

화학합성재료 연소화재의 소방전술

서울소방본부 남부소방서장 제진주

化學合成材料 燃燒火災의 消防戰術

목 차	
I. 서론	1. 산소결핍
II. 플라스틱의 개요	2. 화염
1. 플라스틱의 개요	3. 열
2. 플라스틱의 분류	4. 연소가스
3. 범용 플라스틱의 생산과 용도	5. 연기
4. 범용 플라스틱의 성상	6. 구조물의 붕괴
III. 플라스틱의 연소과정	V. 난연 첨가제 및 소화방법
1. Micro scale에서의 연소과정	1. 플라스틱의 난연첨가제
2. Micro scale에서의 연소과정	2. 플라스틱화재의 소화방법
3. Mass scale에서의 연소과정	VI. 결론
IV. 플라스틱의 화재위험성	※ 참고문헌
	※ 화재발생 사례

I. 서론

지금까지 인류는 돌, 청동, 철, 경금속 등 시대의 변천에 따라서 다양한 재료를 사용해 왔다. 플라스틱의 출현으로 인류의 문명생활은 더욱 중요해졌고, 플라스틱 재료의 성능이 향상됨에 따라 내구성과 기능이 향상되어 생산성이 높아지고 다용도로 쓰

이게 되었다.

기술은 새로운 재료를 필요로 하고, 새로운 재료의 출현에 의해 기술은 더욱 발전하여 왔다. 19세기는 철강의 시대로서 철이 산업혁명의 발전을 뒷받침하였으며, 20세기 초에는 알루미늄을 발견하였는데 무게가 철의 1/2.8로 가벼워서 알루미늄 합금은 항공기 발전에 기여하면서 경량

화의 중요성이 새롭게 인식된 것이다. 제2차 세계대전 이후의 기술이나 산업은 반도체와 공업용 플라스틱이라는 두 가지 신소재의 발전에 의해 지탱되어 왔다고 해도 과언이 아닐 것이다.

19세기에 이미 몇 가지 플라스틱의 중합반응이 발견되었다. 그러나 실제로 대량생산에 돌입

한 것은 1930년 이후의 일이다. 공업용 플라스틱의 역사는 1908년 베이컨트 박사(미국)가 페놀과 포름 알데히드를 합성해 베이크 라이트(페놀수지)를 발견하면서 부터 시작되었다.

플라스틱을 구성하는 고분자 이론의 기초는 H. 스타우딩거 박사(독일)가 거대분자설을 1930년에 제시하면서 확립되었다. 그의 학설을 실증하듯이 새로운 열가소성 플라스틱 시대가 도래한 것은 1930년 이후의 일이다.

1960년 "금속에 도전하는 플라스틱"이라 일컬어지는 아세탈수지가 등장하면서 엔지니어링 플라스틱의 시대가 시작되어 플라스틱이 금속을 대체하기 시작하였다.

우리나라에서는 1950년대 중반 나일론 원료를 수입하여 섬유를 생산한 것이 플라스틱 공업의 효시이며, 1960년대 중반에 이르러서야 나일론 원사와 플라스틱 재료를 생산하기 시작했다.

우리들은 여러가지 경우에서 플라스틱의 혜택을 입고 있다. 플라스틱의 최대 용도는 포장재료이다. 식품포장에 플라스틱 필름, 트레이 등을 사용함으로써 식품의 보전성과 위생성을 대폭적으로 개선하게 되었다. 그 외에도 전기, 전자 산업분야에서는 산업의 핵이라고 할 수 있는 반도체의 발달과 더불어 플라스틱이 전기 절연재료로 사용되고 있으며, 자동차 산업에서는 녹

방지성, 연비절감을 위해 가벼우며 화학적으로 안정하고 가공성이 우수한 플라스틱의 사용이 증가하여 현재는 자동차 전체 중량의 8~10%에 해당되는 양이 플라스틱으로 구성되어 있으며 그 비율은 더욱 증가할 전망이다.

현재 전 세계의 플라스틱 생산량은 1억톤에 달하며 우리나라는 세계 네번째의 플라스틱 생산국이다. 플라스틱 소비량은 그 나라의 경제력을 잘 반영하고 있는데 선진국일수록 1인당 소비량이 많아진다.

플라스틱은 공업적, 경제적으로 대단히 중요한 소재이고 여러 가지 관점에서 사회에 끼치는 영향이 대단히 크다. 포장용기 등으로 플라스틱을 많이 사용한 결과 부패하지 않는 플라스틱 필름이 전 세계적으로 넘치게 되어, 플라스틱 쓰레기는 커다란 환경문제로 대두되게 되었고, 각국에서는 분해성 플라스틱에 대한 연구에 많은 투자를 하고 있다.

아울러 플라스틱의 생산량과 소비량이 증가하면서 플라스틱 화재도 증가하고 있는데, 대부분의 화재현장에는 플라스틱이 포함되어 있는 상황에 이르렀다. 또한 플라스틱의 종류에 따라서는 그 연소생성물이 대단히 유독한 것이 있고 연소형태도 복잡하고 다양하여 체계적인 대응이 절실한 시점이다.

1991년 10월 11일 영국 Nor-

folk주 Thetford의 플라스틱 재생공장에서 화재가 발생했을때 200명 이상의 소방관들이 동원되었으나 화재는 4일만에 진압되었는데, 그 동안 플라스틱 연소 생성물로 인한 산성비로 두 번이나 진압이 중단되었다. 그리고 대기환경의 위해성을 측정하기 위해 전문가들이 동원되었다.

이 사례는 급박한 환경오염으로 연계되는 플라스틱 화재의 돌발성을 보여준 예로 우리에게 많은 교훈을 시사하고 있다.

II. 플라스틱의 개요

1. 플라스틱의 개요

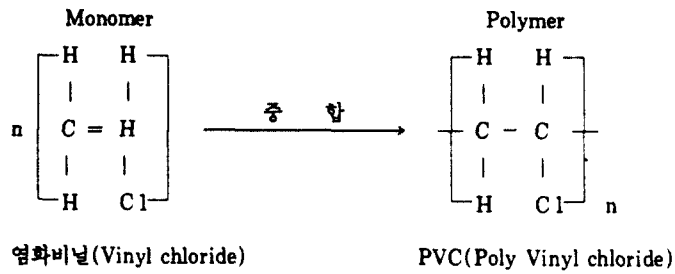
분자량이 1만 이상인 유기화합물을 고분자(Polymer)라 한다. 생물체의 필수요소인 DNA, 단백질 등이 천연 고분자이고, 플라스틱은 인공합성 고분자이다.

고분자를 긴 사슬이라고 생각하면 고리 한 개가 저분자의 단위물질(Monomer)이고 이 모노머를 연결하는 반응을 중합(Polymerization)이라 한다.

n개의 모노머(염화비닐) 분자가 중합하여 사슬이 n개인 거대한 고분자(PVC)가 된다.

중합반응에서는 분자량이 일정한 것은 얻기 어려우며 분자량이 다른 폴리머의 혼합집단이 생성되는데 고분자에는 섬유, 고무 등도 포함된다.

플라스틱은 열가소성 플라스



〈그림 2-1〉 염화비닐의 중합반응

틱(Thermo Plastics)과 열경화성 플라스틱(Thermosetresin)으로 대별된다. 열가소성 플라스틱은 가열, 용융해서 목표로 하는 형상, 치수의 금형에 유동상태로 밀어넣은 후 냉각해서 제품을 만들고 한번 성형한 것을 분쇄해서 다시 가열 용융할 수 있는 성질의 것이며, 열경화성 플라스틱은 한번 성형한 것은 다시 가열 용융할 수 없는 성질의 것이다.

플라스틱의 어원은 라틴어의 "Plasticos" 「생각한 형태로 제작할 수 있는 것」, 「가소성이 있는 물질」에서 발전한 것이다. 일본에서는 최초로 취급한 열경화성 수지가 송진처럼 끈적끈적한 점에서 천연수지에 대하여 합성수지라고 부르게 되었다.

탄소의 사슬로 형성된 유기화합물 중에서 가장 간단한 탄화수소는 탄소수가 한 개인 메탄(CH₄)으로 상온의 대기압하에서 기체이다. 탄소수가 증가하면 액체가 되고 비점도 높아지는데 탄소수가 C₅~C₁₅는 기름상태의 액체, C₁₈에 이르면 왁스상태의

고체가 된다.

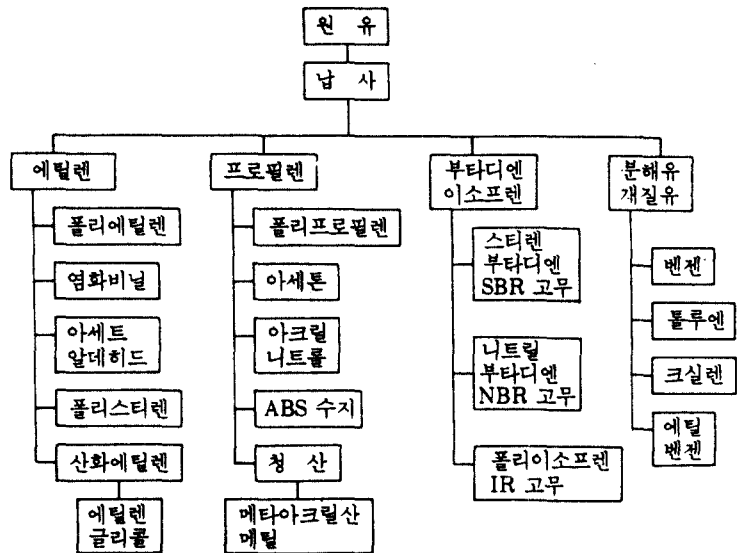
예를 들면 폴리에틸렌은 원료인 에틸렌(C₂H₄)을 모노머로서 중합하여 만들 수 있다. 이 경우 에틸렌은 기체이지만 중합이 진행되면서 반고체에서 강성체로 변화하고 열에 의한 용융온도도 변화한다.

플라스틱이나 합성섬유, 합성고무 등은 석유를 원료로 하여 제조되고 있다. 원유를 증류하여

얻은 납사(Naphtha)를 다시 열분해하여 에틸렌이나 프로필렌, 부타디엔, 이소프렌 등의 올레핀계 탄화수소를 생산하고, 다시 그것을 원료로 하여 에틸렌에서는 폴리에틸렌, 염화비닐폴리스틸렌을 프로필렌에서는 폴리프로필렌 등을 부타디엔이나 이소프렌에서는 합성고무를 만들 수 있다.

접촉분해나 개질에 의한 섬유정제시에 분해유나 개질유로부터 방향족 탄화수소, 벤젠, 톨루엔, 크실렌 등이 추출되고 이들은 또한 플라스틱의 중요한 원료가 된다.

석기나 토기 뿐만 아니라 철이나 유리재료와 비교해 보아도 플라스틱이 재료로 사용되어 온 역사는 짧다. 그러나 현재 우리



〈그림 2-2〉 원유에서 얻어지는 플라스틱의 원료

생활속에서 플라스틱 제품의 사용은 광범위한데 그 이유는 플라스틱이 재료로서의 우수성 때문인데, 금속과 비교하면 무게는 수분의 1 이하이며 금속에서 문제가 되는 녹을 염려하지 않아도 되고, 유리, 도기 및 세라믹과 비교하면 충격에 강하고 또한 부드러우며 가공이 압도적으로 용이하다는 것이다. 또한 열가소성으로 사출을 통한 대량생산이 가능하고 절연성 역시 플라스틱의 사용범위를 넓히고 있는 이유 중의 하나이다.

그러나 플라스틱은 유기화합물로서 본질적으로 탄소와 탄소의 결합이 기초가 되므로 강도 면에서는 목재나 섬유와 같은 수준이거나 그 이하이다. 이러한 한계가 있으나 고강도 섬유로 보강한 복합수지도 생산되고 있고 최근에는 영국의 아마추어 발명가에 의해 "스타라이트"라는 기적 같은 플라스틱이 발명되어 과학계의 뜨거운 화제거리가 되고 있는데, 이 플라스틱은 원자폭격과 10000℃의 고온에서도 끄떡없이 견뎌낸다고 한다.

이와 같이 연구에 의해 플라스틱의 단점이 보완되면서 플라스틱의 적용범위는 점차 확대되어 갈 것이다.

2. 플라스틱의 분류

플라스틱에는 열가소성 플라스틱과 열경화성 플라스틱이 있다. 열가소성 플라스틱은 범용

〈표 2-1〉 플라스틱의 분류

열가소성 플라스틱	범용플라스틱	폴리에틸렌(PE) 폴리스티렌(PS) 폴리프로필렌(PP) 아크릴로니트릴스티렌(AS) 폴리염화비닐(PVC) 아크릴로니트릴부타디엔스티렌(ABS) 폴리염화비닐리덴(PVDC) 폴리메틸메타아크릴레이트(PMMA)
	엔지니어링플라스틱	범용 폴리아미드(PA) 폴리페닐렌에테르(PPE) 폴리아세탈(POM) 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET) 폴리카보네이트(PC) 폴리부틸렌테레프탈레이트(PBT)
	특수	폴리설폰(PSF) 폴리에테르이미드(PEI) 폴리에테르설폰(PES) 폴리에테르에테르케톤(PEEK) 폴리페닐렌설파이드(PPS) 폴리아미드(PA) 폴리아릴레이트(PAR) 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE) 폴리아미드이미드(PAI)
열경화성플라스틱		페놀수지, 우레아수지, 멜라민수지, 에폭시수지, 불포화폴리에스테르수지, 디아릴프탈레이트수지

〈표 2-2〉 92년도 국내 범용 플라스틱 생산량

(단위: ton)

종 류	생산량 (%)	내 수 (%)	수 출 (%)
LDPE	798,268(16.5)	496,704(17.2)	303,564(15.8)
HDPE	1,083,219(22.6)	589,138(20.5)	494,081(25.8)
PVC	705,023(14.7)	577,084(20.1)	127,939(6.7)
PS	681,536(14.2)	423,973(14.8)	257,563(13.4)
ABS	290,507(6.1)	155,202(5.4)	135,305(7.1)
PP	1,226,876(25.6)	628,985(21.9)	597,891(31.2)
계	4,785,429	2,869,086	1,916,343

플라스틱과 엔지니어링 플라스틱으로 분류되는데, 이러한 플라스틱 분류에 대해 확실하게 정의를 내릴 수는 없지만 널리 사용되는 범용플라스틱과 비교하면 엔지니어링 플라스틱은 고온특성이 우수하고 강성이나 내약품성이 우수하다. 또한 엔지니어링 플라스틱은 범용엔지니어링 플라스틱과 특수엔지니어링 플라스틱으로 분류된다.

3. 범용 플라스틱의 생산과 용도
플라스틱의 원료별 국내 생산량을 보면 범용플라스틱이 거의 대부분이며, 그 나머지는 양적으로는 무시할만한 수준이다.

범용플라스틱의 국내 생산량은 〈표 2-2〉와 같으며 용도별로 분류하면 〈표 2-3〉과 같다.

4. 범용 플라스틱의 성상
가. PE(폴리에틸렌)

<표 2-3> 범용 플라스틱의 용도

LDPE (저밀도폴리에틸렌)	농업용 Film(비닐하우스용), 포장용 Film, 전선피복, 압출코팅
HDPE (고밀도폴리에틸렌)	용기(식용유, 화장품 등), 소망백, 어망, 로프, 온돌파이프, 맥주상자
PVC (폴리염화비닐)	전선피복, 포장용 Sheet, 플라스틱 창틀, 장판류, 자동차 내장재, PVC병
PS (폴리스티렌)	잡화, 장난감, Audio·Video Tape Case, 가전제품 Case
ABS (아크릴로니트릴부타디엔)	가전제품(TV, 전화기, VTR 등) Case, 장난감
PP (폴리프로필렌)	포장용 Film, 파이프, 용기, 가구부품, 자동차부품(Bumper, 내장재 등), 잡화

정제, 그 외의 충전제를 배합하여 이용된다. 그리고 사용목적에 따라 가소제의 종류, 배합비율이 결정된다.

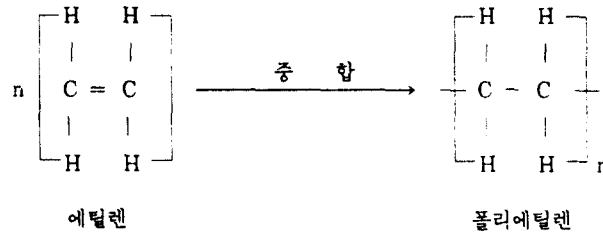
폴리염화비닐은 백색분말로 비중이 약 1.4이며 투명성이 좋고 가소제를 첨가함에 따라 연질로 만들 수 있다.

열이나 빛에 의해 탈염산이 일어나 분해하므로 안정제를 첨가할 필요가 있다. 산이나 알칼리에는 견디지만 케톤계 용제에는 녹는다. 분자구조에 염소

PE는 원유를 증류해서 얻어지는 납사를 원료로 하는 에틸렌 중합에 의해 만들어진다.

에틸렌은 중합시 가압 정도에 따라 얻어지는 폴리에틸렌의 성질은 상당한 차이가 있다. 고압법으로 중합된 폴리에틸렌은 분자간 주쇄의 간격이 비교적 넓어 부피가 크고 밀도가 낮은데, 이를 저밀도 폴리에틸렌(LDPE)이라 한다. 반대로 저압법으로 중합하면 분자간 주쇄의 간격이 좁아 부피가 작고 밀도가 높은 폴리에틸렌이 만들어지는데, 이를 고밀도 폴리에틸렌(HDPE)이라 한다.

일반적으로 폴리에틸렌은 비중이 작고 흡수성은 상당히 적으며 약품성도 양호하다. 또한 전기적 성질, 특히 고주파특성이 우수하여 내한성이 좋은 장점을 가지고 있지만 용력에 균열이 생기고 자외선에 약하다.



나. PVC(폴리염화비닐)

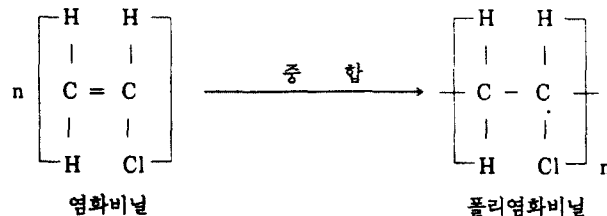
PVC는 PE, PP, PS 등과 함께 열가소성 플라스틱 중에서 가장 비약적인 발전을 이룩한 대표적인 플라스틱으로서, 에틸렌가스와 염소를 원료로 하여 염화비닐 모노머를 제조하고 이 모노머를 중합하여 제조한다.

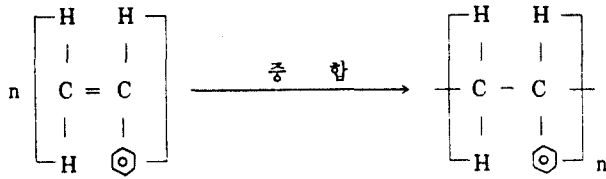
폴리염화비닐은 그대로 사용되는 예는 거의 없고 가소제, 안

(Cl)원소가 있기 때문에 연소되기 어려운 자기 소화성이 있다. 흡수성이 낮고 투습성이 작기 때문에 방습성 용도에 적합하다. 가열하면 65~85℃에서 연화하고 120~150℃에서 가소성을 나타낸다.

다. PS(폴리스티렌)

폴리스티렌은 에틸렌과 스티





렌을 원료로 하여 무색 투명한 스티렌 단량체에 과산화 벤조일 같은 반응개시제를 첨가, 중합하여 만드는데, 무색 투명하며 착색이 자유롭고 표면경도도 비교적 높으며, 내수성도 양호하고 전기 절연성이 좋으며 특히 고주파 절연성이 우수한 점 등의 장점을 가지고 있다.

또한 폴리스티렌은 그 분자구조에 있어 측쇄에 페닐기(⊙: 벤젠환) 같이 부피가 큰 그룹을 가지고 있어 이것이 분자의 굴곡성에 대해 입체 장애가 되어 내충격성이 낮다. 그밖에 폴리스티렌은 메틸에틸 케톤이나 초산에테르 등의 용제에 녹기 쉽고 비교적 일광에 약한 점 등의 결점을 가지고 있다.

라. ABS(아크릴로니트릴 부타디엔 스티렌)

폴리스티렌의 내충격성이 낮고 균열이 일어나기 쉬운 결점을 보완하여 만들어진 것이 ABS 수지이다. ABS 수지는 아크릴로니트릴(CH₂=CHCN), 부타디엔(CH₂=CH-CH=CH₂), 스티렌(⊙-CH=CH₂)의 공중합체이므로 성분함유 비율의 차이에 따라 성질이 다른 것을 얻을 수 있다.

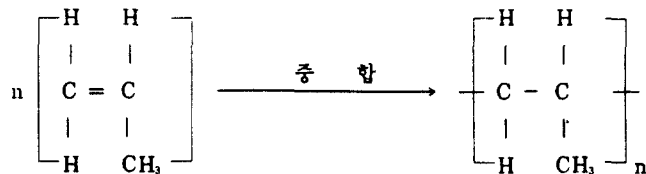
경도, 인장강도, 내열성 등의 성질은 아크릴로니트릴의 함유량이 많아지면 향상되고, 내충격성은 부타디엔의 함유량이 증대하면 향상된다. 또 스티렌의 비율이 높아지면 용융 유동성이 증가한다. 비중은 1.07~1.15 정도로 비교적 낮고 성형성이 우수하나 장기간 일광에 노출되면 기계적 성질이 저하되고, 산이나 알칼리에는 강하나 용제에 침식되는 결점이 있다.

마. PP(폴리프로필렌)

폴리프로필렌은 폴리에틸렌과 같이 납사를 원료로 하는 프로필렌의 중합에 의해 만들어진다.

프로필렌은 에틸렌의 수소 한 개를 메틸기(-CH₃)로 치환한 화학구조이므로 중합체는 이 메틸기의 배치에 따라 아이소탁틱(Isotactic), 신디오택틱(Syndiotactic) 및 어탁틱(Atactic)이라고 불리는 다른 입체배치를 얻을 수 있다.

PP는 성형성이 좋고 그림을 넣어 형성하기가 용이하며 또



표면광택이 좋고 비교적 표면이 단단하여 표면손상이 적으며 내충격성도 상당히 좋다.

Ⅲ. 플라스틱의 연소과정

플라스틱의 열분해에서 연소 확대까지의 연소 전 과정은 가연물인 고분자의 규모별로 나누어 고찰하는 것이 이상적이다. Micro scale은 분자 차원에서의 연소를 단계별로 고찰한 미시적인 과정이고, Macro scale은 플라스틱의 단위량의 차원이며, Mass scale은 화재에서 가연물이 될 수 있는 실질적인 규모의 차원인 거시적 과정이다.

1. Micro scale에서의 연소과정

플라스틱 분자의 온도가 높아짐에 따라 나타나는 변화는 다음 5단계로 나눌 수 있다.

1단계 : 가열(Heating)

외부에서 열이 가해지면 플라스틱의 온도가 높아진다. 이 단계에서는 물리적으로 큰 변화는 없다.

2단계 : 전이(Transition)

유리전이온도(Glass transition temperature)라는 비교적

좁은 온도 구간에서 플라스틱은 딱딱하고 부서지기 쉬운 상태에서 점성이 있는 고무형태로 변한다. 이 구간에서 기계적, 열적 성질이 빠르게 변한다. 일반적으로 하중에 견디는 강도가 이 온도에서 감소한다.

폴리머의 블렌드(Blends)나 알로이(Alloys)의 목적중의 하나는 이 전이온도를 조정하기 위한 것이다.

3단계 : 감성(Degradation)

안정한 결합이 열에 의해 끊

어져서 나누어지는 단계이며 변색이 생길 수 있다. 산화와 열분해가 동시에 일어나는 유형과 무산소 상태에서 열분해만 일어나는 유형 두 가지가 있다.

4단계 : 분해(Decomposition)

플라스틱내의 대부분의 결합이 끊어지는 단계이며, 이 구간에서 플라스틱은 물리적 특성을 완전히 잃고 소량의 질량 감소와 함께 재배열하여 다른 성질을 갖게 된다.

3단계의 감성과 4단계의 분해는 고분자내에서의 결합 파괴 온도가 분해온도보다 현저히 낮을 때만 구분될 수 있다. 플라스틱이 여러 결합을 가지고 있어 분해가 연속적으로 일어난다면 이 두 단계는 구분할 수 없는 한 단계가 된다.

분해 생성물은 고분자의 성상, 온도, 온도상승속도, 흡열이나 발열여부, 휘발속도 등에 따라 변한다. 여러 방법의 분석결과 화학적인 성상, 온도, 가열속도의 작은 차이가 분해 생성물의 성질을 많이 변화시킨다는 사실이 알려져 있다. 따라서 화재는 조건의 변화를 많이 포함하므로 화재현장에서의 생성물은 실험실의 그것과 다소 다르다.

각 고분자의 분해온도는 <표 3-2>에 표시되어 있다.

플라스틱은 분해되어 두 가지 종류의 물질이 된다. 하나는 고

<표 3-1> 고분자의 유리전이온도

Polymer	℃
Polyethylene(PE)	-20
Polypropylene(PP)	-20~34
Polybutylene	-85
Polybutadiene	29
Poly(4-methyl-1-pentene)	80
Polyvinyl chloride(PVC)	115~135
Chlorinated polyvinyl chloride(CPVC)	-18
Polyvinylidene chloride(PVDC)	100~104
Polystyrene(PS)	50
Polymethyl methacrylate(PMMA)	70~74
Polyethylene terephthalate(PET)	40~52
Polybutylene terephthalate(PBT)	149
Polycarbonate, bisphenol A	218
Polyphenylene ether / oxide(PPE / PPO)	75
Polycaprolactam(nylon 6)	57
Polyhexamethylene adipamide(nylon 6/6)	50
Polyhexamethylene sebacamide(nylon 6/10)	280~340
Polyimide, thermoplastic	270~285
Polyamide-imide (PAI)	215
Polyetherimide	205
Polyetherketone (PEK)	-85
Polyformaldehyde	-30
Polyacetaldehyde	190
Polysulfone	221
Polyethersulfone	220
Polyarylsulfone	-113, 127
Polytetrafluoroethylene(PTFE)	-20
Polyvinyl fluoride(PVF)	-45
Polyvinylidene fluoride(PVDF)	45
Polychlorotrifluoroethylene(CTFE)	-75
Polypropylene oxide	-123
Poly(dimethyl siloxane)	

〈표 3-2〉 고분자의 분해(Decomposition) 온도

Polymer	°C
Polyethylene(PE)	335~450
Polypropylene(PP)	328~410
Polyisobutene	288~425
Polyvinyl chloride(PVC)	200~300
Polyvinylidene chloride(PVDC)	225~275
Polyvinyl acetate	213~325
Polyvinyl alcohol	250
Polyvinyl butyral	300~325
Polystyrene(PS)	285~440
Styrene-butadiene	327~430
Polymethyl methacrylate(PMMA)	170~300
Polyacrylonitrile	250~280
Polyethylene terephthalate(PET)	283~306
Polycarbonate	420~620
Poly-p-xylylene	420~465
Liquid crystal polymer(LCP)	560~567
Nylon 6 and nylon 6/6	310~380
Polyformaldehyde	222
Polytetrafluoroethylene(PTFE)	508~538
Polyvinyl fluoride(PVF)	372~480
Polyvinylidene fluoride(PVDF)	400~475
Polychlorotrifluoroethylene(CTFE)	347~418
Cellulose triacetate	250~310
Polyethylene oxide	324~363
Polypropylene oxide	270~355

분자 구조를 유지하는 잔유물이 고 나머지는 산화하기 쉬운 물질이다. 가열된 탄소 함유 잔유물은 산소와 결합하여 숯과 같이 된다. 그러나 화염을 동반하는 연소는 일반적으로 잔유물 주변의 기체나 아주 미세하게 나누어진 고체 물질에서 일어난다.

5단계 : 산화(Oxidation)

4단계까지 거친 플라스틱은 높은 온도와 풍부한 산소하에서

열과 화염을 방출하면서 빠르게 연소한다.

2. Macro scale에서의 연소과정
1g과 같은 단위량에서의 연소 과정도 5단계로 나눌 수 있다.

1단계 : 가열(Heating)

외부에서 열량이 공급되어지면 플라스틱의 온도는 상승한다. 열의 전달은 플라스틱이 화염에 직접 노출된 경우에는 복사와

대류로, 뜨거운 기체에 표면이 노출된 경우에는 전도와 대류로, 고체의 매개물질에 의해서는 전도로 이루어진다. 온도상승 속도는 공급열의 유입속도, 공급체와 수용체의 온도차이, 플라스틱의 비열·열전도율·융해열·증발열 등에 의해 결정된다.

2단계 : 분해(Decomposition)

플라스틱이 분해온도에 이르면 다음중 한 개 또는 두 개 이상의 물질을 생성한다.

(1) 가연성 가스

메탄, 에탄, 에틸렌, 포름알데히드, 아세톤, 일산화탄소

(2) 불연성 가스

이산화탄소, 염산(HCl)가스, 브롬산(HBr)가스, 수증기

(3) 액체

고분자나 유기화합물의 분해물

(4) 고체

탄소성 잔유물, 숯(char), 재

(5) 연기처럼 보이는 고체입자나 고분자 조각들

대부분의 연소는 기체상태에서 일어나므로 가연성 가스를 완전히 제거하는 것은 연소를 효과적으로 저지하는 것이 된다. 그러나 모든 경우 수소를 포함한 휘발성 화합물을 유기화합물에서 제거하는 것은 불가능하

로 이 방법은 사용되어질 수 없다. 화재의 측면에서 보면 불연성 가스는 가연성 가스보다 위험성이 덜하다. 어떤 가스는 부가적으로 독성과 자극성을 발휘한다.

액체는 가스상태로 되기 위해서 증발열이 필요하므로 가스만큼 연소하기가 쉽지는 않다. 그러나 온도가 오르면 언제든 기화할 수 있는 잠재적인 위험성을 가지고 있다.

고체 잔유물은 가연성 가스가 공기와 혼합되는 것을 방해하므로 연기능의 생성물이다. 따라서 분해에 따른 질량감소는 불에 대한 내성의 지표로 사용될 수 있다.

분해는 플라스틱의 물리적 구조를 파괴하여 조각들을 잘게 나누어 움직이는 기체 속으로 휩쓸리게 한다. 이 입자들은 연기입자처럼 보이며 불길에 휩쓸려 백열상태가 된다.

3단계 : 점화(Ignition)

가연성 가스가 충분한 산소 속에서도 산화제 중에서 점화되어 연소가 시작된다. 점화는 화염이나 스파크와 같은 외부점화원, 온도, 혼합된 가스의 조성 등에 의해 좌우된다.

점화단계는 다음의 물질 특성과 밀접한 관계가 있다.

(1) 인화점(Flash-Ignition Temperature)

인화점은 물질에서 방출된 가스나 스파크, 나화에 의해 점화될 수 있는 온도이다. 분해단계에서 생성된 가연성 가스가 점화되는 과정이므로 인화점은 보통 분해온도보다 높다.

(2) 발화점(Self-Ignition Temperature)

발화점은 점화원 없이 화염이

발생할 수 있는 온도로서 인화할 때보다 더 많은 에너지가 요구되기 때문에 발화점은 보통 인화점보다 높다.

그러나 니트로 셀룰로오스(Cellulose nitrate)만 예외이다.

(3) 한계산소농도(Limiting Oxygen Concentration)

점화와 연소가 지속되기 위해

〈표 3-3〉 고분자의 점화온도

Polymer	인화점(℃)	발화점(℃)
Polyethylene(PE)	341~357	349
Polypropylene, fiber(PP)		570
Polyvinyl chloride(PVC)	391	454
Polyvinyl chloride-acetate	329~349	435~557
Polyvinylidene chloride(PVDC)	532	532
Polystyrene(PS)	345~360	488~496
Styrene-acrylonitrile(SAN)	366	454
Acrylonitrile-butadiene-styrene(ABS)		466
Styrene-methyl methacrylate	329	485
Polymethyl methacrylate(PMMA)	280~300	450~462
Acrylic, fiber		560
Polycarbonate	375~467	477~580
Nylon	421	424
Nylon 6/6, fiber		532
Polyetherimide	520	535
Polyethersulfone(PES)	560	560
Polytetrafluoroethylene(PTFE)		530
Cellulose nitrate	141	141
Cellulose acetate	305	475
Cellulose triacetate, fiber		540
Ethyl cellulose	291	296
Polyurethane, polyether rigid foam	310	416
Phenolic, glass fiber laminate	520~540	571~580
Melamine, glass fiber laminate	475~500	623~645
Polyester, glass fiber laminate	346~399	483~488
Silicone, glass fiber laminate	490~527	550~564
Wool	200	
Wood	220~264	260~416
Cotton	230~266	254

필요한 산소의 최저농도를 한계 산소농도라 말하는데, 보통의 경우 산소농도 16% 이하에서는 물질은 자연 소화되고 발화하지도 않는다. 이 한계농도는 플라스틱의 노출정도, 즉 공기와의 접촉 면적에 따라 차이가 날 수 있다.

4단계 : 연소(Combustion)

단위질량의 연소는 일정한 양의 열을 발생한다. 연소열은 가연성 및 불연성의 가스 생성물 온도를 높이므로 열의 전도량을 늘리고 가스의 팽창으로 열의 대류량도 늘린다. 또한 고체 입자들을 가열하므로써 열의 복사량을 늘리고 동시에 고체 잔유물도 가열하므로써 전도량을 늘린다.

Macro scale에서 이 단계는 최성기 연소를 나타내며, 일단 이 단계에 도달하면 소화는 힘들어진다.

이 단계에서 가장 중요한 물질의 특성은 연소열이다. 순 연소열(Net heat of combustion)은 전체 연소열에서 점화에서 연소까지 소요되는 열량을 뺀 양이다. 이 순 연소열이 (-) 값이면 연소가 지속되기 위해서는 외부에서 열을 공급해야 하고, (+) 값이면 주변의 온도를 높이는 잉여 열량이 생성된다.

5단계 : 연소확대(Propagation)

주변에 열량을 방출하면서 감

<표 3-4> 고분자의 한계산소농도

Material	Oxygen index range, pct
Polyethylene(PE)	17.3~30.2
Polypropylene(PP)	17.0~29.2
Polybutadiene	18.3
Chlorinated polyethylene	21.1
Polyallomer	17
Polyvinyl chloride(PVC)	20.6~80.7
Polyvinyl alcohol	22.5
Polyvinylidene chloride	60
Polystyrene(PS)	17.0~23.5
Styrene-acrylonitrile(SAN)	18~28
Acrylonitrile-butadiene-styrene(ABS)	18~39
Acrylic	16.7~25.1
Polyethylene terephthalate(PET)	20~40
Polybutylene terephthalate(PBT)	24~32
Polycarbonate	21.3~44
Liquid crystal polymer(LCP)	35~50
Polyphenylene ether/oxide(PPE/PPO)	24~33
Nylon 6	23~28
Nylon 6/6	21~38
Nylon 6/10	25~28
Nylon 6/12	25
Polyimide	36.5
Polyamide-imide	43
Polyetherimide	47
Polybenzimidazole	40.6
Polyacetal	14.7~16.2
Polysulfone	30~51
Polyethersulfone	37~42
Polytetrafluoroethylene(PTFE)	95
Polyvinyl fluoride(PVF)	22.6
Polyvinylidene fluoride(PVDF)	43.7
Fluorinatedethylene propylene(FEP)	95
Polychlorotrifluoroethylene(CTFE)	83~95
Ethylene-tetrafluoroethylene(ETFE)	30
Ethylene-chlorotrifluoroethylene(ECTFE)	60
Cellulose acetate	16.8~27
Cellulose butyrate	18.8~19.9
Cellulose acetate butyrate	18~20
Phenolic	18~66
Epoxy	18.3~49
Polyester, unsaturated	20~60
Alkyd	29~63.4
Polypropylene, fabric	18.6
Acrylic, fabric	18.2~19.6
Modacrylic, fabric	26.7~29.8
Wool, fabric	23.8~25.2
Nylon, fabric	20.1

소되고, 주변의 연소와 같은 열 공급에 의해 증가되는 단위질량의 순 연소열은 연소확대가 일어나기 위해서는 충분히 커야 한다. 같은 질량이라도 표면에 노출된 쪽이 내부보다는 외부의 열을 받아들이기가 용이하므로, 이 단계에 이르기 쉽다. 플라스틱에서 표면의 화염 전파는 연소확대의 실질적인 방법이다.

3. Mass scale에서의 연소과정

적재되어 있는 플라스틱과 같이 실질적인 가연물 규모의 Mass scale도 5단계의 연소과정으로 설명된다.

1단계 : 초기연소(Initial Fire)

점화원이 될 수 있는 것은 대단히 많다. 그러나 모든 경우 플라스틱 자체는 점화원이 아니다. 이 단계에서는 다음 사항이 관계가 있다.

- (1) 분해온도 <표 3-2>
- (2) 점화의 용이성

직접 화염에 노출된 경우는 인화점, 화염 없는 고온에 노출된 경우는 발화점, 연소로 생성된 가연성 가스가 공기와 혼합하는 경우는 산소농도에 각각 관련이 있다.

(3) 노출정도

코팅되거나 포장된 플라스틱보다 표면이 노출된 것이 화염의 공격을 받기 쉽다. 가열된 가스가 축적되는 천장부근의 플라

스틱이 바닥부근의 것보다는 인화하기가 쉽다.

(4) 플라스틱의 크기

단추나 가정용품과 같은 작은 제품보다 큰 구조물이 인화하기 쉽다.

2단계 : 연소증강(Fire Build-up)

초기 연소단계에서 축적된 열은 플라스틱의 온도를 대류, 전도, 복사의 방법으로 전달하여 상승시킨다. 어느 정도까지의 화재확대는 이 단계에서 일어나는데 이 단계에서 고려되어야 할 사항은 다음과 같다.

- (1) 인화 용이성
- (2) 표면 가연성

플라스틱이 실내 마감재나 벽면 코팅재 등과 같이 표면적이 넓은 가연물이 될 때 연소증강을 용이하게 한다.

- (3) 열 확산
- (4) 연기 발생

진한 연기는 대피와 진압을 위한 화점확인을 어렵게 한다.

(5) 플라스틱의 양

양이 적으면 연소증강의 위험이 적다.

(6) 연소가스

유독성 가스가 인간에게 치명적일 수 있다.

3단계 : Flashover

Flashover는 동일 공간내의 모든 가연물이 동시에 인화점에 도달하는 점이다. 따라서 이 점

에서 모든 가연물은 일시에 화염에 휩싸이는데 다음의 사항과 관련이 있다.

(1) 인화 용이성

Flashover 온도는 대부분의 플라스틱 인화점보다 높다.

(2) 표면 인화성

Flashover를 유도하는 열전달은 대부분 복사를 통해 일어나지만 표면의 인화성도 Flashover를 유도한다.

(3) 노출정도

(4) 플라스틱의 양

4단계 : 최성기

(Fully Developed Fire)

동일 공간내의 모든 가연물은 이 단계에서 연소하고 극도의 피해가 발생한다. 화재가 이점에 도달하면 소화 뿐만 아니라 억제도 힘들어진다. 가장 중요한 것은 총 방출열량이고 다음과 관련이 있다.

- (1) 플라스틱의 양
- (2) 방출 열량
- (3) 연기 생성
- (4) 연소가스

표면 인화성은 이 단계와는 관련이 없다.

5단계 : 화재확산

(Fire Propagation)

최성기에서 발생한 열량은 인접한 가연물을 연소시키면서 화재가 확산된다. 이 단계에서는

다음 사항이 중요하다.

- (1) 구획의 내화성
- (2) 가연물의 양
- (3) 방출열량
- (4) 연기생성
- (5) 연소가스

IV. 플라스틱 화재의 위험성

플라스틱 화재는 상황에 따라 가연물인 플라스틱의 종류도 다르고 양도 다르며 노출정도도 다르므로 위험성 역시 이에 따라 달라진다. 인간을 위협하는 플라스틱 화재의 결과는 일반화재와 공통된 것도 있고 독특한 위험성도 있을 수 있는데, 산소결핍, 화염, 열, 유독성 연소생성물, 연기, 건물 붕괴 등으로 요약할 수 있다.

1. 산소 결핍

보통의 인간은 산소농도 21%의 대기에서 호흡하는 것에 익숙해져 있다. 산소농도가 17%로 떨어지면 무산소증(Anoxia)현상에 의해 근육의 움직임이 둔해진다. 10~14%에서는 의식은 있으나 상황판단이 흐려지고 몽롱해진다. 6~8%에서는 호흡이 중단되고 질식(Asphyxiation)으로 6~8분내에 사망한다.

공기중의 산소농도 10%가 생존을 위한 최저농도로 간주된다. 가연성 가스의 농도와 연소속도, 공간의 크기, 환기속도 등이 산

소농도에 영향을 미치므로, 최저농도에의 도달 여부와 도달속도는 각 화재의 상황과 위치에 따라 다르게 된다.

2. 화염

화상은 화염과의 직접적인 접촉이나 화염에 의한 복사열에 의해 발생한다. 화상은 피부의 온도가 65℃ 이상으로 1초 이상 유지되면 발생한다. 대부분의 플라스틱은 화염이나 복사열로 녹고, 흘러내리면서 노출된 피부와 접촉하여 화상을 유발할 수 있으므로 플라스틱 화재에서는 이 점에도 유의하여야 한다.

3. 열

산소결핍이나 독성 등의 영향을 무시하더라도 뜨거운 공기나 가스는 화상, 탈진, 탈수, 호흡장애 등을 유발한다. 연소가스의 유독성은 이것에 비해 지나치게 인식되고 있는 경향이 있다.

실제로 여러 연구에서 화재시 뜨거운 공기나 뜨거운 가스의 흡입에 의한 사망 위험이 유독성 가스가 유해농도에 이르는 시점보다 먼저 온다는 것이 밝혀지고 있다. 생존을 위한 공기의 한계온도는 150℃ 정도로 알려져 있다.

4. 연소 가스

유독가스의 위험성은 심리적인 효과가 크고 종종 지나치게 위험성이 강조되는 경향이 없지 않다. 실제로 산소결핍이나 뜨거운 기체 호흡에 대한 위험이 가스의 유독성보다 먼저 도래하는 경우가 많다.

플라스틱 연소시 생성되는 가스를 <표 4-1>에 정리하였다.

플라스틱은 탄소 함유 고분자이므로 연소 생성물은 이산화탄소(CO₂)와 일산화탄소(CO)를 함유하게 된다. 이산화탄소는 유독하지는 않지만 두 가지 점에

<표 4-1> 플라스틱의 연소생성물

생성 가스	플라 스틱
CO, CO ₂	모든 플라스틱
HCN, NO, NO ₂ , NH ₃	질소함유 플라스틱(PAN, ABS, 폴리우레탄, 나이론, 아미노레진 등)
SO ₂ , H ₂ S, COS, CS ₂	황함유 플라스틱
HCl, HF, HBr	PVC, PTFE, 할로젠 계통의 연소억제제 함유 플라스틱
알칸, 알켄	폴리올레핀, 대부분의 유기 고분자
벤젠	폴리스틸렌, PVC, 폴리에스터
페놀, 알데히드	페놀수지
포름 알데히드	폴리아세탈

서 위험성이 있다. 첫째, 이산화탄소는 산소결핍을 대표한다. 환기가 되지 않는 곳에서 CO₂의 발생은 그만큼의 산소제거를 의미한다. 둘째, CO₂가 호흡기관에 과다 축적되면 낮은 농도의 유독가스도 유입을 촉진시켜 유독성을 발휘하게 할 수 있다. CO₂ 농도 1.8%에서 호흡의 빠르기와 깊이가 50% 증가하고, 2.5%에서는 100% 증가한다.

유독가스 중에서 제일 위험한 것은 일산화탄소(CO)이다. CO는 불완전 연소에 의해 발생한다. CO는 산소보다 200배 빠르게 피 속의 헤모글로빈과 반응하므로써 질식을 일으킨다. 그러나 역반응은 대단히 느리다. 정상적인 대기의 CO농도는 10ppm이다. 100ppm 농도에서는 별로 위험하지 않으나 200ppm에서 구토증세가 나타난다. 300ppm에서 두통이 나고, 1,000ppm에서 치명적인 중독 증세가 나타난다. 2,000ppm에서는 4~5시간 내에 사망하며 생존이 가능한 최대농도는 1,200ppm이다. 이 농도에서 2~3번 호흡하면 의식을 잃고 1~3분 내에 사망한다.

CO 30ppm농도의 대기에서 6~8시간 호흡하면 피속의 카르복시 헤모글로빈(HbCO)의 농도는 50%가 된다. CO중독의 증상은 HbCO 농도 10~20%에서 나타나기 시작하는데 구토와 두통, 기억상실이 그 증상이며, 30~40%에서는 근육통제에 이

상이 생긴다. 견딜 수 있는 피속의 HbCO 한계농도는 육체의 상태와 운동량에 관계가 있다.

최근의 연구에 의하면 미국에서 화재로 사망한 사람의 60%가 피 속의 HbCO 농도 50% 이상이었다고 한다. CO중독은 회복이 대단히 느리고 상당히 긴 후유증을 보이는데 중독자의 1/3이 완전히 회복하는데 3년 이상이 소요되었다고 한다.

CO 다음으로 위험한 연소가스는 시안화수소(HCN)이다. HCN은 질소함유 플라스틱의 연소시에 생성되고 100ppm에 이르면 위험하다. 전체화재 중 약 34%에서 HCN이 치명적인 농도로 생성된다고 조사된 바 있다. HCN은 CO와 동시에 생성되기 쉽고 이 경우 낮은 농도에서도 위험성이 강하게 된다.

플라스틱 연소시 생성될 수 있는 질소함유 가스는 HCN 외에도 산화질소류(NO_x)와 암모니아(NH₃)가 있다.

NO 역시 헤모글로빈과 반응하여 신경조직에 영향을 미친다. NO는 공기중에서 산화하여 독성이 5배나 강한 NO₂가 된다. NO₂는 150ppm에서 치명적이다. NO₂는 목을 마취하는 경향이 있으므로 노출 직후에 증세가 나타나지 않더라도 수시간에서 하루가 지난 후에 증세가 나타나면서 위험해 질 수 있다. NO와 NO₂도 CO와 상호작용할 수 있다.

암모니아는 위험농도보다 낮은 농도에서 상당히 자극적이기 때문에 사람들이 그 지역에서 피하거나 보호장구를 착용하게 된다. 5,000~10,000ppm의 농도에서 30분간 노출되면 위험하다.

SO₂, H₂S, CS₂ 등의 가스는 황(S)함유 플라스틱의 연소시 생성될 수 있다.

SO₂는 암모니아와 같이 대단히 낮은 농도에서 자극적이고 5,000ppm에서 5분 노출시 위험하다. SO₂는 폐나 심장질환을 가진 사람에게 특히 치명적이다.

H₂S는 1,000ppm에서 위험해지고 2,000ppm 정도에서는 후각이 마비되므로 더 이상 냄새를 맡을 수 없다.

CS₂는 플라스틱 연소에서 비교적 소량 발생하는데 대부분 폐를 통해 흡입되지만 피부를 통해 흡수되기도 하며, 50ppm 이상에서 중독증세를 보인다.

염산(HCl)가스도 PVC 같은 플라스틱 연소시 빈번히 발생하는데 유독할 뿐만 아니라 부식성도 있고 공기중의 수증기 입자에 용해되어 현장을 견딜 수 없는 환경으로 만들 수 있다.

모든 플라스틱은 연소시 저분자량의 탄화수소를 생성하는데 간단한 알칸과 알켄은 일반적으로 유독하지 않다고 알려져 있는데, 불쾌감을 주는 효과가 있다. 어떤 플라스틱은 벤젠을 비롯한 방향족 탄화수소를 생성하는데 이 중에는 발암성 물질도

있다. 알데히드는 폐부종을 유발하는데 플라스틱 연소에서 가장 흔한 알데히드는 유독성 물질인 아크로레인이다.

그밖의 많은 연소생성물은 플라스틱에 첨가되는 충전제, 가스제, 불연제 등의 부가물에서 비롯된다.

5. 연기

연기의 기본적인 위험성은 대피를 방해하고 화점 확인과 진압을 위한 진입을 어렵게 하는 것이다. 연기는 차단과 자극효과로 패닉(panic)을 유발한다. 대개의 경우 화재현장에서 열보다 연기에 의한 위험이 먼저 닥친다. 연기입자의 크기와 분포는 시야에 영향을 준다. 연기의 농도는 연소속도, 배기환경 등에 영향을 받고 배기정도와 반비례한다.

6. 구조물의 붕괴

열과 화염에 의해 야기되는 시설물의 약화는 청주 우암상가 붕괴사고와 같은 대형 참사로 이어질 수 있다. 열로 약해진 바닥이 진압대원들의 무게를 지탱하지 못해 붕괴될 수 있고 벽과 지붕이 무너질 수도 있으며, 뜨거워진 구조물의 주수에 의한 급작스런 냉각으로도 발생할 수 있다.

V. 난연 첨가제 소화방법

1. 플라스틱의 난연 첨가제

연소의 억제를 위해 첨가되는 연소억제제는 플라스틱을 본래보다 인화하기 힘들게 하고 일단 인화되더라도 그 연소속도를 느리게 한다.

연소억제제는 비교적 낮은 온도에서나 열, 화염에의 짧은 노출에서는 인화방지에 현저한 효과가 있는데 보통의 노출에서 플라스틱이나 억제제의 종류에 따라서 인화성을 크게 감소시킬 수 있다.

그러나 고온이나 극심한 노출, 즉 최성기 화재와 같은 조건에서는 억제제 첨가 여부에 관계없이 동일한 연소 양상을 보이게 된다.

연소억제제는 플라스틱 제조 공정중에 투입된다. 플라스틱은 물성이 변하기 쉬우므로 억제제는 여러 종이 이용되며 난연성에 미치는 효과도 단순하지는 않다.

연소억제제는 플라스틱 제조 공정중에서 혼합되어서 고분자 내부에서 화학적으로 반응하는 것과 제품의 표면에만 처리되는 것이 있다. 후자는 난연 페인트나 코팅 같은 제품 제조 후에 가해지는 표면처리인데 확실한 실험 데이터가 없으면 신뢰할 수 없다.

혼합공정에서 가해지는 연소억제제는 유기화합물도 있고 무기화합물도 있다. 유기 첨가제는 전형적으로 염소, 브롬, 황, 할로겐으로 치환된 탄화수소이다. 무

기 첨가제는 안티몬, 아연, 몰리브덴, 알루미늄의 염이다.

연소억제제는

(1) 숯(Char)의 생성을 촉진하여 탄소성 가스의 농도를 낮추거나

(2) 유리질 격리층(Glassy insulating layer)을 형성하거나

(3) 연소열을 제거하거나

(4) 연소반응을 방해하는 화학반응을 진행하여 내화성을 개선한다.

염소나 브롬같은 할로겐화물 억제제는 화재중 분해 생성되는 가연성 가스의 연소 진행을 위한 연쇄반응의 차단으로 연소를 억제한다. 다른 억제제는 수분의 증발시에 요구되는 열의 흡수 등에 의한 방법 등을 이용한 것이다.

폴리스티렌에 첨가되는 연소억제제가 폴리에틸렌이나 나일론 등에는 효과가 없는 것과 같이 어떤 특정 플라스틱에 첨가되는 연소억제물질이 다른 플라스틱에 적용되지 않는 경우와 연소시 연기 생성을 증가시키는 경우도 있기 때문에 연소억제제의 선택은 신중해야 한다.

2. 플라스틱 화재의 소화방법

플라스틱 화재의 소화를 위해서는 일반화재와 마찬가지로 연소반응을 중단시켜야 한다. 화재는 다음의 방법 중 하나 혹은 둘 이상에 의해 제어되고 소화된다.

- (1) 냉각
- (2) 산소 공급원 차단
- (3) 가연물 제거
- (4) 화학소화

냉각에 의한 소화는 가장 흔하게 이용되는 방법이며, 보통의 가연물 소화에는 가장 효과적이다. 가연물의 표면이 냉각되어 연소를 유지할 수 있는 가연성 증기가 발생하지 않을 때 소화가 되므로 냉각소화는 연소열을 흡수하는 방법이다. 냉각소화에 이용되는 물질의 효율은 비열과 잠열에 의해 결정되는데 다른 물질에 비해 비열과 잠열이 높은 물이 특히 효과적이다.

산소 공급원의 차단에 의한 소화는 질식에 의해 이루어진다. 이산화탄소, 폼 혹은 불연성 증기 등이 산소공급을 차단하는 역할을 한다. 그러나 자체에 산소를 함유하고 있는 가연물의 소화에는 효과가 없다.

화학소화는 연쇄반응을 방해하는 억제작용에 의해 소화하는 방법이다. 화학 소화약제는 주로 할로젠화 탄화수소(하론)와 무기염류가 사용되는데, 플라스틱에 첨가되는 연소억제제의 물성과 거의 같다.

플라스틱은 물과 반응하여 가연성 가스나 열을 발생시키는 물질도 아니고 산소 함유물질도 거의 없으므로 어떤 소화방법이나 가능하고 특히 화학소화가 효과가 있는 것으로 조사되고

있다.

VI. 결 론

기술은 새로운 재료를 필요로 하고 플라스틱은 그 제조기술이 개선됨에 따라 현대사회에서 신소재로서의 역할을 계속 담당하고 있다.

농업용 및 공업용 제품, 가전제품, 레저용품, 각종 케이블, 자동차, 선박, 비행기에 이르기까지 플라스틱이 포함되지 않는 것은 생각할 수도 없으며 그 함유량도 점차 늘어만 가고 있다. 최근에는 심장, 관절 등의 인공장기까지 플라스틱을 소재로 제조되고 있으며, 특수분야의 소재로서의 효용성 또한 증가하는 추세이다.

우리나라의 플라스틱 산업은 다른 분야에 비해 전체 산업에서 차지하는 비중이 크며 생산량이 세계 네번째이다. 따라서 모든 화재에 플라스틱 제품이 포함되기에 이르렀고 특수 가연물인 플라스틱의 화재도 점차 늘고 있다. 1994년 3월의 서울 종로 지하 통신구 케이블 화재에서 보았듯이 플라스틱의 연소는 유독성 연소생성물의 발생을 비롯하여 일반가연물과는 다소 다른 양상을 보이고 있다. 대규모 플라스틱 화재는 화염, 열, 연기와 유독성 가스 발생 등의 일반적인 화재의 위험성 외에도 대기환경의 급격한 오염으로 심

각한 상황을 유발할 수 있는 잠재성을 가지고 있다.

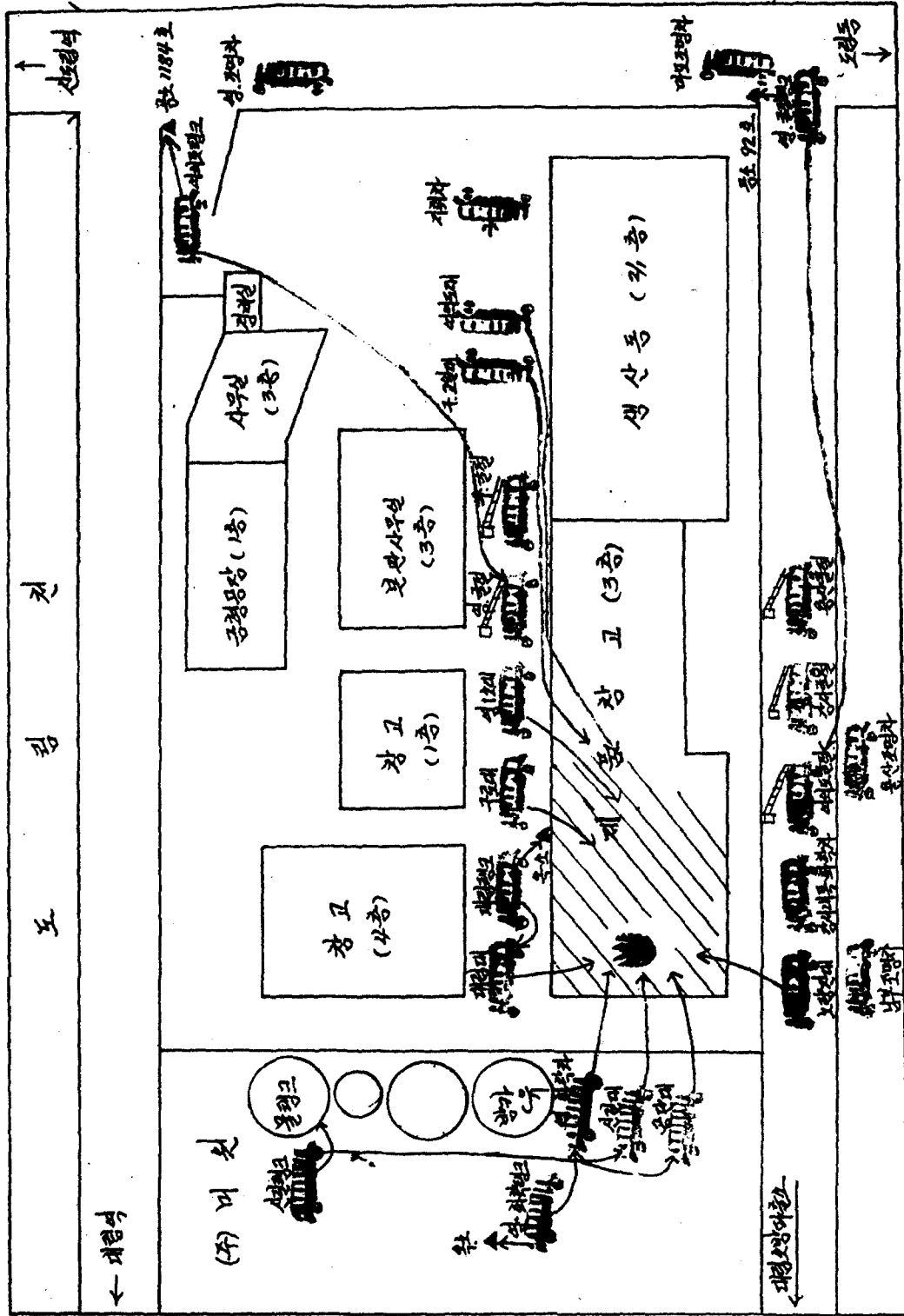
따라서 일선 소방관서는 관내의 사출공장 등 플라스틱 제품 생산업체와 플라스틱 제품의 대량 적재업체를 파악하고, 업소별 보유 플라스틱의 연소특성을 이해하면서 진압대책을 사전에 수립하여야 할 것이다.

특히 화재시 환경오염을 유발할 수 있는 플라스틱을 상시 대량 보유하고 있는 업체에 대한 진압대책에 관하여 관계기관과 공조체제를 유지하고 화재시 인근 주민들을 직접적으로 위협할 수 있는 대기오염의 위험성에 대한 대책도 포함하여야 할 것이다.

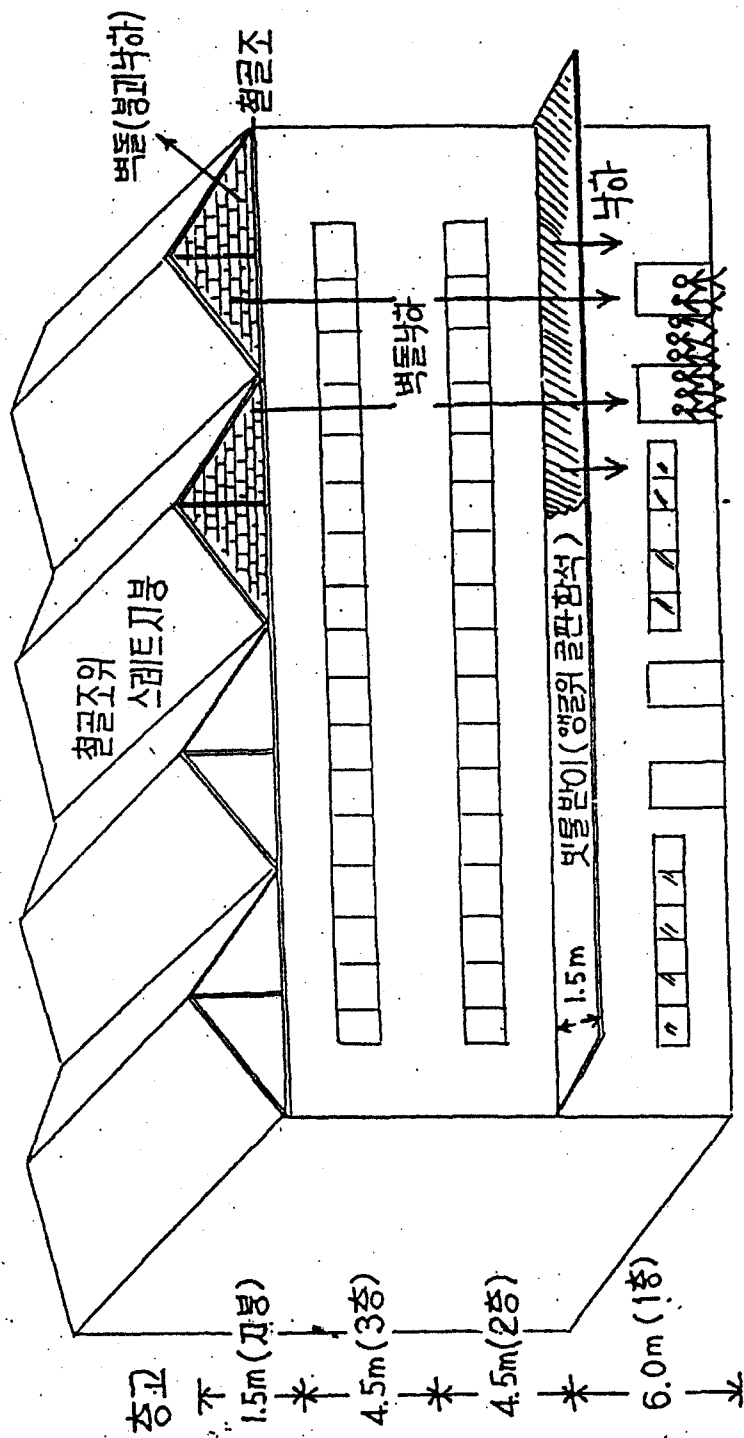
참 고 문 헌

- 1) E.L.Schaffer, "Behavior of Polymeric Materials in Fire," ASTM(1983)
- 2) M.Coates & K.Loader, "Plastics Recycling Plant Fire," in Fire Prevention, Vol 247 (March 1992)
- 3) C.F.Cullis & M.M.Hirschler, "The Combustion of Organic Polymers," Clarendon Press(1981)
- 4) 中野一, "Introduction of Plastics Materials, 弘益濟 (1992)

건업상황도



人命被害發生經緯圖



※ 지붕 측면(철골조위 벽돌쌓기)이 화염에 의해 16.5m 높이에서 붕괴
 되면서 1층 빗물받이를 치면서, 밑에서 진화작업중이던 소방관에게
 떨어져 인명피해가 발생하였음.



용어해설

유기화합물 : 탄소를 함유하고 있는 화합물을 일컫는 용어로서 중심원소인 탄소사슬에 수소, 산소, 질소, 인, 황 그리고 할로젠족 원소(불소, 염소, 브롬, 요오드) 등이 결합(공유결합)하고 있는 화합물.

공중합체 : 두 종 이상의 모노머가 종합해서 만들어지는 각 성분을 함유하는 고분자 물질.

아이소타틱 : 치환기가 쇠사슬의 같은 측에 모두 붙어 있는 것.

신디오타틱 : 치환기가 쇠사슬의 양측에 번갈아 가면서 규칙적으로 붙어 있는 것.

어타틱 : 치환기의 배열이 일정하지 않는 것.

블랜드와 얼로이 : 단일 플라스틱 재료만으로는 희망하는 물질을 얻을 수 없기 때문에 성질이 다른 플라스틱을 혼합하여 희망하는 물성을 얻을 수 있다. 성질이 다른 두 종류 이상의 플라스틱 재료를 물리적으로 혼합한 것을 폴리머 블랜드, 폴리머 사이에 화학적 결합이 있는 경우는 폴리머 얼로이라고 한다. 그러나 일반적으로 블랜드와 얼로이의 구별이 그렇게 확실하지 않으며 대부분은 얼로이라고 칭하는 경우가 많다.

감성 : 유기화합물을 변화시켜 탄소수가 적은 분자로 된 화합물을 얻는 과정. 즉, 유기화합물이 여러 개로 나뉘어 지는 것.

ppm : 1/1백만(Part Per Million), 1% = 10,000ppm

알칸(Alkane) : 포화 탄화수소, 일반식 C_nH_{2n+2}

알켄(Alkene) : 2중 결합이 있는 불포화 탄화수소, 일반식 C_nH_{2n}

염 : 산에서 수소이온(H^+)이 금속이나 암모늄(NH_4^+)으로 치환된 것.