

분말소화약제에 대하여

박영근 / 기초시험실 연구원

1. 서론

화재를 소화하는데 있어서는 물을 사용하는 것이 일반적이지만 소화매체로 물이외에 포, 불연성 가스, 분말 등의 여러종류가 있음을 알고 있다.

본 고에서는 분말소화약제에 있어서 주로 소방법을 중심으로 소개하고자 한다.

또한 소방법에서의 분말소화약제라고 되어 있어 본 고에서는 이 용어를 사용하기로 한다.

2. 분말소화약제의 역사

분말소화약제의 역사에 있어서 명확하게 소개된 문헌은 없지만 분말소화약제에 관한 문헌 시초는 1910년경 여러나라에서 발표 되었다.

분말소화약제 주용도로부터 판단하면, 초기 화재용의 소화기의 변천과 동시에 분말 소화약제의 개발이 진행되었다고 한다.

그리고, 국내의 소화기 역사를 살펴보면 최초의 소화기로는 중탄산나트륨(NaHCO_3)의 수용액과 황산(H_2SO_4)을 화합시켜 만든 산알카리소화기가 판매되었다.

이 소화기는 목재 등의 A급화재에 적용하였지만, 석유 등의 B급화재에는 부적당한 것으로 나타났다. 그래서 B급화재에도 적용하는 액체를 주원료로하는 화학포와 할로겐화합물 소화기가 등장한 후 중탄산나트륨(NaHCO_3)의 분말소화약제를 사용한 소화기가 제조 되었다.

중탄산나트륨(NaHCO_3)의 분말소화약제를 충약한 원형통 모양의 양철제(뽀프식)살포기라고하는

소화기가 시장에 등장하였는데 이것이 분말소화약제의 이용의 시초라 한다.

분말소화기가 오늘날의 형태가 된 것은 1960년 초경에 일본등의 기술을 도입하여 중탄산나트륨(NaHCO_3)을 주원료로하는 약제를 충진한 소화기가 판매되기 시작했다.

이후 1960년말경에 중탄산나트륨(NaHCO_3)보다도 소화력이 우수한 중탄산칼륨(KHCO_3)의 약제, 1970년초에 제1인산암모늄($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$)의 주성분으로한 약제가 이 보다 늦게 중탄산칼륨(KHCO_3)과 요소($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$)가 화합된 약제가 등장하여 현재에 이르고 있다.

현재 생산되고있는 분말소화약제는 소화기 뿐만 아니라 방화대상물, 위험물시설용 소화설비 이용되고 있지만 그 대부분의 분말소화약제는 소화기에 사용되고 있는 상태이다.

여러가지의 분말소화약제 중에서도 제1인산암모늄($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$)의 약제 다시말하면, 분말ABC소화약제가 97% 이상을 차지하고 있다.

또한 다양한 종류의 소화기가 있지만 분말소화기가 차지하고 있는 비율은 95% 이상이다.

분말소화약제의 기준은 1974년 9월에 소방용기계·기구등의 검정에 관한 규칙이 제정 되면서 1974년 9월 분말소화기의 규격과 동시에 제정되었고 그 후 1990년 2월에 소화약제의 검정기술기준으로 개정되어 오늘에 이르고 있다.

검정기술기준이 개정되면서 분말소화약제의 제조기술은 착실하게 발전되어, 특히 표면처리의 가공기술에 있어서는 초기의 기술에 비하여 많은 개선이 되었다.

산업 발전에 따라서 리튬(Li), 나트륨(Na), 마그네슘(Mg) 등 산업에 사용되는 특수한 금속의 종류도 증가되어 그 량도 많아지고 있다. 이러한 금속 가운데서 분진폭발을 일으키거나, 물과 반응하여 수소폭발을 일으킬 수 있는 금속도 있다.

이러한 금속들이 화재를 발생하는 경우 앞에서 서술한 분말소화약제로는 소화하기 어려운 경우가 있다. 따라서 각종 염류(類)를 주원료로 한 금속화재에 적용하는 소화약제가 시장에 등장하였다.

3. 분말소화약제의 종류

현재 소방법에 규정되어진 분말소화약제는 [표 1]에 표시된 4종류가 있다.

[표 1] 소방법에 의한 분말소화약제의 종류

	주 성분	일반호칭
제1종분말	중탄산나트륨(NaHCO ₃)	BC(Na), 중조
제2종분말	중탄산칼륨(KHCO ₃)	BC(K), 카리
제3종분말	제1인산암모늄(NH ₄ H ₂ PO ₄)	ABC
제4종분말	중탄산칼륨(KHCO ₃)과 요소((NH ₂) ₂ CO)가 화합된 분말	KU

분말소화약제의 경우에는 규정약제량에 의한 소화능력, 걸보기비중, 입도, 흡습율, 침입도, 수분함유량, 침강 등이 규정되어 있다.

또한 소화설비에 있어서는 각각의 소화능력 및 대상물에 대한 설비설계기준이 소방기술기준에 관한규칙 제64조 내지 제70조에 규정되어 있다.

4. 분말소화약제의 소화원리

화재를 소화하는 대표적인 원리는

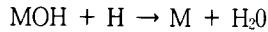
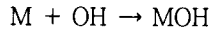
- (1) 냉각효과
- (2) 질식효과
- (3) 희석효과
- (4) 부촉매효과

의 4가지 작용에 의한다.

분말소화약제가 화재를 소화할 수 있는 작용에는 부촉매효과에 의한 것으로 설명 될 수 있다.

다시말하면, 화재중에 분말소화약제를 살포하면 연소의 연쇄반응을 일으키는 물질인 수소(H)와 수산화기(OH)등의 자유라디칼(free radical)이 분말소화약제의 표면에 흡착되어 활성점을 보호, 불활성화시켜 연소의 연쇄반응을 차단하여 순식간에 화염을 진압한다.

이것을 단순한 식으로 표현하면 다음과 같다.



(M 은 분말 표면에 존재하는 이온)

M에 해당하는 것으로는 제1종분말에는 Na⁺, 제2종분말에는 K⁺, 제3종분말에는 NH₄⁺, 제4종분말에는 K⁺가 있다.

이들의 이온이 B급화재에서는 유류의 표면부터

증발한 가스연소의 화염을 소화하고 A급화재에서는 목재 등의 표면에서 분해 탄화반응에 의한 고체표면 연소의 화염과 열분해에 의해 발생한 가스연소의 화염을 소화, 진압한다.

소화능력은 M에 의존하며, K⁺ 및 NH₄⁺는 Na⁺보다도 전자에너지가 높아 소화능력의 효과가 더 크다.

상기 4종류의 분말소화약제 모두 B급화재에 적용한다.

A급화재에 있어서는 앞에서 언급한 B급화재와는 달리 목재와 비슷한 고체 표면으로 부터의 열분해에 의한 탄화반응과 발열(發熱)을 수반한 고체 표면연소도 고려해야만 한다.

화염을 소화시 고체 표면의 열분해를 정지 및 연소의 연쇄반응에 의해 발생하는 발열반응을 제지하지 못하면 적열한부분(「빨강게 남은 숯불」을 말한다)에서 재차 열이 축적, 온도가 상승하여 분

해가스에 의해 착화 화염이 발생할 수 있다.

이러한 경우에 냉각효과가 큰 물을 다량 뿌리면 「빨강계 남은 숯불」까지 소화시켜 재연을 발생하지 못하게 완전소화가 가능하나 분말소화약제는 이 냉각효과를 크게 기대할 수 없다.

따라서 제3종분말 이외의 제1종분말, 제2종분말 및 제4종분말을 분말BC소화약제라 하며, A급화재에는 적응성이 없으며, B급, C급 화재만 적용된다.

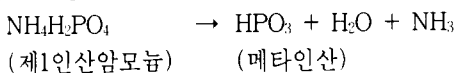
반면에 제3종분말은 분말ABC소화약제라 칭하는데, A급, B급 및 C급화재에 유효하게 적용한다.

이 분말소화약제들을 사용하여 화재를 진압한 후 냉각효과 즉 「빨강계 남은 숯불」을 진정화시켜 재연을 일으키지 못하게 별도의 작용을 갖고 있어야 한다.

다시말하면 이 분말소화약제를 목재 등의 연소물 표면에서의 열분해를 억제하는 파괴작용이라고 하는 이른바 방진작용을 말한다.

이 기구는 다음과같이 설명된다.

주 원료인 제1인산암모늄을 약 360℃ 이상에서 다음과 같이 열분해 한다.



이 분해에서 발생한 메타인산(HPO₃)이 목재표면에 부착침투하여 유리(glass)상의 피막을 이루어 표면연소를 억제하는 작용을 한다.

A급화재에 대한 분말ABC소화약제는 물의 약 4배의 소화능력이 있다고 알려져 있다.

또한, 분말소화약제의 B급화재에 대한 소화능력에 대해서는 중탄산칼륨(KHCO₃)이 가장 우수하다고 알려져 있다. C급화재에서는 전기화재를 표시하며 소화작업자와 주변환경에 통전할 위험성이 없고 전기기기 설비 등을 구성하는 가연물의 화재에 대하여 사용가능한 것을 의미한다.

마지막으로 금속화재용 분말소화약제의 금속화재에 대한 소화원리는 연소하고 있는 금속을 소화약제로 덮어씌워 산소의 공급을 차단하도록 하는 질식작용에 의한 것으로 한다.

이것은 연소하고 있는 금속과 반응을 일으키는 염류(類)가 주원료인 약제는 연소를 확대하는 등 위험도를 증가시킬 수 있는 가능성이 높으므로 약

제의 선정에 있어서 신중을 기우려야하며 적응성에 있어서도 신중한 검토를 하여야 할 필요가 있다.

5. 분말소화약제의 선택

소화대상물과의 적응성 및 소화능력이 분말소화약제의 선택에 있어서 중요한 인자가 된다는 것을 말할 필요가 없다.

분말소화약제가 가지고 있는 본래의 기능을 십분 발휘할 수 없다면 설치되어 있는 소화설비의 가치가 없다고 말할 수 있다.

다시말해 소화기와 소화설비의 설계에 있어서 분말소화약제의 각 종 물성을 십분 고려할 필요가 있다.

분말소화약제에서 요구되어지는 대표적인 물성에는 다음과 같은 것이 있다.

약제를 충전하는 용기의 크기 등에 영향을 미치는 겉보기비중, 소화성능과 방사성능에 직접적인 관계가 있는 입도조성분포, 방사성능에 영향을 미치는 유동성 또한 저장중에 약제의 장기안정성 및 고결성(固結性)의 지표라 하는 흡습성이 있다.

예를들면, 겉보기비중의 너무 작은 것은 용기가 커지는 것을 의미하며 미세한 분말 입자는 소화능력을 높이는데 유효하지만 방사거리가 짧아 화재부위에 도달하는 유효 약제량이 감소함은 물론 방사된 약제가 열기의 상승기류에 의해 위로 비산되어 화점 부위에 도달하지 못할 뿐만 아니라 화염을 둘러싸뒀어 주지못해 좋은 효과를 얻지 못하게 된다.

또한 흡습성이 높으면 용기 등에 저장되어 있는 동안에는 용기내에 존재해 있는 습기가 있으면 공기중에 습기를 흡수하여 약제가 고결(固結)되어 유동성이 감소됨과 아울러 입자간의 응집 원인이 되어 만족한 방사성능이 기대되지 못하는 등 문제가 발생한다.

다시말하면, 분말소화제의 본래의 기능을 발휘하려면 입도조성분포의 관리 및 유동성과 비고결성 등의 품질보증에 되지 않으면 안된다.

이를 위해 제조업자는 원재료의 선정, 분쇄조건, 표면가공, 첨가제 등에 있어서 독특한 기술을 확립

해야 하여 제품의 표준화를 도모해야 할 것이다.

분말소화약제의 유동성과 비고결성을 해결할 수 있는 방법으로는 분자입자 표면을 실리콘수지로 피복처리 가공하거나 고결(固結)방지제 및 유동성 향상제를 첨가하는 등 일반적인 방법이 있을 것이다.

6. ISO규격에 대하여

소방기기설비 등에 관한 국제규격화에 대해서는 ISO/TC21(소방기구 등에 관한 전문위원회)에서 다루어지고 있다.

분말소화약제에 있어서는 TC21/SC6/WG2에서 논의가 완료되어 1987년 6월에

「ISO 7202」라하여 제정 시행되고 있다.

소화약제의 검정기술기준과의 비교를 간단히 소개하면 방사성능 및 소화능력의 평가 방법에 있어서는 사용하는 기기, 소화모형 시험방법이 검정기술기준과 다르기 때문에 생각한다.

여기서는 분말소화약제의 물성 등의 평가방법 및 기준이 다르므로 개념만 소개하고자 한다. 또한 ()는 소화약제의 검정기술기준이다.

가. 겉보기 비중(Bulk density)

사양서의 $\pm 0.1 \text{ g/ml}$ 이내이어야 한다.(0.820 g/ml 이상이어야 한다)

나. 분말입도(Sieve analysis)

입도조성분포에 있어서는 40 μm , 63 μm 의 표준체에 남는량은 공칭값에서 시료전체 중량의 $\pm 10\%$

이상, 125 μm 의 표준체 남는량은 공칭값에서 시료전체 중량의 $\pm 5\%$ 를 벗어나면 안된다.

다. 화학성분(Chemical content)

소화약제의 공칭 화학성분은 소화약제의 중량에 10% 이상이어야 하며 전체 조성의 75%(m/m) 이상을 차지하여야 한다.

허용오차는 소화약제의 50%(m/m) 미만 차지하는 구성물에 대해서는 공칭값의 $\pm 10\%$ 를 넘어서는 않되며 소화약제의 50%(m/m)이상 차지하는 구성물에 대해서는 공칭값의 $\pm 5\%$ 를 넘어서는 않된다.

(• 주성분이 중탄산나트륨(NaHCO_3)인 소화약제는 90중량% 이상이어야 한다.

• 주성분이 중탄산칼륨(KHCO_3)인 소화약제는 92중량% 이상이어야 한다.

• 주성분이 인산염류 등인 소화약제는 제1인산 암모늄($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) 순분이 75중량% 이상이어야 한다.)

라. 독성(Toxicity)

사용조건하에서 인간에 non-toxic 이어야 한다.(규정하지 않음)

마. 발수성(Water repellency)

분말에 수분의 흡수가 육안으로 관찰되지 않아야 한다.

(수면에 살포한 분말이 1시간 이내에 침강하지 않아야 한다)

바. 고화에 대한 내성(Resistance to caking and lumping)

겉보기비중이 증가하지 않을 때까지 진동을 가하여 가흡환경한 다음 건조시킨후 침(needle)을 투입하였을 때 15mm 이상되어야 한다.

(겉보기비중이 증가하지 않을 때까지 진동을 가하여 가흡환경한 다음 건조시킨후 침(needle)을

표준체의크기 (μm)	BC용분말(잔량%)		ABC용분말(잔량%)	
	최소	최대	최소	최대
425	0	0.5	0	0
150	0	1	0	10
75	5	30	12	25
45	X	X	12	25
발침판	70	95	50	70

*표는 검정기술 기준임.

투입하였을 때 15mm 이상되어야 한다)

사. 초저온에 대한 내성((Resistance to extreme low temperature)

-55℃의 환경하에서 1시간 방치한 후 약제를 거꾸로 뒤집었을 때 약제가 5초 이내에 아래로 유동하여야 한다.

(-55℃의 환경하에서 1시간 방치한 후 약제를 거꾸로 뒤집었을 때 약제가 5초 이내에 아래로 유동하여야 한다)

아. 전기절연성(Electrical insulation value)

절연내력이 5 KV 이상되어야 한다(규정하지 않음)

이 외에도 소화약제의 검정기술기준에서는 ISO에서는 규정하고 있지 않는 흡습율과 수분함유율을 항목이 있다

참고로 화재분류에 있어서는 일반적으로 물질연소 특성에 따라서 미국방화협회(NFPA), 국제표준화기구(ISO)에서는 [표2]와 같이 분류하고 있으나, 국내에서는 아직 정확히 명문화하지 못한 실정이다.

7. 결론

일반적으로 발생한 대규모의 화재에서 소량의 유효한 소화기 등이 있었다라면 엄청난 손실이 발생되지 않았을 것이다.

따라서 가연물질에 따라 적합한 소화약제 및 소화기를 선택, 설치 유지관리를 함으로써 피해규모를 최소화시킬 수 있을 것이다.

세상이 복잡 다양해지고 빠른속도로 경제발전이 지속되는 가운데서 인명의 안전을 확보하기 위해서 분말소화약제 등 소방용기계·기구 등의 방재시스템 전체의 발전이 가속화 되길 기원한다.

[표 2] 화재분류

화재분류	미국방화협회(NFPA 10)	국제표준화기구(ISO 3941)
A급	나무, 의류, 종이, 고무 및 다량의 플라스틱과 같은 일반적인 가연성 물질의 화재	통상적으로 유기질인 고체물질의 화재로서 그 연소후에 일반적으로 재가 남는 것
B급	모든 가연성액체, 기름, 그리스, 타르, 유성 페인트, 래커 및 인화성 가스의 화재	액체 또는 액화할 수 있는 고체의 화재
C급	소화약제의 전기 비전도성이 중요한 장소에 통전된 전기제품이 수반된 화재	가스화재
D급	마그네슘, 티타늄, 지르코늄, 나트륨, 리튬 및 칼륨 등과 같은 가연성금속의 화재	금속화재

