

특 집

허베이스피릿호 유류유출사고 방제작업 참여자의 보호장비착용 효과

이승민, 하미나¹⁾, 김은정¹⁾, 정우철^{1,2)}, 허종일²⁾, 박석건³⁾, 권호장¹⁾, 홍윤철⁴⁾, 하은희⁵⁾,
이종성⁶⁾, 정봉철⁷⁾, 이정애⁷⁾, 임호섭⁸⁾, 최예용, 조용민⁹⁾, 정해관¹⁰⁾

환경운동연합 시민환경연구소, 단국대학교 의과대학 예방의학교실 및 단국대학교의료원 환경성질환연구센터¹⁾, 태안환경보건센터²⁾,
단국대학교 의과대학 핵의학교실³⁾, 서울대학교 의과대학 예방의학교실⁴⁾, 이화여대 의과대학 예방의학교실⁵⁾, 산재의료관리원 직업성폐질환
연구소⁶⁾, 한국과학기술연구원⁷⁾, 네오딘의학연구소⁸⁾, 고려대학교 환경의학연구소⁹⁾, 성균관대학교 의과대학 사회의학교실¹⁰⁾

The Effects of Wearing Protective Devices among Residents and Volunteers Participating in the Cleanup of the Hebei Spirit Oil Spill

Seung-Min Lee, Mina Ha¹⁾, Eun-Jung Kim¹⁾, Woo-Chul Jeong^{1,2)}, Jongil Hur²⁾, Seok Gun Park³⁾, Hojang Kwon¹⁾, Yun-Chul Hong⁴⁾,
Eun-Hee Ha⁵⁾, Jong Seung Lee⁶⁾, Bong Chul Chung⁷⁾, Jeongae Lee⁷⁾, Hosub Im⁸⁾, Yeyong Choi, Yong-Min Cho⁹⁾, Hae-Kwan Cheong¹⁰⁾

Citizen's Institute for Environmental Studies, Korean Federation for Environmental Movement; Department of Preventive Medicine, Dankook University College of Medical and Research Institute of Children's Health and Environment, Dankook Medical Center¹⁾; Taean Institute of Environmental Health²⁾; Department of Nuclear Medicine, Dankook University College of Medical³⁾; Department of Preventive Medicine, Seoul National University College of Medicine⁴⁾; Department of Preventive Medicine, Ewha Woman's University School of Medicine⁵⁾; Center for Occupational Lung Diseases (COLD), Workers Accident Medical Corporation⁶⁾; Life Sciences Research Division, Korea Institute of Science and Technology⁷⁾; Neodin Medical Institute⁸⁾; Institute for Occupational and Environmental Health, Korea University⁹⁾; Department of Social and Preventive Medicine, Sungkyunkwan University School of Medicine¹⁰⁾

Objectives : To assess the protective effects of wearing protective devices among the residents and volunteers who participated in the cleanup of the Hebei Spirit oil spill.

Methods : A total of 288 residents and 724 volunteers were surveyed about symptoms, whether they were wearing protective devices and potential confounding variables. The questionnaires were administered from the second to the sixth week following the accident. Spot urine samples were collected and analyzed for metabolites of 4 volatile organic compounds (VOCs), 2 polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), and 6 heavy metals. The association between the wearing of protective devices and various symptoms was assessed using a multiple logistic regression adjusted for confounding variables. A multiple generalized linear regression model adjusted for the covariates was used to test for a difference in least-square mean concentration of urinary biomarkers between residents who wore protective devices and those who did not.

Results : Thirty nine to 98% of the residents and 62-98% of volunteers wore protective devices. Levels of fatigue and fever were higher among residents not wearing masks than among those who did wear masks (odds ratio 4.5; 95% confidence interval 1.23-19.86). Urinary mercury levels were found to be significantly higher among residents not wearing work clothes or boots ($p < 0.05$).

Conclusions : Because the survey was not performed during the initial high-exposure period, no significant difference was found in metabolite levels between people who wore protective devices and those who did not, except for mercury, whose biological half-life is more than 6 weeks.

J Prev Med Public Health 2009;42(2):89-95

Key words : Crude oil, Protective devices, Symptom, Biomarkers

서론

2007년 12월 7일 태안지역에서 발생한 허베이스피릿호 기름유출 사고 발생 직후부터 지역 주민과 전국에서 모인 자원봉

사자의 자발적인 방제작업이 이루어졌다. 방제작업 참여인원은 사고 발생 한 달여 만에 100만 명을 돌파했으며, 2008년 6월 말 180만 명이 참여한 것으로 집계되었다 (Figure 1). 그러나 사고발생 직후 초기에

주민과 자원봉사자 중 일부는 보호장비를 착용하지 않은 채 방제작업을 하였고 작업이 지속되면서 눈 따가움, 구토, 피부자극증상과 같은 신체적 증상을 호소하는 사람들이 나타났다.

신체적 증상을 호소하는 사람들이 생기면서 보호장비 착용의 중요성에 대한 인

접수: 2009년 1월 17일, 채택: 2009년 3월 12일

이 연구는 환경부의 '허베이스피릿호 유류유출사고주민과 방제작업자 건강영향조사' 연구기금(2008) 지원에 의해 수행되었음.

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

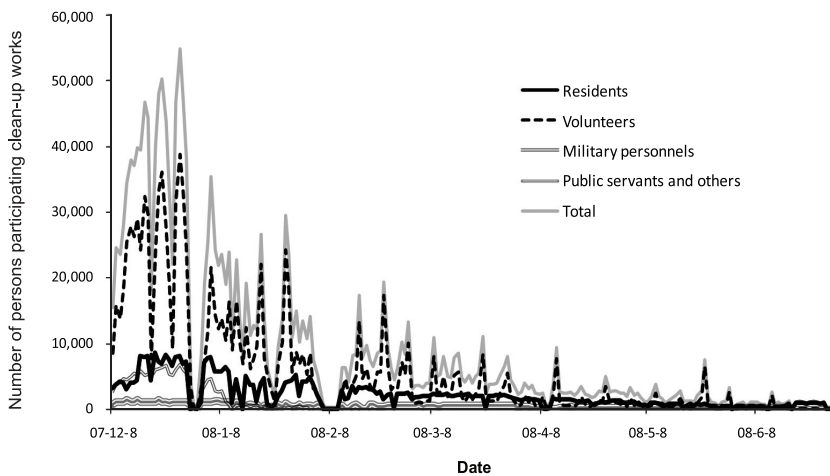


Figure 1. Number of persons participating clean-up works in Hebei Spirit oil spill by date. [1]

Table 1. Questionnaire items on subjective symptom and symptom groups

Symptom group (14)	Questionnaire items	No. of questions
Eye irritation	Sore eye, tearing, itching eye, eye fatigue, eye congestion, puff eye, eye secretion	7
Symptom of eye nerve	Amblyopia, shaking vision	2
Nose irritation	Rhinorrhea, itching nasal mucus, snuffle	3
Throat irritation	Dry throat, itching throat, sore throat	3
Trachea irritation	Sputum, cough	2
Skin irritation	Sore skin, itching, blister, facial blush, hand and foot blush	5
Headache	Dizziness, headedness	2
Palpitation	Palpitation	1
Nausea, vomiting	Vomiting, anorexia, nausea	3
Abdominal pain	Heartburn, stomachache, diarrhea	3
Fatigue, fever	General fatigue, fever sensation	2
Musculoskeletal symptom	Myalgia, extremity tremor, extremity weakness, extremityache, bodyache	5
Memory, cognitive symptom	Attention difficulty, vulnerability	2
Backpain	Backpain	1
Total		41

Table 2. Metabolites and methods analyzed for urinary exposure biomarkers in Hebei Spirit oil spill

Target chemicals in oil	Metabolites	Analyzing laboratory	Analyzing methods
VOCs	Toluene	KIST,COLD	HPLC/UV
	(o,m,p)-Xylene		HPLC/UV
	Ethyl benzene, styrene		HPLC/UV
	Benzene		HPLC/UV
PAHs	Naphthalene	Neodin	HPLC/FLD
	Pyrene		HPLC/FLD
	1-Hydroxypyrene		HPLC/FLD
Heavy metals	Pb, Cd, Ni, Mn, Hg	Neodin	ICP-MS simultaneous analyzer Mercury analyzer

VOCs: volatile organic compounds, PAHs: polycyclic aromatic hydrocarbons, KIST: Korea Institute of Science and Technology, COLD: Center for Occupational Lung Diseases, Neodin: Neodin medical institute.

식이 확산되었고, 정부부처나 기관에서 마련한 보호장비를 착용하거나 개별적으로 보호장비를 마련하여 방제작업에 참여하는 사람들이 늘어났다. 사고 발생 2주 무렵부터는 대부분의 사람들이 기본적인 보호장비를 착용한 상태에서 작업에 참여하게 되었다[2].

허베이스피리트호에서 유출된 사고 유류는 이란산 쿠웨이트산 아랍에미레이트산3가지였는데 이에 포함된 성분은 주로 휘발성

유기화합물 (volatile organic compounds, VOCs) 중 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌 등 소위 BTEX (benzene, toluene, ethylbenzene, xylene) 계열과 다환방향족탄화수소화합물 (polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs) 그리고 중금속 등으로 보고되었다[3].

본 연구에서는 보호장비를 착용하지 않은 사람의 신체적 증상 호소율이 착용한 사람에 비해 더 높은지, 또 보호장비 착용 여부와 요중 노출 생체지표의 농도가 관

련성이 있는지를 살펴봄으로써 보호장비 착용의 노출 및 증상에 미치는 효과를 평가하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구는, 허베이스피리트 유류사고에서 주민과 방제작업자의 건강영향을 조사하기 위하여 발족된 민관합동회의에 소속한 학계와 시민단체 등에서 수집한 자료를 이용하였다. 사고 발생 2-6주 시점에 방제작업에 참여한 주민과 자원봉사자 중 주민 288명과 자원봉사자 724명에 대하여 작업현장에서 실시된 설문조사 자료와, 이 들에서 수집한 소변시료 중, 154명의 주민 과 작업전 후 소변시료가 다 있는 자원봉 사자 113명에서 분석된 노출생체지표가 본 연구에 포함되었다[2].

이 연구는 민관합동회의 발족직후 단국 대학교병원 기관연구윤리심의위원회의 심의를 거쳤으며, 설문조사 및 소변시료 채취 전에 모든 대상자에게 충분한 설명 과 함께 동의서를 받았다.

2. 건강영향과 보호장비 착용에 관한 설문조사

신체 자각증상은 41개 문항의 설문을 통해 조사하였다. 설문 문항은 기존의 외국 에서의 해양 유류유출 사고에서 건강영향 조사에 작성되었던 설문지를 참조하고 [4], 보고된 주요 증상을 포함하여 [5] 자체 적으로 개발하였다. 이 개발된 설문을 기 본으로 하여 개별 기관과 단체에서 설문 조사를 수행하였다. 분석을 위하여 41개의 증상에 관한 문항을 장기별로 분류하여 14 개의 증상군을 만들었다 (Table 1).

그외 설문을 통해서, 흡연 유무, 음주 유 무, 천식진단경험 유무, 교육수준, 유류 노 출에 따른 건강 우려의 정도 등과 방제작 업량(참여시간 및 참여일수), 작업 중 피부 에 기름이 노출된 정도 그리고 방제복, 마 스크(일반, 필터), 장갑, 장화, 안경 등 보호 장비 착용 여부에 관하여 조사하였다.

3. 소변 내 노출 생체지표 분석

허베이스피릿호에서 유출된 원유에 대한 노출 생체지표 분석을 위해 휘발성 유기화합물의 대사체 4종(뮤콘산, 만델산, 마노산, 메틸마노산)과 다환방향족 탄화수소화합물의 대사체 2종(1-하이드록시파이렌, 2-나프톨) 그리고 중금속 5종(납, 수은, 니켈, 망간, 카드뮴)에 대한 분석을 실시하였다. 각 대사체의 분석항목 및 방법, 분석기관은 다음과 같았다(Table 2).

VOCs와 PAHs 대사체는 한국과학기술연구원과 직업성폐질환 연구소 두 기관에서 각각 자원봉사자와 방제작업에 참여하였던 주민에 대하여 분석하였다. 한국과학기술연구원에서는 표준물질을 이용하여 VOCs 대사체와 PAHs 대사체를 각각 동시에 분석하였는데, 이때 동시분석법에 대한 유효성 검증결과 상관계수가 최소한 0.996 이상이었으며, 하루중(intra-day) 혹은 일별(inter-day)로 최소한 3번에서 7번 분석을 시행한 결과 정밀도(precision)는 최저 3.0에서 최고 63.2%였고, 정확도(accuracy)는 최저 91.5에서 최고 151.5%로 보고하였다. 직업성폐질환 연구소에서 보고한 내부정도관리결과로서, 각 분석물질의 변이계수(coefficient of variation, CV)는 뮤콘산 0.09, 만델산 0.23, 마노산 0.02, o-메틸마노산 0.03, p,m-메틸마노산 0.02, b-나프톨 0.03, 1-하이드록시파이렌 0.07이었다. 네오딘에서 수행한 중금속 분석은 수은(수은은 전용분석기 이용)을 제외하면 모두 ICP-MS를 이용하여 동시에 분석하였는데, 정상혼합소변시료(normal pooled urine sample)를 이용한 표준물질 첨가방법(standard addition method)으로 정도관리를 수행하였다. 이때 각 중금속의 표준물질의 오차범위 10% 이내에서 최소 4포인트에서 최대 6포인트 분석시 상관계수가 0.999 이상이었다[2].

4. 자료 분석

보호장비를 착용하지 않은 사람이 착용한 사람에 비하여 증상 호소의 위험이 얼마나 높은지를 살펴보기 위하여 성, 연령, 교육수준, 천식진단유무, 거주지 주변에

오염원 존재유무, 기름노출이 건강에 미치는 영향에 대한 우려정도의 교란변수를 보정한 다변량 로지스틱 회귀분석을 시행하였다. 또 보호장비를 착용한 사람과 착용하지 않은 사람에서 소변 내 생체지표의 농도를 비교하기 위하여, 이러한 교란변수들을 보정한 최소자승평균값(least square mean)을 구하고 이에 대한 검정을 수행하였다. 모든 분석은 SAS for windows V.9.1(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하였으며, 통계학적 유의수준은 0.05로 하였다.

결 과

1. 대상자의 일반적 특성

분석에 포함된 주민은 남자 123명, 여자 164명으로 총 288명이었다. 연령은 50% 이상이 60대 이상이었으며, 농업과 어업에 종사하는 사람이 반 이상이었으며, 무직이라고 답한 사람도 많았는데, 이들 대부분은 유류누출로 인해 생계를 상실한 사람들이었다. 학력은 47%가 초등학교졸업이었으며, 대부분이 월 200만원 이하의 소득을 얻고 있었다. 자원봉사자의 경우 남자 336명, 여자 338명으로 총 724명으로, 80%가 20대이었고 대부분 학생이었다. 자원봉사자는 직업, 학력, 소득 문항에 응답을 하지 않은 사람이 많았는데, 이는 학생 신분이어서 적절하지 않은 질문이라고 생각한 것에서 연유된 것으로 보인다(Table 3).

주민의 경우 병원에서 천식진단을 받은 경험이 있는 사람이 6.3%, 흡연자는 21.5%, 간접흡연 경험이 있다고 한 사람은 25%이었고 자원봉사자의 경우 각각에서 3.3%, 16%, 29%이었다. 방제활동으로 인해 건강에 이상이 발생할 가능성이 있다고 생각

Table 3. General characteristics of residents and volunteers participating clean-up works

Characteristics	Residents (N=288)	Volunteers (N=724)
	no. (%) [†]	no. (%) [†]
Gender		
Male	123 (42.7)	336 (46.5)
Female	164 (56.9)	338 (53.5)
Non-response*	1 (0.4)	50 (6.9)
Age		
< 29	9 (3.1)	581 (80.6)
30 - 39	20 (6.9)	65 (9.0)
40 - 49	31 (10.8)	55 (7.6)
50 - 59	60 (20.8)	17 (2.4)
60 -	154 (53.5)	3 (0.4)
Non-response*	14 (4.9)	0
Occupation		
Students	3 (1.0)	129 (54.9)
White color workers	5 (1.7)	74 (31.5)
Blue color workers	1 (0.4)	0
Farmers	61 (21.2)	0
Unemployed	30 (10.4)	0
Fisherman	99 (34.4)	1 (0.4)
Others	25 (8.7)	31 (13.2)
Non-response*	64 (22.2)	489 (67.5)
Education		
≤elementary school	138 (47.9)	2 (0.3)
≤middle school	31 (10.8)	14 (1.9)
≤high school	30 (10.4)	50 (6.9)
≤university	11 (3.8)	153 (21.1)
≥graduate school or more	1 (0.4)	19 (2.6)
Non-response*	77 (26.7)	486 (67.1)
Income (10,000 KWR/month)		
< 100	108 (37.5)	20 (2.8)
100 - 199	63 (21.9)	36 (5.0)
200 - 299	17 (5.9)	26 (3.6)
300 - 399	6 (2.1)	17 (2.4)
400 - 499	4 (1.4)	16 (2.2)
500 -	6 (2.1)	11 (1.5)
Non-response*	84 (29.2)	598 (82.6)
Skin contamination		
None	15 (4.2)	95 (22.8)
A little	52 (49.1)	269 (64.5)
Much	23 (21.7)	50 (12.0)
Pretty much	16 (15.1)	3 (0.7)
Non-response*	182 (63.2)	307 (42.4)

KWR: Korean won
[†]Percent of non-response calculated among total participants, *Percent of the individual category calculated among respondents to the corresponding item.

하는 사람이 주민에서는 83%, 자원봉사자에서 89%이었고 본인에게 질병이 발생할 가능성이 있다고 생각하는 사람이 주민에서 81%, 자원봉사자에서는 48%이었다.

주민들은 대부분 직접적인 방제작업을 하였으나 일부는 지원활동을 한 경우도

Table 4. Wearing protective devices in residents and volunteers participating clean-up works

Protective devices	Residents			Volunteers		
	Respondents (no.)	Wearing (no.)	Wearing (%)	Respondents (no.)	Wearing (no.)	Wearing (%)
Gloves	285	279	(97.9)	561	549	(97.9)
Boots	288	272	(94.4)	565	547	(96.8)
Work clothes	287	268	(93.3)	565	538	(95.2)
Mask	164	117	(71.3)	420	340	(81.0)
Filter mask	234	92	(39.3)	251	235	(93.6)
Hood	110	72	(65.5)	420	264	(62.9)

Table 5. Risks of subjective symptoms among residents not-wearing protective devices who were participating clean-up works

Protective devices	Symptom prevalence (%)		Risk of subjective symptom	
	Not-wearing	Wearing	OR'	(95% CI)
Work clothes	(N=19)	(N=268)		
Eye irritation	89.3	82.3	0.86	(0.22, 3.31)
Eye nerve	55.6	53.8	0.81	(0.30, 2.21)
Nose irritation	55.6	64.8	0.53	(0.19, 1.52)
Throat irritation	57.9	58.1	0.70	(0.25, 1.98)
Trachea irritation	66.7	55.5	1.07	(0.39, 2.92)
Skin irritation	57.9	56.9	0.72	(0.26, 1.99)
Headache	68.4	77.0	0.41	(0.15, 1.17)
Palpitation	38.9	39.4	0.83	(0.27, 2.50)
Nausea, vomiting	84.2	67.6	1.90	(0.59, 6.10)
Abdominal pain	72.2	47.9	2.71	(0.87, 8.47)
Fatigue, fever	68.4	61.1	0.61	(0.18, 2.09)
Musculoskeletal sx	84.2	71.7	0.86	(0.23, 3.18)
Memory, cognitive sx	44.4	56.6	0.43	(0.15, 1.25)
Backpain	55.6	66.5	0.52	(0.18, 1.55)
Mask	(N=47)	(N=117)		
Eye irritation	85.1	84.6	0.78	(0.24, 2.62)
Eye nerve	53.9	60.0	1.06	(0.43, 2.65)
Nose irritation	75.0	71.4	1.24	(0.46, 3.37)
Throat irritation	51.1	65.0	0.81	(0.35, 1.85)
Trachea irritation	61.7	56.9	1.11	(0.50, 2.49)
Skin irritation	59.6	56.4	1.17	(0.52, 2.66)
Headache	78.7	81.2	1.59	(0.52, 4.85)
Palpitation	32.5	51.4	0.59	(0.23, 1.52)
Nausea, vomiting	70.2	69.2	1.76	(0.70, 4.42)
Abdominal pain	42.5	65.7	0.43	(0.16, 1.16)
Fatigue, fever	78.7	52.1	4.95	(1.23, 19.86)
Musculoskeletal sx	74.5	68.4	1.20	(0.41, 3.52)
Memory, cognitive sx	56.4	61.4	1.49	(0.56, 3.94)
Backpain	74.4	65.7	2.42	(0.84, 6.95)
Filter mask	(N=142)	(N=92)		
Eye irritation	88.0	83.2	1.12	(0.45, 2.79)
Eye nerve	53.2	55.1	0.95	(0.50, 1.78)
Nose irritation	66.9	59.6	0.99	(0.50, 1.95)
Throat irritation	52.8	66.3	0.49	(0.25, 0.99)
Trachea irritation	61.0	57.3	0.94	(0.49, 1.80)
Skin irritation	55.6	67.4	0.52	(0.26, 1.03)
Headache	73.9	79.8	0.48	(0.22, 1.06)
Palpitation	38.0	41.6	0.90	(0.46, 1.77)
Nausea, vomiting	66.2	74.2	0.61	(0.30, 1.24)
Abdominal pain	45.8	56.2	0.44	(0.22, 0.88)
Fatigue, fever	71.8	77.5	0.34	(0.15, 0.77)
Musculoskeletal sx	78.9	83.2	0.46	(0.19, 1.13)
Memory, cognitive sx	53.2	59.6	0.78	(0.41, 1.49)
Backpain	62.7	70.5	0.60	(0.30, 1.20)
Gloves	(N=6)	(N=279)		
Eye irritation	100.0	82.3	2.61	(0.09, 73.08)
Eye nerve	100.0	52.5	29.64	(0.35, >999.99)
Nose irritation	66.7	64.4	0.76	(0.11, 5.37)
Throat irritation	50.0	58.3	1.58	(0.24, 10.38)
Trachea irritation	83.3	55.6	1.77	(0.21, 14.99)
Skin irritation	66.7	56.5	0.99	(0.14, 7.09)
Headache	66.7	77.2	0.28	(0.04, 1.92)
Palpitation	33.3	39.6	1.55	(0.22, 11.02)
Nausea, vomiting	100.0	67.8	13.70	(0.27, 700.51)
Abdominal pain	83.3	48.7	6.91	(0.68, 70.25)
Fatigue, fever	66.7	61.2	0.62	(0.09, 4.40)
Musculoskeletal sx	100.0	71.7	7.54	(0.13, 429.01)
Memory, cognitive sx	50.0	56.1	1.31	(0.19, 8.86)
Backpain	50.0	66.5	0.58	(0.09, 3.82)
Boots	(N=9)	(N=272)		
Eye irritation	93.8	82.2	1.25	(0.28, 5.59)
Eye nerve	73.3	52.6	1.90	(0.60, 6.00)
Nose irritation	46.7	65.3	0.45	(0.15, 1.38)
Throat irritation	62.5	58.0	1.19	(0.39, 3.64)
Trachea irritation	56.3	56.3	0.63	(0.23, 1.77)
Skin irritation	56.3	57.3	0.72	(0.25, 2.10)
Headache	68.8	77.0	0.43	(0.15, 1.27)
Palpitation	33.3	39.8	0.74	(0.22, 2.43)
Nausea, vomiting	87.5	67.7	2.21	(0.60, 8.14)
Abdominal pain	66.7	48.6	2.03	(0.62, 6.66)
Fatigue, fever	68.8	61.0	0.82	(0.23, 2.96)
Musculoskeletal sx	87.5	71.8	1.36	(0.33, 5.66)
Memory, cognitive sx	46.7	56.3	0.57	(0.19, 1.73)
Backpain	46.7	67.0	0.43	(0.14, 1.36)

*OR and 95% CI in people without protective devices referenced by people with protective device calculated using multiple logistic regression adjusted for age, gender, educational level, asthma diagnosed, nearby polluted area, health belief about oil spill.

있었고, 방제작업 참여일수는 조사시점에 따라 시간이 경과할수록 증가하고 있었는데, 이것은 사실상 평균적으로 일주일에 4~5일정도 지속적으로 참여하는 것으로 파악되었다. 자원봉사자의 평균 방제작업 참여일수는 1.2일이었고, 가장 많이 참여한 사람은 15일이었다. 피부에 기름이 얼거나 많이 묻었느냐에 대한 질문에 전혀 묻지 않았다고 답한 경우가 주민의 경우에 14.2%이었고, 자원봉사자의 경우에 22.8%로서, 주민들이 자원봉사자에 비해 피부노출이 더 많았다.

2. 보호장비 착용률

보호장비 착용률은 주민과 자원봉사자에서 각각 장갑 97.9%, 97.9%, 장화 94.4%, 96.8%, 방제복 93.4%, 95.2%, 일반마스크 71.3%, 81.0%, 필터마스크 39.3%, 93.6%, 두건 65.5%, 62.9%로서, 전반적으로 주민에 비해 자원봉사자의 착용률이 높게 나타났으며, 특히 필터마스크의 경우 주민의 착용률은 자원봉사자에 비해 1/3 수준에 불과하였다. 일반마스크나 필터마스크, 두건의 착용률은 다른 보호장비에 비하여 상대적으로 낮았다 (Table 4).

3. 보호장비 착용여부와 신체증상 호소와의 관련성

주민의 경우 일반마스크를 착용하지 않은 사람이 착용한 사람에 비하여 피로감과 열에 대한 증상을 5배정도 유의하게 더 많이 호소하였다. 그러나 필터마스크의 경우, 오히려 목자극증상이나 복부통증, 피로감 및 열에 대한 증상이 착용한 사람이 더 많이 호소하였다 (Table 5). 자원봉사자의 경우, 조사 당시 90%이상 매우 높은 보호장비 착용률을 보여, 보호장비 미착용과 신체증상 호소와의 관련성을 분석하기에 적절치 않았다.

4. 보호장비 착용여부와 소변 내 노출 생체지표의 농도

사고발생 2주시점부터 수집한 주민과 자원봉사자의 소변에서 분석된 대사체의 농도는 전반적으로 낮았다. 주민들에서 대

부분의 보호장비 착용자와 미 착용자에서 소변 내 노출 생체지표의 농도에 차이가 없었으나, 수은의 경우, 작업복 또는 장화 미착용자가 착용자에 비하여 유의하게 높은 농도를 보였다 (Table 6).

자원봉사자의 경우, 작업후 소변 내 노출 생체지표의 농도가 보호장비 착용자와 미 착용자에서 유의한 차이를 발견할 수 없었다 (Table 7).

고찰

오랜 기간 동안 방제작업에 참여한 주민들의 경우, 보통 하루정도 작업에 참여하는 자원봉사자들에 비하여 필터마스크를 비롯한 보호장비의 착용률이 낮았다. 마스크를 착용한 주민은 착용하지 않은 사람들에 비하여 피로감 및 열 증상의 호소율이 낮았다. 작업복 혹은 장화를 착용하지 않았던 작업 주민들의 소변 내 수은의 농도는 보호장비를 착용하였던 주민들에 비하여 유의하게 더 높아, 원유의 노출이 더 많았음을 보여주었다.

원유에는 벤젠과 다환방향족탄화수소 화합물을 포함하여 잘 알려진 발암물질과 생체독성을 유발하는 많은 화학물질들이 함유되어 있다 [2,5]. 방제작업은 원유가 가장 많이 오염된 장소를 중심으로 시작되어, 실제 작업자에게는 고농도의 원유 성분에 노출되는 계기가 된다. 허베이스퍼릿호 유류유출 사고 시, 주민들의 경우 사고 다음날부터 방제작업에 참여하였고, 당시 매우 높은 농도의 원유성분에 대한 노출이 있었음에도 보호장비의 착용에 대해서 체계적인 교육이나 장비의 보급이 이루어지지 않았다. 이것은 유류유출사고와 같은 재해에 대비 환경보건비상대응 체계가 사전에 제대로 갖추어져 있지 않았던 데에서 비롯되는 것이라 할 수 있다. 당시 방제작업 현장에서는, 다양한 전문가 단체나 기관, 시민단체, 지자체 등에서 자발적이고 산발적인 보건교육이 이루어졌으나, 여전히 지급된 보호장비가 부적절하다거나, 수가 불충분하거나 혹은 적절한 작업방법에 대한 보건교육이 부재하다는 점 등이 시민단체에 의해 지적된 바 있

Table 6. Urinary biomarkers in residents with or without protective devices

Urinary biomarkers	Not-wearing		Wearing		p-value*	
	Mean [†]	SD	Mean [†]	SD		
Work clothes	(N=14)		(N=140)			
VOCs metabolites	tt-Muconic acid	22.7	1.5	29.3	1.4	0.29
	Hippuric acid	315.4	1.6	212.2	1.5	0.16
	Mandelic acid	1.3	1.6	1.5	1.5	0.51
	Methyl-hippuric acid	1.4	1.6	1.3	1.4	0.89
	2-Naphthol	4.1	1.8	4.0	1.6	0.98
PAHs metabolites	1-Hydroxypyrene	0.7	1.3	0.7	1.2	0.53
	Pb	2.7	1.5	2.1	1.4	0.31
	Hg	1.2	1.4	0.8	1.3	0.03
Heavy metals	Mn	3.8	1.3	3.7	1.2	0.85
	Cd	2.0	1.3	2.3	1.3	0.43
	Ni	2.3	1.3	2.2	1.2	0.79
	Mask	(N=36)		(N=64)		
VOCs metabolites	tt-Muconic acid	32.5	1.4	28.4	1.4	0.37
	Hippuric acid	203.1	1.7	184.1	1.7	0.68
	Mandelic acid	2.1	1.5	2.8	1.5	0.13
	Methyl-hippuric acid	1.1	1.6	1.3	1.6	0.38
	2-Naphthol	3.5	1.7	2.7	1.7	0.26
PAHs metabolites	1-Hydroxypyrene	0.7	1.3	0.8	1.3	0.58
	Pb	1.8	1.5	2.3	1.5	0.23
	Hg	0.7	1.5	0.7	1.5	0.44
Heavy metals	Mn	3.7	1.3	3.6	1.3	0.75
	Cd	2.2	1.3	2.3	1.3	0.83
	Ni	4.1	1.3	4.4	1.3	0.44
	Filter mask	(N=101)		(N=53)		
VOCs metabolites	tt-Muconic acid	25.6	1.4	32.5	1.4	0.17
	Hippuric acid	236.7	1.5	196.0	1.5	0.35
	Mandelic acid	1.7	1.5	1.4	1.5	0.44
	Methyl-hippuric acid	1.3	1.4	1.4	1.4	0.71
	2-Naphthol	3.4	1.7	4.6	1.7	0.21
PAHs metabolites	1-Hydroxypyrene	0.7	1.2	0.6	1.2	0.43
	Pb	2.1	1.4	2.2	1.4	0.65
	Hg	0.8	1.3	0.8	1.3	0.89
Heavy metals	Mn	3.7	1.2	3.8	1.2	0.92
	Cd	2.2	1.3	2.4	1.3	0.62
	Ni	2.3	1.2	2.2	1.2	0.77
	Gloves	(N=5)		(N=148)		
VOCs metabolites	tt-Muconic acid	25.9	1.6	31.1	1.5	0.68
	Hippuric acid	348.5	1.7	167.6	1.6	0.15
	Mandelic acid	1.5	1.7	1.5	1.5	0.93
	Methyl-hippuric acid	1.3	1.6	1.3	1.5	0.89
	2-Naphthol	5.8	1.9	3.3	1.7	0.35
PAHs metabolites	1-Hydroxypyrene	0.7	1.3	0.7	1.3	0.88
	Pb	2.9	1.6	1.9	1.4	0.31
	Hg	1.2	1.5	0.6	1.4	0.08
Heavy metals	Mn	4.5	1.3	3.4	1.3	0.26
	Cd	1.9	1.4	2.6	1.3	0.30
	Ni	1.9	1.3	2.4	1.2	0.29
	Boots	(N=9)		(N=145)		
VOCs metabolites	tt-Muconic acid	35.7	1.6	29.3	1.4	0.50
	Hippuric acid	284.9	1.7	214.1	1.5	0.40
	Mandelic acid	1.4	1.7	1.5	1.5	0.75
	Methyl-hippuric acid	1.4	1.6	1.3	1.4	0.84
	2-Naphthol	3.4	1.9	4.0	1.6	0.68
PAHs metabolites	1-Hydroxypyrene	0.7	1.3	0.7	1.2	1.00
	Pb	2.6	1.6	2.2	1.4	0.49
	Hg	1.3	1.4	0.8	1.3	0.03
Heavy metals	Mn	4.1	1.3	3.7	1.2	0.63
	Cd	1.8	1.4	2.3	1.3	0.17
	Ni	1.9	1.3	2.2	1.2	0.27

VOCs: volatile organic compounds, PAHs: polycyclic aromatic hydrocarbons,

* Geometric mean, standard deviation, and p-value, which were calculated by least square means and tests using the generalized linear model adjusted for age, gender, smoking, education level, and nearby polluted area.

[†] Unit of the biomarkers were ug/g creatinine except for hippuric acid, mandelic acid, and methyl-hippuric acid whose unit was mg/g creatinine.

다 [6]. Carrasco 등 [7] 은 스페인의 프레스 티지호 유류유출 사고에서 방제작업 참여 자들에게 건강보호를 위한 보호장비착용

에 관한 사전 교육이 충분히 이루어진 경우 에 보호장비의 착용률이 높았으며, 여러 가지 신체증상의 호소율도 더 낮았음

Table 7. After clean-up work urinary biomarkers in volunteers with or without protective devices

Urinary biomarkers	Not-wearing		Wearing		p-value	
	Mean	SD	Mean	SD		
Work clothes						
VOCs metabolites	tt-Muconic acid	248.3	1.2	239.3	1.1	0.84
	Hippuric acid	171.2	1.6	172.4	1.2	0.99
	Mandelic acid	0.2	1.2	0.2	1.1	0.47
	Methyl-hippuric acid	0.2	1.2	0.2	1.1	0.76
PAHs metabolites	1-Naphthol	0.7	2.7	1.2	1.5	0.55
	2-Naphthol	1.9	2.2	2.3	1.4	0.79
	1-Hydroxypyrene	1.5	1.9	1.5	1.3	0.98
Mask						
VOCs metabolites	tt-Muconic acid	271.9	1.3	239.4	1.1	0.56
	Hippuric acid	139.4	1.8	172.2	1.2	0.69
	Mandelic acid	0.2	1.3	0.2	1.1	0.42
	Methyl-hippuric acid	0.3	1.3	0.2	1.1	0.66
PAHs metabolites	1-Naphthol	0.3	3.1	1.2	1.5	0.17
	2-Naphthol	0.9	2.5	2.2	1.4	0.27
	1-Hydroxypyrene	1.0	2.1	1.5	1.3	0.53
Gloves						
VOCs metabolites	tt-Muconic acid	251.3	1.3	239.3	1.1	0.84
	Hippuric acid	100.5	1.9	171.9	1.2	0.37
	Mandelic acid	0.2	1.3	0.2	1.1	0.84
	Methyl-hippuric acid	0.2	1.3	0.2	1.1	0.79
PAHs metabolites	1-Naphthol	0.6	3.7	1.2	1.5	0.61
	2-Naphthol	1.7	2.8	2.3	1.4	0.77
	1-Hydroxypyrene	1.4	2.3	1.5	1.3	0.91
Boots						
VOCs metabolites	tt-Muconic acid	251.3	1.3	239.3	1.1	0.84
	Hippuric acid	100.5	1.9	171.9	1.2	0.37
	Mandelic acid	0.2	1.3	0.2	1.1	0.84
	Methyl-hippuric acid	0.2	1.3	0.2	1.1	0.79
PAHs metabolites	1-Naphthol	0.6	3.7	1.2	1.5	0.61
	2-Naphthol	1.7	2.8	2.3	1.4	0.77
	1-Hydroxypyrene	1.4	2.3	1.5	1.3	0.91

VOCs: volatile organic compounds, PAHs: polycyclic aromatic hydrocarbons

* Geometric mean, standard deviation, and p-value, which were calculated by least square means and tests using the generalized linear model adjusted for age, gender, smoking, education level, and nearby polluted area.

* Unit of the biomarkers were ug/g creatinine except for hippuric acid, mandelic acid, and methyl-hippuric acid whose unit was mg/g creatinine.

을 보고하였다.

본 연구가 가지는 중요한 한계점은 무엇보다도 조사의 시점이 보호장비의 효과를 충분히 보기에는 적절하지 않고 단면적인 연구디자인이라는 점에 있다. 사고가 발생한 직후 대부분의 경우 적절한 보호장비 보급이나 교육이 없이 방제작업에 참여하였던 사람들이 고농도의 원유에 호흡기 및 피부를 통해 노출되었는데 바로 이 시점에서 조사가 이루어지지 못하였다. 사고 발생 후 2주가 경과한 이후에 실시된 본 조사에서는 그 간 방제작업 참여자의 경험적인 학습효과와 개별 단체나 기관으로부터 산발적으로 이루어진 보건교육과 보호장비의 보급 등의 영향으로 90%내외의 보호장비 착용이 이루어지고 있었다. 그러나 본 조사에서는 조사 시점 이전의 초기 고노출 시기동안의 보호장비 착용여부에 대한 구체적인 정보를 얻지 못하였고, 조사당시의 보호장비 착용여부에 대

한 정보만을 가지고 있었다. 따라서, 초기에 노출이 많아서 증상이 심하였던 사람들이 이후에 필터마스크를 착용하는 경우가 더 많아지고 이것이 본 조사당시 필터마스크를 착용하지 않은 사람에서 오히려 몇 가지 증상의 호소율이 감소하는 결과를 초래하게 했던 것으로 보인다.

또한 생체지표의 경우 보호장비 착용여부에 따른 농도의 차이를 뚜렷하게 볼 수 없었다. 이는 분석대상 시료의 개수가 충분하지 않았던 점도 있었으나, 시료채취 시점이 초기의 고농도 노출이 어느 정도 지난 2주후부터 이루어졌기 때문으로 보인다. 그럼에도 불구하고 자원봉사자의 작업전 소변시료에서의 뮌콘산농도는 주민에서 측정된 농도와 유사하거나 약간 낮은수준임에 반하여(자료미제시), 작업 후 농도는 현저히 높아 원유의 벤젠노출을 확인할 수 있었다(Table 7). 생체노출 지표 중 수은의 경우, 보호장비 착용자와 미

착용자에서 뚜렷한 농도의 차이를 보임으로써 보호장비 착용의 효과를 분명히 보여주었다. 이것은 휘발성 유기화합물이나 방향족탄화수소화합물의 체내 반감기가 수시간에서 수일이고 수은을 제외한다면 금속의 반감기는 2주미만으로 짧은 것에 비하여 수은의 경우, 약 6주내외의 비교적 긴 반감기를 가진다는 점과 원유내에 함유되어 있는 수은의 경우 휘발성이 강한 금속수은으로서, 초기의 고농도 대기 노출이 조사시점에서 채취된 소변 시료에서 잘 반영되고 있다는 점을 보여주는 것이라 할 수 있다. 다른 한편, 자원봉사자의 경우, 작업후 소변 내 노출생체지표의 농도가 보호장비 착용자와 미착용자에서 유의한 차이를 발견할 수 없었는데, 이것은 대부분의 자원봉사자들이 보호장비의 착용률이 높아서 미착용자의 숫자가 통계적인 검정력을 확보할 수 있을 만큼 충분하지 않았던 것에서 연유하는 것으로 보인다.

지역 주민들은 사고발생 이후 최근까지도 지속적으로 방제작업에 참여하고 있다. 종교단체, 연예인 팬클럽, 인터넷 동호회를 통해 결성된 자발적인 개인들도 여전히 태안을 찾고 있다. 따라서, 이러한 잔류유류에 대한 지속적인 방제작업을 통해, 혹은 식수나 토양, 농산물 및 해산물등의 식품을 통해 만성적인 노출이 예상되므로, 지역 주민 및 자원봉사자의 노출 및 건강영향에 대한 모니터링을 지속할 필요가 있다. 뿐만 아니라, 재해에 대응하는 정상시의 환경재난보건교육에 대한 지침과 방법이 마련되어야 하며 환경재난에 대한 비상대응체계가 신속히 수립되어야 할 것이다.

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. (Korean)
2. Ha M, Cheong HK, Choi Y, Ha EH, Hong UC, Kwon HJ, et al. *Investigation of Acute Health Effect of Residents and Volunteers Participating in Clean-up Works in Hebei Spirit Oil Spill Accident: Final Report of the United Committee for Investigation of Acute Health Problems in HS Oil Spill*. Gwacheon: Ministry of Environ-

- ment; 2008. (Korean)
3. Korean Ocean Research and Development Institute. *Data of Analysis Results of Hebei Spirit Crude Oil*. Ansan: Marine Safety and Pollution Response Research Department, Korean Ocean Research and Development Institute; 2008.
 4. 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.
 5. Rodriguez-Trigo G, Zock JP, Isidro Montes I. Health effects of exposure to oil spills. *Arch Bronconeumol* 2007; 43(11): 628-635. (Spanish)
 6. Korean Federation of Medical Group for Health Right. *Health Survey of Residents in Area of Hebei Spirit Oil Spill Accident: Report for Media*. Seoul: Korean Federation of Medical Group for Health Right; 2008. (Korean)
 7. 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): cross-sectional study. *BMC Public Health* 2006; 6: 1.