

# 미국에서의 화학물질 위해성평가와 위해성관리에 관한 실무사례 (연재Ⅲ)

박재주/ 환경관리공단  
기술이사

## 1. 제 1 단계(위해평가)의 결과

제 1 단계의 해석에서는 대기 및 수질에 관한 많은 유해물질에 대하여 건강위해의 비교가 이루어졌다. 광범한 발생원으로서 자동차, IC공장, 세탁업소, 지하탱크 등이 오염물질로서 크롬, 비소, 벤즈피렌(a) 벤젠, 1.1.1트리코로로에탄 등이 환경매체로서 대기, 지표수, 지하수 등이 각각 고려되었다.

이용가능한 데이터나 과학적 견지의 제약에 의하여 얻어진 위해는 상대적인 것이지만 얻어진 결과는 다음과 같은 것이다.

(1) 산정된 발암위해는 동지역의 발암의 백그라운드레벨과 비교하여 대개 낮은 값(值)이지만 소수의 주민은 유해물질에 의한 암 이외의 영향을 받고 있다.

(2) 환경매체로서는 대기가 더욱 더 큰 위해를 가지고 있고 그 발생원으로서 자동차나 가정난방 등의 면발생원이 주된 것이었다.

(3) 음료수에 의한 위해는 지표수의 소독에서 부생성물에 의한 것이 많다.

(4) 지하수에 의한 위해는 지질학적인 호조건이나 오염방지조치의 효과에서 비교적 적어져 있지

만 일부 주민에 따라서는 지하수에서 높은 위해를 받고 있다.

(5) 국지적인 높은 위해는 미대책 자가용정도의 이용자 고교통량의 교차점 부근의 주민, 병원 주변의 주민, 남센 프란시스스코만의 어패류의 상식자에서 볼 수 있다.

## 2. 제 2 단계(위해성관리)의 작업의 고찰

1.에서 말한 바와 같이 제 1 단계 결과, 지역 대표의 의견을 살펴보고 다음과 같은 생각으로 중요과제를 추출하였다.

위해성관리의 대책 등의 프라이어리더(우선 순위)는 꼭 위해의 크기에 국한되는 것만이 아니고 기타의 많은 요인에 따라 좌우된다.

또 과제가 밝혀졌을 경우의 대처방법에 대해서는 추가적인 데이터 수집이나 위해성평가에서 비용-효과분석이나 대책계획의 입안까지 포함하여 이들의 정도는 문제의 종류나 데이터의 존재량, 규제 상황의 따라 다르다. 또 타기관에서 실시하고 있는 유사한 사업도 고려할 필요가 있다.

구체적인 작업의 진행 방법은 다음과 같다.

(1) 제 1 단계의 결과를 더욱 최대위해를 밝힌다.

(2) 밝혀진 위해를 관리하기 위하여 문제가 되는 발생원이나 오염물질에 대하여 어떠한 대책수법이 있고 어느 대책이 비용효과가 높은가를 밝힌다.

(3) 위해성평거나 위해성 관리의 프로세스는 위해의 대소가 프라이어리더를 정하는 주요인이지만 주민의 선택의향을 반영하는 것도 중요하다.

(4) 유사한 목적에서 실시된 이제까지의 과제와의 내용적으로 중복을 피하고 앞으로의 위해평가의 검토에 기여할 수 있는 과제를 우선한다.

(5) IEMP의 실시시스템 등의 인적자원, 제2 단계를 종료시키기 위한 시간적 제약도 고려한다.

이상과 같이 생각하는 것도 제2 단계에서 검토를 하기 위하여 다음과 같은 중요과제의 추출을 하고 있다.

(1) 대기에서도 추가적인 데이터 수집과 위해평가를 하여 발생원 대책안에서 검토하였다. 구체적인 것은 다음과 같다.

① 대기중 유해유기입자의 모니터링 실시

② 대기중의 연을 시발로 하는 제1 단계 대상물질 이외의 물질에 따른 위해성평가의 실시

③ 대기오염물질의 발생원대책의 비용-효과 분석의 실시

(2) 음료수 오염이나 지하수에 대해서는 대개 데이터수집이 진행하여 지역의 정책결정자의 위해관리를 중점을 두고 있다. 구체적인 것은 다음과 같다.

④ 유해물질 저장조레(HMSO)의 효과 평가의 실시

⑤ 자가용정호를 응용하고 있는 주민을 보호하는 대책의 평가 실시

⑥ 지하수층의 관리대책 검토의 실시

⑦ 트리히로메탄 저감책의 검토 실시

(3) 기타 환경관리에서 제도상 문제나 수법 선택에 관한 검토 실시를 열거한다.

### 3. 위해성관리에 따른 해석내용과 제언내용

다음 2.에서 언급하는 대기문제, 수질문제, 제도상의 문제에 대한 해석내용과 제언내용의 개요를 나타낸다. 또 비용-효과분석은 위해성 관리의

중요한 부분이므로 대기문제중의 발생원대책분석을 예로 좀 상세히 소개한다.

#### 3.1 대기문제

##### 3.1.1 유해유기입자의 모니터링의 실시

제1 단계의 해석실시에서 IEMP는 산타크라바레에 있어서 유기입자의 데이터의 결여가 장애가 되었다. 타지역에서 얻은 값(値)을 당해지역의 상황에 맞게 되어 유기입자는 대기기원의 발암위해성의 1/3을 추정하였으나 이 추정치는 거의 불확정된 것으로 제2 단계에서는 정도가 잘보이므로 모니터링을 추가 실시하였다.

이 측정결과는 제1 단계에서 얻은 추정치 범위 내에 들어 있고 제1 단계의 폭로평가를 뒤엎어본 결과로 된다. 그러나 이것의 유해물질에 의한 위해, 산타크라바레에 의하여 고려할 필요가 있다.

이 내용을 밝아서 IEMP에서는 발생량집계나 오염대책 연구에서 다환방향여탄화수소에 중점을 두는 것을 제시한다.

##### 3.1.2 규제물질에 따른 위해성평가의 실시

현재의 규제물질(종래형 오염물질)에 대해서는 발암, 출생물지하 등의 저레벨 폭로영향에 착안한 제1 단계의 위해성평가의 대상외이다.

그러나 규제물질에 관한 연구에서 오존, 분진, CO, 연에 대한 건강영향이 정량화되어 제1 단계의 대기위해 추정을 참고로 하고 있다.

산타크라라지역에서의 오존과 CO의 농도레벨은 연방정부가 정한 기준을 상향하여 연에는 기준이하로 되었다. 또 산타크라라지역은 연방의 부유분진의 기준을 만족시키고 미립자에 관한 새 기준에도 거의 합치하는 것으로 본다. IEMP에서는 최근 15년간에 연방·주 및 지방기관에서 오염규칙에 따라 대기질의 개선이 진행되고 있다. 그러한데도 현재의 폭로레벨은 연이나 분진에 의한 수명단축 등의 건강위해가 여전히 남아있지만 폭로레벨의 저하에서 이들의 건강위해는 대폭으로 저감되었다고 본다. 이상의 결과에서 IEMP는 이들의 오염물질에 대한 강력한 규제를 계속하고 특히 분자에 대해서는 종래 이상으로 중점을 두고 있음을 제언하고 있다. IEMP의 참가자 규제물질에 대한 위해의 추정결과가 유해화학물질

의 해명이나 제어에 노력투입을 감하지 않고 논거가 없는 것으로 주의하고 있다.

그리고 유해화학물질과 현재의 규제물질과의 동시에 고려한 대책을 제도화하는 것을 제언하고 있다.

### 3.1.3 대기오염물질의 발생원 대책에 따른 비용-효과분석

대기중 유해물질에 관한 위해성관리는 기존의 규제활동 등에 따라 진행시키며 본 IEMP에서는 이들을 보거하고 산타크라라지역에서 적절한 우선순위를 정하는데 주안을 두고 있다.

또한 분석대상이 되는 발생원의 선정이 이하의 생각에 머무르고 있다.

(1) 발암위해성을 레벨에 최대개인위해에 대하여는 100/100 만이상, 먼원에 대해서는 1/100 만이상을 선정기준으로 한다. 비암위해의 것으로는 역치를 패스에 선정하여 벤젠과 1.1.1트리크로로에탄을 대책으로 한다.

(2) 위해가 있어도 현시점에서 발생을 억제하는 기술적 가능성이 없는 것에는 대상에서 제외한다. 이와 같이 분석기술이 불충분한 것은 제외시킨다. 예를 들면 알신, 포스환 등이다.

(3) 기존의 대책과의 중복을 확인한다.

이상의 고찰에서 다음의 9종의 발생원을 선정했다. <표 1> 유해오염물질배출의 각 발생원 기여할함

汚染物質	自動車	家庭木材燃料	세멘트工場	크롬도금	합계
비소	—	44%	54%	—	99%
벤젠	80%	—	—	—	80%
6 價 크롬	—	8.5%	—	80%	89%
多環芳香族化合物	13%	87%	—	—	100%

점발생원으로서 ① 크롬도금공장(6가크롬) ② 냉각탑(6가크롬) ③ 병원소독(에칠렌옥시드) ④ 반도체 푸너는디스크공장(그리콜, 에틸) 면발생원으로서 ⑤ 세탁(피크로로에칠렌) ⑥ 보통 자동차(벤젠) ⑦ 터럭(다환방향족화합물) ⑧ 가정목재연소(다환방향족화합물) ⑨ 용제 탈지 공정(트리크로로에칠렌, 파-크로로에칠렌, 에칠렌크로라이드, 1.1.1 트리크로로에탄)이다. <표 1>에이들

물질의 발생원은 분할을 선별한다.

IEMP에서는 발생원만으로 원칙으로 1종의 대책방법을 택했다. 그 선정은 위해저감효과, 코스트의 양면으로 보아 나온 것을 실무경험자의 판단에 따라 이루어졌다.

9종의 발생원에 대한 선정된 대책은 다음과 같다.

① 크롬도금 : 효율 99%의 스크류바(대규모설비의 경우) 폴리프로피렌구에 의한 액면카바(소규모설비의 경우)

② 냉각탑 : 보다 위해가 적은 물질에 대체

③ 병원소독 : 습식스크류바(다만 폐액처리가 2차오염을 일으키는 가능성 유)

④ 반도체 푸어토레시드 : 열적 또는 촉매에 의한 소각

⑤ 드라이크리닝 : 드라이드라이기법의 전환, 파크로에칠렌의 대체물질으로서 CFC-113의 사용 등

⑥ 소형자동차 : 휘발성탄화수소 기준의 강화, 휘발유중 벤젠 함유량 억제(1%이내), 주행대기로서 삭감 등

⑦ 대형자동차 : 터럭의 촉매 콤파-다 취관 등

⑧ 가정목재연소 : EPA기준적합의 난방기의 전환 등

⑨ 용제탈지 : 냉각유축에 의한 회수

그외도 토지이용의 억제에 의한 간접적인 발생원 대책으로서 발생원과 거주지역간의 완충대로서 위해 저감대책을 고려한다.

각 발생원대책의 비용-평균위해 저감효과와 분석결과는 <표 2>와 같다. 점원의 경우는 평균위해보다도 개인최대위해의 저감효과로 평가하는 것이 적당하다고 보며 이 경우의 비용-효과 분석결과는 <표 3>과 같다. 또 <표 4>는 토지이용의 검토자료로서 중요한 발생원에서의 거리와 위해의 크기에 관계하고 있다.

이상에서와 같이 평균발암위해는 본재연소형난로의 전환, 병원소독에서 습식스크류바 및 메치렌 크로라이더의 냉각보집의 비용-효과가 높고 파-크로에칠렌에서 CFC-113으로의 전환은 효과에 대한 코스트가 높은 결과가 된다.

또 개인최대위해에서는 이들에 대한 위해관리

에서 전주민의 위해가 역치이하로 저감하는 의미가 있고 평균적 위해란 별도의 관점에서 중요하다.

이중에도 병원의 소독이 더 중요하며 그외의 트라이크리닝 크롬도금, 메칠렌 크로라이드탈지에 대해서는 동등하다고 본다. 한정된 비용중에는 대

상주민이 더욱 많은 발생원대책이 우선되지만 일반적으로 크리닝은 인구밀도 지역에서 많으므로 우선되는 것이 된다.

그리고 <표 4>에서는 공장신설이나 주택건설의 기준으로 이용되는 것도 있으나 완충대설치의 비용과의 관계에서 중요하다.

<표 2> 평균위해저감에 대한 비용-효과분석

發生源	對策手法	汚染物質	발암저감 (금후 30년간)	正味對策費用 (今後30年間)	費用-効果 (백만\$/저감건수)
세탁	기법의 전환	파크로로에치렌	0.0019	56,000	29
	CFC-113의 전환	파크로로에치렌	0.0028	130,000	50
	CFC-113 技法전환	파크로로에치렌	0.00044	87,000	200
溶劑脱脂	冷却凝縮에 의한 회수 燃焼効率改善 燃焼削減	파크로로에치렌	0.069	2,400,000	36
		트리크로로에치렌	0.021	290,000	14
		메치렌크로라이드	0.12	470,000	4.1
家庭木材燃焼			0.9	420,000	0.47
			0.74	NA	NA
			0.38	1,200,000	3.1
病院消毒 半導體製造	湿式스크라바 熱的燒却 触媒燒却	에치렌옥시드	0.38	1,200,000	3.1
		그리콜에틸		57,200,000	
		그리콜에틸		56,000,000	
自動車	酸素센서 改善新車登録 通行量의改善	벤젠 및 유기입자	0.09	0	—
		同上	0.034	0	—
		同上	0.14	NA	NA
		0.29			
		2.3	170,000,000	76	
트럭축매전환	同上	2.3	170,000,000	76	
트럭의 I/M	同上	0.31	6,600,000	22	

<표 3> 최대개인위해해석에 의한 비용-효과분석

發生源	對策手法	汚染物質	發生量低減 (톤드/년)	年間對策費用 (\$)	算定リスク (がん件數/100万人)	대책후위해 (同左)	저감위해 (同左)
세탁	기법의 전환	파크로로에치렌	16,000	15,000	12	2	10
	CFC-113전환		20,000	34,000	12	0	12
	CFC-113 전환		20,000	9,800	2	0	2
裝飾크롬도금	포리푸로퍼 렌지 効率99%	6価크롬	1.5	240	1.4	0.6	1
		6価크롬	33	15,000	11	0.1	11
脱脂	冷却凝縮回收	1,1,1-트리크로로에틴	28,000	18,000	(注)	(注)	(注)
		에치렌크로라이드	4,800	2,800	30	21	9
病院消毒	湿式スクラバー	에치렌옥시드	1,700	36,000	200	32	168

(注) 1,1,1- 트리크로로에틴에 대해서도 EPA 등에서 발암성으로 보지 않는다.

이상과 같은 분석결과와 IEMP 구성요소의 지견을 기초로 하여 다음과 같이 제언하고 있다.

- (1) 토지이용에서는 완충대설치가 평가된다.
- (2) 에칠렌 옥시드소독은 발생원대책이 높은 우선도를 줄 필요가 있다.

(3) 에칠렌크로라이드의 냉각보집 및 에칠렌옥시드의 습식스크라바보집하는 것이 중요하다.

(4) 공장에서의 발생량의 기록치를 작성하는 것이 중요하다.

(5) 그리콜에틸 사용증지기 위한 연구 및 1.1.1

<표 4> 발생원에서 거리와 위해의 한계

發生源	發生量 (kg/年)	위해정도에 대응한 발생원의 거리(m)		
		10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-7</sup>
파크로로에치렌탈지				
小施設	3,000	—	550	2,400
中 "	6,000	220	850	3,850
大 "	12,000	340	1,380	6,200
트리카로로에치렌탈지				
小施設	3,000	200	1,020	4,700
中 "	6,000	370	1,650	7,600
大 "	12,000	560	2,520	>10,000
메치렌크로라이드탈지				
小施設	3,000	510	2,200	>10,000
中 "	6,000	800	3,500	>10,000
大 "	12,000	1,210	5,590	>10,000
에치렌옥시드소독				
小施設	50	290	1,270	5,600
中 "	200	710	3,100	>10,000
大 "	400	1,050	4,820	>10,000
파크로에치렌 드라이크리닝				
小施設	1,000	—	270	1,200
中 "	12,000	340	1,380	6,200
大 "	25,000	510	2,190	>10,000
크롬도금				
小施設	1	500	2,180	>10,000
中 "	5	1,400	6,400	>10,000
大 "	10	2,175	>10,000	>10,000
주 유 소				
小施設	2	—	—	100
中 "	4	—	—	200
大 "	8	—	—	400
휘발유저장				
小施設	1,000	200	1,700	7,700
中 "	2,500	700	3,000	>10,000
大 "	5,000	1,100	4,800	>10,000

트리카로로에탄의 건강영향평가가 중요하다.

그러나 이하의 항목에 대해서는 충분한 검토가 이루어져야 함으로 주의를 요한다.

- ① 노동환경에의 폭로
- ② 다종의 유해물질에 의한 복합적 폭로효과
- ③ 실내오염에 의한 폭로효과
- ④ 호흡기 이외의 폭로경로(작물의 표면오염

오염사료를 사육한 식육, 모유 등)의 영향

- ⑤ 유해물질 전송대책의 평가

⑥ 대기중 유해물질의 환경모니터링의 정기적 평가

- ⑦ 사고대책의 검토

### 3.2 수질문제

(다음호에 계속)

## 회 고

각 회원사에서 일어나고 있는 일들, 연구·개발현황, 공지사항, 제언 그리고 시·수필 등을 200자원 고지에 적어 보내주시면 본지에 선별·게재하고 게재된 원고는 소정의 고료를 드립니다. 단, 보내 주신 원고는 일체 반환치 않습니다.

보내실곳 : 서울시 중구 남대문로 4가 45 상공회의소 1221호  
(사) 환경보전협회 홍보부

T E L : 753-7640, 7669