

위험물질 취급 안전대책 (I)

-염화탄화수소의 취급 및 저장등에 관한 안전대책-

1991. 12.



한국산업안전공단
KOREA INDUSTRIAL SAFETY CORPORATION
산업안전보건연구원
INDUSTRIAL SAFETY AND HEALTH RESEARCH INSTITUTE

제 출 문

한국산업안전공단 이사장 귀하

본 보고서를 “산업안전보건법 관련 사업의 일환으로 수행한
유해물질 취급안전대책(I)에 관한 연구”의 보고서로 제출합니다.

1991. 12. 31

주관연구부서 : 산업안전보건연구원
화 학 연 구 실
연구책임자 : 실 장 정 동 인
연구수행자 : 정 동 인

머 리 말

국내 화학관련 업체에서 사용하고 있는 유기화공물질은 약 800 만여종에 이르고 있으나, 이를 모두를 일시에 다룰수는 없고, 본 연구에서는 용제로서 사용량은 대단히 많으나 위험성이 많고 인체에 유해할 뿐만아니라 위험도가 큰 염화탄화수소 (Chlorinated Hydro Carbon, CHC) 물질에 관해 유의해야할 점과 취급상의 주의점 그리고 각 물질이 가지고 있는 물리·화학적 성질 및 그 대책을 알리므로서, 이 물질들을 취급하는 근로자 및 사업주에게 각 물질의 유해·위험도를 인식시키어 재해를 예방하고자 하는데 그 목적이 있다.

이들 염화탄화수소류 (CHC) 의 사용되는 분야를 고찰하면 다음과 같다.

첫째 : 용제취급시 중독가능성 업무

- 여과, 혼합, 교반 또는 용기에 주입시
- 도료, 접착제 등 용제를 함유하는 제품 제조시
- 농약, 의약품 등의 합성, 제품의 정제 및 여과 등의 업무시
- 옴셋인쇄, 판의 세척 및 인쇄잉크의 혼합교반시
- 기계, 기구 및 반도체 가공후 크리닝 작업시
- 용기세척 및 청소 등의 업무수행시

둘째 : 용제중독에 대한 예방대책

사업주는 작업관리환경, 작업관리 및 근로자의 건강관리 등의 종합적 대책을 철저히 세워야 하며, 한편 근로자는 사용하고 있는 용제의 독성과 중독예방대책을 정확히 이해하고 자신의 건강은 자기 스스로가 적극적으로 지키는 충분한 이론적 지식을 습득할수 있는 철저한 교육적 뒷받침이 요구된다.

따라서 본 연구에서는 이들 물질의 물리, 화학적 특성을 이해하고
인체에 대한 유해성 및 취급시의 유의점과 그 대책을 알아 보고자
한다.

1991. 12. 31.

산업안전보건연구원장

목 차

1. 염화탄화수소의 정의 용도 및 연구대상범위	3
가. 정 의	3
나. 용 도	3
다. 연구대상범위	5
2. 자료 및 위험특성	6
가. 물리적 성질	6
나. 위험특성	8
다. 특성 및 주요증상	21
라. 허용기준 (농도)	25
3. 활용분야 및 사용범위	30
가. 활용분야	30
나. 사용범위	31
4. 포장 및 표시	34
5. 안전보호조치 (대책)	35
가. 일반적 안전대책	35
나. 염화탄화수소 화합물의 물리·화학적 특성에 대한 대책	36
(1) 열분해	36
(2) 화학반응	37
다. 염화탄화수소 화합물의 저장, 보관 및 비치시 대책	38
라. 보호구	39
6. 물 (水質) 의 보존	40
7. 결 론	43

여 백

1. 염화탄화수소(CHC)의 정의 및 용도

가. 정 의

염화탄화수소(CHC)는 크게 방향족(aromatic) 염화탄화수소와 지방족(aliphatic) 염화탄화수소로 나눌수가 있는데, 지방족 탄화수소는 탄소와 수소로만 이루어진 유기화합물을 말하는데, 예를들면, 메탄(methane, CH_4), 에탄(ethane, C_2H_6), 프로판(propane, C_3H_8) 등과 같은것을 말한다. 이와같이 탄소와 수소로만 이루어진 지방족 탄화수소 화합물중에서 수소원자대신 염소원자로 치환된 화합물을 염화탄화수소라고 하는데 상태는 기체, 액체, 고체상태로 존재한다.

나. 용 도

염화탄화수소 화합물은 화학공업에서 필수적인 역할을 하면서 널리 쓰이고 있으며, 특히 비교적 단순한 염화탄화수소는 기름, 지방, 왁스 등 여러가지 유기물질에 대한 뛰어난 용매적인 성질과 상대적으로 낮은 가격, 비가연적인 성질 때문에 물질의 추출제, 건조세척제, 탈지방제, 표면그리스제거제, 자동차 도장제, 공업용 코팅의 전색제, 페인트 제거제 그리고 화학합성의 중간체로서 널리 쓰이고 있다. 이들 물질은 비교적 저렴한 가격으로 구입이 용이하고 쉽게 불이 붙지 않는 장점을 지니고 있어 매우 광범위하게 각 산업체에서 활용되고 있으나 대부분의 염화탄화수소류의 화합물이 휘발성이 강하여 빠른 속도로 확산되면서, 또한 증기비중이 공기보다 커서 낮은곳에 체류하여 작업자가 증기에 폭로되거나 적당한 점화원에 의하여 화재·폭발의 위험성이 크다. 또한 고온 및 햇빛(자외선), 물(습기), 공기(산소) 등의 영향으로 분해되어, 포스젠(Cl_2CO), 염화수소(HCl) 및 일산화

탄소 (CO) 등의 인체에 유해한 독성가스 (toxic gas)로 분해되어
눈의 점막손상이나 장기내에 폐 (Lung)을 자극할수도 있고, 특히 간
(Liver) 및 콩팥 (Kidney) 등에 독성이 강해서 위험한 용제로
널리 알려져 있다. 염화탄화수소 용제에 의한 사고의 실례를 보면
아래와 같다.

(1) 사고사례

(가) 국내 사고사례

1991. 5.30 상오 11시경 인천 세진산업 (도금업체) 초음파 세척기
콘테이너박스 (2.5m×5m×3m)에 작업자가 청소하기 위해 들어가 트리
클로로에틸렌 (TCE) 가스에 질식, 실신하자 이를 구하기 위하여 차례
로 들어갔다가 4명이 사망한 예.

(나) 국외 사고사례

화공세탁소 주인이 세탁기 저장탱크에서 연결된 증류설비에 테트라
클로로에틸렌을 충전하려고 밸브를 열었을 때 다량의 가스가 누출되
어 의식을 잃은 사건 발생, 이 사고는 테트라클로로에틸렌의 초고압
은 냉각수가 떨어져 과열되어 발생한 것으로 냉각수 부족방지 안전
장치를 설치했더라면 사고는 미연에 방지가 가능했을 것이다.

이와같이 염화탄화수소류가 널리 쓰이고는 있으나 위험성과 인체에
대한 유해성이 잠재되어 잠재적 위험성이 매우 크므로 당 연구실에
서는 간단하고 널리 쓰이는 염화탄화수소중 용제등으로서 공업적으로
많이 사용되면서 유해·위험성이 매우 큰 포화 및 불포화 염화탄화
수소 물질을 선택하여 취급시 안전대책에 대하여 중점적으로 연구하
여 작업자의 안전은 물론 산업재해예방에 기여하고자 하였다.

다. 연구대상범위

산업체, 대학실험실 및 기타 화학관련 연구실에서 용제로서 널리 사용되고 있는 12종의 염화탄화수소에 대하여 중점적으로 연구하였다.

(1) 염화메탄계열

화 학 명	일 반 명	분 자 식
디클로로메탄	메틸렌클로라이드	CH_2Cl_2
트리클로로메탄	클로로포름	CHCl_3
테트라클로로메탄	사염화탄소	CCl_4

(2) 염화에탄계열

화 학 명	일 반 명	분 자 식
1,2-디클로로에탄	에틸렌디클로라이드	$\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$
1,1-디클로로에탄	에틸리덴디클로라이드	Cl_2CHCH_3
1,1,2-트리클로로에탄	비닐트리클로라이드	$\text{ClCH}_2\text{CHCl}_2$
1,1,1-트리클로로에탄	메틸클로로포름	CH_3CCl_3
1,1,2,2-테트라클로로에탄	아세틸렌테트라클로라이드	$\text{Cl}_2\text{CHCHCl}_2$
1,1-디클로로에텐	비닐리덴클로라이드	$\text{CH}_2 = \text{CCl}_2$
1,2-디클로로에텐 (시스, 트랜스)	아세틸렌디클로라이드 (디클로로에틸렌)	$\text{ClCH} = \text{CHCl}$
트리클로로에텐	아세틸렌트리클로라이드 (트리클로로에틸렌)	$\text{ClCH} = \text{CCl}_2$
테트라클로로에텐	퍼클로로에틸렌	$\text{Cl}_2\text{C} = \text{CCl}_2$

2. 자료 및 위험특성

가. 물리적 성질

염화탄화수소 화합물의 물리적인 성질과 구조식을 〈표 1〉에 나타내었다. 〈표 1〉에서 볼수 있는것과 같이 염화탄화수소의 끓는점이 40~140℃사이에 걸쳐 있어서 휘발성이 강하므로 용제로서 사용시 좋은 장점이 될수 있으나 한편으로는 증기의 비중이 공기보다 무거워 낮은 곳으로 흘러 작업자가 용제증기에 중독되거나 또는 공기와 폭발성의 혼합가스를 용이하게 형성하여 화재·폭발의 위험성이 있으므로 주의해야 한다. 특히 1,1-디클로로에탄, 1,2-디클로로에탄, 1,2-디클로로에텐(시스, 트랜스) 등은 인화점이 매우 낮으므로 각별한 주의가 요구되며, 발화온도는 대개 400~600℃사이에 걸쳐 있으므로 이와같은 종류의 용제를 사용시에는 화원(火源)관리에 주의하여 용제로 인한 화재·폭발의 재해예방에 힘써야 할 것이다.

〈표 1〉 염화탄화수소의 구조식 및

물질명	물리적성질	구조식 (분자식)	끓는점 (℃)	인화점 (℃)	발화점 (℃)
디클로로메탄 (Dichloromethane)		$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{Cl} \\ \\ \text{H} \\ (\text{CH}_2\text{Cl}_2) \end{array}$	40	공기중에서 불연성	605
트리클로로메탄 (Trichloromethane)		$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{Cl} \\ \\ \text{Cl} \\ (\text{CCl}_4) \end{array}$	62	불연성	—

물질명	물리적성질	구 조 식 (분 자 식)	끓 는 점 (℃)	인 화 점 (℃)	발 화 점 (℃)
테트라클로로메탄 (Tetrachloro- thane)		$\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{Cl} \\ \\ \text{Cl} \\ (\text{CCl}_4) \end{array}$	77	불 연 성	—
1.2-디클로로에탄 (1.2-Dichloro- ethane)		$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{C}-\text{Cl} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \\ (\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}) \end{array}$	83	13	440
1.1-디클로로에탄 (1.1-Dichloro ethane)		$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{Cl} \quad \text{H} \\ (\text{Cl}_2\text{CHCH}_3) \end{array}$	57	-6	458
1.1.2-트리클로로에탄 (1.1.2-Trichloro ethane)		$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{C}-\text{Cl} \\ \quad \\ \text{Cl} \quad \text{H} \\ (\text{Cl}_2\text{CHCH}_2\text{Cl}) \end{array}$	113	불 연 성	—
1.1.1-트리클로로에탄 (1.1.1-Trichloro ethane)		$\begin{array}{c} \text{Cl} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{Cl} \quad \text{H} \\ (\text{Cl}_3\text{CCH}_3) \end{array}$	74	불 연 성	537
1.1.2.2-테트라클로로에탄 (1.1.2.2-Tetrachloro ethane)		$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{C}-\text{Cl} \\ \quad \\ \text{Cl} \quad \text{Cl} \\ (\text{Cl}_2\text{CHCHCl}_2) \end{array}$	147	불 연 성	—
1.1-디클로로에텐 (1.1-Dichloro ethene)		$\begin{array}{c} \text{Cl} \quad \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{Cl} \quad \quad \text{H} \\ (\text{Cl}_2\text{C}=\text{CH}_2) \end{array}$	36	32	570

물 질 명	물 리 적 성 질	구 조 식 (분 자 식)	끓 는 점 (℃)	인 화 점 (℃)	발 화 점 (℃)
1.2 - 디 클 로 로 에 텐 (시스, 트란스) (1.2-Dichloroethene) (Cis, trans)		$ \begin{array}{c} \text{Cl} \quad \quad \text{Cl(H)} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} = \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \quad \text{H(Cl)} \\ (\text{ClCH} = \text{CHCl}) \end{array} $	60	4 (시스) 6 (트란스)	460
트리 클 로 로 에 텐 (Trichloroethene)		$ \begin{array}{c} \text{Cl} \quad \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} = \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{Cl} \quad \quad \text{Cl} \\ (\text{Cl}_2\text{C} = \text{CHCl}) \end{array} $	87	실 온 에 서 불 연 성	410
테 트 라 클 로 로 에 텐 (Tetrachloroethene)		$ \begin{array}{c} \text{Cl} \quad \quad \text{Cl} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} = \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{Cl} \quad \quad \text{Cl} \\ (\text{Cl}_2\text{C} = \text{CCl}_2) \end{array} $	121	불 연 성 (산 소 중 에 서 는 폭 발 성)	—

나. 위험 특성

가연성, 분해 및 타물질과의 반응성

디클로로메탄, 트리클로로메탄, 테트라클로로메탄과 같은 염화메탄계 열염화탄화수소는 불연성 물질로서 화재·폭발의 위험성이 적으나 염화메탄계열의 1.1.1-트리클로로에탄, 1.1.2-트리클로로에탄, 1.1.2.2-테트리클로로에탄, 그리고 1.1-디클로로에텐을 제외하고는 모두 공기중 혹은 산소와 혼합시 폭발성의 혼합기체를 형성하여 화재·폭발의 위험성이 크다.〈표 2〉 또한 디클로로메탄은 상온에서 비교적 안정하지만 85 Joules의 에너지를 가진 열원에 점화되면 폭발한다. 디클로로메탄의 폭발범위는 15.5 ~ 66.9 %이다.

〈 표 2 〉 염화탄화수소 화합물의 화재·폭발위험성표

물 질 명 (분 자 식)	폭 발 범 위 (%)	위험 성
1,2-디클로로에탄 ($\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$)	6.2 ~ 16	공기와 폭발성 혼합가스 형성, 화재·폭발의 위험성
1,1-디클로로에탄 (Cl_2CHCH_3)	5.6 ~ 16	공기와 폭발성 혼합가스 형성, 화재·폭발의 위험성
Cis-1,2-디클로로에텐 (Cis, $\text{ClCH}=\text{CHCl}$)	9.7 ~ 12.8	공기와 폭발성 혼합가스 형성, 화재·폭발의 위험성
trans-1,2-디클로로에텐 (trans, $\text{ClCH}=\text{CHCl}$)	5.6 ~ 12.8	공기와 폭발성 혼합가스 형성, 화재·폭발의 위험성
트리클로로에텐 ($\text{ClCH}=\text{CCl}_2$)	12.5 ~ 90 (산소중)	i) 온도 30℃이상, 증기농도가 약 15%이상 그리고 강한 점화원이 있을때 연소한다. ii) 산소농도가 25%이상일때 실온에서 인화한다.
테트라클로로에텐 ($\text{Cl}_2\text{C}=\text{CCl}_2$)	10.8 ~ 54.5 (산소중)	인화성은 없으나 산소중에서는 상당히 넓은 폭발범위가 있다.

이들 염화탄화수소는 정상조건 하에서는 안정화되어 있으나 햇빛, 습기 및 공기의 영향과 혼촉물의 영향을 받으면 분해되어 여러가지 부산물이 발생되어 근로자에 유해·위험요소를 제공한다.〈 표 3 〉

대부분의 염화탄화수소는 강산화제, 강알칼리 그리고 활성화 금속(active metal), 즉 알루미늄(Al), 마그네슘(Mg)가루, 소듐(Na) 카리움(K) 과 같은 금속과 혼촉시 분해하여 인체에 치명적인 유독가스인 염화수소(HCl), 포스겐(Cl_2CO), 염소(Cl_2), 및 일산화탄소(CO) 가스 등이 방출된다.

〈 표 3 〉 혼촉물과 발생유해가스 현황

물 질 명	혼 폭 물	발 생 유 해 가 스
디클로로메탄	강산화제, 강알카리, 활성화 금속 (Al, Mg 가루, Na, K)	HCl Cl ₂ CO CO
트리클로로메탄	강알카리, 활성화금속 (Al, Mg 가루, Na, K)	HCl (햇빛, 공기) Cl ₂ CO (햇빛, 공기) Cl ₂ , CO
테트라클로로메탄	활성화금속 (Na, K, Mg, Ba)	HCl Cl ₂ CO Cl ₂ , CO
1.1 -디클로로에탄	강알카리, 강산화제	CH ₂ = CHCl, HCl Cl ₂ CO, CO CH ₃ CHO
1.1.2 -트리클로로에탄	강산화제, 강알카리, 활성화 금속 (Al, Mg 가루, Na, K)	HCl Cl ₂ CO CO
1.1.1 -트리클로로에탄	강알카리, 강산화제, 활성화 금속 (Al, Mg 가루, Na, K)	HCl Cl ₂ CO CO
1.1.2.2 -테트라클로로 에탄	강알카리, 활성화금속 (Al, Mg 가루, Na, K), 뜨거운 상태의 Fe, Al, Zn	Cl ₂ CO, HCl CO 염소로 치환된 용제
1.2 -디클로로에탄	강산화제	HCl Cl ₂ CO CO
트리클로로에탄	강산화제, 활성화금속 (Al, Mg 가루, Na, K)	HCl Cl ₂ CO, CO 자극성의 증기
테트라클로로에탄	강산화제, 활성화금속 (Li, Be, Ba)	HCl Cl ₂ CO CO

이때 방출되는 유독가스의 허용농도는 〈 표 4 〉에서 보는것과 같은 유독성의 물질이다.

이들 염화탄화수소물질을 햇빛, 공기, 습기에 의해서 분해되는 것을 억제시킬수 있는 안정제 (Stabilizer)가 있어 비교적 안정하게 보관이 가능한데, 예를들면 1.1.1-트리클로로에탄 (CH_3CCl_3)의 경우 안정제로서 소량의 케톤 (Ketone), 알코올 (alcohol), 에스테르 (ester), 질소화합물 (nitrogen compound) 등을 사용한다.

〈 표 4 〉 발생유독가스의 허용농도

발생유독가스 (분자식)	T W A		S T E L	
	ppm	mg / m^3	ppm	mg / m^3
염화수소 (HCl)	C 5	C 7	-	-
포스젠 (Cl_2CO)	0.1	0.4	-	-
일산화탄소 (CO)	50	55	400	440
염소가스 (Cl_2)	1	3	3	9

C : Ceiling (최고허용농도)

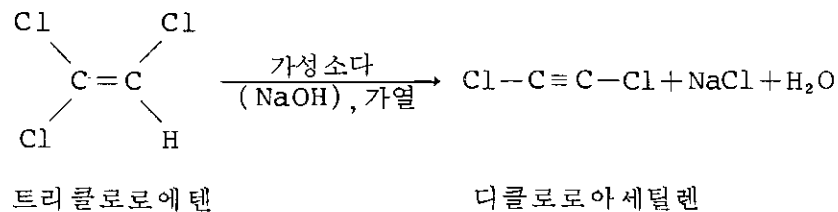
그러나 안정제들의 첨가는

- 용접 등에 의한 열에너지 공급
- 물체 (담배불)
- 난로 및 전기난방기 등에 의한 염화탄화수소의 분해는 방지하지 못하므로 특별한 주의가 필요하다.

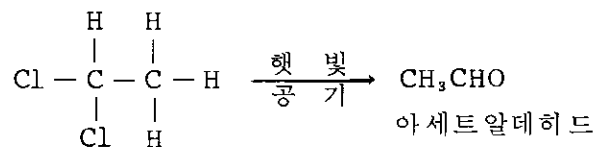
분해시 발생되는 산성가스, 예를들면 염화수소 (HCl) 가스, 등은 설비시설물에 큰 부식피해를 줄수 있다. 예를들면 테트라클로로메탄 (CCl_4)은 수분이 존재하면 염화수소 (HCl) 가스가 발생되어 철이나 기타 금속재료 및 합성수지 제품을 용해하여 유해성 물질의 유출로 인한 피해가 일어날수 있다. 또한 1.1.2.2-테트라클로로에탄 ($\text{Cl}_2\text{CHCHCl}_2$)은 강알카리의 존재하에서 가열하면 이염화아세틸렌 그리고

약알칼리와 가열하면 트리클로로에틸렌이 생성되는데 이 물질들은 모두 폭발의 위험성이 있다.

또한 염화탄화수소 물질 중에서 트리클로로에틸렌 ($\text{ClCH}=\text{CCl}_2$)은 폴리 에틸렌, 합성 고무 등을 용해하며, 수산화나트륨 (NaOH), 수산화칼륨 (KOH) 등 강알칼리와 가열시 폭발하므로 주의할 해야한다. 즉 트리클로로에탄 으로부터 폭발성이 매우 큰 디클로로아세틸렌 ($\text{Cl}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{Cl}$)이 발 생된다.



또한 1,1-디클로로에탄 (Cl_2CHCH_3)은 햇빛과 공기의 존재 하에서 분해되어 가연성, 유독성물질인 아세트알데히드(acetaldehyde, CH_3CHO)가 발생된다.



아세트알데히드는 가연성, 유독성의 물질로서 인화점이 -39°C 로서 매우 낮으며 발화점이 175°C 이고 폭발범위는 4.0~60%로서 매우 넓은 폭발범위를 갖고 있다.

또한 시간 가중 평균농도 (TWA)가 100ppm ($180 \text{ mg} / \text{m}^3$)이고 단시간 노출허용농도 (STEL)가 150ppm ($270 \text{ mg} / \text{m}^3$)으로 매우 센 유독성의 물질이다.

염화탄화수소 화합물의 증발속도를 보면 < 표 5 > 부틸아세테이트

(butylacetate, $\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$) 를 1로 하였을때 대부분이 1보다 커서 증발은 큰 분자량에 비하여 잘되는 편이다. 증기밀도 (Vapor density)를 그것과 같은 압력의 공기밀도 (air density)를 1로 하여 비교시 거의 대부분이 1보다 커서 공기보다 무겁다. 그래서 염화탄화수소의 증기는 증발하기 쉽고 공기보다 무거워 낮은곳에 체류하여 폭발성의 혼합가스를 만들므로 대단히 주의를 요하며, 이와같은 성질을 고려하여 환기에 철저를 기하여야 하며 환기장치의 설치시에는 위와같은점을 고려하여 설치하여야 한다. 온도에 따른 염화탄화수소 화합물의 증기압과 증기밀도의 관계를 그림으로 나타내었다.

(그림 1 ~ 7)

〈 표 5 〉 염화탄화수소 화합물의 증발속도, 증기밀도 및 증기압

물 질 명	증 발 속 도 (부틸아세테이트 = 1)	증 기 밀 도 (공기 = 1 화합 물의 비등점에서)	20 ℃에서 증기압 (mbar)
디클로로메탄	—	2.93	440
트리클로로메탄	11.6	4.1	160
테트라클로로메탄	12.8	5.3	91
1,2 - 디클로로에탄	—	3.4	—
1,1 - 디클로로에탄	11.6	3.4	182
1,1,2 - 트리클로로에탄	—	4.6	18.8
1,1,1 - 트리클로로에탄	12.8	4.6	100
1,1,2,2 - 테트라클로로에탄	0.65	5.79	8
1,1 - 디클로로에텐	—	3.34	—
1,2 - 디클로로에텐	—	3.34	180 ~ 265
트리클로로에텐	—	4.54	80
테트라클로로에텐	2.8	5.83	14

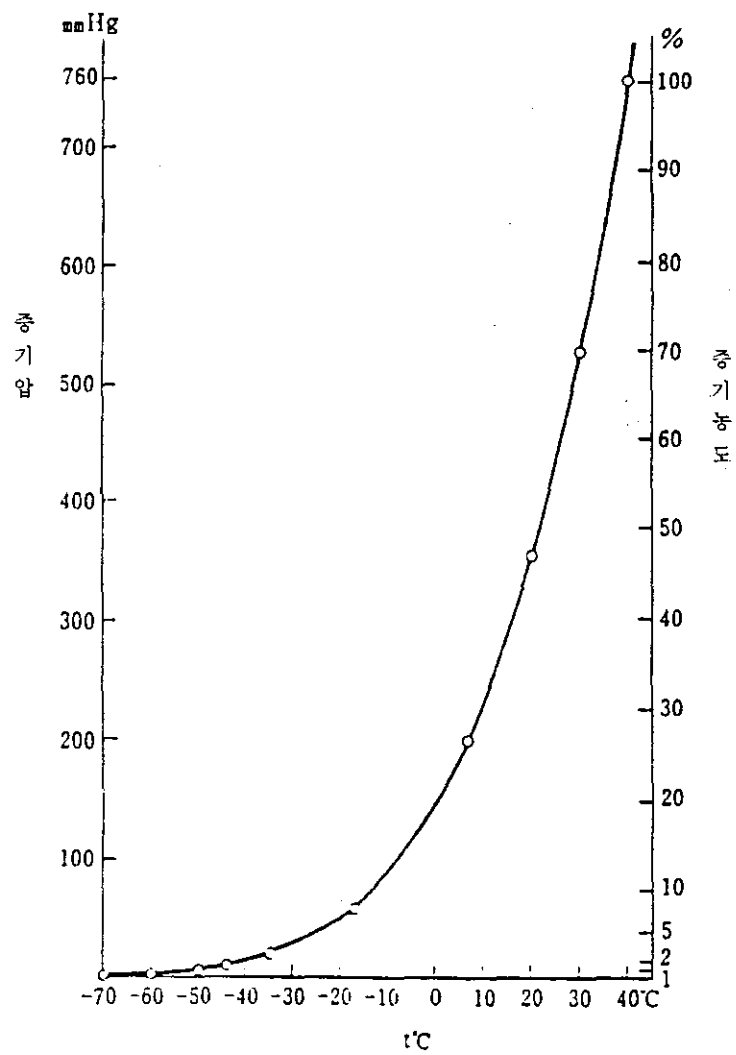


그림 1. 디클로로메탄의 증기압 곡선

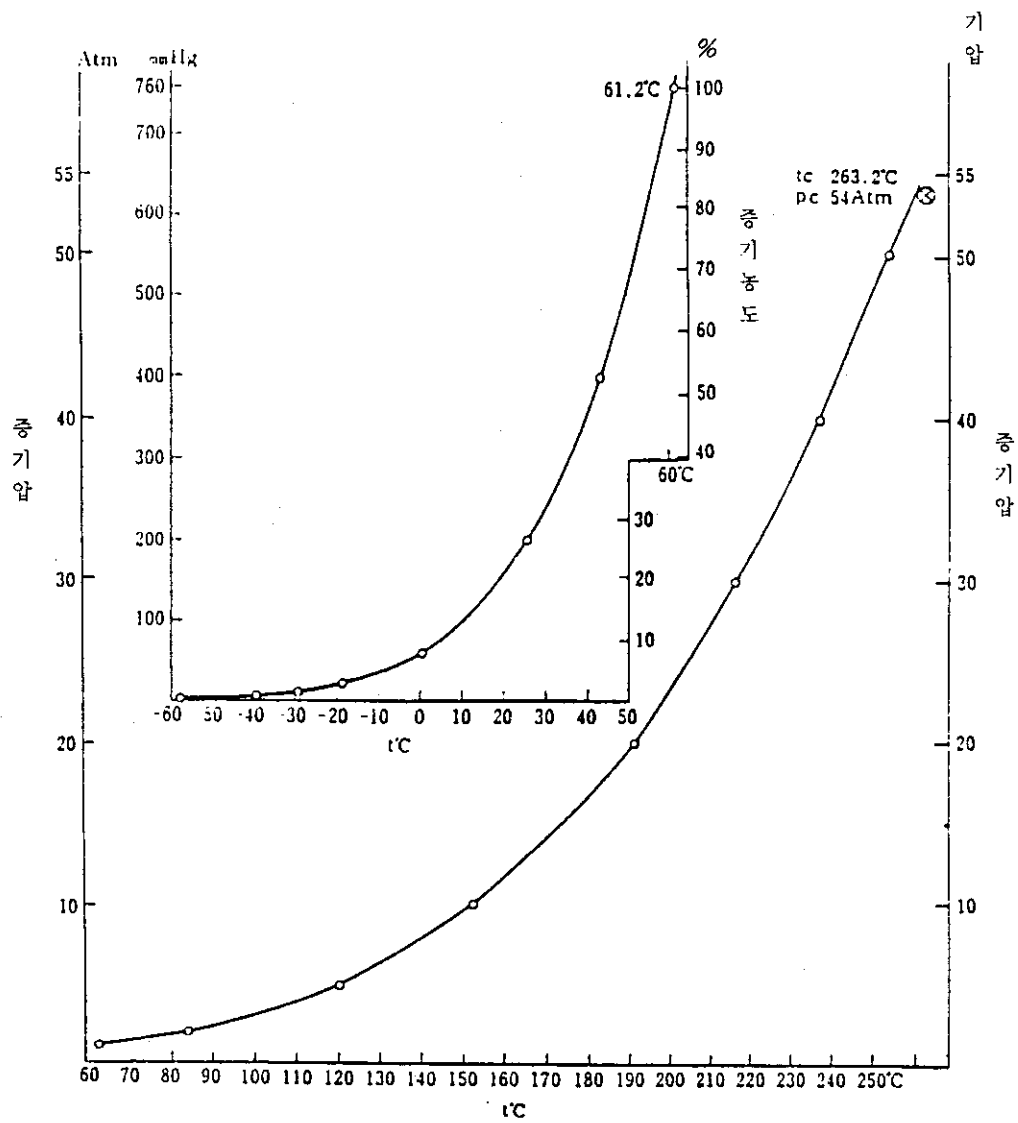


그림 2. 트리클로로메탄의 증기압 곡선

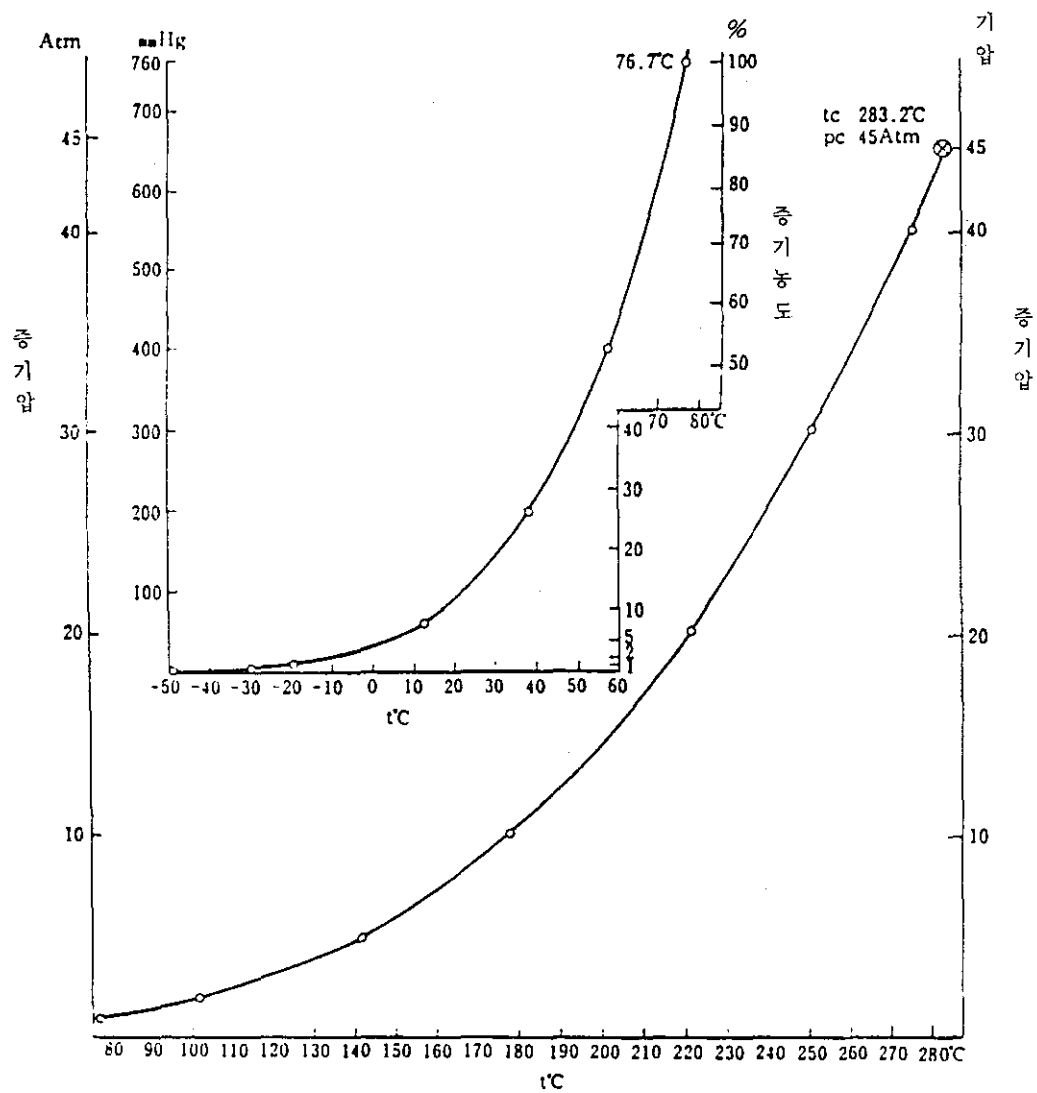


그림 3. 테트라클로로에탄의 증기압 곡선

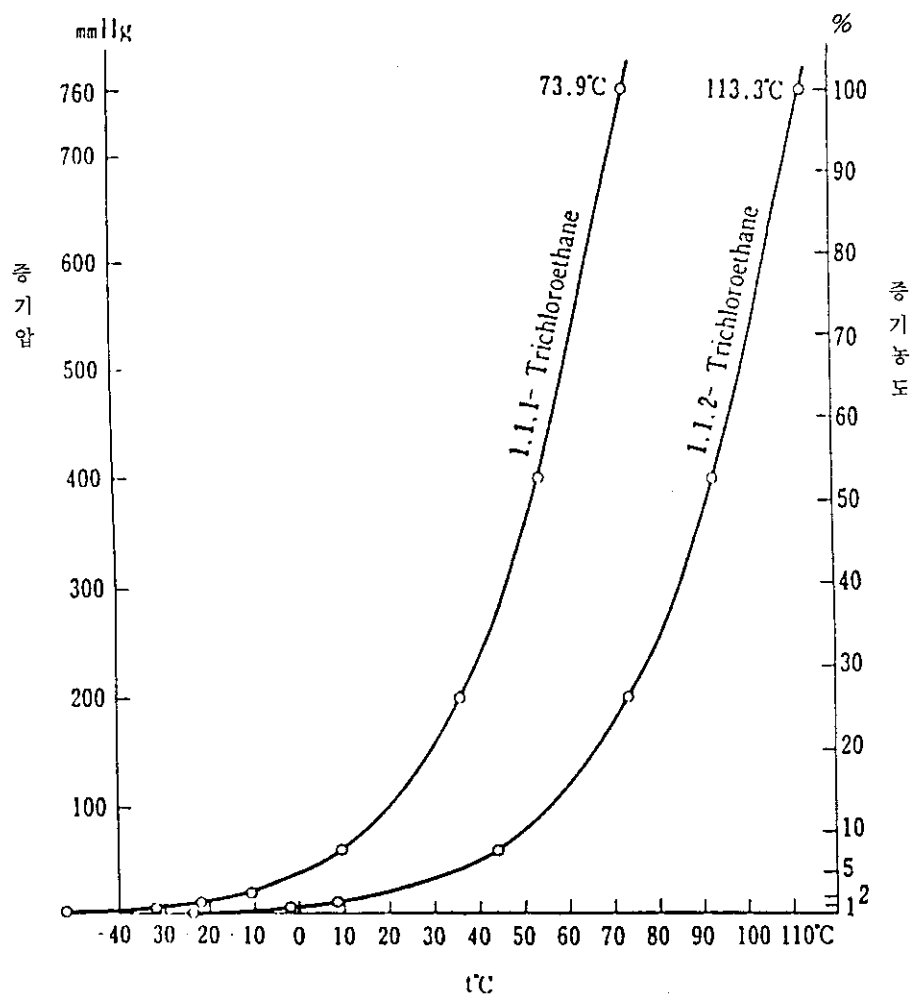


그림 4. 트리클로로에탄의 증기압 곡선

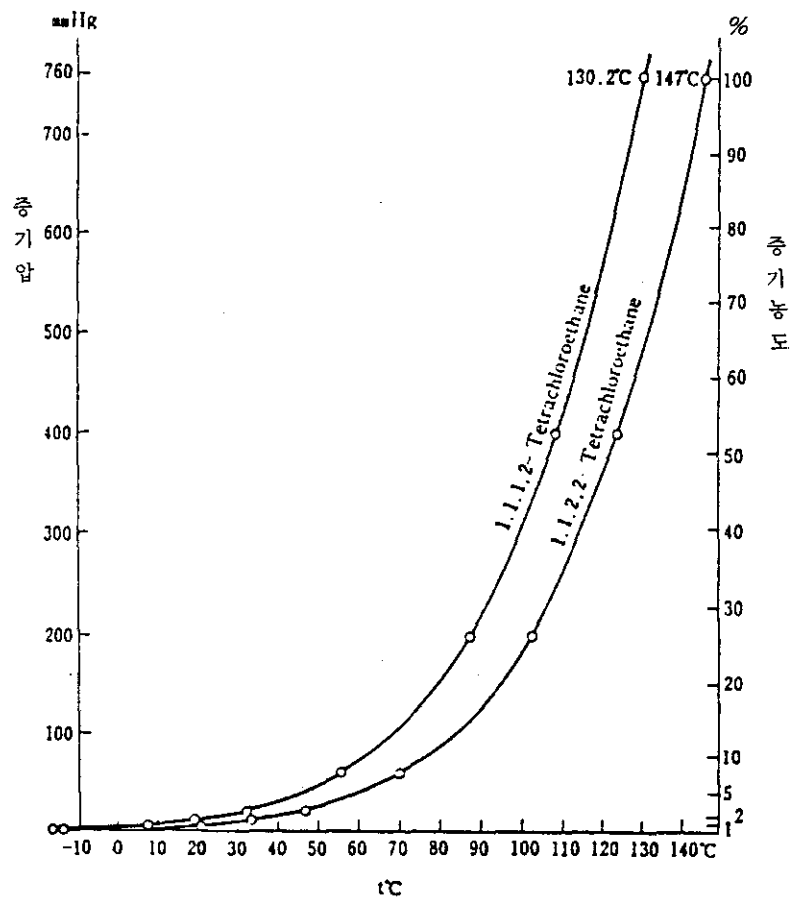


그림 5. 1,1,2,2-테트라클로로에탄의 증기압 곡선

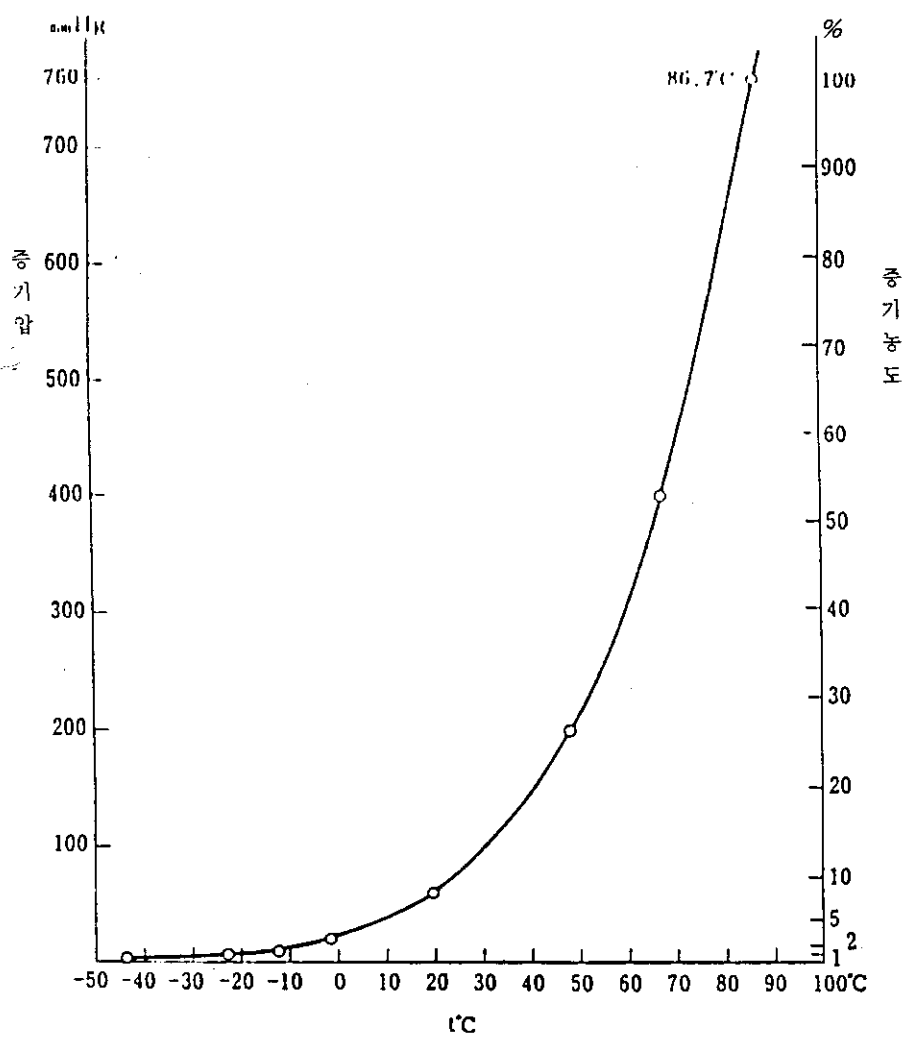


그림 6. 트리클로로에탄의 증기압 곡선

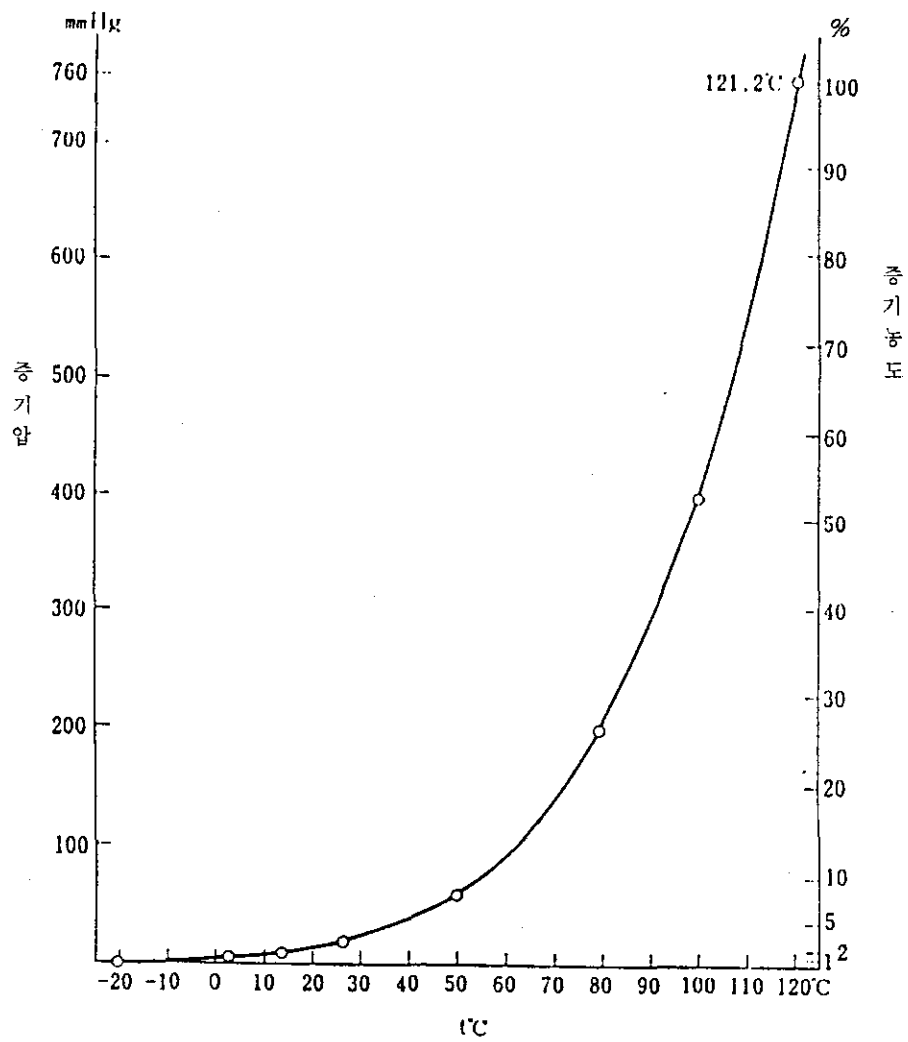


그림 7. 테트라클로로에텐의 증기압 곡선

다. 독성 및 주요증상

염화탄화수소 화합물중에서 트리클로로메탄, 테트라클로로메탄, 트리클로로에텐 등은 산업안전보건법에서 산업보건기준에 관한 규칙 117 조에서 제 1 종 유기용제로서 규정하고 있으며, 디클로로메탄, 1,1,1-트리클로로에탄, 1,2-디클로로에텐(시스, 트랜스 이성질체 모두), 테트라클로로에텐은 제 2 종 유기용제로서 산업보건기준에 관한 규칙 117 조에서 규정하고 있다. 제 1 종이나 제 2 종 유기용제를 사용하는 사업주는 옥내 작업장에서 제 1 종 또는 제 2 종 유기용제 등에 관계되는 유기용제업무에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 당해 작업장에 유기용제의 증기발산원을 밀폐하는 설비 또는 국소배기장치를 설치하여야 한다.(산업안전보건법, 산업보건기준에 관한 규칙 제 119 조), 또한 디클로로메탄, 트리클로로메탄, 테트라클로로메탄, 1,2-디클로로에텐(시스, 트랜스) 등은 발암성 추정물질(A₂)로서 알려지고 있으며, 또한 테트라클로로메탄, 1,1,2-트리클로로에탄, 1,1,2,2-테트라클로로에탄 등은 점막과 눈으로 흡수되어 전신영향을 일으킬수 있는 물질로서 경피흡수를 예방하기 위한 적절한 대책이 강구되어야 한다. 또한 대부분의 염화탄화수소 화합물은 호흡기, 눈 또는 피부, 소화기 등을 통하여 체내에 흡수되어 독성을 나타내는데 주로 중추신경계, 뇌신경계 말초신경계, 점막 및 피부, 간장, 신장 등에 독성증상이 나타나는 것을 알수 있다.< 표 6 >

〈 표 6 〉 염화탄화수소 화합물의 주요증상 및 독성

물 질 명	주 요 증 상	독 성	독성 정도	비 고
디클로로메탄 (Dichloro methane)	1. 피부점막자극이 약간 있다. 2. 고농도 흡입시 COH _h 농도상승	중 추 신 경 계	강	제 2 종 유기용제
		점 막 및 피 부	강	
		간 장	약	
		신 장	약	
		협 심 증	약	
		폐 부 종 (포스젠에 의해)	약	
트리클로로메탄 (Trichloro methane)	1. 강한 마취성 2. 간장, 신장, 세뇨 관, 심장 등에 세 포독으로서 작용	중 추 신 경 계	강	제 1 종 유기용제 대 부분 대사되 지 않고 호기 로 배출
		점 막 및 피 부	약	
		간 장	강	
		신 장	중	
		부 정 맥	중	
테트라클로로메탄 (Tetrachloro methane)	1. 흡입, 피부에 의 한 중독작용 2. 황달, 오심, 구토, 설사, 상복부통	중 추 신 경 계	강	제 1 종 유기용제
		점 막 및 피 부	약	
		간 장	강	
		신 장	강	
		조 혈 기	중	
		심 장 장 해	중	
1,2 -디클로로에탄 (1,2-Dichloro ethane)	1. 두통, 불면, 오심, 구토, 상복부통 2. 피부점막에 반복 부착시 피부장해 결막염 초래	중 추 신 경 계	강	제 1 종 유기용제
		점 막 및 피 부	강	
		간 장	중	
		신 장	중	

물 질 명	주 요 증 상	독 성	독성 정도	비 고
1.1.1-트리클로로에탄 (1.1.1-Trichloroethane)	1. 소뇌 뇌간의 장 해 유발 2. 안면 신경마비 3. 피부흡수	중 추 신 경 계	중	제 2 종 유 기 용 제
		뇌 신 경 계	중	
		말 초 신 경 계	중	
		점 막 및 피 부	약	
		간 장	약	
		신 장	약	
		감상신기능 항진, 성욕감퇴, 당뇨병	중	
1.1.2.2-테트라클로로에탄 (1.1.2.2-Tetrachloroethane)	1. 경피흡수 2. 마취작용(트리클로로메탄의 2~2.5배) 3. 주로 간장장해	중 추 신 경 계	강	제 1 종 유 기 용제, 염화탄 화수소계통의 용제중 독성이 가장 강하다.
		점 막 및 피 부	중	
		간 장	강	
		신 장	중	
		심 장 장 해	중	
1.2-디클로로에텐 (1,2-Dichloroethene)	1. 오심, 구토 2. 피부흡수 3. 증기흡입시 일시적 마비	중 추 신 경 계	중	제 1 종 유 기 용 제
		점 막 및 피 부	약	
		간 장	중	
트리클로로에텐 (Trichloroethene)	1. 피부에 반복 접 촉시 피부염 2. 빈혈, 간장장해	중 추 신 경 계	강	제 2 종 유 기 용제, 삼염화 초산→소변배 출
		뇌 신 경 계	중	
		말 초 신 경 계	중	
		점 막 및 피 부	중	
		간 장	중	
		신 장	중	
		성 욕 감 퇴	중	

물 질 명	주 요 증 상	독 성	독성 정도	비 고
테트라클로로에텐 (Tetrachloro ethene)	1. 정신장애 유발	중 추 신 경 계	강	제 2종 유기 용제 삼염화초산 →소변배출
	2. 시야이상	뇌 신 경 계	중	
	3. 반복접촉시 피부 침해	말 초 신 경 계	중	
	4. 고농도 증가는 마 취작용이 있다.	점 막 및 피 부	중	
		간 장	중	
		신 장	중	
		심 부 정 맥	약	

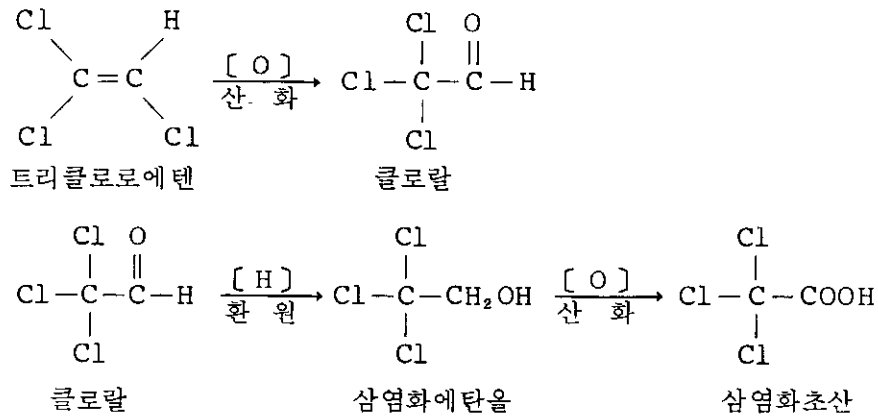
염화탄화수소 화합물은 간 (Liver) 에 대한 독성이 특히 강한데,
이계통의 화합물중 간 (Liver) 독성에 관해 알아보면 다음과 같은
순서로 간독성의 세기가 감소하는 것으로 알려져 있다.

1.1.2.2 -테트라클로로에탄
테트라클로로메탄
감 1.1.2 -트리클로로에탄
트리클로로메탄
소 테트라클로로에텐
트리클로로에텐
디클로로메탄
1.1.1 -트리클로로에탄

트리클로로에텐과 테트라클로로에텐은 체내에 흡수되었을 경우 체내
신진대사 (metabolism) 에 의하여 삼염화초산 (trichloroacetic
acid) 으로 되어 수주일후 소변 (urine) 으로 배출된다. 예를들면,
트리클로로에텐 (TCE) 은 생리학적으로 간장 (Liver) 속에서 산화 (oxi-
dation) 되어 클로랄 (chloral) 이 되었다가, 이 클로랄이 환원 (re-

duction) 되면 삼염화에탄올 (trichloroethanol) 이 되고 다시 산화 (oxidation) 되면 삼염화초산 (trichloroacetic acid) 이 생성되어 수주일 후에 소변 (urine) 으로 배설 된다.

즉,



이때 소변 (urine) 에서 배출되는 삼염화초산 (trichloro acetic acid) 을 식초산 (acetic acid, CH_3COOH) 에서 수소대신 염소원자로 치환된 상태이므로 치환된 염소원자의 영향으로 인하여 식초산 (acetic acid) 보다 훨씬 강산 (strong acid) 이 된다. 그러므로 근로자들이 트리클로로에텐이나 테트라클로로에텐에 폭로된 정도를 알고자 하면, 소변 (urine) 에서 나오는 삼염화초산 (trichloroacetic acid) 을 정량분석 (quantitative analysis) 하면 근로자가 트리클로로에텐이나 테트라클로로에텐에 의해서 폭로된 량을 역계산하여 알수 있다.

라. 허용기준 (농도)

염화탄화수소 화합물에 대한 산업안전보건법과 미국산업보건위원회 (American Conference of Governmental Industrial Hygiene)

nists, ACGIH)의 시간 가중 평균농도 (Time Weighted Average, TWA)와 단시간 노출허용도 (Short Term Exposure Limit, STEL)을 알아보면 〈표 7〉과 같다. 이때 “시간 가중 평균농도 (TWA)”라 함은 1일 8시간 작업을 기준으로 하여 유해요인의 측정농도에 발생시간을 곱하여 8시간으로 나눈 농도를 말하며 유해요인의 측정농도는 ppm 또는 mg/m^3 으로 표시된다.

또한, “단시간 노출허용농도 (STEL)”라 함은 근로자가 1회에 15분간 유해요인에 노출되는 경우의 허용농도로 이농도 이하에서는 1회 노출간격이 1시간 이상인 경우 1일 작업시간동안 4회까지 노출이 허용될수 있는 농도를 말하는 것으로서 단위는 ppm 또는 mg/m^3 으로 표시되며 이 모든것이 산업안전보건법에 규정되어 있다.

〈표 7〉 염화탄화수소 화합물의 허용농도

물 질 명	TWA		STEL	
	ppm	mg/m^3	ppm	기간(분, min)
디클로로메탄	50	175	500	30
트리클로로메탄	10	50	20	30
테트라클로로메탄	5	30	—	—
1.2-디클로로에탄	10	40	—	—
1.1-디클로로에탄	200	810	250	15
1.1.2-트리클로로에탄	10	45	—	—
1.1.1-트리클로로에탄	350	1,900	45	15
1.1.2.2-테트라클로로에탄	1	7	—	—
1.1-디클로로에텐	5	20	20	15
1.2-디클로로에텐	200	790	—	—
트리클로로에텐	50	260	250	30
테트라클로로에텐	50	345	100	30

Fairhall씨는 유해물질의 허용농도에 따라 아래와 같이 독성의 등급을 다음 < 표 8 > 과 같이 분류하였다.(Brit.J.industr.Med. 1959.16,23)

< 표 8 > Fairhall씨의 독성세기의 분류표

등급 (Class)	독 성 의 세 기	허용농도 (ppm)
I	아주 강함 (extremely toxic)	1 ~ 5
II	강 함 (very toxic)	5 ~ 100
III	보 통 (moderately toxic)	100 ~ 500
IV	약 함 (slightly toxic)	500 이상

염화탄화수소 화합물의 시간 기중 평균농도 (TWA) 을 Fairhall씨의 독성의 세기분류표에 의거하여 분류하여 보면 < 표 9 > 와 같다.

< 표 9 > 염화탄화수소 화합물의 Fairhall씨의 독성 세기의 분류표

등급 (Class)	물 질 명	비 고
I	테트라클로로메탄 1.1.2.2 -테트라클로로에탄 1.1 -디클로로에텐	A ₂ , Skin Skin
II	디클로로메탄 트리클로로메탄 1.2 -디클로로에탄 1.1.2 -트리클로로에탄 트리클로로에텐 테트라클로로에텐	A ₂ A ₂ Skin

등급 (Class)	물 질 명	비 고
Ⅲ	1.1 -디클로로에탄 1.1.1 -트리클로로에탄 1.2 -디클로로에탄	

A₂ : 발암성 물질로 추정되는 물질

Skin: 점막과 눈 그리고 경피적으로 흡수되어 전신영향을 일으킬수 있는 물질을 말하며 피부자극성을 뜻하는 것이 아님. 그러므로 경피흡수에 대한 유해성이 허용농도에 고려되지 않았으므로 경피흡수를 예방하기 위한 적절한 대책이 강구되어야 한다는 뜻임.

위의 Fairhall씨의 독성세기의 분류표를 보면 등급(Class) I 과 II의 물질들은 대개 발암성 추정물질(A₂)이나 점막과 눈 그리고 경피적으로 흡수되어 전신독성을 일으킬수 있는 물질(Skin)로서 이루어져 있으므로 등급 I, II의 물질을 사용할 때에는 특별한 주의가 필요하며 특히 테트라클로로메탄, 즉 사염화탄소의 사용은 가급적 피하는 것이 좋을것 같다. 또한, 트리클로로에탄의 이성질체(isomer)중에서 1.1.1 -트리클로로에탄(메틸클로로포름)은 등급Ⅲ으로 1.1.2 -트리클로로에탄(비닐트리클로라이드)보다는 독성의 세기가 약하므로 성질이 유사한 1.1.2 -트리클로로에탄의 사용을 가급적 피하고 1.1.1 -트리클로로에탄을 대신 사용하는것이 바람직 하다고 생각된다. 위의 분류표를 볼때, 염화탄화수소 화합물을 용제 등으로 사용시는 용제의 증기 등에 폭로되지 않도록 최대한으로 주의하여야 한다. 염화탄화수소 화합물에 폭로되었을때 농도별로 나타나는 증상을 살펴보면 < 표 10 > 과 같다.

〈 표 10 〉 염화탄화수소 화합물의 농도별 주요증상

물 질 명	농 도 별 주 요 증 상
디클로로메탄	500 ~ 1000 ppm (1 ~ 2 시간 폭로) : 혈중 COHb 농도증가
트리클로로메탄	1) 100 ppm : 불쾌감, 불안감 2) 1000 ppm : 현기증, 오심, 두통, 피로 3) 4000 ~ 5000 ppm : 맥박이 빨라짐, 구토, 사고혼란 4) 14000 ~ 16000 ppm : 마비증상
테트라클로로메탄	1) 25 ~ 30 ppm (반복폭로) : 오심, 구토, 현기증, 두통 2) 1000 ~ 2000 ppm (30 분 ~ 1 시간 폭로) : 급성신장장애, 사망
1.2 -디클로로에탄	1) 3000 ppm 이상 : 폐출혈, 폐부종 2) 20,000 ppm : 중추신경계 마비, 사망
1.1.2.2 -테트라클로로에탄	1) 30 ~ 50 ppm : 냄새감지 2) 200 ppm 이상 : 눈에 자극 (10 분이내) 3) 1000 ppm : 어지러움 4) 2000 ppm : 마비상태 초래
테트라클로로에텐	1) 30 ~ 50 ppm : 냄새감지 2) 200 ppm : 눈에 자극 3) 1000 ppm 이상 : 45 분후 중정도 현기증 4) 2000 ppm : 마비상태

3. 활용분야 및 사용범위

가. 활용분야

염화탄화수소 화합물의 활용분야는 대단히 넓어, 주로 기계 금속공업, 화학 세탁업, 섬유공업, 화공업 및 정유산업 등에서 얼룩제거, 세정, 용해제 등으로 다량 쓰이고 있으나, 동물 가공소, 생필품 산업, 인쇄소, 자동차 수리소 등에서는 사용량이 점차 감소하거나 소량 사용하고 있다.

〈 표 11 〉 염화탄화수소 화합물의 활용분야

소 모 량	사 용 범 위	주 요 용 도
다 량	기계금속공업 화학세탁 섬유공업 화공업 및 정유산업	얼룩제거, 세정, 용해제, 알칼리성의 금속표면 건조 및 보관 섬유류 세탁 직물의 염색 용해제, 합성원료
점차감소	동물 가공소 생필품 산업	지방추출 향료 (호프, 조미료) 등의 추출
소량사용	인쇄소 자동차 수리소 화학실험실 유리기구 및 광학 전자 및 반도체산업 제화 및 고무제품업	세척제 (인쇄기 롤러) 냉간세척 (모타 등) 용해제 세척제 회로판 및 칩 세척제 접착제의 용해제

나. 사용범위

몇몇 주요 염화탄화수소 화합물의 사용범위를 보면 표 12에서와 같다.

〈 표 12 〉 염화탄화수소 화합물의 주요 사용범위

다클로로 메 탄	트리클로 로 메탄	1.1.1- 트리클로 로 에탄	트리클로 로 에텐	테트라클 로로에텐	사 용 범 위	
		○			냉간 기름기 제거	금 속
○		○	○		침지 기름기 제거	기름기
		○	○	○	증기 기름기 제거	제 거
			○	○	섬유세탁	
○	○			○	화학합성	
			○	○	동물체내의 지방물 추출	
	○		○		자연물질 추출	
				○	피혁의 지방제거	
			○	○	젖은부분 기화제거	
○		○			얼룩제거제	
○	○	○	○	○	용해제	
○					건축물 보호제	
○	○		○		라커회석제 (신나)	
		○	○	○	유리, 광학기구 세척제	
		○	○	○	섬유고급화	

참고적으로 금속기름기의 제거 및 세척에는 냉간기름기 제거법과 열간기름기 제거법이 있는데 이에 대하여 설명하면 아래와 같다.

○ 냉간 기름기 제거

기름기 제거대상 부분들은 더러운 정도의 크기에 따라 상온(25℃)에서, 세척 용기내에서나 또는 설치장소(기계세척)내에서 세정제(염화탄화수소 화합물류)를 솔로 칠하거나, 붓으로 바르거나, 일정 압력하에서 스프레이(Spray)하거나, 용해제에 담그어 세척하는 방법이다. 염화탄화수소 화합물류 외에 가연성 액체 혼합물들은 냉간 세정제로 사용된다. 이때는 불연성 염화탄화수소 화합물류의량을 일반적인 냉간 세정제(연소성)증기가 공기와 사용할 때는 염화탄화수소 화합물류가 더 빨리 증발하므로 가연성분량의 비율이 커지게 되어 냉간 세정제는 가연성이 되어 심한 폭발현상을 발생할 수 있어 특히 화재폭발에 유념해야 한다.

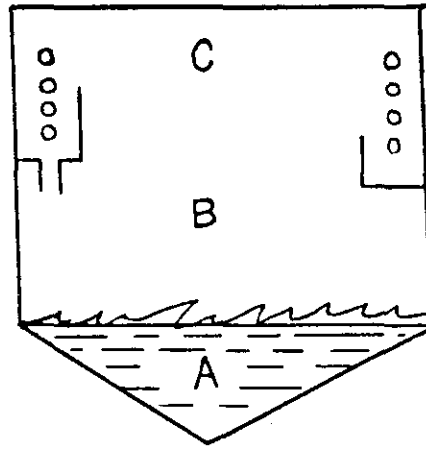
○ 열간 기름기 제거

열간 기름기 제거는 그림에서 나타난 것과 같이 특별한 설비내에서 실시한다. 열간 기름기제거 욕조는 재료를 용해제의 비등구역내(침지 기름기제거), 증기구역내(증기 기름기제거) 또는 연속적으로 각각의 구역내(병합방식)로 세척하는 3가지 유형으로 나누어 생각할 수 있다.

A 구역 : 용해제를 비점으로 올리는 욕조 하단부분

B 구역 : 용해제의 증기에 의해 채워지는 중간부분

C 구역 : 증기를 응축하고 응축액이 다시 하단부분으로 떨어지는 욕조 상단부분



병합방식에서는 세척효과가 초음파를 활용하므로 점차적으로 발전되고 있으며, 이때는 용해제 내의 항상 많은 기포가 생기고 다시 없어지게 된다.

4. 포장 및 표시

위에서 살펴본 바와 같이 염화탄화수소 화합물류는 유해하고 위험 물질 이므로 저장, 수송 및 사용할때에는 각별한 주의가 필요하다. 특히 용기로부터 유출되지 않도록 포장하여야 하고, 유해 위험물에 대하여 무지한 사람들을 위하여 위험표지를 용기에 부착하여 유해 위험물로 인한 안전사고 예방에 주의를 기울여야 하겠다. 그 방법중의 하나로서 〈 표 13 〉과 같은 위험표지를 용기에 부착한다면 안전사고 예방에 크게 도움이 될 것이다.

〈 표 13 〉 염화탄화수소 화합물의 위험표시

물 질 명	위험 상태	위험명칭	위험안내	위험관계충고
디클로로 메 탄	H2	건강에 유해	흡입하면 건강에 유해	피부접촉방지
트리클로 로 메탄	H2	건강에 유해	흡입하면 건강에 유해	어린이들의 손에 닿지 않게 하고 눈과 피부 에의 접촉방지
1.1.1- 트리 클로로에탄	H2	건강에 유해	흡입 또는 삼키 면 건강에 유해	어린이 손에 닿으면 안되며 눈에 접촉방지
트리클로 로 에텐	H2	건강에 유해	흡입 또는 삼키 면 건강에 유해	어린이 손에 닿으면 안되며 눈에 접촉방지
테트라클 로로에텐	H2	건강에 유해	흡입 또는 삼키 면 건강에 유해	어린이 손에 닿으면 안되며 눈에 접촉방지

5. 안전보호조치(안전대책)

가. 일반적 안전대책

염화탄화수소 화합물류를 사용하는 작업장에서는 안전사고의 예방을 위하여 가능한 한 다음의 순서로 기술적인 대책을 수립하여 안전사고를 사전에 예방하여야 한다.

(1) 염화탄화수소 화합물류를 사용하는 작업공정은 밀폐설비로 하며 증기가 밖으로 새어 나오지 않도록 하여 작업자가 증기에 폭로되는 것을 방지하여야 하며, 또한 작업자 피부에 닿는 것을 방지해야 한다. 피부에 접촉하면 대부분의 염화탄화수소 화합물류는 표피의 지방분을 녹여 바이러스(Virus), 곰팡이, 박테리아 등이 침입하여 질병 및 피부염 등의 위험이 있기 때문이다.

(2) 증기의 발생장소에는 국소배기시설을 하여 유출된 증기에 작업자가 폭로되는 것을 방지해야 한다.

(3) 이 물질을 취급하는 실내공간은 환기를 철저히 해야 한다. 자연환기가 잘되게 하는 것은 물론 인공환기 시설로서 덕트(Duct)와 같은 것을, 사용하는 염화탄화수소 화합물의 물리·화학적 성질을 고려하여, 상, 하단으로 설치하여 실내 작업공간의 철저한 환기가 필요하다. 염화탄화수소 화합물류의 증기는 대부분 공기보다 무거워 〈표 5 참조〉 낮은 곳에 체류하여 공기와 혼합하여 폭발성의 혼합가스를 형성하거나 흡입시 중독되므로 이를 고려하여 덕트(Duct)를 설치하는 기술적인 시설이 필요하다.

나. 염화탄화수소 화합물류의 물리·화학적 특성에 대한 대책

염화탄화수소 화합물류는 햇빛(hv), 공기, 물 및 열 등의 조건에 의하여 분해되어 염화수소(HCl)나 포스젠(Cl_2CO)과 같은 유독물질이 발생되고 또한 산화(oxidation)나 가수분해(hydrolysis)와 같은 화학반응(chemical reaction)에 의해 분해되어 염화수소(HCl)와 같은 강산성(strong acidic)의 유해물질이 생성되어 분해를 가속화시킬 뿐만 아니라 시설물을 부식시켜 유출에 따른 대규모의 화재·폭발사고를 야기시켜 막대한 재산피해와 인명손실을 가져올 수 있다. 이와같은 염화탄화수소 화합물류의 물리·화학적 특성에 의한 안전사고를 예방하기 위해서는 다음과 같은 주의를 요한다.

(1) 열분해

과열로 인한 염화탄화수소 화합물류의 분해시 발생하는 부식성 가스와 증기는 인체에 매우 유해하므로〈표 4 참조〉이를 피하기 위해 다음과 같은 조치들을 취해야 한다.

(가) 과열로 인한 용해제(염화탄화수소 화합물류)의 분해시 증기의 인화를 막는 장치가 있어야 한다.(예, 전기시설의 방폭구조)

(나) 저장탱크의 허용온도가 초과되지 않도록 온도조절이 필요하다.

(다) 각 물질의 전환온도 미만에서 취급하여야 한다.

즉, 예

트리클로로에텐 120℃미만

테트라클로로에텐 150℃미만

1.1.1-테트라클로로에탄 160℃미만

(라) 가열장치 상단으로 부터 50mm를 보장하는 수준감지기(Level Indicator)를 설치해야 한다.

(마) 용해제 설비주변 5 m 범위 이내에는 전열판, 납땜인두, 열처리 및 난로 등의 열원물체를 사용해서는 안된다.

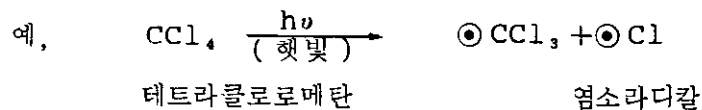
(바) 염화탄화수소 화합물이나 그 물질의 증기를 포함한 빈드럼의 용기를 용접해서는 안된다.

(2) 화학반응 (산화 및 가수분해) 에 의한 분해

가열에 의한 분해 외에 화학반응에 의해 염화수소 (HCl) 와 같은 강산성의 유해·위험물이 생성되어 분해를 가속화 시키거나 시설물의 부식으로 인한 화재·폭발과 같은 안전사고가 일어날 수 있다. 이러한 화학적 분해는 다음 조건들을 만족시키면 더욱 용이해지므로 이를 참고하여 안전대책이 강구되어야 한다.

(가) 공기 (산소) 와의 반응

햇빛 ($h\nu$ = 자외선) 이 존재하면 촉매 (Catalyst) 작용을 하며 광화학적 산화 (Photochemical Oxidation) 가 더욱 용이하게 일어난다.



그러므로 염화탄화수소 화합물류는 저장보관시 냉암소에 보관하여 햇빛 ($h\nu$) 으로 인하여 염소라디칼이 형성되어 이 염소라디칼로 인한 염화탄화수소 화합물의 분해를 방지하여야 한다.

(나) 지속적인 수분 (H_2O) 을 흡수한 후 가수분해가 용이하다. 또한 염류 (예, FeCl_3) 에 의한 접촉반응도 일어나기 쉽다. 따라서 염화탄화수소 화합물의 취급시 물이나 염류와의 접촉을 최대한 피해야 한다.

(다) 금속의 부식으로 생겨난 산 (Acid) 이나 자동차 정비공의 배터리 (Battery) 액 (강산성) 에 오염된 작업복 속의 산을 흡수하여

용해제 (염화탄화수소 화합물류) 의 분해가 일어나 유독가스가 발생될 수 있다.

(라) 염화탄화수소 화합물의 안전성을 위해 간단한 검사 방법으로 산성도 (pH) 를 측정하여야 한다.

(마) 산성도 검사 결과 산성반응을 일으키는 물질에 대하여는 수용성 석회 소다액으로 중화시킨후 사용한다.

(바) 어떠한 경우라도 가성소다 (NaOH) 및 가성카리 (KOH) 와 같은 강알칼리성 물질과의 반응을 염금한다. 왜냐하면, 이와같은 알칼리성 물질과 염화탄화수소 화합물류는 반응하여 염화탄화수소류가 분해하여 유독가스 (염화수소, 포스젠, 일산화탄소 등) 을 방출하여 인체에 치명적인 위험을 주기 때문이다.

다. 염화탄화수소 화합물류의 저장, 보관 및 비치시 대책

염화탄화수소 화합물류의 분해 및 화학반응을 막기 위해서는 저장 보관, 비치시 습기 및 직사광선을 피해야 하며, 열에 대한 안전조치로 밀폐된 용기에 냉암소에 저장하여야 한다. 그러므로 저장시 사용하는 용기는 아래와 같은 조건을 만족하여야 한다.

(1) 저장용기에 대한 조건

(가) 구리 또는 강철 재료의 용기는 염화탄화수소 화합물류에 의하여 부식되기 쉬우므로 아연 (Zinc, Zn) 으로 도금하여 부식을 방지하여야 한다.

(나) 강철을 사용시 주석 (Tin, Sn) 도금이나 열처리를 하여 녹이 스는것을 방지하여야 한다.

(다) 마개와 이음자리를 가진 용기들은 한 방향 용기들로서 부식의 위험이 크므로 저장 용기로는 부적절하다.

(라) 용기는 마개를 잘 막아 저장하여야 하며 완전 밀폐되도록 주의해야 한다.

(마) 염화탄화수소 화합물류를 저장하기 위해 식수통이나 음료수병 또는 식료품이나 기호품을 저장하기 위해 정해진 용기를 사용해서는 안된다.

(바) 작업장에는 작업에 필요한 최소량만 두어야 한다.

(사) 재충전시에는 물기가 없는 물질을 충전하여 용해제 (염화탄화수소 화합물류) 가 끓어 넘는 것을 방지하여야 한다.

(아) 설비에는 제작회사가 제시한 물질만을 넣어야 한다.

라. 보호구

근로자가 염화탄화수소류 화합물의 영향을 받지 않도록 기술적으로 완벽한 시설이 되어 있지 않은 경우에는, 사용주는 개인용 보호구 (송기마스크, 보호의, 보호앞치마, 보호장갑, 보안면, 보호안경 등) 을 제공하고 근로자는 이를 사용하여야 한다. 또한 근로자는 개인용 보호구를 사용할 의무가 있다. (산업보건에 관한 규칙 제 30 조 3 항)

(1) 개인용 보호구

(가) 염화탄화수소류 화합물을 사용하는 노출 작업시

(나) 화학세탁소에서 젖은 취급물을 다룰 때

이때는 안전장갑 (보호장갑), 보안경 (보호안경), 보호앞치마등은 이 용제에 견디는 재질인 폴리비닐알코올 (PVA) 의 고분자 물질을 사용해야 한다.

(다) 작업 전후에 피부보호제 또는 피부관리제를 사용해야 한다.

6. 물(水質)의 보호

염화탄화수소류 화합물은 무색의 액체로서 물보다 비중이 크다. (표 14) 또한 물에 거의 녹지 않는다. 따라서 물을 오염시키고 물보다 훨씬 용이하게 지하속으로 침투하기 쉽다.

〈 표 14 〉 염화탄화수소 화합물류의 비중 및 용해도

물 질 명	비 중	용해도 (20℃) g / 100 ml, 물
디클로로메탄	1.325 (20℃ / 4℃)	2
트리클로로메탄	1.498 (15℃ / 4℃)	0.8
테트라클로로메탄	1.585 (25℃ / 4℃)	0.08
1.2 - 디클로로에탄	1.253 (20℃ / 4℃)	0.9
1.1 - 디클로로에탄	1.174 (20℃ / 4℃)	0.5
1.1.2 - 트리클로로에탄	1.443 (20℃ / 4℃)	0.44
1.1.1 - 트리클로로에탄	1.325 (26℃ / 4℃)	불용
1.1.2.2 - 테트라클로로에탄	1.587 (25℃ / 4℃)	0.29
1.1 - 디클로로에텐	1.218 (20℃ / 4℃)	불용
1.2 - 디클로로에텐	1.274 (25℃ / 4℃) 시 스	0.35 (시 스)
	1.248 (25℃ / 4℃) 트란스	0.63 (트란스)
트리클로로에텐	1.456 (25℃ / 4℃)	0.1
테트라클로로에텐	5.623 (20℃ / 4℃)	0.015

또한 방수시멘트와 같은 시설로도 염화탄화수소류 화합물의 침투를 차단할 수 없다. 따라서 염화탄화수소류 화합물의 사용후 처리에도 각별한 주의가 필요하다.

참고적으로 생물화학적으로 물(水質)을 해치는 물질의 등급은 다음과 같다.

등급 0 : 수질을 해치지 않는 물질

등급 1 : 수질을 조금 해치는 물질

등급 2 : 수질을 해치는 물질

등급 3 : 수질을 크게 해치는 물질

몇몇 중요한 염화탄화수소류 화합물의 수질을 해치는 등급은 아래와 같다.

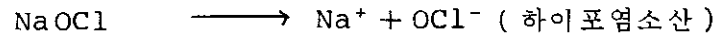
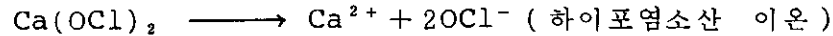
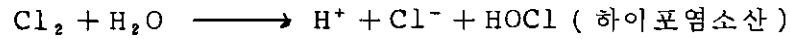
〈 표 15 〉 수질을 해치는 등급

물 질 명	등 급
디클로로메탄	2
트리클로로메탄	2
1.1.1 - 트리클로로에탄	3
트리클로로에텐	3
테트라클로로에텐	3

위의 결과로 볼때 이들이 수원(水源)에 유입되는 것을 막아야 하겠다. 이들 염화탄화수소류 화합물이 수원(水源)을 오염시키는 외에도 식수로 사용하는 물에 처리는 염소(Cl_2)로 처리되므로 식수에는 다른 유기물이 절대 소량이라도 혼입되어서는 안된다. 염소(Cl_2)을 이용하여 식수를 처리하면 다음과 같은 화학반응을 통하여 하이포염소산(HOCl)이나 하이포염소산 이온(OCl^-)이 생성되어 물속에서 살균제 또는 소독제 역할을 하게 된다.

즉, 염소(Cl_2) 기체 또는 고체인 하이포염소산칼슘($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) 또는 하이포염소산 나트륨(NaOCl)의 이온생성물 상태로 물속에 주

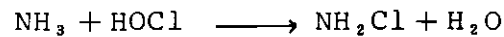
입하면 다음 반응식과 같이 물과 작용한다.



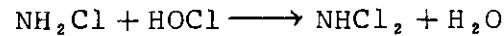
하이포염소산 (HOCl) 과 하이포염소산 이온 (OCl^-) 의 합을 잔류염소라 하며, 이들은 물속에서 주요 살균제 또는 소독제로서 역할을 한다. 만약 물속에 이물질 즉, 암모니아 (NH_3) 가스, 메탄 (CH_4) 가스, 또는 페놀 ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$) 과 같은 이물질이 있을 경우엔 다음과 같은 화학반응이 일어나 우리 인체에 큰 해를 줄 수도 있다.

즉,

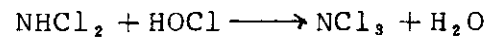
- 암모니아 (NH_3) 와의 반응



모노클로로아민 (Monochloro Amine)

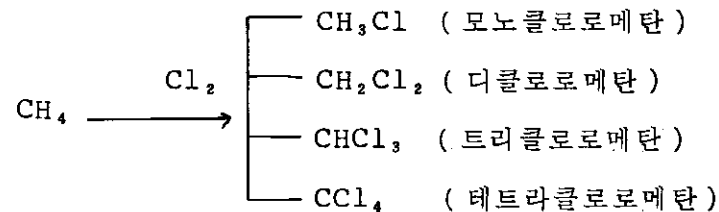


디클로로아민 (Dichloro Amine)



니트로젠트리클로라이드 (Nitrogen Trichloride)

- 메탄 (CH_4) 가스와의 반응



위에서 살펴본 바와 같이 디클로로메탄 (CH_2Cl_2), 트리클로로메탄 (CHCl_3), 테트라클로로메탄 (CCl_4) 등 메탄계 염소화합물을 발암성 물질로서 추정되는 물질이고 모노클로로메탄은 기체상태로 존재한다.

7. 결 론

화학관련 사업장에서 널리 사용되고 있는 염화탄화수소 화합물은 다른 여러 유기용제와 비교하여 가격이 저렴하다는 점과 또한 구하기가 용이하다는 점 등으로 인해서 각종 화학제품 및 일상용품 제조에는 물론 화학제품 합성시 중간체 등으로 유용하게 사용하고 있으나, 단점으로서 끓는점이 낮아서 증발 및 확산속도가 빨라서 작업장의 안전장치 및 작업환경이 완벽하지 않으면 근로자들이 염화탄화수소 화합물에 폭로되기 쉬워 간이나 콩팥등 인체기관에 매우 유해할 뿐만 아니라 휘발성에 강하고 증기가 공기보다 무거워 발생된 증기가 낮은 곳에 체류하며 공기와 혼합시 폭발성의 혼합가스를 형성하여 적당한 조건이 (예 : Arc Flame 및 전기로 등과 같은 열원의 접촉시) 형성되며 화재·폭발의 위험성이 잠재되어 있으므로 이와같은 염화탄화수소 화합물류를 취급하는 작업장의 사업주는 물론 근로자들은 이들 용제 (염화탄화수소 화합물)의 물리화학적 성질을 충분히 이해하고 숙지해야 함은 물론 안전보호 대책을 완벽하게 수립한후 작업에 임하여야 하며, 따라서 이들을 취급하는 근로자의 재해를 사전에 예방할 수 있을 것이다.

화학 (기술자료 : 화학 91 - 081 - 10)

발행일 : 1991.12

발행인 : 원 장 김 원갑

작성인 : 화학연구실 장 : 정 동인

발행처 : 한국산업안전공단

산업안전보건연구원

주 소 : 인천직할시 북구 구산동 34 - 4

TEL : (032) 518 - 6482 ~ 6

인쇄 : 학림사 : 267-3676, 273-4175