

HAZOP 전용 워크시트 프로그램 개발

윤익근·하종만·한정민·이정환

한국가스공사 연구개발원
(1999년 4월 23일 접수, 1999년 5월 20일 채택)

Development of Worksheet Program for HAZOP

I. K. Yoon, J. M. Ha, J. M. Han, J. H. Lee

R & D Center, Korea Gas Corporation

(Received 23 April 1999 ; Accepted 20 May 1999)

요 약

최근 가스 및 화학 공장에 대한 위험성 평가 기법으로서 가장 많이 적용되고 있는 것은 HAZOP이다. 이 HAZOP은 매우 논리적이고 체계화된 기법이나 많은 분석 시간을 요구한다. 그러므로 HAZOP 수행시 적절한 워크시트 프로그램은 분석의 속도를 증진시키고 많은 자료를 관리하는데 매우 중요한 도구이다. 따라서 본 연구에서는 실제 HAZOP 수행 경험을 바탕으로 보다 사용하기 편리하고 쉬운 프로그램을 개발하였으며 그 특징으로는 HAZOP의 일반적인 절차를 메뉴로 구성한 화면과 유연한 편집 기능, 그리고 검색을 통한 기록 정보에 대한 탐색 및 고찰을 할 수 기능이라 요약할 수 있다. 그리고 개발된 프로그램을 이용하여 기존에 수행되었던 HAZOP 수행 결과에 대한 경향 분석 사례를 보이고 유용성을 확인하였다.

Abstract - Recently, HAZOP has been used as one of the most effective way of qualitative risk assessment for plant industries. However, this technique requires much man labor to be successfully performed. This fact enables the adequate HAZOP worksheet program to help speeding up the procedure and managing the data of analysis. Based on the experience of HAZOP carrying out, the authors focused the purpose of this study on developing a useful and comfortable HAZOP worksheet program. The unique characteristics of developed program are the menu window expressed in common steps of HAZOP, versatile edit functions, and search menu for investigating the scenario data. The tendency analysis for existing HAZOP results was performed to validate the usefulness of the developed program.

Key words : Qualitative risk assessment, HAZOP, Worksheet program

1. 서 론

최근 국내의 PSM(Process Safety Management)/SMS(Safety Management System)제도와 관련하여 각 사업장에서는 위험성 평가(Risk Assesment)를 통해 안전성 향상을 도모하고 있다. 이러한 위험성 평가는 공정에 잠재해 있는 다양한 위험 요인을 사전에 미리 도출하여 제어함으로써 위험도를 감소시키고

자 하는 것이 그 주요 목적이며 적용 기법 또한 상당히 다양하다. 이러한 기법들은 크게 정성적인 것과 정량적인 것으로 나누어 볼 수 있는데, 현재는 확률적 모델을 통한 빈도 값과 피해 영향의 크기 및 범위 등을 수량적으로 제시해야 하는 정량적 위험성 평가보다는 대부분 현장 운영 경험 및 전문지식을 활용한 정성적 분석이 보다 현실적으로 많이 이루어지고 있다. 그 중 HAZOP(Hazard and Operability)은 정성적 위험

성 평가중에서 그 분석의 체계와 진행 방식이 매우 논리화 및 구조화되고 또한 창의적이어서 최근에는 주로 이 기법을 이용하여 공정의 위험성 평가를 실시하는 것으로 알려져 있다. 하지만 다양한 전문 배경을 가진 적지 않은 팀 구성과 분석에 소요되는 시간이 길다는 단점이 있는데 특히 분석 진행시 상당히 많은 시나리오 분석 자료를 지속적으로 기록하고 편집해야하는 어려움이 있다. 따라서 적절한 PC용 문서 처리 소프트웨어를 이용하는 것은 분석의 속도를 높이고, 분석 자료를 보관하는데 매우 유용하다. 하지만 HAZOP에서의 분석 워크시트(worksheet)는 특정한 형태이므로 이러한 보편적인 소프트웨어로서도 자료 입력에 불편한 사항이 많다. 예를 들어, 새로운 노드 또는 시나리오 추가나 삭제와 같은 편집 작업이 있을 때, 바로 양식과 내용을 수정해 나가는 작업은 서기에 매우 번거롭다. 따라서 현재 국내/외에는 상용화되거나 공용할 수 있는 HAZOP 워크시트 프로그램이 소수 있으나 아직은 많이 활성화되어 있지 않다. 그것은 HAZOP 수행 경험에 비추었을 때, 대부분의 프로그램이 실제 분석과정에서 필수적으로 요구되는 편집 기능들이 부분적으로 충분치 못하기 때문이라 판단된다. 워크시트의 한 셀(cell)에서의 다수행 입력이 안되거나 노드 삽입 기능 등이 없는 경우를 예로 들 수 있다^[6,7,8]. 이 외에도 영문으로 구성된 메뉴나 불필요하고 복잡한 화면과 기능 구성은 오히려 사용상의 불편성을 증대시킨다고 판단된다. 또한 기존의 프로그램들은 분석 내용을 기록하고 출력하는 기능 외에 사용자들로 하여금 전체 기록된 내용에 대하여 쉽게 이해하는데 도움을 주는 기능을 갖고 있는 프로그램은 거의 없다. 이를테면 사용자가 전체에서 상위 위험도에 해당하는 시나리오를 찾기 위해서는 출력된 전체 내용에서 하나씩 찾아보아야 하는 불편함이 있는 것이다.

따라서 본 연구에서는 다음과 같은 연구 내용과 범위를 두었다. 먼저 위와 같은 기존 프로그램들의 기능상의 불편성을 제거하고 보다 현실적으로 요구되는 기능들을 중점적으로 반영하고 편리하게 사용할 수 있는 HAZOP 전용 워크시트 프로그램을 개발하고자 한다. 또한 분석 완료된 정보들에 대하여 사용자들이 검색기능을 통해 빠른 편집과 내용을 분석해볼 수 있는 활용기능을 추가하여 HAZOP 기록지의 이용 가능성을 제시해보고자 한다. 이를 위하여 이 연구에서는 실제 설비에 대한 HAZOP 수행 경험을 바탕으로 화면과 기능에 대한 개발 방안을 설정하고 윈도우용 프로그램을 개발하였으며, 개발된 프로그램을 이용하여 기존 국내 LNG 설비에

대한 HAZOP 분석 기록 내용을 입력하고 그것을 바탕으로 경향 분석 사례를 보이고 그 유용성을 보였다.

2. 프로그램 개발 방안

우선 본 연구에서는 프로그램을 개발하기 앞서 사용자 화면 및 기능을 구현하기 위하여 아래와 같은 개발 방안을 설정하였다. 즉 보다 신속하면서도 쉽게 자료를 처리하도록 하기 위한 사용자 화면 구성에 대한 방안을 모색하고 기능 구성에 있어서는 서기 경험을 바탕으로 일반적인 편집 기능 외에 추가적인 기능, 다시 말해 기존 프로그램에서는 볼 수 없었지만 필요하다고 판단되는 자료 입력 및 편집 기능과 활용기능을 제안하고 구현하였다.

사용자 화면 구현 방안

화면 구성에 있어서 본 연구에서는 보다 편리하게 프로그램의 사용을 위하여 다음과 같은 방법을 구상하였다. 일반적으로 HAZOP 수행절차는 Fig. 1과 같이 특징적으로 크게 노드의 구분, 공정변수의 선택, 가이드워드의 선택, 시나리오 분석과 같은 순서로 나누어 볼 수 있다^[3]. 따라서 그러한 HAZOP의 각 분석 단계를 메뉴화면에 도시하고 각 단계에 적합한 자료에 대한 편집 화면을 구성한다면 사용자는 직관적으로 사용법을 쉽게 인식하고 작업하게 됨으로써 보다 프로그램 사용의 편의성을 도모할 수 있다고 판단된다.

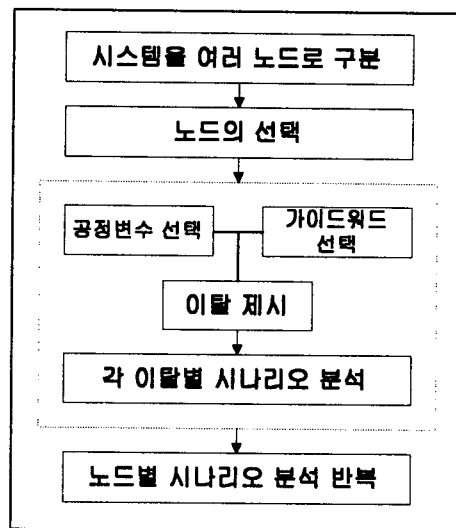


Fig. 1. The general procedure of HAZOP.

기능 구현 방안

본 연구에서는 자료 편집 및 활용 기능면에 있어서는 기존 프로그램에서 볼 수 있는 기본적인 편집 기능을 구현함과 동시에 실제 설비에 대한 수행 경험을 바탕으로 실질적으로 요구되는 다음과 같은 기능들을 보강함으로써 사용자보다 실질적이고 유용성이 높도록 하였다.

첫째, 편집 기능면에서는 먼저 노트와 같은 구분 정보의 편집 기능은 추가나 삭제 기능 외에 삽입 기능 및 순서의 변경을 손쉽게 할 수 있도록 한다는 것이다. 이는 기존의 프로그램에서는 볼 수 없어 매우 불편하였으나 실제 HAZOP 시나리오 분석시에는 필요성이 매우 높다고 판단되므로 반드시 반영되어야 한다. 또한 시나리오 자료 입력시에도 추가, 삽입 기능이 자유롭게 하되 각 입력 셀(cell)에서 다수행으로 자료를 입력할 수 있도록 구현한다. 대부분 시나리오 필드에서의 기록 자료는 한 라인(line)으로 끝나기보다는 여러 라인으로 작성해야 하기 때문이다.

둘째, HAZOP 수행이 끝난 후 그 내용을 활용하는 기능면에 있어서는 사용자가 원하는 시나리오만을 도출할 수 있는 기능을 구현한다는 것이다. 이는 분석기록지의 필드별 검색 기능을 말하며 다음과 같은 유용성을 얻을 수 있다고 판단된다. 먼저 HAZOP 분석이 진행됨에 따라 시나리오수가 점차 많아 질 때 서기는 필요한 시나리오만을 쉽게 찾아 볼 수 있고 편집할 수 있다. 또한 분석이 완료된 후, 이러한 기능을 통해 보다 쉽게 경향 분석을 하고 결과에 대해 다양한 해석을 할 수 있다고 판단된다. 예를 들어 분석자가 관심을 가지는 사건이 전체에서 차지하는 비율이라던가, 또는 어떤 결과를 일으키는 원인을 범주별로 설정하여 쉽게 비율을 구함으로써 공정 전체에 대한 위험 요인을 이해하고 통찰할 수 있다.

3. 개발된 프로그램의 사용자 화면 및 기능

본 연구에서는 위에서 제시한 방향을 바탕으로 윈도우즈 95/98환경에서 작동할 수 있는 응용 프로그램을 비주얼 베이직을 이용하여 개발하였으며 이것을 KOGAS-HAZOP이라 명명하였다. KOGAS-HAZOP의 주요 편집화면의 구성은 Fig. 1과 같으며 여기서 사용하는 데이터 베이스는 액세스(Access)이고 그 구조는 위에서 언급한 각 편집 화면별 처리되는 정보를 바탕으로 설계된 것이다. 이 데이터 베이스는 비주얼 베이직의 DAO(Data Access Objects)를 통해

처리되는데 DAO는 코드를 통해 데이터베이스에 접근할 수 있는 객체의 구조로서 보다 데이터베이스를 유연하게 처리할 수 있는 프로그래밍 인터페이스다^[9].

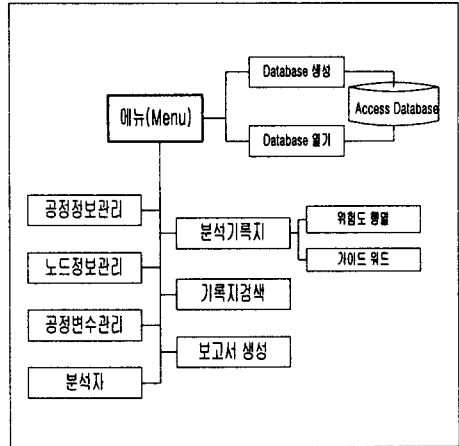


Fig. 2. Overall structure of KOGAS-HAZOP.

메뉴 화면

KOGAS-HAZOP의 메뉴 화면은 Fig. 3과 같으며 사용자는 HAZOP 수행 단계마다 필요한 메뉴를 불러 자료를 입력하고 편집하게 된다. 시나리오 분석에 직접적으로 필요한 메뉴 외에도 참여자, 기록지 검색, 보고서 생성 메뉴가 있다. 특징적 기능으로는 각 상위정보가 입력되지 않으면 하위의 정보를 입력할 수 없도록 하여 현재 입력해야 할 정보를 직관적으로 알 수 있고 시행착오를 줄일 수 있다. 예를 들어 노트에 대한 내용을 입력하지 않으면 사용자는 다음 단계인 분석기록지 화면을 열 수가 없다.

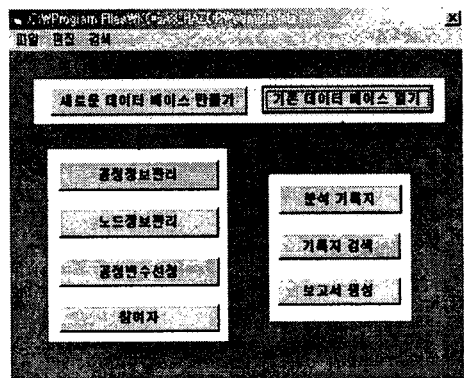


Fig. 3. Main menu window.

공정 및 노드정보관리 화면

사용자가 Fig. 5와 같이 노드에 대한 정보를 입력하기 위해서는 Fig. 4처럼 상위 정보인 공정에 대한 자료를 입력하고 하위로 노드의 정보를 입력하여야 한다. 실제 분석 대상의 플랜트는 대부분 복잡하기 때문에 노드만으로 구분하기엔 구간 정보를 상세하게 나타낼 수 없다는 점을 참고하여^[7] KOGAS-HAZOP에서도 이와 같이 반영하였다. 언급했던 바와 같이 이 편집 화면들의 특징은 새로운 공정 또는 노드정보의 추가뿐만 아니라 삽입 기능이 수월하게 된다는 점이며 또한 사용자가 순서를 편리하게 수정할 수 있다는 점이다. 예를 들어 어떤 공정에 속해 있는 하나의 노드의 순서를 바꾸거나 다른 공정의 하위 노드로 변환시키기가 매우 용이하다.

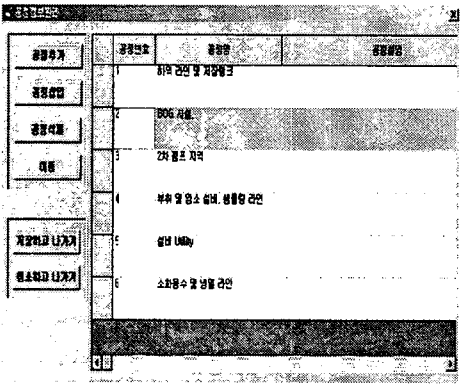


Fig. 4. Edit window for process information.

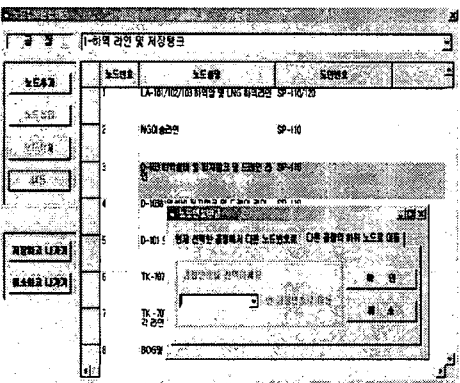


Fig. 5. Edit window for node information.

공정변수선택 및 참여자 입력 화면

대상 플랜트에 대한 공정변수를 선택하는 화면은 Fig. 6과 같다. 사용자에게 표준 공정변수를

제공하고 선택할 수 있도록 하며, 표준공정변수 외에 정의된 공정변수를 쉽게 입력할 수 있도록 설계되어 있다.

분석에 참여하는 팀원들에 대한 인적사항을 입력하는 화면은 Fig. 7과 같다.

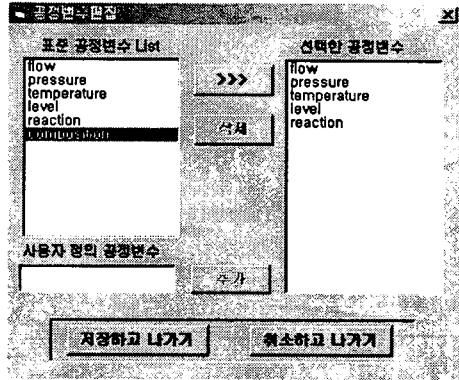


Fig. 6. Edit window for parameter.

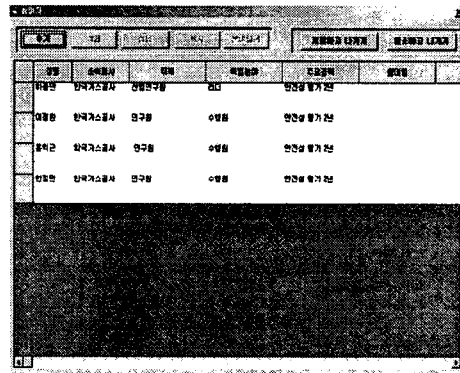


Fig. 7. Edit window for HAZOP team member.

분석 기록지 화면

시나리오 분석에 따른 기록지에 대한 내용은 Fig. 8과 같은 분석 기록지 화면에서 입력할 수 있다. 공정별 노드, 공정변수에 따른 시나리오 분석 자료를 입력, 편집할 수 있다. 이 화면의 특징은 시나리오의 추가 및 삽입 기능이 수월하다. 또한 각 입력 셀(cell)에서 문자열을 다수 행으로 편집할 수 있다는 점이 기존에 개발된 프로그램과 구별된다.

HAZOP수행에 필요한 위험도 행렬에 대한 자료를 입력하기 위한 화면은 Fig. 9와 같다. 사용자가 원하는 수만큼 심각도와 빈도를 쉽게 구성하고 그 조합에 따라 위험도 순위를 편집할 수 있다. Fig. 10은 분석에 이용할 가이드위드를 선

택하는 화면이며 분석 기록지 윈도우에서 이탤 선정시 선택한 공정변수와 가이드워드가 조합되어 선택리스트가 제시된다.

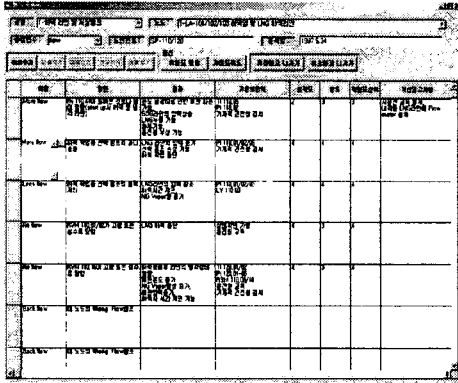


Fig. 8. Edit window for HAZOP scenario.

검색 화면

이 기능의 화면은 기존에 개발되었던 프로그램들과 가장 큰 특이성을 보여주고 있다. 사용자가 관심을 가지는 키워드를 시나리오의 필드별로 입력하여 이것을 포함한 시나리오를 쉽게 찾고 편집하며 저장할 수 있다. 다시 말해, 사용자는 단수 또는 복수의 조건을 주고 해당되는 시나리오를 찾아볼 수 있다. 예를 들면 전체 시나리오중에서 위험도가 1에서 2등급을 가지는 시나리오를 도출할 때나 또는 원인중에 어떤 특정한 기기와 관련된 시나리오가 어디에 있는지 쉽게 찾아 볼 수 있는 것이다. 또한 이 기능을 사용하여 사용자는 기록지를 통해 관심을 가지는 조건들을 만족하는 시나리오 개수를 쉽게 구함으로써 분석 결과에 대하여 통찰 할 수 있다. 어떤 원인별 중요 결과에 대한 시나리오 개수의 유의한 차이는 공정의 위험 요인에 대한 고찰에 도움을 주는 하나의 예가 될 수 있다.

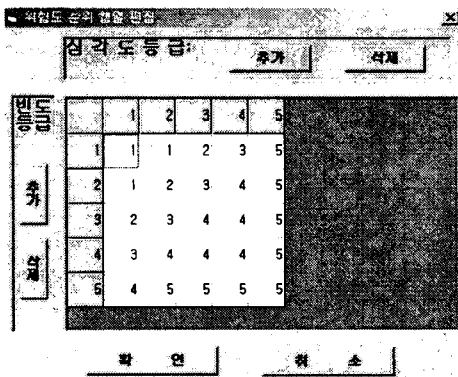


Fig. 9. Edit window for risk rank matrix.

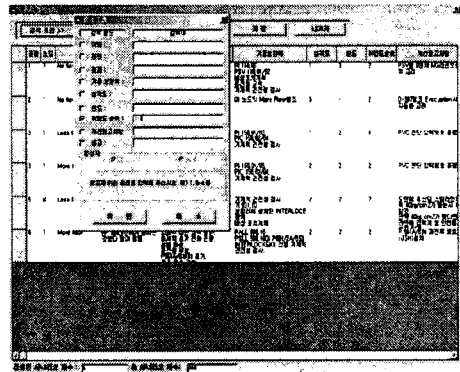


Fig. 11. Search window for HAZOP scenario.

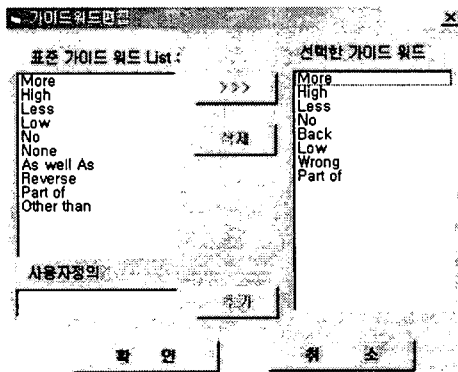


Fig. 10. Edit window for guide word.

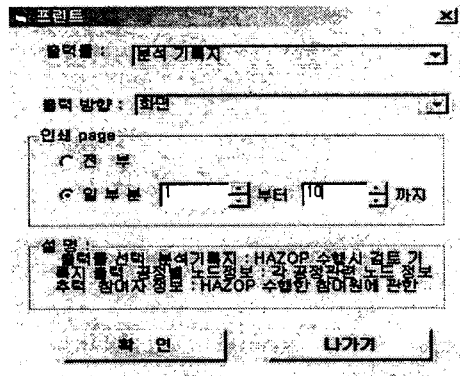


Fig. 12. Menu window for printing report.

Fig. 13. Example of preview window.

보고서 생성 화면

HAZOP 수행이 완료된 후, 분석기록지, 공정 정보, 공정별 노드 정보, 수행팀원들에 대한 기록을 형식에 맞추어 출력하는 기능을 사용자가 이 보고서 생성 화면에서 쉽고 빠르게 수행할 수 있다. Fig. 12는 보고서 생성 화면이며 Fig. 13은 분석 기록지에 대한 미리 보기 화면의 한 예이다.

4. 활용 사례

본 연구에서는 KOGAS-HAZOP의 검색 메뉴를 통하여 기존에 수행된 HAZOP 자료를 바탕으로 다음과 같은 경향분석의 수월성을 보임으로써 그 유용성을 보였다. 분석 대상 자료로서는 국내 LNG인수기지에 대하여 수행되었던 HAZOP자료이다[2]. 현재 LNG 인수기지는 국내 천연가스설비의 중추적 역할을 하고 있는 대형 산업시설물로서 그 중요성이 매우 높으며 초저온상태로 액화된 천연 가스를 다루는 정밀한 설비이나 항상 LNG누출과 같은 위험요인이 존재한다. 그러므로 인수기지 특성상 가장 큰 위험요인은 LNG나 NG의 누출로 인한 화재 및 폭발이라 말할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 먼저 검색 메뉴를 통해 시나리오 상으로 이러한 결과가 비교적 많이 포함된 중요한 노드를 확인해보고 다음으로 중요 밸브 유형별로 잠재적으로 이러한 결과를 초래하는 시나리오 개수의 차이를 도출하여 중요도를 확인해보고자 하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 먼저 기존에 다른 프로그램을 이용하여 6개의 파이프를 관리하였던 LNG 인수기지에 대한 약 440개의 시나리오로 구성된 HAZOP 분석자료를 KOGAS-HAZOP을 이용하여 재기록 한 후, 다음과 같이 분석을 편리하게 수행하고 그 결과를 고찰하였다.

첫째, 검색 메뉴에서 결과 필드의 검색어에 화재 및 폭발을 입력하고 이러한 가능성이 있는 시나리오 55개를 쉽게 도출하였다. 여기서 노드 번호를 통해 이러한 시나리오가 가장 많이 관여하는 노드로서 LNG저장탱크와 2차펌프 연결라인, 그리고 질소 시스템이라는 것을 확인할 수 있었다. 둘째로는 이러한 화재 및 폭발을 포함하는 시나리오 가운데 각 밸브 유형별로 차지하는 비율을 구하기 위하여 원인 검색어 필드에 각 밸브 유형을 입력하여 관련된 시나리오 개수를 편리하게 도출하였다. 그 결과로서 Fig. 14와 같이 55개의 시나리오 가운데 PCV와 RV의 순으로 차지하는 비율이 높아 그 밸브들이 상대적으로 중요성이 크다는 것을 확인할 수 있었다.

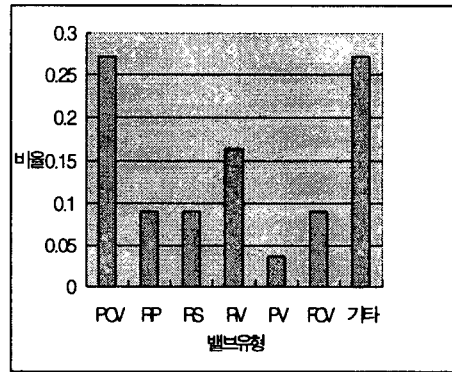


Fig. 14. Classification of scenarios including fire and explosion for each valve type.

5. 결론 및 향후 연구 계획

최근 장치산업에서는 규제나 자율적인 의지에 의해 공정의 안전성 향상을 위한 많은 노력을 기하고 있다. 특히 위험성 평가와 같은 보다 선진적인 방법을 이용한 공정의 위험요인을 감소시키고자하는 노력은 점차 확대될 것이라 예상된다. 따라서 본 연구에서는 최근 가장 많이 적용되고 있는 정성적 위험성 평가 기법인 HAZOP의 보다 원활한 현장 적용에 도움을 주기 위한 일환으로써 HAZOP 전용 워크시트 프로그램인 KOGAS-HAZOP을 개발하였다. 이 프로그램은 HAZOP 수행경험을 바탕으로 필요한 기능과 요구되는 기능을 중점적으로 반영하도록 함으로써 보다 실질적이면서 편리하게 사용되도록 개발되어졌다. 특히 HAZOP의 일반적인 절차를 메뉴로 구성한 화면과 유연한 편집 기능, 그리고 검색을 통한 기록 정보에 대한 탐색 및

고찰을 할 수 기능들은 차후 활용시 매우 유용할 것이라 평가된다. 그리고 KOGAS-HAZOP을 이용하여 기존에 수행되었던 HAZOP 수행 결과에 대한 경향 분석 사례를 보이고 그 유용성을 확인하였다.

추후 연구계획으로서는 KOGAS-HAZOP의 활용도를 높이기 위하여 관련된 사업소에 지속적으로 배포할 것이며 추가적으로 요구되는 기능에 대해서는 점차 보완해나갈 예정이다(KOGAS-HAZOP 전송 받기 위한 웹사이트 주소 : <http://www.kogas.re.kr/~safety/>). 또한 검색기능에서 사용자에게 시나리오별 경향분석을 자동적으로 차트(chart) 형태로 나타내주는 그래프 기능 등을 반영해 나갈 계획이다.

참 고 문 헌

1. 이내우, 이진우, 산업안전관리자를 위한 안전성 평가, 동화기술, pp37-76, 1997.
2. 평택인수기지 안전성 평가, 한국가스공사, 1997.
3. Center for chemical process safety, Guidelines for Hazard Evaluation Procedures, 2nd ed., American Institute of Chemical Engineers, 1992.
4. Dennis P. Nolan., Application of HAZOP and What-if safety reviews to the petroleum, petrochemical and chemical industries, Noyes Publications.
5. Harris R. Greenberg, Joseph J. Cramer, Risk Assessment and Risk Management for the chemical process industry, Van Nostrand Reinhold, 1991.
6. HAZMAN for windows v1.3, PLG, 1994.
7. K-Hazop ver 1.0, 한국산업안전공단, 1996.
8. PHA pro 3.0 evaluation, Dyadem international, 1996.
9. Visual Basic Guide to data access objects crystal reports for visual, Microsoft Corporation, 1997.