

LNG 施設의 防災對策 考察 (II)

梁 成 煥*

VI. FM의 例外基準 등의 補完을 要하는 LNG 施設에 대한 主要 NFPA 基準

LNG의 生産, 貯藏 및 取扱施設의 位置, 配列, 建設(設置), 防護 및 運營에 대한 事項은 NFPA 基準 50A “LNG의 生産, 貯藏 및 取扱基準”에 따르되 一部基準에 대하여는 FM의 例外基準 및 提案事項 등을 補充하여 따를 必要가 있다.

그러므로 여기에서는 NFPA 50A 基準中 FM의 例外基準 및 提案事項 등을 補完할 必要가 있는 部分에 대하여 살펴 보고자 한다.

1. 貯藏地域과 Drain 設備의 設計와 容量

가. NFPA 59A-2110

LNG 貯藏容器에 供하는 貯溜地域이 必要로 하는 最少限의 容積V는 Drain 地域이 必要로 하는 有用한 容積을 包含하고 他容器 및 裝置의 配置를 考慮하여 다음에 記述하는 (a)乃至 (c)에 따라야 한다.

(a) 單一LNG 貯藏用器에 供하는 貯溜地域에 대하여는

V = 容器가 滿載되어 있을 때를 假定하고 容器內의 液體의 總容量 (b) 1個以上の LNG 容器가 設置되어 있는 어느 하나의 容器로부터 漏出이 發生함으로써 連鎖的으로 他容器에서까지 漏出이 發生하여 低温이 되거나 火災에 露出되는 것을 防止하기 위한 豫防措置가 되어 있을

경우에 있어서의 貯溜地域에 대하여는

V = 容器가 滿載되어 있을 때를 假定하고 가장 큰 容器의 液體의 總容量

(c) 1個以上の LNG 容器가 設置되어 있으나 上記(b)에서와 같은 豫防措置가 없을 경우에 있어서의 貯溜地域에 대하여는

V = 모든 탱크가 滿載되어 있다고 假定하고 모든 탱크 內에 있는 液體의 總容量

나. NFPA 59A-2110에 대한 FM의 補充事項 70,000갈론(265 m^3) 以上の 容量을 가진 LNG 貯藏容器에 대하여는 各各 分離하여 防油堤를 設置하여야 한다.

2. 貯溜地域의 位置選定

가. NFPA 59A-2121

높은 위치에 設置되어 있음으로써 인접 건물에 明白한 위험을 주게 되는 것을 막기 위해서 아래의 (a), (b), (c) 또는 (d)에서 定義한 바와 같은 “設計上の 流出量”으로부터의 引火性蒸氣 混合物의 發生 可能性을 極小化하기 위해서 그에 대한 安全對策을 樹立해야 한다.

(a) 容器內部에 밸브를 설치하지 아니하고 容器底部에 連結管을 설치한 LNG 容器에 供하는 貯溜地域에 있어서, “設計上の 流出量”이라는 말은 실제로 용기의 밑바닥에 연결된 가장 큰 口徑의 管路斷面積과 同一한 假想開口部를 통하여 탱크가 滿載된 상태에서의 流出로 정의된다. 이 流出은 開口部에 作用하는 差動 水頭가 0이 될

* 正會員 · 火保點檢部課長 · 消防技術士

때까지 繼續된다고 가정한다. 1個以上の 容器에 供하는 貯溜地域에 대하여는 “設計上の 流出量”은 가장 많은 流出을 하게 될 容器의 流出量으로 보도록 한다.

(b) 頭上部에 注入 및 流出配管이 設置되어 있고 液表面以下の 部分에서는 貫通된 部分이 全然 없는 LNG 容器에 供하는 貯溜地域에 있어서의 “設計上の 流出量”이라는 말은 當該 LNG 容器에 設置한 流出 펌프(펌프가 多數일 수도 있음)를 最大의 能力으로 稼動하여 單一管路를 通해서 貯溜地域으로 流出시킬 수 있는 最大의 流出量으로 定義한다.

“設計上の 流出量”의 時間은 管割關係當局이 認定할 수 있는 流出에 대한 監視 및 閉鎖裝置가 設置되어 있고 이를 立證할 수 있는 狀態에서는 10分間으로 하되, 그렇지 않은 경우에 있어서의 時間(time duration)은 滿載되어 있는 容器가 바닥이 날 때까지로 한다.

(c) 液表面以下の 部分 모두 貫通口를 가지고 있고 그 貫通口에 内部閉鎖밸브가 設置되어 있는 LNG 容器에 供하는 貯溜地域에 있어서의 “設計上の 流出量”은 다음에 揭記하는 公式에 의하여 計算될 수 있을 것이며, 이때 流出量 g 는 亦是 管割關係當局이 認定할 수 있는 流出에 대한 監視 및 閉鎖裝置가 設置되어 있고 이를 立證할 수 있는 狀態에서는 1時間 동안 持續되는 量으로 하고, 그렇지 않을 경우에 있어서의 流出量 g 는 滿載되어 있던 容器가 바닥이 날 때까지로 한다.

$$g = 43d^2\sqrt{h}$$

여기서, g = 液體의 流量 (ft³ / min.)

d = LNG 容器의 液表面下部에 設置된 가장 큰 貫通口의 口徑(in.)

h = 容器가 滿載되어 있을 때의 貫通口에서 液面까지의 높이(ft.)

(d) 但只 LNG의 氣化 등의 公證이나 또는 輸送地域에 供하는 貯溜地域에 있어서의 設計上の 流出量은 어떤 任意의 單一事故로 인한 漏出源으로 부터의 10分間의 漏出量으로 定義하거나 또는 이 亦是 管割當局이 認定할 수 있는 流出

에 대한 監視 및 閉鎖裝置가 設置되어 있고 이를 立證할 수 있을 때에는 이를 根據로 하여 이보다 더 짧은 時間에의 流出量으로 한다.

나. NFPA 59A-2121에 대한 FM의 補充事項

이때, $d = 0.8\sqrt{A}$ 의 公式을 使用한다.

여기서, d = 貯溜 LNG 最外廓部로부터 인근 건축물 또는 구조물 등의 境界선까지의 거리(ft)

A = NFPA 59A-2110에 따라 결정된 貯溜地域의 最少容積 V 로서 貯溜 LNG가 貯溜地域에 가득 찼을 때의 表面積 (ft²)

다. NFPA 59A-2122

LNG 容器 주위에 設置하는 貯溜地域의 位置는 貯溜地域에서의 火災時 發生하는 熱束(輻射熱)이 油槽船의 主要構造部에 손상을 주어 이동에 방해를 주지 않도록 選定하여야 한다.

라. NFPA 50A-2122에 대한 FM의 補充事項

LNG 容器에 있어서의 注入 및 流出 배관은 容器의 頭上部에 設置하는 것이 바람직하지만 貯溜地域의 最少容積은 저장 容器 總容량에 의하여 결정된 것이므로 주입 및 유출배관으로 하여금 공간의 일부를 잠식하게 해서는 안된다.

이 때 역시 公式 $d = 0.8\sqrt{A}$ 를 使用한다.

마. NFPA 59A-2123

貯溜液體의 最外廓部로부터 인근 건축물이나 구조물 등의 境界선까지의 거리 또는 船舶航海水路까지의 거리는 美聯邦法規가 定하는 바에 따라서 어떤 경우를 막론하고 50ft이하에서는 아니된다.

바. NFPA 59A-2123에 대한 FM의 補充事項

LNG 容器에 있어서 底部에 連結管을 設置한 경우에는 各연결관마다 내부에 閉鎖밸브를 設置하여야 한다. 그러나 이 경우에도 저유 지역의 最少 容량이 저장 容器 總容량에 依하여 결정된 것이므로 이러한 시설의 設치로 因하여 공간의

〈表 3〉 LNG 및 引火性冷媒容量에 따른 最少空地距離

容 器 의 水 容 量	容 器 - 인접 건물간의 거리	2 개의 인접 용기간의 거리,
125 gallons 이하(註)	無	無
125~250 gallons	10 feet	無
250~500 gallons	10 feet	3 feet
500~2,000 gallons	25 feet	3 feet
2,000~30,000 gallons	50 feet	5 feet
30,000~70,000 gallons	75 feet	10 feet
70,000 gallons 초과	용기 직경의 0.7 배(단, 최소 100 ft 이상)	각 용기직경 승의 1/4 (단, 최소 25ft 이상)

(註) 만약 多數個의 容器를 設置한 施設의 合計水容量이 501 galton 以上일 때에는, 각 용기의 용량이 아니라 총용량을 적용하여, 이 표의 적합한 비율을 쫓아서 최소 거리를 결정한다. 시설이 1個 以上일 때에는 各施設은 서로 최소한 25ft 以上 離隔하여야 한다. 이런 때에는 인접 용기간의 최소 空地距離를 適用하여서는 아니된다.

일부를 잠식하게 해서는 안된다. 이 때에도 공식 $d=0.8\sqrt{A}$ 를 사용한다.

3. LNG 容器的 空地距離

가. NFPA 59A-2130

LNG 용기와 NFPA 59A-32(Flammable Refrigerant and Flammable Liquid Storage)의 기준에 포함하지 아니한 引火性冷媒를 收納한 탱크는 〈表3〉에 따라 位置 選定을 하여야 한다.

나. NFPA 59A-2130에 대한 FM의 補充事項

防油堤가 설치된 LNG 저장 용기의 배열로부터 인근 건축물이나 구조물등의 경계선까지의 최소 이격 거리를 결정함에 있어서는 NFPA 59A-212(貯溜地域의 位置選定) 또는 本基準(NFPA 59A-2130)에 따르되 이격 거리가 보다 큰 것을 적용하도록 한다. 또한 NFPA 59A-32(Flammable Refrigerant and Flammable Liquid Storage)도 참조하도록 한다.

4. NFPA 59A-215(공정 장치의 이격 거리)

가. NFPA 59A-2150

LNG, 冷媒, 引火性液體 또는 引火性 가스를 包含하고 있는 工程裝置는 點火源, 인접대지 경계선, Control room, 사무실, 사업장(shop) 및 기타 占有하여 사용하고 있는 건물이나 구조물 등

으로부터 최소한 50ft(15 m) 以上 離隔되어야 한다.

그러나 NFPA 59A-2200(건축물과 구조물에 관한 事項) 기준에 적합하게 되어있는 인화성 가스 کم프레서室 建物內에 Control room을 설치하는 것은 예외로 한다.

나. NFPA 59A-2150에 대한 FM의 補充事項

Control room은 어떠한 کم프레서室 建物로부터도 최소한 50ft(15 m) 以上 이격하는 것이 바람직하다.

5. LNG, 引火性冷媒 및 가스 施設의 建物 및 構造物

가. NFPA 59A-2200

LNG, 인화성 냉매 및 가스 등과 같은 流體를 取扱하지 아니하는 건물 내에 또는 건물에 接하여 이런 類의 流體를 취급하는 室, 즉 control room, 事業場(shop)등이 위치하고 있을 때에는 一般壁은 그 數가 2個 以上 되게 설치해서는 아니되고, 최소한도 100psf(4800N / m²)의 靜壓에 견딜 수 있도록 설치하여야 하며 門이나 通信用開口部를 갖지 않아야 하고 적어도 1시간 以內의 耐火도를 가져야 한다.

나. NFPA 59A-2200에 대한 FM의 補充事項

上記 4의 나항을 참조할 것

다. NFPA 59A-2210(d)

(註:換氣 방법에 관한 기준으로 환기 방법에는 (a)~(d)까지 4가지가 있는데 그중에 4번째인 (d)項에 관한 것임.)

動力下降 환기 설비는 벽의 개구부와 지붕의 환기 장치로 구성되어 있다. 그러나 이때 지하층이 있거나 바닥의 지반이 낮을 경우에는 보조적으로 기계적인 환기 설비를 설치하여야 한다.

라. NFPA 59A-2210(d)에 대한 FM의 補充事項 標準 以下の 地盤面이나 空間은 피하도록 하여야 한다.

6. 펌프와 압축기(NFPA 59A-31)

가. NFPA 59A-310

펌프와 압축기는 예상되는 온도와 압력 조건에 적합한 재료로 설치하여야 한다.

나. NFPA 59A-311

정비를 할 때 펌프와 압축기를 분리할 수 있도록 밸브를 설치하여야 한다. 펌프와 원심압축기를 作動上 평행하게(나란히) 설치했을 때에는 각각의 吐出管路에 역지 밸브를 설치하여야 한다.

다. NFPA 59A-312

펌프와 압축기는 그 몸체와 下充管路 및 附屬裝置가 最大吐出壓力에 적합하게 설계되어 있지 아니할 때에는 이러한 부분들에 있어서의 최대 안전 작동 압력에 맞도록 압력을 제한하기 위하여 吐出側에 壓力放出 장치를 설치하여야 한다.

라. NFPA 59A-313

各 펌프에는 溫度下降으로 인해 예상되는 최대 저온 냉각 상태에 이르는 동안에, 펌프 몸체에의 과압 방지를 할 수 있는 排氣 밸브와 방출 또는 그중 하나를 설치하여야 한다.

마. NFPA 59A-314

초저온용 펌프의 기초와 연료 탱크는 서리가 끼지 않도록 설계, 제작, 설치되어야 한다.

바. NFPA 59A-315

-20°F(-28.9°C) 以下の 온도에서 液體를 輸送하는 데 사용되는 펌프는 열충격 효과를 감소시키기 위하여 적절한 豫冷 수단을 강구하여야 한다.

사. NFPA 59A-316

인화성 가스를 취급하는 압축 장치에는 원거리 에 있는 부분까지도 포함한 모든 부분으로부터 가스가 정상적으로 방출될 수 있는 배출구를 설치하여야 한다. 배출구는 건물 외부의 안전한 폐기 장소까지 이르도록 배관 설비를 설치한다.

아. NFPA 59A-31에 대한 FM의 補充事項

上記 가~사項에 記述한 NFPA의 기준 중 압축기(compressor)에 대해서는 압축기에 관한 FM의 안전대책을 전반적으로 補充하여 使用하도록 되어 있다. FM의 Loss Prevention Data Sheet 7-95에 記述된 壓縮器에 관한 안전대책은 그 量이 너무 방대하여 여기에 모두 紹介할 수 없는 형편이므로 그 內容과 範圍만을 짐작할 수 있도록 큰 項目만을 여기에 기술하고자 한다.

〈FM의 Loss Rrevention Data Sheet 7-95의 주요 項目〉

- (1) 콤프레서 설비에 관한 일반적인 안전대책
 - (가) 설비의 운전과 정비에 관한 대책
 - (나) 콤프레서에 대한 안전 대책
 - (다) 운전자에 대한 안전 대책
 - (라) 유압식 설비에 대한 안전 대책
 - (매) 기타의 안전 대책
 - (배) 화재 안전에 관한 사항
- (2) 大型外部注入式 油壓設備가 되어 있는 콤프레서 設備에 대한 안전 대책
 - (가) 一般的인 안전 대책
 - (나) 火災安全에 관한 事項
- (3) 에어 콤프레서에 관한 안전 대책
- (4) 산소 콤프레서에 관한 안전 대책
- (5) 인화성가스 콤프레서에 관한 안전 대책
- (6) 가스 압축 공장에 관한 안전 대책
 - (가) 건설(설치)에 관한 안전 대책

- (나) 장비에 관한 안전 대책
- (다) 전력 및 조명에 관한 안전 대책
- (데) 화재 안전 대책

7. 裝置의 感壓(NFPA 59A-336)

가. NFPA 59A-3360

感壓을 하기 위한 緊急制御裝置는, 肉眼으로 識別할 수 있는, 상태에 따라 定해진 表示로 나타낼 수 있어야 하며, 긴급 사태하에서 접근할 수도 있어야 한다.

나. NFPA 59A-3360에 대한 FM의 補充事項
 冷却箱子는 引火性蒸氣가 存在하는지의 與否를 끊임 없이 감시하여야 한다. (탐지 장치 등으로) 인화성 중기의 탐지 설비는 引火下限濃度의 10%에 이르면 音響警報를 發하고 25%에 達했을 때에 引火性 가스 除去裝置가 作動되도록 設置하여야 한다.

8. LNG의 固定貯藏容器에 관한 基準(NFPA 59A 第4章) 中에서

가. NFPA 59A-404

共同防油堤內에 2個 以上の 용기가 설치되어 있을 때 용기의 基礎는 LNG가 一時에 넘쳐 흘렀을 경우 이를 견디어 낼 수 있는 능력을 갖도록 하여야 하며 또는 구조상의 손상(위험)을 줄 수도 있는 LNG의 계속적인 누출에 의한 축적에 대해서도 방호를 할 수가 있어야 한다.

나. NFPA 59A-404에 대한 FM의 補充事項

70,000갈론(265m³) 이상의 용량을 가지고 있는 LNG 저장 용기는 各各 分離하여 방유제를 설치 하여야 한다. LNG 저장 용기의 기초는 어떠한 것을 막론하고 LNG가 一時에 넘쳐 흘렀을 경우 이를 견디어 낼 수 있는 능력을 갖도록 하여야 하며 또는 구조상의 손상(위험)을 줄 수도 있는 LNG의 계속적인 누출에 의한 축적에 대해서도 방호를 할 수가 있어야 한다. 만약, 各種 계획과 仕棧들이 대략 -260F(-162℃) 정도의 LNG의

누출에 견딜 수 있도록 기초가 설계되어 있지 않다면, 탱크의 총용량이 누출되었을 때 15ft 이내의 距離로부터 기초의 一端에 이르기까지 누출되는 LNG를 막을 수 있는 土류나 또는 貯溜 施設을 설치하여 기초를 보호할 수 있을 것이다. (그림 9 및 10)

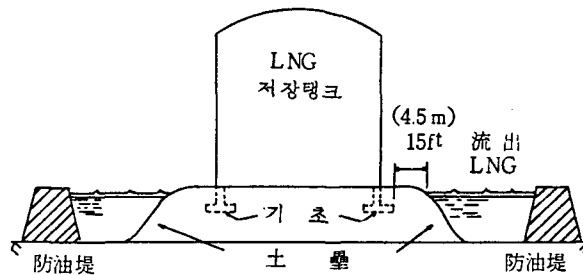


그림 9. 土壘를 利制한 基礎의 防護

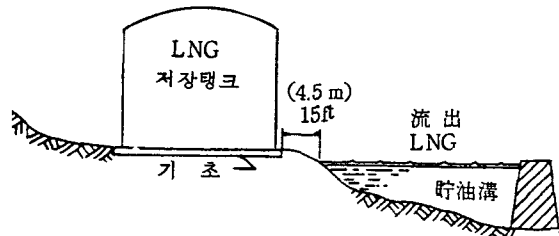


그림 10. 遠隔貯溜施設을 利用한 基礎의 防護

또한 地上에 設置하는 LNG 용기는 資格있는 技術者가 설계한 基礎로 적절하게 支持되어야 한다. 설계시에는 API 기준 620에 맞게 하여야 한다. (이 사항은 LNG 금속 용기에 관한 NFPA 기준 59A-406을 참조할 것)

9. LNG의 固定貯藏容器에 있어서의 耐震設計 (NFPA 59A-406)

가. NFPA 59A-4060

LNG의 固定 저장 용기의 설계시에는 地震荷重을 고려하여야 한다.

*註:地震荷重에 대하여는 NTIS(National Technical Information Service)에서 發刊한 原子爐와 地震, TID-7024의 第6章 流體容器에 미치는 動壓力에서 記述한 方法 또는 이와 同等한 方法

을 사용할 것을 권장하고 있다.

나. NFPA 59A-4061

다음의 다項, NFPA 59A-4062에서 설명하는 것을 除外하고는 1973年版 統一建築法(Uniform Building Code) 第1卷에서 주어진 最小地表加速係數를 이 책에 들어 있는 地震危險帶地圖에서 指定된 地域에 符合되게 사용하도록 한다.

다. NFPA 59A-4602

地域2 및 3에 있어서, 1973년 통일 건축법 第1卷에 수록되어 있는 地震危險帶地圖에서 보여 주는 바와 같이 이를 잘 살펴 보면 斷層帶에의 近接 여부, 地震加速 스펙트럼, 地表下의 地質 및 그 밖의 具體的인 位置選定에 관한 자료를 포함해서 위치 선정을 하는 데에 주의를 요하는 事項들에 관한 地質工學的 資料를 考察하고 필요한 자료를 결정하여야 한다. 이와 같이 각종 자료를 고찰하면 나의 NFPA 59A-4016에서 기술한 바와 같이 加速因子들이 상당히 많이 있다는 것을 알게 될 것이다.

라. NFPA 59A-406에 대한 FM의 補充事項

통일 건축법을 LNG 저장탱크에 적용하는 것은 적합하지 아니하다. 耐震設計에 대한 판단 내용은 Factory Mutual Engineering Association에 제출하여 검토를 받도록 해야 할 것이다.

*筆者註: 미국은 지역이 넓어 기후, 풍토, 생활 양식 등이 다양하여 各州別로, 地域別로 建築關係의 權威있는 여러 團體에서 制定한 建築法(Buliding Code)을 채택, 사용하고 있으며, 이는 각상황에 맞는 건축을 할 수 있도록 하기 위함이므로 그 妥當性도 있으나 실제적으로는 시행상의 복잡성이나 기술상의 混線등이 內在되어 있는 것이 事實이다. 따라서 이러한 문제의 완화를 위해서 권위있는 단체들이 연합하여 통일된 건축 관계 기준을 만들자는 운동이 일어났는데, 바로 Uniform building Code는 이러한 예라고 할 수 있으며, 이를 여기에서 편의상 통일 건축법이라고 번역하였다. 권위있는 이 통일 건축법은 여러 州, 市 등의 建築法에서 많은 部分을 그대로 引用 使用

하고 있는 實情이다.

마. NFPA 59A-407

모든 露出色相材는 不然性이어야 하고, 防壁이 되어야 하며, 本質的으로 蒸氣遮斷性이 있어야 한다. 또한 火災時 消防用 호스로부터의 防水에 의하여 물에 젖거나 逸脫되어서는 아니된다. 絶緣材를 固定시켜 逸脫을 방지하기 위하여 외부 피복을 하는 경우에는, 그 材料를 鋼鐵版이나 콘크리트로 하여야 한다. 耐候性資材를 露出하여 사용하는 경우에는 火災傳播率이 25以上이어야 한다.

바. NFPA 59A-407에 대한 FM의 補充事項

모든 耐候性資材를 포함해서, 露出하여 설치하는 절연재는 不然性이어야 한다.

10. LNG의 氣化施設에 있어서의 氣化器의 種類(NFPA 59A, 第5章, 50節)

가. NFPA 59A-501

遠隔熱利用 氣化器라 함은 一次的인 熱源이 실제적인 氣化器의 熱交換裝置와 分離되어 있고 媒分流體(예를 들면 水蒸器, 이소펜탄, 글리콜 등)를 熱傳達媒體로 使用하는 加熱 氣化器를 말한다.

나. NFPA 59A-501에 대한 FM의 補充事項

遠隔熱利用 氣化器에는 不然性流體(예를 들면 水)를 사용하는 것이 바람직하다.

11. LNG의 氣化器施設에 있어서의 燃燒空氣 供給에 관한 기준(NFPA59-A-54)중에서

가. NFPA 59A-540

熱源一體氣化器 또는 遠隔熱利用氣化器의 一次熱源의 稼動에 所要되는 燃燒空氣는 完全히 密閉된 構造物이나 建物의 外部로 부터 供給하여야 한다.

나. NFPA 59A-540에 대한 FM의 補充事項

燃料空氣는 지방의 높이보다 높은 위치에서 吸入하여야 한다.

12. 配管設備 및 管繼手部品에 있어서의 밸브 施設(NEPA 59A-622)

가. NFPA 59A-6225

制御裝置들이 作動不可能하게 되는 원인이 될 수 있는 結氷條件들에 대하여 注意를 기울여야 한다.

나. NFPA 59A-6225에 대한 FM의 補充事項

制御裝置들은 結氷되지 않도록 保護하여야 한다.

다. NFPA 59A-6771

안전 밸브 및 relief valve로부터의 방출은 인명 및 他장치 등에 危害를 極小化할 수 있는 方向으로 설치하여야 한다.

라. NFPA 59A-6711에 대한 FM의 補充事項

屋內에 설치되어 있는 각종 장치와 배관의 안전 밸브와 relief valve는 屋外로 안전하게 배출하도록 설치하여야 한다.

13. LNG 및 冷媒의 輸送(NFPA 59A, 第8章)

가. NFPA 59A-802

固定貯藏容器에 非包裝大量輸送을 하는 경우에 있어서 輸送되는 LNG는 溫度와 比重이 適合하여야 하며, 그렇게 됨으로써 容器와 輸送手段內에 있어서의 成層을 防止할 수 있게 될 것이다. 만약 이러한 措置에 관계되는 시설이 確實하게 되어 있지 아니한 경우에는 比重差에 의한 액체 내부에서의 자체적인 뒤섞임 현상과 蒸氣의 過多한 發生을 일으키게 할 수도 있는 成層現象을 방지하는 수단에 대하여 注意를 기울여야 한다. 기계적 攪拌, 액체의 혼합을 증진하도록 설계된 注入 노즐의 설치, 또는 貯藏 액체의 表面上部에 보다 더운 液體를 導入함으로써 이러한 소기의 目的을 達成할 수가 있다.

나. NEPA 59A-802에 대한 FM의 補充事項

海上補給受注施設은 통상적으로 이미 용기 내에 들어 있는 LNG와 溫度 및 比重面에서 상당히 차이가 있을 수도 있는 船舶에 積載되어 있는 LNG를 受注하게 되는 것이 보통이며, 또한 同一한 容器內에 液化管路 가스를 貯藏하고 있는 경우에는 특히 그러하다.

14. LNG 施設에 있어서의 防火 및 人命安全(NFPA 59A, 第9章)

가. NFPA 59A-901

火災發生 與否와 관계 없이 가스나 液體의 확산을 즉시 차단하든지 또는 가능한 限 確實하게 확산량을 많이 감소시키기 위하여 긴급 대응 조치의 순서, 確實한 加동의 中止, 工場內로 流入되는 ガス와 液體의 供給遮斷, 設비의 여러 部分別 隔離, 減壓措置, 기타 必要한 여러 가지의 단계적 조치 등을 포함하는 세부적인 계획을 수립해야 한다.

나. NFPA 59A-901에 대한 FM의 補充事項
이러한 工場들은 적어도 제어실(Control room)을 正統하게 설치 운영하여야 한다.

다. NFPA 59A-920

LNG 시설의 규모, 양상 및 위치 등 광범위한 부문에 대하여 本基準에서도 언급하지 아니한 화재 및 누출 제어 수단을 강구하기 위하여는 상황에 따라 특정한 설계를 하여 대비하도록 한다.

라. NFPA 59A-920에 대한 FM의 補充事項

용량이 70,000갈론(265m³) 이상 되는 貯藏 탱크를 가지고 있는 LNG 시설은 인화성한 농도의 10%에서 인화성 증기를 감지하고, 공장 전체에 걸쳐서(예를 들면 기화기, 콤프레서, dock area, 탱크 통기관, LNG 수송 지역 등) 요소요소에 화재 감지기를 설치하여 이 두가지가 계속적으로 실제적인 작동을 하도록 한 경보 회로를 구비하여야 한다.

마. NFPA 59A-922

통상적으로 가스 화재(LNG 포함)는 燃料源을 차단시킬 때까지 소화 작업을 해서는 안된다.

바. NFPA 59A-922에 대한 FM의 補充事項

가스 火災時의 燃料源의 于先遮斷등을 위하여 설치하는 減知施設等の 設置位置 등에 대하여는 上記 “라”項을 參照할 것.

사. NFPA 59A-923

가스 火災에 적용하는 가반식 또는 차륜식 소화기는 분말약제의 것이 바람직하며 이들은 LNG 시설 内の 요소요소와 LNG탱크 차량의 적합한 위치에 설치하도록 한다. 이들 소화기는 NFPA No. 10. 가반식 소화기의 설치, 유지 및 사용에 관한 기준에 따라서 설치 유지하여야 한다.

아. NFPA 59A-923에 대한 FM의 補充事項

工程上의 裝置는 FM Data Sheet 7-14에 따라서 防護되어야 하며, کم프레서는 FM Data Sheet 7-95에 따라서 防護되어야 한다. 모든 저장 탱크의 표면을 防護하기 위하여는 고정식 모니터 노즐을 설치하도록 하여 충분한 수의 소화전(적어도 각 모니터 노즐에 대비하여 하나의 소화전)을 모니터 노즐의 보조 장치로 설치하도록 한다. 각 탱크가 175,000 바렐(7,35,000 갤론, 27,800m³) 이상의 용량인 여러 개의 탱크 시설에 대하여는 최소한 24시간 동안 공급할 수 있는 충분한 양의 급수 시설을 설치하여야 한다. 기타의 모든 시설에 대하여는 최소한 2시간 이상 공급할 수 있는 충분한 양의 급수 시설을 설치하여야 한다.

VII. LNG 設施의 罹災事例

1. 不適合한 建設資材의 使用으로 인한 罹災

1941年, 最初로 液化天然 가스의 商業的인 尖頭需要緩和施設이 建設되었다. 이 施設은 各各 大略 600,000갤론(2,271m³) 정도 용량의 絶緣化된 球型 탱크로 되어 있다. 2年半 동안의 成功的인 稼動을 행한 후 1,200,000갤론(4,542m³) 용량의 岩綿絶緣二重壁構造의 4번째 탱크가 建設되

었다. 内部 容器는 3.5%의 니켈鋼이었고 外廓 용기의 壁은 炭素鋼으로 되어 있었다. 1944년 10월 20일, 이 탱크에 災害가 발생하였다. 이 때의 火災와 爆發事故로 133명이 死亡하고, 300명 이상이 負傷하였으며 10個 生産工場과 80餘戶의 가정집, 200餘臺가 넘는 自動車 및 都市下水道設備에 막대한 피해를 입혔다. 피해 지역의 범위는 대략 30에이커(121,400m²)에 이르렀으며 피해액은 8,000,000달러 이상이였다.

이 事故의 原因은 비록 明確하게 究明된 것은 아니었으나 超低溫에 適合하지 아니한 建設資材의 使用과 빈약한 絶緣設備 때문이었던 것으로 推測되었다. 그 당시 超低溫裝備製作技術에 관한 知識은 水準에 이르지 못한 상태였기 때문에 이 分野의 裝備製作과 工場建設 모두에 대해서 國家적인 기준이 마련되어 있지 않았다. 1965年 미국에서 3개의 이와 類似한 天然가스 工場의 稼動이 開始될 때까지 基準은 制定되지 않았었다.

2. 稼動順序의 잘못으로 인한 罹災

1972年 1月 27日, LNG 尖頭需要緩和施設의 control room에서 天然 가스 폭발 사고가 發生하였다. 除霜作業이 끝나자마자 機具用 空氣가 漏失되었고, 이로 因하여 補充用 75psi(517-kPa, 5.2bars)의 室素設備 稼動되게 되었다. 再循環 کم프레서 設備는 最少 250psi(1,724kPa, 17.2bars)의 더운 天然 가스로서 正常壓力으로 되돌아가고 있었다. 室素 가스 設備 亦是 除霜作業을 하는 동안에는 再循環 کم프레서 設備의 密封 가스로 使用된다.

室素設備에서 再循環 کم프레서로 통하는 3개의 手動閉鎖 밸브를 除霜作業後에 過誤로 인하여 열어 놓은 채 放置하였었다. 이로 인하여 變壓天然 가스가 室素가스 設備로 逆流하여 들어갔다. 이 天然 가스(識別用 芳香臭를 加하지 아니한)가 이렇게 해서 非危險地域인 control room으로 들어가게 되었는데, 이때 근무자가 담뱃불을 붙이려다 폭발이 발생했던 것이다.

이 폭발로 인하여 콘크리트 블록 구조에 상당한 피해를 주었으며, 잇달아 일어난 소규모 화재로 control panel과 전선이 손상을 입게 되었다.

전선의 손상으로 말미암아 건물의 모든 부분의 電熱 장치 및 조명 장치, 그리고 液化天然 가스 貯藏 탱크 밑의 地面加熱裝置用 電力供給裝置에 손상을 초래하게 되었다. 그러나, 非常用 디젤 發電機 하나는 使用할 수 있었고 또한 損傷을 입은 電線 이외의 補助用電線을 사용할 수 있었던 것은 참으로 다행이었다. 그밖에 큰 피해는 없었으나 5명의 경상자가 발생했고 罹災額은 108,000달러로 추산되었다.

3. 탱크 修繕時의 火災

1973年 2月 10日, 직경 268ft(81,7m), 용량 600,000배럴(59,382m³)인 비어있던 콘크리트(외곽 부분) LNG 탱크의 修繕中에 화재가 발생하였다. 이 탱크의 內部表面은 蒸氣의 遮斷을 위해서 Mylar-Aluminum-Dacron으로 內裝된 것이었는데 사용을 시작한 지 얼마 안 되어 균열이 생겼다. Boil off rate가 과도하게 되자, 내장물의 수선을 위해서 탱크의 사용을 중단하게 되었다. 탱크의 底部에서 화재가 目擊되었는데 그후 數秒內에 탱크의 보강 콘크리트 돔(dome)이 번쩍 들려서 탱크 안쪽으로 넘어졌다. 40명의 노동자가 사망하였고 재산 피해는 8,000,000달러로 추산되었다. 화재는 폴리우레탄 절연 설비로 인하여 급속히 전파되었던 것이다.

4. 탱크 建設工事中の 罹災

1968年 3월에 175,000배럴(27,820m³) 용량의 2중벽 알루미늄 LNG 탱크 建設 工事中 폭발이 일어나 막심한 피해를 주었다. 가스는 分離狀態가 不適切했던 가스 引入管路를 통해서 탱크 內部로 분명히 漏出流入되었던 것이다. 罹災額은 1,000,000달러가 넘었고 4명이 勞動者가 사망하였다.

5. 그 밖의 罹災事例

LNG 施設의 氣化裝置部分과 關聯된 7~8件의 火災가 있었다. 가장 피해가 컸던 罹災로는 氣化器의 熱傳達設備를 點檢하던 중에 발생한 30,000갈론(114m³)의 이소펜탄이 流出燃燒된 事件이었다. 이재액은 300,000달러로 추정되었다.

VIII. 결론

지금까지 本稿에서는, (1) 「오일·쇼크」로 인하여 에너지源의 多變化가 不可避해짐에 따른 우리나라의 LNG施設 建設의 必然성과 그에 따른 問題의 提起, (2) LNG施設의 大體的인 種類, (3) LNG의 處理 및 精製, 液化와 貯藏, 그리고 氣化 등의 各 主要工程에 대한 簡略한 考察, (4) LNG의 物性에 따른 漏出 및 他物質과의 接觸등의 諸危險, (5) 一般的인 留意事項, 防油堤, 탱크 및 氣化器 등의 空地距離와 配列方法, 그리고 防護方法을 壓縮하여 技術하였으며, (6) LNG 施設 基準의 概要把握을 돕기 위하여 基準의 가장 原典이라고 볼 수 있는 NFPA 基準 No. 50A의 主要目次를 紹介하고, (7) 이 NFPA 基準 No. 59A 중 FM에서 研究開發하여 補充한 事項에 대하여는 當該 NFPA基準과 FM의 補充事項을 並記하여 讀者들의 理解를 돕고자 피하였다. LNG 施設은 이제 더이상 먼 나라의 이야기만이 아니고 우리의 現實로 登場하고 있다. 事實 本拙稿를 企劃하면서 우리앞에 나타나는 또 하나의 새로운 危險에 대해서 한 번 拮据해 보는 勇敢性을 發揮하여 그 實相을 파헤쳐 보고, 그 結果 나타나는 여러 가지 科學的 事實에 대하여 그 有用性(必要)을 極大化하고 그 危險性(惡)을 다스리는 데 要求되는 諸事項을 抽出整理하고자 하였으나 原稿를 쓰고나면 언제나 그러하듯이 이번에도 滿足한 內容이 아니었음을 遺憾으로 생각한다. 事實 LNG에 대해서는 우리가 實際적으로 接해 볼 機會가 전혀 없었기 때문에 生疎한 것이었고, 實體는 보지 못하고 글로 表現된 內容만으로 모든 것을 알아내려는 無理가 뒤따랐으며, 그 內容이 尙大하여 이를 모두 綜合整理하려면 努力과 時間이 많이 所要될 뿐 아니라 그 量이 하나의 單行本으로 出刊할 程度이기 때문에 여기 紹介할 수 없는 形便이었으며(仔細한 內容이 必要할 때에는 NFPA 59A 및 FM Loss Prevention Data Sheet 7-95를 主로 參照할 것), 超低溫學(Cryogenics), 環境熱利用氣化器, (Ambient Vaporizer), 地震危險帶地圖(Seismic Risk Map)··· 등의 여러 分野에 걸친 專門的 知識을 要하는

LNG에 대한 防災는 餘他防災에 대한 研究에서 익히 알고 있는 바와 같이 결코 몇 사람의 힘만으로는 이루어질 수 없다는 事實을 다시 한 번 確認해 주었다 하겠다. 우리의 現實로 到來하고 있는 LNG의 時代, 이에 對備하기 위해서는 우리 모두의 努力과 知識과 슬기를 다하여 團合 邁進하지 않으면 안 될 것이다.

〈參 考 文 獻〉

1. Loss Prevention Data, Vol.3, Sheet No. 7-14 alc 7-53, 1979年, Factory Mutual Engineering Corporation
2. NFPA Code, Vol. 5, NFPA No. 59A-1975年, National Fire Protection Association
3. NFPA Handbook 14th Ed. 1976年 National Fire Protection Association