

농공단지 조성에 따른 하천 수질관리 대책에 관한 연구
(충청남도 지역을 중심으로)

A Study on the Control of Stream Water Pollution Caused by Construction of
the Industrial Complex in Agricultural Area
(Centering around Area of chung chong Nam Do)

양 천 회*
Chun-Hoi Yang

ABSTRACT

A study of stream pollution caused by construction of the Industrial Complex in Agricultural Area of Chung Chong Nam Do were described here. The five main results of this studies are summerized.

First, since 1988, among the companies moved in the industrial complex area, the number of electric and electronic companies have increased compared with food companies requiring much BOD. This is very desirable to reduce the water pollution.

Second, the average Biochemical Oxygen Demand(BOD) of Masan stream was the highest and it was decreased in the order of Yudug, Jo and Jungan stream.

Third, although the concentration of heavy metals such as Cd and Cr⁶⁺ are not off the limit and the amount of it is small, it is desirable to introduce a chemical process to remove these metals.

Fourth, since the wastewater from industrial complex area is the major factor in stream pollution, the laws associated with environmetal protection should be enforced even then if the industrial complex area with food and chemical companies produce wastewater less than 500ton/day.

Fifth, it is required to improve a facilities which separete living wastewater from inderstrial wastewater in Kaya-gok and Nojang industrial complex areas.

1. 서 론

본 연구는 공단 주변 지방하천의 수질오염 현황

을 조사 검토 함으로써 공단지역의 산업폐수 처리 시설의 안정성 여부를 파악하고 현재 진행되고 있는 농공단지 조성사업의 환경성 평가문제점과 관리 운영 개선책을 수립하고자 충청남도 지역의 대표적

* 대전산업대학교 화학공학과

인 농공단지 4개와 관려하천을 연구대상으로 하였다.

현재 충청남북도 지역을 관류하며, 이 지역의 생활용수 및 산업용수의 기반이 되는 금강수계의 대청댐을 중심으로 한 상류지역은 유량이 풍부하고, 수질을 악화시킬 오염원이 다른 강의 수계에 비하여 비교적 적은 편임에도 불구하고, 상수원 1급수 수질기준을 초과하였다^{1),2)}. 이러한 금강하류 수질 악화의 주요 원인은 농촌지역의 축산폐수와 금강유역 대도시에서 배출되는 생활하수 그리고 대전 및 청주 공단 등에서 배출되는 공장 폐수가 주요 원인으로 등장하고 있다³⁾⁻⁵⁾. 특히 금강하류지역은 공주, 부여, 논산 및 전북 일부 지역의 취수원이기도 하므로 안전한 상수원수 공급의 측면에서 볼때 매우 중요하다⁶⁾.

따라서 본 연구에서는 논산군의 가야곡 농공단지, 금산군의 복수농공단지, 연기군의 노장농공단지 그리고 공주군의 정안농공단지를 선정하고, 이들 농공단지 관련 하천의 오염실태 조사와 처리방법을 조사하므로써 주민 보건 안전측면에서 하천 수질보전책과 농공단지 관리운영 개선책을 제시함에 있다.

2. 연구방법

2.1 수질조사

본 연구의 대상지역인 4개 농공단지의 관려하천인 마산천, 유등천, 조천, 정안천의 오염도를 1991년 6월 1일부터 매월 1회씩 1년간 조사하여 비교 분석하였다.

시료채취 위치는 농공단지 입접지역 2개 지점을 선정하였으며, 각 지점의 수질을 조사하기 위해 Van Dorn 시료 채취기를 사용하여 표면 및 수심의 60% 깊이에서 시료를 채취하여 그 지점의 대표 수질로 하였는데⁷⁾⁻⁹⁾ 공단 위치와 수질조사 지점은 Fig. 1과 같다.

2.2 분석방법

각 항목별 분석방법은 수질오염 공정 시험법을 적용하였는데^{10),11)} P^H 및 용존산소(DO)는 현장에서 채수 즉시 측정하였으며 나머지는 측정항목에 따라 전처리를 실시한 후 시료의 제반 변화를 감소

시키기 위하여 Ice Box에 보관하여 실험실로 운반한 후 분석하였다. 분석항목은 CN, Cd, Cr⁶⁺, BOD 및 COD 등이다.

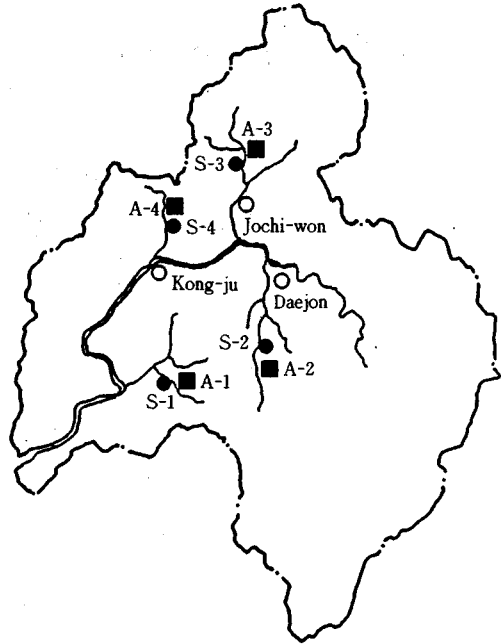


Fig. 1 Location of sampling sites and industrial complex area

- | | |
|---------------------|---------------------|
| ■ ; Industrial Area | ● ; Sampling Site |
| A-1 ; Kaya-Gok | S-1 ; Masan stream |
| A-2 ; Boksu | S-2 ; Mudung stream |
| A-3 ; Nojang | S-3 ; Jo stream |
| A-4 ; Jungan | S-4 ; Jungan stream |

3. 결과 및 고찰

3.1 농공단지 조성현황

충청남도에 조성된 농공단지 현황을 보면 1992년 3월말 현재 총 44개 단지에 531개 업체가 입주해 있으며 년도별 조성 현황을 Fig. 2에 나타내었다.

1988년 이전에는 농공단지 조성사업이 매우 저조하였으나 그 이후 매년 급격히 상승되어 1991년에는 최고의 상승률을 보였다. 이는 1991년 7월부터 환경영향평가 기준이 강화되어 농공단지 조성사업도 환경정책 기본법에 의거하여 환경영향평가 대상

사업에 대부분 포함되기 때문에 이법의 적용을 피하기 위하여 집중적으로 허가된 것으로 판단된다(12,13).

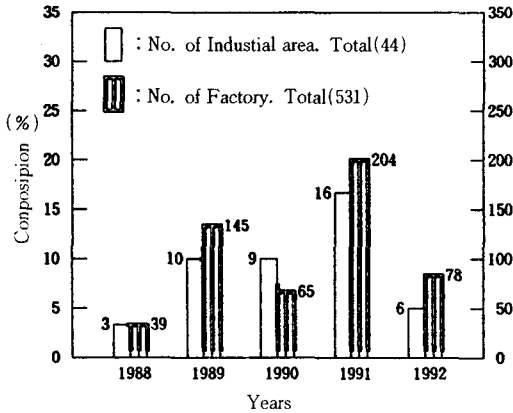


Fig. 2 Formative status of industrial complex in agricultural area

3.2 폐수배출 현황과 하천 수질염 분석

각 농공단지별 유입 폐수의 량과 농도, 그리고 주요 처리공정을 비교하여 Table 1에 나타내었다.

Table 1에 나타낸 바와같이, BOD농도 기준으로 가장 농도가 높은곳은 식품업종이 많은 가야곡 농공단지인데 이곳은 폐수처리 시설에 유입되는 BOD농도의 변화가 400~1000mg/l 정도로 매우 심하게 나타났다. 복수 농공단지는 섬유 및 기계류 공장으로서 이루어져 공장 폐수의 양이 적은 반면 공장에서 사용하는 생활하수의 양이 많아 상대적으로 BOD농도가 가장 낮은 것으로 생각된다. 노장 농

공단지의 경우는 신발 제조공장등에서 각종 유기 접착제 및 용제(phenol resin, chloroform 등)를 사용하고 있기 때문에 배출폐수의 특성을 파악하여 적절한 처리공정을 도입하는 것이 바람직하나, 농공단지의 경제적 취약성 때문에 획일적으로 설치하기 쉬운 활성오니법을 채택하고 있는 실정이다.

Table 2는 1991년 6월부터 1992년 5월까지 월별로 조사지점의 수질을 분석하여 나타낸 것이다.

이 표에서 보면 P^H 는 대부분 7.0이하로 산성화되어가고 있는것을 알 수 있다. 특히 갈수기인 봄(3월~5월), 가을(9월~11월)이 우기인 여름(6월~8월)보다 P^H 가 더 낮았는데 이것은 강우량과 관계가 있는 것으로 생각된다.

용존산소(DO)는 5.3~10.8mg/l 범위안에 있으며 거의 비슷한 농도를 유지하고 있다.

시안염(CN)은 전기도금, 야금, 금속제품의 가공, 과수의 살충제를 제조하는 공장으로부터 주로 배출되는데 이것은 독성이 매우 강하여 소량이라도 섭취할 경우 치사하게 된다.

시안염의 농도가 0.2mg/l 이상이면 독성을 일으키며, 우리나라 하천 수질기준상 검출되어서는 안되게 되어있다. 표에 나타난 바와같이 전 조사기간 중 1월과 5월에 조천과 마산천에서 0.002mg/l 발견되었고 11월에는 유등천에서 0.003mg/l의 시안이 검출되었을 뿐 나머지 지역에서는 검출되지 않았다. 이것은 이들 지역의 금속가공 공장에서 유출되었을 것으로 생각되나 유출횟수와 양이 많지않아 확인할 수는 없었다.

카드뮴(Cd)의 유입은 주로 직물 및 화학공장 폐수에 기인하는데, 조사지점에서의 Cd농도는 대부

Table 1 Wastewater quantity and treatment method in each industrial complex area

Industrial area name	Wastewater quantity (m ³ /day)	Inflow concentration BOD(mg/l)	Treatment method	Wastewater characteristics
Kaya-Gok	294	400-1000	Activated Sludge (2nd. treat)	Almost food wastewater with virious BOD concentration
Bok-Su	158	30-40	Activated Sludge (2nd. treat)	Stable concentration, almost 1-life-effluent
No-Jang	500	80-200	Activated Sludge (2nd. treat)	Specific effluent contain-ing heavy metal
Jung-An	200	150	Activated Sludge by single-stage rotary (2nd. treat)	Pharmaceutical and dyeing wastewater
Total	1152			

Table 2 Comparison of water quality in sampling sites

Item	Sites Monthly	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Average (mg/l)
		PH	S-1	7.0	6.8	6.5	6.4	6.9	7.0	6.9	7.1	7.0	6.8	6.9
	S-2	6.9	6.9	6.2	6.4	6.8	7.0	6.9	6.9	6.8	6.9	7.0	7.3	6.8
	S-3	6.2	6.5	6.1	6.8	6.6	6.5	6.8	6.8	6.8	6.8	6.9	6.9	6.7
	S-4	6.7	6.8	6.9	7.0	6.7	7.0	6.7	7.0	6.9	6.9	7.0	6.5	6.8
DO (mg/l)	S-1	7.1	6.7	6.9	5.3	7.5	8.9	7.1	7.5	7.3	7.2	7.9	10.5	7.5
	S-2	7.4	6.6	6.2	8.5	7.5	8.9	7.4	6.7	6.8	6.3	7.3	9.9	7.4
	S-3	7.4	6.5	6.9	6.2	6.3	6.7	7.2	5.9	6.4	5.7	5.8	10.8	6.8
	S-4	7.5	6.9	6.5	6.7	7.0	7.5	6.1	7.4	6.1	7.1	6.0	10.1	7.1
CN ⁻ (mg/l)	S-1	-	-	-	-	-	0.002	-	-	-	-	-	-	-
	S-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.003	-	-
	S-3	0.002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	S-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cd (mg/l)	S-1	0.002	0.002	-	-	0.001	0.004	-	0.006	-	-	-	0.003	-
	S-2	0.002	0.003	-	0.004	-	-	-	0.009	0.004	0.002	0.002	0.005	-
	S-3	0.003	-	-	-	-	0.003	-	-	0.003	0.008	0.003	0.005	-
	S-4	-	0.001	0.009	0.005	0.016	0.002	-	0.009	0.004	0.002	0.008	0.008	-
Cr ⁺⁶ (mg/l)	S-1	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	0.002	-	0.012	-
	S-2	-	-	-	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	S-3	0.002	-	-	-	-	-	-	-	0.003	-	0.011	-	-
	S-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.006	-	-	-
BOD (mg/l)	S-1	8.3	8.7	8.9	7.0	7.5	7.5	4.9	4.0	4.7	7.0	7.8	6.9	6.9
	S-2	6.0	5.6	5.3	5.1	5.0	4.8	1.7	1.5	2.5	5.3	5.1	6.1	4.5
	S-3	5.0	5.1	4.9	4.7	4.0	4.2	1.7	1.3	2.3	2.3	3.7	3.2	3.5
	S-4	3.4	3.5	3.8	3.5	3.5	1.6	1.5	1.3	1.5	2.3	2.2	3.1	2.6
COD (mg/l)	S-1	8.3	8.6	8.9	8.0	8.5	7.5	4.5	4.4	4.7	5.7	5.0	6.9	6.8
	S-2	7.0	7.2	5.1	5.3	4.0	4.0	4.1	2.1	3.7	4.7	5.0	6.2	4.9
	S-3	5.1	5.1	3.8	3.9	3.7	3.9	2.1	2.9	2.3	4.1	4.8	4.0	3.8
	S-4	2.3	2.1	2.8	1.9	2.5	2.4	1.0	1.0	2.0	2.0	2.4	2.2	2.1

S-1; Kaya-gok(Masan stream)
S-3; No-jang(Jo stream)

S-2; Bok-su(Yudung stream)
S-4; Jung-an(Jungan stream)

분 하천 환경기준인 0.01mg/l 이하이었으나, 금속 공장과 화학공장이 산재한 유등천과 정안천에서 주로 검출되었으며 겨울에 발견 빈도수가 더욱 높았다. 따라서 갈수기에는 관심을 갖고 오염원의 제거가 요구된다.

크롬(Cr⁺⁶)은 자연수중에 함유되는 경우가 거의 없지만 도금공장이나 피혁공장의 폐수가 유입되는 하천수중에서 주로 검출되고 인체에 대한 독성이 강하기 때문에 하천 환경기준은 0.05mg/l 이하로 규제하고 있다. 본 조사지점 하천수의 크롬 함량은 표에 나타난것과 같이 조사기간중 몇몇 지점에서 0.004~0.012mg/l 범위로 검출되었을 뿐 거의 대

부분 지점에서 검출되지 않았다. 이것은 이들지역 공단에 도금 및 피혁공장이 없기 때문인 것으로 생각된다. 크롬도 카드뮴과 비슷한 양상으로 갈수기에 발견 빈도수가 높았으나 허용기준치 이하이었기 때문에 하천 하류 오염원으로 단정짓기는 어려울 것으로 판단되었다.

대부분의 하천이 겨울에는 BOD, COD농도가 모두 증가한 반면, 강수량이 많은 여름에는 수질이 호전되는 것으로 나타났다.

Fig. 3은 BOD변화를 계절별로 나타낸 것이다. 가야곡 농공단지의 경우 여름에는 BOD값의 감소가 크게 나타났으나 가을과 겨울에 다시 상승하

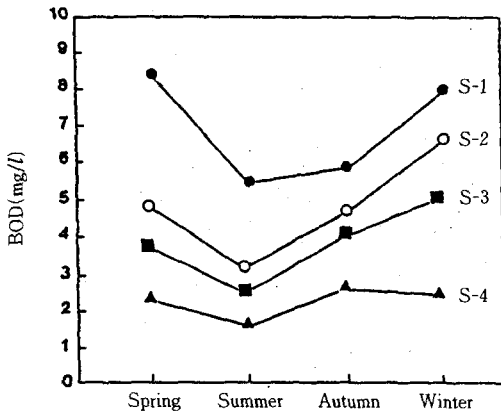


Fig. 3 Seasonally variation of BOD in each stream.
S-1 : Masan stream S-2 : Yudung stream
S-3 : Jo stream S-4 : Jungan stream

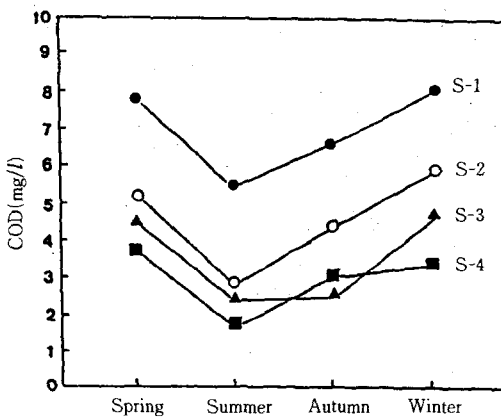


Fig. 4 Seasonally variation of COD in each stream.
S-1 : Masan stream S-2 : Yudung stream
S-3 : Jo stream S-4 : Jungan stream

였다. 한편 다른지역도 거의 비슷한 경향을 보였는데 노장지역의 경우 여름과 가을에 정안 농공단지의 경우 가을과 겨울에 BOD농도가 거의 비슷하게 나타났다. 그러나 평균 BOD는 마산천이 가장 높았으며, 유등천, 조천, 정안천 순으로 감소하였다.

정안천의 경우 여름에는 수질이 매우 양호한 것으로 나타났는데 이것은 이곳에 입주한 공장수가 많지 않기 때문인 것으로 생각된다. 가야곡 농공단지가 가장 먼저 조성된것을 감안한다면 공단주변 하천수질 오염원으로 농공단지에서 배출되는 폐수

가 주요 인자인것을 알 수 있다. 대체적으로 갈수기에는 BOD값이 높고 평수기 또는 풍수기에는 낮게 나타남으로써 유량조절에 의한 BOD감소의 가능성을 보여 주었다.

Fig. 4는 COD변화를 계절별로 나타낸 것으로서 대체로 BOD의 월별 변화와 비슷한 양상을 나타냈다.

여기서도 갈수기인 경우 풍수기에 비해 COD가 높게 나타났으나 가야곡 지역의 경우 더욱 큰 차이를 보였다. 특히 가야곡 지역의 경우 BOD, COD 농도가 높은것은 공단 배출 폐수와 아울러 이 지역 상류에 위치한 축사에서 배출된 축산 폐수의 영향도 무시할 수 없는 것으로 생각되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 농공단지 조성에 따른 하천수질 오염에 관해 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 1988년 이후 농공단지에 입주한 업종은 BOD 부하량이 많은 식품업종보다 전기·전자업종이 증가하였는데 이것은 수질오염 저감방안의 하나로 매우 바람직하였다.
- 2) 평균 BOD는 마산천이 가장 높았으며 유등천, 조천, 정안천 순으로 감소하였다.
- 3) 중금속(Cd, Cr⁶⁺)의 농도는 허용기준치 이내 이나 그 배출량이 소량이라 하더라도 이들의 제거를 위한 화학적 처리 공정도입이 바람직하다.
- 4) 농공단지에서 배출되는 폐수가 하천수질 오염의 중요 인자이기 때문에 폐수 배출양이 500ton/day 미만이라 할지라도 식품 및 화학공장이 입주한 농공단지의 경우 환경관련기준법을 강화해야 한다.
- 5) 가야곡과 노장 농공단지의 경우 산업폐수와 생활오수를 분리하는 집수방법의 개선이 요구된다.

참 고 문 헌

- 1) 과학기술처, 대기, 수질환경관리 전산모델 연구 (제2차), 1984.
- 2) 국립환경연구소, 대청호 부영양화에 관한 종합연구, 1984.
- 3) 대전시, 대전도시 재정비계획, 1986.

- 4) 정현수, 이천배 : 대전도시권내의 하천오염도가 금강수질에 미치는 영향 충남대학교 연구논문집, Vol. 2, pp.139~151, 1973.
 - 5) Robert V. Thomann, et al : Principles of surface water quality modeling and control, McGraw-Hill, p. 218, 1987.
 - 6) 한국과학기술원, 수계수자원 오염관리에 관한 연구(제2차). 1981.
 - 7) 환경청, 전국 환경보전 장기 종합계획 사업 종합 보고서, 1986.
 - 8) 충청남도 통계년보, 1990.
 - 9) 충청북도 통계년보, 1990.
 - 10) 환경청, 환경오염공정시험법, 1988.
 - 11) 산업기지개발공사 금강유역조사보고서, 1986.
 - 12) 충청남도 농공지구 입주희망업체 환경성검토 기준(안), 1989.
 - 13) 김동윤외 4인; 수질보건학회지, Vol. 6, No. 8, 1990.
-