연안해역의 매립개발과 생태독성 연재II

김오식/ 한국산업안전공단 산업안전보건연구원 책임연구원

4. 퇴적침니의 독성영향

퇴적침니(堆積沈泥)의 수산동식물에 대한 독성영향은 제족류(굴, 진주담치, 반지락)와 복족류(소라, 밤고둥, 전복) 및 극피동물(보라성게, 해삼) 그리고 수산식물(곰피, 참도박, 참우뭇가사리, 진두발)을 대상으로 조사되었다.

퇴적침니에 의하여 매몰된 2매패류의 치사현상은 6일째부터 나타나기 시작하여 급격한 치사현상을 나타내지만 치사영향은 퇴적침니의 피복정도에 따라 상당한 차이를 나타내고 있다. 2매패류중에서 굴과 진주담치 및 반지락은 사니질(砂泥質)보다 사질(砂質)에서 늦게 폐사되기 시작하고 있다. 퇴적침니의 2매패류에 대한 치사영향은 반수치사일수(LD_{50} : Median Lethal Day)로 비교하여 보면, 굴은 사질에서 11일이고 사니질에서 9일이며, 진주담치(Blue-mussel)는 사질에서 9일이고 사질에서 7~8일이며, 반지락은 사질에서 12일이고 사니질에서 9일이다.

소라와 밤고둥 및 전복 등의 복족류는 퇴적침니에 의한 매몰시에 2매패류보다 더 급격하게 폐사하고 있으며 피폭지질에 따른 치사영향의 차이는 나타나지 않는다. 퇴적침니에 의한 복족류의 치사영향을 반수치사일수(LD50)로 비교하여 보면, 소라는 사질에서 5일이고 사니질에서 4일이며, 밤고둥(Top-shell)은 사질에서 7일이고 사니질에서 5일이며, 전복(Abalone-shell)은 사질에서 4일이고 사니질에서 4.5일이다. 또한 보라성게(Purple-sea-urchin)와 해삼(Sea-cucumbers) 등의 극피동물은 복족류보다 더 급격하게 폐사하고 있다. 극피동물에 대한 퇴적침니의 반수치사일수(LD_{50})를 보면, 보라성게는 사질에서 4일이고 사니질에서 3일이며, 해삼은 사질에서 4일이고 사니질에서도 4일이다.

수산식물인 해조류가 퇴적침니에 의하여 매몰되게 되면 색깔의 변색과 같은 장해는 빨리 나타나지만 피복저질에 따른 피해증상의 차이는 나타나지 않고 있다. 곰피(Tsuruarame)는 퇴적침니에 매몰된 후의 1일째부터 탈색되기 시작하여 4~5일째는 엽체의 전부가 탈색되고 8~9일째에는 잎녹음이 시작되어 11일째에는 사질에서 50%의 엽체가 소실되고 사니질에서는 75%의 엽체가 소실되고 있다. 참도박(Buddhas-ear)의 피해증상은 곰피와 유사하다. 참우뭇가사리(Agar-agar)는 퇴적침니에 매몰된 5일째부터 엽체가 탈색되기 시작하여 8일째에는 대부분의 엽체가 흑색으로 변화하고 잎녹음이 시작되고 있다. 또한 진두발(Carrageen)은 퇴적침니에 의하여 매몰된 4~5일째에 탈색되기 시작하여 7~8일째에는 대부분의 엽체가 흑색으로 변화하

여 잎녹음이 시작되고 11일째에는 사질에서 50%의 엽체가 소실되고 사니질에서는 75%의 엽체가 소실되고 있다.

5. 유출유의 독성영향

기름유출에 의한 연안해역의 오염사고가 증가하고 있으며 대형화되고 있다. 중앙해난심판원의 자료에 의하면 1980년의 우리나라 연안해역의 기름유출량이 2,700드럼이었으나 1986년에는 13,039드럼으로 6.5배로 증가하고 있다. 1979년부터 1986년 6월까지 우리나라의 연안해역에서 발생된 오염사고는 1,577건이고 유출된 기름이나 액상폐기물은 38,124드럼이며 피해액은 450억원이고 피해보상액은 124억원에 이르고 있다. 이러한 오염사고는 선박의 왕래가 빈번한 우리나라의 동남해안에서 51% 이상이 발생되고 있다. 이러한 유출유는 수산양식장을 피폐시킬 뿐만이 아니라 연안해역의 생태계와 주변 주민의 생활환경에까지 심대한 영향을 미치고 있다.

연안해역으로 유출된 기름에 의하여 오염된 해수나 저질(Sediments) 혹은 조간대(潮間帶)는 생태학적으로 심한 영향을 받으며 특히 이러한 해역에 서식하는 생물상(生物相)은 치명적인 영향을 입게 된다. 기름이 유출되면 유막(油膜)을 형성하여 표류하다가 폐유덩어리로 되어 떠다니거나 침전하게 된다. 폐유덩어리는 부착성이 매우 크므로 거의 모든 해양생물에 부착하게 되며, 식물프랑크톤과 같은 부유물과 어류의 부성란(浮性卵) 및 현탁물질 그리고 해조류 등은 폐유가 특히 붙기 쉬운 부착대상물이다.

유출유의 영향이 대형의 어미고기에 대하여서는 나타나지 않는다고 할지라도 저항력이 약한 어란이나 치자어 및 패류 그리고 저서생물에 대하여서는 호흡기관에 직접 부착되거나 먹이를 섭취하는 여과기관에 부착하여 질식사시키기도 한다. 유출유가 어류의 아가미에 부착하게 되면 질식되어 폐사된다. 일반적으로 유출유의 농도가 100 ppm 정도로 되면 어류는 3~5일 후에 옆헤엄(側泳)을 치거나 광분이나 횡전(橫轉) 등의 반응을 나타내고 폐사하게 된다. 또한 유출유가 부착된 피부에는 반점이 나타난다.

유출유의 착취성분(着臭成分)이 어패류에 침입하는 경로는 피부와 아가미 및 소화관의 3가지이지만 일반적으로는 아가미로부터 호흡기를 통하여 간장에 도달하고 차후에 혈관내로 유입되어 전신이 착취성분으로 띠게 된다. 이러한 착취성분의 전파현상은 아주 짧은 시간내에 완결되고 있다. 갈전갱이(Kingfish)의 경우에는 유출유 0.021ppm에서 2시간후에 착취되게 된다. 고등어(Mackerel)는 유출유 0.05ppm에서 24시간 후에 착취되게 되고, 붕장어(Sea-eel)는 유출유 0.50ppm에서 24시간 후에 착취되게 된다 조간대의 연안역에 서식하는 녹조류나 갈조류 등의 해조류는 유출유의 유막으로 피복되면 동화작용의 능력을 상실하게 되며, 양식김의 발육기나 채취기에 유출유가 직접 접촉되게 되면 3일 후에 잎의 주변이 탈색되게 된다. 또한 물고기보다도 유영능력이 적은 게나 새우류는 유출유에 의한 질식사의 피해가 더욱 크다. 갈매기 등의 해조류의 날개에 유출유가 부착되게 되면 날개표면의 왁스가 용해되어 방수성이 상실되므로 물분자의 침투를 방어하지 못하고 체온도 유지하지 못하여 죽게 된다. 특히 해조류의 가슴털에 기름이 약간이라도 묻게 되면 알의 부화능력을 상실하게 된다.

6. 온배수와 수중소음의 영향

연안해역의 생물은 해수의 수온변화에 대하여 대단히 민감하므로 계절변화에 따라 활동장소를 이동시키고 있다. 주변해역의 수온이 상승하게 되면 프랑크톤의 현존량과 우점종이 계절적인 증식을 하지 않게 되며 해조류의 식물상도 단순화되고 결국에는 당해수온에 적절한 어류들이 서식하게 된다. 전어(Gizzard-shad)의 환경순응온도가 25℃이면 24시간내에 50%가 폐사하게 되는 내온한계의 상한온도는 35℃이고 하한온도는 11℃이다. 이와 동일한 조건에서 망상어(Sea Club)의 상한온도는 34℃이고 하한온도는 8℃이다.

해역의 어류가 감지할 수 있는 음의 세기는 21

~91데시벨 정도이지만, 수중의 소음과 진동이 연안해역의 생물에 미치는 영향은 주로 어류의 도피행위이다. 수중의 굴삭작업 등에 의하여 충격음이 발생되면 주변의 수역을 유영중인 어류는 겁을 먹고 도피하게 되며, 이러한 충격음이 장기화되면 어류가 주변수역내로 회유하지 아니하므로어장이 상실되게 된다. 일반적으로 어류는 충격음이 60데시빌 정도이면 도피행위를 일으키지만 수중의 진동도 큰 영향을 미치게 된다. 특히 연안수역의 주변을 지나는 항공기나 열차 그리고 파쇄기나 항타기가 일으키는 소음이나 진동이 주원인으로 되고 있다.

7. 적조의 발생에 미치는 영향

연안해역의 매립개발이 적조의 발생에 영향을 미치게 되는 수도 있다.

적조(Red-tide)는 근래에 이르러 광역화되고 장기화되며 악성화되고 있다. 적조에 의한 피해는 여러방면에 걸쳐서 나타나고 있으며, 양식어패류의 대량폐사만이 아니라 천연의 어패류가 폐사되어 부상되기도 한다. 특히 볼낙(Japanese-stingfish)과 망상어(Sea-Club) 및 숭어(Common-mullet) 등과 같이 연안해역에 서식하는 정착성 어류나 양식장 등에 서식하고 회유능력도 없는 치자어들이 큰 피해를 받게 된다.

적조에 의한 어패류폐사의 원인을 보면, 첫째는 대량증식된 프랑크톤의 세포가 어패류를 질식시키는 것으로서 고점도의 적조해수가 어패류의 아가미호흡을 불가능하게 하는 경우와 프랑 크톤의 세포가 어패류의 아가미표면에 부착하여 질식시키는 경우가 있다. 둘째로는 Gymnodinium과 Gonyaulax 등의 외편모조류처럼 치사성의 유해물질, 즉 미코톡신을 분비하는 것이다. 셋째로는 적조생물의 사체가 급격히 분해되어 주변수역이 무산소상태로 되어 황화수소나 Ptomaine과 같은 유해물질을 발생시키거나 유해세균이 번식하여 어패류를 폐사시키는 것이다.

우리나라의 연안해역에서 자주 출현하는 적조생물을 보면, 마산만과 행암만에서는 Prorocentrum속과 Heterosigma 속 및 Skeletonema속 등이 우점적이고, 진동만과 진해만에서는 Gymnodinium 속과 Gonyaulax 속이 우점적이다. 또한 낙동강하구역에서는 1982년에 Cochlodinium속이 출현하였고, 진동만에서는 1983 년에 Chattonella 속이 출현하였으며, 진해만에서는 여름철에 Chaetoceros 속과 Nitzschia 속 그리고 겨울철에 Eucampia 속이 자주 출현하였다. 적조생물의 우점종출현을 년도별로 보면 1981년에는 Gymnodium nagasakiense, 1982년에는 Prorocentrum spp., 1983년에는 Heterosigma akashiwo, 그리고 1985년에는 Skeletonema costatum이 우점적이었다.

적조에는 자연적인 현상에 기인하는 외양성적조와 도시하수 등에 기인하는 연안성적조로 분류되고 있다. 연안성적조는 비가 온 후 일조의 계속시에 발생되고 있는 것이 세계적인 공통현상이다. 그러므로 적조는 수온과 염분 및 질소농도와 깊은 연관을 맺고 있다. 연안성적조생물 중에서 Hetesosigma 속은 질소농도 50~100㎎/ℓ 그리고 Rhodomonas 속은 질소농도 5~10㎎/ℓ에서 대량증식(村上, 1978)하는 것으로 보고되선 있다. 또한 적조시에는 클로로필의 양이 100㎎/㎥ 정도로 상승하며, Heterosigma 속의 적조

<표2> 연안해역의 영양계급과 수질

항 목	부패수역	과영양수역	부영양수역	빈영양수역	수영만수질
투시도(m)	1.5 이하	3 이하	3~10	10 이상	1.5~5.0
COD(㎎/ℓ)	10 이상	3~10	1~3	1 이하	4.6~8.7
용존산소	0~30%	100~200%	30~80%	80~100%	4.05~8.95㎎/ℓ
클로로필a (㎎/㎥)	—	10~200	1~10	1 이하	1.7~1.9
세균수(개/100㎖)	10^7 이상	10^4~10^7	10^4~10^6	10^4 이하	8~40×10^3

시에는 클로로필의 양이 100㎎/㎥(村上, 1977) 까지 상승하였으며, 우리나라의 진해만(KAIST, 1980)에서는 클로로필의 양이 최고 744 ㎎/㎥ 까지 상승하였다고 보고되어 있다. 〈표2〉에서는 연안해역의 영양계급에 의한 분류와 부산 수영만 (1988년 10월~12월)의 연안수역 수질을 참고로 나타내었다. *

환경보전 홍보관 관람안내

본 협회에서는 일반국민의 환경보전 의식제고와 환경오염방지 기술개발의욕을 고취시키는 한편 환경보전범국민운동 참여를 유도하기 위하여 환경보전 홍보관을 설치·운영하고 있습니다.

86년 6월 5일 세계환경의날을 맞아 개장된 홍보관은 환경오염방지기기·환경관계도서·VTR 및 슬라이드·국내외 우수기기 카다록·환경보전 사진 및 포스터 등의 자료를 갖추고 여러분의 관람을 기다리고 있습니다.

관람을 원하시는 분이나 포스터 및 사진을 대여·전시코자 하시는 분은 언제든지 홍보관으로 오십시오.

※ 단체관람을 원하시는 단체는 미리 본협회 홍보관 (907-6142) 으로 연락 바랍니다.