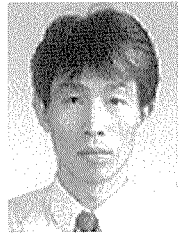


# 유해성 대기오염물질의 관리방안과 전망



**백성욱**  
영남대학교 건설환경공학부 교수

## 1. 서론

대기 중 독성이 강한 물질들 중 특히 환경적 관심사가 높은 물질로서는 휘발성 유기화합물(VOCs), 다환방향족 탄화수소(PAHs), 폴리클로라이네티드바이페닐(PCBs), dioxine과 furan류, 그리고 유기염소계 농약류(organochlorine pesticides)등을 들 수 있다. 이외에도 니켈, 카드뮴, 납과 같이 발암성 혹은 생체농축성이 높은 중금속도 일부 포함된다. 이들 물질들은 흔히 기준성 오염물질과는 구별하여 유해성 대기오염물질(Hazardous Air Pollutants, 이하 HAPs)이라 부른다. HAPs의 범주에 속하는 물질들의 공통적인 사항을 고려하여 그 특징을 요약하면 다음과 같다.

첫째, HAPs 그룹에는 대기환경에서 낮은 농도에서도 장기간 노출될 경우 심각한 건강피해를 유발할 수 있는 물질, 즉 대부분 비역치 오염물질(non-threshold pollutants)이 많이 포함된다.

둘째, HAPs는 인간에게 암, 기형, 신경장애, 혹은 유전적 돌연변이 등을 유발 할 수 있는 물질, 즉 유전 독성

(genetic toxicity)을 갖는 물질이 많다.

셋째, 대부분의 HAPs는 환경잔류성(Persistent), 생체농축성(Bioaccumulative), 및 독성(Toxic)을 동시에 가지고 있는 물질(일명 PBTs라고 부름)들이 많다.

우리나라 대기환경보전법에는 HAPs의 개념을 '특정 대기유해물질'로 규정하고 있으며, 1978년 16종을 지정한 이래 1998년에 25종으로 확대하였으며, 금년부터 PAH 등 10종을 추가하여 총 35 종(혹은 그룹)을 지정해 바 있다. 한편, 2002년에는 산업체에서 많이 사용하고 있는 200여종의 물질을 TRI(Toxic Release Inventory) 보고대상물질로 선정하여 그 중 환경관리상 중요성이 높은 48종을 관리 우선순위 물질로 도출한 바 있다.

지구환경은 궁극적으로 생물권, 암석권, 수권, 대기권, 빙하권의 5대 권역으로 이루어진 하나의 거대한 시스템이며 각 권역은 상호간에 유기적으로 연관되어 있다. 따라서 어느 한 권역에서 심각한 오염 혹은 인위적 제한(constraints) 등과 같은 외부적인 환경 스트레스가 주어지면 결국 그 매체에 대한 압력은 다른 권역으로 전파, 이전되는 속성을 가지고 있다. 이러한 현상은 특히

여러 매체에 널리 분포되어 존재할 수 있는 잔류성이 강한 유해 독성물질의 경우 더욱 심하여 매체별 환경관리 또는 특정 매체 중심의 환경관리방식은 총괄적 측면에서 볼 때 크게 효율적이지 못할 때가 많다.

뉴 밀레니엄을 맞이하여 우리나라 환경부에서는 21세기 환경정책의 방향으로 i) 환경친화적 경제사회체제 구축, ii) 사전예방정책, iii) 통합 환경관리정책, iv) 수요관리정책, v) 시민참여의 환경정책, vi) 지구환경보전 정책과 남북 환경 협력 등을 제시함으로써 종래의 매체별 물질 농도 규제 방식을 벗어나 물질별 통합 환경관리라는 뉴 패러다임의 필요성을 예고하는 시책을 발표한 바 있다. 본 고찰의 주요 목적은 최근 대두된 통합 환경관리라는 새로운 패러다임의 측면에서 효과적인 HAPs 관리 방안을 모색하고 향후를 전

망하고자 함에 있다.

## 2. 배출원 조사 및 발생원 규명의 문제점과 과제

환경관리의 근본적인 접근방법은 (i) 현황파악, (ii) 향후 예측, (iii) 대책수립의 3단계로 단순화 할 수 있다. 이 3단계 중에서도 환경 현황에 대한 진단 및 평가 단계는 가장 기본적이면서도 모든 정책의 시발점이 되는 중요한 과정이다. 환경현황파악 과정은 다시 배출원 조사와 환경오염 수준 조사로 구분할 수 있다.

### 2.1 배출원조사의 중요성과 문제점

배출원 조사는 각종 사업장에서 사용하는 유해물질의 종류의 사용량에 관한 조사를 기초로 사업장에서의 배출농도를 조사하는 작업도 포함된다. 그러나 일반 대기오염물질과 달리 유해 대기오염물질은 그 종류도 다양할 뿐만 아니라 배출원도 복잡·다양하여 정확한 배출원에 대한 조사는 전문성을 요하는 매우 어려운 과제이다. 더욱이 HAPs의 경우 연동을 통해 배출되는 성분 보다 비점 배출(fugitive emission)이 상당 부분 차지하고 있어 배출량 추정에 어려움이 가중된다. 국내의 경우 2000년대에 접어들면서 적극적으로 HAPs에 관한 자료 조사에 착수하고 있어 매우 고무적이기는 하나 부족한 인력과 막대한 비용이 소모되는 관계로 빠른 시일 안에 소기의 목적을 달성할 수 있을 것으로 기대하기에는 무리한 점이 많다.



## 2.2 발생원 규명 및 기여도 산출방법

HAPs의 효율적 저감 및 관리대책 수립의 주요 선결 과제는 이들 물질의 발생원 규명 및 대기 중 농도에 대한 각 발생원의 기여도를 추정하여 우선 관리 대상 배출원을 선정하는 과정이다. 대기오염물질의 발생원의 규명과 추정을 위해서 종래에 적용되었던 방법들은 (i) 여러 지점의 동시샘플링을 통하여 등농도선을 작성하여 오염원의 위치를 추정하는 방법, (ii) 장기간에 걸친 시간에 따른 오염물질의 농도변화를 추적하는 방법, (iii) 성분원소간의 상관분석에 의하여 배출원별로 분류하는 방법 등이 일반적으로 적용되었으나 이들 방법들은 임의의 지점에 대한 특정 발생원의 영향을 정량적으로 산출하는데는 많은 한계점이 있다.

이러한 문제를 극복하기 위하여 입상물질에 함유된 여러 가지 미량원소들의 동시정량분석이 가능해짐에 따라 각 발생원에 특유하면서 다른 발생원에는 상대적으로 많이 함유되지 않은 원소들을 tracer로서 선별하여 각 오염원의 기여도를 수학적으로 분리해내는 정량적인 평가방법이 수용모델링(receptor modeling)의 일환으로서 많이 이용되고 있으며, 부유분진에 대해서는 이미 많은 연구가 진행되어 미국의 경우 PM10의 환경기준 설정에 활용될 정도로 여러 가지 기법이 개발된 바 있다. 수용모델링 기법을 대별하면 적용하는 통계기법과 입력자료의 가용성에 따라 다변량인자분석모델과 화학 성분보존모델로 구분된다.

## 2.3 HAPs에 대한 발생원 추정 모델 개발을 위한 과제

최근 들어서는 receptor modelling기법을 화학적으로 반응성이 강한 물질들에의 적용가능성도 검토되고 있다. 그러나 부유분진과는 달리 PAH와 같은 반응성이 비교적 강하고 휘발성인 유기물질의 경우에는 아직 이론적 제한요인이 많아 실용화 단계에는 이르지 못하고 있으며 몇몇 연구가에 의해 기존 수용모델링 기법의 개

선을 추구하는 시험적인 연구가 진행되고 있는 실정이다. 이와 같이 대기 중 화학 혹은 광화학반응을 통한 소멸의 정도가 심한 유기성 HAPs의 경우 수용모델링 기법을 적용함에 있어서 가장 제한적인 요인이 되는 사항들을 요약하면 아래와 같다.

- HAPs 측정분석과정에서 유발되는 자료의 불확실성
- 각종 발생원에서의 HAPs의 성분 Profile 자료의 불확실성
- HAPs의 대기 중 분해 및 반응성에 관한 자료의 불확실성
- HAPs의 입도의존성에 따른 대기 중 체류시간의 불확실성
- HAPs에 대한 수용모델링 적용 결과에 대한 검증의 어려움

위의 과제들은 행정관리 분야에서 다루기 어려운 학문적 성격이 강한 과제들이므로 HAPs 관리 차원에서 행정기관이 주도하는 배출원 조사와 병행하여 학회나 관련 연구단체를 통하여 지속적으로 연구될 수 있도록 하는 정책적인 배려가 있어야 할 것으로 사료된다. 이와 같은 발생원 규명을 위한 과학적 기법이 활용되면, 중국과 같은 인근 국가에서 우리나라로 유입되는 유해물질에 대한 기여도를 산출할 수 있을 뿐만 아니라 국제적으로 강조되는 POPs(환경잔류성 유기오염물질)에 관한 보다 정확한 정보의 축적과 관리대책 수립에도 유익할 것으로 판단된다.

## 3. HAPs의 측정상 문제점과 과제

각국의 환경관리의 궁극적인 목표는 불특정 다수가 비자의적으로 노출되는 환경매체를 통한 일반대중의 환

경보건학적 위해성 저감에 있다. 전술한 바와 같이 위해성 평가의 가장 핵심적인 요소는 일반대중이 노출되는 각종 환경 매체에서의 유해물질의 농도를 파악하여 노출량을 평가하는 과정이다. 그러나 유해대기오염물질에 관한 한 아직까지 측정기술이 완전하게 개발되거나 보편화되어 있지는 못한 실정이다.



### 3.1 HAPs 측정의 문제점

HAPs 관련 물질의 측정 방법에 내재된 기술적 어려움의 주된 이유는 첫째, 대부분의 유해물질들은 환경에서 아주 낮은 농도로 존재한다는 점이다. 따라서 검출 한계가 적절치 못할 경우 실제 환경시료에서의 유해물질의 존재 유·무를 파악하기 어려우며, 결과적으로 고가의 장비와 고감도의 측정기기가 활용되어야 한다는 어려움이 따르게 된다. 둘째, 특히 유기오염물질의 경우 동종체가 많으며, 이성질체에 따라 독성도 서로 다르게 나타나므로 정확한 독성 평가를 위해서는 이성질체를 분리 확인하는 작업이 반드시 필요하다. 따라서 분석과정에서 상당한 전문성이 요구되며 분석 기술 뿐만 아니라 분석요원의 전문성도 확보되어야 한다는 점이다. 그리고 셋째, 실제 환경시료 matrix에 함유된 유해물질을

분리 정량하기 위해서는 복잡한 전처리 과정이나 정제작업(cleaning-up)이 요구된다는 점이다. 분석 방법이 복잡하고 까다로워질수록 시료의 손실이나 인위적 오염(artifact) 가능성이 커지게 되어 결국 최종적으로 얻어진 농도 값의 불확도(uncertainty)는 커지게 되어 측정 결과의 신뢰도에 큰 영향을 미치게 된다.

### 3.2 HAPs 측정과 정도관리의 중요성

일반적으로 측정 결과의 정도관리는 재현성과 정밀성 등을 평가하는 정도제어(quality control, QC)과정과 정확성을 평가하는 정도확인(quality assurance, QA) 과정으로 구분되며, 최종적인 정도 평가(quality assessment)는 QC와 QA 모두를 포함하여야 한다. ISO에서는 불확도가 표기되지 않은 자료는 자료로서 의미가 없다고 할 정도로 국제적으로는 환경 자료의 정도관리가 강조되고 있으며, 이른 추세를 감안하여 국내에서도 최근에는 환경 측정 분야에서 정도관리의 중요성이 인식되고 있다. 그러나 국내 대부분의 실험실에서는 자체적으로 측정치의 재현성 정도를 평가하는 수준에 그치고 있어 아직도 정도관리에 대한 명확한 개념이 전파되어 있다고 보기는 힘들다. 미국 EPA의 경우 정확도 평가를 위한 참값 제공의 측면에서 표준참조물질(standard reference materials, SRM)의 이용을 적극 권장하고 있다. 그러나 미량 유해대기오염물질의 경우 아직 SRM이 공급되지 않는 항목이 있거나 비용문제로 정확도 평가는 현실적으로 수행하기 어려운 경우가 많다.

### 3.3 HAP 측정기술개선을 위한 과제

측정의 궁극적인 목적은 정확한 자료를 제시함에 있다. 정도관리(혹은 불확

도 평가)가 되지 않은 측정 자료는 환경기준치 혹은 다른 연구자의 측정 결과 등과의 비교 호환성을 부여 받기가 힘들게 되어 결국 많은 비용과 시간을 소모하여 얻은 귀한 자료가 정보로서의 의미가 없어지게 된다. 현실적으로 비교적도가 되는 SRM이 마련되지 않는 경우, 혹은 마련되어 있는 경우라 하더라도 실험실간 비교 평가를 통한 측정 자료의 신뢰성 제고는 매우 중요한 관건이라고 할 수 있다. 이와 관련하여 향후 국내의 HAPs 관련 자료 측정에 관한 신뢰성을 높이기 위하여 아래와 같은 주요 과제와 방안을 제시하고자 한다.

- Priority pollutants로서의 HAPs에 대한 극미량 수준의 분석방법론 개발
- 분석방법의 성능평가를 통한 표준공정시험법(SOP) 작성 및 정도관리 지침마련
- HAPs 측정분석에 대한 국내의 자체적인 정보와 기술의 축적 및 전문가 양성
- HAPs의 개인 노출량 평가(personal monitoring)를 위한 방법론 개발
- 각종 배출원에서의 HAPs제거를 위한 방지시설의 성능 평가를 위한 측정방법 개발

이와 같은 분야는 국내의 실정을 감안 할 때 특정 연구실이나 소수의 연구자에 의해 결정될 성격은 아니다. 따라서 측정방법에 대한 연구를 촉진하고, 개발된 방법에 대한 타당성 검토 등을 위하여 전문가 그룹(expert group)을 구성하여 HAPs 측정방법과 정도관리를 개선해 나갈 수 있는 지속적이고 체계적인 조직을 만들 필요가 있다고 사료된다.

#### 4. 통합 환경관리 측면에서 본 HAPs의 관리 방안

저자 개인의 판단으로 볼 때, 좁게는 특정유해물질의

범주에서, 넓게는 통합 환경관리라는 범주에서 우리나라의 연구개발 수준은 미국에 비해 20여년, 일본에 비해 약 10여년의 뒤진 상황이라고 보아진다. 그러나 늦은 감은 있거나 우리나라 실정에 맞는 정책을 수립하는 과정에서 이들 선진국의 접근 사례를 충분히 검토하고 bench marking 할 수 있다면 시간과 경비를 절감할 수 있는 좋은 기회일 수도 있다고 본다. 새로운 패러다임으로 거론되는 통합 환경관리 측면을 고려한 HAPs의 관리 대책을 강구함에 있어서 많은 요인들이 등장할 수 있겠으나, 본 고찰에서는 아래와 같은 세 가지 관점으로 집약하여 접근 방안을 제시하고자 한다.

#### 4.1 환경매체 통합관리를 위한 기본 방향 설정

여러 환경매체 중에서도 대기환경의 중요성은 대기가 각종 유해물질이 환경시스템으로 유입되는 출구 역할을 하고 있다는 점에서 찾을 수 있다. 일례로 국내의 경우 산업체에서 배출되는 특정유해물질의 약 90%는 일차적으로 대기로 배출된다고 조사된 바 있다. 대기 중으로 배출되기 이전의 HAPs는 배출원에서는 유해화학물질의 범주에서 다루어지게 된다. 미국과 네덜란드 등과 같은 선진국에서는 이미 환경잔류성이 강한 유해화학물질에 대해서는 환경매체 통합관리 개념이 환경정책의 새로운 패러다임으로 자리 잡는 추세이다.

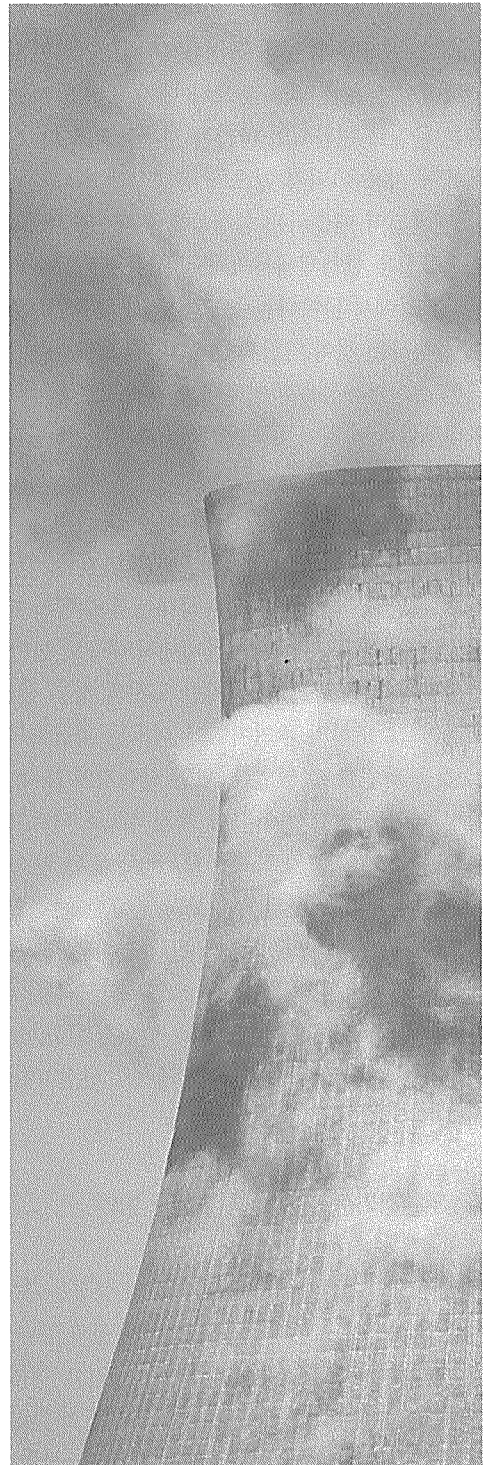
종래의 우리나라 유해오염물질 관리는 배출원 중심의 농도 규제 정책을 위주로 시행되어 왔다. 그러나 앞으로 유해오염물질로 인한 일반대중 및 생태계 피해의 원인을 구명하고 이를 효과적으로 저감하기 위해서는 기존의 매체별 물질 농도 중심의 관리체제를 위해성 저감 원칙에 입각한 피해자 혹은 수용체(receptor) 중심의 관리체제로 전환하는 것이 필요하다. 이러한 점에서 최근 환경부는 ‘유해화학물질관리법’의 개정을 통하여 화학물질에 대한 위해성 평가 원칙을 명시하였다는 점은 매우 고무적이다. 그러나 아직까지 우리나라에는 오염유심지역에 대한 위해성 평가를 제대로 수행할 수 있는 사회적,

기술적 토대가 확고히 구축되지는 않은 실정이다. 서론에서도 언급한 바와 같이 이미 환경부는 21세기 우리나라 환경정책의 방향에서 '오염 사전예방 정책'과 '통합 환경관리 정책'을 6대 주요 시책에 포함하여 발표한 만큼 이 분야의 정책수립을 뒷받침 할 수 있는 연구 개발 사업 및 저변확대 방안이 다각도에서 마련되어야 한다. 따라서 유해오염물질에 관한 우리나라의 환경정책은 (i) 오염 사전예방 원칙에 입각한 배출원 관리 정책, (ii) 매체별 개별물질 농도 규제 방식에서 나아가 총괄 위해성 저감 차원의 정책 수립, (iii) 특정 유해오염물질의 다매체 분포 특성을 고려하여 발생에서 소멸에 이르는 전과정 평가시스템의 구축 등으로 방향을 설정하는 것이 바람직하다고 본다.

#### 4.2 HAPs 관리를 위한 우선 순위의 설정 방안

특정 유해물질에 대한 관리방안을 설정하는데 있어서 제일 먼저 당면하는 과제는 '어디에서 무엇을 먼저 조사할 것인가?'라는 문제이다. 따라서 관리지역과 관리 대상물질에 대한 우선순위 매김이 중요한 관건으로 대두된다. 환경부는 최근 200여종의 유해화학물질을 대상으로 그 사용량과 유해성을 조사한 결과 그 중에서 48종의 우선관리 대상물질을 선정한 바 있다. 이와 같은 접근방식은 효율성 제고의 측면에서 바람직한 것으로 보아지나, 이들 물질에 대한 관련 정보가 제대로 마련되지 못한 실정에서 초기단계부터 그 대상물질이 너무 많이 선정하였다는 지적을 하지 않을 수 없다. 우선관리물질이 너무 많아지면 결국 '선택과 집중'의 효과는 떨어지게 되며 비용과 시간이 분산되어 결과적으로 우선관리는 유명무실하게 될 가능성이 높기 때문이다. 참고로 HAPs에 대한 규제강화를 우리나라보다 약 10여년 먼저 시작한 일본의 경우 현재 22개 물질을 우선관리 대상물질로 선정하여 주요 항목에 대해서는 대기환경기준을 설정하고(현재 4개 항목), 측정방법이 마련되지 못한 항목에 대해서는 그에 대한 연구를 지원하고 있다.

우선관리 물질을 선정함에 있어서 반드시 고려해야 될 중요한 사안 중의 하나는 이들 물질에 대한 측정방법이 현실적으로 마련되어 있는가를 고려해야만 한다는 점이다. 또 다른 중요한 사안은 배출원 조사에서 파악된 물질의 profile과 환경대기 중에



서 결과적으로 나타나는 profile이 반드시 일치하지는 않을 수 있다는 점이다. 특정유해물질 중 어떤 물질은 산업체에서 사용은 되고 있으나 대기 중으로 배출될 때는 다른 물질로 변환되어 나가는 경우도 있으며, 실제 산업체에서 사용은 되지 않으나 공정상에서 다른 물질로부터 변환되어 배출되는 물질들도 있다. 따라서 우선관리 대상물질은 산업체에서의 물질 사용량뿐만 아니라 주변 대기환경에서 나타나는 농도 수준과 검출빈도를 고려하여 선정하는 것이 바람직하며, 이 때 반드시 대상물질에 대한 측정가능성을 파악하여 단계적으로 그 대상물질을 확대해나가는 것이 효과를 높일 수 있는 방법으로 사료된다.

대도시와 산단지역 등 조사대상지역에 대한 우선순위 매김에서는 당연히 오염우심지역을 먼저 선정하여야 할 것으로 판단된다. 지금까지 국내에서 수행된 HAPs 관련 연구들을 고찰한 결과, 국내에서 대규모 산단(특히 국가산단과 같은 규모)이 위치한 도시의 경우 산단지역의 오염이 그 도시의 주거지역에 미치는 파급효과가 커다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 산단지역 HAPs의 오염 특성 역시 산업유형에 따라 특징적으로 다르게 나타나는 양상을 보이고 있으므로, HAPs에 관한 한 대규모 산단에 대한 조사연구가 무엇보다 중요한 관건일 것으로 사료된다. 결론적으로 HAPs 관련 조사연구의 우선순위 매김에 있어서 지역적으로는 오염우심지역을, 대상물질에 있어서는 유해성(toxicity)과 만연성(abundancy) 및 측정가능성(measurability)을 근거로 선정하여야 할 것이다.

#### 4.3 환경기준 설정을 통한 접근 방안

어떤 오염물질에 대한 환경기준의 설정은 환경관리의 가장 현실적인 지향목표를 설정하는 것과 같다고 할 수 있다. 환경기준의 경우 나라별로, 그리고 매체별로 그 대상 물질이나 기준치에서 공통되거나 비슷한 부분도 있지만 각각의 환경 현황, 산업화 정도, 사회·경제적

특성 등이 반영됨으로써 서로 상이한 요소들이 상당히 존재하다. 우리나라의 경우 지금까지 수질이나 대기 환경 기준설정에 있어서 외국의 경우를 준용하는 수준에서 그친 것은 사실이다. 환경관리 역사가 짧은 탓에 자체적으로 누적된 자료와 정보가 없는 상황에서 어느 정도는 그 불가피성을 인정하지 않을 수 없지만, 나라마다 사회, 경제적 요인이 다른 상황에서 다른 선진국의 경우를 그대로 국내에 여과 없이 도입하는 것은 재고되어야 한다. 특히 최근의 국내 산업발전과 규모를 고려할 때 어느 듯 우리나라의 경우가 세계에서 유례없이 가장 특별한 수준에 이른 부분도 많다. 따라서 환경관리 분야 역시 우리의 경우에 맞는 독특한 방식을 개발해 나가는 발상의 전환이 필요하다고 사료된다. 이러한 측면에서 최근 마련된 다중이용시설과 신축공동주택에 대한 실내공기질 관리법은 아직 그 법의 효율성과 타당성에 대한 논란이 전혀 없는 것은 아니나 우리나라의 독특한 경우를 반영하였다는 점에서 매우 고무적이라고 본다.

현재 대기환경기준은 아황산가스, 일산화탄소, 질소산화물, 오존, 미세먼지, 그리고 납의 6개 항목에 대하여 설정되어 있다. 이 중에서 아황산가스와 일산화탄소는 대도시 연료정책의 효과로 개선되어 이미 환경기준으로서의 의미가 상실된 지 오래이다. 납 역시 1986년에 무연휘발유를 공급하기 시작하여 이미 전국적으로 납 농도가 급격히 감소한 5년이 지난 시점에 기준을 새로이 설정하여 기준치로서의 효용성에 의문이 제기되는 항목이기도 하다. 결국, 현행 기준설정 항목 중에는 질소산화물과 오존 그리고 미세먼지의 3개 항목만이 대도시와 산단의 환경위해성을 평가하는 항목으로 활용되고 있는 실정이다.

대기환경에 국한하여 생각해 보면, 새로운 기준설정 항목으로서 가장 우선적으로 고려할 항목은 벤젠과 벤조(a)파이렌을 들 수 있다. 이들 항목들은 WHO에서 1급 발암성물질로 등재된 유해물질로서 각각 VOC와 PAH 그룹 중 독성 측면에서 대표적인 물질이다. 또한 앞 절에서 고찰한 바와 같이 국내에서의 측정 사례도 어느 정도

는 마련되어 있어 전혀 생소한 경우는 아니다. 이들 물질들이 비역치(non-threshold)오염물질이므로 허용안전치 설정에 논란이 없지는 않겠으나, 우리나라의 과거 환경관리 사례를 고려해 볼 때 대기환경기준 설정과 그 기준의 단계적 강화를 통하여 배출량을 저감해 나가는 정책이 현실적으로 가장 효과적인 방안일 것으로 사료된다. 일본과 영국 및 유럽 연합은 이미 벤젠에 대한 기준을 각각 0.85, 1.0, 1.5 ppb로 설정해 두고 있으며, 미국은 일부 주에서는 환경기준을 설정하고 있으나 연방정부 차원의 환경기준은 아직 마련되어 있지 않다. 벤조(a)파이렌의 경우 영국은 현재 기준설정을 검토 중에 있는 것으로 알려지고 있다.

어떤 특정 오염물질에 대한 환경기준 설정을 통한 기대 효과는 물질에 따라 선택적(혹은 특수한) 효과(specific effect)와 계통적(혹은 집단적) 효과(generic effect)로 구분할 수 있다. 예를 들면, 납은 전자의 경우에 속하며, 미세먼지는 후자의 경우에 속한다. 벤젠과 벤조(a)파이렌에 대한 기준설정은 이들 물질이 VOC와 PAH의 대표적 물질로서 두 물질의 농도 저감은 결과적으로 이들 물질과 공변동(co-variation)을 하는 전체 그룹의 저감 효과를 동시에 가져 올 수 있다는 집단적

효과를 기대할 수 있다.

대기 환경기준 개선에 있어서 또 다른 대안은 PM2.5의 기준 도입을 앞당길 필요가 있다는 점이다. PAH, PCBs, dioxine 등과 같은 대기 중 많은 반 휘발성 유기오염물질(SVOC)들은 공통적으로 PM1.0 혹은 PM2.5와 같은 초미세먼지에 함유되어 있다. 따라서 이 점을 고려하면, 비록 개별 물질에 대한 세부적인 기준 설정에 대한 과학적인 근거를 마련하지 못하고 있는 현재의 수준에서는 초미세먼지에 대한 기준을 설정함으로써 이에 함유된 많은 유해물질을 동시에 저감하는 간접적인 효과를 얻을 수 있다고 판단된다.

마지막으로 강조할 점은 환경관리 목표로 설정된 환경기준을 달성하기 위해서는 배출원 조사를 통한 접근 방법과 함께 환경모니터링을 통하여 대상매체에서의 오염도 추이를 정기적으로 파악하는 것이 필요하다. 실제 대기 중에는 배출원 조사에서 파악되지 못하는 2차 생성 오염물질들로 인한 영향도 심각할 수 있다. 따라서 이러한 모니터링 결과를 토대로 기준에 설정된 환경기준 및 배출 허용기준의 달성여부를 점검할 뿐 아니라 필요시 목표치에 대한 재조정도 검토할 수 있다.

## 5. 결론

국내의 경우 기존의 기준성 오염물질에 비해 HAPs와 같은 비 기준성 물질에 대한 측정과 연구는 상대적으로 부족하여 이들 독성 유기오염물질에 대한 노출 정도를 평가할 신뢰성 있는 자료가 마련되지 못하고 있는 실정이다. 따라서 이들 물질의 대기 중 농도를 보다 정확히 측정할 수 있는 방법론의 확립과 아울러 장기적이고도 정기적인 관측을 통하여 HAPs에 대한 관리 방안을 마련하는 것은 국민의 환경 위해성 저감 차원에서 매우 중요한 과제라고 할 수 있다. 우리나라 환경정책은 선진국의 사례를 따라 점차적으로 단일매체에 대한 물질별 농도규제 보다는 복합매체에 대한 통합 관리의 방향으로 전환될 것으로 예상된다. 따라서 HAPs에 대한 효과적인 관리는 통합 환경매체 관리에 있어서도 가장 중요한 요소이며, 이에 대한 집중적인 투자와 노력이 필요하다고 사료된다. 아울러 이 분야를 연구하는 연구자 측면에서도 다른 분야 연구자와의 정보교환과 공동 연구가 필수적인 요건으로 등장한다. 이를 위하여 환경 및 보건관련 전문가들의 연구 영역도 지엽적인 'let me know'의 개념에서 나아가 보다 적극적인 'let them know'의 개념으로 발상의 전환이 필요하며, 궁극적으로 학제간 연구(interdisciplinary research)를 통하여 문제 해결 방안을 강구하여야 할 것으로 보인다. ◀