

## 조명발열 배기시스템의 배기위치에 따른 배기열량 실험연구

오 병 길<sup>†</sup>, 정 민 호, 원 종 서, 이 훈\*  
대림산업 주식회사 기술개발원, \*단국대학교 건축공학과

### A Study of Exhaust Air Flow for Cooling Load Reduction from Interior Lighting

Byung-Kil Oh<sup>†</sup>, Min-ho Chung, Jong-Seo Won, Hun Lee\*

*Institute of Technology, Daelim Industrial Company, Seoul 110-140, Korea*

*\*Department of Architectural Engineering, Dankook University, Yongin 448-701, Korea*

*(Received June 23, 2012; revision received November 1, 2012)*

**ABSTRACT:** This study aims to reduce cooling energy by grasping kinds of heating load in building in order to decrease cooling energy in summer and eliminate efficiently heating load. Lighting heating value was confirmed through examination and experiment concerning lighting heating and reducible exhaustion value was extracted lighting apparatus. The optimal exhaust system by air conditioning type was suggested for applying lighting heat exhaust system and the method contributing to promotion supplying low energy architecture was suggested by predicting reduced cooling load

**Key words:** Cooling energy(냉방에너지), Lighting load(조명부하), Heat from light(조명발열), Exhaust air flow(배기량)

#### 기 호 설 명

$\dot{Q}$	: 열량 [W]
$\dot{m}$	: 공기의 질량유량 [kg/s]
$C_p$	: 공기의 비열 [kJ/kg · K]
$T_{in}$	: 급기 공기온도 [°C]
$T_{out}$	: 배기 공기온도 [°C]

#### 1. 서 론

##### 1.1 연구배경 및 목적

건축기술은 인간이 활동을 할 수 있도록 실용적

이며 쾌적한 환경조건을 제공하는 방향으로 발전되어 왔다. 이러한 환경조건은 건축계획적인 방법만으로는 조성되지 못하고 일정부분 에너지 소비를 통하여 환경이 만들어지고 있다. 건물에서의 에너지 소비를 줄이기 위하여 외피성능향상, 고효율장비 적용, 유지관리의 효율화 등 에너지 절약 방안을 제시하는 많은 연구가 수행되고 있다. 고단열, 고기밀 설계 등 외피 성능 향상 기술의 개발로 외기조건에 의한 건물내 에너지 소비량의 많은 부분이 저감되었으나 이는 난방부하를 중심으로 감소시키고 있으며, 냉방부하 저감효과는 크지 않아 냉방에너지 절감에는 도움이 되지 않는다. 여름철 전력망 수요가 주로 냉방용 전력수요에 의해 크게 증가되고 있는 현시점에서 건물의 냉방성능 향상을 위해서 내부발열 저감을 위한 연구가 필요하다. 실내에서 발생하는 발열은 조명기구, 인체, 사무기기등이 있으며 실내환경은 점차 높은 조도가 요구되어 조명기구의

<sup>†</sup> Corresponding author

Tel.: +82-2-2011-8294; fax: +82-2-2011-8068

E-mail address: headway@daelim.co.kr

수량이 증가하게 되고 이는 전기 사용량 증가로 이어진다. 즉, 실내 조도 증가와 비례하여 실내 조명 기구의 발열부하도 커지고 있으며, 이는 여름철 실내의 냉방 부하를 증가시키는 원인이 되고 있다. 실제로 조명전력 소비량은 전체 사무소 건물 전기에너지 소비량의 20~50% 정도를 차지하고 있으며 조명발열을 제거하기 위한 냉방에 소요되는 전기에너지는 전체 전기에너지 소비량의 10~20%에 이르고 있다.<sup>1)</sup> 이처럼 냉방부하에서 차지하는 발열량의 비중은 점차 커지고 있으나 여름철 실내에서 발생하는 부하처리 방안에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 이러한 여름철 냉방부하에 영향을 미치는 실내 발열부하의 효율적인 제어를 위하여 조명기구내의 배기 위치에 따른 조명배기 열량을 검토하여 에너지 절약 가능한 적정 조명발열 배기시스템을 연구하고자 한다.

## 1.2 연구의 방법

본 연구에서는 실내에서 사용하는 기구 중 실내발열이 많은 조명발열에 대하여 실험을 통하여 조명발열량을 확인하고, 조명발열 배기시스템의 효율을 높이기 위하여 배기구의 위치를 변경하며 풍량에 따라 조명기구에서 제거 되는 배기열량을 측정하였다.

- (1) 조명기구를 향온향습실에 설치한 후 조명기구별 발열량을 측정한다.
- (2) 사무공간에 조명발열 배기시스템을 설치한 후 배기풍량변화에 따라 배기되는 열량을 측정한다.
- (3) 조명발열 배기시스템의 배기구 위치에 따른 배기열량을 측정하여 풍량에 따른 배기구 위치를 평가한다.

## 2. 조명발열 배기시스템 실험

### 2.1 조명기구별 발열량 측정

#### 2.1.1 실험방법

조명기구의 발열량 측정을 위하여 향온향습실내에 50 mm 단열재를 6면에 사용한 단열챔버를 만들어 그 내부에 램프의 종류별, 용량별로 발열량 측정 실험을 하였다. 절전형 형광등은 55 W×1, 55 W×2, 55 W×3과 LED 50 W~58 W로 형광등의 3가지 용량에 따른 측정 및 형광등과 LED 램프종류에 따른

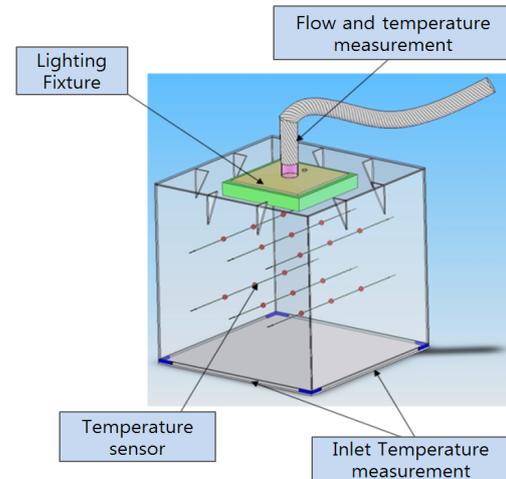


Fig. 1 Configuration of the exhaust heat chamber.



Fig. 2 Inside the chamber.

발열을 측정하였다. Fig. 1은 발열량 측정을 위한 챔버의 구성도이며, Fig. 2는 단열제작된 챔버의 내부 모습이다.

#### 2.1.2 측정결과

단열챔버의 내부에 조명기구를 설치하고 기류를 이동시켜 배기풍량에 따른 온도와 급기되는 온도차를 비교하여 조명기구의 발열량을 검토하였다. 식(1)을 이용하여 배기열량을 계산하였으며 풍량의 변화에 따른 조명기구별 발열량은 Fig. 3과 같다.

$$\dot{Q} = \dot{m}C_p(T_{out} - T_{in}) \quad (1)$$

여기서  $\dot{Q}$ 는 배기열량[W],  $\dot{m}$ 은 공기의 질량유량 [kg/s],  $C_p$ 는 공기의 비열[J/kg°C],  $T_{out}$ 은 덕트내 공기의 출구 온도[°C],  $T_{in}$ 은 챔버 내부로 유입되는 챔버하부 인입 평균 공기 온도[°C]이다.

Fig. 3은 조명기구별 풍량증가에 따른 발열량을 나타낸 것으로 풍량의 증가에 따라 발열이 커지는 것

1) IES, 1993, Lighting Handbook, IES, p. 354.

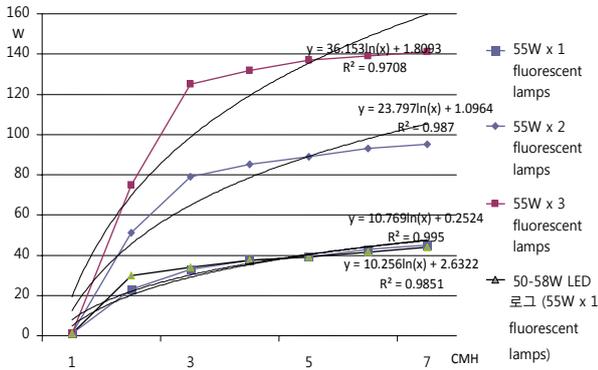


Fig. 3 Variation of heat exhaust with airflow rate.

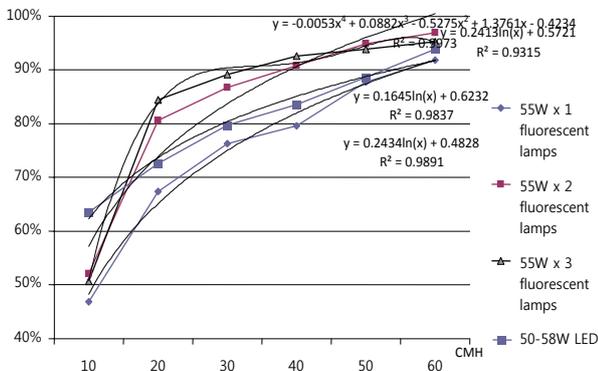


Fig. 4 Variation of heat efficiency of light emission with airflow rate.

을 확인할 수 있다. Fig. 4는 조명기구에서 소비되는 전기량과 조명기구에서 발열이 되는 열량의 비를 풍량별로 나타낸 것으로 형광등이나 LED 모두 소비전력과 비교하여 90% 이상이 열로 변환 되는 것을 알 수 있다. 소비전력 측정시 절전형 형광등 55 W×2는 98 W, 절전형 형광등 55 W×3의 경우 148 W, 그리고 LED 램프의 경우 47 W의 전력이 소비되었다.<sup>2)</sup>

## 2.2 조명발열 배기구 위치에 따른 실험

### 2.2.1 실험방법

조명발열 배기시스템의 효율 향상을 위하여 형광 램프의 표면온도 차이에 따라 조명발열 배기구의 위치를 검토하였다.

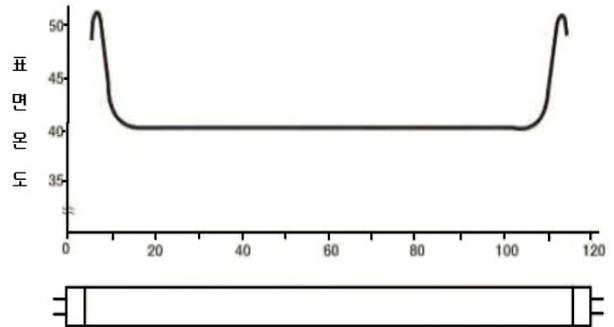


Fig. 5 Surface temperature of fluorescent lamp.

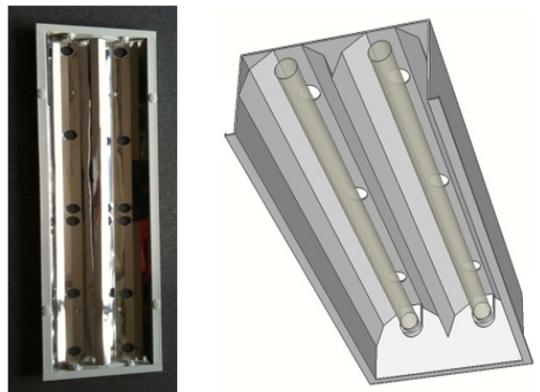


Fig. 6 Vent location of lighting heat exhaust system.

형광등은 양쪽 끝에 필라멘트에서 열전자가 방출되고 그 열전자에 의하여 유리표면에 도포된 형광물질에 의하여 가시광선이 발생되어 Fig. 5와 같이 형광등 끝단의 표면온도가 중앙부위보다 높고 열이 많이 방출된다. Fig. 6은 조명발열 배기구 위치를 나타낸 것으로 지름 25 mm의 원형배기구를 형광등의 중앙부위에 4개, 1/4지점과 3/4지점에 4개, 좌우 끝부분에 4개를 만들어 배기구 위치에 따라 Type 별로 배기풍량에 따른 배기열량을 측정하였다.

Table 1은 조명발열 배기구를 위치별로 4가지 Type으로 나타내었다. 배기구의 위치에 따른 배기풍량을 변화시켜 가며 배기열량을 검토하였다. 실험은 Fig. 7과 같이 4 m×3 m 크기의 사용공간에서 외기의 영향이 적은 북향의 사무실을 선택하고 형광등을 설치하였다. 단열챔버가 아닌 사무실 공간 내에 조명배기 시스템을 설치하여 사무실내에서 복사열의 흡수를 고려한 조명기구에서 배기되는 열량을 측정하였다. 10 CMH에서 60 CMH까지 배기풍량을 변화시켜 가며 배기구 위치별 Type에 따라 배기되는 온도차를 계산하여 조명배기 발열량을 검토하였다.

2) Oh, Byung-kil, 2011, Proper Application of Artificial Lighting Heat Exhaust System to Reduce the Cooling Energy in Office Building, Dankook University, pp. 72-74.

Table 1 Heat exhaust location

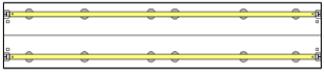
Type Location	Airflow	Heat exhaust location
TYPE 1 Center	10 CMH	
	20 CMH	
	30 CMH	
	40 CMH	
	50 CMH	
	60 CMH	
TYPE 2 1/4, 3/4	10 CMH	
	20 CMH	
	30 CMH	
	40 CMH	
	50 CMH	
	60 CMH	
TYPE 3 Corner	10 CMH	
	20 CMH	
	30 CMH	
	40 CMH	
	50 CMH	
	60 CMH	
TYPE 4 All	10 CMH	
	20 CMH	
	30 CMH	
	40 CMH	
	50 CMH	
	60 CMH	



Fig. 7 Measurement of photo.

2.2.2 측정결과

형광등의 배기구 위치에 따른 배기효율을 검토하기 위하여 Table 1과 같이 발열배기구 위치에 따른 Type 별로 측정을 하였으며 사용된 전등은 일반사무실에서 많이 사용되는 사무소 조명기구(형광램프

32 W×2)를 설치하였다.

Fig. 8은 Type 1의 배기 발열량을 나타내었다. 조명발열 배기구가 중앙에 설치된 것으로 풍량이 증가하면 배기되는 열량은 풍량의 증가에 따라 20 Wh에서 37 Wh까지 증가하였다.

Fig. 9는 Type 2의 배기 발열량을 나타내었다. 배기구가 1/4와 3/4지점에 있을 때의 배기열량을 측정한 것으로 풍량의 증가에 따라 22 Wh에서 38 Wh까지 증가하였다. 배기구의 면적이 동일한 상태를 비교할 때 30 CMH 이상의 풍량에서 조명배기 발열량이 높았다.

Fig. 10은 Type 3의 배기 발열량을 나타내었다. 조명기구 양 끝에 배기구를 설치하였을 때 배기열량을 측정한 것으로 풍량의 증가에 따라 23 Wh에서 36 Wh까지 증가하였다. 형광등의 양끝 소켓부분은 열전자 방출을 위하여 설치된 필라멘트에 의해 램프 표면온도가 50℃ 분포를 보이며, 램프의 중간부분은 40℃ 온도 분포를 보이고 있어 30 CMH 이하의 풍량에서는 조명배기 발열량이 높았으나 그 이상 풍량이 증가함에 따라 조명배기 발열량이 높지 않게 측정되었다.

Fig. 11은 Type 4의 배기 발열량을 나타내었다. 조명기구에 만들어진 배기구 12개를 모두 개방했을 때 배기열량을 측정한 것으로 풍량의 증가에 따라 24 Wh에서 41 Wh까지 증가하였다. 동일한 풍량을 측정할 때 배기구가 많은 Type 4는 조명기구 내부를 통과하는 기류의 풍속이 느리고 전등 반사갓과의 마찰에 의한 열교환 면적이 넓어 상대적으로 배기되는 열량이 높게 측정되었다.

사무소 조명기구(형광램프 32 W×2)를 발열배기 시스템을 적용하여 배기풍량을 10 CMH로 배기할 때 실내온도보다 6~7℃ 온도가 상승되어 배기된다.

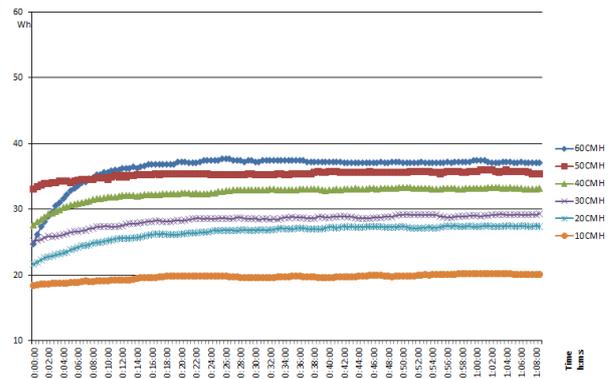


Fig. 8 Type 1 Variation of heat exhaust with airflow rate.

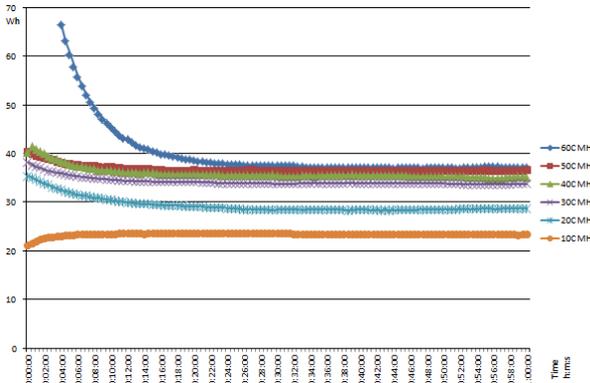


Fig. 9 Type 2 Variation of heat exhaust with airflow rate.

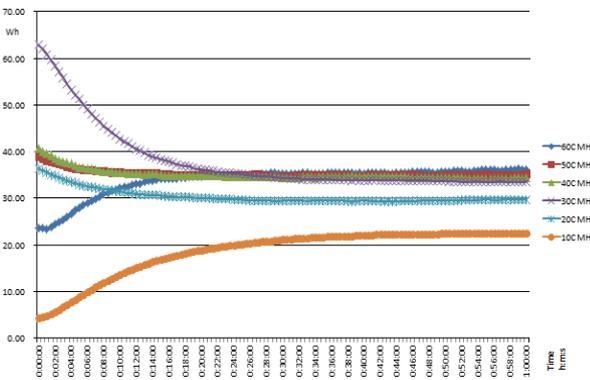


Fig. 10 Type 3 Variation of heat exhaust with airflow rate.

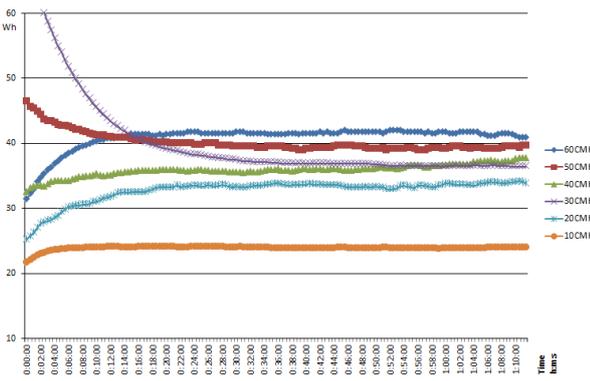


Fig. 11 Type 4 Variation of heat exhaust with airflow rate.

Fig. 12는 배기구의 Type에 따른 조명배기 발열량을 비교한 것으로 모든 풍량구간에서 12개 배기구를 모두 개방한 Type 4가 발열량이 큰 것으로 측정되었으며 지름 25 mm의 원형배기구를 4개만 개방하여 측정했을 때 30 CMH 이하 풍량에서는 Type 3이, 그 이상의 풍량에서는 Type 2가 조명배기 발열

량이 높게 측정되었다.

Fig. 13은 소비된 전력량 대비 조명발열 배기된 열량과의 비를 풍량별로 분석한 것으로 Type 4가 전기 소비열량 대비 발열 효율이 높게 나타났다. 10 CMH에서는 45%, 60 CMH에서는 77%로 발열배기 효율이 분석되었다. 조명기구 배기구 면적이 3배 증가하면 동일 배기풍량에서 발열제거율이 5% 높게 측정되었다. 조명발열 배기구 계획시 실내 조도저하가 없는 상태에서 배기구 면적을 넓히고 통과 유속을 늦게 할수록 발열 제거율이 높아진다.

소비전력대비 조명 배기열량의 비교를 통한 효율은 로그 함수식으로 풍량에 따른 조명기구의 발열식 및 상관계수로 표현하였다.

$$y = 0.1707 \times \ln(x) + 0.0888 \quad (2)$$

y = 발열 배기율(%), x = 풍량(CMH),  $\ln(x)$  = 자연 로그의 밑은 상수 e(2.71828182845904)인 로그값 x이다.

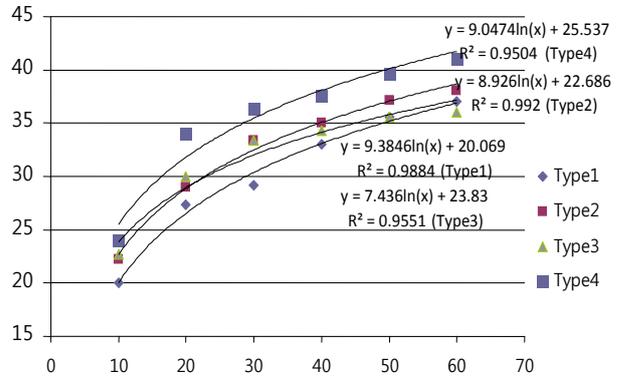


Fig. 12 Variation of heat exhaust with airflow rate in office.

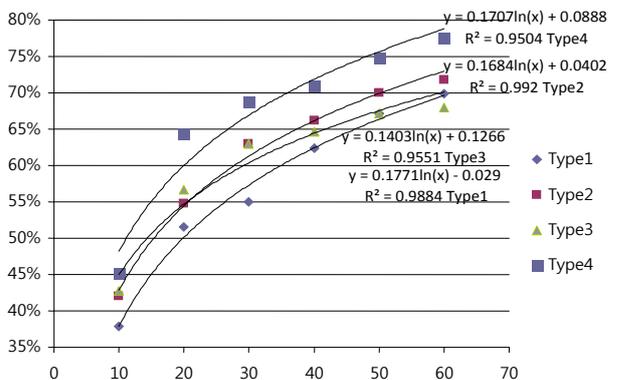


Fig. 13 Variation of thermal efficiency of light emission with airflow rate in office.

Table 2 Ventilation rate on indoor air quality of lighting fixtures(Lighting 32 W×2)

Air quality grade	CO <sub>2</sub> (ppm)	Fresh air flow (CMH/person)	Lighting ventilation (CMH)
Excellent Air quality	< 400	> 54	27.6
Average Air quality	400~600	36~54	18.4~27.6
Moderate Air quality	600~1000	22~36	11.3~18.4
Poor Air quality	> 1000	< 22	< 11.3

조명기구의 발열량은 소비되는 전력에 비례하며 사무소 조명기구(형광램프 32 W×2)의 측정시 소요된 전력사용량은 53 Wh 전력이 소요되었다.

### 3. 조명기구당 배기풍량

실내공기질의 요구조건에 따른 1인당 신선외기량을 EN13779 규격에 따라 조명기구당 환기량을 Table 2로 나타내었다. 조명기구당 환기량을 나타낸 것이다. 1인당 25 CMH, 0.2인/㎡ 기준으로 사무실 환기를 한다고 할 때 조명기구 당 배기량은 12.8 CMH 풍량으로 배기 되어진다.

### 4. 조명발열 배기시스템

사무실 공조기에 조명발열 배기시스템을 적용하였을 때 냉방시스템 및 난방시스템의 계통도를 살펴보면 Fig. 14는 냉방시 배기팬이 환기량만큼 작동하고 공조기에서는 공조를 위한 순환 댐퍼와 신선외기도입을 위한 외기댐퍼의 개도율을 환기량만큼 급기하여 하절기 조명발열을 제거하도록 시스템을 구성하였다. Fig. 15는 난방시스템 계통도로 조명기구로부터 발생되는 열이 실내로 전달되어 난방부하에 도움이 되도록 구성하였다.

### 5. 결 론

본 연구를 통하여 조명발열 배기시스템의 주요 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) 조명기구의 발열은 소비전력의 90% 이상이 열

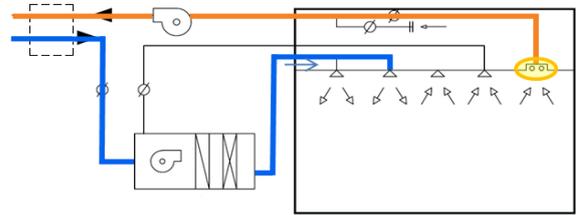


Fig. 14 AHU+Lighting exhaust system (Cooling).

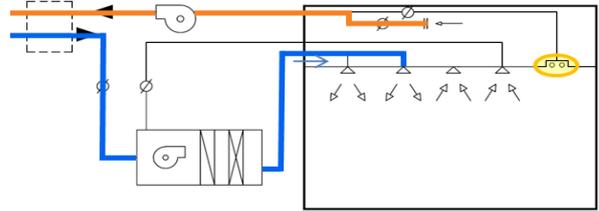


Fig. 15 AHU+Lighting exhaust system (Heating).

로 변환되어 실내 냉방부하에 영향을 준다.

(2) 조명기구(32 W×2)당 배기풍량은 12.8 CMH가 적정하며 이때 조명발열에너지의 52%에 해당하는 발열부하를 제거할 수 있어 냉방에너지 저감이 가능할 것으로 사료된다.

(3) 여름철에는 조명발열 에너지가 배기되고, 겨울철에는 실내에 순환될 수 있도록 구성한다.

(4) 형광램프의 양끝 소켓부분은 램프 표면온도가 50℃ 분포를 보이며, 램프의 중간부분은 40℃ 온도를 보인다. 조명발열 배기시 같은 배기구 면적에서 Type 3과 같이 필라멘트가 있는 양끝단에서 20 CMH 이하로 배기를 할 때 발열배기율이 7~2% 높아 향후 배기구에 따른 적정 풍량분배를 통하여 발열배기 효율을 높일 수 있을 것으로 사료된다.

향후 공조 시스템과의 유기적인 연결을 통한 냉방에너지 저감의 지속적인 연구가 요구된다.

### 참고문헌

1. Architectural Institute of Korea, 1995, Architectural Environmental planning, Kimoon dang
2. Oh, Byung-kil., 2011, Proper Application of Artificial Lighting Heat Exhaust System to Reduce the Cooling Energy in Office Building, Dr thesis, Dankook University, Korea.