



LPG 기화기의 화재·폭발사고 예측모델개발에 관한 연구

†고재선

†대전대학교 소방방재학과

(2009년 10월 29일 접수, 2010년 2월 26일 수정, 2010년 2월 28일 채택)

Study on Fire · Explosion Accidents Prediction Model Development of LPG Vaporizer

†Jae Sun Ko

†Department of Fire & Disaster Prevention, University of Dae-Jeon, Korea

(Received 29. October. 2009, Revised 26. February. 2010, Accepted 28. February. 2010)

요 약

본 연구에서는 1995년부터 2006년까지 12년간 발생한 3,593건의 가스사고사례를 수집하여 데이터베이스를 구축하였으며, 이를 근거로 LPG 기화기사고의 발생건수를 형태 및 원인별로 분석하였다. 분석결과를 살펴보면 사고의 형태로는 파열, 누출, 폭발, 화재 순으로 발생하는 것으로 나타났으며, 기화기 가스사고 중 세부원인을 분석한 결과 가장 많이 발생한 원인으로는 액유출방지장치의 결함에 의한 것으로 분석되었다. 또한 Poisson 분석법을 적용하여 향후 5년 이내에 LPG 기화기와 관련된 화재, 폭발, 누출, 파열에 대한 가장 가능성이 높은 발생확률을 예측하였다. 그 결과 사고의 발생횟수가 3번 이하로 발생하는 항목으로는 LPG-Vaporizer-Fire으로 나타났으며, 5번 이하는 LPG-Vaporizer-Products Faults-Check Floater, 10번 이하는 LPG-Vaporizer-Products Faults로 분석되었다. 향후 본 연구에서 구축한 국내사고 Database를 매년 지속적으로 보완 개정을 하면 국내 가스사고 예측에 대한 보다 신뢰성 있는 정보를 제공해 줄 수 있어 효과적인 가스안전관리 대책수립에 기여할 것으로 기대된다.

Abstract - We have garnered 3,593 data of gas accidents reported for 12 years from 1995, and then analyzed the LPG vaporizer accidents according to their types and causes based on the classified database. According to the results the gas rupture has been the most common accident followed by the release, explosion and then fire accidents, the most frequent accident-occurring sub-cause is LPG check floater faults. In addition, we have applied the Poisson Probability Functions to predict the most-likely probabilities of fire, explosion, release and rupture with the LPG vaporizer in the upcoming 5 years. In compliance with Poisson Probability Functions results, in the item which occurs below 3 “LPG-Vaporizer-Fire”, in the item which occurs below 5 “LPG-Vaporizer-Products Faults-Check Floater” and the item which occurs below 10 appeared with “LPG-Vaporizer-Products Faults”. From this research we have assured the successive database updating will highly improve the anticipating probability accuracy and thus it will play a key role as a significant safety-securing guideline against the gas disasters.

Key words : database structure, vaporizer gas accident, poisson distribution, probability density function, cumulative density function, mean time between failure

†주저자:kjs119@dju.kr

1. 서론

현재 국민생활의 주요한 에너지원인 LPG(liquefied petroleum gas)는 발화온도가 높아 폭발의 위험이 적고 다른 에너지에 비해 공해물질 배출량이 적어 깨끗한 에너지로 인정받고 있다. 또한 가스 소비량의 증가와 함께 국민들이 안전한 가스사용을 위하여 가스사고 예방에 대한 노력을 기울인 결과 가스사고는 매년 줄어들고 있는 추세이다. 하지만 천연가스도입이후 20여년이 지난 현재에도 매년 발생되고 있는 가스사고를 보면서 가스사고의 원인을 분석하고 앞으로 일어날 사고에 대한 예방 및 비상시 발생한 가스사고에 대한 신속한 대응책을 세우는 것이 중요하다고 판단된다. 또한 노후화된 가스설비에 의한 사고와 함께 취급자들의 안전 불감증에 의한 사고들이 많이 발생하는 것으로 보아 새로운 가스설비의 도입 및 교체와 함께 취급자들에게 안전의식을 교육 시키는 것이 무엇보다도 중요하다고 판단된다. 따라서 가스사고를 근본적으로 예방하기 위해서는 수학적, 전문적 접근과 각 사고원인 및 발생유형에 대한 정량적 데이터베이스를 구축하는 것이 시급히 이루어져야

한다. 이는 서울시와 같이 인구가 밀집되어 있고 도시가스 사용량이 매우 큰 지역에서의 도시가스 설비운영에 대한 신뢰성을 확보함은 물론 도시가스가 들어가기 어려운 지역 즉 LPG를 사용하는 농어촌의 가정 및 공장 등에서도 마찬가지로 일 것이며, 관련설비의 예방보수 및 가스의 안전관리 지침을 수립하는데 절대적으로 필요한 자료를 제공하게 될 것이다. 또한 가스로 인한 화재, 폭발, 누출 등의 사고에 대한 DB(Database)를 지속적으로 확충·보완시키고, 이를 표준 코드화 시켜 향후 동종 사고에 대한 빠른 대응책을 제시하여 사고예방을 극대화시킬 수 있다. 본 가스사고 DB는 1995년부터 2006년까지 12년간 발생한 가스사고를 다양한 형태로 분석[1-3]하여 안전관리의 중요성을 제시하고 사고유형별 분석을 통해 동일한 사고를 예방하기 위한 참고자료로 활용할 수 있도록 하였다. Fig. 1은 본 연구의 진행 절차이다.

II. LPG 기화기 사고분석

체계적인 유지관리가 필수적인 학교, 음식점, 공장 등의 다중이용시설에 설치된 LPG 기화시설의 가스누출로 인한 화재 및 폭발사고가 발생할 경우 대형 인명피해를 초래할 수 있어 LPG 기화장치의 사고사례 및 통계분석[1-3]을 통하여 기화기 관련 가스사고에 안전성 확보방안을 검토하고자 한다.

2.1 LPG 기화기의 사고사례

전체가스사고 Database에서 기화기 관련 사고사례[1,2]를 분석한 결과, LPG-Vaporizer-Release-Fire 형태의 사고의 한 예로는 기화기실에 설치되어 있는 기화장치의 관리가 적절히 되지 않아 기화기장치 내부 및 가스관(드레인 배관)의 부식으로 가스가 누출, 물 주입구를 통하여 기화기실 및 용기보관실로 확산된 가스가 미상의 점화원에 의해 인화되어 화재가 발생한 사고사례가 있다. 특히 이 시설은 용기보관실 및 기화장치실의 설치위치가 GL(Ground Level) 이하이고 환기가 불량한 장소에 설치되어 있었다. 또 다른 사고사례로는 LPG-Vaporizer-Check Floater Faults-Fire 형태로서 기화실에서 기화기 액유출방지장치 작동불량으로 액상의 LP가스가 유출하여 액이 팽창하고 가스계량기가 파열되면서 가스가 누출된 사고와 LPG저장탱크 기계실의 기화장치의 기화통(코일)부식으로 구멍이 생기면서 가스가 누출 물주입구를 통해 기계실 내부로 가스가 누출되던 중 미상의 점화원에 인화되어 화재가 발생한 사례 등이 있다.

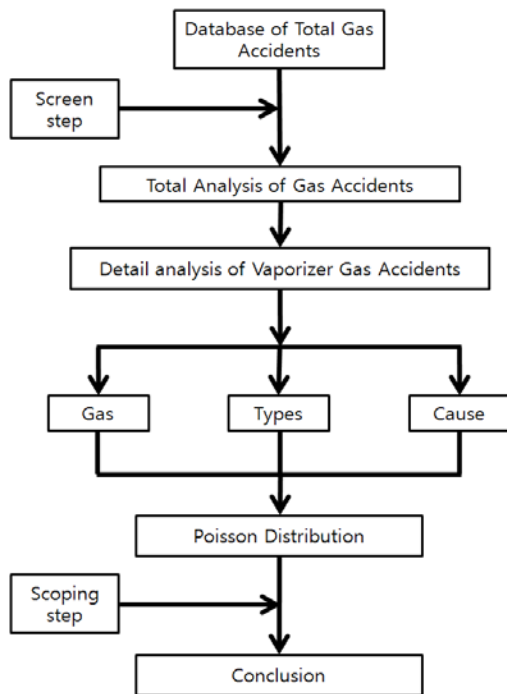


Fig. 1. Research scheme.

Table 1. The number of total vaporizer accidents for 12 years.

Classification	Year												(%)
	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	
Products faults	1	0	3	5	0	1	4	3	3	1	1	1	23(82.5)
Deficient of utilities	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2(7.2)
User faults	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3(10.7)
Total	1	0	3	5	0	3	5	0	0	0	0	0	28(100)

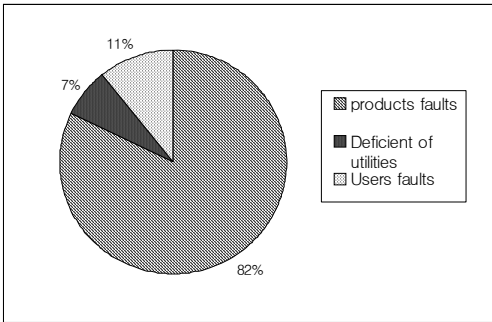


Fig. 2. Percentage of total gas accidents by vaporizer for 16 years.

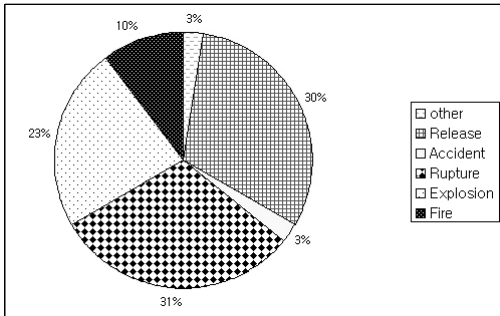


Fig. 3. Analysis of vaporizer accident type for 16 years.

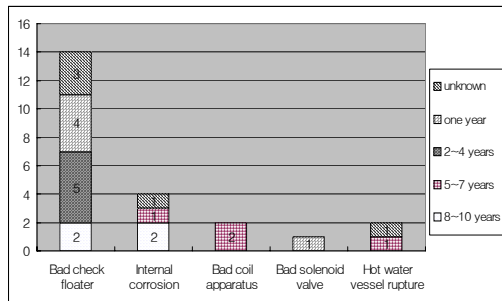


Fig. 4. Analysis of vaporizer accident cause for 16 years.

2.2 기화기와 관련 가스사고 분석

Table 1은 지난 12년간(1995~2006) LPG 기화장치와 관련하여 발생한 사고[1,2]를 분석한 결과로서 총 28건으로 전체 LPG사고의 1730건 가운데 1.57%를 차지하여 미미하나 제품불량에 의한 사고가 23건 발생하여 전체 기화기 사고의 82.5%를 점유하고 있고, 시설미비 2건, 사용자실수 3건으로 나타났다. Fig. 2에 나타난 것을 보면 제품불량에 의한 기화기 사고는 82%, 각종 세부기기의 불량인 경우는 7%, 사용자 부주의의 경우는 11%로 나타났다. Fig. 3은 기화기에 대한 사고 형태별 분석으로서 파열 31%, 누출 30%, 폭발 23%, 화재는 10% 등의 순으로 분석되었다.

2.3 기화기와 관련한 세부원인별 분석

Fig. 4는 사용년수별 기화기사고의 세부원인을 분석한 것으로서[1,2] 첫째 액유출방지장치 불량률의 경우를 살펴보면 8~10년의 경우는 2건, 2~4년의 경우는 5건, 1년 미만인 경우는 4건으로 분석되었으며, 둘째 내부부식에 의한 경우로는 8~10년은 2건, 5~7년은 1건으로 나타났다.

셋째 전열장치 불량률의 경우로는 5~7년의 경우로서 2건으로 분석되었고, 넷째 전자밸브작동불량률의 경우는 1년 미만인 경우로서 1건, 다섯째 온수통 파열의 경우는 5~7년의 경우가 1건으로 분석되었다. 따라서 기화기의 사용기간별(노후화 정도) 세부원인에 의한 주요원인으로 액유출방지장치에 의한 경우가 주류를 이루고 있음을 알 수 있다.

III. Poisson 분포를 이용한 확률론적 해석방법

3.1 이론적 배경

3.1.1 Poisson분포

Poisson분포[4-6]는 특정시간동안 특정사상이 발생했던 평균을 근거로 하여 특정사상의 발생횟수에 대한 확률을 나타내 주는 분포이다. 즉 어떤 특정한 사건이 발생하는 특이한 경우로 이산형 정수 값을 갖는 분포를 Poisson분포를 따른다고 한다. Poisson 분포에 의해 분포된 확률변수에 대하여 사건의 발

생건수 평균이 λ 일 때 특정횟수(X)의 성공적인 사상이 발생할 확률 P 는 다음과 같은 공식에 의해 구할 수 있다. 여기서 상수인 $e = 2.71828$ 이며, X 는 발생한 사건의 수이며, λ 는 양의 실수로서 어떤 주어진 간격 안에 일어나는 사건의 기대치이다.

$$P(X=x|\lambda) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!} \quad (1)$$

3.1.2 Poisson분포의 최대 확률 값

Poisson분포가 어느 시간대를 기준으로 해석이 될 경우에는 시간에 따른 발생건수를 나타내는 λ (사건수/시간)를 매개변수로 사용하여 식(1)을 변형하여 다음 식으로 표현할 수 있다.

$$P = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^r}{r!} \quad (2)$$

여기서 P 는 강도(Intensity)로서 λ 를 갖는 사건이 t 시간동안 r 번 발생할 확률을 말하며, 결국 P 는 식(3)과 같이 λ , t , 그리고 r 의 함수가 된다.

$$P = P(\lambda, t, r) \quad (3)$$

한편 발생강도가 λ 로 고정되고 관심을 갖는 기간 t 역시 일정하다면, 결국 그 사건에 대하여 Poisson 분포는 식(4)와 같이 r 만의 함수로 나타낼 수 있다.

식(4)를 이용하여 사건수 R 과 확률 P 와의 관계를 확인하기 위하여 임의로 λt 의 값을 10부터 100까지 5씩 증가시키면서 Fig. 5에 그 결과를 그려 보았다. 이 그래프에서 알 수 있듯이, λ 와 t 가 주어지게 되면 그에 따라 P 값을 최대로 갖게 하는 R 값이 존재하게 된다.

$$P = P(r) \quad (4)$$

이때, 그러한 점에서의 R 값을 R_M 이라 하고 P 값을 P_M 이라고 정의하면, R_M 과 P_M 은 λt 의 함수가 된다.

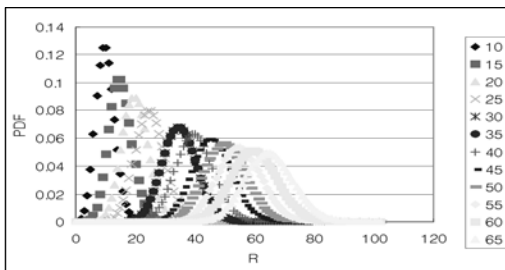


Fig. 5. Diagrams of PDF vs. R in poisson distribution according to the intensities.

$$\left(\frac{\partial P}{\partial r}\right)_{r=R_M} = 0 \quad (5)$$

따라서 R_M 과 P_M 을 λt (각 사건)에 대하여 좌표축에 나타내면 Fig. 5와 같으며, 이를 Semi-log 좌표로 변환하면 좀더 직선에 가까운 모양을 얻게 된다. 따라서 이와 같은 결과를 이용하면 사건 유형별 최대 확률 특성 식을 구할 수 있어, 다른 사건과의 위험성 상관관계 파악이 용이하다.

IV. Poisson 분포를 이용한 LPG기화기의 동종사고 발생가능성 예측

4.1 LPG-기화기-제품불량에 의한 사고분석

Table 2에 나타난바와 같이 LPG-Vaporizer-Products Faults에 의한 사고는 1995년1건, 1997년에 3건, 1998년에 5건, 2000년에 1건, 2001년에 4건, 2002년에 3건, 2003년에 3건, 2004년부터 2006년까지 각 1건 발생하여 총 발생건수는 23건이 발생하였다.

또한 Table 2는 LPG-Vaporizer-Products Faults에 관한 intensity, MTBF(Mean Time Between Failure), PDF(Probability Density Function), CDF(Cumulative Density Function)를 계산한 것으로서 향후 5년 이내에

Table 2. PDF and CDF distribution for the "LPG-Vaporizer-Products faults" vaporizer gas accidents.

Type of event	LPG-Vaporizer-Product faults			
Intensity	1.4375	event/yr	Time interval of interest(year)	
MTBF	0.695652174	yr/event	5	
R (number of occurrences)	P (R, cumulative)	PDF	Year	No. Accident
			91	0
			92	0
			93	0
			94	0
0	0.000755977	0.000755977	95	1
1	0.006189559	0.005433583	96	0
2	0.025716497	0.019526937	97	3
3	0.072499784	0.046783287	98	5
4	0.156563503	0.084063719	99	0
5	0.277405099	0.120841596	00	1
6	0.422163262	0.144758162	01	4
7	0.570798875	0.148635613	02	3
8	0.704338683	0.133539809	03	3
9	0.810985058	0.106646375	04	1
10	0.88763714	0.076652082	05	1

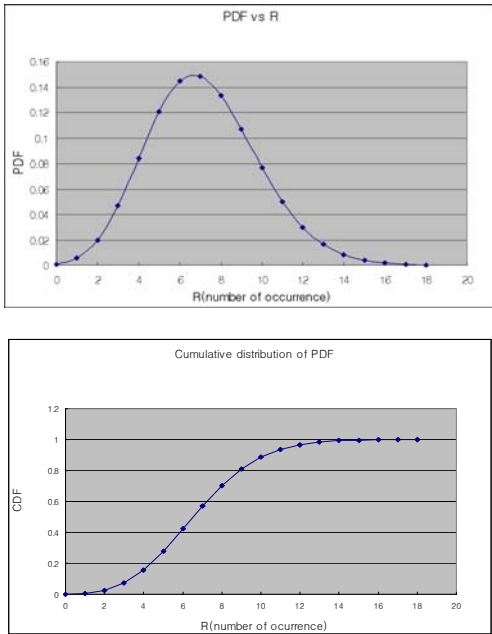


Fig. 6. PDF and CDF for the LPG-Vaporizer-Product's faults.

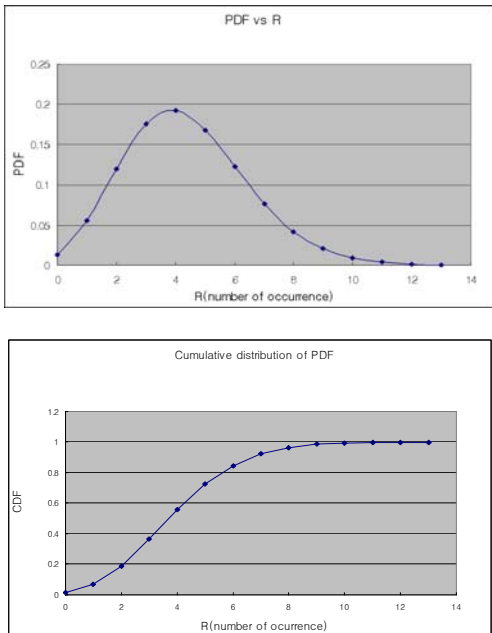


Fig. 7. PDF and CDF for the LPG-vaporizer-Check floater.

동종사고가 발생할 intensity는 1.43event/yr으로, MTBF는 0.69yr/event로 나타났다. Table 2와 Fig. 6에 나타난바와 같이 향후 5년 이내에 동종사고가 5번 발생할 확률인 PDF는 0.12, 적어도 5번 발생할 확률인 CDF는 0.27로 분석 되었다.

4.2 LPG-기화기-제품불량-액유출방지장치 불량에 의한 사고분석

Table 3은 LPG-Vaporizer-Products Faults-Check Floater 불량에 의한 사고분석으로서 1995년에 1건, 1997년에 2건, 1998년에 1건, 2000년에 1건, 2001년에 3건, 2002년에 2건, 2003년에 2건, 2005년과 2006년에 각각1건씩 발생하여 총 발생건수는 14건으로 분석되었다. 또한 Table 3의 LPG-Vaporizer-Products Faults-Check Floater 불량에 관한 intensity, MTBF, PDF, CDF를 계산한 표로서 향후 5년 이내에 동종사고가 발생할 intensity는 0.87event/yr, MTBF는 1.14y/event로 계산되었다. 또한 Table 3과 Fig. 7에 나타난바와 같이 향후 5년 이내에 동종사고가 5번 발생할 확률인 PDF는 0.168, 적어도 5번 발생할 확률인 CDF는 0.724로 분석 되었다.

Table 3. PDF and CDF distribution for the LPG-Vaporizer-Check Floater in vaporizer gas accidents.

Type of event	LPG-Vaporizer-Products faults-Check floater			
Intensity	0.875	event/yr	Time interval of interest(year)	
MTBF	1.142857143	yr/event		
R (number of occurrences)	P (R,cumulative)	PDF	Year	No. Accident
			91	0
			92	0
			93	0
94	0			
0	0.012588142	0.012588142	95	1
1	0.067661265	0.055073122	96	0
2	0.18813372	0.120472455	97	2
3	0.363822717	0.175688997	98	1
4	0.555982557	0.19215984	99	0
5	0.724122417	0.16813986	00	1
6	0.846724399	0.122601982	01	3
7	0.923350637	0.076626238	02	2
8	0.965255611	0.041904974	03	2
9	0.985626085	0.020370474	04	0
10	0.994538167	0.008912082	05	1

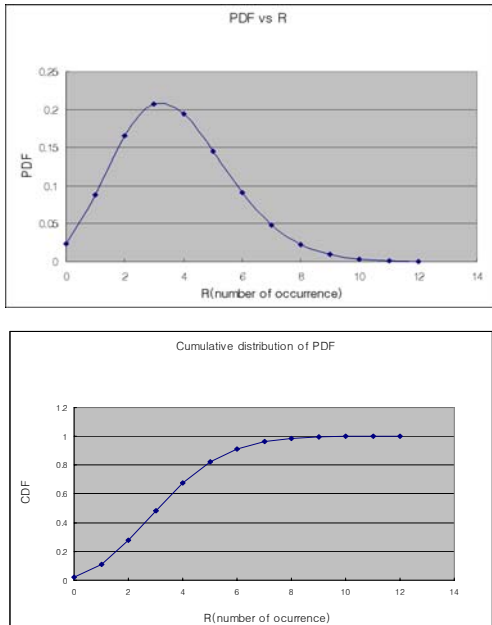


Fig. 8. PDF and CDF for the LPG-Vaporizer-Release.

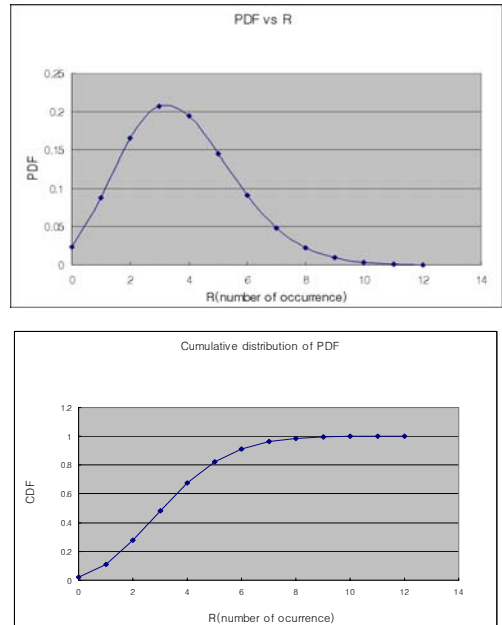


Fig. 9. PDF and CDF for the LPG-Vaporizer-Rupture.

Table 4. PDF and CDF distribution for the LPG-Vaporizer-Release in gas accidents.

Type of event	LPG-Vaporizer-Release			
Intensity	0.75	event/yr	Time interval of interest(year)	
MTBF	1.333333333	yr/event	5	
R (number of occurrences)	P (Rcumulative)	PDF	Year	No. Accident
			91	0
			92	0
			93	0
			94	0
0	0.023517746	0.023517746	95	1
1	0.111709293	0.088191547	96	5
2	0.277068443	0.165359151	97	3
3	0.483767382	0.206698938	98	1
4	0.677547636	0.193780255	99	0
5	0.822882827	0.145335191	00	0
6	0.913717321	0.090834494	01	0
7	0.962378658	0.048661336	02	0
8	0.985188659	0.022810001	03	2
9	0.994692826	0.009504167	04	0
10	0.998256889	0.003564063	05	0

4.3 LPG-기화기-누출에 의한 사고분석

Table 4는 LPG-Vaporizer-Release에 의한 사고분석으로서 1995년에 1건, 1996년에 5건, 1997년에 3건, 1998년에 1건, 2003년에 2건 발생하여 총 발생건수는 12건으로 분석되었다. 또한 Table 4와 Fig. 8에서의 LPG-Vaporizer-Release에 관한 intensity, MTBF, PDF, CDF를 계산한 표로서 향후 5년 이내에 동종사고가 발생할 intensity는 0.75event/yr, MTBF는 1.33y/event로 계산되었다. 또한 Table 4와 Fig. 8에 나타난 바와 같이 향후 5년 이내에 동종사고가 5번 발생할 확률인 PDF는 0.14, 적어도 5번 발생할 확률인 CDF는 0.822로 분석 되었다.

4.4 LPG-기화기-파열에 의한 사고분석

Table 5는 LPG-Vaporizer-Rupture에 의한 사고분석으로서 1997년에 1건, 1998년에 5건, 2001년에 3건, 2002년에 1건, 2003년에 2건 발생하여 총 발생건수는 12건으로 분석되었다.

또한 Table 5에서 LPG-Vaporizer-Release에 관한 intensity, MTBF, PDF, CDF를 계산한 표로서 향후 5년 이내에 동종사고가 발생할 intensity는 0.75event/yr, MTBF는 1.33y/event로 계산되었다. 또한 Table 5와 Fig. 9에 나타난바와 같이 향후 5년 이내에 동종사고가

Table 5. PDF and CDF distribution for the LPG-Vaporizer-Rupture in gas accidents.

Type of event	LPG-Vaporizer-Rupture			
Intensity	0.75	event/yr	Time interval of interest(year)	
MTBF	1.333333333	yr/event	5	
R (number of occurrences)	P (R,cumulative)	PDF	Year	No. Accident
			91	0
			92	0
			93	0
			94	0
0	0.023517746	0.023517746	95	0
1	0.111709293	0.088191547	96	0
2	0.277068443	0.165359151	97	1
3	0.483767382	0.206698938	98	5
4	0.677547636	0.193780255	99	0
5	0.822882827	0.145335191	00	0
6	0.913717321	0.090834494	01	3
7	0.962378658	0.048661336	02	1
8	0.985188659	0.022810001	03	2
9	0.994692826	0.009504167	04	0
10	0.998256889	0.003564063	05	0

Table 6. PDF and CDF distribution for the LPG-Vaporizer-Explosion in gas accidents.

Type of event	Vaporizer-Explosion			
Intensity	0.5625	event/yr	Time interval of interest(year)	
MTBF	1.777777778	yr/event	5	
R (number of occurrences)	P (R,cumulative)	PDF	Year	No. Accident
			91	0
			92	0
			93	1
			94	0
0	0.060054668	0.060054668	95	0
1	0.228958421	0.168903753	96	0
2	0.466479325	0.237520903	97	0
3	0.689155171	0.222675847	98	0
4	0.845724126	0.156568955	99	0
5	0.933794163	0.088070037	00	2
6	0.975076993	0.04128283	01	1
7	0.991663845	0.016586851	02	2
8	0.997495159	0.005831315	03	1
9	0.999317445	0.001822286	04	0
10	0.999829963	0.000512518	05	0

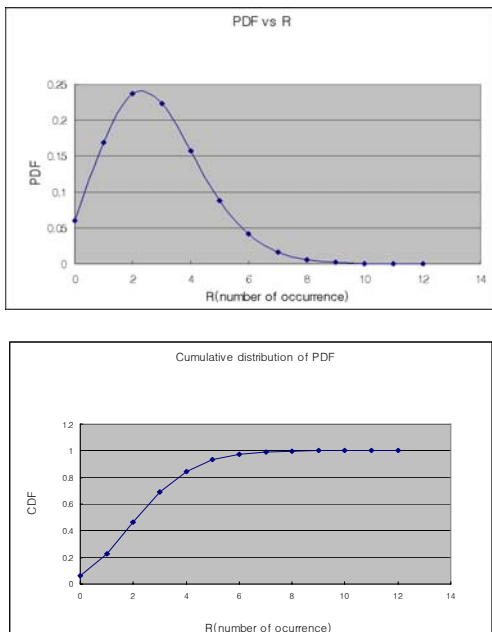


Fig. 10. PDF and CDF for the LPG-Vaporizer-Explosion.

5번 발생할 확률인 PDF는 0.145, 적어도 5번 발생할 확률인 CDF는 0.822로 분석 되었다.

4.5 LPG-기화기-폭발에 의한 사고분석

Table 6은 LPG-Vaporizer-Explosion에 의한 사고 분석으로서 1993년에 1건, 2000년에 2건, 2001년에 1건, 2002년에 2건, 2003년에 1건, 2006년에 2건 발생하여 총 발생건수는 9건으로 분석되었다.

또한 Table 6의 LPG-Vaporizer-Explosion에 관한 intensity, MTBF, PDF, CDF를 계산한 표로서 향후 5년 이내에 동종사고가 발생할 intensity는 0.562 event/yr, MTBF는 1.777y/event로 계산되었다. 또한 Table 6과 Fig. 10에 나타난바와 같이 향후 5년 이내에 동종사고가 5번 발생할 확률인 PDF는 0.088, 적어도 5번 발생할 확률인 CDF는 0.933으로 분석 되었다.

4.6 LPG-기화기-화재에 의한 사고분석

Table 7은 LPG-Vaporizer-Fire에 의한 사고분석 으로서 1995년에 1건, 1996년에 1건, 2000년에 1건, 2003년에 1건 발생하여 총 발생건수는 4건으로 분석되었다.

또한 Table 7은 LPG-Vaporizer-Fire에 관한 intensity, MTBF, PDF, CDF를 계산한 표로서 향후 5년

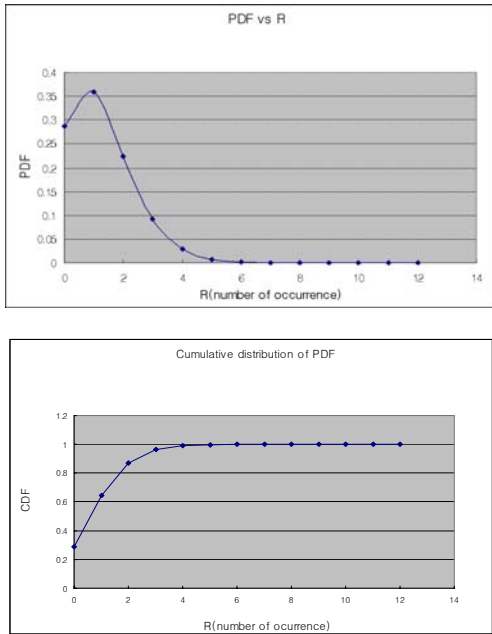


Fig. 11. PDF and CDF for the LPG-Vaporizer-Fire.

이내에 동종사고가 발생할 intensity는 0.25event/yr, MTBF는 4y/event로 계산되었다. 또한 Table 7과 Fig. 11에 나타난바와 같이 향후 5년 이내에 동종사고가 5번 발생할 확률인 PDF는 0.0072 적어도 5번 발생할 확률인 CDF는 0.998로 분석 되었다.

V. LPG-기화기 사고의 고찰 및 사고 형태별 PDF 우선 순위화

Fig. 12는 기화기관련 가스사고사례에서 Poisson분포에 적용하기 위해서 검색된 6개 항목(Table 3~10)을 발생건수, intensity, MTBF별로 정량화 한 결과이다(t=5). 이것을 살펴보면 발생건수별로는 LPG-Vaporizer-Fire 4건, LPG-Vaporizer-Explosion9건, LPG-Vaporizer-Release12건, LPG-Vaporizer-Rupture12건, LPG-Vaporizer-Products Faults-Check Floater 14건, LPG -Vaporizer-Products Faults 23건 순으로 발생건수가 많아짐을 볼 수 있다.

이에 따라 intensity도 증가함을 볼 수 있지만 반대로 평균고장(사고)간격인 MTBF값은 줄어들면서 반비례함을 나타내고 있다. 또한 Fig. 12는 위의 Table 2~6에서 기술된 6개 항목에 대해서 각각 PDF와 R의 상관관계를 비교해 보기위해서 표현한 그래프이다.

Table 7. PDF and CDF distribution for the LPG-Vaporizer-Fire in gas accidents.

Type of event	Vaporizer-Fire			
Intensity	0.25	event/yr	Time interval of interest(year)	
MTBF	4	yr/event	5	
R (number of occurrences)	P (R,cumulative)	PDF	Year	No. Accident
			91	0
			92	0
			93	0
			94	0
0	0.286504797	0.286504797	95	1
1	0.644635793	0.358130996	96	1
2	0.868467665	0.223831873	97	0
3	0.961730946	0.09326328	98	0
4	0.990875721	0.029144775	99	0
5	0.998161915	0.007286194	00	1
6	0.999679872	0.001517957	01	0
7	0.999950935	0.000271064	02	0
8	0.999993289	4.23537E-05	03	1
9	0.999999172	5.88246E-06	04	0
10	0.999999907	7.35307E-07	05	0

Table 8. Classifications of events with R_M and P_M into in operation and under construction.

Ranking	Event	R_M	PDF_M
A 1	LPG-Vaporizer-Fire	1	0.358131
B 2	LPG-Vaporizer-Explosion	2	0.237521
C 3	LPG-Vaporizer-Release	3	0.206699
D 4	LPG-Vaporizer-Rupture	3	0.206699
E 5	LPG-Vaporizer-Products Faults-Check Floater	4	0.19216
F 6	LPG-Vaporizer-Products Faults	7	0.148636

살펴보면 평균고장(사고)간격인 MTBF값이 작아질 수록 동종사고의 발생확률인 PDF의 값이 커지며, 반대로 발생횟수인 R 값은 작아짐을 볼 수 있었다. Table 8에서 MTBF의 값이 가장 큰 Ranking 1인 LPG-Vaporizer-Fire은 Fig. 12에서 가장 왼쪽에 있는 것으로 동종사고의 발생확률인 PDF 값이 가장 큰 반면에 발생횟수인 R 값은 가장 작은 치수를 나타내고 있고, 또한 MTBF의 값이 가장 작은 Ranking 6인 LPG-Vaporizer-Products Faults Fig. 12에서 가장 오른쪽에

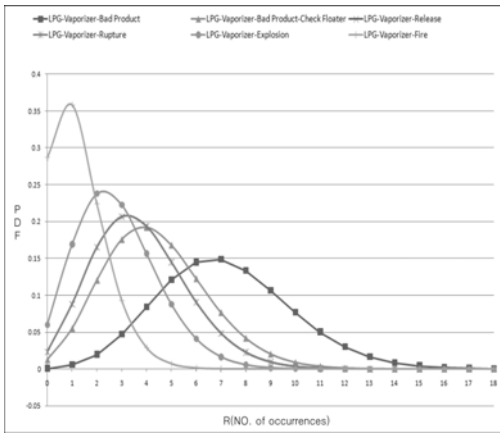


Fig. 12. Series of poisson distributions for the LPG vaporizer accidents.

있는 것으로 발생확률인 PDF 값이 가장 작은 반면에 발생횟수인 R 값은 가장 큰 치수를 나타내고 있음을 볼 수 있다.

VI. 결론

가스사고사례 DB를 활용하여 Poisson분포에 적용한 결과(t=5년) 사고의 발생횟수가 3번 이하로 발생하는 항목으로는 LPG-Vaporizer-Fire, LPG-Vaporizer-Explosion, LPG-Vaporizer-Release, LPG-Vaporizer-Rupture로 분석되었으며, 5번 이하는 LPG-Vaporizer-Products Faults-Check Floater, 10번 이하는 LPG-Vaporizer-Products Faults로 분석되었다. 전반적으로 본 연구는 동종사고의 유발을 방지하기 위한 Poisson 분포 이론을 접목한 가스사고시 화재 및 폭발사고 예측프로그램을 일관성 있는 기준으로 생성시킴으로서 실제적으로 사용할 수 있는 방법을 제공함을 그 목적으로 하였다. 향후 도시가스

사고 자료에 대한 지속적인 자료의 축적과 관련 인자들을 산출함으로써 사회적 위험성 평가를 위한 안전관리정책의 기본방향을 수립하는 기준지표로 이용할 수 있으리라 생각된다.

참고문헌

- [1] 가스안전공사, “가스사고 연감”, 가스안전공사 사고조사처.(1995-2006)
- [2] 가스안전공사, “고압가스통계”, 가스안전공사 검사지원처.(2001)
- [3] 고재선, 김효, “국내LP 및 천연가스사고 Database 구축 및 분석에 관한 연구”, KIGAS Vol 12, No. 3, 56-63, (2008)
- [4] Rebert L. Winkler and William L. Hays, “Statistics Second Edition Probability, Infernce, and Decision”, Holt, Rinehart and Winston, New York, (1970)
- [5] Roger D. Leitch, “Reliability Analysis for Engineering”, Oxford University Press, (1995)
- [6] Calabro, S.P, “Reliability Principles and Practices”, McGraw-Hill,(1982)
- [7] D. O. Hagon, “Use of Frequency-Consequence Curve to Examine the Conclusions of Published Risk Analysis and to Define Broad Criteria for Hazard Installations” *Chem Eng Res.*, Vol. 62, Nov, pp381-386, (1984)
- [8] Health & Safety Executive, “Risk Criteria for Land Use Planning in the Vicinity of Major Industrial Hazard”, HSE, England, (1989)
- [9] CCPS for American Institute of Chemical Engineers, “Guideline for Consequence Analysis of Chemical Releases”, AIChE-CCPS, New York, (1989)