

## 만경강 유역내 하천의 특성별 영향 평가

윤순강\* · 이종식 · 정구복 · 김민경 · 김선종 · 고문환 · 엄기철

농업과학기술원

(2002년 8월 14일 접수, 2002년 10월 28일 수리)

### Evaluation of Water Quality Characteristics on Tributaries of Mankyong River Watershed

Sun-Gang Yun\*, Jong-Sik Lee, Goo-Bok Jung, Min-Kyeong Kim, Seon-Jong Kim, Mun-Hwan Koh, and Ki-Cheol Eom (National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea)

**ABSTRACT** : A survey on four tributaries along with Mankyong River was carried out to get the information for the water quality improvement and control. Typical paddy farming were major agricultural practices in Kosancheon and Soyangcheon. Iksancheon was livestock raising watershed. Chuchcheon was urban watershed. Water quality in six sites of main stream and four sites of tributaries in Mankyong River were investigated from May to August in 2001. The concentration of nutrients in main stream of Mankyong River were in the range of 3.78~12.68 mg/L for total nitrogen, 0.043~0.864 mg/L for total phosphorus, 2.59~13.29 mg/L for BOD and 12.9~119.5 mg/L for COD, respectively. Water quality of Mankyong River mostly exceeded the standard water quality criteria of Korea. Major causes of water pollution were evaluated as sewage of swine and urban area. Among the four tributaries, water quality in agricultural practices, Kosancheon and Soyangcheon was relatively less polluted. While, the highest level of water pollution measured in Iksancheon was due to livestock. The water quality of Iksancheon and Chuchcheon was generally more polluted in the dry period than in rainy period.

**Key words**: water quality, nutrient, Mankyong River.

## 서 론

공공 수역으로 유입되는 오염으로는 크게 점오염과 비점 오염으로 구분 할 수 있다. 현대는 산업화와 도시화에 따른 인구집중으로 도시하수, 산업폐수 및 축산폐수의 발생량이 매년 증가되고 있으며, 그 결과 하천의 수질을 오염시킬 수 있는 점오염원의 형태가 증가되고 다양해지고 있다<sup>1,3)</sup>. 최근 국내에서는 도시하수나 공장폐수와 같은 점오염원의 발생방지를 위하여 막대한 재원을 투자함에도 불구하고 호소나 하천의 수질 저하는 계속 진행되고 있는 실정이다. 이는 점오염원에 대한 시설투자로 이에 의한 오염부하는 줄어들고 있지만, 광범위하게 발생하는 비점오염원에 의한 부하량은 계속 증가되어 왔기 때문이다<sup>4,5)</sup>. 비점오염원은 그 농도는 낮지만 다량으로 유출되고 있어 오염부하에 있어서 차지하는 비율은 상당히 높다<sup>5)</sup>. 그리고 대부분의 하천 유역이 농촌지역에 위치

하고 있는 것을 감안할 때 수질 및 환경오염의 효율적인 수질관리를 위해서는 점오염원뿐만 아니라 비점오염원에 대한 관리가 병합되어야 할 것이다.

호남평야를 흐르는 만경강 유역은 우리나라의 주요 농업 생산지대로서 인근의 전주, 익산, 김제시 등을 통과하면서 발생하는 도시생활하수, 공장폐수 및 축산단지 방류수 등과 같은 점오염원과 지천 주변의 넓은 농경지로부터 유출될 수 있는 비점오염원이 혼재되어 있는 유역이다.

따라서, 본 연구에서는 현재 새만금 간척사업과 관련하여 사회적으로 많은 관심을 불러 일으키고 있는 만경강 유역의 수계를 대상으로 만경강으로 유입되는 주요 지천에서 수질 모니터링을 실시하여 만경강 수계의 수질 보전을 위한 기초 자료를 얻고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 조사유역의 개요

만경강 유역은 북위 35°5'~35°56'와 동경 126°35'~126°50'

\*연락처:

Tel: +82-31-290-0150 Fax: +82-31-290-0277

E-mail: sgyun@rda.go.kr

로 유역내에는 전주, 익산, 김제시 등이 위치하며 전체 유역 면적은 1,527.10 km<sup>2</sup>이고, 유로연장은 77.40 km이다<sup>6)</sup>. 만경강은 하류가 밀물과 썰물의 영향을 받아 수위와 유속이 변동하는 범위가 넓으며, 하천 좌우의 변동이 심한 점이 특징이다. 만경강의 용수별 이용현황은 각각 생활용수 17.9%, 농업용수 11.1%, 농업용수 63.0%, 하천유지용수 8.0%<sup>7)</sup>로 농업용수원으로서의 이용률이 높다. 만경강 본류로 유입되는 주요 지천들은 주변의 생활하수, 축산폐수, 농업배수 등이 유입된다. 고산천과 소양천은 농업유역을 흐르는 하천으로 삼례에서 합류되어 만경강의 본류로 유입된다. 전주천은 전주시를 지나 삼천과 합류하여 추천을 이루어 삼례에서 본류에 유입된다. 왕궁천은 익산시 왕궁면에서 익산천과 합류되어 만경강 본류로 유입된다.

**조사시기 및 조사지점**

만경강 유역의 수질조사는 2001년 5월부터 11월까지 영농활동이 활발한 기간동안 강우의 영향을 피해 가급적 수질이 안정되고 대표적인 상태라고 판단되는 때를 대상으로 하여 매월 1회 조사하였다. 만경강 본류의 수질에 영향을 미치는 지천을 오염원별로 고산천(KS, 농업배수), 소양천(SY, 농업배수), 추천(CC, 도시하수), 익산천(IS, 축산폐수)으로 분류하였으며, 각 지천 하류지점을 조사지점으로 선정하였다. 또한 각 지천이 본류에 미치는 영향을 평가하기 위하여 만경강 본류로 유입되는 지천의 유입전과 유입후로 본류의 6개 지점을 선정(M1: 고산천과 소양천 합류후, M2: 추천 합류전, M3: 추천 합류후, M4: 익산천 합류전, M5: 익산천 합류후, M6: 만경강 체수문)하였다(Fig. 1).

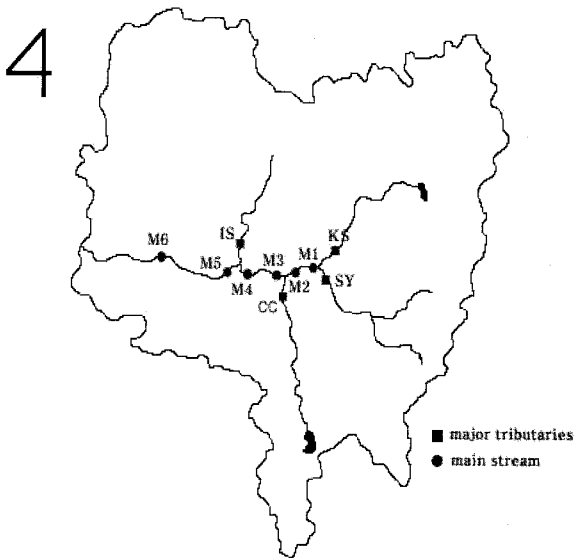


Fig. 1. Sampling design and site locations along the Mankyong river and its watershed. ■ Major tributaries : KS (Kosancheon), SY(Soyangcheon), IS(Iksancheon), CC(Chucheon). ● Main stream : M1~M6(Mankyong river).

**조사 및 분석 방법**

강우자료는 만경강 유역내에 위치하고 있는 전주기상대 자료를 이용하였으며, 수질분석은 환경부 수질오염공정시험방법<sup>8)</sup>에 의하여 실시하였다. pH는 Ion Analyzer(Orion Research EA940)을 사용하여 측정하였고, T-N과 T-P는 흡광광도법으로, COD는 중크롬산 칼륨에 의한 화학적 산소요구량으로 구하였고, BOD<sub>5</sub>는 윙클러-아지드화 나트륨변법을, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N는 인도페놀법, NO<sub>3</sub>-N는 자외선 흡광광도법, PO<sub>4</sub>-P는 염화제일 주석 환원법, Cl<sup>-</sup>는 질산은적정법을 이용하여 분석하였다.

**결과 및 고찰**

**기상자료**

조사기간동안의 강수량과 기온은 Fig. 2와 같다. 조사기간 동안의 평균기온은 20.5℃였고, 강수량은 786.1 mm로서 월 강수량은 6월과 7월에 많았다.

**수질변화**

만경강 유역의 수질 변화 양상을 보기 위해 조사기간 동안의 만경강 본류와 이에 유입되는 지천별 수질은 Table 1 및 2와 같다.

만경강 유역 수계의 평균 pH는 7.5~7.9로 지역별 및 시기별로 큰 차이는 보이지 않았으며, 대부분 농업용수 수질기준인 pH 6.0~8.5에 적합하였다. Lee 등<sup>7)</sup>은 1995년과 1997년의 만경강 수질 조사에서 본 연구와 조사지역은 다르지만, pH가 6.2~8.9로 약간 높았으나, Moon 등<sup>9)</sup>이 2001년에 조사한 pH와는 시기별로 큰 차이를 보였다.

본류의 T-N의 평균농도는 7.86 mg/L로 농업용수 수질기준인 1 mg/L를 초과하였으며, 하류로 갈수록 그 농도가 높았다(Fig. 3). 본류에 유입되는 지천별 평균농도는 익산천이 20.27 mg/L로 가장 높았고, 도시생활하수가 배출되는 추천은 11.77 mg/L로 다소 높았다. 반면에 농업배수가 배출되는 고산천과 소양천은 각각 3.97 mg/L와 4.13 mg/L로 낮았다.

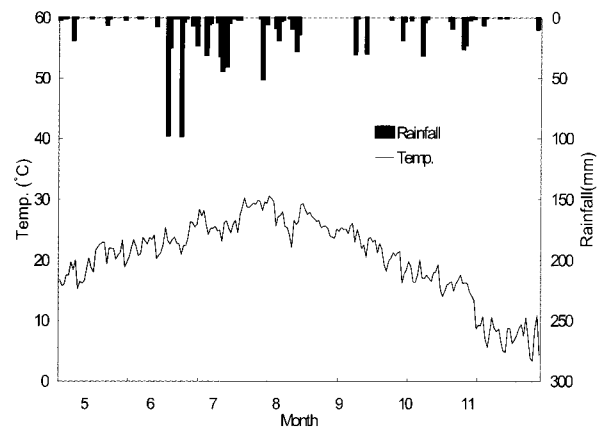


Fig. 2. Monthly rainfall and temperature of Mankyong river watershed from May to November of 2001.

**Table 1. Comparisons of water quality from main stream along with Mankyong river in 2001**

Sites	pH	T-N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	T-P	PO <sub>4</sub> -P	BOD	COD <sub>Cr</sub>	Cl <sup>-</sup>	
		mg/L								
M1 <sup>a)</sup>	Min	7.2	2.03	0.06	0.58	0.014	0.001	0.77	4.00	6.83
	Max	8.3	6.68	0.73	1.80	0.063	0.012	4.06	31.84	19.84
	Ave	7.6	3.78	0.28	1.20	0.043	0.005	2.59	15.40	3.69
M2	Min	7.3	1.49	0.03	0.50	0.029	0.003	1.34	5.28	8.64
	Max	9.3	6.79	0.68	1.72	0.073	0.013	4.52	17.12	15.94
	Ave	7.8	3.97	0.22	0.93	0.053	0.008	2.88	12.90	3.53
M3	Min	7.2	0.92	0.16	0.38	0.003	0.001	2.11	5.92	8.69
	Max	9.1	7.26	0.68	2.01	0.096	0.013	5.20	28.16	16.80
	Ave	7.9	3.78	0.32	1.11	0.059	0.006	3.34	16.20	3.47
M4	Min	7.0	8.59	0.67	1.28	0.456	0.135	8.01	17.92	32.70
	Max	8.1	17.04	6.06	7.51	1.072	1.012	14.96	137.28	182.48
	Ave	7.5	12.68	3.24	5.29	0.727	0.480	11.77	13.29	9.10
M5	Min	7.2	8.86	2.14	0.07	0.372	0.236	8.20	49.28	20.09
	Max	8.5	17.54	9.16	5.79	1.860	0.991	26.08	380.80	193.85
	Ave	7.6	11.97	4.77	4.45	0.864	0.540	13.29	119.5	12.97
M6	Min	6.9	7.44	0.21	1.27	0.074	0.014	7.38	12.96	25.02
	Max	8.2	15.96	5.81	5.69	0.730	0.729	12.70	114.88	176.30
	Ave	7.7	10.79	2.95	4.17	0.501	0.350	9.10	76.70	13.79

<sup>a)</sup> M1~M6 : Main stream of Mankyong river.

**Table 2. Comparisons of water quality from major tributaries along with Mankyong river in 2001**

Sites	pH	T-N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	T-P	PO <sub>4</sub> -P	BOD	COD <sub>Cr</sub>	Cl <sup>-</sup>	
		mg/L								
KS <sup>a)</sup>	Min	7.20	1.80	0.02	0.54	0.007	0.001	1.34	7.52	7.33
	Max	8.80	6.70	1.00	2.03	0.063	0.013	2.43	34.08	12.40
	Ave	7.55	3.97	0.31	1.32	0.036	0.006	1.81	15.90	6.69
SY <sup>a)</sup>	Min	7.02	1.44	0.04	0.39	0.010	0.004	1.58	5.28	15.15
	Max	9.45	9.11	0.75	1.91	0.065	0.014	3.04	31.68	22.12
	Ave	7.71	4.13	0.26	1.26	0.042	0.009	2.46	18.50	15.83
CC <sup>b)</sup>	Min	7.04	4.49	0.25	0.91	0.218	0.010	3.98	34.24	19.97
	Max	9.37	18.47	8.38	7.26	1.234	1.174	12.72	276.20	175.73
	Ave	7.97	11.77	3.72	4.29	0.078	0.576	7.93	100.60	55.50
IS <sup>c)</sup>	Min	7.03	10.68	6.13	0.52	1.003	0.476	14.14	29.12	17.37
	Max	7.70	48.27	43.96	2.09	2.486	1.775	27.30	90.24	45.86
	Ave	7.27	20.27	15.06	1.25	1.401	1.196	20.31	62.50	37.93

<sup>a)</sup> KS(Kosancheon) and SY(Soyangcheon) were agricultural catchment

<sup>b)</sup> IS(Iksancheon) was livestock raising catchment

<sup>c)</sup> CC(Chucheon) was urban catchment

따라서 본류의 T-N 농도가 11.97~12.68 mg/L로 높아지는 주 원인은 익산천과 추천이 만경강 본류(M4~M5)로 유입되었기 때문으로 생각된다. 본류의 무기태 질소 성분별 함량을 보면

NH<sub>4</sub>-N의 경우 상류지역은 0.22~0.32 mg/L의 낮은 농도로 큰 변화가 없었으나, 3.72 mg/L의 추천과 15.06 mg/L의 익산천이 합류(M4~M5)한 후에는 높은 값을 나타내었다. NO<sub>3</sub>-N도 비슷한 경향이였다. 이는 질소함량을 기준으로 평가하면 익산천이 다른 지역보다 오염도가 심각하다는 Lee 등<sup>7)</sup>의 연구 결과와 일치하였다.

본류의 T-P 평균농도는 0.374 mg/L로 대부분 조류의 발생이 가능한 수준인 0.01 mg/L를 상회하였다. 각 유입 지천별 농도범위는 0.036~1.401 mg/L로 유입 지천중 익산천이 1.401 mg/L로 가장 높았고, 그 다음은 0.781 mg/L의 추천이였으며, 고산천과 소양천은 각각 0.036와 0.042 mg/L로 익산천과 추천에 비해 낮았다. 이는 축산폐수에서 유출되는 영양염류의 영향 때문으로 판단되며, 질소함량이 높은 시료에서 대체로 총인의 함량이 높은 시료가 많았다는 보고와 일치하였다<sup>7,9,10</sup>.

본류의 BOD 평균농도는 7.16 mg/L였으며, 유입 지천별로 보면·만경강 상류의 전형적인 농업유역인 고산천이 1.81 mg/L이었고, 소양천이 2.46 mg/L로 농업용수 수질기준인 8 mg/L이하였으나, 축산폐수가 유입되는 익산천의 BOD 농도는 평균농도가 20.31 mg/L로 다른 지천에 비하여 높았다. 익산천 합류후 하류로 갈수록 V급수(BOD기준)에 가까운 수질로 조사되었다. 이것은 익산천에서 제대로 처리되지 않은 축산폐수의 유기오염물질 유입이 그 원인으로 판단된다.

본류의 COD 평균농도는 53.80 mg/L로 하류의 수질이 중상류의 수질보다 크게 악화되었으며, 유입 지천별로는 도시하수가 유입되는 추천이 34.24~267.20 mg/L의 범위로 가장 높았고, 익산천은 29.12~90.24 mg/L, 고산천 7.52~34.08, 소양천은 5.28~31.68 mg/L이었다. 만경강 본류의 COD는 익산천 합류후(M5)에 더욱 높았으며, 하류(M6)로 갈수록 낮았다 (Fig. 3). 이는 하류의 제수문 때문에 강의 흐름이 정체되어 오염물질이 퇴적되었기 때문으로 생각된다. COD는 BOD에 비해 전반적으로 높은 경향을 보이고 있는데, 이는 공단폐수, 도시생활하수 및 축산폐수 등에 생물학적 분해가 가능하지 않은 난분해성 유기물이 상대적으로 증가하기 때문으로 생각된다<sup>11,12</sup>.

CI은 미량원소이나 식물체의 광합성 감소, 탄수화물 이동저해, 호흡 및 수분 흡수를 저해한다고 알려져 있는데<sup>9</sup>, 본류의 CI 농도범위는 14.28~112.14 mg/L였고, 유입 지천별로는 추천과 익산천이 각각 50.50과 37.93 mg/L로 높았다. 만경강 본류의 CI의 농도는 수도생육 피해기준인 250 mg/L 및 캘리

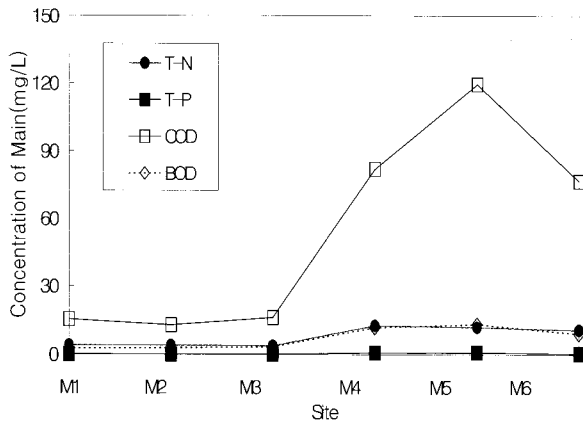


Fig. 3. Organic matter and nutrients changes of water sampled from Mankyong river.

포니아 수질관리위원회 관개용수 수질기준인 350 mg/L보다 낮았다<sup>13</sup>. CI은 추천 합류후(M4)에 가장 높게 나타났는데, 이는 전주시의 도시활동과 전주공단의 산업활동에 따른 유기성 폐수의 유입이 증가했기 때문인 것으로 생각된다.

전체적으로 만경강 유역의 수질변화를 비교 평가하면 본류의 수질은 추천과 익산천이 합류된 후에 저하되었는데, 이것은 추천이 도시생활하수가 배출되고 익산천은 축산폐수가 배출되기 때문으로 생각된다(Fig. 4, 5). 축산폐수는 비록 소량이나 고농도 유기물질을 함유하고 있어 수질오염에 미치는 영향이 비교적 크기 때문에 만경강으로 유입되는 지천중 익산천이 만경강 유역 오염원의 주원인으로 생각된다. 또한, 본류에 유입되는 지천중 추천의 COD가 전반적으로 높았다.

조사시기별 수질특성

조사시기를 5~6월을 장마전 갈수기, 7~8월을 홍수기, 9~11월을 영농후 갈수기로 구분하여 조사한 영양염류의 평균농도는 Fig. 6, 7과 같다.

강수량이 적은 5~6월에는 본류의 T-N과 T-P의 농도가 높

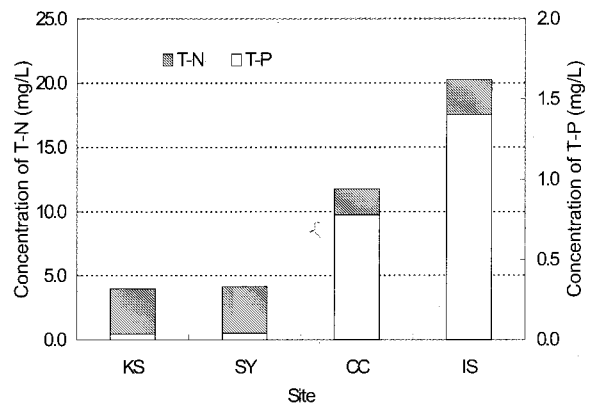


Fig. 4. Nutrients matter concentrations of major tributaries in Mankyong main stream(T-N and T-P). Major tributaries: KS(Kosancheon), SY(Soyangcheon), IS(Ilsancheon), CC(Chucheon).

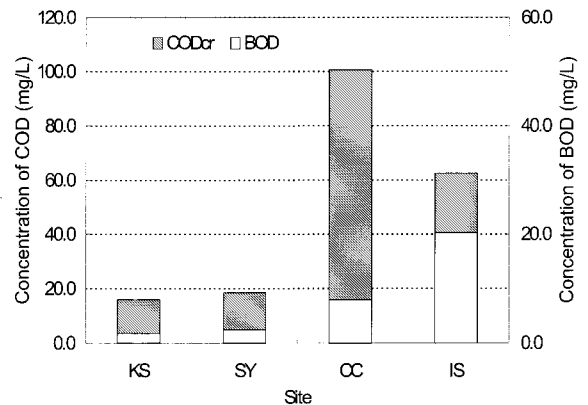


Fig. 5. Organic matter concentrations of major tributaries in Mankyong main stream(COD and BOD). Major tributaries: KS(Kosancheon), SY(Soyangcheon), IS(Ilsancheon), CC(Chucheon).

게 나타났는데, 이는 농경지의 시비와 같은 영농활동이나 도시의 지속적인 생활하수의 유입 때문으로 생각된다. 또한, 강우가 집중되는 7~8월의 경우도 T-N과 T-P의 농도가 높게 나타났는데, 이는 축적되었던 오염물질이 강우에 의하여 토양이나 하상 퇴적물의 유출과 함께 다량으로 본류에 유입되었기 때문으로 생각된다.

조사시기별 COD 평균농도는 T-N 및 T-P와는 달리 장마전 갈수기보다 홍수기에 높았으며, 장마가 완전 종료된 영농후 갈수기에도 높았다. 이는 중, 상류지역보다 하류지역이 높았기 때문이며 홍수기 이후 수량이 적어 물의 이동이 거의 없었고, 상대적으로 하류의 추천과 익산천의 고농도 도시생활하수나 축산폐수의 유입으로 인하여 COD 부하가 커졌기 때문으로 생각된다(Fig. 8).

BOD는 장마전 갈수기에 높았고, 홍수기와 영농후 갈수기로 갈수록 낮았다. BOD와는 달리 COD 농도가 장마전 갈수기에 비해 홍수기와 영농후 갈수기로 갈수록 높아진 것은 하천에 난분해성 유기물질의 증가와 그 유입이 커졌기 때문으로 생각된다. 본 연구결과와 조사지역 및 시기가 다르지만, Moon 등<sup>9)</sup>이 BOD 농도는 지역별 및 시기별로 큰 차이를 보였는데, 갈수기인 6월에 BOD가 월등히 높았다는 보고와 일치하였다.

시기별 지천의 수질 변화를 보면 점오염원의 비중이 높은 도시 유역인 추천은 영농후 갈수기에 수질이 가장 저하되었고, 상대적으로 홍수기에 양호하였다. 비점오염원인 농경지의 비중이 높은 고산천과 소양천은 장마전 갈수기에 수질이 저하되었고, 영농후 갈수기에 수질이 양호하였다. 특히, 대규모 축산단지가 밀집되어 축산폐수가 배출되는 익산천은 추천과 비슷한 경향을 보였고, T-N과 COD는 영농후 갈수기에 가장 높았다. 전반적으로 만경강의 수질은 도시생활하수와 축산폐수 등이 유입되는 추천과 익산천의 유입 후에 수질이 악화되었다. 따라서, 만경강 수계의 수질관리는 주 오염원이 되고 있는 도시생활하수와 축산단지에서 방류되는 축산폐수의 관리가 이루어져야 만경강 수계의 지천 및 만경강 본류의 수질을 보전

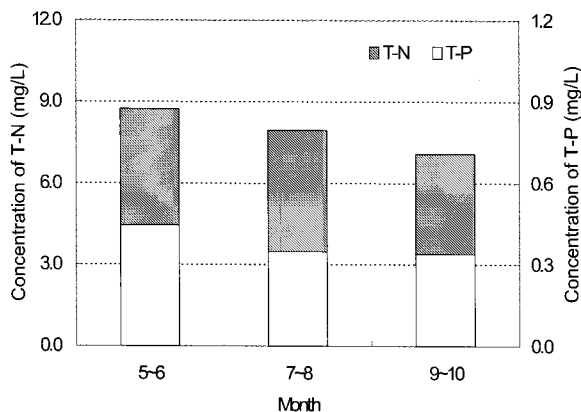


Fig. 6. Monthly changes of T-N and T-P for water samples collected from Mankyong main stream.

할 수 있을 것으로 사료된다.

### 요 약

본 연구는 만경강 유역의 수질 보전을 위한 기초자료를 얻기 위하여 만경강 본류와 이에 유입되는 지천을 선정하여 2001년 5월부터 11월까지 매월 수질 모니터링을 실시하였다. 만경강 유역내 본류 및 지천의 유기물과 영양염류 함량을 조사한 결과, 본류의 T-N은 3.78~12.68 mg/L였으며, 지천중 축산폐수가 유입되는 익산천의 농도가 가장 높았다. 본류의 T-P와 BOD는 각각 0.043~0.864 mg/L와 2.59~13.29 mg/L였으며, 지천중 익산천이 가장 높았다.

본류의 COD는 12.9~119.5 mg/L였으며, 지천중 도시생활하수가 유입되는 추천이 가장 높았다. 만경강 유역 수질저하의 주 원인은 축산폐수였으며, 도시생활하수가 그 다음으로 중요한 원인으로 평가되었다. 만경강 본류의 T-N과 T-P는 하천의 유량이 증가하는 홍수기인 7~8월보다 장마전 갈수기인 5~6월에 높았고, COD는 장마전 갈수기보다 홍수기에 높았

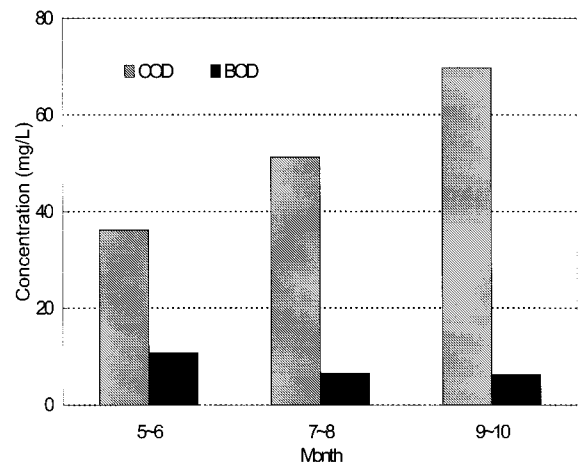


Fig. 7. Monthly changes of COD and BOD for water samples collected from Mankyong main stream.

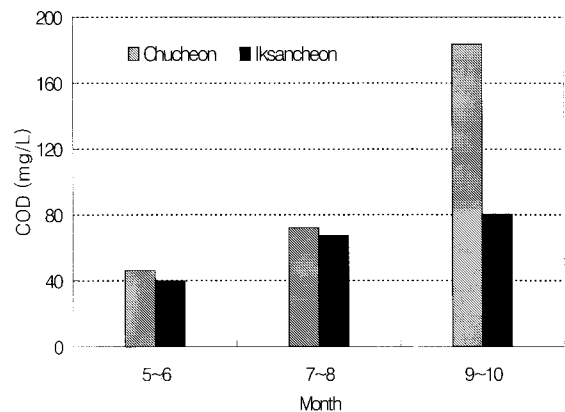


Fig. 8. Monthly COD concentrations in Chucheon and Iksancheon.

으며 장마가 완전히 끝난 영농후 갈수기인 9~11월에도 수질 저하가 지속되었다.

만경강에 유입되는 지천중 전반적으로 수질오염이 심각한 악산천과 추천은 영농후 갈수기에 수질이 가장 저하되었고 상대적으로 홍수기에는 양호하였다.

### 참고문헌

1. Ministry of Agriculture and Forestry, Korea Agricultural and Rural Infrastructure Corporation (2000) Water quality pollution source investigation of agricultural water, p.19-85.
2. Choi, E. H. and Lee, S. R. (1982) Studies on the water quality along the midstream of Nakdong river in 1978-80, *Korean. J. Environ. Agric.* 1, 31-88.
3. Ha, H. S. and Heo, J. S. (1982) A study on the irrigation water pollution of the Gimhae plain, *Korean. J. Environ. Agric.* 1, 22-30.
4. Novotny, V. and Olem, H. (1994) Water Quality Prevention, Identification, and Management of Diffuse Pollution, Van Nostrand Reinhold.
5. 國松孝男, 村岡浩爾 (1989) 河川汚濁のモデル解析, 技報堂出版, p.101-124.
6. 건설교통부 (2000) 한국하천일람.
7. Lee, K. B., Lee, D. B., Lee, S. B. and Kim, J. D. (1999) Change in agricultural irrigation water quality in Mankyong river, *Korean. J. Environ. Agric.* 18(1), 6-10.
8. 환경부 (2000) 수질오염공정시험방법.
9. Moon, Y. H., Park, J. M., Son, J. G. and Kim, K. H. (2001) Change in water quality on upper stream of Mankyong river, *Korean. J. Environ. Agric.* 20(3), 252-257.
10. Kim, B. Y. (1988) Water pollution in Relation to Agriculture. *Korean. J. Environ. Agric.* 7(2), 153-169.
11. 김좌관 (1993) 수질오염개론, 동화기술, p.54-82.
12. Lim, Y. S., Cho, J. S., Lee, H. J., Lee, Y. H., Sohn, B. K. and Heo, J. S. (1999) Status of water quality in Nakdong river districts, *Korean. J. Environ. Agric.* 18(2), 126-134.
13. Uhm, M. J., Choi, S. J., Han, S. G., Kim, K. C. and Moon, Y. H. (2000) Irrigation water qualities along Dong-Jin river watershed during 1994-1998, *Korean. J. Environ. Agric.* 19(2), 110-115.
14. Chung, J. B., Kim, B. J., Kim, J. K. and Kim, M. K. (1998) Water quality of streams in some agricultural areas of different agricultural practices along Nakdong river basin, *Korean. J. Environ. Agric.* 17(2), 140-144.
15. Lee, J. T., Lee, J. I., Nam, Y. G. and Han, K. H. (1999) Agricultural water quality along the Keum River, *Korean. J. Environ. Agric.* 18(2), 122-125.
16. Choi, C. H., Han, K. W., Cho, J. Y., Chun, J. C. and Kim, S. J. (2000) Pollutant loading and changes of water quality at the Namdae-cheon watershed in Keum river districts, *Korean. J. Environ. Agric.* 19(2), 26-31.