

## 환경관리대상 오염물질 우선순위 선정방법 및 도시와 산업지역의 주요 오염물질 선정

차순우 · 주철균 · 박현수\* · 박세진\*\* · 김필제\*\* · 이상목\*\* · 최경희\*\* · 이종협<sup>†</sup>

서울대학교 응용화학부

151-742 서울시 관악구 신림동 산 56-1

\*(주)티오이십일

151-029 서울시 관악구 신림본동 409-100

\*\*국립환경연구원

404-170 인천시 서구 경서동 종합환경연구단지내

(2002년 6월 3일 접수, 2003년 4월 7일 채택)

## Methodology to Determine the Order of Priority for Environmental Pollutants and Selection of Major Pollutants for Metropolitan and Industrial Areas

Soon Woo Chah, Cheol Kyun Joo, Hyeon Soo Park\*, Se Jin Park\*\*, Phil Jae Kim\*\*, Sang Mok Lee\*\*,  
Kyoung Hee Choi\*\* and Jong Heop Yi<sup>†</sup>

School of Chemical Engineering, Seoul National University, San 56-1, Sillim-dong, Gwanak-gu, Seoul 151-742, Korea

\*To21 Co., 409-100 Shinlimbon-dong, Gwanak-gu, Seoul 151-029, Korea

\*\*National Institute of Environmental Research, Environmental Research Complex, Kyungse-dong, Seo-Hu, Incheon 404-170, Korea

(Received 3 June 2002; accepted 7 April 2003)

### 요 약

오늘날 환경관리는 지금까지의 환경매체별 관리에서 벗어나 각 매체를 하나의 시스템으로 통합하여 관리하는 방향으로 변화되고 있다. 통합환경관리를 위해서는 오염배출원 및 배출량에 대한 구체적인 정보를 파악하고, 환경오염물질의 매체별 이동을 고려하여 지역적 환경오염분포도를 작성하여야 하며, 이를 위해 배출원 인벤토리 작성이 선행되어야 한다. 배출원 인벤토리 작성에는 대상지역 선정, 대상화학물질 선정, 배출원별 배출량 산정 등의 단계가 필요하며, 그 중 해당 지역에 적합한 주요 환경오염물질을 정확히 선정하는 것이 다음 단계의 연구진행에 가장 중요한 과정이 된다. 본 연구에서는 우선순위 오염물질을 선정하는 방법을 제안하고, 이를 국내 점오염원과 비점오염원으로 대표될 수 있는 두 곳(도시지역과 산업지역)인 서울과 안산지역에 적용하여, 각 지역의 우선순위 오염물질을 선정하였다.

**Abstract** – The integrated environmental management method will lead the management of the emission sources in the future out of respective managements for each environmental media. For the integration of environmental managements, investigation of specific information on emission sources and the amounts of emissions and transfers of pollutants to environmental media are necessary. This will be accomplished by preparation of a precise emission inventory (EI). The procedures for an EI are classified into three steps; selection of area, selection of chemicals, estimation of emissions. The selection of chemicals for the area chosen is the most important step for the further studies. In this work, a methodology to determine the priority of the pollutants emitted or released from the target areas is proposed. The major pollutants of a metropolis (Seoul) and an industrial area (Ansan) are selected by the suggested method.

**Key words:** Methodology, Emission Inventory, Priority, Metropolitan and Industrial Areas

### 1. 서 론

먼지, 소음, 진동, 유해화학물질, 농약, 천연독소, 자외선, 인간의 활동으로 나오는 SOx, NOx, 다이옥신, PAH, 악취물질, 산업/농업폐수 등 인체나 생태에 악영향을 주는 환경오염인자는 매우 다양하다. 인간이

깨끗한 환경하에서 생활하기 위해서는 이 모든 환경오염인자를 일시에 제거하는 것이 가장 이상적이나 이는 현실적으로 불가능하다. 일반적으로 하나의 환경오염인자에 의한 문제를 해결하기 위해서는 먼저 해당 환경인자에 대한 성질(물리적, 화학적, 열역학적 특성)을 파악하고, 이에 적합한 처리방법을 개발하여야 한다. 또한, 개발된 방법을 대상인자에 적용하고 그에 따른 변화를 주기적으로 검토함으로써 개발된 방법의 적정성을 검토하는 단계를 거친다. 그러나 이러한 일련의 과정은 상당히 긴 시간과 많은 비용을 필요로 한다. 따라서 인체에 매우 적은 영

<sup>†</sup>To whom correspondence should be addressed.  
E-mail: jyi@snu.ac.kr

향을 미치는 오염물질까지도 이런 복잡한 과정을 거쳐 처리한다는 것은 시간적, 경제적 측면에서 그 의미가 미미하다. 그러므로, 오염물질을 짧은 시간과 적은 비용으로 가장 효율적으로 처리하기 위해서는 처리하고자 하는 오염물질의 관리 우선순위를 결정하는 것이 가장 중요한 요소 중의 하나이다. 즉, 화학물질의 사용량이나 점오염원 및 비점오염원으로부터의 배출량, 배출농도, 환경이나 인체에 미치는 유해성, 지역적 특성, 매체간 이동량 등을 고려하여 우선적으로 관리하여야 할 화학물질을 선정함으로써 환경위해성 평가 및 관리에 필요한 연구가 단계적으로 추진되어야 한다. 그러나, 지금까지의 연구는 환경위해성 평가나 관리에 필요한 정보나 기술이 부족하였다. 즉, 배출원 목록이나 배출량산정 등과 같은 배출량 평가정보, 지역특성정보, 사고의 예방이나 대응에 필요한 정보 뿐만 아니라, 우선 연구대상 유해물질을 선정하는 방법론에 대한 연구가 매우 취약한 상태였다.

연구대상 지역이나 유해화학물질을 선정하고자 하는 가장 큰 목적은 정부차원에서 환경위해성 평가에 필요한 예산이나 인력을 고려한 장기적 투자전략을 수립하는데 도움을 줄 뿐만 아니라 관련 연구를 통해 지역 현장의 현재 상태 및 앞으로의 대책을 마련할 수 있는 근거가 도출될 수 있도록 하기 위함이다. 전국을 대상으로 모든 유해화학물질에 대한 평가를 하는 것은 어려운 실정임으로 지금까지의 여러 환경위해성 평가에 관한 연구는 여론이나 지역주민에 의해 제기되는 여러 가지 사항을 정성적으로 판단하여 특정지역을 중심으로 수행되어 왔다. 그리고 연구대상화학물질 또한 정량적인 기준과 근거에 의하기보다는 발암성 등 극히 제한된 유해성만을 고려하여 왔다. 따라서 그 결과가 도시나 산단지역의 주민들이 호소하는 질환과는 거리가 멀어 주민을 설득하거나 정부가 정책을 결정하는데 많은 어려움이 있었던 것이 사실이다. 그러므로, 도시나 산단지역과 같이 인구밀도가 높거나 환경오염물질 배출원이 밀집된 지역에 대하여 효과적인 배출원 인벤토리를 작성하여 환경오염물질의 거동을 예측하는 것은 대단히 중요하다.

우리나라에서는 1990년 이후 환경중 잔류실태조사, 기존화학물질안전성평가 및 환경위해성평가 등을 목적으로 제한적인 범위에서 우선순위 목록을 작성한 바가 있다[1-4]. 대부분의 우선순위 선정은 화학물질의 생산, 수입, 유통량, 독성, 환경에서의 거동, 선진국에서의 규제물질 여부 등에 따라 점수를 부여하고, 이에 따라 등급을 정하는 일반적인 절차에 의하였으나 선정에 필요한 정보의 부족으로 많은 어려움이 있었다. 환경부 G-7환경공학기술 개발사업 1단계('92-94) 과제인 '환경 오염물질의 위험성 확인 및 독성평가에 관한 연구'에서는 약 1,500여종의 화학물질에 대한 데이터베이스를 구축하였고, 이들 자료를 이용하여 DRANC(Dutch Risk Assessment system for New Chemicals)법을 사용, 우선관리 대상물질을 선정한 바 있다[5]. 이러한 연구결과는 G-7과제 2단계 '유해화학물질의 안전성 평가 및 관리기술' 과제의 수행시 연구대상 화학물질 선정의 기초자료로 활용되었다고 볼 수 있으나, 지속적인 투자가 이루어지지않아 법적인 관리수단이나 규제근거를 제공하는 기술로 발전되지는 못하였다. 1997년 환경부는 국내 36,000여종의 기존화학물질 평가전략수립을 위하여 '기존화학물질의 안전성평가 계획수립' 과제를 수행하였다. 또한, G-7 사업결과를 기반으로 512개의 유통량이 많은 물질에 대하여 안전성시험사업 우선순위를 수립하였으며 동 결과를 이용 환경부는 매년 20-30여종의 화학물질에 대하여 2001년까지 동 사업을 성공적으로 추진한 바 있다.

국내 유통중인 36,000여개의 화학물질 중에서 인체 및 환경보호 목적상 우선관리하여야 할 화학물질을 선정하고, 적절하게 관리하는 것은 중요한 과제이다. 그러나 이러한 중요성에 비하여 과거의 연구에서는 선정요소에서 중요한 역할을 하는 배출량을 고려하지 못하였으며, 신뢰성 있는 유통량 자료로 확보하지 못한 상태에서 추진되었다. 특히 독성자료가 없거나 신뢰성이 부족한 경우 과도하게 최악의 시나리오에 의하여 점수를 부여하여 현실과 다른 결과를 주기도 하는 등 여러 가지

문제점이 지적된 바 있다.

따라서 본 연구에서는 우선순위 화학물질을 선정하기 위한 새로운 방법을 제안하고, 제안된 방법에 따라 도시 및 산단지역의 우선순위 오염물질을 선정하였다.

## 2. 우선순위 화학물질 선정방법

### 2-1. 지역선정

우선순위 화학물질은 지역의 특성에 따라 달라질 수 있다. 따라서 우선순위 화학물질을 선정하기 전에 먼저 어떤 지역을 대상으로 할 것인지를 결정하는 것이 중요하다. 오염물질이 특히 많이 배출되는 울산, 여천 등의 공단지역을 중심으로 관리방안을 제시하는 연구는 많이 보고되고 있으나, 주민들이 집중되어 있는 도시지역 일대나 아파트 단지 인근에 있는 산업단지 등에 관한 연구는 상대적으로 미비하였다[6, 7]. 따라서 본 연구에서는 배출원 목록작성을 위한 연구대상 지역으로 도시지역과 산단지역을 선정하여 연구를 진행하였다. 도시 지역은 점오염원에 의한 것보다는 비점오염원에 의한 환경오염이 더욱 문제시되고 있기 때문에 인구, 국민적 관심, 지리적 중요성 등을 우선적으로 고려해야 하는 특징이 있으며, 산단지역은 다양한 종류의 산업체를 포함하는 지역으로써 점오염원에 의한 배출이 많은 특징이 있다. 산단지역 선정에 있어서는 관련 제조업이 비교적 고르게 분포하면서 지역경제에 산단으로서의 중추적 기능을 하며 아울러 선정된 도시지역과의 연관성이 있는 지역을 선정하였다.

### 2-2. 선정에 필요한 기초자료 및 특성 분석

현재 우리나라에서 우선순위 화학물질 선정을 검토하는데 사용할 수 있는 자료로는 유통량 조사결과, 배출량 조사결과, 모니터링 결과가 있다.

#### (1) 지역별 유통량 특성 분석[8]

전국 대비 지역별 비율, 특정지역에서 연간 100톤 이상 사용되는 화학물질의 종류와 양, 전체 유통량 중 상위 90%를 점유하는 화학물질의 종류와 특징을 조사한다.

#### (2) 지역별 배출량 특성분석[9]

환경부에 보고된 유해화학물질 배출량 자료를 중심으로 지역별 배출량을 분석한다. 물질별 배출량, 지역별 배출특성, 전국대비 특정지역의 배출량, 지역별 핵심 배출물질 및 환경매체별 배출량을 조사한다.

#### (3) 모니터링 데이터 분석[10-22]

지난 1998년부터 환경부에서 실시하고 있는 모니터링 자료 및 이와 관련된 각종 통계자료를 분석한다.

### 2-3. 예비 우선순위 화학물질 선정

유통량, 배출량, 모니터링 데이터를 기준으로 우선순위 선정을 위한 예비목록을 작성하고, 본격적인 점수부여 및 순위결정에 앞서 예비목록을 정선하는 단계를 거친다. 본 연구에서는 먼저 우려정도가 낮은 물질을 제외한 후 예비로 선정된 물질에 대하여 EURAM, CHEM-1을 적용하여 각 물질에 대한 점수를 부여한 후 유통량, 배출량을 고려하여 우선순위 물질을 선정하였다. 그 후 유사물질을 그룹화한 후 모니터링 데이터를 이용하여 최종 화학물질을 선정하는 방법을 제시한다. 정선(refining)에 사용하는 방법으로는 천연물질 그리고 유류 등 국제적으로 유해성물질로 분류되지 않은 물질, 고분자물질, 석유류 등 물질의 동질성이 불분명한 물질과 기타 추가 요소를 확인하는 방안을 조사하여 예비목록에서 해당물질을 삭제하는 과정을 거친다.

#### 2-3-1. EURAM 방법

EURAM(European Union Risk Ranking Method)에 의한 우선순위 선정방법은 EU에서 도입된 기술로 1998년 OECD 위해성관리 자문그룹에서 EU의 priority setting method로 논의된 바 있으며 이 방법에 의하

여 3차에 걸쳐 EU에서의 우선순위화학물질이 발표된 바 있다. EURAM은 인간이나 환경에 대한 잠재적인 위해성에 기준하여 간단한 노출-영향 모델을 이용하여 우선순위 화학물질을 선정하는 것으로 환경영향에 의한 우선순위와 인체건강영향에 의한 우선순위로 구분된다. 인체건강영향에 의한 우선순위는 인체건강노출지수와 인체건강영향지수를 동시에 고려하는 것이다. 인체건강노출지수(human health exposure value, HEXV)는 인간에 대한 화학물질의 노출지수로써 대상물질의 배출량 및 고유의 물리화학적 성질에 의한 분포에 의해 결정된다. 배출은 대상물질의 4가지 주요 용도카테고리-밀폐계에서의 사용, 메트릭스로의 혼합, 비분산적 사용, 분산적 사용으로부터 배출되어 인체나 환경에 노출되는 양을 산정하게 된다. 분포는 끓는점, 증기압 및 옥탄올물분배계수에 의해 정해지는 점수로부터 대상물질의 인체에 잠재적으로 노출되는 분율을 산정하게 된다. 분포분율은 끓는점이나 증기압에 해당하는 점수 중 큰 값과 옥탄올 물분배계수에서 해당하는 점수를 합산한 것이다(Table 1). 여기에 배출량을 곱하면 인체건강노출량(human health exposure value, HEXV)을 얻을 수 있으며, 이를 1-10의 범위로 환산한 것이 인체건강노출지수(HEX)이다.

인체건강영향지수(human health effect, HEF)는 유럽의 Directive 67/548/EEC의 위험물질의 분류, 포장, 표시에 관한 제도에서 정하고 있는 유해화학물질의 유해성문구(risk phrases, A.11)에 의한 점수에 기초하여 산정된다. 인체건강에 대한 유해성에는 발암성, 유전독성, 생식독성, 과민성, 반복투여독성, 급성독성, 자극성의 항목에 대한 R-phrases에 따라서 각각 점수를 부여한 다음 그 중 최고 높은 값을 HEF로 하는 방식이다. 이러한 연구결과를 바탕으로 인체건강에 대한 노출지수와 영향지수를 동시에 고려함으로써 0-100의 범위의 인체건강영향 점수(human health score, HS) 구하여 순위를 정하는 방법이다.

Table 1. Distribution ratios (Dist<sub>HH</sub>) of EURAM

Physical chemical properties	Value	Score
Boiling point (°C)	bp ≤ 60 °C	0.75
	60 °C < bp ≤ 200 °C	0.50
	200 °C < bp ≤ 1,500 °C	0.25
	1,500 °C < bp	0.05
	default	0.50
Vapor pressure (hPa)	vp > 200	0.75
	0.5 ≤ vp < 200	0.50
	vp < 0.5	0.25
	vp < 0.5 at 200 °C	0.05
	default	0.50
Log K <sub>OW</sub>	Log K <sub>OW</sub> > 3	0.25
	Log K <sub>OW</sub> ≤ 3	0.00
	default	0.25

### 2-3-2. CHEMS-1 방법

1994년 미국 EPA에서는 화학물질을 인체영향과 환경영향에 의한 순위 및 점수를 부여하는 CHEMS-1(Chemical Hazard Evaluation for Management Strategies : A method for ranking and scoring chemicals by potential human health and environmental impacts, EPA/600/R-94/177)방법을 발표하였다. CHEMS-1의 우선순위 선정은 발암성, 급성경구독성 및 급성흡입독성을 중심으로 한 인체건강영향지수와 육상생물에 대한 독성, 급성어독성 및 만성어독성으로 구성되는 환경영향지수를 각각 계산하여 합하고, 미생물과 가수분해에 의한 반감기와 생물농축가능성을 고려하는 노출잠재지수를 구하여 앞에서 구한 영향지수와 곱으로 계산된다. 각 항목별로 지수를 구하는 방법 및 계산방법은 Fig. 1과 Table 2에 나타내었다.

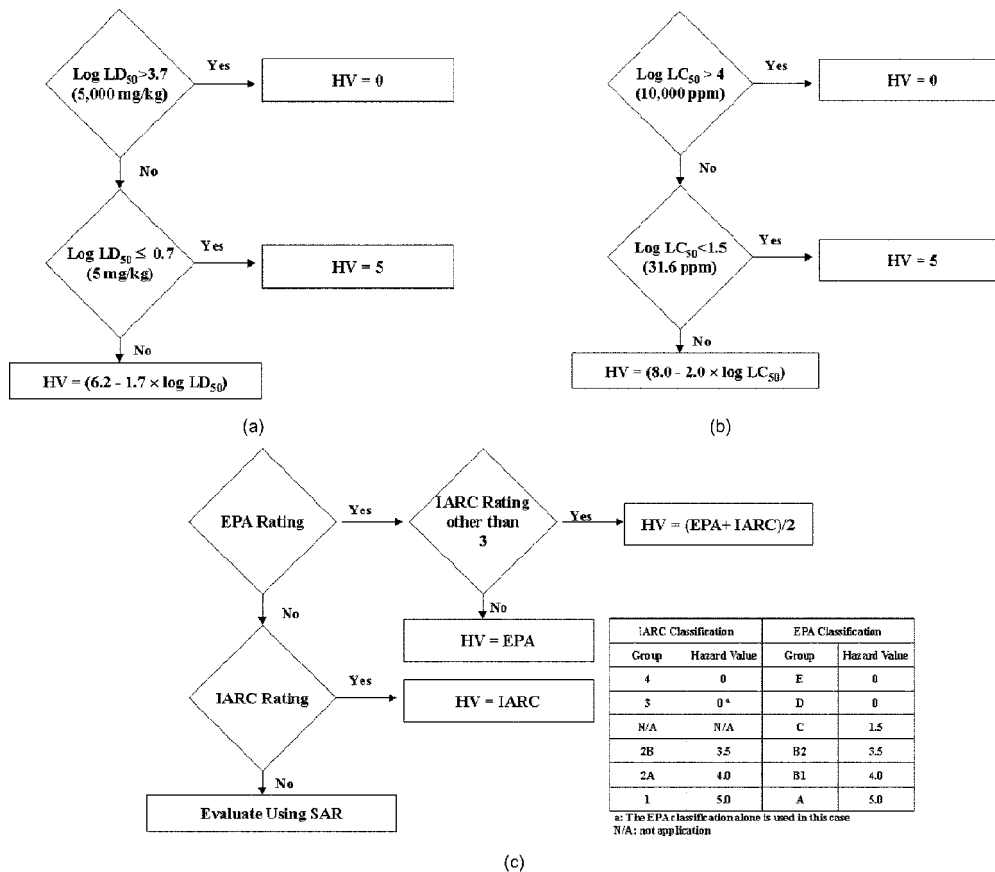


Fig. 1. Factor-estimation methods of CHEMS-1 (a) acute oral-toxicity, (b) acute inhalation-toxicity, (c) carcinogen, (d) acute fish-toxicity, (e) NOEL, (f) chronic fish-toxicity, (g) BOD half-life, (h) hydrolysis factor, (i) bioconcentration factor.

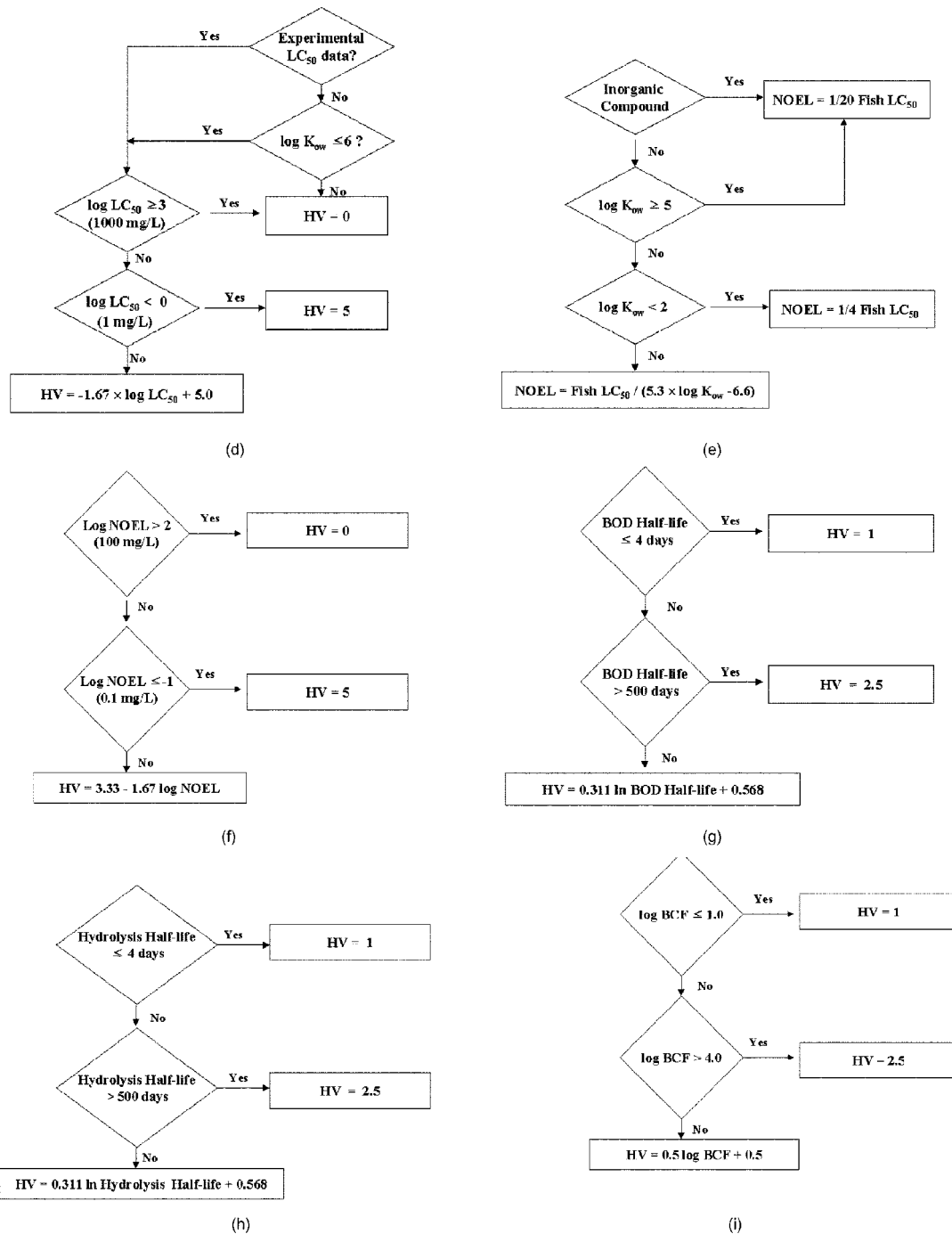


Fig. 1. continued.

총유해성지수 = (인체건강영향지수 + 환경영향지수)  $\times$  노출잠재지수

인체건강영향지수 =  $HV_{oral \text{ LD}_{50}} + HV_{inhalation \text{ LC}_{50}} + HV_{carcinogen} + HV_{other}$

환경영향지수 =  $HV_{oral \text{ LD}_{50}} + HV_{fish \text{ LC}_{50}} + HV_{fish \text{ NOEL}}$  (각각 최고 0-5 부여)

노출잠재지수 =  $HV_{BOD} + HV_{hydrolysis} + HV_{BCF}$  (각각 0-2.5 부여)

이 방법은 이후 여러 전문가들의 검토와 학술적인 연구를 걸치면서 주로 미국과 캐나다에서 전국적 또는 지역적인 우선관리대상 화학물질을 선정하는 기술로 활용되고 있다. 이 방법의 특징은 인체 및 환경영향에 대해서는 배출량자료를 이용하여 가중치를 부여할 수 있다는 점이다. 예를 들어 급성경구 및 환경영향에 대해서는 전체 배출량 중 수

계배출량에 대한 가중치를, 흡입독성의 경우 대기배출량에 대한 가중치를, 발암성 등 만성영향에 대해서는 전체배출량 가중치를 줄 수 있다.

현재 미국과 캐나다에서는 정선된 유해성자료와 배출량자료를 이용하여 관리대상 우선순위물질을 선별하기 위하여 이 방법을 활용하고 있으며, 특히 캐나다는 2000년 대서양연안에서의 TRI(Toxic Chemicals Release Inventory)물질의 CHEMS-1에 의한 risk screening 결과를 발표한 바 있다.

## 2-4. 우선순위 화학물질 최종 선정

위의 과정을 거쳐 최종적으로 우선순위 화학물질을 선정 한다. Fig. 2 는 우선순위 화학물질을 선정 하기 위한 절차를 나타낸다.

Table 2. Scoring items and scoring standards of CHEMS-1

Items	Specific items	Points	Methods
Human effect $HV_{human}$	Oral toxicity, $HV_{oral LD_{50}}$	0-5	Fig. 1(a)
	Inhalation toxicity, $HV_{inhalation LC_{50}}$	0-5	Fig. 1(b)
	Carcinogen, $HV_{carcinogen}$	0-5	Fig. 1(c)
	Others, $HV_{other}$	0-5	1 point for each item
Environmental effect $HV_{environ}$	Acute toxicity, $HV_{oral LD_{50}}$	0-5	Fig. 1(a)
	Fish toxicity, $HV_{fish LC_{50}}$	0-5	Fig. 1(d)
	NOEL, $HV_{fish NOEL}$	0-5	Fig. 1(e), (f)
Exposure $HV_{exposure}$	BOD dissolution, $HV_{BOD}$	1-2.5	Fig. 1(g)
	Hydrolysis, $HV_{hydrolysis}$	1-1.5	Fig. 1(h)
	Bioconcentration, $HV_{BCF}$	1-2.5	Fig. 1(i)
Total hazards	$(HV_{human} + HV_{environ}) \times HV_{exposure}$	0-100	-

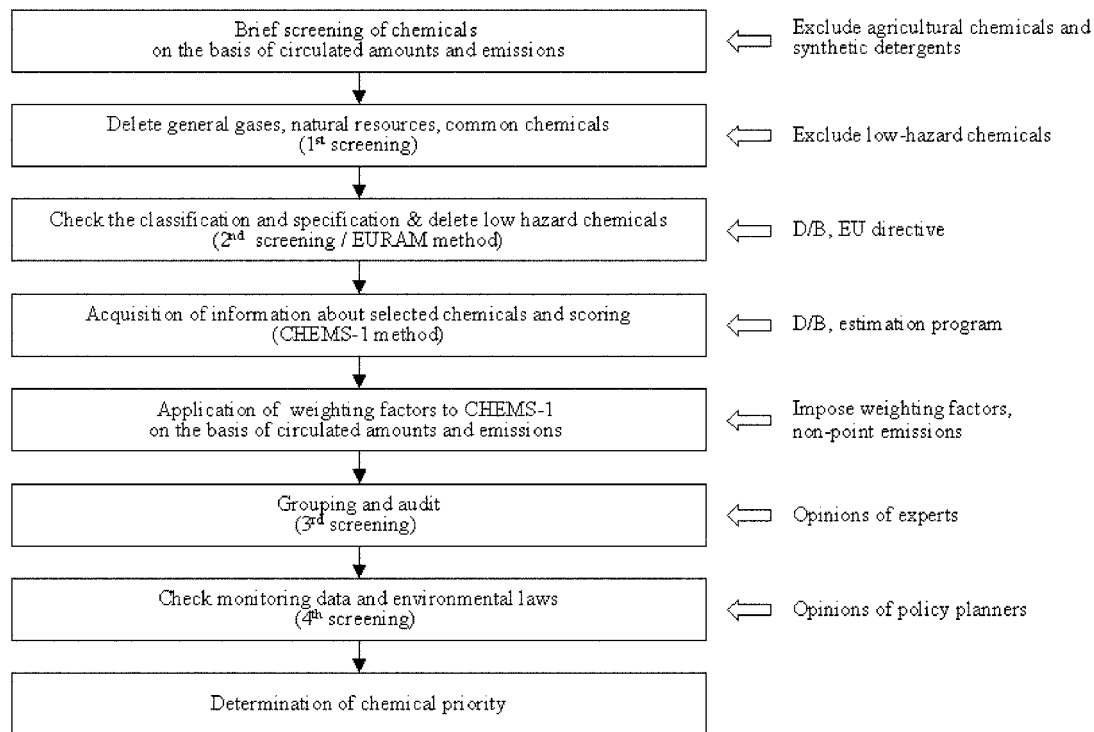


Fig. 2. Procedure to determine the chemical priority.

### 3. 우선순위 화학물질 선정

#### 3-1. 지역선정결과

도시지역 선정의 중심안은 비점오염원으로부터의 오염에 의한 영향을 추정하기 위한 것이므로, 우리나라 전체 인구의 약 1/4가 밀집되어 있으며, 자동차 등 이동오염원에 의한 오염이 많은 서울 중 중량천 일대를 대상으로 하였다.

산단지역의 선정시 중점을 둘 것은 점오염원에 의한 영향을 알아보고자 하는 것이다. 경기도는 제조업생산액이 가장 많으며, 산업단지에 입주하고 있는 업체나 근로자수도 가장 많고, 모든 종류의 산업이 고루 분포되어 있다. 따라서 시화, 반월산업단지를 포함하는 지역을 연구대상으로 하였다.

#### 3-2. 관련자료 수집 및 분석

환경부에서 수행한 유통량 및 배출량 조사결과 이외의 물리화학적 성질, 유해성 및 분해성 등에 대한 자료는 HSDB(Hazardous Substance

Data Bank), 미국 EPA의 IRIS(Integrated Risk Information System) 자료, EU의 유해물질 분류 및 표시자료, 미국 NTP(National Toxic Programme) 시험자료, RTECS(Registry of Toxic Effects Chemical Substances) 자료를 주로 사용하였으며, 필요한 경우 EPIWIN(물성예측), ECOSAR(수생생태독성 예측) 등 예측프로그램을 활용하였다.

아울러, 미국 등 주요국가의 법령을 대상으로 현재 사용되고 있는 우선순위 선정방법을 수렴목적, 사용된 파라미터 및 수식, 점수부여체계, 유통량이나 배출량관련 자료의 활용방법 등을 조사하였다. 그 결과 우선순위 선정 요소는 유해성정보, 물리화학적 성질 및 환경 중 농축가능성 성질과 같은 상수개념의 요소와 생산량, 배출량, 사용량, 사용빈도와 같은 변수인 요소로 구분된다. 유해성정보는 건강유해성, 환경유해성 및 육생식물 유해성으로 구분이 되며 선정방식에 따라 이중 일부 혹은 전부를 선정요소로 사용한다. 일반적으로 사용되는 물리화학적 성질은 휘발성, 증기압, 끓는점, 수용해도 등으로 이들은 화학물질이 환경에 배출되는 경우 매체별 분포에 영향을 주는 요소이다. 물리화학적 성질의 하나로도 볼 수 있는 노출 또는 노출이후의 거동에 영향을 주는 요소로는

미생물에 의한 분해, 가수분해 및 생물농축성을 들 수 있다. 인체유해성과 관련해서는 급성독성(경구, 흡입, 경피), 아만성/만성독성, 발암성, 피부과민성, 생식독성, 유전독성을 들 수 있으며, 선정방식에 따라 점수를 부여하는 방식이 크게 다르다. 환경유해성의 경우 어독성, 만성어독성, 육생생물에 대한 급성/만성독성, 조류(algae)독성, 물벼룩독성 등의 독성 요소가 일반적으로 사용된다. 또한, 배출량이나 유통량은 직접사용하기 보다는 사용용도나 배출되는 매체를 고려하여 유해성정도에 가중치를 부여하는 방식으로 사용된다.

### 3-3. 예비 우선순위 화학물질 선정

유통량과 독성자료 등 확보된 자료를 바탕으로 서울지역은 100여종의 화학물질, 안산지역은 200여종의 화학물질을 선별하였다. 일반가스, 천연물질, 범용성 물질 등에 대한 1차 스크리닝 작업을 거쳐 서울지역 55종, 안산지역 118종으로 줄였으며, 위험정도가 낮은 물질에 대한 스크리닝을 통해 최종적으로 서울지역은 에피클로로히드린 등 37종의 화학물질을, 안산지역은 2-프로판올 등 89종의 화학물질을 우선순위 선정작업을 위한 예비목록으로 결정하였다. 선정된 화학물질을 대상으로 EURAM, CHEM-1 등의 방법을 이용하여 다음과 같이 우선순위를 선

정하였다.

#### 3-3-1. EURAM에 의한 우선순위 선정

EURAM을 적용하여 예비로 선정된 37종의 서울지역 화학물질 및 89종의 안산지역 화학물질들에 대한 우선순위를 Table 3과 Table 4에 나타내었다.

#### 3-3-2. CHEMS-1에 의한 우선순위 선정

EURAM에서의 선정결과를 토대로 서울의 27종, 안산의 48종의 화학물질에 대하여 Table 5와 Table 6에 나타난 바와 같이 점수와 순위를 부여하였다. 자료가 없는 경우는 EPWIN이나 ECOSAR와 같은 예측자료를 통해 점수를 부여하거나 외국의 관련자료를 인용하였다. 가중치의 경우 유통량과 배출량에 대하여 각각의 가중치를 다음과 같이 계산하고, 이중 큰 값을 사용하였고, 배출량 계산시 매체별 가중치는 자료의 제한성을 이유로 고려하지 않았다.

#### ● 서울지역의 가중치

유통량기준 =  $\ln(\text{Use, ton}) + 0.93$  (단, 1 ton 이하는 '1'로 함)

배출량기준 =  $\ln(\text{release, kg}) - 1.86$  (단, 17.5 kg 이하는 '1'로 함)

Table 3. Scoring results for chemicals by EURAM method (Seoul)

Rank	Cas no.	Chemical name	HEX	HEF	Scoring (HEX* HEF)
1	000106-89-8	Epichlorohydrin	10.00	10	100.00
2	000067-63-0	2-Propanol	9.49	10	94.95
3	000111-15-9	Ethylene glycol monoethyl ether acetate	8.25	10	82.49
4	000079-01-6	Ethylene trichloride	8.58	9	77.23
5	025646-77-9	2-[(4-Amino-3-methylphenyl)ethylamino] ethanol sulfate (1:1) (salt)	7.49	10	74.87
6	025646-71-3	N-[2-[(4-Amino-3-methylphenyl)ethylamino] ethyl] methanesulfonamide sulfate (2:3)	7.21	10	72.13
7	000091-20-3	Naphthalene	7.78	9	70.04
8	000101-77-9	4,4'-Methylenedianiline	6.64	10	66.36
9	000108-10-1	Methylisobutyl ketone	7.73	7	54.12
10	007722-84-1	Hydrogen peroxide	8.15	6	48.89
11	000127-18-4	Tetrachloroethylene	5.35	9	48.14
12	000117-81-7	Bis(2-ethylhexyl)phthalate	6.84	7	47.90
13	001330-20-7	Xylene	9.55	5	47.74
14	007664-38-2	Phosphoric acid	7.96	6	47.73
15	000111-30-8	Glutar- aldehyde	7.50	6	44.99
16	000102-71-6	Triethanolamine	7.38	6	44.30
17	007697-37-2	Nitric acid	7.13	6	42.76
18	000064-18-6	Formic acid	7.03	6	42.15
19	000075-01-4	Vinyl chloride	4.11	10	41.15
20	000095-33-0	N-Cyclohexyl-2-benzothiazolesulfenamide	6.85	6	41.07
21	000120-78-5	2,2 -Dibenzothiazyl disulfide	6.68	6	40.07
22	000078-93-3	Methyl ethyl ketone	7.74	5	38.68
23	000108-39-4	m-Cresol	6.43	6	38.56
24	000111-76-2	2-Butoxyethanol	7.38	5	36.90
25	000100-97-0	Hexamethylenetetramine	6.08	6	36.49
26	000102-77-2	2-(Morpholiniothio)benzothiazole	5.92	6	35.52
27	000067-56-1	Methanol	9.90	2	19.80
28	000110-82-7	Cyclohexane	6.82	2	13.64
29	000071-43-2	Benzene	1.00	10	10.03
30	000108-88-3	Toluene	9.33	1	9.33
31	000107-21-1	Ethylene glycol	8.95	1	8.95
32	000108-05-4	Vinyl acetate	8.48	1	8.48
33	000123-31-9	Hydroquinone	7.48	1	7.48
34	000126-73-8	Tributyl phosphate	6.93	1	6.93
35	000067-64-1	Acetone	6.76	1	6.76
36	000092-43-3	1-Phenyl-3-pyrazolidinone	6.38	1	6.38
37	000071-55-6	1,1,1-Trichloroethane	3.91	1	3.91

Table 4. Scoring results for chemicals by EURAM method (Ansan)

Rank	Cas no.	Chemical name	HEX	HEF	Scoring (HEX* HEF)
1	000067-63-0	2-Propanol	8.05	10	80.47
2	000111-15-9	Ethylene glycol monoethyl ether acetate	7.68	10	76.84
3	000068-12-2	N,N-Dimethylformamide	6.36	10	63.57
4	001344-37-2	C.I. pigment yellow 034	5.92	10	59.24
5	000107-13-1	Acrylonitrile	5.71	10	57.06
6	000050-00-0	Formaldehyde	6.32	9	56.91
7	012656-85-8	C.I. pigment red 104	5.53	10	55.29
8	000108-31-6	Maleic anhydride	7.85	7	54.97
9	000108-10-1	Methylisobutyl ketone	7.75	7	54.22
10	000075-09-2	Methylene chloride	5.96	9	53.65
11	000100-42-5	Styrene	9.98	5	49.88
12	000117-81-7	Bis(2-ethylhexyl)phthalate	6.98	7	48.83
13	000080-62-6	2-Methyl-2-propenoic acid methyl ester	8.01	6	48.05
14	000100-21-0	Terephthalic acid	7.53	6	45.16
15	000999-61-1	2-Hydroxypropyl acrylate	7.51	6	45.08
16	000141-32-2	Butyl acrylate	7.39	6	44.35
17	000140-88-5	Ethyl acrylate	7.34	6	44.04
18	007722-84-1	Hydrogen peroxide	7.34	6	44.02
19	000085-44-9	Phthalic anhydride	8.55	5	42.74
20	000078-93-3	Methyl ethyl ketone	8.48	5	42.39
21	000110-17-8	Fumaric acid	8.18	5	40.88
22	000064-19-7	Acetic acid	6.79	6	40.76
23	000111-76-2	2-Butoxyethanol	7.93	5	39.65
24	000868-77-9	2-Methyl-2-propenoic acid 2-hydroxyethyl ester	6.61	6	39.64
25	000077-78-1	Sulfuric acid dimethyl ester	3.90	10	39.00
26	000079-01-6	Ethylene trichloride	4.32	9	38.85
27	000103-11-7	2-Ethylhexyl acrylate	6.42	6	38.50
28	000064-18-6	Formic acid	6.21	6	37.28
29	013048-33-4	1,6-Hexanediol diacrylate	6.15	6	36.90
30	000818-61-1	2-Hydroxyethyl acrylate	5.98	6	35.89
31	000051-79-6	Urethane	3.46	10	34.62
32	000108-95-2	Phenol	5.72	6	34.29
33	000075-01-4	Vinyl chloride	3.43	10	34.27
34	026471-62-5	Toluene diisocyanate	4.89	7	34.25
35	000101-68-8	Diphenylmethane diisocyanate	4.85	7	33.93
36	004098-71-9	Isophorone diisocyanate	5.55	6	33.29
37	000123-42-2	4-Hydroxy-4-methyl-2-pentanone	6.60	5	33.02
38	000121-91-5	1,3-Benzenedicarboxylic acid	5.44	6	32.65
39	042978-66-5	(1-Methyl-1,2-ethanediyl)bis[oxy(methyl-2,1-ethanediyl)] diacrylate	5.33	6	32.00
40	000079-10-7	2-Propenoic acid	5.28	6	31.66
41	000124-04-9	Adipic acid	6.33	5	31.65
42	000107-06-2	1,2-Dichloroethane	3.13	10	31.31
43	000614-45-9	Benzenecarboperoxoic acid 1,1-dimethylethyl ester	6.18	5	30.88
44	000109-99-9	Tetrahydrofuran	6.01	5	30.04
45	000079-41-4	2-Methyl-2-propenoic acid	4.93	6	29.56
46	007697-37-2	Nitric acid	4.80	6	28.77
47	001330-20-7	Xylene	5.75	5	28.76
48	000094-36-0	Dibenzoyl peroxide	4.78	6	28.69
49	007664-41-7	Ammonia	4.70	6	28.20
50	000084-74-2	1,2-Benzenedicarboxylic acid dibutyl ester	5.45	5	27.26
51	000110-91-8	Tetrahydro-2H-1,4-oxazine	4.51	6	27.04
52	000097-88-1	2-Methyl-2-propenoic acid butyl ester	4.49	6	26.96
53	055965-84-9	5-Chloro-2-methyl-3(2H)-isothiazolone mixt. with 2-methyl-3(2H)-isothiazolone	4.38	6	26.26
54	025154-52-3	Nonylphenol	5.13	5	25.63
55	000088-99-3	1,2-Benzenedicarboxylic acid	4.25	6	25.52
56	000102-71-6	Triethanolamine	4.16	6	24.98
57	000108-83-8	Diisobutyl ketone	4.95	5	24.73
58	001338-23-4	2-Butanone, peroxide	4.03	6	24.17

Table 4. continued.

Rank	Cas no.	Chemical name	HEX	HEF	Scoring (HEX* HEF)
59	000097-63-2	2-Methyl-2-propenoic acid ethyl ester	4.01	6	24.07
60	007790-94-5	Chlorosulfuric acid	3.85	6	23.10
61	000079-11-8	Chloroacetic acid	3.64	6	21.82
62	000098-54-4	4-(1,1-Dimethylethyl)phenol	3.60	6	21.62
63	000097-86-9	2-Methyl-2-propenoic acid 2-methylpropyl ester	3.54	6	21.25
64	000101-14-4	3,3'-Dichloro-4,4'-diaminodiphenylmethane	2.12	10	21.23
65	000067-66-3	Chloroform	2.29	9	20.65
66	000075-15-0	Carbon disulfide	2.94	7	20.56
67	000127-18-4	Tetrachloroethylene	2.19	9	19.68
68	000078-59-1	3,5,5-Trimethyl-2-cyclohexene-1-one	3.93	5	19.66
69	000105-45-3	Methyl acetoacetate	3.60	5	18.01
70	000111-42-2	Diethanolamine	3.29	5	16.43
71	000067-56-1	Methanol	8.00	2	16.00
72	000071-43-2	Benzene	1.27	10	12.67
73	000108-39-4	m-Cresol	1.86	6	11.15
74	000302-01-2	Hydrazine	1.00	10	10.00
75	000108-88-3	Toluene	9.02	1	9.02
76	000098-00-0	2-Furanmethanol	4.17	2	8.35
77	000141-78-6	Ethyl acetate	8.01	1	8.01
78	000107-21-1	Ethylene glycol	7.98	1	7.98
79	000078-83-1	2-Methyl-1-propanol	7.78	1	7.78
80	000067-64-1	Acetone	7.68	1	7.68
81	000108-94-1	Cyclohexanone	7.20	1	7.20
82	000110-80-5	Ethylene glycol monoethyl ether	6.74	1	6.74
83	000112-07-2	2-Butoxyethanol acetate	6.73	1	6.73
84	000123-54-6	Acetylacetone	4.12	1	4.12
85	000100-52-7	Benzoic aldehyde	4.04	1	4.04
86	000144-62-7	Oxalic acid	3.63	1	3.63
87	000101-54-2	p-Aminodi- phenylamine	2.95	1	2.95
88	000071-55-6	1,1,1-Trichloroethane	1.41	1	1.41
89	000128-37-0	Butyl hydroxytoluene	(3.49)	1	(3.49)

Table 5. Scoring results for chemicals by CHEMS-1 method (Seoul)

Rank	Cas no.	Chemical name	UWF	RWF	SUM_	Total_Score
1	000106-89-8	Epichlorohydrin	10.00	4.38	96.0	960.46
2	000079-01-6	Ethylene trichloride	7.97		78.7	627.49
3	000091-20-3	Naphthalene	6.84		88.4	604.28
4	007664-38-2	Phosphoric acid	7.77		66.4	515.94
5	007697-37-2	Nitric acid	5.90		80.9	477.95
6	001330-20-7	Xylene	8.94	3.96	47.7	426.51
7	000101-77-9	4,4'-Methylenedianiline	5.21	1.00	78.7	409.92
8	000108-88-3	Toluene	9.04	10.00	38.6	386.00
9	000120-78-5	2,2 -Dibenzothiazyl disulfide	5.27		71.8	377.99
10	000108-39-4	m-Cresol	5.60	3.73	65.5	366.78
11	000110-82-7	Cyclohexanone	5.06		70.2	355.12
12	000067-63-0	2-Propanol	9.27		35.5	329.37
13	000127-18-4	Tetrachloroethylene	2.97		86.4	256.79
14	000064-18-6	Formic acid	5.76		32.1	185.00
15	000111-76-2	2-Butoxyethanol	6.26		28.6	179.17
16	000117-81-7	Bis(2-ethylhexyl)phthalate	5.50		28.8	158.54
17	000078-93-3	Methyl ethyl ketone	6.37		24.2	153.94
18	000108-10-1	Methylisobutyl ketone	6.76		20.7	139.73
19	000102-71-6	Triethanolamine	6.96		17.6	122.71
20	000100-97-0	Hexamethylenetetramine	5.11		18.1	92.76
21	000075-01-4	Vinyl chloride	1.00		85.6	85.61
22	000111-30-8	Glutar- aldehyde	6.43		13.0	83.63
23	000095-33-0	N-Cyclohexyl-2-benzothiazolesulfenamide	5.50		12.5	68.81
24	000071-43-2	Benzene	1.00		64.5	64.47
25	000067-56-1	Methanol	9.84		4.8	46.76
26	007722-84-1	Hydrogen peroxide	7.36	1.00	5.0	36.78
27	000111-15-9	Ethylene glycol monoethyl ether acetate	7.50	1.00	0.0	0.00



Table 6. Scoring results for chemicals by CHEMS-1 method (Ansan)

Rank	Cas no.	Chemical name	UWF <sub>s</sub>	RWF	Sum	Total_Score
1	000100-42-5	Styrene	10.00	9.9	93.6	936.35
2	000050-00-0	Formaldehyde	5.71	7.1	111.9	799.95
3	007664-41-7	Ammonia	3.81	9.3	74.5	695.69
4	000079-01-6	Ethylene trichloride	3.76	7.9	78.7	620.91
5	007697-37-2	Nitric acid	4.32	6.9	81	560.18
6	000084-74-2	Dibutyl phthate	5.09		93.1	474.31
7	001330-20-7	Xylene	5.04	10.0	46.7	466.79
8	000067-66-3	Chloroform	1.00	7.1	64.8	461.23
9	000107-06-2	1,2-Dichloroethane	2.37	6.5	70.7	459.77
10	000108-95-2	Phenol	5.40		67.3	363.67
11	000108-88-3	Toluene	9.29	10.1	36	362.61
12	000107-13-1	Acrylonitrile	5.39		66	355.93
13	000075-09-2	Methylene chloride	5.29	9.6	36.4	348.90
14	000067-63-0	2-Propanol	8.14	9.0	35.5	320.44
15	000141-32-2	Butyl acrylate	7.37		43.3	319.21
16	000108-39-4	m-Cresol	1.57	5.0	63.5	317.20
17	000100-21-0	Terephthalic acid	8.22		32.7	268.91
18	000117-81-7	Bis(2-ethylhexyl)phthalate	6.88	9.2	28.8	264.14
19	000108-31-6	Maleic anhydride	8.61		30.2	259.96
20	000085-44-9	Phthalic anhydride	8.73		27.6	241.01
21	000140-88-5	Ethyl acrylate	7.31		31.58	230.94
22	000101-68-8	Diphenylmethane diisocyanate	4.38		52.6	230.53
23	000079-11-8	Chloroacetic acid	2.96		72.76	215.45
24	000079-10-7	Acrylic acid	4.89		43.8	214.07
25	000075-01-4	Vinyl chloride	2.31		86.5	199.75
26	000078-93-3	Methyl ethyl ketone	8.24		24.2	199.50
27	025154-52-3	Nonylphenol	4.71		41	193.11
28	000064-18-6	Formic acid	5.99		32.1	192.25
29	000080-62-6	Methyl methacrylate	8.10		21.6	174.91
30	026471-62-5	Toluene diisocyanate	4.44		38.9	172.62
31	000111-15-9	Ethylene glycol monoethyl ether acetate	7.72	3.9	21.97	169.52
32	000108-10-1	Methylisobutyl ketone	7.79		19.6	152.65
33	000075-15-0	Carbon disulfide	1.73	3.2	40.2	127.54
34	000077-78-1	Dimethyl sulfate	3.27	4.3	26.3	113.75
35	000098-54-4	4-(1,1-Dimethylethyl)phenol	2.92		38.31	111.98
36	000302-01-2	Hydrazin	1.00		100.76	100.76
37	000108-83-8	Diisobutyl ketone	4.50		19.4	87.30
38	000127-18-4	Tetrachloroethylene	1.00		86.4	86.40
39	000111-42-2	Diethanolamine	3.24		25.9	83.96
40	000068-12-2	N,N-Dimethylformamide	6.16	7.5	10.9	81.77
41	000071-43-2	Benzene	1.00		64.5	64.50
42	000051-79-6	Urethane	2.76	5.7	7	39.62
43	000067-56-1	Methanol	8.09		4.8	38.82
44	000097-88-1	Butyl methacrylate	3.97		8.7	34.53
45	000101-14-4	3,3'-Diochloro-4,4'-diaminodiphenylmethane	1.18	3.1	9.87	30.88
46	000078-59-1	3,5,5-Trimethyl-2-cyclohexene-1-one	3.31		9.29	30.73
47	000097-63-2	Ethyl methacrylate	3.40		5.7	19.39
48	000097-86-9	Isobutyl methacrylate	2.85		6.8	19.37

### ● 안산지역의 가중치

유통량기준 =  $\ln(\text{Use, ton}) - 3.8$  (단, 121 ton 이하는 '1'로 함)

배출량기준 =  $\ln(\text{release, kg}) - 1.36$  (단, 10 kg 이하는 '1'로 함)

### 3-4. 우선순위 화학물질 선정결과

위의 단계를 바탕으로 서울의 27종 및 안산의 48종에의 화학물질에 대한 구조적 유사성, 공정분석 또는 다중 분석의 가능성, 서울과 안산지역의 공통성, 국내에 축적된 자료의 양 및 관련 환경법에서의 규제현황을 고려하여 선정된 화학물질의 우선순위를 Table 7과 같이 정리할 수

있었다. 그 결과, 서울지역은 epichlorohydrin, ethylene trichloride, naphthalene, phosphoric acid, nitric acid 등의 물질들이 주요 우선순위 물질로 선정된 반면, 안산지역은 styrene, formaldehyde, ammonia, ethylene trichloride, nitric acid 등 생산과 관련된 물질들이 주요 우선순위 물질로 선정되었다. 이는 환경오염 등의 조사를 위한 조사대상물질 선정시 조사하고자 하는 지역의 특성에 따라 대상물질이 어떻게 달라질 수 있는지를 보여주는 결과이다.

오늘날 국내 여러 대학이나 연구기관 및 정부에서 유해화학물질에 대한 종합적인 환경위해성 평가와 이를 통한 관리의 중요성에 대해서는

Table 7. Chemical list of high priority

Cas no.	Chemical name	Priority	
		Seoul	Ansan
000100-42-5	Styrene		1
000106-89-8	Epichlorohydrin	1	
000050-00-0	Formaldehyde		2
007664-41-7	Ammonia		3
000091-20-3	Naphthalene	3	
000079-01-6	Ethylene trichloride	2	4
007664-38-2	Phosphoric acid	4	
007697-37-2	Nitric acid	5	5
000084-74-2	Dibutyl phthate		6
001330-20-7	Xylene	6	7
000101-77-9	4,4'-Methylenedianiline	7	
000067-66-3	Chloroform		8
000107-06-2	1,2-Dichloroethane		9
000120-78-5	2,2 -Dibenzothiazyl disulfide	9	
000108-95-2	Phenol		10
000108-88-3	Toluene		11
000110-82-7	Cyclohexane	11	
000107-13-1	Acrylonitrile		12
000075-09-2	Methylene chloride		13
000067-63-0	2-Propanol	12	14
000141-32-2	Butyl acrylate		15
000111-76-2	2-Butoxyethanol	15	
000108-39-4	m-Cresol	10	16
000100-21-0	Terephthalic acid		17
000117-81-7	Bis(2-ethylhexyl)phthalate	16	18
000108-10-1	Methylisobutyl ketone	18	
000108-31-6	Maleic anhydride		19
000102-71-6	Triethanolamine	19	
000085-44-9	Phthalic anhydride		20
000100-97-0	Hexamethylenetetramine	20	
000140-88-5	Ethyl acrylate		21
000101-68-8	Diphenylmethane diisocyanate		22
000111-30-8	Glutar- aldehyde	22	
000079-11-8	Chloroacetic acid		23
000095-33-0	N-Cyclohexyl-2-benzothiazolesulfenamide	23	
000079-10-7	Acrylic acid		24
000075-01-4	Vinyl chloride	21	25
000078-93-3	Methyl ethyl ketone	17	26
007722-84-1	Hydrogen peroxide	26	
025154-52-3	Nonylphenol		27
000064-18-6	Formic acid	14	28
000080-62-6	Methyl methacrylate		29
026471-62-5	Toluene diisocyanate		30
000111-15-9	Ethylene glycol monoethyl ether acetate	27	31
000108-10-1	Methylisobutyl ketone		32
000075-15-0	Carbon disulfide		33
000077-78-1	Dimethyl sulfate		34
000098-54-4	4-(1,1-Dimethylethyl)phenol		35
000302-01-2	Hydrazine		36

일치된 견해를 갖고 있다. 그러나 필요한 예산이나 인력은 극히 제한적인 관계로 특정 집단의 전문성 특이적인 분야만으로, 또는 예산규모에 맞추어 각종 연구사업을 추진하고 있다. 즉, 체계적인 연구나 연구결과 활용뿐만 아니라 미래를 대비한 연구전략도 수립하기 어려운 것이 현실이다. 따라서 많은 예산과 인력이 소요되는 유해화학물질에 대한 환경위해성 평가가 체계적이고도 단계적으로 수행하도록 하기 위해서는 평가대상 지역이나 화학물질에 대한 합리적인 우선순위가 정해져야

한다. 본 연구는 이러한 욕구를 일부나마 충족시키고자 수행되었으며, 이를 통해서 국가적 관심과 노력이 집중되어야 할 지역이 선정되고, 아울러 해당 지역별 연구·평가하여야 할 화학물질을 정함으로써 예산과 인력의 분배나 긴급상황 발생시 신속하게 문제에 접근하게 될 것을 기대한다. 그러나 아직도 유통량이나 배출량 등 우선순위 선정에 필수적인 요소에 대한 자료가 부족하거나, 환경유해성이나 인체 유해성에 대해 가용한 정보가 제한적임을 감안하여 불확실한 자료에서 오는 '불확

설정'을 최소화하고, 철저한 사례조사를 통해서 가장 보편적이고, 설득력 있는 선정방식을 개발하는 것이 무엇보다도 중요하다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 유통량 조사, 배출량 조사, 모니터링 결과를 바탕으로 EURAM법을 분류·표시 사항 및 CHEMS-1 사전검색용으로, CHEMS-1법을 정선용으로 적용함으로써 향후 실질적인 연구를 위한 우선순위 화학물질을 선정하는 방법을 제안하였다. 과거 국내에서 일부 우선순위 선정방법이 논의된 바 있고, 국제적으로도 몇가지 방법이 알려지고 있지만 세부적으로 가능한 모든 자료를 활용하여 우선순위를 선정 한 시도는 없었다. 향후 보다 폭넓은 조사와 데이터 갭을 해결하고 보완하는 연구가 진행되어야 하겠지만 본 연구에서는 배출원 inventory 작성과 같은 환경위해성평가정보의 수집을 목표로 한 연구사업에 필수적인 적절한 우선순위 선정방법을 제안하였다.

본 연구에서는 지역을 비점오염원에 의한 오염이 우세한 도시 지역과 점오염원에 의한 오염이 우세한 산업지역으로 구분하고, 각 지역에 대해 제안된 방법에 의해 우선순위 화학물질을 선정 한 결과, Table 7에 나타낸 바와 같이 서울은 epichlorohydrin, ethylene trichloride, naphthalene 등의 순으로, 안산은 styrene, formaldehyde, ammonia 등의 순으로 우선순위가 결정되었다.

#### 감 사

본 논문은 환경부의 '차세대 핵심환경기술개발사업'의 일환으로 작성되었으며, 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. Ministry of Environment, "Standardization of Emission Estimation Techniques(2)," Seoul, Korea(1999).
2. Ministry of Environment, "Guideline for the Emission Estimation of Toxic Chemicals," 38000-67603-67-9977, Seoul, Korea(2000).
3. National Institute of Environmental Research, "POPs - Evaluation of Environmental," Seoul, Korea(1991).
4. National Institute of Environmental Research, "Chemicals for Fish-toxicity-Pathological Effects of Toxic Chemicals on Fishes (1)," Seoul, Korea(1996).
5. Ministry of Environment, "Check of Pollutants' Hazards and Evaluation of Their Toxicities," Seoul, Korea(1994).

6. Chah, S., Moon, J., Park, H., Choi, K. and Yi, J., "Management of VOCs from Petroleum and Chemical Manufacturing Industries," *NICE*, **19**(5), 564-569(2001).
7. Chah, S., Moon, J., Park, H., Choi, K. and Yi, J., "Management of VOCs from Fugitive Emission Sources," *NICE*, **19**(5), 569-574(2001).
8. Ministry of Environment, "99 Annual Report About Circulated Chemicals," Seoul, Korea(2000).
9. Ministry of Environment, "99 Annual Report About TRI," Seoul, Korea(2001).
10. Ministry of Environment, "99 Annual Report About Endocrine Disruptors," Seoul, Korea(2000).
11. Ministry of Environment, "00 Annual Report About Endocrine Disruptors," Seoul, Korea(2001).
12. Ministry of Environment, "98 Monitoring Data of Soil Pollution," Seoul, Korea(1999).
13. Ministry of Environment, "99 Monitoring Data of Soil Pollution," Seoul, Korea(2000).
14. Ministry of Environment, "00 Monitoring Data of Soil Pollution," Seoul, Korea(2001).
15. Ministry of Environment, "Annual Report About Air Pollution," Seoul, Korea(1999).
16. National Institute of Environmental Research, "Development and Application of an Integrated System for Measurement of Air Pollutants," Seoul, Korea(1999).
17. National Institute of Environmental Research and Konkuk University, "A Study about Photoreactivity and Generation of Secondary Pollutants in Metropolis," Seoul, Korea(1999).
18. Seoul city, "Plan for the Improvement of Atmospheric Environment in Seoul," Seoul, Korea(2000).
19. Kyonggi-do, "Plan for the Conservation of 21C Kyunggi Air," Seoul, Korea(2000).
20. Kyonggi-do Institute of Health & Environment, "Report About Pollution of Rivers in Kyunggi Province(Paldang Area)," Seoul, Korea (2000).
21. Institute of Environmental Pollution Research, Yonsei University, "Evaluation of Air Pollutants' Hazards and Management Technologies," Seoul, Korea(1996).
22. Institute of Chemical Processes, Seoul National University, "Inventory Development for Integrated Environmental Management," Seoul, Korea (2002).