

명사칼럼

심재형 / 서울대학교 해양학과교수



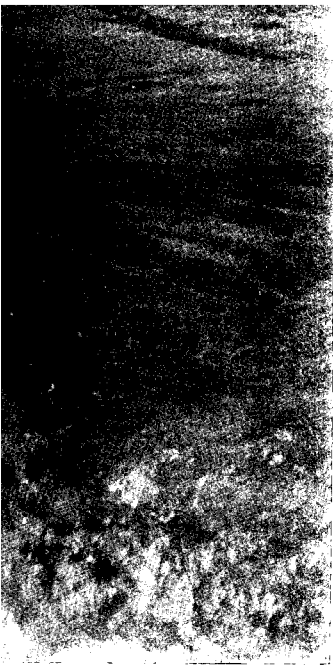
해양 유류 오염과 생물 치유(Bioremediation)



든 해양 생태계에는 사실상 각기 고유한 탄화수소 분해 미생물이 살고있다. 이들 탄화수소 분해자는 오염이 안된 환경에 살고 있는 세균 군집의 1퍼센트 미만을 이루고 있지만, 일반적으로 석유가 오탁된 후에는 10퍼센트까지 증가된다. 다양한 탄화수소가 이들 미생물에 의해 여러 상이한 속도로 분해되고, 잔류 탄화수소는 혼합물 속에서 진화를 하는 한편, 일부 탄화수소와 아스팔트 석유 탄화수소는 분해되지 않은 채로 남는다. 다행히 이 지속성 오염물질들은 대부분이 불용성이거나, 고체에 결합된다. 그러므로, 이것들은 생물학적으로 이용되지 않으며, 결국 해양 생물에게 유독하지 않을 것이다. 이산화탄소, 물, 그리고 분해성 탄화수소로부터 미생물에 의해 생산된 세포성 생물량은 데트리터 섭식생물에 의해 소비되고, 자연적인 생물학적 분해과정의 최종산물을 구성하게 된다.



생물 치유(Bioremediation)란, 미생물의 탄화수소 분해 활동을 제한하는 요소들을 극복하여, 자연적인 탄화수소 분해율을 가속화 하려는 것이다. 토착성 미생물의 분해 능력을 강화할 목적으로 여러가지 상업적인 접종물이 유류유출에 살포하기 위해 개발되어 왔다. 이 살포용 접종물들은 비록 미국의 EPA가 지원하는 국립 환경기술 평가원의 실험실 검사에 의해 잠재적으로 유익하고, 영향이 없는 산물임이 밝혀졌지만, 현장에 적용하였을 때 유익할 것인지는



아직 증명이 요구된다. 이 살포용 접종물도 언젠가는 유용할 수 있을 것이지만 현재의 유류유출 생물 치유 처리는 토착성 탄화수소분해 미생물의 성장을 촉진하도록 비료를 첨가하는 것이다. 저 유명한 “엑스-발데즈”호의 유류유출 사건은 주요 생물 치유 연구에 기초를 마련하였다. 현재, 이 새로운 기법을 가장 적절히 적용시킴으로써, 생물 치유는 다른 기름제거방법보다 훨씬 좋은 결과를 얻었다. 즉, 친유성 비료인 Inipol EAP 22를 사용한 실험은 결정적인 결과를 얻을 수 있었다. 기름으로 검은 색으로 변한 해안의 암반부는 하얗게 변했고, 처리 10일 만에 기름 성분은 다 사라졌다.

시각적으로 깜짝 놀랄만한 이 결과는 프린스-윌리엄만(prince William Sound, 알래스카주)에서의 유류 분해가 영양염류 총량에 의해 제한받는다라는 점과 비료의 적용이 매우 유용한 생물 치유 전략이라는 점을 강력하게 뒷받침 해 주고 있다. Inipol과 또 하나의 서서히 뿌려 준 비료는 다 같이 오타크 해안을 처리하는데 매우 유용함이 입증되었는데, 생물 치유는 유류오타크 초기에 물리적 세척에 이어 가장 중요한 청소 방법으로 인정되고 있다. 해안에 대량으로 뒤덮인 기름을 씻어내는데는 물로 세척하는 것이 효과적이지만 많은 기름이 잔류하게 되고, 특히 해수면 하에서는 그대로 남아있게 된다.

생물 치유에 대한 감시 실험은 아무런 생태학적 악영향이 없는 것으로 증명되었고, 독성실험도 사용된 비료의 양이 안전성에 있어서 문제가 없음을 입증하였다. 현장 감시 실험 역시 비료 적용이 유류로 오타크된 해안에서 유류 분해 미생물의 수를 높게 유지시켜 주고 있음을 보여주었다. 그리고, 비료처리 지역과 처리하지 않은 지역의 기름을 취하여 화학 변화를 조사한 결과는 처리지역에서 생물 분해가 현저하게 강화되었음을 나타내었다.

이러한 감시 노력을 통해서 생물 치유의 유효성을 증명하는 일은 유류분포의 불균질성 때문에 쉽지가 않다. 흔히 내부 표준물질로 이용되는 분자상 탄화수소인 프리스테인(pristane)과 피테인(phytane)이 프린스-윌리엄만의 토착성 미생물에 의해 급속히 분해되었는데, 이들 세균은 필시 테르펜류(terpenes)의 분해에 적응되었을 것이다. 테르펜류는 주변의 소나무 숲에서 프린스-윌리엄만에 유입되어 자연상으로 존재하는 물질들인데, 구조상으로 프리스테인과 피테인에 유사한 물질이다. 생물치유가 효과적인가를 입증하기 위해서는 다변량 통계분석과 함께 내부 표준물질로서 생물 분해에 저항성이 있는 호페인(hopane)을 사용할 필요가 있었다. 그 결과는 비료의 적용이 자연 탄화수소 분해율을 5배나 증가시켜 주는 것으로 나타났다.

유류 유출에 대한 응급처치를 분산제에 의존하고 있는 우리나라에서도, 우리나라 해역의 토착성 미생물을 대상으로 비료의 효율실험을 하여, 그 결과를 토대로 환경에 무해한 생물치유기법의 도입을 서둘러야 할 것으로 생각한다.