

# 정유공장에서 정기보수시의 사고해석에 대한 연구

A study for the accident analysis at annual turn around works in refinery

윤동현 · 이창규 · 김창은\*

한국산업안전공단 · \*명지대학교 산업공학과

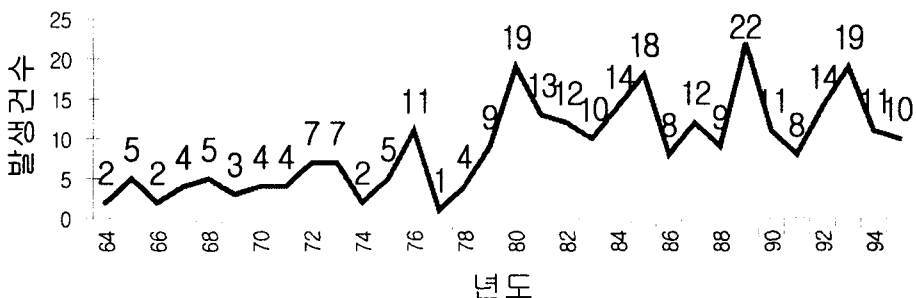
## 1. 개 요

국내 정유공장의 역사는 1964년에 울산에서 가동하기 시작하여 1970년에 여천, 1973년에 인천, 1976년에 부산, 1980년에 온산, 그리고, 1989년에 서산에서 정유공장을 설치하여 가동하였다. 이들의 정유공장에서 1964년부터 1995년까지 발생한 사고사례 285건을 수집하여 정리하였다.<sup>1)</sup> 285건의 사고를 분석하여 연도별 사고발생건수의 추이 및 운전형태별 사고발생건수의 분포를 작성하였다.

본 연구는 정유공장에서 발생한 사고시의 운전형태 중에 정기보수시에 발생하는 사고를 중점으로 분석하였고, 또한 정기보수시를 운전정지부터 시작하여 보수작업, 그리고 운전개시로 이어지는 동안에 발생한 사고들의 각각 원인을 자세히 분석하였으며, 이들로부터 사고예방대책을 모색하였다.

## 2. 연도별 사고발생건수의 추이

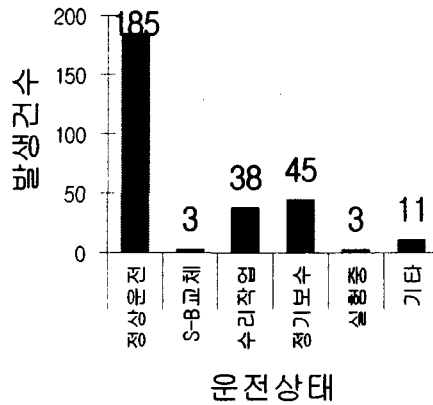
국내 정유공장에서 발생한 사고를 1964년부터 1995년까지의 사고사례 285건을 연도별로 정리하여 연도별 사고발생건수의 추이를 <그림 1>에 나타내었다. 사고발생건수를 보면, 1989년이 22건(7.7%)으로 가장 많이 발생하였고, 그 다음이 1980년과 1993년으로 각각 19건(6.7%)이고, 1985년이 18건(6.3%) 순으로 나타났으며, 연간 평균 8.9건의 사고가 발생되었고, 1993년 이후에는 감소하는 경향을 보였다.



<그림 1> 연도별 사고발생건수의 추이

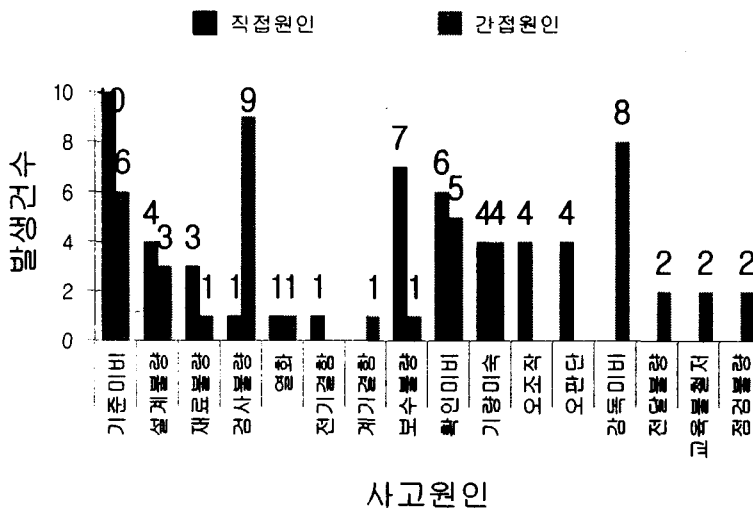
### 3. 운전형태별 사고발생건수의 분포

정유공장에서 발생한 사고 285건에 대하여 운전형태별 사고발생건수의 분포를 <그림 2>에 나타내었다. 운전형태별 사고발생건수의 분포를 보면, 정상운전시에 발생한 사고가 187건(65.6%)이고, 정기보수시에 발생한 사고 45건(15.8%), 수리작업시에 발생한 사고가 38건(13.3%) 순으로 나타났다.



<그림 2> 운전형태별 사고발생건수의 분포

### 4. 정기보수시 사고발생건수의 분석



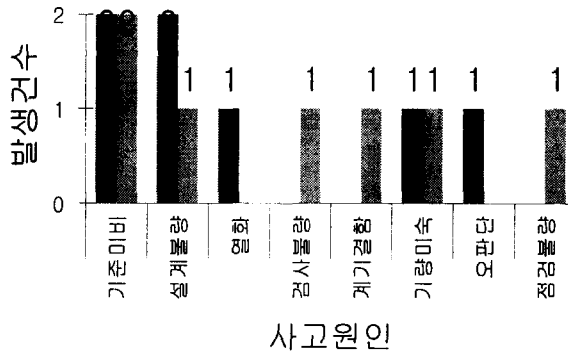
<그림 3> 정기보수시의 사고원인별 발생건수의 분포

이들 사고중에 정기보수시에 발생한 45건의 사고사례를 사고원인별 발생건수의 분포를 <그림 3>에 나타내었다. 이들 사고의 원인을 정밀하게 분석하면, 기술적 원인이 20건이고, 안전관리적 원인이 25건으로 나타났다. 그 세부요인으로 보면, 기준미비가 10건(22.2%)으로 가장 많았고, 그 다음이 보수불량 7건(15.6%), 확인미비가 6건(13.3%), 설계불량, 기량미숙, 오조작, 오판단이 각각 4건(8.9%) 순으로 나타났다. 또, 정기보수시 발생한 사고를 운전정지시(7건, 15.6%), 보수작업시(19건, 42.2%), 운전개시시(19건, 42.2%)로 나누어 이들 기간에 발생한 사고의 원인분석과 예방대책은 다음과 같다.

#### 4.1 운전정지(Shut-down)시 발생한 사고의 분석

##### (1) 운전정지시 발생한 사고의 원인

운전정지시 발생한 사고 7건(전체의 2.5%)의 사고원인별 사고발생건수의 분포를 <그림 4>에 나타내었다. 운전정지시에 발생한 사고의 직접원인을 보면, 기술적인 원인이 5건, 안전관리적인 원인이 2건으로 나타났으며, 그 세부요인을 보면, 기준미비와 설계불량이 각각 2건(28.6%)으로 나타났다.



<그림 4> 운전정지시 사고원인별 사고발생건수의 분포

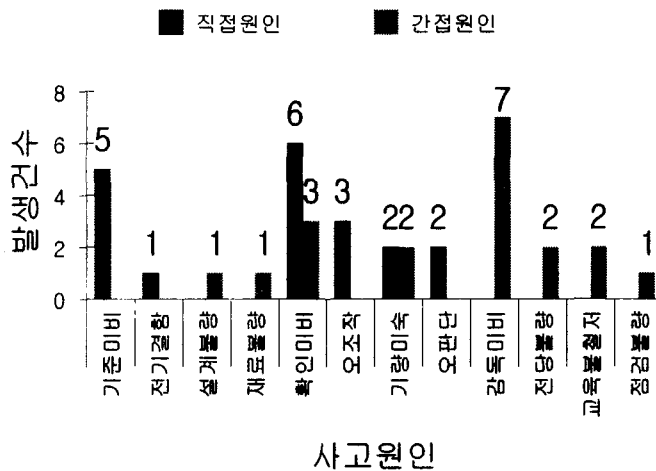
##### (2) 예방대책

운전정지시의 사고예방대책을 보면, 운전정지의 작업표준 및 기준이 미비하였고, 설계불량이 원인으로 나타났으며, 이들은 운전정지시 작업기준을 확실히 작성하여 교육·훈련하여야 하고, 특히, 운전정지시 운전조건의 급작스러운 변화에 의해서 발생하는 사고가 대부분을 차지 하고 있다. 그러므로, 온도의 변화가 심하면 배관 등에서 수축·팽창에 의하여 플랜지의 볼트 등이 이완되어 가연성 물질이 누출되고, 화재·폭발·중독 등으로 인하여 중대산업사고의 원인이 된다. 운전정지시는 공정의 운전조건을 변경할 때에는 서서히 공정조건을 변화시켜야만 사고를 예방할 수 있다.

## 4.2 보수작업시 발생한 사고의 분석

### (1) 보수작업시 발생한 사고원인의 분포

보수작업시 발생한 사고 19건(전체의 6.7%)의 직접 및 간접원인별 사고발생건수의 분포를 <그림 5>에 나타내었다. 보수작업시에 발생한 사고의 직접원인을 보면, 기술적인 원인이 6건, 안전관리적인 원인이 13건으로 나타났으며, 그 세부요인을 보면 확인미비가 6건(31.6%)으로 가장 많았고, 그 다음으로 기준미비가 5건(26.3%), 오조작이 3건(15.8%) 순으로 나타났다.



<그림 5> 보수작업시 사고원인별 사고발생건수의 분포

### (2) 예방대책

보수작업시의 사고예방대책을 보면, 보수작업시에 발생한 사고가 대부분 안전관리적인 원인에 의해서 발생됨으로 적절한 안전교육과 감독의 철저로 많은 사고를 감소시킬 수 있고, 다음과 같은 절차와 확인을 실시하여야 한다.

#### 1) 작업전 확인

##### ① 액체제거작업시의 안전대책

- 내용물을 제거하고, 물을 가득 채우거나 질소로 치환한 후에 공기로 치환한다
- 저장탱크 등에 황화철이 존재하는 경우에는 물 등으로 내부를 습하게 유지한다.
- 전기기계·기구는 방폭형을 사용하고, 공구는 방폭형 재질의 공구를 사용한다

##### ② 퍼지시의 안전대책

- 기름이나 슬러지류를 포함한 탐조류는 스팀을 사용하여 퍼지 한다.
- 유체의 흐름으로 퍼지할 경우에는 퍼지밸브를 복수로 설치한다.
- 밸브의 개폐시에는 적절한 공구를 사용하고, 충격적인 조작은 피한다.

##### ③ 맹판의 삽입·제거시의 안전

- 배관내부를 질소나 스팀으로 퍼지하고, 압력을 제거한다.

- 생산부서의 담당자와 정비부서의 작업원이 현지에서 퍼지를 확인한다.
- 퍼지가 완료된 부위는 「확인완료」 등의 표시를 하고, 개방된 곳을 명확히 한다.

## 2) 작업시 안전

### ① 작업시작

- 퍼지, 차단, 잠금 등의 확인을 감독자와 작업자가 현장에서 같이 실시한다.
- 감독자와 작업자는 현장에서 안전조치상황, 작업시작 및 종료 등을 확인한다.
- 독성 가스등의 분출 가능성이 있는 경우에는 담당직원이 상시 입회한다.

### ② 가스검지의 실시

- 독성물질이나 가연성 물질의 경우 가스검지를 착공전 실시하고, 작업에 임한다.
- 화기절단작업인 경우 살수냉각하고 시험구멍을 만들어서 가스검지를 실시한다.
- 공기보다 무거운 가연성 가스의 검지는 배관의 아래쪽에서 실시한다.

## 3) 화기작업의 안전

- 화기작업은 필요최소한의 범위에서 작업한다.
- 작업 시작 전에는 배관 등의 맹판을 확인하고, 가연성 가스검지기로 확인한다.
- 케이블 트레이 등의 상부에서 화기작업을 할 때에는 덮개 및 커버를 씌운다.

## 4) 작업시 주의사항

- 고소작업시 반드시 비계를 설치하여 작업면을 확보하여야 한다.
- 파손되기 쉬운 소구경의 배관을 밟지 않도록 한다.
- 계장용 소구경의 배관이나 전선관을 밟거나 올라가지 않도록 한다.

## 4.3 운전개시시 발생한 사고의 분석

### (1) 운전개시시 발생한 사고원인별 사고발생건수의 분포

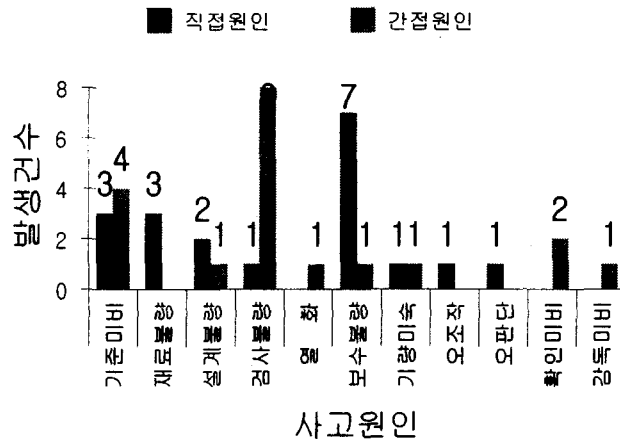
운전개시시 발생한 사고 19건(전체의 6.7%)의 사고원인별 사고발생건수의 분포를 <그림 6>에 나타내었다. 운전개시시에 발생한 사고원인별 사고발생건수의 분포를 보면, 사고의 직접원인은 기술적인 원인이 9건(47.4%), 안전관리적인 원인이 10건(52.6%)으로 나타났으며, 그 세부요인은 보수불량이 7건(36.8%)으로 가장 많았고, 그 다음으로 기준미비와 재료불량이 각각 3건(15.8%) 순으로 나타났다. 사고의 간접원인은 기술적인 원인이 14건(73.3%), 안전관리적인 원인이 5건(26.3%)으로 나타났으며, 그 세부요인은 검사불량이 8건(42.1%)으로 가장 많았고, 그 다음으로 기준미비가 4건(21.1%), 확인미비가 2건(10.5%) 순으로 나타났다.

### (2) 예방대책

운전개시시의 사고예방대책을 보면, 정유공장의 운전기간을 330일로 보아 운전개시시는 5일 이내가 됨으로 이 시기에 발생한 사고는 정상운전보다 4배 이상으로 많이 발생하고 있으므로 정기보수작업이 완료되면, 필히 가동전 점검을 실시하여야 하고, 이들 사고를 예방하기 위해서는 다음과 같다.

- 작업완료 후에 기밀시험이나 수압시험을 실시한다.

- 유체의 치환은 밸브 등의 개폐상황을 확인하고, 단혀 있는 것이 없도록 한다.
- 급작스럽게 온도를 상승하거나, 낮추어서는 아니 된다.
- 온도의 변화에 따라서 플랜지 등에 누설의 유무를 확인하여야 한다.
- 온도의 변화에 따라서 핫볼팅(hot bolting) 등을 실시한다.



<그림 6> 운전개시시 사고원인별 사고발생건수의 분포

## 5. 결론

정기보수시 발생한 사고는 정상운전을 330일로 할 때에 약 35일간의 사고가 45건이라면 정상운전시 발생한 사고보다 월등히 많으므로 이 기간의 사고사례를 개발하여 정기보수이전에 직원뿐만 아니라 하도급업체의 직원까지 안전관리교육을 실시하고, 운전정지시에는 운전조건을 급변하게 조절하지 않도록 운전하며, 보수작업시에는 작업전 확인으로 퍼지를 확실히 실시하며 가스를 감지하거나 공정을 격리하고, 작업시에는 화기작업의 안전 및 작업면 확보 등이 있으며, 운전개시시는 보수작업이 완료된 후에 가동전 점검 및 수압시험을 실시하는 등으로 많은 사고를 줄일 수 있는 것으로 사료된다

## [참고자료]

1. 윤동현, 석유정제공업의 공정별 사고사례분석을 통한 안전대책 연구, 1999. 6
2. 정유사의 사고사례집
3. 한국산업안전공단, 중대산업사고사례집, 1993~1996
4. 한국산업안전공단, 중대산업사고 조사보고서, 1993~1996
5. 일본 지바노동기준국, 화학공장에 있어서 폭발·화재방지대책 지침, 1996. 3