

農耕地로부터의 汚染物質 流出負荷特性

— 全Kjeldahl 窒素 및 全磷을 中心으로 —

Characteristics of Pollutant Loading into Streams from Flooded Paddies

— On the Special Reference to Total Kjeldahl Nitrogen and Total phosphorous —

洪 性 龜* · 權 純 國**
Hong, Sung Ku · Kwun, Soon Kuk

Summary

With an objective to provide basic information for the management and the prediction of eutrophication in lentic water systems, total amount of Kjeldahl nitrogen(T-N) and phosphorous(T-P) from irrigated water and drained water from flooded paddies were investigated during the rice growing period of 1988. A 29.3 ha paddies near Jungnam-myun, Hwasung-gun, Gyungi Province, Korea was instrumented for measuring runoff and sampling irrigated water and drained water from paddies.

The following conclusions may be drawn from the result of this study.

1. During 115 days of investigation, T-N load for paddies was 362.6kg and T-P 63.44kg. These would be converted to 12.4kg T-N/ha and 2.17kg T-P/ha, respectively.

2. The T-N and T-P loadings in different periods showed a significant difference. The 25% of T-N loading was drained soon after fertilization period and 60% was drained during the rainy season from July 5 to July 24.

3. Annual loadings from paddies could be calculated to 30kg T-N/ha/year and 5.2kg T-P/ha/year considering non-measurement periods.

4. After the rainy season, the nutrient loads from drained water showed much less than those from irrigated water, and it may be suggested that the paddies would act as a stabilization pond.

5. The average concentrations of nutrients at 0.9km downstream from investigated paddies were 2.02(T-N) mg/l and 0.52(T-P) mg/l, which were 1.82(T-N) mg/l and 0.056(T-P) mg/l lower than those of drained water from paddies.

* 서울대학교 大學院

** 서울대학교 農科大學

I. 緒 論

炭素, 窒素 및 磷과 같이 藻類增殖의 營養分이 되는 物質들이 湖沼에 蓄積되어 水中生物의 生體量 및 1次 生産力이 급격하게 增加하게 되는 富營養化現象은 호소의 水質을 점차 惡化시켜 마지막에는 호소를 쓸모없는 늪으로 만든다.^{6), 7)}

富營養化로 인해 藻類가 과다하게 번식하게 되면 특히 저층부에서 水中溶存酸素가 부족하게 되거나 고갈되어 有機物의 혐기성 분해에 의해 악취가 發生하고 魚類가 廢死하는 등의 심미적, 경제적 문제를 심각하게 일으키는데,^{5), 6)} 특히 일부 藻類가 죽으므로써 發生하는 毒性物質(endotoxin)은 사람에게도 직접 피해를 줄 수 있고, *Simplota muscorum*과 *Oscillatoria tenuis*와 같은 남조류는 Geosmin이라는 독특한 냄새를 유발시키는 有機化合物을 生産하기도 하며, 규조류인 *Asterionella*는 좋지 않은 맛을 내는 物質을 분비하여 호소의 물을 食수로 利用할 수 없게 만든다.¹⁴⁾

湖沼에 있어서 藻類의 과다한 번식의 주된 원인은 높은 濃度の 窒素와 磷의 유입인데,⁴⁾ 이러한 汚染物質의 주요 배출원은 生活下水, 産業廢水와 畜産廢水 그리고 다량의 肥料와 農藥이 사용되는 農耕地를 들 수 있다.¹⁴⁾

이 가운데 農耕地로부터의 汚染物質 流出負荷에 직접적인 영향을 미치는 것이 肥料이다.^{9), 10), 16)}

더우기 現代農業에 있어 일정한 土地 위에서 보다 많은 生産량을 얻기 위해 化學肥料의 使用量이 과거에 비해 크게 增加하였는데, 특히 우리나라 1986년 현재 농경지의 單位面積當 시비량은 질소 163kg/ha, 인 75kg/ha로서 비 재배를 위주로 하는 東南亞諸國에 비하여 매우 높은 편에 속한다.^{1), 2), 24)}

일반적으로 農耕地와 같은 비점원 오염원으로부터 상당량의 질소와 인이 공급된다는 사실은 水質管理를 행하면서 과소평가되는 경우가 많다.^{11), 13), 15)} 이러한 비점원오염은 流出負荷의 원인 및 결과가 모호하고 복잡함으로

인해 究明이 힘들고, 특히 주위조건이나 環境에 의해 민감하게 영향을 받기 때문에 정확한 負荷量이나 배출양상을 결정하기는 어렵다.^{15), 17), 18), 20)} 뿐만아니라 곳에 따라서는 점원오염보다 비점원오염 부하량이 더욱 크고 지배적이어서 이들의 정확한 量的 규명이 선행되어야만 올바른 水質管理를 행할 수 있는 곳도 있다.^{9), 19)}

논이 하나의 汚染物質 배출원으로서 주목받기 시작한 것은 1969년 日本의 도오쿄오시와 오오사카시 일부에 上水를 공급하는 미나미湖와 비와湖 그리고 가쓰미가우라湖 등의 富營養化로 인하여 水質惡化 문제가 發生하게 되어 부영양화의 進行상황과 원인을 조사하면서 부터 였다.²⁵⁾

日本에서는 1974-1976년의 기간에 가쓰미가우라湖의 水質管理를 위해 가쓰미가우라 流域内에서 질소와 인이 얼마나 배출부하되는가를 규명하고자 排水實態調査를 하여 보고한 바 있고,²⁵⁾ 다카무라, 다후찌(1977) 등에 의해서 논에서의 施肥에 의한 질소 및 인의 流出과 호소의 富營養化의 관계가 調査 研究된 바 있다.²⁵⁾ 꾸니마쓰(1982, 1983)는 비와호에 대하여 農耕地로부터 窒素와 磷의 負荷量을,^{22), 23)} 다게시다 등(1988)은 農耕地로부터의 排水중 流出負荷量과 流量과의 상관관계에 대하여 調査 研究한 바 있다.²⁷⁾

本 研究은 우리나라의 경우에 논에서의 物質收支 및 물收支를 해석하여 水質管理를 위한 기초자료를 제시하고자 경기도 화성군 정남면에 위치한 地區를 선정하여 조사연구한 것이다.

本 研究의 目的은 첫째 水稻의 生育期間동안 논으로부터의 排水中 전질소(total nitrogen : T-N) 및 전인(total phosphorous : T-P)의 時期別 濃度を 조사하여 流出負荷特性을 살펴보고, 둘째 單位面積當 T-N 및 T-P의 汚染負荷量을 제시하고자 하며, 세째, 灌溉水와 강우 그리고 排水中의 濃도와 物質收支를 비교해 봄으로써 논이 가지는 汚染負荷에 대한 기여도를 究明하고, 네째 논으로부터 排出

된 물속의 T-N, T-P 濃도가 河川을 流下하면서 어떻게 변화하는가를 조사 분석, 제시하는데 있다.

II. 材料 및 方法

1. 調査地區

本 研究은 京畿道 華城郡 정남면 괘랑리에 소재하는 괘랑리, 통미地區의 논을 調査地區로 선정하여 수행하였다.

괘랑리地區는 面積이 29.3ha로서 上流側에 있는 普通貯水地를 관개용수원으로 하고 있다. 土壤種類는 석천양토, 신흥양토로서 排水가 약간 不良한 土壤이다.

灌溉用水는 1개소의 콘크리트 라이닝수로(S1)을 통해서 대부분 流入되고 폭우에 의하여 부근의 山林과 농경지로부터 流入되는 水量은 全體 물收支에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보고 무시하였다.

排水路는 地區의 中央에 縱方向으로 설치되어 있는데, 이 수로(S2)를 통하여 대부분의 排水가 이루어진다. 단 暴雨時에는 논의 浸水를 막기 위해서 河川에 연해있는 제방의 간이배수구를 통해 배제되는 양이 있으나 實測이 不可能할 뿐만 아니라 平時에는 그 양도 存在하지 않기 때문에 무시하였다.

調査地區의 위치와 측정지점은 Fig. 1.에서와 같다.

2. 研究方法 및 內容

本 研究에서 調査한 汚染物質은 영양원으로서 중요한 全窒素(T-N)와 全磷(T-P) 만을 대상으로 하였고, 調査期間은 5月中旬 移秧期부터 9月中旬 完全落水까지의 期間으로 하였다.

논이 汚染物質을 排出하는 일종의 汚染源으로서 作用하는가를 알아보기 위해서는 논으로 流入되는 灌溉水의 流量과 각각의 營養物質濃도를 측정하여 양자간의 物質收支를 考察해보아야 할 것이다. 또한 排水水의 流量 및 濃

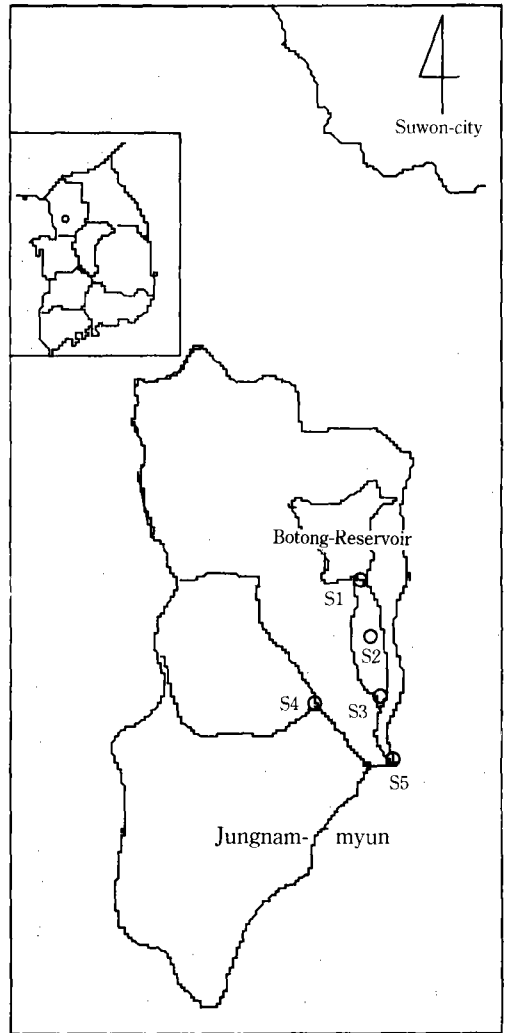


Fig. 1. Location map of sampling sites.

도를 調査함으로써 논으로부터의 영양물질 排出負荷量を 산정할 수 있다.²¹⁾

따라서 本 研究에서는 灌溉水量과 灌溉水中에 포함된 窒素 및 磷의 濃度, 降水量과 降水中の 物質濃度, 排水路內에서의 濃度, 排水路 말단부에서의 流量과 物質濃도를 測定 分析하였다.

그리고 排水水가 水系에 미치는 부하 特性을 알아보기 위해 각 測定地點(S4, S5)에서 영양물질濃도와 時期別 負荷量を 살펴보았다.

3. 調査 및 分析方法

가. 流量調査 및 試料採取

유량측정은 콘크리트라이닝 관개수로(S1), 地區 中央地點의 排水路(S2) 그리고 排水路 말단부의 콘크리트 낙차공(S3)의 3지점을 基本 測定地點으로 하고 日1回의 水位測定으로 水位-流量曲線을 利用, 流量으로 환산하였다.

流量은 水原測候所의 강우자료를 이용하여 調査地區의 降雨量으로부터 추정하였다.

營養物質濃度는 유량측정과 마찬가지로 移秧시기부터 完全落水까지의 期間동안 每 10日 間격으로 시료를 채취하여 農村振興廳 農業技術研究所 實驗室에서 項目別 分析을 하였다.

農業流域에서의 流出水가 河川을 流下하면서 變化되는 窒素 및 磷의 濃度를 알아보기 위해 調査地區 말단부로부터 約 0.9km 하류측 地點에서도 시료를 채취하여 分析하였다.

以外에 불규칙적으로 인근 農家에서 나오는 下水에 대해서도 試料를 채취하여 같은 項目을 分析하여 參考하였다.

나. 試料의 分析方法

채취한 試料는 모두 PH2로 맞추고 分析할 때까지 냉장고에서 約 4℃ 内外로 하여 保管하였으며, 全 窒素와 全 磷에 대해서만 分析하였는데 分析方法은 環境汚染 公定試驗法에 준하여 實施하였다.

1) 全 窒素

窒素를 함유한 有機化合物을 黃酸으로 分解하여 黃酸암모늄으로 만든 후에 암모니아를 증류하여 Kjeldahl 法으로 定量하였다.⁸⁾

2) 全 磷

試料를 过氧化암모늄으로 산화, 전처리하여 試料內의 인산염을 正인산염(ortho-phosphate) 形態로 變化시킨 다음 이 正인산염을 몰리브덴산암모늄과 염화제일주석으로 환원하여 生成된 靑色의 吸光度를 比色計를 이용하여 690 nm에서 測定하였다.⁸⁾

Ⅲ. 結果 및 考察

1. 水收支 分析

가. 灌溉水量

본 調査지구에서의 總灌溉水量은 218,800m³으로서 水심단위로 나타내면 746.7mm였다. 관개용수는 6월말까지 공급되었으나 계속되는 가뭄으로 인하여 水水源으로부터 관개용수공급이 중단되었고 장마이후 8월초부터 재개되었다.

總灌溉水量을 일본의 가쓰미 가우라 流域의 排水實態調査결과와 비교해 보면 Table-1과 같다.²⁵⁾

Table-1. The amount of irrigated water at Gwerangri and Gatsumigaura.

unit : mm

	Gwerangri	Umagake	Sibazaki	Yogoiri
irrigated	747	314	1,789	2,977
Water	May 18~ Sept.15	May~ Nov.	April~ Dec.	May~ Sept.

Table-1에서와 같이 우마가끼地區는 순환이수절약형이고 시바자끼地區는 순환이수형이며, 요고이리지는 間척지로서 大량배수형이다.²⁵⁾ 本 調査地區는 시바자끼地區와 유사한 순환이수형으로서 물관리유형에 따라 灌溉水量이 많은 차이를 나타내고 있음을 알 수 있다.

나. 降水量

5월 24일부터 9월 15일까지의 期間동안 降水量은 총 652.9mm로서 平年(5년 平均)에 비하여 約 300mm가량 적은 양으로 매우 적었다. 특히 이 期間동안의 降雨特性을 살펴보면 전체 강우량의 상당부분이 7월중(7/9~7/16, 7/20~7/20)에 집중되어있고 그 이외의 시기에는 流出이 생기지 않거나 생기더라도 매우 작은 값을 나타냈다.

다. 排水量

조사된 패랑리地區로부터 全期間동안 排水되는 양, 즉 S3를 통해 排水된 양은 총 150,300

m²으로 수심으로 나타내면 516.4mm에 해당된다. 장마기간동안의 폭우로 인해 7월 5일부터 24일 까지의 期間동안에 總排水量의 약 79%가 排水路 말단부로 배제되었다.

以上の 灌溉水量, 降水量, 排水量 이외에 물수지를 정확히 算定하기 위해서는 증발산량 및 침투량이 고려되어야하나 河川이나 호소에 미치는 排出負荷量에는 큰 영향을 주지않을 것으로 간주하여 調査하지 않았다.

地區內的 물收支를 정리하면 다음의 Table-2와 같이 나타낼 수 있다.

Table-2. Input and output of water in paddies.

	irrigated	rainfall	drained
depth (mm)	747	653	516
volume (m ³)	218,800	191,900	151,300

2. 時期別 濃度變化

가. 用水中の 窒素 및 磷의 濃度變化

灌溉用水는 上流側의 보통저수지를 水源으로 하기 때문에 貯水池의 物質濃度에 직접적인 영향을 받는다. 用水源의 物質濃度에 영향을 미치는 것으로는 보통저수지의 流域內에 산재해 있는 畜産農家 및 農耕地로부터 유입되는 物質負荷量을 들 수 있다.

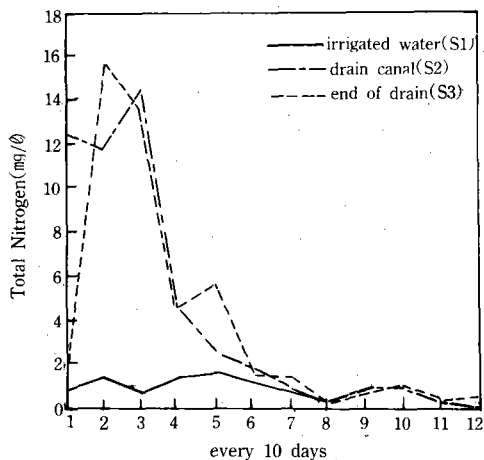


Fig. 2. The change of T-N concentration in irrigated & drained water.

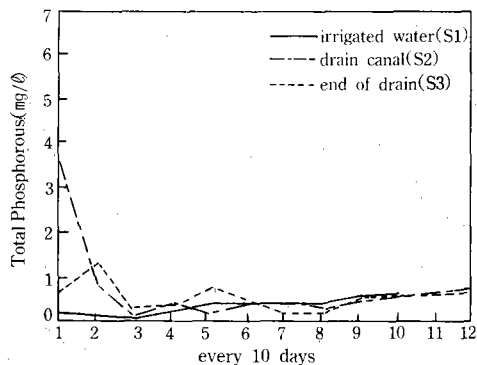


Fig. 3. The change of T-P concentration in irrigated & drained water.

用水中の 窒素와 磷의 濃度變化는 Fig. 2, Fig. 3에서 보는바와 같이, 배수로(S2)나 배수로 말단부(S3)에 비해서 濃度の 변화가 비교적 작음을 볼 수 있다. 用水中の 窒素와 磷의 最高濃度는 各各 1.66mg/l, 0.635mg/l였으며, 平均濃度는 0.98mg/l, 0.355mg/l였다.

磷의 濃度가 장마 후에 높아진 것은 장마기간 동안에 用水源인 貯水池로 流入水와 더불어 多量의 磷이 流入되었기 때문으로 생각된다. 이와같은 現象은 大清湖 水質調査 結果와 유사한 것으로서 大清湖 본댐 앞에서 장마以前 6월에 磷의 濃度가 水深에 따라서 0.05mg/l-0.08mg/l의 범위에 있던 것이 장마이후 0.183mg/l-1.008mg/l로 크게 증가한 것으로 나타났다.³⁾

나. 降雨中の 窒素 및 磷의 濃度

降雨中の 物質濃度를 측정한 결과 T-N의 濃度는 0.06mg/l-1.43mg/l 범위였고, T-P의 濃度는 0.005mg/l-0.036mg/l의 범위에 있었다. Table-3은 各國에서 조사한 降雨中の 全窒素 및

Table-3. Concentration of nitrogen & phosphorous in rainfall.

Places	T-N	T-P	year
Suwon	1.37*	0.036	1988
Ziga(Jap)	0.51	0.042	1979-1980
Gatsumigaura	1.40	0.013	-
Ohio(USA)	-	0.020	-

unit : mg/l

* : TKN

全磷의 濃度를 나타내고 있다.²⁶⁾

Table-3에 나타난 바와 같이 降雨에 포함된 窒素, 磷은 測定場所, 測定時間에 따라서 그 양이 다음을 알 수 있다.

降雨以外에 大氣로부터 農耕地로 降下되는 것으로 분진과 같은 것이 있는데 이 양은 고려하지 않았다.²⁶⁾

다. 排水路內의 窒素 및 磷의 濃度變化

灌溉用水의 流入口(S1)로부터 約 300m 떨어진 排水路內(S2)의 물을 採取해 窒素 및 磷의 濃度變化를 分析해 본 結果 Fig. 2, Fig. 3에서 보는 바와 같다. 이것을 살펴보면 이양직 후 논두렁삼투에 의한 排水에 의해 排水中의 物質濃度가 급상승하였으며 점차 시일이 경과하면서 濃度는 낮아졌다.

磷의 濃度는 施肥直後 比較的 약간 높았으나 全期間동안의 濃度變化에 比較하여 볼 때 큰 변화를 가지지 않았다.

排水路中에서의 窒素 및 磷의 最高濃度는 각각 14.6mg/l-3.65mg/l였고 平均濃度는 4.23 mg/l, 0.75mg/l로 나타났다.

調査地區에서 排水路를 흐르는 물은 地區의 下流部에서 再利用되어 濃度가 낮아질 수도 있지만, 窒素, 磷의 河川負荷量을 억제하기 위해서는 排水路內의 水中窒素, 磷의 濃度を 낮추도록 해야 할 것으로 생각된다.

라. 排水路 末端部의 窒素 및 磷의 濃度 變化

排水路 末端部 S3에서의 水中物質濃度는 하천으로의 유출부하량에 직접 영향을 미치는 것으로서 調査期間동안 S3에서의 窒素 및 磷의 濃度變化는 Fig. 2와 Fig. 3에 나타난 바와 같다.

水中窒素와 磷의 濃度가 5월末과 6월初에 매우 높고 이후 점차 減少하는 경향을 보였는데, 이것은 移秧시기에 뿌려지는 많은 化學肥料에 의해 논의 表面, 水中 질소, 인의 농도가 높아짐에 따라서 이 時期의 排水中 濃도가 높아진 것으로 보인다. 차츰 時間이 경과함에 따라서 水稻에 의한 窒素, 磷의 吸收, 그리고 침투, 脫窒에 의한 揮散 등으로 점차 濃도가

낮아졌다.

調査期間동안 末端部에서 배수되는 물의 窒素 및 磷의 最高濃度는 各各 15.62mg/l, 1.38 mg/l이고 平均濃度는 3.84mg/l, 0.574mg/l였다. 논으로부터 河川으로 排出되는 濃度는 日本의 우마가계, 시바자키, 지가地區의 調査結果와 比較하면 Table-4와 같다.

Table-4. Maximum and mean concentration of drained water from paddies.^{25), 27)}

unit : mg/l

	RESULTS		UMAGAKE (JAP)		SIBAZAKI (JAP)		ZIGA (JAP)	
	T-N	T-P	T-N	T-P	T-N	T-P	T-N	T-P
max	15.62	1.38	6.00	0.13	8.9	0.7	-	-
mean	3.84	0.574	-	-	-	-	2.73	0.41

本 調査結果에서 排水中 窒素와 磷의 濃度가 상당히 높게 나타났는데 이것은 施肥後 모내기를 위해 落水를 하여 高濃度의 논表面水가 그대로 放流된 結果로 보인다. 또한 平均濃度가 높았던 것은 試料採取日 가운데 降雨中인 경우가 여러번 있었기 때문으로 생각된다.

마. 對象地區로부터 0.9km下流部에서 窒素 및 磷의 濃度變化

約 1,900ha의 流域末端部인 S4地點은 沓가 設置되어 있는 곳으로서 평시에 유속이 거의 없었다. 괴랑리지구의 末端部로부터 試料採取地點 S4까지의 河川區間은 水草가 왕성하게 자라고 있는 自然水路이고 中間地點에 한군데의 沓를 가지고 있다.

S4地點의 窒素, 磷濃度의 時期別 變化는 Fig. 4, Fig. 5에 나타난 바와 같은데, 이 곳의 濃도와 排水路 末端部 S3에서의 濃도를 비교해보면 초기에는 S3에 비해 훨씬 작게 나타났으며 차츰 時間이 경과함에 따라서 비슷한 濃도를 나타냈다.

S4의 濃도가 대체로 流量의 대부분을 차지하는 農耕地보다 낮은 것은 논에서 배출된 물이 河川流下도중에 식생에 의한 흡수와 각종 有機物의 침전에 의한 것으로 사료된다.¹²⁾ S4

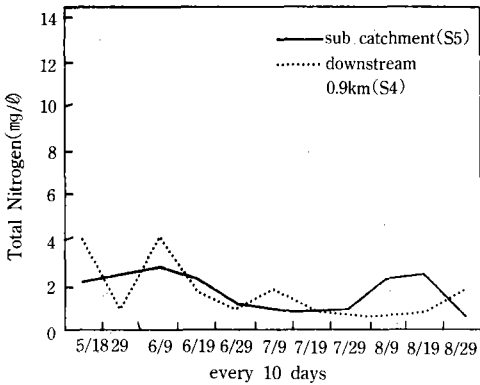


Fig. 4. The change of T-N concentration at the end of catchment.

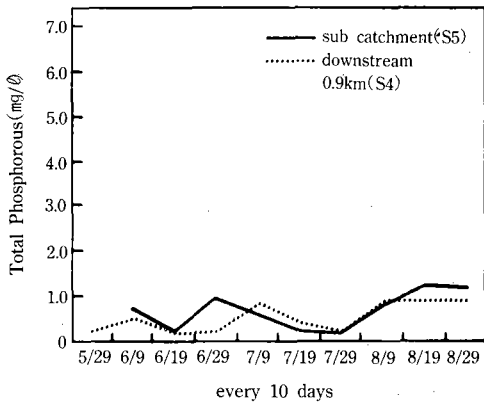


Fig. 5. The change of T-P concentration at the end of catchment.

의 地點에 流入되는 물은 대부분 農耕地로부터 排水되는 것으로서 일부 生活下水나 畜産 排水 등도 포함됨에도 불구하고 T-N이 0.05mg/l-4.3mg/l, T-P가 全 期間에 걸쳐 0.5mg/l 내 외로서 S3에서의 농도보다 낮았다.

農耕地가 별도의 用水源을 갖지 않고 용수 공급을 주로 降雨에 의존하는 小流域의 말단 부인 S5에서의 濃度變化는 Fig. 4, Fig. 5와 같은 濃度變化양상은 S4지점과 큰 차이는 없는 것으로 보인다.

바. 降雨와 流出水中 物質濃度와의 關係

非降雨期間에는 논에 담수되어있는 물의 일부가 논두렁 삼투 혹은 횡침투로 인해 排水되는데 이러한 경우에는 流速이 매우 작고 流量도 크지 않아 배수로바닥이나 벽면에 많은 藻

類들이 번식하거나 有機物들이 침적하게 된다. 6), 7) 이러한 物質들은 降雨時 流出水에 의하여 씻겨나가게 되는데, 따라서 流出이 발생하기 시작하는 降雨初期단계에서는 汚染물질의 濃度가 증가하게 되고, 이 후 점차 시간이 지나감에 따라 농도는 떨어지게 된다.

本 調査에서는 측정기간 중 비가 내린 9월 11日 S3에서 T-N은 0.5mg/l, T-P가 0.695mg/l였으나, 24시간 후 9월 12일에는 T-N이 0.45mg/l, T-P가 0.381mg/l였다. 즉 降雨초기에는 流砂 및 각종 有機物의 이동으로 濃度가 증가하고, 시간이 경과함에 따라서 낮아짐을 알 수 있다.

3. 物質收支 分析

가. 施肥에 의한 투입량

괘랑리地區에서 施肥量을 설문형식으로 조사한 결과, 단위면적당 평균 窒素(N) 130kg/ha, 인(P) 72kg/ha로 나타났다. 現在(1986) 우리나라의 全體農耕地의 단위면적당 施肥量인 질소(N) 163kg/ha, 인(P) 75kg/ha가 밭을 포함한다는 것을 고려한다면 논외의 경우 이보다 약간 적은 양이므로 本 調査地區에서의 결과를 國內 農耕地의 단위面積당 流出負荷量으로 채택, 적용할 수 있다고 생각된다.

앞에서 排出濃度를 비교한 日本의 우마가계 및 시마자키地區의 施肥量과 괘랑리地區의 施肥量을 비교해 보면 다음 Table-5와 같다.

Table-5. The amount of fertilizer used in paddies.²⁵⁾

	unit : kg/ha		
	GWERANGRI	UMAGAKE (JAP)	SIBAZAKI (JAP)
N	130	77	75
P	72	74	93

本 調査地區가 日本의 경우에 비해 磷은 비슷한 양이 施肥되었고 窒素는 훨씬 많은 양이 施肥되었음을 알 수 있다.

나. 灌漑用水에 의한 窒素 및 磷의 流入量

灌漑用水에 의해서 地區內 流入된 양은 질소(T-N)가 총 205.8kg, 인(T-P)이 77.3kg으로

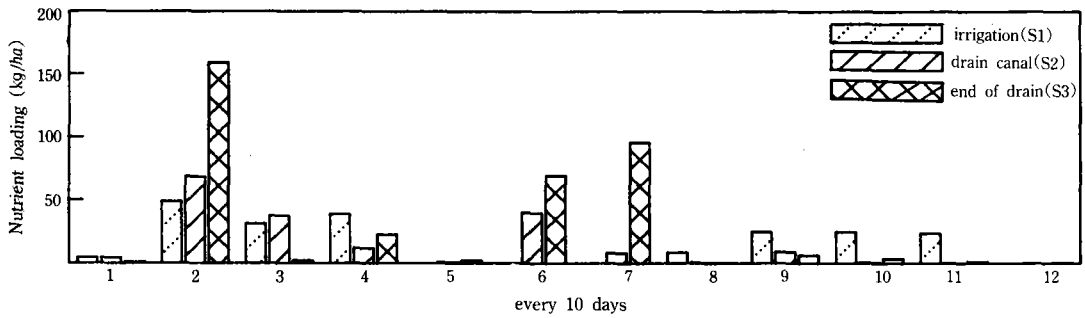


Fig. 6. T-N loading in irrigated and drained water.

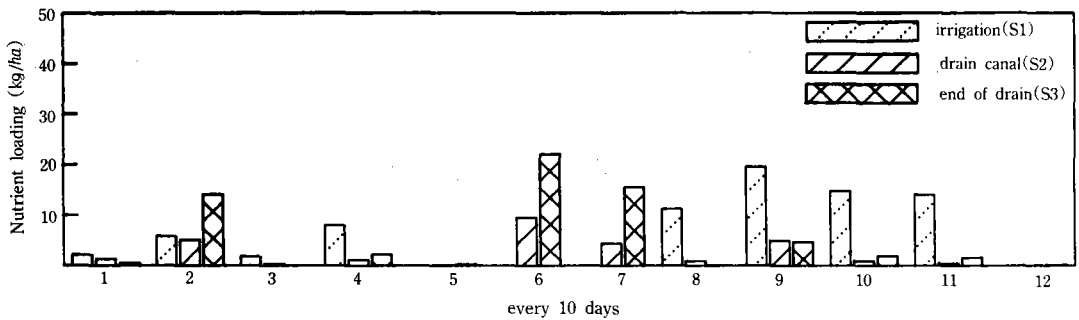


Fig. 7. T-P loading in irrigated and drained water.

나타났다. 各 時期別로 流入된 T-N과 T-P量은 Fig. 6, Fig. 7과 같으며 그 변화는 비교적 크지 않았다.

장마以後에는 用水에 의한 인의 유입량이 增加된 것은 장마기간동안 用水源인 貯水池에서 유입수와 더불어 다량의 流砂와 汚染物質이 流入됨으로 인해 貯水池 자체의 物質濃度가 增加하였기 때문인 것으로 사료된다.

다. 排水에 의한 窒素 및 磷의 流出負荷量 각 시기별로 배출된 窒素, 磷의 負荷量은 Fig. 6, Fig. 7에 나타난 바와 같다.

本 調査地區에서 배출된 질소(T-N)와 인(T-P)은 각각 362.6kg, 63.4kg으로 나타났다. 排出된 全體 窒素負荷量 중에서 移秧期和 장마기간에 배출된 양이 대부분 차지하는데 이것은 移秧期에 流量은 적지만 高濃度의 排水水가 그리고 장마기간에는 濃度는 높지 않으나 流量이 많았던 데 기인하는 것으로 생각된다.

T-P는 장마기간 동안에 많은 양이 排出되었는데, 이것은 호우에 의한 流出과 더불어 流砂

粒子에 흡착된 상당량의 磷이 排出되었기 때문에 사료된다. 장마직후인 8월 初부터는 用水에 의해 공급된 질소나 인의 양보다 排水에 의한 양이 오히려 더 작는데, 이것은 논에서 용수에 의해 공급된 窒素, 磷을 분해, 흡수하였기 때문으로 생각된다.

本 調査地區에서의 調査結果와 日本에서의 結果를 비교해 보면 Table-6과 같다.

Table-6. Nutrient loading at each study.

unit : kg/ha

	GWERANGRI	UMAGAKE (JAP)	SIBAZAKI (JAP)	ZIGA (JAP)
T-N	12.4*	10.2	44.2	82.7
T-P	2.2	0.3	4.8	87.0

* : TKN

Table-6에서 나타난 바와같이 물관리유형에 따라서 排出負荷量이 큰 차이를 보여주고 있음을 알 수 있다.

라. 農耕地 單位面積當 T-N 및 T-P 排出負荷量

괘랑리地區에 대한 單位面積當 流出負荷量은 T-N 12.4kg/ha, T-P 2.2kg/ha로 계산될 수 있었다.

그러나 本 調査研究를 행한 期間이 5월中旬부터 9월까지만으로 제한하였고, 降雨量이 예년에 비해 약 30%가량 적었기 때문에 農耕地로부터의 年間排出量은 이보다 다소 높을 것으로 추정된다.

調査地區의 排出特性을 규정짓기 위해 가로축을 物質收入量, 세로축을 物質流出量으로하여 定點해보면 Fig. 8과 같이 나타낼 수 있다. 여기에서 45° 대각선 아래에 위치하는 경우 吸收形, 윗쪽에 위치하는 경우 排出形으로 볼 수 있다.²⁵⁾

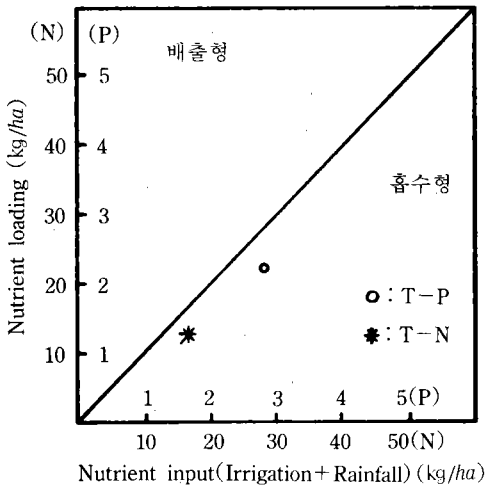


Fig. 8. Loading characteristics at Gwerangri paddies.

本 調査地區에서는 排出負荷特性이 吸收形으로 나타났는데, 이것은 全體排出量에서 침투에 의한 양이 제외되었으며, 磷이 가지는 吸着性으로 인한 것으로 보인다.

時期別로 나누어서 排出負荷量을 살펴보면 本 研究對象地區와 같이 저수지를 용수원으로 하는 농경지에 있어서는 장마 以前에 施肥로 인해 農耕地는 窒素를 排出하는 汚染源으로서, 그리고 장마 以後에는 汚染物質을 吸收하는

淨化池 또는 處理池로 간주할 수 있다.

괘랑리地區에서의 T-N, T-P의 總 流出入에 대하여 整理하면 Table-7과 같다.

Table-7. Input and output of T-N and T-P in Gwerangri.

unit : kg/ha

	irrigated	fertilizer	rainfall	drained
T-N	7	130(N)	9.0	12.4
T-P	2.7	72	0.2	2.2

한편, 日本의 경우 農耕地로부터 窒素, 磷의 負荷를 調査한 결과 年間 排出量 中 生育期間 동안 窒素는 52%, 磷 84%가 排出되고 나머지는 비작부기간동안에 降雨에 의해서 流出되는 것으로 나타났다.^{22), 23)} 그리고 年間 全體 地表流出負荷量 중에서 5월부터 9월까지의 기간동안에는 窒素는 41%, 磷은 42%가 流出된 것으로 나타났는 바,^{22), 23)} 이와같은 비율을 本 調査結果에 적용하여 換算하면 年間 우리 나라에서는 논의 單位面積當 T-N이 약 30kg/ha/year, T-P는 약 5.2kg/ha/year의 流出負荷量을 가지는 것으로 추정된다.

IV. 摘要

水質管理 및 豫測에 必要한 기초자료 제시를 目的으로 논으로부터 負荷되는 汚染物質 中 全窒素와 全磷의 排出量을 조사하기 위하여 1988年 5月 中旬부터 9월 中旬까지의 水稻 生育期間동안 灌溉用水量과 排水量 및 각각의 濃度를 調査, 分析한 結果를 要約하면 다음과 같이 整理할 수 있다.

1. 本 調査地區로부터 흘러나온 排水量은 總 151,300m³, 水深單位로, 516.4mm였다.

2. 調査期間 115日동안 29.3ha의 논으로부터 배출된 全窒素量은 362.6kg으로서 單位面積當 排出負荷量은 12.37kg/ha 이고, 全磷의 排出量은 63.4kg으로서 單位面積當 排出負荷量은 2.17kg/ha로 나타났다.

3. 排出負荷量조사결과 農耕地로부터의 배

출부하량이 時期別로 큰 차이가 있는데, T-N 배출량의 25%가 5월 26일부터 6월 4일까지의 施肥直後동안에, 약 60%가 7월 5일부터 7월 24일까지의 장마기간동안에 集中되었다. T-P의 경우에는 全體 배출부하량의 58%가 7월 5일부터 7월 24일까지의 장마기간에 집중배출되는 特性을 나타냈다.

4. 年間 논으로부터의 單位面積當 流出負荷량은 窒素가 약 30kg/ha/year 그리고 磷은 약 5.2kg/ha/year로 推算되었다.

5. 장마以後 갈수기에는 29.3ha의 調査地區에 灌溉水에 의해 T-N 82kg, T-P 59.6kg이 流入되었으나 대부분 흡수, 제거되어 T-N 11.5kg, T-P 8.4kg 만이 排出되었다.

6. 河川으로 排出되는 負荷량은 河川을 따라 流下하면서 水路內 식생 등에 의해서 濃度가 減少되었는데 農耕地 以外的 다른 汚染源으로부터의 負荷에도 불구하고 0.9km 下流部에서의 平均濃度는 논으로부터의 排水中 平均濃度 T-N 3.84mg/l, T-P 0.57mg/l 보다 각각 1.82mg/l, 0.056mg/l 낮게 나타났다.

參 考 文 獻

1. 經濟企劃院 調査統計局, 1987, 韓國統計年鑑, 經濟企劃院.
2. 農協中央會, 1986, '87農協年鑑, 農業協同組合中央會.
3. 박동욱, 1986, 대청호 일부 호수역의 成層化現象과 藻類의 1次 生産성에 관한 조사 연구, 서울大學校 保健大學院 碩士學位論文, p. 23.
4. 서울大學校 農業開發研究所, 1987, 淡水湖의 環境汚染 및 富營養化防止對策樹立研究(I), 농림수산부 농업진흥공사, p. 228.
5. 양상현, 1982, 水質工學(I), 동아학연사, p. 122.
6. 최의소, 조광명, 1987, 環境工學, 청문각, p. 72.
7. 홍준호, 1986, 水質汚染概論, 형설출판사, p. 222.

8. 환경청, 1987, 環境汚染公正試驗法, 녹원출판사, p. 116.
9. Dale, J. T., 1979, Abating agricultural pollution (1) : Project clearwater, J. of WPCF 51 (1) : 10-12.
10. Frere, M. H., 1973, Adsorption and transport of agricultural chemicals in watersheds, Trans. of ASAE 16(3) : 569-572.
11. Haith, D. A. and L. J. Tubbs, 1980, Watershed loading functions for nonpoint sources, ASCE, Vol. 107, No. EE1 : 121-137.
12. Karr, J. R. and I. J. Schlosser, 1978, Water resources and land-water interface, Science Vol. 201 : 229-234.
13. Lashkari, R. S., C. L. Hwang and L. T. Fan 1977, Regional management of urban and agricultural pollution. J. of WPCF 49(12) : 1877-1888.
14. Mitchell, R., 1974, Introduction to environmental microbiology, Prentice-Hall, Inc., pp. 189-211.
15. Schepers, J. S., et. al., 1980, Agricultural runoff during a drought period, J. of WPCF 52(4) : 711-719.
16. Schwab, G. O., N. R. Fansey and D. E. Koppak, 1980, Sediment and chemical content of agricultural drainage water, Trans. of ASAE 23(6) : 1446-1449.
17. Sweeten, J. M. and D. L. Reddel, 1978, Nonpoint sources : State-of-art overview, Trans. of ASAE 21(3) : 474-483.
18. Tubbs, L. J. and D. A. Haith, 1981, Simulation model for agricultural non-point source pollution, J. of WPCF 53(9) : 1425-1433.
19. Wanielista, M. P., et. al., 1977, Nonpoint sources effects on water quality, J. of WPCF 49(3) : 441-451.
20. Weidner, R. B., et. al., 1969, Rural runoff as a factor in stream pollution, J. of WPCF 41(3) : 377-384.

21. Whipple, Jr. W. and J. V. Hunter, 1977, Nonpoint sources and planning for water pollution control, J. of WPCF 49(1) : 15-23.
22. 國松孝男, 1985, 農耕地かちのN, P 負荷 その 1, 環境技術 14(1) : 114-119.
23. 國松孝男, 1985, 農耕地かちのN, P 負荷 その 2, 環境技術 14(2) : 195-202.
24. 須藤清次, 1982, 水質環境 におする 土地利用體系と水田の役割, 日本農業土木學會誌 50(1) : 19-24.
25. 田淵俊雄, 外 3人, 1979, 水田かちの窒素の濃度とその流出入, 日本農業土木學會誌 47(11) : 859-864.
26. 岩井重久, 井上束輝, 1985, 閉鎖性水域 非特定汚染 1, 環境技術, 14(1) : 108-113.
27. 田淵俊雄 外, 1988 農耕地の排出負荷特性, 京都大學農學部, 未發表.