

만경강 유역 오염부하량 평가

이경보* · 김종천¹⁾ · 김종구 · 이덕배²⁾ · 박찬원 · 김재덕

작물과학원 호남농업연구소, ¹⁾전라북도 보건환경연구원, ²⁾농업과학기술원
(2005년 3월 24일 접수, 2005년 5월 30일 수리)

Assessment of Pollutant Loads for Water Enhancement in the Mankyong River

Kyeong-Bo Lee*, Jong-Cheon Kim, Jong-Gu Kim¹⁾, Deog-Bae Lee²⁾, Chan-Won Park, and Jae-Duk Kim (Honam Agricultural Research Institute, NICS RDA, Iksan 570-080, Korea, ¹⁾Jeonbuk Institute of Health and Environmental Research, Jeonju 516-844, Korea, ²⁾National Institute of Agricultural Science Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea)

ABSTRACT: This study was conducted to evaluate the influence of pollutant loads on the water quality in the Mankyong River from January 2002 to December 2004.

The BOD level in upstream ranged from 0.58 to 1.57 mg L⁻¹, which would be in I grade according to water quality criteria by Ministry of Environment, but BOD level in midstream and downstream was III grade. T-N contents were high in midstream and the average T-P level ranged from 0.06 to 2.70 mg L⁻¹.

The point raw loads of BOD was high in Iksancheon, Mokcheonpo and Cheongha basin. The point raw loads of T-N and T-P were high in Iksancheon and Cheongha watershed. The non-point raw loads of BOD were 3,931 kg day⁻¹, 2,870 kg day⁻¹ and 2,827 kg day⁻¹ in Mokcheonpo, Top and Jeonju watershed, respectively.

The major source of BOD effluent load was population, that of T-N and T-P effluent loads was livestock. The delivered load of T-N were high in Jeonju, Mokcheonpo, Gosan, Iksancheon watershed in order. The delivered load of T-N was high in Jeonju watershed and that of T-P was high in Jeonju and Iksancheon watershed. The delivery ratio of BOD and T-N at dry season were below 100% except Mokcheonpo watershed. The delivery ratio of BOD and T-N at raining season were high in Gosan watershed.

Key Words: Mankyong River, Water quality, Pollutant loads

서 론

하천의 오염은 도시하수, 축산폐수, 공장폐수 등이 주원인이며 이들 중 한가지에 의하여 오염을 야기시킬 수도 있으나, 이들이 복합되어 오염을 일으키는 경우가 대부분이다. 또한 이들 하·폐수의 양과 함께 함유하고 있는 유독 물질의 종류에 따라 하·폐수의 수질이 문제가 되는 경우가 많다¹⁾. 하천이나 호소의 수질이 악화되면 수자원으로써 가치가 상실되어 용수 수급에 차질을 가져오게 되므로 수자원은 양적인 관리뿐만 아니라 질적인 보전도 대단히 중요하다²⁾. 수계로 유입되는 화학 물질은 자연적인 원인 또는 인위적인 원인에 의해 발생되며, 발생원은 그 특성에 따라 점 또는 비점 오염원으로 구분 된다³⁾. 점 오염원은 수계로 유입될 때 배출구 등을 통하여 수문 순

환 과정의 마지막 단계에서 오염물질이 유입되는 특성을 가지며, 반면 비점 오염원은 유입경로가 확실히 구분되지 않거나, 간헐적으로 유입되는 오염원인데 이는 주로 농경지와 삼림지역 등과 같은 토지이용 특성과 관계가 깊고, 대기 중의 먼지에 의하여 유입되는 오염물질도 이러한 범주에 속 한다^{3,4)}.

오염원에 의한 부하량이 하천의 특정지점에 어느 정도 영향을 미치는가에 대한 평가는 유역의 토지이용과 오염물질의 발생 및 이동과정 등의 관계를 분석함으로써 가능하게 된다. 오염원에서 발생하는 각종 오염물질은 하천생태계에 영향을 주게 되므로 하나의 하천생태계를 이해하기 위해서는 하천생태계에 영향을 주고받는 모든 요인 즉, 유역 차원에서 하천생태계가 담당하고 있는 특성과 역할을 이해할 필요가 있다⁵⁻⁷⁾. 또한 수질관리를 위해 해당 수체로 유입되는 각종 부하량을 산정하고 이로 인한 수체의 오염여부를 판단한 후 수질기준에 만족하는 오염물질의 삭감량 산정이나 시간적, 공간적 각종 오염의 발생상황 파악과 예측이 필요하다.

만경강은 고산천, 전주천, 소양천, 삼천천, 추천, 익산천 그

*연락처:

Tel: +82-63-840-2262 Fax: +82-63-840-2118

E-mail: lee1214@rda.go.kr

리고 탑천 등 7개의 주요 지천으로 형성되어 있다. 유로연장은 311 km, 유역면적은 160,100 ha로 완주군 화산면을 기점으로 삼례읍, 김제시, 익산시, 그리고 전주시를 거치면서 생활하수, 공장폐수 및 축산폐수 등으로 인하여 수질오염이 심화되고 있는 실정이다⁴⁾. 또한, 만경강은 새만금 유역의 수질에 영향을 미치는 중요한 하천이다. 새만금지구 개발사업은 대단위 간척종합 개발사업으로서 국토의 확장과 수자원 개발 등 긍정적인 개발목표로 공사가 진행 중인 현시점에서 수질오염에 대한 우려가 예상되고 있어 효과적인 수질관리대책 수립을 위해 각종 오염의 발생상황 파악과 분석이 필요하다. 따라서 본 연구는 만경강 수질관리 대안을 제시하고자 점 및 비점 오염원으로부터 발생, 배출, 유달부하량을 평가하였다.

재료 및 방법

배수구역 구분 및 수질분석 방법

오염물질 부하량의 유출경로 등을 파악하기 위해 배수구

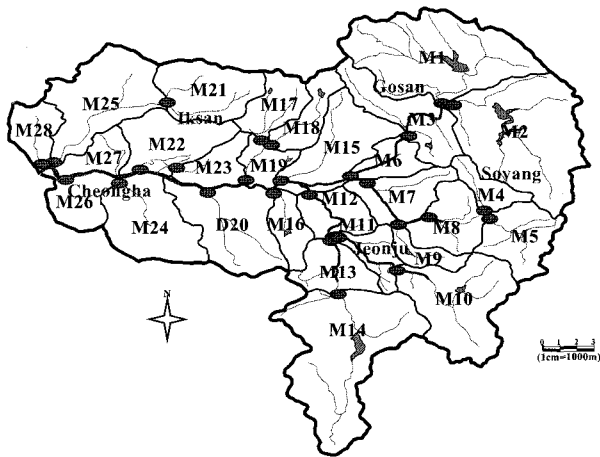


Fig. 1. Location map of drainage and sampling sites in the Mankyong River.

역별(Fig. 1)로 오염원을 조사하였다. 배수구역은 오염원의 구성 및 분포 특성보다는 수계를 구성하고 있는 주요 지천을 고려하였다. 수자원공사와 환경부의 하천 배수구역도를 참고하여 배수구역을 10개 구역으로 구분하여 다시 28개 구역으로 세분하였다. 배수구역별 특성은 Table 1과 같이 만경강 상류유역은 고산과 소양천유역으로 농업과 산림지역이며, 중류유역은 전주천, 삼천, 익산천, 마산천 유역으로 도심, 공단, 축산단지가 밀집된 곳이었다. 하류유역은 목천포천, 오산천 청하유역으로 도심과 농촌지역이었다. 그리고 시료채취는 각 배수구역에서 물이 유입되는 지점을 선정하여 2002년 1월부터 2004년 12월까지 월 1회에 걸쳐 시료 채취 및 유량을 측정하였다. 또한 유량을 산출하기 위하여 하천의 폭과 구간별 수심을 측정한 후 유속계로 각 구간의 유속을 측정하였다.

수질분석 방법은 환경부 수질오염공정 시험법⁸⁾에 의하여 실시하였으며, pH는 초자전극법(Orion EA940), EC는 Conductivity meter(YSI 132), T-N과 T-P는 흡광도법으로, BOD₅는 윙클러-아지드화 나트륨변법으로 측정하였다.

부하량 산정

오염원에 의한 발생부하량, 배출부하량 산정을 위하여 배수구역별로 면·리(동) 단위별로 인구, 가축, 토지이용 등 자료를 수집 분석하여 오염물질을 발생원별로 분류하고 발생부하량을 구하였다. 발생과 배출부하량은 오염물질 배출 원단위별로 환경부고시 오염총량 관리계획 수립지침에 준하여 산정하였고⁹⁾, 현장 유량과 수질측정을 통한 유달부하량을 산정하여 각 배수구역별 배출부하량과 비교 검토하여 유달율을 구하였다. 유달율 산정에 필요한 유량, 수질 등의 자료는 월별로 실측하여 이들 값을 평균하여 사용하였다.

결과 및 고찰

오염원 현황

오염원에 대한 자료는 면·리·마을 단위별로 인구, 축산, 토지이용현황에 대하여 각 시·군·면의 자료를 기준으로 산정

Table 1. Watershed traits in the Mankyong River

Basin	Watershed	Sites	Traits
Up stream	Gosan	M1 ~ 3, M6	Forest (80%), rural area, paddy/upland ratio: 1~3
	Soyang	M4, 5, 7, 8, 9	Rural area, paddy/upland ratio: 0.8~2.5
Middle stream	Jeonju	M10~12	Urban area, Jeon industrial complex
	Samcheon	M13~14	Mixing of urban and rural area
	Seoktap	M15	Jeonju 3rd industrial complex, rural area
	Iksan	M17~19	Live stock complex
Down stream	Masan·Jochon	M16, M20	Rural area, paddy/upland ratio: 1.7~2.1
	Mokcheonpo	M22~23, M27	Urban area, Iksan industrial complex
	Top	M21, M25, M28	Rural area, paddy/upland ratio: 1.7~5.5
	Cheongha	M24, M26	Rural area, paddy/upland ratio: 1.75~2.6

하였다. Table 2는 인구와 축산현황을 나타낸 표로 인구는 약 백만으로 전북인구의 절반이 만경강 유역에 분포하고 있으며, 축산은 돼지가 약 40만두, 한우는 약 21천두를 차지하고 있었다. 가축분뇨 발생량은 기본적으로 사육두수의 크기와 비례하는데, 만경강 유역은 가축이 많은 부분을 차지하고 있었다. 유역별 가축사육두수의 현황은 익산천 유역이 가장 많았고 하류인 청하 유역에서도 비율이 높았다.

Table 3은 산업과 토지이용으로 인한 오염원 현황을 나타낸 것으로 산업 활동으로 인한 폐수 발생은 13,724 m³ day⁻¹이었다. 논 면적은 33,123 ha이었으며, 밭은 12,655 ha이었고, 산림과 나대지는 138,060 ha이었다. 산업폐수 발생량은 전주천과 목천포천 유역이 가장 많았으며, 논과 밭의 면적은

탑천 유역이 많았다.

계절별 하천 수질

Table 4는 만경강유역 계절별 하천의 오염성분 평균농도를 나타낸 것이다. pH 범위는 6.94~7.65 범위를 나타냈으며, EC 농도는 중류와 하류유역에서 높았는데, FAO⁽¹⁰⁾는 EC 농도가 700 $\mu\text{s cm}^{-1}$ 이하면 작물의 생산에 큰 영향이 없다고 하였고, 3 ms cm⁻¹ 이상이면 악영향이 크다고 보고 하였다.

BOD의 평균 농도는 상류유역에서 1.06 mg L⁻¹로 I급수 수질을 나타내었으나, 중류유역에서는 8.62 mg L⁻¹, 하류 유역에서는 7.84 mg L⁻¹를 나타냈으며 계절별로 살펴볼 때 가

Table 2. The pollution source of population and livestock in the Mankyong River

Watershed	Population	Livestock (head)							
		Chicken	Pig	Deer	Goat	Duck	Antelope	Milk cow	Korean beef cattle
Gosan	27,292	450,000	40,729	215	-	-	307	1,105	8,809
Soyang	53,861	163,500	27,941	280	-	-	-	1,119	147
Jeonju	299,611	43,385	3,022	38	447	437	8	267	562
Samcheon	274,987	76,500	16,667	270	-	-	-	71	1,636
Seoktap	20,075	270,000	7,899	5	-	-	25	398	733
Iksancheon	22,561	529,082	155,468	235	-	353	25,672	844	2,044
Masan-Jochon	36,833	434,432	9,428	115	176	120,000	-	550	942
Mokcheonpo	226,618	48,117	10,472	48	-	203	-	47	411
Topcheon	63,552	1,307,923	32,899	90	-	3000	403	1,479	2,502
Cheongha	15,927	3,198,041	99,190	-	-	-	-	-	3,692
Total	1,041,317	6,520,980	403,715	1,296	623	123,993	26,415	5,880	21,478

* The basic year : 2003

Table 3. The pollution sources in the Mankyong River (industrial, nursery and land using)

Watershed	Industrial wastewater (m ³ d ⁻¹)	Nursery (ha)	Land using		
			Paddy (ha)	Upland (ha)	Forest lot (ha)
Gosan	70.2	0.94	3,094.3	1,633.6	35,143.0
Soyang	1,545.4	0.30	1,817.1	942.7	13,719.4
Jeonju	3,001.5	-	1,442.9	976.6	14,616.7
Samcheon	523.5	-	2,019.7	967.4	15,175.6
Seoktap	588.3	-	2,394.2	673.5	5,790.2
Iksancheon	662.3	3.68	2,783.8	1,093.9	7,264.0
Masan-Jochon	1,591.4	3.21	2,943.0	1,466.5	8,034.3
Mokcheonpo	3,107.1	5.96	4,826.5	851.9	11,300.2
Topcheon	2,508.1	6.93	8,230.8	2,244.7	17,559.9
Cheongha	126.3	0.004	3,571.5	1,805.1	9,457.3
Total	13,724.1	21.024	33,123.8	12,655.9	138,060.6

* The basic year : 2003

을과 겨울철에 높았다. 여름철에 오염농도가 낮았던 이유는 잦은 강우로 인한 유량증가의 원인으로 해석된다. T-N의 농도는 중류 유역에서 높았는데 이는 도시생활하수 유입과 공단폐수 유입에 의한 영향이 컸던 것으로 생각된다. T-P의 농도는 상류가 0.12 mg L^{-1} , 중류가 1.90 mg L^{-1} , 하류가 1.38 mg L^{-1} 로 중류유역에서 높았으며, 계절별 평균 T-P의 농도는 타 오염물질에 비해 농도의 편차가 컸다.

만경강 상류의 수질은 I등급이나 중류와 하류에서는 수질이 악화되어 만경강 수계 수질관리는 주 오염원이 되는 도시생활하수와 공단폐수 그리고 축산폐수 관리가 선행되어야 수질을 개선할 수 있을 것으로 생각된다.

발생 및 배출 부하량

Table 5는 만경강 유역 점오염원 및 비점오염원 발생부하량을 유역별로 나타낸 것이다. 발생부하량은 각 오염원으로

부터 발생하는 오염물질 총량을 지칭 하는데 만경강 각 유역별 점오염원의 BOD 발생부하량은 익산천, 목천포천, 청하유역이 많았으며, T-N과 T-P의 발생부하량은 익산천, 청하유역이 가장 많았다. 비점오염원의 BOD 일일 발생부하량은 목천포천이 3,931 kg로 가장 많았으며, 탐천 2,870 kg, 전주천 2,827 kg이었다. 비점오염원의 T-N 발생부하량은 탐천, 목천포천, 고산천이 많았으며, T-P 발생부하량은 탐천, 목천포천이 많았다.

Table 6은 만경강 유역 BOD 배출부하량을 오염원별로 나타낸 것이다. 인구에 의한 BOD 배출부하량은 탐천 유역이 $1,548 \text{ kg day}^{-1}$ 로 가장 많았으며, 목천포천 유역이 812 kg day^{-1} , 익산천 유역이 695 kg day^{-1} 이었다. 그러나 만경강 수계인 인구가 집중된 전주천 유역에서 BOD 배출부하량이 낮았던 이유는 대부분이 환경기초시설을 통하여 오염물질이 유출되었기 때문이었는데 전주천 유역의 환경기초시설을 통

Table 4. Seasonal variations of water quality in the Mankyong River

Season	Sites	pH	EC ($\mu\text{s cm}^{-1}$)	BOD (mg L^{-1})	T-N (mg L^{-1})	T-P (mg L^{-1})
Spring	Up basin	7.45	179	0.95	0.87	0.06
	Middle basin	7.62	1,277	6.12	15.06	1.73
	Down basin	7.57	1,211	7.37	17.47	1.95
Summer	Up basin	7.45	56	1.12	0.52	0.01
	Middle basin	7.42	1,067	7.56	9.30	0.92
	Down basin	6.94	808	8.50	6.81	0.75
Autumn	Up basin	7.65	231	0.58	2.95	0.10
	Middle basin	7.31	1,238	13.85	17.59	2.24
	Down basin	7.29	1,113	7.23	10.42	0.76
Winter	Up basin	6.99	448	1.57	4.04	0.32
	Middle basin	7.33	1,502	6.98	23.81	2.70
	Down basin	7.31	1,437	8.24	21.57	2.06

Table 5. The raw loads of point pollutant and non-point pollutant in the Mankyong River

Watershed	Point pollution source			Non-point pollution source		
	BOD (kg day^{-1})	T-N (kg day^{-1})	T-P (kg day^{-1})	BOD (kg day^{-1})	T-N (kg day^{-1})	T-P (kg day^{-1})
Gosan	13,488	3,206	1,052	1,251	1,117	84
Soyang	7,992	1,809	501	971	551	47
Jeonju	16,717	3,545	479	2,827	810	89
Samcheon	16,873	3,712	634	1,871	712	70
Seoktap	3,866	906	262	1,169	417	44
Iksancheon	23,171	5,699	2,265	1,133	495	47
Masan·Jochon	7,097	1,664	462	1,269	560	52
Mokcheonpo	24,796	3,540	574	3,931	1,011	125
Topcheon	17,427	3,895	1,188	2,870	1,254	125
Cheongha	29,558	6,911	2,648	1,793	715	70
Total	160,990	34,887	10,064	19,089	7,640	757

한 BOD 배출부하량은 4,230 kg day⁻¹이었다. 가축에 의한 BOD 배출부하량은 청하 유역이 1,711 kg day⁻¹, 고산 유역이 1,002 kg day⁻¹, 탑천 유역이 698 kg day⁻¹, 익산천 유역이 609 kg day⁻¹이었으며, 또한 이 유역들은 축산비점에 의한 BOD 배출부하량도 많았다. 산업에 의한 BOD 배출부하량은 소양천, 전주천, 탑천유역이 많았으며, 양식장에 의한 BOD 배출부하 영향은 탑천 유역이 컸다.

Table 7은 만경강 유역 T-N 배출부하량을 오염원별로 나타낸 것이다. 인구에 의한 T-N 배출부하량은 1,732 kg day⁻¹이었으며, 가축에 의한 T-N 배출부하량은 4,879 kg day⁻¹이었고 가축비점에 의한 T-N 배출부하량은 811 kg day⁻¹이었다. 산업에 의한 배출부하량은 441 kg day⁻¹이었고, 환경기초시설을 통하여 유출된 T-N 배출부하량은 7,252 kg day⁻¹이었는데 이중 전주천 유역이 4,482 kg day⁻¹, 목천포천 유역이 1,755 kg day⁻¹, 익산천 유역이 982 kg day⁻¹이었다. 처리장의 처리수에 포함된 질소는 대부분 산화된 형태로 존

재하므로 부영양화를 직접적으로 야기할 수 있기 때문에 질소 부하에 있어서 중요한 오염원인 것으로 판단되었다. 그리고 양식장에 의한 T-N 배출부하량은 631 kg day⁻¹, 또한 토지이용에 의한 T-N 배출부하량은 1,910 kg day⁻¹이었다. 유역별 T-N 배출부하량은 전주천, 익산천, 목천포천 유역이 많았다.

Table 8은 T-P 배출부하량을 오염원별로 나타낸 것으로 가축에 의한 T-P 배출부하량이 1,047 kg day⁻¹로 가장 많았으며, 인구에 의한 T-P 배출부하량은 215 kg day⁻¹이었으며, 산업에 의한 T-P 배출부하량은 59 kg day⁻¹이었다. 환경기초시설을 통하여 유출된 T-P 배출부하량은 510 kg day⁻¹로 전주천 유역이 환경기초시설을 통한 T-P 배출부하량이 가장 많았다. 가축에 비점에 의한 T-P 배출부하량은 159 kg day⁻¹, 토지이용에 의한 T-P 배출부하량은 189 kg day⁻¹이었다. 유역별 T-P 배출부하량은 T-N 배출부하량과 마찬가지로 전주천, 익산천, 목천포천 유역이 많았다.

Table 6. The effluent loads of BOD in the Mankyong River (Unit : kg day⁻¹)

Watershed	Population	Livestock	Industry	Nursery	Environ. plant outlet	Land using	Non-point Livestock
Gosan	567	1,002	5	140	-	313	143
Soyang	425	518	123	45	-	243	51
Jeonju	229	88	121	-	4,230	707	13
Samcheon	569	326	13	-	-	468	31
Seoktap	297	174	46	-	-	292	38
Iksancheon	695	609	51	553	188	283	78
Masan·Jochon	319	215	101	482	-	317	61
Mokcheonpo	812	183	70	895	806	983	18
Topcheon	1,548	698	135	1,039	15	718	181
Cheongha	576	1,711	9	3	2.3	448	427
Total	6,038	5,525	675	3,157	5,242	4,772	1,041

Table 7. The effluent loads of T-N in the Mankyong River (Unit : kg day⁻¹)

Watershed	Population	Livestock	Industry	Nursery	Envir. plant outlet	Land using	Non-point Livestock
Gosan	169	817	3.7	28	-	279	82
Soyang	119	396	92	9	-	138	31
Jeonju	143	74	73	-	4,482	202	7.4
Samcheon	172	256	10	-	-	178	14.
Seoktap	66	138	34	-	-	104	33
Iksancheon	178	1,035	34	111	982	124	52
Masan·Jochon	165	172	34	97	-	140	53
Mokcheonpo	178	141	50	179	1,755	253	11
Topcheon	392	550	101	208	23	313	153
Cheongha	150	1,301	5.6	0.7	8	179	375
Total	1,732	4,879	441	631	7,252	1,910	811

Table 9는 만경강 유역 농촌지역과 도시지역의 비점오염 배출부하량을 비교한 표이다. 비점오염원은 정확한 유출경로를 확인하기 어렵고 오염물질의 유입이 비지속적이며 주로 토지이용과 관련이 크다. 도시지역과 농촌지역의 농경지에서 BOD, T-N, T-P의 배출부하량 비율은 큰 차이를 보이지 않았지만 비농경지에서는 BOD, T-N, T-P의 배출부하량 비율은 도심지역이 월등히 높았다. 이와 같은 원인은 토지이용 특성 및 강우사상에 따라 비점오염 유출특성이 달라지는데^{11,12)} 도심지역은 유출계수가 큼에 따라 배출부하량 비율이 컸던 것으로 생각된다.

유달부하량 및 유달율

유달부하량은 배출부하량이 지천을 통하여 대상 수역까지 유입되는 과정에서 자정되어 감소되는데, 이때 대상지점까지 도달된 부하량을 말하며, 유달부하량과 상류부에 위치한 모든 오염원으로부터 배출된 배출부하량의 비율을 유달율이라 한다. Table 10은 만경강 지천별 강우기와 비강우기시 BOD, T-N, T-P의 평균 유달부하량을 나타낸 것이다. BOD 유달부하량은 전주천, 목천포천, 고산천, 익산천 순으로 높았으며, T-N 유달부하량은 전주천이 가장 높았고, T-P 유달부하량은 익산천이 가장 높았는데 이는 강우시 가축에 의한 비점오염 원으로부터 유입된 오염물질의 영향으로 생각된다.

Table 11은 유달율을 나타낸 것으로 비강우시 BOD와 T-N 유달율은 하류인 목천포천을 제외하고는 100% 이하였으나 강우시 BOD와 T-N 유달율은 상류인 고산천에서 가장

높았다. 이와 같은 결과는 유역 면적이 넓고, 산림지대 등 토지이용율이 높아 비점오염원의 유입으로 인한 결과라고 생각된다. 비강우시 T-P 유달율은 목천포천과 익산천 유역이 높았으며, 강우시 T-P 유달율은 삼천유역이 가장 높았다.

현재 환경부에서는 수질개선 계획을 수립하여 하천을 대·중·소권역으로 구분하고 각 구역에 대한 목표수질과 단계별 계획수질을 설정하여 추진하고 있다⁹⁾. Table 12는 BOD에 대한 목표수질의 삭감부하량을 나타낸 표이다. 목표수질을 생활용수로 이용하기 위해 I등급~II등급으로 설정하였을 때 고산천을 제외하고는 만경강 주요지천이 많은 양을 삭감하여야 하며, 목표수질을 농업용수인 IV등급으로 설정하였을 경우에는 익산천과 목천포천은 BOD 부하량을 각각 174 kg day⁻¹, 3,695 kg day⁻¹ 삭감하여야 한다. 익산천은 축산에 의한 배출율이 상대적으로 높음으로 이를 낮추기 위해서는 축산시설에서 발생되어 비점오염화되는 물질을 줄이기 위해 축산시설의 비가림이나 축산분의 유출이 없도록 관리되어야 한다. 현재 왕궁축산폐수처리장의 용량이 2,300 m³/day로 처리공법은 생물화학적 처리되고 있으나 처리용량과 고도처리의 도입이 요구된다. 목천포천은 익산시가지와 공단에 위치하고 있으므로 주 배출원이 생활과 산업에 의한 것이다. 익산시의 하수도 보급율은 2003년 기준 77.4%인데 부하량을 줄이기 위해서는 하수도보급율을 향상시키고, 하수처리시설의 증설과 고도처리가 요구된다. 또한 공단외지역의 산업시설배출시설에 대한 집중적인 관리와 지원이 필요하다. 삭감목표량은 수계 유역관리라는 종합적인 접근을 통해서 해결해야

Table 8. The effluent loads of T-P in the Mankyong River (Unit : kg day⁻¹)

Watershed	Population	Livestock	Industry	Nursery	Envir. plant outlet	Land using	Non-point Livestock
Gosan	22	175	0.5	8	-	21	20
Soyang	15	105	12	2.4	-	12	7.8
Jeonju	17	16	10	-	336	22	1.8
Samcheon	22	62	1.3	-	-	18	4.4
Seoktap	9	33	4.5	-	-	11	6.1
Iksancheon	22	107	5.0	30	29	12	11
Masan·Jochon	20	40	4.4	26	-	13.2	9.4
Mokcheonpo	22	36	6.7	48	133	31	2.8
Topcheon	48	133	14	55	12	31	28
Cheongha	19	340	0.7	0.2	0.3	18	67
Total	215	1,047	59	168	510	189	159

Table 9. Comparison of non-point effluent pollutant ratios (unit : %)

Basin	Farmland			Non-farmland			Livestock		
	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
Rural area	5.2	22.6	11.3	56.6	32.3	23.4	38.2	45.0	65.3
Urban area	2.6	30.9	18.4	95.6	65.3	73.7	1.8	3.9	7.9

Table 10. The delivery loads of BOD, T-N and T-P in the Mankyong River

Sites	BOD (kg day ⁻¹)		T-N (kg day ⁻¹)		T-P (kg day ⁻¹)	
	Non raining season	Rainy season	Non raining season	Rainy season	Non raining season	Rainy season
Gosan	319	14,855	550	17,857	28	1,037
Soyang	214	3,035	459	5,129	13	258
Jeonju	2,002	18,933	3,425	20,193	446	1,821
Samcheon	320	6,503	471	6,983	26	707
Seoktap	123	710	173	711	38	95
Iksancheon	939	10,739	1,700	5,901	356	1,553
Mokcheonpo	6,340	13,977	2,895	4,420	798	894
Total	10,257	68,752	9,673	61,194	1,705	6,365

Table 11. The delivery ratio of BOD, T-N and T-P in the Mankyong River

Sites	BOD (%)		T-N (%)		T-P (%)	
	Non raining season	Rainy season	Non raining season	Rainy season	Non raining season	Rainy season
Gosan	26	1,218	57	1,550	29	1,085
Soyang	23	325	59	657	18	378
Jeonju	38	357	69	407	114	468
Samcheon	29	590	78	1,154	47	1,280
Seoktap	18	104	52	212	111	277
Iksancheon	47	541	69	240	269	1,175
Mokcheonpo	176	389	113	172	319	358

※ Ratio (%) = (Delivery loads)/(Effluent loads)×100

Table 12. BOD Reduction loads (Base on Water quality criteria)

Watersheds	Target Water Q.	Agriculture Water Q	Target loads (kg d ⁻¹)	Agriculture loads (kg d ⁻¹)	Deliveredloads (kg d ⁻¹)	Reduction loads (kg d ⁻¹)	
						Target	Agriculture
Gosan	1st	4th	267	2,138	264	-3	-1,874
Soyang	1st	4th	113	907	214	101	-692
Jeonju	2nd	4th	1,358	3,621	2,012	654	-1,609
Samcheon	1st	4th	126	1,011	320	793	-692
Seoktap	2nd	4th	52	138	123	71	-16
Iksancheon	2nd	4th	287	765	939	652	174
Masan, Jochon	2nd	4th	6	17	16	10	-1
Mokcheonpo	2nd	4th	992	2,645	6,340	5,348	3,695
Top	2nd	4th	1,911	5,096	3,570	1,659	-1,526

함으로 상·하류지역 모두 광역적인 관리 원칙을 마련하고 이를 집행하는 총괄관리기구가 필요하다.

비점오염원에 대해서는 환경기초시설을 설치하기 어려우므로 비점오염원에 의한 부하량이 큰 지역에 대해서는 하천으로 직접 유입되는 오염물질을 최소화시킬 수 있는 차단시

설이 필요하다. 그리고 하천정비사업, 오염하천정화사업, 소하천정비사업이 일관성 있게 추진되어야 하며, 자치단체의 하천관리법령을 일원화하여 하천관리사업체계를 조정하고, 환경적 개념하에서 하천이 관리될 수 있도록 하여야 한다.

적 요

만경강 수질관리 대안을 제시하고자 점오염원과 비점오염원으로부터 발생, 배출, 유달부하량을 평가하였다. 만경강 유역 BOD의 평균 농도는 상류유역에서 1.06 mg L^{-1} 로 I급수 수질을 나타내었으나, 중류유역에서는 8.62 mg L^{-1} , 하류 유역에서는 7.84 mg L^{-1} 를 나타냈고 가을과 겨울철에 높았다. T-N의 농도는 중류 유역에서 높았으며, T-P의 농도는 상류가 0.12 mg L^{-1} , 중류가 1.90 mg L^{-1} , 하류가 1.38 mg L^{-1} 이었다.

만경강 각 유역별 점오염원의 BOD 발생부하량은 익산천, 목천포천, 청하유역이 많았으며, T-N과 T-P의 발생부하량은 익산천, 청하유역이 많았다. 비점오염원의 BOD 발생부하량은 목천포천이 $3,931 \text{ kg day}^{-1}$ 로 가장 많았으며, 탑천 $2,870 \text{ kg day}^{-1}$, 전주천 $2,827 \text{ kg day}^{-1}$ 이었다.

만경강의 BOD 배출부하량은 인구에 의한 영향이 컸으며, T-N와 T-P 배출부하량은 축산에 의한 영향이 컸다. 지천별 BOD 유달부하량은 전주천, 목천포천, 고산천, 익산천 순으로 높았으며, T-N 유달부하량은 전주천이 가장 높았고, T-P 유달부하량은 익산천이 가장 높았다. 비강우시 BOD와 T-N 유달율은 하류인 목천포천을 제외하고는 100% 이하였으나 강우시 BOD와 T-N 유달율은 상류인 고산천에서 가장 높았다. 만경강 지천별 목표수질을 4등급으로 설정하였을 경우 익산천과 목천포천은 각각 174 kg day^{-1} , $3,695 \text{ kg day}^{-1}$ 을 삭감해야 되는 것으로 조사 되었다.

참고문헌

1. Novotny, V. and Olem H. (1994) Water quality prevention, identification and management of diffuse pollution, Van Nostrand Reinhold, New York, NY.
2. Binford, M.W. and Buchenau M.J. (1993) Riparian greenways and water resources, In: Smith, D.S and Hellmund P.C. Ecology of greenways, Minneapolis: University of Minnesota Press, pp. 69-104.
3. Jain, C. K., Bhatia, K. K. S. and Seth, S.M. (1998)

Assessment of point and non-point sources of pollution using a chemical mass balance approach, *Hydrological Sciences*, 43(3), 379-390.

4. Lee K. B., Kim C. H., Kim J. G., Lee D. B., Park C. W. and Na S. Y (2003) Assessment of water purification plant vegetation for enhancement of natural purification in Mankyeong river. *Kor. J. Environ. Agri.* 22(2), 153-165.
5. Budd, W.W., Cohen, P.L., Saunders, P.R. and Steiner, F.R. (1987) Stream corridor management in the Pacific northwest: determination of stream corridor width, *Environmental Management* 11:587-597.
6. Haycock, N.E. and Muscutt, A.D. (1995) Landscape management strategies for the control of diffuse pollution, *Landscape and Urban Planning* 31:313-321.
7. Lee K. B., Kim C. H., Lee D. B., Kim J. G., Park C. W. and Na S. Y (2003) Species diversity of riparian vegetation by soil chemical properties and water quality in the upper stream of in Mankyeong river. *Kor. J. Environ. Agri.* 22(2), 100-110.
8. Ministry of Environ. (2000) The standard method of water analysis.
9. Ministry of Environ. (1999) Guideline of total pollutant to stream management.
10. FAO. (1977) Water quality for agriculture. FAO/UN 29 Rev. 1:174.
11. Skaggs, R.S. and Khaleel R. (1982) Infiltration, In: Haan, C.T., Johnson, H.P. and Brakensiek D.L. Hydrologic modeling of small watersheds, St. Joseph, MI: American Society of Agricultural Engineers, pp.119-124, 142-143.
12. Vanderholm, D.H., Dickey, E.C., Jackobs, J.A., Elmore, R.W. and Spahr S.L. (1979) Livestock feedlot runoff control by vegetative filters, EPA-600/ 2-79-143, Washington: DC: U.S. Environmental Protection Agency, pp.143.