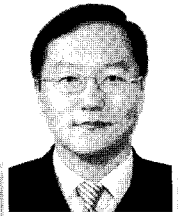


대기모델 운영의 문제점 및 가이드라인 설정방향

On The Problems and Guideline of The Air Quality Model Operation

환경

전문교육 강의로



글 | 朴善煥

(Park, Sun Hwan)

대기관리기술사, 공학박사,
(주)수성엔지니어링 전무이사,
Email : pbs827@nate.com

The analysis of air quality model applied for EIA in Korea indicates that ISCST3 and CALINE3 dominate the model, and it causes the problem that regional and business characteristics are not taken into account. To solve this problem, it appears necessary to build guideline of the air quality model operation.

First of all, to implement the above plan we need to categorize the site into simple and complex terrain, coast to consider regional characteristics, and the sources of pollutants into point/area/line as well. To make the procedure more efficient with reduced time and less cost, we are to apply screening model for preliminary work of the suggested model.

1. 서론

대기질 모델은 오염물질의 배출, 이류 및 확산, 반응, 침적 등 일련의 과정 등을 수식으로 표현하여 전산화한 것으로서, 그 역할은 화학물의 반응과 이동을 정량화하여 물질의 이동과 수송형태를 구현하고, 시간 흐름에 따른 오염원의 노출강도를 계산하며, 다양한 조건에 따른 미래 환경영향 예측과 아울러 환경정책상의 의사결정 지원 도구로 사용되고 있다.

특히 우리나라는 1987년 환경영향평가 제도가 도입된 이후 약 30년간 거의 모든 평가대상사업에서 대기질 예측모델을 사용하고 있으나 대상사업의 특성이나 대상 지역의 특성을 고려하지 않고 획일화된 모델 선정과 예측방법을 보이고 있다.

따라서 외국에서 사용하고 있는 대기질 모델 현황과 분류체제와 함께 국내 환경영향평가에서 사용하고 있는 모델 운영현황과 이에 따른 문제

점을 살펴보고 환경영향평가 대기질 모델 가이드라인 설정방안에 대해 고찰하였다.

2. 대기질 모델의 분류 및 특성

세계적으로 사용하고 있는 대기질 모델은 대부분 미국 EPA에서 개발된 것이며, 과거에는 Gaussian 모델을 수록한 UNAMAP(User's Network for Applied Modeling of Air Pollution) 시리즈가 보급되었으나 현재에는 미국 EPA AQMG(Air Quality Modeling Group)의 TTN (Technology Transfer Network)내에 SCRAM(Support Center for Regulatory Atmospheric Modeling, <http://www.epa.gov/scram001>)를 통해 전세계에 보급되고 있다.

현재 미국 EPA의 TTN에서 배포하고 있는 모델은 크게 확산모델, 광화학모델, 수용모델로 구분하고 있으며, 확산모델은 우선/권장모델

(Preferred/Recommended Models), 대안모델 (Alternative Models), 스크리닝 모델(Screening Tools), 관련 프로그램(Related Programs)으로 구분하고 있다.

이중 확산모델인 우선/권장모델과 대안모델, 스크리닝 모델과 그리고 광화학 모델, 수용모델을 살펴보면 <표 1~2>와 같다.

<표 1> EPA의 확산모델 구분 및 모델명

구 분	모델명
우선/권장모델	AERMOD, BLP, OCD, CALPUFF, CALINE3, CAL3QHC, CAL3QHCR, CTDMPPLUS
대안모델	ADAM, ADMS-3, AFTOX, ASPEN, DEGADIS, HGSYSTEM, ISC3, ISC-PRIME, HOTMAC/RAPTAD, HYROAD, OBODM, OZIPR, Panache, PLUVUE II, SCIPUFF, SDM, SLAB
스크리닝모델	AERSCREEN, SCREEN3, VALLEY, COMPLEX1, RTDM3.2, CTSCREEN, TSCREEN, VISCREEN

<표 2> EPA의 광화학모델 및 수용모델

구 분	모델명
광화학모델	CMAQ, CAMx, REMSAD, UAM-V
수용모델	CMB, UNMIX, PMF

3. 대기질 예측모델 적용현황 및 문제점

우리나라 환경영향평가 대기질 예측에 사용하는 모델 현황을 파악하기 위하여 환경영향평가정보지원시스템(<http://eiass.go.kr>)을 이용하여 2000년 이후 협의된 17개 분야 189개 환경영향평가서에 사용된 모델을 분석하였다.

가. 대기질 예측

17개 분야 189개 평가서를 검토한 결과 공사시 97.4%로 대부분의 사업에서 대기질 예측을 실시하였으며, 운영시는 54.5%로 송전선로 건설사업, 항만건설중 방파제 축조사업, 하천이용 개발사업

을 제외하고는 대부분 예측이 이루어지고 있다.

우리나라 환경영향평가제도 도입 이래 대부분 평가 대상사업에서 대기오염물질 배출량의 규모와 관계없이 모델적용에 의한 대기질 예측이 이루어지고 있어 환경영향평가의 확실화를 부채질하는 요소가 되고 있다.

따라서 공사시 대기오염물질 배출이 큰 사업을 제외하고는 한국환경정책·평가연구원의 “환경영향평가시 대기확산 모델의 적용에 관한연구”에 제시된 이격거리별 대기질 예측량을 활용하는 방안과 운영시 스크리닝 모델을 이용하여 영향예측을 실시한 후 대기질 환경기준을 초과하는 사업에 대해서 정밀모델을 사용하는 방안의 도입이 필요하다.

나. 기상관측

환경영향평가 대기모델링에서 부지기상 및 상층기상 관측은 대기오염 배출이 많아 악영향을 미칠 수 있거나 미기상 변화가 예상되는 사업 그리고 지형 및 입지적 특성에 따라 기존 기상청에서 관리하고 있는 기상대 및 AWS 자료를 확보할 수 없을 경우 시행하게 된다.

17개 분야 환경영향평가 대상사업에서 부지기상을 관측한 사업은 도시개발사업 내 폐기물 처리시설 포함사업, 산업단지 개발사업, 발전소 건설사업, 수자원개발사업, 산지개발사업, 폐기물 소각장, 매립장건설 사업으로 조사되었다.

따라서 기후 및 운영할 때 대기오염물질 배출량이 큰 대상사업에 대해 부지기상 관측 의무화 여부에 대한 검토가 필요하며, 기상청에서 운영하고 있는 AWS 활용방안이 모색되어야 한다. 특히 대기모델링 수행 시에 시간별 혼합과 자료 입력 대부분은 상층기상 관측자료 보다는 기상청에서

운영하고 있는 고층기상대 및 국지기상자료를 이용하여 산출된 값을 이용하고 있으므로 상층기상 관측이 과연 필요한지에 대한 검토가 필요하다.

다. 기상처리 프로그램

대기질 예측 모델링을 수행하기 위해서는 기상 자료의 입력이 필수적이며, 이들 자료 입수과정을 조사한 결과 86.4%가 기상청에서 제공하고 있는 자료를 이용하며, 실제 부지관측 자료를 사용하는 빈도는 13.6%로 나타났다.

기상 처리 프로그램으로는 PCRAMMET 72.7%로 절대적인 우위를 차지하고 있으며, 기상조건을 가정하여 예측하는 것이 17.6%, JFF 프로그램 활용한 것이 7.8%, STAR 프로그램 활용 1.5%, MM5 이용 0.5%로 조사되어 대기질 사용모델에 따라 기상처리 프로그램이 결정되는 것으로 조사되었다.

라. 대기질 예측모델 활용

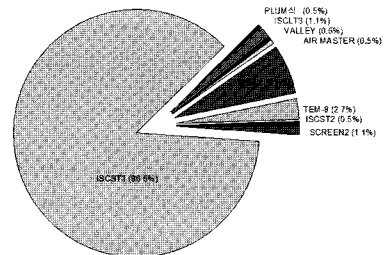
17개 분야 189개 환경영향평가서를 분석한 결과 공사시 대기질 예측에 사용되는 모델은 PLUM식, TEM-8, PEM-2, VALLEY, ISCST2, SCREEN2, AIR MASTER, ISCST3, ISCLT3로 조사되었으며, 모델 사용빈도는 ISCST3가 86.5%로 대부분을 차지하고 있으며, PEM-2 6.5%, TEM-8 2.7%, SCREEN2 1.1%, 나머지 0.5% 미만을 차지하는 것으로 분석되어 지역특성을 고려하지 않고 획일적으로 사용되는 것으로 나타났다.

운영시의 경우에는 KDM, TCM-2, ISCLT2, ISCST3, ISCLT3, KSCREEN, SCREEN3, CALINE3, CALINE4, 분류등가모델, HIWAY-2, CMAQ으로 조사되었으며, 모델 사용빈도를 살펴보면 ISCST3가 49.3%로 SCREEN 모델인

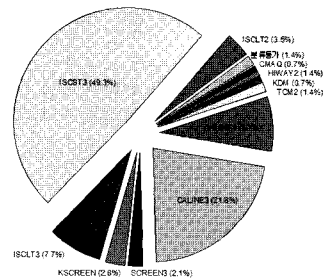
KSCREEN 2.8%, SCREEN3 2.1%, 선형모델인 CALINE3 21.8%, CALINE4 7.7%, 분류등가 1.4%, HIWAY2 0.7%, CMAQ 0.7%로 나타났다.

이중 CALINE3, CALINE4, HIWAY-2 모델은 선(이동)오염원에 대한 예측모델이며, 분류등가 모델은 터널 출구부에서의 대기질 영향예측모델이며 일부에서 사용한 CMAQ은 오존예측을 위해 사용된 모델로서 이를 제외할 경우 공사시와 마찬가지로 ISCST3모델이 대부분 적용되고 있다.

따라서 획일화된 대기질 모델 적용을 해결하기 위해서는 우리나라에 실정에 맞게 지형조건 및 지역에 따른 대기질 모델을 선정할 필요가 있으며, 대기질 모델 입력을 위한 자료처리 방법의 표준화와 이를 교육할 수 있는 방법 모색이 필요하다.



공사시



운영시

〈그림 1〉 공사시 및 운영시 적용 모델현황

4. 대기질모델 가이드라인 설정방향

가. 외국의 대기질 모델 가이드라인

외국의 대기질 가이드라인을 조사한 결과 미국의 경우 EPA에서 “Guideline on Air Quality Models”이 있고 이에 준해 각 주별로 이에 준해 지역에 알맞게 대기질 모델 가이드라인을 운영중에 있으며, 캐나다의 알버타주의 경우에도 별도로 “air quality model guideline”을 운영중에 있다.

이들 가이드라인은 미국 EPA에서 사용모델에 대한 특성과 아울러 모델 분류별 적용기법, 오염물질별 모델링 방법, 모델입력자료와 모델링 결과 해석 방법등 포괄적으로 규정하고 있는데 비해, 각주는 지역특성에 맞게 모델 구분, 모델입력방법 및 모델링 절차, 결과해석 등을 다루고 있다.

나. 대기모델 선정

전 세계적으로 사용하고 있는 EPA 모델중 미국 등 해외에서도 환경영향평가 대기질 예측에 사용되고 있는 모델 대부분은 Gaussian 확산식에 근거한 모델로써 입력 자료의 추출이 쉽고, 예측결과에 대한 해석 및 신뢰도가 높은 것에 기인하고 있다.

따라서 미국 EPA의 확산모델인 우선/권장모델, 대안모델, 스크린모델과 국내에서 사용하고 있는 모델을 대상으로 우리나라 환경영향평가 대기질 예측시 사용할 수 있는 모델을 검토하였다.

국내 환경영향평가에 대기질 예측 모델 선정은 우선 미국 EPA에서 배포하고 있는 우선/권장 모델을 대상으로 하고, 우선/권장 모델중 사용빈도가 적거나 대기질 예측 시에 다른 예측모델로 실행 가능한 모델 그리고 대기질 예측의 입력자료 생성이 어려운 모델을 제외하면 <표 4>와 같이 AERMOD, CALINE3, CAL3QHC, CAL3QHCR, CALPUFF, OCD 모델 등 6개를 선정하는 것이

바람직하다.

또한 미국 EPA의 우선/권장모델과 대안모델 선정 조건과 같이 사업규모가 적거나 터널에서의 대기질 영향예측과 같이 미국 EPA에서 배포하는 모델이 없는 지역, 오염물질 배출이 적어 대안모델과 우선/권장 모델과의 예측치에서 차이가 없는 모델 등에 대해서 검토한 결과 <표 5>와 같이 스크리닝 모델중 SCREEN3 또는 KSCREEN모델, 터널에서의 영향예측이 가능한 분류/등가모델, 평탄지역 또는 소규모 개발사업에서 적용가능한 ISC3-PRIME, 선형사업에서 반응성물질을 고려할 수 있고, 도로, 주차장, 교차로 등에 적용가능한 CALINE4 모델을 선정하는 것이 바람직하다.

<표 3> 권장모델 검토결과

모 델 명	선정 및 제외사유	적용 대상지역
AERMOD	<ul style="list-style-type: none"> ISC3모델의 단점을 보완하고, 복잡지역의 지형을 고려할 수 있는 알고리즘의 추가로 CTDM 기존 ISC모델의 사용방법과 유사 	<ul style="list-style-type: none"> 평탄/복잡 지형
BLP	<ul style="list-style-type: none"> 국내 환경영향평가 대상사업중 알루미늄 공장설립이 극히 적어 권장모델 제외 	
CALINE-3 CAL3QHC CAL3QHCR	<ul style="list-style-type: none"> 도로건설사업시 단기,교차로, 장기 대기질 예측에 적용 	<ul style="list-style-type: none"> 평탄 복잡지역의 경우 별도 방안 강구
CALPUFF	<ul style="list-style-type: none"> 대규모 점오염원인 발전소/소각장 대기질 예측시 적용 특히 해안가 대규모 점오염원에 적용 	<ul style="list-style-type: none"> 해안가 평탄/복잡 지형
CTDMPLUS	<ul style="list-style-type: none"> 복잡지형의 경우 EPA 분석결과 AERMOD 결과와 유사하므로 제외 단, AERMOD로 예측이 곤란한 지역은 적용가능 	-
OCD	<ul style="list-style-type: none"> 해안가 임지하는 소규모 사업에 적용 	<ul style="list-style-type: none"> 해안가

다. 대상사업별 대기질 예측방안

운영시 대기질 예측이 필요 없거나 스크린 모

〈표 4〉 스크리닝 및 대안모델 검토결과

모델구분	모델명	선정 및 제외사유	적용대상지역
스크리닝 모델	SCREEN3 KSCREEN	<ul style="list-style-type: none"> ISC3모델의 스크린 버전으로 cavity(공동)구역, 역전층파괴와 해안선 퓨미게이션(Fumigation)에 의한 농도는 물론 점오염원, 면오염원, Flare(심광), 부피오염원(Volume)에 대한 자상농도들을 예측할 수 있는 단일 오염원 Gaussian 플럼 모델임 대기질 예측시 소규모 개발사업등에 적용가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 평탄/복잡 • 해안가
터널	분류/등가 모델	<ul style="list-style-type: none"> • 터널에 의한 토출 오염물질이 주변지역에 미치는 영향 예측시 적용 	<ul style="list-style-type: none"> • 터널출구 지역
이동 오염원	CALINE4	<ul style="list-style-type: none"> • 도로건설사업시 단기 대기질 예측에 적용 	<ul style="list-style-type: none"> • 평탄 • 교차로/주차장 등
	ISC3-PRIME	<ul style="list-style-type: none"> • 기존의 ISC3를 개량한 것으로 소규모 개발사업 또는 평탄/구릉성 지형에 적용 	<ul style="list-style-type: none"> • 구릉/평탄

델 또는 사후환경영향조사만 시행해도 무방한 사업은 송전선로 건설사업, 항만건설사업중 방파제 건설사업, 하천이용개발사업, 해양 토석채취사업 등으로 분류되며, 예측항목은 면사업의 경우 PM-10, SO₂, NO₂, CO로 하고 소각로 건설사업은 PM-10, SO₂, NOS, HCl, 다이옥신으로, 운영시 이동오염원에 대한 예측항목은 NO₂, CO항목을 선정하는 것이 바람직할 것이다.

라. 모델옵션 표준화

환경영향평가가 적용하는 대기질 모델은 지역 및 사업특성에 맞게 적용되어야 하나 우리나라 환경영향평가 대행자의 대부분은 모델에 대한 교육부재, 기상처리 등 모델 관련 프로그램의 부재, 모델링에 대한 옵션 선택의 어려움에 의해 모델에 대한 획일화가 가속되고 있다.

따라서 대기질 모델 가이드라인의 작성은 선정된 모델을 지역 및 사업특성에 알맞게 적용하기 위해서는 지역조건에 대한 판단기준의 마련과 아울러 선정 모델을 실행하기 위한 기상 및 지형처리 등 관련프로그램의 개발 및 보급, 선정 모델에 대한 필수 옵션의 표준화가 선행된 후 이를 교육할 수 있는 기회가 마련되어야 할 것이다.

5. 맺음말

이상에서와 같이 우리나라 환경영향평가 대기질 모델운영의 문제점 및 가이드라인 설정방향에 대해 살펴보았다.

현재 우리나라 환경영향평가에 적용하고 있는 대기질 모델은 점·면오염원 배출사업의 경우 ISCST3, 이동오염물질 배출사업의 경우 CALINE3로 획일화되어 있고 지역특성을 반영 못하는 것으로 나타나 대기질 모델을 보다 체계적으로 운영하기 위해서는 대기질 모델 가이드라인 작성이 필요하다.

대기질 가이드라인은 지역특성을 감안할 수 있도록 평탄/복잡/해안지역으로 구분하여 선정하고 오염원에 따라서는 점·면 또는 이동오염으로 구분하되, 모든 평가 대상사업에 대해 선정 모델을 운영하기 보다는 스크리닝 모델을 통한 예비검토를 실시한후 선정모델을 운영함으로써 모델링 비용 및 시간을 절약할 수 있을 것으로 판단된다.

또한 선정된 모델을 보다 원활하게 운영하기 위해서는 기상 및 지형처리 프로그램의 개발 및 보급과 아울러 선정 모델에 대한 옵션의 표준화와 이를 교육할 수 있는 기회를 제공하여야 할 것이다.

〈원고접수일 2009년 6월 12일〉