

에너지산업시설의 인적오류 제어 방법

조영도, 박교식

한국가스안전공사 가스안전시험연구원

A method of human error management in chemical process industries

Young-Do Jo and Kyo-Shik Park

Institute of Gas Safety Technology, Korea Gas Safety Corporation

서론

에너지산업시설에서 사고발생 경위는 결합수목분석, 사건수목분석, 그리고 원인결과분석 등의 기법을 이용하여 과거에 발생한 사고를 분석하고, 아직 경험하지 못한 대형사고를 예측하기 위하여 복잡하게 연계된 기본사건들을 해석하는데 적용하여 왔다[1,2]. 지금까지 에너지 산업시설에서 위험관리를 위한 도식적인 표현은 비정상적인 사건 즉 인적오류, 기계적인 결함을 기본사건으로 하여 전개하는 것이 일반적이다[3]. 그러나 기업활동에 있어서 작업자의 활동과 기계적 요소뿐만 아니라 조직, 사회적 영향요소 등이 위험분석에 포함되어야 종합적인 안전관리를 할 수 있다. 따라서 현재 급격히 변화하고 있는 기술과 사회적 변화를 수용할 수 있는 새로운 위험관리 및 제어기법 개발이 필요하다. 급격하게 변화하는 기술에 비하여 위험관리기술은 매우 낙후되어 있다[4]. 지금까지 발생한 대형사고의 원인을 분석하여 보면, 인간의 부적절한 행동에 의한 결과가 사고원인이 되는 것이 50%에서 80%에 이른다. 따라서 현재는 하나의 부적절한 행동으로 인하여 대형사고가 발생하는 것을 근본적으로 방지할 수 있도록 안전장치를 설계하는 것을 원칙으로 하고 있다. 그러므로 거의 모든 대형사고는 사람의 부적절한 행동과 안전장치 등의 기계적인 결함이 동시에 일어날 때 대형사고가 발생하게 된다[5]. 인간의 부적절한 행동은 시스템의 설계상태, 주변환경, 그리고 개인적 요소에 영향을 받는다고 일반적으로 알려져 있다[6]. 비록 공정 시스템은 인적오류를 줄이거나 제거하기 위한 방법으로 설계하여 인적오류를 어느 정도 제어할 수 있으나, 개인적 요소와 주변환경에 대한 사항은 인적오류를 줄이기 위한 제어가 매우 어려운 편이다. 다시 말하면, 적절한 인터페이스 설계와 교육을 통하여 인간의 실수를 완전히 제거하기 어렵다. 인적오류는 인간의 집중에 대한 한계, 경우에 따라서 시스템의 변경, 그리고 자주 일어나지 않는 사건에 대한 지식의 한계 때문에 종종 일어날 수 있다. 이러한 인적오류는 인적오류에 영향을 미치는

요소들의 좋고 나쁨에 따라 100배정도 차이가 날 수 있음이 보고되어 있다[6]. 그러나 현재까지 석유화학 산업을 비롯한 에너지산업시설에서 공정운영 시스템은 공정상태 즉 한계온도, 한계압력, 한계유속, 등에 대한 정보를 플랜트 운전자에게 제공하여 위험을 제어하기 위한 의사결정을 할 수 있도록 하고 있다. 따라서 본 연구에서는 플랜트 운전자의 오류에 의한 대형사고를 예방하기 위하여 시스템의 공정상태 정보뿐만 아니라 안전장치의 상태에 따라 인적오류를 제어하는 방법에 대하여 검토하고자 한다.

중대사고의 발생빈도

에너지산업시설에서 위험관리는 중대위험이 발생할 가능성 있는 사고 시나리오에 대하여 발생확률을 평가하고, 발생확률이 기준치를 상회할 경우 안전장치를 부가하는 등의 기계적인 제어 시스템에 중점을 두고 있지만 지금까지의 대형 사고발생 원인은 대부분 기계적 결함과 사람의 잘못에 있다. 따라서 석유화학시설 등 에너지산업시설에서 일어날 수 있는 대형사고 시나리오를 선별하고, 선별된 대형사고 시나리오에 따라 안전장치 등의 기계적인 결함이 발생할 확률과 사람의 잘못을 일으킬 수 있는 확률을 분석하여 시설의 전체적인 대형사고 발생 가능성 저감시킬 수 있는 방법으로 위험을 제어할 필요가 있다. 에너지산업시설에서 대형사고를 일으킬 수 있는 위험요소는 안전검토, 체크리스트 분석, 상대순위법, 예비 잠재위험 분석, 잠재위험 및 운전성 분석, 고장모드 및 영향분석, 원인 결과분석 등 기존의 분석기법을 활용하여 찾아낼 수 있다. 이렇게 찾아낸 대형사고의 시나리오를 사건수목분석, 결함수목분석 등을 통하여 사고가 발생 할 수 있는 확률을 산정하고, 사고가 발생할 경우 피해정도가 어느 정도 되는지 분석하여 위험을 구할 수 있다.

인적오류 제어

인적오류 제어방법은 그림 1에 도시된 바와 같이 에너지산업시설의 대형사고로 인한 피해를 예방하기 위하여 공정을 제어하고 있는 각종 측정장치 또는 점검자료로부터 입력되는 자료를 분석하여 시스템 중에 어느 요소가 결함이 있는지 인지하고, 인지된 결함요소가 사고발단의 원인이 되어 중대사고로 연계될 가능성이 있는지를 시스템에 대한 결함 수목도 분석, 잠재위험 및 운전성 분석, 고장모드 및 영향분석, 원인 결과분석 등의 자료를 근거로 하여 판단하고, 중대사고로 연계될 가능성이 있는 결함은 상황을 경고하여 시스템 운전원이 현재 시스템의 위험한 상황을 인지 할 수 있도록 하고, 시스템의 결함요소와 연계된 인적오류 유발요소를 제어하여 주기 위하여 작업의 집중력 감소에 대한 분위기 변경 또는 운전원이 경험하여 보지 못한 비상사태 발생에 대한 처리절차를 상기시켜

주는 등의 수행영향인자를 관리하고, 결함요소가 수리되었을 경우 정상시의 관리 시스템으로 복귀하고, 만약 결함요소가 아직 수리가 되어 있지 않을 경우 단순히 인적오류에 영향을 미치는 수행영향인자를 변경시킴으로써 위험을 수용할 수 있을 정도로 감소시키기 어려운 경우에는 제 3자에 의한 작업과정의 점검을 추가한다든지 작업에 대한 스트레스 정도를 감소시키기 위하여 업무를 일부 분산한다든지 등의 작업조건 변경을 통하여 인적오류를 더욱 감소시키는 일련의 과정을 거쳐 기존의 에너지산업시설의 인적오류를 동적으로 관리하여 안전성을 향상시킬 수 있다.

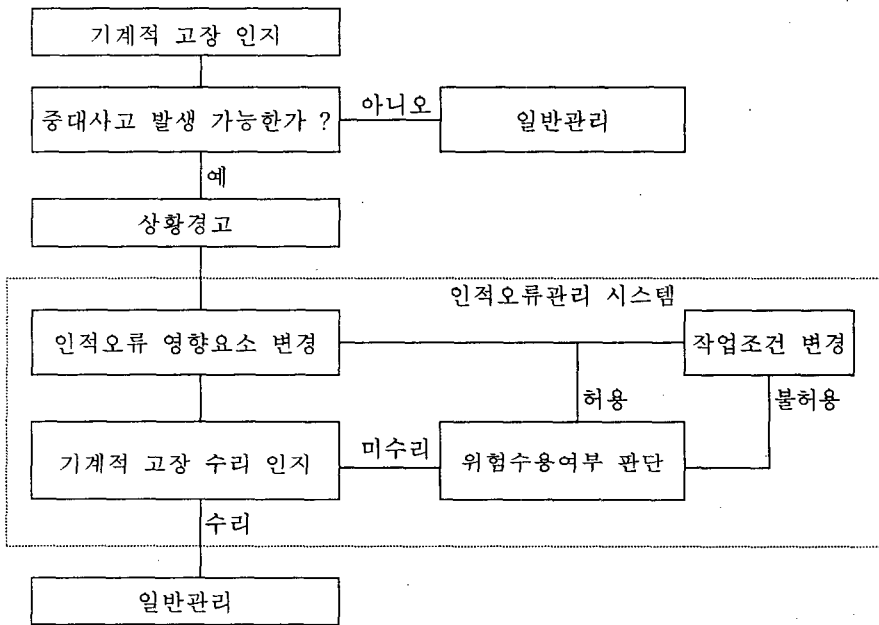


Fig. 1. A systematic diagram of human error management with a mechanical failure

결론

에너지산업시설의 안전관리는 사고를 방지하기 위한 근원적 차원의 접근이 필요하고, 점점 첨단화되어 가는 산업시설에 대하여 인적오류를 배제한 안전관리는 한계에 직면하고 또한 경쟁력을 갖춘 기업으로 성장하기 위하여 관리 가능한 모든 요소를 적절히 제어하여 시스템의 위험을 최소화하고 이윤을 최대한으로 창출할 수 있도록 하여야 한다. 대형사고는 인적오류와 안전장치의 기계적 결함이 동시에 발생하여야 되며, 일반적으로 안전기기의 결함상태를 운전자나 작업자가 알고

있는 상태가 대다수 차지하고 있으므로 이때 인적오류에 영향을 미치는 요소를 적절히 관리함으로써 별도의 추가의 비용을 투자하지 않고 대형사고의 발생할 가능성을 획기적으로 저감시킬 수 있다.

참고문헌

- [1] Barlow, R.E. & Proschan, F., *Mathematical theory of reliability*, Wiley, New York, (1965)
- [2] Cepin, M & Mavko, B., *A dynamic fault tree*, Reliability Engineering and System Safety, **75**, 83-91, (2002)
- [3] Schilling, E.G., *Reliability engineering handbook*, Center for Quality and Applied Statistics, Rochester Institute of Technology, Rochester, New York, (1999)
- [4] Svedung, I & Rasmussen, J., *Graphic representation of accident scenarios: mapping system structure and the causation of accidents*, Safety Science, **40**, 397, (2002)
- [5] Jo, Y.-D. & Park, K.S., *Dynamic management of human error to reduce total risk*, Journal. of Loss Prevention in the Process Industries, in print, (2003)
- [6] Swain, A.D. & Guttman, H.E., *Handbook of human reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications*, NUREG/CR-1278, Sandia National Laboratories for the U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, (1980)
- [7] Hollnagel, E., *Cognitive reliability and error analysis method*, Elsevier Science Ltd. (1998)