What to do in case of a fire?

지난 10 년 동안, 화재를 진압하는 방법에 많은 변화가 있었습니다. 우리는 화재 행동에 대한 지식과 관점 모두를 매우 많이 습득하였습니다. 또한 우리는 화재진압 과정에서 직면할 수 있는 문제들을 더 많이 알게 되었습니다. 그리고 지금은 과거보다 훨씬 더 많은 문제점들이 존재합니다. 새로운 건축 방식은 환기가 불량한 화재를 만들었습니다. 화재의 행동은 엄청나게 변했고 화재진압 방법은 더욱 다양해졌습니다.

위는 이러한 새로운 문제를 해결하는 데 사용될 수 있는 많은 해결책들이 고안되었다는 것입니다. 하지만, 오늘날 많은 소방관들은 숲을 알기 위해 나무를 보지 않고 있습니다. 이 글은 가능한 해결책과 함께 여러 가지 화재 상황에 대해 개략적으로 설명하는 것을 목적으로 합니다.

1 Critical task analysis

벨기에 소방국은 얼마나 많은 소방관들이 펌프차에 탑승해야 하는지에 대한 논쟁을 하였고, 6 명의 진압대원이 펌프차에 편성되는 것이 표준이 되었습니다. 하지만, 점점 더 많은 사람들이 교외지역에서는 4 명의 진압대원이 적당하다고 말하고 있습니다. 교외 지역에서는, 종종 한 대의 펌프차에 6 명의 진압대원을 출동대로 편성하지 않고 있습니다. 하지만 출동이 적은 적은 지역에 적은 수의 진압대원들을 배치하는 것은 선택사항이 될 수 없습니다.

Figure 1 An engine with a six man crew consists of a company officer, a driver and 2 firefighter duos. This allows for two tasks to be performed simultaneously. *(Photo: Patrick Verhaeghe)*

6 명의 대원이 탑승한 펌프차는 4 명이 탑승한 펌프차보다 더 많은 일을 할 수 있을 것입니다. 그렇다고 해서 4 명의 대원이 아무것도 할 수 없다는 뜻은 아닙니다. 마찬가지로, 이것은 6 명의 대원이 모든 것을 할 수 있다는 것을 의미하지도 않습니다.

두 경우 모두 출동한 지휘관이 상황을 평가해야 합니다. 이를 '중요 작업 분석(a critical task analysis)이라고 합니다. 어떤 작업이 먼저 수행되어야 할까요? 화재의 규모, 화재 발생 건물의 유형, 활용 가능한 인원, 각 대원의 훈련과 경험, 자신의 지식과 능력, 백업 요원의 도착 예상 시간 등을 고려해야 할 것입니다.

이러한 모든 요소를 고려하며, 지휘관은 당면한 작업의 우선 순위를 결정해야 할 것입니다. 다음으로 그는 출동한 대원들에게 각 임무를 할당할 것입니다. 4 명으로 구성된 출동대라면 한 번에 한 작업만 수행할 수 있을 것입니다. Madrid 도심에는 진압대원 8 명이 펌프차에 편성되어 있습니다. 이 출동대는 세 가지 작업을 동시에 수행할 수 있습니다. 여기에는 기관원(운전 및 펌프차 조작)과 지휘관이 모두 포함되어 있고 3 개조(2 인 1 조)로 구성된 것으로 추정되며 각 조는 개별 임무를 수행할 수 있습니다.

현재 수많은 국가에서 다양한 형태의 출동대를 운영하고 있습니다. 네덜란드에서는 이를 "유연 출동대(variable vehicle staffing)"라고 합니다. 펌프차에는 진압대원이 2 명, 4 명 또는 6 명이

탑승할 수 있습니다. 스웨덴에서도 2 명의 대원이 펌프차에 탑승하는 지역이 있습니다. 두 명의 대원이 여섯 명의 대원과 다른 형태의 현장활동을 한다는 것은 말할 필요도 없습니다. 특히 출동대의 지휘관은 중요한 역할을 수행해야 합니다. 어떤 작업을 수행할 수 있는지, 어떤 작업은 후착대가 도착할 때까지 기다려야 하는지 신중하고 신중하게 선택해야 합니다. 따라서 양질의 사전 훈련과 교육은 필수 불가결한 것입니다. 현장에 단 한 명의 대원이 있더라도 그는 선착대의 지휘관 역할을 해야 할 것입니다. 최고 지휘관이(IC) 도착하면 그에게 지휘권을 이양합니다. 그러면 최고 지휘관은 다른 지휘관들과 상의하여 현장활동을 이어갈 것입니다.

주거용 건물에서 발생한 화재를 진압할 때, 화점 공격은 거의 대부분 당면한 가장 중요한 작업이 될 것입니다. 화재가 진압된 후(또는 화점 공격을 수행할 공격대원이 배치된 직후), 인명 검색과 구조를 위한 노력을 기울일 것입니다.

상황에 따라 급수를 위한 호스를 배치해야 할 경우도 있을 것입니다. 혹시 모를 구조대상자를 구조하는 것보다 급수를 위한 호스 배치가 더 시급한지의 여부는 지휘관의 판단에 달려 있습니다. 환기도 마찬가지입니다. 이 작업도 언젠가 수행되어야 하는 작업 중 하나입니다. 화재진압 작업 중에 IC 는 화재가 확대되고 있는지를 확인해야 합니다. "큐브 아이디어(cube idea)[1]"는 가능한 화재 확산을 시각화하는 데 도움이 될 수 있습니다. 때때로, 화재가 확대되는 것을 확인하는 것은 시간이 많이 걸릴 것입니다. 따라서 해당 작업에 1 개조 이상의 대원이 할당될 수 있습니다.

위의 단락에서는 대부분의 경우 최상의 결과를 얻을 수 있는 절차(sequence)가 나열되어 있습니다. 그러나 "대부분"이지 "항상"은 아닙니다. 결국, 선택을 하는 것은 지휘관들의 몫입니다.

이 글의 나머지 부분에서는 3 가지 다른 화재 현장 시나리오, 즉 당면한 다른 작업 및 이를 수행하는 이상적인 순서를 설명할 것입니다. 이 글을 읽는 분들은 이러한 화재들이 상대적으로 작은 구획(주택, 사무실, 병실, 은퇴 주택, 호텔 방 등)은 쇼핑몰과 공장 홀과 같은 대형 건물(큰 구획)들과는 다른 방식의 접근이 필요하다는 것을 명심해야 합니다.

2 The ventilated fire behavior

2.1 The fully developed fire with flames exiting out of the compartment (with rescue)

Figure 2 Fully developed fire in Ghent.

완전히 성장한 화재는 화염이 화재실 밖으로 분출되는 것이 특징입니다. 이것은 소방관들이 수십 년 동안 겪어온 특정한 종류의 화재입니다. 과거에, 이러한 화재는 보통 외부에서 수 많은 양의 물을 소방 호스를 통해 화재실에 주수함 으로써 화재를 진압하였습니다. 물은 호스와 관창을 통해 고체상의 직사 주수로 화염을 향해 날아갔습니다. 대부분의 시간동안, 수천 리터의 물이

[1] cube idea: 화재 확산정도를 평가할 때, 공간을 6 면체의 cube(앞, 뒤, 전, 후, 좌, 우)처럼 공간을 구분 하는 방법

화재를 진압하기위해 사용되었습니다. 이 때문에 화재로 인한 피해보다 수손 피해가 더 많은 경우가 많았습니다. 80 년대 공기호흡기의 배치 덕분에, 소방관들은 화재실 내부로 진입하여 화재를 공격할 수 있었습니다. 이 방법은 훨씬 더 성공적이었습니다. 최종적으로 소방관들은 화점에 주수해야만 화재를 진압할 수 있습니다. 20m 밖에서 창문을 통해 직사주수를 할 때, 화점에 물을 보내는 것은 그렇게 쉽게 달성되지 않습니다.

내부 공격이 더 나은 화재 진압 방법임이 입증되었습니다. 초기에는 고체 직사주수기법이 주로 사용되었습니다. 2000 년대 초반, 가스 냉각 기법을 화점을 향해 나아가면서 사용하기 시작하었습니다. 10 여년 후, "대량주수(massive attack)"와 같은 기법이 적용되었습니다. 이것은 더 빠른 화재 진압으로 이어졌습니다.

그러나 지난 60 년 동안 화재 행동에 중대한 변화가 있었습니다. 화재 진행 속도가 훨씬 빨라졌습니다. 50 년대에는 플래시오버까지 30min 이 걸렸습니다(환기구가 충분할 경우). 70 년대에는 그 시간이 17min 으로 줄어들었습니다. 요즘에는 플래시오버까지 걸리는 시간이 2min 에서 4min 밖에 되지 않습니다. 이는 화재 현장에서 소방관들이 현장활동을하는 방식에 심각한 영향을 미칩니다. 내부 공격은 더 빠른 화재 진행으로 인해 훨씬 더 위험해졌습니다. 90 년대에 안전하다고 여겨졌던 내부 공격은 현재로선 더 이상 안전하지 않습니다.

미국에서는 "전환 공격(Transitional Attack)"이라는 전술이 오늘날의 빠르게 성장하고 있는 화재에 대응하기 위해 고안되었습니다. 전환 공격은 내부 공격과 결합된 외부 공격으로 구성됩니다. 우선 화재는 잠깐의 외부 공격에 의해 화세가 약해집니다. 지상층의 화재실에는 분무주수(fog pattern)을 사용하여 이 작업 [2] 을 수행할 수 있습니다. 높은 층에서는 직사주수(solid jet) 기법을 사용해야 합니다. 그 직사주수된 물방울은 화재실의 천장에 부딪힐 수 있도록 합니다. 이상적으로는 높은 유량(>400 lpm)이 사용됩니다. 외부 공격을 빠르게 수행하는 한 가지 방법은 Ø 45 mm 또는 Ø 70 mm 소방호스를 사용하는 것입니다.

이러한 외부 공격은 10sec 에서 15sec 정도 지속됩니다. 따라서 외부로부터 30min 에서 60min 동안 주수하던 시절의 외부 공격과는 완전히 다릅니다. 외부 공격의 목적은 화세를 빠르게 감소시키는 것입니다. 화재는 다시 성장 단계로 돌아오고 있으며 다시 화세가 강해지기 위해서는 시간이 필요할 것입니다. 이 시간 동안 화재는 확대되지 않을 것입니다. 진압대원들은 그 시간을 이용하여 안전한 환경에서 적극적인 내부 공격을 감행할 수 있습니다.

화세가 약화된 후, 전술은 전형적인 내부 공격으로 전환됩니다. 그 다음 목표는 화재를 완전하게 진압하는 것입니다. 화재를 완전히 진압하는 즉시 검색과 구조 작업이 시작될 수 있습니다. 화재가 진압되었기 때문에, 구조대상자와 소방관 모두의 위험은 급격히 감소할 것입니다.

2.1.1 Ideal sequence

이러한 화재 시나리오에 접근하는 이상적인 순서는 아래에 요약되어 있습니다.

1) 상황파악
2) 외부 공격: 10sec ~ 15sec

---

[2] door entry 절차에서 사용되는 가스 냉각 주수기법과 같이 화세를 약화시키려는 목적의 주수기법으로 열연기를 화재실 안쪽으로 밀어넣는 주수기법이 아님

3) 내부 공격

4) Search & Rescue: 1 차 및 2 차

5) 급수, 환기, 연소 확대 여부 점검

6) 잔화정리

현장을 지휘하는 지휘관은 한 명 이상의 대원들이 어떤 임무를 수행하도록 선택할 것입니다. 또한 동시에 여러 작업을 처리하도록 선택할 수 있습니다. 사다리차가 현장에 있는지 아닌지에 따라 그의 결정이 달라질 수 있습니다. 사다리차를 이용하면 창문이나 발코니에 위치한 구조대상자들을 매우 빨리 구조할 수 있습니다. 사다리차를 이용하여 창문을 점검함으로써 연소가 확대되는 것을 사전 확인할 수도 있습니다. 사다리차에 대한 이 구체적인 언급은 아래에 나열된 다른 유형의 화재에도 적용될 것입니다.

2.2 Fire in the growth stage

성장 단계에서의 화재의 규모는 제한적입니다. 일반적으로 이 단계에서는 화점은 한 장소입니다. 이 화재에서는 뜨거운 연기가 발생하고 있습니다. 화염과 연기 양쪽에서 나오는 복사열은 결국 연소 확대를 유발할 것입니다.

과거에 우리는 "먼저 구조하고, 그 다음에 화재를 진압하라(Rescue first, then extinguish)!"는 교육을 받았습니다. 50 년대의 상황에서 이것은 논리적인 선택이었습니다. 즉, 그 당시에는 검색과 구조 작업을 하기에 충분한 시간이 있었습니다. 현장에 도착하자마자, 진압대원들은 보통 지금보다 훨씬 더 적은 양의 연기에 직면했습니다. 구조대상자를 찾는 게 더 쉬웠습니다. 하지만 화재 진행 상황이 바뀌었기 때문에, 이제는 더 이상 안전하게 구조대상자를 먼저 찾는 것이 불가능해졌습니다. 그래서 지금은 "먼저 불을 꺼라(Put the fire out first)!"를 더 강조하고 있습니다.

과거나 지금이나 우리의 행동 목표는 여전히 같습니다. 국민의 생명을 구하는 것이 최우선입니다. 하지만 우리가 그 목표를 달성하는 방법은 바뀌었습니다. 과거에는 구조대상자에 대한 검색과 구조를 우선적으로 실시하는 것이 이러한 목표를 달성하기가 더 쉬웠습니다. 하지만 이제는 화재를 먼저 진압하는 것이 가장 이러한 목표를 달성하기가 더 유리할 것입니다.

한 명 또는 그 이상의 공격대원들이 투입된 후, 검색과 구조를 수행할 다음 대원들을 투입하는 것이 가장 좋을 것입니다. 1 차 검색과 2 차 검색이 모두 수행되는 것이 이상적입니다. 이것은 각 방마다 두 번, 그리고 다른 대원들에 의해서도 검색될 것이라는 것을 의미합니다. 사람들은 모두 실수를 할 수 있습니다. 또한 구조대상자가 검색팀에 의해 발견되지 못할 경우도 발생 할 수 있습니다. 2 차 검색을 통해 구조대상자를 발견하지 못할 확률을 줄여야 합니다.

성장단계의 화재는 적은 양의 물로 진화가 가능합니다. 이 작업은 펌프차 자체의 물탱크에 적재된 물을 사용하여 수행할 수 있습니다. 따라서 급수를 위한 소방 호스를 배치하는 것은 우선순위가 낮아집니다. 이 단계의 화재에서는 화재를 진압하는 즉시 환기를 하는 것이 현명합니다. 이 환기는 연기를 제거하는데 도움을 줄 것이고, 이것은 다시 잔화정리하는 대원들을 도울 것입니다. 그 외에도, 그것은 아직 발견되지 않은 혹시 모를 구조대상자들의 생존 가능성을 높여줄 것입니다.

벨기에 소방관들은 보통 검색 및 구조를 두 번째로 높은 우선순위로 배정합니다. 화재 진압 활동이 진행 중인 동안에 구조대상자를 찾기 시작할 것입니다. 하지만 아직 불길이 완전히 잡히지 않았기 때문에, 환기는 아직 시작하지 않을 것입니다. 양압 환기는 화재에 공기를 공급할 수 있습니다. 환기는 화재가 완전히 진압된 후에야 시작될 수 있습니다.

2.2.1 Ideal sequence

이러한 화재에 접근하는 이상적인 순서는 아래에 나와 있습니다.

1) 상황 파악

2) 내부 공격

3) Search & Rescue: 1 차 및 2 차

4) 급수, 환기, 연소 확대 여부 점검

5) 잔화정리

성장 단계에서의 화재 확산 위험은 상대적으로 덜 위험합니다. 하지만 건물 형태에 따라 달라질 수 있습니다. 내화 격실 구조의 건물에서는 성장 단계의 화재에서 화재 확산이 거의 발생하지 않습니다. 따라서 화재 확산을 확인하는 것은 우선 순위에서 더 낮아질 수 있습니다.

3 The under ventilated fire behavior

우리는 새로운 건축 방법 때문에, 환기가 불량한 화재가 유발하는 화재 행동이 미치는 영향에 직면하고 있습니다. 이중 창문이 도입됨에 따라 성장 단계의 화재에서 환기가 제한되었습니다. 환기가 되지 않아 화재의 성장이 잠시 멈췄습니다. 화재실은 연기로 가득 차 있습니다. 이것은 또한 화재실과 문이 열린 채로 연결되어 있는 다른 방에서도 발생할 것입니다. 매연이 가득하면 이 방에 남아 있는 모든 구조대상자들이 살 수 없게 될 것입니다. 연기가 자욱한 격실에서 소방대원은 아무도 구하지 못할 가능성이 커집니다. 거주자들이 이 방을 나갈 수 있는 유일한 방법은 연기 감지기가 작동되는 것입니다.

Figure 3 Under ventilated fire. *(© Photo: Zbigniew Wozniak)*

UL 및 IFV[3]에서 수행한 연구에 따르면 화재 현장에서 거주자가 닫힌 문 뒤에 있을 경우 오랫동안 생존할 수 있었습니다. 주방이나 거실에 화점이 위치할 경우 침실 문이 닫혀 있으면 거주자가 침실에서 20 ~ 30min 정도 생존할 수 있게 됩니다. 그렇기 때문에 비록 많은 양의 연기가 발생하더라도 소방관들은 검색 및 구조 작업을 해야 하는 것입니다.

[3] IFV(Instituut Fysieke Veiligheid, 네덜란드어): 네덜란드 Arnhem 지역에 위치한 물리안전연구소 (The Institute for Physical Satety)

화재의 본질을 살펴보면 이러한 검색 및 구조 작업들이 합리적인 방법으로 수행되어야 한다는 결론에 도달합니다. 위에서 이미 오늘날의 화재는 훨씬 더 빨리 성장한다고 설명했습니다. 화재가 플래시오버로 성장하는 데는 2 ~ 4min 이 걸립니다. 환기가 불량한 화재에서는 산소 부족으로 화재의 성장이 중단됩니다. 하지만 화재실로 통하는 문이 열리는 순간 신선한 공기가 밀려들 것입니다. 그러면 화재는 다시 성장할 것입니다. 적절한 대응 조치를 취하지 않을 경우 문을 연 후 2min 정도가 지나면 환기 유도 플래시오버가 발생할 수 있습니다. 이런 일이 발생하지 않도록 진압대원은 출입문 통제를 시행하거나 스모크 커튼을 설치할 수 있습니다. 현재 UL 에서 환기가 불량한 화재에서 양압 환기를 사용하는 것에 대한 연구가 진행 중입니다. 이 프로젝트의 최종 보고서는 2016 년 초에 나올 것으로 예상됩니다. 의심할 여지 없이, 이 연구결과는 환기가 불량한 화재에서 송풍기를 사용하는 데 많은 통찰력을 얻을 수 있을 것입니다.

이러한 환기가 불량한 화재에 대처하는 또다른 방법은 piercing nozzles 이나 cobra cutting extinguishers 를 사용하는 것입니다. 이러한 관창들은 화재실 내부로 공기가 유입되지 않게하고 소화수를 주수할 수 있습니다. 이러한 방식은 화재실 내부 환경을 불활성 상태로 만들고, 출입문이 개방되기 전에 내부를 냉각시킬 수 있습니다. 이렇게 하면 출입문을 열었을 때 화재의 행동이 덜 빠르게 반응할 것입니다.

3.1 Ideal sequence

환기가 불량한 화재현장에서 화재를 진압하는 방법에는 두 가지가 있으며, 두 방법 모두 성공할 가능성이 높습니다. 내부 공격과 반배연(anti-ventilation)이 결합된 고전적인 진압전술과 외부로부터 화재실 내부 환경을 개선하기 위해 외부 공격을 먼저 수행하는 현대적 진압전술입니다. 후자의 접근 방식은 네덜란드에서 "공세적인 외부 공격(offensive exterior attack)"이라고 불립니다.

<u>Classic approach</u>

1) 상황 파악
2) 반배연(Anti-ventilation)
3) 내부공격
4) 검색 및 구조
5) 환기, 급수, 연소 확대 여부 확인
6) 잔화정리

<u>Modern approach</u>

1) 상황 파악
2) 외부공격(piercing nozzle/cobra)
3) 내부공격
4) 검색 및 구조
5) 환기, 급수, 연소 확대 여부 확인
6) 잔화정리

우리는 환기가 불량한 화재현장에 대한 경험이 부족합니다. 그러므로 이러한 화재현장에서는 더욱더 신중하게 행동하는 것이 바람직합니다. 앞으로 몇 년 동안, 소방관들은 이런 종류의 화재에 점점 더 많이 마주하게 될 것입니다. 이는 이러한 종류의 화재에 대한 성공적인 진압전술에 대한 지식도 증가할 것입니다.

4 Bibliography

[1] *International Fire Instructor's Workshop 2015 – België*

[2] *Lambert Karel, Posts inside a network ➔ New tactics, De brandweerman, september 2011*

[3] *Lambert Karel, Baaij Siemco, Nieling Hans, Vandenberghe Hein, Brandbestrijding: technisch bekeken, tactisch toegepast, 2015*

[4] *Kerber Steve, Analysis of changing residential fire dynamics and its implications on firefighter operational timeframes, Fire technology, Vol 48, p 865-891, 2012)*

[5] *Personal talks with Dennis Berens of Brandweer Oostkamp on the training of firefighters*

Karel Lambert