

한국형 위험기반검사(K-RBI)의 절차 개발

이현창 · 신평식* · 임대식* · 김태옥†

명지대학교 화학공학과 · *한국산업안전공단

(2006. 1. 5. 접수 / 2006. 5. 22. 채택)

Development of Implemental Procedure for K-Risk Based Inspection

Hern-Chang Lee · Pyong-Sik Shin* · Dae-Sik Lim* · Tae-Ok Kim†

Department of Chemical Engineering, Myongji University

*Korea Occupation Safety & Healthy Agency

(Received January 5, 2006 / Accepted May 22, 2006)

Abstract : To apply easily the K-RBI program in domestic industries, an implemental procedure for K-RBI program was prepared. The K-RBI program had been developed, based on API-581 BRD. Therefore, through the usage of the developed K-RBI program and the implemental procedure, industries would have a benefit from reduced costs by modifying a frequency of an inspection efficiently. Also, the reliability of facilities would be maximized through improvement of an inspection method for facilities, considering its risk.

Key Words : risk based inspection(RBI), API-581, RBI procedure, K-RBI program

1. 서론

석유화학, 정유, 가스, 전력 등 에너지 산업분야의 기술이 급속하게 발전함에 따라 각종 설비들은 복잡·다양화되고 있으며, 더욱이 생산효율을 증가시키기 위해 압력설비와 같은 고온·고압의 조건 하에서 운전되는 시설이나 설비의 사용이 급증하고 있다¹⁾. 이와 같은 설비들은 설치 후 시간이 지남에 따라 점차 노후화되기 때문에 보수하거나 대체 또는 폐기하고 있으나 경제적 또는 환경적 요인으로 인하여 보수나 대체가 용이하지 않기 때문에 이로 인한 대형사고의 가능성은 그 어느 때보다도 높아지고 있다²⁾.

따라서 노후화된 장치들은 유지·보존 상태와 경제성 및 안전성에 따라 가장 효과적이고 적절한 시기에 검사하고, 보수해야 될 필요성이 있다. 이를 해결하기 위해 최근에 개발된 위험기반검사(risk based inspection, RBI)는 미국기계학회에서 비행기의 제트 엔진과 원자력의 위험도를 정량적으로 분석하기 위

해 처음으로 시도되었으며^{3,4)}, 그 후 미국석유협회(American Petroleum Institute, API) 등이 석유화학 공업 분야로 개선하여 발전시켰을 뿐만 아니라 API에서 가장 활발하게 연구하고 있다^{5,6)}. 최근에는 석유화학공업의 설비 안전도 점검에 맞는 이론개발과 윈도우 기반 컴퓨터 프로그램(windows based computer program)이 개발되어 미국, 유럽 등의 선진국을 중심으로 급속히 보급되고 있다⁷⁾. 특히, 외국에서 개발된 RBI 프로그램은 Tischuk사의 T-OCA, DNV사의 ORBIT⁸⁾, TWI사의 RISKWISE, CREDO Soft사의 CREDO, APTECH Eng사의 RMDIP 등이 있다.

이와 같이 외국의 RBI 프로그램을 구입하여 사용하는 경우에는 국내 실정에 맞는 데이터베이스(DB) 구축이 어려울 뿐만 아니라 실질적인 분석효과를 기대하기가 어렵기 때문에 국내 실정에 맞는 RBI 프로그램 개발·보급에 의해 설비에 대한 최적 검사계획을 수립·시행함으로써 사고예방은 물론 막대한 양의 외화와 경비를 절감할 수 있다.

본 연구에서는 국내 실정에 맞도록 개발한 한국형 위험기반검사(K-RBI) 프로그램⁹⁾을 사업장에 적용하기 위한 RBI 절차를 개발하였다.

† To whom correspondence should be addressed.
kimto@mju.ac.kr

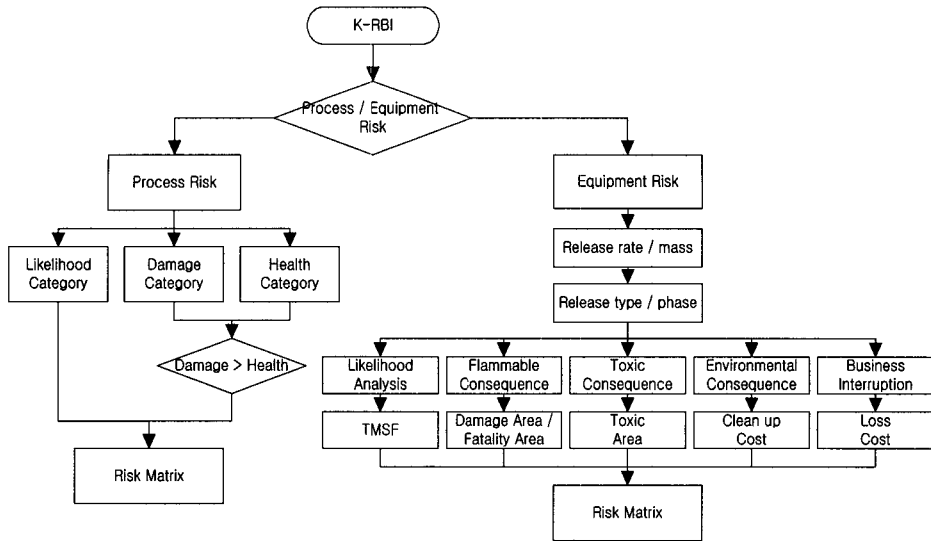


Fig. 1. Algorithm of K-RBI program.

2. 이론적 배경

한국형 위험기반검사에서는 Fig. 1과 같이 수행하고자 하는 대상공정의 검사 우선순위를 결정하는 단계와 대상공정에 대한 각 설비별 위험도를 산출하여 설비의 검사 우선순위를 결정하는 단계로 구분된다⁹⁾.

공정 위험도는 3개의 범주, 즉 사고발생 가능성, 장치손상피해 및 건강피해로 구분하고, 장치손상피해와 건강피해 중 큰 등급을 사고피해 크기 등급으로 설정한다. 이때, 사고발생 가능성은 장치계수, 손상계수, 검사계수, 상태계수, 공정계수, 그리고 설계계수에 의해 결정되며, 장치손상피해는 화학물질계수, 물질량계수, 상태계수, 발화계수, 압력계수, 그리고 신뢰도계수에 의해 결정된다. 그리고 건강피해는 독성량계수, 분산계수, 신뢰도계수 및 인구계수에 의해 결정된다. 이와 같이 결정된 발생 가능성 등급과 사고피해 크기 등급을 각각 행렬의 세로와 가로에 나타내어 정성적 위험도를 결정한다.

장치별 검사의 우선순위를 결정하는 장치 위험도를 산출하기 위한 누출 시나리오(s)별 위험도(risk)는 사고발생 가능성(likelihood of failure, LOF)과 사고피해 크기(consequence of failure, COF)의 곱으로 식 (1)과 같이 나타낸다.

$$(Risk)s = (LOF)s \times (COF)s \quad (1)$$

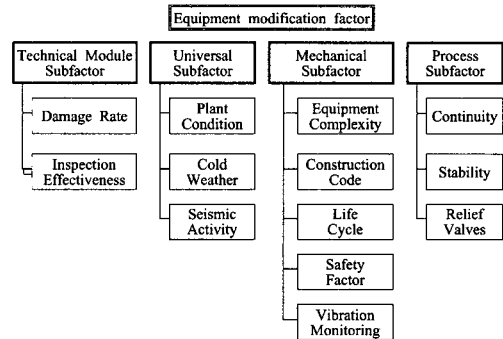


Fig. 2. Overview of equipment modification factor.

여기서 s는 누출 시나리오이고, (Risk)s는 누출 시나리오에 대한 위험도를 나타낸다. 이때, 사고발생 가능성은 각 장치의 일반 고장발생빈도, 설비변경계수 및 관리시스템평가계수로부터 산출되고, 설비변경계수는 각 장치의 운전 또는 조건과 관련된 기술종속계수, 보편적 종속계수, 기계적 종속계수 및 공정 종속계수로부터 결정되며, 각 계수들은 Fig. 2와 같이 세부항목들로부터 결정된다.

그리고 관리시스템평가계수는 유해물질의 누출을 방지하고, 공정설비의 기계적 건전성을 유지하는데 영향을 주는데, 1000점(100%) 만점으로 평가하고, 이 값을 인자로 변화하여 장치들의 상대적 위험도를 바꾸는 것이 아니라 전체 장치들의 절대적인 위험도를 높이거나 낮추는데 사용된다.

또한 사고결과의 크기는 대표유체 및 유체의 특성

결정, 누출공(release hole) 선택, 유체의 총누출량 또는 누출속도 산출, 확산 및 피해크기 결정을 위한 유형 결정, 유체의 최종상태 결정, 누출 후 반응 영향 평가, 그리고 누출에 의해 잠재적으로 영향을 받는 영역으로 평가되거나 유희 또는 환경정화로 인한 누출 피해비용으로 산출된다.

위에서 산출된 각 장치에서 최종 위험도는 장치의 모든 누출 시나리오에 대한 합으로써 식 (2)와 같이 표현된다.

$$(Risk)_{Equipment} = \sum_s (Risk)_s \quad (2)$$

3. K-RBI 절차 개발

API-581 절차를 바탕으로 개발한 한국형 위험기반검사(K-RBI) 프로그램을 사용하여 대상공장에서 공정 및 설비에 대한 위험도를 산출하기 위해서는 먼저 전문가들로 구성된 RBI 수행팀을 구성한다. RBI 팀은 데이터 취득을 위한 시스템화를 통해 구간을 정의하고, 시스템화로부터 설정된 설비의 데이터를 취득하게 된다. 이때, K-RBI 프로그램의 적용이 가능한 설비는 배관, 고정설비, 회전기계 및 밸브이며, 얻어진 데이터를 K-RBI 프로그램에 입력함으로써 설비의 위험도를 산출하고, 검사 우선순위, 검사주기, 검사방법 등을 결정할 수 있다.

3.1. RBI 팀 구성

K-RBI에서는 Fig. 3에서와 같이 시스템 정의를 통해 설비의 위험을 규명하고, 위험으로부터 사고발생 가능성 평가와 사고피해 크기에측을 통해 설비별 위험도를 산출한 후 이를 반영하여 검사계획과 위험경감방안을 수립하도록 하고 있다⁹⁾.

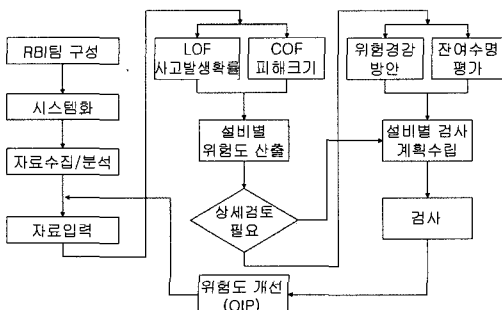


Fig. 3. Flowchart of K-RBI procedure.

일반적으로 한 분야의 전문가가 다른 분야의 업무를 추진할 수 있는 능력에는 한계가 있기 때문에 RBI를 추진하기 위해서는 RBI 평가 경험자 또는 교육을 받은 전문가, 해당공정의 운전 경험자, 검사·정비 경험자 등이 참여하는 조직화된 팀을 구성하여야 한다. 이때, 팀 책임자는 위험설비의 운전 또는 검사에 충분한 경험과 지식을 가져야 하며, 여러 기술분야 전문가로 구성된 RBI 팀 조직화, RBI 추진 진도 관리 및 수집된 자료에 대한 정확도 검증, 임의의 가정치(estimated value)에 대한 논리 확보 및 문서화, 자료수집 또는 가정치 설정을 자문하는 전문가 확보, RBI 추진 보고서 작성 및 보급, 그리고 위험도 감소계획의 실행여부 확인 등의 역할을 담당한다.

설비·기계 검사자는 설비상태 및 운전조건에 대한 자료를 확보하는 역할을 한다. 이들 자료는 일반적으로 설비검사 기록지 또는 설비 이력카드로부터 확보될 수 있으나 때에 따라서는 재료 또는 부식 전문가와 함께 설비상태를 예측해야 하는 경우도 있다. 또한 설비 검사자와 부식 전문가는 과거의 검사효과를 평가하여야 하며, 설비 검사자는 RBI 추진결과로 나타난 검사계획서를 이행할 책임을 갖는다.

재료·부식 전문가는 손상 또는 파손 메커니즘(damage mechanism)의 형태와 적용방법에 대한 평가 임무를 담당한다. 또한 현재의 설비상태에 대한 평가를 실시함은 물론 설비의 현재상태와 예측치가 차이가 발생하는 경우에는 그 이유를 규명하여야 한다. 그리고 재질변경, 부식방지 물질 추가, 코팅 추가 등 사고발생 가능성을 감소시킬 수 있는 방안을 제시하는 역할도 담당하게 된다.

공정 기술자는 위험설비의 운전조건, 유체조성, 독성 및 인화성 등과 같은 공정 기술정보를 제공하며, 공정조건 변경 등을 통하여 위험도 감소방안을 제시하고, 평가하는 역할을 담당한다.

운전·정비 전문가는 운전변수들이 규정된 운전범위 내에서 운전되고 있는지에 대한 확인을 하고, 운전범위를 벗어났을 때 그 원인을 밝힐 수 있는 자료를 제공한다. 또한 검사원으로부터 제공된 검사결과 또는 설비상태에 적합하도록 정비·교체 등에 대한 평가책임과 결정된 정비방안을 수행하는 역할을 담당하게 된다.

위험성 평가 전문가는 RBI 분석에 필요한 자료를 이용하여 위험성을 분석·평가한다. 따라서 팀 구성원들이 필요로 하는 자료종류와 자료의 정확도, 그리고 정확한 자료가 없는 경우에 가정치를 결정하여

야 한다. 또한 전산시스템에 입력할 자료를 확보하고, 전산시스템을 운영할 책임을 갖는다.

3.2. 시스템화

시스템화에서는 K-RBI 프로그램을 사용하여 효율적으로 RBI를 수행할 수 있도록 하기 위해 인벤토리 그룹과 유체흐름에 대한 구분방법 및 적용에 대해 규정한다. 이때, K-RBI의 데이터베이스는 설비번호, 유체번호 및 인벤토리 그룹에 의해 구분되며, 데이터를 입력하기 위한 시스템화를 수행한다.

3.2.1. 인벤토리 그룹

하나의 설비로부터 누출될 수 있는 유체 량의 상한선(upper limit)을 정하기 위해 인벤토리를 결정하는데, 이때 인벤토리 그룹(inventory group)이란 비상 상황에서 공장으로부터 원격으로 차단시킬 수 있는 설비 그룹을 지정하기 위해 사용하는 용어이다. 인벤토리 그룹의 개념은 피해영역을 산출하는데 사용되며, 그룹 내의 모든 설비의 총 누출량은 압력설비(장치)에서 고장이 발생할 경우 인벤토리 그룹 한계 내에서 잠재적으로 누출될 수 있는 량으로 간주한다.

모터구동 밸브(motor-operated valve, MOV)가 제어실 또는 이와 유사한 원격장소에서 운전할 수 있는 최적의 장소에 있을 경우 인벤토리 그룹의 경계는 MOV에 의해 결정된다. MOV가 가까운 곳에서 제어되거나 제어가 불가능한 경우에는 일반적으로 원격 운전 제어밸브(remote-operated control valve)나 근접 지역의 수동밸브를 닫아 플랜트 영역을 차단한다. 이 제어밸브와 수동밸브를 이용한 차단보호는 원격 운전 MOV에 비해 떨어지지만, 이 방법을 통해 인벤토리 그룹을 규정할 수 있을 만큼 다른 영역으로부터의 유동을 제한할 수 있다. 이러한 제어밸브, 근거리 운전 MOV 또는 인접영역에 있는 밸브를 사용할 경우에는 플랜트 배치에 대해 충분히 검토해야 한다. 예를 들면, 탭이 증류시스템에서 멀리 떨어져 있을 경우에는 하나의 탭과 부속설비를 인벤토리 그룹으로 간주할 수 있다. 반대로, 모든 탭이 단일 구조물에 조밀하게 밀집되어 있을 경우에는 전체 증류 탭을 단일 인벤토리 그룹으로 간주해야 한다.

따라서 인벤토리 그룹의 적용 규칙은 첫째, 배관에 설치되어 있는 MOV를 찾고, 이를 기준으로 인벤토리 그룹번호를 나눈다. 둘째, P&ID 상에 MOV가 없는 경우에는 설비로부터 유체누출이 발생할 경우 이를 방지하기 위해 제어밸브와 같은 유체흐름을 제

어할 수 있는 영역을 구분하여 인벤토리 그룹화 한다. 셋째, MOV와 밸브가 설치되어 있지 않은 경우에는 P&ID 상의 모든 설비를 하나의 인벤토리 그룹으로 설정한다.

3.2.2. 유체흐름

유체흐름은 함유물질과 이에 대한 설명이 흐름정의의 근간이 된다. 이때, 흐름은 대부분 3자리 숫자로 규정하며, 사업장 고유의 흐름번호 체계가 있는 경우에는 그에 따른다.

유체의 영역은 함유유체에서 화학적 변화가 일어나는 곳에 의해 구분되며, 이러한 변화가 있는 곳은 이들 물질을 정확하게 정의하기 위해 새로운 흐름이 부여되어야 한다. 이러한 변화는 주로 공정용기, 열교환기, 노(furnace), 2개 이상의 흐름이 합쳐지는 배관, 부식 억제제가 주입되는 흐름 등에서 일어난다. 그러므로 유체흐름에 대한 정의는 압력과 온도가 유사한 흐름에 의해 구분된다.

흐름 내에서 함유유체의 압력, 온도 등이 변할 수 있으며, 이러한 변화는 부식기구, 유량 등에 영향을 미칠 수 있으므로 이러한 변화가 생기는 곳마다 새로운 유체번호를 부여한다. 압력조절밸브에 의해 압력이 낮아지거나 펌프나 압축기 등에 의해 압력이 높아지고, 열교환기에서 온도변화가 일어난다면, 이러한 경우에는 109-1, 109-2와 같이 흐름번호의 끝에 1, 2 등의 번호를 추가한다. 또한 병렬배관의 경우에는 109-A, 109-B 등과 같이 A, B 등을 추가로 부여하고, 함유물질은 같아도 유량이 상당히 달라질 수 있으므로, 이로 인해 사고발생 시 피해크기가 달라질 수 있다. 이와 같은 경우 병렬배관에 대해 별도로 구분할 것인지에 대해서는 사업장 기술자의 판단에 따른다.

이와 같이 유체흐름 번호의 특성은 동일 함유물질, 동일 운전·온도·압력, 동일 유체상태(액체, 기체, 고체 등)이다. 따라서 유체흐름 번호를 부여할 때 다음의 규칙을 따른다.

- ① 배관의 유체번호는 함유유체에 따른 유체흐름 정보에서 결정된 번호에 따른다.
- ② 한 개 이상의 시스템이 연결된 칼럼(column), 녹아웃 드럼(knock out drum) 등은 함유유체를 가장 정확하게 반영할 수 있도록 부위별(top, bottom 등)로 구분한다.
- ③ 안전밸브는 보호되는 설비의 유체번호를 따른다.

3.3. 데이터 설정

RBI 분석을 위해서는 평가대상 설비요소에 대한 설계, 제작, 사용조건, 검사 프로그램 등을 완벽하게 설정해야 한다. 따라서 분석결과가 정확하고, 재현이 가능하며, 현재 적용에서 다음 적용에 이르기까지 일관성을 유지하기 위해서는 분석에 사용되는 데이터의 각 요소들에 대한 정확한 정의가 확립되어야 하기 때문에 모든 데이터 수집은 전문인력에 의해 수행되어야 한다. 그리고 정량적인 분석을 위해 데이터의 양이 방대할 필요는 없으나, 최소한의 정확도는 유지하여야 한다.

RBI 분석에서 설비번호는 설비에 대한 1차 식별자이다. 따라서 동일한 번호부여를 방지하기 위해 배관, 고정설비, 회전기계 및 밸브에 대하여 각각 P, S, R, V의 구분기호를 사용하고, 2차로 유체명, 3차로 P & ID 상의 장치번호로 구분한다. 또한 반응기, 칼럼, 열교환기 등의 동일설비 내에서 운전조건이나 공정유체의 특성이 변화가 있을 경우에는 접미사로 TOP, MID, BTM, Shell, Tube 등과 같은 구분기호를 사용하여 상세히 구분한다.

Table 1. Equipment types applied to the K-RBI program

| Type | Example |
|-----------|---|
| Pump1 | Centrifugal pump, single seal |
| Pump2 | Centrifugal pump, tandem/double seal |
| PumpR | Reciprocating pump |
| Column | Distillation column, absorber, stripper, and similar vessels |
| CompC | Compressor, centrifugal |
| CompR | Compressor, reciprocating |
| Filter | Standard type of filters and strainers |
| Fin/Fan | Fin/fan type heat exchangers |
| Exchanger | Shell/tube side of condensers, reboilers, and other heat exchangers |
| Pipe-0.75 | Piping, 0.75" diameter, per ft |
| Pipe-1 | Piping, 1" diameter, per ft |
| Pipe-2 | Piping, 2" diameter, per ft |
| Pipe-4 | Piping, 4" diameter, per ft |
| Pipe-6 | Piping, 6" diameter, per ft |
| Pipe-8 | Piping, 8" diameter, per ft |
| Pipe-10 | Piping, 10" diameter, per ft |
| Pipe-12 | Piping, 12" diameter, per ft |
| Pipe-16 | Piping, 16" diameter, per ft |
| Pipe ≥16 | Piping, >16" diameter, per ft |
| Drum | Pressure vessel |
| Reactor | Reaction vessel |
| Tank | Low pressure storage vessel |
| Heater | Furnace tubes for fired heater |

설비의 사고발생 가능성과 사고피해 크기를 결정하기 위하여 장치의 구분 또는 적용할 수 있는 형태는 Table 1과 같이 구분한다⁶⁾.

두께는 최초의 벽 두께를 기록한다. 특히, 증류탑 전체에 걸쳐 벽 두께가 다를 경우에는 증류탑을 부분별(즉, 상부와 하부)로 분류한 다음 각 부분별 두께를 기록한다.

설비의 물리적인 치수를 기록하는 일차적인 목적은 설비의 체적과 공정 누출량(process inventory)을 산출하는데 있으며, 길이를 결정하는데 있어서는 무엇보다 일관성이 중요하다.

설비별 기본직경은 Table 3과 같이 설비유형에 따라 입력하며, 채널직경을 동시에 기록해야 한다. 특히, Kettle 형 열교환기와 같이 직경이 일정하지 않은 열교환기의 경우는 동체직경만을 사용한다.

3.4. 데이터 취득

K-RBI에서 설비 위험도를 산출하기 위하여 P&ID

Table 2. Standard of primary length

| Equipment type | Measure |
|-----------------------|--|
| Pressure vessels | Length of cylindrical section, excluding heads. |
| Columns | For columns of uniform diameter that are treated as a single equipment item, the total length, excluding heads. For columns of uniform diameter that are treated as two half-columns, one-half the total length, excluding heads. For columns with a reduced section, the length of the specific section. Include the transition section with the larger diameter portion. |
| Heat exchanger, shell | Length, excluding channel(s) and head. |
| Heat exchanger, tube | Length of the channel(s) plus the tube length in the shell. |
| Pumps and compressors | Zero(these items are assumed to have zero volume). |
| Tanks | Height. |
| Piping | Total length of the pipe segment, including any branches. |

Table 3. Standard of primary diameter

| Equipment type | Measure |
|-----------------------|--|
| Vessels, columns | Inside diameter. |
| Heat exchanger, shell | For shells of uniform diameter, the inside diameter. For kettle-type, etc., the maximum dimension perpendicular to length. For double pipe, the diameter of the outer pipe. |
| Heat exchanger, tube | For double pipe, the diameter of the inner pipe. For all other types of exchangers, the channel diameter. |
| Pumps and compressors | Zero. |
| Piping | Nominal diameter. |

상에서 시스템화를 수행한 후 적용대상 설비를 선정하게 되며, 필요한 데이터는 P&ID, PFD, equipment drawing 등으로부터 얻을 수 있다. 이때, 데이터 입력방법은 공정유체의 경우 유체번호, 유체명 등을 포함한 22개 항목, 배관의 경우 설비번호, 설비형태 등을 포함한 50개 항목, 고정설비의 경우 설비번호, 설비형태 등을 포함한 44개 항목, 회전설비의 경우 설비번호, 설비형태 등을 포함한 38개 항목, 밸브의 경우 설비번호, 설비형태 등을 포함한 36개 항목을 각각 입력한다⁹⁾.

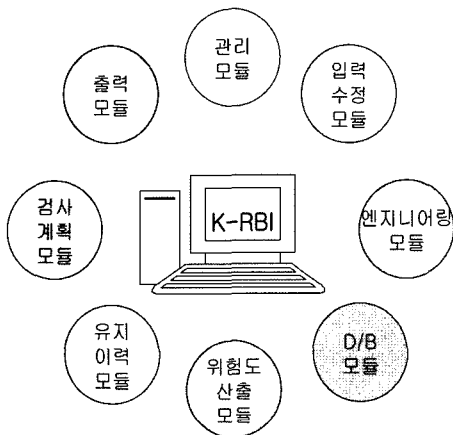


Fig. 4. Module of K-RBI program.

3.5. K-RBI 프로그램 실행절차

한국형 위험기반검사(K-RBI) 프로그램은 RBI 수행을 위해 기본팩터를 규정한 API-581 절차⁶⁾를 바탕으로 공정안전관리(PSM) 이행수준평가, 물질재질 (STM, KS, JIS, DIN) 호환 DB 구축, 배관재질 사양 생성, 화학물질 DB, NACE 부식률 DB 등을 구축하여 국내 실정에 맞는 종합알고리즘을 작성하였으며, Fig. 4와 같이 8개 모듈로 구성하여 실행되도록 하였다. K-RBI 프로그램의 실행 절차는 Fig. 5와 같이 공정에 대한 정보를 입력한 후 인벤토리 그룹을 정의하고, 유체 및 장치의 정보를 엑셀로 입력하여 인벤토리 량을 산출한 후 장치 위험도를 분석한다.

4. 결론

API-581 절차를 바탕으로 국내 실정에 맞도록 개발된 한국형 위험기반검사(K-RBI) 프로그램을 현장에 적용하기 위한 절차를 개발하였다. 따라서 K-RBI 프로그램과 절차를 국내 사업장에 보급하여 적용함으로써 막대한 양의 외화와 경비를 절감할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 사업장에서는 대상설비의 위험도에 따라 검사항목에 대한 검사방법을 적용함으로써 설비의 신뢰도를 극대화 할 수 있을 것으로 판단된다.

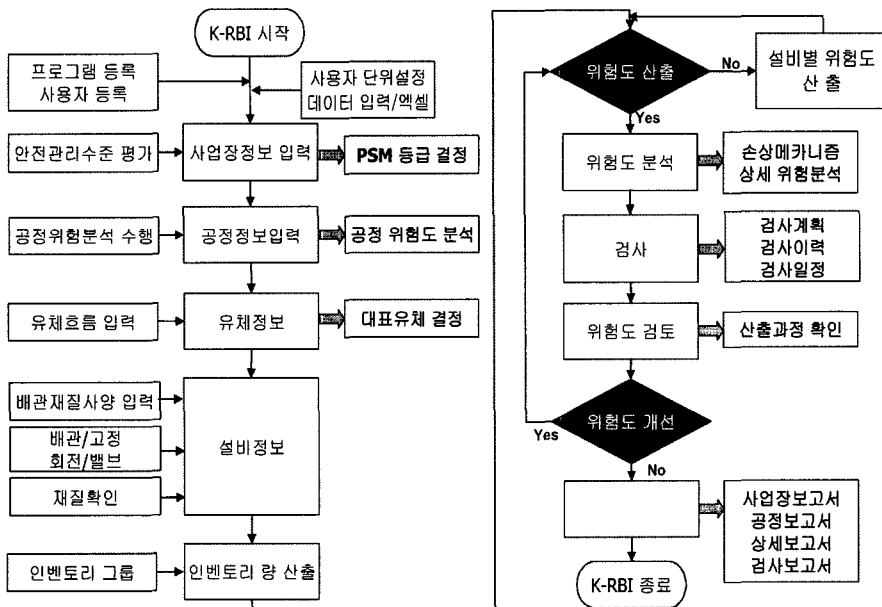


Fig. 5. Procedure of K-RBI program.

감사의 글 : 본 연구는 한국산업안전공단의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

- 1) F. P. Lees, "Loss Prevention in the Process Industries", Butter-worths, London, 1980.
- 2) T. A. Kletz, "What Went Wrong?", Gulf Publishing Co., Houston, TX, 1986.
- 3) CRTD/ASME, "Risk-Based Inspection - Development of Guidelines", American Society of Mechanical Engineers, CRTD-20-1, New York, 1991.
- 4) CRTD/ASME, "Risk-Based Testing : Development of Guidelines", American Society of Mechanical Engineers, CRTD-40-1, New York, 2000.
- 5) API, "Based Resource Document of Risk Based Inspection : API-580", American Petroleum Institute, New York, 2001.
- 6) API, "Risk-Based Inspection - Basic Resource Document : API-581", American Petroleum Institute, New York, 2000.
- 7) KAERI, "The 7th Korea-Japan PSA Workshop", Korea Atomic Energy Research Institute, May, 2002.
- 8) DNV, "User Manual for Process Hazard Analysis Software Tools(PHAST)", Ver 4.1, DNV Technical Manual, 1993.
- 9) KOSHA, "Development of K-RBI Program(II)", Korea Occupational Safety & Health Agency, Technical Manual, 2004.