

포소화약제 성능시험 소개 및 국내·외 기준비교

Performance test of foam concentrate agent and comparison domestic standard with international standard

노호성 책임연구원

1. 개요

포소화약제는 발포기구(mechanism)에 의해 크게 화학포 소화약제와 공기포 소화약제로 나누어진다. 화학포(chemical foam)는 산성액과 알칼리성액의 화학반응에 의해 발생하는 탄산가스를 핵으로 한 포이고, 공기포(air foam)는 물과 약제의 혼합액의 흐름에 공기를 불어 넣어서 발생시킨 포이다. 화학포는 화학반응에 의해 만들어진 포인 반면에 공기포는 기계적으로 발생시켰기 때문에 기계포(mechanical foam)라고도 부른다. 이상과 같이 포를 성상에 의해 분류하면 화학포와 공기포로 나눌 수 있으며, 화학포는 요즘은 거의 사용하지 않으며, 일반적으로 포라 함은 공기포를 의미하고 있다. 공기포는 팽창비에 따라 저팽창포, 중팽창포, 고팽창포로 나눌 수 있다.

우리나라는 팽창비가 20미만인 저팽창포와 80이상인 고팽창포의 2가지로 구분하고 있다. 저팽창포에는 단백질포, 불화단백포, 합성계면활성제포, 수성막포, 내알코올포가 있고, 고팽창포에는 합성계면활성제포가 있다.

포소화약제는 포가 유류의 표면을 덮어서 질식시키기 때문에 유류화재의 소화에 가장 효과적이거나 일반화재에도 사용할 수 있다. 일반적으로 물만으로는 소화효과가 약하든지, 주수에 의하여 오히려 화재가 확대될 우려가 있는 가연성 액체의 소화에 사용한다. 이러한 포소화약제를 저장 및 사용하기 위해서는 기본적으로 가져야 할 물성 및 소화능력이 있고 그 성능요건에 대해서 국내에서는 형식승인 및 검정기술기준에서, 국제규격의 ISO기

준, 국제해사기구(IMO)의 Circular 등에서 각각 정하고 있으며 규정에서 정한 시험을 실시하여 성능요건에서 규정한 특성값이 나오지 못할 때에는 그 포소화약제는 소화약제로서의 능력이 미달된다고 볼 수 있다. 예를 들면 선박용으로 사용할 경우 선급에서 샘플링한 시료를 시험대행기관에서 국제해사기구(IMO)에서 정한 규정에 따라서 해당 포소화약제에 대한 성능을 확인한 후 성적서를 제출하면 선급의 승인을 거쳐 선박에 탑재하도록 되어 있다. 본고에서는 국제규격을 중심으로 규격에서 정한 포소화약제의 성능시험에 대해 알아보고 국내의 소화약제의 형식승인 및 제품검사 기술기준, ISO규격, IMO규격에서 정한 공통적인 성능시험항목을 소개하고 각 항목 비교를 통해 그 차이점을 알아보려고 하였다.

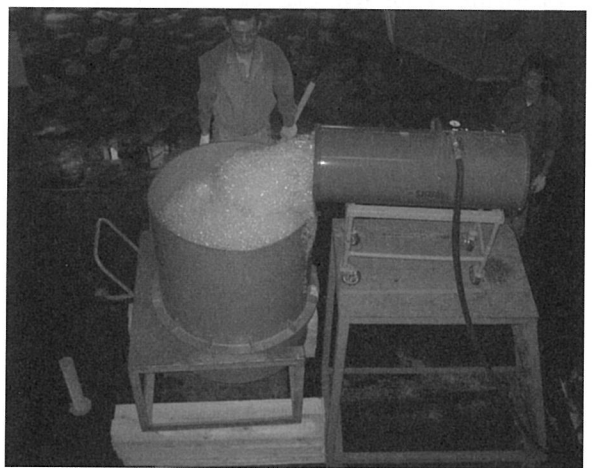


그림 1. 포소화약제의 발표

2. 국내·외 관련규격 및 시험항목 소개

국내·외 포소화약제 관련규격은 대표적으로 다음과 같은 규격이 있다

- ISO 7203-1 Fire extinguishing media - Foam concentrates - Part 1 : Specification for low expansion foam concentrates for top application to water-immiscible liquids
- ISO 7203-2 Fire extinguishing media - Foam concentrates - Part 2 : Specification for medium and high expansion foam concentrates for top application to water-immiscible liquids
- ISO 7203-3 Fire extinguishing media - Foam concentrates - Part 3 : Specification for low expansion foam concentrates for top application to water-miscible liquids
- IMOMSC/Circ.1312 Revised guidelines for the performance and testing criteria, and Surveys of foam concentrates for fixed fire extinguishing Systems
- IMOMSC/Circ.670 Guidelines for the performance and testing criteria and surveys of High expansion Foam concentrates for fixed fire extinguishing Systems
- 소화약제의 형식승인 및 제품검사의 기술기준

ISO, IMO규격에서 정하는 포소화약제의 성능을 확인하는 시험항목은 수소이온농도(pH), 비중, 동점도, 침전량, 동결융해시험, 열안전성, 발포배율, 환원시간 등의 물성 시험항목과 포소화약제를 직접 화원에 방사하여 소화시간을 측정하는 소화능력시험이 있다. 물성시험 중 동결융해, 침전량, 동점도, PH, 비중 등은 포의 종류가 저팽창포, 고팡창포구분 없이 동일하지만 발포배율 및 환원시간, 소화능력 시험은 포의 종류에 따라 발포노즐의 종류, 포수집 용기, 화재모형의 크기와 방사시간이 다르다. 국제규격에서 기술하는 주요 시험항목

에 대한 대략적인 개요는 다음과 같다.

가. 동결융해시험

동결융해시험은 소화약제를 얼렸다 녹였다를 4회 반복하여 소화약제의 층분리나 비동질성의 형상이 나타나는지 않는지를 보는 것으로 시료의 안전성을 검사한다.

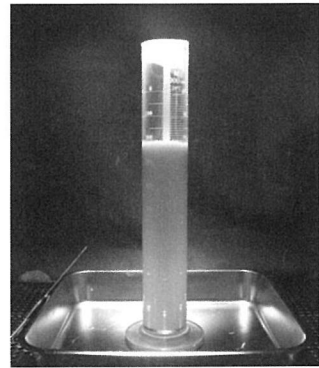


그림 2. 동결융해시험 중인 포소화약제

나. 침전량

침전량은 포원액이나 포수용액을 원심분리기에서 돌려서 가라앉은 침전량의 부피측정을 하는 시험으로 포소화약제에 불순물이 있는지 없는지 검사한다.

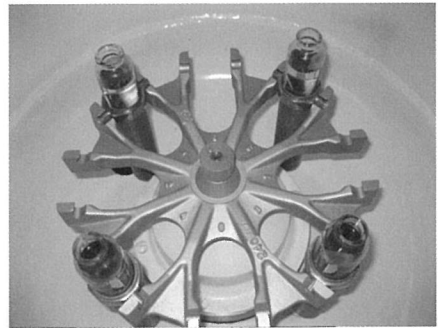


그림 3. 원심분리 중인 포소화약제

다. 동점도시험

동점도시험은 포소화약제의 유동성을 보는 시험으로 검정기술기준에서는 점도, ISO에서는 상대유동성 등으로 표현하고 있다. 소화약제의 종류에 따라서 회전식 점도계, 캐논-펜스케점도계등을 이용하여 측정한다.



그림 4. 케논-펜스케 점도계를 사용한 점도측정

라. 수소이온농도(pH) 측정시험

포소화약제의 수소이온농도를 측정하는 시험으로 보통 6.0~9.5 범위로 규정하고 있다.

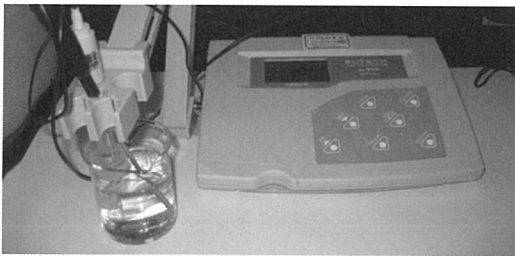


그림 5. ph meter를 사용한 ph측정

마. 비중

포소화약제의 비중을 측정하는 것으로 메스실린더에 포소화약제를 담아 액체비중계를 이용하여 측정을 한다.



그림 6. 비중계를 이용한 비중측정

바. 시료 양생(열안정성시험)

시료 양생(열안정성시험)은 60 °C에서 7일 동안, 실온에서 1일 유지하는 환경시험으로서 시료양생(열안정성 시험) 자체만으로는 포소화약제 성능의 변화여부를 알

수 없으며 시료양생 (열안정성 시험) 후 측정하는 물성시험(pH, 비중, 동점도, 침전량, 발포배율, 환원시간)과 소화성능시험을 실시하여 그 결과를 열안정성시험 전과 후로 비교하여 성능의 변화를 파악한다. 국내의 형식승인 시험기준에서는 변질시험이라고 하여 65 °C에서 216시간 유지 후 실온으로 환원하고 다시 - 18 °C에서 24시간 유지 후 실온으로 환원한 시료를 가지고 변질시험전과 후의 성능을 비교하고 있다.

[표1]에 각 규격별 양생온도를 비교하였다.

표 1. 시료양생, 혹은 변질시험의 환경시험

기술기준 (변질시험)	ISO (시료 양생)	IMO (열안정성)
65 °C 216 h	60 °C 168 h	60 °C 168 h
-18 °C 24 h	20 °C 24 h	20 °C 24 h



그림 7. 항온조에서 시험 중인 포소화약제

사. 확산계수 시험

수성막포에만 적용하는 시험으로서 포수용액과 싸이클로헥산을 사용하여 포수용액과 싸이클로헥산사이의 계면장력을 표면장력계를 사용하여 측정한다.



그림 8. 표면장력계

아. 발포배출시험 및 환원시간시험

발포배출(expansion ratio)은 포의 체적과 그 포를 만드는데 필요한 포수용액의 체적과의 비를 말하며, 환원시간(drainage time)은 포가 깨져서 원래의 포수용액으로 되돌아가는데 걸리는 시간을 의미한다. 포 중량의 몇 %가 원래의 수용액으로 되돌아갔느냐에 따라서 25 %의 경우는 25 % 환원시간, 50 %의 경우는 50 % 환원시간이라고 한다. 시험방법은 체적을 알고 있는 포수집용기의 중량과 포를 가득 채웠을 때의 중량을 측정하여 그 차이를 계산하고 체적을 중량으로 나누어 발포배출을 계산한다. 또한 포수집용기의 배수밸브를 열어 받은 포 중량의 25 % 혹은 50 %가 물로 변하는 환원시간을 측정한다.



그림 9. 발포배출 측정

포수집용기의 크기는 포소화약제의 발포배출에 따라 나누어진다

표 2. 발포배출에 따른 포수집용기의 크기

구 분	포수집 용기 체적	
저팽창포	ISO	0.78ℓ
	IMO	1.6 ℓ
중팽창포	200 ℓ	
고팽창포	500 ℓ	

자. 소화능력시험

소화능력시험은 규정된 화재모형에 헵탄(아세톤 등 화재시험에 쓰이는 연료는 각 규격에 따른다)을 부어 점화를 시킨 다음 실제 포수용액으로 발포시켜 규정된 시간 내에 발포된 포가 화재를 소화 할 수 있는지를 측정한다. 포의 종류에 따라서 발포노즐의 종류, 방사압력, 방사량, 화재모형의 크기, 소화시간 등이 다르다. 선박에서 사용하는 경우를 가정하여 포수용액을 제조할 때에는 바닷물

이나 약품을 합성하여 조제한 인공해수를 사용하여 시험할 수 있다. 국내의 형식승인기준 및 제품검사 기술기준에서는 합성계면활성제포의 경우 ISO규격이나 IMO규정과 달리 A급 화재 소화시험이 포함되어 있기도 한다. (그림 10~그림 13 참조)

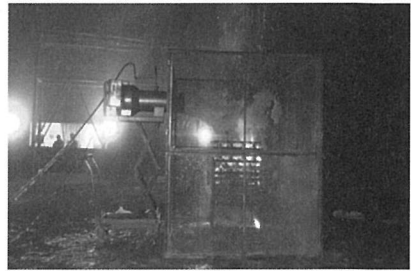


그림 10. A급화재 소화시험(국내, 고팽창포)



그림 11. B급화재 소화시험(국내, 저팽창포)

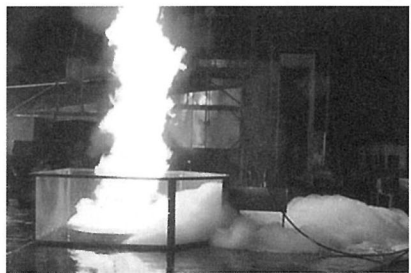


그림 12. B급화재 소화시험(ISO, IMO, 고팽창포)



그림 13. B급화재 소화시험(ISO, IMO, 저팽창포)

각각의 규정에 따른 화재모형의 크기를 표3에, 연료의 양은 표4에 나타내었다.

표 3. 포종류에 따른 화재모형의 크기

구 분	국내기술기준	ISO	IMO
저팽창포	2,000×2,000×300 (1,414×1,414×300)	φ2,400 × 200	2,121×2,121×200 (4.5㎡)
중팽창포		φ1,480×150	φ1,480×150
고팽창포	φ1,430×300	φ1,480×150	φ1,480×150

※()는 알코올포에 적용

표 4. 화재시험시 사용되는 연료 및 양

구 분	국내기술기준	ISO	IMO
저팽창포	휘발유 200 ㉔ (알코올류 등 수용성 용제 100 ㉔)	n-heptan 144 ㉔ (acetone 125 ㉔)	n-heptan 144 ㉔ (acetone 234 ㉔)
중팽창포		n-heptane 55 ㉔	n-heptane 55 ㉔
고팽창포	휘발유 80 ㉔	n-heptane 55 ㉔	n-heptane 55 ㉔

※()는 알코올포에 적용

또한 소화시험이 끝난 후 화재모형에 뒤덮인 포의 상태에서 점화기로 거품표면에 불꽃을 가까이 하여 재연하는지 확인하는 시험 및 거품표면의 중앙부에 1변의 길이가 15 cm 인 정방형의 연료면을 노출시킨 후 다시 불을 붙여 연소시킨 경우 연료면의 연소면적이 900 ㎠ 이내 인지 확인하는 시험을 소화약제의 형식승인 및 제품검사 기준에서 규정하고 있으며 ISO등의 규격에서는 burn back test라 하여 φ300 mm × 250 mm 크기의 원형 통에 헵탄 2 ㉔ 를 부어 거품으로 뒤덮인 화재모형에 넣어 연소시켜 화재모형 면적의 25 %까지 연소되는 시간이 15분 이상인지 측정하는 시험을 실시하고 있다.

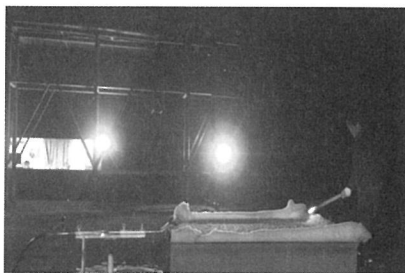


그림 14. 거품표면에 불꽃을 접근(국내, 저팽창포)

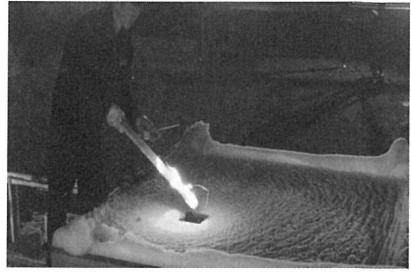


그림 15. 정방형의 연료면을 노출후 연소(국내, 저팽창포)



그림 16. Burn back test (ISO, IMO)

3. 각 규격별 시험항목 성능요건 비교

지금까지 국내·외에서 포소화약제 규격에서 공통적으로 적용하는 시험항목 위주로 알아보았다. 이번 절에서는 각 시험항목별 성능요건을 비교해보았다

표 5. 각 규격별 시험항목 성능요건 비교

시험항목	국내기술기준		ISO		IMO
동결응해	-		충분리, 비동질성의 형상이 없을 것		충분리, 비동질성의 형상이 없을 것
동결응해	포원액	0.1 vol % 이하	시료 양성전	포원액 0.25 % 이하	포원액 0.25 % 이하 180 ㎛ 체 통과
	포수용액	0.05 vo %이하	시료 양성후	포원액 0.1 % 이하	
	변질시험후	0.1 vol % 이하			
	180 ㎛ 체 통과		180 ㎛ 체 통과		
동점도, 점도	수성막포(합성)	200 ㎎/s 이내	제조사 사양		동점도 200 ㎎/s 이내
	단백포	400 ㎎/s			
	알콜포	3,500 ㎎/s			
pH	단백포	6.0 ~ 7.5	6.5 ~ 9.5		6.0 ~ 9.5
	합성계면활성제	6.5 ~ 8.5			
	수성막포	6.0 ~ 8.5			
비중	단백포	1.10 ~ 1.20	-		제조사 사양
	합성 및 알코올포	0.90 ~ 1.20			
	수성막포	1.00 ~ 1.15			

표 5. 각 규격별 시험항목 성능요건 비교(계속)

시험항목	국내기술기준		ISO	IMO
확산계수	3.5 이상 (수성막포만 해당)		포수용액의 계면장력 : 1.0 mN/m 혹은 사양의 10 % 값 중 큰 값 (시료양생전후 값 차이 : 0.5 mN/m) 포수용액의 확산계수 : 0 이상	포수용액의 확산계수 : 0 이상
발포배율	단백포 알코올포	6배 이상	저팽창 : 제조자 사양의 ± 20 % 혹은 ± 1 % 중 큰 값 중팽창 : 50배 이상 고팽창 : 201배 이상	제조자 사양
	합성계면 활성포	500배 이상		
	수성막포	5배 이상		
환원시간	합성계면 활성포	3분 이상	제조자 사양의 ± 20 %	제조자 사양
	수성막포등	1분 이상		
소화시간	합성계면 활성포	3분 이내	(저팽창포) G : 클래스 3 - 5분 F : 클래스 1 - 3분 클래스 2,3 - 4분 AR1 - 3분 AR2 - 5분 중팽창포 - 2분 이내 고팽창포 - 2분 30초이내	저팽창 : 5분 이내 고팽창 : 2분 이내
	수성막포등	5분 이내		

* G : Gentle application, F : Forceful application, AR1, AR2 : 수용성 액체 구분

시험항목별 비교는 각 규격에서 공통적인 부분을 비교했고 개별 규격내의 독자적인 시험항목은 기술하지 않았다. 예를 들면 국내 형식승인 및 제품검사 기술기준에서는 위의 시험항목외에도 강철, 황동, 알루미늄을 포소화약제 속에 일정시간 놓아두었다가 꺼내어 금속의 부식을 측정하는 금속부식시험, 포소화약제의 인화점 측정 등이 있으나 국제규격에서는 언급되지 않아 생략하였다. 국내·외 규격에서 정하고 있는 포소화약제의 시험항목 및 성능요건을 비교한 결과는 다음과 같이 몇 가지로 정리할 수 있었다.

- 포소화약제에 대한 형식승인 및 제품검사의 기술기준은 포의 주성분에 의한 분류로 하여 개별 포소화약제에 대한 성능요건을 명확하게 구분하였다는 것을 알 수 있었다.
- 반면 국제규격인 ISO은 발포배율에 의한 구분으로 포소화약제를 분류하고 성능요건을 기술하였다.
- IMO규정은 ISO 규격을 기본으로 하고 있으며 ISO 규격보다 간략화 하였다.
- ISO, IMO 등 국제규격은 발포배율 및 환원시간 등 일부 시험 항목은 그 특성 값을 제조자가 정하도록

하여 포소화약제의 성능의 유연성을 부여하였다.

4. 맺는말

이상으로 포소화약제에 대해서 국내·외 규격 소개 및 규격에서 정한 시험 및 성능요건에 대해 간단히 정리해 보았다. 포소화약제는 육상에서는 유류탱크나 화학공장, 해상에서는 선박내 기관실 등에 폭넓게 적용되고 있으며 본고에서 언급한 규격들은 포소화약제가 가져야 할 최소한의 성능요건을 기술한 규격으로 실제 화재현장에서 제 성능을 내기 위해서는 규격에서 기술한 성능요건은 최소한 만족해야 할 것이다. 본고에서 다른 내용이 포소화약제를 제조하는 제조자나 관련 있는 연구자들에게 도움이 되었으며 한다.

참고문헌

1. ISO 7203-1 Fire extinguishing media - Foam concentrates - Part 1 : Specification for low expansion foam concentrates for top application to water-immiscible liquids
2. ISO 7203-2 Fire extinguishing media - Foam concentrates - Part 2 : Specification for medium and high expansion foam concentrates for top application to water-immiscible liquids
3. ISO 7203-3 Fire extinguishing media - Foam concentrates - Part 3 : Specification for low expansion foam concentrates for top application to water-miscible liquids
4. IMOMSC/Circ.1312 Revised guidelines for the performance and testing criteria, and Surveys of foam concentrates for fixed fire extinguishing Systems
5. IMOMSC/Circ.670 Guidelines for the performance and testing criteria and surveys of High expansion Foam concentrates for fixed fire extinguishing Systems
6. 소화약제의 형식승인 및 제품검사의 기술기준