

선진국의 대기오염 및 화학물질 관련 정책 동향 및 사례

- 미국, 유럽을 중심으로 -

명형남 (충남발전연구원 초빙 책임연구원)

I. 미국

1. 미국 환경보호청 (U.S. Environmental Protection Agency; USEPA)

가. 「지역사회의 공중보건 및 환경개선을 위한 5개년 계획」 수립

- 미국 환경보호청(USEPA)은 2013년 기후변화대응계획에 힘입어 「지역사회의 공중 보건 및 환경개선을 위한 5개년 계획」 (2014-2018년)을 수립하였다.
- 5개년 계획의 전략적 목표는 크게 5분야에 걸쳐 수립하였으며 분야에 따른 세부 목적(objectives)과 우선순위목표(priority goal)를 제시하고 있다. 주정부 및 기업들을 대상으로 성공적인 계획 수행을 위한 가이드라인을 제공하며, 매년 사업수행실적 및 예산을 문서로 보고하고 있다.
- 5개년 계획의 전략적 목표는 다음 <표 1>과 같다.

**<표 1> 미국 환경보호청의 「지역사회의 공중보건 및 환경개선을 위한 계획」
5대 주요 목표(2014-2018)**

목표	내용
Goal 1.	Addressing Climate Change and Improving Air Quality (기후변화문제 접근과 공기 질 향상)
Goal 2.	Protecting America's Waters (미국 수자원 보호)
Goal 3.	Cleaning Up Communities and Advancing Sustainable Development(지역사회 위생 강화와 지속적인 개발의 향상)
Goal 4.	Ensuring the Safety of Chemicals and Preventing Pollution(화학물질 안전성 강화 및 오염예방)
Goal 5.	Protecting Human Health and the Environment by Enforcing Laws and Assuring Compliance(제도강화와 준수를 통한 환경 및 건강 보호)

- 환경보호청은 분야별 세부목적 달성을 위한 지표수준을 제안하고 2018년까지의 구체적인 수치목표를 제시하여 평가기준을 수립하였다. 대기오염 및 화학물질의 안전성 확보를 위한 정책목표를 정리하면 다음과 같다(표 2).

**<표 2> 미국 환경보호청의 대기 질 향상 및 화학물질의 안전성 확보 분야
세부 전략 목표 (2014-2018)**

Objectives	Strategic Measures	
대기질 향상	오염물질 및 지역안개수준 지표 감소	모든 감시지역의 인구보정 오존평균 농도의 5%감소 (0.076ppm → 0.072 ppm)
		모든 감시지역의 인구보정 흡입미세먼지양의 9% 감소 (10.4 μ g/m ³ → 9.5 μ g/m ³)
		전력발전소에서 발생하는 이산화황의 배출량 감소 (5.0 million tons)
		공원 및 야생지역면적의 가시성(visibility) 개선 (서부지역 5%증가, 동부지역 15%증가)
		인디언 거주 지구의 Clean Air Act를 착수하기 위하여 관리행정, 인력양성 등의 EPA 지원 승인을 추가적으로 획득(Additional 15 approvals)
	대기 유해물질 감소	대기 유해물질의 독성가중 배출량 4.2 백만 톤으로 감소
	산성 물질 침착에 따른 생태계 부작용 감소	만성 산성화 강 및 호수지역의 10% 개선
오존층의 회복과 보호	실내공기오염물질 감소	실내 라돈 감량을 통해 조기폐암사망의 예방 건수를 1,056명으로 증가
		천식유발 물질 노출감소를 위한 실내예방활동 인구증가(9백만 명)
지속적이고 살기 좋은 지역사회의 건강증진	지역사회 내 및 시설기관의 화학물질 감소	2015년까지 수소염화불화탄소와 같은 오존층파괴물질의 연간발생량을 1,520톤 미만으로 유지
화학물질 안전성 확보	화학물질의 위험으로부터 건강보호	유해 물질의 누적량 6억 파운드 감소
		7 MMTCO ₂ Eq(million metric tons of carbon dioxide equivalents) 감소
		오염물질 개선을 통한 정부, 기업 및 기관의 13억 달러 절감
		안전한 대체 화학물질 및 가공품의 수 증가 (1,900 여개)
환경보건법, 제도의 강화	대기질 향상 지원	제도 강화를 통한 15.9억 파운드 상당의 대기오염물질 제거
	화학물질 안전성 지원	제도강화를 통한 1,400 만 톤의 위험화학물질 및 살충제의 처리 및 제거

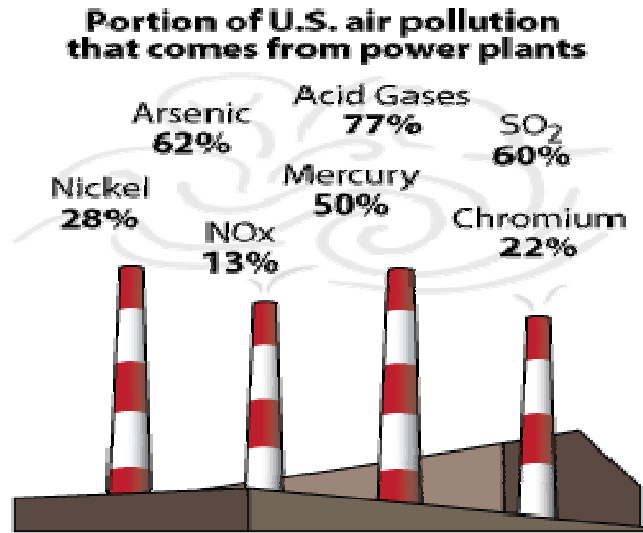
- 미국 환경보호청은 장기적 계획과 함께 주정부의 담당기관과의 협의를 통해 매년 단기 정책을 분야별로 수립하며, 해당 보건청 및 지역사무소, 주정부 및 지방정부 기관 등을 대상으로 수행지침을 마련 한다.

나. 수은 및 대기 위해물질 (Mercury and Air Toxics Standards; MATS) 기준안 마련

- 2011년 12월 16일, 미국 환경보호청은 주요 오염 발생원 가운데 발전소를 대상으로 대기오염 위해물질을 관리하기 위한 대표적인 정책으로 수은 및 대기 위해물질 기준안을 마련하였다.
- 화력발전소에서 배출되는 대기오염은 그동안 공기청정법(clean air act; CAA))에 의해서 규제하였으나, 오바마의 기후변화 action plan 선언으로 화력발전소를 대상으로 규제를 강화하였다. 이것은 미국 최초로 석탄 및 석유를 이용한 화력발전소로부터 배출되는 수은 및 독성 대기오염물질을 줄이기 위한 대표적인 기준안이다. 1990년 공기청정법 개정안에 포함된 독성물질 정책 112개 분야와 새로운 수행기준안 111개 분야를 통해 기준안을 수립하였다.

1) 친환경적 화력발전소 운영(Cleaner Power Plants)

- 오염원을 관리하기 위한 과학기술이 광범위하게 발전했음에도 불구하고 1990년 공기청정법(Clean Air Act)이 개정된 이후로 20년이 넘도록 일부 발전소에서는 위해오염물질의 배출이 효율적으로 관리되지 못하고 있었다. 배출 기준을 넘어서는 600여개의 발전소에서는 약 1,400여 대의 석유 및 석탄연소를 통한 전력발생장치(electric generating units; EGUs)가 가동되었다. 화력발전소에서는 <그림 1>과 같이 건강에 위대한 오염물질(수은, 금속독성물질, 산성가스, 다이옥신 등의 유기독성물질)이 배출되고 있었다.



<그림 1> 미국 발전소로부터 배출되는 대기오염물질의 비율(EPA, 2011)

- 수은의 경우, 1990년에는 의료폐기물소각장 및 도시폐기물 연소장, 발전소가 전체 수은 발생의 약 2/3를 차지하고 있었고, 1992년에 시멘트 생산 및 강철제조, 의료폐기물 및 도시폐기물 소각시설에서의 배출 기준치를 낮추었다. 그 결과 95%이상의 수은 배출을 감소하는 성과를 이루었고, 시멘트 생산 및 강철제조 관련 사업장의 배출도 10% 감소하였다.

<표 3> 미국의 대기 수은 배출원 및 감소율

분야	1990년도배출량 (tons/year)	2005년도배출량 (tons/year)	감소율
시멘트 생산 및 강철제조	59	53	10%
도시폐기물소각시설	57	2	96%
의료폐기물소각시설	51	1	98%

- 화력발전소의 배출기준 강화를 통해 발전소의 수은배출을 90% 감소, 산성가스를 88%감소, 황산가스를 41% 감소시킬 것으로 예상하고 있다. 뿐만 아니라 기준 강화를 통해 이미 개발된 다양한 현대화된 기술 적용을 촉진시킴으로써 50년 이상 가동된 발전소들의 수은 및 대기오염물질의 배출을 감소시키고 있다.

<표 4> 광범위하게 적용되는 오염물질 통제 기술

오염물질	독성 오염물질 통제, 관리기술
수은	선택적환원촉매(SelectiveCatalyticReduction:SCR) 및 배연탈황(Flue-gasDesulfurization:FGD) 활성탄주입(ActivatedCarbonInjection:ACI) 활성탄주입(ACI) 및 섬유필터(FabricFilter:FF) 혹은 전기집진기(ElectrostaticPrecipitators:ESP)
비수은 금속물질	섬유필터(FF) 전기집진기(ESP)
다이옥신및푸란(furan)	작업 실무 지침 (모니터링 및 조사,유지 및 개선, 적정 연소를 위한 개보수 작업)
산성가스	배연탈황(FGD) 건식흡착제주입(DrisorbentInjection:DSI) 건식흡착제주입(DSI) 및 섬유필터(FF) 혹은 전기집진기(ESP)
이산화황	배연탈황(FGD) 건식흡착제주입(DSI)

2) 건강영향

- 새로운 기준안(Mercury and Air Toxics Standards)을 통한 지속적인 대기질 개선의 노력은 건강상태 및 질병에도 영향을 미친다. 미국 환경보호청에서는 대기질 변화에 따른 건강 이득계산을 위해서 “damage-function”방법을 이용하여 건강이득을 추정하였다(Levy et al., 2009; Hubbell et al., 2009; Tagaris et al., 2009 연구방법 참조). 새로운 기준안을 통해 매년 11,000 건의 조기사망과 4,700 건의 심장질환, 13만 건의 천식 질환발병을 예방할 수 있을 것으로 예측된다.
- 대기질 향상만으로 인구집단의 건강에 미치는 효과가 매년 370억- 900억 달러에 이르는 것으로 조사되었으며, 이는 대기오염물질을 줄이기 위한 1달러의 소비가 미국인 건강에 약 3-9달러의 이득을 주고 있는 것이다. 이러한 건강이득은 특히 천식 및 건강악화가 많이 발생하는 저소득층 등 취약계층에게 중요하게 작용한다.
- 뿐만 아니라 정책 실행을 통해 매년 발생하는 약 540,000 건의 병가 및 조퇴를 예방하여 생산성과 의료비용 감소효과를 줄 것으로 기대된다.

<표 5> 수은 및 대기물질 기준안(MATS) 집행을 통해 연간 발생하는 건강이득

건강영향	예방환자규모 (명/년)
조기사망	4,200-11,000
만성기관지염	2,800
급성심장질환	4,700
급성천식발병	130,000
병원 및 응급실 내원자 수	5,700
실외활동제한	3,200,000

다. 유해화학물질 우선관리대상 선정

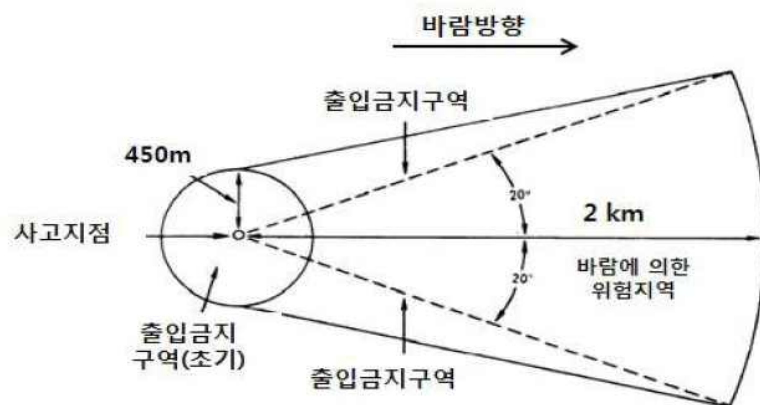
- 미국 환경보호청은 유해화학물질의 국가단위와 지역단위에 대해 위해성 평가 결과, 발암성은 벤젠이, 비발암성은 아크로레인이 가장 위해성이 큰 물질이라고 지정하고 위해성 크기에 따라 관리를 강화하고 있다.
- 위해성 평가 우선 33개 물질을 <표 6>과 같이 규정하고 위해성이 큰 물질에 대해 우선적으로 취급 및 배출 업체, 배출량, 노출 영향범위와 노출 인구 등을 평가하고 시설관리를 강화하고 있다.

<표 6> 미국 환경보호청의 화학물질 위해성 평가 우선 순위

구분	대상범위	유해화학물질
발암성	National drivers	Benzene
	Regional drivers	Arsenic compounds, Benzidine, 1,3-Butadiene, Cadmium compounds, Carbon Tetrachloride, Chromium 6, Coke oven, Ethylene oxide, Hydrazine, Naphthalene, Perchloroethylene, Polycyclic Organic Matter
비발암성	National drivers	Acrolein
	Regional drivers	Antimony, Arsenic compounds, 1,3-Butadiene, Cadmium compounds, Chlorine, Diesel PM, Formaldehyde, Hexamethylene 1-6-diisocyanate, Hydrazine, Hydrochloric acid, Maleic anhydride, Manganese compounds, Nickel compounds, 2,4-Toluene Disocyanate, Triethylamine

라. 화학물질 장외영향평가제 (Offside Consequence Analysis; OCA) 및 위기 대응매뉴얼 수립

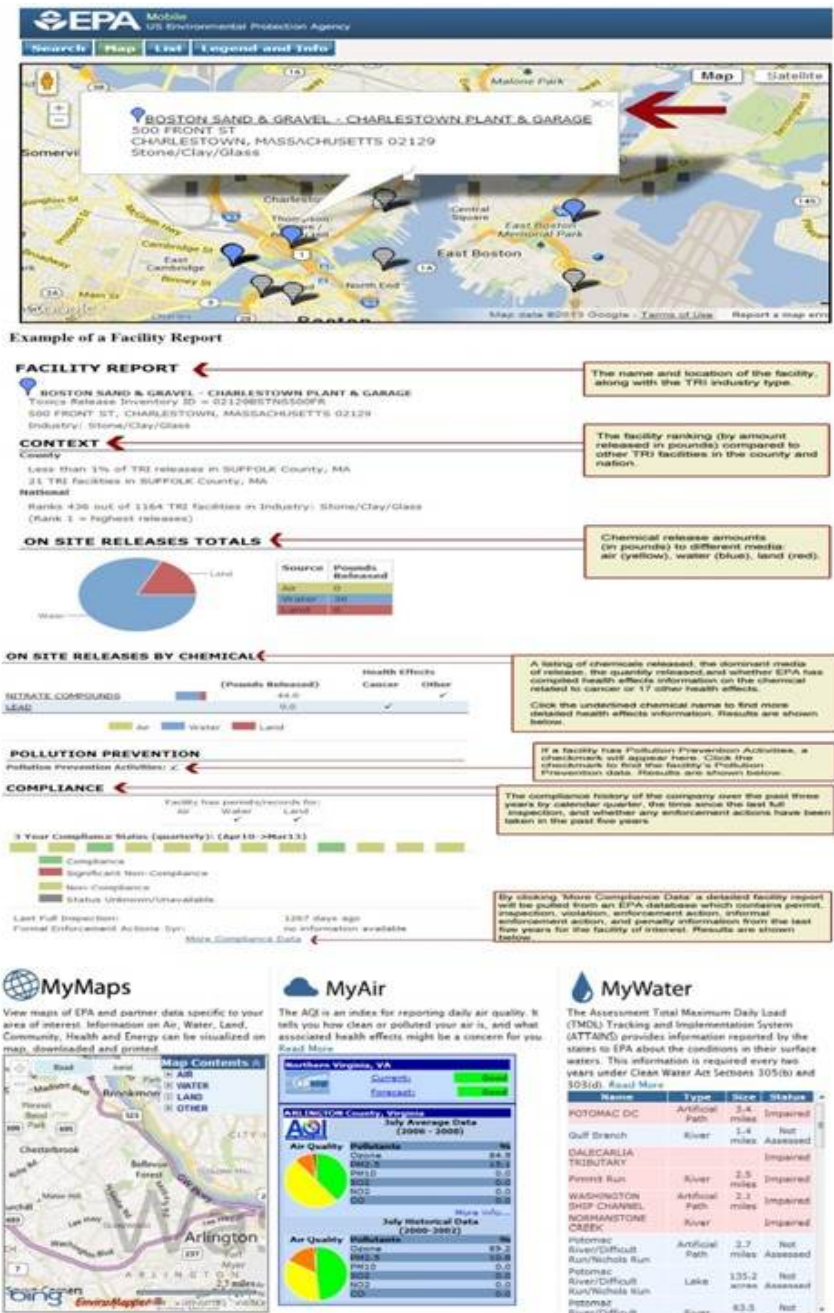
- 미국 환경보호청은 청정대기법(Clean Air Act; CAA)에 따라 화학물질을 생산, 취급, 처리, 유통 및 보관하는 사업장에 대해 화학 사고를 방지하기 위한 규정 요소 중 하나로 장외영향평가제를 실시하고 있다.
- 장외영향평가는 화학공장에서 사고 발생시 사업장 외부에 미치는 영향에 대한 위해성 평가를 실시하고, 그 결과를 바탕으로 취급시설의 설계단계부터 대책을 반영하도록 하는 사전 예방적 제도이다.
- 미국 환경보호청에서 제시한 사고위험이 큰 화학물질에 대해 사업장에서는 위해관리 계획을 작성해야 하는데, 최악의 배출시나리오와 대체배출시나리오에 대한 영향을 평가하도록 규정하고 있다. 미국 환경보호청은 이때 사용하는 프로그램을 개발하여 관리계획 작성을 지원하고 있다.
- 위해관리계획에 따른 시나리오별 화학사고 위기 대응 매뉴얼을 구축하고 일반인도 쉽게 이해하고 따라할 수 있도록 사진, 그림, 도표 등을 제시하여 현장대응의 효율성을 높였다.



<그림 2> 미국의 화학물질오염사고 대응 매뉴얼의 사고위험지역 (예시)

마. 위험 의사소통 협의회(Risk Communication) 구성 및 정보공개

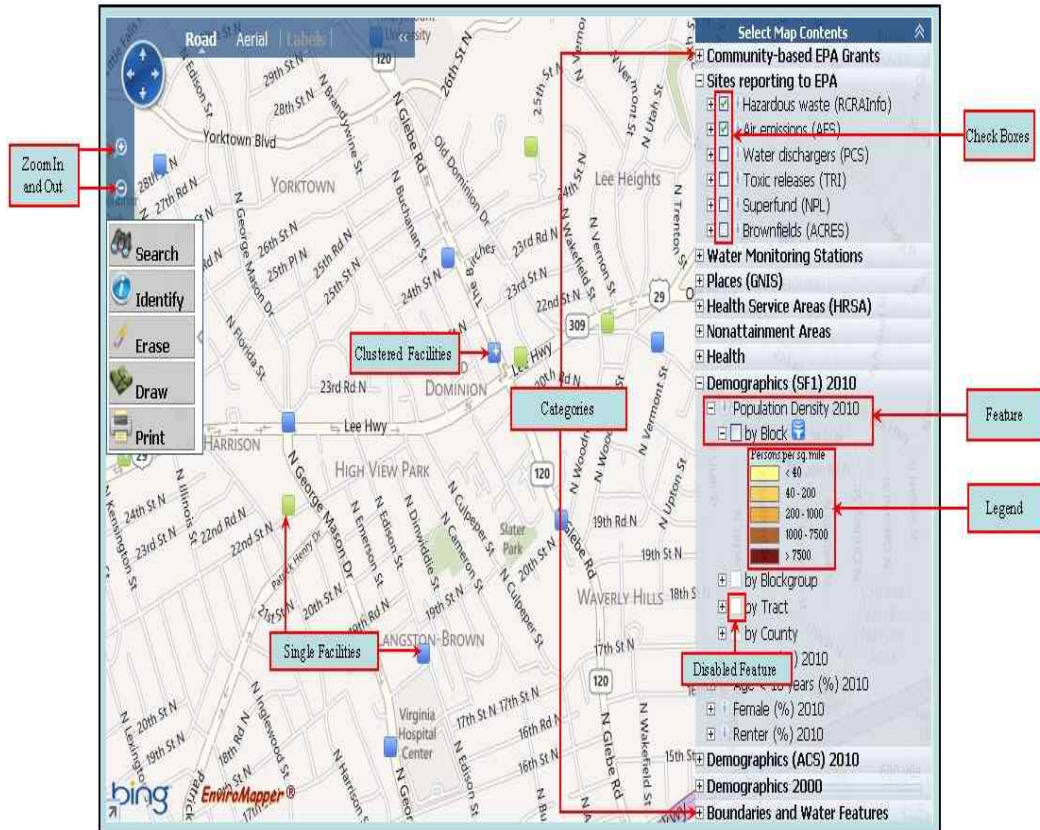
- 미국 환경보호청에서는 유해화학물질 관련 주민, 기업, 지자체, 환경청 등으로 구성되는 위험 의사소통 협의회(Risk Communication)를 운영하여 정기적으로 지역의 환경 문제를 논의하고 환경 활동, 공장 견학 등 기업이 다양한 사회적 책임 활동을 할 수 있도록 유도하고 있다.
- 비상계획 및 지역사회 알권리에 관한 법률(Emergency Planning and Community Right-to-Know Act; EPCRA)에 따라 유해물질 취급사업장의 비상대응계획, 누출 비상경보, 유해물질 저장정보 보고, 위해물질 배출목록 등을 의무적으로 공개하도록 하였다. TRI(Toxic Release Inventory) 프로그램의 경우 유해화학물질을 배출하는 사업장의 일반사항, 취급 화학물질 종류, 매체별 물질별 배출량, 건강영향 가능성 등 관련정보를 공개하고 있다(그림 3).



<그림 3> 미국 TRI 정보공개 사례

(<http://www.epa.gov/toxics-release-inventory-tri-program/my-right-know-application>)

- EJView 시스템의 경우 화학물질에 대한 정보를 현재 표형식 지원방식에서 소규모 지역별 상세 통계 및 GIS를 활용한 지도방식으로 변경하고, 주민들의 사고 대피 방법과 감시 등을 위한 다양한 정보를 공개하고 있다.



<그림 4> 미국 EJView(Environmental Justice View)시스템 사례

(<http://epamap14.epa.gov/ejmap/help/help.html?tab=3>)

2. 미국 질병관리본부(U.S. Centers for Disease Control and Prevention; USCDC)

가. 생체모니터링(Biomonitoring) 프로그램

- 질병관리본부 임상병리과 (Division of Laboratory Sciences)에서는 심각한 공중보건 문제에 대응하기 위한 기본 사업으로 독성물질에 대한 국민건강의 노출수준을 파악하는 생체모니터링 프로그램을 운영하고 있다.
- 공기, 물, 토양, 먼지 등을 통해 화학물질에 노출된 정도를 조직 및 혈액, 소변 등에 포함된 위해화학물질을 측정하여 소량의 인체조직으로부터 다양한 화학물질에 대한 노출정도를 감시한다.
- 생체감시 프로그램 결과를 활용하여 어떠한 물질이 얼마만큼 포함되었는지를 결정하고, 이미 알려진 물질에 대한 독성 수준(예, 혈중 납 농도) 보다 높은 사람들에 대해서는 지속적인 모니터링을 한다. 또한 노출의 경향 및 공중보건사업의 효과를 추적하는데 생체모니터링 프로그램이 중요한 역할을 하고 있다.

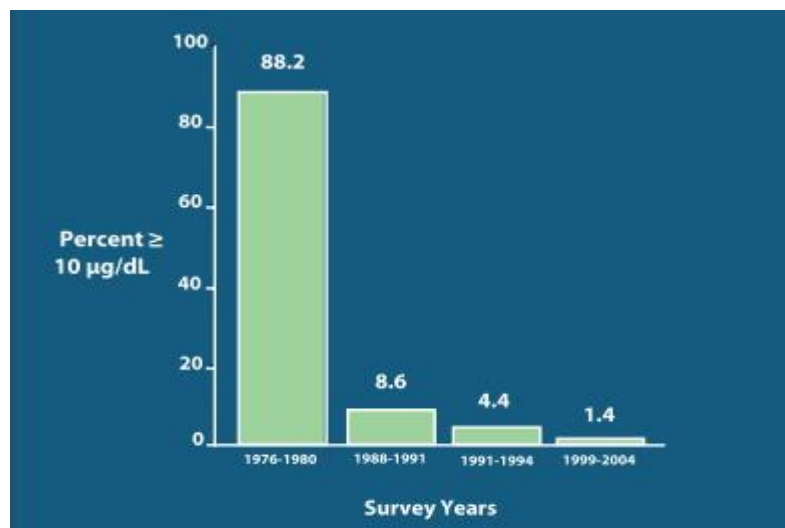
<표 7> 미국 질병관리본부 생체모니터링 프로그램 주요 업무

주요 사업내용
① 300개 이상의 화학물질 및 영양지표를 측정
② 연구방법 개발 및 저널게재를 통해 기술이전
③ 생체모니터링 관련 지식을 공유하고 교육을 통한 주정부 및 공중보건연구인력 양성
④ 의료서비스제공자 및 수요자, 연구자, 공중보건 실무자들이 신뢰할만한 데이터질 유지
⑤ 지방정부 기반 생체감시 사업기금 지원
⑥ 매년 60-70여 개 기관의 연구진들과 협력을 통하여 환경노출에 대한 효과를 분석
⑦ 유해화학물질에 대한 노출이 의심되는 지역에 대한 역학조사 지원
⑧ 미국 인구를 대상으로 환경독성물질에 대한 노출을 주기적으로 평가

- 미국 질병관리본부는 생체감시대이터를 이용하여 주기적으로 환경독성물질에 대한 노출보고서(National reports on Human Exposure to Environmental Chemicals)와 미국 국민들의 식이 및 영양에 대한 생화학 지표보고서(National Report on

Biochemical Indicators of Diet and Nutrition in the U.S. Population)를 발간한다.

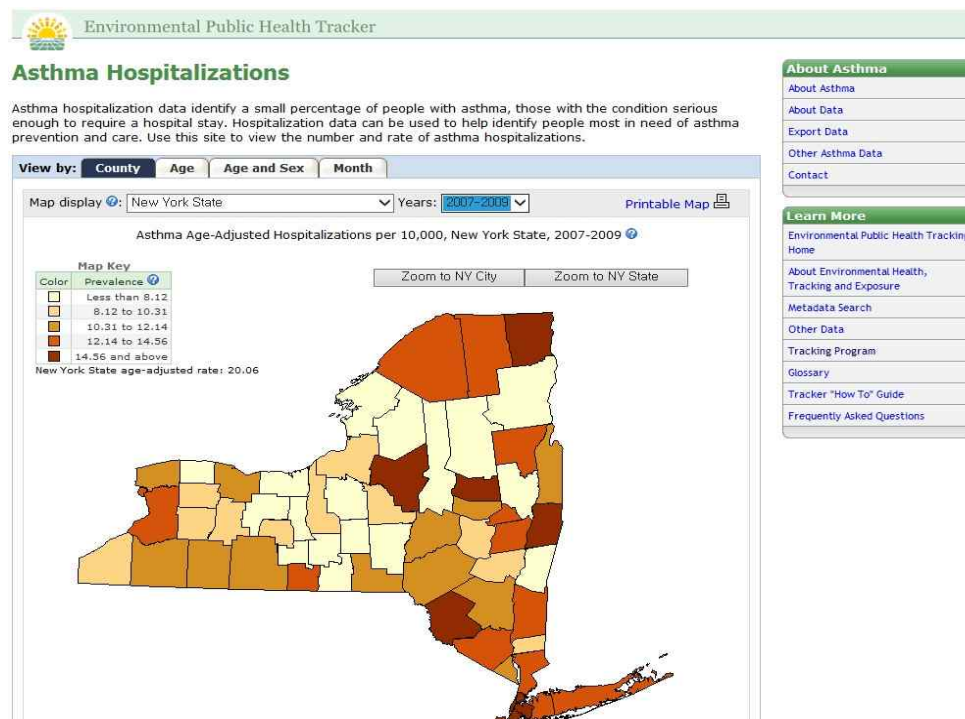
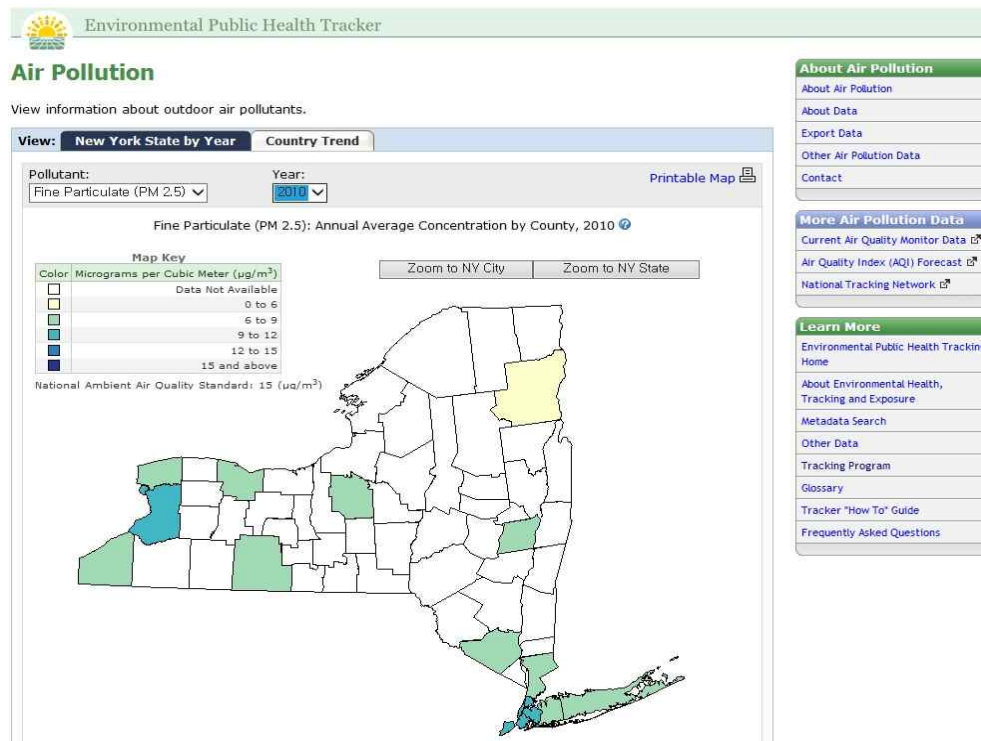
- 2009년에 발간된 환경독성물질에 대한 노출보고서(Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals)에서는 최초로 75개 독성물질에 대한 미국인구의 생체지표 참고치(혈액 및 소변)와 분포를 제시하였고, 아크릴아마이드(Acrylamide)에 대한 노출평가 및 수은(Mercury)노출에 대한 데이터베이스 구축 등의 내용을 포함하였다.
- 환경독성물질 노출보고서에 따르면 미국의 1세에서 5세 사이에서 이상혈중 납 농도($10\mu\text{g/dL}$ 이상)를 나타내는 아동들의 수가 점차 감소하고 있다고 보고하고 있다. 1970년대부터 이상혈중 납 농도를 보이는 아이의 비율이 점차 감소하여 1999년에서 2004년 사이에는 그 비율이 1.4%로 가장 낮았다(그림 5).
- 이러한 결과는 일반인구집단을 대상으로 혈중 납 농도 초과자의 수를 줄이려는 공중보건이 노력이 성공적이었음을 보여주나 다른 데이터들의 분석결과 오히려 취약집단(예; 납 페인팅 혹은 납이 포함된 먼지가 있는 집에 거주하는 아동)의 혈중 납 농도 초과자 비율은 더 높은 상태로 납의 노출 감소를 위한 취약집단관리는 여전히 중요한 공중보건문제라고 보고하였다.



<그림 5> 시기별 1세-5세까지 혈중 납 농도가 $10\mu\text{g/dL}$ 이상인 미국 아동들의 비율
(Jones RL et al. 2009)

나. 국가 환경보건 감시체계(National Environmental Public Health Tracking System)

- 미국은 2002년부터 환경적 위험, 노출, 환경과 관련된 건강정보의 통합네트워크를 구축하여 환경성 건강영향을 예방하고 관리하고 있다.
- 환경보건 감시체계의 주요 목적은 환경보건문제를 예방하고 제어하기 위하여 환경위해요소와 노출에 의한 건강영향 자료를 지역별, 인구집단별로 체계적이고 지속적으로 수집, 분석, 해석하여 지역특성이 반영된 환경보건정책 수립의 기초자료를 제공하는 것이다. 또한 환경보건 감시인력 및 인프라 강화, 건강 및 환경프로그램 간의 협업 등을 촉진하여 환경보건정책의 과학적 발전을 이루는 것이다.
- 미국 뉴욕주에서는 환경보호청과 질병관리본부 등과의 협업으로 대기질 모델링을 개발하여 지속적인 환경보건 감시체계를 통하여 4등급과 6등급 보일러 연료를 다수 사용하는 지역에서 미세먼지 등 대기오염물질 농도로 인한 건강피해가 있는 것으로 평가하였다. 뉴욕시는 연구결과를 바탕으로 난방연료 규제(안)을 제안하였고, 2010년에는 모든 보일러에서 저황유 2등급 연료 또는 천연가스를 사용하도록 하였다. 이를 토대로 대기오염으로 인한 건강피해를 예방하여 매년 조기사망 200명, 입원 100명, 응급실 방문 300명을 예방할 것으로 추산하였다.



<그림 6> 뉴욕주 환경보건 감시체계 사례

(https://apps.health.ny.gov/statistics/environmental/public_health_tracking)

II. 유럽연합

- 유럽 연합은 2003년에 환경보건과 관련된 쟁점들에 관한 효율적인 정책 마련을 위해 「유럽 환경보건전략을 위한 소통(Communication on a European Environment and Health Strategy)」을 채택하였다.
- 유럽의 환경 보건 전략은 일차적으로 2004-2010년 동안의 목표로 수립되었으며 이러한 전략들은 환경요인으로 인한 건강부담을 감소하고, 새로운 환경물질에 의한 건강 위협에 대한 규명, 예방을 추구하며, 환경 보건 분야의 정책마련에 대한 능력 함양 및 강화를 목표로 한다.

1. 2004-2010 환경보건사업 전략 및 계획

- 유럽연합의 환경보건 전략은 여러 주기(cycle)를 거쳐 수행되도록 설계되었으며 2004-2010년 환경보건 사업계획은 환경위험요인과 주요 질환들(호흡기 질환, 신경 발달질환, 암, 내분비교란효과 등)사이의 인과관계에 초점을 맞추고 있다.
- 사업계획 수행을 위하여 13개 세부 사업을 제안하고 있다. 13개의 세부 사업들은 공통적으로 '①환경 및 보건 분야의 정보 통합개발을 통한 정보망 개선, ② 환경 보건분야 및 현 쟁점에 대한 연구능력 함양을 통한 지식정보격차를 해소, ③ 현 위해 물질 감소 정책의 검토와 의사소통 강화'를 목표로 한다(표 8).

<표 8> 유럽연합 환경보건 사업전략 및 계획 (2004-2010)

1. 환경 및 보건 분야의 정보 통합개발을 통한 정보망 개선	
Action 1	환경 보건지표 개발
Action 2	식품을 포함하여 위험노출과 관련된 통합 모니터링 시스템 개발
Action 3	유럽의 지속적인 바이오 모니터링 방안 마련
Action 4	환경 보건 분야 사업 협력 및 공동 사업수행 강화
2. 환경보건 분야 쟁점에 대한 연구능력 함양을 통한 지식정보격차를 해소	
Action 5	환경보건연구의 강화 및 통합
Action 6	질환, 장애 및 노출에 대한 맞춤 연구
Action 7	환경과 건강과의 상호작용을 분석하기 위한 방법론적 시스템 개발
Action 8	환경과 건강사이의 잠재적 위험성에 대한 확실한 규명
3. 위해 물질 감소 정책과 의사소통 강화	
Action 9	공중보건 정책을 통한 환경보건 결정요인에 대한 네트워크 형성 및 공중보건 활동 개발
Action 10	전문인력 양성 및 위험감소정책 고찰을 통한 환경보건 관련 기관의 능력 함양
Action 11	위험물질 감소정책에 따른 지표측정과 우선순위 질환과의 연계
Action 12	실내 공기 질 향상
Action 13	전자파 영향에 대한 연구

2. 유럽 2004-2013 환경보건사업

- 이러한 환경보건전략 및 사업계획을 바탕으로 수행된 정책사업 가운데, 대기오염 및 화학오염물질과 관련된 주요 사업을 정리하면 다음과 같다(표 9).

<표 9> EU의 대기오염 및 화학 오염물질 관리 분야 정책 사업

시작 년도	환경보건정책사업	수행기관
2009	Improving Knowledge and Communication for Decision Making on Air Pollution and Health in Europe(APHEKOM)	Institut de Veille Sanitaire (InVS)
2008	Interventions on Health Effects of Health Environment(HESENT)	Università degli Studi di Siena - UNISI
2007	Quantification of sun exposure in Europe and of its effects on health (EUROSUN)	International Agency for Research on Cancer
2006	A European Health and Environment Information System for Risk Assessment and Disease Mapping(EUROHEIS 2)	Imperial College of Science Technology and Medicine
2005	European system of urban health indicators(Euro-Urhis)	University of Manchester
2004	Establishment Of Environmental Health Information System Supporting Policy Making (ENHIS2)	WHO (World Health Organization) - Regional Office for Europe

가. 유럽의 대기오염과 건강에 대한 정책결정을 위한 의사소통 및 지식 증진사업
(Improving Knowledge and Communication for Decision Making on
Air Pollution and Health in Europe; APHEKOM)

<표 10> APHEKOM 사업 요약

연구 기간	2009년 6월 1일 - 2012년 3월 31일
책임수행기관	Institut de Veille Sanitaire (InVS), Saint-Maurice, 프랑스
참여 국가 및 연구자	오스트리아, 벨기에, 프랑스, 그리스, 헝가리, 아일랜드, 이탈리아, 루마니아, 슬로베니아, 스페인, 스웨덴, 영국 (총 12개국 17개 협력기관의 60여명의 전문가)
연구비	800,000 EUR

○ 사업목적

- 궁극적으로 대기오염으로 인한 호흡기 및 심혈관 질환의 이환율과 사망률을 줄이는데 기여
- 신뢰할 수 있고 실용적인 정보와 필요도에 맞는 평가도구 등을 개발 및 제공
- 지자체 및 유럽지역 정책 수립, 전문가 취약지역 자문 및 개개인의 행동변화를 위한 효율적인 의사결정의 근거 마련

○ 주요 사업내용 및 결과

- APHEKOM 사업은 유럽 내 지역들의 대기오염 수준을 낮춤으로서 발생하는 건강 및 경제적 이익에 대한 자료 수집과 분석을 수행
- 정책 결정에 기반이 되는 정보제공을 통하여 궁극적으로는 호흡기질환 및 심혈관계 질환과 같은 대기오염으로 비롯된 질환과 사망을 줄이고 시민의 삶의 질을 높이하고자 함
- 12국가의 60여명의 전문 과학자들이 연구를 통해 유럽지역에서 세계보건기구(World Health Organization; WHO)에서 제안하는 미세먼지 기준을 달성했을 때에, 30세의 성인의 수명이 약 22개월까지 증가 할 수 있다고 밝힘(오염과 관련된 질환으로 인한 사망자 수를 심혈관 질환 사망자 15,000명을 포함하여 19,000명을 근거로 계산)
- 뿐만 아니라, APHEKOM 사업 보고서를 통해 대기오염을 조절하지 못할 경우에 발생 되는 막대한 비용을 명시함. 12국가 내 지역에서 WHO 대기 기준을 만족 시킬 경우

무형비용(삶의 질 증진, 기대여명, 웰빙 등)을 포함하여 의료비용, 근무 중 조퇴감소 등 약 315조 유로를 매년 절약할 수 있다고 보고

- 또한 유럽연합의 황(Sulfur)이 포함된 연료에 대한 규제정책은 대기의 이산화황 농도를 지속적으로 낮추 뿐 아니라, 2,200여 명의 조기 사망을 예방하며, 그 경제적 가치가 1억 9,200만 유로에 달한다고 분석
- APHEKOM 연구 결과를 바탕으로 혼잡한 도로 근처에 거주하는 것은 소아 천식 발병 원인의 15-30%를 설명하며, 성인에서의 관상동맥 질환 및 만성 폐쇄성 폐질환도 그 이상임을 밝힘
- 최종적으로 환경보건 정책결정과정에서 도움이 될 수 있는 프로토콜을 개발하였고, 온라인 정책공유를 통해 정책 개발 및 결정 프로세스와 구조를 교환

○ 사업 효과

- 유럽지역 간의 비교연구를 통해 해당 지역 뿐 아니라 유럽연합의 대기오염 감소 및 건강영향에 대한 정책개발 분야에 큰 도움이 되고 있다. APHRKOM의 연구결과는 현재 유럽연합 및 유럽 내 국가들이 대기오염에 대한 정책 착수 방향과 관련이 깊으며 지속적으로 개정 될 EU legislation 에 반영 될 것임

나. 위해도 평가 및 질병 지도제작을 위한 유럽지역의 건강 및 환경정보시스템(A European Health and Environment Information System for Risk Assessment and Disease Mapping; EUROHEIS 2)

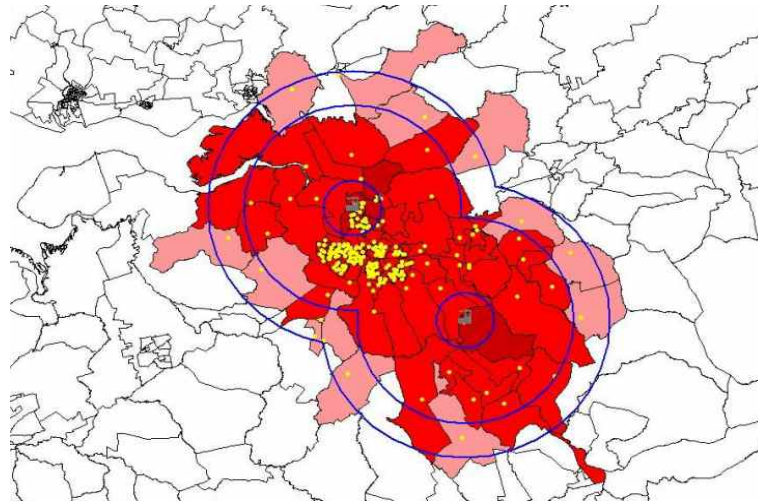
○ 사업목적

- 공간역학(spatial epidemiology) 및 통계적 분석, 지리정보시스템을 이용하여(GIS) 지역 혹은 지자체의 환경오염물질로 인한 잠재적 위험성과 관련된 환경보건정보에 대한 분석, 보고 및 확산체계를 개선하고자 함
- 또한 유럽의 환경보건계획을 수행하는데 도움이 되고 공중보건프로그램의 환경보건 분야 실무진과 유럽 환경청과의 시너지 효과를 이끌어 내기 위한 사업임

○ 주요 사업내용 및 결과

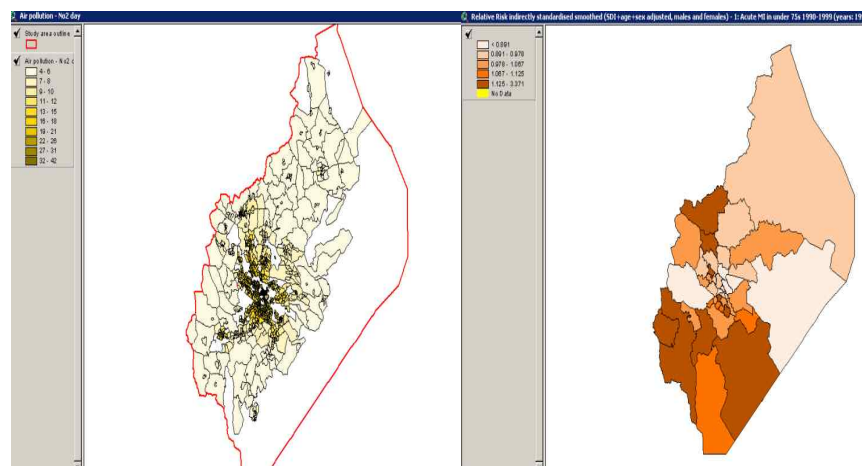
- 건강 위험도 분석을 위해 혁신적인 정보기술을 사용하여(the Rapid Inquiry Facility; RIF) 단시간 내에 특정 환경오염원으로 인한 건강에 미치는 장기적 영향을 분석하는

사업이며 여기에는 실시간으로 수집된 보건 환경 데이터를 분석하는 지리정보시스템 기술 및 시공간분석을 포함



<그림 7> 지리 및 환경 보건 정보를 통한 시공간 분석 RF (EUROHEIS)

- EUROHEIS2 사업은 빠른 환경보건 위해성 평가를 위한 도구 및 메커니즘 개발과 다양한 유럽연합국가들 가운데 사회경제학적 요인과 환경에 관련된 지리학적인 질병 발생 유형에 초점을 맞춘. 환경보건 전문가들과의 경험교류는 연구방법 개발을 위해 6개월마다 이루어지며, 웹 기반 평가도구 지원(web-forum)을 통해 정보를 공유



<그림 8> 스톡홀름 지역의 이산화질소(NO_2)농도와 성별, 연령, 경제사회적수준을 보정한 급성심근경색 발생분포 비교 (75세 이하 성인, 1990-1999년 분석 결과, EUROHEIS)

다. 정책결정 지원을 위한 환경보건정보 시스템 구축(Establishment Of Environmental Health Information System Supporting Policy Making ;ENHIS2)

- 근거기반의 정보시스템으로 WHO 유럽사무소에서 공중보건 및 환경보건 정책결정 지원을 위한 데이터베이스 구축사업이며, 국가 및 지자체 수준에서의 지표를 포함. Fact sheet를 통해 데이터 수집 방법 및 지표 계산과정을 공개
- ENHIS 사업을 통하여 노출 및 건강 결과 지표, 유럽지구에서 수행되고 있는 환경보건 정책 활동의 내용을 제공. 대표적인 활동으로는 생체모니터링조사(Human biomonitoring Survey)와 학교환경에서의 노출평가조사(Exposure assessment Survey in Schools)가 있음.

1) 생체모니터링조사(Human bio-monitoring Survey)

- WHO에서는 환경 오염원의 산전노출평가를 위한 생체모니터링의 표준화된 방법을 개발 중이며 단면조사를 통해 특정시기의 정의된 집단에서 오염원에 대한 노출수준을 예측하는 것을 목표로 함
- 생체모니터링 조사는 초기상태를 평가하고 화학적 생물학적 물리학적 환경으로부터 발생하는 질환을 예방하기 위한 방향으로 감시하도록 구축. 위해한 물질의 조기 노출을 감소시키기 위한 전략수행 도구로써 모니터링 물질에는 수은, 납, 카드뮴, 담배, 태아건강에 영향을 미치는 물질로 알려진 몇몇 유기물질 등이 포함(표 11)
- 국가단위의 조사연구는 인간 생체모니터링을 전문으로 수행하는 유럽의 기관들 간의 협력과 역량의 증대시키고 있음

2) 학교 환경에서의 노출평가 조사(Exposure assessment Survey in Schools)

- 교실에서의 실내공기오염물질 농도 및 습기, 곰팡이, 환기시설들에 대한 단면조사로서 실내오염물질에는 이산화질소, 포름알데히드, 벤젠을 포함. 추가적으로 학교 위생 시설 및 위생활동, 실내외 흡연 여부 및 통학 수단 등을 조사
- 학교환경노출평가 자료의 지표는 해로운 ENHIS 사업의 지표로 포함되어 아동시설의 위생 및 실내공기오염에 대한 감시지표로 사용

<표 11> 일반 인구집단을 대상으로 한 노출 생체지표 및 화학물질 평가(모발 및 소변)

생체지표	중요성	정당성	해석의 용이성	정책 적용가능성	타당성 및 실현가능성	수용가능성
	노출빈도, 건강위해도, 공중보건의 영향 및 대중의 관심	조기노출의 반영 정도, 아동기 후기 건강영향	조사된 데이터의 사용가능성, 문헌 및 국가기준치 존재	위해도 관리에 대한 평가가 가능	생체지표의 사용가능성, 감당할 수 있는 조사, 분석 비용, 기술적 실현가능성 및 샘플의 질	안전한 방법, 대중의 참여
모발(Maternal)						
총 수은	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
비소	XXX	XXX	X	XXX	XXX	XXX
소변(Maternal)						
총 수은	XX	XX	X	XX	XXX	XXX
카드뮴	XXX	XXX	XX	XX	XXX	XXX
프탈레이트 대사물	XXX	XX	XXX	XXX	X	XXX
비스페놀 A	XX	XX	XXX	XXX	X	XXX
파라벤	XX	X	X	X	X	XXX
비잔류성 농약	XXX	XXX	XX	XXX	X	XXX
방향족탄화수소 대사물	XXX	XX	X	XXX	XX	XXX
유기염소살충제(PCP)	XX	XX	XXX	XXX	XXX	XXX
코티닌	XXX	XXX	XX	XXX	XXX	XXX

*X: low score, XX: medium score, XXX: high score

Ⅲ. 시사점

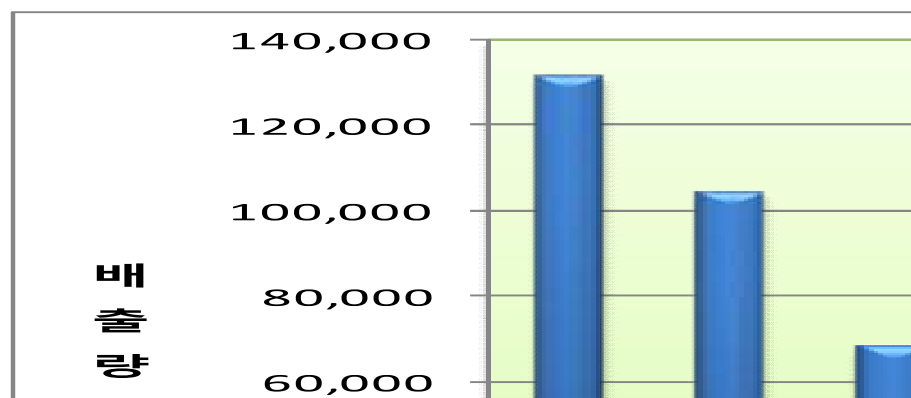
- 미국과 유럽을 중심으로 한 정책동향 및 사례를 바탕으로 충남 서북부 환경취약지역의 주민건강피해를 예방하고 관리하기 위한 시사점을 도출하면 다음과 같다.

1. 대기오염 배출기준 강화

- 미국의 경우 석탄과 석유를 이용한 화력발전소로부터 배출되는 수은 및 독성 대기물질을 줄이기 위한 대표적인 정책으로 「수은 및 대기 위해물질 (Mercury and Air Toxics Standards; MATS)」 기준안을 마련하여 배출기준을 강화하였다. 배출기준을 강화함으로써 예상되는 건강편익뿐만 아니라 이미 개발된 다양한 기술들을 적용함으로써 친환경 기술의 활성화도 촉진시키는 부수적인 효과도 있었다.
- 유럽연합의 APHEKOM 사업 또한 대기오염의 기준 강화를 통해 오염과 관련된 심혈관 질환 사망자 등을 포함한 조기사망자 예방할 수 있음을 증명하였다.
- 국내에서도 환경정책기본법 제22조에 의거하여 화력발전소와 석유화학단지 등이 위치해 있는 울산 미포 및 온산 국가산업단지, 여천 국가산업단지 등은 이미 대기보전특별대책지역으로 지정되어 관리되고 있는 사례가 있다. 또한 대기환경보전법 제18조 (대기환경규제지역의 지정)에 의거하여 대기오염도가 환경기준을 초과하였거나 초과할 우려가 있는 지역으로서 서울시, 인천시, 경기도 일부지역, 부산, 대구 및 광양만권역 등을 대기환경규제지역으로 지정하고 관리하고 있다.
- 충남의 서북부 주변 지역주민들의 건강피해가 다수에게서 나타남에 따라 더 이상의 피해를 예방하기 위해서는 강화된 배출기준이 무엇보다도 필요하다. 이를 위해 대기보전특별대책지역 및 대기환경규제지역 선정 또는 기존 법률의 추가 개정 등의 방식 등을 고려해야한다.

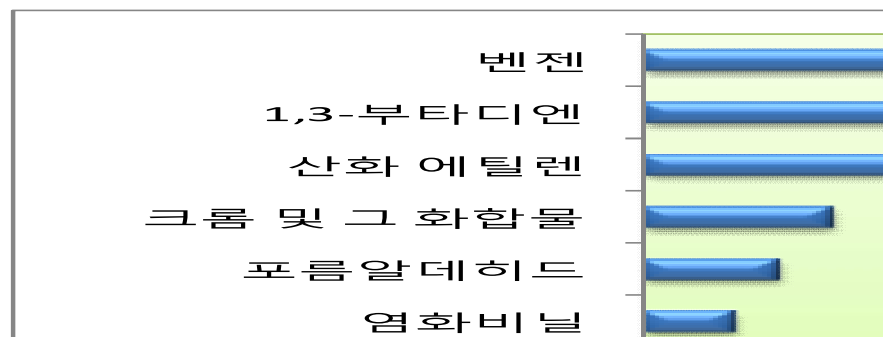
2. 우선 관리대상 물질 선정

- 우리나라의 화학물질 배출·이동량 정보시스템 자료를 분석한 결과, 충남의 경우 대기로 배출되는 화학물질 배출량이 2008년 2,915,008 kg/년에서 2012년 3,334,265 kg/년으로 계속 증가하고 있었다. 또한 광역자치단체별 발암물질(IARC 1) 배출량의 경우 충남이 68,591 kg/년으로 전국 세번째로 많은 것으로 나타났다. 이들 발암물질(IARC 1)은 충남 서북부 지역에 위치한 석유화학단지와 철강단지 등에서 대부분 배출되고 있다.



<그림 9> 광역자치단체별 발암물질(IARC 1) 배출량 (2012년)

- 미국에서 실시한 위해성 평가에서 지정된 33개 물질을 기준으로 보면, 충남의 경우 발암성 물질 중 가장 위해성이 큰 물질로 지정된 벤젠이 32,671 kg/년으로 가장 많이 배출되고 있었다. 그 다음은 1,3-부타디엔이 17,128 kg/년, 산화에틸렌이 12,225 kg/년, 크롬 및 그 화합물이 2,792 kg/년, 포름알데히드가 1,999 kg/년의 순으로 배출되고 있었다.



<그림 10> 충청남도 발암물질(IARC 1) 배출량 (2012년)

- 미국의 경우 유해화학물질에 대한 위해성 평가 결과 크기에 따라 그 물질들을 우선적으로 관리하고 있다. 충남 서북부 지역의 주민건강 피해를 줄이기 위해서는 배출되는 물질 중 발암물질 등 위해성을 근거로 하여 우선적으로 관리해야 할 관리대상 물질을 선정하여 대응 대책을 수립해야한다. 이러한 내용들을 환경보건 조례 등에 포함시켜 제도화할 필요가 있다.

3. 환경과 건강을 통합한 감시체계 구축

- 미국의 경우 환경보호청과 질병관리본부가 협업하여 환경적 위험, 노출, 환경과 관련된 건강정보의 통합 네트워크 구축을 통해 환경성 건강영향을 예방하고 관리하고 있다.
- 유럽 역시 위해도 평가 및 질병 지도제작을 위한 유럽지역의 건강 및 환경정보시스템을 구축하여 지자체의 환경오염물질로 인한 잠재적 위험성과 관련된 환경과 건강 정보를 통합·분석하여 정책 결정을 위한 자료로 지원하고 있다.
- 우리나라의 경우 환경통계포털(stat.me.go.kr)과 건강영향평가정보시스템(hia.me.go.kr)을 통해 환경오염에 대한 자료를 환경부 등에서 제공하고 있고, 국민건강보험공단, 국립암센터, 질병관리본부 등에서 건강영향에 대한 자료를 제공하고 있다. 최근 이러한 자료들을 통합한 환경보건 감시체계를 우리나라에 도입하기 위한 기초 연구가 진행되기도 하였다.
- 충남의 경우 우선 서북부 취약지역을 중심으로 환경과 건강을 통합한 DB를 구축하고 특정물질의 노출 및 건강영향의 지속적인 데이터가 축적된다면, 지역특성별 환경오염으로 인한 건강영향 문제를 파악하여 지역특성에 맞는 환경보건정책을 수립하는데 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

4. 알권리 충족 및 건강피해를 예방하기 위한 지역사회 정보공개

- 미국, 유럽 등의 정책 동향 및 사례를 보면 위해정보에 대한 소통을 강화하는 추세이다. TRI 및 EJView 시스템에서 알 수 있듯이 주변 지역 공장에서 배출되고 있는 물질 종류, 배출량, 저장시설 위치, 건강영향 가능성, 대피방법과 장소 등을 주민들에게 지도방식으로 상세히 공개함으로써 피해를 사전에 예방하고 있다.

- 우리나라의 경우 화학물질 배출·이동량 정보 시스템이 구축되어 있으나 단순 현황 정보에 국한되어 있다. 화학물질 배출·이동량 정보 시스템을 바탕으로 지역의 정보를 보완해서 주민들에게 제공한다면 유해물질로 인한 주민 건강피해를 예방할 수 있을 것으로 판단된다.

5. 지역사회의 환경과 건강을 위한 네트워크 구축

- 미국과 유럽 등 선진국을 중심으로 환경보건과 관련된 문제를 해결하기 위해서 관련 분야의 네트워크 구축을 강화하고 있다. 국내에서도 이미 여수 국가산단 등에서 미국의 위험 의사소통 협의회와 같은 형태의 ‘민·관·산·학 환경안전협의체’를 구성하고 운영하고 있다.
- 충남의 경우도 서북부 환경취약지역을 중심으로 환경보건 문제를 해결하기 위한 민·관·산·학 협의회를 구성하여 다음의 내용들을 협업하는 것이 필요하다.
 - 관주도로 이루어졌던 유독물 취급대상 사업장에 대한 지도점검 및 안전관리 실태를 네트워크를 통해 실시함으로써 안전관리 강화
 - 지역내 유해화학물질 배출업소, 화학물질 종류, 배출량, 위해성, 사고시 대피 장소 등 홍보 및 교육
 - 불산 유출 사고 등으로 보완·정비된 충남의 ‘유독물위기 대응 행동매뉴얼’의 실천 훈련을 통한 피드백, 수정·보완을 통한 지속적 업데이트
 - 기타 협업이 필요한 사업 등

6. 지역 거점별 환경과 보건관련 기관의 공동 연구 및 사업

- 앞에서 살펴보았듯이 선진국 등에서는 환경오염으로 인한 건강피해를 예방하기 위해서 환경과 보건 관련 기관의 공동연구 및 사업 등이 추진되고 있었다.
- 충남의 경우 단국대 의료원과 순천향대 천안병원, 태안보건의료원이 환경보건센터로 지정되어 있고 지역 보건소, 시도 보건환경연구원 등 지역 거점별 환경과 보건 관련 기관들에 대한 인프라가 구축되어 있다. 따라서 이들 기관들이 공동의 연구 및 사업 등을 추진한다면 더 효과적으로 주민건강피해를 예방할 수 있을 것으로 판단된다.

7. 충청남도 환경보건종합계획 및 조례 등 사례 확산

- 충청남도는 전국 자치단체 중 최초로 2012년에 환경보건헌장 선포 및 환경보건종합계획을 수립하였고, 2014년에 환경보건 조례를 제정·시행 하는 등 환경보건정책의 실천의지를 대외에 표명해왔다.
- 이에 따라 유해화학물질 등 환경오염으로부터 도민의 건강피해를 예방하고 관리하기 위한 모범 사례들을 도차원에서 적극적으로 발굴 시행함으로써 타 지자체에 사례 등을 확산시키는 것이 필요하다.