

LPG 충전소에서 작업복의 정전기에 의한 화재 · 폭발 위험성에 관한 연구

구자혁 · 서대원 · 정재희 · 조영두* · 최광석** · Manabu Takeuchi**

서울산업대학교 안전공학과 · *한국가스안전공사,

**국립이바라키대학교 이공학연구소

1. 서론

정전기 방전 현상에 의해 발생하는 가연성 가스의 화재 및 폭발 재해는 공업화 사회에 있어서 방치될 수 없는 중요한 안전 문제로 대두되고 있다. 충전 시설은 첨단 산업화로 인해 상당 부분 개선이 이루어져있는 상태이나 관리적인 면에서는 안전 의식 부족과 정전기 관련 기준 미흡 등으로 인해 잠재적인 위험성이 항상 우려되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 가연성 물질 취급 사업장 중 Liquid Petroleum Gas(hear after; LPG) 충전소의 정전기에 의한 재해를 예방하고자, 먼저 충전소의 안전관리자를 대상으로 정전기에 대한 안전 의식을 조사하여 문제점을 도출하였다. 그 중 특히 위험요소로 판단된 일반 작업복과 순면작업복의 대전 전하량을 측정하여 위험성을 평가하였다.

2. 주요 설문조사

LPG 충전소의 안전관리자에 대한 정전기 안전 의식을 분석하기 위해 서울; 64/64(대상/소재) 및 경기; 95/95, 기타; 41개소를 총 200개소를 대상으로 하였다(기간; 1999. 10~11). 배포된 부수와 회수율을 Table 1에 나타냈다. 그 결과 회수율이 71%이었다. 또한, 설문 조사의 구성된 표본을 구체화(성별, 연령별, 학력별)하여 Fig. 1에 나타냈다. 결과에 의하면, 안전관리자의 대부분이 30~40대, 고등학교를 졸업한 남성인 것으로 나타났다.

Table 1. 배포된 부수와 회수율

총 배포 개수	총 회수 개수	총 비회수 개수	회수율[%]
200 부	142 부	58 부	71

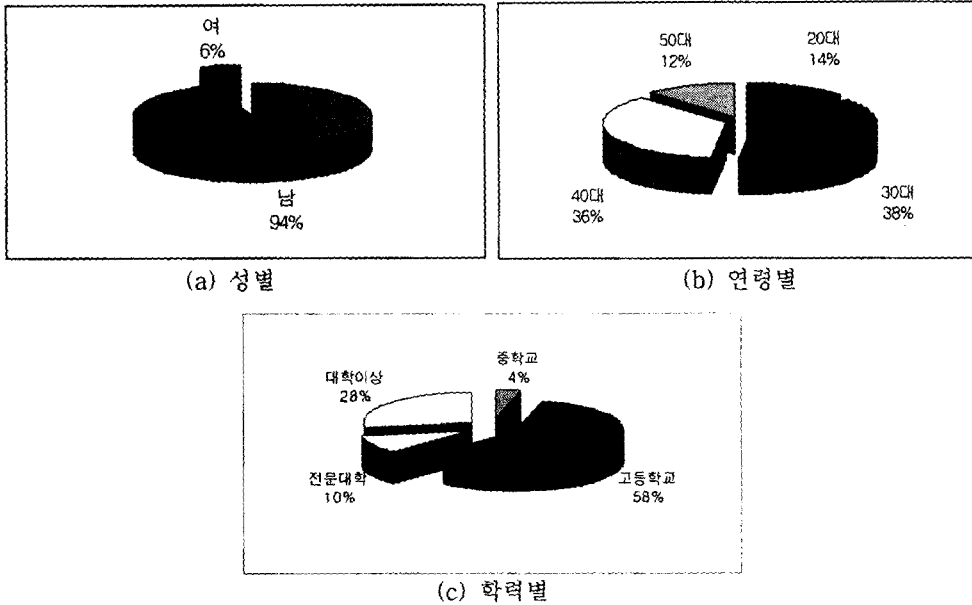


Fig. 1 성별, 연령별, 학력별 분포

3. 주요 설문 결과

3-1. 작업복의 정전기에 대한 인식

작업복에서 발생한 정전기에 대한 인식도는 Fig. 2와 같으며, 전체 응답자 중 87%가 정전기에 대해서 대체로 잘 알고 있는 것으로 나타났다. 이는 응답자가 안전관리자이기 때문으로 판단된다.

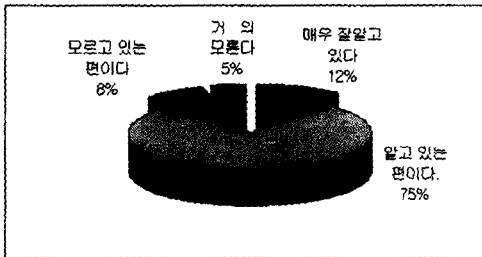


Fig. 2 정전기에 대한 인식도

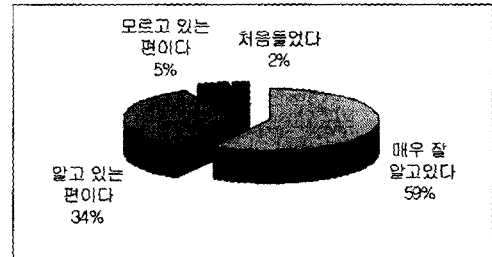


Fig. 3 정전기에 의한 가스폭발 가능성 인지도

3-2. 작업복의 정전기가 화재 및 폭발의 점화원

작업복의 정전기가 LPG 화재·폭발의 점화원임에 대한 설문결과는 Fig. 3과 같으며, 전체 응답자 중 93%가 정전기가 점화원임을 잘 알고 있는 것으로 나타났다.

3-3 정전기 안전교육을 수행 여부

정전기와 관련된 교육을 받은 경험에 대한 설문 결과는 Fig. 4와 같으며, 전체 응답자 중 63%가 교육을 받은 적이 있다고 응답하였다

3-4 화재·폭발을 방지를 위한 작업복의 종류

Figure 5는 정전기의 방지를 위한 작업복의 종류에 대한 설문결과를 나타냈다. 그 결과, 응답자의 74%가 순면작업복으로 응답했으며, 15%가 대전 방지복으로 응답하였다.

3-5 대전 방지복 및 대전 방지용 작업화 착용 경험

Figure 6은 정전기 발생을 예방하기 위한 대전 방지복 및 대전방지용 작업화의 착용에 대한 설문 결과를 나타냈다. 그 결과, 응답자의 대부분인 98%가 전혀 착용한 적이 없는 것으로 나타났다.

4. 설문 조사 결과에 따른 분석

작업자들이 작업복에서 발생한 정전기에 의해 LPG 화재·폭발의 점화원이 될수 있다는 것은 사전 교육 및 정규 교육을 통해 대체로 잘 알고 있는 상태였다(Fig. 2, 3, 4).

그러나, 재해 예방 측면 중 대전 방지복, 대전 방지용 작업화의 활용은 거의 없는 것으로 나타났으며, 정전기 발생 방지를 위해 대체로 순면 작업복인 것으로 인식하고 있었다(Fig. 5, 6).

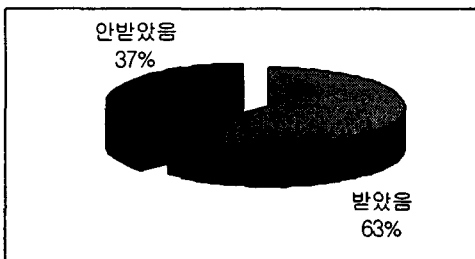


Fig. 4 정전기에 대한 교육여부

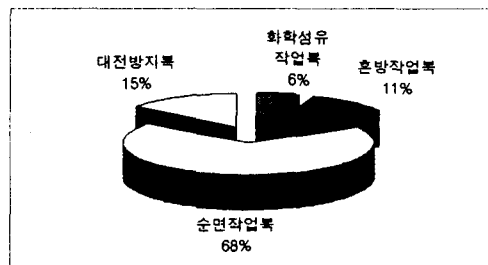


Fig. 5 대전방지작업복에 대한 인식도

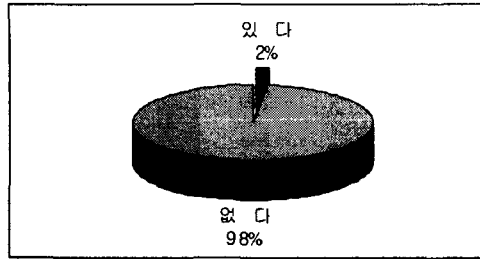


Fig. 6 대전 방지 작업화 사용여부

이렇듯 현재 LPG 충전소에서는 무분별한 작업복의 착용 등으로 인해 위험가능성이 항상 존재하는 것으로 나타났다. 현재 시행하는 강의식 교육에 시각적, 체험적 교육을 병행하여 교육의 질을 높여 효과적으로 실시해야 하며, 작업복에 대한 정전기 관련 기술 기준의 제정이 요구된다. 또한, 일반적으로 착용하는 작업복과 순면 작업복에 대한 위험성 및 안전성 평가가 필요하다.

따라서, 작업복에 대한 위험성을 평가하기 위하여 다음과 같은 실험을 실시하였다.

5. 작업복의 대전 전하량 측정 실험

5-1 실험장치 및 방법

Figure 7에 대전 전하량 측정 장치의 구성도를 나타냈다. 2중 용기(t:0.5mm), 캐퍼시터(0.1 μ F, 손실 저항 10⁶ Ω 이상) 및 전위계로 구성하였으며, 실험 조건은 20 \pm 5 $^{\circ}$ C, 40%RH이하로 하였다. 실험 방법은 KS K 7807 기준을 준용하였으며, 대전 전하량 Q(C)는 전위계(V), 콘덴서 C를 측정한 뒤 Q=CV로 계산하였다^[1,2]. 측정값은 나일론 천 및 아크릴 천 각각에 대한 5회의 측정결과에서 평균값을 구하고 큰 쪽의 값으로 하였다^[1,2]. 실험시료는 면100%의 작업복 3벌(미사용)과 일반작업복 5벌을 사용하였다. 그 중 일반 작업복(Fig. 8)은 서울과 경기 지역의 작업자들로부터 직접 회수한 것(미사용)으로 기본적인 사항을 Table 2에 나타냈다.

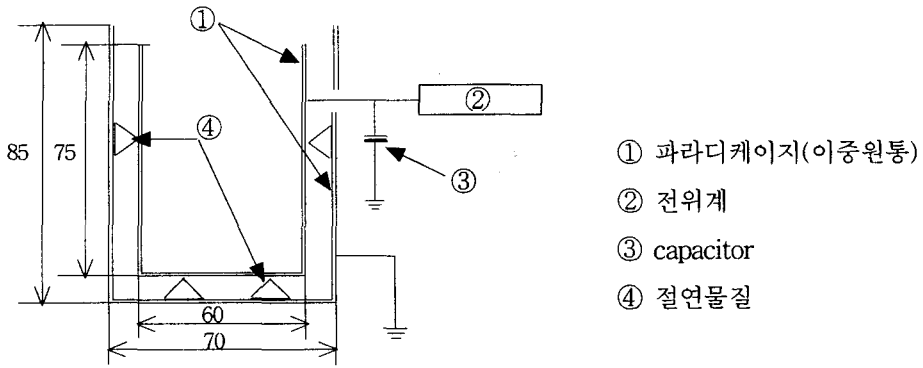
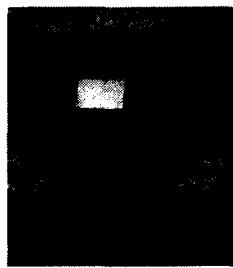


Fig. 7 작업복 대전전하량 측정 장치



(a) 하복



(b) 동복

Fig. 8 작업복 샘플

Table 2 작업복의 기본사항

Division	Rate of working wears compound	Remark
a	Polyester 100%	Winter
b	outside : Nylon 100% inside : Polyester 100%	Winter
c	outside : Polyester 100% inside : Nylon 100%	Spring or Autumn
d	outside : Polyester 65% inside : Rylon 35%	Spring or Autumn
e	outside: Polyester 65% inside : Cotton 35%	Sumer

또한, 화재 및 폭발의 위험가능성 평가에 있어서는 정전기 장·재해 예방 기술 규격 ($1.0\mu\text{C}/\text{m}^2$ 이하, 단, 안전을 고려; 작업복 1점 당 $0.6\mu\text{C}$ 이하)을 도입하여 평가하였다^[1,2].

5-2 실험결과 및 고찰

5-2-1 일반 작업복

Figure 9에 일반작업복에 대한 대전전하량의 실험결과를 나타냈다. 동복(a, b)의 경우 $1.57\mu\text{C}$, $1.79\mu\text{C}$ 로 가장 크게 발생하였으며, 춘추복(c, d) $1.03\mu\text{C}$, $1.44\mu\text{C}$, 하복(e) $1.02\mu\text{C}$ 로 각각 나타났다. 이것은 작업복의 재질, 두께 및 부피 등이 직·간접적인 영향을 주는 요소로 판단된다^[4,5]. 실험 결과에 의하면 일반 작업복의 경우는 전 시료가 위험 한계치($0.60\mu\text{C}$) 보다 크게 나타나 항상 위험 가능성이 있는 것으로 나타났다.

5-2-2 순면작업복

Figure 10에 순면작업복에 대한 대전 전하량의 실험결과를 나타냈다. 실험결과에 의하면, $0.52\mu\text{C}$, $0.46\mu\text{C}$, $0.42\mu\text{C}$ 로 전체적으로 위험 한계치에 비해 낮은 대전 전하량으로 나타나 비교적 안전한 것으로 나타났다.

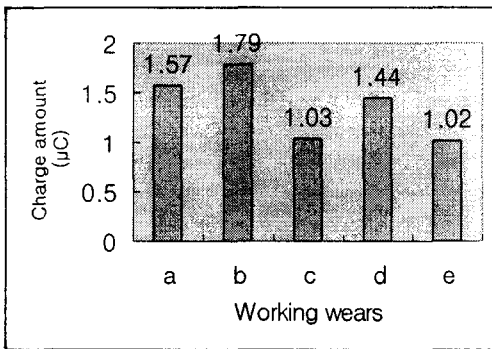


Fig. 9 일반작업복의 대전전하량

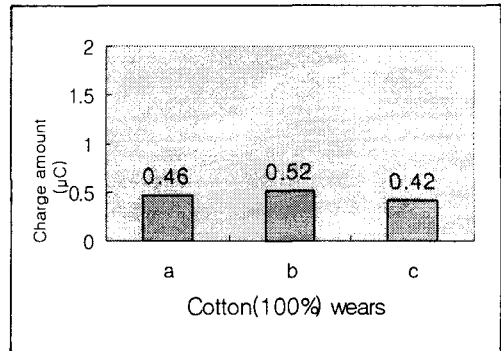


Fig. 10 면작업복의 대전전하량

6. 결론

한국의 LPG 충전소에서 작업복의 정전기에 의한 화재·폭발의 위험가능성을 실험적으로 측정하여 평가하였다. 그 결과를 정리하여 나타내면 다음과 같다.

- 1) 정전기 예방에 관한 인식 부족으로 인해 현재 LPG 충전소에서는 무분별한 작업복을 착용하고 있는 것으로 나타났다.

2) 일반 작업복은 화재·폭발의 위험가능성이 항상 존재하였으나, 순면 작업복은 비교적 안전한 것으로 나타났다.

3) 따라서, LPG 충전소에 있어서 시각적, 체험적 교육을 병행한 정전기 교육의 질적 향상이 요구되며, 순면 작업복 또는 대전 방지복의 착용에 대한 정전기 관련 기술 기준의 제정이 요구된다.

7. 향후 과제

작업자의 정전기에 의한 화재·폭발을 효율적으로 예방하기 위해서는 정전기 대전 방지복 및 대전방지용 작업화를 병용해야 한다.

따라서, 향후 LPG 충전소에서의 작업화에 대한 보완 연구가 필요하다.

본 논문은 시료 분석에 있어서 국가 공인시험기관인
한국의류시험연구원의 도움을 받았기에, 여기에 기입하여 감사를 표함

참고문헌

- 1) JIS T 8118 "Accident of Dust Explosions" 1994.
- 2) KS K 7807 "Accident of Dust Explosions" 1994.
- 3) 勞働省産業安全研究所 "靜電氣 安全指針", pp.43-45, 1988.
- 4) Institute of Electrostatics Japan , Handbook of Static Electricity, pp.170, 1998.
- 5) 鄭載喜 "電氣安全工學", pp.415-430, 1999.