

낙동강 소유역 경지에서서 비점오염원 물질 발생 및 배출 특성

정용준 · 남광현* · 민경석†

경북대학교 환경공학과
*대구경북개발연구원

Generation and Discharge Characteristics of Non-point Pollutants from Farmlands of Small Watershed for Nak-dong River

Yong-Jun Jung · Kwang-Hyun Nam* · Kyung-Sok Min†

Department of Environmental Engineering, Kyungpook National University
*Daegu-Gyeongbuk Development Institute

(Received 3 February 2004, Accepted 10 June 2004)

Abstract : This study was carried out to investigate the generation and discharge characteristics of non-point pollutants from farmlands in Nak-dong river basin. Annual unit generation load of nitrogen and phosphorus by fertilization in the test paddy field was almost similar to those calculated by the fertilization standards of district agricultural technology center, but it was extremely higher in case of the test dry field. By comparing annual total generation load of nutrients from fertilization to the data of fertilizer marketing, the accurate forecasting of generation load of pollutants was achieved by marketing data. The annual total discharge ratio of nutrients through infiltration and overflow from the farmland of the test paddy field were 9.5% and 1.1%, respectively, and those in the test dry field were 22.0% and 0.1%, respectively. The monthly discharge load of nutrients were shown the highest proportioned to the discharge load from lands, but it showed higher in phosphorus, which was caused by the intermittent discharge of phosphorus accumulated in drainage.

keywords : Generation and discharge load, Non-point pollutants, Farmland

1. 서 론

소하천 유역내 오염부하 발생원은 점오염원과 비점오염원으로 구분되는데, 특히 비점오염물질(non-point pollutants)은 농지에 살포된 비료와 농약, 대기오염물질의 강하물, 지표상 퇴적 오염물질 및 합류식 하수관거 월류수내 오염물질 등으로서 주로 강우시 강우유출수와 함께 유출되는 오염물질을 말한다(환경부, 2001). 강우시와 같이 특정시기에 불명확하게 유역으로 발생하는 비점오염물질은 주로 토지 이용행위로 인해 발생되며, 발생량과 배출량은 일정하지 않고 변화가 심하며, 발생 및 배출 시기와 지점도 명확하지 않아 지역이 지나는 환경·수문학적 특성에 크게 영향을 받으므로 효율적인 관리에 많은 어려움이 있다(Ichiki et al., 1999; 이현동 외, 2001; 이현동 외, 2002). 미국(CH2M, 1990)에서는 1975년경, 일본(山田淳也, 1997)에서는 1978년경부터 이에 대한 연구가 시작되었으나, 우리나라에서는 1994년도에 처음으로 중앙정부차원에서 비점오염원에 대한 조사를 시행하였다.

팔당상수원유역 전체 오염량 가운데 비점오염원의 기여율은 발생량 기준으로 19.6%(배출량기준으로는 44.5%)정도

로 추정되며, 4대강 수계의 비점오염원 비율(BOD기준)을 보면, 한강, 낙동강, 영산강·섬진강 및 금강·만경강·동진강 유역에서 각각 30.7, 25.4, 37.4 및 21.7%로 나타났다.

또한 지금까지의 수질관리는 주로 생활하수, 공장폐수, 축산폐수등과 같은 점오염원에서의 오염부하 삭감을 중심으로 한 수질오염 저감대책을 실시하여 왔고, 이로 인해 초기에는 어느 정도 수질개선 효과가 있었으나, 점차 수질개선 효과가 둔화되거나, 정체되어 점오염원 중심의 수질개선 대책에 한계를 드러내었다. 이러한 원인은 전체 오염부하 발생량의 20~30%라는 많은 부분을 비점오염원이 차지함에도 불구하고, 이에 대한 관리 소홀과 비점오염물질을 저감하는 특별한 방안을 강구·시행하는데 어려움이 있었기 때문이다.

이와같이 강우시 비점오염원에서 유출되는 다량의 오염물질로 인하여 하천과 호소의 수질은 크게 개선되지 않고 있어, 수질개선을 위한 점오염원 규제와 아울러 비점오염원 관리도 시급한 실정에 놓이게 되었다(한재석 등, 2000; 이상훈 등, 2001; 나은혜 등, 2001; Loucks et al., 1991; 田淵俊雄 外, 1985; 國松孝男 外, 1986).

이러한 시점에서 비점오염물질의 발생 및 배출 특성에 관한 연구는 매우 시의 적절하며, 물관리정책의 효과적인 수립을 위해 수행되는 수질모델링에도 많은 기초 자료를

† To whom correspondence should be addressed.
ksmin@knu.ac.kr

제공할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 다양한 비점오염원 가운데 오염물질 발생과 배출량 비율이 가장 높은 경지(논, 밭)를 오염물질 발생 및 배출 특성연구의 주 대상으로 하여, 7월에서 10월말까지 한정된 기간동안 실제 특정 배수구역의 경지를 대상으로 비점오염물질의 발생 및 배출특성을 조사·분석하였다.

2. 연구방법

2.1. 연구개요

경지에서 발생하는 오염부하와 배출 특성을 파악하기 위해 경작의 주요오염원인 비료에 대해 알아보고, 논농사와 파수원 및 밭농사에서 시비와 관개등을 파악하였다. 경지에서 시비투여량 정보를 이용한 시기별 시비에 따른 오염물질(질소, 인 등)의 발생부하 원단위와 경지내 작물, 토양, 관개, 기상 및 수문 특성등의 다양한 인자를 고려한 배출부하 원단위를 결정하는 표준적 방법을 연구하였다. 경지에서 배출된 시비부하가 배수구역 말단에 도달된 유달부하량에 미치는 기여도를 평가하였다.

본 연구에서 도출된 경지(논, 밭)에서의 오염물질 발생 및 배출특성을 실증하기 위하여, 자료수집과 현장조사 및 접근성이 용이하며, 배수구역의 범위가 명확한 낙동강 지천 소배수구역 가운데 대표적인 지점을 선정하였다. 또한, 선정된 소배수구역내 특정한 경지를 지정하여 오염물질 발생 특성과 배출특성을 집중적으로 실증하고, 기존의 연구결과와 비교·평가하였다. 본 연구에서는 최근 부영양화 문제

로 부각되고 있는 질소, 인을 주 연구대상 오염물질로 하였다.

2.2. 시험경지

연구대상 배수구역은 농경지외에는 특별한 오염원이 분포하지 않으며, 자료수집과 현장조사 및 접근성이 용이하고, 배수구역의 범위가 명확한 낙동강 지천 소배수 구역을 선택하였는데, 선택한 배수구역은 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 낙동강 중류지역의 배수구역인 경상북도 청도군 이서면에 위치한 대곡천을 선정하였다. 대곡천은 지방하천 2등급으로 밀양강의 제 1지류인 청도천으로 유입되며, 밀양강은 최종적으로 낙동강에 유입하게 된다. 대곡천은 경상북도 청도군 이서면 봉화산의 남동쪽 사면에 위치한 대곡리에서 발원하여 지류인 금혁천과 합류한 후, 경상북도 청도군 화양읍 토평3리(은행정)에서 청도천 본류와 합류된다. 대곡천의 총 유로연장은 10.6km이고, 유역(배수구역)면적은 43.08km²이다. 배수구역내 지목별 토지이용을 보면, 산림을 제외하고는 대부분이 경지(논, 밭)로 이루어져 있다. Fig. 1에 나타낸 바와 같이 대곡천 배수구역내에는 대곡천을 본류로 하는 많은 소하천이 잔가지처럼 연결되어 있으며, 대부분의 소하천 상류에는 농업용 저수지가 위치하여 유역내 강수를 저장한 후 경지의 관개에 이용하고 있다.

대곡천 배수구역을 가장 작은 행정단위인 리별로 나누어 보면, 대곡리 등 이서면내 13개 리가 포함되어 있으며, 화양면의 일부(토평3리)가 포함된다. 시험 경지(논, 밭)는 대곡천 배수구역내 오염물질 발생특성과 배출특성을 집중적

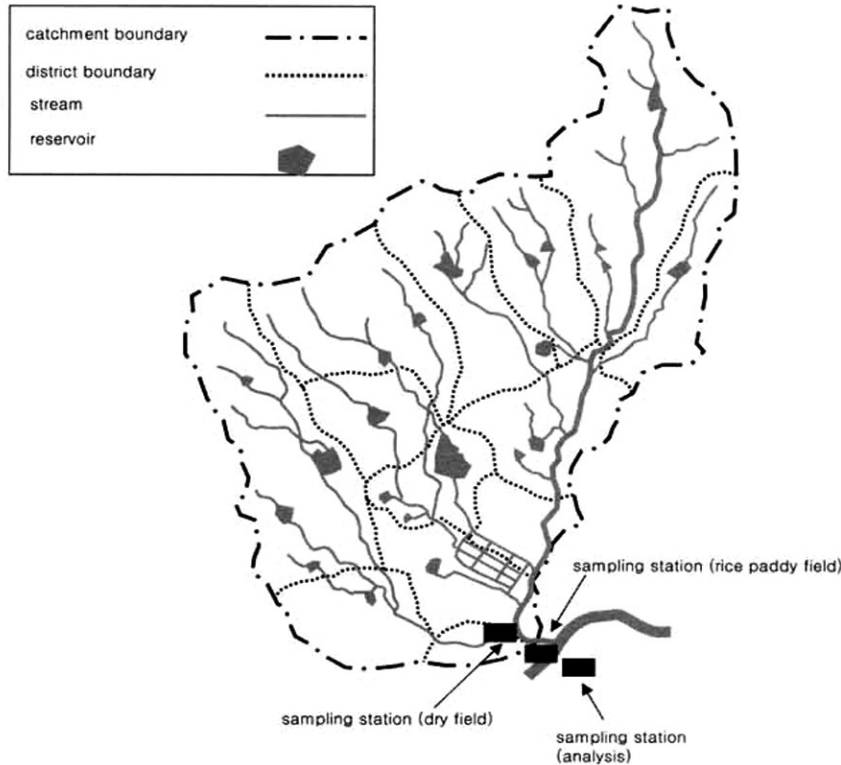


Fig. 1. Sampling sites in Dae-Gok watershed.

으로 실증·조사할 수 있는 곳으로 접근성과 관리가 용이한 곳을 선정하였다.

시험논은 경상북도 청도군 이서면 학산리 89-1번지 일원에 위치한 1,984m²(약 600평) 규모의 논으로, 중만생종 대산벼와 남양벼가 경작되고 있었고, 다양한 벼의 일생을 거쳐 11월에 수확되었는데, 주로 질소, 인, 칼리 성분의 조성비가 각각 22%, 12% 및 12%인 신세대 복합비료와 요소내의 질소성분(인성분은 없음)의 조성비가 45%인 요소비료를 시비하였다. 시험밭은 경상북도 청도군 화양읍 토평3리(은행정) 763번지 일원에 위치한 5,286m²(약 1600평) 규모에 대추나무가 약 20주씩 열식되어 총 300주가 식재되어 있는데, 이는 11월에서 이듬해 3월까지 휴면기에 있다가 4월부터 10월까지 생육기가 된다. 시비 특성은 휴면기인 12월에 밀거름으로 약 30톤의 돼지 분뇨(돼지 뇨 80%, 돼지 분 30% 점토 섞인 액비)를 유기질 비료로 하여 2년 주기로 밭 전체에 시비한다. 돼지 분뇨내의 질소, 인의 성분 분석 결과 질소 1.4%, 인 2.0%된다. 생육기인 6월 15일(통상적으로는 타 과수보다 늦은 7월중에서 7월말에 시비)에 NK 복합 비료를 10a당 12kg의 시비기준으로 대추밭 전체에 약 200kg을 시비하였다. NK 복합비료내의 질소 성분은 18%, 인성분은 없는 것으로 나타났다.

2.3. 조사 및 방법

2.3.1. 발생부하

시비는 논과 밭같은 경작지에 거름, 즉 비료를 주는 과정으로서 작물에 주고자하는 비료의 모양(비료형태), 시비 시기, 위치 및 양이 시비에서 중요한 사전 지식으로 인식되고 있다. 시비량의 경우 일반농가에서는 오랜 농사 경험 끝에 재배하는 작물의 대체적인 비료량(관행시비량)을 알고 있는 반면, 작물재배와 비료 주는 방법을 연구하는 연구기관에서 작물의 종류별로 토양중의 양분 함량을 측정하고 작물이 흡수이용한 양을 구하고 난 뒤 적절한 비료주는 양(기준시비량 또는 적정시비량)을 결정하는 방법이 있다.

배수구역내 논, 밭 및 과수원에 시비된 비료로 인한 질소와 인의 총발생 부하량을 산정하기 위해서는 실제로 모든 농가를 직접 방문하여 비료 시비량을 조사하여야 하나 한정된 기간으로는 불가능하였으므로, 본 연구에서는 배수구역내 경지의 면적과 작물재배 실태관련 자료는 면사무소로부터 제공받았고, 작물의 표준 시비기준량과 시비시기 등의 자료는 농업기술센터로부터 제공받았다. 비료 판매실적과 관련된 자료는 배수구역이 포함된 면지역을 관할하는 농협으로부터 제공받았다. 또한 대곡천 배수구역내 각 경지의 작물재배면적과 시비기준량 및 시비시기(월별)자료를 이용하여 연간 월별 오염물 시비부하 발생원단위를 산정하였다.

2.3.2. 배출부하

경지에서 시비로 인해 발생한 오염부하의 배출된 특성을 연구하기 위해 우선 대곡천 배수구역내에서의 대곡천 유역 기상관측자료를 농업기술센터로부터 제공받아 분석하였으며, 대곡천 유역의 강수량 등 수문특성을 조사하였다. 시험

경지에서의 오염부하 배출특성을 조사하였는데, 본 연구는 장마 기간중인 7월부터 가을 추수가 종료되는 10월까지 한정된 기간내에 조사되었으며, 시험논과 밭에서 강우로 인한 월류유출수의 수질을 실측하여 지표면 배출부하량을 도출하였다. 시험논에서 지하용탈 부하량을 산정하기 위해 지하침투율을 실측하였는데, 이를 위해 매회 시험마다 시험초기에 50~60mm정도의 수위로 담수후 매일의 담수위 감소량과 수면증발량을 측정하고, 엽면증산량은 통상의 연구자료를 바탕으로 수면증발량의 약 1.2배로 보고 지하침투량을 산정하였다.

2.3.3. 유달부하

경지에서의 오염물질 배출부하량이 배수구역 말단에 도달되는 총 유달부하량에 미치는 영향을 파악하기 위해, 논, 과수원 및 밭에서의 월별 시비부하 배출원단위와 각 경지별 면적을 이용하여 대곡천내 경지에서의 월별 시비 배출부하량을 산정하였다. 또한 대곡천 배수구역내에서 배출되어 최종적으로 대곡천 말단부에 유달된 부하량을 측정하기 위하여 대곡천 말단 최종지점에서 유량과 수질을 실측하였는데, 강우시는 3회, 비강우시는 7회가 측정되어 총 10회에 걸쳐 진행되었다. 강우시의 평균 강우량은 51.2mm로 관측되었다.

수질측정은 T-N, TP를 포함한 일반적인 항목들을 대상으로 하였는데, 항목별 수질분석은 수질오염공정시험법(환경부, 1998)과 standard method(US APHA 18th, 1998)에 의해 정량분석을 실시하였다.

대곡천의 유량과 수질측정 결과로부터 산정된 부하량 즉, 대곡천 배수구역내에서 배출되어 최종적으로 대곡천 말단부에 유달된 부하량의 실측값과 앞서 산정된 대곡천내 경지에서의 월별 시비 배출부하량을 비교하여 경지의 배출부하량이 대곡천 말단의 유달부하량에 미치는 영향을 파악하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 오염부하 발생특성

경지에서 시비로 인한 오염부하 발생특성을 연구하기 위해 시험논과 시험밭을 직접 방문하여 작물의 경작실태와 시비 및 관개 등의 사항을 자세히 조사하고, 시험경지에서의 시비량과 시비시기 및 관개특성을 고려하여 단위면적당 연간 투입된 질소와 인의 총량 즉, 연간 질소와 인의 시비부하발생 원단위를 산정하였다.

본 시험 논과 밭에 단위면적당 연간 시비로 투입된 질소와 인의 양 즉, 연간 질소와 인의 시비부하발생 원단위는 Table 1과 같은데, 이의 적정 여부는 실제 토양조사를 통해 결정된 적정시비기준을 이용하여 비교해야 하나, 실제 시험경지의 토양조사 자료가 없어 농업기술센터에서 제시된 연간표준시비량을 기준으로 한 연간 질소와 인의 시비부하발생 원단위와 비교하였다. 본 연구에서 논은 표준시비와 거의 유사하였으나, 밭의 경우에는 표준시비보다 매우

Table 1. Annual unit generation load of nitrogen and phosphorus by fertilization from the tested farmland

(unit: Kg/km² · year)

Rice paddy field		Dry field		Ref.
T-N	T-P	T-N	T-P	
-	0.01	-	0.17	Kim et al., 1991
6.20	0.17	-	0.17	Suh et al., 1990
1.37~10.96	0.027~0.685	5.48~54.79	0.014~0.041	Wada, 1990
-	-	7.10	0.29	Wanielista. et al., 1977
25.67	9.95	236.47	310.96	Actual fertilization
30.14	12.33	32.88	21.92	Standard fertilization

Table 2. Annual unit generation load of nitrogen and phosphorus by fertilization from the farmland in the Dae-Gok river basin

(unit: Kg/km² · year)

	Total farm land		Rice paddy field		Orchard		Dry field	
	nitrogen	phosphorus	nitrogen	phosphorus	nitrogen	phosphorus	nitrogen	phosphorus
Total	17.85	8.86	11.00	4.50	18.39	9.42	15.36	8.75

높게 나타났는데, 이는 시비특성상 밀거름이 격년단위로 수행됨에 따라 당해년도에 과다하게 시비되었기 때문인 것으로 분석되었다.

현재까지 국내·외에서 보고된 자료와 이번 조사 결과를 Table 1에 비교하여 정리하였는데, 논과 밭 모두 발생원단위가 높게 나타났다. 왜냐하면 이들의 연구 결과는 모두 단순히 일일 또는 년단위로 일률적인 부하량을 제시하고 있고, 실제 유역의 작물분포 특성과 시기별 발생특성을 전혀 고려하지 못하였기 때문으로, 배출원단위에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 향후에는 유역의 작물분포 특성과 시기별 발생 특성등을 고려한 발생원단위와 배출원단위 조사 연구가 수행되어 경지에서의 보다 정확한 오염부하산정의 기초자료가 제시되어야 할 것으로 사료된다.

시험 논과 밭에서의 조사결과를 바탕으로 대곡천 배수구역 전체에서의 논, 과수원(통상 밭에 포함되나 작물의 시비 특성상 분리함) 및 밭의 면적 그리고 과수, 식량작물, 특용작물 및 채소류 등의 재배 현황, 배수구역내 작물의 표준 시비기준량과 시비시기를 조사하여 오염물(질소와 인 등) 발생부하 특성을 조사하였는데, 조사결과 대곡천 배수구역내 경작(비료시비)으로 인한 질소와 인의 연간 시비부하 발생원단위는 Table 2에 나타난 바와 같다.

대곡천 배수구역내 각 경지의 작물재배면적과 표준시비량을 이용하여 산정된 질소와 인의 총 시비발생부하량과 비료판매량 및 각 비료내 공식적인 질소와 인성분을 고려한 시비부하 발생량을 비교한 결과는 Table 3에 나타나 있는데, 대체로 비료판매량 기준으로 산정된 오염물 발생부하가 크거나 거의 유사하다고 볼 수 있다. 이는 배수구역외에 농가에서 구입된 양이 일부 포함되었고, 실제 농가에서

는 표준시비량보다는 해당 경작지의 토양에 맞게 가감하여 시비하였기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 장래에 보다 정확한 비료판매량 조사가 수행된다면, 배수구역내에서 발생하는 질소와 인부하량을 보다 정확히 추정하는데 좋은 자료로 이용 가능할 것으로 사료된다.

3.2. 오염부하 배출특성

시험논과 밭의 오염부하 배출특성 연구에서는 단위면적당 지표배출 부하량과 배출율은 도출하기 어려웠는데, 정(1998)의 연구결과에 의하면 연간 지표배출율이 논외의 경우 중간낙수시만 고려하여 질소와 인이 각각 1.85%와 0.58%로 밭의 경우에는 강우 유출이 없는 것으로 보고 질소와 인이 모두 0%로 제시되어 있는데, 실제로는 논외의 경우 관개배수(중간낙수)외에도 쉼레질후와 강우로 인한 월류유출에서 지표유출이 가능하며, 밭의 경우에도 미량이나마 강우로 인한 유출이 가능하므로 이를 어느 정도 감안해야 한다. 따라서 본 연구에서는 연간 논에서의 지표배출율은 질소와 인을 각각 2.00%와 0.70%로 다소 높게 추정하고, 연간 밭에서의 지표배출율은 시험밭의 시비특성에도 나타난 것과 같이 시비 직후로 오염물 배출량이 가장 높았을 것으로 추정되는 6월의 월류수를 측정하지 못하였고, 7월에 측정된 강우 배출수의 월류 유량은 월류 배출시기가 간헐적이고 미량이어서 측정이 불가능하였으므로 정(1998)의 결과와 동일하게 질소와 인을 0%로 가정하였다. 시험경지에서의 오염물 지표 배출량과 지표 배출부하 원단위에 대한 연구는 다년간 집중된 연구가 필요할 것으로 사료된다.

경지에서 오염부하 배출의 결정적인 영향을 미치는 지표 배출율과 지하용탈율을 조사한 결과는 Table 4에 제시하였다.

논에서 시비부하 지표배출율과 지하용탈율을 모두 고려한 시비부하 배출율은 질소와 인이 각각 9.5%와 1.1%이었으며, 밭에서는 질소와 인의 시비부하 배출율이 각각 22.0%와 0.1%로 나타났다. 또한 시비부하 배출율과 대곡천 배수구역내 논, 과수원 및 밭에서 비료시비로 인한 질소와 인의 시비부하 발생원단위를 이용하여 산정한 대곡천 배수

Table 3. Annual total generation load of nitrogen and phosphorus by fertilization from the farmland in the Dae-Gok river basin (unit: kg/year)

Actual fertilization		Fertilizer marketing	
nitrogen	phosphorus	nitrogen	phosphorus
147,696	69,501	166,741	83,744

Table 4. Annual total discharge ratio of nitrogen and phosphorus through overflow and infiltration from the farmland

Farm land	Total discharge ratio(%)		overflow(%)		infiltration(%)	
	nitrogen	phosphorus	nitrogen	phosphorus	nitrogen	phosphorus
	Rice paddy field	9.50	1.10	2.00	0.70	7.50
Dry field	22.00	0.10	0.00	0.00	22.00	0.10

Table 5. Annual unit discharge load of nitrogen and phosphorus by fertilization from the farmland in the Dae-Gok river basin

	Farm land		Rice paddy field		Orchard		Dry field	
	nitrogen	phosphorus	nitrogen	phosphorus	nitrogen	phosphorus	nitrogen	phosphorus
Total	8.475	0.068	1.045	0.050	4.046	0.009	3.384	0.009

구역 전체의 시비부하 배출원단위는 Table 5에 나타내었다.

3.3. 경지에서 오염부하가 배수유역 유달부하에 미치는 영향

대곡천 말단 최종지점에서 유량과 수질을 10회 측정된 결과, 일반적인 수질측정항목들의 수질변화는 크지 않았으나, Fig. 2에 제시한 바와 같이 질소의 경우는 논외의 시비에 따라 영향을 받았다. 즉, 질소농도는 이삭거름 시비직후에 높게 나타난 이후 점차 감소하였으며, 알거름의 시비로 다시 급격히 증가한 이후에 지속적으로 감소하였다. 특히, 조사 분석된 전체 수질 중, 질산성질소의 비율이 시험은 월류 유출수내의 질산성질소보다 상당히 높게 나타났는데, 이는 경지에서의 유기성 질소와 암모니아성 질소 성분이 지표배출, 지하용탈 또는 유달하는 과정에서 지속적으로 질산화된 원인으로 판단된다.

김 (2002)등은 농경지역에서 강우시 유기물질의 유출은 유량곡선과 매우 유사한 형태를 보이나, 질소와 인은 강우 후기까지 꾸준히 유출된다고 하였다. 한편, 타 토지이용에 비해 훨씬 많은 양의 질소와 인 유출현상도 보고되고 있다 (이현동 외 2000). 본 연구에서는 강우에 의한 영향보다는 배수구역내의 시비 영향이 오염물질의 배출 특성에 더 크게 작용한 것으로 사료된다.

대곡천의 유량과 수질측정 결과로부터 산정된 부하량 즉, 대곡천 배수구역에서 배출되어 최종적으로 대곡천 말단부

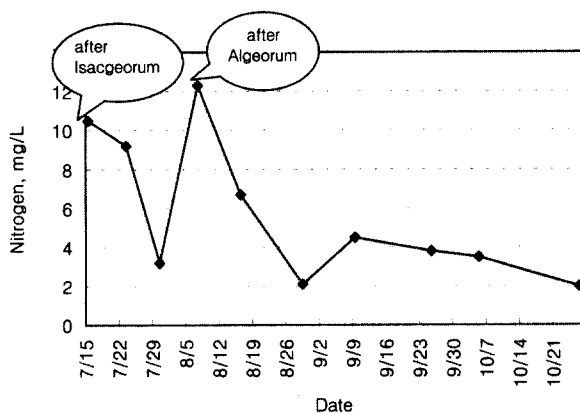


Fig. 2. Profile of nitrogen concentration at Dae-Gok river basin.

에 유달된 부하량의 실측값과 대곡천내 경지에서의 월별시비 배출부하량을 비교하기 위해 Fig. 3에 각각 질소와 인부하량을 제시하였다.

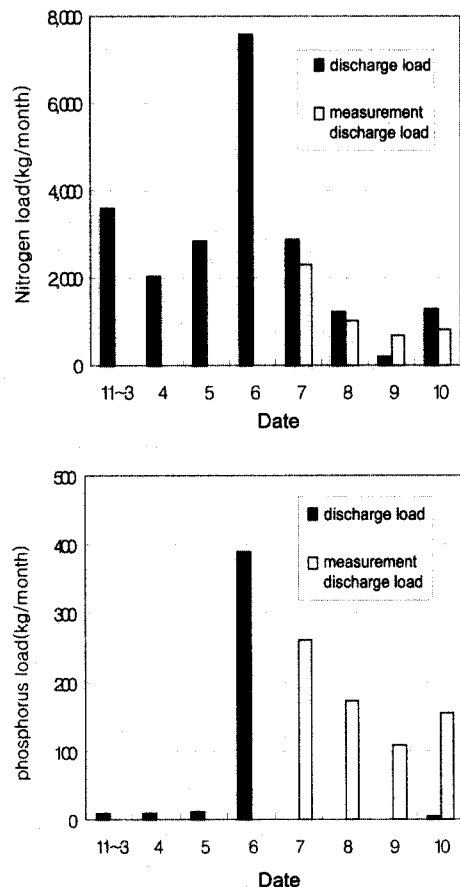


Fig. 3. Comparison of discharge load of nitrogen(a) and phosphorus(b) with measured discharge load.

질소부하량을 보면, 경작지 배출부하량은 6월에 가장 높게 나타나고, 7월부터 비교된 대곡천 유달 실측부하량의 변화형태와 유사하게 나타나는 것을 알 수 있는데, 이로부터 대곡천 말단의 유달부하량은 경작지의 배출부하량 변화에 큰 영향을 받는다는 것을 알 수 있다. 특히 대곡천 배수구역내에는 인구밀집 지역이나 공장등과 같이 오염부하가 높게 배출되는 점오염원이 거의 분포하지 않아서 이를

뒷받침해 줄 수 있다. 또한 9월을 제외하면, 경작지 배출부하량보다 대곡천 실측부하가 낮게 나타나는데, 이는 경작지에서 배출된 부하가 유달과정에서 어느 정도 제거되기 때문인 것으로 사료된다. 9월의 경우에는 경지에서 거의 시비가 되지 않아 배출부하는 낮게 산정되었지만, 실제로 이전에 시비된 질소성분이 유출과정중에 축적되어 있다가 지속적으로 유출되기 때문에 대곡천에서 질소성분의 농도는 어느 정도 이상은 유지되기 때문인 것으로 판단된다.

Fig. 3(b)에는 인의 경작지 배출부하량과 대곡천 실측부하량을 비교하여 나타내었다. 경작지 배출부하량은 6월을 제외하고는 거의 없는 것으로 나타났으나, 대곡천 유달 실측부하량에서는 경작지 배출부하량에 비해서 지속적으로 높게 나타나고 있는데, 이는 질소의 예를 든 9월과 같이, 경지에 거의 시비가 되지 않아 배출부하는 낮게 산정되었지만, 실제로 이미 시비된 인성분이 수로등 유출과정에서 축적되어 있다가 지속적으로 유출되기 때문에 대곡천에서 실제 인성분의 농도는 어느 정도 이상 유지되는 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 낙동강 지천의 소매수 구역인 대곡천 유역을 중심으로 경지에서의 오염물질 발생 및 배출특성을 조사하였는데, 그 결과는 다음과 같이 요약된다.

1. 연간 질소와 인의 시비부하발생 원단위는 제시된 연간 표준시비량(논: T-N;30.14, T-P;12.33, 밭: T-N;32.88, T-P; 21.92kg/km² · year)을 기준으로 한 값과 비교하여 시험논(T-N;25.67, T-P;9.95kg/km² · year)의 경우는 유사하였고, 시험밭(T-N;226.47, T-P;310.96kg/km² · year)의 경우는 높게 나타났다.
2. 대곡천 배수구역내 경작지에서 질소와 인의 연간 총발생부하량을 각 경지의 작물재배면적과 표준시비량을 이용하여 산정한 값과 비료판매량을 이용하여 산정한 값을 비교하면 거의 유사하여 향후 보다 정확한 비료판매량 조사가 수행된다면, 배수구역내에서 발생하는 질소와 인부하량을 비료판매량으로 보다 정확히 추정할 수 있을 것으로 판단된다.
3. 시비부하 지표배출율과 지하용탈율을 모두 고려한 시험논에서의 시비부하 배출율은 질소와 인이 각각 9.5%와 1.1%이었고, 밭에서는 질소와 인의 시비부하 배출율이 각각 22.0%와 0.1%로 나타났다.
4. 대곡천 유역 논, 과수원 및 밭에서의 월별 시비부하 배출원단위와 각 경지별 면적을 이용하여 경지에서의 월별 시비 배출부하량을 산정한 결과, 논, 과수원 및 밭을 모두 고려한 경작지 전체의 경우 6월이 가장 높게 나타났다.
5. 대곡천의 유량과 수질측정결과로부터 산정된 부하량 즉, 대곡천 배수구역에서 배출되어 최종적으로 대곡천 말단부에 유달된 부하량의 실측값과 대곡천내 경지에서의

월별 시비 배출부하량을 비교한 결과, 질소의 경우는 대곡천 유달 실측부하량이 경지에서의 시비 배출부하량과 유사한 변화 형태를 나타냈으나, 인의 경우는 지속적으로 높게 나타났다.

참고문헌

1. 환경부, 비점오염원 관리요령 (2001).
2. Ichiki, A. and Yamada, K., Study on characteristics of pollutant runoff into lake Biwa Japan, *Wat. Sci. Technol.*, **39**(12), pp. 17-25 (1999).
3. 이현동, 안재환, 배철호, 김운지, 강우시 유출부하량을 이용한 팔당상수원 유역의 비점오염원 원단위와 발생량 추정, *한국물환경학회지*, **17**(3), pp. 313-326 (2001).
4. 이현동, 배철호, 비점오염원 유출특성과 저감을 위한 최적관리방안, *한국물환경학회지*, **18**(6), pp. 569-576 (2002).
5. CH2M HILL, Inc., *Nonpoint source impact assessment*, WPCF research foundation report 90-5 (1990).
6. 山田 淳 Diffuse pollution 研究の現状と今後の展開, *水環境學會誌*, **20**(12), (1997).
7. 한재식, 김주훈, 김만식, 유역의 비점오염부하량 산정에 관한 연구, *환경관리학회지*, **6**(1), pp. 147-157, (2000).
8. 이상훈, 조옥상, 소하천의 오염부하량이 수질에 미치는 영향에 관한 연구, *환경영향평가*, **10**(1), pp. 9-19 (2001).
9. 나은혜, 박석순, 유역 및 하천모델의 결합적용을 통한 시기별 오염부하량 산정, *대한환경공학회지*, **23**(9), pp. 1561-1573 (2001).
10. Loucks, Stedinger, Shoemaker, *Water Resource System Analysis and Planning*, (1991).
11. 田淵俊雄, 高村義親, 集水域からの窒素・磷の流出, (財)東京大學出版會, (1985).
12. 國松孝男 外, 河川汚濁のモデル解析, 國立公害研究所研究報告, (1986).
13. 환경부, 수질오염공정시험법, 동화기술, 서울 (1998).
14. APHA, *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 20th ed., Washington D.C., U.S.A. (1998).
15. 김동균 등, 단위수역의 환경용량 산정에 관한 연구, 국립환경연구원 (1991).
16. 서운수 등, 수질환경 기준 달성 최적화 방안에 관한 연구, 국립환경연구원 (1990).
17. 和田安彦, ノンポイント汚染源のモデル解析, 技報堂出版, pp. 11-73 (1990).
18. Wanielista, M.P., Yousef Y.A., and McLellow W.M., Nonpoint source effects on water quality, *JWPCF*, **49**(6), pp. 441-451 (1977).
19. 정동일, 지리정보체계를 이용한 오염물질 유출해석 및 식감계획에 관한 연구, 고려대학교 박사학위 논문, 서울 (1998).
20. 김성수, 김종석, 방기연, 권은미, 정옥진, 경안천 유역의 강우사상별 비점오염원 유출특성 및 원단위 조사, *대한환경공학회지*, **24**(11), pp. 2019-2027 (2002).
21. 이현동의, 팔당상수원 비점오염원 유출특성과 최적관리방안, 한국건설기술연구원 (2000).