

역세척배출수 침전지 도입에 따른 정수처리 공정 개선

조재창, 김진수, 백용태, 김재영 _ 한국수자원공사 수도개발처

서론

정수생산과정에서 발생하는 배출수(여과지 역세척수)는 대부분 정수처리공정으로 회수되어 원수로 재사용되거나 수질이 나쁜 경우에는 배출수처리시설에서 처리한 후 하천으로 방류하고 있다.

그러나 수자원의 효율적인 이용 측면을 고려한다면 적절한 처리절차를 거쳐 원수로 재이용하는 것이 바람직하나 아직까지 재처리공정에 대한 처리시스템 및 설계기준이 없어 방류하거나 별도 처리 없이 회수, 또는 조정조에서 고액 분리한 후 회수함으로써 양호한 수질을 확보하지 못한 채 정수처리공정으로 회수되어 원수수질에 영향을 미치는 문제점을 내포하고 있다.

이를 개선하기 위해 역세척수를 침강, 농축 처리하여 양호한 수질의 처리수를 회수함으로써 정수처리공정에 미치는 영향을 최소화하고, 한정적인 수자원의 효율적인 활용을 도모하고자 금번에 한강하류권급수체계구축1차사업 생활용수정수장인 일산2정수장(Q=350.0천m³/일)에 국내 최초로 역세척배출수 침전지를 도입함으로써 정수처리공정을 개선코자 하였다.

본론

1. 설계기준 고찰

(1) 관련법규

국내의 배출수처리에 대한 관련법규는 『수질환경보전법시행규칙』 제5조 (별표3)에 따라 1,000m³/일 이상의 정수장은 폐수배출시설로 분류되어 배출수처리시설을 설치하도록 규정하고 있으나 역세척배출수 등 개별적인 처리공정에 대한 처리 지침은 제정되어 있지 않다.

다만 환경부와 수자원공사에서 착수정으로 반송되어 재이용되는 상징수에 대한 처리 지침을 마련하여 시행 중에 있다.

- 먹는물 수질관리 강화(98. 8. 13, 환경부)
 - 침전지 슬러지 농축후 월류수(상징수)는 상수 원수로 재이용 금지
- 정수처리 과정에서의 오염물질의 재유입 방지(수관 65460-337. '03. 5. 22, 환경부)
 - 바이러스 등 병원성 미생물이 포함될 가능성이 높은 농축액은 재사용 금지

• 침전슬러지 및 여과지 역세척수 농축 상징액 재이용 기준 알림 (수질 67400-225. '03. 6. 18, 한국수자원공사)

- 침전슬러지 조정 및 농축 상징수는 재이용 금지
- 역세척배출수는 원수수질보다 양호한 경우만 재이용

이처럼 국내에서는 침전지에서 발생하는 페슬러지의 상징수는 원수로 재사용이 금지되어 있으나 역세척배출수 상징수에 대하여는 특별한 규제가 없으며, 다만 수자원공사 자체 지침으로 원수수질보다 양호한 경우에 한해서 재사용할 수 있도록 지침을 수립하여 시행 중에 있다.

그러나 미국의 배출수처리에 대한 관련법규 『지표수처리규칙(Surface Water Treatment Rule)』에서는 역세척배출수를 반송시키기 전에 플록형성과 침전, 소독처리 등의 고도처리를 하도록 규제하고 있어 정수처리 공정에서의 배출수처리 및 재사용을 보다 엄격하게 규제하고 있는 추세에 있다.

(2) 상수도시설기준

역세척배출수 처리시설에 대한 설계기준은 과거 “상수도시설기준(환경부제정, 1997)”에는 간헐적으로 발생하는 역세척배출수의 양과 질을 조정하여 후속공정인 농축조의 부하를 일정하게 유지하는 『배출수지』에 대한 설계기준만이 제정되어 있었으나, 최근 개정된 “상수도시설기준(환경부제정, 2004)”에는 역세척배출수의 처리를 위한 『역세척배출수 침전시설』에 대한 설계기준이 반영되어 있다.

여과지 역세척배출수를 침전처리하는 경우에는 플록형성과 침전시설 및 소독시설을 구비하는 것이 바람직하고 그 상징수는 재이용하거나 하천으로 방류한다.

- ▶ 응집제나 양이온폴리머를 수질에 따라 적절히 주입함
- ▶ 플록형성 20분, 침전지 표면부하율은 2~6m/Hr, 체류시간은 0.5~2시간 정도로 계획
- ▶ 전처리 공정으로 2~3회분의 역세척수를 저류할 수 있는 배출수지 설치
- ▶ 착수정보다 높은 위치에 설치하여 처리된 세척배출수가 자연유하로 착수정에 유입되도록 함
- ▶ DAF 시설이 있는 정수장에서는 DAF 예비침전지를 역세척배출수 침전지로 활용

표 1 역세척배출수 침전시설 설계기준

2. 역세척배출수 침전지 설계인자 결정을 위한 실험

(1) 실험 방법

한국수자원공사에서는 “상수도시설기준(환경부제정, 2004)” 제정 이전인 2000. 6.~2002. 7.까지 한강, 금강, 섬진강, 낙동강 수계의 8개 모델 정수장을 대상으로 “원수특성을 고려한 상수도 배출수처리시설 최적설계 연구(한국수자원공사, 2002. 10)”를 수행하였으며 이 연구의 일환으로 역세척수 회수용 침전지 설계인자 도출을 위한 침전관 실험을 수행하였다.

침전관은 유효높이 2.0m, 직경 0.15m로써 0.4m 간격 높이로 시료 채취구를 설치하였으며, 침전관에 역세척배출수를 채우고 질소가스를 공급하여 침전관 내부의 농도를 균일하게 유지시킨 후 10분 간격으로 시료 채취구에서 시료를 채취하여 SS제거율을 구하였다.

(2) 결과 고찰

- 실험에 사용한 역세척배출수의 SS농도는 268mg/L로 약 40분 침전 후 SS의 90% 이상이 제거됨
- SS 제거율 70%를 달성하기 위한 표면부하율은 80m³/m²·일, 체류시간 30분임
- 수심 2m, 침전시간 60분인 경우 SS 제거율은 96% 이상임

시간(분)	0.4m	0.8m	1.2m	1.6m	비 고
10	40	28	15	10	
20	82	74	47	15	
30	89	87	88	73	
40	94	92	91	91	
50	95	94	94	95	
60	95	94	95	96	

표 2 시간별 수심에 따른 SS제거율

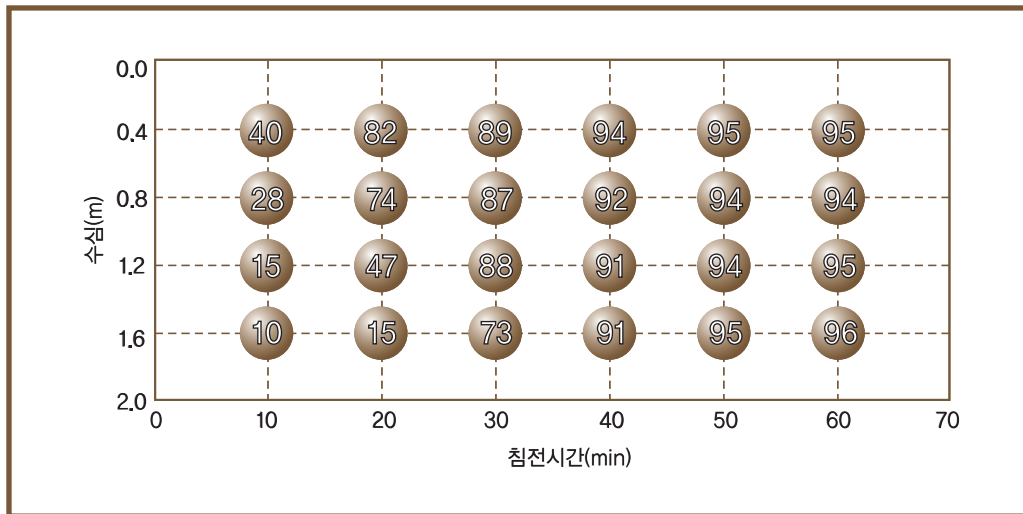


그림 1 침전시간별 고형물 제거효율

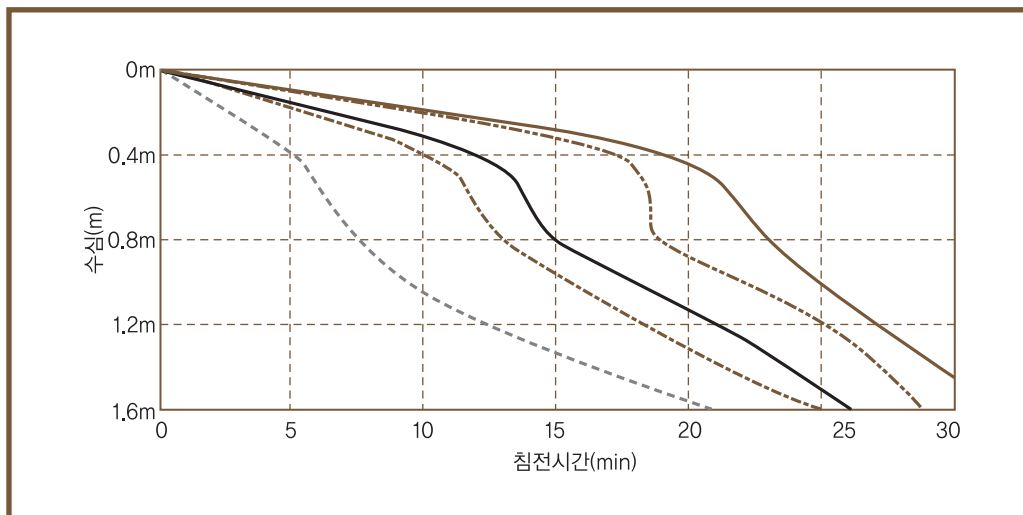


그림 2 등농도 곡선

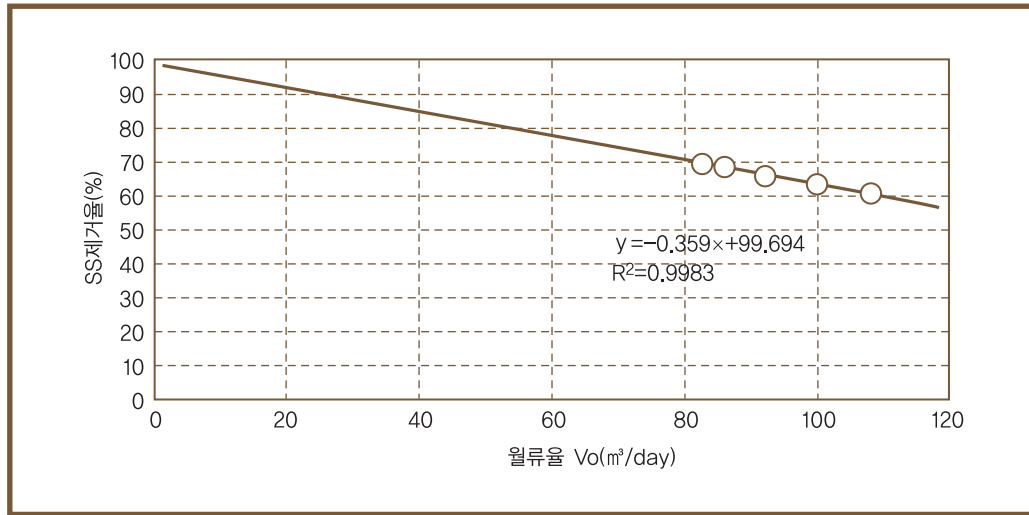


그림 3 표면부하률에 따른 SS제거율

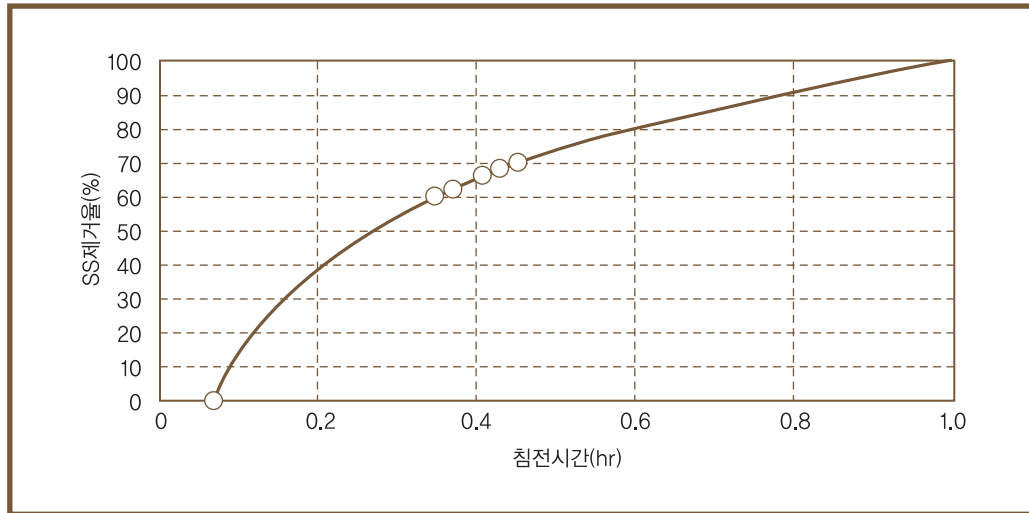


그림 4 침전시간에 따른 SS제거율

(3) 배출수처리 공정 계획

1) 배출수처리 공정 비교

기존 배출수처리 공정은 여과지에서 역세척 시 발생한 배출수를 배출수지에서 전량 착수정으로 회수하고 수질 악화 시 조정조로 이송하여 농축 처리하도록 계획되어 있어 원수보다 양호한 수질의 상징수를 재이용하기가 곤란할 뿐 아니라 조정조의 용량이 과대하게 계획되어 비효율적이었다.

따라서 이를 개선하여 역세척배출수 침전지를 착수정 근처에 설치, 계획함으로써 상징수는 착수정으로 회수하고, 농축된 슬러지를 조정조로 이송함으로써 양호한 수질의 상징수 확보가 가능하고, 조정조 용량 조정이 가능하게 되었다.

또한 기존 회수펌프를 사용함으로써 추가적인 동력비 소요 없이 착수정 근처의 배출수 침전지까지 배출수를 보낼 수 있다.

구분	기존 설계	금회 설계
공정도		
공정개요	<ul style="list-style-type: none"> 여과지 역세척수는 회수조에서 전량 착수정으로 회수 수질악화 시 조정조로 전량 이송 침전지 배출슬러지는 조정후 농축 및 탈수처분 	<ul style="list-style-type: none"> 여과지 및 활성탄여과지 역세척수를 조정 후 역세척 배출수침전지에서 고액 분리하여 상징수는 회수, 침강슬러지는 조정조로 이송 침전지 배출슬러지는 조정 후 농축 및 탈수처분
장점	<ul style="list-style-type: none"> 시설이 간단하여 경제적임 공사비가 저렴함 	<ul style="list-style-type: none"> 회수수의 안정적인 수질 확보가 가능 조정조의 부하 경감 회수수질 기준 강화 자동제어에 의한 연속운전 가능
단점	<ul style="list-style-type: none"> 안정적인 회수수의 수질 확보 곤란 (회수수질이 원수수질보다 불량) 비상시 역세척수 전량을 조정조로 이송하므로 조정조 용량이 과대 자동제어에 의한 연속운전이 곤란 	<ul style="list-style-type: none"> 상대적으로 시설이 복잡하고, 비용이 과다함

표 3 배출수처리 공정 비교

2) 역세척배출수 침전지 설계 적용

역세척배출수 침전지의 설계를 위해 “상수도시설기준(환경부제정, 2004)”과 “원수특성을 고려한 상수도 배출수처리시설 최적설계 연구(한국수자원공사, 2002. 10)”, 정수시설의 종합설계와 유지관리 (Kawamura, 2003)의 연구 성과를 사용하여 계획하였다.

구분	상수도시설기준	최적설계연구	정수시설의 종합설계와 유지관리
표면부하율 (m³/m²·d)	48~144 (2~6m/hr)	20~80 (0.8~3.3m/hr)	48~144 (2~6m/hr)
체류시간(Hr)	0.5~2.0	1.0정도	0.5~2.0
소독시설	필요	-	필요
약품주입시설	응집제, 양이온 폴리머	-	-

표 4 설계기준

역세척배출수 침전지 설계를 위한 배출수 유입량 설계조건은 아래와 같다.

배출수 유입량	설계 조건	비고
배출수 유입량	9,844m³/일 (회수량 9,791, 발생슬러지 53)	물질수지도 참조

표 5 설계조건

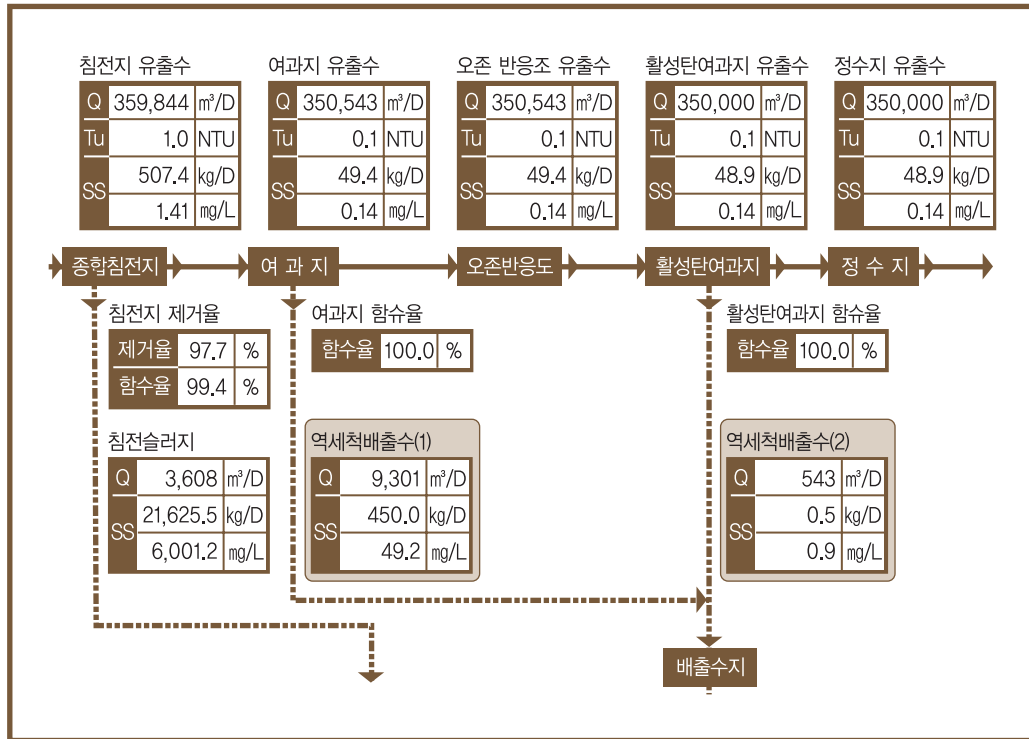


그림 5 물질수지도

3) 역세척배출수 침전지 용량 산정

배출수 유입량을 기준으로 세부 용량계산을 실시하였으며 그 결과는 아래와 같다.

구분	용량 계산	비고
1. 설계기준	<ul style="list-style-type: none"> • 표면부하율 : 2~6 m/hr • 체류 시간 : 0.5~2 시간 	
2. 설계조건	<ul style="list-style-type: none"> • 유 입 량 : 9,844m³/일 	
3. 용량계산 -소요면적	<ul style="list-style-type: none"> • A=유입량/표면부하율=9,844÷(2~6)=68.4m²~205.1m² 	
4. 규격	<ul style="list-style-type: none"> • 형 식 : 원형 R,C조 • 직 경 : 11.0m • 유효수심 : 4.0m • 지 수 : 2지 • 표 면 적 : 95.0m²(1지면적) • 유효용량 : 380.0m³(1지용량) 	
5. 설계검토 -표면부하율 -체류시간	<ul style="list-style-type: none"> • 표면부하율=유입량/표면적=9,844/24/(95.0×2지)=2.16m/hr [O.K] • 체류시간=380.0×2지÷8,844×24=1.85시간 [O.K] 	

표 6 용량계산

유효수심을 4m로 하고 표면적을 95m²로 계획하였을 때, 표면부하율 및 체류시간이 설계기준을 만족하였으며, 이때 SS제거율은 80% 설정하였다.

또한 회수 수질의 안정성 확보를 위해 상징수 회수관 내에 염소소독을 시행토록 하였으며, 약품주입공정은 “원수특성을 고려한 상수도 배출수처리시설 최적설계 연구(한국수자원공사, 2002. 10)”의 성과를 고려하여 추후 별도 검토를 통해 적용 여부를 결정하는 것으로 하였다.

구분	금회적용	구분	금회적용
표면부하율($m^3/m^2 \cdot d$)	51,84(2.16m/hr)	배출수 유입량	9,844 m^3/d
체류시간(Hr)	1.85	규격	D11.0m×H4.0m
소독시설	염소소독	지수	2지
약품주입시설	미적용	유효용량	760 m^3

표 7 금회 적용

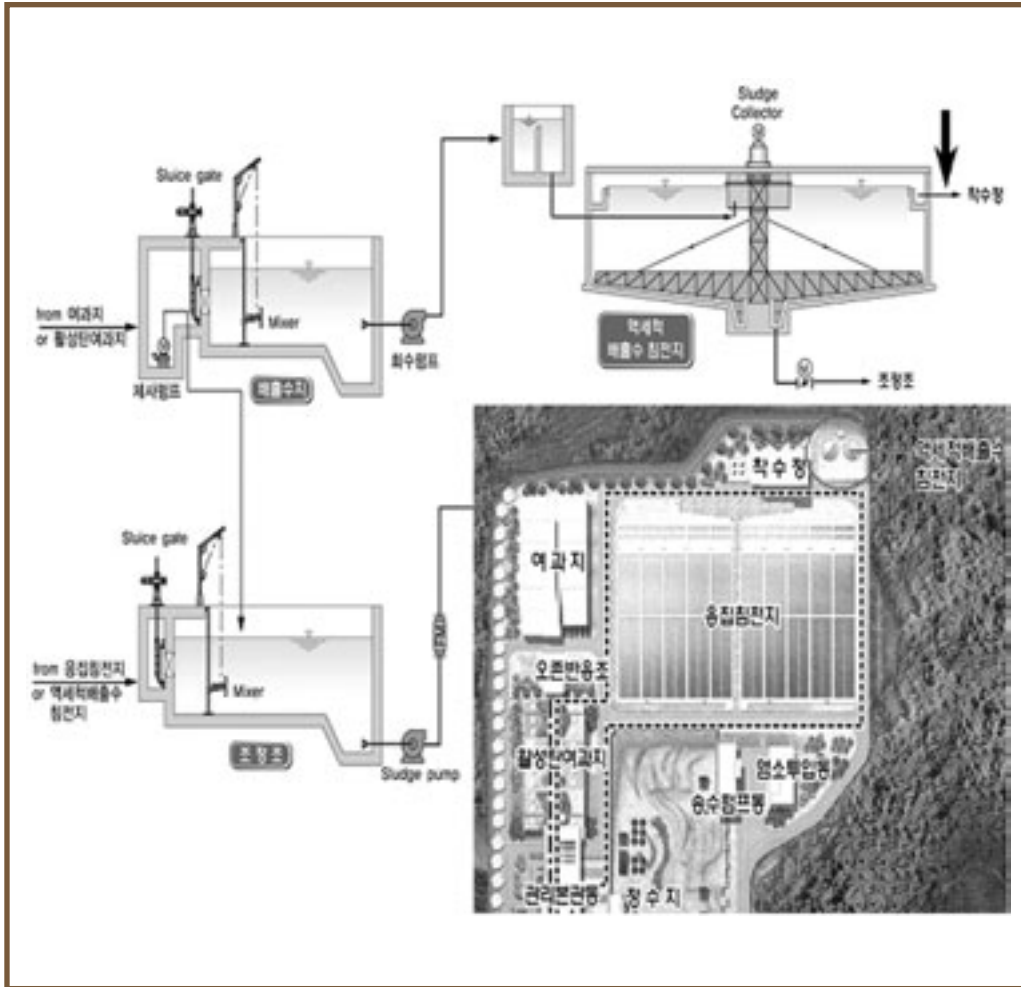


그림 6 처리공정도

결 론

1. 검토 결과

정수처리공정에서 발생하는 여과지 역세척배출수는 그동안 회수하여 재사용되어 왔으나 재처리공정에 대한 설계기준 및 처리시스템이 없어 양호한 수질 확보가 어려워 회수된 처리수가 정수처리공정에 영향을 미치는 문제점이 있었으나, 금회 상수도시설기준이 개정되면서 역세척배출수 침전지에 대한 설계기준이

마련됨에 따라 기존 연구성과 등을 참조하여 한강하류권급수체계구축1차사업 생활용수정수장인 일산2정수장에 우리공사 최초로 역세척배출수 침전지를 도입하였다.

금회 역세척배출수 침전지 도입으로 간헐적으로 발생하는 배출수의 연속처리가 가능해졌으며, 양질의 처리수를 원수로 회수하여 정수처리공정에 미치는 영향을 최소화하여 한정적인 수자원의 효율적 활용을 도모하였고, 향후 설계되는 타 정수장 정수처리공정에 도입함으로써 유한자원인 수자원 효율을 극대화할 수 있게 하였다.

2. 향후 과제

금회 역세척배출수 침전지 시설을 우리공사 최초로 도입함에 따라 국내에 운영 실적이 전무하며, 역세척배출수에 대한 연구 성과 부족으로 침강 특성이나 운영상의 문제점 등 적정 설계기준의 적립이 부족하므로, 금회 설계된 일산2정수장에 대하여 향후 운영관리 및 실험 등을 통한 지속적인 연구가 이루어져야 하며, 특히 상수도 시설기준의 설계기준인 플록형성 및 약품주입 공정의 필요성에 대한 연구가 추가적으로 필요할 것으로 판단된다. ㉠