

## 군간부 숙소에 적용한 중용량 및 멀티보일러 시스템의 경제성 비교

김민용 · 김영일\*<sup>†</sup> · 정광섭\*

서울과학기술대학교 에너지환경대학원, \*서울과학기술대학교 건축학부  
(2015년 9월 14일 접수, 2015년 11월 8일 수정, 2015년 11월 10일 채택)

## Economic Comparison of Medium Capacity and Multi Boiler System Applied to Military Officer Housing

Min-yong Kim, Young Il Kim\*<sup>†</sup>, Kwang Seop Chung\*

Graduate School of Energy and Environment, Seoul National University of Science and Technology

\*School of Architecture, Seoul National University of Science and Technology,

(Received 14 September 2015, Revised 8 November 2015, Accepted 10 November 2015)

### 요 약

산업발전과 삶의 질 향상으로 전기에너지의 사용이 급증하는 가운데 에너지 사용단가가 비교적 저렴하고 수급이 안정적인 가스를 연료로 사용하는 군간부 숙소건물을 대상으로 중용량보일러 시스템과 멀티보일러 시스템의 부분 부하 성능을 측정 후 이 데이터를 활용하여 난방 및 급탕에너지 사용량을 시뮬레이션 하였으며, 이를 바탕으로 연간균등부담법(Annual Equal Payment)을 이용하여 각 시스템 적용에 따른 경제성을 비교 분석하였다.

**주요어** : 멀티보일러, 동특성 시뮬레이션, TRNSYS, 연간균등부담법, 경제성비교

**Abstract** - In midst of electrical energy consumption on the rise due to the industrial development and the improved quality of living, medium capacity and multi boilers which use gas that is comparatively low cost and can be supplied reliably are simulated for energy consumption using the partial load data obtained from the experiment. Economic analysis that considers initial and operation costs is carried out based on the Annual equal payment method.

**Key words** : Boiler, Medium capacity, Multi, Dynamic simulation, TRNSYS, Annual equal payment, Economic analysis

### 1. 서론

산업발전과 삶의 질 향상으로 전기에너지의 사용이 급증하고 있으며, 전기에너지를 이용한 냉난방 장치들의 과도한 사용으로 전력 수급 곤란에 대한 문제는 해마다 반복되고 있지만 새로운 발전소를 건설하거나

전기에너지 사용을 억제하는 등의 현실적인 해결방안은 미비한 실정이다.

이러한 가운데 에너지 사용단가가 비교적 저렴하고 수급이 안정적인 가스에너지의 사용은 점진적으로 증가하고 있으며, 가스에너지를 이용한 효율이 높은 장치의 개발과 에너지 절감을 위한 시스템이 개발되는 등 석탄과 석유, 전기에너지를 대체하는 새로운 방안이 연구되고 있다.<sup>[1]</sup>

이에 본 연구에서는 군간부 숙소건물을 대상으로 가스를 연료로 사용하는 중용량보일러 시스템과 멀티

<sup>†</sup>To whom corresponding should be addressed.  
School of Architecture, Seoul National University of Science and Technology  
Tel : +82-2-970-6557 E-mail : yikim@seoultech.ac.kr

보일러 시스템의 난방 및 급탕에너지 사용량을 동적 에너지 해석 프로그램인 TRNSYS(transient systems simulation) 17을 이용하여 시뮬레이션 하였고, 이를 바탕으로 중용량보일러 시스템과 멀티보일러 시스템의 적용에 따른 경제성을 연간균등부담법(Annual Equal Payment)으로 비교 분석하였다.<sup>[2]</sup>

## 2. 이론적 고찰

멀티보일러 시스템이란 다수의 소용량 가스 보일러 또는 온수기를 병렬로 연결한 시스템으로 부하에 필요한 열량을 기준으로 복수의 개별 보일러 중에서 선택적으로 보일러를 가동시키되 보일러에서 부하측으로 공급되는 공급수의 유량부족과 압력손실을 방지함으로써 보일러의 연소열이 부하측으로 원활하게 공급될 수 있도록 한 시스템이다.<sup>[3]</sup>

Fig. 1은 열원과 부하측 경계에 수분배 장치를 적용하여 유량 불균형을 해소하고 온도차이로 발생하는 열

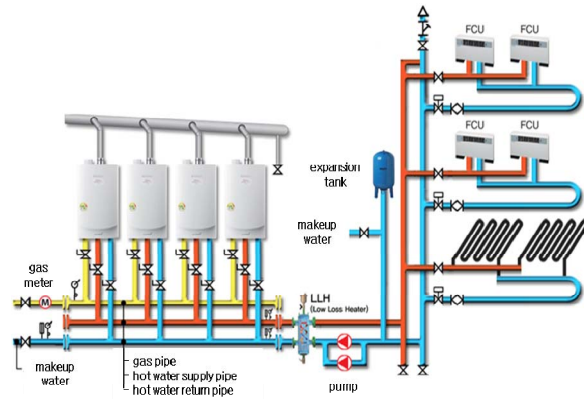


Fig. 1. Multi-boiler heating system

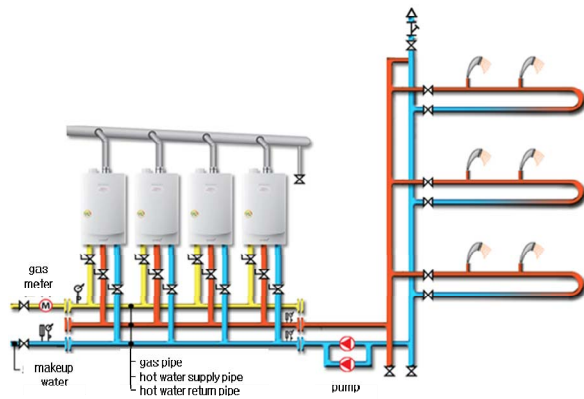


Fig. 2. Multi-boiler hot water supply system

량의 차이를 극복하여 효율적인 운전이 가능하도록 설계된 멀티보일러 난방 시스템의 개략도이며, Fig. 2는 멀티보일러 급탕 시스템의 개략도이다.

## 3. 시뮬레이션

멀티보일러 시스템과 중용량보일러 시스템의 에너지 사용량을 시뮬레이션 하기 위해 본 연구에서는 모듈 구조를 갖는 동적 시스템 해석 프로그램인 TRNSYS 17<sup>®</sup>을 사용하였으며, 보일러 성능 시험 내용 및 시뮬레이션 입력 조건 및 방법 등은 선행 연구를 통하여 분석하였고, 보일러 부분부하 성능시험을 통한 성능데이터를 입력하여 실제와 같이 시뮬레이션 하였다.<sup>[4]</sup>

해석의 도구로 사용된 건물 에너지 시뮬레이션 프로그램인 TRNSYS(Transient System Simulation)는 동적 에너지 해석을 목적으로 모듈화 되어 개발된 최초의 프로그램으로 건물 전체에 대한 다양한 에너지 이용 시스템 해석을 포함하고 있는 시스템 시뮬레이션 프로그램이다.<sup>[5]</sup>

### 3-1. 시뮬레이션 개요

시뮬레이션 대상 건물은 경기도 고양시에 위치한 군사시설로서 군간부들의 숙소로 사용되고 있는 건물이며, 건물 모델링은 Google Sketchup8<sup>®</sup> 프로그램을 이용하여 3D로 모델링 하였다.

Fig. 3(a)와 Fig. 3(b)는 시뮬레이션 대상 건물의 조감도와 건물 모델링 프로그램을 이용하여 3D 모델링한 그림으로 설계 도서를 바탕으로 실제와 같이 모델링하였으며, 대상 건물의 구체적인 개요는 Table 1과 같다.

Table 1. Summary of building

Area(m <sup>2</sup> )	Land	28,158.00
	Building	4,218.00
	Total floor	3143.63
Location	Goyang, Korea (N37.5, E127)	
Structure	Reinforced concrete	
Floor height(mm)	2,900	
Ceiling height(mm)	2,400	
Total floor	4 F	
Base floor area(m <sup>2</sup> )	767.89	
Usage	Military officer housing	

### 3-2. 시스템별 난방에너지 사용량 비교

Table 2는 시스템별 연간 난방에너지의 가스 및 전력 사용량을 비교한 표로 멀티보일러 시스템은 1월 414,352 MJ, 10,860 kWh, 2월 333,802 MJ, 8,973 kWh, 3월 263,376 MJ, 7,511 kWh, 11월 227,989 MJ, 6,679 kWh, 12월 368,449 MJ, 9,898 kWh의 에너지를 소비하였으며, 같은 기간 중용량보일러는 637,412 MJ, 11,200 kWh, 505,059 MJ, 8,875 kWh, 383,519 MJ, 6,750 kWh, 354,758 MJ, 6,225 kWh, 564,786 MJ, 9,925 kWh의

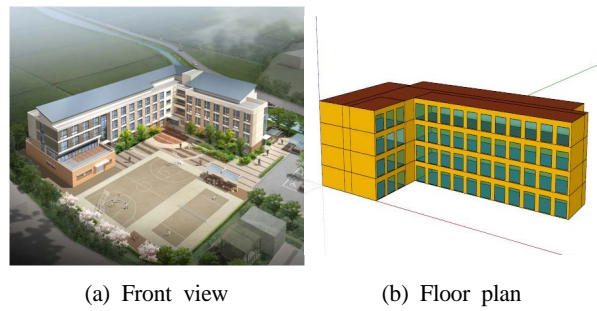


Fig. 3. Building

Table 2. Monthly heating energy and gas consumption

Month	Medium capacity boiler			Multi boiler		
	Energy (MJ)	Gas (Nm <sup>3</sup> )	Energy (kWh)	Energy (MJ)	Gas (Nm <sup>3</sup> )	Energy (kWh)
1	637,412	14,677	11,200	414,352	9,541	10,860
2	505,059	11,629	8,875	333,802	7,686	8,973
3	383,519	8,831	6,750	263,376	6,064	7,511
11	354,758	8,169	6,225	227,989	5,250	6,679
12	564,786	13,005	9,925	368,449	8,484	9,898
Sum	2,445,534	56,310	42,975	1,607,968	37,024	43,921

\* 1Nm<sup>3</sup> = 43.43 MJ

Table 3. Monthly energy and gas consumption for hot water supply

Month	Medium capacity boiler			Multi boiler		
	Energy consumption (MJ)	Gas consumption (Nm <sup>3</sup> )	Energy consumption (kWh)	Energy consumption (MJ)	Gas consumption (Nm <sup>3</sup> )	Energy consumption (kWh)
1	239,023	5,504	1,312	173,661	3,999	4,467
2	248,323	5,718	1,272	180,418	4,154	4,035
3	243,772	5,613	1,381	177,112	4,078	4,467
4	204,199	4,702	960	148,360	3,416	4,323
5	178,872	4,119	767	129,958	2,992	4,467
6	133,758	3,080	416	97,181	2,238	4,323
7	107,046	2,465	277	77,774	1,791	4,467
8	74,398	1,713	139	54,054	1,245	4,467
9	76,574	1,763	144	55,635	1,281	4,323
10	123,073	2,834	361	89,418	2,059	4,467
11	140,485	3,235	455	102,069	2,350	4,323
12	209,145	4,816	1,049	151,954	3,499	4,467
Sum	1,978,668	45,560	8,533	1,437,594	33,101	52,596

\* 1Nm<sup>3</sup> = 43.43 MJ

에너지를 소비하여 멀티보일러 가동 시 총 837,566 MJ의 가스에너지 소비를 절감하였지만, 전력사용량은 946 kWh 증가하였다.

### 3-3. 시스템별 급탕에너지 사용량 비교

Table 3은 시스템별 연간 급탕에너지의 가스 및 전력사용량을 비교한 표로 멀티보일러 시스템은 동절기인 12~3월 683,145 MJ, 17,436 kWh 하절기인 7~9월 187,463 MJ, 13,257 kWh, 중간기인 4, 5, 6, 10, 11월 566,986 MJ, 21,903 kWh의 에너지를 소비하여 1년 동안 총 1,437,594 MJ, 52,596 kWh를 소비하였고, 같은 기간 중용량보일러 시스템은 904,263 MJ, 5014 kW, 258,018 MJ, 560 kWh, 780,387 MJ, 2,959 kWh의 에너지를 소비하여 1년 동안 총 1,978,668 MJ, 8,533 kWh를 소비하였다.

## 4. 경제성비교

본 연구에서는 경제성 분석 방법으로 연간균등부담법(Annual Equal Payment)을 이용하여 분석하였으며, 초기투자비에 대해서 전체 금액을 대출 받은 후 매년

같은 금액을 기기의 수명이 종료될 때까지 상환한다고 가정하였다. 매년 부담하는 금액은 원금과 이자의 합이 되며 초기에는 이자부담이 많지만 점차 감소되어 말기에는 원금 상환금이 많아지게 된다.

또한 각각 대상별로 수명까지만 원금과 해당 이자를 상환하고 수명이 종료되면 새로 기기를 구입, 설치, 공사한다고 가정하였다.

연간균등부담법으로 P금액을 n년 동안 이자율 r로 빌렸을 때, 매년 균등하게 부담해야 할 금액 Z는 다음의 식 (1)~식(3)과 같다.

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

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

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

### 4-1. 경제성 비교 조건 및 방법

경제성 분석은 초기투자비와 유지관리비의 2가지 항목으로 분류할 수 있다. 초기투자비에는 장비비, 설

**Table 4.** Values for economic analysis

Category		Details	
Gas cost	Winter season (Jan. - Mar., Dec.)	23.4726 (KRW/MJ)	
	Summer Season (Jun. - Sep.)	23.2706 (KRW/MJ)	
	Others (Apr., May, Oct., Nov.)	23.2982 (KRW/MJ)	
Electricity cost	Winter season (Nov. - Feb.)	92.3 (KRW/kWh)	
	Summer Season (Jun. - Aug.)	105.7 (KRW/kWh)	
	Others (Mar. - May, Sep. - Oct.)	65.2 (KRW/kWh)	
Power capacity	Basic cost	6,160 (KRW/kWh)	
	Medium capacity	Heating	25.00 kW
		Hot water supply	4.95 kW
	Multi	Heating	18.50 kW
		Hot water supply	6.55 kW
Interest rate	5.99% (average from 2005 to 2014)		
Maintenance expense	3% of initial investment cost		
Replacement cycle	Every 10 year		

치공사비, 건축공사비, 분담금, 수전설비비 등이 고려될 수 있으며, 기기와 설비는 수명이 한정되어 있으므로 수명이 고려된다. 유지관리비에는 공간사용료, 에너지사용료, 장비 보험료, 장비 수선료 등이 고려될 수 있다.

본 연구에서의 각 고려 대상 항목의 단가 및 값은 Table 4와 같이 정리하였다.<sup>[6][7][8]</sup>

## 4-2. 초기투자비

### 4-2-1. 장비비 및 설치공사비

Table 5는 장비비와 설치공사비를 나타낸 표로 장비비는 초기에 투자해야 하는 비용을 말하며 여기에는 각종 기기의 구입비용이 포함되어 있으며, 공정하고 객관적인 가격을 정하기 위하여 시중 제품의 견적서를 참조하였고, 국내 업체에서 생산되고 있는 제품을 선정하여 비교하였다. 설치공사비는 설치에 필요한 모든 공사비를 나타내는 것으로 실제 설계 도서를 바탕으로 산출된 내역서를 기준으로 산정하였다.

### 4-2-2. 건축공사비

Table 6은 건축공사비를 나타낸 표로 열원설비와 기타 기기를 설치하기 위해서는 바닥과 주변에 대한 공사를 필요로 한다. 필요면적은 설계 도서를 바탕으로 실제 기계실 면적을 대입하여 산출하였고, 건축공사비는 1,000,000 KRW/m<sup>2</sup>으로 가정하였다.

**Table 5.** Equipment expenses and installation expenses

Category	Medium capacity boiler	Multi boiler
Equipment	147,524,000	118,870,000
Installation	78,719,000	89,275,000
Wage	Included in installation expense	
Total (KRW)	226,243,000	208,145,000

**Table 6.** Building construction expense

Category	Medium capacity boiler	Multi boiler
Area(m <sup>2</sup> )	45	30
Cost (KRW)	45,000,000	30,000,000

### 4-2-3. 가스 인입 분담금

Table 7은 가스 인입 분담금을 나타낸 표로 가스를 사용하기 위해서는 가스 인입을 위한 분담금이 필요하며, 본 연구에서는 가스설비의 용량에 따라 가스 인입 분담금을 산출하였다.

### 4-2-4. 수전설비비

Table 8은 수전설비비를 나타낸 표로 전기를 사용하기 위해서는 변압기등의 수전설비가 필요하다. 수전설비의 용량은 장비의 정격 소요동력만을 고려하였으며, 수전설비 비용은 시중단가를 적용하여 120,000 KRW/kW이라고 가정하였다.

## 4-3. 유지관리비

### 4-3-1. 공간 사용료

Table 9는 공간 사용료를 나타낸 표로 각종 설비를 설치하기 위하여 건물의 일부 공간을 사용하게 되며, 사용료는 공간을 임대한다는 개념으로 생각하였고, 단

**Table 7.** Shared expense for gas inlet line

Category	Medium capacity boiler	Multi boiler
Gas capacity (Nm <sup>3</sup> )	211	260
Cost (KRW)	4,887,000	6,022,000

**Table 8.** Electric facility expense

Category	Medium capacity boiler	Multi boiler
Electric capacity (kW)	43.15	43.38
Cost (KRW)	5,178,000	5,205,600

**Table 9.** Space rental cost

Category	Medium capacity boiler	Multi boiler
Area(m <sup>2</sup> )	45	30
Cost (KRW)	1,350,000	900,000

**Table 10.** Energy cost

Category	Medium capacity boiler system				Multi boiler system			
	Energy consumption		Energy usage fee		Energy consumption		Energy usage fee	
	Gas (MJ)	Power (kWh)	Gas (KRW)	Power (KRW)	Gas (MJ)	Power (kWh)	Gas (KRW)	Power (KRW)
1	876,435	12,512	20,277,000	1,308,835	588,013	15,327	13,715,000	1,528,605
2	753,382	10,147	16,740,000	1,090,582	514,220	13,008	11,617,000	1,314,534
3	627,291	8,131	14,373,000	684,144	440,488	11,978	10,302,000	894,932
4	204,199	960	4,610,000	216,612	148,360	4,323	3,389,000	395,820
5	178,872	767	4,224,000	204,025	129,958	4,467	3,058,000	405,215
6	133,758	416	3,137,000	197,950	97,181	4,323	2,187,000	570,901
7	107,046	277	2,682,000	183,300	77,774	4,467	1,836,000	586,132
8	74,398	139	1,864,000	168,650	54,054	4,467	1,256,000	586,132
9	76,574	144	1,879,000	163,359	55,635	4,323	1,255,000	395,820
10	123,073	361	3,016,000	177,560	89,418	4,467	2,088,000	405,215
11	495,243	6,680	11,431,000	770,601	330,058	11,002	7,561,000	1,129,398
12	773,931	10,974	18,033,000	1,166,937	520,403	14,365	12,134,000	1,439,813
Total	4,424,202	51,508	102,266,000	6,332,555	3,045,562	96,517	70,398,000	9,652,517

가는 공정하게 하기 위하여 ‘인터넷 부동산 114’를 참조하여 200,000 KRW/(㎡·년)으로 산출하였다. 이는 지상층 사무실 공간에 해당하는 공간 사용료이며, 지하인 경우 지상층 공간 사용료의 15%라고 가정하였고, 사용공간은 실제 기계실 면적을 대입하여 산출하였다.<sup>[9]</sup>

#### 4-3-2. 에너지 사용료

에너지 사용료는 기기의 효율과 운전 방식에 의해 좌우되며 동특성 에너지 시뮬레이션 프로그램인 TRNSYS를 이용하여 앞서 산출된 에너지사용량에 에너지 사용단가를 적용하여 사용료를 산출하였으며, Table 10과 같이 각 시스템별 가스사용량, 전력사용량, 가스요금, 전력요금으로 나타내었다.

#### 4-3-3. 장비 보험료

Table 11은 장비 보험료를 나타낸 표로 지원금을 제외한 초기투자비의 0.17%/년이라고 가정하였다.

**Table 11.** Equipment insurance cost

Category	Medium capacity boiler	Multi boiler
Cost (KRW)	4,611,131	4,048,465

**Table 12.** Equipment repair cost

Category	Medium capacity boiler	Multi boiler
Cost (KRW)	81,372,900	71,443,500

#### 4-3-4. 장비 수선료

수선비는 일반적으로 기기 가격의 0.5~3.0%/년인데 아직 각 방식에 대한 객관화된 데이터는 없는 실정이다. 따라서 수선비는 제조업체와 설계업체의 의견을 종합하여 초기투자비의 3%라고 가정하였으며, Table 12와 같이 나타내었다.

**Table 13.** Annual equal payment

Category	Medium capacity boiler	Multi boiler	
Initial investment (KRW)	Equipment	20,034,290	
	Installation	10,690,323	
	Construction	6,111,162	
	Gas inlet line	324,388	
	Electric facility	343,704	
	Subtotal	37,503,867	33,086,210
Operation (KRW)	Space rental	1,350,000	900,000
	Energy (gas)	102,266,000	70,398,000
	Energy (electricity)	6,332,555	9,652,517
	Equipment insurance	461,113	404,847
	Equipment repair	8,137,290	7,144,350
	Subtotal	118,546,958	88,499,714
Total (KRW)	156,050,825	121,585,924	

**4-4. 경제성 비교 결과 및 고찰**

Tabl2 13은 2005년 ~ 2014년 기업일반자금대출 평균 금리 5.99%를 적용한 연간균등부담법을 이용하여 각 시스템별 연간부담액을 비교한 표로 비교 결과 초기 투자비의 연간부담액은 멀티보일러 시스템 33,086,210 원, 중용량보일러 시스템 37,503,867원으로 산출되었으며, 유지관리비의 연간부담액은 멀티보일러 시스템 88,499,714 원, 중용량보일러 시스템 118,546,958원으로 산출되었다.

따라서 총 연간부담액은 멀티보일러 시스템 121,585,924 원, 중용량보일러 시스템 156,050,825원으로 산출되어 각 시스템별 총 연간부담액을 비교한 결과 멀티보일러 시스템 도입 시 총 연간부담액이 34,464,901 원 절감 되는 것으로 산출되었다.

**5. 결론**

군간부 숙소건물의 난방 및 급탕에너지 사용량을 멀티보일러 시스템과 중용량보일러 시스템에 대하여 비교하고자 성능시험을 통하여 측정된 부분부하 성능

데이터를 기반으로 동특성 건물에너지 해석 시뮬레이션 프로그램인 TRNSYS 17을 이용하여 시뮬레이션 하였으며, 연간균등부담법(Annual Equal Payment)을 이용하여 경제성을 비교하였고, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 멀티보일러 시스템과 중용량보일러 시스템의 난방에너지 사용량 중 가스에너지 사용량은 각각 1,607,968 MJ, 2,445,534 MJ로 멀티보일러 가동 시 837,566 MJ의 에너지 소비를 절감하여 34.3%의 절감률을 나타내었으며, 전기에너지 사용량은 각각 43,921 kWh, 42,975 kWh로 멀티보일러 가동 시 946 kWh의 에너지 소비가 증가하여 2.2%의 증감률을 나타내었다.
- (2) 멀티보일러 시스템과 중용량보일러 시스템의 급탕에너지 사용량 중 가스에너지 사용량은 각각 1,437,594 MJ, 1,978,668 MJ로 멀티보일러 가동 시 541,072 MJ의 에너지 소비를 절감하여 27.4%의 절감률을 나타내었으며, 전기에너지 사용량은 각각 52,596 kWh, 8,533 kWh로 멀티보일러

- 가동 시 44,063 kWh의 에너지 소비가 증가하여 516.4%의 증감률을 나타내었다.
- (3) 난방에너지와 급탕에너지를 합친 가스에너지 사용량 비교 결과 멀티보일러 가동 시 연간 총 1,378,638 MJ의 에너지 소비를 절감하여 31.2%의 에너지 절감률을 나타내었으며, 전기에너지 사용량 비교 결과 멀티보일러 가동 시 연간 총 45,009 kWh의 에너지 소비가 증가하여 87.4%의 증감률을 나타내었다.
- (4) 초기투자비 항목인 장비비, 설치공사비, 건축공사비, 가스인입분담금, 수전설비비를 고려한 대상 건물의 중용량보일러 시스템과 멀티보일러 시스템의 비용을 산출하여 비교한 결과 멀티보일러 시스템을 적용한 대상 건물이 연간 4,417,657원의 비용을 절감하였고, 11.8%의 비용 절감률을 나타내었다.
- (5) 유지관리비 항목인 공간사용료, 에너지사용료, 장비 보험료, 장비 수선료를 고려한 대상 건물의 중용량보일러 시스템과 멀티보일러 시스템의 비용을 산출하여 비교한 결과 멀티보일러 시스템을 적용한 대상 건물이 연간 30,047,245원의 비용을 절감하였고, 25.4%의 비용 절감률을 나타내었다.
- (6) 대상 건물의 중용량보일러 시스템과 멀티보일러 시스템의 연간균등부담비용을 산출하여 비교한 결과 멀티보일러 시스템을 적용한 대상 건물이 총 연간부담액 34,464,901원을 절감하여 22.1%의 비용 절감률을 나타내었다.

- Energy Comparison of Medium Capacity and Multi Boilers System applied to Military Officer Housing, Transactions of the Korean Society of Geothermal Energy Engineering, Vol. 10, No. 3, pp. 8-16.
5. Transient System Simulation Tool, [www.trnsys.com](http://www.trnsys.com)
6. Korea Electric Power Corporation, [cyber.kepco.co.kr/ckepco](http://cyber.kepco.co.kr/ckepco)
7. Seoul City Gas Company, [www.seoulgas.co.kr](http://www.seoulgas.co.kr)
8. Economic Statistics System, [ecos.bok.or.kr](http://ecos.bok.or.kr)
9. Internet Realty 114, [www.r114.co.kr](http://www.r114.co.kr)

## References

1. KARSE, 2014, A Study of Control and Efficiency Characteristics of a Multi-boiler System, Research Report.
2. Kim, Y. I., 2008, The Economic Comparison of EHP and GHP for Medium Capacity Air-conditioning, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 20, No. 3, pp. 167-174.
3. Min, T. S., 2010, Cascade System and Control Method of the Cascade System and a Heating Boiler Comprising The Cascade System, Patent, Korea.
4. Kim, M. Y., 2014, Heating and Hot Water Supply