

연소시험법에 의한 산화성물질의 위험성 평가
Risk Evaluation of Oxidizing Substances by Burning Test Method

鄭 國 三*
Kook-Sam Chung

ABSTRACT

This paper was concerned with the risk evaluation of oxidizing substances by burning test method.

The samples were prepared the heaped cone-shaped mixtures of solid oxidizing substance with sawdust, and ignition of the sample was made on contact with heating wire inside the combustion chamber that the temperature and humidity of atmosphere can be kept at 25°C and 60% respectively.

Accordingly, it were measured the combustivity effect of mixing ratio and amount of sample weight on the burning rate.

As a result of burning test of these samples, it could be noticed that the case when the sawdust has so and 30 wt.% in the mixing ratio shows effective combustivity, and as the amount of sample weight was increasing, it showed more rapid burning time.

So the average burning time could be obtained by considering the weighting factors to the parameters of the mixing ratio and the amount of sample weight.

Finally, it was compared with the effects of cation and anion of oxidizing substances and also applied analytically to the classification and evaluation of oxidizing substances as dangerous goods.

* 종신회원 : 忠北大學校 工科大學校 産業安全工學科

I. 序論

酸化性物質의 연소위험성은 지금까지 오랜 기간 동안, 그 물질을 취급하여 온 경험에 의해 행하여져 왔지만, 최근에는 이를 화학물질의 위험성 평가 차원에서 여러 방법이 제안되어, 이의 합리적인 정량 평가를 기하는 해석적인 연구가 활발히 진행되고 있다.

즉, 산화성물질의 경우, 연소시험 및 기폭시험에 의해 위험성을 평가하고 있는데, 이 중, 연소시험법은 산화성물질에 sawdust나 cellulose 분말 등의 가연물을 혼합한 것을 착화시켜, 연소 시간 및 속도 등의 연소특성을 비교하여 평가하는 것으로서, IMO법^{2) 4)}, TNO법^{4) 6)}, 미국 광산국법⁷⁾, Pot법⁴⁾ 등이 제안되고 있지만, 아직까지 국제적으로 제도로 정립하여 행하여지고 있지는 못하고 있다.

따라서, 본 연구는 국제연합 경제사회이사회의 위험물 수송에 관한 전문가 위원회가 산화성물질로서 분류, 제시하고 있는 주요 산화성고체에, 助燃劑를 혼합시킨 원추형 퇴적체의 시료를 착화시켜, 연소시간의 측정 및 영향인자 간의 상관도를 해석하고 합리적인 연소속도를 구하여 보았다. 그리고, 이를 연소위험성의 등급 분류에 적용하여 보고, 현행 분류와의 비교·검토 및 문제점을 제시하여 보다 체계적인 산화성물질의 위험성 평가와 아울러 기준 시험법의 정립을 기하기 위한 기술 자료로서 활용하여 보고자 하였다.

II. 實 驗

2.1 試料

시료로 사용된 물질은 酸化性物質과 兆燃劑의 一定重量比로 한 분말 입자 형상의 혼합물로서, 다음과 같이 선정, 사용하였다.

2.1.1 酸化性物質

산화성물질로는, 소방법 상 제1류 위험물이고, IMCO(Inter-Governmental Maritime Consultive Organization)의 위험물 규약상 위험물질(Class 5.1)로 분류하고 있는 81種의 물질 중에서 籃類別로 1級 시판 시약용의 산화성고체 25種을 취하여 시험에 사용하였는데, 표 1에서와 같이 구분하여 보았다.

Table 1. Classification of used oxidizing substances

cation anion	alkali metal or alkaline earth metal
chlorate	Na, K
perchlorate	Na, K, Ba
peroxide	Ba
nitrate	NH ₄ , Li, Na, K, Sr, Ba, Pb*
permanganate	K
chlorite	Na, K
bromate	Na, K
iodate	K
dichromate	NH ₄ , K
hypochlorite	Ca
nitrite	Na, K, Ag*
persulfate	NH ₄ , K

(주) * : Typical or transition elements

2.1.2 助燃劑

조연제로 연소시험에 사용된 것은 木粉으로서, 미국산 나황 목재를 분쇄한 -30 + 50[mesh]의 일정한 입도 분포를 갖는 것을 사용하였는데, 이의 선정은 목분 중에서 산화성고체와의 혼합성 및 연소성이 우수한 粒度 및 樹種인 것으로 확인되었기 때문이다.¹⁵⁾

2.1.3 試料의 調劑

산화성고체와 목분의 혼합에 있어, 목분의 함유량을 10~40[wt. %]의 범위로 변화시킨 일정량의 혼합물을 조제하여, 원추형(직경 : 높이 = 7 : 4) 용기에 의해 원추상의 퇴적형으로 한 것을 연소시험의 시료로 사용하였다.

이 경우, 목분과 산화성고체 별의 겉보기 밀도의 차이가 있어, 각 시료의 조제는, 혼합시료량을 7.5~30.0[g]의 범위에서 변화시켜, 이에 적합한 원추형 용기를 취하여 조제, 성형하였다.

그리고, 시료의 조제에 있어, 혼합물 중의 수분의 함유는 연소시험에 영향을 주기 때문에, 산화성고체는 시약 용기내에 밀봉, 보존하고, 목분은 105[°C]에서 4시간 건조시켰다. 그리고, 건조제가 들어 있는 bolck box내에서 이들의 칭량, 혼합 및 조제, 성형을 행한 후, 즉시 연소시험을 행하였다.

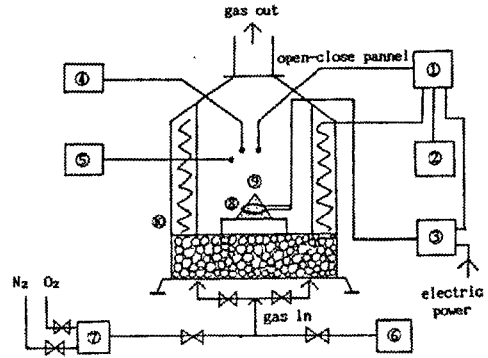
2.2 試驗 裝置

본 실험에서 사용된 연소시험 장치는 그림 1과 같다. 즉, 동 장치 중에서의 연소실은 80 × 80 × 80 [cm]의 내용적으로, 내면은 불연성 및 내열성 재료로 하였고, 선면에는 내열 유리창(d = 20cm)을 부착시켜 착화 및 연소상화를 관찰할 수 있도록 하였다.

그리고 연소실 내의 분위기 온도는 니크롬선 발열체(9KW용량)에 의해 常溫~600[°C] 범위를 programmable temperature controller(PID型)에 의해 ±2[°C]로 유지될 수 있도록 하였으며, 상대습도는 spot형 공기조절기에 의해 60 ± 20[%]로 조절되도록 하였다.

그리고, 풍속은 0.3[m/s]로 oxygen indexer 및 air compressor에 의해 燒結 alumina ball(d=5mm)로 적층시킨 연소실 하단부로부터 공급하여, 시료의 연소에 필요한 공기 또는 가스 분위기를 유지하도록 하였다. 또한, 선택적으로 연소가스의 성분을 측정하기 위해 가스분석장치(IMR-3000P)를 연결 설치하였다.

2.3 實驗 方法



- ① Temperature Controller
- ② temperature Recorder
- ③ Electric Power Transformer
- ④ Relative Humidifier
- ⑤ Gas Analyzing Computer
- ⑥ Pot Air Conditioner
- ⑦ Oxygen Indexer
- ⑧ Ignition Heating Wire
- ⑨ Sample
- ⑩ Burning Furnace

Fig. 1 Schematic Diagram of Burning Test Apparatus

助燃劑(木粉)와 일정한 중량비로 혼합한 酸化性物質의 試料는 그 용적에 대응하는 圓錐狀(D : H = 7 : 4)의 성형 용기에 堆積·滿載시키고, 이를 불연성의 내열판 위에 얹어 놓은 원추상의 퇴적체로 하여 연소실 중앙부에 靜置시킨다. 이 때, 연소실 내의 분위기는 별도의 조건이 없는 한, 25°C의 온도와 60 ± 5%의 상대습도 및 0.3[m/s]의 풍속을 유지시켜 발열체에 의해 시료 표면을 착화시킨다. 착화는 약 800~900°C로 赤熱한 圓輪狀의 니크롬熱線을 원추형 퇴적시료의 底面에서부터 원추 높이의 0.2배가 되는 원둘레 시료 표면에 착화 및 연소가 확인될 때까지 접촉시켜 행하였다.

연소시간은 有炎연소의 경우, 착화하면서부터 시료 전체의 양이 消炎될 때까지를, 無炎연소의 경우는 마찬가지로 빛이나 연기가 보이지 않을 때 까지로 하였으며, 유염연소와 무염연소가 병행할 때에는, 양쪽의 경우를 적용하여 구하였다. 또한, 지속적인 연소가 되지 못하고 도중에 不燃되거나, 간헐적인 연소를 하

는 부분연소의 경우에는, 재차 着火시켜 연소지속시간을 각각 측정하여, 이 중에 최소값의 것을 연소시간으로 취하였다. 그리고, 연소시간에 따른 영향인자간의 상관도의 해석 및 UN방식에 의한 연소위험성의 등급 구분과의 비교·고찰에 있어서는 이의 최소값을 산화성물질의 단위 중량당의 연소시간을 환산하여 행하였다.

III. 實驗 結果

3.1 熱安定性 試驗

본 실험에서 사용하는 시료에 대한 열안정성을 검토하여 보기 위하여, 미국과 일본에서 제시하고 있는 등급 기준물질인 산화성고체에 조연제(木粉)를 혼합한 시료의 발열성을 常壓 示差走査熱量計에 의해 측정하여 보았다. 즉, 그림 2의 밀봉cell DSC곡선에서와 같이, 木粉은 185[°C] 부근에서 발열하기 시작하여 373[°C]에서 발열 peak를 보여주고 있다. 그리고, 木粉을 혼합한 potassium bromate, potassium chlorate시료(혼합중량비는 산화성물질 : 조연제 = 4 : 1)의 발열 peak는 각각 467, 610[°C]를 나타내었는데, 이는 木粉과 산화성물질 만의 발열 peak 온도(potassium bromate = 467°C, potassium chlorate = 610°C) 범위 내에서 발열 반응이 진행되고 있었다. 한편 ammonium persulfate의 경우는 상대적으로 낮은 온도(156°C)에서 발열분해반응이 일어나는 현상을 나타내고 있었다.

3.2 燃燒 試驗

산화성물질에 조연제를 일정 중량비로 혼합시킨 시료들에 대한 연소성 시험을 하였는데, 각 시료별의 유염연소와 무염연소 및 부분연소를 구별하지 않고 연소시간을 구하여 보았다. 그리고 혼합비의 경우, 조연제의 양을 일정하게 취하고 산화성물질의 양을 변화시켰으며, 혼합량의 경우는 적정 혼합비에서 시료량을 변화시켜 봄으로서, 혼합비 및 혼합량의 변화로 인한 연소 영향을 검토하여 보고자 하였다. 이에

따라 측정된 시료의 연소시간은 산화성물질의 단위 중량당의 연소시간으로 취하여, 이하의 실험에서 연소성을 비교·고찰하였다.

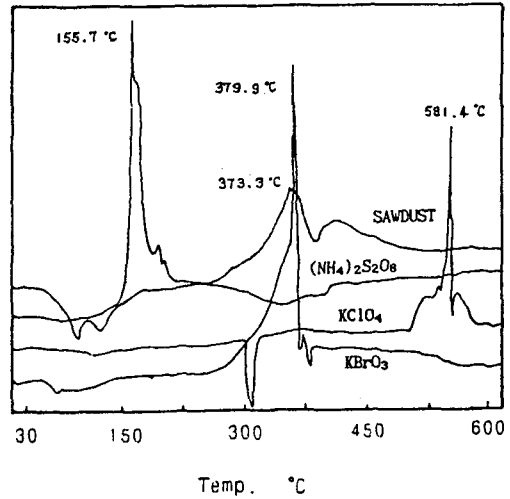


Fig. 2 DSC curve of oxidizing substance with sawdust of 20wt. % content

3.2.1 혼합비의 영향

먼저 조연제인 木粉을 일정량(3g)으로 하고, 산화성물질의 양을 이의 상대적인 중량혼합비로 변화시켜 조제한 시료들에 대한 연소시간을 측정하여 보았다. 즉, 籃類別로 그림 3의 (a)~(d)에 나타내어 보았는 바, 전반적으로 비교하여 볼 때, 산화성물질의 함량이 많아질 수록 연소시간이 빨라지는 경향을 보여 주고 있었다. 그러나, chlorate와 nitrite 및 일부 nitrate의 籃類別의 경우에는, 이들의 함량이 80wt.%에서 최대연소속도를 나타내고 90wt.%로 증가하면서 연소속도가 낮아지고 있었다. 특히 90wt.% 함량의 경우에 있어, 무염연소를 행하는 sodium dichromate는 이 보다 낮은 함량일 때와는 달리, 不燃性으로 연소시간을 측정할 수 없었으며, nitrate籃類는 모두 부분연소 현상을 나타내어 재착화로 인한 연소시간 측정에 정확성을 기하기가 어려웠다.

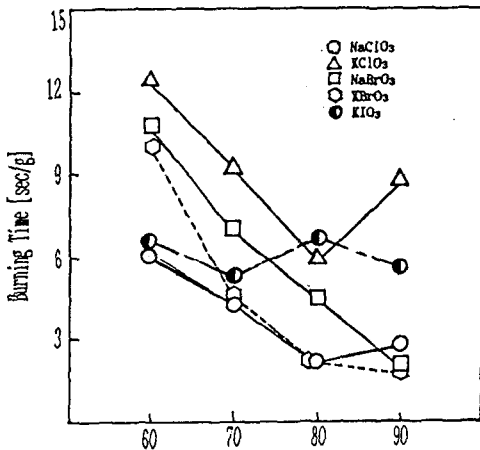
그리고, 산화성물질의 함량이 60wt.%인 경우와 같이, 조연제의 함량이 상대적으로 많은 시료에 있어

서는 보다 낮은 연소속도를 갖게 되어, 다른 鹽類에 비하여 연소성이 좋지 않은 것으로 알려져 있는 persulfate 및 일부 nitrate의 鹽類는 그 경향이 보다 현저하였다.

이와 같이, 조연제의 함량이 상대적으로 적게 혼합되면, 불연 및 부분연소를 일으키기가 쉬워지며, 반면에 많이 혼합될 때에는 연소속도가 낮아지고 있었다. 따라서, 이러한 관점에서 검토하여 볼 때, 산화성

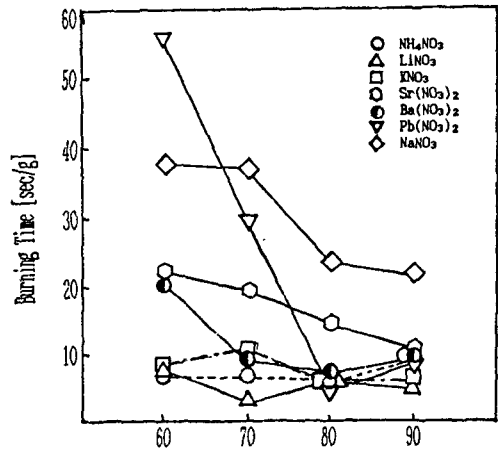
물질의 연소성을 측정하는데는, 이의 함량이 70 및 80wt.%로 혼합된 시료가 적절하다고 판단되어 진다.

이는 英國의 International Maritime Organization (IMO)방식에 의한 연소시험에서 산화성물질이 50wt.%의 함량에서 가장 좋은 연소성을 부여하고 있는 측정치⁴⁾와는 시험방법의 차이가 있기는 하지만 다소 그 경향에 차이를 나타내고 있었다.



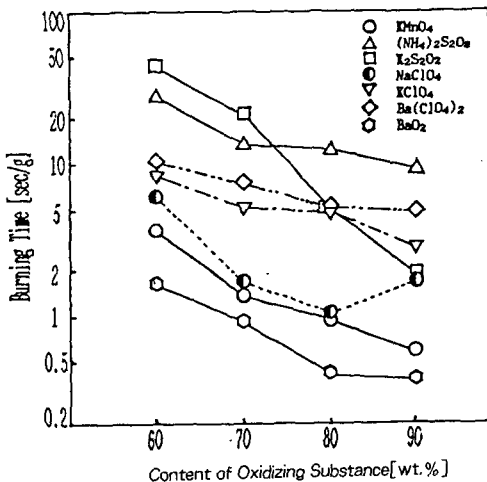
Content of Oxidizing Substance[wt.%]

Fig. 3(a)



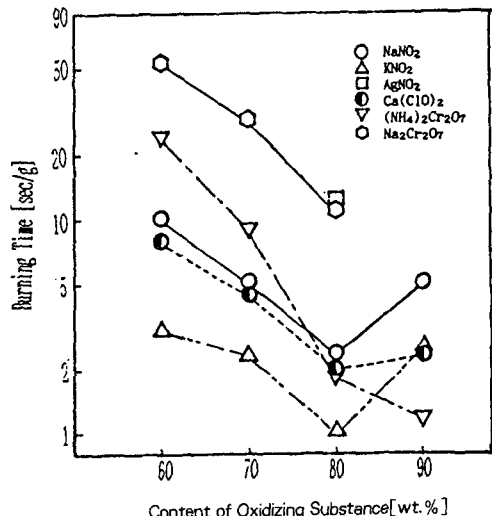
Content of Oxidizing Substance[wt.%]

Fig. 3(b)



Content of Oxidizing Substance[wt.%]

Fig. 3(c)



Content of Oxidizing Substance[wt.%]

Fig. 3(d)

Fig. 3 Effect sawdust content on the burning time of oxidizing substance-sawdust mixtures

3.2.1 시료량의 영향

산화성물질의 연소성을 시험하는데 있어, 적정의 조연제 함량으로 고찰된 20[wt.%] 및 30[wt.%]의 혼합비에서 시료의 양을 변화시켜 측정된 결과를 그림 4 및 그림 5에 나타내었다.

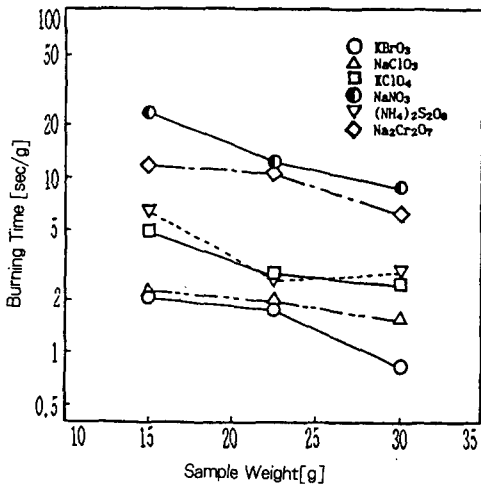


Fig. 4 Effect of sample weight on the burning time of oxidizing

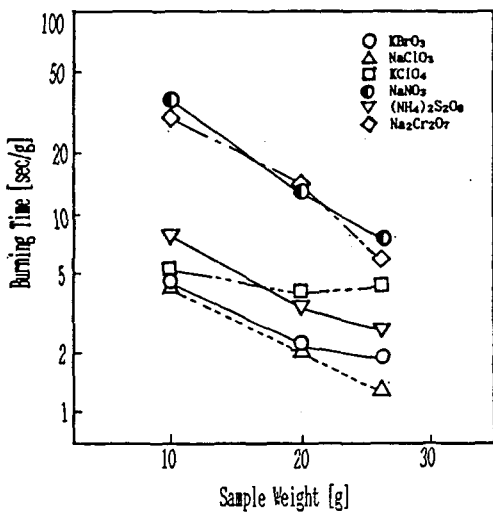
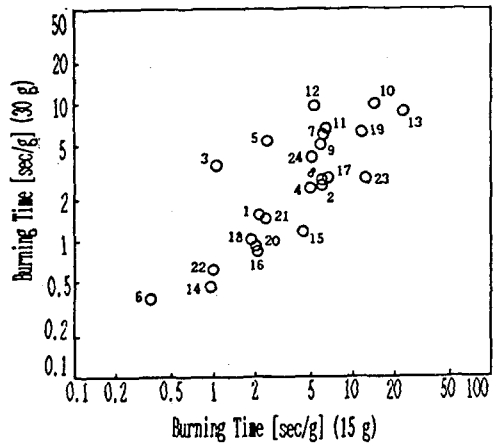


Fig. 5 Effect of sample weight on the burning time of oxidizing substance-sawdust mixtures (sawdust content : 30wt.%)

시료로는 연소성의 등급 기준물질로 제시하고 있는 UN기준(potassium bromate, potassium perchlorate, ammonium persulfate)과 IMO기준(sodium chlorate, sodiumnitrate, sodium dichromate)의 것을 측정, 비교하였는데, 이들 시료의 양을 증가시킬 수록 연소속도가 상대적으로 빨라지고 있었다. 또한 조연제의 함량이 20[wt.%]인 경우가 30[wt.%]인 경우일 때 보다 전반적으로 연소성이 양호하였고, postassium bronate의 경우에는 그 경향이 현저하였다. 다만, 본 실험에서의 시료의 양은 실험상의 한계로 UN에서 제안하고 있는 시험기준량인 30g이내에서 행하였지만, 연소성에 대한 보다 명확한 경향을 고찰하기 위해서는 이 보다 많은 양의 시료를 취하여 시험을 행하여 보는 것이 요망되며, 추후의 과제로서 다루어져야 하리라 사료된다.

그리고, 시료량의 상대적인 변화에 의한 연소시간의 상관성을 검토하여 보고자 하였다. 즉, 그림 6에 20[wt.%] 조연제 함량의 10g과 20g 시료 간의 연

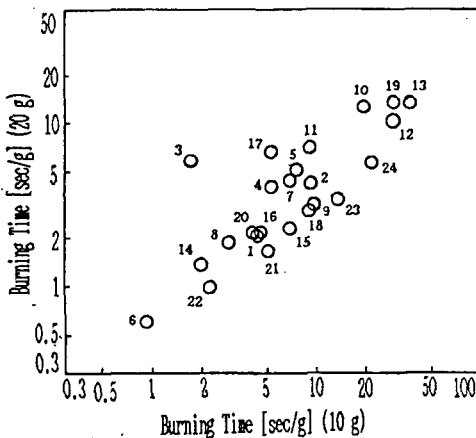


- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| 1. Sodium Chlorate | 8. Lithium Nitrate |
| 2. Postassium Chlorate | 9. Potassium Nitrate |
| 3. Sodium Perchlorate | 10. Strontium Nitrate |
| 4. Potassium Perchlorate | 11. Barium Nitrate |
| 5. Barium Perchlorate | 12. Lead Nitrate |
| 6. Barium Peroxide | 13. Sodium Nitrate |
| 7. Ammonium Nitrate | 14. Potassium Permanganate |

- | | |
|-------------------------|--------------------------|
| 15. Sodium Bromate | 20. Calcium Hypochlorite |
| 16. Potassium Bromate | 21. Sodium Nitrite |
| 17. Potassium Iodate | 22. Potassium Nitrate |
| 18. Ammonium Dichromate | 23. Ammonium Persulfate |
| 19. Sodium Dichromate | 24. Potassium Persulfate |

Fig. 6 Relation of burning time in the sample weight of 15g and 30g(sawdust content : 20wt.%)

소시 시간을 兩對數 좌표에 의해 나타내었는데, 상관계수는 0.858의 값으로 계산되어 그다지 양호한 대응을 하지 못하고 있다. 또한 30[wt.%] 조연제 함량의 경우도 그림 7에서와 같이 15g과 30g 시료간의 상관계수가 0.822로서, 앞의 경우에 비하여 보다 낮은 상관도를 나타내고 있다. 이는 적정 혼합비로 고찰되고 있는 동 혼합비 간에서 시료 함량의 변화에 따른 연소시간의 상대적인 속도비에 차이를 보이고 있는 것과 같이, 동일 혼합비 하에서의 시료 함량의 변화도 이의 차이가 있음을 의미하고 있다. 즉, 시료의 양을 변화시켜 가면, 혼합비 변화의 경우와 같이 산화성물질 자체 및 시료간의 상대적인 연소속도의 차이를 보이고 있어, 이들 영향 인자들을 종합적으로 고려하여 연소성을 비교·평가하는 것이 바람직스럽다.



- | | |
|-----------------------|--------------------------|
| 1. Sodium Chlorate | 2. Potassium Chlorate |
| 3. Sodium Perchlorate | 4. Potassium Perchlorate |

- | | |
|----------------------------|--------------------------|
| 5. Barium Perchlorate | 15. Sodium Bromate |
| 6. Barium Peroxide | 16. Potassium Bromate |
| 7. Ammonium Nitrate | 17. Potassium Iodate |
| 8. Lithium Nitrate | 18. Ammonium dichromate |
| 9. Potassium Nitrate | 19. Sodium dichromate |
| 10. Strontium Nitrate | 20. Calcium Hypochlorite |
| 11. Barium Nitrate | 21. Sodium Nitrate |
| 12. Lead Nitrate | 22. Potassium Nitrate |
| 13. Sodium Nitrate | 23. Ammonium Persulfate |
| 14. Potassium Permanganate | 24. Potassium Persulfate |

Fig. 7 Relation of burning time in the sample weight of 10g and 20g(sawdust content : 30wt.%)

3.2.3 Cation 및 Anion의 영향

각 물질별 연소성을 anion 및 Cation별로 정리하여 보았다. Anion에서는 나트륨 및 칼륨의 염을 Cation에서는 nitrate의 염이 대표적인 물질로서, 이의 연소속도를, 표 2의 계산값에 의해 빠른 순서로 배열하여 보았다. 즉, 나트륨염에서는 chlorate > perchlorate > bromate ≅ nitrate > nitrate > dichromate 이었고, 칼륨염에서는 permanganate > nitrite > bromate > perchlorate > iodate > nitrate > chlorate > persulfate의 순서를 나타내었다.

다만, 이들 兩者간의 일괄적인 위험성을 비교할 수는 없었지만, chlorate와 perchlorate는 나트륨염이, bromate와 nitrite는 칼륨염이 보다 연소성이 양호하였다. 그리고, 본 실험에서 행한 시료 중에는 barium peroxide의 경우가 가장 연소성이 좋아, 10[wt.%]의 목분 함량인 20g의 시료에서 0.29[s/g]의 연소속도를 나타내는 위험성이 가장 큰 물질로 측정되었다.

또한, cation의 영향에 대하여 비교하여 보면, nitrate 염은 Na⁺ > Li⁺ > K⁺ > NH₄⁺ > Ba²⁺ > Sr²⁺ > Pb²⁺ > Na⁺의 순서 경향을 보이지만, 대부분 부분연소를 일으키고 있어 다른 염類에 비하여 연소속도가 낮은 값으로 측정되었다.

그러나, 산화성물질로 분류된 모든 염類에 대한 것

이 아니고 선정된 부분적인 물질에 대하여 비교하였기에 명확한 규칙성은 판단할 수가 없었다.

IV. 考察 및 檢討

지금까지 산화성물질의 연소위험성을 연소시간에 의해 평가한 연구들은, 조연제와 혼합한 시료를 일정한 혼합비와 혼합량의 조건에서 구하여진 연소시간을 기준 등급 물질에 의해 단일적으로 비교·분류하여 왔다. 그러나 물질의 분위기 및 상태 조건 등의 변화를 감안한 평가 기준의 미정립과 시험조건 차이 등으로 측정치가 각기 달라 합리적인 분류, 평가를 기하지 못하고 있는 실정이다. 이는 본 실험조건 하에서 행한 시료들의 연소성에 있어서도, 혼합비 및 혼합량 등을 변화시킴에 따른 연소시간이 물질의 종류에 따라 상관성이 크지 못하고 일관적이지 못한 것을 확인할 수 있어, 이들의 연소위험성을 평가하는 차원에서는, 이러한 영향 인자들을 감안한 보다 타당성이 있는 평가 방법을 강구하여야 할 것이다. 따라서, 이와 같은 방안의 하나로서, 본 실험 범위내에서 각 조건하에 측정된 연소시간을 다음과 같은 과정에 의해 영향 인자별로 적용, 합산하여 구한 평균연소시간을 취하여 취험성을 비교 분류하는 방안을 제시하여 보고자 한다.

- 1) 시료 별로 측정된 연소시간은, 산화성물질의 중량 당의 연소시간으로 환산하여 구한다.
- 2) 혼합비의 변화 별 시험의 경우에는, 연소성의 정도에 따라 혼합비 별 가중치(α)를 적용하여, 각 시료별 연소시간에 積算하여 평균 연소시간을 구한다. 이 경우, 각 변화 조건 별 가중치의 총합은 1.0이 되도록 한다. 참고로, 본 실험에서 적용한 혼합비 별 가중치는, 조연제의 함량 기준으로 10wt.% : 0.2, 20wt.% : 0.4, 30wt.% : 0.3, 40wt.% : 0.1으로 하였다.
- 3) 혼합량의 변화 별 시험의 경우에는, 산화성물질의 함량 비율로 가중치(β)를 적용하여 2)의 경

우와 같은 방법으로 평균연소시간을 구한다. 혼합비 및 혼합량의 변화별 시험이 병용하는 경우에는, 2)와 3)의 경우를 모두 적용하여 구한다.

이에 따라, 각 시료 별로 계산된 평균연소시간을 기준으로 연소위험성을 분류하여 나타내어 보았다(표 2). 즉, 대분류(I~IV)의 경우, 각 등급 기준 물질에 의한 상대비교로 행하였고, 소분류(a~c)의 경우, 동일 등급 내에서 기준등급 간의 산술 평균치보다 낮은 값이면 a, 큰 값이면 b로 하였다. 또한 위험등급 외로 판정되는 물질 중에, III등급 기준물질의 연소시간보다 10wt.%이상 크지 않은 경우에는 이를 c로 하여 III-c등급의 위험성으로 분류하여 보았는데 이는, 위험성의 차원 및 실험상의 오차 등을 감안하여 본 것이다. 이들 소분류는 별도의 분류기준에 의한 것은 아니었지만, 보다 위험성을 세분하여 보고자 하는 관점에서 제시하여 본 것이다.

그리고, UN기준¹⁾ 및 上原¹¹⁾에 의해 30g의 시료에 대하여 평가된 분류와 비교하여 보았는데, 각기 시험법의 차이가 있기는 하지만, 등급 판정이 상이한 경우를 나타내는 것도 있었다.

따라서, 산화성물질의 분위기 조건(온도, 습도 등) 및 성형, 혼합상태의 변화에 따른 연소성과 충격감도 시험 등에 대한 충분한 연구·검토와 종합적인 고찰을 통하여, 이에 대한 국제적인 시험법, 평가기준 및 위험 등급 분류가 정립되도록 노력하여야 할 것이다.

V. 結論

산화성물질을 조연제와 혼합시켜 원추상의 퇴적형의 한 혼합시료를 연소시켜, 연소시간으로부터 연소위험성을 평가한 본 연구 범위내에서, 다음과 같은 결과의 개요를 얻을 수 있었다.

- 1) 연소 방식에 있어, 발열체에 의해 木粉과 혼합한 원추 퇴적형 시료를 착화시켜 산화성고체의 위험성을 평가할 수 있었으며, 木粉의 함량이 20~30[wt.%]이고, 시료의 양이 많은 경우일

Table. 2 Classification of Burning Risk Level in the Oxidizing Substances

Oxidizing Substance	Average Burning Time[sec/g]	Classification of Burning Risk Level		
		CHUNG	UN standard ³⁾	上原 ¹⁾
Sodium chlorate	2.74	II - a	II	I
Potassium chlorate	6.25	III - a	II	II
Sodium perchlorate	3.40	II - b	II *	II
Potassium perchlorate	4.06	II	II	II
Barium perchlorate	5.17	III - a	II	I
Barium peroxide	0.59	I - a	II	I
Ammonium nitrate	6.51	III - a	III	III
Lithium nitrate	4.03	II - b	III	II
Potassium nitrate	5.77	III - a	III	II
Strontium nitrate	13.36	-	III	II
Barium nitrate	8.89	III - b	II	III
Lead nitrate	15.45	-	II	III
Sodium nitrate	18.35	-	III	II
Potassium permanganate	1.23	I - a	II	II
Sodium bromate	3.54	II - b	II	II
Potassium bromate	2.73	I	II	I
Potassium iodate	5.30	III - a	-	II
Ammonium chromate	4.69	III - a	II	II
Sodium chromate(2H ₂ O)	19.61	-	-	-
Calcium hypochlorite(Cl)60%)	2.62	I - b	II or III	II
Sodium nitrite	3.57	II - b	III	II
Potassium nitrite	1.53	I - b	II	II
Silver nitrite	12.63* ²⁾	-	-	-
Ammonium persulfate	9.12	III	III	III
Potassium persulfate	9.76	III - c	III	III

注) * 1) 조연제 함량이 20 [wt. %]와 50 [wt. %]인 시료(30g)의 측정치에 의한 분류

* 2) 조연제 함량이 20 [wt. %]인 시료(15g)의 측정치

수록 보다 연소성이 양호하고 연소시간의 측정
에 유리하였다.

2) Barium peroxide의 경우, 10[wt. %]의 木粉
함량의 試料(20g)에서 0.29[sec/g]의 가장 빠
른 연소시간을 나타내었다.

3) 산화성물질의 cation 및 anion의 연소성 영향
에 대한 결과에 있어, 한정적인 시료의 실험으로
다소의 異論이 있으나, 전반적으로 불 때, ani-
on의 경우는 peroxide > permanaganate > ni-
trite ≅ bromate > chlorate ≅ perchlorate 의

순서로 위험성을 나타내었으며, nitrate 및 dichromate는 위험성이 보다 낮았다. 그리고 cation의 경우는 Na鹽 및 K鹽이 거론되고 있지만, 위험성에 대한 일반적인 경향을 얻기가 곤란하였다.

- 4) 산화성물질과 조연제의 혼합비 및 혼합량 등의 시험조건들을 변화시킴에 따른 연소시간의 상대성은 다소 낮은 상관계수를 나타내고 있어, 이들 변화조건에 상대적인 가중치를 부여하는 방법으로 산화성물질의 평균연소속도를 구하여, 이를 산화성물질의 연소위험성에 대한 단일이고 세부적인 등급 분류를 기하는데 적용하여 보았는 바, 이와 관련된 해석적이고 체계적인 평가 기법의 개발을 위한 연구는 추후 과제로서 해결하고자 한다.

감 사

본 논문은 1991년도 교육부 지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

〈 參 考 文 獻 〉

- 1) United Nations, Committee of Experts on the Transport of Dangerous Goods, ST/SG/AC/CPR. 13/Add. 10, Annex to the Draft Report Addendum 10, Tests Adopted by the Committee, Annex, Chapter 11-Special Recommendation Relating to Class 5, 10 December 1986.
- 2) IMCO Subcommittee on the Carriage of Dangerous Goods, Status Report on the Formulation of Criteria for Class 4 and 5.1, Submitted by the United Kingdom, CDG XXX II /INF. pp. 4, 11 November 1980
- 3) United Nations, Recommendation on the Transport of Dangerous Goods, Fourth Re-

- vised Edition, pp. 5(1986)
- 4) Y. Uehara and T. Nakajima, Proposal of a New Test Method for the Classification of Oxidizing Substances, J. Hazard. Materials, pp. 10, 89 (1985)
- 5) 吉田忠雄ら, 固體酸化劑の火災, 爆發危險性との評價方法, 災害の研究, pp. 16, 218(1986)
- 6) 吉田忠雄ら, “不安定物質의 燃速試驗의 研究, IMCO法と TNO法”, 災害の研究, pp. 14, 222 (1983)
- 7) 吉田忠雄編, “化學藥品의 安全”, 大成出版社, p. 17, pp. 20691982)
- 8) 吉田忠雄, 田村昌三, “反應性化學物質と 火工品の 安全”, 大成出版社, pp.277~291(1988)
- 9) 難波柱芳, “危險物質總論”, 第6回安全工學세미나, 日本安全工學協會, pp. 35(1987)
- 10) 上原陽一, “危險物 第1類 あよび第6類試驗法”, 安全工學, pp. 27, 219(1988)
- 11) 上原陽一, “燃焼法による酸化性物質의 危險性評價”, 災害科學研究會, pp. 1(1987)
- 12) 日本消防試驗研究센터, “危險物의 試驗方法に係る問題點”, 第13回危險物委員會會議資料 (1988)
- 13) 井上吉勝, “酸化劑의 反應性と 危險性의 評價 I)”, 安全工學, pp. 26, 91(1987)
- 14) 鄭國三, “酸化性物質의 燃焼危險性 評價”, 忠北大學校 産業科學技術研究所 論文集, pp. 4, 55 (1990)
- 15) 姜敏鎬, “酸化性物質의 燃焼時間에 따른 危險性 評價”, 忠北大學校 大學院 碩士學位論文, p. 19(1991)