

가스안전관리를 위한 평가프로그램 비교분석에 관한 연구

김태환, 어수영, 윤인섭

서울대학교 자동화시스템연구소 안전연구실

Comparison on the evaluation programs for the Gas Safety Management

Tae Hwan Kim, Soo Young Eo, En Sup Youn

Automation and Systems Research Institute Safety Laboratory

1. 서론

1909년 이후로 우리나라에 처음으로 가스가 사용되어지기 시작한 이래로 가스 사용의 급격한 증가와 사회의 고도화에 따라 다양한 원인에 의하여 가스사고는 하루에 평균 약 1.5건 정도 발생하고 있다. 이러한 가스 사고로 인한 피해의 심각성은 화재 및 폭발과 연계되어 94년 아현동이나 95년 대구 지하철 가스 폭발사고, 98년 부천, 익산 충전소 사고와 같은 대형폭발사고로 이어지고있고 이는 또한 사고 당사자는 물론 인근 주민을 포함한 막대한 사상자와 재산피해를 발생시켜 사회적 물의를 빚는 것은 물론이거니와 국민에게 불안을 가중시키고 있다. 가스사고 중에서는 약 75%를 LP 가스 사고가 차지하고 있으며 이는 사회의 선진화와 다른 가스 사업인 도시가스나 고압가스에 비해 낙후되어있는 현 LP가스산업의 시설과 부실한 안전관리에 그 원인이 있어 앞으로도 대형폭발사고의 가능성이 상존하고 있는 형편이다.

그러므로 사고의 빈도나 예방차원에서의 대책으로는 LP가스업계의 경쟁력 강화와 안전도를 높이기 위해서는 무엇보다도 현재 국내 가스산업시설의 안전수준을 객관적으로 표현할 수 있는 방법의 수립이 절실하다. 객관적이고 정량적인 지수를 측정할 수 있게 됨으로써 가스산업시설의 안전수준을 표현하고 목표관리를 수행하는 것이 가능하게 되며 사업장의 안전관리실태 평가가 용이해져 안전관리의 효용을 높일 수 있게 된다. 또한 판매사업자의 안전능력에 대해서 소비자가 객관적으로 판단할 수 있는 시스템을 마련해 줄 수 있게 된다. 따라서 정량적이고 객관적으로 가스안전의 수준을 계량할 수 있는 안전지수의 개발이 반드시 필요하다.

여기에서는 가스안전관리를 위한 안전지수개발을 시대적 요구 사항인 '자율안전' 추세에 맞게 진행시키기 위하여 국내외 유사지수의 개발동향과 사례를 비교분석 함으로서 앞으로 가스안전지수개발에 어떻게 적용할 것 인가에 대해 검토하였다.

2. 국내외 지수개발

2-1. 매경안전경영지수

매일안전환경지수는 매일안전환경연구원에서 화학 및 제조업의 안전경영활동을 평가하기 위해 개발한 것으로 안전관리를 위하여 재해율에만 의존하는 단순평가방법 대신 정량적이고 객관적으로 평가할 수 있는 지수를 개발하고자 한 것이다.

안전경영지수는 안전보건분야의 활성화 및 선진화를 통한 재해감소를 촉진시키려는 관점에서 추진요인, 예방활동, 안전보건의 달성결과를 평가하는 체계로 개발되었다. 추진요인으로는 경영층의 안전보건지원 및 조직관리(중 5항목)이며 예방활동은 안전보건활동(중 8항목), 교육훈련 및 동기부여(중 2항목), 유해위험요인 및 설비관리(세부 3항목)로 나뉘어 있으며 마지막으로 달성결과(중 2항목)로 총 5개의 항목과 20개의 중항목으로 구성되어 있다. 각 항목별 질문은 리커트 척도에 의한 방법에 따르고 있다.

항목의 배점은 산업안전보건의 선진화를 통한 재해예방을 목적으로 하여 적절히 할당되었다. 각각의 항목들의 배점들은 그 항목에 속한 중항목에 배당된 점수의 합으로 나타내어지고 중항목의 점수는 대항목을 달성하기 위한 중요도 순으로 매겨졌다. 그리고 중항목도 많은 수의 세부항목으로 나뉘어져 각 세부항목에 대한 점수가 중요한 순서대로 매겨지게 된다.

세부항목은 가, 나, 다, 라의 4등급으로 나뉘며 가(우수, 10점), 나(보통 8점), 다(불량, 6점), 라(미흡, 4점)의 배점은 일본 등 국제적인 배점과 국내 현장 실정을 고려하여 나 등급을 법 준수 수준으로 기준하였다.

안전보건예방활동의 점수산출법은 각 세부항목별 취득점수(가, 나, 다, 라)에 세부항목에 할당된 배점을 곱하여 중항목의 총점을 산출하고 이를 백분율로 환산한다. 그리고 각 중항목의 백분율을 합하여 100%에 대한 백분율을 계산하고 이를 100점 만점에서의 취득점수로 결정한다.

2-2. 화재위험지수

화재위험지수법은 상대적 화재위험을 간단하고도 신속하게 나타낼 수 있는 화재위험성 평가기법 중의 하나로서, 화재원인과 방화대책을 모델화하고 이를 바탕으로 위험을 점수화한 것이다. 이 방법은 19세기부터 있었던 보험사의 요율산출법에서 기원하고 있다.

일반적으로 화재위험지수의 산정은 전문가의 판단과 과거 경험에 기초하여 선택된 항목의 값을 매김으로 이루어진다. 선택된 항목은 화재안전의 긍정적 요소와 부정적 요소 모두를 포함하며 이를 수식을 통하여 조합함으로써 배당된 값에 영향을 미치는 하나의 수치로 표현된다.

화재위험지수법은 그 자체에 수많은 변수가 있고, 한정된 정보나 재원으로 수많은 위험을 실제적으로 평가하면서 발달하여 왔기 때문에 수만 가지의 예가 있을 수 있다.

2-3. DOW's F&EI (Fire and Explosion Index)

이 방법은 DOW Chemical사에서 자사의 공정시설에 대한 손실가능성을 상대적으로 등급화 할 목적으로 개발하였다. 이 방법은 화학공정 중의 여러 가지 물품의 인화성, 유독성, 반응성의 3 가지 관점에서 이들 물품의 활성에너지를 1~40단계로 분류하여 물질계수로 주고, DOW사에서 발생한 고장, 사고 등을 데이터베이스화하여 이를 위험요인별로 수치화한 벌점(Penalty)을 부과하여 위험을 평가한다. 이 방법은 각 공정지역에 잠재되어 있는 손실요인을 엔지니어에게 정량적으로 제시하여 손실예방대책을 세울 수 있도록 하는데 도움을 줄 수 있는 훌륭한 방법이다. 다만, 다른 방법과 마찬가지로 본 방법을 적용할 경우, 공정을 잘 아는 공정전문가의 정밀한 감각과 노련한 판단력이 요구된다.

2-4. Mond 화재, 폭발 및 독성 지수(Mond Fire, Explosion, and Toxicity Index)

본 방법은 다국적 화학회사인 ICI사에서 개발한 방법으로 새로운 플랜트를 건설할 때 적용할 경우에 유용하다. Mond법의 주요한 점은 전체적인 위험을 경감시키기 위해 완벽한 설계, 훌륭한 관리상태, 기타 예방대책을 고려하였다는 것과 공정 가동 전에 적절한 조치가 이루어지도록 하여 계획단계에서 잠재위험에 관한 의문사항 들을 제기하도록 하는 점에 있다. 초기 계획단계에서 위험에 대한 대책을 세움으로써 계획이 진행됨에 따라 적절한 대책을 선택할 수 있도록 한다. 초기에 위험을 평가함으로써 제안서를 승인 받는데 발생할 수 있는 문제를 사전에 해결할 수 있는 장점이 있고 간과한 문제들을 해결할 수 있는 장점도 있다.

2-5. G사 진단 지표(국내)

G사의 안전관리체계를 진단하기 위한 지수는 먼저 G사 안전관리체계의 6가지 범주의 구분으로 시작된다. 이 6개의 범주는 조직관리, 정보관리, 작업환경관리, 기술관리, 교육훈련관리, 보수유지관리이다. 조직관리 안에는 경영자의 안전에 대한 인식과 방침, 목표의 설정과 관리, 각 부서의 안전임무와 활동, 안전담당자의 활동사항 등이 속한다.

이러한 6개의 범주를 적절히 평가하기 위한 평가기준은 노동부의 진단기준과 일본의 여러 회사의 자체진단기준 등을 참조하여 고안하였다. 이를 위해 실제 공장 방문을 통하여 다양한 계층의 작업자와 관리자를 인터뷰 및 설문조사를 수행, 그 결과를 토대로 6개의 범주별로 그 범주를 평가하기 위한 항목들을 설정하였고 다시 필요하면 이의 세부항목들을 설정하였다. 실제 평가를 위하여 질의에 대한 답변의 등급을 4개로 설정하였다. 이 4등급은 10점, 7점, 4점, 0점으로 이 세부항목에 각각의 가중치를 적용하여 다시 합계를 내었다. 이 합계를 10점만점으로 다시 환산한 점수가 범주 아래의 항목의 점수가 되며 이를 평균하여 100점 만점으로 환산한 것이 각 범주의 값이 된다. 이렇게 세단계의 과정을 거치는 동안 다소 주관적인 면은 제거되고 수량화된 평가결과만이 남게 된다. 100점은 선진국의 수준 이상의 완벽함을 나타내게 된다.

2-6. ISRS (DNV)

ISRS(International Safety Rating System)는 1969년 북미 보험회사 기술이사였던 프랭크 E 버드가 1,753,498건의 사고를 분석한 결과를 토대로 개발되었으며, 이 분석으로 600의 무손실 잠재사고 비율을 도출해 내어 오늘날 널리 알려진 1 : 10 : 30 : 600의 재해 비율을 밝혔다. 이러한 분석을 토대로 ISRS는 현대적 개념의 안전 및 손실관리 평가 시스템으로서 손실관리의 범위와 질을 측정하는 20개 안전 및 손실관리 항목에 대한 체계적인 분석방법으로 개발되었다.

평가사례로 미국내의 지방 전기 협회에서 자체적으로 회원사에 대한 ISRS 평가를 실시하여 이를 도입한 회사들은 평균 50%의 사고 감소효과를 달성한 사실이 있다.

2-7. LETSA 시스템

BP(British Petroleum)에서는 자체적인 안전관리시스템(Safety Management System)인 REALM을 사용해오다 1985년 이후 좀더 발전된 형태인 ISRS를 채택하여 사용하여왔다. ISRS는 안전관리활동과 관련된 20개 항목을 측정하여 현 안전관리시스템의 강점과 약점을 정확하게 지적해줄 수

있다. 그러나 ISRS는 특정 하드웨어에 대해서는 평가하지 않으며 BP그룹에서 필요로 하는 많은 운전상의 기술적 소프트웨어 영역에서 적정수준의 평가를 제공하지 못하므로 LETSA(Loss Exposure and Technical Safety Audit)이라고 불리우는 안전감사시스템을 개발하였다.

기술적 감사는 '코드와 표준'에 기반을 두고서 마련된 체크리스트를 이용하여 플랜트의 손실 발생 가능성을 측정하기 위한 것이다. LETSA에서 사용하는 체크리스트는 22개 항목으로 구성된 기술적 안전 측면을 다루고 있다.

점수체계의 구성을 살펴보면 체크리스트에 포함된 각 질문에 대하여 전문가의 판정에 의한 점수가 배정되어 있다. ISRS에서 채택하고 있는 방법과 유사하나 다음과 같은 네 가지 방법을 사용하여 점수를 배정한다는 것이 차이점이다.

2-8. 일본의 가스사고관련 보험

일본의 LPG충전소나 기타 저장, 판매, 공급시설에 대한 안전관리를 위한 측정으로서 통산성과 고압가스보안협회에서는 안전지수란 개념으로 1964년 이후 Rank(등급)에 의한 사업장 안전평가를 해왔으나 그 중 안전지수 측면에서 A등급으로 판정된 사업장이 수시 사고가 빈번하여 그 의미가 퇴색되어 평가보다는 자율안전이란 명목으로 보험과 연계하는 방안이 마련되었다. 특히 석유화학단지나 공장 등은 사고 시 그 피해액이나 인명피해가 대형사고로 확산될 가능성이 많으므로 특수한 보험과 더불어 까다로운 조건을 제시하고 있다. 또한, 단지나 공장이 소방시설이나 기타 안전관리에 대한 유지보수에 얼마만큼 정확히 적정수준으로 이루어지고 있는가에 따라 인센티브나 감액을 부여하고있다.

일본에서 현재 시행되고 있는 보험의 경우에 있어서 특정 할인율(2%)은 석유화학 공장 특정 할인율 산출표에 의해 득점합계(S)와 수정계수(a)를 구해 산출한다.

3. 각 유사지수의 비교 분석

지금까지 설명한 각 유사지수들은 모두 적용범위나 목적 등이 조금씩 차이가 있으며 또한 점수 배점방법과 같은 사용의 편의성 등의 측면에서 그 용도가 다르다고 할 수 있겠다. 아래의 표에 다음과 같이 정리하였다.

표.1 안전관련 유사지수들의 비교

방법	적용범위	목적	복잡성
매경안전경영지수	화학 및 제조업	안전경영활동 평가	간단
화재위험지수	건물	화재위험 평가	복잡
DOW'S F&EI	공정시설 및 저장시설	화재 및 폭발 위험도 분석	복잡
Mond 지수	새로운 플랜트 건설	화재, 폭발 및 독성 위험도 분석	복잡
G사 진단지표	특정 공장	안전관리체계 진단	간단
ISRS	대부분 업종	안전 및 손실관리 평가 시스템	간단
LETSA	BP	안전감사시스템	간단
일본 보험	석유화학공장	보험할인율산출	복잡

위의 표에서 알 수 있듯이 사용의 편의성 측면에서 본다면 매경안전경영지수, G사 진단지표, ISRS, LETSA등에서 채택하고 있는 항목 당 기준에 따른 배점을 토대로 총점을 구하여 지수로 환산하는 방법이 가장 사용하기에 용이하고 이해하기에도 쉽다고 할 수 있겠다.

4. LP가스안전지수 적용방법

일반적으로 안전지수를 산정하는 방법으로는 전문가의 판단과 과거 경험에 기초하여 선택된 항목에 값을 매기는 방식이 된다. 선택된 항목은 안전에 긍정적인 요소와 부정적인 요소 모두를 포함하여 수식을 조합함으로써 배당된 값에 영향을 미쳐 하나의 수치로 나타내게 된다.

각 요소의 점수는 전문가의 판단이나 실제 경험, 통계 자료, 기존 기준에 적합한지의 여부를 판단하여 배당하게 된다.

앞서 설명한 바와 같이 화재위험지수, ISRS, LETSA 시스템, 매경안전경영지수 등의 경우에도 이러한 방법을 채택하고 있다.

하지만 현재 화재보험에서 사용하는 ISO(Insurance Service Office)의 화재보험 요율산정방법이나 Gretner 화재위험도(Gretner Method)방법의 경우에는 일반적인 건축물과 공장에 대해서 만들어져 있어서 안전위주의 LP 가스시설물에는 적용하기가 힘든 단점이 있다. 그리고 LP 가스사고의 경우에는 화재사고(42%, 가스사고편람, 한국가스안전공사, 1997)뿐만 아니라 폭발(42%)과 누설(29%)이 큰 비중을 차지하고 있으며 일반 건축물과는 달리 가스이외에는 가연성시설물을 사용하지않고 있으므로 위험을 확대시키는 요인을 계산하기에는 용이하지 않다.

하지만, DOW's E&FI 방법이나 Mond Index 와 같은 방법들은 과거의 수 많은 사고 사례를 참고로 하여, 위험물질(가연성, 인화성 물질 포함)을 사용하는 저장시설 또는 공정에 대한 화재 폭발시의 피해 정도를 예측하기 위해 개발된 것으로서 DOW's E&FI 의 값을 각 LPG 시설의 위험도 정도를 나타내는 값으로 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구는 LP 가스안전지수의 각 시설별 초안을 마련하기 위한 사전 조사 작업 과정에서 지금까지 알려져 있는 여러가지 안전관련 지수들을 비교, 평가한 것으로서 기존 방법들로의 문제점들을 보완하고 가스관련 액화석유가스관리법과 안전관리, 정기 점검표, 국내의 사고 사례 수집 및 분석과 각 설비별 요소와 운영요소에서의 문항을 파악 및 분석을 통해 새로운 가스안전지수를 개발을 하고자 한다. 또한 지수를 구성하는 요소들에 있어서 그 요소의 수가 너무 많으면 점검원의 부담이 커질 뿐 아니라 정작 중요하게 고려되어야 할 요소가 가려지게 되는 역효과가 생길 수도 있으므로 필요한 요소를 중점으로 그 구성을 고려하여야 한다. 실제적인 안전지수의 운용에 있어서는 사용목적과 구성항목 수에 따라 모든 설비에 대해서 자세히 다루고 있는 지수표와 수시로 간편하게 사용할 수 있게 설비와 운영요소 중 중요한 요소들 만으로 이루어진 지수표 등으로 구성하는 방법을 개발할 예정이다.

참고자료

- [1] 가스관련법령집, 한국가스안전공사
- [2] 가스관련고시, 한국가스안전공사
- [3] 가스사고연감 1997, 한국가스안전공사, 1998
- [4] 가스사고연감 1996, 한국가스안전공사, 1997
- [5] 국내가스사고사례집 (1977~1987), 한국가스안전공사, 1988.11.
- [6] 국외가스사고사례집, 한국가스안전공사, 1987. 6.
- [7] 가스사고편람, 한국가스안전공사, 1997.
- [8] 매경안전경영지수 <화학업>, 매경안전환경연구원, 1996
- [9] 사업장의 효율적인 SMS 체계구축을 위한 표준시안 개발 최종보고서, 한국가스안전공사, 1998. 2.
- [10] 가스안전실태분석 및 발전방안연구 최종보고서 <엘피가스시설분야>, 한국가스안전공사, 1996.3.
- [11] 가스안전실태분석 및 발전방안연구 최종보고서 <석유화학시설>, 한국가스안전공사, 1996.3.
- [12] 가스사고배상책임보험 개선방안 연구보고서, 한국가스안전공사, 1996. 12.
- [13] 방재기술 자료집 II, 한국화재보험협회, 1998.
- [14] 안전보건경영시스템 추진 실무, 한국산업안전공단, 1999
- [15] 액화석유가스 산업분야 안전지침서, 한국가스안전공사, 1998. 12.
- [16] 액화석유가스 충전소 안전관리 기준 (이탈리아편), 한국가스안전공사, 1998. 12
- [17] 고압가스 보안총람(98), 고압가스보안협회(일본)
- [18] LP 가스산업의 장래(21 세기의전망) (일본)
- [19] LP 가스보안대책연구회 중간보고, 고압가스보안협회(일본)
- [20] 고압가스 보안규칙 3 조규정에 의한 사업소인증 (일본)
- [21] 보안사찰에 관한보고서(고압가스 第一種제조자), 고압가스보안협회(일본)
- [22] 설비검사에 관한 보고서, 고압가스보안협회(일본)
- [23] 충전소작업기준, 고압가스보안협회(일본)
- [24] 고압가스탱크크리등의안전운행지침, 고압가스보안협회(일본)
- [25] LP 가스매설관 사고방지대책검토위원회보고, 고압가스보안협회(일본)
- [26] 四日市 LP 충전소 폭발사고의 개요와 문제점, 고압가스보안협회(일본)
- [27] 노동성 산업안전연구소 연구보고(논문집)(일본)
- [28] 연구조사 방법론, 소영일, 박영사, 1994
- [29] 고압가스업소명단, 한국가스안전공사, 1999