

1D5) PSCF 모형의 개발과 적용사례 평가

Development and Evaluation of Previous Studies of PSCF Model

정장표 · 이승훈 · 장영환
경성대학교 환경공학과

1. 서 론

배출원과 수용점과의 정성적이고 정량적인 관계를 파악하기 위해서는 EI(emission inventory)를 구축하거나 적절한 모형을 사용하는 방법이 있다. EI를 구축하는 방법은 배출원에 대한 정보를 구체적으로 파악할 수 있는 장점이 있지만, 오랜 기간 동안 많은 인력과 경비가 필요하며, 모든 오염물질에 대해 EI를 구축한다는 것은 현실적으로 불가능하다. 따라서 많은 연구자들은 배출원과 수용점과의 관계규명을 위해 수용점에서 측정된 자료를 이용하여 영향배출원에 대한 정보를 파악하고 있는 실정이다.

PSCF(potential source contribution function) 모형은 수용점에 영향을 미치는 영향배출원의 위치를 규명하는 모형으로, 1990년대 중반에 이르러서야 일부 연구자들에 의해 활용되기 시작하였고, 우리나라에서는 2000년대 초부터 활용되기 시작하였다.

PSCF 모형은 영향 배출원의 규명에 활용도가 높고, 적용 가능성 또한 높은 도구이긴 하지만 모형의 개발이 최근에서야 이루어졌으며, 현재까지 지속적으로 개발·보완중에 있어 제한적인 연구자들과 제한적인 경우에서만 사용되어 왔다.

이에 본 연구에서는 국내 경성대학교 대기오염연구실에서 개발·보완되어지고 있는 PSCF 모형의 프로그램 진행과정을 소개하고 향후 개발 방향을 제시하고자 하며, 국내적용 사례에 대한 비교·평가를 통해 PSCF 모형의 활용가능성과 활용분야에 대한 종합적인 검토를 수행하고자 한다.

2. 이론적 고찰

수용점에서 대상 오염물질에 대한 배출원의 위치 정보를 파악하기 위한 연구는 Ashbaugh(1985), Malm(1986) 등에 의해 최초로 시도되었고, P. K. Hopke 등에 의해 지역적인 규모에서 널리 활용되어졌다. 그러나 국지적인 규모에서의 적용은 미미한 실정이며, 국지적인 규모에서의 적용사례에 대한 검증이 이루어지지 않고 있었다.

우리나라의 경우, 정장표(2001) 등에 의하면 다양한 수용모형을 활용하여 수용점에서 분석된 자료에 대해 상대적 기여도 분석과 아울러 잠재적인 배출원 위치 정보에 대한 규명을 시도한 바 있으며, 전라남도 주암호에 영향을 주는 영향배출원은 인근의 국지적인 배출원 뿐만 아니라 멀리 중국에서 이동되어져 오는 장거리 이동의 영향과, 거제의 조선소 및 부산에서도 영향을 미치고 있음을 밝혀낸 바 있다.

또한 이승훈(2002)에 의하면, PSCF 모형의 적합성 검증을 위해 부산시 대기자동측정망 자료를 이용하여 국지적인 규모에서의 PSCF 모형결과를 최초로 검증한바 있으며, 대기건성침적 자료에 대해서도 PSCF 모형을 적용한 사례가 있었다.

또한 장영환(2004)은 주암호에서 측정된 대기건성침적 자료에 대해 국지적 규모와 지역적인 규모에 대해 PSCF 모형을 적용한 사례가 있으며, 지역적인 규모에 있어서 모형의 적합성 검증을 시도한 바 있다.

최근 부산지역 자동측정망의 오존 농도에 영향을 미치는 영향배출원의 확인(조효정, 2005), 배경농도 지역의 오염물질 장거리 이동현상 규명을 위해 배경농도 측정소에서 측정된 오염물질에 대한 PSCF 모형을 적용한 사례도 있다(국립환경연구원, 2005)

3. PSCF 모형의 개발과 적용사례 평가

PSCF 모형은 원리가 간단하지만 독립적인 프로그램으로 개발되어 있지 않아 일반 사용자가 모형을

적용하기 어렵다는 것이 단점으로 지적되어 왔다. Cheng(1994)은 연구를 위해 PSCF 모형을 제작한 바 있으나, 이는 일반 사용자를 고려하지 않았으며, 해당 연구를 위한 특정한 상황에서만 수행되도록 작성되어 범용적이지 못하였다. Hsu(2001)는 C와 Fortran을 이용하여 PSCF 모형을 적용하였으며, 모형의 원리를 적합하게 반영하지 못하였고, 프로그램의 사용이 다소 복잡하여 사용상에 어려움이 있었다. 또한 P. K. Hopke(2002)의 연구실에서는 PSCF 모형의 적용을 위해 Matlab 프로그램을 이용한 스크립터로 모형을 제작한 바 있으나, 이는 모형 수행시 반드시 Matlab 이란 프로그램을 사용하여야 한다는 제약과 모형의 원리를 적합하게 반영하지 못한 부분이 일부 있었다.

이에 경성대학교 대기오염연구실에서는 PSCF 모형 수행을 위해 Fortran으로 독립된 모형을 제작하여 사용자의 편의성을 고려하였으며, 현재까지 지속적으로 수정 및 보완작업을 거쳐 모형의 원리에 충실하고 보다 개량된 모형으로 발전시켜 나가고 있다.

한편으로 PSCF 모형은 역계적 분석자료가 모형의 입력자료로 사용되기 때문에 지역적인 규모 이상의 규모가 큰 대상지역에서 적용이 가능하다고 알려졌고, 실제 지역적인 규모나 지구규모적인 경우에 널리 활용되어져 왔다.

그러나 이승훈(2002)은 자동측정망 자료와 부산광역시 인근지역에 구축된 EI 자료를 활용하여 PSCF 모형을 국지적인 규모에서 적용하고 그 적합성을 검증한 바 있으며, 그 결과 국지적인 규모에서도 PSCF 모형을 활용한 영향 배출원의 규명이 가능해졌다. 이후 장영환(2004), 이승목 등(2004), 조효정(2005) 등은 국지적인 규모에서 PSCF 모형을 적용하였으며, 이는 지역적인 규모에서의 배출원 규명 뿐만 아니라 국지적인 규모에서의 배출원에 대한 규명 가능성을 한 층 더 높여주고 있다.

PSCF 모형의 국내 적용사례를 정리한 표 1을 살펴보면 PSCF 모형은 대기중 입자상 오염물질, 대기건성침적물에 적용되어졌으며, 최근에는 가스상 오염물질에 대해서도 적용된 바 있고, 그 결과 반응성이 큰 가스상 물질에 대해서도 PSCF 모형의 적용가능성이 높음을 알 수 있었다.

Table 1. Previous studies using PSCF Model

연구자	년도	연구 내용(대상지역의 규모, 대상물질)
정장표	2001	주암호에서의 영향 배출원 위치 규명
이승훈	2002	PSCF 모형의 적용 및 적합성 평가(국지적 규모, 자동측정망 자료) PSCF 모형의 적용(지역적 규모, 대기건성침적물질)
정장표 외 2인	2003	PSCF 모형의 적용(지역적 규모, 수용성이온물질)
이승목 외 2인	2003	PSCF 모형 적용(지역적 규모, 중금속물질)
정장표 외 3인	2004	PSCF 모형 적용(지역적 규모, 수용성이온물질)
이승목 외 5인	2004	PSCF 및 RTWC 모형의 적용(국지적 규모, 수용성이온물질)
이승목 외 1인	2004	PSCF 및 RTWC 모형의 적용(국지적 규모, 수용성이온물질)
장영환	2004	PSCF 모형의 적용 및 적합성 평가(지역적 규모, 대기건성침적물질) PSCF 모형의 적용(국지적 규모, 대기건성침적물질)
조효정	2005	PSCF 모형의 적용(국지적 규모, 자동측정망 O ₃ 농도)
국립환경연구원	2005	PSCF 모형 적용(지역적 규모, 수용성이온물질, 중금속 물질, 가스상 물질)

또한 유용한 모형결과의 도출을 위해 PSCF 결과를 결합하여 공통된 결과를 도출하는 J-PSCF(joint PSCF), PSCF 값을 산정하는 방법의 다변화 등 적용상의 응용방법과 대상지역의 규모에 따른 격자크기, 격자개수, 역계적 자료 등 기초입력자료의 적절한 설정을 통해 PSCF 모형의 적용가능성을 한층 더 높일 수 있다.

이상의 결과에서 PSCF 모형은 현재 지속적으로 개발·보완되어지고 있는 모형으로, 추후 배출원의 규명, 배출원 목록 구축의 보완, 대기 정책의 수립 및 평가 등에 널리 적용되어질 수 있을 것으로 판단

된다.

참 고 문 헌

- 국립환경연구원(2005) 배경농도지역 장거리오염물질 집중조사 - 강화, 태안, 거제, 고성, 고산의 대기오염물질 측정 - 최종보고서
- 이승훈(2002) 대기오염원의 위치 확인을 위한 PSCF 모형의 적용, 경성대학교 박사학위논문
- 정장표(2001) 주압호 유역의 건식대기오염물질의 배출원 특성규명 및 할당, 연구보고서
- 장영환(2004) 상수원에 대한 대기침적의 영향과 잠재적 오염원의 규명, 경성대학교 박사학위논문
- 조효정(2005) 부산광역시 오존농도의 시·공간적 특성과 영향배출원 분포특성, 경성대학교 박사학위논문