

A-01

국내 중대산업사고 DB에 근거한 화재폭발 원인 분석

이근원, 이규남, 임대식*

한국산업안전공단 산업안전보건연구원, 중대산업사고예방실*

Fire and Explosion Cause Analysis based on Major Accident Database Management System of Korea

Keun-Won Lee, Kyu-Nam Rhee, Dae-Sik Lim*

Occupational Safety & Health Institute, KOSHA

1. 서 론

우리나라 화학산업은 1960년대 정부의 제1차 경제개발 5개년 계획으로 본격적으로 건설되기 시작되었다. 1970년대 정부의 중화학공업 육성정책으로 성장기반을 마련한 화학산업은 두 차례에 걸친 석유판동으로 잠시 성장이 둔화되기도 하였으나 끊임없는 발전을 지속하였다. 그러나, 화학산업은 다양한 종류의 화학물질이 대량으로 존재하여 잠재위험성이 크며, 사고의 발생형태가 화재, 폭발 또는 독성물질의 누출로써 사고가 발생할 경우 인적 물적손실과 함께 환경에 막대한 영향을 미치고 재해의 강도가 크다. 우리나라에서도 1996년부터 중대산업사고 예방을 위해 산업안전보건법 제49조 2항에 의거 공정안전관리(Process Safety Management, PSM)제도를 시행하고 있다. 국내의 경우 유해·위험 설비로부터의 위험물질의 누출·화재·폭발 등으로 인하여 사업장내 근로자에게 즉시 피해를 주거나 사업장 인근지역에 피해를 줄 수 있는 사고를 중대산업사고로 정의하고 있다. 실제로 국내외에서 매년 수만 건의 중대산업사고가 발생되고 있으며, 화학공장의 건설, 운전이나 보수 시 화재·폭발 사고 등이 발생하고 있어 체계적인 대책이 필요하다. 이러한 중대산업사고를 예방하기 위해서는 과거에 발생한 사고사례를 수집, 분석하여 사고특성 등을 파악하여 동종 혹은 유사사고 예방에 활용하는 것이 중요하다.

이에 따라 한국산업안전공단에서는 국내의 중대산업사고를 수집·가공하여 데이터베이스화하여 사업장에서 활용할 수 있도록 중대산업사고 정보관리시스템(Major Accident Database Management System, K-ADB)를 개발하여 운영하고 있다. 이러한 중대산업사고 정보관리시스템은 현재도 사고사례를 수집하여 데이터베이스(DB)를 구축하고 있으나 사고원인 분석이 체계적이지 못하여 사업장이나 연구기관에서 DB의 활용이 어려운 실정이다. 본 연구에서는 중대산업사고 데이터베이스를 근거로 사고사례 660건을 재분류하여 연대별 사고건수와 사상자 추이, 사고형태, 발화원 및 사고공정별 사고건수와 사상자의 분포

특성 등을 고찰하였다. 이들 중대산업사고의 상관관계 분석을 통하여 화재·폭발사고 예방대책 수립의 기초자료로 제공하고자 한다.

2. 조사 및 분석 방법

본 연구에서 선정된 중대산업사고는 한국산업안전공단에서 운영하고 있는 KOSHA NET 오픈커뮤니티의 종합위험관리체제(IRMS)에서 제공하고 있는 국내 중대산업사고 사례 데이터베이스를 기초로 하였다. 중대산업사고는 산업안전보건법 제49조의2에 의해 유해·위험설비를 보유하고 있는 사업장으로 사고원인 분석을 위해 선정된 사고사례는 660건 이었다. 중대산업사고 원인분석을 위해 데이터베이스를 근거로 사고명, 사고년월일, 요일, 사고발생공정, 운전상황, 발화원, 사고물질, 사고형태, 사고발생설비 및 사상자수를 재분류하여 엑셀 프로그램의 worksheet 파일로 만들어 통계프로그램(SPSS Version 10.0)을 이용하여 각 항목별로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 시기별 중대산업사고 추이

중대산업사고 특성을 알아보기 위해 연대, 계절, 요일별 사고건수를 분석하여 사고의 경향을 알아보았다. 연대별 사고건수를 Fig. 1에 나타내었다. 우리나라 화학공업이 건설되어 운전되는 초기단계보다는 1985년 이후 중대산업사고가 많이 발생하는 것으로 나타났다.

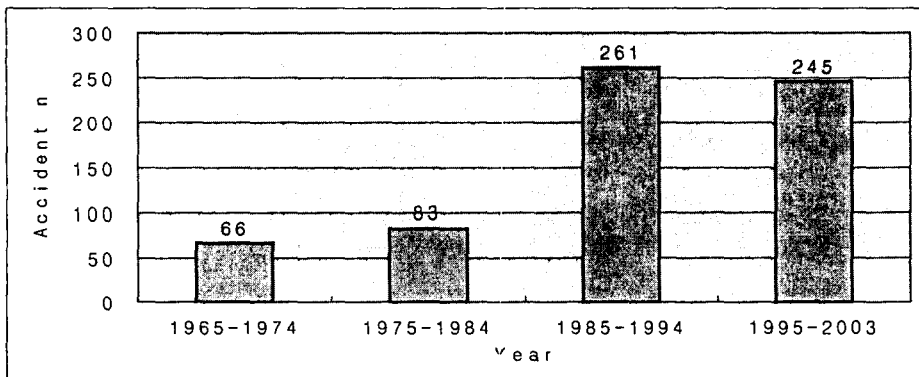


Fig. 1. Trend of major accident by years.

계절별 중대산업사고 발생분포를 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2에서 보는바와 같이 가을, 겨울보다는 봄과 여름철에 중대산업사고가 많이 발생하는 것으로 나타났다. 이 시기는 정기보수를 위한 화기작업의 증가와 근로자의 정신상태의 이완으로 사고가 많이 발생하는

것으로 사료된다. 따라서, 봄과 여름철에 중대산업사고 예방대책수립이 절실히 필요한 것으로 판단된다.

요일별 중대산업사고 분포를 Fig. 3에 나타내었다. 주중에는 수요일이 사고발생 건수가 가장 많았다. 따라서, 주중에는 수요일 날 공장의 보수나 작업시 중대산업사고 예방을 위해 각별한 주위가 요망된다. 토, 일요일은 보수나 점검 등이 주중보다는 없기 때문에 사고건수가 낮은 것으로 사료된다.

사고형태별 중대산업사고 분포를 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 화재, 폭발 및 화재+폭발 순으로 중대산업사고가 많이 발생하는 것을 알 수 있었다. 따라서, 산업현장에서 중대산업사고를 예방하기 위해서 화재나 폭발예방 대책에 무엇보다 중요하다는 것을 알 수 있었다.

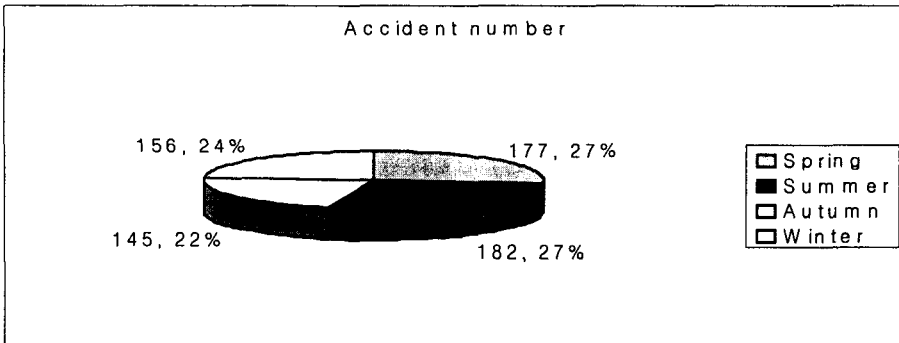


Fig. 2. Distribution of major accident by season.

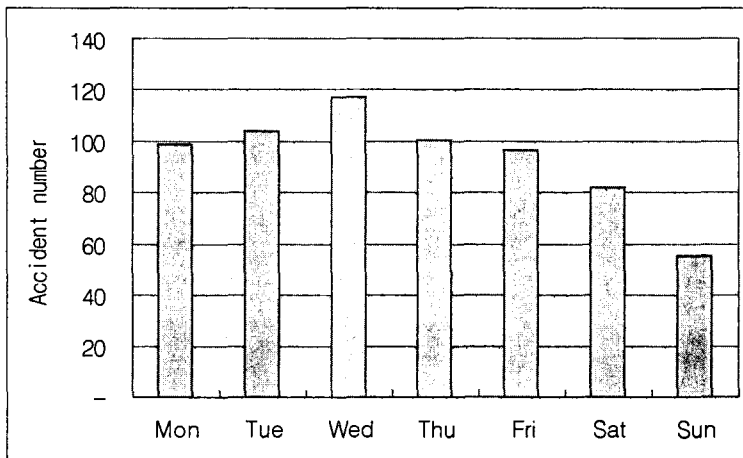


Fig. 3. Distribution of major accident by day.

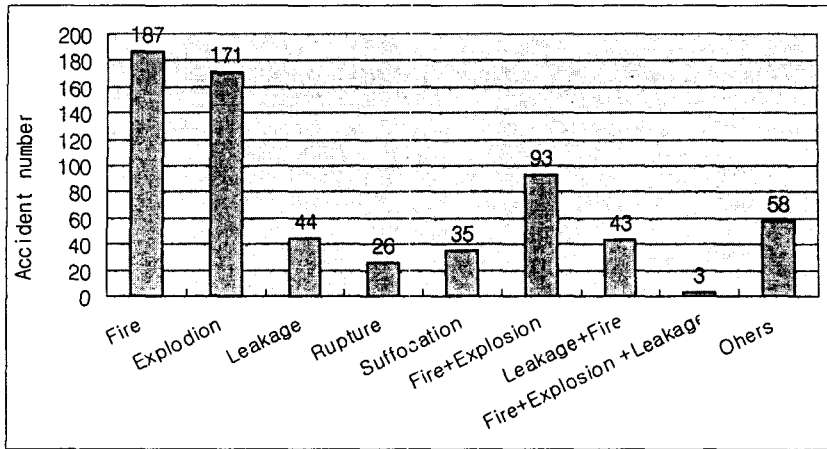


Fig. 4. Distribution of major accident by accident type.

3.2. 발화원 및 운전상황별 중대산업사고 특성

중대산업사고 원인을 분석하기 위하여 발화원별 사고건수를 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 5에 나타난 바와 같이 불꽃 등 직화가 가장 많은 건수를 차지하고 다음은 용접불티, 마찰·충격 및 전기스파크의 발화원에 의해 화재·폭발사고가 많은 것으로 나타났다. 따라서, 작업장에서는 이들 발화원에 대한 특별한 관리와 주의가 요망된다. 또한, 발화원의 원인불명이 상당한 건수를 차지하고 있어 중대산업사고 조사시 철저한 발화원의 규명이 필요한 것으로 판단된다.

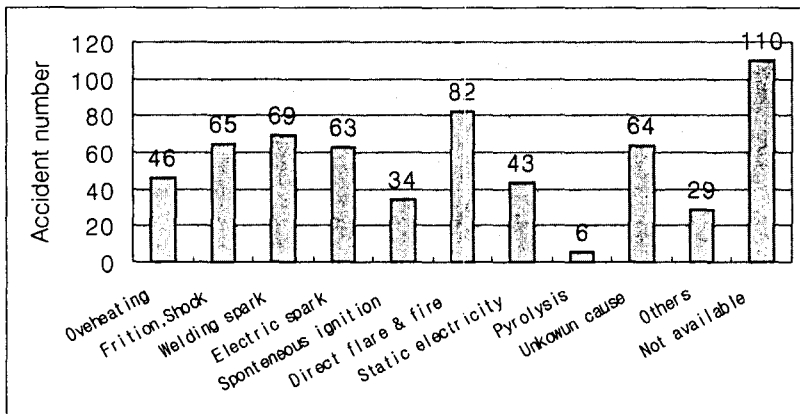


Fig. 5. Ignition source versus accident number.

운전상황별 사고건수를 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 6에서 정상운전중은 운반작업을 포함하며, 비정상운전은 건설중, 실험중 및 시운전중의 사고를 포함한다. 또한, 정비보수중은 검사 및 Shut down 중의 사고를 포함한다. 작업중은 도장, 세척, 용접 등 공장에서 행하는 다양한 작업을 포함한다. Fig. 6에서는 보는 바와 같이 정상운전중 사고건수가 가장 크며, 이는 화학물질의 누출 등으로 인한 정상운전중에 일어난 사고이다. 다음은 공장에서 도

장, 세척, 용접 등 여러 종류의 작업을 행하는 동안 화재·폭발 등 중대산업사고가 많이 발생한 것으로 나타났다.

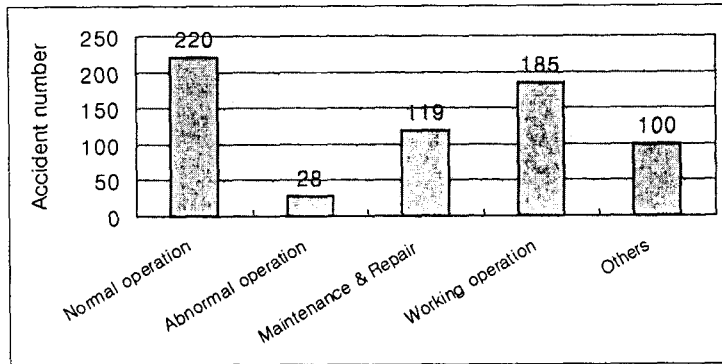


Fig. 6. Operation status versus accident number.

3.3. 시기별 사상자 추이

사고 1건당 사망과 부상자를 포함한 사상자의 강도를 알아보기 위해 연대별로 평균사상자수를 계산하였다. Fig. 7에 나타낸 바와 같이 연대별 평균사상자수를 보면 1985년 이후부터 최근까지 사고 1건당 사고 강도율이 증가하는 것으로 나타났으며, 2000년대에는 사고 1건당 평균 4.71명이 사망하거나 부상하는 것으로 나타났으며, 이는 최근들어 와서 사고가 점차대형화 되어가는 것을 알 수 있다. 따라서, 중대산업사고 예방을 위해 기술인력의 양성이나 집중 관리하는 등 특별한 대책이 요망된다.

Fig. 8 은 계절별 사상자 추이를 나타낸 것으로 봄, 가을철에 사고1건당 평균 사상자수가 많음을 알 수 있다. 따라서, 봄철 해빙기와 가을철에 사고1건당 강도율이 큰 것으로 보아 화재·폭발 사고의 예방대책과 함께 사고시 인명피해를 최소화하는 대피훈련이나 비상대비책이 필요한 것으로 판단된다.

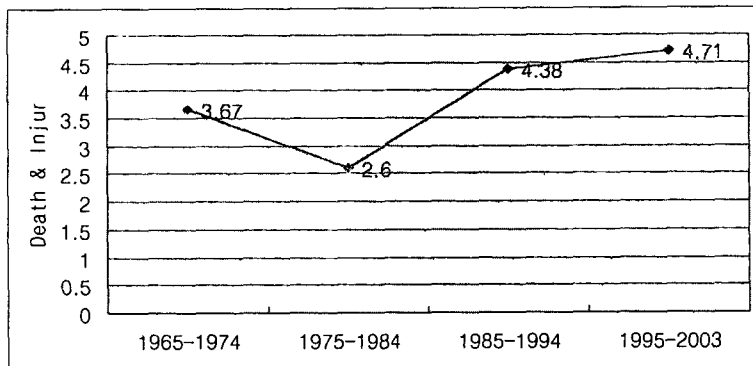


Fig. 7. Trend of average death and injury number by years.

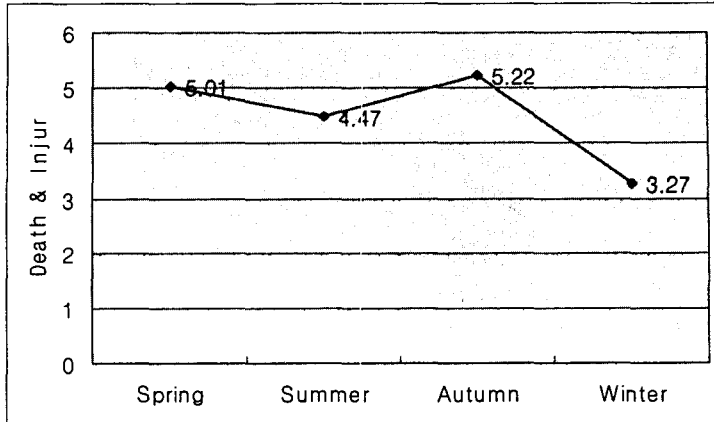


Fig. 8. Trend of average death and injury number by season.

4. 결론 및 제언

본 연구에서는 화재·폭발 등 중대산업사고 예방대책 수립을 위한 기초연구로서 한국 산업안전공단 중대산업사고 정보관리시스템의 데이터베이스를 근거로 660건의 사고사례를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

시기별 중대산업사고 추이를 살펴보면 화학공업이 건설되어 운전되는 초기단계보다는 1985년 이후 중대산업사고가 많이 발생하는 것으로 나타났다. 계절별은 가을, 겨울보다는 봄과 여름철에 중대산업사고가 많이 발생하는 것으로 나타났다. 주중에는 수요일이 사고 발생 건수가 가장 많았고, 사고형태별 사고건수는 화재, 폭발 순이었다. 발화원별 중대산업사고의 특성은 불꽃 등 직화가 가장 많은 건수를 차지하고 다음은 용접불티, 마찰·충격 및 전기스파크의 발화원에 의해 화재·폭발사고가 많은 것으로 나타났다. 운전상황별 사고건수는 정상운전중 사고건수가 가장 크며, 이는 화학물질의 누출 등으로 인한 정상운전중에 일어난 사고이다. 다음은 공장에서 도장, 세척, 용접 등 여러 종류의 작업을 행하는 동안 화재·폭발사고가 많이 발생한 것으로 나타났다. 연대별 평균사상자수를 보면 1985년 이후부터 최근까지 사고 1건당 사고 강도율이 증가하는 것으로 나타났으며, 2000년대에는 사고 1건당 평균 4.71명이 사망하거나 부상하는 것으로 나타났다. 계절별 사상자 추이는 봄, 가을철에 사고1건당 평균 사상자수가 많음을 알 수 있었다. 따라서, 화재·폭발 등 중대산업사고 예방을 위한 전문 기술인력의 양성이나 유해·위험 사업장의 화재·폭발 예방에 관한 집중관리와 사고시 인명피해를 최소화하는 피난훈련 혹은 비상대비책 필요한 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 한국산업안전공단, 산업안전보건법령집, 2003.
2. 한국산업안전공단, 중대산업사고 사례집, 중예 2003-16-537, 12월(2003)..
3. 이영순 외, 중대산업사고 사고사례 데이터베이스 구축(Ⅱ), 연구원 2000-62-303, 5월 (2000).
4. H. Itagaki, Statistical Charts and Frequency-magnitude Curves of Labour Accidents concerning Explosion and Fire, NIIS-SD-NO.15, Safety Document of the National Institute of Industrial Safety of Japan, (1997).
5. Yang Lizahong, " Fire Situation and Fire Characteristic analysis based on Fire Statics of China", Fire Safety Journal, Vol. 37, pp.785-802(2002).