

변량분석을 통해 본 가스사고의 통계적 의미 고찰

김정훈* · 정지연* · 임시영*

*국토연구원 국토인프라 GIS연구본부

An Inquiry about the statistical meaning on the fuel gas accidents by ANOVA

Jung-hoon Kim* · Ji-Yeon Jeong* · Si-yeong Lim*

*National Infrastructure & GIS Research Division
in Korea Research Institute for Human Settlements

Abstract

The quantity of the fuel gas consumed is trending upwards because it can be easily delivered but isn't deteriorated and doesn't have any environmental pollution. Though there are many advantages to use the fuel gas, it can be hesitated to consume more gas because of its explosiveness and combustibility. So paying more attentions to prevent the fuel gas accidents is required.

In this paper, we examine the present situation data about the fuel gas accidents and analyze them statistically using ANOVA. we confirm that there is an acceptable difference between the mean values of accidents classified by the kind of gas, the cause, the type and the place but isn't by month.

It is expected that our result can be applied as preliminary data when mapping out a strategy for preventing the fuel gas accidents.

Keywords : fuel gas accidents, difference between the mean values, ANOVA

1. 서론

세계적으로 환경보호에 대한 관심이 고조됨에 따라 대기 오염이 전혀 없는 가스 연료에 대한 사용 추세는 증가할 것으로 판단된다. 가스는 연소 효율이 높을 뿐만 아니라 저장 및 운반이 쉽고 변질될 가능성이 없기 때문에 이용분야가 점점 확대될 것으로 전망되는 녹색 연료이다[1]. 녹색 친화적이라는 특징은 급등하는 국제 유가로 인한 대체 에너지에 대한 관심이 고조되고 있는 현재 다양한 분야에서 주목받고 있기 때문에 가스 연료에 대한 활용도는 더욱 높아질 것으로 기대된다.

우리나라에서는 1927년에 고압가스의 생산이, 1964년

에 LPG 생산이 본격적으로 시작되었다. 1970년 시범적으로 LPG/AIR 혼합방식의 도시가스를 공급하였으며 1980년 중반 이후 본격적으로 가정의 난방 및 산업의 연료로 사용되며 현재 33개의 도시가스회사에서 1,100만 이상의 가구에 공급하고 있으며 그 사용량이 급증하는 추세이다[1].

국내 천연가스 수급은 천연가스가 공급된 이래 연평균 16%의 성장률을 기록하였다. 이와 같은 천연가스 수요의 증가 추세는 계속 이어져 2006년 2,484만톤에서 2020년 4,035만톤으로 연평균 3.5%가 증가할 것으로 전망된다[2].

† 본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업 - 지능형국토정보기술혁신사업 과제의 연구비지원 (06국토정보C01)에 의해 수행되었음

† 교신저자 : 임시영, 경기도 안양시 동안구 시민로 224 국토연구원 국토인프라GIS연구본부
TEL: 031-380-0679 , E-mail: limsy@krihs.re.kr

2009년 7월 20일 접수; 2009년 9월 4일 수정본 접수; 2009년 9월 8일 게재확정

그러나 가스의 청정성과 편의성으로 인해 수요가 증가함에 따라 가스의 가연성과 폭발성으로 인한 사고의 위험이 커지고 있다. 가스의 가연성과 폭발성 때문에 사고가 발생하면 엄청난 인적, 물적 손실을 초래하기 때문에 가스의 안전성에 대한 국민들의 관심은 더욱 커지고 있다. 하지만 안전사고에 대한 예방이나 관리 기술은 이에 따르지 못하는 실정이다. 지금까지 안전을 소홀히 한 결과로 1994년 아현동 가스폭발사고와 같은 크고 작은 화재·폭발사고를 경험했으며 이를 통해 가스의 위험성을 파악하고 안전문제에 신경을 쓰는 일이 더욱 중요해 지고 있다. 또한 난방, 전기, 통신 등의 다른 사회기반시설물의 확충으로 인한 각종 안전사고의 발생 요인도 점차 늘어 가고 있기 때문에 가스 사고에 대한 예방 및 관리의 중요성은 더욱 부각되고 있다. 최근 각종 안전을 위한 규제와 기준이 제정되고 안전 기술에 대한 연구도 활발해지고 있으나, 보다 명확한 사고 예방 대책과 기술의 확립이 필요하다[3].

가스 안전사고와 관련된 기존 연구를 살펴보면 다음과 같다. 박교식 등[4]은 3~4월 해빙기에 대한 사고의 증가를 예상하고, 이에 해빙기에 발생한 가스 사고의 유형 및 원인을 분석하여 사고 방지에 대한 대책을 제시하였다. 박교식 등[5]은 1995~1998년에 발생한 가스 사고의 유형 및 원인을 분석하여 사고 발생 원인에 대한 대책을 강구함으로써 가스사고 예방대책을 체계적으로 제시하였다. 가스 사고 현황 분석을 바탕으로 시설 분야, 제품 분야, 교육·홍보 분야 및 관리분야에 대해 각각의 대책을 마련하였다. 고재선 등[6]은 선진국형 가스사고사례 데이터베이스 구축을 위하여, 가스 사고 사례의 수치적 정량화 및 우선순위화 된 사고 빈발 물질들을 데이터베이스화할 필요성을 역설하였다.

정원익 등[7]은 국내의 설비 및 이용실태를 조사 분석하여 이를 기반으로 안전사고를 미연에 방지하기 위한 방안을 제안하였다. 도시가스 수요 전망, 도시가스 사고 현황, 도시가스 매설 배관 현황 등을 파악하고, 이를 통해 제도적인 보완 사항을 제안하였다.

그러나 위의 기존 연구들에서는 사고에 대한 분석이 단순한 현황 분석에만 초점을 맞추고 있는 한계가 있다. 보다 정확한 판단을 위해서는 사고 발생 건수가 통계적으로 유의한지를 판단해야만 한다. 즉, 통계적으로 유의한 결과를 바탕으로 정책을 수립해야만 장기적인 측면에서 효과적인 정책이 될 것이다.

따라서 본 논문에서는 이러한 안전에 대한 시대적 인식과 요구에 따라 가스 사고를 조사하고 이에 대한 통계적 분석을 수행함으로써 가스 사고를 미연에 예방하기 위한 대책 및 관리 방안을 마련하기 위한 합리적인 근거를 제공하고자 한다.

2. 가스 사고 현황

본 절의 내용은 한국가스안전공사에서 발행한 ‘2007 가스사고연감’을 정리한 것이다[8]. ‘가스사고’란 가스의 누출, 누출로 인한 폭발·화재 등의 사고, 가스시설 및 제품의 결함·불량 등으로 인하여 발생한 사고를 말한다. 2007 가스사고연감에서는 ‘가스사건(인적·물적 피해를 수반하지 않는 경미한 누출의 경우)’도 다루고 있으나 본 연구의 목적인 피해 방지 대책에 대한 근거 마련이라는 차원에서는 고려하지 않는 것이 적절하다.

1998년~2007년까지의 가스 사고는 다음 표 1과 같이 1,400여건이 발생했다. 이 중 LPG가 1,047건(74.8%)으로 가장 많았고, 도시가스가 250건(17.9%), 고압가스가 103건(7.6%) 발생하였다.

1998년~2007년까지의 원인별 가스사고의 추이를 살펴보면 아래 그림 1과 같다. 총괄적으로 사용자부주의에 의한 사고가 442건(31.6%)으로 가장 많이 발생하였으며, 시설미비에 의해 378건(27%), 공급자 부주의에 의해 213건(15.2%), 제품불량에 의해 170건(12.1%)이 발생하였다. 1998년~2000년까지는 시설미비로 인한 사고가 가장 많았으나 2001년 이후로 사용자 부주의가 가장 큰 원인으로 파악되고 있으며, 2007년에 공급자 부주의에 의한 사고가 급증하였다.

표 1 가스 종류별 가스 사고 현황

구분	LPG	도시가스	고압가스	소계
1998	185	78	16	279
1999	123	25	14	162
2000	112	21	7	140
2001	92	18	17	127
2002	84	27	8	119
2003	92	15	12	119
2004	82	21	7	110
2005	88	16	5	109
2006	90	16	6	112
2007	99	13	11	123
계	1,047	250	103	1400
구성비	74.80%	17.90%	7.60%	100.00%

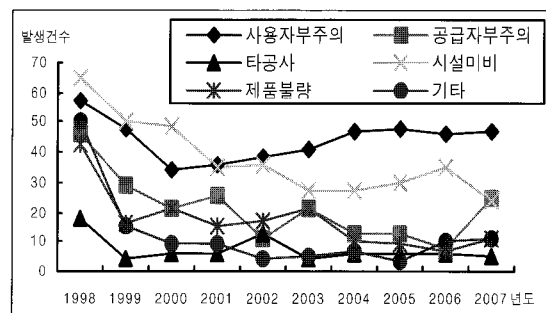


그림 1 원인별 가스 사고 추이(1998~2007)

그림 2는 1998년~2007년까지의 가스 사고 형태별 발생 비율을 보여준다. 1998~2007년 동안 폭발이 590건(42.1%)으로 가장 많았고, 화재가 301건(21.5%), 누출이 221건(15.8%) 등의 순으로 발생하였다.

1998년~2007년까지의 사용처별 사고 발생은 다음 그림 3과 같다. 이 기간 동안 주택에서 558건(39.9%), 요식업소에서 230건(16.4%), 허가업소에서 110건(7.9%), 공급시설에서 99건(7.1%) 등이 발생했다.

1998년~2007년까지의 월별 가스 사고 현황을 살펴보면 다음 그림 4와 같다. 12월에 143건(10.2%)으로 가장 많이 발생하였고, 1월에 136건(9.7%)이 발생하였다.

6월은 95건(6.8%)으로 가스사고가 가장 적게 발생한 달임을 확인할 수 있다.

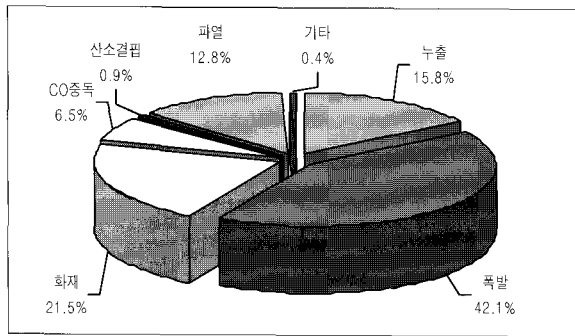


그림 2 형태별 가스 사고(1998~2007 종합)

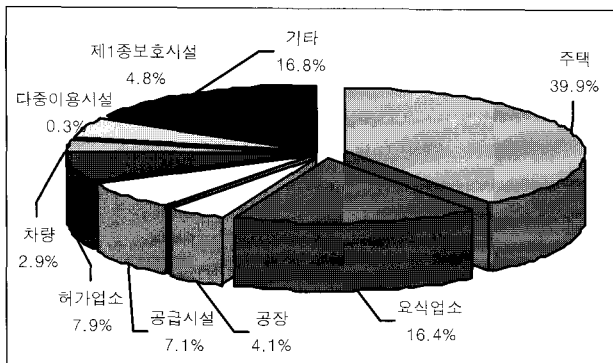


그림 3 사용처별 가스 사고(1998~2007 종합)

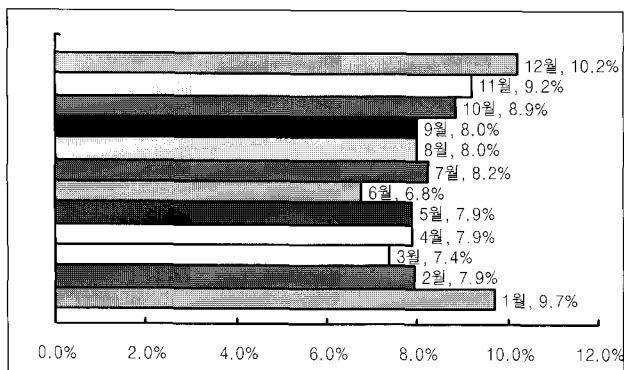


그림 4 월별 가스 사고(1998~2007 종합)

3. 변량분석(ANOVA)을 통해 본 사고의 통계적 의미

앞 장에서는 1998년에서 2007년까지의 가스 사고 현황을 살펴보았다. 본 장에서는 변량분석 기법을 사용하여 현황자료에서 유의미한 정보를 파악하고자 한다. 변량분석은 집단 간 변량과 집단 내 변량을 비교함으로써 집단 간의 유의한 차이점이 있는지를 파악하는 통계기법이다. 본 연구에서는 SPSS for Windows 10.1.3을 사용하여 유의수준 0.05에서 분석을 수행하였다.

3.1 가스 사고 현황에 대한 일원변량 분석 (one-way ANOVA)

본 절에서는 1998년에서 2007년까지의 가스 사고 현황에 대한 일원변량분석을 수행하였다. 종류별, 원인별, 형태별, 사용처별, 월별 가스 사고에 대하여 일원변량분석을 수행함으로써 각 항목에서 사고 발생건수의 차이가 있는지를 검증하였다. n 은 분석 대상년도(1998년~2007년)의 수, μ 는 대상년도의 연평균 발생 건수, σ 는 표준편차, F 는 F값, df 는 자유도, p 는 유의확률, η^2 는 에타 제곱을 의미한다. 에타 제곱은 독립변인이 종속변인에 미치는 영향을 파악하는 것으로 여기서는 각 분류 기준에 의해 발생하는 연평균 발생건수의 차이 정도를 의미한다.

먼저 가스 종류별로 가스 사고 연평균 발생건수에 차이가 있는지를 검증하기 위하여 일원변량분석을 수행하였으며 그 결과는 다음 표 2와 같다. 표 2의 결과를 살펴보면, 유의확률이 0.05보다 작으므로 95% 신뢰 수준에서 가스 종류별로 사고 발생의 차이가 있음을 확인할 수 있으며 사후검증을 통해 LPG 사고가 고압가스, 도시가스 사고에 비해 평균적으로 더 많이 발생함을 확인할 수 있다.

다음으로 원인별로 가스 사고 연평균 발생건수에 차이가 있는지를 검증하기 위하여 일원변량분석을 수행하였으며 그 결과는 다음 표 3과 같다. 표 3의 결과를 살펴보면, 유의확률이 0.05보다 작으므로 95% 신뢰 수준에서 원인별로 사고 발생의 차이가 있음을 확인할 수 있으며 사후검증을 통해 사용자부주의/공급자부주의,

표 2 가스 종류별 사고에 대한 일원변량분석 결과

종류	n	μ	σ	F	df	p	η^2	차이집단
고압가스(1)	10	10.3	4.3	57.6	2	.000	.810	(1)-(3), (2)-(3)
도시가스(2)	10	25.0	19.1					
LPG(3)	10	104.7	31.0					

사용자부주의/제품불량, 사용자부주의/타공사, 공급자부주의/시설미비, 시설미비/제품불량, 시설미비/타공사에 의한 사고 간의 연평균 발생건수에 차이가 있음을 확인할 수 있다. 즉, 사용자부주의와 시설미비는 타공사, 제품불량, 공급자부주의에 의한 사고에 비해 평균적으로 더 많이 발생한다고 볼 수 있다.

조금 더 세부적으로 2003~2007년간 도시가스 사고에 대한 원인별 분석을 위하여 일원변량분석을 수행하였으며 그 결과는 아래 표 4와 같다. 표 4의 결과를 살펴보면, 유의확률이 0.05보다 작으므로 95% 신뢰 수준에서 원인별로 사고 발생의 차이가 있음을 확인할 수 있으며 사후검증을 통해 사용자부주의/시설미비, 사용자부주의/타공사, 제품불량/시설미비, 제품불량/타공사에 의한 사고 간의 연평균 발생건수에 차이가 있음을 확인할 수 있다.

다음으로 형태별 가스 사고의 연평균 발생건수에 차이가 있는지를 검증하기 위하여 일원변량분석을 수행하였으며 그 결과는 다음 표 5와 같다. 표 5의 결과를 살펴보면, 유의확률이 0.05보다 작으므로 95% 신뢰 수준에서 형태별로 사고 발생의 차이가 있음을 확인할 수 있으며 사후검증을 통해 보면 누출/폭발, 산소결핍/폭발, 산소결핍/화재, 파열/폭발, 폭발/화재, 폭발/CO2 중독사고 간의 연평균 발생건수에 차이가 있음을 확인할 수 있다. 이 중 폭발 사고는 다른 형태의 사고에 비해 평균적으로 더 많이 발생하고 있음을 확인할 수 있다.

표 3 원인별 사고에 대한 일원변량분석 결과

원인	n	μ	σ	F	df	p	η ²	차이 집단
공급자부주의(1)	10	21.3	11.2	24.5	4	.000	.685	(1)-(2),
사용자부주의(2)	10	44.2	6.9					(1)-(3),
시설미비(3)	10	37.8	13.0					(2)-(4),
제품불량(4)	10	17.0	10.3					(3)-(4),
타공사(5)	10	7.4	4.5					(3)-(5).

표 4 원인별 도시가스 사고에 대한 일원변량분석 결과

도시가스-원인	n	μ	σ	F	df	p	η ²	차이 집단
공급자부주의(1)	5	2.8	1.6	14.0	4	.000	.737	(2)-(3), (2)-(5), (3)-(4), (4)-(5).
사용자부주의(2)	5	0.4	0.5					
시설미비(3)	5	5.0	1.6					
제품불량(4)	5	2.0	0.7					
타공사(5)	5	4.8	0.8					

표 5 형태별 사고에 대한 일원변량분석 결과

형태	n	μ	σ	F	df	p	η ²	차이 집단
누출(1)	10	22.1	28.7	20.4	5	.000	.654	(1)-(4),
산소결핍(2)	10	1.2	1.0					(2)-(4),
파열(3)	10	17.9	7.4					(2)-(5),
폭발(4)	10	59.0	14.8					(3)-(4),
화재(5)	10	30.1	9.3					(4)-(5),
CO중독(6)	10	9.1	3.3					(5)-(6).

다음으로 사용처별 가스 사고의 연평균 발생건수에 차이가 있는지를 검증하기 위하여 일원변량분석을 수행하였으며 그 결과는 다음 표 6과 같다. 표 6의 결과를 살펴보면, 유의확률이 0.05보다 작으므로 95% 신뢰 수준에서 사용처별로 사고 발생의 차이가 있음을 확인할 수 있으며 사후검증을 통해 보면 공급시설/주택, 공장/요식업소, 공장/주택, 다중이용시설/요식업소, 다중이용시설/주택, 요식업소/주택, 요식업소/차량, 제1종 보호시설/주택, 주택/차량, 주택/허가업소에서 발생하는 사고 간의 연평균 발생건수에 차이가 있음을 확인할 수 있다. 이 중 주택에서 발생하는 사고는 다른 사용처의 사고에 비해 평균적으로 더 많이 발생하고 있음을 확인할 수 있다.

조금 더 세부적으로 2003~2007년간 도시가스 사고에 대한 사용처별 분석을 위하여 일원변량분석을 수행하였으며 그 결과는 아래 표 7과 같다. 표 7의 결과를 살펴보면, 유의확률이 0.05보다 작으므로 95% 신뢰 수준에서 사용처별로 사고 발생의 차이가 있음을 확인할 수 있다.

표 6 사용처별 사고에 대한 일원변량분석 결과

사용처	n	μ	σ	F	df	p	η ²	차이 집단
공급시설(1)	10	9.9	9.4	35.3	7	.000	.774	(1)-(6), (2)-(4), (2)-(6), (3)-(6), (4)-(6), (4)-(7), (5)-(6), (6)-(7), (7)-(8).
공장(2)	10	5.7	2.2					
다중이용시설(3)	10	0.4	0.5					
요식업소(4)	10	23.0	11.4					
제1종 보호시설(5)	10	6.7	3.3					
주택(6)	10	55.8	21.8					
차량(7)	10	4.0	2.8					
허가업소(8)	10	11.0	3.6					

수 있으며 사후검증을 통해 보면 공급시설/공장, 공급시설/다중이용시설, 공급시설/요식업소, 공장/주택, 다중이용시설/주택, 요식업소/주택, 제1종보호시설/주택에서 발생하는 사고 간의 연평균 발생건수에 차이가 있음을 확인할 수 있다.

다음으로 월별 가스 사고의 연평균 발생건수에 차이가 있는지를 검증하기 위하여 일원변량분석을 수행하였으며 그 결과는 다음 표 8과 같다. 표 8의 결과를 살펴보면, 유의확률이 0.05보다 크므로 95% 신뢰 수준에서 월별로 발생하는 사고의 연평균 발생건수에는 차이가 없음을 확인할 수 있다.

3.2 계절-원인의 상호작용 효과 확인을 위한 다원변량분석(n-way ANOVA)

본 절에서는 2004년~2008년까지의 사고 현황을 바탕으로 다원변량분석을 수행함으로써 계절-원인의 상호작용 효과를 파악해보았다. 계절별 사고 현황은 봄(3월~5월), 여름(6월~8월), 가을(9월~11월), 겨울(12~2월)로 구분하여 월별 사고 현황을 재분류하였다.

표 7 사용처별 도시가스 사고에 대한 일원변량분석 결과

사용처	n	μ	σ	F	df	p	η ²	차이 집단
공급시설(1)	5	5.2	2.5	48.5	5	.000	.805	(1)-(2), (1)-(3), (1)-(3), (2)-(6), (3)-(6), (4)-(6), (5)-(6).
공장(2)	5	0.2	0.4					
다중이용시설(3)	5	0.4	0.5					
요식업소(4)	5	0.2	0.4					
제1종 보호시설(5)	5	2.0	1.2					
주택(6)	5	7.6	2.5					

표 8 월별 사고에 대한 일원변량분석 결과

사용처	n	μ	σ	F	df	p	η ²
1월	10	13.6	5.5	0.670	11	.764	.064
2월	10	11.1	4.4				
3월	10	10.3	5.0				
4월	10	11.0	4.3				
5월	10	11.0	5.2				
6월	10	9.5	3.0				
7월	10	11.5	3.0				
8월	10	11.2	5.5				
9월	10	11.2	7.1				
10월	10	12.4	6.6				
11월	10	12.9	7.1				
12월	10	14.3	5.4				

가스 사고에 대한 계절-원인의 상호작용 효과를 파악해보기 위하여 다원변량분석을 수행한 결과는 다음 표 9, 표 10과 같다. 표 9의 결과를 살펴보면, 계절-원인의 상호작용 효과에 대한 유의확률이 0.05보다 작으므로(0.024) 95% 신뢰 수준에서 계절-원인간의 상호작용이 있음을 확인할 수 있다. 계절-원인의 상호작용 설명력은 0.242이고, 계절-원인의 상호작용과 사고발생의 상관관계는 0.492($\sqrt{0.242}$)이다. 그러나 원인과 사고발생 간의 상관관계가 0.888($\sqrt{0.787}$)이므로 발생 원인이 더 많은 영향을 주는 것을 알 수 있다.

표 9 계절-원인별 사고에 대한 다원변량분석 결과

소스	제 III 유형 제곱합	df	평균 제곱	F	p	η ²
수정 모형	1642.4	19	86.4	17.1	.000	0.803
원인	1501.5	4	375.4	74.4	.000	0.788
계절	12.2	3	4.1	0.8	.493	0.029
원인 * 계절	128.7	12	10.7	2.1	.024	0.242
오차	403.6	80	5.0			

표 10 계절-원인별 기술통계량

원인	계절	μ	σ	n
공급자취급부주의	봄	3.6	2.2	5
	여름	4.2	2.9	5
	가을	3.8	2.0	5
	겨울	3.0	1.9	5
사용자취급부주의	봄	11.4	1.9	5
	여름	15.0	1.9	5
	가을	9.6	1.1	5
	겨울	12.8	3.0	5
시설미비	봄	5.8	3.6	5
	여름	5.0	3.1	5
	가을	9.0	2.9	5
	겨울	8.4	3.5	5
제품불량	봄	2.2	1.6	5
	여름	3.0	2.0	5
	가을	2.6	1.5	5
	겨울	2.6	2.1	5
타공사	봄	1.4	1.5	5
	여름	1.4	1.3	5
	가을	1.4	0.9	5
	겨울	1.8	1.1	5

3.3 원인별 계절적 사고 발생 현황 파악을 위한 일원변량분석

위 3.2의 결과는 사고발생 원인과 계절에 상호작용이 존재함을 보여주고 있다. 이에 사고 원인별 계절적 영향이 어떠한지를 알아보기 위하여 일원변량분석을 추가적으로 수행하였다.

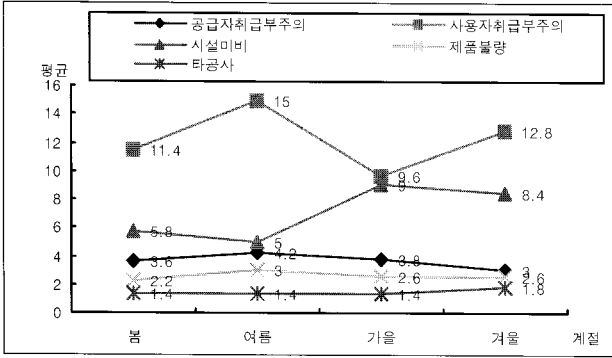


그림 5 계절-원인별 가스사고 연평균 발생건수

그림 5는 계절-원인별 가스사고의 연평균 발생건수를 보여주고 있다. 공급자부주의, 제품불량, 타공사의 경우는 계절에 무관하게 발생하고 있음을 확인할 수 있으며, 사용자취급부주의, 시설미비는 계절에 따라 차이가 보인다.

이에 각 원인별 계절적 연평균 발생건수차이를 확인하기 위하여 일원변량분석을 수행하였고, 이에 다음 표 11과 같은 결과를 얻었다. 표 11의 결과를 살펴보면 95% 신뢰 수준에서 가스 사고의 원인 중 사용자 취급 부주의에 의한 사고만이 계절적인 차이가 유의하고, 다른 원인의 경우는 계절적 차이가 유의하지 않음을 확인하였다. 특히 사용자 취급 부주의에 의한 사고의 경우, 여름과 가을의 연평균 발생건수에 유의미한 차이가 있음을 확인하였다.

다음 표 12는 사용자 취급 부주의에 대한 계절적 사고 발생 연평균 발생건수에 대한 기술통계량을 보여주고 있다.

표 11 원인별 계절적 차이 확인을 위한 일원변량분석 결과

원인	p	계절적 차이
사용자 취급 부주의	0.007	여름/가을
시설미비	0.194	-
공급자 취급 부주의	0.866	-
제품불량	0.921	-
타공사	0.940	-

표 12 사용자 취급부주의의 사고의 계절적 평균에 대한 기술통계량

계절	μ	σ	n
가을	9.6	1.1	5
겨울	12.8	3.0	5
봄	11.4	1.9	5
여름	15.0	1.9	5

3.4 통계 분석 결과 및 시사점

본 연구에서는 가스 사고 현황에 대해 종류별, 원인별, 형태별, 사용처별, 월별 가스 사고에 대하여 연평균 발생건수의 유의미한 차이가 있는지를 확인하기 위하여 일원변량분석을 수행하였으며 그 결과는 다음과 같다.

먼저 가스 종류별로 살펴보면 LPG 사고의 연평균 발생건수가 도시가스/고압가스 사고의 연평균 발생건수에 비하여 유의한 차이가 있다. 2007 가스사고연감에서는 LPG 사고가 많은 이유를 주로 서민층에서 많이 사용하기 때문에 취급부주의에 의한 것이라고 판단하고 있다. LPG 용기취급 부주의, 이동식부탄연소기 또는 접합용기 취급 부주의, 연소기 점화미숙, LPG가스시설 사용자의 임의설치 또는 수리, LPG 불법충전 등의 취급부주의를 그 원인으로 판단하고 있다[8]. 그러나 이는 단순한 현황 분석으로부터 도출된 결과이므로 추후 통계 분석 과정을 거쳐 유의한 LPG 사고의 원인을 파악하는 것이 필요하다.

원인별로 살펴보면 사용자부주의와 시설미비에 의한 사고의 연평균 발생건수는 다른 원인에 의한 사고의 연평균 발생건수와 유의미한 차이가 있으며, 사용처별로는 주택에서의 사고에 대한 연평균 발생건수가 다른 장소에서의 연평균 발생건수와 차이가 있다. 그러나 도시가스 사고를 살펴보면 시설미비와 타공사에 의한 사고와 주택 및 공급시설 사고의 연평균 발생건수가 다른 원인 및 사용처에서의 연평균 발생건수에 비해 유의미한 차이를 보이고 있다.

이점은 LPG 사고와 도시가스 사고의 발생 유형이 다르다는 점을 시사하고 있다. LPG 사고가 많다는 점과 연계하여 생각해 보면 주택에서의 LPG 사고가 사용자부주의에 의해 많이 발생하는 반면에 도시가스 사고는 주택 또는 공급시설에서 시설미비와 타공사에 의한 사고가 많이 발생한다. 이는 개별 사용자에 의해 발생하는 사고와 공급자 측면에서 발생하는 사고에 대한 관리의 구별이 필요함을 의미한다고 볼 수 있다. 즉, 사용자 측면에서의 안전 및 예방 교육이 강화되어야 하고, 공급자 측면에서는 시설 유지 보수 및 타공사 관리가 강화되어야 한다.

형태별로는 폭발 사고가 다른 형태의 사고에 대한 연평균 발생건수와 유의한 차이를 보이고 있다. 폭발 사고가 많다는 것은 가스사고의 특성상 사고 건수의 관리와 더불어 대형 사고의 가능성을 줄일 수 있는 노력이 병행되어야 함을 시사한다.

가스 사고의 월별 연평균 발생건수는 유의미한 차이를 보이고 있지 않는 점은 특이할 만한 사항이다. 가스

의 경우 겨울철 보일러 사용으로 인한 도시가스 사용량 증가로 인해 사고가 많이 발생하거나 행락철 이동식 가스레인지의 사용 증가로 가스 사고가 많을 것이며 온도에 민감한 가스의 특성상 월별 사고에 차이가 있을 것으로 판단되었으나 통계 분석 결과는 월별 사고의 연평균 발생건수에서는 유의미한 차이를 발견할 수 없었다. 이 점은 가스 사고 발생이 환경적 변화보다는 사용자 및 시설 여건 등에 의해 더 좌우되고 있음을 간접적으로 보여준다.

본 연구에서는 환경 요인에 의한 사고의 좀 더 세부적인 파악을 위하여 원인-계절별 사고에 대한 다원변량분석을 하였고, 그 결과 원인-계절의 상호작용이 유의미하게 존재하고 있음을 파악하였다. 그러나 결과에서 보듯이 원인에 의한 영향이 더 크기 때문에 원인별로 계절 효과를 분석한 결과 사용자 취급 부주의에 의한 사고만이 여름의 발생이 가을보다 많게 나타났으며 시설미비, 공급자 취급 부주의, 제품불량, 타공사에 의한 사고는 계절적 차이가 없었다. 이점은 사용자 취급 부주의에 의한 사고가 여름 행락철 가스레인지 사용 증가나 여름철 고온 하에서 많이 발생하고 있기 때문에 이 시기에 집중적으로 안전교육을 시행하는 것이 필요함을 보여준다. 이에 반해 시설미비, 공급자 취급 부주의, 제품 불량, 타공사 등은 계절과 무관하게 전반적인 관리와 교육이 필요함을 보여준다. 이는 앞에서 언급하였듯이 사용자 측면과 공급자 측면에서의 사고 방지 대책이 구분되어야 함을 말한다.

사용자측면과 다르게 공급자 측면에서는 주로 시설미비나 공급자 부주의, 제품 불량, 타공사에 의한 사고가 많다. 특히 2003년~2007년의 도시가스 사고 현황을 살펴보면, 시설미비(30.9%)와 타공사(29.6%)에 의한 사고가 전체 도시가스 사고의 절반 이상을 차지하고 있다[8]. 시설미비에 의한 경우는 준공검사와 정기/수시 점검을 강화함으로써 예방이 가능하고, 타공사의 경우는 현재 시행중인 원클시스템 등을 강화함으로써 예방이 가능할 것으로 판단된다.

그러나 검사 등을 강화한다는 것은 곧 공급자에게는 다양한 형태의 규제로 작용하여 실효를 거두기 어렵기 때문에 검사 등을 강화함과 동시에 규제 완화가 병행되어야 한다. 이 부분에서 현재 개발되고 있는 센서 및 RFID, 무선통신기술 등의 다양한 유비쿼터스 기술을 활용할 필요가 있다. 즉, 기존의 유지관리 방법을 개선하여 시설물들의 지능화를 통해 관련된 시설물 정보를 실시간으로 모니터링 하는 것이 규제를 완화함과 동시에 예방 효과를 높일 수 있는 방법이다.

4. 결론 및 추후 연구 과제

본 연구에서는 기존의 사고 현황 분석에서 한 단계 더 나아가 사고 현황에 대한 통계 분석을 수행해 봄으로써 사고현황에 대한 시사점을 살펴보았다. 통계 분석 결과 LPG 사고의 경우는 사용자에서, 도시 가스의 경우는 공급자 측면에서 사고가 많이 발생했다는 점으로부터 가스 사고의 경우는 LPG와 도시가스에 의한 사고의 발생 매커니즘이 다를 것으로 판단된다. 그러나 자료 불충분으로 인하여 가스 종류간의 발생 매커니즘 차이를 파악하지 못한 것은 아쉬운 점이다. 또한 LPG 사용량의 경우는 도시가스에 비하여 더 많은 수요가 있기 때문에 수요에 따른 가스 사고에 대한 분석이 수행되지 못함으로써 보다 더 정확한 분석이 이루어지지 못한 아쉬움이 있다.

또한 사고별 인명/재산 피해를 파악해 보지 않았기 때문에 피해 측면에서의 사고를 분석해보지 못하였다.

가스 종류별 발생사고와 그에 대한 피해 규모에 대한 자료를 분석하면 피해 건수를 줄이는 것 보다 피해액을 줄이는 방향으로 정책을 만들 수 있도록 더욱 실용적인 대안을 제시할 수 있을 것이다.

마지막으로 본 연구는 단지 통계 자료만으로 분석을 시행했기 때문에 현재 수행되고 있는 사고 예방 및 관리에 대한 노력을 반영하지 못하였다. 만약 사고 예방 및 관리를 위해 투입되고 있는 예산을 파악해 보면 투자대비 사고 억제 효과가 큰 부분이 어디이며, 상대적으로 예산 투자를 높여 사고를 방지해야 하는 부분까지 파악을 할 수 있을 것으로 판단된다.

추후 연구로는 본 연구 결과를 기반으로 사고 예방 방안 도출에 대한 연구가 필요하다. 현재의 가스사고 예방을 위한 법령 체계, 점검과 예방조치 등에 대한 종합적인 검토를 통해 사용자 부주의에 의한 사고, 시설미비 및 타공사에 의한 사고에 대한 예방대책을 제시하는 것이 추가적으로 필요하다.

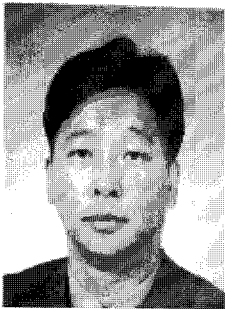
5. 참 고 문 헌

- [1] 한국가스안전공사, “도시가스사 현황 & 전국가스산업현황”, www.kgs.or.kr,
- [2] 산업자원부, “제 8차 장기 천연가스 수급계획”, 2006,
- [3] 정원익, “국내 도시가스 산업시설의 안전관리 실태 분석 및 개선방안”, 박사학위논문(2004),
- [4] 박교식, 김은정, “해빙기 가스사고분석 및 사고예방 대책 제시”, *Journal of the Korean Institute of Gas*, Vol.4, No. 2(2000) : 46-51,

- [5] 박교식, 김지윤, “1995 ~ 1998년 가스사고 분석 및 사고감소대책 제시”, Journal of the Korean Institute of Gas, Vol. 4, No. 3 (2000) : 1-8,
- [6] 고재선, 김 호, “최근 국내 가스사고사례를 기초로 한 가스사고 데이터베이스 구축”, Theories and Applications of Chemical Engineering, Vol.9, No.2 (2003) : 3040-3043,
- [7] 정원익, 양광모, 강경식, “국내 도시가스 시설의 안전관리 발전방안에 관한 연구“, 안전경영과학회지, 제 6권, 제 2 호(2004) : 23-33,
- [8] 한국가스안전공사, “2007 가스사고연감”, 2007.

저 자 소 개

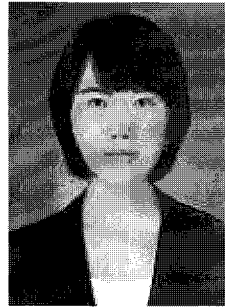
김 정 훈



영남대학교 건축공학과에서 학사, 서울대학교 도시계획학과에서 석사를 취득하고 영국 Newcastle upon Tyne 도시계획학과에서 박사를 취득하였으며 현재는 국토연구원 국토인프라GIS연구본부에서 연구위원으로 재직 중이다. 관심분야는 GIS 활용, u-City 정책, 도시계획 등이다.

주소: 경기도 성남시 분당구 구미동 무지개마을 건영@1001동 1401호

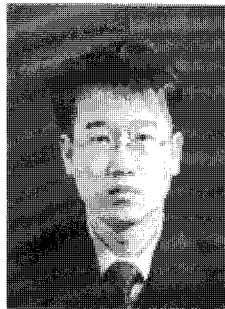
정 지 연



인하대학교 지리정보공학과에서 학사, 석사를 취득하였으며 현재 대한지적공사 사업개발팀에 재직 중이다. 관심분야는 건설, 지적, 측량 등이다.

주소: 서울시 관악구 봉천동 1689-25

임 시 영



한양대학교 산업공학과에서 학사, 석사, 박사학위를 취득하였으며 현재 국토연구원 국토인프라GIS 연구본부에서 책임연구원으로 재직 중이다. 관심분야는 확률과정론 및 대기이론, 신뢰성 등이다.

주소: 경기도 안양시 동안구 부림동 1588-6 라츠오피스텔 1214호