

## 중·소규모 조선소 조업이 주요 민원 유발성 환경오염에 미치는 영향

정재우<sup>†</sup> · 이명은

국립진주산업대학교 환경공학과

(2008년 8월 18일 접수, 2008년 9월 29일 채택)

### Effect of Medium and Small Scale Shipyard Operations on Environmental Pollutions Related with Civil Appeal

Jae-Woo Chung<sup>†</sup> · Myoung-Eun Lee

Department of Environmental Engineering, Jinju National University

**ABSTRACT :** The effect of small and medium scale shipyard operations on environmental pollutions related with civil appeal of nearby residential areas was estimated. PM-10(particles with an aerodynamic diameter less than or equal to 10  $\mu\text{m}$ ) concentrations were higher, as the sampling sites were nearer from shipyards. PM-10 concentrations of sampling sites closer to shipbuilding companies were higher during the normal operation periods than on vacation at which only small works were done. The larger amount of dry deposition was observed as the sampling sites were closer to shipyards. The odor intensity was highly influenced by ambient temperature. Almost all odor intensities measured by air dilution sensory test went over the emission standard in summer. Odor properties measured by instrumental analysis were observed to exceed the emission standard enforced to the shipyards. Odor compounds such as ammonia, sulfur compounds and trimethylamine went over the standard. Concentrations of styrene and aldehydes were lower than the olfactory threshold. All equivalent sound levels measured at daytime except the value of SP-3 pont were in excess of the environmental standard. Almost all sound levels at nighttime in all measuring sites were higher than the environmental standard. The results of this study shows counter-plans need to be established for reducing the civil appeal related pollutions in the research areas.

**Key Words :** Shipyard Operations, Civil Appeal, Particulate Matters, Odor, Noise

**요약 :** 중소규모 조선소 주변지역의 입자상 물질, 악취, 소음과 같은 주요 민원 유발성 환경오염 특성을 평가하였다. 측정지점별 미세먼지 농도는 조선소와 근접해있는 측정지점이 조선소로부터 일정한 거리가 떨어진 지점보다 높은 것으로 나타났다. 조선소와 인접한 측정지점에서는 조선소의 조업이 이루어질 때의 평균농도가 휴가기간의 농도보다 높은 농도를 가지는 것으로 관찰되었다. 건성침착량은 조선 사업장에서 이루어지는 작업의 종류에 영향을 받으며 사업장과 가까울수록 증가하는 것으로 나타났다. 공기희석관능법에 의한 악취도는 여름철에 높은 것으로 나타나 기온의 영향을 크게 받는 것으로 관찰되었다. 지정악취물질은 모든 측정지점에서 배출허용기준보다 높은 농도를 가지는 악취성분이 존재하였다. 배출허용기준치보다 높은 값을 가지는 화합물은 암모니아, 황화합물, 메틸아민이었으며 알데히드류와 스티렌의 농도는 최소감지값보다 적은 미량인 것으로 나타났다. 측정지점별 주간 소음도는 조선소로부터 일정한 거리가 떨어진 지점은 환경기준치보다 낮은 것으로 나타났으나 조선소와 인접한 지점들에서는 모든 조사기간의 소음도가 환경기준치를 초과하는 것으로 나타났다. 야간 소음도는 3차 조사기간을 제외하면 모든 측정지점에서 환경기준치보다 높은 것으로 나타났다. 본 연구의 결과들은 조선소 조업이 사업장 주변지역의 민원유발 환경오염에 영향을 미치며 적절한 대책을 수립할 필요가 있음을 보여준다.

**주제어 :** 조선소, 민원 유발성 환경오염, 입자상물질, 악취, 소음

## 1. 서론

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 조선산업을 육성시켜 왔으며 그 결과 연간 선박수주 및 선박수리 부분에서 세계 정상 수준의 주량을 기록하고 있다. 국내의 조선업체들은 자연적 조건

과 사회·경제적 입지조건이 유리한 울산·경남 지역에 집중되어 있다.

조선산업은 건조선박의 종류나 선박 체질이 다양하고 제조공정이 불연속적이며 선박 구성품위의 표준화가 잘 이루어져 있지 않은 상태이다.<sup>1)</sup> 특히 수출을 목적으로 대형선박을 건조하는 조선산업은 주문생산형태로 국제선급협회에서 규정하는 부품을 사용하며 수주에서 선박인도까지 다단계의 복잡한 건조과정을 거치며 각 과정에 참여하는 외부업체가 많다. 이러한 특성으로 인해 다양한 지역 환경문제들을 유발시켜왔다. 조선산업은 생산과정 중 많은 부분이 야외에서 이루어지며 많은 수의 하청업체들이 연관되

<sup>†</sup> Corresponding author

E-mail: jwchung@jinju.ac.kr

Tel: 055-751-3348

Fax: 055-751-3484

어 있으므로 체계적인 환경오염 모니터링 및 관리가 어렵다. 조선산업의 집적지인 경남지역 조선소 주변지역에서는 각종 환경민원이 강도 높게 유발되고 있으며 지속적으로 확산될 조짐을 보이고 있다. 경남지역 조선관련 업체들로 인해 유발된 환경 민원을 분석한 결과에 의하면, 매년 민원 발생 건수가 증가하여 왔으며 2005년부터 2007년 8월까지 발생한 민원건수는 234건이었으며 원인별로 소음(65.0%), 비산먼지(32.1%), 악취, 기타의 순이었다.<sup>2)</sup>

조선산업으로부터 발생하는 환경오염 및 민원은 대규모 업체들에 비해 중소기업체에 의해 더 많이 유발되는 것으로 평가되고 있다. 대규모 업체들은 중소기업체에 비해 비교적 환경관리가 체계적으로 이루어지고 있으며 입지선정 단계에서부터 주거지역과 일정한 거리를 유지하고 건설되었으므로 주변지역에 미치는 환경영향이 상대적으로 적다.<sup>3)</sup> 중소기업 조선소들은 소규모 선박수리업체로 시작하여 조선업의 활황에 힘입어 선박건조 업체로 사업을 확대시켜온 경우가 많으므로 주거지역과 근접하여 입지하고 있으며 체계적인 환경관리가 이루어지지 않는 경우가 많다. 따라서 주변지역에 미치는 환경영향이 크며 강도 높은 민원을 유발하고 있는 상황이다.

조선업체로 인해 유발되는 환경문제를 해결하기 위해서는 조선소 주변의 환경문제에 대한 정확한 자료 조사와 이들 환경문제에 미치는 조선소 조업의 영향에 대한 규명이 필요하다. 현재까지 일부 연구자들에 의해 연안 환경에 미치는 산업체 및 육지 오염에 대한 측정 및 모델링 연구들은 이루어진 바 있으나<sup>4,5)</sup> 조선소 주변의 환경문제에 관한 연구결과는 거의 발표되지 않은 상태이다.

따라서, 본 연구에서는 중소기업체들로 인해 발생하는 주요 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 조선소 주변지역의 민원 유발성 환경오염 특성을 평가하고자 하였다.

## 2. 연구 방법

### 2.1. 연구 대상지역 및 측정 항목

본 연구의 대상지역으로 P시 D동 및 B동에 위치한 조선업체들 주변 주거지역을 선정하였다(Fig. 1). 이 지역은 비교적 좁은 지역에 3개의 중형 조선소, 1개의 선박수리 부품 제조업체, 3개의 소규모 선박수리업체들이 주거지역과 매우 근접하여 위치하고 있으므로 주변지역에 미치는 환경영향이 클 것으로 예상되며 실제로 빈번한 민원이 유발되는 지역이다. 현재 소규모 선박수리업체들은 어업의 침체로 인해 작업량이 많지 않은 상태이며 선박블럭제조업체는 같은 지역에 있는 조선소로 생산품을 전량 납품하고 있으므로 주 대상사업장은 3개의 중형조선소라 할 수 있다. 연구대상 지역의 3개 조선소들은 2007년 현재 수주량 기준으로 세계 100대 조선소에 포함되는 중형규모 조



Fig. 1. Research area and measuring sites.

선소들이다. 측정지점으로 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 측정지점은 주거지역내에 위치하고 있으며 SP-1 지점 및 SP-2 지점은 조선소 부지경계선과 2차선 및 1차선 도로를 사이에 두고 근접하고 있으므로 조선소 조업에 의해 직접적인 영향을 받을 것으로 예측되는 지점이다.

본 연구의 조사기간 및 측정항목을 Table 1에 나타내었다. 연구기간 중에 포함된 계절을 기준으로 여름철, 가을철, 겨울철로 구분하여 조사기간을 설정하였으며 조선소의 작업량이 현저히 줄어드는 여름철 휴가기간을 예비조사 기간으로 설정하여 계절별 측정결과와 비교하고자 하였다. 가을철 조사 기간은 당초에 계획된 날짜에 C 조선소가 파업을 하게 되어 1회 추가하여 총 5회의 측정이 이루어졌다. 측정항목으로 환경민원과 관련이 높은 입자상 물질, 악취 및 소음을 선정하였다. 입자상 물질 측정항목은 미세먼지(PM-10)와 건성침착량<sup>6)</sup>으로 하였으며 이중 환경민원과 직접적인 관련이 있는 항목은 건성침착량이다. 여름철에 이루어진 건성침착물 측정은 짧은 시간동안 내린 강우나 폭염 등의 영향으로 신뢰할만한 결과를 얻을 수 없었다. 악취 측정의 경우에 연구대상 지역이 바닷가에 위치하므로 사업장으로부터 유발되는 악취성분뿐만 아니라 바다의 고유한 냄새의 영향을 받으므로 당초에 계획된 공기희석관능법외에 기기분석에 의한 지정악취물질 분석을 추가하였다.

Table 1. Sampling periods and measurement items

#	Date	Measurement items					Note
		Particulates		Odor		Noise	
		PM-10	DD	ADS	IA	Leq	
1 <sup>st</sup>	Aug. 3~4	○	-	○	-	○	Vacation
2 <sup>nd</sup>	Aug. 22~23	○	-	○	○	○	
3 <sup>rd</sup>	Oct. 11~12	○	○	○	○	○	C company was on strike
4 <sup>th</sup>	Nov. 23	○	-	○	○	○	
5 <sup>th</sup>	Dec. 17~18	○	○	○	○	○	

DD : dry deposition, ADS : air dilution sensory test, IA : instrumental analysis, Leq : equivalent sound level

2.2. 시료채취 및 분석방법

2.2.1. 미세먼지(PM-10) 및 건성침착량

미세먼지 농도를 측정하기 위해 차단 직경(cut-off size)이 10 μm인 사이클론 채취기(URG, Co.)를 사용하였다. 직경 47 mm의 석영섬유제 여과지를 장착하여 16.7 LPM의 유속으로 공기를 흡입하였다. 시료채취시 정확한 흡인유량을 측정하기 위해 순간유량계(Dwyer)와 적산유량계(Tokyo Sinagawa Corp., DC-2A: WZIT G2.5)를 사용하였다. 건성 침착량을 측정하기 위해 마이이라필름(myler film)에 그리스(L-Apezion)를 코팅한 대체표면을 이용하여 시료채취 지점에 일정시간 방치한 후에 침착된 양을 칭량하였다. 이러한 채취방법은 채취된 입자의 재비산을 최소화할 수 있는 방법으로 알려져 있다.<sup>7)</sup> 시료채취는 그리스가 코팅된 마이이라필름을 포집접시인 플라스틱 패트리디쉬(직경 90 mm)에 편으로 고정시켜 지표면으로부터 약 1.5 m의 높이에서 수행하였으며 사업장으로부터 발생하는 먼지를 채취하기 위해 사업장 방향으로 15~20°의 각도를 주어 설치하였다. 채취된 시료는 실험실로 옮겨 24시간 동안 데시케이트에 방치한 후에 0.01 mg까지 칭량 가능한 마이크로발란스(Mettler Toledo Ltd., AT21)를 사용하여 칭량하였다.

2.2.2. 악취도 평가

악취도를 평가하기 위해 악취공정시험방법에 규정된 공기희석관능법에 의한 복합악취와 기기분석법에 의한 지정악취를 측정하였다. 이러한 두 가지 방법은 배출허용기준의 달성여부를 측정하는 방법이며 부지경계선 및 피해지점에서 시료를 채취하는 것을 원칙으로 하고 있다.<sup>8,9)</sup> 공기희석관능법에 의한 악취 평가를 위해 시료채취 지점에서 주간과 야간으로 구분하여 공기시료를 채취하였다. 시료채취를 위해 흡인상자(Top Trading Co., SP-101DCS) 방법을 활용하였으며 2 LPM의 유속으로 시료를 채취하였다. 시료채취 주머니로 취기성분의 흡착성이 낮은 5 L 용량의 폴리에스테르 알루미늄백(Top Trading)을 이용하였다. 시료채취 전에 시료주머니를 무취공기로 1회 이상 세척하고 시료주머니의 무취상태를 확인한 후 사용하였다. 채취된 시료는 실험실로 가져온 후 2일 이내에 무취공기제조장치, 공기희석백, 희석용 주사기 등을 사용하여 무취공기와 단계별로 혼합하며 냄새감지 여부를 판정하였다. 기기분석법에 의한 분석은 2007년 기준으로 지정악취물질로 설정되어 있는 12가지 물질을 대상으로 이루어졌다. 악취물질의 종류와 분석방법을 Table 2에 나타내었다. 암모니아 분석을 위한 시료채취는 임핀저 방법에 의해 수행되었으며 직렬로 연결된 2개의 20 mL 흡수병을 사용하였다. 흡수액으로 0.5% 봉산용액을 사용하였다. 황화합물(메틸머captan, 황화수소, 다이메틸설파이드, 다이메틸다이설파이드)의 채취는 흡인상자법을 이용하여 이루어졌으며 저장용기로 5 L 용량의 폴리에스테르 알루미늄백을 사용하였다. 황화합물 분석을 위해 GC-FPD(Gas Chromatography-Flame Photometric Detector)를 사용하였다. 트리메틸아민 분석을 위한 시

Table 2. Analytic methods of odor compounds

Type	Compounds	Analysis methods
Ammonia	Ammonia	UV-VIS spectrophotometry
Sulfur Compounds	Methylmercaptan	Gas Chromatography
	Hydrogen sulfide	
	Dimethylsulfide	
Amines	Trimethylamine	Gas Chromatography
	Acetaldehyde	High Performance Liquid Chromatography
Propionaldehyde		
Butylaldehyde		
n-Valeraldehyde		
Styrene	i-Valeraldehyde	Gas Chromatography
	Styrene	

료채취는 임핀저 방법에 의해 이루어졌으며 흡수액으로 황산용액을 사용하였다. 트리메틸아민의 분석을 위해 GC-FID (Flame Ion Detector)를 사용하였다. 알데히드류의 분석을 위한 시료채취는 2,4-DNPH(Dinitrophenylhydrazine) 유도체화 방법을 이용하였으며 알데히드류의 포집시에 방해물질로 작용하는 오존의 영향을 제거하기 위해 카트리지 전단에 KI가 채워져있는 오존스크러버(Supelco, USA)를 부착하여 사용하였다.<sup>10,11)</sup> 채취된 시료는 아세토나이트릴 용매로 추출하여 C18 칼럼이 장착된 고성능 액체크로마토그래피(PerkinElmer S-200)를 이용하여 360 nm에서 검출하였다. 스타이렌 측정을 위한 시료채취는 고체흡착관(Tenax TA)을 이용하여 수행되었으며 자동열탈착(ATD, Perkin Elmer) 장치가 장착된 기체크로마토그래피/질량분석기(GC/MS, Perkin Elmer, Clarus 500)로 분석하였다.<sup>12)</sup> 시료의 분석은 환경부 지정 검사기관인 진주산업대학교 공기질검사센터에서 이루어졌다.

2.2.3. 소음도 평가

본 연구의 시료채취 지점이 일반주거지역에 해당하므로 환경기준 측정방법에 의해 소음도를 측정하여 평가하였다. 사업장으로부터의 발생소음을 측정하기 위해 소음계의 마이크로폰은 사업장방향으로 고정시켰으며 청감보정회로는 A 특성, 동특성은 빠름(fast)에 두고 5분간 등가소음도(L<sub>eq</sub>, equivalent sound level)를 측정하였다. 주간 및 야간의 소음도를 측정하기 위해 낮 시간대(06:00~22:00)에는 2시간 간격으로 4회, 밤 시간대(22:00~06:00)에는 2시간 간격으로 2회 측정된 값을 평균하여 측정소음도로 하였다.

3. 결과 및 고찰

조선소의 정상조업이 이루어진 2~5차 조사기간에 측정된 측정지점별 미세먼지 평균농도를 비교하여 Fig. 2에 나타내었다. 조선 사업장과 가까운 측정지점인 SP-1 지점(49.5 μg/m<sup>3</sup>)과 SP-2 지점(49.0 μg/m<sup>3</sup>)의 미세먼지 농도는 거의

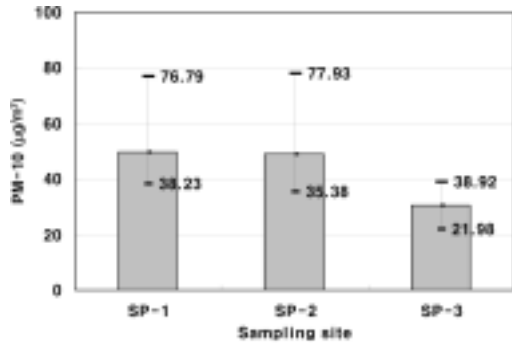


Fig. 2. Comparison of PM-10 concentration according to sampling sites.

비슷한 값을 가지며 조선소와 일정한 거리가 떨어진 SP-3 지점(30.4 µg/m<sup>3</sup>)의 미세먼지 농도가 가장 낮은 값을 가지는 것으로 관찰되었다. 모든 측정지점에서 얻어진 미세먼지 평균농도는 연평균 대기환경기준치(50 µg/m<sup>3</sup>)보다 낮은 값을 가지며 전국 대기오염 측정망에서 측정된 도시별 미세먼지 농도와 비교할 때 전국 평균치 및 주요도시의 미세먼지 농도보다 비슷하거나 낮은 값을 가지는 것으로 나타났다.<sup>13)</sup> 또한, 대규모 조선소 사업장 내부와 주변 주거지역에서 측정된 미세먼지 농도와 비슷한 값을 가지는 것으로 나타났다.<sup>14)</sup> 미세먼지의 주된 발생과정은 연료의 연소에 의한 1차적 생성과 황산화물(SO<sub>2</sub>), 질소산화물(NO<sub>x</sub>) 등 가스상 물질의 화학반응에 의한 2차적 생성인 것으로 알려져 있다.<sup>15)</sup> 선박제조과정의 주요 공정인 연마, 탈청, 도장 등의 작업에서 미세먼지 발생량은 크지 않은 것으로 알려져 있으며<sup>14)</sup> 조선 사업장에 뚜렷한 연소공정은 존재하지 않는다. 조선소 주변에서 측정되는 미세먼지는 선박제조 공정 중 용접작업과 인근도로를 주행하는 자동차의 배기가스 등에서 발생하는 것으로 추정되지만 연구대상 지역의 미세먼지 농도에 미치는 조선소 조업의 영향을 명확하게 평가하기는 어려운 일이다.

연구대상 지역의 미세먼지 농도에 미치는 조선소 조업의 영향을 관찰하기 위해 조선소의 정상조업이 이루어진 2~5차 조사기간의 PM-10 평균값을 휴가기간인 1차 조사기간의 측정농도와 비교하여 Fig. 3에 나타내었다. 조선소와 인접한 시료채취지점인 SP-1 지점과 SP-2 지점은 1차 조사기간의 농도에 비해 조선소의 정상조업이 이루어질 때의 평균농도가 높은 것으로 나타났으며 조선소와 일정한 거리가 떨어진 SP-3 지점은 조선소의 정상조업이 이루어질 때 낮은 농도를 가지는 것으로 관찰되었다. 이러한 결과는 미세먼지 농도가 조선소와 인접한 지점에서는 조선소 조업에 의해 다소 증가하며 조선소와 일정한 거리가 떨어지면 조선소 조업에 의한 영향을 거의 받지 않는 현상을 보여준다. 그러나 측정된 미세먼지 농도의 차이가 낮으며 미세먼지 농도에 미치는 계절별 영향이 고려되지 않았으므로 이러한 분석은 명확하지 않다. 또한, SP-1 지점과 SP-2 지점은 미세먼지의 주요 발생원으로 알려진 자동

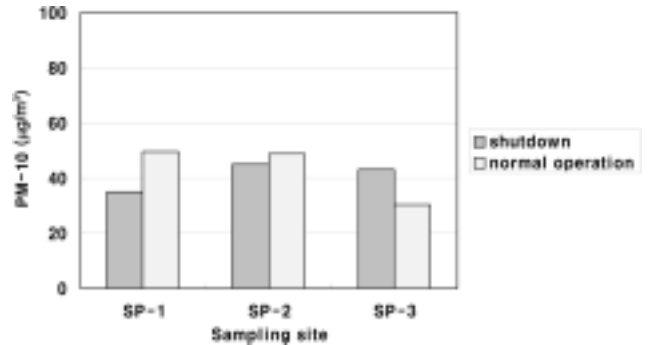


Fig. 3. Effect of shipyard operation on PM-10 concentration.

차가 운행되는 도로변에 위치하며 SP-3 지점은 자동차의 통행량이 매우 적은 지역에 위치하고 있다는 사실과 선박제조공정이 미세먼지의 주요 발생원인 연소공정이 존재하지 않음을 고려할 때 미세먼지 농도에 미치는 조선소 조업의 영향은 불확실한 것으로 판단된다. 따라서 조선소 주변지역의 미세먼지 농도에 영향을 미치는 원인을 규명하기 위한 추가적 연구가 필요할 것으로 판단된다.

가을 및 겨울철 조사기간에 이루어진 시료채취지점별 건성침착량 측정결과를 Fig. 4에 나타내었다. 데이터의 수가 적어 뚜렷한 경향을 파악하기 어려우나 측정결과와 평균값을 비교하면 2개 조선소의 영향을 받는 SP-1 지점이 193.0 mg/m<sup>2</sup>·day로 가장 높았으며 SP-2 지점 188.3 mg/m<sup>2</sup>·day, SP-3 지점 110.7 mg/m<sup>2</sup>·day의 순이었다. SP-2 지점의 경우, 인접한 C 조선소의 파업으로 인해 정상적인 조업이 이루어지지 않은 3차 조사기간에 비해 정상조업이 이루어진 5차 조사기간의 건성침착량이 약 1.5배 높게 나타났다. 그러나 A와 B 조선소의 영향을 받는 SP-1 지점의 경우에는 3차 조사기간의 건성침착량이 5차 조사기간에 비해 약 1.8배 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 사업장 주변지역의 건성침착량이 사업장에서 이루어지는 작업의 종류에 영향을 받기 때문에 얻어진 것으로 판단된다. 사업장과 가까울수록 건성침착량이 증가하는 현상은 사업장의 조업이 주변지역의 입자상 오염물질 농도 특성에 영향을 미치고 있음을 보여준다.

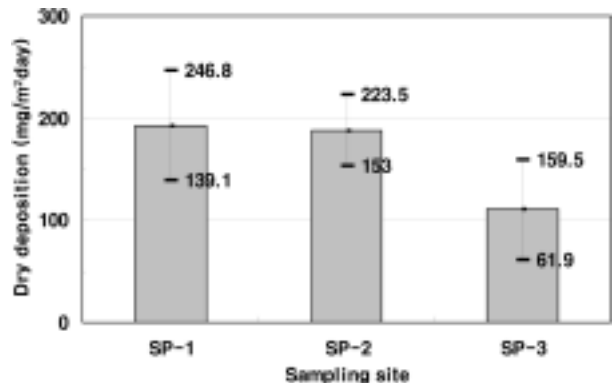


Fig. 4. Result of dry deposition measurement.

**Table 3.** Result of air dilution sensory test

Sampling period	Sampling site	Dilution factor		
		Daytime		Nighttime
		Forenoon	Afternoon	
1 <sup>st</sup> sampling	SP-1	25	100	14
	SP-2	38	100	67
	SP-3	18	67	-
2 <sup>nd</sup> sampling	SP-1	144	30	31
	SP-2	31	45	31
	SP-3	14	3	17
3 <sup>rd</sup> sampling	SP-1	7	7	4
	SP-2	5	100	8
	SP-3	7	3	21
4 <sup>th</sup> sampling	SP-1	45	4	5
	SP-2	5	5	4
	SP-3	-	-	-
5 <sup>th</sup> sampling	SP-1	7	14	12
	SP-2	10	7	14
	SP-3	8	14	12

측정지점별로 채취된 공기시료를 대상으로 공기희석관능법에 의해 악취 강도를 측정된 결과를 복합악취에 대한 배출허용기준(기타지역 15 이하)보다 높은 희석배수를 가지는 영역을 음영으로 처리하여 Table 3에 나타내었다. 전반적으로 기온이 높은 여름철(1, 2차 조사기간)에 측정된 악취도가 높은 것으로 나타나 악취발생이 기온에 영향을 크게 받는 것으로 나타났다. 여름철에 측정된 총 17회의 측정결과 중 14개 공기시료의 희석배수가 대상 사업장에 적용되는 배출허용기준보다 높은 것으로 나타났다. 가을철 측정기간에 이루어진 3차 및 4차 조사기간에 수행된 악취 측정결과는 총 15회의 측정값 중에 3회가 배출허용기준치보다 높은 것으로 나타났으며 겨울철에 이루어진

5차 조사기간은 모든 측정지점에서 배출허용기준보다 낮은 희석배수를 가지는 것으로 나타났다.

공기희석관능법에 의한 악취도 평가는 사업장에서 유발되는 악취성분뿐만 아니라 바다 냄새의 영향을 동시에 받으므로 사업장으로부터 기인되는 악취의 정도를 평가하기 어렵다. 기온이 높을수록 사업장으로부터 발생하는 악취 유발물질의 휘발성이 증가함과 동시에 해수의 증발량도 증가하므로 취기 강도가 증가할 수 있다. 따라서 2차 조사기간부터는 지정악취물질 분석을 수행하였다.

Table 4는 기기분석법에 의해 지정악취물질을 측정된 결과를 나타내고 있다. 사업장 배출허용기준과 비교하여 높은 값을 가지는 영역을 음영으로 처리하였다. 여름철 측정기간인 2차 조사기간의 경우, 사업장과 가까운 SP-1 지점 및 SP-2 지점에서 암모니아, 황화수소, 트리메틸아민의 농도가 배출허용기준치보다 높은 값을 가지는 것으로 나타났으며 SP-3 지점에서는 황화수소가 배출허용기준치보다 높은 것으로 나타났다. 가을철 및 겨울철 측정기간인 3~5차 시료채취기간에는 황화수소, 다이메틸다이설파이드, 메틸머captan이 배출허용기준치보다 높은 값을 가지는 지점들이 존재하였다. 알데히드류와 스티렌의 경우에는 매우 적은 미량이 분석되었으며 각 물질별 최소감지값보다 낮은 농도로 분석되었으므로 악취유발 요인으로 작용하지 못할 것으로 판단된다.

측정지점별 소음도 측정결과를 조사기간별로 Fig. 5에 나타내었다. 주간 소음도의 경우, 조선소와 비교적 거리가 떨어진 SP-3 지점은 환경기준치(55 dB)를 만족하였으나 조선소와 인접한 SP-1 지점과 SP-2 지점에서는 모든 소음도가 기준치를 초과하는 것으로 나타났다. 야간 소음도는 3차 조사기간을 제외하면 모든 측정지점에서 환경기준치(45 dB)를 초과하는 것으로 관찰되었다. 작업량에 따라 다소 차이가 있었지만 조선소의 부분적인 조업이 이루어졌던 휴가기간의 소음도보다 정상조업이 진행될 때의 값이 높

**Table 4.** Results of odor compound measurements by instrumental analysis

(unit : ppm)

Compounds	SP-1					SP-2				
	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	4 <sup>th</sup>	5 <sup>th</sup>	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	4 <sup>th</sup>	5 <sup>th</sup>
Ammonia	-	1.2700	0.8098	0.4919	0.4110	-	0.7100	1.8273	0.5538	0.4175
Methyl mercaptane	-	ND	ND	ND	0.0388	-	ND	ND	0.0325	0.0331
Hydrogen sulfide	-	0.1400	0.1225	ND	ND	-	0.1300	0.1214	0.1262	0.1208
Dimethyl sulfide	-	ND	0.0710	0.0872	ND	-	ND	0.0672	0.0689	0.0681
Dimethyl disulfide	-	ND	ND	ND	ND	-	ND	ND	0.0010	ND
Trimethylamine	-	0.010	ND	ND	ND	-	0.0080	ND		ND
Acetaldehyde	0.0001	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0001	0.0002	0.0007	0.0002	0.0002
Styrene	0.0003	0.0170	0.0005	0.0011	0.0022	0.0003	0.0003	0.0003	0.0090	0.0031
Propionaldehyde	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0002	0.0000	0.0320	0.0005	0.0000	ND
Butylaldehyde	ND	0.5830	ND	ND	ND	0.0000	0.0002	ND	ND	ND
n-Valeraldehyde	ND	ND	ND	ND	0.0000	ND	ND	ND	ND	ND
i-Valeraldehyde	0.0000	ND	ND	ND	ND	0.0000	ND	0.0000	0.0000	ND

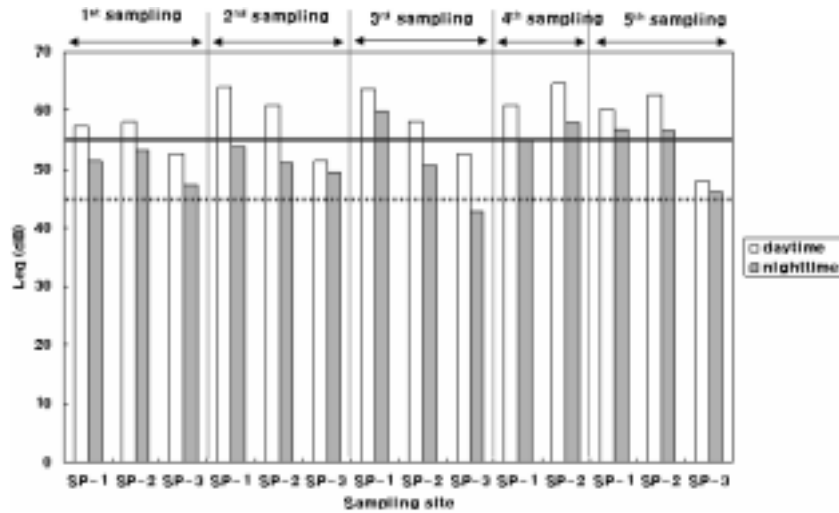
- : not measured, ND : not detected

**Table 4.** Results of odor compound measurements by instrumental analysis (continued)

(unit : ppm)

Odor compounds	SP-3					Emission standard	
	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	4 <sup>th</sup>	5 <sup>th</sup>	Industrial area	Other area
Ammonia	-	0.6400	0.6883	-	0.4118	2	1
Methyl mercaptane	-	ND	0.0343	-	0.0581	0.004	0.002
Hydrogen sulfide	-	0.1300	0.1419	-	0.1482	0.06	0.02
Dimethyl sulfide	-	ND	0.0674	-	0.0763	0.05	0.01
Dimethyl disulfide	-	ND	ND	-	0.0008	0.03	0.009
Trimethylamine	-	0.0030	ND	-	ND	0.02	0.005
Acetaldehyde	0.0002	0.0003	0.0005	-	0.0000	0.1	0.05
Styrene	0.0003	0.0004	0.0004	-	0.0015	0.8	0.4
Propionaldehyde	0.0001	0.0000	0.0003	-	0.0000	0.1	0.05
Butylaldehyde	0.0005	0.0006	ND	-	ND	0.1	0.029
n-Valeraldehyde	ND	ND	ND	-	ND	0.02	0.009
i-Valeraldehyde	ND	ND	ND	-	0.0000	0.006	0.003

- : not measured, ND : not detected



**Fig. 5.** Result of noise measurement for sampling sites according to sampling periods(Solid and dotted lines indicate noise environmental standards at daytime and nighttime, respectively).

은 것으로 나타났다. 즉, 조선소 휴가기간인 1차 조사기간보다 조선소의 정상조업이 이루어진 2~5차 조사기간의 소음도가 높은 것으로 관찰되었다. 또한, 3차 조사기간의 경우에 파업으로 인해 정상조업이 이루어진 조사기간보다 낮은 소음도를 가지는 것으로 나타났다. 이와 같은 측정지점의 소음도에 미치는 조선소 조업의 영향은 조선소 조업이 활발히 이루어지는 주간에 크며 사업장과 거리가 가까운 지점에서 큰 것으로 관찰되었다. SP-3 지점의 경우에는 조선소의 조업형태의 영향이 거의 관찰되지 않았으며 조선소의 조업이 이루어질 때보다 휴가기간인 1차 조사기간의 소음도가 비슷하거나 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 조선소와 일정한 거리가 떨어지면 거리감쇠로 인해 조선소에서 이루어지는 작업에 의해 영향을 받기보다는 주변 환경에서 발생하는 소음의 영향을 받아서 얻어진 것으로 판단된다. 이러한 결과는 연구대상 지역의 소음

특성이 사업장과의 거리에 의해 큰 영향을 받고 있음을 보여준다.

#### 4. 결론

중소규모 조선업체의 효율적인 환경관리 방안을 마련하기 위한 기초 자료를 얻기 위해 조선소 인근 주거지역의 민원 유발성 환경오염 특성을 조사하였다. 측정지점별 미세먼지 농도는 조선소와 가까운 측정지점인 SP-1 지점 및 SP-2 지점이 조선소와 일정한 거리가 떨어진 SP-3 지점보다 높은 것으로 나타났다. 조선소와 인접한 측정지점에서는 조선소의 조업이 이루어질 때의 평균농도가 휴가기간의 농도보다 높은 농도를 가지는 것으로 관찰되었다. 건설침착량은 조선 사업장에서 이루어지는 작업의 종류에 영향을 받으며 사업장과 가까울수록 증가하는 것으로 나

타났다. 공기희석관능법에 의한 악취도는 여름철에 높은 것으로 나타나 기온의 영향을 크게 받는 것으로 관찰되었다. 지정악취물질의 경우에는 모든 측정지점에서 배출허용기준보다 높은 농도를 가지는 악취성분이 존재하였다. 배출허용기준치보다 높은 값을 가지는 화합물은 암모니아, 황화합물, 메틸아민이었으며 알데히드류와 스티렌의 농도는 최소감지값보다 적은 미량인 것으로 나타났다. 측정지점별 주간 소음도는 조선소로부터 비교적 거리가 떨어진 SP-3 지점은 환경기준치보다 낮은 것으로 나타났으나 조선소와 인접한 SP-1 지점과 SP-2 지점에서는 모든 조사기간의 소음도가 환경기준치를 초과하는 것으로 나타났다. 야간 소음도는 3차 조사기간을 제외하면 모든 측정지점에서 환경기준치보다 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과들은 조선소 조업에 의해 사업장 주변지역의 비산먼지, 악취, 소음과 같은 주요 민원유발 환경오염 요인이 영향을 받으며 적절한 대책수립이 필요함을 보여준다.

## 사 사

본 연구는 경남지역환경기술개발센터의 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다. 연구에서 수행한 악취분석은 환경부 지정 검사기관인 진주산업대학교 공기질검사센터의 협조를 받아 수행되었습니다.

## 참 고 문 헌

- 우연섭, "조선산업 생산네트워크의 공간 특성에 관한 연구: 삼성중공업 거제조선소를 사례로," 한국경제지리학회지, **6**(1), 99~117(2003).
- 경남지역환경기술개발센터, "경남지역 중소규모 조선관련 하청업체의 인근 환경문제 발생현황, 관리실태, 관리방안 연구," 환경부, pp. 13~25(2008).
- 박은옥, 이명은, 문지훈, 양수명, 제은정, 정용환, 박정호, 정재우, "중소규모 조선소 인근지역의 입자상물질 오염 특성," 대한환경공학회 춘계학술연구발표회 논문집, 1056~1058(2008).
- 이은주, 권정곤, "수영만 해역의 오염물질 거동에 대한 수치평가모델의 개발," 대한환경공학회지, **17**(8), 723~733(1995).
- 이미경, 배우근, 엄인권, 정희수, "영일만 해역 표층퇴적물의 금속 분포 특성," 대한환경공학회지, **26**(5), 543~551(2004).
- Paode, R. D. and Holsen, T. M., "Standard operating procedures for preparation, handling and extraction of dry deposition plates," Dry Deposition of Atmospheric Particles, Department of Chemical and Environmental Engineering, Illinois Institute of Technology(1996).
- 김성천, 김동술, "한국에서 분진 및 금속원소의 건식침착속도 추정에 관한 연구," 한국대기환경학회지, **12**(1), 101~112(1996).
- 환경부, 악취편람(2003).
- 국립환경과학원, 악취공정시험방법(2007).
- 이민도, 이상욱, 임용재, 김영미, 김소영, 문광주, 한진석, 정일록, "대기 중 휘발성유기화합물 물질 및 알데하이드류의 분석 신뢰도 향상에 관한 고찰," 한국대기환경학회지, **22**(4), 468~476(2006).
- 한진석, 이민도, 임용재, 이상욱, 김영미, 공주부, 안준영, 홍유덕, "수도권 지역에서 환경대기중 유해대기오염물질(VOCs, Aldehydes, PAHs) 농도분포 특성 연구," 한국대기환경학회지, **22**(5), 574~589(2006).
- 백성욱, "환경대기중 휘발성유기화합물의 포집과 분석방법," 한국대기환경학회지, **12**(1), 1~13(1996).
- 환경부, 대기환경연보(2005).
- 경남지역환경기술개발센터, "거제지역 대규모 선박 건조공정의 도장시설 등에서 발생하는 대기 오염물질 실태조사와 저감방향 설정," 환경부, pp. 25~76(2007)
- Wark, K., Warner, C. F., and Davis, W. T., Air Pollution : Its Origin and Control, pp. 1~60, 3rd ed., Addison-Wesley(1998).