

## 금강수계 남대천유역의 수질변화와 오염부하량

최창현\* · 한강완 · 조재영 · 전재철 · 김성조<sup>1)</sup>

전북대학교 농과대학 응용생물공학부, <sup>1)</sup>원광대학교 생명자원과학대학 농화학과

### Pollutant Loading and Changes of Water Quality at the Namdae-cheon Watershed in Keum river Districts

Chang-Hyun Choi Kang-Wan Han, Jae-Young Cho, Jae-Chul Chun and Seong-Jo Kim<sup>1)</sup> (Department of Agricultural Chemistry, Chonbuk National University, Chonju, 561-756, <sup>1)</sup>Department of Agricultural Chemistry, College of Life Engineering, WonKwang University, Iksan, Chonbuk, 570-747, Korea, e-mail:anallab@moak.chonbuk.ac.kr)

**ABSTRACT** : This study was carried out to investigate the changes of water quality, the pollutant loading by population, livestock, and land use at the Namdae-cheon in Keum river districts. Water samples were taken at the four sites of watershed, the nutrients of which were analyzed periodically from July, 1995 to April, 1998. Content of nutrients in water samples ranged from 1.8 to 5.8 mg/L for total nitrogen, from 0.01 to 0.08 mg/L for total phosphorus and from 0 to 0.007 mg/L for ortho-phosphate respectively. Nitrogen loading by pollutant unit was investigated 550.4 ton/yr as 358.1 ton/yr by livestock, 129.3 ton/yr by land use and 63.0 ton/yr by population. Phosphorus loading by pollutant unit was investigated 79.1 ton/yr as 60.6 ton/yr by livestock, 5.2 ton/yr by land use and 13.3 ton/yr by population. The loading of measured pollutant was investigated 452.5 ton/yr of nitrogen and 5.4 ton/yr of phosphorus in Namdae-cheon watershed.

**Key Words** : Keum river, Namdae-cheon watershed, Nitrogen, Phosphorus, pollutant loading.

## 서 론

농업지역에서 발생하는 비점오염원은 지표수에 용해되거나 유실된 토양과 함께 하천에 유입되어 대규모의 수량을 갖는 강, 호수 등의 주요 오염원으로 작용하게 된다. 이러한 비점오염원은 광범위한 지역에 걸쳐 존재하며, 유출구가 제한되어 있지 않고 유출량이 대단히 많아 집중처리에 의한 조절 방법의 적용이 현실적으로 불가능한 특징을 가지기 때문에 산업폐수나 도시지역의 생활하수와 같이 특정 출구로부터 항상 일정량 배출되는 점오염원과 다른 특징을 가지고 있다<sup>1-4)</sup>.

대단위 유역에서 오염원에 따른 오염부하량을 측정하기에는 오염원의 급원 및 종류가 다양하고, 오염원에서 배출되는 양 가운데 운송과정에서 퇴적이나 그 밖의 생화학적 요인에 의해 소모되어 하천에 도달하는 양이 작으므로 소유역을 대상으로 한 오염물질의 부하량 및 수질변화에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다. 이를 토대로 오염 발생의 주요 원인을 규명하고 오염원 감소를 위한 적정관리 체계 모색 및 수질보호를 위한 적절한 환경영량 평가가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

본 연구는 금강수계 상류에 위치한 남대천 유역을 대상으로

환경관리의 기초 자료를 마련하기 위하여 수질중 영양물질의 함량조사와 함께 유량을 측정하여 남대천 유역으로부터 금강수계로 유입되는 실측 오염부하량을 산정하였다. 또한 남대천 유역의 인구, 가축사육 및 토지이용에 따른 원단위 오염부하량을 산정하여 실측오염부하량과 비교 고찰하였다.

## 재료 및 방법

### 대상유역

본 연구는 전라북도 무주군 남대천 유역을 대상으로 하였다. 남대천 유역은 금강 상류유역으로 남한의 중앙부 서쪽에 위치하며, 충청북도 영동군 용화면과 전라북도 무주군 무주읍 외 3개 면에 걸쳐 있다. 총 유역면적은 약 477.0 km<sup>2</sup>이고 유로연장은 43 km에 달한다. 금강의 제 1지류인 남대천은 무주군 무풍면 덕지리에서 발원하여 무주읍을 관류한 후 무주군 용포리에서 금강으로 유입된다. 남대천 유역의 전체 면적은 477.0 km<sup>2</sup>로 이 가운데 임야가 405.1 km<sup>2</sup>로 전체의 84.7 %, 밭이 25.8 km<sup>2</sup>로 전체의 6.4 %, 논이 22.6 km<sup>2</sup>로 전체의 5.6 %, 그리고 도로, 하천, 제방, 묘지 등을 포함하는 기타 지역이 21.0 km<sup>2</sup>로 전체의 5.2 %, 대지는

3.5 km<sup>2</sup>로 전체의 0.8 %를 차지하고 있어 이 유역이 전형적인 산간·농촌 지역임을 나타내고 있다.

본 연구에서는 1/25,000 지형도, 1/200,000 행정구역도, 그리고 현지답사를 통해 유역의 경계를 구분하였으며, 남대천에 합류되는 지천들을 기준으로 A, B, C, D의 4개 유역으로 구분하였다. A 유역은 남대천이 발원하는 무풍면의 8개 리 가운데 삼거리를 제외한 7개 리가 분포하고, 지천으로는 덕지리의 도마천, 금평리의 금평천이 해당된다. B 유역은 설천면 전체인 10개 리와 무풍면의 삼거리가 분포하고, 지천으로는 심곡리의 원당천과 미천리의 미대천이 해당된다. C 유역은 충청남도 용화면 전체인 7개 리가 해당되고 지천으로는 용화천이 있다. D 유역은 적상면의 6개 리와 무주읍의 7개 리가 포함되고, 지천으로는 적상면의 적상천과 상곡천, 무주읍의 대왕천이 포함되며 금강 본류로 유입되는 지점이다(Fig. 1).

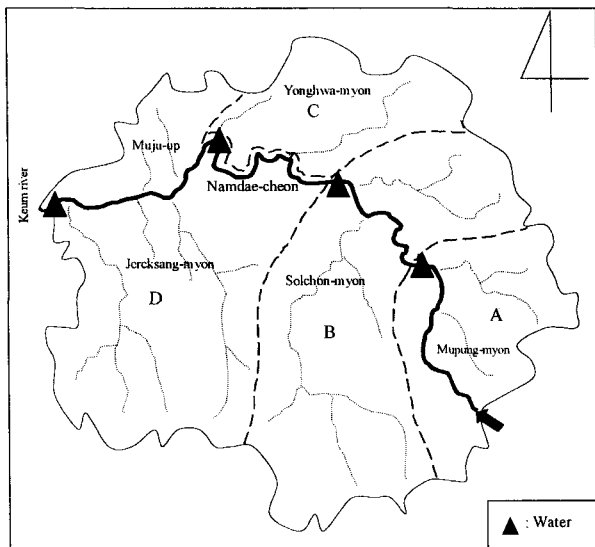


Fig. 1. Sampling sites of water samples in Namdae-cheon

시료채취 및 유량측정

수질시료는 지천들이 본류에 유입되는 지점을 대상으로 풍수기, 홍수기 그리고 갈수기로 구분하여 시료를 채취하였다. 수질시료 중 암모니아태질소, 전질소 및 화학적 산소 요구량을 측정하기 위해서 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>로 pH 2 이하로 조정한 다음 4 °C 이하에서 보관하였다. 조사시기는 1995년 7월부터 1998년 4월까지 32개월 동안으로 수질시료는 무풍교(A), 남대천교(B), 여의교(C) 그리고 대차리 제방(D) 등 4개 지점을 대상으로 총 9회 시료를 채취하였다.

유량측정은 자동수위기록계 (Hydro Logic Co., Model L24A)를 남대천 유역의 4개 지점에 설치하였고, 30분 간격으로 자동 입력된 수위값을 필요에 따라 시간단위 및 일단위로 변환하여 각각의 수위변화를 결정하였다. 수위기록계가 설치된 지점을 대상으로 하천 단면적을 측정하였으며, 수질시료 채취시에 유속계 (Global Water Co., Model 94303)로 유속을 측정하였다.

자료분석

본 연구에서는 유역내 오염물질의 원단위 오염부하량을 산정하기 위하여 인구 현황, 가축사육 현황, 토지이용 현황에 대한 자료를 1995~1997년도의 각 군 통계연보를 이용하여 수집하였으며, 읍·면 단위의 세부 자료에 대해서는 무주군청과 영동군청을 현지 방문하여 자료를 보완하였다.

분석방법

수질시료의 분석은 수질공정시험법<sup>3)</sup>에 기준하였다. pH는 현장에서 기기 (Orion Model 840)를 이용하여 직접 측정하였으며, 화학적산소요구량은 시료 100 mL를 취하여 과망간산 칼륨법에 준하여 분석하였다. 전질소와 암모니아태질소는 수질시료 500 mL를 취하여 각 각 환원증류-킬달법과 중화적정법으로 분석하였다. 전인산은 수질시료 500 mL를 취하여 50 mL로 농축한 다음 ascorbic acid reduction법에 기준하여 분석하였다. 음이온 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)은 0.45µm이하의 유리섬유여지 (GF/C)를 사용하여 여과한 다음 이온크로마토그래피 (Sykam 4260, Germany)를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

남대천 유역의 수질 현황

1995년 7월부터 1998년 4월까지 32개월 동안 남대천유역 4개 지점을 대상으로 시기 별 수질변화를 조사한 결과는 다음과 같다. 조사기간 동안 수질의 pH는 7.45~8.27의 범위로 평균 7.76으로 나타났다. 유역별로는 A 유역 7.70, B 유역 7.68, C 유역 7.71, 그리고 D 유역이 7.92로 나타났다. COD는 0.4~ 2.4 mg/L의 범위로 평균 1.3 mg/L를 나타내어 상수원 1급수와 2급수 사이에 분포하는 것으로 조사되었다. 유역별로는 A 유역 1.1 mg/L, B 유역 1.0 mg/L, C 유역 1.4 mg/L, 그리고 D 유역이 2.0 mg/L로 나타났다(Fig. 2). 유역 가운데 D 유역이 다른 유역보다 높게 나타났는데, 이는 생활근거지가 밀집해 있는 무주읍과 축산단지가 많이 분포하는 적상면이 이 유역에 포함되어 생활하수와 축산폐수의 유입으로 인하여 높게 나타난 것으로 생각 된다. 전질소의 함량은 1.8~5.8 mg/L의 범위로 평균 3.8 mg/L로 나타났으며, 유역별로는 A 유역 3.3 mg/L, B 유역 4.1 mg/L, C 유역 3.6 mg/L, 그리고 D 유역이 4.3 mg/L를 나타내어 모든 조사시기와 유역에서 농업용수 중 전질소 기준치(1.0 mg/L)를 초과하는 것으로 나타났다. 질소원을 형태별로 조사한 결과 암모니아태질소는 0.11~0.80 mg/L의 범위로 평균 0.42 mg/L를 나타내었으며, 유역별로는 A 유역 0.39 mg/L, B 유역 0.40 mg/L, C 유역 0.43 mg/L, 그리고 D 유역이 0.45 mg/L로 나타났다. 질산태질소는 1.02~4.46 mg/L의 범위로 평균 2.26 mg/L로 나타났는데, 유역별로는 A 유역 2.11 mg/L, B 유역 2.19 mg/L, C 유역 2.15 mg/L, 그리고 D 유역이 2.60 mg/L로 나타났다(Fig. 3). 정 등<sup>6)</sup>이 낙동강 수계의 소

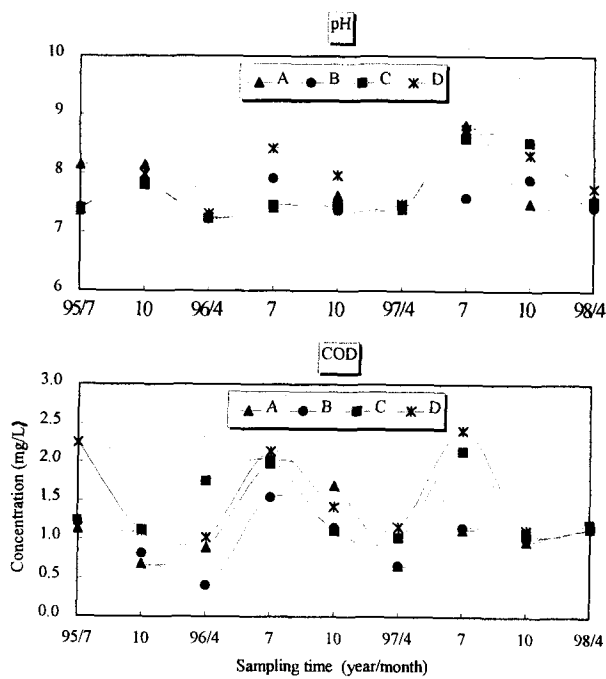


Fig. 2. Changes of pH and COD in water samples

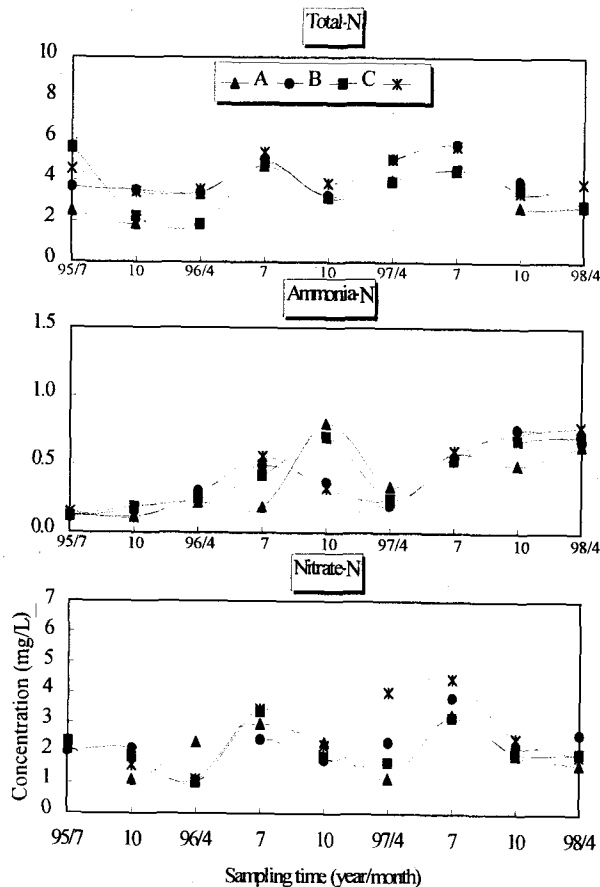


Fig. 3. Changes of total-N, ammonia-N and nitrate-N in water samples

유역에서 질산태질소와 암모니아태질소의 농도를 조사한 결과, 질산태질소가 암모니아태 질소 보다 높게 나타났는데, 본 조사에서도 이와 유사한 경향을 나타내었다. 시기별로는 7월에 가장 높게 나타났는데, 이는 본격적인 영농시기에 사용된 비료와 소규모 축산 시설에 적재된 가축분뇨가 강우에 의해 유실되어 하천 수질에 영향을 미친 것으로 생각된다.

전인산의 함량은 유역별로 A 유역 0.05 mg/L, B 유역 0.04 mg/L, C 유역 0.05 mg/L, 그리고 D 유역이 0.05 mg/L로 나타났다. 유역별로 함량 차이가 크게 나타나지 않았지만, 시기별로는 7월에 가장 높게 나타났다(Fig. 4). 이는 질소 성분과 마찬가지로 농경지에 사용된 비료와 소규모 축산시설에 적재된 가축분뇨가 강우에 의해 유실되어 하천수질에 영향을 미친 것으로 생각된다. 이 온형태의 인은 농업지역에서 보다 가정하수에 의해 발생하는 것으로 알려져 있는데, 본 조사에서는 0~0.007 mg/L의 범위로 평균 0.003 mg/L로 나타났다. 유역별로는 D 유역이 다른 유역에 비해 약간 높은 0.006 mg/L로 나타났는데, 이는 생활근거지가 밀집해 있는 무주읍의 생활하수 유입이 영향을 미친 것으로 생각된다.

오염물질 부하량

본 연구에서는 유역별 오염원의 원단위 부하량을 산정하기 위해 점오염원으로는 인구에 의한 생활오염원과 가축사육에 의해 발생하는 축산오염원을, 비점오염원으로는 유역별 토지이용에 따라 발생하는 오염원을 대상으로 부하량을 산정하였다. 각 오염원에서 발생하는 오염물질은 질이나 양적으로 다양하고 복합적이기 때문에 이들 특성을 모두 고려하여 해석하기란 쉽지 않으며, 현재 적용하고 있는 원단위는 조사자마다 그 값이 상이할 뿐만 아

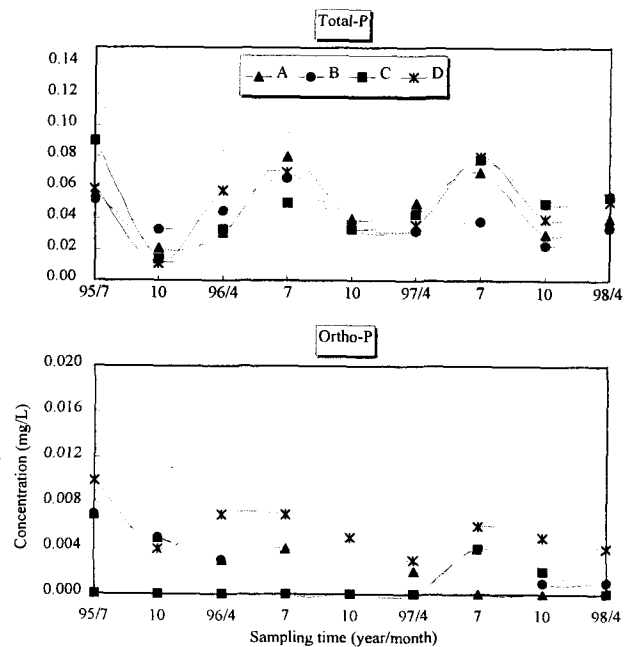


Fig. 4. Changes of total-P and ortho-P in water samples

나라 큰 편차를 나타내고 있기 때문에 실제 부하량 산출 결과는 인용자료에 따라 크게 영향을 받고 있다. 이러한 현상은 점오염원보다 비점오염원에서 더욱 현저하게 나타나고 있는데, 이는 조사지역의 강우, 토양 특성 및 지역 특성 등 비점 오염원이 인위적인 영향을 많이 받을 수 있기 때문이라 생각된다.

본 연구에서는 국내에서 오염원단위에 대해 보고된 많은 연구결과와 현재 적용하고 있는 연구들을 비교, 분석하여 남대천 유역에 적합하다고 판단되는 값들을 선정하여 적용하였다. 오염물질의 원단위를 적용하는데 있어 인구에 의한 오염원단위는 수질보전 장기종합계획보고서<sup>7)</sup>를, 토지이용에 대한 오염원단위는 한국환경과학연구협회<sup>8)</sup>의 영양 염류 원단위를, 가축사육에 대한 오염원단위는 장<sup>9)</sup>이 제시한 자료를 적용하였다(Table 1).

오염부하량을 산정하는데 있어 인구의 경우는 하루 1인이 발생하는 오염량으로서 생활하수와 분뇨에 의해 발생하는 것을 총괄하여 제시된 원단위를 적용하여 각 유역의 인구수를 곱하여 계산하였고, 가축의 경우는 가축의 종류에 따라 발생하는 오염량으로서 분뇨를 포함한 원단위를 적용하여 각 유역의 가축수를 곱하였으며, 그리고 토지이용에 따른 오염량은 크게 논, 밭, 대지, 임야, 기타의 5가지로 구분된 각 토지 이용형태의 원단위를 적용하여 각 조사유역의 토지면적을 곱하여 산정하였다.

Table 1. Pollutant unit produced by population, livestock and land use

Class	Constituent	Total-N	Total-P
Population <sup>7)</sup> (g/capita/day)	City	7.75	1.63
	Rural	7.75	1.63
Livestock <sup>9)</sup> (g/capita/day)	Korean cow	108.20	12.10
	Milk cow	310.10	15.80
	Pig	30.70	13.60
	Poultry	4.80	0.20
Land use <sup>8)</sup> (g/capita/day)	Paddy	2.33	0.170
	Upland	2.33	0.170
	Forest	0.55	0.013
	Ground	0.76	0.027
	Others	0.76	0.027

#### 인구(생활하수)

1995~1997년까지 3년 동안 남대천 유역의 평균 인구현황과 이에 따른 원단위 오염 부하량을 산정한 결과는 다음과 같다. 남대천 유역의 인구는 22,241명으로 나타났으며, 이 가운데 A 유역인 무풍면이 2,815명으로 전체의 12.6%를, B 유역인 무풍면의 1개 리와 설천면이 5,582명으로 전체의 25.1%를, C 유역인 용화면은 1,275명으로 전체의 5.7%를, 그리고 D 유역인 무주읍과 적상면이 12,568명으로 전체의 56.5%를 차지하고 있었다. D 유역이 남대천 전체유역에서 인구비율이 가장 높은 것은 인구밀도가 높은 무주읍이 이 유역내에 포함되어 있기 때문이다. 연도별 인구의 변동은 1995년에 22,724명, 1996년에 22,127명, 1997년 21,871명으로 감소하는 경향을 보이고 있었다.

1995~1997년까지 3년 동안 생활하수에 의한 남대천 유역의 원단위 오염부하량은 질소 63.0 ton/yr, 인산 13.3 ton/yr로 나타났으며, 유역별로는 A 유역의 경우 질소 8.0 ton/yr, 인산 1.7 ton/yr, B 유역은 질소 15.8 ton/yr, 인산 3.3 ton/yr, C 유역은 질소 3.6 ton/yr, 인산 0.8 ton/yr, 그리고 D 유역은 질소 35.6 ton/yr, 인산 7.5 ton/yr로 나타났다.

#### 토지이용

1995~1997년의 3년 동안 남대천 유역의 토지이용 현황과 이에 따른 원단위 오염 부하량을 산정한 결과는 다음과 같다. 남대천 유역의 전체 면적은 477.0 km<sup>2</sup>로 이 가운데 임야가 405.1 km<sup>2</sup>로 전체의 84.7%를, 밭이 25.8 km<sup>2</sup>로 전체의 6.4%를, 논이 22.6 km<sup>2</sup>로 전체의 5.6%를, 그리고 도로, 하천, 제방, 묘지 등을 포함하는 기타 면적이 21.0 km<sup>2</sup>로 전체의 5.2%를, 대지는 3.5 km<sup>2</sup>로 전체의 0.8%를 차지하고 있어, 임야와 전답이 전체의 96.7%로서 이 유역이 전형적인 산간·농촌 지역임을 나타내고 있었다. 각 유역별 토지 이용 현황을 보면 A 유역은 68.6 km<sup>2</sup>로 전체면적 중 14.3%를 차지하고 있으며, 이 중 임야 77.6%, 밭 8.4%, 논 8.1%, 기타 4.8%, 대지 0.8%이고, B 유역은 180.6 km<sup>2</sup>로 전체 면적 중 37.8%를 차지하고 있으며, 이 중 임야 89.0%, 밭 3.7%, 논 3.4%, 기타 3.0%, 대지 0.5%이고, C 유역은 59.4 km<sup>2</sup>로 전체면적 중 12.4%를 차지하고 있으며, 이 중 임야 88.0%, 밭 4.7%, 논 3.5%, 기타 3.3%, 대지 0.5%이고, 그리고 D 유역은 169.2 km<sup>2</sup>로 전체면적 중 35.4%를 차지하고 있으며, 이 중 임야 81.8%, 밭 6.2%, 논 5.0%, 기타 6.0%, 대지 0.8%로 나타났다.

1995~1997년까지 3년 동안 토지이용으로 인한 남대천 유역의 원단위 오염부하량은 질소 129.3 ton/yr, 인산 5.2 ton/yr로 나타났으며, 유역별로는 A 유역의 경우 질소 21.5 ton/yr, 인산 1.0 ton/yr, B 유역은 질소 45.2 ton/yr, 인산 1.6 ton/yr, C 유역은 질소 15.3 ton/yr, 인산 0.6 ton/yr, 그리고 D 유역은 질소 47.3 ton/yr, 인산 2.0 ton/yr로 나타났다.

#### 가축사육

1995~1997년의 3년 동안 남대천 유역의 가축사육 현황과 이에 따른 원단위 오염 부하량을 산정한 결과는 다음과 같다. 남대천 유역의 가축사육은 한우 6,433마리, 돼지 6,142마리, 젓소 193마리, 닭 29,500마리로 닭의 수가 가장 많고 그 다음으로 한우, 돼지, 젓소 순으로 나타났다. 이는 남대천 유역이 대부분 한우와 돼지를 중심으로 한 축산 활동이 행해지고 있음을 알 수 있었다. 유역별 가축사육 현황을 보면 A 유역은 돼지 1,818마리, 한우 958마리, 닭 342마리, 젓소 121마리로 돼지와 한우의 사육이 높았고, B 유역은 닭 2,171마리, 한우 915마리, 돼지 74마리로 닭과 한우의 사육이 높은 반면, 젓소는 사육하지 않았다. C 유역은 닭 1,227마리, 한우 622마리로 다른 유역들에 비해 가축사육이 적었으며, 돼지와 젓소는 사육하지 않았다. D 유역은 닭 27,370마리, 돼지 4,249마리, 한우 3,939마리, 젓소 72마리로 다른 유역들에 비

해 젓소를 제외한 모든 가축 들의 수가 가장 많았다.

1995~1997년까지 3년 동안 가축사육에 의한 남대천 유역의 원단위 오염부하량은 질소 358.1 ton/yr, 인산 60.6 ton/yr으로 나타났다. 유역별로는 A 유역의 경우 질소 72.5 ton/yr, 인산 14.0 ton/yr, B 유역은 질소 39.0 ton/yr, 인산 4.5 ton/yr, C 유역은 질소 25.6 ton/yr, 인산 2.8 ton/yr, 그리고 D 유역은 질소 221.0 ton/yr, 인산 39.3 ton/yr로 나타났다. 질소와 인산의 오염부하량은 유역들 가운데 가축수가 가장 많은 D 유역이 가장 높았으며, A>B >C의 유역 순으로 나타났다. 남대천 유역에는 소규모 축산단지가 산재해 있어 축산 분뇨의 정상적인 처리에 많은 어려움을 안고 있다. 따라서 축산단지의 블록화, 축산 단지의 이주, 또는 축산분뇨를 유기질 비료화 함으로서 가축사육으로 인한 환경오염물질의 적정관리 방안이 마련되어야 할 것으로 생각된다. 성<sup>10)</sup>에 의하면 남대천 유역을 3개의 유역으로 구분하여 오염물질의 원단위 부하량을 산정한 결과, 전체유역에서 생활 하수에 의해 질소 63.4 ton/yr, 인산 13.4 ton/yr를, 토지이용에 의해 질소 131.1 ton/yr, 인산 5.0 ton/yr를, 그리고 가축사육에 의해 질소 116.8 ton/yr, 인산 80.1 ton/yr로 나타내었다. 생활하수와 토지이용에 의한 원단위 부하량은 본 조사결과와 거의 유사하게 나타났지만, 가축사육에 의한 원단위 부하량은 질소의 경우, 본 조사결과에서 3배 정도 높게 나타난 반면, 인산의 경우는 약 1.3배 정도 낮게 나타났다.

남대천 유역의 실측 오염부하량

남대천 유역의 실측 오염부하량은 유역별 유량과 전질소와 전인산의 평균농도를 곱하여 다음 식에 의해 계산하였다(Table 2).

$$\text{Pollutant loading}(\text{m}^3/\text{yr}) = \text{Discharge}(10^6 \text{m}^3/\text{yr}) \times \text{Nutrient concentration}(\text{mg}/\text{L})$$

남대천 유역의 실측 오염부하량을 조사한 결과, 유역별 오염부하량은 A 유역의 경우 질소 53.0 ton/yr, 인산 0.73 ton/yr, B 유역은 질소 75.9 ton/yr, 인산 0.74 ton/yr, C 유역은 질소 98.3 ton/yr, 인산 1.35 ton/yr, 그리고 D 유역은 질소 225.3 ton/yr, 인산 2.58 ton/yr로 나타났다(Fig. 5). 박 등<sup>4)</sup>이 조사한 반월천 유역에서 질소의 부하량은 농도 차이에도 불구하고 유역면적이 클수록 유량이 많아 부하량이 증가한다고 하였는데, 본 조사에서 질소와 인산의 부하량은 화학성분의 농도차이 보다는 유량에 의해서 영양물질의 부하량이 영향을 받는 것으로 나타났다. 남대천 유역에서 금강 본류로의 영양물질 오염부하량은 D 유역에서 발생하는 양과 같으므로 질소의 경우 225.3 ton/yr, 인산은 2.58 ton/yr로 추정할 수 있다. 정 등<sup>11)</sup>이 북한강 지천인 울문천을 대상으로 5월 중순부터 9월 초까지 영양물질의 부하량을 조사한 결과, 질소의 경우 127.3 ton/yr, 인산은 6.9 ton/yr로 나타났는데, 본 조사에서 질소와 인산의 부하량이 약 2 배 이상 높게 나타나는 경향이었다. 이는 유역의 면적과 토지이용 상태, 인구에 의한

Table 2. Results of nitrogen and phosphorus loading in the Namdae-cheon watershed

Sites	Time (yr)	Discharge (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /yr)	Nutrients		Loading	
			Nitrogen Mean (mg/L)	Phosphorus Mean (mg/L)	Nitrogen Yearly-mean (m <sup>3</sup> /yr)	Phosphorus Yearly-mean (m <sup>3</sup> /yr)
A	1995	15.45	2.56	0.032	39.56	0.49
	1996	16.08	3.98	0.057	64.01	0.92
	1997	16.71	3.32	0.047	55.49	0.79
B	1995	18.29	3.54	0.043	64.75	0.79
	1996	18.60	4.43	0.044	82.43	0.82
	1997	19.23	4.19	0.032	80.60	0.62
C	1995	26.49	3.22	0.046	85.30	1.22
	1996	27.44	3.96	0.042	108.65	1.15
	1997	27.75	3.64	0.061	101.02	1.69
D	1995	49.20	3.84	0.043	188.96	2.12
	1996	52.03	4.77	0.047	248.20	2.45
	1997	55.19	4.33	0.057	238.96	3.15

생활하수량, 강우량, 비료의 시비량과 시비형태, 가축사육 등의 차이로 인하여 나타난 결과로 생각된다.

원단위 오염부하량과 실측 오염부하량의 비교

유역별 원단위 오염부하량과 실측 오염부하량을 비교한 결과는 다음과 같다. 남대천 유역의 전체 오염부하량은 질소의 경우 원단위 오염부하량 550.4 ton/yr, 실측 오염부하량 452.5 ton/yr로 나타났으며, 인산의 경우 원단위 오염부하량 79.1 ton/yr, 실측 오염부하량 5.40 ton/yr로 나타났는데, 원단위 오염부하량이 실측 오염부하량 보다 질소는 1.2배, 인산은 83배 정도 높게 나타나는 경향을 보였다.

질소의 경우 유역별 부하량은 A 유역이 실측 오염부하량 53.0 ton/yr, 원단위 오염 부하량 102.0 ton/yr, B 유역이 실측 오염부하량 75.9 ton/yr, 원단위 오염부하량 100.0 ton/yr, C 유역이 실측 오염부하량 98.3 ton/yr, 원단위 오염부하량 44.5 ton/yr, 그리고 D 유역이 실측 오염부하량 225.3 ton/yr, 원단위 오염부하량 303.9 ton/yr로 나타났다(Fig. 6). 전체 유역 가운데 C 유역은 다른 유역에 비해 원단위 오염부하량 보다 실측 오염부하량이 크게 나타나고 있었다. 본 연구에서는 C 유역이 생활근거지가 밀집해 있고 유역에 가까이 위치하여 생활하수로 인하여 높게 나타난 것으로 생각된다. 또한 A 유역과 B 유역의 오염물질들이 C 유역으로 도달할 때 자정작용 등에 의해 감소된 오염물질의 양과 감소되지 않은 나머지 부분이 C 유역에 함유되어 오염부하량이 상대적으로 많아진 것으로 생각된다. 박 등<sup>4)</sup>에 의하면 반월천 유역에서 실측 오염부하량과 원단위 오염부하량은 생활하수의 유입에 의해 큰 차이를 나타내고 있다고 하였는데, 본 조사 결과도 이와 유사한 경향이었다.

인산의 경우 A 유역은 실측 오염부하량 0.73 ton/yr, 원단위 오염부하량 16.7 ton/yr, B 유역은 실측 오염부하량 0.74 ton/yr,

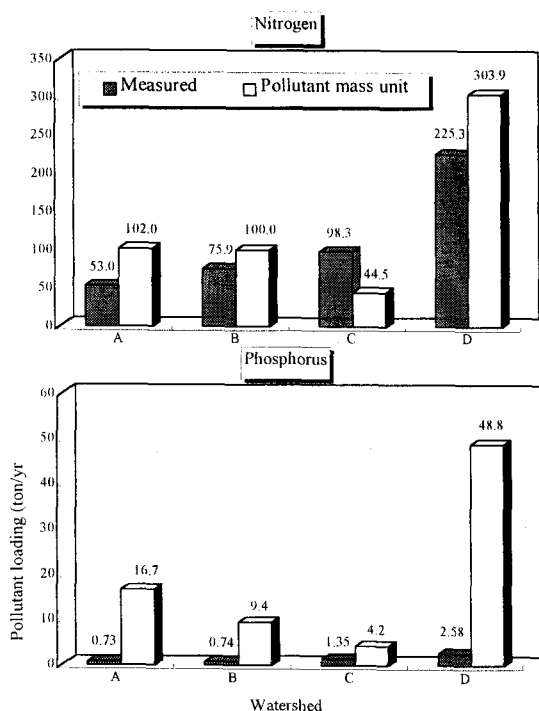


Fig. 6. Comparison of between loading of pollutant unit and measured

원단위 오염부하량 9.4 ton/yr, C 유역은 실측 오염 부하량 1.35 ton/yr, 원단위 오염부하량 4.2 ton/yr, 그리고 D 유역은 실측 오염부하량 2.58 ton/yr, 원단위 오염부하량이 48.8 ton/yr로 나타났다(Fig. 6). 인산의 경우 모든 유역에서 실측 오염부하량 보다 원단위 오염부하량이 높게 나타나는 경향이 있었다.

## 요 약

금강수계 상류에 위치하고 있는 전라북도 무주군 남대천 유역을 대상으로 1995년 7월부터 1998년 4월까지 32개월 동안 4개 지점의 수질시료에 대한 질적변화를 주기적으로 조사하였다. 또한 남대천 유역의 인구, 가축 그리고 토지이용에 따른 원단위 오염부하량과 실측 오염부하량을 비교 분석하였다.

수계 환경에 영향을 미칠 수 있는 영양물질을 대상으로 시기별 함량 변화를 조사한 결과, 전질소는 1.8~5.8 mg/L의 범위로 평균 3.8 mg/L, 전인산은 0.01~0.08 mg/L의 범위로 평균 0.05 mg/L를 나타내었다. 남대천 유역의 원단위 오염부하량은 질소 550.4 ton/yr, 인산 79.1 ton/yr로 나타났는데, 질소원의 경우 가축사육에 의한 부하량이 358.1 ton/yr로 전체의 65.1 %, 토지이용에 의한 부하량이 129.3 ton/yr로 전체의 23.5 %, 인구에 의한 부하량이 63.0 ton/yr로 전체의 11.4 %를 차지하는 것으로 조사되었다. 인산원의 오염부하량은 가축 사육에 의한 오염부하량이 60.6 ton/yr로 전체의 76.6 %, 인구에 의한 부하량이 13.3 ton/yr로 전체의 16.8 %, 토지이용에 의한 부하량이 5.2 ton/yr로 전체의 6.6 %를

차지하였다. 각 조사지점별 질소와 인산의 실측 오염부하량은 질소 452.5 ton/yr, 인산 5.4 ton/yr로 나타났는데 원단위 오염부하량과 비교시 인산의 경우 상당한 차이를 나타내고 있었다.

## 감사의 글

본 연구는 학술진흥재단('98 과학기술 기초연구 중점지원과제)의 연구비에 의하여 수행되었음

## 참 고 문 헌

1. Kim, Bok-Jin, Jong-Bae Chung and Jeong-Kook Kim (1997) Effects of Agricultural Practices on Water Pollution in Tributary Streams of Nackdong River, NICEM, 353~357
2. Kim, Bok-Young and Se-Ik Oh (1996) Management and Status of Rural Environmental Pollution, Korea Rural Economic Review, 19(3) : 141~155
3. Jung, Yeong-Sang, Jae E Yang and Bok-Young Kim (1997) Current Status of Agricultural Water Quality, Diffuse Pollution Problems and Improvement in Korea, Korea J. Environ. Agric, 67~92
4. Park, Seung-Woo, Sun-Ho Yoo and Moon-Seong Kang (1997) Nonpoint Source Pollution Loadings from Land Uses on Small Watershed, Korean Soc. of Agric. Engineer., 39(3) : 115~127
5. 환경처 (1994) 수질오염공정시험법, 동화기술
6. Jung, Yeong-Sang, Jae E Yang, Young-Kyu Joo, Joo-Young Lee, Yong-Seong Park, Mun-Heon Choi, and Seung-Chul Choi (1997) Water Quality of Streams and Agricultural Wells Related to Different Agricultural Practices in Small Catchments of the Han River Basin, Korea J. Environ. Agric, 16(2) :199~205
7. 환경처 (1991) 수질보전 장기 종합계획 보고서
8. 한국환경과학연구협의회 (1991) 영양염류 원단위 산정에 관한 연구
9. Jang, Jung-Yel (1994) Development of Water Quality Management Model for Rural Areas, M. S. Thesis, Seoul National University.
10. Sung, Dong-Gwon (1998) A Study on the Environmental Database Building and Simulation Using GIS, M.S. Thesis, Chonbuk National University
11. Jung, Yeong-Sang, Jae E Yang, Chol-Soo Park, Young-Gi Kwon and Young-Kyu Joo (1997) Assessment of N and P Loads from an Agricultural Watershed in the Buk-Han River Basin, NICEM