

오염물질 배출특성 및 입자상오염물질

| 연재 |



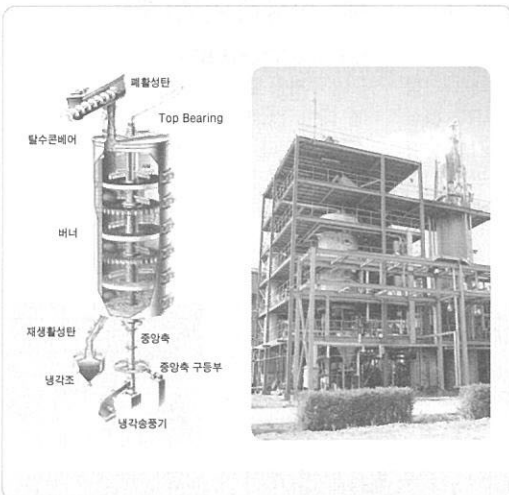
VI. 활성탄 재생설비

2. 다단식 활성탄 재생로

가열 재생에 있어 핵심이라 할 수 있는 본 활성탄 재생로는 소오 공정에서 사용된 폐탄(Waste activated carbon)을 재생하는 설비로 폐활성탄을 회전상로(약 1~3 rpm)에 넣어 고온에서 유기물을 탈리하고, 폐탄을 활성화시키는 장치로 적용한다.

만약 본 재생로가 수직형 6단으로 구성되었다고 하면, 통상적으로 본체 상부 1, 2, 3단은 건조단으로서 온도가 20~100℃, 반응시간은 15분 정도이고 4단은 100~820℃, 5분 정도의 온도 및 반응시간을 각각 갖는다. 그리고 나머지 5, 6단은 재활성화 단계로서 온도가 820~930℃, 반응 시간은 약 30분 정도가 필요하게 된다.

〈 그림 42. 다단식 활성탄 재생설비 〉



VII. 대기확산 모델링

1. 대기확산 모델의 개요

20세기 초부터 산업의 급속한 발달로 인하여 대기오염과 관련된 많은 사건들이 발생하면서 대기환경의 중요성이 인식되기 시작하였고, 이에 따라서 오염원에서 배출된 오염물질이 대기 중에서 어떤 경로를 따라서 확산이 이루어지며, 또한 인체 및 동식물에 미치는 영향을 규명하기 위한 연구가 본격적으로 시작되었다.

복잡한 대기확산 과정을 거쳐서 수용체(Receptors)에 도달하는 오염물질의 농도를 대기환경평가 및 대기질 관리정책 등을 위해서 정량적으로 해석할 필요가 있는데, 실제 배출된 오염물질이 수용체에 미치는 영향을 파악하는데 실측이 가장 확실하고 정확한 방법이겠지만 이는 비용과 시간이 많이 들 뿐더러 현재 존재하는 배출원에 대해서만 그 영향을 파악할 수 있는 단점이 있고, 광범위한 공간에서 몇 지점의 농도를 측정하여 전체적인 대기확산 형태를 공간적으로 파악하는데 어려움이 있어 배출원이 주변지역에 미치는 대기환경 영향평가나 대기질 관리대책 수립에는 대기확산 모델을 주로 이용하게 된 것이다.

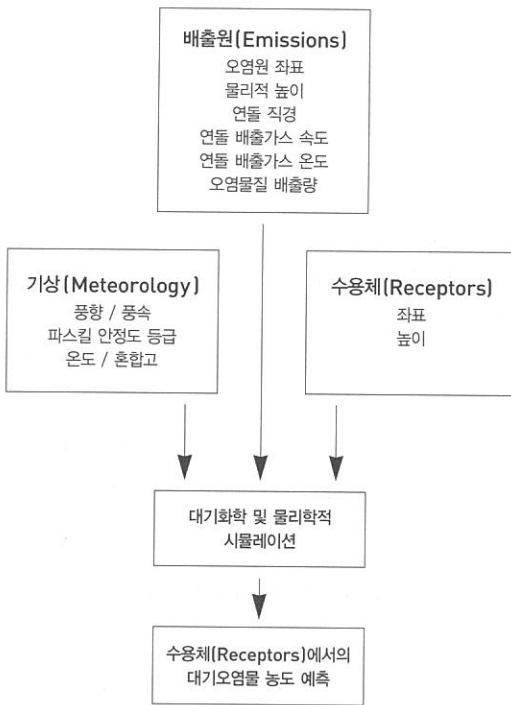
이처럼 대기확산 모델은 컴퓨터를 사용하여 오염원 자료, 유효 연돌고 높이 등의 자료를 입력하고 확산방정식을 반복적으로 풀어서 그 결과를 도출하게 되는데 일반적인 일련의 과정을 대기확산 모델의 구조로 도식화하면 〈 그림 43 〉과 같다(Turner, 1991).

대기확산 모델은 1920년대부터 영국 및 미국을 중심으로 다양한 확산 이론이 제시되고, 추적자 실험에 의한

일련의 모델 신뢰도 검증 과정을 통해서 많은 대기확산 모델이 개발되어 현재 대기환경영향평가 및 대기질 정책 수립에 매우 유용하게 사용되고 있다.

그러나 대기확산모델은 그 방법과 정확도가 매우 다양하게 구성되어 있기 때문에 사용목적에 따라서 적절한 모델을 선정해야 하고 그 모델의 한계성과 적용범위에 대해서도 정확히 이해하고 사용하여야 한다.

〈 그림 43. 대기확산 모델의 구조 〉



2. 대기확산 모델링의 용도

대기오염 확산모델을 사용하는 분야는 매우 광범위하며 사용목적에 따라 요구되는 기능도 다양하다. 확산 모델이 사용되는 사회 분야와 요구되는 주된 기능을 요약하면 〈 표 15 〉와 같다(이종범, 1995)

〈 표 15. 대기확산 모델이 사용되는 사회분야 〉

적용 사업	요구 기능	사업의 예	목적
국토 개발계획	1차 오염물의 장기 평균 농도 / 광화학 오염물의 단기 농도	신도시 공업단지 발전소 도로	토지이용 방향 설정

적용 사업	요구 기능	사업의 예	목적
도시 및 공단지역 대기질 개선 계획	1차 오염물의 장기 평균농도 / 광화학 오염물의 단기농도	연료정책 배출원별 기여도 교통에 의한 오염 대기 측정망 계획	도시 대기질 개선 / 공단주변 대기질 개선
대기오염에 의한 피해 파악	장기 평균농도	대기오염 분쟁 조정 근거 자료	대기오염 분쟁 조정
배출허용 기준의 설정	장기 평균농도	최대 배출량 산정 배출원별 할당 환경용량 산정 오염영향권 설정	특정지역 환경기준 달성
환경영향 평가	장기 평균농도 / 단기 평균농도	공업단지 각종 건설 사업 매립장 소각장 건설	영향파악으로 대안 제시
대기오염 경보제	광화학 오염물의 단기농도 산출	대도시	대기오염 피해 최소화
유해물질 누출사고 대책	실시간 오염물의 농도분포 산출	핵발전소 유해화학물 관련	유해물질의 단기 피해 축소
지역 간, 국가 간 오염물의 이동	산성비, 건성침강량의 산출(황사현상)	국가 간 대기오염물의 수송	국제적 분쟁 해결

3. 대기확산 모델링의 최근 동향

최근의 대기확산 모델링은 컴퓨터의 용량 및 계산속도가 크게 향상되어 모델 계산에 큰 장애요인이었던 모델 계산 속도에 의한 제한적 요소가 많이 제거되었다. 따라서 진보된 확산이론을 도입한 새로운 모델들이 많이 개발되고 있고, 그 중의 일부 모델은 2000년도부터 미국 EPA(환경보호청)에서 새롭게 추천되고 있는데 미국 EPA에서 추천하고 있는 모델의 특징을 중심으로 살펴보면 다음과 같다.

3-1. ISC-PRIME

ISC3(Industrial Source Complex-3)모델은 1995년도에 미국 EPA에 의해서 새롭게 개정되어 최근 까지 널리 사용되고 있는 모델이다. ISC3모델은 정상 상태의 가우시안 확산모델이며, 그 기본방정식은 다음과 같다.

$$C(x, y, z) = \frac{QVD}{2\pi U \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right]$$

여기에서

C : 수용지점에서 오염물질의 농도

x : 풍하방향(Downwind direction)

y : x축에 직각인 풍횡방향(Crosswind direction)

z : 연직방향(Vertical direction)

Q : 배출원으로부터의 오염물질 배출량

U : 굴뚝연기 배출구에서의 대기풍속

D : 단순 일차반응에 의한 오염물질의 감쇄를 반영하는 항

σ_y, σ_z : y축과 z축 상의 연기의 확산계수

이 모델은 배출량과 기상조건이 시간에 따라 변화하지 않는 정상상태(Steady state)를 가정하여 확산현상을 계산하므로 대기흐름이 시간에 따라서 변화가 심하거나 복잡한 화학반응을 고려하지 못하는 것이 단점이다.

그러나 계산과정이 비교적 단순하여 컴퓨터의 계산량이 적으며 입력자료도 간단하므로 사용이 용이한 장점이 있기 때문에 환경영향평가에 현재 국내·외적으로 가장 많이 사용되고 있는 모델이다.

그러나 ISC모델은 굴뚝 주위에 위치한 건물에 의해서 빌딩세류현상(Bulding downwash) 현상을 정확히 묘사하지 못하는 단점이 있다. ISC3모델에서는 건물과 굴뚝간의 거리에 따른 연기확산이 차이가 발생하는 것을 고려할 수 없고 건물 주위에 형성되는 와류(Wake)에 의해서 배출된 연기가 기울어지는 것 등을 고려할 수 없었다.

따라서 이러한 건물 주위에서 세류현상을 보다 정확히 고려할 수 있는 기능을 보완하여 개정된 모델이 ISC-PRIME(Industrial Source Complex-Plume Rise Model Enhancement Model)이다. ISC-PRIME 모델은 풍동실험과 실제 대기확산 실험을 통해서 건물주위에서 발생하는 세류현상을 기존의 ISC3 모델보다 정확히 묘사할 수 있다고 알려진 모델이다.

3-2. AERMOD

AERMOD는 미국기상학회와 미국환경보호청이 공동으로 ISC3모델의 단점을 보완하기 위해서 개발한 확산 모델이다. ISC3모델에서는 공간적으로 수평연기확산 계수(σ_y) 및 연직연기확산계수(σ_z)가 일정하다는 가정을

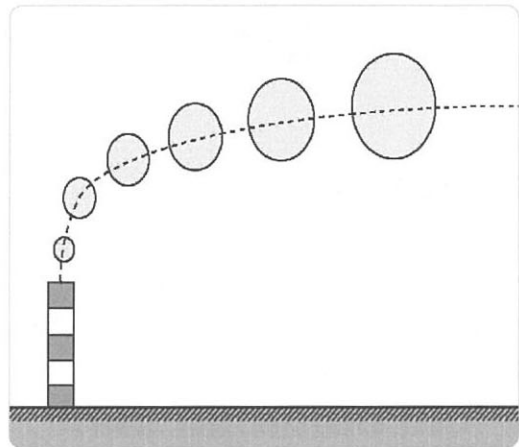
사용하였지만 실제 대기에서는 고도에 따라서 그 값들이 크게 변하는 특성이 있다.

따라서 AERMOD에서는 고도에 따른 연기확산계수 및 풍속의 변화를 대기경계층상사이론(Similarity theory)을 이용하여 계산하여 확산모델에 반영되도록 개정한 모델이다. 즉 AERMOD는 ISC3모델의 가장 큰 단점이었던 대기상태가 공간적으로 균일하다는 가정을 보완한 모델로서 AERMOD는 기상처리용 프로그램인 AERMET, 지형입력자료 작성을 위한 AERMAP, 그리고 확산계수를 위한 AERMOD로 구성되어 있다. AERMOD에서 사용하는 모든 용어 및 입력파일의 형태는 ISC모델과 동일하게 구성하였기 때문에 ISC3모델에 익숙한 사용자가 쉽게 사용할 수 있도록 한 것이 특징이다.

3-3. CALPUFF 모델

퍼프모델(Puff model)은 굴뚝에서 연속적으로 배출되는 연기를 잘게 나누어 진 각각의 연기덩어리(Puff)로 배출된다고 가정하고, 이 배출된 퍼프가 공간적 해상도를 갖는 바람장을 따라서 이동 및 확산이 이루어지면 퍼프가 미치는 영향을 종합하여 농도를 계산하는 모델이다.

〈 그림 44. 퍼프(Puff)의 개념도 〉



CALPUFF는 시간 및 공간에 따른 바람장의 변화를 퍼프의 이동에 고려할 수 있기 때문에 비정상상태(Unsteady state)의 모델이다. 따라서 앞에서 설명한

정상상태 모델인 ISC3-PRIME모델이나, AERMOD 모델보다 정확히 시간에 따른 풍향 및 풍속의 변화를 확산에 반영할 수 있는 장점이 있다.

CALPUFF모델은 복잡지형에서 산곡풍이나 해안가에서 해륙풍 순환과 같은 급격한 바람장 변화를 나타내는 지역에 유용한 모델이다. 또한 CALPUFF모델에서는 기존의 알려진 MESOPUFF에서 고려하지 못했던 해안가에서 Fumigation 현상 등을 고려할 수 있는 장점이 있다.

따라서 CALPUFF모델은 우리나라와 같이 삼면이 바다로 되어있고 도시나 공단 등이 해안지역에 위치한 경우 해륙풍 순환의 영향을 받는 풍하측 농도 예측에 대하여 적합한 모델이다. CALPUFF모델의 대상 영역은 수백 km까지이고, CALPUFF모델을 성공적으로 수행하기 위해서는 정밀한 3차원 바람장 자료가 요구되는데 바람장 자료를 작성하기 위해서 바람장 모델인 MM5 등의 전처리 프로그램이 추가로 요구된다.

4. 국내 모델 사용 현황

국내에서 조사된 바에 의하면 1997~1998년도에 대기환경영향평가서 작성 시 가장 많이 사용된 모델은 TEM, Miller-Holzworth 모델로 나타났지만 최근에는 ISC3모델이 많이 이용되고 있고, 차량에 의한 대기오염도 계산에는 CALINE 모델이 사용되고 있다.

현재 국내에서 많이 사용되고 있는 모델의 대부분은 미국에서 개발된 것으로 국내 기상자료체계에 부적합하고, 국내와 같이 복잡지형 및 해안가에서 모델의 신뢰성에 대한 많은 의문점이 제기되고 있는 것이 사실이다.

5. 응용 사례(실시간 대기확산모델링)

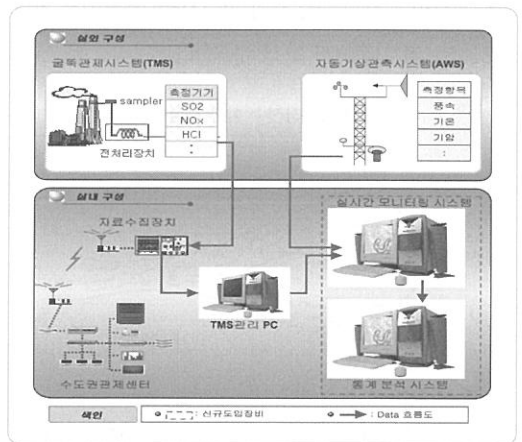
실시간으로 기상 및 배출량자료를 입력받아 대기확산모델을 수행하여 주변에 미치는 영향을 해석하는 것을 실시간 대기배출시설 종합관리시스템이라고 한다.

이 관리시스템은 소각장, 발전소, 매립장, 악취물질, 배출업소 및 기타 유해가스 취급사업장에서 배출되는 대기

오염물질이 주변에 미치는 대기환경 영향을 실시간으로 평가하여 대기배출시설을 효율적이고, 환경친화적으로 운영하는데 중요한 핵심기술이다.

또한 현재 실시간으로 굴뚝에서 오염물질 배출가스 농도를 측정하고 있는 굴뚝 TMS 자료를 활용하여 사업장 주변지역에 미치는 오염도 영향을 파악하고, 조업환경을 제어할 수 있도록 데이터를 제공함으로써 친환경적인 사업장을 유도할 수 있을 뿐 아니라 비정상적인 조업으로 인하여 과도한 오염물질이 배출되었을 경우 오염지역을 예측하여 응급대응조치를 수행할 수 있게 하고자 하는 것이다.

〈 그림 45. 실시간 대기배출시설 종합관리시스템 구성도 〉
(<http://www.enitech.com>)



자료제공 : 환경보전협회 환경연수처
다음호에 계속 ...