

사례 연구 및 문제 해결 예제

“안전성 및 신뢰성 관리에 대한 특정 분야의 원리 및 방식에 대해 폭 넓은 이해를 돕기 위해 실제 발생한 사례를 기반으로 간단하게 요약하여 설명한다.”

I. LPG 시설 위험성

1.1 소개

과거에 한 지방 도시가 석탄 가스화 플랜트로부터 가정용 가스를 공급 받았다. 몇 년 전에 가동을 중단하고 LPG를 사용하는 시설로 교체되었다. LPG는 로드 탱커를 통해 운반되어 플랜트에 저장되었다. LPG는 증발 장치까지 파이프에 의해 공급되었고 발생하는 증기는 최대 인화성 제한 기준을 초과하는 수준으로 공기와 혼합되었지만 이전의 석탄 가스와 유사한 연소 특성을 가지고 있었다. LPG 증기/공기 혼합물은 이전에 석탄 가스용으로 사용했던 가스 저장 시설에 저장되었고 이전부터 사용하던 석탄 가스 배관 네트워크를 통해 사용자에게 공급되었다 (그림 1 참조).

해당 시설이 위치한 지역의 감독 기관은 모든 "위험" 시설은 해당 지역 의회 및 긴급 서비스 기관(emergency services)과 협력하여 비상 대책 계획을 수립하도록 하는 법률을 채택하고 있었다.

가스 회사는 컨설턴트에 의뢰하여 다음 세 가지 사항에 대한 연구를 수행했다.

- 플랜트를 검사하여 관련 법규 및 LPG에 대한 국가 기준을 준수하는지 여부 점검
- 시설 및 운영에 대한 계량적 리스크 평가 수행
- 해당 시설이 기존 위치에서 계속 운영 가능한지 여부, 다른 장소로 이전(a) 또는 현재 천연 가스를 공급 받는 가장 가까운 마을로부터 공급 파이프라인을 설치하여 천연 가스로 교체해야 하는지(b) 여부에 대한 조언

1.2 설명

이 사례 연구와 관련한 시설 및 운영상의 특징은 다음과 같다.

운영

플랜트의 직원들은 주5일, 사무직 근무 시간 동안만 근무했다. 직원은 LPG 운영자 1명과 사무실의 판매 직원 2명으로 구성되어 있었다. 현장은 근무 시간 이외에는 통제되었다. LPG는 18톤급 탱커가 매주 여러 차례 운반하였으며 일반적으로 겨울에는 매주 4번, 여름에는 매주 2차례 운반했다. 또한 인근 지역 농장에 공급하기 위해 소형 LPG 탱커를 사용했다. 5대에서 7대의 이러한 소형 탱커가 매주 LPG 가스를 공급 받았다.

감독

감독 경력이 많은 감독관 1명이 해당 지역을 방문하여 회사의 모든 시설을 둘러보고 있었으며 이 특정 시설의 경우 3주마다 1일 정도 할당하고 있었다.

유지 보수

회사는 6주마다 정기적으로 방문하는 순회 유지 보수 팀이 있었으며 운영자 또는 감독관 요청 시 즉시 출동한다.

전기 장비 및 계측 장비 유지 보수

회사는 경보 및 응급 시스템 테스트와 필요한 경우 수리를 위해 해당 지역의 전기 회사와 계약을 맺고 있었다.

감사

보고에 의하면 시설은 본사에서 파견된 팀에 의해 6개월마다 감사 받고 있었다.

긴급 서비스 기관

이 지역은 비상 전화 연락망과 마을의 화재 경보 벨을 통해 소집할 수 있는 자원 소방대가 있었다. 이 소방대의 구성원들은 주택 화재 및 인근 지방의 산불 진화 경험을 가졌지만 산업 분야 화재 경험 및 LPG 진화 경험은 전혀 없었다. 이 지역에는 중간 규모의 병원 및 앰블런스를 가졌으며 경찰서에는 5명의 경찰이 근무하고 있다.

1.3 연구

컨설턴트는 관련 법규 및 기준을 철저히 점검하여 해당 시설을 세부적으로 검사했다. 일부 사소한 사항을 제외하고 해당 시설은 요구 조건을 만족시켰다.

화재, BLEVE, 증기운 폭발 등의 원인이 된 다양한 예상 누출 빈도에 대해 컴퓨터 시스템 및 일반적인 데이터를 사용하여 전통적인 계량적 위험성 분석을 수행했다. 위험성 등고선은 관련 감독 기관의 요구 사항을 만족시키지 못했다.

시설에 사용된 시스템 및 절차를 검토한 결과 컨설턴트에게서 주요 결함은 발견되지 않았지만 어느 정도 비공식적인 사항이 확인되었다.

컨설턴트는 감독, 유지 보수 및 시설 보안에 대한 우려를 표명했다. 감독관 및 유지 보수 팀의 드문 방문, 해당 지역 전기 계약 업체의 전문적인 계측 경험 부족 등을 포함하여 모든

것이 사람들이 빈번하게 왕래하는 슈퍼마켓과 주차장, 인근의 주거 지역 및 노인 복지 시설 옆의 상업 지구에 위치한 시설에 맞는 요구 사항을 만족시키지 못하고 있었다.

컨설턴트는 다른 마을의 유사한 시설을 방문하여 동일한 감사를 수행할 것을 요청했다. 컨설턴트의 요청에 따라 방문한 마을은 최근에 감사를 받은 곳으로 소방 용수 개방 밸브도 감사 절차의 일부로서 테스트 받은 것으로 알려졌다. 그러나 컨설턴트 조사 결과, 이러한 테스트는 충분한 시간 동안 수행되지 않은 증거가 나타났으며 기타 여러 가지 과실이 드러났다.

또한 해당 지역 소방대의 자원 봉사자, 화재 초기 단계와 효과적인 대응 조치 사이의 피할 수 없는 지연 등의 문제가 발견되었다.

최종적으로 회사는 지역 의회와 협력하여 비상 응급 계획을 수립할 것을 요청 받았다. 신뢰할 만한 사고의 범위(계획 프로세스의 평가 대상)가 지역 주민에게 공론화되어 지역 주민의 심각한 우려와 분노가 증가할 것이 확실시되고 있다. 또한 회사는 시설 이전에 대한 정치적인 압박을 받게 될 것이다.

따라서 컨설턴트는 시설을 이전하거나 가장 가까운 마을로부터 공급 파이프라인을 설치하여 천연 가스로 교체해야 한다는 견해를 표명했다.

이 권고 사항은 초기에 회사의 엔지니어링 부서에서 반대했으며 이 부서는 위험성 등급은 계약 업체를 통해 약간의 공학적인 수정으로 해결할 수 있다고 생각했다. 그러나 최고 경영진은 계산된 위험성을 줄이는 것 뿐 만 아니라 납득할 수 있는 "모범적인 업무 수행"과 지역 주민이 수용할 수 있는 시설을 제공해야 한다고 생각했다.

(LPG 탱크, 탱커 및 관련 장비는 존재하는 위험 요소가 상당히 많고 줄이는 것도 쉽지 않다. 위험한 시설과 취약한 주변 지역 사이의 완충 구역도 충분히 없었다. 따라서 사전 예방적 및 보호 조치는 관련 규정 및 국가 기준에 의해 설정된 수준 이상으로 필요했다. 하드웨어는 기본적으로 일반적인 시설에 필요한 최소한의 기준을 만족시켰지만 조직, 절차, 교육, 문서화 및 의식/문화와 같은 소프트웨어는 추가 비용 없이 충분하게 업그레이드하기 어려웠다.)

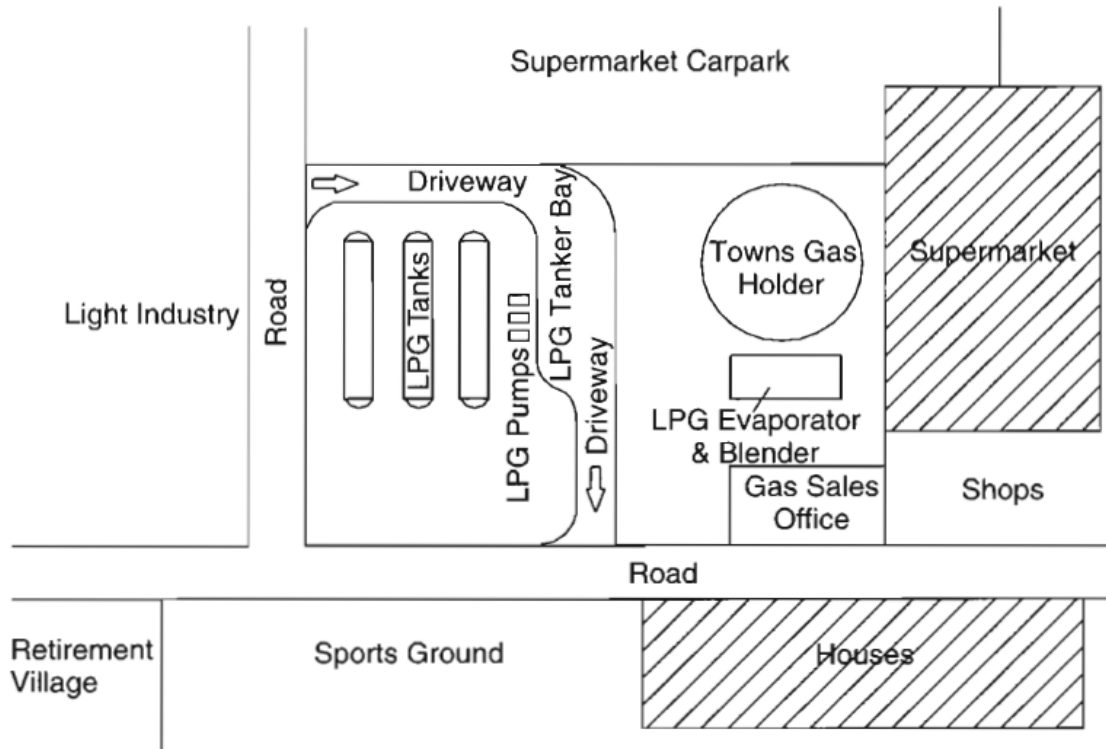


그림 1. 간단한 LPG 가스 시설 레이아웃

II. 가스/액체 분리 플랜트에 대한 검토

한 회사가 반사막 지대에 여러 가스 및 석유 유정과 중앙 집중식 가스/액체 분리 플랜트를 운영하고 있었다. 플랜트에서 생산하는 천연 가스와 기타 제품은 멀리 떨어진 여러 도시에 파이프라인을 통해 공급되고 있었다.

회사는 다음 사항에 대해 대형 엔지니어링 컨설턴트 회사에 의뢰했다.

- 플랜트 내의 압력 안정화 및 차단 시설의 검토
- 화재 안전성 연구
- 직원에 대한 사망 위험성 및 천연 가스 공급 불능에 대한 위험성을 포함하여 계량적 위험성 평가

또한 명시적으로 언급되지는 않았지만 업무 적응의 일환으로 프로젝트 리더는 플랜트의 설계 및 조건에 대해 조사하고 "소프트웨어"에 대해서도 조사했다.

확인된 취약점은 다음과 같다.

- 소방 용수 방수포의 상당 부분이 너무 가까이 위치하고 있어 화재 발생 시 작동할 수 없거나 플랜트와 너무 멀리 위치하고 있어 플랜트의 높은 지대에 있는 구역을 적절하게 대응

할 수 없었다.

- 대부분의 플랜트 구역에 대한 문서화된 운영 지침이 없었다.
- 작업 허용 기준 시스템이 너무 비공식적으로 운영되고 있었다.
- 비상 응급조치 팀 및 소방 팀은 차량 및 장비를 잘 갖추고 있었지만 조직에서 퇴출된 사람들로 구성되어 있고 플랜트 발전을 위한 업무에 참여하지 못하고 있었다.
- 비상 응급 팀에 의해 개발된 비상 응급 절차는 자체 비상 응급 절차를 가진 생산 직원들에 의해 일방적으로 개발되었다.

안정화 및 차단 시설에 대한 연구는 전문가 프로세스 엔지니어에 의해 관련 업무 수행 규정과 비교하여 시스템 능력을 평가하였다. 많은 취약점이 확인되었고 적절한 엔지니어링 측면에서의 변경이 지적되었다.

정량적 안전성 평가를 통해 정량적으로 평가 가능한 리스크를 통한 직원에 대한 안전성은 일반적으로 만족스러웠고 위험 영향을 추가로 줄이기 위해 여러 가지 사전 예방적 보호 조치에 대한 개선 사항이 권장되었다. 또한 평가에 사용된 컴퓨터 시스템은 다양한 수준의 영향(예를 들어 플랜트의 핵심 구역에 대한 다양한 수준의 열복사 및 폭발 압력 노출 빈도)을 가진 사고 빈도를 계산하는 데 사용되었으며 생산 및 엔지니어링 직원과의 토론에 사용된 이러한 평가를 통해 가스 공급 시설의 복구에 필요한 시간을 측정하였다.

소방 용수 방수포, 호스 및 해당 유량에 대한 실제 범위를 테스트한 후 수행된 화재 안전성 연구 결과, 방수포 재배치, 소화전 추가 설치, 펌프 용량 용수 저장 시설 등의 추가를 포함하여 수많은 권장 사항이 제시되었다.

전체 보고서의 양이 상당히 방대하였다. 따라서 관리자에게 효과적으로 설명하기 위해 약 30페이지 분량으로 고품질 재질을 사용하고 사진 설명이 포함된 요약 보고서 발행이 결정되었다. 이 보고서는 조사 결과에 대한 내용과 소프트웨어에 대한 내용으로 구성되어 있다.

회사의 최고 경영진은 소프트웨어에 대한 내용이 포함되는 것을 강력하게 반대했다. 그들은 요약 보고서를 감독 기관, 보험 회사, 노동조합 등에게 폭 넓게 배포하는 것은 동의했지만 주요 관리상의 결함을 공개하는 것을 원하지 않았다. 최고 경영진은 소프트웨어는 조사 범위를 벗어나는 것이며 평가는 주관적이고 공정하지 않기 때문에 삭제되어야 한다고 주장했다. 최고 경영진은 모든 요약 보고서 발행본을 회수했다.

컨설턴트는 몇 가지 사항을 고려한 후 확인된 세부적인 취약점을 생략하고 소프트웨어에 대한 엄격한 기준의 중요성, 엄격한 기준의 계량적 위험성 평가 및 회사가 현재의 소프트웨어 상태를 신속하게 검토하여 필요한 개선 사항을 수행할 것을 내용으로 하는 소프트웨어에 대한 부분을 수정했다.

그런 다음 프로젝트 리더가 방문하여 최고 경영진 회의에서 보고서에 대한 프레젠테이션 시간에 다음과 같은 사항을 강력하게 제기했다.

- 위험성에 영향을 주는 취약점을 확인한 컨설턴트(또는 실제 확인한 사람)는 법적 및 도덕

적으로 경영진에게 이러한 사항을 제기해야 한다.

- 플랜트가 제공하는 위험성에 대한 충분한 이해의 일부로서, 이러한 여러 가지 취약점이 확인되었다.
- 이러한 취약점은 요약 보고서 초판 발행 시 경영진에게 제기되었다.
- 경영진이 초판 발행을 회수하고 발행 금지한 것을 알고 있지만 컨설턴트 회사는 파일 복사본을 가지고 있다.
- 회사 경영진은 이러한 취약점에 대해 책임을 느끼고 신속하게 해결해야 한다.