

하수도의 자원 및 에너지의 효과적인 이용

✦ 본 논문은 일본하수도협회(JSWA)의 협회지 2004년 12월에 게재된 논문을 발췌, 번역한 것입니다.

1. 서론

2003년도 말의 전국 하수도 보급률은 66.7%로, 생활환경의 개선이나 공공용수 지역의 수질개선에 큰 효과를 거두고 있다. 정비가 추진됨에 따라 하수도는 도시의 물순환계, 물질순환계 중에서 큰 위치를 차지하고 있다. 이러한 중에 하수도가 그 가능성을 최대한으로 끌어내고 지구환경문제 등을 고려한 순환형 사회의 형성에 역할을 다하기 위해 처리수나 슬러지의 이용 및 활용을 적극적으로 추진하고, 하수도의 자원 및 에너지의 효과적인 이용을 도모해 가야 한다고 요구되고 있다.

2001년도의 전국 1,718개 하수처리장에서의 하수처리수는 연간 130억 m^3 에 달하고 있다. 하수처리수의 재이용은 절반이 넘는 처리장에서 소포수(消泡水), 세정수 등으로 하여 처리장내에서 이용되고 있다. 또 처리장외에서의 이용은 2001년도 현재 218개의 처리장에서 이루어지고 있으며, 그 수량은 연간 약 1.9억 m^3 가 된다. 주요 용도는 표 1)과 같다.

구체적인 이용사례로 도쿄도에서는 전체하수처리수의 약 9%인 50만 m^3 /일을 재생수로 사용되고 있다. 이용처는 처리장 및 펌프장의 유지관리용수 외에 객차 등의 차량세정용수, 청소공장에 하는 냉각 및 세정용수, 고층빌딩의 변기세정용수, 환경용수가 있다. 요코하마시에서도 전체하수처리수의 약 2%가 사용되고 있다. 이용처는 처리장 외에 쓰레기소각장, 관거나 도로의 청소용, 범람하천 복개천 및 산책로에 쓰이는 용수 등이 있으며, 요코하마종합국제 경기장에서도 이용되고 있다.

하수슬러지의 발생량은 하수도 보급률의 상승으로 해마다 증가하고 있으며, 2002년도에는 연간 210만 DS-t에 달하고 있다. 앞으로도 보급률의 향상이나 고도처리의 도입으로 슬러지 발생량의 증

대가 예상되고 있어 효율적인 처리와 효과적인 이용을 추진할 필요가 있다. 하수슬러지의 처리상황은 39%가 매립 처분되고 있으며, 효과적인 이용은 61%가 되고 있다. 효과적인 이용의 내역은 기존의 푸른 농지에 이용하는 것이 중심이었으나, 최근에는 시멘트 원료로서의 이용 등 건설자재이용이 추진되고 있으며, 푸른 농지에 이용하는 것이 29만DS-t, 건설자재이용이 97만DS-t가 되고 있다. 1995년도에 건설자재이용이 푸른 농지에 이용하는 비율을 상회하고 나서 이러한 경향은 더욱 가속화되고 있다.

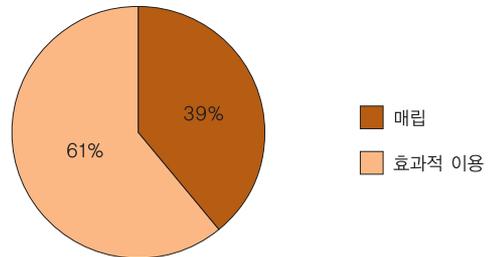


그림 1) 하수슬러지 처리상황



그림 2) 하수슬러지 처리상황 변경추이

(2001년 현재)

주요용도	환경용수	용설용수	공업 및 사업소용	산업용수	수세식변기
수량(m^3)	11,500만	2,900만	2,300만	1,300만	600만

표 1) 하수도 주요용도

또 최근 지구온난화방지, 순환형사회형성 등의 관점에서 「바이오매스」가 주목받고 있으며, 2002년 12월에 농림수산성, 국토교통성 등의 관계성청에 의해 검토가 추진되어 온 「바이오매스 일본 종합전략」이 각의로 결정되었다.

본 종합전략에서는 관계각성청의 연계 하에 바이오매스를 에너지나 제품으로서 종합적으로 최대한 이용 및 활용하고, 계속해서 발전 가능한 사회를 실현할 때의 구체적인 목표나 기본적인 전략 등이 제시되어 있어 하수슬러지의 적극적인 이용이 요망되고 있다. 이번의 논평에서는 이상과 관련하여 하수도의 자원 및 에너지의 효과적인 이용에 대해 하수처리수와 하수슬러지로 나눈 후 이용목적별로 문헌을 통하여 논평하고자 한다.

2. 하수처리수의 효과적인 이용

(1) 경관유지로의 이용 및 친수이용

하수처리수를 경관유지 용수 및 친수용수로서 재이용하고 있는 처리장은 2001년도 실적에서 각각 72개소, 19개소로 둘을 합하면 처리수 재이용 실시 개소수(218개소)의 42%에 달한다. 여기에서 처리수의 「경관유지 이용」은 경관유지 등을 목적으로 한 재이용수로 쾌적하게 이용하는 중에 인간이 관여하는 것을 전제로 하지 않는 것을 목표로 하며, 한편 「친수 이용」은 인간이 관여하는 것을 전제로 한 것을 목표로 하여 사용되는 것이 일반적이다. 이 양자에 하천유지용수로서의 이용을 추가하여 「환경용수 이용」 등이라 부르기도 한다.

하수처리수를 경관유지 및 친수이용으로 하기 위한 수질기준은 특정건축물에서 이용하는 경우를 제외하고 정부차원에서 정해지지 않고 있다. 현재는 2000년에 구건설성 고도처리회의가 정리한 「하수처리수의 경관유지 및 친수이용 수질검토 매뉴얼(안)」에 기재된 수질목표치가 지방자치단체 등에 의한 수질설정근거로서 사용되고 있다. 그래서 대상이 되는 것은 대장균군수, C-BOD, pH, 탁도, 냄새, 색도 등 6항목이며, 친수이용 쪽이 보다 엄격한 수질을 요구한다. 이들 수질항목에서 알 수 있듯이 본 목표수질은 위생학적인 안전성과 감각적인 쾌적함을 중점적으로 고려한 것으로, 실제의 경관유지 및 친수이용에서 종종 문제가 되는 조류(藻類)의 발생원인이 되는 수질항목(질소, 인)은 들어있지 않다.

경관유지 및 친수이용을 위한 하수처리수의 재생처리방법은 다른 재이용과 마찬가지로 대상처리수, 목표수질, 비용 등을 감안하여 선정된다. 구건설성이 1998년도의 처리수 재이용 실태를 조사한 바에 의하면 경관유지 및 친수이용의 경우 모래여과, 오존처리, 활성탄처리 등 고도 처리가 시행된 것이 특징적이다. 특히 이들 용도

에서는 감각적인 쾌적성이 중시되기 때문에 하수처리수 특유의 착색이나 냄새를 제거하는 목적에서, 오존처리가 도입되는 경우가 많아지고 있다. 한편 새로운 처리방식으로서 또한 처리수의 재이용이라는 관점에서도 막분리활성슬러지법이 주목받고 있으며 다음과 같은 이점이 있다.

- ① 이차처리에서 모래여과 이상의 깨끗한 처리수를 얻을 수 있다.
- ② 세균이나 원충의 절반이 제거되고 또한 바이러스의 제거도 예상할 수 있다.
- ③ 슬러지의 고농도화로 인해 표준활성슬러지법 수준의 수리학적 체류시간으로 질소제거까지 가능하다.

더욱이 스미다니씨 등은 막분리활성 슬러지법의 후단에 수경재배지를 배치하고 거듭하여 질소 및 인 제거를 하는 시험을 보고했다. 또 다니오씨 등은 경관유지 이용에서 조류억제의 목적으로서 하수 이차처리수를 대상으로 규산칼슘 수화물을 사용한 정석탈인을 시험한 실험결과를 보고했다. 여기에서 인 제거로 인한 조류억제효과가 실험을 통해 보여주고 있는 바와 같이 메커니즘(機序)이 충분히 명확하지는 않지만 대장균군수의 저감효과도 있다고 되어있다.

다케나카씨는 고베시에서 스즈란다이처리장의 처리수를 시내의 복개천 용수로 재이용하고 있는 사례를 소개하고 있다. 본 처리장에서는 순환식 질화탈질법의 후단에 모래여과-오존처리를 갖춘 처리흐름이 채택되고 있으며, 처리수는 자연유하식으로 우수펌프장으로 보내어진 후 방류지 하천 및 복개천에 공급되고 있다. 이때 처리장과 펌프장의 표고차(110m)를 이용하여 처리수에 의한 수력발전이 이루어지고 있는 것이 특징적이다.

(2) 잡용수 이용

일본에서는 1955년도 후반에 이용되기 시작되어 1985년도 후반부터 물 수요가 없는 지역을 중심으로 본격적으로 도입되게 되었다. 2002년도의 이용개소수는 2,790개소, 1일 이용량은 약 42만 m³로 전국 생활용수 사용량의 약 1%에 해당한다. 이용용도는 수세식변기 용수로서의 이용건수가 80.0%로 가장 많고, 살수이용 30.2%, 냉각용수 13.0%로 이어지고 있다(1999년도).

잡용수 이용방식은 「개별순환」, 「지구순환」, 「광역순환」, 「빗물만 이용」하는 4가지로 분류된다. 도입시설수는 개별순환, 광역순환 순으로 많으나 최근 빗물만 이용하는 시설설치수가 급속하게 증가하고 있다. 고에즈씨 등은 광역순환방식의 도입비용을 시산하여 수도원가와 비교를 하였는데, 일반적으로 표준원가보다 비싼 수도

요금에 설정되어 있는 업무용빌딩이나 인구밀도가 300명/ha를 상회하는 주택지구에서, 관거설치에 드는 비용을 포함한 재생수의 공급비용이 수도요금을 하회하고 있다. 2002년도 말 각 방식의 잡용수 이용시설수는 개별순환 922건, 지구순환 136건, 광역순환 811건, 빗물만 이용하는 것이 920건이다.

(2002년 말 현재)

이용방식	개별순환	지구순환	광역순환	빗물만 이용
이용시설수	922건	136건	811건	920건

표 2) 잡용수 이용방식 및 이용시설수

개별순환방식의 도입 예로서 중앙합동청사 2호관, 오키나와현 평화기념자료관 등이 있다. 뉴오타니 호텔은 에너지·물·폐기물 재활용 시스템을 완성시킨 후 난방배수를 처리하여 수세용물, 살수, 분수, 세차에 이용하고 있다. 또 간사이국제공항에서는 공항내의 시설에서 나오는 생활배수가 처리 및 소독된 후 오사카만으로 방류되고 있으나, 처리수의 일부를 공항이 있는 섬 안의 변기 및 식물재배에 주는 살수 등에 이용되고 있다.

지구순환방식의 도입 예로서 동경디즈니랜드·동경디즈니시 등이며, 빗물만 이용하는 방식의 도입 예로서 오사카시 청사 등을 들 수 있다. 광역순환방식은 사이타마신도심지구, 히마카타시립종합복지회관, 아와지섬 국제공원도시에서 사용되고 있다.

요코하마시는 코우호쿠 하수처리장의 고도처리수를 요코하마국제종합경기장으로 송수하고, 열을 이용한 후에 여과된 빗물과 함께 수세용수, 살수에 이용되고 있다.

또 요코하마시내의 11개 처리장에서 재생수의 판매도 하고 있다. 도쿄도에서는 3개 처리장의 재생수를 니시신주쿠부도심이나 임해부도심지구로 공급하여 변기용수 등에 이용하고 있다.

잡용수 이용시설과 관련된 유지관리상의 과제로 유지관리비의 부담이 크다는 점과 개별순환방식에서는 재생수의 원료수량 및 수질이 불안정하다는 점 등을 들 수 있다. 또 후쿠오카시에서는 1988년부터 광역순환방식으로 다세대 주택에 재생수를 공급하고 있으나, 급수관의 부식 및 폐색, 탱크가 지지분하다는 등의 문제가 원인으로 보고 되고 있다.

(3) 농업이용 및 공업이용

일본에서는 1998년도 169개의 하수처리장에서 1.6억m³의 처리수(전체처리수의 약 1%)가 재이용되고 있으나, 그 중 공업용수로서의 공급에는 787만m³(재이용수 전체의 약 4.9%), 농업용수에는 1,814만m³(재이용수 전체의 약 11%)가 사용되고 있다. 재생처리방법은 처리수로 재이용을 하고 있는 절반 이상의 처리장이 모래여과

에 의한 고도처리를 채택하고 있으나, 농업용수용에는 이차처리수를 그대로 사용하고 있는 처리장이 많다. 또 최근에는 국내외에서 막처리법의 기술개발이 추진되어 실제로 이용되고 있다.

농업용수로서의 하수처리수 이용은 구마모토시의 사례가 대표로 3.7만m³/일이 논 관개수로 이용되고 있다. 또한 감귤에 하수처리수를 이용하는 사업이 에히메현 카미우라마에서 채택되었으며, 사가현 니시아리다마에서는 농업취락배수시설의 처리수가 논 관개수로 이용되고 있다. 처리수에 의한 벼의 생육에 대한 영향은 적절히 관리하면 오히려 유리하게 재배할 수 있는 가능성이 있다. 또 논에 이용하는 영향(벼의 생육, 논에서의 수질정화, 토양의 변화), 감귤에 이용하는 영향(감귤의 생육, 토양의 변화, 병해충방제효과) 및 야채나 화훼에 대한 이용영향(작물의 생육, 토양의 변화 등)이 조사되고 있다. 더욱이 처리수의 농업용수로서의 이용실태 및 특징이 4개 공공하수도 및 18개 농업취락배수시설을 대상으로 조사되었다. 처리수를 농업용수에 이용할 때 일반적으로 주의해야 할 점에 대해 현 국제물학회에서 이 분야의 연구도 소개되고 있다. 처리수를 공업용 수도에 이용하는 대표적인 사례는 나고야시 센넨하수처리장에서의 이용이다. 처리수는 이 하수처리장의 고속응집침사지를 거쳐 타츠미정수장으로 도수되어, 급속여과지에서 처리된 후 공업용수로 공급된다. 36년 간 실적 및 7천m³/일 정도의 배수량을 가지고 있으나, 급속부식 등의 피해가 보고 되고 있다. 이에 대해서는 다른 계통의 공업용수와 혼합하여 전기전도율을 내리게 하여 대응하고 있으며, 또 사용용도에 맞게 공업용수를 정수처리하는 사용자도 있다.

기타큐슈시에서는 처리수의 일부가 RO막으로 처리된 후 처리장에 인접한 공장 등에서 재이용되고 있으나, 그 전처리방법으로서 침적형 및 내압형 세라믹 MF막 처리의 연구가 보고 되고 있다.

해외의 사례로, 조건대 늪지대의 보호 및 물 부족 해소를 목적으로 미국의 San Jose /Santa Clara처리장이 6만m³/일의 고도처리수를 관개 및 공업용수로서 공급하고 있는 것을 들 수 있다. 이 사업의 실시에는 주정부기관 등 여러 이해관계자로부터의 지원이 필요하기 때문에, 비용부담 등에 관한 협약이 체결되었다. 또 고객에게 매력을 줄 수 있도록 공급수의 가격이 설정되었으며, 접속을 위한 개조비용에 재정조치가 취해지고 있다. 또 하나의 사례로서 영국 동부의 Flag Fen처리장이 방류수에 드럼스크린(Drum Screen)에 의한 전처리 및 MF막과 RO막에 의한 처리를 실시하고, 처리수를 인접하고 있는 가스연료발전소의 용수로서 공급하고 있는 점을 들 수 있다. 또 처리수의 농업용수나 공업용수로서의 이용을 포함하는 재이용에 관한 광범위한 논평이 캐나다에서 하는 실천과 함께 보고 되고 있다.

(4) 살수이용 및 용설이용

하수처리수의 살수이용은 식물의 생육을 돕기 위해 가로수, 잔디 등에 하는 것과 먼지날림을 방지하기 위해 운동장이나 도로에 하는 것이 있으며 이들이 기본적인 용도에 해당한다. 그러나 도시부에서는 히트아일랜드(Heat Island : 열섬현상)대책에 이용되고 눈이 많이 쌓인 지역에서는 용설에 이용되는 등 지역에 따라 그 필요성이 달라지기 때문에 다양한 용도로 사용되고 있다.

(2001년 현재)

	살수이용		용설이용
	식수대 살수	도로 살수	
처리장	76개소	56개소	20개소
처리수량	21만 ^m ³/년	41만 ^m ³/년	2,928만 ^m ³/년

표 3) 살수 및 용설 처리 내역

도쿄도는 최근 새로 「열섬현상의 완화」나 「합류식 하수도의 개선」을 위해 노면에 하는 살수를 시험적으로 실시하고 있다. 이는 보수(保水)성질이 있는 포장노면에 살수를 함으로서 증발시에 노면에서 기화열을 빼앗아 「물을 뿌렸을 때」와 마찬가지로 노면온도가 내려가기 때문에 히트아일랜드 대책으로서 그 효과를 검증하고 있다. 「합류식 하수도의 개선」도 노면에 살수를 함으로서 토사 및 쓰레기의 퇴적을 방지하고, 장마 때 초기에 합류식 하수도에서 하천에 방류되는 오수물의 저감효과에 대해 검증을 하고 있다.

아오모리시는 유일하게 특별대설지역으로 지정되어 있는 현청 소재지이다. 이로 인해 눈으로 인한 교통피해 및 경제활동의 정체 등에 문제가 발생하여 눈 대책이 중요사항에 해당한다. 이를 위해 주민이 눈을 쓸고 난 후에 눈을 투입하는 「유(流) · 용설수로」나 용설시에 토사 등을 처리할 수 있는 용설조(融雪槽) 시설에 재생수를 사용하고 있다. 니이가타현 유자와마을은 눈이 쌓이고 난 후의 도로보호가 중요한 과제가 되고 있다. 이를 위해 지하수를 도로에 살수하여 용설하는 눈 녹이는 파이프를 시가지에 설치하여 대책을 실시하고 있으나, 니시야마온천거리 지역에서는 우물물 굴착시에 온천이 분출되어 굴착작업을 할 수 없기 때문에 대신에 처리수를 살수하고 있다. 홋카이도 나이에마을에서는 나이에정화센터에서 배출되는 처리수를 송수관을 통해 나이에마을 시가지로 끌어들이고, 도로의 용설도랑에 흐르게 하여 눈을 녹이거나 눈을 흘려보내는데 이용하고 있다.

(5) 열 이용

하수의 온도는 약 10~25℃로 바깥기온과 비교하여 여름철에는 낮고, 겨울철에는 높은 특징을 갖고 있다. 1일의 온도변동도 적기 때

문에 히트펌프의 열원으로서 다양한 용도(냉난방, 급탕, 온실, 온수수영장)에 이용할 수 있다.

도쿄도는 1984년도부터 하수의 열에너지를 회수하여 이용하는 히트펌프의 기술개발을 추진해 오고 있으며, 이 히트펌프를 이용한 공조시스템을 「어번히트(Urban Heat)」라 이름 지었다. 1986년도 이후 오찌아이처리장 등 10개 처리장, 2개 펌프장의 냉난방에 도입하고 있다. 또 1994년도부터 분쿄구 고라쿠 잇초메 지구의 약 21.6ha로 일본에서 처음으로 미처리 하수를 열원으로 한 지역냉난방을 개시하고 있다.

요코하마시는 1998년부터 요코하마 국제종합경기장 및 스포츠 지역플라자 등의 각종 시설에 코우호쿠하수처리장의 고도처리수를 공급하고 있으며, 냉난방에 재생수를 열원으로 한 히트펌프를 사용하고 있다.

오사카부는 하라다 · 이마이케 · 오오이 등의 처리장에서 관리동의 냉난방 히트펌프 열원에 처리수를 사용하는 시스템을 1991년도부터 1997년도에 걸쳐 도입하였다. 또 히마카타시는 복지회관 및 문화회관의 건설에 따라, 나기사처리장의 고도처리수를 열원으로 한 히트펌프를 설치하여 냉난방을 하고 있으며, 야간 전력을 이용하여 운전하고 있다.

여기에서 얻은 열은 빙축열냉방과 온수수영장에 이용하고 있다. 눈이 많이 내리는 도시에서는 난방 및 용설 시스템으로서 하수열을 이용하고 있다. 홋카이도 기타미시는 버스 대합실에 하수열을 히트파이프로 전달하여 난방 및 용설을 하는 「따뜻한 버스정류장」을 실시하고 있다.

3. 하수슬러지의 효과적인 이용

(1) 푸른 농지에 이용

하수슬러지를 푸른 농지에 이용할 경우의 형태로서는 하수슬러지 유기비료, 건조슬러지, 탈수슬러지, 소각재 등이 있다. 그 중에서 위생성, 안전성, 비료효과성분, 취급의 용이성 등을 고려하면 탈수슬러지를 호기성 발효시킨 후 유기비료로서 푸른 농지에 사용하는 것이 가장 적합하다.

1995년 9월에 구건설성은 「도시녹화의 하수슬러지 사용지침(안)」을 일부 개정하고 공원녹지 등에 대한 유기비료슬러지, 건조슬러지, 소화탈수슬러지의 사용량 기준 등을 제시하였다. 1996년 3월에는 하수슬러지 자원이용협의회(사)일본하수도협회(가)가 「하수슬러지농지 및 푸른 농지에 이용하는 매뉴얼」을 작성하여 생산관리, 품질관리, 사용기준 및 사용할 토양의 모니터링 등을 정리하였다.

1999년 7월에는 비료단속법이 개정되어 기존 특수비료로 되어 있던 비료 중, 하수슬러지 등의 폐기물을 원료로 하는 비료에 대해 일반비료로 등록할 것이 요구되었다.

이 법은 2003년 7월에 개정되었으며 슬러지관련 일반비료는 특정 일반비료 등에 지정되어, 기존의 식물과해시험 외에 「농작물에 잔류하여 사람에게 피해를 주는 비료」의 체크가 이루어지게 되었다. 또 비료에 따라서는 농가에 사용방법을 엄수해야 하는 의무부과와 동시에 안전성에 문제가 있음이 판명된 경우에는 사용금지 조치가 취해지게 되었다.

2001년 4월부터는 「정부 등에 의한 환경물품 등의 조달추진 등에 관한 법률(그린(Green)구입법)」이 시행되어 공공공사의 원예자재로서 「하수슬러지를 이용한 슬러지발효비료」가 특정조달품목으로 자리매김하게 되었다. 그 때 샷포로서, 아마가타시 등에서 제조된 유기비료는 슬러지처리 과정에서 소석회를 첨가한 점에서 「특정조달품목」으로 인정받지 못하는 사태가 발생하였으나, 그 후 토양의 산도를 바꾸어 주는 토양개량자재로서 인정받고 있다.

탄화슬러지의 이용이라는 새로운 방법도 검토되고 있다. 일본하수도사업단에서는 탄화슬러지의 푸른농지이용에 대한 적용성을 조사하였는데, 탄화슬러지에는 식물이 흡수하기 쉬운 형태로 인산을 함유하고 있다는 것을 밝혀냈다. 또 가와니시보건위생시설조합에서는 제조한 탄화물을 시클라멘(Cyclamen : 쌍떡잎식물 앵초목 앵초과의 한 속. 여러해살이풀이며 뿌리를 돼지가 잘 먹는다고 하여 소브레드라고도 한다.)에 사용하여 비료의 사용조건인 변화의 완충기능, 투수성, 통기성의 개선 등의 효과를 확인하였다. 소각재의 이용을 포함한 푸른 농지 이용의 처리현황은 그림 3)과 같다.

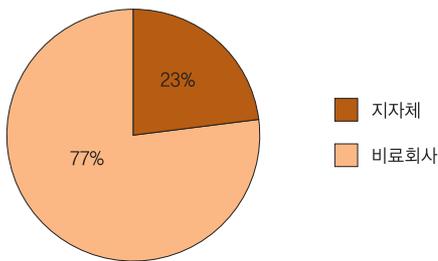


그림 3) 소각재 이용을 포함한 푸른 농지 이용

지자체의 대체로서 아마가타현 텐도우시에서는 하수슬러지의 유기비료화를 20년 이상이나 추진하고 있으며, 일부를 공원 등의 공공시설로 이용하고 있는 외에 그 지역의 농협에서 일반상품으로 판매하고 있다. 버찌 농가 등의 이용자로부터 평판도 좋아 안정된 수요를 획득하고 있다.

(2) 건설자재로의 이용

건설자재로의 이용형태는 소각재가 그 대부분을 차지하고 있다. 석회계 소각재는 재 속에 함유되어 있는 칼슘의 성질을 이용하여 토질개량재, 도로기반재 등에 이용되는 것에 비해, 고분자계소각재는 재 속에 함유되어 있는 규소나 알루미늄 등을 점토 대체로 하여 기와 등에 이용하고 있다. 나고야시에서는 특히 전국에서 제일 먼저 하수슬러지의 소각처리를 단행하였으며, 현재는 발생하는 전체소각재의 거의 3/4이 자원화되고 있어 대도시 중에서는 자원화율이 높은 도시 중의 하나이다.

한편 용융슬래그는 쇠석 등의 대체재로서 도로기반재, 콘크리트골재 등에 이용할 수 있다. 그러나 하수슬러지 용융시설은 전국에서 20개 플랜트 전후로 머무르고 있으며, 소각재 이용에 비해 생성되는 슬래그량은 조금이다. 이 용융슬래그의 건설자재 이용을 확대하기 위한 과제로서 슬래그강도의 개선을 들 수 있다. 용융슬래그의 현상으로서 가장 많은 것은 하수슬러지를 용융한 후 급냉하여 불규칙 배열인 유리질로 하는 급냉슬래그이나, 이모오씨는 용융슬래그를 재가열하고 시간을 들여 규칙배열로 한 결정질의 결정화 슬래그의 이점을 소개하고 있다. 이 재료는 강도가 높고 또한 중금속이 거의 녹아 나오지 않아 안정성을 가지고 있으며 그 효과적인 이용사례로서 외벽용 타일, 배수성 포장재, 세라믹 블록 등을 들 수 있다. 또 모리씨는 용융슬래그를 쇠석이나 모래 등 다른 자재와 혼합하거나 공냉슬래그의 입자조정 또는 수쇄슬래그와 혼합하여 입자조정 등을 함으로서, 도로기반자재로서 요구되는 슬래그강도를 얻을 수 있다.

하수슬러지를 건설자재로 이용하는 새로운 기술에는 최근 엄청난 진전을 보여주고 있다. 소각재와 굴착잔토를 이용하여 개량토를 제조하는 기술이 실용화되는 외에, 하수슬러지의 소각재만으로 기와·타일 등의 제품을 제조하는 기술도 개발이 추진되고 있다. 또 미카미씨와 오자와씨는 도쿄도의 대체로서 새로운 소각재 자원인 입자조정제를 소개하고 있다. 이는 하수슬러지의 소각재를 등급별로 나누고 분쇄가공으로 입자를 80μm 이하로 조정한 것으로, 고품질의 건설자재로서 활용이 기대되고 있다.

또 시멘트 자원화에 대해서도 다양한 기술개발이 이루어지고 있다. 후지이씨는 하수슬러지의 시멘트 원료화 시스템으로서 탈수케익을 파이프라인으로 시멘트 소성로에 직접 투입하고, 시멘트를 원료화하는 방법을 소개하고 있다. 이 방법은 후쿠오카현 큐슈시와 사이타마현 요코세마을에 설치되어 1997년부터 2001년까지 22만톤의 자원화를 이루고 있다. 또 미도리가와씨 등은 용융슬래그의 새로운 활용법으로서 고유동 콘크리트에 하는 혼화재로서의 이용가능성을 검토하고, 잘게 부순 하수슬러지 용융슬래그에 의해

분체계 고유동 콘크리트제조가 가능하다는 것을 보여주고 있다.

(3) 에너지 이용

바이오매스 에너지 자원인 하수슬러지의 연료화는 자원순환형 사회의 실현이나 지구온난화 방지대책으로서 큰 기대를 모으고 있다. 하수슬러지의 바이오매스로서의 특징은 수집비용이 저렴하다는 점, 매일 안정적으로 생산물을 얻을 수 있다는 점, 발효가 용이하게 진행되는 등의 이점을 지닌 한편 함수율이 높아 처리하기 힘들다는 면도 있다.

하수슬러지의 에너지 이용형태는 혐기성 소화과정에서 발생하는 소화가스의 발전에 의한 이용, 연료전지로의 활용, 하수슬러지의 소각폐열의 이용, 슬러지 자체의 연료화로 분류된다.

소화가스 발전은 유럽에서 실시된 예가 많아, 일본에서도 처리장의 자원유효이용과 전력비의 절감이란 관점에서 진행되고 있다.

소화가스를 이용한 발전은 발전효율 25~40% 정도에서 전기에너지를 회수할 수 있음과 동시에, 발전에 따른 폐열을 소화조(消化槽)의 가온에너지 등으로 이용하여 종합에너지 이용효율 80% 이상을 기대할 수 있는 기술이다. 소화가스를 이용한 발전기로서는 마이크로가스터빈이나 연료전지가 유력하나 발전효율이나 비용 면에서 일정일단이 있으며, 보급은 앞으로의 기술개발에 의존하는 바가 크다.

과학기술전략추진기구(JCII)는 저분자화, 산 생성과정을 화학적이고 물리적으로 조절함으로써 소화가스의 주성분인 메탄의 생성속도를 크게 증대시킨 고속메탄 발효과정을 제안하고 있다.

연료전지는 수소와 산소를 반응시켜 전기와 열을 얻지만, 이 수소를 메탄으로 만들 경우가 많다. 또 초임계수열분해로 하수슬러지 등의 고(高)수분 유기체 폐기물에서 메탄이나 하수슬러지 등의 기술이 기대되고 있다. 지구온난화를 방지할 수 있는 마지막 수단이라고도 말하고 있는 연료전지이나, 비용이나 내구성 등의 점에서 아직 과제도 많다.

하수슬러지의 소각으로 인한 폐열이용으로서는 기존에 슬러지 건조의 열원, 인근 온수수영장 등의 열원으로 이용되어 왔으나, 최근에는 주택지의 급탕시스템 열원 등 다각적인 활용이 추진되고 있다. 각 용도에서 필요로 하는 열량과 공급가능량의 관계 등을 상세하게 검토해 볼 필요가 있다.

슬러지 자체의 연료화로서는 하수슬러지를 저산소 상태에서 증기로 소각하여 처리한 탄화물이나 열풍 등으로 가열처리한 건조입자 제조물 및 매체유로 가열처리한 유(油)건조물연료가 있다. 나가사키현 마츠우라화력발전소에서는 석탄사용량에 비해 최대 1%의 유(油)건조물 연료를 연소하여 연소특성이나 환경특성 등이 조사되고 있다. ㉔

2005년도 상·하수도 해외연수프로그램 안내

우리나라 상하수도 종사자들의 기술발전과 능력향상을 위한 노력의 일환으로 우리 협회에서는 2004년부터 일본하수도협회(JSWA)와 일본수도협회(JWWA)의 협조를 얻어 일본에서의 상·하수도 연수를 실시하고 있습니다. 2005년에는 2004년도의 연수결과를 바탕으로 더욱 내실 있는 해외연수프로그램을 실시코자 하오니, 회원여러분들의 지속적인 관심과 참여를 부탁드립니다.

1. 행사명 : 상·하수도 일본 해외연수 프로그램
2. 연수대상 : 국내 지방자치단체 상하수도 종사자
3. 교육기간 : 상수도 (11박 12일), 하수도(10박 11일)

	교육과정명	교육실시지역	연수실시기간	연수신청기간
상수도	정수처리과정	오사카 및 인근지역	11박 12일(05.06.27.~07.08.)	05.09. ~ 05.25.
	배·급수관망관리과정	오사카 및 인근지역	11박 12일(05.08.29.~09.09.)	07.11. ~ 07.29.
하수도	관거시공 및 유지관리과정	동경 및 요코하마	10박 11일(05.04.18.~04.28)	03.14. ~ 04.01.
	하수처리 및 슬러지처리과정	센다이 및 인근지역	10박 11일(05.10.17.~10.27.)	09.12. ~ 09.30.

교육
훈련

정보

행사

시험

www.kwwa.or.kr

물은 생명 그리고 미래입니다

※ 문의처 : 기술지원처 상하수도기술지원팀 위미경 대리(Tel : 02-3156-7741)

※ 일정 및 기타 자세한 사항은 협회 홈페이지 및 공문 등을 통해 확인하실 수 있으며, 연수신청은 해당기일에 준수하여 신청해주시기 바랍니다.