



인적오류 가스 사고의 빅데이터 기반 유형·빈도 분석 및 예방 방안 연구

†곽채식 · 강승규* · 신동일**

명지대학교 대학원 재난안전학과 박사과정, *한국가스안전공사 가스안전연구원

**명지대학교 대학원 재난안전학과 교수

(2024년 5월 28일 접수, 2024년 9월 7일 수정, 2024년 9월 19일 채택)

Big Data-based Type and Frequency Analysis and Prevention Method Research on Human Error Gas Accidents

†Che-Sik Kwak · Seungkyu Kang* · Dongil Shin

Myongji University Graduate School Disaster and Safety Department, Gyeonggi-Do, Korea

*Korea Gas Safety Corporation, Chungchungbuk-Do, Korea

(Received May 28, 2024; Revised September 7, 2024; Accepted September 19, 2024)

요약

본 논문에서 사고의 발생 인자가 사람의 기인하는 것을 인적오류(Human Error) 사고로 통칭하였다. 1990년 이후 32년간 발생한 가스 사고 통계를 집계한 한국가스안전공사의 GIMS(Gas Incident Management System)에 따르면, 인적오류 사고는 전체 가스 사고 6,420건의 89%인 5,756건이 발생하였고, 인적 종류별로는 시공자 설치 오류(막음조치 미비 등)가 1,630건, 사용자 취급부주의가 1,408건, 고의사고가 947건, 공급자 부주의가 636건, 타공사 사고가 347건, 단순누출이 338건, 과열화재가 218건, 교통사고가 184건 순이다. 같은 기간 동안 인적오류 사고로 인한 인명피해는 7,429명(사망 564명, 부상 4,691명)으로 전체사고 인명피해 8,363명의 89%를 차지하였다. 본 논문에서는 이 같은 인적오류 가스 사고 추이를 분석하고, 시사점을 도출하는 한편, 예방 방안을 제시하여 유사 사고의 재발 방지와 사고 예방 대책 수립에 참고 자료로 활용하고자 한다.

Abstract - In this paper, accidents caused by humans are collectively referred to as human error accidents. According to Korea Gas Safety Corporation's GIMS(Gas Incident Management System), which compiles gas accident statistics, 5,756 human error accidents occurred over the 32 years since 1990, accounting for 89% of all gas accidents(6,420 cases). By type of personnel, there were 1,630 cases of construction errors in installation(lack of blocking measures, etc.), 1,408 cases of user negligence, 947 cases of intentional accidents, 636 cases of supplier negligence, 347 cases of accidents involving other construction workers, and 338 cases of simple leaks. Overheating fires accounted for 218 cases, followed by traffic accidents with 184 cases. During the same period, the number of casualties due to human error accidents was 7,429(564 deaths, 4,691 injured), accounting for 89% of the 8,363 casualties from all accidents. This paper analyzes trends in the occurrence of gas accidents caused by human errors, draws implications, and suggests prevention measures to use as reference material to prevent recurrence of similar accidents and establish accident prevention plan.

Key words : human error, big data, gas accident, gas incident management system(GIMS)

†Corresponding author:kchsik2000@naver.com

Copyright © 2024 by The Korean Institute of Gas

I. 서론

가스는 우리 일상생활 연료로서, 반도체 등 산업체의 청정 및 촉매제로서, 탄소 중립 시대 선도 수소(H₂)로서 에너지 원인 반면, 폭발·중독 등 높은 위험성을 함께 내포하고 있어 각별한 관리가 필요하다.

1971년 발생한 대연각호텔 가스폭발 화재 사고(165명 사망 67명 부상), 1995년에 발생한 대구 지하철 공사장 도시가스 폭발 사고(101명 사망 202명 부상), 1998년에 발생한 부천 LPG충전소 폭발사고(1명 사망 96명 부상) 등 대형 대형사고 이후 대대적인 안전규제 강화와 가스안전관리 시스템의 대전환을 통해 97년 600건에 이르던 가스사고를 22년에는 73건까지 1/10로 줄였지만, 여전히 가스를 사용하는 현장에서 사고는 계속되고 있고, 과거 가스사고가 시공불량, 노후 등에 기인했다면 최근의 사고는 가스사용자나 가스공급자의 실수와 기준 미준수와 같은 인적오류에 의해 대부분이 발생하고 있다는 것이다. [1]

본 논문에서 ‘가스사고’란 가스누출, 폭발 등으로 인해 인적, 물적 피해가 발생한 사고로서, KGS와 국과수가 원인 조사한 결과를 바탕으로 집계한 사고로 하였다. 아울러, 사고의 발생 인자가 사람에게 기인하는 것을 인적오류(Human Error) 사고로 하였고, 인적오류 사고 추이를 분석하였다. 이에 따라 본 연구에서는 1990년 이후 32년간 발생한 가스사고 통계를 집계한 한국가스안전공사의 GIMS¹⁾를 토대로 전체사고의 80% 이상을 차지하는 인적오류 가스사고 발생 추이를 분석하고, 시사점을 도출하는 한편, 예방 방안을 제시함으로써, 유사 사고의 재발 방지와 사고 예방 대책 수립에 참고 자료로 활용하고자 한다.

II. 인적오류 사고 발생 추이 분석

Table 1에 따르면, 1990년 이후 2022년까지 32년간 발생한 가스사고 건수는 총 6,420건이 발생하였다. 가스 종류별로는 LP가스에서 3,649건(57%), 도시가스에서 1,513건(24%), 고압가스에서 485건(8%), 부탄캔 파열 773건(12%)이 발생하였다. 32년간 발생한 인명피해는 총 8,363명으로 사망이 982명, 부상이 7,381명 발생하였다. 가스 종류별로는 LP가스에서 5,003명(사망 476명, 부상 4,527명)으로 전체의 60%, 도시가

스에서 1,509명(사망 338명, 부상 1,171명)으로 전체의 18%, 고압가스에서 513명(사망 101명, 부상 412명)으로 전체의 6%, 부탄캔 파열이 1,338명(사망 67명, 부상 1,271명)으로 전체의 16% 차지한다. 사고 1건당 인명피해는 LPG가 1.4명, 도시가스가 1.0명, 고압가스가 1.0명, 부탄캔 파열은 1.7명으로 부탄캔 파열이 인명피해를 가장 높게 수반하는 것으로 나타났다.

가스사고를 인자에 따라 분류하면 시설 미비, 제품 불량 등의 본질적인 원인에 의한 것과 사람의 실수, 규범 미준수 등 인적 원인에 의한 것으로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 후자에서 언급한 사고의 인자가 사람에게 기인하는 사고를 인적오류(Human Error) 사고로 통칭하였으며, 여기에는 가스사고 발생 원인이 시공, 관리, 취급(사용)하는 과정에서 시공자, 공급자, 사용자 등 각자의 사람이 마땅히 준수해야 할 규범 또는 매뉴얼 등을 준수하지 않아 발생한 사고 모두를 포함하였다. 본 연구에서 사용한 인적오류 인자는 가스 시설을 최초 설계 및 시공하는 시공자, 가스를 운반, 공급 및 관리는 공급자, 가스를 직접 사용 및 취급하는 사용자로 구분하고, 각각의 역할에 따라 분류하였다.

Fig. 1에 따르면, 1990년부터 2022년까지 발생한 인적오류 사고는 전체 가스사고의 89%인 5,756건이 발생하였고, 인적 종류별로 보면, 시공자 설치 오류(막음조치 미비 등) 1,630건, 사용자 취급부주의 1,408건, 고의사고 947건, 공급자 부주의 636건, 타공사 사고 347건, 단순누출 338건, 파열화재 218건, 교통사고 184건 순이다.

Fig. 2에 따르면, 같은 기간 동안 인적오류 사고로 인한 인명피해는 7,429명(사망 564명, 부상 4,691명)으로 전체사고 인명피해의 89%를 차지하였고, 인적오류 종류별로 보면 시설미비(막음조치 미비 등) 2,174명(사망 337), 사용자 취급부주의 2,237명, 고의사고 1,708명, 공급자 취급부주의 841명, 타공사 사고 326명, 단순누출 5명, 파열화재 80명, 교통사고 40명 순이다.

먼저, 가스 시공자 부주의로 인해 발생한 가스사고를 분석해 보았다. 가스시설 시공은 현행 가스법령에서 건설산업기본법에 따른 가스시공업 면허를 보유한 자가 시공하고, 시공 현장에는 가스관련 기술자격을 보유한 전문가를 배치하여 시공하도록 하고 있다. 그럼에도 불구하고 시공자 부주의 사고가 인적오류 사고 중 가장 높은 비율을 차지하고 있다.

1990년 이후 1,630건이 발생하였고, 이로 인한 인명피해도 2,174명(사망 337명, 부상 1,837명)이 발생하였다. 시공자 부주의 사고는 가스시설을 최초 설계, 설치하는 과정에서 시공자가 규정과 기준을 준수하지 않아 발생한 사고로서, 주택, 음식점소 등 수요처에

1) GIMS(Gas Incident Management System): 한국가스안전공사의 사고조사 보고서를 빅데이터화하여 가스사고를 유형별, 원인별, 사용처별 등으로 분석할 수 있도록 한 가스 사고 분석 플랫폼

Table 1. General status of gas accidents from 1990 to 2022

Year	No. of accidents				No. of deaths				No. of injured				casualties				casualties per accident			
	LPG	City gas	High pre. gas	Sum	LPG	City gas	High pre. gas	Sum	LPG	City gas	High pre. gas	Sum	LPG	City gas	High pre. gas	Sum	LPG	City gas	High pre. gas	Sum
1990	47	12	5	64	16	4	2	22	117	18	0	135	133	22	2	157	2.83	1.83	0.40	2.45
1991	60	27	4	91	9	22	3	34	167	40	4	211	176	62	7	245	2.93	2.30	1.75	2.69
1992	78	22	3	103	34	14	2	50	93	29	1	123	127	43	3	173	1.63	1.95	1.00	1.68
1993	67	23	7	97	12	8	0	20	90	28	0	118	102	36	0	138	1.52	1.57	0.00	1.42
1994	87	41	8	136	27	20	6	53	185	108	32	325	212	128	38	378	2.44	3.12	4.75	2.78
1995	288	265	24	577	33	108	2	143	278	266	24	568	311	374	26	711	1.08	1.41	1.08	1.23
1996	369	184	23	576	40	13	1	54	347	67	10	424	387	80	11	478	1.05	0.43	0.48	0.83
1997	320	137	20	477	59	16	0	75	342	48	2	392	401	64	2	467	1.25	0.47	0.10	0.98
1998	296	84	17	397	35	9	0	44	472	20	17	509	507	29	17	553	1.71	0.35	1.00	1.39
1999	181	26	17	224	19	4	4	27	311	23	15	349	330	27	19	376	1.82	1.04	1.12	1.68
2000	163	26	11	200	24	2	2	28	250	20	19	289	274	22	21	317	1.68	0.85	1.91	1.59
2001	156	32	18	206	9	12	6	27	271	22	12	305	280	34	18	332	1.79	1.06	1.00	1.61
2002	164	45	11	220	21	12	1	34	211	27	11	249	232	39	12	283	1.41	0.87	1.09	1.29
2003	186	37	14	237	26	5	5	36	246	19	11	276	272	24	16	312	1.46	0.65	1.14	1.32
2004	162	40	25	227	21	12	9	42	187	7	16	210	208	19	25	252	1.28	0.48	1.00	1.11
2005	162	41	18	221	26	5	2	33	237	29	18	284	263	34	20	317	1.62	0.83	1.11	1.43
2006	179	44	29	252	13	3	7	23	199	54	39	292	212	57	46	315	1.18	1.30	1.59	1.25
2007	189	51	24	264	11	12	5	28	245	20	15	280	256	32	20	308	1.35	0.63	0.83	1.17
2008	145	39	25	209	15	6	7	28	193	16	39	248	208	22	46	276	1.43	0.56	1.84	1.32
2009	117	15	13	145	14	1	5	20	176	24	7	207	190	25	12	227	1.62	1.67	0.92	1.57
2010	92	25	17	134	1	5	4	10	128	48	20	196	129	53	24	206	1.40	2.12	1.41	1.54
2011	95	25	6	126	2	4	4	10	162	55	6	223	164	59	10	233	1.73	2.36	1.67	1.85
2012	85	31	9	125	8	8	4	20	99	41	19	159	107	49	23	179	1.26	1.58	2.56	1.43
2013	86	20	15	121	5	5	7	17	113	27	4	144	118	32	11	161	1.37	1.60	0.73	1.33
2014	76	28	16	120	10	1	2	13	105	22	10	137	115	23	12	150	1.51	0.82	0.75	1.25
2015	84	19	15	118	8	5	5	18	100	9	6	115	108	14	11	133	1.29	0.74	0.73	1.13
2016	75	29	18	122	10	2	0	12	78	21	7	106	88	23	7	118	1.17	0.79	0.39	0.97
2017	81	29	11	121	5	4	0	9	85	17	3	105	90	21	3	114	1.11	0.72	0.27	0.94
2018	88	31	24	143	7	6	1	14	82	11	5	98	89	17	6	112	1.01	0.55	0.25	0.78
2019	77	32	9	118	6	2	2	10	66	11	15	92	72	13	17	102	0.94	0.41	1.89	0.86
2020	65	23	10	98	11	3	3	17	40	8	14	62	51	11	17	79	0.78	0.48	1.70	0.81
2021	52	17	9	78	2	1	0	3	34	9	4	47	36	10	4	50	0.69	0.59	0.44	0.64
2022	50	13	10	73	0	4	0	4	39	7	7	53	39	11	7	57	0.78	0.85	0.70	0.78

가스를 공급 또는 철거하는 과정에서 막음조치를 하지 않아 발생한 사고가 454건으로 가장 높은 비중을 차지하였고, 호스 절단 분리 작업 370건, 시공 및 시설 미비 110건, 호스밴드 미체결 104건, 치환 작업 61건, 전용 보일러실 미설치로 인한 중독 43건, 시공자 부주의 30건, 미자격자 임의설치(보수) 29건, 용기 보관실 미설치 17건 등 순으로 발생하였다.

Fig. 3에 따르면, 시공자 부주의의 사고 중 대표적 사

고라 할 수 있는 막음조치 미비 사고는 1990년 이후 454건이 발생하였으며, 2000년까지는 연간 30건 내외 발생하였으나, 최근에는 10건 미만으로 1/3 이상 감축하였다. 이는 97년부터 2006년까지의 퓨즈 록 설치 의무화, 가스안전기기 보급, 과류 차단 기능형 밸브 교체 등 정책적 지원과 안전관리규정 이행실태 확인을 통한 가스공급자에 대한 단속 강화 등에 기인한 것으로 판단한다.

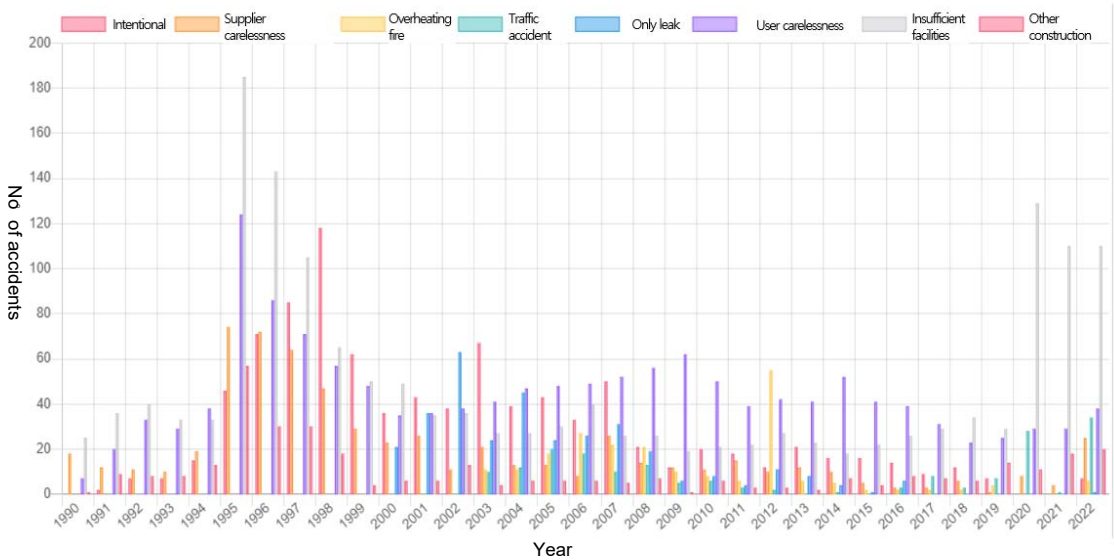


Fig. 1. Total of human error accidents from 1990 to 2022

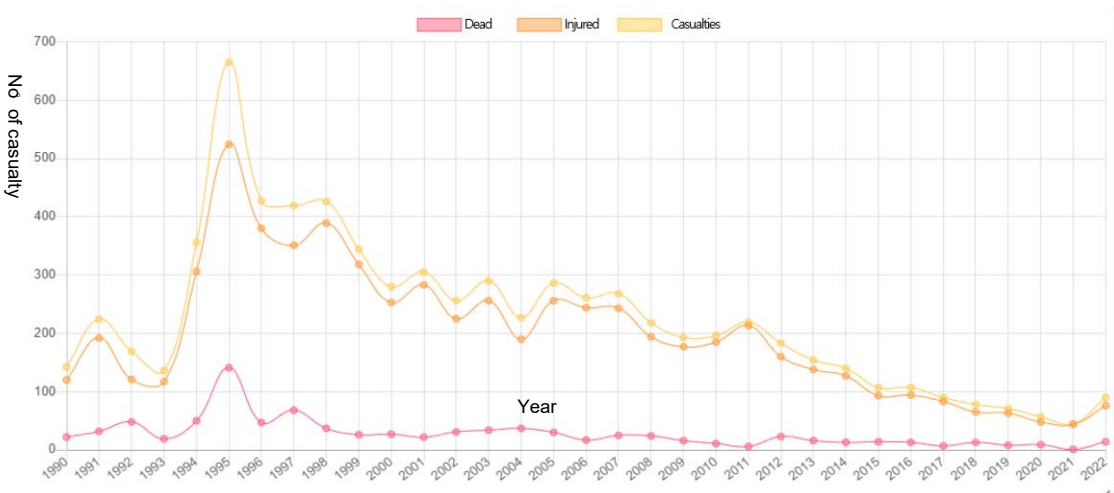


Fig. 2. Trends in casualties from human error accidents from 1990 to 2022

막음조치 미비 사고에 의한 인명피해의 경우, 90년 이후 931명으로(사망 37명, 부상 894명) 사고 1건당 인명피해가 2.05명으로 상당히 높게 나타났다는 점에서 각별한 관리가 필요하고 안전관리 순위도 최우선으로 하여 조치를 강구해야 할 것으로 판단된다. 가스 종류별로는 LPG 사용처에서 432건이 발생 95%를 차지하고, 도시가스 사용처에서 32건이 발생하였으며, 인명피해도 LPG 사용처에서 879명(사망 35명, 부상 844명)이 발생 94%를 차지하고 도시가스 사용처에서는 52명이 발생하여, 상대적으로 관리가 잘 되는 것으로 보인다.

이 같은 사고 분석 결과 시사점으로는, 첫째, 막음조치 미비 사고는 가스를 연료로 사용하는 주택, 요식업소에서 대부분 발생하기 때문에 많은 인명피해를 수반한다. 따라서, 가스안전관리 정책 수립에서도 가

장 최우선으로 하여 조치가 취해져야 한다. 둘째, 1997년부터 보급된 퓨즈콕 등 안전장치의 적극적 보급으로 사고 건수가 1/3 이상 줄기는 했으나, 아직도 매년 10건 내외로 발생하고 있어 근원적인 대책이 필요하다. 그 대안으로 가스공급 방식의 전환과 연결 안전장치의 보급이 필요하다. 퓨즈콕 및 중간밸브 기능, 자동막음조치 기능 및 과열화재 예방 타이머 기능이 혼합된 연결 안전장치를 주택 및 가스사용처에 설치토록 할 경우, 막음조치 미비로 인한 어쩔 수 없는 사고까지도 예방할 수 있으리라 생각한다. 셋째, 앞서 사고 통계상으로 막음조치 미비 전체사고의 95% 이상은 LPG를 사용하는 장소에서 발생하고 있다는 것이다. 참고로, '21년 기준 도시가스 소비량(396 십만 톤)은 LP가스(104십만 톤)에 비해 3.8배 많이 소비하는 상황이고, 수요 가구 수에서도 '21년 기준 도시가스

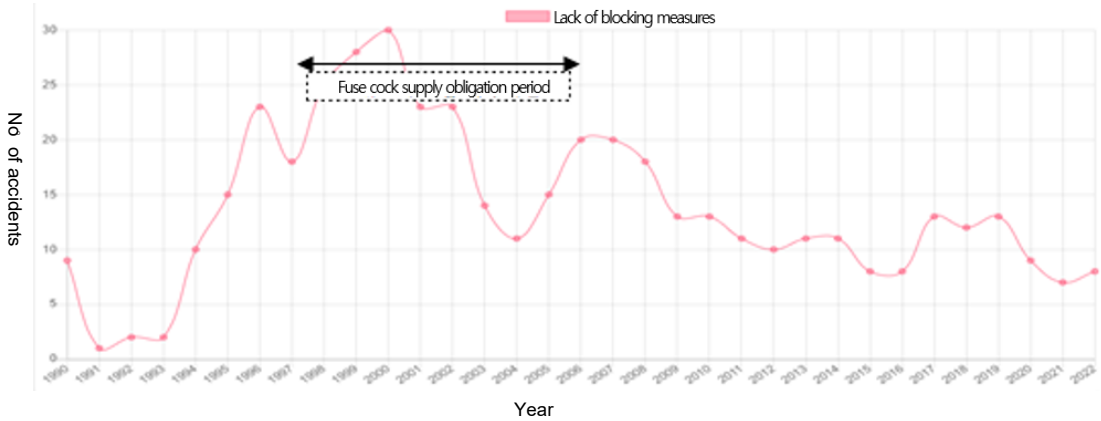


Fig. 3. Trends of accidents due to lack of blocking measures from 1990 to 2022

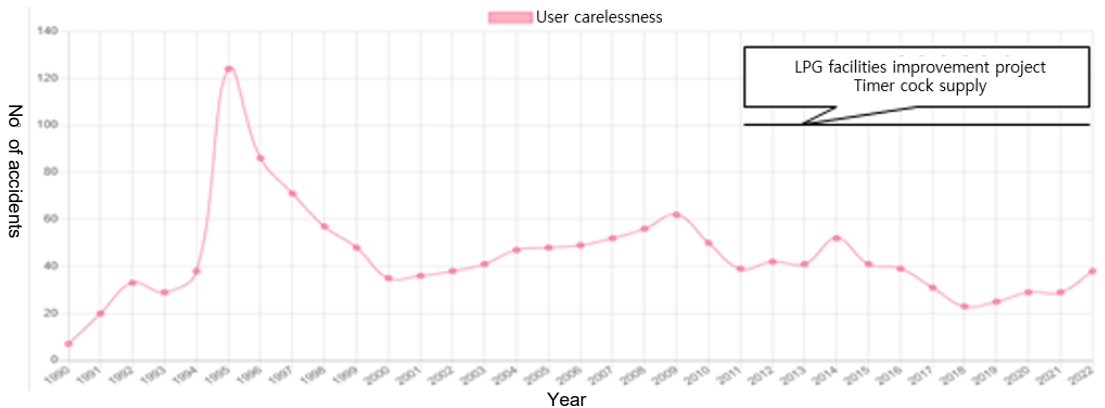


Fig. 4. Trends of accidents due to user carelessness from 1990 to 2022

Table 2. LPG facility improvement project performance by year

Division		‘08~‘15	‘16	‘17	‘18	‘19	‘20	‘21	‘22
Total	1,077,842	137,483	57,396	268,061	110,637	127,237	125,054	103,264	148,710
KGS	124,001	39,670	9,122	10,476	11,570	13,473	13,317	12,804	13,569
Consignment	953,841	97,813	48,274	257,585	99,067	113,764	111,737	90,460	135,141

Table 3. User carelessness accidents by gas users

User	House	Restaurant	Multi-use facility	Factory	Type 1 protective facility	Licensed business	Vehicle	Supply facility	Others	Total
Numbers	523	340	100	85	75	50	44	7	184	1,408



Fig. 5. Trends of intentional accidents from 1990 to 2019

수요가 수는 205십만 개소 수준으로 LP가스 수요가 수는 38 십만 개소 대비 5.4배 많은 실정이다. 현행 도시가스사업법과 액화석유가스의 안전관리 및 사업법에서의 사용자에 대한 공급자 의무는 거의 유사하게 규정하고 있다. 6개월~1년마다 수요처에 대한 안전 점검 및 계도물 홍보 및 점검을 의무화하고 있다. 막음 조치 미비 사고가 시공자의 시공 또는 철거 과정에서 시공자의 부실로 발생한다고 하더라도, 사후 LP가스 사용자에서 이러한 공급자의 의무가 정상적으로 이루어진다면, 사고 발생 전에 예방할 수 있을 것이다.

다음은 가스사용자 취급부주의로 인해 발생한 가스사고를 분석해 보았다. 2022년 말 기준으로 대한민국에서 가스를 연료로 사용하는 수요가는 24,822천

수요가이고, 이중 도시가스는 전체 84%인 20,880천 수요가에서, LP가스는 3,694천 수요가에서 사용하고 있다. 사용자 취급부주의 사고는 전국 2천5백만 수요처에서 가스를 사용하는 과정에서 가스의 누출, 과열, 오작동 등 다양한 형태의 사용자 실수로 인해 발생하는 사고를 통칭해서 여기에서는 이를 사용자 취급부주의 사고로 분류하였다. 사용자 취급부주의 사고의 경우, 1990년 이후 1,408건이 발생하였고, 이로 인한 인명피해도 2,237명(사망 132명, 부상 2,105명)이 발생하였다. 사고원인에 따라 좀 더 세부적으로 살펴보면, 연소기 작동 미숙 및 지연 점화 등으로 400건, 용기 밸브 개방 실수에 의한 가스누출 282건, 과열로 인한 화재 218건, 음식물 조리 중 181건, 부탄캔 관리 미숙

70건 등 순으로 발생하였다.

Fig. 4에 따르면 사용자 취급부주의 사고는 1995년 124건을 정점으로 연평균 50건 내외로 발생하다 최근에는 40건 이내로 정점 대비 1/3로 줄었다. 하지만, 연간 발생 전체사고에서 차지하는 비중은 50% 이상으로 여전히 높은 비중을 차지하고 있다. 특히, 사용자 취급 부주의 사고 중 고령자, 치매 가정, 장애인 등 취약계층 사용자에서 주로 발생하는 과열화재 사고(169건)의 경우, 2008년부터 시작된 타이머 콕(* 설정시간이 도래하면 자동으로 가스 중간밸브(퓨즈콕)를 잠그는 안전장치)의 본격 보급에 따라 연간 20~30건 내외로 발생하던 과열화재 사고가 10건 이내로 줄었고 최근 10년간은 연평균 3건 이내로 안정화되었다.

또한, 고무호스 사용에 따른 호수 절단 분리 사고의 경우, LPG 시설개선 사업(고무호스를 금속 배관으로 교체, Table 2)의 시행에 따라 연간 최고 41건까지 발생하던 사고가 최근에는 3건 이내로 확연히 줄어들었다.

Fig. 5에 따르면, 호수 절단 사고의 대표적 사례인 고의사고도 2011년 LPG 시설개선 사업의 본격 시행

에 따라 연간 50건 이상 발생하던 고의사고가 10건 이내로 줄었고, 최근 3년간은 0건으로 자리매김하는 것으로 조사되었다.

사용자 취급부주의 사고 발생 추이를 가스 사용처에 따라 살펴보면(Table 3) 일반 국민이 상시 거주 및 이용하는 주택, 식품접객업소, 다중이용시설, 제1종 보호시설에서 사고의 74%인 1,038건이 발생한 것으로 조사되었다. 이는 가스 사용이 빈번한 장소에서 사고가 자주 발생하는 것으로 당연한 결과라 생각되나, 한편으로는 상기 장소에서 가스를 취급하는 사람은 다양한 계층의 불특정 다수이기 때문에 사고 예방을 위한 대책 강구에도 상당한 어려움이 따를 것으로 판단된다.

전체 사용자 취급부주의 사고를 하루 일과 시간대에 따라 분석해[2] 보면(Fig. 6), 대부분 사고는 일과 생활 및 활동량이 많은 오전 6시 이후부터 오후 10시 사이에 발생하였고, 특히, 오전 10시부터 13시 사이에서 26%가 발생했고, 17시부터 20시 사이에 24%가 발생한 것으로 조사되었다. 이는 아무래도 가스 사용 빈도가 높은 취사 시간 등의 영향이 큰 것으로 예측되었다.

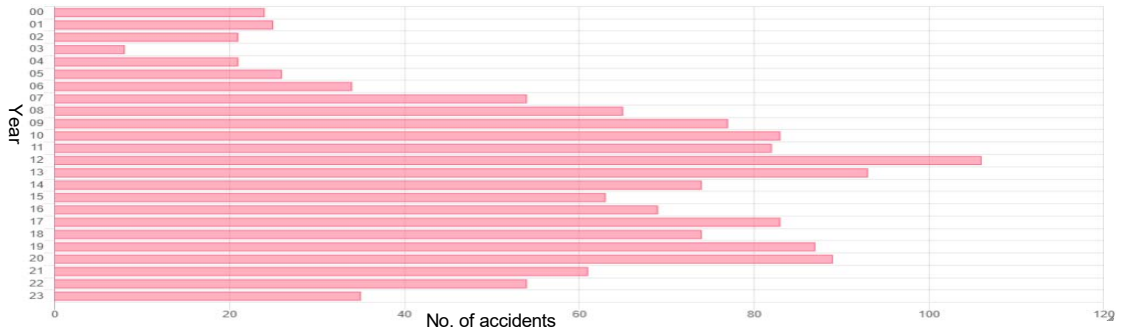


Fig. 6. User carelessness accident trend by time zone

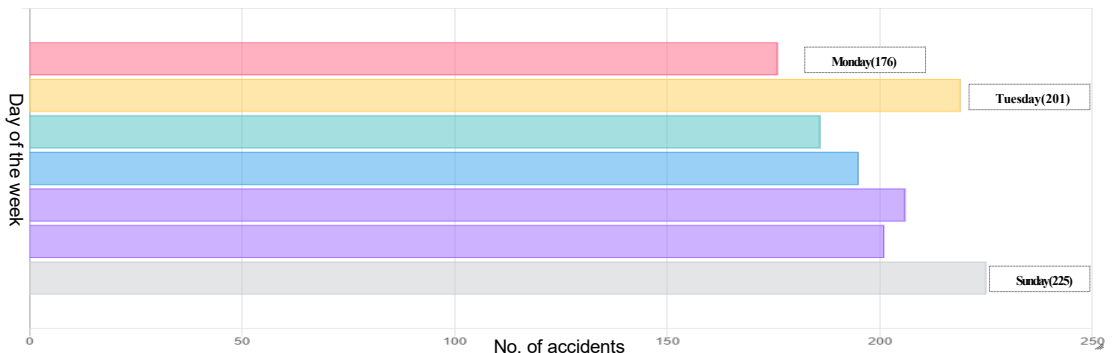


Fig. 7. User carelessness accident trend by day of the week

또한, 요일별로는 큰 차이가 없었으나, 그래도 공휴일인 일요일에 225건으로 가장 많은 취급자 부주의 사고가 발생하는 것으로 보아, 여가 및 개인 활동이 많은 일요일이나 공휴일에 취급자 부주의 사고가 가장 자주 발생하는 것으로 분석되었다. (Fig. 7)

사용자 취급부주의 사고에 의한 인명피해의 경우, 90년 이후 2,255명으로(사망 136명, 부상 2,119명) 사고 1건당 인명피해가 1.54명으로 높게 나타났으며, 특히, 주택 등 가스 사용처에서의 사고는 자신뿐만 아니라 주변 사람 또는 사용처까지 폭발의 위해를 가할 수 있으므로 각별한 관리가 필요하다고 할 것이다.

가스 종류별로는 LPG 사용처에서 733건, 도시가스 사용처에서 71건, 고압가스 사용처에서 85건, 이동식 부탄연소기 사용 중에 519건이 발생하여 LPG와 부탄연소기 취급자에 대한 관리가 관건인 것으로 나타났다. 인명피해도 LPG 사용처에서 1,132명(사망 59명, 부상 1,073명), 도시가스 사용처에서 72명(사망 12명, 부상 60명), 고압가스 사용처에서 115명(사망 32명, 부상 83명), 이동식 부탄연소기 사용 중에 918명(사망 29명, 부상 889명)이 발생하여 인명피해 역시 LPG와 부탄연소기 취급 사용처에서 높게 발생한 것으로 조사되었다.

이러한 사고 통계 결과를 토대로 한 사용자 취급부주의 사고 시사점으로, 첫째, 사고 건수로 보면 20년 전에 비해 1/4 이하로 줄었지만, 전체 가스사고에서 차지하는 비중은 50% 이상으로 가장 높은 비중을 차지하고 있어, 미래 사고감축의 핵심은 취급자 부주의 사고 예방에 있다고 분석된다. 둘째, 사고 발생 장소를

보면 주택, 음식점 등 우리 생활 주변으로 광범위하고, 사고를 발생하는 계층도 불특정 다수인 즉, 전 국민으로 예측할 수 없어서 예방 대책을 수립하는데 어려움이 있고, 또한 많은 시간과 비용이 수반될 것으로 보인다. 셋째, 앞서 두 번째 시사점에 따라 광범위한 대상을 상대로 단시간에 예방 활동을 전개하는 것은 한계가 있다. 그래서, 취급자의 실수를 보완할 수 있는 퓨즈콕, 타이머콕 등 안전장치의 보급과 LPG 시설개선 사업 등의 도입으로 과열화재, 호스 절단, 고의사고 등의 사고 건수와 인명피해를 1/10 이하로 감소시킨 것은 적절한 정책 방향이었다 분석되나, 이 또한, 특정 분야에 한정되어 있어 범위와 폭을 보다 넓혀야 할 것으로 본다. 넷째, 가스 종류별로는 89% 이상이 LPG 사용 및 이동식 부탄연소기 사용 중에 발생하여 LPG와 부탄연소기 취급자에 대한 교육과 홍보가 최우선하고, 맞춤형 안전장치의 개발 및 보급이 필요할 것으로 보인다.

다음은 가스 공급자 부주의로 인해 발생한 가스사고를 분석해 보았다. 가스 공급자란 가스 3 법령 및 수소법령에 따라 사업을 목적으로 연료용 및 산업용 가스를 수요처에 직접 공급해 주면서, 해당 법령에 따라 안전점검, 계도물 배포 등 안전한 사용을 안내하는 등의 의무를 수행하는 자를 통칭하여 가스 공급자라 말하며, 보다 구체적으로 분류하면 도시가스업자, 가스 제조사업자, 충전사업자, 판매사업자 등으로 분류하고, 2022년 말 현재 전국적으로 1,351천 개소가 인허가(2022년 가스통계-한국가스안전공사)를 받아 사업을 영위하고 있다[3, 4].

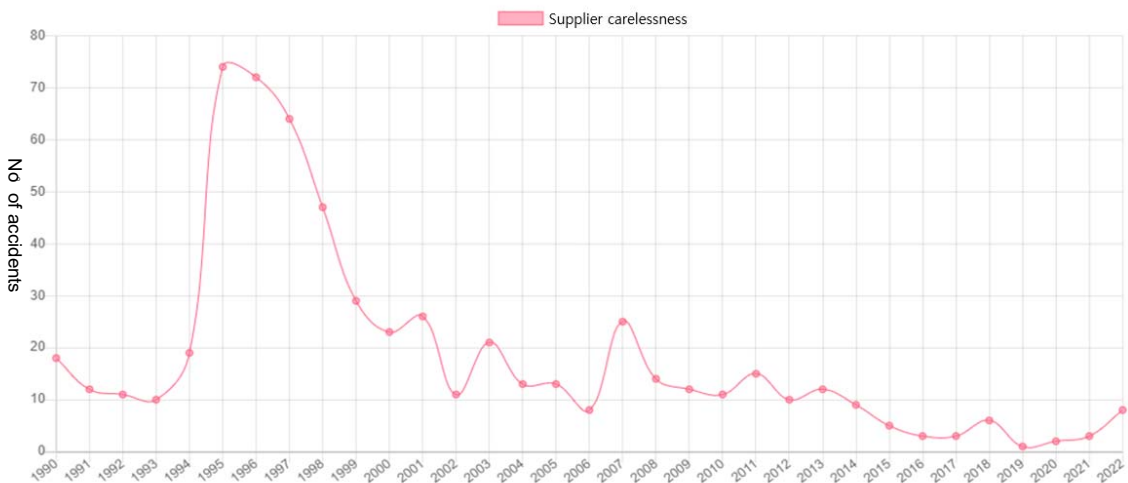


Fig. 8. Trends of accidents due to supplier carelessness from 1990 to 2022

공급자 부주의 사고의 경우, 1990년 이후 610건이 발생하였고, 이로 인한 인명피해도 841명(사망 76명, 부상 765명)이 발생하여 사고 1건당 인명피해는 1.38로 시공자 또는 사용자 부주의 사고에 비해 다소 낮은 것으로 조사되었다. 사고원인에 따라 좀 더 세부적으로 살펴보면, 설비보수 및 시공불량에 의한 사고, 용기 취급 부주의에 의한 사고, 가스 치환 및 이송전 작업 실수에 의한 사고 등의 순으로 발생하였다. 다만, 앞서 시공자 부주의 사고로 분류한, 막음조치 미비 사고(454건, 930명 인명피해)와 타공사 사고(325건, 325명 인명피해)는 보는 관점에 따라 공급자의 부주의에 의한 사고로 볼 수 있어, 이들 사고를 포함하면 실제 공급자 부주의 사고는 1,389건에 인명피해는 2,096명으로 대단히 높은 비중을 차지하고, 1건당 인명피해도 1.5명으로 높아지는 것으로 나타났다.

Fig. 8에 따르면, 공급자 부주의 사고는 1995년 74건을 정점으로 2000년 이후 2018년까지는 3건~25건으로 대폭 줄었고, 최근 3년에는 연간 3건 이내로 줄었음을 볼 수 있다. 이는 가스공급자에 대한 강력한 감독과 사업 자체적인 의식 개선이 큰 역할을 한 것으로 판단된다.

가스 종류별로는 LPG 시설에서 362건이 발생 전체 공급자 부주의 사고의 59%를 차지하고, 도시가스에서 139건으로 23%, 고압가스에서 17%를 차지하는 것으로 조사되었으며, 절대다수의 사고가 LPG 시설에서 발생하는 것은 LPG 공급자의 기무 준수 비율이 낮은 데에서 기인하는 것이라 판단된다.

이러한 사고통계 결과를 토대로 한 공급자 부주의 사고 시사점으로, 첫째, 사고 건수로 보면 시공자나 사용자의 부주의에 의한 사고보다는 적으나, 실제로 사고 건수에 포함되지 않은 막음조치 미비나 타공사 사고를 포함하면, 전혀 작지 않다. 둘째, 지금까지 대한민국의 발생한 대표적인 대형사고는 모두 공급자의 안일한 점검과 실수로 발생하였고 이로 인한 인명과 재산 피해 또한 막대하였다. 대표적인 사고가 95년 대구 지하철 도시가스 폭발사고, 98년 부천 대성 LPG 충전소 폭발사고, 2018년 강릉펜션 CO 중독사고, 2019년 삼척 토바펜션 LPG 폭발사고, 2022년 대구 LPG 충전소 폭발사고 등으로 시사하는 바가 크다. 셋째, 공급자는 관할 허가관청으로부터 허가를 받아 사업을 영위하고 가스 관련 종사자를 필수 인력으로 보유하고 이들에게 점검 등 업무를 수행하도록 하고 있어 그 누구보다도 전문성과 기술을 보유하고 위험성에 대해 인지하고 있다는 것이다. 넷째, 가스 공급자는 사용자와의 최 접점에서 가스시설 안전관리와 계도를 하도록 법에서 의무를 부여받았고 이를 준수하지 않으면 처벌을 받을 뿐 아니라, 이러한 의무에 대가로

가스요금을 징수하고 있다. 다섯째, 가스 공급자와 안전관리자는 제한적이고 전체 인력 또한 많지 않아 예방 대책 수립도 비교적 간단할 수 있고, 많은 시간이 필요치 않을 수 있다는 것이다.

III. 인적오류 사고 예방 방안

인적오류 가스사고를 최소화하고, 궁극적으로는 가스사고 발생 비율을 임계적 수치까지 낮추기 위해서는 인적오류 사고의 원인을 정확하게 파악하고, 제거하는 방법이 최선의 방법일 것이다[5]. 그래서, 본 연구에서는 앞서 제시한 인적오류 사고 3가지 유형별로 각각의 맞춤형 예방 방안을 제시한다.

우선, 가스 시공자 부주의 사고의 예방을 위해 시공 매뉴얼에 입각한 철저한 시공 문화를 정착할 필요가 있다. 부자연스러운 작업 시간대(초과근무, 휴식시간, 교대제 여유 등), 부족한 작업계획(작업 간의 불균형, 작업 Team 내의 불균형), 낮은 연대 의식 및 분쟁 문제 해소를 위한 다양한 방법을 강구해야 한다. 또한, 작업자에 대한 허용한계의 명확화와 교육·훈련을 강화한다. 허용한계의 명확화는 작업자 개개인에게 작업 시 허용할 수 있는 한계를 명확히 설정 및 주시시켜 금지된 작업을 하지 않도록 의식화시켜야 한다. 특히, 시공자 취급부주의 사고의 대부분을 차지하는 막음조치 미비로 인한 사고 예방을 위해 퓨즈록 및 중간 밸브 기능, 자동 막음조치 기능 및 과열화재 예방타이머 기능이 혼합된 연결 안전장치를 주택 및 가스사용처에 설치토록 할 제도적으로 의무화하는 것을 권고한다.

사용자 취급부주의 사고는 사고 인자가 너무나 광범위하고 계층도 다양하므로, 많은 시간과 예산을 수반하고, 육안으로 느낄 수 없는 효과 때문에 중도에 포기할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 앞서 분석된 사고 통계를 토대로 FP(Fool Proof) System 구축과 같은 맞춤형 대안을 제시한다. Fool Proof System은 가스사용자의 실수를 방지하는 아이디어나 안전장치를 말한다. 자칫 잘못하여 범하는 실수나 과실을 방지하는 혹은 그로 인해 일어나는 불이익을 줄이기 위한 실수 예방 장치로 FP라고 한다. 원래 설비 파손이 생기지 않는 Fail-Safe, Fail-Soft 등의 구성을 뜻했으나, 최근에는 인적오류로 인한 사고나 오류를 방지하기 위한 시스템으로서 현장에서 사용되고 있다. FP의 기본적인 사고방식으로 다음의 2가지가 있다. <1> 누가 하더라도 절대로 잘못 되는 일이 없도록 하는 것으로 (예) 표준화된 작업 매뉴얼을 작성하고 이를 철저히 지키는 것. <2> 만일 잘못 되어도 그것을 깨닫고 피해가 없도록 하는 것. (예) 주택 가스보일러 사용 중 가스가 누

출되었을 때 이를 검출해서 가스누출경보기가 울리고 자동으로 가스를 차단하는 것이다.

공급자 부주의 사고의 예방을 위해서는 공급자에 대한 교육과 훈련을 지속 실시한다. 기본교육, 업무교육을 포함하고, 기본교육에는 안전 철학을 포함하여 관련 기술과 사고사례, 안전관리 모범사례 등을 포함한다. 안전 훈련은 반복 교육이 중요하고, 안전 작업 교육 등을 실시하며 긴급 훈련을 지속 반복 시행한다. 현행 도시가스사업법과 액화석유가스의 안전관리 및 사업법에서의 공급자 의무는 ‘6개월~1년마다 수요처 안전점검 및 계도물 배포 의무화’로 거의 유사하게 규정하고 있지만, LPG의 공급자 의무 집행은 21% 이내인 것으로 조사되었다. 이는 LP가스 공급자의 영세성과 관리 감독의 부실에 기인한 것으로, 일본과 같은 안전 관리대행 제도의 전격 도입과 공급자 의무 위배자에 대한 강력한 처벌을 권고한다.

IV. 결 론

연구에서는 1990년 이후 32년간 우리나라에서 발생한 인적오류(Human Error)에 의해 발생한 가스사고를 분석하였다. 그리고, 인적 대상을 가스 시공자, 가스사용자, 가스 공급자 등 3개의 그룹으로 다시 분류하였다. 또한, 가스 수요 및 소비량의 변화, 제도 및

정책의 도입 등 안전관리 환경 변화와 인적오류 사고의 상관관계 및 추이를 분석하였다. 그에 따른 예방 방안을 다음과 같이 제시하였다.

가스 시공자 부주의 사고는 시공 매뉴얼에 입각한 철저한 시공 문화 정착을, 사용자 취급부주의 사고는 Fool Proof System 구축을, 공급자 부주의 사고는 일본과 같은 안전관리 대행 제도의 전격 도입이 필요할 것으로 판단하였다.

REFERENCES

- [1] *Domestic and international gas safety management system analysis*, Korea Gas Safety Corporation, (2022)
- [2] Young-Taeg Hur, Su-Kyung Lee, “Investigation of the Gas Accident Models through the Analysis Gas Accident Occurring Environment”, *KIGAS*, 14(2), 27-33, (2010)
- [3] *High-pressure gas statistics*, Korea Gas Safety Corporation, (2021)
- [4] *Gas Accident Yearbook*, Korea Gas Safety Corporation, (2022)
- [5] *Setting the lowest critical level for gas accident rate*, Korea Gas Safety Corporation, (2021)