

국내 도시가스 시설의 안전관리 발전방안에 관한 연구

- A Study on Safety Management Development Plan of Domestic City Gas Facility -

정 원 익 *

Jong Won Ik

양 광 모 *

Yang Kwang Mo

강 경 식 **

Kang Kyong Sik

Abstract

Domestic city gas is supplying in an about 10 million household on present 34 city gas companies because is begun to supply regularly after two 1980 years middle. But, result that focus on city gas supply spread and stable supply for supply area and neglects about safety problem, hundreds casualties such as Ahyun explosion accident and Deagu city gas explosion accident were reached in situation that occurred large size calamity occurs it is dizzliness. In the case of advanced nation, can see that accomplish system and progress that in technology after experience major accident. Therefore, grasp problem investigating safety actual conditions for city gas institution and study about solvable plan is required this. Also, must guide reform and level elevation of a domestic company safety technology through induction and development of safety technology that is suitable in supply, domestic real condition etc. Must help in power positivity that is full text executing high-quality safety education about step High firing mechanism safety technology than present safety education.

Keyword : Domestic city gas, safety technology, Accident analysis system

† 본 연구는 명지대학교 안전경영연구소 지원으로 수행되었음

* 명지대학교 산업시스템 공학부 박사과정

** 명지대학교 산업시스템 공학부 교수

1. 서론

여러 가지 가스의 사용 또한 석유 화학 등 산업계뿐만 아니라 가정용의 LPG, 도시가스등에 이르기까지 그 이용이 매우 빠른 속도로 증가되어 왔고, 앞으로도 더욱 가속화될 것으로 전망된다. 이로 인한 안전사고의 발생 또한 증가하고 있는 추세에 있고, 특히 가스 사고는 그 특성상 물적, 인적 피해가 다른 안전사고에 비해 엄청나게 큰 대형 사고로 이어질 가능성이 매우 높다. 따라서 그 동안 가스 안전사고를 미연에 방지하기 위한 노력이 꾸준히 진행되어 왔고 어느 정도 성과를 거두고 있다고 판단된다. 그러나 이제는 보다 체계적이고 종합적이며, 시설 점검 및 관리 등 세부 기술에서부터 경영 관리, 국가적인 응용에 이르기까지의 총체적인 안전 관리의 시스템화 된 기술에 대한 필요성이 무엇보다도 크게 대두되고 있는 실정이다[1, 6, 7].

본 연구에서는 이러한 국내외의 시대적인 상황과 요구에 따라 국내의 가스 설비 및 이용 실태를 조사, 분석하고 이를 기반으로 안전사고를 미연에 방지하기 위한 발전 방안을 강구하는데 목적이 있다. 이와 관련된 각 단계의 도시가스업체의 안전현황을 파악하며, 이를 통하여 도시가스업체의 안전성 발전방안과 이를 수행하기 위한 정부, 유관기관 및 기업의 역할을 규명하는 것이다. 이를 추구하는데 있어서 기존의 안전에 대한 개념에서 발전하여 안전사고 그 자체만이 아닌, 국민의 안정된 생활 확보, 국제적인 흐름 및 선진 안전 기술의 도입 등을 총망라한 시스템 기술의 개선에 주안점을 두고자 한다. 본 연구에서 목표로 하고 있는 안전기술은 실태의 분석과 이를 토대로 한 대책 및 개선책의 제시 그리고 관리 기술까지 포괄하는 시스템 기술이 될 것이다. 이러한 목적을 효과적으로 달성하기 위하여 유관기관 및 기업방문 및 해외자료 분석 등을 통하여 안전현황을 파악하였고 문제점의 개선 및 발전방안을 도출하였다.

2. 도시가스 산업의 실태

2.1 도시가스 장기수요 전망

전국 천연가스 배관망 확대에 힘입어 1995년 기준 341만 톤 수준인 도시가스용 수요는 2000년까지는 연평균 증가율이 19%로 고성장이 계속되어 812만톤, 2010년까지는 7% 수준으로 둔화되어 1,611만 톤이 될 것으로 전망된다. 이처럼 2000년까지 도시가스수요의 고증가세가 계속되는 이유는 앞서 설명한 바 있는 전국 배관망 사업의 확대, 사용의 편리성 및 환경규제강화 이외에도 용도별 원 단위의 지속적인 증가를 들 수 있다. 아울러, 이러한 도시가스 수요의 꾸준한 상승은 천연가스 총 수요량 중 차지하는 비율을 증가시켜, 2000년에는 전체 소비량의 61.6%를 점유하게 되며, 2010년에는 67.4%를 차지하게 될 것으로 예상된다. < 표 1 >은 국내 천연가스 용도별 장기수요 전망을 보인 것이다[2, 3, 4].

< 표 1 > 국내 천연가스 용도별 장기수요 전망 (단위 : 천톤)

	도시가스	발전용	기 타	합 계
1996	4,921	4,599	168	9,688
1997	5,545	5,970	236	11,751
1998	6,393	5,810	264	12,467
1999	7,296	6,860	334	14,490
2000	8,120(51.6)	7,260(46.1)	369(2.3)	15,749(100)
2005	12,184(63.6)	6,500(3.4)	460(2.4)	19,144(100)
2010	16,112(67.4)	7,200(30.0)	621(2.6)	23,933(100)

2.2 도시가스 사고 통계분석

2002년 발생한 도시가스 사고는 타 공사에 의한 사고가 12건(38.7%)으로 가장 많고, 다음은 시설미비, 취급부주의 순서이다. 최근 5년 간 도시가스 사고의 주원인은 타 공사, 시설미비, 취급부주의 순으로 나타나고 있다. < 표 2 >는 원인별 사고현황을 보인 것이다.

< 표 2 > 원인별 사고현황 (단위:건수)

구 분		'98년	'99년	2000년	2001년	2002년	계	
								점유율(%)
취급 부주의	사용자	5	-	1	-	1	7	2.5
	공급자	11	8	1	2	4	26	12.3
	소계	16	8	2	2	5	33	15.3
타 공 사		17	4	6	6	12	45	22.2
시 설 미 비		12	8	5	5	6	36	16.2
고 의 사 고		6	1	-	-	4	11	5.4
제 품 불 량		11	2	7	3	3	26	12.3
기 타		22	3	1	2	1	29	13.8
계		84	26	21	18	31	180	100.0

2002년에는 인명피해가 사망 12명, 부상 27명이 발생하였으며, 최근 5년 간 도시가스 사고로 인하여 150명의 인명피해 발생하여 사고 1건당 0.8명의 피해가 발생한 것으로 나타나고 있다. < 표 3 >은 인명피해별 사고현황을 보인 것이다.

< 표 3 > 인명피해별 사고현황 (단위:건수)

구 분	사고건수	인명피해		
		계	사망	부상
'98년	84	28	8	20
'99년	26	27	4	23
2000년	21	22	2	20
2001년	18	34	12	22
2002년	31	39	12	27
계	180	150	38	112

2002년 도시가스 사고를 형태별로 보면 타 공사 시 배관이 파손으로 인한 가스누출사고가 가장 많았고 다음은 보일러 CO 중독사고 순서이다. 특히, < 표 4 >의 형태별 사고현황을 보인 표와 같이 타 공사 사고는 12건으로 전년 동기는 6건으로서 대폭 증가하였다.

< 표 4 > 형태별 사고현황 (단위:건수)

구분	누출	CO중독	폭발	화재	계
LNG	14	9	5	1	29
LPG+AIR	1	-	1	-	2
계	15	9	6	1	31

2.3 도시가스 매설배관 실태

국내의 도시가스 배관이 최초로 설치된 60년대 초반부터 현재까지 전국 34개 도시가스사에서 설치·관리하고 있는 도시가스 공급배관은 본관 8,859km, 공급관 120,276km, 총 129,135km가 되고 있다. 배관의 재질은 주철관, 아연 도금강관, 폴리에틸렌 피복강관(PLP), 아스팔트코팅관(A/S 코팅관), 폴리에틸렌관(PE관)등으로 산업발전에 따라 여러 종류의 재질의 배관이 다양하게 설치되어 있다. 도시가스 매몰배관 설치현황은 < 표 5 >에 나타내었다.

< 표 5 > 도시가스 매몰배관 설치 현황 (단위 : km)

배관 연장	본 관	8,859
	공급관	120,276
	계	129,135
지역별 배관설치 현황	수도권	83,937 (65%)
	영남권(부산, 경남·북)	26,120 (20%)
	기타(호남, 충청, 강원)	19,078 (15%)

3. 도시가스 제도적 측면의 발전방안

3.1 종합대책으로서의 가스안전관리체계

선진국의 경우, 중대 사고를 겪은 후 제도 및 기술면에서 획기적인 진보를 이룩하고 있음을 우리는 볼 수 있으며, 현재 우리도 일회성이 아닌 전반적인 재검토 및 변혁을 필요로 하고 있다. 이를 위해서는 다양한 차원에서 제시된 문제점을 통합적으로 해결할 수 있는 대책 수립이 필요하며, 이에에는 법률, 제도, 경영 관리, 권한 및 책임, 기술, 정보 시스템 등 여러 요소들을 총체적으로 다룰 수 있는 체계가 필요하며, 다음과 같은 내용이 포함되어야 한다. 첫째로 배관도의 도면이 아예 존재하지 않거나, 변경(교체, 확장 등) 사후 관리가 제대로 이루어지지 않은 상태에서 작업이 이루어지고 있는 경우가 많기 때문에 정보, 자료 체계에 대한 종합적 검토 및 대책 수립이 필요하다. 둘째로 진행 중인 공사에 대한 종합적 검토 및 책임, 권한 조절로 상황이 중앙 통제실(가스 관련 센터 혹은 비상 계획 센터)에 보고되는 경우, 관련 기관 및 공사장에 종합적으로 상황 전달 및 지시를 수행하는 활동 등이 필요하며, 권한 및 책임 관련하여 관련 기관, 사업자, 작업자간의 역할 분담을 명문화시킴으로서 정부 차원에서는 효율적인 행정을 할 수 있으며, 사업자의 입장에서는 유연한 공사 추진이 가능할 것이다. 셋째로 원인분석모델(Causal tree)이란 하나의 사고가 발생하는 상황을 기술적인 요소, 인간 요소 및 관리 적인 요소를 통합하여 분석하는 방법론으로 선진국의 경우 지난 80년대를 전후로 이를 위한 활발한 활동이 진행되고 있는 것으로 도심에서의 주요 사고 가능성에 대한 원인분석모델(Causal tree)을 작성하는 것이다. 이 모델은 체계적인 사고 예방 대책을 위해서 반드시 필요한 분석이며, 그 결과가 현재 진행중인 가스안전관리체계 추진과 적절히 연관을 맺을 수 있을 것이다. 셋째로 가스 관련 기관간의 업무, 책임, 권한 조정 및 비상연락망(Hot-line) 유지이며 이는 현재 행정 체계에서 가장 개선되어야 할 점으로 지적되는 부분이 책임과 권한의 균형 및 효율적인 행정 및 자율

안전을 위해서는 적절한 제도 및 역할 분담이 필요하다. 넷째로 적절한 도시가스회사에서의 가스안전관리체계의 추진 및 자율감사체계의 공개를 통한 자율 안전을 추진하는 것이다. 마지막으로 현재의 통제 센터보다 각종 전문적인 지식(가스, 유독 물질 등) 및 연락망을 갖춘 선진국형 통제 센터의 운영이 필요한 실정에서 비상 계획 통제 센터의 통합적 운영하는 것이다.

선진 외국의 경우 체계적인 안전 대책 수립에 가장 핵심적인 역할을 하는 것은 적절한 안전관리 시스템(Safety Management System: SMS)의 구축 및 추진으로 결론을 내고 있으며, 이를 위한 다양한 형태의 국제 기구의 활동, 국제 조약, 법률, 산업 표준화(유럽공동체의 Seveso 지침, 미국의 OSHA PSM Rule, ILO의 SMS Model) 등이 이루어지고 있다. 국내의 경우 사업체에 따라 어느 정도의 안전 관리 시스템이 이미 갖추어져 있기는 하나, 현재 논의되는 안전관리 시스템은 기존에 인식하고 있는 것과는 여러 가지 면에서 달라, 그 폭은 깊고 넓이는 보다 광범위함을 들 수 있다. 또한 좋은 제도 및 안전관리 시스템이 갖추어져 있더라도 이를 실행하는 과정에서 과거의 적당주의, 편의주의 등이 작용하게 되면 그 결과는 오히려 불신의 깊이만 증가시킬 우려도 높다고 할 수 있다.

최근의 가스 폭발 사고에서 보듯이 시급한 가스 예방 대책을 필요로 하는 부분은 인구가 밀집해 있는 도심 지역이라 할 수 있으며, 이에 따라 도심 지역을 흐르는 시설물에 대한 체계적인 안전 관리 시스템의 도입이 시급하다고 할 수 있다. 원래 안전관리 체계는 공통 기반 모델 위에 특정 회사의 여건을 고려한 각각의 고유 모델을 개발하는 형태로 진행되어야 하므로, 가스안전 관리체계의 세부 계획 추진 단계에서는 현재의 도시가스회사 고유의 모델이 필요할 것이다. 이 경우 공통기반의 가스안전관리 체계에서 유사한 부분에 대한 내용은 즉각적으로 도입을 해야 할 것이며, 차이가 나는 부분에 대해서는 분석 및 검토를 거쳐 각각 고유의 모델이 제시되게 될 것이다. 그리고 이를 기반으로 한 추진전략이 다양한 측면(법률, 제도, 경영관리, 기술 등)에서 제시되어야 할 것이다.

가스시설 전체에 대한 안전관리시스템을 구축하는 데에는 많은 노력과 시간이 소요되므로 우선적으로 지하철공사지역 등 심각한 사고가 발생할 수 있는 지역을 중심으로 안전 진단뿐만 아니라 정성적 및 정량적 분석(HAZOP, Causal Tree 분석, 이상트리 분석) 등과 같은 안전성 분석을 통하여 위해 요소를 사전에 파악하고 제지하는 것이 필요하다.

3.2 가스안전관리 체계 구축

가스안전관리체계를 구축하기 위해서는 다음과 같은 다섯 단계를 거쳐야 한다.

첫째, 가스안전관리체계 개발을 위한 안전진단을 실시한다. 가스안전관리체계를 구

측하기 위해서는 우선 단기간의 안전진단을 통해서 전반적인 현황을 파악한 후, 나타난 문제점에 대한 체계적이고 과학적인 안전진단을 통하여 안전관리체계 모델 개발에 필요한 자료를 추출하여야 한다. 여기에는 과거의 안전진단자료 및 사고자료들도 종합 분석하는 것이 포함된다.

둘째, 가스안전관리체계의 공통기반 모델을 작성한다. 첫 단계에서 파악된 안전관리상의 문제점을 보완, 개선할 수 있는 요소들로 가스안전관리체계의 공통기반을 개발한다. 이러한 요소의 선정에는 가스관련 전문가 및 안전전문가 등 여러 방면의 전문가의 공동작업을 통하여 신중히 이루어져야한다.

셋째, 개발된 가스안전관리체계를 현장에 적용한다. 둘째 단계에서 개발된 가스안전관리체계의 공통 기반 모델 위에 특정 회사의 여건을 고려하여 각각의 고유 모델을 개발한다. 이 경우 공통기반의 가스안전관리체계에서 유사한 부분에 대한 내용은 즉각적으로 도입하게 될 것이며, 차이가 나는 부분에 대해서는 분석 및 검토를 거쳐 각각 고유의 모델이 제시되어야 한다. 그리고 이를 기반으로 한 추진 전략이 다양한 측면(법률, 제도, 경영 관리, 기술 등)에서 제시되어야 할 것이다.

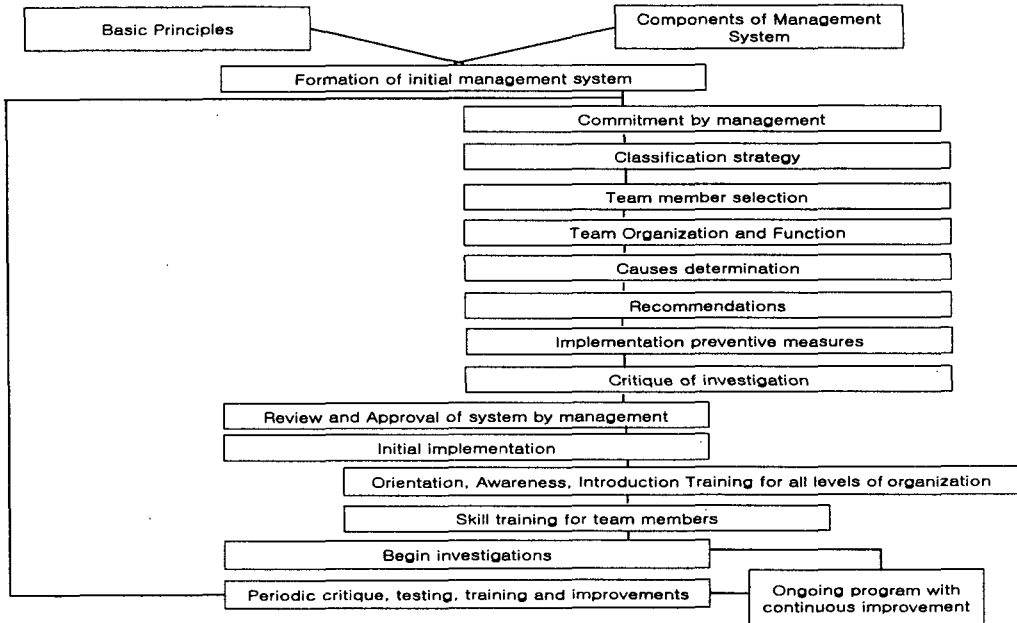
넷째, 현장에서 적용된 가스안전관리체계로부터 피드백(Feedback)을 받아 기본 가스안전관리시스템을 수정, 보완한다.

다섯째, 적절한 주기로 안전감사(Safety Audits)를 실시하여 가스안전관리체계를 평가한다. 이때 평가 기준은 가스안전관리체계 이행여부 뿐만 아니라 경제적 투자 회수 원리에 입각하여 안전관리에 투자한 비용에 대하여 재해감소 및 사상자감소 등에 따른 가스안전관리체계 시행을 통한 효과로 얻을 수 있는 비용절감을 평가하여야 하며, 이를 토대로 가스안전관리체계를 지속적으로 수정, 보완하여 정착시켜야 한다.

4. 사고 분석 시스템의 개발

현재 관계 기관 또는 타 기관에 의해 이루어지는 사고조사는 그 때 그 때의 상황에 따라 조사방법이 달라지고, 체계적인 데이터베이스 구축이나 문서화가 제대로 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 상황에 따른 사고조사에 덧붙여 통합적인 사고 분석 시스템을 개발하고 실용화함으로써, 사고 원인 분석, 그에 따른 제안사항을 수립할 수 있다. 관계기관에서는 이러한 사고분석 시스템을 연구·개발하여, 규제 하에 있는 각 회사에 보급함으로써, 사후대책의 자율적인 수립과 함께, 궁극적으로는 유사한 사고 발생을 방지할 수 있다. 사고분석 시스템의 개발은 초기 개발 시에 각 회사의 최고 경영진 및 작업자들과의 충분한 토의 하에 이루어져야 하며, 다양한 사고내용 및 사고원인들을 포함하고 보다 효율적으로 개정될 수 있도록 유연성을 가지고 있어야 한다. 물론 이 시스템은 독립적으로 운용되는 것이 아니라, 각 회사의 안전 관리 시스템의 하부 시스템으로 구축됨으로써 제 역할을 수행할 수 있을 것이다.

사고분석 시스템의 초기 개발 단계를 보면 < 그림 1 >과 같다.



< 그림 1 > 사고분석 시스템의 초기 개발 단계

시스템 개발의 각 단계를 상술하면 다음과 같다.

① 경영진의 역할

최고 경영진은 체계적인 사고 조사 프로그램의 필요성과 장점을 인식하여야 한다. 일 관되고 효과적인 사고분석 시스템을 수행하기 위해서는, 경영진은 수행중인 프로그램에 대해 정보자원들을 제공하고, 조직의 각 단계별 책임을 이해하며, 관리자들이 달성되는 결과를 설명할 수 있게 해야 한다. 사고분석 시스템의 개발자는 모든 경영진들이 시스템의 구조, 기능, 요구사항, 장점 등을 충분히 인식할 수 있도록 적절한 수준에서 설명해야 한다. 또한, 최고 경영진은 시스템의 개발단계에 참여할 기회를 제공받아야 한다.

② 사고보고 시스템

사고분석 시스템이 효과적으로 운용되기 위해서는 모든 사고들(accidents, incidents, near misses)이 보고되어야 한다.

③ 사고분류 시스템

사고보고 과정이 확립되면, 조직에 적합한 사고분류 시스템이 설정되어야 한다. 사고 분류 시스템은 안전관리 프로그램의 효율을 측정하고 정보가 적절히 수집되었는지를 확인하는데 매우 유용하다. 모든 시스템에 적용될 수 있는 사고분류 시스템은 존재하지 않고, 조직의 구조와 회사의 프로그램에 따라 시스템은 변화한다.

④ 팀의 구성

초기의 구성원들은 완전히 자발적으로 이루어져야 한다. 팀이 효율적으로 운영되기 위해서는 구성원들이 자발적 참여와 동기부여가 이루어져야 한다. 구성원들의 모집은 그들의 경험과 관심도에 기초를 두어야 한다.

⑤ 팀의 조직

제안된 관리 시스템이 개발되면서, 사고를 분석하는 목적의 효과와 팀 구성에 대한 우선권을 항상 명심하여야 한다. 팀의 구성과 조직, 구성원에 대한 의무의 할당, 실제적 운영이 특정한 사고의 필요에 의해 구조화되어야 한다는 것을 강조하는 것이 중요하다. 실제적인 팀 구성은 공정의 성질, 기술적인 복잡성의 정도, 필요한 시간, 필요한 전문성 등에 따라 많이 변화한다. 팀 구성원들은 완전히 전문적으로 사고 조사 업무만을 수행하는 것이 아니라는 것을 명심해야 한다. 팀을 이끄는 리더의 책임성이 분명히 명시되어야 한다. 관리 시스템은 팀 구서의 유연성이, 잘 계획된 사고분석 시스템의 매우 중요한 성질이라는 것을 인식해야 한다.

⑥ 팀의 운영

사고분석 시스템을 관리하는 팀의 운영과 의사소통은, 구성원들이 사고 조사에 초점을 맞출 수 있도록 조직의 위험 관리 프로그램에 통합되어 있어야 한다. 실제적인 비상사태의 우선권에 의해 명시된 행동들을 다룬 후에는, 특정 사고에 적합한 사고 조사의 목적, 계획, 조사 접근방법의 형태 등이 확립되어야 한다. 그리고 나서 연속적인 회의를 통해, 증거들이 수집되고 분석된다. 즉각적으로 행해져야 할 행동들이 정의되고, 보고서가 만들어진다. 의사소통과 조합 기술에 대한 필요는 시스템의 개발 단계에서 반드시 규명되어야 한다.

⑦ 사고의 원인 규명

사고의 원인을 규명하는 일은 어떠한 사고 조사 접근방법이 사용되었는지에 관계없이, 전체 사고 분석 시스템의 주요한 목적들 중의 하나이다. 초기의 사고분석 시스템 형성은 여러 원인들의 개념에 대한 특별한 관심이 요구된다. 특히, 현존하고 있는 조사 프로그램을 가지고 있는 조직의 경우에는 이러한 원인 규명이 매우 중요하다. 많은 관리자들은 새로운 접근방법에 익숙해져야 할 것이다.

⑧ 추천과 발견

실제적인 추천을 규명하고 평가하는 일은 매우 중요한 활동 내용이다. 사고관리 시스템의 초기 형성에서 규명된 모든 사고 원인들에 대한 추천 사항들에 완전히 평가하는 일이, 특별한 관심 속에서 이루어져야 한다. 어떠한 불충분한 조사에서는 추천된 사항들이, 단지 위험을 다른 곳으로 옮기거나 초기의 사고에서는 존재하지 않았던 부가적

인 위험을 만들어내는 경우가 있다. 따라서, 사고분석 시스템은 제안된 추천사항들을 완전하게 분석하는 기구를 가지고 있어야 한다.

⑨ 보고

정식 보고서는 사고내용, 원인, 추천사항, 사후 계획, 결정사항 등을 모두 포함하는 완전한 기록이다. 어떠한 경우에는 각자의 관심사가 다르기 때문에 문서의 특정한 부분만이 중요할 때가 자주 있다. 여기에 대비하여 다양한 관심을 가지는 그룹들에게 그때그때 따라 필요한 정보를 적절히 제공하는 방법이 신중하게 검토되어야 한다. 대부분의 사고는 법적인 의미를 포함하고 있기 때문에, 사고관리 시스템은 규제를 받는 단체들에게 필요한 보고서의 법적 검토를 수행하는 부분을 포함하고 있어야 한다. 또한, 사고 원인들과 형태들에 관한 일반적 데이터를 서로 공유하는 일이 최근에 매우 중요하게 부각되고 있다.

⑩ 추천의 수행

추천사항을 따르는 일과 이에 대한 결의는 사고 조사의 기초들 중의 하나이다. 사고의 연속적인 발생 가능성을 줄이기 위해서는 추천사항들이 실제적으로 수행되고, 그에 따른 변화가 계속 유지되어야 한다. 가장 마지막 결과에 대해서 수행된 추천사항들이 의도했던 목표들이 달성했다는 것을 확인하기 위해 이것들에 대해 주지적으로 감사를 수행하는 것이 바람직하다.

5. 결 론

국내 도시가스 산업시설의 안전관리를 위한 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

1) 제도적 측면

- ① 가스시설의 단순검사에서 벗어나 가스안전관리체계 모델을 개발하고 과학적인 관리 및 적용이 이루어지기 위한 법적 근거가 마련되어야 한다.
- ② 정기적인 안전검사제도를 도입하여 안전투자비율, 재해감소효과 분석, 우선 투자시설 등을 종합적으로 평가하여 경영에 반영토록 하여야 한다.

2) 기술적 측면

- ① 매설배관에 대한 정성적·정량적 평가기법을 개발 적용 관리토록 한다.
- ② 도시가스 누출 및 폭발모델 개발과 피해확산 방지대책 모델을 개발 적용하여야 한다.

- ③ 지하 매설배관에 대한 표준화된 지리정보 시스템(GIS)과 매핑(Mapping) 시스템을 개발 적용하여야 한다.
- ④ IT 기술과 접목된 비상통제센터의 통합적 운영·관리가 이루어져야 한다.

6. 참 고 문 헌

- [1] 한국가스공사, “가스배관의 부식사례수집 및 전기방식관리 지침개발”, 98-DB-SA-기타-284-12, 1999
- [2] 이종락, “도시가스배관의 사고사례 및 간섭영향 실태, 부식과 방식”, Vol.1, No.2, 1999
- [3] 이종락, 조영도, 김지윤, “도시가스배관의 사고사례분석”, 제 2회 산업설비안전진단 Workshop, 2000
- [4] 이종락, 조영도, 김지윤, “도시가스배관의 전기방식(희생양극) 기술동향”, 한국가스학회 2000년 추계학술대회발표회 논문집, 14-21, 2000
- [5] 이종락, 조영도, 김지윤, “도시가스배관의 전기방식(희생양극) 기술동향”, 한국가스신문, 2000
- [6] 荒井 實, “パイプラインにおける電気防蝕の實施例, 材料と環境, Vol.45, No.9, pp.524-532, 2000
- [7] 梶山文夫, “電気防蝕における國內外の基準, 材料と環境, Vol.45, No.9, pp.515-519, 2000
- [8] ASTM G97, “Standard Test Method of Laboratory Evaluation of Magnesium Sacrificial Anode Test Specimen for Underground Applications”, 1989
- [9] API 581, “Risk Based Inspection Base Resource Document” 1st Ed., API, 2000
- [10] API 579, “Fitness For Service API Recommended Practice” 1st Ed., API, 2000

저 자 소 개

정 원 익 : 현재 명지대학교 산업공학과 박사수료
관심분야 가스안전

양 광 모 : 명지대학교 대학원 석사, 명지대학교 대학원 박사과정.
관심분야 생산관리, 통계, 품질관리, 공정관리 등

강 경 식 : 현 명지대학교 산업공학과 교수. 경영학박사, 공학박사.
안전경영과학회 회장.