

사고 예방을 위한 아차사고 관리프로그램 개발

윤형준 · 이한용 · 권혁면* · 강순중* · 문 일†

연세대학교 화학공학과

*한국산업안전공단 화학공장위험설비안전센터
(1999년 8월 25일 접수, 1999년 12월 31일 채택)

Development of a Near Miss Management System to Prevent Industrial Accident

Hyungjoon Yoon, Hanyong Lee, Hyuckmyun Kwon*, Sunjung Kang* and Il Moon†

Department of Chemical Engineering, Yonsei University

*Center for Chemical Plant Safety, Korea Occupational Safety & Health Agency

(Received 25 August 1999; accepted 31 December 1999)

요 약

아차사고란 당사자의 실수나 현장 자체의 결함 등에 의해 사고가 일어날 수 있는 상황이 발생하였으나 다행히 직접적인 사고로 이어지지 않은 상황을 말한다. 중대사고의 예방을 위해 필수적으로 아차사고를 찾아내고 제거해야 한다. 이는 아차사고와 중대재해 사이에는 강력한 연관관계가 존재하기 때문이다. 화학공장에서 발생하는 아차사고의 분석 및 관리를 통해 사업장에서 산업재해를 줄이는 체계적인 방안을 제시한다. 6개월간 A사의 사업장에서 발굴한 2,200건의 실제 데이터와 비교하여 그 연관 관계를 입증하였고, 사고 데이터를 분류할 수 있는 상세분류 차트를 작성하였다. 그 결과 하인리히의 중대사고 : 경재해 : 아차사고=1 : 29 : 300의 원리와 유사하게 나타났다. 다른 장치나 공정에 비해 상대적으로 더 큰 위험요소를 갖고 있는 공정을 찾아내고 투자우선순위를 결정하여 그 개선 대책을 제시한 후 이의 실행으로 중대사고를 포함한 전반적인 산업 재해를 미연에 방지하는 효율적인 관리 시스템인 yHAMS를 개발하였다. 이 프로그램은 한 공장에서 일어난 아차사고를 5가지의 위험수준과 60여 가지의 사고원인 형태로 국내 실정에 맞추어 분류하고 분석하였다. 동 사업장에서 그 후 6개월간 yHAMS로 관리하여 1,770건의 데이터를 얻었으며 안전사고의 감소로 나타났다. 결과적으로 아차사고 데이터를 체계적이고 효율적으로 관리하는 방법을 개발하였고 이를 이용하여 화학공장에서 발생하는 산업재해를 줄일 수 있었다.

Abstract – Near miss is defined as an extraordinary event that could have reasonably resulted in an accident or incident. Near miss must be found and removed for preventing major accident due to the strong relationship between near miss and real accident. This paper suggests a new method of managing accident data, which efficiently handles numerous safety data coming from real chemical processing plants. Actual 2,200 data from petrochemical company A were analyzed and the ‘detailed classification sheets’ were produced. The result of the actual data classification was similar to Heinrich’s 1 : 29 : 300 theorem. yHAMS(Yonsei Hazard Analysis Management System) was developed to classify and identify potential hazards and suggest the priority of investment to improve the safety of the plant. The data classification method was improved to adapt domestic accident situation and the result was 5 major and 60 detailed classes. The system was applied to another 1,770 accident data during the next six months and the number of safety accidents was sharply decreased. yHAMS was proved to be effective in reducing safety accidents in a chemical plant through efficient management of near misses.

Key words: Accident Data Management, Heinrich Theorem, Near Miss, Safety Analysis, Priority of Investment

1. 아차사고 관리의 필요성

화학공장은 고도의 기술 집약적 장치산업으로서 국가의 기간산업이다. 화학공장은 그 구성 시스템이 복잡하고 여러 가지 종류의 원료, 중간체, 첨가제, 용제 및 제품의 형태로 사용, 취급, 저장하고 있으며, 전체적으로 그 보유량도 많다. 또 보유하고 있는 물질들의 상당한 부분이 위험 물질들로 구성되어 있어서 이의 누출이나 공정의 화재 또는

폭발과 같은 사고가 발생할 경우에는 공장내의 근로자뿐만 아니라 공장 인근의 주민 및 그 지역의 환경에까지도 막대한 영향을 미치게 된다. 또한 설비의 파괴에 따른 직접적인 재산상의 손실이 매우 크고 그에 따른 복구 기간도 길기 때문에 이와 관련된 산업에 원재료 수급 등에 차질을 가져와 결국에는 하나의 사고가 그 관련 산업에 연쇄적으로 영향을 끼치게 되어 국가 경제적 차원으로도 심각한 피해를 초래할 수 있다. 이런 이유로 인하여 화학공장에서 안전 문제는 비단 우리 나라 뿐만 아니라 선진국에서도 중요하게 여기는 연구 과제이다.

그러나 화학공장에서 중대사고는 계속 발생해왔고 사고 발생 원인

†E-mail: ilmoon@bubble.yonsei.ac.kr

의 상당수가 안전 불감증과 간단한 수칙 위반 등의 단순한 원인에서 발생하였고, 이 역시 상시 경험하는 아차사고를 통해 대부분 인지가 가능했던 사고였다. 즉 사고의 주된 원인이 원천적으로 설계가 잘못됐는지, 자동화를 통한 기계적 결함 등의 장치, 설비상의 문제가 아닌 인재에 의한 사소한 실수라는 점이 더욱더 사전 안전관리의 중요성을 부각시켰다. 이렇게 중대 사고들이 사소한 실수의 반복으로 발생하고 있으므로 이러한 실수들을 아차사고의 데이터 베이스화를 통한 관리로 찾아내어 그 원인을 분석하고 대책을 마련하여 사고가 발생하기 전에, 또는 사고를 유발할 수 있는 원인을 미리 찾아내어 제거함으로써 실 사고로의 전이를 원천적으로 막는 것이 매우 중요하다. 여기서 아차사고란 어떤 사건이 발생했을 때 인적 상해 등의 피해는 발생하지 않았으나 충분히 사고나 재해로 이어질 가능성이 있는 평범하지 않은 사건을 의미한다. 아차사고는 인간의 실수에 의한 인간 내부적인 위험요인과 외부환경에 의한 위험요인이 중복되었을 때 발생한다. 이는 단순히 개인의 개성이나 물리적인 환경에 따라서만 결정되는 것은 아니고 현장의 분위기나 사회학적 요인 등 주위의 여러 가지 환경요인에 영향을 받는다[1]. 흔히 업무처리 중에 실수를 범하는 것을 지식의 부족이나 본인의 판단 잘못, 그리고 부주의 등의 개인적인 범위의 문제로 보거나 안전에 대한 의식수준에 좌우되고 있다고 생각하게 된다. 그러나 이제는 전체 조직과 환경의 문제로 인식의 전환이 필요하다[2, 3]. 사실 누구나 한번쯤은 아찔한 실수를 범하게 된다. 이런 실수를 겪고 나면 그것이 안전의식과 판단의 정확성에 문제가 있었음을 깨달을 수 있다. 그러나 문제는 그것을 쉽게 잊어버리고 다시 반복하거나 다른 새로운 실수를 범하게 되는 것이다. 이것이 계속 반복된다 보면 타성에 젖게 되어 매너리즘에 빠지게 되고 결국에는 산업재해로 이어지게 된다. 결국 아차사고의 반복은 중대사고를 낳는 씨의 근원이다. 그러기에 아차사고를 더욱 중요한 문제로 인식하고 관리해야만 한다. 이 아차사고 관리의 필요성은 대형사고와 경미한 사고의 차이점이 그 피해영향 및 사고의 크기가 다르다는 것으로도 충분히 입증된다. 즉, 중대산업사고와 아차사고의 원인과 상황 등을 분석하여 비교해 보면 통계적으로 유의할 만한 차이가 없다[4]. 그러므로 반드시 아차사고를 관리해야 한다.

본 연구에서는 화학공장에서 중대재해와 아차사고와의 연관관계를 증명하고 발굴한 데이터를 직·간접별, 사고형태별, 기인물별 그리고 사고위험도별 등의 목록별로 분류하고 분석한다. 이를 통해 아차사고를 체계적으로 관리하여 중대산업사고를 포함한 전체 산업재해를 줄일 수 있는 방안을 제시한다. 그 방법의 일환으로 사고를 관리할 수 있는 원인 분석과 이를 원활하게 관리할 수 있게 데이터베이스를 구축하고 분석하여 관리할 수 있는 아차사고 관리 프로그램을 개발하였다.

2. 이론적 배경

화학공업이 발전함에 따라 다양한 종류의 화학물질을 취급하게 되고 복잡한 공정들이 자동화되면서 장치상의 오류에 못지 않게 인재에 의한 안전사고율이 높아지고 있다. 이에 대해 산업안전의 향상을 위한 대책으로 작업자의 안전의식, 제도적인 안전확립 및 공정설비의 안전성 확보 등이 나타났다. 주제별로 보면 정부, 경영층, 근로자, 그리고 기타 관계자들로서 이 주제들이 안전에 대한 중요성을 충분히 인식하고 각각의 역할에 충실하며 다양한 형태의 협력체제를 구축해야만 소기의 성과를 얻을 수 있다고 판단한다. 그러기에 정부의 확고한 법 제정 의지와 경영층의 안전경영관리시스템의 구축과 근로자의 안전의식 고취 및 습성화가 하나로 체계화 되어야 한다. 전반적으로 안전향상의 연구와 활동들이 다양해지고 체계화되어 왔으며, 그 가운데 산업현장에서 발생하는 사고들을 분석하여 사고 개선과 방지에 관한 연구들이 많이 진행되었다. 본 논문에서는 이 중에 하인리히 원리

를 적용하고 검증하였다[5]. 이는 발생한 사고의 통계를 하인리히가 분석하여 발견한 것으로 전체 330건의 사고가 발생하였다면 그 중에 아차사고(near miss)가 300건이 발생하고, 경재해(light industrial accident)가 29건이 발생하며 1건의 중대사고(major industrial accident)가 발생한다는 것이다. 이 비율은 하인리히가 75,000여건의 사고를 분석한 결과를 정리한 것이다. 이것을 하인리히의 1:29:300 원리라고 한다[6]. 여기서 아차사고라 함은 당사자의 실수나 현장 자체의 결함 등에 의하여 재해가 일어날 수 있는 상황이 발생하였으나 다행히 직접적인 사고로 이어지지 않은 상황을 말한다. 경재해는 상해사고가 발생하거나 설비의 파손이 발생한 사고이며 중대사고는 인적 사망 및 공정에 큰 영향을 미치는 사고를 말한다. 이와 관련해서는 Bird가 제시한 사고 구성 비율인 중상 : 경상 : 무상해사고 : 무상해 및 무고장 사고의 1:10:30:600 이론이 있다[7]. 여기서 하인리히의 법칙과 다른 점은 아차사고를 작업자의 무상해 사고 중에서 물적 손실이 있는 경우와 없는 경우를 분류하여 연구하였다는 점이다. 이와 유사하게 미국 듀폰사의 사고발생빈도 분류에서도 항목을 사망, 결근 유발 사고, 의료처리 이상의 사고, 아차사고 그리고 불안정한 행동/상태로 나누며 그 빈도율이 1:30:300:30,000:300,000라고 보고 관리하고 있다[8].

이제까지 산업재해의 감소를 목적으로 SMV(Symbolic Model Verification), HAZOP study, FTA, ETA 등 위험을 분석하고 시뮬레이션하여 위험의 정도를 연구함으로써 이를 개선하려는 많은 노력들이 진행되어왔다[9-13]. 이에 대해 본 논문은 산업현장에서 발생하는 실제 아차사고를 분석하고 대책을 세워 발생한 아차사고를 제거함으로써 산업재해를 감소시키는 것을 연구의 목표로 하였다. 방법적으로는 사업장에서 발생하는 사고 데이터들을 분석한 다음 위험성의 평가를 통해 가장 큰 위험성을 갖고 있는 장치나 장소를 찾아내고 가장 많은 사고 빈도수를 갖고 있는 곳을 찾아내어 주어진 투자비용을 선택적으로 사용하는 것이다. 이 방법을 사용하면 기업의 특성상 제한적인 예산을 적시적소에 사용할 수 있으며 사후 관리를 통해 투자된 곳에서의 사고율의 증감을 비교하여 투자의 적정성을 판별할 수 있다. 그래서 비교된 결과를 분석하여 투자된 곳이나 장치에서의 위험성이나 위험 빈도가 감소되지 않았으면 분석결과와 오류든지 잘못된 투자였던 것이므로 다시 분석해서 투자해야 하며, 감소하였다면 그 다음으로 큰 위험성과 위험 빈도수를 갖고 있는 장치나 장소에 투자를 고려할 수 있다[14]. 주된 아이디어는 이때 발생하는 1건의 아차사고를 단순히 1건의 숫자상의 실수나 재해관련 데이터만으로 인식하지 않는 것이다. 하나의 중대사고가 발생하기 전까지는 반드시 다수의 유사한 경재해가 발생했으며 또한 그 보다 더 많은 아차사고가 있었을 것이라고 보고 실질적으로 사고를 줄이려면 중대사고의 배후에 숨어 있는 아차사고를 찾아내어 줄여야만 가능해진다고 판단했다. 그래서 그 아차사고를 분석하고 사업장에서의 사고 특성을 관리하여 그 수를 줄여나감으로써 현장에서의 경재해를 줄이고 나아가 중대사고를 제거하는 것이 본 연구의 목적이다. 하인리히의 1:29:300 원리에 입각하여 분석하여 보면 물밑에 숨어있는 아찔했던 상황, 즉 아차사고가 산업현장에 매우 많이 발생하고 있기 때문에 인지 가능했던 중대산업사고가 끊이지 않고 계속 발생한다고 할 수 있다[15]. 따라서 아주 미세한 아차사고를 찾아내어 그 원인들을 제거하면 경재해가 줄어들 것이고 나아가 중대사고를 제거하는 근본적인 대책이 될 수 있다.

3. 아차사고의 관리 및 검증

아차사고는 잠재 위험과는 그 의미가 다른 사고이다. 잠재 위험은 사고가 날 수 있는 확률을 가지고 있는 위험이고 그와 다르게 아차사고는 실제로 일어난 사고지만 크게 번지지 않은 실제 발생한 사고이다. 물론 잠재 위험도 현실로 나타나면 사고로 나타나겠지만 실제

발생한 사고는 아니라는 점이 아차사고와는 그 의미가 다르다. 이렇듯 아차사고를 사소한 문제로 생각하기보다는 이미 발생한 사고로 인식해서 실 사고와 다름없는 중요한 사건으로 관리해야 한다. 철저한 관리를 통해 아차사고를 찾아내어 분석하고 그 대비책을 세워야만 궁극적으로 중대 산업재해를 줄일 수 있기 때문이다. 한 사업장에서 발생한 아차사고를 사고 형태로 분류하고 통계내어 분석하여 보면 제일 많이 아차사고가 발생하는 플랜트가 어디인지 그리고 많이 발생하는 사고의 유형을 알 수 있고, 사고들의 위험 빈도를 분석하면 그 작업장에서 가장 위험한 곳을 찾을 수 있다. 이렇게 해서 관리되는 재해 데이터를 활용하여 사업장에서 어떤 형태의 사고가 어느 장치에서 언제 가장 많이 발생하고 있는지를 알 수 있으며, 효과적으로 이에 대한 대비책을 세울 수 있다. 사고를 직·간접 원인별과 기인물별로 분류, 분석하면 안전관리를 위한 투자나 보완이 필요할 때 개선 공정과 개선요인의 우선 순위를 결정하는데 큰 도움이 될 것이다. 현실적으로도 사업장에 한정된 예산과 정해진 기간을 감안하여 투자적정 규모를 고려하고 투자 우선 순위를 결정할 수 있다. 또 투자한 후에는 투자한 대상에서 사고가 줄어들었는지 아닌지를 확인할 수 있다. 사고와 위험 빈도수가 줄었다면 그 공정에 남아있는 개선사항에 투자하고, 그 다음 투자 대상에 회사의 역량을 집중할 수 있을 것이다. 간단한 조치로 개선이 되는 것부터 공정의 설계자체의 문제점에 의한 개선사항까지, 단계적이며 일회성인 사항에서부터 장기적이며 단계적으로 개선해야 하는 사항까지 관리할 수 있다. 그리고 향후 교육적인 투자와 신 공정의 설계시에도 충분히 활용할 수 있을 것이다. 이렇게 지속적인 관심과 노력을 기울이며 안전관리에 투자를 한다면 사고가 줄어드는 현상을 눈으로 확인할 수 있을 것이다. 따라서 사업장에서 사고 관련 자료를 데이터베이스화하고 효과적인 안전관리 시스템을 구축하기 위해서도 반드시 사고 데이터는 총체적인 관리를 해야 한다. 이를 통해 나타난 조업자의 실수 원인을 분석하여 체계적인 예방과 사후 대책을 수립해 근본적으로 재해 예방을 할 수 있다. 이번에 제시한 아차사고 사례는 국내 화학회사인 A사의 실제 데이터이며 이 데이터를 분류하여 제시하였다. A사의 '97년도의 6개월간 찾아낸 아차사고를 분류 및 분석해 본 결과 앞서 제시한 하인리히의 법칙과 유사함을 알 수 있었다. 이를 바탕으로 발생하는 모든 아차사고를 분석, 연구하여 감소시키면 현장에서 발생하는 산업재해를 줄일 수 있다고 판단하였다. 결국 현장에서 아차사고를 관리하여 줄여나가는 모든 노력을 아끼지 않아야 한다.

이번에 본 연구의 자료로 사용한 2,200건의 데이터는 A사의 '97년도 하반기에 발생한 아차사고 사례들이다. 이를 분류하여 보면 이 기간 동안 단위 공정에서 발생한 총 아차사고가 2,000건, 경제해가 180건 그리고 중대사고가 6건으로 중대사고 : 경제해 : 아차사고의 구성비가 1 : 30 : 330으로 나타나 이론으로 제시한 하인리히의 1 : 29 : 300 원리가 현실적으로 유사하게 나타나고 있다는 것을 입증하였다. 단 이 분류에서는 경제해를 실제 경미한 사고로, 중대 재해를 4일 이상의 입원이 필요했던 사고라고 정의하고 분석하였다. 전체 데이터중에서 상세분석이 가능한 1,770건의 아차사고 데이터를 분석하기 위해 하나의 데이터당 각각 사고의 형태별, 직·간접 원인별, 기인물별, 그리고 사고발생 등급별 등으로 분류하였다. 이 데이터를 다시 발생 부서, 단위 공정, 공정상태, 발생일, 발생시간 그리고 아차사고를 찾아낸 일자 와 찾아낸 부서 등으로 분석하였고, 찾아낸 아차사고의 사후관리차원에서 조치여부, 조치를 마친 날짜, 조치를 취한 부서, 조치사항 및 소요비용 등의 세부항목으로 나누어 연구하였다(Table 1).

이와 같이 아차사고를 줄이면 그 상위의 경제해가 줄어든 것이고 궁극적으로는 산업체에서의 중대사고를 사라지게 할 수 있을 것이라 판단하였다. 그러나 연구과정에서 보았듯이 실제 사고의 뒤에서 항상 존재하고 있는 아차사고는 중소규모의 공장에서도 일년에 수천 건이

Table 1. Standards of detailed classification

Major classification	Middle classification	Detailed classification
Accident result	-	12 cases
Direct cause	Unsafe condition	8 cases
	Unsafe activity	12 cases
Indirect cause	Technical reason	4 cases
	Educational reason	5 cases
	Management reason	5 cases
Primary cause	-	17 cases
Measurement	-	5 classes

발생하며 대규모 플랜트에서는 일년에 수만 건씩 발생하기에 이를 효과적으로 분류 및 분석하고 대처하는 건 과정을 수 작업으로 한다는 것은 대단히 어려운 작업이다. 설령 많은 인원, 시간 그리고 노력들을 소요한다고 해도 데이터 관리와 보존, 대책 수립과 개선 조치여부 등은 역시 매우 힘든 일로 남게 된다. 따라서 데이터베이스를 활용한 관리 프로그램을 이용하여 수많은 아차사고를 저장, 검색, 분석, 그리고 처리를 가능케 함으로써 사업장에서 중점적으로 개선해야 할 부분을 파악하고 개선결과 및 효과분석을 할 수 있는 프로그램이 필요하다. 본 연구에서는 수많은 아차사고를 분류, 분석 및 관리하여 데이터베이스를 구축하고 이를 통합하여 재분석할 수 있는 프로그램인 yHAMS(Yonsei Hazard Analysis Management System)를 개발하였다.

4. 아차사고 관리프로그램 개발

아차사고를 체계적으로 관리할 수 있는 yHAMS는 두 가지 형태의 시스템으로 구성되어 있으며 전형적인 관계형 데이터베이스(relational database)의 구조를 갖고 있다. 관계형 데이터베이스는 데이터베이스를 여러 개의 작은 데이터베이스로 분할하고 각 데이터베이스간의 관계를 규정하여 관리하는 데이터베이스의 형태이다. 이 형태의 이점은, 첫째 데이터베이스를 작은 규모로 잘라 운용하므로 메모리를 적게 점유하여 속도면에서 유리하며, 한번에 많은 데이터를 처리할 수 있다. 둘째 개발상의 필요한 여러 가지 추가적인 사항을 데이터베이스에서도 모듈화할 수 있다는 점이다.

yHAMS는 아차사고의 데이터를 포함하고 있는 데이터베이스 공간 이외에도 아차사고의 데이터를 관리하고 보고서를 작성하여 보여주는 CSS(Calamity Superintendent System)와 아차사고의 유형을 라이브러리 형식으로 저장하는 RDS(Relative Database Supervisor)로 구성되어 있다(Fig. 1).

CSS는 데이터를 입력, 유지, 관리할 수 있는 입력기인 DE(Data Editor)와 입력된 데이터로부터 통계적인 보고서를 작성하여 주는 분석도구인 RP(Report Provider) 등을 주요 기능으로 갖추고 있으며 GUI(Graphic User Interface)로 연결되어 있다. DE는 데이터를 입력하는데 필요한 정보, 즉 입력 가능한 데이터의 목록을 제공하며, 추가, 삭제, 갱신의 기능을 갖고 레코드 자체를 관리한다. 또한 많은 레코드를 관리할 수 있도록 Grid형 입력기를 제공함으로써 주변 환경에 맞는 입력기의 형태를 고를 수 있다. RP는 필요한 정보를 입력받는 필터링과 필터링된 데이터를 일정한 양식에 맞추어 보고서로 작성해 주는 기능을 한다. 필터링을 통하면 사고사례에 대한 요약, 사고 건수와 각 기준별 조치비용에 대한 통계를 표의 형태로 표현할 수 있으며 막대그래프와 원 그래프의 형태로도 표현할 수 있다. 이렇게 표현할 수 있는 보고서의 종류는 모두 60여 가지이다. 그러나 사용자가 다른 형태의 필터링 기준을 적용하기를 원한다면 QD(Query Designer)에서 질의를 받아 필터링하고 그 필터링된 내용을 MS Excel이나 MS Word로 전송할 수 있다. 엑셀에서는 전송된 데이터를 이용하여 재편집하고 그래프를 작성

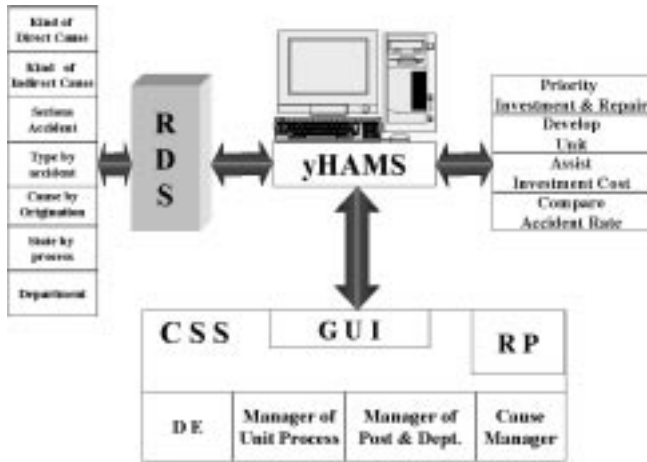


Fig. 1. Structure of yHAMS.

하는 일련의 작업을 계속 진행할 수 있다. 사용자는 명령어 조합으로 되어 있는 SQL문을 이용하여 더 많은 형태로 표현할 수 있지만 기본적으로 적용이 가능한 필터링 기준을 제시하여 주는 QD를 통해 보다 비주얼한 환경에서 편리하게 사용할 수 있다. CSS는 이 외에도 5가지의 데이터베이스 관리자를 갖고 있다.

RDS는 아차사고의 데이터베이스를 필터링하는 7가지 기준 상태를 데이터베이스화하여 저장하고 관리한다. 먼저 7개의 상태는 앞서 본바와 같이 사고형태, 사고의 직·간접원인, 기인물에 의한 사고, 사고발생 부서와 조치이행 부서, 사고당시 운전상태 그리고 사고등급 등을 각각 사고 발생일을 포함한 별도의 데이터베이스로 구성하고 있다. RDS의 데이터들은 CSS와 연결되어 있어 사용자가 데이터베이스를 입력하거나 필터링하고 보고서를 작성하는 작업에 참조하도록 되어 있다. 사용자가 데이터를 입력하는 과정에서 RDS를 참조함으로써 yHAMS는 사용자의 잘못된 테이블의 작성을 방지하고 효율적인 보고서 작성을 위하여 유효한 데이터 분석 기준을 미리 정의하도록 유도한다. 아차사고 데이터베이스의 내용뿐만 아니라 RDS의 데이터들도 DE에서 입력할 수 있으므로 데이터를 분석하는 기준을 사용자가 작성하여 각 해당공장의 여건에 맞는 시스템을 구성할 수 있는 customizing 기능을 가진다.

yHAMS의 모든 아차사고 데이터베이스 자료와 RDS의 데이터들은 interface 및 분석도구를 포함한 코드를 갖춘 CSS와 분리되어 각각의 독립적인 파일 형태로 유지된다. 따라서 데이터베이스 세트만을 보관함으로써 백업 및 데이터 이동을 할 수 있으며, 주변 환경에 맞는 복수의 데이터베이스 운용이 가능하다. 또 네트워크상에서 데이터베이스 세트를 서버에 위치시키고 나머지 코드를 복수의 클라이언트에 위치시켜 멀티유저 환경을 구축했다.

5. 현장 데이터 분석

아차사고를 줄이기 위해서는 체계적인 분류를 통해 문제점을 발견하고 그에 따른 대책을 강구하여 발생한 위험요소를 제거해야만 한다. 이를 위해서는 표와 같이 분류한 항목에 대해서 문제점과 대책을 제시하여 반영해야 한다. 그리고 발생한 아차사고도 비록 현실적으로 크게 일어난 재해는 아니지만 발생 정도에 따라 등급별로 분류를 해서 관리해야 한다(Table 2). 이는 경미한 재해의 발생 가능성과 중대 재해의 발생 가능성과의 구분이 필요하기 때문이다.

다음은 본 연구에서 상세분류표를 통하여 얻은 1,770건의 아차사고 데이터를 분류한 자료이다.

5-1. 형태별 아차사고 분석

Table 2. Description of classification by measurement

Class	Description
A	Possibility of accident is very high, thus immediate countermeasures such as reengineering and modification of open procedure are requested.
B	Possibility of accident is relatively high that workers are exposed to danger more than twice a week.
C	There exists possibility of accident that workers are exposed to danger 2-3 times a month.
D	Workers who experienced near misses are requested to share their experience to others.
E	One more attention is requested.

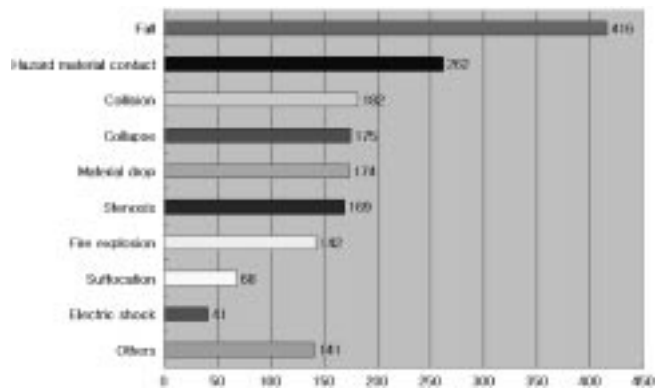


Fig. 2. Classification by accident result.

발생한 사고를 형태별로 분류하여 보면 추락과 유해물 접촉이 전체 발생 사고중 38%를 차지하였다. 그 외에도 전도, 충돌, 낙하, 협착 등도 고르게 나타났다(Fig. 2).

5-2. 직접원인별 아차사고 분석

직접원인별로 본 아차사고는 불안정한 행동이 80%정도 되었고 그 중 수칙 및 작업방법위반, 불안정한 자제동작 등이 가장 많았다. 주요 분류 항목으로 크게 불안정한 상태와 불안정한 행동으로 나뉜다(Fig. 3).

5-3. 간접원인별 아차사고 분석

전체 간접원인별중 교육적 원인이 61%를 차지했으며 그 중 안전지식, 의식부족, 작업방법 교육 미흡, 작업준비 불충분이 가장 많았다. 주요 분류 항목으로 기술적 원인, 교육적 원인, 관리적 원인으로 분류하였다(Fig. 4). 여기서 주목할 점은 대다수 사업장에서 가장 많이 사용하

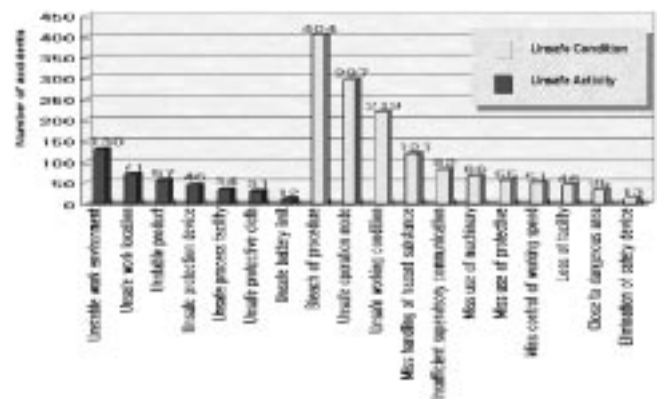


Fig. 3. Classification by direct cause of accident.

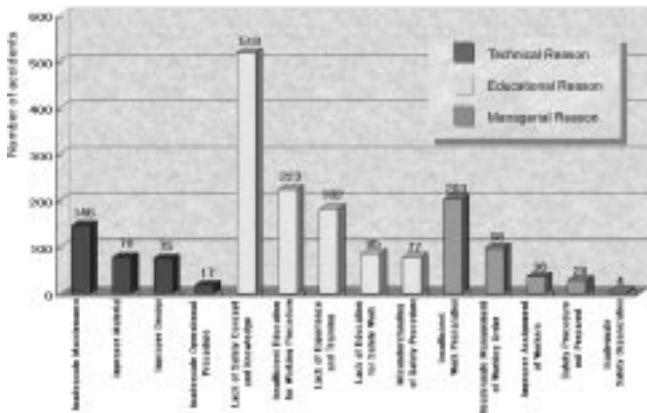


Fig. 4. Classification by indirect cause of accident.

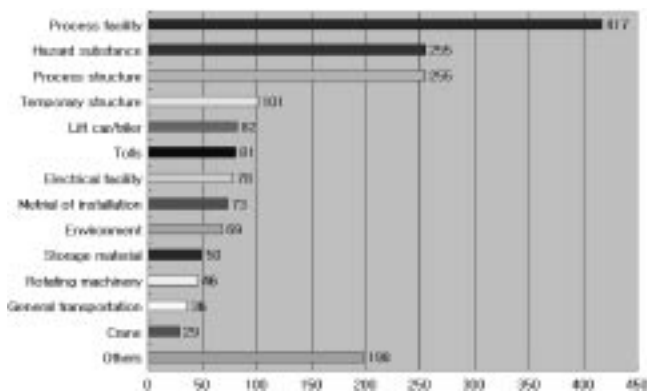


Fig. 5. Classification by primary cause of accident.

고 있는 작업자의 교육이 실질적인 효과를 얻지 못하고 있는 것을 알 수 있다. 물론 상대적으로 기술과 관리 방법이 더 발전했다고 할 수 있으나 근본적으로는 교육 방법이 현실적이지 못하기 때문이기도 하다.

5.4. 기인물별 아차사고 분석

공정에서 아차사고를 기인물별로 보았을 때 공정장치설비에서 가장 많은 원인을 갖고 있으며 이를 포함하여 구조물과 유해위험물에서 전체의 55%정도가 발생하였다(Fig. 5).

5.5. 등급별 아차사고 현황

전체 아차사고의 위험등급을 Table 1과 같이 A-E까지 5단계로 나누었다. 여기서 A와 B등급은 재해 발생 위험이 높아 재발방지 대책을 조속히 세워야 하는 등급을 의미하는 것으로 A등급은 재해 위험이 매우 높고, 상시 위험에 노출되어 있거나 발생빈도가 높으므로 설계 변경이나 설비 보완 등의 재발방지 대책을 확실히 시행해야 되는 위험등급이며, B등급은 재해위험 노출이 주 2회 이상 발생 가능하여 이에 대해 조속한 후속 조치가 필요한 위험등급이다. C, D, E등급은 경재해성 아차사고 사례들로써 C등급은 비교적 경미한 위험이 월 2-3회 정도 발생할 가능성이 있는 위험등급이고, D등급은 사례교육 등의 조치가 필요한 정도의 위험등급이며, E등급은 주의, 환기 등의 대응으로 조치 가능한 위험등급이다. 분석된 결과는 Fig. 6과 같다.

지금까지 분석한 1,770건의 아차사고중 다음의 한 가지 예로 내용을 자세히 살펴보자.

5.6. 사고사례

5-6-1. 사고 내용

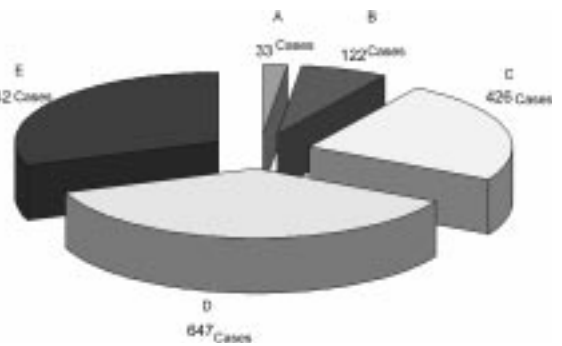


Fig. 6. Analysis of accident results by 5 classes shown in Table 1.

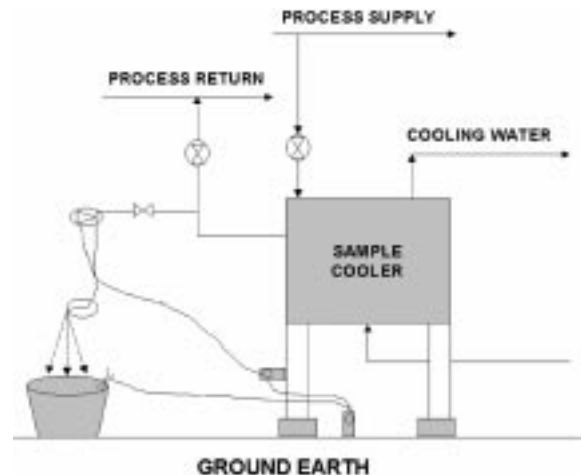


Fig. 7. A fire triggered by electrostatic.

이 사례는 Fig. 7에서와 같이 샘플링중 정전기에 의해 화재가 발생한 사고로 전환율을 점검하기 위해 매일 실시하는 샘플링 작업중 샘플링 병을 2회 세척한 후 양동이에 샘플을 받는 순간 벤젠 기체가 분출되면서 화재가 발생하여 인체에 경미한 화상을 입었다. 다행히 안전보호구와 장갑을 착용하고 있었기에 손목 등의 일부 부위만 가벼운 화상을 입었을 뿐 안전이나 기타 다른 부위의 화상은 없었다.

5-6-2. 사고 원인

작업자의 운전미숙으로 인하여 샘플링하는 벤젠의 양이 과다하게 유출되었고 이때 정전기가 발생하여 유출된 뜨거운 벤젠증기와 함께 화재로 발전하였다.

5-6-3. 사고 분석

- Classification by measurement: B class
- Accident results: fire
- Direct cause: unsafe activity → unsafe process facility
- Indirect cause: technical reason → improper design
educational reason → lake of training
management reason → safety procedure not prepared
- Primary cause: hazard substance

5-6-4. 대책

- 유량을 조절할 수 있는 밸브를 설치하고 노즐을 보완
- Earth 및 Bonding을 설치
- SOP(Standard Operating Procedure)작성 교육

6. 분석결과 및 대책

아차사고를 줄이기 위해서는 체계적인 분류를 통한 문제점의 발견

과 그에 따른 대책을 강구하여 발생한 위험요소를 제거해야만 한다. 이를 위해서는 분류한 항목에 대해서 문제점과 대책을 제시하여 반영해야 한다. 그리고 발생한 아차사고도 비록 현실적으로 일어난 사고는 아니지만 그 정도에 따라 등급별로 분류를 해서 관리해야 한다. 이는 경미한 재해 가능성과 재해 위험이 높은 사례와의 구분이 필요하기 때문이며 향후 위험의 정량성을 평가할 때에도 매우 긴요한 자료로 사용될 것이다. 사고 사례를 분석하다가 우연히 얻은 것중 주목할 만한 사항은 아차사고를 한번 경험해 본 근로자가 또다시 반복하여 유사한 사례를 경험한다는 것이다. 이는 사업장에서 사고는 이미 경험해 본 작업자가 다시 발생시킨다는 속설을 뒷받침한다.

주요 분류에 대해 문제점과 대책 수립에 관하여 분석하여 보았다. 형태별, 기인물별, 원인별 그리고 등급별 현황의 문제점을 찾아내고 그 대책을 제시해 보았다. 먼저 형태별 현황 분석 자료는 추락과 유해물 접촉이 상당히 높은 빈도를 차지하고 있으며 특히 중대 재해 가능성이 사고 유형별로 고르게 분포되어 있다. 여기서 화학공장의 사고 형태중 추락이 가장 많이 발생한 것은 실 사고에서는 제일 큰 항목은 아니다. 이는 아차사고에서만 발생하는 특이성이라고 판단한다. 기인물별 현황 분석에서는 공정장치 및 구조물이 가장 높은 비율로 나타났고 유해 위험물에 의한 사고도 상당히 높은 비율을 보였다. 형태별과 기인물별 현황에 대한 대책으로는 발판, 난간대, 회전체, 동력 지점 등 잠재위험요소를 파악하여 우선적으로 개선해야 하며, MSDS (Material Safety Data Sheets) 게시와 교육을 정기적으로 시행하여야 한다. 원인별 현황의 문제점으로는 간접원인인 안전지식 및 의식의 부족, 작업방법 교육 미흡, 작업준비 불충분, 경험훈련 미숙 그리고 작업지시감독 미흡 등이 직접원인인 수칙 및 작업방법 위반, 불안정한 자세동작, 불안전상태 방지와 위험물질 부주의 등과 연결되어 사고로 이어지는 경우가 많은 것으로 나타났다. 이에 대한 대책으로는 안전의식 강화와 전문지식 교육, 사각지대 순찰을 비롯한 지도감독 강화, 안전작업의 습관화와 실천의지 고취를 높여야 하며 경영층의 현장확인을 통한 top-down 방식의 관리 감독 등을 주기적으로 해야 한다. 이번 연구 결과중 주목해야할 부분이 바로 사고의 간접원인별 분석이다. 이 분석을 통하여 압도적으로 교육적 원인이 사고의 주요 원인으로 나타난다. 이 결과는 사업장에서 주요 개선 방법인 교육이 실제적으로 큰 효과를 보지 못하고 있다고 할 수 있다. 효과적인 교육을 위한 방법을 전체적으로 재검토하여 작업자에게 보다 효율적이고 확실한 교육을 해야 한다. 3D(3 Dimension)를 이용한 멀티미디어 교육 프로그램을 개발하여 교육의 효과를 높이는 방법 등이 있다.

마지막 등급별 현황 분석 자료로는 아차사고가 경미한 재해로 나타날 가능성이 많은 유형이 대부분이나 재해위험이 높은 A, B등급 유형이 나타났다. 이에 중대 위험요소로 나타난 A, B등급 유형에 대하여 설비적 대책을 우선적으로 시행하여 사고로의 전이를 막아야 하며, 비교적 경미한 위험요소인 C, D, E등급 유형은 교육과 의식적 대책을 시행을 통해 재발방지에 노력을 해야 한다고 분석하였다.

사례별로 분석한 아차사고를 관리하는 방법으로 주요 아차사고를 회사 임원들이 현장을 직접 확인하는 것과 현장경험이 풍부한 인원으로 점검팀을 구성하여 운영하는 것이 바람직하다고 판단한다. 사고의 예방을 위해서는 임원들부터 현장근로자들까지 혼연일체가 되어 부단히 노력해야 한다. 문제점에 대한 개선방법과 개선유무에 관해서는 list-up하여 개선 결과를 공고하여야 한다. 그 내용으로는 사고의 간단한 개요와 함께 적용 및 개선 방법과 개선 완료된 날짜를 넣어서 이를 비교하는 것이 일반적인 교육보다 더 효과적이라고 판단한다. 적용 및 개선방법으로는 교육, 공지, 시설개선 및 보수, 설계변경, SOP 보완, 주의 환기 등으로 표현할 수 있고, 그 외에 발판 사용, 접지선 부착, 사다리 설치 등으로 표현할 수도 있다.

이제까지 살펴보았듯이 실제 사고의 원인이 되는 아차사고는 한 공

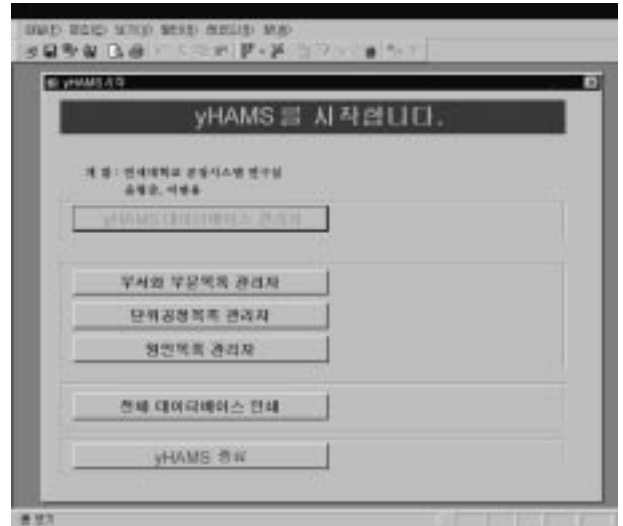


Fig. 8. Start screen of yHAMS.

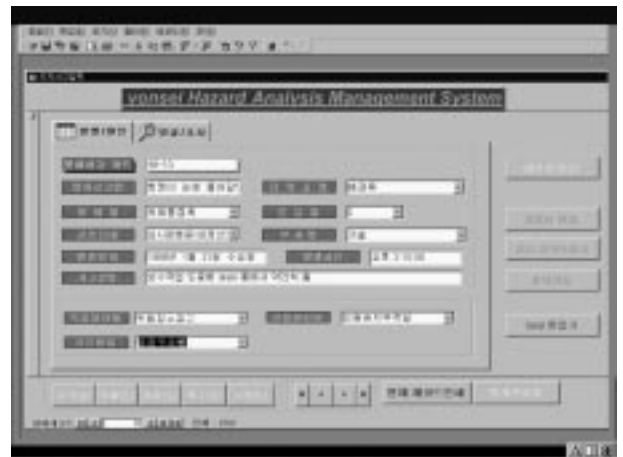


Fig. 9. Data input screen of yHAMS.

장에서 일년에 수천, 수만 건씩 발생하기에 효과적인 분석과 대처를 하기가 매우 어렵다. 따라서 이들 자료를 데이터베이스화한 검색 프로그래밍을 활용한다면 수많은 아차사고를 저장, 검색, 분석, 그리고 처리를 함으로써 사업장에서 중점적으로 개선해야 할 부분을 파악하고, 우선적으로 고려해야 할 부분을 명확히 알 수 있으며 투자 후에 그 결과와 효과분석이 용이하다. Fig. 8과 9는 yHAMS의 시작화면과 입력화면이다.

다음은 yHAMS를 구동시킨 결과를 엑셀을 통하여 나타낸 것이다. Fig. 10에서는 사고 건수를 장치별로 표현한 결과 그래프이다.

안전의식이 향상되고 산업현장에서의 안전이 매우 중요함을 인식하고 있음에도 많은 사고들이 실수와 부주의로 인해 꾸준히 발생하며 중대재해로까지 발전한다. 이는 안전을 고려한 투자를 하더라도 언제, 어느 곳에, 어떻게 투자를 해야 하는지를 쉽게 정하기가 어렵고 우리가 사고 사례에서 얻은 데이터들을 제대로 관리하지 못하는 이유도 크다고 할 수 있다. 본 연구에서는 실제 사업장에서 얻은 안전 데이터의 분석을 통해 하인리히 법칙을 입증하였다. 이를 체계적이고 효과적으로 관리하기 위하여 yHAMS를 개발하여 사업장에 6개월간 적용하였다. 이와 같이 아차사고를 체계적이고 효율적으로 관리할 수 있는 기법과 프로그램을 통하여 적절한 예산으로 투자 시기와 장치 및 장소의 우선 순위를 결정하여 집행하고 그에 따른 사고의 발생 추이를 분석하여 다음 대책을 세울 수 있는 체계적인 관리 방법을 제시

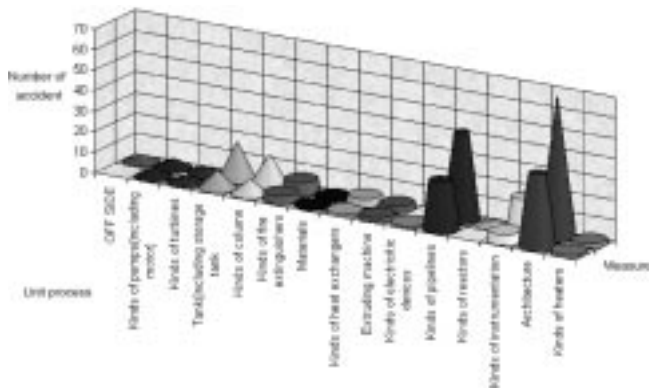


Fig. 10. Analysis of unit processes.

하였다. 그 결과 사고 예방대책과 안전관리 시스템을 구축함으로써 사업장에서의 안전성을 증대시킬 수 있었다. 결국에는 이러한 안전정보의 관리를 통해 얻어진 결과를 분석하여 작업자의 실수를 유발시키는 요인을 파악해 체계적인 분석과 대책이 수립되어야만 근본적인 재해예방이 가능하다.

7. 결 론

실제 공정에서 발생한 아차사고 데이터를 통하여 하인리히의 1 : 29 : 300의 원리를 입증하여 실제사고와 아차사고와의 강력한 연관관계가 존재함을 입증하였다. 그러므로 아차사고를 철저히 관리하여 발생 위험도와 빈도수가 높은 장치에 우선적인 투자보완을 하여 중대재해로 이어지는 것을 막아야한다. 즉, 아차사고는 재해와 다름없는 중요한 사건이다. 본 연구에서는 실제 사고 데이터의 관리를 통해 중대재해를 줄일 수 있는 새로운 사고관리방법을 제시한다. 아차사고를 60여가지 항목에 따라 분류하였으며, 분류한 아차사고를 체계적으로 관리하고 대처방안을 강구할 수 있는 효율적인 아차사고 관리프로그램을 개발하였다. 이를 통하여 중대재해로의 전이를 막고, 경제적으로 효과적인 투자와 공정상의 투자 우선 순위를 결정하는 등의 안전관리를 한다면 산업현장에서 발생하는 중대사고를 줄일 수 있을 것이다. 또 안전차원의 투자 후에 투자의 적정성과 효과를 확인할 수 있어 개선효과를 검증할 수 있기에 효과가 더욱 크다. 본 연구에서는 아차사고와 실제사고 사이에 밀접한 연관이 있다는 것을 확신하며 아차사고를 통합적으로 관리하여 중대재해를 줄이려는 노력의 일환으로 위의 기능들을 포함하여 데이터베이스를 구축한 프로그램인 yHAMS

를 제시하였다. 이러한 방법을 통하여 체계적이고 효율적인 안전정보 관리체계를 구축할 수 있다.

감 사

본 연구는 포항공과대학교 공정산업의 지능자동화 연구센터를 통한 한국과학재단 우수연구센터 지원금에 의한 것입니다.

참고문헌

- Petersen, D.: "Human-Error Reduction and Safety Management," 2nd ed., Aloray Publisher Inc., New York, 171(1984).
- Grimaldi, J. V. and Simonds, R. H.: "Safety Management," R. D. Irwin Inc., Illinois, 223(1984).
- Petersen, D.: "Safety Management, A Human Approach," 2nd ed., Aloray Publisher Inc., New York, 144(1988).
- Genizzi, T.: The 19th Japanese Safety Engineering seminar, 5(1998).
- Yoon, H. J., Kwon, H. M., Kim, D. W., Yoon, C. S. and Moon, I.: Proceedings of '98 KICHe Spring Meeting, Seoul, 4(1), 513(1998).
- Heinrich, H. W.: "Industrial Accident Prevention," 5th ed., McGraw-Hill, New York, 27(1980).
- Bird, F. E. Jr. and Loftus, R. G.: "Loss Control Management," Institute Press Division of International Loss Control Institute, 30(1989).
- Park, C. S.: The 30th Industrial Safety Health Meeting Technical Seminar, KISCO, 10(1998).
- Moon, I., Powers, G. J., Burch, J. R. and Clarke, E. M.: *AICHE J.*, **38**, 67(1992).
- Moon, I.: *IEEE Control Systems*, **14**(2), 53(1994).
- Moon, I., Ko, D. H., Probst, S. T. and Powers, G. J.: *J. of Chem. Eng. of Japan*, **30**, 13(1997).
- Probst, S. T., Powers, G. J., Long, D. E. and Moon, I.: *Comp. Chem. Eng.*, **21**, 417(1997).
- Dimitriadis, V. D., Shah, N. and Pantelides, C. C.: *AICHE J.*, **43**, 1041(1997).
- Yoon, H. J., Lee, H. Y., Kwon, H. M. and Moon, I.: AICHE Annual Meeting, Florida, 241(1998).
- Center for Chemical Plant Safety, Technical Management of Chemical Process Safety, AICHE, 113(1989).