

특 집

허베이 스피릿호 유류유출사고 지역 산모의 BTEX 노출과 건강영향

김병미, 박은교, 이안소영¹⁾, 하미나²⁾, 김은정²⁾, 권호장²⁾, 홍윤철³⁾, 정우철^{2,4)}, 허종일⁴⁾, 정해관⁵⁾, 이종협⁶⁾, 김종호⁶⁾, 이보은, 서주희, 장문희, 하은희

이화여자대학교 의과대학 예방의학교실, 여성환경연대¹⁾, 단국대학교 의과대학 예방의학교실 및 단국대학교의료원 환경성질환연구센터²⁾, 서울대학교 의과대학 예방의학교실³⁾, 태안환경보건센터⁴⁾, 성균관대학교 의과대학 사회의학교실⁵⁾, 서울대학교 화학생물공학부⁶⁾

BTEX Exposure and its Health Effects in Pregnant Women Following the Hebei Spirit Oil Spill

Byung-Mi Kim, Eun kyo Park, So-Young LeeAn¹⁾, Mina Ha²⁾, Eun-Jung Kim²⁾, Hojang Kwon²⁾, Yun-Chul Hong³⁾, Woo-Chul Jeong^{2,4)}, Jongil Hur⁴⁾, Hae-Kwan Cheong⁵⁾, Jongheop Yi⁶⁾, Jong Ho Kim⁶⁾, Bo-Eun Lee, Ju-Hee Seo, Moon-Hee Chang, Eun-Hee Ha

Department of Preventive Medicine, BK21 Research Division for Medicine, Ewha Womans University; Korean women's Environmental Network¹⁾; Department of Preventive Medicine, Dankook University Medical College and Research Institute of Children's Health and Environment, Dankook Medical Center²⁾; Department of Preventive Medicine, Seoul National University College of Medicine³⁾; Taean Institute of Environmental Health⁴⁾; Department of Social and Preventive Medicine, Sungkyunkwan University School of Medicine⁵⁾; School of chemical, Seoul National University College of Medicine⁶⁾

Objectives : We evaluated the health effects of exposure to BTEX (Benzene, Toluene, Ethylbenzene, m,p-Xylene, o-Xylene) in the Taean area after the Hebei Spirit oil spill.

Methods : We used a questionnaire survey to look for health effects among 80 pregnant women 2 to 3 months following the Hebei Spirit oil spill. Their BTEX exposures were estimated using the CALPUFF method. We then used a multiple logistic regression analysis to evaluate the effects of BTEX exposure on the women's health effects.

Results : Pregnant women who lived near the accident site reported more symptoms of eye irritation and headache than those who lived farther from the site. There was a trend of decreasing symptoms with an increase in distance from the spill site. Pregnant women exposed to higher ambient cumulative levels of Xylene were significantly more likely to report symptoms of the skin (OR 8.01 95% CI= 1.74-36.76) in the first day after the accident and

significantly more likely to report abdominal pain (OR 3.86 95% CI=1.02-14.59 for Ethylbenzene, OR 6.70 95% CI= 1.82-24.62 for Xylene) during the 1st through 4th days following the accident.

Conclusions : This study suggests that exposure to BTEX from an oil spill is correlated with an increased risk of health effects among pregnant women. This implies the need to take proper measures, including the development of a national policy for environmental health emergencies and a plan for studying the short- and long-term chronic health effects associated with such spills.

J Prev Med Public Health 2009;42(2):96-103

Key words : Accidents, BTEX, Health effects, Pregnant woman

서론

우리나라 항만 및 주변해역의 해상교통량은 매년 증가하고, 선박이 대형화, 고속화됨에 따라 이들 선박의 좌초, 충돌 등에 의한 대형 해양 유류오염사고의 개연성이 한층 높아지고 있다 [1]. 또한 세계적으로는 해양 유류오염사고가 감소경향을 보이는 것에 비해 우리나라의 경우 해양 유류

오염사고가 오히려 증가하고 있는 경향을 보이고 있다 [2,3].

2007년 12월 7일 태안에서 발생한 허베이 스피릿호 유류유출사건의 경우 기름 탱크 3개가 파손돼 12,547kl (약 10,900 t)의 원유가 태안 앞바다로 유출된 사고로 이는 1995년 씨프린스호 침몰 사고 당시 유류유출량 5,035kl 보다 2배 이상 많은 양이었다 [4]. 이러한 기름유출로 인한 사

고의 경우, 그 문제가 단순하게 금전적인 피해와 환경 오염뿐만 아니라 우리의 눈으로는 보이지 않는 건강 문제를 야기한다는 데 있어서 그 문제가 심각하다고 할 수 있다.

유류사고에 의한 오염은 해양, 토양 수질환경뿐만 아니라 주변 대기 환경에도 심각한 영향을 미친다. 비록 휘발(또는 증발)에 의한 유실로 독성효과가 줄어들지만, 피해지역의 주민들과 장기적으로 자원봉사

접수: 2009년 1월 17일, 채택: 2009년 3월 12일

본 연구는 2008년도 환경부 환경보건정책과의 지원을 받은 '허베이 스피릿호 유류유출사고의 급성 건강영향조사' 의 일환으로 수행되었음
책임저자: 하은희 (서울시 양천구 목동 911-1번지, 전화: 02-2650-5757, 팩스: 02-2653-1086, E-mail: eunheeha@ewha.ac.kr)

Table 1. General characterization of pregnant women in Hebei Spirit oil spill area

Characteristics	No.(%)
Age	
> 30	42 (53.2)
≤ 30	37 (46.8)
Gestational age (wk)	73 (18.54 ± 9.70)
Occupation	
Yes	7 (9.1)
No	70 (90.9)
Education	
High school & less	40 (50.6)
University & more	39 (49.4)
Average montly household Income(unit: 1,000 KRW)	
< 2,000	58 (77.3)
≥ 2,000	17 (22.7)
Cigarette smoking	
No	78 (97.5)
Yes	2 (2.5)
Passive smoking	
None	36 (46.2)
Exposed	42 (53.9)
Residence area after oil spill	
Inside exposure area	30 (37.5)
Outside exposure area	50 (62.5)
Residential change after oil spill	
Not change	72 (90.0)
Outside area on beach	4 (5.0)
Other	4 (5.0)
Type of activity after oil spill	
Possible activity in home	33 (42.3)
Activity in outside area but not activity on beach	33 (42.3)
Activity on the beach (include cleanup on beach)	12 (15.4)
The effect of oil spill on health	
Yes	61 (76.3)
No	19 (23.8)

KRW: Korean won

에 참가한 사람들은 기름 성분에 오염된 공기를 장시간 흡입하기 때문에 독성영향에 직접적으로 노출된다 [5]. 대규모 원유 오염사고 직후 대기 중의 휘발이 급속하게 이루어지는 휘발성 유기화합물(Volatile organic compounds, VOCs)의 특성으로 인해 매우 높은 농도의 벤젠 등 휘발성 유기화합물이 대기 중으로 휘발되면서 호흡기

계 자극 등의 급성영향과 지속적인 노출에 의한 두통, 현기증 등의 영향이 우려된다는 보고도 있다[6].

유류유출 오염사고와 관련한 연구들을 보면 비교적 큰 규모의 유류가 유출되었던 사고에 대한 연구들이 일부 진행되어 학계에 보고되었다. 이 중 대부분의 연구들이 생태계에 미치는 영향에 관한 연구로 유류오염 피해지역에 거주하는 주민이나 자원봉사자 등 인간에게 나타날 수 있는 건강영향에 대한 연구는 매우 소수에 지나지 않았으며 [7] 그 중에서도 산모의 건강영향조사는 전무한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 2007년 12월 태안 지역의 허베이 스피릿호 기름유출에 따른 건강영향을 살펴보기 위해 민감 집단인 산모들을 대상으로 유류유출사고로 인한 대기오염 물질인 Benzene, Toluene, Ethylbenzene, m,p-Xylene, o-Xylene (BTEX)에 따른 신체증상 발현여부를 알아보고자 하며 향후 이를 기반으로 해양오염과 관련하여 환경오염에 취약계층인 산모 및 다른 민감군에 대한 즉각적인 조치의 근거가 되는 참고자료를 마련하고자 한다.

대상 및 방법

1. 연구 대상 및 자료 수집

본 연구는 태안지역 유류유출사고 시 건강영향에 대해 살펴보기 위해 산모를 대상으로 2008년 2월 12일부터 한달 동안 정형화된 설문지를 이용하여 설문조사를 하였다.

조사 방법으로는 태안보건의료원 방문

시에 훈련된 간호사에 의해 설문하였고 태안보건의료원 방문이 어려운 기름유출 사고지역의 근교에 사는 산모의 경우 훈련된 간호사가 각 가정을 방문하여 설문 조사를 시행하였다.

배포된 설문지는 모두 수거되었으며 최종적으로 80명을 연구대상으로 하였다. 이 연구는 민관·합동회의 발족직후 단국대학교병원 기관연구윤리심의위원회의 심의를 거쳐 승인을 받았으며, 설문조사 전에 모든 연구 대상자에게 연구 조사에 관한 충분한 설명과 함께 동의서를 받았다.

2. 연구 도구

연구대상자들에게 41개 문항의 설문을 통해 신체 자각증상을 조사하였다. 설문조사 도구는 기존 연구에서 해양 유류유출 사고의 건강영향 조사를 위해 개발되었던 설문지와 [8], 보고된 주요 증상을 기준으로 [9] 개발하였다. 각 증상문항은 안질환 7문항(눈따가움, 눈물남, 눈가려움, 눈피로함, 눈 충혈됨, 눈부음, 눈곱김), 시력저하 2문항(시력 떨어짐, 물체 흔들림), 코증상 3문항(콧물남, 콧속 가려움, 코막힘), 목증상 3문항(목건조, 목간질, 목따가움), 가래·기침 2문항(가래, 기침), 피부질환 5문항(피부따가움, 피부가려움, 물집잡힘, 열굴뚝개짐, 손발빨개짐), 두통 2문항(어지럼증, 머리목직), 가슴두근거림 1문항(가슴두근거림), 구토증상 3문항(음식물 토함, 밥맛없어짐, 속매스거림), 소화관련증상 3문항(속쓰림, 배 아픔, 설사), 열 2문항(온몸피곤, 열남), 근육통 5문항(팔다리 저림, 팔다리 떨림, 팔다리 힘빠짐, 팔다리아픔, 온몸 다 아픔), 신경증상 2문항(집중 안됨, 예민해짐), 허리통증 1문항(허리아픔)으로 총 14개의 증상군으로 분류하였고 증상조사 당시는 사고시점으로부터 2달 후라는 것을 인식하고 기름유출 사고후부터 조사시까지 느꼈던 증상을 모두 표시하도록 하였다.

그 외 설문을 통해, 연구대상자의 인구사회학적 특성으로 나이, 직업, 교육수준, 소득수준, 거주지역, 기름유출당시 임신주수, 유류유출사고 이후 거주지역의 변화, 유류유출사고 이후 활동상황, 유류 노출

Table 2. Cumulative ambient concentration of volatile organic compounds in pregnant women's residential areas

		(unit: ug/m ³)							
		GM	GSD*	Min	25th	50th	75th	90th	Max
Benzene	Exposure at the first day	0.75	1.03	0.00	0.13	0.35	0.88	2.66	4.42
	Cumulative exposures for first 4 days	0.75	1.03	0.00	0.13	0.35	0.88	2.66	4.42
Toluene	Exposure at the first day	12.27	4.16	0.08	10.36	12.48	13.80	17.17	23.54
	Cumulative exposures for first 4 days	12.75	4.26	0.10	10.94	12.88	14.10	17.98	24.32
Ethylbenzene	Exposure at the first day	6.04	2.22	0.03	5.07	6.39	6.99	7.90	12.30
	Cumulative exposures for first 4 days	7.11	2.47	0.05	6.19	7.13	7.93	9.93	14.17
o-Xylene	Exposure at the first day	6.53	2.31	0.04	5.39	6.85	7.60	8.71	13.02
	Cumulative exposures for first 4 days	7.18	2.49	0.05	6.24	7.20	8.00	10.03	14.30
m,p-Xylene	Exposure at the first day	6.47	2.29	0.04	5.35	6.78	7.53	8.63	12.90
	Cumulative exposures for first 4 days	7.11	2.67	0.05	6.19	7.13	7.93	9.93	14.17

GM: geometric mean, GSD: geometric standard deviation

*Exposure at the first day: The ambient cumulative levels of BTEX for the initial first day since the oil spill accident;

Cumulative exposures for first 4 days: The ambient cumulative levels of BTEX for the initial 1st through 4th days since the oil spill accident

Table 3. Symptom prevalence by socio-demographic and lifestyle characteristics of pregnant women in Hebei Spirit oil spill area, Korea

	Eye irritation		Symptom of eye nerve		Nose irritation		Throat irritation		Trachea irritation		Skin irritation		Headache	
	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes
	No. (%)													
Occurrence of symptoms	55 (68.8)	25 (31.3)	68 (85.0)	12 (15.0)	59 (73.8)	21 (26.3)	57 (71.3)	23 (28.8)	59 (73.8)	21 (26.3)	57 (71.3)	23 (28.8)	54 (67.5)	26 (32.5)
Age														
< 30	32 (76.2)	10 (23.8)	39 (92.9)	3 (7.1)	33 (78.6)	9 (21.4)	33 (78.6)	9 (21.4)	35 (83.3)	7 (16.7)	30 (71.4)	12 (28.6)	30 (71.4)	12 (28.6)
≥30	22 (56.5)	15 (40.5)	28 (75.7)	9 (24.3)	25 (67.6)	12 (32.4)	23 (62.2)	14 (37.8)	23 (62.2)	14 (37.8)	26 (70.3)	11 (29.7)	23 (62.2)	14 (37.8)
p-value	0.11		0.03		0.27		0.11		0.03		0.91		0.38	
Occupation														
No	49 (70)	21 (30)	61 (87.1)	9 (12.9)	52 (74.3)	18 (25.7)	51 (72.9)	19 (27.1)	50 (71.4)	20 (28.6)	52 (74.3)	18 (25.7)	47 (67.1)	23 (32.9)
Yes	4 (57.1)	3 (42.9)	6 (85.7)	1 (14.3)	4 (57.1)	3 (42.9)	5 (71.4)	2 (28.6)	6 (85.7)	1 (14.3)	5 (71.4)	2 (28.6)	5 (71.4)	2 (28.6)
p-value	0.67		1.00		0.38		1.00		0.67		1.00		1.00	
Education														
High school & less	29 (72.5)	11 (27.5)	35 (87.5)	5 (12.5)	29 (72.5)	11 (27.5)	30 (75)	10 (25)	30 (75)	10 (25)	29 (72.5)	11 (27.5)	25 (62.5)	15 (37.5)
University & more	26 (66.7)	13 (33.3)	33 (84.6)	6 (15.4)	29 (74.4)	10 (25.6)	27 (69.2)	12 (30.8)	28 (71.8)	11 (28.2)	28 (71.8)	11 (28.2)	28 (71.8)	11 (28.2)
p-value	0.57		0.71		0.85		0.57		0.75		0.94		0.38	
Average monthly household income(unit: 10,000 KWR)														
<2,000	39 (67.2)	19 (32.8)	52 (89.7)	6 (10.3)	40 (69)	18 (31)	43 (74.1)	15 (25.9)	42 (72.4)	16 (27.6)	41 (70.7)	17 (29.3)	39 (67.2)	19 (32.8)
≥2,000	12 (70.6)	5 (29.4)	12 (70.6)	5 (29.4)	14 (82.4)	3 (17.7)	10 (58.8)	7 (41.2)	12 (70.6)	5 (29.4)	14 (82.4)	3 (17.7)	12 (70.6)	5 (29.4)
p-value	0.79		0.11		0.37		0.24		1.00		0.53		0.79	
Cigarette smoking														
No	53 (68)	25 (32.1)	66 (84.6)	12 (15.4)	57 (73.1)	21 (26.9)	55 (70.5)	23 (29.5)	57 (73.1)	21 (26.9)	55 (70.5)	23 (29.5)	52 (66.7)	26 (33.3)
Yes	2 (100)	0 (0)	2 (100)	0 (0)	2 (100)	0 (0)	2 (100)	0 (0)	2 (100)	0 (0)	2 (100)	0 (0)	2 (100)	0 (0)
p-value	1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00	
Passive smoking														
No	27 (75)	9 (25)	29 (80.6)	7 (19.4)	28 (77.8)	8 (22.2)	27 (75)	9 (25)	25 (69.4)	11 (30.6)	28 (77.8)	8 (22.2)	28 (77.8)	8 (22.2)
Yes	26 (61.9)	16 (38.1)	37 (88.1)	5 (11.9)	29 (69)	13 (31)	28 (66.7)	14 (33.3)	32 (76.2)	10 (23.8)	28 (66.7)	14 (33.3)	25 (59.5)	17 (40.5)
p-value	0.22		0.36		0.39		0.42		0.50		0.28		0.09	

KWR: Korean won

에 따른 건강 우려의 정도에 대한 질문과 흡연과 간접흡연의 경험여부를 조사하였다. 거주지역에 대한 질문에서는 연구대상자의 직접 기재한 주소를 근거로 하여 근교지역과 외곽지역을 구분하였다. 유류유출사고로 피해가 컸던 소원, 원북, 이원, 근흥 지역에 거주하는 산모는 근교지역으로 정의하였고, 사고 피해지역에서 비교적 떨어진 태안읍 시내에 거주하는 산모는 외곽지역으로 처리하였다.

3. 휘발성유기화합물 노출 추정

유류유출사고에서 나오는 대표적인 대기오염물질인 휘발성유기화합물에 대한 사고 초기 모니터링 자료가 없었기 때문에 모델링을 통해 노출량을 추정하였다. 본 연구에서는 원유에 포함된 다양한 물

질 중, 유해성의 정도가 잘 정의된 5종의 VOCs 즉, 벤젠(benzene), 톨루엔(toluene), 에틸벤젠(ethylbenzene), o-크실렌(o-Xylene), m,p-크실렌(m,p-Xylene)에 한하여 모델링을 실시하였다. 이 때 다른 물질과의 상호작용을 계산하기 위해, 탄소수와 화학적 결합 형태를 고려하여 8가지 상태로 원유에 포함된 나머지 물질을 정의하고 모델링을 실시하였다.

본 연구에서는 사고 당시의 항공사진 분석결과와, 인공위성 이미지 등 실측자료를 바탕으로 해상에서 유출유의 확산모습을 계산하였다. 휘발되는 물질의 양은 기존의 문헌들을 토대로 검증된 수식으로 예측하였으며, 대기에서의 확산은 미국 환경청에서 환경영향평가의 목적으로 사용되고 있는 calpuff 모델을 활용하여 계산

하였다[4]. 이렇게 하여 유류유출사고 첫 날인 12월 7일부터 4일 후 10일까지 대기 중 오염물질의 농도를 추정 할 수 있었고 이를 기반으로 사고 당일의 오염물질농도와 사고 당일에서 4일 동안의 농도를 합산한 누적 농도를 산출하였다.

4. 분석 방법

연구대상자들의 인구사회학적 특성과 각 BTEX 농도는 빈도와 백분율, 평균과 표준편차를 구하였다. 종속변수인 유류유출에 따른 자각증상 변수는 각 증상군별로 세부 문항에 대해 하나라도 '예'라고 응답한 것이 있는 경우 그 증상군에 대한 증상이 있는 것으로 하였고 세부 문항에 모두 '아니오'라고 응답한 경우 증상이 없는 것으로 간주하였다. 인구사회학적 특

Table 3. Symptom prevalence by socio-demographic and lifestyle characteristics of pregnant women in Hebei Spirit oil spill area, Korea (Continued)

	Palpitation		Neause, vomiting		Abdominal pain		Fatigue, fever		Musculoskeletal symptom		Memory, cognitive symptom		Backpain	
	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes
	No. (%)													
Occurrence of symptoms	74 (92.5)	6 (7.5)	58 (72.5)	22 (27.5)	61 (76.3)	19 (23.8)	63 (78.8)	17 (21.3)	58 (72.5)	22 (27.5)	59 (73.8)	21 (26.3)	58 (72.5)	22 (27.5)
Age														
< 30	39 (92.9)	3 (7.1)	31 (73.8)	11 (26.2)	33 (78.6)	9 (21.4)	33 (78.6)	9 (21.4)	30 (71.4)	12 (28.6)	32 (76.2)	10 (23.8)	30 (71.4)	12 (28.6)
≥30	34 (91.9)	3 (8.1)	26 (70.3)	11 (29.7)	27 (73)	10 (27)	29 (78.4)	8 (21.6)	27 (73)	10 (27)	26 (70.3)	11 (29.7)	27 (73)	10 (27)
p-value	1.00		0.73		0.56		0.98		0.88		0.55		0.88	
Occupation														
No	65 (92.9)	5 (7.1)	50 (71.4)	20 (28.6)	55 (78.6)	15 (21.4)	56 (80)	14 (20)	52 (74.3)	18 (25.7)	51 (72.9)	19 (27.1)	52 (74.3)	18 (25.7)
Yes	7 (100)	0 (0)	6 (85.7)	1 (14.3)	5 (71.4)	2 (28.6)	5 (71.4)	2 (28.6)	5 (71.4)	2 (28.6)	6 (85.7)	1 (14.3)	5 (71.4)	2 (28.6)
p-value	1.00		0.67		0.65		0.63		1.00		0.67		1.00	
Education														
High school & less	39 (97.5)	1 (2.5)	28 (70)	12 (30)	30 (75)	10 (25)	32 (80)	8 (20)	31 (77.5)	9 (22.5)	30 (75)	10 (25)	30 (75)	10 (25)
University & more	34 (87.2)	5 (12.8)	29 (74.4)	10 (25.6)	30 (76.9)	9 (23.1)	30 (76.9)	9 (23.1)	26 (66.7)	13 (33.3)	28 (71.8)	11 (28.2)	27 (69.2)	12 (30.8)
p-value	0.11		0.67		0.84		0.74		0.28		0.75		0.57	
Average monthly household income(unit: 10,000 KWR)														
<2,000	54 (93.1)	4 (6.9)	40 (69)	18 (31)	46 (79.3)	12 (20.7)	45 (77.6)	13 (22.4)	40 (69)	18 (31)	42 (72.4)	16 (27.6)	42 (72.4)	16 (27.6)
≥2,000	15 (88.2)	2 (11.8)	14 (82.4)	3 (17.7)	11 (64.7)	6 (35.3)	13 (76.5)	4 (23.5)	13 (76.5)	4 (23.5)	13 (76.5)	4 (23.5)	12 (70.6)	5 (29.4)
p-value	0.61		0.37		0.33		1.00		0.76		1.00		1.00	
Cigarette smoking														
No	72 (92.3)	6 (7.7)	56 (71.8)	22 (28.2)	59 (75.6)	19 (24.4)	61 (78.2)	17 (21.8)	56 (71.8)	22 (28.2)	57 (73.1)	21 (26.9)	56 (71.8)	22 (28.2)
Yes	2 (100)	0 (0)	2 (100)	0 (0)	2 (100)	0 (0)	2 (100)	0 (0)	2 (100)	0 (0)	2 (100)	0 (0)	2 (100)	0 (0)
p-value	1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00	
Passive smoking														
No	32 (88.9)	4 (11.1)	26 (72.2)	10 (27.8)	27 (75)	9 (25)	27 (75)	9 (25)	27 (75)	9 (25)	25 (69.4)	11 (30.6)	27 (75)	9 (25)
Yes	40 (95.2)	2 (4.8)	31 (73.8)	11 (26.2)	33 (78.6)	9 (21.4)	34 (81)	8 (19.1)	29 (69.1)	13 (31)	32 (76.2)	10 (23.8)	30 (71.4)	12 (28.6)
p-value	0.41		0.87		0.71		0.53		0.56		0.50		0.72	

KWR: Korean won

성에 따라 신체증상호소율을 살펴보기 위하여 카이제곱검정 (chi-square test)을 실시하였다. 휘발성유기화합물의 농도는 중위수를 기준으로 저농도(50 % 미만)와 고농도(50 % 이상)로 범주를 구분하여 BTEX 농도에 따른 건강영향을 카이제곱검정과 로지스틱 회귀분석으로 살펴보았다. 단변량 분석에서 건강에 유의한 영향을 미쳤던 변수와 BTEX 농도에 영향을 주는 변수들을 보정하여 다변량 로지스틱 회귀분석을 사용하여 산출하였다. 신체자각증상에 영향을 줄 수 있는 위험요인인 산모의 나이, 임신주수, 교육수준, 유류유출시 활동, 유류유출사고 이후 본인 건강염려를 통제 한 상태에서 로지스틱 회귀분석을 하였다. 모든 분석에서 p값이 0.05 미만인 경우를 통계적으로 유의한 것으로 간주하였으며,

자료의 분석도구는 SAS windows ver. 9.1을 사용하였다.

결 과

본 연구에 참여한 연구대상자 80명의 연령은 30세 미만인 경우가 30세 이상인 경우보다, 교육수준은 대학교 졸업 이상의 경우가 대학교 졸업 이하보다, 월소득 수준은 200만원 미만이 이상인 산모들보다 많았다. 임신 중 흡연하는 산모는 2.50%로 낮은 분포를 보였으나 53.85%가 간접흡연에 노출된 것으로 나타났다. 대부분의 산모들은 유출사고 전에 살던 곳과 동일한 곳에 거주하고 있었고 유류유출사고 이후 해변가 외출을 하지 않았다. 한편, 유류유출사고로 인한 질병 발생의 가능성에 대

해서는 76.26%가 '우려된다'고 응답하였다 (Table 1).

유류유출 첫 1일과 누적 4일간 BTEX 물질의 농도는 Table 2와 같다. 첫 1일의 평균 농도는 벤젠 0.75 ug/m³, 톨루엔 12.27 ug/m³, 에틸벤젠 6.04 ug/m³, o-크실렌 6.53 ug/m³, m,p-크실렌 6.47 ug/m³ 이었으며 첫 1일 대기 중 오염물질의 농도와 누적 4일 농도의 평균을 비교하였을 때 유의한 차이는 없었다 (Table 2). 첫 1일 이후 물질별 농도가 급격히 감소한 것을 볼 수 있었다.

태안지역 산모의 허베이 스피리트호 기름 유출에 따른 건강영향을 살펴보기 위해 인구 사회학적 특성과 대기오염 물질인 BTEX 에 따른 신체증상 발현여부를 알아 본 결과 연령이 많을수록 시력저하증상과 가래, 기침증상의 증가 호소율이 유의하

Table 4. Symptom prevalence by oil spill related factors among pregnant women in Hebei Spirit oil spill area, Korea

	Eye irritation		Symptom of eye nerve		Nose irritation		Throat irritation		Trachea irritation		Skin irritation		Headache	
	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes
N (%)														
Residence area after oil spill														
Inside exposure area	17 (56.7)	13 (43.3)	24 (80)	6 (20)	23 (76.7)	7 (23.3)	19 (63.3)	11 (36.7)	22 (37.3)	8 (26.7)	24 (80)	6 (20)	14 (46.7)	16 (53.3)
Outside exposure area	38 (76)	12 (24)	44 (88)	6 (12)	36 (72)	14 (28)	38 (76)	12 (24)	37 (74)	13 (26)	33 (66)	17 (34)	40 (80)	10 (20)
p-value	0.07		0.35		0.65		0.23		0.95		0.18		0.00 ⁺	
Residential change after oil spill														
Not change	50 (69.4)	22 (30.6)	61 (84.7)	11 (15.3)	53 (73.6)	19 (26.4)	50 (69.4)	22 (30.6)	52 (72.2)	20 (27.8)	52 (72.2)	20 (27.8)	47 (65.3)	25 (34.7)
Outside area on beach	1 (25)	3 (75)	3 (75)	1 (25)	2 (50)	2 (50)	3 (75)	1 (25)	3 (75)	1 (25)	2 (50)	2 (50)	3 (75)	1 (25)
Other	4 (100)	0 (0)	4 (100)	0 (0)	4 (100)	0 (0)	4 (100)	0 (0)	4 (100)	0 (0)	3 (75)	1 (25)	4 (100)	0 (0)
p-value	0.07		0.60		0.27		0.42		0.47		0.62		0.33	
Type of activity after oil spill														
Possible activity In Home	23 (69.7)	10 (30.3)	31 (93.9)	2 (6.1)	26 (78.8)	7 (21.2)	25 (75.8)	8 (24.2)	24 (72.7)	9 (27.3)	29 (87.9)	4 (12.1)	24 (72.7)	9 (27.3)
Activity in Outside area but not activity on beach	24 (72.7)	9 (27.3)	27 (81.8)	6 (18.2)	26 (78.8)	7 (21.2)	25 (75.8)	8 (24.2)	26 (78.8)	7 (21.2)	20 (60.6)	13 (39.4)	23 (69.7)	10 (30.3)
Activity on the beach(include cleanup on beach)	8 (66.7)	4 (33.3)	8 (66.7)	4 (33.3)	6 (50)	6 (50)	6 (50)	6 (50)	8 (66.7)	4 (33.3)	7 (58.3)	5 (41.7)	5 (41.7)	7 (58.3)
p-value	0.92		0.07		0.11		0.19		0.68		0.03 [*]		0.13	
The effect of oil spill on health														
Yes	40 (65.6)	21 (34.4)	51 (83.6)	10 (16.4)	42 (68.9)	19 (31.2)	42 (68.9)	19 (31.2)	43 (70.5)	18 (29.5)	41 (67.2)	20 (32.8)	38 (62.3)	23 (37.7)
No	15 (79)	4 (21.1)	17 (89.5)	2 (10.5)	17 (89.5)	2 (10.5)	15 (79)	4 (21.1)	16 (84.2)	3 (15.8)	16 (84.2)	3 (15.8)	16 (84.2)	3 (15.8)
p-value	0.27		0.72		0.13		0.40		0.37		0.15		0.07	

게 증가 ($p=0.0337$, $p=0.0335$)하는 경향을 보였다. 또한, 유류유출사고 시 거주지역이 외곽에 위치하였을 때보다 근교에 있을 때 두통 호소율이 유의하게 높았으며 ($p=0.0021$), 해변가 활동을 한 군이 가능한 집에서 있었던 군보다 피부 자극 증상, 복부 증상, 근육통의 높은 호소율을 보였다 (Table 3,4).

산모가 거주하는 지역의 대기 중 휘발성 유기화합물 농도에 따라 신체 자각증상의 호소정도를 카이제곱 검정으로 살펴본 결과 벤젠농도가 높은 지역에 거주한 산모가 낮은 지역 산모보다 구역 및 구토 증상증상 ($p=0.0216$)과 중추신경계 증상 ($p=0.0216$) 호소율이 유의하게 높은 경향을 보였고, 에틸벤젠, 톨루엔, o-크실렌과 m,p-크실렌의 농도에서는 첫 1일의 톨루엔 농도가 높은 지역의 거주하는 산모가 낮은 지역의 산모에 비하여 피부자극증상 호소율이 통계적으로 유의하게 증가하는 경향을 보였다 ($p=0.0166$, $p=0.0166$). 반면에 누적 4일의 에틸벤젠, o-크실렌과 m,p-크실렌의 농도가 높았던 지역의 산모에게서 낮았던 지

역의 산모보다 복부증상 호소율이 높은 것으로 나타났다 (Figure 1).

산모가 거주하는 지역의 대기 중 휘발성 유기화합물 농도에 따라 신체 자각증상의 호소정도를 중위수로 나눠 혼란변수를 통제된 상태에서 교차비와 95% 신뢰구간을 산출한 결과 벤젠을 제외한 톨루엔, 에틸벤젠, o-크실렌, m,p-크실렌의 첫 1일의 농도가 높아짐에 따라 피부자극증상호소율의 교차비는 모두 증가하였다. 누적 4일의 경우에는 에틸벤젠, o-크실렌, m,p-크실렌의 농도가 높아짐에 따라 복부증상의 교차비가 각각 3.86 (95% CI=1.02-14.59), 6.70 (95% CI=1.82-24.62), 6.70 (95% CI=1.82-24.62)으로 증가하였다. 또한, 벤젠에서는 구역구토 증상과 중추신경계 이상의 증상에서 농도가 높은 지역이 낮은 지역보다 교차비가 9.49배 (95% CI=1.91-47.13), 9.46배 (95% CI=1.69-52.89) 높았다 (Figure 1).

고찰

본 연구에서는 2007년 12월 태안지역의

허베이 스피릿호 기름유출에 따른 건강영향을 살펴보기 위해 민감 집단인 산모들을 대상으로 유류유출사고로 인한 대기오염 물질인 BTEX에 따른 신체증상 발현 여부를 알아보려고 하였다.

연구 결과 유류유출 첫 1일과 누적 4일 BTEX 농도의 유의한 차이는 없었는데 이러한 결과는 벤젠의 경우 24시간 이내에 거의 모든 양이 휘발하게 되며, 나머지 톨루엔, 에틸벤젠과 o-크실렌, m,p-크실렌의 경우의 경우 48시간 이내에 대부분이 휘발되는 것으로 알려져 있다 [10]. 유출 당시 휘발성이 강한 VOCs는 많은 부분이 휘발되어 첫 1일 농도는 매우 높았으나 그 후 3일간의 농도는 첫 1일에 비해 매우 낮아서 첫 1일 농도와 누적 4일의 농도는 유의한 차이를 보이지 않는 것으로 생각한다. 벤젠 농도는 0.75 ug/m³ 로 2010년부터 적용될 수도권 내 대기환경기준 5 ug/m³ (1.5 ppb)에 비해 낮은 농도 수준을 보였고, 톨루엔의 농도는 2.99 ppb로 태안 유류유출 사고 발생 후 약 100시간이 경과된 시점에서 태안 만리포 해변의 대기에서 측정된

Table 4. Symptom prevalence by oil spill related factors among pregnant women in Hebei Spirit oil spill area, Korea (Continued)

	Palpitation		Neause, vomiting		Abdominal pain		Fatigue, fever		Musculoskeletal symptom		Memory, cognitive symptom		Backpain	
	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes
N (%)														
Residence area after oil spill														
Inside exposure area	28 (93.3)	2 (6.7)	19 (63.3)	11 (36.7)	22 (73.3)	8 (26.7)	24 (80)	6 (20)	20 (66.7)	10 (33.3)	22 (73.3)	8 (26.7)	22 (73.3)	8 (26.7)
Outside exposure area	46 (92)	4 (8)	39 (78)	11 (22)	39 (78)	11 (22)	39 (78)	11 (22)	38 (76)	12 (24)	37 (74)	13 (26)	36 (72)	14 (28)
p-value	1.00		0.15		0.63		0.83		0.37		0.95		0.90	
Residential change after oil spill														
Not change	66 (91.7)	6 (8.3)	50 (69.4)	22 (30.6)	53 (73.6)	19 (26.4)	55 (76.4)	17 (23.6)	50 (69.4)	22 (30.6)	51 (70.8)	21 (29.2)	50 (69.4)	22 (30.6)
Outside area on beach	4 (100)	0 (0)	4 (100)	0 (0)	4 (100)	0 (0)	4 (100)	0 (0)	4 (100)	0 (0)	4 (100)	0 (0)	4 (100)	0 (0)
Other	4 (100)	0 (0)	4 (100)	0 (0)	4 (100)	0 (0)	4 (100)	0 (0)	4 (100)	0 (0)	4 (100)	0 (0)	4 (100)	0 (0)
p-value	0.70		0.18		0.25		0.30		0.19		0.21		0.19	
Type of activity after oil spill														
Possible activity In Home	32 (97)	1 (3)	27 (81.8)	6 (18.2)	30 (90.9)	3 (9.1)	28 (84.9)	5 (15.2)	28 (84.9)	5 (15.2)	28 (84.9)	5 (15.2)	27 (81.8)	6 (18.2)
Activity in Outside area but not activity on beach	30 (90.9)	3 (9.1)	23 (69.7)	10 (30.3)	22 (66.7)	11 (33.3)	25 (75.8)	8 (24.2)	24 (72.7)	9 (27.3)	22 (66.7)	11 (33.3)	23 (69.7)	10 (30.3)
Activity on the beach(include cleanup on beach)	10 (83.3)	2 (16.7)	7 (58.3)	5 (22.8)	7 (58.3)	5 (41.7)	9 (75)	3 (25)	5 (41.7)	7 (58.3)	8 (66.7)	4 (33.3)	6 (50)	6 (50)
p-value	0.29		0.25		0.02*		0.60		0.02*		0.19		0.10	
The effect of oil spill on health														
Yes	56 (91.8)	5 (8.2)	44 (72.1)	17 (27.9)	46 (75.4)	15 (24.6)	47 (77.1)	14 (23)	41 (67.2)	20 (32.8)	44 (72.1)	17 (27.9)	43 (70.5)	18 (29.5)
No	18 (94.7)	1 (5.3)	14 (73.7)	5 (26.3)	15 (79)	4 (21.1)	16 (84.2)	3 (15.8)	17 (89.5)	2 (10.5)	15 (79)	4 (21.1)	15 (79)	4 (21.1)
p-value	1.00		0.89		1.00		0.75		0.06		0.77		0.47	

*p<0.05, *p<0.01

선행연구에서 2.07 ppb [5]로 나타난 것보다 다소 높은 수치였지만 공단의 주거 지역들을 대상으로 관측한 연구(4.17 ppb) [10]나 서울시 환경대기에서 농도(8.99 ppb) [11]보다는 낮은 수준이었다.

태안지역의 허베이 스피리트호 기름유출에 따른 건강영향을 살펴보기 위해 인구 사회학적 특성과 대기오염 물질인 BTEX에 따른 신체증상 발현여부를 알아본 결과 대상자들은 허베이 스피리트호 유류유출 사고 이후 오염해안가에 가까운 지역에 거주하거나 방제활동 등 해변가에서 활동한 산모들에서 신체 자각증상율이 높은 것으로 나타났으며 대기 중 BTEX 농도에 대해서는 첫 1일에는 피부자극 증상이 누적 4일에서는 복부증상과 관련이 있는 것으로 나타났다. 해양 유류유출사고 중 건강영향 연구가 이루어진 사고 중 가장 오래된 것으로 알려진 1989년 4월 24일 알래스카의 프린스 윌리엄해협에서 발생한 엑손발레스(Exxon Valez)호 사건에서도 [9] 방제작업에 참여한 사람들에게서 피부염

(2%) 등이 주요 문제로 파악되었고 [12], 2003년 그리스 유조선 테스만 스피리트(Tasman Spirit)호 사고 [8]에서도 사고지점과 가까울수록 피부, 목, 눈 등의 자극증상과 두통 등이 유의하게 증가하는 것으로 나타났다. 또한, 2006년 8월 필리핀 선적의 솔라 1호(998 t)가 침몰하여 유류유출로 인해 인근 섬 지역의 주민들이 복통과 피부 질환을 호소한 것으로 보고되어 본 연구결과와 일치하는 경향을 보였다. 또한, 프랑스 지역 에리카(Erika)호 유류유출사고 [13]에 관한 연구에서는 일부 산모를 포함한 성인을 대상으로 휴일동안 사고지역 해변가에서 지냈을 경우 피부암 혹은 기형발생의 위험도가 매우 낮은 것으로 보고하였다. 그러나, 이러한 기존 연구들은 산모를 대상으로 연구가 수행된 것이 아니며, 노출 정도가 사고에 따라 차이가 있으므로 본 연구와 직접적인 비교를 하기에는 제한점이 있으며 노출에 의한 구체적인 영향의 정도에 대해서는 본 연구와 다른 결과를 나타낼 가능성이 있다.

한편, 기름유출 사고 외에도 휘발성유기화합물의 노출에 따른 산모의 좋지 못한 건강영향에 대한 연구 결과들이 제시되었다 [14-17]. 미국연구에서는 3일동안 공기 방향제에서 방출되는 휘발성유기화합물에 노출된 산모들이 비노출 산모보다 혈액에서 1,4-다이클로로벤젠 농도가 2~3배 높았고 [17], 스페인의 Avon longitudinal study of parents and children (ALSPAC) 코호트에서는 임신초기(임신 8주 이하) VOCs에 노출된 산모와 아기들의 37%가 좋지 못한 건강 증상들을 경험한 것으로 나타났다. 이에 기름유출과 같은 위험 물질 노출에 따른 건강영향은 더 큰 부정적 효과를 줄 가능성이 있다 [17].

기름유출 사고 발생 후 화학물질의 성분 중에 벤젠이나 톨루엔, 자일렌 등의 휘발성유기화합물들은 휘발성이 높아 쉽게 공기 중으로 날아가 인체에 유해한 영향을 주는 것으로 알려져 있으며 [18], 고농도 휘발성유기화합물을 흡입하게 되면 눈, 피부, 호흡기 점막의 자극 증상이 나타나

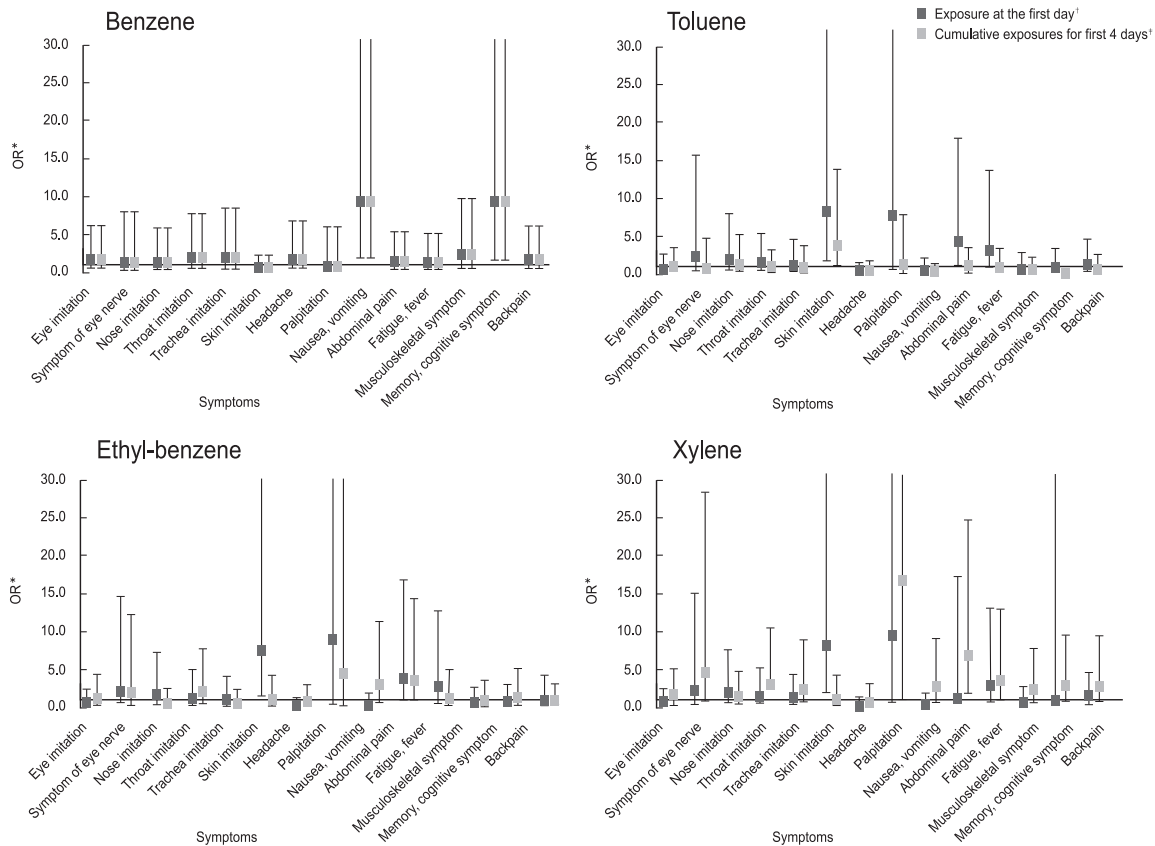


Figure 1. OR (CI) † of health effects according to exposure category for BTEX of Hebei Spirit oil spill area in KOREA.

* Odds ratio and 95% confidence interval (CI) of subjective symptoms in the pregnant women resided in area with high cumulative ambient concentration of volatile organic compounds referenced by those resided in area with low concentration of volatile organic compounds

† Exposure at the first day: The ambient cumulative levels of BTEX for the initial first day since the oil spill accident, Cumulative exposures for first 4 days: The ambient cumulative levels of BTEX for the initial 1st though 4th days since the oil spill accident

‡ Adjusted for confounding factors except for the targeted variable itself. The confounding factors involve maternal age, education, Type of activity after Oil spill and the effect of oil spill on health

기도 한다. 또한, 산모의 경우에는 휘발성 유기화합물에 노출될 경우 태아의 기형발생과 유산과 관련 있는 것으로 보고되고 있다 [19]. 이러한 발암물질은 면역저하를 일으키고 여러 가지 질환 위험을 증가시키고 피부질환을 일으키는 등 다양한 건강피해를 초래한다. 특히, 여자는 남자보다 체지방률이 크기 때문에 유기 용제 노출에 더욱 민감하며 [18] 산모의 경우에는 휘발성 유기화합물의 증가에 의해 태아의 건강 상태를 반영하는 체대혈 중 *interukin-4 (IL-4)* 생성 T세포 증가를 초래하고 이러한 면역계 대사반응 중에 *Th1-Th2* 불균형으로 인한 면역력 약화가 태아의 성장과 발달에 악영향을 준다는 보고도 있다 [20].

본 연구의 제한점은 단면 연구 설계 및 적은 연구 대상으로 인해 산모의 대기오염 노출에 따른 신체증상의 인과적 관련성을 제시하기는 어려운 측면이 있으며,

사고 2 달 후에 설문조사가 이루어져서 회상 바이어스 작용했을 가능성이 있다. 그러나 조사기간까지의 건강영향은 급성 건강영향으로 반영할 수 있으며, 심각한 건강영향을 가진 산모들이 아니므로 비뚤린 결론을 내릴 가능성은 적을 것이다. 또한, 사고 현장과의 거리에 따른 건강영향 결과에서도 주소를 통해서 외곽과 근교를 결정할 것이므로 회상바이어스의 오류는 비교적 적을 것으로 사료된다. 모델링의 검증은 위해서는 사고발생 초기의 모니터링 데이터가 커다란 도움을 줄 수 있으나, 허베이 스피릿호 사고 시 초기에 모니터링 된 자료가 없기에 모델링 결과에만 의존하여 노출량을 산정 해야만 했다. 그러나, 본 연구에서 적용한 환경 측정 모델링 추정방법은 물질마다 지역별로 노출의 강도를 예측할 수 있고 여러 환경 요인들의 상호관계를 고려하여 효과적으로 고려한

후 정량화 하였다는 장점을 가지고 있다. 적은 표본 수에도 불구하고 대기 중 휘발성 유기화합물 질 농도에 따른 산모의 신체증상에 관련성이 나타난 것은 상당한 공중보건학적 의의가 있다고 생각한다.

본 연구결과를 통해 사고 첫날 에틸벤젠, 톨루엔, *o*-크실렌, *m,p*-크실렌의 농도가 높은 지역에서 피부자극 증상의 호소율이 통계적으로 유의하게 증가하였고 누적 4일의 경우 에틸벤젠, *o*-크실렌, *m,p*-크실렌의 농도가 높은 지역에서 복부증상 호소율이 높게 나타났다. 이는 상대위험도에 서도 같은 결과를 나타내었다. 하지만 BTEX 농도의 경우 사고초기의 모니터링 결과가 없어 모델링의 결과에 의존하여 노출량을 산정한 제한이 있었다. 그러므로, 향후에는 유류유출사고 발생시 오염물질의 다양성과 노출경로를 파악하고 노출원에 따른 건강영향에 대한 지속적인

관찰을 하여 환경사고 발생 때 건강피해 최소화 등을 위한 현장조사, 응급조치, 종합대책 마련 절차 등에 관한 업무처리 표준절차가 필요하다. 이러한 필요성을 고려하여 현재 허베이 스피릿호 기름유출 사고가 발생한 후 태안 보건의료원, 지역 자치단체, 지역의 의료원 등과 협력체제를 갖춘 태안모자환경보건센터가 설립되었으며 이후에는 민감군인 산모와 영유아의 수를 충분히 확보하여 장기적인 노출 수준 및 건강영향을 평가하는 등 지속적인 관리가 이루어지는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

참고문헌

- Lee BK. The status management and policy direction of maritime pollution accident in Korea. In: *Proceedings of the Korean Society for Marine Environmental Engineering*; 2004 May 14-15; Gangneung, Daejeon: Korean Society for Marine Environmental Engineering; 2004. p.3-13. (Korean)
- Korea Coast Guard. *Haeyang Gyeongchalcheong Baekseo 2007*. Incheon: Korea Coast Guard; 2008. (Korean)
- Ministry of Maritime Affairs and Fishery. *Haeyang Gyeongchalcheong Baekseo*. Seoul: Ministry of Maritime Affairs and Fishery; 1997. (Korean)
- Taeon Coast Guard. *Data of Hebei Spirit oil spill*. (Report to data request 2008-013. 7-7-2008). Taeon: Department of Coast Protection, Taeon coast Guard. 2008. (Korean)
- Lee KH, Park SY, Ahn JW, Hong OF, Yim UH, Kim KH. A Study of air pollution due to oil spill accident at the Tae-Ahn peninsula, Korea 2007: A major focus on Hydrocarbon pollution. *Korean J Odor Res Eng* 2008; 7(2): 68-75. (Korean)
- Son YS. Health of residents in damaged areas by oil spill. In: *Taeon, Uribada Salligi, 2nd Seminar*; 2008 Feb 13; Taeon. Gongju: Chungnam Development Institute; 2008. p. 83-99. (Korean)
- Ha M, Lee WJ, Lee SM, Cheong HK. A literature review on health effect of exposure to oil spill. *J Prev Med Public Health* 2008; 41(5): 209-213. (Korean)
- 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.
- Rodriguez-Trigo G, Zock JP, Isidro Montes I. Health effects of exposure to oil spills. *Arch Bronconeumol* 2007; 43(11): 628-635. (Spanish)
- Kim KH, Ju DW, Choi YJ, Hong YJ, Jeon EC, Choi CR, et al. An on-line GC analysis of odorous VOC and S gas in ambient air from a residential area at Ansan city, Korea. *J Korean Soc Atmos Environ* 2006; 22(6): 929-939. (Korean)
- Choi YJ, Oh SI, Kim KH. Contineous Measurements of aromatic VOCs in a mid-eastern region of Seoul during winter 2002/2003. *J Korean Soc Atmos Environ* 2003; 19(5): 491-502. (Korean)
- Gorman RW, Berardinelli SP, Bender TR. *ExxonValdez Alaska Oil Spill* (HETA 89-200 and 89-273-2111) Cincinnati, OH: Hazard Evaluation and Technical Assistance Branch, NIOSH, US Department of Health and Human Services; 1991.
- Dor F, Bonnard R, Gourier-Frery C, Cicoella A, Dujardin R, Zmirou D. Health risk assessment after decontamination of the beaches polluted by the wrecked ERIKA tanker. *Risk Anal* 2003; 3(6): 1199-1208.
- The Ministry of Environment. *Mothers and Children ' s Health and Environment (MOCHE): A Multi-Center Longitudinal Study in Korea*. Seoul: The Ministry of Environment; 2006. (Korean)
- Casset A, De Blay F. Health effects of domestic volatile organic compounds. *Rev Mal Respir* 2008; 25(4): 475-485. (French)
- Esplugues A, Fernandez-Patier R, Aguilera I, Iniguez C, Garcia Dos Santos S, Aguirre Alfaro A, et al. Air pollutant exposure during pregnancy and fetal and early childhood development. Research protocol of the INMA (Childhood and Environment Project). *Gac Sanit* 2007; 21(2): 162-171. (Spanish)
- Farrow A, Taylor H, Northstone K, Golding J. Symptoms of mothers and infants related to total volatile organic compounds in household products. *Arch Environ Health* 2003; 58(10): 633-641.
- World Health Organization. *Air Quality Guidelines*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 1987.
- Lindbohm ML, Hemminki K, Bonhomme MG, Anttila A, Rantala K, Heikkila P, et al. Effects of paternal occupational exposure on spontaneous abortions. *Am J Public Health* 1991; 81(8): 1029-1033.
- Lehmann I, Thoelke A, Rehwagen M, Rolle-Kampczyk U, Schlink U, Schulz R, et al. The influence of maternal exposure to volatile organic compounds on the cytokine secretion profile of neonatal T cells. *Environ Toxicol* 2002; 17(3): 203-210.