

지역환경분과 연구동향 및 활동계획



이 광 야
한국농어촌공사 농어촌연구원
kylee@ekr.or.kr



함 종 화
한국농어촌공사 농어촌연구원
jonghwah@hanmail.net

1. 서론

우리나라에서 물의 이용과 관련된 문제는 총괄적인 수량의 부족이기 보다는 과도한 담수자원을 사용함으로써 발생하는 수계의 생태적 스트레스와 지역적으로 물의 편중이 심하다는 것이다. 특히 2008년도 가을 가뭄시 일부 농촌지역의 저수지의 저수율이 10% 미만으로 떨어지는 등 지역별로 물부족으로 인한 고통을 경험하였다. 또한 농촌지역의 산업화·도시화 비율이 점차 높아져 가면서 지역별 물 수요는 계속 증가되고 있기 때문에 물이 부족한 농촌지역은 물부족 현상이 더욱 가중될 것으로 예상된다. 이러한 문제를 진단하고 대책을 수립하기 위해 지역환경 분과는 농촌지역의 수질, 생태의 스트레스를 최소화(비점원, 수질개선, 어도 등)하고 건전한 생활환경 및 녹색기술(하수재이용, 바이오매스, 청정용수 공급 등) 분야의 연구를 선도하고 있다.

본문은 우리학회의 지역환경 분야의 논문 게재 현황을 분석하고 세부 분야의 연구 동향을 살펴보고자 한다. 또한 앞으로 연구가 집중되어야 하는 분야를 나름대로 정리해 보았으며 마지막으로 금년도 우리 분과의 활동 계획을 수립해 보았다.

2. 농공학회지 게재논문 동향

2.1 연도별 게재 편수 분석

농공학회지 게재논문 동향을 분석하기 위해 2004년부터 2011년까지 8년간 농공학회지에 게재된 논문 중 지역환경분야 논문 게재 편수를 분석해 보았다. 8년간 총 496편의 논문이 게재되었으며, 이중 지역환경분야 논문은 총 98편으로 전체의 20%를 차지하였다. 연도별 분포는 2005년 2006년이 15편으로 가장 많았으며, 그 다음으로 2009년, 2011년 순으로 나타났다. 연도별 지역환경분야 논문 비율을 살펴보면 2005년 2006년이

연도별 논문게재 편수

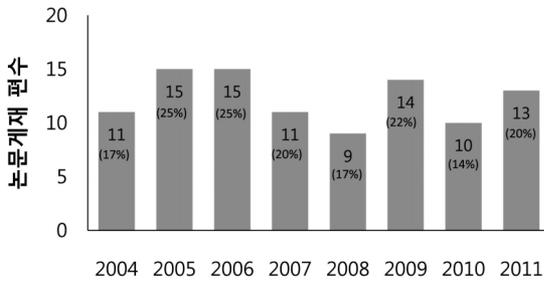


그림 1. 연도별 지역환경분야 논문게재 편수

25%로 가장 많았으며, 다음으로 2009년이 14%, 2007년과 2011년이 20%를 나타냈다. 전체적으로 2008년이 논문 편수가 가장 적게 나타났으며, 비율은 2010년에 14%로 가장 낮게 나타났다.

2.2 세부분야별 게재 편수

농공학회지에 게재된 98편의 지역환경분야 논문을 크게 8개의 세부분야로 나눠 세부분야별 분포를 분석하였으며, 그 결과는 그림 2와 같다. 분석 결과에 의하면, 비점부하량관련 논문이 26편으로 가장 많았으며, 그 다음으로 비점 모니터링관련 논문이 20편, 수처리관련 논문이 15편, 바이오매스관련 논문이 9편, 하수재이용관련이 8편, 독성관련이 5편, 저수지 모니터링관련이 4편 순으로 나타났다. 기타로는 점오염 부하량 모니터링관련 2편, 환경용수관련 2편, 어도관련 2편 외에 오염총량제, 기후변화, 수질기준, 생태모니터링 관련 논문들도 각각 1편씩 게재되었다.

특히, 비점관련 논문이 46편으로 지역환경분야로 게재된 논문의 47%를 차지하는 것으로 나타나, 거의 절반에 가까운 논문이 비점관련 논문임을 알 수가 있었다. 바이오매스와 하수재이용관련 논문이 각각 9편,

8편으로 나타났으며, 이러한 연구는 수자원과 에너지 원 부족문제를 해결하기 버려졌던 하수처리수와 바이오매스를 재이용하고자 하는 연구로 농공분야에서 시기적절하게 연구되어 지고 있는 분야로 판단된다. 농업용저수지 또는 담수호로 유입되는 하천의 비점 모니터링관련 논문은 10편이 있는 반면에, 농업용저수지 또는 담수호의 환경관련 모니터링 논문은 4편으로 상대적으로 매우 적은 비중을 나타내었다. 이를 통해 저수지나 담수호 자체의 오염보다는 저수지나 담수호의 오염에 가장 큰 영향을 미치는 유입하천의 수질 및 부하량 변화 모니터링에 더 많은 연구가 수행되고 있음을 알 수 있다.

각 세부분야별로 서술하고 있는 내용을 분석하면 다음과 같다. 26편의 비점모델링분야 논문을 자세히 살펴보면, 논에서는 주로 수질 및 부하량을 모델링하였고(4편), 밭에서는 토양유실을 모델링하였으며(5편), 유역전체에 대해서는 수질 및 부하량(12편), 토양유실(3편) 기타(2편)를 모델링한 논문이었다. 20편의 비점모니터링분야 논문을 살펴보면, 논에서는 주로 수질 및 부하량을 모니터링하고(5편), 밭에서는 부하량 및 토양유실을 모니터링하였으며(4편), 유역에서는 수질과 부하량을 주로 모니터링하였다(11편).

수처리관련 논문 15편 중 9편은 습지와 휴경논을 이용한 오염하천수를 처리하는 논문이었고, 2편은 습지에 의한 오수 및 축산폐수처리, 3편은 바이오필터에 의한 오수처리, 1편은 하수처리장 관련 논문이었다. 하수재이용관련 8편의 논문 중 5편은 논외의 관개용수로 이용 시 수질, 미생물, 수확량의 변화를 분석하는 논문이었고, 나머지는 밭 관개용수, 하천유지용수로의 이용 타당성 분석 및 시스템개발에 관한 논문이었다. 바이오매스관

세부분야별 논문게재 편수

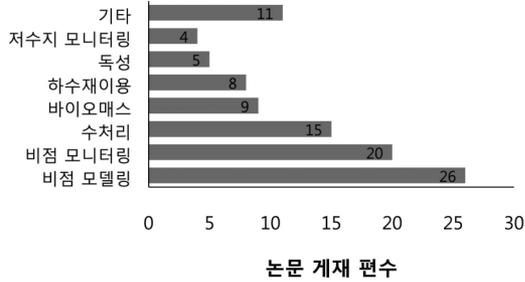


그림 2. 세부 분야별 논문게재 분포

련 9편의 논문 중 6편은 에너지화 관련 논문이었으며, 2편은 부존량 분석, 1편은 시설 운영방안에 관한 논문이었다. 독성관련 논문은 미생물, 중금속, 농약, 유해물질에 관한 내용이었다.

2.3 세부분야별 연도별 게재 편수 분석

8년간 게재된 지역환경분야 논문 98편을 세부분야별 연도별 분석을 분석하였으며 그 결과는 그림 3과 같다. 비점모델링분야는 2006년, 2007년, 2009년에 활발히 게재되었으며, 2009년 이후 지속적으로 감소되고 있는 것으로 나타났다. 비점 모니터링분야는 2007년, 2008년 일시적으로 감소하기는 하였으나 전체적으로 연 평균 3편 이상 꾸준히 논문이 게재되고 있다.

수처리분야 논문은 2004년부터 2006년까지 활발히 논문이 게재되다가 그 후 계속적으로 감소하여 연평균 약 1편이 게재되고 있다. 바이오매스분야 논문은 2006년과 2008년에 각각 2편, 3편의 논문이 게재된 후 연평균 1편의 논문이 게재되고 있다. 하수재이용분야 논문은 2005년, 2009년, 2011년에 2편씩 게재되었으며, 그 외에는 1년에 1편의 논문이 게재되고 있다.

독성관련 논문은 2008년에 3편으로 가장 많은 논문

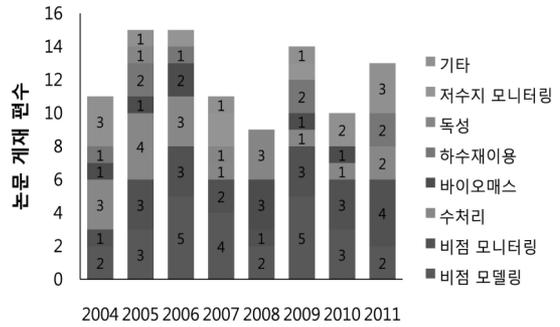


그림 3. 세부분야별 연도별 논문게재편수 분석

이 게재되었으며, 2005년, 2007년에 각각 1편씩 게재된 이후에는 논문이 게재되지 않고 있다. 기타 분야로는 2004년, 2005년에는 생태모니터링, 농업용수수질기준, 어도, 준설토 관련된 논문이 게재되었으며, 2009년부터 2011년 사이에는 하천환경용수, 점원 모니터링, 기후변화 등의 논문이 게재되어 시기별 게재되는 논문들이 크게 차이 남을 알 수 있었다.

전체적으로 최근 3년간 게재된 논문을 중심으로 분석해보면, 비점모니터링, 바이오매스 논문은 감소되는 추세에 있으며, 하수재이용과 수처리는 현상유지, 비점모니터링과 기타분야 논문은 증가 추세에 있음을 알 수 있다.

3. 국내 연구 동향

3.1 비점오염원 모니터링 및 분석

비점오염원이 4대강 수질에 미치는 영향은 수계별로 22~37%(4대강 대책수립 시 기준)이었으나, '03년 비점오염 부하비율은 수계별로 42~69%에 이르는 것으로 평가되었으며, 비점오염원 관리대책 부재시 수질에 미치는 영향이 '15년에는 수계별로 65~70% 수준에 이를 것으로 예측됨에 따라 비점오염원에 대한 적극적인 관

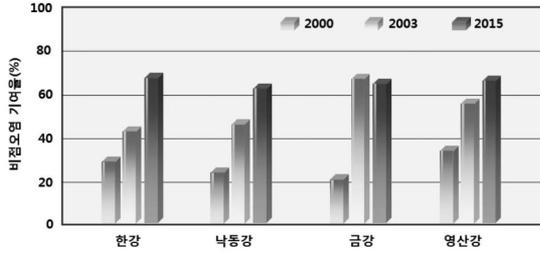


그림 4. 비점오염원의 4대강 별 BOD 기여현황

리대책이 필요한 실정이다.

또한 최근에 조사한 2011년 농업용호소에 대한 수질 측정망 조사결과에 의하면 수질기준 달성율은 86.2%로 우수한 편이나, 중부영양화에서 부영양화상태의 비율이 76.6%로 농업용 저수지의 부영양화에 의한 수질오염이 우려된다. 농업용 저수지의 주요오염원을 농업용수 수질 측정망을 대상으로 살펴보면, 생활계가 주요오염원인 시설수가 2001년 44%에서 2011년 28%로 점차 감소하는 추세에 있으며, 축산계는 시기에 따라 다소 증감은 있으나 25%에서 30%의 수준에서 유지하고 있다. 한편, 토지계에 의한 비점오염원의 농업용수 수질오염 기여율은 2001년을 29%에서 2011년에 45%로 지속적으로 증가하는 경향으로서 앞으로 농업용수 수질관리 및 개선대책이 농촌지역의 비점오염원대책 위주로 추진되어야 함

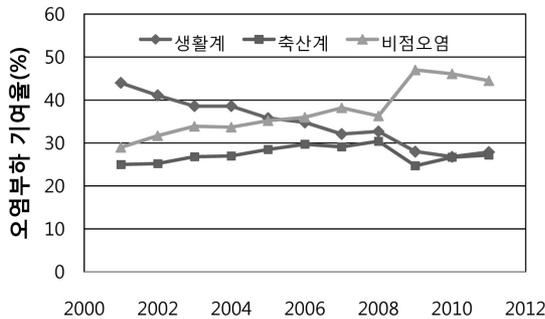


그림 5. 농업용 저수지의 주요오염원 변화추이(2000~2011)

을 의미하고 있다.

우리나라의 하천 및 호소에 유입되는 오염물질 중 약 30% 이상이 농업활동 등에 의한 비점오염원임에도 불구하고, 기존의 수질관리대책은 대부분 하수처리장건설 등의 점오염원 처리에 치중하고 있다. 과거 연구자들에 의해 논, 밭, 산림 및 농촌유역에서 배출되는 비점오염 부하를 모니터링하고, 특정 비점오염대책을 적용하였을 경우 예상되는 부하량을 모의한 연구가 많이 있었다. 그러나 비점오염부하는 지역적, 시기적 차이가 커 전국적인 규모로 모니터링하여 분석을 해야 신뢰성 높은 비점오염부하 분석을 수행할 수 있다.

이에 최근 들어 환경부 및 농림수산식품부에서는 전국적인 규모로 세부 토지이용별 비점오염원에 대해 모니터링을 실시하고 있으며, 이를 바탕으로 비점오염원 특성에 적합한 최적관리기법 및 비점오염부하 제어대책에 대한 연구를 수행하고 있다. 전국적인 규모로 모니터링된 자료를 바탕으로 토지이용별 비점오염부하 제어대책을 적용하였을 경우 예상되는 부하량을 다양한 유역 모델을 이용해 모의하여, 상황별 적절한 비점오염부하 제어대책을 적용할 수 있도록 하는 연구도 수행하고 있다. 또한 모니터링된 자료와 국내외 연구결과를 바탕으로 비점오염원의 선진국가의 정책 및 제도를 연구하여, 국내 정책 및 제도개선을 제안하려는 시도가 있다.

3.2 비점오염부하 제어를 위한 수질개선시설

농촌지역을 포함한 농업용수 수질오염의 주요오염원이 과거 미처리된 생활하수 등의 점오염원으로 이를 제어하기 위해 인공습지, 바이오필터 등 농촌유역에 적합한 소규모 오폐수처리시스템 관련 연구가 많이 수행되었다. 하지만 근래에는 비점오염의 비중이 증가하면서 비

점오염원을 제어하기 위한 여러 연구가 수행되어 왔다. 특히, 농촌지역의 특성상 대부분 저비용, 저기술을 필요로 하는 인공습지, 식생여과대, 식생수로와 같은 자연정화시설을 이용한 비점오염부하 제어 연구가 많이 수행되어 왔다.

인공습지는 습지식물의 성장 및 생태계를 구성하는 생물의 구성에 따라 수질정화능을 결정하게 된다. 특히, 인공습지는 습지식물 자체보다는 식물체에 부착하여 서식하는 부착조류, 박테리아, 미생물 등에 의한 유기물분해 및 무기영양염의 흡수가 습지 전체의 수질정화능에 크게 기여하게 된다. 식생여과대는 지표강우유출수내 오염물질 제거를 위해 사용되며 종종 침투조 같은 다른 시설과 함께 사용된다. 식생여과대는 식물체를 통한 여과와 토양침투에 의해 비점오염물질을 제거하도록 고안된 균일하게 경사진 지면에 조밀한 식생을 갖춘 넓은 초지로 정의된다. 식생여과대는 추이대 기능을 갖고 있으며 물 가장자리로 내부역의 주변을 완충하는 효과가 있어 여과대의 기능이 있고 다양한 생물종의 분포가 가능한 장소이다. 식생수로는 강우시 토양의 침식을 줄이기 위한 식생으로 덮인 수로이다. 우수유출수는 식생수로를 통과하면서 강우 유속이 감소하고 부유고형물의 제거가 촉진된다. 오염물질의 침투는 식생수로를 통해 수행되는 가장 중요한 오염물질 제거공정이다.

특히, 최근 화성호를 비롯한 새만금호, 탄도호, 홍성호, 보령호 등 간척지 담수호의 수질개선 계획의 일환으로 대규모 인공습지를 국내·외 연구사례를 중심으로 규모를 결정하고 처리효율을 산정하여 적용하고 있다. 또한 농업용저수지의 수질개선을 위해 유입구에 인공습지를 포함한 자연정화시설을 설계 및 적용하고 있다. 그러나 외국사례의 경우 자연정화 공법은 대부분 폐수처

리 등의 2차 처리를 위해 적용되어 비교적 고농도의 수질을 대상으로 하고 있어 국내의 여건과 다소 상이하고, 국내의 연구는 소규모 유량을 대상으로 실시되어 많은 유량을 대상으로 한 시험연구가 미흡한 실정이다. 이에 담수호의 경우 유역에서 유입되는 오염된 하천수나 농지배수가 저농도 고유량의 특성을 가지므로 자연정화기법을 담수호에 적용함에 있어 유량 및 수질, 기후변화 등을 고려한 수질정화효과 분석, 적합한 설치규모와 최적의 배열방법, 운영시의 문제점 및 해결방안 등에 관한 연구가 필요하여 농어촌연구원을 포함한 여러 기관에서 인공습지의 비점오염 처리효율 및 담수호 또는 저수지 수질개선효율에 관한 연구를 수행하고 있다. 특히 농어촌연구원에서는 자연정화시설의 장기운영결과를 활용하여 적정 설계방안을 도출하기 위해 충남 당진군 고대면 석문간척지구 내에 수질개선연구단지를 조성하고 2001~2010년까지 현장에서 수질정화효율을 조사·분석하였다.

이와 같은 식생정화시설(인공습지, 식생여과대, 식생수로)은 단일공정으로 수질개선 목표를 달성할 수 있는 곳은 제한적이므로 2개 이상의 구조적(경우에 따라서

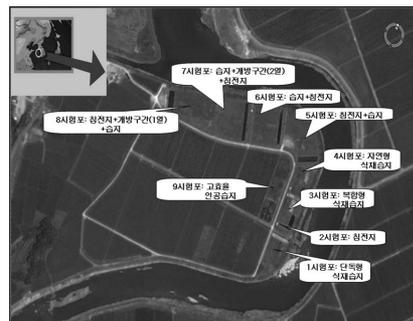


그림 6. 인공습지에 의한 비점오염제어효과 분석을 위한 시험시설

비구조적) 저감시설을 직렬 연결하여 계열화된 비점오염 저감시스템으로 수질-수량 관리 목표달성을 위하여 현지여건을 충분히 고려한 채용 가능한 설계개념과 비구조적/구조적 저감시설로 구성하여 활용할 수 있다. 또한 현장여건에 따라서 다양한 형태의 저감시설 조합하여 다단형 저감시설의 적용이 가능하다. 식생수로, 식생여과대는 처리해야 할 유량을 충족시키기 위하여 다른 저류형 시설과 결합될 수 있으며, 처리목표를 달성하지 못할 경우 직 하류에 다른 구조적 시설을 추가하여 최종 목표를 달성할 수 있게 할 수 있다. 식생을 이용한 식생정화시설에 이용되는 수생식물은 육지와 수계를 연결하는 연안대 즉 추이대에 분포하고 있으며, 이러한 자연환경의 순환계를 활용하는 수질개선기법은 항구적인 가치를 지닐 것이다.

3.3 농업용호소 수질관리 연구

농업용호소 수질개선사업 계획수립은 주로 유역대책으로 생활계와 축산계 부하량을 감소시키기 위한 오폐수처리시설을 적용하고 있으며, 호내대책으로 유입부에 침강지와 인공습지를 이용해 저수지로 유입되는 부하량을 저감시키려는 노력을 하고 있다. 대부분의 호내대책은 침강지와 인공습지를 중심으로 한 수면 및 유입부를 대상으로 단위사업의 개념이 적용되고 있으며, 호소정비 차원의 종합적인 접근이 미흡한 실정으로 저수지의 수질에 직접 영향권에 있는 수변구역과 유역을 포함한 수질개선 접근기법이 요구된다. 종합적인 호소정비 기법으로서 생태적으로 민감한 지역인 호소 주변의 전이대(ecotone)의 수질보전 기법은 미흡한 실정이나 최근 들어 식생을 이용한 호수, 하천 수질 정화방안에 대한 관심과 아울러 많은 연구가 진행 중이다. 농촌지역에 분

포하고 있는 농업용 저수지의 다원적 가치를 재해석하고, 수질보전을 위하여 도입되는 자연정화공법과 조화를 이룰 수 있는 친수공간의 계획기법 및 모델을 제시하는 연구가 수행되었다. 특히, 기존의 공법위주의 연구가 아닌 주변마을과 연계성, 지역특성 등을 충분히 고려한 개발모델의 제시는 최근에 대두되고 있는 통합농촌개발(Integrated Rural Development)의 또 하나의 새로운 모델이 될 것이며, 이러한 모델은 농촌지역의 어메니티 자원 보전, 도농교류활성화, 안정적인 영농지원, 지역생태계 보전 등의 성과를 도출하였다.

비점오염원으로 인해 야기되는 문제들을 해결하기 위해서는 이해당사자들의 적극적인 참여, 명확한 원인 규명과 비점오염 부하량의 정량화, 문제해결을 위한 정확한 목표 설정 및 이를 실현하기 위한 정책적·실질적 실천방안이 확실히 이행되어야 한다. 따라서 통합유역관리를 통한 농업용수 수질관리에 있어 농업인 등 지역주민의 참여는 무엇보다도 중요하다. 이러한 오염원의 관리를 통한 오염물질 배출 자체를 줄이고자 농업용수 관리기관인 한국농어촌공사에서는 2001년부터 오염된 농업용 저수지를 수질관리시범지구로 지정하고, 저수지를 중심으로 상류 유역과 하류 관개지역의 농업인과 지역주민, 수면관리자, 행정기관이 공동으로 참여하는 “농업용수 수질관리협의회”를 구성하여 운영하였고 현재는 전국적으로 확대되어 1,000개 이상이 운영되고 있다.

또한 농촌지역 비점오염원은 먼개념으로 유출됨으로써 수집, 저류, 운송, 처리 등 기술적 해결을 어렵게 하고 있다. 즉, 농경지 등 농촌지역에서 배출되는 비점오염물질은 사후처리보다는 오염원에서 차단하는 사전예방적 개념이 도입되어야 함을 의미한다. 예를 들면 표준 시비량을 사용하고 유기농법 등 저에너지가 투입되는

친환경농업, 가축분뇨 자원화를 통한 자원순환형 유역 관리, 관개용수 손실을 줄이는 물관리기법 등이 있으며 이는 통합관리를 통해서만 가능하다. 통합비점오염관리는 거시적 관점에서 통합수자원관리(Integrated Water Resources Management)의 일환으로 비점오염에 의한 수질문제에 치중하며, 최근 통합수자원관리가 경제성, 지속가능성, 공평성에 대한 관점에서의 물문제를 다루기 위해 각국이 수행해야할 대처방안으로 인식되고 있고 통합수자원관리를 위해 일반적으로 다목적, 다기준성과 지속가능성(sustainability)을 고려함을 살펴볼 때 통합비점오염관리 역시 이러한 지속가능성, 다기준 의사결정기법, 관리대안의 개발 및 평가, 경제성 분석 등이 포함되어야 한다.

그간의 연구들이 비점오염원을 저감하기 위한 과학적·정책적 노력에 초점이 맞춰져있어 사회적·경제적 관점에서의 연구가 부족한 실정이며, 또한 각각의 구성요소가 유기적으로 결합할 수 있는 비점오염원 통합관리체제가 구축되어 있지 않아 보다 체계적인 비점오염원 관리를 위해 일부 연구자들은 비점오염원 통합시스템을 구축하고 이를 지속적으로 운영하는 것이 필요하다고 주장하고 있다. 농업비점오염원 연구는 토지이용 형태, 지역적 영농방법, 관개방식, 기상현황 등에 따라 다양한 특징을 갖고 있기 때문에 전국적인 농업비점오염의 현황을 파악하고 관련 정책 및 제도 시행 등 정책실행의 효율성과 효과를 판단할 수 있는 종합적인 비점오염정보시스템 구축이 필요하다.

3.4 농업용호소 녹조제어 연구

전국 농업용수 측정망 저수지, 담수호의 환경기준 초과율이 전년도에 비해 증가하였으며, 전체 시설 중 중부

영양호 이상의 저수지가 약 10% 증가한 것으로 나타났다. 대부분의 농업용호소는 인이 한계영양물질로 저수지의 부영양화 및 녹조를 제어하기 위해 호소 내 인 농도를 저감시켜야 한다. 현재 인처리공법에 대한 많은 연구가 진행되어왔으나 화학물질의 2차 오염으로 생태계 건강성을 저해할 우려가 커 저수지, 담수호 등에 실제 적용이 곤란한 실정이다. 최근 들어 화학적 처리기법을 대체할 생물학적 인처리기법의 개발연구가 일부 연구자에 의해 수행되었다. 조류를 이용한 인처리기법은 수질 개선 뿐만 아니라 인처리과정에서 발생하는 생물자원(biomass)의 회수와 활용방안의 정립으로 바이오에너지 개발과 농촌 축산사료 등 재자원화는 물론 온실가스 저감 등 CDM(Clean Development Mechanism, 청정개발체제)사업으로 가치를 가진다. 그러나 연구개발에 투자되는 비용이 매우 크고, 기술에 대한 국내외 개발근거가 부족한 것이 현실이다. 그러므로 이와 관련된 연구의 개발 가치 및 경제성 분석에 대한 기초연구의 진행과 타당성분석에 대한 연구가 무엇보다 중요하다. 이러한 타당성 연구를 통해 농업용저수지의 수질개선과 신재생에너지 사업을 주요목적으로 하는 조류를 이용한 인처리기법 개발에 대한 현장여건분석은 물론, 기술적, 경제적

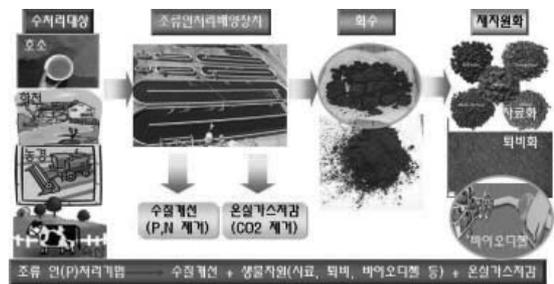


그림 7. 조류 인처리 기법 기본 개념

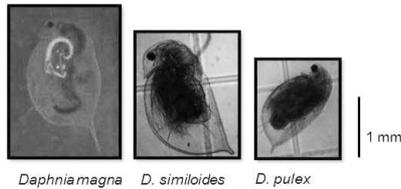


그림 8. 천적생물 후보 종 및 시설 전경

타당성을 객관적이며, 합리적 방안으로 분석하여 연구 개발가치 및 투자에 대한 종합적 판단근거를 제시할 필요가 있다.

4대강 주요 하천구간의 조류 발생 억제 등 수질보전을 위해 하·폐수처리장 총인처리시설 설치, 환경기초시설 확충 등의 수질개선대책을 추진하고 있다. 조류는 수온·햇빛·영양염류 등 영향인자의 조건이 충족되면 자연 상태의 하천에서도 쉽게 발생하여 수질오염을 가중시키는 물질이다. 따라서 하천에 직접 적용하여 조류 발생예방 및 제거가 가능하고 수생태적으로 안전한 생물학적 녹조방지기술에 대한 연구·개발이 필요하다. 기존의 조류제어기술(황토, 황산구리, 클로린 등의 화학물질을 수계에 직접 살포하는 방법이나 침출폭기, 강제순환, UV, 초음파 등)은 그 효과는 인정되지만 비용이 많이 소요되고 일시적이며 타생물에 대한 독성을 보이거나 화학물질에 의한 2차적 환경오염 등을 유발하며 적용 수계의 규모와 환경적 특징에 따라 적용이 어려운 경우와 효과가 미미한 경우도 많이 발생한다. 생태공학 적 기법(ecotechnological treatment)은 수서생태계 생물먹이망을 응용한 top-down control(하향조절)과 같은 수서생태학의 기본적 이론을 바탕으로 문제가 되는 조류대발생 원인종을 효과적으로 섭식하는 천적생물

을 이용하여 생태계 교란을 최소화 할 수 있다는 것이 장점이다. 또한, biomanipulation(생물조절)은 부영양화 수역의 조류대발생과 같은 내생적 혹은 외생적 기원 유기물을 제거하는데 효과적인 방법으로 주목받고 있으며, 생태 친화적이고 장기간 사용에도 부작용이 적다. 일부 연구자는 조류대발생의 원인종에 대한 다양한 섭식능을 가진 우수한 천적생물 종주를 확보하여 조류 대발생을 효과적으로 제어할 수 있으며 생태적으로 안전한 생물학적 제어기술을 개발하여 실용화하고자 하는 연구를 수행하였다.

3.5 하수재이용

국가적차원에서 하수재이용은 고도처리 기술 발전에 따라 수질이 양호한 방류수를 친환경 대체수자원으로 개발하는 등 고도물처리 산업을 활성화 하고자 '물재이용 촉진법'을 추진하여 가뭄 등 물 부족에 대처하고 새로운 물 시장 창출 기대하고 있으며 이를 위해서 각 부처에서 재이용관 관련된 사업을 추진하고 있다. 특히 환경부에서는 사용 용도별 '하수처리수 재이용 수질 권고기준'을 마련하였으며, 하수도법을 개정(2006)하여 신규 하수처리장에 하수처리수 재이용을 의무화하였다. 그리고 2007년도에 수립한 「국가하수도종합계획」

을 수집하여 하수처리수 재이용 비율을 6.9% (2005)에서 18% (2015년)로 추진하면서 본격적인 하수처리수 재이용이 본격화 되었다.

농업측면에서의 하수처리수는 이미 농촌지역 곳곳에서 사용중이다. 농업용으로 직접 또는 간접적으로 이용하는 등 농업 및 농업기반시설에 영향을 주고 있는 하수처리장은 100개소 이상으로 이제는 적극적으로 하수재이용을 추진해야 하는 상황에 직면해 있다. 특히 대체수자원으로서 농업용 목적의 하수재이용은 최근 신재생에너지 사업과 함께 탄소배출을 저감하는 녹색성장 기술로 발전하고 있으며, 실질적인 농가의 소득을 증대하기 위한 방안으로 이용되고 있다. 따라서 전국적으로 확산되고 있는 하수처리수 농업용수 재이용 사업을 안전하고 효과적으로 추진하기 위해서는 현재까지 개발된 재이용요소 기술과 함께 추가적으로 실제 농업에 공급하기 위한 표준화된 현장기술이 필요하다.

농업용 목적의 하수재이용 조건은 수요자가 사용할 때 무색·무취여야하고 보건상 위험성을 줄이는 것이 중요하다. 따라서 세균성 미생물학의 특징과 종류, 질병 전염 기작을 이해하고 그 처리수준을 결정한 후 적절한 소독방법을 선택하는 것이 무엇보다 중요하다. 그리고 농업용수 재이용수질기준에 적합해야하고 작물재배실험 및 수질, 토양, 생태환경 영향뿐만 아니라 공중보건 위험 위험도 등 종합적이고 체계적인 연구결과를 바탕으로 적용해야하는 어려움이 있다.

더욱이 농촌지역의 도시화, 산업화에 따라 비점원오염지역의 수질이 계속 악화되고 있는 실정이고 개인적으로 농사를 짓거나 특용작물을 재배하고 있는 지역은 양질의 관개용수를 찾기가 매우 힘든 상황으로 농경지 내외에 확대되고 있는 화훼 및 특용작물단지는 현재 적

정한 수원공의 확보가 어렵기 때문에 장소와 품종에 심한 제약을 받고 있다. 또한 이를 해결하는데 있어서 기존의 정수처리방법은 비용이 상당히 많이 소요되기 등 경쟁력이 떨어지고 있으므로 농산품의 단가를 최소화 하면서 고품질의 친환경 농산물 생산이 가능한 농업용 목적의 하수재이용시스템이 필요한 실정이다.

우리분야의 하수재이용연구는 2001년 프론티어 연구를 시작으로 현장 적용 기술개발 및 실용화가 이루어졌다. 환경부의 수질기준을 제안하고 실용화로는 제주 판포, 월정 하수처리장의 농업용수 재이용 사업 등이 있다.

3.6 바이오매스 활용

지구온난화 방지를 위한 '92년 기후변화협약 채택 및 '97년 교토의정서 채택에 따라 국제적으로 가연성 폐기물의 고형연료화, 유기성 폐기물의 바이오가스화 등 폐기물 에너지화가 온실가스감축의 유력한 수단으로 등장하고 있으며, 이에 따라 각 국에서는 농업분야와 연계한 바이오매스 활용에 적극적인 대응을 하고 있다.

국내에서 발생하는 바이오매스는 농업계, 산림계 및 폐기물계로 구분되며, 이중 농산부산물은 대부분 사료 또는 퇴비원으로 활용되고 있고 과수부산물과 같이 미이용율이 높은 바이오매스는 방치되거나 단순소각처리하고 있는 실정이다. 유체를 이용한 바이오디젤은 시범 재배사업을 통해 확대를 검토 중이지만 현재까지는 다른 작물에 비해 경제성 없는 것으로 나타나고, 가축분뇨는 발생량의 83.2%가 퇴액비로 자원화되고 있지만, 향후 해양투기 금지 등에 따른 대책마련이 필요하며, 현재까지 에너지 이용율은 매우 낮은 실정이다.

바이오매스 이·활용기술은 크게 에너지이용과 물질 이용으로 구분되며, 바이오매스의 대표적인 물질이용기

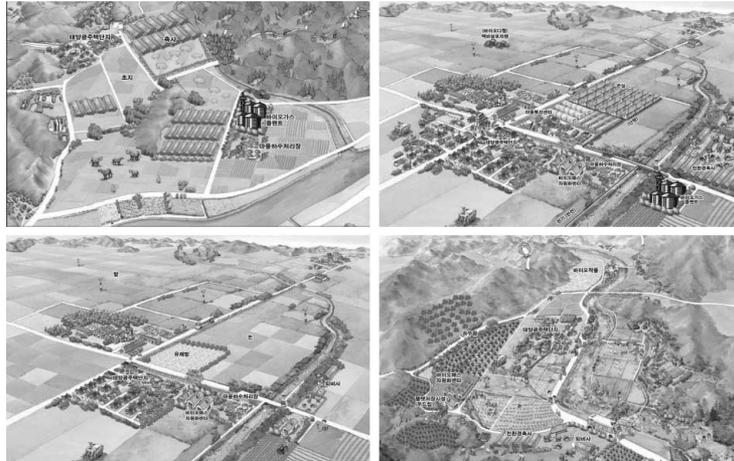


그림 9. 유형별 바이오매스 에너지화타운 조성 예

술인 퇴·액비화, 사료화는 국내에서 일반화된 기술로 비교적 기술사용이 비교적 용이하며, 에너지이용 기술 중 직접연소 기술, 고휘연료화 기술 및 혐기성소화기술은 여러 연구자들에 의해 개발되어 선진국대비 90%이상의 기술력을 가지고 있는 것으로 조사되었다. 그러나 선진국의 60% 수준인 바이오매스 작물의 품종개량, 형질전환 등을 위한 기술수준 향상과 바이오가스의 수송용 연료전환 및 일부 상용화를 위한 애로기술의 극복을 위한 연구들이 필요하다.

특히 농업분야에서 지속가능 발전 및 자원순환형 사회구축을 위해서는 폐기물의 관리체계 전환과 폐자원의 재이용 및 재활용을 통한 자원순환형 사회 구축이 필요하며, 분산·간헐적으로 발생하는 바이오매스가 적정관리 되어 에너지자원으로 활용될 수 있도록 하기 위하여 일부 연구자에 의해 지자체별 특성에 맞는 바이오매스 에너지화타운 조성을 위한 시범모델 개발 연구가 수행되었다. 이 연구에서 농촌지역특성에 맞는 바이오매스 에너지화/재이용 설비기술의 타당성을 연구하고, 에너

지화/재이용 시스템을 구축하여 농촌형 바이오매스타운 모델 개발 하고, 일본 등 주요국의 바이오매스 타운 조성사업의 타당성 및 경제성분석을 분석하고, 국내 바이오매스타운 효율적인 사업추진방안 제시하였다.

3.7 생태환경

지역환경분야는 기존에 비점오염, 수질, 호소수질관리 등 수질 중심의 연구가 수행되어왔으나, 최근 들어 일부 농업시설의 생태계적 가치와 같은 생태관련 연구가 일부 수행되고 있다.

농업용 수자원을 확보할 목적으로 보, 저수지, 방조제 등 다양한 구조물이 설치되어 왔다. 이러한 구조물은 은어, 뱀장어, 참계 등의 소하성 생물과 어류, 갑각류, 양서류와 같이 국지회유하는 수서생물의 이동통로를 차단하여, 하천 생태계의 흐름이 원활하지 못하게 되고 생태계 교란을 야기시키는 결과를 가져올 수 있다. 따라서 자연환경보전법과 내수면 어업법에서는 물 흐름을 차단하는 공작물을 설치할 경우, 어도 설치를 의무적으로 규

정하고 있다. 이러한 법령에 의거하여 어도가 설치되어 있으나 국내 하천의 유량, 하상, 하상계수, 서식 물고기의 생활사 등이 제대로 고려되지 않은 상태에서 설치된 어도들이 많이 있다. 이에 여러 연구자들이 조성된 어도들의 문제점을 분석하여 우리나라에 적합한 다양한 종류의 어도를 개발하였다. 또한, 농림수산식품부와 한국농어촌공사는 국내 조성된 어도의 실태를 파악하기 위해 전국에 설치된 약 5,000 개소의 어도를 대상으로 위치, 형식 및 문제점에 대해 전수조사를 실시한 후 Web-GIS 기반의 국가어도정보시스템(NFIS)을 구축하여 대국민 어도 종합정보서비스를 제공하고 있다.

논은 식량 보급기지로서 세계 인구 절반에 이르는 114개국 사람들이 쌀을 주식으로 삼고 있으며, 또한 홍수조절, 지하수 함량, 이산화탄소 흡수, 산소공급, 토양보전 등 다양한 공익적 기능을 제공하고 있다. 이러한 기능 외에 생물들의 서식처로서의 기능도 함께 갖고 있다. 하지만, 기계화로 인한 농법의 변화, 관개 시스템의 개선, 경지정리 사업등을 통해 논을 둘러싼 주변 생태계는 많은 변화를 초래하였고, 이러한 논 주변 환경의 변

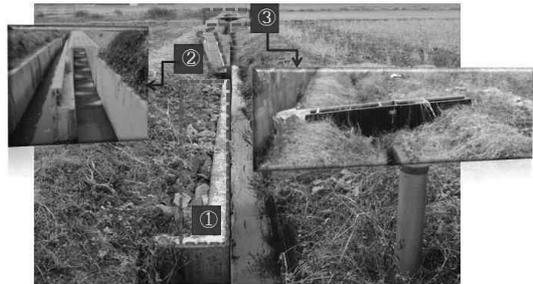


그림 11. 논 생태계 증진을 위한 수리구조물

화는 논을 기반으로 서식하는 생물들이 감소하여 논 생태계 생물다양성이 감소하는 결과를 가져왔다. 일부 연구자는 논 농업지역이 쌀을 생산하는 공간임과 동시에 논 농업지역을 기반으로 서식하는 생물들이 함께 공존할 수 있는 공간이 될 수 있도록 주변 환경을 복원하고 수리구조물의 기능을 개선하기 위한 다양한 기술을 개발연구를 수행하였다.

4. 앞으로의 과제

향후 지역환경분야에서는 다음과 같은 분야의 연구가 필요할 것으로 판단된다.

4.1 비점오염원분야

- 논과 밭의 비점오염 저감 및 최적관리기법 연구
- 축산계 오염부하량 저감기법 연구
- 통합 비점오염원 관리시스템 개발 연구
- 통합 유역관리시스템 개발 연구
- 비점오염원 관련 정책 및 제도개선 연구

4.2 수질개선대책

- 농업용수 수질개선 연구

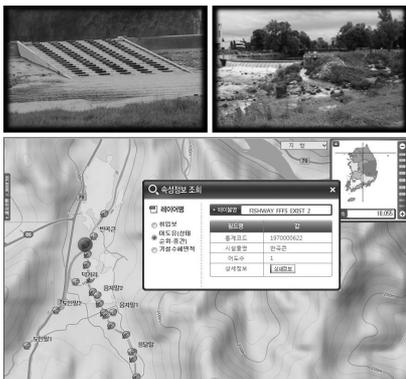


그림 10. 어도 및 국가어도정보시스템

- 고효율 자연정화기법 연구
- 단기 호내 수질개선기법 연구
- 저수지내 오염퇴적물 연구
- 생물학적 수질개선기법 연구
- 녹조제어 연구

4.3 기후변화

- 기후변화 예측기술 연구
- 기후변화에 따른 수자원 및 수질변화 예측기술 연구
- 기후변화에 따른 수질변화 분석
- 기후변화에 따른 수질오염 방지 대책 연구

4.4 수처리 기술

- 청정용수 공급을 위한 수처리기술 개발
- 축산용수 및 시설재배 용수 공급을 위한 수처리 기술 개발
- 농촌생태용수 공급을 위한 수처리기술 개발
- 농촌 점원 관리를 위한 처리기술 연구
- 단위 농촌하수처리 기술 연구

4.5 생태

- 농업용수원의 생태적 가치 평가
- 농업용수원 생태적 가치 증진방안 연구
- 농촌생태개선 연구

5. 금년도 활동계획

4대강 사업과 관련된 농업용저수지 독 높이기 사업이 마무리 되는 시점에서 확보된 수자원을 효율적으로 활용하여 농촌지역의 수환경개선과 자원순환형 방안을 제

시하는 주제로 분과위원회를 운영할 계획이다. 이를 위하여 2차례의 세미나와 1회의 현장 견학을 실시하고자 한다.

(1) 세미나 계획(1차)

- 1) 주 제 : 농업용 저수지 수질관리 지표 개발
- 2) 내 용 :
 - 효율적 농업용저수지 수질관리 방안 구축
 - 대표저수지 수질 관리지표 적용
- 3) 일 정 : 2012년 상반기
- 4) 장 소 : 한국농어촌공사 농어촌연구원 회의실
- 5) 발표자 : 함종화 박사

(2) 세미나 계획(2차)

- 1) 주 제 : 농업용 저수지 수질개선 대책 사후모니터링
- 2) 내 용 :
 - 농업용저수지 수질개선 습지 등 적용 성과 분석
 - 향후 개선 방안 제시
- 3) 일 정 : 2012년 하반기
- 4) 장 소 : 한국농어촌공사 농어촌연구원
- 5) 발표자 : 김형중 박사

(3) 현장견학 계획

- 1) 주 제 : 감돈 저수지 현장 견학
- 2) 내 용 :
 - 농업용 저수지 수질개선(습지조성) 사업 현황
- 3) 일 정 : 2012년 9월(예정)
- 4) 장 소 : 전남 무안 감돈저수지

기획: 박창언 cepark@shingu.ac.kr