
합병정화조 기술현황 및 전망



임 연 택 박사
(국립환경연구원)

Current Condition and Prospect of On-Site Domestic Wastewater Treatment Technologies

National Institute of Environmental Research
Rim, Yeon-Taek

- ABSTRACT -

Water quality in the public water course has been polluted more seriously than ever before due to the increase of the number and amount of pollution sources such as domestic and industrial wastewater. For water quality conservation, the Korean government has been trying to construct sewage treatment facilities continually, of which treatment capacity reached to 11,452,400m³/day in 1996. Night soil treatment facilities of in nationwide have the treatment capacity of 24,038m³/day. But water quality has not been improved because the sewer systems were insufficient and the treatment efficiencies of sewage were not high, enough.

For renovation of water quality, miscellaneous domestic wastewater must be treated because 27g BOD/day out of total 40g BOD/person · day come from miscellaneous wastewater, comparing to 13g BOD/day from night soil. However, sole treatment purifier treat only night soil from the flushing toilet.

Therefore, it may be desirable to treat the miscellaneous domestic wastewater and the night soil from flushing toilet together by joint treatment purifier system as on-site domestic wastewater treatment technology.

In Korea, the joint treatment purifier system, introduced in 1997, have the benefit as follows; i) good water pollution control effect, ii) good effect on river water flow, iii) water pollution control with sewage treatment facility, and iv) rapid pollution control effect, etc.

In order to achieve a good effect as stated before, i) strengthening effluent guideline including BOD, nitrogen and phosphorus, ii) specializing operation to maintain high performance, and iii) supporting its construction and maintenance costs by the governmental level may be necessary. In addition, automation system of joint treatment purifier, technology for its package and compactness, and a new bio-media bio-filter with higher capacity should be further developed in agreement with a more stringent effluent guideline.

합병정화조 기술현황 및 전망

국립환경연구원

임연택

1. 머릿말

산업의 발전과 함께 산업폐수의 발생량과 폐수중 포함된 오염물질의 양이 지속적으로 증가하고, 인구의 증가는 물론 산업화와 도시화에 따라 생활하수의 발생량도 증가하면서, 산업폐수와 생활하수의 발생이 밀집화되고 있다.

따라서 단위수역에서의 자연정화능을 초과한 오염물질이 유입되어 국지적으로는 심각한 수질오염을 야기하여 용수로서의 이용가치를 상실한 지역도 나타나고 있다. 또한 생활수준의 향상으로 생활하수의 발생량이 증가하고 유통소비의 증가로 축산업이 발달하여 추가적인 오염원이 되고 있다.

이러한 수질환경에 대응하고 수질을 보전하기 위하여 정부에서는 환경기초시설을 지속적으로 확충하여 '96년 현재 65개지역 79개 하수종말처리장을 설치·운영하여 하수처리율 52.6%를 유지하고 있으며, 184개의 분뇨처리장에서 24,038m³/일을 처리하고 있으며 2005년까지는 133개 처리장을 추가로 설치하여 분뇨처리율을 크게 증가시킬 계획이다(환경부).

이러한 정부의 노력에도 불구하고 수질이 크게 개선되지 못하고 있는 것은 하수가 발생원에서 처리장까지 완벽하게 차집·처리되어야 하나 하수의 차집체계가 이에 따르지 못하기 때문이다. 이는 '96년 현재 하수관거의 보급율이 계획대비 62.6%에 불과하고, 특히 오수와 우수의 분류관거 보급율이 특히 낮아 계획대비 오수관이 32.8%, 우수관이 38.4%에 불과함에서도 알 수 있다.

특히 생활하수의 발생원단위는 연구자에 따라 상당한 차이를 나타내고 있으나, 일본의 경우를 보면 전체 40gBOD/인·일 중 분뇨가 13gBOD/인·일, 생활잡배수가 27g BOD/인·일(須藤 등, 1996)을 차지하여, 하수처리구역이 아닌 지역에서 수세식 변소를 설치하여 분뇨정화조만을 갖춘 경우나 수거식 변소를 설치하여 수거분뇨를 분뇨처리장에서 처리하는 경우에는 생활잡배수는 전혀 처리되지 않는 상태로 공공수역에 방류된다. 따라서 이들지역에서는 거주하는 사람이 각각 하루에 32g의 BOD와 27g의 BOD를 그대로 방류하여 수질오염의 주요 원인이 되고 있다.

특히 우리나라의 경우 생활수준의 향상에 따라 종래 수거식 변소에서 수거후 분뇨처리장에서 처리되던 분뇨가, 수세화 변소의 증가로 분뇨정화조에서만 처리후 방류되어 오히려 수질오염을 가중시키는 원인이 되고 있다.

이러한 우리의 수질환경에서 오수의 발생원처리개념을 도입하여 정부에서는 '97

년에 합병정화조 제도를 시행하여 1단계로 '97. 7. 1일부터 하천, 호수 및 바다의 경계로부터 유하거리 500m이내의 지역에 위치한 음식점, 숙박업소 및 목욕탕에 대해 합병정화조를 설치토록 하고, 2002년까지는 전국적으로 확대하여 시행할 계획이다.

또한 오수의 처리효율면에서 합병정화조와 같은 먼단위하수도사업과 마을단위하수도사업으로 '95년부터 2004년까지 10년간 매년 250개 마을씩 10년간 2,500개 마을에 소규모 하수종말처리시설을 설치할 계획으로 추진중에 있다(환경부).

합병정화조와 마을단위 하수종말처리 제도의 도입은 하수종말처리장과 하수관거의 불충분한 보급, 오수발생량과 오염부하량의 증가, 오수중 생활잡배수가 차지하는 비중의 증가, 생활수준의 향상에 따른 변소의 수세화, 분뇨정화조의 관리실태 및 처리효율 등 수질환경을 종합적으로 고려할 때 불가피한 선택이다(임연택).

그러나 합병정화조 제도가 도입되어 정착되기 위해서는 분뇨와 오수의 합병처리 기술개발, 내구성 재료를 사용하여 제품화하는 제작기술, 제품화된 합병정화조의 현장 설치기술, 유지관리기술 등과 이들을 종합적으로 지원할 수 있는 제도적인 보완이 체계적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

2. 합병정화조의 역할

생활하수는 하수종말처리장(79개소), 분뇨처리장(184개소), 농공단지 오폐수처리장(86개소)등에서 처리되거나, 일정규모 이상의 건물에 대해서는 오수정화시설(37천개소)에서 처리하고 있으며 수세화 분뇨는 분뇨정화조(1,838천개소)에서 정화처리후 방류하고 있다(환경부).

분뇨정화조의 경우 분뇨의 위생적 처리를 통하여 공중위생상 중요한 역할을 하여 왔으나, 생활오수가 수질오염의 주요 원인인 우리나라의 현실에서 분뇨정화조는 정화효율이 매우 낮고 또한 오염부하량의 50%이상을 차지하는 생활잡배수는 그대로 방류하여 수질을 오염시키는 원인이 되고 있다.

하수종말처리장도 대도시지역에 편중되어 있어서 수질보전을 위해서는 합병정화조의 보급이 불가피한 현실로, 합병정화조의 보급으로 아래와 같은 긍정적인 효과를 기대할 수 있다.

2.1. 수질오염의 저감효과

합병정화조를 이용하여 생활하수를 처리할 경우 BOD를 90%이상 제거할 수 있고, 방류수의 수질을 BOD 20mg/L이하로 유지할 수 있어서 하수종말처리시설을 설치하는 것과 같은 수질개선효과를 나타낼 수 있다. 일본의 경우를 보면 국고보조를 받은 1,000개소 정도를 조사한 결과 BOD가 13mg/L로 나타나고 있으며(北尾), 합병정화조와 단독정화조의 개략적인 처리효과는 그림 1과 같다.

일반적으로 하천의 하류에 설치하는 하수종말처리장에 비하여 오수의 발생원과 같은 위치에 설치하는 합병정화조의 경우 공공수역에 방류후 수계에서의 자정작용

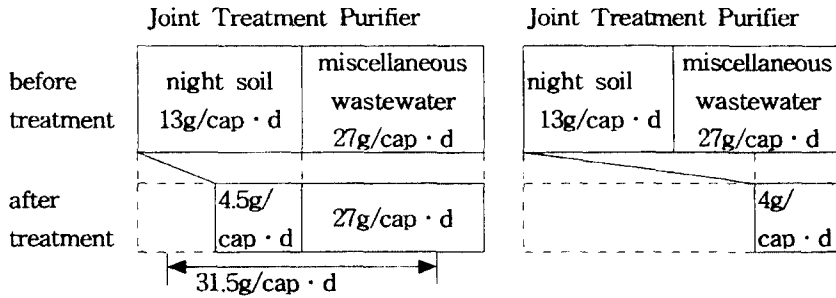


Fig. 1 Comparison of BOD Removal Effect between Sole Treatment Purifier and Joint Treatment Purifier

을 최대한 이용할 수 있다. 특히 수심이 얇고, 유속이 비교적 느리며, 하상이나 수로의 벽면에 부착된 조류의 작용을 최대로 이용할 수 있는 소하천이나 수로에서는 자정효과가 더욱 높게 나타나 수질개선 효과도 그 만큼 향상될 수 있다(北尾).

또한 하수관거의 노후화, 파손, 오점 등으로 지하수의 오염이 우려되는 우리의 여건에서 지하수의 오염을 방지하고, 한편으로 지하수 유입에 따른 하수처리장 유입수의 회석 및 유입수량의 증가에 따른 부정적인 영향을 줄일 수 있는 부수적인 효과도 기대할 수 있다.

2.2. 하천 유지용수의 확보

대규모 하수처리장에 하수를 유입하여 처리하는 경우 건조기에는 하천 등의 유량이 감소하고 미관으로서나 생태계 보전에도 나쁜 영향을 미치게 된다. 특히 오수와 우수의 분류관거가 설치되어 있지 않은 경우, 하천에 유입되는 모든 오염 하천수를 차집하여 처리장에 이송하므로 건천화되어 하천 수중 생태계에 나쁜 영향을 초래하고 심한 경우에는 생태계가 파괴될 수도 있다. 반대로 중소하천에 처리수를 대량으로 방류하면 수량이나 수질면에서 문제를 일으키는 경우도 있다.

그리고 자연수계에서 물 흐름의 인위적 변화는 최소화하는 것이 바람직하므로, 처리수를 발생지점에 가까운 위치에서 수환경으로 되돌려 줄 수 있다는 것도 합병정화조의 역할로 평가된다. 특히 합병정화조의 처리성능을 향상시켜, 재이용하면 이러한 효과가 더욱 증대된다.

2.3. 하수처리장과의 역할분담

우리나라에 설치되어 있는 79개소의 하수처리장을 보면 처리용량이 1,000m³/일 이하의 처리장은 8개소이고, 1,000 ~ 10,000m³/일의 처리장은 13개소이다. 79개 처리장중 만톤이하의 처리장이 26.6%인 21개소로 대부분이 대도시를 중심으로 대규모 하수처리장이 설치·운영되고 있어서 중소도시나 농촌지역에서 발생하는 오수는 거의 처리되지 않은 채 하천, 호소, 바다로 직접 배출되고 있다.

따라서 대도시를 중심으로 오수를 다량 발생하는 지역에는 현행과 같이 하수처리

장을 지속적으로 설치하고, 농촌마을이나 단독건물에 대해서는 합병정화조 또는 마을단위 하수처리시설을 설치하여 오수를 처리하는 역할분담이 바람직하고 현실적인 대안이다.

특히 상수원보호구역 등 수질을 고도로 유지하여야 하는 지역이나, 하수처리장의 설치가 지리적으로나 기술적으로 부적절한 지역에 위치한 농촌마을에 대해서는 합병정화조 또는 마을단위 하수처리장의 설치가 불가피한 여건이다.

2.4. 설치에 따른 수질개선 효과의 신속성

일반적으로 대규모 하수처리장은 계획에서 설치후 사용까지는 5 -10년이 소요되어 설치비의 투자효과가 늦게 나타나게 된다. 그러나 합병정화조는 제품화된 것을 설치하는 경우 하루에 설치할 수 있고 콘크리트의 강도가 발휘될 수 있는 기간을 고려하더라도 2~3주면 사용이 가능하여, 수질개선효과도 그 만큼 빨리 나타나게 된다.

3. 우리나라의 합병정화조 제도

오수, 분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률('97. 3. 7일 개정) 제 2조에서는 “오수”를 액체성 또는 고체성의 더러운 물질이 섞이어 그 상태로는 사람의 생활이나 사업활동에 사용할 수 없는 물로서 사람의 일상생활과 관련하여 수세식 화장실, 주방 등에서 배출되는 것으로 정의하고 있다.

그리고 동법 제 2조에서는 오수를 정화하는 시설을 정의하고, 제 9조에서는 오수의 배출원에 따라 아래와 같은 정화시설을 설치하도록 하고, 설치대상을 규정하고 있는데, 합병정화조는 '97년에 법률이 개정되면서 추가된 정화시설이다.

현재 우리나라에서의 분뇨와 생활잡배수 처리시스템은 그림 2와 같다.

3.1. 합병정화조의 단계별 설치 계획

3.1.1. 1단계 (시행일 : '97. 7. 1)

하천, 호수, 바다의 경계로부터 유효거리 500미터 이내의 지역에 위치한 (1) 식품위생법의 규정에 의한 식품접객업, (2) 공중위생법의 규정에 의한 숙박업 또는 목욕탕업에 대해서는 '97. 7. 1일부터 시행토록 예고되어 있다.

3.1.2. 2단계 (시행일 : '99. 1. 1)

(1) 환경정책기본법의 규정에 의한 특별대책지역, (2) 수질환경보전법의 규정에 의한 특별호소수질관리구역, (3) 수도법의 규정에 의한 상수취수시설로부터 유효거리 4킬로미터이내의 상수원 상류지역과 제 5조의 규정에 의한 상수원 보호구역, (4) 자연공원법의 규정에 의한 공원지역 및 공원보호구역, (5) 지하수법의 규정에 의한 지하수보호구역에 대해서는 '99. 1. 1일부터 시행토록 예고되어 있다.

3.1.3. 3단계 (시행일 : 2002. 1. 1)

전지역에 대해 2002. 1. 1일부터 시행토록 예고되어 있다.

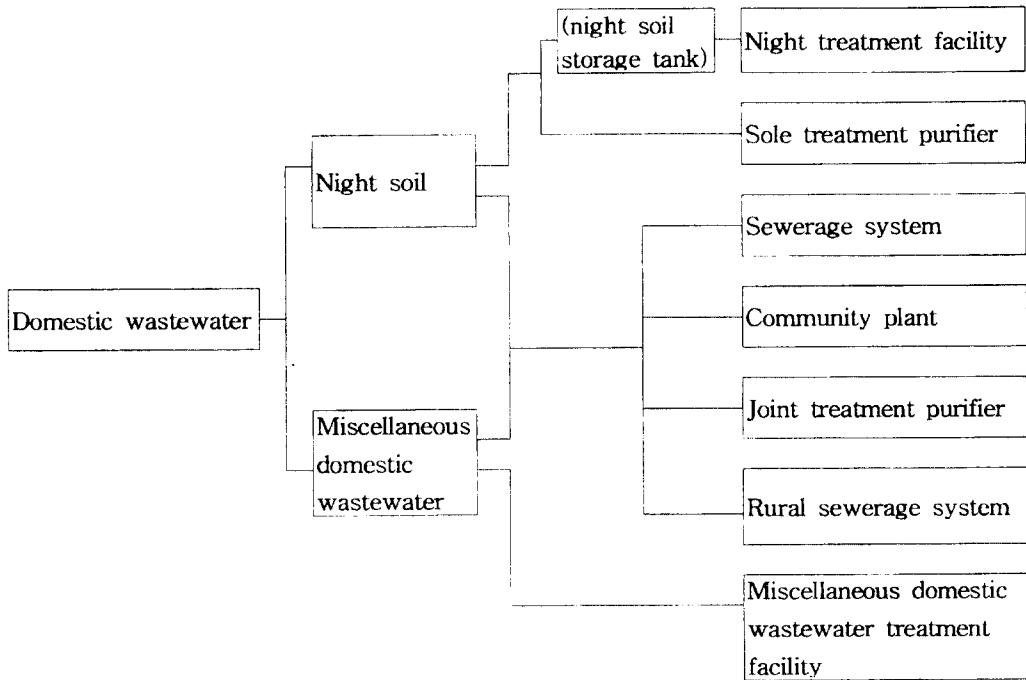


Fig. 2 Various Systems for Domestic Wastewater Treatment

3.2. 합병정화조의 제조

오수, 분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률 제 39조에서는 정화조 제조업에 관하여 규정하고 있는데, 정화조의 제조를 업으로 하고자 하는 자는 환경부장관에게 등록토록 하고 있다.

그리고 정화조 제조업자가 제조, 판매할 수 있는 정화조의 구조, 규격, 재질 및 성능에 관한 기준을 환경부령으로 정하도록 하고 있다.

3.2.1. 합병정화조의 방류수 기준

합병정화조를 비롯한 오수정화시설에서의 방류수 수질기준은 아래의 표 1과 같다.

3.2.2. 합병정화조의 재질

합병정화조의 재질은 유리섬유 강화 플라스틱(FRP)으로, 겉 모양은 육안 및 자동으로 검사하고, 품질기준은 KS F 4803(유리섬유 강화플라스틱제 정화조 구성 부품)의 2의 품질기준에 적합하도록 하고 있다.

4. 일본에서의 합병정화조

일본에서의 합병정화조는 1969년 처음 도입된 후 정착되어 있으며, 이를 바탕으로 분뇨정화조를 폐지하자는 건의가 공식적으로 제기되었고, 일본 정화조공업회는

Table 1 Effluent Guideline of Domestic Wastewater Treatment Facilities

| | items (unit) | STP | JTP | DWTF |
|-------------------------------|----------------|------|-----|------|
| special water protection area | BOD removal(%) | ≥65 | - | - |
| | BOD(mg/L) | ≤100 | ≤20 | ≤20 |
| | SS (mg/L) | - | ≤20 | ≤20 |
| miscellaneous area | BOD removal(%) | ≥50 | - | - |
| | BOD(mg/L) | - | ≤20 | ≤20 |
| | SS(mg/L) | - | ≤20 | ≤20 |

STP(Sole Treatment Purifiers) : Purifiers which treat night soil (flush toilet wastewater)

JTP(Joint Treatment Purifiers) : Purifiers which treat night soil and domestic wastewater

DWTF(Small scale Domestic Wastewater Treatment Facilities)

'99년부터 단독정화조의 생산을 중단하기로 결정하였다. 일본에서 정화조 제도의 전개방향은 우리나라에도 크게 영향을 미칠 것으로 판단되어 일본의 동향을 개략적으로 기술하고자 한다.

4.1. 합병정화조의 변천

우리나라와 같이 일본에서도 정화조를 수세화 분뇨만을 처리하는 단독처리정화조와 수세화분뇨와 잡배수를 함께 처리하는 합병처리정화조로 나누고 있는데, 일본에서의 최초 정화조는 1911년에 설치되었다. 이어서 1944년에 "오물정화조"의 표준이 정해졌고, 정화조라는 용어도 처음으로 사용되었으며, "물을 사용하여 분뇨를 정화방류하는 시설"로 정의되었다(中島).

그리고 1950년에는 건축기준법이 제정되면서 분뇨정화조의 구조기준이 정해졌으며, 이어서 1969년 동법 시행령이 개정되면서 합병정화조의 구조기준이 고시에 의해 제정되었다. 여기에서는 분뇨와 잡배수를 합쳐 처리하는 합병정화조의 구조기준이 101인 이상에 대해 설정되면서, 2차처리에 폭기하는 방법이 처음으로 도입되었다.

1980년 구조기준이 개정되면서 대폭 변경되어, 합병처리정화조의 처리대상 인원이 101인 이상에서 51인 이상으로 강화되었다. 1988년에는 구조기준의 일부가 개정되어 소규모 합병정화조가 도입되었고, 1995년에는 구조기준이 대폭적으로 추가, 개정되었다. 그 내용은 BOD와 COD처리수준의 향상과 질소와 인의 제거를 목적으로 한 것이다.

4.2. 정화조의 설치현황

일본의 수세화 인구는 1992년 현재 8,714만인으로 총인구의 69.9%이고, 정화조 처리 인구가 27.9%, 하수처리 인구가 42.0%이다. 분뇨처리장에 유입되는 분뇨는 54천KI/일이며, 정화조 슬러지가 28천KI/일로 1/3이상을 차지하고 있다.

정화조의 설치 추이를 보면 1987~1993년 사이에 606만기에서 751만기로 증가하였으며, 이 가운데 합병정화조는 9만6천기에서 47만기로 설치기수에서는 단독정화조가 많으나 합병정화조의 설치기수가 증가하는 추세를 나타내고 있다(中島).

그리고 표 2와 같이 1993년에는 41만기의 정화조가 새로이 설치되었으나 합병정화조가 11만기로 27.8%를 차지하여 1990년의 14.9%에 비하면 2배정도가 증가하였으며, 이는 보조금제도의 도입에 따른 효과로 평가되고 있다.

4.3. 합병정화조 보급에 따른 수질 개선

'94년도 총량규제 프로그램수립 보고서에 의하면 고도처리 합병정화조를 보급하여 처리되지 않는 생활잡배수를 처리한 경우의 오염사감 효과를 분석한 결과에 의하면 단독처리 정화조 등을 고도처리 합병정화조로 전체를 개량한 경우 '94년 기준으로 동경만에서 질소부하량이 180t/일에서 161t/일로 약 11%, 인 부하량은 14.5t/일에서 10.9t/일로 약 25% 감소하는 것으로 추정하고 있다. 그리고 오사카만에서는 질소부하량 110t/일에서 97t/일로, 인 부하량이 7.3t/일에서 5.7t/일로 12%씩 감소하는 것으로 추정하고 있다.

4.4. 지방자치단체에서의 보급 촉진

일본의 지방자치단체는 수질개선을 위해 합병정화조의 보급을 촉진하고 있는데, 이바라끼현에서는 가스미가우라의 수질이 악화되고 있는 것을 고려하여 ① 단독처리 정화조를 인정하지 않고, ② 합병처리 정화조를 설치하는 경우 방류수질이 BOD 20mg/L이하로 하고, ③ 조례 시행후 2년이 경과하여 합병처리 정화조를 설치하는 경우 방류수질이 BOD 10mg/L, TN 10mg/L, TP 1mg/L이하가 되도록 하였다. 그리고 ④ 조례가 시행전에 설치한 정화조는 5년간의 유예기간후 방류수질이 BOD 10mg/L, TN 10mg/L, TP 1mg/L가 되도록 하는 것을 검토중에 있다(稻森).

4.5. 단독정화조의 폐지 추진

후생성 생활위생국 수도환경부의 사적 연구회인 '단독처리 정화조에 관한 검토회' "보고(1995년)에 의하면 3년후 정도에는 분뇨정화조의 신설을 폐지하고, 나아가 21세기 초에는 기존의 분뇨정화조도 합병정화조로 변경하는 것을 목표로 할 것을 제안하였다(小野, 中島).

그리고 일본 정화조공업회는 후생성의 요청에 따라 단독정화조 생산 삭감 프로그램을 설정하여, '97년도 단독정화조를 230,000개를 제조하였으나 '98년에는 129,000개로 반감하고 '98년도말로 생산을 중단하기로 하였다(朝日新聞).

4.6. 정화조의 구조기준

근래 호소, 연안 등 패쇄성 수역에서는 생활오수에 포함된 질소와 인이 유입되어 조류와 수생식물이 증식하여 수질이 누적적으로 악화되는 부영양화가 진행되는 것

Table 2 Outline of Structure Standards for Treatemnt Systems in Japan

| New classification | Type of treatment | New treatment process | Number of users for designing(persons) | | | | | Treatment performance | | | | | Old classification | Treatment process | | |
|--------------------|-------------------|---|--|----|-----|-----|-----|-----------------------|-----------|------------------|-----|-----|--------------------|------------------------------|------------------------|-----|
| | | | 5 | 50 | 100 | 200 | 500 | 2000 | 5000 | Effluent quality | | | | | | |
| | | | | | | | | | | BODr (%) | BOD | COD | | | T-N | T-P |
| 1 | T | S-CA S-A TF | -- | -- | -- | -- | -- | -- | ≥65 | ≤90 | - | - | - | 1 | S-CA S-A | |
| | G | S-CA AF-CA DF-CA | -- | -- | -- | -- | -- | -- | ≥90 | ≤20 | - | - | ≤20 | | S-CA AF-CA DF-CA | |
| 2 | G | RBC CA TF EA | -- | -- | -- | -- | -- | -- | ≥70 | ≤60 | ≤60 | - | 2 | RBC CA TF EA | | |
| 3 | G | RBC CA TF EA CAS | -- | -- | -- | -- | -- | -- | ≥85 | ≤30 | ≤45 | - | 3 | RBC CA TF EA CAS | | |
| 4 | T | ST | -- | -- | -- | -- | -- | -- | ≥55 | 120 | - | - | 4 | ST | | |
| 5 | T | LI | -- | -- | -- | -- | -- | -- | SS ≥55 | SS ≤ 250 | - | - | 5 | LI | | |
| 6 | G | RBC CA TF EA CAS | -- | -- | -- | -- | -- | -- | ≥90 | ≤20 | ≤30 | - | 6 | RBC CA TF EA CAS | | |
| 7 | G | CA-SF* CS* | -- | -- | -- | -- | -- | -- | - | ≤10 | ≤15 | - | | | | |
| 8 | G | CA-ACA* CS-ACA* | -- | -- | -- | -- | -- | -- | - | ≤10 | ≤10 | - | | | | |
| 9 | G | NLRAS-CS TDN·DP* | -- | -- | -- | -- | -- | -- | - | ≤10 | ≤15 | ≤20 | ≤1 | | | |
| 10 | G | NLRAS-CS TDN·DP* | -- | -- | -- | -- | -- | -- | - | ≤10 | ≤15 | ≤15 | ≤1 | | | |
| 11 | G | NLRAS-CS TDN·DP* | -- | -- | -- | -- | -- | -- | - | ≤10 | ≤15 | ≤10 | ≤1 | | | |
| 12 | G | Corresponding to water pollution control law | Discharge guideline of water pollution control law | | | | | | | | | 7 | | | | |
| 13 | G | Authorization by the minister of construction | Authorized system by the minister of construction as over removal eff of above the structure standards | | | | | | | | | 8 | | | | |

S: Sedimentation CA: Contact Aeration A:Aeration TF:Tricking Filter AF: Anaerobic Filter
 DF: Denitrification Filter RBC: Rotating Biological Contactor
 EA: Extended Aeration CAS: Conventional Activated Sludge LI: Land Infiltration
 SF: Sand Filtration ST: Septic Tank ACA: Activated Carbon Adsorption
 CS: Coagulation Separation NLRAS: Nitrified Liquid REcycle Activated Sludge
 TDN-DP: Tertiary Denitrification Dephosphorization
 T : Tandoku-shori G : Gappei-shori * Applied after the treatment by NO. 6 process

이 문제시되고, 공공수역의 수질보전 관점에서 생활오수에 포함된 질소와 인의 대책을 강화하자는 요구가 점차 증가하고 있다.

그래서 1995년 12월에 개정된 합병정화조의 고시에서는 오수처리기술의 발전과 고도처리 정화조에 대한 요구가 커져 BOD와 COD를 고도로 처리하는 성능 또는 질소와 인을 제거하는 성능을 갖는 정화조가 추가되었으며, 종래의 구조에서도 유지관리상 문제점을 개선하기 위하여 스크린, 접촉폭기조, 슬러지저류조 등 각 단위장치의 구조가 개정되었으며, 신·구 구조기준을 개괄적으로 비교하면 표 2와 같다(須藤 등, Kitao).

'96년 3월 현재 정화조의 구조기준상 제 13에 의해 개별 또는 일반 평가를 얻은 고도처리형 합병정화조는 16개사로, 이들의 특징은 유량조정에 필요한 용량을 확보하고, 정량 펌프를 설치하여 정량 이송하는 것과 2차 처리시 접촉폭기조액 또는 처리수를 순환수로 사용하여 혐기여상조 등 1차 처리조에 통상 순환하여 질소를 제거할 수 있는 기능을 갖춘 것이다.

이들중에서 분리막을 이용한 공법으로는 혐기호기순환방식 막분리활성슬러지법이 2종이 포함되어 있으며 처리수질은 BOD, TN, TP 및 SS가 각각 5, 10, 0.5 및 5mg/L이다(稻森).

5. 합병정화조 처리기술

5.1. 합병정화조 처리 기술현황

'97년에 처음 도입된 합병조는 하수처리구역이 아닌 지역에 설치토록 하고 있는 오수정화시설과 처리방법이 동일하고, 설치대상이 일정규모이상의 건물에서 건물의 규모에 관계없이 일반 가정에까지 설치하도록 한 것에 차이가 있을 뿐이다.

따라서 합병처리기술은 이미 우리나라에 실용·보급되고 있는 오수처리기술을 그대로 사용할 수 있으며, 단지 합병정화조가 규모면에서 작아서 현장에서 설치하는 것이 경제적으로나 기술적으로 어려우므로 FRP를 사용하여 package화하는 제작기술이 추가적으로 필요하게 된다. 또한 소규모 시설로 전문 관리인의 배치가 현실적으로 어렵고, 방류수 수질기준이 강화되었으므로 이에 상응하는 기술이 필요하다.

일본에서는 합병정화조가 처리대상 인원에 따라 시설기준이 설정되어 있으나, 우리나라에는 방류수 기준을 만족할 수 있는 모든 처리기술이 이용될 수 있으며, 대

표적인 합병처리공법으로 혐기여상 접촉폭기법은 그림 3, 침전분리 접촉폭기법은 그림 4, 탈질형 접촉여상 폭기법은 그림 5와 같다.

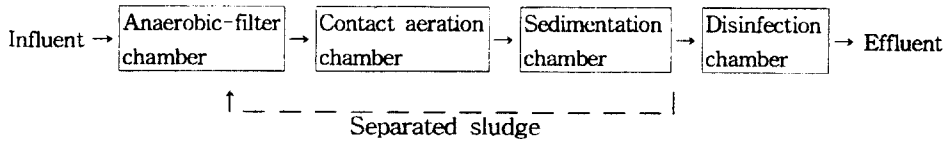


Fig. 3 Flow diagram of anaerobic-filter contact aeration

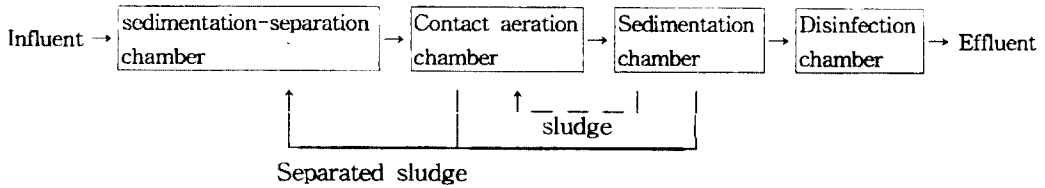


Fig. 4 Flow diagram of sedimentation-contact aeration process

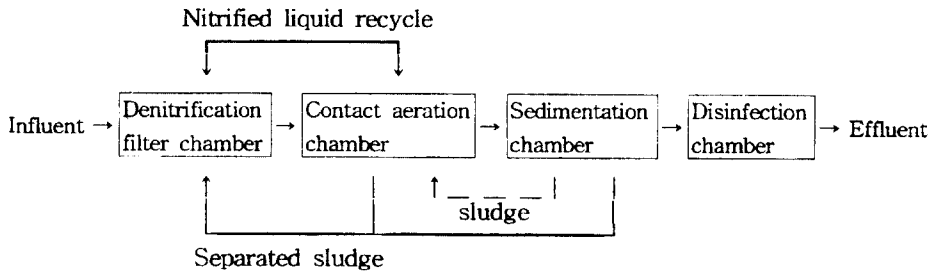


Fig. 5 Flow diagram of denitrification filter-contact aeration process

5.2. 막 분리형 합병처리기술

합병처리 정화기술로는 유지관리가 용이하고, 높은 처리효율을 나타낼 수 있는 생물막법이 주로 이용되고 있으며 최종에는 침전지에서 중력침강법을 이용하여 활성슬러지와 처리수를 고·액분리하고 있다. 그러나 유입수의 부하 변동 및 처리조건에 따라 슬러지의 침강성이 변하고, 침강성이 나빠지면 활성슬러지가 처리수중에 포함되어 유출될 가능성도 상존한다.

그러나 분리막을 이용하는 경우 ① 처리수질이 슬러지의 침강성에 좌우되지 않고 부유물질을 완전히 제거 가능하고, ② 미생물을 고동도로 유지할 수 있어서 높은 효율로 처리할 수 있으며, ③ 질산화세균을 고농도, 고효율성으로 유지하여 활성슬러지의 내생탈질로 질소 제거가 용이하고, ④ 체류시간을 극대화할 수 있으므로 잉여슬러지의 발생을 최소화 할 수 있는 등의 장점이 있다.

이러한 장점과 함께 막 재질 등의 급속한 발전으로 상수처리는 물론 중수도, 무

회석 분뇨처리 및 일부 산업폐수처리에까지 이용되고 있다.

반면에 ① 순환여과를 위해 순환 배관과 펌프 등의 설비가 필요하여 시스템이 복잡하고, ② 정기적으로 막을 세정하는데 따른 인건비와 약품비가 소요되어 유지관리 비용이 비싸고, ③ 교차흐름여과(cross flow filtration)로 대용량의 펌프가 필요하므로 에너지 비용이 비싸며, ④ 막의 내구연한에 따른 교체로 막 교환비가 비싸는 등의 단점도 있다(上原). 폐수에 포함된 오염물질의 종류에 따라 사용되는 막의 종류는 표 3과 같다(Fane).

Table 3 Membrane Application to Wastes by Contaminant Type

| Contaminant Type | Membrane Process | Hybrid Process |
|---|----------------------------------|---|
| Ionic ; Salts and Acids (NaCl, HCl, etc) | BP, D, ED, LM, MC, MD, NF, RO | Chemical + MF/UF |
| Dissolved Gases(e.g. H ₂ S) | MC | |
| Low MW Organics (a) biodegradable. (b) volatile | MD, NF, RO LM, MC, PV | (a) Bioreactor + MF/UF (b) Adsorbent + MF/UF |
| Mid MW Organics | MD, NF, RO, UF | Bioreactor + MF/UF |
| High MW Organics (e.g. Proteins) | UF | Bioreactor + MF/UF |
| Colloids (inorg., org., oils) | MF, UF | Chemical + MF |
| Particulates (to 10 μ m) | MF | Chemical + MF |

BP=Bipolar, D=Dialysis, ED=Electrodialysis, LM=Liquid Membrane, MC=Membrane Contactor, MD=Membrane Distillation, MF=Microfiltration, NF=Nanofiltration, PV=Pervaporation, RO=Reverse Osmosis, UF=Ultrafiltration

6. 합병정화조 제도의 발전 전망

6.1. 방류수 기준의 강화(질소와 인의 항목추가)

우리나라의 주요 호소가 거의 중영양화 이상의 상태이고, 연안의 경우에도 제주 해안을 제외하고는 부영양상태이거나 부영양화가 진행중에 있다. 이러한 폐쇄성 수역에서의 수질이 개선되지 않고 있는 것은 생활오수 등에 포함된 질소와 인이 유입되어 조류와 수생식물이 증식하여 수질이 누적적으로 악화되는데 기인되고 있다.

오수중에 포함된 질소 1g이 하천에 유입되면 이를 질산화시키 위해서 약 4.6g의 산소를 필요로 하며, 동시에 알칼리도가 약 7.14g 소모되므로 하천수중의 용존산소가 고갈되어 어패류가 질식사하고 퇴적물중의 인과 중금속의 용출을 촉진할 수도 있다(최의소).

또한 오수중에는 총질소와 총인이 각각 34mg/L와 2.9mg/L포함되어 있고, 발생원 단위를 보면 각각 8.2g과 0.7g으로 한 사람이 매일 같은 양의 질소와 인을 배출하고 있다(국립환경연구원).

따라서 방류수 수질기준 항목에 질소와 인이 멀지 않는 장래에 추가될 것으로 예상된다.

6.2. 합병정화조 관리의 전문화

오수, 분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률 제 14조에서는 오수정화조의 운영 관리를 규정하고 있는데, 여기에서는 오수를 오수처리시설에 적절히 유입시켜 처리하도록 규정하고 있다.

그러나 합병정화조의 경우, 기존의 하수처리장과 같은 높은 처리효율을 갖고 있어 기존의 분뇨정화조와는 다르게 처리공정이 보다 복잡하다. 따라서 용존산소를 일정 농도이상 유지하고, 생물막에 과잉으로 부착된 슬러지를 박리하고, 발생슬러지를 제거해야 하는 등의 유지관리에 전문적인 기술이 필요하게 된다.

합병정화조가 방류수기준을 유지하기 위해서는 정화조의 효율적인 유지관리, 보수점검 및 청소가 이루어져야 한다. 이를 위해 일본에서는 정화조의 소유자로부터 위탁받아 보수·점검업무에 종사하는 정화조 관리사제도를 두고 있는데, 관리사는 후생성장관이 시행하는 국가시험에 합격하든지, 아니면 장관이 인정하는 강습회를 수료한 자로 한정하여 관리를 전문화하고 있다(中島).

우리나라에도 합병정화조 제도를 도입하는 현 시점에서 이와 같은 정화조 관리사와 같은 새로운 관리제도의 도입을 적극 검토할 필요가 있다.

6.3. 합병정화조 설치에 따른 보조제도

합병정화조가 도입되어 2단계 시행시기인 '99년이 되면 1단계에서의 영업소를 대상으로 하는 것과는 다르게, 특정지역에 거주하는 주민은 합병정화조를 설치해야 하는데 합병정화조는 분뇨정화조에 비해 설치비용이 많이 소요되고, 유지관리에도 전기료가 소요되므로 주거지역에 따른 경제적 부담의 형평성에 문제가 제기될 수 있다.

이러한 문제점을 해소하기 위해서는 일본에서 합병정화조의 보급을 촉진하기 위하여 시행되고 있는 국가보조제도를 도입할 필요가 있다. 즉 일본에서는 이 제도가 '87년에 도입되어 시행중에 있는데 아래의 그림 4와 같이 합병정화조와 분뇨정화조의 설치비용의 차액중 1/3은 중앙정부가 2/3는 지방자치체가 보조하는데, 지방자치체 부담액의 80%는 지방교부세로 지원하고 있다(中島, 小野)

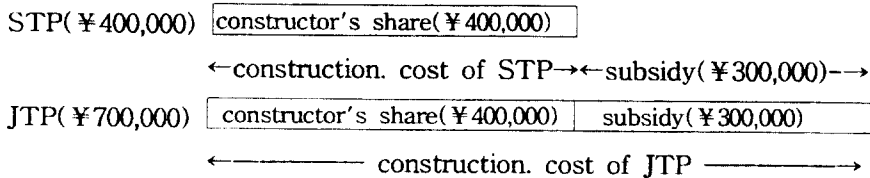


Fig. 6 Subsidy of Construction Cost of Joint Treatment Purifier(JTP)

또한 분뇨정화조는 대체로 폭기하지 않아서 전기료가 필요없으나 합병정화조는 폭기하여 반응조내의 용존산소 농도를 일정하게 유지해야 하므로 유지관리에 전기료가 소요되는데 이의 지원방안도 아울러 검토되어야 할 사항이다.

7. 합병정화조 처리기술 개발전망

유기물질만의 제거로는 하천, 호소의 수질오염과 부영양화를 방지할 수 없다는 인식이 국내외적으로 확고해지고 있는 현실에서 방류수의 수질기준은 배출농도와 항목이 모두 강화되어 갈 것으로 예측된다.

따라서 오수중 유기성 오염물질을 보다 효율적으로 제거할 수 있는 고도처리 기술개발과 함께 질소와 인을 동시에 제거할 수 있는 기술의 개발이 필수적이며, 이러한 연구가 진행중이고 일부는 실용화 단계에 있다.

이러한 여건에서 오수중 유기물질, 질소와 인 등 영양염류를 제거하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 특히 G-7 프로젝트, 환경공학기술개발의 오폐수처리기술분야에서 농어촌형 오폐수처리장치 등 6과제가 연구되고 있다.

국립환경연구원에서도 중소규모의 오수처리기술개발에 중점을 두어 '91년부터 지속적으로 연구를 수행하여 왔다. '91년에는 고정담체와 유동담체를 이용한 생물막공법, '92년에는 침전분리접촉폭기법과 혐기·호기 순환생물막법, '93년에는 회분식 활성슬러지법을 이용한 위락단지 오수처리공법을 현장에 설치하여 오수처리 기술개발을 추진하였으며, '94년부터는 일본 국립환경연구소와 공동으로 합병정화조 연구를 진행하고 있다.

'69년부터 합병정화조 제도를 도입하여 고도처리형 정화조를 실용화시키고 있는 일본에서 '95년 일본환경청이 수립한 “수 환경 비전”중에서는,

1) BOD 제거를 위한 호기처리에 혐기조건을 적절하게 조합하여 BOD뿐 아니라 영양염류를 효과적으로 제거할 수 있는 기술 개발 및 보급

2) 활성슬러지가 활발하게 활동할 수 있도록 ORP, DO 등을 이용한 자동제어식 고도처리 시스템을 도입하여 에너지를 절약하고 유지관리가 용이한 기술 개발.

3) 고도처리기술의 개발과 동시에 병원성 미생물의 소독이 가능한 처리수의 재이용 시스템 개발

4) 자원 순환형 사회를 창조하기 위해 잉여슬러지의 재이용이 중요하므로 슬러지의 퇴비화 등 농지 환원 시스템의 개발

5) 질소와 인을 각각 10mg/L, 1mg/L이하로 제거할 뿐아니라, BOD 10mg/L, COD 10mg/L, SS 10mg/L 이하의 처리 수질을 만족하는 에너지 절약형 공법개발은 물론이고, 생물처리와 물리화학처리를 조합한 hybrid 시스템의 개발

6) 기존의 BOD제거형 합병처리 정화조 처리수에서 질소와 인을 제거하기 위한 수생 생물의 활용, 즉 biogeo-filter를 조합하는 등 고도처리 기술 개발.

7) echoengineering, bioengineering을 고도로 활용한 고도처리 기술의 개발과 유지

관리의 용이화, 유지관리가 필요없는 등의 기술개발 등이 제안되었다(稻森).

이러한 합병처리 기술개발과 함께 소규모 처리시설에서 많이 사용되고 있는 생물 담체 및 여재의 개발, 고도처리화에 따른 시설의 복잡화를 뒷받침할 자동화시스템, 유지관리 기술개발 및 개발공법의 compact화 및 package화 기술 등이 집중적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

8. 맺 음 말

오폐수 발생량이 증가하고 밀집화하여 수질환경이 악화되고 있으나, 이를 개선할 환경기초시설의 설치에 이에 따르지 못하여, 단위수역에 따라서는 오염이 심화되어 용수로서의 가치를 상실한 곳도 나타나고 있다. 따라서 수질을 보전하기 위한 한 방법으로 오수를 발생원에서 처리할 수 있는 새로운 제도의 도입이 필요하다.

이러한 우리의 여건에서 새로이 도입된 합병정화조 제도는 농촌마을 등 소규모 배출원에 적용 가능한 방법으로 수질보전은 물론 처리후 인근 하천 등에 방류하므로 하천의 유지용수 확보, 하천 생태계보전 및 수자원의 이용 효율을 높이는 효과를 기대할 수 있을 것이다.

그러나 합병정화조 제도가 도입되어 이러한 목적을 달성하기 위해서는 고도처리형 합병정화조의 개발, 특히 질소와 인을 보다 효과적으로 제거할 수 있는 기술이 개발·보급되어야 한다. 그리고 이러한 개발 기술이 실용화되기 위해서는 합병정화조에 적합한 생물 담체 및 여재의 개발, 유지관리의 자동화기술 개발, package화 및 compact화 기술이 지속적으로 개발되어야 한다. 또한 설치 및 유지관리 비용의 국고보조는 물론 유지관리 전문 인력 및 회사의 양성이 필수적일 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 환경부, 환경백서 (1997)
2. 신항식, 발생원 처리개념 도입의 필요성, 우리나라 하수관리정책의 바람직한 방향세미나 자료집, pp 45-69(1996)
3. 임 연택, 합병정화조의 역할과 전망, 첨단환경, 5(8), 8-17 (1997)
4. 임 연택, 오·폐수 처리현황과 기술개발 동향, '98 한화그룹 환경사업·기술 세미나 자료집 (1998)
5. 최의소, 질소·인 제거기술의 현황과 전망, 최근 환경 기술개발동향과 발⁷방안 세미나 자료집, 환경관리공단 (1997)
6. 국립환경연구원, 오폐수처리 신공법연구(VI) -실규모 플랜트 운전에 의한 오수 및 축산폐수처리 기술개발- (1996)
7. 국립환경연구원, 오폐수처리 신공법연구(I-III) (1991-1993)
8. Fane, A. G., Advanced Treatment of Waste Water by Membrane, Proceeding

- of Korea-Australia Joint Seminar on The Recent Trends in Technology Developemnt for Water Quality Conservation, 183-195 (1993)
9. Takana Kitao, Johkasou - On-Site Domestic Wastewater Treatment Facility - System in Japan, Proceedings II of 7th International Congress and Exhibition II 17-II 24 (1996)
 10. 須藤隆一, 稻森悠平, 高度處理對應淨化槽の開発, 水環境學會誌, 19(3), 20-30, (1996)
 11. 北尾高嶺, 小型合併處理淨化槽の開発経緯とその技術, 水環境學會誌, 19(3), 13-19 (1996)
 12. 朝日新聞(1998. 5. 9).
 13. 中島 淳, 日本에 있어서 汚水淨化施設 制度, 오수정화 실용화기술 세미나 - 오수 및 축산폐수 관리제도와 기술-자료집, 국립환경연구원, pp50-74 (1996)
 14. 小野 洋, 淨化槽によるしおよび生活雑排水處理の現状と展望, 水環境學會誌, 19(3), 2-7 (1996)
 15. 小野 洋, 淨化槽と維持管理體制の今後の展開, 水環境學會誌, 19(3), 2-7 (1996)
 16. 稻森悠平, 稻森悠平, 山本康次, 高度處理方式の組み込まれた新構造基準, 月刊生活排水, Mar., 1-3 (1996)
 17. 稻森悠平, 高井智丈, 水落元之, 稻森悠平, 高度合併處理淨化槽の普及と水環境改善, 用水と廢水, 38(7), 45-52 (1996)
 18. 上原 勝, 中空絲膜フィルタを用いた高濃度有機廢水處理, 用水と廢水, 37(10), 45-50 (1996)