2020연구실 안전진단교육(4)

재난사고 및 연구실 사고사례

자료제공

한국연구실안전전문가협의회

김태수

kts2664@hanmail.net

재난사고 및 연구실 안전사고 사례

2020. 11. 24(화)

한국연구실안전전문가협의회

기생충과 부재의 기억(동영상 1, 1분59초)

[아카데미상 출품 조건]

○ LA 카운티의 상업용극장
7일 이상 연속상영
○다른매체 발표시 탈락(DVD 등)
* 2021년 : 온라인 우선
상영시에도 자격부여
(COVID 19 영향)

[아카데미 작품상 조건]

○ 모든위원 5% 이상 득표
○ 1,2,3차. . (최저표 탈락)
○ 50%이상 득표
* 투표권 위원 8,400여명

[부재의 기억]

○ 2018년 LA다큐 멘터리
영화상 대상
○ 단편 다큐멘터리 5편 중 1
* 국가의 부재

사고 공화국, 대한민국 ?

[우리사회의 재난안전 진단과 과제’ 15. 6.25]

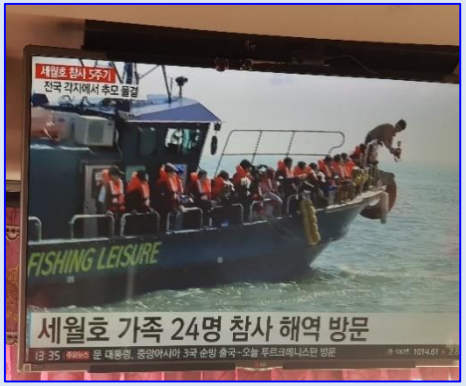
○ 주최 : 경실련,경향신문(재난전문가의견)

➪ 시스템 결함의 필연적 재난

* 20여년전 삼풍백화점 사고, 세월호사고

➪ 사전징후 인지, 경영이익 앞에 무시

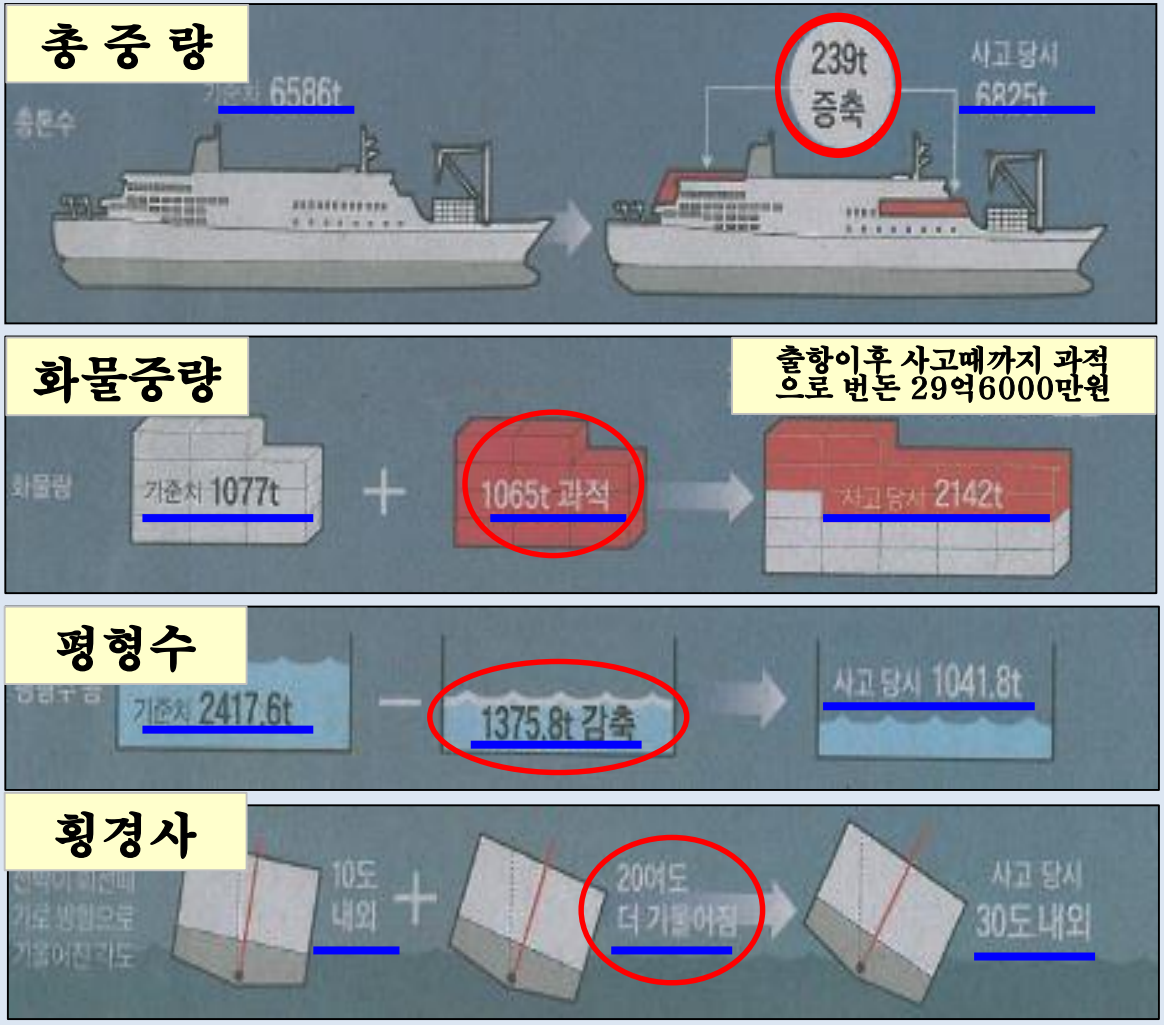
진도여객선 세월호 침몰 6주기 기억식
2020.4.16



헝가리 유람선 사고(동영상 2, 2분20초)

헝가리 다뉴브강 유람선사고(19.5.29)
(6.28 현재, 26명 사망, 2명 실종)

세월호 사고당시 상황



구속 인원(154명)

* 입건 : 399명

- ○ 선장 · 선원 : 15명
- ○ 청해진 해운 본사임직원 : 5명
- ○ 세월호 안전관리책임자 : 12명
- ○ 진도 VTS 관계자 : 5명
- ○ 유병언 일가 및 계열사 관계자 : 14명
- ○ 유병언 일가 도피 조력자 : 15명
- ○ 한국해운조합비리관계자 : 20명
- ○ 한국선급 비리관계자 : 18명
- ○ 기타 해운 비리관계자 : 50명

세월호 탑승자

단원고	학생	일반인	계
탑승자	325명	151명	476명
생존자	75명	97명	172명
사망자	249명	50명	299명
미수습자	4명	1명	5명

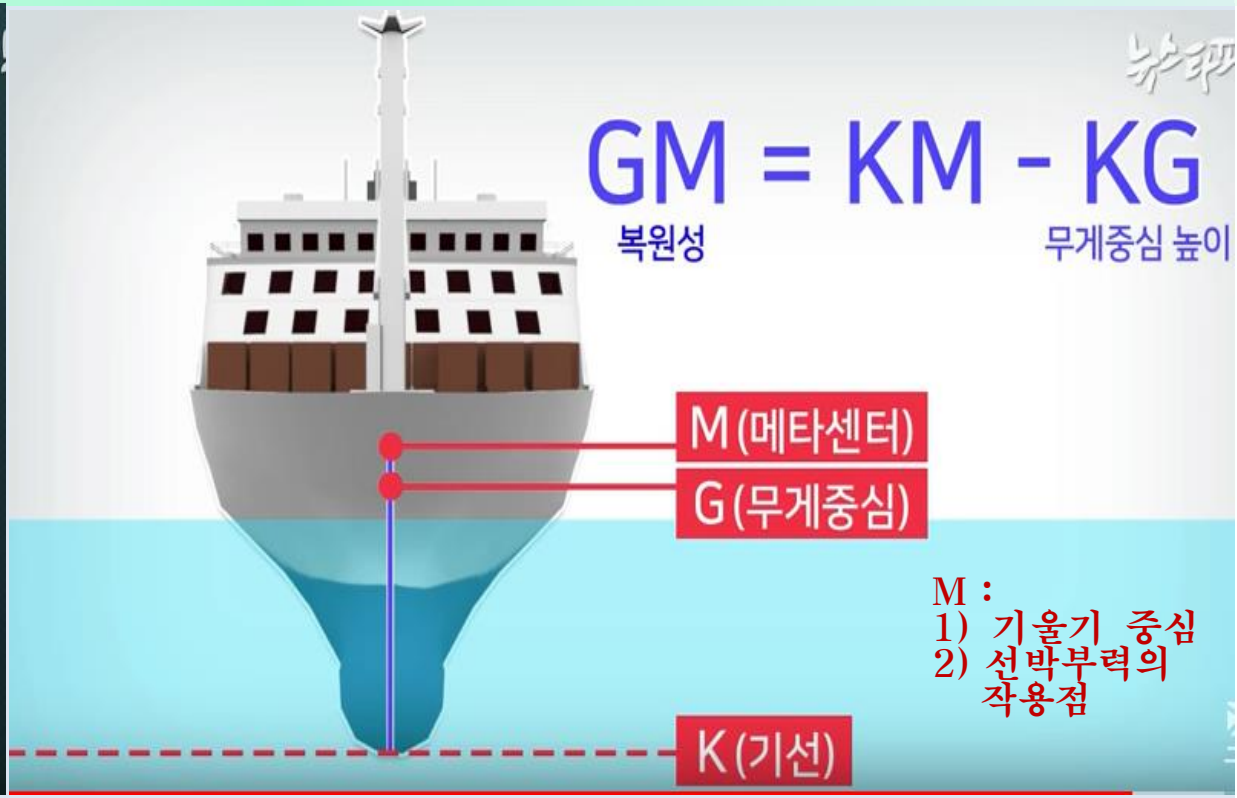
○ 직접원인 : 불법증축, 과적, 운항미숙?(솔레노이드 밸브고착), 선사, 선원, 해경 초기대응 미흡

* 모의 실험결과 일치

세월호 복원성 및 무게중심

사고 당시 세월호 복원성 추정치 비교

분석기관	GoM	
KRISO	0.59	(화물 2,142톤)
해양안전심판원	0.62	(화물 2,142톤)
특조위(용역)	0.475	(화물 2,286톤)
선조위	"무계중심 0.1 이상 상승" 0.4 전후	(화물 2,203톤)



⑤ 해운업계 전반의 구조적 비리 등 5개 분야를 중심으로 철저한 진상 규명과 책임자 엄벌을 위한 광범위한 수사를 진행하여 총 399명을 입건하고 그 중 154명을 구속하였음

※ 분야별 수사현황은 별첨1~5「검찰 수사현황 개요」 등 참조

■ **세월호 침몰 사고의 주** **솔레노이드밸브 고착** 사 결과,

- 세월호는 선사측의 무리한 증톤 및 과적으로 인해 복원성이 현저히 악화된 상태에서 운항하던 중, ~~조타수의 조타미숙~~으로 인한 대각도 변침으로 배가 좌현으로 기울며 제대로 고박되지 않은 화물이 좌측으로 쏠려 복원성을 잃고 침몰하게 된 것으로 파악되었고,

- 이는 기소 이후 제출된 검·경합동수사본부 전문가 자문단의 의견과 선박해양플랜트 연구소 및 서울대 선박해양성능고도화 연구사업단에서 실시한 시뮬레이션 분석을 통해서도 수사결과와 동일한 과정에 의한 침몰로 파악되었으며,

[선조위 관계자]

"여러 경로로 조사한 결과, 세월호의 실제 무게중심은 감사원 발표보다도 10cm 이상 더 높았을 것으로 추산하고 있다"

세바시 강연 우리의 현실 [동영상 3], 3분10초

세바시 안전한 콘서트

Safety toward Happiness

이국종

아주대학교 의과대학 의과학교실
외상외과 교수

세상은 만만하지 않습니다

제작지원 고용노동부 안전보건공단

이국종 교수의 세월호 증언(동영상3-1), 1분 8초

국내 다양한 화학물질 관련사고

- 불산 사고 : 구미 H사(2012.9.27.), 5명 사망, 18명 부상
  S전자(2013.1.28., 2013.5.2), 1명 사망, 4명 부상
- 암모니아 누출 사고 : S전자(2013.7.15), 5명 부상, 빙그레(2014.2.13),1명사망 3명 부상
- 유기용매 폭발 : 구미 T사(2011.8.27.), 5명 사망, 2명 부상, 100억원 피해
- 소듐(P대, 2012.10.11.), 황산, BBr_3(S대, 2013.7.19) 7명 부상
- 가습기 살균제 : 2011. 4. 첫 보고, 2017년 상반기(2,333건 접수 중 464명 사망,
  2019 현재 사망자 1,559명 인정)
- 화학물질관리법, 화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률 (2016년 시행)

가습기 살균제는 어떻게 사람을 죽였나? (동영상4), 3분40초

가습기 살균제 조사 결과(1)

○ 연구팀 : 한국방송통신대학 이경무 교수팀(한국환경보건학회지)
○ 대상 및 방법 : 국내 5천가구, 1만 5천472명 대상 조사자가 가구방문
○ 대상기간 : 1994년~2012년
○ 조사분석결과 : 노출된 사람 2,844명(현재 1,559명 사망)

○ 조사결과 추산 내용
- 특정 질병 진단후 사망자 4명, 전체인구 환산시 사망자 2만명 추산
- 가습기살균제 전국피해자 : 95만명(최소 87만명에서 최대 102만명)
  * 정부에 신고된 피해자 6,800명(집단피해로 제품이 회수 된 대상)
- 건강피해 경험자 303명 10.65%
  - 기존 질병 악화 : 2.41%, - 새로운 증상이나 질병 유발 : 8.24%
- 질환별
  ▷ 비염(발생비율 5.5%), 피부질환(2.6%), 천식(2.2%), 간질성 폐질환(1.7%), 폐렴(1.2%), 만성폐쇄성 폐질환(0.4%), 심혈관질환(0.1%), 간질환(0.1%)
  ▷ 가습기살균제 관련 특정질병 진단 받은후 사망한 사례 4명
  * 전체 인구 환산시 약 2만명 추산(현재 파악된 사망자 1,559명)
- 전국 가습기살균제 노출 인구 : 약 894 만명
  * 임산부168만 가구, 8세 미만의 자녀 가구 205만 가구 추정(1994~2012)

가습기 살균제 조사 결과(2)

■ 시사점 : 가습기살균제 피해실태 전국규모의 가장큰 규모의 표본 확보 연구이며, 보수적인 수치지만 피해자와 사망자가 그만큼 컸다는 추정 가능함

■ 대 책 : 조사결과 피해규모는 통계수치로 남겨두어서는 안되며, 우리 사회가 노력해 피해자를 찾고 피해대책 마련과 진상규명에 힘써야 함

유해물질의 독성 피해 사례

0 피마자씨, 콩 추출 독극물 : 리신(세포 죽임)

* 청산가리의 6000배 독성(피부접촉, 흡입)

0 복어 독성 : 테트로도 톡신(알과 내장)

* 청산가리의 1000배 독성 (피부접촉, 흡입)

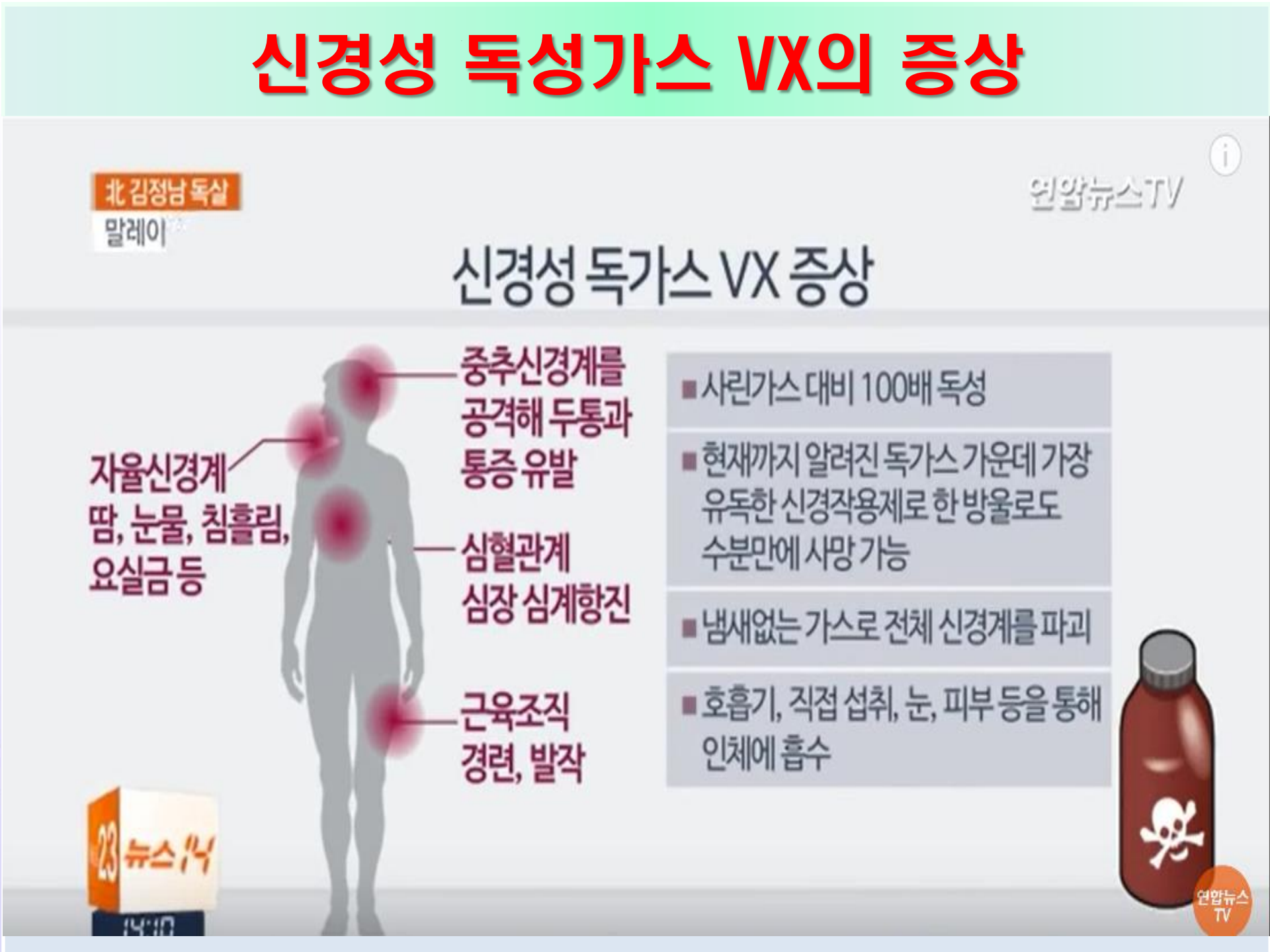
0 부교감 신경 흥분제

* 브로화네오스티그민 (독침, 독총)
* 청산가리 5배 독성

0 신경가스 : VX

0 시안화 칼륨(청산가리)

신경성 독성가스 VX의 증상



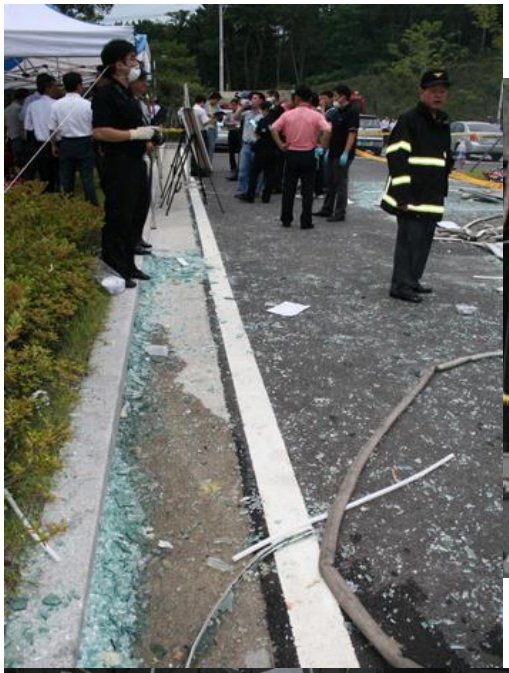
실험실의 위험은 얼마나 존재하는가?

(원자력연구소 실험실, 2003) (서울대 실험실 : 3명 사망, 1999) (KAIST 풍동실험실 : 1명사망, 2003)

- ○ 원자력연구소 실험실 폭발(1명 사망, 2003)
- ○ 항공대 시험비행 추락(2명 사망, 2004)
- ○ 경상대 에테르 폭발(3명 부상, 2005)
- ○ 고주파 유도로 장치 조작중(1명 사망, 1986년) - KAIST 박사과정

실험실 사고사례 (동영상5), 5분44초

연구실 사고사례



유도결합플라즈마 –
질량분석기 사용 분석중
혼합가스(Ar, O_2)폭발 추정

(U 지원센터 화학소재분석실 폭발사고, 1명사망, 2명 중상, 2008.7.29)

울산정밀화학센터 폭발사고 [동영상 6], 1분 20초

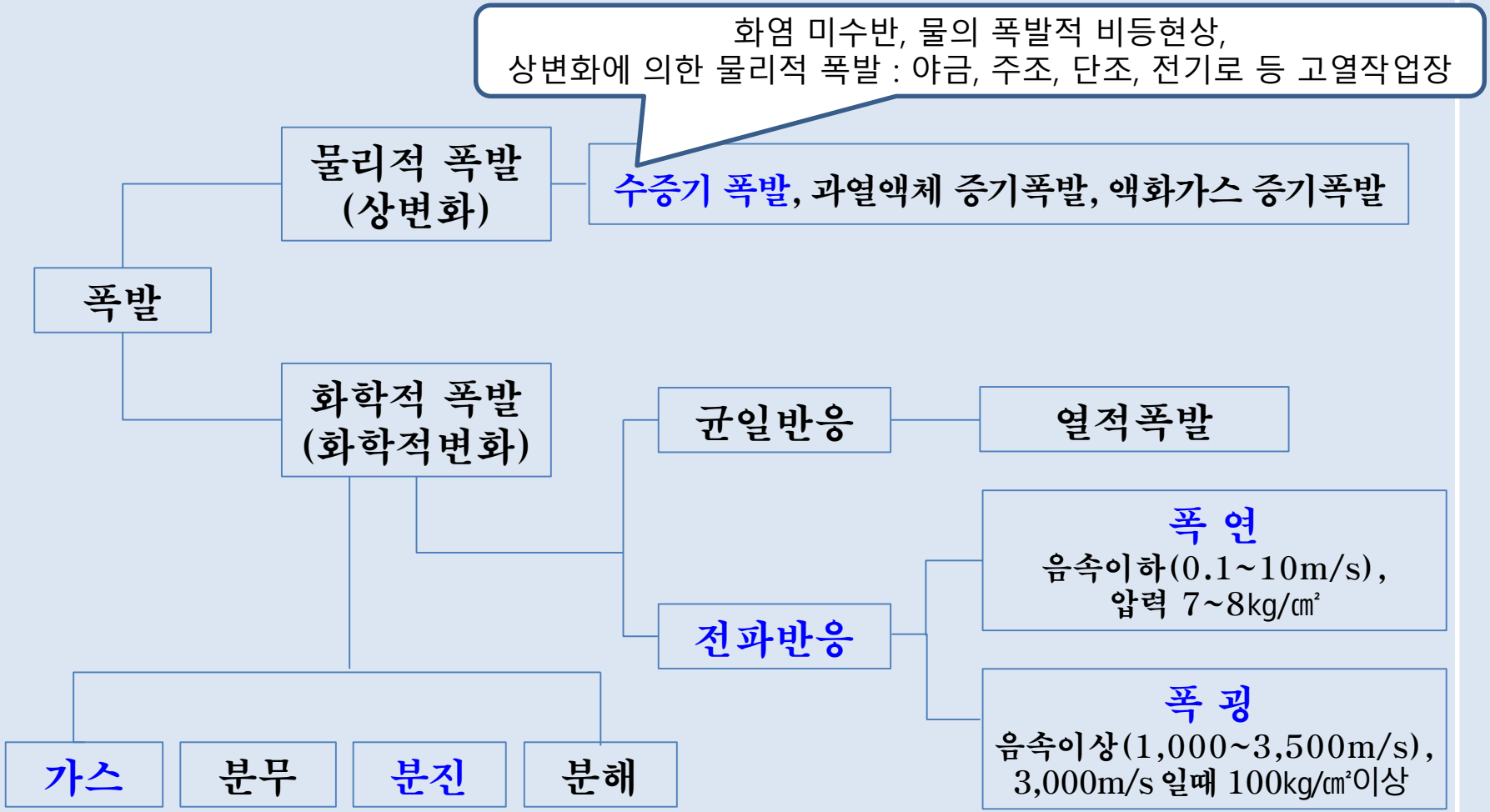
압축가스의 압력 [동영상 7],1분 2초

주요 가연성가스의 특성(폭발범위)

가스명	폭발범위(%)	가스명	폭발범위(%)
아세틸렌	2.5 ~ 81	메탄	5.0 ~ 15.0
수소	4.0 ~ 75.0	에탄	3.0 ~ 12.4
일산화탄소	12.5 ~ 74.0	프로판	2.1 ~ 9.5
산화 에틸렌	3.0 ~ 100	부탄	1.8 ~ 8.4
에틸렌	2.7 ~ 36.0	메틸알콜	6.7 ~ 36.0
암모니아	15.0 ~ 28.0	가솔린	1.4 ~ 6.0
황화수소	4.0 ~ 44.0		

* 위험도=연소상한(범위)-연소하한(범위)/연소하한

폭발의 종류와 형식


화염 미수반, 물의 폭발적 비등현상,
상변화에 의한 물리적 폭발 : 야금, 주조, 단조, 전기로 등 고열작업장
폭발
물리적 폭발
(상변화)
수증기 폭발, 과열액체 증기폭발, 액화가스 증기폭발
화학적 폭발
(화학적변화)
균일반응
열적폭발
전파반응
폭 연
음속이하(0.1~10m/s),
압력 7~8kg/㎠
폭 굉
음속이상(1,000~3,500m/s),
3,000m/s 일때 100kg/㎠이상
가스
분무
분진
분해

연구실 사고사례

포항공대 실험실 화재사고 (12.10.11)
- 화학 실험실 전소 -

전기적 요인에 의한
화재사고(인명피해 무)

연구실 사고사례

(S 대 실험실 화학물질, 13. 7.19)
– 황산 유출, 화상 7명 –

지하수 정수 필터 제조 연구
(숯가루를 황산 처리과정 가스누출)
*** 목격자의 큰 폭발음**

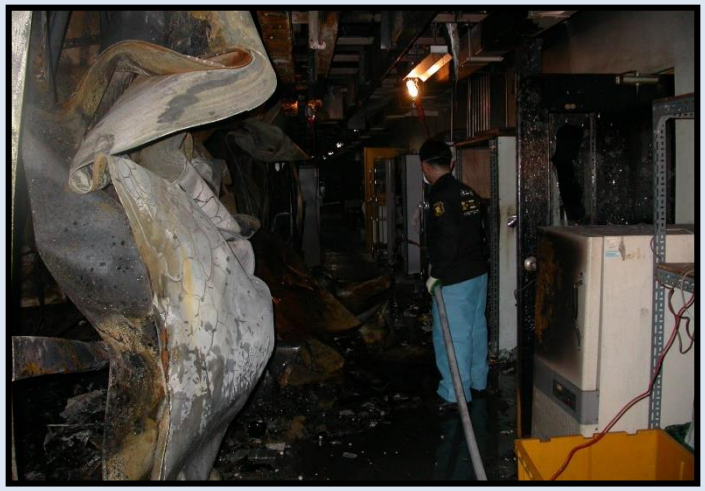
(S 대 실험실 화학물질, 13.5.29)
– BBr_3, 유출, 2000명 대피 –

0.8kg 삼불화 붕소 용기 파손
용액누출 가스 발생
– 화공약품 취급 부주의
– 내압 반응기 사용(압력변화)

연구실 사고사례 (동영상8, 1분31초)

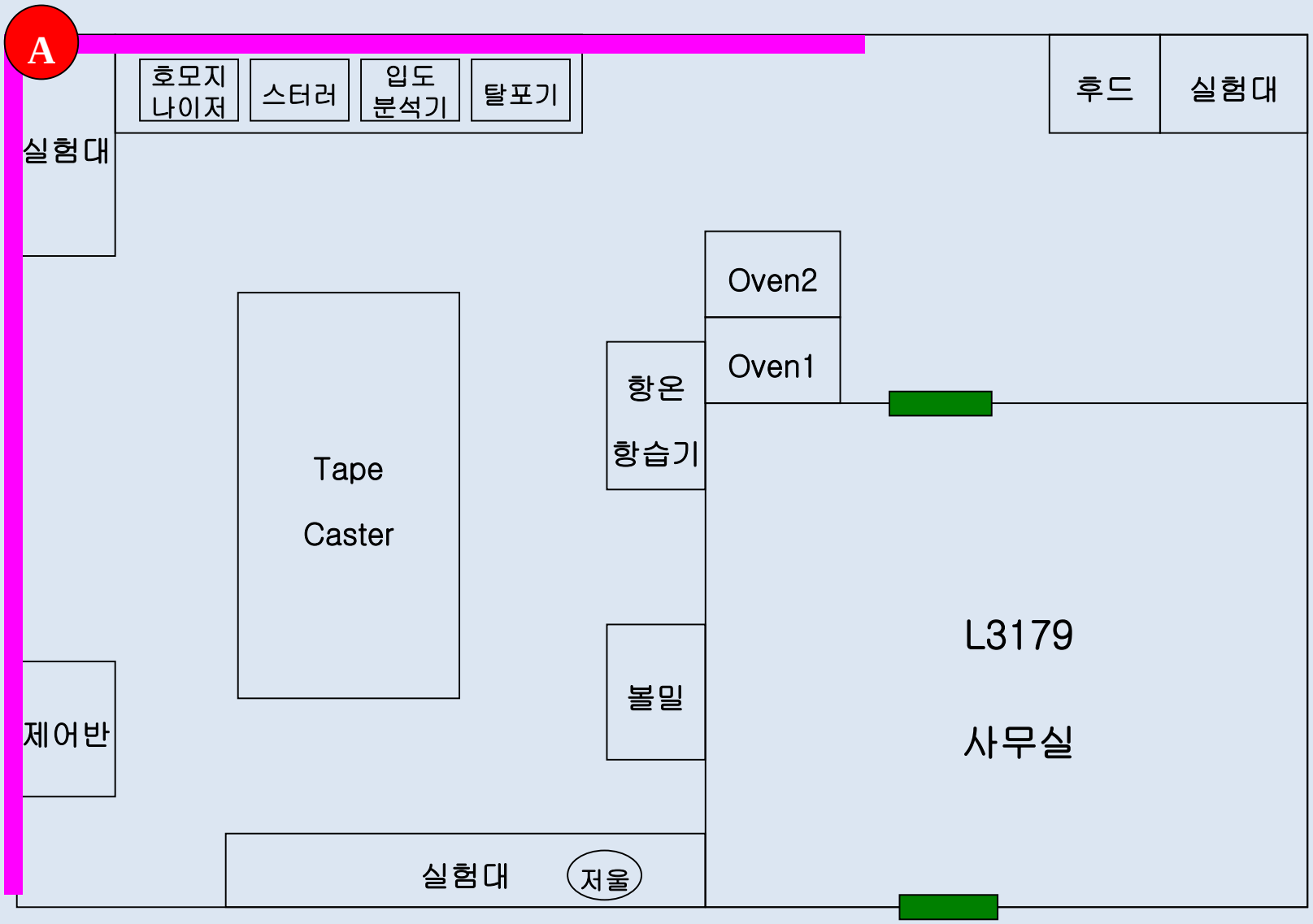
연구동 화재사고(2006.9)

화재사고 개요



- **사고일시 : 2006. 9. 19(화), 18:48**
- **사고장소 : 연료전지연구센터, 3179호**
- **사고내용**
  - ▷ 전기설비 또는 가동중인 실험장비 과열로 발화되면서 샌드위치 판넬 벽 안에서 부터 인화, 화재 발생(추정)
- **사고원인 및 문제점**
  - ▷ 실험장비 가동 시킨채 저녁식사 위해 자리이석 (18:35)
  - ▷ 가동중 실험장비의 안전상태 미 확인
  - ▷ 실험실 주변에 시약 등 오픈된 상태로 시약장 보관
  - ▷ 실험실 샌드위치 판넬 인화성 재질(폴리우레탄 폼)
- **후속조치**
  - ▷ 자체 진화활동 및 소방서 신고에 의한 진화
  - ▷ 전부서 사례전파 및 안전교육시 교훈자료 활용
  - ▷ 과학수사연구소 화재감식 의뢰 (감식결과 원인 불명)
  - ▷ 연구실 종합개선안 마련

연구원에 의해 발견된 발화지점(A)



화재사고 후 조치사항(연구실안전개선방향)

▷ 직원 의식개혁 및 교육 체계화

* 집체교육, 사이버교육, 신입직원 안전교육 의무화

▷ 벤치마킹(듀폰, 성대, 3 M등) 및 안전진단을 통한

안전관리 전반적인 개선책 마련 (안전제일제도 시행 계기)

▷ 안전관리 지침 개선(안전 지침서 및 MSDS 등)

▷ 안전시설 및 장비 확충

* 위험물 저장소, 아이샤워, 안전보호구함, 안전표지

안전사고 후 종합 개선방안

▷ 신입직원 자체 안전교육 실시결과 제출(연구책임자)

▷ 매월 실시하는 신규직원 및 학생 안전의무 교육 100% 이수조치

▷ 물질안전 보건자료의 비치 및 숙지 확인점검

▷ 정기 안전점검시 폐기물관리실태 주요항목 지정(라벨링 등)

▷ 안전보호 장비의 비치 및 착용 의무화

▷ 사고시 안전개선계획서 제출로 유사사고 발본 색원(연구본부장 결재)

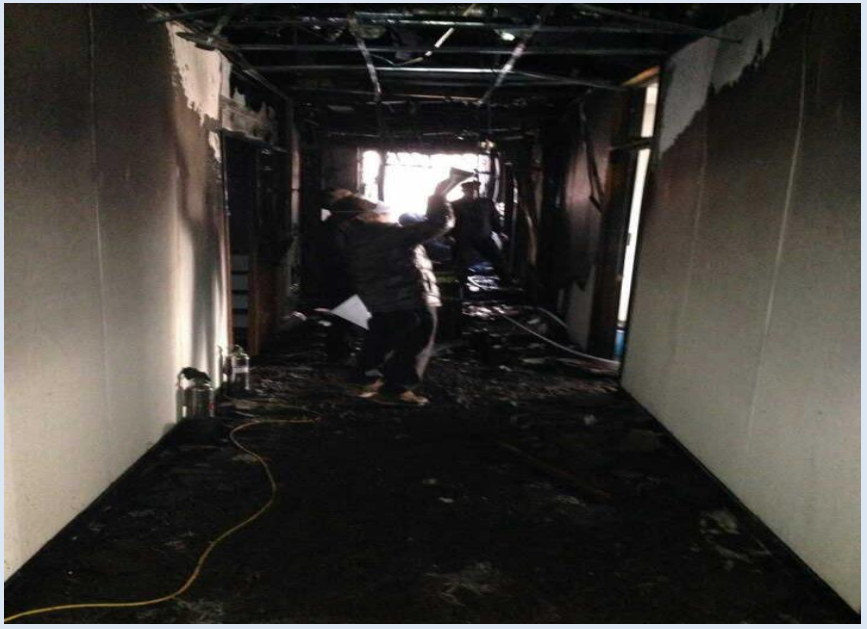
▷ 연구책임자 외부교육(전문기관 안전교육) 이수 조치 로 안전의식 제고 및 전문가 활용

Ti 분말 화재사고

2014. 2.15 계면제어연구센터
"티타늄 분말 성형 실험" 중
플라스틱 진공 데시게이터 내의 금속분말이 자연 발화

[문제점]
0 일과 후 혼자 실험
0 MSDS 미숙지
0 진공 데시케이터 가연성 재질
0 초기대응 미흡(신고, 진화방법)
0 안전교육 미 이수

□ 사고관련자 : 연구책임자 /000 박사, 사고자/000(공동연구기관 학생/상시 출입자)
□ 피 해 내 용 : 시설 및 실험장비 소실 (인명 피해 없음 / 직접 피해 약 20억원)



1. 사고내용

□ 사고경위

- 09 : 55 경　사고자(상시 출입자) 연구책임자 도착 前 실험 진행

  * 10 : 15분 경 연구책임자와 함께 실험 진행 예정이었으나 전화 통화 후 먼저 실험실시

- 10 : 00 경　플라스틱 진공 데시게이터 내의 8개의 금속 분말 중 1개 성형 실험 실시

- 10 : 04 경　플라스틱 진공 데시게이터 내의 잔여 7개의 금속 분말 에서
  원인 미상으로 자연발화 / 소화기에 의한 초기 진화 실시

- 10 : 09 경　사고자 초기진화 실패로 판단, 119 신고(원내 사고 신고 미 실시)
  원내 화재경보기 작동 및 경비 근무자 현장 출동, 직원 대피 조치

- 10 : 17 ~ 11 : 08 경　소방차 화재현장 출동 및 완전 진압 後 철수

문제점

- 일과 시간 이외의 시간(토요일/휴일) 연구책임자 없이 1인 단독 실험

➡ 안전보건관리규정 24조(일과시간 이외의 위험업무 수행) 위반

- 사고자 초기 상황조치 미숙

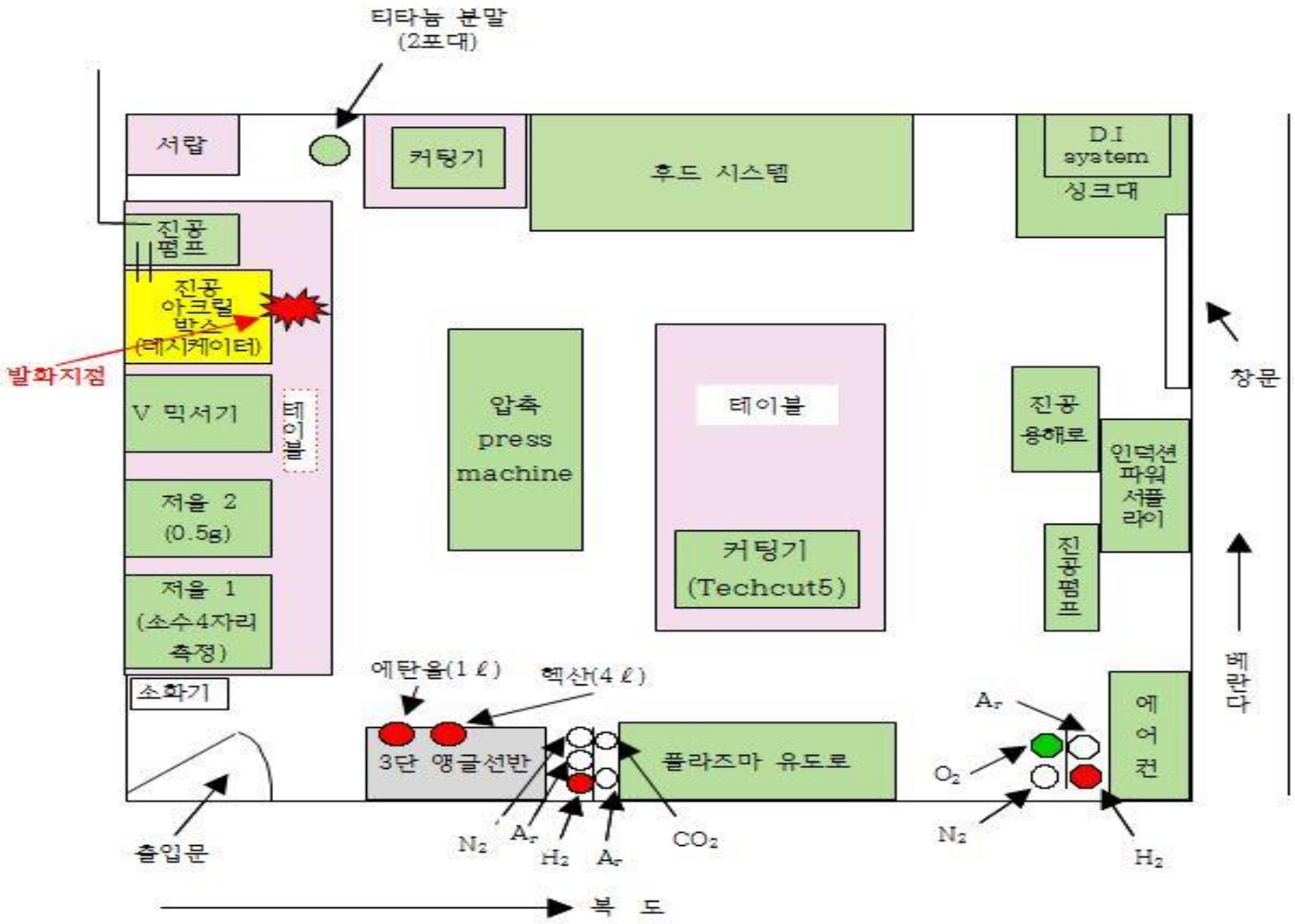
➡ 방화담요 미 사용, 화재 초기진화 매뉴얼 미 이행(원내 사고 미 신고, 비상벨 미 작동)

- 해당 실험실 외부 실험 참여자 안전교육 미흡

➡ 先 안전교육 後 실험실 출입 의무화 조치 방안 강구

사고 실험실 장비 배치도

(0285호실, 약 35㎡)



금수성물질 폭발 시연(동영상 9, 20초)

연구실 안전이란

■ Webster사전의 정의

안전이란 인간이 상해, 손실, 결손, 위해, 또는 노출되는 것으로부터의 자유이며 그 자유를 유지시키기 위해 필요한 기술 및 지식

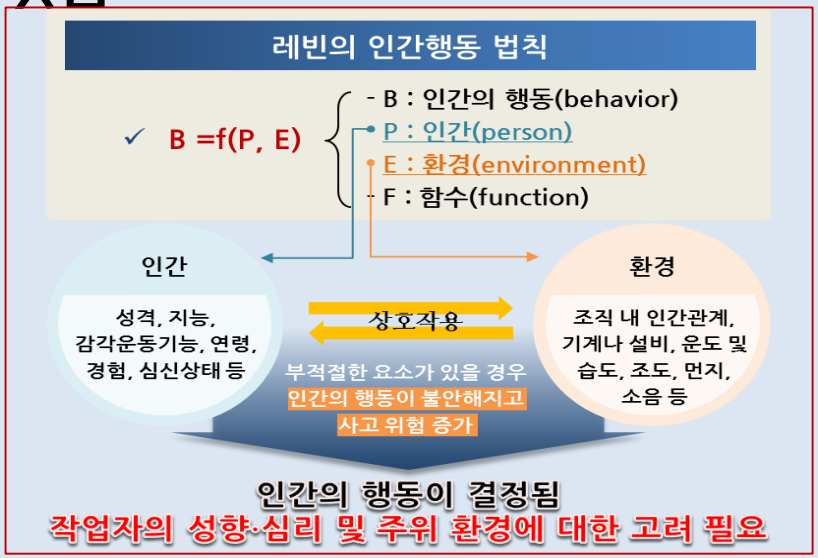
- 안전(Safety:安全)
  - 위험 원인이 있더라도 인간이 위해를 받는 일이 없도록 대책이 세워져 있고, 그런 사실이 확인된 상태.
  - 미래에도 상해, 손실, 위해 또는 위험에 노출되지 않고 안전한 상태를 유지하는 것
- 연구실 안전
  - 실험실 환경에 대응하여 잠재위험요소를 파악하고, 예측을 위한 대책이 수립되어 실행되고 있는 상태
  - 재해는 '사고가 발생하지 않고 있다' 해서 안전하다고 말해서는 안 된다.

사고의 심리

- 인간의 행동은 물리적·심리적·사회적 환경 등의 외적 요인과 인간의 선천적·경험적 심신기능 등의 내적 요인의 함수관계

- 사고는 외적 요인과 내적 요인의 부적절한 상태의 결과이며 정적이고 개별적이 아니라 상호작용의 동적 과정임

- 사고 요인은 각 개인의 판단 착오, 건망증, 무의식적 행동, 그리고 피로·고민 등이며 누구에게나 일어날 수 있는 것임
  그러므로 이와 같은 상황에서라도 사고를 미연에 방지할 수 있는 대책을 강구하는 것이 안전 활동임.



듀폰의 안전 10대 원칙

- 모든 상해는 예방할 수 있다.
- 경영층에게 안전에 관한 책임과 의무가 있다.
- 모든 업무상에 노출된 위험은 통제될 수 있다.
- 안전은 고용조건이다.
- 전 직원은 반드시 안전교육을 받아야 한다.
- 경영층은 필수적으로 안전감사를 한다.
- 모든 결함은 즉시 시정되어야 한다.
- 사회안전도 중요하다.
- 우수한 안전은 우수한 사업성과를 낸다.
- 직원이 핵심이다.

1. 미국 경제전문지 "포춘" 지가 뽑은 세계 500대 기업
   * 1955년부터 매년 등재

2. 전사적인 에너지 절감 정책과 신재생에너지를 연구, 개발 제조공정에 활용하는 등 저탄소 경제 실천
   * 나일론(꿈의 섬유), 프레온가스(냉매) 개발

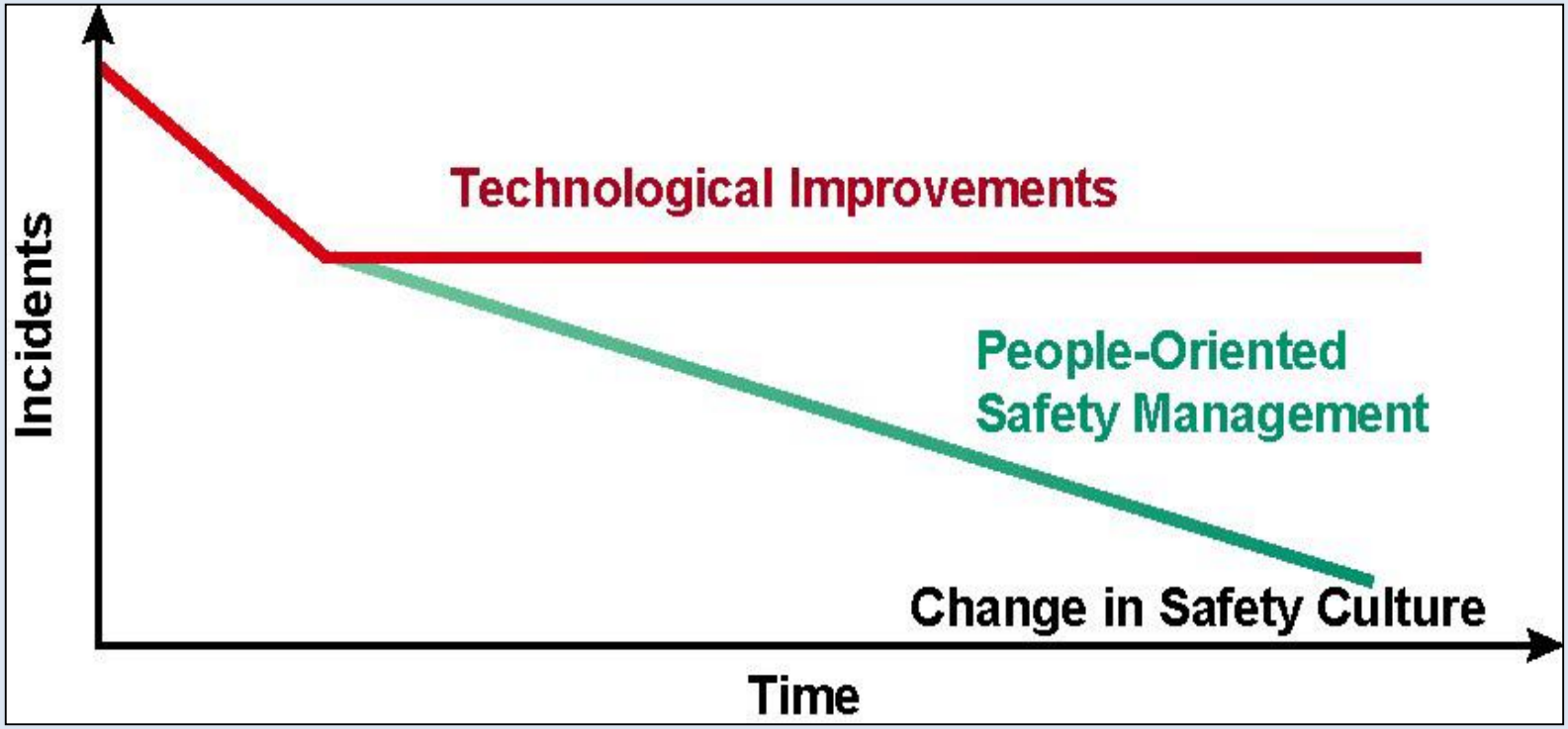
3. 친환경 경영시작(6,500만달러)
   * 미 환경보호청 나이아가라 폭포 주변 폐기물 매립지 오염

4. 1802년 흑색화약제조회사 설립 초기 가족경영 시작 폭발사고로 친척과 직원 잃음

5. 매년 안전컨설팅 수입 증가

행동중심의 안전

- 기술·설비 중심의 안전진단은 개선의 효과에 한계가 있다.
- 일정 수준이상의 개선을 기대하기 어렵다.
- 사람에 초점을 맞춘 접근방법을 취하여 기술과 설비만으로 극복할 수 없는 행동에 기인한 위험 요소 제거



미국 세계무역센터 테러사고(동영상 10, 3분30초)

감사합니다

Safe Lab, Save All