

바다를 오염시키는 석유와 바다의 생물

崔 榮 博 / 水原大學校 總長 · 理博

▶ 바다에 흐르는 石油

지난 해 9월 대형유조선 시프린스호의 기름유출사고와 유독성 적조발생에 이어 또다시 벙커C유 2,800여톤을 실은 유조선 제1유일호가 부산 근해에 침몰하자 남해안 일대의 어민들을 매우 난처하게 했다. 최악의 적조로 200여억원의 피해를 입고 있는 어민들은 잇따른 재앙으로 큰 고통을 받게 되었다.

제1유일호에서 흘러나온 석유는 폭이 500여m, 길이가 3km가 넘는 기름띠였다.

사실 이와같은 최근의 석유에 의한 바다의 오염은 인체에 의한 것이지만, 실는 유사이전부터 잘 알려져 있는 바와 같이 해저의 유전에서 석유가 흘

러나와 바다를 오염하는 자연 재해가 있었으며 한편 석유유출에 의한 오염은 오늘날에 있어서 특히 제2차 세계대전후 세계의 석유소비량이 비약적으로 증대하는데 수반해서 심각한 문제가 되고 있다.

1967년 영국 동남해안에서 일어난 토리·카니온호의 사고로 2만 수천마리의 새들을 비롯한 많은 어패류와 해조가 사멸하고 손해 총액은 당시 금액으로 1,000조원을 넘었다고 한다. 이 사고는 석유오염에 대한 공포심을 세인에게 인식시켰다는 점에서도 역사적인 것이라고 말할 수 있다. 이 사고 이후에도 큰 해난사고에 의한 석유오염의 뉴스는 아주 없어지지 않고 있다.

최근에도 북해와 페르시아

만 해안등에 해저유정(海底油井)으로 부터의 석유유출 사건이 두드러지게 많아지고 폭풍우나 전란(戰亂)등 예측할 수 없는 사태에 대한 해저유정의 취약함이 새삼 지적되고 있다.

세계의 여러 바다가 어느 정도의 석유로서 해안이 오염되고 있는가에 대해서는 많은 전문가들에 의한 각 견적이 있는데 다음<표-1>은 「미국 과학 아카데미」의 시산의 결과를 게재한 것이다. 큰 해난사고에 의한 석유의 유출은 사람들의 이목을 끌게 되고 또한 국지적으로 생태계나 해안의 시설에 큰 손해를 주는 까닭에 큰 뉴스화 되었다.

<표-1>에서 알 수 있는 바와 같이 선박이나 육지로 부터의 일상적인 오염이 실제의 양

보다는 많다. 처음에도 말한 바와 같이 자연의 석유유출량은 전체의 약 1/10, 해마다 60만톤 정도이나 그렇다 하더라도 오랜 시대에 걸쳐서 이와 같은 유출이 계속되었다고 생각하면 그 총량은 수10조톤을 훨씬 능가하는 거대한 양임에

오염 원인	오염량(만t)
석유의 해상수송	213
해저의 체유	8
연안의 석유정제	20
공장 폐수	30
도시 폐수	30
도시 우수	30
하천 수	160
자연 오염	60
우 수	60
계	611

〈표-1〉 세계의 바다의 석유 오염

는 틀림이 없다. 이와같은 대량의 석유는 도대체 어디로 가고 말것인가. 오늘날, 우리나라도 특히 황해의 심각한 환경오염이 우리의 생존에 현실적으로 큰 위협이 되고 있고 그 오염의 주역이 중국이라는 점에 주목해야 한다.

황해해역이 중국 황하로부터 배출되는 엄청난 중금속과 발해만 석유시추현장에서 방류되는 원유로 인해 오염도가 허용도의 2배에 이르는 「죽음

의 바다」로 변질했으며, 1963년에 141종이던 어족이 1988년은 경우 24종으로 급격히 줄었다는 것으로 이는 미국 감시단체인 “월드워치”가 발표한 보고서에서 지적된 충격적인 것이다.

▶해면에 표류하는 石油는?

누구나 잘 알고 있듯이 석유는 물보다 가벼운 것이므로 바다로 흘러나온 석유는 먼저 해면상에서 넓게 퍼진다.

퍼져가는 속력에 대해서는 많은 연구가 있다. 예컨대 4l의 기름(원유)을 바다로 흐르게 하면 40~100시간 사이에 4km사방으로 넓어지고 그 주변에서의 석유의 막(膜)두께는 1mm의 1만분의 1에 도달된다는 것이다.

넓어진 기름층의 휘발성분(거의 150℃까지의 비등점의 부분)은 용적으로 봐서는 20~30%를 차지하는 것이 많다고 한다.

물론 휘발한 성분이라 하여도 그 대부분은 조만간에 빗물과 함께 바다로 되돌아오는 것이 된다. 바다에 남은 석유는 파랑에 서로 밀치락달치락 하면서 점차 유화(乳化)하여 커고 작은 에마루존입자를 만든다.

이와같이 해서 입상(粒狀)

으로 된 석유입자는 해수중의 다른 입자들을 흡착해서 점차 무겁게 되어 수중으로 침전한다. 한편, 이들 기름입자의 일부는 서로 한군데로 밀려 소위, 오일볼로 되어 해면을 표류하고 어떤 것은 멀리 떨어진 육지로 흘러가서 해안을 오염하게 된다.

▶石油를 먹는 박테리아

어느정도 형태를 바꾸어도 석유는 해마다 모여 늘어갈 뿐이나 현실로서는 그렇게 되지 않는다. 바다안에는 눈에 보이지 않는 무수의 청소자(清掃者)인 박테리아가 있어서 유입하는 석유를 먹어 이것을 물과 이산화탄소로 바꾸는 까닭이다. 바다안에서 석유의 분해는 일부 자동산화라 말하는 화학반응에 의해 일어나는데 대부분은 박테리아의 활동에 의한 것이다.

박테리아는 석유에 붙어 체중에서 연소시켜 자기가 이용하는 에너지로 변화시킨다. 이와같이 바다안으로 들어간 석유는 최종적으로 박테리아에 의해 분해될 때까지의 과정은 〈그림 1〉과 같이 나타낼 수 있다.

석유로 분해하는 박테리아로서는 바다안에서 지금까지

100종류 이상의 것이라고 보고되어 있다. 하지만 바다의 석유분해균의 종류는 실제로는 그것보다 훨씬 많다고 생각된다.

박테리아를 기르기 위한 영양분이 풍부한 연안·내안 해역에서는 이와같은 석유를 분해하는 박테리아의 수도 많고 예컨대 해수중에는 1ml당 100~1만이상, 또는 해저의 진흙탕중에는 1g당 1백만~10억정도의 석유분해균이 있다고 알려져 있다. 석유중에는 수백이상의 성분이 포함되어 있는데 그중에서 박테리아에 의해 분해되기 쉬운 것은 비교적 작은 분자의 또한 그 형태의 단순한 직쇠형(直錐形)의 탄화수소 성분이다. 내만이나 하구역과 같은 석유분해 박테리아가 많은 곳에서는 이와같은 성분

이 수온만 높으면 1주간 정도 사이에 분해되고 만다.

한편 석유 성분중에는 박테리아 작용에 대해 강한 것도 있고, 이와같은 성분은 해저의 진흙탕중에 들어간다면 그 분해는 쉽게 진전되지 않는다.

이와같이 해서 분해를 면한 석유성분은 해저나 가까운 수중에 살고 있는 생물의 먹이감이 되어 축적되게끔 된다. 석유중에 포함되어 있는 발암성의 유해물질은 조개류나 플랑크톤등의 몸체에 축적되어 있다는 자료도 많이 보고되고 있다. 이와 같은 것은 환경이 보존면에서 큰 문제를 던지고 있다고 할 수 있다.

또한 육지에서 멀리 떨어진 외해에서는 박테리아를 기르기 위한 영양분이 해수중에는 부족한 까닭에 석유분해균의

수도 연안이 내만역에 비해 매우 적고 해수 1ml당 1마리 이하가 되는 것이 보통이다.

따라서 외해에서 큰 석유오염 사고가 발생하는 경우 유출되는 석유는 쉽게 분해되지 않고 오랜시간에 걸쳐서 표류하고 때로는 바람에 밀려 연안으로 밀려들어 와서 큰 피해를 초래한다.

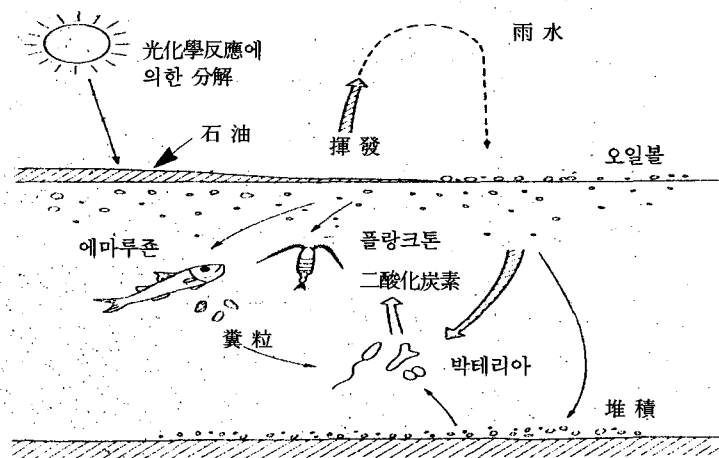
▶바다의 生物을 지탱하는 것

지구상의 생물중에서 식물만이 비료등의 무기물에서 생체의 재료가 되는 유기물을 만들어낸다.

이것은 초목(草木), 해조(海藻), 식물 플랑크톤등의 빛합성의 짜임이 있는 까닭이다. 빛합성을 하는 데는 빛의 에너지가 필요하며 자연에서는 태양의 빛이 사용된다. 식물이 만든 이들 유기물을 사용해서 세균이나 동물이나 모든 생물이 살고 있다.

우리 인류도 예외는 아니다.

월급쟁이 가정에 비유한다면 식물은 월급을 운반해오는 한집안의 일꾼과 같은 것이다. 식물이 많이 무성하는 곳에서는 동물도 많다. 식물을 많이 만들자면 비료와 태양의 빛을 균형있게 주는 것이 중요하다.



〈그림 1〉 바다로 흘러가는 석유의 운명

한쪽에만 취중해도 식물은 살지 않는다.

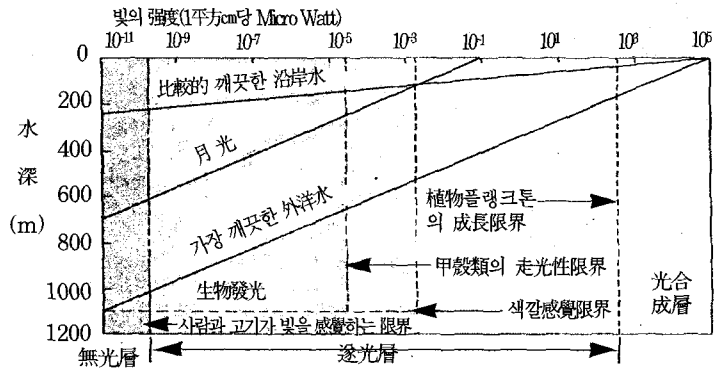
농토에서는 빛과 비료중 자연에만 맡기고 있으면 농작물은 비료를 흡수해서 감소되어 가므로 사람이 비료를 주어서 균형을 유지해야 한다. 크게보면 지구상에서는 식물에 의한 유기물의 생산과 이에 의해 살아가는 생물의 소비가 균형을 유지하고 있다고 생각된다.

따라서 일부생물의 수가 증가하는가 해서 그 생물종(生物種)으로서의 소비가 늘어나면 식물의 생산이 늘어나지 않는 한 다른 생물이 이용하는 유기물을 빼앗아야 한다.

인류는 농업을 해서 필요한 식물을 확보하고 인구증가와 개인의 소비를 증가시키는데 맞추어 왔다. 이 까닭에 다른 생물의 생활의 장(場)인 삼림등을 개척하여 농토로 하였기에 많은 생물이 희생되어 왔다.

그러면 바다는 식물에 대해 육상과는 다른 환경을 만들어 내었으며 바다에는 육상식물과 같은 동류는 거의 없다.

해초는 육상의 식물이 재차 바다에서 생활하게 된 것이라고 생각된다. 그외는 식물플랑크톤이나 그와 같은 동류라고 할 수 있는 해조로서, 이것을 정리해서 조류라고 한다. 해조



〈그림-2〉 수심과 빛의 강도(연안의 깨끗한 해수도 200m이면 빛이 없음)

는 연안의 극히 얇은 곳에 살고 그외는 식물플랑크톤의 세계이다.

조류에는 빛합성을 떠맡는 색소(色素, 葉綠素도 그 하나이다)에 의해 여러가지의 색이 있다. 빛합성에 있어서 가장 중요한 빛과 비료가 해양에서는 어떤 상태로 되어 있는가 살펴보기로 한다. 바다에는 태양의 빛이 수면으로 들어오는데 수중에 입사한 빛은 물 그 자신이나 수중에 녹거나 떠있는 물질에 의해 흡수되거나 산란되므로 깊이와 함께 급속하게 감소되어 간다.

깨끗한 물이면 빛은 깊은 곳까지 들어가나 더럽게 된 물이면 빛은 얇은 곳에서 없어지고 만다. 물이 깨끗한 외해에서도 100~150m의 깊이에서 빛의 강도는 표면에서의 1% 이하로 되고 만다. 바다의 평

균깊이는 3,800m이므로 밝은 층이 얼마나 얇다는가를 알 수 있다. 해안 가까운 곳에서는 만(灣)내에서는 점토(粘土)의 입자등이 육지에서 들어가고 해저로부터 날아 올라가서 물을 흐려지게 한다. 또한 생물의 활동도 활발해서 생물이 늘어나는 것에서도 물이 흐려지고 수심 30m이내에서 빛의 강도는 1%이하로 되고 만다. 외해에서의 오야시호(親潮)나 구로시호(黑潮)가 충돌하고 있는 곳도 생물이 증가하는 까닭에 수중에서의 빛의 감소반식은 급하다.

식물이 빛합성으로 살아가기 위해서는 표면의 빛의 1% 이상의 빛이 없으면 어렵다고 말하고 있다. 바다의 식물이 빛합성에서 살아갈 수 있는 곳을 유광층(有光層)과 빛합성층(光合成層)이라고 한다. 이것

보다 깊은 곳에서는 식물은 살 수 없다. 이와같이 빛에 대해서만 생각해도 해양의 유기물은 바다표면의 얇은 부분에서만 생산되는 것을 알 수 있다.

식물이 유광층내에 있기 위해서는 연안의 극히 얇은 곳이면 정착가능하나 그외에서는 떠있을 뿐이다. 하지만 몸이 작지 않으면 모두 표면에 떠있거나 바닥으로 가라앉는다.

그래서 바다의 대부분은 1mm보다 작은 식물플랑크톤의 세계로 되어 있다. 눈으로 볼 수 있는 큰 해조나 해초는 연안의 극히 얇은 해에서만 살고 있는 것은 이와같은 이유에 의한 것이다.

막상 빛이 있어도 영양물질이 없으면 빛합성은 일어나지 않는다. 유광층의 영양물질은 다음 문제이다. 영양물질에는 여러가지가 있으며 해양에서는 질소, 인, 규소가 부족하기 마련일 것을 알고 있다. 이와

에 철분등 생체에 극히 근소하게 필요한 금속이나 비타민류도 부족하고 빛합성이 억제 당하는 경우도 있다고 생각되나 상세하게는 아직 알 수 없다.

해수를 여러곳의 깊이에서 퍼내서 그중에 포함되는 영양물질을 측정해보면 어느 영양물질도 얇은 곳에서는 적다는 것을 알게 되었다. 수심이 1000m 부근까지 깊어질수록 많아지고 그곳보다 더욱 깊은 곳에서는 거의 같은 농도로 된다고 한다.

태평양, 대서양, 인도양의 어느곳에서도 이 특징은 변함이 없다. 다만 대서양은 태평양이나 인도양에 비해 깊은층에서의 영양물질 농도가 1/2 정도 밖에 안된다고 한다.

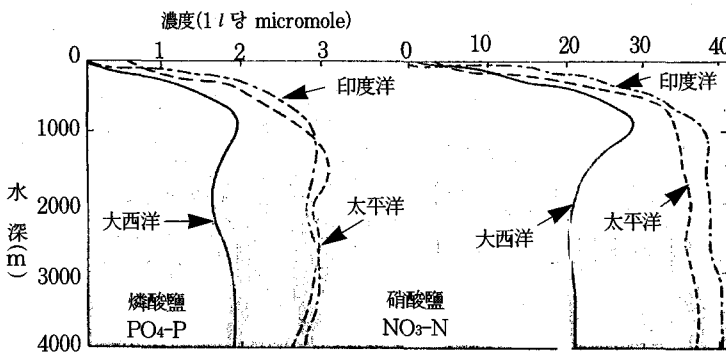
어쨌든 유광층에서의 영양물질은 많은 경우 빛합성을 하는데 충분이 있다고 말할 수 없다. 오히려 영양부족이 되는 뼈똥한 극한상태에 있다고 하

는 것이 좋다. 이 까닭에 대부분의 바다에서는 영양물질을 주면 빛합성에 의한 생물의 생산이 높게 된다.

그런데 주의하지 않으면 안 될 것은 유광층에 있는 식물이 영양부족이 되어 있는 것은 없다는 것이다.

그곳에서는 영양이 적어도 원기있게 생활할 수 있는 것만이 번성한다고 생각된다. 왜냐하면 수심이 얇은 곳일수록 영양물질이 적게 된다고 말하는 것은 빛의 에너지가 많은 수면에 가까워질수록 생물의 빛합성이 왕성하게 되어 소비되고 마는 까닭이다.

일부의 영양물질은 보통의 측정으로는 추정할 수 없을 경우가 많다. 하지만 깊은 층에서는 빛이 부족한 까닭에 빛합성도 진행되지 못하고 영양물질은 사용되지 못하고 고여 있다. 전체 해수에서 질소가 20조톤 포함되고 있다고 한다. 한해에 지구상의 식물이 이용하고 있는 질소비료는 질소로서 1억톤이하이므로 그 양이 얼마나 큰가를 알 수 있다. 질소만이 아니고 기타의 영양물질도 거의가 유광층보다 깊은 곳에 있다. 저온의 심층의 바다는 거대한 비료의 저장고라고 할 수가 있다. 이 심층의 영양물질은 어디서 왔을까? △



〈그림-3〉 수심과 영양물질의 농도