

농촌유역의 관리가 비점원 오염물질의
하천유입에 미치는 영향

책임연구원 : 최 중 대

(강원대학교 농공학과, 교수)

1. 서론

우리나라의 거의 모든 호수와 하천의 수질은 상당히 악화되어 있다. 정부의 수질보전 및 개선대책이 발표되고 또한 시행되고 있는 것으로 알고 있지만 대형수계 하류부의 오염은 날로 심해지고 있다. 정부뿐만 아니라 민간환경단체에서도 그들 나름대로 할 수 있는 방법을 찾아 크게는 전국적으로 환경보전 및 수질보전 캠페인을 벌이고 있으며 작게는 지역 하천과 호수의 수질개선을 위하여 부단한 노력을 하고 있다. 그러나 하천이나 호수의 수질은 여전히 악화되고 있으며 수질개선을 위한 시민들의 여망은 정부는 물론 학계 및 민간환경단체에 큰 부담을 지우고 있다.

수질오염에는 원인이 있다. 경찰이 범죄를 해결하기 위하여는 확실한 증거를 확보하고 범인들의 심리상태까지 파악하여 범인들의 거동을 예측하고 체포하여 사건을 해결하는 것이 정론이다. 수질오염문제도 동일한 방법으로 해결하여야 한다. 수질오염의 원인뿐만 아니라 오염배출원 관리자의 심리상태를 정확히 파악하여 수질오염방지 기술의 개발, 법적인 제재, 홍보 및 교육을 통하여 오염물의 수계유입을 원천적으로 차단하여야 한다. 오염원이 일단 수계에 유입된 후 하천이나 호수의 자정능력을 고려하여 오염된 수질을 처리한다는 것은 비효율적이고 비경제적이다. 하천의 수질을 개선하고 하천을 포함하는 주변의 자연생태계를 복원하기 위하여는 오염물이 하천환경으로 유입되기 전에 합리적이고 과학적으로 차단하거나 최소화할 수 있는 기술이 개발되고 시민들이 자발적으로 환경보전사업에 참여할 수 있도록 홍보와 교육이 이루어져야 한다.

수질오염원은 크게 점원 오염원과 비점원 오염원으로 나눌 수 있다. 점원 오염원은 산업체의 오폐수 배출구 혹은 도시하수처리장의 처리수 배출구와 같은 좁은 지점에서 집중적으로 발생하는 오염원을 의미한다. 반면에 비점원 오염원은 점원오염원이 아닌 모든 오염원으로 정의되며 농경지, 주거지역 혹은 도로 등의 넓은 면적에서 발생하는 오염이나 여행자에 의해 발생하는 오염 등이 포함된다.

점원오염은 수처리 기술의 개발, 환경기초시설의 설치 및 운영, 법적인 제재 등을 통하여 규제할 수 있다. 환경법규가 엄격하여짐에 따라 선진국에서는 점

원오염의 발생량이 감소하는 추세를 보이고 있다. 반면에 비점원 오염이 수질 오염에 기여하는 비중은 점원오염이 감소하는 것과는 반대로 점차 증가하고 있다. 점원오염은 그 발생원에 따라 오염물의 종류, 독성, 발생량, 인간 및 동식물에 미치는 영향 등이 비교적 간단하고 명확하게 나타낼 수 있기 때문에 이를 처리할 수 있는 기술도 실내 실험공간에서 새로운 이론과 방법을 도입하여 개발이 가능하다. 따라서 점원오염의 처리방법은 세계적으로 상당히 많이 발달되어 있고 더 경제적이며 효율적인 수처리 방법이 계속 개발되고 있다. 그러나 비점원 오염은 오염물의 종류, 독성, 발생량, 인간 및 동식물에 미치는 영향 등을 간단하게도 혹은 명확하게도 나타내기가 거의 불가능한 경우가 많다. 비점원 오염은 강우, 환경교육정도, 인문, 지리, 산업, 지질 및 토질 등에 따라 지역마다 또는 발생지마다 그 오염물의 종류, 발생방법과 량, 독성, 그리고 영향이 다르다. 따라서 한 지역에서 성공한 비점원 오염의 관리나 규제방법이 인근 지역에서는 오히려 수질에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 즉, 비점원 오염을 통제하여 수질을 개선하기 위하여는 지역의 특성에 맞는 관리기술이 개발되고 시행되어야 한다.

하천의 수질을 효율적으로 관리하기 위해서는 하천자체의 수질관리 보다는 하천으로 유입되는 오염물질을 효율적으로 관리하는 일이 더욱 중요하다. 수체에 유입된 오염물질은 물과 함께 이동과 확산이 빠르고 회석을 제외한 수중에서의 자정작용은 토양에서의 자정작용 보다 매우 미약하다. 또한 수중의 오염물질을 처리하기 위해서는 하천이나 호수의 엄청난 양의 물을 동시에 처리해야 하기 때문에 매우 비효율적이며 천문학적인 예산이 요구된다.

반면에 토양의 오염물질 정화는 토양에서 서식하는 수없이 많은 미생물에 의하여 매우 효율적으로 이루어진다. 따라서 토양의 자정작용을 이용하는 오수나 하수의 처리방법은 이미 오래전에 개발되어 실용화되어 왔다. Overland flow land treatment, Rapid infiltration, Slow infiltration, Wetland treatment 등이나 이들의 기능을 보강하여 비교적 좁은 면적에서 최대의 정화작용을 유도하는 모관침윤 trench법이나 토양피복형 접촉산화공법 등은 대표적인 토양정화작용을 이용하는 하수의 처리방법이다. 이들은 1차 처리된 도시하수나 농촌지역의 하수를 2차나 고도처리 없이 소기의 수질로 처리하여 하천으로 방류하거나

농업용수 등으로 재이용하도록 설계되고 있다.

우리나라와 같이 토지의 이용도가 매우 높고 고도의 집약농업이 행해지는 지역에서는 토지의 이용과 관리가 비점원오염물질의 배출과 운반에 매우 큰 영향을 미친다. 토지의 관리방법에 따라 주변에서 발생하는 오염물질을 흡수할 수 있는 오염부하 흡수능지가 될 수도 있고 많은 오염부하를 배출하는 오염부하 발생농지로도 될 수 있다. 농지나 생활환경에서 발생한 오염물질은 인공적이거나 자연적인 배수로로 통하여 하천으로 유입된다. 배수로의 관리에 따라 배수로에서의 자정작용도 오염물질의 정화에 많은 기여를 할 수 있다. 배수로의 규모가 작아 하수가 토양과 접촉할 기회가 많으면 많을수록 자정효과는 커진다. 농촌지역의 작은 배수로를 흐르는 하수가 하천으로 유입되기 전에 하천변의 수립이나 토양과 보다 많은 접촉을 할 수 있도록 배수로를 설치하고 관리하여 토양의 정화작용을 최대한 이용할 수 있는 방법의 개발과 보급이 필요하다. 이와 같이하여 하천으로 유입되는 비점원 오염물질의 양을 극소화한다 하여도 일부의 비점원 오염물질은 여전히 지하수나 강우시 지표수를 통하여 하천으로 유입된다. 농촌지역의 작은 하천에 유입된 오염물질을 제거하기 위한 하천의 관리가 필요하다.

이상에서 살펴본 바와 같이 농촌지역에서 비점원 오염물질이 발생되고 운반되어 하천에 도달하고 또한 하류로 배수되기까지는 농지, 생활 및 주거환경, 배수로, 지하수, 하천변 수립, 하천 등 오염이 발생되고 운반되는 공간(면적)과 시간이 존재하며 발생된 오염물질의 정화작용을 극대화할 수 있는 공간과 시간의 최적관리 방법이 존재할 수 있다. 이들 각각의 최적관리방법의 개발과 보급은 개별적으로 볼 때는 수질개선에 미치는 영향이 작을 수 있지만 각각의 최적관리 방법이 이상적으로 조합되는 종합적인 유역관리방법이 개발되고 보급되면 농어촌 유역의 수질개선효과는 대단히 크기 때문에 환경선진국에서는 개별적인 최적관리방법의 연구에서 유역단위의 최적관리방법의 개발과 보급에 많은 재정투자가 이루어지고 있다.

우리나라에서도 오염된 수질이나 환경을 보호하거나 복원하고자 많은 기관들이 있다. 행정부서, 대학교, 공사립연구소 및 민간환경단체 등은 각각 그 설립목적과 사업방향이 다르고 각 부서마다 장점과 단점이 있다. 따라서 각 기관

들이 수질개선과 자연환경의 보전이라는 공통의 목표를 향하여 노력은 하여도 그 방법과 내용은 서로 다를 수 있으며 효과적으로 수행되기가 어렵다. 각 기관들이 수질개선을 위한 사업방향이나 정책을 수립할 때는 어떤 근거할 수 있는 자료가 필요하다. 효율적인 정책개발이나 사업방향을 설정하기 위한 자료는 과학적인 실험설계하에 체계적으로 수집되어 신뢰성이 있는 자료라야 한다.

법적인 규제로 통제가 가능한 점원오염원 자료, 법적인 규제로는 효율적이지 못한 비점원 오염원에 관한 자료, 유역단위의 수질과 오염원 모니터링 자료 등이 필요하다. 특히 장기간에 걸쳐 수행되는 유역단위의 수질모니터링 자료는 효율적인 수자원관리를 위하여 가장 중요한 자료로 평가받고 있다. 연구유역에 지하수 및 하천수의 유량과 수질관측시스템을 구축하고 유역의 토지이용, 산업, 하수처리장과 같은 환경기초시설의 운영 등에 변화를 주면서 유역에서 배출되는 유출량과 오염물을 장기간 측정할 자료가 있다면 그 유역에 대한 수질관리 정책은 기관이나 부서는 달라도 같을 수 밖에 없다. 다만 정책을 수행하기 위한 활동방향은 다를 수도 있을 것이다. 즉, 각 기관들이 수질개선을 위하여 취하는 방법과 내용이 서로 다를 수 있는 이유는 이들 기관들이 적절한 자료를 보유하지 못하고 있는 데에도 중요한 원인이 있다고 볼 수 있다.

모니터링 연구는 장기간의 연구기간과 많은 경비가 소요되는 과제이나 유역의 모니터링 자료 만큼 수질 오염현상을 잘 파악할 수 있는 자료는 없다. 정책의 개발, 수질모델의 개발 및 검증, 교육 및 홍보자료의 개발 등에 모니터링 자료는 매우 중요하다. 수질 모니터링 자료는 수질만 측정하여서는 가치가 거의 없다. 수질측정과 유역의 유출량, 기상, 토지이용, 산업 등이 동시에 측정되어야 자료로서의 신뢰도와 가치가 있다. 그러나 이와 같은 자료는 많지 않으며 우리나라의 수자원 관리정책이나 수질보전정책이 효율적으로 수립되고 설득력 있게 수행되기 위하여는 유역의 수질모니터링 자료의 수집이 우선적으로 수행되어야 한다.

본 연구는 강원도의 북한강 수계에 위치한 농촌유역의 관리가 비점원 오염물질의 하천유입에 미치는 영향을 기술하기 위한 연구로 대표농업유역의 배수로를 통하여 하천으로 유입되는 비점원 오염물질의 농도를 측정하고, 농업지역의 토지이용과 오염배출에 관한 자료를 수집하고 분석하며, 그리고 비점오염원

저감을 위한 농촌유역 관리의 필요성에 대하여 기술하였다. 본 연구의 결과는 농업지역에서 발생하는 비점오염의 특성을 이해하고 비점오염원을 관리하기 위한 기초자료로 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

2. 연구방법

연구구역의 행정구역은 강원도 춘천시 서면 방동1리와 2리이며 구역면적은 13.8 km²이다. 연구구역은 다시 방동1천과 방동2천 구역으로 나뉘어져 있으며 각각의 소유역면적은 9.2 km²과 4.6 km²이다. 방동1리와 방동2리의 경지면적은 각각 115.5(논 58, 밭 57.5)ha와 101.6(논 49, 밭 52.6)ha로 논과 밭의 비율은 거의 비슷하다. '95년 11월 현재 방동1리는 95가구에 368명이 그리고 방동2리는 74가구에 271명이 거주하고 있다. 본 구역은 춘천도심지와는 직선거리로 약 5 km 정도 떨어져 있고 신씨묘(장절공 신승겸묘)와 같은 관광지가 있음에도 불구하고 지리적으로 외부와 고립되어 있어 대량의 오수를 방출하는 대중음식점 한 곳 없는 전통적인 농촌마을로 수문학적으로 독특한 2개의 paired watersheds를 형성하고 있다. 연구구역에서는 농업소구역의 유출유량과 수질과의 관계에 관한 연구가 진행되고 있는 구역으로 본 연구를 진행하기에 좋은 조건을 지니고 있다.

구역의 특성조사는 농가에서 발생하는 오염물질의 종류, 크기 그리고 하천에 미치는 영향을 예측하는데 도움을 줄 수 있는 항목들을 중심으로 조사하였다. 대표적인 조사항목은 화장실의 상태, 목욕탕과 부엌의 구조, 배수로의 길이, 하수의 처리방법, 주택 및 축사와 하천과의 거리, 축산현황과 축사의 구조, 하천제방의 존재유무와 하천관리상태, 폐기물 처리방법 등을 조사하여 구역의 오염원 분포를 파악하고 비점원 오염물질의 발생, 운반 및 자정작용을 기술할 수 있는 배수로의 유량과 수질을 조사하였다.

농업구역에서 하천으로 유입되는 오염물의 배출경로는 매우 다양하고 또한 이들 경로로 부터 유입되는 오염물의 양을 정확히 측정하기는 거의 불가능하다. 대표적인 오염물의 유입경로는 ①배수로를 통한 유입 (건조기, 강우기 혹은 영농기에 따라 오염물 배출량에 차이가 많으며 배수로의 길이에 따라서 또는 지하수의 유입유무에 따라서도 오염물의 농도에 차이가 있을 수 있다), ②논이나 밭에서 하천으로 직접 유입되는 경우, ③논이나 밭에서 중간지를 통과하여 하천으로 유입되는 경우, ④하천제방을 따라 흐르다 하천으로 유입되는 경우, ⑤자연이나 인공늪지를 통과한 후 하천으로 흐르는 경우, 그리고 ⑥하천제방이나 하

천변에서 인공적인 처리과정이나 자정작용을 받고 하천으로 유입되는 경우 등이 있을 수 있다. 이 중에서 측정 가능한 배수로를 통하여 하천으로 유입되는 오염의 농도를 측정하였으며 측정내용은 유량과 BOD, TN, TP, Total Bacteria 등의 수질항목을 측정하였다. 농업지역의 토지이용과 오염배출에 관한 자료를 수집하고 분석하며, 그리고 농촌유역의 관리가 비점원 오염물질의 하천유입에 미치는 영향을 기술하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 유역의 특성과 오염원의 분포

방동리 유역 농가의 편의시설인 입식부엌, 목욕탕 및 정화조 설치현황은 표1과 같다. 그러나 현재에도 많은 농가가 새로운 주택을 신축하고 있으므로 농가의 편의시설은 빠르게 증가되리라 생각된다. 목욕탕이 없는 주택도 간이시설을 하여 추운 겨울을 제

외하고는 집에서 샤워 등의 목욕을 하는 것으로 나타났다. 이들 편의시설들은 재래식 시설에 비하여 많은 생활오염을 배출하는 배출원이다. 반면에 농가와 하천 사이의 거리나 혹은 배수로의

표 1. 방동리 유역 농가의 편의시설

구 분	방동1리	방동2리
총가구수	95	74
입식부엌	72	44
목욕탕	54	37
정화조	20	14

길이는 배출원에서 배출되는 비점오염물질의 자연정화작용에 많은 영향을 주고 있다. 배출원에서 동일한 오염물질이 배출되어도 배수로의 길이가 길 때는 주변하천의 수질에 거의 영향을 주지 못하는 반면에 배수로가 없이 오염물질이 하천으로 직접 유입된다면 하천의 수질에 막대한 영향을 준다. 유역전체적으로 보았을 때, 농가와 하천과의 거리는 30 m 이내가 11가구, 30에서 50 m 사이가 13가구, 50에서 100 m 사이가 56가구, 그리고 100 m 이상이 70 가구로 비교적 하천에서 멀리 떨어져 있다. 또한 농가의 생활하수는 87가구가 배수로가 없이 주변의 농경지로 흡수가 되고 있어 하천으로 직접적인 오염부하는 없었다. 또한 나머지 63가구는 배수로를 통하여 하수를 배출하나 평시에는 하수가 배수로에서 토양으로 침투되어 하천까지는 도달하지 못하였다.

방동1리와 2리의 가축은 각각 소가 562마리와 418마리, 개는 123마리와 112마리, 닭이 92마리와 125마리, 염소가 4마리와 14마리, 오리가 14마리와 15마리이며 돼지는 방동1리에만 2마리, 그리고 방동2리에는 사슴이 14마리와 꿀벌이 100통이 사육되고 있다. 우사의 구조는 오염의 발생이 작은 톱

밭발효 우사가 5동, 재래식 마굿간 형식의 우사가 15동 그리고 오염발생이 많은 바닥을 콘크리트로 포장한 집단사육장식 우사가 90동을 차지하고 있다. 축사와 하천과의 거리는 30 m이내가 10곳, 30에서 50 m사이가 14곳, 50에서 100 m 사이가 40곳 그리고 100 m 이상되는 곳이 가장 많아 47곳이었다. 축사의 배수로는 거의 대부분 주변의 토양으로 침투되도록 되어있었으며 하천으로 연결되는 배수로를 가진 축사는 15곳이었다. 축사 배수로에서도 평시에는 하천으로 축산오수가 직접 유입되지 않았다.

방동1천은 비교적 하폭이 넓고 하상에는 굵은 호박돌 크기의 돌이 많았다. 하천은 제방과 옹벽 등으로 정비되어 있어 하천변에서 자연의 정화작용은 작을 것으로 예상되나 홍수시 농경지 유실 등의 위험은 없었다. 굵은 조약돌 등으로 피복된 방동2천의 하폭은 좁고 직선화되어 있으며 하천의 양안은 제방으로 잘 보호되어 있다. 그러나 하상이 좁고 직선화된 관계로 경사가 급한 구간은 1995년의 홍수로 하상이 상당히 많이 유실되었다. 방동1, 2천 모두 한 쪽의 제방은 폭 5 m 도로로 시멘트 콘크리트 포장이 되어 있으며 다른 한 쪽의 제방도 폭 3 m 정도의 비포장 농도로 구성되어 있다.

3.2 배수로를 통한 오염물의 유입

연구유역에서 하천으로 유입되는 오염물의 농도와 양을 측정하기 위하여 배수로를 선정하고 평시와 강우기에 유량과 농도를 측정하였다. 1996년 7월말 장마가 지나고 약3주일 후인 8월 21일 측정시 방동1천 주변의 배수로는 모두 말라있었고 방동2천 유역에서만 4곳의 배수로에서 유출이 있었다. 하천으로 유입되는 지점에서 양동이를 사용하여 유출량을 측정하고 약 3.4 liter의 수질시료를 채취하였다. 채취된 수질시료는 즉시 강원대학교 농공학과와 농화학과 실험실로 운반되어 공정시험법에 따라 분석하였으며 분석결과는 표 2에 요약하였다.

배수로의 유출량은 비교적 작았으며 늦가을 부터 봄사이의 건조기에는 유출량이 작았던 2개의 배수로는 말랐으며 나머지 2개 배수로에서만 약간의 유출이 있었다. 배수로의 유출은 농가나 축사의 오수가 유입되어 흐른다고 보다는 배수로 주변에서 지하수가 용출하여 흐르는 것으로 관측되었다. 본 연구유역의

토질은 화강암풍화토가 주종을 이루고 있기 때문에 투수계수가 크다. 방동1천 유역은 비교적 풍화층이나 전석층이 깊어 인구나 농경지가 방동2천 유역보다 많음에도 불구하고 평시에는 지표배수가 이루어지지 않고 지하수를 통하여 하천으로 유입되는 것으로 나타났다. 반면에 방동2천 유역의 농가와 농경지의 상

표 2. 평시 배수로의 유출량과 수질 (방동2천 유역)

측정지점과 번호	유출량 (l/min)	BOD (mg/l)	SS (mg/l)	TN (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	TP (mg/l)
1. 상-중류 사이	9.2	10.5	0.5	1.40	1.07	0.29
2. 상-중류 사이	32.5	9.0	1.5	1.74	0.43	0.44
3. 중-하류 사이	10.1	7.5	1.0	3.14	0.64	0.78
4. 중-하류 사이	22.8	13.0	3.0	0.70	0.27	1.27

당한 부분은 산자락에 위치하고 있어 지하수위가 낮고 지하수의 용출이 비교적 많아 평시에도 배수로에 물이 흐르고 있다. 방동1천 유역에서 발생하는 하수는 일단 배수로에 유입이 되어도 지하수의 용출이 없기 때문에 지하로 침투하여 없어진다. 지하수의 용출이 있는 방동2천의 경우는 하수가 배수로로 유입이 되면 지하용출수와 함께 하천으로 배수된다. 배수로 유출수의 수질은 BOD의 경우 7.5-13.0 mg/l 사이로 농업용수의 수질기준인 BOD 8 mg/l 보다도 대부분 높은 수치를 보여 농업용수로도 부적합함을 보였다. 4번 측정배수로는 상시 물이 흐르는 배수로로 7호의 농가 하수와 농경지 중양을 관통하고 있어 하천에 비교적 많은 오염물질을 유입시키고 있는 것으로 나타났다.

순수 농업지대의 강우기 배수로 수질은 강우강도, 수질시료 채취시간, 선행 강우량 등에 따라 많은 차이를 보인다. 무강우 일수가 지속됨에 따라 배수로와 도로 등에는 먼지와 유기물 등의 오염물질이 퇴적된다. 유출이 약간 일어날 정도의 강우로는 퇴적물이 유실되지 않아 배수로 수질은 급격히 악화되지는 않는다. 그러나 퇴적물을 쓸어갈 수 있을 정도의 강우가 있으면 배수로의 수질은

급격히 악화되고 상당한 양의 오염물이 하천으로 유입된다. 반면에 선행강우로 배수로나 도로면 등의 퇴적물이 유실된 후에는 상당히 큰 강우가 있어도 배수로의 수질은 많이 악화되지 않을 수 있다. 그러나 오염배출이 많은 도시근교 농업지대나 환경기초시설이 미비한 축산단지에서의 오염배출은 강우와 밀접한 관계를 가지고 있다.

본 연구에서 강우기의 수질은 강원도 춘천시 신북읍 천전리와 유포리 일대의 3.76 km² 유역(유포리 유역)에서 측정되었다. 토지이용별 오염물의 배출특성을 조사하기 위하여 도심지역, 논, 밭, 방목장 그리고 산지 등으로 구분하여 측정하였으며 유포리 유역의 토지이용상황은 표 3에 나타났다.

표 3. 유포리 유역의 토지이용상황

토지이용	면적(km ²)	경사도(%)	불투수층비(%)	토양특성	지표식생
도시	0.2	5	30	양토	관상수
논	0.86	0	0	양토, 미사질양토	벼
밭	1.30	9	0	자갈있는 사양토	채소, 과수
방목지	0.07	13	0	자갈있는 사양토	자연초, 목초
산지	1.33	47	0	바위있는 사양토	활·침엽수
계	3.76				

유포리 유역의 토지이용별 대표지점을 선정하고 유출량 및 비점오염물질의 농도를 4회 측정하였다. 유역의 강우량과 유출고 그리고 유역으로 부터의 수질 분석인자의 유량가중 평균농도는 표 4에 그리고 토지이용별 수질인자의 최대, 최소 및 평균은 표 5와 같다. 유역으로 부터의 유출율은 표에서 나타나듯이 일정한 것이 아니라 선행강우 혹은 토양의 함수비에 따라 33.5%에서 52.8%까지 변화하였으며 지표유출에 많은 영향을 받는 비점오염물질의 유출농도도 많은 차이를 보이고 있다. 강우시지만 수질분석인자들의 평균농도는 비교적 작은 값을 보이고 있다. 일반적으로 홍수유출시의 최대오염물 농도는 침투유출이 일어나기 전에 발생하고 점차 감소하는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서도 수질시료의 채취와 유출유량의 측정이 침투유출후에 이루어졌으므로 실제의 농도보다는

다소 작게 측정되었을 것으로 생각된다.

표 5에서는 각 측정값의 최대와 최소 그리고 평균농도를 나타냈다. 표에서 알 수 있듯이 각각 수질인자의 최대치와 최소치의 차이가 대단히 크다는 것이다. 강우량 및 순간최대강우강도, 토지 이용상황, 작물의 성장상태, 수질측정시간 등에 따라 많은 변화를 보이고 있다. 이와 같은 농도의 변화는 비점원오염

표 4. 유포리 유역의 강우, 유출 및 수질인자의 유량가중 농도

측정 번호	평균유량 (m ³ /sec)	총강우량 (mm)	총유출고 (mm)	유량가중평균농도 (mg/l)					
				SS	BOD	COD	TP	TN	NH ₃ -N
1	3.48	174.0	91.9	82.1	1.8	2.7	0.08	2.04	0.20
2	2.79	25.6	10.6	40.1	1.3	4.0	0.10	3.30	0.91
3	4.59	67.2	32.1	82.1	1.4	3.5	0.24	2.59	0.71
4	2.01	414.0	138.8	197.2	0.4	1.4	0.09	1.24	0.37

의 가장 큰 특징중의 하나로 비점원 오염의 양을 정확히 파악할 수도 없고 또한 효율적으로 관리하기가 어려운 원인이 된다. 산지에서의 오염물 유출이 비교적 크게 나타난 것은 측정시 유역의 상류에서 도로확장공사가 진행중이었기 때문에 강우시 많은 토사유출이 발생하였기 때문이다. 하천과 호수의 부영양화에 가장 큰 기여를 하는 총인과 총질소는 도심지역에서 가장 많이 배출되고 밭과 방목지에서도 상당히 많이 배출되는 것으로 나타났다. 논은 상당히 많은 비료를 사용함에도 불구하고 총인과 총질소의 농도는 다른 토지이용과 비교하여 볼 때 비교적 작았다. 그러나 본 연구에서 조사된 논 중의 일부는 다량의 유기비료를 사용한 건답직파재배논이 포함되어 있어 총인, 총질소 및 BOD 등의 농도가 높게 측정된 것이 많이 있었다.

농업유역에서의 비점오염물질 유출은 강우기에 지표유출을 통하여 집중적으로 발생하고 있다. 방동리 유역에서와 같이 평시에는 배수로 자체에 물이 흐르지 않아 오염물의 유출이 이루어질 수 없는 곳이 많으나 모내기과 같이 관개용수를 많이 사용하는 시기나 장마철에는 배수로를 통하여 많은 비점오염물질들이 유출된다.

표 5. 토지이용별 수질인자의 최대, 최소 및 평균

수질인자		도시	논	밭	방목지	산지
SS	최대	1,249.4	467.5	1,180.0	1,349.5	6,812.0
	최소	25.3	1.0	0.2	3.0	2.0
	평균	400.7	76.5	329.2	111.5	205.3
BOD	최대	354.0	36.0	22.0	10.5	12.2
	최소	1.8	0.1	0.0	0.1	0.1
	평균	130.2	1.3	1.3	0.9	0.9
COD	최대	229.1	12.0	10.3	7.0	5.6
	최소	48.3	0.0	1.0	0.2	0.2
	평균	124.1	3.3	5.5	3.6	1.7
TP	최대	4.920	0.628	6.438	3.892	1.703
	최소	2.014	0.000	0.009	0.004	0.031
	평균	3.425	0.244	0.177	0.481	0.330
TN	최대	41.657	22.467	20.648	22.669	12.378
	최소	3.854	0.093	0.399	0.841	0.371
	평균	18.154	7.830	10.273	7.910	4.370
NH ₃ -N	최대	48.393	6.841	3.151	0.988	12.969
	최소	0.950	0.241	0.010	0.045	0.001
	평균	16.039	1.853	1.252	0.638	1.173

3.3 유역의 오염 발생량 예측

농업인의 생활수준 향상, 축산농가의 증가, 수세식화장실의 보급 및 확산 등 여건의 변화에 따라 오수와 폐수의 발생량이 지속적으로 증가하고 있다. 1993년 현재 농어촌 인구 1인당 평균 236 liter의 생활하수를 발생시키고 있다. 또한 축산업에서 발생하는 축산분뇨의 배출원단위, 물리화학적 특성 및 축산시설에서 배출되는 축산폐수의 특성은 다음 표 6, 7, 8에 나타났다. 농업지대의 단위면적당 최대 오염원은 축산시설에서 발생한다. 따라서 축산시설의 관리와 규제는 농업지대의 환경은 물론 주변 수계의 수질보호 차원에서도 매우 중요하다. 농산물 시장의 개방에 따라 돼지의 사육은 농가단위의 부업에서 대형화 및 전

문화된 사육시설에서 집단사육이 이루어져야 국제경쟁력을 갖출 수 있고 수출
까지도 가능하기 때문에 돼지사육시설에 대한 환경규제는 비교적 쉽게 이루어

표 6. 축산분뇨 배출원단위

구분	체중 (kg)	1일 1두당 배설량 (kg/일)		
		분	뇨	소계
돼지	60	3	3	6
젓소	450	30	10	40
한우	340	15	5	20
말	550	30	10	40
닭	1.4	0.10		0.10
오리	2.7	0.19		0.19

표 7. 가축분뇨의 물리화학적 특성

수질항목 (mg/l)	분				뇨			
	한우	비육우	젓소	돼지	한우	비육우	젓소	돼지
BOD	24,456	26,495	20,821	59,875	4,640	4,213	3,575	4,009
COD	172,872	198,949	200,172	261,926	19,992	11,268	11,368	9,065
SS	156,800	137,734	118,667	183,000	35	30	25	425
VSS	132,600	118,800	105,000	161,286	30	27	22	340
TKN	6,080	5,393	4,706	9,790	5,005	4,520	4,205	4,500
TP	3,446	2,828	2,206	4,205	305	250	250	315
Cl	1,400	1,675	1,950	1,321	1,750	1,563	1,563	1,531
함수비(%)	78.8	80.7	82.5	73.5	-	-	-	-
회분(ppm)	212,000	193,000	175,000	-	3,954	3,872	3,809	-

질 수 있게 된다. 소고기의 수입개방으로 한우와 육우의 사육두수는 점차 감소
할 것으로 예측되나 오염의 발생량이 많고 또한 농가에서 가장 선호하는 현금
원이기 때문에 당분간은 사육두수가 급격히 감소하지는 않을 것으로 전망된다.
따라서 한우나 비육우의 사육, 또는 개, 사슴 등의 동물사육이 점차 증가할 것

표 8. 축산시설의 원폐수 특성

구분	폐수량(1/두·일)		BOD (mg/l)		COD (mg/l)		SS (mg/l)	
	평균	범위	평균	범위	평균	범위	평균	범위
낙농시설	40	17-60	2,790	2,500-3,200	2,340	2,000-3,000	1,270	1,000-1,700
육우시설	3	30-40	2,900	2,700-3,000	2,430	2,000-3,000	1,230	1,000-1,700
양돈시설	12.4	6-33	2,510	1,290-5,000	1,680	760-3,000	1,660	440-4,000

으로 예측되어 이들 가축으로 부터 발생하는 오염량은 앞으로도 농업지대의 최대 오염발생원으로 남을 것이다.

농업지역에서 발생하는 중요한 오염원 중의 하나는 농경지에서 발생할 수 있는 오염이다. 모든 농경지에서 오염이 발생하는 것이 아니라 농지의 토양조건, 강우량, 경사도, 재배작물과 생육단계, 경운방법, 농업잔유물(residue)의 처리방법, 관개조건, 비료와 농약의 사용량, 사용시기 및 사용방법, 그리고 농업에 종사하는 농업인의 의지 등에 따라 오염을 발생시키는 오염부하 발생농지와 외부의 오염부하량을 흡수하여 저감시키는 오염부하 흡수농지로 구분될 수 있다. 그러나 모든 농지에서는 다소간의 차이는 있지만 오염물질을 배출하고 있다고 보는 것이 일반적이다. 농경지에서 유출된 비점원 오염물질의 일부는 직접 하천이나 호수로 유입되고 일부는 배수로나 제방 등의 중간지를 거쳐 수계에 유입된다. 농경지의 발생오염부하량이 수계의 수질에 미치는 영향을 정확하게 알기 위해서는 배수로나 중간지에서 행해지는 자정작용의 효과를 기술할 수 있어야 한다. 미국 등 환경선진국에서는 중간지에서의 자정작용을 이용하여 오염물의 유출을 최소화하고 수질을 보전하기 하여 경지주위와 제방의 사면에 buffer strip 혹은 vegetated filter strip이라 불리는 풀밭을 설치하여 경지나 도로 등에서 발생하는 오염물질 등이 하천에 유입하기 전에 차단하려는 노력을 많이 하고 있다. 농지주변이나 도로변의 수로에도 잔디 등을 심어 수로에서의 토양유실을 방지하고 농지와 도로에서 유출되는 오염물질을 조금이라도 더 많이 제거

하려는 노력을 하고 있다. 따라서 농지에서의 오염발생량은 농지자체의 오염발생뿐만 아니라 농업유역의 관리여하에 따라서 많은 변화를 보일 수 밖에 없으며 일률적으로 경지면적당 오염배출원단위를 정하기는 매우 어려우며 비합리적이다. 환경부에서 정한 농경지를 포함한 각 오염원의 원단위 현황은 표 9와 같다. 오염원에 따라 다소간의 차이는 있으나 오염원별 원단위가 모두 하천이나 호수로 유출되는 것이 아니라 유출은 영농기와 비영농기, 강우기와 비강우기, 시민의 환경의식, 오염원의 관리방법 등에 따라 많은 차이가 있으므로 표 9의 사용에는 세심한 주의가 필요하다.

표 9. 각 오염원 별 원단위 현황

오염원		항 목	BOD	SS	TN	TP
인구 (g/인·일)	시가		62	61	7.75	1.63
	비시가		51	59	7.75	1.63
가축 (g/頭·일)	한우		95.7	40.6	14.7	2.0
	젓소		111.6	50.8	17.8	2.4
	돼지		31.4	20.8	5.6	1.9
	가금		0.25	0.36	0.019	0.016
토지 (g/km ² ·일)	논		5.12	4.41	2.33	0.170
	밭		7.10	7.59	2.33	0.170
	대지		87.59	227.73	0.759	0.027
	임야		0.96	1.26	0.550	0.013
	기타		0.96	1.26	0.759	0.027
가두리 양식장 (g/km ² ·일)			86	150	10.52	5.37

표 10. 방동리 유역의 비점오염원 발생량 예측치

구 분	생활하수 (m ³ /day)	BOD (kg/day)	SS (kg/day)	TN (kg/day)	TP (kg/day)
방동1리 유역	86.8	72.6	44.6	11.1	1.7
방동2리 유역	63.9	54.0	33.1	8.3	1.3

이상의 자료를 사용하여 연구구역의 오염발생량을 보면 다음과 같다. 방동1리와 방동2리 구역의 오염부하량을 구하면 표 10과 같다.

원단위를 사용하여 예측한 연구구역의 오염량은 상당히 크다. 하루에 발생하는 생활하수의 양은 방동1리와 2리 구역에 각각 86.8톤과 63.9톤에 달한다. 발생하는 하수가 모두 하천으로 방류되어 유출된다면 방동1리와 방동2리 구역 출구에서 평균 생활하수 유출량은 104 l/min에 달하고 이는 건조기(겨울철)의 하천유량의 1/3에 해당하는 많은 양이다. 농업구역의 중요한 수질인자인 BOD, SS, TN 및 TP의 발생량도 상당히 많아 이들이 모두 하천으로 유입되어 유출된다면 건조기의 BOD, SS, TN 및 TP의 농도는 각각 293 mg/l, 180 mg/l, 45 mg/l 그리고 6.9 mg/l에 달해야 할 것이다. 환경부에서 정한 상수원수 1급 하천수의 BOD 농도는 1 mg/l 이하 그리고 상수원수 1급 저수지의 TN과 TP 농도가 각각 0.2 mg/l와 0.01 mg/l 이하인 점과 비교하면 매우 높은 농도이다. 따라서 가내수공업적인 공장이나 작은 대중식당 하나 없는 전통적인 산간농업 구역에서도 상당히 많은 양의 비점원 오염물질이 발생되고 있음을 알 수 있다.

3.4 지하수 수질과 하천 수질과의 관계

전절에서 오염발생원단위를 기준으로 계산한 오염물 모두가 지표층을 통하여 하천이나 호수로 유입되지는 않는다. 발생한 오염량의 상당한 부분은 강우 혹은 관개수와 함께 지하로 침투하여 지하수를 오염시키고 궁극적으로는 하천으로 유입하여 하천수를 오염시키며 하류로 배출된다. 방동리 연구구역에서는 지하수와 하천수의 수질 모니터링이 행해졌다. 지하수의 수질 모니터링은 방동1리 하류부의 자연부락을 선정하고 6곳의 농가용 펌프를 관측점으로 선정하고 1년동안 지하수위와 수질을 약 2주일 간격으로 측정하였다. 관측지역의 지하수위는 모내기 준비가 한창인 5월 초순에 상승하여 추수기 전후에 하강하였다. 방동1천에는 상류, 중류 및 하류에 유량측정 지점을 선정하고 약 2주일에 1회씩 유출량과 수질을 측정하였다. Fig. 1에서 4는 방동1리 구역의 하류부에서 측정된 방동1천과 주변 지하수의 총질소와 질산성 질소 농도의 연중변화를 나타낸 것이다.

Fig. 1은 방동1천의 총질소(TN) 농도의 연중변화를 보여주고 있다. 총질소의 농도는 모내기 끝나는 6월 초에 상승하여 12월까지 계속유지되다 1월 중

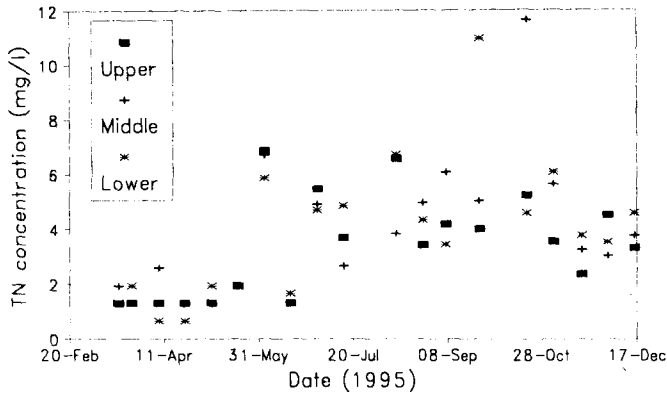


Fig. 1 Total nitrogen (TN) concentration at the upper, middle and lower sampling sites of Bangdong 1 Cheon

순 이후에 낮아졌다. 하천의 상, 중, 하류 관측지점별로 총질소 농도의 변화는 크지 않았으며 상류부에서도 상당한 양의 총질소가 유출되고 있음을 나타내고 있다. 농가와 농경지가 작은 하

천의 상류에는 주변의 숲과 산에서 유입되는 낙엽 등의 유기물로 인하여 총질소 농도가 높아지는 것으로 사료된다.

하천의 중류나 하류부의 하천변은 제방으로 잘 정비되어 있고 하상도 비교적 깨끗하여 자연적인 유기물의 유입이 최소화된다. 따라서 하천의 중류와 하류 관측지점의 총질소 농도가 높은 것은 하

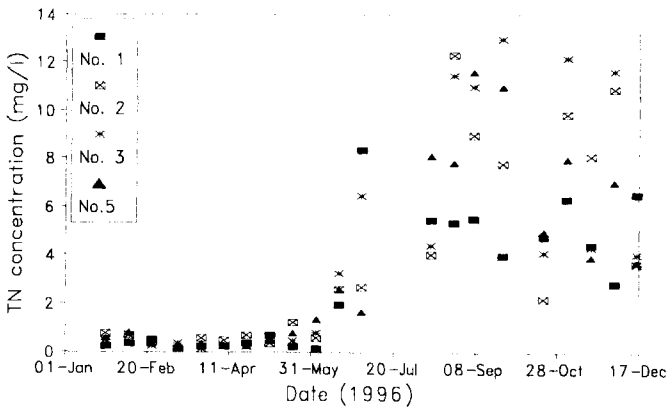


Fig. 2 TN concentration (mg/l) changes in groundwater

천 주변에서 일어나고 있는 주거 생활, 영농활동 혹은 지하수를 통하여 오염물질이 유입되기 때문인 것으로 생각된다. 이는 지하수의 총질소 농도 변화(Fig. 2)가 주변의 하천 총질소 농도와 비슷하게 변화되고 있다는 사실로 간접적으로 입증된다.

Fig. 2에서 알 수 있듯이 총질소의 농도는 지하수위가 상승되고 약 2-3주 후에 상승하기 시작하였으며 상승된 농도는 지하수위가 감소된 후에도 계속 지속되

다가 1월 중순이후 부터 감소하기 시작하여 2월과 3월경에 가장 낮은 농도를 보였다. 연구구역의 토지이용은 논면적이 밭면적보다 상당히 넓고 또한 논은 영

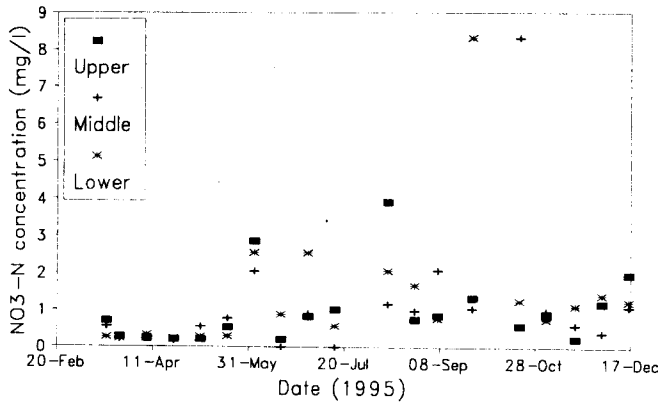


Fig. 3. NO₃-N concentration (mg/l) at the upper, middle and lower sampling sites of Bangdong 1 Cheon

논의 침투수와 함께 침투되는 총질소의 양도 많을 것으로 예측되기 때문에 지하수의 총질소 농도가 지하수위가 상승된 후 증가되고 있는 것으로 사료된다. 또한 지하수는 인근의 하천으로 유입되기 때문에 하천의 총질소 농도에도 기여하고 있다고 생각된다.

Fig.3은 방동1천에서 측정된 질산성 질소의 농도이다. 하천의 질산성 질소 농

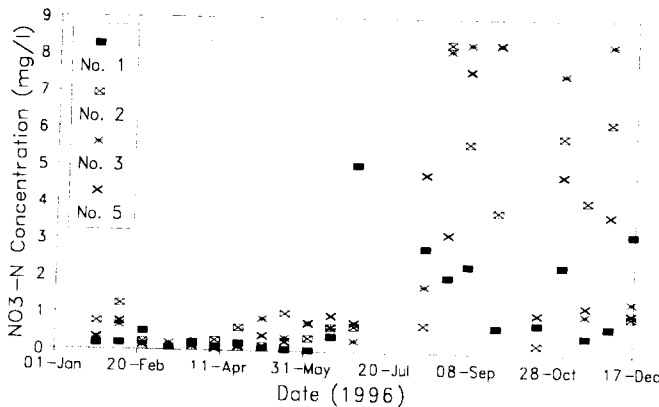


Fig. 4 Nitrate nitrogen concentration (mg/l) changes in groundwater

도는 총질소의 농도와 함께 6월 초에 증가하여 1월 중순 이후에 감소하기 시작하였으며 4월경에 가장 낮은 농도를 보였다. 총질소의 농도와 마찬가지로 질산성 질소의 농도도 하천의 상, 중, 하류의 관측지점별로 큰 차이는 보이지 않았고 상당히 변화가 심하였다. 그러나 질산성 질소 농도의 경우 총질소 보다는 중하류에서 농도가 높게 나타나는 경향을 보이고 있어 지하수를 통하여 많은 양의 질산성 질소가 유입되는 것으

로 생각되고 있다. Fig. 4에는 지하수의 질산성 질소 농도의 계절적 변화를 나타냈다. 지하수의 질산성 질소농도는 총질소의 농도가 증가하고 약 2-3주 후에 증가하기 시작하여 1월 중순이후에 감소하였다. 총질소의 농도변화보다 질산성 질소의 변화폭이 다소 큰 경향을 보이고 있다. 그러나 총질소와 질산성 질소 농도의 변화가 많기 때문에 이를 구명하기 위한 연구가 요구되고 있다. 질산성 질소는 토양층에서 지하수와 함께 자유로이 이동할 수 있는 특성을 지니고 있으므로 영농철에 상승된 농도는 지하수의 배제와 함께 서서히 하천으로 유입하여 하천의 질산성 질소의 농도에 기여하는 것으로 생각된다.

농경지에서 발생하는 여러 종류의 비점원 오염물은 지표유출이 발생하는 강우기에 토양의 유실과 함께 하천으로 유입된다. 또한 총질소, 질산성 질소 등은 지하로 침투하여 지하수와 함께 하천으로 유출된다. 지하수를 통하여 하천으로 유입되는 오염물의 양은 토질, 비료의 사용량 및 사용시기, 강우량, 영농방법 등에 따라 많은 변화를 보일 수 있다. 미국 동부 사질토 토양에서는 농경지 부근의 하천으로 유입되는 총인과 총질소의 40% 내지 60%는 지하수를 통하여 유입된다는 보고도 있다. 본 연구에서는 지하수를 통하여 하천으로 유입되는 총질소와 질산성 질소의 양을 정량적으로는 계산할 수 없었지만 지하수 수질과 하천수의 수질은 밀접한 관계가 있다는 것을 입증할 수 있었다.

3.5 농업유역의 관리와 비점오염원의 유출

농업지역에서 비점원 오염물질의 발생은 다양한 원인으로 전 지역에서 발생하고 발생된 오염물의 유출은 지표수와 지하수를 통하여 하천이나 호수로 유입되어 수질을 악화시킨다. 비점원 오염물의 유출경로는 정해져 있는 것이 아니라 토지이용 및 지형에 따라서 매우 다양하며 또한 지하수를 통하여서도 유출되고 있다. 오염의 배출농도나 배출량도 배출조건에 따라 매우 심한 차이를 보인다. 따라서 농업지역에서 발생하는 비점원 오염은 도시지역과 같이 하수관로를 설치하여 한곳으로 모으고 하수처리장을 건설하여 처리를 한 후 하천으로 배출할 수 있는 조건이 되지 못한다. 다만 농가의 생활하수나 축사의 폐수를 차집하여 처리를 한다면 제한적인 효과가 있을 뿐이다. 우리나라의 경우 산림과 농업지역에서 발생하는 비점원 오염의 양이 부유물질(SS)은 54.5%, 총질소는 50.4% 그리고 총인은 26.2%에 달하여 비점원 오염물질을 효율적으로 관리하

지 못하고는 하천과 호수의 수질을 효율적으로 보전할 수 없는 처지에 있다. 농업지역에서 발생하는 비점원 오염은 도시나 공장지대의 점오염원 처럼 법적인 규제나 행정적인 지도로 통제할 수 있는 성질의 오염도 아니다.

미국과 같은 환경선진국의 예를 보면 비점원 오염물의 완전한 통제는 어려워도 어느 정도까지는 통제가 가능하다. 오염을 통제하기 위하여는 오염원인과 오염량을 파악하고 오염저감대책을 개발하고 오염원 관리자로 하여금 오염저감대책을 시행토록 권장하여야 한다. 점원오염인 경우는 오염의 발생원인, 발생량, 오염저감 대책 등이 비교적 분명하게 정의되고 오염원 관리자를 법적인 규제나 행정적인 지도로 오염저감대책을 시행할 수 있도록 강제할 수 있기 때문에 효율적인 관리가 이루어질 수 있다. 그러나 예를 들면 비점원 오염의 발생원은 농사를 짓는 농지이고 개별 농지로 생각할 때는 발생량도 많지 않고 독성도 크지 않아 큰 문제가 될게 없으며 오염원의 관리자는 농업인이다. 농지에서 오염저감대책은 외국의 경우를 보더라도 발같이 방법을 바꾸고 비료와 농약을 덜 주는 대신 필요할 때 마다 자주 주고 그리고 작물의 종류를 바꾸며 윤작을 하는 등 작업량은 일반적으로 많이 증가되며 기계화율이 많아지는 반면에 소출은 작아질 수 있는 가능성이 높아 농업인들이 잘 따라 주지 않는다. 그렇다고 영농방법까지 법으로 규제하기는 불가능하다. 이와 같은 이유 때문에 선진국에서는 환경친화형농업을 정착시키기 위하여 많은 인센티브를 농업인에게 주고 있으며 홍보와 교육에 심혈을 기울이고 있다. 항구적인 환경농업을 위해서는 농업인들이 스스로 깨닫고 조금 어렵고 귀찮고 또한 손해를 보더라도 환경친화농업에 자발적으로 참여하도록 유도를 해야만 하기 때문이다.

농업지역에서 오염저감대책의 개발은 단시간내에 이루어질 수는 없다. 오염저감대책을 개발하기 위하여는 대표유역을 설정하고 기존의 토지이용법을 사용하여 장기간 동안 유출량과 수질관측을 하여 계절별, 영농기별로 기준자료를 우선 확보해야 한다. 장기간 주기적으로 측정된 수질자료를 보면 그 유역이 당면하고 있는 문제점이 상당히 많은 경우 수치적으로 나타나고 이러한 문제점을 개선할 수 있는 일반적인 대안들을 수립할 수 있게 된다. 관측주기가 짧으면 짧을수록 문제점은 더욱 명확하게 나타나고 더욱 확실한 대안을 찾을 수 있기 때문에 예산과 인력이 뒷받침되는 한 유량과 수질관측 주기를 일주일 단위 혹

은 그 이하로 하는 것이 좋다. 토지이용방법을 바꾸는 등 이들 대안을 실행하면서 유출량과 수질을 관측하고 자료를 분석하면 해당유역에 가장 적합한 오염저감방법인 유역의 최적관리방법을 개발할 수 있다.

농업유역의 유출이나 수질은 수없이 많은 인자들에 의하여 지배를 받기 때문에 한두곳에서 실시한 한두해의 모니터링 자료로는 신뢰도 있는 오염저감대책을 개발하기 어렵다. 따라서 다양한 지역에 대표유역을 많이 설치하고 5년, 10년 혹은 20년 이상씩 모니터링을 하며 오염저감대책을 개발하기 위하여 연구하는 유역이 선진국에는 많이 있다. 자료가 수집되면 지역의 실정에 합당한 오염저감대책을 개발할 수 있으며 농업인을 설득하여 오염저감대책을 수행하도록 하여 수질오염을 방지할 수 있다. 농경지가 개인의 사유재산이기 때문에 이와 같은 연구는 국가적인 정책으로 지원하지 않으면 성사될 수가 없다. 넓은 농지를 장기간 임대하거나 혹은 농지 소유주를 설득하고 손실보상금을 지급하며 연구목적에 맞도록 영농방법과 토지이용방법을 바꾸며 토양오염, 지하수 오염 그리고 하천과 호수의 오염도를 모니터링해야 할 필요가 있다. 농업유역의 최적관리방법을 개발하기 위한 모니터링 연구는 농림부, 환경부의 담당부서와 연구기관이 공동으로 주관하여 장기간 동안 수행되어야 한다. 모니터링 연구에는 지역주민을 반드시 동참시키고 주변의 주민들에게도 견학할 기회를 가능한 많이 주어 연구의 필요성, 목적 등을 주지 시키는 교육이 함께 수행되어야 한다. 연구에서 개발된 최적관리방법을 성공적으로 시행하기 위하여는 지역주민의 자발적인 참여의지가 가장 중요한 변수로 작용하기 때문에 연구개발시부터 주민의 참여는 필수적이다. 또한 환경은 사람이 파괴하고 있기 때문에 환경을 보전하기 위한 가장 중요한 대책으로 사람의 교육에 정성을 기울여야 한다.

과학적인 실험설계하에 장기간 동안 수집된 모니터링 자료는 환경친화농업이나 유역의 최적관리방법 개발에는 물론 유역의 수치모델을 개발하는데 필수적이다. 컴퓨터가 많이 보급되고 다양한 오염저감프로그램들이 개발되고 있지만 우리나라 고유의 프로그램을 찾기는 매우 어렵다. 외국의 프로그램을 도입하여 우리나라 실정에 맞게 calibration(검정)하여 사용하는게 대부분이다. 이는 장기간의 시간, 노력 및 연구비가 소요되는 기초자료의 수집에 소홀히 하였기 때문에 우리나라의 실정에 맞는 프로그램을 개발할 수 없었기 때문이다. 모니

터링 자료와 같은 정확한 기초자료가 있다면 외국의 프로그램을 검정하더라도 더욱 현지 특성에 맞게 검정을 할 수 있어 보다 효율적으로 사용할 수 있게 된다.

21세기에 접어들면서 자원의 고갈에 대한 우려의 목소리는 한층 더 높아질 것이다. 자원의 고갈은 대략 3가지 원인으로 요약할 수 있다. 첫째는 사용하여서 없어지는 것, 즉 석탄이나 원유과 같이 현대 문화생활에 필수불가결하여 어쩔수 없이 유한한 자원을 소비하여 자원이 고갈되는 것이다. 둘째는 회석이 되어 없어지는 것, 즉 헬륨 가스나 다른 유용한 가스를 사용하므로써 형질은 변화하지 않으나 농도가 작아져서 사용할 수 없는 것이다. 그리고 셋째는 오염에 의하여 이용할 수 없는 상태로 변하는 것, 즉 물이나 토양을 예로 들 수 있다. 첫째나 둘째와 같이 이용하여 없어지거나 못쓰게 되는 것은 어찌할 수 없다 하더라도 써 보지도 못하고 오염에 의하여 자원이 고갈된다는 것은 현대 사회에서 수용할 수 없다. 수자원학회도 수문학회에서 이름을 바꾸었다. 필자 개인이 느끼는 개명의 의미는 양적인 면에서 물의 이용에만 치중하였던 과거의 정책을 확대개편하여 흔하고 값 없던 물을 자원이라는 제한되고 귀한 대상인 수자원으로 격상하고 수자원의 질과 양의 보전, 관리 및 이용을 균등히 하고자 하는 의지를 담고 있다. 수자원 보전, 관리 및 이용상의 균등함은 수자원을 개발하고 이용함에 있어 당장의 경제논리에 우선권을 두는 양적인 이용과 수자원의 질을 중요시하는 수자원의 관리에 동일한 무게를 두는 것이다. 수자원은 당시대의 전유물이 아니고 후손에 물려주어야 할 귀중한 자원으로써 잘 관리되고 보호되어야 한다. 댐과 같은 수자원의 개발에는 댐의 축조가 우선이 아니라 댐을 축조하기 전에 댐으로 유입되는 수원지의 점원 및 비점원 오염의 관리방법이 우선적으로 채택이 되어야 한다. 댐으로 인한 저수지가 만들어지기 전에 수원지의 환경기초시설 등이 앞서서 완공되고 농업지대의 비점원 오염량을 최소화하기 위한 다양한 영농방법의 개발, 농어촌 시민의 교육, 개인이나 사업체에 대한 환경기초시설 지원 등을 통한 오염저감방법으로 수자원의 질을 보전하기 위한 정책이 선행되어야 한다. 수자원학회에서는 이와 같은 분야를 전문적으로 개발하고 연구하는 분과위원회를 구성하고 적극적으로 지원하여야 한다. 즉, 수자원학회는 물 자체를 대상으로 하는 것에서 물 뿐만 아니라 물이 공급되는

수원지를 중요한 연구의 대상으로 삼아 수자원의 질을 보전하는데 최선을 다해야 한다.

4. 결론 및 건의

농촌유역의 관리가 비점원 오염물질의 하천유입에 미치는 영향을 기술하기 위한 연구였다. 본 연구에서는 강원도의 곡간지에 위치한 순수한 농업지역을 대표농업유역으로 선정하여 배수로를 통하여 하천으로 유입되는 비점원 오염물질의 농도를 측정하고, 농업지역의 토지이용과 오염배출에 관한 자료를 수집하고 분석하며, 그리고 오염저감을 위한 농촌유역 관리의 필요성에 대하여 기술하였으며 다음의 결론과 건의가 도출되었다.

1) 대표유역은, 유역면적 13.8 km², 농경지 2.17 km², 인구 639명, 한우 980마리 등이 있는 농업유역으로 비점원 오염 원단위를 이용하여 예측한 오염 발생량은 생활하수 150.7 m³/day, BOD 126.6 kg/day, SS 77.7 kg/day, TN 19.4 kg/day, 그리고 TP 3.0 kg/day였다.

2) 대표유역의 배수로는 비강우기에는 대부분이 말라있어 유역에서 발생되는 비점오염물의 유출이 매우 작으며 배수로에 물이 흐를 경우 유출량은 9.2-32.5 l/min, BOD는 7.5-13.0 mg/l, SS는 0.5-3.0 mg/l, TN은 0.70-3.14 mg/l, NO₃-N은 0.27-1.07 mg/l, 그리고 TP는 0.29-1.27 mg/l였다. 오염물질의 농도는 배수로의 조건에 따라 많은 차이를 보였다.

3) 강우시 농업지역의 토지이용별 비점원 오염물질의 배출은 강우조건, 토지이용 등에 따라 변화가 매우 심하였으며 유역의 출구에서 조사한 비점오염물의 평균농도는 SS 40.1-197.2 mg/l, BOD 0.4-1.8 mg/l, COD 1.4-4.0 mg/l, TP 0.08-0.24 mg/l, TN 1.24-3.30 mg/l, 그리고 NH₃-N 0.20-0.91 mg/l 정도였다. 강우시 최대오염물 농도는 침투유량이 발생하기 전에 나타나나 본 연구에서는 침투유량 후에 측정이 되었기 때문에 평균농도가 다소 낮게 나타난 것으로 예상된다.

4) 하천수의 수질과 지하수의 수질은 밀접한 연관이 있는 것으로 나타났으며 지하수를 통하여 하천으로 유입되는 비점오염원의 정량적 평가를 위한 연구가 요구되었다.

5) 농업지역의 수질보전사업을 효율적으로 추진하기 위하여는 유역의 최적관리방법의 개발이 필요하다. 최적관리방법의 개발은 장기간의 유역모니터링 자료가 필요하므로 정부부처와 연구기관 공동으로 전국적으로 대표유역을 설정하고 유역의 특성변화와 수질을 모니터링하기 위한 연구가 제안되었다.

참고문헌

1. 김정현. 1991. 수질관리. 동화기술
2. 내무부. 1995. 농어촌 간이오수처리시설 사업추진 실무지침서
3. 최중대. 1996. 강원도 농촌유역의 지하수 수질과 하천수질. 1996년도 한국
농공
학회 국제심포지엄 및 학술발표회 논문집, p:79-85
4. 최중대. 1996. 농촌유역의 소하천 유출량과 비점원 오염물질의 배출. '96년
한
국수자원학회 학술발표회 논문집, p:577-582
5. 한국수문학회. 1995. 하천시설기준(조사편)
6. 한국수자원공사. 1995. 소양강다목적댐 관리연보
7. 한국환경과학연구협의회. 1990. 전국 축산분뇨 적정관리대책 연구
8. 환경부. 1995. 비점오염원 조사연구사업 보고서