 수질조사를 실시하여, 새만금 담수호의 수질보전을 위한 기초 자료를 제공하는데 있다.

II. 재료 및 방법

1. 대상유역의 개황

동진강과 더불어 새만금 담수호의 수질에 직접적인 연관이 있는 만경강은 만경평야를 서쪽으로 가로질러 서해로 유입되는 하천이다. 만경강은 전라북도 완주군 동상면 원등산에서 발원한 고산천, 완주군 만덕산에서 발원한 소양천과 합류하여 서쪽으로 계속 유하하여 완주군 상관면 박이피산에서 발원한 전주천과 합류한 후 익산천과 합류하게 된다. 하류부에서 익산천과 분수계를 이루며 흐르는 탑천과 합류하여 서해로 유입되는 하천이다. 본 연구의 조사대상유역은 만경강 하류의 만경제수문 유역과 만경제수문 하류에 위치한 목천포천, 오산천, 탑천 등의 하천을 대상으로 각 유역별로 유역상황과 수질변화를 조사하였다. 조사대상 유역의 사회환경 현황 및 하천수질에 영향을 미치는 오염원 조사는 만경강 유역인 완주군, 전주시, 익산시, 김제시, 군산시 등 4개시 1개군에 대하여 「2003년 통계연보」¹⁰⁾ 자료를 근거로 하여 토지이용현황, 인구, 가축사육 상황 등을 조사하였다.

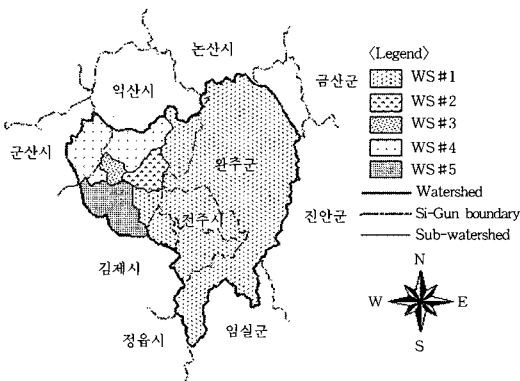


Fig. 1. Sub watershed boundary

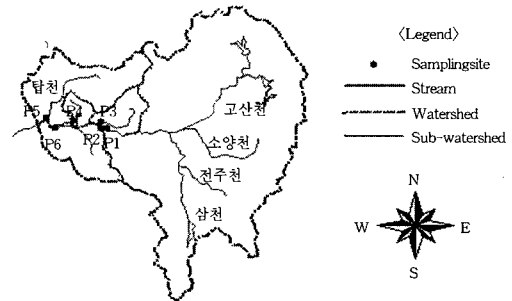


Fig. 2. Sampling sites and stream line

Table 1. Landuse and population in sub-watershed(2002)

Watershed	Population (person)	Population density (P/ha)	Land Use(ha)					Total
			Upland	Paddy	Housing sites	Forest	Others	
WS #1	729,311	7	8,248 (7.9)	17,456 (16.6)	7,000 (6.7)	64,377 (61.4)	7,804 (7.4)	104,885 (100.0)
WS #2	27,628	9	434 (13.3)	2,052 (62.9)	604 (18.5)	65 (2.0)	105 (3.2)	3,260 (100.0)
WS #3	15,307	13	72 (6.1)	757 (63.9)	107 (9.0)	11 (0.9)	237 (20.0)	1,184 (100.0)
WS #4	258,331	12	2,905 (13.1)	10,864 (48.9)	2,856 (12.9)	3,833 (17.2)	1,748 (7.9)	22,206 (100.0)
WS #5	4,998	1	1,903 (20.1)	3,862 (40.8)	737 (7.8)	1,889 (20.0)	1,069 (11.3)	9,460 (100.0)
Total	1,035,575	8	13,562 (9.6)	34,991 (24.8)	11,304 (8.0)	70,175 (49.8)	10,963 (7.8)	140,995 (100.0)

Table 2. Situation of livestock breeding(2002)

(Unit : kg/day)

Watershed	Livestock(head)								Total	
	Korean native cattle		Dairy cattle		Pig		Chicken			
	T-N	T-P	T-N	T-P	T-N	T-P	T-N	T-P	T-N	T-P
WS #1	15,848		4,432		274,956		2,218,257		2,513,493	
	1,851.0	572.1	717.1	251.3	7,616.3	3,354.5	2,440.1	887.3	12,624.5	5,065.2
WS #2	281		5		5,379		42,898		48,563	
	32.8	10.1	0.8	0.3	149.0	65.6	47.2	17.2	229.8	93.2
WS #3	143		26		3,572		26,480		30,221	
	16.7	5.2	4.2	1.5	98.9	43.6	29.1	10.6	148.9	60.9
WS #4	3,670		1,254		35,228		1,627,991		1,668,143	
	428.7	132.5	202.9	71.1	975.8	429.8	1,790.8	651.2	3,398.2	1,284.6
WS #5	3,519		545		84,800		2,012,365		2,101,229	
	411.0	127.0	88.2	30.9	2,349.0	1,034.6	2,213.6	804.9	5,061.8	1,997.4
Total	23,461		6,262		403,935		5,927,991		6,361,649	
	2,740.2	846.9	1,013.2	355.1	11,189.0	4,928.0	6,520.8	2,371.2	21,463.2	8,501.3

조사대상유역 140,995ha에 거주하고 있는 인구는 총 1,035,575명이며, 단위면적(ha)당 인구밀도는 도시가 위치해 있는 WS#4지역과 WS#3에서 12~13명으로 비교적 높게 나타나고 있다. 1:25,000의 하천 지형도를 이용하여 산정

한 만경강 하류유역의 소유역별 토지이용 현황은 Table 1에서 보는 바와 같이 전체 유역면적에 대해 임야가 70,175ha, 49.8%로 가장 많이 차지하고 있고, 그 다음이 논으로 34,991ha 24.8%, 밭이 13,562ha 9.6%, 대지가 11,304ha

8.0%를 각각 차지하고 있는 것으로 나타났다. 특히, WS#1 유역에서는 다른 유역과 달리 임야의 점유율이 61.4%, 농경지의 점유율은 24.5%였으며, 그 외 WS#2~WS#5 유역에서는 임야가 차지하는 비율이 0.9~20.0%로 낮았으며, 상대적으로 농경지가 차지하는 비율이 60.9~76.2%로 높았다.

가축사육현황(2002년 12월)10)을 기준으로 하여 소유역별로 T-N의 일별 오염 발생부하량을 살펴보면 Table 2에서 보는 바와 같이 한우의 경우 16.7~1,851.0kg/day, 젓소가 0.8~717.1kg/day, 돼지는 98.9~7,616.3kg/day, 닭이 29.1~2,213.6kg/day로 나타났다. 또한, T-P의 오염 발생부하량은 한우가 5.2~572.1kg/day, 젓소는 0.3~251.3kg/day, 돼지가 43.6~3,354.5kg/day, 닭은 10.6~887.3kg/day으로 각각 산정되어 돼지에 의한 발생부하량이 가장 많이 차지하고 있는 것으로 조사되었다.

2. 조사 시기 및 조사지점

하천의 수질 조사는 각 소유역별로 접근성이 용이하고, 유역특성을 대표 할 수 있는 지점을 대상으로 5개 유역에서 6개 지점을 선정하여

2003년 11월부터 2004년 9월까지 11개월간 매월 1회씩 총 11회에 걸쳐 비강우시에 실시하였다. 조사대상 전체유역 및 소유역 경계, 하천 및 수질조사지점은 Fig. 2에 나타난 바와 같다. 각각의 유역별 수질조사 지점에 대한 위치는 Table 3에서 보는 바와 같다.

3. 시료채취 및 분석방법

수질시료는 폴리에틸렌용기(2L)에 채수하여 4℃ 이하의 온도로 보관하면서 분석시료로 사용하였다. 총질소 및 화학적 산소요구량을 측정하기 위한 시료는 H₂SO₄를 이용 pH₂ 이하로 조정된 다음 4℃ 이하에서 보관하였다. pH, DO, 온도는 채수현장에서 측정하였으며, BOD는 측정중 측정기기의 오차발생으로 인해 P1과 P3 지점에 대해서만 환경청 자료를 인용하였고, 그 밖의 시료분석은 환경부의 수질오염공정시험법에 기준하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 조사기간 중 기상 변화

2003년 11월부터 2004년 9월까지 조사기간 중 기상변화에 대한 조사는 연구유역의 중심에서

Table 3. Location of sampling sites

Watershed	Sampling sites	Point	Location
WS # 1	Upper stream of Mangyeong check	P1	Jeonbuk Gimje-si Baekgu-myeon Bekguri
	Downstream of Mangyeong check	P2	Jeonbuk Gimje-si Baekgu-myeon Bekguri
WS # 2	Yuchon drainage station	P3	Jeonbuk Iksan-si Seoktan-dong
WS # 3	Osan drainage station	P4	Jeonbuk Iksan-si Osan-myeon Osanri
WS # 4	Wondu-bridge	P5	Jeonbuk Gunsan-si Daeya-myeon Gwanggyori
WS # 5	Cheongha drainage station	P6	Jeonbuk Gimje-si Cheongha-myeon Dongjisari

Table 4. Monthly rainfall and temperature at Jeonju meteorological

Item	2003		2004									Total
	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	
Mean temperature(°C)	10.6	2.5	-0.6	3.6	7.0	13.5	18.5	23.1	26.9	26.6	22.3	-
Rainfall(mm)	44.1	15.5	14.2	25.3	25.7	63.3	100.4	290.3	247.5	440.5	146.1	1,412.9

21.5km 떨어진 전주지방기상관측소의 기상자료를 이용하였다. 대상구역의 월평균 기온은 Table 4에서 보는 바와 같이 조사가 시작된 2003년 11월에 10.6°C이었던 것이 서서히 내려가 2004년 1월에는 -0.6°C로서 조사기간 중 가장 낮게 기록되었고, 1월 이후로는 점차로 상승하여 2004년 6월에 23.1°C, 7월에는 26.9°C로서 가장 높게 기록되었으며, 비교적 많은 강우가 발생하였던 8월에는 26.6°C를 기록하였다. 강우량의 경우에는 2003년 11월부터 2004년 4월까지의 월강우량이 100mm 이하로 발생되었으며, 2004년 5월부터 2004년 9월 사이에는 100.4~440.5mm로서 강우량이 약간 높게 기록되었고, 2004년 6월 8일 사이에 978.3mm, 69.2%로 집중적으로 강우가 발생하였다.

조사기간중 일별 기온은 Fig. 3에서 보는 바와 같이 2003년 11월부터 일평균 기온이 내려가기 시작하여 2004년 1월 중순경에는 -9.3°C까지 기록되었다. 2월부터는 점차 상승하여, 8월 초순에 최고기온을 기록한 후 다시 점차로 하강하는 경향을 나타냈다. Fig. 4는 조사대상구역에 위치한 전주기상대의 일별 강우량 자료를 나타낸 것으로 2003년 11월부터 2004년 5월까지의 일별 강우량이 80mm 이하를 기록하였고, 6월부터 장마철에 접어들면서 강우량이 상승하여 8월 중순에 172.5mm로 최고를 기록하였다.

2. 하천수질 변화

가. 수온 및 수소이온농도(pH)

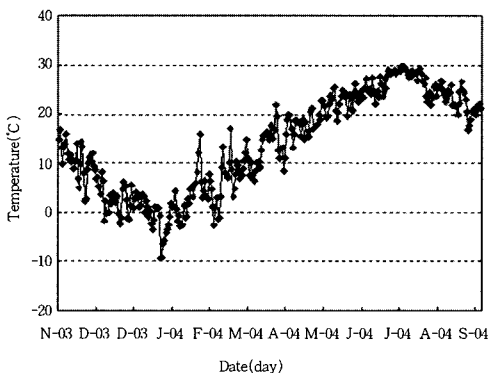


Fig. 3. Daily temperature at Jeonju meteorological station

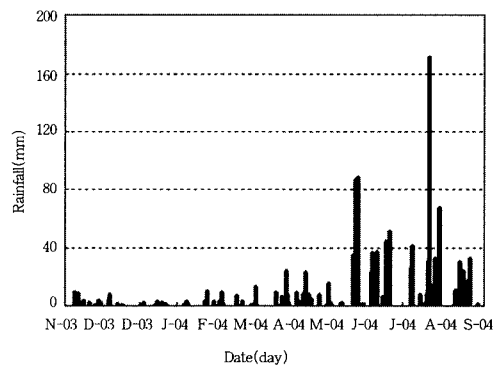


Fig. 4. Daily rainfall at Jeonju meteorological station

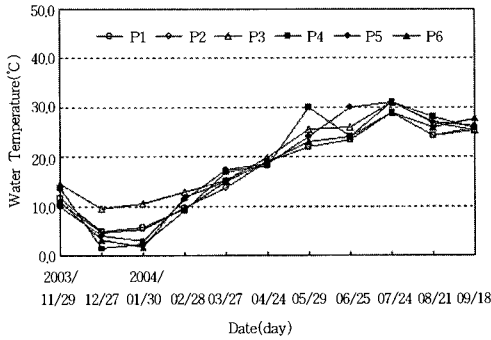


Fig. 5. Changes of water temperature

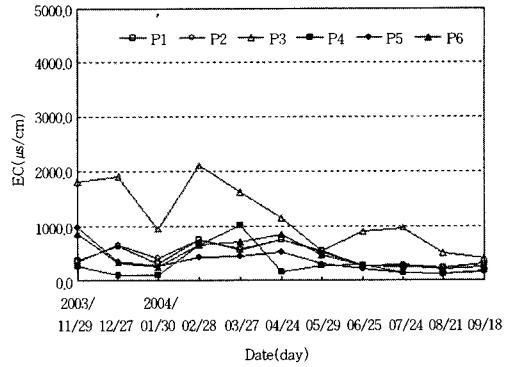


Fig. 6. Changes of pH in stream water

수온은 수질의 변화에 영향을 미치는 중요한 항목 중의 하나로 대기의 온도에 영향을 받아 용존산소의 농도에 영향을 미쳐 수중생태계에 많은 영향을 미친다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 전체 조사기간 중 하천수의 수온은 1.5~31.0°C의 범위를 보였으며, 평균은 18.0°C를 나타냈다. 유역별로는 큰 차이를 나타내지는 않았지만 타유역에 비해 상대적으로 도시지역이 포함된 유천배수장 유역(P3 지점)에서 약간 높게 나타났다. 물의 산성 또는 알칼리성의 정도를 나타내는 지표인 수소이온농도(pH)는 Fig. 6에 나타난 바와 같이 6.36~8.71의 범위로 평균 7.15로

나타났다. 원두교(P5)와 청하배수장(P6)지점에서 3월에 일시적으로 높게 나타났으나, 전반적으로는 유역별로 큰 차이를 나타내지 않았다.

나. 전기전도도(EC) 및 화학적산소요구량(COD)

물속의 주요 전도성분으로서 염류를 나타내는 주요 지표이고, 삼투압으로 인하여 작물의 수분 흡수에 영향을 미칠 수 있는 전기전도도의 변화를 조사한 결과 97.5~2,100.0µS/cm의 범위로 평균 527.4µS/cm를 나타내었다. Fig. 7에서 보는 바와 같이 유천배수장유역(P3지점)에서 갈수

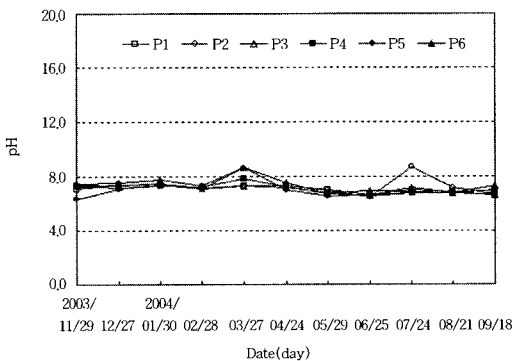


Fig. 7. Change of EC in stream water

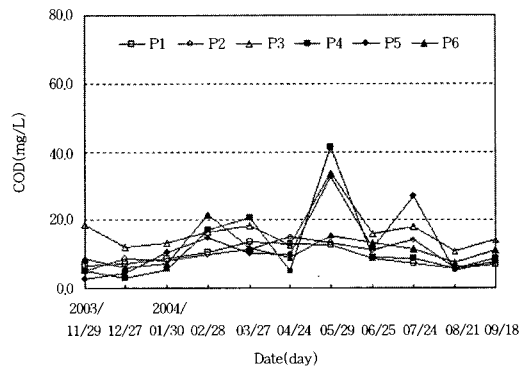


Fig. 8. Change of COD in stream water

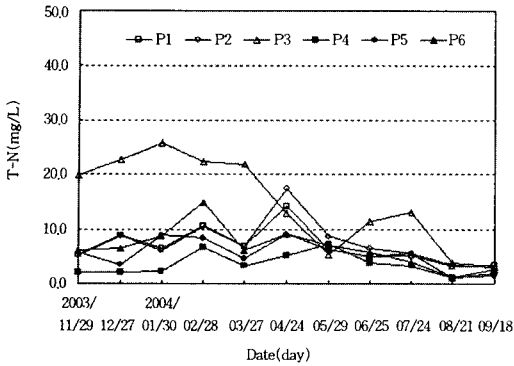


Fig. 9. Change of T-N in stream water

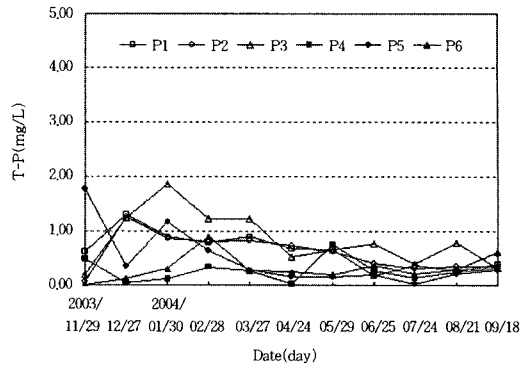


Fig. 10. Change of T-P in stream water

기인 2003년 11~12월과 2004년 1~4월 사이에 상당히 높게 나타나고 있는데, 이는 해수유통이 있는 만경강 본류 하천의 영향이거나 하천유량 감소 및 생활하수나 축산폐수 때문인 것으로 판단된다. COD는 수중의 피산화물질을 일정한 산화조건에서 반응시켜 그에 요구되는 산화제의 양을 산소로 환산하여 나타낸 소비산소의 농도를 나타내는 것으로 COD가 큰 관개수는 토양환원을 촉진하고 환원에 의한 수도 생육저해의 원인이 된다. COD는 Fig. 8에서 보는 바와 같이 2.61~41.44mg/L의 범위로서 평균 11.86mg/L로 나타났다. 소유역별로는 유천배수장 유역(P3 지점), 오산배수장 유역(P4), 원두교 유역(P5)에

서 2004년 5월 하순에 상대적으로 타유역에 비해 약간 높게 나타났다. 이는 갈수기 이후 지표에 축적되었던 오염물질의 일시적 유출이나 강우에 의한 하천의 유량 변동 때문인 것으로 판단된다.

다. 총질소 및 총인

관개용수 중 질소는 그 형태에 따라서 수도생육에 미치는 영향이 다르지만 어느 것이든 과잉으로 공급되면 질소과잉 장애가 나타난다. 특히 과잉의 유기태 질소는 토양에 축적되어 토양질소

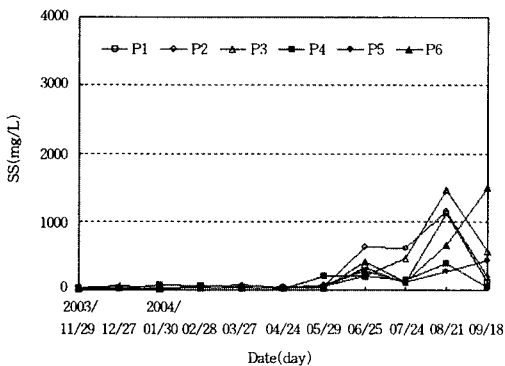


Fig. 11. Change of SS in stream water

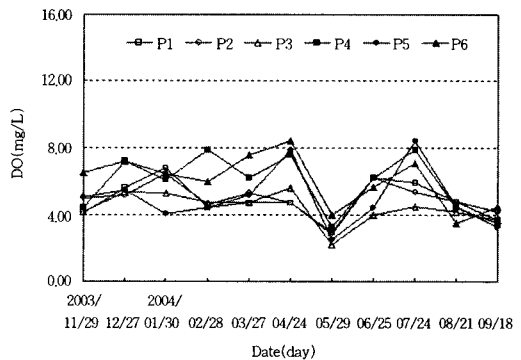


Fig. 12. Change of DO in stream water

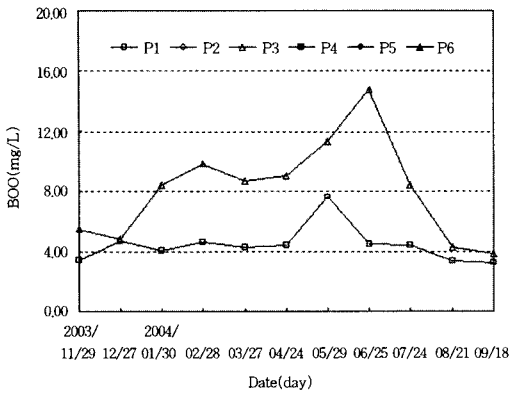


Fig. 13. Change of BOD in stream water

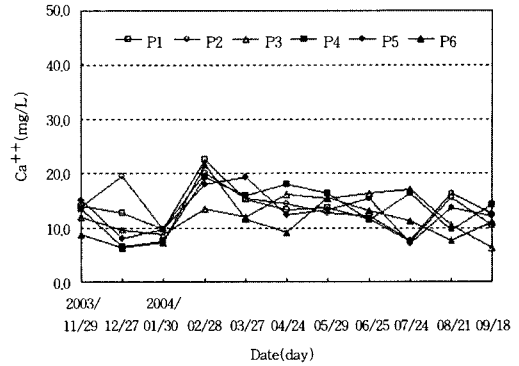


Fig. 14. Change of Ca⁺⁺ in stream water

증가의 원인이 되며 이상토양 환원과 질소과잉의 피해를 수도에 나타나게 된다. 조사결과 본 조사지점에서의 총질소(T-N)의 농도는 Fig. 9에서와 같이 1.07~25.72mg/L의 범위로 평균 7.41mg/L를 나타내었다. 또한, 인성분은 수질 악화의 원인이 되는 부영양화를 일으키고 식물성 플랑크톤의 과다발생을 일으켜 이취미와 수색변동을 일으키는 영양염류 중 하나이다. 총인(T-P)의 농도변화를 조사한 결과 Fig. 10에서 보는 바와 같이 0.01~1.86mg/L의 범위로 평균 0.52mg/L를 나타내었다.

유역별로 유천배수장유역(P3 지점)에서 질소 성분이나 인성분이 비영농기에도 타유역에 비해 높게 나타나는 것으로 보아 정화되지 않은 생활하수나 축산폐수 등으로부터 유기물과 영양염류의 유입 때문으로 판단된다.

이는 현재 정부기관이나 대학, 연구소 등에서 실시하고 있는 정기적인 수질조사 및 모니터링이 만경강 제수문 상류부만을 대상으로 이루어

지고 있는바 만경제수문 하류유역에 위치한 하천에 대해서도 새만금 담수호로 직접 유입되는 것을 감안한다면, 새만금 담수호의 수질보전을 위해서는 만경강 하류유역에 대한 체계적인 수질조사와 연구가 있어야 함을 시사하고 있다.

라. 부유물질(SS)

농경지로부터 강우-유출과정에 의해 유실된 토사 및 유기체에 의해 그 함량 변동이 일어나는 부유물질(SS)의 경우 수중에서 물의 탁도를 높이고, 산소의 원활한 공급에 장애를 주어 수중생물들의 정상적인 생육을 어렵게 한다. 본 조사 지점에서는 Fig. 11에서 보는바와 같이 7.8~1496.0mg/L의 범위로 평균 197.9mg/L를 나타내었다. 시기별로는 강우가 집중되는 7월~8월에 농경지나 도로공사 현장으로부터의 토사 유출로 인해 일시적으로 높아졌음을 알 수 있었다.

마. 용존산소량(DO) 및 생물화학적 산소요구량(BOD)

용존산소량은 대기의 기상상태, 수온, 유속,

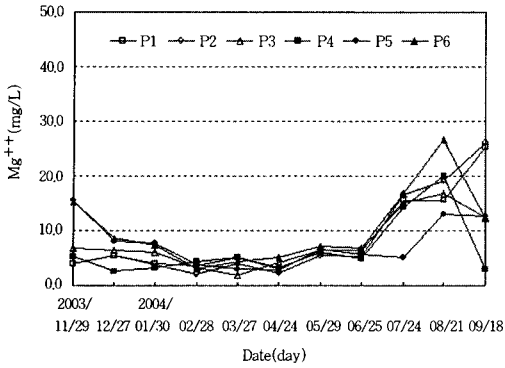


Fig. 15. Change of Mg⁺⁺ in stream water

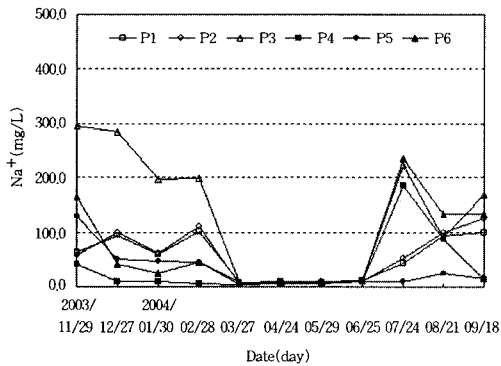


Fig. 16. Change of Na⁺ in stream water

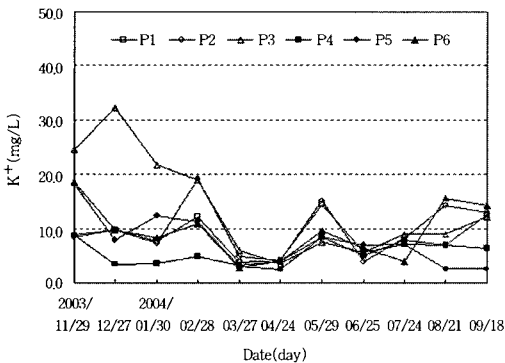


Fig. 17. Change of K⁺ in stream water

Table 5. Unit pollution loads of T-N, T-P

Item		T-N	T-P
Population* (g/person/day)	Population	13.0	1.45
	Livestock** (g/head/day)		
Livestock** (g/head/day)	Korean native cattle	116.8	36.1
	Dairy cattle	161.8	56.7
	Pig	27.7	12.2
	Chicken	1.1	0.4
Land use*** (kg/km ² /day)	Upland	9.44	0.24
	Paddy field	6.56	0.61
	Housing sites	13.69	2.10
	Forest	2.20	0.14
	Others	0.759	0.027

염분농도 및 생물학적 대사과정에 영향을 받는다. 본 조사구역에서 용존산소량은 Fig. 12에서 보는 바와 같이 2.20~8.42mg/L로 평균 5.21mg/L로 나타났다. 소유역별로 청하배수장 유역(P6 지점)에서 타유역에 비해 높게 나타났으며 유천배수장유역(P3 지점)에서 상대적으로 다소 낮게 조사되었다.

생물화학적 산소요구량(BOD)은 수중에 존재하는 생물군에 의해 유기물질을 산화분해하는 과정에서 요구되어지는 산소량을 나타낸다. 본 연구에서는 Fig. 13에서 보는 바와 같이 환경청 측정지점과 일치하는 만경강 제수문 유역(P1)과 유천배수장 유역(P3)에 대해서만 전주지방환경청의 자료를 인용하여 분석하였다. 분석결과 만경강 제수문 유역(P1)은 3.3~7.6mg/L의 범위, 평균 4.4mg/L를 보였고, 유천배수장 유역(P3)은 3.9~14.8mg/L의 범위 평균 8.1mg/L로 2 지점의 전체 평균은 6.3mg/L로 나타나 만경강 제수문 유역(P1)이 유천배수장 유역(P3)보다 낮게 나타났다. 그러나 유천배수장 유역(P3)에서

는 2004년 1월부터 7월까지 벼농사의 수질 기준치인 8.0mg/L보다 높게 조사되어 이에 대한 적절한 조치가 필요한 것으로 분석되었다.

바. 양이온(Ca, Mg, Na, K)

양이온의 함량이 높은 용수를 관개용수로 이용시 농경지내에서 염류집적과 함께 토양내 기타 양분의 흡수효율 저하 및 고농도의 염분이 식물생육에 커다란 영향을 미칠 수 있는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 조사대상 지점에 대하여 관개용수 수질에 중요한 요소인 주요 양이온(칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨)의 변화를 조사하였다. 조사결과 Fig. 14~Fig. 17에서와 같이 양이온 함량은칼슘의 경우 6.20~22.67mg/L의 범위로 평균 13.39mg/L, 마그네슘은 1.89~26.50mg/L의 범위로 평균 8.23mg/L, 나트륨은 4.09~295.00mg/L의 범위로 평균 64.53mg/L이었으며, 칼륨의 경우에는

2.35~32.20mg/L의 범위로 평균 9.09mg/L를 나타내었다.

3. 원단위 오염발생부하량 산정

가. 오염원별 원단위

유역내에 존재하고 있는 각종 오염원으로부터 발생하는 오염물질은 유역의 특성, 토양특성, 하천의 자정능력, 토지이용, 유출특성 등 여러 가지 내·외적인 요인에 의해 영향을 받는다. 이러한 오염물질을 보다 정량적으로 표현하는 방법으로 원단위 오염부하량 산정이 있다. 오염원별 원단위는 조사지역, 조사방법, 조사자, 조사 시기에 따라 각기 달라 본 조사에서는 비교적 신뢰성이 높은 환경부의 자료를 적용하였다. Table 5에서는 영양염류(T-N, T-P) 오염원별 원단위를 적용하여 각 소유역별로 인구, 가축현황, 토지이용에 따른 오염 발생부하량을 추정하였다.

Table 6. T-N pollution loads in sub-watershed(kg/yr)

Watershed	Population	Land Use					Livestock				Total
		Upland	Paddy	Housing sites	Forest	Others	Korean native cattle	Dairy cattle	Pig	Chicken	
WS #1	3,460,582 (35.83)	284,193 (2.94)	417,966 (4.33)	349,780 (3.62)	516,947 (5.35)	21,620 (0.22)	675,637 (7.00)	261,753 (2.71)	2,779,947 (28.78)	890,630 (9.22)	9,659,055 (100.00)
WS #2	131,095 (42.28)	14,954 (4.82)	49,133 (15.85)	30,181 (9.74)	522 (0.17)	291 (0.09)	11,973 (3.86)	272 (0.09)	54,384 (17.54)	17,223 (5.56)	310,028 (100.00)
WS #3	23,716 (22.63)	2,481 (2.37)	18,126 (17.30)	5,347 (5.10)	88 (0.08)	657 (0.63)	6,113 (5.83)	1,509 (1.44)	36,116 (34.47)	10,632 (10.15)	104,785 (100.00)
WS #4	1,225,779 (40.80)	100,095 (3.33)	260,128 (8.66)	142,710 (4.75)	30,779 (1.02)	4,843 (0.16)	156,479 (5.21)	74,060 (2.47)	356,174 (11.85)	653,638 (21.75)	3,004,685 (100.00)
WS #5	72,632 (3.41)	65,570 (3.07)	92,472 (4.33)	36,827 (1.73)	15,169 (0.71)	2,962 (0.14)	150,026 (7.03)	32,175 (1.51)	857,370 (40.19)	807,964 (37.88)	2,133,167 (100.00)
Total	4,913,804 (32.30)	467,293 (3.07)	837,825 (5.51)	564,845 (3.71)	563,505 (3.70)	30,373 (0.20)	1,000,228 (6.56)	369,769 (2.43)	4,083,991 (26.85)	2,380,087 (15.65)	15,211,720 (100.00)
		2,463,841 (16.20)					7,834,075 (51.50)				

Table 7. T-P pollution loads in sub-watershed(kg/yr)

Watershed	Population	Land Use					Livestock				Total
		Upland	Paddy	Housing sites	Forest	Others	Korean native cattle	Dairy cattle	Pig	Chicken	
WS #1	385,988 (16.30)	7,255 (0.31)	38,866 (1.64)	53,655 (2.27)	32,897 (1.39)	769 (0.03)	208,823 (8.82)	91,727 (8.82)	1,224,381 (51.70)	323,866 (13.68)	2,368,197 (100.00)
WS #2	14,622 (25.10)	380 (0.65)	4,569 (7.84)	4,630 (7.95)	33 (0.06)	10 (0.02)	3,701 (6.35)	95 (0.16)	23,953 (41.12)	6,263 (10.75)	58,256 (100.00)
WS #3	2,645 (9.64)	63 (0.23)	1,685 (6.14)	820 (2.99)	6 (0.02)	23 (0.09)	1,889 (6.89)	529 (1.93)	15,907 (57.98)	3,866 (14.09)	27,433 (100.00)
WS #4	136,722 (20.83)	2,545 (0.39)	24,189 (3.69)	21,891 (3.33)	1,959 (0.30)	172 (0.03)	48,364 (7.37)	25,953 (3.95)	156,871 (23.90)	237,805 (38.96)	656,353 (100.00)
WS #5	8,101 (1.07)	1,667 (0.22)	8,599 (1.14)	5,649 (0.75)	965 (0.13)	105 (0.01)	46,369 (6.15)	11,275 (1.50)	377,614 (50.07)	293,805 (38.96)	754,149 (100.00)
Total	548,078 (14.18)	11,880 (0.31)	77,908 (5.51)	86,645 (2.24)	35,860 (0.93)	1,079 (0.03)	309,146 (8.00)	129,579 (3.35)	1,798,726 (46.55)	865,487 (22.40)	3,864,388 (100.00)
		213,372 (5.52)					3,102,938 (80.30)				

나. 각 소유역별 오염발생부하량 산정

각 소유역별 오염발생부하량은 Table 6과 Table 7에서 보는바와 같으며, 이 수치는 Table 1, 2의 인구 및 토지이용, 가축사육현황자료에서 인구수, 가축사육두수, 토지이용면적에 Table 5의 해당 항목별 일별 원단위 부하량을 곱하여 산정한 값이다.

본 조사유역에서 T-N의 년발생 부하량은 Table 6에서 보는바와 같이 15,211,720kg/yr로 산정되었다. 이중 생활하수에 의한 부하량이 4,913,804kg/yr로 32.30%를 차지하고 있으며, 축산폐수에 의한 부하량이 7,834,075kg/yr로 51.50%, 토지이용에 따른 발생부하량은 2,463,841kg/yr로 16.20%를 각각 차지하고 있는 것으로 나타났다.

소유역별 생활하수에 의한 T-N의 발생부하량은 23,716~3,460,582kg/yr로 3.41~42.28%범위였다. WS#1, WS#2, WS#4 유역에

서 발생부하량 비율이 35.83%, 42.28%, 40.80%로 높은 반면에, WS#3는 22.63%, WS#5 유역은 3.41%로 낮았는데, 이는 WS#1, WS#2, WS#4 유역에서는 유역내에 전주시, 익산시 등과 같이 인구가 많은 도시지역이 포함되어 있는데 반해, WS#3와 WS#5 유역에서는 거주 인구가 적기 때문인 것으로 판단된다.

소유역별 토지이용에 따른 발생부하량은 논인 경우 18,126~417,966kg/yr로 4.33~17.30%, 밭이 2,481~284,193kg/yr로서 2.37~4.82%를 차지하였다. 그리고, 대지는 1.73~9.74%, 임야는 0.08~5.35%, 기타 0.09~0.63%로, 상대적으로 유역내에 농경지가 많이 분포되어 있는 WS#2과 WS#3 유역에서 발생부하량의 비율이 높게 나타났다.

축산폐수중 발생부하량 비율은 한우가 3.86~7.03%, 젓소는 0.09~2.71%, 돼지는 11.85~40.19%, 닭이 5.56~37.88%로 나타나 돼지에 의한 발생부하량이 가장 많은 것으로 나타났다.

특히, WS#5 유역에서 T-N 발생부하량의 비율이 다른 소유역에 비해 높게 나타났는데, 이는 유역내에 축산단지가 위치해 있어 돼지와 닭 등의 사육두수가 다른 유역에 비해 많기 때문인 것으로 판단된다.

T-P의 년발생부하량은 Table 7에서 보는바와 같이 총 3,864,388kg/yr로 산정되었다. 이중 생활하수에 의한 것이 548,078kg/yr로 14.18%를 차지하고 있으며, 축산폐수에 의한 부하량이 3,102,938kg/yr로 80.30%, 토지이용에 따른 발생부하량은 213,372kg/yr로 5.52%로 각각 나타났다.

소유역별 생활하수에 의한 T-P 발생부하량은 2,645~385,988kg/yr로 1.07~25.10% 범위로 나타났다. 인구가 많은 도시지역이 포함된 WS#1, WS#2, WS#4 유역에서는 각각 16.3%, 25.10%, 20.83%로 높았으며, 타유역에 비해 상대적으로 인구수가 적은 WS#3, WS#5 유역은 각기 9.64%, 1.07%로서 T-P의 발생부하량도 낮게 산정되었다.

토지이용에 따른 발생부하량의 경우에는 논외의 경우 1,685~38,866kg/yr로 1.14~7.84%, 밭이 63~7,225kg/yr로서 0.22~0.65%를 차지하였다. 그리고 대지가 0.75~7.95%, 임야는 0.02~1.39%, 기타 0.01~0.09%로 나타났다.

축산폐수중 발생부하량은 한우가 6.15~8.82%로 나타났으며, 젓소는 0.16~3.87%, 돼지는 23.90~57.98%, 닭이 10.75~38.96%로 각각 나타나 T-P 역시 돼지에 의한 발생부하량이 가장 많은 것으로 나타났다. 특히, WS#5 유역에서 T-P의 발생부하량이 상대적으로 높은 수준인데, 이는 다른 유역에 비해 상대적으로 돼지와 닭의 사육두수가 많기 때문인 것으로 판단된다.

IV. 결론

만경강 하류지역 수질의 월별 변화를 조사하기 위해 2003년 11월부터 2004년 9월까지 5개의 소유역 6개 지점에서 매월 1회씩 총 11회에 걸쳐 실시한 수질자료에 대한 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 전체 조사 기간중 하천수의 수온은 1.5~31.0℃의 범위였으며, 평균은 18.0℃를 나타내었고, 수소이온농도(pH)는 6.36~8.71의 범위로 평균 7.15로 나타났다.

2. 화학적산소요구량(COD)의 농도는 2.61~41.44mg/L의 범위로 평균 11.86mg/L, 총질소(T-N)의 농도는 1.07~25.72mg/L의 범위로 평균 7.41mg/L, 총인(T-P)의 농도는 0.01~1.86mg/L의 범위로 평균 0.52mg/L를 각각 나타냈다.

3. 부유물질(SS)의 농도는 7.8~1496.0mg/L의 범위로 평균 197.9mg/L를 나타냈고, 용존산소량(DO)은 2.20~8.42mg/L로 평균 5.21mg/L 생물화학적산소요구량(BOD)은 3.3~14.8mg/L의 범위를 보였으며 평균 6.3mg/L로 나타났다. 양이온 농도는 칼슘의 경우 6.20~22.67mg/L, 마그네슘은 1.89~26.50mg/L, 나트륨은 4.09~295.00mg/L, 칼륨의 경우에는 2.35~32.20mg/L의 범위로 나타났다.

4. 본 조사유역에 대한 영양염류 중 T-N의 발생부하량은 생활하수가 4,913,804kg/yr로 32.30%였고, 토지이용이 2,463,841kg/yr로 16.20%, 축산폐수는 51.50%인 7,834,075kg/yr로 나타났다. 또한, T-P의 발생부하량은 생활

하수에 의한 것이 548,078kg/yr로 14.18%였고, 토지이용의 경우에는 213,372kg/yr로 5.52%, 축산폐수가 80.30%인 3,102,938kg/yr로 산정되었다.

5. 만경강 하류유역의 경우에는 일부지역을 제외하고는 농경지가 차지하는 비율이 높은 전형적인 농촌유역의 형태를 지니고 있었다. 유역에 대한 수질조사결과 농업활동에 의한 영향은 일시적으로 수질에 영향을 미치고 있었으며 축산폐수 및 생활하수의 영향은 농업활동에 의한 영향보다 큰 수준으로 하천수질에 영향을 미치고 있는 것으로 조사되었다. 따라서 새만금 담수호의 수질보전을 위해서는 만경강제수문 하류유역을 대상으로 한 체계적인 수질조사와 연구도 지속적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 박승우, 윤광식, 강문성, 1997, 소유역의 토지이용에 따른 비점원오염 부하량, 한국농공학회지, 39(3), pp.115-127.
2. 손재권, 박종민, 최진규, 송재도, 2003, 동진강 상류 하천유역의 수질특성, 한국농촌계획학회지, 9(2), pp.19-28.
3. 안재환, 2001, 비점오염원 유출부하 및 기여율, 건설기술정보, pp.34-38.
4. 오승영, 김진수, 김규성, 김선중, 윤춘경, 2002, 관개기 대규모 광역논에서의 오염부하 원단위, 한국농공학회지, 44(2), pp.136-147.
5. 유도수, 2004, 만경강 중류유역의 월별 수질 변화, 전북대학교 대학원 석사학위논문.
6. 윤순강, 이종식, 정구복, 김민경, 김성중, 고문환, 엄기철, 2002, 만경강 유역내 하천의 특성별 영향평가, 한국환경농학회지, 21(4), pp.237-242.
7. 이광야, 엄명철, 조재원, 정해진, 2004, 새만금 예정수역의 수질특성 분석, 한국농공학회지, 46(1), pp.107-117.
8. 이호준, 방제용, 김용옥, 1999, 토지이용이 이원천 유역의 하천수질에 미치는 영향, 한국생태학회지, 22(5), pp.235-240.
9. 전라북도, 1995, 수질대책 종합보고서(만경강, 동진강, 섬진강, 금강).
10. 전주시, 완주군, 군산시, 김제시, 익산시, 2003, 통계연보.
11. 최지용, 신은성, 1998, 농업지역 비점원오염원 관리방안 연구, 한국환경정책·평가연구원, pp.33-65.
12. 최진규, 한강완, 구자용, 손재권, 조재영, 김영주, 2000, 보령담수호 유역의 하천 토사 및 수질특성, 한국농공학회지, 43(3), pp.84-93.
13. 최진규, 손재권, 2004, 새만금유역 환경변화조사 1차년도 보고서, 농어촌연구원.
14. 홍성구, 권순국, 2001, 농촌유역특성과 하천수질과의 관계, 한국농공학회지, 43(3), pp.56-65.
15. 환경부, 2000, 環境汚染公定試驗法.
16. 환경부, 2004, 수질오염총량관리 업무편람.

이 논문은 2003년도 전북대학교 연구기반 조성 연구비 지원에 의해 수행되었음.