

남해 연안 해역에 있어서 미량유기오염물질의 정량적 평가

한상국[†] · 박지영 · 이종삼

목포해양대학교 해양시스템공학부 해양환경공학전공

Quantitative Assessment of Micropollutants in the Southern Coastal Waters of Korea

Sang-Kuk Han[†], Ji-Young Park and Jong-Sam Lee

Department of Marine Environmental Engineering, Faculty of Ocean System Engineering,
Mokpo National Maritime University, Chukkyo, Mokpo 530-729, Korea

요 약

본 연구는 310종 다성분 동시분석법을 활용하여 남해 연안 해역 중 광양만, 여자만, 가막만에서의 미량유기오염물질에 의한 오염특성을 규명하고자 하였다. 채수지점에서 검출된 주요 미량유기오염물질은 aliphatic, polycyclic compounds와 같은 CH기의 화합물과 aromatic amines, nitro compounds와 같은 CHN(O)기의 화학적 구조를 갖는 물질이었다. 미량유기오염물질의 농도는 겨울철보다는 여름철에 높게 나타났으나 검출된 물질 종수와 계절적 상관성은 뚜렷하게 나타나지 않았다. 남해 연안 해역에서 검출된 농약의 총량은 ND~9.11이었으며 광양만과 가막만에서 살충제와 제초제의 검출이 집중적으로 관찰되었다. 또한 남해 연안 해역에서 환경호르몬성 물질은 총 6종이 검출되었다. 이러한 결과로부터 남해연안해역의 주요오염인자는 살충제와 제초제, 그리고 수종의 환경호르몬성 물질로 판단된다.

Abstract – In this study, we try to quantitatively assess the micropollutants in Gwangyang bay, Gamag bay and Yeoa bay, using simultaneous analytical method for 310 chemicals. In the results, several dozen organic pollutants were detected in sampling sites, and the major chemicals detected were CH type chemicals, such as aliphatic and polycyclic compounds, and CHN(O) type chemicals, such as aromatic amines and nitro compounds. The concentration of organic pollutants was higher in summer than in winter. However, there was no association of species of organic pollutants with season. The total concentration of pesticides at each sampling site was measured within the range of ND~9.11 µg/L. Insecticides and fungicides of pesticide type were detected in Gwangyang bay and Gamag bay, while six kinds of endocrine disrupter were detected in southern coastal waters. From the results of this study, we should estimated that the insecticides, the fungicides, and a few of the endocrine disrupters are major pollutant factors in southern coastal waters.

Keywords: Quantitative assessment(정량적평가), Simultaneous determination(다성분동시분석), Micropollutants(미량오염물질), pesticides(농약류), endocrine disrupter(환경호르몬)

1. 서 론

남해안은 리아스식 해안특성에 의한 다도해의 형성 및 곡선형 해안선에 의한 반 폐쇄적 연안해역이 발달되어 있는 곳이다. 이러한 연안 해역은 해양과 육지의 접경지로서 육수의 영향을 직접 받기 때문에 인접하고 있는 대소 하천으로부터 풍부한 영양물질을 공급받아 수산업에 좋은 환경 조건을 갖춘 어장으로 이용되어 왔

다(조 등[2004]). 그러나, 남해 연안은 1960년대 이후부터 석유화학관련 공장, 광양제철소 등과 같은 산업화 및 인구집중화로 생활 하수 유입 증가, 산업폐수의 유입, 그리고 주변 양식장으로부터 양식 폐수의 유입 등에 의해 오염이 심화되어지고 있다(김 등[2001], 조 등[1994]). 이러한 연안해역내에서 하·폐수 및 자가 오염물질 등의 유입 증대는 적조발생은 물론 미량화학물질에 의한 생태계 및 인간건강에의 악영향으로 이어지고 있다(Kadokami[1998], Wania[1996]). 특히 난분해성, 지용성, 축적성 등의 화학적 특성을 가진 농약류, Poly chlorinated biphenyls(PCB류), 다이옥신류 등

[†]Corresponding author: skhan@mmu.ac.kr

은 환경 중에 미량으로 존재하면서도 유해하기 때문에 환경부에서는 전국을 대상으로 이러한 미량화학물질에 의한 환경오염실태 조사를 실시하여 물, 토양, 저질 및 생체 등의 환경매체 중 농도를 결정하였다(환경부[2000]). 그러나 이러한 조사실시는 강, 하천에 집중되었으며 절대적으로 하천의 영향을 받고 있는 연안 해역에 대한 조사는 미비한 실정이다. 남해 연안 해역의 오염 정도에 대한 연구들이 몇몇 연구자들에 의해서 발표되었지만 적조 및 일반오염인자, 그리고 PCB류와 같은 특정 유기오염물질에 대한 연구가 대부분이었다(환경부[2000]). 따라서, 남해 연안 해역의 오염 특성을 종합적으로 판단하여 안전성을 확보하기 위해서는 좀 더 진보된 분석법에 의한 유기화학물질의 검출과 규명이 필요하다.

한편, 현재 환경오염실태를 조사하기 위한 수단으로 사용되고 있는 분석법으로는 동시에 분석가능한 물질수가 최대 수십 종에 불과하여 수많은 화학물질 중에서 노출되어지는 환경매체의 정확한 오염 상황을 파악하는 것은 현실적으로 불가능하다. 그러나,

일본의 Kadokami 등은 310종 다성분 동시분석방법(Kadokami[1995a], Kadokami[1995b])을 개발하여 키타큐슈 연안 해수에서 검출된 pesticides, nitro compounds, aromatic amines, phenols 등의 미량 유해오염물질에 대한 분포 특성을 파악하였다(Kadokami[1995a]). 또한, 국내에서는 2003년도에 김 등(김 등[2003])이 310종 다성분 동시분석법을 확립하여 상수원수중의 유기화학물질 분포 특성을 정량적으로 파악하여 효율적인 상수원수 관리방안에 응용하였다.

본 연구의 목적은 확립되어진 다성분 동시분석법을 처음으로 해수에 이용하여 육상오염인자에 의해 오염가능성이 높은 광양만과 해상 가두리 양식업에 의해 오염 영향을 받는 가막만, 그리고 여자만을 대상으로 남해 연안 해역에서의 미량유기화학물질에 의한 오염 특성을 정량적으로 규명하고자 한다. 또한 이 지역의 미량유기화학물질에 의한 오염정도를 파악하여 효율적인 오염관리를 위한 기초적인 화학분석 자료를 제시하고자 한다.

Table 1. Detectable chemicals by using simultaneous analytical method of 310 chemicals

Code 1	Compound	Number	Code 2	Compound	Number	Code 3	Halogenated	Number
A	Compounds consisting of CH	90	1	Aliphatic compounds	25	0	No	21
			1	Benzenes	16	1	Yes	4
			2	Polycyclic compounds	43	0	No	3
			1	Others	4	1	Yes	13
			3	Others	4	0	No	41
B	Compounds consisting of CHO	52	1	Ethers	8	1	Yes	2
			2	Ketones	5	0	No	3
			3	Phenols	22	1	Yes	5
			4	Phthalates	9	0	No	5
			5	Others	8	1	Yes	12
C	Compounds consisting of CHN (O)	63	1	Aromatic amines	38	0	No	23
			2	Quinoline	1	1	Yes	15
			3	Nitro compounds	20	0	No	1
			4	Nitrosamines	3	1	Yes	15
			5	Others	1	0	No	5
D	Compounds consisting of CHS (NO)	6				0	No	6
E	Compounds consisting of CHP (NOS)	6	1	Phosphoric esters	6	1	Yes	4
F	Pesticides	73	F	Fungicides	16			
			H	Herbicides	20			
			I	Insecticides	37			
Surrogate	Surrogate compounds	15						
IS	Insertal standard	5						
	Total	310						

2. 실험방법

2.1 다성분 일제 분석법

연안해역은 육상기원 및 대기 등 다양한 유입경로를 통하여 수많은 유기오염물질들을 포함하고 있다. 이러한 다양한 오염물질을 동시에 분석할 수 있는 screening tool 개발이 필요하여 Katokami 등은 1회 주입만으로 310종의 화학물질을 스크리닝을 할 수 있는 다성분 일제분석법을 개발·확립하였다(Kadokami[1995a], Kadokami [1995b]). 본 방법을 통하여 동시분석이 가능한 물질들은, 73종의 pesticides를 비롯하여 aliphatic compounds 25종, polycyclic compounds 43종, phenols 22종, phthalates 9종 등, 총 310종의 화합물들이며 편이상 조성원소 등으로 분류하여 Table 1에 나타내었다. 이런 화학물질은 한국, 일본, 미국의 환경관련법령으로 규제되어져 있는 물질을 우선적으로 포함하였고 내분비계교란물질로 추정되는 물질 중 28종이 조사물질에 포함되어 있다. 또한, 본 실험법의 정확도와 정밀도를 측정하기 위해서 5번의 회수를 평가를 수행하였다. 정제중류수 1L에 대상물질과 surrogate물질 0.1 µg을 주입한 후에 액상-액상 추출과 농축 후 Gas chromatography (GC)-Ion trap Mass spectrometry (MS)로 분석을 수행하였다. 대부분 물질들의 회수율은 80-120% 범위로 나타났으며, 평균 회수율은 92.1%였다. 전체 물질에 대한 평균 상대 표준편차(RSD; Relative Standard Deviation)는 10.8%로 나타났으며, 전체물질의 81.0%가 (RSD; Relative Standard Deviation) 10.0% 이내로 측정되었다. 그리고 검출한계(MLD; Method Detection Limit)는 평균 0.036 µg/L, 기기분석한계(IDL; Instrumental Detection Limit)는 평균 0.008 µg/L로 나타났다. 이러한 결과로부터 본 실험에 활용될 다성분 일제분석법은 신뢰할 수 있는 방법으로 판단된다.

2.2 시료채취

미량화학물질의 분석을 위한 대상 시료는 남해 연안 해역 중 광양만, 가막만, 여자만 등 총 3개 지점을 선정하여 2003년 8월, 12월, 2004년 3월, 6월에 각각 표층수를 채수하여 분석하였다. 각 시

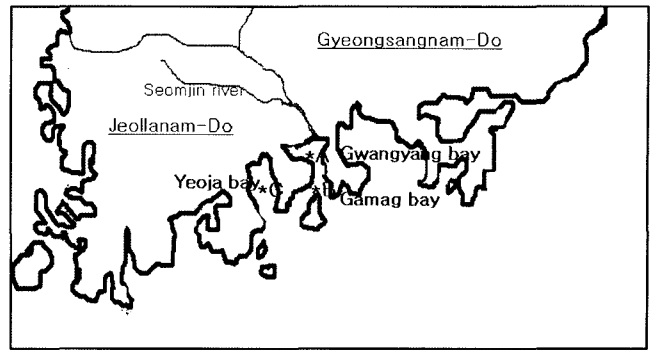


Fig. 1. Sampling sites at southwest coast.

료 채수지점은 Fig. 1에 나타내었다.

2.3 채수방법

채수용기는 뚜껑 내부가 teflon으로 된 4L의 갈색 유리용기를 사용하였으며, 채수 전에 질산과 중류수, 그리고 dichloromethane으로 세척하고 건조하였다. 시료는 채수하기 전 각 지점으로 용기와 뚜껑을 washing하여 head space가 없게 채수하였다. 채수한 시료는 ice box에 담아 운반하였으며 분석 전까지 4에서 차광상태로 보관하였다. 채수된 시료는 1주일 이내에 추출 및 농축하였다.

2.4 분석방법

2.4.1 표준시료

310종 화학물질의 표준시료는 일본 키타큐슈 연구센터 Kadokami 박사로부터 제공받아 적정 농도로 희석하여 사용하였다. 310종 표준시료는 Sigma-Aldrich Chemical Co.과 Merch Co. 그리고 Wako Chemical Co.등의 특급시약을 사용하여 hexane이나 acetone 용매에 각 물질의 Stock solution(1000 mg/L)을 만든 다음 각 시료들을 혼합하여 표준시료로서 활용하였다. 표준 시료들은 사용하기 전까지 4 차광 상태에서 보관하였다.

2.4.1 액상-액상 추출법(Liquid-Liquid Extraction(LLE) 법)

Table 2. Specific conditions of GC/MS

GC/MS Model	Varian GC 3400 CX
Carrier gas	He (99.999 %)
Column	J&W DB-5MS (5% phenyl-95% methylsilicone) fused silica capillary column, 30 m×0.25 mm i.d., 0.25 µm film)
Detector	Saturn 2000 MS
GC	
Injector temperature	250°C
Transfer line temperature	280°C
Column temperature	temperature programmed 1 min at 50°C, 8°C/min to 300°C, 8 min at 300°C
Injection method	splitless, 2 min for purge off time
MS	
Ionization mode	Electron Impact (EI mode)
Scan rate(m/z)	45-500 amu
Background mass	44
Mass defect	0-50/100 amu

대상 시료의 추출은 액상-액상 추출법(LLE)을 사용하였다. 시료수 500 mL을 분액깔때기에 넣고 surrogate혼합액을 첨가한 후 phosphate buffer를 사용하여 시료수를 pH 7로 조절하였다. Dichloromethane 50 mL를 넣고 10분간 shaking한 후 하등액을 추출하는 과정을 2회 반복하여 수층과 dichloromethane층을 분리하였다. 분리한 dichloromethane을 적당량의 무수황산나트륨(Na₂SO₄)을 넣어 탈수 시킨 후 Kudema-Danisi(KD)농축기로 휘발 농축하였다. 마지막으로 1 mL hexane층으로 농축한 후 정확한 정량분석을 위하여 내표준물질(internal standard) 5종(4-chlorotoluene-d₄, naphthalene-d₈, biphenyl-d₁₀, phenanthrene-d₁₀, perylene-d₁₂)을 첨가하였다. 본 실험에 사용한 기기는 Varian사의 Star 3400CX GC에 연결된 Saturn 2000 mass detector(MD)를 사용하였으며, GC/MS 분석조건은 Table 2와 같다.

3. 결과 및 고찰

3.1 남해 연안 해역내 미량유기오염물질의 오염

남해 연안 해역에 존재하고 있는 미량유기오염물질을 다성분 일체분석법에 의한 GC/MS로 분석한 결과 계절별, 지점별로 다양한 유기물질에 의해 오염되어져 있음을 확인할 수 있었다. 각 지점별 검출된 유기물질의 분류와 수를 Table 3에 나타내었다. 검출된 유기물질의 상당수는 지방족 화합물, 다환족 화합물, 방향족 화합물, 그리고 농약류 화합물이 차지하고 있었다. 또한, 프탈레이트류 및 질소화합물도 남해 연안 해역의 주 오염인자로 밝혀졌으며, 최대 27종의 유기물질이 검출되었다. 특히 방향족, 농약류, 그리고 프탈레이트류 화합물 등은 환경 중에 미량으로 존재하여도 악영향을 미치기 때문에 남해 연안 해역의 안전성을 확보하기 위해서 이들에 대한 관리규제가 요망된다. 또한, 시료채취일정별로 검토한 결과 검출된 유기물질들의 총수와 계절과는 뚜렷한 상관성이 나타나지

Table 3. Kinds of compounds detected in each sampling site

Compound type	2003		2004	
	Aug.	Dec.	Mar.	Jun.
Aliphatic compounds	3	4	5	5
Benzens	0	0	1	1
Polycyclic compounds	4	3	4	3
Ethens	0	0	2	1
Ketones	0	1	0	1
Phenols	2	1	1	2
Phthalates	5	2	1	0
Aromatics amines	3	5	2	2
Quinoline	0	0	0	0
Nitro compounds	3	3	2	3
Nitrosoamines	0	1	1	0
Phosphoric esters	0	0	1	1
Pesticides	2	2	4	3
Others	0	0	3	1
Total No.	22	22	27	23

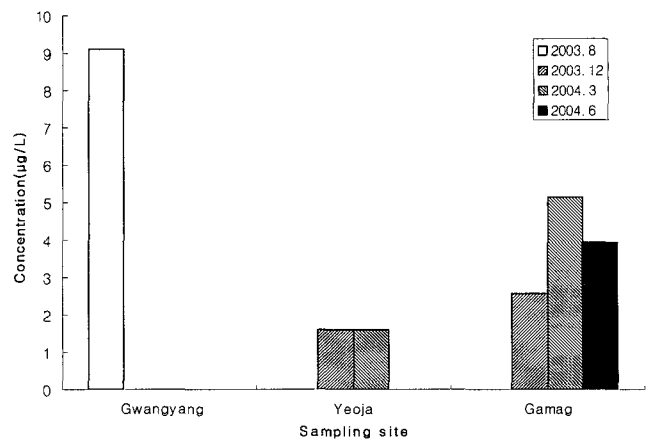


Fig. 2. Concentration of pesticides detected at each sampling site.

않아 남해 연안 해역의 오염은 계절에 관계없이 발생되어 지고 있다고 판단된다.

3.2 남해 연안 해역에서 미량유기오염물질의 분포 특성

3.2.1 농약류 오염

Table 3에서 나타낸 유기물질 중 농약류만을 지점별, 시기별로 정량화하여 나타내었다(Fig. 2). 검출된 농약의 총량은 ND~9.11 µg/L 범위에서 관찰되었다. 이 값은 팔당상수원 내에서 검출된 농약류의 총량 영국, 프랑스 등의 유럽국가에서는 수중에서의 농약 규제 농도가 총량개념으로 0.50 µg/L(국립환경연구원[2000])이기 때문에 연안 해역에서 이를 상회하는 농약의 존재는 해양환경에 악영향을 줄 수 있다고 판단된다. 지점별로 보면, 섬진강의 영향을 직접적으로 받고 있는 평양만은 2003년 8월 여름철에만 농약류가 검출되었고 가두리 양식장이 밀집되어 있고 육상에서의 유기물질 유입이 예상되는 가막만에서는 2003년 8월을 제외한 모든 채수시기에서 2.57~5.15 µg/L의 농도 값으로 농약류가 검출되었다. 상대적으로 청정지역으로 판단되는 여자만에서는 모든 시료에서 ND~1.59 µg/L로 나타나 비교적 농약에 의한 오염정도는 미약하다고 판단된다.

각 지점별 검출된 농약의 종류를 살충제, 살균제, 제초제의 세 가지로 분류하여 Table 4에 표시하였고 그들의 농도를 Fig. 3에 나타내었다. 남해 연안 해역에서 검출된 살충제는 fenitrothion, heptachlorepoxid, α-HCH, δ-HCH, chlopyrifos 등이었고 모든 채수시기에서 관찰되었으며 이들의 검출농도는 1.40~9.11 µg/L 범위였다. 살균제는 chloroneb, pencycuron이 각각 1.59 µg/L, 2.54 µg/L로 검출되었고, 제초제는 2004년 3월에만 bromobutide과 simetryn이 각각 2.04 µg/L, 2.44 µg/L로 관찰되었다. 남한강 및 경안천등 하천수를 대상으로 한 결과와 비교해 보면(김 등[2003]), pencycuron과 fenitrothion이 공통적으로 검출되었고 농도분포도 비슷하였다. 대부분의 살충제 및 제초제는 강하구와 인접하고 있는 평양만, 가막만에서 집중적으로 관찰되었고 살균제는 가두리 양식업을 하고 있는 여자만, 가막만에서 검출되었다. 이러한 결과로부터 남해 연

Table 4. Pesticide compounds detected at each sampling site

	Insecticides	Fungicides	Herbicides
Gwangyang	fenitrothion (6.54 µg/L) heptachlorepoxid (2.57 µg/L)		
Yeoja	fenitrothion (1.59 µg/L)	chloroneb (1.59 µg/L)	
Gamag	heptachlorepoxid (2.57 µg/L) α-HCH (0.64 µg/L) δ-HCH (0.78 µg/L) chlopyrifos (0.76 µg/L)	pencycuron (2.54 µg/L)	bromobutide (2.04 µg/L) simetryn (2.88 µg/L)

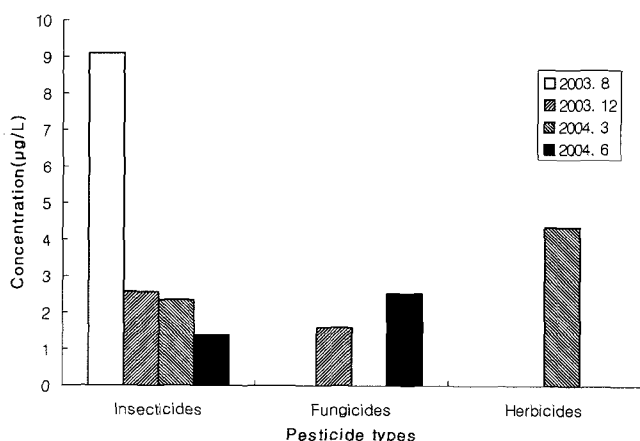


Fig. 3. Concentration of pesticide types at each sampling time.

안 해역에서 농약류 오염은 살충제가 주요오염원인 것으로 확인되었다. 광양만과 가막만에서 살충제 및 제초제에 의한 오염은 농경용수를 포함하고 있는 육수(섬진강)의 해양유입에 의한 것으로 사료된다. 또한, 해수면 가두리양식장에서의 살충제 및 살균제의 과다사용에 의한 오염 가능성도 높다고 판단된다. 그러나 본 연구의 결과만으로 남해 연안 해역에서 농약에 의한 오염이 육수 또는 가두리 양식장 어느 쪽이 주요 오염원인지 판단하기에는 역부족이라 생각되며 이를 보충하기 위해서는 광양만 및 가막만의 시료채취 지점을 증가시켜 분석해야 할 것이다.

3.2.2 방향족 화합물에 의한 오염

방향족 화합물 중에서 벤젠고리가 최소 2개 이상 결합되어 있는 탄화수소 그룹인 다환방향족 화합물은 수용해성이 낮고 입자상 물질에 대한 친화력이 높기 때문에 생물에 의한 분해력이 매우 낮은 안정한 물질이다(Kim[1999], Budzinski[1997]). 다환방향족 화합물은 산업공정에서 불완전연소에 의해 발생되어지기 때문에 여천산업단지에 인접하고 있는 광양만 및 가막만은 이들에 의한 오염이 예상되는 지역이다. 따라서, naphthalene 및 pyrene을 포함한 13개종에 대해서 분석한 결과 phenanthrene, pyrene, benzo(g,h,i)peryl의 3종이 광양만과 가막만에서 검출되었고 총 농도 값은 각각 1.74 µg/L, 1.5 µg/L이었다(Fig. 4). 다른 다환방향족 화합물은 검출되지 않았거나 검출한계 이하로 존재하였다. 여천산업단지에서 멀리 떨어져 있는 여자만에서는 어떤 다환방향족 화합물도 검출되지 않았다. 본 연구에서 검출된 저분자량 다환방향

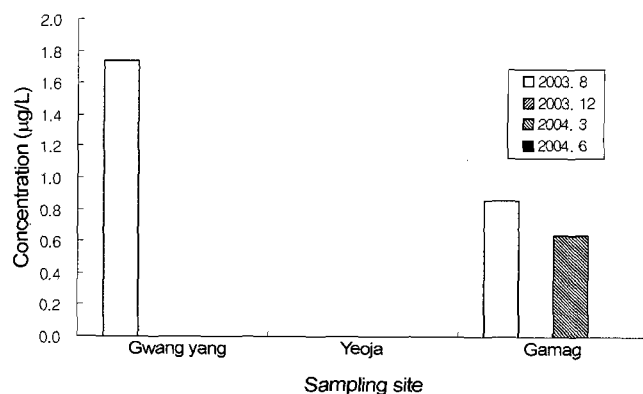


Fig. 4. Concentration of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons(PAHs) detected at each sampling site.

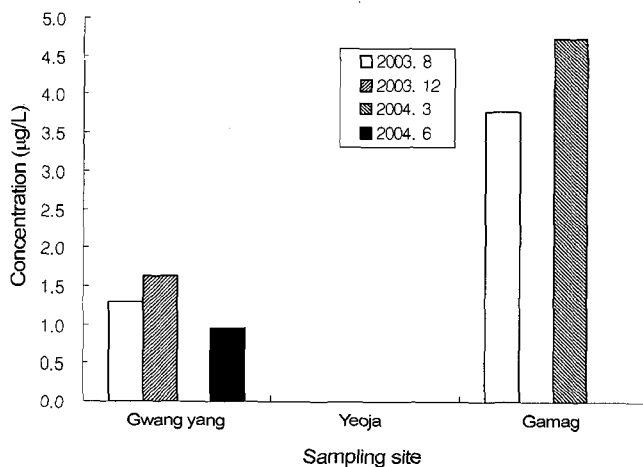


Fig. 5. Concentration of aromatic amins detected at each sampling site.

족 화합물인 phenanthrene은 독성은 있지만 발암성은 없으며 미생물 등에 비교적 분해가 용이한 물질이다. 또한, 벤젠고리가 4개 이상 결합되어 있는 고분자량 다환방향족 화합물인 pyrene과 benzo(g,h,i)peryl은 난분해성이며 발암성 물질이기 때문에 이들에 대한 철저한 관리가 필요하다.

한편, 염료의 생산 공정의 원료로 사용되는 방향족 아민류 중에서도 벤젠고리에 아미노기가 붙어있는 강독성물질의 아닐린 화합물이 남해 연안 해역에서 빈번히 관찰되었다(Fig. 5). 광양만에서 4-bromo-2,6-dichloroaniline 1.29 µg/L, N-ethylaniline 0.96 µg/L,

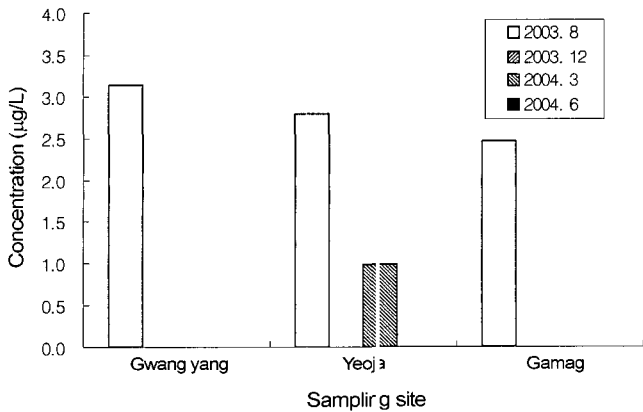


Fig. 6. Concentration of phthalates detected at each sampling site.

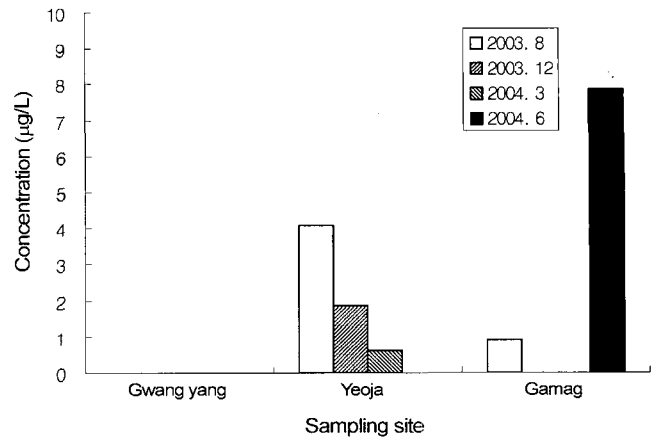


Fig. 7. Concentration of phenols at each sampling site.

m-anisidine 1.63 µg/L 범위로 검출되었고 가막만에서도 N-ethylaniline 0.96 µg/L, m-anisidine 3.78 µg/L 2종의 방향족 아민류가 관찰되었다. 여름철(8월)에 방향족아민류 중 aniline류가 주로 검출되는 것은 여름철에 해수에서의 수소치환작용에 의한 이차적 생성기전 결과로 판단된다.

3.2.3 프탈레이트류에 의한 오염

채수지점에 따른 프탈레이트류의 총 검출농도를 보면 광양만 3.14 µg/L, 여자만 3.77 µg/L으로 나타났으며 가막만이 2.46 µg/L으로 상대적으로 약간 낮은 값으로 관찰되었지만 남해 연안 해역에서의 프탈레이트류에 의한 오염은 지역별로 큰 차이가 없이 전체적으로 비슷한 결과를 나타내었다(Fig. 6). 채수시기별로는 대부분의 프탈레이트류가 2003년 8월 여름철에 관찰되었다. 이런 결과는 여름철 기온상승에 의한 프탈레이트류의 환경매체로의 이동이 원활해지기 때문으로 판단된다.

Diethylphthalate를 비롯한 9종의 관찰대상 프탈레이트류 중에서 남해 연안 해역에서 검출된 물질은 dimethylphthalate를 포함한 6종이었다. 검출된 물질 중 환경호르몬성 물질로 추정되는 di-n-butylphthalate와 bis(2-ethylhexyl)phthalate가 포함되었고 그들의 검출농도는 각각 ND~2.10 µg/L, ND~0.67 µg/L범위에서 관찰되었다. 이러한 검출 농도는 WHO 수질 기준치(8.00 µg/L)(국립환경연구원[2000]) 이하값이지만 광범위하게 사용되어 환경에 노출될 위험성이 크고 미량존재 하에서도 내분비계를 교란시킬 가능성이 있는 물질들이기 때문에 규칙적이고 철저한 관리가 요구된다.

3.2.4 페놀류에 의한 오염

광양만, 여자만, 가막만에서의 페놀류의 오염 정도를 Fig. 7에 나타내었다. 채수시기별로 페놀류의 분포는 뚜렷한 상관성을 보이

지 않았지만 여자만과 가막만의 2003년 8월과 2004년 6월의 결과로부터 여름철에 가까워질수록 페놀에 의한 오염이 진행되어질 가능성이 높다고 판단된다. 지역별로는 여자만과 가막만에서의 총 페놀 검출농도가 각각 ND~4.10 µg/L, ND~7.90 µg/L범위로 나타났다. 검출된 페놀의 종류 및 농도는 o-methoxyphenol 1.87 µg/L, 2,6-di-tert-butylphenol 0.64 µg/L, p-octylphenol 0.89 µg/L, 2,4,5-trichlorophenol 3.76 µg/L, 2,4,6-trichlorophenol 4.09 µg/L로 관찰되었다. 하천에서의 페놀류는 phenol, 2,4-dimethylphenol, 2,4-t-butylphenol등이 검출되었고, 총량은 0.30 µg/L~0.50 µg/L이었다(김 등[2003]). 가막만과 여자만에서 검출된 페놀의 총량은 하천수에서 검출된 페놀의 총량에 비해 높은 농도로 나타났다. 남해 연안 해역에서 검출된 페놀류의 총 농도 값은 생태계에 악영향을 줄 만큼 높은 농도는 아니지만 지속적인 페놀에 대한 지속적인 사전 관리가 요구된다.

3.2.5 내분비계 교란물질의 분포특성

남해 연안 해역에서 검출된 환경호르몬성 물질을 Table 5에 표시하였다. 남해 연안 해역에서 검출된 환경호르몬성 물질 중은 프탈레이트류 2종, 페놀류 3종, 농약류 1종으로 나타났다. 특히 살충제로 사용되는 Heptachlor의 대사체인 heptachlor epoxide(식품의약품안전청 국립독성연구소[1999])는 여자만을 제외한 모든 지점에서 검출되었다. 또한, 여천석유산업단지과 인접하고 있는 가막만에서는 phenol류, 생활용수의 유입이 예상되는 여자만과 섬진강의 영향을 받는 광양만에서는 phthalate류가 환경호르몬성 물질의 주종으로 나타났다. 이러한 결과들은 지역적 특성을 잘 나타내고 있는 것으로 판단된다. 따라서 환경호르몬성 물질로부터 남해 연안 해역을 보호하기 위해서는 Table 5에 묘사된 환경호르몬성

Table 5. Detected endocrine disrupter in each sampling site

Sampling sites	Endocrine Disrupters(EDs)
Gwangyang	di-n-butylphthalate (0.46 µg/L), bis(2-ethylhexyl)phthalate (0.67 µg/L), heptachlor epoxide (2.57 µg/L)
Gamag	p-octylphenol (0.89 µg/L), 2,4,6-trichlorophenol (8.11 µg/L), 2,4,5-trichlorophenol (3.76 µg/L), heptachlor epoxide (2.57 µg/L)
Yeoja	di-n-butylphthalate (2.10 µg/L), bis(2-ethylhexyl)phthalate (8.31 µg/L)

물질의 남해 연안 해역으로의 유입경로를 철저히 파악하여 관리해야 할 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구를 목적으로 확립한 310종의 화학물질을 동시에 검증하는 방법, 즉 다성분 일제분석법을 실험에 적용하여 남해 연안 해역에서 미량유기화학물질의 분포특성을 정량적으로 분석한 결과, 다음과 같은 결론은 얻을 수 있었다.

1) 광양만, 가막만, 여자만 등 남해 연안 해역 3개 지점을 2003년 8월, 12월, 2004년 3월, 6월 4회에 걸쳐 관찰한 결과 최소 22종, 최대 27종의 미량유기화합물질을 검출하였다. 대부분의 시료에서 지방족 화합물 및 방향족 화합물이 상당부분을 차지하였다. 또한, 프탈레이트류 및 농약류도 남해 연안 해역의 주요염인자로서 관찰되어 이들에 대한 철저한 관리가 필요하다.

2) 겨울철보다 여름철에 유기화학물질이 고농도로 검출되었으나 검출된 물질 중수와 계절과의 상관성은 뚜렷하게 나타나지 않았다.

3) 남해 연안 해역에서 검출된 농약류는 chloroneb을 포함 총 9종이었고 검출된 농약의 총량은 ND-9.11 µg/L 수준이었다. 강하구와 인접하고 있는 광양만과 가막만에서 살충제, 제초제의 검출이 집중되어 연안 해역의 안전성을 확보하기 위해서는 하천을 통한 농약의 유입을 차단해야 할 것이다. 또한, 가막만은 해수면 가두리 양식장이 밀집되어 있기 때문에 살충제 및 살균제의 과다사용에 의한 오염 가능성도 높다고 판단된다.

4) 남해 연안 해역에서 환경호르몬성 물질 중은 총 6종이 검출되었으며 페놀류 3종, 프탈레이트류 2종, 그리고 농약류 1종이었다. 여천산업단지에 인접한 가막만에서는 페놀류, 하천수 및 생활하수의 영향을 받는 광양만과 여자만에서는 프탈레이트류가 주요 환경호르몬성 물질로 검출되었다.

이러한 결론으로부터, 남해 연안 해역은 강 하구를 통해서 오염이 주로 이루어지고 있고 가두리 양식 및 산업단지의 존재와 같은 지역적 특성에 따라 오염인자의 분포가 달라지기 때문에 이 지역에서 오염원을 제어하기 위해서는 이러한 사항을 고려한 관리방안이 요구되어 진다.

후 기

본 논문은 과학재단 정부(교육인적 자원부)의 재원으로 학술진흥재단(과제번호: R05-2003-000-11436-0) 지원을 받아 연구되었습니다. 이에 대하여 감사드립니다.

참고문헌

- [1] 조은섭, 최용규, 2005, "남서해역의 유해성 적조생물 *Cochlodinium polykrikodes* Margalef 모니터링을 위한 환경특성과 식물플랑크톤 군집 동태", 한국환경과학회지, 14(2), 177-184.
- [2] 김성우, 김운신, 전준민, 2001, "여천공단내 실내·외 미세분진 붕의 화학원소 농도 및 발생원 추정에 관한 연구", 대한환경공학회지, 23(2), 305-317
- [3] 조현서, 유영석, 이규형, 1994, "가막만 수질 및 저질 환경의 계절적 변동 특성", 여수수산대학교 수산과학연구소 연구논문, 3, 21-33.
- [4] Kadokami, K., Jinya, D., Iwamura, T. and Tanizaki, T., 1998, "Chemical pollution in coastal waters around kitakyushu city and their origins", J. Environ. Chem., 8(3), 435-453.
- [5] Wania, F. and Mackay, D., 1996, "Tracking the distribution of persistent organic pollutants", Environ. Sci., Technol., 30, 390A-396A.
- [6] 환경부, 2000, "내분비계 장애물질 조사연구사업 결과보고서".
- [7] Kadokami, K., Sato, K., Hanada, Y., Shinohara, R., Koga, M. and Shiraishi, S., 1995, "Simultaneous determination of 266 chemicals in water at ppt levels by GC-Ion trap MS", Anal. Sci. 11, 375-384.
- [8] Kadokami, K., Sato, K., Koga, M. and Shinohara, R., 1995, "Simultaneous determination of 285 chemicals in water at ppt levels by GC-Ion Trap mass spectrometry", Anal. Sci. Technol., 8, 771-778.
- [9] 강준원, 박훈수, 1998, "상수원수중 오염 농약류 및 미량 유기물의 분석", 한국물환경학회지, 14(3), 355-366.
- [10] 김경숙, 오병수, 강준원, 한상국, 정봉철, 안규홍, 2003, "팔당상수원수내 미량유해물질의 조사 및 관리방안", 한국물환경학회지, 19(2), 183-191.
- [11] 식품의약품안전청 국립독성연구소, 1999, "내분비계 장애(추정) 물질 독성자료집", 112-189.
- [12] Kim, G.B., Maruya, K.A., Lee, R.F., Lee, J.H. and Koh, C.H., 1999, "Distribution and source of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediment from Kyeonggi Bay, Korea", Mar. Pollut. Bull., 38, 7-15.
- [13] Budzinski, H., Jones, I., Bellocq, J., Pierard, C. and Garrigues, P., 1997, "Evaluation of sediment contamination by polycyclic aromatic hydrocarbons in the Gironde estuary", Mar. Chem., 58, 85-97.

2005년 8월 8일 원고접수

2005년 11월 2일 수정본 채택