

화학 공장에서의 사고 관련 지식의 공유 및 활용

윤여홍

서울대학교 자동화시스템 연구소, 플랜트제어연구실

Sharing and application of Incident-related knowledge in chemical processes

Yeo Hong Yoon

Seoul National University, Automation & Systems Research Institute

1. 서론

최근 그 필요성 및 중요성에 대해서는 공감하고 있으나, 시행 과정 중에 나타날 수 있는 문제점에 대한 조심스러운 지적 속에 추진 중인 공정 관리 시스템(Process safety management system)의 한 요소로서 '사고 조사(Incident investigation) 및 사후 조치'가 있다.

사고 조사라 하면 규모가 작은 경우는 회사 자체 조사 보고서의 작성, 규모가 큰 경우는 관계 기관 및 검·경에 의한 수사 등으로 인식되게 되며 이 경우 형식적인 보고서의 작성 혹은 직접적인 원인 제공자의 판단에 초점이 각각 맞추어져 왔었다. 그러나 화학 공장 및 시설물에서의 공정 사고는 어느 하나의 원인에 의해 일어난다고는 볼 수 없다. 왜냐하면 화학 공장이 제대로 설계되려면 어느 한 두가지의 원인에 의해서가 아니라 여러가지 원인이 복합적으로 작용하여야 주요 사고가 발생하도록 2중, 3중의 안전 장치 속에 설계되기 때문이다. 그리고 본고에서 다루어지게 되는 내용도 중대 사고가 아닌 경미한 사고를 포함하여 중대 사고로 발생 할 수 있는 모든 종류의 비정상적인 상태를 포함하게 된다. 즉 사고(incident)의 정의가 '원하지 않은 결과(undesirable consequences'가 나타날 수 있는 계획되지 않은 사건(unplanned event)'이 되게 되며, 이에는 소위 아차 사고(Near-miss)가 포함되게 된다.

그리고 사고 조사의 목적은 재발 방지 대책의 장구가 되게 된다. 그리고 이러한 재발 방지 대책은 다음과 같이 공정 안전 관리 시스템 내에 반영되게 된다.

- 1) 사고 관련 일련의 원인에 대한 규명 및 분석
- 2) 사고 발생 억제와 발생 후의 피해 정도와 빈도를 줄일 수 있는 예방 대책에 대한 규명 및 평가
- 3) 제안된 예방 대책의 효율적 추진을 계획 수립 및 결과 평가

결국 공정 사고는 비난의 대상을 찾기 위한 활동이 아니라, 공정 안전 관리 시스템이 보다 안전하고 효율적이 되기 위한 계기를 부여해 주는 것으로 인식되어야 할 것이다.

현재 사고 조사를 위한 절차를 규정해 놓은 문서로는 미국 OSHA의 'Recordkeeping Guideline'과 ANSI의 Z16.2 'Method of Recording Basic Facts Relating to the Nature and Occurrence of Work Injuries' 등이 있다.

한편 사고 조사를 위한 접근법으로 다음의 3가지 형태가 있다.

- 1) 현장 감독 등에 의해 이루어지는 전통적인 조사
- 2) 위원회 등에 의해 주요 원인 규명을 위한 조사

3) 공정 안전 관리 시스템 하에서 다중 원인간의 체계적인 관계를 조사

이때 3번째 접근 방법이 본 고가 지향하는 사고 조사의 내용이 되며 특히 개인 안전 사고보다는 공정 안전 사고(process safety incident)에 대해 중점적으로 살펴보겠다.

한편 경미한 것을 포함하여 모든 사고를 바라보는 시각에는 다음과 같은 일정한 원칙이 필요하게 된다.

- 모든 공정 사고(process incident)는 시스템 차원의 사고이다.
- 화학 공장의 정상적인 운영을 위해서는 공정 안전 관리 시스템의 제요소(공정, 장치, 물질, 인력, 경영 방침)가 효율적으로 작용해야만 한다. 이에 반해 공정 사고는 이들 중 몇가지 요인이 복합적으로 작용하여 발생하게 된다. 결코 사고 발생에 대한 직접적인 원인에 주의가 집중해서는 안된다.
- 단 하나의 원인에 의해 발생하는 사고는 아주 극소수이다
- 공정 사고 조사는 체계화된 방법론에 따라 진행되어야 한다.
- 사고 조사의 효율성을 위해서 여러 분야의 전문가들로 구성된 팀에 의해 조사가 이루어져야 한다.
- 사고 조사 결과 얻은 교훈의 전달 및 공유는 중요하다.

2. 사고 조사 방법론

앞장에서 언급된 체계적인 사고 조사 방법론에는 다음과 같은 3가지 해석적인 방법론이 있다. 이제 이들에 대해 살펴보면 아래와 같다.

- 1) 연역적인 접근법(Deductive approach)
- 2) 귀납적인 접근법(Inductive approach)
- 3) 형태론적 접근법(Morphological approach)

2.1 연역적인 접근법

연역적인 접근법은 주요 사건을 먼저 가정한 후 이를 일으킬 수 있는 원인 관계를 차례로 검토해 나가는 방법론으로 Fault Tree Analysis가 대표적이 되며 이밖에 다음과 같은 사고 조사 방법론들이 있다.

- (1) Fault tree analysis(FTA)
- (2) Causal Tree Method(CTM)
- (3) Management Oversight and Risk Tree(MORT) method
- (4) Multiple-Cause, Systems-Oriented Incident Investigation(MCSOII) Techniques

2.2 귀납적인 접근법

귀납적인 접근법은 각각의 작은 사건들의 발생이 전체 시스템에 어떠한 영향을 미치는지를 분석하는 접근법으로 FMEA, ETA 등이 여기에 속하며 다음과 같은 방법론들은 사고 조사 과정에서 사용되게 된다.

- (1) Accident Anatomy Method(AAM)
- (2) Action Error Analysis(AEA)
- (3) Cause-Effect Logic Diagram(CELD)
- (4) Hazard and Operability(HAZOP) Analysis

2.3 형태론적 접근법

형태론적 접근법은 과거 경험 등의 지식으로부터 구조적인 분석 틀을 제공받아 보다 간단하고 수월하게 사고 조사를 하기 위한 방법론으로 앞서 언급한 여러 방법

론들은 이러한 형태론적 접근법으로 변형될 수 있게 된다.

- (1) Accident Evolution and Barrier(AEB) Techniques
- (2) Work Safety Analysis(WSA)

한편 이러한 각각의 사고 조사 방법론이 성공적으로 적용되기 위해서는 사고 결과에 대한 여러가지 사실이 필요하다. 이에 사진, 인터뷰 등이 있게 되며 이러한 증거 수집 관련하여 NFPA code 902M, 906M, 907M 등은 이에 대한 자세한 지침을 제시하고 있다. 사실 수집과 아울러 이와 아울러 고려해야 할 사항으로 많은 수의 사고 조사가 책임자 처벌 쪽에 비중이 주어지다 보면 본질적인 원인 규명(즉 공정 안전 관리 시스템 내에서의 원인 요소들)을 회피하게 되며 이는 유사한 사고가 다시 발생하게 된다는데 문제의 심각성이 있게 된다.

3. 지식의 공유 및 활용

사고 경험 지식의 공유를 위한 첫 단계는 사실 중심의 데이터베이스의 운용 및 접근일 것이다. 현재 전세계에는 여러 종류의 사고 관련 데이터 베이스가 운용되고 있는 Table 1은 그 예를 보이고 있다.

사고 관련 경험 지식의 공유의 두번째 단계는 단순한 사실의 보유 차원을 넘어서서 이들 사실로부터 유추되는 결론 등을 심층 분석, 재분류하여 2차 정보로서 활용하고자 하는 단계이다. 먼저 들 수 있는 사례가 미국 DOE의 'Lessons Learned Program'으로 이 프로그램은 중대 사고로부터 경미한 사고에 이르기까지 이의 설명 및 사후 조치, 재발 방지 대책을 심층적으로 분석하여 보고서로 작성할 뿐 아니라, 이 자료를 통신망을 통해 공유함으로써 유사 시설물에서 유용한 간접 경험으로 사용할 수 있도록 지원하는 체계이다.

한편 차세대 경험 지식 공유의 형태는 실시간 공유 형태가 되는데 이는 현재의 공정 관리 시스템 내의 Management of change(변경 관리)가 확대되는 개념으로 세계의 특정 시설물에서 사고의 교훈이 데이터베이스에 입력되는 순간, 관련 있는 공장에 그 자료가 전송되며 해당 공장의 검토 분석 담당자 혹은 위원회는 전자 메일을 검토하는 수준에서 그러한 교훈을 자사에 채택할지 여부를 결정짓게 되게 된다. 또한 이러한 개념은 관련 법률, 코드의 개정과 관련하여 실시간으로 정보를 알려 줄 수 있는 역할을 가까운 시간 안에 수행하게 될 것으로 기대된다.

4. 결론

이상과 같이 사고 조사 방법론과 경험 지식 공유에 대해 살펴보았다. 현재까지 국내에서 이루어지고 있는 사고 조사는 사고 책임자 규명을 위한 수사 과정에서의 원인 조사 등에 치중되어 온 경향이 있다. 물론 대형 공장에서는 동일 사고의 재발 방지를 위한 많은 노력을 기울여 온 것은 사실이다. 그러나 대다수의 중소 기업과 일부 대기업들은 사고의 심층 원인 규명 및 체계적인 재발 방지 대책의 수립보다는 대개의 경우에 있어 직접적인 원인이 되고 있는 작업자 오류 방지를 위한 교육 철거 등으로 결론을 내고 있는 실정을 볼 때 이 분야에 대한 보다 깊은 관심과 이해가 필요하다고 본다. 최근 국내에서 추진 중인 공정 안전 관리 제도(Process Safety Management System)의 한 요소이기도 한 '사고 조사 및 사후 조치'가 본고에서 제안되고 있는 것처럼 체계적으로 이루어질 수 있을 때 사고 관련 경험 지식의 공유를 통한 사고 재발 방지를 위하여 보다 큰 공헌을 할 것으로 여겨진다.

5. 참고 문헌

1. CCPS, Guidelines for Investigating Chemical Process Incidents, American Institute of Chemical Engineers, New York, 1992.

Table 1. Overview of Incident Database([1])

NAME	OPERATOR	AVAILABILITY	CONTENT
<u>Major Hazard Incident Analysis System (MHIDAS)</u>	Safety & Reliability Directorate (SRD) and the Health & Safety Executive (HSE), England. Phone No.: 011-44-(925)-31244, Ext. 7305	PC-based data base. Can be accessed by paying an annual fee.	Worldwide data base of incidents involving hazardous materials and with potential for offsite impact. Contains the British "contributions" to the MARS (see below).
<u>Accident Prevention Advisory Unit (APAU) Data Base</u>	Health & Safety Executive, London (England).	In the public domain.	Statistics on industrial incidents (primarily occupational) in the United Kingdom.
<u>Failure and Accident Technical Information System (FACTS)</u>	TNO Division of Technology for Society, P.O. Box 342, NL-7300 AH Apeldoorn, The Netherlands. Phone No.: 011-31-55-49 3821 FAX No.: 011-31-55-49 3390	PC-based data base. Available by paying a fee; presently it is \$3,750 as an empty shell plus cost of data. Information on specific subject(s) can also be obtained by paying a fee/record.	Worldwide data base of industrial incidents involving hazardous materials. The most recent version is called PC-FACTS; 2-day workshops are organized for the users.
<u>Occupational Accidents Analysis and Reporting (OCAAR)</u>	Elf Aquitaine and Total-CFP, France.	Proprietary PC-based data base; for internal use only.	Occupational incident statistics and cause-consequence information involving petrochemical operations. The system provides data reported to local authorities.
'100 Large Losses: A Thirty Year Review of Property Damage Losses in the Hydrocarbon Chemical Industries'	M&M Protection Consultants, Chicago.	Updated reports available from M&M Protection Consultants.	Includes 100 largest incidents; exceeding a minimum criterion of \$10,000,000 of property damage.
<u>Loss Prevention Bulletin</u>	Institution of Chemical Engineers (IChemE), Rugby, England.	In the public domain; available through annual subscription.	Source of historical case study information provided by IChemE members.
<u>Community Documentation Centre on Industrial Risk, CDCIR (Major Accident Reporting System, MARS)</u>	Joint Research Centre, Ispra (Va), Italy. In the U.S.A., contact: European Community Information Service, Washington (DC). Phone No.: (202) 862-9500	Summary reports in the public domain. Full access to data base only granted the authorities supplying input data.	All industrial incidents involving hazardous material within the European Community. As of October 1990 a total of 97 incidents had been included in MARS.
<u>Platform Data Bank</u>	French Petroleum Institute (Institute Francais du Pétrole), Paris, France.	In the public domain.	Worldwide offshore incident data; similar to WOAD. Over 850 records on incidents involving fixed and mobile drilling units.