

## 유황의 취급 및 화재안전

유황은 지각(地殼)의 약 0.1% 정도를 구성하고 있는 비금속원소이다. 유황은 원소의 형태로 또는 석고, 황철광, H<sub>2</sub>S와 같은 화합물의 형태로 존재하고 있다. 소방법상 제2류 위험물(지정수량 100kg)로서 유황의 물리적 성질은 <표1>과 같다.

<표1> 유황의 물리적 성질

분 자 식	S
분 자 량	32
상온에서 상태	고체
색	노랑
용 점	112~119℃
비 점	440℃
용 해 성	물에 불용
	CS <sub>2</sub> , 벤젠, 액체 암모니아와 같은 유기용매에 용해
독 성	없음
	눈까풀, 호흡기관자극, 드물게 피부자극
공기중분진 폭발한계	35~1400g/m <sup>3</sup>
액체유황의 인화점	168~188℃
반 응 성	보통, 연소시 SO <sub>2</sub> 생성
	연소산염, 질산염, 산화제와 폭발혼합물 형성
	알카리, 알카리토류금속과 반응

유황은 천연유황을 가열된 물에 용해시켜 이것을 추출 고화합으로서 제조한다. 또한 천연가스, 원유로부터 H<sub>2</sub>S를 제거하거나 석탄의 탈유황과정에서 부산물로 얻어지고 있다.

유황은 용도가 다양한 원소로서 화학공업에서 원료물질로 사용되고 있으며 황산, 목재, 펄프 CS<sub>2</sub>, 살충제, 살균제, 고무, 설탕, 전분, 맥아, 폭약, 염료등을 제조하는 데 널리 사용되고 있다.

### 1. 위험성

고체유황은 괴상(塊狀) 또는 분말형태로서 모두 가연성이지만 용점과 발화점이 비교적 낮기 때문에 다른 가연성 고체와는 다른 점이 많다. 112℃와 119℃ 사이에서 용해되고 발화온도는 190~220℃로 미세분말 상태인가 괴상인가에 따라 약간의 차이가 있다. 연소시에는 열은 청색불꽃을 내며 대부분 SO<sub>2</sub>로 산화되고 약간의 SO<sub>3</sub>가 생성된다.

분말유황은 마찰, 정전기와 같은 미소한 열원에 의해서도 아주 쉽게 발화한다. 유황분진은 다른 가연성 분진과 달리 불활성고체와 혼합되어도 발화온도가 높아지지 않는다. 공기중에서 유황분진의 현탁액(懸濁液)은 폭발성이 있다. 분말유황을 취급, 저장할 때에는 항상 분진폭발의 위험이 수반된다.

유황은 물에는 녹지 않으나,  $CS_2$ , 벤젠과 같은 유기용매에 용해되고 액체암모니아에도 용해된다.

유황은 다른 많은 원소와 반응하여 황화합물을 형성한다. 상온에서 나트륨, 칼륨, 칼슘, 스트론튬과 격렬하게 반응하고 구리, 은, 수은과는 안정하게 반응하여 황화합물을 형성한다. 또한 아연분말이나 염화칼슘과 같은 물질과 폭발혼합물을 형성한다. 화약은 유황, 질산나트륨, 숯의 혼합물이다.

유황은 습기의 존재하에서 철을 부식시키는데 일반적으로 이 문제는 방청도장을 함으로써 해결할 수 있다. 유황은 비독성이지만 눈과 호흡기관을 자극하며 경우에 따라서는 피부자극을 일으키는 수도 있다.

## 2. 건물구조

유황을 취급, 저장하는 건물은 분진이 축적되는 것을 최소한 줄일 수 있도록 설계되어야 한다. 분진이 쌓일 수 있는 내부 보나 들출부 등이 없도록 해야 한다. 만약 이것이 불가능할 경우에는 경사가 가파른 커버를 씌워 쌓이는 유황분진이 미끄러 떨어지도록 하여야 한다. 커버의 경사도는 적어도  $45^\circ$  이상이 되어야 한다.

유황을 취급, 저장하는 지역에서는 철저한 관리가 필요하며 축적된 분진이 신속히 제거될 수 있도록 항상 주의하여야 한다. 또한 공기중으로 분진이 비산되지 않도록하고 분진제거장치에서 나오는 스파크에 의해서 착화가 일어나지 않도록 특별한 주의가 필요하다. 천연 털로 된 비(Natural Bristle Broom) 또는 스파크가 일어나지 않는 작은 삽(Non-Sparking Scoop)을 이용하여 일차적으로 축적된 분진을 제거한 후 진공청소를 하는 것이 권장되고 있다.

## 3. 폭발 방지

분말유황은 공기중에서 폭발 혼합물을 형성하므로 유황분진운이 생기지 않도록 가능한 모든 조치를 취해야 한다. 유황의 이송, 취급에 사용되는 모든 설비는 분진 발생을 최소화시키도록 설계되어야 하며 콘베이어 이송장치 등 분진이 발생하는 장소에는 분진 배출장치가 설치되어야 한다. 집진기는 불연성 구조로 하고 건물의 외부나 별도의 전용실에 설치하여야 한다. 만일 집진기가 건물 내부에 설치되어 있다면 폭발구 (Explosion Vent)를 설치하여야 한다.

"NFPA 70 : National Electrical Code"에 분진폭발 위험지역에 대한 전기설비기준이 마련되어 있다. 이 Code에 의하면 위험지역을 다음의 3개소로 구분하고 있다.

Class I : 가연성 가스, 액체가 존재하는 지역

Class II : 가연성 분진이 존재하는 지역

Class III : 가연성 섬유로 인한 위험지역

Class II 지역은 다시 Division I 과 Division II로 구분된다. Division I 은 정상적인 조업하에서도 폭발혼합물을 형성할 만큼의 충분한 가연성 분진이 공기중에 존재하는 지역이고 Division II는 비정상적인 조건하에서만 폭발혼합물을 형성할 수 있는 지역이다.

"NFPA 497 M : Manual for Classification of Gases, Vapours and Dusts for Electrical Equipment in Hazardous (Classified) Locations"에서는 유황을 Class II G물질로 분류하여 유황 취급에 사용되는 모든 설비는 Class II G Division I 이나 Division II에 적합하게 설치하도록 규정되어 있다.

가능한 발화원으로는 저장창고내에서 사용하는 지게차 등 운반장비의 내부엔진에서 발생하는 스파크가 있다. 스파크 발생을 줄이기 위해서는 디젤엔진을 사용하는 것이 좋고 배기장치에는 스파크 방지설비를 하여야 한다. 유황 취급에 사용하는 차량을 관리할 때 가장 중요한 사항은 축적된 유황 분진을 정기적으로 청소 제거하여야 한다는 것이다.

## 4. 유황의 화재특성

비세한 분말유황은 아주 쉽게 발화한다. 정전기, 컨베이어롤러의 마찰열, 지게차의 버킷트가 콘크리트에 부딪쳐 발생하는 스파크 등에 의해서도 발화한다. 유황은 연소시 열은 청색 불꽃을 내며 적은 량의

열과 자외선을 방출한다. 적외선 방출은 사실상 없다.

유황화재는 급격히 확대되지 않는다. 열방출이 느리고 고체유황은 쉽게 녹는 특성이 있다. 이 용해된 유황은 쉽게 유동하여 화재를 확대시키는 요인이 된다. 연소의 주요 생성물은 이황산가스(SO<sub>2</sub>)이다. SO<sub>2</sub>는 자극성 냄새가 나기 때문에 쉽게 감지될 수 있는 가스이다.

#### 화학 반응식

- 유황연소 :  $S + O_2 = SO_2$
- SO<sub>2</sub>와 물 :  $SO_2 + H_2O = H_2SO_3$

### 5. 화재 진압

지게차나 삽(Mechanical Shovel) 등으로 작업할 때 발생하는 소규모의 유황화재는 유황으로 불을 덮음으로서 산소공급을 차단하여 진화할 수 있다. 그러나 이 때 특히 주의하여야 할 것은 유황분진이 공기중으로 비산되지 않도록 해야 한다. 유황분진이 공기중에 있으면 폭발을 일으킬 수도 있기 때문이다.

대규모 화재에는 물이 가장 효과적인 소화제로 사용된다. 물을 무상(霧狀)으로 뿌려주어 유황분진이 비산함으로 해서 폭발위험을 유발시키는 일이 없도록 하여야 한다. 호스를 사용할 경우에는 분무노즐을 사용한다. 물을 봉상(棒狀)으로 방사하여 분말유황이 비산, 유황분진운이 대기중에 형성되는 일이 없도록 해야 한다.

고정된 소화설비로는 스프링클러가 사용된다. 스프레이 타입의 헤드를 사용하는 것이 권장되고 있다. 이런 형태의 헤드는 0.4mm 이내의 물방울 입자가 형성되고 직접 아래쪽으로 떨어지는 양이 적어 분진운 일으킬 정도의 충격을 주지 않는다. 유황화재에는 발생하는 열량이 많지 않기 때문에 스프링클러의 작동은 늦어진다. 그러나 일단 작동이 개시되면 효과적으로 화재를 진화하여 건물과 시설을 화재로부터 보호해 줄 수 있다.

개방형 스프링클러는 감지기와 연동하여 자동으로 작동되고 또한 건물 외부에서 STOP발브를 조작하여 수동으로 작동시킬 수도 있다. 개방형 스프링클러는 폐쇄형 스프링클러설비보다 여러가지의 장점이 있다. 수동 조작이 가능하고 공기중에 있는 분진을 제거하는 데도 사용할 수 있다.

유황화재를 진화하기 위하여 물이 사용되었을 경우, SO<sub>2</sub>가 물에 용해되어 H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>의 형태로 남아 있으므로 물에 젖어있는 모든 부분을 완전히 씻어내야 한다. H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>는 강한 부식성이고 유황자체도 습기의 존재 하에서는 철을 부식시킨다.

고체유황의 화재를 진화하는 데는 스틱과 불활성가스를 사용하여 질식소화하는 방법이 이용되고 있다.

### 6. 인명 안전

유황은 사실상 비독성이며 혈액 청결제로 복용하는 사람도 있다. 그러나 유황분진은 눈과 호흡기관을 자극하며 드물게 피부자극을 일으키는 수도 있다. 유황을 취급, 저장할 때 보호의(保護衣)는 필요하지 않지만 분진보호안경과 마스크는 착용하는 것이 좋다.

화재시 SO<sub>2</sub>는 자극성이 너무 강하기 때문에 그것이 있다는 것을 쉽게 감지할 수 있다. 0.3과 1 ppm 정도면 보통사람이 감지할 수 있는 상태이고 3 ppm 정도면 아주 쉽게 냄새로서 구별할 수 있으며 6~12 ppm 에서 코와 목을 자극한다. 20 ppm 이상의 농도에서는 눈을 자극하며 400~500 ppm 정도를 초과하면 생명이 위험하다.