

전기온돌에 관한 검토

A Investigation of Electric Ondol

보 고
20~3~2

박 석 탁* 최 진 화*
(Suk Tak Park, Jin Hwa Choi)

1. 목 적

심야전력의 판매촉진과 아울러 주택용 전력 판매증진을 위하여 동절기에 이용되는 난방시설로서 전기온돌의 개발 가능성 여부를 검토함.

2. 전기온돌용 재료(부록-2 참조)

가. 발열체

전기온돌용 발열체로서는

- 1) 내열성 및 내식성이 클것
- 2) 고유저항이 비교적 크고 온도계수가 적을것
- 3) 연전성(延展性)이 풍부할것
- 4) 전기적으로 완전히 절연되고 내열성 절연피복을 할것
- 5) 가격이 저렴할것 등이 구비 되어야 한다.

실험용 전기온돌에 사용한 각종 발열체를 비교하면 다음 표-1과 같으며 온상선이 전기온돌용 발열체로서 가장 적합하나 국산화 되어 있지 않기 때문에 가격이 비싸고 구입이 곤란하다.

표 1. 각종 발열체의 특성 비교

구 분	특 성	비 고
에나멜동선	1. 내열성 및 내식성은 비교적 큼 2. 고유저항이 적고 온도계수가 크다 3. 절연내력은 비교적 크나 피복 손상우려가 있다.	에나멜선의 절연내력 3KV/0.1mm (불량)
아연도결선 (Vinyl Coating)	1. 내열성 및 내식성이 적다. 2. 연전성이 없다. 3. 내열성 절연피복이 되어있지 않다. (40°C에서 비닐코팅 용융)	(불량)
온 장 선 (日本製品)	1. 내열성 및 내식성이 크고 연전성이 풍부하다. 2. 내열성 절연피복으로 되어 있어 누전으로 인한 감전 우려가 없다	절연내력 은청수증 1.5~3KV 1분간 (양)

정회원 : 한전 전기시험소

참고 : 온상선의 재질

1) 금속선

구 분	화 학 성 분				인 장 kg/mm	신 율 (%)
	Cu (%)	Ni (%)	Mn (%)	Fe (%)		
100V 용			0.35	98.38	41.60	10
200V 용	88	9.88			46.0	10

2) 절연피복 시험(시절미비로 고무성분 분석은 못함)

일반전선용 절연피복과 내열성 비교

- ① PVC: 120°C 이상에서 사용 불가
- ② POLYETHYLENE: 90°C 이상에 사용 불가
- ③ 온상선 고무피복 : 200°C 에서 일시적 사용 가능.

나. 보안장치

전기온돌용 보안장치는 표 2와 같다.

표 2. 전기온돌용 보안장치

기기명	사 용 목 적	비 고
자동온도 조절기	1. 발열체와 동일위치에 매설 2. 온도과승 및 화재 방지	실정온도 45°C~60°C
전자 개폐기	자동온도 조절기가 동작했을 때 온돌 전원 차단	조작회로구성
과전류 차단기	단락사고 방지	나이후스윗치 및 과전류 차단 요소를 가진 누설전류차단기

다. 단열재

단열재료로는 암면 질석 석면판 석면분말 등이 있으나 전기온돌에서 하향열 방지용으로 내화성이 있고 열전도율이 낮은 질석이나 석면분말 등이 적합하다.

3. 실험용 전기온돌의 구조

가. 온돌방 구조(그림 1. 참조)

- 참고 : 1. 천정높이 : 2.147m
2. 천정사용자재 : 베니야판(3.0m/m)
 3. 벽재 : 6시멘트 블록(시멘트 몰탈 2.5cm)
 4. 문 : 베니야판(3.0m/m)

5. 창 : 나무틀에 유리

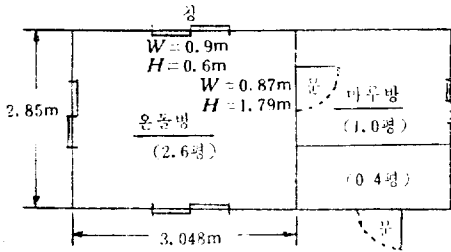


그림 1. 운동방 구조

나. 발열선 매설 단면도(그림 2. 참조)

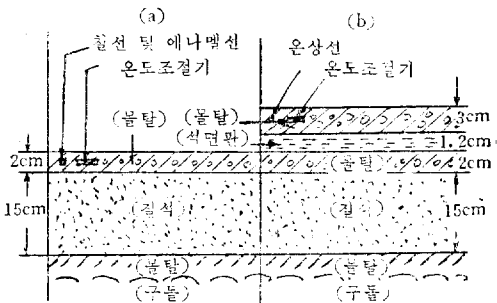


그림 2. 발열선 매설 단면도

다. 전원설비 및 발열선 배선방법

1) 전원설비(그림 3. 참조)

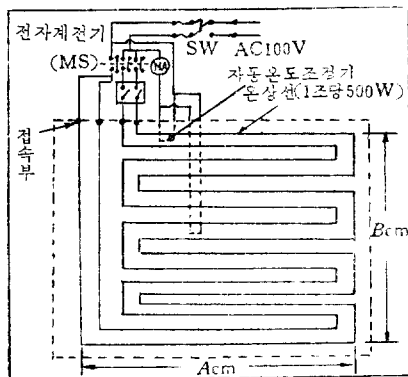


그림 3. 전원설비 및 발열선 배선도

2) 발열선을 균일하게 배선하기 위하여 다음식을 적용한다.

$$n = \frac{l-2B}{A}$$

n : 배선본수(본)

P : 배선간격(cm)

$$P = \frac{B}{n-1}$$

l : 발열선 길이(cm)

A : 배선되는 방바닥의 폭(cm)

B : " 방의 길이(cm)

4. 난방부하 산출방법(부록—참조)

난방의 경우에 건물의 열손실은 다음 두 경우가 통상 고려되고 있다.

1) 건물 벽 천정등에서 직접 전도에 의한 손실 열량 (Q_k)

2) 문 창 천정등의 개구부를 통한 환기손실 열량(Q_v) 이상 두 경우의 화가 전손실열량이 되고 이것과 공급열량이 평형을 유지할 때 즉 $Q_k + Q_v = Q_s$ 가 난방부하가 된다 그러나 전기 온돌에 있어서는 하향열손실도 고려하여야 한다.

참고

$$1. Q_k = FK(\theta_1 - \theta_2)$$

$$Q_v = 0.3v(\theta_1 - \theta_2)$$

단, F =구조체 면적(m^2)

K =열통과율($Kcal/m^2h^{\circ}C$)

V =단위 시간내의 환기량(m^3/h)

Q_1 =실내공기온도($^{\circ}C$)

Q_2 =실외 " ($^{\circ}C$)

실험용 전기온돌의 계산난방 부하는 다음표 3과같다

표 3. 난방부하

구 분	면적 (m^2)	열통과율 ($Kcal/m^2h^{\circ}C$)	의기온도와의 차에 따른 난방의부하($Kcal/h$)			
			$1^{\circ}C$	$5^{\circ}C$	$10^{\circ}C$	$20^{\circ}C$
외벽(1)	4.33	3.48	15.1	75.5	151.0	30
" (2)	7.71	2.59	20.0	100.0	200.0	400
내벽(1)	2.52	(2.59)	3.27	16.4	32.7	65.4
" (2)	3.53	(2.06)	3.64	18.2	36.4	72.8
천 정	8.57	(4.22)	18.1	90.5	181.0	362
창	1.62	5.0	8.1	40.5	81.0	162
문	1.55	1.0	1.55	7.5	15.5	31
소 계	29.83		69.76	348.6	997.6	1,395.2
환기손실	(1회 : $v=22, 3m^3/h$)		6.7	33.5	69.9	133.8
손실열량 ($Kcal/h$)			79.46	382.1	764.6	1,529.0
" ($Kcal/^{\circ}C \cdot day$)			1,830			
간헐부하 부가계수	(15%)		52	105		210
하향 열손	(10%)		38.2	76.5		153

총 계	(Kcal/h)		472.3	646	1,892
"	(KW)		0.55	1.1	2.2

5. 전기온도 시공방법 개요

- 1) 전원설비는 그림-3과 같이 자동온도 조절기의 동작에 의해 난방부하 공급회로를 자동차단 할 수 있는 전자계전기 (또는 누설전류차단기) 및 과전류 차단기를 설치한다.
- 2) 자동온도 조절기는 발열선과 동일위치에 2개내지 3개를 매설하고 동작온도 (45°C~60°C)를 설정해둔다.
- 3) 하향열 손실을 방지하기 위하여 구둘없이 지면위에 흙을 충진하고 단열재를 칸 다음에 발열선을 배선한다.
- 4) 발열선은 온상선이나 이와 동등 이상의것을 사용한다.
- 5) 발열선 상호간격 발열선과 조명재의 거리는 5cm 이상으로 함이좋다.
- 6) 발열선의 지지는 비닐테이프를 간격을 유지하고 절연스테인폴로 가볍게 지지한다.
- 7) 배선후 시멘트 몰탈은 발열선이 노출되지 않도록 1.0~3.0cm 정도로 한다.

6. 시험결과 검토

가. 난방부하 시험결과 검토

시험용 전기온도에서 난방 시험결과 표-4와 같은 시

험기록표를 얻었으며 이를 도시한것이 그림-4와 같다.

1) 평균 1.36KW(1,170Kcal/h)를 공급했을 경우 실내 온도는 서서히 상승하여 10시간만에 -1°C에서 9°C로 되어 실내의 온도차 11°C (주위온도-2°C)가 되고 방바닥 온도와 외기온도 차는 22°C가 되었다.

위와 같은 시험기록치로 보아 건물의 벽 천정등을 통한 열손실 (3Kcal/m²h°C)이 크다는 것을 알 수 있다

2) 따라서 건물의 열손실을 감소시킴으로서 방바닥 온도와 실내온도 차는 적어지고 반면에 실내의 온도는 크게 되어 난방부하를 감소시킬 수 있을 것이다.

3) 표-3의 계산 난방부하는 실내의 온도차 10°C일 때 946Kcal/h 이나 시험결과를 보면 실내온도는 외기온도의 변화에 따라 민감하지 못하며 평균 10°C 정도의 실내의 온도차를 유지하는데 1,170Kcal/h로서 계산치보다 약간(224Kcal)크다.

이는 아궁이와 굴뚝을 통하여 찬공기가 순환 되므로 하향열 손실이 다소 커진 것으로 본다.

4) 따라서 하향열 손실을 감소 시키려면 구들을 없애고 지면에 흙을 쌓고 (약 60cm 정도) 그위에 단열재로 단열감을 한 후 전기온도를 시설하여야 한다.

5) 보통온돌과 달리 방바닥 온도는 균일하다.

6) 사람의 잠자리온도(이불과 요를 깔고)는 정도가 적합하며 이때의 난방열량은 감소되므로 심야 전력의 사용량이 감소되고 주간전력의 사용량이 커진다.

7) 우리나라 주택의 경우 구조 및 사용자재의 다양

표 4. 난방부하 시험기록표

1971.1.7~8

구분 시/분	공급전력 (KWH)	온 도 측 정 (°C)						비 고
		실 외	실 내	방바닥	장판밑	질석(상)	질석(하)	
09 15	0	-3	-1	-1	-1	-1	-1	Sw on 평균1.36Kw
11 15	2.65	-1	1.5	3	6	3.5	-1	
13 15	5.20	1.5	3	7	10	7.2	-1	
15 15	7.65	1	4.5	12	13	10	0	
17 15	10	0	5.5	14	18	12	0	
19 15	12.75	-1	6.5	15	19	14	0	
23 15	18.4	-1	7.5	18	22	16.8	0	
0.3 15	24.7	-2	9	20	26	16.7	1.5	
0.7 15	31.2	-2	9	20	27	21.5	1.5	
0.9 15	34.05	-0.5	9	20	27	22.3	1.5	
11 15	36.25	0.5	9	19	27	21.5	1.5	
13 15	38.35	1.5	9.2	19	27	20.2	2	
15 15	41.10	1.5	9.2	19	27	22.3	3.5	
17 15	43.80	1.5	11	20.5	28	22.3	4.5	
19 15	46.25	1	11	20.5	28	22.3	4.5	
23 15	58.80	0	11	22	35	24.2	8.7	

성으로 보아 건물의 열손실을 표준화 할 수 없으므로 난방부하도 건물에 따라 달라진다. 따라서 건축자재의 표준화가 요청된다.

8) 난방부하 결정은

- (1) 건물의 열손실을 계산하고(Kcal/m²h°C)
- (2) 실내의 온도차(생활유지온도: 20°C 정도)를 결정한후에 하향열 손실(열효율)을 감안하여 결정한다.

그림 2의 b 경우임

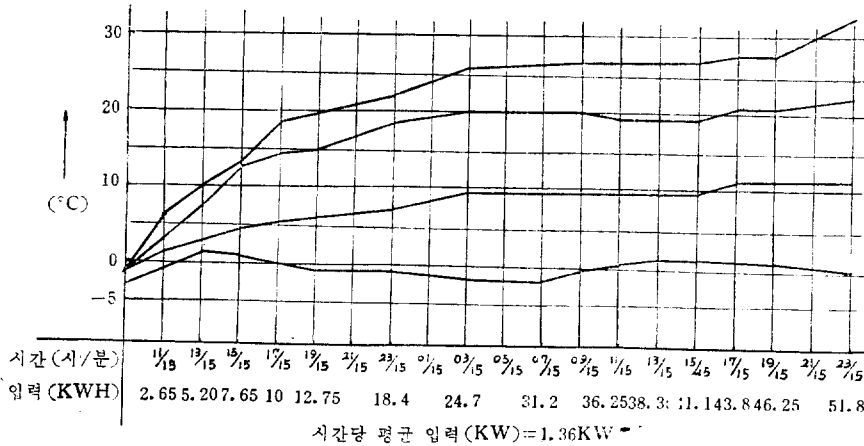


그림 4. 전기온풍의 공급시간에 대한 온도곡선

나. 난방온도 일수(°C-day)

난방온도 일수는 20°C 유지 생활을 기준하면 (20°C 의 기온도)×(day)를 말하며 각지방의 기온에 따라 난방온도 일수를 구하면 표-5와 같다. 표-5에서 보면

서울의 난방온도 일수는 3,561°C-day 이고 실험용 전기온풍의 손실열량은 1,830Kcal/°C-day) 이므로 실온 20°C 유지생활에 있어 연간 난방열량은 1,830Kcal/°C-day)×3,561(°C-day/year)=6.52×10⁶Kcal/year 이다 (단, 열효율 100% 일때임)

위의 경우 효율을 감안하여 전기온풍의 연료비와 연탄은돌방(실내 연탄 난로사용)의 연료비를 비교하면 표 6과 같다.

표 6. 연료비 비교

구분	전기	연탄	비고
요금	10원/KWH	10원/Mcal	연탄 1개 4.5kg
효율	90%	50%	4,500Kcal/kg
난방열량	7.25×10 ⁶ Kcal/year	13.05×10 ⁶ Kcal/year	연탄 약 650개
난방비	84,400원/year	13,050원/year	전기연탄=6.46

주. 1. 평균기온은 1936~1960년의 평균치임

2. 난방온도 일수는 20°C 유지 생활조건임

또한 실험용 전기온풍의 체적당 손실열량은

82.2Kcal/m³-day (=1,830Kcal/°C-day ÷ 22.3m³) 로

선진국의 25.2Kcal/m³C-day)의 약 3.26배가 되나 열효율을 감안 한다면 그 배수는 더 증가 될 것이다.

다. 전력 계량방법

1) TIME Sw 부 WHM(TYPEIR-55GE 제품)를 사용하여 심야전력과 주간전력을 구분하여 계량 할 수있

표 5. 난방온도일수

월	평균기온 (°C)			난방온도일수 (°C-day)		
	서울	부산	강릉	서울	부산	강릉
1	-4.9	1.8	-1.0	772	564	651
2	-1.9	3.5	0.3	613	462	552
3	3.6	7.3	4.7	509	394	475
4	10.5	12.5	11.5	285	225	255
5	16.3	16.7	16.7	115	102	102
6	20.8	19.8	19.7	—	6	9
7	24.5	23.7	23.5	—	—	—
8	25.4	25.4	24.3	—	—	—
9	20.3	21.6	19.7	—	—	9
10	13.4	16.6	14.4	198	105	174
11	6.3	11.1	8.8	412	267	336
12	-1.2	5.0	2.4	657	465	545
계 (°C-day/year)				3,561	2,590	3,118
평 균				3,096 °C-day		

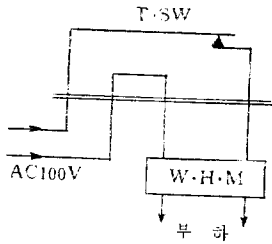
20°C 실온유지(효율 100%경우) 1,230(Kcal/°C-day)
 연간 난방열량 (Kcal/year) ×3,561(°C-day/year)
 =6.52×10⁶Kcal/year

다.

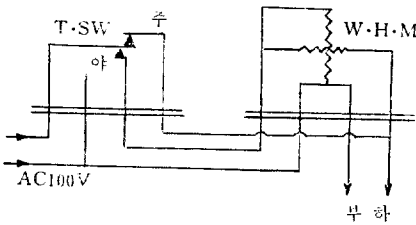
2) TIME Sw와 주간전력 절체 조작회로를 구성하여 심야 주간전력을 구분 계량한다.

3) 주간전력을 발열선을 별도로 배선한다.

4) TIME Sw가 주야간으로 절체 할수 있도록 이중점측단자를 구성하면 심야전력용 계량기(MAIN WHM)로 구분 계량 할 수 있다. 단, 일본제품 TIME Sw를 그림 5와 같이 개조하면 된다.



(a) 개조전



(b) 개조후

그림 5. Time Sw 결선도

7. 경제성 검토

가. 각종연료의 경제성 비교

표 7. 각종 연료의 경제성 비교

연료명	단위열량	단 가	원/Mcal	비 고
연 탄	4,500Kcal/kg	20원/개	1.0	구공탄값적용 (1개=4.5kg)
석 유	8,500Kcal/kg	18원/oil	2.12	
L.P.Gas	11,500kcal/kg	70원/kg-LPG	6.10	
전 기	860Kcal/KWH	10원/KWH	11.60	일반전력 값 요금
		5원/KWH	5.80	1/2요금
		10원/3/KWH	3.87	1/3요금
저질연탄	4,000Kcal/kg	20원/개	1.25	구공탄값적용 (1개=4kg)

나. 온돌방의 연료비 비교

실현용 전기온돌방을 기준하여 실온 20°C 유지생활에 있어 각종 연료에 대한 연간연료비를 비교하면 아래 표-8과 같다.

단, 효율 100%일때 연간 난방열량은 6.52×10^6 Kcal/year 이다.

(표 3 및 표 5 참조)

표 8. 온돌방의 연료비 비교

구 분		전 기	석 유	연 탄		
단 가 (원/Mcal)		11.60	5.80	2.12		1.0
열효율 (%)		90	90	50	30	50 30
난방열량(Kcal/year)		7.25×10^6	7.25×10^6	13.05×10^6	21.8×10^6	13.05×10^6 21.8×10^6
난방비(원/year)		84,400	42,200	27,700	46,200	13,050 21,800
연탄에 대한비교	효율50%	6.46	3.23	2.12	3.54	1 1.67
	// 30%	3.87	1.93	1.27	2.12	1
비 고		단가 10원/ KWH	단가 5원/ KWH	실내석유 난로사용		실내연탄 난로사용

8. 결 론

1) 전기온돌은 보안장치로서 자동온도 조절기, 전자개폐기 과전류 차단기 등을 구비하고 발열체로서 온상선을 사용하여 시공하면 보안상의 큰 문제는 없으며 악취 및 유해 GAS를 전혀 발생치 않고 사용이 편리하

다는 이점이 있는 반면 전기온돌용 자재가 국산화 되지 않아서 설비가 비싸고 동시에 난방비용도 연탄에 비해 비싸다는 결점이 있으므로 전기온돌용 자재 국산화 방안 및 전력요금 할인제 등이 검토되어야 한다.

2) 심야전력과 주간전력을 구분 계량하기 위해서는 별도로 계량설비를 구비하여야 되므로 설비가 복잡하

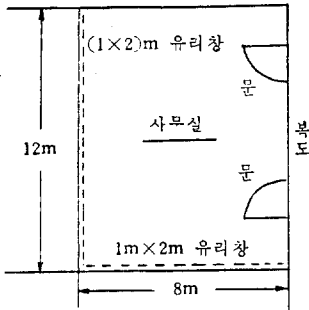
게 된다. 따라서 전열요금 할인제 등 요금제도의 개혁이 필요하다.

3) 우리나라는 취침시 이불과 요를 깔게 되므로 전기온돌의 경우 심야에 사용전력이 감소 되므로 심야전력 요금제도의 혜택이 적어진다. 따라서 축열 할 수 있는 축열기 및 전기온수기에 의한 온수난방도 고려되어야 한다.

부록 1. 난방부하 계산예(1)

그림과 같은 사무실(1층)의 손실열량

- 1) 실온 : 20°C 외기온도 : -1°C
- 2) 복도의 온도 $\frac{20 - (-1)}{2} = 10.5^\circ\text{C}$
- 3) 지하 및 2층은 난방되어 있다.



구조

- 외벽 { 타이루(10mm : 1.1Kcal/mh°C)물탈(15mm : 1.2Kcal/mh°C)
- 콘크리트(120mm : 1.4Kcal/mh°C)물탈(" ")
- 벽 { 플라스틱(3mm : 0.52Kcal/mh°C)

내벽 : 하드택크 양면 공기층(90mm)

창 : 일중창

문은 강판재료 됨

1) 외벽의 열통과율 : $K_1(\text{Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C})$ 은

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{30} + \frac{0.01}{1.1} + \frac{0.015}{1.2} + \frac{0.120}{1.4} + \frac{0.015}{1.2} + \frac{0.003}{0.52}} + \frac{1}{7.5} = 3.41 \text{Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

2) 내벽의 열통과율 : $K_2(\text{Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C})$ 는

$$K_2 = \frac{1}{\frac{1}{7.5} + \frac{0.005}{0.12} + 0.05 + \frac{4.005}{0.12} + \frac{1}{7.5}} = 250 \text{Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

3) 창의 열통과율 : $K_3 = \text{Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$

문의 " : $K_4 = 3.8 \text{Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$

환기회수 : $n = 1/h$

환기량 : $8 \times 12 \times 3 \times 1 = 288 \text{m}^3/h$

4) 손실열량(난방부하)

벽 계	방위	면적 (m ²)	열통과율 (Kcal/m ² h°C)	온도차 (°C)	방위별 부가계수	손실열량
외벽	서	8×3-6=18	3.41	21	1.1	1,418
"	남	12×3-12=24	3.41	21	1.0	1,718
창	서	1×2×3=6	5.5	21	1.1	762
"	남	1×2×6=12	5.5	21	1.0	1,386
내벽		12×3-3.6=32.4	2.5	10.5	1.0	851
문		0.9×2×2=3.6	3.8	10.5	1.0	143
(소 계)						6,279
간흡 난방부하 계수 : 15% → 6,279 × 0.15 = 942						942
환기 손실량 : 0.3 × 288(20+1) = 1,814						1,814
손실열량(난방부하)						(합 계) 9,035Kcal/h

부록 2. 전기온돌 자재 명세서
(2방의 경우임)

구분	품명	규격	수량
전기온돌 용 자재	발열체	100V 500W 40m~60m	2 조
	자동온도조절기	30°C~100°C	2 개
	전자개폐기	100V 15A	1 개
	질석	분말	40 포
	시멘트		6 포
	Knife ...	250V 20A	1 개
	전선 및 잡자재		1 식

계량장치	W.H.M	1φ 100V15A	1 대
	TIME Su	외 계	1 대
	전자개폐기	100V 15A	1 대