

헤모글로빈-일산화탄소 농도에 따른 연소형태

최승복, 오부열, 최돈묵*

서울지방경찰청 과학수사계 화재감식팀, *경원대학교 소방방재공학과

Fire Patterns Based on the Hb-CO Concentration

Seungbok Choi, * Buyeol Oh, Donmook Choi

요 약

심하게 소손된 화재현장은 남아 있는 잔존물만으로 초기 화재의 유형을 판단하기 곤란할 때가 많다. 화재로 인해 사람이 사망하였을 경우 혈중 일산화탄소-헤모글로빈 농도는 생존 당시의 화재의 유형을 가늠할 수 있으며 촉진제를 사용한 급격한 화재의 경우 열기와 유독가스로 인해 재실자의 생존은 화재진행속도와 비례되어 체내 헤모글로빈 일산화탄소 농도는 낮았으며, 훈소와 같이 서서히 진행되는 연소의 경우 오랜 시간 호흡하면서 체내에 축적되는 일산화탄소 농도는 증가하였다. 이러한 인체의 헤모글로빈-일산화탄소 농도를 분석하면 생존 시 어떠한 형태의 화재에 노출되었는지 알 수 있었다.

Abstract

Fire patterns have been used to determine the origin and cause of fires in every setting imaginable. However, it is very difficult to identify fire patterns from the fire-damaged remains of a devastated structure. If someone was killed by the fire, it is possible to identify fire patterns by analyzing the concentration of carbon monoxide-hemoglobin in the body of deceased as well as the pace of the fire. For example, a low level of carbon monoxide-hemoglobin in the body of the dead indicates a rapid fire with accelerants and the death was caused by severe heat and thick toxic fumes. However, a high level of carbon monoxide-hemoglobin in the body of the dead demonstrates that the fire was slow and /or there was a flameless form of combustion. Thus, this study identifies fire patterns through analyzing the level of carbon monoxide-hemoglobin concentration on the dead from the fire.

1. 서론

화재조사는 타고 남은 잔해에 생성된 연소 흔적이나 가연물의 조건, 환기의 조건, 사망자의 피난 경로 등 다양한 정보가 필요하나 화재 진화가 늦어져 이러한 흔적과 초기 화재 조건 등을 파악하기 곤란한 경우가 많아 어떠한 유형의 화재였는지 가늠하기 곤란한 경우가 많다.¹⁾ 화재로 인해 사람이 사망하였을 경우 수사기관에서는 화재현장 조사와 망자의 부검을 통해 방·실화여부를 판단하게 된다. 하지만 현장이 심하게 소손된 경우에는 결국

기도의 매(煤)나 혈액에 함유된 일산화탄소 농도만으로 화재로 인해 사망하였는지 화재 이전에 사망하였는지를 판단하게 된다. 인체에서 식별되는 매나 일산화탄소는 화재 진화에 사망하였는지를 판단하는 근거로만 제시되어 왔을 뿐 그 농도를 통해 그 농도의 정도가 어떠한 유형의 화재였는지는 연구된바 없어 소사체를 통한 화재유형 분석이 필요하다.

2. 연구의 배경과 범위

2.1 연구 배경

화재현상을 이해하고 발화부위와 화재원인을 도출한다는 것은 어려운 일이며 화재조사는 많은 전문지식과 현장경험을 필요로 한다. 건축물의 구조와 재질, 환기의 정도에 따라 화재확산의 방향과 유독가스 발생량이 제각각이고 진화가 늦어지거나 연소 조건이 좋을 경우에 건물이 진소되거나 붕괴로 인해 화재원인은 고사하고 발화부위 조차도 판단하기 곤란할 때도 있다.

화재현장에서는 발화부위를 판단하기 위한 방법으로 연소의 형태, 가연물의 조건, 환기 조건, 전기합선흔적 위치 등 다양한 과학적 입증을 요구한다.

일례로 다문화가정에서 화재가 발생하여 잠자던 외국인 처 000(여,23세)가 사망하였다. 화재는 방 내부에서 발생하였고, 망자는 알몸 상태로 침대위에서 웅크리고 사망한 상태로 발견되었다. 부검결과 혈중 농도는 46%이고 마약류로 분류되는 졸피뎀(Zolpidem) 0.21mg/ℓ이 검출되었다. 또한 수사당국에서는 망자 명의로 6개 생명보험사로부터 사망보상금 12억원이 가입되어있는 것을 확인하고 남편이 보험금을 노리고 처를 방화 살해한 것으로 의심되어 수사에 착수하였으나 남편은 처인 피해자가 평소 전기난로에 빨래를 말리는 습관이 있어 당시에도 전기난로에 널어놓은 빨래 또는 난로 이불에 넘어져 화재가 났을 것이라고 자신의 무고를 주장하였다. 전기난로에 젖은 빨래가 접촉되어 화재로 발전할 경우 훈소에서 유염연소까지 일정한 시간 동안 다량의 연기가 발생된 후 유염연소에 이르게 되므로 재실 자는 많은 량의 연기를 흡입할 것이다. 하지만 처음부터 직접 착화된 유염연소에 의해 발화되었을 경우 열기와 유독가스에 의해 사망하는 시간은 그만큼 단축될 것이다. 그렇다면 과연 일산화탄소 46%는 어떠한 유형의 화재에 노출될 경우 검출될 수 있는지에 대하여 사례를 통해 분석하게 되었다.

2.2 연구 범위

화재로 인해 사람이 사망할 경우 수사기관에서는 무엇보다 화재의 원인과 어떤 경로로 확산되었는지, 초기에 진화되지 못한 원인과 연소를 촉진시킬만한 매개물의 발견여부 등을 수사하여 발화원인과 인적피해 간의 인과관계를 정확히 파악하여야 한다. 그러기 위해서는 시체의 부검을 통해 화재 당시 생존여부와 혈액이나 위 내용물에서 독성물질이나 일산화탄소 검출여부 등을 확인하여 종합적으로 판단해야 한다.

화재와 함께 발생하는 뜨거운 열기와 유독한 자극성 가스는 짧은 시간에 사망에 이르게 하며, 인간은 본능에 따라 불을 피해 물이 있는 화장실이나 다른 방으로 도망치려고 한다.

이처럼 사람이 생존 시에 흡입한 유독가스는 화재 발생당시 생존해있었다는 것을 의미하

며 인체 부검을 통해 확인한 헤모글로빈-일산화탄소의 농도는 당시의 화재의 유형을 가늠할 수 있는 근거로 사용 가능하다. 즉, 서서히 진행되는 훈소와 같은 유형의 화재는 사람이 사망에 이르는 시간이 길어지게 되면서 그만큼 많은 량의 연기를 호흡하여 인체에 축적되는 일산화탄소량이 증가할 것이고 급격히 진행된 화재는 그 와 반대의 성상을 보일 것으로 생각 된다¹⁾. 따라서 다양한 화재 유형과 그 현장에서 사망한 인체의 일산화탄소량을 측정해 일산화탄소량에 따른 화재의 유형을 분석하며 연구 대상은 최근 한 해 동안 발생하였던 화재 사망사고 중 45건의 화재 사망사건에 대하여 화재현장 감식을 통한 화재원인과 헤모글로빈-일산화탄소 농도를 서로 비교 분석하였다.

3. 화재 사례

3.1 관계자 진술

소방관이 신고를 받고 현장에 도착했을 당시 불꽃은 보이지 않고 바닥에 깔려 있던 이불과 그 옆에 놓인 전기난로가 소훼된 상태에서 흰 연기만 나고 있어 화재는 어느 정도 성장하다 내부의 산소 부족으로 질식사화가 진행되고 있었음을 알 수 있는 상태였다. 침대위에는 알몸상태의 망자가 엎드려 사망하여 있었으며 내부 열기도 어느 정도 식고 바닥에 깔려 있는 이불에서 약간의 연기만 피어오를 뿐 화염은 보이지 않는 상태여서 대략 발화가 시작 된지 약1시간 정도 지났다는 것을 직감할 수 있었다.

목격자는 화재가 발생하기 약2시간 전에 주인이 집으로 들어오는 것을 보았고 그 후 약 1시간 후 그의 집에서 ‘쿵쿵’거리 시끄러워 항의하기 위해 나갔다가 창문으로 자욱한 연기가 새어 나오는 것을 보고 화재신고를 하였다.

3.2 화재현장 감식

화원가옥의 연소형태는 컴퓨터 책상 전면 바닥에서 발화되어 주변 벽체 등으로 확산되어 그 열기가 하강하다 벽체 바닥 2/3지점 까지 타 내리 오던 중 소화된 형태이다.

Fig. 1과 같이 컴퓨터 책상과 수납장, TV등이 놓여 있고 방문 좌측으로 변사자가 사망해 있는 침대가 놓여 있는 구조이며 망자는 침대위에 알몸으로 TV를 향해 쫓고려 엎드린 자세로 머리 부위에는 2개의 베개가 나란히 놓여 있고 변사자 좌측 발꿈치에 깔자락이 눌린 이불이 방바닥까지 늘어 뜨려 있는 상태로 외열에 의해 변사자와 이불, 침대매트 등이 그을려 있다. 또한 침대와 매트, 이불의 그을음과 탄화의 정도는 방바닥부위에서 침대 발치 방향으로 화염 또는 열기가 진행되는 과정에서 직접 연소 보다는 상층부에 형성된 열기에 의해 이불 표면이 약하게 탄화된 형태로 보인다.



Fig.2. Burned feature of room.



Fig.3. Burned feature of Point of origin.

발화부위인 방바닥은 Fig.2와 같이 전원이 인가된 전기난로 (3단 석영히터) 잔해가 식별되었고 감정결과에서 발열체 열선 이전 배선 3개소에서 합선흔적이 식별되며 전기난로의 안전망은 발열에 의한 변색형태와 이곳에 가연물질이 용착되어 있다. 전기난로는 배란다 방향에서 침대 방향으로 발열부를 바닥으로 향하고 넘어진 상태이고 전기난로 바닥에 의류와 이불잔해로 보이는 가연물이 놓여 있었다.

거실 전체적인 연소 형태는 방바닥 컴퓨터 책상 전면 바닥에서 주변 벽체 등으로 확산되었으며 이곳 발화부위에는 전원이 인가된 전기난로 외에 인화성물질이나 특이 가연물이 검출되지 않았다.

4. 화재유형 별 Hb-CO농도

Table 1. Fire cause and Hb-CO Concentration

Hb-CO농도(%)	화재 유형	착화 형태
0 ~ 1	이미 사망한 후 발화, 폭발	유염연소
3 ~ 8	개방된 공간(들판)의 완전연소 화재, 치료 중 사망	유염연소
11 ~ 28	휘발유 분신, 급격한 화염에 신체가 직접 노출된 화재	유염연소
34 ~ 38	대피할 수 없는 급격한 화염, 협소한 공간의 유염화재	유염연소
44 ~ 47	옷가지 등 연소가 용이한 가연물에 착화된 급격한 화재	유염연소
50 ~ 56	소파 등과 같이 다량의 연기가 발생하는 급격한 연소	유염연소
60 ~ 79	가옥 화재 등에서 불을 피해 대피하다 쓰러져 사망	유염연소
81 ~ 89	서서히 진행되는 화재, 불을 피해 대피 후 질식사망	훈소,유염
90 ~ 93	직접 화염에 노출되지 않고 연기나 유독가스에 질식사망	훈소,유염

수도권 일대에서 발생한 화재 사망사건 45건을 감식하여 Table 1.과 같이 ‘이미 사망하였거나 폭발과 같이 급격한 화염에 의해 사망하는 경우’ 인체의 헤모글로빈 일산화탄소 농도는 약0~1 %였고, 완전 연소와 같이 ‘연기가 거의 발생하지 않거나 병원에 후송되어 치료 중 사망하는 경우’에는 3~8 %였다. 생활비관이나 정신분열 등으로 ‘휘발유를 자신의 몸에 뿌리고 분신하는 경우’에는 11~38 % 정도의 농도를 보였으며, 급격히 연소하는 ‘촉

진재가 뿌려진 현장 주변에서 대피하지 못해 소사한 경우'에는 34~38 % 이고, '옷가지에 라이터 등으로 직접 착화하여 급격히 확산되는 형태'의 화재에는 44~47% 였다.

연기와 열기가 동시에 존재하고 비교적 서서히 진행하다 급격히 성장하는 '야산 움막이나 소파 등에 착화되었을 경우'에는 50~56%였으며, '가옥에서 화재이후 대피하다 열기와 유독가스에 질식 쓰러져 그 현장에서 사망하는 경우'에는 60~79%의 농도였고, '차량내 부나 불길을 피해 옆방이나 화장실 등으로 대피하였다가 사망한 경우'에는 81~89%였다.

화재에 직접 노출되지 않고 '유독가스에 질식하여 사망하는 훈소형 화재의 경우' 90~93%의 헤모글로빈 일산화탄소 농도를 나타냈다.

4. 결 론

본 연구에서는 화재의 유형에 따라 인체 헤모글로빈의 일산화탄소 농도가 다르게 나타난다는 것을 알 수 있었다. 인화성물질을 살포하고 분사자살 할 경우와 축진제를 뿌리고 착화하여 그 현장에서 대피하지 못하고 사망한 경우, 옷가지 등에 직접 불을 붙이고 사망하거나 담뱃불과 같이 서서히 진행되는 화재 등에 따라 작게는 0%로의 농도에서 많게는 93%에 이르는 일산화탄소 농도를 보였다. 즉, 화재로 급격히 열기가 발생하고 온도가 높을수록 농도는 낮은 수치를 보였고, 화재현장으로 부터 도망치거나 대피하던 중 사망한 경우가 그 다음이며 담뱃불과 같이 서서히 진행되거나 화염에 노출되지 않고 유독가스에 질식하여 사망한 경우가 가장 많은 일산화탄소 농도를 보였다.

ACKNOWLEDGEMENT

Special thanks to the Myer-Lawson School of Construction and Dr. Annie Pearce at Virginia Polytechnic Institute and State University. We are grateful to all colleagues for their collaboration and interests during our research investigation.

참고문헌

1. 박영근, "고분자재료의 연소가스 독성평가에 관한연구", 한국화재소방학회 논문지, 제15권 제3호, (2001년)