

영도연안수질의 오염도 평가

노 일

한국해양대학교 해양과학기술대학 해양과학부

The assessment of environmental contamination in the coastal area of Yeongdo

Il Noh

Division of Ocean Science, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

I. 조사의 목적 및 필요성

본 조사는 영도 연안벨트에 대한 해양수질을 가늠하고 향후 수질보전 및 회복 대책을 강구 하는데 기초자료로 사용하고자 하는 것이 주요 목적이며 본 조사를 통해 영도연안 해안이용에 대한 해수질의 이용안정성을 검토하는 것이 두 번째 목적이다. 또한 영도 연안을 따라 조성되어 있는 조선수리소 밀집지역에 대한 수질오염도를 평가하여 수질 오염도를 모니터링 하고자 한다. 그밖에 영도구가 주변해안에 배출하는 수질오염부하량을 산정하기 위한 조사를 수행함으로써 영도 인근해역에의 오염부하량을 정확히 파악하여 수질보전대책 수립을 위한 자료를 축적할 것이다.

II. 조사의 개요

1. 영도주변해역에 대한 수질항목측정(수온, 염분, pH, 용존산소, 부유물질, 투명도, COD, 영양염류, chlorophylls, phaeophytin, PAHs 등)
2. 조선소부근의 수질조사
3. 수괴안정성평가(CTD를 통한 TS분석)

* 교신저자 : 한국해양대학교 해양과학기술대학 해양과학부, Tel. 051-410-4758, Fax. 051-404-3538,
E-mail: ilnoh@hhu.ac.kr.

4. 공장폐수 배출량 및 COD 분석
5. 가정하수배출량 및 COD 분석
6. 연안 수질보전대책평가

Ⅲ. 조사방법

3.1. 조사정점

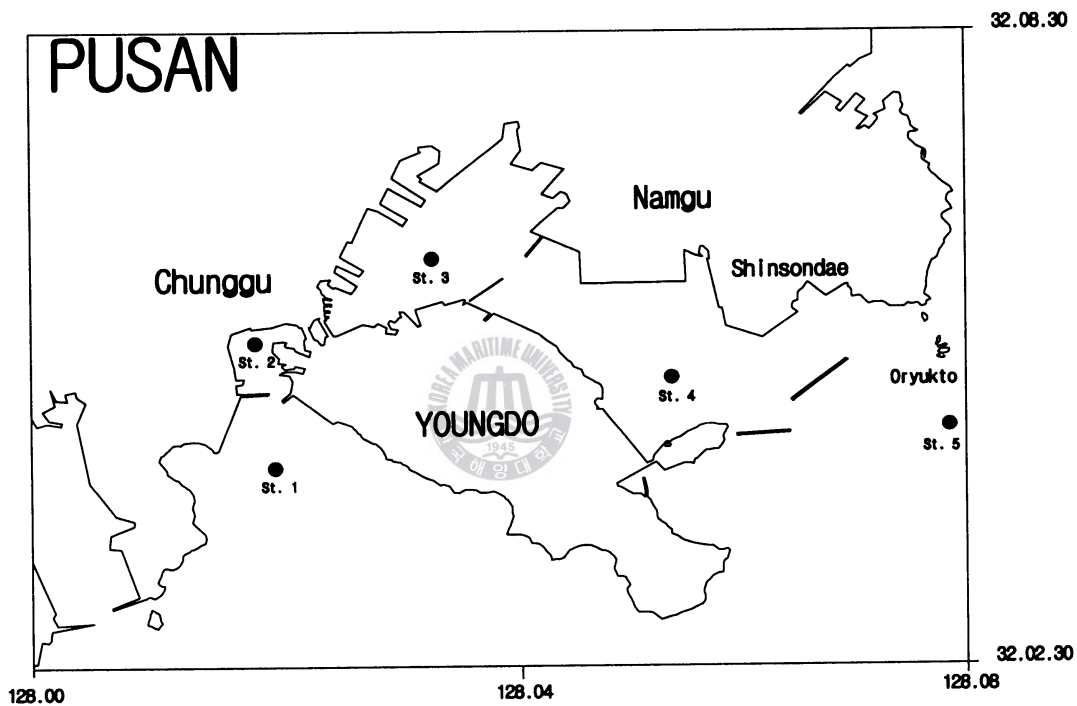


그림 1. 조사정점

본 조사 해역인 영도주변 해역(대략 북위 $32^{\circ}2'30'' \sim 32^{\circ}8'30''$, 동경 $128^{\circ} \sim 128^{\circ}5'$)은 수심이 5~25m 정도에 달하며, 북동-남서 방향의 반일주조 조석현상을 나타내는 특성을 갖는 해역으로, 외양수의 유동이 비교적 많고 대한해협 서수도를 통과하는 대마 난류의 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 본 조사해역의 정점 1은 남향해역으로서 외해역과 연결되어 있는 지점이며, 정점 2는 영도주변 해역 중에서 가장 오염이 심할 것으로 보이는 자갈치 앞 해역이다. 정점 3은 북향해역으로 지리학적으로 갠힌 형태의 폐쇄성 항이다. 정점 4는 외해역과의 연락이 비교적 용이하게 보이는 조도 앞 해역이다. 정점 5는 오륙도 부근해역으로서 외해역과의 연락이 가장 잘 이루어지는 해역으로 본 조사에서는 영도해역의 각 수질 항목의 대조구역(control point)으로 설정하였다. 정점의 위치는 그림 1에 나타내었다.

3.2. 측정 및 조사방법

수질 환경 측정 항목은 수온(temperature), 염분(salinity), 수소이온농도(pH), 용존산소(DO, Dissolved Oxygen), 부유물질(SS, Suspended Solid), 투명도(Transparency), 화학적 산소요구량(COD, Chemical Oxygen Demand), 및 영양염류(암모니아성 질소, 아질산성 질소, 질산성 질소, 인산염인) 와 다환방향족탄화수소(PAHs)로서 각 수질 항목의 특성에 맞추어 현장측정 혹은 실험실로 운반한 후 측정하였고, 다음과 같은 방법으로 분석하였다.

분석은 환경 오염 공정 시험법(환경처, 1991) 및 STANDARD METHOD(18th Edition, 1992)에 의하여 분석하였다.

가. 수온 및 염분

수온 및 염분은 해양대학교의 연구조사선인 해양호에 탑재된 CTD (Conductivity, Temperature, Depth Meter, Idronaut Model)를 이용하여 실시간(real-time)으로 측정하였다. 본 해양호에 적재된 CTD는 세계적으로 그 정밀성이 인정된 연구조사선 탑재용기기로 탑재후 본 조사에 최초로 사용되었다. 본 CTD는 수온염분, 수심 뿐 만이 아니라, 용존산소(Dissolved Oxygen), pH, 형광량(fluorescence-엽록소량 산정), 탁도 등을 실시간으로 수심 4,000m 까지 측정할 수 있는 장비로서 앞으로 영도연안 뿐만이 아니고 부산해역은 물론 동해의 깊은 심해역의 해양학적 자료를 획득하는데 유용한 기기이다.

나. 수소이온농도(pH)

수소이온농도는 조사연구선 해양호에 탑재된 CTD에 의해서 실시간으로 측정했으나, double-check를 위해서 휴대용 pH meter(동일 기계 주식회사, DPM-10)로 현장에서 다시 한번 측정하였다.

다. 용존산소(DO)

용존산소는 조사연구선 해양호에 탑재된 CTD에 의해서 실시간으로 측정했다.

라. 부유물질

미리 무게를 단 유리섬유여지(GF/C)를 여과기에 부착하여 시료를 여과시킨 다음 건조기에 서 110℃로 2시간 건조시켰다. 건조된 여지는 황산 데시케이터에 넣어 방냉한 후 미세저울(Chyo co. Model JL 180)을 사용, 여과전 · 후의 유리섬유여지의 무게차를 산출하여 부유물질의 양을 구하였다.

$$\text{부유물질} = (b - a) \times \frac{1000}{V}$$

a : 시료 여과전의 유리섬유 여지무게(mg)

b : 시료 여과후의 유리섬유 여지무게(mg)

V : 시료의 량(mg)

마. 화학적 산소요구량(COD)

시료 40ml에 수산화나트륨(NaOH)를 넣어 알칼리성으로 한 후, 일정과량의 과망간칼륨(KMnO₄)을 넣고 20분간 수욕상에서 가열반응 시키고, 요오드화칼륨(KI) 및 황산(H₂SO₄)을 넣어 남아있는 과망간산칼륨에 의하여 유리된 요오드를 전분 용액을 지시약으로 사용하여 0.01N-티오 황산나트륨 용액으로 무색이 될 때까지 적정하여 아래와 같은 식에 의하여 화학적 산소요구량을 구하였다. (환경처, 1991).

$$COD (mg/l) = (a - b) \times f \times \frac{1000}{V} \times 0.08$$

a : 바탕시험 적정에 소비된 0.01N-티오 황산나트륨 용액(ml)

b : 시료의 적정에 소비된 0.01N-티오 황산나트륨 용액(ml)

f : 0.01N-티오 황산나트륨 용액 역가(factor)

V : 시료의 량(ml)

바. 영양염류



1) 암모니아성 질소($NH_4^+ - N$)

동·식물성 유기물의 분해 산물에 해당하는 질소 화합물로 주로 동물의 배설물, 공장 폐수, 경작지 유출수 등이 주된 원인이다. 자연계에서는 유기물이 미생물에 의하여 분해되는 과정에서 생성된다.

2) 아질산성 질소($NO_2 - N$)

질소 화합물이 산화되는 과정에서 생성되는 물질로서 수명이 짧아 일반적으로 수중에 존재하는 아질산성 질소의 농도는 낮은 편이다. 그러나 수중의 아질산성 질소를 측정함으로써 수계 내에서 질소 화합물의 농도 및 산화과정을 파악할 수 있다.

3) 질산성 질소($NO_3 - N$)

질소 화합물의 최종 산화물로서 용해도가 높아 수중에 다량으로 함유될 수 있으며 식물성 플랑크톤, 균류, 세균류 및 수서 생물이 잘 이용할 수 있는 질소원이다. 주로 수계에는 공장 폐수, 농업 배수 등에 함유되어 유입되며 질산화에 의해 생성되기도 한다. 해수 중의 질소는 대체로 $NO_2 - N$ 과 $NO_3 - N$ 형태가 전체 질소의 65%가량이며, 나머지 35%가 $NH_4^+ - N$ 과 유기 질소로 알려져 있다.

4) 인산염 인($PO_4 - P$)

인산염 인은 생물의 유기물 합성, 핵산, ATP 및 에너지 물질 형성에 상당히 필요로 한다.

해수중의 인(P)은 대체로 불용성인 Calcium fluorophosphate 형태로 침적물에 존재한다. PO_4-P 의 농도는 대체로 수역마다 다르고 일반적으로 얕은 바다나 하구 혹은 심해의 저층 부에서 높게 나타나는 것으로 알려져 있다.

영양염류의 분석은 각 조사 해역에서 채수된 시료를 polyethylene병에 담은 뒤 냉동보존하여 실험실로 운반, 부유물을 여과, 제거한 후 여액을 다음과 같은 측정방법을 사용하여 항목별로 측정하였다. 먼저 아질산성 질소(NO_2-N)는 시료에 Sulfanamide와 N-(1-naphthyl)-ethylene-diamine-hydrochloride을 가해서 발색시킨 후, UV-VIS Spectrophotometer(MILTON ROY Co. SPECTRONIC GENESYS 5)로 540nm에서 흡광도를 측정하였다. 암모니아성 질소(NH_4-N)는 Phenate Method를 사용하여 630nm에서 측정하였으며, 질산성 질소(NO_3-N)는 자외선 흡광광도법으로 220nm에서 흡광도를 측정하였고, 인산염인(PO_4-P)은 Ascorbic Acid Method로 880nm에서 흡광도를 측정하였다.

사. Chlorophyll-a

표층수를 채취하여 1L 폴리에틸렌 bottle에 담아 선상에서 ice box에 냉장 보관하였으며, 실험실로 옮긴 후 즉시 흔들여 섞고, 시료는 유리섬유여지(WHATMAN GF/C)를 사용, vacuum pumping을 하여 여과하였으며, 여과지는 분석 전까지 영하 20°C 이하에서 냉동 보관하였다.

분석은 여과지를 90% 아세톤 5ml에 침적시켜, 냉암소에서 24시간 동안 색소를 추출하고 여과지를 분쇄한 후 분쇄된 시료를 2000rpm에서 10분간 원심 분리하고 상등액을 취하여 Standard Methods for Examination of Water and Wastewater(American Public Health Association, 1992) 18th Edition (trichromatic method)에 의거 각 파장(664, 647, 630, 750nm)에서의 흡광도를 측정하였다. 측정치의 계산은 다음과 같다.

$$Ca = 11.85(OD_{664}) - 1.54(OD_{647}) - 0.08(OD_{630})$$

여기서,

Ca : concentrations of chlorophyll-a, mg/L

OD_{664} , OD_{647} and OD_{630} = corrected optical densities (with a 1cm light path)
at the respective wave length

$$\text{Chlorophyll-a}(\mu\text{g}/\ell) = \frac{\text{Ca} \times \text{extracted volume (ml)}}{\text{Volume of sample}(\ell)}$$

아. Phaeophytin

채수 및 여과 방법은 chlorophyll-a와 동일하다.

분석은 여과지를 90% 아세톤 5ml에 침적시켜, 냉암소에서 24시간 동안 색소를 추출하고 여

과지를 분쇄한 후 분쇄된 시료를 2000rpm에서 10분간 원심 분리하고 상등액을 취하여 Standard Methods (American Public Health Association, 1992) 18th Edition (spectrophotometric method)를 이용하여 각 파장(664_b, 665_a)에서 흡광도를 측정하였다. 측정치의 계산은 아래와 같다.

$$\text{Phaeophytin}(\mu\text{g}/\ell) = \frac{26.7 (664_b - 665_a) \times V_1}{V_2 \times L}$$

여기서

V_1 = volume of extract (ml)

V_2 = volume of sample (L)

L = light path length or width of cuvette (cm), 이며

664_b, 665_a = optical densities of 90% acetone extract before and after acidification, respectively value 26.7 은 the absorbance correction 이고 $A \times K$ 와 동일한 값을 갖는다.

여기서

A = absorbance coefficient for chlorophyll-a at 664nm = 11.0 이며

K = ratio expressing correction for acidification = 2.43



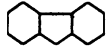

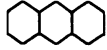
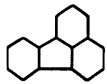
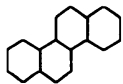
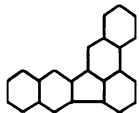
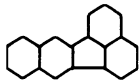
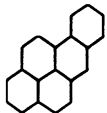
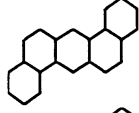
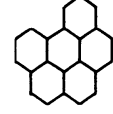
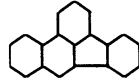
자. 다환방향족탄화수소(PAHs, polycyclic aromatic hydrocarbons)

조사해역인근 저질의 다환방향족탄화수소오염에 대해 살펴보기 위해 저질을 Peterson grab 으로 채취한다. 살아있는 저서 생물이 채집되면 육질에 포함되어 있는 다환방향족탄화수소 오염정도를 측정한다. 본 분석실험에서 행해진 HPLC 의 binary gradient system은 표1에, 분석된 다환방향족탄화수소는 표2에 나타내었다.

표 1. 본 연구에 이용된 HPLC 의 이동상 프로그램

Time(min)	Solvent A CH ₃ CN(%)	Solvent B H ₂ O:CH ₂ CN(%0:50, v/v) (%)
0	0	100
5	30	70
15	80	20
20	90	10
25	95	5
30	100	0

표 2. The chemical formula, structures and retention times (Rt) of PAHs analyzed in the study

No.	COMPOUND (ABBREV)	ALTERNATIVE NAME	FORMULAR (MW)	STRUCTURE	Rt (min),,
1	Naphthalene(NPHTL)		C10H8 (128)		12.16
2	Acenaphthylene(ANCPL)		C12H8 (152)		13.28
3	Acenaphthene(ACNPN)		C12H10 (154)		15.15
4	Fluorene(FLURN)		C12H10 (166)		15.38
5	Phenanthrene(PHEN)		C14H10 (178)		16.00
6	Anthracene(ANTHR)		C14H10 (178)		16.55
7	Fluoranthene(FLRTH)		C16H10 (202)		17.80
9	Chrysene(CHRY)		C18H12 (228)		20.13
10	Benzo(b)fluoranthene(BbF)	3,4 Benzfluoranthene	C20H12 (252)		22.40
11	Benzo(k)fluoranthene(BkF)	11,12 Benzfluoranthene	C20H12 (252)		22.73
12	Benzo(a)pyrene(BaP)	3,4 Benzopyrene	C20H12 (252)		23.45
13	Dibenz(a,h)anthracene (DahA)	1,2,5,6 Dibenanthracene	C22H14 (278)		24.33
14	Benzo(g,h,i)perylene	1,12 benzperylene	C22H14(276)	 26.06	
15	Indeno(1.2.3-cd)pyrene(I123 cdP)	o-Phenyleneperylene	C22H12 (276)		26.40

The Retention times of PAHs analyzed were drawn from uv/vis detection.

IV. 결과 및 고찰

전체시료를 분석하기 위해서는 시간이 더 필요하므로 분석이 완료되는 2003년 상반기에 종합적으로 보고할 것이며 여기서는 그간의 분석결과를 대략적으로 기술한다.

해양 오염 방지법의 수질 기준에 의하면 본 조사 해역은 II등급 수질에서 I등급 수질에 근접함을 보이고 있다. 각 수질항목별로 자세한 분포상황은 모든 분석을 완료하기에는 시간이 더 필요하므로 추후 보고서에 포함하여 설명할 것이다. 등급별 해역 수질 환경기준은 표 3에 나타내었다.

표 3. 해역 환경 수질 기준

기 준						
등 급	수소 이온 농 도 (pH)	화학적 산소 요구량 (COD) (mg/l)	용존산소량 (DO) 포화율(%)	부유 물질량 (SS) (mg/l)	총 질소 (mg/l)	총 인 (mg/l)
I	7.8 - 8.3	1이하	90이상	10이하	0.05이하	0.007이하
II	6.5 - 8.5	2이하	85이상	25이하	0.1이하	0.015이하
III	6.5 - 8.5	4이하	80이상		0.2이하	0.03이하

표 3. 註:

1. DO농도를 표시하는 경우에는 등급 I 은 6mg/l, 등급 II, III은 5mg/l 이상이어야 함
2. 등급 I 은 수산 생물의 서식, 양식 및 산란에 적합한 수질을 말한다.
3. 등급 II는 해수욕 등 해양에서의 관광 및 기타 여가 선용과 등급 I 외의 수산 생물에 적합한 수질을 말한다.
4. 등급 III은 공업용수, 선박의 정박등 기타용도로 이용되는 수질을 말한다.
5. 총 질소는 암모니아성 질소, 아질산성 질소, 질산성 질소의 합계를 말한다.
6. 총 인은 $PO_4^{-3}-P$ 의 형태를 말한다.

본 조사 기간동안 조사 정점의 해양 수질 측정 결과를 항목별로 고찰하면 다음과 같다. 정점별 분포사항은 추후 보고서에 포함하여 발표할 것이다.

가. 수 온

본 조사 기간 중 정점별 수온분포 범위는 11.4 - 20.4°C로 비교적 넓은 분포 범위를 나타냈다.

나. 염분

염분의 정점별 분포 범위는 34.9 - 37.7%이었으나 평균은 35.0 - 35.5%로서 큰 차이를 나타내지 않았다.

다. pH

해수는 일종의 중탄산 완충 용액(buffer)으로 작용하고 있으므로 일반적으로 해양에서의 pH 변화는 그리 크지 않다. 그러나 외적 작용에 의해서 pH의 변화가 크게 되었을 경우 해양 생물에 미치는 영향은 크다. 즉, 미생물의 발육과 수소이온 농도와는 밀접한 관계가 있어 대부분의 미생물은 pH 6-8에서 양호한 발육을 한다. 일반적으로 조류(Algae)는 약산성에서, 남조류(Blue-green-Algae)는 약 알칼리에서 잘 증식한다. 본 조사해역의 pH는 8.0-8.3의 범위를 보임으로써 대체로 한국 연안역의 pH 범위와 잘 일치하는 값을 보이고 있다.

라. 용존산소(Dissolved Oxygen ; DO)

대기 중의 산소는 수표면에서 물 속으로 분산 흡수되며, 흡수된 산소는 기체 분압에 의해서 어느 정도 용존하게 되는데 이와 같이 수중에 용존되는 산소의 농도는 물의 온도와 기압, 불순물 및 염분 농도 등에 따라 크게 영향을 받는다. 즉, 물의 온도가 낮고 물 속에 함유되어 있는 불순물의 농도가 적고 염분 농도가 낮을 때 수중에 용존 되는 산소의 농도는 커지게 되며, 식물성 플랑크톤, 미생물 등의 광합성 작용 및 분해 작용에 의하여 생성, 소멸되기도 하는 등 수중 생태계에 필수적인 요소이다.

일반적으로 수중에서 생태계의 균형을 유지하기 위한 용존산소 농도는 4.0mg/l 이상이며 1 mg/l 이하의 농도에서는 혐기성 상태로서 황화수소가 발생하여 수중 생물의 사멸을 가져오는 것으로 알려져 있다.

마. 부유물질(Suspended solid ; SS)

부유성 고형물은 유기, 무기 화합물 또는 수중 미생물로 구성되며 해양 수계에서의 오염원으로는 연안에서 유입되는 공장 폐수, 가정 하수, 농업 배수, 또는 토양입자를 들 수 있으며 수층의 교란에 의하여 부상하는 저질토 또한 원인이 되기도 한다. 연안 해역에서 부유물질이 수중 생태계에 미치는 영향은 주로 태양광의 투과를 방해하여 수중 식물의 광합성을 저해하고 해조류의 표면에 부착하여 성장에 영향을 줌은 물론 해산물의 상품으로서의 질적 저하를 가져온다.

한편 물 속의 가시 범위를 저하시켜 동물의 먹이를 찾는 능력을 저해하며 또한 어류의 아가미에 부유물질이 부착되어 호흡 장애를 가져오고, 수중 동물의 식도에 축적되어 기능을 마비시켜 결과적으로 수서 생물의 종 수를 감소시키며 먹이연쇄나 먹이망을 파괴시키는 등 제반 수중 생물에 악영향을 주게 된다.

본 조사해역의 부유물질의 농도는 저층으로 갈수록 증가하는 일반적 양상을 보이고 있으며, 20-29 mg/l 의 범위를 보임으로써 해양수질 2급수에서 3급수의 수질양상을 나타내고 있다.

바. 투명도(Transparency)

본 조사해역의 투명도는 0.8 m에서 4.2 m 범위를 나타내었다. 평균 값은 2.5 m로서 4-5년전의 평균 4.5m 에 비하면 해수투명도의 현격한 저하를 나타내고 있으며 이 사실은 부유물의 양적 증가에 의한 것임은 자명하다고 할 수 있겠으나 그 source 는 준설, 생활하수 유입량증가, 부영양화에 따른 식물플랑크톤개체수 증가, 해상쓰레기 투기 증가, 등 여러 요인에 의한 것으로 그 각각의 해수투명도에 대한 양적기여도는 향후 환경보전책과도 밀접한 유기적인 관계가 있으므로 추후의 모니터링을 통해 밝히고자 한다.

사. Chlorophyll-a

Chlorophyll-a는 세균을 제외한 모든 광합성 식물에 포함되어 있는 색소로서, 광합성에 있어 광에너지가 화학에너지로 전환되는데 가장 중요한 역할을 하며 chlorophyll-b, c나 카로틴 계열과 같은 보조 색소로부터 광에너지가 전이되는 최종 도달처이다. 해양 환경에서 chlorophyll-a는 주로 대형 부착 조류(macrophytes)나 식물 플랑크톤에 존재하며, 식물의 현존량(biomass)을 추산·비교하는데 매우 좋은 지표로 사용된다.

본 조사해역의 엽록소량은 0.2-1 µg/l 으로 부영양화된 수역에서 일반적으로 보이는 식물 플랑크톤 엽록소의 값을 나타내고 있다.

아. Phaeophytin

Phaeophytin은 chlorophyll-a의 분해산물(degradation products)로서 porphyrin환 중심부의 Mg 이온이 탈리된 분자구조를 하고 있으며 다음 두 가지의 생성 과정을 통해 생성된다.

- 1) 동물 플랑크톤의 섭이에 있어 위 내의 산에 의한 소화 과정으로서, Mg 이온의 탈리에 의한 생성,
- 2) 노쇠하거나 죽은 식물 플랑크톤 내의 chlorophyll-a의 자연 분해 과정으로서의 생성.

동물 플랑크톤을 위시한 제 1차 소비자에 의한 식물 플랑크톤의 섭이작용에 있어서 위를 통과하는 과정에서 1차적으로 phaeophytin이 생성되고 그 외의 소화관을 통과하는 동안 원래의 chlorophyll-a는 차차로 부서져 가며 분자구조의 파괴로 이어지는데, 이러한 과정을 통해 phaeophytin은 phaeophorbide등 더욱 간단한 chlorophyll 분해 산물로 변모된다. 일반적으로 어떤 해양수괴 내의 조류색소중 chlorophyll-a와 phaeophytin의 비율은 식물 플랑크톤 군집의 건강도(health state)를 추정하는 한가지 지표로 사용될 수 있으며, 또한 동물 플랑크톤에 의한 섭이작용의 활동도를 추정 할 수 있는 지표로도 사용할 수 있으나 후자

의 경우, 생성 과정의 시간적 추이를 살펴보면 phaeophytin보다 phaeophorbide를 적용하는 것이 더욱 타당하다.

Phaeophytin 대 chlorophyll-a의 비율이 0.4를 초과하면 당해역 식물 플랑크톤 군집의 건강상태는 불량한 것으로 말할 수 있다 (Noh, 1991). 본조사해역의 phaeophytin 양은 연안역의 일반적 범위인 엽록소의 10-20% 범위를 나타내고 있어 살아있는 식물플랑크톤 군집의 자연적 수치를 나타내고 있다.

자. 다환방향족탄화수소(PAHs): 토양질과 이매패류에 포함된 다환방향족탄화수소의 양은 석유오염에 대한 판정자료로 매우 유용하다. 본 조사해역은 소형선박은 물론이고 중대형선박의 잦은 입출항이 계속되는 항구여서 이러한 PAHs의 오염도는 환경안전도를 가늠하는 주요한 요인이 된다. 현재 조사지역의 저질에 포함된 PAHs를 분석중이며 향후 2차년도 연구에 포함하여 포괄적으로 보고될 것이다.

적 요

영도연안의 6개 지점에서의 해양수질을 가늠하기 위해 수온, 염분, pH, 용존산소(DO), 부유물질, 투명도(Transparency), 영양염류(질산염, 인산염), 엽록소(Chlorophyll), COD를 측정하였다. 현재까지 측정된 수치로 본 영도연안 수질을 평가하면 환경부고시 해양수질 II 급수에서 I 급수를 넘나들고 있는 것으로 판단되나, 시간이 경과하면서 수질저하가 우려된다. 특히 해양수질을 직접적으로 가늠할 수 있는 부유물질의 농도를 나타내는 투명도가 4-5년 전의 4.5 m에서 2.5m 내외의 급격한 감소치를 보임으로써 본 조사지역은 일광 투과량의 지속적 저하가 초래된 것으로 보인다. 이 태양조사량의 저하는 수중서식 동식물의 생존 범위를 제한함으로써 환경악화에 일차적으로 기여한다. 본 조사지역에 대한 수질은 지속적인 모니터링이 필요하고 수질악화를 막기 위해 해양으로의 유기물배출을 막기 위한 제반 행정적, 기술적 제어방책이 요구된다. 본 조사의 2차년도에는, 향후 영도연안 수괴의 물리적 구조를 알아보기 위한 CTD 분석이 수행될 것이며, 아울러 수질 오염의 생물학적 판정을 위해 수질 오염 지표종을 이용해 수질의 즉각적 판정 및 모니터링을 위한 오염 지표종 개발을 위한 연구가 수행될 것이다.

참고문헌

- 1) American Public Health Association. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th Edition.
- 2) Boehm, P. D. and Farrington, J. W. 1984. Aspects of the polycyclic aromatic hydrocarbon geochemistry of recent sediments in the Georges Bank region. *Environ. Sci. Technol.* 18, 840-845.
- 3) Cocchieri, R. A., A. Arnese, A. M. Minicucci. 1990. Polycyclic aromatic hydrocarbons in marine organisms from Italian Central Mediterranean Coasts. *Marine Pollution Bull.* 21 (1),15-18.
- 4) Delanne, R. D., Patrick, W. H., Casselman, JR and M. E. 1981. Effect of sediment pH and redox conditions on degradation of Benzo(a)pyrene, *Marine Pollution Bull.* 12(7), 251-253.
- 5) Means, J. C., S.G.Wood, J. H. Hassett, and W. L. Banwart. 1980. Sorption of polynuclear aromatic hydrocarbons by sediments and soils. *Environ. Sci. Technol.* 14, 1524-1528.
- 6) Menzie C. A., B. B. Potocki and J. Santodonato. 1992. Exposure to carcinogenic PAHs in the environment. *Environ. Sci. Technol.* 26(7), 1278-1284.
- 7) Mix, M. C. and R. L. Schaffer. 1983. Concentration of unsubstituted polynuclear aromatic hydrocarbons in bay mussels (*mytilus edulis*) from Oregon, USA. *Marine Environmental Research.* 9, 193-209.
- 8) Natush, D. F. S., B. A. Tomkins. 1978. Isolation of polycyclic organic compounds by solvent extraction with dimethylsulfoxide. *Anal. Chem.* 50,1429-1434.
- 9) Neff, J. M. 1985. Polycyclic aromatic hydrocarbons, in *Fundamentals of Aquatic Toxicology*, Rand, G. M. and Pterocelli, S. M. Eds., Hemisphere, New York.
- 10) Noh, I. 1991. Algal pigments and their degradation products in Southern Ocean and Gulf of Mexico surface waters, Ph.D. Dissertation. Texas A & M University. 143pp.
- 11) Rainio, K., R. R. Linko, and L. Ruotsila. 1986. Polycyclic aromatic hydrocarbons in mussel and fish from the Finnish Archipelago Sea. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 37, 337-343.
- 12) Smith, J. D., J. Bagg, and B. M. Bycroft. 1984. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the clam *Tridacna Maxima* from the Great Barrier Reef, Australia. *Environ. Sci. Technol.* 18, 353 -358.
- 13) Smith, J. D., J. Bagg, and Y. O. Sin. 1987. Aromatic hydrocarbons in seawater, sediments and clams from Green Island. Great Barrier Reef, Australia. *Mar.*

Freshw. Res. 38 : 501 ~ 510.

- 14) Steinhauer, M. S. and P. D. Boehm. 1992. The Composition and distribution of saturated and aromatic hydrocarbons in nearshore sediments, river sediments, and coastal peat of the Alaskan Beaufort sea: implications for detection anthropogenic hydrocarbon inputs. *Marine Environ. Res.* 33. 223-253.
- 15) 환경처. 1991. 수질오염 공정시험방법. p41-42, p188-189, p133-135.



