

Providing the best services, Creating a better world



PCTC 선박의 안전한 전기차 해상운송 - 화재안전 HAZID

A large, blue wireframe model of a ship is positioned diagonally across the lower half of the page. The ship's structure, including its hull, superstructure, and various internal components, is visible through the transparent mesh. The background is a gradient of blue, suggesting a maritime environment.

PROVIDING
THE BEST SERVICES,
CREATING
A BETTER WORLD

Executive Summary

한국선급은 전기차를 운송하는 자동차운반선(이하, PCTC : Pure Car and Truck Carrier)에서 화물운송 및 적하역 작업 중 발생할 수 있는 전기차 화재 사고와 관련하여, PCTC 화재 안전에 중대한 영향을 미칠 수 있는 주요 위험요소 및 관련 사항들을 검토하고, 전기차 화재 사고 예방 및 피해 최소화를 위해 HAZID 분석을 수행하였다. HAZID 분석은 한국선급이 주관하고, 여러 PCTC 선사 및 조선소, 그리고 소방연구원 등 다양한 분야의 전문가들이 참석하여 잠재된 위험요소 및 위험시나리오의 원인과 결과, 그리고 이미 고려되고 있는 안전 방안 및 안전성 향상을 위한 추가 안전조치들을 체계적으로 식별하는 것으로 진행되었는데, 특히 아래의 사항이 필요한 것으로 공감대가 형성되었다.



첫째, PCTC 전기차 화재에 대한 명확한 화재 대응 전략이 수립되어야 한다. 리튬이온 배터리의 화재 특성 상, 일반적으로 PCTC 선박에서 자체적으로 선원에 의해 전기차 화재를 완벽하게 진압하는 것은 어려울 것으로 예상된다. 따라서 외부의 육상 전문소방인력 지원 가능 범위를 명확히 검토하고, 본선에 설치되어 있는 소화시스템의 특성을 고려하여 본선에서 화재 대응을 위해 수행해야 할 범위를 결정할 필요가 있으며, 이를 바탕으로 전기차 화재 대응 개념을 확립할 필요가 있다.

둘째, PCTC 전기차 화재와 관련한 이해관계기관간 전기차 화재 위험 저감을 위한 논의와 협력이 필요하다. 전 세계적인 전기차 운행량 증가로 전기차의 해상 운송량은 더욱 많아질 것이며, 이로 인한 전기차 화재 위험 또한 증가할 것이다. 현재 IMO SSE¹ 회의에서는 선박 건조 시 전기차 화재 안전과 관련한 SOLAS 요건 개정을 검토 중이며, 또한 IMO CCC² 회의에서는 전기차 운송시 배터리의 State of Charge (이하, SoC) 제한을 포함하여 IMDG Code³ 개정을 검토 중에 있어, 이러한 관련 규정의 개정이 확정 및 적용되면 보다 안전한 전기차 운송에 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

이 리포트는 PCTC 전기차 화재의 일반적인 특성과 함께, 이러한 화재 위험성을 고려하여 HAZID 분석에서 논의된 내용들을 바탕으로 하여 작성되었다. PCTC에서 전기차 화재의 발생 가능성을 줄이고, 화재 발생 시 피해를 최소화하기 위하여 선박 설계 및 건조, 그리고 운항 단계에서 고려하여야 할 사항들을 포함하고 있으므로, PCTC 선박에서 안전한 전기차 해상운송을 위해 이 리포트의 내용을 화재 대응 전략 수립을 위한 기초 자료로써 충분히 검토하고 활용할 것을 권고한다.

¹ IMO SSE : IMO Sub-Committee on Ship System and Equipment

² IMO CCC : IMO Sub-Committee on Carriage of Cargoes and Containers

³ IMDG Code : International Maritime Dangerous Goods Code

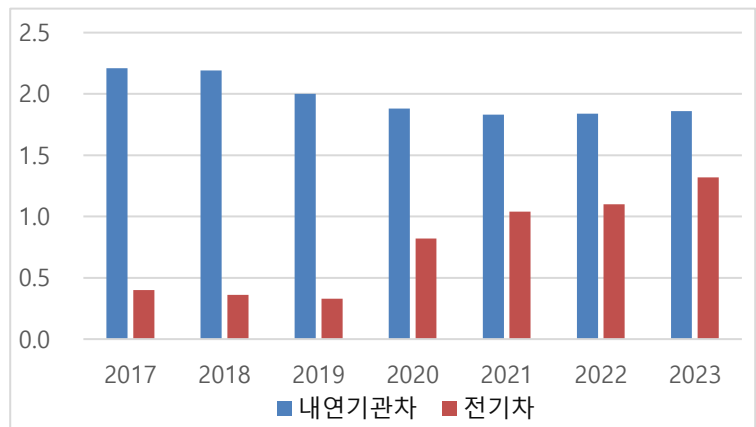
1. 배경

최근 지구온난화의 심화와 그에 따른 전 세계적 기후 환경 변화가 이슈가 되고 있으며, 이에 대처하기 위한 국제사회의 노력이 지속되고 있다. 관련하여 각국에서는 내연기관차의 배출 가스 저감을 위해 강화된 규제 조치들을 채택하고, 전기차 보조금 등과 같은 정책을 통해 친환경자동차 보급을 촉진하고 있다. 국제에너지기구 (International Energy Agency, IEA)에서 발간한 Global EV outlook 2024에 따르면, 전세계 총 신차 판매량에서 5% 미만(2020년)이었던 전기차 판매량 비중이 9%(2021년), 14%(2022년), 18%(2023년)로 증가하고 있으며, 2024년에는 20% 이상을 차지할 것으로 예상하고 있다. 전체 신차 판매량에서의 전기차 판매량 비중이 빠르게 커지고 있는데, 이에 따라 수/출입을 위해 PCTC에 적재 및 운송되는 전기차의 수도 크게 증가하고 있다.



이렇게 전기차 시장이 확대되는 상황에서, 전기차 화재 관련 뉴스도 언론을 통해 종종 보도되고 있다. 주로 화재 진압의 어려움에 대한 것으로, 화재를 완전히 진압하는데 아주 많은 시간과 소화수가 필요하며, 심지어 효과적이고 완전한 소화를 위해서는 수조에 화재가 발생한 전기차를 침수시켜야 한다는 내용이다.

물론 전기차는 화재가 발생하면 완전한 소화가 어려운 것은 명확한 사실이다. 다만, 전기차는 성장하고 있는 산업이다 보니 화재가 발생하면 더욱 이목이 집중되는 경향이 있다. 통계에 따르면 국내에서 전기차 화재 발생 비율이 지속적으로 증가하고는 있으나, 여전히 내연기관차의 화재 발생 비율보다 약 30% 정도 낮은 것으로 집계되고 있다.



차종별 1만대당 국내 화재발생 건수 <Source : 소방청>

그럼에도 불구하고 전기차 화재 특성은 기존의 내연기관차와 상이하며, 화재가 한 번 발생하면 재산과 인명의 피해가 매우 클 수 있으므로, 보다 안전한 전기차 해상 운송을 위하여 미리 그 특성을 파악하고 대비할 필요가 있다.

2. PCTC 전기차 화재 개요

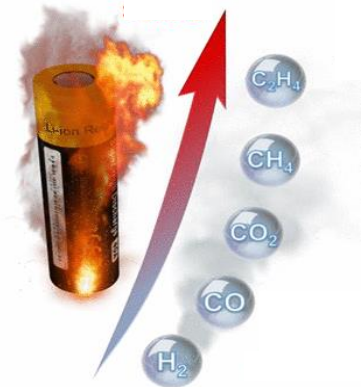
2.1 리튬이온 배터리 화재 특성

전기차의 동력원인 리튬이온 배터리는 높은 에너지 밀도, 긴 수명, 고효율 등 많은 장점에도 불구하고, 화재가 한 번 발생하면 진압이 매우 어렵다는 단점이 있다. 이러한 특징은 리튬이온 배터리의 열폭주(Thermal runaway)라는 현상 때문인데, 화재시 발생하는 열이 배터리의 발열반응을 촉진시켜, 열 발생을 더욱 가속시키는 현상이다. 통상적으로 충격, 과열, 과충전 등의 이유로 배터리 온도가 상승하면서 발생할 수 있는데, 하나의 셀에서 열폭주가 진행된다면, 인접 셀로 전파되어 지속적으로 발생할 수 있다. 특히 열폭주가 시작되면, 외부로부터의 산소 공급이 없더라도, 배터리 자체적으로 열, 가연성 물질, 산소 방출을 통해 화재가 지속되며, 폭발에 이를 수 있다.



배터리 화재 및 열폭주는 배터리의 SoC와도 관련이 있다. 낮은 SoC를 가지는 경우 열폭주 발생 가능성을 크게 줄일 수 있으며, 배터리 이상 및 화재가 발생하여 열폭주가 발생할 때까지의 시간 또한 오래 걸린다. 특히 SoC가 30% 미만인 경우 열폭주가 발생할 가능성은 매우 낮아진다.

리튬이온 배터리가 비정상 상태에서 발생시키는 Off-gas는, 열폭주가 일어나는 온도보다 훨씬 낮은 온도(약 80°C)에서 발생할 수 있다. 발생하는 가스의 성분은 배터리의 비정상 상태나 또는 화재 시의 온도에 따라 다른데, 산소(O_2), 이산화탄소(CO_2), 일산화탄소(CO), 수소(H_2) 및 메탄(CH_4), 그리고 불화수소(HF)가 발생할 수 있다.



2.2 PCTC 전기차 화재 특성

PCTC에 선적하는 전기차의 화재는 내연기관차의 화재와 비교하여 ‘배터리 Off-gas (독성, 가연성) 발생’, ‘빠른 화재 전이 속도’, ‘화재 진압 시 장시간 소요’라는 세 가지 주요 특징이 있다. 따라서 PCTC에서 전기차 화재 발생 시 이러한 특징을 고려한 대응이 필요하다.

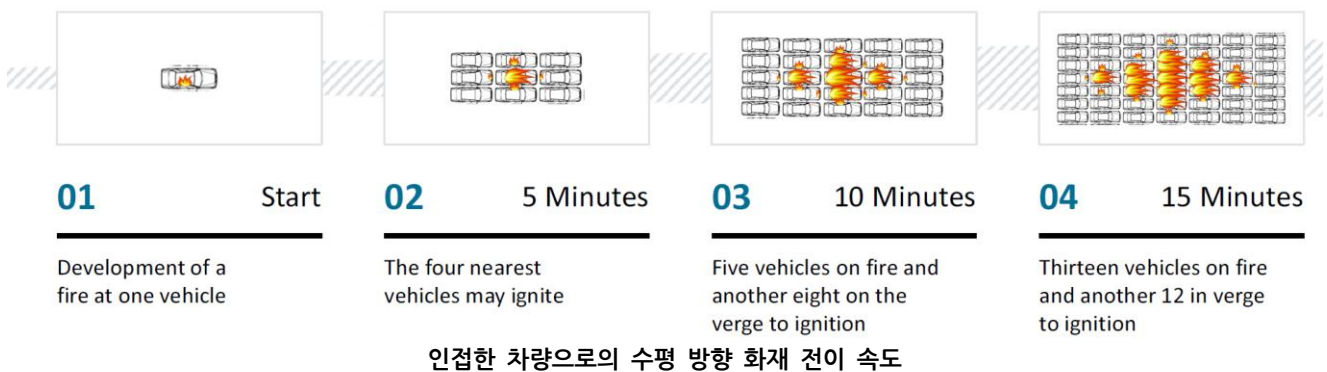
2.2.1 배터리 Off-gas (독성, 가연성) 발생

앞서 언급한 바와 같이, 리튬이온 배터리에서 과열 및 열폭주가 발생하는 경우, 다양한 종류의 독성 및 가연성 가스가 발생한다. 특히 손상된 리튬이온 배터리가 화재 진압을 위해 물에 젖게 되면 배터리에서 전기 분해가 발생하는데, 이 때 수소 및 염소 가스를 발생시킬 수 있다. 이러한 가스의 생성 속도는 육상에서 일반적인 청수를 사용하여 화재에 대응할 때 보다 선박에서 해수를 사용하는 경우 더 높게 나타날 수 있다. 또한 전기차 화재시에는 불화수소(HF)라는 독성이 매우 강한 가스가 발생할 수 있으므로, 전기차 화재가 발생한 구역에 진입할 때에는 반드시 소방원장구 및 호흡구를 착용하여야 한다.



2.2.2 빠른 화재 전이 속도

PCTC에는 한정된 공간에 다수의 차량이 밀집하여 적재되기 때문에 화재가 한 번 발생하면 인접한 차량으로 쉽게 확산 될 수 있다. 또한 화재에 의한 연기가 밀폐된 공간에 가득 차게 되어 시야 확보의 어려움 및 밀집된 차량 때문에 선원이 직접 화재가 발생한 차량에 접근하여 대응하는 것이 매우 어렵다.



〈 Source : SP Technical Research Institute of Sweden, 2016-12-12 ; 5P08059-1 〉

특히 전기차 화재는 리튬이온 배터리의 특성으로 인해 내연기관차보다 상대적으로 화재 전이 속도가 빠를 수 있다. 전기차 배터리팩 내부에서 발생한 화재는 방출되는 압력 및 가연성 가스로 인해 화염이 수평 방향으로 진행되는 경향이 있기 때문이다.



내연기관차 화염 방향



● 내연기관자동차

- 주요 가연물은 엔진룸 내부 및 연료, 실내 내장재로 구성되며, 화염의 상승효과로 인해 화염 방향은 수직 상방으로 향함



전기자동차 화염 방향



● 전기자동차

- 주요 가연물은 고전압 배터리팩 및 실내 내장재로 구성되며, 배터리팩 내부에서 발생한 화재의 경우 대부분 방출되는 압력 및 가연성 가스로 인해 화염 방향은 수평으로 향하는 경향이 있음

〈Source : 전기자동차 화재대응 가이드, 국립소방연구원, 2023〉

2.2.3 화재 진압 시 장시간 소요

PCTC에 선적되는 전기차 화재 안전과 관련하여 가장 중요하게 고려되어야 할 전기차 화재 특징은, 화재진압에 긴 시간이 소요된다는 것이다. 전기차 배터리 화재의 근본적인 진압 방법은 인근 배터리로 전달되는 열을 차단하여 열폭주 확산 현상을 막는 냉각소화 방법이다. 하지만, 전기차 배터리에는 많은 에너지가 저장되어 있으며, 이에 따른 열폭주 현상 등으로 완전한 소화를 위해서는 대량의 물과 많은 시간이 필요하다. 특히 전기차 배터리는 차체 내부(일반적으로 차량 하부)에 매립되어 있어, 배터리팩 화재 발생 시 차체 외부에서 주수에 의한 냉각효과가 상대적으로 약하기 때문에 화재진압에 긴 시간이 소요된다.

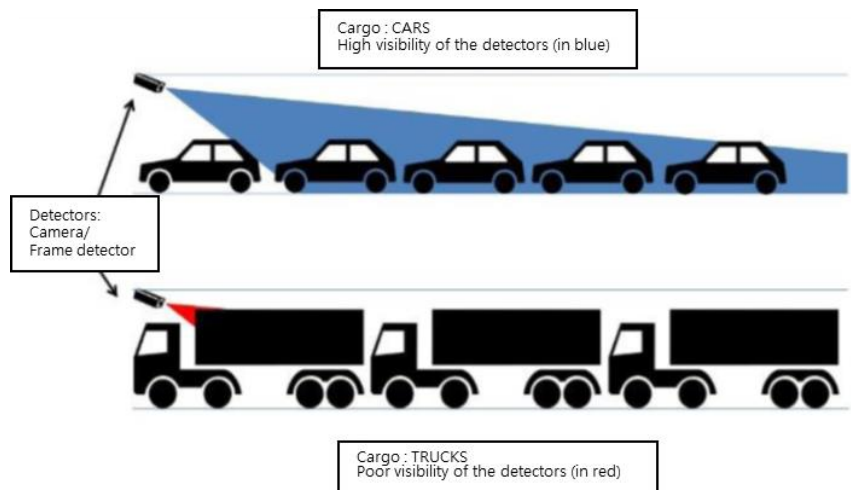
또한 전기차는 화재가 한 번 진압되더라도 재발화의 가능성을 가지고 있다. 화재로 인한 열에 의해 영향은 받았지만 타지 않은 비정상 상태의 배터리 셀들이 화재가 진압된 이후에도 재발화의 가능성을 가지고 있기 때문에, 화재가 진압되었다고 하더라도 항상 재발화의 가능성을 고려해야 한다.

3. HAZID 분석 결과에 따른 권고 사항 - 선박 건조 및 설계

3.1. 화재의 탐지

3.1.1 CCTV

CCTV를 통해 차량구역을 모니터링하여 화재와 같은 상황을 조기에 확인할 수 있다. 배터리 비정상 상태에서 발생할 수 있는 연기를 빠르게 확인하여, 이후 신속한 대응이 가능하다. 다만, 선원이 지속적으로 CCTV를 확인하고 있어야 화재 등 이상 상황을 인지할 수 있으며, 적재되는 차량과 천장 사이가 일반적으로 매우 협소하여 CCTV로 모니터링 할 때 Shadow Area가 많이 발생할 수 있다. 또한 일반적인 PCTC에 선적되는 약 7,500대의 차량을 모두 감시할 수 있도록 다수의 CCTV를 설치하는 것은 현실적으로 어려움이 있을 수 있으므로, 회전이 가능한 형태의 CCTV를 설치하여 사각지대를 최소화하는 것이 보다 효과적일 것이다.



CCTV 탐지 및 Shadow Area <Source : FIRESAFE II Report>

3.1.2 AI 기반 화재탐지 CCTV (Video Fire Detection System)

AI 기술을 기반으로 한 영상 인식 화재 탐지 장치다. 딥러닝 알고리즘과 이미지 처리 기술을 사용하여 CCTV에서 확인되는 비정상적인 연기 또는 화재를 인지하여 경보를 발생시킴과 동시에 선원이 모니터를 통해 해당 구역을 확인할 수 있는 장점이 있다. 또한 연기가 화재 탐지기에 도달해야만 화재가 탐지 및 경보를 발생시키는 기존의 전통적인 화재 탐지기보다 더 빠르고 넓은 영역에서 화재를 탐지 가능하다. 모니터링을 위한 CCTV는 일반적인 CCTV가 설치 가능하여, 만약 기존에 차량구역에 CCTV가 설치되어 있는 경우 영상 인식을 통해 경보를 발생 시킬 수 있는 처리장치만 추가로 설치하여 기능을 구현할 수 있다. AI 기반의 CCTV는 차량구역 뿐만 아니라 선박의 기관실, 컨테이너선 화물창 구역 등 다양한 화재위험장소에 설치되는 경우 효과적으로 빠르게 화재를 탐지할 수 있을 것으로 기대된다. 아직은 화재탐지장치로서 SOLAS에서 인정되는 방법은 아니지만, 2024년 현재 IMO SSE 회의에서 관련 내용에 대해 논의 중인 사항이 있으므로, 향후에는 SOLAS에서 인정 가능한 방안이 될 수도 있다.



AI 기반 화재탐지장치 <Source : HD KSOE>

3.1.3 Off-gas 탐지

전기차 배터리는 온도가 비정상적으로 상승하는 경우 off-gas를 발생시키는데, 배터리의 이상 온도에 따라 탄화수소, 일산화탄소, 산소와 함께 불화수소(불산가스, HF)와 같은 독성 가스도 발생시킨다. 따라서 비정상적인 온도 상승에 따라 발생하는 off-gas를 조기에 탐지하는 경우 화재를 빠르게 인지하여 대응할 수 있다. 다만 가스 탐지기를 설치하고자 하는 경우, 배터리에서 발생하는 off-gas의 양 및 효과적인 탐지를 위한 탐지기 위치 등을 충분히 고려하여야 한다.

3.2 소화

3.2.1 고정식 CO₂ 시스템

현재 일반적으로 PCTC에서 가장 많이 사용되는 고정식 소화장치 중 하나이다. 화재가 발생한 구역을 밀폐하고 해당 구역에 CO₂를 방출하여 산소 농도를 떨어뜨림으로서 화재가 지속되는 것을 차단한다. 다만, 전기차 배터리는 화재 발생 시 산소를 발생시킬 수 있으므로 소화장치로서의 효과가 떨어질 수는 있다. 또한 고정식 CO₂ 소화장치는 한 번 사용할 수 있는 CO₂ 양만 본선에 보관할 것이



요구되기 때문에 재발화와 같은 상황이 발생하는 경우 더 이상 선박에서 고정식 CO₂ 소화장치를 사용할 수 없다. 따라서 추가의 CO₂를 본선에 보관(예 : 2회 사용 가능한 양)하는 경우, 보다 효과적으로 전기차 화재에 대응할 수 있다. 고정식 CO₂ 소화장치는 CO₂가 분사되는 장소가 외부와 잘 밀폐되어 있어야 기능을 효과적으로 발휘할 수 있다. 통상적인 선박 운항 중에는 통풍구를 제외한 모든 개구부는 닫혀 있으므로, CO₂ 사용을 위해 보호되는 장소의 밀폐를 위해서는 통풍구만 닫으면 된다. 다만, 선박이 항내에서 차량의 적, 하역 작업 중인 경우 선내 및 선외의 램프가 열려 있어 CO₂ 소화장치를 사용하더라도 효과가 거의 없을 수 있으므로, 화재 대응을 위해서는 육상의 전문소방인력 지원이 필요하다.

3.2.2 고정식 High Expansion Foam 시스템

고정식 CO₂ 시스템과 함께 현재 PCTC에서 많이 사용되는 고정식 소화장치 중 하나이다. 화재 발생한 구역을 폼으로 덮어서 냉각 및 질식 효과로 소화를 시킨다. 다만 폼은 고온에 계속 노출되면 분해(breakdown)될 수 있으며, 또한 전기차 배터리의 열폭주를 멈추게 할 수는 없기 때문에, 열폭주를 최대한 억제하고 재발화 등을 방지하기 위해 필요시 추가 방출이 요구될 수 있다. 본선에 비치가 요구되는 폼 소화원액의 양은 최소 5회 이상 방출할 수 있는 것이어야 하므로, 필요시

재가동하여 재발화 등을 억제할 수도 있다. 고정식 폼 소화장치도 화재 발생한 구역에 폼을 덮어서 화재에 대응하는 방법이므로, 고정식 CO₂ 시스템과 유사하게 분사되는 장소의 밀폐가 꼭 필요하다. 따라서 앞서 고정식 CO₂ 시스템에서 언급한 바와 같이 항내에서 적, 하역 작업 중에는 사용이 어려울 수 있으므로, 육상의 전문소방인력 지원을 통한 화재 대응이 필요하다.



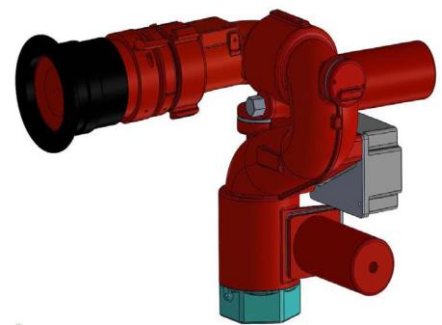
고정식 Foam 소화장치 시험 <Source : IMO SSE 9/INF.4>

3.2.3 고정식 물분무 시스템

차량구역에 설치될 수 있는 고정식 소화장치 중 하나로, 사람이 접근하지 않고 차량구역의 천장에 설치되어 있는 노즐에서 물을 지속적으로 분사함으로써 화재가 발생한 차량의 소화 및 냉각에 도움을 줄 수 있다. 배터리 화재 진압을 위해 가장 효과적인 것이 배터리의 지속적인 냉각인데, 해수를 사용해 물을 지속적으로 분사하여 화재가 발생한 차량을 냉각시킬 수 있으므로, SOLAS에서 요구되는 차량구역에 설치 가능한 고정식 소화장치(CO₂, Foam, Water Spray) 중 배터리 화재에 대한 소화 효과가 가장 클 것으로 예상된다. 다만, 현재의 일반적인 PCTC에는 다수의 차량갑판(통상 12개)이 설치되며, 또한 갑판의 높이 조절을 위해 Liftable Deck가 적용되는데, 모든 차량갑판에 요건에 적합한 고정식 물분무 시스템을 설치하는 것은 다른 고정식 소화장치에 비해 비용이 많이 증가할 수 있으며, 또한 상하로 움직일 수 있는 Liftable Deck의 천장에 물 공급 배관을 설치하는 것은 현실적으로 상당한 어려움이 있어, PCTC에 고정식 물분무 시스템이 설치된 사례는 거의 찾아보기 어렵다.

3.2.4 원격 작동 고정식 소방 모니터

차량구역의 양현에 원격으로 작동 가능한 고정식 소방 모니터를 설치하여 차량구역의 화재에 대응할 수 있는 방법이다. 선원이 화재발생구역에 직접 진입하지 않고 원격으로 작동하여 지속적으로 물을 분사할 수 있으므로 안전하게 차량화재에 대응할 수 있다. 모니터는 회전이 가능한 형태로 설치되어, 안전한 장소에서 CCTV로 화재가 발생한 구역을 확인하면서 모니터를 화재 발생 지점에 조준하여 소화수를 분사할 수 있다. 다만, 모든 차량구역에 원격 작동 소방 모니터를 선박의 양현에 길이 방향으로 배치하는 경우, 시스템 설치 비용이 상당히 증가할 수 있다. 또한 실제로 모니터를 배치할 때 차량이 적재되는 구역을 침범하는 경우, 적재 가능한 차량 대수가 줄어들 수 있는 점 또한 고려해야 한다.



소방모니터

3.2.5 하부주수관창

하부주수관창은 차량의 하부에 설치된 배터리에 직접적으로 물을 분사하여 전기차 배터리 화재에 대응할 수 있는 방법으로, 배터리를 직접 냉각함으로써 효과적으로 배터리의 열폭주 전이를



지연시키거나 소화시킬 수 있다. 사용할 때에는 선박에 비치된 소화호스에 연결하여 사용해야 하므로, 연결부는 소화호스와 호환성이 있는 것이어야 한다. 다만, 선원이 직접 화재 발생 차량에 접근해서 사용해야 하므로, 차량이 조밀하게 적재되어 있는 경우 사용이 어려울 수 있어, 사용을 위한 명확한 전략 수립 및 훈련이 필요하다.

하부주수관창 <Source : 전기자동차 화재대응 가이드, 국립소방연구원, 2023>

3.2.6 질식소화덮개(Fire Blanket)

질식소화덮개는 차량구역에 비치하여 화재 확산 방지의 목적으로 사용될 수 있다. 화재 혹은 연기 발생과 같은 이상 상태가 초기에 발견되어 질식소화덮개를 사용 할 수 있는 경우, 인접한 차량으로의 화재 확산을 방지하여 대형 사고를 예방할 수 있다. 다만, PCTC 차량구역의 특성(Lashing belts, Lashing hole 등)상 질식소화덮개는 차량을 완전히 밀폐하여 질식에 의한 소화효과를 보장하기는 어렵다. 또한 질식소화덮개는 내연기관차의 화재 진압에는 효과가 있으나, 화재 발생 시 산소를 발생시키는 전기차 배터리에 대해서는 실질적인 소화 효과를 기대하기는 어렵다. 아울러, 하부주수관창과 마찬가지로 선원이 직접 화재 발생 차량에 접근하여 사용해야 하므로, 차량이 조밀하게 적재되어 있는 상황에서 화재 발생 차량에 접근하여 사용하는 것이 어려울 수도 있다. 따라서 선박에 비치하여 사용할 때에는 선원이 실질적으로 이 장비를 사용하기 위한 명확한 전략이 수립되고 또한 훈련되어 있어야 한다.

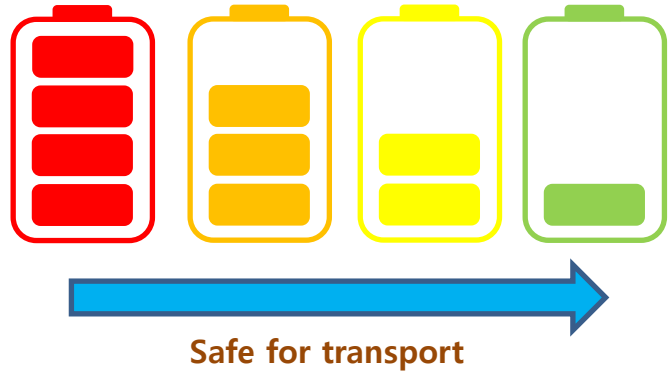


질식소화덮개 <Source : 현대글로벌비스>

4. HAZID 분석 결과에 따른 권고 사항 - 선박 운항

4.1 전기차 배터리 SoC 제한

선적되는 전기차의 SoC 제한은 화재 위험도를 줄이기 위해 가장 중요한 사항 중 하나이다. 앞서 설명한 바와 같이 SoC가 30% 미만인 경우 열폭주 발생 가능성이 매우 낮아진다. 현재 선박에서 운송되는 전기차는 통상 SoC가 최대 50% 정도이므로, 더 낮은 SoC를 가지는 전기차가 선박에 적재되어 운송되면 더욱 안전한 전기차 운송이 가능할 것이다. 다만, 이는 차량 제조사인 화주의 협조가 반드시 필요한데, 선박에서 운송되는 전기차의 SoC 제한과 관련된 규정이 IMO CCC 회의에서 IMDG Code 개정과 관련하여 논의 중에 있으므로, 규정으로 강제화 되면 전기차의 안전한 해상 운송에 큰 효과가 있을 것으로 기대된다.



4.2 최상부 Deck의 전기차 적재 지양

선박 운항 중 적도 지방과 같은 고온의 지역을 항해하는 경우, 태양복사열에 가장 많이 노출되는 최상부 Deck의 온도는 80°C 이상 올라갈 수 있는데, 전기차 배터리 주변의 온도가 많이 올라가면



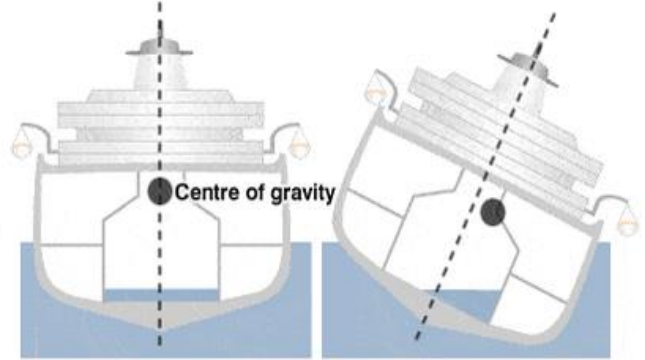
배터리 셀의 이상 발생 및 화재 발생의 가능성이 높아질 수 있다. 차량구역에 설치되어 있는 통풍 팬을 더 강하게 구동 시킬 수도 있으나, 통풍 팬 구동으로도 차량구역의 온도 저감 효과를 기대하기는 어렵다. 따라서 해상 운송 중 고온 지역의 항해가 예상되는 경우 전기차가 고온의 환경에 지속적으로 노출되는 것을 방지하기 위하여 선박의 최상부 차량구역에는 전기차 적재를 지양하는 것이 권고된다.

4.3 전기차 전용의 적재 구역 지정

전기차와 내연기관차는 화재 특성이 상이하므로, 화재 발생에 따른 대응 전략 또한 달라져야 한다. 따라서 전기차 적재 구역을 별도로 지정하여 내연기관차와 분리하여 적재하는 것이 화재 대응에 효과적일 수 있다. 다만, 전기차 적재 구역을 별도로 지정 및 내연기관차와 분리하여 적재하는 것은 화물터미널에서 차량의 적, 하역과 관련한 선박 운용 상 어려울 수 있다. 또한 전기차 운송 수요가 지속적으로 증가할 것으로 예상되므로, 전기차 적재 구역을 지정하여 해당 구역에만 전기차를 적재하는 것은 앞으로는 더욱 어려울 것으로 예상된다. 따라서 차량구역의 화재 대응 전략을 수립함에 있어, 전기차와 내연기관차가 함께 섞여서 적재되어 있는 상황을 고려해야 한다.

4.4 물 소화 시 주의사항

차량구역에 소화를 위하여 다량의 물을 장시간 분사할 때 소화에 사용된 물이 선외로 배수되지 않고 선내에 축적되는 경우, 자유표면효과(Free Surface Effect)⁴에 의하여 선박의 심각한 복원성 상실이 발생할 수 있다. 따라서 차량구역에 소화를 위하여 물을 분사하는 경우, 반드시 해당 구역의 배수구가 열린 상태를 유지하여 소화에 사용된 물이 선외로 원활하게 배출될 수 있어야 한다. 따라서 본선의 화재 대응 매뉴얼에는 이를 달성할 수 있도록 물을 이용한 소화를 수행할 때에는 배수구 개방, 빌지시스템 구동 등과 같이 선박의 복원성 유지를 위해 취해져야 할 행동들에 대해서도 반영이 필요하다.



자유표면효과 (Free Surface Effect)

4.5 화재 대응 전략 및 훈련

선박에서 전기차 운송 시 고려해야 할 사항들 및 화재 발생시 대응방안에 대한 매뉴얼을 마련하고 선박에 비치하여, 전기차를 보다 안전하게 운송하고, 화재시에도 효과적으로 대응해야 한다. 화재 대응 매뉴얼에는 화재의 확산 정도를 고려하여 화재 진압에 대한 절차가 마련되어야 한다. 특히, 차량구역에서 발생한 화재는 초기에 대응하지 못하는 경우 차량구역 전체로 빠르게 확산될 수 있으며, 이 때에는 고정식 소화장치의 빠른 작동이 필요함이 매뉴얼에 반영되어야 할 것이다. 또한 리튬이온 배터리의 화재 특성 상, 선박에서 자체적으로 전기차 화재를 완벽하게 진압하는 것은 어려울 수 있으므로, 화재 발생 상황에 따른 육상의 전문소방인력 지원 가능 범위에 대한 검토 및 이에 따른 대응 방안 역시 매뉴얼에 포함되어야 할 것이다.



아울러, 화재 대응 매뉴얼에는 화재가 발생하는 상황에 따라 각각 다른 대응 전략이 수립 필요하다.

- 해상 운송 중 화재 발생

육상 전문소방인력의 지원을 받기 어려운 해상 운송 중 전기차 화재가 발생하는 경우에는 최대한 화재가 확산되지 않으면서 선원의 안전을 확보하기 위한 전략이 수립되어야 할 것이다. 화재 또는 이상 징후 발생한 차량이 초기에 식별되는 경우, 선원이 접근하여 1차적인 화재 대응 조치를 취할 수도 있다. 다만, 이러한 초기 대응이 실패하여 선원의 접근이 어려운 경우, 지체 없이⁵ 선박에 설치된

⁴ 자유표면효과(Free Surface Effect) : 탱크 내의 액체가 가득 차 있지 않아 액면이 유동하여 선체의 무게 중심이 상승한 것과 같은 효과를 나타내는 현상. 선박이 좌,우로 롤링 할 때, 탱크 내의 액체 역시 좌, 우로 이동하여 복원성이 감소하게 됨.

⁵ SSE 10/16(Fire Safety on board PCTC/PCC ships, Submitted by Germany, etc.)에 따르면, 일반적으로 PCTC에서 화재 경보 발생 후 고정식 소화장치를 작동시킬 때까지의 적절한 시간을 '14분' 이내로 권고하고 있음.

고정식 소화장치를 작동시켜 화재가 선박 전체로 확산되는 것을 막기 위한 전략이 수립되어야 한다. 선박에 설치되어 있는 고정식 CO2나 Foam 소화장치가 배터리의 열폭주를 근본적으로 멈추게 할 수는 없을 것이나, 적시에 사용하는 경우 화재가 선박 전체로 확산하는 것을 방지하여 심각한 인명의 피해 또는 선박 전손과 같은 대형 사고를 방지하는데 큰 도움이 될 수 있다.

- 적하역 작업 중 화재 발생

선박이 항내에서 적하역 작업 중 화재가 발생하는 경우에는 육상의 전문소방인력으로부터 신속한 지원을 받는 것이 필요하다. 따라서 항내에서의 화재 발생 시 대응 전략은 육상의 전문소방인력과 협업하여 화재에 대응하는 방향으로 수립되어야 할 것이다.

아울러, 항내에서 적하역 작업 중 발생한 화재시에도 선박에 설치되어 있는 고정식 소화장치를 작동시킬 수 있다. 이 때 선원 뿐만 아니라 육상의 소방인력 또한 화재발생구역에 있을 수 있으므로, 고정식 소화장치를 작동하기 전 반드시 모든 인원이 소화장치를 작동시키는 구역에서 대피했는지 확인 후 작동이 필요하다. 다만, 적하역 작업 중에는 차량의 이동을 위한 램프들이 개방되어 있을 것이므로, 화재발생구역을 완전히 폐쇄 후 고정식 소화장치를 사용하는 데 어려운 점이 있어 고정식 소화장치의 효용성은 떨어질 수 있다.

전기차 화재는 한 번 발생하면 완전한 소화가 어렵기 때문에 예방하는 것이 가장 중요하나, 그럼에도 불구하고 화재가 발생하는 상황에 대해 항상 대비하여야 한다. 선박에 비치되어 있는 화재 탐지 및 소화 시스템이 실제 상황에서 정상적으로 사용될 수 있도록 정기적인 점검 및 유지보수가 되어 있고, 본선의 선원은 선박에 설치되어 있는 소화 시스템의 특징에 대해 잘 숙지하고 운용방법에 대해 훈련되어 있을 때, 실제로 화재가 발생하더라도 빠르고 효과적인 대응이 가능할 것이다.

Disclaimer :

Although all possible efforts have been made to ensure correctness and completeness of the contents contained in this information service, the Korean Register is not responsible for any errors or omissions made herein, nor held liable for any actions taken by any party as a result of information retrieved from this information service.