

## 설비강좌



# 원적외선 난방의 이론과 실제 V

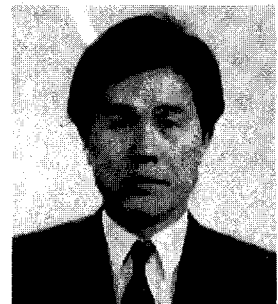
김영호/(주)정우하이텍 대표이사

원적외선은 인류가 최초로 이용한 난방열원이다. 불을 사용하기 이전의 유일한 난방은 태양열을 받는 것이었으며, 그 태양열 중 인체를 따뜻하게 해주는 빛이 바로 원적외선이기 때문이다.

현대 과학에서는 이미 1920년대에 원적외선 난방이론이 정립되었으며, 1940년대에 들어와서는 미국에서 원적외선 튜브히터가 개발되어 층고가 높고 면적이 넓어 다른 난방시스템으로는 불가능했던 산업 및 상업용건물의 난방이 가능해졌을 뿐만 아니라 복사난방의 대표적인 시스템으로 인정되고 있다.

우리나라의 경우는 '80년대 초반부터 원적외선 히터가 선보이기 시작했고, 극히 일부 공장건물에 사용된 실적이 있으나 아직까지 원적외선 난방시스템 자체에 대한 인식이 부족한 실정이다.

이에 필자는 수년간 외국(특히 미국)의 자료를 분석하고 현지를 답사함으로써 확인될 수 있었던 원적외선 난방시스템의 유용성을 토대로 하여 이론과 실제적인 내용을 다루어 보고자 하는 것이다.



## 목차

### 제1장 원적외선

1. 적외선이란 무엇인가
2. 원적외선 난방의 원리
3. 원적외선 히터
4. 원적외선 난방의 장점

### 제2장 원적외선 난방시스템의 설계

#### 제3장 원적외선 튜브히터 설치 및 운전

#### 제4장 적용사례

## 제2장 원적외선 난방시스템의 설계

### 4. 환기방식 결정

#### 1) 간접 배기방식 적용시의 환기

##### ① 개요

환기관 자연적 또는 기계적 수단에 의해서 공기를 흡입하고 배기하는 과정이다.

자연환기관 일반적으로 창호류나 벽체의 틈새를 통하여 이루어지는 공기의 유출입과, 출입문이 열릴 때 대량으로 유입되는 공기에 의해서 이루어진다. 이와같이 조절될 수 없는 자연환기는 건물에 불어 닥치는 바람의 속도와 압력에 의해서 좌우된다.

기계적 환기관 말 그대로 기계적 수단을 사용하여 급·배기시키는 것이다. 기계적 환기방식에서는 공기를 강제로 유동시켜 내부 공기가 압축되므로 추가되는 압력에 해당하는 공기가 빠져 나가야 한다. 따라서 어디엔가 배출구가 형성된다. 배기팬이나 블로워를 사용하여 그 지역에 있는 공기를 배출시키게 되면, 그만큼의 공기가 들어와야 하므로 역시 어디엔가 공기 유입구가 생성된다.

산업용 건물에서 흔히 발견되는 문제중의 일례로는 지나치게 유출되는 공기의 양이 많은 경우와 반대로 유입되는 공기의 양이 많은 경우이다.

유입하는 공기의 양이 부족한 경우에는 외부로

의 공기배출이 불가능해진다. 배기팬이 강력한 경우(너무 큰 경우)는 건물의 사무실 부분을 통하여 공기가 유입되거나, 온풍기나 온수 보일러를 사용하는 곳에서는 배기가스의 역류현상이 발생되고, 창문이나 문틈을 통하여 유입되는 바람에 의해 콜드 드래프트(Cold Draft) 상태가 될 수 있다.

그러므로 외기 유입구가 있어야 하며, 개구부를 통하여 유입되는 공기의 유속이 빠르지 않도록 충분히 커야 한다. 콜드 드래프트 상태를 없애려면 작업지역으로부터는 멀리 떨어진 외주부에 여러개의 개구부를 분산 설치하는 것이 좋다.

대부분의 경우 공기 유입구는 지면(바다)으로부터 8~20'(2.4~6.0m) 높이로 (히터 설치높이 보다는 낮은 위치에) 설치되도록 하고, 외풍이 직접 들어오지 않도록 반사판이나 후드를 설치하는 것이 좋다. 공기 유입속도는 일반적으로 200~400FPM(1.0~2.0m/sce)이 권장된다.

건물의 환기는 원적외선 난방시스템 설계에서 특히 중요한 사항이다. 환기회수는 보통 건물내의 제조공정 즉 용접가스 및 먼지 흡수용 집진기 도장실 배기설비, 냄새 제거기, 습도 조절장치, 건물의 사용기간 등을 고려하여 결정하여야 한다.

설계자는 추가되는 배기량을 계산하여야 간접 배기방식의 원적외선 히터 설치에 따른 환기회수를 선정할 수가 있다. 설계자가 건물에 유입 또는 유출 공기량을 조절할 수는 없다. 다만, 건물의 난방부하를 정확하게 계산하기 위해서 반드시 환기회수가 결정되어야 하는 것이다.

##### ② 간접배기시 필요한 연소공기량

일반적으로 환기량은 최소 연소공기량을 초과한다. 이러한 상태에서도 설계시에는 관류열손실량과 환기열손실량만을 감안하여 건물의 총열손실량을 계산하는 것이 고작이다.

그래서 <표 12>의 원적외선 히터의 열량감소계수를 적용하여 히터의 대수를 결정하는 것이다.

〈표-12〉

설치 높이		열손실량	설치 높이		열손실량
FT	m	감소계수	FT	m	감소계수
16	4.8	0.80	42	12.8	0.93
18	5.4	0.81	44	13.4	0.94
20	6.0	0.82	46	14.0	0.95
22	6.7	0.83	48	14.6	0.97
24	7.3	0.84	50	15.2	1.00
26	7.9	0.85	52	15.8	1.02
28	8.5	0.86	54	16.5	1.04
30	9.1	0.87	56	17.0	1.06
32	9.7	0.88	58	17.6	1.08
34	10.3	0.89	60	18.2	1.10
36	10.9	0.90	62	18.9	1.12
38	11.5	0.91	64	19.5	1.14
40	12.2	0.92	65	19.8	1.15

히터 설치시 필요한 연소공기량은 〈표 15〉와 같다.

〈표 15〉 간접 배기시 필요한 연소 공기량

사용연료	1,000BTU/hr당 필요한 연소공기량	1,000Kcal/hr당 필요한 연소공기량
L N G	240CFH(6.8CMH)	952CFH(27CMH)
L P G	251CFH(7.1CMH)	996CFH(28CMH)

## 2) 중력 배기

중력 배기는 흔히 연돌효과(Stack Effect)로 불리는 것으로, 설계자가 기준만 준수한다면 적당한 환기 효과를 얻을 수 있다.

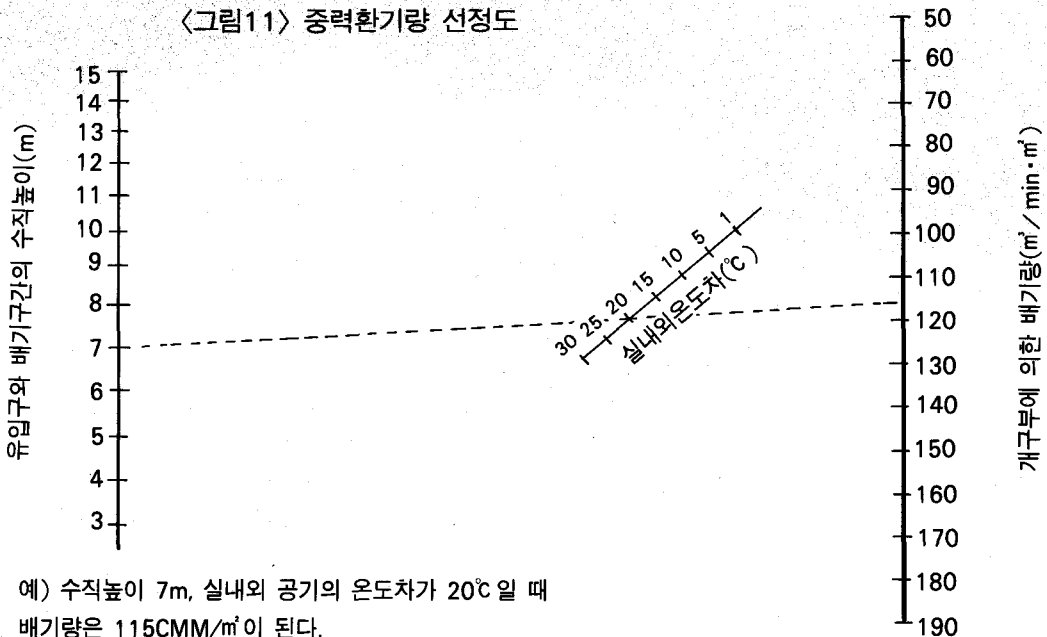
중력환기는 제강소나 유리제조 회사와 같이 층고가 30~60'(9~18m)인 대형 건물에 적용성이 좋은 방법이다. 그러나 최고부분의 높이가 20~28'(6~8.5m)정도가 되더라도 바닥 면적이 넓고 높이가 낮은 현대식 건물에는 항상 적합한 방법이 아니다.

〈그림 11〉는 중력에 의한 환기량 선정도이다. 역시 일반적인 자료(개략치)이므로 설계자는 경험을 고려하여 적당한 안전률을 감안하여 사용하는 것이 좋다.

개구부를 통하여 유입되는 공기의 유속은 450 FPM(135m/min)을 넘을 수도 있으며, 유입구와 동일한 크기의 배기구를 둔 층고가 낮은 건물일 경우에도 200FPM(60m/min)을 넘는다.

유입구와 배기구간의 수직높이 차가 크지 않으면 지붕의 배출기를 통하여 빠져 나가는 공기의 속도도 낮기 때문에 지붕에 부딪치는 바람이 직접 실내로 불어닥칠 수가 있다. 이러한

〈그림 11〉 중력환기량 선정도



예) 수직높이 7m, 실내외 공기의 온도차가 20°C 일 때 배기량은 115CMM/m²이 된다.

경우에는 히터의 배기가 불완전하게 되어 응축 현상이 발생할 우려가 있다.

중력배기에는 풍력에 의하여 이루어지는 자연환기량이 가산된다. 그러나 설계자는 계속적으로 환기를 필요로 하는 장소에 대하여는 풍력에 의한 환기를 믿어서는 안된다. 풍력에 의한 환기는 확실한 배기를 필요로 하는 적외선 난방에 대하여 종종 부적합할 경우가 있기 때문이다.

치붕에 설치하는 중력식 배출기는 대류능력을 기초로 크기가 결정된다. 그러므로 바람에 의한 환기량은 여분으로만 고려되어야 한다.

난방기간중 어느 방향에서라도 바람이 불어오는 한 배출기는 24시간 회전한다. 적당한 공기흐름을 유도하기 위해서는 중력식 배출기를 풍압에 영향받지 않을 위치에 설치해야 한다.

중력식 배출기는 수평형 지붕을 갖는 건물에

는 권장되지 않는다. 이런 경우는 역류를 방지하기 위하여 터빈형을 사용하는 것이 좋다.

### 3) 강제 배기

〈표 16〉은 배기팬의 용량을 표시한 것이다. 이 자료는 단단 축류팬에서 기대할 수 있는 용량을 표시한 것으로, 달리 정확한 자료를 이용할 수 없을 경우 적당한 용량의 배기팬 선정에 대한 일반적인 자료이다.

### 4) 배기에 관한 일반적인 주의사항

① 건물 전체에 설치된 히터 용량에 대한 최소 연소용 공기량을 준수한다.

(〈표 15〉참조)

\* LNG : 1,000kcal/hr당 27CMH

\* LPG : 1,000kcal/hr당 28CMH이다.

② 지붕의 단열이 불충분한 경우에는 응축가능성을 줄일 수 있도록 공기 유입량을 늘려줄 필요가 있다.

③ 연소공기 배출구는 히터설치 위치보다 높은 쪽에 위치하여야 한다.

〈표 16〉 배기팬의 크기 및 회전수별 용량

Fan Dia	회전수 (rpm)	2850	1450	960	720	570	470	360
305 mm 12 in	m <sup>3</sup> /min ft <sup>3</sup> /min	53 1900	25 900	16 600				
380 mm 15 in	m <sup>3</sup> /min ft <sup>3</sup> /min	105 3700	53 1900	33 1200				
480 mm 19 in	m <sup>3</sup> /min ft <sup>3</sup> /min	213 7500	108 3800	65 2300				
610 mm 24 in	m <sup>3</sup> /min ft <sup>3</sup> /min	450 16000	216 7700	141 5000	105 3700	85 3000		
760 mm 30 in	m <sup>3</sup> /min ft <sup>3</sup> /min	766 27000	425 15000	278 9800	203 7200	165 5800		
960 mm 38 in	m <sup>3</sup> /min ft <sup>3</sup> /min		878 31000	566 20000	425 15000	340 12000	278 9800	215 7600
1210 mm 48 in	m <sup>3</sup> /min ft <sup>3</sup> /min		1700 60000	1166 41000	850 30000	708 25000	566 20000	425 15000
1520 mm 60 in	m <sup>3</sup> /min ft <sup>3</sup> /min			1983 70000	1700 60000	1416 50000	1133 40000	850 3000
1905 mm 75 in	m <sup>3</sup> /min ft <sup>3</sup> /min			4533 160000	3400 120000	2833 100000	2266 80000	1700 60000

④ 연소공기 유입구는 히터 설치 위치보다 낮은 쪽에 위치하여야 한다. 그렇지 않으면 단열된 건물에서는 응축현상이 발생할 수 있고, 연소용 공기의 유입량이 부족될 수 있다.

⑤ 포크 리프트 트럭을 사용하는 경우와 같이 일산화 탄소가 발생하는 곳에서는 기계식 환기 사용이 권장된다. 일반적으로 2~4톤 트럭1대에 대하여 5,000CFM(140CMM=8,400CMH)의 배기가 필요하다.

⑥ 기계식 배기방식 적용시의 기준은 다음과 같다. 이것은 공기의 유입속도를 1.0~2.0m/sec로 유지하기 위한 것이다.

<표 17> 개구부 면적

1,000BTU/hr당 필요한 개구부 면적	1,000Kcal/hr당 필요한 개구부 면적
1.5~3.0in <sup>2</sup> (10~20cm)	6.0~12.0in <sup>2</sup> (40~80cm)

⑦ 공기 유입구는 배출구 1~2ft<sup>2</sup>(0.1~0.2m<sup>2</sup>) 정도 적어야 유입공기 배분이 원활해진다. 공기 유입구는 최소한 외벽의 두개 면에, 건물이 큰 경우에는 모든 외벽에 설치되어야 한다. 외기 취입 루버나 그릴을 부착한 개구부일 경우는 돌출부 등 지장물이 없는 위치를 선정한다.

⑧ 외벽을 따라 설치된 히터 바로 밑에 공기 유입용 개구부를 두거나, 배출기의 바로 밑에 히터를 설치하지 않는다. 이럴 경우는 유입된 공기가 히터를 통한 후 바로 건물 밖으로 빠져 나가게 되어 이용가능한 열량의 30~40%를 빼앗기게 된다.

⑨ 기계식 배기시에는 히터 작동시마다 올바른 배기가 이루어질 수 있도록 히터의 써머스타트 회로에 배기팬이 연결되어야 한다.

⑩ 1대 또는 지역을 조절하는 써머스타트당 한대 또는 2대의 배출기를 연결하도록 하며, 기계식 배출기의 설치위치는 중앙의 40~60'(12~18m)에 설치하는 것이 좋으나 권장하는 최대 거리는 중앙으로부터 90~100'(27~30m)이다.

⑪ 독립된 환기구역내의 히터보다 높은 위치에 있는 모든 칸막이나 커튼을 고려한다.

⑫ 배출기는 건물의 가장 높은 곳에 설치한다.

⑬ 맞배지붕 형태인 건물의 측벽에 설치된 배출기나 환풍기는 특히 주의를 요한다. 측벽에 설치된 배출기는 히터 설치 높이보다 위쪽에 위치해야 한다.

⑭ 대기중에 할로젠 가스\*가 존재하는 분위기에는 히터설치를 피한다. 공장에서 흔히 발견할 수 있는 몇가지 증발된 기체는 고온의 공기가 존재할 때 유독가스나 부식성 가스가 된다. 기름제거용으로 사용되는 트리크로에틸렌은 Phosgene이나 Hydrogen Chloride를 만들 수도 있다. 포스젠(Co Cl<sub>2</sub>)은 독극물로 한계치가 1 PPM이다.

하이드로젠 크로라이드는 독극물은 아니다. 5PPM 정도에서 모든 금속을 부식시킬 수 있다. 하이드로젠 크로라이드와 포스젠은 아무곳에서나 발생하는 물질은 아니지만, 발생할 가능성이 있는 장소일 경우에는 이러한 물질의 발생원을 격리시키거나 별도의 배기장치를 고려해야 한다. 별도로 배기시키는 경우라도, 연소공기 유입구를 통하여 다시 실내로 들어오지 않도록 주의하여야 한다.

주) \* Perchloroethylene, Trichloroethylene, Methylene Chloride, Methyl Chloroform, Freon 등.

## 5. 응축(결로)의 발생여부 판단

### 1) 개요

간접 배기방식으로 사용되는 원적외선 히터는 연소가스에서 나오는 열량도 모두 건물내로 방출된다. 이 열량의 대부분은 건물의 바닥과 내부의 물체를 덥히는 복사에너지 형태로, 나머지는 이산화탄소, 습기의 증발 및 소량의 탄소화물의 형태로 발산된다.

연소가스에 의해 발생하는 증기는 연소물질과 함께 히터의 위쪽으로 상승한다. 발생하는 증기량은 LNG의 경우 0.094Lb/1,000BTU(0.169

kg/1,000Kcal), LPG의 경우 0.076Lb/1,000BTU (0.136kg/1,000Kcal)를 넘지 않는다.

그러나 유입되는 연소용 공기속에 포함된 증기와 합쳐지게 되면 습도가 상승하여 차가운 건물 표면에서 응축할 수 있다. 이런 현상은 단열이 안된 금속재 지붕을 가진 건물 또는 열이 닿는 쪽의 단열재에 방습막이 없는 건물에서 발생될 수 있는 문제이다.

습도가 높으면 실제로 건물의 쾌적수준은 향상된다. 상대습도(RH)는 건물내부 온도(바닥으로부터 천정까지 높이에 따라 다름)와 습기 함유량과의 함수이며 노점온도에 따라 변한다. 노점온도란 응축(결로)현상이 발생할 수 있는 상태의 온도이다.

그러므로 외기의 온도, 상대습도, 노점온도 및 지붕 표면의 온도 등은 설계시 최대한 고려하지 않으면 이론상 간접배기 방식의 원적외선 난방에서는 결로현상이 발생하게 되어 있다. 물론 직접배기 방식으로 사용되는 경우에는 결로문제 발생하지 않는다.

**2) 노점온도 및 지붕재료의 열관류율**

습기를 포함하고 있는 LNG를 연료로 사용하는 원적외선 히터를 간접배기 방식으로 설치하였을 경우, 외기온도 0°F(-18°C), 상대습도는 100%이며 실온은 65°F(18°C), 최소 연소용 공기는 4CFM/1,000BTU(27CMH/1,000kcal)이라 할 때 노점온도는 43.6°F(6.4°C)이다.

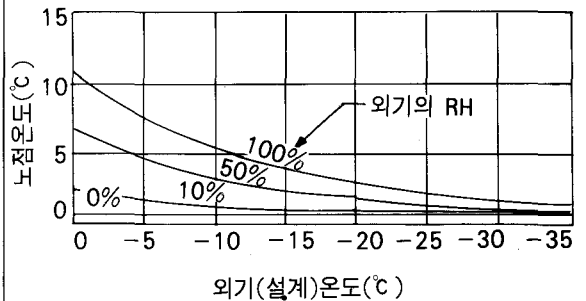
이런 경우 만약 건물 지붕재료의 열관류율이 0.54BTU/Ft<sup>2</sup> hr °F(2.64Kcal/m<sup>2</sup> hr°C)라면 지붕면의 실내측 표면온도는 43.6°F(6.4°C)가 될 것이므로 결로가 발생하는 조건이 된다.

만약 지붕재로 1"(25.4mm) 두께의 나무를 사용한다면 열관류율은 0.48BTU/Ft<sup>2</sup> · hr°F(2.34 Kcal/m<sup>2</sup>hr °C)가 된다. 지붕밀의 온도를 가정하면 바닥보다 최소한 10°F(6°C)정도 높게 되어 지붕면 내측 표면온도는 52.9°F(11.6°C)로 계산된다.

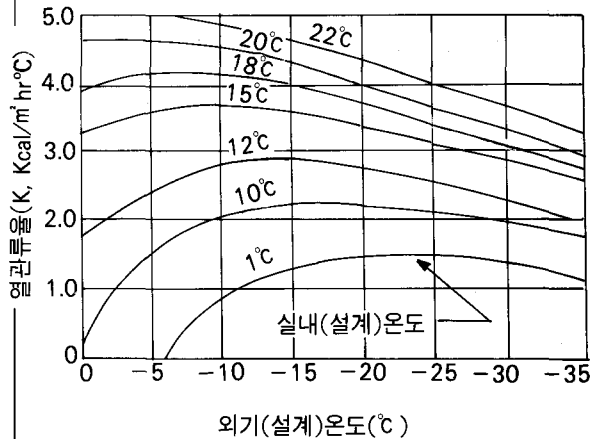
또한 외기온도가 0°F(-18°C), 상대습도가 50%라고 하면 내부의 노점온도는 36.9°F(2.7°C)가 된다. 그러므로 공기유입량과 과대용량의 환을

무시하면 16°F(8.9°C) 여유가 있게 되어 결로가 발생되지 않는다.

<그림12>는 LNG, <그림13>은 LPG를 간접 배기 방식으로 사용되는 적외선 히터의 연료로 사용할 때 최소 연소공기량에 대한 노점온도 범위와 최대 허용 열관류율을 표시하는 것이다. 연소공기량을 증가시키면 실내 공기의 노점온도는 낮아지므로 지붕의 열관류율(K값)이 더 높아질 수 있게 된다.



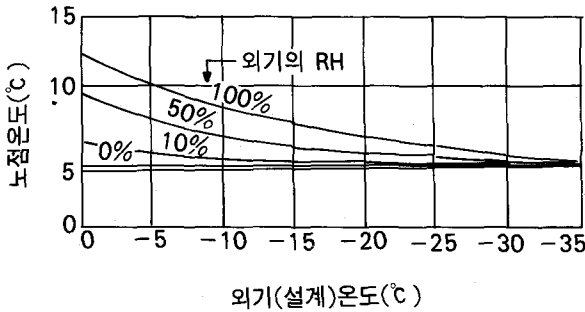
(a) 노점온도 (최소연소공기량 27CMH/1,000Kcal 기준)



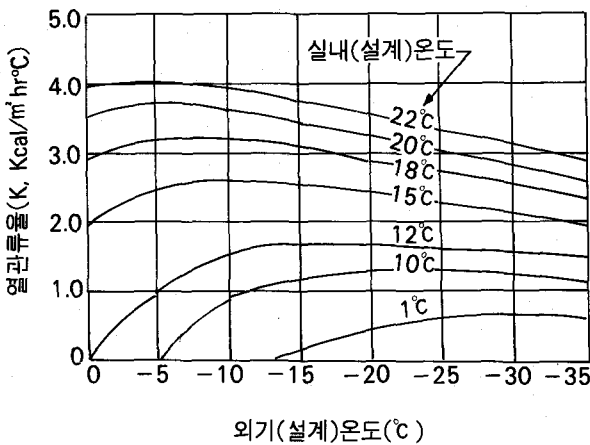
(b) 지붕재료의 최대 허용 열관류율(응축방지)

(최소연소공기량 27CMH/1,000Kcal, 외기상대습도 100%일때 지붕 내면의 결로가 방지되는 기준임.)

<그림12> LNG의 노점온도 및 열관류율



(a) 노점온도  
(최소연소공기량 28CMH/1,000Kcal 기준)



(b) 지붕재료의 최대 허용 열관류율(응축방지)  
(최소연소공기량 28CMH/1,000Kcal, 외기상대습도 100%일때)

<그림13> LPG의 노점온도 및 열관류율

### 3) 일반적인 주의사항

① 공기 유입구 크기 및 배기팬의 설치위치는 습기를 포함하고 있는 공기가 천정공간에 잔류하지 않도록 하기 위하여 매우 중요하다. 공기는 지붕내 표면을 따라서 고르게 분산되어야 한다. 적은 규격의 유입구(1~Ft<sup>2</sup>, 0.1~0.2m<sup>2</sup>)를 건물의 외주부에 균등한 거리로 설치하는 것이 권장된다.

배기팬은 건물 중앙 40~60'(12~18m), 최대 90~100'(27~30m)에 설치하는 것이 권장된다.

벽부형 배기팬과 맞배지붕의 상부에 설치된

배기팬은 공기가 건물 전체를 순환하지 않고 팬의 주변에서만 순환이 이루어지도록 할 수 있으므로 문제가 될 수 있다. 이를 방지하기 위해서는 공기유입 루버의 위치를 재조정해야 할 경우도 발생한다.

② 지붕이 평평한 건물에 대해서는 결로문제가 있으므로 동력식 배기팬 사용이 권장된다.

③ 기존 건물로서 지붕의 구조나 배기량으로 인하여 응축(결로)현상이 발생할 우려가 있는 경우에는 히터가 설치된 높이보다 아래측, 벽체의 가장 높은 부분에 공기 유입구 설치 가능성 여부를 검토해 보아야 한다.

동력식 배기팬을 사용할 때에는 같은 양의 공기가 건물의 상부를 통하여 움직이게 되어 건물의 환기회수를 배가시키는 효과가 되므로 대부분의 경우 응축(결로)이 발생할 수 있다.

LNG를 사용할 경우의 기준 최소 연소공기량을 27CMH/1,000Kcal보다 2배 즉 54CMH/1,000Kcal로 한다면 노점온도는 13~15°F(7~8°C) 낮아질 것이다.

④ 벽체나 유리창에 응축(결로)이 발생하는 것은 그리 심각한 문제는 아니다. 일반적으로 유리창 부근에는 틈새를 통한 환기가 충분하여 습기가 창문에 도달하는 것을 막아주기 때문이다.

⑤ 이중 유리로 채광창만 달았을 뿐 단열이 되지 않은 건물에서는 응축(결로) 현상이 발생할 소지가 있다. 투명한 폴리에틸렌 필름으로 채광창의 실내측 면을 중복하여 밀폐시키면 채광창과 폴리에틸렌 필름 사이에 공기층이 형성되므로, 덕트용 테이프로 채광창 이음부를 밀봉시켰을 때와 동일한 효과를 얻을 수 있다.

⑥ 유리면 또는 다른 단열재라도 흡수성이 있는 재료로 단열할 경우에는 열을 받은 면 쪽에 적당한 방습막이 형성되어야 한다. 이음부, 틈새 또는 구멍이 있는 부분 등은 적당한 테이프로 사용하여 봉합하여야 한다.

습기가 방습막을 침투하는 경우에는 지붕과 접하는 면에 결로가 발생하여 단열재 내부로 습기가 들어가게 된다. 단열재의 무게가 증가

하게 되면 지붕면으로부터 완전히 떨어지게 되어 단열공사를 다시 해야하는 일이 생길 수 있다.

⑦ 때로는 금속재 지붕에 판형태의 단열재를 붙이고, 이것을 지지해주기 위하여 사용하는 금구류에 응축(결로) 현상이 발생되기도 한다. 이는 금구류가 지붕에 부착되어 있어서 지붕온도와 같은 온도를 갖게되기 때문이다.

이런 경우에는 금구류에 퍼티나 코킹컴파운드를 칠해주는 것이 좋다.

같은 이치로 철골조 건물에서는 지붕의 빔에서도 결로가 발생할 수 있다.

⑧ 스프레이 형태로 사용하는 단열제에 대해서는 특히 주의하여야 한다. 빔이나 철제류를 완전히 감싸주도록 스프레이 되어야 한다. 노

출이 된 철골재에서는 결로가 발생할 수 있기 때문이다.

## 6. 가스배관

### 1) 가스량 결정

가스배관 설계에 있어서는 제일 먼저 히터의 가스 소모량을 계산하여야 한다.

가스 소모량의 계산은

① 어떤 히터를 사용할 것인가

② 시간당 가스 소모량은 얼마(Nm<sup>3</sup> 또는 kg)인가

③ 동시에 사용된다고 생각되는 히터는 몇대인가 등에 의해서 이루어진다.

〈표 18〉은 원적외선 튜브히터 LTU 모델의 가스 소모량을 표시한 것이다.

〈표 18〉 모델별 가스 소모량

모델명	발열량		노즐구경 (inch)		가스소모량			비고
	(BTU/hr)	(Kcal/hr)	L N G	L P G	LNG(m <sup>3</sup> /hr)	LPG(kg/hr)	도시가스 (m <sup>3</sup> /hr)	
LTU 40	40,000	10,000	#31 (.120)	#49 (.073)	0.95	0.83	0.67	○
LTU 50	50,000	13,000	3.3mm (.129)	#46 (.081)	1.24	1.08	0.68	
LTU 60	60,000	15,000	#27 (.144)	#43 (.089)	1.42	1.25	1.00	○
LTU 75	75,000	19,000	#20 (.164)	#39 (.099)	1.81	1.58	1.27	○
LTU 80	80,000	20,000	#19 (.166)	#38 (.102)	1.90	1.67	1.33	
LTU 90	90,000	23,000	#16 (.177)	#36 (.106)	2.19	1.92	1.53	
LTU 100	100,000	25,000	#14 (.182)	#33 (.113)	2.38	2.08	1.67	○
LTU 110	110,000	28,000	#10 (.194)	#31 (.120)	2.67	2.33	1.87	
LTU 120	120,000	30,000	13/64 (.203)	1/8 (.125)	2.86	2.50	2.00	○
LTU 125	125,000	32,000	#5 (.206)	#30 (.129)	3.05	2.67	2.13	
LTU 130	130,000	33,000	#4 (.209)	3.4mm (.134)	3.14	2.75	2.20	
LTU 125*	125,000	32,000	#5 (.206)	#30 (.129)	3.05	2.67	2.13	
LTU 130*	130,000	33,000	#4 (.209)	3.4mm (.134)	3.14	2.75	2.20	
LTU 140*	140,000	35,000	5.5mm (.216)	#29 (.136)	3.33	2.92	2.33	○
LTU 150*	150,000	38,000	5.7mm (.224)	#28 (.140)	3.62	3.17	2.53	
LTU 160*	160,000	40,000	5.8mm (.228)	#27 (.144)	3.81	3.33	2.67	○
LTU 175*	175,000	44,000	"C" (.242)	3.8mm (.150)	4.19	3.67	2.93	

주 1) \*는 5'(1.52m) 튜브를 연장하여 사용하는 모델임.

2) 저위발열량 LNG : 10,500Kcal/Nm<sup>3</sup>, LPG : 12,040Kcal/kg, 도시가스 : 15,000Kcal/Nm<sup>3</sup> 기준.

3) 비고란의 ○표는 주로 공급되고 있는 모델을 표시함.



## 2) 가스관경 선정

### ① 유량(가스 수송량)

물의 경우는 유속을  $V(m/sec)$ , 관경을  $A(m^2)$ 라 할 때 관내를 흐르는 유체의 양

$Q=AV(m^3/sec)$ 로 계산되지만

가스의 경우는 비중량의 차이가 있으므로 저압관이냐 중·고압관이냐에 따라 각기 다른 공식이 적용된다.

그러나 중·고압관에 대한 것은 도시가스 사업자의 업무분야이고, 건물내에는 저압의 가스가 공급되므로 저압관에 대한 기준으로 관경 계산공식을 적용한다.

저압관(가스 공급압력  $1kg/cm^2$ 미만)의 가스 수송량 계산은 폴(Pole)의 공식을 사용한다. 즉 공급관으로부터의 분기점에서 단말까지의 압력손실을  $H(mmAq)$ , 관경(내경)을  $D(cm)$  가스의 비중을  $s$ , 배관길이를  $L(m)$ , 유량계수를  $K$ 라고 할 때 유량

$$Q=K \sqrt{\frac{HD^5}{sL}} \quad (m^3/hr) \quad \dots\dots\dots (7)$$

로 계산되며, 이 식을 폴 식이라고 한다.

특히 유량계수  $K$ 의 값에 대해서는 <표 19>에서와 같이 실험자에 따라서 각기 다른 값을 제시하고 있으나 일반적으로 폴의 값을 적용하고 있다.

<표 19> 실험자에 따른 유량계수(K)

실험자별	Pole	Cooks	Molls-Worth
유량계수(K)	0.7055	0.653	0.523

### ② 허용압력손실(H)

가스관경은 설계유량을 수송할 때, 관 말단에서의 필요압력이 확보될 수 있도록 선정되어야 한다. 따라서 각 구간별 압력손실이 적정하게 선정되어 공급관 분기부로부터 가스전까지의 허용압력손실 이내가 되도록 하여야 한다. <표 20~표 22>는 가스의 발열량이나 가스관경을 기준으로 할 경우 허용압력손실의 표준을 보여주는 것이다.

입상관(立上管, Riser)의 경우는 대기압과

<표 20> 발열량 기준 허용압력손실 표준

표준발열량(Kcal/m <sup>3</sup> )	3600~8000	8000~24000
허용압력손실(mmAq)	25	20

<표 21> 관경 기준 허용압력손실 표준

관 경(A)	50이하	80이상
허용압력손실(mmAq)	5	10

<표 22> 배관구간별 허용압력손실 표준

배관구간	공급관→가스미터	가스미터	가스미터→가스전
허용압력손실(mmAq)	5	13~15	5

가스압력의 차에 따라 압력변화가 발생한다. 즉 공기의 밀도를  $\rho_a(kg/m^3)$ , 입상관 길이를  $h(m)$ , 공기의 비중을 1로 했을 때의 가스의 비중을  $s$ 라고 하면 대략적인 압력변화

$$\Delta P = \rho_a h(1-s) \quad (mmAq) \quad \dots\dots\dots (8)$$

로 표시된다. 그러므로 비중이 1보다 가벼울 경우는 필요에 따라 기구정압기나 감압장치를, 1보다 무거울 경우는 가압장치 등을 고려할 필요가 있다. <표 23>은 입상관의 높이에 따라 가스종별의 압력변화를 보여주는 것이다.

<표 23> 입상관 높이별 가스종별 압력변화

(단위 : mmAq)

입상관높이(m)	비중		비중	
	1.52	2.0	0.55	0.65
1	0.7	1.3	0.6	0.5
3	2.0	3.9	1.7	1.4
5	3.4	6.5	2.9	2.3
10	6.7	12.9	5.8	4.5
20	13.4	25.9	11.6	9.1
30	20.2	38.8	17.5	13.6
40	26.9	51.7	23.3	18.1
50	33.6	64.6	29.1	22.6

비고) 비중 1.52는 프로판 2.0은 부탄, 0.55는 메탄, 0.65는 발열량  $5000Kcal/m^3$ 의 도시가스를 표시함.

### ③ 부차적 손실

부차적 손실 즉 관이음쇠류에 의한 압력손실,

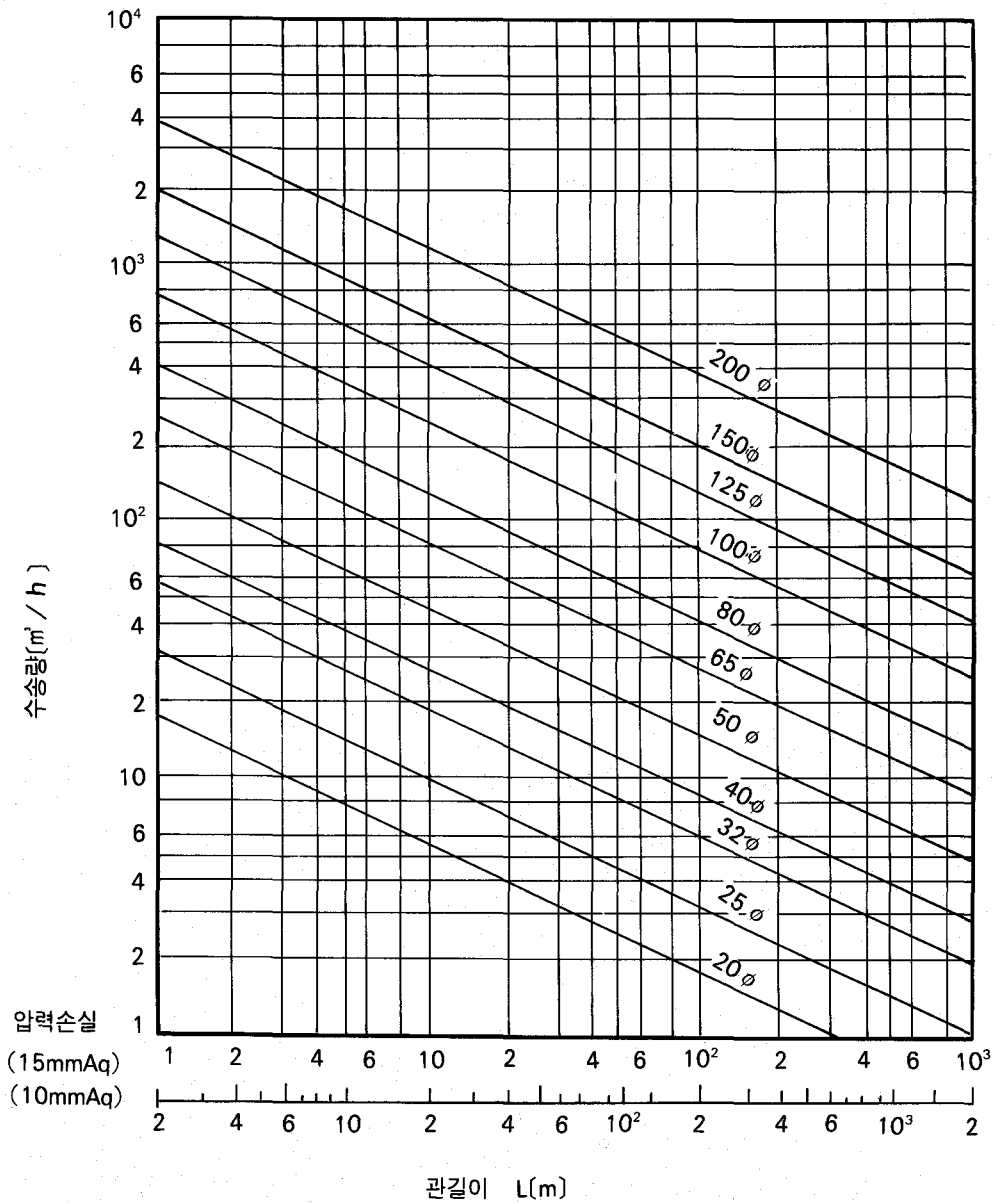
〈표 24〉 관이음쇠류의 상당장(m)

호칭경 (B)	게이트밸브	티(축방향) 장 반 경 엘 보	45도엘보	중반경엘보 1/4 치 수 축 소 티	표 준 엘 보 1/2 치 수 축 소 티	티(축방향)	그로브밸브
2/5	0.05	0.1	0.1	0.15	0.2	0.4	1.0
1/2	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.7	1.5
3/4	0.15	0.25	0.3	0.35	0.45	1.0	2.5
1	0.2	0.35	0.4	0.5	0.6	1.3	3.0
1 1/4	0.25	0.45	0.55	0.6	0.8	1.7	4.0
1 1/2	0.3	0.55	0.7	0.7	1.0	2.1	5.0
2	0.4	0.7	0.85	1.0	1.3	2.6	6.0
2 1/2	0.5	0.9	1.0	1.3	1.7	3.2	8.0
3	0.7	1.1	1.2	0.5	2.12	4.0	10.0
4	1.0	1.5	1.6	1.8	3.0	5.4	15.0

(비고) 강제 관이음쇠류, 가스수송 기준임.

〈표 26〉 지역별 도시가스의 성상

번호	회사별	주요 가스 성분 (%)										비중	웨 베 지 수	공 급 개시일	제 조 방 식	저위발열량 (Kcal/Nm <sup>3</sup> )
		H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	기타					
1	대 한	-	89.39	1.22	8.61	0.41	0.04	-	-	-	0.01	0.62	13,335	79.12.26	N+L	10,500
2	서 울													83.12. 1	〃	10,500
3	극 동													83. 3.31	〃	10,500
4	강 남													85.12.30	〃	10,500
5	한 일													86. 5. 7	〃	10,500
6	삼천리													83.10.26	〃	10,500
7	인 천													84. 1. 5	〃	10,500
8	부 산											1.34		81.10.26	L+A	15,000
9	경 남			58.52	0.37	1.9	30.18			8.03		1.33	13,006	84. 3.29	L+A	15,000
10	울 산			45.38			43.15			11.47		1.24	9,878	84. 8. 1	〃	15,000
11	대 구			54.0		6.0	31.6			8.4		1.33	13,006	84.11. 1	〃	15,000
12	전 북			57.3	2.5	2.3	29.9			8.0		1.33	13,006	84. 5. 9	〃	15,000
13	해 양			60.22	0.83		30.1			8.0		1.33	13,006	83. 7. 5	〃	15,000
14	동부	순천		61.8	0.35	0.30	29.2			7.8		1.33	13,006	85. 3.26	〃	15,000
	해양	광양		94.86	0.54	1.3	2.61			0.69		1.51	18,717	87. 8.18	〃	23,000
15	목 표			60.0	0.82	0.84	30.06			8.04		1.34	12,952	84. 9.26	〃	15,000
16	대 화			59.1	0.8	2.6	29.6			7.9		1.34	12,600	88. 6.29	〃	15,000
17	대 일			60.6		1.0	30.2			8.2		1.33	13,006	84.12.23	〃	15,000
18	화 성			60.6		1.0	30.2			8.2		1.334	13,000	89. 2.21	〃	15,000
19	충 남			58.3		2.4	30.7			8.2		1.34	12,930	87.12. 1	〃	15,000
20	구 미			57.88		3.05	30.87			8.20		1.342	12,946	88.10. 1	〃	15,000
21	청 주			60.3	0.7	0.5	30.2			8.0		1.34	12,950	89. 7. 1	〃	15,000



주) 가스의 비중은 0.64, 폴식에서  $K=0.7055$ 를 기준한 것임.

〈그림 14〉 가스유량선도(저압가스관)

은 주로 와류(渦流)에 의한 것이며 상당장(相當長)으로 표시되나, 저압공급 방식에서는 사실상 손실이 미미하다. 밸브류 및 관이음쇠에 대한 상당장은 <표 24>와 같다.

④가스의 비중(S)

국내에 공급되고 있는 LPG와 도시가스에 대한 자료는 <표 25> 및 <표 26>과 같다.

<표25> LPG의 제원

구분	성분	비중	저위발열량
프로판	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1.52	23,560Kcal/Nm <sup>3</sup> (12,040Kcal/kg)
부 탄	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	2.00	30,620Kcal/Nm <sup>3</sup> (15,310Kcal/kg)

<표 26>에서의 웨베지수란 가스의 연소특성을 나타내는 값으로 다음의 식으로 계산된다.

$$WI = \frac{C_p}{\sqrt{s}} \dots\dots\dots (7)$$

식에서 WI : 웨베지수

C<sub>p</sub> : 가스의 저위발열량(Kcal/Nm<sup>3</sup>)

S : 가스의 비중이다.

연료용 가스는 원료별로 조성(組成)이 다르다. 일반적으로 이들 가스는 그대로 사용되기도

하지만 여러가지로 혼합되어 사용되기 때문에 도시가스의 경우는 <표 27>과 같이 종류를 정하고 있다.

그러나 우리나라의 도시가스의 경우는 대부분 13A이므로 가스의 종류 선택에는 별다른 문제가 없다.

<표 27> 도시가스의 종류별 기호

가스그룹	WI	가스공급압력(mmAq)			연소속도
		최저	최고	표준	
13A	13,800~12,600				저
12A	12,850~11,750	100	250	200	
11A	12,000~11,000				
6A	6,740~ 5,860	70	220	70	고
6B	6,850~ 5,950	50	200	50	
7C	7,060~ 6,140	50	200	50	

⑤가스유량 선도

이상의 식과 자료를 감안하여 배관길이별 환경별 가스유량 선도는 <그림14>와 같다.

또한 선도를 정확히 읽어낼 수 없을 경우에 대비하여 계산된 환경별 배관길이별 저압가스 송출량은 <표 28>과 같다. ■

<표 28> 저압가스 송출량(m<sup>3</sup>hr)

관경(A)	연장(m)	5	10	20	30	40	50	80	100
20	20	6.05	4.28	3.03	2.47	2.14	1.91	1.51	1.35
	25	11.1	7.82	5.53	4.51	3.91	3.49	2.76	2.47
	32	21.2	15.0	10.6	8.67	7.51	6.72	5.31	4.75
	40	31.1	22.0	15.6	12.7	11.0	9.84	7.78	6.96
	50	56.8	40.1	28.4	23.2	20.1	18.0	14.2	12.7
80	50	69.7	51.6	36.5	23.1	18.2	16.3	14.9	13.3
	100	142	100	70.9	44.9	35.5	31.7	29.0	25.9
	150	373	264	186	118	93.2	83.4	76.1	68.1
	200	748	529	374	236	187	167	153	137
	250	1280	908	642	406	321	287	262	234
	300	2020	1430	1011	639	505	452	413	369

비고) 가스의 비중 s=0.64, 허용압력손실수두는 <표21>의 값을 취하고, 유량계수 K=0.7055 기준임.