

생활폐열회수를 위한  
열교환기 개발 중심

# 폐열회수 고효율 난방 시스템

신현준 / 한국건설기술연구원 수석연구원  
이태원 / 한국건설기술연구원 선임연구원

## 1. 서론

산업의 고도화에 따른 생활수준의 향상으로 화석에너지의 사용량의 급격히 증가하면서 이들 연료의 연소과정에서 배출되는 각종 공해물질과 함께 사용후 배출되는 폐열은 주위환경에 미치는 여러가지 영향 때문에 커다란 사회적인 문제가 되고 있다. 그 중에서 도시화의 급속한 진전에 따라 생활 부문에서 배출되는 폐수에 보유한 폐열(이하 "폐수열")량의

증가는 자동차 배출가스와 함께 도시의 고온화 현상의 주원인이 되므로 이에 대한 대책 마련이 시급히 요구되고 있다. 특히 우리나라와 같이 에너지자원이 절대적으로 부족한 나라에서는 에너지 자원의 확보 측면에서 이들 폐열의 효과적인 이용에 대해 깊은 관심을 가질 필

### 연구요지

도시생활폐수에 포함되어 배출되는 폐열을 열펌프의 열원으로 하는 폐수열원 열펌프 시스템에 대한 관심이 오래전부터 집중되어 있었지만 폐수 열교환기 전열면의 오염문제 때문에 실용화에 커다란 진전을 보지 못하고 있다. 한편, 생활폐수는 비교적 저온이기 때문에 열펌프시스템의 설계에 특별한 주의가 기울여야 한다. 즉, 이러한 폐열을 회수하여 유효에너지 자원화 하기 위한 신기술이 이루어져야 한다.

본 연구에서는 이러한 점을 감안하여 도시생활 폐수열의 이용가능성을 검토하고 이를 열원으로 하는 열펌프의 개발을 위한 폐수 열교환기의 모델을 개발하였다.

요가 있다. 이러한 저급 에너지의 유효 자원화를 도모하는데 필요한 시스템 개발에 연구의 궁극적인 목적을 두고 3년의 장기계획을 수립하여 연구를 추진하고 있다.

본 연구는 그중 1차년도에 해당하는 것으로서 시스템 개발을 위한 기반을 마련하기 위한 기초 연구에 중점을 두고 있다.

이를 위하여 시스템을 설치하기 위한 대상 모델로 주거단지(아파트 단지)를 선정하고 여기에서 배출되는 폐수열의 특성을 중점적으로 조사 하였으며, 생활폐수의 오염물질이 열교환기의 표면에 부착하는 것을 방지하고 열교환성을 높일 수 있는 열교환기의 개발에 필요한 기초연구를 중점적으로 수행하였다.

## 2. 도시폐수열의 이용 현황

### 2.1 개요

도시 생활에서 배출되는 폐수에 포함된 폐수열

은 저온·저밀도의 특성을 갖고 있어 경제성이 없을 뿐만 아니라 이를 효과적으로 이용할 수 있는 관련 기술이 부족하였기 때문에 활용할 수 없는 무용에너지로 취급되어 왔다. 그러나 생활수준이 향상됨에 따라 에너지소비량이 증가하여 폐수열의 에너지밀도가 높아져 이로 인한 환경에 미치는 영향이 중대하다는 것이 알려지고 에너지의 경제성이 높아지면서 에너지회수·이용에 대한 중요성이 재인식 되었다. 따라서 이들 에너지의 유효자원화를 위한 방안들이 일부 선진국에서 정부차원의 적극적인 지원을 받아 개발됨으로써 이에 따른 성공사례가 활발하게 발표되고 있다.

다음에 조사된 국내외의 이용현황을 살펴본다.

### 2.2 국내현황

우리나라에서는 아직까지 생활 폐수열을 이용하여 순수한 냉·난방의 열원으로 사용한 결과를 공식적으로 발표한 예가 없다. 그러나 에너지를 대량으로 사용하는 목욕탕이나 실내수영장 등에서 배출되는 폐수의 온도는 다른 생활 폐수열에 비하여 비교적 높은 온도를 유지하고 있어 이를 회수하여 활용하면 비교적 경제성이 높기 때문에 이들 에너지를 효과적으로 회수할 수 있는 장치를 설치하도록 법적으로 규정하여 시행하고 있다.

즉 목욕탕 및 실내수영장 등과 같이 대량으로 에너지를 소비하면서 비교적 고온의 폐수열이 발생하는 건물에 대한 에너지절약을 위해 대통령령 제 12022 호(1986. 12. 29)로 공포된 건축법 시행령 제11조 1항에는 폐수열 회수장치의 설치를 명시하여 의무화하고 있으며, 건축법 시행령 제24조 2항에서는 연면적의 합계가 500m<sup>2</sup> 이상인 일반 대중목욕탕, 특수목욕탕 또는 실내수영장에 대한 건축허가 신청시 반드시 해당 건축물에 대한 에너지절약 계획서를 제출토록 함으로써 에너지의 합리적 이용을 유도하고 있다. 또한 공중위생법 제3조 1항에서 일반 목욕탕 중 공동목욕탕과 사우나탕에 대해서는 부대시설로 규정하여 폐열회수를 유도하고 있으나 이들 시설을 설치함으로써 얻은 에너지절약의 효과에 대해서는 아직까지 정확히 분석된 자료가 없을 뿐만 아니라 이러

한 제도의 시행효과에 대해서는 실제로 많은 의견이 제기되고 있다.

즉 설치후의 이들 시스템에 대한 유지·관리 기준이 없어 운영에 대한 사후관리가 거의 이루어지지 않고 있기 때문에 실질적으로 폐열의 회수가 효과적으로 이루어진다고 보기는 어려운 실정이므로, 이에 대한 근본적인 해결 방안이 수립되어야 할 것이다.

### 2.3 외국현황

생활 폐수열의 회수, 이용은 스웨덴, 노르웨이 등 유럽에서 처음으로 시작되었으나, 본격적으로 관심을 갖기 시작한 것은 그후 제 1·2차 석유파동을 겪으면서부터라 할 수 있다. 즉 에너지절약에 대한 중요성이 높아져 저온·저밀도 에너지의 이용을 위해 열펌프에 대한 연구가 활발하게 진행되고 그 결과 성능이 크게 향상됨으로써 종래에 등한시 해오던 이들 저온폐수열의 유효이용에 대한 관심이 한층 높아지게 되었다. 부존자원이 절대적으로 부족한 일본에서 활발한 연구가 진행되어 많은 곳에서 실용화된 예가 발표되고 있다.

일본에서는 이들 생활폐수의 폐열 뿐만 아니라 각종 저온·저밀도의 미활용에너지를 효과적으로 이용할 수 있는 기술개발을 추진하기 위해 정부차원에서 각종 지원제도를 만들어 운영하고 있다.

실제로 일본에서 생활하수 또는 하수처리수를 열펌프의 열원으로 이용한 소규모 시설로서는 東京都인 下水道局에서 동경에 설치한 펌프장의 시설을 들 수 있으며, 東京·橫濱·名古屋·大阪 등 각지방의 하수처리장에서도 하수처리수를 열펌프의 열원으로 하는 열펌프시스템을 설치하여 처리장 내에 위치한 건물의 냉·난방 및 급탕에 이용하는 소규모 시설이 널리 보급되고 있다.

또 대규모 지역냉난방의 열원으로서 하수처리수를 이용하는 사례로서는 일본동경의 근교에 건설중인 新都市인 幕張 High-tech Business 지구의 열공급 설비를 들 수 있다. 바다의 매립지 위에 신도시를 건설하기 위하여 약 10년전부터 추진하고 있는 이 사업에서는 도시전역에서 필요한

냉·난방에너지의 70~80%를 생활폐수열로 충당하도록 계획하고 있다. 이밖에 현재 건설중인 많은 신도시에서도 생활폐수를 열원으로 하는 열펌프 열공급 시스템이 주열원 공급장치로 사용되어 수요열량의 70~80%를 충당하도록 계획, 또는 건설중에 있음은 에너지사정이 일본과 비슷한 우리로서는 주목할 일이다.

또한 하수처리수를 열원으로 한 지역냉난방 시스템의 효과를 실제로 파악하기 위하여 일본의 관동·관서지구에 시범지구를 선정하여 수행한 연구를 통하여 에너지 절약 효과 및 CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>의 발생 억제 효과를 분석한 결과 약 34%의 에너지 절약 효과와 약 68%의 CO<sub>2</sub>, 약 75%의 NO<sub>x</sub> 발생 억제 효과가 있는 것으로 나타났다.

또한 일본의 동경 전력에서는 생활폐수열원 열펌프 급탕시스템을 新宿區에 있는 Washington Hotel에 설치하여 운전한 결과 운전비용이 종래의 보일러 방식에 비해 약 30% 이상 절감되는 효과를 얻었다.

유럽지역 특히 북부유럽에서도 인구가 밀집되어 있는 대도시의 주거지역에 생활폐수열이 냉난방열원으로서 널리 이용되고 있다. 북유럽에서는 이미 오래전부터 이러한 열공급시설이 도시지역에서 극히 제한적으로 이용되어 왔으나 최근에 활발한 이용을 보이고 있는 것은 관련기술의 발달과 함께 저온폐열의 경제성이 높아지고, 환경오염을 줄일 수 있는 냉난방시스템이라는 인식이 확산되었을 뿐만 아니라 기후조건이 공기열원 열펌프의 사용에는 적합하지 않다는 점 등이 주요한 요인으로 생각된다.

특히 스웨덴, 노르웨이 등은 하수열을 이용한 지역냉난방 시설이 건설되어 도시단위로 대규모의 시스템이 가동되고 있는 것으로 알려져 있다. 전형적인 형태의 하수열 이용 지역냉난방 Plant로서 오슬로의 Sandvika Plant가 있다. 이 Plant는 생활폐수를 열펌프의 열원으로 하고 동시에 여름철에는 냉각수로 이용하는 지역 열공급 시스템이다.

하수처리수를 열원으로 하는 지역냉난방 시스템의 일례로서 Stockholm의 Hammaby Plant가 있

다. 여기에서는 약 2km 떨어진 하수처리장으로부터 지역냉난방 Plant까지 암반을 뚫어 관통한 Tunnel을 통해서 하수처리수를 끌어들이 열원으로 이용하고 있다.

이밖에 유럽의 대표적인 생활폐수열 이용 Plant로서는 덴마크의 FREDERIKSHAVN, 이탈리아의 REGGIO EMLIA, 노르웨이의 BAE-RUM, 스웨덴의 GOTEBOG, LUND, SOLNA-SUNDBYBERG 등이 있다.

### 3. 폐수열 자원조사

도시생활에서 배출되는 폐수의 특성을 정확하게 파악하기 위해서는 배출시설별로 구분하여 조사하여야 한다. 여기서는 비교적 에너지밀도가 높은 폐수가 배출되는 병원·호텔 등 단일건물에 대한 조사보다는 에너지 밀도가 낮은 주거지역에서 배출되는 폐수열의 회수에 연구의 목적을 두고 있기 때문에 주거밀도가 높은 아파트단지를 대상으로 폐수의 배출량, 온도수준 등에 대해 조사하였다.

아파트단지는 신도시지역(산본)에 시공한 국민주택 규모의 주거밀집지역으로서 300세대에서 배출되는 폐수를 대상으로 5월~12월 동안의 폐열온도의 변화를 측정하였다. 이들 측정자료 중에서 계절별로 평균온도에 해당하는 구간을 발체하여 정리한 실험결과를 <그림 1~그림 3>에 나타낸다.

<그림 1>에 보인 일요일(8월 1일)을 제외한 평일의 폐수온도 분포는 거의 유사한 형태를 보이고 있고, 이 기간동안에 배출되는 혼합폐수의 온도는 22.5~27.5℃ 수준을 유지하면서 비교적 일정한 분포를 보이고 있다. <그림 2>는 외기온도가 13~18.5℃의 전형적인 초가을 날씨를 보이는 기간동안의 폐수온도 분포로서 20~29℃의 분포를 보이고 있다. 특히 비교적 급탕사용량이 적은 11:00~15:00 대의 온도가 낮고 그외의 시간대에는 여름철 폐수온도 보다도 오히려 높은 분포를 보이고 있는 것을 볼 수 있다. <그림 3>은 6~21℃의 외기온도를 나타내는 기간동안에 측정된 결과로서 폐수의 온도는 18~27℃의 분포를

보이고 있다.

〈그림 4〉는 약 450세대의 아파트단지에서 배출되는 생활폐수를 재이용하기 위한 중수도 시스템이 설치된 시설에서 유입수의 온도를 측정할 자료중 하루에 해당되는 결과를 제시한 것이다. 유입수는 화장실에서 배출되는 폐수를 외부로 방류시키도록 되어 있어 열펌프의 열원으로서의 유용성을 파악하기 위한 유용한 자료이다. 그림에서 보는 바와 같이 하루중의 온도는 약 16°C~22.5°C의 온도분포를 보이고 있고 비교적 폐수발생량이 적은 01:00~06:00시 사이의 폐수 온도가 낮고 18:00~01:00 사이의 온도가 특히 높은 것을 볼 수 있다. 따라서 열펌프의 경제적인 운전을 위해서는 대략 01:00~06:00 시대의 운전을 피하는 것이 바람직하며 에너지의 유효이용을 위해 축열조의 설치가 필요하다. 본 조사로부터 난방기의 열펌프시스템 설계를 위한 열원의 온도범위는 18°C~20°C를 선택하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

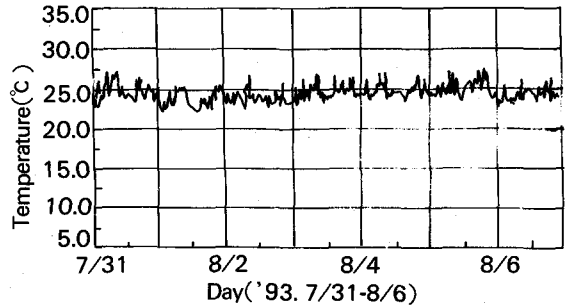
이상의 결과를 분석해 볼때 외기온도의 변화에 비해 폐수의 온도는 매우 안정되어 있음을 알 수 있으며, 폐수의 양이 많아지면 폐수의 온도는 더욱 안정된 상태를 유지할 것으로 판단되므로 이를 열원으로 사용할 경우 안정된 성능을 갖는 열펌프 구성이 가능할 것이다.

#### 4. 폐수열 회수 열교환기

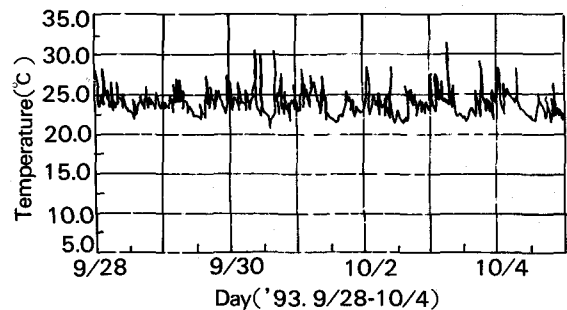
##### 4.1 폐수열 회수 열교환기 구조

도시 생활폐수로부터 열을 회수하는 폐수열 회수기는 열원의 오염도, 온도, 폐수유량 등과 같은 열원의 특성과 운전방법, 유지관리 등을 고려하여 적절한 구조를 선택하여야 한다. 아직까지 이러한 목적에 사용하기 위한 회수기의 구조에 대한 선택기준이 마련되어 있지는 않지만 회수방법에 따라 직접식 밀폐형, 직접식 개방형, 간접식 열회수형 및 직접접촉식 열회수형 등으로 구분할 수 있다.

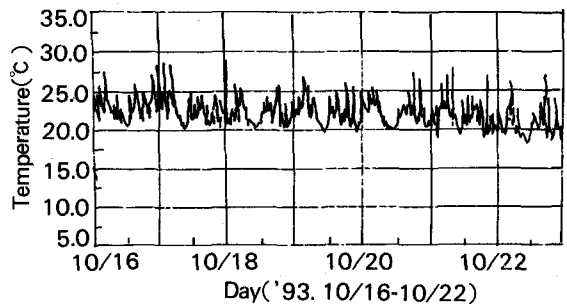
본 연구에서는 종래부터 많이 사용하던 Shell & Tube형 폐수열 열교환기 대신에 비교적 설치



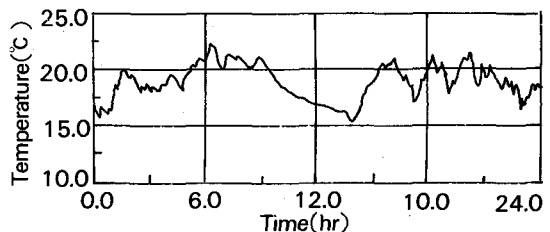
〈그림1. 생활폐수열 배출 온도 분포('93. 7. 31-8. 6. 측정위치 ③)〉



〈그림2. 생활폐수열 배출 온도 분포('93. 9. 28-10. 4 측정위치 ③)〉



〈그림 3. 생활폐수열 배출 온도 분포 ('93. 10. 16-10.22 측정위치 ③)〉



〈그림4. 중수도시스템 유입수의 온도변화〉

가 용이하고 유지·관리가 간편한 직접접촉식을 대상 모델로 선정하였다. 직접접촉식은 비록 Shell & Tube형에 비하여 열교환 성능은 다소 떨어질 것으로 생각되지만 전열면적을 비교적 자유롭게 조절할 수 있고 특별한 시설을 하지 않고서도 폐수조에 직접 설치할 수 있으므로 설치가 용이하고 구조가 간단하여 경제적이다.

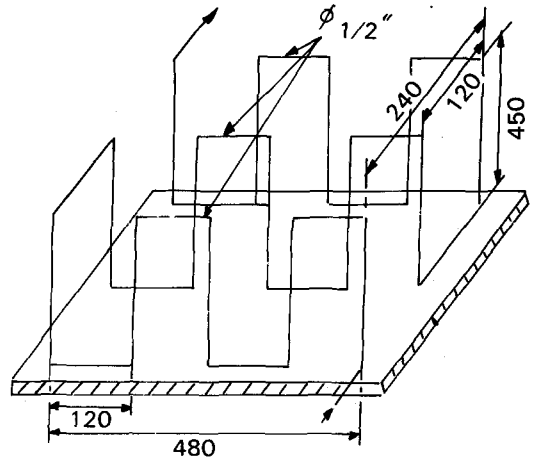
실험모델의 구조는 <그림 5>와 같다.

전열관의 재질은 온돌배관용 동관(KSD 5301)의 L-type이고, 호칭경 $1\frac{1}{2}$ "(외경 : 15.88mm)을 사용하였으며 외부표면을 기준으로 한 총전열면적은  $0.43m^2$ 이다.

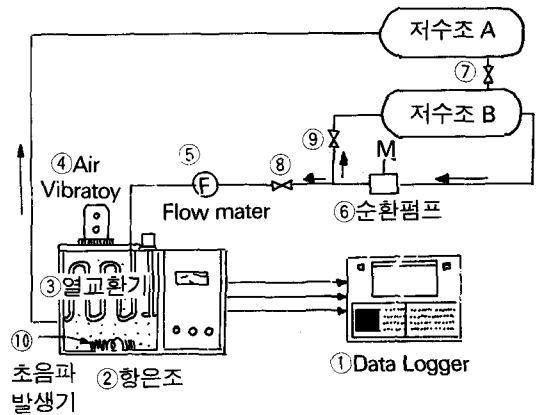
폐수열 회수기에서는 폐수에 함유된 Slime과 Scale이 전열관 표면에 부착되지 않도록 하고 부착된 것을 자동으로 제거하는 자동세척장치의 설치는 필수적이다. 열원은 생활과정에서 발생하는 모든 배설물로 구성된 폐수이므로 구성물질에는 부식성이나 스케일성분 뿐만 아니라 여러가지 고형 이물질들이 존재하기도 하고 수용성, 비수용성油들이 존재하기도 하므로 전열부가 오염되거나 폐쇄될 수 있기 때문에 이에 대한 적절한 대책이 수립되어야 한다.

현재 이와같은 문제점을 해결하기 위하여 Brush Cleaning System, Ball-type Tube Cleaning System, Reverse Return Tube Cleaning System 등과 같은 자동세척장치가 개발되어 이용되고 있지만 이러한 방법들은 대부분이 기계적인 방법으로 별도의 시스템을 구성하여야 하기 때문에 구조가 복잡하고 유지관리가 어려울 뿐만 아니라 주기적으로 보수를 하여야 하는 문제가 있다. 또한 이들은 전열관 내부로 폐수를 흐르게 하고 외부에서는 냉수를 통과시키는 Shell & Tube형을 대상으로 하고 있기 때문에 침전식에 적용하기에는 다소 문제가 있다. 따라서 열교환기에 연속적인 진동을 가하여 오염물질의 부착을 억제하거나 주기적으로 물(공기)을 전열면에 분사하는 등의 여러가지 방법을 생각할 수 있으나, 본 연구에서는 초음파에 의한 세척방법의 적용을 검토하였다.

즉 초음파의 이용 가능성을 검토하기 위하여



<그림 5 폐수열 열교환기의 구조>



<그림 6 실험장치 개념도>

초음파 발생장치를 설계·설치하고 초음파의 세척효과 뿐만 아니라 초음파에 의한 분자의 진동이 열전달에 미치는 영향을 분석하기 위한 실험장치를 제작하였다.

#### 4. 2 폐열회수 성능 실험장치의 구조

열의 회수성능과 세척성능을 실험하기 위한 실험장치의 개념도는 <그림 6>과 같다.

실험장치는 열회수기의 폐수열에 해당하는 열원을 만들기 위한 보일러 ②, 회수기의 전열관 내부를 순환하면서 열을 회수하는 작동유체(여기

서는 순환수)를 저장·공급하는 저수조 ⑦, 측정 자료를 수집하는 Data Logger ①로 크게 나눌 수 있다.

보일러는 9kW의 전기가열기가 설치된 전기보일러로서 10℃~90℃의 온도조절 범위를 갖고 있으며 ±0.5℃의 제어성능을 가지고 있다. 저수조는 안정된 온도의 냉각수를 열회수기에 공급하기 위하여 탱크를 2개로 구성하여 조합시켰으며 총 저장용량은 2m<sup>3</sup>이다.

그밖에 부수적인 장치로서 회수기에 진동을 가하기 위한 Air Vibrator ④, 세척작용을 위한 초음파 발생장치 ⑩, 냉각수를 순환시키기 위한 순환 펌프 ⑥ 및 Air Compressor 등이 있다.

## 5. 실험방법 및 고찰

### 5.1 폐열회수 열교환기의 성능실험

폐수열 열교환기의 운전방법을 도출하기 위한 성능실험을 수행하였다. 폐수와 열교환기 상호간의 운전상태를 i) 열원과 열교환기가 정지되어 있는 경우, ii) 열원을 일정한 속도로 교반시키는 경우, iii) 열원의 유동이 정지되고 열교환기에 진동을 가하는 경우, iv) 회수기에 초음파를 가하는 경우 등의 각각에 대하여 열교환 성능을 실험하였다.

유체의 난류강도가 증가할수록 열전달계수가 커지므로 열회수기의 성능은 향상되지만 침전식 열회수 방법은 폐수조의 단면적이 폐수의 입출구에 비해 월등히 크기 때문에 폐수조 내부의 폐수 유동속도는 매우 작다. 따라서 폐수를 인위적으로 교반하든가 열교환기에 진동을 주는 등의 방법으로 열전달을 촉진시키도록 하여야 하지만 이러한 방법은 시스템이 복잡해지고 운전관리 측면에서도 많은 주의가 필요하므로 이에 대한 개선 방법으로 초음파에 의한 유체의 교반효과를 병행하여 검토할 계획이다.

이들 각각의 유형에 대한 실험방법은 그림 6의 실험장치로부터 전기보일러 ②의 수조온도를 일정한 온도로 설정한 후 설정온도 상태가 되면 순환펌프 ⑥을 작동하여 조절한다. 이러한 과정으

로 순환수를 폐열회수기 ③에 유입시켜 순환수 입·출구의 온도를 측정한다. 한편 저수조 ⑦은 항상 일정한 온도의 순환수를 공급할 수 있도록 온도조절장치가 설치되어 있다. 이러한 방법으로부터 얻은 4종류의 실험조건에 대하여 동일하게 실험을 수행하고 이때 측정되는 모든 실험 자료는 Data Logger ①로 수집·저장한 후 컴퓨터에서 분석하도록 되어 있다.

### 5.2 세척장치의 성능실험

폐수로 인한 전열면에 오염물질이 부착하는 것을 방지하거나 제거하는데 있어서 초음파의 효과를 실험한다. 초음파 세척기는 각종 기계부품의 세척, 결합여부검사 등 공업, 의료분야에서는 이미 널리 사용되어 왔으나 폐수로 인한 표면의 Slime 제거효과에 대해서는 아직 검토된 바가 없다. 따라서 이러한 목적에 적합한 제작 및 운전조건을 도출하기 위하여 초음파 발생장치 ⑩의 실험모델을 제작하여 세척성능에 관련된 실험을 수행하였다.

실험조건은 주파수의 고저, 발전강도, 설치위치 등에 따른 세척력을 비교하여 최적조건을 도출하도록 하였다.

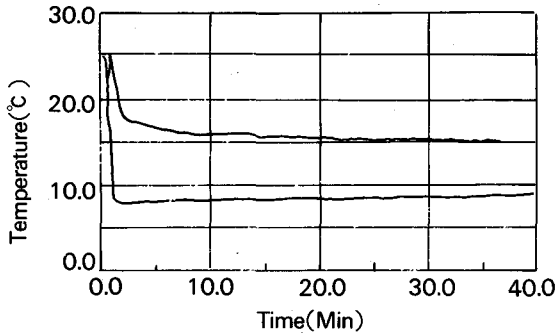
이상에서 언급한 방법으로 실험을 수행하고 여기에서 수집된 자료와 상태를 상호 비교하도록 하였다. 폐열회수 성능은 수조 내의 유체가 정지된 상태를 기준으로 하여, 이때 소요되는 운전비용 등을 감안하여 가장 효과적인 방법을 도출하도록 하였다.

### 5.3 실험결과 분석

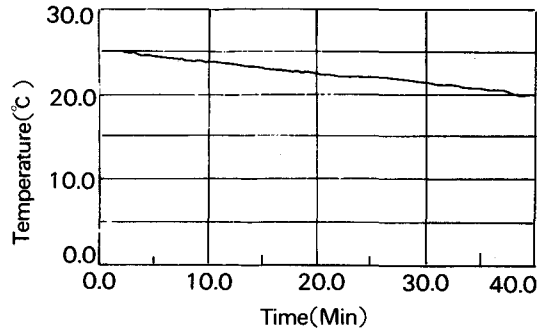
폐열회수기의 적절한 운전방법을 선정하기 위하여 5.1 절에서 설명한 바와 같이 4가지의 방법을 적용하여 실험을 수행하였다.

실험결과로서 회수열량의 정도를 평가하기 위하여 열교환기 튜브의 내부를 순환하는 열매의 입출구온도와 폐열회수기의 성능이 일정하게 유지되는데 영향을 미치는 폐수 내부의 온도분포 등 두 경우에 대하여 각각 분석하였다.

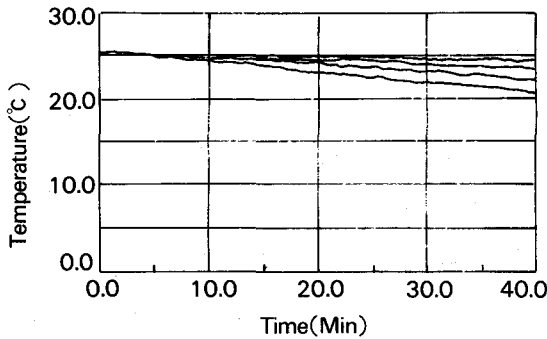
<그림 7> 및 <그림 8>은 폐수와 열교환기가 완전히 정지되어 있는 경우의 결과를 나타낸 것이다. <그림 7>은 순환수의 열교환기 입출구 온도변



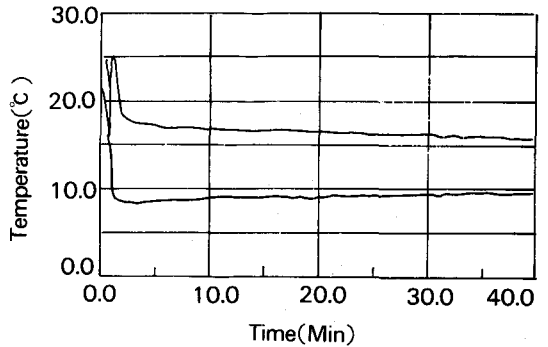
<그림 7. 순환수의 입출구 온도변화(정지운전)>



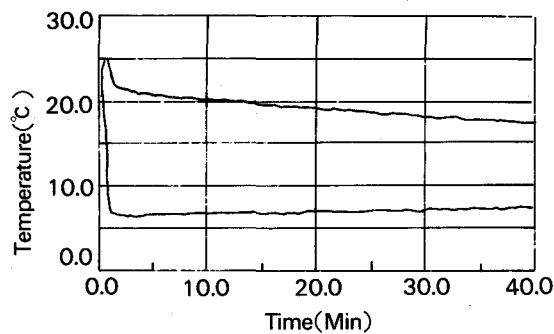
<그림 10. 수조내부의 온도분포(교반운전)>



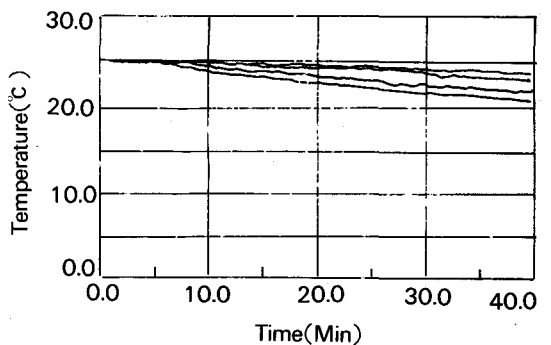
<그림 8. 수조내부의 온도분포(정지운전)>



<그림 11. 순환수의 입출구 온도변화(진동운전)>



<그림 9. 순환수의 입출구 온도변화(교반운전)>



<그림 12. 수조내부의 온도분포(진동운전)>

화를 나타낸다. 폐수의 온도분포를 나타내는 <그림 8>과 같이 실험시간이 경과할수록 온도편차가 커지면서 산만한 온도분포를 보이고 있다.

<그림 9> 및 <그림 109>은 폐수를 교반시키면

서 열교환기를 운전할 때의 결과이다. 폐수의 온도분포가 전체적으로 균일한 것을 <그림 10>으로부터 알 수 있다.

<그림 11> 및 <그림 12>는 폐수를 정지시키고

## 폐열회수 고효율 난방시스템 연구

열교환기에 진동을 가하였을 경우의 결과이다. 이 경우에 있어서 폐수조 내부의 온도분포는 폐수와 열교환기가 정지되어 있는 경우와 유사한 경향을 보이고 있어 운전방법으로서는 바람직스럽지 못한 것으로 판단된다.

〈그림 13〉 및 〈그림 14〉는 폐수조 내부에 초음파 발생장치를 설치하고 폐수에 초음파 진동을 주었을 때의 결과이다. 이 경우에는 폐수를 교반시킬 때와 비슷한 입출구 온도차를 보이고 있으며 또한 폐수조 내부의 온도분포도 유사한 경향을 나타내는 것을 알 수 있다.

이상 〈그림 7~그림 14〉에서 고찰한 바와 같이 폐수와 열교환기의 운전상태에 따라 폐열의 회수 성능이 크게 변하는 것을 알 수 있다.

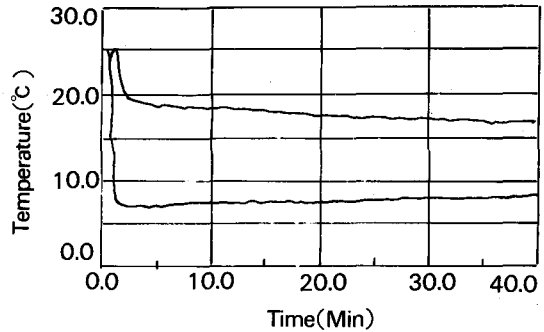
즉 시간이 경과할수록 폐수의 온도가 낮아지므로 전술한 바와 같이 열회수 성능이 저하되는 공통적인 경향을 확인할 수 있다. 한편 열교환기의 열회수성능의 정도를 나타내는 열매의 입출구 온도차는 교반→초음파→진동→정지 순으로 작아지고 있으므로 폐수를 교반시키는 운전방법이 가장 높은 열회수 성능을 갖기 때문에 이상적인 운전방법이 될 것이다. 본 연구에서 열교환기 표면의 오염방지 방법으로 선택한 초음파 진동에 의한 열교환 성능은 교반법의 약 80% 정도이다.

한편 폐수조 내부의 온도편차도 역시 열교환성능과 마찬가지로 교반→초음파→진동→정지의 순서로 커지고 있으며 열교환성능도 같은 순서로 떨어지게 된다.

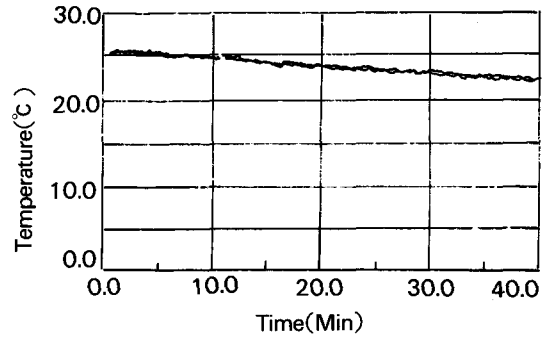
〈그림 15〉는 이들 각각의 운전조건에 대한 열매의 입출구 온도차를 시간에 따라 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 운전개시 후 약 10분 동안에 급격한 온도차를 보이고 있는 것은 폐수의 온도가 비교적 높아 열매와 온도차가 커져서 열전달이 향상되기 때문이다. 한편 진동과 정지상태의 열매의 입출구 온도차는 거의 일치하고 있는 것으로 부터 진동에 의한 열회수 성능 효과는 극히 적다는 것을 알 수 있다.

### 6. 결론

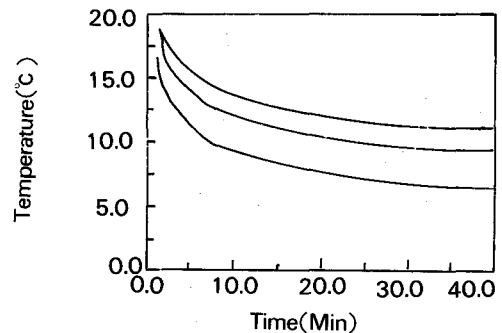
에너지절약과 환경보호를 꾀하기 위해 도시 생



〈그림 13. 순환수의 입출구 온도변화(초음파진동 운전)〉



〈그림 14. 수조내부의 온도분포(초음파진동운전)〉



〈그림 15. 운전종류별 순환수의 입출구 온도차〉

활폐수의 폐열을 열원으로 하는 열펌프시스템을 개발하여 미활용에너지를 유효자원화하기 위한 총 3년의 연구기간 중 기반기술의 개발에 중점을 두고 추진한 1차년도 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.



1) 난방기에 해당하는 11월~2월 동안 주거단지에서 발생하는 생활폐수의 온도는 평균 15℃~20℃를 유지한다.

2) 생활폐수는 냉방기에는 대기보다 약 5℃~8℃ 더 낮은 온도를 난방기에는 대기보다 약 10℃~20℃ 더 높은 온도를 유지할 뿐만 아니라 온도가 안정되어 있어 비교적 높은 성적계수를 갖는 열펌프를 구성할 수 있다.

3) 폐수열원 열펌프 시스템은 폐열을 회수하고 CO<sub>2</sub>의 발생을 억제하므로 도시의 고온화 방지에 효과적이다.

4) 폐열회수기의 표면에 대한 오염방지를 위한 초음파 진동장치를 개발하여 설치한 결과 전열면은 높은 청결도를 유지하였다.

5) 폐열회수기의 열회수성능을 향상시킬 수 있는 가장 좋은 방법은 열원을 교반시키는 것이다.

6) 초음파 진동에 의한 열회수 성능은 열원을 교반시키는 교반법에 의한 성능의 약 80% 정도이다.

7) 폐열회수기 전열면의 오염방지 대책으로는 초음파 세척법을, 열전달 성능을 촉진시키기 위해서는 교반법을 사용하는 것이 효과적이다.

1. D. A. Reay, D. B. A. McMichael, 1979, "Heat Pumps Design and applications", Pergamon Press, pp. 302.
2. A. I. McFarlan, "Experience with Economizer Applications in Heat Recovery-heat pump Systems : The Positive and The Negative", ASHRAE Transactions, OT-88-17-3, pp. 1918-1933.
3. R. H. Howell, H. J. Sauer, "Parametric Study of Combined Economizer-heat Reclaim Systems", ASHRAE Transactions, OT-88-17-2, pp. 1895-1917.
4. R. C. Niess, "Applied Heat Pump Opportunities in Commercial Buildings", ASHRAE Transactions, VA-89-3-1, pp. 493-498.
5. E. G. Phillips, R. E. Chant, B. C. Bradley, D. R. Fisher, "A Model to Compare Freezing Control Strategies for Residential Air-to-Air Heat Recovery Ventilators", ASHRAE Transactions, VA-89-2-3, (RP-543) pp. 475-490.
6. F. J. Pucciano, P. A. Rowles, "Process Heat Recovery Heat Pumps", ASHRAE Transactions, VA-89-3-2, pp. 499-503.
7. R. H. Howell, J. H. Zaidi, "Heat Recovery in Buildings using Water-loop Heat Pump Systems : Part 1-Energy Requirements and Savings", ASHRAE Transactions, IN-91-8-3, pp. 736-757.
8. 日本通産省, 1982, "廢熱利用技術 시스템의 研究開發에 관한 評價報告書".

## 업계 소식 전문건설공제조합

전문건설공제조합은 지난 5월 4일 조합회의실에서 운영위원회를 개최하여 조합 규모의 확대에 따른 경영관리의 효율적 추진과 신규사업의 원활한 수행을 위해 「기획이사」를 신설하기 위한 직제규정개정안을 의결한데 이어 5월 10일 제55차 운영위원회에서는 기획이사에 장형섭 현 기획부장을, 총무이사에 이계봉 민주평통상임위원을, 업무이사에 정양현 현 영업부장을 각각 임명 추진하였다.

이번에 임명된 신입이사들의 임기는 '94년 5월 10일부터 '97년 5월 7일까지 3년간으로 되어 있다.

전문건설공제조합은 「기획이사」 신설에 따

라 총무이사 소관업무중 기획부를 분리하고, 기획부에 「경영관리」와 「신규사업팀」을 신설하여 각각 법령, 정관 및 제규정의 제, 개정과 관련한 각종 조사, 연구업무 및 중장기 발전계획 연구용역보고서에 제시된 직업훈련원, 팩트링회사 설립 등 신규사업을 추진토록 하였다.

전문건설공제조합은 '88년 설립 당시보다 조합원수는 2.7배, 자본금은 무려 21배 이상 규모가 확대됨에 따라 업무의 효율적 추진과 각종 신규사업의 원활한 추진 및 조합원에 대한 서비스의 수준 향상 등을 위해서는 경영관리체계의 조정이 필요하다고 느껴 왔었다.

따라서 이번 기획이사의 신설은 업무 효율성 제고와 경영합리화에 크게 기여할 것으로 평가된다.