

기숙사 건물에 적용된 중용량 및 멀티 보일러시스템의 난방·급탕 에너지 비교

기존의 난방 및 급탕 방식인 중용량 보일러를 이용한 시스템과 다수의 소용량 보일러를 병렬 연결한 멀티 보일러 시스템의 에너지사용량과 경제성을 비교하여 멀티 보일러 시스템의 에너지 절감 및 비용 절감 효과를 소개하고자 한다.

서론

최근 들어 산업발전으로 인한 전기에너지의 사용 증가와 이상기후의 발생으로 인해 전기에너지를 이용한 냉난방 장치들의 과도한 사용으로 전력 수급에 대한 문제가 국가적 문제로 대두되고 있지만, 현실적인 해결 방안은 미비한 실정이다.

이에 국가 차원에서 에너지 이용 효율화 기조가 형성되고 있고 공동주택이나 상업시설에 대한 에너지 초절약형 기계설비 도입도 적극적으로 추진되고 있으며, 사용단가가 비교적 저렴하고 수급이 안정적인 가스를 사용하는 국내 보일러 제조사들도 이러한 정책 방향에 부응하는 제품을 개발, 보급하여 사업 다각화를 모색하고 있는 분위기다.

특히 보일러 제조사들이 최근 주력하고 있는 ‘캐스케이드 시스템’이 바로 그것으로 본 고에서는 ‘멀티 보일러 시스템’으로 명명하였다. 멀티 보일러 시스템은 다수의 소용량 가스보일러 또는 온수기를 병렬로 연결하여 필요한 온수나 난방용량에 따라 부분 운전이 가능토록 설계된 상업용 보일러 시스템으로 에너지 효율 측면에서 기존 중형 보일러 시스템을 대체할 수 있기 때문에 상업용 보일러 시장의 새로운 시스템으로 각광받

김민용

서울과학기술대학교

건축기계설비연구소

연구원

kmindragon@hanmail.net

김영일

서울과학기술대학교

건축학부 교수

yikim@seoultech.ac.kr

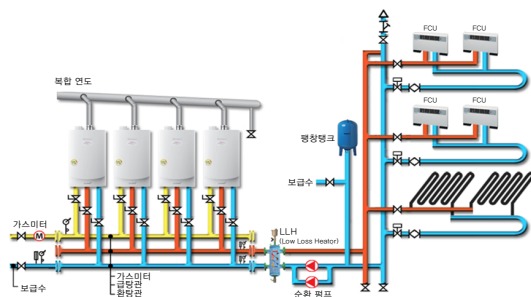
있다. 그러나 보일러의 성능을 나타내는 제어성 및 효율성에 대한 검증이 필요하며, 보급 환경 구축을 위한 사전 준비와 설계 표준화가 필요하다.

따라서 에너지 사용량이 점차 증가하는 가운데 에너지 사용단가가 비교적 저렴하고 수급이 안정적인 가스에너지를 사용하는 보일러 시스템인 멀티 보일러 시스템을 소개하고 동적에너지 해석 프로그램을 활용한 시뮬레이션을 수행하여 기존 중형 보일러 시스템과 멀티 보일러 시스템의 적용에 따른 에너지 절감 효과와 비용 절감 효과에 대해서 다루고자 한다.

멀티 보일러 시스템

난방 멀티 보일러 시스템

중형 보일러의 2회로 방식과는 다르게 난방과 급탕으로 구별해서 별도의 시스템을 구성해야 하는 난방 멀티 보일러 시스템은 **그림 1**과 같이 구성된다. 특이한 사항은 열원과 부하 측 경계에 Low Loss Header(L,L,H)라는 수분배 장비를 적용하여 열원과 부하 측의 유량 불균형을 해소하고 온도 차로 발생하는 열량의 차이를 극복한다. 또한, 멀티 보일러 시스템은 기존 방식에 비해 설치 공간이 30%에도 미치지 못하기 때문에 열원장비 배치에 있어서 중앙 집중식과 국부적 분산방식의 장점을 극대화할 수 있는 방식이다.



[그림 1] 난방 멀티 보일러 시스템의 구성

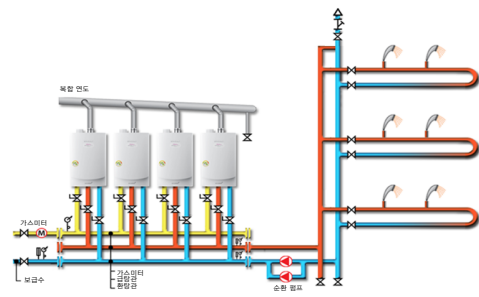
급탕 멀티 보일러 시스템

기존의 급수 시스템에서 펌프 기술이 발달함에 따라 부스터 펌프의 적용이 가능하게 됐고 이로 인하여 고가수조를 배제함으로써 위생성이 향상됐을 뿐만 아니라 건물의 미관에도 긍정적으로 작용한 선례가 있었던 것처럼 급탕 멀티 보일러 시스템은 저장 탱크를 생략한 tankless 순간 중앙 공급 방식으로 위생성 향상은 기본이고 에너지 절감으로 경제성이 강화되며, 기존과 같은 저장 탱크를 적용하는 중앙 공급 직접가열식 적용도 가능하다(**그림 2**).

보일러 성능시험

보일러 성능시험 개요

KS 규격에 따른 보일러의 성능시험 방법은 ‘KS B 8127 콘덴싱 가스 온수보일러’, ‘KS B 8116 가스 순간 온수기’에 명시되어 있다. 본고에서 진행된 멀티 보일러 시스템과 중형 보일러의 비교 시험은 ○○○ 인재개발원에 설치된 멀티 보일러 시스템 (NPW-48KS 48,000 kcal/h, 5대)과 중형 보일러(연수동 : 1,035 GPS 100,000 kcal/h, 1대/숙소동 : 1,535 GPS 150,000 kcal/h, 1대)로 진행하였고, 시험은 멀티 보일러 시스템과 중형 보일러 시스템의 온수 출구온도를 일정하게 유지하는 시험을 통한 보일러 입/출구 온수 온도 및 압력, 온수유량, 가스소비량을 측정하였다.



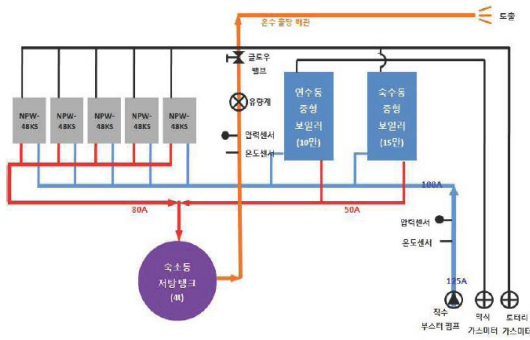
[그림 2] 급탕 멀티 보일러 시스템의 구성

〈표 1〉 보일러 제원

구분	멀티 보일러		중형 보일러	
	속소동 온수		연수동 난방	속소동 난방
적용현장	속소동 온수		연수동 난방	속소동 난방
사용용도	온수용		난방용	난방용
표시출력	$\Delta T 25^{\circ}\text{C} : 32 \text{ lpm}$		116.2 kW	174.4 kW
	$\Delta T 40^{\circ}\text{C} : 20 \text{ lpm}$			
전부하 효율(총)	98.8%		81.9%	83.7%
최고사용수압	1,029 MPa		0,343 MPa	0,343 MPa
가스소비량(총)	1대 : 58.1 kW		144.1 kW	206.9 kW
	5대 : 290 kW			
대기전력	-		2.84 W	2.81 W
소비전력	1대당 75 W		195.6 W	293.7 W

시험은 온수 유량을 조절하여 전부하 조건과 부분하 조건을 변경하여 시험하였고, 시험에 사용

된 보일러의 제원과 시험장치 구성은 각각 표 1과 그림 3~그림 5와 같다.



〔그림 3〕 보일러 성능시험장치 개념도

보일러 성능시험 결과

○○○ 인재개발원에 설치된 멀티 보일러 시스템(NPW-48KS, 5대)과 중형 보일러(연수동 : 1,035 GPS, 1대/속소동 : 1,535 GPS, 1대)시스템의 측정 결과는 다음과 같다.

표 2는 멀티 보일러 시스템의 시험결과로 전부하 조건에서 급탕온도 안정화 후 20분간 운전 시 8.161 m³의 가스를 소비하였으며, 부분하 조건에서는 각각 5.686 m³, 4.400 m³, 3.424 m³, 3.290 m³,



〔그림 4〕 멀티 보일러 설치



〔그림 5〕 중형 보일러 설치

〈표 2〉 멀티 보일러 시험 결과

측정항목	단위	멀티 보일러 시스템					
		전부하	부분부하				
		135 L/min	100 L/min	70 L/min	60 L/min	50 L/min	20 L/min
입구온도	℃	5.1	4.6	5.6	5.1	5.5	5.3
입구압력	kPa	286	287	286	286	284	281
출구온도	℃	35.7	34.8	37.5	35.2	38.2	35.1
출구압력	kPa	54	159	199	240	250	237
물 유량	L/min	135	100	71	61	53	21
입출구 온도차	℃	30.6	30.2	31.9	30.1	32.7	29.8
물의 비열	J/kg℃	4182.5	4183.2	4181.3	4182.7	4181.0	4182.7
물의 밀도	kg/m ³	998.3	998.4	998.1	998.3	998.0	998.3
물이 얻은 열량	kW	287.65	210.23	158.20	127.25	120.07	42.80
가스소비량	m ³	8.161	5.686	4.400	3.424	3.290	1.192

〈표 3〉 중형 보일러 시험 결과

측정항목	단위	중형 보일러 시스템					
		전부하	부분부하				
		120 L/min	100 L/min	70 L/min	60 L/min	50 L/min	20 L/min
입구온도	℃	5.4	4.8	5.7	5.2	5.8	6.3
입구압력	kPa	285	287	287	287	285	281
출구온도	℃	36.6	34.9	37.3	35.4	36.4	37.8
출구압력	kPa	267	268	275	286	287	287
물 유량	L/min	121	101	72	61	52	20
입출구 온도차	℃	31.2	30.1	31.6	30.2	30.6	31.5
물의 비열	J/kg℃	4181.9	4183.0	4181.4	4182.6	4181.8	4180.9
물의 밀도	kg/m ³	998.2	998.4	998.1	998.3	998.2	997.9
물이 얻은 열량	kW	262.36	211.84	157.37	127.50	110.27	44.18
가스소비량	m ³	8.750	7.118	5.694	4.854	4.422	1.716

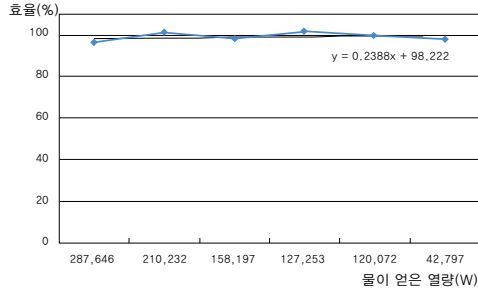
1,192 m³의 가스를 소비하였다.

표 3은 중형 보일러 시스템의 시험결과로 전부하 조건에서 급탕온도 안정화 후 20분간 운전 시 8,750 m³의 가스를 소비하였으며, 유량을 줄인 부분부하 조건에서는 각각 7,118 m³, 5,694 m³, 4,854 m³, 4,422 m³, 1,716 m³의 가스를 소비하여 멀티 보일러 시스템의 가스소비량이 적은 것을 알 수 있다.

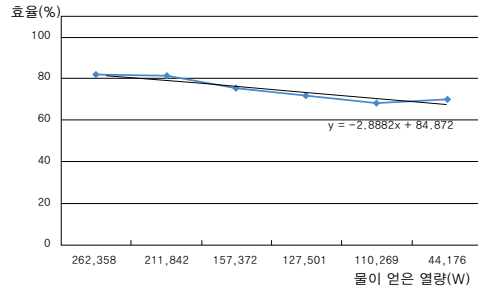
멀티 보일러 시스템 시험에서 20분간 운전 시 가스소비량을 시간당 가스소비량으로 환산하면 전부하 조건에서 298,960 W의 가스를 소비하였으며, 유량을 줄인 부분부하 조건에서는 각각 208,318 W,

161,192 W, 125,445 W, 120,528 W, 43,668 W의 가스를 소비하였고, 중형 보일러 시스템은 전부하 조건에서 320,552 W의 가스를 소비하였으며, 유량을 줄인 부분부하 조건에서는 각각 260,766 W, 208,597 W, 177,808 W, 161,998W, 62,859 W의 가스를 소비하였다.

그림 6과 그림 7은 멀티 보일러 시스템과 중형 보일러 시스템의 물이 얻은 열량을 1시간 동안의 가스소비량으로 나누어 회귀식을 이용한 효율을 나타낸 그래프로 멀티 보일러 시스템의 경우 전부하 조건에서 98.20%의 효율을 나타내었고, 부분부



[그림 6] 멀티 보일러 성능시험 데이터



[그림 7] 중형 보일러 성능시험 데이터

하 조건에서도 일정한 효율을 유지하였다. 반면, 중형 보일러 시스템의 경우 전부하 조건에서 82.08%의 효율을 나타내었으며, 부분부하 조건에서 부하율이 낮을수록 효율이 낮은 것으로 나타났다.

동특성 시뮬레이션

시뮬레이션 개요

중용량 보일러 시스템과 멀티 보일러 시스템의 에너지사용량을 시뮬레이션하기 위해 모듈 구조를 갖는 비정상 시스템 해석프로그램인 TRNSYS 17 프로그램을 사용하였다. 건물 에너지 시뮬레이션 프로그램인 TRNSYS(Transient System Simulation)는 동적 에너지 해석을 목적으로 모듈화되어 개발된 최초의 프로그램으로 현재는 건물 전체에 대한 다양한 에너지 이용 시스템을 포함하고 있는 시스템 시뮬레이션 프로그램이다.

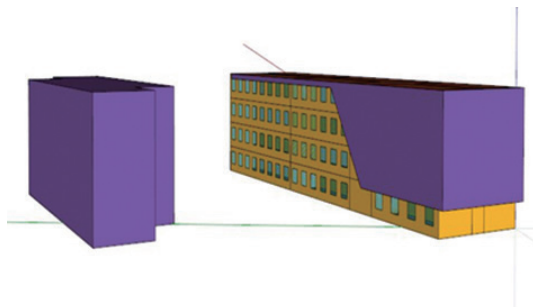
시뮬레이션 대상 건물로는 ○○○ 인재개발원을 선정하였으며, 대상 건물의 부하를 산정하기 위한 외기 조건 및 실내 설정 온·습도 조건, 재료 물성치 및 벽체 구성, 운전상태 조건 등은 실제 설계 도서를 바탕으로 입력하였다. 채실, 조명, 기기 스케줄, 월별, 시간별 사용 패턴 등은 국내에 객관화된 자료가 없는 관계로 참고문헌을 참조하여 입력하였고, 시뮬레이션에 있어 제일 중요한 요소인 보일러 기기의 성능데이터는 성능시험을 통하여 수집된 부분부하 특성을 고려한 성능데이터를 입력하였다.

시뮬레이션 대상 건물 선정 및 모델링

시뮬레이션 대상 건물은 경기도 평택에 위치한 교육연구시설로서 교육 및 연구 용도로 사용되는 연수동과 교육생들의 숙소로 활용되는 숙소동으로 구성되어 있는 건물이다.



[그림 8] ○○○ 인재개발원



[그림 9] ○○○ 인재개발원 3D 모델링

〈표 4〉 건축개요

면 적	대지면적	6,611 m ²
	건축면적	1,319 m ²
	연 면 적	9,187 m ²
위 치	경기도 평택(N37.6, E127)	
구 조	철근콘크리트	
층 고	3,000 mm	
천장고	2,300 mm	
층 수	4 F	
기준층 연면적	550.8 m ²	
용 도	교육 및 연구시설	

건물의 열원시스템 구성은 중형 보일러를 이용한 난방 및 급탕 중이며, 건물 모델링은 TRNSYS 프로그램 내의 Add-on 프로그램인 TRNbuild와 상호 연동하는 Google Sketchup 8 프로그램을 이용하여 3D로 모델링 하였다.

그림 8과 그림 9는 대상 건물의 조감도와 Google Sketchup 8을 이용하여 모델링한 그림이다. 건물의 구체적인 개요는 표 4와 같다.

시뮬레이션 조건 및 방법

본고에서는 대상 건물의 부하를 산정하기 위한 외기 조건으로 수원지역의 표준기상 데이터를 이용하였고, 건물에너지 시뮬레이션 해석을 위해 입력한 기상 조건으로는 TRNSYS에서 제공하는 인천 지역 기상 데이터인 KR-Inchon-471120.tmi를 사용 하였다.

실내 설정 온·습도 조건은 재실자가 열적 불쾌감을 느끼지 않는 쾌적범위 내에서 설정하였고, 실내 설정 온·습도 조건은 표 5와 같다. 또한, 입력한 재료의 물성치 및 벽체 구성은 설계도서를 참고하여 실제 건물에 맞게 구성하였으며, 실제 조건과 같은 수치를 입력하였다..

건물의 운전상태는 각 공간의 특성을 규정짓는 중요한 요소로서 건물의 에너지소비에 큰 영향을

〈표 5〉 실내 설정 온·습도 조건(○○○ 인재개발원)

	난방기간		냉방기간	
	건구온도 (°C)	상대습도 (%)	건구온도 (°C)	상대습도 (%)
실습실	20	40	26	55
강의실	20	40	26	55
숙 소	22	40	26	55

미친다. 따라서 건물의 운전상태를 결정하는 데에 있어 세심한 주의가 필요하다. 또한, 계산과정에서 실내 재실 인원수, 조명기기의 사용, 각종 사무기기의 사용에 의해 발생되는 실내 발열부하에 대한 조건 및 스케줄이 요구된다.

본고에서는 하루 24시간을 기준으로 난방, 급탕, 재실, 조명, 기기스케줄을 결정하였으며, 월별 시각별 사용률에 따른 난방 및 급탕 패턴을 적용하였다.

부하계산 시 적용한 내부 발열 부하, 재실 인원 및 공조준 조건은 Type별 재실 인원수 B-Type 6명, C-Type 8명, D-Type 4명을 입력하였으며, 침기횟수는 0.3회, 환기횟수는 1.2회를 입력하였다.

에너지 사용량 시뮬레이션

표 6은 난방 시 중용량 보일러 시스템과 멀티 보일러 시스템의 난방에너지 사용량을 나타낸 표이다.

〈표 6〉 난방에너지 사용량(○○○ 인재개발원)

월	중용량 보일러 시스템		멀티 보일러 시스템	
	가스에너지 사용량 (MJ)	전기에너지 사용량 (kWh)	가스에너지 사용량 (MJ)	전기에너지 사용량 (kWh)
11	164,881	852	110,417	2,112
12	293,970	1,519	198,540	3,038
1	342,120	1,769	231,298	4,620
2	271,689	1,406	183,042	3,935
3	197,877	1,024	134,771	3,418
합	1,270,537	6,570	858,068	17,123

〈표 7〉 급탕에너지 사용량(○○○ 인재개발원)

월	기존 보일러 시스템		멀티 보일러 시스템	
	가스에너지 사용량 (MJ)	전기에너지 사용량 (kWh)	가스에너지 사용량 (MJ)	전기에너지 사용량 (kWh)
1	258,097	813	189,305	443
2	240,985	760	178,637	400
3	262,052	824	193,266	443
4	213,328	664	157,187	429
5	194,066	596	141,801	443
6	144,226	433	101,531	410
7	122,984	362	85,271	443
8	86,643	249	58,334	423
9	85,803	249	58,291	410
10	138,018	412	96,848	423
11	151,470	454	107,472	410
12	225,488	696	165,492	443
합	2,123,160	6,512	1,533,435	5,120

중용량 보일러 시스템의 경우 1년 중 난방 기간인 11월에서 3월 동안 총 1,270,537 MJ의 가스에너지와 6,570 kWh의 전기에너지를 사용하였으며, 멀티 보일러 시스템의 경우 같은 기간 동안 총 858,068 MJ의 가스에너지와 17,123 kWh의 전기에너지를 사용하여 멀티 보일러 시스템 적용 시 중용량 보일러 시스템에 비해 가스에너지 사용은 412,470 MJ 감소하였지만, 전기에너지 사용은 10,553 kWh 증가하였다.

표 7은 급탕 시 중용량 보일러 시스템과 멀티 보일러 시스템의 급탕에너지 사용량을 나타낸 표이다.

중용량 보일러 시스템의 경우 1월에서 12월까지 1년 동안 총 2,123,160 MJ의 가스에너지와 6,512 kWh의 전기에너지를 사용하였으며, 멀티 보일러 시스템의 경우 1년 동안 총 1,533,435 MJ의 가스에너지와 5,120 kWh의 전기에너지를 사용하여 멀티 보일러 시스템 적용 시 중용량 보일러 시스템에 비해 가스에너지 사용이 589,726 MJ 전기에너지 사용이

1,392 kWh 감소하였다.

경제성 분석

연간균등부담법

본고에서는 경제성 분석 방법으로 연간균등부담법(Annual Equal Payment)을 사용하였다. 이 방법에서는 초기투자비에 대해서는 전체를 대출받은 후 매년 같은 금액을 기기의 수명이 종료될 때까지 상환한다고 가정한다. 매년 부담하는 금액은 원금 상환과 이자의 합이 된다. 초기에는 이자 부담이 많지만 점차로 감소되어 말기에는 원금 상환금이 많아지게 된다. 기기, 설비 또는 건축물의 수명은 동일할 필요가 없다. 대상별로 수명 기간까지만 원금 및 해당 이자를 상환하고 수명이 종료되면 새로 기기를 구입, 설치 또는 공사한다고 가정한다. 이 방법은 적용이 용이하면서도 다양한 조건을 수용할 수 있는 분석 방법이다.

연간 균등부담으로 P 금액을 n 년 동안 이자율 r 로 빌렸을 때, 매년 균등하게 부담해야 할 금액 Z 는 다음의 식 (1)~식 (3)과 같다.

$$X_i = (1+r)^{i-1}Z - r(1+r)^{i-1}P \quad (1)$$

$$Y_i = Z - X_i \quad (2)$$

$$Z = \frac{r(1+r)^n P}{(1+r)^n - 1} \quad (3)$$

장비비는 초기에 투자해야 하는 비용을 말하며 여기에는 각종 기기의 구입비용이 포함된다. 기기의 가격은 절대적인 가격이 있는 것이 아니고 판매자와 구매자의 협의에 의하여 정해지는 것으로 매우 유동적이다. 따라서 공정하게 가격을 정하기 위하여 객관적인 방법이 필요하다.

본고에서는 가격을 조사하기 위하여 시중제품 중 견적서를 참조하였으며, 국내 업체에서 생산하

는 제품을 선정하여 중용량 보일러 시스템과 멀티 보일러 시스템의 장비비를 비교하였다.

설치 공사비는 설치에 필요한 모든 공사비를 나타내는 것으로 실제 설계도서 검토를 통한 보일러 시스템 설계를 기준으로 비용을 산출하였으며, 표 8과 같다.

열원설비와 기타 기기를 설치하기 위해서는 바닥과 주변에 대한 공사가 필요하다. 필요 면적은 실제 설계도서를 바탕으로 기계실 면적을 산출하였고 건축공사비는 1,000천 원/㎡, 지하인 경우 15%라고 가정하였다(표 9).

전기를 사용하기 위해서는 변압기 등의 수전설비가 필요하다. 본고에서 수전설비의 용량은 장비의 정격 소요동력만을 고려하였으며, 수전설비 비용은 시중단가를 적용하여 120천 원/kW이라고 가정하였다(표 10).

가스요금은 한국가스공사 가스요금표와 지역

별 가스 공급업체의 가스요금표를 참조하였다. 본고에서는 2012년 7월 이후 요금 부과 방식인 열량단위의 요금 부과 방식을 적용하였다. 도시가스 공급 열량의 경우 매월 그 값이 변동하는 관계로 2014년 1월 현재 최고, 최저 순시 열량값의 평균값인 43.43 MJ/Nm³(10,350 kcal/Nm³)을 적용하여 계산하였다(표 11).

전기요금은 2013년 11월 21일부터 적용되는 한국전력 전기요금표를 참고하여 일반용 전력(갑), 저압용(110V~380V) 요금을 적용하여 계산하였다(표 12).

설비를 설치하기 위하여 건물의 일부 공간을 사용하게 되며 사용료는 공간을 임대한다는 개념으로 생각하였고, 단가는 공정하게 하기 위하여 '인터넷 부동산 114'를 참조하여 200천 원/(㎡·년)으로 산출하였다. 이는 지상층 사무실 공간에 해당하는 공간 사용료이며 지하인 경우 15%라고 가정하였으며, 면적은 기계실 면적을 대입하여 산출하였다(표 13).

보험료는 지원금을 제외한 초기투자비의 0.17

〈표 8〉 장비비 및 설치공사비(○○○ 인재개발원) (단위 : 천 원)

구분	중용량 보일러 시스템	멀티 보일러 시스템	비율
장비비	119,600	85,440	100:71
설치비	29,605	36,431	100:123
설치인건비	설치비에 포함	설치비에 포함	-
합계	149,205	121,871	100:82

* 정부조달가 및 설계도서 참조.

〈표 9〉 건축공사비(○○○ 인재개발원) (단위 : 천 원)

구분	중용량 보일러 시스템	멀티 보일러 시스템	비율
면적(㎡)	40	20	-
금액(천 원/㎡)	6,000	3,000	100:50

* 정부조달가 및 설계도서 참조.

〈표 10〉 수전설비비(○○○ 인재개발원) (단위 : 천 원)

구분	중용량 보일러 시스템	멀티 보일러 시스템	비율
수전용량(kW)	16.4	12.2	-
금액(천 원/kW)	1,968	1,464	100:74

〈표 11〉 삼천리도시가스 가스요금표(○○○ 인재개발원)

용도별		요금(원/MJ)	
일반용 (영업1종)	동절기	1~3월, 12월	23.4726
	하절기	6~9월	23.2706
	기타	4, 5, 10, 11월	23.2982

〈표 12〉 한국전력 전기요금표(○○○ 인재개발원) (단위 : 원)

구분	기본요금 (원/kW)	전력량 요금(원/kW)		
		여름철	봄, 가을철	겨울철
저압전력	6,160	105.7	65.2	92.3

〈표 13〉 공간 사용료(○○○ 인재개발원) (단위 : 천 원)

구분	중용량 보일러 시스템	멀티 보일러 시스템	비율
면적(㎡)	40	20	-
금액(천 원/㎡)	1,200	600	100:50

〈표 14〉 장비 보험료(○○○ 인재개발원) (단위: 천 원)

구분	중용량 보일러 시스템	멀티 보일러 시스템	비율
금액	2,638	2,123	100:80

〈표 15〉 수선비(○○○ 인재개발원) (단위: 천 원)

구분	중용량 보일러 시스템	멀티 보일러 시스템	비율
금액	46,562	37,461	100:80

%/년이라고 가정하였다(표 14).

수선비는 일반적으로 기기 가격의 0.5~3.0%/년 인데 아직 각 방식에 대한 객관화된 데이터는 없는 실정이다. 따라서 수선비는 제조업체와 설계업체의 의견을 종합하여 초기투자비 3%라고 가정하였다(표 15).

장비내구연도(년)는 열원/공조설비의 법정 내구 연수의 한국제조업체조사 내용에 따라 수명을 10년으로 가정하였고, 건물의 내구연수는 한국감정원 등의 자료를 참고하여 수명을 40년으로 가정하였다.

에너지 사용료는 기기의 효율에 의해 좌우되며 동특성 에너지 시뮬레이션 프로그램인 TRNSYS를

이용하여 산출한 연간 에너지소비량에 사용단가를 적용하여 에너지 사용료를 산출하였다(표 16).

2005~2014년 기업 일반자금대출 평균 금리 5.99%를 적용한 연간균등부담법을 이용하여 시스템별 연간부담액을 비교한 결과 초기투자비의 연간부담액은 중용량 보일러 시스템 20,791,473원, 멀티 보일러 시스템 16,846,830원으로 산출되었으며, 유지관리비의 연간부담액은 각각 87,021,505원, 62,960,526원으로 산출되었다(표 17).

따라서 총 연간부담액은 각각 107,812,978원, 79,807,356원으로 산출되어 시스템별 총 연간부담액을 비교한 결과 멀티 보일러 시스템 도입 시 총 연간부담액이 28,005,622원 낮게 산출되었다.

결론

본고에서는 가스에너지를 사용하는 보일러 시스템의 성능시험과 동적 에너지 프로그램을 활용한 시뮬레이션을 수행하여 중용량 보일러 시스템과 멀

〈표 16〉 에너지소비량 및 에너지 사용료(○○○ 인재개발원)

구분	중용량 보일러 시스템				멀티 보일러 시스템			
	가스에너지 소비량 (MJ)	가스에너지 사용료 (천 원)	전기에너지 소비량 (kWh)	전기에너지 사용료 (원)	가스에너지 소비량 (MJ)	가스에너지 사용료 (천 원)	전기에너지 소비량 (kWh)	전기에너지 사용료 (원)
1월	600,217	14,089	2,582	268,489	420,602	9,873	5,064	510,437
2월	512,674	12,034	2,166	230,106	361,680	8,490	4,336	443,250
3월	459,928	10,796	1,848	150,654	328,037	7,700	3,861	294,822
4월	213,328	4,970	664	73,467	157,187	3,662	429	71,029
5월	194,066	4,521	596	69,069	141,801	3,304	443	71,962
6월	144,226	3,356	433	75,963	101,531	2,363	410	86,343
7월	122,984	2,862	362	68,458	85,271	1,984	443	89,915
8월	86,643	2,016	249	56,450	58,334	1,357	423	87,785
9월	85,803	1,997	249	46,386	58,291	1,356	410	69,758
10월	138,018	3,216	412	57,033	96,848	2,256	423	70,648
11월	316,352	7,370	1,307	150,820	217,889	5,076	2,521	275,784
12월	519,458	12,193	2,215	234,610	364,031	8,545	3,481	364,382
합계	3,393,697	79,420	13,082	1,481,505	2,391,502	55,966	22,244	2,436,115

〈표 17〉 연간균등부담비용 평가 결과(○○○ 인재개발원)

(단위 : 원)

		중용량 보일러 시스템	멀티 보일러 시스템	비율
초기 투자비	장비비	16,242,110	11,603,059	100:71
	설치공사비	4,020,465	4,947,461	100:123
	건축공사비	398,267	199,133	100:50
	가스인입분담금	-	-	-
	수전설비비	130,631	97,177	100:74
	소계	20,791,473	16,846,830	100:81
유지 관리비	공간 사용료	1,200,000	600,000	100:50
	에너지 사용료(가스)	79,420,000	55,966,000	100:72
	에너지 사용료(전기)	1,481,506	2,436,115	
	장비 보험료	263,849	212,281	100:80
	수선비	4,656,150	3,746,130	100:80
	소계	87,021,505	62,960,526	100:72
종합 연간부담액		107,812,978	79,807,356	100:74

티 보일러 시스템의 적용에 따른 에너지 절감 효과와 경제성 절감 효과를 소개하고자 하였으며, 결과는 다음과 같다.

(1) ○○○ 인재개발원에 설치된 멀티 보일러 시스템과 중용량 보일러 시스템의 성능시험을 수행하였으며, 보일러 입/출구 물의 온도 및 압력, 온수유량, 가스소비량을 측정하였고, 결과는 다음과 같다.

멀티 보일러 시스템의 20분간 운전 데이터로부터 회귀식을 이용하여 효율을 나타낸 결과 전부하 조건에서 98.20%의 효율을 나타내었고, 부분부하 조건에서도 일정한 효율을 유지하였다. 중용량 보일러 시스템은 전부하 조건에서 82.08%의 효율을 나타내었고, 부분부하 조건에서는 부하율이 낮을수록 효율이 낮은 것으로 나타났다.

(2) 성능시험 데이터의 전부하와 부분부하 특성을 고려한 중용량 보일러 시스템과 멀티 보일러 시스템의 연간 에너지사용량을 동특성 시뮬레이션한 결과, 멀티 보일러 시스템을 적용한 대상 건물이 27.81%의 에너지 절감률을 나타내었다.

(3) 장비비, 설치공사비, 건축공사비 등을 고려한 대상 건물의 중용량 보일러 시스템과 멀티 보일러 시스템의 초기투자비를 산출한 결과 멀티 보일러 시스템을 적용한 대상 건물이 연간 3,944,643원의 비용을 절감하였고, 18.97%의 절감률을 나타내었다.

(4) 공간사용료, 에너지사용료, 장비 보험료 등을 고려한 대상 건물의 중용량 보일러 시스템과 멀티 보일러 유지관리비를 산출한 결과 멀티 보일러 시스템을 적용한 대상 건물이 연간 62,960,526원의 비용을 절감하였고, 27.65%의 절감률을 나타내었다.

(5) 대상 건물의 중용량 보일러 시스템과 멀티 보일러 시스템의 연간균등부담비용을 산출한 결과 멀티 보일러 시스템을 적용한 대상 건물이 25.98%의 절감률을 나타내었다.

참고문헌

1. 김영일, 2008, 중용량 공조에서 EHP와 GHP의 경제성 비교, 설비공학논문집, Vol. 20, No. 3, pp.

- 167-174.
2. 대한설비공학회, 2011, 건축기계설비 설계기준, 대한설비공학회.
 3. 대한설비공학회, 2011, 설비공학편람, 대한설비공학회.
 4. 에너지관리공단, 2007, 사무소 건물 열원설비 경제성 분석, 연구보고서.
 5. 이강국 외, 2006, Mesh Data를 활용한 도시중심 지역 에너지소비 유형분석, 대한건축학회논문집, Vol. 22, No. 7, pp. 25-29.
 6. 정광섭 외, 2007, 건축공기조화설비, 성안당, pp. 25-29.
 7. 지식경제부, 2009, 건물에너지 시뮬레이션 및 절약알고리즘 개발, 연구보고서.
 8. ASHRAE, 2000, ASHRAE HVAC System and equipment, ASHRAE.
 9. ASHRAE, 2005, ASHRAE Hand book fundamentals, ASHRAE.
 10. ASHRAE, 2007, ASHRAE HVAC Standard, ASHRAE. 