시정연 2007-R-18

분뇨수거량 증가에 따른 서울시 대응방안

[유기영]

서울시정개발연구원
SEOUL DEUELOPMENT INSTITUTE

시 정 연
2007-R-18

분뇨수거량 증가에 따른 서울시 대응방안

Strategic plan to treat gradual-increasing septic tanks' cleaning sludge in Seoul

2007

서 울 시 정 개 발 연 구 원
Seoul Development Institute

연 구 진

연구책임	유 기 영 • 도시환경부 연구위원
연 구 원	조 인 성 • 도시환경부 위촉연구원
특별지원	서울시 수질과 오폐수관리팀
자문위원	김 현 욱 • 서울시립대학교 교수
	박 철 희 • 서울시립대학교 교수
	이 진 우 • 도화종합기술공사 이사
	정 해 석 • 서울시 오폐수관리팀 팀장
	조 연 제 • GWIK 대표
	한 기 봉 • 가톨릭대학교 교수
	황 규 대 • 경희대학교 교수

이 보고서의 내용은 연구진의 견해로서
서울특별시의 정책과는 다를 수도 있습니다.

요약 및 정책건의

Ⅰ. 연구의 개요

1) 연구 배경

- 환경적 보건적 측면에서 분뇨는 하수도시설로 직투입되거나 정화조와 같은 저장 분해시설을 통해 주기적으로 수거하여 처리하며, 서울의 대부분의 건물은 정화조를 보유하고 있음.
- 근래에 분뇨처리시설로 반입되는 서울시 분뇨수거량이 2011년경에 발생할 것으로 예상했던 양을 초과하였고, 당연히 서울시가 확보하는 있는 시설용량도 초과하는 양이 수거되고 있음.
- 분뇨처리시설은 단시간에 건설하기 어렵고 서울과 같이 분뇨를 하수병합방식으로 처리하는 경우는 처리방법의 변경이 더 어려운 바, 어떤 방법을 강구해야 하는지를 미리 확인하고 대비할 필요가 있음.

2) 연구 목적

- 분뇨수거량, 공공하수처리시설 하수처리계통에 미치는 영향, 비용과 환경적 측면에서 서울의 분뇨처리여건 등을 예측하고 평가하여 향후 10년 이상의 기간 동안에 서울시가 지향해야할 분뇨처리방안을 검토함.
- 현재의 처리방법이나 수립된 계획의 수정 또는 변경이 필요할 때는 그안을 제시하고, 시행시기, 예산계획, 조직간 역할분담 및 협력방안을 마련하여 서울시 분뇨처리사업이 체계적으로 추진되는 토대를 제공함.

3) 연구 방법

- 도시지역에서 처리를 요구하는 분뇨가 발생하는 구조를 파악함.
- 현재 적용되고 있는 서울특별시분뇨및축산폐수처리기본계획(2003년 수립) 중 분뇨처리 부분의 주요내용을 분석함.
- 서울을 비롯하여 국내외 분뇨처리에 관한 사례를 조사함.
- 장래분뇨수거량을 예측함.
- 지표연도 및 목표연도에서 예상되는 분뇨수거량이 공공하수처리시설의 운영에 미치는 영향을 분석함.
- 발생원에서 수거량을 줄이는 방안, 운반과정에서 수거분뇨를 하수관거에 투입하는 방안 등 분뇨수거량을 줄일 가능성을 평가함.
- 분뇨처리방법별로 요구되는 비용과 에너지 그리고 온실가스발생량을 평가함.
- 서울에 적합한 분뇨처리방법을 도출하며, 도출된 결과가 원활하게 추진되도록 추진시기, 소요예산, 조직간 역할분담, 협력방안 등을 제시함.
- 기존 계획에서 변경이 필요한 부분을 정리함.(부록에 수록)

Ⅱ. 주요 결과

1) 시설용량 및 분뇨처리계획의 계획량을 초과하는 분뇨가 수거됨.

- 중랑, 난지, 서남 등 3개 하수처리장에 총시설용량 9,600kL/일의 분뇨처리시설을 갖추고 있으나 이미 시설용량을 초과한 양의 분뇨가 반입되고 있음.
- 2003년 작성된 서울시분뇨및축산폐수처리기본계획에서 2011년의 분뇨수거량을 1일 약 9000kL로 예상하였으나 2006년에 이미 이 양을 초과하여 수거됨.

2) 분뇨수거량은 지속적으로 증가하여 2020년에 13,149kL/일에 이를 전망임.

- 분뇨수거량이 건축물연면적의 변화와 밀접한 관련이 있음을 과거 실적에서 확인하였으며, 실제로 건축물연면적은 건물의 이용인구, 더 나아가 정화조의 크기를 결정하는 간접적인 지표임.
- 건축물연면적 1㎢당 23톤의 분뇨가 수거되는 통계분석결과와 향후 건축물 변화추계를 이용한 바, 2010년에 10,583kL, 2015년에 11,874kL, 2020년에 13,149kL의 분뇨가 수거될 것으로 추정됨.

3) 분뇨의 하수병합은 방류수, 슬러지케이크, 시설운전기준의 준수에 영향을 미침.

- 분석대상 : 난지물재생센터 및 서남물재생센터
- 분뇨투입은 시설용량 및 장래 변화량의 범위에서 유량 0.4%이내, BOD 15%이내, SS 24% 이내, T-N 9%이내, T-P 22% 이내이고, 인의 경우 10% 이내라는 외부부하 규정을 현재의 분뇨처리시설 시설용량 및 장래 증가조건에서 모두 초과함.
- 방류수의 수질에 미치는 영향은 BOD, COD, SS의 경우 5% 또는 10%이내이며, T-N의 농도는 오히려 10% 이내에서 감소되는 긍정적인 효과를 보임.
- 현재 계획 중인 하수처리 고도화사업에서 분뇨투입을 계획부하에 포함시켜야 방류수 수질기준 및 운영기준 준수가 가능함.

4) 분뇨발생원이나 수거과정에서 분뇨수거량을 줄이기는 어려움.

- 오수정화시설 설치 : 슬러지 탈수기 등을 설치하여 자체적으로 슬러지를 처분하지 않는 한 오히려 분뇨수거량이 늘어남(이론치 3~5배, 실측치 23%).
- 종오니 존치 : 정화조 용량 불충분, 생분뇨 누출 사례 발생 등으로 관습적 존치량 10% 이상의 종오니는 정화조운영에 무리를 유발함.
- 수거후 차집관거에 투입 : 차집관거의 설치지역이 한강과 주요지천변이고 이미 시민의 근린공원으로 이용되는 상황에서 악취유발이 우려됨.
- 분류식 관거 인근 건물의 직투입 : 대규모 개발 시 직투입 규정을 마련하고 그 이하 규모의 개발, 신축건물은 서울시 환경영향평가사업에서 직투입을 권장함. 그러나 사업의 효과예측이 어려워 분뇨처리시설 계획에 반영은 곤란

5) 양질의 방류수를 생산할수록 분뇨처리시설은 많은 비용과 에너지를 소비함.

- 현재의 분뇨처리방식인 하수병합방법으로 추가로 발생할 1일 3,549kL를 처리하면 연간 64억원의 비용과 3.2대의 경유 버스가 배출하는 온실가스를 발생시키나 하수처리시설의 방류수 수준까지 독자적으로 처리하는 시설을 갖추면 연간 700억원의 비용에 102대의 경유버스가 배출하는 양의 온실가스를 배출하게 됨.
- 결국 현재의 하수병합방식은 비용적 환경적 측면에서 서울시와 지구환경에 두루 이로운 방법이라 할 수 있음.

방 법	서울소요비용 (시설용량초과분 1일 3,549kL 처리시)	전력소비 및 온실가스배출량 (시설용량초과분 1일 3,549kL 처리시)
이물질제거+하수병합(방류수 BOD 약 6,000mg/L)	• 연소요비용 : 64억원 - 시설투자비 : 12억원 - 시설운영비 : 52억원	• 연소비전력 : 2,590,770kWh • 연간 온실가스배출량 : 362톤-CO_2 • 버스동등배출량(경유) : 3.2대
생물학적전처리+하수병합(방류수 BOD 200mg/L이내)	• 연소요비용 : 184억원 - 시설투자비 : 123억원 - 시설운영비 : 61억원	• 연소비전력 : 10,363,080kWh • 연간 온실가스배출량 : 1,451톤-CO_2 • 버스동등배출량(경유) : 13대
공공분뇨처리시설 방 류 수 (방 류 수 BOD 30mg/L이내)	• 연소요비용 : 446억원 - 시설투자비 : 126억원 - 시설운영비 : 320억원	• 연소비전력 : 60,883,095kWh • 연간 온실가스배출량 : 8,524톤-CO_2 • 버스동등배출량(경유) : 76대
공공하수처리시설 방 류 수 (방 류 수 BOD 10mg/L이내)	• 연소요비용 : 700억원 - 시설투자비 : 350억원 - 시설운영비 : 350억원	• 연소비전력 : 81,609,255kWh • 연간 온실가스배출량 : 11,425톤-CO_2 • 버스동등배출량(경유) : 102대

Ⅲ. 정책 건의

1) 분뇨수거량 증가에 대응하기 위한 처리시설 확보원칙

- 앞으로도 분뇨는 전량 수거하고 필요한 처리시설을 추가적으로 확보
- 하수와의 병합처리를 통해 경제성, 환경성, 사회적 수용성 제고
- 시설용량의 확보 시에 하수처리시설 간의 부하 균등화
- 분뇨투입부하를 하수처리 고도화 사업에서 계획부하로 인정
- 용량변경, 증설, 신규설치 등의 순서로 처리시설을 단계적으로 정비
- 환경기초시설로서 악취제어 기능 강화

- 시설별 처리권역의 탄력적 조정
- 장기적으로 과대 초과량 발생시 전용처리시설 설치 검토

2) 용량확대에 의한 분뇨처리시설 확보

- 대상시설 : 중랑분뇨처리시설
- 시설용량을 현재 3,100kL에서 4,000kL으로 확대함.
- 현재의 시설수준에서 기계식 농축조 1기를 추가 설치함.

3) 처리시설 증설에 의한 분뇨처리시설 확보

- 대상시설 : 서남분뇨처리시설
- 현재 2,000kL인 서남처리장의 분뇨처리용량을 4,000kL로 확장함.
- 추가 설치하는 2,000kL의 시설은 하수처리시설 제2공장과 연계되도록 별개로 설치함. 필요설비는 저류조, 종합협잡물처리기, 기계식 농축기, 원심탈수기, 탈취기 등이며, 기존에 확보되어 있는 송풍기동을 건물로 활용함.

4) 전용처리시설 확보

- 확보 시기 : 예측을 벗어난 분뇨수거량의 지속적인 증가 또는 하수량의 감소로 분뇨투입이 하수처리시설 방류수에 심각한 위협이 될 때
- 설치 장소 : 부지에 여유가 있는 하수처리장
- 하수와 병합처리를 하는 경우 : BOD 및 SS 약 200mg/L, T-N 약 60mg/L를 만족시킬 수 있는 성능을 갖춘 시설
- 공공수역에 직접 방류하는 경우 : 2008년부터 강화되는 BOD 10mg/L 이하 등의 방류수 수질을 만족시킬 수 있는 처리설비를 갖추도록 하

며, 이 경우 탈질·탈인설비, 막처리설비, 응집침전설비, 소독설비, 탈취설비 등은 반드시 필요함.

5) 환경제어 강화

- 악취제어가 필요한 시설 : 난지분뇨처리시설
- 악취 제어 방법 : 투입구동 돔 공사를 통해 악취발생원을 건물내부에 수용, 에어커튼을 설치하여 발생악취가 외부로 확산되는 것을 방지, 돔에서 포집된 공기를 처리하는 바이오필터 설치, 전처리과정에서 분뇨로부터 악취발생을 억제하는 슬러지의 배양 및 배양조 설치

6) 하수처리 고도화사업에의 반영

- 대상시설 : 중랑시설, 난지시설, 서남시설
- 분뇨반입량 : 중랑시설 1일 4,000kL, 난지시설 4,500kL, 서남시설 4,000kL
- 분뇨성상(2015년) : BOD 5,594mg/L, COD 3,560mg/L, SS 8,475mg/L, T-N 678mg/L, T-P 170mg/L

7) 분뇨처리시설별 처리권역

처리시설	시설용량 (kL/일)	처리권역
계	12,500	25 자치구
중랑처리시설	4,000	성동구, 광진구, 중랑구, 강북구, 도봉구의 모든 양 중구는 1일 300kL 초과량 동대문구, 성북구, 노원구, 송파구, 강동구는 1일 400kL이내

서남처리 시설	4,000	양천구, 강서구, 구로구, 금천구, 동작구, 관악구의 모든 양 노원구, 송파구, 강동구는 1일 400kL 초과량 강남구는 1일 850kL 초과량
난지처리 시설	4,500	종로구, 용산구, 은평구, 서대문구, 마포구, 서초구의 모든 양 중구는 1일 300kL이내 동대문구, 성북구는 1일 400kL 초과량 강남구는 1일 850kL이내

8) 사업의 연차적 추진 방안

- 중랑시설의 용량확대 사업, 악취제어 공사, 하수고도처리에서 분뇨의 설계부하로의 반영 : 현 분뇨처리 계획기간인 2011년 이내에 추진함.
- 서남시설의 증설 : 설계 및 건설에 많은 기간과 예산이 소요됨으로 현 계획기간에 설계하고, 다음 계획기간(2021년까지)의 초반에 시설 설치를 완료함.
- 전용 분뇨처리시설의 건설 : 다음 계획기간의 후반에 분뇨의 실제 발생량 및 하수처리에의 부하를 평가하여 추진여부를 판단함.

9) 소요예산 및 시설용량

- 중랑시설 용량 확대, 서남시설 증설, 악취제어공사에 전체 170억 정도가 소요될 예정임.
- 연차적으로 사업을 추진하기 때문에 2011년까지는 1일 약 300kL 정도 시설용량이 부족하지만 2015년에는 발생예상량보다 600kL 많은 12,500kL의 시설용량이 확보될 것임.

10) 역할분담

- 수질과 : 분뇨처리와 관련된 모든 처리계획을 수립하고 소요예산을 확보하여 물재생센터가 시설을 계획하고 설치하고 운영하는 일을 도움.
- 하수계획과 : 예상 분뇨수거량을 하수처리 고도화사업에서 계획부하에 포함시켜 원활한 분뇨처리를 지원하고 장래에 추가적으로 늘어난 분뇨가 하수처리수의 방류수 수질에 심대한 영향을 미칠 때는 분뇨 전용처리시설을 설치하도록 수질과에 요구함.
- 물재생센터 : 분뇨처리시설을 계획하고, 설계하고, 공사를 추진하고, 완공 후 시설을 운용하는 핵심조직으로서 제반사업의 추진과 함께 타조직과의 유기적인 협력이 요구됨.
- 자치구 : 각 처리시설들의 용량 확대, 신축 등에 의해 처리구역에 변경이 필요할 때 그에 협력하고 수집운반수수료의 조정 등 구역 내에서 필요한 조치를 강구.

목 차

제Ⅰ장 서 론 ····· 1
제1절 연구의 배경 ····· 3
제2절 연구의 목적 ····· 5
제3절 연구의 대상 ····· 6
1. 기간 ····· 6
2. 대상물질 ····· 7
제4절 관련계획 ····· 8
제5절 연구수행체계 ····· 8

제Ⅱ장 서울시 분뇨관리 실태 및 국내외 처리사례 ····· 11
제1절 건물의 분뇨처리방법 ····· 13
1. 개인하수처리시설 현황 ····· 13
2. 개인하수처리시설 규모 ····· 14
3. 관리기준 ····· 24
제2절 서울시 분뇨처리계획(2003~2011)의 주요내용 ····· 26
1. 계획의 개요 ····· 26
2. 분뇨처리계획 ····· 27
3. 재원조달 ····· 33
제3절 분뇨처리 방법 및 사례 ····· 35
1. 서울의 분뇨처리 ····· 35
2. 국내의 분뇨처리 사례 ····· 42
3. 일본의 분뇨처리 사례 ····· 51

제Ⅲ장 분뇨수거량 예측 ····· 63
제1절 적정 예측 인자 ····· 65

1. 분뇨수거량 등의 변화 추이 ····· 65
2. 적정 예측 인자 ····· 67
제2절 분뇨수거량 예측 ····· 76
1. 건축물 연면적 예측 ····· 76
2. 분뇨수거량 예측 ····· 82

제Ⅳ장 분뇨 투입이 하수처리장에 미치는 영향 평가 ····· 85
제1절 영향평가 방법 ····· 87
1. 평가툴 ····· 87
2. 분뇨처리장의 주요 운전 자료 ····· 94
3. 영향평가를 위한 분석 조건 ····· 97
제2절 분뇨 투입이 하수처리에 미치는 영향 ····· 102
1. 분뇨 투입이 하수처리장의 유입부하에 미치는 영향 ····· 102
2. 분뇨 투입이 하수처리장 방류수 수질에 미치는 영향 ····· 104
3. 분뇨처리공정의 개선효과 ····· 106
4. 분뇨 투입이 하수처리에 미치는 영향의 종합 평가 ····· 107

제Ⅴ장 분뇨수거량의 증가에 대응하기 위한 서울시 분뇨처리 방안 111
제1절 분뇨처리 여건 평가 ····· 113
1. 분뇨수거량 저감 가능성 평가 ····· 113
2. 분뇨처리방법 비교 ····· 125
제2절 분뇨수거량 증가에 따른 대응방안 ····· 133
1. 대응원칙 ····· 133
2. 기존시설의 용량확대에 의한 분뇨처리시설 확보 ····· 135
3. 기존시설의 증설에 의한 분뇨처리시설 확보 ····· 137
4. 전용 분뇨처리시설 확보 ····· 139
5. 분뇨처리시설의 악취제어기능 강화 ····· 141
6. 하수처리 고도화 사업에의 반영 ····· 142
7. 분뇨처리시설별 처리권역 조정 ····· 143

제3절 추친체계 ····· 145
1. 사업의 연차적 추진 ····· 145
2. 소요예산 ····· 147
3. 역할분담 ····· 148

제Ⅵ장 결 론 ····· 151
제1절 주요결과 ····· 153
제2절 정책건의 ····· 156

참고문헌 ····· 161

부 록 ····· 165

Abstract ····· 175

표목차

<표 2.1> 서울시 오수처리시설 및 단독 정화조 설치 현황 ····· 14
<표 2.2> 단독정화조 중 부패탱크방법의 구조, 규격, 성능기준 ····· 15
<표 2.3> 단독정화조의 처리방식과 유효용량 및 처리성능 ····· 17
<표 2.4> 단독정화조 처리대상인원 산정방법 ····· 18
<표 2.5> 개인하수처리시설의 관리 및 분뇨의 수집운반처리기준 ···· 25
<표 2.6> 2003~2011년 분뇨처리계획 난지시설 분뇨처리시설 개선공사내역 ····· 29
<표 2.7> 2003~2011년 분뇨처리계획 난지시설 증설 이전의 시설별 분뇨처리권역 ····· 30
<표 2.8> 2003~2011년 분뇨처리계획 난지시설 증설 이후의 시설별 분뇨처리권역 ····· 31
<표 2.9> 2003~2011년 분뇨처리계획 분뇨 직투입 구역 ····· 32
<표 2.10> 2003~2011년 분뇨처리계획이 하수처리시설 고도처리계획에서 반영하도록 제안한 분뇨처리시설 농축조의 상징수 및 농축오니의 성상 ····· 33
<표 2.11> 2003~2011년 분뇨처리계획 분뇨처리시설 보완내역과 소요예산 ····· 34
<표 2.12> 중랑물재생센터 분뇨처리시설의 주요설비 및 규격 ····· 36
<표 2.13> 중랑물재생센터 분뇨처리시설의 분뇨반입량 ····· 37
<표 2.14> 서남물재생센터 분뇨처리시설의 주요설비 및 제원 ····· 38
<표 2.15> 서남하수처리장 분뇨처리시설의 처리량 및 시설용량 ····· 39
<표 2.16> 난지물재생센터 분뇨처리시설의 주요설비 및 제원 ····· 40
<표 2.17> 난지시설 분뇨처리시설의 주요설비 및 제원 ····· 41
<표 2.18> 부산시 위생사업소의 분뇨처리 현황 ····· 42
<표 2.19> 부산위생사업소 분뇨의 반입성상 및 처리수 수질 ····· 43

<표 2.20> 부산위생사업소의 주요 설비 현황 ····· 45
<표 2.21> 懸央環境施設組合 汚泥再生센터의 방류수 수질 ····· 58
<표 3.1> 서울시 총건축물연면적 대비 단독정화조 이용인구 추정에 사용되는 건축물연면적 ····· 76
<표 3.2> 2020년 서울시 건축물연면적 예측과정 ····· 78
<표 3.3> 서울시 및 각 자치구의 건축연면적 추계결과 ····· 81
<표 3.4> 서울시 및 각 자치구의 분뇨수거량 추계결과 ····· 83
<표 4.1> 단위공정별 적용모델 및 계산방법 ····· 89
<표 4.2> 반입되는 정화조오니 성상 및 장래예측 ····· 95
<표 4.3> 협잡물 제거를 거치면서 나타나는 분뇨의 성상변화 ····· 96
<표 4.4> 농축공정에서 SS 회수량 ····· 97
<표 4.5> 시나리오1의 각 시설별 분뇨 반입량 ····· 99
<표 4.6> 시나리오1의 분뇨성상 등 입력자료 ····· 99
<표 4.7> 시나리오2의 분뇨성상 등 입력자료 ····· 100
<표 4.8> 시나리오3에서 각 시설별 분뇨 반입량 ····· 101
<표 4.9> 분뇨에 의한 오염부하와 하수처리장 총부하와의 관계 ···· 103
<표 4.10> 분뇨처리와 하수처리장 방류수와의 관계 ····· 105
<표 4.11> 농축공정의 효율과 하수처리장 방류수 ····· 107
<표 5.1> 단독정화조 및 오수정화시설의 이론적인 청소오니량 ····· 115
<표 5.2> 단독정화조 및 오수정화시설의 실제 청소오니량 ····· 117
<표 5.3> 분류식 하수관거에의 화장실 세정수 직투입 주요지역 ···· 122
<표 5.4> 분뇨처리방법과 처리비용 ····· 129
<표 5.5> 분뇨처리방법에 따른 전력소비량 및 온실가스 배출량 ···· 131
<표 5.6> 중랑분뇨처리시설의 시설용량 확대 여건 ····· 136
<표 5.7> 중랑분뇨처리시설의 용량확대 방안 ····· 137
<표 5.8> 서남분뇨처리시설의 시설 증설 여건 ····· 138
<표 5.9> 서남분뇨처리시설 증설 방안 ····· 138
<표 5.10> 전용 분뇨처리시설의 주요 공정 ····· 141
<표 5.11> 하수처리고도화사업에서 반영할 분뇨량 및 성상 ····· 143

<표 5.12> 분뇨의 발생량 증가에 대비한 사업 추진시기) …… 145
<표 5.13> 분뇨의 발생량 증가에 대비한 사업 비용 및 시설용량 ·· 146
<표 5.14> 분뇨의 발생량 증가에 대비한 사업 추진 역할 분담 …… 147
<표 5.15> 분뇨의 원활한 처리를 위한 각 주체들의 역할 …… 149

그림목차

<그림 1.1> 본 연구의 물질적 범위 ····· 7
<그림 1.2> 연구 수행 체계 ····· 10
<그림 2.1> 부패탱크방법 단독정화조의 예 ····· 16
<그림 2.2> 중랄물재생센터 분뇨처리시설의 프로세스 ····· 35
<그림 2.3> 서남처리장 분뇨처리프로세스 ····· 38
<그림 2.4> 난지물재생센터 분뇨처리시설의 프로세스 ····· 39
<그림 2.5> 부산위생사업소의 전경 ····· 43
<그림 2.6> 부산위생사업소의 처리공정도 ····· 44
<그림 2.7> 부산위생사업소의 건설별 장치모습 및 기능 ····· 46
<그림 2.8> 懸央環境施設組合 汚泥再生센터의 전경 ····· 54
<그림 2.9> 懸央環境施設組合 汚泥再生센터의 처리공정도 ····· 55
<그림 2.10> 懸央環境施設組合 汚泥再生센터의 주요 전처리 설비 ····· 56
<그림 2.11> 懸央環境施設組合 汚泥再生센터의 폐수처리설비 ····· 58
<그림 2.12> 懸央環境施設組合 汚泥再生센터의 각종 악취관련설비 ····· 59
<그림 2.13> 懸央環境施設組合 汚泥再生센터의 슬러지처리 자원화설비 ·· 61
<그림 3.1> 분뇨 수거량 및 수질지표의 연도별 변화추이 ····· 66
<그림 3.2> 서울시 인구의 연도별 변화 ····· 68
<그림 3.3> 인구와 분뇨수거량 등과의 관계 ····· 68
<그림 3.4> 서울시 가구수의 연도별 변화 ····· 70
<그림 3.5> 가구수와 분뇨수거량 등과의 관계 ····· 71
<그림 3.6> 서울시 건축물연면적의 연도별 변화 ····· 74
<그림 3.7> 건축물 연면적과 분뇨 수거량 등과의 관계 ····· 74
<그림 3.8> 서울시 건축연면적 예측결과 ····· 79
<그림 3.9> 자치구별 건축연면적 예측치 차이 ····· 80
<그림 4.1> 하수처리장 모델링을 위한 공정구성 예(난지물재생센터) ··· 91

<그림 4.2> 하수처리장 모델링을 위한 공정구성 예(서남물재생센터) … 91
<그림 4.3> GPS-X를 이용한 유입수질 구성 예 …… 92
<그림 4.4> 구조물의 용량과 공정별 파라미터의 예 …… 93
<그림 4.5> 분뇨 반입량에 따른 방류수 수질 등의 표시 예 …… 93
<그림 5.1> 단독정화조와 오수처리시설의 구조 …… 114
<그림 5.2> 서울시 분류식 하수관거지역 …… 122

제Ⅰ장 서 론

제1절 연구의 배경
제2절 연구의 목적
제3절 연구의 대상
제4절 관 련 계 획
제5절 연구수행체계

제Ⅰ장 서 론

제1절 연구의 배경

세계은행의 조사보고에 따르면 서유럽과 북아메리카의 경우 성인이 하루에 배출하는 대소변의 양은 각각 150g과 1.2kg이고, 개발도상국으로 갈수록 소변량은 비슷한 반면에 대변량이 증가하며, 이 대소변은 탄수화물, 지방, 단백질을 비롯하여 각종 전염병균과 기생충란을 포함하고 있어서 위생적인 처리가 국민보건에 대단히 중요한다고 한다(두산세계대백과, http://100.naver.com).

환경적, 보건적 측면에서 인간이 배설한 대소변을 우리나라에서는 분뇨[1]라고 부르며, 분뇨는 크게 두가지의 형태에 의해 분뇨를 처리하는 곳으로 흘러간다. 하나는 수거식 화장실이 설치되는 건물의 경우로 배설된 분뇨는 일정규모의 저장용기에 저장되었다가 차량 등을 이용해 처리시설로 운반된다. 수거식 변소가 위생면에서 뛰어난 수세식 화장실로 대치되면서 서울에서 일부 고지대 및 임시화장실에만 사용될 뿐 대부분 사라진 상태이다. 다른 형태는 수세식 화장실을 사용하는 경우로서, 하수관거의 형태에 따라 다시 분뇨의 이동방법이 달라진다. 즉, 분류식 하수관거지역[2]에서는 수세식 화장실에서 세류된 분뇨를 개인하수도[3]를 설치함이 없이 공공하수도[4]로 바로 흘려보내 공공하수처리시설[5]에서 처리하게 된다.

---

1) 수거식 화장실에서 수거되는 액체성 또는 고체성의 오염물질(개인하수처리시설의 청소과정에서 발생하는 찌꺼기를 포함한다)(하수도법, 2007.4.11 일부개정)

2) 오수와 하수도로 유입되는 빗물 · 지하수가 각각 구분되어 흐르도록 하기 위한 하수관거(하수도법, 2007.4.11 일부개정)

3) 건물 · 시설 등에서 발생하는 오수를 침전·분해 등의 방법으로 처리하는 시설(하수도법, 2007.4.11 일부개정)

4) 지방자치단체가 설치 또는 관리하는 하수도(하수도법, 2007.4.11 일부개정)

5) 하수를 처리하여 하천·바다 그 밖의 공유수면에 방류하기 위하여 지방자치단체

반면에서 합류식 하수관거지역[6]에서는 오수정화시설이나 정화조와 같은 개인하수처리시설[7]을 설치하여 오수나 분뇨를 처리하고 개인하수도시설의 청소과정에서 발생하는 찌꺼기 또는 오니를 분뇨라고 부른다. 개인하수처리시설은 침전 분해 등의 기능을 갖기 때문에 고형물과 분리된 오수는 공공하수관거로 흘러가고 청소과정에서는 침전된 찌꺼기만 분뇨로서 발생한다.

서울은 우리나라의 물관리체계에서 주로 개인하수처리시설 중 기능이 우수한 오수처리시설을 설치할 지역인 특별대책지역, 호소수질보전지역, 상수원보호구역, 지하수보전구역 등에서 제외되어 있기 때문에 그리고 분류식 하수관거지역이 전체 하수도보급지역의 14% 정도에 불과하기 때문에, 주로 수거식 화장실과 연계된 정화조 청소 찌꺼기(이하 정화조오니라 한다)와 산발적으로 소량 존재하는 수거식 화장실의 분뇨(이하 생분뇨라 하고, 정화조오니, 생분뇨 그리고 오수정화시설 및 중수도 등 기타의 개인하수처리시설의 청소과정에서 발생하는 찌꺼기를 합쳐 분뇨라 한다)가 분뇨의 대부분을 차지하며 서울시는 이들 분뇨를 처리하기 위해 중랑물재생센터, 난지물재생센터, 서남물재생센터에 분뇨처리시설을 두고 수거된 분뇨를 하수병합방식으로 처리(이하 하수병합처리[8]라 한다)하고 있다.

그런데 근래에 분뇨처리시설로 반입되는 서울시 분뇨의 양이 2011년경

가 설치 또는 관리하는 처리시설과 이를 보완하는 시설(하수도법, 2007.4.11 일부개정)

6) 오수와 하수도로 유입되는 빗물 · 지하수가 함께 흐르도록 하기 위한 하수관거(하수도법, 2007.4.11 일부개정)

7) 건물 · 시설 등에서 발생하는 오수를 침전 · 분해 등의 방법으로 처리하는 시설(하수도법, 2007.4.11 일부개정)

8) 수거된 분뇨를 간단하게 전처리하고 하수처리시설로 반입시켜 처리하는 방법. 일반적으로 수거된 분뇨로부터 종이, 비닐, 나무막대, 머리카락, 토사 등을 제거하고 다음으로 분뇨를 중력식 또는 기계식 농축공법에 의해 고액으로 분리 후, 농축액은 하수처리장 슬러지처리시설로 보내고 상징액은 하수처리장 수처리공정으로 보내 처리함.

에 발생할 것으로 예상했던 양(1일 8,908kL(서울특별시, 2003.3))을 초과하여 발생하고 있으며, 2011년까지 확보할 분뇨처리시설의 시설용량 9,600kL도 2006년의 분뇨수거량(9,704kL)이 초과한 것으로 알려지고 있다. 이러한 현상은 당연히 공공하수처리시설의 하수처리능력에 부정적인 영향을 미치지 않을까 하는 우려로 이어지고 있다.

공공하수처리시설이든 분뇨처리시설이든 단시간에 건설하기 어렵고 서울과 같이 분뇨를 하수병합방식으로 처리하는 경우는 처리방법의 변경에 더 어려운 절차를 요구한다. 따라서 분뇨수거량을 정확하게 예측하고, 공공하수처리시설에서 이들을 수용할 수 있는지, 가능하지 않다면 어떤 다른 방법을 강구해야 하는지를 미리 확인하고 대비할 필요가 있다. 또한 처리방법의 수정이 필요할 경우 관련 계획을 수정함에 의해 체계적으로 서울시 분뇨처리기반을 갖추어 나아가야 할 것이며, 바로 본 연구가 필요한 이유이다.

제2절 연구의 목적

첫째, 분뇨수거량, 공공하수처리시설 하수처리계통에 미치는 영향, 비용과 환경적 측면에서 서울의 분뇨처리여건 등을 예측하고 평가하여 향후 10년 이상의 기간 동안에 서울시가 지향해야할 분뇨처리방안을 검토한다.

둘째, 현재의 처리방법이나 수립된 계획에 수정 또는 변경이 필요할 때는 변경안을 제시하고, 시행시기, 예산계획, 조직간 역할분담 및 협력방안을 마련하여 서울시 분뇨처리사업이 체계적으로 추진될 수 있는 토대를 제공한다.

제3절 연구 대상

1. 기간

과거현황에 대해서는 가능하면 최근에 정리된 자료를 활용하기 위해 2000년부터 2006년도까지의 자료를 이용하며 2006년을 기준연도로 한다. 특히 공공하수처리시설 또는 분뇨처리시설의 반입량 및 성상 자료를 이 기간의 자료에 의존함으로써, 시간 경과에 따른 양이나 성상의 변화를 최소화한다. 그럼에도 서울의 건축물연면적과 같이 연도별 차이가 크지 않아 장기적인 관찰이 요구되는 현황자료는 더 오래전의 자료도 포함시킨다.

장래 분뇨량 예측, 공공하수처리시설에 대한 부하예측은 현재 추진 중인 서울시 하수도재정비계획 수립사업[9]에 연동되고 상호협력이 쉽게 이루어지도록 2020년을 목표연도로 하고 2010년, 2015년을 지표연도로 활용한다. 단, 분뇨처리시설의 설치 등과 관련된 계획은 이미 수립되어 적용 중인 서울특별시분뇨및축산폐수처리기본계획의 적용기간이 2011년까지임으로 필요에 따라 2011년도 지표연도로 사용한다. 최근에 오수분뇨및축산폐수처리에관한법률의 오수분뇨부분이 하수도법에 편입되었고 분뇨에 관한 처리계획도 하수도법 정하는 『하수도정비기본계획』에 포함되어 20년 단위로 수립되고 필요할 경우 5년 단위로 변경할 수 있기 때문에 2011년 이후의 지표연도나 목표연도는 현재로서는 유동적이나 하수도계획의 주요목표가 2020년에 맞추어지고 있는 것은 확실한 것 같다.

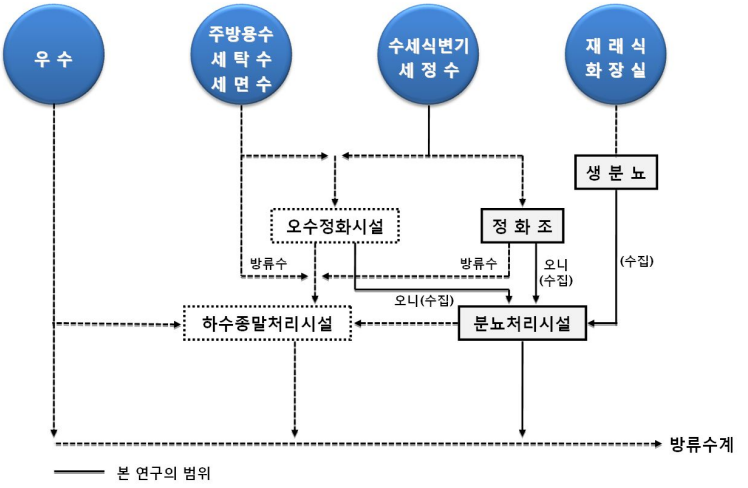
---

9) 2008년부터 서울의 공공하수처리시설은 생물학적 산소요구량(BOD) 10mg/L이하, 화학적 산소요구량(COD) 40mg/L이하, 부유물질(SS) 10mg/L이하, 총질소(T-N) 20mg/L이하, 총인(T-P) 2mg/L이하, 총대장균군수 3,000개/mL이하 등 지금의 중심처리방식인 2차처리에 의해서는 달성하기 어려운 강화된 수질기준에 맞추어 하수를 처리해야 하며, 이에 대응하기 위해 전체적으로 처리방법에 대한 검토가 이루어지고 있음.

2. 대상물질

일반적으로 건물에서 발생하는 하수는 오수와 우수로 분류되며, 오수는 <그림 1.1>과 같이 주방용수, 세탁수, 세면수, 수세식 화장실 세정수, 수거식 화장실의 생분뇨로 세분된다. 본 연구에서 다루는 “분뇨”는 하수도법의 정의에 입각하여 수세식 화장실의 세정수 중 개인하수처리시설의 정화조와 오수처리시설에서 발생하는 청소 찌꺼기 및 수거식 화장실의 생분뇨를 대상으로 한다.

이들 분뇨는 현재의 서울시 분뇨처리시스템에서는 차량을 이용하여 분뇨처리시설로 이송된다. 따라서 본 연구에서 오수정화시설의 오니, 정화조 오니, 생분뇨 등의 용어로 별도로 지칭하지 않는 한 분뇨는 세가지 물질, 즉 서울시 분뇨처리시설로 반입되어 처리되는 모두를 의미한다.



<그림 1.1> 본 연구의 물질적 범위

제4절 관련계획

하수도정비기본계획변경계획, 서울특별시수도정비기본계획(서울특별시 상수도사업본부, 2000) 정도이나 가장 중요하고 병합처리라는 관련성을 가진 계획인 하수도정비기본계획변경계획이 현재 수립 중에 있어 본 연구에서 그 계획의 내용을 수용하기 보다는 오히려 하수도계획이 본 연구의 결과를 반영하고 활용하는 입장에 있게 된다.

제5절 연구수행체계

제2장에서는 도시지역에서 처리를 요구하는 분뇨가 발생하는 구조 및 현재 적용되고 있는 서울특별시분뇨및축산폐수처리기본계획(2003년 수립) 중 분뇨처리 부분의 주요부분을 요약한다. 분뇨가 발생하는 구조를 통해 개인하수처리시설의 기능과 양 등을 알 수 있게 된다. 또한 서울시의 포함하여 국내 및 국외의 분뇨처리사례를 조사하여 소개한다.

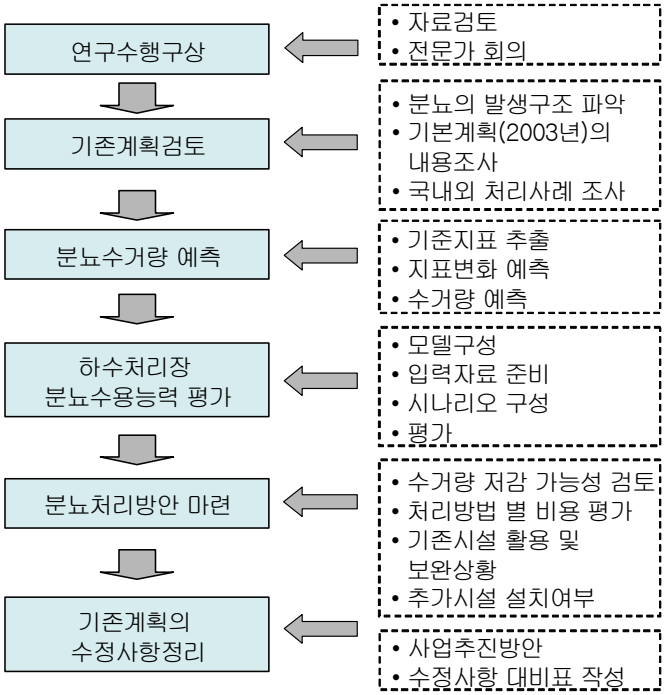
제3장에서는 분뇨발생량을 예측한다. 예측인자로 인구, 가구, 건축물연면적이 사용되고 그 중 적합한 인자를 발굴, 장래 분뇨발생량의 예측에 활용한다. 종속변수로 생물학적 산소요구량(BOD)과 부유물질(SS)도 분석함으로써 장래 오염부하의 변화예측에 활용할 수 있게 한다.

제4장에서는 지표연도 및 목표연도에서 예상되는 분뇨수거량 및 시설용량에 상응하는 처리량이 공공하수처리시설의 운영에 미치는 영향을 분석한다. 영향요소로는 유량부하, 총질소 및 총인의 부하, 공공하수처리장 방류수 수질에의 기여도, 슬러지케이크 발생량 등이 선정된다. 분석을 위해 표본 분뇨처리시설이 선정되고 표본처리시설에 대한 분뇨처리시설의 성능분석, 하수처리시설의 동력학적 분석 및 모델링이 이루지어진다. 모델링은 하수정비기본계획수립사업과 연관성이 유지되도록 해당 조직과 연계하여

수행한다.

제5장에서는 서울시 분뇨처리방안을 강구한다. 분뇨처리방안을 강구하기 이전에 분뇨의 발생원 및 수거과정에서 분뇨수거량 즉 처리시설의 수요를 줄일 수 있는 방법이나 가능성이 있는지 먼저 확인한다. 또한 방류수 수질에 따른 각종 분뇨처리방법의 비용과 에너지 소비량 그리고 온실가스 배출량을 분석한다. 이러한 자료 및 서울시의 토지이용여건을 토대로 서울의 분뇨처리여건을 검토한다. 마지막으로 서울에 적합한 처리방법을 도출하며, 도출된 결과가 원활하게 추진되도록 추진시기, 소요예산, 조직간 역할분담, 협력방안 등을 제시한다.

본 연구의 둘째 목적은 현재 적용되는 계획과 본 연구에서 도출된 처리방안을 비교하여 현재 적용되는 계획에서 수정해야할 사항을 정리하는 것이다. 이 부분은 <부록>에 정리한다. <그림 1.2>은 이상에서 설명한 연구수행체계를 그림으로 보여주고 있다.


연구수행구상
• 자료검토
• 전문가 회의
기존계획검토
• 분뇨의 발생구조 파악
• 기본계획(2003년)의 내용조사
• 국내외 처리사례 조사
분뇨수거량 예측
• 기준지표 추출
• 지표변화 예측
• 수거량 예측
하수처리장 분뇨수용능력 평가
• 모델구성
• 입력자료 준비
• 시나리오 구성
• 평가
분뇨처리방안 마련
• 수거량 저감 가능성 검토
• 처리방법 별 비용 평가
• 기존시설 활용 및 보완상황
• 추가시설 설치여부
기존계획의 수정사항정리
• 사업추진방안
• 수정사항 대비표 작성

<그림 1.2> 연구 수행 체계

제Ⅱ장 서울시 분뇨관리 실태 및 국내외 처리 사례

제1절 건물의 분뇨처리방법

제2절 서울시 분뇨처리계획의 주요내용

제3절 분뇨처리 방법 및 사례

제Ⅱ장 서울시 분뇨 관리 실태 및 국내외 처리사례

제1절 건물의 분뇨처리방법

1. 개인하수처리시설 현황

오수[10]를 배출하는 모든 건물은 하수도법 제34조[11]의 규정에 의해 개인하수도시설을 설치해야하며 개인하수도시설은 크게 오수처리시설과 단독정화조로 나뉜다. <표 2.1>은 2006년말 서울의 각종 건물에 설치되어 사용중인 오수처리시설과 단독정화조 현황으로서, 오수처리시설 3,457개소, 단독정화조 631,301개소, 전체 634,758개소에 이르고 있다.

서울은 하수도의 특성상 하수도법 제34조 제1항의 규정에 의해 오수처리시설을 설치할 필요는 없지만, 반면에 대부분의 건물이 단독정화조는 구비해야 한다. 개인하수처리시설의 설치가 면제되는 폐수종말처리지역에 해당되는 구역이 없고, 분류식 하수관거지역이 전체 하수처리구역의 14%에 불과하고, 공공하수도관리청이 하수관거정비지역으로 공고 할 때만 분뇨를 바로 투입하기 때문에, 개인하수처리시설의 설치가 면제될 수 있는 지역은 많지 않다. 결론적으로 서울은 대부분의 하수처리구역이 합류식 하수관거로 구성되어 있기 때문에 개인하수처리시설 중 단독정화조가 대부분을 차지하고 있는 것이다.

---

10) 사람의 생활이나 경제활동으로 인하여 액체성 또는 고체성의 물질이 섞이어 오염된 물을 말하며, 건물 · 도로 그 밖의 시설물의 부지로부터 하수도로 유입되는 빗물 · 지하수와 오수를 합쳐 하수라 함.(하수도법 제2조)

11) 개인하수도시설의 설치

<표 2.1> 서울시 오수처리시설 및 단독정화조 설치 현황(2006.12.31 기준)

(단위 : 개소)

구분	계	오수처리시설	단독정화조
계	634,758	3,457	631,301
종 로	24,531	40	24,491
중 구	14,451	50	14,401
용 산	22,604	94	22,510
성 동	22,442	7	22,435
광 진	25,755	10	25,745
동 대 문	31,784	44	31,740
중 랑	29,417	24	29,393
성 북	39,814	13	39,801
강 북	23,141	24	23,117
도 봉	14,514	4	14,510
노 원	11,901	6	11,895
은 평	40,824	143	40,681
서 대 문	28,825	112	28,713
마 포	29,529	235	29,294
양 천	37,401	321	37,080
강 서	26,063	219	25,844
구 로	22,633	276	22,357
금 천	16,184	115	16,069
영 등 포	26,416	227	26,189
동 작	25,035	173	24,862
관 악	36,170	128	36,042
서 초	18,205	517	17,688
강 남	23,249	627	22,622
송 파	22,841	22	22,819
강 동	21,029	26	21,003

2. 개인하수처리시설의 규모

분뇨가 어느 정도 발생하느냐, 즉 어느 정도의 분뇨가 하나의 정화조로부터 연간 수거되느냐는 수거회수와 함께 개인하수처리시설의 찌꺼기를 가두어두는 공간의 크기, 즉 청소대상 구조물의 분뇨의 저장용량도 큰 영향을 미친다. 오수처리시설은 기본적으로 소형 수질정화시설에 해당되기 때

문에 규격에 관한 사항은 관련 법규에서 정하지 않고 단지 방류수 수질기준을 만족시킬 수 있는 성능을 갖출 것을 요구하고 있다. 그러나 서울에 소재하는 대부분의 건물에 설치되어 있는 단독정화조에 대해서는 구조와 규격과 재질에 관한 기준을 하수도법 시행규칙 제55조 [별표 12]에서 정하고 있다. 이 규정에서는 단독정화조를 오염물질의 생물학적 분해형태에 따라 부패탱크방법, 폭기방법, 접촉폭기방법, 살수여상방법, 변형접촉폭기방법, 산화형혐기성 방법 등 6가지로 구분하고 있다.

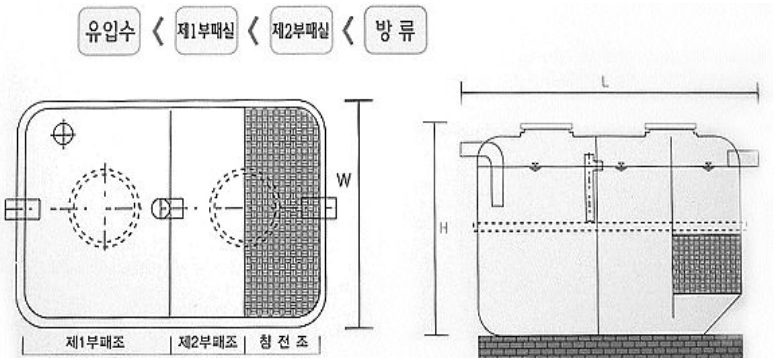
이중 가장 많이 사용되고 있는 부패탱크방법의 구조, 규격, 성능기준을 <표 2.2>에 정리하였다. 부패탱크방법은 유입분뇨를 생물학적 산소요구량(BOD)의 50%이상을 제거할 것으로 요구하고 있으며, 처리대상인원을 토대로 산정된 총유효용량을 2실이상 4실이하 범위에서 구획하여 구성할 수 있도록 하고 있다. <그림 2.1>은 2실로 구획된 부패탱크방법 단독정화조의 정면도와 평면도인데, 제2실(또는 최종실)의 유출부위에는 여과기능을 갖도록 쇄석층이 설치되어 있다. 이 쇄석층 또는 여과층은 반드시 갖추어야 하며, 총유효용량의 5~10% 범위로 확보하되 총유효용량에 가산한다. 한편 부패탱크방법의 총유효용량과 그 외 방법의 부패실, 침전분리실, 최종침전실 등은 내부청소를 실시할 때 수거되는 분뇨량과 직접적으로 연관이 있기에 각 방법을 비교할 수 있도록 <표 2.3>에 정리하였다.

<표 2.2> 단독정화조 중 부패탱크방법의 구조, 규격, 성능기준

구조 및 규격	성능기준
(가) 2실 이상 4실 이하로 구분하여 직렬로 연결하여야 한다. (나) 총유효용량은 1.5㎥ 이상으로 하고, 처리대상인원이 5명을 초과하는 경우에는 5명당 0.5㎥ 이상을 가산한 용량으로 한다. (다) 제1실의 유효용량은 2실형에는 총 유효용량의 3분의 2, 3실형 및 4실형에는 2분의 1로 하여야 하고, 최종실에는 여과장치를 설치하되, 그 장치의 아래로부터 오수가 통과하는 구조로 하며, 쇄석층 또는 이에 준하는 여재 부분의 부피는 총유효용량	생물화학적 산소요구량을 50퍼센트 이상 제거

의 5퍼센트 이상 10퍼센트 이하로 하여 이를 해당 유효용량에 가산한다. (라) 각 실의 유효 수심은 1m 이상 3m 이하이어야 하며, 유입관 개구부의 위치는 수면으로부터 유효수심의 3분의 1의 깊이로 하고, 유출관 또는 단층벽 하단 개구부의 위치는 수면으로부터 유효수심의 2분의 1의 깊이로 하거나, 각 실간 벽의 같은 깊이에 적당한 수의 폭 3㎝의 세로구멍을 6㎝ 간격으로 설치하되, 부상물 이나 스컴의 유출이 방지되는 구조이어야 한다. (마) 제1실의 유입관은 "T"자형 관으로 설치하되, 단층벽이나 "T"자형 관을 설치하는 경우에는 위에서 볼 수 있는 점검뚜껑을 두고, "T"자형 관의 지름은 10㎝ 이상이어야 한다. (바) 찌꺼기를 제거할 수 있는 뚜껑을 설치하여야 한다.	

출처 : 하수도법 시행규칙 제55조관련 [별표 12]



<그림 2.1> 부패탱크방법 단독정화조의 예

<표 2.3> 단독정화조의 처리방식과 유효용량 및 처리성능

처리방식	구 성	유효용량	성 능
부패 탱크방법	① 부패실 (침전 및 소화실)	V≥1.5+0.1(n−5) V : 용적(㎥) n : 처리대상인원(인)	생물화학적 산소요구량을 50% 이상 제거
폭기방법	① 부패실 ② 폭기실 ③ 최종침전실	①V≥0.75+0.09(n−5) ②V≥0.45+0.06(n−5) ③V≥0.15+0.02(n−5)	생물화학적 산소요구량을 65% 이상 제거
접촉 폭기방법	① 부패실 ② 접촉폭기실 ③ 최종침전실	①V≥0.75+0.09(n−5) ②V≥0.25+0.025(n−5) ③V≥0.15+0.015(n−5)	
살수 여상방법	① 부패실 ② 살수여상	①V≥1.5+0.1(n−5) ②V≥0.75+0.05(n−5)	
변형접촉 폭기방법	① 침전분리 ② 폭기실 ③ 최종침전실	①V≥0.75+0.1(n−5) ②V≥0.25+0.025(n−5) ③V≥0.15+0.015(n−5)	
산화형 혐기성방법	① 부패실 ② 침전실 ③ 산화실 ④ 최종침전실	①V≥1.35+0.1(n−5) ②V≥0.12+0.07(n−5) ③V≥0.03+0.03(n−5) ④V≥0.02+0.013(n−5)	

한편 단독정화조의 유효용량을 결정하기 위해서는 처리대상인원을 파악해야 한다. <표 2.3>에서 처리대상인원은 n으로 표시되어 있다. 처리대상인원은 분뇨발생량과 농도를 파악하기 위한 것이며, 가장 좋은 방법은 실제로 건물에서 발생하는 오수를 조사하거나 건물의 이용인원을 조사하는 것이다. 그러나 주거용 건물이 아닌 경우에는 이용인원의 파악이 어렵고 개인하수처리시설을 계획하고 설치하는 시점이 건물의 설계 및 설치 시점과 일치하는 경우가 많으므로 사용단계에서의 발생량 및 농도를 정확하게 파악하는 것은 사실상 불가능하다. 일상적인 건축물의 설치단계에서도 오수발생량이나 농도 그리고 단독정화조의 처리대상인원을 추정할 수 있도록

도와주는 자료가 바로 2006년 6월 26일에 환경부가 개정 고시한 건축물의 용도별오수발생량및단독정화조처리대상인원산정방법이다. 이 고시를 이용하면 건축물의 용도에 따라 처리대상인원을 건축물의 연면적, 정원 또는 대소변기의 수 등을 기준으로 산정할 수 있다. 여기에서 산정된 인원을 <표 2.3>의 n에 대입하면 건축물의 용도에 맞는 단독정화조의 종류별 유효용량의 산정이 가능하다. <표 2.4>에는 환경부의 고시내용 중 단독정화조 처리대상인원 산정방법만을 정리하였다.

<표 2.4> 단독정화조 처리대상인원 산정방법

<table>
<tr><th rowspan="2">분류번호</th><th colspan="3" rowspan="2">건축물 용도</th><th colspan="2">단독정화조 처리대상인원</th></tr>
<tr><th>인원산정식</th><th>산정단위</th></tr>
<tr><td rowspan="4">1</td><td rowspan="4">주거시설</td><td colspan="2">단독주택</td><td>$n= 5+(\frac{A-100}{30})$</td><td>n : 인원(인)
A : 연면적(㎡)
1호에 대해서 A가 100㎡이하인 때는 5인으로 하고, 100㎡를 넘는 부분의 면적에 대하여는 30㎡마다 1인을 가산하며, 220㎡를 넘는 때는 10인으로 한다.</td></tr>
<tr><td>공동주택</td><td>아파트, 연립주택, 다세대, 다가구주택</td><td>n = 3.5+(R-2)×0.5</td><td>n : 1호당 인원(인)
R : 1호당 거실의 개수
1호가 1거실로 구성되어 있을 때는 2인으로 할 수 있다.</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">기숙사, 다중주택(원룸) 하숙</td><td>n = 0.14A
(정원이 명확하지 않은 경우)</td><td rowspan="2">n : 인원(인)
A : 연면적(㎡)
P : 정원(인)

고정침대 등으로 정원을 명확히 산정할 수 있는 경우는 정원으로 산정한다.</td></tr>
<tr><td>n = P
(정원이 명확한 경우)</td></tr>
</table>

2	근린생활시설	마을회관		n = 0.15A	n : 인원(인) A : 연면적(㎡)
		기원		n = 0.16A	n : 인원(인) A : 연면적(㎡)
		서점, 세탁소, 장의사, 총포판매소, 애완동물점,		n = 0.08A	n : 인원(인) A : 연면적(㎡)
		독서실		n = 0.14A	n : 인원(인) A : 연면적(㎡)
		의원, 한의원, 치과의원, 침술원, 접골원, 조산소, 보건소, 진료소, 동물병원	입원시설 있음	n = 3.5B	n : 인원(인) B : 침상수 A : 연면적(㎡) 단, 동물병원의 경우 입원시설 없음 적용
			입원시설 없음	n = 0.25A	
	근린생활시설	식품 즉석 제조 판매점, 제과점,		n = 0.2A	n : 인원(인) A : 연면적(㎡)
		이용원, 미용원		n = 0.08A	n : 인원(인) A : 연면적(㎡)
		일반 목욕장		n = 0.23A	n : 인원(인) A : 연면적(㎡)
		공중화장실		$n = \frac{20c + 120u}{8} \times t$ t=1~10	n : 인원(인) c : 대변기 수(개) u : 소변기 수(개) t : 단위변기당 1일 평균 사용 시간(시간)
		음식점	오염부하량 높은 경우(한식, 중식)	n = 0.4A	n : 인원(인) A : 연면적(㎡)
			오염부하량 낮은 경우(서양식, 정통 일본식 음식점, 찻집)	n = 0.2A	

			기타음식점(상기외 음식점)	n = 0.3A	
		안마시술소		n = 0.08A	n : 인원(인) A : 연면적(㎡)
		찜질방		n = 0.15A	n : 인원(인) A : 연면적(㎡)
		노래연습장, 비디오감상실		n = 0.16A	n : 인원(인) A : 연면적(㎡)
3	문화 및 집회 시설	집회장	예식장, 공회당, 경로당, 회의장, 교회, 사찰, 성당, 제실, 사당, 장례식장	n = 0.15A	n : 인원(인) A : 연면적(㎡)
		공연장	영화관, 연예장, 음악당, 연극극장, 서커스장	n = 0.20A	n : 인원(인) A : 연면적(㎡)
		기도원, 수도원, 수녀원		n = P	n : 인원(인) P : 정원(인)
		경기장	체육관, 운동장, 경마장, 경륜장, 자동차경기장	n = $\frac{20c+120u}{8}$ ×t t=0.5~3.0	n : 인원(인) c : 대변기 수(개) u : 소변기 수(개) t : 단위변기당 1일 평균 사용 시간(시간)
		전시장	박물관, 미술관, 기념관, 수족관, 과학관, 박람장, 모델하우스		
		마권장외발매소		n = 0.16A	n : 인원(인) A : 연면적(㎡)
4	판매 및 영업시	시장, 상점	도매시장, 구판장, 소매시장, 양판점, 표구점, 소매점,	n = 0.08A	n : 인원(인) A : 연면적(㎡)

	설		수퍼마켓, 사진관, 의약품도매점		
		백화점, 쇼핑센터, 대형할인점		n = 0.16A	
		게임제공업소, 멀티미디어문화콘텐츠설비제공업소, 전자오락실		n = 0.16A	n : 인원(인) A : 연면적(㎡)
		여객, 철도역, 종합여객, 공항		n = $\frac{20c+120u}{8}$ ×t t=1~10	n : 인원(인) c : 대변기 수(개) u : 소변기 수(개) t : 단위변기당 1일 평균 사용 시간(시간)
5	의료시설	종합병원		n = 3.5B	n : 인원(인) B : 병상 수
		병원, 치과병원, 한방병원, 정신병원, 요양소, 격리병원, 산후조리원	급식시설 있음	n = 3.5B	
			급식시설 없음	n = 3.5B	
6	교육연구및복지시설	초등학교, 유치원, 보육시설		n = 0.25P	n : 인원(인) P : 정원(인) P′ : 야간정원(인)
		중학교, 고등학교, 학원, 대학, 대학교, 직업훈련소	주간	n = 0.33P	
			주·야간 병설	n = 0.33P+0.25P′	
		연구소, 시험소, 동물검역소		n = 0.33P	n : 인원(인) P : 정원(인)
		도서관		n = 0.14A	n : 인원(인) A : 연면적(㎡)
		고아원, 일시보호시		n = P	n : 인원(인)

		설, 보호치료시설, 자립지원시설, 양로원, 청소년 수련원			P : 정원(인)
		유스호스텔		n = P	n : 인원(인) P : 정원(인)
7	운동시설	탁구장, 당구장		n = 0.08A	n : 인원(인) A : 연면적(㎡)
		체육도장, 헬스장, 에어로빅장, 볼링장, 사격장, 라켓볼장, 스쿼시장, 실내낚시터, 스케이트장, 롤러스케이트장, 수영장		$n = \frac{20c + 120u}{8} \times t$ t=0.4~2.0	n : 인원(인) c : 대변기 수(개) u : 소변기 수(개) t : 단위변기당 1일 평균 사용 시간(시간)
		골프연습장			
		골프장		n = 12H	n : 인원(인) H : 홀수 1. 종업원의 오수량은 별도 가산한다.
		테니스장, 게이트볼장	야간조명시설 있음	n = 3S	n : 인원(인) S : 코트수
			야간조명시설 없음	n = 2S	n : 인원(인) S : 코트수
8	업무시설	일반 사무소	사무소, 신문사, 상담소, 소개소, 소방서	n = 0.08A	n : 인원(인) A : 연면적(㎡)
		방문객 많은 사무소	대사관, 공공청사, 금융업소, 경찰서, 우체국, 전화국	n = 0.16A	n : 인원(인) A : 연면적(㎡)
		오피스텔		n = 3.5+(R-2)×0.5 + 0.04A	n : 인원(인) R : 거실의 개수 A : 연면적(㎡) 1호가 1거실로 구성되어 있을 때는 n = 2+0.04A로 할 수 있다.

9	숙박시설	관광호텔, 호텔, 모텔, 여관, 여인숙		n = 0.04A	n : 인원(인) A : 연면적(㎡)
		농어촌민박시설		n = 0.12A	n : 인원(인) A : 연면적(㎡)
		가족호텔, 콘도미니엄, 관광펜션		n = P	n : 인원(인) P : 정원(인)
		야영장(캠프장), 자동차 야영장		n = P	n : 인원(인) P : 정원(인)
10	위락시설	무도유흥주점	나이트클럽, 카바레	n = 0.3A	n : 인원(인) A : 연면적(㎡)
		일반유흥주점	룸쌀롱, 단란주점, 요정, 스탠드빠	n = 0.23A	n : 인원(인) A : 연면적(㎡)
		투전기업소, 카지노업소,		n = 0.16A	n : 인원(인) A : 연면적(㎡)
		무도장, 무도학원, 콜라텍		n = 0.2A	n : 인원(인) A : 연면적(㎡)
11	공업시설	공 장, 작업소, 발전소, 정비공장(카센터 포함)		n = 0.5P	n : 인원(인) P : 정원(인)
12	자동차관련시설	주유소, LPG충전소		$n = \frac{20c+120u}{8} \times t$ t=1～10	n : 인원(인) c : 대변기 수(개) u : 소변기 수(개) t : 단위변기당 1일 평균 사용 시간(시간)
		주차장, 주기장		$n = \frac{20c+120u}{8} \times t$ t=0.4～2.0	n : 인원(인) c : 대변기 수(개) u : 소변기 수(개) t : 단위변기당 1일 평균 사용 시간(시간)
13	공공용시설	교도소, 구치소, 소년원, 감화원		n = P	n : 인원(인) P : 정원(인)
		촬영소		n = 0.08A	n : 인원(인) A : 연면적(㎡)
		군대숙소		n = P	n : 인원(인) P : 정원(인)
14	묘	화장장,		n = 0.15A	n : 인원(인)

	지관련시설	납골시설		A : 연면적(㎡)
15	관광휴게시설	휴게소	$n = \frac{20c + 120u}{8} \times t$ t=1~10	n : 인원(인) c : 대변기 수(개) u : 소변기 수(개) t : 단위변기당 1일 평균 사용 시간(시간)
		관망탑	$n = \frac{20c + 120u}{8} \times t$ t=0.5~3.0	
16	부대급식시설	근린생활시설, 문화 및 집회시설, 판매 및 영업시설, 교육연구 및 복지시설, 운동시설, 업무시설, 숙박시설, 위락시설, 공업시설, 자동차관련시설, 묘지관련시설, 관광휴게시설 등의 상주인원에 대한 급식을 제공하는 시설	-	-

출처 : 건축물의용도별오수발생량및단독정화조처리대상인원산정방법(환경부고시 제 2001-168호, 2006.6.26 개정)

3. 관리기준

설치된 개인하수처리시설이 정상적으로 작동할 수 있도록 하수도법에서는 해서는 아니되는 행위, 시설의 청소를 포함한 관리기준, 방류수 수질기준과 같은 운영관리기준을 정하고 있으며, 수집, 운반, 처리, 재활용과 같은 처리규정도 명시하고 있다. 이중 특히 분뇨수거량과 밀접한 관련을 갖는 규정이 개인하수처리시설의 청소에 관한 규정이다. 이미 정화조와 같은 개인하수처리시설이 설치 운영되는 상황에서는 연간 청소회수가 도시정부에게 처리를 요구하는 분뇨량에 직접적으로 영향을 미치기 때문이다. 서울

에 소재하는 단독정화조와 오수처리시설은 연간 1회 이상 청소를 의무적으로 실시하여야 하며, 이때 수거되는 분뇨량은 단독정화조의 경우 <표 2.3>에 의해 결정된 유효용량과 거의 같고, 오수처리시설의 경우 잉여슬러지의 농축조 및 저장조의 용량과 같다. 따라서 연간 2회 수거를 하는 경우에는 1회 수거를 하는 경우보다 2배의 분뇨가 발생하게 된다.

<표 2.5> 개인하수처리시설의 관리 및 분뇨의 수집운반처리기준 (서울시 적용사항 중심으로 정리)

구분		내용
개인하수처리시설 운영관리	금지 행위	1. 건물등에서 발생하는 오수를 개인하수처리시설에 유입시키지 아니하고 배출하거나 개인하수처리시설에 유입시키지 아니하고 배출할 수 있는 시설을 설치하는 행위(하수도법) 2. 개인하수처리시설에 유입되는 오수를 최종방류구를 거치지 아니하고 중간배출하거나 중간배출할 수 있는 시설을 설치하는 행위(하수도법) 3. 건물등에서 발생하는 오수에 물을 섞어 처리하거나 물을 섞어 배출하는 행위(하수도법) 4. 정당한 사유 없이 개인하수처리시설을 정상적으로 가동하지 아니하여 방류수수질기준을 초과하여 배출하는 행위(하수도법) 5. 정화조의 경우에 수세식변기에서 나오는 오수가 아닌 그 밖의 오수를 유입시키는 행위(하수도법 시행규칙) 6. 전기 설비가 되어 있는 개인하수처리시설의 경우에 전원을 끄는 행위(하수도법 시행규칙)
	관리 기준	1. 정화조는 연 1회 이상 내부청소를 할 것. 2. 오수처리시설은 그 기능이 정상적으로 유지될 수 있도록 침전 찌꺼기와 부유 물질 제거 등 내부청소를 연 1회 이상 하여야 하며, 청소 과정에서 발생된 찌꺼기를 탈수하여 처리하거나 분뇨수집·운반업자에게 위탁하여 처리할 것.(이상 하수도법 시행규칙)

	방류수 기준	1. 공공하수처리시설이나 「수질환경보전법」 제48조에 따른 폐수종말처리시설로 유입하여 처리하는 개인하수처리시설은 개인하수처리시설의 방류수수질기준을 적용하지 아니함.
분뇨의 수집운반 처리	수집 운반	1. 분뇨는 흡인식장비로 수집할 것. 다만, 흡인식장비를 사용하기 어려운 지역에서는 수거식장비로 수집할 수 있음. 2. 흡인식장비에는 수집량을 측정할 수 있는 계기를 갖출 것 3. 수집·운반 전용 장비를 사용하되 분뇨가 흘러나오거나 악취가 나지 아니하도록 할 것
	처리	1. 공공하수처리시설이나 분뇨처리시설에서 처리할 것. 다만, 분뇨를 재활용하거나 「해양오염방지법」 에 따라 해양배출하는 경우에는 그러하지 아니함. 2. 분뇨를 처리하여 방류하는 경우에는 제3조에 따른 방류수수질기준에 맞게 처리할 것 : 생물화학적 산소요구량 30mg/L 이하, 화학적 산소요구량 50mg/L이하, 부유물질 30mg/L이하, 총대장균군수 3,000개수/mL 이하, 총질소 60mg/L이하, 총인 8mg/L이하, 다만 공공하수처리시설로 유입하는 분뇨처리시설은 방류수기준을 적용하지 아니함. 3. 법제41조제3항에 따라 분뇨를 스스로 처리하는 경우에는 오수처리시설로 유입하여 처리할 수 있음.
	재활용	1. 재활용할 목적으로 1일 10킬로그램 이상 처리하려는 자는 재활용신고 2. 재활용 장비와 시설의 설치·관리기준 : 시행규칙 [별표 8]

제2절 서울시분뇨처리계획(2003~2011)의 주요 내용

1. 계획의 개요

1) 계획수립의 배경

- 오수분뇨및축산폐수의처리에관한법률 제4조2에 의거하여 분뇨처리

기본계획을 수립하여 환경부장관의 승인을 받도록 되어 있으며, 기 수립한 계획기간이 2001년에 종료되어 새로운 계획의 수립이 필요하다.

2) 계획의 목적

- 서울시에서 발생하는 분뇨의 처리실태를 파악하고 향후 10년간 발생할 물량을 처리할 수 있도록 기존시설의 활용방법, 추가시설의 필요성 검토, 예산 계획 등을 수립한다.
- 이를 위해 분뇨의 발생량을 추정하고 서울시에 적합한 수거 및 처리방법을 모색한다.

3) 계획의 범위

- 공간적 범위 : 2002년 현재 서울시의 행정구역
- 시간적 범위 : 2001년(기준년도), 2006년/2011년(지표년도), 2011년(목표년도)
- 물질적 범위 : 정화조오니 및 분뇨

2. 분뇨처리계획

1) 기본방침

- 서울시에서 발생하는 분뇨를 전량 수집·처리하여 분뇨처리 본연의 목적인 수질환경과 생활환경을 보전한다.
- 하수병합방식으로 처리할 때 하수처리장 방류수 수질에 급작스런 부하를 주지 않는 한 기존처리구역을 유지하면서 하수병합처리를 지속하여 처리의 효율성을 높인다.

- 늘어난 분뇨량에 대비할 수 있도록 분뇨처리시설을 적절하게 보완하여 운영하며 필요할 경우에는 기존의 처리구역을 조정한다.
- 하수처리의 효율성을 높이고 시민의 부담이 경감되도록 완전분류식 하수관거지역에서는 정화조를 설치하지 말도록 권장하고 “규모의 경제”가 적용되는 수거물량이 확보되도록 분뇨청소 대행업을 유지하고 관리한다.
- 앞으로 늘어날 분뇨량이 하수처리장의 운영에 부담을 주지 않도록 새로 수립되는 하수도정비 변경계획 및 하수처리장 고도처리계획을 수립할 때 본 계획이 반영되도록 한다.
- 정화조 또는 수거식 화장실 소유자는 적절한 회수로 정화조나 분뇨를 청소하여 부적절한 청소로 인해 수질환경이 악화되는 것을 방지한다.
- 정화조 소유자와 자치구 및 서울시는 적절하게 역할을 분담하고 각자에게 주어진 책무를 성실히 이행한다.

2) 분뇨처리시설 확보계획

- 중랑물재생센터 분뇨처리시설 : 시설용량(1일 3,100kL)을 그대로 유지한다.
- 서남물재생센터 분뇨처리시설 : 시설용량(1일 2,000kL)을 그대로 유지한다.
- 난지물재생센터 분뇨처리시설 : 시설용량(1일 3,000kL)을 1일 4,500kL로 확충하고, <표 2.6>과 같이 협잡물종합처리기, 농축조 상징수 이송펌프 등을 증설하거나 교체한다.

<표 2.6> 2003~2011년 분뇨처리계획의 난지분뇨처리시설 개선공사내역

시설 및 설비	공 사 내 역
협잡물종합 처리기	◦1처리장 : 150㎥/시×3(예비1) ⇒ 처리기 1대를 증설함. ◦2처리장 : 150㎥/시×5(예비1) ⇒ 처리기 1대를 증설함.
농축조상징수 이송펌프	◦1처리장 : 2.5㎥/분×1대(기존1 예비) ⇒ 펌프 1대를 교체하고 기존배관(100mm)을 150mm로 교체함. ◦2처리장 : 1.2㎥/분×5대(예비1) ⇒ 펌프 2대를 증설하고 기존배관(150mm)을 250mm로 교체함.
제어장치 등	◦전기분배시스템, ICP판넬, 전기신호시스템 ⇒ 펌프의 증설에 따라 교체함.
수처리계통 농축조	◦소화조의 체류시간을 설계체류시간에 근접하도록 유지 ⇒ 소화조 2조를 신규설치 함.

3) 기존시설의 보수계획

- 서남물재생센터 분뇨처리시설 : 기존의 하이드라시브형 협잡물처리기를 종합협잡물처리기로 교체(150㎥/시×4대)하고, 저류조 수중교반기 등도 교체한다.
- 중랑물재생센터 분뇨처리시설 : 부족한 농축조의 용량을 보완하기 위해 농축조를 추가로 설치하거나 농축방식의 변경, 미세협잡물처리기 신설, 투입저류조 증설과 같은 보완공사를 시행한다.

4) 처리시설별 분뇨처리구역

- 난지물재생센터 분뇨처리시설의 증설공사 이전 : <표 2.7>과 같이 중랑시설은 성동구 등 8개 자치구의 분뇨 전체와 중구 등 3개 자치구의 일부 물량을, 서남시설은 양천구 등 6개 자치구 물량 전부와 영등포구 등 3개 자치구 물량의 일부를, 난지시설은 종로구 등 7개 자

치구 물량 전부와 중구, 영등포구 물량의 일부를 처리한다.

- 난지물재생센터 분뇨처리시설의 증설공사 이후 : <표 2.8>과 같이 중랑시설에서 성동구 등 10개 자치구의 전량을 처리하고, 서남시설에는 양천구 등 7개 자치구의 반입량을 1일 285kL로 제한하고서 나머지량은 난지시설로 반입하고, 난지시설은 서남시설을 이용하는 자치구들의 초과물량과 종로구 등 8개 자치구의 전량을 처리한다.
- 강북지역의 뉴타운 등 대규모 개발사업 완료 이후 : 길음지역 7.4kL, 왕십리지역 14.1kL/일, 은평지역 4.6kL/일, 전체 26.1kL/일의 분뇨의 추가발생이 예상되나 추가발생량이 전체 발생량과 비교해서 0.3% 수준이므로 장래 발생량 추계치를 고려한 처리권역에 따라, 성북구(길음지역)와 성동구(왕십리지역)의 추가발생량은 중랑시설에서 처리하고 은평구(은평뉴타운)의 추가발생량은 난지시설에서 처리한다.

<표 2.7> 2003~2011년 분뇨처리계획의 난지시설 증설 이전의 시설별 분뇨처리권역

처리시설	계획처리량(kL/일)			처리권역
	2001년	2006년	2011년	
계	7,807	8,533	8,908	25 자치구
중랑처리시설	2,543	2,818	2,953	성동구, 광진구, 동대문구, 중랑구, 성북구, 강북구, 도봉구, 노원구 물량의 전량과 중구, 송파구, 강동구 물량의 일부
서남처리시설	2,081	2,525	2,661	양천구, 강서구, 구로구, 금천구, 동작구, 관악구 물량의 전량과 영등포구, 송파구, 강동구 물량의 일부
난지처리시설	3,183	3,189	3,294	종로구, 용산구, 은평구, 서대문구, 마포구, 서초구, 강남구 물량의 전량과 중구, 영등포구 물량의 일부

<표 2.8> 2003~2011년 분뇨처리계획의 난지시설 증설 이후의 시설별 분뇨처리권역

처리시설	계획처리량(kL/일)			처리구역
	2001년	2006년	2011년	
계	7,806	8,533	8,908	25 자치구
중랑처리시설	2,543	2,955	3,081	성동구, 광진구, 동대문구, 중랑구, 성북구, 강북구, 도봉구, 노원구, 송파구, 강동구의 전량
서남처리시설	2,081	1,903	1,930	양천구, 강서구, 구로구, 금천구, 영등포구, 동작구, 관악구 지역의 각 지역당 반입량을 285kL까지 제한하고 나머지는 난지처리시설로 반입
난지처리시설	3,183	3,675	3,897	종로구, 중구, 용산구, 은평구, 서대문구, 마포구, 서초구, 강남구 전량과 서남분뇨처리권역에서의 잉여물량 반입

5) 정화조와 청소대행업체의 관리

- 정화조 청소 : 정화조 소유자는 연 1회 이상 내부청소를 실시하고 처리용량이 20% 미만으로 부족하여 처리용량 증대를 면제받은 정화조는 6개월마다 1회 이상 내부청소를 실시하도록 관리한다.
- 청소대행업체의 관리 : 각 자치구는 규모가 작은 청소업체의 청소대행업 참여로 수수료의 인상이 유발되지 않도록 규모의 경제가 적용되는 물량이상(업체당 월 수거물량 6,500kL이상)이 유지되도록 청소대행업체의 규모를 유지한다.

6) 완전분류식 하수관거지역의 분뇨 직투입

- 각 자치구는 완전분류식 하수관거지역에서 신규로 설치되는 건물에 정화조를 설치하지 말도록 권장하고 건축물 신개축을 허가할 때 관련사항을 주지시킨다.

- 하수관거의 불량으로 악취가 발생할 가능성이 있는 지역에서 부득이하게 정화조를 설치해야 한다면 향후 직투입을 고려하여 By-pass가 가능한 구조로 설치할 것을 권장한다.
- 정화조를 설치하지 말고 반드시 수세식 화장실 세정수의 하수관거로 직투입하도록 권장해야할 지역은 <표 2.9>와 같다.

<표 2.9> 2003~2011년 분뇨처리계획의 분뇨 직투입 구역

구분	위치
탄천하수처리구역	고덕지구(고덕명일, 상일1 분구)
서남하수처리구역	가양지구(내발산 분구)/가양1,2,3동(등촌1 분구)
난지하수처리구역	용산공원(이태원 분구)

7) 하수처리시설 고도처리계획과의 연계

- 하수처리시설 고도처리계획을 수립할 때에는 <표 2.10>과 같은 분뇨처리시설 농축조의 상징수 및 농축오니의 성상을 수처리시설의 설계에 반영하여 원활하게 분뇨의 합수병합처리가 유지되도록 한다.

<표 2.10> 2003~2011년 분뇨처리계획이 하수처리시설 고도처리계획에서 반영하도록 제안한 분뇨처리시설 농축조의 상징수 및 농축오니의 성상

구분	분뇨처리량 (2011년)	분뇨처리시설 농축조 유출수 등의 성상 (유량 ㎥/일, 기타 mg/L)		
		항목	농축조 상징수	농축오니
중랑시설	3,081kL/일	유량	2,669	412
		BOD	2,566	24,093
		COD_{Mn}	1,884	17,617
		SS	4,445	56,296
		T-N	504	2,743
		T-P	42	1,989
서남시설	1,930kL/일	유량	1,703	232
		BOD	4,202	33,550
		COD_{Mn}	3,085	24,659
		SS	4,760	76,919
		T-N	826	6,593
		T-P	69	552
난지시설	3,897kL/일	유량	3,423	464
		BOD	2,012	15,739
		COD_{M}n	1,110	8,685
		SS	1,826	28,764
		T-N	267	2,087
		T-P	33	262

8) 분뇨의 재활용

- 난지물재생센터의 지렁이 사육을 지속적으로 추진하여 분뇨를 지렁이의 먹이로 활용한다.

3. 재원조달

- 시설계획 : 중랑물재생센터 분뇨처리시설의 농축조 증설공사, 난지물재생센터 분뇨처리시설의 시설용량 증설공사, 서남물재생센터 분뇨처

리시설의 협잡물처리기 교체공사 등을 추진한다.

- 사업별 소요예산 및 예산확보 계획 : 전체적으로 약 128.4억원이 소요될 예정이고, 사업별 사업내용과 재원확보 계획은 <표 2.11>과 같다.
- 기존처리시설을 보완함으로써 대규모의 재정이 필요하지 않고 중장기 사업들이 시급성을 요하기 때문에 재정계획과 연동시키지 말고 소규모 사업으로 추진한다.

<표 2.11> 2003~2011년 분뇨처리계획의 분뇨처리시설 보완내역과 소요예산

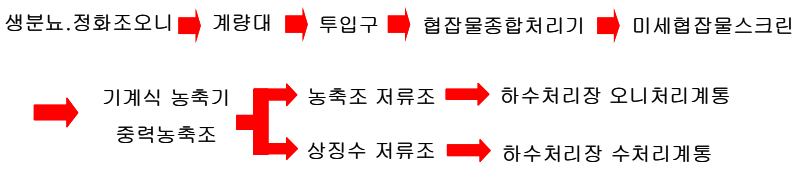
구분	중랑시설	서남시설	난지시설
사업 개요	○ 사업명 : 농축조 증설공사 등 사업(1,000kL/일→3,000kL/일) ○ 사업내용 - 중력식 농축조 증설 또는 부지 곤란시 기계식 농축기 3대 설치검토 - 미세협잡물처리기 6대 설치 - 투입저류조 2조 증설 등 - 구체적 내용은 설계후 확정	○ 사업명 : 협잡물종합처리기 설치공사 ○ 사업내용 - 기존 하이드라시브 스크린을 협잡물 종합처리기(2.5㎥/분×4대)로 교체 - 저류조 수중교반기 12대 교체 - 침사물 및 협잡물 호퍼장비 정비 - 구체적 내용은 설계후 확정	○ 사업명 : 시설용량 증설공사 (3,000→4,500kL/일) ○ 사업내용 - 협잡물종합처리기 2대 증설 - 농축조이송펌프 교체 - 소화조 2조 증설 - 구체적 내용은 설계후 확정
사업비	27억원	16억2천만원	84억원
사업 착수	2003년	2003년	2003년
재원 확보	일반회계에서 하수도특별회계로 전입	일반회계에서 하수도특별회계로 전입	일반회계에서 하수도특별회계로 전입

제3절 분뇨처리 방법 및 사례

1. 서울의 분뇨처리

1) 중랑물재생센터 분뇨처리시설

중랑물재생센터 분뇨처리시설은 <그림 2.2>와 같이 계량대, 협잡물처리기, 농축조, 저류조 등의 프로세스를 이루고 있다. 이 시설에는 총 8개의 투입구가 있는데, 7개는 정화조오니 전용, 나머지 1개는 생분뇨와 정화조오니 공동투입용으로 이용된다. 2000년에 설치된 협잡물종합처리기는 투입조 1개당 1대씩 총 7대이며 큰 협잡물의 제거에 활용된다. 종합협잡물처리기 후단의 4대의 미세협잡물스크린은 씨앗, 머리카락 등 부유 이물질의 제거 기능을 담당한다. 기계식 농축기 또는 농축조는 고형물과 물을 분리하는데, 상징수는 제1, 3, 4 수처리공장으로 이송되고, 농축오니는 2처리장의 혐기성 소화조로 이송된다. <표 2.12>은 중랑물재생센터 분뇨처리시설의 주요 설비들과 제원을, <표 2.13>는 시설용량을 보여주고 있다. 하루 3,100kL가 시설용량이나 2005년부터 시설용량을 초과하여 분뇨가 반입되고 있다.



<그림 2.2> 중랑물재생센터 분뇨처리시설의 프로세스

계량 투입 저류 농축

주) ① 협잡물종합처리기의 역할 : 큰 이물질 제거, 분쇄, 탈수(6mm 이상)
② 미세협잡물스크린의 역할 : 씨앗, 머리카락 등 부상물 제거(2mm 이상)
③ 협잡물종합처리기와 미세협잡물스크린에서 발생하는 협잡물의 양 : 반입 분뇨량의 0.5%

<그림 2.2 계속> 중랑물재생센터 분뇨처리시설의 프로세스

<표 2.12> 중랑물재생센터 분뇨처리시설의 주요설비 및 규격

구 분	규 격
시설용량	3,100kL/일
투입구	수동 Coupling 탈착식, 정화조오니용 Ø80×7개
협잡물처리기(Screen, 싸이클론, 원심분리기)	6mm, 100㎥/hr×6대, 200㎥/hr×2대
정화수조	200㎥×1조
구정화수조	150㎥×1조
분뇨수조	150㎥×1조
동부저류조	1,000㎥×1조
저류조	800㎥×1조
미세협잡물스크린	100㎥/hr×1대, 150㎥/hr×3대, 2mm
농축조	275㎥×2조
기계식 농축기	60㎥/hr×3대
상징수 저류조	500㎥×1조
농축수 저류조	500㎥×1조
농축슬러지 이송펌프	Caiman pump, Ø80×0.6㎥/min×10mH×5.5kw×4대

상징수 이송펌프	Caiman pump, Ø150×2㎥/min×20mH×22kw×3대
알카리세정조	60㎥×1조
산세정조	60㎥×1조
차아염소산세정조	60㎥×1조
활성탄 흡착조	80㎥×1조

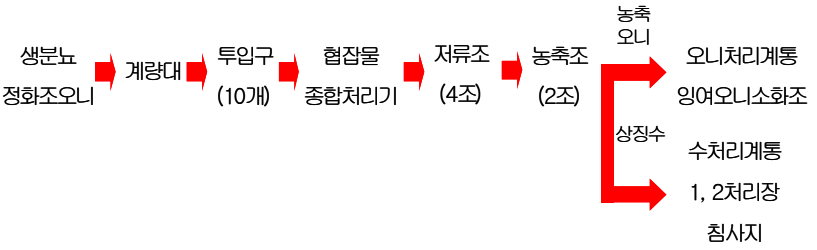
<표 2.13> 중랑물재생센터 분뇨처리시설의 분뇨반입량 (단위 : kL/일)

구분	2001	2002	2003	2004	2005	2006	시설용량
정화조오니	2,471	2,571	2,718	2,976	3,108	3,240	-
생분뇨	72	62	57	51	48	45	-
계	2,543	2,633	2,775	3,027	3,156	3,285	3,100

출처 : 서울시 내부자료, 서울특별시(2007.06)

2) 서남물재생센터 분뇨처리시설

서남물재생센터 분뇨처리시설은 <그림 2.3>과 같이 투입구, 협잡물종합처리기, 저류조, 농축조 등의 공정으로 구성된다. 협잡물이 제거된 분뇨는 농축조에서 고액으로 분리된 후 그 상징수는 제1수처리공장의 침사지로, 농축오니는 소화조로 이송, 처리된다. <표 2.14>은 주요 설비와 제원이고, <표 2.15>는 서남물재생센터 분뇨처리시설의 처리량이다. 서남시설의 시설용량은 1일 2,000kL이지만 2003년부터 시설용량을 초과한 양이 반입되고 있다.



투입구 협잡물종합처리기 저류조 농축조

<그림 2.3> 서남처리장 분뇨처리프로세스

<표 2.14> 서남물재생센터 분뇨처리시설의 주요설비 및 제원

시설명	규격 및 용량	실시설계기준	비고
투입구	ø75mm × 10개 (Quick Coupling)	○ 일 최대: 2,000kL/일	
종합협잡물 처리기	150㎥/hr × 4대		
침사지	2.5m(W) × 15m(L) × 2m(H) × 2지(150㎥)	○ 수면부하: 26.7㎥/㎡·일	협잡물종합 처리기의 예비조로 사용
투입조	8.6mW × 7mL × 5mH × 4조(1,200㎥)	○ 체류시간: 14.4	사용 안함
저류조	8.6mW × 34.6mL × 5mH × 4조(4,000㎥)	○ 저류일수: 2.0일	
농축조	ø15m × 3mH × 2조 (1,000㎥)	○ 체류시간: 12	

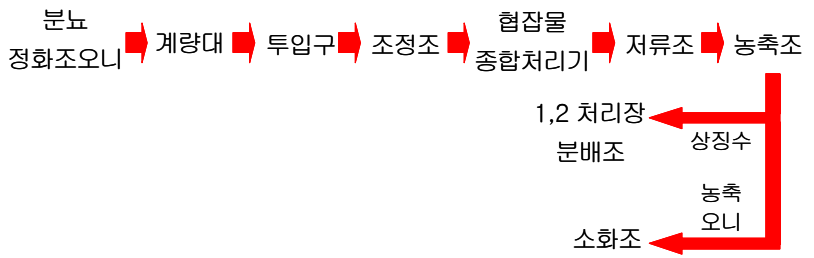
<표 2.15> 서남하수처리장 분뇨처리시설의 처리량 및 시설용량 (단위 : kL/일)

2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	시설용량
1,969	2,229	2,325	2,695	2,632	2,000

출처 : 서울시 내부자료, 서울특별시(2007.6)

3) 난지물재생센터 분뇨처리시설

난지물재생센터 분뇨처리시설은 분뇨를 제1 및 제2 하수처리공장에 고루 배분하여 처리할 수 있도록 제1분뇨처리시설은 1일 1,000kL, 제2분뇨처리시설은 1일 3,500kL 등으로 시설이 분리되어 있다. 난지물재생센터 분뇨처리시설은 투입구, 조정조, 협잡물종합처리기, 저류조, 농축조로 구성된다. 협잡물종합처리기와 기계식 농축기는 분뇨 및 정화조오니를 최대 4,500kL까지 처리한다. 농축조의 상징수는 제1, 2하수처리공장의 분배조로, 농축오니는 슬러지 소화조로 이송된다. 난지물재생센터 분뇨처리시설의 주요설비는 <표 2.16>에, 난지물재생센터의 분뇨처리량은 <표 2.17>에 정리하였다. 난지물재생센터 분뇨처리시설의 처리량은 2003년 3,509kL에서 2006년 3,787kL으로 매해 증가하고 있으나, 아직까지는 시설용량측면에서 반입량에 여유가 있는 편이다.



<그림 2.4> 난지물재생센터 분뇨처리시설의 프로세스

투입구

협잡물종합처리기

저류조

농축조

주) ① 최근공정은 2002년에 협잡물종합처리기를 설치하여 확립됨.
② 협잡물종합처리시설은 조정조 용량증대로 1일 3,000kL 처리용량이 1일 4,500kL로 증대됨.
③ 분뇨처리공정에서 발생하는 이물질양 : 분뇨반입량의 0.13%

<그림 2.4 계속> 난지물재생센터 분뇨처리시설의 프로세스

<표 2.16> 난지물재생센터 분뇨처리시설의 주요설비 및 제원

시 설 명			규격 및 용량	실시설계기준	비고
투입구	제1 처리장		ø80 × 4계열 (수동조작식)	○ 일 최대: 1,000m^3/일 ○ 시간최대: 1,400m^3/일 ○ 투입시간: 10hr/일	–
투입구	제2 처리장		ø80 × 10개 (Quick coupling)	○ 일 최대: 2,000m^3/일 ○ 시간최대: 3,000m^3/일 ○ 투입시간: 10hr/일	–
협잡물처리기	로타리스크린	제1 처리장	150m^3/hr × 20rpm이하 × 1.5kw ×2대	–	–
협잡물처리기	로타리스크린	제2처리장	150m^3/hr × 20rpm이하 × 1.5kw ×5대	–	–
협잡물처리기	스크류프레스	제1처리장	8ton/hr × 25rpm이하 × 7.5kw ×2대	–	–
협잡물처리기	스크류프레스	제2처리장	8ton/hr × 25rpm이하 × 7.5kw ×5대	–	–
협잡물처리기	원심분	제1처리장	150m^3/hr × 1000rpm 이하 × 15kw ×2대	–	–

	리기	제2처리장	150m³/hr × 1000rpm 이하 × 15kw ×5대	–	–
저류조	제1처리장		9.0mW × 35mL × 4.0mH × 2조 (2,520m³)	○ 저류일수: 2.5일	*계획처리량: 1,000m³/일
	제2처리장		20.0mW × 52.0mL × 4.0mH × 2조 (8,320m³)	○ 저류일수: 2.8일	*계획처리량: 3,500m³/일
농축조	제1처리장		ø10.5m × 3.0mH × 2조 (519m³)	○ HRT: 11hr ○ 고형물부하: 100kg·SS/m²·일	*계획처리량: 1,110m³/일
	제2처리장		ø18m × 4.0mH × 2조 (2,036m³)	○ HRT: 24.4hr ○ 고형물부하: 61.9kg·SS/m²·일 ○ 수면적부하: 3.9m³/m²·일	*계획처리량: 2,000m³/일
	기계식농축기		60㎥/hr× 2대	○ HRT: 12hr	*계획처리량: 1,500m³/일
농축상징수조	제1처리장		6.0mW × 7.0mL × 5.0mH × 2조(420m³)	○ HRT: 12hr	*계획처리량: 690m³/일
	제2처리장		9.0mW × 15.0mL × 5.0mH × 2조(1,350m³)	○ HRT: 25.1hr	*계획처리량: 1,291m³/일
오니저류조			5.0mW × 5.0mL × 5.0mH × 2조(250m³)	–	–

<표 2.17> 난지시설 분뇨처리시설의 처리량 및 시설용량 (단위 : kL/일)

2003년	2004년	2005년	2006년	시설용량
3,509	3,514	3,484	3,787	4,500

2. 국내의 분뇨처리 사례

1) 부산위생사업소

(1) 일반 현황

부산시 위생사업소는 부산시 사상구 감전동 66,527m^{2}의 부지에 건설된 분뇨처리시설이다. 위생사업소는 부산시 전역에서 수거된 분뇨를 1일 최대 3,500kL까지 처리할 수 있는 능력을 갖추고 있으며, <표 2.18>과 같이 1일 3,300kL 내외의 분뇨를 처리하고 있다. 이 시설은 2004년까지 주로 해양투기를 위한 전처리, 즉 이물질의 제거와 긴 이송관을 이용한 선박으로의 적재와 같은 기능을 담당하였다.

<표 2.18> 부산시 위생사업소의 분뇨처리 현황 (단위 : ㎥, ㎥/일, %)

연 도	반입량			처리량 (일평균)
	계(일평균)	정화조오니(비율)	생분뇨(비율)	
2006년	1,187,969 (3,255)	1,162,222 (97.8)	25,747 (2.1)	1,195,858 (3,276)
2005년	1,223,738 (3,353)	1,193,992 (97.6)	29,746 (2.4)	1,239,873 (3,397)
2004년	1,197,739 (3,273)	1,165,347 (97.3)	32,392 (2.7)	1,199,105 (3,276)
2003년	1,217,102 (3,334)	1,176,942 (96.7)	40,160 (3.3)	1,201,004 (3,290)

부산위생사업소는 2005년 6월부터 그 기능에서 커다란 변화를 시도하였다. 그 이전까지의 분뇨의 해양투기를 위한 전처리기지에서 분뇨를 하수와 연계하여 처리하는 전처리기지로 탈바꿈하였고, 특히 단순한 이물질제거 등의 전처리 수준이 아니고 BOD, T-N, T-P 등의 수질오염물질을 <표 2.19>와 같이 생활하수보다 월등이 낮은 수준의 방류수를 생산하여 하수처

리장으로 유입시키는 일종의 고도처리기능을 갖추게 된 것이다. 한편 <그림 2.5>와 같이 처리장의 유휴부지에는 동물농장, 연못 등을 조성하여 시민의 휴식공간으로도 활용하고 있다.

위생사업소의 분뇨처리는 <그림 2.6>과 같이 분뇨투입, 협잡물처리기, 저류조, 미세목스크린, 생물반응조, RABC장치, 침전조, 하수처리장으로 방류의 순서로 진행된다.

<표 2.19> 부산위생사업소 분뇨의 반입성상 및 처리수 수질(2006년)

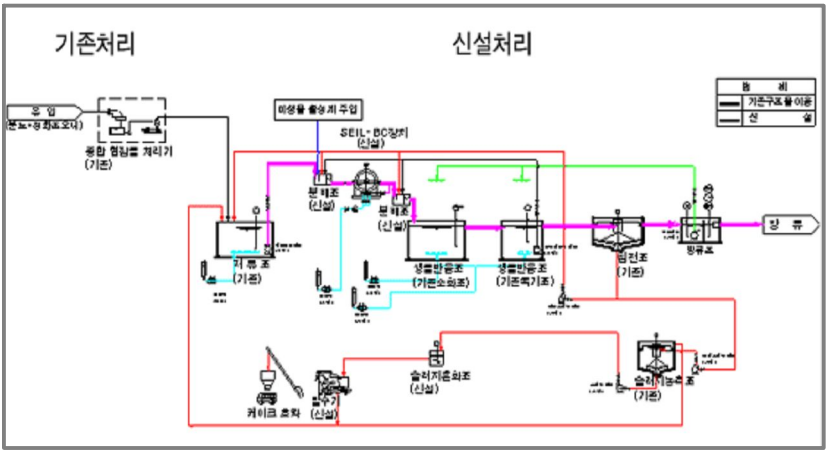
(단위 : ㎎/L)

구 분	BOD	COD	SS	T-N
유입수	1,470	1,890	4,722	417
처리수	42.4	59.3	35.8	30.5

시설 전경

시설 안내도

<그림 2.5> 부산위생사업소의 전경



< 그림 2.6> 부산위생사업소의 처리공정도

(2) 처리공법

부산시 위생사업소의 핵심시설은 회전접촉체인 생물학적 회전원판장치와 4실로 구획된 생물반응조이다. 이물질 등의 협잡물이 제거된 분뇨는 일정량씩 균등하게 회전원판접촉조로 유입되고 메디아(Media)에 부착된 미생물군집에 의해 분뇨 속의 유기물이 분해 섭취된다. 이 회전원판접촉조에서 일차적으로 처리된 분뇨는 후속되는 폭기식 생물반응조에서 추가적으로 분해 안정화된다.

4실로 구획된 생물반응조에서는 회전원판접촉조의 유출수와 반송슬러지 속의 포함되어 있는 Bacillus Sp의 포자가 영양분이 충분한 조건하에서 대수적으로 증식하여 유기물을 활발히 분해시켜 사상체를 형성하고 이후 영양분이 부족한 한계점에 도달하면 사상체는 해체되어 포자를 포함한 균체수를 증가시킨다고 한다. 이 공법에서 우점화된 Bacillus Sp는 담간균 형태의 통성혐기성 세균(Facultaivly Anaerobic Bacteria)이다. 이 미생물의 주요 특징은 고농도로 존재하는 유기물의 분해가 가능하며, 호기성이 아닌 조건에서도 성장하면서 암모니아(NH_3), 황화수소(H_2S), 아민류($R-NH_2$)를

직접 섭취 분해함에 의해 질소 및 악취를 제거하는 기능이 있으며, 효소(Superoxide Dismutase등)를 분비하여 처리수에 존재하는 병원성 미생물 등을 사멸시키는 것이라고 한다.

부산시는 이 시설의 건설비용으로 약 1,816억을 투입하였다. 물론 여기에는 현재와 같은 고성능의 유기물 처리기능을 갖추기 이전의 해양투기를 위해 확보되었던 전처리기능 및 전처리된 분뇨의 선박적재를 위해 필요했던 관거와 이송설비들을 포함하고 있다. 이 시설의 운영에는 연간 60억원 정도가 소요되고 있으며, 공단형태의 조직이 운영을 담당하고 있다. 따라서 시설수명이 15년, 1일 3,500톤의 분뇨처리조건에서 분뇨 1톤당 9,477원[12]의 초기투자비 및 4,697원[13]의 운영비가 소요되는 셈이다.

<표 2.20>은 부산위생사업소의 주요 설비 현황을, <그림 2.7>은 장치의 모습 및 기능을 보여주고 있다.

<표 2.20> 부산위생사업소의 주요 설비 현황

구 분	시설명	용 량	수 량
전처리 시설	투입동	5개동	20개 (투입구)
	협잡물 처리기	150㎥/h	11대
	미세목 스크린	자동Bar(2㎜)스크린	3대
	저류조	W:12.6m, L:29.6m, H:2.8m	2조
		W:11.7m, L:22.2m, H:3.3m	2조
		W:7.85m, L:64.85m, H:3.2m	2조
		W:7.85m, L:53.05m, H:3.2m	1조
수처리 시설	Seil-BC장치	W:3.4m, L:4.8m, H:3.5m, Φ:2m	6대
	생물반응조	W:5.0m, L:60.0m, H:4.5m	4조

12) 181,600백만원 ÷ (3,500톤/일 x 365일 x 15년)

13) 6,000백만원 ÷ (3,500톤/일 x 365일)

		W:5.0m, L:60.0m, H:4.5m	4조
		W:4.5m, L:48.0m, H:4.0m	4조
		W:4.5m, L:48.0m, H:4.0m	4조
	송풍기	터보 : 70㎥/min	6대
		루츠 : 33㎥/min	5대
	침전조	원형, Φ:24.0m, He:2.1m	2조
	처리수조	W:4.8m, L:10.0m, He:2.0m	1조
슬러지 처리시설	농축조	원형, Φ:5.4m, He:4.0m	2조
	탈수기	원심탈수기, 15㎥/hr	3대
전기·계측설비	변압기	1200KVA	2대
	자동제어	콘트롤PC, 제어감시반, 카메라	1식
	계측장비	COD, pH, DO, 유량계	1식

▪ 계량설비
분뇨차량으로 반입된 분뇨를 컴퓨터무인계량기로 계량
(카드리더기 사용)

▪ 전처리설비
분뇨중의 각종협잡물(씨앗,모래,휴지,나무조각)등 제거

▪ 저류조
전처리한 분뇨를 일정하게 투입하기 위해 임시 저장

▪ 미세목스크린
분뇨중의 미세입자(2mm이상)를 제거하여
후속공정의 배관폐쇄등 방지

▪ 회전원판장치
합성수지섬유로 된 망상형 회전체로서 메디아에
부착된 특정미생물군에 의해 분뇨중의 유기물 1차
제거

▪ 생물반응조
회전원판장치에서 1차 제거된 유기물을
생물반응조에서 특정미생물군에 의해 2차분해 제거

▪ 침전조
생물반응조에서 유출된
현탁액으로부터 고형물과 물을
분리

상등수 → 강변사업소 유입

<슬 러 지>

▪ 농축설비
잉여슬러지를 중력에 의해 농축침전시켜 고액분리한 후 슬러지는 탈수설비로 이송하고 월류수는 저류조로 반송

▪ 탈수설비
농축슬러지를 응집제를 첨가하여 응집시킨후 원심탈수를 이용하여 함수율을 저감시켜 탈수케이크로 반출

< 그림 2.7> 부산위생사업소의 단계별 장치 모습 및 기능

2) 기타 시설

광주광역시 위생처리장은 광주광역시 전역에서 발생하는 분뇨 1일 750kL를 처리할 수 있는 능력을 갖추고 있으며, 분뇨계량, 협잡물처리기에서의 이물질 제거, 저류, 폭기 등을 거쳐 방류수를 공공하수처리시설로 이송, 추가적인 처리를 하고 있다. 주요시설로는 협잡물처리기, 분뇨압송펌프, 탈취시설, 폭기시설, 양수 집수시설, 분뇨의 이송을 위한 이송관로 등이 있다. 이 시설에서 처리된 후 공공하수처리시설로 이송되는 분뇨의 성분은 2006년의 경우 BOD 1,313mg/L, COD 1,063mg/L, T-N 233mg/L, T-P 35mg/L 등이다. 공공하수처리시설로 이송되는 분뇨의 농도가 이렇게 낮은 것[14]은 펌프로 이송이 용이하고 공공하수처리시설의 부담을 줄이고자 희

석을 하기 때문이다. 750kL의 시설용량에 29억5천만원이 투입되고 연 305,000kL의 분뇨반입량에 연간 937,691천원(2006년)의 운영비가 소요됨을 볼 때 이 시설은 1kL의 분뇨처리에 719원의 시설투자비 및 3,075원의 운영비가 소요되는 것으로 보인다. 광주광역시 분뇨처리시설은 서울시가 보유하고 있는 3개소의 분뇨처리시설과 그 기능이 매우 유사하고, 차이가 있다면 많은 물을 가하여 희석을 하고 있다는 점이다(광주광역시 환경시설공단, www. geic.or.kr).

경기도 용인시 기흥읍 하갈리에는 1일 90kL 처리용량의 용인분뇨처리시설 중 하나가 설치되어 있는데 처리공법은 부산위생사업소의 동일하게 반입된 분뇨중의 유기물의 상당량을 처리한 후에 그 방류수를 공공하수시설로 반입시켜 다시 처리하는 형태이다. 이 시설의 건설에는 약 58억이 투자되었기 때문에 시설수명 15년의 조건에서 분뇨 1kL당 초기투자비는 11,771원으로 부산시의 경우와 유사하다.

우리나라 하수도법 제7조 및 동법 시행규칙 제3조는 분뇨처리시설이 그 처리수를 공공수역에 방류할 경우에 BOD 30mg/L이하, COD 50mg/L 이하, SS 30mg/L이하, T-N 60mg/L이하, T-P 8mg/L이하 등과 같이 공공하수처리시설의 방류수 수질기준[15]에는 미치지 못하지만 비교적 엄격한 수질정화능력을 갖추도록 요구하고 있다. 물론 서울시의 분뇨처리시설을 비롯하여 위에서 언급한 광주시설, 부산시설, 용인시설 모두 하수도법 시행규칙의 방류수 기준에 부합되는 처리능력을 보유하지는 못하고 있다. 그 기준을 만족시키는 시설 중의 하나가 전북 부안군의 부안분뇨처리시설이다. 이 시설은 1일 80kL의 분뇨를 처리할 수 있도록 설치되었으며, 협잡물

14) 분뇨처리시설 유입된 분뇨의 농도는 BOD 4,943mg/L, COD 5,023mg/L, T-N 812mg/L, T-P 127mg/L임.

15) 2008년부터 서울지역의 공공하수처리시설이 준수하여야할 방류수 수질기준은 BOD 10mg/L이하, COD 40mg/L이하, SS 10mg/L이하, T-N 20mg/L이하, T-P 2mg/L이하 등임.(하수도법 수행규칙 제3조제1항제1호 관련 [별표1])

종합처리기, 탈질조, 질산화조, 응집조, 상향류여과기, 활성탄흡착탄 등의 과정을 거쳐 분뇨를 처리하고 처리수는 인근 바다에 방류한다. 탈수케이크는 해양투기방식으로 처분하고 있다. 운영자료에 따르면 2005년의 평균방류수질이 BOD 5.9mg/L(기준 30이하), COD 22.9mg/L(기준 50이하), SS 6.8mg/L(기준 30이하), T-N 25.1mg/L(기준 60이하), T-P 0.28mg/L(기준 8이하)로 방류수 수질기준이내의 양호한 성능을 발휘하고 있다. 이 시설의 건설에 42억7,400만원이 투입되었기 때문에 15년의 시설수명에서 분뇨 1kL당 시설투자비는 9,758원으로 추정되고, 2005년에 분뇨 1kL당 24,719원의 운영비가 소요되었다고 한다(환경관리공단, www.konetic.or.kr).

규모에서는 1일 12kL의 시설용량으로 매우 소규모이지만 분뇨처리의 성능에서는 부안분뇨처리시설과 유사한 시설 중 하나가 전남 목포시의 신안분뇨처리시설이다. 이 시설은 종합협잡물처리기, 폭기조, 탈질소조, 재폭기조, 활성탄흡착탑 등으로 구성되어 분뇨에 함유된 유기물과 질소를 제거하며, 탈수케이크는 발효시켜 농지에 살포한다. 운영자료에 따르면 2005년의 평균방류수질이 BOD 6.5mg/L(기준 30이하), COD 23.8mg/L(기준 50이하), SS 7.8mg/L(기준 30이하), T-N 22.0mg/L(기준 60이하), T-P 1.2mg/L(기준 8이하)라고 한다. 시설의 건설에 28억 2천만원이 투입되었기에 15년의 수명을 가정할 때 분뇨 1kL당 시설투자비는 42,923원으로 추정되고, 2005년 분뇨 1kL당 운영비는 107,362원이라 한다. 이 시설투자비 및 운영비는 유사한 성능을 지닌 부안분뇨처리시설(1일 시설용량 80kL)보다 매우 높은데, 시설의 규모가 상대적으로 작고 질소제거를 위해 필요한 탄소성분으로 메탄올을 주입하는 등 약품비 등이 많이 투입되기 때문으로 보인다(환경관리공단, www.konetic.or.kr).

3. 일본의 분뇨처리 사례

1) 일본 도교도의 분뇨처리

(1) 분뇨처리방법의 변화

1956년 일본정부는 「분뇨처리기본대책요강」을 5개년 계획의 형태로 공포하였다. 여기에는 해양투기의 원칙적인 폐지, 모든 변소의 수세식 화장실화, 공공하수도의 정비와 분뇨정화조 설치, 지역처리시설에 설치 등을 담고 있으며, 수집된 분뇨는「분뇨처리시설」에서 처리할 것을 결정하였다. 이를 계기로 혐기성소화처리를 필두로 각종 분뇨처리기술이 발전하였다. 1955~1964년 기간에는 분뇨처리방법으로 혐기성소화처리가 주류를 이루었고 일부 화학처리가 도입되기도 하였다. 1965~1974년 기간에는 호기성처리를 주축으로 분뇨를 처리하면서 일부 분뇨가 습식산화방식에 의해 처리되었다. 1975~1984년에는 탈질소, 탈인, 낮은 희석, 고부하처리가 어느 방법을 막론하고 처리의 기본목표가 되었다. 물론 처리공법들도 이상의 목표를 달성할 수 있도록 공정들이 조합되었다. 1985년경부터는 막여과법이 첨가되었다.

(2) 정화조의 보급

분뇨 정화조가 폭발적으로 보급된 시기는 1965~1974년 기간이고, 수세식 변소의 보급을 원하는 국민들의 요구가 큰 역할을 하였다. 전국적으로 볼 때 부유했던 芦屋市 및 鎌倉市로부터 보급되기 시작한 예에서 보듯이 정화조는 비싼 제품이었고, 당시의 정화조는 RC콘크리트 구조였고 규모가 컸다. 그 후에 플라스틱제품이 보급되기 시작하였다. 1969년에 활성오니법이 단독처리정화조의 전면폭기식 형태로 정화조의 구조기준에 반영되었다. 소형화도 시도되었지만 성능의 유지를 위해서 청소회수가 늘어나는 등 유

지관리에서 문제가 발생하기도 하였다. 화장실 변기에서 발생하는 오수만 처리하는 기능을 하는 단독정화조는 방류수질의 기준이 매우 높고 다른 생활하수와 함께 배출되었기 때문에 하천과 호소의 수질오염을 조장하는 역할만 한다고 지탄을 받았다. 또한 정화조가 보급된 결과 인근 수리조합과 정화조 소유자 간에 방류동의가 있어야 했고 이에 따른 민원이 표면화 되기도 하였다.

1965~1974년에 가정용 소형 합병정화조가 하수도와 같은 방류수를 생산하여 하천으로 방류할 수 있다고 장담하면서 등장했고, 실제로 그러한 방류수질을 확보할 수 있다고 사회적으로도 평가받으면서 1982년에 「정화조법」이 만들어지는 계기가 되었다. 1987년에는 보조금 1억엔을 마련하고 합병처리정화조설치조정사업이 시작되었다. 이 보조금은 1992년에는 74억엔으로 확대되었다.

도쿄도 청소국은 정화조 보급을 위하여 1960년에 분뇨정화조설치자금 대부제도를 만들었고, 1970년에는 정화조 소유자의 부담을 경감하기 위해 분뇨정화조 청소사업을 위한 조직을 운영하기 시작했다.

(3) 현재의 도쿄도 분뇨처리 실태

일본에서 분뇨의 해양투기는 1932년경부터 시작되어 전쟁 중반부터 전후직후까지 중단되었다가 1950년부터 재개되었다. 분뇨의 해양투기에 대해서 1946년에 일본 정부가 「분뇨처리기본대책요강」을 통해 원칙적 폐지를 선언하였지만 실제로는 일부분의 분뇨가 지속적으로 해양투기방법에 의해 처리되어왔다.

더욱이 일본은 하수관거의 형태가 분류식이든 합류식이든 하수도보급지역에서는 분뇨정화조의 설치를 금지하고 있는데 도쿄도의 하수도 보급율에 거의 100%이고 수거식 변소의 수도 급감하고 있어서 분뇨수거량이 많지 않다. 이러한 상황은 분뇨를 수거할 때에 연속적으로 수거할 지점의 간

격을 멀어지게 하여 매우 비효율적인 수거작업이 이루어지고 있다. 이에 수거식 변소가 많이 존재하는 동경도 외곽의 농촌지역에서 수거되는 분뇨를 제외하고는 많은 양의 분뇨들이 해양투기방식으로 처분하고 있다. 실제로 도쿄도에서 발생하는 분뇨의 대부분은 건설현장이나 이벤트현장의 가설변소에서 수거된다.

근래에 문제가 되는 것은 사업계 빌딩의 개인하수도시설에서 발생하는 슬러지(일본에서는 '빌딩피트오니'[16]라 한다.)로 이 시설은 빌딩에서 발생하는 분뇨와 기타 생활하수를 함께 처리한다. 도쿄도는 빌딩피트오니도 분뇨와 함께 수거하여 처리하고 있기 때문에 수거식 화장실의 분뇨량은 급감하고 있는 데도 빌딩피트오니와 가설변소 분뇨량의 증가로 전체적으로 분뇨량이 줄어들지 않고 있다고 한다(東京下水道史探訪會, 2000).

2) 후쿠오까 懸央環境施設組合 汚泥再生處理센터

(1) 일반현황

후쿠오카현의 중앙지역에서 발생하는 생분뇨와 정화조오니를 수거하여 퇴비를 생산하고, 처리과정에서 발생하는 폐수와 악취를 철저하게 처리하고 오염물질의 확산을 차단, 환경에 피해를 주지 않도록하는 기능을 갖춘 시설로서, 하수처리시설 등에 방류수를 연계하여 처리하지도, 처리의 일부를 의존하지도 않는 단독시설이다. 가마시, 아이즈카시, 고다께초 등 3개 지역, 4만6천여 가구가 이용하는 공동시설로 1일 146kL(분뇨 107kL, 정화조오니 39kL)의 처리능력을 갖추고 있다.

24,276㎡의 부지에 현대 일본식 주택모양의 건축양식을 채택하고 있으

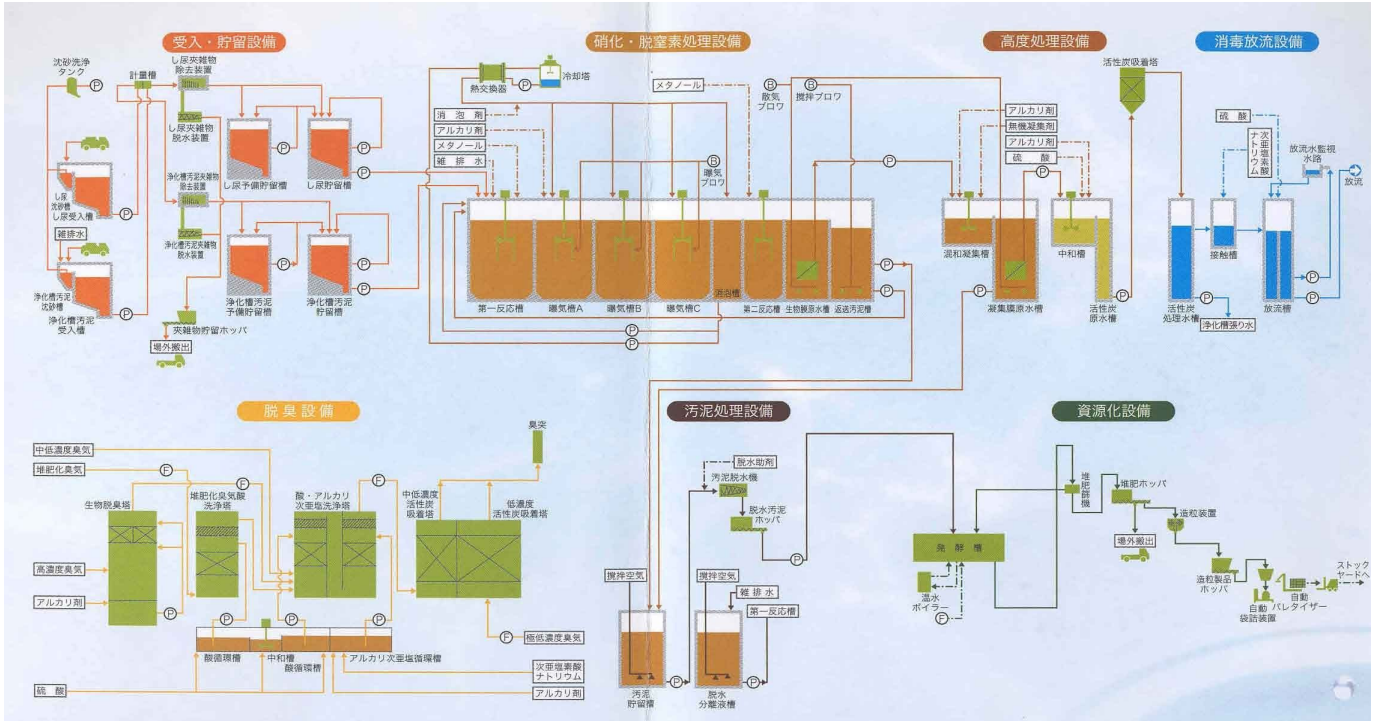
16) 우리나라의 오수처리시설에서 발생하는 잉여슬러지와 같고, 우리나라에서도 자체적으로 처분장소를 확보하여 처리하거나 처리시설을 갖추지 않는 한 연 1회이상 청소하도록 규정되어있음.

며, 약 26억엔의 투자비를 들여 2006년 6월에 완공하였다. 시설은 <그림 2.8>과 같이 단아한 모양이며, 빌라 및 단독주택단지가 인접하고 있는데도 시설의 건설단계에서부터 운전 중인 현재에 이르기까지 이 시설에 대한 불평이나 운전소홀로 인한 민원은 전혀 없다고 한다. 반입저류설비, 폐수처리설비(질소제거 + 막여과 + 활성탄흡착 + 염소처리), 탈취설비, 슬러지처리·자원화설비 등 매우 복잡한 설비로 구성되어 있고, 특히 뛰어난 탈취능력을 갖추고 있다(<그림 2.9>).

시설 전경

주차장에서 바라본 건물

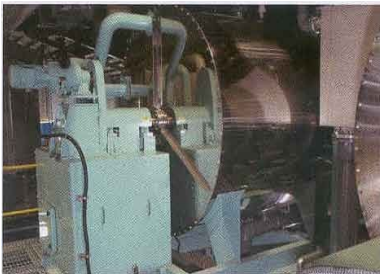
<그림 2.8> 懸央環境施設組合 汚泥再生센터의 전경



<그림 2.9> 懸央環境施設組合 汚泥再生센터의 처리공정도

(2) 반입저류설비

반입저류설비는 투입조, 계량조, 협잡물제거장치, 저류조로 구성되며, 저류조에서 폐수처리설비로 분뇨가 균등하게 공급된다. 생분뇨와 정화조오니는 별도의 투입조로 투입되며, 후단의 협잡물제거장치와 저류조도 양자를 구분하여 처리하도록 설계되어 있다. 종이, 헝겊, 목재, 플라스틱 등이 협잡물제거장치를 통하여 제거되고, 제거된 협잡물은 탈수과정을 거쳐 처리된다(<그림 2.10>).



협잡물제거기

협잡물탈수기

<그림 2.10> 懸央環境施設組合 汚泥再生센터의 주요 전처리 설비

(3) 폐수처리설비

폐수처리설비는 크게 질소제거, 막처리, 활성탄흡착, 소독으로 구분된다.

질소제거 공정은 반응조가 8조로 분할되어 각 조가 다른 역할을 수행한다. 제1조는 탈질소조로 용해성 질소를 기체질소로 전환하며, 미생물이 질소의 섭취할 때 필요로 하는 탄소원을 공급하고자 메탄올 및 알칼리제가 주입된다. 시설의 운영과정에서 발생하는 생활오수 등도 이곳으로 유입된다. 제2조로부터 제4조에 이르는 반응조는 폭기조로서 암모니아성 질소, 아질산성 질소 등을 질산성 질소로 전환하는 역할을 한다. 제5조는 소포조로서 제1조 및 제6조(탈질소조)에서의 원활한 반응을 위해 산소와 같은 저해

물질을 제거한다. 소포조(제5조)의 유출수는 제1조와, 제6조로 공급된다. 이때 유출수의 일부는 열교환기를 거쳐 각 반응조로 배분되는데 이는 수온의 상승이나 하강에 따른 미생물의 활성 저해를 막기 위함이다. 이미 언급하였듯이 제6조는 둘째 탈질소조의 역할을 하며 따라서 이곳에도 메탄올이 공급된다. 제7조는 생물막원수조로서 호기성 조건에서 미생물의 유기물 분해를 유도하면서 동시에 일정 크기 이하의 입자와 물만 분리해내는 막이 장착되어 있다. 호기성의 미생물 반응을 유지하기 위해 공기가 공급된다. 제8조는 제7조에서 분리된 찌꺼기, 즉 슬러지를 일시 저장하였다가 일부는 제1조(탈질소조)로, 나머지는 슬러지처리설비로 보낸다.

막처리공정에서는 혼화응집조에서 응집제와 응집보조제(알칼리제, 황산)를 투입하여 입자상 물질들을 작은 플록으로 만들고, 멤브레인(막)을 이용하여 물을 추출한다. 막을 통하여 추출된 물은 중화조를 거쳐 활성탄 흡착탑으로 이동하고 막을 통과하지 못한 물과 고형물은 슬러지처리설비로 이송된다.

막을 통과한 물은 활성탄흡착탑을 거치면서 저분자의 오염물질과 색도 등이 제거된다. 최종적으로는 잔류성이 없고 병원균만 제거하는 차아염소산나트륨으로 소독된 후 일정 수준의 방류수의 요건을 갖추어 인근 공공수역으로 방류된다.

<표 2.21>은 후쿠오까 懸央環境施設組合 汚泥再生處理센터의 방류수 수질목표로서, BOD의 방류기준(10mg/L이하)만 2008년부터 강화될 우리나라의 하수종말처리장의 방류수 수질기준과 같고 나머지 항목들은 강화될 우리의 방류수 기준보다 더 엄격하다. <그림 2.11>은 수처리시설의 일부 장치인데, 대부분의 시설이 지하시설로 밀폐되어 있어 육안으로는 확인하기 어렵다.

<표 2.21> 懸央環境施設組合 汚泥再生處理센터의 방류수 수질

항목	단위	수질
pH	-	5.8~8.6
BOD	mg/L	10 이하
COD	mg/L	10 이하
SS	mg/L	5 이하
TN	mg/L	10 이하
TP	mg/L	1 이하
색도	도	20 이하
대장균군수	개/㎤	100 이하

수처리 반응조 상부의 교반기

폐수의 처리상황을 확인하는 투명관

<그림 2.11> 懸央環境施設組合 汚泥再生處理센터의 폐수처리 설비

(4) 탈취설비

탈취설비는 분뇨 투입조, 분뇨저류조, 탈질설비 등에서 발생하는 고농도의 냄새기운을 완화시키는 장치로서, 냄새가 나는 공기를 우선 생물탈취탑을 거치고, 다시 산알칼리차아염소세정탑을 거치고, 최종적으로 활성탄흡착탑을 거쳐 처리해서 대기 중으로 방출한다.

냄새의 강도에 따라 처리하는 방법이 달라지는데, 중농도 취기의 공기는 산알칼리차아염소세정탑을 거치고, 최종적으로 활성탄흡착탑을 거쳐 대기중으로 방출한다. 퇴비화과정에서 발생하는 취기 등이 주로 이러한 방법으로 처리되는 대표적인 공기이다. 저농도취기의 공기는 활성탄흡착탑만을

거쳐 대기중으로 방출된다. 반면에 고농도취기의 공기는 생물탈취탑으로 처리한 후에 중농도취기의 공기와 합쳐지고, 산알칼리차아염소세정탑에서 처리한 후에 다시 저농도취기의 공기와 합쳐져 최종적으로 활성탄흡착탑에서 함께 처리된 후 대기 중으로 방출된다.

후쿠오까 懸央環境施設組合 汚泥再生處理센터는 취기처리설비 및 취기를 가진 공기의 포집설비를 과다할 정도로 구비함에 의해 시설내부에서도 취기가 거의 느껴지지 않는다.

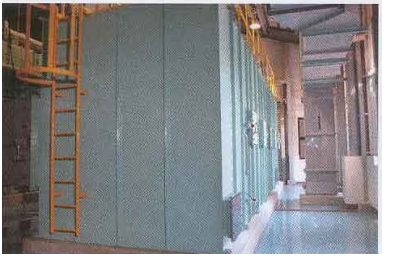
농도취기포집(퇴비발효조)

중저농도취기 이송관

고농도취기 생물탈취탑

중농도취기세정탑

저농도취기 흡착탑 표지판



저농도취기 활성탄흡착탑

<그림 2.12> 懸央環境施設組合 汚泥再生處理센터의 각종 악취관련 설비

(5) 슬러지처리 · 자원화설비

폐수처리설비에서 발생된 슬러지, 즉 탈질공정의 마지막 단계에서 막을 통과하지 못하고 남은 현탁액의 일부와 막처리공정에서 발생하는 혼화응집조의 잔류현탁액은 슬러지저류조로 이송된다. 이곳에서는 고형물의 침전을 방지하기 위해 교반이 이루어지는데 교반수단은 공기공급이다.

슬러지탈수기에서 탈수된 슬러지케이크의 함수율은 83%, 일평균 중량은 8.13톤 정도이다. 따라서 반입된 분뇨 중 슬러지케이크로 전환되는 양은 5.6%[17]인 셈이다. 탈수케이크는 엄격하게 공기공급과 교반이 통제되는 호기성 반응조에서 1차 발효를 거치게 되는데, 그 결과로서 수분 55%, 일평균 중량 2.02톤인 발효물로 변한다. 이 단계에서 고형물 중 분해된 양은 1일 0.47톤이고, 증발된 수분은 5.79톤이라고 한다. 엄격하게 통제되는 호기성 반응조는 높이 2.5m의 장방형 탱크형태로, 반응조 하부에서 공기를 제트기류처럼 강하게 그리고 간헐적으로 공급하여 발효대상물에 산소를 공급하면서 동시에 발효대상물을 교반시킨다. 이 과정을 거친 1차 발효물은 다시 2차 발효를 거치면서 총중량 1.23톤, 수분 30%의 퇴비로 변한다. 2차 발효에서 분해된 고형물의 양은 45kg, 증발된 수분은 0.76톤이다. 1차 및 2차 발효가 완료된 상태에서 물질의 변화를 보면 슬러지탈수기에서 탈수된 슬러지케이크를 기준으로 고형물의 37%, 수분의 97%가 제거 또는 감소한 상태이다. 발효된 퇴비는 조립장치를 거치고 다시 자동포장기를 거치면서 15kg 단위의 포장퇴비로 만들어지는데, 하루에 생산되는 포장퇴비의 양은 평균 83포대라고 한다. 이 시설로 반입된 생분뇨 및 정화조오니를 기준으로 할 때 최종퇴비로 회수되는 양은 0.8%[18]라는 의미이다. 懸央環境施設組合 汚泥再生處理센터는 이곳에서 만들어진 퇴비를 일본의 관련규정에 따라 유기질비료로 등록한 상태이고, 15kg 단위 포장퇴비 1포대당 100엔에 판매

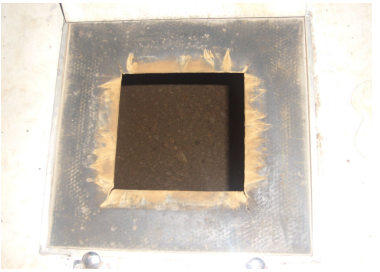
17) 8.13톤 ÷ 146톤 x 100

18) 1.23톤 ÷ 146톤 x 100

하고 있다. 그러나 퇴비시장이 가지고 있는 계절적인 수요와 다른 원료로부터 만들어지는 질 좋은 퇴비들과의 경쟁을 극복하는데에 많은 어려움을 겪고 있다고 한다.

탈수슬러지 이송컨베이어

발효조



발효중인 발효조 내부 퇴비

발효 퇴비 이송 컨베이어

퇴비 포장기

퇴비 보관

<그림 2.13> 懸央環境施設組合 汚泥再生處理센터의 슬러지처리·자원화설비

(6) 종합적인 운영상황

후쿠오까현은 懸央環境施設組合 汚泥再生處理센터를 일화 27억엔을 들

여 건설하였다. 시설용량이 1일 146kL이므로 시설용량 1kL당 건설비용으로 환산하면 1,849만엔에 이른다. 처리할 분뇨 1kL당 건설비용을 한화로 환산(100엔=800원 가정)해 보면 시설의 감가상각기간을 15년, 잔존가치가 거의 없다고 볼 때 27,022원[19]으로 나타난다. 한편 이 시설의 운영을 위하여 2007년에 책정된 전체 운영비는 1억8천만엔이며, 인건비 3,460만엔(18%), 약품비 5,600만엔(31%), 연료광열비 6,380만엔(35%), 소모품비 2,900만엔(16%) 등으로 구성된다. 결국 분뇨 1kL당 운영비는 3,378엔이고 이를 한화로 환산하면 27,024원[20]에 해당한다.

이 시설은 시설 모든 곳을 슬리퍼 착용상태로 둘러볼 수 있을 정도로 청결하고 폐수, 악취 등을 완벽하게 제어하는 최첨단 시설로 분류할 수 있다. 시설 인근에 단독주택, 빌라 등의 주거용 건물이 다수 있으나 지금까지 악취 문제나 기타의 불편사항 때문에 진정이 제기된 사례가 없다고 한다. 공공처리를 위해 수집된 생분뇨 또는 정화조오니를 하수처리시설과 연계하여 처리하지 못할 경우에는 방류수, 폐수, 악취, 소음 등에서 문제를 야기하지 않을 정도의 성능을 갖춘 단독처리시설에서 처리하여 공공수역에 방류해야 할 것이며 후쿠오까현은 懸央環境施設組合 汚泥再生處理센터는 단독시설로서 충분한 성능을 갖추고 있는 시설로 보인다. 하루에 83포대씩 생산되는 퇴비의 판매 또는 처분에 애로를 겪고 있다고 하나 이러한 유형의 시설이 안고있는 기본적인 고민일 것이다. 사실 이 시설은 우리나라에서 2008년부터 강화되는 공공하수처리시설의 방류수 수질에 결코 뒤지지 않는, 아니 오히려 더 질 좋은 물을 생산하여 방류하고 있다. 1kL의 분뇨당 27,022원의 시설투자비와 27,024원의 운영비가 소요되는 현상과 위의 몇 가지의 시설사례들은, 양질의 방류수를 생산하는 우수한 성능의 시설을 갖추고 운영할수록 많은 재화의 투입을 요구한다는 일반적인 현상을 확인시켜주고 있다.

---

19) 270,000,000엔 x 8배 ÷ (146kL x 365일 x 15년)

20) 4,110엔 x 8배

제Ⅲ장 분뇨수거량 예측

제1절 적정 예측 인자

제2절 분뇨수거량 예측

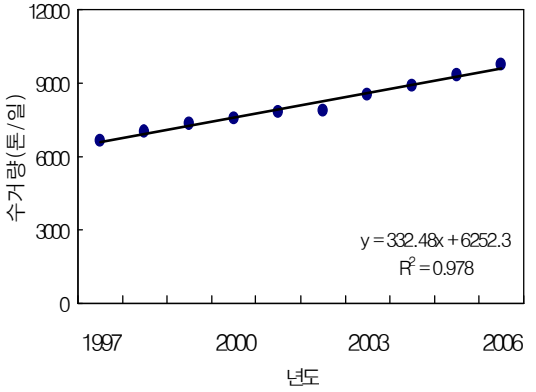
제Ⅲ장 분뇨수거량 예측

제1절 적정 예측 인자

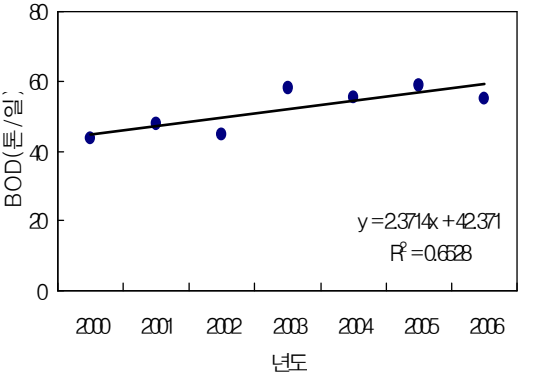
1. 분뇨수거량 등의 변화추이

분뇨가 하수처리에 미치는 영향을 파악하고, 필요할 경우에는 별도의 처리방법도 강구하려면 분뇨수거량은 물론이고 생물학적 산소요구량(BOD), 부유물질(SS)과 같은 수질지표들의 변화도 파악할 필요가 있다[21]. 최근 10년 이내의 서울시 자료들을 분석하면 <그림 3.1>과 같이 분뇨수거량은 매해 뚜렷하게 증가하여 2006년에는 1일 약 9,704kL가 수거되었다. 생물학적 산소요구량(BOD)과 부유물질(SS)도 연도에 따라 등락하기도 하였지만 전체적으로는 증가하는 경향이라는 것을 회귀방정식과 방정식의 결정계수가 보여주고 있다. 특히 생물학적 산소요구량(BOD)과 부유물질(SS)과 같은 수질지표들이 증가하는 현상은 분뇨수거량만이 아니고 오염부하를 파악하는 항목도 함께 변화경향을 파악해야 하는 이유를 보여준다.

21) 분뇨수거량, 생물학적 산소요구량, 부유물질량 등은 분뇨처리시설이 설치된 중랑물재생센터, 난지물재생센터, 서남물재생센터로부터 월별 또는 연도별 자료형태로 확보함.

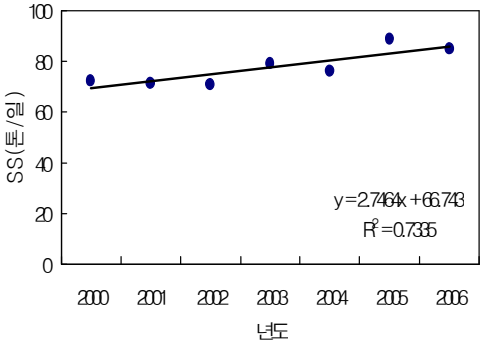


[A]연도별 분뇨수거량



[B]연도별 생물학적산소요구량

<그림 3.1> 분뇨수거량 및 수질지표의 연도별 변화추이



[C] 연도별 부유물질량

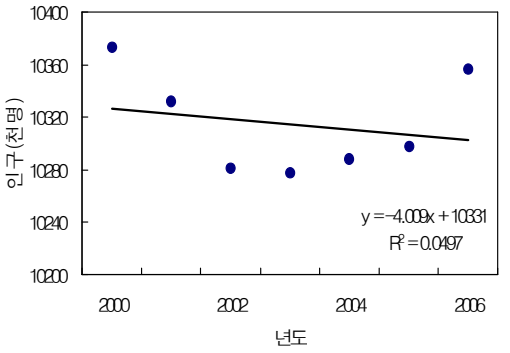
<그림 3.1 계속> 분뇨수거량 및 수질지표의 연도별 변화추이

2. 적정 예측인자

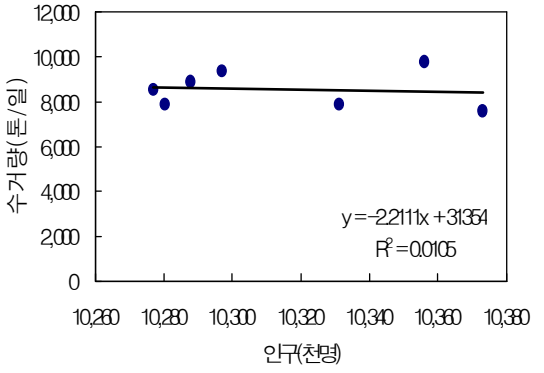
분뇨수거량 등을 예측하기 위한 연결고리, 즉 예측인자를 결정하기 위해 서울시의 연도별 인구, 가구, 건축물연면적을 검토대상으로 하였다. 상주인구는 도시의 주거규모를, 가구는 주거용 건축물의 수와 생활단위를, 건축물연면적은 도시의 활성도를 보여주는 직·간접인 지표에 해당된다. 특히 장기간 과거의 자료가 집계되고 미래의 변화도 예측대상이 되면 좋은 예측인자라고 할 수 있는데, 바로 인구나 가구가 그러한 특성을 가지고 있다(서울특별시, 2006; 통계청, 2007.5).

<그림 3.2>는 서울시 인구수의 경년변화를, <그림 3.3>은 인구수와 분뇨수거량, 생물학적 산소요구량, 부유물질량과의 관계를 보여주고 있다. <그림 3.2>에 따르면 서울의 상주인구는 감소하다가 2003년을 기점으로 다시 증가하여 2006년에 1천30만명 정도로 나타나고 있다. 분뇨수거량, 생물학적 산소요구량, 부유물질량과 인구와의 관계에서는 한마디로 관련성이

전혀 없다. <그림 3.3>에 보이듯 인구가 증감하여도 분뇨수거량 등의 지표 항목들의 변화가 거의 없고 회귀방정식과 지표들과의 관계를 나타내는 결정계수도 0.2를 넘지 않고 있다. 결국 인구수는 분뇨수거량 등의 예측에 적합하지 않는 지표라 할 수 있다. 서울에서 발생하는 생활폐기물의 60% 정도가 사업장에서 발생하고 나머지가 주택에서 발생하는 현상과 견주어 볼 때 이러한 결과는 당연한 현상으로 보인다(유기영, 1998).

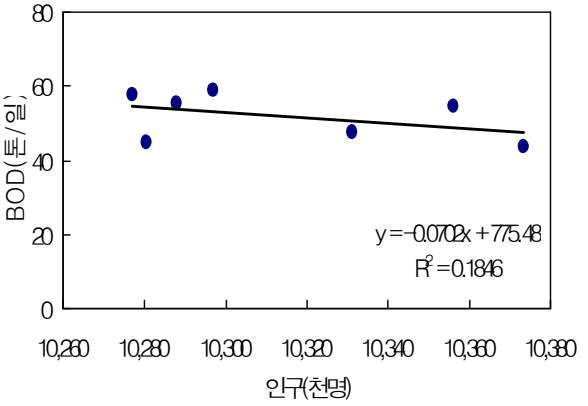


<그림 3.2> 서울시 인구의 연도별 변화

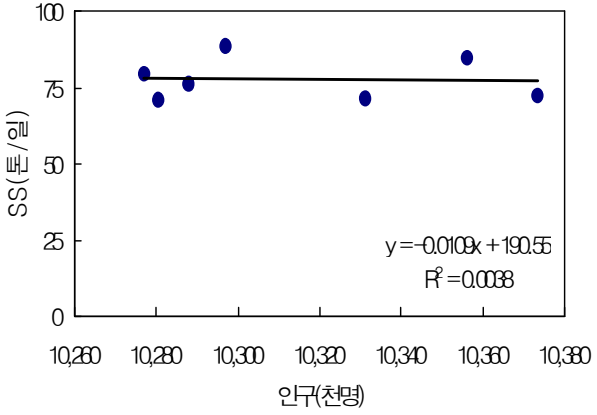


[A] 인구와 분뇨수거량

<그림 3.3> 인구와 분뇨수거량 등과의 관계



[B] 인구와 생물학적 산소요구량

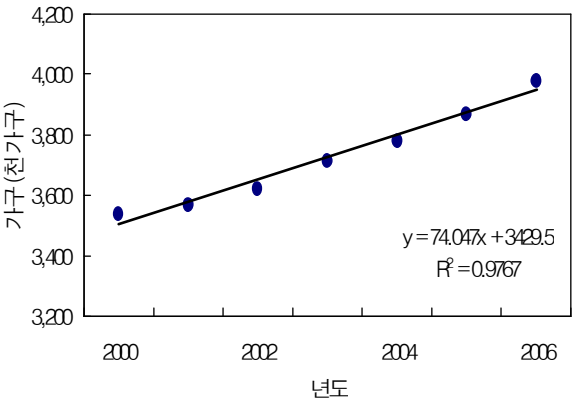


[C] 인구와 부유물질량

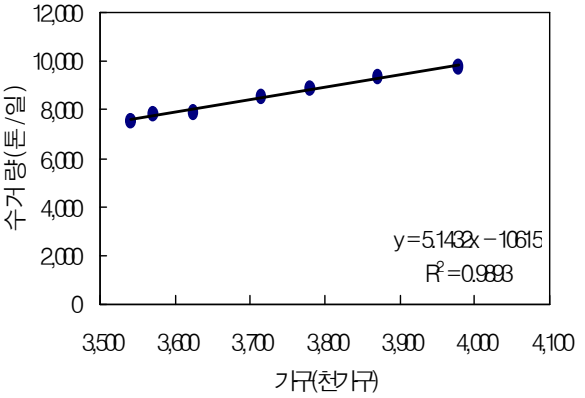
<그림 3.3 계속> 인구와 분뇨수거량 등과의 관계

<그림 3.4>은 서울시 가구수의 연도별 변화를 보여주고 있는데, 서울 가구수의 가파른 증가가 확연하게 나타난다. 분뇨수거량, 생물학적 산소요

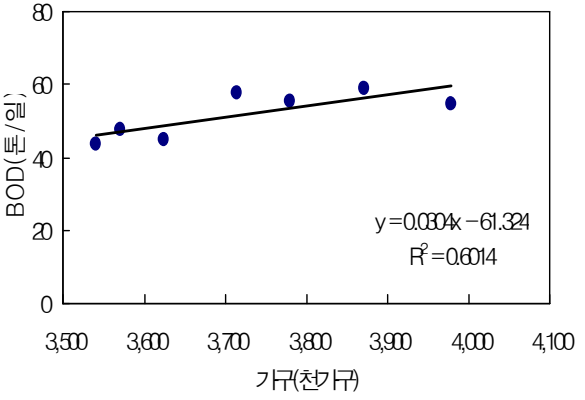
구량, 부유물질량과의 상관성도 매우 높아서 <그림 3.5>와 같이 가구수의 증가와 함께 3가지 지표량도 늘어나고 있다. 가구수와 분뇨수거량의 상관방정식의 결정계수 0.99, 가구수와 생물학적 산소요구량 상관방정식 결정계수 0.60, 가구수와 부유물질량 상관방정식의 결정계수 0.78들 가구수와 분뇨지표들과의 높은 관련성을 통계적으로 보여주고 있다. 가구수는 인구규모를 나타내는 또다른 지표이기 때문에 인구수와 분뇨지표들의 낮은 관련성을 감안하면 의외의 결과라 할 수 있다. 그러나 시간이 지나면서 감소하다가 증가한 인구수의 변화경향과는 다르게 가구수는 그 동안 꾸준하게 증가하여왔다. 핵가족화와 독신가구 증가 등이 가구수의 증가를 주도하였는데, 1980년 4.5인, 1990년 3.8인, 2005년 2.7인이라는 서울시 가구당 연구변화는 가구수의 증가원인을 잘 설명한다(서울특별시, 2006). 비록 가구수와 분뇨지표들과의 관계에 직접적인 관련성을 찾기 어렵다 하여도 본 연구에서의 분석결과는 가구수의 변화가 분뇨수거량이나 오염지표들과의 관계를 설명할 수 있는 예측인자로서의 가능성을 보여주고 있다.



<그림 3.4> 서울시 가구수의 연도별 변화

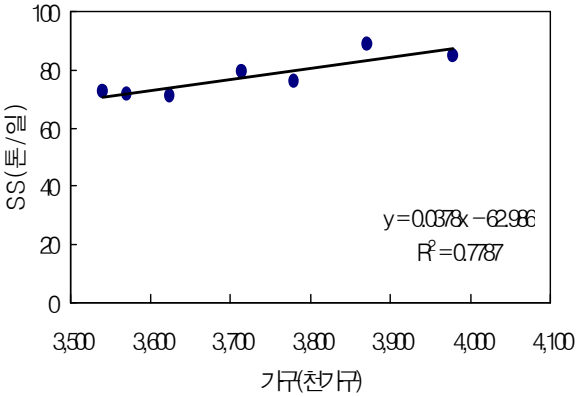


[A] 가구수와 분뇨수거량



[B] 가구수와 생물학적 산소요구량

<그림 3.5> 가구수와 분뇨수거량 등과의 관계



[C] 가구수와 부유물질량

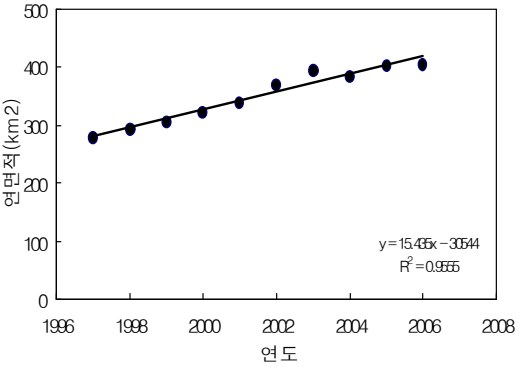
<그림 3.5 계속> 가구수와 분뇨수거량 등과의 관계

<그림 3.6>은 건축물연면적의 연도별 변화를 보여주고 있다. 여기에서 건축물연면적은 서울시가 재산세를 부과하기 위한 기초자료로부터 확보된 것으로 공공기관, 종교시설 등 비과세대상은 제외되어있다. 그럼에도 서울의 건축물은 매해 증가하여 2006년에는 그 연면적이 390㎢에 이르렀다. 서울의 면적이 605㎢이므로 서울시의 모든 건축물을 1층건물로 만든다면 서울시의 65%를 건물로 뒤덮을 수 있는 건물량이다. <그림 3.7>은 분뇨수거량, 생물학적 산소요구량, 부유물질량 등과 건축물연면적과의 관계이다. 건축물연면적은 분뇨수거량과의 상관방정식에서 결정계수 0.88, 생물학적 산소요구량과 상관방정식에서 결정계수 0.73, 부유물질량과의 상관방정식에서 결정계수 0.64라는 높은 관련성을 가지고 있다. 특히 건축물연면적과 분뇨수거량과의 관계를 나타내는 상관방정식의 기울기가 영점을 통과하는 조건에서 23이라는 것은 건축물연면적 1㎢당 23톤/일의 분뇨가 수거된다는 의미이다. 따라서 건축물의 연면적만 파악하면 분뇨량은 쉽게 예측할 수 있

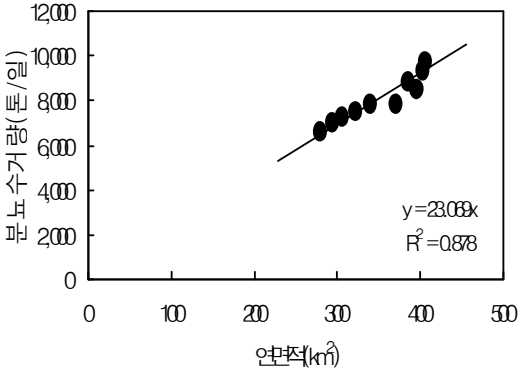
게 된다.

건축물의 연면적과 분뇨지표들과의 관련이 이렇게 높은 것은 당연한 결과일 수 있다. 건물이 신축 또는 증축될 때 단독정화조의 용량을 결정하는 기준이 처리대상인원이고 처리대상인원을 파악하기 어려울 때는 환경부장관이 고시한 건축물의용도별오수발생량및단독정화조처리대상인원산정방법(환경부고시 제2006-96호, 2006. 6.26)의 건물의 이용인원산정방법에 의존하게 되는데, 대부분의 건물용도에서 이용인원을 추정하는 근간이 바로 건축물의 연면적이라는 점을 제2장에서 이미 기술하였다. 실제로 본 연구에서 사용한 건축물 연면적 중 단독정화조의 이용인구 추정에 사용되는 연면적은 <표 3.1>과 같이 95~96% 범위로 매우 높다.

서울의 가구수도 분뇨수거량, 생물학적 산소요구량, 부유물질량 등과 관련성이 높아 분뇨지표들의 장래 추이를 예측할 수 있는 인자로서 가치가 있다고 이미 기술하였다. 그러나 건축물연면적은 실제 현장에서 단독정화조 등의 유효용량의 결정에 활용되는 건물이용인구의 추정에 직접 사용되고 있기 때문에 가구보다 직접적으로 분뇨지표의 규모에 영향을 미친다고 판단되고 실제로 상호관련성에 대한 통계분석결과도 그러한 사실을 뒷받침하는 것으로 나타나, 건축물연면적을 장래 서울시 분뇨수거량 등의 예측을 위한 예측인자로 사용하고자 한다.

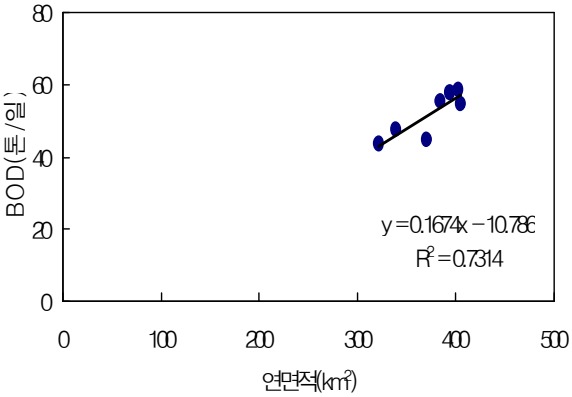


<그림 3.6> 서울시 건축물연면적의 연도별 변화

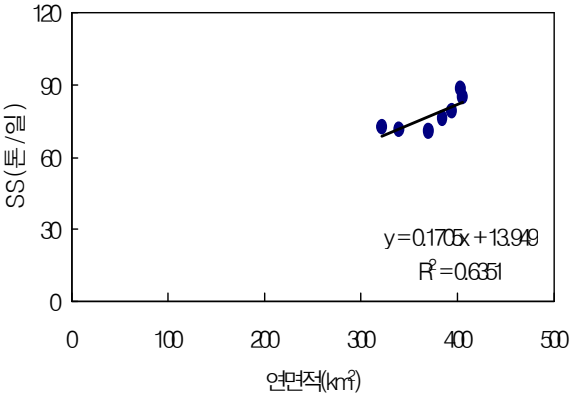


[A] 건축물연면적과 분뇨수거량

<그림 3.7> 건축물연면적과 분뇨수거량 등과의 관계



[B] 건축물연면적과 산소요구량



[C] 건축물연면적과 부유물질량

<그림 3.7 계속> 건축물연면적과 분뇨수거량 등과의 관계

<표 3.1> 서울시 총건축물연면적 대비 단독정화조 이용인구 추정에 사용되는 건축물연면적

연도	총연면적 (A, ㎡)	정화조 이용인구 추정과 관련된 연면적(B, ㎡)	B/A (%)
1997	279,026,582	265,207,239	95
1998	293,547,119	280,337,081	95
1999	305,551,603	292,950,031	96
2000	321,953,339	308,093,245	96
2001	339,036,529	325,601,107	96
2002	370,578,709	355,662,007	96
2003	394,586,583	379,471,121	96
2004	384,693,298	371,113,182	96
2005	402,777,041	381,638,620	95
2006	390,244,644	369,236,208	95

제2절 분뇨수거량 예측

1. 건축물연면적 예측

분뇨수거량을 포함한 분뇨지표들의 예측을 위한 인자로서 건축물연면적이 적합하다는 것을 예측인자 선정과정을 통해 밝혔다. 어떤 도시의 건축물의 연면적은 토지이용규제, 건축규제, 시장에서의 건물수요 등 여러 요인에 의해 영향을 받는다. 그만큼 장래 건축물의 연면적을 예측하기는 쉽지 않으며, 본 연구에서는 3가지의 방법을 활용하였다.

첫째, 서울도시기본계획에서 예상하는 2020년 서울시 주거용 건축물의 용적율을 이용하여 주거용 건축물의 연면적으로 산출하고, 주거용건축물의 연면적과 총건축물연면적과의 관계를 이용하여, 총건축물연면적을 산출하는 방법이다. 이때 2020년의 건축물 용적율은 용도지역별 건축물의 법정용적율(50~800%, 서울시도시계획조례)의 범위 내에서 50~200%를 적용하여 산출된 값이다. 이러한 제도는 도시를 무분별한 개발로부터 보호하기 위해

도입되어 있기 때문에 이를 토대로 추정된 건축물연면적도 낮게 추정될 가능성이 있다.

둘째, 첫째 방법과 동일한 기준을 적용하되, 2020년 추정 용적율을 일반주거지역의 법정 용적율 중 가장 높은 250%로 하여 추정한다. 건축물이 신축되거나 증축되는 원동력은 건축물의 규모를 키워 수익성을 높이는 것이다. 단독주택지역, 노후공동주택지역 등이 대단위 아파트단지로 변모하는 현상, 소규모 건축물이 헐리는 자리에는 어김없이 대형건축물이 건축되는 현상 등이 무엇이 원동력인지를 잘 보여준다. 비록 첫째 방법의 조건과 같이 행정부문에서 용적율을 최대한 억제하려고 하여도 더 크고 깨끗하고 높은 가치의 재산을 원하는 시민들의 욕구에 밀려 실제로는 용적율이 더 높아질 수 있다고 보는 것이다.

셋째, 지금까지의 건축물연면적의 변화추이를 시간을 함수로 하여 앞으로 연장하는 방법이다. 즉 지금까지의 경향과 같이 서울시 건축물연면적은 지속적으로 감소, 정체 또는 증가한다고 보는 것이다. 위의 두가지 방법이 한정된 범위에서 연면적이 지속적으로 증가하는 특성을 갖는 것에 반해, 셋째 방법은 이전과 유사한 추세를 따라 앞으로도 건축물연면적이 증가한다는 전제를 두고 있다.

첫째 방법, 즉 서울도시기본계획2020의 주거용 건축물 연면적 추정치를 토대로 평가한 2020년의 서울시 건축물연면적은 413㎢로 나타났다. 여기에는 실제 주거용으로 사용되는 대지면적, 법정 건축물용적율, 총건축물연면적 대비 주거용건축물연면적의 비 등이 사용되었다. 둘째방법인 서울도시기본계획2020의 주거용 대지면적과 법정 최대용적율을 토대로 한 평가에서는 2020년 서울시 건축물연면적이 570㎢로 예측되었다. 실제 주거용으로 사용되는 대지면적, 주거지역 법정 최대 용적율, 2020년 주거용 건축물연면적 점유량 등이 사용되었다. 첫째방법에서 적용한 기존의 주거용건축물 연면적의 비(65%)보다 2020년 예측치는 다소 감소하였는데, 이는 업무용과

같은 다른 용도의 건축물이 더 많이 증가하기 때문이다. 셋째방법인 1997~2006년 과세대상 건축물연면적의 변화추이를 토대로 한 평가에서는 2020년의 건축물연면적이 635㎢로, 3종류의 예측방법 중에서 그 결과가 가장 크게 나타났다. 지금까지 설명한 예측과정과 결과 그리고 결과들의 크기의 차이는 <표 3.2> 및 <그림 3.8>에 나타내었다.

<표 3.2> 2020년 서울시 건축물연면적 예측과정

[방법1] 서울도시기본계획2020의 주거용 건축물 연면적 추정치를 토대로 평가 • 실제 주거용으로 사용되는 대지면적(2000년) : 141.4㎢[22] • 법정 용적율을 고려한 2020년 추정 용적율 : 190%[23] • 1997~2006년 총건축물연면적 중 주거용건축물 연면적의 비 : 64~66%(대표치 65%)[24] • 계산과정 : 141.4㎢ x 190% ÷ 65% = 413㎢
[방법2] 서울도시기본계획2020의 주거용 대지면적과 법정 최대용적율을 토대로 평가 • 실제 주거용으로 사용되는 대지면적(2000년) : 141.4㎢ • 주거지역 법정 최대 용적율 : 250%(일반주거지역 150~250%)[25] • 2020년 주거용 건축물 연면적 비(예측치) : 62%(2020 기본계획에서 사업장 종사자 약 10% 증가 예상경향을 여기에 반영) • 계산과정 : 141.4㎢ x 250% ÷ 62% = 570㎢
[방법3] 1997~2006년 과세대상 건축물연면적의 추이를 토대로 평가 • 건축물연면적 자료 : 1997~2006년 • 변화추이(회귀방정식)[26] : 건축물연면적(㎢) = 15.435 x 연도 - 30,544 • 2020년 건축물 연면적 : 635㎢

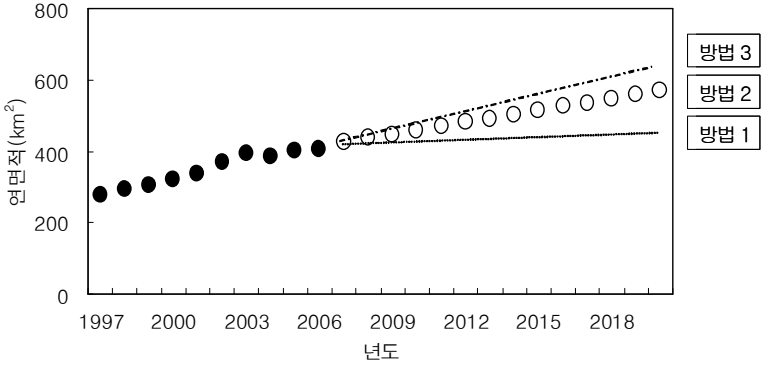
22) 서울특별시, 2020년 서울도시기본계획 조사보고서(자료집), p. 111

23) 서울특별시, 2020년 서울도시기본계획 조사보고서(자료집), p. 105

24) 재산세를 부과하기 위한 건축물의 유형별 면적으로부터 산정이 가능함.

25) 서울특별시도시계획조례

26) <그림 3.6> 참조

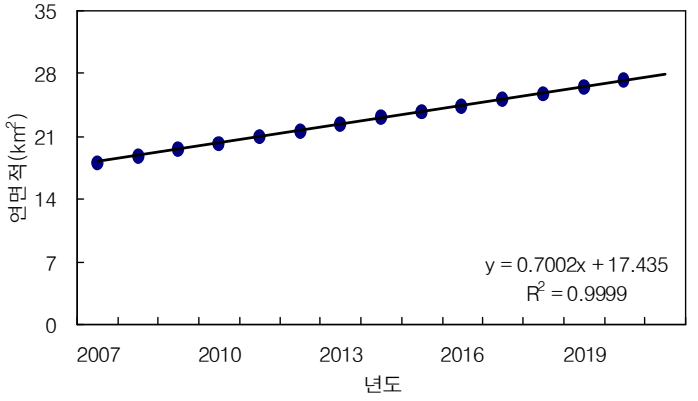


<그림 3.8> 서울시 건축물연면적 예측결과

첫째방법인 서울도시기본계획2020의 주거용 건축물 연면적 추정치를 토대로 평가한 2020년의 서울시 건축물연면적 413㎢은 3가지의 방법에 의한 예측결과 중 가장 낮고 예측방법의 간략한 설명에서 이미 기술하였듯이 행정부분이 지향하는 절제된 건축물 용적률이 근간이 이루고 있어 실제로 과소평가될 가능성이 있다. 반면에 셋째방법인 1997~2006년 과세대상 건축물연면적의 변화추이를 토대로 한 평가한 2020년의 건축물연면적 635㎢는 3가지의 결과 중 상대적으로 과대평가되었을 가능성이 있는데, 그 결과가 최대 용적율을 적용한 둘째방법의 결과보다 높고 실제로 첫째방법의 전제조건과 같이 행정부문에서 일정 수준으로 용적율을 유지하려는 노력을 지속적으로 전개하기 때문에 셋째방법의 결과와 같은 급속한 증가는 어려울 것이라는 점이다. 따라서 본 연구에서는 둘째방법, 즉 서울도시기본계획2020의 주거용 대지면적과 법정 최대용적율을 토대로 한 평가의 결과인 570㎢을 2020년 서울시 건축물연면적으로 삼고자 한다.

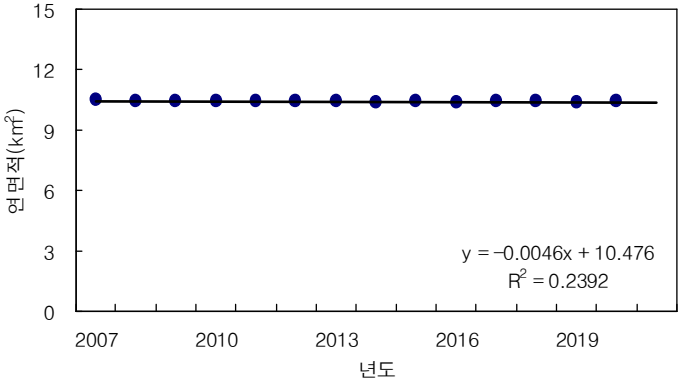
한편 570㎢는 서울시 전체적인 건축물연면적이고 분뇨는 자치구별로

수거 및 관리되기 때문에 자치구별 분뇨량 예측을 위한 건축물연면적이 필요하다. 그런데 자치구별로 건축물의 신축이나 개축 활동의 강도가 다르기 때문에 그러한 자치구별 특성이 예측결과에 반영되어야 하며, 동시에 구별 합계는 서울시 총연면적과 일치해야 한다. 자치구별 차이의 예가 구로구와 관악구의 경우에서 잘 나타난다. <그림 3.9>와 같이 구로구는 2007년 건축물연면적을 기준으로 2020년에는 50% 정도의 많은 증가가 예측되는 반면에 관악구의 경우에는 오히려 소폭이지만 감소가 예상된다. 이들이 각각 최대 증가 자치구와 최소 증가 자치구이며, 타 자치구들은 그 범위 내에서 증가할 전망이다. 이러한 방법에 의해 예측된 각 자치구별 건축물연면적의 변화는 <표 3.3>과 같다. 2020년에 강남구의 건축물연면적은 54㎢로 서울시의 25개 자치구 중 가장 넓다.



1) 구로구

<그림 3.9> 자치구별 건축물연면적 예측치 차이



2) 관악구

<그림 3.9 계속> 자치구별 건축물연면적 예측치 차이

<표 3.3> 서울시 및 각 자치구의 건축물연면적 추계결과 (단위 : km^2)

구분	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
계	426	437	448	459	470	481	492	503	515	525	536	548	558	570
종로구	14	14	15	15	16	16	16	17	17	17	18	18	19	19
중구	17	18	18	19	19	20	20	21	21	22	22	23	23	24
용산구	12	13	13	13	14	14	14	15	15	16	16	16	17	17
성동구	14	14	14	15	15	16	16	16	17	17	18	18	18	19
광진구	13	13	14	14	14	14	14	15	15	15	15	16	16	16
동대문구	15	16	16	16	17	17	18	18	19	19	20	20	21	21
중랑구	13	13	13	13	14	14	14	14	15	15	15	15	15	16
성북구	16	17	17	18	19	19	20	20	21	21	22	22	23	23
강북구	11	12	12	12	13	13	13	13	14	14	14	15	15	15

도봉구	13	14	14	15	15	15	16	16	16	17	17	18	18	18
노원구	21	22	22	23	24	24	25	25	26	27	27	28	29	29
은평구	14	15	15	16	16	16	17	17	17	18	18	18	19	19
서대문구	14	15	15	15	16	16	17	17	17	18	18	19	19	19
마포구	16	16	17	17	17	18	18	19	19	20	20	21	21	21
양천구	18	19	19	20	20	21	22	22	23	23	24	25	25	26
강서구	20	21	22	22	23	24	24	25	26	26	27	28	29	29
구로구	18	19	20	20	21	22	22	23	24	24	25	26	27	27
금천구	12	12	12	13	13	13	14	14	14	14	15	15	15	16
영등포구	22	23	23	24	24	25	25	26	26	27	28	28	29	29
동작구	14	14	15	15	15	16	16	16	16	17	17	17	18	18
관악구	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
서초구	26	26	27	28	29	29	30	31	31	32	33	33	34	34
강남구	40	41	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
송파구	24	25	25	25	25	26	26	26	27	27	27	28	28	28
강동구	16	16	17	17	17	18	18	18	19	19	19	19	20	20

2. 분뇨수거량 예측

지금까지 서울시의 총건축물연면적과 자치구별 연면적을 예측하여 <표 3.3>과 같은 결과를 얻었다. 이 결과와 <그림 3.7> [A]의 건축물연면적과 분뇨수거량과의 관계 방정식, 즉 『분뇨수거량(kL/일) = 23.1 x 건축물연면적(㎢)』을 이용하여 각 연도별 서울시 및 자치구별 분뇨수거량을 예측하였고, 그 결과는 <표 3.4>에 정리하였다.

2020년에 서울에서는 1일 13,149kL의 분뇨가 수거될 것으로 예상된다. 2006년의 수거량 9,704kL과 비교하면 2020년에는 36% 정도 늘어날 전망이다. 지역별로는 대형건축물이 밀집된 강남구가 1일 약 1,250톤에 이르러 25개 자치구 중 가장 많은 분뇨가 수거되고, 반면에 관악구는 서울시 분뇨수거량의 2%, 강남구 분뇨수거량의 21%에 불과한 263kL로 예상된다.

<표 3.4> 서울시 및 각 자치구의 분뇨수거량 추계결과 (단위 : kL/일)

구분	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
서울시	9,823	10,071	10,335	10,583	10,848	11,096	11,361	11,609	11,874	12,133	12,370	12,634	12,883	13,149
종로구	321	329	338	349	358	367	375	386	395	403	412	423	431	439
중구	401	411	422	434	445	455	468	478	488	498	510	521	531	543
용산구	287	293	302	311	318	327	334	342	351	358	367	376	382	391
성동구	314	323	332	340	349	360	369	377	386	395	405	414	423	431
광진구	303	307	314	318	323	327	334	338	343	347	352	359	363	368
동대문구	346	359	390	380	392	402	413	425	436	447	457	468	478	488
중랑구	298	302	307	311	316	322	327	331	337	341	345	353	357	360
성북구	378	391	402	414	427	439	452	462	475	488	500	510	523	536
강북구	261	268	275	282	289	296	303	310	317	324	330	337	344	351
도봉구	310	318	327	336	345	353	362	371	380	388	397	406	414	423
노원구	482	497	512	527	543	556	573	587	604	617	633	647	663	675
은평구	333	341	350	358	367	375	384	393	401	410	416	425	433	442
서대문구	328	336	345	356	365	373	384	393	401	412	420	429	440	448
마포구	360	370	381	391	400	411	421	432	443	453	463	474	482	492
양천구	415	429	442	456	472	484	498	510	525	539	511	566	580	592
강서구	463	479	496	512	530	545	562	578	594	611	626	643	659	674

구로구	417	434	451	468	483	499	516	532	549	563	579	596	612	627
금천구	271	277	284	291	298	305	312	318	325	332	339	346	353	359
영등포구	511	525	537	548	561	574	586	598	610	623	635	547	659	672
동작구	321	329	336	342	352	358	364	371	380	386	392	401	408	414
관악구	243	241	241	242	240	241	241	240	241	239	240	241	240	263
서초구	596	611	627	642	659	674	689	704	720	736	751	764	780	794
강남구	931	956	982	1004	1032	1056	1080	1106	1130	1154	1180	1204	1228	1251
송파구	563	568	575	582	586	594	601	608	616	623	631	638	646	653
강동구	369	377	384	389	398	404	413	419	427	434	440	448	455	463

제Ⅳ장 분뇨투입이 하수처리장에 미치는 영향평가

제1절 영향 평가 방법

제2절 분뇨투입이 하수처리에 미치는 영향

제Ⅳ장 분뇨투입이 하수처리장에 미치는 영향 평가

제1절 영향 평가 방법

1. 평가 툴

1) 평가개요

서울에서 수거된 분뇨는 이물질 제거와 농축 같은 간단한 처리를 거쳐 하수처리장의 수처리 계통 및 슬러지처리 계통에 투입, 하수와 함께 처리된다. 분뇨투입이 하수처리장에 미치는 영향평가는 바로 이러한 방법에 의해 처리할 때 공공하수처리시설의 방류수 수질, 슬러지케이크 발생량 등에 어떻게 영향을 미치는 지를 파악하는 것이다. 평가에서 분뇨를 투입하여도 공공하수처리시설 방류수 수질기준보다 훨씬 양호한 방류수를 생산한다면 분뇨를 하수병합으로 지속적으로 처리해도 무리가 없다고 할 수 있고, 반대의 경우에는 일정 수준이상의 분뇨투입은 억제하고 잉여량은 별도의 시설을 설치하여 처리하거나 분뇨투입공정을 수정하거나 하수처리공정을 개선하는 등 다양한 대응방안을 모색할 필요성을 제시하게 된다.

평가는 모델링을 통하여 수행하고자 하는데, 실제 하수처리장의 시스템을 모델화하고 여기에 분뇨의 양, 성상과 같은 반입상태의 변화를 입력함으로써 분뇨투입이 하수처리장의 방류수질 등에 미치는 영향의 정도와 크기를 관찰할 것이다. 소프트웨어로는 Hydromantis, Inc.가 개발한 GPS-X를 사용한다. 이 프로그램은 정적분석(Stedy-state Analysis)과 동적분석(Dynamic Analysis) 모두가 가능하다. 정적분석은 시간변동을 고려하지 않는 평가방법으로 시설의 설계와 비용분석 등에 사용되고, 동적분석은 시간변동에 따른 연속평가방법으로 처리시설의 운영분석, 실시간 모니터링 성

능평가 등에 활용된다. 더 구체적으로는 설계유량(또는 운영유량) 및 수질에 따른 하수처리장 방류수 농도 예측, 부하변동(고·저유량 및 고·저부하)에 따른 하수처리장 방류수 농도 예측, 온도변화에 따른 수질 예측, 처리계통의 mass balance 및 운전인자(MLSS, SRT...)의 적정성 검토, 설계 시 산정된 공기량의 적정성 파악, 주간흐름(일최대, 시간최대, 최소...) 및 주간 농도 변화에 따른 수질변화 예측, dynamic simulation(수질 data 자료를 이용)을 통한 수질변화 예측, 유입수질의 변화에 따른 생물반응조의 교호운전을 통한 성능변화 검토 등을 위해 활용되고 있다.

한편 정부에서는 하수처리장의 성능을 보장하는 방안의 하나로 하수처리장의 계획오염부하 또는 계획오염부하가 없을 경우 운영부하의 10%이내에서 분뇨나 음식물쓰레기 침출수 등을 하수병합방식으로 처리하도록 하수도시설운영관리업무처리통합지침[27]을 개정하여 만약 이를 초과할 경우에 관할청의 허가를 받도록 하고 있다. 따라서 이 규정도 분뇨의 하수처리장에 대한 영향검토에서는 고려한다.

2) 단위공정에 적용된 모델

모델은 하수처리장 단위공정과 전체 시스템을 수학적으로 표현한다. 이는 하수처리과정이 복잡한 공정으로 구성되기 때문에 각 공정과 시스템의 개별반응 및 복합성능을 컴퓨터를 이용하여 빠른 속도로 계산하기 위해서이다. 각 단위공정에 적용된 전산모델과 계산방법은 <표 4.1>에 정리하였다.

27) 환경부, 하수도시설 운영·관리업무처리 통합지침, 환경부 생활하수과-2206(2006. 7. 27)호

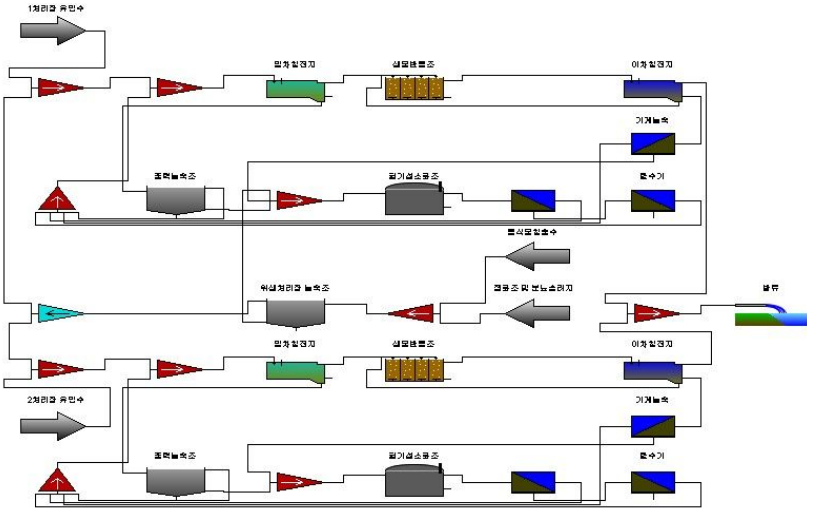
<표 4.1> 단위공정별 적용모델 및 계산방법

공정	모델 및 계산방법
유입수	- ASM2d BOD-based - 측정(계획)된 BOD, N, P, SS 데이터를 사용함 - 입력데이터 : BOD, TSS, TKN, Soluble ortho-phosphate - 유입수 화학량론 계수 적용 : XCOD/VSS 비율, BOD5/BODu, soluble substrate/BODu, VSS/TSS - 입력데이터와 화학량론 계수를 이용하여 기질 농도 세분화 • 생분해성, 난분해성, 용해성, 고형성, substrate산출(COD로 변환) • NH3-N, 용해성 & 고형성 생분해성 유기질소 산출 • TP, Soluble P, Soluble PO4-P 산출
생물반응조	- ASM1(1987) → ASM2(1995) → ASM2d(Meirlaen, J. and Vanrolleghem, P., 1999) - 18개의 Components와 21개의 process로 구성(유입수와 미생물 특성을 세분화) - Matrix 형태로 표기된 것이 특징이며, Denitrifying PAOs성장 모델이 포함 - 영양물질(C, N, P)과 미생물 성장 관계, 내생호흡, 산소량, 가수분해량에 대한 계산
침전지	- One-dimensional, nonreactive - Flux-based double exponential settling model(Takacs et al., 1991) - One Dimensional 구조 • 침전지 깊이를 몇 개의 층(1~10층)으로 분리하여 유출입 고형물 Flux 계산 • 시스템 유입수 Qi, 유입 고형물 농도 Xi, 반송수 Qr, 슬러지 배출 Qw, 상징수 Qi-Qw로 분리 • 고형상 상태변수의 Mass Balance 계산 • 상태변수를 이용하여 복합변수 산출 • 농축슬러지 성상과 유출수 성상 도출
소화조	- Basic anaerobic digestion model - Andrew(1969)과 Andrew et al(1971)의 모델을 수정한 것. - 소화조내 액상과 기체상의 두 반응기작을 모델화 한 것.
농축, 탈수	- Simple solid capture model → empirical model - 고형물 회수율 및 농도 그리고 폴리머 첨가량이 입력 변수

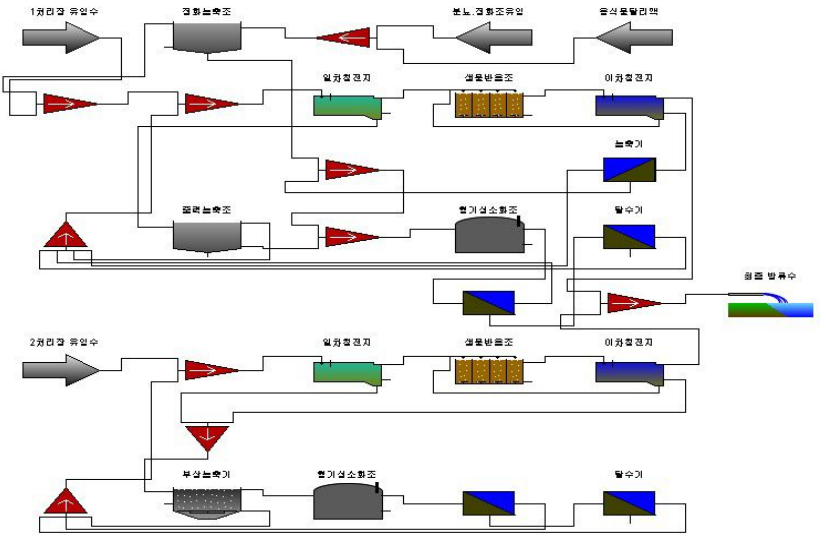
3) 처리 공정 구성

<그림 4.1>과 <그림 4.2>는 실제 처리장의 전 공정을 그대로 모델에 구현하고자 모든 처리공정을 분석하여 그림으로 표시하고 있다. <그림 4.1>은 난지물재생센터의 하수처리공정을 보여주고 있다. 난지센터는 2개의 하수처리공장으로 구성되어 있다. 분뇨처리시설로 반입된 분뇨는 이물질을 제거(그림에서 붉은 삼각형)하고 농축조로 유입된다. 농축조에서 상징수는 제1 및 제2 수처리공장의 유입수와 합쳐지며, 농축조의 농축수는 제1 수처리공장의 혐기성소화조로 이송된다. 유입수와 합쳐진 농축조 상징수와 및 소화조에 유입된 농축조 농축수는 이 단계부터 하수 및 하수슬러지와 동일한 과정을 거쳐 처리된다.

<그림 4.2>는 서남물재생센터의 하수처리공정을 보여주고 있는데, 분뇨와 하수의 병합처리과정이 난지물생센터의 방식과는 차이가 있다. 제1 및 제2 수처리공장으로 구분되는 구조는 기본적으로 같다. 그러나 분뇨 농축 상징수가 두 개의 수처리공장으로 배분되지 않고 제1 수처리공장으로만 유입된다.



<그림 4.1> 하수처리장 모델링을 위한 공정구성 예(난지물재생센터)

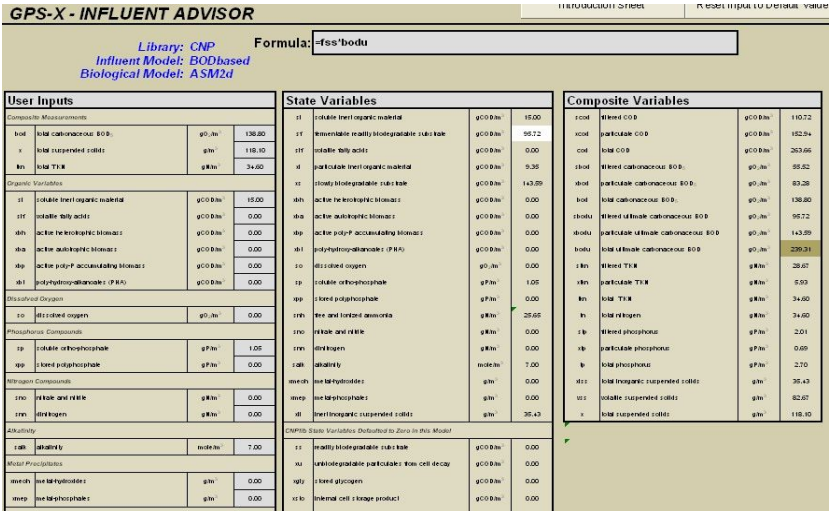


<그림 4.2> 하수처리장 모델링을 위한 공정구성 예(서남물재생센터)

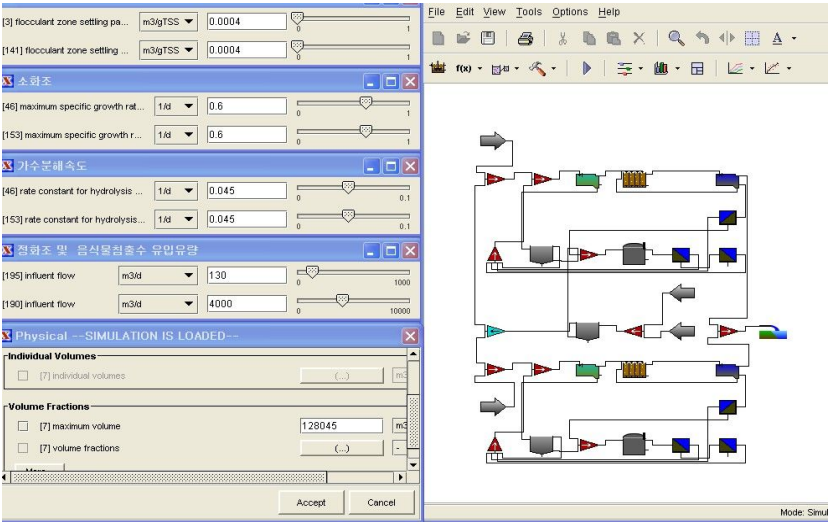
4) Modeling 수행과정

<그림 4.3>은 GPS-X 프로그램을 이용하여 분뇨투입이 하수처리장의 운영에 미치는 영향을 검토하고자 할 때 요구되는 입력자료의 예를 보여주고 있다. 여기에는 유입하수의 양과 제거해야할 오염물질에 대한 속성이 무게와 부피 등으로 표현된다. <그림 4.4>는 하수처리공정을 지탱하고 있는 각 구조물들의 용량과 운전 파라미터를 보여주고 있다. 생물반응조를 예로 든다면 반응조의 크기가 어느 정도인지, 유입된 하수는 어느 정도 반응조내에 머물게 되는지, 반응조 내에서 미생물체의 농도는 어느 정도로 유지되고 증식하는지 등에 관한 정보가 여기에 해당된다.

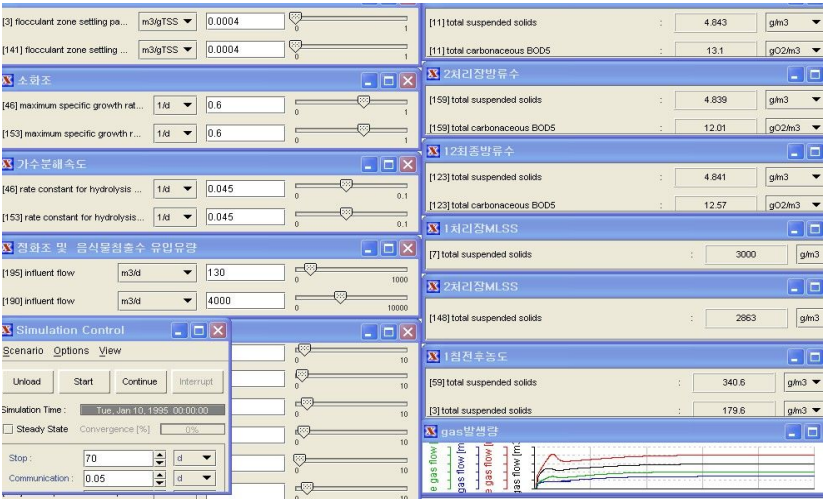
<그림 4.5>는 분뇨의 투입량에 따른 하수처리장의 방류수의 농도, 생물반응조의 생물체의 농도, 침전지에서 침전후의 생물체의 농도, 소화조의 가스 발생량 및 슬러지 발생량과 같은 분뇨투입의 영향이 공정별로 나타나는 예를 보여주고 있다.



<그림 4.3> GPS-X를 이용한 유입수질 구성 예



<그림 4.4> 구조물의 용량과 공정별 파라미터의 예



<그림 4.5> 분뇨반입량에 따른 방류수 수질 등의 표시 예

2. 분뇨처리장의 주요 운전자료

1) 반입되는 분뇨의 성상

2000~2006년 기간에 매월 측정된 중랑분뇨처리시설, 난지분뇨처리시설, 서남분뇨처리시설의 측정자료를 토대로 분뇨의 대표적인 성상을 <표 4.2>에 정리하였다. 수질오염지표별 농도에서 BOD 약 5천9백mg/L, COD 약 3천8백mg/L, SS 약 8천9백mg/L, T-N 약 7백mg/L, T-P 약100mg/L로 나타나고 있다.

한편 표에는 2010년, 2015년, 2020년의 성상도 예측하여 함께 수록하였는데, 예측에는 <그림 3.7>의 건축물연면적과 BOD의 관계(그림에서 [B]) 및 건축물연면적과 SS의 관계(그림에서 [C])를 이용하였다. 전체적으로 분뇨의 수질오염지표들의 농도가 해가 갈수록 감소하는 경향이다. 서울에서 분뇨수거량의 증가는 상주인구의 증가와 같은 인분의 증가와 직접적인 관련이 있기 보다는 새로 지어지는 건물들의 대형화에 따른 정화조 크기의 증가 및 연 1회이상 정화조의 청소와 같은 조건들에 더 밀접한 관련성이 있다고 분뇨수거량의 예측에서 이미 기술한 바 있다. 따라서 분뇨의 수질오염지표들의 연차적인 감소는 이러한 현상을 반영하고 있다고 보아야 할 것이다.

<표 4.2> 반입되는 정화조오니의 성상 및 장래 예측 (단위 : mg/L)

구분	범위	대표성상	예측		
			2010년	2015년	2020년
BOD	5,409~6,204	5,914	5,706	5,594	5,499
COD	3,065~4,739	3,762	3,631	3,560	3,499
SS	7,092~11,326	8,918	8,645	8,475	8,332
T-N	614~731	673	692	678	667
T-P	77~187	132	173	170	167

2) 전처리 과정에서 수질지표의 변화

반입된 분뇨로부터 협잡물을 제거하면서 분뇨수질지표위 농도에 변화가 발생하는데, 특히 SS 또는 TS의 변화가 크다. 이는 각종 과일씨, 머리카락, 나무 파편, 천 조각, 토사 등이 협잡물로 제거되기 때문이다. 상대적으로 BOD, COD, T-N, T-P 등의 변화는 거의 없다.

전체적으로 반입량의 33%(SS 기준)가 협잡물로 제거되며, 중랑시설이 40%로 가장 높고 서남시설이 16%로 가장 낮다. 제거된 협잡물을 제외한 나머지 부분은 협잡물 제거공정 이후의 단계인 농축공정으로 이송된다. 따라서 SS의 타 항목은 반입물 성상을 농축조의 투입물 성상으로 간주할 수 있고, 분뇨처리시설에 반입된 분뇨의 성상을 기준으로 농축조에 투입할 때의 성상변화는 <표 4.3>과 같이 변화되는 것으로 정형화할 수 있다.

<표 4.3> 협잡물 제거를 거치면서 나타나는 분뇨의 성상변화 (단위 : 중량 %)

구분		중랑시설		난지시설		서남시설		전체	
		SS	타항목	SS	타항목	SS	타항목	SS	타항목
반입		100	100	100	100	100	100	100	100
협잡물 제거	통과물량	63	100	60	100	84	100	67	100
	협잡물량	37	-	40	-	16	-	33	-
농축조 투입		63	100	60	100	84	100	67	100

주 : 타항목은 BOD, COD, T-N, T-P를 말함.

3) 농축공정에서 SS회수량

농축공정에서 고형물은 체류시간 동안 농축조의 하부로 이동하여 체류시간보다 하부로 빨리 이동한 입자들은 농축수로 분류되고, 농축수로 분류되지 못한 작고 낮은 비중의 입자들은 상징수로 분리되어 물과 함께 유출된다. 반입된 SS 중에서 농축수로 분리된 SS의 양을 농축공정에서 SS회수량이라 하고, 이는 수처리공정 또는 혐기성소화조에 대한 부하의 크기를 함께 내포한다. 다시 말해 회수량이 많다는 것은 고형분의 많은 부분이 혐기성소화조에서 처리되고 반대의 경우에는 수처리계통에서 처리된다는 의미인 것이다.

<표 4.5>와 같이 서울시 3개 분뇨처리시설의 농축공정에서의 SS회수량은 36~71%로 변화폭이 매우 크며, 대표치는 56% 수준이다. 일반적으로 정상적으로 운전되는 중력농축조의 SS회수량은 70% 정도라고 한다. 근래에는 농축속도와 회수효율을 높이기 위해 원심력을 기본기작으로 이용하는 기계식 농축기가 많이 채용되고 있고, 정상적으로 작동할 때 SS회수량은 보통 85% 정도라고 한다. 물론 중력농축조와 비교할 때 원심력을 유발하는 동력이 필요하며, 일반적으로 전력이 이용된다.

<표 4.4> 농축공정에서 SS 회수량

구분		SS회수량 (농축공정 유입량 대비 중량 %)
3개시설의 SS 회수 실적	범위	36~71
	평균	56
정상운전 중력농축조 회수량		70
정상운전 기계식 농축기 회수량		85

3. 영향평가를 위한 분석 조건

서울에는 중랑, 난지, 서남의 3개 물재생센타가 분뇨처리시설을 갖추고 분뇨를 하수병합방식으로 처리하고 있다. 이중 분뇨를 하수처리장에 투입하였을 때 하수처리공정에 미치는 영향의 평가는 난지물재생센터와 서남물재생센터 2곳에 대하여 실시한다. 하수처리시설의 시설용량을 기준으로 볼 때 분뇨처리시설의 시설용량이 중랑물재생센터의 경우 0.25%[28], 난지물재생센터 0.45%[29], 서남물재생센터 0.1%[30]로 난지물제새센터의 부담이 가장 크고 반대로 서남시설의 부담이 가장 낮은 것이 첫째 이유이고, 둘째 이유는 중랑물재생센터가 최근에 4개의 하수처리공장 중 제1 및 제2공장을 고도처리시설로 전환하여 수처리공정이 기존의 2차처리와 고도처리가 혼재하는 등 분석이 용이하지 않기 때문이다.

서울시는 2008년부터 강화되는 공공하수처리시설 방류수 수질기준에 대응하기 위해 현재 모든 하수처리장의 고도처리공법 도입을 계획하고 있다. 중랑물재생센터 1, 2공장을 고도처리시설로 전환한 것도 동일한 맥락에

28) 3,100톤(분뇨처리시설 용량) ÷ 171만톤(하수처리시설 용량) x 100

29) 4,500톤(분뇨처리시설 용량) ÷ 100만톤(하수처리시설 용량) x 100

30) 2,000톤(분뇨처리시설 용량) ÷ 200만톤(하수처리시설 용량) x 100

서 추진된 고도화사업인 것이다. 그러나 이 사업은 현재 구상단계에 불과하여 어떤 고도처리공법이 도입될 것인지, 언제 개선공사에 착수하여 완공될 것인지 불분명한 상태이다. 따라서 분뇨투입의 영향은 지금 적용되고 있는 활성슬러지법과 혐기성소화법을 대상으로 하여 분석한다.

하수처리시설에의 분뇨투입의 영향은 시나리오를 작성, 분석한다. 시나리오에 연도별 분뇨량, 분뇨수거구역, 고형물 회수량 등의 변화를 조합시켜 총 4가지로 만든다. 시나리오에서 분뇨수거량과 분뇨의 성상은 이미 앞에서 예측하였듯이 2010년, 2015년, 2020년의 것을 반영한다. 분뇨의 투입의 영향은 방류수의 수질, 슬러지의 탈수케이크량, 소화조 부하 및 체류시간, 유입하수부하대비 질소와 인의 비 등으로 나타난다.

구체적인 시나리오의 조건은 다음과 같다.

(1) 시나리오1 : 전량 하수병합처리(현재의 반입구역 유지) + 각 시설별 협잡물처리성능 유지 + 각 시설별 농축공정 SS회수량 유지

2007년의 처리장별 분뇨반입실태를 보면 대부분의 자치구가 수거분뇨를 중랑시설, 난지시설, 서남시설 중 하나의 시설에 반입한다. 그렇지만 중구의 경우 300kL까지는 난지시설을 이용하고 초과량은 중랑시설로 반입하며, 강남구의 경우에는 850kL까지는 난지시설을 이용하고 나머지는 서남시설로 반입하고 있다. 이상의 원칙을 그대로 유지하면서 <표 3.3>의 자치구별 분뇨수거량을 토대로 각 시설별 반입량을 산정하면 <표 4.5>와 같이 2020년의 경우 중랑시설 4,991kL, 난지시설 4,156kL, 서남시설 4,002kL로 예상된다.

분뇨의 연도별 성상, 각 시설별 협잡물공정 후의 SS 변화, 농축공정에서의 SS 회수량 등 분뇨투입의 영향분석에 필요한 여타 입력자료는 <표 4.6>과 같다. 분뇨의 연도별 성상으로 <표 4.2>의 예측자료를 그대로 채택하고 있고, 각 시설별 협잡물공정 후의 SS 변화도 <표 4.3>의 SS변화를

그대로 반영하고 있다.

<표 4.5> 시나리오1의 각 시설별 분뇨반입량 (단위 : kL/일)

시설	반입구역	2010년	2015년	2020년
중랑 시설	성동, 광진, 동대문, 중랑, 성북, 강북, 도봉, 노원, 송파, 강동, 중구(난지시설 초과량)	4,013	4,509	4,991
난지 시설	종로, 중구(300kL까지), 용산, 은평, 서대문, 마포, 서초, 강남(850kL까지)	3,557	3,861	4,156
서남 시설	양천, 강서, 구로, 금천, 영등포, 동작, 관악, 강남(난지시설 초과량)	3,013	3,504	4,002
계	25 자치구	10,583	11,874	13,149

<표 4.6> 시나리오1의 분뇨성상 등 입력자료

구분		내용		
		2010년	2015년	2020년
분뇨 성상 (mg/L)	BOD	5,706	5,594	5,499
	COD	3,631	3,560	3,499
	SS	8,645	8,475	8,332
	T-N	692	678	667
	T-P	173	170	167
기타조건	난지시설	•협잡물제거에 의한 SS 감소 : 40% •농축공정의 SS 회수량 : 71%		
	서남시설	•협잡물제거에 의한 SS 감소 : 16% •농축공정의 SS 회수량 : 69%		

(2) 시나리오2 : 전량 하수병합처리(현재의 반입구역 유지) + 협잡물 처리성능 동일 + 기계식 농축

각 시설별 분뇨반입량은 시나리오1과 동일하다(<표 4.5> 참조). 즉, 현

재의 반입구역을 유지하면서 중구, 강남구의 일정량 이상만 타시설로 반입한다. 하지만 반입된 분뇨로부터 협잡물을 제거하는 능력은 두 시설이 모두 동일하다고 보고 <표 4.3>의 3개 시설의 평균 SS 제거능력인 33%로 한다. 농축공정에서도 성능이 좋은 기계식 농축기를 도입하는 것으로 하여 SS회수량을 85%로 한다.

시나리오2에서의 분뇨반입량을 제외한 분뇨의 연도별 성상, 협잡물 제거공정의 SS제거량, 농축공정의 SS회수량 등은 <표 4.7>에 정리한 바와 같다.

<표 4.7> 시나리오2의 분뇨성상 등 입력자료

구분		내용		
		2010년	2015년	2020년
분뇨 성상 (mg/L)	BOD	5,706	5,594	5,499
	COD	3,631	3,560	3,499
	SS	8,645	8,475	8,332
	T-N	692	678	667
	T-P	173	170	167
기타조건	난지시설	•협잡물제거에 의한 SS 감소 : 33% •농축공정의 SS 회수량 : 85%		
	서남시설	•협잡물제거에 의한 SS 감소 : 33% •농축공정의 SS 회수량 : 85%		

(3) 시나리오3 : 현 분뇨처리 시설용량만 활용(나머지는 별도 시설을 건설하여 처리) + 협잡물 처리성능 동일 + 기계식 농축

시나리오3은 난지시설 1일 4,500kL, 서남시설 1일 2,000kL이라는 현재의 시설용량에 해당하는 분뇨만 하수병합방식으로 처리하고 초과량은 전용시설의 설치와 같은 별도의 방식으로 처리하는 것으로 한다. 즉, 초과량은 하수처리시설에 전혀 부담으로 작용하지 않도록 한다(<표 4.8> 참조). 또한 반입된 분뇨로부터 협잡물을 제거하는 능력은 두 시설이 모두 동일하다

고 보고 <표 4.3>의 3개 시설의 평균 SS 제거능력인 33%로 한다. 농축공정에서도 성능이 좋은 기계식 농축기를 도입하는 것으로 하여 SS회수량을 85%로 한다(<표 4.7> 참조).

<표 4.8> 시나리오3에서 각 시설별 분뇨반입량 (단위 : kL/일)

시설	2010년	2015년	2020년
난지시설	4,500	4,500	4,500
서남시설	2,000	2,000	2,000
비고	나머지 983톤은 전용처리시설을 건설하여 처리	나머지 2,274톤은 전용처리시설을 건설하여 처리	나머지 3,549톤은 전용처리시설을 건설하여 처리

(4) 시나리오4 : 현 분뇨처리 시설용량만 활용(나머지는 별도 시설을 건설하여 처리) + 각 시설별 협잡물처리성능 유지 + 각 시설별 농축공정 SS회수량 유지

시설별 분뇨처리량은 시나리오3과 동일(<표 4.8>)하게 난지시설 1일 4,500kL, 서남시설 1일 2,000kL이라는 현재의 시설용량에 해당하는 분뇨만 하수병합방식으로 처리하고 초과량은 전용시설의 설치와 같은 별도의 방식으로 처리하는 것으로 한다.

분뇨의 연도별 성상, 각 시설별 협잡물공정 후의 SS 변화, 농축공정에서의 SS 회수량 등 분뇨투입의 영향분석에 필요한 여타 입력자료는 <표 4.6>과 같다. 분뇨의 연도별 성상은 <표 4.2>의 예측자료와 같고, 각 시설별 협잡물제거공정 후의 SS 변화도 <표 4.3>의 SS변화를 그대로 반영한다. 따라서 분뇨처리량을 제외한 나머지 조건은 시나리오1과 동일하다.

제2절 분뇨투입이 하수처리에 미치는 영향

1. 분뇨투입이 하수처리장의 유입부하에 미치는 영향

분뇨의 투입이 하수처리장의 유입부하[31], 즉 유입유량, 생물학적 산소요구량(BOD), 부유고형물(SS), 총질소(T-N), 총인(T-P) 등에 미치는 영향은 <표 4.9>와 같이 분뇨의 투입량에 따라 유량의 경우 0.1~0.4%, BOD 7~15%, SS 12~24%, T-N 4~9%, T-P 11~22% 등으로 처리시설, 연도, 수질오염항목에 따라 차이를 보인다.

난지물재생센터의 경우 분뇨량이 지속적으로 늘어나면서 하수처리장에의 부하도 증가하여 분뇨처리시설의 시설용량인 1일 4,500kL에서는 BOD 24.7톤, SS 37.5톤, T-N 3.0톤, T-P 0.8톤이라는 부하가 발생하여 난지물재생센터의 총부하에 대한 비는 BOD 15%, SS 24%, T-N 8%, T-P 22%에 이른다. 반면 유량측면에서는 0.4%에 불과하다.

서남물재생센터의 경우 현재의 시설용량(1일 2,000kL)에서 부하는 BOD 11.0톤, SS 16.7톤, T-N 1.3톤, T-P 0.3톤에 해당하며, 이들이 서남물생센터의 총부하에서 차지하는 양은 BOD 7%, SS 12%, T-N 4%, T-P 11% 수준이다. 그렇지만 분뇨의 처리구역을 현재와 같이 유지[32]하면 2020년에 서남물재생센터로 반입되는 분뇨량은 1일 4,000kL으로 전망되며, 그 경우 총부하에 대한 분뇨의 부하비는 BOD 14%, SS 22%, T-N 7%, T-P 20%로 늘어나게 된다.

한편 우리나라의 『하수도시설 운영관리업무처리 통합지침』(환경부, 2006.7)에 따르면 분뇨 등에 의한 인 및 질소의 부하는 하수처리장을 설계

31) 하수, 분뇨, 음식폐기물 침출수 등 하수처리장의 기능을 이용하여 정화를 시키려고 하수처리장에 유입되는 처리대상물의 총량

32) 현재 서남물재생센터 분뇨처리시설로 분뇨를 반입하는 지역은 양천구, 강서구, 금천구, 영등포구, 동작구, 관악구 전역이며, 1일 850kL를 초과하는 강남구의 일부 분뇨도 서남물재생센터로 반입됨.

할 때 정한 하수의 오염부하량의 10% 이내에서 또는 10% 이내가 되도록 전처리한 후에 공공하수처리시설에 반입하도록 규정하고 있다. 설계 오염부하량이 없을 때는 운영에서 나타난 하수부하량을 기준으로 동일한 기준을 적용하도록 하고 있다. 이 규정과 <표 4.9>의 결과를 비교하면 T-N부하는 현재의 시설용량에서든 장래 증가하는 예상반입량에서든 규정이내의 부하가 예상되나 반대로 T-P부하는 어떤 경우에도 초과하게 된다. 다시 말해 총인을 기준으로 할 때는 현재의 분뇨처리시설의 용량에서도 『하수도시설 운영관리업무처리 통합지침』에서 정하는 반입규정은 준수하기 어려운 상태이다.

<표 4.9> 분뇨에 의한 오염부하와 하수처리장 총부하와의 관계

구분	시설	연도	분뇨량 (kL/일)	유입 유량	BOD	SS	T-N	T-P
분뇨량 (톤/일)	난지 시설	2010	3,557	-	20.3	30.8	2.5	0.6
		2015	3,861	-	21.6	32.7	2.6	0.7
		2020	4,156	-	22.9	34.6	2.8	0.7
		시설용량	4,500	-	24.7	37.5	3.0	0.8
	서남 시설	2010	3,013	-	17.2	26.0	2.1	0.5
		2015	3,504	-	19.6	29.7	2.4	0.6
		2020	4,002	-	22.0	33.3	2.7	0.7
		시설용량	2,000	-	11.0	16.7	1.3	0.3
하수처리시설에의 부하 (%)	난지 시설	2010	3,557	0.4	13	21	9	19
		2015	3,861	0.4	13	22	7	20
		2020	4,156	0.4	14	23	7	20
		시설용량	4,500	0.4	15	24	8	22
	서남 시설	2010	3,013	0.2	11	18	6	16
		2015	3,504	0.2	12	20	6	18
		2020	4,002	0.2	14	22	7	20
		시설용량	2,000	0.1	7	12	4	11

주 : 시설부하(%)는 하수와 분뇨의 합산 부하를 기준으로 산정함.

2. 분뇨 투입이 하수처리장 방류수 수질에 미치는 영향

분뇨의 투입이 서울시 물재생센터의 방류수 수질에 미치는 영향을 컴퓨터 모사를 통해 분석하여 <표 4.10>에 정리하였다.

서울시의 난지물재생센터와 서남물재생센터는 분뇨를 투입하는 경우이든 투입하지 않는 경우이든 BOD 11~12mg/L, COD 31~38mg/L, SS 5~6mg/L, T-N 17~21mg/L, T-P 1~2mg/L의 수준의 방류수를 배출하고 있다. 분뇨를 투입하는 경우에는 방류수의 수질농도가 증가하는데, 분뇨를 투입하는 않는 경우와 비교할 때 난지물재생센터의 경우 BOD 1mg/L 내외, SS 0.3 mg/L 내외, T-P 0.4mg/L 내외로 증가하고 서남물재생센터의 경우에도 이와 유사한 결과를 보여준다. 반면에 TN은 분뇨를 투입하였을 때 난지물재생센터의 경우 1.9mg/L내외, 서남물재생센터의 경우 0.3 mg/L내외로 감소하는 현상을 보인다. 이는 상대적으로 C/N비가 높은 분뇨와 C/N비가 낮은 하수가 수처리과정에서 서로 혼합되어 하수 중의 질소제거에 도움이 되어 나타나는 현상같다[33]. 분뇨의 투입에 따라 방류수 수질의 변화폭은 BOD, COD, SS, T-N의 경우 난지물재생센터에서 10%이내의 증가 또는 감소, 서남물재생센터에서 5% 이내의 증가 또는 감소를 보인다. 반면에 T-P가 분뇨투입에 의해 20%내외로 증가하고 탈수케이크의 양도 25~45%의 높게 증가하는 현상을 볼 때 분뇨 투입은 특히 총인의 농도와 탈수케이크의 발생에 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다.

난지물재생센터(총반입유량 대비 분뇨처리시설 시설용량 0.45%)의 경우 하수처리장 방류수의 질소와 인 농도가 현재 분뇨처리시설의 시설용량은 물론이고 앞으로 늘어날 것으로 예상되는 양에서도 2008년부터 강화되

33) 하수의 C/N비는 BOD/TN을 기준으로 5 정도이고 서울시 분뇨의 대부분을 차지하는 정화조오니의 C/N비는 9 수준임. 따라서 분뇨 중의 탄소가 하수 중의 질소제거에 활용되었을 것으로 추정됨.

는 공공하수처리시설의 방류수 수질기준(총인 20mg/L, 총질소 2mg/L이하)를 만족하나, 서남물재생센터(총반입유량 대비 분뇨처리시설 시설용량 0.1%)는 현재의 시설용량 2,000kL는 물론이고 장래 늘어날 양에 대해서도 모든 경우에 질소와 인의 방류농도가 방류기준을 초과하는 것으로 나타났다. 결국 하수처리시설마다 기본적인 구조나 운전방식에 의해 처리능력에 차이를 보인다는 것을 알 수 있다.

질소, 인뿐만 아니라 2008년부터 강화되는 BOD 등의 방류기준(10mg/L 이하)을 만족시키기 위해 현재 서울시는 물재생센터들이 BOD, T-N, T-P 등을 함께 제거하는 능력의 갖추도록 하수고도처리공법의 도입을 검토하고 있다. 검토과정에서 위에서 언급된 분뇨병합처리의 긍정적, 부정적 영향들이 충분하게 감안되어야 할 것이다.

<표 4.10> 분뇨처리와 하수처리장 방류수와의 관계

구분	시설	연도	분뇨량 (kL/일)	BOD	COD	SS	TN	TP	슬러지 케이크 (톤/일)
방류수 농도 (mg/L)	난지 시설	하수	0	11.6	31.1	4.1	18.8	1.4	121
		2010	3,557	12.5	33.5	4.3	17.1	1.7	165
		2015	3,861	12.6	33.7	4.3	17.1	1.7	169
		2020	4,156	12.6	33.9	4.4	17.2	1.8	172
		시설용량	4,500	12.7	34.0	4.4	16.9	1.8	176
	서남 시설	하수	0	11.7	35.6	5.5	20.9	1.7	160
		2010	3,913	12.0	37.5	5.8	20.7	2.0	216
		2015	3,504	12.0	37.4	5.8	20.6	2.1	226
		2020	4,002	11.9	37.3	5.8	20.4	2.1	234
		시설용량	2,000	12.1	37.5	5.7	21.0	1.9	200
농도차 (mg/L)	난지 시설	하수	0	0	0	0	0	0	0
		2010	3,557	0.9	2.4	0.2	−1.7	0.3	44
		2015	3,861	1.0	2.6	0.2	−1.7	0.3	48
		2020	4,156	1.0	2.8	0.3	−1.6	0.3	51

		시설용량	4,500	1.1	2.9	0.3	−1.9	0.4	55
	서남시설	하수	0	0	0	0	0	0	0
		2010	3,013	0.3	1.9	0.3	−0.2	0.3	56
		2015	3,504	0.3	1.8	0.3	−0.3	0.4	66
		2020	4,002	0.2	1.7	0.3	−0.5	0.4	74
		시설용량	2,000	0.4	1.9	0.2	0.1	0.2	40
농도증가(%)	난지시설	하수	0	0	0	0	0	0	0
		2010	3,557	8	8	4	−9	22	36
		2015	3,861	8	8	4	−9	22	39
		2020	4,156	9	9	6	−9	24	42
		시설용량	4,500	9	9	7	−10	27	45
	서남서설	하수	0	0	0	0	0	0	0
		2010	3,013	3	5	5	−1	19	35
		2015	3,504	2	5	6	−2	22	41
		2020	4,002	1	5	6	−2	25	46
		시설용량	2,000	3	5	4	0	14	25

주 : 난지물재생센터의 결과는 제1처리장을 대상으로 분석한 것임.

3. 분뇨처리공정의 개선 효과

현재의 서울시 분뇨처리시설은 엄밀하게 말해 하수와 분뇨를 함께 처리하는, 즉 병합처리를 하기 위한 전처리공정으로서 크게 협잡물의 제거와 농축에 의한 농축수와 상징수의 분리로 구성된다. <표 4.11>에는 농축공정의 효율에 따른 물재생센터 방류수의 수질분석결과를 정리하였다. 농축공정의 효율이란 고형물과 물을 분리하는 능력으로서 효율이 높을수록 농축수로 많은 고형물이 분리되고 반대의 경우에는 많은 양의 고형물이 상징수에 잔류하게 된다.

분석결과, 농축공정에서 고형물의 회수량이 늘어나면 하수의 방류수 수질은 1mg/L이내에서 개선되고 반면에 혐기성소화조에서 발생하는 소화오니의 양은 증가하였다. 특히 서남물재생센터의 예를 볼 때 분뇨량이 늘어

나면 날수록 농축공정이 후속처리공정에 미치는 영향은 커졌다. 결국 하수처리장이 방류수의 수질기준을 충분하게 충족시키는 수준으로 운전될 때는 분뇨처리시설의 농축공정을 상대적으로 느슨하게 운전하거나 그 정도의 능력을 갖춘 농축조를 설치할 수 있고, 반대로 방류수의 수질이 수질기준에 근접하거나 초과할 위험성이 있을 때에는 분뇨처리시설 농축공정의 성능향상이 필요하다. 이미 언급하였듯이 농축공정의 성능이 향상되면 별도로 처리해야할 슬러지의 탈수케이크가 상대적으로 증가하고 그의 처분과 관련된 비용도 상승할 것이다.

<표 4.11> 농축공정의 효율과 하수처리장 방류수 수질 (mg/L)

시설	분뇨량 (kL/일)	농축공정 고형물 회수량(%)	BOD	COD	SS	T-N	T-P	슬러지 케이크 (톤/일)
난지 시설	3,557	71	12.5	33.5	4.3	17.1	1.7	165
		85	12.3	33.4	4.3	17.4	1.6	178
	4,500	71	12.7	34.0	4.4	16.9	1.8	176
		85	12.5	33.9	4.4	17.2	1.6	190
서남 시설	2,000	69	12.1	37.5	5.7	21.0	1.9	192
		85	12.1	37.5	5.7	21.0	1.9	200
	4,002	69	12.2	37.6	5.7	20.7	2.1	224
		85	11.9	37.3	5.8	20.4	2.1	234

4. 분뇨투입이 하수처리에 미치는 영향의 종합평가

서울에서 발생하는 분뇨는 하수와 병합하는 방식에 의해 3개소의 물재생센터에서 처리하고 있다. 3개소의 물재생센터는 수거된 분뇨를 하수에 투입하기 위한 준비를 위해 분뇨처리시설을 운영중이다. 이 중 물재생센터의 하수처리용량을 기준으로 분뇨반입량이 가장 많은 난지물재생센터(0.45%)와 가장 적은 서남물재생센터(0.1%)를 대상으로 분뇨의 반입량 및

분뇨처리시설의 운전조건이 달라질 때 물재생센터 방류수의 수질 및 슬러지 케이크의 양등에 미치는 영향을 평가하였다.

분뇨의 투입이 물재생센터의 유입부하에 미치는 영향은 시설용량 및 장래 변화량의 범위에서 유량 0.4%이내, BOD 15%이내, SS 24%이내, T-N 9%이내, T-P 22%이내의 변화를 보였고, 정부에서 정한 분뇨투입 등으로 인한 인의 10%이내 부하억제의 규정을 현재 분뇨처리시설의 시설용량은 물론이고 장래 증가조건에서 모두 초과하였다.

분뇨의 투입이 물재생센터 방류수의 수질에 미치는 영향은 BOD, COD, SS의 경우 5% 또는 10%이내 증가로 크지 않았고 T-N의 농도는 오히려 10%이내에서 감소시키는 긍정적인 효과를 보였다. 그러나 T-P의 방류농도 및 탈수케이크의 양은 분뇨투입에 직접적으로 영향을 받음으로써 분뇨량이 증가하면서 비례하여 증가하였다. 한편 분뇨처리시설의 시설용량이 4,500kL/일에 이르고 하수대비 분뇨량이 0.45%로 높은 난지물재생센터는 방류수의 인, 질소 농도가 2008부터 강화된 수질기준을 만족시키는 반면에 하수대비 분뇨량이 0.1%(시설용량 2,000톤)에 불과한 서남물재생센터의 경우에는 질소와 인의 농도가 방류수질을 초과함을 볼 때 분뇨의 투입이 물재생센터의 방류수 수질에 영향을 미치는 것이 사실이나 운영기법에 의해 그 영향을 완화할 수 있다는 것도 알았다. 따라서 현재 두 개소의 수처리공장 중 1처리장에만 분뇨를 투입하고 있는 서남물재생센터에 분뇨의 추가투입을 고려할 때는 2처리장으로의 분산투입 등 부하를 완화시키는 방책이 필요하다고 판단된다.

분뇨처리공정 중 농축공정의 고형물 회수능력은 방류수의 수질과 슬러지 탈수케이크의 양에 상반된 영향을 미치는 바, 방류수의 수질에 분뇨투입이 심대한 영향[34]을 미칠 수 있다고 판단될 때에서 농축조의 능력을 향상시켜 많은 고형물이 하수슬러지의 처리계통으로 이동하도록 시설을 설

34) 하수처리장의 방류수 수질이 방류수 수질기준에 근접하여 유지되어 분뇨처리시설의 부하변동이나 가중이 방류수 수질기준의 준수를 어렵게 할 수 있을 때

계, 운영할 필요가 있다. 물론 방류수 수질 기준까지 충분한 여유가 있고 슬러지 탈수케이크의 처리비용이 부담이 될 때에는 반대의 농축공정의 운영을 생각할 수 있을 것이다.

결론적으로 분뇨의 투입은 현재의 시설용량에서도 유입부하 및 방류수의 수질에 일정한 범위에서 영향을 주고 있으며, 현재의 물재생센터 능력으로는 2008년부터 강화되는 방류수 수질기준을 준수할 수 없다. 분뇨에 포함된 총인의 부하량 또한 『하수도시설 운영관리업무처리 통합지침』(환경부, 2006.7)에서 정한 10%를 상당량 초과하고 있고 앞으로 분뇨량이 늘어나면 더 심화될 전망이어서 반입부하의 측면에서도 정부의 규제기준을 준수할 수 없는 상황에 있다. 현재의 시스템에서 분뇨투입이 하수처리장에 미치는 방류수에의 영향을 완화하고 반입규정을 준수하기 위해서는 분뇨에 의한 부하를 하수처리장의 고도화사업에 기본부하로 간주하여 처리시설 설계에 반영하는 방법이외에는 없다고 보아야 한다. 물론 분뇨전용처리시설을 만들어 분뇨로 인한 부하를 최소화한 후에 하수처리시설로 그 처리수를 유입시키는 하수병합방식도 있으나 적어도 현재와 같은 하수병합방식을 지속한다면 그렇다는 것이고, 비용의 증가 등도 검토해야 한다. 다행스럽게 서울시는 2008년의 강화되는 공공하수처리장 방류수의 수질기준을 준수하기 위해 현재 물재생센터의 고도처리사업을 계획하고 있는 시점에 있기때문에 그러한 방향으로 고려하기에 좋은 기회를 맞이하고 있는 상황이다.

제Ⅴ장 분뇨수거량의 증가에 대응하기 위한 서울시 분뇨처리 방안

제1절 분뇨처리 여건 평가

제2절 분뇨수거량 증가에 따른 대응방안

제3절 추친체계

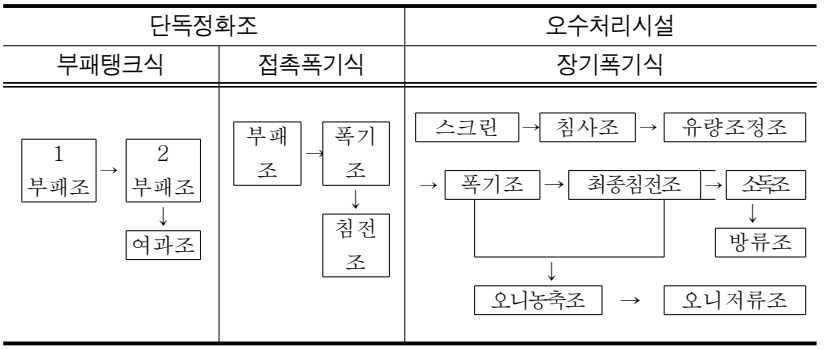
제Ⅴ장 분뇨수거량의 증가에 대응하기 위한 서울시 분뇨처리 방안

제1절 분뇨처리 여건 평가

1. 분뇨수거량 저감 가능성 평가

1) 단독정화조 대신 오수정화시설 설치

우리나라에서는 개인건물에서 발생하는 오수를 직접 처리하는 방법으로 두가지의 형식을 인정하고 있는데, 바로 단독정화조와 오수처리시설이다. 기능면에서 단독정화조는 수세식 화장실의 세정수만을 대상으로 하고, 오수처리시설은 건물에서 발생하는 생활오수의 모두(수세식화장실 세정수, 세면수, 주방용수, 청소용수 등)를 처리 대상으로 한다. 하수도보급률이 100%에 육박하는 서울의 경우에는 오수처리시설 설치가 의무화되어 있지 않는 반면에 일부 분류식 하수관거지역을 제외한 나머지 지역의 건물들은 반드시 단독정화조를 설치하여야 한다. 서울에서 수거되는 대부분의 분뇨가 정화조오니인 것은 바로 이러한 의무설치규정 때문이다. 그런데 오수처리시설도 건물주가 원하는 경우에는 설치가 가능하다. <그림 5.1>과 같이 단독정화조보다 복잡한 구조를 갖추고서 공공하수처리시설에 버금가는 방류수를 만들어 배출하기 때문에 건물주가 원하면 굳이 막을 이유가 없다.



<그림 5.1> 단독정화조와 오수처리시설의 구조

본 연구에서는 일정규모이상의 대형건물에서 오수정화시설을 설치하는 경우에 단독정화조를 운영하는 경우보다 적은 슬러지를 배출하여 향후 증가가 예상되는 서울의 분뇨수거량을 줄일 수 있는지에 대해 검토하고자 한다. 물론 오수처리시설을 운영하는 경우에도 탈수 등의 처리방법으로 슬러지를 처리하지 않고 분뇨처리계통에 의존하여 처리할 때는 연 1회 이상 오니농축조와 오니저류조를 청소해야 한다[35]. 더불어 시설의 정상적인 유지를 위해 필요하다고 건물소유주가 판단할 때는 연간 1회이상의 청소도 가능하다. 하지만 단독정화조는 생물학적 처리시설이기 보다는 수세식 화장실 세정수로부터 고형물을 분리하는 기능이 강하고 유기물질이 생물학적으로 분해되더라도 분해율(일본의 경우 50%, 국내 30%[36] 기대)이 낮은 반면에 오수처리시설은 호기성 생물학적처리방법에, 특히 국내에서는 슬러지 발생량이 적은 장시간폭기법이 주로 채용되고 있어서 최종적으로 남는 슬

35) 하수도법 제39조제2항 및 동법 시행규칙 제33조제1항제2호 및 제3호

36) 하수도법 시행규칙 제3조제1항제3호 관련 [별표 3]에서는 11인용 이상의 수변구역 및 특정지역에 설치된 정화조의 경우 BOD제거율을 50%이상을 유지하라고 규정하고 있으나 실제로는 30% 수준일 것으로 추정하고 있음.

러지의 양이 단독정화조를 청소할 때 수거되는 청소오니보다 적을 것으로 고 기대된다.

단독정화조를 오수처리시설로 대체하였을 때 수거분뇨량(오수처리시설의 수거오니량 포함)의 감축 가능성은 두가지 유형의 개인하수도시설에서 발생하는 수거분뇨량을, 첫째 이론적으로 계산해보고, 둘째 서울의 일부 건물의 실제 수거량을 비교하는 방법으로 평가하였다. 먼저 이론적인 평가에서 연1회 수거를 하는 경우에 오수정화시설에서 수거되는 오니량이 동일 규모 건물의 단독정화조에서 수거되는 양보다 많은 것으로 나타났다. <표 5.1>과 같이 500인이 사용하는 건물의 수거분뇨량을 비교한 결과, 단독정화조를 연1회 청소할 때 발생하는 정화조오니량은 51㎥였다. 동일 청소회수에서 오수정화시설에서 수거할 청소오니는 농축상태(고형물 함량이 2~3%)에 따라 173~263㎥의 범위에 있을 것으로 추정되었다. 계산상으로는 3배이상 많지만 농축슬러지는 대기중에 노출상태로 보관되기 때문에 수분증발에 의해 그 차이는 줄어들 것이다. 그럼에도 이론적인 평가는 단독정화조보다 오수처리시설에서 더 많은 청소오니가 수거되는 결과를 보여주고 있다.

<표 5.1> 단독정화조 및 오수정화시설의 이론적인 청소오니량(500인 기준)

구분	내용
단독정화조 청소오니량	•사용인원 : 500인 •부패실의 크기(㎥) = 1.5 + 0.1 x (인원-5인) = 1.5 + 0.1 x (500인-5인) = 51 •분뇨청소량 : 51㎥(연1회 청소)
오수정화시설 청소오니량	•사용인원 : 500인 •1인 오수량 : 200L •SS농도 : 200mg/L •SS 제거량 : 95% •제거 SS당 슬러지 발생량 : 75%(장기폭기방식) •잉여슬러지 고형물함량 : 0.2~1.0%

	•농축슬러지 고형물함량 : 2~3% •슬러지발생량(kg/일) = 유량xSS농도xSS제거량x슬러지전환량x10^{-7} = 14.25 •잉여슬러지 발생량(㎥/일) = 슬러지발생량 x 100/고형물함량 x 1/1,000 = 3㎥(고형물함량 0.5%) •농축 슬러지량(㎥/일) = 슬러지발생량 x 100/고형물함량 x 1/1,000= 0.713(고형물량 2%), 0.475(고형물량 3%) •청소오니량(연1회 청소) -농축슬러지 고형물 2% : 3㎥(농축조) +260㎥(저류조) = 263㎥미만 -농축슬러지 고형물 3% : 3㎥(농축조) +173㎥(저류조) = 176㎥미만 *연1회청소의 경우 저류조에서 수분증발로 양 감소 *산정근거 : 환경부, 하수도시설기준, 한국상하수도협회(2005)

서울에 소재하는 일부건물의 연간 정화조오니 수거량을 조사하여 비교한 결과에서도 단독정화조를 설치하는 경우보다 오수처리시설을 운영할 때 더 많은 청소오니가 발생하는 것으로 나타났다. 동일한 조건에서 분석하기 위해 건축물의 용도를 업무용으로 한정하고 단독정화조가 설치된 건축물 9개소와 오수처리시설이 설치된 4개소 건축물의 2004년, 2005년, 2006년의 청소오니량을 조사하였다. 오수정화시설을 운영하는 대형건물의 경우 슬러지농축조 및 슬러지저류조에서 발생하는 악취를 예방하기 위해 적게는 연 2회, 많게는 연 4회까지 청소를 하는 건물도 있었다. 이러한 특성을 반영하고자 연수거량과 1회수거량으로 구분하여 <표 5.2>와 같이 정리하였다. 먼저 단독정화조의 1회 수거분뇨량은 건물연면적 100㎡당 0.8㎥, 이용인원 1인당 0.2㎥이고, 오수정화시설의 경우는 각각 18%, 100% 더 많은 0.94㎥, 0.40㎥이었다. 연수거량에서는 그 폭이 더 확대되어 단독정화조를 기준으로 오수정화시설이 100㎡당 수거량에서 23%, 1인당 수거량에서 100% 더 많이 수거되었다.

결국 오수정화시설을 설치한 건물에서 발생된 잉여오니를 탈수기 등을 설치라여 직접처리하지 아니하고[37] 분뇨처리경로에 의존하게 처리하게 되

면 단독정화조를 설치하는 경우보다 청소오니의 양이 이론적 평가에서든 경험적 평가에서든 더 많이 발생하는 것으로 분석되었다. 결론적으로 정화조오니 수거량을 줄이기 위한 방편의 하나로서 단독정화조 대신에 오수정화시설을 설치하는 것은 효과를 거둘 수 없고 오히려 더 많은 분뇨를 수거하게 되어 공공부문에서 담당하는 분뇨처리를 더 어렵게 할 가능성이 높은 것으로 보인다.

<표 5.2> 단독정화조 및 오수정화시설의 실제 청소오니량

구분		연면적당 수거량(㎥/100㎡)		이용인원당 수거량(㎥/인)	
		연수거량	1회수거량	연수거량	1회수거량
오수처리시설	최소	0.66	0.53	0.19	0.09
	최대	1.62	1.62	1.07	1.07
	평균(A)	1.04	0.94	0.42	0.40
단독정화조	최소	0.21	0.17	0.09	0.07
	최대	1.92	1.92	0.40	0.40
	평균(B)	0.84	0.80	0.21	0.20
상대비	A/B	1.23	1.18	2.00	2.00

주 : 오수처리시설 3개소, 단독정화조 9개소에 대해 3년간의 분뇨수거량을 토대로 분석함.

2) 단독정화조 청소시 종오니량 존치

분뇨및축산폐수처리에관한법률 시행규칙 제82조(오수처리시설등의 청소기준)에서는 청소를 할 때 침전오니, 스컴 및 찌꺼기 등을 제거한 후에 빠

37) 실제로 오수정화시설을 설치한 건물에서는 슬러지발생량이 많지 않고 슬러지를 탈수한 경우에도 그 케이크의 처분이 마땅치 않아 슬러지탈수기와 같은 장치의 설치를 기피한다고 함.

른 생물학적 반응의 적응을 목적으로 종오니를 투입토록 규정되어 있었고, 실제로 현장에서 단독정화조(부패조, 여과조, 침전조) 및 오수처리시설(오니농축·저류조)를 청소할 때에 수거오니의 10%를 정도를 다시 투입하는 것이 관례였다. 결국 지금까지의 청소관례인 10%보다 더 많은 양을 종오니로 남겨둔다면 남겨둔 만큼 분뇨수거량이 감소할 것이기 때문에, 이 방법을 장래에 늘어날 것으로 예상되는 분뇨수거량의 저감방안의 하나로 검토하고자 한다.

한마디로 검토결과는 부정적이다. 이론적으로 단독정화조는 저온부패방식이기 때문에 분해효율이 매우 낮고, 우리나라의 경우 독성세제 등이 많이 유입되어 생물학적 분해를 방해함으로서 청소 후 10개월 정도가 지나면 고형물이 침전 또는 분해되지 않고 하수관로로 유출될 가능성이 높고 실제로 그러한 현상이 목격된다고 한다. 이러한 상황에서 단독정화조를 청소할 때 많은 양의 오니를 방치하면 분뇨의 하수관거로의 유출이 심화될 수 있고, 특히 우리나라 하수도에서는 악취가 많이 발생하기 때문에 도시의 환경관리측면에서도 불리하다는 우려가 제기되고 있다(심화식, 2006). 일본과 같이 하수도와 단독정화조가 발달된 곳에서도 전국적으로 단독정화조의 청소회수를 연 1회로 규정하고 있는 것은 바로 위에서 언급한 이유 때문이며(日本建設センター, 1996.6), 일본의 기준을 거의 그대로 모방하고 있는 우리나라이기 때문에 특별히 다를 것이 없는 상황이다. 사실 분뇨수거량의 10%를 남기는 것은 분뇨및축산폐수처리에관한법률 시행규칙 제82조를 준수하기 위한 관례일 뿐 10%를 남기라는 정확한 문구도 없었다. 게다가 분뇨및축산폐수처리에관한법률의 분뇨처리부분이 하수도법으로 통합되면서 종오니를 남기라는 규정마저도 사라진 상태이다.

결국 단독정화조를 청소할 때 종오니를 더 많이 남겨 늘어나는 분뇨수거량을 줄이는 방안은 현수준의 정화조의 구조의 규격, 하수관거의 상태, 법적 강제력 등에서 지원을 받기 어렵다고 판단되며, 연관하여 구상할 수

있는 정화조 규모의 축소나 연 1회로 규정된 청소시간의 연장과 같은 방안도 같은 맥락에서 긍정적으로 평가되기 어렵다.

3) 하수차집관거에 수집분뇨 투입

우리나라의 대부분의 도시는 하수관거의 상태가 부실하여 하수도가 보급된 지역의 경우에도 분류식지역이 아닌 지역에 위치하는 건물은 단독정화조를 설치해서 운영하고 침전된 분뇨는 정기적으로 장비를 이용하여 수거해서 분뇨처리시설에서 처리하도록 하고 있다. 서울에서는 악취 등에 관한 시민들의 불편을 원천적으로 방지하기 위해 분뇨처리시설로 운반하는 과정에서 차량에 적재된 분뇨를 다른 차량으로 옮겨 싣는 것 자체도 금지하고 있다. 한마디로 일단 차량에 적재된 분뇨는 분뇨처리시설로 곧바로 운반되어야 한다는 것이다. 이에 반하여 일본에서는 분류식이 아닌 합류식 하수관거지역의 건물은 단독정화조를 설치함이 없이 수세식 화장실의 세정수를 일반 생활하수와 함께 하수관거에 바로 투입하고, 건물피트오니, 이동식 화장실의 생분뇨 등은 차량을 이용하여 별도로 수거되는 공공하수처리시설 인근의 차집관로에 밀폐형 투입장치를 설치해서 투입하는 경우가 있다. 단독정화조를 설치하지 않고 수세식 화장실의 세정수를 합류식 하수관거에 직접 투입하는 방법까지 모방할 수는 없으나 차집관로에 수거분뇨를 투입하는 방식만으로도 분뇨처리시설에 반입되는 분뇨량을 줄일 수 있을 것이다. 따라서 이 방법을 향후 증가가 예상되는 분뇨수거량을 줄이고 관련하여 분뇨처리시설을 증설하지 않거나 증설을 하더라도 규모를 줄일 수 있는 방안으로 검토하고자 한다.

결론적으로 검토결과는 부정적이다. 서울의 차집관로는 주요 지천 및 한강변을 따라 설치되어 건물에서 발생한 하수를 공공하수처리시설까지 운반하는 역할을 하는데, 간선관거와 차집관로의 연결지점이 외부에 노출되어 있어 분뇨를 투입하면 악취가 외부로 유출 될 가능성이 매우 높다는 것

이 여러 이유 중 하나이다. 특히 서울의 차집관로들이 지나는 한강변과 주요 지천은 이미 서울시민의 산책로이나 공원으로 자리를 잡은 상태이기 때문에 만약 악취가 발생하게 되면 공공사업에 대해 심각하게 신뢰를 훼손할 수 있다는 것이 둘째 이유이다. 마지막 이유는 일본 도쿄도의 경우 하수관거의 매설위치가 깊고 관내를 부압상태로 유지시켜 하수관거에서 외부로 악취를 발산하지 않으며 도쿄도 23개구 전역에 14개소의 하수처리장이 설치되어 하수의 발생장소인 건물과 하수처리장 그리고 분뇨를 투입하는 차집관로지점과 하수처리장까지의 거리가 가까운 여건을 갖추고 있는데 반해, 서울은 관거의 매설깊이, 관거 내의 압력상태, 하수처리장의 개소수 등이 일본 도쿄도의 여건에 미치지 못하는 상황이다.

4) 분류식 하수관거 인근 신축건물의 분뇨 직투입

서울에는 <그림 5.3>과 같이 중랑하수처리구역에 13.2㎢, 탄천구역에 22.5㎢, 난지구역에 7.2㎢, 서남구역에 1.7㎢ 등 전체 44.6㎢의 분류식 하수관거지역이 있으며, 서울시 하수처리구역의 13%에 해당된다. 그림에서 분홍색 실선이 하수관거이고 분홍색 면은 분류식 하수관거지역이다. 분류식 하수관거지역은 오수정화시설 또는 단독정화조의 설치가 기본적으로 면제된다. 그렇지만 분류식 하수관로지역이 아니더라도 분류식 관거가 지나가는 인근 신축건축물이 전용관로를 분류식 관거에 연결하여 생활오수와 분뇨를 투입한다면 단독정화조를 설치하지 않기 때문에 그만큼 수거분뇨량이 감소하고 분뇨처리시설의 수요도 낮출 수 있을 것이다. 실제로 <표 5.3>과 같이 서울시 송파구 잠실동과 신천동 일대의 노후아파트 재건축 공사 및 마포구 상암동 상암Digital Media City(일명 상암DMC)에 건설되는 건물들은 인근을 지나가는 분류식 하수관거에 건물의 생활오수(수세식 화장실 세정수 포함)를 직접 분류식 관거에 투입하는 직투입 관거를 설치하였다고 한다. 잠실동과 신천동 일대에 재건축사업에 의해 건설되는 아파트가

24,134호이고 284동이다. 일반적으로 1동당 단독정화조가 하나씩 설치되고 1호당 거주인구 3.5인을 감안하면 이들 지역에 설치될 정화조의 규모, 즉 연간 1회의 청소에서 발생할 수거분뇨의 양은 8,747kL[38]이다. 2006년의 서울시 1일 분뇨수거량이 9,704kL이라는 점을 감안할 때 이 지역의 관거 직결공사 덕분에 1일분의 분뇨를 수거하지 않아도 되고 또한 그만큼 분뇨처리시설의 수요도 줄었다. 상암DMC에서 수세식 화장실 세정수의 하수관거에의 직투입은 잠실동과 신천동 일대의 아파트 재건축사업에서의 직투입보다 효과가 훨씬 큰 것 같다. <표 2.4>를 이용하여 이용인구를 추정하면 38,781인에 이르고 이를 토대로 단독정화조의 규모를 산출하면 약 81,500kL[39]이다. 2006년 서울 분뇨수거량의 대략 8일분이다. 이러한 대규모 개발사업은 분뇨수거량의 증가와 분뇨처리시설의 수요를 유발하지만 이들 지역과 같이 분뇨를 직투입하는 방법을 활용하면 서울시 전체 수거량의 증가없이 개발사업이 가능하다는 것을 보여주는 예라 할 수 있다.

---

38) • 총가구수 : 24,134호 • 동수 : 284동 • 동당 가구수 : 85가구
• 1가구당 인구 : 3.5인
• 1동당 인구수 : 85가구 x 3.5인 = 298
• 정화조 용량(kL) : [1.5 + 0.1 x (298-5)] x 284동 = 8,747kL

39) • 건물수 : 21개소 •건물연면적 : 10.18㎢
• 총 이용인구 : <표 2.4>의 업무용 적용 0.08 x 연면적(㎡)
= 0.08 x 10.18 x 1,000,000㎡ = 814,400인(건물당 38,781인)
• 정화조 용량(kL) : [1.5 + 0.1 x (38,781-5)] x 21건물 = 81,461kL

<그림 5.2> 서울시 분류식 하수관거지역(분홍색 실선과 면)

<표 5.3> 분류식 하수관거에의 화장실세정수 직투입 주요지역(2005~2007년)

구 분	지 역	규 모	비고
공동주택	송파구 잠실동, 신천동일대 노후아파트 재건축공사	잠실 1~4단지 : 218동, 17,288세대 시영단지 : 66동, 6,864세대	탄천구역
대형건물	마포구 상암DMC	SH공사외 21개소 건축연면적 : 10.18㎢	난지구역

임의의 지역에 대한 개발이 새롭게 추진되는 경우에 이 방식은 분명 새롭게 늘어날 분뇨수거량 증가문제를 근본적으로 해결해 줄 방법이다. 그

렇지만 개발지역이 분류식 하수관거지역이 아니라면 사업자에게 많은 재원을 요구하는 직결관거의 설치를 강요하기 어렵고 분류식으로 정비되었다 하여도 차집관거까지 거리가 너무 멀면 이 역시 강요하기 어렵다는 것이 이 방식을 실제로 추진하고자 하는 경우 드러나는 난제이다. 한마디로 향후 분뇨수거량 저감하는 확실한 방법으로 인정하기 어렵고 또한 어느 정도 분뇨수거량 저감에 기여할 지 정량적으로 평가할 수도 없는 상황이라는 것이다. 그럼에도 위의 예가 보여주듯 대규모 지역개발은 분뇨처리에 대한 영향이 매우 크기 때문에 다음과 방법 또는 조건들을 감안하면서 분류식 하수관거에의 직투입을 적극 검토 할 필요가 있다고 본다.

첫째, 조성면적 30만㎡이상[40]의 공공주택단지, 택지, 공영개발형식의 업무용단지 개발시에는 사업구역내에서 발생하는 모든 생활오수를 인근 분류식 하수관거로 직투입할 수 있도록 관거를 정비함을 원칙으로 하고 직투입 관거의 설치가 어려워 직투입이 곤란할 때는 합당한 사유를 제시하도록 한다.

둘째, 서울시 환경영형평가 대상사업을 검토함에 해당 사업 및 건축물이 분류식 하수관거나 차집관거에 인접할 때 정화조를 설치하는 대신에 모든 생활오수를 분류식 하수관거나 차집관거에 직투입하는 시스템을 갖추도록 권장한다.

셋째, 직투입 관거의 건설에 소요되는 비용과 단독정화조의 설치 및 관리에 소요되는 비용의 대비표를 작성하여 개발사업자들이 직투입 관거정비의 여부를 판단하는데에 도움을 주도록 하고, 공영개발시에서 기반시설 설치사업의 하나로 간주하는 방안도 검토한다.

---

40) 폐기물처리시설설치촉진및주변지역지원등에관한법률 제6조 및 동법 시행령 제4조에서 “조성면적 30만㎡이상의 공동주택단지 또는 택지”에서 대하여 폐기물처리시설을 직접 설치하거나 관할구역 지방자치단체에 처리시설의 설치비용을 납부하도록 규정하고 있음.

5) 종합평가

증가가 예상되는 서울에서의 분뇨수거량 또는 분뇨처리시설에 대한 부담을 줄이기 위해 단독정화조 대신 오수정화시설을 건물에 설치하는 방안, 정화조를 청소할 때 종오니를 더 많이 남겨두는 방안, 수거된 분뇨를 하수처리시설에 인접하는 하수관거에 투입하여 하수로서 하수처리시설에 도달하게 하는 방안, 대규모 지역개발 및 건축물 신축시에 분류식 하수관거에 수세식 화장실 세정수를 포함한 모든 생활오수를 직결관거를 설치하여 투입하는 방안 등 4가지 방안의 가능성을 검토하였다.

단독정화조 대신 오수정화시설을 건물에 설치하는 방안은 슬러지 탈수기 등을 설치하여 자체적으로 슬러지를 처분하지 않는 한 오히려 분뇨수거량을 늘리고 슬러지가 소량 발생하기 때문에 슬러지를 별도로 처리하는 경우는 거의 없는 것으로 나타났다. 우리나라의 정화조 용량에 충분한 여유가 있지 못하고 실제로 1년이 경과하면 생분뇨가 정화조로부터 누출되는 경우 등이 발견되어 관습적으로 남겨두던 10% 정도 이상으로 종오니를 남겨두는 것은 무리가 있고, 연관하여 1년이상으로 청소기간을 연장하거나 정화조용량을 축소하는 방안 등도 타당성이 없다고 판단되었다. 일본에서 사용하는 수거된 분뇨를 하수처리장 인근의 하수관거에 투입하는 방안은 차집관거의 설치지역이 한강과 주요지천변이고 이곳들이 이미 시민의 근린공원으로 이용되는 상황이어서 악취발생과 같은 문제유발이 우려되었다. 마지막으로 대규모 지역개발이나 공간을 개발할 때 모든 생활오수를 인근의 차집관거나 분류식 하수관거에 직투입하는 방안은 몇가지의 사례를 볼 때 매우 효과가 큰 것으로 나타났다. 그러나 강요할 수 있는 시스템이 없기 때문에 향후 대규모 개발에 대해서는 타당한 사유가 없는 한 직투입하도록 규정을 마련하고 그 이하 규모의 개발이나 신축건물에 대해서는 서울시 환경영향평가사업을 통해 권장할 필요가 있는 것 같다. 그럼에도 저감성과의 평가가 쉽지 않기 때문에 장래 분노발생량의 저감 및 분뇨처리시설

의 수요저감에 연결시키기는 어렵다.

2. 분뇨처리방법 비교

1) 잠재적 분뇨처리방법

서울을 비롯한 국내, 국외의 분뇨처리 사례를 종합하여 잠재적으로 도입할 가능성이 있는 분뇨처리방법을 “이물질제거+하수병합”, “생물학적전처리+하수병합”, “공공분뇨처리시설방류수”, “공공하수처리시설방류수” 등 4가지로 분류하였다.

“이물질제거+하수병합” 방식은 전용차량과 같은 장비에 의해 수거 운반된 분뇨로부터 머리카락, 토사, 과일씨 등의 이물질을 제거한 후에 하수처리공정으로 분뇨를 투입하여 처리하는 방식으로 서울을 비롯하여 우리나라의 많은 도시들이 채택하고 있는 방법이다. 일본, 미국을 비롯한 선진국의 사례에서 보듯 하수도의 여건만 허락된다면 분뇨는 하수관거에 직접 투입하여 하수와 함께 처리하기 때문에 우리나라에서도 수거된 분뇨를 하수처리시설에 투입하여 처리하는 것에 대해 크게 거부감이 없고 새로이 개정된 하수도법(2006년 9월 27일)에서는 분뇨의 처리에 관한 사항을 하수도분야에서 다루도록 규정하고 있다. 환경부가 하수처리시설에서 분뇨, 음식물쓰레기를 하수와 병합처리할 때 인, 질소의 경우 계획부하량의 10%이내에서 반입하도록 규제하는 것은 2차처리 중심의 우리나라 하수처리방법에 비추어볼 때 하수이외의 여타 반입물에 의해 하수처리기능이 악영향을 받지 않을까 하는 우려 때문이며, 한편으로는 병합처리를 인정하는 규정이기도 한 것이다. 우리나라는 하수처리시설의 정화능력을 강화하기 위해 2008년부터 BOD 10mg/L, COD 40 mg/L, SS 10mg/L, TN 20mg/L, TP 2mg/L 이하로 방류수 수질을 강화한 바, 이에 대응하기 위해 서울시는 2020년을 목표로 하는 하수도재정비계획을 현재 수립 중에 있다. 만약 그 정비계획

에서 분뇨에 의한 부하를 미리 고려하여 하수고도처리시설을 설치한다면 지금보다 더 안정적인 병합처리시스템을 구축할 수 있을 것이다.

“생물학적전처리+하수병합” 방식은 BOD 약 6천mg/L, SS 약 9천mg/L, T-N 약 7백mg/L, T-P 약 130mg/L에 이르는 <표 4.2>와 같은 서울시 수거분뇨의 성분을 생활하수의 일반적인 수질상태인 BOD 약 200mg/L, SS 약 200mg/L 정도까지 낮추는 생물학적 처리시설에서 처리한 후에 그 방류수를 공공하수처리시설로 유입시켜 하수와 함께 다시 처리하는 방법이다. 물론 분뇨는 전용차량과 같은 장비에 의해 수거되어 처리시설로 운반되어야 하며, 호기성 조건의 생물반응조, 탈질 반응조 등으로 구성된 생물학적 전처리시설을 별도로 갖추어야 한다. 우리나라의 분뇨처리 사례 중 부산시 위생사업소와 용인시 분뇨처리시설이 이와 같은 수준의 기능을 갖추고 있으며, 부산시 시설의 경우 BOD, SS 모두 40mg/L 내외로 처리한 후에 인근 공공하수처리시설에서 다시 처리하고 있다.

“공공분뇨처리시설방류수” 방식은 전용분뇨처리시설을 건설하여 그 곳에서 처리한 분뇨를 공공하수처리시설에서 다시 처리하지 않고 곧바로 공공수역에 방류하는 방법이다. 우리나라 하수도법 제7조 및 동법 시행규칙 제3조는 분뇨처리시설이 그 처리수를 공공수역에 방류할 경우에 BOD 30mg/L이하, COD 50mg/L이하, SS 30mg/L이하, T-N 60mg/L이하, T-P 8mg/L이하, 총대장균군수 3,000개수/mL이하로 방류수의 수질을 확보하도록 요구하고 있다. 결국 부산시 위생사업소 및 용인시 분뇨처리시설보다 더 높은 성능의 시설이 필요한데, 이러한 요건을 구비하는 시설의 예로서 신안분뇨처리시설과 부안분뇨처리시설을 들 수 있다. 이들 시설은 질소를 제거하는 전용공정을 비롯하여 화학적 응집 및 활성탄 흡착공정과 같은 방류수질을 확실하게 보장하는 공정을 배치함으로써 공공수역에 직접 방류할 수 있는 법적 요건을 충족시키고 있다.

“공공하수처리시설방류수” 방식은 분뇨를 공공하수처리시설에서 다시

처리하지 않고 곧바로 공공수역에 방류할 수 있도록 전용시설에서 처리하는 방법인데, 처리수의 수질조건은 2008년부터 적용되는 공공하수처리시설의 방류수 정도이어야 할 것 같다. 이러한 수준의 시설사례는 일본의 후쿠오까 懸央環境施設組合 汚泥再生處理센터에서 찾아볼 수 있다. 후쿠오까시설은 질소제거 이외에 1차막분리, 화학적 응집에 이은 2차막분리, 활성탄흡착, 소독과정과 같은 수처리기능 이외에 분리된 고형물의 퇴비화와 같은 자원화 기능, 치밀한 악취제어 등 복잡하고 정교한 능력을 보유하고 있다. 만약 한강 본류에 직접 방류하는 분뇨처리시설을 서울에 설치한다면 이 정도의 성능을 확보해야 한다고 판단된다.

2) 처리방법별 비용 비교

<표 5.14>에는 위에서 언급한 4가지의 분뇨처리방법에 대한 처리비용을 보여주고 있다. 처리비용은 시설투자비와 운영비로 구분하며, 현장성을 살리기 위해 기존 시설들의 건설비 및 운영 자료를 이용하였다. 그리고 처리방법들의 비용차이를 확연하게 느낄 수 있도록 장래 늘어날 서울시의 예상 분뇨수거량(2020년 13,149kL/일)과 현재의 시설용량(1일 9,600kL)과의 차이에 해당하는 분뇨량(3,549kL/일)을 처리할 때 소요되는 연간비용도 산출하였다.

분뇨 1kL당 시설투자비는 “이물질제거+하수병합” 방식일 때 913원으로 가장 낮고, 가장 높은 “공공하수처리시설방류수” 방식에서 27,022원으로 “이물질제거+하수병합” 방식보다 30배 정도의 차이를 보인다. 시설운영비에서도 “이물질제거+하수병합” 방식일 때 가장 낮은 4,000원/kL 수준이고 가장 높은 “공공하수처리시설방류수” 방식에서는 1kL당 27,024원이 소요된다. 시설투자비든 시설운영비든 분뇨처리시설의 방류수 수질이 낮아질수록 상승하며 특히 분뇨를 정화하여 직접 공공수역에 방류할 때 급속하게 비용이 상승하는 특성을 보인다.

수거된 분뇨로부터 이물질만 제거하고 하수처리시설에서 다시 처리하는 “이물질제거+하수병합” 방식은 분뇨 1kL당 시설투자비가 913원, 시설운영비가 4,000원으로 시설운영비가 시설투자비보다 많이 소요되었으며, 현재의 시설용량을 초과하여 발생하게 될 1일 3,549kL의 분뇨처리에 연간 64억원이 소요될 전망이다.

수거분뇨를 생활하수 수준으로 처리한 후 다시 공공하수처리시설에서 처리하는 “생물학적전처리+하수병합” 방식은 초과 발생분뇨 3,549kL/일 처리에 연간 184억원의 소요가 예상된다. 결국 “이물질제거+하수병합” 방식보다 약 3배 정도 더 많은 비용을 요구하며, 이 방식에서 1kL당 시설투자비는 9,477원, 시설운영비는 4,697원이다.

분뇨를 처리하여 공공수역에 직접 방류하고 우리나라의 분뇨처리시설 방류수 기준을 만족시키는 “공공분뇨처리시설방류수” 방법에 의해서는 분뇨처리시설의 시설용량을 초과하는 3,549kL/일 처리에 연간 446억원의 소요가 예상된다. 이는 “이물질제거+하수병합” 방식의 비용보다 약 7배 높다. 이 방식에서 분뇨 1kL당 시설투자비는 9,758원, 시설운영비는 24,719원이다.

수거분뇨를 2008년부터 적용되는 공공하수처리장의 방류수 수질기준을 만족시키는 수준으로 정화하여 공공수역에 방류하는 “공공하수처리시설방류수” 방식에서는 분뇨처리시설의 시설용량을 초과하는 3,549kL/일의 분뇨처리에 연간 700억원이 소요될 전망이다. 이는 “이물질제거+하수병합” 방식보다 11배 많은 비용으로 1kL의 분뇨처리에 시설투자비(27,022원), 시설운영비(27,024원) 모두 높다.

이상의 분석결과는 분뇨처리를 독자적으로 그리고 엄격하게 할수록 많은 비용이 소요되고 반면에 하수병합과 같이 타시설에 의존하여 처리할 경우에 상대적으로 저렴한 비용이 소요됨을, 또한 분뇨처리시설에서의 방류수의 수질에 따라 비용에 많은 차이가 있음을 분명하게 보여주고 있다. 양

질의 방류수를 생산하는 시설일수록 분뇨 1kL의 처리비에 소요되는 시설투자비와 시설운영비의 격차가 줄어드는 현상도 확인할 수 있다.

<표 5.4> 분뇨처리방법과 처리비용

방 법		내 용
이물질제거+하수병합(방류수 BOD 약 6,000mg/L)	시설 투자비	•참고시설 : 서울분뇨처리시설(2,000kL/일) •시설투자비 : 10,000백만원 •1kL당 투자비 : 913원(=10,000백만원÷2,000kL÷365일÷15년) *광주위생처리장 719원*
	시설 운영비	•참고시설 : 서울분뇨처리시설 •1kL당 반입료 : 3,500 •1kL당 운영비 : 4,000원(악취제어 강화로 상승 예상) *광주위생처리장 3,075원*
	서울소요비용	•추가처리량 : 3,549kL/일 *이하 동일* -예상발생량 : 13,149kL/일(2020년) -현재의 시설용량 : 9,600kL/일 **•연소요비용 : 64억원** -시설투자비 : 12억원(=913원 x 3,549kL x 365일) -시설운영비 : 52억원(=4,000원 x 3,549kL x 365일)
생물학적전처리+하수병합(방류수 BOD 200mg/L이내)	시설 투자비	•참고시설 : 부산위생사업소(3,500kL/일) •시설투자비 : 181,600백만원 •1kL당 투자비 : 9,477원 (=181,600백만원÷3,500kL÷365일÷15년)
	시설 운영비	•참고시설 : 부산위생사업소(3,500kL/일) •시설운영비 : 6,000백만원 •1kL당 운영비 : 4,697원 (=6,000백만원÷3,500kL÷365일)
	서울 소요 비용	**•연소요비용 : 184억원** -시설투자비 : 123억원(=9,477원 x 3,549kL x 365일) -시설운영비 : 61억원(=4,697원 x 3,549kL x 365일)
공공분뇨처리시설 방류수 (방류수 BOD 30mg/L이내)	시설 투자비	•참고시설 : 부안분뇨처리시설(80kL/일) •시설투자비 : 4,274백만원 •1kL당 투자비 : 9,758원(=4,274백만원÷80kL÷365일÷15년) *신안분뇨처리시설은 42,923원*
	시설 운영비	•참고시설 : 부안분뇨처리시설(80kL/일) •1kL당 운영비 : 24,719원(출처 : 환경관리공단, www.konetic.or.kr) *신안분뇨처리시설은 107,362원*

	서울 소요 비용	•**연소요비용 : 446억원** –시설투자비 : 126억원(=9,758원 x 3,549kL x 365일) –시설운영비 : 320억원(=24,719원 x 3,549kL x 365일)
공공하수처리시설방류수(방류수 BOD 10mg/L이내)	시설 투자비	•참고시설 : 후쿠오까 汚泥再生處理센터(146kL/일) •시설투자비 : 270백만엔(100엔≒800원) •1kL당 투자비 : 27,022원(=270백만엔 x 8 ÷ 146kL ÷ 365일 ÷ 15년)
	시설 운영비	•참고시설 : 후쿠오까 汚泥再生處理센터(146kL/일) •시설운영비 : 180백만엔 •1kL당 운영비 : 27,024원(=180백만엔 x 8 ÷ 146kL ÷ 365일)
	서울 소요 비용	•**연소요비용 : 700억원** –시설투자비 : 350억원(=27,022원 x 3,549kL x 365일) –시설운영비 : 350억원(=27,024원 x 3,549kL x 365일)

3) 처리방법별 전력소비량 및 온실가스배출량

<표 5.5>에는 분뇨의 처리방법에 따른 전력소비량과 온실가스배출량을 정리하였다. 비용분석에서 참고시설로 활용된 시설과 동일한 시설의 연간 운영자료를 토대로 분뇨 1kL당 단위소비전력을 산출하였다. 온실가스배출량은 먼저 단위소비전력과 서울시의 예상 분뇨수거량(2020년 13,149kL/일)과 현재의 시설용량(1일 9,600kL)과의 차이에 해당하는 분뇨량(3,549kL/일)을 이용하여 연간 전력소비량을 구하고, 여기에 우리나라에서 전력 1kWh를 생산할 때 발생하는 단위 온실가스량(CO_2량/kWh)을 곱하여 연간 온실가스배출량을 산출하였다. 한편 온실가스의 배출량에 대한 이해를 돕기 위해 연간 각 처리방법별 온실가스배출량을 서울에서 운행되는 버스(연료는 경유)의 연간 온실가스배출량과의 등가량, 즉 몇 대의 버스가 배출하는 온실가스와 같은 양인가의 형태로 다시 표시하였다.

각 처리방법별 전력소비량은는 1kL의 분뇨를 처리함에 있어 “이물질제거+하수병합” 방식에서 2kWh, “생물학적전처리+하수병합” 방식에서 8kWh를 소비하는 하는 것으로, 그리고 “공공분뇨처리시설방류수” 방식에서 대

폭 증가하여 1kL의 분뇨당 47kWh를, “공공하수처리시설방류수” 방식에서는 63kWh를 소비하는 것으로 분석되었다.

3,549kL/일의 분뇨를 연간 처리할 때 소비되는 전력량은 “이물질제거+하수병합”일 때 259만kWh(최소), “공공하수처리시설방류수” 방식일 때 8,161만kWh(최대)의 범위였다. 이를 서울에서 운행하는 버스 등가량으로 환산하면 “이물질제거+하수병합”일 때 3대, “생물학적전처리+하수병합”일 때 13대, “공공분뇨처리시설방류수”일 때 76대, “공공하수처리시설방류수”일 때 102대의 버스가 연간 배출하였다.

이상의 분석결과를 볼 때 소요비용과 유사한 형태로 분뇨처리시설에서 고도의 처리를 할수록 많은 전력을 소비하고 비례하여 많은 온실가스를 배출하게 된다. 엄밀하게 분석하려면 분뇨의 하수병합으로 하수처리계통에서 더 많은 공기의 주입하고 그에 따른 전력소비도 감안해야 하나 하수량과 비교할 때 분뇨량이 극히 적고 별도로 전력소비량을 산출하는 것 또한 쉽지 않아 고려하지 않았다. 결국 하수병합은 독자적인 시설을 갖추어 분뇨를 처리하는 경우보다 비용, 에너지 양자 모두에서 유리한 것으로 판단된다.

<표 5.5> 분뇨처리방법에 따른 전력소비량 및 온실가스배출량

방 법	전력소비량	온실가스배출량
이물질제거+하수병합 (방류수 BOD 약 6,000mg/L)	•참고시설 : 서울 중랑분뇨처리시설 •소비기간 : 2007.1월~8월 •소비량 : 794,045kWh •분뇨처리량 : 811,916kL •**단위소비전력 : 2kWh/kL** (악취제어설비의 강화 등을 감안)	•연소비전력 : 2,590,770kWh −2kW x 3,549kL[41] x 365일 •**연간 온실가스배출량 : 362톤 $-CO_2$** −0.14kg−CO_2[42] x 2,590,770kWh •**버스동등배출량(경유) : 3.2대** −362ton ÷ 112톤−CO_2[43]
생물학적전처리+하수병합 (방류수 BOD)	•참고시설 : 부산위생처리사업소 •소비기간 : 2006.1월~12월 •소비량 : 6,233,460kWh •분뇨처리량 : 1,056,518kL •**단위소비전력 : 8kWh/kL**	•연소비전력 : 10,363,080kWh −8kW x 3,549kL x 365일 •**연간 온실가스배출량 : 1,451톤 $-CO_2$** −0.14kg−CO_2x 10,363,080kWh

200mg/L 이내)	(악취제어설비의 강화 등을 감안)	•**버스동등배출량(경유) : 13대** −1,451톤 ÷ 112톤−CO_2
공공분뇨처리시설 방류수 (방류수 BOD 30mg/L 이내)	•참고시설 : 부안분뇨처리시설 •소비기간 : 2005년 •소비량 : 472,285kWh •분뇨처리량 : 9,988kL •**단위소비전력 : 47kWh/kL** (탈질, 혼화, 탈수, 활성탄흡착, 악취제어 등)	•연소비전력 : 60,883,095kWh −47kW x 3,549kL x 365일 •**연간 온실가스배출량 : 8,524톤−CO_2** −0.14kg−CO_2 x 2,590,770kWh •**버스동등배출량(경유) : 76대** −8,524톤 ÷ 112톤−CO_2
공공하수처리시설 방류수 (방류수 BOD 10mg/L 이내)	•참고시설 : 후쿠오까 汚泥再生處理센터 •소비기간 : 2006.4월~2007.3월 •소비량 : 3,334,570kWh •분뇨처리량 : 53,290kL •**단위소비전력 : 63kWh/kL**(탈질, 혼화, 막여과, 탈수, 활성탄흡착, 퇴비화, 악취제어 등)	•연소비전력 : 81,609,255kWh −63kW x 3,549kL x 365일 •**연간 온실가스배출량 : 11,425톤−CO_2** −0.14kg−CO_2x 81,609,255kWh •**버스동등배출량(경유) : 102대** −11,425톤 ÷ 112톤−CO_2

41) 장래 늘어날 서울시의 예상 분뇨수거량(2020년 13,149kL/일)과 현재의 시설용량(1일 9,600kL)과의 차이에 해당하는 분뇨(3,549kL/일). 장래 예상수거량은 <표 3.3> 참조

42) 산업자원부에서 조사한 국가 LCI DB(2000)의 전기에 관한 결과로 전력 1kWh를 생산할 때 1.36x 10^{-1} kg-CO_2에 해당하는 온실가스가 배출된다고 함.

43) • 서울시 버스(경유) 연간주행거리 : 80,916km(김운수, 2006)
• 버스(경유) 1km 주행시 온실가스배출량-이산화탄소 : 1.382kg/km(국립환경과학원, 2005)
• 연간 버스(경유) 온실가스배출량-이산화탄소 : 112톤/대(=80,916km x 1.382kg/km)

제2절 분뇨수거량 증가에 대응하는 처리방안

1. 대응원칙

건축물의 연면적이 증가하고 이에 따라 건물의 분뇨저장장소인 정화조의 규모가 커지면서 분뇨수거량이 현재 보유하고 있는 서울의 분뇨처리시설(1일 9,600kL)을 2011년에는 1,248kL, 2020년에는 3,549kL를 초과한다(Ⅲ 3장). 지금과 동일하게 하수병합방법에 의해 분뇨를 처리할 경우, 분뇨투입은 일정 부분 방류수 수질에 영향을 미치고 정부에서 정한 시설운영기준을 지키기 어렵다(Ⅳ장). 건물이나 분뇨처리시설로의 도달이전의 분뇨수거단계에서 분뇨수거량을 줄일만한 적절한 방법을 찾기 어렵고 특히 하수병합처리에서 벗어나 양질의 방류수를 생산하면 할수록 많은 비용과 전력을 소모하고 많은 온실가스도 발생시킨다(Ⅴ장제1절). 이상이 지금까지의 주요 연구결과라 할 수 있다. 이상과 같은 분석결과와 여건 등을 감안하고 향후 늘어날 것으로 예상되는 분뇨수거량에 대응하는 처리방안을 모색하고자 다음과 같은 여덟 가지의 대응원칙을 설정하였다.

첫째, 서울에서는 가시적인 기간 내에 분류식 하수관거지역의 확대나 합류식 하수관거지역의 완벽한 정비 같은 방법에 의해 분뇨수거량을 줄일 가능성은 없다. 따라서 발생할 또는 추가 발생이 예상되는 분뇨는 전량 수거하여 분뇨처리시설에서 처리한다(**분뇨처리시설의 추가적인 확보**).

둘째, 지금까지 서울의 분뇨는 하수와의 병합처리를 근간으로 처리하여 왔고 시민들도 이러한 처리방법에 익숙하다. 또 공공수역에 방류할 수준으로 까지 분뇨를 처리하기 위해서는 새로운 부지 및 시설 확보가 필요한데, 기피시설 중 하나이기 때문에 사회적인 마찰이 불가피하다. 따라서 하수와의 병합처리를 분뇨처리의 중심축으로 유지한다. 병합처리는 비용적, 환경적 측면에서도 유리하다(**하수와의 병합처리 유지**).

셋째, 분뇨를 하수와 병합처리 함에 있어 이미 확보된 분뇨처리시설을

충분하게 활용하고, 용량의 변경이나 증설이 필요할 경우에는 특정 하수처리시설에 오염부하가 집중되지 않도록 하수처리시설의 용량을 감안하여 분뇨량의 배분을 도모한다(**하수처리시설에의 부하 균등화**).

넷째, 기존에 확보된 용량을 포함하여 향후 증설이 필요한 분뇨처리시설의 용량까지를 향후 하수처리시설의 고도화 사업에서 하수처리시설의 계획부하에 반영하여 하수처리시설의 처리능력을 충분하게 확보하고 총질소, 총인 등과 관련된 관련 법규상의 운영기준을 준수하는 여건을 사전에 조성하도록 한다(**분뇨투입에 따른 부하를 하수처리시설의 계획부하로 간주하고 하수처리시설 고도화사업 추진**).

다섯째, 분뇨처리시설의 용량변경이나 용량증설을 위한 시설변경사업은 2020년(추정발생량 13,149톤/일)을 바라보면서 추진하되, 간단한 개보수공사로 가능한 용량변경을 먼저 추진하고 토목, 기계공사 등 종합적인 건설공사를 요구하는 증설사업은 사업의 용이성을 감안하여 용량변경사업 이후에 단계적으로 추진한다(**단계적인 시설정비**).

여섯째, 하수처리장의 계획부하를 초과하거나 과도한 총질소, 총인의 유입억제와 같은 하수처리장의 운영기준의 준수를 위협할 분뇨량에 대해서는 전처리이상의 성능을 갖춘 분뇨처리시설을 설치하여 처리하고 이후 하수처리장에서 추가적으로 처리하거나 공공수역에 직접 방류한다(**하수처리시설 계획부하 이상의 분뇨에 대한 처리강화**).

일곱째, 향후 새롭게 확보할 시설은 철저한 악취제어기능을 갖추도록 하며, 가동 중인 시설들도 적절하게 악취를 제어할 수 있도록 개보수하여 환경기초시설로서 분뇨처리시설의 품위를 높인다(**악취 제어 강화**).

여덟째, 분뇨처리시설의 용량변경, 증설 또는 분뇨량의 시설별 안배 등의 사업에 의해 현재 자치구별로 사용하고 있는 분뇨처리시설에 조정이 필요할 때는 이에 맞추어 시설별 처리권역을 탄력적으로 조정함으로써 확보된 분뇨처리시설의 활용도를 높인다(**시설별 처리권역의 탄력적 조정**).

2. 기존시설의 용량확대에 의한 분뇨처리시설 확보

• 대상시설 : 기존시설의 용량을 확대함에 의해 분뇨처리시설의 시설용량을 추가로 확보할 수 있는 시설은 중랑물재생센터의 중랑분뇨처리시설이다.

• 필요성 : 중랑분뇨처리시설은 이물질만 제거한 후에 고액분리를 통해 농축액과 상징수를 분리하여 하수처리 및 슬러지처리계통으로 분배하는 기능을 수행하는데, 이미 시설용량인 1일 3,100kL이상의 분뇨를 처리할 수 있는 설비를 갖추고 있는 상태이다. 따라서 간단한 시설보완을 거쳐 더 많은 분뇨의 처리가 가능하며, 이러한 방법을 채택함으로써 새로운 시설을 설치할 때 요구되는 비용을 줄이고 새로운 부지의 잠식도 원천적으로 없애며 새로운 시설을 건설할 때 발생할 수 있는 인근 주민들과의 갈등도 배제할 수 있다. 하수처리시설의 용량과 분뇨처리시설의 용량 비교에서도 중랑분뇨처리시설은 <표 5.6>과 같이 난지시설의 0.45%보다 매우 낮은 0.18%에 불과하다. 한편 근거리의 자치구를 기준으로 형성된 현재의 분뇨처리권역이 그대로 유지될 경우 2011년에는 현재의 시설용량 1일 3,100kL보다 33%, 2020년에는 61%를 초과한 양이 중랑분뇨처리시설로 반입될 전망이고 그 증가폭이 난지시설의 경우보다 매우 빠르다. 2006년에도 이미 분뇨처리시설의 시설용량을 약 200톤 정도 초과한 양이 반입됨에 의해 장래의 폭발적인 반입량 증가 가능성을 대변하고 있는 상황이다. 중랑분뇨처리시설은 최근에 저류조와 농축능력을 보강하고, 탈취의 제어를 위한 공사를 진행중에 있어 약간의 보완만으로도 현재의 시설용량을 일정 수준까지 확대할 유리한 조건을 갖추고 있다. 중랑분뇨처리시설의 용량확대는 위에서 언급한 8가지의 대응원칙 중 시설의 추가확보, 하수와의 병합처리 유지, 하수처리시설에의 부하 균등화, 단계적인 시설 정비와 같은 원칙들과 잘 부합하는 사업이다.

<표 5.6> 중랑분뇨처리시설과 난지분뇨처리시설의 반입량 부하 여건

구분	중랑분뇨처리시설	난지분뇨처리시설
분뇨처리시설 용량/ 하수처리시설 용량	0.18% (=3,100/1,710,000)	0.45% (=4,500/1,000,000)
2011년 예상 반입량/ 분뇨처리시설 용량	1.33 (=4,113/3,100)	0.80 (=3,617/4,500)
2016년 예상 반입량/ 분뇨처리시설 용량	1.45 (=4,509/3,100)	0.86 (=3,861/4,500)
2020년 예상 반입량/ 분뇨처리시설 용량	1.61 (=4,991/3,100)	0.92 (=4,156/4,500)

• 시설용량 확대 방안 : 시설용량을 현재의 1일 3,100kL에서 4,000kL로 확대한다. 이 경우 하수처리시설 용량 대비 분뇨처리시설의 용량이 0.18%에서 0.23%(난지시설은 0.45%)로 증가하지만 난지분뇨처리시설의 난지하수처리시설에 대한 유량부하보다는 여전히 낮다. 필요한 것은 지금의 시설에다 기계식 농축기 1기의 추가로 증설하는 사업이다. 현재의 농축능력도 1일 5,400㎥에 달하지만 1일 1,800㎥ 정도의 하수처리시설 잉여슬러지를 함께 처리하기 때문에 이를 고려하면 현재의 시설에서 대응할 수 있는 분뇨의 총량은 1일 3,600kL에 불과하다. 따라서 <표 5.7>과 같이 1대의 기계식 농축기를 추가로 설치하면 1일 4,000kL의 분뇨를 처리할 수 있게 된다.

<표 5.7> 중랑분뇨처리시설의 시설용량 확대 방안

구분	변경 전	변경 후
하수처리시설 용량 대비 분뇨처리시설 용량	0.18% (=3,100kL/1,710,000㎥)	0.23% (=4,000kL/1,710,000㎥)
시설 변경 내역	■ 농축조 : 1,100㎥/일 (=275㎥ x2조) ■ 기계식 농축기 : 4,320㎥/일(=60㎥/시간x3대)	■ 농축조 : 1,100㎥/일(=275㎥ x 2조) ■ 기계식 농축기 : 4,320㎥/일 (=60㎥/시간x 4대) *1대는 예비임.

3. 기존시설의 증설에 의한 분뇨처리시설 확보

• 대상시설 : 기존 분뇨처리시설에 처리공정을 증설하여 서울의 분뇨처리기반을 확대할 곳은 서남물재생센터의 서남분뇨처리시설이다.

• 필요성 : 서남분뇨처리시설은 <표 5.8>과 같이 하수처리시설 용량 대비 분뇨처리시설 용량이 난지시설의 0.45%보다 매우 낮은 0.10%에 불과하다. 하지만 근접지역을 중심으로 형성된 현재의 분뇨 반입 구역 또는 처리권역이 그대로 유지될 경우 2011년에는 분뇨시설용량보다 56%, 2020년에는 100%를 초과하는 많은 양의 분뇨가 반입될 전망이다. 2006년에도 이미 시설용량 1일 2,000kL를 약 600kL 정도 초과한 양이 반입되었다. 서남물재생센터는 2개의 하수처리공장으로 구성되어 있는데, 서남분뇨처리시설에서 전처리된 분뇨는 제1공장으로만 투입되었다. 따라서 제2하수처리공장으로 전처리한 분뇨를 투입할 분뇨처리시설을 만들면 전체적으로 하수처리계통에 부담을 주지 않고 처리시설을 신규로 확보할 수 있다. 중랑분뇨처리시설의 용량확대는 위에서 언급한 8가지의 대응원칙 중 시설의 추가확보, 하수와의 병합처리 유지, 하수처리시설에의 부하 균등화, 단계적인 시설 정비라는 원칙들과 부합하는 사업이다.

<표 5.8> 서남분뇨처리시설과 난지분뇨처리시설의 반입량 부하 여건

(단위 : 분뇨 kL, 하수 m^3)

구분	서남분뇨처리시설	난지분뇨처리시설
분뇨처리시설 용량/ 하수처리시설 용량	0.10% (=2,000/2,000,000)	0.45% (=4,500/1,000,000)
2011년 예상 반입량/ 분뇨처리시설 용량	1.56 (=3,118/2,000)	0.80 (=3,617/4,500)
2016년 예상 반입량/ 분뇨처리시설 용량	1.75 (=3,504/2,000)	0.86 (=3,861/4,500)
2020년 예상 반입량/ 분뇨처리시설 용량	2.00 (=4,002/2,000)	0.92 (=4,156/4,500)

• 서남분뇨처리시설 증설 방안 : 현재 1일 2,000kL인 서남분뇨처리시설의 시설용량을 1일 4,000kL로 확장한다. 이 경우 서남물재생센터의 하수처리시설 용량대비 분뇨처리시설의 용량은 현재의 0.10%에서 0.20%로 상승하나 여전히 난지분뇨처리시설의 0.45%, 중랑분뇨처리시설의 0.23%(위에서 제안한 바와 같이 용량을 확대하는 경우)과 비교할 때는 낮은 수준이다. 추가로 건설될 2,000kL의 시설은 하수처리시설 제2공장과 연계하여 전처리된 분뇨를 투입할 수 있도록 적절한 위치에 설치한다. 신규시설의 확보에 요구되는 장치로는 저류조, 종합협잡물처리기, 기계식 농축기, 원심탈수기, 탈취기 등이며, 건물로는 기존에 확보되어 있는 송풍기동을 활용함으로써 건축공사비용을 절감한다. <표 5.9>은 서남분뇨처리시설의 증설 전후의 반입량 부하 및 시설변경내용이다.

<표 5.9> 서남분뇨처리시설 증설 방안 (단위 : 분뇨 kL, 하수 m^3)

구분	변경 전	변경 후
하수처리시설	0.10%	0.20%

용량 대비 분뇨처리시설 용량	(=2,000/2,000,000)	(=4,000/2,000,000)
시설변경	■ 1처리장(2,000톤/일)	■ 1처리장(2,000kL/일) : 존속 ■ 2처리장(2,000kL/일) : 신축 -저류조(1,000㎥/일) : 2지 -종합협잡물처리기(150㎥/시간) : 2대 -기계식 농축기(60㎥/시간) : 3대(1대 예비) -원심탈수기(30㎥/시간) : 2대 -탈취기(500㎥/분) : 2대 *건물은 송풍기동 활용

4. 전용 분뇨처리시설 확보

• 확보 시기 : 중랑분뇨처리시설의 용량 확대 및 서남분뇨처리시설의 증설 공사가 종료되고 현재 계획 중인 하수처리시설의 고도화 공사가 모두 종료된 이후에도 확보된 분뇨처리시설에 의해 처리할 수 없는 분뇨량이 발생할 경우에는 하수처리계통에 부담으로 주지 않도록 “생물학적전처리+하수병합”과 같이 분뇨의 오염성분을 대폭 줄여 하수처리시설에서 다시 처리하거나 “공공하수처리시설방류수” 방식과 같이 하수처리수준으로 분뇨를 처리하여 한강에 직접 방류하는 처리시스템을 갖춘다.

• 설치 장소 : “생물학적전처리+하수병합”방식을 채택할 때는 기존 분뇨처리시설과 연계하여 생물학적 전처리시설을 건설한다. “공공하수처리시설방류수” 방식을 도입하는 경우에도 기피시설의 입지가 어려운 서울의 토지상황을 감안할 때 부지에 여유가 있는 하수처리장에 건설할 수밖에 없을 것이다.

• 필요성 : 첫째, 하수처리시설 고도화 공사 후에도 분뇨수거량이 계속 증가하고 이들을 하수병합처리방법으로 처리할 경우 하수처리시설의 방

류수에 심각한 영향을 준다고 판단될 때는 분뇨의 오염성분을 대폭 낮추거나 독자적인 방류체계를 갖춘 분뇨처리시설을 확보한다. 둘째, 분뇨수거량이 증가하지는 않았지만 하수량이 줄어 하수와의 병합처리가 방류수에 심각한 영향을 줄 때는 분뇨의 오염성분을 대폭 낮추거나 독자적인 방류체계를 갖춘 분뇨처리시설을 확보한다. 이 방안은 언급한 8가지의 대응원칙 중 시설의 추가확보, 단계적인 시설 정비, 계획부하이상의 분뇨에 대한 처리 강화라는 원칙들과 부합한다.

- 전용 분뇨처리시설 확보 방안 : 분뇨의 처리여건에서 이미 검토한 바 있는 "생물학적전처리+하수병합", "공공분뇨처리시설방류수", "공공하수처리시설방류수" 중 하나의 방식을 선택해야 한다. "생물학적전처리+하수병합"방식도 엄밀하게는 하수병합방식이다. 그러나 이미 분석한 바대로 분뇨를 생활하수 수준까지 처리함에 의해 하수처리시설에 대한 부하를 대폭 줄이고 비용과 에너지 측면에서도 처리수를 직접 방류하는 "공공분뇨처리시설방류수" 및 "공공하수처리시설방류수" 방식보다는 크게 유리한 방식이다. 부산위생처리사업소와 용인분뇨처리시설이 이러한 방식의 시설을 갖추고 있으며, 이물질 제거, 탈질 등이 기본공정이다. 분뇨 처리수를 하천에 직접 방류하고자 할 경우에는 "공공분뇨처리시설방류수" 및 "공공하수처리시설방류수" 중에서 택일을 하여야 하는데, 서울의 경우에는 시민들이 자주 찾고 애용하는 한강이나 주요지천에 방류해야 하기 때문에 공공하수처리시설의 방류수에 버금가는 물을 생산할 수 있는 "공공하수처리시설방류수"방식을 선택해야 할 것이다. 이러한 성능을 갖춘 시설은 우리나라에는 없고, 외국의 예를 볼 때 탈질 탈인 설비, 막처리 설비, 응집침전설비, 소독설비, 탈취설비 등은 반드시 필요하고 부산물의 완벽한 제어를 위해 슬러지의 탈수 및 퇴비화설비 등도 갖추고 있었다. <표 5.10>은 전용 분뇨처리시설을 설치하는 경우에 각 시설이 갖추어야할 능력을 수질기준과 공정으로 구분하여 예시하고 있다.

<표 5.10> 전용 분뇨처리시설의 주요 공정(예시)

구분	생물학적전처리+하수병합	방류수 수질 기준 (2008년 강화 기준)
수질기준	- BOD : 약 200mg/L - SS : 약 200mg/L - T-N : 약 60mg/L (공공분뇨처리시설 방류수 기준)	- BOD : 10mg/L 이하 - COD : 40mg/L 이하 - SS : 10mg/L 이하 - TN : 20mg/L 이하 - TP : 2 mg/L 이하 - 대장균군수 : 3,000개/mL 이하
주요공정	- 협잡물처리기 - 저류조 - 미세협잡물처리기 - 생물반응조 - 탈인 탈질조 - 침전조 - 농축조 - 탈수기 - 탈취설비	- 협잡물처리기 - 저류조 - 미세협잡물처리기 - 산화 탈질 설비 - 응집 침전 설비 - 막처리 설비 - 소독 설비 - 슬러지 탈수 설비 - 탈수 케이크 자원화 설비 - 탈취 설비

5. 분뇨처리시설의 악취제어기능 강화

• 악취제어가 필요한 시설 : 시급하게 악취를 제어할 수 있는 설비를 갖추어야 할 시설은 난지분뇨처리시설이다. 서남분뇨처리시설은 이미 악취제어공사가 완료되었고, 중랑분뇨처리시설은 악취제어기능을 강화하는 공사를 시행 중이다.

• 필요성 : 하수처리장에서 가장 많은 악취를 발생시키는 시설이 분뇨처리시설이며, 하수처리장의 공원화와 고도처리가 추진되는 상황에서 분뇨처리시설의 부실한 악취제어는 하수처리장의 위상을 낮추는 요인이 되고 있다. 이러한 이유에서 중랑분뇨처리시설은 2008년 12월 완공을 목표로 82억원의 예산을 들여 대대적인 탈취공사를 실시하고 있다. 공사내용은 주요 악취발생장소인 투입구의 건물 내부 수용, 에어커튼을 이용한 악취확산 차

단, 토양미생물 배양액을 이용한 생물학적 탈취설비 도입, 시설물의 지하화 및 밀폐화 등이다. 난지분뇨처리시설의 경우도 악취제어공사를 통해 악취의 외부발산을 방지하고 환경적 측면에서 시설물의 업그레이드를 이룰 필요가 있다. 이 사업은 분뇨처리시설의 악취제어강화라는 대응원칙과 직결된다.

• 악취 제어 방법 : 첫째, 분뇨 투입구를 돔형태의 건물 내부에 설치하여 악취발생원을 외기에 직접 노출되지 않게 한다. 둘째, 차량의 통행로와 같은 외부와의 연결점에 에어커튼을 설치하여 발생된 악취가 외부로 확산되는 것을 방지한다. 셋째, 돔에서 포집된 공기는 바이오필터를 이용하여 처리한 후에 외부로 방출한다. 넷째, 분뇨의 전처리과정에서 분뇨로부터 악취발생이 최소화되도록 악취발생을 억제하는 슬러지의 배양해서 투입하고, 이러한 슬러지를 배양하는 배양조를 확보한다.

6. 하수처리 고도화사업에의 반영

• 필요성 : 하수처리시설 고도화사업의 검토단계에서 분뇨에 의한 부하를 미리 반영하여 하수고도처리시설이 설계 및 건설되도록 해야 안정되고 양질인 방류수를 확보할 수 있다. 또한 분뇨를 하수도에 반입될 당연한 부하로 인정함에 의해 정부에서 정한 질소와 인에 대한 하수처리장의 운영기준도 준수할 수 있다. 이 사업은 분뇨투입에 따른 부하를 하수처리시설의 계획부하로 간주하고 하수처리시설 고도화사업을 추진한다는 대응원칙과 직결된다.

• 반영 방법 : 본 연구에서 도출된 분뇨의 성상을 하수처리시설 고도화사업 검토시에 반영한다. 반영할 분뇨의 양과 성상은 <표 5.11>과 같다. 2015년까지 분뇨처리시설의 용량 확대, 신규시설 설치 등이 완료되는 것으로 가정하고 분뇨에 의한 하수처리시설에의 양적 부하를 반영할 필요가 있다.

<표 5.11> 하수처리시설 고도화사업에서 반영이 필요한 분뇨량 및 성상

구분		내용		
		2010년	2015년	2020년
분뇨 성상 (mg/L)	BOD	5,706	5,594	5,499
	COD	3,631	3,560	3,499
	SS	8,645	8,475	8,332
	T-N	692	678	667
	T-P	173	170	167
시설용량 (kL/일)	중랑시설	-	4,000	-
	난지시설	-	4,500	-
	서남시설	-	4,000	-

7. 분뇨처리시설별 처리권역 조정

• 필요성 : 위에서 제안한 바와 같이 중랑시설의 시설용량을 늘리고 서남시설을 확장하면 <표 5.12>와 같이 서울시는 1일 12,500kL의 시설용량을 확보하게 된다. 그러나 현재 각 자치구들이 이용하고 있는 분뇨처리시설, 즉 처리권역을 그대로 유지하게 되면 <표 4.5>에 분석한 바와 같이 중랑시설에 2010년 1일 4,013kL, 2015년 5,509kL, 2020년 4,991kL 등으로 집중되어 1일 4,000kL로 시설용량을 확대해도 대응할 수 없게 된다. 따라서 중랑시설로 반입되는 분뇨들을 난지시설 또는 서남시설로 분산할 필요가 있다. 분뇨처리시설별 처리권역의 조정은 대응원칙 중 하나이다.

• 처리권역 : 중랑시설의 확장과 서남시설의 신축증설이 2015년 정도에 완료된다고 보고 처리권역을 조정한다. 조정에서 대원칙은 현재의 권역을 최대한 유지하여 권역의 변경으로 발생할 수 있는 각 자치구별 분뇨 수집운반비용의 변화를 최대한 억제하는 것이다. 그리고 변경이 필요한 자치구는 한강이북에 소재하는 경우 가능하면 한강이북에 소재하는 분뇨처리시

설로 배정하여 수송거리를 줄 일 수 있게 한다. <표 5.12>은 현재의 처리권역과 2015년의 처리권역(안)을 보여주고 있다. 현재 수거된 분뇨의 전량을 중랑시설로 반입하는 자치구 중 1일 400kL이상의 분뇨를 수거하는 동대문구, 성북구, 노원구, 송파구, 강동구는 1일 400kL까지만 중랑시설로 반입하고 초과량은 난지시설과 서남시설로 반입하도록 한다. 더 구체적으로는 동대문구와 성북구의 경우 한강이북에 소재함으로 난지시설로 400kL 초과량을 반입하고, 같은 이유로 송파구와 강동구는 서남시설로 400kL 초과량을 반입한다. 단 노원구는 한강이북에 소재함에도 불구하고 한강이남에 소재하는 서남시설로 처리권역이 배정되었는데, 난지시설의 경우 하수처리시설 용량대비 분뇨처리시설의 용량이 가장 커서 반입량 부하를 줄여줄 필요가 있고 노원구의 초과량이 약 200kL에 이르러 막대하고, 노원구로부터의 접근성에서 난지시설과 서남시설은 큰 차이가 없는 등의 이유 때문이다.

<표 5.12> 분뇨처리시설별 처리권역(2015년 기준 안)

처리시설	시설 용량 (kL/일)	처리권역	
		현재(2006년)	변경
계	12,500	25 자치구	25 자치구
중랑처리 시설	4,000	성동구, 광진구, 동대문구, 중랑구, 성북구, 강북구, 도봉구, 노원구, 송파구, 강동구의 모든 양 중구 1일 300kL 초과량	성동구, 광진구, 중랑구, 강북구, 도봉구의 모든 양 중구는 1일 300kL 초과량 동대문구, 성북구, 노원구, 송파구, 강동구는 1일 400kL이내
서남처리 시설	4,000	양천구, 강서구, 구로구, 금천구, 동작구, 관악구의 모든 양 강남구의 1일 850kL 초과량	양천구, 강서구, 구로구, 금천구, 동작구, 관악구의 모든 양 노원구, 송파구, 강동구는 1일 400kL 초과량 강남구는 1일 850kL 초과량
난지처리 시설	4,500	종로구, 용산구, 은평구, 서대문구, 마포구, 서초구의 모든 양 중구 1일 300kL이내 강남구 1일 850kL이내	종로구, 용산구, 은평구, 서대문구, 마포구, 서초구의 모든 양 중구는 1일 300kL이내 동대문구, 성북구는 1일 400kL 초과량 강남구는 1일 850kL이내

제3절 추진 체계

1. 사업의 연차적 추진

• 필요성 : 장래 분뇨수거량의 증가에 대비하기 위해 위에서 제안한 사업들을 추진하려면 많은 예산이 소요된다. 따라서 사업의 시급성 및 경중을 고려하여 연차적으로 추진할 필요가 있다. 한편 2011년까지 현재 적용되고 있는 분뇨처리기본계획 기간이 종료되고 2012년부터는 새로운 기간

이 적용되기 때문에 사업들을 시차적으로 추진함에 있어서도 시간적으로 구분하여 반영될 필요가 있다. 하수처리 고도화사업 등 전반적인 하수도정비계획의 재검토가 추진되고 있는 상황도 사업기간의 설정에 고려되어야 한다.

• 추진 방법 : 중랑시설의 용량확대 사업, 난지시설의 악취제어 공사, 하수고도처리에서 분뇨의 설계부하로의 반영은 현 분뇨처리 계획기간인 2011년 이내에 추진한다. 서남분뇨처리시설의 증설공사는 설계 및 건설에 많은 기간과 예산이 소요됨으로 현 계획기간에 설계에 착수하고 다음 계획기간의 초반에 설치를 완료하도록 한다. 전용분뇨처리시설의 건설은 다음 계획기간의 후반에 분뇨의 실제 발생량 및 하수처리에의 부하를 평가하여 추진여부를 판단함이 타당하다. <표 5.13>에 각 사업별 추진시기를 적시하였다.

<표 5.13> 분뇨의 발생량 증가에 대비한 시설용량 확대 등의 사업 추진 시기

사업	현 분뇨처리 계획기간				다음 분뇨처리 계획기간	
	2008	2009	2010	2011	~2015	~2020
기존시설 개량 용량 확대 -중랑시설 -3,100톤 ⇒ 4,000톤						
기존시설 증설 -서남시설 -2처리장 신설 : 2,000톤			검토	설계	공사	
전용 분뇨처리시설 건설 -부지에 여유가 있는 곳 -충분한 사전검토 필요						
악취 제어 공사 -난지시설 -악취 차단, 생물 탈취						
하수설계부하에 분뇨 반영 -하수처리고도화 사업 -계획단계에 반영						

2. 소요 예산

중랑시설의 보완 및 용량 확대, 서남시설의 증설, 악취제어공사에 전체 170억 정도가 소요될 전망이다. 직접 하천으로 방류하는 전용처리시설을 설치한다면 증가할 것으로 예상되는 양의 분뇨처리시설 건설에 2천억원이 이상이 소요되는 바, 하수병합처리를 위한 170억원의 예산투자는 매우 경제적인 사업이라 할 수 있다.

분뇨전용시설이 건설될 경우에는 전처리후 하수병합을 하는 경우 시설용량 1kL당 약 6천만원, 처리수를 공공수역에 방류할 경우 시설용량 1kL 1억5천만정도의 건설비용이 필요한 것으로 우리나라 및 일본의 사례가 보여주고 있다. 이러한 사례는 지금보다 향상된 새로운 시설을 설치하고자 하는 경우 참고할 필요가 있다.

연차적으로 분뇨처리시설 확보사업을 추진함으로써 2011년까지는 1일 약 300톤 정도 부족한 10,500톤의 분뇨처리시설이 확보되지만 2015년에는 발생예상량보다 600톤 정도 많은 12,500톤의 분뇨처리시설이 확보될 것이다. <표 5.14>는 각 사업별 추진시기와 소요예산이다.

<표 5.14> 분뇨의 발생량 증가에 대비한 시설용량 확대 등의 사업비용

구분		계	현 분뇨처리 계획기간				다음 분뇨처리 계획기간	
			2008	2009	2010	2011	~2015	~2020
예산 (백만원)	기존시설 용량 확대 -중랑시설 -3,100톤 ⇒ 4,000톤	200	200					
	기존시설 증설 -서남시설 -2처리장 : 2,000톤	10,000			293	1,944	7,765	

	전용분뇨처리 시설 건설 −부지에 여유가 있는 곳 −충분한 사전검토 필요	필요시 산정						시설용량 1kL당 −공공수역방류: 150 −하수병합 : 60
	악취 제어 공사 −난지시설 −악취 차단, 생물 탈취	6,750		2,250	2,250	2,250		
	계	16,950	200	2,250	2,543	4,194	7,765	추후 산정
시설 용량 (톤)	중랑분뇨처리 시설	−	3,100	4,000	4,000	4,000	4,000	?
	난지분뇨처리 시설	−	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	?
	서남분뇨처리 시설	−	2,000	2,000	2,000	2,000	4,000	?
	시설 계	−	9,600	10,500	10,500	10,500	12,500	?
	예상 분뇨량	−	−	−	−	10,848	11,874	13,149

3. 역할분담

분뇨수거량의 증가에 대비하여 시설용량 확보사업, 악취제어 사업, 하수처리 고도화사업에서 분뇨부하를 계획부하에 반영 등의 각종 사업을 추진하기 위해서는 서울시의 수질과, 하수계획과, 물재생센터 그리고 시설의 이용자인 자치구와의 긴밀한 협조가 필요하다.

수질과는 분뇨처리와 관련된 모든 처리계획 및 소요예산을 확보하는 역할을 담당하여 물재생센터가 시설을 계획하고 설치하고 운영하는 일을 돕는다.

하수계획과는 장래의 분뇨수거량을 하수처리 고도화사업에서 기본부하

에 포함시켜 원활한 분뇨처리를 지원하고 장래에 추가적으로 늘어날 분뇨가 하수처리수의 방류수 수질에 심대한 영향을 미칠 때는 전용 분뇨처리시설을 설치하도록 수질과에 요구한다.

분뇨처리시설을 보유하고 있는 3개소의 물재생센터는 분뇨처리시설을 계획하고, 설계하고, 공사를 추진하고, 완공 후 시설을 운용하는 핵심조직으로서 제반사업의 추진과 함께 타조직과 유기적으로 협력한다.

25개 자치구는 분뇨처리시설의 실질적인 수혜자로서 각 처리시설들의 용량 확대, 신축 등에 의해 처리구역에 변경이 발생할 때 그에 협력하고 수집운반수수료의 조정 등 구역 내에서 필요한 조치를 취하도록 한다.

<표 5.15>에는 이상에서 기술한 각 주체들의 역할을 사업별로 정리하였다.

<표 5.15> 분뇨의 원활한 처리를 위한 각 주체들의 역할

사업	수질과	하수계획과	물재생센터	자치구
기존시설 용량 확대 −중랑시설 −3,100톤 ⇒ 4,000톤	• 계획에 반영 • 예산 확보		• 계획 수립 이행 • 정부에 변경 요구 • 시설 운영	• 수거구역 변경에 협력
기존시설 증설 −서남시설 −2처리장 : 2,000톤	• 계획에 반영 • 예산 확보		• 계획 수립 • 공사 시행 • 시설 운영	• 수거구역 변경에 협력
전용 분뇨처리시설 건설 −부지에 여유가 있는 곳 −충분한 사전검토 필요	• 전용시설 설치여부 판단 • 계획에 반영 • 예산 확보	• 하수처리 계통에의 영향 평가 • 전용시설 필요여부 의견제시	• 계획 수립 • 공사 시행 • 시설 운영	• 수거구역 변경에 협력
악취 제어 공사 −난지시설 −악취 차단, 생물 탈취	• 계획에 반영 • 예산 확보		• 계획 수립 • 공사 시행 • 시설 운영	
하수설계부하에 분뇨 반영 −하수처리고도화 사업 −계획단계에 반영	• 성상 양 예측 • 반영 요구	• 계획에 반영 • 하수처리 시설 건설	• 시설 운영	

제Ⅵ장 결 론

제1절 주요결과

제2절 정책건의

제Ⅵ장 결 론

본 연구는 서울시분뇨처리기본계획(2003~2011년)에서의 예상발생량은 물론이고 현재 보유하고 있는 1일 9,600kL의 분뇨처리시설의 시설용량을 초과하여 수거되고 있는 분뇨에 대한 처리기반 확보방안을 모색하고자 수행되었다. 연구과정에서 국내외 처리사례, 분뇨수거량 예측, 하수처리장에 미치는 영향, 분뇨처리여건 등이 분석되고, 분석결과를 토대로 분뇨처리시설 확보방안을 제시하였다. 주요한 결과 및 정책건의사항은 다음과 같다.

제1절 주요 결과

1) 시설용량 및 분뇨처리계획의 계획량을 초과하는 분뇨가 수거됨.

- 중랑, 난지, 서남 등 3개 하수처리장에 총시설용량 9,600kL/일의 분뇨처리시설을 갖추고 있으나 이미 시설용량을 초과한 양의 분뇨가 반입되고 있음.
- 2003년 작성된 서울시분뇨및축산폐수처리기본계획에서 2011년의 분뇨수거량을 1일 약 9000kL로 예상하였으나 2006년에 이미 이 양을 초과하여 수거됨.

2) 분뇨수거량은 지속적으로 증가하여 2020년에 13,149kL/일에 이를 전망임.

- 분뇨수거량이 건축물연면적의 변화와 밀접한 관련이 있음을 과거 실적에서 확인하였으며, 실제로 건축물연면적은 건물의 이용인구, 더 나아가 정화조의 크기를 결정하는 간접적인 지표임.

- 건축물연면적 1㎢당 23톤의 분뇨가 수거되는 통계분석결과와 향후 건축물 변화추계를 이용한 바, 2010년에 10,583kL, 2015년에 11,874kL, 2020년에 13,149kL의 분뇨가 수거될 것으로 추정됨.

3) 분뇨의 하수병합은 방류수, 슬러지케이크, 시설운전기준의 준수에 영향을 미침.

- 분석대상 : 난지물재생센터 및 서남물재생센터
- 분뇨투입은 시설용량 및 장래 변화량의 범위에서 유량 0.4%이내, BOD 15%이내, SS 24%이내, T-N 9%이내, T-P 22%이내이고, 인의 경우 10%이내라는 외부부하 규정을 현재의 분뇨처리시설 시설용량 및 장래 증가조건에서 모두 초과함.
- 방류수의 수질에 미치는 영향은 BOD, COD, SS의 경우 5% 또는 10%이내이며, T-N의 농도는 오히려 10%이내에서 감소되는 긍정적인 효과를 보임.
- 현재 계획 중인 하수처리 고도화사업에서 분뇨투입을 계획부하에 포함시켜야 방류수 수질기준 및 운영기준 준수가 가능함.

4) 분뇨발생원이나 수거과정에서 분뇨수거량을 줄이기는 어려움.

- 오수정화시설 설치 : 슬러지 탈수기 등을 설치하여 자체적으로 슬러지를 처분하지 않는 한 오히려 분뇨수거량이 늘어남(이론치 3~5배, 실측치 23%).
- 종오니 존치 : 정화조용량 불충분, 생분뇨 누출 사례 발생 등으로 관습적 존치량 10% 이상의 종오니는 정화조운영에 무리를 유발함.
- 수거후 차집관거에 투입 : 차집관거의 설치지역이 한강과 주요지천변이고 이미 시민의 근린공원으로 이용되는 상황에서 악취유발이 우려

됨.

- 분류식 관거 인근 건물의 직투입 : 대규모 개발 시 직투입 규정을 마련하고 그 이하 규모의 개발, 신축건물은 서울시 환경영향평가사업에서 직투입을 권장함. 그러나 사업의 효과예측이 어려워 분뇨처리시설 계획에 반영은 곤란

5) 양질의 방류수를 생산할수록 분뇨처리시설은 많은 비용과 에너지를 소비함.

- 현재의 분뇨처리방식인 하수병합방법으로 추가로 발생할 1일 3,549kL를 처리하면 연간 64억원의 비용과 3.2대의 경유 버스가 배출하는 온실가스를 발생시키나 하수처리시설의 방류수 수준까지 독자적으로 처리하는 시설을 갖추면 연간 700억원의 비용에 102대의 경유버스가 배출하는 양의 온실가스를 배출하게 됨.
- 결국 현재의 하수병합방식은 비용적 환경적 측면에서 서울시와 지구환경에 두루 이로운 방법이라 할 수 있음.

방 법	서울소요비용 (시설용량초과분 1일 3,549kL 처리시)	전력소비 및 온실가스배출량 (시설용량초과분 1일 3,549kL 처리시)
이물질제거+하수병합(방류수 BOD 약 6,000mg/L)	•연소요비용 : 64억원 -시설투자비 : 12억원 -시설운영비 : 52억원	•연소비전력 : 2,590,770kWh •연간 온실가스배출량 : 362톤-CO_2 •버스동등배출량(경유) : 3.2대
생물학적전처리+하수병합(방류수 BOD 200mg/L이내)	•연소요비용 : 184억원 -시설투자비 : 123억원 -시설운영비 : 61억원	•연소비전력 : 10,363,080kWh •연간 온실가스배출량 : 1,451톤-CO_2 •버스동등배출량(경유) : 13대

공공분뇨처리시설 방 류 수 (방 류 수 BOD 30mg/L이내)	•연소요비용 : 446억원 −시설투자비 : 126억원 −시설운영비 : 320억원	•연소비전력 : 60,883,095kWh •연간 온실가스배출량 : 8,524톤−CO_2 •버스동등배출량(경유) : 76대
공공하수처리시설 방 류 수 (방 류 수 BOD 10mg/L이내)	•연소요비용 : 700억원 −시설투자비 : 350억원 −시설운영비 : 350억원	•연소비전력 : 81,609,255kWh •연간 온실가스배출량 : 11,425톤−CO_2 •버스동등배출량(경유) : 102대

제2절 정책 건의

1) 분뇨수거량 증가에 대응하기 위한 처리시설 확보원칙

- 앞으로도 분뇨는 전량 수거하고 필요한 처리시설을 추가적으로 확보
- 하수와의 병합처리를 통해 경제성, 환경성, 사회적 수용성 제고
- 시설용량의 확보 시에 하수처리시설 간의 부하 균등화
- 분뇨투입부하를 하수처리 고도화 사업에서 계획부하로 인정
- 용량변경, 증설, 신규설치 등의 순서로 처리시설을 단계적으로 정비
- 환경기초시설로서 악취제어 기능 강화
- 시설별 처리권역의 탄력적 조정
- 장기적으로 과대 초과량 발생시 전용처리시설 설치 검토

2) 용량확대에 의한 분뇨처리시설 확보

- 대상시설 : 중랑분뇨처리시설
- 시설용량을 현재 3,100kL에서 4,000kL으로 확대함.
- 현재의 시설수준에서 기계식 농축조 1기를 추가 설치함.

3) 처리시설 증설에 의한 분뇨처리시설 확보

- 대상시설 : 서남분뇨처리시설
- 현재 2,000kL인 서남처리장의 분뇨처리용량을 4,000kL로 확장함.
- 추가 설치하는 2,000kL의 시설은 하수처리시설 제2공장과 연계되도록 별개로 설치함. 필요설비는 저류조, 종합협잡물처리기, 기계식 농축기, 원심탈수기, 탈취기 등이며, 기존에 확보되어 있는 송풍기동을 건물로 활용함.

4) 전용처리시설 확보

- 확보 시기 : 예측을 벗어난 분뇨수거량의 지속적인 증가 또는 하수량의 감소로 분뇨투입이 하수처리시설 방류수에 심각한 위협이 될 때
- 설치 장소 : 부지에 여유가 있는 하수처리장
- 하수와 병합처리를 하는 경우 : BOD 및 SS 약 200mg/L, T-N 약 60mg/L를 만족시킬 수 있는 성능을 갖춘 시설
- 공공수역에 직접 방류하는 경우 : 2008년부터 강화되는 BOD 10mg/L 이하 등의 방류수 수질을 만족시킬 수 있는 처리설비를 갖추도록 하며, 이 경우 탈질·탈인설비, 막처리설비, 응집침전설비, 소독설비, 탈취설비 등은 반드시 필요함.

5) 환경제어 강화

- 악취제어가 필요한 시설 : 난지분뇨처리시설
- 악취 제어 방법 : 투입구동 돔 공사를 통해 악취발생원을 건물내부에 수용, 에어커튼을 설치하여 발생악취가 외부로 확산되는 것을 방지, 돔에서 포집된 공기를 처리하는 바이오필터 설치, 전처리과정에서 분

뇨로부터 악취발생을 억제하는 슬러지의 배양 및 배양조 설치

6) 하수처리 고도화사업에의 반영

- 대상시설 : 중랑시설, 난지시설, 서남시설
- 분뇨반입량 : 중랑시설 1일 4,000kL, 난지시설 4,500kL, 서남시설 4,000kL
- 분뇨성상(2015년) : BOD 5,594mg/L, COD 3,560mg/L, SS 8,475mg/L, T-N 678mg/L, T-P 170mg/L

7) 분뇨처리시설별 처리권역

처리시설	시설용량 (kL/일)	처리권역
계	12,500	25 자치구
중랑처리 시설	4,000	성동구, 광진구, 중랑구, 강북구, 도봉구의 모든 양 중구는 1일 300kL 초과량 동대문구, 성북구, 노원구, 송파구, 강동구는 1일 400kL이내
서남처리 시설	4,000	양천구, 강서구, 구로구, 금천구, 동작구, 관악구의 모든 양 노원구, 송파구, 강동구는 1일 400kL 초과량 강남구는 1일 850kL 초과량
난지처리 시설	4,500	종로구, 용산구, 은평구, 서대문구, 마포구, 서초구의 모든 양 중구는 1일 300kL이내 동대문구, 성북구는 1일 400kL 초과량 강남구는 1일 850kL이내

8) 사업의 연차적 추진 방안

- 중랑시설의 용량확대 사업, 악취제어 공사, 하수고도처리에서 분뇨의

설계부하로의 반영 : 현 분뇨처리 계획기간인 2011년 이내에 추진함.
- 서남시설의 증설 : 설계 및 건설에 많은 기간과 예산이 소요됨으로 현 계획기간에 설계하고, 다음 계획기간(2021년까지)의 초반에 시설 설치를 완료함.
- 전용 분뇨처리시설의 건설 : 다음 계획기간의 후반에 분뇨의 실제 발생량 및 하수처리에의 부하를 평가하여 추진여부를 판단함.

9) 소요예산 및 시설용량

- 중랑시설 용량 확대, 서남시설 증설, 악취제어공사에 전체 170억 정도가 소요될 예정임.
- 연차적으로 사업을 추진하기 때문에 2011년까지는 1일 약 300kL 정도 시설용량이 부족하지만 2015년에는 발생예상량보다 600kL 많은 12,500kL의 시설용량이 확보될 것임.

10) 역할분담

- 수질과 : 분뇨처리와 관련된 모든 처리계획을 수립하고 소요예산을 확보하여 물재생센터가 시설을 계획하고 설치하고 운영하는 일을 도움.
- 하수계획과 : 예상 분뇨수거량을 하수처리 고도화사업에서 계획부하에 포함시켜 원활한 분뇨처리를 지원하고 장래에 추가적으로 늘어난 분뇨가 하수처리수의 방류수 수질에 심대한 영향을 미칠 때는 분뇨 전용처리시설을 설치하도록 수질과에 요구함.
- 물재생센터 : 분뇨처리시설을 계획하고, 설계하고, 공사를 추진하고, 완공 후 시설을 운용하는 핵심조직으로서 제반사업의 추진과 함께 타조직과의 유기적인 협력이 요구됨.
- 자치구 : 각 처리시설들의 용량 확대, 신축 등에 의해 처리구역에 변

경이 필요할 때 그에 협력하고 수집운반수수료의 조정 등 구역 내에서 필요한 조치를 강구

참 고 문 헌

참고문헌

김운수, 서울시 온실가스 저감목표 수립 및 이행계획 평가, 서울시정개발연구원, 2006

국립환경과학원, 자동차 온실가스 저감대책 연구, 2005

서울특별시, 2020년 서울도시기본계획, 2006

서울특별시, 건물분 과세대장, 2007

서울특별시, 분뇨 및 축산폐수 처리 기본계획, 2003.3

서울특별시, 서울통계연보, 2006

서울특별시, 주민등록 인구통계, 2007

심화식, 정화조 오니축적과 하수도, 2006

유기영, 국외출장보고서, 서울시정개발연구원, 2007

유기영, 서울시 생활계폐기물 발생 및 처리경로 분석연구, 서울시정개발연구원, 1998

환경부, 건축물의 용도별 오수발생량 및 단독정화조 처리대상인원 산정방법, 환경부고시 제2006 - 96호, 2006.6.26

환경부, 하수도시설기준, 한국상하수도협회(2005)

Meirlaen, J. and Vanrolleghem, P., Development of a Reduced Model of the IAWQ Activated Sludge Model No. 2d. BIOMATH Technical Report, Ghent Univ., Gent, Belgium, 1999

Takacs, I., Patry, G.G., and Nolasco, D., A dynamic model ogf the clarification-thickening process, Wat. Res., 25, 1263-1271, 1991

東京下水道史探訪會, 東京の糞尿處理の變遷, 2000

日本建設センター, 糞尿淨化槽構造基準改正の解說, 1996.6

광주광역시 환경시설공단, 광주광역시 위생처리장 운영현황, www.geic.or.kr

두산세계대백과, http://100.naver.com

산업자원부, 국가 LCI DB-전기, 2000, klcidb.keoco.or.kr/lci/

통계청, 시도별 장래인구추계 결과, 2007.5

환경관리공단, 목포시 신안분뇨처리시설, www.konetic.or.kr

환경관리공단, 부안군 부안분뇨처리시설, www.konetic.or.kr

부 록

부록1 서울특별시분뇨처리기본계획과 본 연구결과 대비표

부록2 분뇨처리시설 확보공사 비용내역

[부록 1] 서울특별시분뇨처리기본계획과 본연구결과 대비표

1. 계획의 근거

구분	2002	2006	2008	2011	2015	2020
기존계획 (2003~2011)	오수·분뇨및축산폐수처리에 관한법률					
본 연구 (2008~2020)			하수도법			

2. 계획의 범위

구 분	2002	2006	2008	2011	2015	2020
기존계획 (2003~2011)	기준연도	지표연도		목표연도		
본 연구 (2008~2020)			기준연도	지표연도	지표연도	목표연도

3. 분뇨수거량(kL/일)

구 분	2002	2006	2008	2011	2015	2020
기존계획 (2003~2011)	7,976	8,533		8,908		
본 연구 (2008~2020)			10,071	10,848	11,874	13,149

4. 기본방침

기존계획(2003~2011)	본 연구(2008~2020)
- 서울시 권역에서 발생하는 분뇨를 전량 수집·처리하여 분뇨처리 본연의 목적인 수질환경과 생활환경을 보전 - 하수병합처리시에 하수처리장 방류수 수질에 급작스런 부하를 주지 않는 한 기존처리구역을 유지하면서 하수병합처리를 지속하여 처리의 효율성을 높임 - 늘어난 분뇨량에 대비할 수 있도록 하수처리장의 분뇨처리시설을 적절하게 보완하고 운전하며 필요한 경우 기존의 처리구역을 조정 - 하수처리의 효율성을 제고하고 시민의 부담이 경감되도록 완전분류식 지역에서는 정화조를 설치하지 않도록 권장하고 규모의 경제가 적용되는 수거물량이 확보되도록 분뇨청소대행업을 유지관리 - 앞으로 늘어날 분뇨량이 하수처리장의 운영에 부담을 주지 않도록 새로 수립되는 하수도정비 변경계획 및 하수처리장 고도처리계획 수립시 본 계획 반영 - 정화조 청소 또는 재래식 변소 소유자는 적절한 회수로 정화조나 분뇨를 청소하여 부적절한 청소로 인한 수질환경이 악화되는 것을 방지 - 정화조 소유자와 자치구 및 서울시는 각자에게 주어진 책무를 성실히 이행하고 적절하게 역할을 분담	- 앞으로도 분뇨는 전량 수거하고 필요한 시설을 추가적으로 확보 - 하수와의 병합처리를 통해 경제성, 환경적, 사회적 요구 달성 - 시설용량의 확보 시에 하수처리시설 간의 부하 균등화 - 분뇨투입부하를 하수처리 고도화 사업에서 계획부하로 간주 - 용량변경, 증설, 신규설치 등의 순서로 시설을 단계적으로 정비 - 환경기초시설로서 악취제어 기능 강화 - 시설별 처리권역의 탄력적 조정 - 장기적으로 과대 초과량 발생시 전용처리시설 설치 검토

5. 분뇨처리시설 확보

구 분	기존계획(2003~2011)	본 연구(2008~2020)
중랑 시설	시설용량 3,100kL/일 그대로 유지	시설용량 3,100kL/일을 4,000kL/일로 확장
난지 시설	시설용량 3,000kL/일을 4,500kL/일로 확장, 협잡물종합처리기, 농축조 상징수 이송펌프 증설 및 교체	시설용량 4,500kL/일을 그대로 유지, 악취제어시설 보강
서남 시설	시설용량 2,000kL/일을 그대로 유지	시설용량 2,000kL/일을 4,000kL/일로 확장, 추가 설치되는 2,000kL의 시설은 하수처리시설 제2공장과 연계되도록 별개로 설치, 필요설비는 저류조, 종합협잡물처리기, 기계식 농축기, 원심탈수기, 탈취기 등이며 기존에 확보되어 있는 송풍기동을 건물로 활용
전용 시설 확보	-	하수와 병합처리를 하는 경우 BOD 및 SS 약 200mg/L, T-N 약 60mg/L를 만족시킬 수 있는 성능을 갖춘 시설 공공수역에 직접 배출하는 경우 2008년부터 강화되는 BOD 10mg/L 이하 등의 방류수 수질을 만족시킬 수 있는 처리설비를 갖추도록 하며, 이 경우 탈질 탈인 설비, 막처리 설비, 응집침전설비, 소독설비, 탈취설비 등은 반드시 필요

6. 하수처리시설 고도처리계획에 반영할 분뇨성상

구 분	기존계획(2003~2011)	본 연구(2008~2020)
유량	- 중랑 : 3,081 kL/일 - 난지 : 3,897 kL/일 - 서남 : 1,930 kL/일	- 중랑 : 4,000 kL/일 - 난지 : 4,500 kL/일 - 서남 : 4,000 kL/일
분뇨성상	- 시설별로 제시 - 농축조 상징수와 농축수로 구분 ※ 기존 하수처리 시설에 맞도록 구성	- 통합성상제시(2015년) ·BOD 5,594mg/L, COD 3,560mg/L, SS 8,475 mg/L, T-N 678mg/L, T-P 170 mg/L ※ 고도처리계획에 반영토록 구성

7. 분뇨처리권역

구분	기존계획(2003~2011)		본 연구(2008~2020)	
	시설용량 (kL/일)	자 치 구	시설용량 (kL/일)	자 치 구
중랑 시설	3,081	성동구, 광진구, 동대문구, 중랑구, 성북구, 강북구, 도봉구, 노원구, 송파구, 강동구의 전량	4,000	성동구, 광진구, 중랑구, 강북구, 도봉구의 모든 양 중구는 1일 300kL 초과량 동대문구, 성북구, 노원구, 송파구, 강동구는 1일 400kL이내
난지 시설	3,897	종로구, 중구, 용산구, 은평구, 서대문구, 마포구, 서초구, 강남구 전량과 서남분뇨처리권역에서의 잉여물량 반입	4,500	종로구, 용산구, 은평구, 서대문구, 마포구, 서초구의 모든 양 중구는 1일 300kL이내 동대문구, 성북구는 1일 400kL 초과량 강남구는 1일 850kL이내
서남 시설	1,930	양천구, 강서구, 구로구, 금천구, 영등포구, 동작구, 관악구 지역의 각 지역당 반입량을 285kL까지 제한하고 나머지는 난지처리시설로 반입	4,000	양천구, 강서구, 구로구, 금천구, 동작구, 관악구의 모든 양 노원구, 송파구, 강동구는 1일 400kL 초과량 강남구는 1일 850kL 초과량

8. 사업추진 및 소요예산

기존계획(2003~2011)	본 연구(2008~2020)
- 시설계획 : 중랑물재생센터 분뇨처리시설의 농축조 증설공사, 난지물재생센터 분뇨처리시설의 시설용량 증설공사, 서남물재생센터 분뇨처리시설의 협잡물처리기 교체공사 등을 추진 - 사업별 소요예산 및 예산확보 계획 : 전체적으로 약 128.4억원이 소요될 예정	- 중랑시설의 용량확대 사업, 악취제어공사, 하수고도처리에서 분뇨의 설계부하로의 반영 : 현 분뇨처리 계획기간인 2011년 이내에 추진함. - 서남시설의 증설 : 설계 및 건설에 많은 기간과 예산이 소요됨으로 현 계획기간에 설계하고, 다음 계획기간(2021년까지)의 초반에 시설설치를 완료함. - 전용 분뇨처리시설의 건설 : 다음 계획기간의 후반에 분뇨의 실제 발생량 및 하수처리에의 부하를 평가하여 추진여부를 판단함. - 중랑시설 용량 확대, 서남시설 증설, 악취제어공사에 전체 170억 정도가 소요될 예정

[부록 2] 분뇨처리시설 확보공사 비용내역

1. 중랑분뇨처리시설 시설용량 확보사업

내 용	단 가(천원)	수 량	계(백만원)
기계식 농축기	200,000	1대	200

2. 서남분뇨처리시설 증설사업

내 용	단 가(천원)	수 량	계(백만원)
전처리시설			소계 2,615
◦종합협잡물처리기	230,000	2대	460
◦전기시설	50,000	1식	50
◦켄베이어	15,000	3대	45
◦설치비용	60,000	1식	60
◦저류조건설	1,000,000	2지	2,000
농축시설			소계 1,450
◦계기식농축기	200,000	3대	600
◦원심탈수기	250,000	2대	500
◦제어장치・전기	150,000	1식	150
◦펌프・배관	130,000	1식	130
◦호퍼	70,000	1식	70
탈취시설			소계 2,450
◦탈취기	1,200,000	1대	1,200
◦덕트・전기	200,000	1식	200
◦건물정비	100,000	1식	1,000
◦배관・기타	20,000	1식	50
기타			소계 300
◦나무이석	100,000	1식	100
◦도로개설	200,000	1식	200
소계			6,815
제정비	소계의 40%		2,726
계			9,541(≒10,000)

3. 난지분뇨처리시설 악취제어 사업

내 용	단 가(천원)	수 량	계(백만원)
투입구동 밀폐공사			
◦ 구조물공사	350/m^2	1,600	560
◦ 바이오필터	200,000	1식	200
◦ 에어커튼	30,000	1식	300
토목공사	900,000	1식	900
건축공사	75,000	1식	75
기계공사			소계 3,056
◦ 지상형바이오반응조	120,000	5대	600
◦ 지하형바이오반응조	120,000	12대	1,440
◦ 배양조송풍기	47,000	2대	94
◦ 제1저류조송풍기	47,000	2대	94
◦ 제2저류조송풍기	120,000	3대	360
◦ 배양조펌프	4,500	4대	18
◦ 배관공사	120,000	1식	150
◦ 제어 · 전기	300,000	1식	300
소 계			4,821
제정비	소계의 40%		1,928
계			6,750

영문요약(Abstract)

Strategic plan to treat gradual-increasing septic tanks' cleaning sludge in Seoul

Project Number	**SDI 2007-R-18**
Research Staff	**Kee Young Yoo (in Charge)** **In Sung Cho**

There are still lots of areas where are covered with combined sewer in Seoul. All buildings within those areas are equipping septic tanks, separating solids from flushing water of chamber pots. Septic tanks legally demand emptying and cleaning the those inner bodies by once or more a year, resulting in the generation of sludge which should be purified by the specified treatment plants, one of environmental infrastructures. Nowadays it is well known that sludge volume collected from cleaning septic tanks has been increasing gradually and already more than the capacity of three cleaning sludge(CS) treatment facilities owned by Seoul Metropolitan Government(SMG). To overcome such a circumstance, this study tried to draw strategic plan for treatment of CS in a economical and environmentally-friendly manner. The research was conducted through various approaches, such as visiting the CS treatment facilities managed by SMG or other local governments, predicting cleaning sludge volume in the future, evaluating the effects of CS to sewage treatment plants when puting CS into there, estimating the capital and operation costs and energy consumption by CS treatment alternatives, checking over possibility of source reduction of SC volume, etc.

In prediction of cleaning sludge volumes in the future, floor area of building is most reasonable parameter, showing a gradual increase up to 13,149 kL a day 2020. The same parameter can be used to assess the amount of both BOD and SS in the CS. CS treatment combined with sewage was expected to result in bad effect on the quality of outlet of sewage treatment plants and volume of sludge cakes. The fact that puting CS into sewage treatment plants would cause the plant to break the rule,

restricting the loading of T-N and T-P caused by CS below 10%, was more critical issue.

Four alternatives intended to reduce the volume of CS at their sources were disclosed to be unuseful. Household sewage treatment units have possibility to produce more volume of sludge which are the byproducts from the units, and remaining a fraction of sludge as microbial seeding materials at the time of cleaning has also potentiality to flow solids from septic tanks into sewer. Inputting the collected CS into sewer networks, neighboring sewage treatment plants and going along the water streams or Han river in Seoul, makes a concern of emitting bad smell to those who are enjoying the walking on paths. Attachment of sewer of large scale area like zone redevelopment to separate sewer near the area is assumed feasible, but it would cost quite a bit for the construction of suitable sewer system.

It was an apparent tendency that the higher grade of outlet from CS treatment plant demands the more cost and energy consumption. In the treatment of 3,549kL of CS a day, the present method is estimated to demand annual cost of 6.4 billion won and to discharge green house gas of 2 units of diesel bus equivalent. On the other hand, the most advanced method which of outlet is same as that of sewage treatment plants, increase the annual cost by 700 billion won and the discharge of green house gas by 102 units of diesel bus equivalent, showing that the treatment of CS combined with sewage is most efficient method in the points of money save and environmental conservation.

Key policy recommendations are as follows :

The treatment facilities of CS should be ensured under the ground rules in the future : ① Collecting all CS and building the facilities to treat the additional volume of CS, ② Treating of CS in a economical, environmentally-friendly and socially-acceptable manner, ③ Ensuring even each sewage treatment facility's load by CS, ④ Planning sewage treatment facilities regarding the CS as their design loads, ⑤ Expanding CS treatment capability by improvement, extension and new establishment of facilities in the order named, ⑥ controlling strictly emission of bad smell, ⑦ Devising treatment facilities for CS only, etc.

The Jungrang is most suitable for expanding its capability by just simple improvement. Complementary measures like equipment of a centrifuge make able to gear up its capability from existing 3,100 kL to 4,000 kL a day. The Seonam, having kept the lowest load caused by CS on sewage treatment process, should be installed with additional unit of CS facility to increase its capacity from existing 2,000 kL to 4,000 kL a day. Through making two projects above, Seoul would have facilities capacity of CS, 12,500kL a day. There is, however, possibility to collect more over 12,500kL of CS a day. Hence, new facilities for CS over 12,500kL a day would be needed and they should have ability to make the same level of outlet as sewage treatment plants or legally approved CS facilities do. Regardless of methods, adopted facilities should not give bad effect on quality of natural water bodies. It is also important for CS facilities not to emit bad smell into ambient air. Above all the Nanji should reinforce its ability of odor control as early as possible, by sealing the building and equipping bio filter. Planning sewage treatment facilities regarding the putting CS as their design loads is a prerequisite for keeping the treatment of CS combined with sewage without not hampering role of sewage purification plants in the future. In the planning phase, sewage purification plants' loads caused by CS should be estimated on the basis of CS characteristics, such as BOD 5,594 mg/L, COD 3,560 mg/L, SS 8,475 mg/L, T-N 678 mg/L, and T-P 170 mg/L.

To implement the projects above, financial support and sharing roles among stakeholders are needed. Especially the expense for expanding the Jungrang's capability, establishing additional unit of the Seonam's facility and equipping the Nanji's odor control system would be assumed to be around 17 billion Korean Won. Stakeholders could be classified into three organizations. One takes part in planning the treatment and management of CS and sewage. Another implements installing and operating the treatment facility. The other, local governments, take a role in collecting CS into treatment facilities.

Table of Contents

Chapter Ⅰ Introduction

1. Background
2. Purpose
3. Objects
4. Related fields
5. Procedure

Chapter Ⅱ Experiences of Management and Treatment of Night-soil

1. Management of night-soil at its source
2. Seoul's plan for night-soil treatment(2003~2011)
3. Domestic and oversea experiences on night-soil treatment

Chapter Ⅲ Prediction of Night-soil as Cleaning Sludge Collected from Septic Tanks

1. Parameters
2. Prediction of cleaning sludge

Chapter Ⅳ Effects of Putting Cleaning Sludge on Sewage Treatment

1. Analysis method
2. Effects of cleaning sludge on the management of sewage treatment facilities

Chapter Ⅴ. Strategic Plan of Cleaning Sludge Treatment against Volume Increasing

1. Circumstance of cleaning sludge treatment
2. Plan for cleaning sludge treatment
3. Implementation programs

Chapter VI. Major Results and Policy Recommendation

1. Major results
2. Policy recommendation

- ***References***
- ***Appendices***

시정연 2007-R-18

분뇨수거량 증가에 따른 서울시 대응방안

발 행 인 정 문 건

발 행 일 200 년 월 일

발 행 처 서울시정개발연구원

137-071 서울시 서초구 서초동 391번지

전화 (02)2149-0000 팩스(02) 2149-0000

값 0000원 ISBN

00-0000-000-0-00000

본 출판물의 판권은 서울시정개발연구원에 속합니다.