

목적에 적합한 포 사용

(The right foam for the right fire!)

Dr. Roger Klein

소방대가 화재진압에 786,000 l의 포 농축액 - 6%의 포 1,300만 l에 상당하는 사상 최대 사용량을 사용한 영국의 Hemel Hempstead 도시 부근에 위치한 Buncefield 원유 저장소의 화재가 일어난 지 정확히 1년이 지났지만, 환경에 미치는 장기적 영향에 대해서는 아직 알려지지 않았다.

화재진압, 냉각, 그리고 증기 억제를 위해 사용된 막대한 양의 불화계면활성제 포로 인해 불화계면활성제 및 탄화수소, 처리가 필요한 불소성분 분해 생성물과 오염된 수백만 리터의 유거수(firewater-화재진압에 사용된 물이 연소찌꺼기와 혼합된 생성물)가 유출되었다.

이러한 분해 생성물들은 극히 안정된 물질로서 수중환경에서 수십년 이상의 수명을 가지며, 잠재적으로 독성을 가지거나 생물축적(생물 내에 들어있던 유독물질이 다른 생물로 이전되어 축적되는 것)을 일으킬 수 있다.

소방대들은 포를 사용하지 않을 수 있고 보다 효과적인 인적·경제적 자원의 활용을 통해서, 환경에 잠재적인 장기 영향을 미치는 것을 피하면서 다뤄질 수 있는 화재에 대해서는 AFFF(수성막포)의 사용을 재고해야 할 때가 아닐까?

□ 유출방지 문제

현재의 소방기술로서는 Buncefield와 같이 거대한 석유화학 및 중화학 시설들의 화재에는 AFFF 타입의 불화계면활성제를 함유한 필름형태의 포 사용이 필요하다. 그러나 이러한 사업장에는 유출방지시설, 즉 방유제 또는 물매턱으로 구분되고 격리되거나 또는 배수 설비를 갖추고 최소한 전체 사업장 저장량 및 유거수 유출을 격리할 수 있는 능력을 갖추어야 한다. 항공기 사고나 도로상의 교통사고와 같이 포로 오염된 유거수 유출의 확산을 막기 매우 힘들고, 포 자체가 석유연료수거기(petroleum sprit interceptor)의 효율을 감소시키는 기타 유형의 사고에서는 유출방지는 종종 쉽지 않다.

심지어 방유제가 설치된 저장탱크가 있는 대형 석유화학 공장의 사고에서도 유출방지 시설이 넘치거나, 폭발에 의해 방유제가 파손되거나, 콘크리트 슬래브에 금이 가거나 또는 유출물질에 의해 콘크리트 자체가 파손되는 경우 유출사고가 큰 문제가 될 것이다.

화재 진압과 휘발성 액체를 덮기 위한 목적으로만 포 사용을 제한하고 탱크 및 시설의

기타부분의 생각을 위한 사용을 금지한다면, 포로 인한 잠재적 환경파괴도 제한될 것이다.

□ AFFF는 언제 필요한가?

소방대가 언제 AFFF 불소 계면활성제 포 사용을 필요로 하고, 비용적인 측면에서 많은 이득을 가져올 수 있는 효율적인 대체방안은 언제 사용가능할까?

일반적으로 지역소방대는 대형 정유공장이나 화학공장의 화재에 대비한 경험, 훈련 및 이에 필요한 특수장비를 갖추고 있지 못하다. 또한 제한된 수명으로 인한 비용문제로 이러한 대형화재의 초기 진압활동을 위해 충분한 양의 AFFF 또는 AFFF-AR 포 농축액을 보유하고 있지 못하다. 오히려 그들은 특수 소화활동 경험, 장비 및 충분한 장외 포 농축액 보관량(대형사고시 포 농축액이 파손될 수 있으므로 장내에 보관하지 않음)을 얻기 위해 산업체, 즉 공장 소유주에게 의존해야 한다!

산업체는 지역 소방대와 협동작전을 위한 특수 훈련이 필수적이며 위험물 취급지역에서는 소방대가 장내 및 장외 지휘권을 행사하고 경찰 및 앰블런스와 같은 기타 비상기관과의 연락과 호스차량 및 고용량 펌프와 같은 사회기반시설의 도움을 구하는 훈련이 의무화되어있다.

초기진압이 시작된 후 응급지원서비스의 일환으로 보다 많은 양의 포 용액을 대형 포 제조회사로부터 직접적으로 조달할 수 있어야 한다.

그렇다면 언제 지역 소방대는 다른 화재 진압에 우선하여 AFFF 사용을 필요로 하는 것인가? 소방대는 '만약을 대비하여' AFFF를 보관해야 하는가? 현장지휘관은 현장에 도착하기 전, 전문가의 정보를 얻기 전에 AFFF 또는 AFFF-AR 포의 사용 가능 여부를 어떻게 판단할까? 사용을 결정했다고 하더라도 "어떤 목적에 상관없이 항상 사용가능"하다는 판단은 적절치 못하다. 선택된 포는 목적에 맞는 것이어야 하고 환경영향에 미치는 전반적인 위험성 평가사항 및 적정성이 모두 고려된다는 전제하에 사용되어야 한다.

□ 화학적 신호 파악

B급 탄화수소 화재용 포를 다양한 크기 팬의 액면화재(pool fire)에서 테스트해 본다 (UL 162, EN 1568 또는 ICAO 기준). 불화계면활성제 AFFF는 연소표면에 걸쳐 필름처럼 퍼진다.

그렇지만 Solberg사의 Arctic포나 Bio-EX사의 ECOPOL처럼 회복자생력을 지닌 무불소 (Fluorine-free) 포 또한 표준규격과 같은 성능을 가진다. 그러나 지역 소방대가 얼마나 자주 액면화재를 처리해야 할까? 극히 드물다.

예를 들어, 유조차 교통사고나 수송관로 파열사고에서 흐르는 연료의 화재를 소화하거나 증기 진압 및 냉각하는 사례가 더욱 일반적이다. 석유화학공장의 자체 소방관을 제외하면 흔한 경우는 아니지만 어떤 상황에서는 분말 또는 분말과 포의 혼합사용이 더 적절

하다.

화재진압 지휘권자는 화재의 특성을 통해서 연료에 대한 많은 화학적 정보를 얻을 수 있다. 오렌지빛 불꽃과 함께 거대하고 넘실거리는 검은색 플룸은 디젤, 등유, 중유와 같이 상대적으로 분자량이 높은 탄화수소 화재이며 산소결핍상태임을 알 수 있다.

반면 초고온의 거의 무색인 화염은 매연분자의 결핍을 나타내며, 화염이 푸른빛을 띠거나 거의 무색인 경우 메탄올이나 디옥산, 아세톤과 같이 화학구조상 산소량이 높다는 뜻이다. 탄소 분자가 드러나지 않고 움직임이 느리며 폭발없이 화원쪽으로 연소되는 오렌지 빛 불꽃은 기화된 LNG(메탄)임을 알려준다.

첫 번째 예를 보면, 무극성의 탄화수소의 경우 AFFF를 필요로 한다. 하지만 두 번째 예를 보면, 극성연료분자에 의해 포가 분해되는 것을 방지하기 위해 AFFF-AR 또는 기타 알코올포가 요구된다. 세 번째 경우는 다른 기법을 필요로 한다. 대기 중 산소의 유입 또는 더 나쁜 경우 산소 또는 압축공기 배관의 누출은 탄화수소 화재로 인한 연기에 극성 연료가 투입되는 것과 같은 영향을 가지는 것을 기억해야 한다.

화염색상은 진한 오렌지 빛이나 붉은 색의 화염색상에서 거의 열어지다가 푸른빛을 띠는 무색으로 변하며(CO와 CO₂를 생성하는 연소 활동을 의미), 연기가 발생한다면 백색일 것이다. 그늘음 및 기타 열분해 물질의 농도가 높아 일반적으로 잘 보이는 연기라도 배기가 잘되는 제한 공간의 화재 인근에서는 잘 안보일 수 있으며, CO 농도가 매우 높을 수 있다.

근처의 사고관리직원이나 긴급구조 관계자들 중에 호흡기를 착용하지 않은 사람들을 위해서 공기 호흡기와 CO 탐지장치는 항상 비치되어야 한다.

□ 다양한 수단

LPG나 각종 석유물질 화재 진압에 적합한 기술이라고 해서 모든 LNG에도 적합한 것은 아니다. 연료의 물리적 특징이 매우 중요하다. 예를 들어 LPG는 상온에서 가압되어 액체로 저장되므로 공기와 혼합되어 폭발성 혼합물을 생성하지만 LNG는 영하 161°C에서 끓어오르는 극저온 액체로서 차단된 저장탱크에서 대기압으로 저장되므로 그렇지 않다.

LNG에 대해서는 기화억제를 위해 고발포 포와 화염 소화를 위해 자유 라디칼(free radical) 확산을 막는 분말을 포함한 특수 화재진압 기술이 사용된다. 텍사스 대학교 A&M의 TEEX 연구진은 지역 소방대가 마주칠 수 있는 산업 시설 및 수륙 수송 중의 LNG화재의 소방활동에 관한 소방관 훈련시 필요한 세계적으로 유명한 전문지식과 장비를 제공한다. 그렇다면 지역 소방대는 AFFF 사용을 사용할 필요가 있는가? 답은 예이지만, 포의 필름 형성특징이 반드시 필요한 제한(confined) 탄화수소 화재로 제한된다. 대부분의 기타 상황에 있어서는 기타 방안이 적용가능하며 장기적인 환경 영향이 현저히 감소된다.

대체기술들은 소화활동으로 인한 환경파괴를 줄일 수 있는 길을 열었다. 기존의 6%가 아닌 1%나 3% finished foam을 사용하게 되면 솔베르그 스칸디나비아(Solberg Scandinavian)사 혹은 프랑스 Bio-Ex사에서 생산되는 불소함유를 줄였거나 또는 무불소인 AFFF는 화재진압으로 인한 환경파손을 대물림하는 일을 감소시킬 것이다. 압축공기포설비(CAFS), 워터미스트 및 안개장치, 또는 포와 분말 혼합 분사설비는 지역 소방대에 대체 화재진압 기술을 제공한다.

Godiva FoamMaster(r) E Series 5.0 또는 Hale's FoamLogix(r) Model 5.0과 같은 최신 전자디지털 포 프로포셔닝 펌프는 A급 또는 대부분의 B급용 포 농축액을 0.1%~10%의 비율로 농도조절이 가능하다.

디지털 프로포셔닝(proportioning)은 고정비율이나 조절단위식이 갖기 어려운 재현성과 유연성을 가진다. 저, 중, 고발포 포에 사용되는 다양한 형태의 공기흡입기는 특정 조건에서 사용된다.

모든 프로포셔닝 장치는 제조업자에 의해 승인된 포를 사용해야만 한다. 산불 소화에 포를 사용을 하더라도 농림부에서 승인을 받는 것처럼 포 사용 전에는 다른 형태의 승인도 필요하다.

휴대용 또는 차량용 포 혼합장치 또는 고정식 배관 설비 및 모니터에서 생성되는 포는 상당한 기간동안 효율적인 화재 진압 및 소화성능을 제공해왔다. 석유화학공업 및 중화학공업, 액화가스 및 항공산업에서 사용되는 경우, 공기 흡입 또는 자체포생성 배관 및 모니터, 또는 고발포 블로어(blower)형 포 생성기를 사용한 특수화 설비의 사용이 필수적이다.

표준 분석법은 많은 문제점을 야기 시킨다. 포는 수직표면에 잘 들러붙지 않을 수 있다. 포가 그을음 및 기타 파편에 의해 오염되어 완성된 포를 생성하는 망(mesh)을 막을 수도 있다. 일반적인 포 농축액 용해율(3%~6%)은 고가(高價)일 뿐더러, 환경에 큰 영향을 끼친다. 게다가 노즐이 운동량도 감소하여 포가 화재 플룸을 관통하여 화원에 도달하는 능력을 제한한다.

압축공기포설비(CAFS)는 미리 혼합된 포 용액 안에 고압으로 압축된 공기를 주입한다. 고압 압축기는 CAFS 장치의 작동의 필수요소이다. CAFS는 고운동량, 조절가능한 성분 및 일관성을 지닌 균일하고 안정성 있는 작은 거품으로 이루어진 포를 생성한다.

차량용 압축공기 포 설비는 복잡한 구조물 화재 및 산불의 A급화재 진압에 강력한 성능을 보여준다. 압축공기 포는 원거리에서도 효율적인 화재진압을 가능케 하는 고속 기동식과 로프식의 스무드 보어 (smooth-bore: 물이 투명하고 끈게 나가는 것)로 발포된다. 또한 압축공기 포는 기존에 사용하던 포 시스템에 비해 훨씬 작은 양의 소화수와 포 농축액을 사용한다. 물 공급이 어려워 현장에 직접 물탱크를 운반해야하는 산불 등의 화재진압 시 이런 시스템은 뛰어난 효과를 발휘한다. 뿐만 아니라 압축공기포는 미국이나 호주 등지에서 주로 볼 수 있는 목조건축물의 화재진압시 작은 양의 유거수를 발생시킨다. 캐나다연구위원회(NRCC)의 Kim과 Crampton의 획기적인 연구는 적절히 혼합된 CAFS는 탄화수소 연료화재에서 A급 포 농축액을 사용하여 B급의 성능을 달성할 수 있음을 보여주었다. 고정식 압축공기포설비는 높은 효율성을 보여주었다.

표준 소화장치에 설치된 압축공기 포 설비와는 별도로 산불 진압시 사용될 수 있으며 심지어 도시에서 1~2명의 대원이 긴급출동시에 사용하는 소형 트럭 및 밴에 설치가능한 장치도 있다.

Hale MiniCAFSPRO(r)은 독자적인 압축공기포 모듈이다. 제조업체에 따르면 다양한 유형의 혼합비율(0.25%~1.0%)의 A급 화재용 포 생성이 가능하고 습식, 중식, 건식 포 생성이 가능하며 산불용 및 소형탱크용 장치에서 사용이 가능하다.

Hale CAFS Attack(r)는 신식 압축공기포 시스템이고 산불 및 지역 소방대용으로 모두 사용할 수 있도록 설계되었다. 두 개의 12,400ℓ (440 cu. ft.) 저장통과 이중 발포장치를 사용하여 초기진압 시 습식 포 및 노출된 구조물 보호 시 면도크림 같은 건식 포의 다양한 방출이 가능하다.

□ 결론

소방대가 포 설비를 최신화하거나 현대화하기 위해서는 어떤 결정을 내려야 할까? 먼저, 목적에 맞는 포를 선택해야 한다. 지난호 Fire & Rescue와 Industrial Fire Journal에서 지적했듯이 간단하게 만족스러운 결정을 내릴 수는 없다.

필름 형성 B급 화재용 포는 관통력이 약하여 A급 탄소 및 구조 화재를 진압하는데 있어 특수제조된 A급 포만큼의 역할을 하지 못한다. 훈련의 필요성이 반드시 고려되어야 한다.

유럽 대부분의 국가들은 환경 유해물에 대한 기준을 상향시켰다. 훈련에 사용되는 어떤 포든 환경파괴를 최소화해야 한다. 환경에 무해한 소위 “훈련용” 포를 사용하거나 공항 및 항만시설과 같이 실제 포 사용 훈련이 필요한 경우 사후처리시설을 갖춘 곳에서 실제 포 사용 훈련을 수행하여 환경 위험을 완화시켜야 한다.

편리한 사용, 원료비용, 저장 안정성 및 기타 특수 장치는 반드시 고려되어야 하는 사안들이다. 극성 용제의 위험이 높다는 것을 알지 못한다면, 무엇 때문에 굳이 더 비싼 AR등급의 제품을 구입하겠는가?

마지막으로, 지역 소방대는 최첨단 화재진압 방안을 재평가하여 사용하고자 하는 목적에 가장 적합한 것인지 확인해볼 필요가 있다. 이는 효과적인 화재진압과 화재관리를 위함과 동시에 환경파괴범위를 최소화시키기 위함이다.

소방대는 시대변화에 발맞추지 못하고 예전 모습 그대로 변치 않거나, 편리성만 추구하려는 유혹에 흔들려 목적 적합성을 희생시켜서는 안 된다.

출처 : Fire & Rescue issue 67 (2007년 1월)

번역 : 대구경북지부 사원 안진영