

PA38) CFD를 이용한 객실 내 음이온 발생기 설치위치 결정 Determination of Installation Point for Negative-Ion Generator in Passenger Room using by CFD

이주열 · 박덕신 · 정우성 · 김동술¹⁾

한국철도기술연구원 철도환경·재료연구팀

¹⁾ 경희대학교 환경·융용화학대학 대기오염연구실

1. 서 론

철도차량은 고속으로 운행되므로 승객의 안전을 위해 객실 창문의 개폐가 불가능하게 되어 있다. 객실은 전체가 밀폐되어 자연환기가 아닌 공조시스템만으로 공기 질이 조절 가능하다. 철도는 주로 장거리 승객이 이용하며, 다수의 승객은 한정된 공간에서 장시간 체류하면서 객실 내에서 발생되거나 외부에서 유입되는 각종 대기오염물질에 노출되고 있다.

최근 각종 연구결과에 의하면 음이온은 인간의 작업능률을 향상시키며, 기분과 정신상태를 호전시킨다고 보고되고 있다. 본 연구에서는 인체에 유익한 것으로 밝혀진 음이온의 객실 내 분포를 최적화하기 위해 현장계측으로 유동해석 입력 값을 설정하고, 객실을 대상으로 유동해석을 실시하였다. 그리고, 음이온 발생기의 설치 위치를 결정한 후 Air Ion Counter로 검증을 반복하여 설치위치를 최적화하였다.

2. 연구 방법

표 1에 새마을호 객실을 대상으로 한 유동해석 경계조건을 나타내었다. 모델링에는 직교좌표계를 사용했으며, 계산격자는 tetrahedral을 이용했다. 경계조건을 포함한 전체 계산 셀의 수는 약 230,000개로 구성하였다. 208번의 반복계산을 거쳤으며, 계산수렴에는 8시간정도 소요되었다. 유동해석에 사용된 상용 코드인 Fluent에는 음이온을 모사 할 수 있는 기능이 없으므로 음이온은 음이온 발생기에서 발생하는 유동을 따라서 이동한다고 가정하였다. 객실 공조장치에서 발생하는 inlet 부분에서의 유속은 0.51 m/sec로, 음이온 발생기 토출부에서의 유속은 5 m/sec로 설정하였다. 유동해석에서 음이온 발생기 안내깃(guide vain)의 형상을 모사하기 위해 토출구 부분을 3면, 6면으로 각각 나누어 각각의 면마다 방향성을 부여하여 유동해석을 실시했다. 객실 내 음이온 농도 분포는 Air Ion Counter(Fisa Co.)를 사용하여 5분씩 각 지점에 대하여 3회 측정 후 평균치를 취하였다. 본 연구에서는 객실 내에 음이온 발생기를 설치하기 전에 몇 가지 시나리오를 준비해서 유동해석을 실시하고, 시제품을 제작하여 음이온 농도분포를 측정하여 설치위치를 최적화하였다.

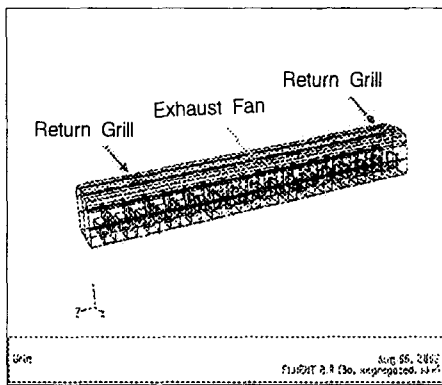
3. 결과 및 고찰

그림 1 (a), (b)에 새마을호 객실 단면에서의 유속 분포를 나타내었고, 그림 1 (c)에 토출구가 6면으로 나뉘어진 음이온 발생기를 통해서 음이온이 객차 내에서 퍼져 나가고 있음을 볼 수 있다. 천장의 슬롯은 두 방향으로 향하고 있다. 중앙 통로 쪽으로 향하는 슬롯에 의해 유입된 공기는 중앙 통로로 하강하여 바닥을 거쳐 창문과 객실 측면을 따라 상승하다가 선반에 부딪혀 객실 중앙부로 순환되는 흐름을 보였다.

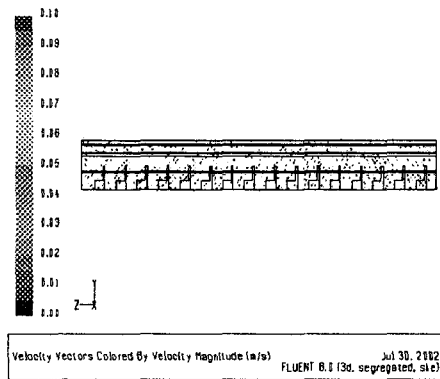
Table 1. Boundary conditions of CFD for Saemaul passenger room

Boundary condition	Position	Value
Velocity Inlet1	Roof	- Velocity: 0.51 m/sec, - Turbulence intensity: 10%
Velocity Inlet2 (Negative ion generator)	Shelf	- Velocity: 5 m/sec
Out-flow 1 (Return grill)	Roof	- 70% of total out-flow
Out-flow 2 (Exhaust fan)	Roof	- 30% of total out-flow

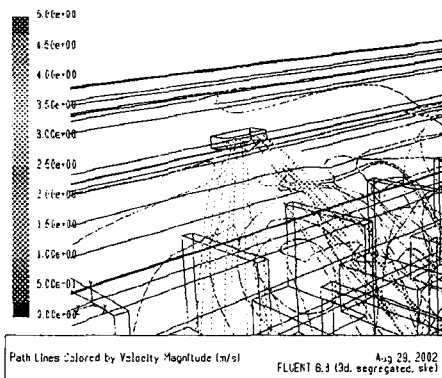
또 다른 슬롯에 의해 유입된 공기는 승객이 앉은 좌석 쪽으로 향한 후 창문을 타고 내려오다가 중앙으로의 흐름을 보였으며, 일부 유입 공기는 선반 위에 작은 순환기류를 형성하는 것으로 보인다. 1차 유동해석결과를 근거로 천장 배기구에서 떨어진 곳으로 음이온 발생기 설치위치를 정했으며, 음이온 농도가 편중되는 것을 막기 위해 토출구 부분의 안내 길의 형상을 고려하여 유동해석을 실시했다. 토출구 6면 모두 45. 하향, 양끝은 각각 양쪽으로 45. , 가운데 두면은 각각 양끝으로 38. , 마지막으로 가운데 두면은 각각 15. 양쪽으로 각 면에 방향성을 주어서 유동해석을 실시하였다. 배기 팬(exhaust fan)과 리턴 그릴(return grill)에 의한 영향을 고려하여 음이온 발생기를 객실의 선반 위에 열차 진행방향을 기준으로 3.2, 9.6, 14.9m의 위치에 엇갈리게 설치하였다. 유동해석 결과를 토대로 시제품을 설치하였으며, 그림 2에 계측된 음이온의 농도분포를 3차원으로 도식화하여 나타내었다. 그림 2에서 음이온의 농도분포는 측정지점에 따라 다소 편차가 있지만 객실 내에 3대의 음이온 발생기를 설치할 경우 일정 농도 이상의 음이온 농도 분포를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.



(a) CFD objects



(b) Velocity profile at side view



(c) 6 face negative ion generator

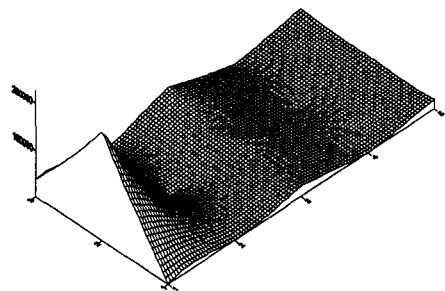


Fig.1. Simulation Results of Passenger Room.(a, b, c) Fig.2. Negative Ion Distribution in Passenger Room

참고 문헌

- 남성원 (2002) 실내 쾌적성 향상 기술 개발, 한국철도기술연구원 철도기술연구개발사업, pp 32~42.
- 이동호 (2001) 지하철 환기 및 배연 설계를 위한 시뮬레이션, 대한설비공학회 지하철설비 학술강연회, pp 35~54.
- Hawkins L.H. and T. Barker (1978) Air Ions and Human Performance. Ergonomics 21(4) 273~278.
- Joseph C. Lam (2001) CFD Analysis and Energy Simulation of a Gymnasium. 36, 351~358.