

## PC2) ASTM법을 이용한 휘발성유기화합물의 실내 확산실험 및 실내농도분포의 수치해석

### An Experimental Study on the Diffusion of VOCs & Analysis of Distribution by CFD Method in a Room

이상권 · 백광욱 · 정진도<sup>1)</sup> · 김상진<sup>2)</sup>

호서대학교 대학원 환경공학과, 호서대학교 환경공학과<sup>1)</sup>, 전주대학교 건축공학과<sup>2)</sup>

#### 1. 서 론

휘발성유기화합물질 (Volatile Organic Compounds, VOCs)은 오존층을 파괴시키는 염소화합물과 광화학 스모그를 형성하는 촉매로 작용하는 주요 대기오염 물질일 뿐만 아니라 VOCs 자체로도 인류의 건강을 위협하는 물질이다. 특히 휘발성유기화합물은 물질의 종류가 수십 종에 이르며 석유화학산업, 도료산업 등의 고농도 발생사업장과 상대적으로 낮은 농도수준이기는 하지만 일상생활에서 접하게 되는 자동차, 주유소, 세탁소 등의 시설을 통해 지속적으로 환경계에 배출되는 등 발생원이 다양하며 측정분석방법에 내재된 어려움으로 인하여 다른 일반적인 대기오염물질에 비하여 여러 가지 측면에서 적절한 관리가 힘든 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 ASTM 장치를 이용하여 휘발성유기화합물의 대표적인 물질인 B·T·X (Benzene, Toluene, Xylene)를 인위적으로 증발시켜 실내에서의 확산을 유도하였다. 이론식을 이용하여 실내 평균 농도를 구하고 CFD(Computational Fluid Dynamics : 수치유체역학)를 이용하여 실내의 농도 분포를 검토하였다.

#### 2. 연구 방법

본 연구에서는 상압증류장치인 ASTM 장치를 이용하여 휘발성유기화합물의 증류 실험을 하였다. 시료는 B·T·X (Benzene, Toluene, Xylene) 물질과 메틸 알콜, 그리고 증류수를 혼합하여 전체량을 100ml로 제조하였다. Distilling flask에 시료 주입 후 일정한 온도로 가열하여 인위적으로 VOCs 물질의 증발을 유도하여 온도에 따른 VOCs 물질의 확산량을 검토하였다. 투입 전체량에서 증발되고 남은 물질의 양을 이용하여 이론적 농도를 구하고, 이 농도를 경계조건으로 설정하여 실내에서의 수치해석을 통한 농도 분포를 해석하였다. Fig. 1은 해석대상 모델의 실내이다. 실내의 기류, 온도분포는 표준 k-ε 모델에 기초한 난류 시뮬레이션에 의하여 해석하였고, 팬히터의 취출구의 난류강도는 10%로, 난류의 length Scale은 팬히터의 취출구의 폭과 동일하다고 가정하였다. 그림 2는 실내의 유동상황을 나타낸다. 화살표는 유동방향을, 색깔은 유동속도를 나타낸다. 팬 히터에서 1m/s로 뿜어낸 뜨거운 공기가 부력의 영향으로 상승하게 되고, 천정과 벽면에서 각각 냉각되어 벽면쪽에서 하강하는 형태를 나타내고 있다.

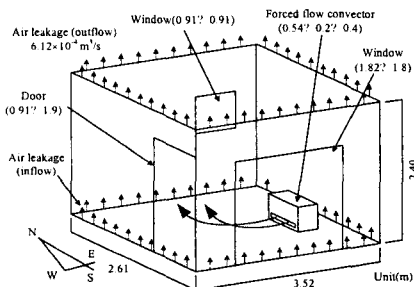


Fig. 276. Schematic diagram of numerical analysis in a room

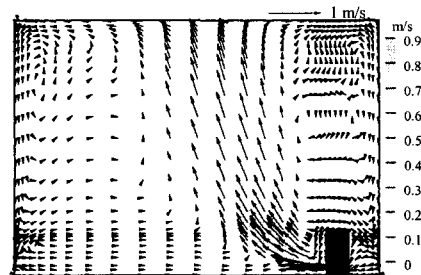


Fig. 277. Airflow pattern at Center Section

### 3. 결과 및 고찰

ASTM 증류 실험을 B·T·X와 메틸알콜, 증류수와 혼합하여 실험을 한 결과가 Fig. 3이다. 각 물질의 b.p.점 근처에서 증류가 일어나 투입량에 따라 그래프의 상승곡선이 일정해지는 모습을 볼 수 있다. Fig. 4는 실내의 오염물질의 농도를 완전혼합가정농도에 대비하여 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 바닥면 전체에서 오염물질이 발생한 경우, 실내의 완전혼합가정농도에 대비한 오염물질의 농도분포는 대부분의 지역에서 약95%를 보이고 있다. 단, 바닥면과 벽면이 접하는 부분에서는 틈새환기의 영향으로 신선공기가 유입되어 농도가 떨어짐을 알 수 있다. 이처럼 장시간 밀폐된 공간일 경우, 오염물질의 농도분포는 상당히 심각하다. Fig. 5는 천정면 전체에서 오염물질이 발생한 경우를 나타낸다. 이 경우도 바닥면에서 오염물질이 발생하는 경우와 비슷하게 실내의 오염물질의 농도를 완전혼합가정농도에 대비하여 나타내면, 전체 공간에서 약 95%의 분포를 보인다. 다만 바닥이 아닌 천정에서 발생한다는 점과 바닥면과 벽면이 접하는 곳에서 신선공기가 들어와 펜 히터 앞에서 상승하는 이유로 중심부의 농도가 조금 떨어지는 경향을 보인다. Fig. 6은 실내의 오염물질의 농도를 완전혼합가정농도에 대비하여 나타낸 값이 앞의 두 경우보다 낮은 것은 발생량이 많은 까닭이다. 즉, 완전혼합가정농도는 발생량/환기량으로 구하므로, 상대적으로 벽면 전체의 면적이 바닥면이나 천정면에 비하여 크고, 그로 인하여 발생량이 과다하여지기 때문에 같은 환기량하에서의 완전혼합가정농도가 높아졌기 때문이다. 벽면근처에서 약간 높은 분포를 보이지만 전반적으로 75% 전후의 값을 보인다.

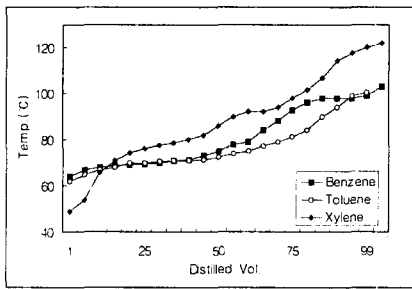


Fig. 278. Temp. graph of B·T·X by Distillation Vol.

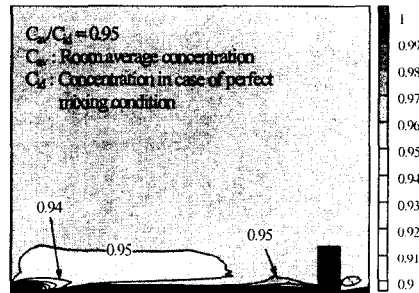


Fig. 279. Pollutant Distribution - Generate of floor

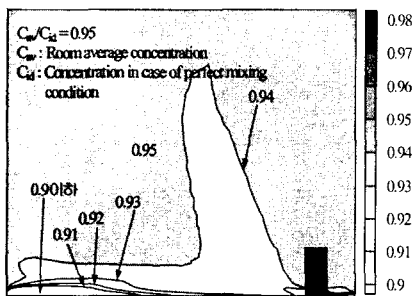


Fig. 280. Pollutant Distribution - Generate of Ceiling

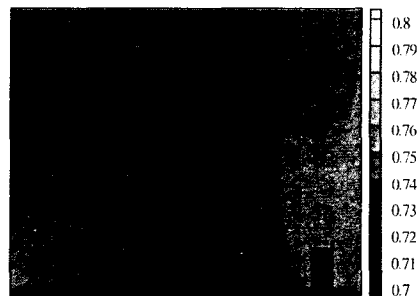


Fig. 281. Pollutant Distribution - Generate of Wall

### 참고 문헌

- 허귀석, "휘발성 유기화합물 (VOCs) 분석", 대기오염물질의 측정기술, KSEA 한국환경분석학회, pp. 170 (1999).
- US.EPA, "Control Technologies for Hazardous Air Pollutants", Center for Environmental Research Information Office of Research and Development, OH 45268, (1991)