

**LNG 인수기지 안전성 평가 연구**

손영순, 김효, 임현태\*, 김연종\*

한국가스공사 연구개발원 생산연구실, (주)유피테크\*

**Safety Assessment of LNG Receiving Terminal**

Young-Soon Sohn, Hyo Kim, Hyun-Tae Yim\*, Younjong Kim\*

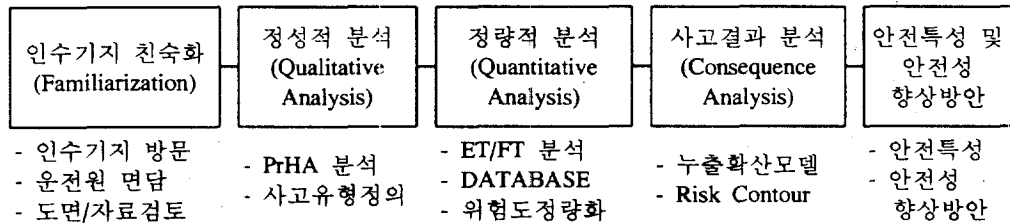
Korea Gas Corporation, R&D Center, United Pacific Technology, Inc.\*

**서론**

본 연구는 평택 Liquefied Natural Gas (LNG) 인수기지에 대하여 안전도 평가를 수행함으로써 천연가스 하역설비, 증발가스 설비, 저장설비, 저압 및 고압 송출설비가 내포한 위험성을 분석하고, 사고가 발생한 경우에 천연가스 누출로 인한 사고의 규모를 예측하여 안전도를 향상시킬 수 있는 방안을 제시하였다.

**연구수행방법**

1. 연구수행 흐름도



2. 인수기지 친숙화 (Familiarization)

안전도 평가의 초기작업으로 분석 대상인 평택 인수기지의 운영실태를 파악하기 위해서 현장실습(Plant Walkdown)을 수행하였다. 이 기간중에는 배관 및 계장도에 대한 검토, 기기점검수리 의뢰서의 수집 및 정리 작업도 수행하였다. 또한 인수기지 운전요원과의 면담, 기상데이터 및 관련 자료의 수집이 진행되었다. 친숙화의 결과로 계통별 단순계통도를 작성하였다.

3. 정성적 분석 (Qualitative Analysis)

평택 LNG 인수기지에서 위험성 및 조업도 측면에서 관심이 되는 문제점을 예비위험성평가(PrHA) 기법을 활용하여 분석하였다. 예비위험성평가는 대상 공정에 관련된 여러 분야의 전문가들이(설계원, 운전원, 보수원, 안전담당자 등) 모여서 P&ID등 공정에 관련된 자료를 토대로 정해진 형식아래 자유토론(Brainstorming)의 방법에 의하여 공정 또는 작업상에서 존재 가능한 위험성(Hazard)을 발견하는 접근방식이다. 이 분석은 발견된 문제점에 대한 대책을 추천하고 부족한 자료를 보완하게 하며 얻어진 결과는 정량적 분석에 사용될 수 있도록 서열화된다.

4. 정량적 분석 (Quantitative Analysis)

정성적 분석에서 도출된 주요 사고시나리오의 경위를 도식적으로 표현한 것이 사고추이도(Event Sequence Diagram)이다. 이 사고추이도는 정량적분석 모델링의 일환으로 사건수목으로 변환된다. 사건수목 시작점이 되는 초기사건은 다음과 같이 두 가지의 경우로 정의 되었다.

사건구분	구분기준
대규모누설(Large Leak)	직경 1 인치 이상의 파손으로 인한 천연가스 누설
소규모누설(Small Leak)	직경 1 인치 이하의 파손으로 인한 천연가스 누설

초기사건인 대규모누설과 소규모누설의 발생빈도는 고장수목 분석 기법이 도입되어 계산되었다. 고장수목은 사고의 발생을 AND, OR과 같은 논리를 활용하여 연역적으로 그 원인들을 추론하는 분석방식이다. 사고를 유발하는 원인에는 자연재해와 같은 외부사건, 설비의 기계적인 문제, 운전원/보수원의 인적오류, 시험 및 보수활동등이 포함된다. 데이터분석에서 도출된 정량화 데이터베이스를 이용하여 사건수목 및 고장수목을 정량화함으로써 인수기지에서 발생할 수 있는 사고의 발생빈도는 다음의 경우에 대해서 각각 구하였다. 정량화 분석에는 RISKMAN 코드가 활용되었다.

- 장기간 대규모 천연가스 누출(Long Term Large Release)
- 단기간 대규모 천연가스 누출(Short Term Large Release)
- 장기간 소규모 천연가스 누출(Long Term Small Release)
- 단기간 소규모 천연가스 누출(Short Term Small Release)
- 소형 화재/폭발(Small Fire/Explosion)
- 대형 화재/폭발(Major Fire/Explosion)

5. 사고결과 분석(Consequence Analysis)

평택기지에서 발생할 수 있는 천연가스 누출사고의 규모를 확산, 화재/폭발의 경우에 대해서 계산하였다. 누출원향은 누출율과 누출시간을 정의하는 것으로 장기간/대규모 누출, 장기간/소규모 누출, 단기간/대규모 누출, 단기간/소규모 누출 4가지가 고려되었다. 확산모델의 결과는 천연가스 가연성 하한도(LFL, Low Flammability Limit) 범위를 표시하며 또한 위험도 정량화 결과와 확산모델을 결합하여 위험도곡선을 작성하였다. 천연가스 누출시 화재/폭발에 대한 영향분석 또한 동시에 수행되었다.

**결과**

1. 정성적 분석결과

다음의 위험도 매트릭스에 근거하여 예비위험성평가를 수행하였다.

빈도 \ 심각도	I	II	III	IV	V
A	1	1	2	3	NP
B	1	2	3	4	NP
C	3	3	4	4	NP
D	4	4	4	4	NP
E	NH	NH	NH	NH	NH/NP

**Risk Rank (위험도 순위)**

- 1 보완 대책을 수립하여 시급히 시행
- 2 보완 대책을 수립, 1-2년내에 시행
- 3 중기적인 보완 대책을 수립, 시행
- 4 장기적인 보완 대책을 수립, 시행
- NH/NP 보완 대책이 필요 없음  
(Not Hazardous/Not Probable)

빈도	심각도
I 1년에 한번정도 발생	A : 10억원 이상의 물적손실 또는 인명 사망
II 5년에 한번정도 발생	B : 1억원 이상의 물적손실 또는 다수의 중상
III 10년에 한번정도 발생	C : 1천만원 이상의 물적손실 또는 다수의 경상
IV 100년에 한번정도 발생	D : 1백만원 이상의 물적손실 또는 소수의 경상
V 100년이상 한번정도 발생	E : 경미한 손실



표 1.3 LNG 하역지역에서 천연가스 화재시 영향

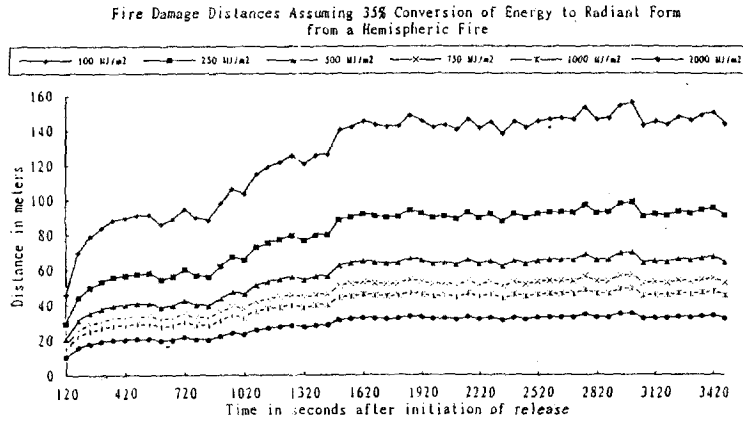
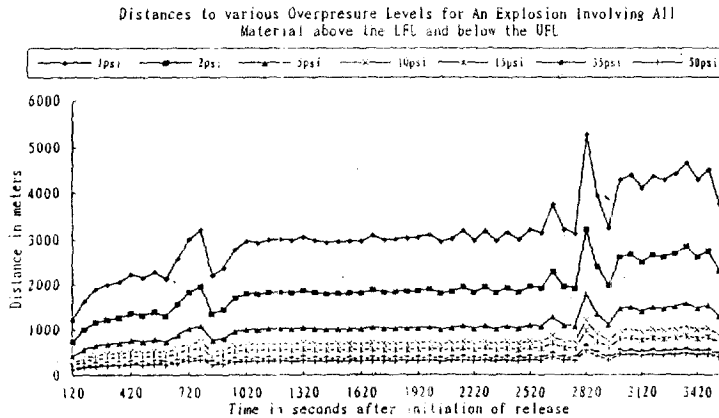


표 1.4 LNG 하역지역에서 천연가스 폭발시 영향



**참고문헌**

1. “기기점검수리 의뢰서”, 1990, 1991, 1992, 1993, 평택인수기지 사무소, 한국가스공사
2. “IEEE Guide to the Collection and Presentation of Electrical, Electronic, Sensing Component, and Mechanical Equipment Reliability Data for Nuclear Power Generating Stations,” IEEE std-500-1984, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., Nov. 1993
3. “Guidelines for Hazard Evaluation Procedures”, Second Edition with Worked Examples, Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, 1992
4. 기상연보(행정간행물 09200-73320-26-7), 기상청, 1993
5. “Guidelines for Process Equipment Reliability Data”, CCPS for American Institute of Chemical Engineers, 1989
6. Johnson, D. W., Welker, J. R., “Development of an Improved LNG Plant Failure Rate Data Base”(Mar.1980 - Jun.1981), Gas Research Institute, Sep. 1981