

하수처리수의 농업용수 재이용 공급시스템 시범설치

Installation of Wastewater reuse System for Supply of Agricultural Use

이광야* · 김해도** · 정광근***
Kwang Ya Lee · Hae Do Kim · Kwang Kun Chung

요 지

하수처리수를 농업용 목적으로 재이용하기 위한 기술을 실제 현장에 보급하기 위해 하수처리수가 주 수원공인 양수장에 하수처리수 재처리시스템인 「농업용수 재이용공급시스템」을 설치하였다. 본 양수장은 1992년 준공되었으며 양수장 유입구 상류 200m지점에 하수종말처리장 방류구가 위치해 있어 적절적으로 하수처리수가 양수장에 유입되어 농경지에 관개수를 공급하고 있었다. 본 시스템을 설치하기 위해 연간 사용량을 조사하여 적정 처리유량 및 운전시간을 설계하였고 유입수 수질분석을 바탕으로 하수재이용 공급시스템을 설치하여 관개목적에 적합한 수질로 공급할 수 있도록 하였다. 또한 수질 모니터링 시스템을 설치하여 공급 기간 동안 수질변동 상황에 대해 신속한 대처가 가능하도록 시스템을 구성하였다. 현재 농촌지역은 주변상황으로 인해 하수처리수를 관개용수로 이용할 수밖에 없는 지역이 발생하고 있고 앞으로도 하수처리장이 계속 증설되고 있는 한 기존의 농업수리시설물은 하수처리수의 영향이 더욱 커질 것으로 판단되므로 이러한 깨끗한 용수가 위협을 받고 있는 지역에 대해서는 안전한 농산물 생산 도모가 가능한 「농업용수 재이용 공급시스템」의 도입이 고려되어야 할 것이다.

핵심용어 : 대체수자원, 하수처리수, 재이용, 자외선 살균, 농촌용수

1. 서 론

하수처리수 방류수질 기준은 하수처리수가 상류로부터 유하된 물과 회석되고 하천의 자정작용으로 방류하천의 수질에 부담을 주지 않는 정도의 의미로 해석하는 것이 일반적인 개념이다. 또한 전통적인 하수처리장의 위치는 하천의 하류부에 위치해 있어 외래로 방류수를 배출할 수 있도록 건설되어 왔다. 하지만 급격한 산업화 및 지역개발에 따라 유역의 중산간지역도 개발되면서 신설되는 하수처리장의 위치가 점차 하류부에서 상류지역으로 옮겨오고 있는 실정으로 2000년 이후 매년 50~60여개의 하수처리장이 신설되면서 하수처리량도 매년 5~7%가 증가하고 있는 실정이다. 이렇게 전국적으로 계속 확산되고 있는 하수처리장의 건설이 인구밀집도와 오염원 발생정도 및 건설비용에 좌우되다 보니 농업용 목적의 수리시설과 인접한 지역에 설치되는 지역이 발생하고 있다.

본 연구에서는 하수처리수를 농업용으로 재이용하기 위한 기술을 실제 현장에 보급하기 위하여 하수처리수를 관개용수로 공급하고 있는 양수장에 하수처리수 재처리시스템인 「농업용수 재이용 공급시스템」을 설치하였다.

* 한국농촌공사 농어촌연구원 책임연구원 · E-mail : kylee@ekr.or.kr

** 한국농촌공사 농어촌연구원 주임연구원 · E-mail : searoad@ekr.or.kr

*** 한국농촌공사 농어촌연구원 책임연구원 · E-mail : kkchung@ekr.or.kr

2. 시범지구 설치지역

「농업용수 재이용공급시스템」이 설치된 지역은 경기도 수원에 위치한 병점양수장으로 1992년 준공되었으며 수원하수처리장 방류수를 송산보, 대횡계보 구역등 115.9ha의 수해지역에 일최대 32,000톤의 용수까지 공급이 가능한 시설이다. 하지만 최근 수해지역 감소 등의 이유로 일평균 8,000톤을 공급하고 있다. 본 양수장은 취수구 상류 200m 지점에 수원하수종말처리장 방류구가 위치해 있기 때문에 그동안 직접적으로 하수처리수가 양수장에 유입되어 수해지역에 공급되고 있는 지역이다. 「농업용수 재이용공급시스템」이 설치 되기전 유입수질은 하수처리장 방류수 수질에 매우 민감하며 대장균이 평균 320마리/ ml ~ 1000개/ ml 정도로 시기 및 계절에 따라 변동폭이 큰 지역이다. 이에 당해 지역 수리시설개보수사업시 양질의 관개용수를 공급하고자 농업용 목적의 하수 재처리 시스템을 도입하였다.

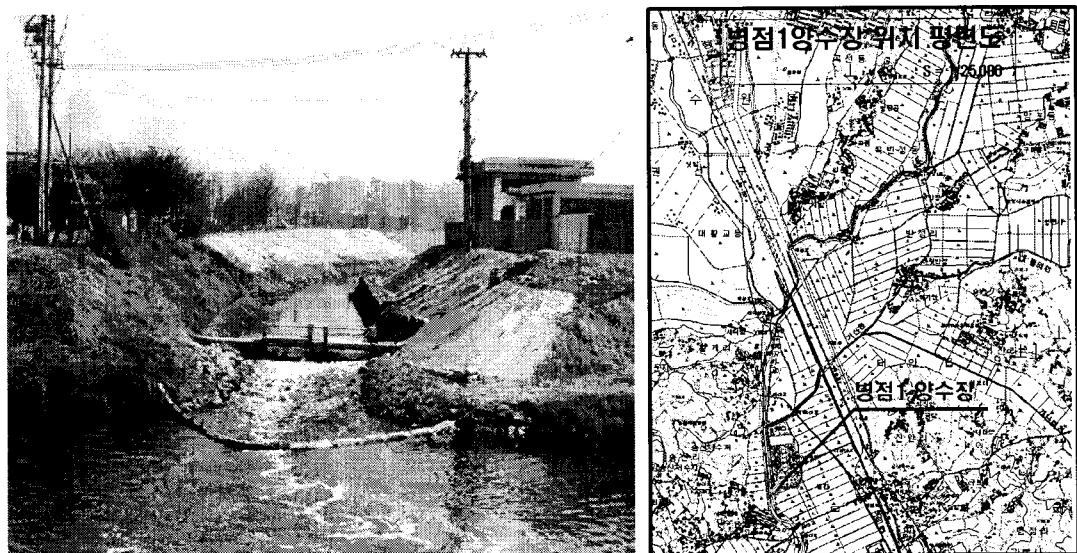


그림 1. 하수처리수 재이용 시스템 설치지역 지역 및 위치도

3. 재이용 공급시스템 설계

하수에는 각종 박테리아, 바이러스 및 대장균을 함유하고 있어 인체에 질병을 일으킬 수 있기 때문에 질병을 유발하지 못할 정도로 밀도를 감소시켜 처리수역의 안전성을 확보하는 것이 무엇보다 중요하다. 하수처리수 재이용은 수자원의 양적인 측면뿐만 아니라, 수계에 방류되었을 때 발생할 수 있는 수질문제를 저감시킬 수 있는 장점이 있다. 하지만 이를 위해서는 엄격한 재이용수의 조건이 필요하며 수요자가 재이용수를 사용할 때 무색·무취여야하고 보건상 위험성을 차단하는 것이 중요하다. 따라서 세균성 미생물의 특징과 종류, 질병 전염 기작을 이해하고 그 처리수준을 결정한 후 적절한 소독방법을 선택하는 것이 무엇보다 중요하다.

3.1 시스템 설계

방류 수역인 강이나 개울, 호수 또는 공공수역으로 방류시키기 전에 병원균을 소독시켜 수인성 전염병의 패급을 방지하여 방류수의 위생적인 안전성을 높이는 것이 공중 보건면에서 대단히 중요하게 여긴다. Total coliform, fecal coliform, escherichia coli는 미생물적 측면에서 수질오염의 평가기준이 되는 지표생물로서 미생물에 의한 오염으로부터 안정성의 평가 및 모니터를 위해 일반적으로 사용되고 있다. 소독제로는 염소가 가장 널리 사용되고 있지만, THM등과 같은 유해물질이 발생되고, 관리가 부족하면 수생 생물 및 수질 환경에 악영향을 미칠 수 있다는 단점이 있

다. 따라서 최근 UV를 이용한 소독기술이 수처리에 있어서 염소소독법을 대체하거나 보완할 수 있는 중요한 기술적인 대안으로 본 시스템에서는 자외선을 이용한 살균방법을 채택하여 다음과 같은 자외선 조사량 설계하였다.

○ 자외선 설계계산

① 흡수계수

$$E = E_0 e^{-ax}, \text{ Where, } E: \text{투과깊이 } x \text{에서의 강도, } E_0: \text{입사강도, } a: \text{흡수계수, } x: \text{투과거리(6cm)}$$

$$a = \ln\left(\frac{E}{E_0}\right) / -x, \therefore a = \ln\left(\frac{0.0715}{0.332}\right) / -5 = 0.31$$

② UV 밀도(Density)

$$VL = [P2 - \pi D^2/4] \times Le \times 1.0 \text{ L/s} / 106 \text{ mm}^3$$

Where, VL=Lamp당 실제 조사용적, P : 램프간격-175mm, D : 슬리브 지름-25mm

$$\therefore VL = [175 \times 175 - \pi \times 24.5 \times 24.5 / 4] \times 1470 \times 1.0 \text{ L/s} / 106 \text{ mm}^3 = 44.33 \text{ L/Lamp}$$

③ TUV-64 램프의 초기 자외선 강도 구하기

$$I_0 = S/A, \text{ Where, } S: \text{자외선 출력량, } A: \text{자외선이 투과되는 면적}$$

$$I_0 = 48 \times 0.9 \times 0.8 \times 10^6 / (2.45 \times \pi \times 147.0) = 30,561 \mu\text{W/cm}^2$$

④ UV 평균 강도 구하기

$$I_{ave} = I_0 [(1 - e^{-ax})/ax], \text{ Where, } I_{ave}: \text{평균 자외선 강도, } I_0: \text{초기 자외선 강도}$$

$$\therefore I_{ave} = 30,561 [(1 - e^{-(0.31 \times 8.7)})/(0.31 \times 8.7)] = 10,568 \mu\text{W/cm}^2$$

⑤ UV조사량 구하기

조사량(Dose) = 평균강도 × 반응조내 체류시간

$$\text{조사량(Dose)} = 10,568 \mu\text{W/cm}^2 \times 15.89 \text{ sec} = 167,945 \mu\text{Wsec/cm}^2$$

⑥ 자외선 부하 (UV loading : Q/Wn)

자외선 부하 = (VL / 체류시간) / 자외선출력

$$= (44.33 \text{ L/Lamp} / 15.89 \times 60 \text{ sec} / 1 \text{ min}) / 48 \text{ watt} = 3.5 \text{ L/min/watts}$$

3.2 시스템 설치계획

본 시스템은 하수처리수를 농업용 목적으로 이용하기 위해 부유물질 제거 및 살균소독시스템과 함께 수질 모니터링 시스템을 구축하여 관개용수로 적합한 용수를 공급하며 공급 기간 동안 수질 변동 상황에 대해 신속한 대처가 가능하도록 구성하였다. 시스템 구성설비는 수직 관로타입의 세척 자외선장치를 이용하는 시스템으로 시스템 흐름도은 그림 2와 같다.

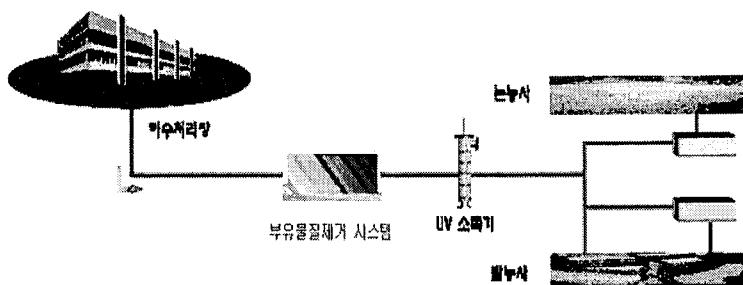


그림 2. 농업용수 재이용 공급시스템 흐름도

본 대상지역에 설치한 「농업용수 재이용공급시스템」의 설계유량은 8,000m³/일이고 운전시간은 24시간으로 설계하였다. 설계 입구수질 및 소독수질 사양은 (표 1)과 같다.

표 1. 재이용공급시스템 입구 및 소독수질 사양

항 목	단 위	유입 수질	공급 수질	비 고
SS	mg/l	평균 10	평균 10 이하	-
대장균군수	개/ml	200,000 이하	없음	-

4. 재이용 공급시스템 설치

하수처리수의 농업용수 재이용 공급시스템은 간단하면서 저렴한 비용으로 탁도를 현저히 낮게 제거하여 살균효과를 증대시키고, 소독제가 잔류하지 않는다. 또한 구조가 간단하며 높은 미생물 소독효율을 만들어 위생상 문제를 줄이 수 있는 농업용 목적의 용수공급설비로서 그림 3과 같이 공급시스템을 설치와 함께 수질모니터링시스템을 구축하여 이로부터 얻은 정보를 통해 안전한 관개용수가 수혜지역에 공급되도록 구성하였다.



그림 3. 농업용수 재이용 공급시스템 설치

이외에 설치된 장치로 유량계, 자외선 강도계, UV램프 감시카메라 등이 구비되었으며 설치시기는 2006년도 10월로서 급수가 지난후로서 2007년도 급수기부터 수혜지역으로 본 시스템을 거쳐서 관개용수를 제공토록 계획되어 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 하수처리수를 농업용으로 재이용하기 위한 기술을 실제 현장에 보급하기 위하여 하수처리수를 직접 관개용수로 공급하고 있는 양수장에 하수처리수 재처리시스템인 「농업용수 재이용 공급시스템」을 설치하였다. 시범지구양수장은 1992년 준공된 양수장으로 양수장 유입구 상류 200m 지점에 하수종말처리장 방류구가 위치해 있어 직접적으로 하수처리수가 양수장에 유입되어 수혜지역에 공급되고 있는 지역이다.

본 시스템을 설치하기 위해 연간 사용량을 조사하여 적정 처리유량 및 운전시간을 설계하였고 유입수 수질분석을 바탕으로 하수재이용 공급시스템을 설계하여 관개목적에 적합한 수질로 공급

할 수 있도록 하였다. 또한 수질 모니터링 시스템을 설치하여 공급 기간 동안 수질변동 상황에 대해 신속한 대처가 가능하도록 시스템을 구성하였다.

현재 농촌지역은 주변상황으로 인해 하수처리수를 관개용수로 이용할 수밖에 없는 지역이 발생하고 있고 앞으로도 하수처리장이 계속 증설되고 있는 한 기존의 농업수리시설물은 하수처리수의 영향이 더욱 커질 것으로 판단되므로 이러한 깨끗한 용수가 위협을 받고 있는 지역에 대해서는 안전한 농산물 생산 도모가 가능한 「농업용수 재이용 공급시스템」의 도입이 고려되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호:4-5-2)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 김해도, 이광야, 정광근, 이종남, 2005, GIS를 이용한 농업용수 재이용 활용시스템 개발, 2005한국농공학회 학술발표회
2. 농림부, 농어촌진흥공사, 1999, 농촌용수수요량조사 종합보고서
3. 농림부, 농업기반공사, 2003, 농촌용수공급체계재편계획 종합보고서
4. 농림부, 농어촌진흥공사, 1999, 농업·농촌용수 종합이용계획
5. 윤병만, 노영신, 2001. WASP5를 이용한 신갈저수지 하수종말처리장 가동시의 부영양화 및 수질변화 예측, Journal of Research Institute of Industrial Technology, Vol.20, pp.789-794.
6. 이광야, 김해도, 정광근, 2006, 하수처리수의 농업용수 재이용 활용자원조사, 2006한국수자원학회 학술발표회.
7. 이광야, 김해도, 정광근, 이종남, 2005, 농업용수재이용을 위한 하수처리장 현황조사, 2005한국농공학회 학술발표회.