

유해물질 허용기준에 관한고찰

가톨릭의대예방의학교실 이 병 국

I. 머리말

근로자들이 자기 직업에 종사함으로써 발생할 수 있는 직업성 질환을 예방하기 위한 일환으로 작업환경관리가 중요하다. 근로자들의 직업병 예방을 위한 가장 이상적인 방법으로는 직업병의 원인이 되는 해당 유해물질을 무해한 다른 물질로 대체하여 사용하거나 근로자들의 폭로 자체를 금하는 것이나 현실적으로 어쩔 수 없이 공정상 사용하지 않을 수 없는 경우가 많다. 대부분의 국가에서는 근로자들이 이와 같은 유해물질에 폭로될 경우 그들의 건강을 보호하기 위하여 유해물질을 사용하는 작업장의 공기중 유해물질의 농도를 규제하고 있다. 나라에 따라서는 법제화하여 강제 규정으로 작업장의 유해물질을 규제하거나 임의규정인 권장농도만 정하여 놓고 사업주에게 이를 따르도록 하는 나라들도 있다. 우리나라도 산업안전보건법 제 18 조 규정에 의거 노동부 고시 제 86-45 호로서 과거에 있던 작업장 유해물질 허용농도를 개정하여 1987년 4월 1일부로 약 400여종 미만의 허용농도를 제정하여 작업장의 환경을 규제하고 있다.

금번 우리나라의 허용기준이 재검토되면서 일부 유해물질의 허용기준은 미국의 허용기준보다도 엄격하여 비현실적이라는 일부 학계의 지적이 있었던 바 차체에 유해물질의 허용기준 역사적 배경과 허용기준의 의미, 그리고 세계 각국의 허용기준을 살펴봄으로써 우리나라의 허용기준과 비교 검토함으로써 향후 허용기준의 검토시에 참고가 되는 자료를 제공하고자 한다.

II. 역사적 배경

지금부터 50~60년전만 해도 영국이나 미국 등 선진공업국에서도 근로자들이 자신이 근무하는 작업장의 작업조건때문에 질병이 발생했을 경우 이와 같은 질병이 직업기인성인지 아닌지를 구분할만한 환경기준 농도가 정하여져 있지 않았기 때문에 근로자들이 자신의 질병을 직업병으로 인정받기 위해 소송을 제기하였을 경우 법정에서 이용할만한 환경기준의 과학적 자료가 없어 질병과 환경과의 인과관계를 규명하기가 어려워져서 일정한 기준없이 근로자나 사업주에게 유리한 판결이 나오곤 하였다. 이에 따라 사업

주 입장에서 작업조건과 관련이 없는 개인 질병까지도 사업주가 보상하게 되는 경우가 생기게 되어 작업환경과 질병과의 인과관계를 설명하는데 필요한 과학적 기준설정의 필요성을 느끼게 되었으며 해당 국가기관에서도 작업환경 농도의 제정의 필요성을 느끼게 되었다. 이에 따라 작업환경 측정을 위한 산업위생사라는 새로운 직업이 생겨났으며 작업환경 농도를 측정하기 위한 학계의 연구 노력이 시작되었다.

작업장의 유해물질의 농도를 규정한 최초의 허용기준은 19세기말 독일인 Max Gruber에 의해서 발표된 일산화탄소 (CO)에 관한 허용기준이었다. 12마리의 토끼와 2마리의 닭과 그 자신의 폭로자료를 바탕으로 500 ppm 이상은 작업장에서 넘지 않아야 한다고 발표하였다.

미국에서도 19세기말에 유해물질의 허용기준 설정에 관한 의견이 전문잡지에 등장하기 시작하였으며 1912년 Rudolf Kobert는 20여종의 공기중 오염물질의 위험농도를 발표하였다.

1921년에는 Fieldner 등이 33종의 유해물질의 공기중 농도에 관한 표를 발표하였다.

1927년에는 Henderson 과 Haggard 등이 25종의 물질의 급성 독성의 기준과 이들중 일부의 만성폭로시의 최대 허용농도(maximum concentration allowable)를 발표하였는데 이들의 최대허용농도가 MAC(maximum allowable concentration)의 시초가 되었다.

한편 러시아에서도 1920년초에 몇종의 유해물질의 위생기준을 발표하였는데 1933년에 가서는 14종의 유해물질의 허용기준을 발표하였다.

1920년초로부터 1930년대까지 연,수은, 벤젠 그리고 분진등을 연구하여 폭로농도와 건강효과 등에 관한 연구가 많이 진행되었다. 1921년 Newman 등이 도자기공장에서 만성 연중독 예방을 위한 최대 1일 공기중 연허용량을 발표하였고 1926년에는 Greenburg 등이 만성 벤젠중독을 연구한 바 있다.

미국에서의 유해물질의 연구경향은 1935년 전까지는 대체로 급성중독에 관한 연구가 많았

으나 그 이후 만성중독에 관한 연구가 활발히 진행되었다. 이에 따라 반복폭로에 따른 건강장해에 관심을 갖게되고 이와 같은 반복폭로시의 폭로기준이 점차 중요한 문제로 대두되었다.

1940년초에 유해물질의 유해한 체내 흡수를 예방하기 위하여 작업환경을 관리해야 하는 것이 점차로 인정되기 시작하였으나 실제적으로 최대허용농도(Maximum allowable concentration)를 설정하기 위한 위험(harm)의 정의가 중요한 문제로 대두되었다. 이때 최저허용농도(MAC)는 하루 작업시간동안 그리고 계속적으로 폭로될 때 폭로근로자에게 장해를 가져오지 않는 공기중 농도의 상한치라고 정의되었었다.

1943년에 Sterner는 상기한 개념의 MAC로서 56종의 유해물질의 MAC를 발표하였다. 그리고 Sterner는 기중농도의 측정은 작업자의 호흡위치에서 측정해야 한다는 주장을 하였다.

한편 1945년에 Warren Cook는 Journal of Industrial Medicine에 136종의 MAC를 발표하였다.

III. 미국 산업위생사 협의회(ACGIH)와 공기중 서한도(TLVs)

미국 산업위생사 협의회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists: ACGIH)에서 매년 발표하는 유해물질의 서한도(Threshold Limit Values)는 미국을 비롯한 서방국가의 작업장 허용기준에 상당한 영향을 주어진 것은 주지의 사실이다.

미국의 경우 1940년경부터 1970년 산업안전보건법이 발표되기 전까지는 미국 산업위생사협회의 TLVs가 미국의 산업보건기준의 대표적인 기준으로 통용되어 왔다.

1936년 이전에는 산업위생분야에 대한 일반이나 정부의 관심이 적었다. 1936년 국회가 사회보장법(Social security Act)를 제정한 후부터 공중보건에 관련된 모든 분야의 개발과 관심이 고조되기 시작하였다. 따라서 미국의 공중보건국(U.S. Public Health Service:USPHS)에서

주정부나 지방정부 수준의 산업장 관련 활동을 증가시키기 시작하였고 처음으로 산업위생의 단기 훈련과정도 마련하였었다. 이어 1937년에 두번째 단기 훈련과정을 마친뒤 참석자들은 이와 같은 훈련과정의 필요성을 인식하게 되었으며 이런 훈련과정이 정부기관이 아닌 독립적인 전문단체의 관리하에 이루어 지는것이 바람직하다는 의견이 다수를 이루어서 이 결과로 1938년에 미국 산업위생사 협의회(National Conference Governmental Industrial Hygienists : NCGIH)가 결성되어 첫 모임은 1938년 6월 27일과 29일 사이에 Washington 시에서 갖게 되었다.

1940년의 NCGIH의 3차 연례총회에서 William Fredrick 박사가 안전기준 (safe limit) 이나 서한도 (threshold limits) 제정의 필요성을 역설하여 Threshold limits의 소위원회가 Fredrick 박사를 의장으로 5명이 결성되었다.

본 소위원회는 1942년에 MAC value의 권장농도의 요약을 포함한 1차 중간보고서를 5차 NCGIH 총회에 발표하였다. 이들 소위원회는 1946년에 150종의 TLVs에 관한 2차 중간보고서를 제출하여 8차 연례총회에서 채택되었다. 8차 총회에서 과거에 사용하던 NCGIH란 명칭에서 ACGIH(American Conference of Governmental Industrial Hygienists)로 개칭되었다. 8차 연례총회에서 채택된 유해물질 허용기준은 (MAC) 총 160종이었는데 그 내용을 보면 가스과 공기등 116종, 유해분진, 흡 그리고 미스트등 27종, 광물분진 13종 및 전진 방사선 4종이었다.

본 160종의 허용기준은 1차 중간보고서 작성시의 허용기준과 Warren Cook이 발표한 136종의 허용기준과 미국표준협회 (American Standard Association)에서 발표한 2-37회의 허용기준을 참고하였다.

한편 Warren Cook은 1945년에 Journal of Occupational Medicine에 136종의 유해물질의 허용기준을 발표한 바 있었다.

실제로 1946년 ACGIH에서 160종의 유해

물질의 허용기준인 MAC를 정할때만 해도 MAC의 정의가 명확하지 않았으며 1947년 9차 총회시 허용기준 소위원회의장인 Fairhail 박사는 MAC를 다음과 같이 정의하였다. “급성이나 혹은 수년의 폭로후에도 인체의 기능에 장애가 없고 인체에 불쾌함을 가져오지 않으면서 사람이 견디어 낼 수 있는 가스나 증기 혹은 흠이나 분진의 량이 최대허용농도 (MAC) 이다.”

본 정의에서 보듯이 MAC는 공기중 유해물질의 안전과 비안전 (safe and unsafe)의 명확한 선을 긋지 아니하였으며 오히려 안전한 작업조건을 정의하는데 주력하고 있다. 이와 같은 견해는 1948년 10차 총회에서 Fairhail 박사의 MAC의 해석에서 좀더 명확해 질 수 있다.

Fairhail 박사는 MAC의 개념을 다음과 같이 설명하고 있다.

“MAC는 독성의 지표가 아니며 여러 물질들의 상대적 독성은 그들의 숫자상의 최대허용값으로 결정될 수 없다. 사람들은 약이나 유독물질에 크게 다르게 반응한다. 그러므로 어떤 유해물질이 완전히 안전하고 어느 농도 이상이면 급성장애를 가져올지 모르는 정확한 기준을 세운다는 것은 허구적인 상상에 불과하다. 이와 같은 사실을 기본생각으로 소위원회는 상당히 많은 사람들이 보호를 받을 수 있다고 생각되는 농도와 때로는 중독의 예가 발생할 수 있으리라고 생각되는 농도에서 허용기준을 세우는 것이 적당하다고 생각하였다.”

이때까지 MAC라는 용어는 threshold limit value, toxic limit와 서로 혼용되어 사용되었으며 Threshold Limit Values(TLVs)란 용어는 1950년 A.M.A.의 Archives of Industrial Hygiene & Occupational Medicine이란 잡지에 처음 등장하였다.

1953년에 TLVs란 용어가 하루 8시간 작업을 할 때의 최대평균기중농도라고 정의되어서 과거에 MAC의 최고값 (천장값)의 개념에서 달라지게 되었다. 즉 과거의 값의 개념은 일정농도 이하로는 관계가 없으나 일정농도 이상은 허

용이 안되는 개념이었으나 TLVs 는 최대평균 농도로서 8시간의 평균이 어느값을 넘지 않으면 일시적인 초과는 용인되는 개념이었다.

초기의 허용기준 설정의 원칙은 급성 스트레스나 질병 혹은 직업병의 현저한 증상을 예방하기 위한 허용기준의 개념이었다. 즉 threshold limit 란 인내한계 (tolerance limit) 와 같은 개념으로 쓰였다. 점차로 보다 예민한 생물학적 지표들이 발견되고 임상증상발현 이전의 여러 비특이적 증상을 발현하는 수준에서 근로자들을 보호해야 한다는 의견이 대두됨에 따라 허용기준을 설정하는 근본개념이 바뀌기 시작하여 Stokinger 는 1955년 TLVs 소위원회에서 다음과 같이 threshold 의 개념이 바뀔을 설명하고 있다.

“원래는 건강장해를 예방하는 것이 허용기준 설정의 유일한 고려이었으나 현재는 산업보건에서 전인 (total man) 관리의 중요성이 대두되고 과거보다 건강에 영향을 주는 비특이적인 영향, 즉 불쾌감과 자극등에 보다 관심이 높아져서 이들도 허용기준 설정에 고려요인이 되고 있다. 따라서 염소 (chlorine) 의 경우 3-4 ppm 의 허용농도만으로 근로자에게 건강장해가 오지 않는다는 것이 확실하지만 이 물질의 자극작용 (irritation) 으로 인한 불편으로부터 근로자들은 보호하기 위하여 허용기준을 1ppm 으로 낮추어야 하는 것이다.”

1956년에 TLVs 의 항목이 238 유해물질로 증가되었다.

TLVs 의 중요성이 점차 증가되고 새로운 유해물질의 허용기준이 추가되었으며 특히 미국 연방법인 Walsh-Healey Public Act 에서 ACGIH 의 TLVs 를 준용하여 연방기준으로 적용하면서 부터 본 허용기준의 중요성은 증대되었다.

1962년에는 TLVs 소위원회의 역할이 점차 복잡해지고 다양해짐에 따라 과거 8인소위원회에서 12인으로 증가되었고 구성원들의 배경도 다양해져서 중독학, 공학, 산업위생, 분석화학 그리고 의학관계에서 망라된 전문요원들이

소위원회를 구성하였다.

한편 1962년부터 TLVs 의 이론적 배경을 기술하기 위하여 “Documentation of the Threshold Limit Values” 란 책자를 발간하기 시작하였다.

본 책자에서는 각 해당 유해물질의 허용기준을 설정한 학문적 배경을 설명하고 인용한 문헌등을 소개하는 등 이 분야의 발전에 큰 기여를 해오고 있다.

한편 1962년에 3종의 화학물질을 (벤지딘, 나프틸아민, 나이트로소디메틸아민) 직업성 발암물질로 규정하여 이에 따른 허용기준을 발표하였다.

1963년에는 TLVs 의 시간가중평균 개념 (Time Weighted Average) 과 천장값 (Ceiling Value) 의 개념이 도입되기 시작하였다.

1969년에 미국정부는 Walsh-Healey Service Contract Act 에서 ACGIH 의 1968년 TLVs 를 정식으로 해당적용 사업장이 지켜야 할 허용기준으로 채택함으로써 TLVs 는 과거의 권장기준에서 정식 정부의 허용기준으로 채택되었다. 그러나 1968년의 TLVs 가 간접적으로 Walsh-Healey Service Contract Act 를 통하여 정부기준으로 채택되었기 때문에 ACGIH 의 TLVs 자체가 정부기준은 아니었다. 즉 ACGIH 의 TLVs 를 연방기준으로 채택하지 않는다.

ACGIH 의 TLVs 는 전문가 단체의 권장기준이지 미정부의 허용기준이 아니라는 사실을 주지해야 한다.

1970년에 미국정부가 산업안전보건법을 제정하고 이 법에 따라 산업안전보건성이 새로 생김에 따라 본 산업안전보건성은 1970년 이전의 연방기준, 주정부기준이나 사회에서 일반적으로 쓰이던 합의기준 (consensus standard) 등을 정식법을 만드는 절차를 거치지 않고 연방기준으로 채택하였다. 이에 따라 1969년의 Walsh-Healey Service Contract Act 에 인용된 ACGIH 의 1968년 TLVs 가 연방기준으로 채택이 되었으며 오늘날까지 약 30여종의 유해물질등만 개정되었을 뿐 과거의 기준이 그대로 연방기준

으로 있는 반면 ACGIH는 매년 개정을 거듭하여 일부 유해물질은 연방정부의 허용기준 (Permissible Exposure level) 과는 크게 다른 기준을 가지고 있다.

IV. ACGIH TLVs 기준설정의 이론적 배경과 적용범위

1968 년도의 ACGIH의 TLVs를 채택하게 된 이론적 근거는 주로 인체를 대상으로 한 실험이나 역학조사등에서 얻어진 사람들의 자료이다 (표 1).

표 1. 1986 년도 ACGIH TLVs 설정에 사용된 자료의 출처

자료의 출처	유해물질수	백분율
산업장 (인간) 경험	157	38
인체자원실험	45	11
동물실험		
만성흡입	83	20
급성흡입	8	2
동물실험		
만성경구	18	4.5
급성경구	2	0.5
유사성	121	24

전체 414 종의 ACGIH TLVs 중 38%가 산업장 (인간) 경험에서 얻은 자료를 근거로 하여 서한도를 정하였으며 사람들의 자원실험에 의한 자료를 근거한 유해물질도 11%나 된다. 반면에 동물실험에 의해 얻어진 자료를 근거로 한 것은 전체의 약 27%에 해당되고 나머지 24%는 화학구조의 유사성 등으로 허용기준을 설정한 것이다.

TLVs를 설정하는데 적용한 기준 (Criteria) 은 크게 4가지로 나눌 수 있다. 형태학적 (morphologic), 기능적 (functional), 생화학적 (bi-

ochemical), 그리고 기타 (불쾌감이나 미용학적) 등으로 구분할 수 있다 (표 2).

표 2. 사람과 동물에 적용할 수 있는 ACGIH TLVs 설정을 위한 기준의 구분

적용 기준	내 용
형태학적 변화	1. 해당장기의 변화: 폐, 간, 콩팥, 조혈기관, 피부, 눈, 코, 중추신경계통, 내분기계층 2. 발암성 3. X-선 소견상의 변화
기능적 변화	1. 장기기능의 변화: 폐, 간, 콩팥 등 2. 자극 (irritation): 점막, 상피세포, 눈, 피부 등 3. 마취 4. 냄새
생화학적 변화	1. 인체내의 생화학적 구성성분의 변화 2. 효소의 변화 3. 면역 생화학적 변화
기 타	1. 불쾌함: 시각적, 미용적등

전술한 바와 같이 TLVs의 50%는 인체자료에서 얻어지고 30% 정도는 동물실험에서 얻어진다. 사람들의 자료는 대부분 장기간 산업장에서 근무한 근로자들의 자료에서 얻어진 것임으로 결과적으로 작업장의 환경관리자료와 근로자들의 여러 검사결과들이 TLVs 설정의 중요한 근거가 된다. 최근에는 새로운 물질들의 허용기준이 동물실험만을 근거로 설정된 경우도 있다.

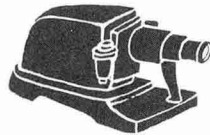
실제로 1968년도 TLVs 414종의 허용기준 설정에 적용된 기준을 보면 표 3과 같다. 약 50% 정도가 장기별 독성영향이었고 약 40%가 자극 (irritation)에 근거를 두었으며 약 1~2%가 작업장에 발생할 수 있는 암을 예방하는 것을 근거로 하여 허용기준을 정하였다.

표 3. 1968년 ACGIH TLVs 개발에 이용된 적용기준의 분포

적용 기준	적용유해 물질수	백 분 율
장기 및 장기계의 영향	201	49
자 극	165	40
냄 새	9	2
장기기능의 변화	8	2
알러지 반응	6	1.5
암	6	1.5
생화학적 변화	8	2
열	2	0.5
시각변화	2	0.5
맛	1	0.25
X - ray 변화	1	0.25
미용적 변화	1	0.25
계	414	100 %

ACGIH의 TLVs는 1940년대 처음 제정당 시부터 작업환경관리를 위한 지침 기준으로 적용함을 원칙으로 삼은 이래 본 TLVs의 목적이 외의 사용을 경고하고 있다.

첫째 본 TLVs는 독성 (toxicity) 이나 위험 (hazard) 의 상대적 지표로서 사용할 수 없다고 하였다. 즉 허용기준이 5 ppm인 유해물질이 허용기준이 50 ppm인 유해물질보다 10배 더 독성이 강하다는 해석 등은 무의미하다는 뜻이다. 둘째로 본 TLVs는 일반지역 주민의 환경오염의 대책이나 평가에 사용할 수 없다고 하였으며, 셋째로 본 TLVs는 하루 8시간 작업후 16시간의 휴식을 취하는 작업조건에 적용하여야 하며 8시간이 넘는 작업조건이나 24시간 계속 중단없이 폭로되는 작업조건에는 적용할 수 없으며, 넷째 본 TLVs는 어떤 기 존질병이나 신체적조건을 입증자료로서 사용될 수 없으며 끝으로 미국과 환경이 크게 다른 나라에서 이를 적용할 수 없다고 본 TLVs의 이용상의 주의를 강조하고 있다.



뜻모아 하나로

88

88

힘모아 세계로