

논으로부터 배출되는 영양물질 오염부하량 원단위 산정 방법 개선 방안 검토

정재운 · 윤광식[†] · 최우정 · 최우영 · 주석훈* · 임상선 · 곽진협 · 이수형** · 김동호** · 장남익**

전남대학교 생물산업공학과(농업과학기술연구소)

*한국농촌공사

**국립환경과학원 영산강물환경연구소

Improvement Measures of Pollutants Unit-Loads Estimation for Paddy Fields

Jae-Woon Jung · Kwang-Sik Yoon[†] · Woo-Jung Choi · Woo-Young Choi

Seuk-Hun Joo* · Sang-Sun Lim · Jin-Hyeob Kwak · Soo-Hyung Lee**

Dong-Ho Kim** · Nam-Ik Chang**

Department of Biosystems & Agricultural Engineering, Chonnam National University

(Institute of Agricultural Science & Technology, Chonnam National University)

*Korea Rural Community & Agriculture Corporation

**Yeongsan River Environment Research Center, National Institute of Environmental Research

(Received 19 February 2008, Accepted 31 March 2008)

Abstract

Pollutant unit load developed by Ministry of Environment (MOE) in 1995 has been a tool commonly used for water quality management and environmental policy decision. In spite of the convenience of the method in application, the shortcoming of the method has been criticized especially for nonpoint source pollution from paddy field. In this paper the estimation procedures of pollutant unit load from paddy field in the major river basins (Han, Nakdong, Geum, and Youngsan river) were investigated, and some suggestions of improvement measures of the unit-load estimation were made. The investigation showed that the distributions of rainfall, run-off, and run-off ratio, which are the most important factors affecting discharge amount of pollutants, were not similar among river basins. Such differences seemed to result in a greater unit loads estimation at Han river and at Nakdong river watersheds compared to the others. Therefore, it is not likely to be rationale to compare unit load among the watersheds without consideration of such differences. We conclude that estimation of unit-load through an intensive monitoring of pollutant discharge is crucial for better estimation of unit-load. When such an intensive monitoring is not easy due to labor and expense restriction, we suggest that unit-load should be estimated based on the storm-events which is a representative rainfall-runoff event of the area.

keywords : Non-point source pollution, Pollutants load, Total N, Total P, Unit loads

1. 서론

우리나라의 경우 전체 면적의 64.1% (639만 ha)가 임야로써 가장 많은 면적을 차지하고 있으며, 그 다음이 논으로써 전체면적의 10.9% (108.4만 ha)로 인간의 활동이 이루어지는 단일 토지이용으로써는 가장 많은 면적을 차지하고 있다(농림부, 2007). 전체 수자원 이용량 중 농업용수 이용량은 약 47%를 차지하고 있어 논을 수문환경이 하류 수계에 미치는 영향은 큰 것으로 추정되고 있다(건설교통부, 2007). 산업체나 도시에서 유출된 점원오염은 오수 처리기술 및 설비투자의 진전에 따라 상당량 제어가 가능해짐에 따라 상대적으로 호소와 같은 폐쇄성 수역에서 농업 등에 의한 비점원오염의 기여도가 증대되고 있다. 정부의 4대강

물관리 종합대책에 따르면, 수계 전체 오염원 중 비점오염원이 수질오염에 상당한 영향을 미치는 것으로 조사된 바 있다(윤성규, 2002).

현재 우리나라 오염총량관리등 환경정책 수립에는 오염부하량 원단위(이하 '원단위')를 적용하고 있으며, 지금까지는 환경부가 1995년도에 실시한 비점오염조사 사업에서 얻어진 4대강 수계의 전국 평균값을 원단위로 사용하고 있다(환경부, 1995). 하지만, 비점오염의 유출량과 오염물질 배출량은 강우 조건에 크게 영향을 받으며, 특히 논은 강우량뿐만 아니라 인위적인 시비와 물관리 관행에 의해 크게 영향을 받기 때문에 수계특성을 고려하지 않는 획일적인 원단위의 적용에는 무리가 있다. 논으로부터 배출되는 연간 오염부하량을 정확하게 산정하기 위해서는 년 중 강우사상에 대한 정밀 모니터링이 필요하지만, 시간, 노력, 비용 등 현실적인 어려움 때문에 일반적으로 수계의 대표 강우 사

[†] To whom correspondence should be addressed.

ksyoon@chonnam.ac.kr

상 실측치로부터 년 부하량을 산정하는 방법이 널리 이용된다. 환경부의 원단위는 년 중 수개의 강우사상에 대해 유량과 수질을 측정하여 시료채취기간에 대해 계산한 값을 연간으로 환산하여(kg ha⁻¹ → kg ha⁻¹ yr⁻¹) 계산되었기 때문에 전문가 그룹에서 원단위의 대표성에 대한 의문이 끊임없이 제기되고 있다.

이와 같은 시점에서 기존 원단위 산정과정을 비판적으로 고찰하고 원단위 추정 방법에 대한 개선 방안을 논의할 필요성이 제기된다. 따라서, 본 연구에서는 현재 널리 이용되고 있는 환경부의 원단위 산정시 측정 자료를 4대강 수계별로 비교 고찰하고, 특히 영산강 수계의 경우 2004년에 함평군 시험 논 지구에서 실측한 수문 및 수질 자료와 비교하여 현 원단위의 문제점을 파악함으로써 향후 원단위 산정의 개선 방안을 제시하고자 한다.

2. 연구 방법

2.1. 환경부 원단위 산정 방법

환경부의 비점오염원 조사연구사업 보고서(1995)에 의하면 한강, 낙동강, 금강, 영산강 유역에서 각각 3 지점의 논에서 6월부터 9월까지 발생한 강우 사상 중 5~6개에 대해서 부하량을 실측하여 원단위를 산정하였다. 원단위를 연간으로 환산하는 방법으로서 유효우량비법, 직접강우희수 적용법, 유출량비법, 유출량-가중농도법 등이 있으며, 해당 보고서에서 적용한 방법은 유효우량비법이며, 그 식은 다음과 같다.

$$\text{연간 부하량} = (\text{단위강우유출부하량}) \times (\text{10년 평균 10 mm 이상 연간 총강우량/실측단위 강우량}) \quad (1)$$

이 방법은 불투수층이 많은 도시 유역의 비점오염 원단위 산정에 적용되는 방법으로, 농촌유역 특히 논이 많은 지역에서는 사용시 주의를 요한다. 조사시 강수량 크기가

는 저류능에 비해 과소하면 단위강수량유출부하가 과소하게 추정될 수 있으며, 빈도가 작은 큰 강수를 대상으로 한 경우에는 단위유출부하 및 원단위가 과대해질 수 있기 때문이다.

본 연구에서는 환경부의 비점오염원 조사연구사업 보고서(1995)에 수록된 강수량, 유출량, 수질 자료를 검토하여 수계별 차이를 고찰하였으며, 강수량, 단위강수량유출부하, 원단위의 관계를 살펴보았다. 또한, 영산강 수계내 논유역을 대상으로 정밀 현장조사를 실시하여 T-N, T-P오염 부하량을 산정하였고, 조사된 자료와 영산강 유역의 환경부 논 원단위와 비교하였다. 환경부 원단위 산정시 비우량법에 쓰인 강우, 유출, 수질 자료와 본 연구에서 조사된 자료와 비교하여 비우량법 이용시 적합한 자료의 특성을 파악하였다. 논의 저류 특성을 고려하면 초기유출수 효과가 있는 도시비점오염과 달리 작은 강수량만을 대상으로 유효우량비법을 적용하면 오염부하가 과소하게 평가된다는 가정을 검토하기 위해 본 연구에서 조사된 실측 자료를 이용하였다.

2.2. 시험지구

전라남도 함평군 엄다면 화양리의 논지구(이하 ‘학야지구’, Fig. 1) 1102-1번지부터 1104-5번지까지의 논을 대상으로 2004년 영농기간(5~9월) 동안 수문 및 수질 자료를 실측하여 부하량을 산정하였다. 학야지구의 관개용수는 한국농촌공사 함평지사에서 관리하는 대동저수지(관개면적 992.3 ha, 저수용량 5,309천 m³)이다. 학야지구는 동쪽에 함평천이 흐르며 서쪽에는 주 배수로가 위치하며, 유역면적은 13.7 ha이다. 표토(0~10 cm)의 토성은 미사질양토(모래 11.7%, 실트 61.4%, 점토 26.9%)였다. 각 지구의 배수로 말단에 수위계를 설치하여 수위-유량 관계식을 이용하여 유량을 구하였고, 강우사상시 수질 시료를 채취하여 T-N, T-P를 공정시험법에 준하여 분석하였다. 오염부하량은 유량과 농도의 곱으로 계산하였다.

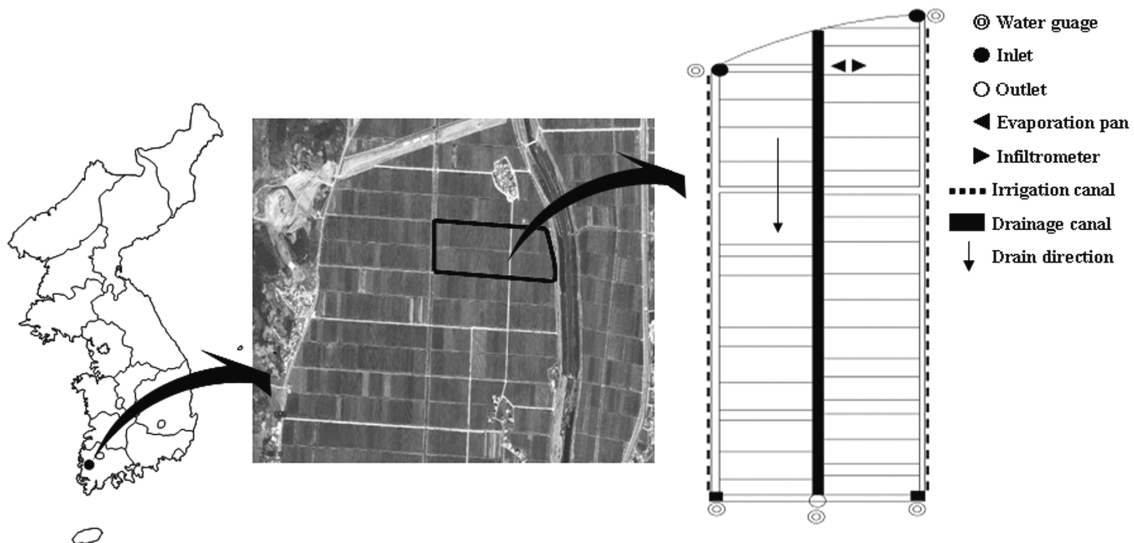


Fig. 1. Location of the study site.

3. 결과 및 고찰

수계의 강우사상 자료를 대상으로 유효우량비법을 적용하여 계산한 수계별 논 원단위를 검토하면 총인(T-P)과 총질소(T-N) 부하량은 한강과 낙동강 수계가 금강 또는 영산강 수계보다 높은 것으로 나타났다(Table 1). 반면, 영농기간동안 발생한 모든 강우 사상과 비강우시에 대해 조사한 영산강 수계 학야지구의 부하량을 환경부에서 조사한 영산강 수계의 값과 비교하면 T-P 부하량은 유사한 것으로 조사되었지만, T-N 부하량은 학야지구가 높은 것으로 조사되었다. 수계별 각 오염물질의 원단위 차이가 실제 경향을 반영하는지 여부를 판단하기는 어렵지만, 실측된 현장 자료(강우량, 유출량, 유출률, 오염물질농도)를 분석함으로써 향후 원단위 산정방법의 개선방향을 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 1. Pollutant unit-loads from paddy fields at four main river basins estimated by the Ministry of Environment and this study

River basin or site	T-N (kg ha ⁻¹ yr ⁻¹)	T-P (kg ha ⁻¹ yr ⁻¹)	Remark
Han	40.6	2.99	MOE (1995)
Nakdong	25.8	2.81	MOE (1995)
Geum	12.6	1.58	MOE (1995)
Youngsan	16.7	1.50	MOE (1995)
Hakya site	20.8	1.55	This study (2004)

3.1. 학야지구 2004년 실측자료

2004년 학야지구 수문, 수질, 오염부하량 실측자료는 Table 2, 3과 같다. 학야지구 영농기(5~9월) 총 강수량은 1,173.5 mm로 조사되었고, 총유출고 및 평균 유출율은 각각 657.7 mm와 51.1%로 나타났다. T-N, T-P 강우시 오염부하량은 각각 16.1, 1.21 kg ha⁻¹으로 나타났고, 비강우시 T-N, T-P 오염부하량의 경우 각각 4.7, 0.34 kg ha⁻¹으로 나타났다.

Table 2. Hydrology, observed water quality data, and pollutant loads of the hakya site for storm period

Event	Date	Rainfall (mm)	Runoff-depth (mm)	Runoff ratio (%)	Storage-depth (mm)	EMC (mg L ⁻¹)		Pollutants loads (kg ha ⁻¹)	
						T-N	T-P	T-N	T-P
1	2004-5-28/5-29	34.0	3.3	9.8	30.7	24.7	0.27	0.82	0.01
2	2004-6-17/6-26	272	128.2	47.1	143.8	5.2	0.17	6.70	0.22
3	2004-7-3/7-9	173.5	74.2	27.3	99.3	3.9	0.34	2.88	0.25
4	2004/7/11	5.0	2.5	49.4	2.5	2.9	0.57	0.07	0.01
5	2004-7-14/7-17	148.5	74.1	49.9	74.4	1.2	0.18	0.91	0.14
6	2004-8-4/8-6	34.5	21.9	63.4	12.6	1.5	0.15	0.32	0.03
7	2004/8/10	6.0	4.3	72.4	1.7	1.5	0.14	0.07	0.01
8	2004/8/13	19.5	4.2	21.7	15.3	1.6	0.15	0.07	0.01
9	2004-8-18/8-28	261.5	184.7	70.6	76.8	1.2	0.15	2.22	0.28
10	2004-9-10/9-15	137.5	92.4	67.2	45.1	1.2	0.15	1.13	0.14
11	2004-9-18/9-22	81.50	67.9	83.3	13.6	1.4	0.16	0.93	0.11
Average		106.7	59.8	51.1	55.8	4.2	0.22	-	-
Total		1,173.5	657.7	-	-	-	-	16.1	1.21

Table 3. Observed water quality data and pollutants loads of the Hakya site for non-storm period

Date	Concentration (mg L ⁻¹)		Pollutants loads (kg ha ⁻¹)	
	T-N	T-P	T-N	T-P
2004-5-30/6-16	12.7	0.19	1.30	0.02
2004-6-27/7-2	6.5	0.20	0.93	0.03
2004-07-10	3.3	0.54	0.08	0.01
2004-7-12/7-13	2.2	0.44	0.11	0.02
2004/7-18/8-3	1.4	0.21	0.71	0.11
2004/8-7/8-9	1.5	0.14	0.17	0.02
2004/8-11/8-12	1.6	0.15	0.11	0.01
2004/8-14/8-17	1.7	0.17	0.35	0.03
2004/8-29/9-9	1.3	0.10	0.65	0.05
2004-9-16/9-17	1.5	0.15	0.15	0.02
2004/9-23/9-30	1.4	0.16	0.15	0.02
Average	3.2	0.2	-	-
Total	-	-	4.7	0.34

3.2. 수계별 조사대상 수문자료 비교

1995년 비점오염 조사사업시 강우량 분포를 지역별로 살펴보면 한강은 9.7~414.0 mm (평균 118.8 mm), 낙동강은 28.5~115.7 mm (평균 68.5 mm), 금강은 13.5~51.4 mm (평균 31.1 mm), 영산강은 28.0~66.0 mm (평균 47.5 mm), 학야지구는 5.0~272.0 mm (평균 106.7 mm)로 나타났다(Fig. 2(a)). 따라서, 한강과 낙동강의 경우 100 mm 이상의 강우 사상을 포함하고 있는데 반해 금강과 영산강 수계의 경우 조사 시점의 강우량이 상대적으로 작았음을 알 수 있다. 특히 영산강 수계의 경우 1995년 환경부 조사 시에 비해 2004년 조사 시 평균 강우량이 2배 이상 높았다. 박연희와 박석순(2004)의 연구결과에 따르면 강우량과 부하량의 상관계수가 0.9이상의 높은 값을 나타낸다고 하였으며, 이와 같은 연구결과에 의하면 강우량 차이가 수계별 원단위 차이에 영향을 주었을 것으로 판단할 수 있다.

이러한 강우량 차이는 유출량과 유출률에도 영향을 미쳤

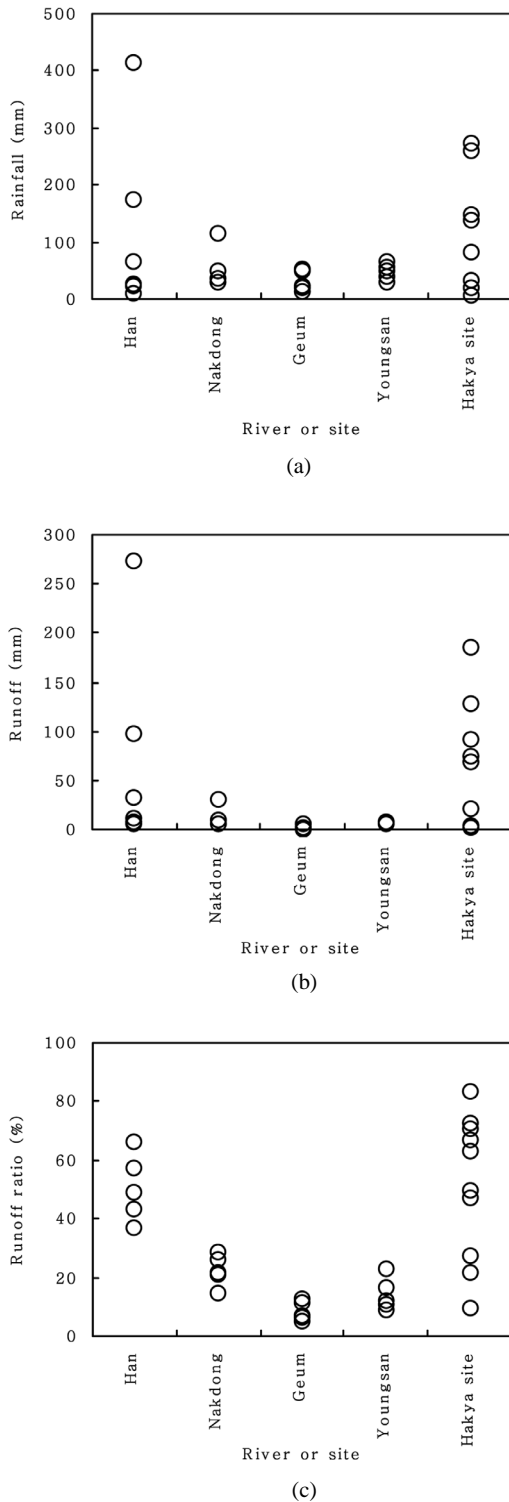


Fig. 2. Distribution of (a) rainfall, (b) runoff, and (c) runoff ratio of the monitored site of each river basin.

는데, 수계별 논 유출량의 분포는 한강 4.5~286.5 mm (평균 71.5 mm), 낙동강 2.9~43.0 mm (평균 16.4 mm), 금강 0.6~6.5 mm (평균 3.1 mm), 영산강 3.3~10.0 mm (평균 6.2 mm), 학야지구 2.5~184.7 mm (평균 59.8 mm)로 나타났다(Fig. 2(b)). 유출율은 한강 26.7~69.3% (평균 53.6%), 낙동강은 8.1~37.6% (평균 22.4%), 금강 4.0~

13.6% (평균 8.5%), 영산강 5.9~27.8% (평균 14.3%), 학야지구 9.8~83.3% (평균 51.1%)로 나타났다(Fig. 2(c)). 환경부에서 조사한 영산강 유역 자료에 비해 본 연구에서 조사한 학야지구는 강우량, 유출고, 유출률이 폭넓게 분포하였고 평균값도 차이가 있는 것으로 나타났는데, 이러한 차이가 환경부 조사 영산강 수계와 학야지구의 원단위 부하량 차이에 영향을 주었을 것으로 판단된다(Table 1).

논 유역은 많은 저류가 이루어지며, 물꼬높이, 초기담수심 등 인위적인 물관리 조작과 배수구와 배수로에서 지체 정도에 따라 유출특성이 결정된다고 볼 수 있다(임상준과 박승우, 1997). 논 유출량은 배수방식에 크게 영향을 받게 된다. 배수방식은 경작자에 따라 다르지만 대부분 적정담수심을 유지할 수 있는 배수물꼬를 만들거나 배수공을 설치하여 적정담수심 이상의 물은 자연적으로 배수되도록 하고 있다. 따라서 논과 배수물꼬는 각각 논둑을 경계로 저수지와 물넘이의 역할을 하는 것으로 생각할 수 있으며, 작은 강우의 경우 유출현상이 일어나지 않고 강수량이 큰 경우 물꼬 높이만큼 저류가 이루어진 후 전량배출되도록 되어 있다. 실제로 본 연구의 시험지구인 학야지구의 저류고를 조사한 결과 평균 저류고는 55.8 mm로 나타났다(Table 2). 따라서 유효우량비법으로 연간 원단위를 산정하려면 조사된 수계의 강우 사상의 평균이 논에서의 연간 강우-유출 사상 평균치에 근접하도록 조사되어야 하지만, 금강과 영산강 수계의 경우 한강이나 낙동강에 비해 조사대상 강우가 대부분 크기가 작아 논유출의 평균적인 조건을 반영하기 미흡하기 때문에, 수계별 원단위 비교는 부적절한 것으로 판단된다.

3.3. 수계별 조사대상 유출수 수질자료 비교

강우사상별 논 유출수의 유량가중 평균 T-N 농도는 한강 1.8~18.1 mg L⁻¹ (평균 7.9 mg L⁻¹), 낙동강 1.3~13.4 mg L⁻¹ (5.0 mg L⁻¹) 금강 1.3~5.6 mg L⁻¹ (2.4 mg L⁻¹), 영산강 2.6~10.3 mg L⁻¹ (5.0 mg L⁻¹), 학야지구 1.2~24.7 mg L⁻¹ (4.2 mg L⁻¹)이었다(Fig. 3(a)). 수계별 비교에 의하면 한강의 값이 가장 크고 금강의 값이 가장 작았으며, 환경부 조사 영산강 수계와 학야지구를 비교해 보면 T-N 농도 범위는 학야지구가 더 넓게 분포하였지만, 평균 농도는 학야지구가 낮게 조사되었다. T-P 농도의 경우 한강은 0.012~1.360 mg L⁻¹ (평균 0.322 mg L⁻¹), 낙동강 0.090~0.780 mg L⁻¹ (0.343 mg L⁻¹), 금강 0.047~0.520 mg L⁻¹ (0.318 mg L⁻¹), 영산강 0.138~0.540 mg L⁻¹ (0.302 mg L⁻¹), 학야지구 0.137~0.572 mg L⁻¹ (0.223 mg L⁻¹)으로 나타나서, 모든 수계의 T-P 평균 농도가 비슷하였으나, 영산강 수계의 T-P 농도 보다 학야지구가 더 낮은 것으로 조사되었다. 논 유역의 경우 관개와 낙수라는 특수한 물관리가 이루어지기 때문에 다른 비점오염원보다 유출특성이 상이하며, 같은 논이라 할지라도 시비량, 시비방법, 시비시기 등이 T-N, T-P 농도에 영향을 미친다(안익성 등, 2007; 윤춘경 등, 2003; 전지홍 등, 2005; 황하선 등, 2004). 특히, T-N의 경우 초기 시비 이외에도 추가로 2~3회의 시비가 이루어지기 때문에 각 시비

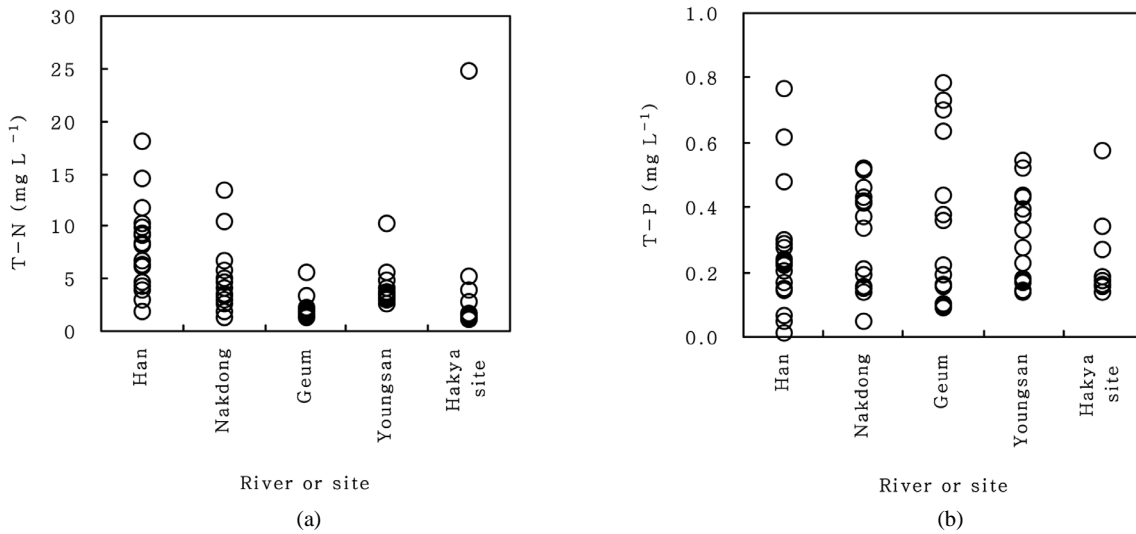


Fig. 3. Distribution of the event mean concentrations of (a) T-N and (b) T-P of the monitored site of each river basin.

직후 내리는 강우가 유출수 수질에 큰 영향을 미치지만, 환경부 비점오염조사 사업보고서에서는 구체적인 영농자료가 없기 때문에 수계별 논 유출수의 농도 차이가 시비관행에 의한 것인지 또는 조사대상 강우와 시비시기의 차이 때문인지는 규명하기 어렵다. 또한, 환경부 논 원단위 조사시점에 비하여 최근에는 시비 수준이 감소하고 있는 것도 T-N과 T-P 농도에 영향을 미칠 수 있다(윤광식 등, 2005).

3.4. 수계 조사대상 단위강우 부하 비교

강우사상별 논 유출수의 단위강우당 T-N 부하량은 한강 10.2~72.4 g ha⁻¹ mm⁻¹ (평균 40.3 g ha⁻¹ mm⁻¹), 낙동강 1.5~26.3 g ha⁻¹ mm⁻¹ (11.0 g ha⁻¹ mm⁻¹), 금강 0.6~6.4 g ha⁻¹ mm⁻¹ (2.2 g ha⁻¹ mm⁻¹) 영산강 2.4~22.0 g ha⁻¹ mm⁻¹ (7.5 g ha⁻¹ mm⁻¹), 학야지구 3.6~24.6 g ha⁻¹ mm⁻¹ (12.0 g ha⁻¹ mm⁻¹)로 나타났다(Fig. 4(a)). T-N 농도, 유출량 등이 가장 큰 한강 수계의 단위강우당 T-N 부하량이 가장 높게

나타났고, 금강 수계의 단위강우당 T-N 부하량이 가장 작았다. 환경부 영산강 수계와 학야지구의 단위강우당 T-N 부하량을 비교해 보면, 평균농도는 작지만 유출량이 큰 학야지구의 단위강우당 T-N 부하량이 더 크게 조사되었다. 단위강우당 T-P 부하량은 한강의 경우 0.07~0.27 g ha⁻¹ mm⁻¹ (평균 1.60 g ha⁻¹ mm⁻¹), 낙동강 0.08~1.45 g ha⁻¹ mm⁻¹ (0.67 g ha⁻¹ mm⁻¹), 금강 0.06~0.51 g ha⁻¹ mm⁻¹ (0.26 g ha⁻¹ mm⁻¹) 영산강 0.13~0.92 g ha⁻¹ mm⁻¹ (0.41 g ha⁻¹ mm⁻¹), 학야지구 0.27~2.83 g ha⁻¹ mm⁻¹ (1.05 g ha⁻¹ mm⁻¹)로 나타나서(Fig. 4(b)), 단위강우당 T-P 부하량은 한강의 값이 가장 크게 조사되었고, 금강의 값이 가장 작게 조사되었다. 환경부 조사 영산강 수계와 학야지구의 단위강우당 T-P 부하량은 학야지구가 더 크게 조사되었다. 모든 수계의 T-P 농도가 비슷하였지만 유출량의 차이로 인하여 단위강우당 T-P 부하량은 수계별로 차이가 크게 나타났다.

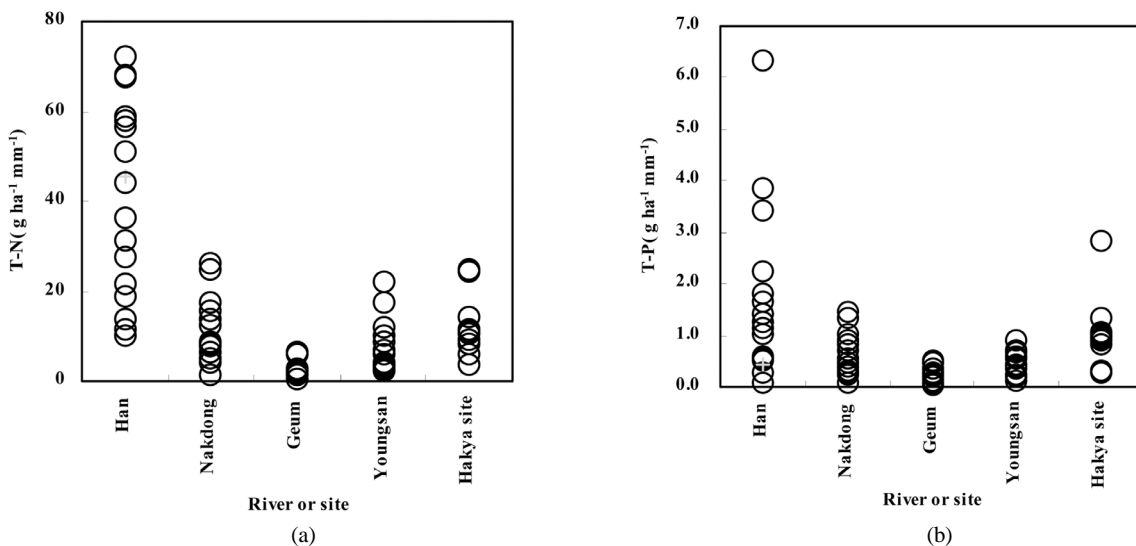
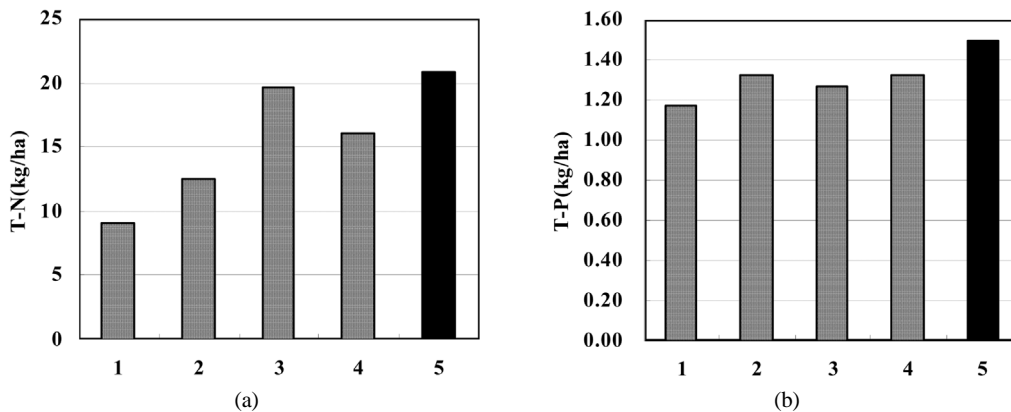


Fig. 4. Distribution of the pollutant load per rainfall of (a) T-N and (b) T-P of the monitored site of each river basin.



1 : Combination of 0~30 mm, 2 : Combination of 30~50 mm
 3 : Combination of rainfalls large than 100 mm,
 4 : Combination of small and large rainfalls, 5 : Observed load

Fig. 5. T-N and T-P Load at the Hakya site estimated by effective rainfall ratio method used by MOE.

3.5. 조사대상 강우량이 원단위 산정에 미치는 영향 검토

학야지구 실측 강우사상 자료 가운데 0~30 mm, 30~50 mm, 100 mm 이상의 자료를 이용하여 작은 강우사상들간의 조합, 큰 강우사상들간의 조합 그리고 각각의 강우사상들간의 조합을 유효우량비법에 적용하여 해당 강우사상별로 T-N, T-P 부하량을 산정해 보았다(Fig. 5). 그 결과, 0~30 mm 강우사상의 조합 T-N부하량은 9.1 kg ha^{-1} , 30~50 mm 조합은 12.4 kg ha^{-1} , 100 mm 이상은 19.7 kg ha^{-1} 로 산정되었으며, 0~30, 30~50, 100 mm 이상 강우사상 중 임의로 각각 하나씩의 강우사상을 추출해서 부하량을 산정한 결과 가장 큰 부하량의 값은 16.1 kg ha^{-1} 로 나타났고, T-P의 경우는 각 강우사상 조합 부하량이 1.2, 1.3, 1.3, 1.3 kg ha^{-1} 로 나타났다. T-N 부하량의 경우 작은 강우사상을 가지고 원단위를 계산한 결과는 부하량이 가장 작았다(Fig. 3). 하지만, 각 강우사상이 100 mm 이상 조합해서 산정한 부하량의 경우는 모니터링한 값과 비슷하게 조사되었다. 따라서, 작은 강우사상을 이용하여 원단위를 산정할 경우 과소해지는 것으로 판단된다. 반면, T-P의 경우는 강우량에 따른 부하량 차이가 크지 않았기 때문에, T-N에 비해 비우량법을 사용하여도 부하량 산정이 용이할 것으로 예상되었다.

4. 결론

오염부하량 산정을 위한 원단위는 현재까지 환경정책수립에 중요한 도구로 쓰이고 있다. 비점오염물질 부하량 추정을 위해서는 장기연속측정이 필요하나 이를 위해서는 많은 시간, 노력, 비용이 필요하므로 현재까지 환경부에서는 년 중 수개의 강우 사상에 대해 유량과 수질을 측정하여 시료 채취한 기간에 대해 계산한 값을 연간으로 환산하여 사용하고 있다. 오염총량제 실시를 위해 많은 지역의 부하량 산정을 위해 현재의 접근 방법은 계속 사용될 것으로 판단되기 때문에 이에 대한 검토가 필요하다. 환경부 비점오염원 조사연구사업의 원단위 수립을 위한 실측자료를 살펴본 결과 유효우량비법을 적용시 측정대상 강수량이 부하

량 산정에 큰 영향을 미침을 알 수 있었다. 따라서 합리적인 유효우량비법 적용을 위해서는 각 수계 논외의 평균적인 시기별 유출량 파악이 선행되어야 한다. 또한 유효우량비법은 비강우시 논에서 유출되는 오염부하량을 고려할 수 없기 때문에 이에 대한 고려도 필요한 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 2007년도 영산강·섬진강수계 환경기초조사사업의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

참고문헌

- 건설교통부(2007). 통계연보.
 농림부(2007). 농업생산기반정비사업통계연보.
 박연희, 박석순(2004). 강우강도에 따른 토지이용별 비점오염원 부하량 산정 함수 연구. *대한환경공학회지*, **26**(10), pp. 1070-1078.
 안익성, 김영철, 이동률(2007). 경작기 농경배수에 의한 오염물질의 배출. *한국물환경학회지*, **23**(2), pp. 266-273.
 윤광식, 최진규, 손재권, 조재영, 최우정(2005). 논으로부터 배출되는 오염부하 특성조사 및 오염부하 산정범용식 개발. *1년차보고서*, 국립환경과학원.
 윤성규(2002). *4대강 물관리 종합대책*. 세계 물의 날 기념 국제 세미나, 지속가능한 수자원 다원화 기술의 발전방향, 국립환경과학원, pp. 5-38.
 윤춘경, 황하선, 전지홍, 함종화(2003). 수도재배시 논에서 영양물질 수지 분석. *한국육수학회지*, **36**(1), pp. 66-73.
 임상준, 박승우(1997). 논외의 유출곡선번호 추정. *한국수자원학회지*, **30**(4), pp. 379-387.
 전지홍, 윤춘경, 최진규, 윤광식(2005). 관개방법에 따른 논에서의 수문 및 수질특성에 미치는 영향. *한국육수학회지*, **38**(1), pp. 118-127.
 환경부(1995). *비점오염조사사업연구보고서*.
 황하선, 공동수, 신동석, 전지홍(2004). 관개수원에 따른 논에서의 영양물질 배출 특성. *한국물환경학회*, **20**(6), pp. 597-602.