



## 산소저감방식 : 보험자 관점에서 본 가능성, 한계, 그리고 경험

출처 / s+s report international 2007년 1월호

번역 / 유호정 한국화재보험협회 조사연구팀 사원

방화(防火)에서 불활성화는 화재 또는 폭발 방지를 위해 불활성 가스를 사용하는 것을 말한다. 이 글은 예방적 방화 수단으로서 산소저감방식을 다룬다.

[참고자료]

### ‘산소저감방식’이란?

#### 1. 산소저감방식의 원리와 문제점

산소저감방식의 방화설비는 발화 가능한 최소 산소 농도 이하로 주변 공기를 유지하여 화재나 폭발의 발생을 방지하는 것으로, 무인 시설에 특히 유용하다. 산소를 희박하게 만들기 위해 불활성 가스(CO<sub>2</sub>, 아르곤, 질소 등)를 이용한다. 산소농도를 12~16% 정도로 하면, 화재를 억제할 수 있다.(물론 저장물품의 물성과 공기 온도/압력/습도 등에 따라 다르다.) 하지만 대부분의 국가에서 산소농도 17%를 작업공간의 최소 산소 농도로 규정하고 있어, 실무적으로 무인 지역에서의 설치로 제한되고 있다.

#### 2. 산소저감설비의 구성요소

방호지역의 구획(공기밀폐 구조) / 불활성 가스(질소)의 연속적인 공급 /  
구획 내 산소농도 감시 설비를 갖춘 경보 및 제어 유닛 / 화재감지설비 / 주위공간과의 방화구획

#### 3. 적용 가능 장소

고문서 보관소, 도서관 / 무인 제어실 / 화학약품 저장실(산화제 및 자연발화성 물질 제외) /  
랙크식 창고에서 하이 베이의 냉동 보관 / 수(水) 반응 화학물질 등의 저장

(발췌 : Allianz Risk consultants의 Loss Control Guideline)

## 1. 머리말

### 가. 법적 의무

GVZ Gebäudeversicherung(건물보험)은 법적으로 의무이며, 취리히 칸톤<sup>1)</sup>의 모든 건물의 화재 및 지진 손해에 대한 보험을 독점한다. 또한 GVZ는 상호부조적인 비영리 공공 기관이다. 따라서 보험인수, 광고, 배당에 드는 비용이 없기 때문에 보험료를 낮게 유지할 수 있다.

### 나. 보험료와 보험가액

재산보험에 대한 보험료는 보험가액의 0.032%이다. 이 보험료는 보험가액의 0.01%의 방화세와 0.022%의 보험료로 이루어진다.

### 다. 기본 요율

GVZ는 우선 기본 보험료(standard premium)를 부여한다. 즉 기본 보험료는 농장건물, 부속건물, 산업플랜트, 차고, 호텔, 교회 등 모든 건물이 동일하다. 기본 보험료는 행정적 비용을 절약하게 하며, 균일한 구조의 건물과 용도를 가진 취리히 칸톤에 적절하다.

### 라. GVZ 개념

GVZ 개념은 다음과 같은 철학을 가지고 있다. 최선의 손실예방(관할 방화기관), 효과적 손해 절감(소방관서), 가능한 한 최저의 보험료(보험회사)

## 2. 스위스의 방화 목표

스위스 방화기준 9조는 방화 목적을 다음과 같이 정의하고 있다. 건물과 시설은 다음과 같이 지어지고 유지되어야 한다.

- A. 사람과 동물의 안전을 보장할 수 있도록
- B. 화재와 폭발을 방지하고 화염, 열, 연기의 확산을 막을 수 있도록
- C. 주변 건물과 시설에 대한 화재확산을 막을 수 있도록

- D. 사전에 지정된 기간 동안 하중지지 성능을 유지할 수 있도록
- E. 효과적인 소방활동을 허용하며, 구조팀의 안전을 확보할 수 있도록

11조 2항은 일반적인 경우와 그 예외를 규정한다. 만일 특정된 객체에 대해 동일한 방화 목표를 성취할 수 있다면, 사전 설계된 화재 예방조치 대신 대안적 방법이 개별적 또는 개념적 해결책으로 제시될 수 있다. 이러한 방법들이 같은 목표를 성취하는가에 대한 결정은 방재당국이 행한다.

## 3. 취리히 Buchs의 AMAG AG 프로젝트

스위스에서 여러 브랜드의 차량에 대한 수입을 하고 있는 AMAG(Automobil und Motoren AG) 업체는 스위스 고객을 위해 취리히 근처 Buchs의 한 건물에 예비 부품들을 저장하고 있다. 이 건물은 1957년부터 사용되었다. 차량모델이 계속 증가하면서 더욱 많은 공간이 필요하게 되어 건물을 확장하였다. 확장 프로젝트에 대한 고려 사항은 미개발 지역에 새로운 건물을 짓는 것 또는 기존 건물에 증축을 하는 것이다. 물류적인 이점은 물론 기존 창고 시설에 증축 확장하는 것이 훨씬 크다.

## 4. 하이 베이(high bay)<sup>2)</sup> 저장의 화재예방 조치

### 가. 구조 및 기술적 설계

스위스 방화 법규는 하이 베이 저장에 대해 구조적 수단을 구현하도록 하고 있다. 이것은 기술적인 방법들을 동반한다.

- 기존 구역과 하이 베이 저장을 구획하는 방화벽, 소방대의 소방활동 접근을 보장하는 조항
- 불연성 건자재의 사용
- 방화구획의 용적을 줄이기 위한 내부 방화구획의 설정
- 지동식 스프링클러설비의 설치
- 지붕에 연기와 열 배기 설비의 설치

1) 스위스의 주 단위 행정구역

2) 높이가 약 30m가 넘는 랙크식 저장 시설로서, 자동식 저장 및 운송 설비를 갖춘 저장시설이다.

## 나. 산소저감설비의 개념

다음의 구조적 방식은 여전히 적용된다.

- 하이 베이 저장의 기존 지역과의 구획(방화벽)
- 비상 시 활동을 위한 안전한 접근
- 불연성 건자재의 사용

그러나 하이 베이 저장에서는 산소저감설비의 설치가 다음과 같은 기술적 수단들을 대치한다.

- 인증된 설비 장치
- 첨단기술에 바탕을 둔 설계
- 예비적 설계

두 가지 설계의 목표는 제한 없는 의무보험의 담보이다.

## 5. 설계 비교 : 설치와 운영비

〈표 1과 2〉에서 보듯이 구조 및 기술적 방안은 산소저감설비에 비해 초기 투자비용이 큰 반면에 운영비용이 적다. 완전 자동화된 하이 베이 저장시설의 산소저감방

식의 운영은, 불활성화가 예비부품의 연속적 활용 가능이라는 회사의 주요한 목표를 성취하기 위한 이상적인 방안이기 때문이다.

하이 베이 저장설비에 대한 세부 계획을 하는 동안, 건축 시 상실할 지역을 대신하기 위해 저장시설 공간을 중간 부분에 만드는 것이 필요함이 확실해졌다. 건축의 진행 중에, 예비 부품의 절반은 근처 임차한 지역에 저장되었다. 또 다른 절반은 현재 창고의 최상층의 4000㎡ 넓이의 공간으로 옮겨졌다.

건축가는 다음 프로젝트인 자동화 부품공장, 즉 물류적 통합을 현존하는 건물로 하는 것(건축중 및 건축 후), 방화구획의 생성 및 설계 비교를 시작하였다. 만일 산소저감이 하이 베이 저장을 위해 적절하다면, 소규모 부품의 창고로서도 나쁘지 않을 것이다. 방화 요구사항은 하이 베이 저장설비와 대체적으로 일치한다. 나의 논평은 자동화 소형부품 창고의 건축과정에서의 경험으로부터 나온 것이다. 창고는 2005년에서 2006년에 걸쳐 건축되었고, 관찰기관에 의한 허가되었다.

〈표 1〉 구조 및 화재진압장비 설계

(금액 : 유로)

구 분	투자액	수명 주기	부채상환	유지보수 및 운영	총 운영비
2개의 방화벽	2,000,000	60년	30,000	10,000	40,000
스프링클러 설비	2,000,000	60년	30,000	10,000	40,000
화재감지설비	1,000,000	20년	50,000	30,000	80,000
연기/ 열 벤팅 설비	1,000,000	30년	30,000	10,000	40,000
합 계	6,000,000		140,000	60,000	200,000

〈표 2〉 산소저감설비

(금액 : 유로)

구 분	투자액	수명 주기	부채상환	유지보수 및 운영	총 운영비
구획의 밀폐	500,000	60년	10,000	10,000	20,000
산소저감설비	2,000,000	20년	100,000	300,000	400,000
벤팅 설비	500,000	30년	20,000	100,000	120,000
화재감지설비	500,000	20년	30,000	30,000	60,000
합 계	3,500,000		160,000	440,000	600,000

## 6. 산소저감설비 : 보험회사 관점에서의 경험

### 가. 불활성화와 산소저감설비 규정

새로운 기술 설비는 동일한 적용과 안전을 확실히 하기 위해 설비 계획, 설치, 운영에 관계된 규정을 요구한다. 스위스에서는 산소저감설비에 대하여 적용 가능한 규정이 없기 때문에 국경을 넘어 독일 VdS에서의 규정을 찾아보았다.

### 나. 인증 설비

스프링클러설비, 화재감지설비 및 가스약제 소화설비 등의 다른 기술설비와 맥을 같이 하듯, 인증은 다양한 생산품에 신뢰성을 부여한다. 다음과 같은 분야에서는 명확해야 한다.

- 화재와 인적 방호에 대한 적용의 잠재적 지역
- 산소 농도를 결정하기 위한 과정
- 설비를 위한 안전 설치
- 설비 설치와 인증
- 설비 운영
- 설비 유지보수와 점검

### 다. 미승인 설비

미승인 설비와 적용 가능한 규정이 없는 경우에 있어, 건축계획 규정은 개별적으로 정의되어야 한다.

모든 이해관계자(고객, 건축가, 도급인, 관할기관, 보험회사)는 인증설비와 미승인 설비 사이의 불일치가 발생하지 않도록 협력해야 한다. 전체적으로 인증을 받은 설비들과는 대조적으로, 한 단계 한 단계 모든 면에서 계획되고 구현되어야 하며 관계된 모든 사람들 사이에 공개적으로 의견의 교환이 이루어져야 한다. 하나의 새로운 방화설비는 모든 관계자들에게 새로운 기회를 부여한다. 이것은 반면에 다른 사람들의 이익을 침해할 수 있다. 따라서 공개적이면서 진실한 의사소통 과정이 절실한 것이다.

### 라. 계획, 설치, 승인 및 운영-필자의 경험

#### (1) 산소 농도의 결정

창고의 산소 농도는 다음 세 가지 요소에 의해 결정된다.

- 저장 물질의 성질(예비 부품 및 포장물 포함)
- 비용 효율성 : 산소 농도가 낮을수록 운영비용 증가
- 사고 시 인명의 안전

창고는 자동 운영설비의 고장 시 접근 가능해야 한다. 스위스에서는 운영요원을 위해서 필요로 하는 최소 산소농도가 13%로 되어 있다. 이 수치는 종업원 보호 규정에서 지정되어 있다. 감소된 산소 농도는 소방관 안전과는 별개의 문제이다. 왜냐하면 건물이 일반적인 방화설비에 의해 방호되는 경우에도 소방대는 언제나 산소 호흡장비를 사용하기 때문이다. 회사는 보관되는 예비 부품의 타입에 대해 정보를 제공해야 한다. 이 재료들은 재고 리스트에 반드시 상세하게 올려져야 한다.

설계농도는 다음의 세 가지 과정에 의해 결정된다.

- 보증된 발화 문턱값(threshold)과 설계농도는 불활성화와 산소저감설비에 대한 VdS 가이드라인 VdS<sup>®</sup> 3527에 나와 있다.
- 설치하는 사람은 미래의 인증, 즉 계획과 설치를 위한 기초로서 발화 문턱값을 결정하기 위한 시험을 미리 수행해야 한다.
- 재고리스트를 기초로 하여, 설치하는 사람은 발화 문턱값이 없는 물품을 파악해야 한다. 이것은 순차적으로 결정되어야 한다.

#### [두 가지 예]

(가) 자전거 타이어의 산소 농도 하한계는 알려져 있다. 그러나 자전거 타이어의 작은 부품으로부터 모든 자동차 타이어에 대한 결론을 이끌어내서는 안된다.

(나) 포장재 및 생산품으로서 셀룰로오스의 값은 VdS

3) 독일의 대표적 방재기관. 방화기준의 제정, 방화 및 보안제품 등의 인증, 시험업무 등을 행한다.

가이드라인 3527의 부록 5에 나와 있다. 13% 제한 때문에 14.1%의 발화 문턱값 또는 13.1%로 설계농도가 정해져있다면 더 낮은 발화 문턱값을 가진 물질의 저장을 허용하지 않는다.

이 글에서는 산소 감소 공기를 유지하는 창고에서 보관하지 말아야 하는 위험물질에 대하여 언급할 필요가 있다.

- 자연발화성 물질
- 산화제
- 폭발성 물질

#### (2) 안전 여유 결정

안전 여유는 저장을 위해 물질들을 시험하는 경우에 발생할 수 있는 부정확성을 상쇄시키며, 설비 또는 플랜트 건설 등에 광범위하게 사용되는 안전을 개념과 유사하다. 이 안전 여유는 1%여야 한다. 이 값에서 편차가 생기면 안전 요건을 어기게 되고, (개별적 기초로 적용된다면) 규정 위반이 된다.

#### (3) 제어 다이어그램

산소 감소 설비에서, 창고를 오가는 움직임으로 인한 손실과 밀폐부분의 새어나가는 양을 보충하기 위한 체적만큼 질소를 계속적으로 정확하게 공급하는 것이 힘들다. 질소는 단속적으로 공급되기 때문에 산소 농도를 연속적 기초를 두고 측정할 수 없다. 질소 공급은 산소 수준이 하부 한계에 다다른 때 가동되며, 상한에 다다른 때 정지된다.

산소농도의 하한과 상한의 대역폭은 측정기법과 제어 설비의 성능에 의해 좌우된다. 산소농도 상한값에 다다른 경우(저장 물품에 비해 너무 높은 산소 농도) 컨베이어 설비는 정지되어야 하며, 출입구의 잠금장치가 폐쇄되어야 한다. 13%의 하한값(창고에 문제가 있을 때 수리하러 오는 운영 직원에 대하여 너무 적은 산소)에 다다

른 경우도 마찬가지다. 기술적 관점에서 보면, 이 계획은 기술적 서비스가 끼어들 수 있도록 주 경보/ 사전 경보를 발동시키는 여유시간을 포함시켜야 한다. 이러한 완충값이 없는 경우, 그 구획실은 상한 및 하한값을 초과하는 즉시 폐쇄되며 창고설비는 닫힐 것이다.

#### (4) 산소값의 측정

자동화 소형 부품 창고에서의 산소 수준은 바닥과 천장 근처 네 군데에서 측정되며, 분석 및 제어 캐비닛에서 평가된다. 세 개의 공급배관에서의 솔레노이드 밸브들은 이러한 평가 결과를 기준으로 제어된다. 이 설비의 정확성은 설치 회사에 의해 확보된다. 설치회사는 METAS<sup>4)</sup>에 의해 가스 측정에 있어 신뢰할 수 있는 회사로 인증되었다.

#### (5) 질소 생성

설비의 용량은 다음의 요소들에 의해 결정된다.

- 창고의 크기
- 구획의 밀폐도
- 저장된 제품과 그에 의해 결정되는 산소 농도
- 요구되는 안전율

AMAG 프로젝트의 경우, 두 가지 다른 창고(자동화 소형 부품 창고와 하이 베이 저장)는 동일한 질소 설비로 연결되어 있다. 두 창고가 동시에 질소를 공급받아야 하는 경우, 그 공급의 신뢰성 문제가 대두된다. 설치 시 난방 및 할기실 또는 소방펌프실에서도 같은 문제를 고려해야 한다. 컴프레서는 많은 공기가 필요하기 때문에, 컴프레서가 있는 실은 외벽 바로 옆 또는 지붕에 위치해서 바로 공기를 받아들일 수 있도록 하는 것이 좋을 것으로 여겨진다.

4) Federal Office of Metrology, 스위스 연방 계측기관

(6) 분배 배관

(가) 질소플랜트와 창고

창고와 질소생성장치 사이를 벽이 맞대고 있지는 않기 때문에 자재 선택(크롬 합금)과 배관 안전 고정 장치에 주의를 기울여야 한다. 고품질의 안전한 배관 설치는 건설현장에서 중요하다. 개방 배관은 설비를 점검하는데 편리하다. 그러나 배관의 방호가 없다(마치 스프링클러 설비에 의해 방호되지 않는 지역의 스프링클러 주수 배관과 유사하다). 또한 솔레노이드 밸브는 개방된 상태로 설치되고 잠금이 가능한 캐비닛 내에 있지 않다. 물탱크의 비상 수조는 질소 플랜트실과 동일한 장소에 위치하기 때문에 사보타주의 위험이 존재한다.

(나) 창고 내부

분배 배관의 공급점이 서로 가까울수록 불활성 가스가 끌고루 퍼질 수 있다. 컨베이어 설비가 또한 고른 분포에 도움을 줄 수 있지만, 공기 재순환 설비로부터의 지원이 필수적이다.

(7) 화재감시설비

불활성화와 산소저감설비에 대한 가이드라인을 준비하는 동안, 보험회사는 창고의 자동화재탐지설비의 설치에 대해 고찰한다.

화재감지설비의 필요에 대해서는 실행계획 도중에 검토되었다. 산소 농도 측정을 화재 감지와 결합시키는 실용적 접근은 좋은 해결책을 도출했다. 관계자들은 연기 밴딩 설비를 가스 측정기와 같이 설치하는 것에 동의하였다.

설치된 전기설비에 대한 점검은 아주 작은 부하가 걸린다. 결국에는 관계자들 모두 화재발생을 예방하는 계획에 동의하게 될 것이 확실하다. 시나리오는 엄격하게 계산되었다. 방호 목적은 발화원이 창고로 반입되는 것을 막는 것이었다. 그 해결책은 화재 감지설비를 설치하



여 발화원이 창고내로 들어오는 것을 방지하는 것이다. 이것을 확실히 하기 위해서, 잠금장치와 반입 장소가 감시되어야 한다. 화재통제 설비는 출입문을 폐쇄하고 자동화 소규모 부품 창고의 컨베이어 설비를 정지시킨다.

(8) 비상전원 공급

산소저감설비의 설치 및 운영 중 어떠한 부가적 안전 장치가 보완되어야 하는가? 다음과 같은 문제들을 풀어 나가야 한다.

- 컴프레서 또는 질소 생성기가 고장 나는 경우 어떤 일이 일어날 것인가?
- 장시간 정전되는 경우 어떻게 대처할 것인가?
- 배관에 문제가 생기면 어떻게 될 것인가?
- 측정 장비는 얼마나 신뢰할 만한가?

건물은 특정된 여분의 설비 요소를 허용한다. 이 요구 사항은 각각 50%의 용량을 가진 세 개의 질소 공급의 설치로 충족된다. 정전 시 대처방안을 찾는 것은 더 큰 문제이다. 컴프레서와 질소 생성기의 부하가 너무 크기 때문에 비상 전원의 공급은 현실적으로 불가능하다. 평상시 가동 중에는 창고의 밀폐된 구획이 산소농도의 급격한



증가를 막는다는 사실은 위안이 된다. 대부분의 회박 산소 공기가 창고에서 물건이 반출 반입되는 움직임으로 인해 상실되어 버린다. 상품들은 전기 컨베이어 설비에 의해 창고내로 운반되기 때문에 상품의 움직임으로 인한 불활성 대기의 상실이 정전 시에는 어느 정도 적어진다.

#### (9) 설비의 운영방법 및 유지관리

기계설비는 유지보수가 되고 있는 동안만 유효하고 할 수 있다. 고객과 관할기관은 아무것도 모르고 있는 경우가 많다.

- 창고 컨베이어 설비 고장이나 낙하 등으로 인해서 작동이 멈추는가?
- 유지보수 주기는 어떠한가?

이 정보는 운영 매뉴얼과 지침에 나와 있다. 불행하게도 관련 문서는 완성단계에서는 활용할 수 없었다.

#### (10) 화재 대응 운영

화재 대응 운영은 산소저감에 의한 방화 계획의 성립 이후에는 필요하지 않다. 따라서 추가적 설비의 설치에 대한 제안은 불필요하게 여겨진다.

- 화재진압설비의 부재
- 연기 및 열 벤팅설비의 부재

산소저감설비를 가진 창고에서 고장 발생시, 소방대는 어느 시점에서나 창고에 들어올 수 있다. 왜냐하면 소방관은 호흡기구를 갖추고 있으므로, 위험을 무릅쓰고 산소가 희박한 곳으로 들어가는 것이 아니다. 소방활동을 위한 선결조건은 건물, 계속 개정된 방화계획, 소방계획 및 적용된 소방 개념과 친숙해야 하는 것이다. 그런 까닭에 소방서의 대표가 산소저감설비의 인수시 동석한다. 또한 소방서 허가 없이는 사용허가가 내려지지 않는다.

### 7. 요약

산소저감에 대한 프로젝트는 여러 가지 다른 이해관계와 의견 등을 종합적으로 고려해야 한다. 고객은 무엇보다도 안전하면서 비용적으로 효율적인 설비를 원한다. 도급자는 신기술을 신뢰하고 의지한다. 최신 기술이라도 이미 시간이 지난 것이라는 사실을 건축 계획자는 기억하지 못한다. 관할기관은 추가적 안전, 즉 비상시 보완적 수단을 원한다.

보험회사는 또 다른 위험을 감수하기를 원치 않는다. 신기술은 최첨단 기술과 신뢰할 만하고, 시험되고 인증된 설비를 반영한 문서의 초안을 요구한다. 안전요구 사항이 너무 낮다면 관할기관과 보험회사는 방화 수준을 향상시키는 것이 어렵다는 것을 지적한다.

우리는 권고사항을 알려주는 것만이 아니라 우리가 스스로 만들어낸 실수들을 부보하는 것이다. 자동차산업에서 리콜은 비용도 많이 들고 기업이미지 훼손도 심각하므로 고객들은 그들 스스로의 경험에 의지한다. 산소저감설비의 설치에 고객, 계획자, 보험회사에게 미래지향적이면서 안전한 설비를 선택했다는 확신을 심어줄 수 있다. 🚒