



박수익

한국에너지기술연구원
기술혁신연구부장
에너지경제학박사
supark@kier.re.kr

들어가면서

ESCO사업은 1991년 에너지 이용합리화법이 개정되면서 도입된 제도(에너지이용합리화법 제22조)이며 현재 법정 사업수행 범위로 크게 세가지로 구분하여 에너지절약형 시설투자에 관한 사업, 에너지 절약을 위한 관리/용역사업, 에너지관리진단사업 등으로 구분하고 있다. ESCO사업에서의 주요 투자시설로는 절전형 조명등 교체사업, 고효율 냉난방기기 교체사업, 폐열회수이용사업, 빙축열 등 전기 대체 냉방기 설치 사업, 공정개선 사업, 각종 에너지절약형 시설 교체 사업이 있다.

국내 ESCO사업은 1992년 5개 업체 등록이래 161개 업체(2002년 3월 현재)가 진출하고 있다. ESCO사업에 대한 지원은 1993년이래 지속적인 증가 추이를 보여왔는데, 1993년 72억원(9건)에서 2000년에는 856억원(519건)으로 비약적인 증가추세를 보여왔으나 2001년 들어서는 전년(2000년)과 비교하여 감소한 691억원(498건)의 투자 실적을 보이고 있다. 한편 1993년부터 2001년까지 각 설비별 투자실적을 살펴보면, 조명 분야가 가장 많은 620억원(1111건)이었으며 다음으로 공정개선 538억원(60건), 냉난방 423억원(65건), 폐열회수 354억원(85건), 동력 337억원(84건), 열병합 276억원(11건), 보일러 102억원(29건) 순으로 나타나고 있다.

우리 나라 ESCO사업은 현재 초기 단계에 있으며 정상적 발전 단계로 성장하고 있다는 측면에서는 인정되고 있지만, 장기적으로 발전하고 에너지 산업의 구조 조정 과정에서 새로운 사업 모델로 정착하기 위해서는 좀더 발전적이고 미래지향적인 노력이 요구되고 있다. 미국의 경우 현재 약 120개 정도의 ESCO가 활동하고 있는데 그중 80개 이상이 Utility Company 산하에 있으며 활동규모로 보아 시장현황은 약 20억 달러에 달하고 있는 것으로 예측되고 있다.

이렇듯 각 분야에서 ESCO사업은 향후 국내 에너지산업의 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 기대되

고 있으며 이에 따른 사업 발굴과 함께 재정문제가 중요한 이슈로 부각되고 있다. 본고는 산업단지에서 발생하는 폐열을 이용한 열공급 분석을 통해 이를 ESCO사업으로 추진할 수 있도록 하는 기본 타당성 조사분석 내용을 다루고 있다. 본고의 결과내용은 2000년 1월 시점임을 감안할 때 내용 중 다소 변경이 있을 수 있음을 밝힌다.

1. 서론

우리나라는 에너지 부존 자원이 거의 없는 에너지 절대 빈국으로 사용에너지의 97% 이상을 수입에 의존하고 있으며 이는 에너지 자원의 효율적 이용과 함께 에너지 자원 특성을 고려한 사용에너지의 절약 및 폐열에너지 재활용 등을 중요한 이슈로 부각시키는 요인이 되고 있다.

특히 산업분야에서 폐열이 많이 발생하고 있는데 그 이유로는 첫째, 에너지 소비가 타분야와 비교하여 월등하게 많은 것에 기인하며 둘째, 에너지 사용기기의 효율성 저조와 1차에너지 사용에 따라 필연적으로 발생하는 것 등에 기인하는 것으로 나타나고 있다.

폐열을 활용하지 못하고 주변 자연환경에 영향을 주는 이러한 상황에서 폐열활용 효율화는 폐에너지 활용과 환경보존의 효과를 볼 수 있는 새로운 방안으로 대두되고 있다.

주요 선진국에서는 열을 수송하기 위해 수km부터 수백km에 이르는 대규모 열수송관으로 폐열, 해수, 하천수를 광역적인 열수요에 공급하고 있다.

특히 덴마크는 에너지원의 다원화 정책에 따라 소각열과 폐열을 활용한 지역난방 보급을 초기부터 설계하여 추진하고 있다.

인근 일본의 厚別지구와 眞駒内지구에서도 쓰레기소각로의 폐열보일러에서 발생한 고압증기와 터빈발전기에서 배출된 저압증기를 받아 폐열의 유효이용을 최대한 도모하기 위해 열교환된 고온수로 냉난방·급탕을 하는 에너지절감 시스템을 사용하고

있다. 독일의 경우, ZEW에서 도시와 주변 산업단지와의 폐열을 이용한 에너지 최적흐름시스템을 개발(Dynamic Eenergy, Emission and Cost Optimization: DEECO)하여 폐열회수기술, 지역난방 등을 폐열처, 기술 Conversion, 공급처별 시스템 대안을 중심으로 하는 최적성을 다양한 열원을 적용하여 개발한 바 있다.

국내에서 소규모의 적용사례는 점차적으로 증가하고 있는 추세에 있지만 대규모의 폐열이용 사례는 많은 자금과 풍부한 폐열원이 필요하여 극히 제한되어 실시되고 있는 실정이다. 1996년에 포철로재 제조부문은 포스코켄 잉여 폐열(저압스팀)을 이용함으로써 자체생산 운영비용 절감의 효과를 보기 위한 사업을 실시하였으며, 에너지관리공단에서도 1995년 대구 염색공단과 1996년 경남창원 및 경기안산에서 발생하는 폐열을 이용하기 위한 타당성 조사를 실시하였다.

이러한 사업은 폐열원의 발굴과 수요처에 대한 조사를 통하여 이루어지는데 아직 미비한 점이 많아 적극적인 사업개발 및 연구가 필요한 실정이다.

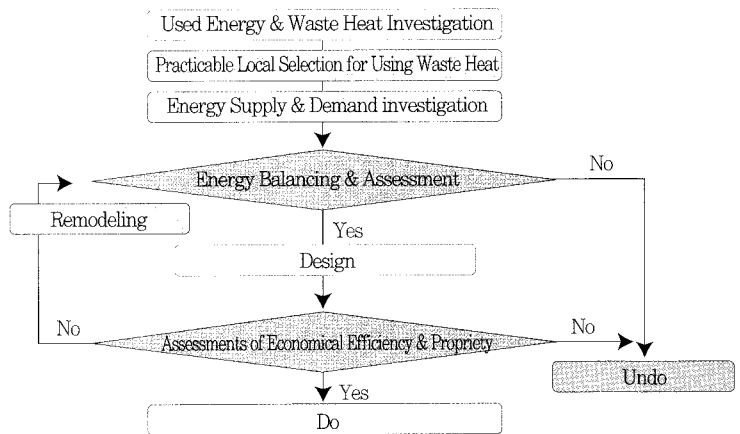
본 분석에서는 이러한 취지에서 폐열발생처를 조사하여 실제 적용 가능한 사업으로 유도할 수 있는 방안을 마련하여 폐열활용의 고도화를 도모코자 하였다.

2 분석방법

산재되어 있는 폐열 가운데 이용할 수 있는 열을 찾고 사용하기까지는 많은 시간, 기술 및 자본이 투자되어야만 가능하다. 이러한 특성을 고려하여 경제적이며 신속한 폐열 이용 방법을 사용하여 폐열을 재활용할 수 있도록 다음과 같은 흐름을 제시하고자 한다.

첫째, 산업단지내에 소재하고 있는 업체들에 대하여 1차로 최근 3년간 에너지 사용 실태 및 폐열발생 조사를 실시한다. 둘째, 조사에서 나온 자료를 통하여 폐열 이용 가능지역을 선정한다. 셋째, 2차로 폐열발생이 많은 곳에 세부적인 에너지 수급현황을 조사한다. 넷째, 조사 내용을 공급 및 수요처와의 상호간 에너지 밸런스 및 맞춘 후 평가한다. 다섯째, 사용할 수 있는 에너지에 대하여 시설계 한다. 여섯째, 전 단계의 자료들을 이용하여 경제성 평가를 한 다음 사업의 타당성을 여부를 결정한다.

본 분석에서는 1차, 2차 조사후 사업성과 연계되는 중요한 에너지 Balancing 및 평가부터 나타내었다.



<그림 1> Work flow for Using Waste Heat

2-1 열공급망 설계시 적용방법

열공급망(배관)에 있어서 압력손실은 증기(수송매체)의 압력과 수송속도에 따라 관경 선정 등을 결정하는 중요한 요소이다. 후프 응력식(Hoop stress; 내압을 받는 관의 두께를 정하는 기본 공식)을 적용에 적합토록 변형한 식은 다음과 같다.

$$t = \frac{P \times D_0}{200 \times \sigma_a \times \eta + 0.8 \times P} + C \quad (1)$$

t: 두께 (mm), P: 설계압력(kg/cm²), D₀: 외경(mm),
 σ_a: 인장 응력 (kgf/mm²), η: 관의 길이 방향 이음 효율,
 C: 부가상수(부식여유)

보통 금속재료는 온도가 상승하면 팽창하고 하강하면 수축을 한다. 이때 재료내부에는 압축응력과 인장응력이 발생한다. 이와 같이 온도 변화에 따라서 발생하는 응력을 열응력이라 하며 또한 이때 변형된 길이를 신축량이라 한다.

$$e = \alpha \cdot \Delta T \cdot \ell \quad (2)$$

e : 신축량(thermal expansion length (mm))
 α : 열팽창계수(cm/°C · cm),
 ΔT : 온도변화량(°C), ℓ : 길이(m)

배관에 있어서 압력손실은 증기에 따라 관경 선정 등을 결정하는 중요한 요소이다. 증기배관의 압력손실은 다음 식과 같다.

$$\Delta P = 675 \times \frac{\nu \left(\frac{G}{100} \right)^{1.85}}{\left(\frac{Di}{100} \right)^{4.97}} \text{----- (3)}$$

ΔP : 100m당 압력 손실(kg/cm²), ν : 비체적(m³/kg), G : 증기유량(ton/h), Di : 관내경(mm)

2-2 경제성 분석방법

열공급 시스템 적용 타당성 분석은 수요와 공급의 열부하 분석을 통한 기술적인 분석을 기초로 최적 공급방안에 대한 투자비를 산정하여 기술적으로 우수하고 경제적으로도 이익이 되는 방안을 선택하기 위한 경제적 손익 분석을 사용하였다. 일반적으로 경제성 분석은 연간 수익과 비용(지출)을 대비하여 설비의 수명 기간 내에서 경제성 여부를 판단한다.

폐열공급의 경제성 분석은 연간 에너지 비용 절감액을 시설투자비 및 운영비와 대비하여 공급자와 사용자 각각의 경제성 여부를 판단하고 아울러 국가적 차원의 에너지의 유효이용에 대한 투자 경제성을 판단하므로 설비 투자계획 검토에 있어서 중요한 기준이 된다. 본 경제적 타당성 분석에서는 수요조사에 의해 조사된 각 수요처의 필요 요구량을 근거로 하여 총 시설 투자비 대비 공급물량의 금액으로 환산하여 회수되는 투자회수기간법(Pay Back Period Method)을 사용하여 분석하였다.

$$\text{증기생산가격} = P \times C + \alpha(\text{원/ton}) \text{----- (4)}$$

P : 증기 1톤을 생산하기 위해 소모되는 연료량(ℓ)

C : 연료유 단가(원/ ℓ)

α : 증기 1톤을 생산하기 위해 소요되는 직 · 간접비(인건비, 용수비, 전력비, 수리비, 환경부담비 등)

3 실증분석

3-1 폐열의 수요 / 공급 Balancing 및 평가

공업단지내 폐열발생처와 인근의 열수요처를 대상으로 2차 조사를 하였으며 이에 따른 상호간의 요구를 충족시키기 위해 기초 부하자료를 이용하여 Balancing 및 평가를 실시하였다.

3-1-1 공급 가능량 조사 분석

본 분석 대상지는 다량의 폐열을 발생하는 산업폐기물을 소각하는 소각장으로 일일 150t/d 용량의 로타리킬른 방식이며, 회전수는 0.456rpm이고, 소각로내 온도는 약 1,100°C이다. 보일러에서 300°C의 증기를 이론상 40t/h을 발생시키는 것으로 설계되었지만 실제 효율을 고려할 때 32t/h을 발생시키는 것으로 조사되었다. 공급처에서 년중 일정하게 공급할 수 있는 값은 21kg/cm²의 압력, 290°C의 온도, 20t/h의 물량인 것으로 조사되었다.

	Pressure(kg/cm ²)	Temperature (°C)	supply load(t/h)
Waste Heat Boiler	21	290	20

< 표 1 > Steam condition of supply

3-1-2 증기부하분석

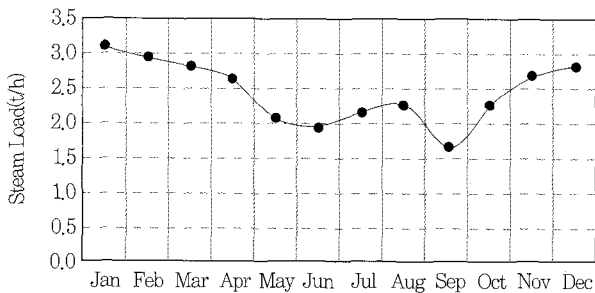
공급량의 평가를 위한 각 수요처별 사용 증기를 분석하여 보면 다음과 같다.

수요처 D1의 경우 계절별 평균부하는 2.98t/h, 하절기 평균부하는 2.15t/h, 최소부하 1.95t/h로 대부분 난방에 사용하는 것으로 나타났다. 수요처 D2의 경우는 계절별 부하는 비교적 차이가 심하지 않는 것으로 나타났다. 수요처 D3의 경우 계절별 부하는 난방에 사용하는 것으로 평균부하 0.85t/h, 하절기 부하 0.35t/h, 최소부하 1.42t/h로 나타났다. 수요처

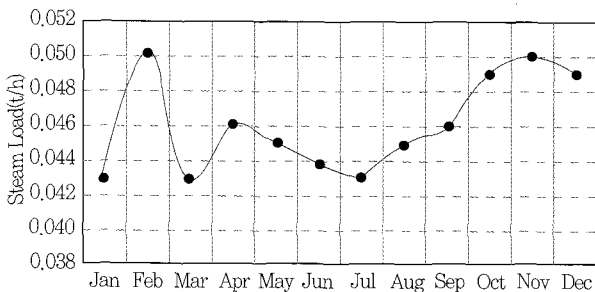
D4의 경우 계절별 부하는 뚜렷한 계절별 분류가 이루어지지 않았다. 이 현상은 증기 사용특성상 제품 주문량에 의한 부하변동으로 나타났다.

Company	Season	Unit	Steam Load		
			Average	Max	Min
D1	Winter	T/H	2.98	3.09	2.82
	Summer	T/H	2.15	2.25	1.94
D2	Winter	T/H	0.047	0.05	0.043
	Summer	T/H	0.044	0.045	0.043
D3	Winter	T/H	1.94	2.24	1.75
	Summer	T/H	0.35	0.64	0.17
D4	Winter	T/H	1.22	1.78	0.58
	Summer	T/H	1.38	1.76	1.16

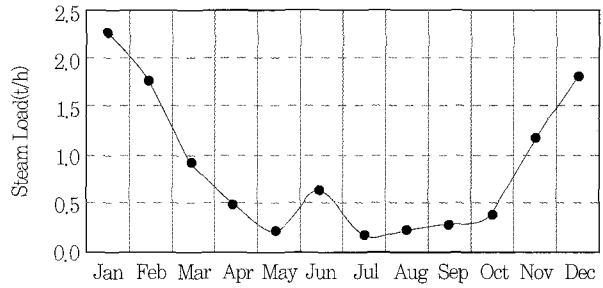
< 표 2 > Steam load analysis of heat user



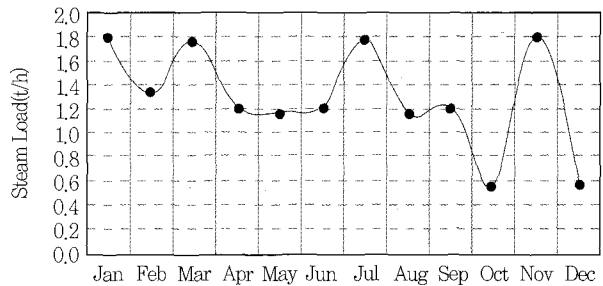
< 그림 2 > Monthly steam load distribution of D1



< 그림 3 > Monthly steam load distribution of D2



< 그림 4 > Monthly steam load distribution of D3



< 그림 5 > Monthly steam load distribution of D4.

3-1-3 폐열을 이용한 열 공급측 수요조건의 Balancing 및 평가

폐열을 이용하여 공급측과 수요측의 요구되는 요인들을 상호 비교하면 온도 및 증기량은 크게 영향을 끼치지 않으나 압력 및 증기성분이 제약요인으로 대두되고 있다. 이에 따라 공급측과 수요측과의 상호 Balance 결과 D1, D2, D3의 조건은 공급측에서 수용할 수 있는 것으로 판단된다.

그러나 수요측 D4의 경우는 양적인 면에서는 문제가 되지 않으나 Steam의 질적인 면에서 차이를 보이고 있는데 이러한 질적인 문제를 개선하려면 공급자측 증기성분의 불순물을 제거할 수 있는 정제장치가 필요한 것으로 분석되며 이 장치를 설치하려면 많은 비용이 소요되므로 경제적 측면에서 다소 애로 사항이 발생하는 것으로 나타났다.

압력 : 15(kg/cm² · g), 온도 : 300(°C) 공급량 : 15(t/h), 품질 : 공급측 기준

Factor	Capa.	Supply	Demand			
			D1	D2	D3	D4
Pressure(kg/cm ² · g)	MAX	23	5.5	7	10	17
	MIN	19	3.8	3	5	17
	AVE	21	4.6	5	7.5	17
Temperature(°C)	MAX	300	160	120	179	200
	MIN	280	155	120	151	200
	AVE	290	157	120	165	200
Quantity(t/h)	MAX	80	5	0.5	7	4
	MIN	40	4.5	0.3	5	1.5
	현재	20	4.7	0.4	6	2.7

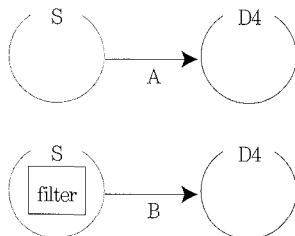
< 표 3 > Condition for selecting heat user

Factor	Demand			
	D1	D2	D3	D4
Pressure(kg/cm ² · g)	○	○	○	△
Temperature(°C)	○	○	○	○
Quantity(t/h)	○	○	○	○
Quantity	○	○	○	×
Total	○	○	○	△

< 표 4 > Combine analysis for selecting heat user

※ Note : ○ Good, △ Normal, × Poor

D4의 Steam의 질을 개선하여 사용하는 방법들을 두 가지로 분류하였으며 경제성, 기술성, 환경성의 세 가지 의사결정요소(Decision Making Attribute)로 나누어 논리공의 형태로 분석하였다.



< 그림 6 > System for using heat waste of D4

A case에서 기존 D4사의 정수기를 이용할 경우는 온도와 압력을 정수기를 사용할 수 있는 영역까지 낮춘 다음 정제한 후 다시 승온승압을 하여야 되므로 경제적으로 타당하지 못한 것으로 나타났다. B case의 경우는 전체적으로 사용하는 물이 모두 정수기로 보내져 정수 되어지므로 15t/h 이상의 양을 정수할 수 있는 고품질 대용량의 정수기가 필요하여 경제적으로 타당하지 못한 것으로 나타났다.

A와 B case의 경우 의사결정요소에서 각 요소에 한 기준만을 설정하여 논리공형태에 적용하였지만 사업성이 타당하지 못한 것으로 나타났다.

Case	Economy	Technique	Environment	Selection
A	0	1	1	0
B	0	1	1	0

< 표 5 > Assesment of decision making attribute for D4

이상과 같은 공급측과 수요측의 조건 분석결과에 따라 요구되는 요인들을 상호 평가하여 3개 업체를 수요처로 선정하였으며 이러한 조건에 따라 기본설계를 하였다.

4 열공급 망의 기본설계

열공급망 설계를 위해서는 여러 가지 설비공사가 뒤따라야 하며 이를 위해 기본적으로 고려되어야 할 사항들(수송관 두께, 압력손실, 신축량 등)에 대한 계산이 필요하다. 배관의 재질은 압력 및 온도조건에 적합한 압력배관용 탄소강(SPPS 38)으로 선정하였다.

4-1 열수송관 두께 산정

앞선 식(1)에 값을 대입하면,

$$P : 20\text{kg/cm}^2, D_o : 216.3\text{mm}, \sigma_a : 9.5\text{kgf/mm}^2, \eta : 0.85, C : 0.4\text{mm/년} \times 20\text{년} \times 0.6 = 4.8\text{mm}$$

$$t = \frac{20 \times 216.3}{200 \times 9.5 \times 0.85 + 0.8 \times 20} + 4.8 = 7.45\text{mm}$$

위 식을 이용한 계산값은 <표 6>과 같다.

Diameter(A)	Calculated Thickness	Pipe Thickness	SCH.NO
200	7.4527	8.2	40

<표 6> Calculated thickness of pipe

4-2 신축량

20m당 신축량을 구하는 식(2)를 이용하면 신축길이는 다음과 같다.

$$e = 10,225 \times 10^{-6} \times 280 \times 20\text{m} = 57.26\text{mm}$$

본 설계에서는 신축 흡수량이 크며 관리가 용이한 Slip Joint로 적용하였다.

4-3 압력 손실 산출

앞선 (3)식에 의해 증기 15(ton/h)량을 수송하는 배관경을 $\phi 200$ 로 선정하였을 때 100m당 압력강하 ΔP 는 0.1118kg/cm^2 로 나타났으며, 전체 압력강하는 최대 2.2425kg/cm^2 , 최저 1.4969kg/cm^2 로 계산되었다.

4-4 열수송관 시공

열배관 시공은 신뢰성이 있고 안전한 열공급이 이루어지며, 유지관리가 원활하게 설계와 시공이 되도록 다음과 같이 열공급측에서 수요측 보일러실까지의 열 수송관을 기준으로 설계시공하는 것으로 하였다.

- 공급처 구내 : 기존배관+(지지대+지면인접+지하)배관
- 각 회사 정문 : 지하 매설(2중 강관 배관)
- 사용처 구내 : 지면인접배관+기존배관

4-5 열공급 시스템 적용 타당성 분석

비교적 객관성을 기할 수 있도록 하기 위해 여러 각도의 분석을 실시하였으며 특히 수요처에서 요구하는 최대 요구량 및 최저 요구량을 연간 일정하게 공급할 경우와 실질적으로 수요조사에서 분석된 월별 연료 소모량을 근거로 산출된 증기 부하에 따른 공급 요구량으로 구분하여 경제성을 분석

하였다.

4-5-1 증기공급 가격 산정

공급측의 증기 생산가격은 증기 생산을 위해 연료를 사용하지 않고 폐기물 소각에 의해 발생하는 필수 부산물임에 따라 비교적 낮은 금액으로 산정될 수 있을 것으로 분석되며, 공정 수요열만 판매시 공급자와 사용자간에 협의하여 결정하여야 하겠으나 기존 열공급 사업자의 열공급 가격을 비교하고 양측의 경제성을 고려하여 상호간의 가격을 결정하는 것이 적당할 것으로 판단된다. 본 경제성 분석에 필요한 증기의 톤당 가격 산출은 일반적으로 집단에너지 공급업체에서 사용하는 방법을 이용하여 계산하였다.

식(4)의 요인 산출은 다음과 같다.

$P=72.4\ell$ (100°C응축수를 160°C 증기로 만드는데 필요한 연료량, 경우기준)

$C=545.17(\text{원}/\ell)$ (2000년 1월 대리점 판매가격(경유) 적용)

$\alpha=2,500\text{원}$ (집단에너지 공급업체에서 적용하는 금액 적용)

증기생산가격(수요처) = $72.4(\ell) \times 545.17(\text{원}/\ell) + 2,500$
원/t = 41,970.3원/ton

증기공급가격(공급처) = $\frac{41,970.3 + 2,500}{2} = 22,235.2\text{원}/\text{ton}$

4-5-2 각 수요처별 증기 요구량에 따른 가격 산출

각 수요처의 수요조사에 따른 최대요구량과 함께 최저요구량을 연간 일정하게 공급할 수 있는 양으로 산출하였으며 이를 22,235.2원/ton으로 산정하여 요구 증기량의 가격으로 나타내었고 비교 분석하였다. 각 수요처 증기 요구량을 연간 가동시간을 감안하여 수요조사에서 제시한 양으로 산출할 때 최대 수요량은 102,400(t/년)이며 가격으로는

Desired Steam		Demand-Co.	D1	D2	D3	D4
MAX	Steam load(t/y)		39,600	1,500	61,300	102,400
	Supply price(Wmillion/y)		880.5	33.3	1,363.0	2,276.8
MIN	Steam load(t/y)		35,640	900	43,800	80,340
	Supply price(Wmillion/y)		792.4	20.0	973.9	1,786.3

<표 7> Annual supply cost for heat user's demand

2,276.8백만원, 최저 수요량은 80,340(t/년)에 공급 가격은 1,786.3백만원으로 나타났다.

한편, 이들 수요 요구량을 각 수요처별로 자체 생산할 경우에 소요되는 가격은 최대 수요량의 경우 4,297.7백만원, 최저 수요량의 경우 3,371.8백만원이 소요되는 것으로 분석되었다.

Desired Steam		Demand-Co.	D1	D2	D3	Total
MAX	Steam load(t/y)		39,600	1,500	61,300	102,400
	Supply price(Wmillion/y)		1,662.0	62.9	2,572.8	4,297.7
MIN	Steam load(t/y)		35,640	900	43,800	80,340
	Supply price(Wmillion/y)		1,495.8	37.7	1,838.3	3,371.8

< 표 8 > Annual production cost of heat user

이들 각 수요처별 생산가격 및 공급가격을 상호 비교할 때 최대 수요일 경우 2,020.9백만원, 최저수요일 경우 1,585.5백만원의 경제적 가치가 있는 것으로 나타났다.

Price	Demand-Co.	D1	D2	D3	Total
produced steam price of Demand-Co(Wmillion/y)<A>		1,662.0	62.9	2,572.8	4,297.7
Supply price(Wmillion/y)		880.5	33.3	1,363.0	2,276.8
difference(Wmillion/y)<A-B>		781.5	29.6	1,209.8	2,020.9

< 표 9 > Comparing production cost of user with supply cost in MAX

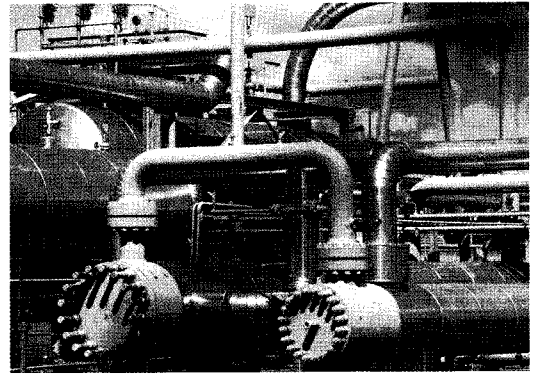
Price	Demand-Co.	D1	D2	D3	Total
produced steam price of Demand-Co(Wmillion/y)<A>		1,495.8	37.7	1,838.3	3,371.8
Supply price(Wmillion/y)		792.4	20.0	973.9	1,786.3
difference(Wmillion/y)<A-B>		703.4	17.7	864.4	1,585.5

< 표 10 > Comparing production cost of heat user with supply cost in MIN

Price	Demand-Co.	D1	D2	D3	Total
estimated price(t/y)		21,420	403.6	7,482.4	29,306.0
produced steam price of Demand-Co(Wmillion/y)<A>		899.0	16.9	314.0	1,229.9
Supply price(Wmillion/y)		476.3	8.9	166.4	651.6
difference(Wmillion/y)<A-B>		422.7	8.0	147.6	578.3

< 표 11 > Comparing production cost of user with supply cost for estimating cost

2000년도 수요조사에 따른 연료소비량을 감안하여 추정된 증기 수요량을 기준으로 분석하여 보면 생산가격 대비 공급가격은 약 578.3백만원의 경제적 가치가 있는 것으로 나타났다.



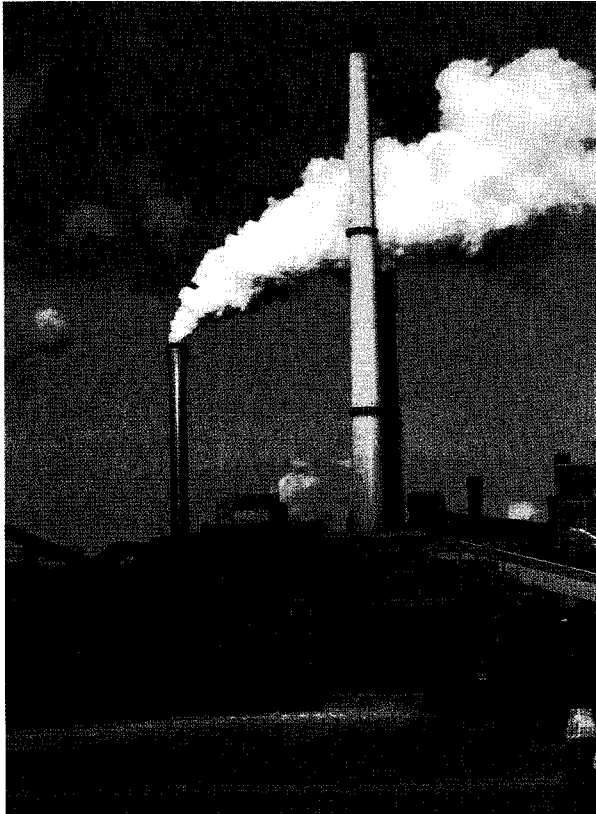
4-5-3 시설투자비 산출

기본 설계한 내용을 근거에 의해 시공업체의 견적 및 물가정보를 이용하여 시설투자비를 산출하였으며 총 1,244백만원의 투자비가 계상되었다.

(단위: 원)

비	목	금 액 (원)
배	관 자 재 비	655,088,988
배	관 인 건 비	292,848,273
직	접 노 무 비	256,659,310
간	접 노 무 비	36,188,962
경	비	158,906,352
기	계 경 비	53,478,262
기	타경비((재+노) × 8.207%)	77,797,211
안	전관리비((재+직노) × 1.81%)	16,502,644
보	험 료 (노 × 3.8%)	11,128,234
일	반관리비((재+경+노) × 5.5%)	60,876,400
이	윤((노+경+일반관리비) × 15%)	76,894,653
합	계	1,244,614,666

< 표 12 > Cost estimation break-down



5 결론

본 분석은 이용 가능한 폐열 발생처를 발굴하고 이를 적용 가능한 수요처에 대해 폐열 활용방안의 제시와 함께 이를 사업화로 연계될 수 있도록 하기 위해 열공급을 위한 기본설계와 경제성 분석을 통한 결과를 제시하였으며 제시된 결과를 가지고 사업 가능성 여부를 분석하였다.

분석 결과, 증기사용 가격추정 투자회수기간은 1,909년으로 비교적 짧은 것으로 나타나 사업성에 있어서도 충분한 가치와 함께 수요처의 조건도 매우 양호한 것으로 나타났다.

이러한 폐열 이용을 보다 적극적으로 추진하기 위해서는 우선적으로 폐열 이용의 공급·수요처 발굴이 지속적으로 이루어져야 하며 이를 위해 산업단지 및 공업지역에서의 연속적인 모니터링의 실시와 함께 ESCO사업으로의 참여가 확대되어야 할 것이다. ㉞

4-5-4 투자회수기간

투자회수기간은 연간 증기요구량이 최대일 경우 연간 증기판매가격은 2,276.8백만원으로 0.546년으로 나타났으며 최소일 때는 1,786.3백만원으로 0.696년으로 나타났다. 그리고 증기사용에 따른 가격추정 투자회수기간의 경우 651.6백만원에 회수기간은 1,909년으로 대체적으로 짧은 것으로 나타났다.

Supply amount	Investment cost (₩million)〈A〉	Supply price (₩million/y)〈B〉	pay-back period(year)〈A/B〉
Maximum	1,244	2,276.8	0.546
Minimum	1,244	1,786.3	0.696
Estimation	1,244	651.6	1,909

< 표 13 > Estimating pay-back period