

## CA7) 광양만권 옥시단트(Ox) 예측 모델의 개발 Development of a Forecasting Model for Oxidants

이상득 · 山口 克人 · 近藤 明<sup>\*</sup> · 정일현

목포대학교 공과대학 환경공학과

\*大阪大學 大學院 地球綜合工學專攻, \*\*大阪大學 大學院 環境工學專攻,

### 1. 서론

종합적인 오존대책을 구축하기 위해서는 광화학 옥시단트의 생성물리·화학과정 및 생물기원(자연발생인) 탄화수소의 영향을 고려한 3차원 광화학반응 모델의 구축이 가장 절실하다. 특히, 광화학 옥시단트는 국지적인 순환(해륙풍) 및 혼합층에 의해 지배되기 때문에 지형을 고려한 3차원 기상장 수치모델(도시규모)과 광화학을 포함한 농도장(광화학반응 모델) 모델에 의한 대상지역의 시간적, 공간적인 오존농도 분포를 재현할 수 있는 모델 개발이 필요하다. 따라서, 본 연구는 광양만권의 국지적인 순환을 나타내는 기상장모델의 개발과 함께 광양만권의 광화학 옥시단트 생성에 기여하고 있는 질소산화물 및 탄화수소(HC)의 영향을 정량적으로 나타낼 수 있는 광화학 반응모델을 개발하였다.

### 2. 모델의 개요

#### 2.1 계산영역

계산영역은 그림1에 나타난 것과 같이, 넓은 영역(수평방향 91×91 Mesh, Mesh 간격 1km)과 작은 영역(수평방향 81×81 Mesh, Mesh 간격 0.5km)으로 구성되었다. 넓은 영역은 동경 127° ~128°, 북위 34° 30' ~35° 15' 이며, 작은 영역은 동경 127° 35' ~128° 53', 북위 34° 43' ~35° 59' 이다. 연직방향의 간격은 지표면에 가까울수록 간격이 좁은 15 Mesh의 불균등 Mesh를 이용하였다. 토지 이용율은 환경부 위성자료를 참조하여, 삼림, 수역(하천, 해양), 농경지, 도시, 기타 지역의 5종류를 고려하였다.

#### 3.2 기초식

$$\frac{\partial c_i}{\partial t} = -u \frac{\partial c_i}{\partial x} - v \frac{\partial c_i}{\partial y} - w^* \frac{\partial c_i}{\partial z^*} + \left( \frac{s}{s-z_g} \right)^2 \frac{\partial}{\partial z^*} \left( K_V^{(c)} \frac{\partial c_i}{\partial z^*} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( K_H^{(c)} \frac{\partial c_i}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_H^{(c)} \frac{\partial c_i}{\partial y} \right) + R_i + Q_i \quad (1)$$

여기에서,  $i$ 는 물질의 종류(황산화물, 질소산화물, 오존),  $c$ 는 오염물질의 농도,  $u, v, w^*$ 는  $x, y, z^*$ 의 풍속,  $s$ 는 높이,  $z_g$ 는 표고,  $K_V^{(c)}$ 는 오염물질의 연직확산계수,  $K_H^{(c)}$ 는 오염물질의 수평확산계수,  $R_i$ 는 광화학반응에 대한 생성, 소멸율,  $Q_i$ 는 연돌 배출원에 의한 배출율을 각각 나타낸다.

#### 2.2 광화학 반응 모델

광화학 반응 모델은 CBM-IV(Gery et al., 1989)를 이용하였다. CBM-IV는 다양한 비메탄탄화수소(NMHC)를 탄소결합 형태에 따라 4종류의 그룹으로 탄소 환산하고 개개의 반응 화학종에 의한 반응속도의 차이를 동일한 기준으로 취급하고 있다.

4개의 그룹은 오존(O<sub>3</sub>), 질소산화물(NO<sub>x</sub>), 라디칼(HO<sub>x</sub>)과 같은 무기물 화학종과 포름알데히드(HCHO), 에틸렌(ETH), 이소프렌(ISOP)과 같이 환경대기 중에 특수하게 취급되고 있는 유기물 화학종으로 나타낼 수 있다. 또한, 탄소결합법은 단일결합인 파라핀(PAR), 이중결합인 올레핀(OLE), 알데히드기를 갖는 알데히드(ALD2) 3개의 물질과 7개와 8개의 탄소 구조를 갖는 TOL(톨루엔)과 XYL(크실렌)이 있다. 광화학반응 모델은 33개의 화학종과 81개의 반응식으로 구성되어 있다.

### 3. 계산조건

고농도 옥시단트가 발생하기 쉬운 기상조건, 즉 광화학 반응이 활발히 일어나는 전형적인 여름철(8월)의 맑은 날을 가정하여 2일간을 계산하였다. 발생량의 입력자료는 여천공단, 광양공단, 광양제철 및 하동 발전처에서 배출되는 오염물질은 각 공장의 연돌 제원을 고려하였으며, 그 밖의 발생량에 대해서는 Mesh 첫 번째에 입력하였다. 또한, 광양만권의 대기측망인 삼일동, 월래동, 중동, 태인동, 광무동, 장천동의 대기 측정자료와 계산결과를 비교·검토하였다.

### 4. 결론 및 고찰

광양만권의 복잡한 지형과 여천공단, 광양 제철소, 하동 화력처, 가정 및 자연에서 배출되는 탄화수소를 고려하여 계산하였다. 광양만의 복잡한 지형에서 의해서 발생하는 국지순환풍인 해륙풍을 잘 묘사할 수 있었으며, 황산화물, 질소산화물 및 오존의 공간적·시간적인 현상을 잘 나타내었다. 또한, 광양만 대기측망의 관측자료와 계산결과를 비교·검토한 결과, 황산화물은 관측자료와 잘 일치하였으며, 질소산화물 및 오존의 농도는 관측자료와 다소 차이는 있었으나, 증가되고 감소되는 패턴은 일치하였다.

#### 참고문헌

- 이상득, 정일현(1977) 「도시규모의 대기오염 농도예측」 한국대기환경학회지, 13[2], p137~145
- 이상득, 山口克人, 近藤明, 大田宏和, 김선치(2000), 「광양만권의 유동장 및 농도예측」 한국대기환경학회 춘계 학술발표
- Gery M. W., Whitten G. Z., Killus J. P., Dodge M. C.(1989) 「A Photochemical Kinetics Mechanism for Urban and Regional Scale Computer Modeling, J. Geoph. Res., Vol.94, No.D10, 12925-12956