

# 化學PLANT 安全解析의 實際

化學Plant 安全解析에 대한 日本 住友化學工業(株)의 實施例로 安全解析의 基盤技術인 文獻·情報活用System, 安全指針類의 편집, 안전방재연구, 定量的方法의 도입과 化學Plant의 계획에서 安全操業에 이르는 각 단계에서 실시하는 安全解析(防災Assessment, Process防災檢討, 反應解析 등)의 실시상황을 기술하고 있다.

## 1. 머리말

化學Plant의 조업에는 취급물질로 인한 潛在的 危險性이 존재하며, 국내외의 대규모 사고·재해발생을 계기로 법규제도 강화되어 왔다. 그러나 근래에는 기업 스스로 사고·재해방지에 적극적인 “自主保安”의 자세로 임하게 되었으나 신제품 개발경정도 심하여 物性도 알지 못하는 신물질을 취급하는 기회가 증가하고 있다.

그러므로 기업 스스로가 化學Plant의 潛在的 危險性을 해명할 수 있는 技術力 保有가 필요하게 되어 住友化學에서는 化學Plant의 사고·재해 방지대책으로서 全社的인 綜合力 活用을 重視하고, Plant 설계 단계에서 안정조업에 이르기까지 여러 단계에서 사내 각 부문을 Check하는 System을 만들어 이러한 종합관리에 의한 일련의 System을 실시하고 있다.

여기서는 住友化學의 安全解析 基盤技術과 실제로 행하고 있는 安全解析法을 소개한다.

## 2. 安全解析技術

안전해석 순서를 표1에 나타냈는데, 사고·재해방지는 보다 정밀하게 위험을 예지·예측하고, 효과적인 대책이 실시될 수 있도록 하는 것이다. 이를 위해

安全解析의 기반인 기술축적에도 적극적 자세를 취하고 있다.

가. 安全技術指針

표1. 安全解析의 順序

(1) 위험 및 그 발생원의 예지	] 위험도 평가
(2) 그 위험에 의한 Trouble의 예측	
(3) 예방대책의 입안·선정	
(4) 대책의 실시	
(5) 결과의 판정·평가	
(6) 개선으로의 Feed Back	

국내외 방재기술을 수집하여 안전기술에 관한 지침·기본·Check List로서 편집 활용하고 있다. 이들 지침류는 연구·설계·운전·보안·보전 등 각 부문의 사내 기술자가 장기간에 걸쳐 蓄積한 기술이나 Know-how를 모아 누구나 사용할 수 있도록 汎用化한 것이다. 그중 일부를 소개한다.

### (1) Plant 安全 Check List

Plant신설·증설·개수시 입지·배치계획에서 運轉·補填에 이르기까지 각 단계에서 Project Manager가 관계자의 협조를 얻어 防災保安面(Hard, Soft 양면)의 Check를 효율적으로 하기 위한 技術指針으로 정리한 것이다. Check항목은 아래 12항으로 구성되고, 빈도가 높은 것, 留意할 것, 잊으면 안되는 것들을 망라한 총 846항목이다.

- ①서론 ②입지·배치계획 ③물질 위험성과 취급
- ④Process 안전성 ⑤토목건축설비 ⑥기계설비 ⑦전기설비 ⑧계장설비 ⑨방재설비 ⑩조업 ⑪건설 ⑫설비보존과의 관계

Check List의 拔萃 예를 표2에 나타낸다.

표2. Plant Check List(발취)

2. 立地·配置計劃	
(14) 製造施設은 防災上의 見地에서 Block 化를 考慮하고 있는가	R <input type="checkbox"/> Z <input type="checkbox"/>
2.2.2 保安距離 等の 制限 保安物件 및 既設置된 製造施設 等の 保安距離 및 設備間距離가 保安法規에 의해 定置의으로 規定되어 있으므로 이들 規制事項을 포함하여 以下の 項目에 의해 計劃의 合法性 等に 대해서 確認한다.	
(1) 居住地域 등 保安物件, 事業所境 界線 및 既設製造 等に 對한 距離確認은 充分한가.	S <input type="checkbox"/> Y <input type="checkbox"/>
• 高壓가스 取締法, 消防法, 地區콤비나이트 自主 保安基準 等.	
(2) 製造施設과 火氣, 可燃性가스 貯槽間, 引火性 貯槽間 등에 所定의 距離가 確保되어 있는가.	
• 高壓가스 取扱法, 消防法, 地區 콤비나이트 自主 保安基準 等.	

3. 物質危險性과 取扱	
(1) 直接的인 火災·爆發 등의 燃燒 危險性에 關한 性質 等を 調査檢討했는가.	S <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/>
① 爆發範圍·爆轟範圍·火災傳播速度 等 및 影響因子로서의 他 物質(inert가스, 酸素, 水蒸氣 등)이나 環境條件(溫度, 壓力 等)의 影響 等.	
② 火災의  발화요인에 關連한 引火點, 發火點, 最小 着火에너지 等.	
③ 空氣中에서의 自動酸化나 發酵 等に 의한 自動發 火性.	
④ 燃燒生成物로서 有毒物質을 生成할 可能性 等.	
⑤ 災害擴大要因과 關連한 燃燒熱, 消炎間隙 等	
(2) 物質의 不安定性에 關한 性質 等を 調査檢討 했는가.	S <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/>
① 다른 物質로 分解하기 쉬운 物質에 關한 熱安定性 ·衝擊感受性·分解條件, 摩擦感受性, 重合開始作用 이 있는 物質, 汚染物質에 의한 觸媒作用, 分解性 成物 및 分解生成熱 等.	

표3 防災 Assessment 適用指針

1. 總論
1) 序論    2) 防災 Assessment의 概要
3) 防災 Assessment의 方法 概要
4) 防災 Assessment의 方法 適用
2. 各種 Assessment 方法
1) 住化式 Plant 安全 Check List
2) 住化式 危險度評價法
3) 災害豫想
4) 操業安全解析(OS)
5) Fault Tree Analysis(FTA)
6) Event Tree Analysis(ETA)
7) Dow式(3版) 危險度評價法
8) Dow式(4版) 危險度評價法
9) 勞動省方式
3. 各 方法 適用例
上記 2)~9)에 該當하는 適用例
4. 資料
1) 物性表    2) 操業 安全 Check List

(2) 防災 Assessment 適用指針

Plant 안전해석시의 안내서이며, 각종 방재 Assessment 방법과 활용방법에 대한 총괄적인 해설로서, 목차를 표3에 표시한다. Assessment 방법중 「住化式 危險度評價法」은 Dow式 危險度評價法을 기초로 한 위험도와 방재대책의 양쪽을 定量化한 것이 특징이다.

(3) 化學 Process 安全指針

화학 Process를 구성하는 單位操作만으로 위험성을 추출하여, 그 안전대책을 Process Side에서 정한 안전지침이며, 목차를 표4에 나타낸다. 방재물성에 대하여 대상으로 해야 할 방재물성, 측정방법, Data해석을 상술하고 있다.

(4) 其他 指針·Check List

아래의 지침류도 사내에서 독자적으로 작성하고 있다.

- \* 정전기 안전대책지침
- \* 질소 Seal지침

- \* 지진대책지침
- \* 프로콘도입 안전 Check List

#### 표4 化學Process 安全指針

---



---

1. 總論		
2. 防災物性		
(1) 측정법 개요와 Data해석		
(2) 위험성 등급과 대책 (3) 문헌		
3. 各論		
(1) 저장·보관 (2) 교반·혼합		
(3) 반응(중합, 산화, 환원, Alkyl화, Nitro화, Diazo화, Amyl화)		
(4) 증발·증류 (5) 晶析 (6) 압출·흡수·흡착		
(7) 여과·원심분리 (8) 건조		
(9) 분쇄·Sieving (10) 이송 (11) 계기		

---

(5) 規則·基準類  
규칙·기준류도 보안에 관계되는 기술이나 Know How 축적을 정리하여 범용화한 것이 많고, 설계기준에는 법규·관련규격 외에 장기간의 경험·연구성과, 사내외의 Trouble사례해석 등에 기초한 것이 포함되고 있다.

그외에 설계 Point 정보, Process Interlock 설계요령, 화학장치 재료Manual 등이 활용되고 있다.

#### 나. 保安情報 收集活用 System

사내외 보안정보를 수집하여 유사 Trouble방지나 설계Point 정보로서 활용하며, 특히 아래의 두가지 정보System에 대하여는 수록건수도 많고 활용정도가 높다.

##### (1) 安全情報(事故情報)

국내외 사고정보를 수집하여 사내에 속보로 알려줌과 동시에 안전정보로서 Data Base에 등록한다. 안전정보는 사고의 종류·원인·대상설비 등 10항으로 분류 정리하고 있으므로 컴퓨터로 자유롭게 검색·활용할 수 있는 System이다.

##### (2) 防災資料情報

국내외에서 발표되는 다수의 보안·방재·안전에 관

한 방재기술문헌이나 보안정보를 초록하여, 사내 방재자료정보로 편집하고 있으며, 축적된 문헌·정보수는 4000건 이상이다.

#### 다. 研究部門의 Handbook

안전에 관한 기술면의 접근으로서, 안전·방재연구도 행하며, 아래의 3개 연구기관에 의해 현장에서 발생하는 문제를 이론적 해석을 통하여 안전기술 향상을 꾀하고 있다.

##### (1) Process研究所 安全工學研究室

화학물질에 의한 폭발·화재방지 검토에 필요한 防災物性的 測定·解析 등을 위해 각종 측정장치를 갖추고 있다. 특히, 暴走反應測定裝置(ARC), 반응Calorie Meter(RC1)나 彈動臼砲 등을 설치하여 광범위한 안전해석이 가능한 체제를 갖추고 있다. 또한, 防災物性的 측정·평가에 덧붙여 Process 안전성에 대한 전문적인 검토·평가를 통하여 사고나 Trouble방지·Process개발에서의 방재계획에 힘쓰고 있다.

##### (2) 生物環境科學研究所

의약, 농약 연구개발 외에, 화학품이 사람의 건강이나 환경에 미치는 물성을 측정·평가하여, 全社機能으로서 化學品 安全性 확보에 기여하고 있다.

##### (3) 生産技術研究所 材料研究室

사용자 입장에서의 재료연구실로서 대단히 특이하며, 설비재료 전반에 풍부한 조사·연구의 성과를 Process장치개발이나 설비관리기준에 반영하여 설비 Trouble방지·장기 안정화에 기여하고 있다.

#### 라. 安全解析 定量化方法으로의 접근

안전해석은 Check List방식을 기초로 하여, 점수에 의한 등급을 도입한 「住化式 危險度評價法」을 작성, 사내 각 Plant의 Check에 활용하여 왔다. 그후, System 工學的 방법인 ETA(Event Tree Analysis), FTA(Fault Tree Analysis), OS(Operability Study) 등을 이용하여 Plant안전해석에 활용하여 왔다.

최근에는, 화학Plant 計裝化가 진전하여 제조현장

에서는 컴퓨터에 의한 자동운전과 조업요원의 소수화에 대응한 보안·방재System이 강하게 요구되고 있다.

금후의 Plant방재대책의 추진에는 危險의 定量化가 필요하며, 또한 確率論的 危險分析(PRA)방법을 도입하려 하고 있다.

PRA System은 컴퓨터 프로그램을 이용하여 定量的 推算을 할 수 있는 System이며, 아래 항목에 대해 수치평가가 가능하다.

- (a) 각 기기, 각 행동 등의 신뢰도
- (b) System 전체의 신뢰도에 대한 각 기기, 각 행동 등의 기여도
- (c) 사고시의 피해정도

본 System은 지금까지 주로 원자력시설에 적용되었으나, 住友化學에서는 실험적으로 화학Plant에 적용해 보았다.

실제 해석은 석유화학Plant를 대상으로 아래 항목에 대하여 행하였다.

- (a) HAZOP에 의한 Hazard의 추출
- (b) 사고 시나리오의 확률평가와 피해규모 산정
- (c) 위험 평가

해석결과, 종래의 定性法에서는 얻을 수 없던 危險 定量化 Data가 얻어지고, 기존Plant 개선대책의 Point가 밝혀지게 되었다.

앞으로 입력자료의 정밀도를 높여, 타 Plant에도 점차 적용해 갈 예정이다.

### 3. 化學 PLANT에서의 安全解析

화학Plant의 경우, Plant특성에 맞지 않게 취급되는 물질이나 위험성의 종류·정도·Plant특성 등이 각각 다르기 때문에, 대단히 많은 위험요소가 있고, 몇가지 방법(Check List·定性評價·定量評價 등)을 조합적용하여 목적에 맞는 위험도평가의 신뢰성을 높여갈 필요가 있다.

Plant신설의 경우, 기초연구·공업화연구·설계·건

설·시운전을 거쳐 본격적인 운전으로 이행하게 되는데, 住友化學의 경우, 각 단계에서 실시하여야 할 각종 검토회의·검사 등을 사내규정으로 정하여 그림1에 표시한 각 단계를 밟아가면서 평가·Feed Back을 반복하는 System에 따른 종합적 관리에 의해 사고·재해 방지에 힘쓰고 있다. 각종 검토내용에 대응하는 형태로 안전해석이 실시되고 있다.

신설Plant의 Project Manager는 「방재 Assessment 적용지침」 등을 활용하고, 그 창업의 특성에 맞는 필요한 위험도평가를 선택하여 필요한 안전대책을 실시한다. 이들의 위험도평가 실시결과에 대하여 상기 각종 검토회의에서 Check되는 것은 말할 것도 없다.

실제의 안전·방재 Check가 어느 단계에서 행해지는 가는 그림2에 표시한다. 이중에서 중요한 Check의 실시방법에 대하여 아래에 기술한다.

#### 가. Plant 安全 Check List

위험도평가를 주축으로 創業推進의 全段階에서 적용된다. Check 결과를 Process계획시·기본계획시·상세설계시·운전개시전에 각각 확인하고, 重要度가 높은 항목은 Project Manager가 상위 책임자에게 보고하여 해답을 구하고 있다.

#### 나. 防災 Assessment 適用指針

1) 火災·폭발대책으로는 「住化式 危險評價法」이 적용되며, 각 공정마다 화재·폭발지수(물질·설비의 위험도)를 산출, 13개 대책항목에 대한 비교검토에 의해 대책방향을 파악하고 공정내의 중요도를 평가한다.

2) 대량의 가연물질 및 독성물질·악취물질을 보유하는 경우는 KHK 耐震設計에 기초한 「火災豫想」(폭발·Pool화재·Fire Ball·Gas확산)을 의무적으로 정하고, 인접 Plant로의 영향이나 대외적 영향 등을 평가하여 필요한 대책을 검토한다.

3) Process 안전성 Check의 최종단계로 Process動的解析을 하는데, 이 경우 異常事象의 網羅性을

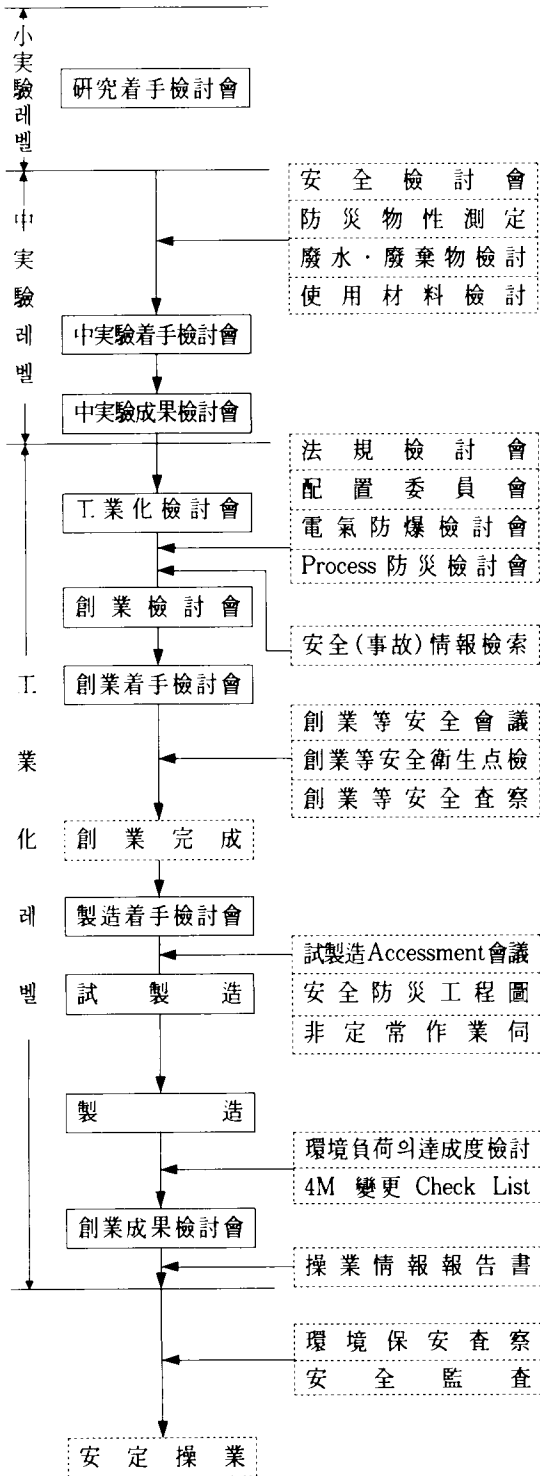


그림1 化學Process의 安全解析 System

	計劃	基本設計	詳細設計	建設	試運転	商業運轉
		↓報告	↓報告	↓報告(↓)	↓報告	
1) Plant 安全 Check List						
2) 化學 Process 安全指針						
3) 防災 assessment 適用指針						災害想定, 防火用機架平價, OS
4) 靜電氣安全對策指針						
5) 프로콘 導入 Check List						教育, 訓練, 演習
6) Process 防災檢討						防災制法, 反應解析
7) 設計情報의 活用						
8) 創業成果 Flow						

그림2 安全·防災 Check System(指針 등의 活用)

높이기 위하여 「OS」가 효과적이다. 그러나, 많은 인력을 필요로 하므로 反應系 등 중요도가 높은 공정에 부분적으로 활용하는 경우가 많다.

#### 다. Process 防災檢討

1) 화학Plant 신설시에는 신규 취급물질에 대한 지식을 가급적 많이 수집할 필요가 있다. 특히 미지의 방재물성에 대하여는 신중한 취급이 필요하고 문헌치 등에 더하여 방재물성의 측정이 필요하다.

#### 2) Screening 試驗

표5에 표시한 각종 시험에서 취급할 물질에 대하여 방재물성을 파악한다. 개발단계에서는 「中實驗着手檢討會」에서 필수항목에 대한 Data를 정리한다.

#### 3) Process 防災檢討會

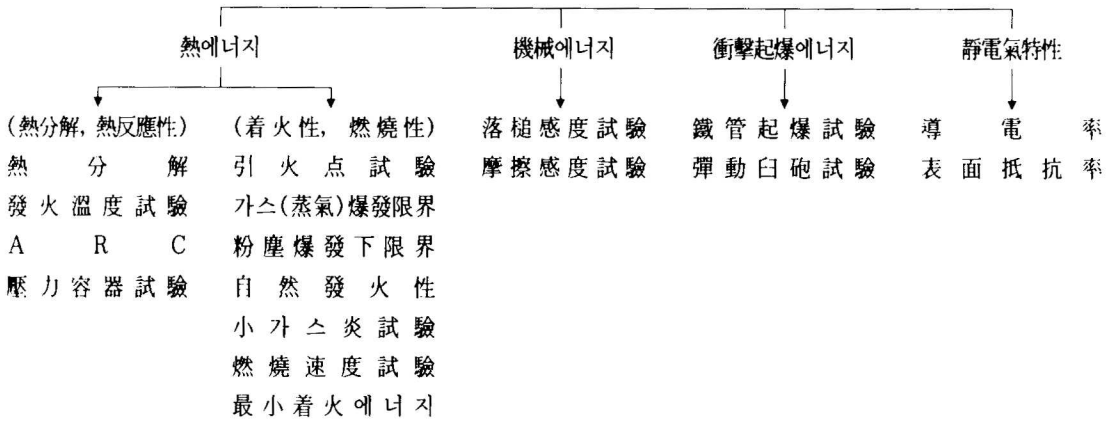
신설Plant의 Process 전반에 걸쳐서 원료·중간물·제품 등의 化學物質 取扱條件에 대하여 상세한 검토를 행하며, 暴走反應, 火災·爆發 등의 가능성에 대하여 검토한다.

委員은 Safety Engineer(안전공학연구실 주임연구원), 정전기 기술자 및 환경보안 Staff가 항상 참가하고, 그외에 Project 담당설계자, 제조담당기술자를 참여시켜 7~8명으로 구성되어 있다. 검토의 주체는 Process중에서 취급하는 物質의 舉動이며, 특히 화재·폭발성에 관한 反應解析을 포함하여 검토한다.

#### 4) 反應解析

취급물질의 반응 Process에서의 舉動을 조사하는

## 표5. 防災物性 試驗



데는 示差走査熱量計(DSC), 暴走反應測定裝置(ARC), 반응 Calorie Meter(RC1) 등의 설비를 사용한다. Process내에서의 熱變動을 측정하는 장치는 風袋의 영향이 적을수록 측정하기 좋다. 그러나, 試料량이 많은 경우는 실험중 사고위험 때문에 반응 Calorie Meter(RC1) 등의 대형시험장치로 실험하는 경우는 示差走査熱量計(ARC) 등을 사용하여 예비실험을 필히 행하도록 하고 있다.

또, RC1은 투명 측정용기를 준비하여 반응계에 試藥이나 촉매첨가, 또는 냉각용 액체 투입 등을 반응계의 거동을 보면서 행할 수 있다.

### 라. 創業成果 Flow

그림1에 표시한 바와 같이 신설Plant의 건설·시운전이 끝나고, 통상운전으로 이행한 후 「創業成果檢討會」를 개최하여, 운전 Data해석이나 성능확인을 한다. 또한, Plant건설을 매듭짓는 단계에서도 전술한 「Plant安全 Check List」를 활용하여 문제점 및 개선계획에 대하여 정리하여 적절한 대책을 실시함과 동시에 차기계획으로의 Feedback를 행한다.

## 4. 맺음말

이상 住友化學의 화학Plant 안전해석법에 대하여

기술하였으며, 화학Plant의 사고·Trouble 방지는, 각 Plant의 출발점(설계·건설·시운전단계)의 良否에 의한 것이 많다.

따라서, 화학 Plant 안전해석을 실시함에 있어서 유의해야 할 점은 어떻게 本質安全에 접근할 것인가 하는 Project Manager의 의식과 의욕에 좌우된다고 여겨진다.

한편, 경험이 풍부한 Project Manager일지라도 모든 면에 정통하다고는 할 수 없다. 관련된 Check List나 지침류를 활용하면서 Project Member뿐만 아니라 넓게 사내외 전문가의 조언을 듣는 등 적극적인 자세가 중요하다.

화학Plant는 생물이며, 미지의 부분이 많이 남아 있고, 앞으로도 계속 진화할 것이므로 화학 Process가 갖는 큰 잠재력을 적절히 조절하면서 그 에너지를 유용한 방향으로 전환하기 위해서는 기업 스스로 화학Plant 안전성에 대하여 자체해석할 수 있는 기술력을 높이는 것이 중요하다.

안전에는 국경이 없는 것처럼 앞으로 더욱 기업간, 국제간의 상호교류에 의하여 안전기술의 향상이 필요하게 될 것이다.