

# 榮山湖의 富營養化防止를 위한 窒素, 磷의 排出原單位에 관한 調查研究

柳一光 · 李治榮 · 姜英植 · 金寬天

光州保健專門大學 公害問題研究所

## Unit Loading Factor of Nitrogen and Phosphorus for Controlling Eutrophication of Youngsan Lake

Il Kwang Ryu · Chi Young Lee  
Young Sik Kang · Kwan Chun Kim

*Institute of Environmental Pollution,  
Kwangju Health Junior College*

### Abstract

In order to estimate unit loading factors of N, and P for controlling eutrophication of Youngsan lake.

This study was performed in 4 kinds of pollutant sources from domestic sewage, industrial waste water, livestock stall waste water and drainage of agricultural area during the period from april to october 1988.

These results were as follows:

1. The sewage flow for domestic waste water was 191.2 l/capita, day and that of the gray and toilet waste water among the domestic waste water were shown 152.9 l/capita, day(80%) and 38.3 l/capita, day(20%), respectively.
2. The unit loading factor total nitrogen(T-N) for domestic waste water was 7.582g/capita, day, and that of the gray and toilet waste water among the domestic waste water were 1.826g/capita, day(24.1%) and 5.756g/capita, day(75.9%), respectively. The other hand, the unit loading factors of total phosphorus(T-P) for domestic waste water was 0.925g/capita, day, and that of gray and toilet waste water among the domestic waste water were 0.470g/capita, day(50.8%) and 0.455g/capita, day(49.2%), respectively.

※ 이 논문은 1987년도 문교부 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음.

3. In offering Price per million won, the T-P loading factor for drinking manufacture, confectionery manufacture, beer-manufacture and fibre manufacture in the industrial pollutant sources estimate to be 0.350g/day, 0.099g/day, 32.351g/day and 1.536g/day, while T-N loading factor about them in the industrial pollutant sources estimate to be 4.117g/day, 2.414g/day, 106.726g/day and 60.504g/day, respectively.
4. The T-P loading factor according to wash-water of milch cow and pig were 6.735g/day and 18.526g/day, in case of T-N they were 42.397g/day and 27.226g/day, respectively.
5. The T-P loading factor for pollutants drainage in the Paddy fields, fields and forests area were 0.082g/are, day, 0.014g/are, day and 0.002g/are, day, and the T-N loading factor were 0.309g/are, day, 0.158g/are, day and 0.064g/are, day, respectively. The diffrent of the loading factor for pollutants discharges in the agricultural area were resulted from the rainful intensity, the rainful, the amount of fertilization manure, and etc.

## I. 緒 論

榮山湖는 우리나라 5大江 중의 하나인 榮山江 河口, 大浦港 上流 6 km 지점(全南 務安郡 三鄉面 王岩里와 靈岩郡 三湖面 山湖里)을 가로막은 4.350 m의 河口 독에 의해 이룩된 人工淡水湖로서 1982년 12월 8일 준공된 新生湖이다.

이 湖는 流域面積 3.471 km<sup>2</sup>, 滿水面積 34.6 km<sup>2</sup>, 貯水量 2億 5千 3百萬 m<sup>3</sup> 로서 인근 2萬 7百 ha의 農地에 年間 2千 8百 40萬 m<sup>3</sup>/y를 灌溉用水로, 3千 6百 50萬 m<sup>3</sup>/y를 木浦市 上水用水로 공급하는 우리나라 서남부의 중요한 水資源이다.<sup>1)</sup>

그러나 이 榮山湖는 流路延長 115.5 km의 영산강 하류에 위치해 있고 上流域에 人口 100萬名의 光州直轄市가 있어 汚染이 심화되고 있으며 특히 總窒素(T-N)는 2.629 mg/l, 總磷(T-P)는 0.248 mg/l로 매우 높아 이미 富營養化가 進行되고 있으므로 앞으로의 水質安全對策이 각별히 요망되는 湖이다.<sup>2)</sup>

著者는 1987年 榮山湖의 富營養化 現狀과 그 對策에 관한 研究를 한바 榮山湖에 流入되는 窒素의 경우 63%가 生活下水, 11.7%가

畜産廢水, 18.8%가 農耕地 排水, 그리고 磷의 경우 59.0%가 生活下水, 29.4%가 蓄産廢水, 8.8%가 農耕地 排水에 기인함을 알았다.

그러나 이들 負荷量의 算定은 우리나라의 각 發生源別 原單位調查資料가 없어 日本의 原單位負荷量을 利用했었다.

우리나라의 주요오염물原單位調查報告로는 鄭(1986)<sup>3)</sup> 등의 家庭汚水의 汚染負荷量 原單位에 관한 調查研究가 있고 林(1984)<sup>4)</sup> 등의 都市와 農村에서의 非點源 汚染物 排出樣相에 관한 研究가 있을 뿐으로 林 등의 研究에서는 BOD, COD, SS의 原單位만을 취급하여 窒素, 磷에 관한 資料는 없는 형편이다.

따라서 本 研究는 榮山湖 流域에서 全體 發生負荷量의 約 60%를 點하는 光州圈을 중심으로 窒素, 磷의 發生原單位를 調査함으로써 앞으로 榮山湖의 富營養化 防止對策을 立案하고 장래를 예측하는데 기초자료를 제공하고자 한다.

## II. 調査方法

本 調査는 榮山湖 流域內에서 發生하여 排出되는 N 및 P의 原單位를 파악코자 榮山湖에

대해 約 60%의 汚染負荷量을 유발한다고 판단되는 光州圈을 중심으로 生活下水, 産業廢水, 畜産廢水, 農耕地排水 및 林野로부터의 流出水 등으로 나누어 調査하였다.

### 1. 生活下水<sup>6-9)</sup>

生活下水로부터의 N 및 P의 負荷原單位는 家庭下水를 對象으로 하였으며 光州市 西區관내의 水洗式 변소를 갖춘 單獨住宅(都市型), 光山區관내의 汲取式 변소를 갖춘 單獨住宅(農村型), 北區관내의 汚水淨化施設을 갖춘 아파트를 각각 2家口씩 선정하였다.

生活下水 중의 糞排水는 排出源別로 주방하수, 세탁배수, 세면 및 목욕배수, 기타 옥외청소용물을 각각 구분 채집하였으며 분뇨배수에 관해서는 水洗式 변소의 경우 單獨淨化槽의 排水를, 汲取式변소의 경우는 廣주시 분뇨종말처리장 처리수를, 아파트의 경우는 汚水淨化施設의 처리수로부터 총부하량을 측정 한 후 糞排水負荷量을 減한 값을 주거인구로 除하여 분뇨부하량으로 算定하였다.

本 調査는 1988年 4月, 6月, 8月, 10月 총 4회 실시하였다.

### 2. 産業廢水

産業廢水中의 N 및 P負荷量의 原單位調査는 榮山江流域內의 全事業場에 대해 調査하여야 할 것이나 대부분의 事業體가 소규모의 영세업체이고 負荷量算定에 필요한 여러가지 資料제공을 거부함에 따라 조사범위에 제한을 받았으며 결국 조사에 협조를 하여준 음료수제조, 맥주제조 제과업, 섬유가공업등 4개업체의 폐수처리장 처리수에 대해서만 조사할 수 있었다.

### 3. 畜産廢水

榮山江 水系에 있는 소, 돼지의 전문사육장은 대부분 20~30마리씩 기르는 소규모로서

汚水淨化施設의 설치대상이 되지 못하기 때문에 汚水淨化施設을 갖춘 곳이 없어 직접 成牛, 成豚을 각각 1마리씩 표본선정하여 3日間 연속배설량을 採集 측정하였고 축사폐수에 대한 排出負荷量調査는 糞을 퇴비화를 위해 제거한 후 일정액의 불로 薦舍바닥을 水洗하여 그 洗滌水를 試料로 하였다.

### 4. 農業排水

農耕地의 標本地域으로 光山區 新昌洞 소재 경지정리지구 畝 1.95 ha에 대해 田은 野山開墾이 일부 포함된 0.98 ha에 대해 1988. 5. 2과 1988. 7. 15 降兩時에 그 流出水를 임의 採水하여 分析하였으며 그 流出量은 實測이 곤란하여 문헌에 의한 流出係數를 인용하였다.

### 5. 自然排水

自然排水는 林野, 市街地, 公園, 道路 등의 流出水가 되겠으나 測定上의 애로 때문에 本調査에서는 林野지역의 流出水만을 測定하였다.

더우기 本 調査期間은 예년에 비하여 降水量이 약 520 mm나 적은 갈수기여서<sup>10)</sup> 많은 회수의 조사를 할 수가 없었다.

조사지역은 표본지역으로 光山區 新昌洞 소재 野山 0.938 ha에 대해 1988. 7. 17과 8. 21 강우시에 그 유출수를 채수하여 분석하였다.

## Ⅲ. 結果 및 考察

### 1. 生活下水

光州地域 家庭下水의 用途別 下水排出量과 窒素, 磷의 排出負荷原單位는 Table 1과 같다.

下水排出量은 수세식 변소를 갖춘 단독주택의 경우 233 l/capita, day, 수거식 변소를 갖춘 농촌형 주택의 경우 96 l/capita, day로서 심한 차이를 보이는데 이는 화장실 수세용 물 사용 외에도 생활수준의 차이 때문이라 생각되

Table 1. Unit loading factor of N and P discharged from domestic sewage

Type	Sources Item	Gray water				Toilet	Total	
		Kitchen	Laundry	Bath	Others			
Urban	Flow (l/c. d)	45	80	59	5	189	44	233
	%	19.3	34.3	25.3	2.2	81.1	18.9	100
	N (g/c. d)	1.217	0.546	0.325		2.088	5.115	7.203
	%	16.9	7.6	4.5		29	71	100
	P (g/c. d)	0.104	0.372	0.031		0.507	0.453	0.960
	%	10.8	38.8	3.2		52.8	47.2	100
Apartment	Flow (l/c. d)	42	52	43		137	38	175
	%	24	29.7	24.6		78.3	21.7	100
	N (g/c. d)	0.965	0.503	0.342		1.810	8.825	10.635
	%	9.1	4.7	3.2		17.0	83	100
	P (g/c. d)	0.145	0.357	0.025		0.527	0.575	1.102
	%	13.2	32.4	2.3		47.8	52.2	100
Rural	Flow (l/c. d)	20	41	26	9	96	*28	124
	%	20.8	42.7	27.1	9.4	100		
	N (g/c. d)	0.672	0.495	0.184		1.351	*5.024	6.375
	%	49.7	36.6	13.6		100		
	P (g/c. d)	0.095	0.248	0.021		0.364	*0.384	0.748
	%							
Aver.	Flow (l/c. d)	37.3	63.7	46.6	5.3	152.9	38.3	191.2
	%	19.5	33.3	24.4	2.8	80	20	100
	N (g/c. d)	1.015	0.524	0.287		1.826	5.756	7.584
	%	13.4	6.9	3.8		24.1	75.9	100
	P (g/c. d)	0.109	0.334	0.027		0.470	0.455	0.925
	%	11.8	36.1	2.9		50.8	49.2	100

\* Unit load of effluent discharged from final treatment plant of night soil

며 평균배출량은 각 주거유형별 거주인구비로 환산하니 191.2l/capita, day 로 나타났다. 이 값은 수거식 변소의 경우 실제 배출수량이 없으나 糞尿終末處理場에서 처리할 때 방류한水量 28l/capita, day 를 포함시킨 것이다. 만일 이 값을 포함시키지 않는 순수한 下水排出量은 183.1l/capita, day 가 되며, 1985年 대구지역의 135l/capita, day 보다는 많은 배출량이고 1986年 서울 강남 아파트의 257l/人. 日 보다는 작은 배출량이다.<sup>3)</sup>

總窒素의 排出原單位는 주거형태에 따라 6.375 ~ 10.635g/人. 日 로 많은 차이를 보이는데 이를 주거형태에 따른 광주시 전체 거주인구비로 환산한 평균 負荷原單位는 7.582g/人. 日 로 산

정되었다.

또 總磷의 排出原單位는 0.748~1.102g/人. 日 의 범위였으며 각 주거형태별 거주인구비로 환산한 평균 負荷原單位는 0.925g/人. 日 로서 1986年 서울, 강남 아파트 단지의 조사결과인 TKN 8.82g/capita, day, T-P 0.86g/capita, day 와는 약간의 차이를 보였다.

과거 우리가 인용했던 日本의 1980年 原單位는 T-N가 12.2g/人. 日, T-P이 1.81g/人. 日<sup>11)</sup> 로서 이번 광주지역 조사자료와는 많은 차이를 보이는데 이는 生活樣式의 차이와 특히 주방하수의 배출방식에 차이가 있기 때문이 아닌가 생각된다. 日本의 경우 부엌폐기물을 마쇄처분할 수 있는 disposal 의 보급으로

로 下水의 汚染物負荷가 더 높고 광주의 경우는 부엌의 sink 밑에서 screen으로 粗大폐기물을 제거한 후 방류하므로 더 낮은 값으로 나타난 것으로 생각된다.

또 근래에 無磷洗劑의 보급으로 T-P의 배출이 점차 낮아지는 추세인 것 같다.

用途別로 보면 T-N의 경우 雜排水가 24.1%이고 糞尿가 75.9%를 나타내어 분뇨로부터의 부하량이 매우 높은 것으로 조사되었으며 특히 아파트의 경우 분뇨로부터의 부하가 매우 높았다. 이는 아파트의 汚水淨化施設에 침전조가 없고 단순 폭기만 시켜서 방류하므로 T-N의 제거능력이 거의 없기 때문으로 보여진다.

또 T-P의 경우는 雜排水가 50.8%, 糞尿가 49.2%를 나타내어 서로 비슷한 배출량을 보이고 있다.

## 2. 産業廢水

産業場廢水의 경우 同一業種이라 할지라도 제품의 생산량, 사용원료의 종류, 제조시설, 제조방법 등에 따라 폐수량 및 폐수의 질에 큰 차이를 나타내므로 산업폐수의 原單位算定은 매

우 어려운 문제라 생각된다. 또한 중소기업체는 연중 동일제품을 꾸준히 생산, 가공하는 것이 아니라 受注量에 따라 다양한 여러 제품을 복합적으로 생산, 가공하는 경우가 많고 또 계절상품을 생산하는 경우도 많아 생산제품별로 더욱 세분화하여 조사되어야 하겠다. 그러나 본 조사에서는 대다수의 中小業體가 調査에 협조를 거부하고 각종자료의 통계가 확립되어 있지 않아 연구에 한계를 느꼈다.

따라서 본 조사에서는 비교적 규모가 크고 단일 제품생산업체로서 각종 자료가 제공되는 4개 업체만을 대상으로 하였다.

조사대상업체의 自體廢水處理場 처리수에 대한 T-N와 T-P의 배출농도는 Table 2와 같으며 이를 업체의 총 배출부하량을 매출액 100 萬원당, 面積(m<sup>2</sup>)당, 종업원수당 原單位를 算出한 것은 Table 3과 같다.

매출액에 대한 排出負荷가 가장 높은 업종은 맥주제조업으로 매출액 100 만원당 T-N가 106.7g, T-P이 32.4g씩이었고 이 업체의 폐수처리시설은 活性汚泥法이었다. 섬유류가공업은 그 폐수처리방식이 응집침전법을 이용하

Table 2. Concentration of N, P in treatment water of industrial waste water

Facilities	Flow (m <sup>3</sup> /d)	T-N (mg/l)		T-P (mg/l)	
		aver.	range	aver.	range
Manufacture of drinking water	320	0.494	0.235 - 0.872	0.042	0.023 - 0.102
Manufacture of confectionery	190	1.728	0.432 - 2.103	0.017	0.045 - 0.089
Manufacture of beer	3,360	3.332	1.375 - 5.667	1.010	0.599 - 1.356
Manufacture of fibre	530	2.443	1.233 - 4.525	0.062	0.035 - 0.107

Table 3. Unit loading factor of N, P from Industrial sources

Unit factor	Offering price (g/million won)		Floor space (g/m <sup>2</sup> )		Employes (g/capita)	
	T-N	T-P	T-N	T-P	T-N	T-P
Manufacture of drinking water	4.117	0.350	0.010	0.001	1.976	0.168
Manufacture of confectinery	2.414	0.099	0.233	0.010	0.684	0.028
Manufacture of beer	106.726	32.351	0.208	0.063	52.316	15.858
Manufacture of fibre	60.504	1.536	0.168	0.004	4.691	0.119

고 있었는데 매출액 100 만원당 T-N가 60.5 g, T-P이 1.5 g으로 나타났다.

공장 면적당 排出原單位는 업종간에 크게 차이가 나지 않았고 종업원수에 따른 배출원 단위는 제품생산에 自動化이 이루어져 生産量에 비해 종업원수가 적은 맥주제조업이 매우 높게 나타났다.

따라서 공장면적은 반드시 生産量 즉 汚染物 排出量과 비례한다고 보기는 어렵고 종업원수 역시 생산자동화와 手作業의 차이 때문에 동일 업종이라 하여도 각기 다를 수 있어서 공장면적과 종업원수에 따른 배출부하 원단위 보다는 매출액을 기준으로 하는 것이 더 타당할 것으로 생각된다.

### 3. 畜産廢水

畜産業은 주로 젓소와 肉豚의 사육 및 養鷄를 들 수 있겠으며 이들 家畜의 사육으로 인한 환경오염의 주원인은 분뇨의 배설물에 기인한다고 볼 수 있다. 특히 소와 돼지의 경우 수질 오염의 부하가 크다. 그러므로 본 조사에서는 소와 돼지만을 대상으로 분뇨의 1일 배설량을 조사했으며 生糞尿로부터의 T-N와 T-P의 발생부하량과 축사세척배수로부터의 배출원단위를 조사한 결과는 Table 4와 같다.

젓소 1마리가 1일 배설하는 생산분뇨로 부

터의 발생부하량은 T-N가 260.2 g/頭.日, T-P이 31.4 g/頭.日로서 대단히 고농도이나 대부분의 養畜農家は 糞을 收去하여 퇴비화하고 있었으므로 蓄産廢水는 결국 畜舍바닥 청소에 의한 洗척排水이었다.

이 洗척排水로 부터의 배출원단위는 T-N가 42.4 g/頭.日, T-P이 6.7 g/頭.日로서 日本資料인 N, 26 g/頭.日, 磷 6.5 g/頭.日보다 T-N가 훨씬 높게 나타났다.<sup>12)</sup> 이는 분뇨의 收去狀態에 따라 상당한 차이가 있을 것으로 생각된다.

### 4. 農耕地 및 林野排水

논 및 밭의 窒素, 磷의 排出原單位 調査는 매우 어려운 일이다. 즉, 경작작물에 따른 배수관리가 다르고 施肥가 다르며 강우시와 갈수기 또는 用水의 수질, 수량의 조건이 다르기 때문이다. 따라서 농경지의 原單位 調査는 각 작물별로 재배기간 중의 비료사용량과 그 비료의 성분조사, 년간의 작물의 종류별 생산기간, 또 이때의 농업배수 유출량, 용수의 수질, 수량조사 등이 뒤따라야 할 것이나 본 연구에서는 사전조사가 미흡하여 정밀자료가 나오지 못하였다.

본 조사에서는 降雨時 標本地域에서의 농경지 배출수에 대한 T-N, T-P의 농도를 측

Table 4. Unit loading factor of Nitrogen and Phosphorus from livestock Stall

class	sources	amount of excrete (kg/head, d)	unit load of fresh excreta		unit load from wash water of stall	
			T-N(g/d)	T-P(g/d)	T-N(g/d)	T-P(g/d)
cattl (milchcow)	feces	17.5 (7.5 - 25.6)	187.3 (102.4 - 217.6)	31.2 (13.4 - 45.6)	42.4	6.7
	urine	9 (6.6 - 14.4)	72.9 (53.5 - 116.6)	0.2 (0.14 - 0.31)	(35.9 - 46.8)	(4.4 - 8.6)
pig	feces	2.8 (2.5 - 3.2)	12.9 (11.5 - 14.7)	21.2 (18.9 - 24.6)	27.2	18.5
	urine	3.3 (2.5 - 3.6)	25.3 (19.2 - 27.6)	2.1 (1.6 - 2.3)	(16.4 - 33.4)	(12.5 - 25.1)

Table 5. Unit loadings of N and P from agricultural drainage

Source	Effluents (m <sup>3</sup> /a/y)	T - N		T - P	
		(mg/l)	(g/a/d)	(mg/l)	(g/a/d)
Paddy fields	16.462	6.841	0.309	0.182	0.082
Fields	8.231	7.025	0.158	0.621	0.014
Forests	8.832	2.832	0.064	0.088	0.002

정 분석하고 배출유량은 강수량에 따른 유출계수를 문헌에 의해 논은 0.2, 밭과 임야는 0.1로 적용하여 산정한 것이<sup>13)</sup> Table 5와 같다.

1988년 광주지방의 降水量은 예년에 비해 매우 적어 연간 823.1 mm 밖에 되지 않으며 100mm 이상 降雨日은 7월에 1日뿐이고 50mm 이상 降雨日도 5월과 6월에 각 1일뿐이어서 농경지의 유출수량이 매우 적었기 때문에 유출량을 實測하지 못하고 문헌에 의한 유출계수를 적용하였다. 따라서 농경지의 T-N, T-P 負荷量은 施肥量에 크게 좌우되겠지만 流出水量에도 밀접한 관계가 있는데 본 조사년도와 같은 갈수기에는 그 流出量이 매우 적게 나타났다.

#### IV. 結 論

湖沼에 N과 P 등의 영양염류가 과다하게 유입되면 藻類 등의 異常번식을 초래하게 되어 이로 인한 用水에 많은 피해를 주기 때문에 호소에 있어서 N과 P의 流入統制는 매우 중요한 일이다.

榮山湖 역시 이미 富營養化 되어 있어 이의 대책이 시급하다. 따라서 영산호의 주된 수질 관리대책은 상류로부터의 N, P 유입방지에 있으며 본 연구는 이의 대책수립을 효과적으로 하기 위한 주요 오염원별 배출원단위를 조사하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 榮山江 流域에서 가장 큰 오염물 배출원인 광주지역 주민의 평균 하수배출량은 191.2 l/capita, day이며 이중 生活雜排水가 152.9

l/capita, day로 80%, 糞尿排水가 38.3l/capita, day로 20%를 차지하고 있다.

2. 광주지역 주민의 영양염류 배출부하량은 T-N가 7.582 g/capita, day이고 이중 生活雜排水로부터의 排出負荷量은 1.826 g/capita, day (24.1%)이고 糞尿로부터의 排出負荷量은 5.756 g/capita, day (75.9%)이었다. 또 T-P은 0.925 g/capita, day이었으며, 이중 生活雜排水로부터의 排出負荷量은 0.470 g/capita, day (50.8%)이고, 糞尿로부터의 排出負荷量은 0.455 g/capita, day (49.2%)이었다.

3. 산업장 폐수의 경우 폐수처리장 처리수로부터의 영양염류 배출부하량은 매출액 100만 원당 음료수 제조업은 T-N가 4.117 g, T-P이 0.350 g이고, 제과업은 T-N가 2.414 g, T-P이 0.099 g, 맥주제조업은 T-N가 106.726 g, T-P은 32.351 g, 섬유가공업은 T-N가 60.504 g, T-P은 1.536 g씩 배출되는 것으로 나타났다.

4. 畜産廢水의 경우 畜舍내의 분뇨는 대부분 收去하여 퇴비화하고 蓄舍洗滌水가 廢水로 放流되고 있었으며 젖소는 1마리당 T-N가 42.397 g/頭.日, T-P은 6.735 g/頭.日씩 배출하였고, 돼지는 T-N가 27.226 g/頭.日, T-P이 18.526 g/頭.日씩 排出되고 있었다.

5. 農耕地 및 林野의 영양염류 배출부하량은 논인 경우 1 are (100 m<sup>2</sup>)당 T-N가 0.309 g/a. d, T-P가 0.082 g/a. d이었으며, 밭은 T-N가 0.158 g/a. d, T-P이 0.014 g/a. d이었으며 임야는 T-N가 0.064 g/a. d, T

-P이 0.002g/a. d로 산출되었으나 이는 그 지역의 년간 강수량에 따라 차이가 많을 것으로 보이며 재배작물의 종류에 따라 施肥價이 다르기 때문에 그 排出負荷原單位는 차이가 있을 것으로 생각된다.

### 參 考 文 獻

1. 榮山江開發：2段階農業綜合開發事業 河口工事誌，農林水産部，農業振興公社，1984.
2. 柳一光 외 6人：榮山湖의 富營養化現狀과 그 對策，光州保健專門大學 公害研究所報告書，1987.
3. 鄭在基外 2人：家庭污水의 汚染負荷量原單位에 관한 調查研究，大韓環境工學會誌，8(2)，55-64，1986.
4. 林鳳洙外 2人：都市와 農村에서의 非點源 汚染物 排出樣相에 관한 연구，大韓土木學會誌 4(2)，45-53，1984.
5. 櫻井敏郎外 4人：家庭排水 汚濁負荷原單位調查，神奈川縣衛生研究所 研究報告 No. 9，55-56，1979.
6. 稻場紀久雄：堂夕功，家庭下水의 負荷量原單位에關すぬ研究(第1報，第2報)，第8回下水道研究發表會 講演集，55-59，1971.
7. 岩崎俊滿，德島發一：家庭雜排水의 窒素，リン，陰イオン界面活性劑의 調査，佐賀縣公害 センタ所報，No. 3，44-51，1980.
8. 梅本 論外 4人：家庭雜排水의 린原單位 調査，兵庫縣公害研究所研究報告，11，45-51，1979.
9. 松井 優實外 4人，家庭雜排水의 汚濁負荷原單位，用水と廢水 29(2)，22-27，1987.
10. 기상연보，광주지방기상대，1988.
11. 中西弘，閉鎖性陸水域의 린收去，用水と廢水，22，926，1980.
12. 福島武彦外 2人，湖沼水質を簡易及豫測モデル，水質汚濁研究 9，509，1986.
13. Linsley, R.K. and Franzini, J.B., Water Resources Engineering, Third Edition, McGrawHill 1977.