

# 石油化學工場の 災害와 그 對策

河 正 鎬

〈技術 管理 部〉

## I. 序 言

石油化學工業은 1世紀 以上 前부터 시작되었으나 지금까지도 같은 原料를 使用하고 있다. 過去 수 십년 동안 生産工程 및 運送方法의 安全에 관한 많은 發展이 이루어졌음에도 불구하고 石油化學工場の 大火災는 빈번하게 발생되고 있는 實情이다. 技術의 急激한 發展에 따라 새로운 工程 및 技術과 設備 및 取扱 物質의 利用이 繼續的으로 要求되고 있으며 이들은 各기 많은 問題點과 危險性을 內包하고 있다.

예를 들면 低溫化 工程의 採擇에 따라 金屬材質面에서의 많은 問題點이 惹起되고 있다. 한편 大部分의 火災 및 爆發이 冬節期에 發生하고 있다는 事實은 特히 注目해야 할 것이다.

그 理由는 첫째 外氣露出 工程部の 冬節期 作業條件이 매우 惡化되기 때문이며, 둘째 氣溫의 急降下에 따라 火氣使用等이 急增하기 때문이다.

이제 石油化學工場과 精油工場에서 發生하였던 大火災의 세 境遇에 대해서 考察하여 보기로 하자, 이

들 火災로 인해 많은 消防施設이 改修되었으며 工場의 安全面에서 많은 技術的 發展을 가져왔다. 이러한 改修 措施 事項이 今後 우리나라 石油取扱工場의 災害防止에 많은 도움이 될 것으로 생각되어 本文에서는 이들 措施에 대해 特別한 關心을 기우렸다.

## II. 「에치렌」工場부의 爆發로 인한 災害

「유턴」의 한 精油工場에서 主調縱室과 「에치렌」工場部 사이에 發生한 강한 爆發로 인해 「에치렌」工場部에 大規模 火災가 發生하였다.

### 1. 周圍條件 및 災害規模

이 破壞로 因하여 各 工程의 一部 밖에는 遮斷할 수가 없었으므로 石油「가스」는 繼續的으로 放出되어 전부 燃燒하는 데 무려 一週日이나 걸렸다. 계속적인 爆發危險 때문에 燃燒중인 「가스」의 消火作業은 엄두도 낼 수 없었다. 消防隊는 被害를 입지 않은 部分을 冷却시켜 保護하고 불이 번지는 것을 막는 데 그쳤을 뿐이다.

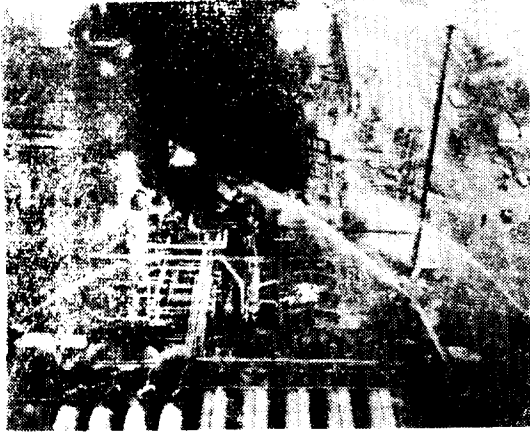
거의 1m 두께의 얼음層이 形成될 程度의 酷甚한 추위로 인해 消防隊의 消火作業은 극심한 困難을 겪어야만 했다.

이 爆發 및 火災로 因하여 「에치렌」工場의 壓縮工程部 및 主調縱室이 가장 심하게 被害를 입었으며 이 외에도 水素工場部, 담사혼합工場部 및 周圍에 있던 壓力容器, 熱交換機, 「펌프」, 壓縮機等이 많은 被害를 입었다. 또한 消火作業時 使用한 물의 被害도 상당하였다. 火災 中心部 가까이에 있었던 球形 LPG 「탱크」는 水噴霧設備에 의해 繼續 冷却되었으므로 爆發은 勿論 불이 번지는 것 까지도 막을 수 있었다.

이 火災로 因한 被害額은 80億원 에 達하였으며 人命被害 또한 死亡 3名, 負傷 80名에 이르렀다.

### 2. 發生原因

「에치렌」工程部에서의 石油「가스」漏出이 爆發 原因이 되었다. 이 漏出된 「가스」는 急激히 擴散되어 霧狀雲을 形成하였으며, 「크래킹」工場의 熱分解爐에서 發火되었다. 「가스」流出에서 爆發까지는 단지 3分 程度가 걸렸을 뿐이다.



〈헨리콤파에서 촬영한 火災初期現場〉

災害專門家들은 冷却膨脹容器 附近에 있는 配管 틈에서 石油「가스」가 漏出되었을 것으로 推定하고 있으며 이 틈은 壓力 및 熱의 衝擊으로 인해 生成되었을 것으로 推測하고 있다.

### 3. 安全上の 技術 改善

이와 같은 막대한 災害의 再發을 豫防하기 爲해 이 精油工場에서는 危險 要因에 대한 安全策을 改善하는 데에 무려 30億원을 投資하는 驚은 努力을 기수했다. 改善 事項中 一部分은 이 災害以後 強化된 關係規定을 凌駕하는 것이었다.

改善事項은

- 「가스」 非常 排出 設備의 再設置 및 再配置
- 固定 및 移動 消火設備의 강화
- 消火用水, 非常電源 등의 附隨 設備 강화
- 安全管理 增進을 위한 全般的인 對策에 力點을 두었으며 다시 工程 部別로 나누어 보면 다음과 같다.

#### 1) 主 工程 部

復舊過程에서는 使用되는 材料에

重點을 두어 全工程을 檢討하였으며 이러한 觀點에서 破壞 危險이 많은 「에치렌」工場의 低溫工程 部에 使用된 材料에 是특히 엄격한 基準이 適用되었다.

새로 規定된 安全 關係 基準에 適合하지 않은 設備을 改善하는 데만도 7億 5千萬원의 費用이 消費되었다. 工程上

의 危險度는 中間製品 貯藏容器 位置를 변경시킴으로써 상당히 減少 되었다.

#### 2) 補助 工程 部

平均적으로 夏節期에는 280t/hr 冬節期에는 345t/hr의 水蒸氣가 要求되는데 反하여 실제 容量은 240 t/hr이었으므로 100t/hr의 「보일러」 두개를 더 新設하였다. 이로써 總容量이 440t/hr로 되었으며 또한 充分한 殘餘 蒸氣를 活用할 수 있게 되었다.

한편 「보일러」를 獨立의으로 가동시키기 때문에 工程上 重大한 故障이 生發하더라도 「보일러」의 繼續 運轉은 可能하여졌으며 이는 매우 有用한 設備이었다.

獨立된 2個의 6kv 母線中 하나에서 電壓降下가 일어날 境遇 2次 電流의 供給은 0.2秒 동안에 自動 切換되게되며 이는 電動機를 停止시킬 수 있는 充分한 時間이된다. 電動機가 停止되게 되면 局部的으로 熱이 發生하여 火災가 일어날 수 있다. 이러한 危險은 電壓 降下 遲延 「릴레이」(voltage drop delay

relay)를 設置하여 防止 되었다.

#### 3) 廢「가스」 燒却設備(flave system)

이 火災發生 以後에 非常安全設備로서 새로운 廢「가스」 燒却施設을 設置하였다. 이는 冷却이나 電源에 異常이 發生한 境遇 放出되는 廢「가스」를 配管으로 誘導하여 燒却하는 設備이다. 이 設備의 室量은 廢「가스」가 放出될 수 있는 最大量에 充分하도록 設置하였다.

### 4. 消防設備의 改善

關係 規定이 追加 改定됨에 따라 精油 工程 部에 다음의 事項을 改修함으로써 消防設備에 많은 發展을 가져 왔다.

#### 1) 消火 設備

##### ① 固定 設備

改修된 重要한 事項은 다음과 같다.

④ 消火栓의 主配管 外에 이에 平行한 또다른 配管을 增設하여 消火栓 容量을 增設하였다.

⑤ 「디젤」 및 電氣를 部分的으로 利用한 消防「펌프」로 給水量을 增加시켜 給水總量을 2700m<sup>3</sup>/hr로 하였다.

⑥ 工程 部에는 45個의 固定「모니터」를 設置하여 獨立된 給水設備을 設置하였으며 이 때 두개의 昇壓 「펌프」를 利用하여 總容量은 1800m<sup>3</sup>/hr, 最大壓力은 16氣壓으로 하였다.

⑦ 「탱크」가 많은 地域과 引火點이 55°C 以下인 製品을 貯藏하는 모든 「탱크」 및 그 「피트」가 있는 곳에 獨立의인 泡消火設備을 設置하였으며 泡原液은 60m<sup>3</sup>으로 하였다.

⑧ 引火點이 55°C 以下인 製品

「탱크」 및 LPG「탱크」에는 固定 물 噴霧設備을 設置하였다.

① 精油工程部的 避難口 주위에 消火栓 放水口를 設置하였다.

### ② 移動設備

現在 有用한 移動設備中 重要한 것은 다음과 같다.

① 泡「탱크·트럭」1대

② 泡放出用給水器(foam tender)

1대

③ 消防車 1대

④ 指揮車 1대

⑤ 粉末藥劑「트럭」1대

⑥ 移動用 吐泡裝備 2대

⑦ 自衛消防隊

낮에만 勤務하는 消防 職員 및 24時間 勤務하는 消防隊員과 管理 또는 實驗室等を 위한 副隨요원으로 自衛消防隊를 組織하였다. 이 自衛消防隊는 火災時를 對備하여 警報, 消火 및 避難計劃을 作成하여 各 工程의 危險 特性을 調査 把握하고 또한 消防訓練을 實施한다. 消防隊員은 自體 特殊 消防訓練을 每週 實施하고 있다.

## 5. 其他 安全 措施

防災指揮室에서는 不良 事項 發生時 取한 措施 結果를 「체크·리스트」에 記錄해 두고 있으며 그 建物は 耐火建物로 建築되어 있다. 이 곳에서는 또한 火災時 工場 全般에 대한 安全을 指揮監督하며 이들의 業務에 關한 事項은 다음과 같다.

한편 7명의 技術者로 檢査部를 編成하였으며 檢査에 必要한 裝備를 購入하였다. 여기에서는 精油工場의 安全事項을 指揮監督하며 이들의 業務에 關한 事項은 다음과 같다.

① 腐蝕 및 龜裂에 關한問題

② 代替 材料에 對한 調査

③ 資材 및 銲接部 檢査

④ 作業中에 厚度試驗

⑤ 壓力試驗 및 모든 壓力

容器點檢目錄表 管理

새로운 雇傭者에게는 專門技術外에 安全 및 消防에 對해 充分한 敎育을 시키고 있으며 이에 對한 試驗 結果에 따라 賃金을 考慮하고 있다.

이 敎育은 生産性을 增加시킬 뿐만 아니라 作業 및 人的 安全上에 많은 增進을 가져오고 있다.

## Ⅲ. 酸化 「에치렌」 工場부의 爆發로 인한 災害

「에치렌」을 酸素로 直接 酸化시켜 酸化「에치렌」을 製造하는 外氣에 露出된 化學工場이 開發되었다가 一部 技術的인 問題點으로 인해 다시 廢棄되었다.

### 1. 火災 發生 經緯

窒素를 利用하여 酸素 配管을 洗淨하던중 두개의 잇다른 爆發이 發生하였다. 첫번째 爆發時 窒素 配管이 爆發하였으며 그 破片으로 인해 隣接「에치렌」配管이 破壞되었다. 여기에서 發生한 「가스」때문에 더 많은 爆發이 惹起되었다. 이 災害는 窒素 配管中에 酸化「에치렌」 및 酸素가 存在했기 때문에 發生하였다고 말할 수 있다.

作業中의 窒素配管의 壓力은 5氣壓이 있으며 窒素는 工程中 산화 「에치렌」이 中間 製品 貯藏 容器에 들어가 지 못하도록 使用되었으며

또한 工場 作業을 中斷시킨 後 酸素配管을 洗淨하는 데에 使用되었다.

緩衝容器的 遮斷裝置를 통해 스며나온 「가스」 狀態의 酸化「에치렌」이 酸素配管의 冷却된 部分에서 凝縮되어 있다가 아마도 窒素로 酸素配管을 洗淨하였을 때 少量의 液體 酸化「에치렌」이 窒素配管으로 運搬되어 酸素와 反應하였을 것이라고 推測하고 있다. 그리하여 窒素 配管의 壓力이 增加되었고 爆發이 일어났다.

### 2. 改善事項

災害의 再發을 防止하기 위해 다음 措施가 取해졌다.

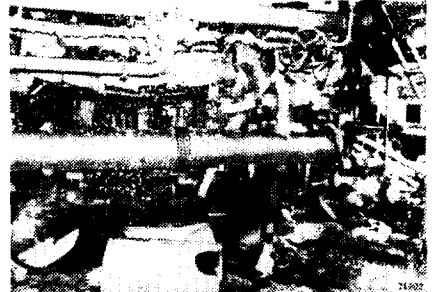
① 酸化「에치렌」緩衝容器로 向하는 窒素配管은 酸化「에치렌」이 凝縮되어 다시 容器로 逆流하도록 配置하였다.

② 緩衝容器에 利用하는 窒素 供給設備은 酸素 配管 洗淨用 窒素 配管과 分離시켰다.

③ 18氣壓으로 作業하는 酸素配管의 洗淨時에는 30氣壓의 窒素를 利用하고 있다.

## Ⅳ. 球形「탱크」에서 放出된 LPG로 인한 災害

數年前에 「유럽」의 한 精油工場



〈火魔가 활키고 간 酸化「에치렌」工場〉

에서 발생한 이 화재는 많은 인命을 앓아갔으며 負傷者와 財産被害 또한 莫甚하였다.

### 1. 火災發生經緯

이 화재는 LPG가 大量으로 貯藏되어 있던 巨大한 球形「탱크」下部에서 試料를 採取하던중 放出된 「가스」가 引火되어 發生하였다.

球形「탱크」下部에서 發生한 火災는 즉시 이 球形「탱크」를 爆破시켰으며 이에 따라 隣接「탱크」들도 連鎖爆發되었다. 이 火災는 球形「탱크」의 下部에서 發生되었기 때문에 被害가 더욱 莫大하였다.

### 2. 改善事項

「유럽」의 精油工場 專門家들은 이러한 球形「탱크」의 安全面에서는 給·排油 等の 接結部를 「탱크」上部에 設置하고 또한 「탱크」의 下部는 地下에 埋設해야 한다고 意見を 一致하였다.

이때 地下에 埋設된 部分이 腐蝕하지 않았느냐는 問題點이 臺頭되었으나 實제 30年 동안이나 地下에 埋設되었던 圓筒形「탱크」들이 전혀 腐蝕되지 않았다는 事實도 이 問題는 解決되었다.

여기에서 새로운 球形「탱크」는 다음과 같이 設置해야 한다.

1) 地下에 埋設된 「탱크」의 部分을 保護하기 위해서는 「탱크」와 接하는 部分을 防蝕 材料로서 空氣가 통할 수 있는 「글라스울」(glass wool) 등으로 해야 한다.

2) 「탱크」 中央部 周圍의 支持臺는 「콘크리트」 基礎 위에 設置된 기둥에 移動할 수 있게 合成 고무(neoprene) 등으로 設置하여 球形「탱크」의 壓力 膨脹에 充分히 適應할 수 있게 해야 한다.

3) 두개의 各기 다른 油面計를 設置하여 直接 또는 防災指揮室에서 油量을 알 수 있게 해야 한다.

4) 各기 다른 세 部分의 溫度 또한 遠距離에서 알 수 있게 해야 한다.

5) 모든 附屬 配管에는 서로 다른 두 地點에서 LPG 「가스」의 흐름을 迅速히 停止시킬 수 있는 全氣壓縮式 遠隔制御設備을 設置해야 한다.

6) 「탱크」의 壓力이 16氣壓이 되면 自動적으로 열리는 4개의 安空「밸브」를 設置해야 하며 이 때 排氣管은 「탱크」 上部로 3m가 되게 設置해야 한다.

7) 片狀의 물을 放出하는 「노즐」로 水噴霧設備(容量 0.2m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>hr)를 設置하되 서로 다른 遠距離에서 操作할 수 있어야 한다. 또한 多量

의 물이 球形「탱크」와 地面 사이에 퍼지 않게 하기 위해 配水口를 設置해야 한다.

위와 같은 球形「탱크」가 1967年 以來로 많이 設置되었으나 現在까지 별다른 問題點이 發生하고 있지 않다. 設置費 또한 從來의 球形「탱크」와 비슷하다.

그러나 問題가 되는 것은 從來의 方式에 따라 設置한 「탱크」를 上記한 方式으로 改造하는 데 있다. 일단 設置된 「탱크」를 改造하는 데는 費用이 많이 들기 때문이다.

### V. 結 論

以上の 세 境遇에서와 같이 石油化學工場의 災害는 일단 發生하면 그 災害規模가 一般 火災의 境遇보다 훨씬 커진다. 또한 石油化學工場에서는 取扱 物質이 引火性이 강한 物質이기 때문에 瞬間의 不注意라도 災害는 充分히 發生할 수 있는 것이다.

그러므로 항상 災害豫防에 대한 充分한 關心을 두어야 하며 上記 災害 發生 以後에 取한 改善處措事項에 重點을 두어 安全設備을 完壁히 해야 할 것이다.

