

위험성평가 보고서

- － 발암성물질의 물리화학적 특성 정보제공 현황 및
물리적 위험성에 대한 고찰 －

2011.11.



요 약 문

「2008년도 국가암등록통계」 자료에 의하면 우리나라의 전체 암 발생자수는 1999년부터 지속적으로 증가하여 2007년에는 161,920명에 이르렀으며, 2006년 통계 기준으로 전체 사망자수의 27%가 암에 의해 사망하는 것으로 보고되고 있다. 암은 다양한 원인에 의해서 발생되지만 발암성 물질에 노출되는 빈도와 강도의 증가 또한 유력한 원인의 하나로 지목되고 있다. 최근에는 반도체 공장이나 타이어 공장 등에서 원인을 명확히 밝힐 수 없는 암 환자가 발생하는 등 발암성 물질에 대한 사회적인 관심이 크게 증가하고 있으며, 민간단체 및 정부 관련 부서에서도 관련 내용을 개선하기 위한 다양한 노력을 기울이고 있다. 이와 관련하여 고용노동부에서는 「화학물질 및 물리적 인자의 노출기준」 고시를 2011년 개정하였으며, 개정된 고시에서는 노출기준이 설정된 발암성 물질이 총 184종으로 개정 전 58종에서 크게 확대되었다.

본 보고서에서는 화학물질의 체계적인 관리를 위한 정보제공의 일환으로 발암성물질의 정의와 분류기준, 화학물질의 물리적 위험성의 정의 등 발암성물질의 물리적 위험성평가를 위한 기본적인 정보 등에 대하여 살펴보고, 개정 고시에서 규정된 발암성 물질에 대한 국내외 DB를 이용하여 정보제공현황을 조사하였다. 그리고 조사결과를 바탕으로 추가적으로 정보 확보가 필요한 물질을 선정하여 물리화학적 특성 및 물리적 위험성 시험 평가를 실시하였다.

국내 DB(K-CIC)를 이용한 화학물질정보 제공 현황을 조사한 결과, 총 187종 중에서 최소 2개의 누락을 보인 물질이 8종 이었으며, 전체 물질의 11%인 19개 물질에서 50% 이상인 8개 이상의 항목에 대한 물리화학적 특성 정보가 누락되어 있었으며, 각 항목별 누락율은 16개 항목 중에서 분해온도가 약 16.65%로 가장 높았다. 외부 DB를 이용한 교차검증 결과, 시험에 의한 검증이 불가능한 48종을 제외한 139종 중에서 11개 물질만이 전체 물리화학적 특성에서 일치

하였고, 나머지 128종에서는 최소 1개 이상의 항목에서 DB간 정보가 상이한 결과를 보였다. 조사 대상물질에 대한 국내외 DB간 상이성 검토 결과, 화재폭발 특성과 관련된 항목이 약 39 %, 물질고유 특성관련 항목이 약 35 % 그리고 인체 및 환경 폭로 관련특성이 약 26 %로 나타났으며, 상대적으로 화재폭발 특성관련 항목에서 상이성이 높음을 알 수 있었다.

DB 검토 결과를 토대로 선정된 5개 물질에 대한 물리화학적 특성 및 물리적 위험성 평가를 실시한 결과, 일부 DB 검토결과와 상이한 측정결과를 보이는 물질도 있었다. 예를 들어, acrylamide의 경우는 DB상에 표현되어 있는 끓는점 대신 반응개시 및 분해온도로 대체함이 타당하며, 1,1-dichloroethylene의 인화점은 보유한 장비에 의한 재현성이 있는 데이터를 측정할 수 없었다. 그리고 추가적으로 실시된 압력용기, 시간압력 시험기 및 정밀열량측정기에 의한 물반응성 평가에서 해당 물질의 물리적 위험성과 관련하여 주목할 만한 결과를 나타낸 물질은 없었다.

결과적으로 시간적/비용적인 문제로 인하여 조사대상 물질의 범위가 전체 발암성물질의 일부에 국한되었기 때문에 사용자에게 대한 정보제공의 확대 관점에서 앞으로는 평가 대상물질의 종류 확대를 포함하여 좀 더 자세한 물리적 위험성을 평가하기 위한 IPD 및 MPD 산출 등의 추가적인 시험 평가를 실시할 필요성이 있을 것으로 판단된다.

차 례

I. 서론	3
II. 발암성 물질의 분류기준 및 화학물질의 물리적 위험성	5
1. 발암성 물질과 분류기준	5
2. 물리적 위험성	9
III. 노출기준 대상물질의 물리화학적 특성 정보 현황	12
1. 노출기준 대상 물질의 국내 DB검토	12
2. 노출기준 대상 물질의 외부 DB 검토	18
3. DB 검토 결과의 분석	23
IV. 물리화학적 특성 및 물리적 위험성 시험 및 평가	25
1. 시험대상 물질 및 항목의 선정	25
2. 물리화학적 특성 및 물리적 위험성평가 결과	34
V. 요약 및 결론	84
VI. 참고문헌	87

I. 서론

「2008년도 국가암등록통계」 자료에 의하면 우리나라의 전체 암 발생자수는 1999년 101,032명에서 지속적으로 증가하여 2007년에는 161,920명에 이르렀으며, 2006년 사망원인을 살펴보면 전체 사망자수에서 암으로 인한 사망자수가 차지하는 비율이 27%(65,909명)로 다른 사망 원인 중 1위를 차지하고 있다. 암은 여러 가지 원인에 의해 발생하지만, 발암성 물질에 노출되는 빈도와 강도의 증가가 유력한 원인의 하나로 지목되고 있다.

최근에는 반도체 공장이나 타이어 공장 등에서 원인을 명확히 밝힐 수 없는 암 환자가 발생하고, 휴대폰의 전자기장에 대한 발암 위험이 제기되는 등 발암성 물질에 대한 사회적인 관심이 크게 증가하고 있는 것이 현실이다.

우리나라는 환경부의 「유해화학물질관리법」에서 규정하는 “유독물질/관찰물질”과 고용노동부의 「화학물질 및 물리적 인자의 노출기준」의 ‘화학물질의 노출기준’을 통해서 발암성 물질에 대한 정보 및 가이드라인에 대한 내용을 제시하고 있다. 이 중에서 「화학물질 및 물리적 인자의 노출기준」은 근로자의 건강을 보호하기 위한 작업환경평가 및 근로자의 보건상 유해하지 아니한 기준을 정하기 위하여 1986년 노동부에 의하여 최초로 제정되었고, 2011년 10차로 개정, 발표되었다. 개정된 고시에서 노출기준이 설정된 물질은 총 728종이며, 이 중에서 동종물질을 제외하고 노출기준이 설정된 발암성 물질은 총 184종으로 개정 전 58종에서 크게 확대되었다.

본 보고서에서는 개정된 고시에서 노출기준으로 선정된 물질 중에서 발암성 물질로 분류된 184종을 대상으로 국내외 물질안전보건자료 DB를 토대로 실시한 물리화학적 특성정보 조사 결과를 물질별로 특성별로 비교하고, 해당 물질의 물리적 위험성평가 관점에서 분석한 결과를 주요 내용으로 하고 있다. 또한 주요내용에 대한 정보 사용자의 용이한 이해 및 활용도를 높이기

위하여 보고서 앞부분에 발암성물질의 정의 및 분류기준, 물리적 위험성 등과 관련된 기본적인 내용을 문헌 검토를 통하여 수록하였다. 이를 통하여 발암성물질을 사용하는 사업장 및 근로자를 해당 물질에 기인한 재해 및 사고로부터 보호하는데 기여하고자 한다.

II. 발암성물질 분류기준 및 물리적 위험성

1. 발암성 물질과 분류기준

1) 발암성 물질

발암물질과 발암성물질은 종종 구별없이 혼용되어서 사용되는데 문헌에 의하면 다음과 같이 구분할 수 있다. 「발암물질」이란 인체 발암성에 대해 충분한 증거가 있는 물질로서, 국제암연구소(IARC : International Agency for Research on Cancer) 분류기준에서 1급으로 분류되는 수준의 물질을 지칭하고, 「발암성 물질」이란 인체 발암성에 대한 증거는 제한되나, 동물실험에서는 충분한 증거가 있는 수준 이상의 물질로서, 국제암연구소 분류기준에서 1급, 2A급, 2B급으로 분류되는 수준의 물질이거나 발암 및 발암가능성을 포함하는 개념으로 앞서 언급된 발암물질을 포함한다. 일반적으로 종양을 발생시키는 발암성물질(carcinogen)에는 유기화학적 발암성물질, 무기화학적 발암성물질, 내분비계교란 발암성물질 및 혼합화학적 발암성물질이 있으며 대표적인 물질의 예는 다음과 같다.

- 유기화학적 발암성물질 : 다환방향족탄화수소¹⁾(PAHs), 다이알킬나이트로사민, 아질산염, 아플라톡신 B1 등
- 무기화학적 발암성물질 : 카드뮴, 크롬, 니켈, 납, 베릴륨, 비소를 포함하는 몇 가지 금속과 그들의 화합물

1) 다환 방향족 탄화수소류(polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)는 산불, 유기화합물의 분해, 화석 연료의 연소, 내연기관의 연소 등에 의해 자연적으로 환경에 오염이 되고 있는 물질로써, 대부분 지방친화성이 매우 커서 체내 흡수 시 축적성이 매우 크며, 체내에서 대사과정을 거치면서 발암성이 유발되^{au}, 실험동물에서는 피부암, 피하육종 및 기관지암 등을 유발하는 것으로 알려져 있다.

- 내분비계교란 발암성물질 : 다이옥신, DDT, 산화방지제 등
- 혼합화학적 발암성물질 : 담배연기, 디젤엔진 배기가스, 식품첨가제 등

2) 발암성 물질의 분류기준

발암물질 및 발암성 물질은 역학연구 자료 및 동물 독성 시험결과, 화학적 구조와 독성 메커니즘 등의 과학적 자료에 근거하며, '국제암연구소 (International Agency for Research on Cancer, IARC)', '유럽연합 (European Union, EU)', '미국 국립독성프로그램 (National Toxicology Program, NTP)', '미국 환경청 (Environmental Protection Agency)', '미국정부산업위생전문가협회 (American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH)' 등에서는 각 기구의 목적 및 성격에 따른 분류기준 및 목록을 제공하고 있다. 다음 <표 1>은 각 기구별 분류기준 및 특징을 요약한 것이다.

<표 1> 국제적 발암성물질 분류 기준 및 특징

국제적 기구	특징	분류기준 및 기타
국제암연구소 (IARC)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ WHO 산하기구, 가장 널리 통용되는 발암성물질 분류시스템 ▪ 역학연구/동물실험 기초, 전문가 의견반영 5개 그룹으로 분류 ▪ CAS번호 부여/미부여 물질 동시 수록 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Group1 : 인체발암성물질(definitely carcinogenic to humans) ▪ Group2A : 인체발암추정물질(probably carcinogenic to humans) ▪ Group2B : 인체발암가능물질(possibly carcinogenic to humans) ▪ Group3 : 인체발암성 비분류 물질(not classifiable as to carcinogenicity to humans) ▪ Group4 : 인체 비발암성 추정물질(probably not carcinogenic to humans)
유럽연합 (EU)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 유럽공동체 시장내에서 유통되는 유해물질의 분류,포장,라벨링 기준 통일을 위해서 시작 ▪ 발암성물질을 3개 그룹으로 분류, 분류된 물질은 모두 발암성 물질(총 1178종) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Car.Cat.1 : 인간 발암성이 알려진 물질 ▪ Car.Cat.2 : 인간 발암성이 있다고 간주되는 물질 ▪ Car.Cat.3 : 인간에 대한 발암 관련성 정보가 충분하지는 않지만 발암성이 있다고 우려되는 물질
미국산업위생사협회 (ACGIH)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 근로자들에게 발암성 위험을 갖는 물질/공정에 관심을 갖고 5단계로 분류 ▪ 발암성물질 3 그룹과 비발암성물질 2 그룹 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A1 : 사람에 대한 발암성 확인물질(confirmed human carcinogen) ▪ A2 : 사람에 대한 발암성 의심물질(suspected human carcinogen) ▪ A3 : 동물에 대한 발암성 물질(animal carcinogen) ▪ A4 : 발암성물질로 분류되지 않는 물질(not classifiable as a carcinogen) ▪ A5 : 사람에 대해 발암성으로 의심되지 않는 물질(not suspected as a human carcinogen)
미국 국립독성프로그램 (NTP)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 미국 보건복지부 산하, 2년마다 보고서 발간 ▪ 분류된 물질은 모두 발암성물질(총 245 종) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ K : 인간발암성이 알려진 물질(known to be human carcinogen) ▪ R : 합리적으로 인간발암성이 예상되는 물질(reasonably anticipated to be human carcinogen)

표 1 국제적 발암성물질 분류 기준 및 특징 (계속)

국제적 기구	특징	분류기준 및 기타
화학물질의 분류 및 표지에 관한 국제조화시스템(GHS)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1992년 UN에서 채택. ▪ 화학물질의 체계적 분류와 유해위험 정보전달의 세계적 통일을 도모. ▪ 발암성물질을 1급(1A, 1B), 2급으로 구분(3등급) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1급 : 인체발암성물질 또는 발암성추정물질 <ul style="list-style-type: none"> - 1A급 : 사람에 발암성이 있다고 알려져 있음 (주로 사람에서의 증거에 의함) - 1B급 : 사람에 발암성이 있다고 추정됨 (주로 동물에서의 증거에 의함) ▪ 2급 : 인체발암성 의심물질
미국환경청 (EPA)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 자체 기준에 의한 발암성물질 분류 실시 ▪ IARC, EU, GHS 등과 분류체계가 유사 ▪ 발암성물질 4개 군, 비발암성물질 2개 군 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Group A : 사람에 대한 발암물질(human carcinogen) ▪ Group B : 사람에 대한 발암가능성이 높은 물질(probable human carcinogen) <ul style="list-style-type: none"> - B1 : 사람에 대해 제한적인 역학적 증거가 있는 물질(limited evidence) - B2 : 동물실험에서의 충분한 증거(sufficient evidence)는 있지만, 인체에서의 부적절한 증거 또는 증거가 없는 물질 ▪ Group C : 사람에 대한 발암가능성이 있는 물질(possible human carcinogen) ▪ Group D : 사람에 대한 발암성 물질로 분류할 수 없는 물질 (not classifiable as to human carcinogenicity) ▪ Group E : 사람에 대한 비발암성 물질 (evidence of noncarcinogenicity for humans)

2. 물리적 위험성

산업안전 혹은 산업위생 관점에서 근로자에게 피해를 가할 수 있는 작업환경내의 위험성은 물리적, 생물학적, 화학적 그리고 인간공학적 위험성의 4가지로 구분할 수 있다. 이 중에서 물리적 위험성(physical hazards)은 사람과 위험기인물과의 직접적인 접촉없이 에너지의 이동이나 불안정한 상태(unsafe condition)에 의해 상해나 사망 등의 피해를 가할 수 있는 위험성을 지칭한다. 이러한 물리적 위험성에는 소음(noise), 진동(vibration), 질식(asphyxiation), 광선노출(high exposure to sunlight/ultraviolet ray), 기압장애(barotrauma) 등이 있다. 앞서 언급한 물리적 위험성은 안전보건적 광범위한 의미 이외에 화학물질의 또 다른 위험성을 표현하기 위해서 사용되기도 하는데, 대표적인 예가 「화학물질의 분류·표지에 관한 세계조화시스템 : Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals(GHS)」이다. GHS는 화학물질의 성상과 위험경고의 방법을 세계적으로 통일하기 위한 체계로 1992년 유엔환경개발회의(UNCED)에서 의제로 채택, 2002년 유엔지속가능발전 세계정상회의(WSSD)에서 합의하고, 2003년 UN에서 GHS 기준이 채택되었다.

GHS에서는 화학물질의 위험성을 물리적 위험성(physical hazards) 16가지, 건강유해성(health hazards) 10가지, 환경유해성(environmental hazards) 1가지로 분류하고 있으며, 앞으로 본 보고서에서 언급되는 물리적 위험성은 GHS에서 규정하고 있는 화학물질의 물리적 위험성을 의미한다. GHS에 의한 물리적 위험성의 분류는 유엔위험물운송전문가위원회(UNCETDG : United Nations Committee of Experts on the Transport of Dangerous Goods)와 국제노동기구(ILO)의 관련 전문가 작업반에 의해 작성되었으며, 분류를 위한 시험법은 기본적으로 유엔위험물운송권고안(UNRTDG : UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods)에 기초하고 있다.

<표 2> GHS에 의한 물리적 위험성 정의 및 분류기준 요약

물리적 위험성	정의 및 분류 기준 요약
폭발성물질 /화약류	<ul style="list-style-type: none"> 자체의 화학반응에 따라 주위환경에 손상을 줄 수 있는 온도·압력 및 속도를 가진 가스를 발생시키는 고체/액체 또는 혼합물 UNRTDG에 의한 시험결과에 따라서 7가지 등급으로 분류
인화성가스	<ul style="list-style-type: none"> 20 °C, 표준압력 101.3 kPa에서 공기와 혼합 인화범위를 가지는 가스 공기와 13 % 이하에서 인화하거나, 인화하한과 관계없이 인화 상/하한의 차이가 12% 인 것?(Category 1) Category 1에 비해당하는 가스로 공기 중에서 인화범위를 갖는 가스
인화성 에어로졸	<ul style="list-style-type: none"> 인화성액체, 인화성가스, 인화성고체와 같이 인화성 성분을 포함한 에어로졸 인화성성분함량 > 85 %이고 연소열 > 30 kJ/g OR 75cm 이상 거리에서 점화시켰을 때 발화 (Category 1) 연소열 > 20 kJ/g OR 연소열 < 20 kJ/g 이면서, 15 cm이상에서 점화에서 발화 연소열 < 20 kJ/g 이면서, 밀폐공간발화 시 발화시간 < 300 sec/m³ 포연밀도 < 900 g/m³ (Category 2)
산화성가스	<ul style="list-style-type: none"> 산소를 발생시켜 다른 물질의 연소가 더 잘 되도록 하거나 기여하는 물질 (산소가 23.5 % 이하로 포함된 인공적인 공기는 제외)
고압가스	<ul style="list-style-type: none"> 20 °C에서 200 kPaG 이상의 압력 혹은 냉동액화가스로 용기에 충전되어 있는 가스. (압축가스, 액화가스, 냉동액화가스, 용해가스)
인화성액체	<ul style="list-style-type: none"> 93 °C 이하의 인화점(flash point)을 가지는 액체 초기끓는점(initial boiling point)을 병용하여 4개 그룹으로 구분 Cat.1 : FP < 23 °C and IBP ≤ 35 °C, Cat.2 : FP < 23 °C and IBP > 35 °C Cat.3 : 23 °C ≤ FP ≤ 60 °C, Cat.4 : 60 °C < FP ≤ 93 °C
인화성고체	<ul style="list-style-type: none"> 쉽게 연소되거나 마찰에 의해 화재를 일으키거나 촉진 할 수 있는 물질 성냥불과 같은 착화원과 짧은 시간 접촉으로 쉽게 불타거나 급속히 화염을 전파하는 분말, 과립상 혹은 페이스트의 물질 Cat.1 : 습윤 부분이 연소를 중지시키지 못하고, 연소시간 < 45 sec 혹은 연소속도 > 2.2 mm/sec (급속분말 이외) 연소시간 ≤ 5 min (급속분말) Cat.2 : 습윤 부분이 4분이상 연소를 중지시키고, 연소시간 < 45 sec 혹은 연소속도 > 2.2 mm/sec (급속분말 이외) 5 min < 연소시간 ≤ 10 min (급속분말)
자기반응성 물질 및 혼합물	<ul style="list-style-type: none"> 열적으로 불안정해서 산소 없이도 강한 발열 분해를 보이는 액체, 고체 및 혼합물, 폭발성물질/화약류, 유기과산화물, 산화성 물질은 이 분류에서 제외 type A부터 type G까지 7개 그룹으로 분류

<표 2> GHS에 의한 물리적 위험성 정의 및 분류기준 요약 (계속)

물리적 위험성	정의 및 분류 기준 요약
자연발화성 액체	<ul style="list-style-type: none"> • 적은 양으로 공기와 접촉하여 5분 안에 발화할 수 있는 액체 • 액체를 불활성 담체에 담거나, 여과지에 적하하여 공기와 접촉, 5분 이내에 발화하거나 여과지를 탄화시키는 액체
자연발화성 고체	<ul style="list-style-type: none"> • 적은 양으로 공기와 접촉하여 5분 안에 발화할 수 있는 고체
자기발열성 물질 및 혼합물	<ul style="list-style-type: none"> • 자연발화성 액체/고체가 아니면서 에너지의 공급 없이 공기와 반응하여 스스로 발열하는 물질이나 혼합물 • 상대적으로 많은양(kg)과 오랜시간(hr or day) 이 자연발화와 틀림. • UNRTDG N.4 시험방법에 따라서 cat. 1과 cat. 2로 구분
물반응성 물질 및 혼합물	<ul style="list-style-type: none"> • 물과 접촉하여 인화성 가스를 방출하는 물질 혹은 혼합물을 의미 • 물과 상호반응하여 자연발화하거나 위험한 수준의 인화성 가스를 방출 • UNRTDG N.5 시험방법에 따라서 cat. 1, cat. 2, cat. 3 로 구분
산화성액체	<ul style="list-style-type: none"> • 물질 자체로서는 반드시 가연성을 가지지 않지만, 산소를 발생하여 다른 물질의 연소를 야기하거나 돕는 액체물질 • UNRTDG O.2 시험방법에 따라서 cat. 1, cat. 2, cat. 3 로 구분 • 셀룰로스와 표준물/시험물 혼합물의 압력상승 시간을 비교하여 구분
산화성고체	<ul style="list-style-type: none"> • 물질 자체로서는 반드시 가연성을 가지지 않지만, 산소를 발생하여 다른 물질의 연소를 야기하거나 돕는 고체물질 • UNRTDG O.1 시험방법에 따라서 cat. 1, cat. 2, cat. 3 로 구분 • 셀룰로스와 표준물/시험물 혼합물의 연소시간을 비교하여 구분
유기과산화물	<ul style="list-style-type: none"> • 1개 혹은 2개의 수소 원자가 유기라디칼에 의하여 치환된 과산화수소 유도체 • 열역학적으로 불안정하며, 폭발적으로 분해하기 쉽고, 급속히 연소, 충격/마찰에 민감하고, 다른 물질과 반응 위험성이 큼. • type A부터 type G까지 7개 그룹으로 분류
금속부식성 물질	<ul style="list-style-type: none"> • 화학적인 작용으로 금속을 손상 혹은 파괴하는 물질 • 55 °C에서 강철 혹은 알루미늄의 부식속도 > 6.25 mm/yr 인 물질

※ GHS에서 물질의 상(phase)의 구분

가스 : 50 °C에서 증기압이 절대압으로 300 kPa을 초과하는 물질로, 20 °C, 101.3 kPa에서 완전히 가스 형태로 존재하는 물질

액체 : 50 °C에서 증기압이 절대압으로 300 kPa을 넘지않고, 20 °C, 101.3 kPa에서 완전한 가스로 존재하지 않고, 101.3 kPa에서 녹는점이 20 °C 이하인 물질

고체 : 위에서 언급한 가스 및 액체가 아닌 물질로 분말, 과립, 페이스트, 섬유상 등의 다양한 형태를 가짐.

Ⅲ. 노출기준 대상물질의 물리화학적 특성 정보

앞서 살펴본 바와 같이 화학물질의 물리적 위험성은 해당 물질의 물리화학적 특성과 밀접하게 관련되어 있으며, 관련 위험성을 분류함에 있어서도 UNRTDG 시험결과와 함께 중요한 데이터로 활용된다. 이러한 물리화학적 특성은 일반적으로 물질안전보건자료(MSDS)의 형태로 해당 화학물질과 함께 유통되며, 화학물질을 사용하는 근로자는 MSDS에 기재되어 있는 데이터로부터 관련 정보를 획득하게 된다. 따라서 본 장에서는 노출기준 대상물질 중에서 발암성물질로 분류된 화학물질들에 대한 MSDS 내용을 국내외 관련 데이터베이스를 활용한 조사를 통하여, 물리적위험성과 관련된 물리화학적 특성관련 정보의 제공 현황 및 데이터베이스간 상이성 등을 검토하였다.

1. 노출기준 대상물질에 대한 국내 DB 조사

1) 조사대상 물질 및 활용데이터베이스

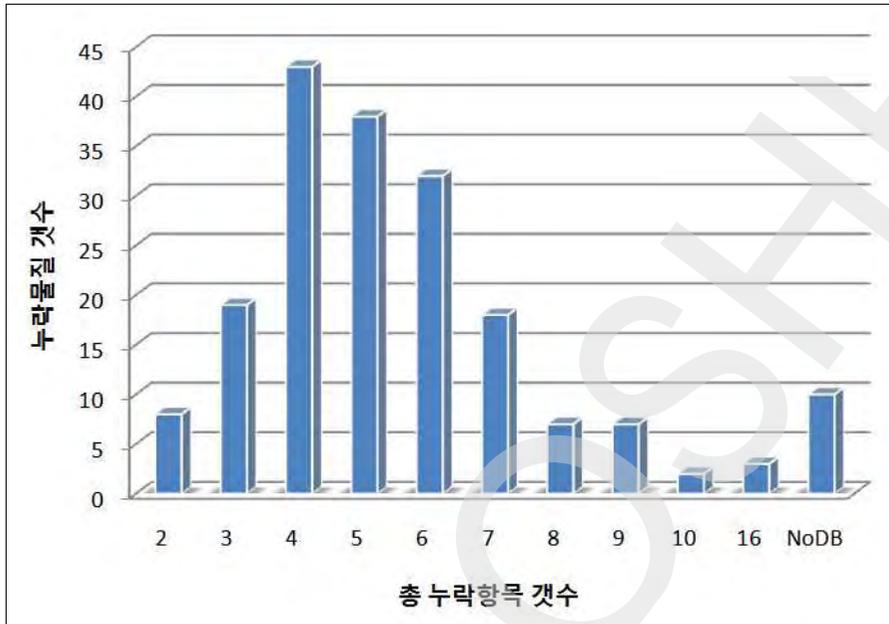
2011년 개정된 고용노동부 고시에서 노출기준 설정물질은 총 728종이고, 이중 동종 물질이거나 중복되는 물질을 제외하고 발암성물질로 규정된 물질(1A, 1B, 2)은 187종이며, 데이터베이스 검색이 불가능한 13개 물질을 제외한 174종을 조사대상 물질로 선정하였다. 제외된 13개 물질을 살펴보면 CAS No. 가 등재되어 있지 않는 물질이거나, 용접 흠 및 분진, 광물털 섬유, 내화성 세라믹 섬유 등과 같이 해당물질의 특성을 특정화시키기 곤란한 경우가 10종이었으며, CAS No.는 있으나 물리화학적 특성과 관련된 정보를 제공하지 않는 물질(니켈 화학물)이 3종이었다.

최근에는 화학물질 관련 정보를 인터넷 등을 통하여 쉽게 얻을 수 있는데

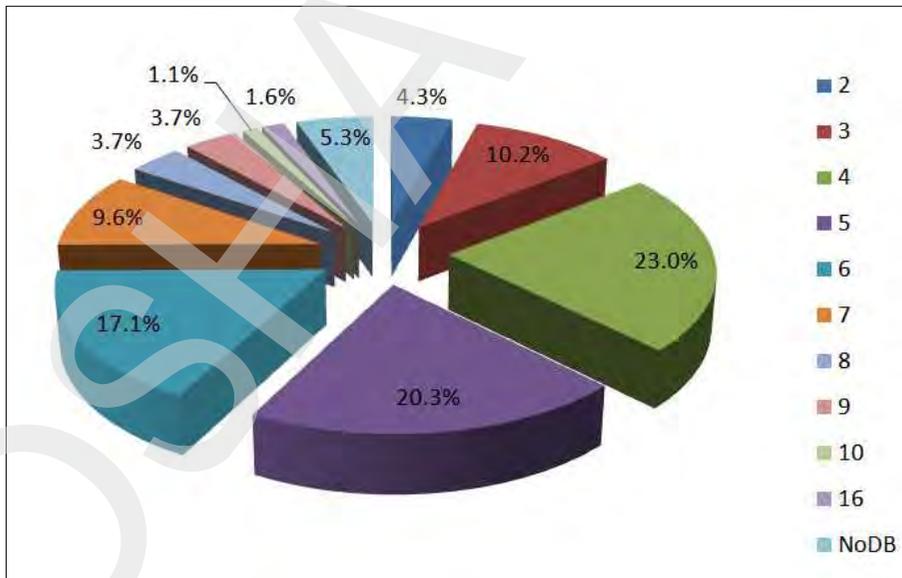
환경부의 「화학물질정보포털서비스(<http://ncis.nier.go.kr/>)」, 「화학물질안전관리센터(<https://ccsms.nier.go.kr/>)」와 소방방재청의 「국가위험물정보시스템(<http://www.nema.go.kr/hazmat/main/main.jsp>)」 그리고 「한국산업안전보건공단의 K-CIC(KOSHA Chemical Information Center (<http://www.kosha.or.kr/bridge?menuId=69>))」가 대표적이다. 이 중에서 K-CIC는 한국산업안전보건공단이 1995년 미국 MDL사의 MSDS DB를 한글화에서 시작하여 구축된 화학물질관련 데이터베이스로 2010년 기준 11,377종에 대한 정보를 제공하고 있으며, 본 연구에서는 발암성물질의 물리화학적 특성 조사를 위한 국내 데이터베이스로 K-CIC를 활용하였다.

2) 조사결과

화학물질의 물리적 위험성과 관련되어 MSDS에 기재되는 정보에는 「2. 유해성·위험성」 부분의 NFPA 지수와 「9. 물리화학적 특성」 부분의 인화점 등 19개 항목이 있다. 본 조사는 대상 물질에 대하여 NFPA 지수와 외관, 냄새, 냄새역치를 제외한 16개 물리화학적 특성에 대하여 MSDS 내용을 조사 검토하였다. [그림 1]은 K-CIC에서 제공하는 MSDS를 활용하여 16개 물리화학적 특성에 대한 정보제공 현황을 조사한 것이다. 전체대상 물질 187종 중에서 MSDS를 제공하지 않는(No DB로 표기) 물질 10종을 포함하여 정보의 누락이 없는 물질은 없었다. 최소 2개의 누락을 보인 물질이 8종이었으며, 전체 물질의 11%인 19개 물질에서 50% 이상인 8개 이상의 항목에 대한 물리화학적 특성 정보가 누락되었다. 이 중에서 전체 항목인 16개 항목에 대한 정보가 누락된 3개 물질은 니켈계열의 금속물질로 Cas no.는 등재되어 있어 K-CIC에서 MSDS를 제공하기는 하지만, 관련 물리화학적 특성 정보는 제공되지 않았다.



[그림 1] 발암성 물질에 대한 K-CIC 분석결과 - 물리화학적 특성 정보 누락현황

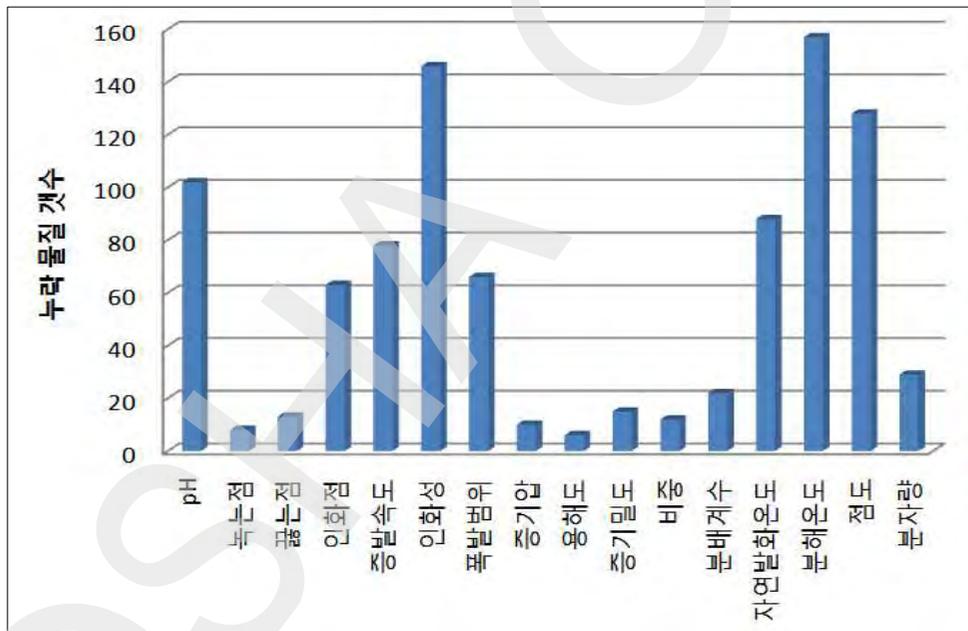


[그림 2] 발암성 물질에 대한 K-CIC 분석결과 - 물리화학적 특성 정보 누락현황

<표 3> 발암성 물질의 물리화학적 특성치 별 정보 누락[K-CIC]

항목	pH	녹는점	끓는점	인화점	증발 속도	인화성 ²⁾	폭발 범위	증기압
개수	102	8	13	63	78	146	66	10
비율 ³⁾ [%]	10.82	0.85	1.38	6.68	8.27	15.48	7.00	1.06

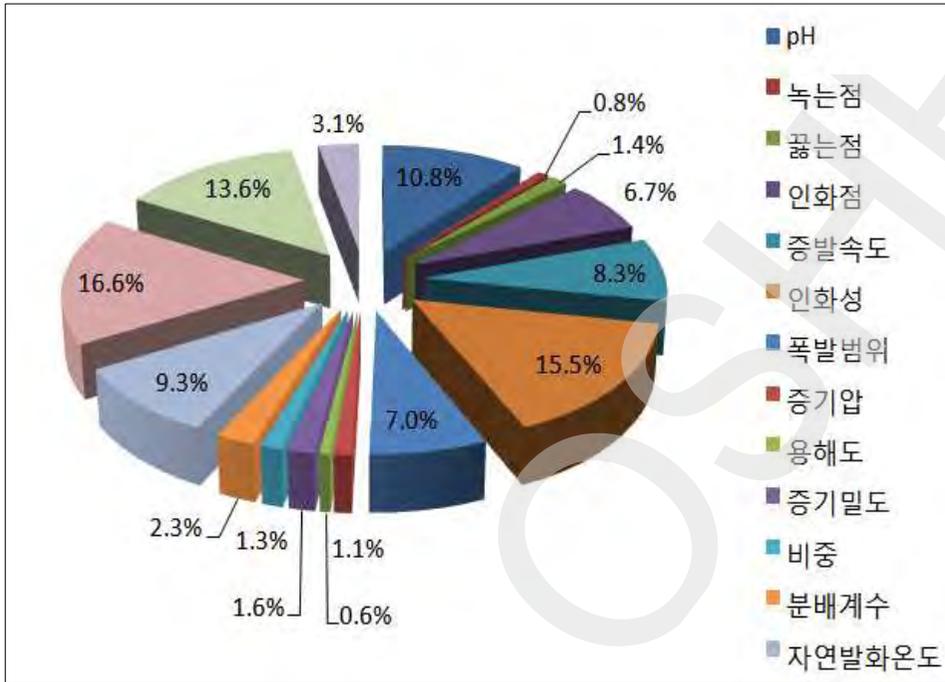
항목	용해도	증기 밀도	비중	분배 계수	자연발 화온도	분해 온도	점도	분자량
개수	6	15	12	22	88	157	128	29
비율[%]	0.64	1.59	1.27	2.33	9.33	16.65	13.57	3.08



[그림 3] 발암성 물질에 대한 K-CIC 분석결과 - 물리화학적 특성별 정보누락

2) GHS 분류기준에 의한 고체/기체에 대한 인화성으로 자세한 사항은 [표 2] 참조

3) 전체 누락 항목 943개에 대한 각 특성치별 누락 비율



[그림 4] 발암성 물질에 대한 K-CIC 분석결과 - 물리화학적 특성별 정보누락

<표 3>과 [그림 3,4]는 MSDS 정보를 입수할 수 있는 174종에 대하여 물리화학적 특성 별로 누락된 정보의 현황을 나타낸 것으로 누락비율은 전체 누락 항목 943개에 대한 비율을 나타내는 것으로 16개 항목 중에서 분해온도가 약 16.65 % (157개 물질)로 가장 높은 누락율을 보였으며, 인화성 15.48 % (146개 물질), 점도 13.57 % (128개 물질), pH 10.82 % 등의 순으로 나타났다. 이 결과는 MSDS상에 “해당 안됨” 혹은 “없음”으로 기재된 것이 아닌 “자료 없음”으로 기재된 것이다. <표 4>는 이러한 “해당 안됨”이나 “없음”으로 기재된 항목 까지 포함하여 각 항목별 정보가 미기재된 물질수와 174종에 대한 각 항목의 누락 비율을 나타낸 것이다.

<표 4> 발암성 물질의 물리화학적 특성치 별 정보 누락(“해당없음 및 없음” 포함) [K-CIC 분석결과]

항목	pH	녹는점	끓는점	인화점	증발속도	인화성	폭발범위	증기압
개수	163	10	20	64	156	155	68	19
비율 ⁴⁾ [%]	93.7	5.7	11.5	36.8	89.7	89.1	39.1	10.9
항목	용해도	증기밀도	비중	분배계수	자연발화온도	분해온도	점도	분자량
개수	6	56	13	32	89	158	128	29
비율[%]	3.4	32.2	7.5	18.4	51.1	90.8	73.6	16.7

일반적으로 MSDS에 정보를 기재함에 있어서 “해당 안됨” 이나 “없음”은 해당 물질의 관련 물리화학적 특성치를 측정할 수 없거나 관련 특성값을 나타내지 않는 경우를 의미한다. 금속물질에 대한 증기압이나 고체 물질에 대한 점도 등이 대표적인 경우이다. 그러나 일부 물질에서 관련 특성치가 표기될 수 있음에도 “해당 안됨” 이나 “없음”으로 표기된 경우가 있어서⁵⁾ <표 4>에는 모든 것을 누락 비율에 포함 시켰다. <표 3>과 비교하였을 경우 “증발속도”와 같은 일부 항목을 제외하고 큰 차이는 없음을 알 수 있다. 중요한 것은 일부 항목에서 174개 물질 중 50 % 이상의 물질에서 정보가 제공되지 않고 있으며, 특히 이러한 항목에는 물리적 위험성과 관련된 분해온도, 자연발화온도 등이 포함되어 있다. 좀 더 구체적으로는 전체 누락 항목 943개 중 약 55 % 에 해당되는 부분이 물리적 위험성과 관련된 항목이었다.

4) 조사 대상물질 174종에 대한 각 물리화학적 특성치의 누락 비율

5) 모든 물질이 해당되지는 않으나, 예를 들면 액체의 경우 인화점과 끓는점이 존재하는 경우 증발이 있기 때문에 “없음” 보다는 “자료없음”으로 기재하는 것이 타당함.

2. 노출기준 대상물질의 외부DB 검토

1) 조사대상 물질 및 활용데이터베이스

앞서 실시한 국내 MSDS DB 조사결과를 바탕으로 총 187개 대상 물질 중에서 시험에 의한 검증이 불가능한 48종을 제외한 139종에 대하여 외부 DB를 활용하여 물리화학적특성 값에 대한 조사를 실시하였다. 검토대상에서 제외된 물질은 상온에서 기체 상태로 존재하는 물질이거나, 혼합물의 형태를 보이는 물질로 대표성이 떨어지는 물질, 일반적으로 취급이 제한되는 물질 그리고 최종 점검을 위한 시험장비의 측정한계를 초과하는 물질들이었다. 예를 들면, 우라늄, 부탄, 아스팔트 흙, 액화석유가스 등을 들 수 있다. 조사를 위해 활용한 외부 DB를 <표 5>에 나타내었다.

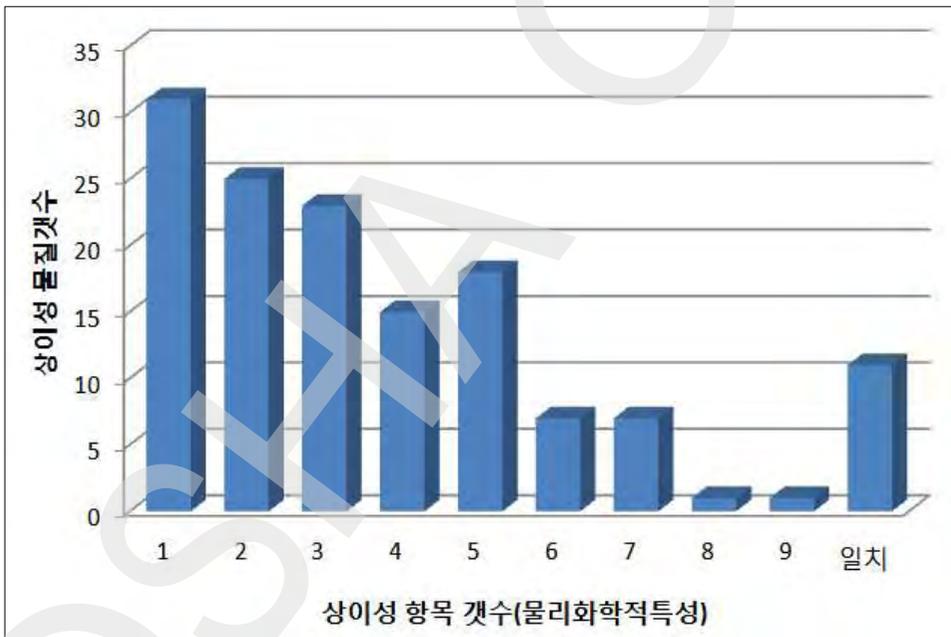
<표 5> 발암성 물질의 물리화학적 특성 조사를 위한 외부DB

명칭	Web주소
ESPI Metal	http://www.espimetal.com/index.php/msds
Oxford University	http://msds.chem.ox.ac.uk/newcas.html
IPCS INCHEM	http://www.inchem.org/pages/search.html
TOMES PLUS	http://csi.micromedex.com/Login.asp
SigmaAldrich MSDS	http://www.sigmaaldrich.com/catalog/AdvancedSearchPage.do

상기 DB 중 “IPCS INCHEM”은 국제화학물질안전계획(International Program on Chemical Safety)의 일환으로 운영되는 DB로서 국제 기구에 등록된 화학물질안전 관련 간행물과 데이터 베이스를 검색 할 수 있으며, 웹상에서 자유롭게 사용 가능하다. IPCS는 세계보건기구(WHO)가 관리기관으로 화학물

질의 노출에 의한 사람의 건강 및 환경에의 위험도(risk)를 평가하며, UNCED, IOMC, IFCS를 비롯하여 화학물질 안전과 관련된 몇몇의 비정부 조직들은 물론이고, 유럽공동체와도 긴밀한 협조를 이루고 있다. "TOMES PLUS"는 화학물질 안전관리에 필수적인 의학, 환경 및 산업안전 관련 정보제공하는 DB로 MICROMEDEX 사에서 자체 구축 혹은 라이선스를 가진 광범위한 데이터베이스들로 구성되어 있으며 IPCS와 달리 검색을 위한 별도의 인증 절차가 필요하다.

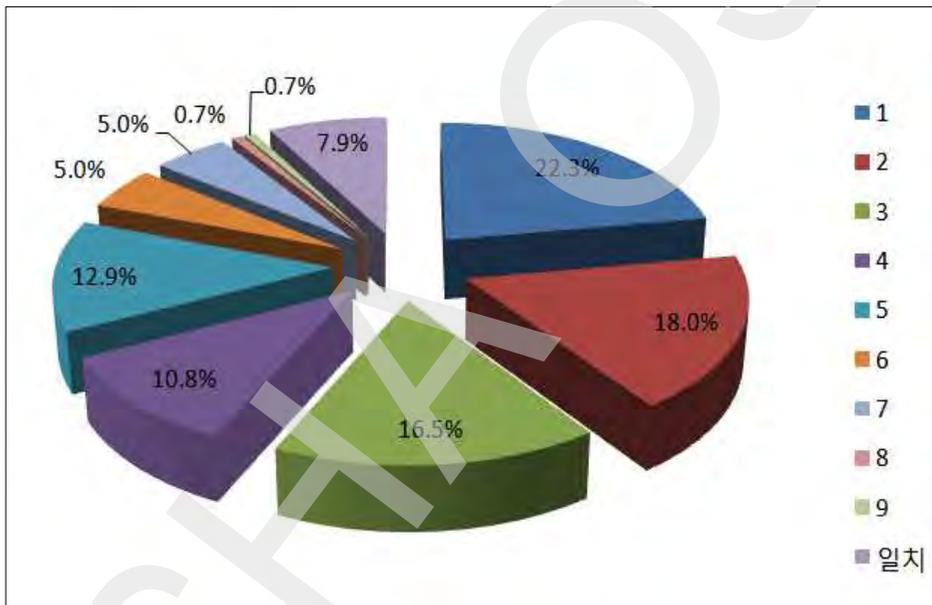
2) 조사결과



[그림 5] 국외 MSDS DB를 활용한 물리화학적 특성 교차검증 -K-CIC 조사 결과와 상이성 정도

[그림 5]와 [그림 6]은 <표 5>에서 언급한 DB들을 활용하여 물리화학적 특성 분야에 대한 DB간 제공 정보의 상이성 발생 항목의 개수를 나타낸 것이다.

조사결과 대상물질 139종 중 11개 물질만이 전체 물리화학적 특성에서 일치했을 뿐 그 정도의 차이는 있으나 나머지 128종에서는 최소 1개 이상의 항목에서 DB간 정보가 상이한 결과를 보였다. 구체적으로 1개 항목에서 상이성을 보인 물질이 31개, 2개 항목에서 상이성을 보인 것이 25개 물질, 3개 항목에서 상이성을 보인 것이 23개 물질이었다. 그리고 15개 물질에서 4개 항목이 상이성을 보였으며, 5개 항목에서 상이성을 보인 물질이 18개, 6개/7개 항목에서 상이성을 보인 물질이 각각 7개, 8개/9개 항목에서 상이성을 보인 물질이 각 1개씩이었다.



[그림 6] 국외 MSDS DB를 활용한 물리화학적 특성 교차검증 - 국내 DB 조사 결과와 상이성 정도

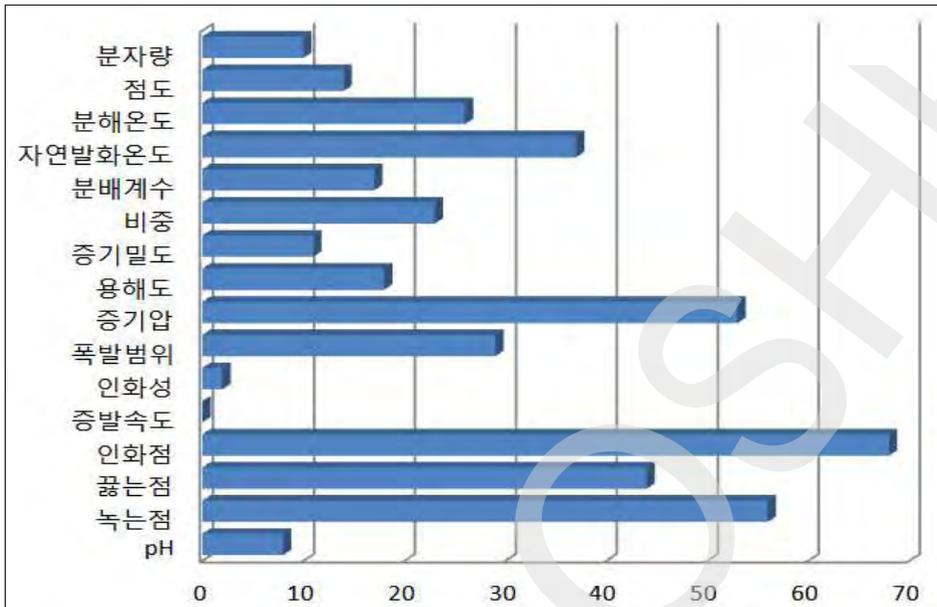
<표 6>, [그림 7] 과 [그림 8]은 국내 DB와 조사대상 국외DB간에 제공하는 정보의 차이가 발생한 것을 16개 물리화학적 특성별로 나타낸 것이다. 16개 항목 중 DB간 제공 정보의 상이성이 가장 높은 것은 인화점으로 68개 물질(16.3%)이 데이터에 차이가 있었으며, 녹는점이 56개 물질(13.5%)에서 상이한 결과

를 나타냈었으며, 증기압이 53개 물질(12.7 %)에서 상이한 결과를 보였다.

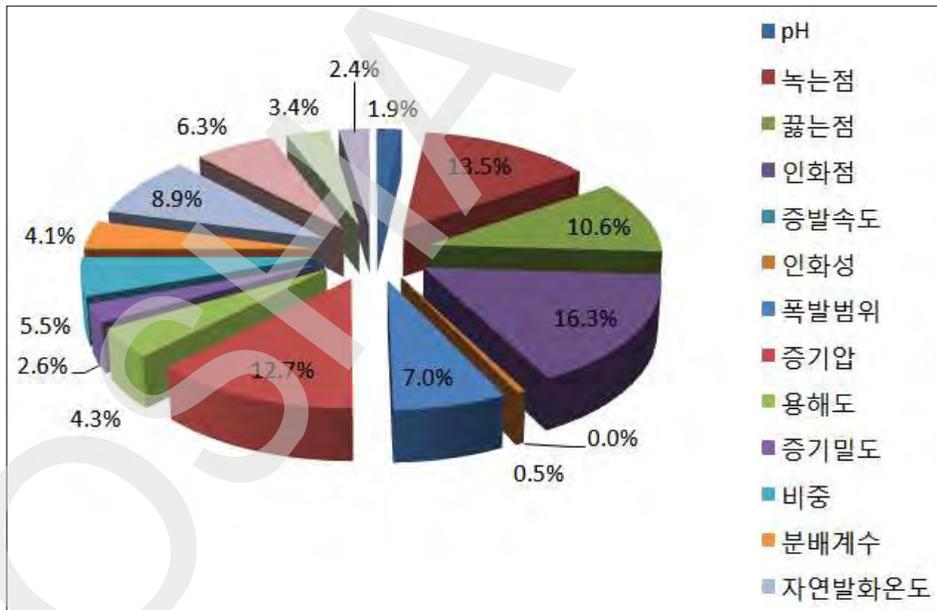
<표 6> 발암성 물질 물리화학적 특성의 국내외 DB간 상이성

항목	pH	녹는점	끓는점	인화점	증발 속도	인화성	폭발 범위	증기압
개수	8	56	44	68	0	2	29	53
비율[%]	1.9	13.5	10.6	16.3	0.0	0.5	7.0	12.7
항목	용해도	증기 밀도	비중	분배 계수	자연발 화온도	분해 온도	점도	분자량
개수	18	11	23	17	37	26	14	10
비율[%]	4.3	2.6	5.5	4.1	8.9	6.3	3.4	2.4

이러한 결과는 조사대상 국내외 DB간 상이성을 나타내는 것으로 그 세부적인 내용을 살펴보면 해당 물리화학적 특성값 자체에 차이가 있는 경우도 있으며, 국내 DB에서 “자료 없음”으로 표기된 항목이 국외 DB에서 정보를 제공하는 경우도 있었다. 이러한 경우의 대표적인 예가 증발속도와 분자량인데, 증발속도의 경우 상이성이 “0”으로 표현되어 전부 일치한다는 의미로 해석될 수 있으나, 실제로는 상이성이 없는 것이 아니고, 국내 DB 및 외부 DB에 관련 자료가 없어서 상호 교차 검증이 불가능한데에 기인한다. 분자량은 국내 DB에 “자료 없음”으로 표기된 항목이 국외DB에서는 제공된 결과를 반영한 했기 때문에 상이한 것으로 표현되었다. 제공된 정보의 정확성 뿐 아니라 정보의 제공여부에 대한 부분도 중요하기 때문에 위에서 언급한 ‘DB간 상이성’은 이러한 두 가지 경우를 모두 포함한 것이다. 일부 물리화학적 특성의 경우는 측정방법에 따라서 상이한 결과가 발생할 수 있기 때문에 상이성이 많이 발생하였다고 해서 조사 대상 DB간 신뢰성에 문제를 제기할 수는 없으며, 필요한 경우 편차가 큰 항목에 대해서는 시험 등의 실제적인 평가를 통해서 검증 할 필요가 있다.



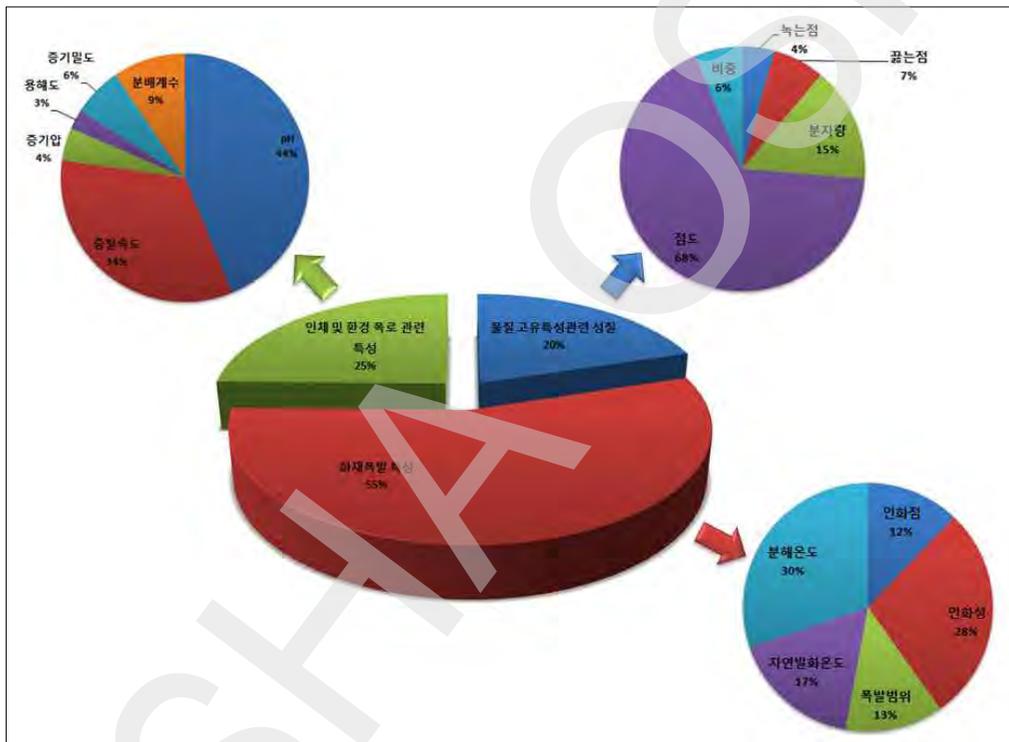
[그림 7] 국외 MSDS DB를 활용한 물리화학적 특성 교차검증
-국내 DB 조사 결과와 상이성 정도



[그림 8] 국외 MSDS DB를 활용한 물리화학적 특성 교차검증
-국내 DB 조사 결과와 상이성 정도

3. DB 검토 결과의 분석

앞서 조사한 발암성 물질의 물리화학적 특성에 대한 국내외 DB검토 결과를 해당 물질의 물리적 위험성 평가 관점에서 재분석하였으며, [그림 9]는 그 결과를 나타낸다.



[그림 9] 국외 MSDS DB를 활용한 물리화학적 특성 교차검증
-국내 DB 조사 결과와 상이성 정도

일반적으로 물질안전보건자료에 기재되는 물리화학적 특성은 해당 특성치의 발현과 정보의 활용 관점으로 구분할 수 있는데, 본 연구에서는 화학물질의 위험성 관점에서 크게 3개 그룹으로 구분하였다. 첫 번째는 “물질 고유 특성 관련 성질”로 주로 물질 자체의 성질과 관련된 것으로 녹는점, 끓는점, 분자량,

점도 그리고 비중이 이 그룹에 해당되며, 두 번째는 “폭로관련 특성”으로 해당 물질이 인체 또는 환경에의 폭로 가능성 및 미치는 영향의 정도와 관련된 특성으로 수소이온농도, 증발속도, 증기압, 용해도, 증기밀도 및 분배계수가 이 그룹에 해당된다. 그리고 마지막 세 번째 그룹은 “화재폭발 특성”으로 화학물질의 물리적 위험성과 관련된 특성으로 인화점, 인화성, 폭발범위, 자연발화온도 및 분해온도가 이 그룹에 해당된다. 발암성 물질에 대한 국내외 DB간 상이성 검토 결과를 앞서 언급한 3개의 그룹으로 구분하는 경우, [그림 9]에서 보는 바와 같이 화재폭발 특성이 약 39 %, 물질고유 특성관련 성질이 약 35 % 그리고 인체 및 환경 폭로 관련특성이 약 26 %로 나타났으며, 상대적으로 화재폭발 특성관련 항목에서 상이성이 높음을 알 수 있었다.

IV. 물리화학적 특성 및 물리적 위험성 시험 평가

1. 시험대상 물질 및 항목의 선정

앞서 살펴본 바와 같이 조사대상 발암성 물질의 물리화학적 특성에 대한 정보제공 현황 검토 결과, 국내 DB 조사의 경우 물리적 위험성과 관련된 항목의 누락 비율이 50 %를 넘었으며, 국외 DB를 이용한 조사에서도 화재폭발 특성 부분이 가장 높은 39 %의 상이성을 보였으며, 이에 대한 추가적인 평가가 필요할 것으로 판단된다. 그러나 제한된 시간에 전체 조사대상 물질에 대하여 누락된 물리화학적 특성 및 물리적 위험성 평가를 실시하는 것은 불가능하기 때문에 대상 물질에 대한 우선순위를 정하여 평가 대상 물질을 선정하였다. 우선순위를 결정하기 위한 기준은 화학물질의 물리적 위험성과 연관성이 높고 거의 모든 물질안전보건자료(MSDS)에서 제공하는 NFPA지수를 선정하였다. 이 NFPA 지수는 화학물질의 물리적 위험성을 나타내는 또 다른 지표로 활용되고 있다. 따라서 발암성물질에 대한 NFPA 지수 분석 결과 및 물질 선정결과를 설명하기에 앞서 정보 제공의 관점에서 NFPA 704 코드에 대해서 간략하게 설명하고자 한다.

1) NFPA INDEX

미국국제화재방제청(National Fire Protection Association)에서는 응급대응 시 물질의 위험성을 규정하기 위한 표준 시스템으로 코드 「NFPA 704 : Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response」를 만들었으며, 건강, 화재, 반응 그리고 기타(물반응성, 방사선) 위험성에 대하여 등급을 통상 화재다이아몬드(fire diamond)로 불리는

표식(symbol)에 표기하고 있다. 일반적으로 물질안전보건자료에서 「2. 유해·위험성」의 「다. 유해성·위험성 분류기준에 포함되지 않는 기타 유해성·위험성」에 기타 위험성을 제외한 3가지 위험성에 대한 등급(5 등급)을 표시하고 있으며, 통상 NFPA 지수라고 지칭한다.

(1) 건강지수(health hazards)

건강지수는 화재 및 다른 재해 상황에서 유해물질에 노출되었을 때의 위험성을 설명하는 것이며, 화재의 열 및 폭발의 충격 등에 의한 유해성은 고려 대상이 아니다. 그리고 화재진압을 위한 비교적 짧은 시간(수 초에서 한 시간) 동안의 급성 노출에 의한 위험성을 나타내는 것으로 본질적인 물질의 물리적 혹은 독성 특성만을 고려하여 등급을 결정하며 접촉(피부), 흡입(호흡기), 섭취(구강)에 의한 급성노출에 기인하는 직/간접적, 일시적/영구적 장애를 야기시킬 수 있는 위험성을 나타낸다. 자세한 등급 및 결정 기준은 <표 7> 와 같다.

<표 7> NFPA의 건강지수 등급 및 결정 기준

등급	결정 기준
4	<ul style="list-style-type: none"> · 재해 발생 상황에서 치명(lethal)적인 물질 · 급성 흡입독성 LC50이 1000 ppm 이하인 가스, · 20 °C 포화증기농도 $\geq 10 \times$ 급성흡입독성 LC50(≤ 1000 ppm)인 액체 · 급성흡입독성 LC50 ≤ 0.5 mg/L인 분체 및 미스트 · 급성경피독성 LD50 ≤ 40 mg/kg인 물질 · 급성경구독성 LD50 ≤ 5 mg/kg인 물질
3	<ul style="list-style-type: none"> · 재해발생시 심각하거나(serious) 영구적인(permanent) 상해(Injury)을 주는 물질 · 급성 흡입독성 $1000 \text{ ppm} < \text{LC50} \leq 3000 \text{ ppm}$ 이하인 가스, · 20 °C 포화증기농도가 급성흡입독성 LC50(≤ 3000 ppm)보다 크거나 같은 액체 or Grade 4를 만족하지 않는 액체 · 급성흡입독성 $0.5 \text{ mg/L} < \text{LC50} \leq 2 \text{ mg/L}$ 인 분체 및 미스트(미스트에 대한 정의) · 급성경피독성 $40 \text{ mg/kg} < \text{LD50} \leq 200 \text{ mg/kg}$ 인 물질 · 급성경구독성 $5 \text{ mg/kg} < \text{LD50} \leq 50 \text{ mg/kg}$ 인 물질 · 호흡기(기도) 혹은 눈에 부식성(corrosive)이 있거나, 눈에 비가역적(irreversible) 손상을 주는 물질, 피부에 심각한 자극(irritating)을 주거나 손상시키는 물질

2	<ul style="list-style-type: none"> · 재해발생시 일시적 장애(incapacitation) 및 잔존 상해(Residual injury)를 주는 물질 · 급성 흡입독성 3000 ppm < LC50 ≤ 5000 ppm 이하인 가스, · 20℃ 포화증기농도가 급성흡입독성 LC50(≤ 5000 ppm)의 1/5보다 크거나 같은 액체 or Grade 3,4를 만족하지 않는 액체 · 급성흡입독성 2 mg/L < LC50 ≤ 10 mg/L 인 분체 및 미스트(미스트에 대한 정의) · 급성경피독성 200 mg/kg < LD50 ≤ 1000 mg/kg 인 물질 · 급성경구독성 50 mg/kg < LD50 ≤ 500 mg/kg 인 물질 · 호흡기(기도)에 자극성(irritating) 혹은 눈에 자극적이거나, 가역적 손상(reversible injury)을 주는 물질, 피부에 자극적이거나 민감한 물질
1	<ul style="list-style-type: none"> · 재해발생시 심각한 자극(irritation)을 주는 물질 · 급성 흡입독성 5000 ppm < LC50 ≤ 10000 ppm 이하인 가스 및 증기 · 급성흡입독성 10 mg/L < LC50 ≤ 200 mg/L 인 분체 및 미스트 · 급성경피독성 1000 mg/kg < LD50 ≤ 2000 mg/kg 인 물질 · 급성경구독성 500 mg/kg < LD50 ≤ 2000 mg/kg 인 물질 · 호흡기(기도), 눈, 피부에 약간의 자극이 있는 물질
0	<ul style="list-style-type: none"> · 재해발생시 일상적인 연소물 이외에 아무런 위험이 없는 물질 · 급성 흡입독성 LC50 > 10000 ppm 가스 및 증기 · 급성흡입독성 LC50 > 200 mg/L 인 분체 및 미스트 · 급성경피독성 LD50 > 2000 mg/kg 인 물질 · 급성경구독성 LD50 > 2000 mg/kg 인 물질 · 호흡기(기도), 눈, 피부에 자극적이지 않는 물질

(2) 화재지수(flammability hazards)

화재지수는 물질의 화재에 대한 민감성을 나타내는 지수로 물질이 특정 조건에서 연소가 발생할 수도 있고, 아닐수도 있기 때문에 물질 자체의 본질적인 특성, 형태 및 조건을 고려하며, 등급 및 결정기준은 <표 8>과 같다.

<표 8> NFPA의 화재지수 등급 및 결정 기준

등급	결정 기준
4	<ul style="list-style-type: none"> · 대기압 상온에서 빨리/완전히 증발하거나, 공기중으로 쉽게 확산하여 쉽게 타는 물질 · 인화성 가스, 인화성 극저온(cryogenic) 물질 · 인화점이 22.8 ℃ 이하이거나 끓는점이 37.8 ℃ 이하인 액체 혹은 가압하의 가스물질 · 공기와 접촉시 순간적으로 발화하는 물질

3	<ul style="list-style-type: none"> · 상온에서 인화될수 있는 액체 및 고체, 상온에서 공기와 위험한 혼합물을 형성해서 쉽게 인화될 수 있는 물질 · 인화점이 22.8 °C이하면서 끓는점이 37.8 °C이상인 액체 · 인화점이 22.8 °C이상이면서 끓는점이 37.8 °C 이하인 액체 · 물리적 형태 및 환경조건에 따라서 공기와 폭발성 혼합물을 형성하고 쉽게 공기 중으로 확산되는 물질 · 내재되어 있는 산소에 의해서 격렬하게 빨리 연소하는 물질
2	<ul style="list-style-type: none"> · 가열되거나 비교적 높은 주변온도에서 인화할 수 있는 물질, 일반적인 조건에서는 공기와 위험한 분위기를 형성하지 않으나, 높은 주변온도 및 가열에 의해서 공기와 위험한 분위기를 형성할 수 있는 충분한 증기를 발생시키는 물질 · 인화점이 37.8 °C 이상이고 93.4 °C 이하인 액체 · 공기와 폭발성 분위기를 형성하지 않으나 빠르게 연소하는 거친 입자(coarse dust)의 고체물질 · 섬유상 혹은 찢어진 형태로 빨리 연소하고 섬광성 화재를 발생하는 고체 물질 (면화, 마, 삼) · 인화성 증기를 발생시키는 고체 및 준고체물질
1	<ul style="list-style-type: none"> · 착화되기전에 가열되어야 하는 물질, 착화 / 연소되기 전에 충분한 사전가열이 필요함. · 815.5°C에 노출되었을 때 5분 혹은 그 안에 연소하는 물질 · 인화점이 93.4 °C이상인 액체, 고체, 준고체물질 · 인화점이 35 °C이상인 액체로 연소테스트에서 지속적인 연소를 보이지 않는 액체. · 인화점이 35 °C이상인 액체가 중량비로 85 % 이상 물에 용융(miscible)되어 있거나 혹은 섞여있거나 분산되어 있는 물질 · 끓는점 이상이거나, 상변화를 일으키는 온도 이상에서 COC 인화점 테스트에서 연소점(Fire point)을 보이지 않는 물질 · 일반적으로 연소가능한 물질
0	<ul style="list-style-type: none"> · 연소되지 않는 물질이거나 · 815.5 °C에서 5분동안 공기중에 노출되었을 때 연소하지 않는 물질

(3) 안정성(반응)지수(instability hazards)

NFPA 704에서 규정하는 안정성지수 혹은 반응성지수는 에너지 방출과 관련된 민감도의 결정과 관련된 것으로, 특정 물질들은 자가반응(self-reaction)이나 중합(polymerization)반응에 스스로 빠른 에너지 방출을 발생할 수 있으며,

화재시 사용되는 소화물질(물 혹은 기타물질)과 반응에 의해서 에너지를 방출할 수 있다. 불안정성 및 열적 안정성에 대한 판정기준은 별도로 규정하고 있다. 이 규격에서 불안정한 물질(unstable materials)이란 순수하거나 상업적으로 생산되는 물질로 온도, 압력, 충격에 의해서 격렬하게 중합, 분해, 응축, 자기반응 혹은 격렬한 화학적 변화를 보이는 물질을 말한다. 그리고 안정한 물질(stable materials)이란 화재 시에 공기, 열, 물에 노출되어도 화학적 조성이 변화되지 않는 물질을 지칭한다. 등급은 현상발생의 용이성(ease), 반응속도(rate) 및 방출되는 에너지양(amount of released energy)에 따라서 <표 9>와 같이 분류 될 수 있다.

<표 9> NFPA의 안정성(반응성)지수 등급 및 결정 기준

등급	결정 기준
4	<ul style="list-style-type: none"> · 통상의 온도 압력에서 폭발적으로 분해 혹은 반응하거나 쉽게 폭발할 수 있는 물질 · 통상의 온도 압력에서 국부적으로 가열 및 기계적 충격에 민감한 물질 · 250 °C에서 IPD가 1000 W/mL을 초과하는 물질
3	<ul style="list-style-type: none"> · 밀폐된 공간에서 가열하거나 강한 착화원에 의해서 폭발적으로 분해 혹은 반응하거나 폭발할 수 있는 물질 · 250 °C에서 IPD가 100 W/mL이상이고 1000 W/mL이하인 물질 · 상승된 온도압력에서 열, 기계적 충격에 민감한 물질 · 열이나 밀폐조건과 관계없이 물과 폭발적(explosively)으로 반응하는 물질
2	<ul style="list-style-type: none"> · 상승된 온도 압력에서 쉽게 격렬한(viloent) 화학적 변화를 야기시키는 물질 · 250 °C에서 IPD가 10 W/mL이상이고 100 W/mL이하인 물질 · 물과 격렬(viloent)하게 반응하거나 물과 잠재적 폭발혼합물을 형성하는 물질
1	<ul style="list-style-type: none"> · 일반적으로 안정하나 상승된 온도 압력에서 불안정해질 수 있는 물질 · 250 °C에서 IPD가 0.01 W/mL이상이고 10 W/mL이하인 물질 · 물과 강하게(Vigorous) 반응하는 물질 · 공기, 빛, 습기에 노출되면 변화하거나 분해되는 물질
0	<ul style="list-style-type: none"> · 일반적으로 안정하며, 화재조건에서도 안정한 물질 · 250 °C에서 IPD가 0.01 W/mL이하인 물질 · 물과 반응하지 않는 물질 · DSC 시험에서 500 °C이하에서 발열 peak을 보이지 않는 물질

<표 9>에서 규정되는 안정성 등급 판정 기준 이외에 앞서 언급된 물과의 반응성이 있는데, 이는 소화를 위하여 사용되는 물이 해당 물질과 혼합되었을 때의 두 가지 시나리오를 상정하여 판정한다. 즉, 급격하게 열을 발생하거나, 혹은 열과 함께 가스를 발생하느니 여부를 1:1 혼합에 의한 열량을 측정하는 방법으로 결정하는데 그 기준은 <표 10> 과 같다.

<표 10> NFPA의 물 반응성(water reactivity) 지수등급 및 결정 기준

등급	혼합 시 발생하는 열량	비고
4		물 반응성에서 4등급은 고려하지 않음.
3	600 cal/g 혹은 그 이상	폭발적(explosive) 반응
2	100 cal/g 이상 600 cal/g 미만	맹렬한(violent) 반응
1	30 cal/g 이상 100 cal/g 미만	격렬한(vigorous) 반응
0	30 cal/g 미만	반응하지 않음.

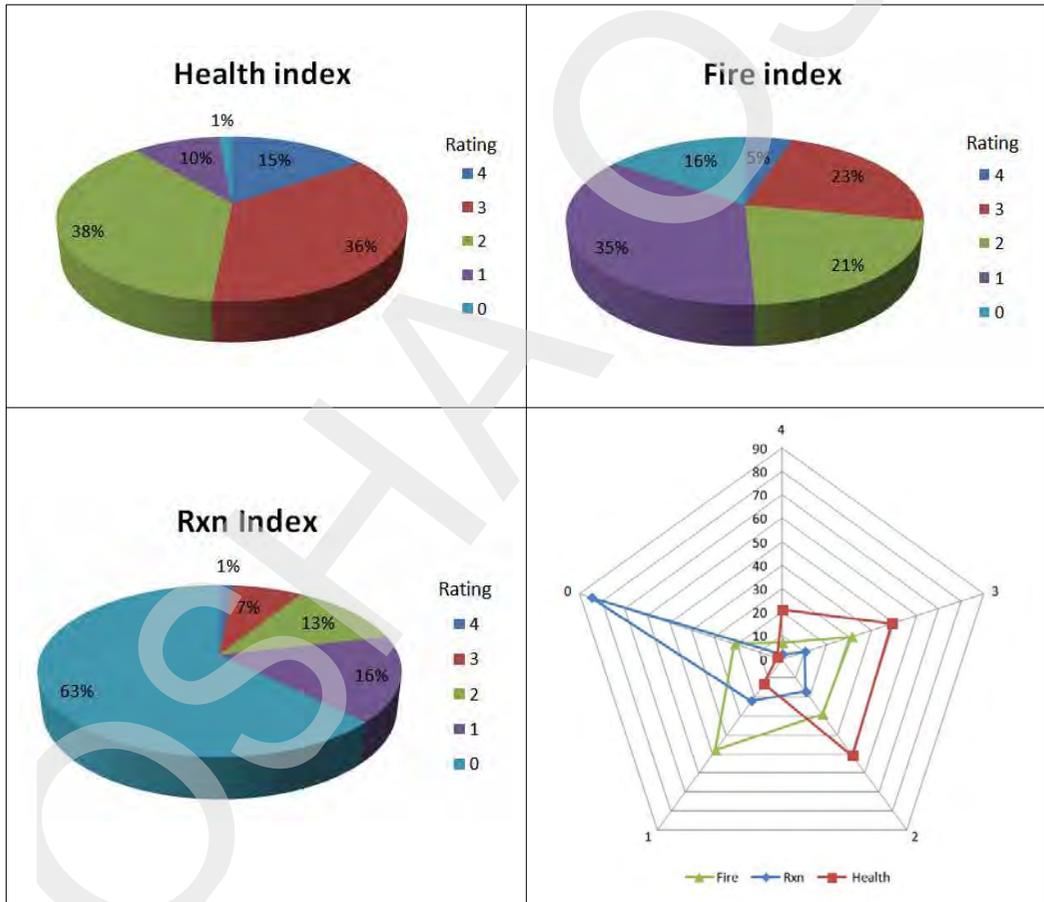
2) 노출기준 대상 물질의 NFPA index 조사결과

본 절에서는 발암성물질의 NFPA지수 현황을 살펴보기 위하여 국외 DB 조사 대상 물질 139종 중에서 NFPA 지수관련 정보가 누락된 3종(β -나프틸아민, 3,3-디클로로벤지딘, 알파나프틸아민)을 제외한 136종에 대한 NFPA 지수를 조사하였으며, 그 결과를 <표 11> 과 [그림 10]에 나타내었다.

- 6) IPD(Instantaneous Power Density) : 순간동력밀도로 단위시간당 단위부피로부터 방출되는 에너지의 물리적 의미를 지니며, 250 °C에서 결정되는 반응속도와 열량(반응/분해)의 곱으로 시차주사열량계(DSC)와 같은 열량계를 이용하여 측정된 데이터를 활용하여 계산됨.

<표 11> 발암성물질의 NFPA 지수 분포 (외부DB검색 대상 136종)

NFPA	건강	화재	반응
4	21	7	2
3	49	31	10
2	51	29	17
1	13	48	22
0	2	21	85



[그림 10] 발암성 물질의 NFPA지수 분포-외부DB 조사대상 136종

<표 11>과 [그림 10]에서 보면 조사 대상 물질이 발암성 물질이기 때문에 건강지수 2 이상인 물질은 비교적 높은 89 % 이상이었다. 반응지수의 경우 2 이상인 물질이 전체의 21 % 이었으며, 화재지수는 2 이상인 물질이 49 %로 나타났다. 이상의 결과에서 3개의 지수간에 정량적인 연관성을 찾을 수는 없었다. 그러나 화재지수가 높을수록 휘발성이 높다고 추정할 수 있으며, 이는 작업 환경에서 폭로의 가능성이 상대적으로 높음을 의미하기 때문에 화재지수는 반응지수와 비교하여 상대적으로 건강지수와 정성적인 인과관계가 있음을 간접적으로 알 수 있다.

3) 시험대상 물질의 선정

앞서 검토된 결과를 바탕으로 화재지수를 제 1기준, 반응지수를 제 2기준으로 각각 3이상인 물질10종을 추가시험/평가를 위한 대상물질로 선정하였으며, 그 결과는 <표 12>와 같다.

<표 12> 물리화학적 특성 및 물리적 위험성 시험대상 물질

순번	물질명	CAS번호	녹는점	끓는점	인화점	폭발범위	증기압	비중	자연발화 온도	분해온도	점도	F	R
1	1,1-Dichloroethylene	75-35-4	-122.5	31.7	-19	15.5 / 6.5	79.99344 (25°C)	1.2	570	자료없음	0.3302 (20°C)	4	2
2	1,2-Epoxypropane	75-56-9	-104	34	-37	38.5 / 2	71.72745 (25°C)	0.8	449	자료없음	0.28 (25°C)	4	2
3	Methyl hydrazine	60-34-4	-52.4	87.5	-8.3	97 / 2.5	4.8 (25°C)	0.87	196	자료없음	자료없음	3	2
4	Ethyl acrylate	140-88-5	-71	99	9	14 / 1.4	3.9 (20°C)	0.92	345	자료없음	자료없음	3	2
5	Allyl chloride	107-05-1	-135	45	-32	11.2 / 2.9	5.23957 (20°C)	0.94	390	자료없음	자료없음	3	1
6	Pyridine	110-86-1	-42	115~116	20	12.4 / 1.8	2.773106 (25°C 가음)	0.98	482	자료없음	자료없음	3	0
7	Nitromethane	75-52-5	-29	101	35	63 / 7.3	3.706363 (20°C)	1.137	418	315	0.6 (25°C)	3	4
8	Benzoyl chloride	98-88-4	-1	197.2	72	27 / 2.5	0.05 (20°C)	1.21	197.2	자료없음	0.96 cSt (38°C 등)	2	2
9	Acrylamide	79-06-1	84.5	192.6	138	- / -	0.00093326	1.122	424	자료없음	2.71 (25°C)	2	2
10	Vinyl acetate	108-05-4	-93	72	-8	13.4 / 2.6	11.7 (20°C)	0.9	402	자료없음	0.43 (20°C)	3	2

<표 12>에서 전체 16개 물리화학적 특성 중 시험평가가 불가능한 항목은 제외하였으며, 붉은색으로 표기된 값은 DB간 상이성이 크거나 관련 정보가 제공되지 않는 특성값을 나타낸다. 이 중에서 누락데이터 빈도, 제공된 정보의 DB 간 상이성 정도, 위험성연구팀 보유장비를 이용한 평가 가능성 및 국내 시료의 수급상황 등을 종합적으로 고려하여 최종 평가 대상물질 및 평가대상 항목을 선정하였으며 그 결과와 시험대상 시료는 <표 13>과 같다.

<표 13> 물리화학적 특성 및 물리적 위험성 시험대상 물질⁷⁾

영문명	끓는점		인화점		폭발범위		자연발화온도		분해온도		외관	순도 [%]
	국내	외부	국내	외부	국내	외부	국내	외부	국내	외부		
1,1-Dichloroethylene	31.7		-19	-10 (옥스퍼드) -17 (HSDB)	15.5 / 6.5		570	457 (Lewis)	자료없음	220.8 (HSDB)	colorless/liquid	99.9
1,2-Epoxypropane (Propylene oxide)	34		-37		38.5 / 2	1.9-36.3 (IPCS) 2.1-37 (옥스퍼드)	449	430 (IPCS) 465 (CHRIS) 747 (Oxford)	자료없음		colorless/liquid	99.9
Benzoyl chloride	197.2		72		27 / 2.5	1.2-4.9 (ACGIH)	197.2	588 (Oxford) 85 (HSBC)	자료없음		colorless/clear liquid	99.9
Acrylamide	192.6	125 (옥스퍼드)	138		- / -		424	240	자료없음		white/powder	100
Vinyl acetate	72		-8	-1 (Lewis)	13.4 / 2.6		402	385 (Oxford) 427 (Lewis)	자료없음	252 (CHRIS)	colorless/liquid	99.9

<표 13>에서 붉은색으로 표시된 항목이 평가 장비를 활용하여 평가될 항목을 나타내며, 해당 물질의 물리적 위험성을 보다 자세하게 평가하기 위하여 위에서 언급된 평가항목 이외에 추가로 다른 물리적 위험성평가 실험을 실시하였으며, 상세한 내용은 다음 절의 평가결과에서 살펴 볼 수 있다.

7) 모든 시료는 SigmaAldrich에서 제조된 순도 99 % 이상의 시약등급을 사용.

2. 물리화학적 특성 및 물리적 위험성평가 결과

1) 녹는점(Melting point)

(1) 시험장비 및 시험방법

가) 시험장비

- 장비명 : FP90/FP81 melting point/range and boiling point Measurement Instrument
- 제조사 : METTLER TOLEDO (스위스)



[그림 11] 녹는점 시험장비

- FP90의 Central Processor와 FP81의 Measuring Cell로 구성.
- 사용범위 및 정확도
 - 사용범위 : 상온 ~ 375 °C
 - ※ 광학시스템에 의한 방법으로 고체 시료가 용융이 발생한 시점에서 색깔을 나타내거나 빛이 투과할 수 없는 상태로 변화되는 경우 적용이 불가능함.
 - 정확도 : 정밀도 = 0.1 °C, 승온속도 = (0.2 ~ 10) °C/min

나) 시험방법

고체 시료를 Capillary tube에 담아 FP81의 Measuring Cell에 투입한 후 FP90의 Central Processor로 heating rate에 따른 온도변화에 의한 시료의 빛 투과율을 검지하여 녹는점/녹는점 범위를 측정.

○ 시험 규격

: KS M 0007(2006) 『화학제품의 녹는점 측정방법』

○ 시험 절차

- 대상 시료를 capillary tube에 충전하여 측정셀에 삽입
- 시료의 온도 상승 속도가 1분 동안 약 1℃ 상승하도록 평가 장비의 조작 조건을 설정.
- 동일 시료에 대하여 동일한 절차를 3회 이상 실시하여, 측정값의 평균 값을 소수점 이하 첫째 자리에서 끝맺음.

(2) 시험결과 및 특이사항

녹는점 시험은 시험대상 물질 중에서 고체 물질인 acrylamide에 대해서만 측정하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

시료명	측정값 [℃]			
	1	2	3	평균
Acrylamide	84.3	84.4	84.3	84.33

Acrylamide의 경우, 녹는점이 측정된 후 capillary의 내부에는 용융 발생 후 열 개시에 의해 생성된 것으로 추정되는 고체 잔류물이 보임.

2) 인화점(Flash point)

인화점의 측정은 시료를 가열하여 작은 불꽃을 유면에 가까이 대었을 때, 시료의 증기와 공기의 혼합 기체가 섬광을 받으며 순간적으로 연소하는 최저의 시료 온도를 말한다. 측정 방식에 따라서 밀폐식과 개방식으로 구분할 수 있으며, 동일 시료에서는 통상 개방식 인화점이 밀폐식 인화점 보다 높은 값을 나타낸다.

(1) 시험장비 및 시험방법

가) 시험장비

- 장비명 : Fully automated Flash Point Tester TAG4
- 제조사 : Petrotest(독일)



[그림 12] 태그 밀폐식 인화점 시험장치

- 인화점 측정 프로그램과 제어기가 있는 TAG4 본체와 정확한 인화점 측정을 위해 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 까지 냉각할 수 있는 저온유지장치로 구성.
- 사용범위 및 정확도
 - 사용범위 : $(-30 \sim 110)\text{ }^{\circ}\text{C}$

※ 시험 중 통풍에 의해 오차 발생을 방지하고, 인화점이 93 °C 이하인 시료에 적용하며, 40 °C의 동점도가 5.5 mm²/s 이상인 시료, 시험 조건에서 기름막이 생기는 시료, 현탁 물질을 함유하는 시료는 적용 제외.

- 정확도 : 정밀도 = 0.5 °C, 승온속도 = (1 ~ 3) °C/min
- 측정값의 압력 보정, 반복 허용오차 및 재현성 오차는 다음과 같음.

정밀도			계산 방법
인화점(°C)	반복 허용차	재현 허용차	
0 이상 13 미만	1.0	3.5	$F_c = F + 0.25(101.3 - P)$ Fc : 인화점(°C) F : 측정 인화점(°C) P : 시험 장소의 기압(kPa)
13 이상 60 미만	1.0	2.0	
60 이상 93 미만	2.0	3.5	

나) 시험방법

○ 시험 규격

: KS M 2010 (2008) 『원유 및 석유 제품 인화점 시험 방법』

○ 시험 절차

- 시료컵에 시료를 채운 후(50 ± 0.5)ml, 정해진 승온 속도에 의해서 인화점 측정을 시작.

(인화점 60 °C 미만 : 1 °C/min, 인화점 60 °C 이상 : 3 °C/min)

- 예상 인화점을 알고 있을 경우 정해진 온도간격에 따라서 시험불꽃 적용하면서 인화점 측정.

(인화점 60 °C 미만 : 0.5 °C, 인화점 60 °C 이상 : 1.0 °C)

- 예상 인화점을 모를 경우 사전에 Scanning 모드에 의한 예상인화점을 측정한 후 상기 절차를 진행.

- 연속된 3회의 결과의 평균값을 0.5 °C 단위로 끝맺음하여 해당 시료의 인화점을 결정.

(2) 시험결과 및 특이사항

추가 시험대상 물질 중에서 인화점은 DB 조사결과에서 DB 간 데이터의 상이성이 상대적으로 큰 1,1-dichloroethylene 과 vinylacetate에 대해서 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

시료명	측정값 [°C]			
	1	2	3	평균
1,1-Dichloroethylene	측정불가			
Vinyl acetate	-6.88	-6.35	-6.85	-6.69

Vinylacetate는 총 3회 측정에서 0.5 °C 범위의 반복허용 오차를 보이면서 평균 -6.69 °C의 측정 결과를 보였으며, 0.5 °C단위로 끝맺음하여 최종적으로 -7.0 °C를 인화점으로 결정하였다. 그러나 1,1-dichloroethylene는 측정 장비의 한계범위인 (-30 ~ 5) °C까지 시험염(pilot flame)에 의한 착화시험을 실시하였으나 인화점이 관측되지 않았다. 밀폐식으로 측정되는 태그인화점 측정에서 증기압이 비정상적으로 높은 경우는 착화를 위한 시험염을 적용하는 시점에서 시료컵 내 증기의 농도가 폭발범위의 상한값을 초과하여 착화가 불가능 할 수 있다. 따라서 1,1-dichloroethylene의 시험염 적용 시점에서 상부 증기농도의 인위적인 희석(air 투입)을 실시했을 경우에는 -12 °C에서 인화점이 측정되었다. 그러나 희석의 정도에 영향을 많이 받기 때문에 이후로 재현성 있는 data는 측정되지 않았다. 이러한 폭발범위 초과에 의하여 인화점이 측정되지 않는 현상은 상온에서 높은 휘발 특성에 기인하며, 우레탄폼의 발포제로 사용되는 HCFC-141b의 경우에도 유사한 현상이 발생한다.

3) 폭발범위(Explosion limit)

가연성 물질의 증기와 공기의 혼합물은 증기가 특정 농도 범위에서만 착화하여 연소한다. 이 혼합기체의 증기 농도 범위의 최소치가 폭발하한(LFL; Lower Flammable Limit)이고, 최대치가 폭발상한(UFL; Upper Flammable Limit)이라고 하고, 폭발한계 범위 보다 낮거나 높을 경우 폭발(연소)이 일어나지 않는다.



[그림 13] 폭발한계 측정장치 구성품

폭발한계 값은 일반적으로 부피 백분율(volume % 또는 %)로 표기하고, 분자량을 모르는 물질의 경우 mg/L로 표기한다. 일반적으로 폭발한계는 온도에 따라 증가한다. LFL은 온도가 100 °C 증가할 때마다 8% 감소하고, UFL은 8% 증가한다. 압력에 대해서 압력이 증가할 수록 LFL은 거의 영향이 없으나 UFL은 현격히 증가한다. 폭발한계 시험 장치는 대기압 하에서 공기와 함께 가연성

혼합물을 형성할 수 있을 만큼의 충분한 증기압을 갖는 화학물질에 대한 폭발한계를 측정하는 장치로 진공상태의 플라스크에 원하는 양만큼 시료를 주입한 다음 공기(산소)와 혼합하여 완전혼합과 열적평형 상태를 만든 후에 점화원을 가하여 폭발한계를 측정한다.

(1) 시험장비 및 시험방법

가) 시험장비

- 장비명 : Flammable Range Apparatus
- 제조사 : The Chilworth Technology社(영국)
- 폭발한계 측정 온도 제어, 압력지시계, Oven, 점화원 및 점화제어 스위치로 구성된 본체, 진공펌프 및 헤드 어셈블리로 구성.
- 사용범위 및 정확도
 - 사용범위 : 상온 ~ 150 °C
 - 정확도 : 대상 시험물질에 따라서 다음의 기준을 따름

물질	정확도(Precision)	LFL (vol. %)	UFL (vol. %)
탄화수소	반복성(Repeatability)	0.1	0.15
	재현성(Reproducibility)	0.1	0.9
점화가 어렵고 소염거리가 큰 물질	반복성(Repeatability)	0.2	0.8
	재현성(Reproducibility)	0.9	1.8

※ 공기 중 산소의 농도는 폭발상한값의 주요변수이기 때문에 통상 실험실 공기를 사용하나, cylinder 공기를 사용하는 경우에는 산소농도를 $(20.94 \pm 0.1) \%$ 내에 있어야 함. 폭발한계 시험은 완전증발을 전제로 하기 때문에 이를 위하여 시험온도를 상승시켜야 함. 공기 보다 더 강한 산화제(산소, 염소, 이산화질소 등)를 사용하면 안되며, 폭발성 분해반응이

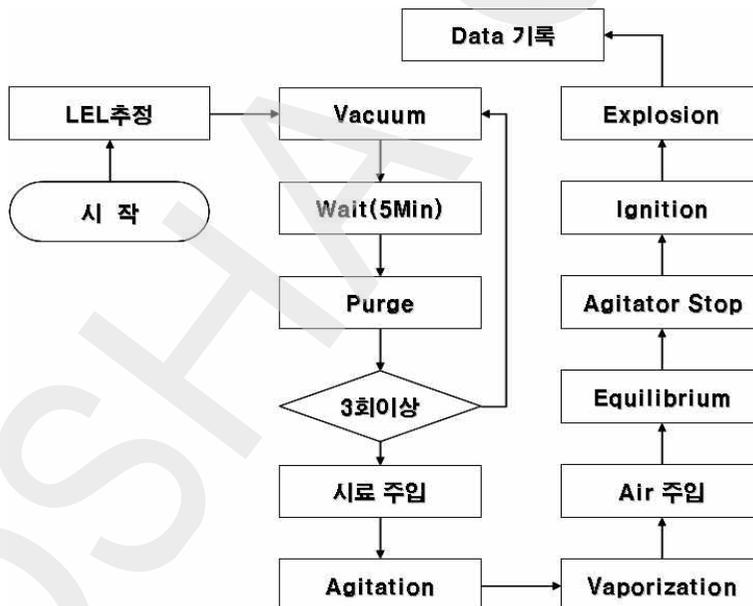
일어나는 물질은 열적으로 불안정하기 때문에 본 장치로 측정할 수 없음.
 불포화화합물, 유기산화물, 에스터, 그 외 반응성 물질은 시험대상에서 제외됨.

나) 시험방법

○ 시험 규격

: ASTM E 681-04 "Standard Test Method for Concentration Limits of Flammability of Chemicals (Vapors and Gases)"

○ 시험 절차



[그림 14] 폭발한계 시험절차(화염전과 시험 1회 기준)

- [그림 14]과 같이 일정시료 주입 후 폭발유무를 확인한 다음 폭발이

일어날 때까지 0.1 mL(또는 0.05 mL) 단위로 시료량을 변화시켜 반복 측정.

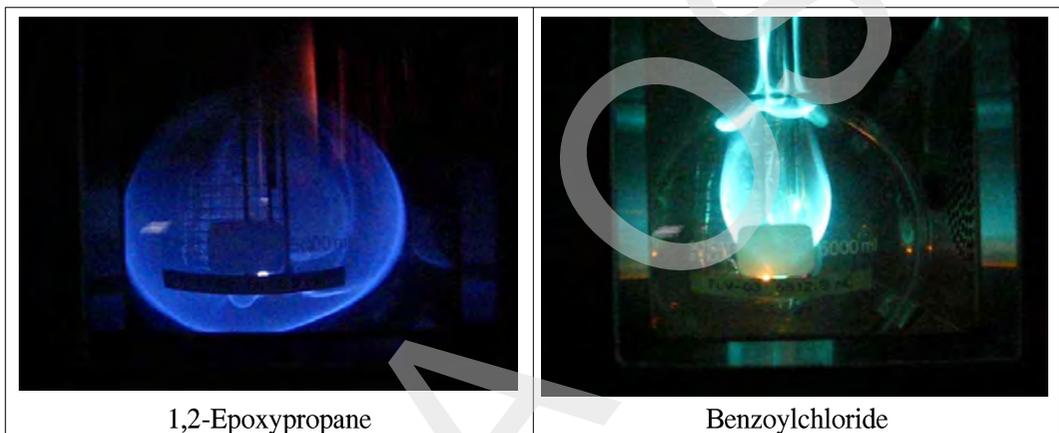
- 점화원으로부터 착화된 화염이 플라스크 벽면으로 전방향으로 전파되는지 여부가 폭발의 판단기준.
- 이때 폭발(1회 측정)과 불폭발(2회 측정)의 평균값을 폭발한계 1회 측정값으로 결정.
- 총 3회씩 측정하여 평균값을 폭발하한 값으로 결정.
- 폭발상한(UFL)도 폭발하한과 동일하게 측정
- 폭발한계 값은 일반적으로 부피 백분율(volume % 또는 %)로 표기하고, 분자량을 모르는 물질의 경우 mg/L로 표기.
- 일반적으로 25 °C 기준으로 폭발한계 값을 측정하며, 시료가 완전증발이 일어나지 않을 경우 승온을 실시하고 그 온도를 표기.
- 반복성 및 재현성 오차를 만족하는 총 3회 폭발한계 값을 측정하여 평균값을 해당 시료의 폭발한계 값으로 결정.

(2) 시험결과 및 특이사항

폭발한계는 [표 13]에서와 같이 DB간 데이터의 상이성이 큰 1,2-epoxypropane과 benzoylchloride를 시험대상 물질로 선정하였으며, 시험을 진행함에 있어서 안전상의 문제와 화학물질 사용현장의 안전관리 관점에서 폭발상한을 제외한 폭발하한치에 대해서만 시험을 진행하였다. 각 물질에 대하여 3회의 시험을 실시하였으며 그 결과는 다음과 같다.

시료명	측정값 [% v/v]			
	1	2	3	평균
1,2-Epoxypropane	2.61	2.58	2.57	2.59
Benzoylchloride	2.94	2.92	2.92	2.93

시험규격(ASTM E 681-04)에 의한 폭발한계의 표현은 기본적으로 시험장치 내에서 증발된 기체가 이상기체 거동을 보이며, 공기와 완전히 혼합된다는 가정을 전제로 하기 때문에 시험을 진행함에 있어서 전기적 착화에 의한 점화를 실시하기 전에 투입된 시료는 완전히 증발되어야 한다. 시험 대상 시료 중에서 1,2-Epoxypropane은 플라스크 내부온도 25 ℃에서 완전한 증발이 이루어졌으며, Benzoylchloride는 25 ℃에서 완전 증발이 이루어지지 않아서 플라스크 온도를 78 ℃로 상승하였다.



[그림 15] 폭발한계 측정 시 화염전파 모습

[그림 15]는 두 시료에 대한 폭발한계 시험에서 전기적 점화장치에 의한 착화 후 플라스크 내에서 화염이 전파되어 나가는 현상을 보여준다. 1,2-epoxypropane은 푸른색의 화염이 점화원에서 플라스크 전방향으로 전파되는 전형적인 탄화수소류의 화염전파 모습을 보여준다. 반면에 benzoylchloride는 1,2-epoxypropane과 달리 전방향이 아닌, 점화원의 상부방향으로 녹색의 화염이 전파하는 모습을 보였다. 시험규격에 의하면 탄화수소 이외의 특정물질은 전방향 화염전파가 아닌 상반구 90도 이상 화염전파가 일어나는 경우도 폭발로 인정하도록 규정되어 있으며, 이는 암모니아나 할로젠화 탄화수소류가 큰 냉각거리(large quenching distance)를 갖기 때문이다.

4) 자연발화온도(Auto-ignition temperature)

자연발화는 공기 중의 물질이 화염, 불꽃 등의 점화원과 직접적인 접촉 없이 주위로부터 충분한 에너지를 받아서 스스로 점화되는 현상을 말하며, 자연발화 점은 자연발화 현상이 일어날 수 있는 최저 온도를 말한다. 일반적으로 자연발화의 발생 메커니즘은 열발화 이론에서 출발하며, 물질의 온도를 상승시키는 열원의 종류에 따라서 자연발화(Spontaneous ignition), 자동발화(Auto ignition), 자기발화(Pyrophoric ignition)으로 구분되기는 하나, 일반적으로 화재 폭발 특성과 관련된 자연발화는 외부에서 열원을 공급하면서 물질의 최저발화 온도를 측정하는 자동발화를 의미한다.⁸⁾



[그림 16] ZPA-3 Semiautomatic autoignition tester

- 8) 기본적으로 자연발화는 물질내부의 발열속도가 물질외부의 방열속도를 추월하여 물질 내부에 축적된 에너지가 해당 물질의 산화반응(발화반응)을 위한 활성화에너지를 초과하는 경우 발생된다. 내부 발열의 메커니즘에 따라서 자연발화(Spontaneous ignition: 상온에서 물질내부에 열이 축적되어 발생), 자동발화(Auto ignition: 착화원 없이 물질을 가열하면서 열이 축적되어 발화), 자기발화(Pyrophoric ignition: 자기반응성 물질이 공기중 수분이나 산소와 반응한 후 그 반응열에 의해서 열이 축적되어 발화)로 구분된다.

(1) 시험장비 및 시험방법

가) 시험장비

- 장비명 : ZPA-3 Semiautomatic autoignition tester
- 제조사 : Petrotest(독일)
- 자연발화점 시험장치는 노의 온도 조절, 기록 및 측정을 위한 프로그램 선정 등의 위한 main controller, controller에서 결정된 가열속도에 의해서 전기로를 가열하는 오븐 그리고 샘플 투입을 위한 자동샘플투입기로 구성.
- 사용범위 및 정확도
 - 사용범위 : 액체 = (25 ~ 650) °C, 고체 = (25 ~ 400) °C
 - 자연발화점은 장치 주변의 환경에 영향을 받기 때문에 시험 중 주변에 기류가 발생되지 않도록 하며, 상분리가 일어나거나 휘발분의 증발에 의해서 결정화 등의 상변화가 발생할 우려가 있는 시료는 적용 불가. 고체의 경우는 시료 투입용 용기가 체(sieve)구조로 이루어져 있기 때문에 자연발화점 이하에서 용융에 의해 흐름성이 있는 시료는 적용 불가.
 - 정확도 : 센서는 0.1 °C의 정밀도를 가지며, 측정값의 반복성 및 재현성 허용 오차는 다음과 같다.

측정 자연발화점 범위	최대 허용편차[°C]	
	반복성	재현성
300 °C 이하 (액체)	5	10
300 °C 초과 (액체)	10	20
400 °C 이하 (고체)	5	10

나) 시험방법

본 장비를 이용하여 액체와 고체의 자연발화점을 동일 장비로 측정할 수 있으며 각각의 시험규격 및 시험 절차는 다음과 같다.

○ 시험 규격 (액체)

: DIN 51794 (2003) "Determining the ignition temperature of petroleum products"

○ 시험 절차 (액체)

- 기본적으로 하나의 시료에 대해서 3단계의 시험을 수행
- 예비 시험 : 5 °C/min 의 속도로 플라스크를 가열한 후 측정 대상 시료의 예상 발화점(임의 결정)의 전후 100 °C 범위에서 20°C 간격으로 샘플을 투입하여 발화여부를 측정한다.
- 본 시험 : 예비시험에서 측정된 발화온도를 기준으로 ± 5 °C 단위로 온도를 조절하여 샘플을 투입, 발화가 되는 최저온도를 결정한다.
- 최종 시험 : 본 시험에서 결정된 발화온도를 기준으로 ± 2 °C 단위로 온도를 조절하여 샘플을 투입.
- 3단계의 시험을 통해서 결정된 측정값 중 가장 낮은 온도를 최종 자연발화점으로 결정하며, 반복성 오차를 허용하는 총 3회 측정 결과값에 대하여 통계적 절차를 거친 후 5 °C 단위로 절삭하여 해당 시료의 최종 자연발화점으로 결정.

○ 시험 규격 (고체)

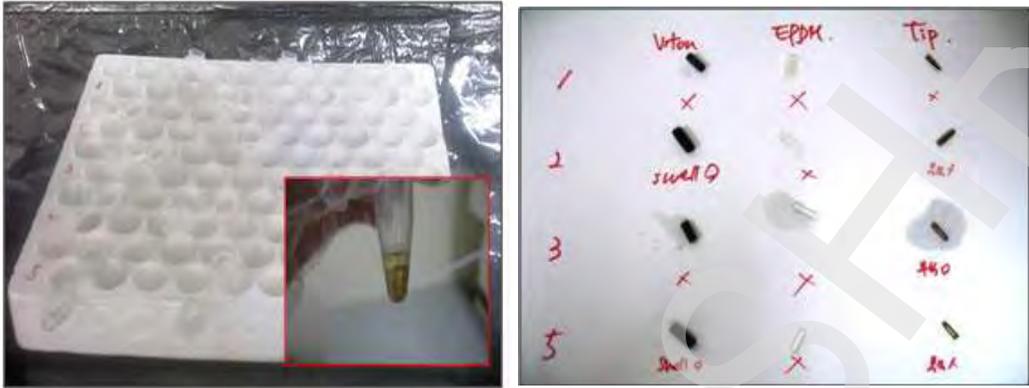
: NF T 20-036 (1985) "Chemical products for industrial use determination of the relative temperature of the spontaneous flammability of solids"

○ 시험 절차 (고체)

- 일정량의 시료를 규격상 규정된(눈크기 0.0454 mm) 시료용기(8 cm³)에 투입한 후 샘플온도 관측용 센서에 장착하여 가열로에 투입.
- 예상 자연발화점을 main controller에 입력한 후 정해진 속도(0.5 °C /min)로 가열로를 승온하여 sample를 가열.
 - ※ 예상 자연발화점을 결정하기 위하여 열분석 등의 별도 시험이 필요할 수 있음.
- 가열로와 샘플의 온도를 측정하면서 샘플의 온도가 400 °C를 초과하는지 여부를 관측.
- 샘플온도가 급격히 증가하여 400 °C를 초과하는 시점에서 가열로의 온도를 해당 시료의 자연발화점으로 결정.
- 반복 허용오차를 만족하는 총 3회의 측정 결과값에 대한 평균값으로 해당 시료의 최종 자연발화점 결정.

다) 사전시험(재질테스트)

시험 대상 물질 중 고체인 acrylamide를 제외한 4종의 액체 시료는 DIN 51794에 의하여 자연발화점을 측정하며, 이 경우 각각의 시료가 측정장치, 특히 자동 시료 투입기의 공급라인과 금속재질로 이루어진 dropping용 팁(tip)에 장시간 접촉하게 된다. 액체 시료 중 일부는 금속에 대한 반응성이 있으며, 공급용 배관의 경우에는 장시간 시료와 접촉한 상태에서 공급용 펌프(peristaltic pump)에 의한 압축으로 내구성 변화가 생길 우려가 있다. 따라서 자연발화점을 실시하기 전에 시료 적용을 위한 재질 테스트가 필요하다. 재질 테스트는 실험실 규모의 원심분리기용 tube를 이용하여 시험장치 중 재질테스트가 필요한 부품(공급line 2종(viton, EPDM), tip 1종(brass))의 시편에 대한 함침 테스트를 실시하였다. 시험은 빛에 의한 영향을 없애기 위하여 UV 차폐 필름이 설치된 후드에서 총 72 hr 동안 실시하였다.



[그림 17] 재질 테스트방법 및 결과

[그림 17]은 함침 테스트가 진행된 방법과 72시간 후 각 시편의 상태를 보여 주며, <표 14>는 각 시편에 대한 특이사항을 요약한 것이다. 1,1-dichloroethylene의 경우 재질 테스트를 시작한 후 하루만에 모든 시료가 휘발되었으며, 실제 자연발화점 측정에서 시료의 휘발을 방지하는 것이 주요할 것으로 보인다.

<표 14> 자연발화점 사전 재질 테스트 결과

태그	대상 시료	시험결과 및 특이사항
1	1,1-dichloroethylene	시험 시작 1일만에 모든 시료가 휘발
2	1,2-epoxypropane	Viton에서 Swelling 심함, EPDM 이상없음. Tip 부식없음.
3	Benzoyl chloride	Viton, EPDM에서 Swelling 없음. Tip에서 부식발생(Gas발생, 시편 외형은 유지)
5	Vinyl acetate	Viton에서 Swelling 심함. EPDM 이상없음. Tip부식 없음.

1,2-epoxypropane과 vinylacetate는 Viton에서 swelling이 심하게 발생하여

자연발화점 측정 시 공급용 펌프에서 라인 파손에 의한 leak의 발생이 우려되어 EPDM 재질의 공급라인을 사용하는 것이 적절한 것으로 판단된다. dropping용 tip의 경우 benzoylchloride를 제외하고는 반응성이 없는 것으로 나타났으며, benzoylchloride도 가스의 발생은 있으나, tip 자체의 외형은 큰 변화가 없기 때문에 자연발화점 본 시험에 사용하는데 큰 문제는 없을 것으로 판단된다.

(2) 시험결과 및 특이사항

시료 중에서 고체인 acrylamide는 휘발성을 무시할 수 있어서, 시험조건에 대한 특별한 주의가 요구되지 않는다. 그러나 액체의 경우 규정된 시험규격에서 기본적으로 3단계의 측정절차를 수행해야 하기 때문에 상온에서 휘발성이 높은 시료의 경우, 시료 투입 조건까지 대기하는 동안에 자동 시료 투입기의 공급라인에서 시료의 증발에 의한 에러발생의 가능성이 있다. 따라서 이러한 문제를 최소화하기 위하여 본 시험에서는 자동시료 투입기에 공급되기 전에 시료가 냉각될 수 있도록 별도의 냉각장치를 임시로 설치하였다.



[그림 18] 자연발화점 시험장치(ZPA-3) 및 시료용기

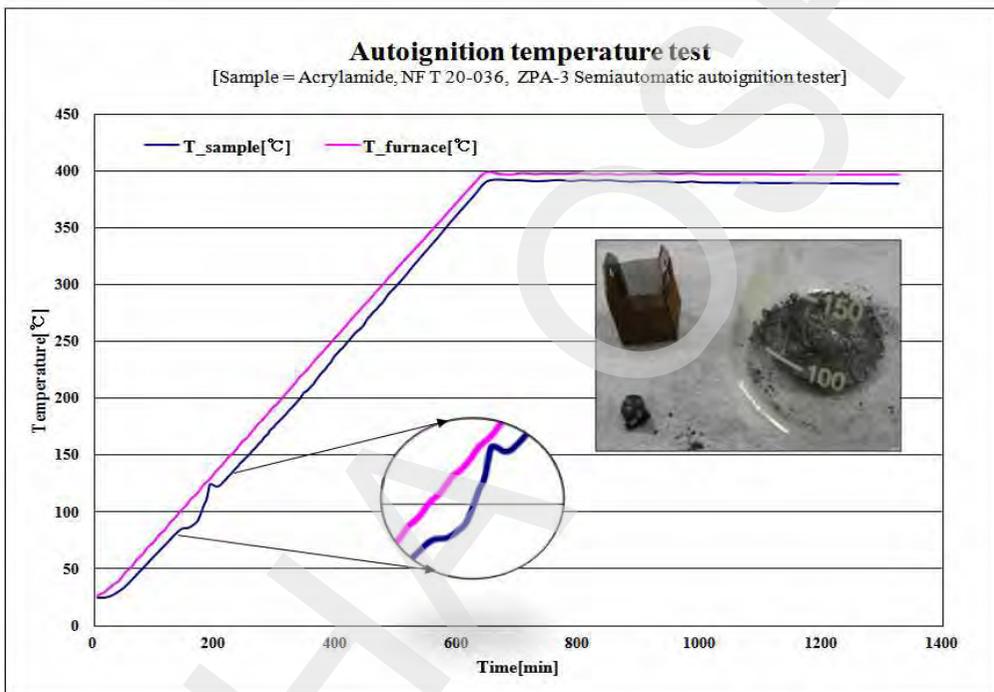
[그림 18]은 기존 자연발화점 시험장비(ZPA-3)에 냉각장치가 추가된 모습을 나타낸다. 별도의 cooler를 이용한 항온조에 공급용 샘플 tube를 설치하였으며, 샘플 tube는 빛에 의한 영향을 최소화하기 위하여 외부를 UV차폐 필름으로 마감하였다. 모든 시료에 대하여 cooler의 온도는 2 °C로 설정하였으며, 시료의 온도는 평균 (4 ~ 5) °C로 유지하였다.

<표 15> 자연발화점 사전 재질 테스트 결과

시료명	측정값 [°C]			
	1	2	3	평균
1,1-Dichloroethylene	측정불가			-
1,2-Epoxypropane	442	-	-	-
Benzoylchloride	599	598	593	596.7
Acrylamide	측정 불가			-
Vinyl acetate	412	411	413	412

<표 15>는 5종의 시료에 대한 자연발화점 측정 결과를 요약한 것으로 benzoylchloride와 vinylacetate을 제외한 3가지 물질은 각각의 시험규격을 만족하는 자연발화점을 측정할 수 없었다. [그림 18]에서 보는 바와 같이 액체 시료는 사전 냉각을 지속적으로 실시했음에도 불구하고 1,1-dichloroethylene과 1,2-epoxypropane은 높은 휘발성으로 dropping tip 말단에서의 증발로 인한 "Nodroop"발생으로 규격(DIN 51794) 시험이 불가능하였다. 이 중에서 1,2-Epoxypropane은 예비시험단계(preliminary VORB step)에서 관측된 최저 발화온도가 442 °C로 나타났다. 그리고 1,1-dichloroethylene은 자동 시료 투입기를 사용하지 않는 수동으로 실시한 시험에서 최저 발화온도가 573 °C 관측되었으나 시험규격을 만족하는 재현성이 있는 데이터는 관측할 수 없었다. 고체

인 acrylamide는 규격에 의한 시험 결과 측정을 위한 가열단계에서 용융(80 ℃)이 발생하고 용융 발생 후에 중합반응에 기인하는 것으로 보이는 발열이 관측되었다. 그러나 해당 발열에 의한 시료의 온도가 자연발화 결정온도(400 ℃)를 초과하지 않았기 때문에 NF T 20-036에서 규정하는 자연발화온도는 결정할 수 없었다.



[그림 19] acrylamide의 자연발화측정 시험 결과

[그림 19]는 acrylamide의 자연발화점 측정 시 가열로 및 시료의 온도변화와 시료 종료 후 시료용기 밖으로 용출되어 탄화된 것으로 추정되는 잔류물을 나타낸다. 발열 후 시료 온도는 지속적으로 가열로 온도를 따라서 상승하는데 이는 용융으로 인하여 시료가 온도센서를 이탈했기 때문이며, 이는 [그림 19] 내 사진의 왼쪽 하단에 있는 탄화물의 크기로부터 유추 할 수 있다.

5) 분해온도(Decomposition temperature)

화학물질의 분해온도는 화학물질이 열적요인에 의해서 분해되기 시작하는 온도를 지칭한다. 이러한 열적분해(thermal decomposition or thermolysis)는 화학적 분해(chemical decomposition)의 일종으로 전기화학적 분해(electrolytic decomposition) 혹은 촉매분해(catalytic decomposition)와 구분되며, 화학물질을 구성하고 있는 분자(molecule)가 열에 의해서 원소(elements)나 더 단순한 화합물(simpler compounds)로 나누어지는 현상이다. 이러한 열적 분해는 종종 열적 폭주반응(thermal runaway reaction)의 원인으로 주목되기도 하는데 일반적으로 시차주사열량계(DSC : differential scanning calorimeter)와 열중량분석기(TGA : thermogravimetric analysis)를 이용하여 분석된다.

5)-1 시차주사열량계(DSC)에 의한 열적거동 측정

시차주사열량계(이하 DSC)는 시료와 불활성 기준물질을 동일한 온도 프로그램에 따라 변화시키면서 온도와 시간의 함수로서 측정된 시료와 기준물질의 열 유속차이(difference in heat flow)를 측정한다. 열유속(heat flow)은 전도된 전력(transmitted power)에 상당하며 와트(W; Watt)나 밀리와트(mW)단위로 측정된다. 열유속이나 전도전력을 시간으로 미분하면 에너지량으로 환산되며 $mW \cdot s$ 나 mJ 로 표시된다. 전도된 에너지는 시료의 엔탈피(enthalpy) 변화에 상당하며 시료가 에너지를 흡수하면 엔탈피 변화는 흡열(endothermic)이며 에너지를 방출하면 발열(exothermic)이라 한다. DSC는 엔탈피 변화와 전이에 의해 발생하는 열적 거동에 대한 다양한 정보를 제공하며 비열, 열적 효과, 유리전이(glass transition), 화학반응, 녹는점 거동 등과 같은 물리적 변화량을 구할 수 있다.

(1) 시험장비 및 시험방법

가) 시험장비

- 장비명 : DSC1

○ 제조사 : METTLER TOLEDO(스위스)



a. DSC



b. Cooler

[그림 20] DSC(Differential Scanning Calorimeter)

○ DSC는 시료가 담긴 팬(pan)과 표준물질로 사용되는 빈 팬이 들어가는 measuring cell, sample pan을 자동으로 cell에 투입해주는 sample robot, (-90 ~ 30) °C 의 작동 범위를 갖는 cooler로 구성되며, 일반적으로 개방팬(open pan)을 사용하지만 시료의 특성에 따라서 밀폐형고압팬(high pressure steel pan)을 사용하기도 함.

○ 사용범위 및 정확도

항 목	Value
온도 범위	(-50 ~ 700) °C
온도 정밀도	± 0.2 K
가열 속도	(0.02 ~ 300) K/min
Calorimetric resolution	0.04 μW

나) 시험방법

○ 시험 규격

: ASTM E 537-07 (2007) “Standard test method for the thermal stability of chemicals by differential scanning calorimetry”

○ 시험 절차

- 개방팬을 사용하는 경우, sealing tool을 이용하여 lid로 밀봉 한 후, piercing kit를 이용해 pan의 lid에 (50 ~ 100) μm 의 작은 구멍(pinhole)을 내어 공기와 접촉하도록 하여 측정.
- 밀폐형고압팬은 별도의 sealing tool을 사용하여 밀봉하며, 이경우 내압 1.0 MPa까지 측정이 가능함.
- 시료량은 시료의 비중에 따라서 (3 ~ 4.5) mg씩 투입하였으며, 승온 속도는 5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 로 일정하게 하고, 측정범위는 시료에 따라서 (30 ~ 500) $^{\circ}\text{C}$ 범위에서 실시.

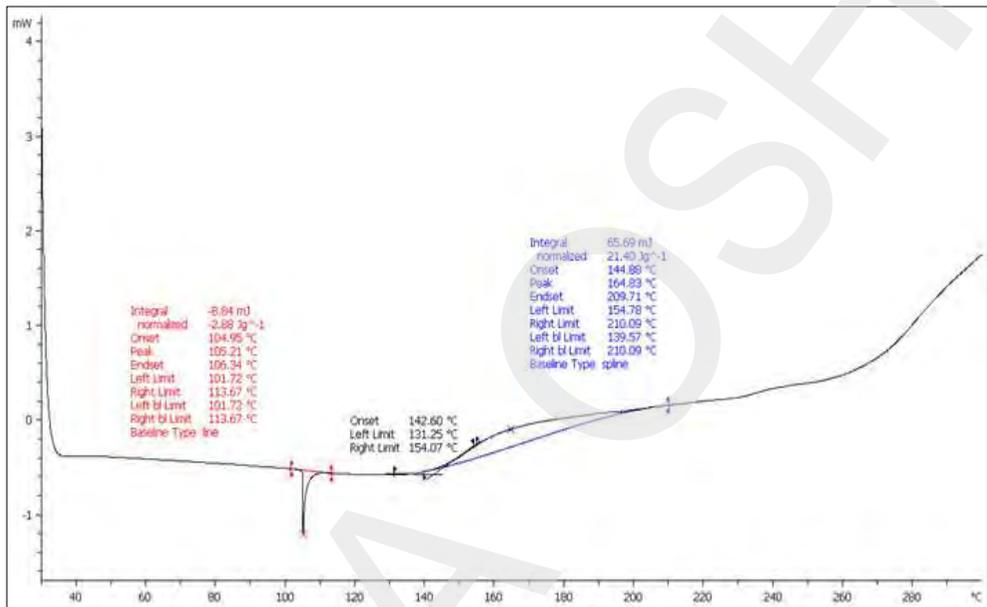
(2) 시험결과 및 특이사항

<표 16> 시험 대상 물질에 대한 DSC 분석결과

물질명	1 st peak				2 nd peak			
	T _j [$^{\circ}\text{C}$]	T _o [$^{\circ}\text{C}$]	T _{max} [$^{\circ}\text{C}$]	Q [J/g]	T _j [$^{\circ}\text{C}$]	T _o [$^{\circ}\text{C}$]	T _{max} [$^{\circ}\text{C}$]	Q [J/g]
1,1-dichloroethylene	103.33	104.96	105.21	-2.62	139.57	144.88	164.83	21.4
1,2-epoxypropane	233.05	235.41	243.06	9.62	392.55	392.55	413.31	22.10
Benzoyl chloride	219.05	243.95	257.41	1154.5	465	-	-	-
Acrylamide	76.58	84.63	86.03	-213.83	107.75	125.29	131.80	866.62
Vinyl acetate	181.31	191.83	194.98	59.24	220.89	222.5	232.1	51.94

T_j: 발열개시온도, T_o: 외삽발열개시온도, T_{max}: 최대발열속도 발생 온도, Q: 열량변화(+: 발열, -: 흡열)

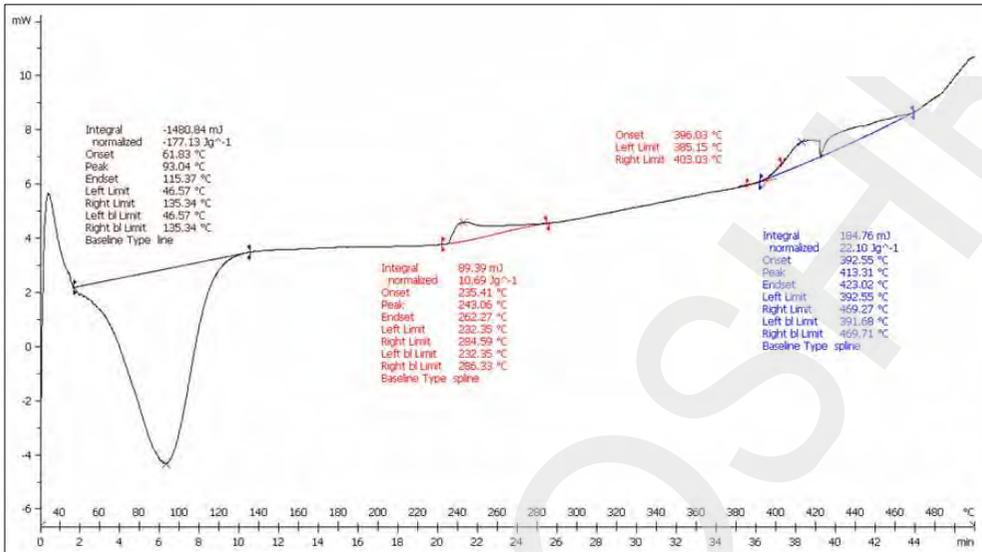
- 시험대상 물질 중 benzoylchloride를 제외한 4종의 액체시료는 밀폐형고압 팬을 사용하였으며, benzoylchloride는 고압시차주사열량계(HP-DSC)를 사용하였다.



[그림 21] 1,1-dichloroethylene의 DSC 결과

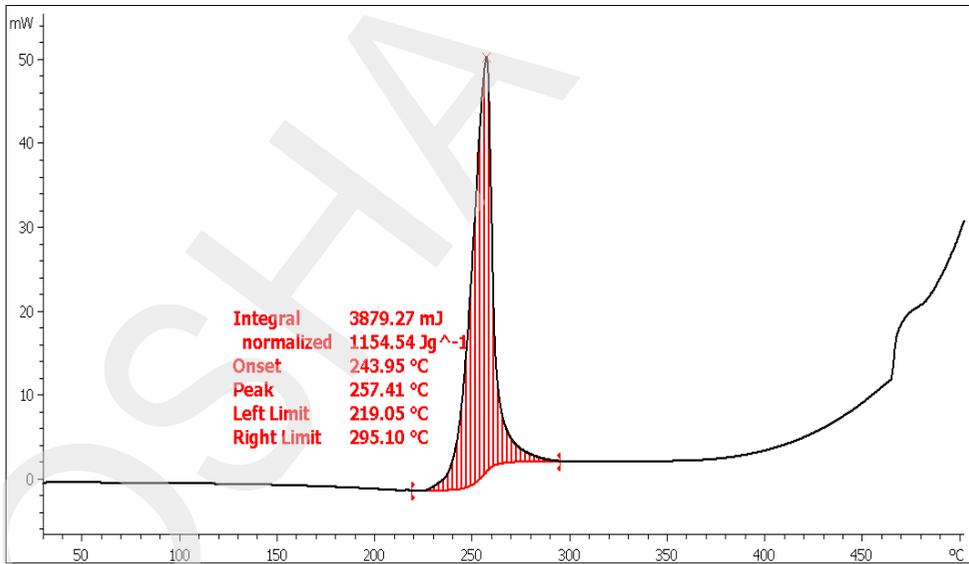
(heating rate=5 °C/min, sample=3.07 mg, scan = (30~300) °C, purge = 50 ml_{air}/min)

- 1,1-dichloroethylene은 105 °C 전후에서 증발로 추정되는 흡열 peak이 관측되었으며, 이후 140 °C 부근에서 중합반응으로 추정되는 발열 peak이 관측되었다.
- 1,2-epoxypropane은 측정 구간의 초기부터 130 °C까지 증발로 추정되는 지속적인 흡열이 관측되었으며, 관측된 증발열은 문헌값(194 J/g)의 92% 수준이었다. 이후 230 °C 및 400 °C 부근에서 분해에 기인하는 것으로 추정되는 발열이 관측되었다.



[그림 22] 1,2-epoxypropane의 DSC 결과

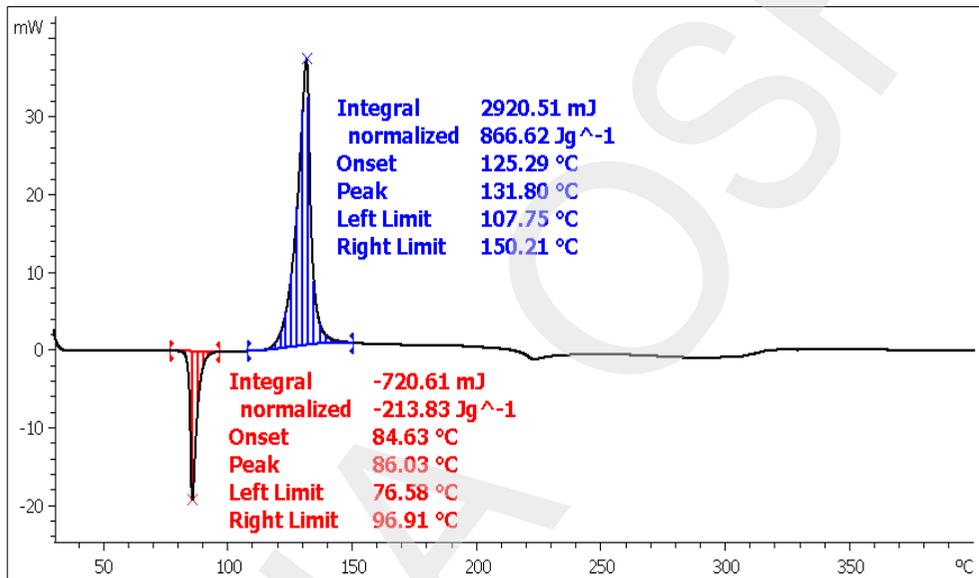
(heating rate=5 °C/min, sample=3.66 mg, scan = (30~500) °C, purge = 50 ml_{air}/min)



[그림 23] benzoylchloride의 HP-DSC 결과

(heating rate=5 °C/min, sample=3.36 mg, scan = (30~500) °C, set pressure=10 barG)

- Benzoylchloride는 약 240 °C 부근에서 분해에 기인하는 것으로 추정되는 약 1,150 J/g의 급격한 발열이 관측된 후에 470 °C 부근에서 분해가스의 발화 혹은 탄화에 기인한 발열로 추정되는 기울기의 변화가 관측되었다.

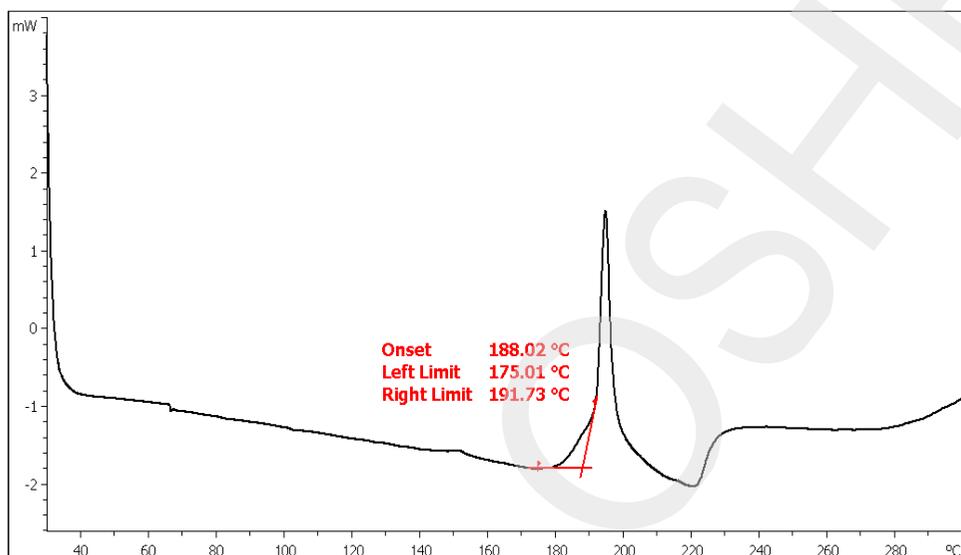


[그림 24] acrylamide의 DSC 결과

(heating rate=5 °C/min, sample=3.37 mg, scan = (30~400) °C, purge = 50 ml_{air}/min)

- Acrylamide는 85 °C를 전후로 용융으로 추정되는 흡열이 관측되었으며 이후 약 110 °C를 시작으로 자가 중합반응에 기인하는 것으로 추정되는 발열이 관측되었다. 관측된 발열량은 문헌에서 보고되는 acrylamide의 중합열 1035 J/g의 약 84 %에 해당된다.
- Vinylacetate는 약 180 °C 부근에서 중합반응에 기인하는 것으로 추정되는 발열이 관측되었으며, 이후 약 210 °C 부근에서 관측되는 thermoagram의 변화는 중합생성물의 부분적 분해에 기인하는 것으로

추정된다.



[그림 25] Vinylacetate의 DSC 결과

(heating rate=5 °C/min, sample=4.52 mg, scan = (30~300) °C, purge = 50 ml_air/min)

5)-2 열중량분석기(TGA)에 의한 열적거동 측정

열중량분석기(이하 TGA)는 일정한 속도로 온도를 변화시켰을 때의 시료의 질량변화를 시간이나 온도의 함수로써 측정한다. 시료의 질량변화는 증발(vaporization)이나 가스를 생성하는 화학반응(chemical reaction, 분해반응 포함) 등에 의해 발생하게 되며, microbalance에 의해 연속적으로 측정된다. TGA에 의한 질량-온도 곡선을 이용해 온도변화에 따른 질소, 산소, 공기 등의 분위기하에서 분해 거동을 관찰할 수 있으며, 시료의 열안정성 및 휘발성 물질이나 첨가제들의 함량 및 조성비율 등을 알 수 있으며, 같이 측정되는 single DTA 결과를 활용하여 질량변화의 원인에 대한 유추가 가능하다.

(1) 시험장비 및 시험방법

가) 시험장비

- 장비명 : TGA/DSC1
- 제조사 : METTLER TOLEDO(스위스)



TGA/DSC1



cooler

[그림 26] TGA(Thermo Gravimetric Analyzer)

- TGA는 Furnace(가열로), 저울, 시료의 온도를 측정할 수 있는 센서로 구성된 본체 module과 (-28 ~ 150) °C 의 작동 범위를 갖는 circulator로 구성.
- 사용범위 및 정확도

항 목	Value
온도 범위	(실온 ~ 1,100) °C
온도 정밀도	± 0.25 K
저울 측정 범위	≤1 g
Balance resolution	0.1 μg
Calorimetric resolution	0.5 mW
Sample volume	100 μl

나) 시험방법

○ 시험 규격

: ASTM E 2550-11 (2011) “Standard test method for thermal stability by thermogravimetry”

○ 시험 절차

- alumina (aluminum oxide) 재질의 시료 용기에 시료에 따라서 (10 ~ 25) mg을 투입.
- furnace의 저울(온도센서 장착)에 올려놓은 후 10 °C/min의 승온속도로 질소분위기에서 측정.
- 측정범위는 시료에 따라서 (30 ~ 700) °C 범위에서 측정.

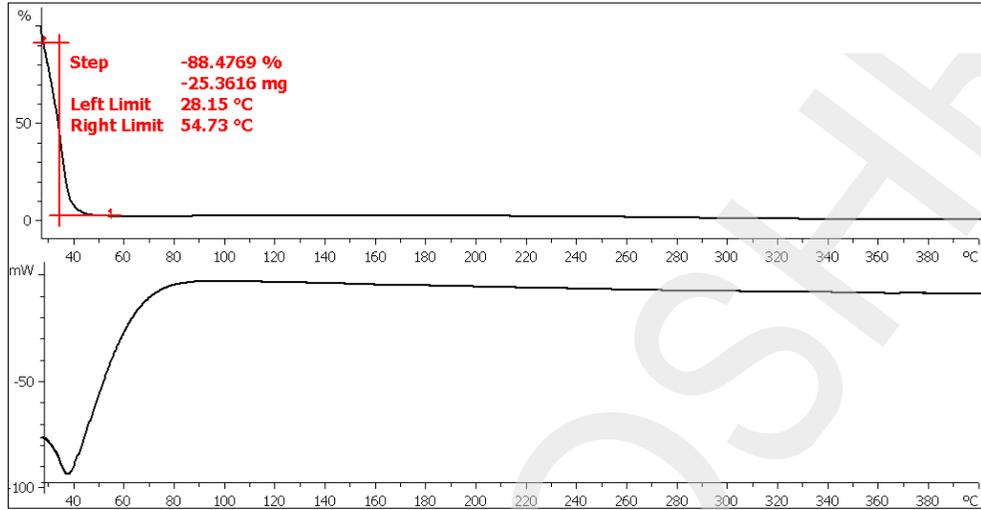
(2) 시험결과 및 특이사항

<표 17> 시험대상 물질에 대한 TGA/DSC1 분석결과

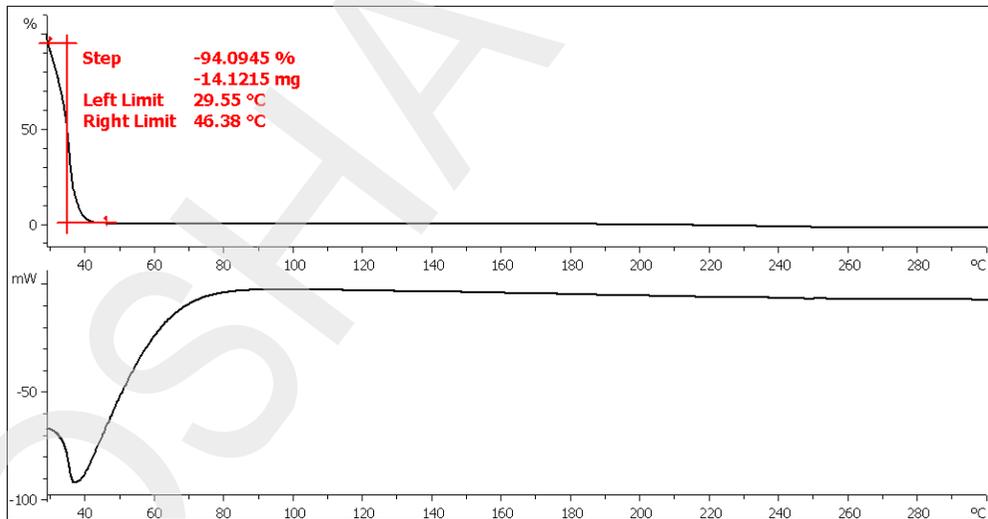
물질명	1 st variation			2 nd variation		
	T _i [°C]	T _f [°C]	wt. loss [%]	T _i [°C]	T _o [°C]	wt. loss [%]
1,1-dichloroethylene	28.15	54.73	-88.48	-	-	-
1,2-epoxypropane	29.55	46.35	-94.09	-	-	-
Benzoyl chloride	53.48	187.68	-98.03	-	-	-
Acrylamide	86.16	164.49	-26.73	232.59	462.02	-50.51
Vinyl acetate	38.44	67.62	-98.25	-	-	-

T_i: 질량변화시작온도, T_f: 질량변화종료온도, wt.loss : 투입량기준 질량변화율(+:증가, -:감소)

- 1,1-dichloroethylene은 높은 휘발성으로 인하여 시험 시작과 동시에 질량감소를 보였으며 약 55 °C미만에서 대부분이 증발되었다.

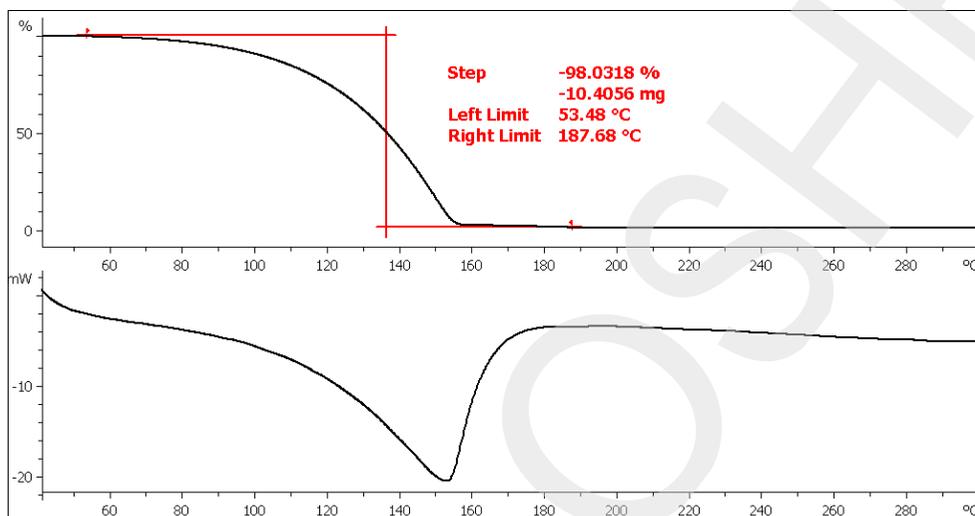


[그림 27] 1,1-dichloroethylene의 TGA/DSC1 분석결과
(heating rate=10 °C/min, sample=26.88 mg, scan = (30~400) °C, purge = 50 ml_N2/min)



[그림 28] 1,2-epoxypropane의 TGA/DSC1 분석결과
(heating rate=10 °C/min, sample=12.43 mg, scan = (30~300) °C, purge = 50 ml_N2/min)

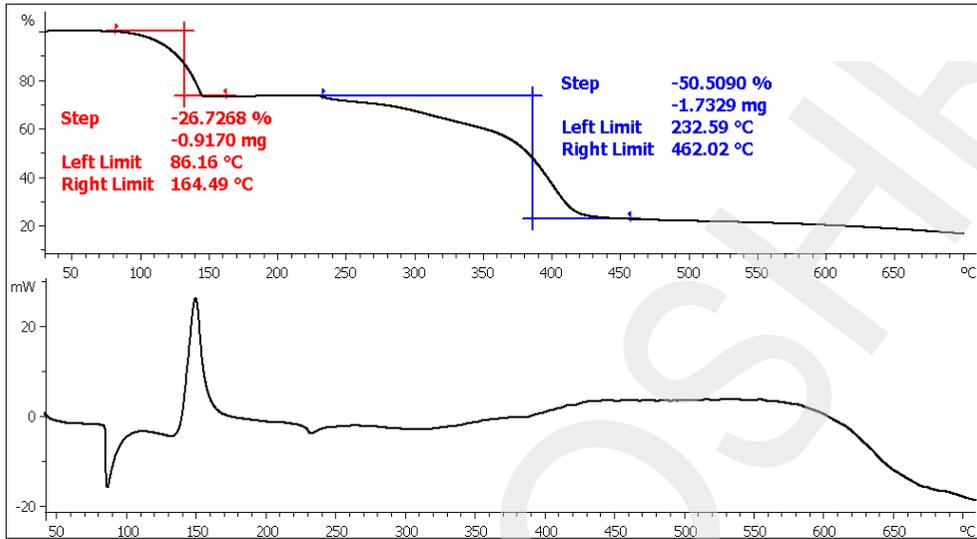
- 1,2-epoxypropane 역시 높은 휘발성으로 인하여 시험 시작과 동시에 질량감소를 보였으며 약 46 °C미만에서 대부분이 증발되었다.



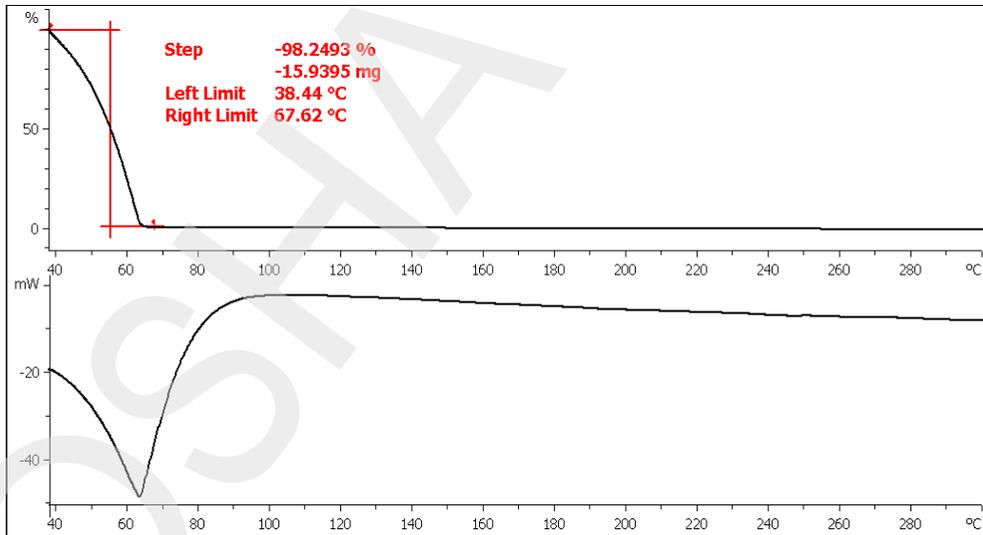
[그림 29] Benzoylchloride의 TGA/DSC1 분석결과

(heating rate=10 °C/min, sample=10.61 mg, scan = (40~300) °C, purge = 50 ml_N2/min)

- Benzoylchloride는 약 53 °C에서부터 질량감소가 시작되어 약 188 °C미만에서 대부분이 증발되었다.
- Acrylamide는 single DTA에 의하면 약 84 °C부근에서 중량변화 없이 용융에 의한 흡열이 보이며, 용융이 종료된 후부터 약 165 °C까지 중합반응에 기인하는 것으로 추정되는 발열과 약 27 %의 질량 감소를 보였다. 이후 약 233 °C부터 462 °C까지 중합생성물의 분해에 기인하는 것으로 추정되는 50 %의 추가 질량감소가 발생하였다.
- Vinylacetate는 높은 휘발성으로 인하여 약 70 °C미만에서 증발에 의한 것으로 추정되는 98%의 질량 감소가 발생하였다.



[그림 30] Acrylamide의 TGA/DSC1 분석결과
 (heating rate=10 °C/min, sample=10.61 mg, scan = (30~700) °C, purge = 50 ml_N2/min)



[그림 31] Vinylacetate의 TGA/DSC1 분석결과
 (heating rate=10 °C/min, sample=16.22 mg, scan = (30~300) °C, purge = 50 ml_N2/min)

6) 압력용기시험(Pressure vessel test)

압력용기 시험은 밀봉상태 하에서 강열 영향에 대한 시료물질(액체 혹은 고체)의 민감성을 측정하는 것으로써 오리피스관의 구경 및 파열관의 파열 여부를 통해서 시험 대상 물질에 대한 가열 분해의 격렬함 정도를 평가하는 시험이다. 낙추타격감도시험, 마찰감도 시험 등과 같이 화학물질의 폭발특성을 평가하는 시험 방법 중 한가지이다. 압력용기 시험은 투입되는 시료의 양이 다른 시험평가 장비와 달리 비교적 많아서 경우에 따라서 아주 급격한 폭발을 동반할 수 있기 때문에 시차주사열량계(DSC)나 열안정성시험기(TS^u) 등의 평가 장비를 이용하여 발열개시온도 및 최종 도달 압력에 관한 정보를 시험 전에 취득할 필요가 있다.

(1) 시험장비 및 시험방법

가) 시험장비

- 장비명 : Pressure Vessel Tester(KRS-RG-6035)
- 제조사 : K.K.KURAMOCHI(일본)



[그림 32] 미국식 압력용기 시험 장치

- 압력용기 시험기는 전기가열로, Controller, 압력용기, 파열관 등으로 구성되어 있다. 전기가열로는 독립적으로 3개의 압력용기를 최고 900

℃ 까지 가열 할 수 있으며, Controller는 전기가열로의 온도 조절, 압력용기 및 가열로의 온도기록과 압력용기 설치를 위한 구동장치를 조절한다.

- 압력용기는 약 200 cm³의 내용적을 가지는 스테인리스 용기로 시료의 온도를 측정할 수 있는 온도센서, 파열판 및 오리피스를 장착할 수 있는 노즐 등으로 구성되어 있고, 상부에 설치되는 파열판은 직경 38 mm의 알루미늄 파열디스크로, 파열 설정압력은 (620 ± 50) kPa.

나) 시험방법

○ 시험 규격

: 유엔 위험물질 운송 권고안, 시험 및 판정기준(Recommendation on the Transport of Dangerous Goods-manual of tests and criteria)』의 25.4.3 Test E. 3 United States pressure vessel test

○ 시험 절차

- 알루미늄으로 만들어진 시료용기(28 × 30) mm 에 5.0 g의 디부틸 프탈레이트(혹은 실리콘 오일)를 투입하여 해당 물질의 온도가 (0.5 ± 1) ℃로 가열될 수 있도록 가열로의 전류 및 전압치를 설정.
: 가열로 온도 = 730 ℃, 전압치 = 80 V, 전류치 = 11.5 A
- 대상 물질을 5 g 계량하여 알루미늄 시료용기에 투입하고 파열판 및 오리피스를 설치한 후 압력용기를 가열로에 삽입 후 가열 시작.
- 분해에 의하여 파열판의 폭발이 발생하거나 내부온도가 400 ℃에 도달할 때까지 시험을 실시한다. 디스크의 파열이 생기게 되는 경우에는 연속적인 3회의 실험에서도 파열이 생기지 않을 때까지 오리피스의 직경을 높여가면서 시험을 반복한다.

- 파열판의 폭발을 일으키지 아니하는 최소의 오리피스 직경을 USA-PVT 번호로 기재하고 시험 물질의 강열영향에 대한 민감도를 <표 18>의 분류기준에 의하여 정성적으로 판정.

<표 18> USA-PVT 번호에 의한 강열 영향 평가 기준

판정	USA-PVT No.
격렬	9.0 ~ 24.0 인 물질
중간	3.5 ~ 8.0 인 물질
낮음	1.2 ~ 3.0 인 물질
아니오	1.0 인 물질

<표 19>는 대표적인 반응성물질들에 대한 압력용기 시험결과 (USA-PVT No.) 및 판정 사례를 나타낸 것이다.

<표 19> 미국식 압력용기시험 결과 사례

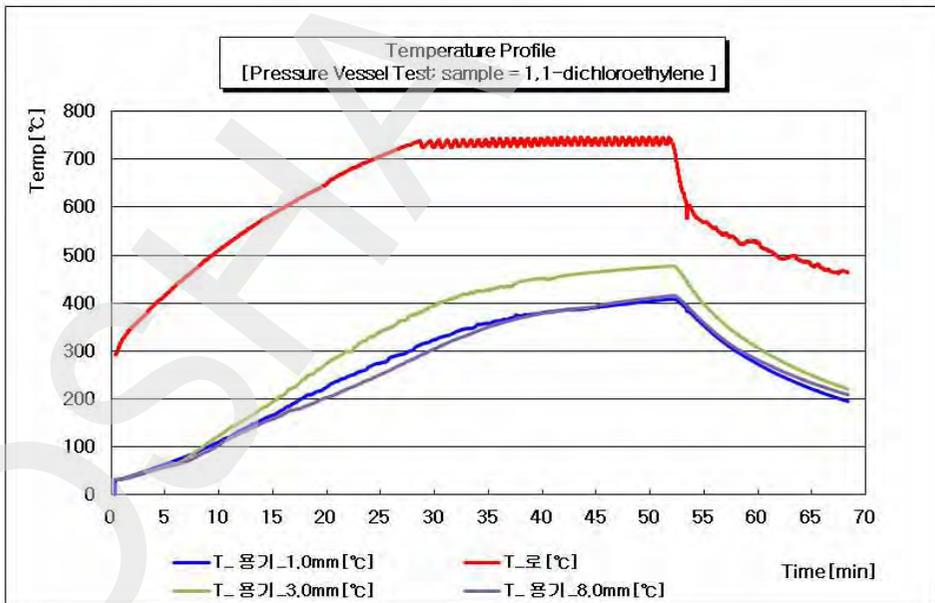
물질	USA-PVT No.	판정
tert-Butyl hydroperoxide, 70% with water	1.0	아니오
tert-Butyl peroxybenzoate,	8.0	중간
Dibenzoyl peroxide	18.0	격렬
Dicumyl peroxide	2.0	낮음
Dilauroyl peroxide	6.0	중간

(2) 시험결과 및 특이사항

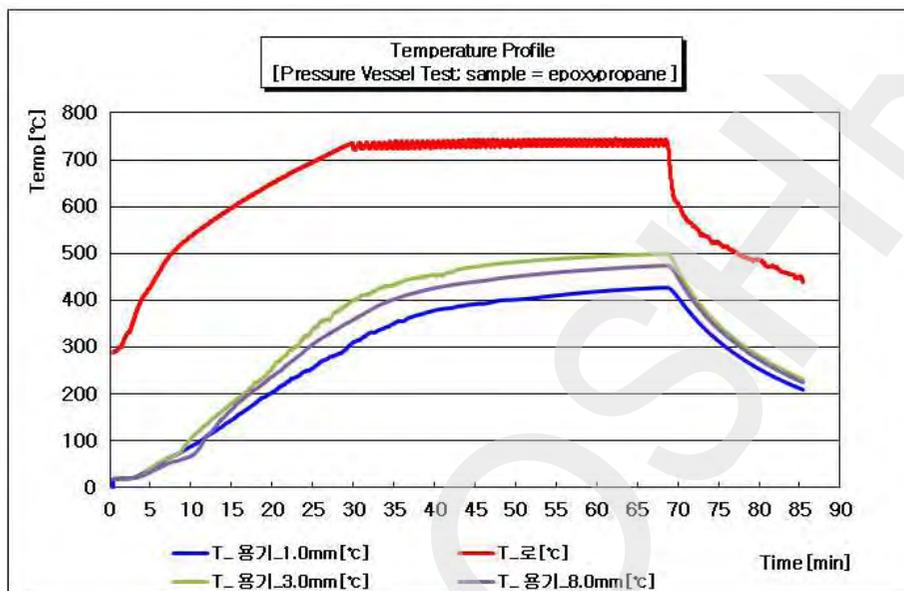
< 표 20 > 시험 대상 물질에 대한 압력용기 시험결과

물질명	Orifice diameter [mm]			USA-PVT No.	판정
	8	3	1		
1,1-dichloroethylene	비파열	비파열	비파열	1.0	아니오
1,2-epoxypropane	비파열	비파열	비파열	1.0	아니오
Benzoyl chloride	비파열	비파열	비파열	1.0	아니오
Acrylamide	비파열	비파열	비파열	1.0	아니오
Vinyl acetate	비파열	비파열	비파열	1.0	아니오

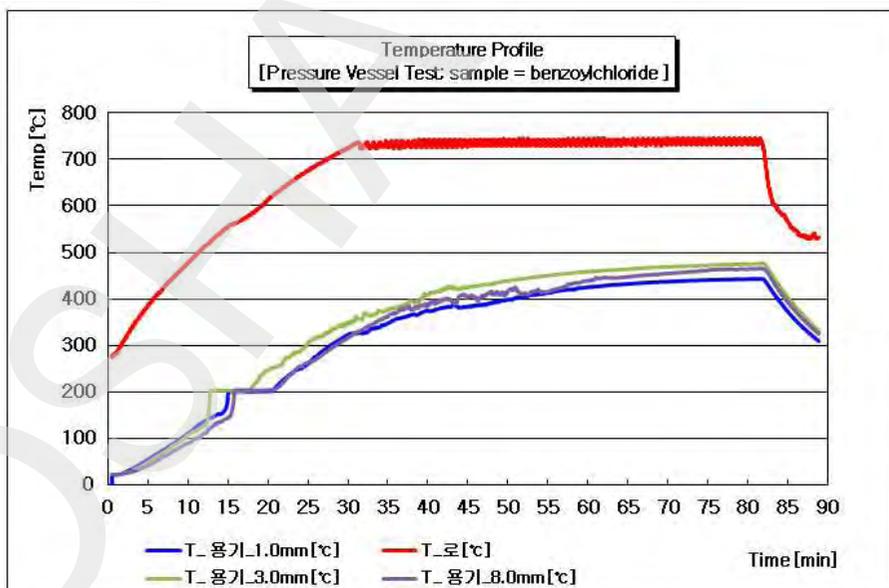
- 모든 대상 시료에서 분류를 위한 기준 orifice에서 파열판의 파열이 발생하지 않았다. 따라서 모든 시료에 대한 USA-PVT No.는 “1.0”이며 밀폐하의 강열영향에 대한 민감도는 “아니오”로 판정할 수 있다.



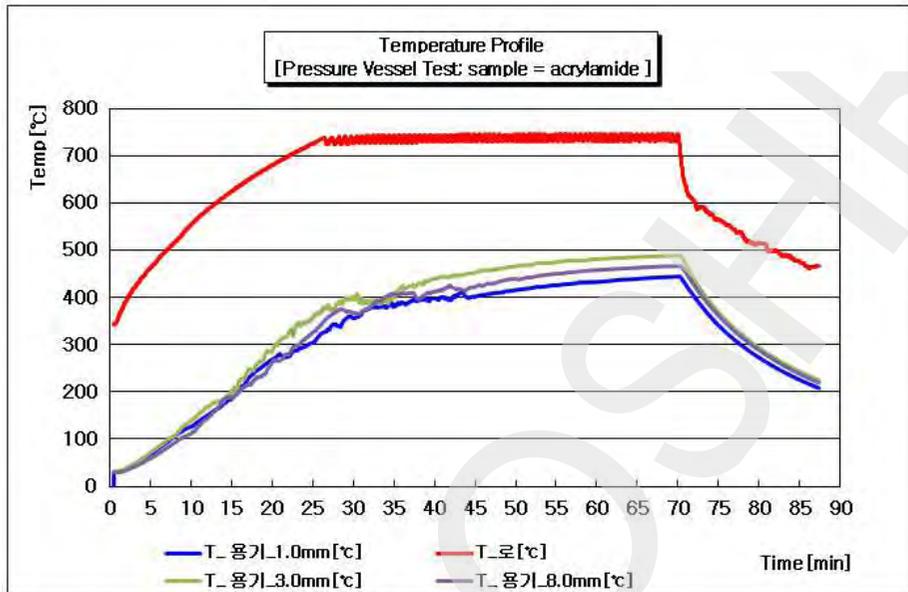
[그림 33] 1,1-dichloroethylene의 압력용기 시험결과



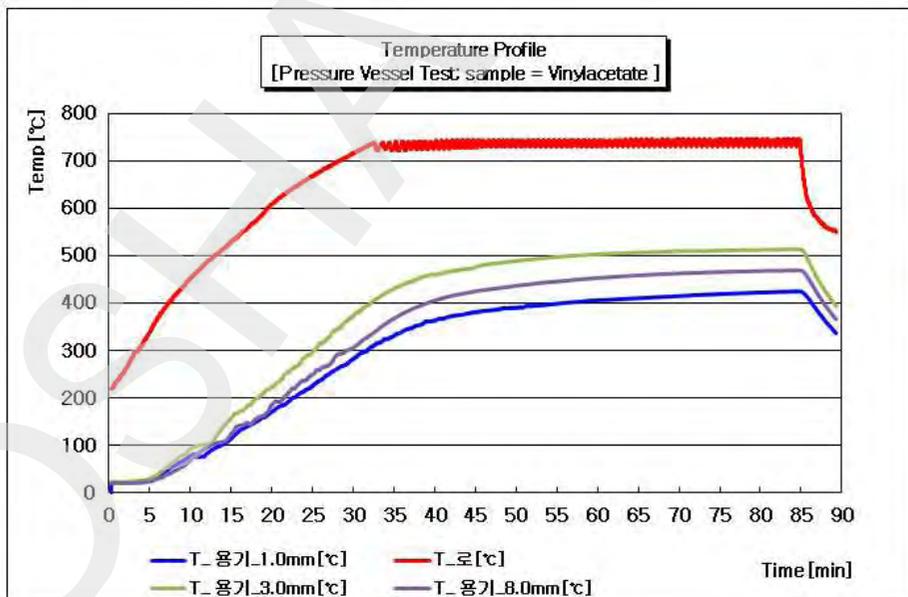
[그림 34] 1,2-epoxypropane의 압력용기 시험결과



[그림 35] Benzoylchloride의 압력용기 시험결과



[그림 36] Acrylamide의 압력용기 시험결과



[그림 37] Vinylacetate의 압력용기 시험결과

7) 시간압력시험(Time-pressure test)

시간압력 시험기는 밀폐식 조건하에서 화학물질(액체 및 고체)의 점화영향을 측정하는 시험장비로써 측정된 데이터(압력상승속도)를 이용하여 점화된 시험 물질의 폭연 전달성 여부를 판정함으로써 일반적인 상업용 포장 내의 물질들이 대기압하에서 격렬한 폭발성을 가지고 폭연으로 진행될 수 있는가를 결정하기 위해서 사용한다. 해당 시험을 통해서 액체 및 고체 물질의 연소가능성 여부, 점화 발생에 의한 압력발생 여부, 최종 압력 및 상승속도 등의 데이터 및 GHS에서 산화성액체 및 자기반응성 물질 분류를 위한 정보를 취득할 수 있다.

(1) 시험장비 및 시험방법

가) 시험장비

- 장비명 : Time & pressure tester
- 제조사 : FESTEC KOREA(한국)



[그림 38] 시간-압력(Time-Pressure) 시험기 사진

- 장비는 길이가 89 mm, 외부직경이 60 mm인 원통형의 강철 압력탱크, 5 ms 이하동안에 (690 - 2070) kPa의 압력 상승을 견딜수 있는 압력측정장치 그리고 점화시스템 등으로 구성.
- 사용범위 및 정확도

- 압력 : (0 ~ 3000) kPa,
- 정확도 : $\pm 0.25\%$ FSO, Response time : < 1 ms

나) 시험방법

○ 시험 규격

: 유엔 위험물질 운송 권고안, 시험 및 판정기준(Recommendation on the Transport of Dangerous Goods-manual of tests and criteria)』의 12.6.1 Test 2(c)(i) Time/Pressure test

○ 시험 절차

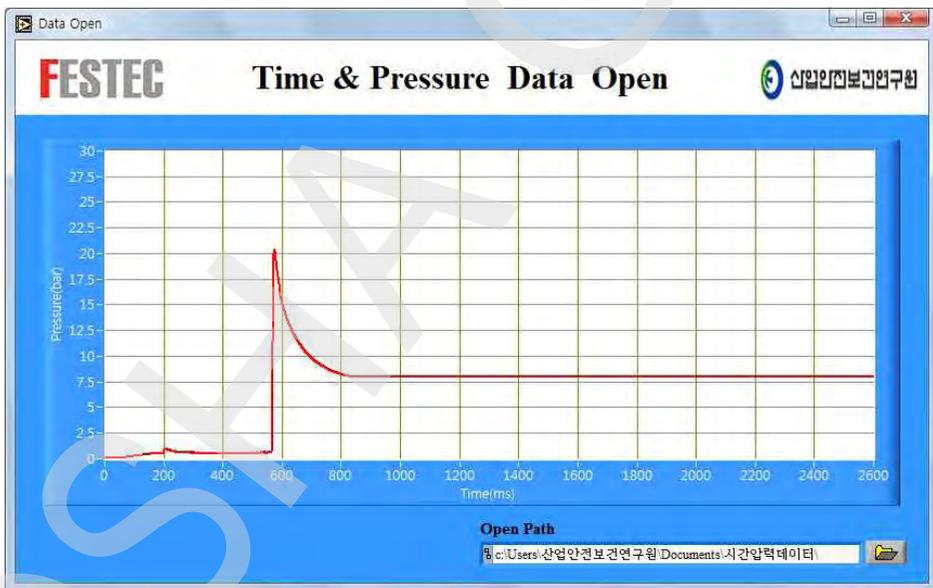
- 시험물질 5 g을 시험장비에 넣고 점화시스템과 접촉하게 한 후 점화.
: 고체 시료는 가볍게 채우고 강제적으로 충전하지 않음.
- 예비시험에서 급격한 반응이 예상되는 경우에는 시료의 무게를 0.5 g 까지 줄여 시험을 실시한 후 시료의 무게를 점차로 증가시켜가면서 “+” 결과가 얻어질 때 까지 혹은 시료무게 5 g이 될 때까지 반복시험 실시.
- 시험은 3회 실시하며 압력이 690 kPa에서 2070 kPa로 증가하는 시간을 기록 후 가장 짧은 시간간격을 이용하여 분류.
- 게이지 압력이 690 kPa로부터 2070 kPa로 상승하는 시간이 30 ms 이하이면 당해 시험물질은 폭연전달성이 있는 것으로 간주하고 “+”로 평가한다. 상승시간 30 ms에 2070 kPa에 도달하지 아니하면 그 물질은 폭연 전달성이 느리거나 없는 것으로 간주하여 “-”로 평가.
- 점화되지 않는 물질은 폭발성이 없는 것으로 간주 가능.

(2) 시험결과 및 특이사항

< 표 21> 시험 대상 물질에 대한 시간압력 시험 결과

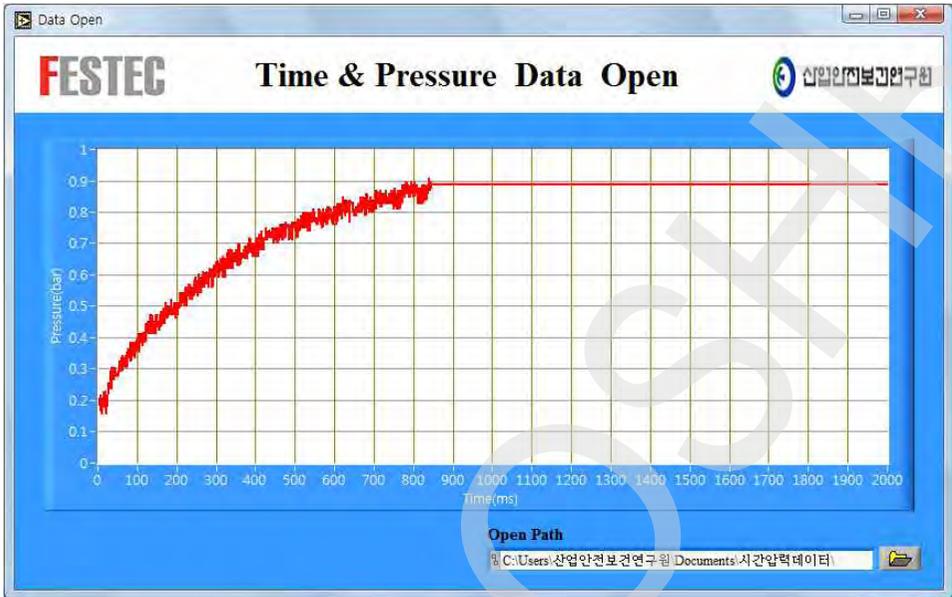
물질명	투입량 [g]	연소여부	최대압력 [kPa]	609 kPa 도달여부	폭연전달성 평가
1,1-dichloroethylene	5.02	미발생	101.3	미도달	—
1,2-epoxypropane	4.99	미발생	63	미도달	—
Benzoyl chloride	5.12	미발생	12	미도달	—
Acrylamide	5.07	미발생 (용융고형물발생)	18	미도달	—
Vinyl acetate	4.98	미발생	25	미도달	—

- 시험평가 결과, 모든 시료에서 폭연전달성은 관측되지 않았다.

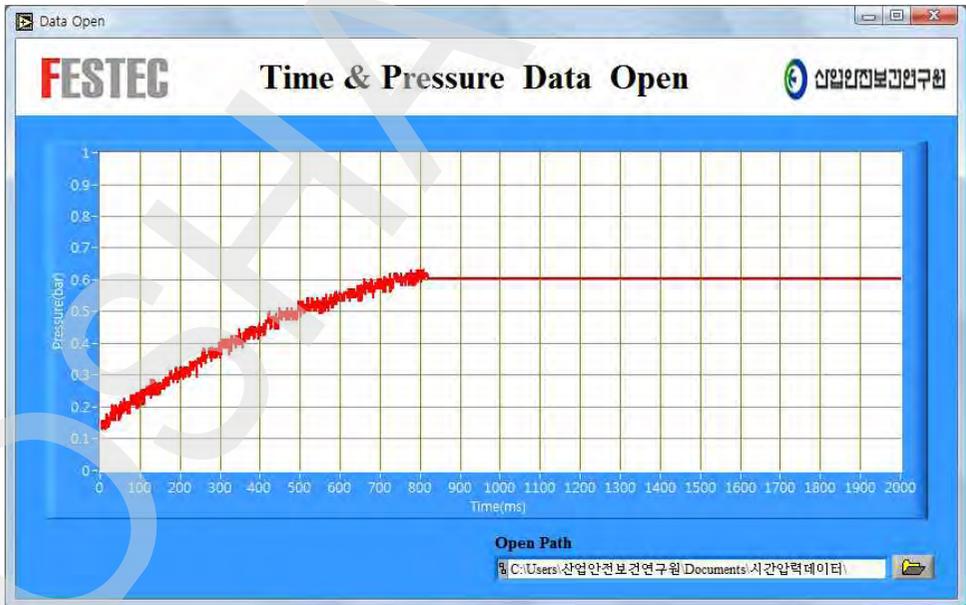


[그림 39] Benzoylperoxide의 시간압력 시험결과

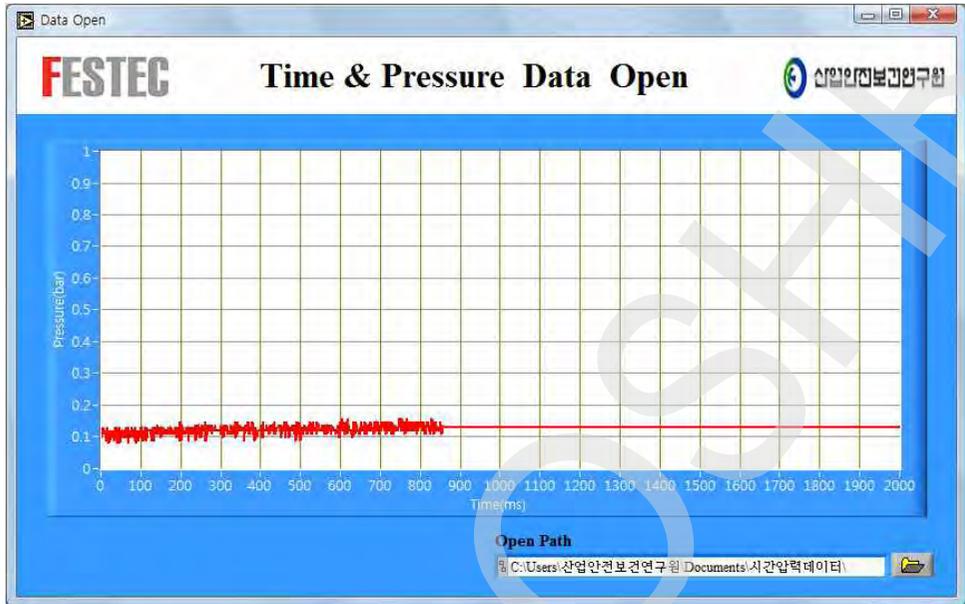
- 참고로 [그림 39]은 표준물질로 사용되는 benzoylperoxide의 시간압력 시험 결과로, 점화에 의해 내부 압력이 급격히 609 kPa에 도달 한 후에 30 ms안에 폭연전달 판정기준인 2070 kPa에 도달한다.



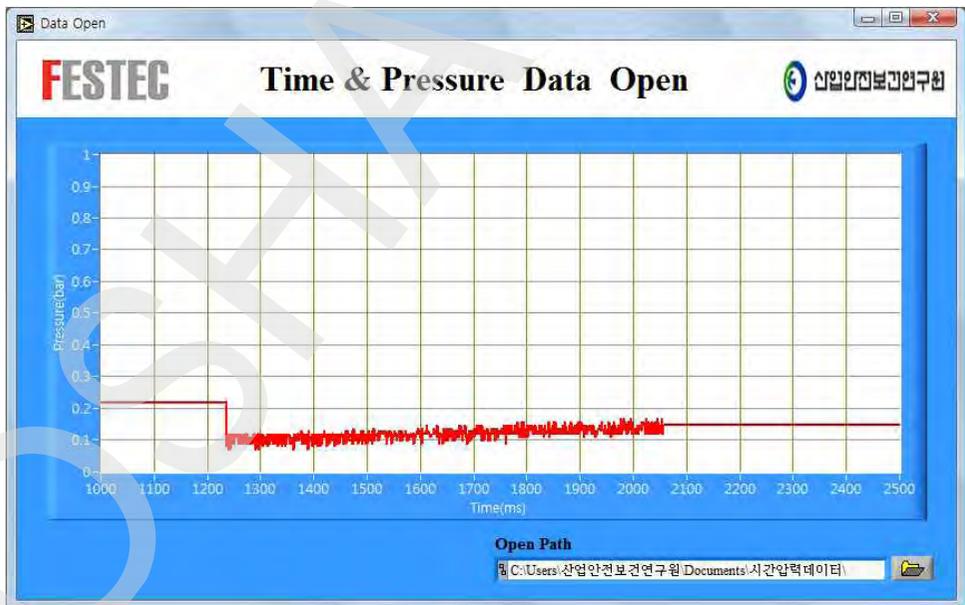
[그림 40] 1,1-dichloroethylene의 시간압력 시험결과



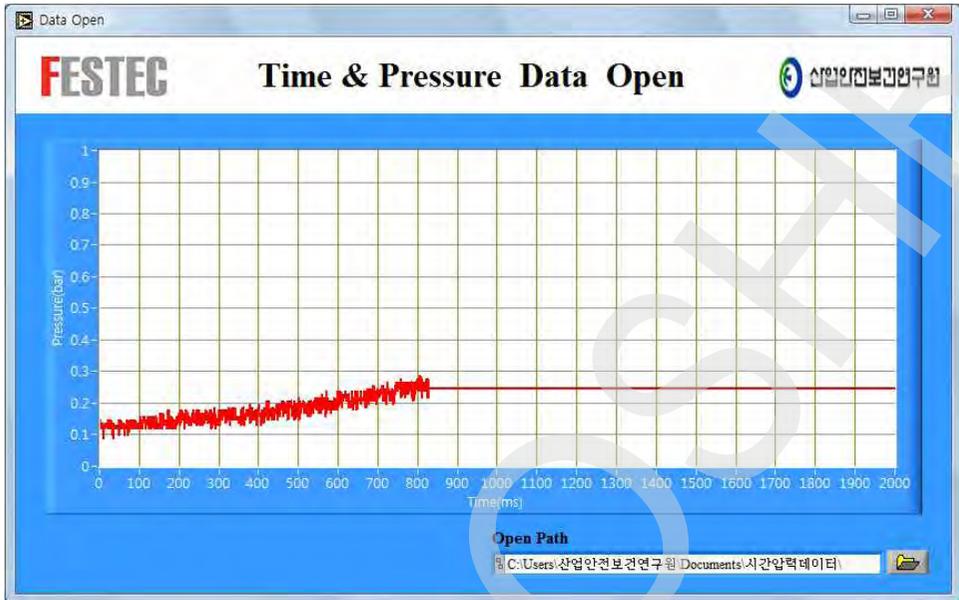
[그림 41] 1,2-epoxypropane의 시간압력 시험결과



[그림 42] Benzoylchloride의 시간압력 시험결과



[그림 43] Acrylamide의 시간압력 시험결과



[그림 44] Vinylacetate의 시간압력 시험결과

- 모든 시료에서 점화스위치에 의한 에너지 공급이 이루어지면(switch on) 압력이 상승하나, 종료되면 내부 압력이 떨어지는 경향을 보였다.
- 이는 끓는점이 비교적 높은 benzoyl chloride의 내부압력상승이 비교적 낮은 것과, 시험 종료 후 시료의 변화가 없는 것으로 보아 단순히 온도 상승에 의한 증기압 증가에 기인하는 것으로 볼 수 있다.
- Acrylamide의 경우는 오히려 시험 시작 후에 내부 압력이 감소하는데, 이는 용융에 의한 시료 부피의 감소에 기인하는 것으로 볼 수 있다.

8) 물반응성(Water reactivity)

NFPA 704에서 물반응성을 별도로 규정하고 있는 이유는 물이 소화재로써 화재현장에서 가장 많이 사용되기 때문에 소화작업 시 화학물질과의 반응에 의한 영향을 평가하기 위함이다. 그러나 물은 일반적인 실험실에서 시험도구의

세정 목적으로 빈번히 사용되기 때문에 앞서 언급한 위험성을 배제하더라도 화학물질의 위험성을 평가함에 있어서 꼭 필요하다고 볼 수 있다. NFPA 704에서는 물반응성 평가를 위하여 「two-drop calorimeter」를 사용하거나 이와 유사한 방법으로 1:1 중량비 혼합물에 대한 반응위험성을 평가하도록 규정되어 있다. 본 연구에서는 정밀열량측정장치(C-80)를 사용하여 1:1 중량비 혼합에 의한 물반응성을 평가하였다. 정밀열량측정장치는 프랑스 Setaram사에서 제작한 Calvet 형태의 열량계로 [그림 45]와 같다. 열량측정 원리는 참조셀(Reference cell)과 시료가 담긴 측정셀(Measurement cell)을 같은 온도 1°C를 올려주는 데 필요한 열량의 차이를 기록함으로써 측정되어 진다. 이때 reference cell은 샘플의 비열 때문에 발생하는 열 효과를 보정해주는 것이다.

(1) 시험장비 및 시험방법

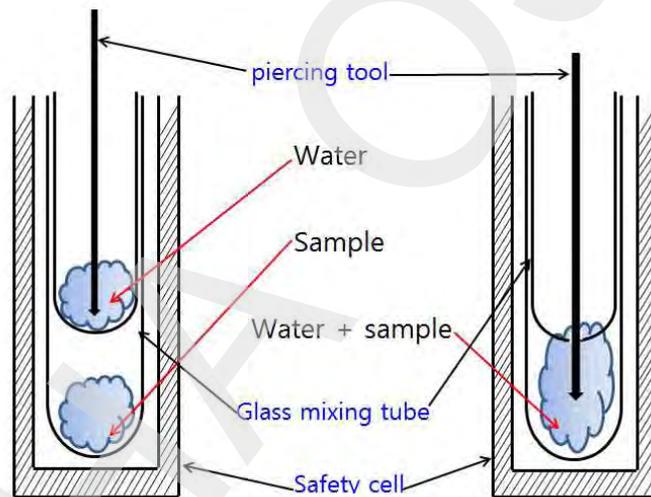
가) 시험장비

- 장비명 : 정밀열량측정장치(C-80)
- 제조사 : Setaram(프랑스)



[그림 45] 물반응성 평가 장비(정밀열량측정장치:C-80)

- 장비는 시료 투입용 측정cell과 참조용 cell의 장착 및 가열을 위한 가열로, 온도조절 및 기록을 위한 controller(CS-32) 그리고 장비 운전 및 결과 분석용 소프트웨어(setsoft) 운영을 위한 컴퓨터로 구성.
- 정밀열량측정장치는 측정 목적에 따라서 다양한 종류의 cell을 사용할 수 있는데, 본 연구에서는 두 개의 tube로 구성되어 있는 glass mixing tube와 혼합에 의해 발생될 수 있는 압력을 고려한 safety cell을 사용하였으며, [그림 46]은 사용된 cell 모습 및 혼합방식의 개략도를 나타낸다.



[그림 46] Glass mixing tube를 이용한 혼합반응성 측정(정밀열량측정기의 safety cell 사용)

- 사용범위 및 정확도
 - 온도 : 상온 ~ 300 °C
 - 압력 : 상압 ~ 200 barG
 - 승온속도 & 정밀도 : (0.01 ~ 2) °C/min, 0.01 °C/min
 - 측정한계 : (2 ~ 5) μW

나) 시험방법

○ 시험 규격

: NFPA 704(1996) "Standard system for the identification of the hazards of materials for emergency response, Appendix D-1 'Instability, thermal hazard evaluation techniques- water reactivity'

※ 시료의 투입양 및 평가에 대한 기준은 상기 기준을 따르며, 평가를 위한 세부절차는 시험장비(C-80) 제작사의 표준운전 매뉴얼을 준용.

○ 시험 절차

- [그림 46]과 같이 Glass mixing tube의 inner tube와 outer tube에 증류수와 대상 시료를 중량비로 동일한 양을 계량하여 투입한 후 측정용 safety cell에 장착.
- 빈 glass mixing tube가 장착된 참조용 셀과 측정용 safety cell을 furnace에 장착
- C-80 운영 소프트웨어(setsoft)를 이용하여 실험 조건(승온속도, 온도, 유지 시간 등)을 입력 후 시험을 진행.
- 일정 온도에서 일정 시간이 경과 한 후 piercing tool을 이용, glass mixing tube의 inner tube 하단을 파괴하여 두 시료의 혼합을 실시.
(승온속도 = 0.2 °C, 혼합온도 = 25 °C)
- 실시 후 온도 및 heat flow의 변화를 관측한 후 분석 소프트웨어를 이용하여 반응유무 및 반응열을 계산.

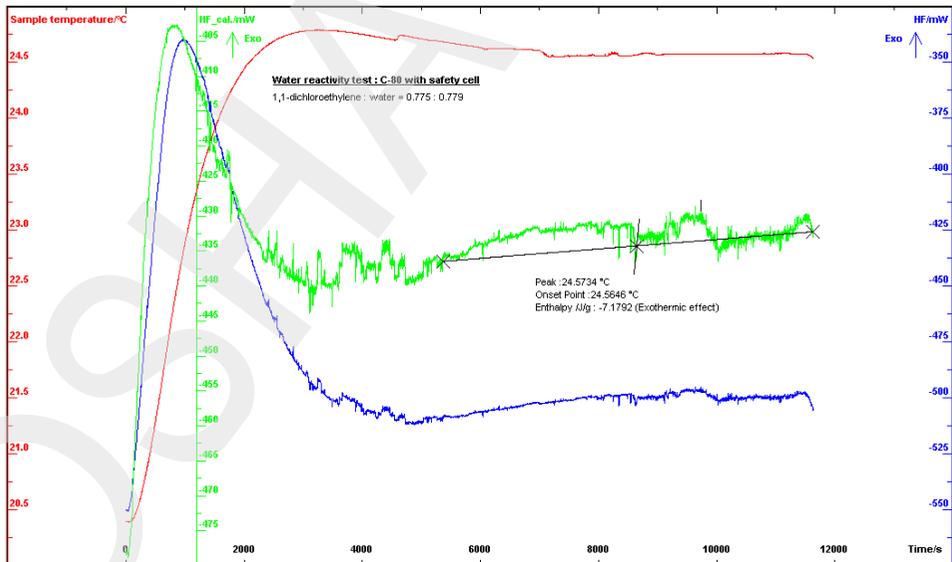
※ 데이터 분석용 baseline을 선정하기 위한 시험을 모든 시험 실시 전에 동일한 조건에서 piercing을 실시하지 않고 실시.

(2) 시험결과 및 특이사항

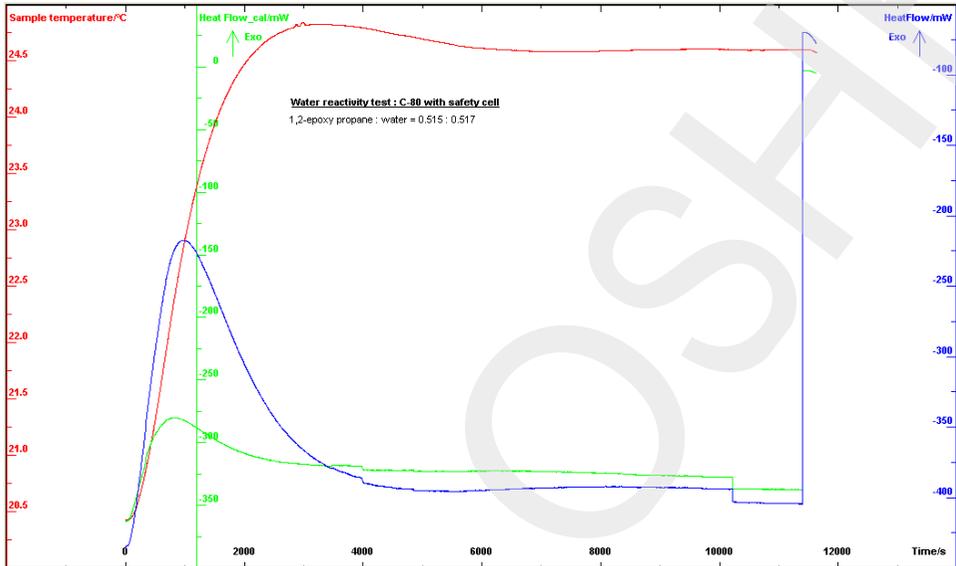
<표 22> 시험대상물질에 대한 물반응성 평가 결과

물질명	투입량/물 [g]	평균분자량 [g/mol]	발열 [cal/g]	물반응성
1,1-dichloroethylene	0.775 / 0.779	30.3	1.72	약간
1,2-epoxypropane	0.515 / 0.517	27.4	-	반응하지않음
Benzoyl chloride	0.476 / 0.481	31.7	4.09	약간
Acrylamide	0.278 / 0.275	27.2	-0.35	약간
Vinyl acetate	0.465 / 0.465	29.7	-	반응하지않음

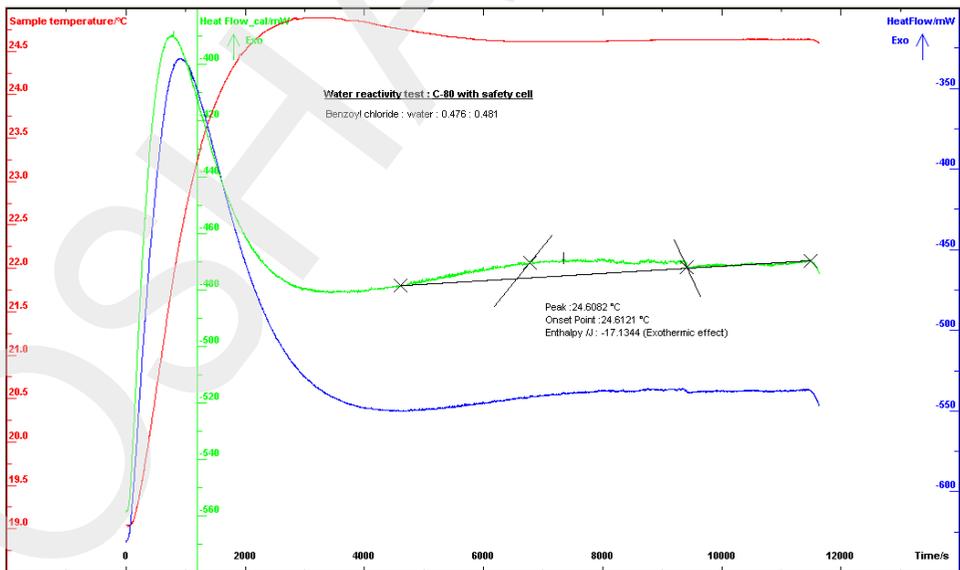
- [그림 47]부터 [그림 51]까지는 5종류에 대한 C-80 측정결과를 나타낸다. 모든 그림에서 파란색은 heat flow의 raw data를 그린색은 baseline을 이용하여 교정된 heat flow를 나타낸다.



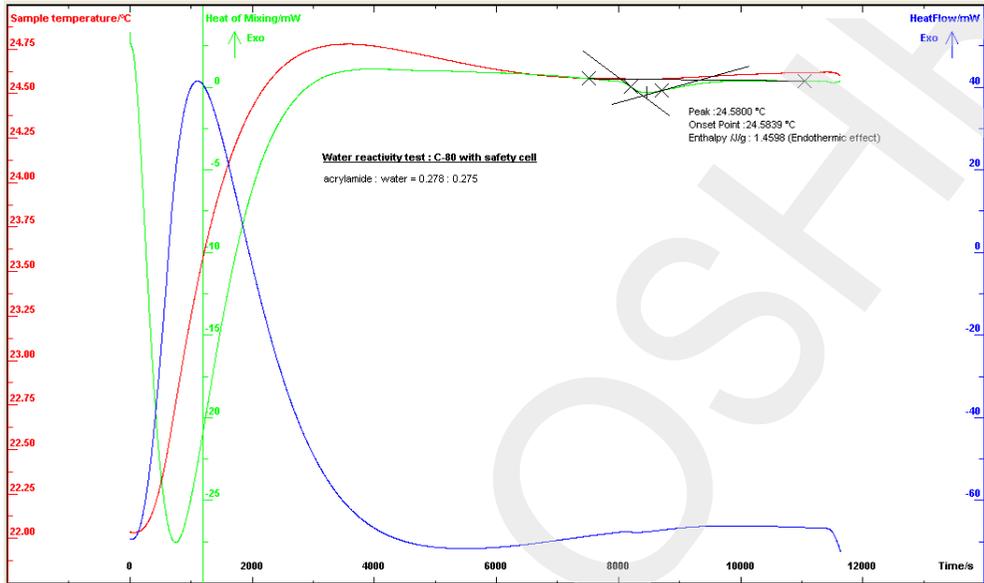
[그림 47] 1,1-dichloroethylene의 정밀열량측정 결과



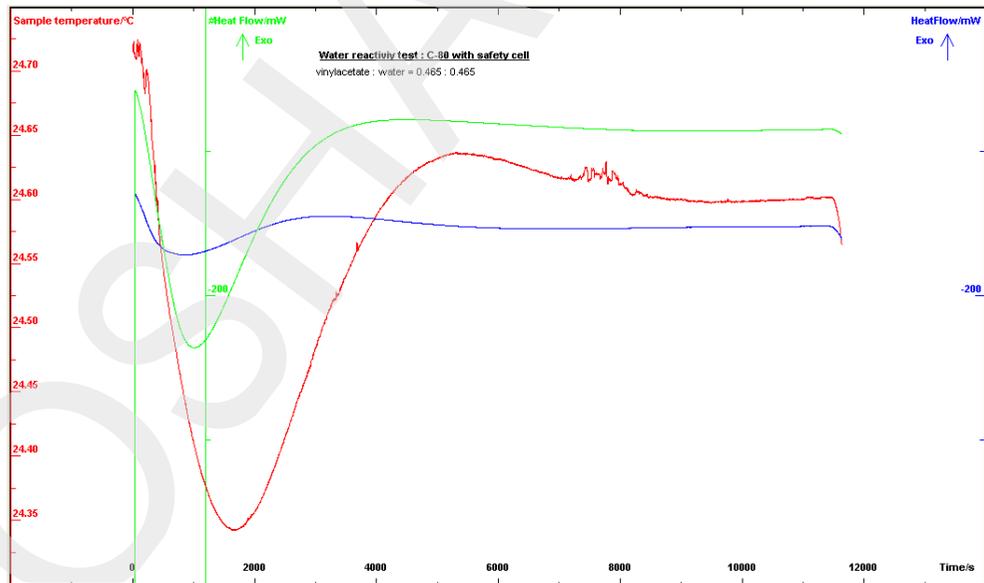
[그림 48] 1,2-epoxypropane의 정밀열량측정 결과



[그림 49] Benzoylchloride의 정밀열량측정 결과



[그림 50] Acrylamide의 정밀열량측정 결과



[그림 51] Vinylacetate의 정밀열량측정 결과

- 정밀열량측정기를 이용한 물반응성 평가에서 1,1-dichloroethylene, benzoylchloride에서 약간의 발열이 보였으며, acrylamide에서는 약간의 흡열이 관측되었고, vinylacetate와 1,2-epoxypropane에서는 반응성이 없는 것으로 나타났다.
- NFPA의 물반응성 판정 기준에 의하면 모든 시료에서 30 cal/g를 초과하는 열량이 관측되지 않았기 때문에 물과의 반응성은 『반응하지 않음』으로 판정할 수 있다. 그러나 대상 물질의 MSDS상에 기재되어 있는 NFPA 지수에서 반응성지수는 모두 “2”이며, 해당 등급 판정 기준에는 물과의 격렬한 반응성이 포함되어 있다.
- 또한 NOAA의 「CRW2⁹⁾ : Chemical reactivity worksheet 2」에 의하면 <표 23>에서 보는 바와 같이 1,2-epoxypropane과 acrylamide를 제외하고 물과의 반응성이 있음을 나타내고 있다.
- 특히 benzoyl chloride의 경우는 가스의 발생을 동반하는 발열반응의 발생 가능성이 있으며, 다른 물질들의 경우 혼합에 의한 독성 물질의 생성이 가능성을 제기하고 있기 때문에 해당 물질의 사용에 있어서 충분한 주의가 요구된다.
- 단, NFPA 반응지수 “2”에 대한 판정기준간의 상충성은 물반응성 이외에 IPD 등의 다른 결과값이 주요하게 기여하였을 것으로 추정되며, 이에 대한 추가적인 평가도 해 볼 필요가 있다고 판단된다.

9) NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)에서 개발한 화학물질의 혼합위험성을 예측하는 무료 소프트웨어로 혼합위험성 이외에 개별 물질의 위험성에 대한 정보 취득이 가능. 단, 촉매에 의한 효과는 예측할 수 없음. 자세한 내용은 별첨 자료 참조.

<표 23> CRW2에 의한 대상 물질과 물의 혼합위험성 예측

ChemName	1,2-epoxypropane	1,1-dichloroethylene	benzoylchloride	acrylamide	vinylacetate	water
1,2-epoxypropane		D1	D1	D1	D1	
1,1-dichloroethyl	D1		D1	C, D1, G	D1	D3, D7
benzoylchloride	D1	D1		D1, D3, E	D1, D3	C, D3, D6, D7, E
acrylamide	D1	C, D1, G	D1, D3, E		D1	
vinylacetate	D1	D1	D1, D3	D1		D3, D7, E
water		D3, D7	C, D3, D6, D7, E		D3, D7, E	

※ 기호 설명

- C : Exothermic reaction. May generate heat and/or cause pressurization
- D1 : Exothermic, potentially violent polymerization. May cause pressurization
- D3 : Combination liberates gaseous products, at least one of which is toxic.
May cause pressurization
- D6 : Exothermic, generation of toxic and corrosive fumes
- D7 : Generation of corrosive liquid
- E : Generates water soluble toxic products
- G : Reaction may be intense or violent

V. 요약 및 결론

본 보고서에서는 발암성물질의 정의와 분류기준, 화학물질의 물리적 위험성의 정의 등 발암성물질에 대한 물리적 위험성평가를 위한 기본적인 정보등에 대하여 살펴보고, 2011년도에 개정된 고용노동부 고시 제2011-13호 「화학물질 및 물리적 인자의 노출기준」에서 규정하고 있는 발암성 물질에 대한 국내·외 DB를 이용하여 정보제공현황을 조사하였다. 조사결과를 바탕으로 추가적으로 정보확보가 필요한 물질을 우선순위를 정하여 선정하고, 선정된 물질에 대한 물리화학적 특성 및 물리적 위험성 시험 평가를 실시하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- 발암성물질 187종에 대하여 국내 DB(K-CIC)를 이용한 화학물질정보 제공 현황을 조사한 결과, 최소 2개의 누락을 보인 물질이 8종 있었으며, 전체 물질의 11%인 19개 물질에서 50% 이상인 8개 이상의 항목에 대한 물리화학적 특성 정보가 누락되어 있었다. 각 항목별 누락율은 16개 항목 중에서 분해온도가 약 16.65 %로 가장 높았으며, 인화성 (15.48 %), 점도 (13.57 %), pH(10.82 %) 등의 순으로 나타났다.
- 외부 DB를 이용하여 시험에 의한 검증이 불가능한 48종을 제외한 139종에 대하여 국내 DB 조사결과에 대한 교차 검증을 실시한 결과, 11개 물질만이 전체 물리화학적 특성에서 일치했을 뿐 그 정도의 차이는 있으나 나머지 128종에서는 최소 1개 이상의 항목에서 DB간 정보가 상이한 결과를 보였다. 항목별로는 인화점이 16.3 %로 DB간 데이터의 차이가 가장 높았으며, 녹는점(13.5 %), 증기압(12.7 %) 순으로 상이한 결과를 보였다.

- 조사 대상물질에 대한 국내외 DB간 상이성 검토 결과, 화재폭발 특성과 관련된 항목이 약 39 %, 물질고유 특성관련 항목이 약 35 % 그리고 인체 및 환경 폭로 관련특성이 약 26 %로 나타났으며, 상대적으로 화재폭발 특성관련 항목에서 상이성이 높음을 알 수 있었다.
- DB검토 결과 추가 시험대상으로 선정된 5개 물질에 대한 물리화학적 특성 및 물리적 위험성 평가 시험결과, acrylamide의 경우는 DB상에 표현되어 있는 끓는점은 물리적으로 의미가 없는 데이터이며, 반응개시 및 분해온도로 대체함이 타당할 것으로 보이며, 1,1-dichloroethylene의 인화점 측정에서는 보유한 인화점 측정 장비로는 재현성이 있는 데이터를 얻을 수 없었는데, 다른 측정방법에 의한 추가적인 데이터의 검증이 필요할 것으로 판단된다.
- 물리적 위험성평가 차원에서 추가적으로 실시된 압력용기 시험 및 시간 압력시험에서는 시험 대상 모든 물질에서 해당 시험규격에서 규정하는 위험성을 나타내는 물질은 관측되지 않았다.
- 정밀열량측정기를 이용한 물반응성 평가에서 vinylacetate와 1,2-epoxypropane은 반응성이 없었으며, 나머지 3개 물질에서는 정도의 차이는 있으나 발열과 흡열이 관측되었다. 그러나 NFPA의 물반응성 판정 기준(발열량 > 30 cal/g)을 초과하지 않아서 모든 물질의 물반응성은 『반응하지 않음』으로 판정할 수 있다.

추가 시험대상 발암성 물질에 대하여 실시한 물리적 위험성평가 결과, 일상적인 사용조건(상온 상압)에서 물리적 위험성을 초래할 수 있는 현상은 관측되지 않았다. 그러나 시간적으로나 비용적인 측면에서 조사대상 물질의 범위가 전체 발암성물질의 일부에 국한되었기 때문에 사용자에게 대한 정보제공의 확대

관점에서 향후 평가 대상물질의 종류 확대할 필요가 있으며, 좀 더 자세한 물리적 위험성을 평가하기 위하여 IPD(Instantaneous Power Density) 및 MPD(Maximum Power Density) 산출에 의한 NPFA 반응지수의 재평가 등 추가적인 시험 평가를 실시할 필요성이 있을 것으로 판단된다.

VI. 참고문헌

- 1) 김경민 등, “발암성물질 관리체계 개선방안”, 국회입법조사처 현안보고서 Vol. 90 (2010)
- 2) "HPV Assessment Report on benzoylchloride", American chemisrty counsil (2003)
- 3) "GHS classification guidance for enterprises 2nd edition", Ministry of economy, trade and industry, Japan(2010)
- 4) Cordula wilrich et. al. "C & L -physical hazards", BAM-Federal institute for materials research and testing (2009)
- 5) "Vinylidene chloride monomer and polymers", A technical report on VDC and PVDC, DOW plastics (2000)
- 6) "Common workplace hazard group", Occupational safety and health, Wikipedia.
- 7) Sawati senchoudhury, "Physical hazards defined by GHS", <http://ezinearticles.com>
- 8) NFPA 704 " Standard system for the identification of the hazards of materials for emergency response", NFPA(1996)
- 9) A. Kossoy et. al., "An advanced approach to reactive rating", Jol. of Hazard materials, Vol. 9 (2005)
- 10) V.H. Carreto-Vazquez et. al., "Inclusion of pressure hazards into NFPA 704 instability rating system", Jol. Loss Prev. and Process Ind. vol. 23(2010)
- 11) Daniel A. Crowl et. al., "Identifying criteria to classify chemical mixture as "highly hazardous" due to chemical reactivity", Jol. Loss Prev. and Process Ind. vol. 17(2004)

- 12) T. C. Hofelich et. al., "A Quantitative approach to determination of NFPA reactivity hazard rating parameters", Process safety progress, Vol. 16, No. 3(1997)
- 13) ASTM D 3539-87 " Standard test method for evaporation rate of volatile liquids by shell thin-film evaporometer"
- 14) http://en.wikipedia.org/wiki/Chemical_decomposition
- 15) "CRW2, Chemical Reactivity Worksheet", NOAA, <http://response.restoration.noaa.gov>.
- 16) K. Kishore et. al., "Thermal polymerization of acrylamide by differential scanning calorimetry", Jol. of polymer science, Vol.19(1981)
- 17) P. Bataille et. al., "Mechanism of Thermal degradation of poly(vinyl acetate)", Jol. of Thermal analysis, Vol.8(1975)

[별첨 1]

NOAA의 Chemical Reactivity Worksheet

1. NOAA의 관련 사이트 (<http://response.restoration.noaa.gov/index.php>)

OFFICE OF RESPONSE AND RESTORATION • NOAA'S NATIONAL OCEAN SERVICE

Search Go

emergency response serving communities pollutants in the environment natural resource restoration

NOAA Office of Response and Restoration

Our role is stewardship; our product is science.

NOAA's Office of Response and Restoration (OR&R) protects coastal and marine resources, mitigates threats, reduces harm, and restores ecological function. The Office provides comprehensive solutions to environmental hazards caused by oil, chemicals, and marine debris. Learn more... For information on OR&R's activities as part of the Damage Assessment, Remediation and Restoration Program, see the DARRP Web site.

Information for:
[Emergency Responders](#)
[Students and Teachers](#)
[Interested Public](#)
[Research Institutions](#)
[Other Agencies](#)

Current News
[Special Note](#)
[FAQs](#)

Catalogs of:
[Publications](#)
[Software & Data Sets](#)
[Web Portals](#)
[Links](#)
[Downloads](#)
[Image Galleries](#)
[Abandoned Vessels](#)
[Drift Card Studies](#)

About OR&R
[Contact Us](#)
[Advanced Search](#)
[Site Index](#)
[Privacy Policy](#)
[Document Accessibility](#)

Featured: [Software & Data Sets](#) [Publications](#) [Web Portals](#)

Deepwater Horizon/BP Oil Spill: One Year Later

OR&R Blog

Current News

Internship Opportunity
 There is an internship opportunity for a college student with GIS experience in OR&R's Spatial Data Branch. (updated: November 3, 2011)

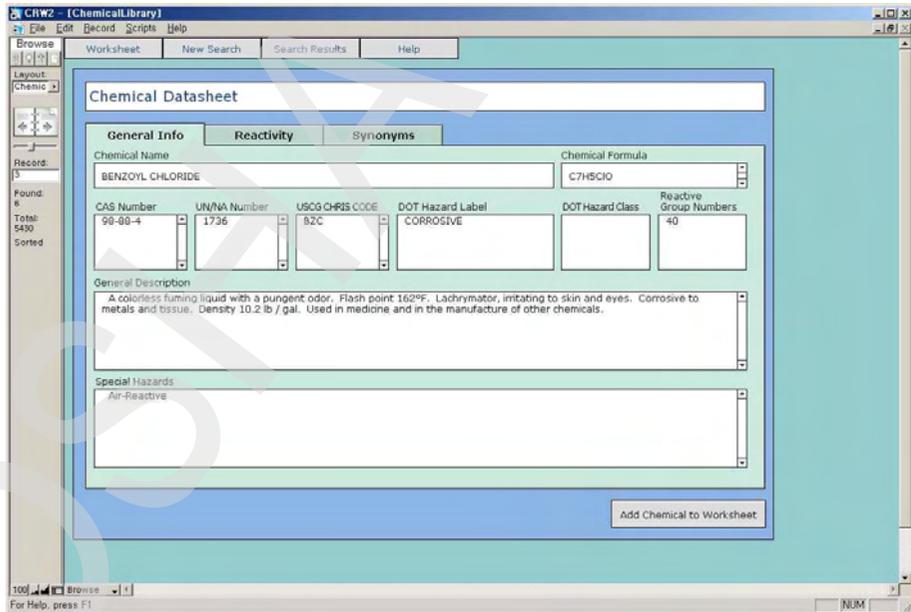
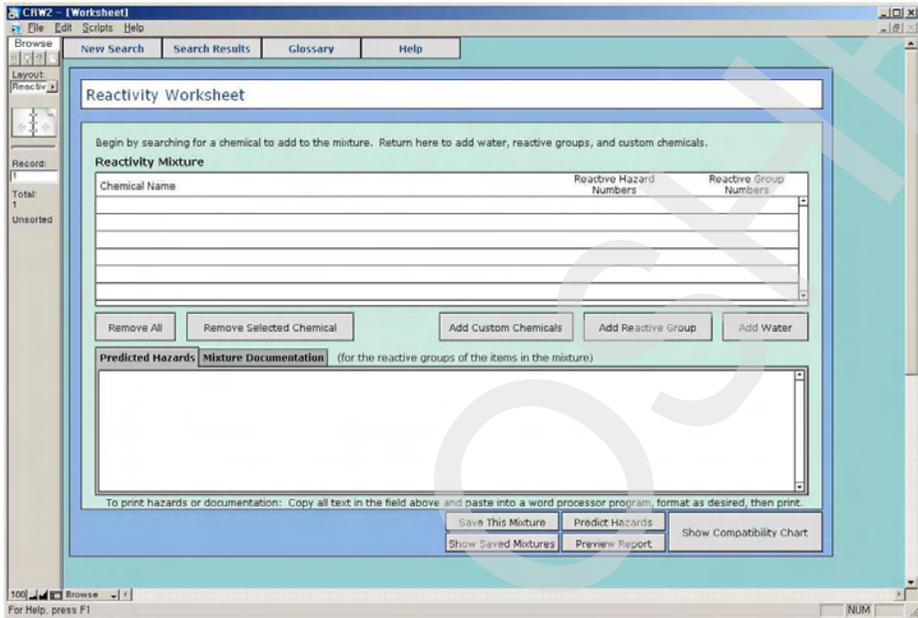
OR&R Headquarters Internship: Constituent and Legislative Affairs
 Gain invaluable experience and an insider's perspective from the nation's leader in ocean conservation and management. (posted: November 3, 2011)

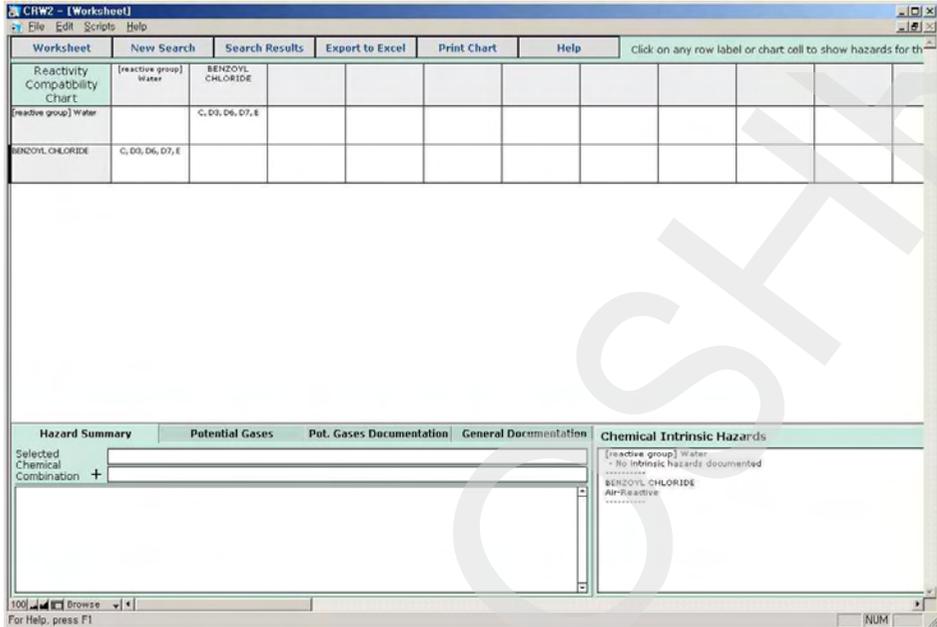
Update on the S.S. Montebello Assessment
 Starting on October 10, OR&R provided expertise in maritime history, biology, and scientific support to assist U.S. Coast Guard to assess the wreck of the S.S. Montebello, sunk by a Japanese submarine off the coast

emergency response
 OR&R provides scientific support for oil and chemical spill response and damage assessments in coastal waters.
[NOAA's Emergency Response Program](#)
[Responding to Oil Spills](#)
[Responding to Chemical Spills](#)
[Planning for Environmental Emergencies](#)
[Assessing Environmental Harm](#)
[Recent and Historical Incidents](#)

pollutants in the environment
 OR&R addresses and evaluates coastal contamination.
[Assessing Risk to Ecological Resources](#)
[Marine Debris](#)
[Protecting Coastal Resources](#)
[Integrating Remediation and Restoration](#)
[ERMA, Watershed Database, and Mapping Projects](#)
[Abandoned Vessels](#)
[Natural Resource Damage Assessment](#)

2. CRW2 실행 화면





3. 시험대상 물질과 물에 대한 CRW2 실행 결과

Reactivity Report - generated: 10/24/2011

Chemicals in this mixture:
 [reactive group] Water
 ACRYLAMIDE
 BENZOYL CHLORIDE
 PROPYLENE OXIDE
 VINYL ACETATE
 VINYLIDENE CHLORIDE, INHIBITED

SECTION 1 - Hazard Summary for All Possible Pairings of Chemicals

1) PROPYLENE OXIDE
 - No reaction expected
 --- End of documentation for this chemical or combination ---

1) PROPYLENE OXIDE mixed with
 2) VINYLIDENE CHLORIDE, INHIBITED
 - Exothermic, potentially violent polymerization. May cause pressurization
 --- End of documentation for this chemical or combination ---

1) PROPYLENE OXIDE mixed with
 3) BENZOYL CHLORIDE
 - Exothermic, potentially violent polymerization. May cause pressurization
 --- End of documentation for this chemical or combination ---

1) PROPYLENE OXIDE mixed with
 4) ACRYLAMIDE
 - Exothermic, potentially violent polymerization. May cause pressurization
 --- End of documentation for this chemical or combination ---

1) PROPYLENE OXIDE mixed with
 5) VINYL ACETATE
 - Exothermic, potentially violent polymerization. May cause pressurization
 --- End of documentation for this chemical or combination ---

1) PROPYLENE OXIDE mixed with
 6) [reactive group] Water
 - No reaction expected
 --- End of documentation for this chemical or combination ---

2) VINYLIDENE CHLORIDE, INHIBITED
 - No reaction expected
 --- End of documentation for this chemical or combination ---

2) VINYLIDENE CHLORIDE, INHIBITED mixed with

10/24/2011 Printed from Chemical Reactivity Worksheet 2.0 Page 1

Reactivity Report - generated: 10/24/2011		
3) BENZOYL CHLORIDE	- Exothermic, potentially violent polymerization. May cause pressurization	---
--- End of documentation for this chemical or combination ---		
2) VINYLIDENE CHLORIDE, INHIBITED mixed with		
4) ACRYLAMIDE	- Exothermic reaction. May generate heat and/or cause pressurization	
	- Exothermic, potentially violent polymerization. May cause pressurization	
	- Reaction may be intense or violent	
--- End of documentation for this chemical or combination ---		
3) VINYLIDENE CHLORIDE, INHIBITED mixed with		
5) VINYL ACETATE	- Exothermic, potentially violent polymerization. May cause pressurization	
--- End of documentation for this chemical or combination ---		
2) VINYLIDENE CHLORIDE, INHIBITED mixed with		
6) [reactive group] Water	- Combination liberates gaseous products, at least one of which is toxic. May cause pressurization	
	- Generation of corrosive liquid	
Possible Gases:		
Acid Halogens		

--- End of documentation for this chemical or combination ---		
3) BENZOYL CHLORIDE	- No reaction expected	

--- End of documentation for this chemical or combination ---		
3) BENZOYL CHLORIDE mixed with		
4) ACRYLAMIDE	- Exothermic, potentially violent polymerization. May cause pressurization	
	- Combination liberates gaseous products, at least one of which is toxic. May cause pressurization	
	- Generates water soluble toxic products	
Possible Gases:		
Carbon Dioxide		
Acid Halogens:		
Halocarbons		

--- End of documentation for this chemical or combination ---		
3) BENZOYL CHLORIDE mixed with		
5) VINYL ACETATE	- Exothermic, potentially violent polymerization. May cause pressurization	

10/24/2011	Printed from Chemical Reactivity Worksheet 2.0	Page 2

Reactivity Report - generated: 10/24/2011		
	- Combination liberates gaseous products, at least one of which is toxic. May cause pressurization	
Possible Gases:		
Sulfur Oxides		

--- End of documentation for this chemical or combination ---		
3) BENZOYL CHLORIDE mixed with		
6) [reactive group] Water	- Exothermic reaction. May generate heat and/or cause pressurization	
	- Combination liberates gaseous products, at least one of which is toxic. May cause pressurization	
	- Exothermic, generation of toxic and corrosive fumes	
	- Generation of corrosive liquid	
	- Generates water soluble toxic products	
Possible Gases:		
Acid Halogens		
Corrosive Fumes		

--- End of documentation for this chemical or combination ---		
4) ACRYLAMIDE	- No reaction expected	

--- End of documentation for this chemical or combination ---		
4) ACRYLAMIDE mixed with		
5) VINYL ACETATE	- Exothermic, potentially violent polymerization. May cause pressurization	

--- End of documentation for this chemical or combination ---		
4) ACRYLAMIDE mixed with		
6) [reactive group] Water	- No reaction expected	

--- End of documentation for this chemical or combination ---		
5) VINYL ACETATE	- No reaction expected	

--- End of documentation for this chemical or combination ---		
5) VINYL ACETATE mixed with		
6) [reactive group] Water	- Combination liberates gaseous products, at least one of which is toxic. May cause pressurization	
	- Generation of corrosive liquid	
	- Generates water soluble toxic products	
Possible Gases:		
Acid Halogens		

10/24/2011	Printed from Chemical Reactivity Worksheet 2.0	Page 3

Reactivity Report - generated: 10/24/2011

--- End of documentation for this chemical or combination ---

6) [reactive group] Water

- No reaction expected

--- End of documentation for this chemical or combination ---

[별첨 2] 국내 DB 조사 결과

No.	고사 No.	유해물질명		화학식	CAS번호	물리화학적 특성																기타				
		국문 표기	영문 표기			pH	상상(상해/냉동)	녹는점	끓는점	연화점	증발속도	인화성 (고압/기압)	폭발범위	중기값	용해도	중기값	비중	분해계수	가연범위 온도	분해온도	경도	분자량	NPPA Rank			
							℃	℃	℃	℃	g/m ² /hr	℃	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l	H	F	R
1	2	가솔린	Gasoline	-	8006-61-9	합용	취합성 액체	<-20	38	-43	자포입용	액체	7.6/1.2	불용성	3.0-4.0	0.7-0.8	합용	230-456	자포입용	자포입용	자포입용	3	3	0		
2	7	과산화수소	Hydrogen peroxide	H ₂ O ₂	7722-84-1	5.1	액체/무색	-0.43	152	자포입용	자포입용	자포입용	-/-	약 0.28	100	1	1.4425	-1.36	자포입용	자포입용	1.245	34.01	2	0	3	
3	8	양모털 섬유	Mineral wool fiber	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
4	16	나프탈렌	Naphthalene	C ₁₀ H ₈	91-20-3	-	자포입용	80	218	80	<1 (고압/기압)	자포입용	5.9/0.9	0.011	0.0031	4.42	자포입용	3.3	340	자포입용	자포입용	128.18	2	2	0	
5	17	B-나프틸아민	B-Naphthylamine	C ₁₀ H ₉ NH ₂	91-09-8	용해에서 녹는다	고체/무색	113	306	자포입용	자포입용	자포입용	-/-	0.133	0.4mm	4.85	1.0614	2.23	자포입용	자포입용	자포입용	143.19	자포입용	자포입용	자포입용	
6	18	p-나프틸디에틸아민	p-Naphthylbis(ethyl)amine	C ₁₂ H ₁₇ N ₂	86-38-4	-	자포입용	198	-	자포입용	-	자포입용	자포입용	3.812-07	0.008	6.99	1	1.65	자포입용	자포입용	자포입용	202.3	3	1	0	
7	20의 2	내화섬유제형 섬유	Refractory ceramic fibers (Refractory fibers)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
8	22	니켈 (가용성 화합물)	Nickel (soluble compounds as Ni)	Ni(H ₂ O) ₂ ·6H ₂ O·NiS	7440-02-0	자포입용	-	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용		
9	22의 8	니켈 (용해성 무기 화합물)	Nickel (soluble inorganic compounds as Ni)	Ni	7440-02-0	자포입용	-	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용		
10	23	니켈 (금속)	Nickel (Metal)	Ni	7440-02-0	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용		
11	24	니켈 카보네이트	Nickel carbonate	Ni(CO ₃) ₂	18468-39-3	자포입용	고체/무색	-25	48	-20	합용	자포입용	34/8	약 53.329	0.018 (SAT)	5.89	1.32 (SAT)	자포입용	80	자포입용	자포입용	170.73	4	3	3	
12	29	4-니트로디카보닐	4-Nitrodicarbonyl	C ₂ H ₂ C ₂ H ₂ NO ₂	92-93-3	-	고체/무색/무취	114	340	143	자포입용	고체	-/-	2.87E-05	1.43 MPa (SAT)	-	1.2	3.82	자포입용	자포입용	자포입용	193.21	2	1	0	
13	30	니트로메탄	Nitromethane	CH ₃ NO ₂	75-52-3	6.12 (SAT)	액체/무색	-29	101	35	자포입용	자포입용	83/7.3	3.708938 (SAT)	11.1 (SAT)	2.1	1.167	-0.35	418	315 (SAT)	61.04	2	3	4		
14	31	니트로벤젠	Nitrobenzene	C ₆ H ₅ NO ₂	98-05-3	자포입용	액체/무취	5.7	210.8	88	자포입용	-	40/1.8	0.02 (SAT)	0.209 (SAT)	4.2	1.2	1.85	482	자포입용	자포입용	129.11	3	2	1	
15	35	p-니트로클로로벤젠	p-Nitrochlorobenzene	C ₆ H ₄ ClNO ₂	100-00-5	자포입용	자포입용	62-84	242	127	자포입용	자포입용	자포입용	0.02 (SAT)	자포입용	5.44	1.3	2.99	자포입용	자포입용	자포입용	157.86	2	1	3	
16	36	니트로클로로벤젠 (오르토, 파라, 메타-이성질)	Nitrochlorobenzene (o, m, p-isomers)	CH ₃ C ₆ H ₄ NO ₂	88-72-2	자포입용	자포입용	-10	222	95	-	자포입용	33/1.47	0.02 (SAT)	0.044 (SAT)	4.73	1.16	2.3	420	자포입용	자포입용	137.1	3	1	1	
17	36	니트로클로로벤젠 (오르토, 파라, 메타-이성질)	Nitrochlorobenzene (o, m, p-isomers)	CH ₃ C ₆ H ₄ NO ₂	88-72-2	자포입용	자포입용	16.1	231.9	106	-	자포입용	1.6	0.027 (SAT)	0.03 (SAT)	4.73	1.16	2.45	자포입용	자포입용	자포입용	137.13	3	1	1	
18	36	니트로클로로벤젠 (오르토, 파라, 메타-이성질)	Nitrochlorobenzene (o, m, p-isomers)	CH ₃ C ₆ H ₄ NO ₂	88-72-2	자포입용	고체/무색/무취	53-54	233	103	-	자포입용	-/1.8	0.022 (SAT)	0.035 (SAT)	4.72	1.29	2.41	450	자포입용	자포입용	137.14	3	1	0	
19	39	p-니트로프로판	p-Nitropropane	NO ₂ C ₃ H ₇ CH ₃	79-46-9	6.2 (SAT)	자포입용	-91	120	24	1.62 (SAT)	자포입용	11/2.6	2.7 (SAT)	1.7 (SAT)	8.1	0.99	0.99	428	자포입용	자포입용	89.1	4	3	2	
20	47	디니트로프로판	Dinitropropane	(NO ₂) ₂ C ₃ H ₇ CH ₃	25301-14-6	자포입용	고체/무색/무취	54-71	자포입용	207	자포입용	가연성 고체	-/-	0.0014 (SAT)	0.027 (SAT)	6.23	1.32 (SAT)	2	400	250-300	자포입용	132.14	3	1	3	
21	49	디메틸니트로소아민	Dimethylnitrosoamine	(CH ₃) ₂ NNO	62-75-9	자포입용	자포입용	자포입용	151	61	-	자포입용	자포입용	0.36 (SAT)	100 (SAT)	2.56	1	-0.57	자포입용	자포입용	자포입용	74.1	4	2	0	
22	52	디메틸 설페이트	Dimethyl sulfate	(CH ₃) ₂ SO ₄	77-78-1	자포입용	액체/무색	-27	168	89	자포입용	자포입용	23.3/3.6	0.1 (SAT)	0.2 (SAT)	4.35	1.3	0.16	470	168	자포입용	126.13	4	2	1	
23	53	디메틸아민	Dimethylamine (DM-amine)	C ₂ H ₇ N(CH ₃) ₂	121-69-7	자포입용	액체/무색/무취	2.5	109-104	62	자포입용	자포입용	7/1	0.057 (SAT)	0.2 (SAT)	4.3	0.96	2.3	371	자포입용	자포입용	121.16	3	2	0	
24	54	디메틸아미노벤젠	Dimethylaminobenzene	(CH ₃) ₂ NCH ₂ CH ₂ NH ₂	1300-73-8	자포입용	자포입용	자포입용	216-223	80-93	-	자포입용	7/1	0.018 (SAT)	0.011 (SAT)	4.2	0.97-1.07	2.17 (SAT)	520-590	자포입용	자포입용	121.2	3	1	0	
25	57	디메틸 카바모일 클로라이드	Dimethyl carbamoyl chloride	(CH ₃) ₂ NCOCl	79-44-7	자포입용	자포입용	-33	167	63	-	자포입용	자포입용	0.9750 (SAT)	0.260 (SAT)	3.73	1.169	-0.72	자포입용	자포입용	자포입용	107.64	4	2	1	
26	61	1,1-디메틸에탄다이민	1,1-Dimethylethanediamine	(CH ₃) ₂ NNH ₂	87-14-7	자포입용	액체/무색/무취	83	83	-15	-	자포입용	자포입용	95/2	16.4 (SAT)	45.9 (SAT)	2.1	0.8	-1.9	348	자포입용	자포입용	60.1	4	3	1
27	66	1,2-디메틸프로판다이민	1,2-Dimethylpropanediamine	NH ₂ CH ₂ CH ₂ NHCH ₃	106-98-4	자포입용	자포입용	10	181	자포입용	-	자포입용	자포입용	0.2200 (SAT)	0.391 (SAT)	6.5	2.2	1.93	자포입용	자포입용	자포입용	8	0	0		
28	74	다이아진	Diazidine	C ₄ H ₆ N ₂ O ₂	119-90-4	-	자포입용	137.5	356	206	-	자포입용	자포입용	자포입용	자포입용	0.006 (SAT)	0.006 (SAT)	3.43	자포입용	1.81	자포입용	자포입용	자포입용	2	1	0
29	74	다이아진	Diazidine	C ₄ H ₆ N ₂ O ₂	334-33-3	-	자포입용	-145	-23	폭발	-	인화성 가스	자포입용	자포입용	자포입용	1.4	1.45	3	자포입용	자포입용	자포입용	44.04	4	4	3	
30	76	다이엔올아민	Dienolamine	[HOCH ₂ CH ₂] ₂ NH	111-43-2	11 (SAT)	자포입용	29	269	134	자포입용	가연성 (L)	8.3/1.7	<0.001 (SAT)	9.54 (SAT)	3.85	1.09	-1.43	692	자포입용	자포입용	351.9 (SAT)	105.14	3	1	0
31	83	Di-(2-에틸헥실)프탈레이트	Di-(2-ethylhexyl)phthalate	C ₂₄ H ₄₄ (COOC ₂ H ₅) ₂	117-81-7	자포입용	자포입용	-50	385	215	-	자포입용	자포입용	0.3 (SAT)	0.008 (SAT)	0	18.45	0.986	5.03	350	자포입용	자포입용	자포입용	1	1	0
32	84	디옥산	Dioxan	C ₈ H ₁₆ Cl ₂ O	60-37-1	-	자포입용	176.5	330	자포입용	-	자포입용	자포입용	0.0000004 (SAT)	0.0000185 (SAT)	13.2	1.7 (SAT)	6.2	자포입용	자포입용	자포입용	380.9	4	0	0	
33	84	디옥산	Dioxane(Dioxin dioxide)	OCH ₂ CH ₂ OCH ₂ CH ₂ O	123-91-1	자포입용	자포입용	12	101	12	2.7 (SAT)	자포입용	22.5/2	4.1 (SAT)	3200 (SAT)	3	자포입용	-0.42	130	자포입용	0.012 (SAT)	33.11	2	3	1	
34	87	디옥산	Dioxane	C ₆ H ₁₀ Cl ₂ N ₂ O	330-54-1	-	자포입용	159	자포입용	자포입용	-	자포입용	자포입용	0.0000000 (SAT)	0.0042 (SAT)	-	자포입용	2.63	자포입용	자포입용	자포입용	233.1	2	1	1	
35	84	디클로로디메틸디메틸프로판다이민	Dichlorodimethylmethylenediamine (D.D.M.)	C ₄ H ₁₀ Cl ₂	50-29-3	-	자포입용	109	260	72	-	자포입용	자포입용	0.0000000 (SAT)	0.0000000 (SAT)	3.5E-07	19.2 (SAT)	1.95 (SAT)	6.86	자포입용	자포입용	자포입용	354.5	2	1	0

No.	고시 No.	유해물질의 명칭		화학식	CAS번호	물리화학적 특성											기타											
		국문표기	영문표기			pH	상온(상대/절대)	녹는점	끓는점	인화점	증발속도	인화성(고열/저열)	폭발범위	중기압	용해도	중기밀도	비중	분해계수	자연발화 온도	분해온도	경도	분자량						
																						°C	°C	°C	g/L	g/L	g/L	g/L
36	98	디클로로메탄	Dichloromethane	CH ₂ Cl ₂	75-08-1	자르힘음	자르힘음	-95	40	비가연성	자르힘음	자르힘음	28/13	4.75/980	1.5	0.000	2.9	1.3266	1.25	556	자르힘음	0.441	84.93	2	1	0		
37	100	p-디클로로벤젠	p-Dichlorobenzene	C ₆ H ₄ Cl ₂	106-46-7	자르힘음	자르힘음	58	174	66	-	자르힘음	16/6.2	22.665	0.008	5.08	1.248	8.87	자르힘음	자르힘음	자르힘음	2	2	0				
38	101	3,3-디클로로벤질렌	3,3-Dichlorobenzidine	C ₁₂ H ₈ Cl ₂ N ₂	91-94-1	약발기성	고열(결정)	192-193	366	자르힘음	자르힘음	자르힘음	-/-	-	용융성	-	자르힘음	8.51	850	자르힘음	자르힘음	253.13	자르힘음	자르힘음	자르힘음	자르힘음		
39	102	디클로로아세트산	Dichloroacetic acid	C ₂ H ₂ Cl ₂ O ₂	78-43-6	자르힘음	액화/부식	13.5	199-194	>110	자르힘음	자르힘음	자르힘음	-/-	-	용융성	3000000	자르힘음	1.958	0.92	자르힘음	자르힘음	자르힘음	자르힘음	129.95	3	1	0
40	104	디클로로아세트아민	Dichloroacetamide	ClCCCl	7872-09-4	자르힘음	자르힘음	-66	82	가연성(폭발 위험)	-	자르힘음	자르힘음	76.12709	10.91914	0.96	3.3	1.3	1.12	자르힘음	자르힘음	자르힘음	94.9	4	3	3		
41	104	1,2-디클로로에탄	1,2-Dichloroethane	ClCH ₂ CH ₂ Cl	107-06-2	자르힘음	결정 액화/부식	-85.3	89.5	19	자르힘음	자르힘음	16/6.2	10.91914	0.96	3.42	1.285	1.48	418	자르힘음	0.84	98.96	2	3	0			
42	105	1,1-디클로로에틸렌	1,1-Dichloroethylene	CH ₂ Cl ₂	75-35-4	자르힘음	액화/부식	-122.5	31.7	-19	자르힘음	자르힘음	3.5/6.5	9.96944	0.942	3.23	1.2	2.18	870	자르힘음	0.3305	96.94	4	4	2			
43	107	디클로로메틸에테르	Dichloromethyl ether	(ClCH ₂) ₂ O	111-44-4	자르힘음	자르힘음	-50	173	59	-	자르힘음	자르힘음	3.7	0.1380553	용융성	4.9	1.22	1.29	369	자르힘음	자르힘음	자르힘음	자르힘음	2	2	0	
44	110	디클로로프로판	Dichloropropane	CHClCH ₂ CH ₂ Cl	542-75-6	자르힘음	자르힘음	-50	103	28	-	자르힘음	자르힘음	4.5/6.5	9.96944	0.942	3.3	1.22	1.82	자르힘음	자르힘음	자르힘음	111	2	3	0		
45	120	디히이드록시벤젠	Dihydroxybenzene	C ₆ H ₄ (OH) ₂	120-81-9	자르힘음	자르힘음	172	281	169	자르힘음	자르힘음	-/-	-	용융성	3.3	1.3	0.59	819	자르힘음	자르힘음	110.1	2	1	0			
46	121	리버 솔벤트	Rubber solvent(Monobutyl)	-	3030-30-6	-	액화/부식	<-73	30-204	48	자르힘음	자르힘음	액화	5.9/1.1	5.82398	0.04	3.4	0.74	-	238	자르힘음	자르힘음	자르힘음	자르힘음	2	4	0	
47	130	리테인	Linatine	C ₈ H ₈ Cl ₄	93-89-9	-	자르힘음	113	323	자르힘음	-	자르힘음	자르힘음	1.20E-06	0.0007	-	1.87	3.72	자르힘음	자르힘음	자르힘음	290.8	3	0	0			
48	143	4,4'-메타벤디아진	4,4'-Methylenedianiline	H ₂ NCH ₂ (CH ₂) ₂ CH ₂ NH ₂	101-77-9	-	자르힘음	91.75	899-399	220	-	자르힘음	자르힘음	17.73108	0.1	6.8	1.1	1.6	자르힘음	자르힘음	자르힘음	자르힘음	8	1	0			
49	149	4,4'-메타벤디아진(2-클로로메틸-2-클로로벤젠)	4,4'-Methylenedianiline(2-chloromethyl-2-chlorobenzene)	CH ₂ (C ₆ H ₄ Cl)CH ₂	101-14-4	-	약발기성	자르힘음	110	378.8	자르힘음	-	자르힘음	자르힘음	0.009732	0.001	-	1.44	8.91	자르힘음	자르힘음	자르힘음	자르힘음	1	1	0		
50	152	메틸살리실레이트	Methyl salicylate(MTSB)	C ₉ H ₁₀ O ₂	1684-04-4	자르힘음	자르힘음	-109	55	-23	<1	자르힘음	15.1/1.6	4.2	3.3	8	0.7	1.06	875	자르힘음	자르힘음	88.2	1	3	1			
51	172	메틸 솔벤트	Methyl iodide	CH ₃ I	74-83-4	자르힘음	액화/부식	-66.5	42.5	자르힘음	자르힘음	-	-/-	50	1.89	4.9	2.3	1.91-1.69	자르힘음	자르힘음	자르힘음	0.424	141.94	2	0	0		
52	173	메틸 클로라이드	Methyl chloride	CH ₃ Cl	74-87-3	자르힘음	자르힘음	-98	-24	<0	자르힘음	자르힘음	17.4/8.1	873.2668	0.830	1.3	0.915	0.91	882	자르힘음	자르힘음	60.48						
53	183	메틸 하이드라진	Methyl hydrazine	CH ₃ NHNH ₂	60-34-4	자르힘음	자르힘음	-52.4	87.5	-3.3	-	자르힘음	97/2.5	4.3	100	1.6	0.87	-1.05	1.96	자르힘음	자르힘음	46.1	4	3	2			
54	189	목재분진(의상목)	Wood dust (Western red cedar labile fraction)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
55	190	목재분진(의상목외 기타 모든 종)	Wood dust (All other species labile fraction)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
56	200	베노틸	Benzonil	C ₁₄ H ₁₂ N ₂ O ₂	17204-35-1	-	자르힘음	140	자르힘음	자르힘음	-	자르힘음	자르힘음	4.82E-11	0.00028	-	자르힘음	2.12	자르힘음	자르힘음	자르힘음	자르힘음	280.32	0	0	0		
57	201	베릴륨 및 그 화합물	Berillium & Compounds	Be	7440-41-7	-	자르힘음	1087	>2000	자르힘음	-	자르힘음	자르힘음	5.63E-10	14.9	-	1.9	-0.57	자르힘음	자르힘음	자르힘음	자르힘음	9	3	1	0		
58	202	벤젠	Benzene	C ₆ H ₆	71-43-2	자르힘음	액화/부식	5.5	80.1	-11	자르힘음	자르힘음	7.8/1.2	15.83896	0.19	2.8	0.88	2.18	498	자르힘음	0.804	78.11	2	8	0			
59	202	벤조일클로라이드	Benzoyl chloride	C ₇ H ₅ ClO	98-08-4	자르힘음	자르힘음	-1	197.2	72	108	자르힘음	27/2.5	0.05	6.494	4.68	1.21	1.44	197.2	자르힘음	0.96 cSt	140.67	3	2	2			
60	203	벤조일포름알데하이드	Benzoinchalcone	C ₁₅ H ₁₂ O	98-07-7	자르힘음	자르힘음	-6	221	108	-	자르힘음	8.3/2.1	0.02	0.0063	6.77	1.83	2.92	211	자르힘음	자르힘음	195.43	3	1	0			
61	204	벤조피렌	Benzo[a]pyrene	C ₂₀ H ₁₂	50-32-3	-	자르힘음	173.1	496	자르힘음	-	자르힘음	자르힘음	7.32E-10	1.62E-07	-	1.35	6.04	자르힘음	자르힘음	자르힘음	232.8	1	1	0			
62	205	벤지딘	Benzidine	NH ₂ C ₆ H ₄ C ₂ H ₄ C ₆ H ₄ NH ₂	92-87-3	-	고열(결정)	400	203	자르힘음	고열	-/-	-	322	용융성	8.86	1.25	1.34	자르힘음	자르힘음	자르힘음	자르힘음	184.24	2	1	0		
63	207	1,3-부타디엔	1,3-Butadiene	CH ₂ CHCHCH ₂	106-99-0	자르힘음	자르힘음	-4	-109	-76	자르힘음	자르힘음	16.3/1.1	281.9108	0.0735	1.9	0.6	1.99	414	자르힘음	0.00784	54.08						
64	208	부탄	Butane	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₃	106-97-3	-	자르힘음	-188	-0.5	-80	-	자르힘음	자르힘음	3.4/1.8	28.491	0.006	2.1	0.6	2.89	365	자르힘음	자르힘음	자르힘음	자르힘음				
65	209	2-부탄올	2-Butanol	C ₄ H ₉ OH	111-78-2	자르힘음	자르힘음	-75	171	80	0.08	자르힘음	자르힘음	12.7/1.1	2	3.78	0.91	0.83	238	자르힘음	3.15 cSt	118.13	3	2	0			
66	211	n-부틸 알리사일 에테르	n-Butyl allylsilyl ether (BSE)	C ₁₁ H ₁₈ O ₂	2468-03-6	자르힘음	자르힘음	164	54	-	자르힘음	자르힘음	0.43	0.1	3.78	0.91	0.63	자르힘음	자르힘음	자르힘음	자르힘음	180.2	3	2	0			
67	222	브롬산	Bromic acid	CaH ₂ BrO ₂	814-40-9	-	자르힘음	153-190	자르힘음	자르힘음	-	자르힘음	자르힘음	4.08E-08	0.08	-	1.95	2.11	자르힘음	자르힘음	자르힘음	자르힘음	281.1	1	1	0		
68	223	브롬포름산	Bromofosm	CHBr ₃	75-29-2	-	자르힘음	3.8	149-152	자르힘음	-	자르힘음	자르힘음	0.7	0.1	3.7	2.9	2.88	자르힘음	자르힘음	자르힘음	자르힘음	282.7	2	0	0		
69	282	브롬화 비닐	Vinyl bromide	C ₂ H ₃ Br	680-60-2	-	자르힘음	-139.5	15.6	<-8	-	자르힘음	16/9	119	0.76	3.7	1.49	1.57	880	자르힘음	자르힘음	106.96	2	4	1			
70	284	브롬화 에틸	Ethyl bromide	C ₂ H ₅ Br	74-96-4	-	자르힘음	-119	89.4	-20	-	자르힘음	6.3/1.1	51	0.91	3.76	1.4	1.61	511	자르힘음	자르힘음	자르힘음	109	3	3	1		
71	285	브이알 및 나프탈	VM & P Naphtha	-	8032-32-4	-	액화/부식	<-40	30-80	-30-27	자르힘음	자르힘음	액화	5.9-5/0.9-0.9	5.82398	용융성	2.5-4.3	0.60-0.37	-	232-258	자르힘음	자르힘음	자르힘음	자르힘음	1	3	0	

V. 요약 및 결론 ... 95

No.	고시 No.	유해물질의 명칭		화학식	CAS번호	물리화학적 특성													기타									
		국문표기	영문표기			pH	상온(상대습도)	녹는점	끓는점	인화점	중립성	인화성(교착/가동)	폭발범위	증기압	유해도	증기밀도	비중	분해계수	자연발열 온도	분해온도	경도	분자량	NFPA Rank					
																							H	F	R			
72	287	비닐 아세트산 단량체	Vinyl acrylate	C ₅ H ₈ O ₂	109-87-6	자르임용	액상(부동)	<-55	227	110	자르임용	자르임용	-/-	자르임용	15.9 (25°C)	4.8	1.1	1.3	398	자르임용	자르임용	자르임용	7.77 (25°C)	140.16	8	1	0	
73	288	비닐 아세테이트	Vinyl acetate	CH ₃ COOCH=CH ₂	102-05-4	자르임용	자르임용	-98	72	-8	3.9	가연성(L)	13.4 / 2.6	11.7 (25°C)	2.5 (25°C)	3	0.9	0.78	402	자르임용	자르임용	자르임용	0.43 (25°C)	88.09	2	3	2	
74	289	N-비닐-2-피롤리돈	N-Vinyl-2-pyrrolidone (NVP)	C ₆ H ₉ NO	88-12-0	자르임용	액상(부동)	1.8	90-98 (1.38g/L)	93	자르임용	자르임용	10 / 1.4	0.012 (25°C)	9.5 (25°C)	3.88	1.04	0.4	364	자르임용	자르임용	자르임용	2.07 (25°C)	111.14	2	1	0	
75	240	비스 및 가용성화합물	Arsenic & Soluble compounds as As		7440-38-2	-	자르임용	814 (25°C)	513 (25°C)	-	자르임용	-	자르임용	자르임용	3.89E-10	3.47 (25°C)	-	0.7	0.83 (25°C)	자르임용	자르임용	자르임용	74.8	2	0	0		
76	245	사염화탄소	Carbon tetrachloride	CCl ₄	56-23-5	자르임용	자르임용	-23	77	자르임용	자르임용	자르임용	자르임용	15.82008 (25°C)	0.0798 (25°C)	5.32	1.594	2.89	자르임용	자르임용	자르임용	158.82	3	0	0			
77	246	산화규소(결정화 석영)	SiO ₂	14808-80-7	-	-	-	1610	2230	자르임용	-	자르임용	자르임용	0	0	-	2.6	자르임용	자르임용	자르임용	자르임용	60.09	-	-	-	-		
78	247	산화규소(결정화 크리스토바라이트)	SiO ₂	14464-46-1	-	-	-	1718	2230	자르임용	-	자르임용	-	1.838224 (25°C)	0	-	2.3	0.83 (25°C)	-	자르임용	자르임용	자르임용	60.09	-	-	-	-	
79	248	산화규소(결정화 트린다이트)	SiO ₂	15468-82-3	-	-	-	1708	2230	자르임용	-	자르임용	-	-	0	-	2.26	-	자르임용	자르임용	자르임용	60.08	-	-	-	-		
80	249	산화규소(결정화 트리규린)	SiO ₂	1817-95-9	-	-	-	1700	2230	자르임용	-	자르임용	-	-	0	-	2.26	-	자르임용	자르임용	자르임용	60.08	-	-	-	-		
81	260	산화 에틸렌	Ethylene oxide	(CH ₂) ₂ O	75-21-8	자르임용	액상(부동)	-111	11	-29	자르임용	인화성 가스	100 / 8	174.6528 (25°C)	100 (25°C)	1.5	0.9	-0.3	429	자르임용	자르임용	자르임용	0.0098 (25°C)	44.06	-	-	-	
82	264	산화카드뮴(계통)	Cadmium oxide(Production)	CdO	1306-19-0	-	-	900 / 1000 (분해 온도)	1559	자르임용	-	자르임용	자르임용	0.001 (25°C)	0.001 (25°C)	0.001 (25°C)	0.001 (25°C)	0.001 (25°C)	0.001 (25°C)	0.001 (25°C)	0.001 (25°C)	0.001 (25°C)	0.001 (25°C)	0.001 (25°C)	0.001 (25°C)	0.001 (25°C)	0.001 (25°C)	
83	268	산화카드뮴(총)	Cadmium oxide(Pure as Cd)	CdO	1306-19-0	-	-	901 / 1000 (분해 온도)	1559	자르임용	-	자르임용	자르임용	0.001 (25°C)	0.001 (25°C)	0.001 (25°C)	0.001 (25°C)	0.001 (25°C)	0.001 (25°C)	0.001 (25°C)	0.001 (25°C)	0.001 (25°C)	0.001 (25°C)	0.001 (25°C)	0.001 (25°C)	0.001 (25°C)	0.001 (25°C)	
84	278	삼산화 비스(계통)	Arsenic trioxide(Production)	As ₂ O ₃	1327-53-3	-	자르임용	278-313	465	자르임용	-	자르임용	자르임용	0.70E-11	1.7 (18°C)	-	8.7-4.2	-0.13 (추정치)	자르임용	자르임용	자르임용	자르임용	197.8	3	0	0		
85	274	삼산화 안티몬(독성 및 사용용)	Antimony trioxide(Hazard & use as Sb)	Sb ₂ O ₃	1308-84-4	-	-	856 (용융 온도)	1550 (분해 온도)	자르임용	-	자르임용	자르임용	0.13 (57°C)	0.0014 (30°C)	-	5.2(antarm oxide)	자르임용	자르임용	자르임용	자르임용	자르임용	291.6	-	-	-	-	
86	278	삼산화 안티몬(계통)	Antimony trioxide(Production)	Sb ₂ O ₃	1308-84-4	-	-	856 (용융 온도)	1550 (분해 온도)	자르임용	-	자르임용	자르임용	0.13 (57°C)	0.0014 (30°C)	-	5.2(antarm oxide)	자르임용	자르임용	자르임용	자르임용	자르임용	291.6	-	-	-	-	
87	278	석면(또는 형태)	Asbestos (All forms)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
88	306	스트론튬 염색 크로메이트	Strontium chromate	C ₂ H ₂ O ₄ Sr	7789-06-2	-	-	-	-	자르임용	자르임용	자르임용	- / -	0.12 (25°C)	0.12 (25°C)	-	8.9	-	자르임용	자르임용	자르임용	자르임용	208.61	-	-	-	-	
89	306	스트론튬 염색 크로메이트	Strontium chromate	C ₂ H ₂ O ₄ Sr	7789-06-2	-	-	-	-	자르임용	자르임용	자르임용	- / -	0.12 (25°C)	0.12 (25°C)	-	8.9	-	자르임용	자르임용	자르임용	자르임용	208.61	-	-	-	-	
90	321	크롬산염(계통)	Chromate	C ₂ H ₂ O ₄	105-94-1	자르임용	액상(경도)	-82.1	156	44	자르임용	자르임용	자르임용	0.32 (25°C)	8.4 / 1.1 (25°C)	9.5 (25°C)	3.4	0.95	0.81	420	자르임용	자르임용	자르임용	22 (25°C)	98.14	1	2	0
91	328	실리콘 카바이드	Silicon carbide	SiC	409-21-2	-	자르임용	고체(경도)	-	-	자르임용	자르임용	자르임용	- / -	-	-	3.217	-	자르임용	자르임용	자르임용	자르임용	40.1	1	0	0		
92	332	아닐린과 아닐린 동족체	Aniline & homologues	C ₆ H ₅ NH ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
93	339	4-아미노다닐린	4-Aminodaniline	C ₆ H ₄ (NH ₂) ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
94	386	3-아미노-1,2,4-트리아졸(또는 아미노트)	3-Amino-1,2,4-triazole(or Amino)	-	61-82-5	자르임용	고체(경도)	159	-	자르임용	-	자르임용	- / -	5.87E-08	29 (25°C)	-	1.338	-0.97	자르임용	자르임용	자르임용	자르임용	84.08	1	1	0		
95	337	아세트산이온	Lead acetate as Pb (AcO) ₂	Pb(CH ₃ COO) ₂	7784-40-9	-	-	280 (분해)	분해	자르임용	-	자르임용	자르임용	1.95E-19	84.8 (25°C)	-	5.79	-2.49 (추정치)	자르임용	자르임용	자르임용	자르임용	280	자르임용	자르임용	347.1	-	
96	340	아세트알데히드	Acetaldehyde	CH ₃ CHO	75-07-0	자르임용	액상(경도)	-128	20.2	-38	자르임용	자르임용	80 / 4	120.3266 (25°C)	100 (25°C)	1.5	0.78	0.63	185	자르임용	자르임용	자르임용	0.2436 (25°C)	44.05	2	4	2	
97	344	아세트알데히드 (벤젠 추출물, 증발성)	Alcohol/Paracetamol/Ames (as benzene soluble aerosol/ Inhalable fraction)	-	8052-42-4	-	-	04-173	> 871	200	자르임용	고체	- / -	-	-	-	1.1	-	400	자르임용	자르임용	자르임용	자르임용	자르임용	자르임용	자르임용	자르임용	
98	346	아세트알데히드	Acetaldehyde	CH ₃ CHO	75-07-0	자르임용	액상(부동)	-84	77	-11	자르임용	자르임용	17 / 8	14.59214 (25°C)	7.45 (25°C)	1.8	0.8	0.25	481	자르임용	자르임용	자르임용	0.84 (25°C)	59.06	4	3	2	
99	348	아세트알데히드	Acetaldehyde	CH ₃ CHO	75-07-0	자르임용	액상(부동)	-84	77	-11	자르임용	자르임용	17 / 8	14.59214 (25°C)	7.45 (25°C)	1.8	0.8	0.25	481	자르임용	자르임용	자르임용	0.84 (25°C)	59.06	4	3	2	
100	349	아세트알데히드	Acetaldehyde	CH ₃ CHO	75-07-0	자르임용	액상(부동)	-84	77	-11	자르임용	자르임용	17 / 8	14.59214 (25°C)	7.45 (25°C)	1.8	0.8	0.25	481	자르임용	자르임용	자르임용	0.84 (25°C)	59.06	4	3	2	
101	351	아세트알데히드	Acetaldehyde	CH ₃ CHO	75-07-0	자르임용	액상(부동)	-84	77	-11	자르임용	자르임용	17 / 8	14.59214 (25°C)	7.45 (25°C)	1.8	0.8	0.25	481	자르임용	자르임용	자르임용	0.84 (25°C)	59.06	4	3	2	
102	352	아세트알데히드	Acetaldehyde	CH ₃ CHO	75-07-0	자르임용	액상(부동)	-84	77	-11	자르임용	자르임용	17 / 8	14.59214 (25°C)	7.45 (25°C)	1.8	0.8	0.25	481	자르임용	자르임용	자르임용	0.84 (25°C)	59.06	4	3	2	
103	353	아세트알데히드	Acetaldehyde	CH ₃ CHO	75-07-0	자르임용	액상(부동)	-84	77	-11	자르임용	자르임용	17 / 8	14.59214 (25°C)	7.45 (25°C)	1.8	0.8	0.25	481	자르임용	자르임용	자르임용	0.84 (25°C)	59.06	4	3	2	
104	354	아세트알데히드	Acetaldehyde	CH ₃ CHO	75-07-0	자르임용	액상(부동)	-84	77	-11	자르임용	자르임용	17 / 8	14.59214 (25°C)	7.45 (25°C)	1.8	0.8	0.25	481	자르임용	자르임용	자르임용	0.84 (25°C)	59.06	4	3	2	
105	355	아세트알데히드	Acetaldehyde	CH ₃ CHO	75-07-0	자르임용	액상(부동)	-84	77	-11	자르임용	자르임용	17 / 8	14.59214 (25°C)	7.45 (25°C)	1.8	0.8	0.25	481	자르임용	자르임용	자르임용	0.84 (25°C)	59.06	4	3	2	
106	356	아세트알데히드	Acetaldehyde	CH ₃ CHO	75-07-0	자르임용	액상(부동)	-84	77	-11	자르임용	자르임용	17 / 8	14.59214 (25°C)	7.45 (25°C)	1.8	0.8	0.25	481	자르임용	자르임용	자르임용	0.84 (25°C)	59.06	4	3	2	
107	357	아세트알데히드	Acetaldehyde	CH ₃ CHO	75-07-0	자르임용	액상(부동)	-84	77	-11	자르임용	자르임용	17 / 8	14.59214 (25°C)	7.45 (25°C)	1.8	0.8	0.25	481	자르임용	자르임용	자르임용	0.84 (25°C)	59.06	4	3	2	
108	358	아세트알데히드	Acetaldehyde	CH ₃ CHO	75-07-0	자르임용	액상(부동)	-84	77	-11	자르임용	자르임용	17 / 8	14.59214 (25°C)	7.45 (25°C)	1.8	0.8	0.25	481	자르임용	자르임용	자르임용	0.84 (25°C)	59.06	4	3	2	
109	359	아세트알데히드	Acetaldehyde	CH ₃ CHO	75-07-0	자르임용	액상(부동)	-84	77	-11	자르임용	자르임용	17 / 8	14.59214 (25°C)	7.45 (25°C)	1.8	0.8	0.25	481	자르임용	자르임용	자르임용	0.84 (25°C)	59.06	4	3	2	
110	360	아세트알데히드	Acetaldehyde	CH ₃ CHO	75-07-0	자르임용	액상(부동)	-84	77	-11	자르임용	자르임용	17 / 8	14.59214 (25°C)	7.45 (25°C)	1.8	0.8	0.25	481	자르임용	자르임용	자르임용	0.84 (25°C)	59.06	4	3	2	
111	361	아세트알데히드	Acetaldehyde	CH ₃ CHO	75-07-0	자르임용	액상(부동)	-84	77	-11	자르임용	자르임용	17 / 8	14.59214 (25°C)	7.45 (25°C)	1.8	0.8	0.25	481	자르임용	자르임용	자르임용	0.84 (25°C)	59.06	4	3	2	
112	362	아세트알데히드	Acetaldehyde	CH ₃ CHO	75-07-0	자르임용	액상(부동)	-84	77	-11	자르임용	자르임용	17 / 8	14.59214 (25°C)	7.45 (25°C)	1.8	0.8	0.25	481	자르임용	자르임용	자르임용	0.84 (25°C)	59.06	4	3	2	
113	363	아세트알데히드	Acetaldehyde	CH ₃ CHO	75-07-0	자르임용	액상(부동)	-84	77	-11	자르임용	자르임용	17 / 8	14.59214 (25°C)	7.45 (25°C)													

No.	교사 No.	유해물질의 명칭		화학식	CAS번호	물리화학적 특성															기타						
						nH	상승(상해)계수	녹는점 T	끓는점 T	인화점 T	증발속도	인화성 (교과/기준)	독발병리	중기합	중기도 g/100ml	중기밀도	비중	분해계수	자연발화 온도 T	분해온도 T	경도 cP	분자량	NPPA Rank				
		H	F																				R				
107	879	에틸렌아민	Ethylamine	(CH ₃) ₂ NH	151-86-4	강열가성	액체/무색	-74	96-97	-11	자르힘용	자르힘용	95/8.8	29.99787	100	1.5	0.8	-0.88	322	자르힘용	자르힘용	48.08	4	3	3		
108	880	에틸렌산	Ethyl succinate	C ₈ H ₁₄ O ₄	100-41-4	자르힘용	액체/무색	-95	136	18	자르힘용	-	6.7/1	0.9	0.015	3.7	0.9	8.2	482	자르힘용	0.54	106.17	2	3	0		
109	886	에틸 아크릴레이트	Ethyl acrylate	CH ₂ CHCOOC ₂ H ₅	140-38-5	자르힘용	자르힘용	-71	99	9	3.8	-	14/1.4	3.9	1.5	9.45	0.92	1.92	345	자르힘용	자르힘용	100.12	2	3	2		
110	889	1,2-에로시프르탄	1,4-Eroscopropane	CH ₂ CHOCH ₂	76-98-9	자르힘용	액체/무색	-104	84	-87	자르힘용	자르힘용	38.5/2	71.72745	40.3	2	0.8	0.03	449	자르힘용	0.53	58.08	3	4	2		
111	890	2,8-에로시-1-프로판올	2,8-Eroscro-1-propanol	C ₃ H ₆ O ₂	858-52-5	자르힘용	자르힘용	-45	166	72	-	자르힘용	자르힘용	0.12	100	2.15	1.1	-0.95	415	168	자르힘용	74.1	3	2	2		
112	894	연(무기분진 및 흙)	Lead (Inorganic dust and fume)	Pb	7439-92-1	자르힘용	고체/무색	327.5	1740	자르힘용	자르힘용	-	-	0.2939808	자르힘용	자르힘용	자르힘용	2.98	자르힘용	자르힘용	자르힘용	207.2					
113	895	염소화 석유	Chlorinated paraffin	C ₁₂ H ₁₂ Cl ₂	8001-35-2	-	자르힘용	65-90	자르힘용	130	-	자르힘용	자르힘용	0.959	0.000055	1.43	1.65	3.8	자르힘용	105	자르힘용	418.8	3	1	0		
114	400	염화 비닐	Vinyl chloride	C ₂ H ₃ Cl	100-44-7	자르힘용	자르힘용	약-43	178	67	<1 (교과/기준)	-	14/1.1	0.12	0.002	4.4	1.1	2.3	585	자르힘용	1.272 cSt (20°C, 동점)	106.6	3	2	1		
115	405	염화 비닐	Vinyl chloride	CH ₂ CHCl	107-05-1	자르힘용	자르힘용	-195	45	-32	-	자르힘용	11.2/3.8	0.32887	0.307	2.8	0.94	2.1	390	자르힘용	자르힘용	자르힘용	3	3	1		
116	407	염화 비닐	Vinyl chloride	C ₂ H ₃ Cl	75-00-3	-	자르힘용	-198	12.5	-50	-	자르힘용	14.8/3.8	2.833	0.374	2.22	0.913	1.54	519	자르힘용	자르힘용	64.5	2	4	0		
117	411	오산화비나올	Vanadium pentoxide (Respirable fraction of fume)	V ₂ O ₅	1314-82-1	자르힘용	자르힘용	690	1750	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	0.00448	0.8	자르힘용	3.4	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	131.33	3	0	0		
118	422	유기 증발 분진	Volatil fumes and dust	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
119	493	우라늄(가용성 및 불용성 화합물)	Uranium (Soluble & insoluble compounds as U)	U ₃ O ₈ /UF ₆ /U ₂ U ₈ U	7440-61-1	-	자르힘용	1195	4181	가연성	자르힘용	고체	-/-	0	불용성	불용성	불용성	불용성	불용성	불용성	불용성	불용성	불용성	불용성	불용성	불용성	
120	498	우라늄(가용성 및 불용성 화합물)	Uranium (Soluble & insoluble compounds as U)	U ₃ O ₈ /UF ₆ /U ₂ U ₈ U	7440-61-1	-	자르힘용	1195	4181	자르힘용	자르힘용	인화성	-/-	0	불용성	자르힘용	3.9-4.3	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	
121	435	티안화 비닐	Titanium dioxide	TiO ₂	13463-87-7	중성 (교과/기준)	자르힘용	1855	2500-3000	자르힘용	자르힘용	불연성	-/-	0	불용성	자르힘용	3.9-4.3	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	79.38				
122	442	이소프로판	Isopropanol	C ₃ H ₈ O	78-59-1	자르힘용	자르힘용	-8	215	84	0.03 (교과/기준)	자르힘용	3.3/0.3	0.04	1.2	4.8	0.82	1.67	460	자르힘용	2.62	138.2	2	2	0		
123	477	카드뮴 및 화합물	Cadmium and compounds as Cd	Cd	7440-48-9	자르힘용	고체	321	765	-	-	자르힘용	-	0.001	불용성	자르힘용	3.6	자르힘용	280	자르힘용	자르힘용	112.41					
124	479	카바미	Carbami	C ₁₂ H ₁₁ NO ₂	63-25-2	-	자르힘용	145	비열 이하	192-202	-	자르힘용	0.02/-	0.0000001	0.011	2.22	1.282	2.36	625	315	자르힘용	201.20	4	1	0		
125	432	카본부록	Carbon black	C	1333-86-4	-	자르힘용	약 3550	4200	>600	-	자르힘용	자르힘용	자르힘용	높기 알함	-	1.7-2.1	자르힘용	900	자르힘용	자르힘용	120.1					
126	436	카세인	Casein	C ₈ H ₁₄ (OH) ₂	120-30-9	-	자르힘용	105	240.5	127	-	자르힘용	1.97	0.666612	가용성	3.8	1.3	0.88	510	자르힘용	자르힘용	자르힘용	3	1	1		
127	439	코발트	Cobalt	C ₁₂ H ₂ Cl ₄ NO ₂ S	2426-06-1	-	자르힘용	용융점 없음	-	자르힘용	자르힘용	자르힘용	-/-	-	무시할 수	1.4 mg/L	-	3.3	자르힘용	160-182	자르힘용	349.09	2	1	0		
128	490	캡잔	Capran	C ₈ H ₂ Cl ₂ NO ₂ S	133-98-2	-	자르힘용	179	자르힘용	자르힘용	-	자르힘용	자르힘용	자르힘용	25	-	1.74	2.95	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	2	0	0		
129	490	케로센	Kerosene	-	8008-20-6	자르힘용	자르힘용	-20	180-300	37-65	-	자르힘용	5.0/7	0.666612	불용성	4.5	0.8	자르힘용	220	자르힘용	>1.3 cSt (20°C)	자르힘용	2	2	0		
130	492	코발트(분쇄 분진 및 흙)	Cobalt (Metal dust & fume)	Co	7440-48-4	자르힘용	고체	1493	2870	자르힘용	자르힘용	분말이나 과열 은화물 제외	0.001	0.001	불용성(물)	자르힘용	3.9	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용		
131	490	크로뮴 클로라이드	Chromium chloride	CrO ₂ Cl ₂	14877-61-8	-	액체(발연 성)	-99.5	117	자르힘용	자르힘용	자르힘용	-/-	2.696448	불용성(물)	3.8	1.96	2.95	자르힘용	자르힘용	자르힘용	154.92	3	0	2		
132	499	크로뮴 테트라에틸	Chromatetraethyl	CH ₃ CHCrHCHO	4170-30-3	자르힘용	자르힘용	76.5	104	18	2.7 (교과/기준)	자르힘용	15.5/2.1	3.999672	18.1	2.41	0.85	0.6	232.2	자르힘용	자르힘용	70.1	4	3	2		
133	500	크롬산 가용성(크롬산)	Chromic acid processable (Chromic acid)	Cr	7440-47-3	자르힘용	고체	1900	2642	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	0.1383224	불용성	7.14	0.23	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	51.996					
134	502	크롬(6가) 화합물(불용성 무기 화합물)	Chromic(VI) compounds (Water insoluble inorganic compounds)	Cr	7440-47-3	자르힘용	고체	1900	2642	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	0.1383224	불용성	7.14	0.23	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용		
135	503	크롬(6가) 화합물(수용성)	Chromic(VI) compounds (Water soluble)	Cr	7440-47-3	자르힘용	고체	1900	2642	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	0.1383224	불용성	7.14	0.23	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용		
136	504	크롬산 염	Lead chromate as Cr	PbCrO ₄	7758-97-6	-	분말	844	불용	자르힘용	-	자르힘용	자르힘용	자르힘용	5.80E-03	-	6.3	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용		
137	504	크롬산 염	Lead chromate as Pb	PbCrO ₄	7758-97-6	-	분말	844	불용	자르힘용	-	자르힘용	자르힘용	자르힘용	5.80E-03	-	6.3	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용		
138	505	크롬산 이염	Time chromate as Cr	ZnCrO ₄ ZnCr ₂ O ₇ ZnO	18330-65-9	-	자르힘용	816	자르힘용	자르힘용	-	자르힘용	자르힘용	자르힘용	-	3.4	자르힘용	자르힘용	160	자르힘용	자르힘용	131.36					
139	509	클로린	Chlorine	Cl ₂	7782-50-5	-	고체(외국 기준 제외)	336-337	440	203	자르힘용	자르힘용	3.5/0.5	1.31E-03	불용성	-	1.274	5.61	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	228.3	1	1	0	
140	518	클로로포름(54% 염소)	Chloroform(54% Chlorine)	C ₂ H ₂ Cl ₂	11097-89-1	-	액체(외국 기준 제외)	10	368-390	232	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	0.98E-03	0.0000001	-	1.50	6.5	자르힘용	-	자르힘용	자르힘용	326.44	2	1	0
141	517	클로로포름 메틸에테르	Chloroform methyl ether	C ₂ H ₃ ClO	107-30-2	자르힘용	액체(외국 기준 제외)	-104	59	-75	-	자르힘용	자르힘용	3.573037	불용성	2.8	1.06	0.25	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	3	3	2		
142	518	비스(클로로메틸)에테르	Bis-(Chloromethyl) ether	O(CH ₂ Cl) ₂	842-98-1	-	액체(외국 기준 제외)	-42	104	35	자르힘용	자르힘용	21.9/6.5	3.999672	22 ml	4	1.315	0.57	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용	자르힘용		
143	519	클로로벤젠	Chlorobenzene	C ₆ H ₅ Cl	108-90-7	자르힘용	액체/무색	-45	182	27	자르힘용	자르힘용	자르힘용	11/1.3	1.999989	0.95	3.88	1.1083	2.84	590	자르힘용	자르힘용	112.06	3	3	1	

V. 요약 및 결론 97

No.	고시 No.	유해물질의 명칭		화학식	CAS번호	물리화학적 특성															NFPA Rank					
		국문표기	영문표기			nD	상승(상	녹는점	끓는점	임계점	증발속도	인화성 (고열/기화)	폭발범위	중기압	중성도	중기밀도	비중	분해계수	자연발화 온도	분해온도	경도	분자량	H	F	R	
							해(해온))																			°C
144	521	2-클로로-1,3-부타디엔	2-Chloro-1,3-butadiene	CH ₂ CClCHCH ₂	126-99-9	자르함용	자르함용	-180	59.4	-20	-	자르함용	20/4	3.03908 (자르함용)	2.2	0.96	2.1	자르함용	자르함용	자르함용	자르함용	2	3	1		
145	520	클로로아세트알데히드	Chloroacetaldehyde	ClCH ₂ CHO	107-20-0	자르함용	자르함용	16 (자르함용)	85-100 (자르함용)	98	-	자르함용	자르함용	1.779138 (자르함용)	가용성	2.7	1.19 (자르함용)	0.87	자르함용	자르함용	자르함용	8	2	0		
146	549	클로로에틸렌	Chloroethene	CH ₂ CHCl	75-01-4	자르함용	자르함용	-154	-13	-78	자르함용	인화성	83/5.8	359.3305 (자르함용)	0.88 (자르함용)	2.2	0.9106	0.8	472	450	0.01072 (자르함용)	62.5				
147	539	1-클로로-2,3-에폭시 프로판	1-Chloro-2,3-epoxy propane	C ₃ H ₅ OCl	106-38-3	자르함용	액의/부생	-48	116	31	자르함용	자르함용	21/3.3	1.6 (자르함용)	6	3.2	1.3	0.86	385	자르함용	1.12 (자르함용)	92.5	8	8	2	
148	538	클로로포름	Chloroform	CHCl ₃	67-66-3	자르함용	자르함용	-64	62	76	자르함용	11.6	자르함용	21.2 (자르함용)	0.8 (자르함용)	4.12	1.48	1.97	1000°C (자르함용)	자르함용	56.3 (자르함용)	119.33	2	0	0	
149	536	클로로산	Chlorate	C ₂ H ₃ Cl ₃	57-74-9	자르함용	자르함용	106	175 (자르함용)	자르함용	-	자르함용	자르함용	1.902-06 (자르함용)	0.0000056 (자르함용)	14	1.81	2.78	자르함용	173 (자르함용)	6900 (자르함용)	408.3	4	1	0	
150	546	크로타리노트르에탄	Tetraoxotriethane	C(NO ₂) ₃	509-14-8	자르함용	자르함용	13	128	자르함용	-	자르함용	자르함용	1.1 (자르함용)	0.009 (자르함용)	0.8	1.6	-2.09 (자르함용)	자르함용	자르함용	자르함용	198	4	0	4	
151	547	크로타리놀 술폰사노니드릭	Tetraoxotriethane sulfonamide	C ₂ H ₃ N ₂ S ₂	3833-52-5	-	-	170 (자르함용)	자르함용	자르함용	-	자르함용	자르함용	0.0001583 (자르함용)	0.048 (자르함용)	-	1.07	1.11 (자르함용)	자르함용	자르함용	자르함용	136.2				
152	550	크로타리놀 염	Tetraoxotriethane salt as Fe	Fe(C ₂ H ₃) ₄	78-00-2	자르함용	자르함용	-136.8	202	98	-	자르함용	1.8	0.927 (자르함용)	0.000029 (자르함용)	3.8	1.7	4.15	>110	>110	자르함용	328.45	8	2	3	
153	555	1,1,2,2-테트라클로로에탄	1,1,2,2-Tetrachloroethane	CHCl ₂ CHCl ₂	79-34-3	자르함용	자르함용	-36	146	자르함용	자르함용	자르함용	자르함용	1.086579 (자르함용)	0.23 (자르함용)	5.78	1.3933	2.39	자르함용	자르함용	1.7 (자르함용)	167.35	2	1	0	
154	557	크로타리나이트로부탄	Tetraoxotriethane	C ₂ H ₃ O	109-99-9	자르함용	자르함용	-108	65.4	-21.5	자르함용	자르함용	자르함용	11.8/2 (자르함용)	19.3 (자르함용)	100	0.8992 (자르함용)	0.46 (자르함용)	321	자르함용	0.39 (자르함용)	72.1	2	8	1	
155	564	투루엔-2,4-다이소시아이데인	Toluene-2,4-dithiocarbamate(TDI)	CH ₂ C ₆ H ₃ (NCO) ₂	594-34-9	자르함용	자르함용	22	251	127	<1 (자르함용)	자르함용	9.5/0.9	0.0013 (자르함용)	0.00376 (자르함용)	6	1.2	0.21	620	자르함용	자르함용	174.2	8	1	2	
156	564	투루엔-2,6-다이소시아이데인	Toluene-2,6-dithiocarbamate(TDI)	CH ₂ C ₆ H ₃ (NCO) ₂	91-09-7	자르함용	자르함용	18.3	129-133 (자르함용)	127	-	자르함용	9.5/0.9	0.002 (자르함용)	0.00376 (자르함용)	6	1.2	자르함용	620	자르함용	자르함용	174.2	8	1	1	
157	566	n-투루에민	n-Toluidine	CH ₃ C ₆ H ₄ NH ₂	95-53-4	자르함용	자르함용	-18	200	80	자르함용	자르함용	자르함용	1.6 (자르함용)	0.026664 (자르함용)	1.8	0.89	1.009	-	432	>350	자르함용	107.16	8	2	0
158	567	m-투루에민	m-Toluidine	CH ₃ C ₆ H ₃ NH ₂	108-44-1	자르함용	자르함용	-30	203-204	36	-	자르함용	6.6/1.1	0.039203 (자르함용)	0.0076 (자르함용)	3.72	0.99	1.415	432	자르함용	자르함용	자르함용	2	2	0	
159	569	o-투루에민	o-Toluidine	(CH ₃ C ₆ H ₃)NH ₂	119-93-7	-	자르함용	181.5	200	244	-	자르함용	자르함용	자르함용	0.18 (자르함용)	-	1	2.34	526	자르함용	자르함용	자르함용	2	1	0	
160	576	트리클로로포스파이드	Trichloro phosphide	(CCl ₃) ₂ P	126-78-8	자르함용	자르함용	-80	239 (자르함용)	146	0.1 (자르함용)	자르함용	자르함용	0.0530693 (자르함용)	0.6 (자르함용)	9.2	0.98	4	432	자르함용	자르함용	자르함용	2	1	0	
161	583	트리클로로아세트산	Trichloroacetic acid	CCl ₃ COOH	76-08-9	자르함용	자르함용	53	198	자르함용	자르함용	불연성 (1)	자르함용	0.133 (자르함용)	5.4 (자르함용)	5.6	1.6126 (자르함용)	1.7	자르함용	자르함용	자르함용	163.39	8	0	0	
162	555	1,1,2-트리클로로에탄	1,1,2-Trichloroethane	CHCl ₂ CH ₂ Cl	78-00-3	자르함용	자르함용	-36	114	자르함용	자르함용	-	15.5/6	2.5 (자르함용)	0.44 (자르함용)	4.6	1.4418	2.35	자르함용	자르함용	1.69 (자르함용)	138.4	2	1	0	
163	536	트리클로로에틸렌	Trichloroethene	CCl ₂ CHCl	79-01-6	자르함용	액의/부생	-84.7	87.2	자르함용	자르함용	자르함용	자르함용	10.5/3 (자르함용)	9.199496 (자르함용)	0.122 (자르함용)	4.68	1.4642	2.61	420	자르함용	0.35 (자르함용)	131.39	2	1	0
164	593	1,2,3-트리클로로프로판	1,2,3-Trichloropropane	CH ₂ CHClCH ₂ Cl	96-18-4	자르함용	액의/부생	-14	156	78	자르함용	-	12.6/3.2	0.29 (자르함용)	0.175 (자르함용)	5.1	1.91	2.27	304	자르함용	0.25 (자르함용)	147.43	8	2	0	
165	594	클로로벤젠의 방향족 탄소화소 (벤젠에 가용성)	Chlorobenzene aromatic carbonaceous (as benzene soluble)	C ₆ H ₅ Cl/C ₆ H ₆ /C ₁₂ H ₁₀ /C ₁₀ H ₈																						
166	606	디클로로에틸렌	Dichloroethene	CCl ₂ CCl ₂	127-18-4	자르함용	액의/부생	-22	121	자르함용	자르함용	자르함용	-/-	2.484464 (자르함용)	0.015 (자르함용)	3.3	1.6	3.4	자르함용	자르함용	0.339 (자르함용)	165.33	2	0	0	
167	611	클로로아세트알데히드	Chloroacetaldehyde (PGE)	C ₂ H ₃ OCH ₂ CHO	122-60-1	자르함용	자르함용	9.5	245	114	-	자르함용	자르함용	0.1779138 (자르함용)	0.24 (자르함용)	4.87	1.11	1.12	자르함용	자르함용	자르함용	자르함용	2	1	1	
168	614	n-크릴-에탄-나프틸 아민	n-Phenyl-β-naphthyl amine	C ₁₂ H ₉ NHClC ₁₀ H ₇	135-33-6	-	고체(결정성, 가용성)	108	395-399	209	자르함용	자르함용	-/-	1.999336 (자르함용)	불용성 (자르함용)	-	1.24	4.33	자르함용	자르함용	자르함용	219.29	2	1	0	
169	618	크릴 에틸렌	Phenyl ethylene	C ₆ H ₅ CH=CH ₂	100-42-5	자르함용	자르함용	-31	146	31	자르함용	자르함용	자르함용	6.3/0.9	0.832684 (자르함용)	0.031 (자르함용)	3.6	0.806	2.95	490	자르함용	0.696 (자르함용)	104.14	2	3	0
170	613	크릴 벤자이드라진	Phenyl benzidine	C ₆ H ₅ NHNH ₂	100-63-0	자르함용	자르함용	19.5	243.5 (자르함용)	39	-	자르함용	자르함용	1.1	0.01 (자르함용)	34.5 (자르함용)	3.7	1.1	1.25	174	자르함용	자르함용	103.1	8	2	0
171	603	펜타클로로벤젠	Pentachlorobenzene	C ₆ Cl ₅ H	87-36-5	-	자르함용	191	309(분해)	자르함용	-	자르함용	자르함용	0.000025 (자르함용)	0.001 (자르함용)	3.2	1.98	5.01	자르함용	자르함용	자르함용	266.4	4	0	0	
172	602	포름알데히드	Formaldehyde	HCHO	50-00-0	2,3-4,0 (자르함용)	자르함용	-92	-19.3	55 (자르함용)	자르함용	인화성 가스	73/7 (자르함용)	516.6241 (자르함용)	40 (자르함용)	1.067	0.8	0.95	424	300	자르함용	30.03				
173	641	부타디엔	Butadiene	C ₄ H ₆ CHO	98-01-1	자르함용	자르함용	-38.5	162	60	<1 (자르함용)	자르함용	19.3/2.1	0.144 (자르함용)	8.3 (자르함용)	3.31	1.16	0.41	315	자르함용	자르함용	1.49 (자르함용)	96.1	2	2	0
174	644	프로판 술폰	Propane sulfone	C ₃ H ₇ O ₂ S	1100-71-4	-	자르함용	81	112 (자르함용)	153	부식성 산성	자르함용	자르함용	0.0299970 (자르함용)	10	4.2	1.333 (자르함용)	-0.23 (자르함용)	자르함용	자르함용	자르함용	122.1	8	1	1	
175	643	프로판	Propane	C ₃ H ₈ N ₂ O ₂	114-26-1	-	자르함용	91	자르함용	자르함용	-	자르함용	자르함용	0.0030864 (자르함용)	0.2 (자르함용)	-	자르함용	1.62	자르함용	자르함용	자르함용	자르함용	3	1	0	
176	634	프로판 아민	Propane amine	C ₃ H ₇ N	75-05-8	자르함용	자르함용	-63	87	-4	-	자르함용	자르함용	1.9	100 (자르함용)	2	0.3	0.19 (자르함용)	자르함용	자르함용	0.491 (자르함용)	57.1	3	3	0	
177	655	β-프로피오락톤	β-Propiolactone	C ₃ H ₄ O ₂	57-57-3	자르함용	자르함용	-33.4	135	74	0.223 (자르함용)	자르함용	자르함용	2.9	0.8 (자르함용)	87 (자르함용)	2.5	1.1	-0.8 (자르함용)	162	자르함용	72.06	0	2	0	
178	661	프리딘	Pyridine	C ₅ H ₅ N	110-36-1	자르함용	액의/부생	-42	115-118	20	자르함용	자르함용	자르함용	12.4/1.8	2.773108 (자르함용)	100 (자르함용)	1.73	0.98	0.65	432	자르함용	자르함용	79.1	2	0	0
179	666	히드라진	Hydrazine	(NH ₂) ₂	302-01-2	자르함용	액의/부생	2	114	38	자르함용	자르함용	자르함용	100/1.8	1.913643 (자르함용)	가용성	2.1	1.01	-3.1	270	자르함용	자르함용	32.09	4	2	3

No.	고시 No.	유해화학물질명				물리화학적 특성														기타								
		국문 표기	영문 표기	화학적	CAS번호	pH	상상(상태/색상)	녹는점	끓는점	연화점	중합속도	연염성(크로/기화)	폭발범위	증기압	유도도	증기밀도	비중	분해계수	자연발화 온도	분해온도	경도	분자량	NFPA Rank					
					-	℃	℃	℃			%	kPa	μ/100ml					℃	℃	eP	H	P	R					
87	120	디하이드로벤젠	Dihydrobenzene	C ₆ H ₆ (OH) ₂	128-81-9	-	고색(흑색) 유성	172	297	165	자외선	자외선	-/-	0.00012	5.9	3.8	1.3	0.59	515	자외선	자외선	자외선	110.1	2	1	0		
88	148	4,4'-메틸렌디아닐린	4,4'-Methylenedianiline	H ₂ N(C ₆ H ₄) ₂ CH ₂ C ₆ H ₄ NH ₂	101-77-9	-	자외선	91.75	332-339 (300.00)	220	-	자외선	자외선	4.773138	0.2	6.8	1.1	1.6	자외선	자외선	자외선	자외선	3	1	0			
89	149	4,4'-메틸렌비스(2-클로로아닐린)	4,4'-Methylenebis(2-chloroaniline)	CH ₂ (C ₆ H ₃ Cl) ₂	101-14-4	확한 위기 자	자외선	110	378.9	자외선	-	자외선	자외선	0.009783	0.001	-	1.44	3.91	자외선	자외선	자외선	자외선	1	1	0			
40	201	베릴륨 및 그 화합물	Beryllium & Compounds	Be	7440-41-7	-	자외선	1287	>2900	자외선	-	자외선	자외선	3.86E-10	0.07	-	1.9	-0.57 (2.00)	자외선	자외선	자외선	9	3	1	0			
41	202	베르도르프타이드	Berzofortolide	C ₇ H ₄ Cl ₈	98-07-7	-	자외선	98	221	108	-	자외선	자외선	6.5 / 2.1	0.073	6.77	1.39	2.94	211	자외선	자외선	자외선	195.48	3	1	0		
42	204	베코 크렌	Bezo(n) crene	C ₁₂ H ₁₂	50-32-8	-	자외선	178.1	496	자외선	-	자외선	자외선	7.32E-10	1.62E-07	-	1.95	6.04	자외선	자외선	자외선	252.8	1	1	0			
43	205	베지딘	Besidine	NH ₂ C ₆ H ₄ C ₆ H ₄ NH ₂	92-87-5	-	자외선	400	300-302 (300.00)	208	자외선	고색	-/-	-	322	6.86	1.23	1.84	자외선	자외선	자외선	134.24	2	1	0			
44	226	브로파렌	Bromafin	CaH ₂ Br ₂ O ₂	314-40-9	-	자외선	159-180	자외선	자외선	-	자외선	자외선	4.09E-03	0.08	-	1.55	2.11	자외선	자외선	자외선	261.1	1	1	0			
45	237	비닐 시클로헥센 디옥사이드	Vinyl cyclohexene dioxide	C ₈ H ₁₂ O ₂	106-87-6	자외선	액체/무색	<-50	227	110	자외선	자외선	-/-	자외선	13.3	4.8	1.1	1.3	398	자외선	자외선	7.77 (2.00)	140.18	3	1	0		
46	239	N-비닐-2-피롤리돈	N-Vinyl-2-pyrrolidone (NVP)	C ₄ H ₆ NO	38-12-0	자외선	액체/무색	400	90-92 (90.00)	83	자외선	자외선	10 / 1.4	0.012	5.2	3.83	1.04	0.4	364	자외선	자외선	자외선	2.07 (2.00)	111.14	2	1	0	
47	283	β-아미노-1,2,4-트리아졸(또는 아미트랄)	β-Amino-1,2,4-triazole (Amitral)	-	81-82-5	-	자외선	159	-	자외선	-	자외선	자외선	-/-	5.37E-03	29	-	1.138 (2.00)	-0.37	자외선	자외선	자외선	84.03	1	1	0		
48	289	염소화 카뮈	Chlorinated camphor	C ₁₅ H ₂₂ Cl ₂	8001-35-2	-	자외선	65-90	자외선	185	-	자외선	자외선	0.038	0.00035	-	1.43	1.65	3.3	자외선	155	자외선	418.8	3	1	0		
49	374	카바닐	Capryl	C ₁₂ H ₂₄ NO ₂	63-25-2	-	고색(검정) 유성	145	비정 이화 물(2.00)	193-202	-	자외선	자외선	0.02 / -	1.31E-07	0.011	-	1.232	2.86	605	815	자외선	201.22	4	1	0		
50	486	카레놀	Carenol	C ₁₅ H ₂ (OH) ₂	120-80-9	-	자외선	109	248.9	127	-	자외선	자외선	1.97	0.668812	가용성	3.8	1.8	0.88	510	자외선	자외선	자외선	8	1	1		
51	489	카사프	Carsofo	C ₁₂ H ₁₆ Cl ₄ NO ₂ S	2425-06-1	-	고색(검정) 유성	100	-	자외선	자외선	-/-	무시할 수 없음	1.4 mDl (2.00)	-	-	3.8	자외선	180-162	자외선	자외선	849.09	2	1	0			
52	503	카라센	Carzene	C ₁₂ H ₁₂	218-01-9	-	고색(검정) 유성	254-257	448	209	자외선	자외선	3.5 / 0.5	1.13E-03	불용성 (2.00)	-	1.274	5.81	자외선	자외선	자외선	223.3	1	1	0			
53	513	클로로디안(54% 클로라)	Chlorodan(54% Chlora)	C ₁₂ H ₂ Cl ₆	11097-69-1	-	백색(무색) 고체(2.00)	10	385-390	232	자외선	자외선	자외선	1.03E-05	0.040 mDl (2.00)	-	1.80	6.5	자외선	-	자외선	326.44	2	1	0			
54	586	클로르딘	Chloran	C ₁₂ H ₄ Cl ₄	57-74-9	자외선	자외선	106	175 (2.00)	자외선	-	자외선	자외선	1.90E-06	0.0000096	14	3.61 (2.00)	2.78	자외선	175 (2.00)	6900 (2.00)	409.8	4	1	0			
55	553	1,1,2,2-테트라클로로에탄	1,1,2,2-Tetrachloroethane	CHCl ₂ CHCl ₂	78-84-5	자외선	자외선	-96	146	자외선	자외선	자외선	자외선	1.066379	0.22	5.79	1.9933	3.39	자외선	자외선	자외선	1.7 (2.00)	167.85	2	1	0		
56	564	톨루엔-2,4-디이소시아이드	Toluene-2,4-Diisocyanate(TDI)	CH ₂ C ₆ H ₄ (NCO) ₂	584-94-9	자외선	자외선	22	251	127	<1 (2.00)	자외선	자외선	0.0013	0.00376	6	1.2	0.21	620	자외선	자외선	자외선	174.2	3	1	1		
57	564	톨루엔-2,6-디이소시아이드	Toluene-2,6-Diisocyanate (TDI)	CH ₂ C ₆ H ₄ (NCO) ₂	91-08-7	자외선	자외선	18.3	129-133 (130.00)	127	-	자외선	자외선	9.5 / 0.9	0.002	0.00376	6	1.2	자외선	620	자외선	자외선	174.2	3	1	1		
58	569	o-톨루엔	o-Toluene	(CH ₃) ₂ C ₆ H ₄ (H) ₂	118-98-7	-	자외선	181.5	200	144	-	자외선	자외선	자외선	0.13	-	1	2.84	326	자외선	자외선	자외선	2	1	0			
59	576	트리부틸 포스파이드	Tributyl phosphite	(C ₄ H ₉ O) ₃ P	126-73-8	자외선	자외선	80	289	148	0.1 (2.00)	자외선	자외선	0.0580628	0.5	9.2	0.93	4	492	자외선	자외선	자외선	2	1	0			
60	583	1,1,2-트리클로로에탄	1,1,2-Trichloroethane	CHCl ₂ CH ₂ Cl	78-00-5	자외선	자외선	-36	114	자외선	자외선	-	2.53 / 6	2.5	0.44	4.6	1.4416	2.85	자외선	자외선	자외선	1.89 (2.00)	133.2	2	1	0		
61	588	트리클로로에틸렌	Trichloroethylene	CCl ₂ CHCl	78-01-6	자외선	액체/무색	-84.7	87.2	자외선	자외선	자외선	자외선	10.3 / 3	8.199246	0.128	4.53	1.4642	2.61	420	자외선	자외선	1.55 (2.00)	131.39	2	1	0	
62	611	핀일 알리시릴에이트	Phenyl allylsilicate (PGE)	C ₆ H ₅ OCH ₂ CHOCH ₂	122-80-1	자외선	자외선	3.5	245	114	-	자외선	자외선	0.1773188	0.24	4.37	1.11	1.12	자외선	자외선	자외선	자외선	2	1	1			
63	614	β-플렌-β-사히트/아미드	β-Phenyl-β-sahitil/ amide	C ₁₂ H ₁₇ NHCO ₂ H ₃	188-38-6	-	고색(검정) 유성	80	395-399	209	자외선	자외선	-/-	1.999398	불용성 (2.00)	-	1.24	4.88	자외선	자외선	자외선	자외선	219.28	2	1	0		
64	644	프로판 질소	Propane nitrite	C ₃ H ₇ O ₂ N	1120-71-4	-	자외선	81	112 (2.00)	108	무시할 수 없음	자외선	자외선	0.0359870	10	4.2	1.395	-0.22 (2.00)	자외선	자외선	자외선	122.1	3	1	1			
65	645	프로퍼서	Propocur	C ₁₁ H ₁₂ NO ₃	114-26-1	-	자외선	91	자외선	자외선	-	자외선	자외선	0.0030664	0.2%	-	자외선	1.52	자외선	자외선	자외선	자외선	3	1	0			
66	674	헥사메틸 옥사브로마이드	Hexamethyl oxabromide	(CH ₃) ₆ N ₂ Br ₂ O	630-31-9	자외선	자외선	9-7	232	105	-	자외선	자외선	0.004	100	6.13	1.03	0.28	자외선	자외선	자외선	179.2	2	1	0			
67	676	헥사클로로부타디엔	Hexachlorobutadiene	CCl ₂ CCl=CCl ₂	87-69-8	자외선	자외선	-13	212	90	-	자외선	자외선	0.02	0.00032	9	1.68	4.9	610	자외선	자외선	1.479 (2.00)	260.3	4	1	0		
68	678	헥사클로로에탄	Hexachloroethane	CCl ₂ CCl ₂	67-72-1	-	자외선	127	-	자외선	-	자외선	자외선	0.058	0.005	8.2	2.1	3.9	자외선	자외선	자외선	236.7	2	1	0			
69	687	헥사플루오로	Hexafluor	C ₁₂ H ₂ Cl ₄	76-44-8	-	자외선	95.5	810 (2.00)	자외선	-	자외선	자외선	5.30E-05	0.000018	-	1.6	6.1	자외선	180	자외선	자외선	373.3	3	1	0		
70	16	나프탈렌	Naphthalene	C ₁₀ H ₈	91-20-3	-	자외선	80	218	80	<1 (2.00)	자외선	자외선	5.9 / 0.9	0.021	0.0031	4.49	자외선	자외선	자외선	자외선	128.13	2	2	0			
71	81	나도르반	Nadorvan	C ₆ H ₃ NO ₂	98-95-8	자외선	액체/노란 색	5.7	210.3	83	자외선	-	자외선	자외선	40 / 1.8	0.02 (2.00)	0.029 (2.00)	4.2	1.2	1.85	492	자외선	자외선	1.993 (2.00)	123.11	3	2	1

V. 요약 및 결론 ... 101

No.	고시 No.	유해화학물질명				분리표지 특성														기타							
		국문 표기	영문 표기	화학적식	CAS번호	pH	생성(상태/색상)	녹는점	끓는점	밀도	중량속도	인화성(조류/기화)	폭발범위	중기압	용해도	중기밀도	비중	분해계수	자연분해 온도	분해온도	경도	분자량	NPPA Rank				
					-	℃	℃	g/cm ³	H	P	R																
72	49	디메틸나트륨이민	Dimethylsodiumimide	(CH ₃) ₂ NNO	82-79-9	자르얍음	자르얍음	151	61	-	자르얍음	자르얍음	0.36 (25℃)	100 (25℃)	2.56	1	-0.57	자르얍음	자르얍음	자르얍음	74.1	4	2	0			
73	53	디메틸 설페이트	Dimethyl sulfide	(CH ₃) ₂ SO ₄	77-78-1	자르얍음	액체/무색	-87	188	88	자르얍음	자르얍음	28.3/3.6 (25℃)	2.3 (25℃)	4.88	1.3	0.16	470	188	자르얍음	자르얍음	126.13	4	2	1		
74	58	디메틸아닐린	Dimethylamine(NN-Dimethylamine)	C ₂ H ₇ N(CH ₃) ₂	121-69-7	자르얍음	액체/무색	2.5	192-194	62	자르얍음	자르얍음	7/1 (25℃)	불용성	4.2	0.96	2.3	371	자르얍음	자르얍음	1.89 (25℃)	121.13	8	2	0		
75	57	디메틸 카보네이트	Dimethyl carbonate	(CH ₃) ₂ NCOC	78-44-7	자르얍음	자르얍음	-88	167	68	-	자르얍음	자르얍음	49.960 (25℃)	43.9 (25℃)	8.78	1.188	-0.72	자르얍음	자르얍음	자르얍음	107.54	4	2	1		
76	100	D-디클로벤젠	D-Dichlorobenzene	C ₆ H ₄ Cl ₂	106-46-7	자르얍음	자르얍음	58	174	86	-	자르얍음	자르얍음	16/6.2 (25℃)	0.208 (25℃)	6.03	1.248	3.87	자르얍음	자르얍음	자르얍음	126.13	2	2	0		
77	107	디클로메틸에테르	Dichloromethane	(ClCH ₂ CH ₂) ₂ O	111-44-4	자르얍음	자르얍음	-89	178	55	-	자르얍음	자르얍음	2.7 (25℃)	0.3300563 (25℃)	불용성	4.9	1.22	1.29	369	자르얍음	자르얍음	자르얍음	8	2	0	
78	202	벤조일클로라이드	Benzoyl chloride	C ₆ H ₅ COCl	98-38-4	자르얍음	자르얍음	-1	197.2	72	108 (25℃)	자르얍음	27/2.6 (25℃)	0.494 (25℃)	4.88	1.21	1.44 (25℃)	197.2	자르얍음	자르얍음	0.96 (25℃)	140.37	3	2	2		
79	208	D-부탄-2-올	D-Butan-2-ol	C ₄ H ₉ OCH ₂ CH ₂ OH	111-76-2	자르얍음	자르얍음	-75	171	60	0.08 (25℃)	자르얍음	12.7/1.1 (25℃)	0.1 (25℃)	자르얍음	4.1	0.9	0.83	238	자르얍음	자르얍음	8.15 (25℃)	118.18	3	2	0	
80	211	D-부틸 알코올 에테르	D-Butyl alcohol ether (BDE)	C ₄ H ₉ OCH ₂ CH ₂ OC ₂ H ₅	2428-09-6	자르얍음	자르얍음	자르얍음	164	94	-	자르얍음	자르얍음	0.48 (25℃)	2 (25℃)	3.79	0.91	0.69	자르얍음	자르얍음	자르얍음	130.2	3	2	1		
81	306	스톡라드 용제	Stoddard solvent	C ₆ -C ₁₂ Para-Aromatic	8052-41-3	자르얍음	액체/무색	-70	130-230	21-60	자르얍음	기연성	8/0.6 (25℃)	0.1899888 (25℃)	불용성	4.5-5	0.765-0.7 (25℃)	8.16-7.06 (25℃)	232	자르얍음	자르얍음	0.91-0.98 (25℃)	144 (25℃)	1	2	0	
82	321	시클로헥산	Cyclohexane	C ₆ H ₁₂ O	108-94-1	자르얍음	액체(무색)	-94.5	166	44	0.23 (25℃)	-	84/1.1 (25℃)	0.8 (25℃)	8.4	0.95	0.81	420	자르얍음	자르얍음	2.8 (25℃)	88.14	1	2	0		
83	348	아크릴아이드	Acrylamide	CH ₂ CH=CONH ₂	78-06-1	5.0-6.9 (25℃)	고체/무색 (25℃)	84.5	192.6	138	자르얍음	자르얍음	-/-	0.00088 (25℃)	37.11 (25℃)	2.46	1.122	-0.67	424	자르얍음	자르얍음	0.71 (25℃)	71.08	3	2	2	
84	353	알릴 알코올 에테르	Allyl alcohol ether (AGE)	CH ₂ CH=CH ₂ O	106-82-8	자르얍음	액체/무색	-100	154	48	자르얍음	자르얍음	-/-	0.4265153 (25℃)	14.1 (25℃)	3.9	0.97	0.45	자르얍음	자르얍음	자르얍음	114.06	3	2	1		
87	371	에틸 알코올벤조에이트	Ethyl alcohol benzoate ester	C ₆ H ₅ CO ₂ CH ₂ CH ₃	112-07-2	자르얍음	자르얍음	-64	192	71	-	자르얍음	자르얍음	8.54/0.88 (25℃)	0.4499959 (25℃)	0.9 (25℃)	5.6	0.94	1.51	340	자르얍음	자르얍음	1.764 (25℃)	160.24	1	2	0
88	380	2,3-에폭시-1-프로판	2,3-Epoxy-1-propanol	C ₃ H ₆ O ₂	536-52-5	자르얍음	자르얍음	-49	106 (부동)	72	-	자르얍음	자르얍음	0.12 (25℃)	100 (25℃)	2.16	1.1	-0.95	415	166	자르얍음	자르얍음	74.1	3	2	2	
87	400	벤질 염화물	Benzyl chloride	C ₆ H ₅ CH ₂ Cl	100-44-7	자르얍음	자르얍음	27-48	179	67	<1 (25℃)	자르얍음	14/1.1 (25℃)	0.12 (25℃)	0.052 (25℃)	4.4	1.1	2.3	335	자르얍음	자르얍음	1.272 (25℃)	126.6	3	2	1	
88	442	이소프로판	Isopropanol	C ₃ H ₈ O	78-59-1	자르얍음	자르얍음	-8	215	34	0.09 (25℃)	자르얍음	3.9/0.8 (25℃)	0.04 (25℃)	1.2 (25℃)	4.6	0.92	1.67	450	자르얍음	자르얍음	138.2	2	2	0		
89	493	케소산	Keoson	-	8003-20-6	자르얍음	자르얍음	-20	150-360	37-65	-	자르얍음	자르얍음	5/0.7 (25℃)	0.866612 (25℃)	불용성	4.5	0.8	자르얍음	220	자르얍음	자르얍음	>1.3 (25℃)	자르얍음	2	2	0
90	549	클로로아세트알데하이드	Chloroacetaldehyde	ClCH ₂ CHO	107-40-0	자르얍음	자르얍음	-16 (25℃)	95-100 (100.2)	88(40.86)	-	자르얍음	자르얍음	1.773183 (25℃)	가용성	2.7	1.19 (100.2)	0.37	자르얍음	자르얍음	자르얍음	자르얍음	8	2	0		
91	590	테트라에틸 연	Tetraethyl lead as Pb	Pb(C ₂ H ₅) ₄	78-00-2	자르얍음	자르얍음	-136.8	202	88	-	자르얍음	자르얍음	1.8 (25℃)	0.007 (25℃)	0.000029 (25℃)	3.6	1.7	4.15	>110	>110	자르얍음	자르얍음	828.45	3	2	3
92	566	α-톨루엔	α-Toluene	CH ₃ C ₆ H ₄ NH ₂	95-59-4	자르얍음	자르얍음	-15	200	35	자르얍음	자르얍음	1.5 (25℃)	0.0266644 (25℃)	1.6 (25℃)	3.69	1.008	-	432	>350	자르얍음	자르얍음	107.16	8	2	0	
93	567	α-톨루엔	α-Toluene	CH ₃ C ₆ H ₄ NH ₂	108-44-1	자르얍음	자르얍음	-80	208-204	36	-	자르얍음	자르얍음	8.6/1.1 (25℃)	0.0298864 (25℃)	2.25 (25℃)	3.72	0.99 (25℃)	1.415	432	자르얍음	자르얍음	자르얍음	2	2	0	
94	688	1,3-트리클로로벤젠	1,3-Trichlorobenzene	C ₆ H ₃ Cl ₃	98-18-4	자르얍음	액체/무색	-14	166	78	자르얍음	-	12.6/3.2 (25℃)	0.29 (25℃)	0.170 (25℃)	5.1	1.09	2.27	304	자르얍음	자르얍음	0.25 (25℃)	147.43	3	2	0	
95	613	페닐 히드라진	Phenylhydrazine	C ₆ H ₅ NHNH ₂	100-63-0	자르얍음	자르얍음	18.5	243.5 (부동)	38	-	자르얍음	자르얍음	1.1 (25℃)	0.01 (25℃)	14.5 (25℃)	3.7	1.1	1.25	174	자르얍음	자르얍음	108.1	3	2	0	
96	641	푸랄	Fural	C ₄ H ₂ OCHO	98-01-1	자르얍음	자르얍음	-38.5	162	80	<1 (25℃)	자르얍음	19.3/2.1 (25℃)	0.144 (25℃)	8.3 (25℃)	3.31	1.16	0.41	315	자르얍음	자르얍음	1.49 (25℃)	86.1	2	2	0	
97	658	β-프로피온	β-Propionone	C ₃ H ₆ O ₂	57-57-5	자르얍음	자르얍음	-33.4	155 (부동)	74	0.228 (25℃)	자르얍음	3.9 (25℃)	0.3 (25℃)	37 (25℃)	2.5	1.1	-0.8 (25℃)	자르얍음	162	자르얍음	자르얍음	72.05	0	2	0	
98	666	히드라진	Hydrazine	(NH ₂) ₂	302-01-2	자르얍음	액체(무색)	2	114	38	자르얍음	자르얍음	100/1.8 (25℃)	1.02843 (25℃)	가용성	1.1	1.01	-3.1	270	자르얍음	자르얍음	자르얍음	32.05	4	2	3	
99	2	가솔린	Gasoline	-	8008-61-9	혼합	정제된 석유	<-20	38	-43	자르얍음	액체	7.6/1.2 (25℃)	0.7 (25℃)	불용성	8.0-4.0	0.7-0.8	합용	200-456	자르얍음	자르얍음	자르얍음	3	3	0		
100	24	나트륨 카보네이트	Sodium carbonate as Na	Na ₂ CO ₃	13463-89-0	자르얍음	자르얍음	-25	43	-20	합용	자르얍음	34/3 (25℃)	35.5829 (25℃)	0.015 (25℃)	0.89	1.82 (25℃)	자르얍음	60	자르얍음	자르얍음	170.73	4	3	3		
101	30	나트륨에탄	Sodium ethane	CH ₃ NaO ₂	75-32-5	6.12 (25℃)	액체/무색	-29	101	35	자르얍음	자르얍음	63/7.8 (25℃)	3.708383 (25℃)	11.1 (25℃)	2.1	1.187	-0.85	418	315	자르얍음	자르얍음	0.9 (25℃)	81.04	2	3	4
102	89	α-나트륨프로판	α-Nitropropane	NO ₂ C ₂ H ₄ CH ₃	79-48-9	6.2 (25℃)	액체/무색	-91	120	34	1.62 (25℃)	자르얍음	7.6/1.2 (25℃)	1.7 (25℃)	1.7 (25℃)	0.99	0.93	428	자르얍음	자르얍음	자르얍음	0.74 (25℃)	89.1	4	3	2	
103	81	1,1-디메틸피드라진	1,1-Dimethylhydrazine	(CH ₃) ₂ NNH ₂	87-14-7	자르얍음	자르얍음	-68	68	-10	-	자르얍음	자르얍음	98/2 (25℃)	14 (25℃)	가용성	2.1	0.8	-1.9	248	자르얍음	자르얍음	자르얍음	60.1	4	3	1
104	104	디옥산	Dioxane(Dioxin Dioxide)	OCH ₂ CH ₂ OCH ₂ CH ₂	128-91-1	자르얍음	자르얍음	12	101	12	2.7 (25℃)	자르얍음	22.5/2 (25℃)	4.1 (25℃)	8000 (25℃)	8	자르얍음	-0.42	180	자르얍음	자르얍음	0.012 (25℃)	88.11	2	3	1	
105	102	디클로메틸아세틸렌	Dichloroacetylene	ClCCl	7572-29-4	자르얍음	자르얍음	-66	82	가연성 (부동)	-	자르얍음	자르얍음	76.12709 (25℃)	3.3	1.2	1.18 (25℃)	자르얍음	자르얍음	자르얍음	자르얍음	94.9	4	3	3		
106	104	1,2-디클로로에탄	1,2-Dichloroethane	ClCH ₂ HCl	107-06-2	자르얍음	액체(무색)	-85.3	83.5	18	자르얍음	자르얍음	16/6.2 (25℃)	0.88 (25℃)	8.4	1.255	1.49	418	자르얍음	자르얍음	자르얍음	0.84 (25℃)	98.96	2	3	0	

No.	고시 No.	유해화학물질명				물리화학적 특성														기타							
		국문 표기	영문 표기	화학적 식	CAS번호	pH	상상(상태/색상)	녹는점	끓는점	인화점	중립속도	인화성(고화/기화)	폭발범위	중기압	용해도	중기밀도	비중	분해계수	자연발화 온도	분해온도	경도	분과명	NPPA Rank				
					-	℃	℃	℃			kg	kPa	g/100ml	g/cm ³	g/L	g/L	g/L	℃	℃	cP	H	P	R				
107	110	디클로로프로판	Dichloropropane	CH ₂ ClCH ₂ Cl	542-75-6	자외선용	자외선용	-50	103	26	-	자외선용	14.5/5.8	8.7	0.5	8.8	1.22	1.82	자외선용	자외선용	자외선용	111	2	3	0		
108	109	메틸살사이드	Methyl salicylate	C ₉ H ₁₀ O ₂	1684-04-4	자외선용	자외선용	-109	55	-28	< 1	자외선용	18.1/1.6	0.7	0.5	3	0.7	1.06	373	자외선용	자외선용	88.2	1	3	1		
109	183	메틸 하이드라진	Methyl hydrazine	CH ₃ NHNH ₂	80-84-4	자외선용	자외선용	-52.4	87.5	-8.3	-	자외선용	87/2.5	4.8	100	1.6	0.87	-1.05	196	자외선용	자외선용	46.1	4	3	2		
110	202	벤젠	Benzene	C ₆ H ₆	71-43-2	자외선용	자외선용	5.5	80.1	-11	자외선용	7.8/1.4	0.68896	0.19	4.2	0.88	4.18	493	자외선용	자외선용	0.604	75.11	2	3	0		
111	234	브롬화 에틸	Ethyl bromide	C ₂ H ₅ Br	74-98-4	-	자외선용	-119	38.4	-20	-	자외선용	8.3/1.1	3.1	0.91	3.78	1.4	1.61	511	자외선용	자외선용	109	3	3	1		
112	236	보이링 플리 나프타	YM & P Naphta	-	8032-82-4	-	액체(무색-무취)	≤ -40	30-50	-50-27	자외선용	액체	5.9-8 / 0.6-0.8	5.832996	불용성	2.5-4.3	0.60-0.87	-	232-238	자외선용	자외선용	자외선용	1	3	0		
118	289	비닐 아세테이트	Vinyl acetate	CH ₃ COORCH ₂	108-08-4	자외선용	자외선용	-98	72	-9	8.9	기화성(1)	18.4/2.8	1.17	0.9	3	0.9	0.78	402	자외선용	자외선용	0.48	86.09	2	3	2	
114	346	아크로니트릴	Acrylonitrile	CH ₂ CHCN	107-18-1	자외선용	액체/무색	-84	77	-11	자외선용	자외선용	17/3	14.8214	7.45	1.8	0.8	0.25	481	자외선용	자외선용	0.34	83.06	4	3	2	
118	366	에탄올	Ethanol	C ₂ H ₅ OH	64-17-5	자외선용	액체/무색	-114.1	78.5	19	자외선용	자외선용	19/3.3	7.906018	100	1.59	0.8	-0.31	365	자외선용	자외선용	1.17	46.07	2	3	0	
116	370	에틸렌아민	Ethylamine	(CH ₂) ₂ NH	181-56-4	강알칼리성	액체/무색	-74	56-57	-11	자외선용	자외선용	55/3.8	48.39787	100	1.5	0.6	-0.36	822	자외선용	자외선용	43.08	4	3	3		
117	380	에틸 벤젠	Ethyl benzene	C ₈ H ₁₀	100-41-4	자외선용	액체/무색	-95	186	18	자외선용	-	6.7/1	0.8	0.015	8.7	0.8	3.2	482	자외선용	자외선용	0.64	106.17	2	3	0	
118	386	에틸 아크릴레이트	Ethyl acrylate	CH ₂ CHCOOC ₂ H ₅	140-68-5	자외선용	자외선용	-71	99	9	3.3	-	14/2.4	0.9	0.8	8.45	0.92	1.52	343	자외선용	자외선용	100.12	2	3	2		
119	405	염화 알루미늄	Altri chloride	CH ₂ CHCH ₂ Cl	107-05-1	자외선용	자외선용	-135	45	-32	7	자외선용	41.3/2.9	5.32857	0.337	2.6	0.94	2.1	890	자외선용	자외선용	자외선용	4	3	2		
120	499	크로톤알데하이드	Cinnamaldehyde	CH ₃ CHCHCHO	4170-30-9	자외선용	자외선용	78.5	104	18	2.7	자외선용	18.5/2.1	8.99872	18.1	2.41	0.95	0.8	232.3	자외선용	자외선용	70.1	4	3	1		
121	517	클로로에틸 에틸에테르	Chloroethyl ethyl ether	C ₂ H ₅ ClO	107-30-2	자외선용	자외선용	-104	39	-7.8	-	자외선용	자외선용	9.78087	0.337	2.8	1.06	0.33	자외선용	자외선용	자외선용	자외선용	3	3	2		
122	518	비스-(클로로에틸)에테르	bis-(Chloroethyl)ether	O(CH ₂ Cl) ₂	542-88-1	-	액체(무색-무취)	-42	104	36	자외선용	자외선용	21.9/6.5	8.99872	22.91	4	1.315	0.57	자외선용	자외선용	0.98	114.96	4	3	1		
123	519	클로로벤젠	Chlorobenzene	C ₆ H ₅ Cl	108-90-7	자외선용	액체/무색	-45	100	27	자외선용	자외선용	15/1.3	1.59989	0.05	8.93	1.1058	0.84	390	자외선용	자외선용	0.806	112.56	3	3	0	
124	521	2-클로로-1,3-부타디엔	2-Chloro-1,3-butadiene	CH ₂ ClC(CH ₂)=CH ₂	126-99-3	자외선용	자외선용	-130	59.4	-30	-	자외선용	20/4	0.89308	0.24	8	0.86	2.1	자외선용	자외선용	자외선용	자외선용	2	3	1		
125	529	1-클로로-2,3-에폭시 프로판	1-Chloro-2,3-epoxy propane	C ₃ H ₅ OCl	106-99-8	자외선용	액체/무색	-48	116	31	자외선용	자외선용	21/3.8	1.6	8	3.2	1.2	0.26	395	자외선용	자외선용	1.12	92.5	3	3	2	
126	527	테트라하이드로퓨란	Tetrahydrofuran	C ₄ H ₈ O	109-99-9	자외선용	자외선용	-108	55.4	-21.3	자외선용	자외선용	11.5/2	1.9	100	2.49	0.8992	0.46	821	자외선용	자외선용	0.53	72.1	2	3	1	
127	616	플로리 에틸렌	Fluori ethylene	C ₂ F ₃ CHCH ₂	100-42-5	자외선용	자외선용	-81	146	31	자외선용	자외선용	6.8/0.8	0.852694	0.031	3.6	0.906	2.95	490	자외선용	자외선용	0.696	104.14	2	3	2	
128	652	프로필렌 아민	Propylene amine	C ₃ H ₇ N	75-55-0	자외선용	자외선용	-68	67	-4	-	자외선용	자외선용	14.9	100	2	0.6	0.13	자외선용	자외선용	0.491	57.1	3	3	0		
129	661	피리딘	Pyridine	C ₅ H ₅ N	110-96-1	5.5	액체(무색-무취)	-42	116-116	20	자외선용	자외선용	18.4/1.3	2.77308	100	2.73	0.98	0.65	482	자외선용	자외선용	자외선용	79.1	2	3	0	
130	74	다이아세탄	Diacetone	CH ₃ CO ₂	834-88-0	-	자외선용	-145	-23	폭발	-	인화성 가스	자외선용	24.5/5.3	0.255	1.4	1.45	2	100	자외선용	자외선용	자외선용	42.04	4	4	3	
131	108	1,1-디클로로에탄	1,1-Dichloroethane	CH ₂ Cl ₂	75-35-4	자외선용	액체/무색	-122.5	91.7	-19	자외선용	자외선용	15.5/6.5	78.9844	0.242	3.25	1.2	2.12	370	자외선용	자외선용	0.3902	86.94	2	4	2	
132	121	러버 솔벤트	Rubber solvent	-	8030-30-6	-	액체(무색-무취)	< -78	30-204	40	자외선용	액체	5.9/1.4	5.932938	0.74	3.4	0.74	-	238	자외선용	자외선용	자외선용	2	4	0		
133	282	브롬화 비닐	Vinyl bromide	C ₂ H ₃ Br	598-60-0	-	자외선용	-139.5	15.6	< 8	-	자외선용	15/9	1.9	0.76	1.48	1.57	530	자외선용	자외선용	106.86	2	4	1			
134	340	아세트알데하이드	Acetaldehyde	CH ₃ CHO	75-07-0	자외선용	액체/무색	-123	20.2	-33	자외선용	자외선용	60/4	120.2568	100	1.5	0.78	0.63	188	자외선용	자외선용	0.2456	44.05	2	4	2	
135	389	1,2-에폭시프로판	1,2-Epoxypropane	CH ₂ CHOCH ₂	75-96-9	자외선용	액체/무색	-104	34	-37	자외선용	자외선용	33.5/2	71.74745	40.5	2	0.8	0.03	449	자외선용	자외선용	0.28	59.08	3	4	2	
137	407	염화 에틸	Ethyl chloride	C ₂ H ₅ Cl	75-00-9	-	액체(무색-무취)	-188	18.2	-90	-	자외선용	자외선용	14.8/8.8	138.3	0.574	2.22	0.919	1.54	519	자외선용	자외선용	자외선용	64.5	2	4	0
137	17	B-나트리아민	B-Natriamine	C ₂ H ₅ NH ₂	91-59-6	올바른 사용 시	고체	118	808	자외선용	자외선용	자외선용	-/-	0.138	0.4 mm ²	4.95	1.0614	2.28	자외선용	자외선용	자외선용	자외선용	143.19	자외선용	자외선용	자외선용	
138	101	8,8-디클로로벤젠	8,8-Dichlorobenzide	C ₁₂ H ₈ Cl ₂ N ₂	91-94-1	약성기	고체(무색)	137-133	368	자외선용	자외선용	자외선용	-/-	-	불용성	-	자외선용	3.51	850	자외선용	자외선용	259.13	자외선용	자외선용	자외선용		
139	360	헵타나프틸아민	n-Heptan amine	C ₇ H ₁₅ NH ₂	134-32-7	자외선용	자외선용	50	301	157	자외선용	자외선용	자외선용	0.000357	0.17	1.229	4.98	2.25	460	자외선용	자외선용	자외선용	143.19	자외선용	자외선용	자외선용	