

PC14) AIRWARE 시스템을 이용한 수도권 지역의 공기질 영향평가 Air Quality Assessment by using AIRWARE System

정재철 · 이현창 · Kurt Fedra¹⁾ · 김동영²⁾ · 김태진³⁾

(주)바이오텔, ¹⁾ESS GmbH, ²⁾경기개발연구원, ³⁾수원대학교 화공생명공학과

1. 서 론

대기환경관리 분야에서 대기질 모형(air quality model)의 역할은 매우 중요하다. 대기질 모형은 오염물질의 배출, 이류 및 확산(advection and diffusion), 반응, 침적(deposition) 등 일련의 과정들을 수식적으로 표현하여 전산화한 것으로 대기오염의 배출(resource)과 수용체(receptor) 사이의 인과관계를 이해하기 위한 핵심적인 도구이다. 대기질 모형은 대기 중 오염물질의 확산과 반응을 이해하는 연구도구(research tool)로서 사용되며, 현재의 대기질을 평가하고 미래의 대기질을 예측하며 각종 관련 정책 실시에 따른 영향을 평가하는 규제도구(regulatory tool)로도 사용된다(김동영, 2003).

따라서 본 연구에서는 EUREKA PROJECT E!3266-EUROENVIRON WEBAIR System에 의해 개발된 AIRWARE 시스템을 이용하여 수도권 일대 대도시를 중심으로 공기질 영향평가를 수행하였다.

2. 연구 방법

사용이 원활한 모형을 선택하여 입출력자료의 신뢰성이 일정 정도 보장되고 통상적인 운영이 가능한 모형체계로 구성하였다. 먼저 기상모형으로는 관측 자료에 기반하여 통상적인 운영으로도 쉽게 3차원 기상장을 도출하고, 등지격자체계를 사용하고 보다 진보된 방법으로 다양하게 미래를 예측할 수 있는 MM5(Georg Grell et. al, 1995) 모형을 채택하여 활용할 수 있도록 구축하였다. 대기질 모형은 도시지역의 반응성, 비반응성 물질을 같이 다룰 수 있고, 특히 광화학 반응에 의한 오존농도의 예측 및 저감대책 수립에 가장 많이 사용되는 미국 EPA의 AERMOD(AMS/EPA Regulatory Model)(EPA, 2008), CAMx, PMB 모델을 사용하였다.

AERMOD 및 CAMx의 대기질 모형을 기반으로 하고, 웹기반 실시간 대기질 모니터링 및 예보가 가능한 AIRWARE 시스템에 수도권의 데이터의 설정 및 모델 적용을 위해 지형, 대기질 관측 데이터, 기상 측정 데이터, 배출 데이터 등에 대하여 2001년을 기준으로 데이터베이스를 구축하였다. AIRWARE 시스템은 AERMOD와 CAMx의 대기질 모형을 이용하여 MM5의 기상 모델에 의해 실시간으로 현재의 대기질 상태를 나타내고, 예측이 가능한 시스템이다.

3. 결과 및 고찰

AIRWARE 시스템은 그림 1과 같이 시간별 현재의 상태를 나타내는 오염물질과 일자별 예보가 가능한 오염물질로 구분되어 있다. NO_x에 대해서는 AERMOD 모형과 CAMx 모형에 의해, 그리고 SO₂에 대해서는 AERMOD 모형에 의해 현재 시간별 오염정도를 모델링하였으며, 일자별 예보를 위해서 MM5 모형에 의한 기상 상태, CAMx 모형에 의한 NO_x, PBM 모형에 의한 O₃에 대해 모델링하였다.

그림 2는 AERMOD 모형에 의해 서울의 NO_x 시나리오에 대한 현재 예보를 나타낸 예이다. 그림 2의 우측에는 서울의 위성사진을 바탕으로 AERMOD 모형에 의해 NO_x의 농도 분포를 나타내고 있으며, 좌측에는 배출정보, 관측소의 기상정보, 대기질 정보를 나타낸다. 배출정보에는 NO_x, SO₂, VOC, CO, PM₁₀, PM_{2.5}의 배출속도, 관측소의 기상정보에는 대기온도, 바람속도, 바

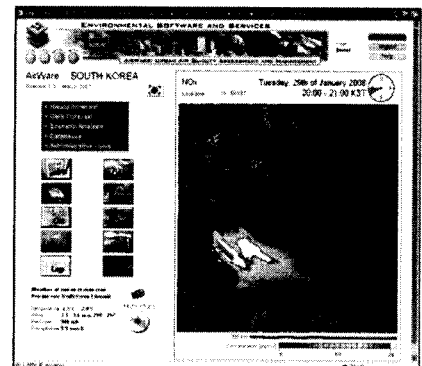


Fig. 1. AIRWARE 시스템 메인화면.

람방향, 그리고 대기질 정보에서는 모사된 NOx와 계산된 NO2의 농도를 나타내도록 하였다. AIRWare 시스템은 AERMOD 모형을 이용하여 SO2에 대해 현재 예보도 가능하며, NOx 시나리오에서와 동일하게 대기질 정보에는 모사된 SO2와 계산된 SO2의 농도를 나타내도록 하였다. 또한 NOx에 대하여 CAMx 모형에 의해 현재의 오염정도를 그림 3과 같이 예보하도록 하였다. 그림 3의 CAMx 모형에 의한 NOx의 현재 예보 화면은 AERMOD 모형의 NOx의 현재 예보 화면과 동일하나 단지 대기질을 분석하는 방법에서만 차이가 있다.

AIRWARE 시스템은 MM5 모형에 의한 기상 예보가 가능하다. 즉, 시간별 대기 온도, 바람 속도, 수분 함량 등을 바탕으로 우측의 지도 위에 바람의 방향을 예측하게 되며, 이를 바탕으로 예측되는 온도 및 강수량을 예보하게 된다. 즉, 그림 4에서와 같이 하나의 격자에 대하여 바람방향을 설정하고 이를 바탕으로 광화학 모형을 적용하게 된다. 그림 4의 좌측엔 일반적인 특성, 온도, 바람속도, 수분함량 등을 중심으로 MM5 기상 자료를 나타내고, 우측에 위성지도를 이용하여 등지격자에 바람방향을 표시하도록 하였다. 또한 하단에는 대기온도, 바람속도, 압력, 습도, 강수량, 운량, 복사열, 경계층 높이에 대하여 그래프 형태로 나타내었으며, 하단 우측에 이미지를 바탕으로 격자별로 온도와 강수량에 대한 정보를 나타낼 수 있도록 하였다.

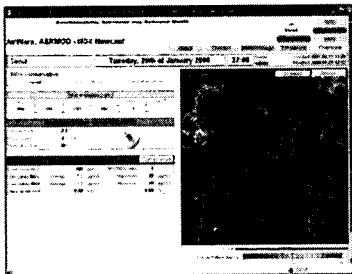


Fig. 2. AERMOD 모형에 의한 NOx 현재 예보.

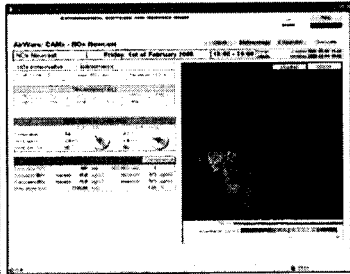


Fig. 3. CAMx 모형에 의한 NOx 현재 예측.

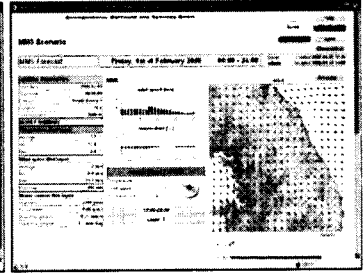


Fig. 4. MM5 모형에 의한 기상 예측 예보.

AIRWARE 시스템에서는 O3 예측 예보를 위하여 광화학박스모델(Photochemical Box Model, PBM)을 이용한다. O3의 예측예보를 위해 NOx 및 SO2에서와 같이 위성사진에 오존의 농도 분포를 나타내고, O3 예측 예보에 사용된 시나리오를 분석하기 위하여 O3의 농도에 영향을 주는 O3, CO, NO, NO2의 농도를 나타내고 이들에 대한 시간별 농도 그래프를 나타내도록 하였다.

NOx, SO2, O3 등의 현재 및 예측 예보를 하기 위하여 도로망에 대한 시나리오 분석이 가능하도록 구성하였으며(그림 5 참조), 특히 측정치와 예측치의 분석을 위하여 그림 6과 같이 기상자료, 대기자료 등에 대하여 비교할 수 있도록 하였다.

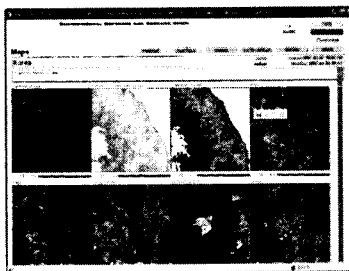


Fig. 5. 지형, 도로망 시나리오.

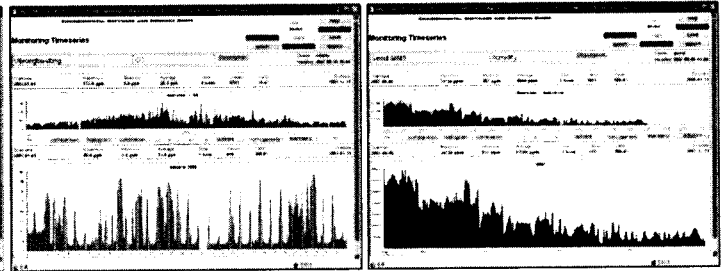


Fig. 6. 대기(좌: 오존), 기상자료(우:습도)의 측정치와 예측치 비교.

본 연구에서 사용된 EUREKA PROJECT E!3266-EUROENVIRON WEBAIR System에 의해 개발된 AIRWARE 시스템은 지역의 기상조건, 지형, 오염물질의 농도에 근거하여 실시간 통신 및 분석 보고가 가능하고 인터넷을 통하여 대기질의 정보를 제공함으로써 대기환경평가나 대기환경 기본계획 등의 정책 자료로서 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 김동영 (2003) 수도권 대기질 모델링체계 구축방안, 경기개발연구원 연구보고서 2003-24, 수원.
- EPA (2008) http://www.epa.gov/ttn/scram/dispersion_prefrec.htm, AERMOD, 2008.
- Georg Grell, Jimy Dudhia, and David Stauffer (1995) A description of the Fifth-Generation Penn Stat/NCAR Mesoscale Model(MM5), National Center for Atmospheric Research(<http://www.mmm.ucar.edu/mm5/mm5-home.html>).