

# 생석회의 자연발화 가능성에 관한 실험적 연구

## A Study on the Spontaneous Ignition Probability of caused the Quicklime

경기도이천소방서, + 경원대학교 최인호 · 박수복 · 이일주 · 하재호 · 이원배 · 최돈묵†

J. H. Choj · S. B. Park · I. J. Lee · J. H. Ha · W. B. Lee · D. M. Choi†

### 요 약

토질 개량용 및 축사 소독용으로 쓰이는 생석회에 의한 화재가 농촌지역의 축사 및 간이 창고에서 장마철에 발생하고 있다. 따라서, 본 연구에서는 생석회의 발열반응으로 인한 자연발화 과정에 대하여 재현실험을 통하여 확인하였다. 실험결과, 축열이 충분한 상황에서는 발열반응에 의하여 발생한 열이 축적되어 발화하는 것을 확인했다.

### ABSTRACT

The fires were occasionally occurred by the quicklime, used in soil conditioners and stall disinfectant, in the stables and shed especially during the rainy season. Accordingly, we observed that spontaneous ignition by the exothermic reaction was happened through the revival experiments. As a results of revival experiments, we confirmed that fire had been occurred by exothermic energies in the case of heat accumulation.

Key words : Quicklime, Soil conditioner, Stall disinfectant, Exothermic reaction

+ fire@kyungwon.ac.kr

### 1. 서 론

현대산업사회의 발전에 따라 화학물질의 사용이 나날이 증가하고 있고 에너지 사용량의 증가는 화재의 위험성을 증가시키고 대형사고의 발생빈도를 높이고 있음에 비추어 화학물질의 관리 및 유지가 무엇보다도 중요함은 부연할 필요가 없을 것이다. 화학공장에서는 가연성물질이나 폭발성물질 같은 위험한 물질뿐만 아니라 인체에 해를 줄 수 있는 독성이 강한 유해한 물질들 많이 취급하게 되는 바 이러한 물질들의 취급·저장설비 결함이나 부주의로 인해 화재 및 폭발 또는 독성물질의 누출로 인해 인명 및 재산의 손실을 가져오게 된다.<sup>1)</sup>

이러한 화학물질의 위험성으로 인해 환경, 안전, 소방 및 위생 등 각각의 법률에 의해서 대상 분야별 목적에 따라 관리 운영되고 있는 실정이다. 한번 이상 국내에서 유통한 사실이 있는 기존 화학물질은 2003년 현재 약 4만여 종으로 고시되어 있다.<sup>2)</sup>

생석회는 생활 곳곳에서 이로운 용도로 사용되고 있다. 하지만 그 취급에 있어 부주의하게 되면 화재의 원인이 될 수 있다. 그럼에도 불구하고 생석회와 화재의 연관성에 대한 확인은 아직 부족한 상황이며, 본 연구자도 추측만 해왔을 뿐, 실제로 발화하는 장면을 목격하지 못했다. 또한 이러한 화재가 발생하고 있는 상황에서 생석회취급자들은 여전히 생석회가 화재의 원인이 될 수 있다는 것에 대한 인식이 부족한 상황이며, 그러한 취급자들을 대상으로 할 홍보자료도 극히 부족한 상황이다.

본 연구에서는 생석회가 원인이 되어 발화할 수 있는지 가능성 여부를 확인하였다. 이 연구 결과는 각 소방서 조사담당자 및 예방담당자에게 생석회 화재에 관한 자료 실질적인 자료가 됨은 물론 생석회를 사용하고 있는 농촌의 거주자들에게 화재예방에 대한 홍보자료로도 활용이 가능하리라 확신한다.

## 11. 이론적 고찰

### 1. 화학화재의 조사

화학화재는 화학공장이나 화학실험실 등에서 발생하는 화재라고 생각하기 쉽지만 화학산업이 발전함에 따라 일반사회와 가정에서도 많은 종류의 화학물질을 사용하고 있으며 생활 주변에

있는 용품 및 용구가 모두 화학제품으로 되어 있다고 해도 과언이 아니며 화학물질을 빼고는 현대의 생활을 생각할 수 없다.

이것의 화재원인을 입증하기 위해서는 다른 화재현장에서와 마찬가지로 화재현장에서도 모든 자료를 수집해서 분석하고 화재발생원인, 연소확대 등의 요인별로 가치를 부여하고 과학적으로 타당성을 밝히고 원인을 결정해야 한다. 어떤 화학공장에서 불이 난 경우 우선 화재개소를 결정하여야 하는데 이것을 화학화재라고 하고 일반화재와 같이 발견상황, 화재손해상황 등으로부터 화재조사를 판정해 나가야 한다. 그러나 화학화재의 경우 어떠한 이유로 무엇이 발화했을까? 라는 단계가 되면 일반의 화재와 다른 접근방법이 필요하다. 즉, 현장에 있는 물질의 화학적 성질(인화점, 발화점, 자연발화성, 혼합발화성 등), 물리적 성질(점도, 고유 저항치, 최소착화에너지 등)을 아는 것이 필요하고, 이것을 전제로 하여 현장에 남아있는 물건을 근거로 과학적 조사를 하여야 한다. 현장에 도착하면 문헌 등을 통하여 자료를 수집하고 이 자료를 토대로 화재 발생 및 화재로 전이한 상황을 조사한다. 그리고 과학적·체계적으로 이론적으로 전개 시 무리가 없는지 검토하고 증거품 등의 자료에 근거하여 원인을 결정한다.<sup>3)</sup>

### 2. 자연발화

자연발화란 "물과 습기 혹은 공기 중에서 물질이 발화온도보다 낮은 온도로 화학변화에 의해 자연발열하고, 그 물질 자신, 발생한 가열가스, 또는 접촉하고 있는 가연물을 연소하는 현상"이라 한다.

공기 중에서 즉시 발화하고 물과 습기의 존재로 서서히 혹은 급격히 발열 발화하는 등 반드시 장기간의 열의 축적을 필요로 하지 않고 발화하는 것을 준 자연발화라고 하고 자연발화와 구별하는 설도 있는데 넓은 의미로의 자연발화로서 취급되는 것이 많고 여기서는 자연발화로 분류하였다. 이들 자연발화물질에는 발화점이 낮고, 공기 중에서 산화되어 발화하는 것, 불안정한 물질과 과학적인 활성이 강한 물질로, 충격·마찰·습기·수분과 접촉하여 분해되고, 반응을 일으키는 원인으로서 분해열, 탄화열, 흡착열, 중합열, 발효열, 반응열 등을 생각할 수 있다.

### 3. 자연발화 조건

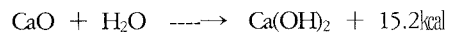
자연발화가 일어나기 위해서는 산화, 분해, 흡착, 발효 등에 의해 생긴 작은 열이 축적되어 반응계 자신의 내부온도가 상승하는 것이 필요하고 이 발열이 증가하여 결국 발화점에 달해서 연소를 개시한다. 일반적으로 열이 물질의 내부에 축적되지 않으면 내부 온도가 상승하지 않으므로 자연발화는 발생하지 않는다. 따라서 열의 축적 여부는 발화와 깊은 관계가 있으며 열의 축적에 영향을 주는 인자는 열전도율, 퇴적상태, 공기의 유동 상태 및 열발생속도 등이다.

### 4. 생석회

#### 4.1. 생석회의 물리·화학적 특성

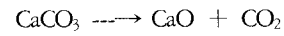
생석회는 칼슘과 산소의 화합물로서 그 화학식은 CaO이다. 분자량은 56.1이며, 산화석회 또는 석회라고도 한다. 녹는점 2572℃, 끓는점 2850℃, 비중 3.37인 입방결정계로 굴절률( $n$ )은 1.837이

다. 저온에서 소성된 것은 흰색의 비결정성 고체이지만 소성온도가 높아지면 결정성은 좋아진다. 용해액에서 큰 결정을 얻을 수 있다. Ca<sup>2+</sup>이온과 O<sup>2-</sup>이온이 염화나트륨형 격자를 만들고 있다. 격자상수  $a=4.80\text{Å}$ , 결합길이 Ca-O=2.40Å이다. 비결정성인 것은 활성이 매우 크며, 아래 같이 물과 반응하여 높은 열을 내며 반응하여 수산화칼슘으로 된다.



#### 4.2. 제조과정표

생석회는 천연의 석회석이나 탄산칼슘을 약 900℃ 이상으로 가열분해하면 얻어지며, 그 화학 반응식은 아래와 같다.



### 5. 사용현황

#### 5.1. 생석회에 의한 소독

생석회가 물과 접촉하면 200℃정도의 열을 내며, 소석회로 될 때 열을 이용한 물리적 소독과, 소석회가 물에 녹았을 때 강알칼리성을 이용한 화학적 소독의 2중 효과가 발생한다. 따라서 Fig. 1, 2와 같이 동식물시체(축사, 돈사, 계사 등)에 사용하면 구제역과 조류독감 발생을 사전 예방하기 위한 사용 시 각종 병균의 침입, 감염을 효과적으로 방지할 수 있다.



Fig. 1. The figure of spraying quicklime to prevent a foot-and-mouth disease



Fig. 2. The quicklime for disinfection.

## 5.2. 지반보강 및 토질개량

생석회가 물과 반응하여 생성되는 수산화칼슘은 생석회보다 부피가 커지기 때문에 연약한 지반을 보강하는 방법으로도 이용된다. 장례용으로 쓰이며 납골당이나 석축 쌓는 곳에도 황토 흙과 배합하여 사용하고 있다. 또한 산성화된 토양을 중화시키기 위해서도 농촌에서 다량 사용된다.

## III. 실험 및 결과 고찰

### 1. 발열반응 확인 실험

생석회를 물과 반응했을 때의 발열과정을 확인하기 위하여 Fig. 3과 같이 유리병 안에 생석회를 넣고 건초를 덮은 뒤 물을 부어가며 생석회의 변화과정을 관찰한 결과, 유리병 안에 물을 붓자마자 생석회와 물은 격렬히 반응하여 (a)와 같이 부글부글 끓기 시작하였으며 이 반응에서 발생된 열로 유리병 내부의 온도가 순간적으로 상승하여 외부와의 열팽창률의 차이에 의하여 (b)와 같이 유리병의 가운데 부분에 갈라졌으며, 서서히 그 부분이 넓어졌다. 건초를 덮어 열을 축적한 후, 2차로 물을 부었을 때 (c)와 같이 유리병에 더 많은 금이 생겼으며, (d)의 모습처럼 유리병의 갈라진 틈 사이로 물과 반응하지 않은

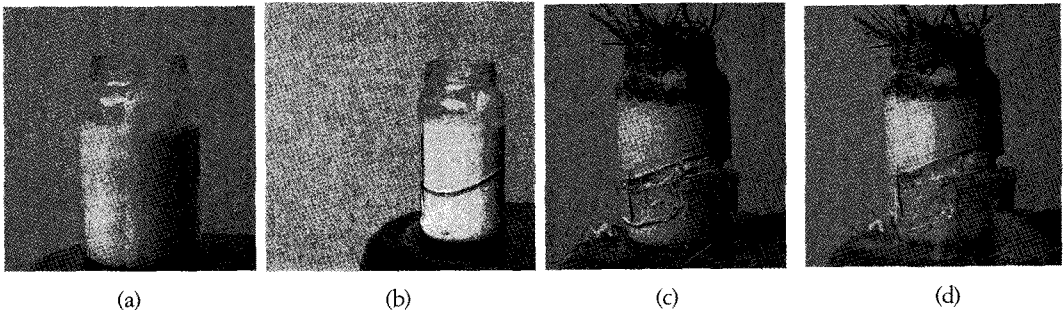


Fig. 3. The process of exothermic reaction water and quicklime.

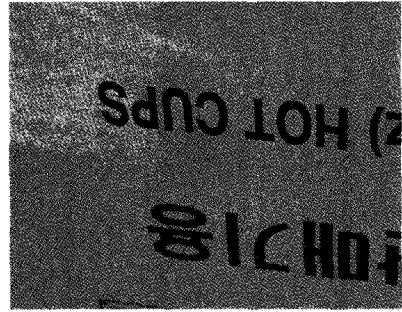
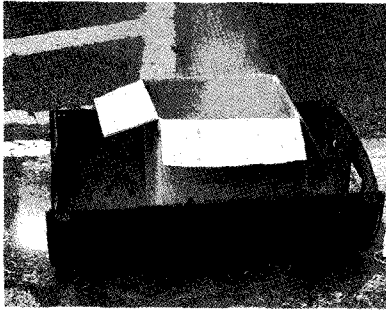


Fig.4. The process of exothermic reaction water and quicklime under the bad condition of heat accumulation.

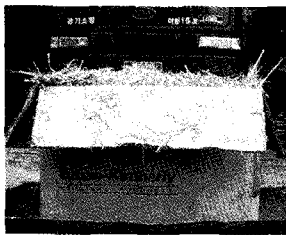
생석회가 가루의 형태로 분출되었다.

## 2. 발화실험(축열이 불량한 상태)

Fig. 4와 같이 축열조건이 좋지 않은 상태에서 실험을 한 결과, 1시간 이상 실험을 했음에도 불구하고 이 때 발생한 반응열은 외부로 쉽게 방출되어 박스의 표면이 약간 그을릴 정도로 변색만 하고 발화하지는 않았다.

## 3. 발화실험(축열이 양호한 상황)

Fig. 5와 같이 큰 박스의 바닥에 건초를 얹게 한 후 그 위에 박스를 넣은 다음 작은 박스의 주위를 보온시키기 위하여 주변을 건초로 채웠다. 그리고 작은 박스 안에 생석회 넣은 다음, 큰 박스의 윗부분까지 건초를 덮고 물조리개를 이용하여 물을 붓고 축열이 잘 되도록 박스뚜껑을 닫았다. 이 결과, 처음 물을 붓자, (a)와 같이 서서히 김이 올라왔다. 열화상카메라로 확인한바



(a)



(b)



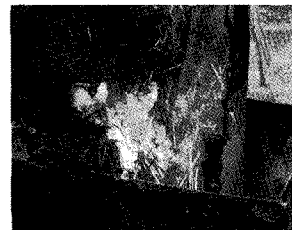
(c)



(d)



(e)



(f)

(b)처럼 처음엔 물이 닿은 부분, 즉 윗부분에만 열이 감지되었으나 시간이 지날수록 열이 아래쪽으로 확산되었다. 30분이 지나자 박스 안에서 (c)와 같은 누런색 연기가 조금씩 올라왔다. 발화장면 확인 차, 박스의 뚜껑을 열자, 윗부분의 건조에서 검게 탄 부분 가운데로 (d)처럼 발화가 된 것을 확인할 수 있었다. (시간)분 후 까지 관찰한 결과, (e)와 같이 박스와 건조의 거의 대부분이 연소되었다. 박스 안 쪽의 생석회가 있던 부분을 확인해본 결과, (f)와 같이 생석회와 건조가 만나는 부분을 제외하고는 검게 그을린 부분이 없었다.

## IV. 결 론

발열반응 확인 실험을 통해 실제로 생석회가 물과 반응하여, 열을 발생시킨다는 사실을 확인하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 발화 실험을 통해서 충분한 축열이 가능한 조건에서는 생석회와 물의 발열반응을 통한 발화가 가능함을 확인할 수 있었으며 생석회가 발화의 원인이 될 수 있을 실제로 확인할 수 있었다.
2. 본 연구를 통해 얻어진 자료들은, 충분한 축열을 해주지 않았을 때의 발화 실험에서의 반응 정도만 알고 있는 생석회 취급자들에게 그 취급 부주의로 인한 화재발생이 가능하다는 것을 알 수 있도록 하는 홍보 자료로 사용될 수 있을 것이다.

## 참고문헌

1. 화학물질화재, 최돈묵, 중앙소방학교, 2005
2. 대한손해보험협회, 『화재조사실무가이드』, 2002
3. 화학물질화재, 최돈묵, 광주소방학교, 일본화재조사, 2002.