

# 하수처리수의 농업용수 재이용사업 현황과 전망



김 해 도 |

한국농어촌공사 농어촌연구원 주임연구원  
searoad@ekr.or.kr



이 광 야 |

한국농어촌공사 농어촌연구원 책임연구원  
kylee@ekr.or.kr



이 용 직 |

한국농어촌공사 농어촌연구원 수석연구원  
leeyj@ekr.or.kr

## 1. 서론

우리나라에서 물의 이용과 관련된 문제는 총괄적인 수량의 부족이기 보다는 과도한 담수자원을 사용함으로써 발생하는 수계의 생태적 스트레스와 지역적으로 물의 편중이 심하다는 것이다(환경부, 2006). 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. 따라서 기존의 한정된 수자원에 대한 의존도를 줄이고 지속적으로 증가되는 물 수요를 대처하기 위한 방안으로 하수재이용이 관심을 끄는 대안이 되었다.

국가차원에서는 고도처리 기술 발전에 따라 수질이 양호한 하수처리수를 친환경 대체수자원으로 개발하는 등 고도물처리 산업을 활성화 하고자 ‘물의 순환이용 촉진에 관한 법률(안)’을 추진하여 가뭄 등 물 부족에 대처하고 새로운 물 시장 창출 기대하고 있으며 이를 위해서 각 부처에서 재이용관련된 사업을 추진하고 있다. 특히 환경부에서는 사용 용도별 ‘하수처리수 재이용 수질권고기준(2005.12)’을 마련하였으며, 하수도법을 개정(2006.9)하여 신규 하수처리장에 하수처리수 재이용을 의무화하였다. 그리고 2007년도에 수립한「국가하수도종합계획」을 수립하여 하수처리수 재이용 비율을 6.9% (2005)에서 18% (2015년)로 추진하면서 본격적인 하수처리수 재이용사업이 시작되었다(환경부, 2007).

하수처리수 재이용사업은 2006년도에 12개 처리장을 시작으로 2008년도에 농업용수 재이용목적의 제주 판포지구를 포함한 5개 지구를 선정하여 추진하고 있으며 금년에도 재이용사업을 희망하는 지방자치단체를 대상으로 지구를 선정하는 작업중

에 있다. 현재까지 농업용수 공급을 목표로 사업이 진행된 곳은 전남 강진과 제주 판포지구가 있으며 농림수산식품부에서도 깨끗한 농업용수 공급을 목표로 2006년도에 농업수리시설 개보수사업에 하수처리수를 농업용수로 공급하고 있는 경기도내 양수장에 8천m<sup>3</sup>/day 규모의 농업용수 재이용시스템을 설치하여 현재 운영중에 있다. 특히 2008년도 가을에 전국적인 가뭄이 발생하면서 지방자치단체에서 대체수자원으로 하수처리수를 주목하였고, 일부 지자체에서는 이미 신규 재이용사업 추진을 목표로 '하수처리수의 농업용수 재이용 타당성 분석'을 추진하는 등 적극적으로 사업을 추진하고 있다.

하수처리장은 2000년 이후 매년 50~60여개의 하수처리장이 신설되면서 하수처리량도 매년 5~7%가 증가였다. 특히 비점오염원 저감을 위한 농촌마을 오수처리시설 역시 매년 늘어나면서 직·간접적으로 농업기반시설과 농업활동에 영향을 주고 있다(서울대학교, 한국농어촌공사, 2007). 이러한 실태를 분석한 결과 하수처리장 중 농업기반시설보다 상류측에 있으면서 반경 1.5km 이내에 위치한 하수처리장은 132개소로 나타났으며, 일부지역에서는 이미 하수처리수를 농업용도로 특별한 재처리 없이 이용하고 있어 보건환경적인 측면에서 위험에 노출되어 있다.

이와 같이 하수처리수 재이용이 앞서 설명한 대로 물순환 건전성 확보, 지역적 물부족 해소, 환경개선과 같은 환경·사회·경제적 효과가 있는 반면에 하수처리수의 안전성에 대한 위험도 있다. 따라서 농업용 목적으로 하수처리수를 재이용하기 위해서는 우선 하수처리장에서 방류수 수질상태가 재이용조건에 맞는지 확인해야 하고 엄격한 수질관리를 통해 처리수의 안전성을 확보 등 재이용 목적에 맞는 사업표준화가 필요한 시점이다.

## 2. 농촌지역의 하수처리장 현황

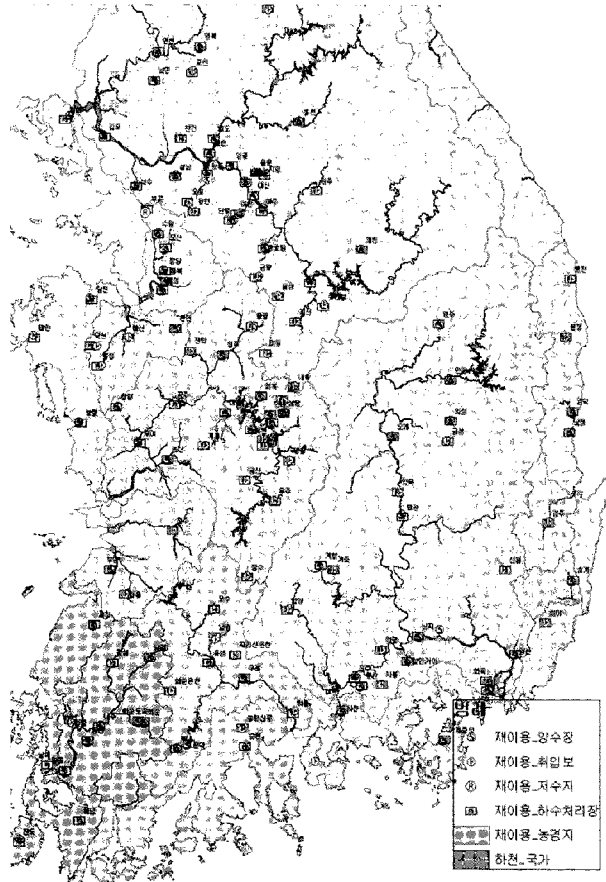


그림 1. 농업용수 재이용 관리지구

농촌지역에 위치한 하수처리장으로 인해 지역에 따라서 방류수 일부를 직·간접적으로 재처리 없이 그대로 사용하고 있다. 환경부(2004) 자료에 따르면 농업용수로 재이용하고 있는 지구는 19개소로 발표되었으나 현장조사 결과 19개소 처리장 이외도 직·간접적으로 농업용수로 사용되는 지역이 있었다. 그리고 직접적인 취수방법은 아니더라도 하수처리장 위치에 따라서 지하수 등 주변 농업용수 환경에 영향을 주는 지역이 있었다. 따라서 하수처리장이 인근에 위치한 농업기반시설 깨끗한 농산물 생산과 친환경적인 영농을 제공하기 위해서는 하수처리수에 영향을 받고 있는 지역을 관리할 필요성이 제기되었다.

이에 19개 농업용수 재이용 지구를 포함하여 현재 농업기반시설에 직·간접적으로 영향을 주고 있는 하수처리장 지역을 관리하기 위한 목적으로 농업기반시설로부터 일정거리 이내이면서 상류에 위

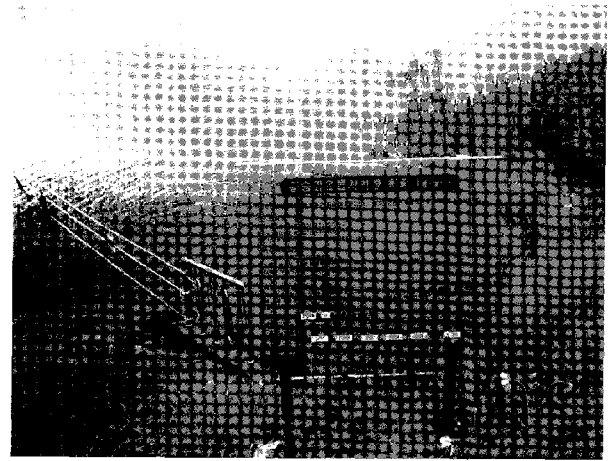
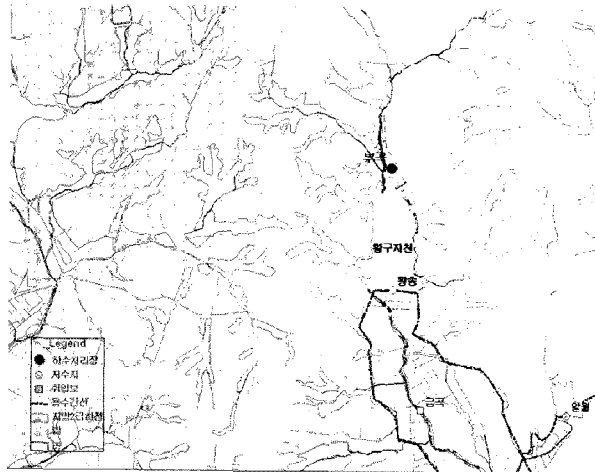


그림 2. 부곡하수처리장(왕송저수지) 주변 농경지 위치도 및 방류구 전경

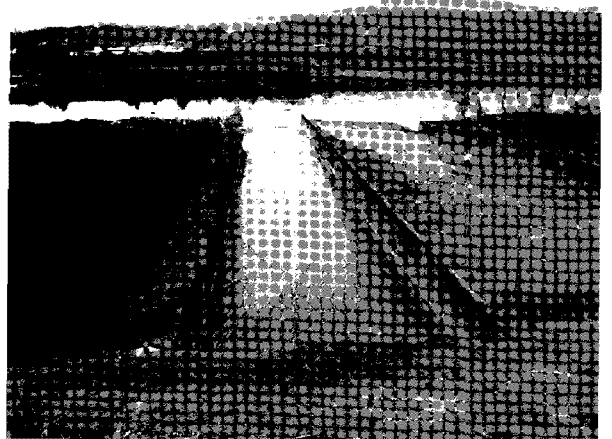


그림 3. 청주하수처리장(농업기반시설) 주변 농경지 위치도 및 방류구 전경

지한 하수처리장을 추출하여 농업용수 재이용 지구로 선정하였다. 추출기준은 1차로 하수처리장을 기준으로 반경 1.5km내에 위치한 농업기반시설의 유무로서 총 188개소의 하수처리장이 대상이 되었다. 2차에서는 1차에서 선정된 하수처리장중 농업기반시설이 방류구보다 하류에 위치한 132지구를 대상으로 선정하였다.

농업용수 재이용관리지구 중에서 대표적으로 방류수의 농업용수로의 재이용수량이 높은 지역은 경기 수원, 부곡, 충북 청주, 충남 천안, 경남 하동 등으로 경기도 부곡하수처리장의 경우는 하수처리장이 농업용저수지 상류에 위치하여 방류수가 전량 유입되고 있으며, 수원하수처리장의 경우는 방류구 하류에 양수장이 위치해 있어 인근 농경지에 방류수를 취수하여 공급하고 있다. 충남 천안과 청주 그

리고 하동하수처리장의 경우는 처리장의 방류하천 하류부가 전형적인 농경지로서 처리장 가동시부터 방류수를 취수하여 공급하고 있는 지역이다. 특히, 청주의 경우 방류구로부터 하류 5km 이내에 양수장, 취입보 등 농업기반시설이 11개로서 농업용수 유지관리직원에 의하면 대부분이 시설이 하수처리수에 영향을 모두 받고 있으며 일부는 양수장 유입구에 부유물이 쌓여 매년 준설을 해야 하는 등 농촌 지역에 위치한 하수처리장이 농업기반시설과 농업에 영향을 주고 있다.

농업지역에 영향을 주고 있는 농업용수 재이용관리지구 132개소에 대해 그림 4와 같이 현재 하수처리수를 사용하고 있는 '사용지구' 와 지금은 사용하고 있지만 장래에 개발가능성이 높은 '영향지구' 로 구분하였다. 또한 '사용지구' 에 대해서는 하

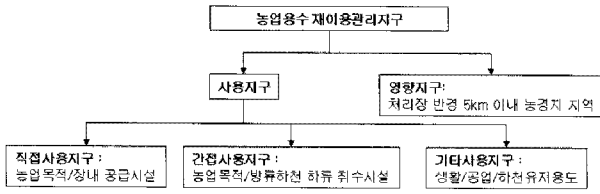


그림 4. 농업용수 재이용관리지구의 구분

수처리장에서 직접공급하는 방식인 ‘직접사용지구’와 방류구 하류에서 취수하는 ‘간접사용지구’ 그리고 공업, 하천유지용수로 이용되는 ‘기타사용지구’로 구분하였다. 그 결과 ‘직접사용지구’는 수원 및 부족하수처리장 등 8개소로 분류되었고, ‘간접사용지구’는 천안, 청주하수처리장 등 14개소 그리고, ‘기타사용지구’ 4개소 등 ‘사용지구’는 총 26개소로 분류되었다. 그리고 ‘사용지구’ 중 현재 사업이 추진된 지구는 9개 지구로서 환경부 재이용 사업으로 추진된 전남 강진, 제주 판포 등 3개소와 농림수산식품부 개보수사업으로 추진된 수원의 병점양수장 1개지구 등이 포함되어 있다.

### 3. 농업용수 재이용을 위한 조건 및 재이용 방식

수질측면에서 농업용수 사용처를 구분하면 논용수, 밭용수, 축산용수, 기타 영농편의 용수 등으로 구분할 수 있으며 현재 가장 많은 소비는 논용수로서 고도처리공정이 있는 처리장의 경우는 대부분 재이용수질권고기준을 충족시킬 수 있다. 그러나 경우에 따라서는 대장균수가 1,000~3,000개/ml로 재이용수질기준을 충족하지 못하는 경우가 있으므로 하수처리수를 재처리 없이 논용수로 공급할 경우에도 모니터링을 통해 적절하지 않은 용수가 공급되는 일이 없어야 한다. 안정적인 하수처리수의 농업용수 재이용을 위해서는 그림 5와 같은 ‘4 Yes 1 Plus’ 조건을 만족하여야 한다(박승우, 장태일, 2009).

○ <생활하수 처리수 - Yes> :

하수처리장은 산업폐수 처리수 등이 유입되지

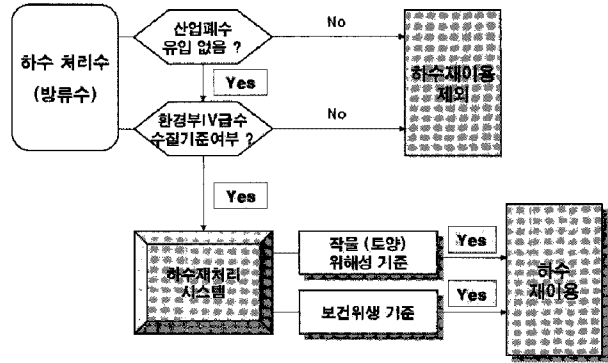


그림 5. 농업용수 재이용 <4 Yes 1 Plus> 조건

- <방류수질 IV급수 기준 - Yes> : 하수처리장 방류수질은 하천수질등급 IV급수 만족하는 여부
- <작물위해성 기준 - Yes> : 재처리 방류수 수질은 염도 및 기타 작물위해성 기준 만족
- <보건위생 기준 - Yes> : 재처리 수질이 작물종류 및 관개방식 등에 따른 보건위생 기준 만족하는 여부
- <하수재처리시스템 - Plus> : 재이용 수질기준을 충족시키기 위한 재처리 시스템 확보하였는지 여부

하수처리수의 농업용수 재이용 수질기준은 작물 및 관개방식의 제한, 하천 및 호소수질환경 기준, 작물 및 토양 위해성 기준, 그리고 공중보건위생 기준을 따르고 있다. 작물의 구분은 재배방식, 섭생방식에 따라 엽채류와 같이 공중에 노출위험이 높은 경우를 “A등급”, 논벼와 같이 넓은 지역에 관개하는 작물을 “B등급”, 공업용으로 활용하거나 고열에서 요리하는 작물 등을 “C등급”으로 나누고 있다(서울대학교, 한국농어촌공사, 2008).

농업용 목적을 위한 하수재이용은 방식은 그림 6과 같이 직접 재이용과 간접 재이용으로 구분할 수 있으며, 직접하수재이용은 하수처리장의 기존 수처리공정에 추가하여 재이용 목적에 따라 재처리 공정을 설치하여 하수처리수를 직접 재이용하는 방식

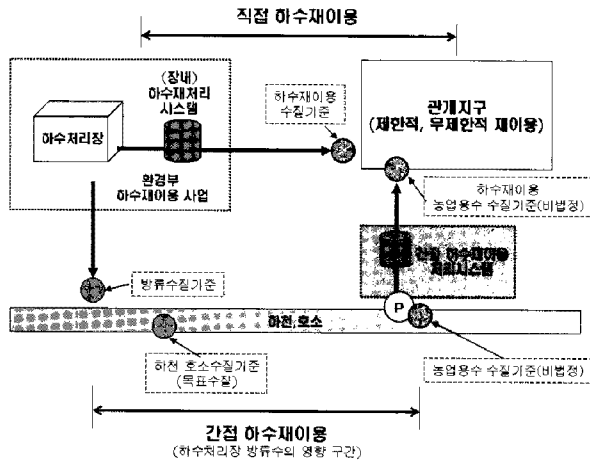


그림 6. 하수처리수의 농업용수 재이용과 수질기준

이며, 간접하수재이용은 하수처리장의 방류수를 그 하류구간에서 취수 이용함으로써 하수처리수를 간접적으로 재이용하는 것을 말한다.

간접 재이용의 경우 취수지점의 수질조건 및 수량기준에 따라 적절한 재처리 공정이 필요한지 여부를 결정해야 하는데 표 1에서와 같이 방류수와 자연유량의 비율에 따라 간접 재이용을 단계별로 구분 할 수 있다. 청주하수처리장의 예를 들면, 방류수(280천m<sup>3</sup>/day)가 배수하천인 미호천의 상시 갈수량의 50% 이상을 기여하고 있기 때문에 단계별 구분으로 볼 때 Level II의 경우가 된다. 그리고 지역상황은 방류구 하류 300m 지점에 양수장이 위치해 있으며 매년 양수장 유입구에 부유물이 많이 쌓여 유지관리에 애로사항이 있으므로 적절한 간접 재이용시스템이 필요할 것으로 판단된다.

직접 재이용의 경우 환경부의 재이용사업으로 추

표 1. 간접 재이용시스템 단계별 구분

구분	유량 조건	조건식
Level I	하수처리장 방류수(Q)가 자연유량(Q <sub>a</sub> )의 80% 이상인 경우	$Q \geq 0.80Q_a$
Level II	하수처리장 방류수(Q)가 자연유량(Q <sub>a</sub> )의 50% 이상의 경우	$Q \geq 0.50Q_a$
Level III	하수처리장 방류수(Q)가 자연유량(Q <sub>a</sub> )의 30% 이상의 경우	$Q \geq 0.30Q_a$
Level IV	하수처리장 방류수(Q)가 자연유량(Q <sub>a</sub> )의 30% 미만의 경우	$Q < 0.30Q_a$

1) 특허 : 기수의 담수화시스템 및 이를 이용하여 기수를 농업재이용수로 전환하는 방법(제10-0839026)

진되고 있으며, 기준은 재이용량이 연간 1만m<sup>3</sup>이상으로 고도처리 공정을 갖는 하수처리장을 대상으로 농업용수, 공업용수, 하천유지용수, 기타 등 4개 분야 사업으로 구성되어 있다(환경부, 2007). 현재 농업용 목적으로 하수처리수 재이용사업이 추진된 사업지구는 전라남도 강진하수처리장과 2009년 12월에 준공예정인 제주 판포하수처리장 농업용수 재이용사업이 있다. 제주 판포 지구의 경우 해안 특성에 따른 하수처리수의 높은 염분이 함유되어 있어 논 농업 지구에 적용하는 재이용시스템과는 차이가 있다. 특히, 시설농업 같은 방류수로 공급하기 위해서는 간접 재이용시스템 개념도 보다 좀 더 복잡한 수처리 공정을 거쳐야 한다.

#### 4. 하수처리수 농업용수 재이용사업 현황

2006년도부터 환경부 지원으로 전국 12개 지역에 '하수처리수 재이용사업'을 추진하였으며, 2007년도 재이용 사업지구로 5개소가 선정되었고 이 중 농업용수 공급이 포함된 지역은 2006년 전라북도 강진에 이어 2007년도 제주도 판포가 결정되었다. 제주 판포 지구의 경우 해안 특성에 따른 하수처리수의 높은 염도에 따라 논 관개지구에 적용하는 일반적인 재이용시스템과는 차이가 있으며, 방류수 내 염분을 처리하고 병원성 대장균 및 수중의 잔류 오염물질을 분해할 수 있는 ECRS (Electronic Carbon Removal System)<sup>1)</sup> 시스템을 도입하고 있다.

##### 4.1 수원시 병점하수처리장 농업용수 재이용사업

2006년도에 수원하수처리장의 방류수를 주요 수원공으로 하고 있는 농업용양수장에 농업용수 재이용 기술을 도입하여 하수처리수 재이용 공급시설

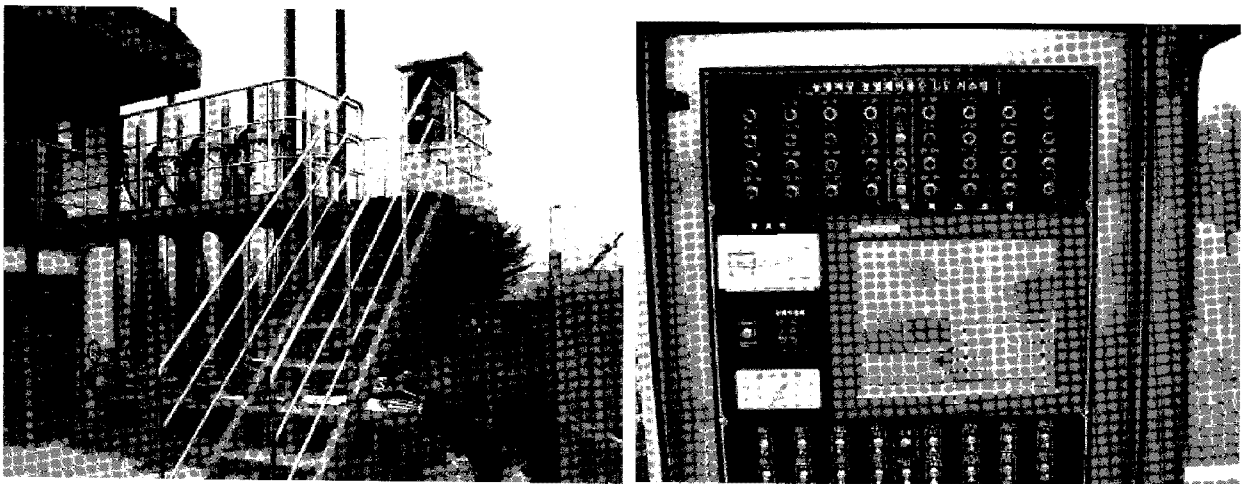


그림 7. 수원 농업용수 재이용수 시스템 설치 전경(양수장내 설치)

을 설치하였다. 경기도 화성시 병점지역은 도시와 농업이 혼합되어 있는 대표적인 지역으로 수원 하수처리수와 함께 지천이 도심지를 관통하고 있기 때문에 수량 및 수질환경이 일정하게 유지하기 힘든 지역으로 그 동안 수질에 문제가 많고 비위생적이라 농업인의 영농작업과 농산물에 위해적일 수밖에 없는 실정이었다. 수원에 설치된 농업용수 재이용시스템의 목표는 가뭄시에도 안정적인 농업용수를 확보하고 위해세균을 제거하는 것이다. 또한, 재이용을 함으로써 하천의 수질개선을 도모하고, 하수처리수의 영양물질을 농업에 이용함으로써 화학비료의 사용을 억제하면서 농업생산량 증대를 효과를 기대하고 있다.

본 대상지에 설치된 시스템은 하수처리수를 농업용 목적으로 이용하기 위해 부유물질제거시스템 및 살균소독이 가능한 시스템으로 구성되며, 수질 모니터링 시스템을 구축하고 이로부터 얻은 정보를 통해 관개용수로 이용함과 동시에 하수처리수의 수질기준에 따라 작물 생육 영향을 고려한 적합한 설비로 대장균을 소독하는 설비로서 수직 관로타입의 세척 자외선장치를 구성하였다.

#### 4.2 제주시 판포하수처리장 농업용수 재이용사업

제주도의 지속가능한 발전을 위해서는 지하수 자

원의 총량적 장래 물수요를 안전채수량 이내의 범위에서 관리뿐 아니라 국지적 지하수 자원의 보전이 시급하다. 따라서 농업용수 수요를 지하수만으로 충족시킬 수는 없으며, 지표수, 용천수, 하수처리수 등 대체수자원의 확보와 이용이 필요하였다. 제주도 내의 기존 하수처리장 및 신설 예정 하수처리장 등에서는 대체수자원의 이용합리화를 도모하는 것이 필요하여 판포하수처리장을 대상으로 농업용수 재이용사업을 추진하는데 사업의 의의가 있다.

제주도 하수처리장의 특징은 방류수내 염분이 함유되어 있고 계절별, 일별로 그 함량의 변화폭이 크기 때문에 농업용 목적으로 사용하기 위해서는 우선적으로 염분을 처리할 시스템이 필요하다. 더불어 방류수에 생존하고 있는 병원성 대장균 및 수중의 잔류된 오염물질을 분해하는 설비가 필요하게

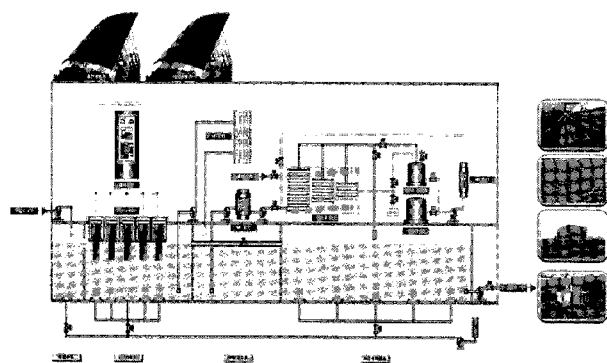


그림 8. 제주 농업용수 재이용수 시스템 모식도

되어 염분저감장치가 포함된 농업용수 재이용시스템을 도입하였다. 시스템 공정은 기본적으로 여과, 제염, 소독, 저류, 이송의 공정으로 이루어져 있다. 제주 재이용사업은 2009년도 12월에 준공예정으로서, 일정기간 모니터링 후에 2010년부터 본격적으로 농업지역에 용수를 공급할 계획을 수립하고 있다.

### 5. 농업용수 재이용분야의 향후전망

하수처리수의 재이용이 물 공급의 지역적 불균형 완화, 오염부하량 저감에 따른 하천수질개선, 저렴한 공급비용, 건전화된 도심하천의 수생태계 회복 및 친수공간 조성 등 가장 현실적인 대체수자원으로 주목하고 있다. 최근 전국적인 가뭄이 발생하면서 지방자치단체에서는 비상용수 및 대체수자원으로 농업용 목적의 재이용 사업에 주목하고 있으며, 일부 지자체에서는 신규 재이용사업 추진을 목표로 '하수처리수의 농업용수 재이용 타당성 분석'을 추진하는 등 적극적으로 사업추진을 위한 연구가 지속되고 있다.

하수처리수는 사계절 유량이 일정하고 수온(12~15℃)의 변동이 적기 때문에 농업용 목적 중 농작물의 겨울철 보온, 여름철 냉방에 이용될 수 있는데 그 대표적인 이용방법은 시설재배농가에서 이용하고 있는 수막재배로서 하수처리수가 수막용수로의 활용성이 매우 높다는 연구결과가 나왔다. 연구에 의하면 수막용수로 하수처리수를 재이용할 경우 겨울철 난방비 절감은 물론 화석연료 사용절감에 따른 CO<sub>2</sub> 배출량 저감과 함께, 기존의 수막용수로 사용되는 지하수 사용량을 줄이고, 하우스 피복재 오염을 저감 할 수 있는 등 1석 3조 이상의 효과를 갖고 있다.

그리고 해안, 도서 지역의 경우는 담수자원이 한정되어 있기 때문에 보조 수자원의 개발이 불가피한 실정이다. 특히, 최근 간척지에 대규모 시설원에

단지 개발이 대두 되면서 깨끗한 담수자원 공급을 위해 하수처리수를 이용하는 방법이 빗물활용방안과 함께 대체수자원으로써 개발가치가 매우 높다.

현재 농촌은 도시화가 전국으로 확산되면서 농촌의 쾌적성은 점차 훼손되었고 하천·호소의 수질이 더욱 악화되고 있다. 또한 농촌지역의 도시화에 따라 하수처리장의 농촌지역에도 늘어가고 있으며 이제는 농촌지역과 도시지역이 구분되지 않고 혼합되어 있는 형태로 발전하고 있기 때문에 농업활동도 변화되고 있으며, 하천에서 취수하는 용수중에서 농업용수로의 사용이 부적합한 용수가 취수되고 있다. 따라서 하수처리수의 농업용수 재이용시스템과 같이 수처리를 이용한 농업용수의 공급방안이 확대 될 것으로 판단된다.

### 6. 결론

우리나라에서는 하수처리수를 이미 농업용 목적으로 사용하고 있다. 조사결과 농업용으로 직접 또는 간접적으로 이용하는 등 농업에 영향을 주고 있는 하수처리장은 132개소로 이제는 적극적으로 하수재이용을 추진해야 하는 상황에 직면에 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 위해 영농편의와 농가소득이 증가될 수 있도록 표준화된 현장기술이 필요할 것으로 판단된다.

하수재이용의 조건은 수요자가 사용할 때 무색·무취여야하고 보건상 위험성을 줄이는 것이 중요하다. 따라서 세균성 미생물학의 특징과 종류, 질병 전염 기작을 이해하고 그 처리수준을 결정한 후 적

절한 소독방법을 선택하는 것이 무엇보다 중요하다. 그리고 농업용수 재이용수질기준에 적합해야하고 작물재배실험 및 수질, 토양, 생태환경 영향뿐만 아니라 공중보건위생 위험도 등 종합적이고 체계적인 연구결과를 바탕으로 적용해야한다. 이를 위해 수자원 프런티어사업단의 <농업용수재이용시스템 적용 연구>에서는 하수처리수의 농업용수 재이용과 관련한 종합적인 연구를 통해 농업환경피해를 최소화하고 안전성 확보를 위한 방안을 수립하고

있다.

### 감사의 글

본 연구는 21세기 프런티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비 지원(과제번호: 4-5-2)에 의해 수행되었습니다. ☞

### 참고문헌

1. 박승우, 장태일 (2009). 안전한 하수재처리수의 농업용수 이용기술, 하천협회자료집.
2. 서울대학교, 한국농어촌공사 (2007). 하수처리수의 농업용수 재이용 시스템 개발, 수자원의 지속적 확보기술개발 사업.
3. 서울대학교, 한국농어촌공사 (2008). 하수처리수의 농업용수 재이용시스템 통합기술 적용, 수자원의 지속적 확보기술개발 사업.
4. 환경부 (2004). 하수처리수 재이용지구, 환경부 인터넷자료실.
5. 환경부 (2006). 물순환 이용체계 개선에 관한 연구.
6. 환경부 (2007). 하수처리수 재이용 가이드 북, 환경부 환경관리공단.