

## 유해화학물질에 의한 재해-국내외 사례



김 경 태 >>  
한국해양연구원 해양환경연구본부  
책임연구원

### 1. 서 론

인간의 생명과 재산을 보존할 수 없을 정도로 생활 질서에 위협을 주는 상황을 초래하는 사고나 현상을 재난으로 규정하며, 이로 인하여 발생하는 피해를 재해라 한다. 재난의 결과인 재해는 이를 발생하게 하는 원인을 중심으로 천재인 자연현상에 의한 자연 재해와 인위적인 요인에 의해 발생하는 인위적 재난 또는 인위적 재해(인재)로 분류할 수 있다. 따라서 재해의 개념을 정의하면 자연적 또는 인위적 원인으로 생활환경이 급작스럽게 변화하거나 그 영향으로 인하여 인간의 생명과 재산에 많은 피해를 주는 현상이라고 할 수 있다. 예기치 않은 돌발적인 외부의 강력한 힘에 의해서 인명 피해, 가축의 폐사, 그리고 토지, 건물, 교량, 방파제, 방조제 다양한 구조물이나 물품, 시설의 손괴와 망실 등의 피해가 발생한 경우로서 재난과 재해는 원인과 결과의 관계로 인식되고 있다.

자연 재해는 기후성 재해인 태풍, 강풍, 홍수, 해일, 황사, 벼락, 냉해, 한발, 폭설 등에 의하여 나타나는 피해가 있으며, 지진성 재해인 지진, 화산폭발이 있다. 인위적 재해는 테러, 폭동, 전쟁과 같은 계획성 재해, 교통사고, 산업사고(가스, 폭발물, 갯도 등), 방사능 유출사고, 곤충, 바이러스, 박테리아에 의한 생물학적사고, 그리고 유독물질에 의하여 발생하는 화학적사고 등을 포함하고 있다. 한편 재해는 수질, 토양, 대기, 해양 등 다양한 환경에 오염을 유발하기도 하지만 이러한 오염에 의하여 영향으로 피해가 발생하여 재해가 되기도 한다. 한편 환경에 대한 피해 현상은 비교적 느리게 나타나지만 오염물질이 서서히 축적되어 인간을 포함한 동식물계는 물론 지구 전체의 시스템에 이변을 일으키는 재해도 있다.

자연적으로 존재하는 자원의 개발 및 사용과 함께 인위적으로 합성되는 매우 다양한 물질들이 새롭게 개발되고 있으며, 급속한 도시화, 산업화에 따라 전세계적으로 화학물질의 사용량이 크게 증가하고 있다. 이들 물질은 인간의 삶에 편의성을 제공하고 있으나 이들의 생산, 유통, 사용 및 폐기 과정 및 사고에 의하여 나타나는 인명 피해, 생태계 위협, 각종 환경 오염은 인위적 재해에서 큰 부분을 차지하고 있다. 유해화학물질은 전 세계적으로 1,700만 여종이 개발되어 그 중 10만 여종의 화학물질이 상업적으로 유통되고 있다. 국제적으로 자연환경을 파괴하

고, 인간의 건강에 피해를 유발하는 유해화학물질을 환경오염 유발물질로 관리 대상의 중요성이 부각되어 1992년의 “리우선언” 세부실천계획인 “지구환경 실천장령(Agenda 21)”을 비롯하여 경제협력개발기구(OECD)에서는 지속가능한 발전을 위해 환경적으로 건전한 유해화학물질 관리를 각국에 요구하거나 권고하고 있다(박, 2002).

본 기고에서는 지속성 오염물질(persistent pollutant 또는 conservative pollutant)인 중금속, 그리고 유류 및 주요한 유해화학물질의 오염에 의하여 발생한 재해의 사례들과 이들 물질에 대한 관리 및 규제에 대하여 살펴보고자 한다.

## 2. 국내외의 유해화학물질 재해

국내외에서 발생한 유해화학물질에 의한 환경 재해의 몇 가지 사례를 표 1과 2에 나타내었으며, 특히 국외에서는 화재, 누출, 배출, 테러 등과 같이 다양한 사고 형태로 많은 인명 피해와 자연 환경 파괴가 발생하였으며, 인도의 보팔 사건과 일본의 미나마타 병을 비롯한 월남에서 다이옥신(Dioxin)이 함유된 고엽제 사용에 의한 피해는 직접적인 사망과 더불어 장기간에 걸쳐서 후유증을 유발하였다.

국내에서도 1960년대부터 인조견사를 제조한 원진레이온에서 발생한 이황화탄소와 이황화수소에 의한 공장 작업자와 주변의 주민의 피해는 장기간의 조사 결과 직업병으로 판명되었다. 또한 1991년 낙

동강 중류 주변인 구미공단의 두산전자에서 독성물질인 페놀의 방류에 의하여 방류 지점 하류수계가 오염되어 식수 취수를 위한 상수원을 크게 오염시켰으며, 이로 인하여 국민의 환경 오염에 대한 관심이 증가하였으나 이후에도 낙동강 주변에 위치한 공해 유발물질 배출 공장에 의한 벤젠, 톨루엔과 같은 유기용매에 의한 수질오염사건도 발생한 바 있다. 그리고 공해병 논쟁을 일으킨 온산병은 울산광역시의 비철금속산업단지인 온산공단 주변 주민에게서 발생한 신경통, 피부병, 구토 등의 자각증세로, 카드뮴 중독에 의하여 발병되는 이따이이따이병의 초기 증세라는 논쟁을 일으켰으며, 1985년 2월에 주민의 이주대책이 발표되었다. 그 외에도 광산 또는 방치된 폐광 주변에서 유출되는 폐수에 포함된 중금속의 유출로 주변 토양과 수질 뿐 아니라 농작물에 오염을 유발하기도 한다(정 등, 200; 김 등, 2006).

또한 각종 유기 염소계 농약류과 PCBs(Poly Chlorinated Byphenyls), 다이옥신과 퓨란, 다환조 탄화수소류, 그리고 방오 도료로 사용되는 TBT 등은 장기간에 걸쳐 진행되어 온 환경 문제, 즉 장기간이 반감기에 의한 잔류성과 광범위한 지역으로의 확산, 그리고 축적에 따른 내분비계 장애 유발의 문제로 사용 및 생산 금지 조치가 내려지고 있으나 기존에 사용된 물질에 의해서 여전히 오염이 지속되고 있는 실정이다.

표 1, 2에서는 유독가스에 의한 인도의 보팔 사건과 중금속 오염(미나마타병, 이따이이따이병), 유류 유출 등에 의한 피해에 대하여 살펴보고자 한다.

표 1. 외국의 화학물질 사고 사례(자료 일부 출처 : www.taegu.me.go.kr)

사고형태	장소/시기	사고내용	피해현황	비고
폭발사고	미국(휴스턴) /1989년	propylene반응기폭발	24명 사망, 100여명 부상	
	일본(지바현) /1992년	탈황설비 폭발	9명 사망, 부상 10여명	
화재	스위스(바젤) /1986년	산도스사의 농약창고 화재 (살충제 30톤, 수은 2,000L 저장시설)	네덜란드, 독일, 룩셈부르크, 프랑스, 스위스 5개국 라인강 1,300km 유입	-생태계보전, 유역발전을 위한 36개의 프로젝트 -라인기금
	미국(오하이오) /1994년	메탄누출 화재	130여명 사망	

표 1. 외국의 화학물질 사고 사례(자료 일부 출처 : www.taegu.me.go.kr) (계속)

사고형태	장소/시기	사고내용	피해현황	비고
누출	인도(보팔) /1984년	MIC 반응조의 유독가스 누출	3,000여명 사망 20만명 이상 부상	긴급계획 및 지역공동사회의 알권리법(EPCRA) 제정
	이탈리아(세베소) /1976년	트리클로로페놀 불순물 함유(DIOXIN) 반응조 과열에 의한 누출, 15분동안 독성구름이 11개 도시에 확산	수만명 오염, 생태계 파괴	
배출 및 사용	일본, 구마모토현 미나마타시 /1950~1960년대	화학공장인 신일본질소비료(주)의 아세트알데히드 제조시 수은 촉매사용 후 폐수의 메틸수은의 해안 유입 (31년~68년)	주민이 메틸수은이 축적된 수산물의 섭취로 만성 및 신경독성 유발 (미나마타병) -6000여명 환자 (미나마타병 의심환자 포함) -938명 사망(1989년 말까지)	- 1968. 9. 원인 발표 - 화학물질의 심사 및 제조 등의 규제에 관한 법률 (화심법)제정
	중국, 길림성 송화강/1970년	길림 아세트알데히드 공장, 염료, 전지 및 금광 정련 공장의 수은 배출	어류와 강 주변 주민에 수은 농축과 중독 환자 발견	
	월남 /1960-1970년대초	월남전에서 고엽제인 phenoxy계 제초제(agent orange, 2,4,5-T+2,4 -D)를 사용	자연 환경 파괴 및 인근주민과 병사의 건강에 영향. 암, 면역기능 장애, 유산, 선천성 기형 발생 - 환자 200만명 추정	- 베트남 이어전트 오픈 지 피해자협회 설립. 다우케미칼 등 제조사에 대한 책임 및 손해 배상 요구
테러	일본, 동경 /1995년	음진리교에 의한 동경 지하철내 신경가스 사린살포	지하철 승객과 승무원 12명 사망, 5,510명의 환자 발생	

표 2. 국내의 화학물질 사고 사례(자료 출처 : www.taegu.me.go.kr)

사고형태	장소/시기	사고내용	피해현황
경기 미금시 (원진레이온) /1960~80년대	인견사 제조(방사공정) 공장의 작업장에 이황화탄소, 이황화수소 등 배출	악취, 대기오염작업자, 인근주민 수백명에 오염	80년 후반 직업병 판정
서울/1991	접착제 반응설비의 배관접속부에 Toluene 증기누설	근로자 3명 사망 공장전소	
구미공단 (두산전자)/1991	페놀원액 약 30톤 이송배관의 누출로 낙동강유입(낙동강 페놀 오염사고)	낙동강 상수원 오염	염소소독(2차오염)
경기 수원시 /1991. 4. 3	차량 사고로 운반중이던 염화술포산 12톤이 유출되어 하수도로 유입, 물과 반응하면서 독가스가 발생	2명 사망, 23명 중독	사고대응정보가 없어 피해 확대
서울 성동구 /1994	황산을 아황산탱크에 잘못 주입한 결과 과반응으로 독성가스가 발생	80여명이 중독	
여천 ㅇㅇ케미칼 /1994	TDI 공장의 배관부식, 유독가스 누출	3명 사망, 40여명 중독	
충남 논산시 /1997. 10. 20	냉면식당에서 취약원료인 탄산바륨을 전분으로 오인, 메밀과 혼합 냉면을 만들어 시식	1명 사망, 9명 중독	표시제도의 취약
경기 연천군 /2000. 8. 31	황산을 탱크로리 차량에서 저장탱크로 주입하는 과정에서 빗물과 반응하여 황산이 폭발	1명 사망, 7명 부상	물질취급현황, 대응정보, 방호장비 부족 및 취급자 교육소홀

## 2.1 인도 보팔 사건

국제적으로 가장 큰 인명 피해를 낸 인도의 보팔 사건은 1984년 12월 2일 심야에 미국의 다국적 기업 유니온 카바이드(Union Carbide)의 인도 보팔 농약공장에서 농약 제조의 원료인 메칠이소시안(MIC:Methyl isocyanate)이라는 유독가스가 저장 탱크로부터 2시간 동안에 36톤 정도가 누출된 사고였다. 항상 높은 압력과 저온 상태가 유지되어야 하는 이 유독가스 저장탱크는 온도가 올라갈 경우 폭발할 위험이 있기 때문에 철저한 안전수칙이 지켜져야 하는 곳이었으나 보팔의 저장탱크에서는 안전수칙이 제대로 지켜지지 않았으며, 조기 경보체계도 작동되지 않아 발생한 사고였다. 메칠이소시안은 카바마이트(Carbamate)제제 농약 합성시 중간물질로 생성되는데 주로 면역기능의 장애와 기계 독성을 유발시키는 유독물질이다. 사망자는 2,500~3,000명으로 추산되며, 수십만명의 피해자가 발생한 사상 최악의 화학공장 재해였다. 1985년 3월 인도정부는 유니온 카바이드사에 대한 소송을 제기하였으며, 1991년 최고재판소는 배상금을 인정하고 소송면제는 취소하는 판결을 내렸다. 이에 따라 1993년부터 사망자에게 약 90,000루피(약 30만엔), 피해를 입은 생존자에게 평균 25,000루피(약 8만엔)의 배상금을 32만 여명에게 지불하였다. 피해자단체에 의하여 형사책임은 물론 철거된 공장에 잔류하는 오염정화, 피해자에 대한 지속적인 보상과 의료 및 생활지원 등을 요구하고 있다(www.taegu.me.go.kr).

이 사건은 공해수출(pollution export)에 의해 발생한 대표적인 환경 재해이다. 공해수출이란 대부분의 경우 자국의 엄격한 규제나 환경운동이 강화된 선진공업국이 공해 물질에 대한 규제가 약한 개발도상국에 공장을 설립하여 공해를 발생시키는 것이다. 공해를 수출하는 경우 자국 국민의 건강과 환경을 보호할 수 있으면서 개발도상국의 낮은 인건비와 세금 혜택, 공해에 대한 주민의 낮은 인식에 따른 이득을 보게 된다. 그러나 개발도상국은 직·간접적으로

환경이 파괴는 물론 작업 종사자와 주민들은 건강과 생명에 위협 받을 가능성이 높아진다.

## 2.2 중금속 오염

일반적으로 “중금속“이라 하면 오염이 먼저 연상되면서 두려움이 앞서는 물질로 인식되고 있는 것이 사실이다. 중금속이란 원소들 중에서 비중이 4이상으로 Cd, Cu, Zn, Cr 등과 같은 전이금속(transition metals), 그리고 비소, 안티몬과 같이 금속과 비금속의 중간적인 성질을 가진 준금속(metalloid) 모두를 일컫는다. 금속은 기본적으로 지각을 구성하는 자연적인 물질이며, 그 농도가 경제적으로 활용할 가치를 지닌 경우 광석이라고 부른다. 자연 상태에서도 육상의 토양과 암석에 존재하는 금속은 표층수나 지하수 등의 물에 녹으며, 대기를 통해 바다로 수계로 유입되고, 화산활동이나 산불도 주요한 자연적 유입원이라고 할 수 있다.

일반적으로 불리는 중금속들은 극미량(50nM이하)으로 존재하기에 미량원소(trace elements) 또는 미량금속(trace metals)의 범주에 속한다. 특히 자연수 중에서 미량금속의 농도는 과거 측정값보다 매우 낮다는 것과 해양에서의 정확한 수직 분포가 1970년대 중반부터 미국과 유럽의 해양 선진국의 조사·연구에서 밝혀지기 시작하였다. 이런 결과는 분석 대상 시료의 채취, 전처리 기술, 그리고 분석 기기의 발달에 따라 전체 과정에 금속의 오염을 배제시킬 수 있었기 때문이며, ppm(part per million)의 1/1000인 ppb(part per billion)은 물론이고, ppt(part per trillion) 또는 그 이하의 수준도 검출이 가능해진 것이 사실이다(Windom et al. 1991). 이에 따라 국제적으로 환경 기준 또는 관리는 엄격해지고 있으며, 국제 무역에서도 영향을 미치고 있다.

한편 광석과 금속의 제련과정, 금속 및 금속화학물의 이용, 생활쓰레기 및 산업폐기물 처리장, 침출수, 중금속을 함유한 동물의 배설물 등을 통해 다량이 환경으로 배출된다. 인간의 산업활동으로 인하여

중금속 오염이 나타나게 마련이며, 광산, 펄프·제지공업, 석유화학 및 정유공업, 비료, 철·비철금속, 자동차·항공산업 등에서는 카드뮴, 크롬, 구리, 철, 수은, 납, 니켈, 주석, 아연 등 많은 중금속들이 배출되며, 유리, 시멘트, 방직, 피혁 공장에서는 크롬이 주로 배출된다. 인간활동에 의해 중금속이 해양으로 유입되는 경로는 매우 다양하다. 강이나 하천, 대기를 통해 유입되기도 하며, 산업폐기물 또는 하수처리장의 슬러지를 해양에 투기함으로써 유입되기도 하지만 폐기물의 해상소각이나 해안의 간척·매립시에도 중금속이 바다로 유입될 수 있다.

그러나 중금속은 일단 환경에 유입되면 소멸되지 않고 오래도록 머무르면서 순환하는 지속성 또는 잔류성 오염물질에 속한다. 중금속이 환경에 유입되면 생물농축(bioaccumulation)과 먹이사슬에 의한 생물증폭(biomagnification) 과정을 통하여 그 농도가 점점 증가한다. 생물체내와 수중에 존재하는 오염물질의 농도비를 생물농축계수(bioaccumulation factor)라고 한다. 표 3에서 각 중중금속과 지속성 유기오염물질의 해양생태계에서의 생물농축

계수를 나타내었다. 중금속의 경우 이 값은 생물종과 원소에 따라 다르지만 수십에서 수백만 정도의 값을 갖는다. 가리비는 소화샘에 카드뮴 500ppm, 아연 19,000ppm, 콩팥에 망간을 15,000ppm, 참굴은 체내에 아연을 57,000ppm까지 농축하는 경우도 있다. 해양 생물들은 중금속에 대한 자기 방어 기작에 의한 해독과정으로 별 피해를 입지 않을 수 있지만 모든 해양 생물이 높은 해독 기능을 가지고 있는 것이 아니며, 그 기능이 높아도 한계를 가지고 있다(한국해양연구소, 1990).

▶ 미나마타병

수은은 실온에서 액체로 존재하는 유일한 금속으로 일상에서 의료용의 아말감, 전등, 전지, 온도계 등에 이용되고 있으며, 화학 공정의 촉매나 금광에서 금을 추출하는데 사용하기도 한다. 특히 메틸수은은 미나마타병을 일으키는 중금속으로 잘 알려져 있다.

1950년대초 일본 구마모토현 미나마타만 주변의 주민들에게 중추신경 장애, 발작 등 기이한 병이 발

표 3. 해양환경내의 주요 중금속 오염물질

구분	독성물질		해양생태계 내에서의 생물농축계수
	분류	세부 분류	
중금속	수은 (Hg)*	무기수은, 유기수은 (메틸수은 등)	103 - 104
		카드뮴 (Cd)	104 - 106
		납 (Pb)	104 - 106
		구리 (Cu)	103 - 106
		아연 (Zn)	104 - 106
		크롬 (Cr)	102 - 104
		유기주석화합물*	TBT, DBT, MBT, TPhT
지속성유기오염물질	PCBs	PCB 208종(Coplanar PCB 6종 포함)	500 - 5x106
	유기염소계 농약류	DDT와 그 분해산물, 알드린, 클로르단, 디엘드린, 엔드린, 엔도설판, HCB, 린다, PCP, 톡사펜 등 25종	10 - 1.5x106
	다이옥신과 퓨란	다이옥신 75종 디벤조퓨란 135종	2,000 - 9,000*
	PAHs	벤조피렌, 벤조안트라센 등 23종	10 - 2,000
	유기브롬계 화합물	헥사브로모비페닐(HBBs) 194종 디브로모에탄	300 - 8,000

생하였으며, 발병 초기에는 그 원인이 명확하지 않았다. 그러나 수년간의 조사결과 미나마타만 주변의 신일본질소주식회사 공장에서 1932년부터 아세트알데히드를 비롯하여 염화비닐(PVC)를 생산하면서 촉매로 사용하는 수은의 일부가 유출되어 바다의 해양생물에 메틸수은으로 축적되고, 최종적으로 오염된 해양생물을 사람들이 섭취하면서 체내에 독성이 강한 메틸수은이 축적되어 질병을 일으킨 것(그림 1)으로 1956년 미나마타 보건소의 공식 확인이 있었다.

발병기간 중 43명이 목숨을 잃고 1989년까지 구마모토현과 가고시만현에서 판명된 환자수는 2,266

명이었으며, 이 중 938명이 사망하였다. 이와 같이 수 많은 사람에게 장애를 유발하는 등 국제적으로 큰 관심을 일으킨 것에 그 병명의 기원이 있다. 미나마타병의 증상은 신경마비와 뇌기능 손상, 시력 상실, 근육인완, 전신 마비, 혼수, 그리고 사망에 이르는 것이다(그림 2)(Takeuchi and Eto, 1999).

일본 정부는 1957년 초에 미나마타만에서의 어업 활동 금지를 하였으나 원인을 제공한 공장에 대한 가동은 멈추지 않았고, 1958년에는 폐수 배수로를 미나마타강 하구로 변경함으로써 오염을 확산시키기도 하였다. 발병 이후 수은으로 오염된 환경을 개선하기 위하여 지속적인 노력을 기울였으며, 발병 이후 50여년이 지난 2000년대 초반에야 미나마타만 이 수은 오염으로부터 벗어났다고 하였으며, 2004년에 대법원은 신일본질소주식회사와 정부의 책임을 인정하는 판결을 내린 바 있다.

1972년에는 이라크에서 수은 살균제로 종자가 소독된 밀을 멕시코로부터 수입된 것을 구매한 농민들이 파종하지 않고 먹음으로써 처음 발병하였다. 해당 지방정부에서 종자 밀을 보관시 중형에 처한다는 발표로 농민들이 이 밀을 하천과 호수에 폐기하여 2차 오염을 유발하였으며, 정확한 통계는 없지만 수천-수만명이 사망하고, 최대 50만명의 환자가 발생하였다.

▶ 이파이이파이병

카드뮴은 지각에 아연과 혼합되어 존재하고 있으며, 아연의 제련과정에서 부산물로 나오게 된다. 플라스틱, 전기도금, 합금 산업에서 안정제나 색소, Ni-Cd 전지 등에 사용되고 있다. 보건상의 위해성에 의하여 국제 협약에서 해양 유출과 투기를 억제해야 할 물질에 수은과 함께 등록되어 있다(윤이용, 2003)

일본 토야마현의 Jintsu강 변에 주민들은 1910년대 후반부터 팔, 다리, 허리나 관절에 심한 통증 때문에 병원을 찾는 사람이 있었으나 오랜기간 동안 정확한 원인을 파악하지 못하였다. 1968년 일본 후

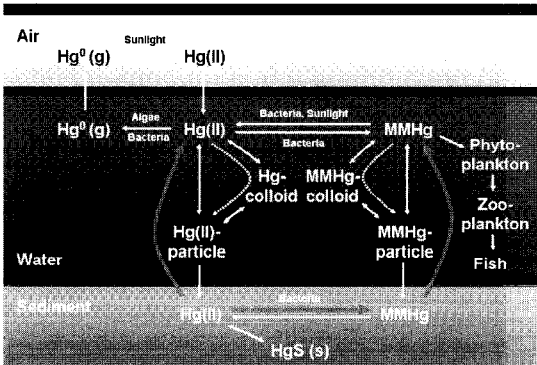


그림 1. 환경 중에서 수은의 거동에 관한 모식도 (자료 출처 : Choe)



그림 2. 미나마타병 환자를 치료하는 의료진 (자료 출처: 桑原史成, 桑原和子, 1990)

생성은 Jintsu강 상류의 미쓰이 금속의 아연 선광 및 정련공정에서 배출된 폐광석에 함유된 카드뮴이 하천으로 유입하여 농작물과 어패류, 그리고 상수원을 오염시킨 공해병으로 공식화하였다. 한 예로 이 지역에서 생산된 쌀은 일본 전국의 평균인 0.06ppm의 10배 이상인 0.68ppm으로 높은 농도를 보였다. 여러 경로로 인체에 축적된 카드뮴은 체내의 뼈의 구성에 필요한 칼슘(Ca)과 인(P)를 체외로 배출시킴으로 인하여 나타나는 증상으로 병에 의한 고통을 호소하는 이따이(아프다)에서 유래하여 이따이이따이병으로 명명되었다.

토야마현에서 1979년까지 130명의 이따이이따이병 환자의 90%가 65세 이상의 노인이고, 남자 3명 외에는 모두 여자였으며, 이 중 81명이 사망하였다. 2006년까지 208명이 발병하여 128명이 사망한 것으로 추정되고 있다.

## 2.3 유류 오염

### ▶ 유류 오염 원인

탄화수소 화합물인 유류는 산업화 사회에서 가장 필수적인 에너지원으로 사용되고 있으며, 다양한 경로를 통하여 토양과 해양에서 오염이 나타나고 있으며, 이에 의한 생태계의 피해는 광범위하게 장기간 지속되고 있다.

육상에서의 유류 오염은 육상 유전의 사고에 의한 유출, 유류저장시설의 관리 부실에 의한 유출이 있다. 토양이 유류에 오염되었을 경우 여러 종류의 다른 매질과 혼합되어 분포하는 불용성분은 증기상, 액체상, 흡수상, 대수층에 용해되어 존재한다. 육상의 유류 오염은 토양 오염에 의한 육상 생태계 훼손 시키며, 사람이나 다른 생물에게 직접적인 영향을 미치는 지하수계까지 오염될 경우 그 범위가 매우 확대되며, 정화 및 복원에는 큰 어려움을 겪게 된다.

해양의 유류 오염은 밸러스트수(ballast water: 선체의 부력 조절을 위하여 선적하는 물), 선체 수리 및 해체, 유조선 및 각 중 선박 사고, 연안의 석유 생

산 공정 또는 사고 등 다양한 요인에 의해 일어나고 있다. 해양에서 나타나는 피해는 암반 부착 생물, 저서생물, 동·식물 플랑크톤, 조류(bird)에 대한 영향으로 단기적인 급성 피해와 중·장기적인 영향으로 생태계의 균형이 파괴된다. 한편 물에 대한 용해도가 크고 독성이 강한 저분자 탄화수소는 중질유보다 경질유에 많이 포함되어 있으며, 가솔린이나 경우와 같은 경질유에 의한 사고는 중질유에 의한 사고보다 더욱 심각한 피해를 나타낼 수 있으나 휘발성이 강하다는 것이 수중 생태계에 대한 위협을 감소시킬 수 있는 점이다.

### ▶ 국내외의 해양 유류 유출 사고

외국의 경우 주요한 사고로는 1989년 3월 4일 미국 알래스카에서 발생한 엑슨 발디즈(Exxon Valdez)호 좌초에 의한 유류오염사고로 37,000톤의 원유를 유출시켰으며, 이로 인하여 연안의 800여 km가 오염되었고, 이시기에 북해 바다 표범의 85%인 11,000여 마리가 사망하였다. 11,000여명이 해안선 정화작업을 하였으며 엑슨사는 1년에 20억 달러를 지출하게 되었다. 유출된 기름의 회수 작업에도 불구하고 절반은 회수가 불가능한 상황이 처해 있다. 1999년 12월 유조선 에리카(Erika)호의 좌초에 의하여 유출된 벵커 연료유는 유화제에 의한 분산이 이루어지지 않기 때문에 많은 양이 해안에도 달하여 피해를 주었으며, 선박은 절단되어 침몰함으로써 수 개월간 반복적으로 유류를 유출시키게 되었다. 또한 2002년 11월에 스페인 연안에서 발생한 유조선 프레스티지(Prestige. 42,820 G/T)의 침몰로 선적한 중질 연료유(벵커-C) 77,000톤 중에서 63,000톤 이상이 바다로 유출되어 유럽의 연안국에 자연환경과 양식시설에 큰 피해를 입힌 바 있다.

UNEP의 12개 지역해 프로그램의 하나로 해양 오염방지 및 보전사업을 추진하고 한국, 일본, 중국, 러시아가 속하여 있는 북서태평양보전실천계획(NOWPAP: Northwest Pacific Action Plan, 지역범위: 북위 33°-52°, 동경 121°-143°)이 실행 중

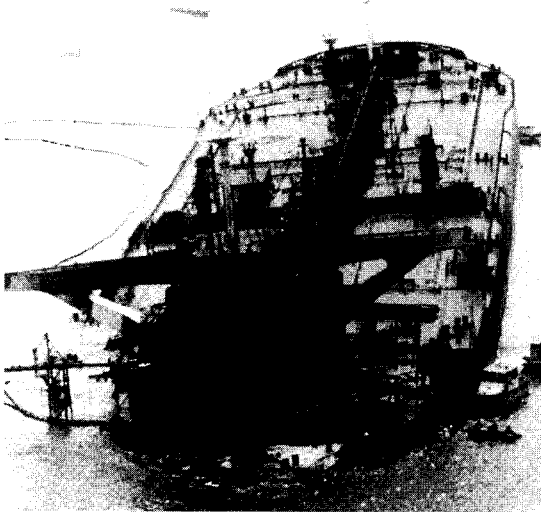


그림 3. 1995년 7월 여수 소리도 앞바다에 좌초한 씨프린스호(자료 출처 : 해경)

에 있지만 이 해역에서도 1990년부터 2004년 사이에 나호드카(Nakhodka), Frountier express호 사고 등 1,000톤 이상의 대형 유출사고가 19차례 발생하였다(Kang et al., 2005). 그 중에서 1995년 7월 23일 우리 나라 여수 소리도 앞바다에서 좌초된 유조선 씨프린스(Sea prince, 144,567톤)호 사고는 5,035톤의 원유를 유출시켰다(그림 3). 이 사고로 사고 지점에서 부산, 울산, 포항까지 약 127마일에 이르는 확산거리를 나타내었으며, 일본 대마도 서쪽 20마일에서도 유막이 발견되었다. 해안 지역은 전남 여천구 돌산읍, 남면, 화정면의 약 47km가 오염되었고, 사고 지점 주변 섬은 매우 심하게 오염되었다(이, 2000). 한편 국내에서도 1983년 이후 2005년 말까지 침몰된 선박은 약 1,500척에 이르며, 매년 약 70여척이 침몰되고 있으며, 사고 당시의 오염과 침몰 선박내에 잔존하는 유류 및 유해물질의 유출이 문제시되고 있다(최 등, 2006).

▶ 해양의 유류 및 위험·유해물질 유출에 대한 대응  
미국은 엑스 발디즈호 사고를 계기로 1990년 7월에 10년간 끌어온 유류오염법(OPA '90: Oil Pollution Act, 1990)을 통과시키고 방제기술과 방

제 체제를 전면적으로 개편하였다. 이 법에서는 신건조 유조선에 대한 이중벽 구조, 2015년까지 기존 유조선을 대체하며, 사고 예방과 방제, 그리고 피해보상에 대한 제도를 담고 있다. 이 사고의 여파로 국제해사기구(IMO: International Maritime Organization)의 후원으로 1990년 94개국이 유류오염의 대비·대응 및 협력에 관한 국제협약(OPRC 협약)을 채택하여 국가간 협력이 본격화 되었다.

현재 세계적으로 유류, 유해액체물질, 액체화학물질, 액화가스, 인화정 60℃이하의 물질을 비롯한 약 6,000여종의 위험·유해물질(HNS: Hazardous and Noxious Substance)이 선박을 이용하여 이송되고 있으며, 산업 활동의 증가에 따라 해상 운송량은 계속 증가할 것으로 예측되어 HNS의 사고 위험도 증가하고 있다. HNS는 독성, 인화성, 부식성, 화학반응 등 다양한 특성으로 중독, 질식, 화재, 폭발, 해양오염 등의 사고를 일으킬 수 있으며, 대형 재난으로 확대될 가능성이 높다. 이러한 문제에 대응하기 위하여 국제사회는 국제관련법규를 마련하였는데 200년 3월 국제해사기구(IMO)가 “위험·유해물질의 오염사고 대비·대응 및 협력에 관한 의정서(OPRC-HNS Protocol: Protocol on Preparedness, Response and Co-operation to Pollution Incidents by Hazardous and Noxious Substance)”를 채택하였고, 2006년 6월 14일 발효요건이 충족됨에 따라 1년 후인 2007년 6월 14일에 국제적으로 발효되었다. 이 의정서는 당사국에게 국가방제계획수립, 선박 및 해양시설 오염사고 비상계획서 비치, 오염사고 발생 통보, 오염대응 관련 국제협력 촉진, 기술과 정보 지원 등의 의무를 부과하고 있다(이 등).

한편 우리 나라도 씨프린스호 사고 이후 방제지휘체제의 일원화, 국가방제기본계획 수립, 지역별 방제계획 수립, 방제전문가 지원 제도 도입, 국가방제능력 보강, 방제 기술 교육강화, 방제기술개발, 국제방제협력체제 구축 등의 대책을 도입하여 유류 유출 사고에 따른 피해 저감에 노력하였으나 며, IMO 이



사국으로서 주요 해운국이며, OECD 가입국가로서 국제적인 위상에 맞게 OPRC-HNS 의정서에 대한 가입(비준)이 불가피하며, 이에 따른 산업계의 영향이 있지만 근본적으로 생명과 해양 환경, 그리고 자원을 보호하는데 기여할 것으로 판단된다.

### 3. 결 론

산업화 사회에서 각종 유해화학물질은 유통량이 증가하고, 새롭게 개발되고 있다. 중금속, 지속성 유기화학물질, 유류, 독성 가스에 노출이 과다할 경우 많은 사람에게 치명적인 피해를 발생시키고 있으며, 그 피해는 장기간에 걸쳐 당사자는 물론 후세대에게 어어져서 사회의 질서에 영향을 미치는 등 환경 재해가 된다. 국제사회는 유해화학물질을 생태계와 인간의 생명을 위협하는 물질로 규정하여 국제적인 협약과 각 국의 법에 의하여 유통과 이송에 규제가 가해질 뿐 아니라 기준은 더욱 엄격해지는 추세에 있다. 국내에서도 유해화학물질 환경에 대한 노출이 증가하는 상황에서 환경을 구성하는 다양한 매체와 종류별 유해화학물질에 대한 과학적 연구에 기초로 엄격한 환경기준과 규제를 마련하여야 하며, 화학물질의 안전을 보장하고 사고에 대응하기 위한 방안의 지속적인 개선과 실행능력 확보하는 환경 재해 예방 전략이 필요하다.

### 사 사

본 원고는 한국해양연구원의 PE 97701에 의하여 이루어진 결과입니다.

### 참고문헌

김순오, 정영일, 조현구 (2006). 삼산제일·삼봉 동고나산 주변 수계의 중금속 오염도 평가. 한국광물학회지, 제19권, pp. 171-187.

박정규 (2002). 유해화학물질 관리 분야-국가지속가능발전전략 수립. p.101

윤이용(번역) (2003). 해양오염. 동화기술. 292pp.

정명채, 정문영, 최연왕, 2004. 국내 휴/폐광 금속광산 주변의 중금속 환경오염 평가. 자원환경지질학회지, 제37권, pp. 21-33.

최혁진, 오상우, 이승국, 이승현, 김선동, 강원수, 이승훈 (2006). 침몰선박 잔존유 무인회수시스템 개발 및 해상 시운전. 한국해양환경공학회 2006년도 추계 학술대회 논문집. pp. 283-292.

한국해양연구소 (1990). 해양오염과 지구환경(해양과학총서3). 한국해양연구소. p. 125

桑原史成, 桑原和子 (1990). 미나마타의 아픔. 을지서적. p. 174

Kang, C.G., Kang S.G. and Oh, J.H. (2005). Oil spill and regional co-operation on marine pollution preparedness and response in the northwest pacific with a special reference to NOWPAP regional oil spill contingency plan. Proceedings of the KOSMEE fall annual Meeting. pp. 60-68.

Choe, K.Y. (2004). Mercury in San Francisco Bay. Seminar in KORDI.

Furness, R.W. and P.S. Rainbow (1990). Heavy metals in the marine environment. CRC Press Inc., Boca Raton, USA., p. 256

Takeuchi, T. and K. Eto. (1999). The pathology of Minamata disease-A tragic story of water pollution. Kyushu University Press, Inc., Kyushu, p. 291

Windom, H.L., J.T. Byrd, R.G. Smith Jr. and F. Huan. (1991). Inadequacy of NASQAN data for assessing metal trends in the Nation's Rivers. Environ. Sci. Technol., Vol. 25, pp. 1137-1142.

www.taegu.me.go.kr. 유해화학물질 관리법 관련 교육자료.