

개별난방과 지역난방방식의 에너지절감 및 환경개선효과 분석

임 용 훈, 김 혁 주[†]

한국에너지기술연구원 열병합보일러연구센터

Assessment for the effect of heating systems on the energy consumption and environment

Im Yong Hoon, Kim Hyouck Ju[†]

Cogen./Boiler Research Center, Korea Institute of Energy Research, Daejeon 305-343, Korea

ABSTRACT:

The comparison for the performance of heating systems, district heating and separate heating and power, is carried out in terms of energy consumption and environment on the basis of real operating data. The efficiency of boiler and the heat loss within the housing are assumed with reasonable manner due to the lack of reliable data regarding those quantities. The assessment for the established criteria of previous studies is performed and the new criteria for the analysis is proposed. It is shown that the district heating system is superior to the separate heating and power system from the point of view of reduction of energy use and environment improvement. The sensitivity study for those quantities with uncertainty such as the boiler efficiency and heat loss within the housing is carried out also and the reasons for the analysis results are discussed in detail.

Key words: Heating system(난방방식), District heating(지역난방), separate heating and power(개별난방), Reduction of energy use(에너지절감), environment improvement(환경개선)

1. 서 론

우리나라 주거형태는 크게 나누어서 단독주택과 공동주택으로 구분할 수 있다. 주거형태에 따라서 난방열 공급방식은 여러 가지가 있을 수 있으나 대표적으로 단독주택의 대부분과 아파트 등 공동주택에도 많은 보급률을 보이는 개별난방방식과 공동주택이나 오피스텔 등 중대규모 집단에 적용되고 있는 중앙난방방식, 그리고 근래 보급

이 점차 확대되고 있는 지역난방방식으로 크게 나눌 수 있다.

공동주거 형태인 아파트가 공급되기 시작할 때부터 가장 많이 보급되어 온 열전용 보일러만을 이용하는 중앙난방 방식의 경우에는 유류연료의 환경적인 유해성 때문에 대도시에서는 중질유 사용이 제한되고, 도시가스 보급이 일반화되면서 중질유를 사용하던 중앙난방 보일러는 연료의 전환이나 다른 형식의 열설비로 대체됨에 따라 그 수량이 급격히 감소되고 있다.

대규모의 지역난방 설비는 대규모의 열과 전기를 필요로 하는 대단위 주거지역이나 신규개발지구를 대상으로 법적 고시 절차를 거쳐 결정되고 실시된다. 지역난방은 기존의 전기만을 생산하는

[†] Corresponding author
Tel.: +82-42-860-3100; fax: +82-42-860-3098
E-mail address: hjkim@kier.re.kr

설비의 발전효율이 30-40%로서 60-70% 에너지가 폐기되던 것을 폐기열의 상당량을 회수하여 인근의 대규모 주택 및 상업지구 건물의 냉난방에 이용할 수 있도록 연계시킴으로서 종합효율 75-80%까지 향상시킴으로서 발전설비의 에너지 효율을 극대화시키는 매우 우수한 열사용 방식이다.

개별난방방식은 각 가정에 개별적으로 손쉽게 설치가 가능하고 사용자들이 필요시에 마음대로 운전할 수 있는 장점이 있기 때문에 가장 보급률이 높은 난방방식으로서 단독주택은 물론이고, 열전용 난방 보일러를 사용하던 공동주택이나 신규 공동주택에 있어서도 도시가스 가정용 보일러의 보급은 꾸준히 증가되고 있다. 그러나 최근에는 지역난방방식 및 소형열병합발전 방식에 점차 시장이 잠식되어 나가는 추세이며 2002년 이후 가스보일러 생산량이 계속적으로 감소하고 있다.

이처럼 난방용으로 이용되는 여러 가지 에너지 공급설비가 있는 반면 그 종류에 따른 에너지 공급 주체가 서로 다르기 때문에 난방방식에 따른 에너지절감 및 환경개선 효과에 대하여 사업자별로 객관적인 기준에 의거하기보다는 자의적인 분석기준을 적용한 결과를 제시함으로써 공동주택의 난방방식 선정을 둘러싸고 사업자 및 소비자간 사회적 갈등양상이 나타나고 있다.

본 연구에서는 공동주택에 공급되는 중앙난방방식의 하나인 지역난방과 개별난방 방식의 에너지절감효과 및 환경에 미치는 영향 등을 파악하기 위하여 공정하고 보편타당한 분석 방법을 정립하고, 정립된 분석방법에 근거하여 국가적인 차원에서 에너지 이용효율의 극대화를 위한 분석 자료를 제시하고자 한다.

2. 난방방식별 효과 분석

2.1 기존 연구사례

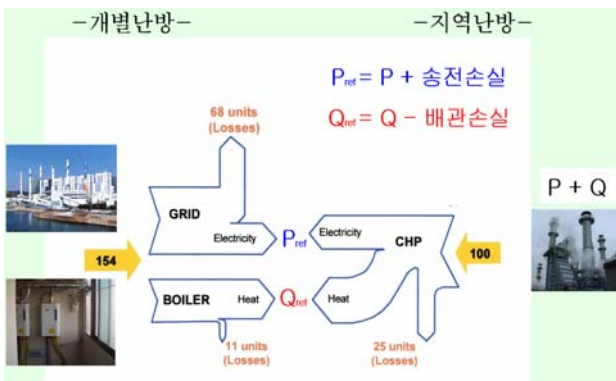
난방방식별 에너지사용량 비교와 관련하여 국내 문헌 자료의 경우 2001년도에 한남에서 수행한 '지역난방방식의 에너지절감 및 환경개선 효과 분석' 연구보고서[1]와 한국도시가스협회에서 2003년도에 수행한 '도시가스와 지역난방사업의 균형발전'연구보고서[2] 이외에 실증데이터를 근거로 한 난방방식별 에너지절감 및 환경개선효과

를 비교한 자료는 거의 전무하였다. 대부분의 자료는 난방방식별 에너지소비량 및 에너지사용실태에 대한 조사에 치우쳐 있었으며 전반적인 내용에 있어 에너지사용실태 조사에서는 지역난방의 경우가 개별난방에 비해 에너지를 더 사용하는 것으로 나타났다. 지역난방과 중앙난방의 경우 열량계 미부착의 경우가 더 많은 열량을 사용하는 것으로 조사되고 있다[3,4]. 하지만 동일한 열량을 사용한 경우에 있어서는 지역난방의 연료비가 개별난방에 비해 적게 드는 결과를 확인할 수 있다[5]. 이는 한남과 한국도시가스협회의 에너지사용량에 대한 기준설정과 관련하여 나름대로의 타당성을 입증하는 문헌자료들이지만, 여전히 각 연구에서 적용된 기준의 타당성 및 객관성에 있어 충분한 검증이 이루어지지 않아 연구결과에 대한 논란이 끊이지 않고 있는 실정이다.

한남이 2001년도에 수행한 '지역난방방식의 에너지 절감 및 환경개선 효과 분석'연구와 한국도시가스협회에서 2003년도에 수행한 '도시가스와 지역난방사업의 균형발전방안'연구에서 지역난방방식과 개별난방방식의 에너지절감 및 환경개선 효과 분석을 위한 에너지사용량 산정 기준을 정리하면 <부록>의 <표 A-1>과 같다.

분석방법의 객관성 및 보편타당성 측면에서 볼 때 배관 열손실 부분은 지역난방방식의 특성으로 인정하여 최종 사용열량에서 제외하는 것이 타당한 것으로 판단되며, 에너지사용실태는 사용자의 취향에 따라 주관적으로 반영될 수 있는 문제이므로 난방방식별로 다른 열량 기준을 적용하는 것은 바람직하지 않은 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 열 부분에 있어서는 동일 열생산량 기준을 적용하되 지역난방방식에서 발생하는 배관손실 부분은 개별난방방식의 열생산량에서 제외하기로 한다. 또한 지역난방방식의 열원구성이 열병합발전 설비로 구성되어 있는 경우, 열 및 전기가 동시에 생산되므로 개별난방방식의 경우도 열뿐만 아니라 전기도 일반 화력발전을 통하여 동일한 양을 생산한다는 가정을 적용하여 분석을 수행하였다. 다만 지역난방방식의 배관 손실처럼 개별난방방식에서는 화력발전을 통한 전력 생산에서 송·배전 손실이 발생할 수 있으므로 이에 대한 영향을 Grid loss로 반영함으로써 각 난방방식별로 형평성을 유지하고자 하였다 [6].

난방방식별 에너지절감 및 환경개선효과 분석을 위해서는 난방방식별로 투입되는 연료사용량에 대한 산정이 선행되어야 한다. 이전 연구에서는 한전수열지사의 경우는 한난보수량 개념을 적용, 열 생산에 필요한 연료사용량만을 가지고 에너지절감효과를 비교하였으며, 한전비수열지사 중 열병합발전 설비를 자체 운영하는 지사에 대해서는 각기 다른 접근 방식을 택하였다. 한난 연구보고서[1]에서는 지역난방방식의 전력생산량을 열량으로 환산하여 등가의 열량을 개별난방방식의 보일러에서 생산하는데 소요되는 연료사용량을 산정 비교하였으며, 한국도시가스협회 연구보고서[2]에서는 전력생산을 위한 화력발전소에서 LNG만을 연료로 사용한다는 가정 하에 38%의 화력발전 효율을 적용하여 이론적인 연료사용량을 산정 비교하였다.



[그림 2-1] 분석기준 개념도[6]

2.2 분석기준

난방방식별 에너지절감효과 분석을 수행하기 위하여 필요한 기초자료를 정리하면 아래와 같다.

운영방식이 상이한 난방방식별 에너지절감 효과를 비교하기 위해서는 분석기준이 되는 생산량의 범위를 우선 정해야 하는데, 예를 들어 지역난방방식의 지사별 열 및 전기 생산량이 기준이 될 수도 있고, 혹은 개별난방방식이 적용되고 있는 특정 지역에 공급되는 열 및 전기량을 기준으로 삼을 수도 있다. 본 연구에서는 각 에너지량의 통계자료의 입수가 용이한 전자의 경우를 기준으로 하여 분석을 수행하였다. 즉 지역난방방식이 공급하고 있는 지역을 대상으로 하여 동

일한 열 및 전기량을 개별난방방식으로 생산할 경우 소비되는 연료사용량을 산정, 에너지절감효과를 분석하고자 한다.

1. 연간(월별) 총 열 생산량(지역난방방식)
2. 연간(월별) 총 전기 생산량(지역난방방식)
3. 연간(월별), 열원별(CHP/HOB) 연료사용량(지역난방방식)
4. 개별난방보일러 효율
5. 일반 화력발전소 연간 운전실적 데이터(전기 생산량, 연료사용량)
6. 열배관손실(지역난방방식 적용)-공동구 배관손실 포함
7. 전기 송/배전 손실(개별난방 적용)

개별난방보일러 효율은 85%(저위발열량기준)를 가정하여 적용하였으며, 지역난방 열배관 손실은 수송손실 4%, 단지 내 배관손실 11%, 도합 15%를 적용하였다. 또한 개별난방방식의 전력 송배전손실은 최근 4년간의 평균 손실을 4.5%(출처:에너지경제연구원 통계정보)를 적용하였다.

개별난방보일러 효율 및 단지 내 배관손실은 아직 인용할만한 문헌자료가 없어 본 연구에서는 일반적으로 추정되는 값으로 가정하여 적용하였으며, 이와 같은 불확실성을 감안하여 각 변수별로 민감도 분석을 별도로 수행하여 에너지절감효과에 끼치는 영향을 분석하였다.

개별난방 보일러 효율은 시험 성적서상의 효율로서 일반적으로는 고위발열량 기준 85% 수준으로 널리 알려져 있다. 그러나 이것은 실제 운영상의 운전효율의 개념이 아니므로 운영실적을 기준으로 하는 타 조건들과 형평에 맞지 않는다. 현실적으로 실제 세대 내 운영되고 있는 개별보일러를 대상으로 한 효율 측정은 연구 측면에서 여러 어려움이 있어 아직까지 이와 관련한 신빙성 있는 문헌자료는 발표되고 있지 않다. 또한 개별보일러 중 콘덴싱보일러의 경우는 일반 보일러에 비해 효율이 상당히 높은 것으로 알려져 있으나 국내 보급률이 아직 일반 보일러에 비해 미미하므로 본 연구에서는 별도로 반영하지는 않았다.

본 연구에서 적용되고 있는 분석 기준은 가능한 실제 운영되고 있는 실적자료를 근거로 하고자 하므로 보일러 효율과 관련해서도 실제 운영

상에서 발생할 수 있는 효율 저하요인을 감안, 저위발열량 기준 85%를 적용하기로 한다. 2003년 한국도시가스협회연구[2]에서도 저위발열량기준 85%의 보일러 효율을 적용한 바가 있다.

단지 내 배관손실의 경우도 개별보일러 효율과 마찬가지로 공동주택 단지의 내구연한 및 설비의 특성에 따라 그 범위가 매우 크게 나타날 것으로 예상되고 있으나 아직까지 인용할 수 있는 명확한 근거자료의 부재로 인해 본 연구에서는 대략 11% 수준으로 추정하여 적용하였다. 향후 난방방식별 에너지절감 효과와 관련하여 보다 정확하고 논쟁의 소지를 줄이기 위해서는 상기한 값들에 대해 실제 운영상에서 발생하는 데이터 산출을 위한 연구가 수행되어야 할 것이다.

2.3 에너지절감 효과

상기한 분석기준을 적용하여 한남의 각 지사별 에너지절감효과를 예측한 결과는 <표 2-1>과 같다.

<표 2-1> 에너지절감효과

a. 한전수열지사

구분	2002	2003	2004
분당	30.6	30.9	29.2
고양	26.0	26.0	26.0
중앙	-	9.6	9.1
평균	28.5	26.7	26.2

단위[%]

b. CHP 운영 한전비수열 지사

구분	2002	2003	2004
대구	31.0	32.0	31.9
수원	24.7	25.8	25.1
청주	16.4	20.5	21.3
계	25.4	26.8	26.4

c. HOB 운영 한전비수열지사

구분	2002	2003	2004
강남	-9.5	1.9	2.8
양산	-	-3.8	-8.2
김해	61.7	50.2	43.1
용인	-	-6.6	-0.6
계	5.1	8.6	9.1

상기한 결과는 개별난방방식의 전력생산에 있어 일반적인 화력발전소 효율 38%를 적용하여 소요된 연료사용량을 산출한 것이 아니라 국내 화력발전 실적자료를 근거로 하여 가스화력 뿐 아니라 석탄, 석유화력의 실적을 고려하여 발전 형태별 가중치를 적용하여 소요된 연료사용량을 산출하였다.

한전수열지사와 CHP운영 한전비수열지사의 경우는 열병합발전 방식의 높은 에너지이용 효율로 인해 개별난방방식 대비 높은 에너지절감 효과를 갖는 것을 알 수 있다.

단 중앙지사의 경우 중앙지사에 열을 공급하는 서울화력이 복합화력방식이 아니므로 설비의 열 및 전기 생산효율이 분당이나 일산 복합화력에 비하여 크게 낮고, 하절기에는 열을 거의 생산하지 않고 최대한 전기를 생산하는 운전모드로 운영되고 있으므로 에너지절감효과도 다른 지사에 비해 크게 미치지 못하는 특성을 보이고 있다.

CHP 운영 한전비수열지사의 경우 대구, 수원 지사가 청주지사에 비해 상대적으로 높은 에너지절감 효과를 보이고 있음을 볼 수 있는데, 이는 [그림 2-2]에서 보는 바와 같이 기저부하로 활용하는 소각열 수열 비율에 기인함을 알 수 있다.

HOB 운영 한전비수열지사의 경우는 김해지사를 제외하고는 개별난방방식에 비해 약간 우수하거나 오히려 에너지절감효과가 떨어지는 경향을 보이고 있다. 김해지사의 경우는 동절기에도 소각열 수열비율이 30%를 상회하고 있어 매우 높은 에너지절감효과를 보이는 것을 알 수 있다.

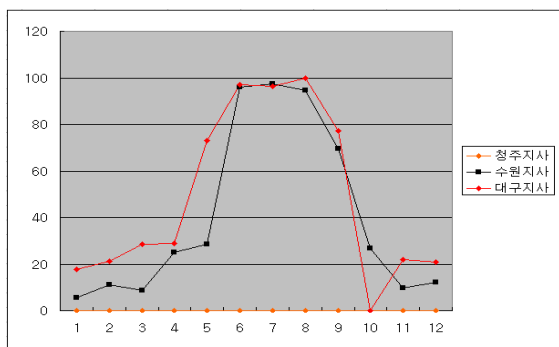
따라서 에너지절감효과 차원에서 볼 때 부득이한 경우를 제외하고는 HOB의 비율을 가능한 줄이고 소각열과 같은 미활용 및 신재생 에너지를 활용하는 것이 바람직하다고 볼 수 있다.

2.4 민감도 분석

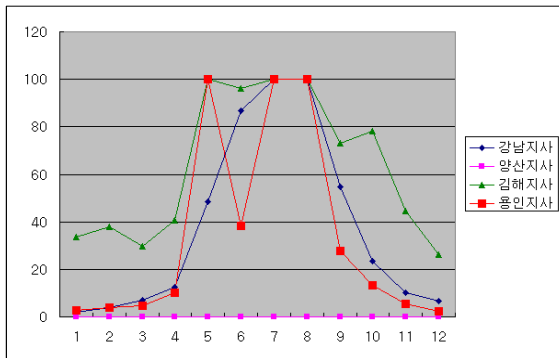
앞서 언급한바와 같이 본 연구의 에너지절감 효과 분석에 있어 불확실성을 갖는 두가지 요소는 개별난방방식의 경우는 보일러 효율, 지역난방방식은 단지 내 배관손실로써, 이들 값들의 분석결과에 대한 영향에 대해 고려해 보고자 하였으며 그 결과를 정리하면 [그림 2-3]과 같다.

[그림 2-3]에서 보는 바와 같이 개별보일러 효율 및 단지 내 배관손실에 대한 에너지절감효과

에 대한 민감도는 대략 선형적인 특성을 보이고 있으며 지사별로 살펴보면, 열 및 전기를 동시에 생산하는 CHP 방식의 지사들의 경우보다는 열만을 생산 • 공급하는 HOB 운영지사의 민감도가 상대적으로 큰 것을 알 수 있다. 전체적으로 볼 때, 개별난방보일러의 효율 및 단지 내 배관손실의 정도에 따라 에너지절감효과가 어느 정도 변하기는 하지만 큰 틀에서의 에너지절감효과 결과가 바뀌는 주요요소는 아닌 것으로 판단된다.



(a) CHP운영 한전비수열지사



(b) HOB운영 한전비수열지사

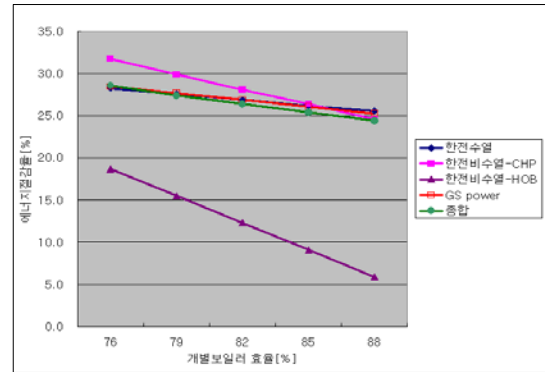
[그림 2-2] 지사별 소각열 수열 비율

2.5 환경개선 효과

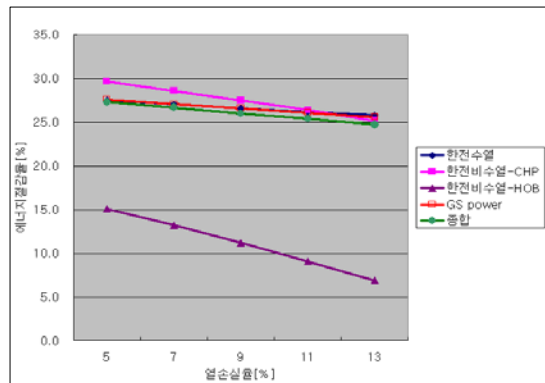
본 연구에서는 미국의 EPA 배출계수를 적용하여 환경오염물질 배출량을 예측하고자 하며 일반적으로 배출계수를 적용하여 오염물질의 배출량을 산출하는 식은 다음과 같다.

$$E = A \times EF \times (1 - ER/100)$$

여기서 ,



(a) 개별보일러 효율



(b) 단지 내 배관손실

[그림 2-3] 에너지절감효과 민감도 분석

E: 오염물질 배출량

A: 활동도

EF: 배출계수

ER: 오염물질 배출 저감률

(오염물질 배출 방지시설 장착시)

본 연구에 적용된 배출계수는 <부록>에 상세히 수록하였다. 앞선 산출한 난방방식별 연료사용량을 바탕으로 연료별 배출계수를 적용하여 환경개선 효과를 분석하면 <표 2-2>~<표 2-4>와 같다.

위의 결과에서 볼 수 있듯이 난방방식별 환경개선효과를 분석해보면 SOx는 연평균 -0.6%, NOx, CO₂, Dust 는 각각 개별난방방식 대비 11%, 44%, 29%대로서, SOx를 제외한 환경오염물질에 대하여 지역난방방식이 개별난방방식에 비해 환경개선효과가 우수하게 나타나는 것을 볼 수 있다.

<표 2-2> 환경오염개선효과 비교 (2004년도)

	SOx [Ton/y]	NOx [Ton/y]	CO ₂ [천Ton/y]	Dust [Ton/y]
지역난방	2,061	10,113	6,743	371
개별난방	1,959	11,165	11,970	518
개선효과 [%]	-4.9	9.4	43.7	28.4

<표 2-3> 환경오염개선효과 비교 (2003년도)

	SOx [Ton/y]	NOx [Ton/y]	CO ₂ [천Ton/y]	Dust [Ton/y]
지역난방	1,991	9,851	6,618	361
개별난방	1,944	11,019	11,801	510
개선효과 [%]	-2.4	10.6	43.9	29.1

<표 2-4> 환경오염개선효과 비교 (2002년도)

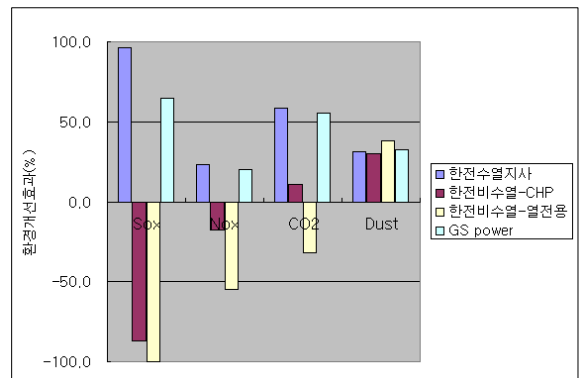
	SOx [Ton/y]	NOx [Ton/y]	CO ₂ [천Ton/y]	Dust [Ton/y]
지역난방	1,700	8,878	5,936	328
개별난방	1,802	10,080	10,767	462
개선효과 [%]	5.6	11.9	44.9	29.0

앞서 언급한대로 배출계수를 이용한 환경오염 물질 배출량 산정에 있어서는 활동도, 즉 연료사용량과 단위 활동도에 따른 배출계수가 배출량을 결정 짓는 주된 요소라고 볼 때 30%에 달하는 지역난방방식의 에너지절감효과가 환경개선효과에도 그대로 반영되었다고 볼 수 있다. 또한 배출계수 측면에 있어서도 이전 한국도시가스협회의 연구[2]에서는 개별난방방식은 청정연료인 LNG 가스만 사용한다고 가정하였으므로 비교적 낮은 배출계수가 적용되어 개별난방방식의 환경오염배출량이 적게 산출되는 경향이 있었다. 그러나 본 연구에서는 국내 화력발전 운영실적을 바탕으로 개별난방방식의 전력생산에 석탄과 석

유를 사용한 화력발전의 영향을 감안해줌으로서 보다 현실적인 환경오염물질 배출량이 산출되었다고 볼 수 있다.

한남운영지사와 GS power 운영지사(부천, 안양)에 대한 환경오염물질별 개선효과에 대한 비교 결과가 아래 [그림 2-4]에 나와 있다.

각 오염물질별로 한전수열지사는 지역난방방식이 개별난방방식에 비해 환경개선효과가 좋은 결과를 보이고 있으며 GS power의 경우도 한전수열지사와 같이 복합화력발전을 근간으로 하고 있으므로 한전수열지사보다 개선효과가 좀 떨어지는 것은 하지만 비교적 높은 개선효과를 나타내고 있다. 반면 자체 CHP를 운영 중인 한남지사의 경우는 CO₂ 및 Dust를 제외한 오염물질에 대하여 개별난방방식 대비 저조한 환경개선효과를 보이고 있으며 열전용지사의 경우는 Dust를 제외한 오염물질에 대하여 개별난방방식에 비해 환경오염물질을 좀 더 배출하는 것을 알 수 있다.



[그림 2-4] 사업장 유형별 환경개선효과

자체 CHP를 운영 중인 한남비수열지사의 경우 에너지절감율은 개별난방방식에 비해 높은 수준을 유지하고 있으나 사용되는 연료의 구성이 수원 지사를 제외하면 LNG 대신 SOx 및 NOx의 배출계수가 큰 B-C유의 비율이 매우 크고 수원지사의 경우 LNG 및 저유황유(LSWR)를 사용하고 있으나 탈황시설을 운영하지 않는 것이 개별난방방식에 비해 오염물질 배출량이 증가하는 원인으로 보인다. 반면 CO₂의 경우는 연료사용량에 거의 비례하므로 에너지절감율이 높은 지역난방방식이 개별난방방식에 비해 여전히 좋은 환경개선효과를 보이고 있다. Dust의 경우는 개별난방방식의 화력발전 부분의 대부분을 차지하고 있는

석탄의 배출계수가 워낙 크기 때문에 높은 제거 효율(99.8%)에도 불구하고 지역난방방식에 비해 개별난방방식의 환경개선효과가 좋지 않은 결과를 보여주고 있다.

3. 결론

본 연구에서는 개별난방방식 대비 지역난방방식의 에너지절감 및 환경개선 효과 분석에 있어 공정하고 보편타당한 분석방법을 수립하여 적용함으로써 난방방식별 에너지절감 및 환경개선 효과와 관련하여 객관적인 분석결과를 제시하고자 하였다. 이를 위하여 2002년~2004년도 지역난방사업장의 운영실적 데이터를 바탕으로 본 연구에서 수립한 '동일 열/전기 생산량' 분석기준을 적용하여 열원 구성에 따른 에너지절감 및 환경개선 효과를 분석 제시하였으며 본 연구에서 도출된 결론은 다음과 같다.

- 동일 열 및 전기 생산량 기준'을 적용함으로써 한난의 지사별 열원구성에 따라 별도의 분석기준을 적용하지 않고 동일한 분석기준을 적용할 수 있게 되어 분석 결과의 일관성 및 신뢰도를 높일 수 있었다.
- 본 연구에서는 가능한 이론적인 접근을 지양하고 실제 운영실적을 바탕으로 보다 현실적인 에너지절감 및 환경개선 효과를 예측하고자 하였으며, 이를 위하여 지역난방방식의 경우는 2002년도부터 2004년도까지의 운영실적 자료를, 개별난방방식은 국내 화력발전소의 최근(2003~2004년) 운영실적에 근거하여 발전에 소요되는 연료사용량을 산출하였다.
- 운영 사업장 형태별 에너지절감효과를 분석한 결과, 한전수열지사의 경우는 개별난방 대비 연평균(최근 3년간) 27%, 자체 CHP 운영 한전비수열지사의 경우는 26% 정도의 에너지절감 효과를 갖는 것으로 예측되었다. HOB 운영 한전비수열지사의 경우는 개별난방 대비 연평균 8% 정도의 에너지절감 효과를 거두고 있는 것으로 분석되었으나 소각열을 활용하지 않는 경우에는 개별난방방식의 에너지절감효과가 오히려 더 우수한 것으로 분석되었다.

- HOB 운영 한전비수열지사의 경우 소각수열로 인한 영향이 클수록 에너지절감효과가 높게 나타나고 있는 것을 알 수 있었다. 하지만 소각수열이 이루어지지 않거나 그 비율이 높지 않은 경우에는 개별난방방식에 비해 오히려 에너지절감 효과가 좋지 않은 것으로 분석되었다.
- 난방방식별 환경개선효과를 살펴보면 NOx, CO₂, Dust는 지역난방방식이 개별난방방식에 비해 각각 연평균 11, 44, 29%대의 환경개선 효과를 갖는 것으로 예측되었으나 SOx의 경우는 개별난방방식과 지역난방방식이 거의 비슷한 수준의 개선효과를 갖는 것으로 예측되었다.

참고 문헌

1. 한국지역난방공사, '지역난방방식의 에너지절감 및 환경개선 효과 분석', 2001
2. 도시가스협회, '도시가스와 지역난방사업의 균형발전방안', 2003
3. 이봉진 외, '한국형 아파트의 난방에너지 분석 2: 난방방식에 따른 차이', 설비공학회논문집, 제 16권, 제 5호, pp. 459-466, 2004
4. 손장열 외, '공동주택의 열, 공간환경 개선 및 최적 난방시스템의 개발연구', 한양대학교, 1991
5. 이소정, '아파트의 난방방식에 따른 소비자의 에너지 절약의식에 관한 연구', 석사학위논문, 건국대학교 건축공학과, 1999
6. 임용훈 외, '개별난방 대비 지역난방의 에너지절감 및 환경개선 효과 분석에 관한 연구', 2006

<부록>

<표 A-1> 기존 연구사례 분석

구분	한난보고서(2001)	도시가스협회 보고서(2003)
에너지사용량	<ul style="list-style-type: none"> ● 동일 열 생산량 <ul style="list-style-type: none"> - 공동주택 단지 내 배관손실열량을 세대 사용열량에 포함 	<ul style="list-style-type: none"> ● 실사용 열량 <ul style="list-style-type: none"> - 에너지사용실태 조사 결과 반영 (개별난방이 지역난방보다 25% 적게 산정함)
한전수열분석 (연료사용량)	<ul style="list-style-type: none"> ● 전기생산량 감소에 따른 보상량 <ul style="list-style-type: none"> - 한난에 열 공급을 함으로서 한전의 감소되는 전기량에 대하여 한난이 보상하는 연료량을 지역난방에서 사용한 것으로 가정 	<ul style="list-style-type: none"> ● 전기생산량 감소에 따른 추가 투입량 <ul style="list-style-type: none"> - 일반화력발전 효율을 기준으로 감소되는 전기량에 대하여 부족한 전기를 추가 생산하는데 소요되는 연료량을 지역난방에서 사용한 것으로 가정
환경오염물질 배출량	<ul style="list-style-type: none"> ● 대기오염물질(SO_x, NO_x)은 지역난방이 저급연료사용으로 인하여 불리 ● CO₂와 같은 지구 온난화물질의 경우는 지역난방이 유리 	

<표 A-2> EPA 배출계수

	지역난방				개별난방				
	LNG [kg/kNm ³]	LSWR [kg/kl]	B-C [kg/kl]	경유 [kg/kl]	LNG [kg/kNm ³]		B-C [kg/kl]	석탄 [kg/Ton]	
					난방	발전		발전	무연탄
SO ₂	0.0096	4.75	19	1.9	0.0096	0.0096	19	7.5	4.5
NO _x	5.224	5.63	5.63	2.88	1.5	5.224	5.63	3.35	
Dust	0.12	0.65	1.49	0.24	0.12	0.12	1.49	97.5	32.5

<표 A-3> EPA 배출계수 (CO₂)

연료	배출계수	
경유	2,672	[kg/kl]
LSWR	2,996	[kg/kl]
B-C	2,924	[kg/kl]
LNG	1,920	[kg/10 ³ Nm ³]
석탄 ^{주)}	무연탄	2,300 [kg/Ton]
	유연탄	2,300 [kg/Ton]