

Propylene Sphere에서 Leak 발생시 DOW Chemical F & EI와 Computer Release Modeling과의 비교

백 정 훈*

1. 서 론

공정상에 잠재되어 있는 화재와 폭발의 위험성을 단계적이며 신속히 분석하여 이를 수치화할 수 있다면 안전조업 및 손실방지 활동에 있어 상당히 의미 있는 일이라 할 수 있을 것이다. 방화공학은 최근들어 그 어느 분야에 못지않게 빠른 템포로 발전하여 왔으며 특히 컴퓨터를 이용한 화재, 폭발 및 독성가스의 확산 모델링 등은 이미 실용화 단계에 이르러 선진국의 주요 화학공장에서는 이미 기상상태에 따른 Real Time Analysis 및 지역 사회와의 Communication에 활용하고 있다. 최근 국내에서는 공정안전관리 제도를 도입하여 본격적인 시행을 하고 있으며 각 업체들은 이의 준비를 위하여 별도의 팀을 구성하는 등 철저히 준비하고 있다. 공정안전관리 제도에서 요구하고 있는 각 요소중 특히 공정위험성 평가는 그동안 우리에게 상당히 생소한 분야로서 처음 국내에 소개되었을 때 잘못 소개되어 지금까지도 그 참뜻을 이해 못하고 있는 사람들이 많다. 또한 국내 화학공장에서 가장 관심을 많이 갖고 있는 HAZOP Study가 마치 공정안전관리 제도의 전부인양 생각하는 사람들도 있으며 이런식으로 잘못 전해져 온 것 또한 사실이다.

본 논고에서는 위험성평가지 결과분석에 대하여 DOW Chemical사에서 개발하여 사용하고 있는 F&EI(Fire & Explosion Index)와 Computer Simulation을 이용한 Modeling과 비교 결

과를 제시하여 실질적인 위험성 평가방법을 기술하였다.

2. Fire and Explosion Risk Assessment

2.1 공정위험평가(Process Risk Assessment)

위험을 발견할 수 있는 방법(Check List, What If, HAZOP Study...)은 그동안 우리에게 많이 소개되어져 왔으며 이것이 마치 공정위험평가의 전부인 것처럼 인식되어져 온 것 또한 사실이었다. 그러나 공정위험평가는 위험의 발견뿐 아니라 공학적 통제에 실패했을 경우 공정에 미치는 영향을 평가하여야 하며 이를 위해서는 공정상에 존재하는 위험의 실체를 정확히 파악해야 하고 결과에(Consequence Analysis) 대한 분석을 실시하여야 한다. 이러한 위험을 평가하는 방법은 크게 두가지로 구분된다. 그 하나는 정성적인 평가 방법이고 다른 하나는 정량적인 방법이다. Consequence Analysis는 정량적인 위험평가방법으로써 사고가 일어날 확률을 배제하고 단계별 사고의 크기를 예측하는 방법이다.

일반적으로 위험은 사고가 일어날 확률과 사고의 크기를 곱한 값으로 다음과 같이 표시하게 된다.

$$\text{Risk} = \text{Frequency} \times \text{Severity}$$

방화공학의 발전은 화재 및 폭발 분야의 공학적인 분석을 가능하게 하였고 독성가스의 거리별 확산 농도의 추정 또한 가능하게 하였다.

* HSB Professional Loss Control

2.2 Fire and Explosion Risk Assessment

화재, 폭발과 관련하여 위험성평가는 통상적으로 그림 1과 같은 Flow에 의해 실시하게 된다.

3. DOW F&EI와 Computer Simulation과의 비교

3.1 DOW F&EI의 배경 및 계산 근거

3.1.1 DOW F&EI의 배경

1964년 DOW Chemical에서 개발하여 사용되어 온 DOW Fire & Explosion Index(F&EI)는 잠재된 화재와 폭발로 인해 각 단위공정의 위험원을 상대적인 수치로 표시하기 위하여 일곱번에 걸

친 보완에 의해 1994년 7판이 발간되어 DOW Chem. 뿐만 아니라 다른 화학공장에서도 널리 사용되고 있다. 이 기법은 위험성평가 방법 중의 하나로 처음 DOW F&EI는 화재 예방법의 선택을 위한 가이드로 사용하기 위한 목적으로 개발되었으며, 지금은 주요기기 장치에 초점을 맞추어 각 단위공정의 상대 위험 순위를 평가하기 위한 방법으로 사용되고 있다.

즉 DOW Chemical의 F&EI는 공정 장치의 잠재된 반응성과 실질적인 화재, 폭발의 평가를 위해 사용되는 하나의 도구이다. 또한 F&EI의 지수가 128 이상일 경우 좀 더 자세한 검토를 요구하고 있다.

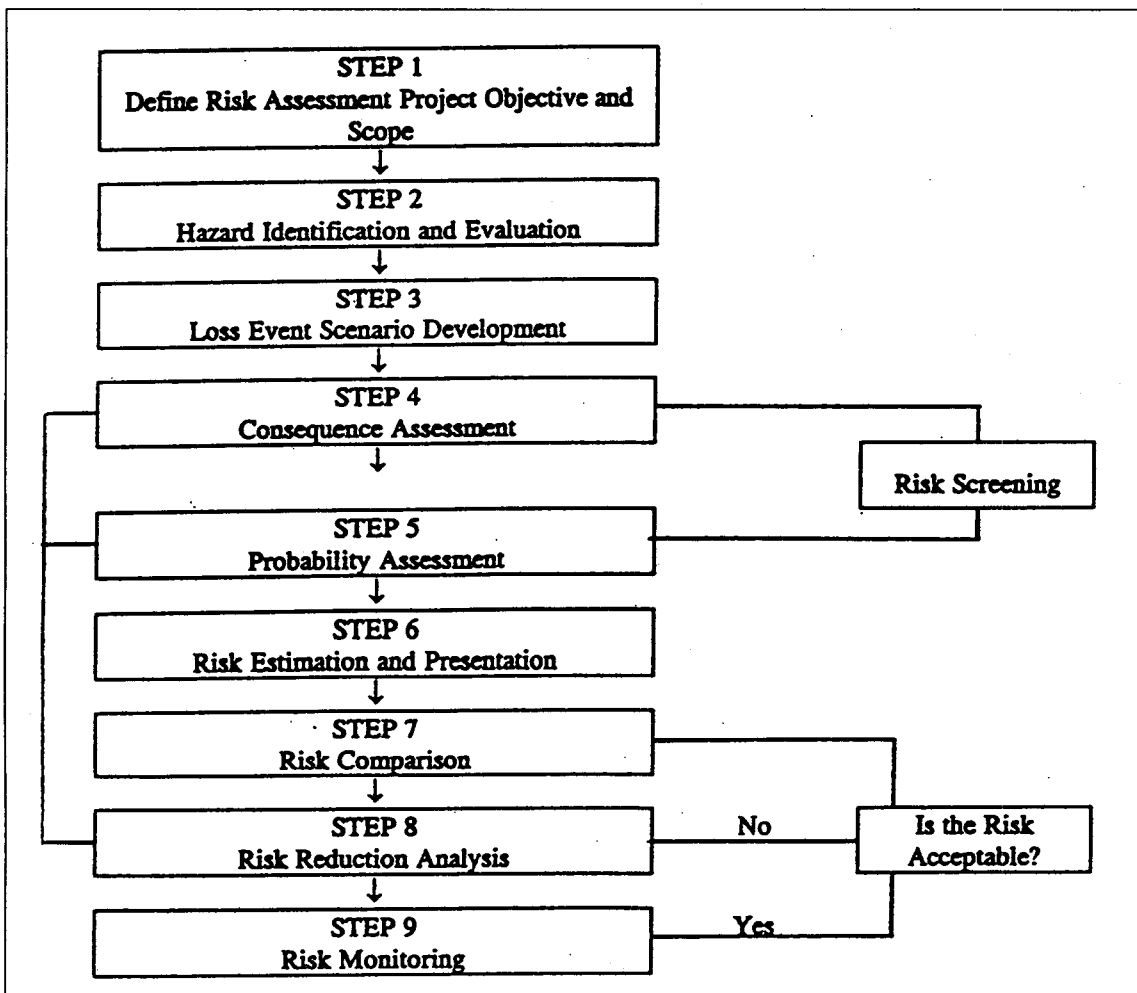


그림 1. Fire and Explosion Risk Assessment Steps.

3.1.2 DOW F&EI의 목적

DOW F&EI의 배경에서 본 바와 같이 DOW F&EI는 상대적인 정량 위험평가 방법으로 개발되었으며, 그 목적은

첫째 : 실제적인 조건에서 반응성에 의한 사고와 잠재적인 화재, 폭발의 예상되는 Damage를 정량화 하고

둘째 : 사고를 만들고 확대시키는 원인이 되는 기기장치를 발견하고

셋째 : 경영자에게 F&EI를 통하여 잠재위험을 알리는 것이다.

3.1.3 DOW F&EI의 장점

DOW F&EI는 다른 위험성평가 방법과는 달리 그 분석 결과 값이 최고 발생 가능한 손실액으로 나타나며 이와 더불어 예상가능한 조업중단 일수도 대략적으로 구할 수 있다. 따라서 보다 설득력 있는 손실방지 자료로 활용될 수 있고 계산과정에서 작성되는 계산서(Calculation Sheet)의 각 항

목에는 실제로 화재나 폭발의 범위를 줄이기 위해 고려되어야 할 대부분의 사항들이 수치화 되기 때문에 일목요연하게 개선점을 발견할 수 있다.

3.1.4 DOW F&EI 계산의 어려운 점

DOW F&EI를 통한 상대 위험도 분석은 실제로 국내의 화학공장에 적용시키기 위해서는 몇가지 제약이 따르게 된다.

첫째 : 피해범위 내의 정확한 투자비용의 산출이 힘들고

둘째 : 국내 대부분의 화학공장에서 사용하고 있는 주요 설비는 국외에서 제작하는 Long Delivery Item이므로 미국을 기준으로 한 MPDO(Maximum Probable) 따르며

셋째 : 적용 Penalty나 Factor 선정시 임의성이 개입될 수 밖에 없다는 것이다.

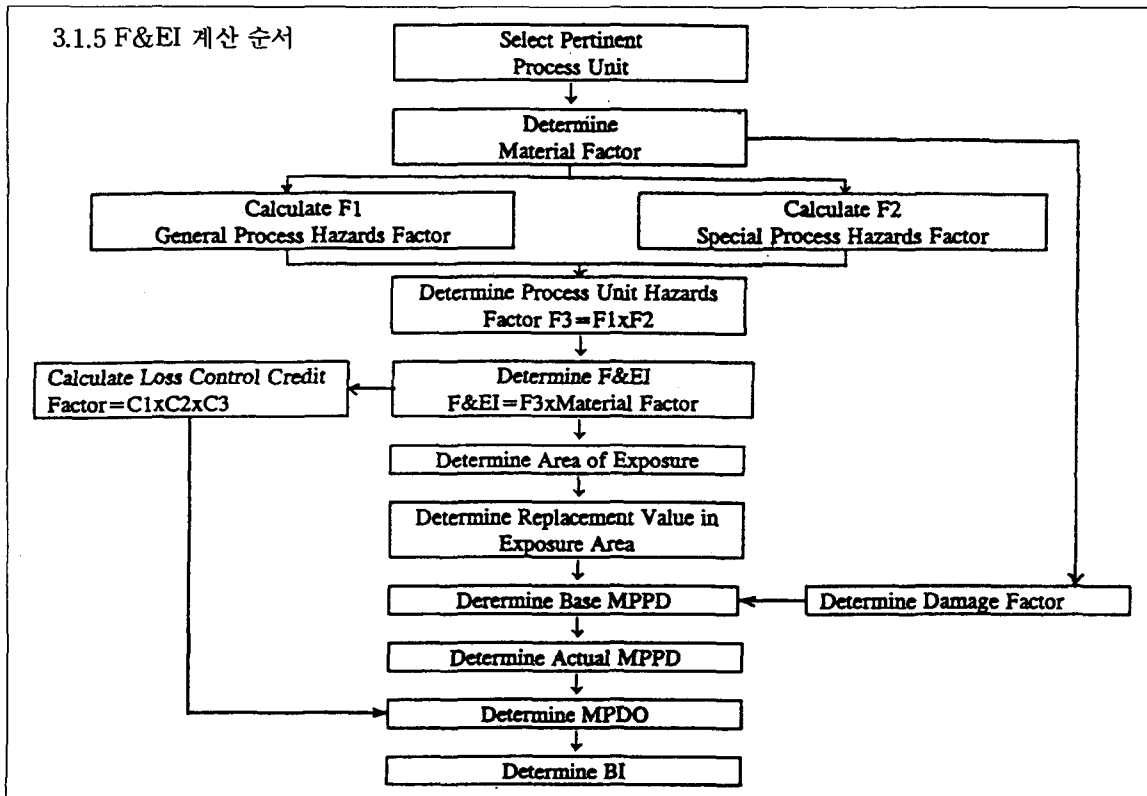


그림 2. DOW F&EI 계산 순서.

3.1.6 DOW F&EI 계산시 필요한 자료

DOW F&EI System을 이용하여 위험도 분석을 수행하기 위해서는 다음의 자료가 필요하다.

- A. 축적(Scale)이 표시된 공장의 설비 배치도
- B. PFD(Process Flow Diagram) 및 P&ID
- C. Fire & Eeplosion Index Hazard Classification Guide, Seventh Edition
- D. 화재, 폭발 지수 계산 양식
- E. 손실 방지 보정계수 계산 양식
- F. 공정 단위 분석 양식
- G. 제조설비 단위 위험분석 양식
- H. 설치된 공정 장치에 대한 재설치 비용

3.2 Computer Simulation의 배경 및 계산 근거

3.2.1 Computer Simulation의 목적

DOW Chem.의 F&EI가 상대적인 정량 위험 평가 방법이라면 Computer Simulation을 이용한 Release Modeling은 절대적인 정량 위험평가 방법이라고 할 수 있을 것이다.

대부분의 정량 위험평가를 위해 개발된 Computer Simulation Modeling의 목적은,

- 첫째 : 화학물질의 불의의 사고에 대비하여 잠재된 피해에 대한 평가와 이에 대한 계획을 수립하고
- 둘째 : 비상 대응을 위하여 시기 적절히 위험물질 정보를 제공하고
- 셋째 : 위험물질 누출에 대비한 적절한 절차와 공장 설계를 검토하며,
- 네째 : 지역사회 내에서 사고 발생시 Communication을 돕기 위함이라고 할 수 있다.

3.2.2 Computer Simulation Modeling의 장점
정량위험평가를 위해 개발된 대부분의 Release Modeling Computer Simulation Software는 사용자에게 다양한 Service를 제공하며, 특히 사고 발생에 대한 신속한 Emergency Response를 가능하게 한다. 그 장점을 요약하면,

- 첫째 : 두가지의 운전 Modes가 가능하다. 즉 Planning Mode와 Emergency Response Mode가 가능하고
- 둘째 : 기상 상태의 변화에 따른 Real Time

Analysis가 가능하며

셋째 : 각 경우(Release Concentration, Overpressure, Thermal Radiation...)에 따른 Graphic의 지원이 가능하고

네째 : 위험관리 계획을 수립하고 실행하는데 도움을 줄 수 있다.

- Hazard Assessment
- Accidental Release Prevention
- Accidental Release Response

3.2.3 Computer Simulation Modeling의 단점
Release Modeling에 따른 Computer Simulation은 이론적이며 실제 사고에 따른 Reliability가 부족하다고 볼 수 있으며, 무엇보다도 가격이 비싸다고 하는 단점이 있다.

3.2.4 Computer를 이용한 화재 / 폭발 계산시 필요한 자료

Computer Simulation을 이용한 피해 범위의 계산이나 Release Concentration을 알기 위해서는 다음의 자료가 필요하다.

- A. 축적이 표시된 공장의 설비 배치도
- B. 그 지역의 기상 조건
 - a. Relative Humidity
 - b. Ambient Temperature
 - c. Ambient Pressure
 - d. 기상의 안정도(날씨의 정도에 따라 결정)
 - e. Wind Speed
 - f. Wind Direction
 - g. Surface Condition

C. Worst Case를 가정한 가상의 Scenario

3.2.5 Computer Simulation에 사용된 계산식
가상의 Scenario에 의해 Propylene Sphere Release로 인한 사고에 사용된 계산식 중 Fireball /BLEVE 및 Sphere Burst Overpressure의 경우에 대해 간략히 소개하면,

A. Fireball /BLEVE Algorithm

Fireball/BLEVE의 계산에 사용된 식은 1982년 Moorhouse, Pritchard와 Roberts에 의해 유도된 식이 사용되었다.

a. 폭발 효율의 계산

폭발 효율(Explosion Efficiency(ν))은 그 물질의 증기압의 함수이다.

$$\text{즉 } \nu=0.27 P_s^{0.32} \quad (1)$$

where P_s =저장압에서 그 물질의 증기압

b. Fireball의 반경(R_f)의 계산

$$R_f=2.665mkg^{0.327} \quad (2)$$

c. Fireball의 시간(T_f)

$$T_f=1.089mkg^{0.327} \quad (3)$$

d. Radiation 양(W)

$$W=\frac{Hc mkg \nu 1000}{T_f} \quad (4)$$

where W =Energy Emission Rate, Hc =Heat of Combustion

e. Fluxes(F)의 계산

$$F=\frac{W}{4 \pi r^2} \quad (5)$$

B. Sphere Burst Overpressure

Pressurised Sphere의 Release Type은 Quick Loss of Gas의 경우에 해당되며 Maximum Overpressure of Sphere Burst는 1967년 Liepman과 Roshko에 의해 아래 (6)식과 같이 제공되었다.

$$\frac{P_1}{P_o} = \frac{P_{so}}{P_o} \quad (6)$$

$$\left[1 - \frac{(a_o/a_1)(P_{so}/P_o - 1)}{\sqrt{2\gamma_o(2\gamma_o + (\gamma_o + 1)(P_{so}/P_o - 1))}} \right]$$

$$\left(\frac{-2\gamma_1}{\gamma_o - 1} \right)$$

where P_1 =Pressure inside the Sphere

P_o =대기압

P_{so} =air shock pressure at the instant of burst

γ_1 = C_p/C_v for gas in Sphere

γ_o = C_p/C_v for air

C_p =specific heat at constant pressure

C_v =specific heat at constant volume

a_o =speed of sound in air

a_1 =speed of sound in sphere

Sphere 표면에서의 Energy Scaled Radius (R_1')은 Baker에 의해 다음 (7)식과 같다.

$$R_1' = \left[\frac{3(\gamma_1 - 1)}{4\pi(P_1/P_o - 1)} \right]^{1/3} = r_1 / R_o \quad (7)$$

where r_1 =radius of sphere

R_o =Energy radius= $(E/P_o)^{1/3}$

$E=V_1(P_1-P_o)/(\gamma_1-1)$

V_1 =Volume of Sphere

C. UVCE(Unconfined Vapor Cloud Explosion)

UVCE는 그림 3과 같이 증기운이 있는 임의 장소에서 \bar{P}_s' 와 \bar{R}' 를 결정함으로써 얻어질 수 있다.

$$\bar{R}_1' = \frac{3/4(\gamma_1 - 1)^{1/3}}{\pi q} \quad \text{for Detonation} \quad (8)$$

$$\bar{R}_1' = ((q/\gamma_1) + 1)^{3/4} \frac{(\gamma_1 - 1)^{1/3}}{\pi q} \quad (9)$$

for Deflagration

where q =Energy Density

$$= \frac{H_{ceff}}{C_{va} T_a}$$

H_{ceff} =Effective heat of combustion

C_{va} =Specific heat at constant volume of air

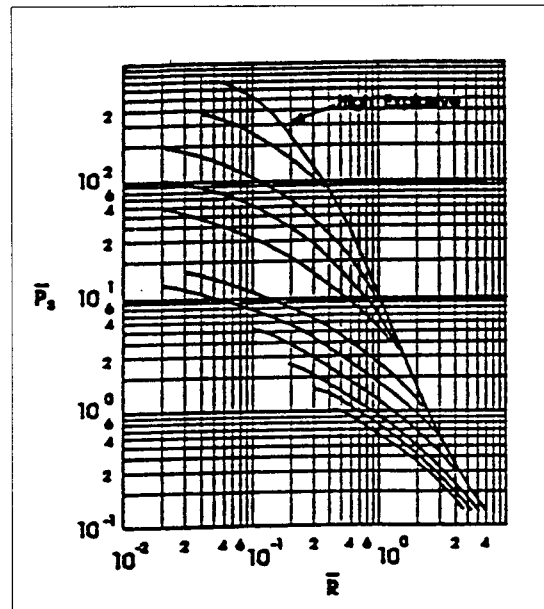


그림 3. \bar{P}_s vs \bar{R} for Sphrer Burst Overpressure Calculation

4. DOW F&EI와 Computer Simulation을 이용한 피해범위의 예측

본 예제에서는 Naphtha의 분해 후 생성되는 Propylene의 저장탱크에서 Propylene이 누출되어 폭발이 일어났을 경우에 대하여 그 피해 범위를 예측하여 보았다.

Operating Condition

- a. Operating Pressure : 16.6kg/cm²G
- b. Operating Temperature : 42℃
- c. Dimension : 16.18m dia
- d. Normal Level : 60% of Full Level

4.1 DOW F&EI를 이용한 피해범위의 예측

- A. 물질계수(Material Factor) : 21
- B. 공정일반 위험지수(General Process Hazards Factor)
 - a. Drainage and Spill Control : 0.5
따라서 공정일반 위험지수 F1은
F1=Base Factor + Drainage Factor
=1+0.5=1.5
- C. 공정특수 위험지수(Special Process Hazards Factor)
 - a. Toxic Material : Propylene의 Health

Factor Nh는 1이다.

따라서 Penalty=0.2 × Nh=0.2

- b. Relief Pressure : 조업압력이 대기압 이상이므로 보다 높은 Release Rate를 갖는 누출 가능성에 대한 Penalty를 고려해야 한다. 그림 4 혹은 식 (11)에 의거

$$Y=0.16109+1.61503X/1000-1.42879 \times (X/1000)^2+0.5172 \times (X/1000)^3 \quad (11)$$

운전압력 16.6kg/cm²G에서 Penalty는 식(1)에 의거하여 0.47이고 PSV의 설정치인 18.6kg/cm²G에서는 0.50이다. 액화 Flammable Gas의 경우 얻어진 Penalty에 1.3을 곱하여 Penalty를 곱하여 계산하므로

$$1.3 \times 0.47 = 0.611 \dots \text{Adjusted Intial Penalty}$$

여기에 운전압력에 대한 Penalty와 PSV 설정압력에 대한 Penalty의 비를 곱해야 Actual Penalty가 되므로

$$\text{Penalty} = 0.611 \times 0.47 / 0.50 = 0.58$$

- c. Quantity of Flammable/Unstable Material

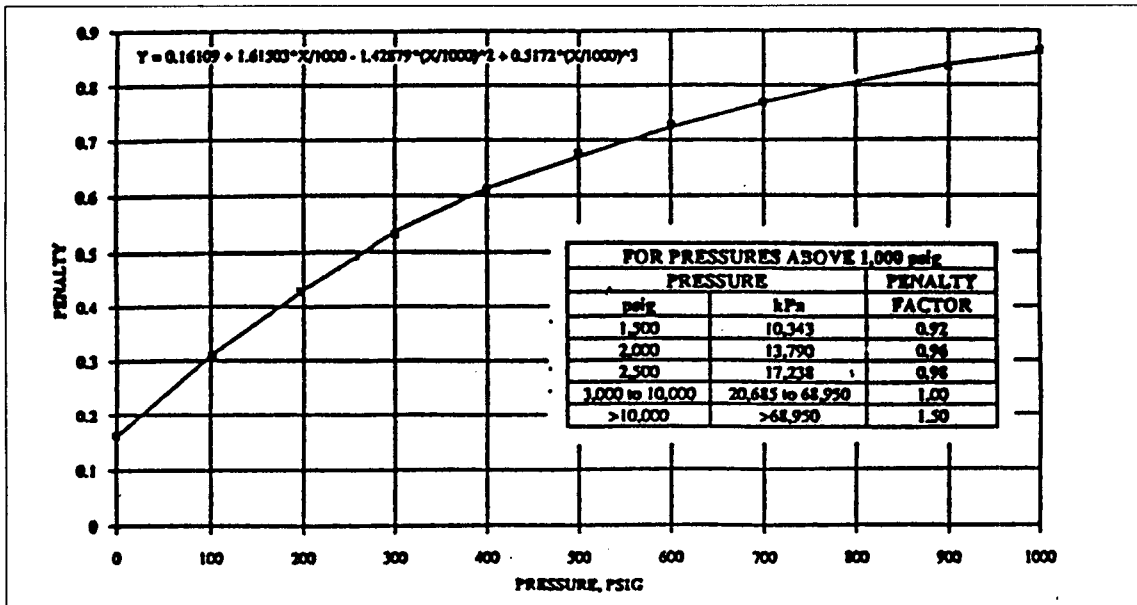


그림 4. Pressure Penalty for Flammable & Combustible Liquids.

저장탱크로부터 10분간 누출될 수 있는 양과 연소열(Hc : Heat of Combustion)의 곱으로부터 Penalty가 결정된다.

-3" Bottom Drain Valve 파열로 10분간 누출되는 양은 식(12)로부터

$$D=2.607 \times (W/\rho)^{0.434} \quad (12)$$

$$W=\rho \times (D/2.607)^{1/0.434} \quad (13)$$

$$=0.6 \times 62.4 \times (3/2.607)^{1/0.434} = 51,742 \text{ lb/Hr}$$

-Hc(Heat of Combustion) ; 19.7Btu/lb

$\times 10^3$

따라서 $19.7 \text{ Btu/lb} \times 10^3 \times 8,624 \text{ lb} = 0.17 \times 10^9 \text{ Bth}$

그림 5로부터 Penalty 값은 0.21

d. Corrosion and Erosion

Propylene Storage Sphere는 Carbon Steel로 되어 있으며 Corrosion Rates는 0.005in/yr 보다 작으므로 Penalty Factor 0.1을 적용

따라서 공정특수 위험지수

$$\begin{aligned} F2 = & \text{Base Factor} + \text{Toxic Material Factor} \\ & + \text{Relief Pressure Factor} \\ & + \text{Quantity Factor} + \text{Corrosion Factor} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & = 1.0 + 0.2 + 0.58 + 0.21 + 0.1 \\ & = 2.09 \end{aligned}$$

D. 단위공정 위험지수 F3 결정

$$F3 = F1 \times F2 = 1.5 \times 2.09 = 3.135$$

E. 화재 및 폭발지수(F&EI) 결정

$$\begin{aligned} F\&EI &= F3 \times \text{Material Factor} \\ &= 3.135 \times 21 = 65.8 \end{aligned}$$

F. Radius of Exposure

그림 6으로부터 폭발 반경은 약 57 Feet가 된다.

4.2 Computer Simulation을 이용한 피해범위의 예측

Computer Simulation을 이용한 피해범위의 예측은 Worst Case를 가상하여 Scenario를 작성하고 사고시의 기상조건을 Input하여 계산할 수 있다.

Computer Simulation을 이용한 피해범위의 예측은 HSB Group의 자회사인 Radian에서 개발한 Charm[®] Release Modeling Program을 사용하여 3가지의 Case에 의해 계산하여 보았다.

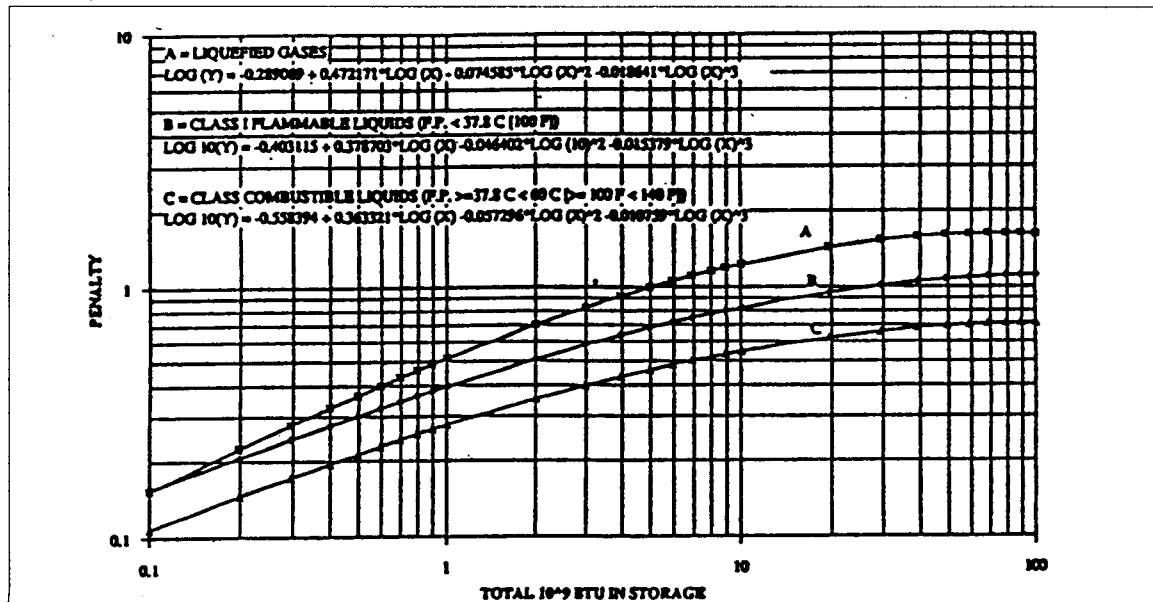


그림 5. Liquids or Gases in Storage.

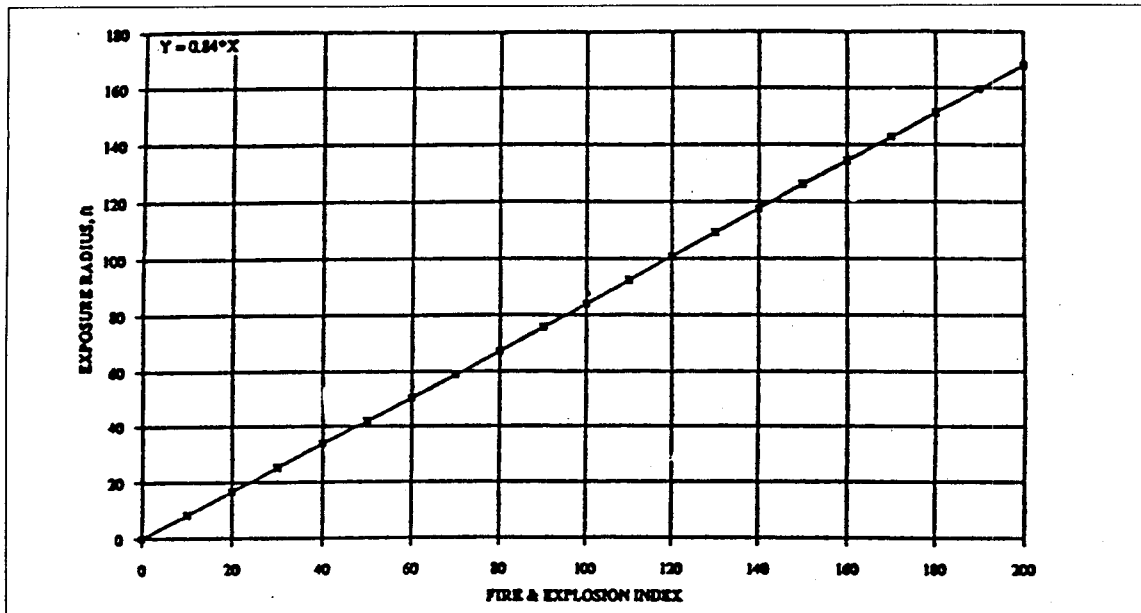


그림 6. Radius of Exposure.

표 1. DOW Chemical F&EI와 Computer Simulation과의 결과 비교.

항 목	DOW F&EI	Quick Loss of Gas	Fireball /BLEVE	contained Continuous of Liquid
피해범위	57ft	0.1bar = 271ft 0.5bar = 58ft 5.0bar = 10ft	1kw/m ² = 1743ft 20kw/m ² = 389ft 37kw/m ² = 286ft	1000ppm=196m 10000ppm=156m 99000ppm= 83m
상대습도	고려치 않음	80%	80%	80%
대기온도	고려치 않음	25℃	25℃	25℃
대기압	고려치 않음	1atm	1atm	1atm
Wind Speed	고려치 않음	1.5m/s	1.5m/s	1.5m/s
누출량	3911kg	3911kg	3911kg	3911kg

4.2.1 Quick Loss of Gas

Sphere의 Leak로 Quick Loss of Gas에 의해 Sphere Burst Overpressure가 발생할 경우 이때 기상 조건은 Scenario No 1과 같으며, 그 결과는 그림 8과 같다.

4.2.2 Fireball /BLEVE

Sphere의 Leak로 Fireball /BLEVE이 발생할 경우 이때 기상 조건은 Scenario No 2와 같으며, 그 결과는 그림 9와 같다.

4.2.3 Contained Continuous of Liquid

Sphere의 Leak로 Contained Continuous of Liquid가 발생할 경우 이때 기상 조건은 Scenario No 3와 같으며, 그 결과는 그림 10과 같다.

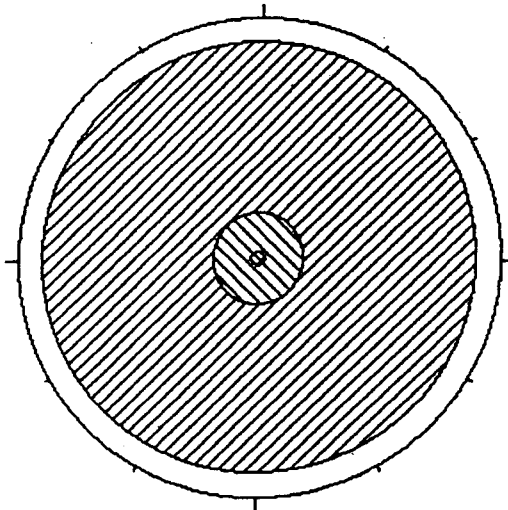
표 1의 DOW Chemical F&EI와 Computer Simulation과의 결과 비교표에서 본 바와 같이 DOW Chem.의 F& EI는 기상 상태를 고려하지 않고 현재 상태의 Fire Protection이나 Safety Guard를 고려하여 단순한 화재 폭발에 의해 피해 범위를 계산하게 되며 Computer Simulation은 기상 조건 및 운전 상태 등을 고려한 Real Time Analysis를 가능하게 하며 누출의 형태나 화재 폭발의 형태에 따른 피해 범위의 계산을 가능하게 한다. 또한 각 거리별 누출에 따른 농도의 범위, Heat Flux 폭발 압력의 계산을 가능케 한다.

Scenario No 1

Title: Release Modeling from Propylene Sphere
 Species: Propylene
 Release type: Quick Loss of Gas
 X location: 0 m Y location: 0 m
 Isopleth Concentrations (ppm): 1000 , 1e+004 , 9.9e+004
 Building Height: 0 m Width: 0 m
 Source to Building Distance: 0 m Direction: 0°
 Release Height Above Ground: 1.5 m
 Amount Released: 3911 kilograms
 Storage Pressure (gauge): 16.6 atms
 Storage Temperature: 42 °C

Relative Humidity: 80 %
 Ambient Temperature: 25 °C
 Ambient Pressure: 1 atms
 Stability Class: D (User supplied)
 No inversion present
 No surface roughness specified
 Winds Time Direction Speed
 00:00 180° 1.5 m/s

Release Modeling from Propylene Sphere
 Species: Propylene



Sphere Burst
 Height: 5 ft
 Sphere height: 5 ft
 Sphere radius: 10 ft
 Radius: 300 ft
 Plot Scale 1:1683

Pressure Units: bar




Hatch	Pres	Radius
	0.1	271 ft
	0.5	58 ft
	5	10 ft

그림 8. Sphere Burst Overpressure.

4.2.2 Fireball/BLEVE

Sphere의 Leak로 Fireball/BLEVE이 발생할 경우 이때 기상 조건은 Scenario No 2와 같으며, 그 결과는 그림 9와 같다.

Scenario No 2

CHARM \boxtimes - C3-1. EMG

Title: Release Modeling from Propylene Sphere

Species: Propylene

Release type: Fireball/BLEVE

X location: 0 m Y location: 0 m

Release Height Above Ground: 1.5 m

Amount Released: 3911 kilograms

Storage Temperature: 42 \boxtimes C

BLEVE burn efficiency will be calculated by CHARM

Relative Humidity: 80 %

Ambient Temperature: 25 \boxtimes C

Ambient Pressure: 1 atms

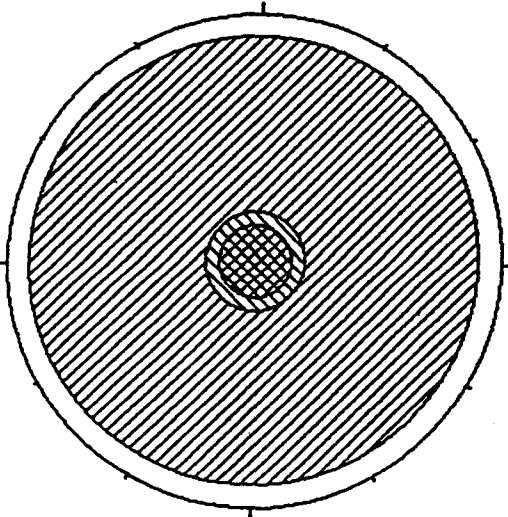
Stability Class: D (User supplied)

No inversion present

No surface roughness specified

Winds	Time	Direction	Speed
	00:00	180 \boxtimes	1.5 m/s

Release Modeling from Propylene Sphere
Species: Propylene



Point Energy Flux
Duration: 16.3 sec
Height: 5 ft
Heat Rate: $3.54e+006$ kW
Flame center: 5 ft
Flame radius: 131 ft
Burn Efficiency: 0.32
Radius: 1920 ft
Plot Scale 1:10258

Flux Units: kW/m ²		
Hatch	Flux	Radius
\boxtimes	1	1742 ft
\boxdot	28	389 ft
\boxminus	37	286 ft
Hatch	Flux	P(Fatal)
\boxtimes	1	0.00
\boxdot	28	0.01
\boxminus	37	0.33

그림 9. Fireball에 의한 Energy Flux.

4.2.3 Contained Continuous of Liquid

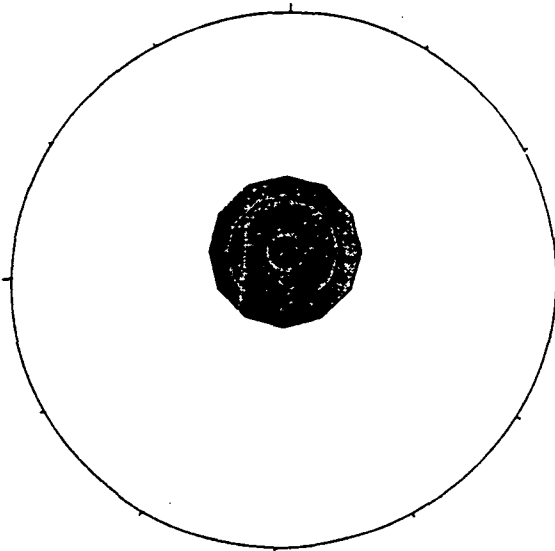
Sphere의 Leak로 Contained Continuous of Liquid가 발생할 경우 이때 기상 조건은 Scenario No 3와 같으며, 그 결과는 그림 10과 같다.

Scenario No 3

Title: Release Modeling from Propylene Sphere
 Species: Propylene
 Release type: Contained Continuous Loss of Liquid
 X location: 0 m Y location: 0 m
 Isoleth Concentrations (ppm): 1000, 1e+004, 9.9e+004
 Building Height: 0 m Width: 0 m
 Source to Building Distance: 0 m Direction: 08
 Release Height Above Ground: 1.5 m
 Amount Released: 3911 kilograms
 Mass Fraction of Amount Released as Droplets: 0
 Pool Diameter: 30 m
 Storage Temperature: 42 BC
 Water Fraction of Spill Surface (0 -> 1): 0.15
 Surface is assumed to be dirt
 Surface Specific Heat: 800 joules/kg K
 Surface Thermal Conductivity: 0.32 w/m K
 Surface Density: 1640 kg/m³
 Relative Pore Volume of Surface (0 ->1): 0.34
 Darcy Constant of Surface: 2.8e-007 m

Relative Humidity: 80 %
 Ambient Temperature: 20 BC
 Ambient Pressure: 1 atus
 Stability Class: D (User supplied)
 No inversion present
 No surface roughness specified
 Winds Time Direction Speed
 00:00 1808 1.5 m/s

Release Modeling from Propylene Sphere
 Species: Propylene



Snapshot
 Time: 00:01
 Height: 0 ft
 Radius: 500 m
 Plot Scale 1:8764

Hatch Conc (ppm)	Max Dist
1e+003	196 m
1e+004	156 m
9.9e+004	83 m

Hatch Conc (kg/m ³)	Max Width
1.75e+006	284 m
1.75e+007	205 m
1.73e+008	58 m

Max Conc
 x = 1.209e+005 ppm
 Dist: 54 m Ang: 0
 Max Conc at hgt 0 ft
 1.209e+005 ppm
 Dist: 54 m Ang: 0

그림 10. Snapshot for Contained Continuous of Liquid.

6. 결 론

DOW Chemical에서 개발한 F&EI 및 Computer Simulation의 결과에서 보듯이 그 피해범위는 다소의 차이점이 있음을 알 수 있다. DOW F & EI가 상대적인 위험성평가 방법이라면 Computer Simulation은 절대적인 위험성평가 방법이라고 할 수 있다. DOW Chemical의 F & EI를 통해서 우리는 현재의 System에서 필요로 하는 Fire Protection System이 무엇이며 이러한 보완 시설을 통해서 잠재 위험을 그만큼 줄일 수 있다는 것을 알았다. 또한 Computer Simulation을 통해서 Real Time Analysis와 발생 가능한 Scenario를 통해 Plant 설계시 반영할 수 있으며, 비상조치 계획의 수립 및 대피에 커다란 도움을 줄 수 있다는 것을 알았다. 현재 국내 규정 수량 이상의 위험물질을 취급하고 있는 공장을 대상으로 공정안전관리 제도가 시행중에 있으며 본래의 취지 및 정확하고 올바른 시행을 위해서는 잠재된 위험의 발견뿐 아니라 공학적인 통제에 실패했을

경우를 대비한 Consequence Analysis 및 Risk Reduction Analysis를 같이 실시하여 위험을 최소화하여야 한다.

참 고 문 헌

1. 'DOW Fire and Explosion Index Hazard Classification Guide' 7th, Edition 1994 Corporate Safety & Loss Prevention
2. 'Charm[®] Technical Reference Manual' 1995, Radian Corporation
3. Richard W. Prugh and Robert W. Johnson Guidelines for Vapor Release Mitigation 1988, CCPS of the AIChE
4. 'Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosions, Flash Fires, and BLEVEs, 1994, CCPS of AIChE
5. Robert H. Perry Perry's Chemical Engineers' Handbook 6th Edition 1984
6. 'SFPE Handbook of Fire Protection Engineers' 1st., Edition
7. 'Fire and Explosion Risk Assessment and Consequence Modeling' HSB PLC