

# 하수처리수를 이용한 농업재이용시스템 세대별 기술변천



홍 민  
 (주)블루비에스 / 대표이사  
 mujjinmin@gmail.com

## 1. 하수처리수를 이용한 농업용수재이용 시스템

국내 물 수급 전망이 2006년 기준 9,800만 톤이 부족하였으며, 2016년은 약 22.6억 톤이 부족할 것으로 보고되었다. 물 부족으로 인해 발생될 수 있는 사회·경제적 손실과 혼란을 막기 위해서는 새로운 개념의 수자원 개발 및 하·폐수 처리장의 방류수 수질 기준 등의 수질 관련 법규가 강화됨에 따라 지역 개발 사업을 위해서는 고도처리를 이용하여 하·폐수처리장 방류수 수질을 개선할 필요가 있다. 또한, EU, 미국 등 많은 선진국에서는 지역 특성 및 재이용 목적에 따른 기준을 제시하고 있으며, 그에 따른 개별 공정을 적용하고 있다. 이에 우리나라에서도 수질개선 및 수자원 확보를 위하여 다양한 사용처에서 요구하는 기준에 따른 맞춤형 공정개발이 필요하며, 현재 바다에 인접한 하수처리수의 염분농도 문제, 재이용에 따른 안전성 문제 등 여러 가지 현실적 제약으로부터 벗어나 새로운 수자원을 개척하여 우

리나라 농촌 현실에 맞는 맞춤형 하수 재이용 시스템을 제공 하고자 한다.

## 2. 농업재이용시스템 세대별 기술 변천

### 가. 농업용수 1세대 기술 : 전처리 희석 막 혼합 시스템 (한국농어촌연구원 공동연구)

기존 초순수(공업용수), 생활용수(음용수)에서 개발한 시스템의 활용범위를 보다 저에너지 저비용 시스템을 개발하여 농업재이용수에 맞게 SS, 탁도, 대장균, 염분을 제거하여 농촌지역에 안전한 농업용수 공급할 목적으로 전처리 희석 막 혼합 시스템을 개발하였다. 시스템 공정 구성은 다음과 같다. 유입공급시스템, 전처리 희석 시스템, 막(UF/RO)시스템, 처리수 공급시스템으로 구성되어 있으며, 특히 EC 농도에 따른 전처리 희석 막 혼합 시스템을 적용하였다.



그림 1. 제주 농업용수 재이용 시스템 1지구(판포지구)



그림 2. 제주 농업용수 재이용 시스템 2지구(월정지구)

시스템 운영관리 측면에서 현재 제주도에 경우 염분이 포함되어 있는 하수처리수를 농업용 목적으로 재이용하기 위한 방법으로 제염을 위한 해수담수화 기술을 적용할 수 있으나 경제적 유지관리측면에서 분리막 교체, 세정 비용,약품비용 문제 등으로 효율성의 의문시되고 있어 용수별 수질기준에 부합되는 최적화된 시스템 개발이 필요하다.

나. 농업용수 2세대 기술: Chemical-less 세정 시스템 (환경부 글로벌 탑 시스템 I)

이에 글로벌사업단 A-3 연구단에서는 하수처리장의 하천 방류수 및 기수(汽水)를 담수화 하여 농업용수 목적의 하수 처리수 재이용 공급 장치인 Global Top Reuse System을 개발하였다. 시스템 특징은 막 세정시스템 “Chemical-less”로 막 세정 주기감소, 약품 (30~

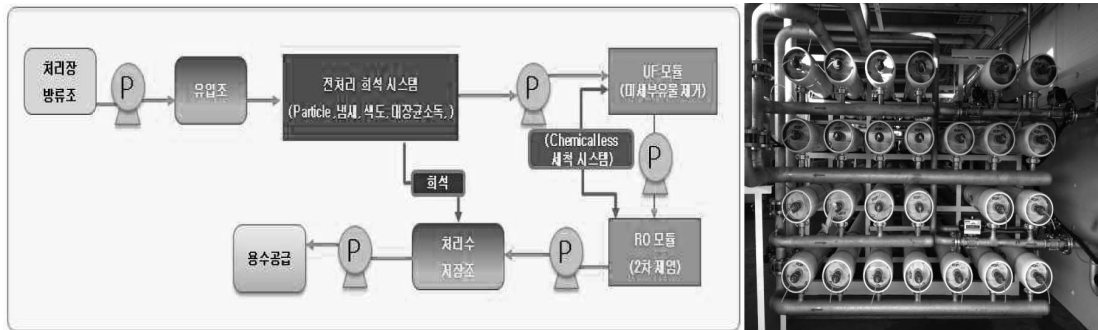


그림 3. 재이용 시스템 공정도



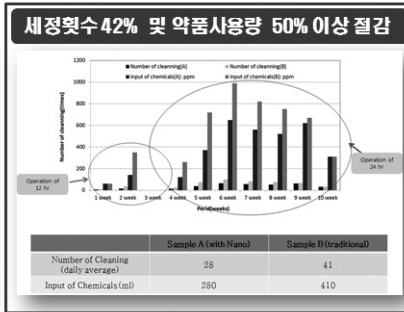
❖ 환경친화적 세정기술을 세계최초로 적용된 공정

**기존 세정방식 대비 Chemical Less 방식비교**

공정별 시료 채취      PLC 프로그램 수정

약 50일 경과

실험 A   실험 B      실험 A   실험 B



- ASF, UF, RO 등 필터의 세정으로 생산수의 효율 상승
- ASF 전처리 시스템에는 Chemical Free 세정시스템이 적용
- RO 세정시 Chemical Less 세정시스템에 의한 약품 저감률 (30~50%) 및 폐수량 발생 적감
- All 자동화 및 원격제어 가능한 자동운전으로 운전자 편의성 제공

50%) 저감, 폐수발생량 저감 하는 기술로 UF/RO에 적용하는 기술이며, 시스템 공정 구성은 유입공급시스템, 전처리 희석 시스템, 막(RO)시스템, Chemical-less 세정 시스템, 처리수 공급시스템으로 구성된다.

다. 농업용수 3세대 기술: 전처리 희석 ASF 시스템 (환경부 글로벌 탑 시스템 II)

하수처리수를 농업용 목적으로 재이용하기 위한 방법으로 제염을 위한 해수담수화 기술을 적용시 경제적 유

지관리측면에서 RO 전처리 시스템의 UF(분리)막의 수명이 2~4년으로 짧아 교체비용 및 약품비용 문제 야기됨 따라서 수명이 10년 이상 사용가능한 RO 전처리 시스템 필터를 개발하여 사용화 하였다.

시스템 공정 구성은 다음과 같다. 유입공급시스템, 전처리 희석 3단 ASF 시스템, 내오염성 막(RO)시스템, Chemical-less 세정시스템, 처리수 공급시스템으로 구성된다.

- 기술특징

기술적 측면	농업용수 우수성 및 처리안정성	<ul style="list-style-type: none"> <li>전처리 및 후처리 이온필터에 의한 염 제거효율의 안정성</li> <li>글로벌탑 Chemical-Less 세정시스템으로 약품비 및 폐수량 저감에 따른 안전한 수질 확보</li> </ul>
	공정도입의 적합성	<ul style="list-style-type: none"> <li>비교적 공정이 단순하여 운전용이</li> <li>유입 염농도 및 하수 부하 변동율에 따른 적정성이 용이함</li> </ul>
	운전관리의 용이성	<ul style="list-style-type: none"> <li>시스템 모니터링 및 ALL 자동제어 가능</li> <li>운전기술 습득 후 사용 용이함</li> </ul>
경제적 측면	필터 수명 연장	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chemical-Less 세정시스템 적용으로 막 손상 억제에 따른 필터 수명 연장</li> <li>전처리 ASF3단 필터 경우 내구성 10년 이상</li> </ul>
	초기투자비 및 유지관리비 저감	<ul style="list-style-type: none"> <li>타 공법에 비해 초기 투자비 저감</li> <li>유지관리비 저렴</li> </ul>
	깨끗한 재이용수 유지	<ul style="list-style-type: none"> <li>친환경 용수 공급에 따른 시설 재이용 영역 확대</li> </ul>

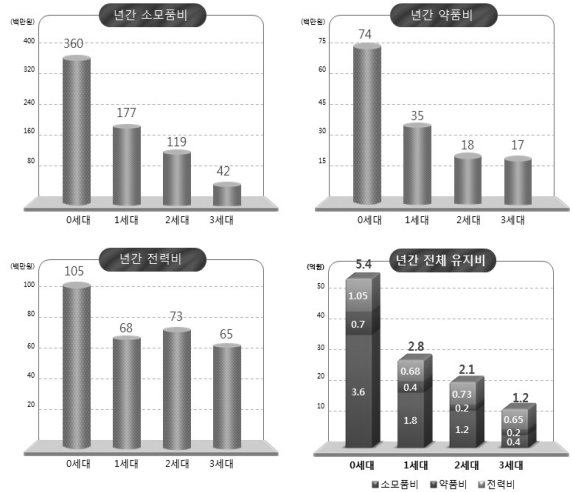


그림 4. 공법별 유지관리비 비교

- 유지관리비 비교 (5,000톤/day 기준)

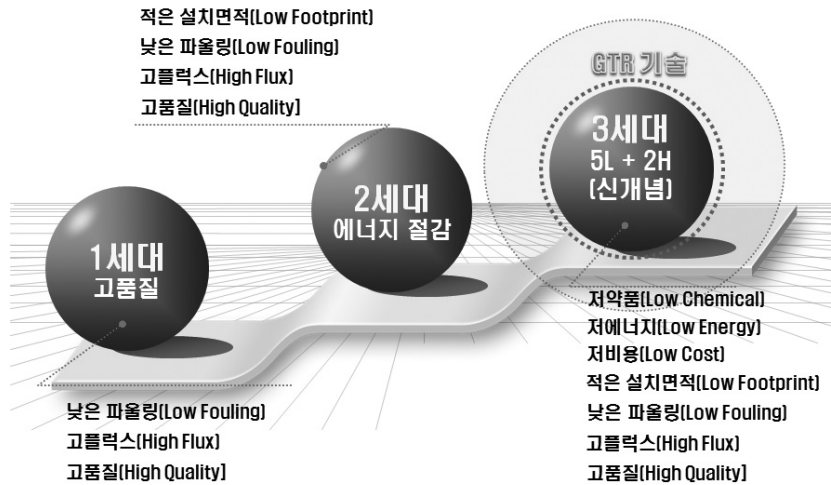
아래의 표를 보면 0세대 (UF+RO시스템), 1세대 (전처리 희석 막 (UF+RO) 혼합 시스템) 2세대 (전처리 희석 막 (UF+RO) 혼합 및 Chemical-less세정시스템) 3세대 (전처리 희석 막 (ASF+RO) 혼합 및 Chemical-less세정시스템)) 4가지에 대해 농업재이용수 생산수 5,000톤/일 연간 유지관리비 비교 결과는 다음과 같다.

공 법 명	소모품비 (백만원)	약품비 (백만원)	전력비 (백만원)	유지관리비 (백만원)
0세대 가압식UF+RO 공법	360	74	105	539
1세대 전처리 희석 막 (UF+RO) 혼합 시스템	174	35	68	277
2세대 전처리 희석 막 (UF+RO) 혼합 시스템 +Chemical-less 세정 시스템	119	18	73	210
3세대 전처리 희석 막 (ASF+RO) 혼합 시스템+Chemical-less 세정시스템	42	17	65	124

3. 결론

분리막 공정의 경제성을 결정짓는 중요한 요인은 막 오염의 제어를 통한 안정적인 처리성능의 확보 및 처리 비용이다. 최근 역삼투의 전처리로 정밀여과와 한외여과의 적용이 증가되고 있는데 이는 설치비용 및 운전비용이 다소 높아 저비용 농업용목적의 용수공급과는 맞지 않다. 따라서 이를 대체할 새로운 공정개발로 높은 처리효율과 필터수명 10년 이상의 내구성을 가진 ASF(3단여과) 적용이 매우 중요하다.

또한 분리막의 운전 과정에서 나타나는 막 오염은 분리막의 성능 저하를 가져오며 시스템의 성능 회복을 위해서는 주기적인 세척이나 분리막의 교체를 필요로 한다. 분리막 모듈은 공정의 초기 투자비용의 30% 이상을 차지하므로 막오염 제어기술은 막 공정의 기술 및 경제성 확보에 결정적인 영향을 미치게 된다. 이에



Chemical-less 세정시스템으로 막 내에 형성된 농도 분극과 막 오염을 방지하여 막의 분리 효율을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라, 막의 수명 또한 연장시킬 수 있는 동시에 세정제의 사용량이 줄어들어 관리 및 유지비를 절감시킬 수 있는 효과가 있다.

따라서 하수처리수의 농업용 목적의 재이용 시스템의 중요한 요인은 저약품, 저에너지, 저비용, 적은 설치면적, 낮은 파울링, 고품질의 시스템 공정 개발이 필요하며 현재 가장 이상적 공정 시스템은 “전처리 희석 3단 ASF + 막세정 Chemical-less + 막(RO) 혼합 시스템”이다. → 공 법 명 : ACR-SYSTEM

### 참고문헌

1. 김지훈, 2010, 역삼투압 막여과 공정에서 물리·화학적 세정 기법 연구, 성균관대 대학원 학위논문(박사)
2. 박승우, 2007, 하수처리수의 농업용수재이용 시스템 적용에 관한 연구 : 과학기술부 연구 보고서
3. 박승우, 장태일, 2008, 안전한 농업용수로 이용하기 위한 하수재이용 시스템 개발과 적용, 한국수자원학회지 41(6): 29-34

기획: 강문성(mskang@snu.ac.kr)