

분뇨정화조 운용 개선방안

2011. 7. 25 제94호

유기영 / 서울시정개발연구원 연구위원

〈 목 차 〉

요약

- I . 서울의 분뇨정화조 실태
- II . 성능을 중시하는 미국의 정화조 청소
기준
- III . 분뇨수거량 저감을 위한 정화조 운용
개선방안

요 약

서울의 지하에는 61만개의 다양한 분뇨정화조 시설이 산재해 있다. 서울의 정화조 용량은 대략 4,013만명이 이용할 수 있도록 설계되어 있지만 실제 이용인구는 61%인 2,464만명에 불과하다. 그렇지만 서울시에서 1일 수거되는 분뇨는 10,602kl로 4개 하수처리장의 처리 용량 10,500kl를 초과하고 있다. 이는 매년 1회 이상 청소를 의무화함에 따라 분뇨수거량이 증가하고 있기 때문이다.

수요를 초과한 분뇨정화조 용량

현재 서울시내 합류식 하수관거지역에서는 수세식화장실을 이용하는 모든 건물에 정화조 설치를 의무화하고 있다. 이는 하수관거연장을 기준으로 86%의 광범위한 지역을 포함하는 것이다. 건물용도별로 단독주택의 56%, 공동주택의 46%, 학교의 58%는 정화조 이용인구가 설계인구의 절반에도 못미치고 있다. 뿐만 아니라 분뇨의 99%는 정화조오니로 채워지고 있으며, 실제 분뇨는 1% 미만에 불과한 실정이다. 정화조의 오염물질 제거성능 조사결과 정화조의 73%가 BOD 50% 이상 제거라는 요구조건을 만족시키고, 부유성고형물(SS) 제거 역시 매우 우수한 것으로 나타났다. 이는 과도한 청소로 인해 수거·처리과정에서 환경오염과 시민의 청소수수료 부담이 증가한다는 것을 의미한다.

성능을 기준으로 청소시기를 결정하는 미국의 정화조 관리

미국은 하수도가 보급되지 못한 지역에서 주로 주택에 정화조를 설치하여 생활하수를 처리하고 있다. 정화조를 설치할 때 총용량, 탱크의 모양, 유입관과 유출관의 위치, 고형물스크린 등의 구조와 배치를 중시하며 기본성능을 유지하도록 하고 있다. 정화조의 청소시기는 정화조에 남아있는 여유공간, 청소 후 사용기간 또는 양자를 조합하여 판단하며, 지역마다 다양하다. 정화조의 기능은 기본적으로 화장실세정수에 함유된 부유성고형물을 제거하는데 있으며, BOD, 지방성분, 인성분 등의 제거는 부차적인 효과로 간주한다.

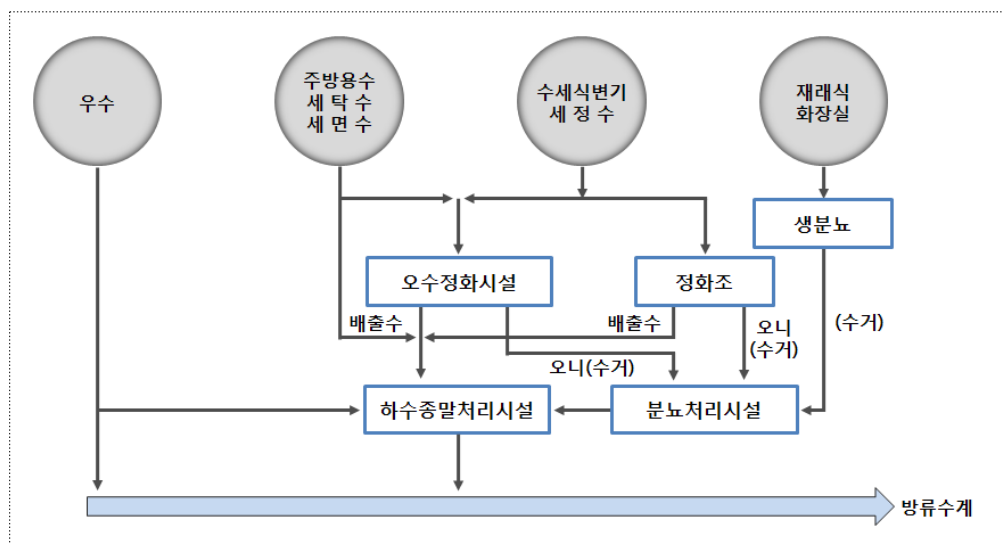
이용인구에 따른 정화조 청소시기 조정

정화조 이용인구가 설계용량을 크게 하회하는 상황에서 향후 서울시에서도 정화조의 성능에 따라 청소시기를 결정하도록 청소기준 조정이 필요하다. 이를 위해서는 우선 정부차원에서 정화조의 구조, 이용실적, 오염물질 제거성능을 기준으로 성능확인을 위한 지표를 개발해야 하고, 기초자치단체에서는 청소시기 조정을 위한 수수료 책정과 분뇨수집운반업자의 전문성을 높이기 위한 조치 등이 필요하다. 아울러 자치단체장이 청소회수를 변경할 수 있도록 하수도법의 정화조관리기준을 개정할 필요가 있다. 둘째, 정화조 청소회수 축소는 정화조 운영목적이 유지되도록 부패탱크식, 이용인구가 설계인구의 50% 이내, 유출 BOD가 유입수의 50% 이내, 청소오니량이 설계용량의 90% 이상, 소유자가 원하는 경우와 같은 조건을 모두 만족할 때만 허용한다. 이와 같이 정화조 청소시기가 축소될 경우 분뇨수거량의 14%가 감소하고, 상당한 규모의 주민 수수료 부담 및 온실가스 저감이 예상된다.

I. 서울의 분뇨정화조 실태

수요를 초과하는 정화조 용량

- 서울의 지하에는 61만 개소의 다양한 분뇨정화조 산재
 - 합류식 하수관거지역의 모든 수세식화장실 사용건물은 분뇨정화조 보유
 - 정상인은 대략 하루에 대변 0.1L, 소변 1.5L 배설
 - 수세식화장실 세정수는 분뇨정화조를 거쳐 공공하수도로 유하

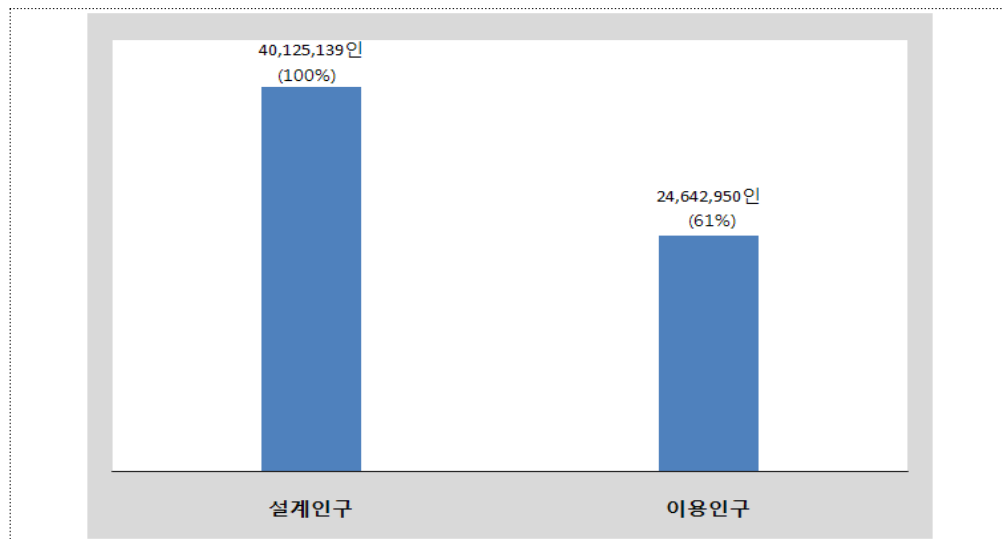


[그림 1] 서울에서 하수와 분뇨의 흐름

- 61만개의 정화조(2010년 기준) 중 80%는 주거시설용, 나머지는 판매, 영업, 사무시설용
 - 73%는 기계장치가 없는 단순한 구조의 부패탱크식, 나머지는 산소 공급 기능을 보유한 접촉폭기식, 살수여과식
 - 96%가 연 1회 정화조 청소를 실시하고 나머지는 연 2회 이상 실시

□ 서울의 정확도 이용인구는 설계인구의 61%에 불과

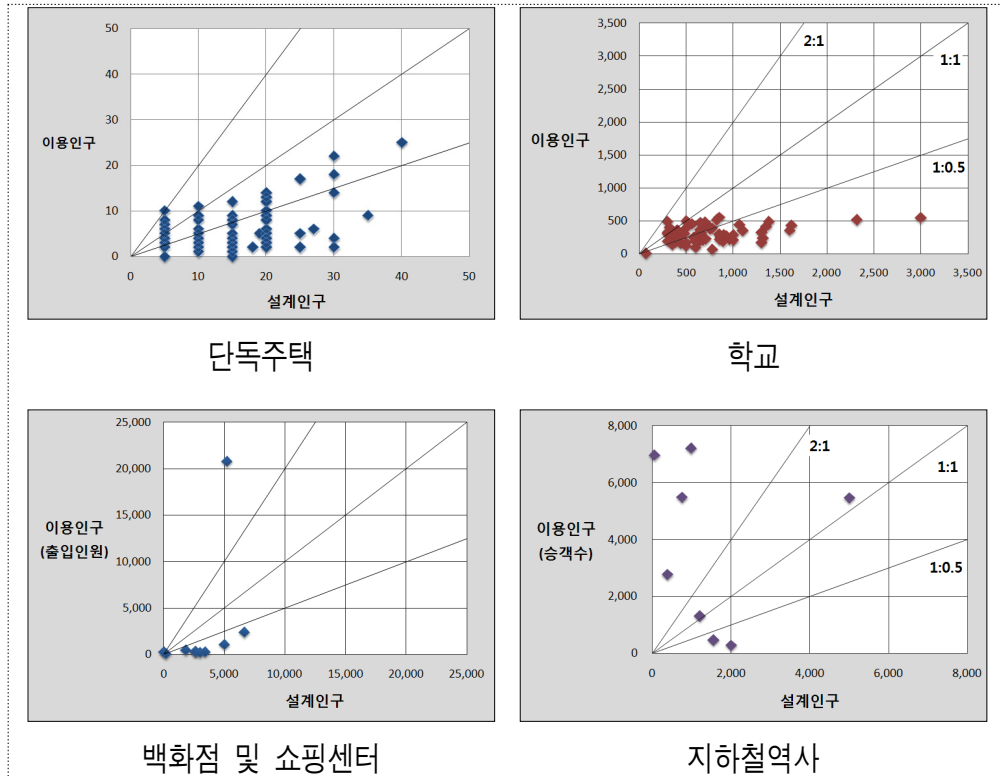
- 서울에 설치된 정확도의 설계인구는 4,013만명으로 정확도 이용인구보다 1.6배 과다
- 주택, 사업장, 수도권 등지에서의 유입인구를 감안할 때 정확도의 실제 이용인구는 2,464만명으로 추정



[그림 2] 서울시 정확도의 설계인구 및 이용인구

- 주택 정확도의 절반정도는 과소이용 상태
 - 단독주택 정확도의 56%, 공동주택 정확도의 46%는 이용인구가 설계인구의 50% 이내
- 학생수의 감소로 학교시설 정확도 이용인구 급감
 - 58%의 학교에서 정확도 이용인구가 정확도 설계인구의 50%에도 미치지 못하는 실정
 - 도서관 정확도도 이용인원 하회 경향

- 지하철역사의 경우 설계인구보다 많은 인구가 이용하는 경우도 있어 건물마다 이용실적이 다양



[그림 3] 설계인구 대비 정확조 이용인구 비교

분뇨처리시설 용량을 초과하는 분뇨수거량

- ☐ 분뇨수거량 중 재래식화장실에서 수거한 생분뇨는 0.4%에 불과, 대부분 정화조오니
- 현재 25개 자치구에서 수거되는 분뇨수거량은 1일 총 10,602kL(2009년)
 - 이는 중량물재생센터, 서남물재생센터, 난지물재생센터 분뇨처리시설 시 설용량 10,500kL보다 102kL를 초과하는 수준

- 분뇨는 대부분 정화조오니이고 재래식화장실에서 수거한 양은 전체 분뇨 수거량의 0.4% 수준
- 연 1회 이상 청소 규정으로 인해 분뇨수거량 증가, 이는 분뇨처리시설 증설 압박요인으로 작용
- 강우시 분뇨의 하천유출을 막고자 합류식 하수관거지역에서 수세식화장실 사용건물은 의무적으로 정화조 설치
- 지역단위 도시정비 추진, 더딘 하수도 정비사업 등으로 서울은 앞으로도 넓은 합류식 하수관거지역 유지(85% 수준)
- 정화조 이용인구를 건물의 연면적으로부터 추정하는 관련규정과 서울의 건축물 대형화로 단위건물당 정화조의 크기 증가
 - 판매시설, 문화시설, 업무시설, 도서관 등의 이용인구는 면적에 의해 추정(『건축물의 용도별 오수발생량 및 정화조 처리대상인원 산정방법』(환경부고시 제2009-197호))
 - 정화조크기 : 5인까지 1.5m³이고, 5인을 초과하는 경우에는 5인당 0.5m³씩 가산(하수도법 시행령 제24조)
- 일단 설치된 모든 정화조는 실제 이용인구 등에 관한 고려없이 연 1회 이상 정화조 내부 청소 반드시 실시(하수도법 시행규칙 제33조)
 - 설계인구보다 이용인구가 적음에도 불구하고 정화조 설계크기(약 401만 kL)와 맞먹는 391만kL의 분뇨를 매년 청소하여 수거

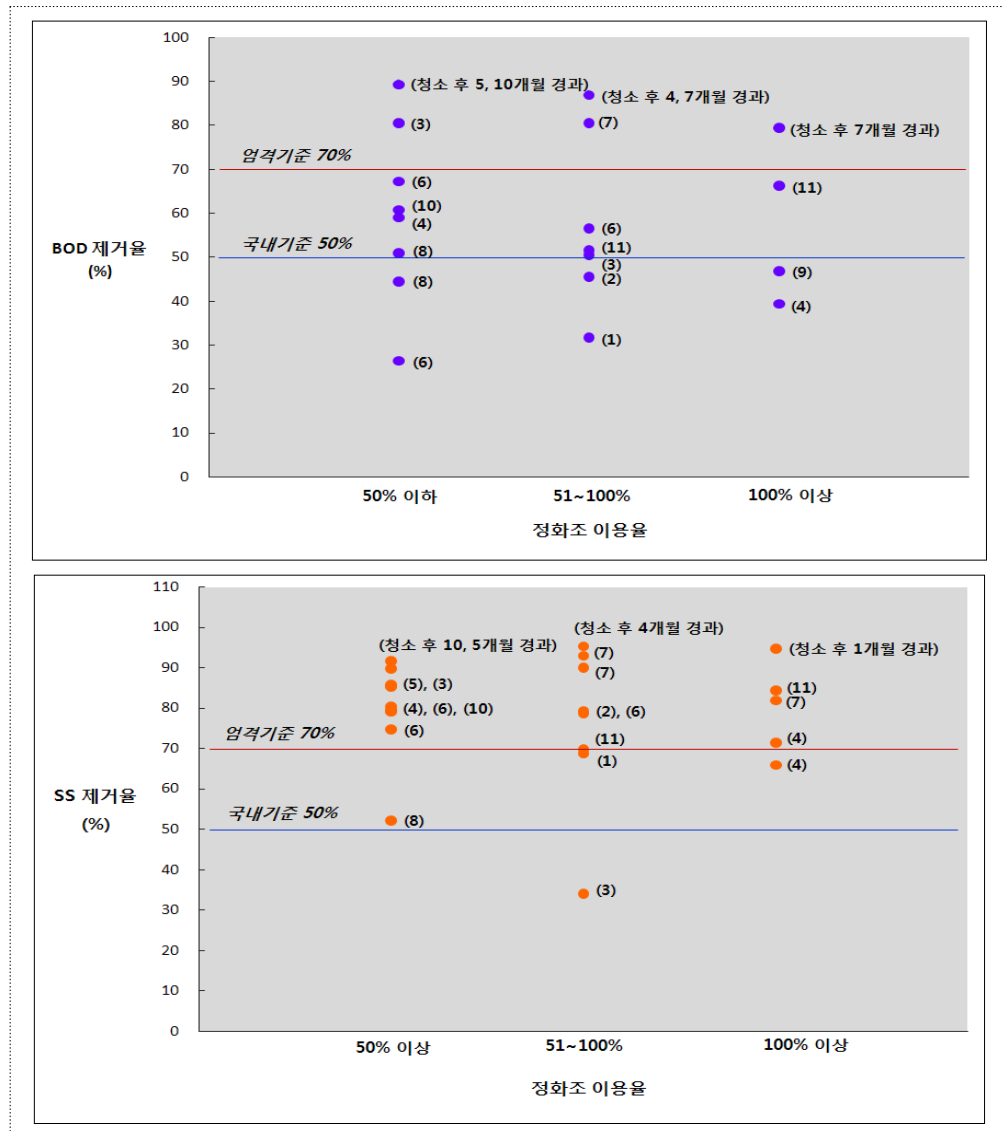
이용인구를 기준으로 정화조의 청소체계 전환 필요

☐ 정화조 배출수질은 매우 양호한 상태

- 조사대상 22개소의 정화조 중 73%의 정화조가 BOD 제거율 50% 이상의 기준을 만족하는 수질 유지((그림 4) 참조)
 - 하수도법 시행규칙 제3조에서 정화조는 유입 BOD의 50% 이상을 제거하는 성능으로 운전되도록 규정
 - 유입 BOD 400mg/L를 기준으로 많은 정화조가 200mg/L미만의 배출수 유지
- 조사대상 정화조 대부분이 SS 제거율 50% 이상의 성능을 보유((그림 4) 참조)
 - 유입 SS 및 배출수의 농도규정이 BOD와 동일할 경우 대부분의 정화조가 200mg/L 미만의 SS농도를 유지

☐ 오염물질 정화능력에 따라 새로운 분뇨정화조 청소체계 필요

- 정화조의 성능기준도 고형물제거 등 실질적 기능으로 전환 모색(미국의 정화조관리 사례 참조)
 - 정화조 소유자, 행정, 정화조 청소업자의 협력을 통해 청소회수 축소를 뒷받침할 제도적 근거 마련 필요



[그림 4] 정화조의 BOD와 SS 제거능력

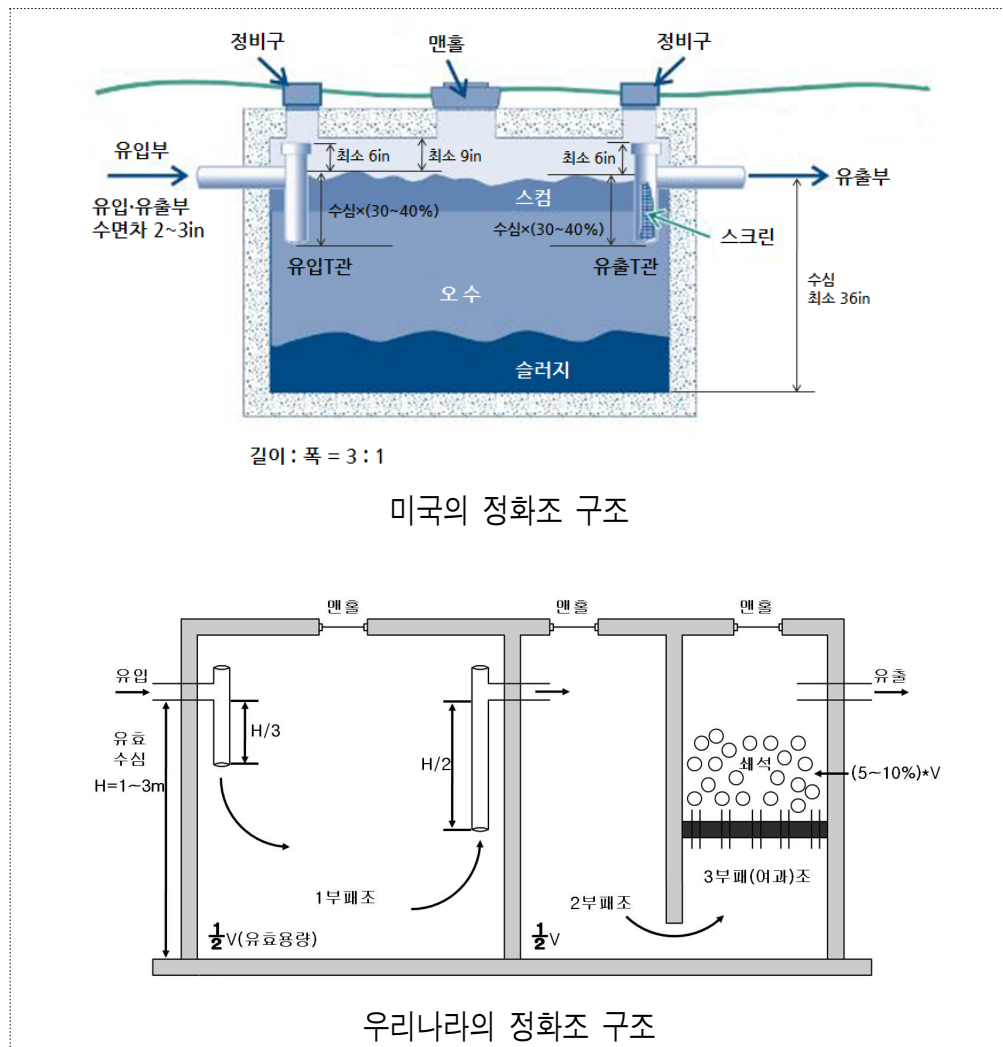
II. 성능을 중시하는 미국의 정화조 청소기준

사용기간과 여유용량을 감안한 정화조 청소기준

- 가정오수가 24시간 이상 머물 수 있는 크기로 정화조를 설치(일명 체류시간)
 - 이론적으로 권장하는 정화조의 생활오수 체류시간은 2~3일
 - 미국의 정화조는 화장실세정수, 주방오수, 세탁오수 등 모든 가정오수를 처리하는 장치로 설계 운영
 - 하수도가 보급되지 않는 지역의 건물단위 수질정화시설로서, 정화조를 거친 생활오수는 토양에 고루 퍼져나가도록 하는 장치도 함께 설치
 - 정화조의 설치시 정화조의 구조와 관련 설비 반드시 준수
 - 길이는 폭보다 3배 이상 길게 설계
 - 정화조의 최소수심은 36인치(91cm)
 - 유입부와 유출부에 T자관 설치로 정화층의 교란 방지
 - 유출부에 고형물 유출방지용 스크린 설치

참고 : 우리나라의 정화조 구조기준(하수도법 시행규칙 제55조)

- 체류시간 : 2일
- 격실 : 2~4실
- 쇄석층 : 유효용량의 5~10%



길이: 폭 = 3 : 1

미국의 정화조 구조

우리나라의 정화조 구조

[그림 5] 미국과 우리나라의 정화조 구조 비교

□ 지역별로 다른 정화조 청소기준 설정

- San Luis Obispo County는 사용기간이 청소기준
 - San Luis Obispo County에서는 정화조 청소 후 10년이 경과하면 청소해야 하며, Phillip 등(1993)의 학자들은 5년 이상을 권장
- 미국 환경청(USEPA)은 정화조 내 슬러지와 스크럼의 양을 청소시기의 판단기준으로 제시

- 미국 환경청이 권장하는 정화조내의 슬러지와 스크층의 양은 유효용량의 1/3
- Georgetown Divide Public Utility District는 청소기준으로 슬러지와 스크층의 양을 유효용량의 1/4로 설정
- Ontario주는 사용용량과 사용기간을 조합한 청소기준 설정
 - Ontario주는 슬러지와 스크층의 양이 유효용량의 1/3일때 청소를 실시하며, 검사를 하지 않을 때는 2~4년에 1회 청소하도록 규정
 - 미국 환경청도 유사한 기준이 있으며, 어느 경우든 슬러지와 스크층의 양 확인은 정화조 청소업자와 같은 전문가의 확인 필요

<표 1> 미국의 다양한 정화조 청소기준

청소시기	자료근거
3~5년 : 정화조 검사에서 스크층이 유입부 T관 하단부터 6인치 이내이거나 슬러지층이 유출부 T관 하단부터 12인치 이내	U.S. EPA(2005)
2~4년 : 정화조 검사에서 폐기물이 유효용량의 1/3 또는 30% 이상 점유	The Ontario New Home Warranty Program(1998)
스크층이 유출부 하단부터 3인치 이내이거나 슬러지층이 유출부 하단부터 6인치 이내	U.S. PHS(1957)
슬러지+스크이 정화조 깊이의 1/2~2/3보다 많으면	U.S. EPA(2002)
슬러지+스크이 정화조 용량의 1/3과 같으면	U.S. EPA(2002)
슬러지+스크이 정화조 용량의 1/4과 같으면	GDPUD(2009)
5년 또는 그 이상	Phillip et al.(1993)
10년마다	SLOC(2008)
슬러지가 부상하고 유출부 T관으로 스크이 넘치면	U.S. EPA(2002)

고형물 제거기능을 중시하는 미국의 정화조

- 미국 환경청은 정화조의 주요기능을 고형물 및 지방성분 제거로 명시
 - BOD, 인 제거 성능은 정화조의 부차적인 기능에 불과
 - 정화조로 유입된 하수는 중력에 의해서 고형물이 침전되는 슬러지층, 유류가 부상하는 스크층, 중간층인 정화층으로 분리(U.S. EPA, 2005 ; The Ontario New Home Warranty Program, 1998)
 - 정화조로 유입된 총고형물의 60~80%를 정화조가 저류
 - 슬러지층, 스크층의 저류과정에서 BOD와 같은 성분도 일부 분해

<표 2> 분뇨정화조의 오염물질 정화기능

오염물질	정화성능	자료근거
고형물(SS)	<ul style="list-style-type: none"> ▪유입고형물의 60~80% 정화조에서 분리 ▪분리고형물의 40% 생물학적으로 분해 	U.S. EPA(2002)
생분해성물질(BOD)	<ul style="list-style-type: none"> ▪분리고형물의 분해과정에서 제거되며 유입 BOD 기준 20~25% 수준 	Crites et al.(1998) U.S. EPA(2005)
지방성분	<ul style="list-style-type: none"> ▪유입량 기준 70~80% 제거 	U.S. EPA(1980)
인성분	<ul style="list-style-type: none"> ▪유입량 기준 15% 제거 	U.S. EPA(1980)

Ⅲ. 분뇨수거량 저감을 위한 정화조 운용 개선방안

이용인구에 따른 정화조 청소시기 조정

- 이용인구가 설계인구에 많이 못미치는 정화조는 청소회수 축소를 통해 시민의 청소부담을 줄이고 분뇨처리시설의 설치 및 운영비를 절약
 - 정화조의 구조, 이용실적, 오염물질 제거성능 등을 감안하여 여유가 있는 정화조는 청소회수를 축소
 - 청소회수의 축소가 가능한 정화조의 구조, 이용실적, 오염물질 제거성능 등에 관한 기준 마련
 - 시민의 청소부담, 분뇨처리시설 신증설, 청소과정의 환경오염 등과 관련된 철저한 평가 필요
 - 청소회수를 축소할 경우 서울시 전체 분뇨 수거량의 14% 감소 예상
 - 분뇨처리시설의 설치 및 운영비로 연간 26억원 절감 예상, 시민들의 청소 수수료 역시 44억원 정도 절감 예상

□ 주요 추진 전략

사업영역	전략
이용인구에 따른 정화조관리 제도 개선	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 청소회수변경 근거규정 마련 ▪ 적용과정에 요구되는 기법의 개발영역 발굴
이용인구에 따른 정화조 청소회수 축소	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 주거·교육시설 정화조의 청소축소 조건 설정 ▪ 그외 시설 정화조의 청소축소 조건 설정

이용인구에 따른 정화조 관리 제도 개선

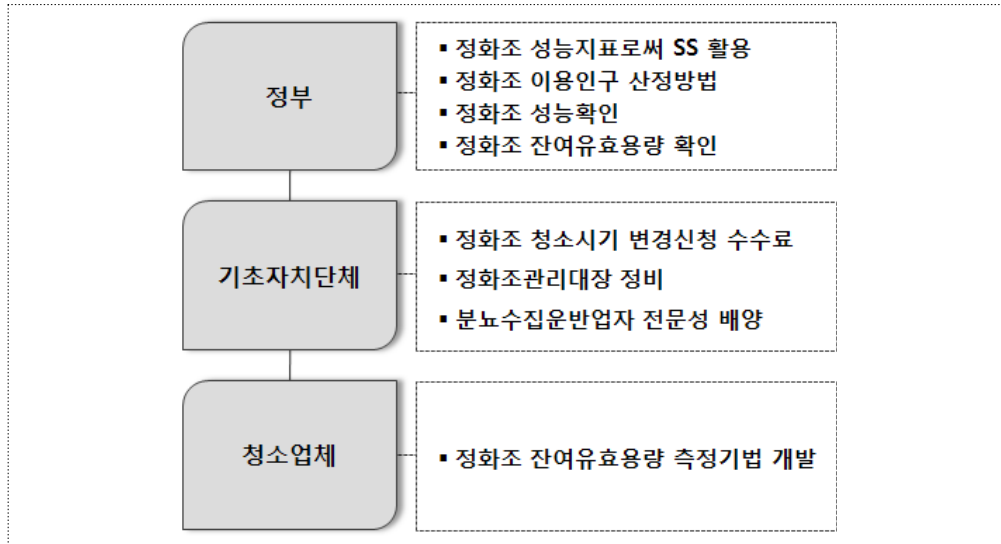
□ 기초자치단체에 청소시간 연장권한 부여

- 개인하수처리시설의 관리기준 개정 : 하수도법 시행규칙 제33조
 - 낮은 정화조 이용율, 충분한 잔여유효용량, 그 밖의 타당한 사유가 있을 때는 시장·군수·구청장이 정화조 내부청소 시간을 연장할 수 있도록 규정

□ 청소시기 조정에 따른 관련주체 간 여건정비

- 정부 추진사항
 - 정화조 성능지표로써 SS 활용 적극 검토 : BOD와 병행 또는 BOD의 대체지표로 활용
 - 정화조의 설계 및 유지관리 관련사항 총체적 점검 : 정화조 이용인구 산정방법 변경, 정화조 성능 확인, 성능확인 지표 개발, 잔여유효용량 확인
- 기초자치단체 추진사항
 - 정화조 청소시기 변경 신청양식 개발
 - 변경신청에 수반되는 수수료 책정 : '주거·교육시설'과 '주거·교육시설 외 시설'로 분리 필요
 - 정화조관리대장의 형식통일 및 내용 업데이트
 - 분뇨수집운반업자의 전문성 배양 또는 업무 부여 : 시료채취, 슬러지총과 스크럼의 부피측정, 구조적 안정성 평가 등
- 정화조 청소업체 추진사항

- 정화조 잔여유효용량 측정기법 개발 또는 도입 : 슬러지층과 스크층의 부피측정방법 개발 또는 외국에서 활용되는 기술도입



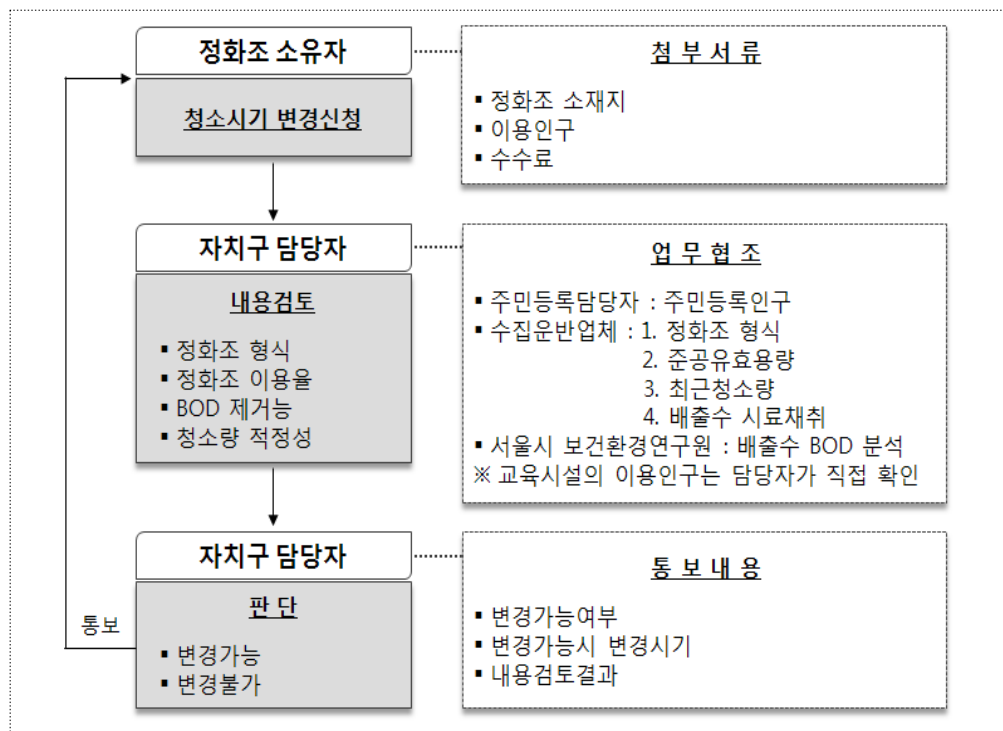
[그림 6] 관련주체 간 여건정비

이용인구에 따른 정화조 청소회수 축소

□ '주거·교육시설' 정화조의 청소회수 축소

- 정화조의 수질보전목적이 훼손되지 않도록 일정요건을 갖춘 정화조에 청소회수 축소 기회 부여
 - 정화조 구조 : 부패탱크식 정화조(임호프탱크식 정화조 포함)
 - 이용실태 : 계획인구 대비 이용인구가 100분의 50 이내
 - 정화조 성능 : 정화조 배출수의 BOD가 유입수 BOD의 100분의 50 이내
 - 운영상태 : 준공유효용량 대비 최근 정화조청소량이 100분의 90 이상

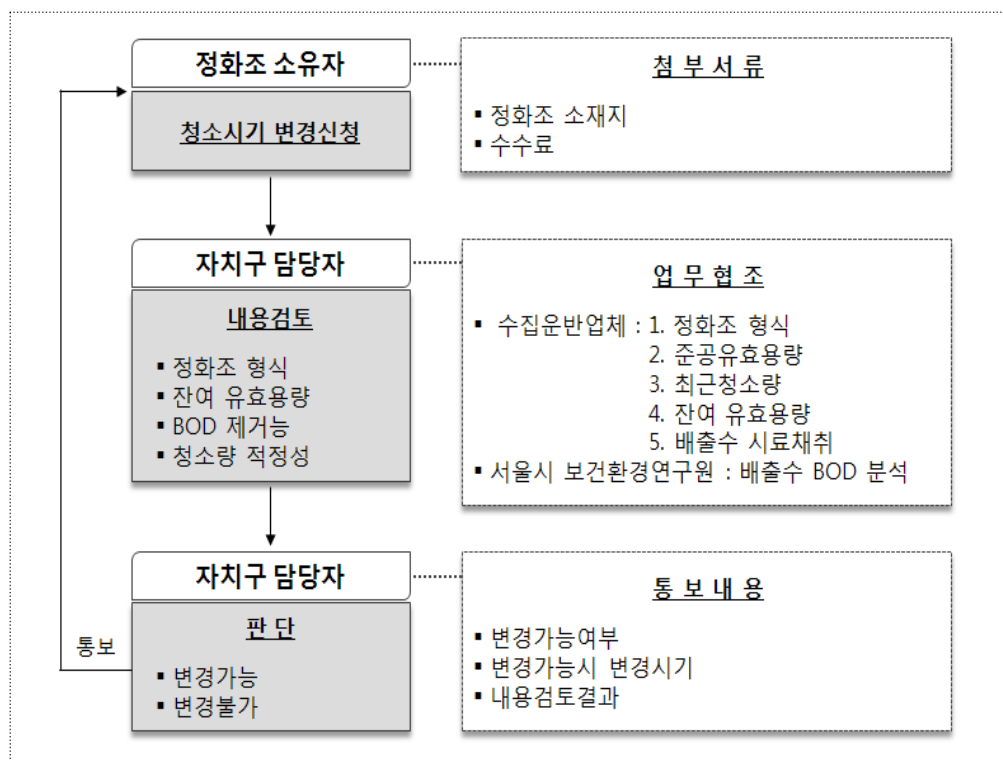
- 소유자 의사 : 정화조 소유자가 정화조 청소시기 변경을 원하는 경우
- '주거·교육시설'의 청소축소여부 검토절차
- 정화조 이용인구, BOD 제거능 등을 이용하여 평가



□ '그외 시설' 정화조의 청소회수 축소

- 정화조의 구조, 슬러지량, 성능, 운영상태가 다음 조건을 만족하는 경우 청소회수 축소
- 정화조 구조 : 부패탱크식 정화조(임호프탱크식 정화조 포함)
- 슬러지량 : 청소 1년 경과시점에서 준공유효용량 대비 잔여유효용량(슬러지층과 스크층 제외 용량)이 2/3 이상
- 정화조 성능 : 정화조 배출수의 BOD가 유입수 BOD의 100분의 50 이내

- 운영상태 : 준공유효용량 대비 최근 정화조청소량이 100분의 90 이상
- 소유자 의사 : 정화조 소유자가 정화조 청소시기 변경을 원하는 경우
- '그외 시설'의 청소축소여부 검토절차
 - 정화조의 잔여유효용량, BOD 제거능 등을 이용하여 평가



□ 정화조 청소 축소의 효과 및 편익

- 청소회수 축소를 '주거·교육시설'에만 적용할 경우 : 분뇨수거량 저감량 298,855^{m³}(서울시 전체 수거량의 8%)
- '주거·교육시설'을 포함하여 '전체시설'로 확장할 경우 : 분뇨수거량 저감량 536,484^{m³}(서울시 전체 수거량의 14%)

- 분뇨처리시설의 설치비 및 운영비 절감 : '주거·교육시설'에만 적용할 때 연간 15억원, '전체시설'에 적용할 때 연간 26억원
- 시민들의 수수료 절약 : '주거·교육시설'에만 적용할 때 연간 55억원, '전체시설'에 적용할 때 연간 94억원
- 온실가스 배출량 저감 : '주거·교육시설'에 적용할 때 연간 1,970톤 CO₂-eq.(경유차량 시내버스 10대량)
- '전체시설'에 적용할 때 연간 3,547톤 CO₂-eq.(경유차량 시내버스 30대량)

유기영 | 서울시정개발연구원 연구위원

02-2149-1157

keeyy@sdi.re.kr