

철도 차량용 객실 전기 난방기의
다목적 활용에 대한연구

**A study on the versatility of railway vehicles.
saving electric heater**

안중곤 채진우
An jong-kon Chai jin woo

ABSTRACT

The Study of the Railway-saving electric water heaters to replace electric heaters when combined, Separate bathroom with hot water in winter, as coaches, without the need to warm up with hot water may be. To improve passenger service can tell. High-efficiency energy saving energy from furnace. Due to fuel cost savings and business improvements come true. Can prevent pollution. Heating the room next to railway vehicle utilization is expected to nopeulgeot. Is expected to expand gradually.

국문요약

본연구는 철도차량의 객실 전기 난방기를 절전형 온수겸용 전기난방기로 대체 하게되면 겨울철 객차내의 세면장 온수를 별도로 데울 필요 없이 온수를 사용 할수 있으며 승객의 서비스향상에 기할 수 있다. 에너지 고 효율화로 인한 에너지 절감 그리고 연료비용의 절감으로 인한 경영개선을 이룰수 있으며 또한 환경 오염을 방지할 수 있으므로 철도차량의 객실내 난방을 위하여 앞으로 활용도가 높을것으로 전망되며 점차 확대될 것으로 예상된다.

* 책임저자 정회원 안중곤 서울메트로 인재개발원
E-mail 332350@hanmail.net
HP : 010-2088-6643 Tel : 02 6110-8131 Fax : 02 6110-8009

** 정회원 채진우 서울메트로 인재개발원
E-mail happy1659@hanmail.net
HP : 019-267-8865 Tel : 02 6110-8131 Fax : 02 6110-8009

I. 서론

우리나라는 에너지 다소비국으로 에너지의 약97%를 수입에 의존하고 있는 실정이며 세계 에너지 자원동향과 대외적인 변화와 전망에 직접적인 영향을 받는다. 따라서 에너지 절감대책이 매우 시급한 실정이다.

1928년 2등 침대차에 증기난방을 사용하기 시작한 것을 시점으로 기관차나 난방차로부터 경유 등을 연소시켜 그 열로 물을 끓이고, 여기서 증기를 발생시켜 객차에 난방장치를 사용하여 객차 난방을 해결하였으며 현재는 전기난방으로 증가 추세에 있다.

그러나 승객들의 생활수준이 증가함에 따라 냉난방의 수준을 넘어 공기조화 시스템에서의 요구가 증가하고 있다 즉 객실내 온도뿐 아니라 적정 습도도 요구하고 있는 상태이며 또한 세면장의 냉온수, 수세식 화장실등의 보급이 고급화 되고 있는 실정이다 그러므로 철도차량의 객실 전기 난방기를 절전형 온수겸용 전기난방기로 대체 하게되면 겨울철 객차내의 세면장 온수를 별도로 데울 필요 없이 온수를 사용 할수 있으며 승객의 서비스향상에 기할 수 있다.에너지 고 효율화로 인한 에너지 절감 그리고 연료비용의 절감으로 인한 경영개선을 이룰수 있으며 또한 환경 오염을 방지할 수 있으므로 철도차량의 객실내 난방을 위하여 앞으로 활용도가 높을것으로 전망되며 점차 확대될 것으로 예상된다.

II.철도차량의 난방시스템

1.객차난방의 변천

객차 난방장치는 개별 난방으로 전기, 석탄 또는 경유를 연료로하여 열의 발생기를 설치하여 열의 대류 및 복사에 의해 난방 하는 방법.이며 초기에는그림1과 같이 객차 안에 난로를 설치하고 조개탄을 연료로 사용하였으나 **증기 기관차**는 동력용으로 발생시킨 증기를 공급받음으로서 해결할 수 있었으며, 디젤, 전기기관차에서는 직접 증기 발생기를 탑재하여 객차에 난방을 하였으며 장점으로, 열차 편성장을 줄일 수 있고, 기관차의 공간 여유를 효율적으로 활용할 수 있으나, 난방이 불필요한 경우에도 이를 제거할 수 없는 단점이있다 별도의 난방차량을 연결할 경우, 충분한 크기를 갖추어 장대열차에 증기 공급을 할 수 있으며, 계절에 따라 제거할 수 있는 장점과, 조작에 추가 인원을 소요하고, 편성장이 늘어나는 단점이 생긴다. 비록 차량 편성장이 길어지는 단점이 있었지만, 혹한이 많은 기후 하에서 충분한 용량의 증기를 공급할 수 있고 계절적 필요에 따라 분리할 수 있는 **난방차**연결을 선호한 것으로 보인다. 현재에는 전기차의 주회로 전원에서 직접, 또는 보조 전원 장치를 거쳐서 급전되는 전기 난방기를 사용하고 있는 차량이 많다. 기동차에서는 엔진의 냉각수를 이용한 것도 있다.차내의 heater는 일반적으로 좌석 아래에 설치하여, 자연대류로 방열하고 있다.

난방전원은 전차선 전원에서 직접, 또는 주변압기의 3차 권선을 거쳐거나, 또는 전동 발전기나 정지형 inverter를 거쳐서 전원으로 하고 있다. 고정 편성의 객차에서는 엔진 발전기를 냉난방의 전원으로 하고 있다. 난방 전원은 직류에서도 교류에서도 자유롭고, 직류 1500V라면 직렬접속으로 대응하고 있다.

2.석면 문제점

여객열차(새마을, 무궁화호) 객차내의 난방장치 등에서 석면이 검출되었다 그림2에서. 석면이 검출된 곳은 객실 내부의 난방 장치로, 객실 의자 하단부에 설치돼 있어**난방기**의 열을 받으면서 딱딱하게 변성이 되고, 열차의 **진동**과 승객의 물품에 의해 부딪히면서 **부스러져**, 난방기 커버 구멍으로 석면이 비산될 위험이 있으며 , **히터**에서 발생하는 상승 기류에 의해 석면 가루가 비산돼 열차를 이용하는 승객에게 석면에 **건강상**의 피해가 발생할 수 있다”



그림1 객차 난방용 난로



그림2 난방기 석면 검출

3. 철도차량 난방기

철도차량에 사용되고있는 전기 난방기의 차량별 사용용도와 전압 및 전력을 살펴보면 도표1과 같다

도표1 차량별 전기 난방기

차 량	품명 및 용도	히터 외경 mm	전압,전력
객차용	객실용 난방기	SUS 304 φ 19	220v/0.6kw
	세면장 난방기	SUS 304 φ 19	220v/0.6kw
	동파 방지용 히터	SUS 304 φ 12.7	440v/0.3kw
	온수기 히터(20ℓ)	SUS 304 φ 9	440v/2kw
	온수기 히터(40ℓ)	SUS 304 φ 12.7	440v/4kw
	전기레인지 히터	SUS 304 φ 11	440v/2kw
	케이블 히터	2 meter	110v/25,45,50w
	케이블 히터	4 meter	110v/80w
	자켓 히터	AD7	110v/140w
전동차용	객실 난방기	SUS 304 φ 19	220v/1kw
	우전실 난방기	SUS 304 φ 14	220v/750w
	제상용 히터	-----	110v/400w
	자켓 히터	-----	110v/30w
	저항기	※ 600v/400Ω	※ 1500v/60Ω
전기기관차용	운전실 난방기	SUS 304 φ 11	440v/500w
	운전실 난방기	판 히터	440v/1kw
	운전실 난방기	SUS 304 φ 14	110v/600w
	투입 히터	SUS 304 φ 14	220v/115w
PCG	객실 난방기	SUS 304 φ 14	220v/600w
	운전실 난방기	SUS 304 φ 14	220v/450w

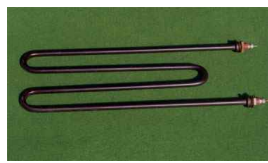


그림3 철도차량용 전기 난방기

Ⅲ. 히트파이프 난방장치

1. 혼용 온수공급 방식 (축열식과 순간식)

그림4에서 난방과 온수겸용으로 특히 짧은 시간에 다량의 온수가 필요한 사용처에 가장 적합하다. 소형의 고온 발생부는 2 Line으로 구성되어 필요에 따라서 축열조의 가온이나 난방용 순환수나 혼용으로 사용할 수 있으며 또한 단일용으로도 사용이 가능하며 사용목적에 따라 편리하고 경제적으로 활용할 수 있다. 축열순간식 고온발생부의 축열조의 저온수를 고온 발생부와 계속되는 순환가열로 인하여 빠른 시간안에 가열이 가능하여 유효가열 시간을 단축시키며 원하는 온도의 온수를 지속적으로 공급받을수 있으며 불필요한 에너지 낭비가 없어 연료비를 절감하며 열효율을 극대화시킬수 있다. 그러므로 그림5에서와 같이 여러분야에 적용 가능하다

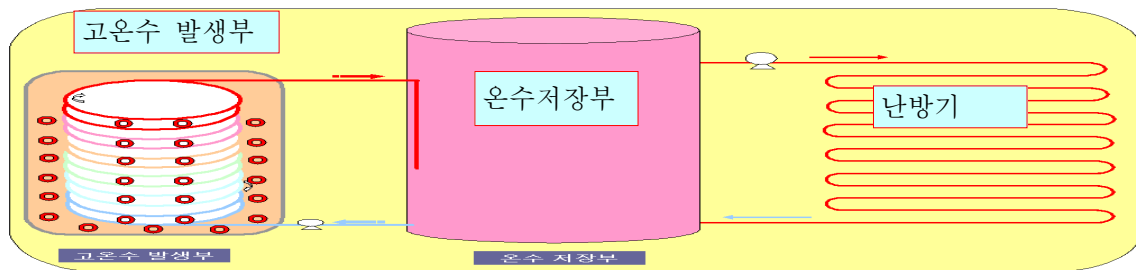


그림4 난방 및 온수 겸용방식

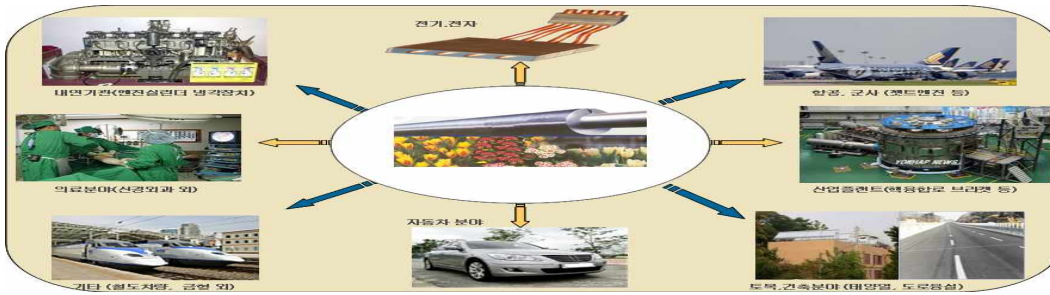


그림5 히트펌프 응용분야

1.구조

그림6.7에 히트 파이프의 난방기 및 구조를 보여 주고있다

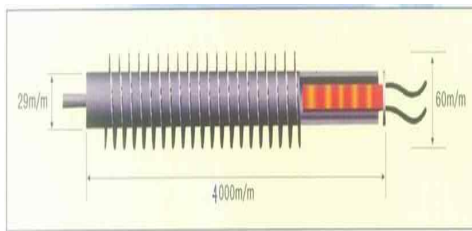


그림6 히트파이프 난방기

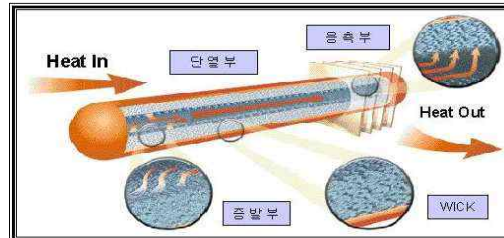


그림7 히트파이프 난방기 구조

2. 재질

◆ PIPE : Aluminum 일체형. 및 스테인레스스틸/ 알루미늄 방열핀형. (표준용량500W)

1. Aluminum 일체형 : 400W ~ 600W (설치상황에 맞는 용량으로 설정가능)
2. 스테인레스 스틸/ 알루미늄 방열핀형 : 600W ~ 700W (설치현장에 따라 설정)

◆ PIPE 내부 : 특수 제조된 용매 및 최적의 진공상태.

◆ 방열량 (1m 기준)

$$Q = 11.60 \text{ Kcal/m}^2 \text{ hr } ^\circ\text{C} * 0.954\text{m}^2 * (80 - 20)^\circ\text{C} = 664 \text{ Kcal/hr}$$

3.원리

히트파이프의 원리를 살펴보면 그림8에서 증발부를 통해 열에너지를 받아들이면 작동유체가 증발하여 액체에서 기체로 바뀌며 단열부를 거쳐 응축부로 유입되어 액화된다. 액화된 작동유체는 WICK을 통해 다시 증발부로 가게 되고 이러한 일련의 사이클로 상변화를 일으켜 에너지가 이동하게 되는 것을 이용한 원리다

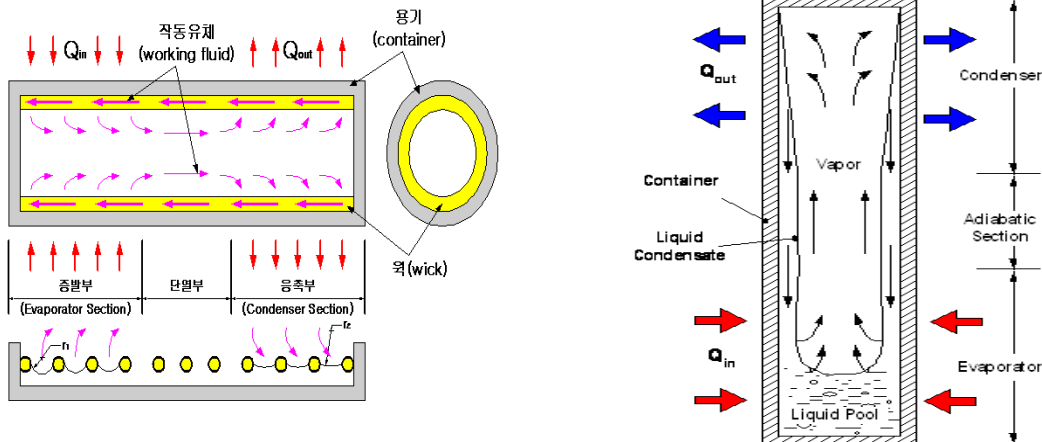


그림8 히트펌프원리

4. 열 전도도

재료별로 열 전도도를 살펴보면 도표와 같이 타재료보다 히트 파이프의 열 전도도가 높아 열전달이 양호하다

도표2. 열전도도 비교

재 료	열 전도도
물 (Water)	0.5
스테인레스	14
납 (Pb)	30
철 (Fe)	45
주석 (Sn)	55
황 동	85
아연 (Zn)	95
알루미늄 (Al)	175
구리 (Cu)	320
은 (Ag)	360
히트 파이프System	50,000 ~ 500,000

IV 실험 및 고찰

1. 히트 파이프의 성능시험

일반전기히터와 콘돌 히트파이프시간에 따른 온도변화 시험측정하여 겨울철 건축물의 난방, 또는 운송수단 난방(철도차량, 버스) 열원의 에너지 절감에 따른 난방효과와 난방비절감 및 탄소배출량 절감을 알아보고 원적외선 방사유무 시험을 하였다.

- 1) 시험장소 : 실험실내 <밀폐용기: 500(D) * 500(L) * 500(H)mm>외부온도14.5도
- 2) 전기히터 :형상 : 카트리지 히터 규격 : 11Φ *160mm 용량 : 220 V * 1.15A
- 3) 히트파이프 :알루미늄 나노카본 코팅 방열핀형 규격 : 25Φ * 700mm(방열핀 제외)
- 4) 시험방법.

전기히터와 히팅파이프를 밀폐공간에 넣어서 자연대류에 의한 시간에 따른 온도변화를 측정하였으며 원적외선 방사여부는 PET 시트판(일명 면상발열판)으로 대체 시험.

5). 결과 및 고찰

자연대류 밀폐공간에서 시간에 따른 온도변화를 측정한 결과 도표3 및 그림9에서와 같이 일반적인 전열히터는 초기의 승온속도는 빠르나 최고 정점온도는 현저하게 낮은 온도(63.1도)를 보이며 열량 $Q = C M (T_2 - T_1)$ 에 의거 0.875 Kcal/hr을 보이며 히팅파이프는 최고 정점온도가 78.9도로서 초기의 출발은 느리나 27분 경과 후 일반 전열히터를 추월하는 것으로 측정되며 열량이 1.181 Kcal/hr로서 전열히터 대비 에너지 절감율이 25.9%로 공간 난방능력이 월등히 우수한 것으로 시험 결과를 얻을 수 있었다.

도표3 전기히터와 히팅파이프 시간에 따른 실내공간 온도 측정

일반히터	시간(분)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
	온도	14.5	22.5	34.8	43.3	49.3	52.8	55.3	57.2	58.6	59.6	60.4	60.9	61.4
(주)콘돌 히트파이프	시간(분)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
	온도	14.5	18.4	25.6	35.1	43.5	51.2	57.7	63.5	67	70.8	72.7	74.1	75.4

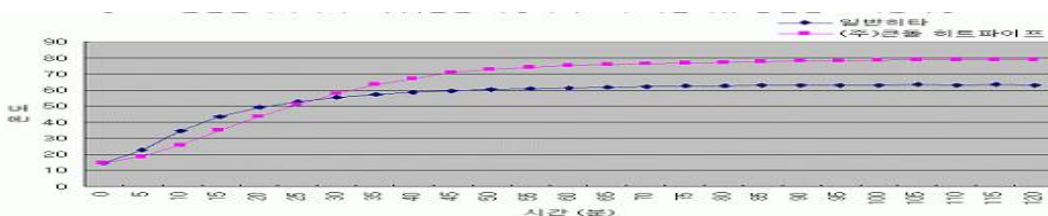


그림9 일반전기히터와 히팅파이프 자연대류 공간온도 시험측정

또한 CNT(Carbon nano tube)를 히팅파이프에 코팅처리를 하여 동체품을 사용한 PET Film(일명 면상발열체)에 도포 시험한 원적외선이 방사되는 것으로 판단되며 그로 인한 동 식물 세포조직의 미세 활성화로 인하여 생육의 활성화와 공기의 청정 및 살균과 속면효과와 온열효과로 난방비의 절감효과를 기대할 수 있다.(Jeong 등 2009, J. Bio-Env. Cont.18(1)1-8)

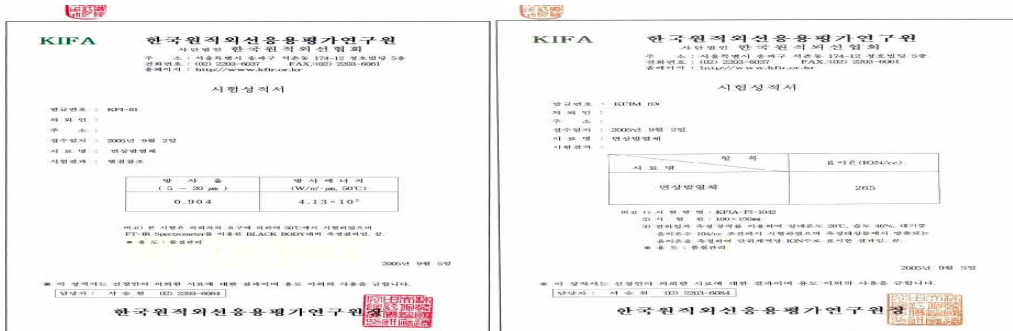


그림10 원적외선 및 음이온 방사 시험성적서

발전원별 이산화탄소 배출량을 살펴보면 도표4에서 동일 전기에너지 사용시 대비 절감율이 25.9%로 화석연료의 고갈로 인하여 날로 악화 되어가는 고유가와 지구환경보존의 주범인 CO2배출감량에 획기적인 에너지 고효율 전기 난방기이며 에너지 절감효과가 기존의 전열히타 보다 에너지 절감율이 25.9%로 전기의 생산에 필요한 화석연료의 절감으로 인하여 국제 기후협약(교토의정서)으로 진행되어 국가별 탄소배출 감량에 크게 기여할 것으로 판단된다.

도표4. 발전원별 이산화탄소 배출량 (단위: g-CO2eq / kWh)

석탄	석유	LNG	태양광	바이오	수력	풍력	원자력
991	782	549	57	70	8	14	10

V. 철도차량 적용 및 분석

정적 열량계산 ***

1)객실내부 체적 = 19.5m X 3.27m x 2.030m = 129.40m³

2)객실 내부를 0도에서 22도까지 승온시 필요한 열량 ?

$$Q = CM(T_2 - T_1) = 0.24\text{kcal/kg} \cdot \text{°C} \times (1.2\text{kg/m}^3 \times 129.4\text{m}^3) \times 22\text{°C} = 819.9 \text{ kcal}$$

Q : 열량 (kcal)

C : 공기 정압비열 (kcal/ kg °C)

M : 공기중량 (Kg)

T₂ , T₁ : 온도차

3) 일반히터로 승온시 필요한 전력량 ?

전기 1kW = 860kcal

기존 전력량이 7,700W 라면 총 발열량은 = 860kcal/kW x 7.7kW/hr = 6,622kcal/hr

6,622kcal/60분 = 110.4kcal/분 의 열량이 방열될 때

객실 내부를 0도에서 22도까지 승온시 소요되는 시간은 ?

819.9 kcal / 110.4 kcal/분 = 7.43분 소요됨.

4)에너지트 사용시 필요한 전력량 ?

실험결과 일반히터 방열량 대비 35.8%의 높은 방열량으로 인하여 기존 소비전력대비 35.8%의 전력을 줄일 수 있는 것으로 판단

에너지트 1kW의 방열량 = 1,168kcal

6,622kcal/1,168kcal = 5.67kW가 소요됨

5) 비교표

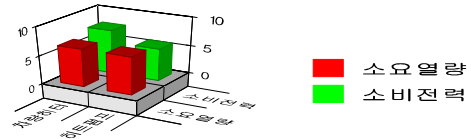
- ※ 1. 승온시간은 7.43분으로 일정유지. 방열손실 무시함.
- 2. 열량단위 : kcal
- 3. 소비전력 단위 : kW
- 4. ΔT : 온도차

도표 소요열량소비전력

구 분	0℃~22℃ (ΔT: 22℃)		-5℃~22℃ (ΔT: 27℃)		-10℃~22℃ (ΔT: 32℃)		-15℃~22℃ (ΔT: 37℃)	
	소요열량	소비전력	소요열량	소비전력	소요열량	소비전력	소요열량	소비전력
차량히터	6.622	7.70	8,127	9.45	9.632	11.20	11.137	12.95
히트펌프	6.622	5.67	8,127	6.96	9.632	8.25	11.137	9.54

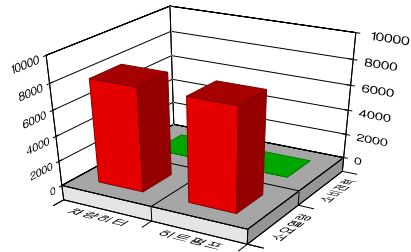
0℃~22℃ (ΔT: 22℃)

구 분	소요열량	소비전력
차량히터	6.622	7.70
히트펌프	6.622	5.67



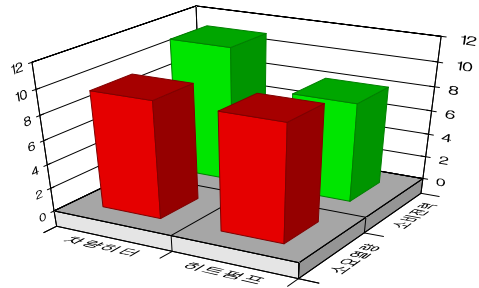
-5℃~22℃ (ΔT: 27℃)

구 분	소요열량	소비전력
차량히터	8,127	9.45
히트펌프	8,127	6.96



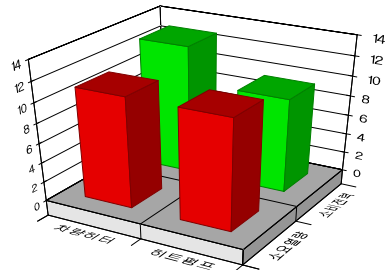
-10℃~22℃ (ΔT: 32℃)

구 분	소요열량	소비전력
차량히터	9.632	11.20
히트펌프	9.632	8.25



-15℃~22℃ (ΔT: 37℃)

구 분	소요열량	소비전력
차량히터	11.137	12.95
히트펌프	11.137	9.54



VI 결론

철도차량 열원의 에너지 절감에 따른 난방효과와 난방비절감 및 탄소배출량 절감하여 에너지 고효율화로 인한 에너지 절감형 히트 파이프 난방기를 보급함으로써 다가오는 화석연료의 고갈과 고유가 시대에 대비하며 에너지 절감기기 사용으로 일반적으로 방열량 대비 35.8%의 높은 방열량으로 인하여 기존 소비전력대비 35.8%의 전력을 줄일 수 있는 것으로 판단 에너지를 절약 할수 있으며 친환경 녹색 성장의 선진화 시스템으로 연료비용의 절감으로 인한 환경개선과 경영개선에 이바지할 수 있다 또한 객차내에서 승객이 사용하는 세면장의 급수를 고온발생부 가열식으로 관수량 50 ~ 2,700 ℓ의 축열조에 약 50~200 ℓ의 특수 개발된 소형의 고온 발생부를 삽입 또는 격리로 이루어진 급속 가열방식으로 다량의 저온수를 빠른 시간에 고온으로 가온하여 급탕수와 난방수를 공급하는 유효가열 시간을 단축시키며 원하는 온도의 온수를 지속적으로 공급받을 수 있으며 불필요한 에너지 낭비가 없어 연료비를 절감하며 열효율을 극대화하여 기존의 온수 배관 시설을 활용한 연결 시공이 간편하고 편리하다.

참고 문헌

1. 서울메트로 전동차 정비지침서
2. 스카이엠케이 (KDH Series)
3. 원적외선 및 음이온 방사 시험성적서 원적외선 방사선협회
4. 히트펌프식 냉난방장치의 철도차량 적용에 관한 연구
권태균(Kweon Tae-Kyun) · 송영정(Song Young-Jeong) · 정광무(Jeong Gwang-Moo)
한국철도학회, 한국철도학회 학술발표대회논문집 한국철도학회 2008년도 추계학술대회논문집, 2008. 11, pp. 1689 ~ 1696 (8pages)
5. 창원공장 난방 및 환기설비공사 설계 및 시공 사례
임정빈 대한설비공학회, 설비저널제31권 제6호, 2002. 6, pp. 40 ~ 48 (9pages)
6. 철도차량 냉방 및 난방장치의 환경성능 시험방안 연구
조영민(Cho Youngmin) · 이준석(Lee Jun-Seok) · 박덕신(Park Duck-Shin) · 권순박(Kwon Soon-Bark) · 정우성(Jung Woo-Sung)
7. 한국철도학회, 한국철도학회 학술발표대회논문집
한국철도학회 2009년도 춘계학술대회논문집, 2009. 5, pp. 223 ~ 228 (6pages)