

중소규모 조선소 인근 주거지역의 유해대기오염물질 농도에 대한 사례연구

정재우 · 이명은

진주산업대학교 환경공학과

(2008년 8월 11일 접수; 2009년 2월 13일 수정; 2009년 4월 20일 채택)

Case Study of Hazardous Air Pollutant Concentrations in Residential Areas nearby Small and Medium scale Shipbuilding Companies

Jae-Woo Chung and Myoung-Eun Lee

Department of Environmental Engineering, Jinju National University, Jinju 660-758, Korea
(Manuscript received 11 August, 2008; revised 13 February, 2009; accepted 20 April, 2009)

Abstract

We measured ambient concentrations of hazardous air pollutants such as volatile organic compounds (VOCs) and aldehydes in residential areas nearby small and medium scale shipbuilding companies. The VOC concentrations were higher during the normal operation periods than vacation at which almost all operations were shutdown. Concentrations of VOCs was higher, as the sampling site was nearer from shipbuilding companies. The major components of VOCs were m,p-xylene, ethylbenzene, o-xylene, toluene, and 1,3,5-trimethylbenzene which had been found as major VOC compounds emitted from painting processes of shipbuilding in the previous studies. The major components of aldehydes analyzed were benzaldehyde, acrolein, formaldehyde, and acetaldehyde. The concentration of aldehydes was highest at the furthest sampling point from shipbuilding companies because the formation of aldehyde compounds could be occurred by the secondary chemical reactions of VOCs. The results of this study shows a proper counterplan need to be established for the reduction of hazardous air pollutants emitted from small and medium scale shipping companies.

Key Words : Shipbuilding companies, Hazardous air pollutants, VOCs, Aldehydes

1. 서 론

조선산업은 관련 산업과의 연계성이 매우 높고 노동, 자본, 기술 집약적이며 수출 전략산업으로 국가 발전에 기여해 왔다. 우리나라는 3차의 계획에 걸쳐 이루어진 중공업 중심의 경제개발을 통해 조

선산업을 육성시켜 왔으며 그 결과 연간 선박수주 및 선박수리 부분에서 세계 정상 수준의 발주량을 기록하고 있다. 2006년 현재, 선박수주량을 기준으로 세계 5대 조선소는 전부 국내 조선소이며 세계 10대 조선소 중 7개 조선소가 국내 업체이다. 최근에 조선업이 호황국면을 맞아 향후 20년 정도의 활황이 예상되므로 대규모 조선업체들뿐만 아니라 중소기업도 조선업체들이 증가하고 있으며 지자체에서는 지역경제의 활성화를 위해 조선업체 유치를 적극적으로 추진하고 있는 상황이다. 국내의 조선업체들은

Corresponding Author : Jae-Woo Chung, Department of Environmental Engineering, Jinju National University, Jinju 660-758, Korea
Phone: +82-55-751-3348
E-mail: jwchung@jinju.ac.kr

자연적 조건과 사회·경제적 입지조건이 유리한 울산·경남 지역에 집중되어 있다. 거제지역을 중심으로 마산, 창원, 진해 지역과 통영지역은 조선산업의 입지조건이 뛰어나므로 몇몇 대규모 조선업체들과 더불어 다수의 중소규모 조선업체들 및 하청업체들이 위치하고 있다.

조선산업은 건조선박의 종류나 선박 재질이 다양하고 제조공정이 불연속적이며 선박 구성품위의 표준화가 잘 이루어져 있지 않은 상태이다¹⁾. 또한 생산공정 중 많은 부분이 야외에서 이루어지므로 체계적인 환경 모니터링 및 관리가 어렵다. 조선산업 집적지인 경남지역 조선소 주변 지역에서는 각종 환경민원이 강도 높게 유발되고 있으며 지속적으로 확산되고 있는 추세이다. 중소규모 조선업체들은 환경관리가 비교적 체계적으로 이루어지고 있는 대규모 업체들에 비해 주변지역에 미치는 환경영향이 클 것으로 평가되고 있다. 특히, 입지 선정 단계에서부터 주거지역과 일정한 거리를 유지하고 건설되는 대규모 조선소 및 신설 조선소들에 비해 소규모 선박수리업체에서 선박 건조 업체로 사업을 확대시켜 온 중소규모 조선소들은 제한된 부지내에서 시설의 확장을 추진하여 왔으므로 환경관리가 적절하게 이루어지지 않고 있는 실정이다.

선박 제조공정은 다양한 대기오염물질을 발생시킬 수 있다. 특히, 도장공정은 다량의 유기용제를 사용하므로 휘발성 유기화합물(VOCs, volatile organic compounds), 알데히드류, 악취 물질 등과 같은 다양한 유해 대기오염물질을 배출시킬 수 있다^{2,3)}. 거의 모든 도장작업이 야외에서 이루어지는 오래된 중소규모 조선소들은 주변지역에 큰 영향을 미칠 수 있다.

본 연구에서는 중소규모 조선업체들로 인해 발생하는 환경문제를 해결하고 효율적인 환경관리 방안을 마련하기 위한 기초 자료를 얻기 위해 조선소 입지 및 사업 조건을 고려하여 주변 지역에 미치는 영향이 클 것으로 예측되는 지역을 선정하여 조선소의 조업이 주변지역의 유해대기오염물질 농도에 미치는 영향을 평가하고자 하였다.

2. 자료 및 방법

2.1. 연구 대상 지역 및 시료채취 기간

본 연구의 대상지역 및 측정지점 선정은 경남지

역 조선업체 및 민원 현황, 입지조건 등을 검토하여 이루어졌다. 연구 대상지역의 선정에 있어 1) 조선산업의 특성상 다양한 하위 공정들의 영향을 종합적으로 고려할 수 있어야 하고 2) 대상 사업장의 입지조건상 환경영향의 잠재성이 크고 민원 유발이 높은 지역이며 3) 시료채취 및 연구수행의 편의성이 있는 지역을 선정하고자 하였다. 이러한 고려사항들과 제반 절차를 거쳐 본 연구의 대상지역 및 측정지점을 P시의 D동과 B동에 위치한 조선업체들과 주변 주거지역으로 선정하였다. 이 지역은 비교적 좁은 지역에 3개의 중형 조선소와 1개의 선박구성 부품 제조업체, 3개의 소규모 선박수리업체들이 밀집하여 있다. 또한 주거지역과 매우 근접하고 있으므로 주변지역에 미치는 환경영향이 클 것으로 예측되었으며 실제로 빈번한 민원이 유발되고 있는 상황이다. 연구대상 지역의 3개 조선소는 2007년 현재 수주량 기준으로 세계 100대 조선소에 포함되는 중형규모 조선소이다.

Fig. 1은 연구 대상지역 및 측정지점을 나타내고 있다. 시료 채취지점으로 A 조선소와 B 조선소의 경계면에 위치한 지점(SP-1), C 조선소 정문 앞의 지점(SP-2), 조선소들로부터 약 100~200 m 떨어진 지점(SP-3)의 3개 지점을 선정하였다. 모든 시료 채취지점은 주거지역내에 위치하고 있으며 SP-1 지점 및 SP-2 지점은 조선소 부지경계선과 2차선 및 1차선 도로를 사이에 두고 근접하여 있으므로 조선소 조업에 의해 직접적인 영향을 받을 것으로 예상되는 지점이다.

본 연구의 시료채취기간 및 측정항목을 Table 1에 나타내었다. 시료채취기간은 연구기간 중에 포함된 계절을 기준으로 여름철, 가을철, 겨울철로 구분하여 설정하였으며 조선소의 작업량이 현저히 줄어드는 여름철 휴가기간을 예비조사 기간으로 설정하여 계절별 측정결과와 비교하고자 하였다. 가을철 시료채취 기간은 당초에 계획된 날짜에 C 조선소가 파업을 하게 되어 가을철 시료채취 기간을 1회 추가하여 총 5회의 시료채취가 이루어졌다. 모든 시료채취기간 동안 휘발성유기화합물과 알데히드류의 채취 및 분석이 이루어졌다.

2.2. 시료채취 및 분석방법

본 연구에서 유해대기오염물질을 채취하고 분석

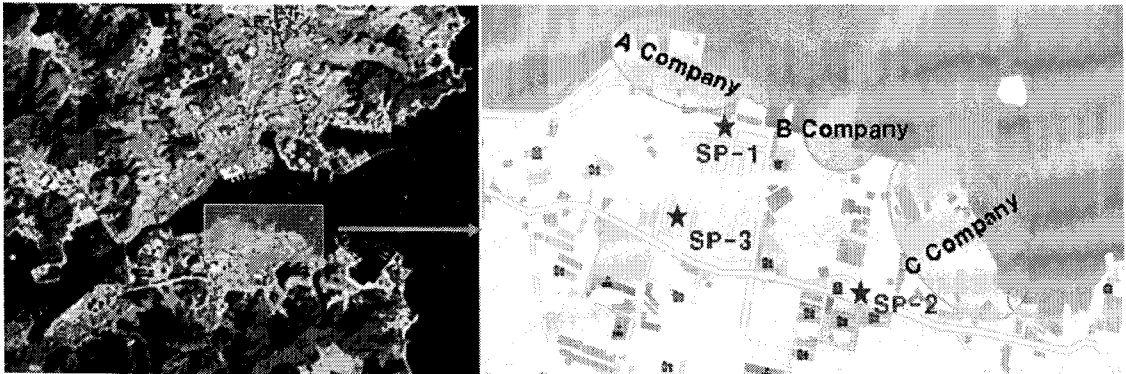


Fig. 1. Research area and measuring sites.

Table 1. Sampling periods and measurement items

Sampling		Measurement items		Note
		VOCs	Aldehydes	
1st	Aug. 3~4	○	○	Vacation periods
2nd	Aug. 22~23	○	○	
3rd	Oct. 11~12	○	○	C company was on strike
4th	Nov. 23	○	○	
5th	Dec. 17~18	○	○	

하기 위해 대기오염공정시험방법, 악취공정시험방법, 미국 EPA 분석방법의 원리와 특성에 준하는 방법을 이용하였다⁴⁻⁶⁾. 휘발성 유기화합물과 알데히드류를 채취하기 위해 고체흡착제를 사용하는 흡착튜브법을 사용하였다.

휘발성유기화합물을 채취하기 위해 Tenax TA를 미니핌프(Sibata, MP-Σ30)에 연결하여 0.1 LPM의 유속으로 2시간동안 공기시료를 채취하였으며 알데히드류 채취를 위해 2,4-DNPH(Dinitrophenylhydrazine) 카트리지(Supelco, USA)를 미니핌프(Casella, Alpex)에 연결하여 1 LPM의 유속으로 1시간 또는 2시간 동안 시료 공기를 채취하였다. Tenax TA는 물에 대한 친화력이 작아 수분으로 인한 영향이 적고 경제적인 장점이 있어 일반적으로 VOCs 분석에 많이 사용되는 방법이다⁷⁾. 시료채취는 3개 시료채취지점에서 오전, 오후, 저녁 시간대로 구분하여 3회씩 이루어졌다.

휘발성유기화합물 분석을 위해 자동열탈착 장치(ATD, Perkin Elmer)가 부착된 GC/MS(Gas Chroma-

tography-Mass Spectroscopy, Perkin Elmer, Clarus 500)를 사용하였다. 시료를 채취한 흡착튜브에 고순도 질소를 30 mL/min의 유속으로 10분간 흘려 -30°C의 저온농축관에 농축시킨 후 320°C에서 헬륨가스를 30 mL/min으로 흘리면서 열탈착시켜 GC로 주입시켰다. 가스크로마토그래피는 초기온도 40°C에서 5분간 등온조작한 후에 8°C/min으로 250°C까지 승온시켰으며 모세관칼럼을 사용하여 화합물을 분리하였다. 각 화합물의 정성 및 정량 분석은 검출시간 3분에서 23분 사이에 검출된 성분내 대해 질량분석계(MS)로 확인된 각 화합물별 정보와 표준가스의 검량선을 이용하여 수행하였다. 검량선 작성을 위해 휘발성유기화합물 표준물질로서 EPA Method TO-14에서 규정한 독성 VOCs 물질 43가지가 각각 100 ppb로 혼합되어 있는 표준가스를 사용하였다. 표준시료의 GC/MS 분석결과를 Fig. 2에 나타내었다.

알데히드류의 시료채취를 위해 2,4-DNPH (Dinitrophenylhydrazine) 유도체화 방법을 이용하였다. 이 방법은 카보닐화합물과 2,4-DNPH가 반응하여 형성된 DNPH 유도체를 아세토나이트릴 용매로 추출하여 고성능액체크로마토그래피(HPLC, High Performance Liquid Chromatography, Agilent 1100)로 분석하는 방법이다. 알데히드류의 포집시에 방해물질로 작용하는 오존의 영향을 제거하기 위해 카트리지 전단에 KI가 채워져있는 오존스크리버(Supelco, USA)를 부착하여 사용하였다^{8,9)}.

채취가 완료된 2,4-DNPH 카트리지는 5 mL의 HPLC-grade acetonitrile 용매를 약 1 mL/min의 느린 속도로 흘리면서 추출하여 역상칼럼(C18, 4.6 μm

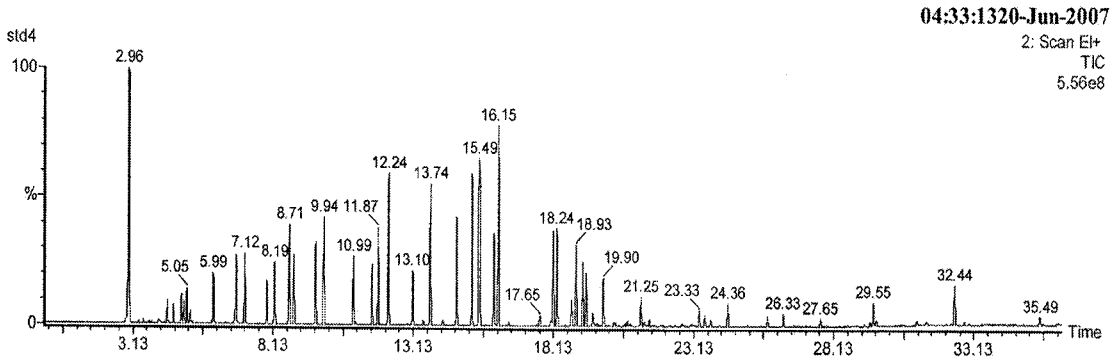


Fig. 2. Gas chromatogram of standard sample (TO-14).

×250 mm)이 장착된 HPLC에 주입시켰다. 이동상으로는 acetonitrile(이동상 A)과 증류수, acetonitrile, tetrahydrofuran의 혼합용액(이동상 B)을 사용하였다. 알데히드류의 정량을 위해 표준물질로서 14가지 알데히드류가 1 ppm의 농도로 혼합되어 있는 표준시료(Supelco)를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 휘발성유기화합물 농도 특성

연구기간동안 채취한 시료에 포함된 43가지 휘발성유기화합물을 분석한 결과, 조선소 휴가기간인 1차 조사기간에 비해 조업이 이루어진 2~5차 조사기간의 농도가 높은 것으로 나타나 사업장 주변지역의 VOCs 농도가 조선소 조업의 영향을 받는 것으로 나타났다. 1차 조사기간의 VOCs 평균농도 합은 SP-1 지점 3.21 ppb, SP-2 지점 10.05 ppb, SP-3 지점 7.34 ppb로 2~5차 기간의 평균값 SP-1 지점 92.54 ppb, SP-2 지점 38.33 ppb, SP-3 지점 26.98 ppb보다 낮은 것으로 관찰되었다.

조선소 조업이 이루어진 2~5차 조사기간에 측정된 시료채취 지점별 휘발성유기화합물 평균농도를 Table 2와 Fig. 3에 나타내었다. 측정지점별로 분석된 VOCs 물질의 양은 SP-1 지점, SP-2 지점, SP-3 지점의 순으로 나타나 사업장과 거리가 가까울수록 VOCs 농도가 높은 것으로 관찰되었다.

개별 휘발성유기화합물 성분별 분석값을 살펴보면, 모든 측정지점에서 m,p-Xylene, Ethylbenzene, o-Xylene, Toluene, 1,3,5-Trimethylbenzene이 높은 조성비를 가지는 것으로 나타났다. 측정지점별 조성비를

보면, SP-1 지점은 m,p-Xylene (29.7%), Ethylbenzene (24.4%), o-Xylene (14.7%), Toluene (6.84%), 1,3,5-Trimethylbenzene (6.46%)의 순으로 나타났으며 SP-2 지점은 m,p-Xylene (20.8%), 1,3,5-Trimethylbenzene (17.0%), Toluene (13.0%), Ethylbenzene (12.4%), o-Xylene (9.4%), SP-3 지점은 m,p-Xylene (30.0%), Ethylbenzene (18.7%), o-Xylene (12.6%), 1,3,5-Trimethylbenzene (8.8%), Toluene (8.5%)의 순이었다. 이러한 조성은 주요 발생원이 자동차인 대도시 지역이나 산업단지에서 배출되는 조성과는 다소 차이를 보이고 있다¹⁰⁻¹²⁾. 대규모 조선소 주변지역의 환경실태 조사를 수행한 연구에 따르면 조선소 옥내 도장시설 내부에서 분석되는 주요 휘발성유기화합물 성분은 m,p-Xylene, o-Xylene, Toluene, Ethylbenzene 등이며 기타 주요 성분은 1,2,4-Trimethylbenzene, 1,3,5-Trimethylbenzene, 4-Etyltoluene 등이다²⁾. 따라서 본 연구의 측정지점별 휘발성유기화합물의 조성을 고려할 때 연구대상 사업장 주변지역이 사업장의 도장작업에 의해 영향을 받고 있다고 추정할 수 있다.

측정지점별로 높은 조성비를 가지는 5개 휘발성유기화합물(toluene, ethylbenzene, m,p-xylene, o-xylene, 1,3,5-trimethylbenzene) 평균농도를 비교하여 Fig. 4에 나타내었다. 거의 모든 성분이 SP-1 지점, SP-2 지점, SP-3 지점의 순으로 높은 농도를 가지는 것으로 나타났으며 지점별 5개 성분 농도의 합은 지점별로 61.26 ppb, 23.75 ppb, 17.35 ppb로 나타났다.

현재까지 대규모 조선소 주변의 휘발성유기화합물 농도를 측정된 소수의 선행 연구들이 수행된 바

Table 2. Comparison of average concentration and composition of volatile organic compounds of sampling sites

VOC	Sampling site					
	SP-1		SP-2		SP-3	
	Conc. (ppb)	Composition (%)	Conc. (ppb)	Composition (%)	Conc. (ppb)	Composition (%)
1,2-Dichloroethane	1.7295	1.87	2.0228	5.28	0.2240	0.83
1,1,1-Trichloroethane	0.1513	0.16	0.1610	0.42	0.1590	0.94
Benzene	1.9470	2.10	2.0615	5.38	1.1713	4.34
Carbon tetrachloride	0.3228	0.35	0.3683	0.96	0.3340	1.24
1,2-Dichloropropene	0.1063	0.11	0.1463	0.38	ND	0.00
Trichloroethylene	0.1770	0.19	0.0745	0.19	0.1533	0.57
Toluene	6.3310	6.84	4.9478	12.91	2.3467	8.70
Tetrachloroethylene	2.6793	2.90	0.2465	0.64	0.9120	3.38
Chlorobenzene	0.2703	0.29	0.3803	0.99	ND	0.00
Ethylbenzene	22.6575	24.48	4.8633	12.69	5.3250	19.74
m,p-Xylene	27.6585	29.89	8.1045	21.15	8.6127	31.93
Styrene	5.2925	5.72	2.6158	6.82	0.7770	2.88
o-Xylene	13.5675	14.66	3.6303	9.47	3.5240	13.06
1,3,5-Trimethylbenzene	6.0300	6.52	6.6893	17.45	2.2427	8.31
1,2,4-Trimethylbenzene	3.6235	3.92	2.0155	5.26	1.1960	4.43
Total	92.5438	100	38.3273	100	26.9777	100

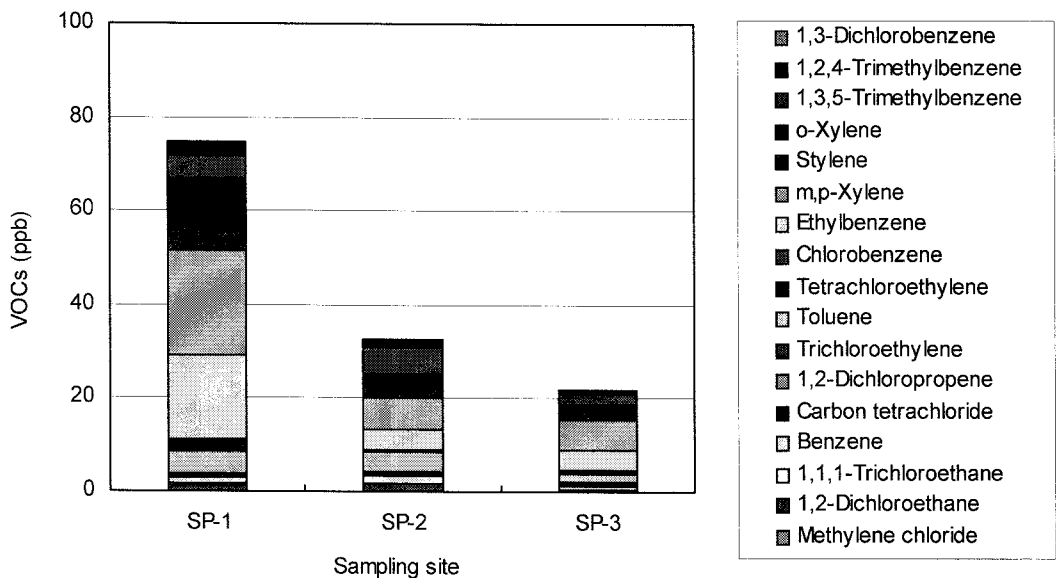


Fig. 3. Average concentrations of volatile organic compounds of sampling sites.

있다. 박정호에 의해 수행된 대규모 조선소 주변지역에서 측정된 5개 성분 농도의 합은 조선소 내부

27.93 ppb, 주변 주거지역 11.07~14.54 ppb, 녹색지역, 3.41~8.97 ppb이었다²⁾. 또한 주요 조선소 주변

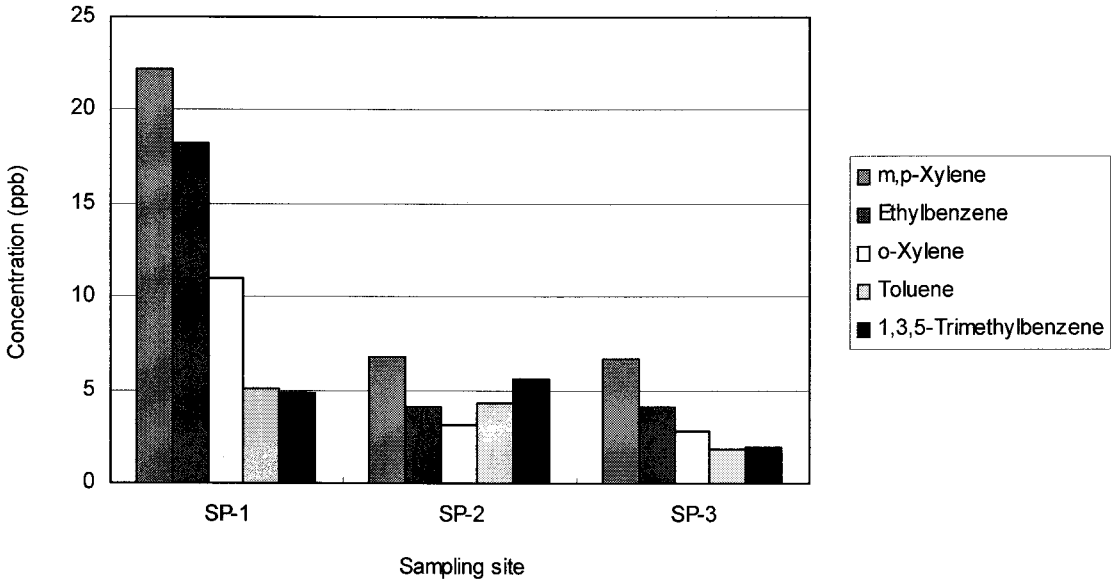


Fig. 4. Major VOC concentrations of sampling sites.

의 휘발성유기화합물 조사를 수행한 연구에 따르면 S 조선 17.98 ppm, H 중공업 87.22 ppb, S 중공업 33.74 ppb로 측정된바 있다³⁾.

시간의 경과에 따른 민원 증가 현상 및 그로 인한 규제 강화, 환경관리 시스템의 발전 등을 고려할 때, 본 연구에서 얻어진 결과를 선행연구들과 비교함에 있어서 박정호에 의해 이루어진 연구와 비교하여 분석하는 것이 타당할 것으로 판단된다. 본 연구의 시료채취 지점에서 측정된 VOC 성분의 농도가 대규모 조선소 사업장 주변에서 측정된 농도보다 높은 것으로 나타났으며 특히 SP-1 지점의 농도는 대규모 조선소 사업장 내부에서 측정된 농도보다 2배 이상의 값을 가지는 것으로 나타났다. 이러한 비교로부터 환경관리가 비교적 적절하게 이루어지고 있는 대규모 조선소에 비해 중·소규모 조선소들은 적절한 환경관리가 이루어지지 않으므로 주변지역에 상대적으로 큰 영향을 미치고 있음을 추정할 수 있다.

Fig. 5는 조선소 조업이 이루어진 2~5차 조사기간의 지점별 총휘발성유기화합물(TVOCs) 평균농도를 최대 및 최소 농도와 함께 나타낸 결과이다. 지점별 평균농도는 SP-1 지점(187.4 ppb), SP-2 지점(53.8 ppb), SP-3 지점(51.5 ppb)의 순으로 나타났다. SP-1

지점의 경우에는 최대농도가 417.5 ppb로 평균농도의 2.2배에 달해 작업종류에 따른 TVOCs 농도의 변동폭이 매우 큰 것으로 나타났다. 연구대상 지역에 있는 사업장들은 중규모 조선소로서 도장작업의 많은 부분이 야외에서 이루어지고 있으며 대형 선박의 조립 후에 이루어지는 마무리 도장 작업은 야외에서 이루어지고 있다. 선박 제조 작업은 불연속적이며 일별 작업 종류의 차이가 크다. 따라서 작업의 종류에 따라서 발생하는 오염물질의 종류 및 양이 다르며 주변 지역에 미치는 영향의 차이가 발생한다. 선박제조 과정에서 휘발성유기화합물은 다량의 유기용제를 사용하는 도장작업에서 주로 발생하게 되므로 주변지역의 VOC 농도는 도장작업이 이루어지는지의 여부와 도장작업량에 의해 영향을 받게 된다. 본 연구에서 얻어진 TVOCs 농도의 큰 변동폭은 이러한 선박제조 작업의 특성과 관련되어 나타난 것으로 판단된다.

3.2. 알데히드류 농도 특성

Table 3은 사업장의 정상조업이 이루어진 2~5차 기간동안에 분석된 알데히드류의 평균 농도와 조성비를 나타내고 있다. 모든 측정지점에서 benzaldehyde, acrolein, formaldehyde, acetaldehyde가 상대적

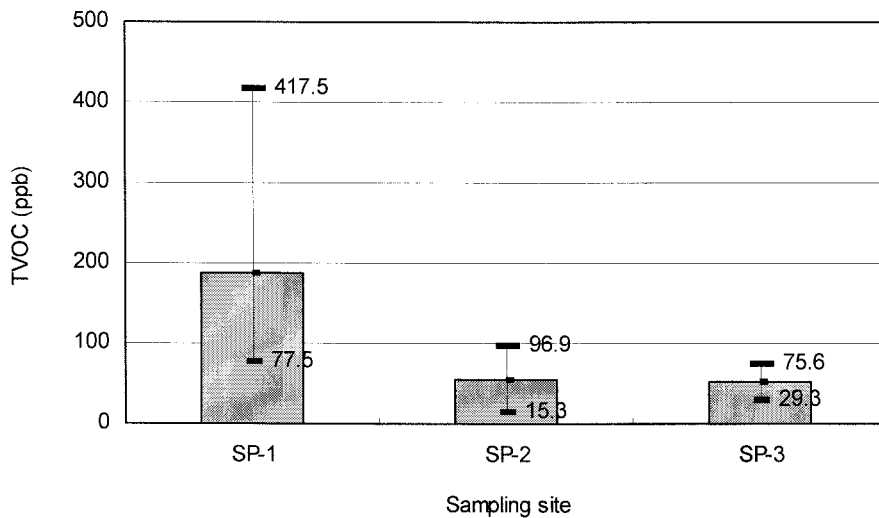


Fig. 5. Concentrations of total volatile organic compounds for sampling sites.

Table 3. Comparison of average concentration and composition of aldehydes

Aldehydes	Sampling site					
	SP-1		SP-2		SP-3	
	Conc. (ppb)	Composition (%)	Conc. (ppb)	Composition (%)	Conc. (ppb)	Composition (%)
Formaldehyde	0.4618	14.95	0.3793	12.58	0.3603	9.59
Acetaldehyde	0.2215	7.17	0.3075	10.20	0.2630	7.00
Acrolein	0.7313	23.68	0.7293	24.18	0.6540	17.41
Acetone	0.0010	0.03	0.0275	0.91	0.0957	2.55
Propionaldehyde	0.1438	4.66	0.1433	4.75	0.1643	4.38
Crotonaldehyde	0.0368	1.19	ND	0.00	0.0000	0.00
Butyraldehyde	0.1458	4.72	0.0573	1.90	0.1907	5.08
Benzaldehyde	1.2780	41.39	1.3678	45.35	2.0213	53.82
iso-Valeraldehyde	0.0000	0.00	0.0035	0.12	0.0010	0.03
n-Valeraldehyde	0.0023	0.07	0.0000	0.00	0.0000	0.00
o-Tolualdehyde	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00
m,p-Tolualdehyde	0.0653	2.11	0.0000	0.00	0.0000	0.00
Hexaldehyde	0.0000	0.00	0.0003	0.01	0.0000	0.00
2,5-Dimethylbenzaldehyde	0.0008	0.02	0.0003	0.01	0.0053	0.14
Total	3.0880	100	3.0158	100	3.7557	100

으로 높은 조성비를 가지는 것으로 나타났다. SP-1 지점의 경우에는 benzaldehyde(41.5%), acrolein(21.2%), formaldehyde(18.4%), acetaldehyde(7.3%)의 순으로 나타났으며 SP-2 지점은 동일한 순서로 각 물질별

조성비가 45.1%, 21.9%, 15.0%, 9.7%로 나타났다. SP-3 지점은 benzaldehyde(45.7%), acrolein(16.1%), acetaldehyde(13.0%), formaldehyde(12.9%),의 순이었다. 분석된 알데히드류의 평균농도를 합산하여 Fig.

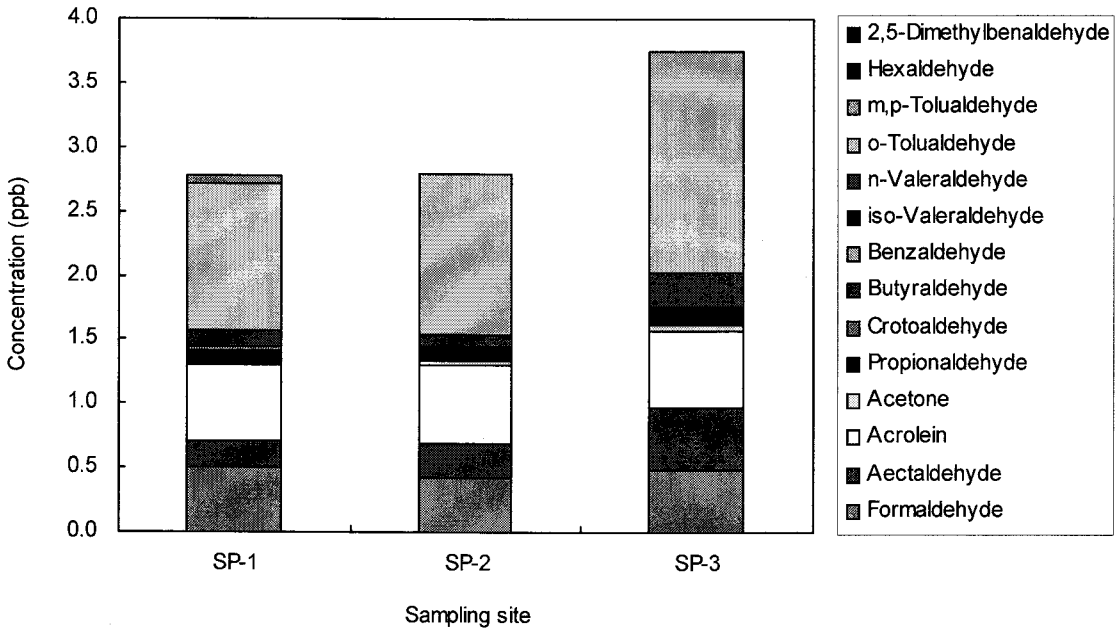


Fig. 6. Comparison of aldehyde concentrations for sampling sites.

6에 나타내었다. 조선소에 가까이 위치한 SP-1 지점 및 SP-2 지점보다 조선소로부터 일정한 거리가 떨어진 SP-3 지점의 농도가 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 명확하지는 않지만 알데히드류가 다양한 휘발성유기화합물의 화학반응에 의해서 생성되기 때문에 얻어진 결과로 추정된다. 알데히드류의 발생은 연료의 불완전 연소 등과 같이 발생원에서 직접 발생하는 1차 발생과 대기 중에서 광화학반응을 통해 발생하는 2차 발생으로 구분할 수 있다¹³⁾. 수도권 지역에서 두 가지 알데히드류의 발생원별 기여율을 산정한 결과 2차/1차 발생원의 기여가 1.1~2.4로 나타나 알데히드류의 발생에 2차 발생원이 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다.

사업장에서 가장 먼 거리에 있는 SP-3 지점의 경우에 주거지역에 위치하고 자동차의 운행이 이루어지는 도로와 떨어져 있으며 주위에 특별한 배출원이 없음을 고려할 때, 사업장에서 배출된 휘발성유기화합물의 화학반응에 의한 2차 발생에 의해 생성되는 것으로 판단된다. 즉, 휘발성유기화합물의 주요 배출원인 도장공정이 매우 불연속적으로 이루어지며 화학반응에 의한 알데히드류의 생성 메커니즘을 고려할 때, 시료채취 지점별 휘발성유기화합물

농도 분포와는 다르게 나타나는 알데히드류 농도 특성을 설명할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 중소규모 조선업체들의 효과적인 환경관리 방안을 마련하기 위한 기초 자료를 얻기 위해 조선소의 인근 주거지역의 유해대기오염물질 농도 특성을 평가하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 조선소 휴가기간에 비해 조업이 이루어진 기간에 휘발성유기화합물 농도가 높은 것으로 나타나 조선 사업장 주변지역의 VOCs 농도가 조선소 조업의 영향을 받으며 시료채취 지점별 VOCs농도는 사업장과 거리가 가까울수록 높은 것으로 나타났다.
- 2) 시료채취 지점에서 분석된 휘발성유기화합물의 주성분은 조선소 옥내 도장시설에서 측정되는 주성분인 m,p-Xylene, Ethylbenzene, o-Xylene, Toluene, 1,3,5-Trimethylbenzene 등이었다. 따라서 연구대상 지역이 조선소에서 이루어지는 도장작업으로 인해 영향을 받고 있음을 알 수 있었다.
- 3) 총휘발성유기화합물 평균 농도는 사업장과 거

리가 가까울수록 높은 농도를 가지는 것으로 나타났으며 선박제조 작업은 불연속적이며 일별 작업종류의 차이가 크므로 시료채취 기간별 농도 변화의 폭이 매우 큰 것으로 나타났다.

4) 조선소의 정상조업이 이루어질 때 모든 시료채취 지점에서 benzaldehyde, acrolein, formaldehyde, acetaldehyde가 상대적으로 높은 조성비를 가지는 것으로 나타났다. 알데히드류는 사업장에서 배출된 휘발성유기화합물의 화학반응에 발생되므로 조선소와 가까운 지점들보다 조선소로부터 일정한 거리가 떨어진 지점의 농도가 높은 것으로 나타났다.

5) 본 연구에서 얻어진 휘발성유기화합물 및 알데히드류 측정 결과들은 사업장 주변 지역의 유해대기오염물질 농도가 조선소 조업의 영향을 받고 있음을 나타낸다. 중·소규모 조선소는 대규모 조선소에 비해 적절한 환경관리가 이루어지지 않으므로 주변 지역에 상대적으로 큰 영향을 미칠 수 있으며 도장작업에서 발생하는 휘발성유기화합물을 저감시키기 위한 대책을 수립할 필요가 있음을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 경남지역환경기술개발센터의 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다. 또한, 오염물질 분석은 진주산업대학교 공기질센터의 협조를 받아 수행되었습니다.

참고 문헌

1) 우연섭, 2003, 조선산업 생산네트워크의 공간 특성에 관한 연구: 삼성중공업 거제조선소를 사례로,

한국경제지리학회지, 6(1), 99-117.

2) 박정호, 2006, 거제지역 대규모 선박건조공정의 도장시설 등에서 발생하는 대기오염물질 실태 조사와 저감방향 설정, 경남지역환경기술개발센터.
 3) 낙동강유역환경청, 2004, 조선소 주변 휘발성유기화합물질 조사.
 4) USEPA, 1997, Compendium Method TO-14A Determination of Volatile Organic Compounds (VOCs) in Ambient Air Using Specially Prepared Canisters with Subsequent Analysis by Gas Chromatography, Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air, 2nd ed., EPA/625/R-96/010b.
 5) 국립환경연구원, 2006, 대기오염공정시험방법.
 6) 국립환경연구원, 2005, 악취공정시험방법.
 7) 백성욱, 1996, 환경대기중 휘발성유기화합물의 포집과 분석방법, 한국대기환경학회지, 12(1), 1-13.
 8) 이민도, 이상욱, 임용재, 김영미, 김소영, 문광주, 한진석, 정일록, 2006, 대기 중 휘발성유기화합물질 및 알데하이드류의 분석 신뢰도 향상에 관한 고찰, 한국대기환경학회지, 2(4), 468-476.
 9) 한진석, 이민도, 임용재, 이상욱, 김영미, 공주부, 안준영, 홍유덕, 2006, 수도권 지역에서 환경대기중 유해대기오염물질(VOCs, Aldehydes, PAHs) 농도분포 특성 연구, 한국대기 환경학회지, 22(5), 574-589.
 10) 구민정, 최성우, 2005, 대구지역 대기 중 VOCs 농도 및 발생원 특성, 한국환경과학회지, 14(6), 543-553.
 11) 안상영, 최성우, 2005, 대구성서산업단지 발생원부지경계 대기 중 휘발성유기화합물의 농도 수준, 한국환경과학회지, 14(1), 53-60.
 12) 나광삼, 김용표, 김영성, 1998, 서울 대기 중에서 C₂~C₉ 휘발성 유기화합물의 농도, 한국대기 환경학회지, 14(2), 95-105.
 13) 여현구, 조기철, 임철수, 최민규, 선우영, 2002, 수도권 지역에서 포름알데히드와 아세트알데히드의 계절별 발생원 특성, 한국대기환경학회지, 18(1), 11-23.