

## 4A4) 카페트에서 방출되는 휘발성 유기화합물의 물질전달 모델 Mass transfer model for VOCs emission from carpet

신동민·김창녕<sup>1)</sup>

경희대학교 대학원 기계공학과, <sup>1)</sup>경희대학교 기계산업시스템공학부

### 1. 서론

실내공기질 저하 요인중의 하나인 카페트에서 방출되는 휘발성 유기화합물(이하VOCs)이 실험적으로 측정되어, 카페트의 VOCs 방출과정이 모델링 되었다. 실험으로 측정된 데이터는 실험 범위 내에서만 유효한 값을 가지며, 세부적이며 국소적인 값은 파악되기가 어렵다. 따라서 이러한 실험의 한계가 극복되는 동시에 실험결과가 수학적으로 응용되기 위해서는 물리적 현상에 기반을 둔 모델링이 요구된다.

본 연구에서는 이러한 요구를 충족시키기 위하여 카페트에서 방출되는 휘발성 유기화합물의 방출과정이 물질전달을 기반으로 1차원 해석해와 2차원 수치해로 모델링 되었다.

### 2. 연구 방법

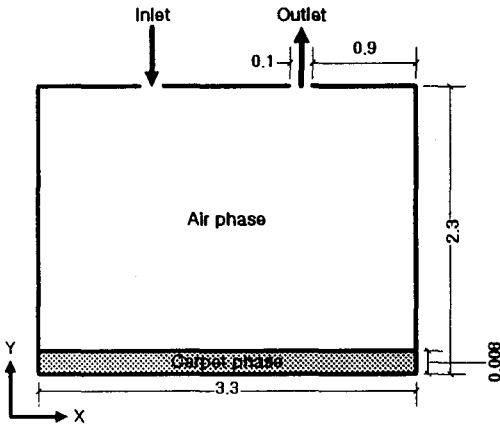


Fig. 1. Schematic diagram of the room

카페트 내부에서의 VOCs 전달 현상에 대한 1차원 모델은 그림 1 영역 내에서 표 1에 주어진물질 전달 방정식과 경계조건, 초기조건으로 엄밀 해를 구한다. 이렇게 구해진 엄밀해를 실험결과에 비선형 회귀분석이 수행되어 3가지 계수(D: 고체 내부의 확산계수, K: 분배계수, C0: 초기 농도)가 산출된 후, 시간에 따른 농도 변화가 예측된다.

카페트 내부와 공기영역에서 VOCs 전달 현상에 대한 2차원 모델은 그림 1영역 내에서 표 2에 주어진 지배방정식, 경계조건, 초기조건들과 1차원 모델에서 산출된 3가지 계수들에 CFD 이론이 적용되어 시간에 따른 농도 변화가 예측된다.

Table 1. Equations & conditions for 1-D model

Governing equations	Carpet-phase	$\frac{\partial C_C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial y} (D_{Carpet} \frac{\partial C_C}{\partial y})$
Initial conditions	Carpet-phase	$C_C(y, t) = C_{C0}$
	Air-phase	$C_A(y, t) = 0$
Boundary conditions	Wall	$\frac{\partial C_{C \& A}}{\partial y} = 0$
	Interface	$\frac{\partial C_C}{\partial t} = -D_{Carpet} \left( \frac{a \cdot K}{V} \right) \frac{\partial C_C}{\partial y} - \left( \frac{Q}{V} \right) \cdot C_C$
Solution		$C_C = 2C_{C0} \sum_{i=1}^{\infty} \left\{ \frac{\text{Exp}(-D_{Carpet} \beta_i^2 t) (\alpha - \gamma \cdot \beta_i^2) \cos(\beta_i y)}{[(L + \gamma) \beta_i^2 + L(\alpha - \gamma \cdot \beta_i^2)^2 + a] \cos(\beta_i L)} \right\}$
	Where	$(\alpha - \gamma \cdot \beta_i^2) - \beta_i \tan(\beta_i \cdot L) = 0$
		$\alpha = \frac{Q}{a \cdot D_{Carpet} \cdot K}, \quad \gamma = \frac{V}{a \cdot K}$

Table 2. Equations & conditions for 2-D model

Governing equations	Continuity equation	$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i) = 0$
	Momentum equation	$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j u_i) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j}$
	Mass transfer equation	$\frac{\partial C_{C \& A}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} (D_{Material} \frac{\partial C_{C \& A}}{\partial x_i})$
Initial conditions	Carpet-phase	$C_C(x_i, t) = C_{C0}$
	Air-phase	$C_A(x_i, t) = 0$
Boundary conditions	Inlet	Mass flow inlet = 0.00258 kg/s
	Outlet	Atmosphere pressure(Gauge pressure is 0)
	Wall	$\frac{\partial C_{C \& A}}{\partial x_i} = 0$

### 3. 결과 및 고찰

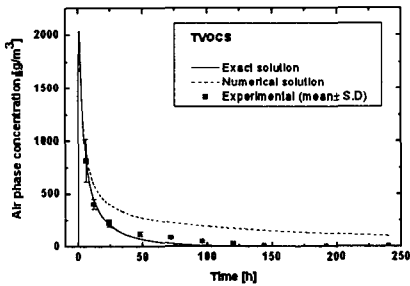
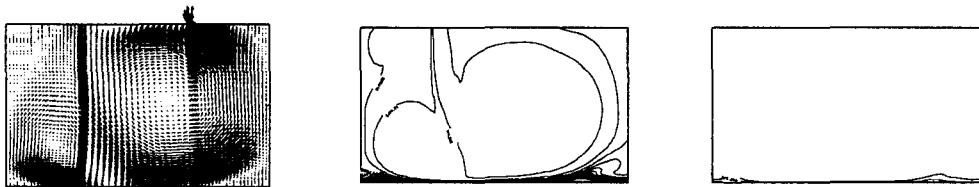


Fig. 2. Comparison of experimental and model

전반적으로 실험결과와 모델링 결과가 유사한 경향을 나타내나, 2차원 모델링이 6시간 부근부터 다른 값들에 비하여 상대적으로 높은 값이 예측되고 있음이 그림 2를 통하여 관찰된다.

2차원 계산영역 내에서 속도분포와 시간에 따른 농도분포를 그림 3을 통하여 알 수 있다. 공기층 계산영역내의 좌우하단에 정체영역이 발생되어, 시간이 진행되어감에 따라 이 지역에서만 VOCs가 관찰되며, 나머지 영역에서는 VOCs가 관찰되지 않는다.

이러한 결과를 바탕으로 경제적이며 효율적으로 카페트에서 방출된 VOCs에 의해 오염된 실내 공기질 개선 방안이 수립되어야 할 것이다.



(a) Velocity vectors

(b) Concentration profile at 6 h

(c) Concentration profile at 240 h

Fig. 3. Numerical model results

### 감사의 글

본 연구는 2001년도 한국학술진흥재단(KRF-2001-005-E0004)의 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

### 참고 문헌

신동민, 김창녕, 천만영 (2002) 카페트에서 방출되는 VOCs에 관한 실험적 연구, 한국대기보전학회 춘계 학술대회 요지집, 177~178