

노후 분말소화기의 폭발사고 원인과 예방대책에 관한 분석

이의평

전주대학교 소방안전공학과

Analysis of the Precautionary Measures and Causes on Explosion Accidents of a Old Dry Chemical Powder Extinguisher

Eui-Pyeong Lee

Dept. of Fire Safety Engineering, Jeonju Univ.

(Received April 18, 2012; Revised May 18, 2012; Accepted June 8, 2012)

요 약

분말소화기를 조작하거나 해체하는 과정 중에 아주 드물게 사상자가 발생하는 경우가 있다. 부식된 분말소화기는 조작 중 또는 해체(폐기)과정 중에 폭발하면 로켓과 같이 위쪽으로 솟아오르면서 소화기 조작자나 해체과정 중인 사람의 머리나 가슴, 목 부위 등을 쳐서 사상사고를 발생하게 한다. 이 논문에서는 분말소화기파열사고사례를 알아본 후, 파열사고의 원인과 파열로 인한 반동력, 예방대책에 대해 알아보았다. 소화기 파열사고의 예방대책으로 훈련이나 교육에 부식된 소화기의 사용 자제, 부식된 소화기에 대한 위험성 교육 및 홍보, 기설치 가압식분말소화기에 파열위험성 표시, 내용연수 표시 의무화, 일정기간 경과 소화기에 대한 수압검사 제도의 도입 검토, 폐소화기 회수시스템 구축, 폐소화기의 재활용 시스템 구축, 노후소화기관련 상담창구 운영 등을 제안하였다.

ABSTRACT

Fatal injuries and deaths have occurred resulting from the operation or disassembling of a powder extinguishers in Korea. If a rusted powder extinguisher is exploded during operation or disassembling, it rises to the air like a rocket and hits a head, chest, or neck part of an operator, resulting in his (her) death or injury. In this study examines the explosion accident cases of a powder fire extinguisher and analyzes their causes, reactions to explosion, and precautionary measures. And in this paper suggests 1) no using of old fire extinguishers in fire drill or education, 2) education and public information on danger of old fire extinguishers, 3) indication of explosion danger to cartridge-type dry chemical powder fire extinguishers had already placed to buildings etc., 4) obligatory indication of durable years on fire extinguishers, 5) examination for introduction of system that do hydraulic pressure test about fire extinguishers that given period past, 6) construction of system that reclaim old fire extinguishers, 7) construction of system that recycle or reuse old fire extinguishers, and 8) operation of help desk related to old fire extinguishers as precautionary measure of fire extinguisher explosion accidents.

Keywords : Fire extinguisher, Powder fire extinguisher, Fatal accident due to fire extinguisher

1. 서 론

소방이나 화재에 대해 문의한이더라도 알 수 있을 만큼 소화기는 소방시설의 대표라 할 수 있고 우리주위에서 흔히 볼 수 있다. 소화기가 소방시설을 대표하는 이유는 우리 주위에 가장 많이 보급되어 설치되어 있고 초기소화기구로서 효능이 좋기 때문일 것이다.

소화기는 화재를 진화하는 안전을 담보해주는 기구인 만큼 아주 안전할 것이고, 소화기로 인한 사고는 발생하지

않을 것이라고 생각하기 쉬우나 화재를 진화하기 위해 소화기를 사용하다가 또는 폐기하기 위해 해체작업과정 등에서 사고가 발생하고 있다. 소화기로 인한 사고의 대부분은 소화기의 폭발(파열에 기인하여 폭발한 것이므로 이하 '파열'로 표기함)로 인해 소화기 내부에 충전된 고압가스가 갑작스럽게 방출되는 것과 관련되어 있고, 고압의 가스가 방출되면서 이 반작용으로 인해 소화기 본체가 튕겨서 소화기를 잡고 있던 사람이나 주위에서 작업하던 사람의 머리나 상체를 가격하여서 사상사고가 발생하고 있다.

우리나라에서 소화기파열로 인한 사상사고가 언론을 통해 보도되고 있지만, 사상사고 건수 자체가 적고 대부분 오래된 소화기에서 발생하고 있으므로 관리부실이나 부주의로 인해 발생한다고 생각하여 이슈화되지 못하고 있어 소화기 파열사고에 대한 원인분석이 된 사례가 거의 없으며 예방대책이 제시하지 못하고 있다⁽¹⁾.

이 논문에서는 우리나라에서 일어나는 소화기 파열사고를 예방할 목적으로 파열사고의 원인과 예방대책 등에 대해 외국의 자료 등을 토대로 분석한다.

2. 소화기 파열사고 사례와 원인분석 및 예방대책

2.1 소화기 파열사고의 사례

【사례1⁽²⁾】

2001년 3월 28일 오후 3시 30분경 경북 울주군 소재 화학공장에서 소방훈련을 하던 직원이 5 kg 가압식 분말소화기 안전핀을 뽑고 레버를 누르는 순간 아랫부분이 터지면서 강하게 튀어 오른 소화기 윗부분에 목을 맞아 쓰러졌고, 병원 치료를 받다 하루 만에 숨졌다. 경찰은 이 소화기는 1992년에 만든 제품으로 9년이나 됐고 화학공장의 특성상 철을 녹슬게 하는 가스나 습기 때문에 밑바닥이 부식돼 소화기를 작동하는 순간 밑바닥이 터져 나가면서 그 반발력에 의해 소화기 윗부분이 사망자의 목을 때린 것이라고 결론 내렸다고 한다.

【사례2⁽³⁾】

2011년 6월 3일 오후 5시50분경 충북 청원군 소재의 고물상에서 가압식 분말소화기를 분해하려던 A씨가 소화기 노즐에 목 부분을 맞아 숨지고 B씨가 다쳐 병원으로 옮겨져 치료를 받고 있다. 동료직원 C씨는 “작업도중 갑자기 ‘퍽’하는 소리가 들려 보니 2명이 쓰러져 있어 119에 신고했다”고 말했다. 경찰은 이들이 소화기를 분해하던 중 압력을 견디지 못한 소화기 노즐이 목 부분에 부딪치면서 사고가 난 것으로 보고 정확한 사고원인을 조사 중이다.

【사례3^(4,5)】

2009년 7월 5일 충남 서산 소재 의상실에서 업주 A씨가 잠시 자리를 비운 사이 사무실에 멀찍이 있던 소화기가 강한 폭발음을 내며 터지는 사고가 발생하였다. A씨는 “‘퍽’하는 폭발음을 들은 인근 상인들로부터 전화를 받고 급히 사무실에 돌아와 보니, 소화기 분말이 분수기처럼 뿜어져 나와 마치 하얀 눈으로 뒤덮인 것 같았다”고 말했다. 이 소화기는 2009년 5월 오래된 소화기를 교체하기 위해 시장 상인들이 공동 구매한 제품이었다. 소방방재청과 소방산업기술원은 폭발한 소화기를 수거해 원인 분석을 한 결과, 이 소화기는 2003년에 만들어진 3.3 kg짜리 재고품 소화기로, 분말을 교체하는 과정에서 틈이 생겨 폭발한 것으로 확인됐다. 소방방재청 관계자는 “소화기 통과 손잡이를 연결하는 부분이 풀렸다가 다시 조여진 흔적이 있는 것으로 미뤄



Figure 1. Exploded fire extinguisher of case 4⁽¹⁰⁾.

분말을 교체하기 위해 한 번 열렸던 소화기에 틈이 발생해 내부 압력을 견디지 못한 것으로 보인다”고 설명했다.

【사례4⁽⁶⁾】

2001년 3월 4일 오전 9시 20분경 일본 나고야시 소재 주택에 거주하는 79세 남성이 자택 정원에 보관하고 있던 6 kg 가압식 분말소화기를 폐기처분하기 위해 소화약제를 방출하려고 한바 소화기 본체용기 밑바닥의 녹슨 부분에서 갑자기 가스가 분출하고, 그 반동으로 소화기 본체용기가 안면을 직격하여 병원으로 이송되었지만 외상성 두개골 출혈로 인해 사망하였다. 이 소화기는 1979년 생산된 것으로 제조일로부터 22년이 경과하였고, Figure 1과 같이 밑바닥부분에는 녹이 슬어 있었다. 오래된 소화기를 폐기하기 위해서 분말소화약제를 방사시킨바 호스가 막혀 있어 가스가 소화기 내부에 갇혀 내부의 압력이 상승한 결과, 사고가 일어났다고 한다.

【사례5⁽⁷⁾】

2009년 9월 15일 오후 4시 50분경 일본 오사카시 거주 10세 남자아이가 친구와 함께 자택 근처 옥외주차장에서 놀다가 이 주차장에 놓여 있던 4대 중 한 가압식분말소화기(10 kg)의 안전핀을 만져서 밑바닥이 파열되면서 머리를 직격하여 의식불명의 중상을 입었다. 소화기 본체는 밑바닥이 빠진 상태로 약 10 m 떨어진 주차장에 접한 노상에 떨어져 있고, 밑바닥도 본체 부근에 있었다. 이 소화기는 1989년 제품으로 1990년도부터 비바람을 맞은 상태로 옥외에 방치되어 있었다고 한다.

위의 5가지 사례이외에도 선박에서의 분말소화기 파열사고^(8,9) 등 다양한 사고사례가 보고되어 있다.

2.2 소화기 파열사고의 원인

우리나라에는 소화기 파열사고사례에 대한 구체적인 정

보가 체계적으로 수집되어 있지 않아 파열사고의 원인에 대한 통계정보가 전혀 없는 상황이므로 파열사고의 구체적인 원인은 알 수 없다.

일본의 경우, 일본소화기공업회가 일본소화기공업회, 소방청, 일본소방검정협회, 일본소방안전센터가 보유하고 있는 1968년~2010년의 소화기 파열사고 정보를 토대로 원인을 분석하였고, 그 결과는 다음과 같다⁽¹¹⁾. 전체 소화기 파열사고 161건 중 분말소화기 143건(가압식 127, 축압식 6, 불명 10), 강화액소화기 5건, 화학포소화기 9건, CO₂ 소화기 2건, 소화기종류 불명 2건이어서 가압식분말소화기의 파열사고가 압도적으로 많다. 일본소화기공업회는 분말소화기 파열사고의 원인을 부식(입간부식 제외), 경년열화¹⁾, 입간(粒間)부식²⁾, 용접불량, 캡 이완, 해체작업, 원인불명으로 분류하고 있는데, 분말소화기 파열사고 143건 중 부식으로 인한 것이 74건(가압식 70, 축압식 1, 불명 3), 경년열화에 의한 것이 가압식 5건, 입간부식에 의한 것이 24건(가압식 20, 축압식 2, 불명 2), 용접불량으로 인한 것이 가압식 1건, 캡 이완에 의한 것이 가압식 4건, 해체작업으로 인한 것이 14건(가압식 12, 축압식 1, 불명 1), 원인불명이 22건(가압식 17, 축압식 1, 불명 4)이었다.

그리고 분말소화기 파열사고 143건 중 훈련소화점검 시 등 레버조작으로 인한 것이 107건(가압식 100, 축압식 1, 불명 6)으로 가장 많으며, 장난으로 방사시킨 경우가 8건, 진동충격에 의한 경우가 4건(가압식 2, 축압식 1, 불명 1), 불안전조작이 17건(가압식 14, 축압식 1, 불명 2), 아무것도 하지 않음에도 파열된 경우가 4건(가압식 1, 축압식 3), 원인불명이 3건(가압식 3, 불명 1)이었다.

일본의 경우, 1970년 이후에는 입간부식이나 경년열화에 의한 분말소화기 파열사고는 발생하지 않고 있으며 훈련소화점검 시 부식된 가압식분말소화기(127건 중 59건)의 레버조작을 할 때가 압도적으로 많으며, 그 다음은 해체작업 중 불안정한 조작으로 인한 14건(가압식 13, 축압식 1, 불명 1)이었으며, 2000년도부터 2010년도까지 발생한 소화기 파열사고 26건 중 24건이 분말소화기이었으며, 24건 중 2건은 가압식인지 축압식인지 불분명하고 나머지

는 22건 모두 가압식 소화기이었다. 22건의 가압식 분말소화기의 파열사고는 20건이 부식된 상태에서 레버를 조작하여 발생하였고, 나머지 2건은 부식과 관련이 없이 해체과정에서 발생하였다.

우리나라 소화기파열사고에 대한 사고정보가 없어 구체적인 원인을 알 수 없지만, 일본의 소화기파열사고의 원인 분석 결과를 참고하면 사고사례에서 예시한 것처럼 우리나라 분말소화기 파열사고의 원인은 본체용기의 부식으로 인한 것, 캡의 이완이나 손상, 해체과정 중 무리한 분해 등으로 발생하고 있을 것으로 추정된다.

2.2.1 부식

소방방재청고시인 ‘소화기의 형식승인 및 제품검사의 기술기준’(이하에서 기술기준으로 약칭함)에서 “가압식소화기”란 소화약제의 방출원이 되는 가압가스를 소화기 본체용기와는 별도로 전용용기(이하 “소화기가압용가스용기”라 한다)에 충전하여 장치하고 소화기가압용가스용기의 작동봉판을 파괴하는 등의 조작에 의하여 방출되는 가스의 압력으로 소화약제를 방사하는 방식의 소화기를 말하며, “축압식소화기”는 본체용기 중에 소화약제와 함께 소화약제의 방출원이 되는 압축가스(질소 등)를 봉입한 방식의 소화기를 말한다고 규정하고 있다. 우리나라에서 가압식분말소화기는 1997년도 이후 생산되지 않고 있고 축압식분말소화기만 생산되고 있다. 최근 판매되고 있는 분말소화기가 모두 축압식이므로 소방대상물에 가압식분말소화기가 배치되어 있지 않은 것으로 오해할 수 있으나 아직도 일부 소방대상물에는 가압식분말소화기가 배치되어 있고, 이 가압식분말소화기는 적어도 14년 이상이 경과하고 있어 습기가 높은 장소에 있거나 비바람에 노출된 곳에 있는 것이라면 부식되어 있을 가능성이 높다.

위의 사고사례와 일본의 사고원인 분석에서 알 수 있는 것처럼 분말소화기 파열사고는 비바람에 노출되거나 습기가 많은 장소에 보관되거나 방치되다가 부식이 진행된 소화기를 레버를 조작하다가 발생하는 것들이 대부분이다. 가압식분말소화기가 부식이 진행되기 쉬운 장소(옥외나 처마 아래 등)에서 유지관리가 불충분한 상황 하에 있어 기간경과에 따라 본체용기, 특히 밑바닥부분이 부식되어 강도가 저하된 상태에서 레버를 조작하면 가압용가스용기의 압력이 본체 용기 내부에 방출되면서 부식된 부분을 뚫어서 파열사고가 발생할 수 있다.

2.2.2 캡의 이완 또는 손상

가압식분말소화기의 캡과 본체용기는 캡의 암나사와 본체용기의 수나사를 통해 결합되어 있다. 분말소화기는 소화약제를 교환하거나 점검을 위해 분해한 후에 캡과 본체용기의 나사를 완전히 조이지 않고 결합하더라도 본체용기 내부는 대기압상태이므로 당장 문제가 발생하지 않고, 외관상 확인이 쉽지 않아서 캡이 이완된 상태로 방치될 가

1) 분말소화기의 폴리카보네이트수지로 된 본체용기와 캡이 경년열화로 파열되어 발생되었으며, 파열사고를 계기로 폴리카보네이트로 된 제품은 생산하지 않고 있어 1968년 이후에는 폴리카보네이트수지의 경년열화로 인한 파열사고가 일본에서는 발생되지 않고 있다. 우리나라도 현재는 폴리카보네이트 용기나 캡의 경년열화와 관련된 사고는 없다.

2) 일본은 아연다이케스트로 된 캡이 1965년도부터 사용되다가 아연다이케스트 캡은 입간부식현상으로 파열되는 사고가 발생함에 따라 1979년 3월 이후 알루미늄다이케스트로 변경되었으며, 1996년 이후 아연다이케스트로 된 캡의 입간부식에 의한 파열사고는 발생하지 않고 있다. 아연다이케스트 제품의 캡은 납, 주석 등의 불순물이 혼입되어 설치장소의 상태에 따라서 입간부식현상을 일으키는 경우가 있으며, 이러한 상태에서는 소화기 작동 시 캡이 파손되어 용기본체와 분리(파열)되는 사고가 발생할 수 있다. 우리나라도 현재는 분말소화기의 캡은 모두 알루미늄다이케스트로 된 제품이 사용되고 있다.

능성이 높다.

그리고 소화기 캡에 충격이나 외력이 가해지면 캡에 손상이 갈 가능성이 있고, 손상되어 있어도 압력이 걸려 있지 않으므로 당장 문제가 발생하지 않으므로 그대로 방치할 수 있다.

소화기 캡이 이완되거나 손상된 상태에 있다가 레버를 눌러 소화기가압가스용기의 봉관이 파열되어 본체용기 내부에 갑작스럽게 압력이 걸리게 되면 캡과 본체가 분리되면서 파열될 수 있을 것이다.

사고사례3의 경우와 같이 축압식분말소화기의 경우에도 용기본체의 암나사와 플러그 수나사의 나사결합이 부적절하면 용기본체와 손잡이가 연결된 플러그가 분리되면서 파열될 수 있다.

또한 사례4와 같이 레버를 조작하였음에도 호스나 노즐 부분 등에 이물질이 들어가 막힌 상태이어서 소화약제가 분출되지 않자 안전조치를 하지 않은 상태에서 점검 또는 해체하기 위해 캡을 분리하는 과정에서 파열사고가 발생할 수 있고, 또는 캡 자체가 열화(劣化)되어 있는 상태에서 레버를 조작하여 파열될 수도 있다.

2.2.3 불안정한 해체

용기본체가 부식되었거나 장기간 설치되어 있던 분말소화기는 폐기처분을 하고, 새로운 소화기로 대체되고 있다. 특히 소방시설관리업자에 의한 점검제도가 정착되어가고 있는 현재는 분말소화기의 교체가 많으며, 특히 오래된 가압식분말소화기는 축압식분말소화기로 교체되고 있다. 소방대상물에서 폐기된 분말소화기는 폐기물로서 전문업자나 메이커가 처리하는 것이 아니고, 일반 고물상에서 수거하여 분말소화약제는 버리고 소화기통 등 고물로서 가치가 있는 것만 회수하고 있거나 아무런 자격도 없는 업자가 수거하여 분말소화약제를 빼내 재활용하며 경우에 따라 본체용기도 재활용하고 있는 실정이다. 사고사례2는 전자의 예이고, 사고사례3은 후자의 사례에 해당된다. 고물상에서 가압식분말소화기의 분말소화약제를 버리기 위해서 레버를 조작하는 경우 본체용기의 밑바닥이 심하게 부식되어 있거나 캡이 손상되었거나 하면 소화기가 파열될 수 밖에 없는 상황이나 이러한 점을 고물상에서 인지하지 못하고 있다.

2.3 소화기 파열로 인한 반동력^(12,13)

가압식분말소화기에는 본체용기 내에 CO₂ 가스를 충전하여 소화기가압용가스용기(내부압력은 상온에서 약 4~9 MPa, 20°C에서 약 6 MPa)가 장착되어 있으며, 레버조작을 하지 않을 때 본체용기 내부는 대기압상태이다. 이 분말소화기는 레버를 누르면 레버에 달려있는 커터에 의해 소화기가압용가스용기의 작동봉관을 뚫어 용기 내의 고압가스가 가스도입관(Gas Pipe)을 경유하여 본체용기 내에 방출된다. 이 경우에 있어서 본체용기 내의 압력은 대기압



Figure 2. View of cut gas cartridge type fire extinguisher.

에서 순식간에 조정압력의 최대치(본체용기가 폐쇄된 상태가 되었을 경우에 예상압력(설계치)을 말하며 가압용 가스용기 내의 압력이 소화기가압용가스용기와 본체용기의 용적비에 의해 감압되어 1.0~1.5 MPa 정도의 압력이 된다)로 상승한다.

소화기가압용가스용기의 작동봉관이 뚫리면 본체용기 내의 상승한 압력에 의해 약제방출관(사이폰관)의 끝에 설치되어 있는 봉관(본체용기 내의 분말소화약제가 외기에 노출되는 것을 방지하기 위한 것으로 0.2~0.4 MPa 정도의 압력에 작동하는 것)이 파괴되어 약제방출관 → 호스 → 노즐의 경로로 외부에 분말소화약제와 함께 방사된다(Figure 2 참조).

외부에 압력이 방사되면 용기본체 내의 압력은 서서히 감소하고 방사종료 후 급격히 압력이 내려가 대기개방상태(수동식소화기의 형식승인 및 검정기술기준에서 방사시간은 8초 이상임)가 된다. 옥내소화전 노즐 등 소방호스에서 방수될 때 방수되는 방향과 반대방향으로 반동력(Nozzle reaction)이 작용^(14,15)하는 것처럼 소화약제가 노즐에서 방사되면 그 소화기에는 방사에 수반한 반동력이 분말소화약제의 방출방향과 역방향으로 가해진다. 이 반동력은 분말소화기가 정상작동할 때 5~25 N 정도의 힘(반동력)이 레버에 가해지며, 이 힘(반동력)은 조작자의 조작 등에는 영향을 미치지 않을 정도이다.

그러나 본체용기에 이상이 있는 경우, 레버를 조작하여 가압용가스용기의 작동봉관을 파괴시키면 본체용기의 이상부위에 압력이 가해져서 조작자 등에게 예상하지 않은 피해를 입힐 수 있으며, 큰 피해가 수반되는 소화기의 본체용기 이상부위로서는 본체용기(부식 또는 용접부분), 캡

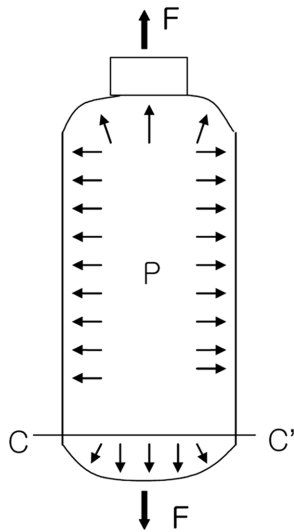


Figure 3. Pressured inner image of fire extinguisher.

부분(부식 또는 재질의 열화)을 들 수 있다. 빗물, 결로 등에 의한 수분이 본체용기의 밑 부분(특히 본체와 밑 부분의 용접부근)의 페인트칠에 상처가 있는 개소 등에서부터 페인트칠을 한 안쪽에 수분이 침투하여 그 부분의 용기재질을 부식시키고, 더 나아가 부식을 확대시켜 재질의 살두께 등을 얇게 한다. 이런 부식 상태일 때 레버조작을 하여 소화기가압용가스용기의 고압이 본체용기에 급격히 가해지면 본체용기가 파열될 수 있다.

Figure 3의 분말소화기 본체용기가 CC'로 파열될 때, 밑바닥판이 받는 힘 F는 식(1)과 같다.

$$F = \text{본체용기의 단면적} \times \text{내부압력} = \pi \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 \times P \quad (1)$$

또한 외력 F에 의한 인장하중에 의해 AA에서 파단되었을 때의 파단하중은 식(2)와 같다.

$$\text{파단면의 단면적} \times \text{응력} = t \times \pi \times d \times \sigma \quad (2)$$

본체용기 파열은 식(1)=식(2)인 경우이며, 용기가 파열될 때 반동력은 식(1)의 값이다.

여기서, P: 파열압력(내부압력) [kPa(kg/mm²)],

d: 본체용기의 내경(mm)

t: 본체용기 파단면의 살두께(mm)

σ: 본체용기 재질의 응력[kPa(kg/mm²)]

이다.

따라서 파열에 따른 영향인 반동력은 내부압력과 부식의 상태에 따른 개구면적에 비례하여 커진다. 실제 사례에 서는 소화기의 밑 부분 전체가 뚫리는 경우가 개구면적의

3) 우리나라 소화기 본체용기의 재질이 철재인 경우 0.71 mm 이상의 KS D 3512(냉간압연강판)를 사용하여야 한다(수동식소화기의 형식승인 및 검정기술기준 제11조 제1항).

최대가 되므로 반동력도 최대가 될 것이다.

사고사례4의 냉간압연강판으로 된 소화기 본체용기³⁾는 σ: 270 kg/mm² 이상, t: 1.6 mm, d: 151 mm, 밑바닥 판의 두께: 3.2 mm, 내용적: 7.61 l, 가압용가스용기: CO₂ 155 g 내용량 0.24 l이다.

소화기가압용가스용기에서 본체용기 내로 압력이 분출 되었음에도 노즐이 막혀 약제가 분출되지 않을 때가 본체용기 내부의 압력이 가장 높을 것이며, 이 압력을 폐쇄압이라고 한다. 본체용기 내부가 폐쇄압이 되어 파열된 경우도 있겠지만, 부식이 심한 경우에는 폐쇄압보다 훨씬 낮은 압력에서 파열될 것이다. 위와 같이 P, d, t, σ의 값을 알고 있으면 본체용기 파열은 식(1)=식(2)인 경우이므로 부식되어 남은 살두께와 파열될 때의 내부압력의 상관관계는 식(1)과 식(2)를 통해 이론적으로 구할 수 있다.

소화약제 6 kg을 충전하였을 때 형식시험 시 실측폐쇄압은 2.3 MPa(22.54 kg/cm²)이었으므로 최대 내부압력을 폐쇄압으로 하고 식(1)에 의거 계산하면 반동력은 41.17 kN이다.

일본소방검정협회의 실험에 의하면 실제반동력은 본체용기의 조건 등에 따라 일정하지 않으며, 본체용기와 밑바닥 판을 분리한 분말소화기를 주방용알루미늄호일로 연결하여 분말소화약제 6 kg를 충전하고 내부압력을 0.5 MPa으로 하여 실험한 결과 반동력은 식(1)에 의한 계산치의 78%이었다.

캡의 파열에 의한 반동력은 식(1)에서 본체용기의 단면적대신에 캡부분의 개구면적을 적용하면 되므로 캡부분의 개구면적이 본체용기의 단면적에 비해 적어 밑바닥판이 파열되는 경우에 비해 적을 것이지만, 이 반동력에 의해 튕겨나간 캡자체에 맞으면 사상사고가 발생할 수 있다.

2.4 소화기 파열사고의 예방대책

사고사례와 파열사고의 원인분석에서 알아본 것처럼 분말소화기의 파열사고에 의한 인적 피해는 유지관리가 불충분하여 시간경과에 따라 부식이 진행된 소화기를 훈련이나 화재진화를 위해 조작하거나 폐기처분하려다가 주로 발생하고 있다. 레버조작 시에 본체용기가 급격히 가압되는 가압식분말소화기는 평상시 압력이 들어 있는 축압식 분말소화기에 비해 인적피해로 연결될 위험성이 상대적으로 높다.

2.4.1 훈련 등에 부식된 소화기의 사용 자제

‘소방시설설치유지 및 안전관리법’에 의거하여 소방대상물에서는 소방훈련이나 교육을 해야 한다. 소방훈련이나 교육을 할 때 소화기사용법을 익히도록 하거나 훈련이나 교육효과를 높이기 위해 소화기를 이용해 진화하게 하는 경우가 많다. 소화기를 이용한 진화훈련이나 교육 시 일부 소방대상물에서는 낡은 소화기를 이용하는 경우가 있다. 오래되어 낡아서 어차피 폐기할 소화기라면 훈련이라도

사용하고 버리는 것이 좋다는 이유 때문이다. 부식된 소화기로 진화 시범을 보이거나 훈련하는 사람이 파열될 수 있다는 인식하에 조작하는 경우에는 반동력을 의식하여 대비하므로 사상사고로 이어질 가능성이 적으나 상당한 반동력이 작용함을 전혀 알지 못한 상태에서 조작하다가 파열되면 반동력으로 인해 사상사고를 발생시킬 가능성이 높다. 따라서 부식된 소화기는 진화 훈련이나 교육에 사용하지 않도록 해야 할 것이다.

2.4.2 부식된 소화기에 대한 위험성 교육 및 홍보

분말소화기 파열사고는 대부분 오래되거나 관리가 되지 않은 부식된 것에서 발생하고 있다. 비바람에 노출되거나 습기가 있는 곳에 있는 소화기의 부식부위는 밑바닥쪽이므로 소화기 작동을 위해 레버를 누르면 소화기가압용가스용기의 압력이 밑바닥 쪽에 가해짐과 동시에 밑바닥 쪽이 파열되고, 파열되면서 반동력으로 본체용기가 튀어 조작자의 머리 등을 가격하여 사상사고를 발생시키고 있다. 부식된 소화기는 폐기하도록 해야 파열로 인한 사상사고를 예방할 수 있을 것이다. 부식된 소화기를 조작하면 사상사고로 이어질 수 있음을 홍보하고 소방안전관리자교육 등에서 이러한 내용을 교육하여야 할 것이다.

그리고 소화기가 비바람에 노출되는 장소나 습기가 많은 장소 등에 설치되어 있지 않은지 확인하고 소화기 상태를 점검하여 부식된 것은 사용하지 않고 폐기하며, 폐기하는 소화기는 방사, 해체 등 폐기처리를 소방대상물 관계자가 스스로 하지 말고 메이커나 전문업자에게 의뢰하도록 하며, 특히 부식되어 있는 가압식 분말소화기는 용기파열의 위험성이 크므로 신속히 폐기처리를 의뢰하도록 홍보할 필요가 있다.

또한 소방시설설치유지 및 안전관리에 관한 법률에 의거하여 매년 주기적으로 시행하는 작동기능점검이나 정밀점검 시에도 분말소화기에 대해서는 부식되어 파열될 위험이 있는 것은 아닌지 점검할 수 있도록 교육해야 할 것이며, 부식된 가압식분말소화기는 폐기처분을 하고 축압식분말소화기로 교체하도록 홍보해야 할 것이다.

2.4.3 기설치 소화기에 파열위험성 표시

수동식소화기의 형식승인 및 검정기술기준(소방방재청 고시) 제38조 제2항에서 가압식소화기에는 ‘이 소화기에는 조작시 용기전체가 급속히 가압되므로 아래와 같은 소화기는 사용하지 마십시오. 1. 녹, 부식, 변형이 심한 것 2. 뚜껑이 완전히 조여져 있지 않은 것 3. 폐기된 것’을 주의사항으로 표시하게 하고 있다. 그러나 이 주의사항이 적혀 있지 않은 이미 설치되어 있는 가압식소화기분말소화기에 까지 표시하도록 의무화하고 있는 것은 아니다. 따라서 자체점검제도(작동기능점검이나 정밀점검)를 활용하여 이러한 주의사항이 표시되어 있지 아니한 가압식분말소화기에는 표시를 하도록 할 필요가 있다.

2.4.4 내용연수 표시 의무화 제도의 도입 검토

우리나라는 소화기를 포함하여 거의 모든 소방용기기에 대해 국가검정제도를 취하고 있지만, 내용연수 또는 권장 내용연수가 정해져 있지 않아 소방용기기가 장기간 설치되는 경향이 없지 않으며, 장기 설치로 인해 화재 시 제대로 기능하거나 작동할 수 있을지 의문이 드는 경우가 있다. 2010년 3월 26일 국회 도서관 대강당에서 ‘대국민 화재안전을 위한 소방용 기계·기구의내구연한 제도 도입방안에 관한 토론회’를 개최하는 등 소화기 등에 대한 내용연수에 대해 검토를 하여 우여곡절 끝에 한국소방기구협동조합 주관으로 2010년 10월 18일부터 소화기(8년), 소방호스(8년), 단독경보형 감지기(10년) 등 3종에 대해 민간 자율의 내용연수를 도입하여 실시하고 있으나⁴⁾, 소화기 자체에 이러한 사실이 표시되어 있지 않고 소방관련법규에서 내용연수 표시에 대해 의무화하지 않고 있으며, 홍보도 되어 있지 않다. 그리고 2002년 7월 1일부터 시행되고 있는 제조물책임법의 제3조 제1항에서 ‘제조업자는 제조물의 결함으로 인하여 생명·신체 또는 재산에 손해(당해 제조물에 대해서만 발생한 손해를 제외한다)를 입은 자에게 그 손해를 배상하여야 한다’고 규정하고 있고, 분말소화기도 제조물책임법상의 제조물인 만큼 제조물책임법을 고려하여야 할 것이다. 제조물의 결함은 설계상의 결함, 제조상의 결함, 표시상의 결함으로 나누고 있으며, 설계제조상의 결함이 없더라도 표시상의 결함이 있으면 그 손해를 배상할 책임을 갖는다고 할 수 있다. 소화기의 수명을 표시하지 않은 상태에서 장기간 경과된 소화기를 사용하거나 폐기처분하다가 파열사고 등으로 사상사고가 발생하였을 때는 제조물책임법의 표시결함에 의거하여 배상책임을 물을 것이므로 제조물책임법상의 책임을 면하기 위해서라도 소화기에 내용연수를 표시할 필요가 있으며, 내용연수를 경과한 소화기는 사용하지는 안 되며, 임의로 폐기처분을 하지 않도록 경고표시도 할 필요도 있다.

일본의 경우, 우리나라와 같이 업계자율로 분말소화기의 내용연수를 8년으로 하고 있지만, 2011년 1월 1일부터 ‘소화기의 기술상의 규격을 정하는 성령(省令)⁴⁾ 제44조(표시)에서 사용기간 또는 사용기한을 의무적으로 표시하도록 하고 있다. 일본처럼 우리나라도 분말소화기의 내용연수를 업계자율로 하더라도 내용연수의 표시를 의무화할 필요가 있고, 제조물책임법상의 경고표시도 확실히 할 필요가 있다.

2.4.5 일정기간 경과 소화기에 대한 수압검사 제도의 도입 검토

‘소방시설설치유지 및 안전관리에 관한 법률’에 의거 매년 분말소화기의 작동기능점검과 종합정밀점검을 소방시설 자체점검사항 등에 관한 고시에 따라 하도록 규정하고 있다. 작동기능점검은 작동기능점검표에 따라 하도록 되어

4) 성령은 우리나라의 행정안전부령에 해당함.

있는데, 작동기능점검표의 분말소화기 과열사고 예방과 관련된 사항은 본체용기의 변형손상현저한 부식 등의 여부, 캡의 변형손상 등이 없고 정확한 결합 여부를 확인하도록 한 것으로 점검내용과 점검항목 모두 외관점검에 그치고 있으며, 그리고 종합정밀점검표는 소요능력단위수, 소화기 설치상황등만을 확인하도록 하고 있어 과열사고 예방과 관련된 사항은 확인할 의무가 없다. 따라서 현행 점검제도로는 분말소화기 본체용기 내부에 부식이 있는지, 부식된 곳에 도장을 한 경우 등에는 부식된 상태를 알 수 없는 문제점을 안고 있어 소화기 작동 중 과열사고가 발생할 가능성을 배제할 수 없는 상황이다.

일본은 ‘소방용설비등의 점검 기준 및 소방용설비등 점검결과 보고서에 첨부하는 점검표의 양식을 정하는 건(소방청고시)’에 의거하여 소화기 중 제조연월일로부터 10년을 경과한 것 또는 외관점검결과 본체용기에 부식 등이 있는 것에 대해서는 내압(耐壓)성능검사를 하도록 의무화하고 있고, 10년을 경과한 것은 3년마다 내압성능검사(수압시험)를 하도록 하고 있다. 수압시험은 본체용기와 캡에 대해 하도록 하고 있으며 소정의 수압을 걸어 변형, 손상 또는 누수 등이 없어야 한다⁽¹⁷⁾.

앞에서 언급한 것처럼 일본 분말소화기의 내용연수를 업계자율로 8년으로 정하고 있지만, 10년이 경과하면 수압시험을 통해 점검을 법규에 의거 의무적으로 받도록 하고 있고, 이 수압시험 비용이 소화기를 새로 구입한 가격과 거의 같으므로 수압시험을 받지 않고 새로운 소화기로 대체하고 있고 소방기관도 수압시험보다는 대체구입을 하도록 지도하고 있다. 10년 경과한 대체 소화기는 축압식으로 구입하도록 지도하고 있으므로 가압식분말소화기로 인한 과열사고를 줄이는데 기여하고 있다.

NFPA 10에서도 수압검사를 하도록 하고 있으며 분말소화기는 12년으로 규정하고 있고, 수압시험에 불합격된 경우 그 소화기는 폐기처분을 해야 하며, 또한 부식된 소화기는 수압시험을 실시하지 않고 폐기처분을 하도록 규정하고 있다⁽¹⁸⁾.

2.4.6 폐소화기 회수시스템 구축

소방시설관리업자에 의한 소방시설 점검제도가 정착되면서 낡은 가압식분말소화기는 축압식분말소화기로 교체되고 있다. 그러나 오래된 소화기를 메이커 등이 회수하지 않고 있고 분말소화약제는 산업폐기물, 본체용기 등은 일반폐기물이며, 분말소화기를 작동시키면 분말가루가 주위에 날려 민원을 야기해서 작동시켜 버릴 수도 없으므로 새로 축압식분말소화기를 구입하더라도 오래된 가압식분말소화기를 폐기하지 않고 그대로 보관하고 있는 경우가 있으며, 특히 소방시설관리업자에 의한 점검대상이 아닌 주택이나 소규모소방대상물의 경우에 새로 축압식분말소화기를 구입한 후 오래된 가압식분말소화기를 버리지 않고 그냥 보관하므로 오래된 가압식분말소화기를 더욱 심하게

부식되게 방치할 가능성이 있다. 우리나라는 매년 소화기가 얼마나 보급되고 있는지에 대한 통계는 있지만, 낡은 소화기가 얼마나 폐기처리가 되고 있는지에 대해서는 전혀 통계가 없고 파악하려는 기관마저도 없는 실정이다.

또한 오래되거나 낡아 수명을 다해 폐기처분하려는 분말소화기의 처리에 대해서 소방 쪽에서 아무런 규제를 하지 않고 있어 고물상에서 고철을 회수하기 위해서 해체하거나 또는 재생하여 판매하기 위해서 수거업자가 수거하고 있는 실정이다. 텔레비전이나 냉장고, 세탁기 등을 교체하기 위해 이들 제품을 구입하면 메이커(생산자)가 무료로 아무런 조건 없이 수거하는 것을 볼 수 있다. 폐가전제품은 메이커가 자율적으로 수거하는 것이 아니라 ‘자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률’의 생산자책임 재활용제도에 의거하여 시행하고 있는 제도이다. 이 법률에서 생산자는 단체(재활용사업공제조합)에 가입해 재활용에 필요한 분담금을 납부하거나, 단체가입을 원하지 않는 사업자는 이행계획을 사전에 승인받고 독자적으로 재활용해야 한다고 규정하고 있다.

일본은 분말소화기도 생산자책임 재활용제도의 제품으로 지정되어 있고, 폐기물처리법의 특례인 광역인정제도를 소화기 메이커별(9개회사)로 취득하여 2006년 9월부터 전국 약 200개소에서 자사의 폐소화기만을 회수하여 폐기하고 있었는데, 일본소화기공업회가 단체신청을 하여 환경부 인가를 받아 2010년 1월 1일부터 일본소화기공업회에 가입되어 있는 10개 메이커의 소화기는 메이커에 관계없이 전국 약 3,800개소의 회수창구에서 회수하여 처리하는 시스템을 갖추고 있다. 2010년 1월 1일 이후 신규로 생산된 제품은 판매 시부터 회수비용을 포함하여 판매되고 있으며, 그 이전에 생산된 제품은 소화기판매점 등 회수센터로 가져가서 일본소화기공업회 산하의 소화기리사이클 추진센터가 발행한 회수스티커(바코드형식)를 구입하여 붙인 후 인도하면 제조업체가 운영하는 리사이클시설에서 처리하게 되어 있다. 소화기리사이클시설에서는 본체용기 등 금속제 부품은 고철로 매각하고, 고무나 수지부품은 폐기처리하며, 소화약제는 재생하고 있다⁽¹⁹⁾. 최근 매년 10개 메이커 등에서 400만대 소화기가 출하되어, 회수센터를 통해 약 200만대가 회수되고 있다. 소화기 회수를 위해 소방기관, 환경부서, 소비자관련부서가 연계하여 홍보하고 있으며, 화재예방이벤트, 소방점검 등을 통해서도 폐소화기를 회수하고 있다⁽²⁰⁾.

우리나라도 가전제품의 생산이나 일본처럼 소화기를 생산자책임 재활용제도의 제품으로 지정하여 폐소화기를 체계적으로 회수하여 처리하는 시스템의 구축을 검토할 필요가 있다.

2.4.7 폐소화기의 재활용 시스템 구축 검토

폐소화기 회수시스템이 구축되어 있지 않고 폐기에 대해 아무런 규제도 없으므로 일반적으로 고물상에서 회수

하여 고철로 처리할 수 있는 부품은 고철로 처리하고 나머지는 폐기하고 있거나, 분말소화약제나 본체용기를 재활용할 목적으로 아무런 법적자격도 없는 업자가 회수하여 재활용을 하고 있다⁽²¹⁾. 사고사례3에서 언급한 것처럼 품질보증이나 안전담보도 없이 임의로 폐소화기를 분해하여 본체용기나 분말소화약제 등을 재활용하여 판매되고 설치되고 있어도 규제할 마땅한 법규가 없다는 점은 문제이다. 재활용할 수 있는 부품 등을 정하고 이들 부품 등을 재활용할 경우의 품질기준과 재활용업자의 자격기준 및 재활용시스템 구축을 검토할 필요가 있다.

특히 ABC분말소화약제는 제1인산암노염이 주성분이며, 원료는 인광석이다. 인광석은 전세계의 매장잔량이 40~50년분으로 알려져 있으며, 과거에는 미국 플로리다 주가 주요 원산지이었는데, 현재는 중국 사천성에서 대부분을 공급하고 있다. 소화기의 생산대수의 90%가 ABC분말소화기이고 또한 ABC분말소화약제가 등장한 이래 이를 대체할 뛰어난 소화약제가 개발되어 있지 않다. 앞으로 중국정부의 광물자원의 관리통제가 있으면 가격급등뿐만 아니라 원재료, 그 자체가 입수하기 어렵게 될 가능성이 있다. 따라서 폐분말소화기 재활용시스템을 구축하여 분말소화약제를 재활용할 필요가 있다. 분말소화약제를 재활용처리한 후 다시 사용하여도 문제가 없는 것으로 판명되었다⁽²²⁾.

2.4.8 노후소화기관련 상담창구 운영

일본은 노후소화기관련 상담창구 역할을 일본소화기공업회에서 하고 있다. 우리나라도 한국소방기구협동조합 등에서 소화기 등 소방시설관련 상담을 할 수 있도록 창구를 개설할 필요가 있다.

3. 결 론

위에서 분말소화기의 파열사고 사례를 들고, 파열원인을 분석하고, 예방대책 등을 제시하였다. 파열이 발생하는 소화기, 파열로 인한 반동력, 파열원인, 예방대책 등을 요약하면 아래와 같다.

1) 분말소화기 중 파열사고가 발생하는 것은 대부분 가압식이며, 가압식은 레버조작 시에 본체용기가 무압상태에 있다가 급격히 가압되어 파열되므로 인적피해로 연결될 위험성이 있다.

2) 분말소화기의 파열사고에 의한 인적 피해는 유지관리가 불충분하여 시간경과에 따라 본체용기가 부식된 소화기 본체용기나 캡이 이완되거나 손상된 소화기를 훈련이나 화재진화를 위해 조작하거나 폐기처분하려다가 주로 발생하고 있다.

3) 가압식분말소화기의 파열에 따른 영향인 반동력은 내부압력과 부식의 상태에 따른 개구면적에 비례하여 커지며, 소화기의 밑 부분 전체가 뚫리는 경우가 반동력은 최대가 된다.

4) 캡의 파열에 의한 반동력은 캡부분의 개구면적이 본체용기의 단면적에 비해 적어 밑바닥 판이 파열되는 경우에 비해 적지만, 이 반동력에 의해 튕겨나간 캡 자체에 맞으면 사상사고가 발생할 수 있다.

5) 소화기 파열사고의 예방대책으로 훈련이나 교육에 부식된 소화기의 사용 자제, 부식된 소화기에 대한 위험성 교육 및 홍보, 기설치 가압식분말소화기에 파열위험성 표시, 내용연수 표시 의무화, 일정기간 경과 소화기에 대한 수압검사 제도의 도입 검토, 폐소화기 회수시스템 구축, 폐소화기의 재활용 시스템 구축, 노후소화기관련 상담창구 운영 등을 제안하였다.

참고문헌

1. J. H. Yoo, "Prevention Countermeasure of Accident Due to Fire Extinguishers", Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 4, No.1, pp. 99-102 (1989).
2. http://metro.daegu.kr/Life_Information/Accident_Diary.aspx?classNo=0&infoID=50&list=10&no=60&page=6&rNo=60.
3. <http://news.nate.com/view/20110603n24903>.
4. <http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=102&oid=079&aid=0002074747>.
5. <http://media.daum.net/society/affair/view.html?cateid=1010&newsid=20090715070309313&p=nocut>.
6. <http://www.bo-sai.co.jp/syoukakibakuhatu.htm>.
7. http://www.kokusen.go.jp/mimamori/kmj_mailmag/kmj-support21.html.
8. http://www.marinesafetyforum.org/upload-files/safety_alerts/msf-safety-flash-07.27.pdf.
9. <http://maritimeaccident.wordpress.com/2007/10/24/danger-fire-extinguisher/>.
10. Japan's Fire and Disaster Management Agency (FDMA), White Paper on Fire Management 2001, p. 39 (2001).
11. FDMA, "Safety measures based on explosion accident of deteriorated fire extinguishers", pp. 65- 68 (2010).
12. FDMA, "Safety Measures Based on Explosion Accident of Deteriorated Fire Extinguishers", pp. 59-63 (2010).
13. Japan fire equipment inspection institute, "On Explosion Experiment of Fire Extinguishers", Textbook of 49 the Annual Conference of National Fire Engineers, pp. 127-129 (2001).
14. William F. Crapo, "Hydraulics for Firefighting", 2nd Edition, Dlema Cenage Learning, pp. 169-170 (2008).
15. Eugene Mahoney, Breant E. Hanning, "Fire Department Hydraulics", 2nd Edition, Pearson Prentice Hall, pp. 148-149 (2009).
16. http://www.kfeic.or.kr/portal/sub6/sub6_intro.asp.
17. FDMA, "Arrangement on Safety Measures Based on Explosion Accident of Deteriorated Fire Extinguishers", Trends in Japan Fire Service', No. 474, pp. 4-5 (2010).
18. NFPA (National Fire Protection Association), "N FPA 10

- Standard for Potable Fire Extinguishers”, 2010 edition, p. 18, 57 (2010).
19. <http://www.fdma.go.jp/html/life/accident/pdf/2010/01/220115jimu.pdf>.
 20. FDMA, “White Paper on Fire Management 2010”, p. 51 (2011).
 21. Y. H. Park, “A Study on the Status Recharging of Fire Extinguisher”, Proceedings of 2005 Spring Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 47-55 (2005).
 22. S. Kagawa, “Recycle Processing of Deteriorated Fire Extinguishers”, Prevention news magazine (The general insurance association of Japan), Vol. 203, pp. 38-44 (2010).