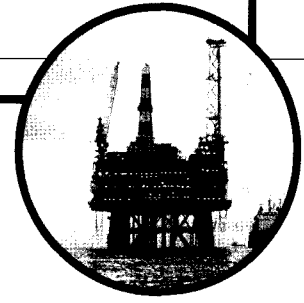


# 해양환경오염과 그 영향

## Marine Environmental Pollution and its Effect



글 / 姜永昇

(Kang, Young Seung)

해양기술사, (주)한국해양과학기술

부설연구소 부장, 한국기술사회 홍보위원

E-mail: kys001@bcline.com

This note reviews the marine pollution and its effects such as oil spill, ocean dumping and red tide in the coastal and marine region.

Marine environment is deteriorated by increases of sewage, industrial wastes and toxic substances.

In order to prevent pollution of the coastal and marine environment, continuous researches are needed for the source of pollution, the effect and alternative proposal.

Through these research and controls of the source of pollution, marine environmental quality is going to improve.

### 1. 서론

해양에 대한 국민의 관심이 높아지고 해양환경의 중요성에 대한 인식이 점차 증대되어 가고 있는데 반해 해양의 오염은 날로 가속화되고 있다. 연안 해양환경에 영향을 미치는 요소 중 육상에서 생성된 가정오수나 산업폐기물 등은 하천수를 통하여 연안해역으로 유입되고 임해공업단지과 해안도시개발과 산업화에 따른 인간활동의 증가로 인해 해양수질의 오염이 가속화되고 있으며 이로 인해 해양생태계가 훼손되는 등 연안해역의 피해도 점차 늘어가는 추세이다. 이같은 영향은 부메랑 효과로 나타나 인간에게 직접 또는 간접적인 피해를 주게 된다. 해양은 무한한 자정능력을 가진 공간이 아니며 이러한 자정능력을 초과한 경우는 해양오염(marine pollution)의 형태로 인간에게 피해를 끼치게 된다. 본 고에서는 해양환경에 영향을 미치는 주요 요인과 현황 및 그 영향을 줄

이기 위한 방안을 알아보고자 한다.

### 2. 본론

#### 2.1 해양오염의 정의와 오염발생 형태

UN에서 발표한 해양오염(marine pollution)에 대한 정의는 다음과 같다. 즉, "직·간접적인 인간 활동의 결과로 야기되어 해양환경 내로 유입되는 물질이 생물자원을 손상시키거나 인간의 건강에 해가 되며, 해양활동을 저해하거나 쾌적한 환경을 파괴하는 모든 유해한 효과를 유발하는 것"으로 정의하고 있다.

연안해역에서 인간활동에 의한 해양오염을 발생시킬 수 있는 요인에는 해안도로 공사, 항만개발에 따른 방파제나 이안제와 같은 항만공사, 해안 관광지 및 임해공단 조성에 따라 이용시 배출되는 오수에 의한 오염 등이 있다. 또한, 해양자원 활용시에 발생하는 해양오염에는 해양생물 및

광물자원의 추출과 폐기물 방출시 그리고 해운활동에 의한 유류오염(oil spill)과 여가활동에 의한 해양쓰레기 투입에 의한 오염 등이 있다. 육상에서 유입되는 오염부하량은 연안오염의 80%를 차지하며, 간척, 매립에 의한 습지 파괴와 해양쓰레기 유입으로 자연정화 능력을 점차 상실해가고 있다. 한편, 해양으로부터의 오염부하는 해운활동의 증가에 따른 유류오염 사고와 연안 양식장 등에서 발생하는 오염 등이 있다.

## 2.2 우리나라 연안해역 현황

### 2.2.1 연안해역 수질현황

우리나라 연안의 평균수질은 1998년 현재 COD를 기준할 때 동해는 평균 I 등급이고, 남해와 서해는 평균 II 등급을 유지하는 것으로 보고된 바 있다. 전국적으로 볼 때 BOD의 오염부하량은 점차 증가하는 것으로 보고된 바 있는데 BOD 증가의 가장 큰 원인은 생활하수(46.4%)와 축산폐수(9.5%) 및 산업폐수(44.1%) 등으로 나타났다. 또한, 해역별로 조사된 오염부하율은 서해안이 62.4%로 가장 크고 남해안과 동해안이 각각 29.1%와 8.5%를 차지하는 것으로 나타났다. 특히, 인구밀도가 높은 연안지역의 체감수질은 더 높아서 적조를 유발하는 물질인 TN과 TP의 농도는 III 등급을 초과하는 것으로 조사되었으며 특히, 내만이나 하구의 수질은 더욱 악화되는 상황이다.

### 2.2.2 유류 오염사고

유류오염사고 발생건수는 1991~1998년 사이에 점차 증가하는 추세이며, 피해의 정도가 심각함에 사고의 원인은 항해자의 부주의가 가장 큰 것으로 나타났으며 원래상태로 복원하는데는 상당한 시간과 노력이 소요된다.

### 2.2.3 양식장에 의한 오염

어류, 패류 및 해조류 등을 양식함에 따라 오염

이 발생하는데, 양식장 주변의 수질은 통상 2등급을 초과하는 것으로 조사된 바 있다. 진해만의 경우도 굴, 홍합, 피조개 등의 배설물에 의한 오염으로 수질상태가 심각한 것으로 알려져 있다.

### 2.2.4 주요 독성오염물질의 종류

해양오염을 일으키는 독성오염물질의 종류는 중금속과 지속성 유기독성물질로 분류할 수 있다.

중금속에는 수은, 카드뮴, 납, 구리, 아연, 크롬 등이 있으며, 지속성 유기독성 물질에는 PCB 종류, 유기염소계 농약류, 다이옥신과 퓨란, 벤조피렌과 유기브롬계 화합물 등이 있다.

## 3. 오염원에 대한 현황과 문제점 및 대책

해양환경을 보존하기 위해서는 오염을 발생시킬 수 있는 요인에 대한 관리를 하는 것이 필수적이며 오염을 발생시키는 원인을 조사하고 각각의 요인에 대한 분야별 관리 및 보존 대책이 시급하다.

### 3.1 연안해역 오염원 관리

오염증가 원인으로는 반폐쇄적인 지형으로 해수유동이 원활하지 않은 해역에서 물리적인 자정작용이 제한되는 경우와 육상에서 유입되는 도시하수의 오염물질, 해역이용(해운, 양식)에 따른 내부의 오염물질 부하량의 증가 및 연안해역의 주요오염원인 육상에서 발생한 오염물 관리의 실패 등을 들 수 있다.

또한, 연안지역의 개발수요가 계속적으로 증가될 전망이며, 하수처리율이 증가해도 부하량 자체가 증가하므로 오염물질 총량의 획기적인 감소는 기대하기 어려운 상황이다. 연안해역의 오염원을 관리하기 위한 대책으로는 총량규제와 환경관리해역 지정과 관리방안을 들 수 있다.

총량규제를 통하여 배출허가권 제도나 배출권 거래제도를 도입하여 오염물의 총량을 규제하는

방안과 수산자원 보전지구 또는 생태계가 특히 양호한 곳은 환경보전구역으로 지정하여 정기적인 해양환경조사를 실시하고 지정된 해역을 위주로 해역준설사업, 어장정화, 정비사업 등의 환경개선 사업을 시행하는 방안이 검토되고 있다.

### 3.2 적조 관리

#### 3.2.1 적조의 정의

적조(Red tide, Harmful Algal Bloom)란 해양에 서식하는 동 식물성 플랑크톤, 원생동물 및 박테리아와 같은 미생물이 일시에 다량으로 증식되거나 또는 생물, 물리화적으로 집적되어 바닷물의 색깔을 변색시키고 해양생물에 나쁜 영향을 미치는 것을 말하며 우리말로는 적조 또는 구죽물이라고 한다. 적조의 원인생물은 식물성 플랑크톤과 원생동물로 나누어 생각할 수 있는데 우리나라의 경우는 편모를 가진 식물성플랑크톤인 편모류에 의한 피해가 가장 크다.

#### 3.2.2 피해 현황

Cochlodinium에 의한 유해성 적조가 1993년부터 1994년까지는 여수, 남해, 통영, 마산 등 연안에서 발생하여 어류 양식장에서 수산피해가 발생하였다. 최근 우리나라 연안에서 수산피해를 발생시킨 *Cochlodinium polykrikoides*는 1개 또는 여러 개의 세포가 연결되어 있으며 세포의 크기는 20~40 $\mu$ m이다. 이 종은 일사량에 따라 표층으로 부상하고 침강하는 습성이 있으며 세포가 약하고 많은 점액성분을 가지고 있다. 해수 1m<sup>l</sup> 당 3,000 개체 이상이면 수 시간 이내에 어류는 호흡곤란 등으로 치사시킬 수 있다. 1995년부터는 동해남부까지 적조가 확산, 수산피해가 급증하였으며, 2001년 8월에 남해안에서 발생한 적조는 동해안과 서해안으로 진행하여 양식장의 어류를 폐사시켜 상당히 큰 재산상의 피해를 가져왔다. 근래에 적조발생의 빈도가 점차 높아지고 있는 추세로 피

해의 규모도 크게 늘어나는 상황이다.

#### 3.2.3 피해 원인과 대책

적조에 의한 피해 원인을 살펴보면 적조가 발생하면 수중의 용존산소가 결핍되어 질식사하거나 적조생물이 생산하는 독소 또는 2차적으로 생긴 황화수소, 메탄가스, 암모니아 등 유독성 물질에 의하여 중독사한다. 또한, 생산성의 감소로 인해 어장의 가치가 감소한다.

피해 대책으로 종묘배양장(전복, 미역, 김 사상체 등)의 경우는 물갈이를 위한 해수 비축 수조와 수온, 비중조절을 위한 장비를 준비하고, 병해방지류 약제를 준비하고 조도와 통풍을 원활하게 하기 위한 배양장을 점검한다. 또한, 적조발생시 환수를 억제하고, 부득이한 경우 미세여과하여 주입한다. 어류 축양의 경우는 가두리를 안전한 해역으로 이동 또는 침하할 수 있는 적지를 물색하고, 이동이 불가능할 경우는 육상 수조에 수용하도록 준비하며 물갈이용 해수비축 수조를 준비한다. 또한, 병해대책을 위한 영양제와 약품 및 먹이 등을 사전에 점검하고 적조가 발생시에는 사료공급을 줄임과 동시에 어류치사성 유독적조 발생시에는 조기에 출하하는 것이 최선의 방법이다. 피조개의 경우는 채취 가능한 어장은 조기채취하고, 살포어장에서는 가능한 살포를 중지함과 동시에 중간육성중인 종패는 조류소통이 좋은 곳으로 이동 관리하고 저질 및 저층수에 폭기작업을 한다. 굴의 경우는 조류소통이 좋은 해역으로 이동시키고 수하 잔여물량중 채취 가능한 것은 조기에 채취한다.

#### 3.2.4 적조발생 방지대책

어장의 부영양화의 진행정도를 판정하고, 영양염류나 증식촉진물질인 산업폐수나 가정하수의 유입을 철저히 규제하고 적정양식으로 자가오염을 방지해야 한다. 또한, 양식장의 폐기물과 오염물질은 저층에 퇴적되어 부패 분해되면서 용존산소를 소비하고 각종 유독성 물질을 생성하므로 이

러한 저질을 준설하거나 폭기시키는 것이 가장 효과적인 어장 환경개선 방법으로 알려져 있다. 저질개량 사업과 그 기대효과는 <표 1>과 같다.

<표 1> 저질 개량사업과 기대효과

방법	대상 어장	기대 효과
준설	심하게 오염된 저질	오염원 제거
석회살포	저질이 흑색이고 유화수소가 많이 발생하는 곳	유기물의 분해촉진과 H <sub>2</sub> S의 생성억제
점토살포	저층산소를 소비하는 유기물질이 많이 퇴적된 곳	영양염류의 용출 억제
경운폭기	유화물과 질소성분이 많은 곳	산소공급, 환원상태 방지

또한, 어류양식의 경우는 사료찌꺼기와 배설물이 어장을 오염시키고 적조를 일으키기 때문에 적절한 방양밀도를 준수해야 하고 패류양식의 경우는 수하식이나 밀식어장에서는 유기배설물이 많고 해수의 교동이 방해되어 적조가 상습적으로 발생하기 때문에 적정 수하시설물량과 살포량을 조절해야한다.

### 3.2.5 적조피해 저감대책 수립

#### ■ 적조생물과 독성 연구

유독적조 생물들의 독성을 생산하는 메커니즘을 밝히고 지속적 모니터링을 통해 피해를 사전에 예방하고 최소화하는데 그 목표를 두고 있으며 그 주요 연구내용은 아래와 같다.

즉, 적조생물생성 독성물질의 분리, 동정 및 구조분석기술 연구와 독성물질의 지속적인 모니터링 기술개발과 생화학적, 유전학적 연구와 독성물질의 신속한 검출기술 개발과 생리활성 물질로의 이용 가능성 연구 등이 진행 중이다.

#### ■ 적조예보 연구

적조의 조기발견과 정확한 확산경로의 예측기술 개발을 통한 적조발생 감시 및 적조피해의 최소화에 목표를 두고 있으며 주요 연구내용으로는 생물광학조사와 알고리즘 개발 및 적조생물 증식 모델 및 자료동화(data assimilation)를 통한 실

시간 예보기술 개발과 해수유동 모델 연계기술과 적조확산경로 예측기술에 대한 연구가 이루어지고 있다.

#### ■ 적조방제기술 개발연구

새로운 첨단 적조방제 기술개발과 실용화를 통한 적조피해 최소화 및 연안어장 보호기술 구축에 그 목표를 두고 있으며 주요 연구내용은 아래와 같다.

즉, 생물학적 방제기술과 생리활성물질의 개발기술의 실용화 및 물리학적 제거기술이 연구되고 있으며, 최근에는 황토살포에 의한 방제기술과 해수의 전기분해에 의한 방제기술이 실용화되고 있다.

## 3.3 유류오염(Oil pollution) 관리

### 3.3.1 유류오염의 영향

해수면에 덮인 유막에 의해 물리적, 화학적인 변화를 일으키며 정체수역이나 성층화된 지역은 광투과율이 저하되어 생물에 영향을 주게 된다. 또한, 유막은 빛을 반사하므로 표층 아래로 투과하는 광량이 감소하여 광합성 제한하게 되므로 이에 따른 생태계의 변화가 생긴다. 또한, 유류는 점도가 높기 때문에 플랑크톤이나 조류에 붙을 경우 치명적인 영향을 미치며, 포유류의 체표나 어류의 아가미에 기름이 붙으면 체온유지나 호흡에 지장을 초래하며 그 정도가 심하면 치사하게 된다.

마비작용이나 발암성이 있는 독성은 초기유출시 치명적인 영향을 미치는데 그 주요 성분은 벤젠, 톨루엔, 페놀 등이다. 유류에 의한 피해는 수산물의 상품가치가 하락하여 재산상의 손실을 가져오게 된다.

유출유류가 해양생물에 미치는 집중적인 피해는 수개월 내에 일어나지만 생태계의 기반과 구조에 따라 피해가 장기화될 수 있다. 서식생물상이 복원되는데 걸리는 시간은 유류의 종류, 피해범위뿐 아니라 방제와 복원에 들어가는 노력 여하에 따

라 차이가 있겠지만 상당히 긴 시간과 예산이 소요된다.

### 3.3.2 유출유 방제기술

사고발생시 신속하게 배출된 주변을 오일펜스로 포위하여 유출유의 확산을 방지한 후 회수기 및 유흡착제 등으로 회수하고, 잔존유는 유처리제 등으로 분산 처리하는 방법으로 방제작업을 수행한다.

#### ■ 방제기자재의 종류

오일펜스는 유출원을 포위하여 확산을 방지하거나 특정지역을 보호하기 위하여 유출유를 차단하거나 오염피해가 적은 곳으로 유도하기 위한 방법이며 유회수기는 물과 기름의 물리적인 특성을 이용하여 해상에 유출된 기름을 기계적으로 회수하는 장비로서 방제기술 중 가장 바람직한 방법으로 알려져 있다. 또한, 유흡착제는 기름을 흡착하여 회수하는 방제자재로 유출유의 양이 적거나 폐쇄 해역에서의 유출유 회수시 주로 사용한다. 유처리제는 유출된 기름을 미립자화하여 유화 분산시켜 해수와 섞이기 쉬운 상태로 만들어 자정작용(미생물분해, 증발, 산화작용 등)을 촉진시키는 방법인데, 지나치게 많이 사용할 경우 유처리제의 독성과 분산된 기름에 의해 해양생물에 부작용이 발생할 가능성이 있다. 소각기술의 경우는 소각이 효과적으로 이루어지기 위해서는 유막의 두께가 2mm 이상이고, 기름이 풍화되기 이전 상태이며, 유화 되지 않은 상태이어야 한다.

### 3.3.3 유류오염 관리의 문제점

유류오염 사고의 75% 정도가 고의 및 부주의에 의한 것이며, 이중 소형어선에 의한 오염이 46%를 차지하는 것으로 조사된 바 있다. 이러한 사고를 대비하기 위해서는 지정항로를 설정하고 이를 준수하도록 제정하고, 자동항적 기록장치에 관한 기준을 제정 시행해야 하며 방제판단 모델이나 위험분석 모델을 개발하여 각종 긴급계획수립

에 이용되는 기술의 개발이 시급하다. 또한, 유류오염사고 지역은 수산피해와 더불어 장 단기적으로 해양생태계에 많은 피해를 입히고 이차적으로 해양환경에 급성 및 만성적인 피해를 주게된다.

### 3.3.4 유류오염 관리의 개선정책

#### ■ 유류오염 방제 및 방제지원 기술 구축

국가방재능력의 확충과 인접국들과의 공조를 위한 국제협력 강화가 필요하며 각종 사고관련 자료를 D/B화하고 방제장비 개발 및 방제대응 기술 개발 및 주요 기관들간의 명확한 역할분담을 통해 효율적인 방제작업이 시급한 실정이다.

한편으로는 유류오염 방제지원 시스템을 구축하기 위하여 환경민감도 지도를 작성하고 유류확산 예측 시스템 개발 및 원격탐사 자료의 유류확산 예측지원 기술을 실용화하고 전국해역에 대한 사고발생 위험분석을 실시하는 방안이 요구된다.

#### ■ 유류오염 방제장비 개발 및 성능평가 기술 구축

환경영향평가 기술을 구축하기 위하여 유류오염이 해양생태계에 미치는 영향을 파악하기 위한 장 단기 모니터링 기술개발과 유류오염의 영향을 나타내는 biomarker를 개발하고 유해물질의 분석 기술을 정립하며 생태계 이동경로 추적기술을 축적하기 위한 노력이 필요하다.

또한, 환경회복 기술 구축을 위해서는 유류 및 유해물질 배출에 의해 오염된 해양환경을 복원시켜 재이용할 수 있는 기술과 해상유출사고 발생시 생물학적 정화기술을 이용한 환경회복 기술 및 오염된 퇴적물의 생물학적 독성평가 기술의 확보하기 위한 연구가 필요하다.

### 3.4 유해화학물질 관리

유해화학물질은 유용성과 유해성을 동시에 가지고 있기 때문에 이로 인한 위험요소가 증가하고 있으며, 이 물질은 유해화학물질 관리법에 의해 관리되고 있는 유독물과 농약관리법에 의해 관리

되고 있는 농약, 수질관리법과 산업안전보건법에 의해 관리되고 있는 유해물질 등 종류가 다양하다.

#### ■ 유기주석 화합물

유기주석 화합물은 산업활동에 이용되고 있는 유기금속화합물로 1925년에 방충제로 이용된 후 PVC(polyvinyl chloride) 폴리머의 안정제로 사용되었고 살충효과가 있음이 밝혀진 후 농업과 산업에 다양한 용도로 사용되고 있으며 수중으로 방출된 유기주석 화합물은 광분해와 생물학적 분해과정을 통하여 부유물질과 퇴적물, 생물체내로 흡착되거나 축적된다. 유기주석 화합물의 독성은 유기그룹의 개수와 성질에 관련되며, triorganotin일 때 독성이 가장 크고 그 중 독성이 강한 TBT(트리부틸주석)는 주로 부착 방지용 페인트에 사용되고 효과를 증진시키기 위해 TPhT(트리페닐주석)가 함께 사용된다. TBT에 의한 피해의 사례로 1980년대 초 영국과 프랑스의 참굴의 패각기형과 개체군이 감소하였고 굴의 성장이 억제되고 기형의 패각이 나타나고 홍합의 성장이 억제되거나 높은 사망률을 보이고 복족류에 임포섹스 현상이 나타났다.

#### ■ 지속성 유기오염물질(POPs : Persistent Organic Pollutants)

지속성 유기오염물질은 생화학적으로 분해가 되지 않고 축적되는 화합물로 대부분 인위적으로 생성된 물질로 산업생산공정과 쓰레기의 폐기, 누출 및 연소에 의해 환경으로 유입되는데, 지속성이 크기 때문에 중금속류와 함께 내분비장애물질로 의심받고 있다. 그 특성으로는 독성과 환경잔류성이 크며 생물에 축적될 뿐 아니라 대기나 해류에 의해 장거리까지 운반이 가능하여 인간의 건강에 악영향을 미치며 물에 잘 녹지 않고 지방에 잘 녹는 특성을 가지고 있으므로 먹이사슬을 통해 농축이 가능하고 독성 및 발암작용을 일으킬 수 있다. 또한, 반휘발성인 특성 때문에 대기를 통해

넓은 지역으로 확산, 이동될 수 있으며 수중에서는 대부분이 입자상태로 급속히 흡착되어 퇴적되거나 생물에 흡수된다.

TBT에 대한 오염 개선대책으로는 기초유통 자료의 파악이 필요하며 시판되는 방오도료 등록의 의무화가 선결되어야 한다. 연안생물에 대한 위해성 평가, 환경기준 마련이 시급하며 전국해안에 대한 지속적인 TBT 오염감시 활동이 필요하며 조선소의 dry-dock에서 방오도료를 긁어낼 때 찌꺼기를 정화 또는 폐기처리 할 수 있는 법적 규제가 필요하다.

## 4. 결론

지금까지 연안해양 환경에 영향을 미치는 주요 요인과 그 피해실태 및 그에 대한 대책을 알아보았다. 인간의 생활터전인 해양환경은 자정능력의 한계를 넘어설 경우, 해양은 우리에게 여러가지로 주어지던 혜택이 감소하고 오히려 악영향을 미치게 될 것이다. 따라서, 오염을 발생할 수 있는 여러가지 요인에 대한 연구와 피해영향 및 대비방안 등에 대한 지속적인 연구가 필요하다고 본다. 해양의 혼합은 단시간에 일어나지 않기 때문에 폐기물을 방출할 경우, 오염기준치를 초과하지 않도록 규제하고 연안해역의 개발시 공사로 인한 해양환경의 변화와 오염물질 방류로 인한 피해영향을 최소화할 수 있는 방안을 수립하여 시행하는 노력이 절실히 요구된다.

(원고 접수일 2001. 9. 10)



1. 해양수산부, 1999. 적조피해대책연구.
2. 심재형, 1991. 해양오염과 생태계.
3. 개러드 포터, 1994. 세계환경정치.