

증설

해양 유류유출사고와 건강영향에 관한 해외 연구사례 분석

하미나, 이원진¹⁾, 이승민²⁾, 정해관³⁾

단국대학교 의과대학 예방의학교실, 고려대학교 의과대학 예방의학교실¹⁾, 환경운동연합 시민환경연구소²⁾,
성균관대학교 의과대학 사회의학교실³⁾

A Literature Review on Health Effects of Exposure to Oil Spill

Mina Ha, Won Jin Lee¹⁾, Seungmin Lee²⁾, Hae-Kwan Cheong³⁾

Department of Preventive Medicine, Dankook University College of Medicine, Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Korea University¹⁾, Citizen's Institute of Environmental Studies, Korean Federation for Environmental Movement²⁾,
Department of Social and Preventive Medicine, Sungkyunkwan University School of Medicine³⁾

Objectives : Our objective is to review and summarize the previous studies on the health effects of exposure to oil spills in order to make suggestions for mid- and long-term study plans regarding the health effects of the Hebei Spirit oil spill occurred in Korea.

Methods : We searched PubMed to systemically retrieve reports on the human health effects related to oil spill accidents. The papers' reference lists and reviews on the topic were searched as well.

Results : We found 24 articles that examined seven oil spill accidents worldwide over the period from 1989 to August 2008, including the Exxon Valdes, Braer, Sea Empress, Erika, Nakhodka, Prestige and Tasman Spirit oil spills. Most of the studies applied cross-sectional and short-term follow-up study designs. The exposure level was measured by assessing the place of residence, using a questionnaire and environmental and personal monitoring. Studies on the acute or immediate health effects mainly

focused on the subjective physical symptoms related to clean-up work or residential exposure. Late or mid-term follow-up studies were performed to investigate a range of health effects such as pulmonary function and endocrine, immunologic and genetic toxicity. The economic and social impact of the accidents resulted in the socio-psychological exposure and the psychosocial health effects.

Conclusions : Studies of the health effects of exposure to oil spills should consider a range of health outcomes, including the physical and psychological effects, and the studies should be extended for a considerable period of time to study the long-term chronic health effects.

J Prev Med Public Health 2008;41(5):345-354

Key words : Accidents, Transportation, Petroleum, Health, Review

서론

2007년 12월 7일 오전 7시경 만리포 북서쪽 10 km 해상을 운항 중이던 삼성중공업 예인선(1척, 10,800톤급) 크레인부선의 예인강선이 절단된 상태에서 통제력을 상실한 채 표류하다가 인근 해역에서 투묘 중이던 홍콩 선적의 유조선 허베이 스피릿(Hebei Spirit, 146,858톤급)호와 충돌하였다. 이 사고로 인하여 유조선 왼쪽 기름 탱크 3개가 파손돼 12,547 kl (약 10,900 t)의 원유가 태안 앞바다로 유출되었다 [1]. 이

것은 지금까지 국내에서 발생한 최대 유류 유출사고인 씨프린스호(1995년) 침몰 사고 당시 유류 유출량(약 5,000 kl)의 두 배가 넘는 양으로, 우리나라 유류유출 사고 역사상 최대 규모이다. 유출된 유류는 태안해안국립공원을 포함하여 충청남도 및 전라남북도 연안을 합하여 총 1,052 km의 해안을 오염시켰고, 어장과 양식장, 해수욕장 등 3,000 ha에 걸쳐 심각한 피해를 입혔다 (Figure 1). 가장 피해가 큰 태안군은 2개 읍 6개 면에 2006년도 기준으로 총 64,082명이 거주하고 있다 [2].

2008년 7월 4일 현재까지 육상 방제활동에 참여한 총 누적인원은 2,122,296명이며, 주민 556,343명, 자원봉사자 1,226,730명, 군인 152,695명, 경찰 32,356, 해양경찰 17,394명, 해양환경관리공단 6,663명, 업체 직원 53,431명, 지방자치단체 76,684명이었다 [1]. 당시 주민들의 경우 사고 하루 뒤(12월 8일)부터, 자원봉사자의 경우는 사고 이틀 뒤(12월 9일)부터 방제작업을 시작하였으며, 초기의 급박한 환경에서 보호장비 등이 제대로 갖추어지지 못한 상태에서 작업이 진행되었다. 한편 사고 발생 2~3주 후부터 학계와 시민단체 등이 자발적으로 방제작업 참여자와 지역 주민을

접수: 2008년 7월 24일, 채택: 2008년 8월 27일

본 연구는 2008년도 환경부 환경보건정책과의 지원을 받은 '허베이 스피릿호 유류유출사고의 급성 건강영향 조사'의 일환으로 수행되었음.

책임저자: 하미나 (충남 천안시 안서동 산 29, 전화: 041-550-3854, 팩스: 041-556-6461, E-mail: minaha@dku.edu)

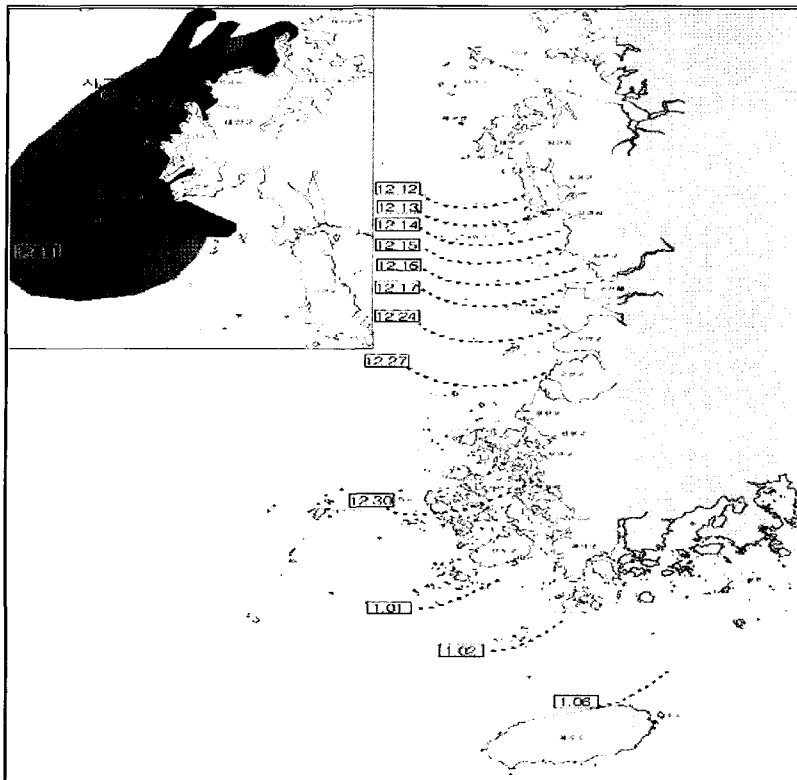


Figure 1. Map of daily spilled oil distribution from December 7th, 2007 to January 6th, 2008 from the Hebei Spirit oil spill accident in the Korean West Sea. Adapted by data from Taeon Coast Guard, Korea.

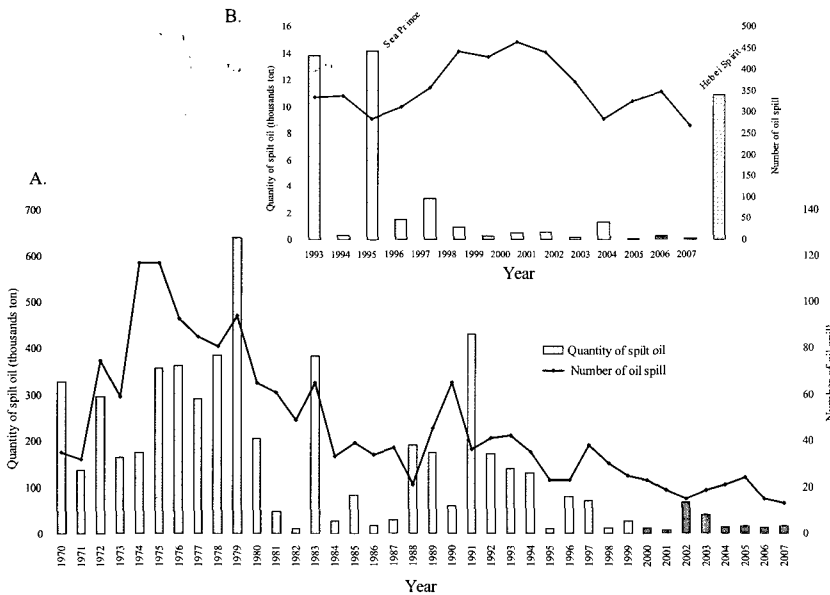


Figure 2. Number of oil spills and quantity of oil released. A. Oil spills with 7 or more tonnes from 1970 to 2007, worldwide. Statistics from the International Tanker Owners Pollution Federation Limited (<http://www.itopf.com/information-services/data-and-statistics/statistics/#no>), B. Oil spills from 1993 to 2006 in Korea. Statistics from Korea Coast Guard, 2007 and the Ministry of Maritime Affairs and Fishery 1997 (B).

대상으로 건강영향조사를 실시하였다. 이후 이들 학계 및 시민단체가 구심이 되어 정부의 지원 하에 자체적으로 조사한 설문과 생체시료를 종합 분석하고 결과를 공유하는 “허베이 스피릿 유류 유출사고

에 따른 주민 및 방제작업자 건강영향조사를 위한 민관합동회의”가 발족되었고, 초기 노출환경 및 건강영향에 대한 조사를 추진하고, 이에 근거하여 중장기 건강영향 감시 및 평가를 위한 계획을 수립하

고자 하였다 [3].

본 연구의 목적은, 우리나라에서 일어난 허베이 스피릿호 유류유출로 인한 해양오염과 관련하여 발생할 수 있는 건강영향을 평가하기 위하여 외국의 유사한 사례들을 분석함으로써 향후 연구방향의 기초 자료를 마련하고자 한다.

해양 유류누출 사고와 건강영향 연구 동향

먼저 PubMed에서 몇 가지 핵심어를 중심으로 논문을 검색하였다. 검색에 사용한 핵심어는 ‘oil spill’, ‘oil spillage’, ‘tanker’, ‘accident’, ‘petroleum’, ‘health effect’, ‘exposure’ 이었고, 제목과 초록을 검토하여 연관된 논문을 추렸다. 또한, 각 논문의 원본을 입수하여, 참고문헌 목록 중에 필요한 논문을 추가로 확보하였다. 검색된 논문은 1989년부터 2008년까지 출판된 것들로서, 종설 1편, 원저 24편, 보고서가 1편 이었고, 총 7가지의 유류유출 사고와 관련 되어 있었다.

1. 해양 유류유출 사례별 건강영향 연구 동향

크고 작은 해양오염사고들이 전 세계적으로 계속 발생되고 있는데, 전체 사고 건수의 84%는 7t 이하의 소량의 유류를 유출하는 것으로 알려져 있다. 심각한 해양오염을 유발하는 대규모 사고의 경우, 1970년부터 2007년까지 700t 이상의 유류가 해양에 유출된 사고가 452건, 7t 이상 700t 이하의 사고가 1,292건으로 총 1,744건이 발생하였으며, 이로 인하여 유출된 유류의 양은 총 5,648,000 t 인 것으로 보고되고 있다 [4]. 그러나 Figure 2에서와 같이, 전 세계적 차원에서 해양유류오염의 건수나 유출량이 뚜렷한 감소경향을 보이고 있는데 반하여 (Figure 2-A), 우리나라의 경우 93년부터 집계된 해양유류오염 사고를 보면 [5,6], 그 발생건수나 유출량에 있어서 이러한 감소경향이 뚜렷하지 않다 (Figure 2-B).

이러한 오염사고와 관련해서 이루어진 연구들은 주로 생태계에 미치는 영향에 관하여 실시되어왔으며, 유류 오염을 청

소하는데 참여한 근로자나 지역 주민, 자원봉사자 혹은 오염지역에 거주하는 주민들에서 나타날 수 있는 건강영향에 대한 연구는 매우 소수에 지나지 않아 현재까지 학계에 보고된 경우는 적어도 유출된 양이 최소 6천 t이 넘는 비교적 대규모의 유류가 누출되었던 단 7건의 사고에 관해서였다 (Table 1).

생태계에 관한 연구가 장기간에 걸친 생태계의 복원과 관련해서 지속적으로 이루어지고 있는 것과는 대조적으로, 건강영향에 대한 연구의 경우는 대부분 급성 건강영향에 관한 단면조사들이며, 극히 일부에서 단기간의 추적조사가 이루어졌을 뿐이다. 비교적 최근(2002년) 스페인 해역에서 일어난 프레스티지호 유류유출 사고의 경우에는 다른 경우와 달리 장기간에 걸친 호흡기 영향 및 유전독성 연구를 진행하고 있는데, 이는 오히려 예외적이라 할 수 있다 (Table 2).

1) 엑손 발데스(Exxon Valdez)호 사고

1989년 4월 24일 알래스카의 프린스 윌리엄 해협에서 발생한 엑손 발데스(Exxon Valdez)호 유류유출은 해양 유류유출 사고 중 건강영향 연구가 이루어진 사고 중 가장 오래된 것이다. 약 4,000 t의 원유(crude oil)가 주변의 섬, 갯 및 만의 해변 약 4,800 km를 오염시켰으며, 방제작업에 약 11,000명의 인원이 참여한 것으로 알려져 있다 [7].

미국국립산업안전보건원(NIOSH)에 의하면 방제작업에 참여한 사람들 중 1,811명이 건강문제로 보상 소송을 제기하였으며, 손상(44%), 호흡기 질환(15%), 그리고 피부염(2%) 등이 주요 문제로 파악되었다 [8].

건강영향에 관해서는 3편의 정신건강에 대한 연구가 보고되어 있다. 1990년 3월 30일에서 5월 15일 사이(사고발생 1년 후)에 시작된 첫 연구는 지역사회 기반 무작위 표본추출을 통해(community based random sample) 599가구를 선정하였고, 이 중 84%인 알래스카 원주민 188명과 유럽계백인 371명이 조사에 참여하였다 [9]. 노출에 대한 평가는 6가지 설문문항을 통해 노출지수를 산출하고 고노출군, 저노출군으로 분류하였으며, 건강영향은 설문을 통해 우울, 가족지지 및 사회관계에 대해 평가하였다. 연구결과 원주민과 유럽계백인

Table 1. Summary of oil spill accidents upon which health effect studies were performed

Accidents	Date	Country	Spilled oil and type	Contaminated area (km of shoreline)
Exxon Valdez	Mar 24, 1989	US (Alaska)	37,000 ton/crude oil	4,800 km of coastline of land, headlands and bays
Braer	Jan 5, 1993	UK (Shetland)	85,000 ton/crude oil	
Sea Empress	Feb 15, 1996	UK (Wales)	72,000 ton crude oil + 360 ton heavy fuel oil	200 km of coastline
Nakhodka	Jan 2, 1997	Japan	6,000 ton/Buncker C oil (number 6 heavy fuel oil)	
Erika	Dec 12, 1999	France	10,000 ton/ Buncker C oil (number 6 heavy fuel oil)	400-500 km of coastline of mainland small islands
Prestige	Nov 11, 2002	Spain	67,000 ton/Buncker C oil	900 km of coast line, from northern Portugal to southern France
Tasman Spirit	July 27, 2003	Pakistan (Karachi)	35,000 tone/ crude oil (Iranian light crud oil)	10 km of residential coastline

모두에서 노출 정도와 우울 증상 사이에 유의한 관련성이 있었으며 원주민이 유럽계백인보다 높은 노출지수 값을 보였고, 기름 청소작업 혹은 어업피해 경험이 많았다. 1993년에 보고된 두 번째 연구는 첫 번째 연구에 사고지역으로부터 멀리 떨어진 동남부 알래스카 2개 지역 주민을 대조군으로 포함시켜 진행하였다 [10]. 건강영향으로 불안, 우울, 외상 후 스트레스 등을 설문을 통해 평가하였는데 고노출군 일수록 불안, 우울, 외상 후 스트레스증후군의 유병률이 높았으며 특히 여성 혹은 원주민일수록 더욱 유의하게 증가되었다. 세 번째 연구는(2004) 첫 번째 연구와 같은 대상자들로 오염사고로 인한 외상 후 스트레스가 인종간에 차이가 있는 이유를 밝히고자 실시하였다. 연구결과 두 인종 모두에서 사회적 분열(social disruption)의 정도가 높을수록 사고발생 1년 후의 외상 후 스트레스가 심하였으며, 특히 원주민에서는 가계소득이 낮고, 방제활동에 참여하였던 경우, 생계활동이 어려워진 경우일수록 외상 후 스트레스가 심하였다 [11]. 사회적 분열이란 현상이 유의하게 외상 후 스트레스증후군의 증상과 관련성을 가지고 있으므로, 이 지역에서 외상 후 스트레스 증후군을 진단할 시에 사회적 분열의 영향을 충분히 고려하여야 함을 지적하였다.

이 연구들은 해양 오염 사고에서 최초로 건강영향에 대한 결과를 보고하였다는데 큰 의미를 가지나 사고 후 1년이 지나서 진행되었다는 점과 건강영향으로서 정신건강만을 조사하였다는 한계점이 있다.

2) 브레이어(Braer)호 사고

브레이어호 사고는 1993년 1월 5일부터 6일 동안 배가 침몰할 때까지 85,000t의 노

르웨이산 원유가 영국 쉼틀랜드(Shetland) 지역을 오염시킨 사고다. 이 사고와 관련해서는 총 5개의 건강영향 관련 연구들이 보고되었다. 우선 Campbell 등 [12]은 1월 13-21일 사이(사고발생 8일 후)에 노출군과 비노출군을 선정하여 신체 증상에 대한 설문조사 및 임상검사를 실시하였다. 노출군은 사고지역에서 반경 4.5 km 이내 거주자들로 정의하였으며 총인원 681명 중 412명을 조사하였다. 대조군은 사고로부터 95 km떨어진 힐스윅(Hillswick) 지역 주민을 대상으로 성과 연령을 짝짓기하여 200명을 선정하였으며 이 중 92명을 조사하였다. 조사내용에는 신체 증상에 대한 설문조사, 키, 몸무게, 폐기능, 소변 및 혈액검사 등이 포함되었다. 연구결과 노출군에서 사고 후 신체증상이 유의한 증가를 보였으며 소변 내 마노산 농도를 포함한 다른 검사소견에서는 대조군과 유의한 차이가 없었다. 1년 뒤 보고된 Campbell 등의 또 다른 연구 [13]는 같은 대상자들을 5개월 후에 다시 조사한 것으로 노출군 80%(344명), 대조군 84%(77명)에 대해 신체증상을 조사하였다. 전반적으로 노출군에서 신체증상 유병률이 높았으나 허약증(weakness)을 제외하고는 대조군과 유의한 차이를 보이지 않았다. 첫 번째 조사 때보다 노출군과 대조군에서 더 많은 사람들이 피곤함을 호소하는 등 일부 증상에서 오히려 사고 직후보다 높은 신체증상 유병률이 보고되기도 하였다. Foster 등 [14]은 위 두 조사를 실시할 때 연구에 참여하지 않은 사람들의 이유를 조사한 바 있다. 조사에 참여하지 않은 주된 이유는 연구가 불필요하다고 느끼거나, 본인은 건강

Table 2. Summary of health effect studies in relation to oil spill accidents

Accidents	Studies (Authors, year)	Design	Beginning of survey (after the accident)	Date of survey	Number of subjects	Exposure measurement	Outcomes	Results
Exxon valdez	Palinkas et al, 1992 [9]	Cross sectional	+1 year	Mar 30~May 15, 1990	Exposed (Native 188, Euro-American 371)	6 questions (low/high)	Family support/social relations, depression	+
	Palinkas et al, 1993 [10]	Cross sectional	+1 year	Mar 30~May 15, 1990	Exposed 312, Unexposed 281	Area (exp/unexp) 6 questions (low/high)	Anxiety, PTSD, depression	+
	Palinkas et al, 2004 [11]	Cross sectional	+1 year	Mar 30~May 15, 1990	Exposed (Native 188, Euro-American 371)	6 questions (low/high)	PTSD	+
Braer	Campbell et al, 1993 [12]	Cross sectional	+8 days	Jan 13~Jan 21, 1993	Exposed 412, Unexposed 92	Area (exp/unexp)	Symptoms, P/exam, PFT, lab test	+(symptom)
	Campbell et al, 1994 [13]	Follow up after 6 months	+5 months	June 1993	Exposed 344, Unexposed 77	Area (exp/unexp)	Symptoms	+(weakness)
	Foster et al, 1995 [14]	Descriptive study	+8 day +5 months	Jan 13, 1993 June 1993	59 non-responders for 1st survey and 16 for 2nd survey	-	Reasons for non-respondants	Attitudinal reasons
	Crum 1993 [15]	Follow up after 1-2 weeks	+9 days	Jan 14, 1993	44 for 1st exam and 56 for 2nd exam.	Area (all exposed)	PFT	-
	Cole et al, 1997 [16]	Cross sectional	+10 days, +about 3months, +about 11months	<exposed> Jan 15~Jan 18, 1993 Mar 23~Mar 31, 1993 Nov 30~Dec 16, 1993 <nonexposed> Jan 1993, Mar 1993, Jan 1994	Exposed 73, Unexposed 21	Area (exp/unexp) Biological monitoring	DNA adduct 32P-postlabelling, HPRT mutant	-
Sea empress	Lyons et al, 1999 [17]	Cross sectional	+7 weeks	<exposed> Apr 4~May 4, 1996 <nonexposed> May 21~June 18, 1996	Exposed 1000, Unexposed 1000	Area (exp/unexp)	Acute symptoms, anxiety, depression scale, SF36	+
	Gallacher et al, 2007 [18]	Cross sectional	+7 weeks	<exposed> Apr 4~May 4, 1996 <nonexposed> May 21~June 18, 1996	Exposed 794, Unexposed 791	Psychological exposure, Area (4 exposed town and 2 unexposed town)	Anxiety, depression (Hospital Anxiety and Depression Scal, HAD), SF36	Physical exposure (toxic symptoms), psychological exposure (anxiety, nontoxic symptoms)
Nakhodka	Morita et al, 1999 [19]	Cross sectional	+18 days	Jan 10~1997 (air) Jan 20~Jan 31, 1997 (interview)	Exposed 282	Area (exp/unexp) Environmental, personal, biological monitoring	Symptoms, lab test.	+
Erika	Baars, 2002 [21]	Review (Risk assessment)	+2 weeks +2 months +6 months	Dec 1999, last week, Feb 2000, Mid-term June 2000	-	-	Risk assessment	+(people cleaning birds)
	Dor et al, 2003 [22]	Review (Risk assessment)	+4 months	Apr 14~Apr 30, 2000	-	-	Risk assessment for bathers in beaches decontaminated	-(no scientific health risk)
Prestige	Suarez et al, 2005 [23]	Cross sectional	+7 months	June 2003	Exposed 799	Job (clean up activity)	Injury, toxic symptoms	+
	Carrasco et al, 2006 [24]	Cross sectional	+7 months	June 2003	Exposed 799	Job	Injury, toxic symptoms	+(non-informed person)
	Carrasco et al, 2007 [25]	Cross sectional	+1 year and 4 months	Mar 22~Mar 23, 2004	Exposed 1350 Unexposed 1350	Area (7 exposed and 7 unexposed)	HRQoL (mental health, anxiety, depression)	-
	Zock et al, 2007 [26]	Cross sectional	+6 weeks, +7 weeks, About 3 months	Jan 31, 2002 Jan 1~Feb 28, 2003 Mar 1, 2003	Exposed 9050	Area (exp/unexp)	Respiratory symptoms	+
	Laffon et al, 2006 [27]	Cross sectional	+about 7 months, about 11 months	June 2004, Oct 2004	Male exposed, 34, Male unexposed 35	Job	Comet and MN assay	+
	Perez-Cadahia et al, 2007 [28]	Cross sectional	+about 4 months, +about 6 months	Mar 2003 May 2003	Exposed, 68, Unexposed 42	Job	SCE, hormones (prolactin and cortisol)	+
	Perez-Cadahia et al, 2008 [29]	Cross sectional	+4 month	Mar 24~May 12, 2003	Exposed 179	Job, Biological monitoring	SCE, Comet, hormones (prolactin cortisol)	+
Perez-Cadahia et al, 2008 [30]	Cross sectional	+about 4 months, +about 6 months	Mar 2003 May 2003	Exposed, 159, Unexposed, 60	Job	MN, genotype (DNA repair gene)	+	
Tasman spirit	Janjua et al, 2006 [31]	Cross sectional	+3 weeks	Sep 2003	Exposed 216, Unexposed (83, 101)	Area (exp/unexp)	Symptoms	+
	Meo et al, 2008 [32]	Cross sectional and one year follow up	+3days	Aug 2003 Aug 2004	Exposed 20, Unexposed 31	Job	PFT	+
	Khurshid et al, 2008 [33]	Cross sectional	+1 month	Aug 2003	Near-by residents and beach workers 100	Organic compounds assay in air, water, sand in the spilled beach	CBC and diff count, LFT, BUN/creatinine	+(slightly elevated number of lymphocyte and eosinophil)

에 영향을 받지 않았다고 생각하거나, 혹은 연구에 흥미가 없는 경우로서 상황적 혹은 구조적(situational or organizational) 요인보다는 개인적 태도(attitudinal)가 주 원인으로 보고되었다. 한편 Crum [15]은 사고 3일 후 5 km 이내에 거주하는 같은 학교에 다니는 5-12세 어린이들 중 44명(전체 학생의 79%)에 대해 폐기능 검사를 실시하였고, 9-12일 후 56명의 어린이에 대해 재조사를 실시하였다. 조사결과 폐기능 검사결과는 모두 정상이었으며 첫 번째 값과 비교해서 두 번째 검사치도 거의 같은 값을 보여 폐기능이 오염물질로 인한 영향을 받지 않았다고 보고하였다. 이 조사는 오염 물질의 냄새로 인해 어린이에게, 특히 폐질환 및 천식을 갖고 있는 사람들에게 피해가 우려되어 실시되었으나 뚜렷한 건강이상이가 발견되지 않아 냄새는 독성과 직접 연관되지 않았다고 설명하였다. 한편 Cole 등 [16]은 노출군 73명과 대조군 21명에서 유전독성 검사를 실시하였다. 유전독성은 DNA-adduct와 HPRT변이원성 검사를 통해 살펴보고, 검사시기는 1993년 1월, 3월, 11-12월로 3번에 걸쳐 이루어졌다. 연구결과 어느 시점에서든 노출군과 대조군에서 유전독성 지표에 대한 차이가 없었다.

브레이어호 사고와 관련한 건강영향조사는 사고 발생 후 즉각적으로 이루어졌으며, 조사대상자 중 매우 많은 사람이 참여함으로써 대표성 있는 표본이라는 장점이 있는 반면, 회상이나 보고에 있어서의 주관적 비뚤림을 배제하기 어려운 단점이 있다. 또한 기능적 검사나 생체시료 검사 등 좀 더 객관적인 검사의 경우에는 표본 수가 적어서 충분한 통계적 검정력을 확보하기 어려운 한계를 가졌다 [7].

3) 씨 엠프리스(Sea Empress)호 사고

씨 엠프리스호는 1996년 2월 15일 영국 웨일즈(Wales) 지역의 해안에 약 72,000 t의 원유와 360t의 중유를 방출하여 200 km에 걸친 해안을 오염시켰다. 이 사고와 관련하여 사고 7주 뒤에 급성영향에 관한 증상, 즉 일반적 자극증상 및 신체증상, 우울, 분노, 정신건강 등에 관하여 노출군과 대조군 각각 1,000명씩에 대해 우편 설문조사

를 실시하였다. 노출군은 기름에 오염된 4개 지역 주민으로 하였고 대조군은 오염되지 않은 2개 지역 주민으로 설정하였다. 연구결과 노출군에서 불안, 우울을 포함하여 신체증상의 유병률이 유의하게 높았으며 연령, 성, 불안지수, 흡연상태, 건강신념에 의한 영향을 보정하고도 두통, 눈 자극, 목 아픔 등에서 유의한 관련성을 보였다 [17]. 두 번째 연구는 유해 오염 물질의 물리적 노출(physical exposure)이 아닌 심리적 노출(psychological exposure)에 주된 관점을 두고 노출군 794명, 대조군 791명에 대해서 분석을 실시하였다 [18]. 이 연구에서 심리적 노출은 지각된 위험도(perceived risk)로서, “자신이 유류유출 사고 혹은 그로 인한 상황에 노출되었다고 믿는 것(belief of individuals that they have been exposed to an incident or its consequences)”으로 정의하였다. 물리적 노출이 두통, 눈자극, 목 아픔 등 독성증상(toxic symptom)과 유의한 관련성이 있고 불안, 우울, 비독성 증상(nontoxic symptoms)들과는 관련성이 없었던 것에 반해서, 심리적 노출의 경우 불안 및 비독성 증상들과 유의한 관련성을 보였다. 따라서 정신건강을 평가할 때에는 심리적 노출을 정량화함으로써 물리적 노출보다도 더 민감한 지표로 활용될 수 있음을 보고하였다.

그러나 이 사고에서는 연구참여자들에게 대해 추적 조사를 실시하지 않았고 생체지표를 측정하지 않았다는 제한점이 있다.

4) 나호드카(Nakhodka)호 사고

러시아의 유조선 나호드카호는 1997년 1월 2일 일본 북서해안에서 파손되어 약 6,000 t에 달하는 6번 연료용 유류(중유)를 방출하여 일본 서해안을 오염시켰다. 이 사고와 관련하여 Morita 등 [19]이 한 편의 건강영향조사 논문을 보고하였다. 이 연구에서는 다른 연구와 달리 대기 중 환경측정(사고 8일 후) 및 개인별 노출측정(사고 28일 후)을 실시하였다. 건강조사는 오염 지역인 안토(Anto) 지역주민 1,041명 중 남녀 282명에 대해 면접조사를 실시하였고, 이 중 97명에 대해 소변시료를 채취하여(사고 18-28일 후) 휘발성 유기화합물의 대사체를 분석하였다. 연구결과 신체증상

이 청소작업일, 직접노출경력 등과 유의한 관련성을 보였으며, 그 외 여성, 고혈압 및 요통경력이 있는 경우도 신체증상과 유의한 관련성을 보였다. 그러나 소변 중 노출지표 및 개인환경 노출지표 등은 대부분 정상범위였으며 신체증상과 뚜렷한 관련성을 보이지는 않았다. 소변시료를 분석한 사람들 중 3명에서 마노산이 높은 농도를 보였으나, 4개월 후 추적조사에서는 정상농도로 돌아왔다.

이 사고에서는 다양한 노출지표를 사용하고도 전술한 논문 외에 다른 연구들이 보고되지 못한 것이 아쉬운 점이다.

5) 에리카(Erika)호 사고

1999년 12월 12일에 프랑스의 브리타니(Brittanny) 지역, 펜마치(Penmarch) 부근 해양에서 말타 선적 유조선 에리카호가 난파되어 약 10,000 t의 중유(6번 연료용 유류)가 프랑스 해안과 작은 섬들의 해안을 오염시켰다. 이 사고 한달 뒤에 청소작업에 참여하였던 3,669명의 작업자 및 자원봉사자들을 대상으로 우편 설문조사가 실시되었다. 1,465명(43%)이 조사에 참여했으며 약 53%에서 건강문제를, 7.5%에서는 손상을 호소하였다. 가장 흔한 증상은 요통, 두통, 피부염 등이었으며 청소작업 시간과 유의한 관련성을 보였다. 그러나 이 연구는 불완전한 청소 참여자 명단을 통해 연구 대상자를 선정하였고 대조군 없이 실시되었으며 낮은 참여율을 보인 조사로 논문으로 보고되지는 못하였다 [20]. 한편 프랑스 환경부는 2000년 12월에 네덜란드의 국립 공중보건 및 환경연구소에 의뢰하여 방제작업에 참여했던 사람들과 해변가에 올 관광객들에서의 위험도 평가를 실시하였다. 이 연구에서는 작업 및 노출 형태를 6가지로 나눈 뒤(해변 방제작업자, 방제복 세탁자, 조류를 닦은 사람, 해변에서 피부를 통해 노출되는 관광객, 수영 중 피부를 통해 노출되는 관광객, 수영 중 바닷물을 마시는 관광객) 각각의 노출에 따른 위험도를 산출하였다 [21]. 대부분의 경우 위험도는 무시할만한 수준이었으나 기름에 오염된 새를 맨손으로 청소하는 작업자의 경우 급성 자극 증상 및 피부암의 위험성이 나타났다. 그러나 피부 및 눈

자극증상은 회복 가능하고 피부암의 위험도 또한 노출시간이 짧아 매우 적을 것으로 판단되었다. 청소작업이 이루어진 해변가에서 해수욕을 할 경우, 잔류 유류에 대한 노출로 인한 건강위험이 얼마나 클 것인가를 보기 위한 또 다른 위험도 평가 연구에서는, 16군데의 오염되어 청소작업이 이루어졌던 해변과 오염되지 않았던 대조지역 해변의 물, 모래 및 바위표면을 샘플링하여 16종의 PAH에 대하여 분석하고, 이를 5가지의 경우에 대하여 적용하여 건강위험도를 산출하였다 [22]. 2세에서 4세 사이의 어린이가 우연히 원유덩어리(fuel ball)를 마셨을 경우, 해변가에서 휴일 동안 내내 놀았을 경우, 임산부를 포함한 성인이 휴일 동안 해변가에서 지냈을 경우, 수상스포츠를 즐기는 경우 모두에서 피부암 혹은 기형발생의 위험도가 매우 낮을 것으로 보고하였다.

6) 프레스티지(Prestige)호 사고

2002년 11월 16일에 스페인의 갈리시아(Galicia) 해변에서 30년 된 바하마 유조선 프레스티지호가 처음 오염의 징후를 보인 이후 11월 19일에 침몰하기까지 77,000t의 연료용 유류를 방출하였다. 이 사고로 인해, 갈리시아의 전 해변과 오스트리아스(Austrias), 칸타브리아(Cantabria), 그리고 바스크(Basque) 카운티의 해변 일부가 오염되었다. 이 사고에서는 다른 사고들보다 건강영향 관련 연구들이 가장 많이 실시되어 현재까지 총 8편이 보고되었다. 연구주제는 임상 및 정신증상에 관한 연구, 폐기능 연구, 유전독성에 관한 연구 등으로 나누어진다.

사고 7개월 후인 2003년 6월 실시된 Suarez 등 [23]의 연구에서, 오염 청소작업에 참여한 4개 집단(오염된 새 청소자, 자원봉사자, 일용직 근로자, 어부) 총 799명에 대해 손상 및 독성증상들을 조사하였다. 손상 유병률은 새청소자들에서 가장 높게 보고되었으며 특히 20일 이상 작업한 사람들에서 높았으며, 독성증상의 유병률은 어부들에서 높게 보고되었다. Carrasco 등 [24]은 전술한 Suarez 등의 연구 자료에서 청소 활동 전에 교육을 받은 사람과(informed person) 받지 않은 사람들간의 손

상 및 독성증상률의 차이를 분석하였다. 각 직업군에서 사전정보를 받은 사람이 받지 못한 사람보다 보호구 사용률이 높았고 건강영향의 위험도가 낮았다. 어부는 다른 군보다 사전정보를 받은 비율이 가장 적었고 증상 위험도는 가장 높았으며 사전정보를 받은 것에 대한 효과도 가장 적었다. 또한 사고 1년 반 후인 2004년 3-4월에 7개의 노출지역과 7개의 비노출지역에서 각각 1,350명씩 선정하여, 설문조사가 실시되었다 [25]. 설문내용에는 인구학적 특성, 청소작업내용, 우울 및 분노를 비롯한 정신신경학적 증상 등이 포함되었다. 일부 정신건강항목이 노출군에서 증가되었으나 노출과의 관련성이 분명하진 않았다.

Zock 등 [26]은 노출 지역에 대한 대표성이 있는 9,050명의 어민을 대상으로, 사고 발생 14-27개월 후에 호흡기 증상유병률을 조사하였다. 연구결과 작업량이 많을수록, 작업기간이 길수록 유병률이 증가하는 양상을 보였으며 호흡기 증상은 사고가 지난 후에도 지속되고 있었다.

또 다른 연구 주제로 일련의 유전독성 연구들이 실시되었다. Laffon [27]등은 '오염된 새를 청소하고 부검하는 동안 노출된 사람들'을 대상으로 유전독성에 관한 연구를 실시하였다. 34명의 백인 자원봉사자와 성과 흡연 여부에 대해 짝지는 35명의 백인 학생을 대조군으로 하여 코멧 분석(comet assay), 소핵 분석(Micronuclei assay), DNA 복구 유전자(DNA repair gene)에 관한 유전자형 분석을 실시하였다. 연구 결과 코멧 분석상 새청소 및 부검작업자에서 DNA 손상이 증가되었으며, DNA 복구 유전자인 XRCC1의 399Glu 유전자형과 APE 1 48Glu 유전자형을 가진 사람에서 유류노출로 인한 유전자 손상이 더 많이 일어남을 관찰하였다. Perez-Cadahia 등 [28]은 2003년 3-5월(사고 후 4-6개월) 68명의 노출군과 42명의 대조군에서 혈중 유전독성, 호르몬, 중금속, 유전자형을 조사하여 노출군에서 딸염색사교환(sister chromatid exchange)과 코티졸(cortisol)의 변화를 보고하였다. 그리고 앞 연구를 확대하여 179명의 노출자들만을 대상으로 같은 분석을

실시하고 혈중 중금속 농도와 코멧 분석 및 혈장 중 코티졸 농도와 관련성이 있음을 보고하기도 하였다 [29]. 또한 같은 기간 159명의 노출자와 60명의 대조군을 대상으로 소핵 분석, 대사관련 유전자(CYP1A1 3'-UTR, EPHX1 codons 113 and 139, GSTP1, GSTM1 and GSTT1) 및 DNA 복구 유전자형(RCC3 codon 241 and XPD codon 751) 분석을 실시하여, 손으로 방제작업을 하였던 노출자들에서 유전손상이 높게 관찰되었으며, 유전손상의 정도는 연령과 유전자형에도 영향을 받았음을 보고하였다 [30].

이처럼 프레스티지호 유류 오염 사고와 관련되어서는 다양한 연구결과들이 보고되었으며 장기적인 유전독성 및 호흡기 영향에 대해 조사를 진행하고 있어 향후 많은 보고가 기대된다.

7) 태스만 스피릿(Tasman Spirit)호 사고

그리스 유조선 태스만 스피릿호가 2003년 7월 27일 이란산 경질 원유(light crude oil)를 싣고 파키스탄으로 가던 중 카라치(Karachi)항 앞에서 좌초되어 2003년 8월 29일까지 4회의 유류 유출로 인해 총 35,000t에 달하는 원유가 유출되었다. 이로써 카라치 주변의 인구가 밀집되어 있는 휴양지 해안 약 10km가 원유로 오염되었다. 이 사고와 관련하여 현재까지 세 편의 건강영향 연구논문들이 보고되었다. 첫 번째 연구에서는 노출군으로서 오염된 해변가에 거주하는 성인 주민 216명과 대조군으로는 오염된 해변으로부터 2km 및 20km 떨어진 두 지역 주민 83명과 101명을 각각 선정하여 신체증상에 대한 설문조사를 실시하였다 [31]. 연구결과 사고지점과 멀어질수록 피부, 목, 눈 등의 자극증상과 두통 등이 유의하게 감소하였다. 또 다른 연구에서는 방제작업자 115명을 무작위로 선정하여 인터뷰 조사를 실시하였고 이중 건강한 남성 작업자 20명에 대해 폐기능 검사를 실시하였다 [32]. 대조군은 무작위로 선정된 80명을 인터뷰한 뒤 연령, 키, 몸무게, 사회경제적 상태를 노출군과 짝짓기한 31명에 대해 폐기능 검사를 실시하였다. 2003년 8월에 실시된 검사에서는 노

출군이 대조군에 비해 폐기능이 유의하게 낮았으며 1년 뒤 실시된 추적검사에서는 노출군의 폐기능이 유의하게 증가되어 대조군과 차이가 없었다. 세번째 연구에서는 오염된 해변에 거주하거나 작업하고 있었던 사람들을 대상으로 혈액검사를 실시하였다 [33]. 연구결과 lymphocyte, eosinophil, 그리고 혈청중 glutamic pyruvic transaminase가 약간 증가하였으나 유의하지 않았으며 그 외 신장기능 검사 등 다른 혈액학적 지표들은 정상범위였다.

이 사고와 관련하여 여러 연구들이 보고되지는 않았으나 마지막 오염이 일어난 지 3일만에 신속한 연구를 실시하였으며 건강영향으로 임상증상, 폐기능검사, 혈액검사 등 다양한 접근을 시도하였다.

2. 해양 유류유출 건강영향 연구의 범위와 내용

1) 노출 평가

지금까지 살펴본 해양 유류 오염 사고들의 건강영향 연구에서 노출을 정량화한 연구는 많지 않았다. 적용된 노출 평가 방식들은 노출 지역, 설문, 작업력, 환경 및 개인 노출 등이었다. 이 중 노출 관련 지역에 대한 기준은 가장 기본적인 정보로 노출군과 비노출군을 구분하는데 가장 많이 활용되었다. 엑손 발데스호 사고에서는 설문조사를 통해 노출의 정도를 구분하였으며, 프레스티지호와 태스만 스피릿호 사고에서는 직업력을 통해 노출을 평가하였다. 노출이 지역 주민 중에서도 직종에 따라 다양하고 다양한 청소작업 형태 및 직종이 존재하는 것을 고려할 때, 설문 및 직업력에 대한 정보는 노출평가를 위해 필수적이라고 할 수 있다. 또한 브레이어호 사고에서는 소변 중 마요산 농도를 측정하였고, 나호드카호 사고에서는 오염물질에 대한 대기 환경 및 개인 노출량을 측정하였으며, 프레스티지호 사고에서는 혈중 중금속 농도를 측정하였다. 한편 에리카호 사고에서는 각 직종별 노출 시나리오에 근거한 위해도 평가를 실시하기도 하였다. 건강영향 연구에서 정확한 노출 평가가 매우 중요함을 고려하면 허베이 스피릿호 사고에서도 다양한 노출 평가

방식이 적용되어 보다 정확한 노출 평가를 시도하는 것이 요구된다. 특히 사고 초기의 노출 자료 확보뿐 아니라, 중장기 만성 노출 평가를 위한 다양한 노력이 중요하다고 할 수 있다.

2) 연구 설계 및 대상자 선정

일반적인 사고 관련 건강연구들에서와 같이 해양 유류유출로 인한 오염 사고에서도 건강관련 연구들이 대부분 단면조사 형태를 취하고 있었다. 일부 단기 추적 연구들이 실시되기도 하였는데 브레이어호 사고에서는 오염사고 1-2주와 6개월 후에, 태스만 스피릿호 사고에서는 사고 1년 후에 추적연구를 실시한 바 있다. 그러나 장기간 건강영향을 파악하기 위해서는 추적연구가 필수적이지만 모든 연구에서 실시되지는 못하였다. 단 프레스티지호 사고에서 노출자들에 대한 장기간의 유전독성 및 호흡기 영향을 조사하고자 계획하는 것은 매우 고무적이다.

연구 대상자들은 대부분 연구에서 오염에 직접 노출된 지역주민, 청소작업자 및 자원봉사자들을 포함하였고 이들과 비슷한 일반적 특성을 가진 다른 지역 주민 혹은 건강자들을 대조군으로 포함시켰다. 한편 프레스티지호와 나호드카호 사고에서는 노출자만을 대상으로 노출 정도에 따른 건강연구를 비교하기도 하였다. 대조집단을 확보하는 것은 결과의 일반화를 위해 유용하지만, 대조집단의 연구 참여의지는 일반적으로 낮고, 노출군과 비슷한 일반적 특성을 갖는 집단을 확보한다는 것이 현실적으로 어려우며, 결과 해석에서도 노출에 의한 영향인지 다른 특성에 의한 영향인지 구분하기 어려운 문제점들이 있다. 따라서 적합한 대조군의 확보도 중요하지만 보다 정확한 노출 평가 방식을 통해 노출군에 대한 자세한 노출 정도를 구분하고 이들에 대한 추적조사를 통해 노출과 건강영향과의 양반응 관계를 조사하는 것이 좋은 방법이 될 수 있다. 연구 대상자로 노출 지역주민 및 청소작업자에 대한 등록 구축이 필요하며, 향후 오염된 해산물 섭취로 인한 건강영향을 조사하기 위해서 다양한 노출 경로 파악이 필요하다. 연구 대상자의 대표성 확보 및 표본 수 산정은 대부분 체계적으로 실시

되어 노출 지역 주민의 거의 전수 혹은 대표성을 가지는 무작위 추출방식을 택하였다. 브레이어호 및 씨엠프리스호 사고에서는 필요한 표본 수를 미리 산정하여 적용하기도 하였다.

3) 건강영향의 범위와 내용

전체적으로 조사된 건강영향의 종류들은 유류에 포함된 각종 유해 화학물질 노출로 인하여 초기에는 각종 자극증상(피부, 점막, 폐 등)과 신경독성 등이 중장기로 넘어가면서는 초기 다량 노출로 인한 지연영향 혹은 잔류유류에 의한 만성 노출에 의해 여러 가지 호흡기 질환, 내분비 독성 및 유전독성 등이 보고되었다. 유해물질의 물리적 노출에 대한 독성증상은 모든 연구에서 공통적으로 조사된 것으로 노출과 건강영향을 평가하는데 기본적으로 면서도 필수적인 조사항목이다. 프레스티지호 사고의 경우 임상증상을 독성 및 손상증상으로 구분하여 직종별로 그 차이를 살펴보았다. 이러한 연구를 통해 향후 임상증상을 조사하는데 있어서 독성과 손상을 구별하여 접근하는 것을 고려해 볼 필요가 있다.

정신건강에 대한 것은 큰 사고를 경험하면서 겪게 되는 공통된 문제라 할 수 있다. 앞서 정리하였듯이 엑손 발데스, 브레이어, 씨엠프리스, 프레스티지 등 기존의 사례에서 정신건강 문제를 공통적으로 보고하였으며, 특히 엑손 발데스와 씨엠프리스 사고들은 건강영향으로서 정신과적 증상에 거의 전적으로 초점을 맞추고 있었다. 이들 보고에서 유류 오염이 해당 지역에 가져오는 경제적인 타격과 이로 인한 공동체 내부의 사회심리적 충격 및 손상의 문제가 다양한 형태의 정신심리적 혹은 신체적인 건강문제로 나타나고 있었다. 따라서, 유류 노출 오염 사고로 인한 사회, 경제, 심리적 노출과 관련된 건강영향을 다각도의 입체적인 시각에서 파악 분석하여야 할 것이다.

호흡기 증상 및 폐기능 검사는 독성물질이 주로 호흡을 통해 노출되고 있는 것을 고려할 때 필수적이라고 할 수 있으며 프레스티지호와 태스만 스피릿호 사고에서 노출 직후 및 단기간 추적 결과들이 조사되었다. 브레이어호 사고에서는 만성적

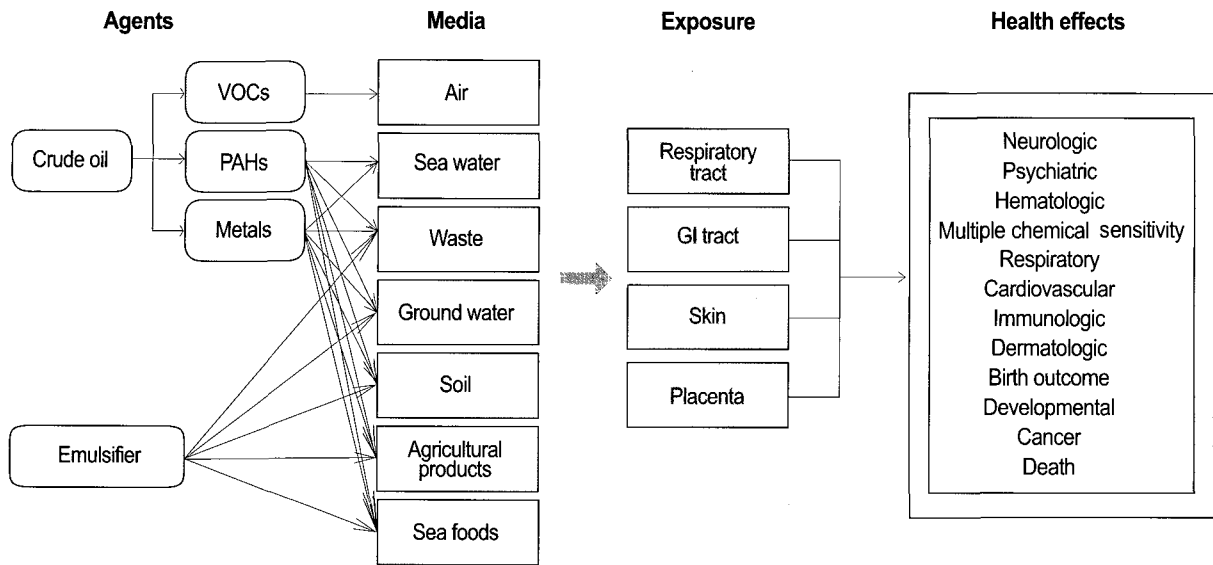


Figure 3. Theoretical pathway of exposure and health effects of oil spill along the coastline.

호흡기 증상을 보고하였으며 장기간에 걸친 호흡기 질환에 대한 평가를 계획하고 있다.

유전독성 검사는 유류 오염물질들 중 IARC 분류상 Group 1, 2A, 2B 등 인간에게 발암이 확인된 혹은 잠재적인 발암물질들이 포함되어 있어 중요하고 필수적이라 할 수 있다. 브레이어호 사고에서는 DNA adduct, HPRT 변이원성(mutant)을 유전독성 지표로서 사용하여 유의하지 않은 결과를 보고하였으며, 프레스티지호에서는 코멧 분석, 소핵 분석, 딸염색사교환 분석 등을 측정하여 노출과 유의한 관련성을 보고하였다. 유전독성 검사가 노출량과 시점에 따라 민감하게 영향 받는 것을 고려할 때 향후 검사기술의 발달에 따라 보다 다양한 지표들을 활용할 필요가 있다.

유류 노출과 암 발생간의 관련성에 관하여는 아직 연구 보고된 바가 없으나, 일부 연구에서 유류 노출과 유전독성간의 유의한 관련성이 보고되고 있어, 노출자들에게 대한 코호트 구축을 통해 장기적인 추적 조사가 필요함을 시사하고 있다.

기존 해양 유류유출 사고들의 연구들을 종합해보면 우리나라에서 발생한 허베이 스피릿호 사고에서의 건강영향을 파악하는데 있어서, 폭넓은 건강영향들을 다양한 노출평가 방식을 통해 장기적으로 추적 조사하는 것이 필요하다고 할 수 있다.

허베이 스피릿호 유류유출로 인한 중장기 건강영향 조사연구의 방향

앞서 외국의 유사한 사례를 살펴본 결과에 비추어보아, 허베이 스피릿호 유류유출과 관련한 중장기 건강영향에 관한 조사연구는 먼저, 노출 화학물질의 특성을 규명하고, 주요 노출 경로에 따른 노출 수준을 평가하며, 초기 및 만성 노출 인구의 특성을 파악하고, 민감집단을 규명하고, 장기적인 노출수준을 평가하여, 이에 기반하여 장기적 건강영향을 평가하는 것을 목적으로 하는 포괄적이고 체계적인 과정을 통해 이루어져야 바람직할 것으로 생각된다.

유류유출로 인한 건강영향은 오염물질의 다양성과 노출경로의 다양성을 고려할 때 다매체적이고 포괄적인 접근이 필요하다고 할 수 있다 (Figure 3). 중장기 건강영향조사연구를 위한 주요 방향은 다음과 같다.

1. 초기 급성 노출의 시기별, 장소별 노출 수준 평가

허베이 스피릿호 유류유출과 관련하여, 초기의 급성 노출에 대한 충분한 자료가 신속히 수집, 분석되어 시기별, 장소별 노출수준이 산출되어야 한다. 이것은, 초기의 고농도의 노출로 발생할 수 있는 지연 건강영향(delayed health effect) 과의 관련성

을 규명하는데 중요한 근거가 된다. 초기 환경노출 자료 및 모델링 결과를 기초로 하여 행정 최소단위(리, 동) 수준의 노출수준이 시기별(초기 일주일은 일별, 한 달까지는 주별, 이후는 월별) 노출량이 물질별로 산출되어야 한다. 휘발성유기화합물(VOCs)의 경우 특히 발암물질인 벤젠은 별도로 산출되는 것이 바람직할 것이다. 다환방향족 탄화수소(polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)의 경우에도 주요 물질별 노출량 산출이 필요하다.

2. 매체별 노출 수준에 대한 장기적 모니터링과 건강위험도 평가

매체별 노출수준에 대한 모니터링은 지하수를 포함한 상수원, 오염된 해역에서 수확된 어패류, 오염된 지역에서 생산되는 주요 식품 등에 대하여 지속적으로 이루어져야 할 것이다. 또한 오염지역의 거주민들의 식탁에 올라오는 식품들의 오염수준에 대한 모니터링과 식품섭취에 대한 조사를 통해, 오염 매체를 통한 노출로 인한 건강위험도를 산출하고, 이에 근거하여 매체와 관련된 각종 보건학적 정책이 결정되어야 할 것이다.

3. 노출자에 대한 단계별 코호트 구축

코호트는 직접적인 추적조사를 수행하는 코호트(코호트 I)와 노출자 전원을 대상

으로 한 코호트(코호트 II)의 두 단계로 구분될 수 있다. 코호트 I은 고노출자, 민감 취약집단을 대상으로 구축하는 여러 코호트로 이루어질 수 있다. 각 코호트의 규모는 수백~수천명 사이로 각 코호트는 정기적이고 능동적인 추적 조사 및 병력 확인 등을 통하여 질병발생을 확인하고 환경모니터링을 통하여 다경로 노출수준을 모니터링할 수 있다.

코호트 II는 초기 노출자 전원을 대상으로 한 코호트로서 개인 신상과약을 통해 코호트를 구축한다. 주민, 특수집단, 자원 봉사자를 대상으로 한 코호트로 크게 구분될 수 있으며 각 코호트의 크기는 수천~수만명 수준이 된다. 이러한 대규모 코호트를 장기추적함으로써 암 등 발생률이 낮은 질환 발생에 대한 연구를 수행할 수 있다. 노출수준의 배정은 소지역별 모니터링 결과를 사용하고 질병발생은 의무기록 및 질병사망 등록체계를 이용할 수 있다.

4. 추적조사를 위한 시스템 구축

코호트 구축은 가급적 빠른 시간 내에 이루어져야 시간이 경과된 후에 코호트가 구축됨으로 인하여 발생할 수 있는 누락이나 선택비뚤림을 줄일 수 있으며 또한 코호트 구성원의 연구조사에 대한 협조를 얻어내는 것도 상대적으로 쉽다. 코호트 I의 경우 기존 급성건강영향 조사 대상자를 중심으로 구축하는 것이 바람직하다 하겠다. 전체 코호트 연구의 중복 연구를 줄이고 상호보완 및 충분한 표본수의 확보를 위해서는 전체 코호트 연구의 설계가 큰 안목에서 상호연계 가능하도록 설계되어야 한다.

5. 효과적이고 효율적인 운영체계의 구축

전체 코호트 연구진간에 효율적인 프로토콜 설계와 자료교환 등을 가능케 하기 위해서는 프로토콜의 표준화와 효과적인 의사소통체계 수립이 필요하다. 코호트 전체의 기획과 운영을 관장하고 노출모니터링 결과와 향후 제도적 대안 등을 연계하여 진행하기 위해서는 공공적인 형태의 운영기구를 구축할 필요가 있다. 또한 장기

간에 걸친 연구 수행을 위해서는 장기적인 수준에서 예산지원 대책의 수립이 필요하다. 결과의 공공 활용을 가능케 하고 신속한 환류를 위해서 연구예산은 공공적인 형태로 지원되는 것이 바람직하다.

참고문헌

1. Taean Coast Guard. *Data of Hebei Spirit oil spill*. (Report to data request 2008-013. 7-7-2008). Taean: Department of Coast Protection, Taean coast Guard; 2008. (Korean)
2. County chief of Taean. *Taean Tonggye Yeongam*, No.18. Taean: Planning and Inspection Office of Taean county; 2008. [cited 2008 July 4] Available from: URL http://law.taean.go.kr/asp/tong/tong_file/2007/02.pdf. (Korean)
3. The United Conference of Health Effect Investigation for Hebei Spirit Oil Spill. *Interim Report of Acute Health Effect Investigation*. Seoul: Department of Environmental Health Policy. Ministry of Environment; 2008. (Korean)
4. The International Tanker Owners Pollution Federation Limited. *Statistics in information service 2008*. [cited 2008 July 4] Available from: URL <http://www.itopf.com/information-services/data-and-statistics/statistics/#no>.
5. Korea Coast Guard. *Haeyang Gyeongchalcheong Baekseo 2007*. Incheon: Korea Coast Guard; 2008. (Korean)
6. Ministry of Maritime Affairs and Fishery. *Haeyang Susan Baekseo*. Seoul: Ministry of Maritime Affairs and Fishery; 1997. (Korean)
7. Rodríguez-Trigo G, Zock JP, Isidro Montes I. Health effects of exposure to oil spills. *Arch Bronconeumol* 2007; 43(11): 628-635. (Spanish)
8. Gorman RW, Berardinelli SP, Bender TR. Exxon/Valdez Alaska oil spill. HETA 89-200 and 89-273-2111. Cincinnati: Hazard Evaluation and Technical Assistance Branch, NIOSH, US Department of Health and Human Services; 1991. [cited 2008 July 4] Available from: URL:<http://www.cdc.gov/niosh/hhe/reports/pdfs/1989-0200-2111.pdf>.
9. Palinkas LA, Russell J, Downs MA, Petterson JS. Ethnic differences in stress, coping, and depressive symptoms after the Exxon Valdez oil spill. *J Nerv Ment Dis* 1992; 180(5): 287-295.
10. Palinkas LA, Petterson JS, Russell J, Downs MA. Community patterns of psychiatric disorders after the Exxon Valdez oil spill. *Am J Psychiatr* 1993; 150(10): 1517-1523.
11. Palinkas LA, Petterson JS, Russell JC, Downs

- MA. Ethnic differences in symptoms of post-traumatic stress after the Exxon Valdez oil spill. *Prehosp Disaster Med* 2004; 19(1): 102-112.
12. Campbell D, Cox D, Crum J, Foster K, Christie P, Brewster D. Initial effects of the grounding of the tanker Braer on health in Shetland. The shetland health study group. *BMJ* 1993; 307 (6914): 1251-1255.
13. Campbell D, Cox D, Crum J, Foster K, Riley A. Later effects of grounding of tanker Braer on health in Shetland. *BMJ* 1994; 309(6957): 773-774.
14. Foster K, Campbell D, Crum J, Stove M. Non-response in a population study after an environmental disaster. *Public Health* 1995; 109(4): 267-273.
15. Crum JE. Peak expiratory flow rate in schoolchildren living close to Braer oil spill. *BMJ* 1993; 307(6895): 23-24.
16. Cole J, Beare DM, Waugh AP, Capulas E, Aldridge KE, Arlett CF, et al. Biomonitoring of possible human exposure to environmental genotoxic chemicals: Lessons from a study following the wreck of the oil tanker Braer. *Environ Mol Mutagen* 1997; 30(2): 97-111.
17. Lyons RA, Temple JM, Evans D, Fone DL, Palmer SR. Acute health effects of the Sea Empress oil spill. *J Epidemiol Community Health* 1999; 53(5): 306-310.
18. Gallacher J, Bronstering K, Palmer S, Fone D, Lyons R. Symptomatology attributable to psychological exposure to a chemical incident: A natural experiment. *J Epidemiol Community Health* 2007; 61(6): 506-512.
19. Morita A, Kusaka Y, Deguchi Y, Moriuchi A, Nakanaga Y, Iki M, et al. Acute health problems among the people engaged in the cleanup of the Nakhodka oil spill. *Environ Res* 1999; 81(3): 185-194.
20. Schvoerer C, Gourier-Frery C, Ledrans M, Germonneau P, Demien J. Prat M, et al. Etude Epidémiologique Des Troubles De Sante Survenus a Court Terme Chez Les Personnes Ayant Participé Au Nettoyage des Sites Pollués Par Le Fioul De l' Eriks. 2000. Saint-Maurice Cedex: Institut De Veille Sanitaire; 2000 [cited 2008 July 4] Available from: URL:http://www.invs.sante.fr/publications/erika3/rapmaree_dist.pdf. (French)
21. Baars BJ. The wreckage of the oil tanker 'Erika' --human health risk assessment of beach cleaning, sunbathing and swimming. *Toxicol Lett* 2002; 128(1-3): 55-68.
22. Dor F, Bonnard R, Gourier-Frery C, Cicolella A, Dujardin R, Zmirou D. Health risk assessment after decontamination of the beaches polluted by the wrecked ERIKA

- tanker. *Risk Anal* 2003; 23(6): 1199-1208.
23. Suarez B, Lope V, Perez-Gomez B, Aragonés N, Rodríguez-Artalejo F, Marques F, et al. Acute health problems among subjects involved in the cleanup operation following the Prestige oil spill in Asturias and Cantabria (Spain). *Environ Res* 2005; 99(3): 413-424.
 24. Carrasco JM, Lope V, Perez-Gomez B, Aragonés N, Suarez B, Lopez-Abente G, et al. Association between health information, use of protective devices and occurrence of acute health problems in the Prestige oil spill clean-up in Asturias and Cantabria (Spain): A cross-sectional study. *BMC Public Health* 2006; 6: 1.
 25. Carrasco JM, Pérez-Gómez B, García-Mendizábal MJ, Lope V, Aragonés N, Forjaz MJ, et al. Health-related quality of life and mental health in the medium-term aftermath of the Prestige oil spill in Galiza (Spain): A cross-sectional study. *BMC Public Health* 2007; 7(147): 245.
 26. Zock JP, Rodríguez-Trigo G, Pozo-Rodríguez F, Barbera JA, Bouso L, Torralba Y, et al. Prolonged respiratory symptoms in clean-up workers of the prestige oil spill. *Am J Respir Crit Care Med* 2007; 176(6): 610-616.
 27. Laffon B, Fraga-Iriso R, Pérez-Cadahía B, Méndez J. Genotoxicity associated to exposure to Prestige oil during autopsies and cleaning of oil-contaminated birds. *Food Chem Toxicol* 2006; 44(10): 1714-1723.
 28. Pérez-Cadahía B, Lafuente A, Cabaleiro T, Páraso E, Méndez J, Laffon B. Initial study on the effects of Prestige oil on human health. *Environ Int* 2007; 33(2): 176-185.
 29. Pérez-Cadahía B, Laffon B, Porta M, Lafuente A, Cabaleiro T, López T, et al. Relationship between blood concentrations of heavy metals and cytogenetic and endocrine parameters among subjects involved in cleaning coastal areas affected by the 'Prestige' tanker oil spill. *Chemosphere* 2008; 71(3): 447-455.
 30. Perez-Cadahia B, Laffon B, Valdiglesias V, Pasaro E, Mendez J. Cytogenetic effects induced by Prestige oil on human populations: The role of polymorphisms in genes involved in metabolism and DNA repair. *Mutat Res* 2008; 653(1-2): 117-123.
 31. Janjua NZ, Kasi PM, Nawaz H, Farooqui SZ, Khuwaja UB, Najamul-Hassan, et al. Acute health effects of the Tasman Spirit oil spill on residents of Karachi, Pakistan. *BMC Public Health* 2006; 6: 84.
 32. Meo SA, Al-Drees AM, Meo IM, Al-Saadi MM, Azeem MA. Lung function in subjects exposed to crude oil spill into sea water. *Mar Pollut Bull* 2008; 56(1): 88-94.
 33. Khurshid R, Sheikh MA, Iqbal S. Health of people working/living in the vicinity of an oil-polluted beach near Karachi, Pakistan. *East Mediterr Health J* 2008 ; 14(1): 179-182.