

CALPUFF모형을 주축으로한 통합 유해화학물질 거동해석 모델 개발

고재선*

*호원대학교 소방안전학과

e-mail:119kjs@howon.ac.kr

Development of an integrated hazardous chemical substance behavior analysis model based on the CALPUFF model

Jaesun-Go*

*Dept. of Fire Safety Engineering, Howon University

요약

본 과제의 최종 성과물은 유해화학물질 누출 및 확산사고로 인한 화학사고를 적극 예방하고 신속하고 능동적인 대응을 통한 정확하고 안전한 복구 지원을 실현할 수 있는 국내형, 환경특성 고려 유해 화학물질 거동해석 모델을 개발하려고 한다. 즉 화학사고 발생 시 유효적인 초기 대응을 위한 실시간 대응모델 개발속에 누출유량 및 누출량 산정 모델과 연계한 실시간 대응 통합모델 및 화학사고 대응 및 진압 이후 체계적이고 정밀한 후관리를 위한 정밀분석모델, 유해화학물질 물성치 DB, 실시간 기상데이터 연계모델, 2D/3D GIS 모듈 등의 실시간 대응의 원활한 구동을 위한 통합시스템 구축을 통해 복잡한 지형의 화학사고 발생 시 초기 대응능력을 향상 시킬 수 있으며, 건물, 숲 등이 반영된 모델링을 통해 오염물질 수렴지역에 대한 해결 방안을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

1. 서론

20세기 초기부터 산업의 급속한 발달로 인하여 대기 오염과 관련된 많은 사건들이 발생하면서 대기 환경의 중요성이 인식되기 시작하고 있다. 예를 들면 오염물질의 확산은 확산을 결정하는 대기 기상조건, 주변지형조건, 오염물질의 반응성 및 침착성에 따라서 매우 상이하게 나타남으로써 복잡한 대기 확산 과정을 거쳐서 수용체에 도달하는 오염물질의 농도를 대기 환경영향평가를 위해서 정량적으로 해석할 필요가 있고, 오염물질이 수용체에 미치는 영향을 파악하는데 실측이 가장 확실하지만 많은 비용과 시간을 요구할 뿐만 아니라 현재 존재하는 배출원에 대해서만 그 영향을 파악할 수 있는 단점이 있다. 또한 광범위한 공간에서 몇 지점의 농도를 측정하여 전체적인 대기 확산 형태를 공간적으로 파악하는데 어려움이 있으므로 사용 목적 및 공간 스케일에 적합한 고신뢰도의 정밀 및 실시간 대기 확산 모델을 개발할 필요가 대두 되었다. 따라서 유해화학물질 물성치 DB, 실시간 기상데이터 연계 모델, 2D/3D GIS 모듈 등의 실시간대응 및 정밀분석모델의 원활한 구동을 위한 기반시스템 구축을 통해 지역 단위별 공간에 대한 화학물질 누출시 신속한 현장대응을 할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

2. 본론

CALPUFF모형은 스택에서 연속적으로 배출되는 오염물질이 작은 퍼프형태로 배출, 확산된다고 가정하며 퍼프의 중심

에서 정규분포 확산을 이룬다는 가정을 하는 모델이만 추가적으로 변화하는 기상조건 하에서 대기 중 오염물질의 이동, 변환, 침적과정을 모사할 수 있을뿐만 아니라 악취 및 잔류성 유기물과 같은 비기준성 오염물질 모델링에 다양하게 사용되는 모델이다.

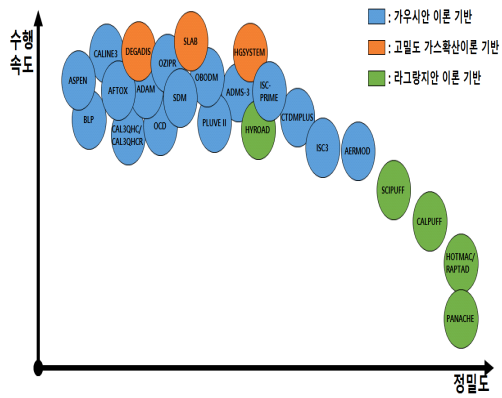


[그림 1] Final research and development purpose.

CALPUFF의 수용체에서의 오염물질 농도계산을 위한 기본 공식은 다음과 같음.

$$C = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z} g \exp\left[-\frac{d_a^2}{2\sigma_x^2}\right] \exp\left[-\frac{d_c^2}{2\sigma_y^2}\right] \quad (\text{식 1-1})$$

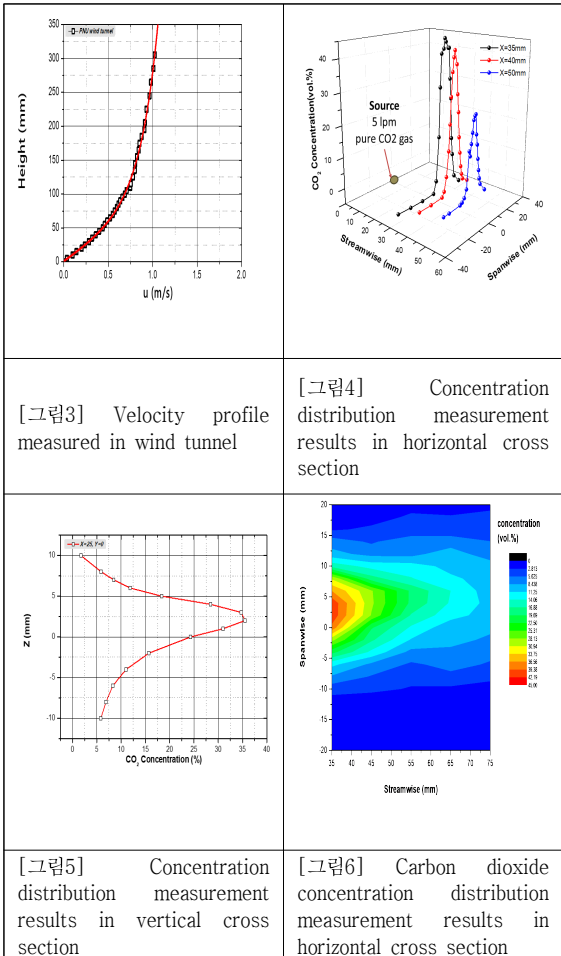
$$g = \frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma_z} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \exp\left[-\frac{(H_e + 2nh)^2}{(2\sigma_z)^2}\right] \quad (\text{식 1-2})$$



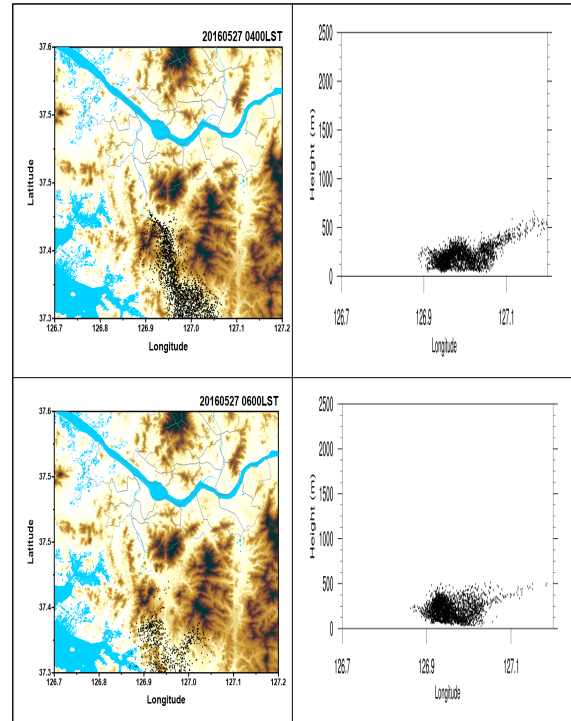
[그림 2] Distribution of diffusion models according to precision-performance relationship.

3. 결과 및 고찰

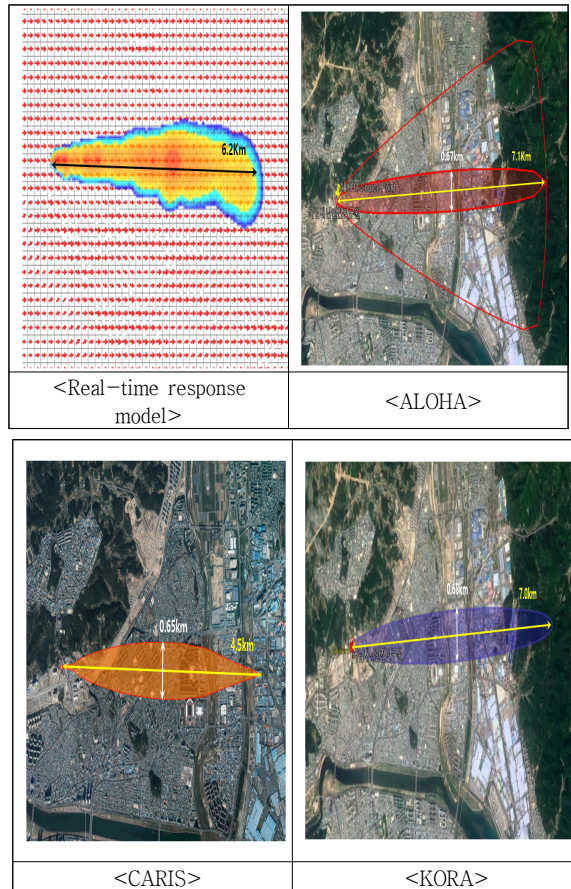
3.1 풍동실험 및 농도분포결과



3.2 입자 농도분포결과

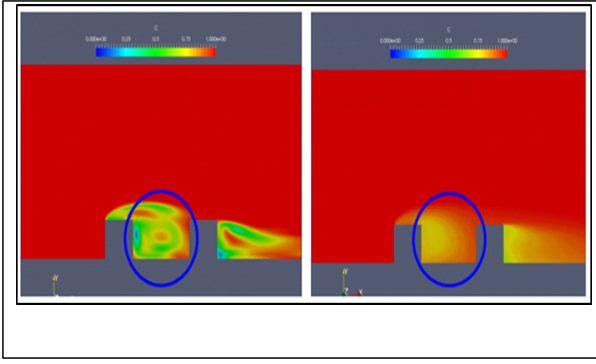


[그림 7] Night experiment particle diffusion concentration distribution chart.

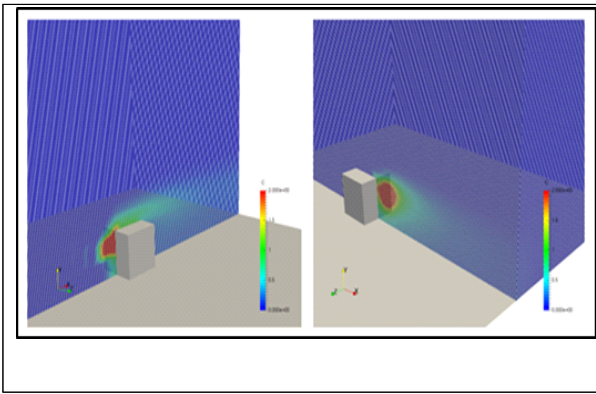


[그림 8] Real-time response model and similar response model operation results

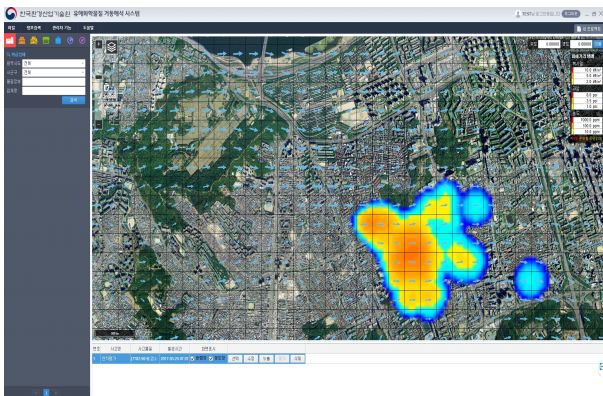
3.3 난류 확산 고려에 따른 스칼라 확산



[그림 9] Scalar diffusion considering turbulent diffusion (left) molecular diffusion, (right) molecular diffusion and turbulent diffusion



[그림 10] Scalar diffusion according to source stem emission location (left) upwind side (right) downwind source stem emission.



[그림11] Concentration diffusion calculation screen of hazardous chemical behavior analysis system.

4. 결론

본 논문에서 제시한 국내외 모델들을 통합한 모델은 유해 화학물질 사고로부터 국민의 안전과 국토의 피해저감을 위해 활용할 수 있는 시스템이며 환경부, 화학물질안전원과 같은 사고대응부서에서 사용하고 있는 화학사고대응시스템에 적용하여 활용할 수 있을 것이며 실시간 대응의 원활한 구동을 위한 통합시스템 구축을 통해 복잡한 지형의 화학사고 발생 시 초기 대응능력을 향상 시킬 수 있으며, 건물, 숲 등이 반

영된 모델링을 통해 오염물질 수렴지역에 대한 해결 방안을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] Duck Jae Wei, 2016, Characteristics of aerodynamic forces exerted on a twisted cylinder at a low Reynolds number of 100, *Computer and Fluids*, Vol 136, pp 456-466, 0045-7930.
- [2] Seong Han Lee, 2016, Three-dimensional natural convection around an inner circular cylinder located in a cubic enclosure with sinusoidal thermal boundary condition, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol 101, pp807-823, 0017-9310.
- [3] Gisu Mun, 2017, Natural convection in a cold enclosure with four hot inner cylinders based on diamond arrays (Part-I: Effect of horizontal and vertical equal distance of inner cylinders), *International journal of heat and mass transfer*, Vol 111, pp.755-770, 0017-9310.
- [4] Sangkeun Kim, 2017, Numerical investigation of fluid flow and heat transfer characteristics in a helically-finned tube, *Journal of mechanical science and technology*, Vol 31(7), pp.3271-3284, 1738-494X.
- [5] Youngjin KiM , 2017, Effects of density on flow in a nano channel using a molecular-continuum hybrid method, *COMPUTERS & FLUIDS*, Vol 156, pp.264-273, 0045-7930.
- [6] Youngmin Seo, 2017, Two-dimensional flow instability induced by natural convection in a square enclosure with four inner cylinders. Part I: Effect of horizontal position of inner cylinders, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 113, pp.1306-1318, 0017-9310.
- [7] Myunggeun Jeong, Effects of surface wettability, roughness and moving wall velocity on the Couette flow in nano-channel using multi-scale hybrid method, *Computers and Fluids*, Vol.147, pp.1-11, 0045-7930.