

전동차 출입문에 에어커튼 설치시 객실 온도 변화 연구  
The Study on the Effect of Passenger Coach temperature  
When Aircurtains Installed At Electrical Rolling Stock  
At Entrance Door

안 종 곤<sup>1</sup>

김 철 호<sup>2</sup>

박 덕 신<sup>3</sup>

Jong-Kon Ahn (Supervisor : Chul-Ho Kim ) duk-sin park

Seoul National University of Technology

Abstract

The effect of airconditioning and heating system when aircurtains installed in subway electrical rolling stock at entrance door. It blocks cold/hot air of outside. It is good for health with its blocking effect against dusts exhaust fumes, odor bugs and smoke from outside. It always maintains clean and pleasant atmosphere inside. It helps you to have health with its ever-equal temperature distribution at inside. It saves lots of maintenance cost for heating/cooling (about 86%) since it cuts the loss of hot air under heating as well as of cold air under air-conditioning. Customers can feel pleasant go in and out (better than before) with the door. It is an indispensable product for the employers to cut the cost. It makes customers feel pleasant near doors, since it isn't influenced by temperature difference of cold/hot air when the door opens/closes. In electrical rolling stock passenger temperature is a lot different from that the door opens/closes. One of the main aims is to create an acceptable thermal environment without draught problem. Temperature, gradients when aircurtains installed in subway electrical rolling stock at entrance door have been studied. And the temperature measured at 0.1, 0.5, 1.3, 1.7m above the floor. It has been found that temperature, with large fluctuations caused more draught influence.

요약

전동차 출입문에 에어 커튼을 설치시 객실의 냉난방 효과에는 외부의 찬공기나 더운 공기를 차단하고 외부로 부터의 먼지, 배기가스, 냄새, 연기 등의 침입을 방지 함으로 위생에 좋으며 항상 쾌적하고 깨끗한 실내를 유지하며. 객실내의 온도 분포가 균일 함으로써 건강에도 도움이 된다 냉방시의 냉기 난방시의 온기, 손실을 줄여 냉·난방 유지비를 대폭 절감 할수 있으며. (약 86%) 설치 전보다 승객의 출입에 쾌적함을 주며 경영주에게는 경비 절감을 위한 필수품이 되며 예산 절감에 효과가 있다. 출입문 부근의 승객에게도 출입문의 개폐시 냉온의 온도 변동이 없어 승객에게 쾌적감을 느끼게 하며. 객실 온도는 출입문을 열거나 닫을때 온도 차이가 있다. 연구의 주목적은 외풍 문제에 관계없는 만족스러운 열환경 상태를 유지하는데있으며 전동차 출입문에 에어 커튼을 설치했을때 온도의 변화도를 연구 하였다 그리고 온도는 객실 바닥에서 0.1 0.5 1.3 1.7m 높이에서 측정 하였으며 온도 변화의 원인은 외풍에 더 많은 영향을 받는다는 것을 발견 하였다

- 
1. 서울 산업대학교 철도 전문대학원 석사과정 학생회원
  2. 서울 산업대학교 교수
  3. 철도 기술연구원 선임 연구원

## 제 1 장 : 서 론

전동차의 경우 승객의 안전을 위해 객실창문 의 개폐가 불가능 하며 객실은 전체가 밀폐되어 자연 환기가 아닌 기계 환기로 공기의 질을 조절해야 하며 조명 및 인체 에서 발생하는 대량의 열을 한정된 공간에 설치된 공조 설비로 처리해야 한다 .특히 출퇴근 시간에는 고속으로 신선한 공기를 차내로 공급해야 하므로 인간이 느끼는 불쾌감은 온도 습도 풍속 등의 환경에 의해 영향을 받는다.이런 의미에서 지하철 전동차의 출입문 개폐시 실내로의 열출입이나 발열은 항상 실내온도 변동의 원인이 되므로, 실내의 온도를 승객들이 희망하는 상태로 유지하고자 하며 철도청 및 지하철에서 운용중인 객차 및 전동차의 공조 장치는 대부분 천장 취출형이며 난방장치는 바닥 취출형으로 되어있다.운행측면에서 고찰하면 철도청에서 운용중인 객차는 지상을 운행하며 역간 거리가 멀기 때문에 실내온도 유지 및 외부로부터 먼지 냄새등의 유입이 적으나 지하철에서 운행하는 전동차는 지하를 운행하며 차량과 차량 사이를 밀폐하여 차량 사이의 안전한 왕래 및 창문의 밀폐를 통하여 냉난방 효율을 높이고 있으며 역간 거리가 짧고 출입문이 많아서 량당 출입문 4개 개방시 실내 실외 공기의 접촉 및 유동 현상이 크게 발생하게 되므로 일정한 실내 온도 유지가 어렵고 지하내에서의 탁한 공기와 냄새등의 유입이 많아 승객들에게 불편을 주게 되어 승객들에게 만족스러운 서비스 향상을 기하기 어렵다 (열보호, 냉기보호, 방진,방습, 방충, 방취 등) 출입문 상부에 에어커튼을 설치 사용하여 객실내 오염 공기 유입 방지로 승객의 건강상태, 열 차단으로 인하여 에너지 절감 및 차량 제작시 도움이 될것으로 판단된다

### 제2장 이론적 고찰

#### 2-1 에어 커튼의 용도

1).사람의 왕래가 빈번한곳 2).공기의 오염으로부터 격리가 필요한곳 3).온도 변화가 적은곳 4).냄새 악취등이 심한곳

#### 2-2 에어커튼 토출 기류의 성질

##### 1.풍속

에어커튼의 토출구 에서 토출되는 공기기류는 거리가 멀어 질수록 풍속이 감소되고 최후에는 소멸 된다 그 과정에서 토출구로부터 비교적 거리가 가까운 부분 즉 토출구 폭의 4-5배 되는 구간을 제1역 (Potential Core)라 하고 이부분에서는 풍속이 거의 일정하다

제2역 (Second Mixing Phase) 은 난류가 점차 원형의 형태로 변화되는 부분으로 토출구폭의 약 8배 정도의 구간이다

제3역(Third Mixing Phase) 은 난류가 완전히 전파되어 주위 에서 일어나는 2차 기류를 흡수하여 풍량이 최대가 되고 풍속이 감소 된다

##### 2 풍량

토출 기류는 전파 되면서 주위의 정지 공기를 흡수(2차기류) 하여 풍량이 최대가 된다 이 비율을 (Entrainment Ratio. ER)이라 한다

$$ER = \frac{Q_x}{Q_0} \approx 1 + 0.038 x \text{ -----(1)}$$

$$\left( x = \frac{X}{\frac{b}{2}} < 30 \text{ 일때} \right)$$

$Q_0$  = 토출 풍량( $m^3/min$ )     $Q_x$  = 토출구부터 거리  $X$ 의 위치에 대한 풍량(  $m^3/min$ )

$X$  = 토출구부터 거리(m)     $b$ = 토출구 폭 (m)

### 3.측풍

출입구에 부착된 간이 에어커튼은 외기에 의하여 생기는 측풍을 받게된다  
 강한 측풍에 대하여 강한 에어커튼이 요구가 되나 토출 풍속을 크게하면  
 출입시 불편감을 주게된다 최대 측풍치는 다음식으로 구해진다

1)측풍 풍속

$$V_{\max} = \sqrt{\frac{Q_0 V_0}{0.8}} \text{-----}(1)$$

$V_{\max}$  = 최대치 풍속(m/s)

2) 토출 각도

에어 커튼은 측풍 또는 온도 차이에서 압력차를 받으면서 토출기류는 힘을 받게 된다  
 이때의 곡률 반경식은 다음과 같다

$$R = \frac{1}{8} b v^2 / P_s \text{-----}(1)$$

$R$  = 곡선반경 (m)       $P_s$  = 측압차 (mm/Aq)

$$\theta = \sin^{-1} \frac{H}{2R} \text{-----}(2)$$

$\theta$  : 토출각도     $H$  : 출입문 높이 (m)     $R$  = 곡선반경 (m)

토출 각도를 측풍의 크기에 따라 적절히 조정하면 토출구 에서 바닥면 으로 휘어 도달 된다 즉  
 측풍이 크면 토출 각도도 크게 되나 일반적으로 10 ~ 20° 사이에서 많이 사용 한다

3).측풍의 차단

출입문 높이 2.2m 출입문 폭:1m V:1.5m/s 일 경우 이곳에 에어커튼을 설치하여 외 기류를 차단  
 하였을때

0.에어 커튼 미설치 시 외기 유입 풍량 ; 2.2\*1\*1.5\*60=200 (  $m^3/min$  )-----(1)

0.토출 풍량 :43 (  $m^3/min$  )      ER =3.7

0.바닥면 풍량 :160 (  $m^3/min$  )

0.외기에 의한 2차 기류: 59 (  $m^3/min$  )

0.실내 공기에 의한 2차 기류 : 59 (  $m^3/min$  )

0.바닥면 에서 침입한 풍량 : 110 (  $m^3/min$  ) 일때

0.즉 외기의 침입량 : 102\*0.7= 70 (  $m^3/min$  ) -----(2)

0.외기 차단량 : 200-70= 130 (  $m^3/min$  ) -----(3)

0.외기차단 비율 :130/200=0.65 즉 65%의 차단 효과가 있다

## 제3장 실험적 고찰

1.측정 방법

.열 환경 기준 ISO 7730 에서는 앉은 상태에서 발목(바닥위 10cm)과 머리(바닥위 110cm)의 차이  
 를 온도 3°C 이내로 유지 할 것을 추천하고 있으며, ANSI / ASHRAE 55-1992 에서는 서있는  
 상태에서 발목(바닥위 10cm)과 머리(바닥위 170cm )의 온도 차이를 3°C 이내로 유지 할 것을  
 추천하고 있다,

온열환경 수직 측정 위치를 바닥 표면에서 0.1, 0.6, 1.1, 1.7 m 높이로 할 것을 권하고 있으며

여기서 0.1m 는 발목, 0.6m 는 착석시 인체의 중심 ,1.1m 는 착석시 인체의 머리, 1.7m 는 서 있을때 인체의 머리 높이 이다.

전동차 객실 내에서 온도는 바닥으로부터 높아질수록 상승 한다 온도 구배 가 크면 온기 불쾌감 은 머리위에서 발생하고 냉기 불쾌감은 발 부분에서 생긴다

본 연구에서는 앉은 상태에서 발목 0.1m 무릎 0.5m 머리부분 1.3m 서있을때 머리부분 1.7m 로 구분 하여 측정 하였으며

#### 제4장 모델링

그림1에 전동차의 진행 방향을 기준으로 하여 좌측을 L, 우측을 R 로 하였다.객실 길이 방향의 측정 지점은 출입문을 open 한후 중앙을 기준으로 중앙 1개 지점 전 후로 0.5m,지점 2개소 1m 지점 2개소로 하여 폭 방향 중 5개 지점과,객실 폭 방향 분포지점은 진행 방향을 기준으로 R측 출입문에서 L측 객실 내부방향 으로 0.4m 0.6m,1.2m 1.6m 4개 지점을 기준으로 5\*4=20개 지점 씩 하였으며 그림2에서 높이 방향으로 0.1m, 0.5m, 1.3m,1.7m 4개 지점으로 하여, 20\*4=80 개 지점으로 하였다

창문이 많은 실내 공간은 복사열 및 공기의 이동에 의해 온도 분포에 많은 영향을 받으므로 전동차 내부의 온도 측정은 햇볕이 차단된 상태의 차고에서 차고의 출입문을 닫은 상태에서 표4의 측정 장비로 그림7,그림8에 Thermocouple 16개를 전동차 객실 설치 위치점을 계속 이동하면서 1 개 지점에서 최소 5분간 측정하여 측정값을 평균 하였으며 전동차 내부의 온도를 고르게 분포 하기위해 측정 시작 30분전에 냉방 및 환기 시스템을 정상적 운행상태로 가동 하여 객실내 온도를 평균 12 ℃ 로 분포 되도록 하고 표1에, 출입문을 5분간 open 하고 위기 온도 율입후 객실 온도를 측정하고 출입문을 close 한 다음 실내 온도를 정상화한후 표2에,에어 커튼을 설치 가동하여 출입문을 4분간 open 하고 객실 온도 측정값을 나타내었다

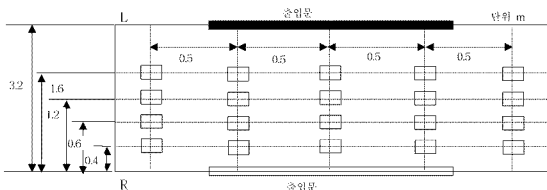


그림 1

객실내 측정 위치 평면도

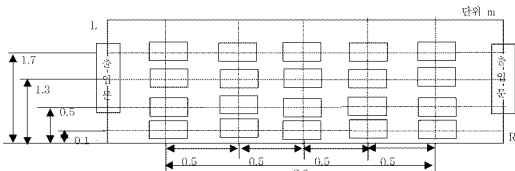


그림 2

객실내 측정 위치 단면도

표 1

에어커튼 설치전 출입문 open시 객실 온도 측정표

시간:초

측정점 시간	ch1	ch2	ch3	ch4	ch5	ch6	ch7	ch8	ch9	ch10	ch11	ch12	ch13	ch14	ch15	ch16
0	13.4	14.3	13.4	14.4	13.9	15.5	14.1	13.8	13	13.7	13.8	13	15.1	13.8	14.6	13.8
30	13	14	14.4	17.1	13.6	14.7	14	13.9	12.6	13.6	13.4	13	13.3	13	13.7	14
60	12.3	13.7	14.2	22.7	13	14.6	14.4	14.8	12	13.3	14.4	14.6	12.8	12.3	13.9	16.9
90	12.4	13.7	14.8	24.3	13.2	14.4	14.7	14.9	12.3	13.4	15.1	14.9	13.3	12.5	14.3	17.4
120	12.4	13.7	15.2	24.4	12.9	15	14.8	14.9	12.4	13.7	15.7	15.1	12.9	13.3	14.5	17.8
150	12.5	14.1	15	24.4	13.1	15.1	15.1	15.2	12.5	13.9	15.6	15.1	12.9	13.2	14.5	17.8
180	12.5	14	15.1	24.5	13	15.2	15.4	15.3	12.2	14	15.8	15.4	12.9	13	14.8	17.8
210	12.6	14.3	16.1	24.7	13.2	15.4	15.2	15.9	12.5	14.1	16	15.6	12.9	13.3	15.3	18.2
240	12.7	14.1	16.3	24.7	13.3	15.4	15.3	15.7	12.4	14.4	16.2	15.5	13	13.8	14.7	17.9
270	12.6	14.1	15.6	24.4	13.5	15.4	15.1	15.5	13	14.3	16	15.5	13.2	13.3	15.1	17.9
300	12.7	14.3	15.2	24.3	13.4	15.4	15.1	15.3	12.5	14.1	15.9	15.6	13.1	13.3	15	17.8
평균	12.7	14.0	15.0	22.7	13.3	15.1	14.8	15.0	12.5	13.9	15.3	14.9	13.2	13.2	14.6	17.0

표 2

에어커튼설치후출입문 open시 객실 온도 측정표

시간:초

측정점 시간	ch1	ch2	ch3	ch4	ch5	ch6	ch7	ch8	ch9	ch10	ch11	ch12	ch13	ch14	ch15	ch16
0	14.2	14.6	13.8	14.4	15.2	14.6	13.8	13.9	13.5	14	12.9	12.7	14.1	13.4	13.2	12.9
30	15.4	15.3	13.9	14.2	15.6	15.5	13.7	13.5	14.5	14.4	13	12.2	14.8	13.5	13.3	12.8
60	17.8	15.9	13.6	14.1	17.2	15.4	13.9	13.3	15.9	14.5	13.7	13.4	15.8	14.3	14.2	14.1
90	18	15.9	13.6	14	17.5	15.4	13.9	13.3	16.2	15	14	13.5	16.1	14.5	14.4	14.4
120	18	16	13.6	14	17.4	15.4	13.9	13.2	16.3	14.7	14.1	13.5	16.2	14.6	14.5	14.5
150	17.9	16.2	13.4	13.9	17.3	15.2	13.7	13.1	16	14.4	14.1	13.5	16.1	14.2	14.5	14.5
180	17.7	16.1	13.4	13.8	17.3	15.3	13.9	13	16.1	14.3	14.1	13.4	15.9	14.2	14.7	14.5
210	17.8	15.8	13.3	13.8	17.3	15.3	13.9	13.1	16.1	14.5	13.9	13.4	15.9	14.2	14.5	14.5
240	17.6	15.9	13.4	13.7	17.1	15.2	13.5	13	16	14.6	14	13	16	14.3	14.4	14.4
평균	17.2	15.7	13.6	13.9	16.9	14.3	13.8	13.3	15.6	14.5	13.8	13.2	15.7	14.1	14.2	14.1

표 3 1.7m 높이 객실 평균온도 측정표

높이	1.7m (close)	1.7m (open)	1.7m (에어커튼 설치)
0.4m	12℃	22.7℃	13.9℃
0.6m	12℃	15℃	13.3℃
1.2m	12℃	14.9℃	13.2℃
1.6m	12℃	17℃	14.1℃

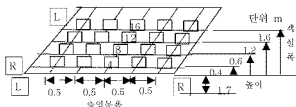


그림3 객실 온도 측정지점 분포도

— 1.7m(출입문 close)      1.7m(출입문 open)      — 1.7m(에어커튼 설치)

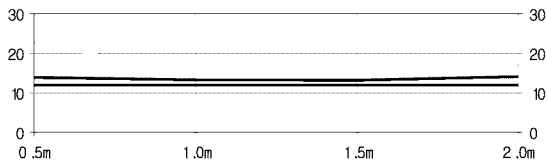


그림 4

open | 객실 온도 비교표

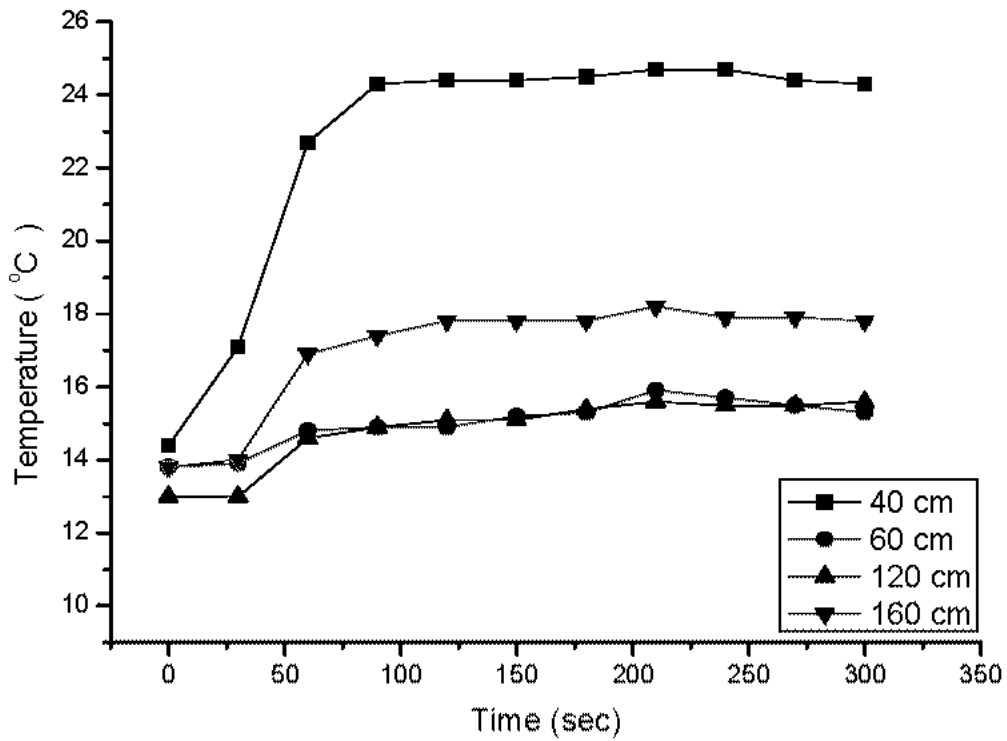


그림 5 1.7m 높이 에어커튼 설치전 출입문 open시 객실 온도 비교표

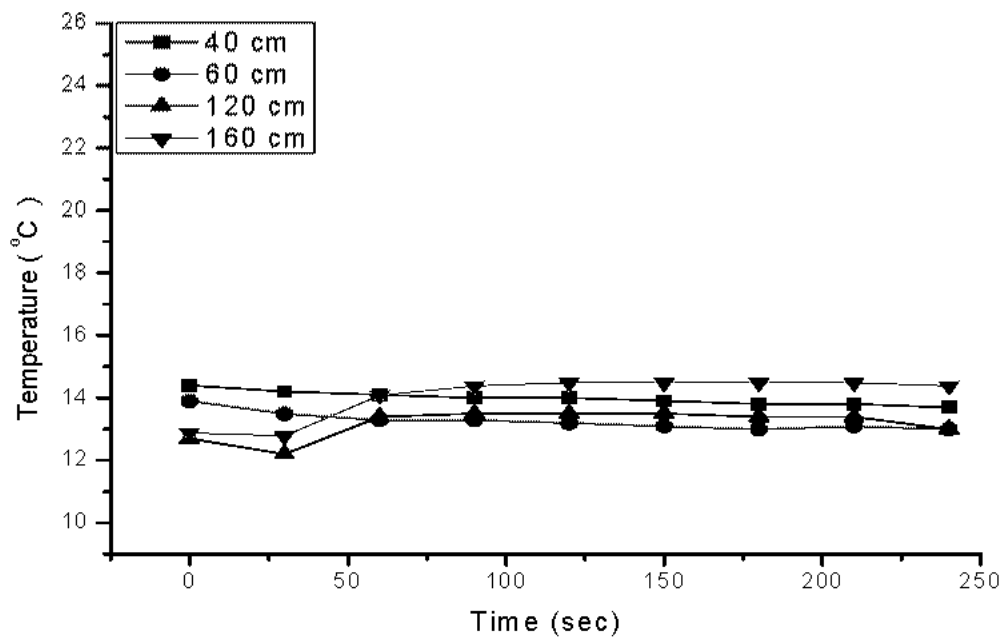


그림 6 1.7m 높이 에어커튼 설치후 출입문 open시 객실 온도 비교표

#### 표4 측정장비

File Name	0095 2N.GF4D
Function	Recorder
Trigger Time	2004-09-16 10:27:12
Channel	09C31
Number of Samples	1298 Data
Sampling Interval	0.5 Sec



그림 7 측정 장비 설치상태



그림 8 적실 측정 자정



그림 9 에어컨의 설치후 측정상태

#### 제5장 측정 결과

그림9에 에어컨을 전동차 객실 출입문 상부에 설치후 객실 온도 변화를 실험한 결과 설치전 보다 그림4에 적실온도 분포가 균일한 상태가 되었음을 발견하였으며 표3, 그림3에 온도 변화에 제일 민감한 시 있었때 열침부분인 1.7m 에서 외기온도 27℃ 적실 온도 12℃ 일때 에어컨 설치된 평균한 온도가 표1의 ch4.ch8 ch12 ch16 에서 출입문 부근 에서 22.7℃ 적실 내부측이 1.7℃ 가 되어 출입문 부근 과 적실 내부 온도 차이가 5.7℃ 가 되었으며 에어컨의 설치후 평균한 온도는 표2 ch4.ch8 ch12 ch16에서 출입문 부근 온도가 13.9℃ 적실 내부 온도가 14.1℃가 되어 온도 차이가 0.8℃ 가 되어 에어컨의 열 저단율이 86% 효과가 있음을 나타내며 그림4에 출입문 부근 과 적실 내부 거리에 따른 온도 차이와 그림5 에서는 에어컨 설치된 출입문 열었을 때 시간대별 온도 변화와 그림6 에서는 에어컨 설치후 출입문 열었을때 시간대별 온도 변화를 나타 내었다

해석 결과 에어컨의 설치후 출입문 부근에서 외기온도 저단 효과를 발견 하였다.

#### 결 론

에어 키른 설치후 출입문을 열었을때 열 저단 효과로 냉방기의 가동 시간을 줄일수 있으므로 에너지 절약에 도움이 되며 출입문 부근 과 적실 내부 온도 차이가 적으며 온도가 균일하게 분포되어 승객에게 쾌적한 상태를 제공하여 서비스 향상에 기여 할 수 있으며 또한 저단 효과로 열차의 많은 냉동 장치 효과도 있을것으로 예상되며 이러한 분야에 더욱 연구가 필요 하다고 생각되며 현 상태에서 에어컨의 설치된 많은 열차가 투입되어야 하는 문제점이 있으므로 차량 제작사 에너지 절약과 승객 서비스 차원에서 고려 하였으면 합니다.

#### 참고문헌

- 1.박지진 세종호 생활환경 연구원 한국 철도학회 논문 제8권 제1호 2003 "철도 열동차내 쾌적성 평가에 관한 연구" p42-43
- 2.이성재 부산 공업 전문대 건축과 부교수 "Air Canals의 사용 방법에 관한 고찰" p170-172
- 3.홍여경 한양 대학교 환경건축학 석사학위 논문 "동동 열차중 Air Canals 에 관한 연구" p46-48
- 4.김도영 "철도차량 객차내 오염 물질의 분포 및향에 관한 정량분석"과학기술 진흥원 과의사학술수 .

