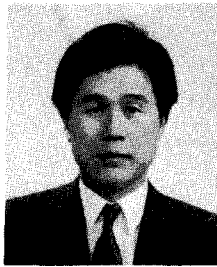


원적외선 난방의 이론과 실제 (Ⅳ)

—가스 연소용 튜브히터를 중심으로—



글/김영호 <주> 정우하이텍 대표이사

제2장 원적외선 난방시스템의 설계

1. 쾌적상태 방정식

1) 평균복사온도 (Mean Radiant Temperature, MRT)
 원적외선 난방은 공기를 직접 덥히는 것이 아니고 따뜻해진 바닥면과 기계류로부터의 전도에 의해 간접적으로 덥혀지는 것이다. 따뜻한 바닥은 대류뿐만 아니라 건물의 평균복사온도에 의하여 공기를 덥혀주며 사람에게는 복사와 전도에 의하여 열전달이 이루어진다.

평균복사온도 (MRT)는 외벽과 지붕을 포함하여 건물내의 모든 물체가 복사 열교환하는 온도 즉, 가상 후체의 균일한 표면온도이다. 인체는 주위환경과의 열교환을 통하여 궁극적으로는 열적 균형상태에 이르게 된다.

충분한 열적균형, MRT와 기온의 유지상태는 주로 신진대사율 (신체의 열생산량-작업정도)과 착의상태에 따라 달라진다. 원적외선 난방의 목적은 작업자와 환경 사이에 적당한 온도차를 유지시켜 주기 위해 충분한 양의 원적외선을 제공하여 주는데 있다. 그러므로 원적외선 난방은 인체로부터 주변의 차가운 표면

목 차

서 언

제 1 장 원적외선

1. 적외선 (赤外線, Infrared Ray) 이란 무엇인가
2. 원적외선 난방의 원리
3. 원적외선 히터
4. 원적외선 난방의 장점

제 2 장 원적외선 난방시스템의 설계

제 3 장 원적외선 튜브히터 설치 및 운전

제 4 장 적용사례

설비강좌 ●

(차가운 외벽)으로 복사에너지가 전달됨으로써 발생하는 복사손실을 상쇄시켜 줄 수 있고, 낮은 기온을 보상해 줄 수 있어야 한다. 원적외선 난방이 개인작업장을 부분적으로 가열하는데 사용되는데 경우라도 평균 복사온도를 크게 상승시키지는 못하지만 극단적인 경우를 제외하고는 차가운 공기가 신체에 닿음으로써 생기는 개인의 대류 열손실량 정도는 보상된다.

대부분의 산업용과 상업용 건물에서 만족할만한 기온은 65F(18C)이나 작업자의 신진대사율에 따라서는 낮아질 수도 있다. 평균복사온도(MRT)는 설계온도조건에 따른 건물의 열손실량에 의해 구해진다. 당연히 어떤 건물의 관류 열손실이 지나치게 크고(단열 안된 철제조립식 벽체, 지붕 등) 환기 회수가 많은 경우(제조공정상의 배기설비나 용접가스 배출후드가 설치된 건물 등)에는 평균복사온도가 기온에 비해 상대적으로 높을 것이다.

2) Raber Hutchinson의 쾌적상태 방정식

적외선 난방분야에 잘 알려져 있는 Raber-Hutchinson의 쾌적상태를 나타내는 공식은 식1과 같다.

$$TA + MRT = 140 (F) \dots\dots\dots (1)$$

$$TA + MRT = 42 (C) \dots\dots\dots (1')$$

식에서 TA : 주위의 온도 (F) (C)

MRT : 주위표면의 평균복사온도 (F) (C)

140, 42 : 정확하게 제어되는 실험실 환경에서의 실험결과에 의해 도출된 숫자(상수)이다.

Raber-Hutchinson의 쾌적상태 방정식은 평균 복사온도가 70F(21C)에 이를때 완전한 열적균형이 이루어진다는 것을 나타낸다. 그러므로 기온이 1도씩 저하되면 1도씩 평균복사온도(MRT)가 상승되어야 쾌적상태를 유지할 수 있다는 것이다.

산업용 건물을 이상적인 쾌적조건으로 유지하는 일은 매우 어렵다. 외부 기후조건 변화, 작업부하, 문의 개폐 건물크기와 구조의 차이 및 기타 건물 가동률에 따라 많은 차이가 생기기 때문이다.

Raber-Hutchinson 쾌적상태 방정식은 원적외선 가스난방의 효율성에 대한 근거를 제공한다. 즉 이상

적인 내부 설계온도는 65F(18C)이다. 바닥면의 온도는 설계된 실온보다 높아야 하는데 그 이유는 공기가 열을 흡수하여 설계된 조건을 유지할 수 있도록 해야 하기 때문이다. 바닥이 기온보다 10F(5.5C)나 더 따뜻하다고 가정하는 것이다.

즉, $TA + MRT = 140F (TA + MRT = 42C)$ 에서 기온(실온)이 65F(18C) 바닥면의 온도가 75F(24C)이면

$$TA + MRT = 65 + 75 = 140F$$

$$TA + MRT = 18 + 24 = 42C$$

가 되므로 쾌적상태 방정식이 만족되기 때문이다. 이외에도 각 작업자는 상단에 걸쳐 있는 원적외선 히터로부터 직접적인 복사열을 받게 되며 작업정도에 따라 200~800BTU/hr (50~200Kcal/hr)의 열을 발산하게 된다. 또 다른 고려요소는 간접배기에 의한 뜨거운 연소가스가 지붕쪽의 열손실을 상쇄시켜 준다는 것이다.

위의 모든 요소가 원적외선 가스히터의 전체적인 효율을 증가시키고 차가운 공기를 가열시키기 위한 열량의 15% 정도를 감소시켜 주는 효과를 가져다 준다. 이것을 원적외선 감소계수(Infrared Reduction Factor)라고 한다.

2. 열손실량(부하) 계산

일반적인 난방시스템 설계시와 같이 대상건물의 총 열손실량을 계산하는 절차는 동일하다. 다만, 계산된 부하를 가지고 적외선 히터의 용량을 산정하는 데에 차이가 있다. 다음은 기본적으로 계산되어야 하는 열손실과 계산방법을 설명한 것이다.

1) 관류 열손실

벽체, 지붕, 바닥 등 건축재료를 관통하여 발생하는 열손실을 말하는 것으로 다음식으로 계산된다.

$$H_L = KA\Delta T \dots\dots\dots (2)$$

식에서 H_L : 관류 열손실량(Kcal/hr)

A : 열손실이 발생하는 구조체의 면적(m^2)

ΔT : 실내외 온도차(C)이다.

산업용 건축물에 많이 사용되는 재료별 열관류율(K값)은 <표 6> 설계용외기온도 및 습도는 <표 7>과 같다.

〈표 6〉 산업용 건물의 구조별 재료별 열관류율 (“K”값)

(a) 벽체 (경구조)

(Kcal/m²hr°C)

벽체의 재료	단 열 재	단 열 재 두께 (mm)					
		0.0	12.5	25.0	37.5	50.0	75.0
Flat Metal & Asbestos	Blanket	5.859	1.806	1.074	0.781	0.586	0.439
Asbestos-Cement Board	"	5.175	1.757	1.074	0.731	0.586	-
Plywood or Wood Panel 18mm	"	2.734	1.367	0.879	0.683	0.537	-
Fir or Pine 18mm	"	2.685	1.318	0.879	0.683	0.537	-
Flat Metal	Blown Polyurethane	5.859	1.269	0.731	0.489	0.390	0.292

(b) 벽체 (조적조)

(Kcal/m²hr°C)

벽 체 의 재 료		벽 의 두께 (mm)					
		75	100	150	200	300	400
Brick	Face & Common	-	-	3.320	2.344	1.537	1.318
	Common only	-	-	2.001	1.514	1.220	-
Stone	Lime & Sand	-	-	3.271	2.685	2.294	-
Hollow Concrete Block	Gravel Agg.	-	-	2.490	2.294	-	-
	Cinder Agg.	2.881	2.490	-	1.904	1.806	-
	Light Wt. Agg.	2.290	2.099	-	1.758	1.601	-
Solid Concrete Block	Gravel Agg.	-	-	2.539	2.294	-	-
	Cinder Agg.	-	-	1.904	1.759	-	-
	Light Wt. Agg.	-	-	1.709	1.562	-	-
Veneer Wall (Face Brick(100mm) or Stone(100~150mm) Precast Concrete]	Sand Agg.	-	2.393	-	2.001	1.855	-
	Cinder Agg.	-	2.001	-	1.611	1.514	-
	Light Wt. Agg.	-	1.709	-	1.465	1.367	-

(c) Interior Partition

(Kcal/m²hr°C)

Hollow Concrete Block	벽 체 의 두께 (mm)				
	100	150	200	250	300
Gravel Agg.	-	-	1.953	-	-
Cinder Agg.	1.953	1.562	1.600	-	-
Light Wt. Agg.	1.709	1.465	1.367	-	-

벽 체 의 재 료	벽 체 의 두께 (mm)				
	None	6	9	12	18
Gypsum Board	-	-	2.929	-	-

Plywood	-	2.929	2.685	2.442	2.099
Steel Metal	3.612	-	-	-	-
Glass	3.662	-	-	-	-

(d) 지붕

(Kcal/m²hr°C)

지붕의 재료	단 열 재	단 열 재 의 두께 (mm)					
		0.0	12.5	25.0	37.5	50.0	75.0
Metal Deck & Asbestos	Preformed above deck	4.395	1.953	1.269	0.927	0.781	0.537
Wood	25mm Preformed	2.344	1.416	1.025	0.781	0.683	0.488
	50mm "	1.562	1.074	0.830	0.683	0.586	0.439
	75mm "	1.122	0.830	0.683	0.586	0.488	0.390
Concrete Slab	50mm "	1.465	-	0.781	0.635	-	-
	75mm "	1.122	-	0.683	0.586	-	-
	100mm "	0.879	-	0.586	0.488	-	-
Gypsum Slab	50mm "	1.758	-	0.976	0.732	-	-
	75mm "	1.465	-	0.879	0.683	-	-
	100mm "	1.220	-	0.781	0.635	-	-
Flat Metal & Asbestos	Blanket	5.859	1.806	1.074	0.781	0.586	0.439
Wood	25mm "	2.335	1.269	0.830	0.625	0.537	0.390
	50mm "	1.562	0.976	0.732	0.537	0.488	0.341
	75mm "	1.122	0.786	0.586	0.488	0.439	0.341

(e) 기타 재료

(Kcal/m²hr°C)

재	료	열관류율
Glass (Out Door Exposure)	Vertical	5.518
	Horizontal	5.957
Insulating Glass (Double)	Air Space 4mm	3.662
	" 6mm	3.418
	" 12mm	3.232
Glass block		2.49
Fiber Glass		5.323
Plastic Bubbles (Skylight)	Single	5.615
	Double	3.418
Door	Steel	5.859
	Wool 25mm	3.124
	" 40mm	2.393
	" 50mm	2.098
바닥 Conc. Slab* (8.14Kcal/m ²)	Uninsulated Slab Edge	3.955
	Insulated Slab Edge	2.685

주) * 열손실량 = K × 지상위에 노출된 부분의 전면길이 × TD

〈표 7〉 설비용 외기 온습도

(a) 각 월 및 연간의 평균기온 [C]

지명	월	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12												전년
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
속초*	초*	-0.2	0.4	4.8	11.0	16.0	19.2	22.8	23.7	19.7	14.7	8.5	2.6	11.9
대관령*	관령*	-7.3	-6.2	-1.2	6.3	11.9	15.9	19.5	19.0	14.0	8.3	1.3	-5.0	6.4
춘천*	천*	-4.9	-2.5	3.5	11.2	16.9	21.1	23.7	24.2	18.6	11.9	4.6	-2.4	10.5
강릉*	릉*	-0.4	0.9	5.3	11.7	17.5	20.2	23.8	24.3	19.6	14.5	8.8	2.8	12.4
서인원*	원*	-3.5	-1.1	4.1	11.4	17.1	21.1	24.5	25.3	20.5	13.9	6.6	-0.6	11.6
울릉도*	릉도*	-3.2	-1.2	3.6	10.2	15.7	19.7	23.7	24.8	20.5	14.3	7.1	0.0	11.3
수원*	원*	0.7	1.2	4.6	10.1	15.3	18.3	22.3	23.7	19.7	14.9	9.4	4.1	12.0
수원*	원*	-3.6	-2.0	3.4	10.9	16.4	20.7	24.5	24.9	19.8	12.8	5.6	-1.5	11.0
수원*	원*	-1.9	-0.8	3.8	10.6	16.0	20.4	24.8	24.8	20.2	13.7	6.9	0.9	11.6
수원*	원*	1.3	1.9	5.9	11.7	16.3	19.4	23.1	23.8	19.8	14.9	8.9	3.3	12.5
수원*	원*	-3.3	-1.5	4.0	11.7	17.3	21.6	25.0	25.1	19.8	12.7	5.5	-1.0	11.4
수원*	원*	-2.1	-0.3	4.3	11.9	17.1	21.4	24.9	25.1	20.1	13.3	6.1	-0.2	11.8
수원*	원*	-2.7	-0.6	4.4	11.4	17.0	20.7	24.2	24.5	19.3	13.1	6.4	0.1	11.5
수원*	원*	0.7	2.5	6.6	12.3	17.3	20.5	24.4	25.2	20.8	15.5	9.5	3.4	13.2
수원*	원*	-0.4	0.4	4.2	11.0	16.1	20.6	24.7	25.5	21.1	14.9	8.1	2.1	12.4
수원*	원*	-0.9	1.2	6.2	12.6	18.1	21.9	25.6	26.1	20.8	14.8	8.0	1.7	13.0
수원*	원*	-1.1	0.7	5.3	12.2	17.6	21.7	25.8	26.3	21.0	14.5	7.9	1.8	12.8
수원*	원*	0.9	2.7	6.7	12.2	17.1	20.5	24.6	25.6	20.9	15.4	9.4	3.5	13.3
수원*	원*	-0.2	1.4	5.8	12.3	17.5	21.5	25.5	26.2	21.2	14.9	8.5	2.6	13.1
수원*	원*	2.2	3.8	7.7	12.7	17.1	20.0	23.9	25.5	21.8	17.0	11.1	5.1	14.0
수원*	원*	2.5	3.5	7.3	12.9	17.2	20.4	24.1	25.4	22.0	16.9	10.7	5.0	14.0
수원*	원*	1.3	2.3	5.9	11.8	16.9	20.7	24.8	26.2	22.0	16.5	10.2	4.3	13.6
수원*	원*	1.6	2.9	7.0	12.5	17.2	20.4	24.1	25.8	22.0	16.8	10.6	4.5	13.8
수원*	원*	5.2	5.6	8.4	13.0	16.9	20.7	25.5	26.4	22.4	17.4	12.3	7.7	15.1
수원*	원*	6.0	6.5	9.5	13.9	17.7	20.6	25.0	26.6	23.2	18.5	13.3	8.3	15.8
수원*	원*	6.4	2.3	6.4	12.8	17.6	21.4	25.0	25.6	21.2	15.1	8.1	2.1	13.2

(주) 1. 1951년에서 1980년까지의 평균이고, *표는 통계개시년부터 1980년(9~20년)까지의 평균임.
2. 굵은 숫자는 최고, 사체 숫자는 최저값임.

(b) 일 최고 및 일 최저기온의 월평균치 [C]

지명	월	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12												전년
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
속초*	초*	-3.5	-2.8	1.2	7.1	19.9	22.3	25.5	26.4	22.8	18.4	4.7	-1.0	
대관령*	관령*	-12.3	-11.3	-6.2	0.6	18.0	21.2	23.9	23.2	19.3	14.6	-3.7	-10.2	
춘천*	천*	-10.2	-7.9	-2.0	4.6	23.8	26.9	28.9	29.0	24.8	19.1	-0.4	-7.0	
강릉*	릉*	-4.2	-2.9	1.1	6.9	22.7	24.5	27.6	28.3	24.1	19.7	4.7	-1.1	
서인원*	원*	-7.4	-5.0	0.0	6.6	23.0	26.3	28.5	29.6	25.5	19.6	2.4	-4.3	
울릉도*	릉도*	-6.6	-4.6	0.2	6.5	20.4	24.0	27.0	28.4	24.9	19.3	3.2	-3.5	
수원*	원*	-1.5	-1.1	1.9	7.0	18.9	21.7	24.3	26.8	23.1	18.5	6.8	1.7	
수원*	원*	-8.5	-6.9	-1.8	4.9	22.6	26.1	28.5	29.3	25.3	19.6	0.4	-6.2	
수원*	원*	-5.8	-4.8	-1.0	5.3	21.8	25.5	28.1	29.2	25.5	20.0	2.5	-3.2	
수원*	원*	-3.0	-2.5	1.1	6.6	20.9	23.3	26.5	27.6	24.2	20.0	4.2	-1.4	
수원*	원*	-8.0	-6.1	-1.3	5.5	23.6	27.0	29.4	29.8	25.7	19.9	0.5	-5.7	
수원*	원*	-6.3	-4.7	-0.7	6.1	23.3	26.8	29.2	29.7	25.7	20.1	1.3	-4.6	
수원*	원*	-6.7	-4.9	-0.5	5.6	23.1	26.1	28.6	29.2	24.7	19.4	1.6	-4.1	
수원*	원*	-3.5	-1.8	2.0	7.6	22.4	25.0	28.4	29.4	24.9	20.8	5.2	-0.9	
수원*	원*	-3.6	-2.7	0.9	7.2	20.6	24.7	28.4	29.4	25.4	19.7	4.5	-1.2	
수원*	원*	-5.5	-3.4	1.0	7.0	24.5	27.7	30.2	31.1	26.2	21.1	3.0	-2.9	
수원*	원*	-5.1	-3.5	0.3	6.8	23.9	27.2	30.0	31.0	26.4	21.0	3.1	-2.4	
수원*	원*	-3.6	-1.9	1.7	7.1	22.9	25.6	29.0	30.2	25.8	21.3	4.4	-1.3	
수원*	원*	-4.0	-2.6	0.8	7.0	23.7	26.8	29.6	30.9	26.5	21.2	3.8	-1.5	
수원*	원*	-1.4	0.1	3.9	9.3	21.2	23.5	26.9	29.0	25.7	21.5	7.4	1.4	
수원*	원*	-1.0	-0.2	3.4	9.1	21.4	24.0	27.4	29.0	26.0	21.5	6.9	1.2	
수원*	원*	-1.8	-0.9	2.3	8.0	21.9	25.0	28.4	30.5	26.7	21.9	6.5	1.0	
수원*	원*	-1.6	-0.4	3.3	9.1	21.1	23.8	26.9	29.0	25.4	20.8	7.2	1.3	
수원*	원*	2.4	2.5	4.6	9.0	21.0	24.4	28.9	29.9	25.9	21.0	8.7	4.6	
수원*	원*	2.3	2.8	5.2	10.1	21.2	23.6	27.4	29.5	26.8	22.6	9.1	4.4	
수원*	원*	-4.7	-2.9	0.6	6.9	23.6	26.5	29.1	30.0	26.4	21.7	2.3	-3.2	

(주) 1. 1951년에서 1980년까지의 평균이고, *표는 통계개시년부터 1980년(9~20년)까지의 평균임.
2. 굵은 숫자는 최고, 사체 숫자는 최저값임.
3. 표중에서, 5~10월은 일최고기온, 11~4월은 일최저기온의 월평균치임.

(c) 기온의 최고 및 최저기록

지명	최고치	최고치		최저치	최저치		통계개시
		C	년월일		C	년월일	
속초*	초*	35.8	1963 7 23	-15.6	1970 1 5	1969. 1. 1	
대관령*	관령*	32.7	1973 8 12	-28.9	1974 1 24	1971. 7. 11	
춘천*	천*	36.6	1972 7 21	-27.9	1969 2 6	1966. 1. 1	
강릉*	릉*	39.4	1942 7 25	-20.2	1915 1 13	1912. 1. 1	
서인원*	원*	38.2	1943 8 24	-23.1	1927 12 31	1907. 10. 1	
울릉도*	릉도*	38.9	1949 8 16	-19.0	1970 1 5	1904. 4. 10	
수원*	원*	34.5	1951 8 13	-12.1	1957 2 11	1938. 8. 10	
수원*	원*	35.2	1978 7 27	-25.8	1969 2 6	1964. 1. 1	
수원*	원*	35.6	1978 7 28	-16.7	1974 12 8	1968. 1. 1	

(d) 월별 및 연간의 평균상대습도 [%]

지명	월	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12												전년
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
속초*	초*	53	57	60	63	67	79	84	82	77	65	57	51	66
대관령*	관령*	74	75	76	71	68	81	88	89	87	80	76	74	78
춘천*	천*	69	67	65	62	64	72	80	80	79	76	74	73	72
강릉*	릉*	53	58	61	62	63	76	82	82	78	69	62	53	67
서인원*	원*	66	65	65	63	64	73	82	79	73	68	67	67	69
울릉도*	릉도*	66	56	68	70	71	79	85	82	75	69	67	67	72
수원*	원*	70	71	69	70	71	81	86	84	78	70	68	67	74
수원*	원*	70	69	69	69	71	77	83	82	79	77	75	72	74
수원*	원*	75	74	72	71	73	79	86	84	81	76	76	76	77

울진	36.0	1973	8	27	-13.8	1976	12	27	1971.	1.	1
청주	35.9	1978	7	26	-26.4	1969	2	6	1967.	1.	1
대전	35.3	1977	7	29	-19.0	1969	2	6	1969.	1.	1
충청	36.2	1958	6	25	-17.8	1970	1	5	1949.	1.	1
포항	37.9	1978	7	6	-14.4	1970	1	5	1949.	1.	1
대구	35.2	1973	7	17	-14.5	1971	1	6	1968.	1.	1
대전	40.0	1942	8	1	-20.2	1923	1	19	1907.	1.	7
울산	38.2	1939	7	21	-17.1	1933	1	27	1919.	1.	1
광주	38.0	1966	8	5	-14.3	1967	1	16	1946.	1.	1
부산지	37.9	1939	7	21	-19.4	1943	1	5	1939.	5.	1
충주	36.0	1944	8	30	-14.0	1915	1	13	1904.	4.	9
목포	35.0	1975	8	22	-11.6	1977	2	16	1967.	1.	1
여수	37.0	1924	8	18	-14.2	1915	1	13	1906.	1.	1
제주	36.4	1966	8	3	-12.6	1977	2	16	1942.	4.	1
서귀포	37.5	1942	7	25	-6.0	1977	2	16	1923.	5.	1
진주	35.9	1966	8	3	-6.3	1977	2	16	1961.	1.	1
진주	35.9	1973	8	13	-14.1	1976	1	24	1969.	3.	1

(주) : 통계기간은 통계개시년부터 1980년까지임.

울진*	58	61	66	65	67	78	83	81	77	72	64	56	69
청주*	73	70	67	65	66	72	79	80	80	76	77	76	73
대전*	72	70	68	66	68	76	83	82	80	76	77	76	75
충청*	65	64	62	62	63	73	82	81	78	72	70	67	70
포항*	53	56	60	65	67	76	81	80	77	69	64	56	67
대구*	74	72	72	73	75	81	84	81	78	73	74	75	76
대전*	60	60	59	62	63	69	77	75	75	69	67	63	67
울산*	73	73	71	70	71	76	80	79	78	75	76	75	75
광주*	58	60	65	71	73	80	84	81	80	73	68	60	73
부산지*	73	70	68	69	70	75	82	79	77	73	74	73	73
충주*	52	54	59	67	71	80	86	81	74	64	59	53	67
목포*	63	61	65	72	74	83	87	84	79	72	68	62	73
여수*	71	71	71	74	75	81	85	81	77	70	70	70	75
제주*	56	58	60	68	71	79	85	80	73	64	61	58	68
서귀포*	69	70	69	73	76	80	82	80	78	72	70	69	74
진주*	66	67	65	73	74	83	88	82	75	67	68	67	73
진주*	66	64	63	66	68	76	82	80	77	73	71	69	71

(주) 1. 1951년에서 1980년까지의 평균이고, *표는 통계개시년부터 1980년(9~20년)까지의 평균임.

2) 강제 배기에 의한 열손실

대상 건물내에 별도의 강제 배기시설(용접가스 배출용 후드, 도장설비용 배기장치, 3, 4종 환기설비 등)이 설치되어 있거나 설치예정인 건물의 경우에 적용되며, 다음 식으로 계산된다.

$$H_E = C_p r Q \Delta T \dots \dots \dots (3)$$

- 식에서 H_E : 강제 배기에 의한 열손실량(Kcal/hr)
- C_p : 공기의 정압비열(Kcal/kg °C)
- r : 공기의 비중량(kg/m³)
- Q : 강제 배기량(m³/hr)
- ΔT : 실내외 공기의 온도차(°C)이다.

그러나 C_p와 r은 공기의 온도에 따라 각각 다른 값을 가지므로 보통은 0~20°C 범위 공기의 평균값을 취한다.

<표 8> 공기온도에 따른 C_p와 r

	0°C 공기	20°C 공기	평균
C _p (Kcal/kg °C)	0.2420	0.2420	0.2420
r (kg/m ³)	1.2932	1.2049	1.2491

따라서 위 식에 C_p와 r의 평균값을 대입하면

$$H_E = 0.30228 Q \Delta T \approx 0.30 Q \Delta T \dots \dots \dots (3')$$

가 되므로 이 식을 실무에 적용한다.

3) 환기 열손실

건물내의 개구부, 벽체나 창호류의 틈새 등을 통하여 실내의 더운 공기가 빠져 나가고 외부의 찬 공기가 유입됨에 따른 열손실로 다음의 두가지 방법이 주로 사용된다.

① 틈새법(Crack Method)

자연 환기에 의한 손실열량을 계산하는 방법으로 ASHRAE가 제시하는 방법이다. 창문, 문, 벽체 등을 통한 공기 침입량을 기준으로 계산되므로 재질, 공기의 유속, 틈새의 길이 등이 변수이다.

소규모 주택의 경우는 실용적이나 규모가 큰 산업 및 상업용 건물에는 그다지 적용성이 좋지 않다. 계산 식은 다음과 같다.

$$H_i = 0.3 L Q \Delta T \dots \dots \dots (4)$$

- 식에서 H_i : 환기 열손실량(Kcal/hr)
- 0.3 : 0~20°C 공기의 평균 비열과 비중량을 곱한 값(Kcal/m³°C)
- L : 틈새의 길이(m)
- Q : 틈새의 단위 길이당 침입 외기량(m³/mhr)
- ΔT : 실내외 공기의 온도차(°C)이다.

설비강좌 ●

② 환기회수법(Air Change Method)

단위 시간당의 환기회수를 정한 후 전체 외기 취입량을 실내온도로 가열하기 위하여 필요한 열량을 계산하는 방법으로 규모가 큰 산업 및 상업용 건물의 환기 부하 계산에 효율적인 방식이다. 계산식은 다음과 같다.

$$H_c = 0.3VN\Delta T \dots\dots\dots (5)$$

식에서 H_c : 환기 열손실량(Kcal/hr)
 0.3 : 앞의 식과 동일한 값(Kcal/m³C)
 V : 건물의 체적(m³)
 N : 시간당 환기회수(회/hr)
 ΔT : 실내외 공기의 온도차(C)이다.

<표 9>는 산업 및 상업용 건물의 용도별과 체적별 환기회수의 개략적인 값이다.

<표 9> 개략적인 자연 환기회수

(a) 건물의 용도별

건물의 용도	구조	면 적		천정높이		환기회수	
		FT ²	m ²	FT	m	최소	최대
격납고	보통	10,000	1,000	25	7.5	1.50	2.50
	양호	20,000	2,000	40	11.0	1.00	2.00
	"	50,000	5,000	70	21.0	1.00	1.75
Auto Dealership 서비스 지역	양호	5,000	500	18	5.5	1.50	2.50
	단기 물품보관지역	"	5,000	500	16	5.0	0.75
실내 테니스장	보통	10,000	1,000	20	6.0	0.75	1.00
	양호	10,000	1,000	25	7.5	0.50	1.00
	"	20,000	2,000	30	9.0	0.50	0.75
공장(경공업)	보통	15,000	1,500	15	4.5	0.75	1.75
	양호	25,000	2,500	25	7.5	0.50	1.00
화물집하장	보통	5,000	500	12	3.5	1.00	3.00
창고	보통	10,000	1,000	18	5.5	0.75	1.25
		20,000	2,000	24	7.3	0.50	1.00
	양호	10,000	1,000	18	5.5	0.50	1.00
		20,000	2,000	24	7.3	0.50	0.75
	불량	10,000	1,000	18	5.5	1.00	1.50
		20,000	2,000	24	7.3	0.75	1.00

주) 자료는 일반적인 안내이다. 언급되지 않은 복잡하고, 환기 열손실이 많은 건물에 대해서는 설계자의 경험과 자료를 참고하여 적절한 값으로 보정하여 사용하여야 한다.

(b) 건물 체적을 감안한 자연 환기 회수

건 물 의 체 적		환기회수(회/hr)
FT ³	m ³	
5,000	150	1.0
10,000	300	0.9
20,000	550	0.8
40,000	1,100	0.7
80,000	2,300	0.6
100,000	2,800	0.55
200,000	5,500	0.50
500,000	14,000	0.35
1,000,000	28,000	0.25
2,000,000	57,000	0.15
5,000,000	140,000	0.10

주) 작은 건물은 큰 건물에 비하여 환기회수가 많다는 이론에 의거 고안된 자료이다. 작은 건물은 창호류의 면적의 비율이 크기 때문이다. 따라서 이 표는 규모가 큰 건물에는 적용하지 않는다. (설계자가 결정하여 사용한다)

4) 실내 저장 물체에 의한 열손실

난방 시스템 설계자는 난방되는 건물내에 존재하는 낮은 온도의 물체(대량)에 의한 열손실량도 고려해야 한다. 예로 자동차 정비소 내의 대형 트럭, 제조공장 내에 쌓여있는 철강재 등 원자재, 격납고 내의 비행기 등은 많은 열을 흡수하기 때문에 쾌적한 난방이 되기 위해서는 그 만큼의 열량이 가산되어야 하는 것이다. 이러한 열손실량은 다음 식으로 계산한다.

$$H_w = C_p M (T_i - T_m) \dots\dots\dots (6)$$

식에서 H_w : 물체가 흡수하는 열량(Kcal/hr)
 M : 실내에 쌓여 있거나 옮겨지는 물체의 중량(kg)
 C_p : 물체의 비열(Kcal/kg°C)
 T_i : 실내온도(C)
 T_m : 물체의 온도(C)이다.

일반적인 재료들의 비열은 <표 10>과 같다.

<표 10> 일반적인 재료별 비열

재 료	비열(Kcal/kg C)	재 료	비열(Kcal/kg C)
알 미 늄	0.20	콘 크 리 트	0.16
주 철	0.11	유 리	0.16
시 멘 트	0.19	강 (鋼)	0.12
동 (銅)	0.09	나 무	0.51

(예) 실온이 65F(18C)이고, 실내에 쌓여 있는 주철 원재료 5,000Lb(2,270kg)의 온도가 10F(-12C)이다.

이 물체의 가열을 위한 추가 열량을 계산하고, 회복시간을 2시간으로 할 때와 15분으로 하고자 할 때의 필요 열량을 구하자.

(a) 물체 가열에 필요한 열량

$$H_u = C_p M (T_i - T_m) \text{에서}$$

$$C_p = 0.11 \text{Kcal/kg}^\circ\text{C}, M = 2,270 \text{kg}$$

$$T_i = 18^\circ\text{C}, T_m = -12^\circ\text{C} \text{를 각각 대입하면}$$

$$H_u = 0.11 \times 2,270 \times (18 + 12)$$

$$= 7,491 [\text{Kcal}]$$

(b) 회복시간을 2시간으로 할 때의 필요 열량
 $7,491 \div 2 = 3,745.5 [\text{Kcal/hr}]$

(c) 회복시간을 15분으로 할 때의 필요 열량

$$7,491 \div \frac{15}{60} = 29,965 [\text{Kcal/hr}]$$

5) 열손실량 집계

위의 각 단계를 거쳐 계산된 열손실량은 <표 11>과 같은 통일된 부하계산서에 의하여 집계된다.

<표 11> 난방부하 계산서

1. 관류 열손실							
벽	건축재료	규격 (m)	K	면적 또는 길이 (㎡, m)	ΔT	열손실량 (Kcal/hr)	계 (Kcal/hr)
북							
	바닥/모서리						
동							
	바닥/모서리						
서							
	바닥/모서리						
남							
	바닥/모서리						
지붕							
계							

2. 강제 배기에 의한 열손실				
배기 또는 특별한 환기 설비가 난방 공간내에 설치되어 있을 경우				
배기설비명	×	풍량(CMH)	ΔT	열손실량 (Kcal/hr)
		0.3		
		0.3		
계				
3. 환기 열손실				
$0.3 \times \text{건물의 체적} \times \text{환기 회수} \times \Delta T = \text{열손실량 (Kcal/hr)}$				
0.3				
4. 실내 저장 물체에 의한 열손실				
$C_p \times M \times (T_i - T_m) = \text{열손실량 (Kcal/hr)}$				
5. 취득열량 (Kcal/hr)				
총 열손실량 (Kcal/hr)				
원적외선 감소계수				
필요원적외선 열량 (Kcal/hr)				

3. 원적외선 히터 용량 산정

1) 원적외선 감소계수(IR Factor)

원적외선 튜브히터의 복사강도는 설치높이의 제곱에 반비례하므로 히터의 용량이나 대수 계산에는 원칙적인 방법으로 계산된 건물의 총열손실량 전부를 대상으로 하지 않는다. 이것은 Space Ray 30여년간의 현장실무 경험에서 얻어진 것이며, 설치 높이에 따라 총열손실량에 <표 12>의 감소계수를 곱하여 얻어진 열량을 기준으로 히터의 대수를 산정한다.

<표 12> 설치높이에 따른 열손실량 감소계수(IR Factor)

설치 높이		열손실량 감소계수	설치 높이		열손실량 감소계수
FT	m		FT	m	
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

즉, <표 12>에서 처럼 설치높이가 50(15.2m)일 때는 부하계산된 총열손실량을 그대로 사용하여 히터 대수를 산정하고, 그보다 낮게 설치할 때는 총열손실량보다 적은 열량을 그보다 높게 설치할 때는 총열손실량보다 더 많은 열량을 기준으로 장비 대수를 산정한다.

그러나 가급적 1.0이하의 계수를 선택할 것이 권장된다.

2) 히터 용량 산정순서

가스연소식 적외선 난방을 적용하기로 결정했다면 제일 먼저 건물에 대한 열손실량을 계산하고 그 다음 히터의 모델과 대수를 정한다.

건물의 상태에 따라 설치높이와 히터간의 간격을 정한다. 천정 크레인을 갖추고 있으며 층고가 높고 면적

이 넓은 건물에는 대개 용량이 크고 설치높이가 높은 모델을 적용한다.

일반적으로 건물 열손실량의 70~80%는 외주부를 통하여 이루어지며, 그중 관류 열손실량이 50% 환기 열손실량이 20~30% 정도이다.

원적외선 난방시스템을 설계할 때에는 가장 큰 열손실이 이루어지는 면적을 카바할 수 있도록 히터를 배치하여야 한다. 즉 히터는 외주부에 배치되는 것이 좋다. 히터는 외벽에 각도를 주어 설치하여 건물내부를 비추도록 하거나, 천정에 같은 높이를 설치하여 바닥을 비추도록 한다. 주의할 점은 히터가 외벽을 가열하지 않도록 설치한다는 것이다. 외벽에 복사열을 주는 것은 열손실량을 증가시키는 결과가 되기 때문이다.

단열이 안되었거나 외기가 많이 들어오는 건물에서는 히터와 히터간의 거리(폭방향)를 설치높이의 3배 이하로 한다. 이러한 기준은 실내온도를 50~55F(10~13C)로 낮게 설계하는 건물에도 그대로 적용한다.

특별한 건물의 조건에서는 건물의 중심선 아래에 설치해야 할 필요가 있는데 이럴 경우에는 히터를 2줄 또는 그 이상으로 설치하며, 천정 크레인 위에 설치해야 할 경우에는 대용량의 히터를 사용해야 한다.

창고의 경우에는 양쪽에 제품이 쌓여 있고 중앙에 통로가 있게 되므로 통로 상부에 히터가 설치되도록 하며, 2차의 전도와 대류열전달에 의하여 난방이 이루어지도록 한다. 경우에 따라서는 50'(15m) 높이에 히터를 설치하여야 할 필요도 있다.

기밀이 잘되고, 단열이 잘된 건물로서 실내온도가 60~70F(16~21C) 정도로 설계된 경우에는 히터와 히터간의 거리는 설치높이의 4배 이하가 권장된다.

이와같은 고려사항을 토대로 장비 용량 산정 순서는 다음과 같다.

① 총 열손실량 집계

<표 11>의 난방부하 계산서에 의해 대상 건물의 총 열손실량을 집계한다. (100,000Kcal/hr라 한다.)

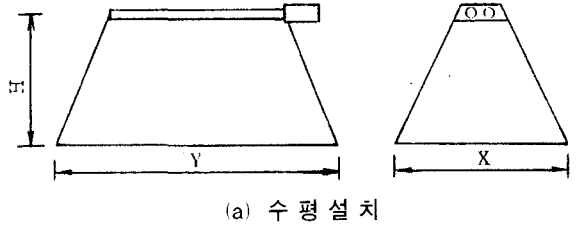
② 설치높이를 정한다.

건물의 형태를 감안하여 가급적 외주부에 설치 위치를 정하고, 이에 따라 적정 높이를 결정한다(설치높이를 5.4m로 한다.)

③ <표 12>에서 감소계수를 찾는다.

(0.81이 된다)

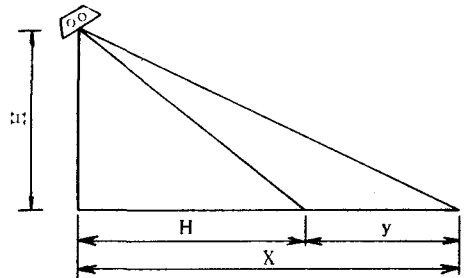
- ④ 필요 원적외선 열량을 산출한다.
 (100,000Kcal/hr × 0.81 = 81,000Kcal/hr)가 된다.)
- ⑤ 사용 모델을 선정한다.
 <표 13>은 원적외선 튜브히터의 모델별 열용량 및 설치가능 높이를 표시한 것이다.



(a) 수평설치

<표 13> 모델별 열용량 및 설치가능 높이

종 류	열 용 량		히터의 길이(m)	설치 높이(m)	
	BTU/hr	Kcal/hr		경사(45°)설치	수평설치
LTU 40	40,000	10,000	5.13	2.7~3.6	3.0~4.3
	50,000	13,000		3.0~4.0	3.4~4.9
	60,000	15,000		3.4~4.3	3.6~5.5
	75,000	19,000		3.6~4.6	4.0~6.0
	80,000	20,000		5.35	3.6~4.6
90,000	23,000	"	3.6~4.9	4.0~6.7	
100,000	25,000	"	3.6~4.9	4.0~7.0	
110,000	28,000	"	4.0~5.2	4.3~7.0	
120,000	30,000	"	4.0~5.8	4.3~7.3	
125,000	32,000	6.84	4.0~5.8	4.3~7.6	
130,000	33,000		4.0~5.8	4.3~8.2	
140,000	35,000	"	4.3~6.0	4.6~8.2	
150,000	38,000	"	4.3~6.7	4.6~9.1	
160,000	40,000	"	4.3~7.0	4.6~9.7	
175,000	44,000	"	4.3~7.5	4.6~10.0	



(b) 45도 경사설치

<그림 10> 설치높이에 따른 난방면적

<표 13>의 설치높이 내에서 원적외선이 방사되는 면적은 <그림 10>과 같으며, 면적 계산공식은 <표 14>와 같다.

<표 14> 설치높이에 따른 난방면적 계산

	Y (m)	X (m)
수 평 설 치	2.5H + 히터의 길이	2.2H
45도 경사설치	2.5H + 히터의 길이	H + y = 3.2H

<표 13>에서 5.4m 높이에 설치가능한 모델은 수평설치를 기준할 때 LTU-75이상의 모델이 된다. (LTU-100을 선정키로 한다.)

⑥ 히터의 수량 계산
 (81,000Kcal/hr ÷ 25,000Kcal/hr 대 = 3.24대가 되므로 4대를 사용한다.)

③, ④, ⑤의 과정을 몇번 반복하면 가장 적절한 모델로서 수량이 정확히 맞게 선정된다.

⑦ 계산 예

- (a) 총 열손실량 : 100,000Kcal/hr
- (b) 설치 높이 : 5.4m
- (c) 감소계수 : 0.81
- (d) 원적외선 열량 : 100,000Kcal/hr × 0.81 = 81,000Kcal/hr
- (e) 사용모델 : LTU-100(히터의 길이 5.13m)
- (f) 히터수량 : 81,000Kcal/hr ÷ 25,000Kcal/hr · 대 = 3.24대 ≒ 4대
- (g) 설치 높이에 따른 난방면적(1대당)
 $Y = 2.5H + \text{히터의 길이}$
 $= (2.5 \times 5.4) + (5.35) = 18.85(m)$
 $X = 2.2H$
 $= 2.2 \times 5.4 = 11.88(m)$
 $\therefore \text{면적} = Y \times X$
 $= 18.85 \times 11.88$
 $= 224(m^2) = 68(\text{평})$

그러므로 4대가 담당할 수 있는 난방면적은 대략 896㎡ (270평) 정도가 된다. ■