

화학산업에서의 안전성능지수 개발에 관한 연구

강미진 · 이영순^{*†} · 권혁면^{**}

서울산업대학교 에너지환경대학원 에너지안전공학과 · ^{*}서울산업대학교 안전공학과 · ^{**}한국산업안전공단
(2008. 3. 24. 접수 / 2008. 11. 10. 채택)

A Study on the Development of Safety Performance Index in Chemical Industry

Meejin Kang · Young-soon Lee^{*†} · Hyuckmyun Kwon^{**}

Department of Energy Safety Engineering, Graduate School of Energy & Environment, Seoul National University of Technology

^{*}Department of Safety Engineering, Seoul National University of Technology

^{**}Korea Occupational Safety and Health Agency

(Received March 24, 2008 / Accepted November 10, 2008)

Abstract : In order to maintain the continual safety management in a company, it needs to evaluate and monitor its implementation of safety management. Because the number of major-accidents is not an effective method of indicating company's safety performance, various efforts to develop more reasonable indicators have been made in world wide. After Korean government has legally required the PSM report, PSM compliance audit has been developed and made by the authorities concerned since 2005. However, this audit consists of complicate procedures difficult to utilize as companies' own audit program and corresponds to only a conformity check that confirms whether the PSM be operated and maintained properly. So a new index by which to measure easily the level of safety performance and self-monitor the implementation of safety management is needed. We have studied a new method that may quantitatively evaluate the performance of safety management by investigating application cases in foreign countries and doing the domestic survey of lots of companies subject to PSM regulation in Korea. This study proposes three of safety performance indices(SPI) together with the several prerequisite preconditions and the timing for application of each index. Although the first draft of SPI needs further legal support, it might help to evaluate every company's safety level. The second draft of SPI is a voluntarily evaluating method based on web-site online program. The last draft of SPI consists of a series of simple questions about 12 elements of PSM. Also each of 3 indices has differences in evaluation methodology and application area and, therefore, they may be used concurrently.

Key Words : performance index, PSM, process safety, chemical industry

1. 서론

화학물질로 인한 화재, 폭발 및 누출확산으로 인한 치명적인 중대산업사고를 예방하고자 국내외적으로 공정안전관리(PSM: Process Safety Management) 제도가 시행되어 왔다. 이러한 노력의 일환으로 중대산업사고의 발생건수도 감소추세를 보이게 되었으나, 최근 중대산업사고의 발생건수의 감소는 한계에 도달한 것으로 보여진다. 즉 중대산업사고 발생건수는 공정안전관리의 성과를 평가하는 도구로

써의 기능이 저하되고 있다.

한편으로 공정안전관리가 효과적으로 이행되는 사업장의 경우에도 많은 사상자를 기록하는 대규모의 중대산업사고가 발생할 수 있는 반면, 공정안전관리가 소홀한 사업장에서 사상자 수가 적은 중대산업사고가 빈번히 일어날 수도 있다. 이 두 경우의 사업장에 대해 공정안전관리 수준을 단순한 사상자 규모로 비교하는 것은 부적절할 수 있다.

국내에는 법규에 정해진 절차에 따라 PSM 이행 실태를 조사하여 해당 사업장의 공정안전관리 수준을 평가하고 있다. 그러나 이는 평가항목이 많고 관리감독의 의무가 있는 정부기관에 의해 수행되는

[†]To whom correspondence should be addressed.
lysoon@snut.ac.kr

준수평가로, 사업장에서 스스로 쉽게 공정안전관리 수준을 측정할 수 있는 수단이 아니었다. 일부 다국적 기업이나 대기업의 경우에는 자체적인 Safety audit를 수행하고 이를 통해 현재 안전수준을 점검하고 개선하고자 하나, 중소기업을 포함한 대부분의 PSM 대상 사업장은 사업장의 안전수준을 스스로 점검할 수 있는 적절한 도구가 없었다.

화학산업에서의 안전 혹은 공정안전은 지속적으로 유지·관리되는 것이 중요한데, 이는 현 상황에 대한 정확한 분석과 평가가 바탕이 되어야 한다. 따라서 본 연구는 대부분의 사업장에서 자체적으로 안전관리수준을 평가하여 그 결과에 따라 안전관리를 지속적으로 향상시키는데 도움이 될 수 있는 새로운 지수를 개발하는 것을 목적으로 하였다.

이를 위하여 본 연구는 국내의 PSM 수행성과를 정량적으로 측정할 수 있는 새로운 방안을 모색하였으며, 이를 위하여 외국의 동향을 조사하고 국내 PSM 적용사업장을 대상으로 설문조사를 수행하였다.

2. 문헌조사

일반 사업장에서 안전수준을 스스로 쉽게 측정할 수 있는 안전성능지수(SPI: Safety Performance Index)를 개발하기 위하여 국내의 PSM 이행수준평가와 영국의 CHaSPI 프로그램, 미국의 ChemPro 프로그램을 조사하여 소개하였다. 또한 중대산업사고가 아니라 할지라도 일반 공정사고 중 보고하고 기록하여야 할 의무에 대하여 1995년에 제정된 영국의 법률인 RIDDOR(Reporting of Injuries, Diseases and Dangerous Occurrences Regulations)를 소개하였다. 또한 국내 사업장에서 안전수준을 어떻게 평가하고, PSM제도의 효과를 어떻게 느끼고 있는가를 설문조사하였다.

2.1. PSM 이행상태 평가

1996년부터 PSM은 산업안전보건법에서 요구하는 안전관리시스템으로 이행되어왔으며, 이의 준수 여부를 확인하기 위하여 2005년부터 법적으로 PSM 이행수준을 평가하게 되었다. PSM 이행수준 평가는 Table 1과 같이 13가지 영역으로 나누어지며, 공장장, 관리자, 근로자 등 관련된 사람들과의 면담과 각종 문서, 기록 등의 확인, 현장점검 등으로 이루어진다²⁾.

2.2. 영국: RIDDOR와 CHaSPI

Table 1. PSM compliance audit category⁸⁾

Categories	
1	Safety management and employee involvement
2	Process safety information
3	Process hazard evaluation
4	Operating procedures and practices
5	Mechanical integrity: Maintenance procedures
6	Work permit procedures
7	Safety management of contractors
8	Employee training and education of process & operation
9	Pre-startup safety procedures
10	Management of change
11	Internal audit
12	Incidents investigation
13	Emergency preparedness

영국은 1996년 RIDDOR⁴⁾라는 법령을 제정하여 중대재해, 질병 및 주요 위험사고를 보고하도록 의무화하고 있다. 영국의 안전보건청은 RIDDOR에서 규정하는 몇 가지 보고항목 중 일부를 매년 혹은 5개년 계획의 안전보건목표 수립 시 안전보건성과지표로 활용하고 있다. 또한 CHaSPI⁶⁾라는 온라인 프로그램을 개발하여 각 사업장이 손쉽게 해당 사업장의 공정안전관리 수준을 측정하고 동종사업장의 평균, 전체 사업장의 평균 등과 비교할 수 있도록 운영하고 있다.

2.3. 미국: ProSmart

미국은 PSM 이행성과를 분석하기 위하여 PSM 요소에 대한 불이행 및 위반사항의 적발건수 및 이와 관련되어 부과된 벌금의 변화를 비교한다. 즉 PSM의 13가지 요소에 대해 연도별로 불이행 및 위반사항 적발건수의 증가나 감소 추이를 분석하고 있다. 그러나 사고/재해 건수 등의 자료로는 지속적인 공정안전을 확보할 수 없기 때문에 사고 발생 이전에 PSM의 각 요소가 적절히 이행되고 있는가를 측정할 수 있는 도구가 필요하게 되었다.

CCPS(Center for Chemical Process Safety)는 Concord Associates, Inc.와 함께 ProSmart⁷⁾라는 프로그램을 개발하였는데, 이는 PSM 시스템의 성능(효과)을 보여준다. 이 프로그램을 이용하여 PSM 운영에 대한 문제점을 찾아내고 관리시스템을 개선하기 위하여 어떤 분야에 집중하여야 하는 가를 알 수 있다. PSM 성능을 측정하기 위해 필요한 자료를 찾아내고, 입력하여 계산함으로써 PSM의 수준과 실

행수준을 정량적으로 측정할 수 있다. PSM 12가지 요소 각각에 대해 문서화수준, 실행수준에 대한 질문항목으로 구성된다. 영국과 달리 이 프로그램은 무료로제공되지 않는다.

3. 국내 설문조사

2006년 상반기에 국내에 PSM 제도의 적용대상 사업장 수는 총 788개이다. 이들 사업장을 대상으로 일반사항, PSM 보고서 작성 및 심사실태, PSM 보고서 확인 및 이행상태 평가관련 실태, PSM 제도 운영실태, PSM 효과분석 실태 및 감독기관/제도에 대한 개선요구사항 등에 대해 설문지를 배포하였다. 설문지에 대해 221개 사업장이 응답하였으며, 응답결과는 항목별 단순집계방식으로 분석되었다¹⁾.

사업장 내부에서 PSM이 적절히 운영되고 있는가에 대한 만족도를 11가지 항목에 대해 질문한 결과 평균 74.5%의 만족도를 보였다.

사업장 내부에서 PSM의 운영과 관련된 내부만족도 조사항목과 각 항목별 만족도를 Table 2에 수록하였다.

4. 새로운 안전성능지수(SPI) 제안

국내외 안전수준 평가방법을 분석한 결과 3가지의 안전수준평가방법을 도출하였다.

첫 번째 안은 제도적 체계가 갖추어진 후에 적용할 수 있는 것으로 각 사업장에서의 아차사고를 포함한 공정사고 발생건수를 성과지표로 하는 것이

다. 이는 제도적 체계가 뒷받침되어야 할 뿐 아니라 자료의 공개여부 등 여러 가지 사항에 대하여 당사자간의 합의가 이루어져야 적용이 가능하다.

두 번째 안은 현행의 PSM 이행평가지표를 활용하여 사업장이 스스로 측정할 수 있는 시스템을 온라인 프로그램으로 운영하는 것이다. 이는 이행평가 항목 중 어떤 항목을 측정항목으로 결정할 것인가 하는 부분과 각 항목에 대해 적절한 가중치를 부여하는 등의 보완이 필요하다. 또한 프로그램으로 구성하여 운영할 수 있도록 하여야 한다. 프로그램 결과의 공개수준에 대한 당사자간 합의도 필요하다.

세 번째 안은 PSM 12가지 요소에 관련된 항목을 이용하여 단순하고 객관적으로 사업장의 안전관리 성과를 측정하는 것이다.

4.1. 첫 번째 안: SPI-1

Fig. 1과 같이 Heinrich나 Bird의 재해발생비율에 따르면 중대산업사고의 발생 이전에 겉으로 드러난 것보다 훨씬 많은 수의 위험한 순간이 발생하게 된다³⁾.

공정안전관리가 효과적으로 수행될 경우 위험한 순간의 발생건수는 감소할 것이므로, PSM 성과를 평가하는 대상을 사고발생건수로 보는 것보다 위험한 순간의 발생건수로 선택하는 것이 효과적이다. 영국의 제도인 RIDDOR와 유사하게 몇 가지의 공정사고(가칭)에 대해 보고의무를 부여하여 공정사고의 발생건수를 PSM 목표 및 성과지표로 활용하도록 하는 것이 첫 번째 안의 주요 내용이다. 이를 위해서는 공정사고의 기록 및 보고의무가 법제화되어야 하는 선행조치가 필요하다.

SPI-1을 위하여 기록하고 보고하여야 할 공정사고의 종류를 Table 3에 제안하였다. 각 항목 중 일부는 세부분류로 나눌 수 있다.

Table 3에 제시한 공정사고 항목은 PSM 성과와 반비례의 관계를 갖게 된다. 즉 Table 3의 발생건수가 낮을수록 PSM 성과가 높은 점수를 가진다는

Table 2. Internal satisfactions with operation of the PSM⁸⁾

	Questions	Affirmative (%)
1	About examination of PSM report	52
2	Operating PSM system	32
3	Relationship with productivity	83
4	Concern of top management about safety and health	88
5	Improvement of the observance of safety rule: Employees	93
6	Improvement of the observance of safety rule: Contractor's employees	63
7	Reliability of facilities or mechanical integrity	74
8	Technical knowledge and operating skill	83
9	Improvement of safety culture	96
10	Improvement of the ability of emergency preparedness	63
11	Continual improvement of procedures and practices	93

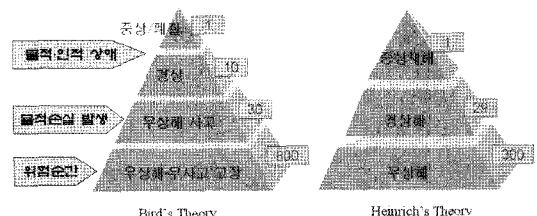


Fig. 1. Bird & Heinrich's accident ratio.

Table 3. Precursor incident: major hazardous incident⁽⁸⁾

	Type of process incidents
1	Abnormal release from pressure relief system
2	External release of substance
3	Abnormal increase of temperature in a reaction equipment
4	Alarm in a major hazardous equipment: longer than 2 hours
5	Explosion, collapse, rupture and fire
6	Failure of PPE including respiratory equipment before or in use
7	Occurrence of fatalities

Table 4. Potential benefit⁽⁸⁾

	Type of potential benefit
1	A premium decrease in contrast with the capacity of facility
2	Decrease of maintenance time and interval
3	Decrease of standstill
4	Improvement of productivity: production per operating time
5	Quality improvement: productivity comparison of on-spec with off-spec

것을 의미한다. 반면 효율적인 공정안전관리는 손실비용의 감소, 생산성 향상 등의 부가적 이득을 가져오기도 한다. 따라서 공정사고 뿐 아니라 잠재이익(가치)을 분석한 결과를 PSM 성과지표의 +요인으로 활용할 수 있을 것으로 기대한다. 즉 Table 4에 제안한 잠재이익에 포함할 수 있는 항목이 많이 발생하거나 높은 점수를 기록할수록 PSM 성과가 높은 점수를 나타내도록 하는 것이다. 다만, 잠재이익을 기록하고 보관하도록 법적으로 요구하는 것은 부적절하므로 별도의 제도적 및 운영적 지원방안이 연구되어야 할 것이다.

4.2. 두 번째 안: SPI-2

두 번째 안은 영국의 CHaSPI나 미국의 ProSmart와 같은 온라인프로그램의 개발과 보급이다. 이 때 필요한 것은 질문항목의 선정, 답변의 단순화 및 정량화이다.

이를 위해서 현재 국내에서 시행되고 있는 PSM 이행상태평가제도를 이용할 수 있다. 평가항목 중 일부를 선정하고 구체적인 평가기준을 수립한 후 계량화하여 쉽게 이용할 수 있도록 하여야 한다. 또한 신뢰성을 부여하기 위해서는 평가기준과 부여된 점수의 타당성을 확보하고 시범적용을 하면서 그 결과를 피드백하는 등의 시간과 인력이 필요하다.

SPI-2는 별도의 제도적 강제조항을 필요로 하는 것이 아니며, SPI-2를 활용할 수 있는 사업장에 제한사항이 없으므로 향후 SPI-1과 병행하여 계속 활용할 수 있다.

Table 5. SPI-3 list: Safety Performance Index-3 list⁽⁸⁾

	Item
1	Updating process safety information
2	Additional hazard analysis aside from PSM report
3	Quantitative risk assessment
4	Investigation method of process incidents
5	Relationship of improving productivity with PSM
6	Relationship of improvement in emergency preparedness with PSM
7	Employee training about PSM report
8	Conformity with management of change
9	Restriction of contractor's entrance into plants
10	Supply of contractor's employee training
11	Sharing the safety information with nearby plants
12	Practical use of operating procedures

4.3. 세 번째 안: SPI-3

PSM 12가지 요소의 이행에 대한 적절성 여부를 질문하여 그 답을 단순하게 점수화하는 것으로 각 항목별로 얻어진 점수를 합산하는 것이다. 3안에 따른 질문항목은 Table 5와 같다.

각 질문항목에 대한 답변은 각각 2~5개로 분류될 수 있으며, 각 답변에 대한 점수는 0~5점이다. 예를 들어 공정안전정보의 Updating에 대한 답변과 각 답변별 점수는 다음과 같이 분류하였다. 전산프로그램으로 관리(5점), 변경 시 보고서 update(4점), 기타의 방법으로 관리(3점), 없음(0점) 등이다.

이렇게 계산된 점수의 총합계는 59점이므로, 이를 100점 만점의 점수로 환산하도록 하였다. PSM 설문조사에 응답한 사업장 중 이행상태평가 등급이 P, S, M 등급인 사업장 각 10개 사업장에 대해 표본조사를 실시하였고, 그 결과 P등급 사업장의 평균점수는 74.75점, S등급 사업장은 73.11점, M등급 사업장은 57.12점으로 나타났다.

5. 고찰

본 연구에서 제안한 공정안전관리 성과지표는 3가지이다. 각 지표(안)의 개요와 각 지표를 활용하기 위한 선행과제를 비교하면 Table 6과 같다.

SPI-1을 적용하기 위해서는 Table 3에서 제안한 공정사고가 기록되고 보고되어야 한다. 또한 이러한 공정사고의 기록과 보고가 성실히 이행되도록 관리·감독하는 방안이 병행되어야 한다. 따라서 SPI-1은 관련법규가 제정되어 발효되는 시점부터 적용할 수 있을 것으로 기대한다. 다만, Table 4에서 제안한 잠재이익을 활용하기 위해서는 사업장의

Table 6. Comparison of SPI-1, SPI-2 and SPI-3

구분	개요	선행과제
1안	공정사고의 발생건수 및 잠재이익을 성과지표로 활용 각 사업장의 개별자료 분석 및 전체 경향 파악에 도움	공정사고의 기록과 보고 의무를 법제화하여야 함.
2안	현행 PSM 이행수준평가항목 의 일부를 성과지표로 활용 온라인을 통한 분석으로 점 근 및 활용 편리성	현행 평가항목 중 일부를 선정하고 신뢰성 있는 점수화, 계량화 필요 S/W 개발 필요
3안	PSM 12요소에 관련된 간단 한 물음과 답변을 성과지표 로 활용	각 항목별 가중치 부과에 대한 후속연구 필요

자발적인 보고나 보험회사 등과의 연계방안이 이루어져야 하나, 사업장의 경영상 기밀사항에 해당되는 경우 적절한 활용이 힘들 것으로 예상된다.

SPI-2는 정보의 공개가 혐의된다면 동종 산업의 사업장 평균 및 전체 산업의 사업장 평균을 비교할 수 있다는 이점 때문에 사업장의 자발적 참여로 이루어질 수 있을 것으로 기대한다.

SPI-3는 단기간에 활용할 수 있는 방안으로 프로그램의 개발이 요구되지 않기 때문에 본 연구에서 실시한 설문조사를 활용하여 적절성을 시험하였다. PSM 적용사업장을 대상으로 실시한 각종 설문항목 중 PSM 12가지 요소에 관련된 설문항목 12개를 추출하였다. 이를 이용하여 실시한 표본조사 결과에서 SPI-3 점수가 현행 PSM 이행상태평가 등급과 비례관계를 나타내므로 본 연구에서 제안한 SPI-3 항목 및 답변의 점수화가 어느 정도 타당함을 알 수 있었다.

6. 결론

중대산업사고의 발생건수는 공정안전관리의 성과지표로서의 효과가 저하되고 있으며, 이 때문에 국

내 뿐 아니라 영국 등에서도 중대산업사고 발생건수 외의 다른 성과지표를 찾기 위해 노력하고 있다. 본 연구는 전체 사업장의 성과지표를 일괄적으로 관리할 수 있으나 법규 개정 등이 선행되어야 하는 1안을 장기적 성과지표 안으로써 제안하였다. 이와 병행하여 사용할 수 있는 2안은 자발적인 사업장에 대한 정보만을 활용할 수 있는 반면 성과측정을 원하는 사업장이 접근하기 쉬운 온라인프로그램을 개발하는 것으로 중기적 대안이 될 것으로 기대한다. 본 연구에서 보다 구체적으로 제안한 3안은 질 문항목과 답변에 대한 정량화를 일부 보완함으로써 우선 시행할 수 있으므로 단기간 내에 새로운 성과지표로 활용할 수 있을 것으로 기대한다. 중장기적으로는 공정사고의 기록 및 보고 의무를 통한 1안 및 웹 기반의 성과지표인 2안이 개발, 보급되어 보다 정확하고 효과적인 성과지표로써 활용되기를 기대한다.

참고문헌

- 1) 이영순, "PSM 사업성과 측정 및 효과분석", 한국 산업안전공단, 2006.
- 2) 노동부, "PSM 이행상태평가 지침"
- 3) 유재환 외 공역, "안전관리", 동화기술, 1999.
- 4) HSE, "RIDDOR Explained", 1996.
- 5) HSE, "Achieving the revitalizing health and safety statistical progress report", 2005.
- 6) HSE, CHaSPI, SME Indicator, web-service: www.chaspi.info-exchange.com
- 7) CCPS, ProSmart, web-service: www.aiche.org/CCPS/Publications/Software/ProSmart
- 8) Meejin Kang et al, "Safety Performance Index in Chemical Industry", APSS 2007.