

여천지역 누출사고 시나리오에 따른 인근지역 피해 분석

Offsite Consequence Analysis for Accidental Release Scenarios of Toxic Substances in the Yochon Area

김영성 · 윤도영¹⁾ · 장영수²⁾ · 문길주

한국과학기술연구원 환경연구센터

¹⁾광운대학교 화학공학과, ²⁾아르곤 국립연구소 환경평가부

(1998년 8월 26일 접수, 1999년 1월 9일 채택)

Young-Sung Ghim, Do-Young Yoon¹⁾, Young-Soo Chang²⁾ and Kil-Choo Moon

Environment Research Center, Korea Institute of Science and Technology

¹⁾*Department of Chemical Engineering, Kwangwoon University*

²⁾*Environmental Assessment Division, Argonne National Laboratory*

(Received 26 August 1998; accepted 9 January 1999)

Abstract

Offsite consequences resulting from worst-case scenarios involving release of toxic substances in the Yochon area were estimated using the ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) model. Eight toxic substances, including NH₃, were considered; five were toxic gases and three were toxic liquids at ambient temperature. For toxic gases, the entire quantity was assumed to be released at a constant rate during a 10-minute period. For toxic liquids, the entire quantity stored in the tank was assumed to be spilled and spread instantaneously to form a pool with a depth of 1 cm. and then evaporated over some period of time. Except for phosgene and toluene 2, 4-diisocyanate, for which concentration levels corresponding to human health effects are very low, average distances of the area at risk of adverse health effects for a 1-ton release were predicted to be 2.3 ± 1.1 km for the worst-case meteorological conditions and 0.93 ± 0.69 km under typical meteorological conditions of the Yochon area. Because a large number of people were predicted to be affected in the current analysis, refined analyses considering both realistic accident scenarios and topographic effects were warranted.

Key words : Accidental release, offsite consequence, ALOHA model, worst-case scenario, Yochon area

1. 서 론

여천공단은 우리나라의 대표적 석유화학 공업단지로서, 1998년 8월 현재 69개 업체가 가동 중에 있으며 약 60%인 40개 업체가 석유화학업체이고 이

중에는 비료와 정유업체도 각각 1개씩 포함되어 있다. 1990년부터 1993년 말까지 노동부(1995)에서 집계한 우리나라 제조업체 중대 사고 조사건수는 총 846건인데, 석유정제, 유기화학, 화학제조 등 화학공업 분야 사고 건수가 59건으로 약 7%를 차지하고 있다. 그러나 화학업체는 업체의 특성상 화

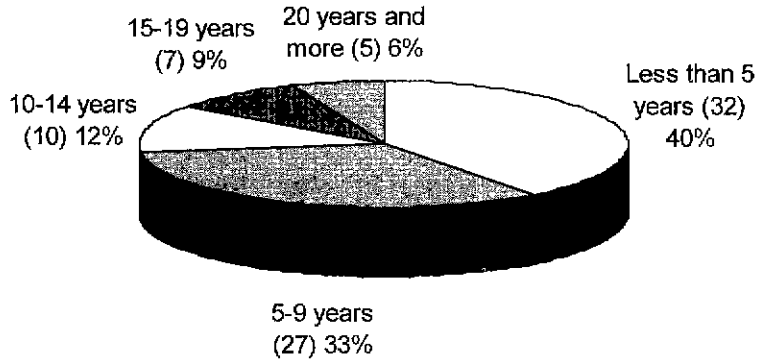


Fig. 1. Distribution of years in operation of 81 reviewed tenant facilities. Value in parentheses is number of facilities. Source : Lee *et al.* (1996)

Table 1. History of casualties and property damage from accidents in the Yochon Industrial Estate.

Period	No. of Accidents	Casualties (No. of Persons)				Property Damage (Million Won)		
		Total	Deaths	Injuries	Evacuations/ Contaminations	Total	Personal Property	Real Property
Total	121	843	63	93	687	387,981	14,124	373,857
1970s	3	9	9	-	-	144	144	-
1980s	33	559	31	2	526	949	774	175
1990~1996	85	275	23	91	161	386,888	13,206	373,682

Source : Yochon City (1997).

Table 2. Contributing factors to accidents in the Yochon Industrial Estate.

Period	Total Number of Accidents	Human Error	Equipment Failure	Improper Facilities	Others
Total	121	113 (92%)	2 (2%)	2 (2%)	4 (4%)
1970s	3	3	-	-	-
1980s	33	29	2	1	1
1990~1996	85	81	-	1	3

Source : Yochon City (1997)

재·폭발 및 유독물질 누출 등 사고 발생 시 공장 내부는 물론 인근 지역까지 피해가 확대될 수 있다. 그림 1은 여천공단에서 가동 중에 있는 81개 시설을 대상으로 가동 연수를 조사한 것이다. 20년 이상 가동 업체가 5개, 15~19년 가동 업체도 7개로 이미 노후화가 진행되고 있음을 알 수 있다. 이에 따라 안전 사고의 잠재적 위험이 높아지고 있고 사

고에 대한 대비의 필요성도 커지고 있다.

표 1은 1996년까지의 사고 발생 및 피해 현황이다. '70, '80, '90년대를 지나며 사고 피해가 점차 증가하고 있고, 특히 '90년대 들어 재산 피해가 커지고 있다. 표 2는 1996년까지 사고 원인을 조사한 것이다. 전체 121건 중 92%인 113건이 취급 부주의에 의한 사고로 나타나 있으며 이러한 경향은 '90년대에 도 변함이 없어 시설의 노후화와 함께 안전 의식 부재가 심각한 위험 요소가 될 수 있음을 보여주고 있다. 뿐만 아니라 김영성 등(1998c)이 관찰한 바에 의하면 여천공단 대기 중 탄화수소 성분은, (1) 여타 지역에 비하여 알켄의 비율이 높는데, 특히 화학공업의 주요 원료인 에틸렌, 프로필렌의 농도가 높고, (2) 주요 고농도 성분은 평균 농도가 높을 뿐 아니라 표준편차도 크며, (3) 몇 개의 성분이 시점에 따라 동일한 형태의 변화를 보이곤 하였다. 이와 같은 현상은 이들 성분이 관련 공정으로부터 누출되었을 가능성을 시사하는 것으로써, 사고로 집계되지 않은

소규모 누출도 적지 않음을 나타내는 것이다.

환경부 유해화학물질 관리법에서는 사람의 건강이나 환경에 위해를 미칠 수 있는 유독물로서 과산화나트륨 등 466종을 지정하고 있다. 또한 노동부 산업안전 보건법에서는 산업재해 예방의 관점에서 가연성 가스, 인화성 물질, 메틸이소시아네이트, 포스젠, 아크릴로니트릴 등 21종을 유해·위험물질로 규정하고 규정수량 이상을 제조, 취급, 사용하는 사업장은 공정안전보고서를 제출하도록 되어 있다. 국립환경연구원(1996)의 조사에 의하면 여천공단에는 총 41종 6,715천톤의 유독물이 유통되고 있으며, 단위 면적당 유통은 224톤/km²으로 울산·온산의 189톤/km²이나 반월의 100톤/km²보다 많다. 물질별로는 황산이 21개 업소에서 사용량 30천톤, 제조량 1,135천톤, 운반량 63천톤 등 총 1,228천톤이 유통되어 유통량이 가장 많고, 자일렌 937천톤, 벤젠 927천톤, 암모니아 738천톤 순으로 유통량이 많다.

우리나라에서는 아직 누출사고 모델 이용이 일반화되지 않아 가우시안 플룸 모델이나 퍼프 모델을 이용하여 피해 범위를 예측하는 예가 적지 않다(이상권 등, 1996). 그러나 이와 같은 경우 사고 조건을 지정하기 어려움은 물론, 누출 초기 증기운(vapor cloud) 확산을 대기와 함께 이동하는 수동 확산으로 가정함에 따라 규모가 아주 크지 않은 대부분 사고에서 중요한 초기 확산을 소홀하게 취급하는 결과를 빚게 된다. 뿐만 아니라, 수동 확산이 물질의 화학적 특성과 무관한 까닭에, 직접적일 수는 없으나, 피해 범위 설정에 필수적인 한계 농도(endpoint level) 지정을 소홀히 하는 간접 원인이 될 수도 있다.

본 연구는 최근 정비된 미국 청정대기법의 방법론에 근거하여(김영성 등, 1998a) 여천 공단의 사고 위험을 평가함으로써 만일에 대비한 여천지역 방재 대책 수립을 지원함과 동시에 아직 취약한 우리나라 누출사고 모델 이용 분야에 사고 위험 평가의 한 예를 소개하기 위한 것이다. 많은 자료가 미흡한 상황에서 마침 이상권 등(1996)이 여천공단을 대상으로 비교적 상세한 위험물질 조사와 함께 INPUFF(Integrated PUFF; Petersen and Lavdas, 1986)를 이용하여 사고 위험을 평가한 사례가 있어 이를 기초 자료로 이용하고자 하며, 부족한 가운데 무리하게 구체적 평가를 시도하기보다는 방법론의 정립과 향

후 정확한 사고 평가를 위하여 필요한 부분을 확인하고자 한다.

2. 시나리오 설정

이상권 등(1996)이 여천공단의 화학물질 사용과 사고 위험을 검토하여 선정한 13개 물질 중 유독성을 중심으로 표 3과 같이 8개 물질을 다시 선정하였다. 화학물질의 위해성 중 유독성은 누출사고가 발생할 경우 심각한 피해가 발생할 수 있음을 의미하며, HAP(hazardous air pollutant)은 일반 대기 중 유해오염물질을 지칭하나 누출사고 예방 프로그램에서도 HAP의 누출을 방지하고, 탐지하고, 대처하여야 한다고 규정하고 있으며, EHS(extremely hazardous substance)는 인체에 위해하여 인근 주민들이 그 존재를 알고 만일의 경우에 대응할 수 있어야 하는 물질이다. 이들의 목록은 각기 40 CFR Parts 9 and 68(1994), CAA Section 112(b)(1990), USEPA 등(1987)을 참조할 수 있다.

누출 사고에 따른 피해를 정확히 예측하기 위하여서는 무엇보다도 사고 조건을 정확하게 설정하여야 한다. 그러나 우리나라에서는 아직 많은 경우 가능성으로서의 사고 위험과, 대비 여하에 따라 가능성이 증감될 수 있고 유사한 위험이 누출 사고 뿐 아니라 교통 사고 등과 같이 우리 생활 속에 다양하게 존재하고 있다는 사실 등 위험에 대한 구체적 정량적 인식이 부족하다. 이에 따라 업체로부터 사고 조건 설정을 위하여 위험물 취급에 관한 상세한 정보를 얻기가 쉽지 않으며 또한 예측 결과를 일반 주민들에게 이해시키기도 쉽지 않다.

따라서 본 연구에서는 비교적 공단 중심에 위치하고 있으면서도 위험시설이 아닌 서남지역공업단지 관리공단(구 여천공업단지 관리공단) 위치에 가상 사고지점을 설정하였다. 누출량으로는, 사업장을 대상으로 비교적 상세한 조사를 토대로 하였을 뿐 아니라 INPUFF 계산 결과와의 비교가 가능한 이상권 등(1996)의 누출량을 그대로 이용하였다. 사고 발생은 대상 물질을 상온에서 가스와 액체인 물질로 구분한 후 각기 최악의 사고 조건에서 최악의 기상 조건과 전형적 기상 조건을 설정하여 피해범위를 계산하였다. 따라서 어느 경우나 지표 누출을 가정하였고, 최악의 기상 조건으로는 미국의 위험관

Table 3. Hazard classification and release scenarios for chemicals used in this study.

Chemical Name	CAS No.	Hazard Classification ^a	Amount Released	
			Scenario I	Scenario II
Ammonia	7664-41-7	Toxicity, EHS	1 ton	100 kg
Ethylene oxide	75-21-8	Toxicity, HAP, EHS	10 ton	1 ton
Chlorine	7782-50-5	Toxicity, HAP, EHS	1 ton	100 kg
Phosgene	75-44-5	Toxicity, HAP, EHS	10 kg	1 kg
HCl	7647-01-0	Toxicity, HAP, EHS	1 ton	100 kg
Hydrazine	302-01-2	Toxicity, HAP, EHS	1 ton	100 kg
Acrylonitrile	107-13-1	Toxicity, HAP, EHS	1 ton	100 kg
TDI ^b	584-84-9	Toxicity, HAP, EHS	100 kg	10 kg

^aToxicity and HAP (hazardous air pollutant) are from 40 CFR 68 and CAA Section 112(i) for Accidental Release Prevention Program; EHS (extremely hazardous substance) is from EPCRA (Emergency Planning and Community Right-to-Know Act) Section 302 Title III

^bToluene 2,4-diisocyanate

리계획 (USEPA, 1996)을 참조하여 풍속 1.5 m/s, 안정도 F, 상대습도 50%, 그리고 기온은 기체 확산의 경우 25°C, 액체 휘발의 경우 대상 지역의 최고 기온을 적용하였다.¹⁾ 전형적 조건으로는 1991년부터 1995년까지 최근 5년간의 여수 기상관측소 관측 결과를 평균하여 풍속 3.9 m/s, 안정도 D, 기온 14.2°C, 상대습도 68%를 사용하였다. 최악의 액체 휘발 조건인 1991년부터 1995년 사이 여수 기상관측소의 최고 기온은 36.3°C이었다.

3. 피해범위 예측방법

피해 범위는, 여타 모델에 비하여 범위를 다소 과다하게 추정하는 경향이 있으나, 화학물질 정보가 풍부하고 응답이 빨라 screening 목적에 적합한 ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres; USEPA *et al.*, 1995) 모델을 이용하여 계산하였다 (정수희 등, 1999). 독성 한계치로는 AIHA (American Industrial Hygiene Association)의 비상대응계획 지침 (Emergency Response Planning Guidelines)에서 “비가역적 혹은 기타 인체에 대한 심각한 피해로 인하여 방어적 행동을 취할 수 있는 능력을 훼손당할 수 있는” ERPG-2를 우선적으로 사용하고, ERPG-2가 가능하지 않을 때에는 NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health)가 지정한 생명과 건강에 즉각 위험한 수준인 IDLH (Im-

mediate Dangerous to Life and Health)에 기초한 한계치 등을 사용하였다 (USEPA, 1996). 그러나 이들 값들이 각기 60분과 30분을 기준으로 지정되었기 때문에 누출 시간이 짧을 때에는 농도 평균화 시간의 설정과 함께 곤란한 상황이 야기될 수 있다.

액체가 못을 형성한 후 휘발하는 경우나 가스 누출도 1시간 이상 충분히 긴 시간동안 진행될 때에는 60분 등의 평균화 시간이 의미를 지닐 수 있다. 그러나 누출 시간이 짧을 때 퍼프가 지난 후의 시간까지를 포함한 평균은 독성학의 관점에서 유효성이 문제될 수 있다 (AIChE/CCPS, 1996). 따라서 본 연구에서는 누출 시간이 60분이나 30분 이하로 짧을 때에는 평균화 시간을 누출 시간과 일치시켰으며, 60분이나 30분을 기준으로 한 독성 한계치는 다음 식을 이용하여 환산하였다.

$$C(t) = C(t_0) \times \left(\frac{t_0}{t}\right)^b$$

t_0 는 독성 한계치의 기준 시간을, t 는 독성물질에의 노출시간을, 본 연구에서는 누출시간을 의미한다. 유독 가스의 경우 지수 b 는 보통 0.3~0.67 사이에서 변하나 (Wilson, 1991) 본 연구에서는 0.5를 사용하였으며, (t_0/t) 가 4보다 클 때에는 (t_0/t) 를 4로 지정하여 한계농도가 $C(t_0)$ 보다 2배 이상 커지지 않도록 하였다.

표 3에서 암모니아, 에틸렌옥사이드 염소, 포스젠,

1) USEPA (1996) 지침서 내용을 그대로 옮기면 상대 습도외 기온은, 별도 모델을 이용할 경우 최근 3년간의 자료를 토대로 평균 상대 습도와 최고 기온을, 지침서 자료를 이용할 경우 25°C, 50% 습도를 이용하도록 되어 있어 본 논문의 설정과는 다소 차이가 있다.

(무수)염화수소들이 유독성 가스로 구분된다. 이들에 대하여 1차로 미국의 위험관리계획에서 최악의 사고 조건으로 지정한, 10분간 모든 양이 연속적으로 누출될 때 예상되는 피해 반경을 계산하였다. 이후 보다 현실적인 상온 압력 상태와 상압 냉장 상태의 저장 조건에서 액체 상태로 누출된 후 못을 형성하여 휘발하는 경우와 기체와 연무질의 2상 누출되는 경우를 각기 가정하여 피해 반경을 계산하였으나, 언제나 10분간 모든 양이 연속 누출될 때보다 피해 반경이 작아 표 3의 최악의 사고 조건이 충분히 보수적임을 확인할 수 있었다.

표 3의 하이드라진, 아크릴로니트릴, TDI들은 유독성 액체로 구분된다. 미국의 위험관리계획에서 지정하고 있는 액체 상태 유독 물질의 최악의 사고는 저장 상태라 할지라도 일시에 누출되어 즉시 1cm 이상의 못이 형성되어 휘발하는 경우이다. 따라서

본 연구에서는 표 3의 양이 깊이 1cm의 못을 형성하여 휘발될 때의 피해 범위를 우선적으로 계산한 후, 보다 현실적인 예로써 저장 탱크에 구멍이 형성되어 누출되는 경우와 비교하였다. 그러나 후자의 경우에는 탱크 내 낙차에 의하여 액체가 누출되므로 초기를 제외하고는 누출 속도가 점차 줄어 전자만큼 피해 범위가 커질 수 없었다.

4. 결과 및 고찰

표 4는 화학물질별 최악의 사고 조건에서 시나리오에 따른 예상 피해 범위 계산 결과이다. 이상권 등(1996)이 INPUFF를 이용하여 예측한, 누출량이 많을 때 5.9±2.1 km와 누출량이 적을 때 1.7±0.9 km 보다는 현저하게 적으나 최악의 기상 조건에서 염소, 하이드라진 1톤 누출 시 피해 반경이 3.7 km,

Table 4. Predicted radius of impacts under accidental release scenarios.

Chemical Name	Release Scenario	Toxic Endpoint		Applied Endpoint ^a (mg/L)	Amount Released	Radius of Impacts (km)	
		mg/L	Basis			Worst-Case Meteorological Conditions	Typical Meteorological Conditions
Ammonia	The entire quantity is released at a constant rate during a 10-minute period.	0.14	ERPG-2 ^b	0.28	1 ton 100 kg	1.8 0.50	0.32 0.10
Ethylene oxide		0.090	ERPG-2 ^a	0.18	10 ton 1 ton	3.4 1.2	2.1 0.63
Chlorine		0.0087	ERPG-2 ^b	0.0174	1 ton 100 kg	3.7 1.5	2.2 0.65
Phosgene		0.00081	ERPG-2 ^b	0.00162	10 kg 1 kg	1.9 0.59	0.68 0.20
HCl		0.030	ERPG-2 ^b	0.060	1 ton 100 kg	2.4 0.84	1.1 0.34
Hydrazine		The entire quantity is spilled and spread instantaneously to form a pool with a depth of 1 cm, and then evaporated over some period of time.	0.011	EHS-LOC (IDLH) ^c	0.011	1 ton 100 kg	3.5 1.5
Acrylonitrile	0.076		ERPG-2 ^b	0.076	1 ton 100 kg	1.0 0.35	0.38 0.11
TDI (Toluene 2,4-diisocyanate)	0.0070		EHS-LOC (IDLH) ^c	0.0070	100 kg 10 kg	1.0 0.28	0.20 0.06

^a Because the duration of a gas release is assumed to be 10 minutes, toxic endpoint values used in this study are adjusted from the ERPG-2 values for 1 hour.

^b The Emergency Response Planning Guideline (ERPG) values are developed by the American Industrial Hygiene Association. The ERPG-2 value is the maximum airborne concentration above which it is believed nearly all individuals exposed for up to 1 hour could experience or develop *irreversible or other serious health effects or symptoms* that could impair their abilities to take protective action.

^c LOC (level of concern) if no ERPG value is available. The Immediately Dangerous to Life and Health (IDLH) value, developed by the National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH), is an atmospheric concentration of any toxic, corrosive or asphyxiant substance that poses an immediate threat to life or would cause irreversible or delayed adverse health effects or would interfere with an individual's ability to escape from a dangerous atmosphere.

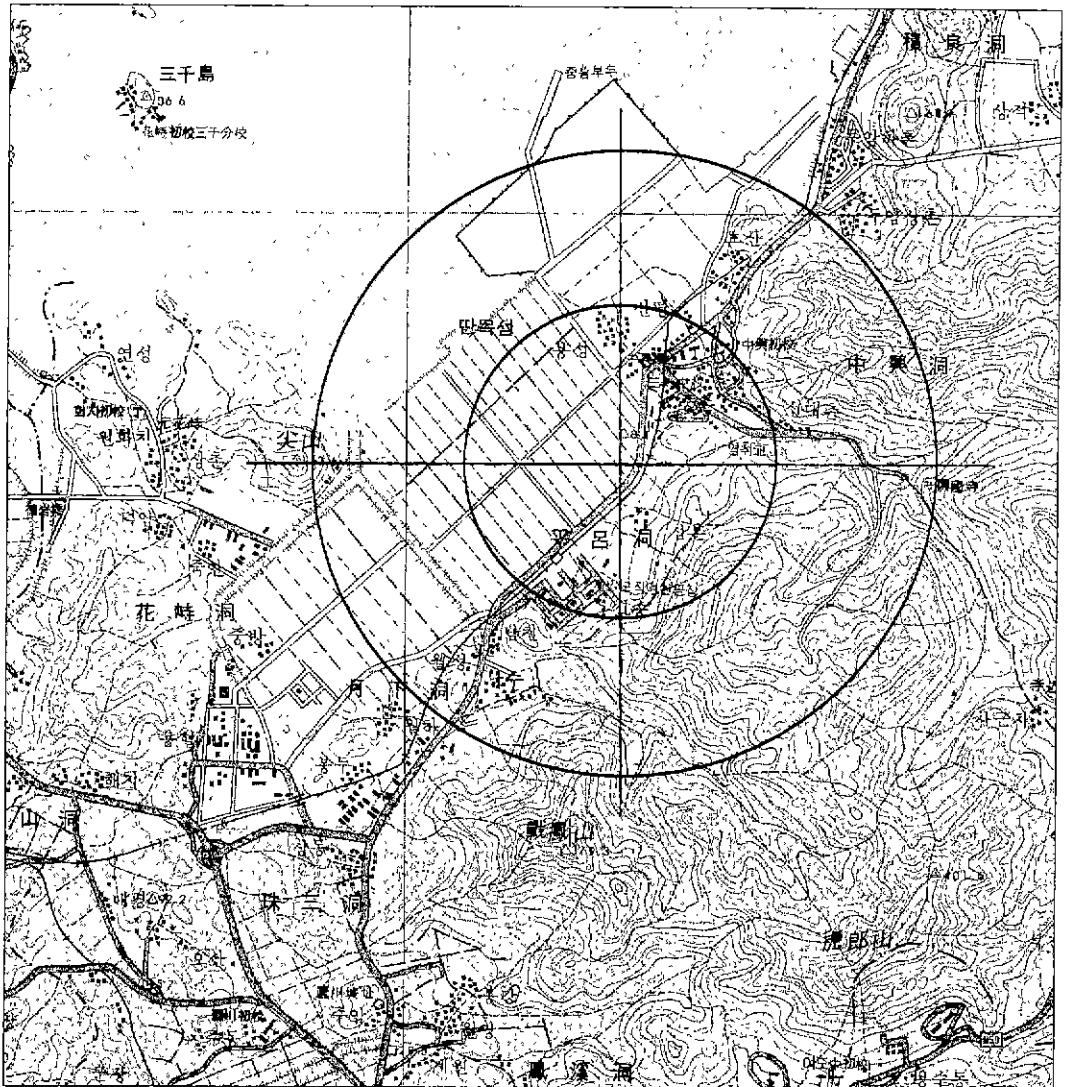


Fig. 2. Areas within 1 km and 2 km radii of a hypothetical accident site.

3.5 km에 달하고, 염소는 전형적 기상 조건에서도 1톤 누출에 의한 피해 반경이 2.2 km에 이를 만큼 피해 범위가 넓다. 독성이 커 적은 양의 누출을 가정하였던 포스겐과 TDI를 제외하고 나머지 물질에 대하여 1톤 누출에 의한 피해 반경을 평균하여 개략적으로 산출하면 최악의 기상 조건에서 2.3 ± 1.1 km, 전형적 기상 조건에서 0.93 ± 0.69 km가 된다.

그림 2는 본 연구의 가상 누출 지점인 서남지역 공업단지 관리공단으로부터 각기 1 km와 2 km 범위

를 표시한 것이다. 1 km 범위에는 평여동이, 2 km 범위에는 중흥동, 월하동, 두암 상, 하촌들이 포함된다. 이와 같은 결과는 물론 서남지역공업단지 관리공단을 중심으로 범위를 조사하였기 때문이며, 남서쪽 공단 남단의 공장이 밀집된 월하동이나 주삼동을 중심으로 범위를 조사한다면 양상이 달라짐은 당연하다. 그러나 그림 2 현재의 상황만으로도 다음과 같은 점에서 충분히 유의할 필요가 있다.

첫째, 주민 수가 많은 중흥동 등을 비롯하여 다수

의 동이 현재의 범위에 포함된다.

둘째, 가상 누출 지점 후면에 산지들이 병풍처럼 둘러싸고 있어 풍향에 따라 지형의 영향으로 피해가 커지거나 의외의 지역에서 피해가 나타날 수 있다.

셋째, 여수 기상대 30년 통산 1시간 평균 풍향 집계에 의하면 북동풍이 13.2%, 북서풍이 12.9%, 남서풍이 8.9% 순으로 빈번하다(기상청, 1991). 그림 2 누출 지점에서의 북동풍은 사고 규모가 클 경우 누출물을 남서쪽 공단 남단의 평탄한 지형을 따라 인구 밀집지역인 여천시 방향으로 확산시킬 수 있고, 북서풍과 남서풍 조건에서는 지형이 전면 혹은 측면에 위치하여 지형 조건에 따라 확산이 지체되거나 촉진될 수 있다.

물론 표 4의 예측은 최악의 사고를 가정한 결과이며, 이와 같은 가정이 앞서서도 언급한 바와 같이 충분히 보수적임은 분명하다. 이에 따라 최근 미국에서도 EPA에서 설정한 최악의 사고 조건이 너무 보수적이어서 주민과의 대화와 사고 대책 수립에 오히려 어려움을 주고 있다는 지적과 함께 사고 조건 설정에 관한 논의가 활발하다(Chang, 1998; Bohanon, 1998). 그림에도 표 4와 그림 2는 일단 정밀 조사가 필요함을 분명하게 지적하고 있다.

정밀 조사는 두가지 방향으로 진행될 수 있다. 하나는 지형조건을 고려한 확산 예측이다. 이 경우 지형 조건과 함께 해안선이 복잡한 여천 지역의 특성을 감안할 때 가우시안 모델은 비록 복잡지형 모델이라 하여도 아무래도 불완전할 가능성이 많다(김영성 등, 1998b). 따라서 본 연구팀에서는 지역규모 기상 모델인 RAMS(Regional Atmospheric Modeling System; Walco, *et al.*, 1995)를 이용하여 확산 특성 조사를 시도하고 있다(오현선, 김영성, 1998). 다른 하나는 사고 조건의 구체화인데, 이 부분에 대하여서는 사업체의 도움이 절대적으로 필요하다. 사업체로부터 사고 조건에 관한 구체적 정보를 얻을 수 있다면 본 연구의 ALOHA 대신 HGSYSTEM(Post, 1994)과 같은 정교한 모델을 이용하여 피해를 정확하게 추정할 수 있다. 이와 같은 상세한 피해 분석은 특히 사고 초기에 유효한 위험물 취급 시설의 방재 시스템 구축에 긴요한 만큼 사업장의 안전 측면에서도 반드시 검토되어야 한다.

5. 결 론

결국 중요한 것은 사고의 가능성을 인정하느냐 않느냐의 문제이다. 사고의 가능성을 인정한다 하여 사고 대책을 등한히 하는 것은 아니며, 현실적으로 가능한 사고 범위 내에서 대책을 수립하여, 사고가 발생하더라도 초기부터 효과적으로 대응하여 피해를 극소화할 수 있다면 사고가 발생하더라도 실제적으로는 사고가 아닐 수 있다. 이와 같은 측면에서 현재 미국에서 진행되고 있는 누출사고 예방과 위험관리 프로그램은 시사하는 바가 크다. 현재 미국에서는 1996년 6월 20일 공포된 위험관리계획(Risk Management Plan, RMP) 규정에 따라 위험물질을 취급하는 모든 시설은 시설 구분에 따라 위험성을 평가하여 1999년 6월 21일까지 위험관리계획을 제출하여야 한다(김영성 등, 1998a: 40 CFR Part 68, 1996). EPA의 여타 프로그램이 직접적 위해가 될 경우를 대상으로 하는데 비하여 사고 예방과 위험관리를 위한 이 프로그램은 위험물질을 보유하고 있다는 사실만으로 프로그램의 대상이 된다는 점에서 근본적으로 다르다.

본 연구에서는 여천공단에서의 누출사고 발생을 가정하여 ALOHA를 이용하여 최악의 사고 조건에서 피해 범위를 계산하였다. 누출 시나리오를 설정하였으나 이를 구체적 사업장과 연결시키지 못하고 공공건물인 관리공단 위치에 가상의 사고 지점을 지정하여 피해 가능성을 분석하였다. 암모니아 등 8개 대상 물질 중 독성이 특별히 강한 포스젠과 TDI를 제외한 나머지 6개 물질에 대하여 누출량 1톤에 대한 사고 영향 반경을 조사한 결과 최악의 기상 조건일 때 2.3 ± 1.1 km, 전형적 기상 조건일 때 0.93 ± 0.69 km로 나타났다. 사고 조건의 보수성이 인정되기는 하였으나 이와 같은 예측 결과는 ① 사고 범위에 포함되는 주민 수가 작지 않고, ② 지형과 풍향 조건에 의하여 피해가 확산될 수도 있다는 점에서 실제적 사고 조건의 설정과 지형을 고려한 정밀한 피해 분석이 필요하였다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 국책사업인 방재기술개발

사업과 환경부의 여천공단 환경오염대책 마련을 위한 오염실태 정밀조사 사업의 일환으로 수행되었습니다. 연구비를 지원하여 주신 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 국립환경연구원 (1996). 여천공단 주변 환경오염실태 현지 조사 결과 보고서 (1단계).
- 기상청 (1991) 한국기후포 제2권.
- 김영성, 김종수, 문길주 (1998a) 미국 청정대기법에 나타난 누출사고 예방과 위험관리. 화학공업과 기술, 16, 7-16.
- 김영성, 오현선, 윤도영, 장영수 (1998b) 복잡지형의 대기 확산 모델 비교, 한국대기보전학회지, 14, 81-93.
- 김영성, 송철한, 심상규, 김용표, 문길주 (1998c) 여천 공업 단지 봄, 가을 대기 중 휘발성 유기화합물 농도 비교 연구, 한국대기보전학회지, 14, 153-160.
- 노동부 (1995) '94 산업재해분석.
- 여천시 (1997) 여천공단 사고 및 분쟁사례.
- 오현선, 김영성 (1998) RAMS를 이용한 여천지역 대기 확산 모사 연구, 1998년도 한국대기보전학회 춘계 학술대회 요지집, pp. 111-112.
- 이상권, 정형준, 송경석, 백숙경 (1996), 공장 안전성 및 환경오염 분쟁 사례 분야; 안규홍, 여천공단 주변 마을 환경 영향 및 대책에 관한 연구. 한국과학기술연구원 보고서 BSG0524-5560-6, 제8장.
- 정수희, 윤도영, 김영성 (1999) 주요 누출사고 예측 모델의 특성 비교. 한국대기환경학회지 (심사중).
- 40 CFR Part 68 (1996) Accidental Release Prevention Requirements: Risk Management Programs Under Clean Air Act, Section 112(r)(7): List of Regulated Substances and Thresholds for Accidental Release Prevention, Stay of Effectiveness; and Accidental Release Prevention Requirements Risk Management Programs Under Section 112(r)(7) of the Clean Air Act as Amended, Guidelines; Final Rules and Notice.
- 40 CFR Parts 9 and 68 (1994) List of Regulated Substances and Thresholds for Accidental Release Prevention and Risk Management Programs for Chemical Accident Release Prevention; Final Rule and Notice
- AIChE/CCPS (1996) *Guidelines for Use of Vapor Cloud Dispersion Models*, 2nd Ed., Center for Chemical Process Safety. American Institute of Chemical Engineers, New York, NY.
- Bohanon, H.R. (1998) Interpretation of offsite consequences of EPA's required worst-case accidental release scenarios, *A&WMA's 91st Annual Meeting & Exhibition*, June 14-18. San Diego, CA. Paper No. TP50A.04.
- CAA Section 112(b) (1990) Initial List of Hazardous Air Pollutants.
- Chang, J C (1998) Some modeling issues for accidental releases of hazardous materials, *A&WMA's 91st Annual Meeting & Exhibition*. June 14-18, San Diego, CA. Paper No. TP50A.02.
- Petersen, W B. and Lavdas, L.G. (1986) *INPUFF 2.0-A Multiple Source Gaussian Puff Dispersion Algorithm: User's Guide*, EPA/600/8-86/024, Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC.
- Post, L. (Ed.) (1994) *HGSYSTEM 3.0 -Technical Reference Manual*, Post, L (1994) *HGSYSTEM 3.0- User's Manual*, Shell Research, Thornton. Chester, U.K.
- U.S. Environmental Protection Agency, Federal Emergency Management Agency, and U.S Department of Transportation (1987) *Technical Guidance for Hazards Analysis Emergency Planning for Extremely Hazardous Substances*
- U.S Environmental Protection Agency, National Oceanic and Atmospheric Administration, and National Safety Council (1995) *ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) User's Manual*, Chemical Emergency Preparedness and Prevention Office, Washington, D.C., Hazardous Materials Response and Assessment Division, Seattle, Wash.
- U.S. Environmental Protection Agency (1996), *RMP Offsite Consequency Analysis Guidance*.
- Walco, R.L., Tremback, C.J. and Hertenstein, R.F.A. (1995) *RAMS-The Regional Atmospheric Modeling System, Version 3b User's Guide*, ASTER Division/ Mission Research Corp., Fort Collins, CO.
- Wilson, D.J (1991) Accounting for peak concentrations in atmospheric dispersion for worst case hazard assessments, *Proceedings of the International Conference and Workshop on Modeling and Mitigating the Consequences of Accidental Releases of Hazardous Materials*, May 20-24, New Orleans, La., American Institute of Chemical Engineers, New York, NY.