

# 우리의 지속가능한 해양



유네스코한국위원회 한국해양학위원회 기획

김응서 김태욱 남정호 이용희 이윤호 이종명 정석근 지음



국제연합  
교육과학문화기구



유네스코  
한국위원회



한국해양과학기술원



한국해양학위원회

한국사회와 지속가능발전목표 14

# 우리의 지속가능한 해양

# 국제연합교육과학문화기구(UNESCO) 헌장

공포: 1953. 7. 6 조약 제26호

제정: 1945. 11. 16.

발효: 1946. 11. 4.

이 헌장의 당사국 정부는 그 국민을 대신하여 다음과 같이 선언한다.

전쟁은 인간의 마음속에서 생기는 것이므로 평화의 방벽을 세워야 할 곳도 인간의 마음속이다.

서로의 풍습과 생활에 대한 무지는 인류 역사를 통하여 세계 국민들 사이에 의혹과 불신을 초래한 공통적인 원인이며, 이 의혹과 불신으로 인한 그들의 불일치가 너무나 자주 전쟁을 일으켰다.

이제 막 끝난 무서운 대 전쟁은 인간의 존엄, 평등, 상호존중이라는 민주주의 원리를 부인하고, 이러한 원리 대신에 무지와 편견을 통하여 인간과 인종에 대한 불평등이라는 교의를 퍼뜨림으로써 일어날 수 있었던 전쟁이었다.

문화의 광범한 보급과 정의, 자유, 평화를 위한 인류의 교육은 인간의 존엄에 불가결한 것이며 또한 모든 국민이 상호 원조와 상호 관심의 정신으로써 완수하여야 할 신성한 의무이다.

정부의 정치적 경제적 조정에만 기초를 둔 평화는 세계 국민들의 일치되고 영속적이며 성실한 지지를 확보할 수 있는 평화가 아니다. 따라서 평화를 잃지 않기 위해서는 인류의 지적 도덕적 연대 위에 평화를 건설하지 않으면 안 된다.

이러한 이유에서 이 헌장의 당사국은 교육의 기회는 모든 사람에게 충분하고 평등하게 주어져야 하고, 객관적 진리는 구속받지 않고 탐구되어야 하며, 사상과 지식은 자유로이 교환되어야 함을 확신하면서, 국민들 사이의 의사소통 수단을 발전 확대시키는 동시에, 서로를 이해하고 서로의 생활을 더욱 진실하고 더욱 완전하게 알도록 하기 위하여 이러한 수단을 사용할 것을 동의하고 결의한다.

이에 헌장의 당사국들은 세계 국민들 사이의 교육적, 과학적, 문화적 관계를 통하여 국제연합의 설립 목적이며 또한 국제연합 헌장이 선언하고 있는 세계 평화와 인류 공동의 복리라는 목적을 촉진하기 위하여 국제연합교육과학문화기구(유네스코)를 창설한다.

## 차례

---

- 03 국제연합교육과학문화기구(UNESCO) 현장
- 07 우리의 지속가능한 바다  
김웅서 | 한국해양과학기술원 원장 (한국해양학위원회(KOC) 위원장)
- 19 어업  
정석근 | 제주대학교 해양의생명과학부 교수
- 33 플라스틱기 시대, 플라스틱 바다  
이종명 | (사)동아시아바다공동체오션 연구소장
- 47 해양산성화  
김태욱 | 고려대학교 환경생태공학부 교수
- 65 해양생태계와 해양보호구역  
남정호 | 한국해양수산개발원 연구위원
- 81 해양과 해양자원의 보전과 지속가능한 이용을 위한 국제법  
이용희 | 한국해양대학교 해사법학부 교수
- 97 지속가능한 해양을 만들기 위한 국제 사회의 노력  
이운호 | 한국해양과학기술원 책임연구원
- 114 유엔 SDG 14 세부목표와 지표 및  
한국(K-SDG 14)의 세부목표와 지표

## 지속가능발전목표 14

지속가능발전을 위한 대양, 바다, 해양자원의 지속가능한 이용과 보전

(Conserve and sustainably use the oceans, seas and marine resources for sustainable development)

## 지속가능발전목표

사회가 발전하면서 경제 개발과 환경 보존이라는 서로 다른 가치가 대립하게 되었다. 이에 국제연합(UN)은 1987년 ‘우리 공동의 미래(Our Common Future)’라는 보고서를 옥스퍼드대학 출판부에서 발간하여 지속가능한 발전을 촉구하였다. 이 보고서는 현 세대가 필요한 것을 충족하면서도 미래 세대에게 필요한 자원과 환경을 해치지 않는 것을 ‘지속가능발전’이라 정의하였다. 이후 1992년 브라질 리우에서 열린 유엔환경개발회의(UNCED)에서 지속가능발전을 실행할 수 있는 실천계획 40개를 담은 의제 21(Agenda 21)을 채택하였다. 이 의제는 환경 보전과 경제 개발 간에 균형을 고려하여, 자원을 개발할 때 환경 보전을 적극적으로 고려하도록 권고하고 있다.

새로운 천년을 맞이하면서 국제연합은 2015년까지 달성할 새천년개발목표(MDGs)를 세웠다. 그리고 2015년에는 그 목표의 달성도를 평가하는 보고서를 발간하였다. 평가 결과는 절반의 성공이었으며, 이를 기반으로 유엔은 2015년 이후의 발전 목표를 새로 설정하였다. 그 결과물이 지속가능발전목표(SDGs)로 1) 빈곤 퇴치, 2) 기아 종식, 3) 건강과 복지 증진, 4) 양질의 교육, 5) 양성 평등과 여권 신장, 6) 깨끗한 물과 위생, 7) 친환경 에너지, 8) 일자리 창출,

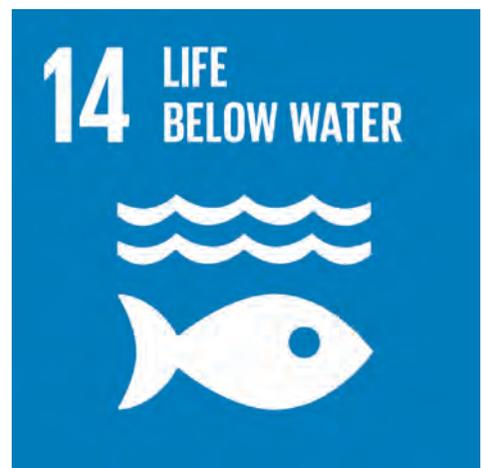


그림 11 지속가능발전목표 14 로고

9) 산업과 인프라, 10) 불평등 해소, 11) 지속가능한 도시 조성, 12) 지속가능한 소비와 생산, 13) 기후 변화 대응, 14) 해양 환경 보전과 해양 자원의 지속가능한 이용, 15) 육상 생태계와 생물다양성 보전, 16) 평화롭고 정의로운 사회 보장, 17) 목표 달성을 위한 협력 등 모두 17개의 목표를 담고 있다. 그 가운데 14번째 목표인 SDG 14가 해양자원의 지속가능한 개발을 위한 보전과 지속가능한 이용을 다루고 있다.

SDG 14의 구체적인 목표는 모두 7가지이다. 첫째 목표(14.1)는 2025년까지 모든 종류의 해양오염, 특히 육상에서 유입되는 쓰레기와 오염물질, 영양염을 막거나 현저히 줄이는 것이다. 인간의 활동으로 발생하는 오염물질은 다양하다. 생활하수, 공장폐수, 농축산 폐수, 각종 사고로 유출되는 화학물질 등이 바다로 흘러들고, 어업활동이나 선박 항행에서도 오염물질이 발생한다. 우리나라에서는 연간 약 18만 톤의 해양쓰레기가 발생하고, 이 가운데 약 70%는 육상에서 바다로 흘러드는 것으로 추정된다. 쓰레기 문제가 심각해지자 쓰레기를 수거하고는 있지만, 버려진 쓰레기를 모두 수거하는 것은 불가능하다. 가장 좋은 방법은 우리가 버리는 쓰레기 양을 줄이는 것이다.



그림 2 | 세계적으로 심각한 문제가 되고 있는 해양쓰레기 ©김응서

영양염이 많이 들어있는 생활하수나 농축산 폐수, 양식장 폐수는 바다로 흘러들어 바닷물의 부영양화를 일으켜 적조를 발생시킨다. 부영양화는 물속에 식물 플랑크톤이 번식하는데 필요한 질소와 인 같은 영양염류가 많이 들어있는 상태를 말한다. 영양염류는 특히 생활하수에 많이 들어있으며, 부엌에서 하수구로 들어가는 각종 음식찌꺼기와 화장실에

서 흘러 들어가는 분뇨, 합성세제 등도 부영양화를 일으킨다. 또한 공업용 폐수, 축산 폐수에 식물 플랑크톤의 성장에 필요한 영양물질이 들어있어 산업화로 인한 폐수의 증가는 식물 플랑크톤의 빠른 번식을 도와 적조를 일으킨다. 적조는 양식업과 수산업에 막대한 경제적 손실을 가져오기 때문에 바다로 유입되기 전에 하수처리장에서 처리해야 한다.

둘째 목표(14.2)는 건강하고 생산적인 바다를 유지하기 위해, 2020년까지 훼손된 생태계를 복원하고 생태계 복원력을 강화하는 등 해양생태계를 지속가능한 방법으로 보호하고 관리하는 것이다. 많은 나라에서 해양보호구역(MPA)을 설정하여 과학적인 자료를 바탕으로 생태계에 기반한 관리(Ecosystem-based management)를 하고 있다. 이것은 한 가지 문제에 국한하거나 한 종을 대상으로 관리하는 것이 아니라 인간을 포함한 생태계 내에서 일어나는 모든 상호작용을 고려하여 환경을 총체적으로 관리하는 접근 방법이다. 다섯 번째 목표(14.5)에서 좀 더 구체적으로 명시하고 있으며, 2020년까지 최소한 10%의 연안 면적은 과학적인 정보에 근거하여 국내법과 국제법에 따라 해양보호지역으로 지정하도록 하였다.

세 번째 목표(14.3)는 과학 협력 활성화를 통해 해양산성화 영향을 최소화하는 것이다. 바다는 대기 중의 이산화탄소를 흡수한다. 그런데 화석연료의 연소 등 인간의 활동으로 인해 대기 중의 이산화탄소 농도가 높아지면 더 많은 이산화탄소가 바닷물에 녹아 바닷물의 수소이온농도(pH)가 점점 낮아지게 된다. 즉 해양이 산성화된다. 해양산성화가 진행되면 탄산칼슘 성분의 골격을 가지고 있는 산호와 같은 생물이 피해를 입게 된다. 산호는 지구온난화로 늘어난 이산화탄소를 흡수하는 중요한 역할을 하고 있으나, 인간 활동으로 심각하게 훼손되고 있다. 하지만 해양산성화에 대한 과학적인 연구가 미흡하여, 해양산성화가 앞으로 해양생태계에 어떤 영향을 미칠지 아직 잘 모르고 있다.



그림 3 | 건강한 산호초(좌)와 훼손된 산호초(우) ©김용서

네 번째 목표(14.4)는 2020년까지 어획량을 규제하고, 남획이나 불법 어획을 근절하고 과학적인 자료에 근거해 수산자원 관리를 하며, 단기간 내 어류자원을 최대지속생산량(MSY)이 가능한 수준까지 회복시키는 것이다. 최대지속생산량은 주어진 환경에서 어류자원을 지속적으로 얻을 수 있는 최대어획량을 말한다. 2020년까지 남획의 우려가 있는 어업 형태는 금지하며 불법, 비보고, 비규제 어업을 근절하도록 목표에 구체적으로 명시되어 있다. 불법 어업은 수산 관련 협약을 위반하는 조업이며, 비보고 어업은 협약 보고사항을 이행하지 않거나 허위로 보고하는 것을 말한다. 비규제 어업은 규제를 받지 않는 협약 비회원국의 어업 활동이다.

여섯 번째와 일곱 번째 목표도 수산업과 관련이 있다. 여섯 번째 목표(14.6)는 2020년까지 과잉 남획 어업에 대해서는 어업 보조금을 금지하고, 불법 조업을 유발하는 보조금을 폐지하며, 그러한 문제 가능성이 있는 새로운 보조금 도입을 제한한다. 일곱 번째 목표(14.7)는 2030년까지 어업, 양식업, 관광의 지속가능한 관리를 포함하여 해양자원을 지속가능한 방법으로 이용하여 작은 섬나라와 가장 가난한 나라에 돌아가는 경제적 혜택을 늘리는 것이다. 이를 위해 특히 소도서개도국(SIDS)과 최빈국(LDC)의 과학기술 역량을 강화하여 해양환경을 개선하고 해양생물다양성을 높이며(14.a), 소규모 영세 어민을 보호하고(14.b), 유엔해양법협약을 이행한다(14.c).

## 해양은 자원의 보고

해양은 인류의 생존에 없어서는 안 되는 자원의 보고다. 우리가 살고 있는 지구는 태양계에서 유일하게 생명력이 넘치는 행성이다. 바다는 생명을 잉태하는 어머니의 자궁처럼 지구 최초의 생명체가 탄생한 장소이다. 그리고 오랜 진화의 세월을 거쳐 생명체는 육지로 진출하게 되었다. 우리는 주변에서 많은 동식물을 쉽게 볼 수 있어, 육지에 더 다양한 생물이 살고 있다고 생각하지만 실제로는 바다에 육지보다 더 많은 종류의 생물이 살고 있다. 바다에는 식물 플랑크톤이나 동물 플랑크톤처럼 우리 눈에 잘 보이지 않는 아주 작은 생물부터 지구상에서 가장 큰 동물인 고래까지 살고 있다. 바다 생물은 수심 약 11,000미터까지 모든 3차원 바다공간을 삶의 터전으로 삼고 있으며, 바다는 지구상에서 가장 큰 생물 서식지다.

우리는 바다 없이 하루도 살기 힘들다. 우리가 숨 쉬는 산소는 그 절반 이상이 바다에서 만들어진다. 또 지구온난화의 주범인 이산화탄소를 흡수하기도 한다. 이렇듯 바다는 기후를 조절하고, 환경을 깨끗하게 한다. 바다는 다양한 자원의 보물창고이며, 무한한 에너지의 원천이다. 바다에서 생물자원, 광물자원, 에너지자원, 수자원, 공간자원 등 다양한 자

원을 얻는다. 해양생물은 그 자체가 식량원이며, 의약품 또는 바이오연료의 재료가 된다. 망간단괴, 망간각, 열수광상과 같은 심해광물자원으로부터 산업에 필요한 금속을 얻고, 석유, 천연가스, 가스하이드레이트와 같은 에너지자원도 얻는다. 조석간만의 차나 빠른 조류, 파도, 해수온도차, 해상풍력 등을 이용해 전기를 생산한다. 바닷물은 중요한 수자원으로 심층수를 산업적으로 사용한다. 바다에 인공 섬을 만들어 공간으로 활용하기도 한다.

인류는 선사시대부터 조개를 잡아먹고 살았으며, 조개무덤의 흔적을 남겨놓았다. 해양생물은 예전은 물론 지금도 중요한 수산자원이다. 수산자원은 재생산이 가능하기 때문에 관리만 잘하면 지속적으로 얻을 수 있다. 바다는 그야말로 수산자원의 화수분인 셈이다. 그러나 어업 기술의 발달과 수요 증가에 따른 남획, 그리고 기후 변화로 인해 무한할 것 같았던 수산자원이 점차 고갈되어가고 있다. 급기야 자원량을 평가하여 어획량을 규제하는 등 수산자원을 과학적으로 관리하고, 부족한 수산자원의 원활한 공급을 위해 양식업이 발달하기 시작하였다. 그 결과 최근에는 길러내는 수산자원의 양이 잡는 수산자원의 양과 거의 비슷한 수준까지 되었다. 수산업은 1차 산업의 틀을 벗어나, 수산물 가공, 제조업 등 2차 산업과 해양관광, 레저를 포함하는 3차 산업과 융합하여 발전하는 방향으로 가고 있다. 미래에도 계속하여 수산자원을 식량으로 삼을 수 있으려면, 수산자원에 대한 과학적 관리가 절대적으로 필요한 시점이다.

바다는 우리의 병을 치료해주는 약국이자 병원 역할을 한다. 예전부터 병을 고치기 위해 인삼, 옹담, 녹용 등을 이용하였다. 모두 육지 동식물에서 얻는 한약재이다. 그런데 바다에 사는 생물 가운데 약효가 뛰어난 것이 더 많다. 바다생물은 천적을 물리치기 위해 독을 가지고 있는 종류가 많다. 예전에는 바다생물을 얻기가 어려웠지만 지금은 해양과학기술의 발달로 채집과 약효 성분 추출이 가능하다. 20세기 후반에 들어오면서 해양생물을 단지 식량자원으로 이용하는 것에서 탈피하여, 이들로부터 고부가가치 물질을 추출해 의약품과 화장품 등으로 사용하고 있다.

현대 산업은 석유나 천연가스 등 화석연료에 많이 의존하고 있다. 그런데 육상에 부족한 화석연료는 매장량이 한정되어 있어 점차 고갈되고 있다. 그래서 해저유전을 개발하거나 미세조류로부터 해양바이오 연료를 생산하는 방법이 개발되고 있다. 미세조류는 성장속도가 빠르고 이산화탄소를 흡수하여 광합성을 통해 에너지를 만들기 때문에 바이오 연료의 생산이 친환경적이며 대량생산이 가능하다는 장점이 있다. 한편 영양염류를 흡수하기 때문에 바닷물을 정화하는 효과도 있다.

인류는 화석연료를 사용하여 산업혁명을 이끌었지만, 화석연료의 사용으로 대기를 오염시켰고, 그 후유증으로 지구온난화라는 대가를 받게 되었다. 그래서 지금은 화석연료를 대체할 신재생에너지 개발에 주력하고 있다. 그 가운데 바다에서 얻을 수 있는 신재생

에너지인 조력, 조류, 파력, 해양온도차 등은 공해를 유발시키지 않는 에너지원일 뿐만 아니라, 그 양이 무한대라는 장점이 있어 미래 청정에너지원으로 주목받고 있다. 조력발전은 조석간만의 차이가 큰 만의 입구나 하구에 방조제를 만들고 양쪽 해수면 높이 차이를 이용해 발전기 터빈을 돌려 전기를 생산하는 방식이다. 우리나라는 세계에서 다섯 번째로 2011년부터 시화호 조력발전소를 가동하고 있다. 조류발전은 조력발전과 달리 방조제를 만들 필요 없이 조류의 흐름이 빠른 곳에 지지구조물과 수차발전기만 설치하여 발전하는 방식이다. 조류의 자연적인 흐름을 이용하기 때문에 해양환경에 미치는 영향이 적어 방조제를 막아 건설하는 조력발전소보다 친환경적이라 할 수 있다. 한국해양과학기술원에서는 2009년 울돌목에 시험 조류발전소를 설치하여 운영 중이다. 파력발전은 파랑에너지를 이용해 전기를 생산한다. 작동원리에 따라 가동물체형, 진동수주형, 월파형 등이 있다. 해수온도차 발전은 표층과 심층 사이 온도 차이를 이용하여 작동 유체의 기화, 응축 과정을 반복시키면서 터빈을 돌려 발전하는 방식이다. 해수온도차 발전은 온도 차이를 이용하는 만큼 수심에 따라 온도차이가 큰 해역이 적지가 된다. 해양 신재생에너지는 미래 청정 에너지원이다.

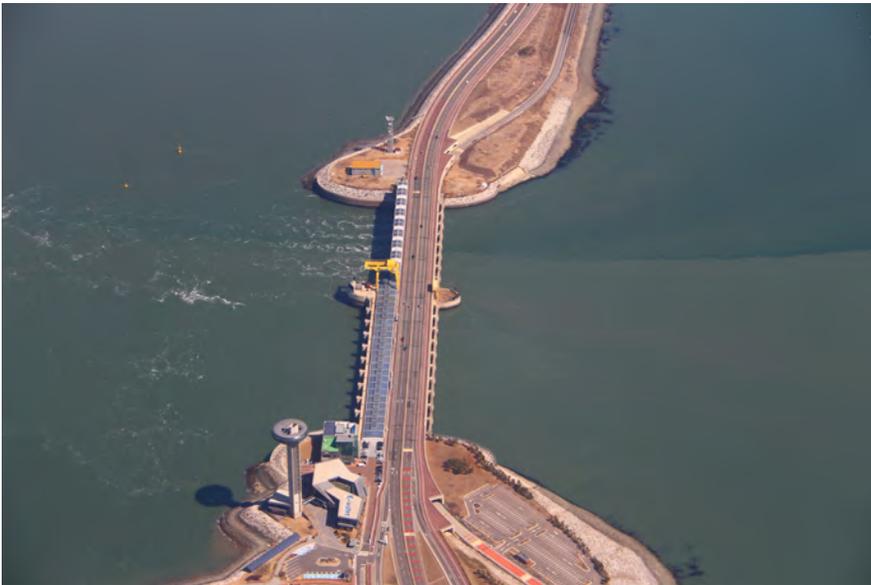


그림 4 | 시화호 조력발전소 ©김웅서

바다에는 많은 양의 다양한 광물자원이 있다. 수심 3천~5천m 심해저에는 망간단괴와 망간각이 많으며, 해저화산활동이 활발한 곳에는 해저열수광상이 있다. 망간단괴는 바닷물에 녹아있는 금속 성분이 침전하여 감자 덩어리 형태로 만들어진 검은색 광물 덩어리

다. 망간단괴에는 망가니즈, 니켈, 구리, 코발트와 같은 산업적 가치가 높은 금속이 포함되어 있다. 우리나라는 1992년부터 망간단괴 개발을 위한 탐사를 시작하여, 2002년에는 국제해저기구(ISA)로부터 북동태평양 공해상에 7만5천 km<sup>2</sup> 면적의 단독개발광구를 확보하였다. 망간각은 해저면 아래 형성된 바닷속 산인 해저산 표면을 수 mm부터 25cm 정도 덮고 있는 광물자원이다. 해저산을 아스팔트처럼 덮고 있는 망간각은 수심 800~2,500m 에서 주로 발견된다. 망간각에는 망가니즈, 코발트, 니켈, 구리, 백금 등 30여 종의 금속이 들어 있다. 망간각에는 코발트가 0.8~1.2% 정도 들어있어, 육상 광장에서 생산되는 코발트 함량에 비해 5~10배나 많다. 이외에도 망가니즈, 니켈, 티타늄, 지르코늄이 들어있고, 백금도 20 ppb 이상 들어있다. 열수광상은 온도가 섭씨 350~400℃나 되는 뜨거운 물이 해저지각 으로부터 솟아나오는 열수분출공에 생성된다. 열수가 차가운 주변 바닷물과 만나 식으면서 녹아있던 금, 은, 구리, 아연, 납과 같은 금속들이 침전되어 만들어진다.



그림 5 | 망간단괴 자원 조사 ©김용서

## 인간의 삶과 함께하는 바다

물은 인간이 생활하는데 없어서는 안 되는 자원이지만, 물 부족 문제는 점점 심각해지고 있다. 물 부족을 해결하기 위한 답은 바로 바다에 있다. 바다는 그 광대함만큼이나 담겨있는 물의 양이 엄청나다. 지구에 존재하는 바닷물의 양은 태평양에 약 6억7천만km<sup>3</sup>, 대서양에 약 3억6천만km<sup>3</sup>, 인도양에 약 2억km<sup>3</sup>, 남극해에 1억2천만km<sup>3</sup>, 북극해에 1,700만km<sup>3</sup>로 전체

바닷물의 양은 약 13억7천만㎞<sup>3</sup>나 된다. 톤수로 환산하면 계산조차 힘든 약 1.37×10<sup>18</sup>톤이 된다. 이렇듯 바닷물은 지구상에 존재하는 물의 97.2%를 차지하고 있고, 나머지 2.1%는 극지방의 얼음이며, 0.6%는 지하수이다. 흔히 우리가 사용하는 지표수는 고작 0.01%에 불과하다. 물 부족 문제가 점점 심각해지면서 해수담수화 기술이 활용되고 있다. 특히 담수가 부족한 섬이나 사막이 많은 중동국가 등에서 해수를 담수로 만들어 쓰고 있다. 최근 해양심층수도 식수, 식품, 화장품 등을 만드는데 활용되고 있다. 해수를 담수로 만드는 과정에서 제거한 염분, 즉 소금 역시 중요한 자원이다.

또한 광활한 바다는 공간 자체가 인간 삶의 장소가 될 수 있다. 지구 표면적 5억1천만 ㎞<sup>2</sup> 중에서 바다는 3억6천만 ㎞<sup>2</sup>로, 지구 표면적의 약 71%나 되는 광대한 바다 공간은 그 자체로도 소중한 자원이다. 세계의 대도시들은 주로 바닷가에 자리 잡고 있다. 바닷가 근처는 땅이 평평하여 개발하기 좋고, 물을 쉽게 얻을 수 있기 때문이다. 인구는 증가하고 좁은 육지 공간에 밀집해 살다보니 생활공간을 바다로 넓혀가려는 시도가 진행되고 있다. 바다에 만드는 주거장소는 건설 위치에 따라 해상도시, 해중도시, 해저도시로 구분할 수 있다.

지난 1975년 일본 오키나와에서 열렸던 세계박람회에서는 해상플랫폼 ‘아쿠아폴리스’가 선을 보였다. 이는 공장 부지의 부족과 넘비현상으로 대변되는 공해문제가 심각했던 일본에서 문제 해결 대책으로 내놓았던 획기적인 아이디어였다. 한편 일본은 고베항 인근 바닷가에 총면적 583ha에 달하는 광대한 인공섬을 만들어 1981년 ‘포트아일랜드’라는 매립식 해상도시를 건설하기도 하였다. 지금까지는 주로 바다를 매립하여 도시를 건설해왔다. 그러나 최근에는 부유식 인공섬 메가플로트를 만들어 해양도시를 건설하는 방법이 주목을 끌고 있다. 초대형 부유물체를 만들어 공항, 항만, 숙박시설과 업무시설을 갖춰 해상도시를 건설한다는 계획이다. 인공섬은 교량을 건설하여 육지와 연결하거나, 비행장 활주로와 항만을 만들어 비행기와 선박으로도 왕래를 할 수 있도록 한다. 바닷가의 워터프런트 역시 도시 재개발로 환경을 개선하는 방법으로 관심을 받고 있다.

세계적으로 관광객 수는 날로 늘고 있으며, 관광산업은 고용 창출 효과가 높아 각광을 받고 있다. 관광산업 가운데 바다를 대상으로 하는 해양관광산업은 전체 관광산업의 50% 이상을 차지하고 있다. 우리나라 경우 해양관광산업은 성장 잠재력이 높다. 삼면이 바다일 뿐만 아니라 남해안과 서해안은 리아스식 해안으로 해안선의 길이가 무려 12,800km에 달하고, 3,000개가 훨씬 넘는 섬이 있으며, 동해안, 남해안, 서해안은 풍광이 뚜렷이 달라 관광자원이 다양하기 때문이다. 해양관광산업은 다양하다. 해수욕장이나 해양리조트처럼 해변에서 하는 해양관광이 주를 이루기는 하지만 해상이나 해중에서 할 수 있는 해양관광도 있다. 해상관광은 주로 선박을 이용한다. 유람선이나 관광선을 타고 해안 절경을 둘러보기도 하고, 대형 크루즈선을 타고 세계 곳곳을 여행할 수도 있다. 뿐만 아니라 선

박을 이용한 해양레포츠도 최근 인기가 올라가고 있다. 모터보트, 요트, 제트스키, 카약, 카누, 수상스키, 파라세일링 등 다양한 해양레저 활동이 있다. 해중관광은 물안경과 오리발, 그리고 스노클이라 불리는 숨대롱을 이용해 잠수하는 스노클링을 비롯하여 스쿠버 장비를 이용한 스쿠버다이빙, 머구리 장비처럼 물위에서 산소를 공급해주는 헬멧을 쓰고 수중 산책을 하거나, 관광용 잠수정을 타고 바닷속 신비한 경치를 구경하는 관광도 있다. 바다 낚시 역시 중요한 관광 아이템이다. 요즘은 어선을 빌려 타고 바다로 나가서 하는 낚시나 바닷가 갯바위에서 하는 낚시 형태에서 탈피하여 바다 위로 잔교를 만들거나 부유식 낚시터를 만들어 바다 한가운데서도 보다 편하게 낚시를 할 수 있는 시설이 많이 갖춰지고 있다.

최근에는 단순히 아름다운 바다 풍경을 보고 즐기는 관광에서 벗어나 특별한 주제에 대해 체험하고 배우는 해양생태관광이나 해양문화관광이 자리를 잡아가고 있다. 해양생태관광은 바다에 가서 환경과 어우러져 살아가는 생물을 관찰하고 배우는 체험학습 형태의 관광을 말한다. 우리나라 바닷가 곳곳에는 갯벌체험센터, 철새관찰 전망대, 해양생태공원 등이 조성되어 가족 단위 또는 학교에서 체험학습을 가기에 좋은 곳이 많다. 한편 해양문화관광은 자연을 대상으로 하는 해양생태관광과 달리 사람이 만든 유형, 무형의 해양관광자원을 체험하는 관광 형태다. 해양문화관광의 대상으로 중요한 것은 해양관련 축제다. 물고기를 많이 잡게 해달라고 비는 풍어제를 모티브로 한 서해안 풍어제, 신라시대 해상무역을 주도하였던 장보고대사를 기리는 장보고 축제, 이순신장군의 승전을 기념하기 위한 명량 대축제, 진도에서 바닷길이 갈라질 때 열리는 진도 영등제, 충남 보령의 머드 축제, 부산자갈치 축제 등 바다 관련한 크고 작은 축제가 지방자치단체 주관으로 곳곳에서 열리고 있다.

이렇듯 바다 현장을 방문하여 체험할 수 있는 기회도 있지만, 해양박물관이나 수족관, 어촌민속관 등 바다와 관련된 문화시설을 방문하는 것도 좋은 관광이 된다. 전남 목포에 있는 해양유물전시관, 경북 포항의 등대박물관, 부산의 국립해양박물관, 해양수산과학관, 그리고 해양자연사박물관, 강원도 화진포의 해양박물관 등 방문할 가치가 있는 박물관이 우리나라에는 의외로 많다. 한편 대규모 수족관도 서울을 비롯하여 부산, 여수, 제주 등지에 있어 도심 속 바다 풍경 볼거리를 제공한다.

선진국을 보면 생활수준이 높아지면서 사람들이 해양관광과 레저에 관심을 갖게 됨을 알 수 있다. 국민소득이 3만 달러가 넘어가면 요트 수요가 늘어난다는 통계가 이를 뒷받침한다. 우리나라도 국민소득이 증가하면서 통영, 부산, 화성 등에 요트가 정박할 수 있는 해양 시설인 마리나가 만들어지는 등 해양관광 활성화 조짐이 나타나기 시작하였다. 바다로부터 다양한 자원을 얻을 수 있는 것도 중요하지만, 여가를 즐기는 놀이장소로서 바다

가 가장 친근하지 않을까 생각된다.

## 해양보호와 국제협력

이처럼 우리는 해양으로부터 다양한 혜택을 받고 있다. 최근 세계자연보호기금(WWF)은 해양의 가치가 최소한 미화 24조 달러 이상일 것으로 평가하였다. 이는 해양관광, 어업, 물류 등 산업적인 측면과 이산화탄소 흡수 등 해양의 자연적인 기능을 모두 포함한 것이다. 그러나 바다는 환경오염, 자원 고갈, 기후변화로 인한 해수온도 상승으로 위기에 직면해 있다. 해양 환경과 자원이 훼손되면 해양생태계의 구조와 기능이 바뀌고 해양생물다양성이 떨어져 궁극적으로는 우리가 해양생태계로부터 받을 수 있는 혜택이 줄어들어 경제, 사회, 보건, 안전 등에 큰 손실을 가져온다. 이러한 모든 원인은 인간으로 인해 비롯되었기 때문에, 손실을 줄이기 위한 해결책은 우리 스스로가 찾고 실천해야 한다.

유엔해양법이 1994년 11월 발효되면서 신국제해양질서가 정착되었다. 연안국은 주변 200해리 수역의 개발과 관리에 대한 주권적 권리와 배타적 관할권을 가지게 되었다. 배타적 경제수역(EEZ)은 12해리 영해수역부터 200해리까지이며, 생물자원과 무생물자원의 경제적 개발과 탐사활동에 대한 주권적 권리를 가지는 곳이다. 그곳을 벗어나면 국가별 관할권이 미치지 않는 공간, 즉 공해(公海)가 있다. 공해는 멀고 깊어서 인간이 접근하기 어렵지만, 미이용 자원이 많기 때문에 최첨단 해양과학기술과 경제력을 보유한 해양강국들이 심해 자원을 선점하려고 경쟁하는 각축장이 되고 있다. 총성 없는 자원 전쟁이 일어나고 있는 것이다. 이러한 갈등을 막기 위해 유엔해양법에서는 공해상의 자원을 인류공동의 유산으로 규정하고 있다. 심해는 특히 환경 연구가 많이 이루어져있지 않기 때문에, 향후 심해자원을 활발히 개발할 때 환경이 어떻게 변화하고 이로 인해 전 지구적으로 어떠한 영향을 초래할지 우리는 아직 제대로 알고 있지 못하다.

유엔에서는 지속가능한 발전 목표를 설정하면서 해양 환경의 파괴가 심각하다는 사실을 인지하고 해양이 가지고 있는 이러한 특징을 고려하여 SDG 14에서 별도 주제로 다루게 되었다. 인간은 살아가기 위해 자원이 필요하다. 그래서 모든 나라가 해양자원을 확보하고 개발하기 위해 경쟁하고 있다. 그렇지만 해양자원 개발에는 환경 훼손이 필연적으로 뒤따르고, 환경 훼손은 결국 인간 삶의 질을 떨어뜨린다. SDG 14에서 추구하는 실천 목표가 중요한 이유다.





## 지속가능발전목표 14.4

2020년까지 어족자원을 생물학적 특성에 따라 정해진 지속가능 최대 생산량을 달성할 수 있는 수준으로 가능한 빨리 회복시키기 위해, 어획을 효과적으로 규제하고 남획과 불법, 비보고, 비규제 어업 및 파괴적인 어업관행을 끝내며 과학에 기초한 관리계획을 시행한다.

(By 2020, effectively regulate harvesting and end overfishing, illegal, unreported and unregulated fishing and destructive fishing practices and implement science-based management plans, in order to restore fish stocks in the shortest time feasible, at least to levels that can produce maximum sustainable yield as determined by their biological characteristics)

### 세부목표 달성 지표 14.4.1

생물학적으로 지속가능한 수준 이내의 어족자원의 비율

(Proportion of fish stocks within biologically sustainable levels)

## 우리에게 바다는

어촌이나 해수욕장에서 하늘과 바다가 맞닿는 먼 수평선을 보면서 바다는 대체 얼마나 넓을까 놀라워할 때가 있다. 바다는 지구 표면적 2/3를 차지한다. 또 세계 바다 평균 깊이는 4km가 넘을 정도로 깊다. 넓고 깊고 큰 바다는 육지에서 흘러나오는 모든 것을 다 받아들인다. 체르노빌이나 후쿠시마 원전 사고처럼 방사능 물질이 유출되거나 유조선 사고로 수만 톤의 기름이 흘러넘치는 사고가 나도 그것을 사람이나 동물에 그렇게 해롭지 않은 농도로 점차 희석시켜주는 것도 바다이다. 그 큰 부피 때문에 지구 기후와 날씨를 조절하는 것도 바다이다. 바다는 우리가 살고 있는 땅, 그리고 우리가 숨 쉬는 공기가 너무 뜨겁지도 차갑지도 않게 조절해준다.

겉으로 본 바다는 푸르고 평화롭고 아름답다. 그러나 바다 속은 대부분 어둡다. 태양 빛은 바닷물 속을 잘 통과하지 못하기 때문에 물이 탁한 항구 같은 곳에서는 수 미터 깊이 아래도 깜깜해서 볼 수 없고, 물이 가장 깨끗한 제주도 앞바다나 태평양 적도에서도 수십

미터만 내려가도 깜깜하다. 그래서 사람들은 바다를 잘 볼 수 있고 또 잘 안다고 착각을 하기 쉽지만, 바다는 보기도 힘들고 들어가기도 무척 힘든 곳이며 따라서 알기도 어려운 곳이다. 조용한 바다도 바람이 불면 파도가 거세지고 태풍이 지나가기도 한다. 바다를 알아보다가 크고 작은 사고가 나면 우리들이 바다에 대해 얼마나 모르고 있는지, 또 바다는 얼마나 무서운 곳인지를 새삼 깨달으면서 후회를 하기도 한다.

한편 바다는 모든 생명의 원천이다. 지구에서 38억 년 전 처음으로 생명체가 바다에서 탄생하여 4억 5천만 년 전쯤에는 육지에서 처음으로 식물이 살기 시작했고, 동물로는 지네와 같은 절지동물이 육지에 나타났다. 지구 역사에서 등뼈를 가진 첫 척추동물인 물고기(어류)가 번성하기 시작한 시기는 데본기로 4억 196만 년 전에서 3억 5920만 년 전이다. 턱으로 먹이를 잡아먹을 수 있는 물고기는 점차 육지로 올라가 바다와 육지에서 같이 살 수 있는 양서류로 진화하고, 다음 뱀이나 거북 같은 파충류, 새, 그리고 사람처럼 어미가 새끼에 젖을 먹이는 포유류로 진화를 하였다.

## 어업 역사

바다는 무섭고 위험하기도 하지만, 우리에게는 풍요로운 먹을거리를 주는 고마운 곳이기도 하다. 고등어, 멸치, 갈치, 연어, 조개, 굴, 꽃게, 멍게, 김, 미역과 같이 우리가 즐겨 먹는 수산생물뿐만 아니라, 맨눈으로는 볼 수 없는 작은 박테리아부터 세상에서 가장 큰 포유동물인 대왕고래까지 온갖 생물들이 바다에 살고 있다. 바다 위로는 갈매기와 같은 온갖 바닷새들이 날아다니고 세계에서 가장 깊은 수심 10km가 넘는 태평양의 마리아나 해구 바닥에도 신기하게 생긴 물고기들이 살고 있다.

그래서 까마득한 옛날부터 사람들은 온갖 생물로 먹을거리가 풍요로운 바닷가 주변에 몰려 살았다. 구석기 시대부터 고고학이나 선사시대 유적들이 해안이나 강 주변에서 몰려있는 것을 봐도 알 수 있듯이 인류에게 수산생물은 식량으로서 중요했음을 짐작할 수 있다. 지금 현생 인류종인 슬기사람(Homo sapiens)이 나타나기 전인 약 30만 년 전에 사람과 속하는 영장류가 이미 프랑스 해안가에서 조개류를 채집한 흔적이 발견되었다. 인류도 처음에는 도구 없이 맨손으로 수산생물을 채집했을 것이다. 지금도 동해안 주문진에 가면 손으로 콩치를 잡는다. 인류 어업 역사는 구석기시대인 4만 년 전으로 거슬러 올라갈 수 있으며 고고학 유적지에서 출토되는 생선뼈, 패총, 낚시 도구들은 선사시대부터 어업이 인류에게 중요한 생존 수단이었음을 잘 보여주고 있다.

수산생물은 쉽게 부패하고 오랫동안 보관하기 힘들기 때문에 처음에는 잡은 수산생물인 '어획물'을 마을 사람들과 나누어 먹는 생계형 어업 위주였다. 그러나 이집트 나일강

유역에서 출토된 말린 생선 흔적으로 보아, 선사시대부터 수산생물을 장기간 보존할 수 있는 방법을 개발했음을 알 수 있다. 말리는 것 외에도 수산생물을 소금에 절이거나 젓갈로 발효시키면 더 오랫동안 보존할 수 있었을 것이다. 우리나라의 삭힌 홍어회, 자반고등어, 굴비, 각종 젓갈은 이를 잘 보여준다. 어획물을 오래 보존할 수 있게 되었다는 것은 교역대상이 될 수 있는 어획물을 갖게 됨으로써 어업이 생계형에서 벗어나 상업의 대상이 되었다는 것을 말해준다.

그러나 어획물이 본격적으로 자본주의 시장에서 대규모 국제 교역 대상이 될 수 있게 된 것은 19세기 후반 통조림과 냉장고가 개발되면서부터이다. 자본주의 시장으로 들어갔다는 말은 어업이 이제 더 이상 어촌 어업인들이 생계에 필요한 만큼만 잡는 것이 아니라, 잡을 수 있는 만큼 최대한 잡기 시작했다는 것을 말한다. 다른 말로는 남획이 본격 시작되었다는 뜻이다. 통조림이 개발되기 전 유럽에서는 말려서 소금에 절인 대서양 대구(*Gadus morhua*)만이 국제 교역 대상 수산물이었다. 서양 대구와 마찬가지로 우리나라에서도 자반고등어나 굴비로 생선을 보존했는데 이에 소금이 필요했고, 소금을 생산할 수 있는 염전을 확보하는 것은 고대부터 정치적으로도 중요했다. 로마시대에는 병사들 월급으로 귀한 소금(salt)을 나누어준 데서 월급을 뜻하는 샬러리(salary)라는 말이 나왔으며, 통일신라시대 장보고가 활동했던 청해진 인근 지역은 지금도 염전이 유명하다.

## 자본주의와 남획

20세기 들어 신선도를 유지한 채 수산물을 보존 유통할 수 있는 냉장 냉동 기술이 보급되면서 수산물 가공, 유통, 운송 기술 등이 크게 발전하였다. 이에 따라 어업은 이윤추구를 궁극적 목표로 하는 자본주의 경제활동으로 자리 잡았고, 은행에서는 어업인들에게 돈을 빌려주어 어선과 저장 가공시설에 투자할 수 있게 하였다. 이에 어업인들은 은행 빚을 갚는 것 이상으로 물고기를 잡아야만 파산하지 않고 생계를 이어갈 수 있게 되었다. 그리하여 특정 어종 어획량이 갑자기 줄어들면 은행도 같이 도산을 하고 지역 경제가 무너지는 경우도 나오게 되었다. 그 대표적인 사례로 1992년, 캐나다 뉴펀들랜드 대구 어업이 망하여 4만 명이 실직하게 된 것을 들 수 있다.

이렇게 잘 잡히던 특정 어종이 갑자기 잡히지 않아 수산업 종사자들이 파산하여 사회적, 경제적인 충격을 주게 되자 사람들은 이미 19세기 말부터 바다에서 잡을 수 있는 수산생물이 무한하지 않을 수 있다는 것을 서서히 깨닫기 시작했다. ‘종의 기원’이라는 책을 펴내 진화생물학 창시자로 유명한 찰스 다윈을 옹호한 것으로 잘 알려진 토마스 헉슬리는 1883년 런던에서 열린 국제 수산 박람회에서 인류가 아무리 물고기를 많이 잡아도 문제가

없다는 뜻으로 “모든 위대한 어업은 무한하다”고 주장했다. 그러나 같은 시대 영국 동물학자 에드윈 레이 렌케스터는 물고기를 너무 많이 잡으면 자연 균형이 깨질 수 있다고 보았다.

혁슬리 시절만 해도 아직 어업에서 증기 엔진을 갖춘 동력선을 쓰지 않아 어획 강도가 그렇게 높지는 않았다. 어업에 쓰인 배는 주로 돛을 달아 바람 힘으로 항해하는 범선이었다. 그러나 이 범선은 그물을 끌만한 힘이 없었기 때문에, 낚시로 또는 그물을 사람 손으로 조작하거나 배를 한 장소에 고정시켜 해류를 이용하는 수동적인 그물로 고기를 잡았다. 범선이 빨리 움직이려면 돛이 더 커져야 하는데, 큰 돛을 단 범선은 보기에는 아름답지만 갑자기 돌풍이 불 경우 배가 뒤집어져 많은 어부들이 바다에 빠져 죽기도 했다. 작은 배도 물고기를 많이 잡을수록 무게 때문에 뒤집어지기 쉬워 위험은 더 커졌다. 따라서 어업은 항상 목숨을 내놓고 하는 위험한 일이었고 지금도 산업재해가 가장 많이 발생하는 직업중의 하나이다. 인공위성으로 몇 주 전에 태풍을 예측할 수 있는 지금도 가끔 어선이 뒤집어지는 사고가 있는 것을 보면, 하루 전에도 태풍을 예측하지 못했던 옛날에는 사고가 훨씬 빈번했을 것이다. 그래서 어업에 종사하는 사람이 많은 제주도에는 남자들이 고기를 잡으러 갔다가 죽는 경우가 많아 여자보다 남자를 더 귀하게 여기고 대접하는 전통이 지금도 남아있다. 제주도를 바람과 돌, 그리고 여자가 많은 섬이라 하여 삼다도라고 하는데 비단 제주도뿐만 아니라 어업을 생업으로 삼는 섬이나 바닷가라면 세계 어디에서든 여자가 더 많았을 것이다.

20세기에 들어서면서 유럽에서는 터빈 엔진을 갖춘 동력선으로 그물을 끌어 물고기를 잡을 수 있는 획기적인 트롤 어선이 개발되었다. 이 배가 일본, 조선으로 보급되면서 인류 역사에서 보지 못했던 어업 형태가 시작되었다. 즉, 잡을 수 있을 만큼 다 잡아 냉동 냉장으로 보관하여 시장에 내놓는 형태였다. 덕분에 어획물이 자본주의 상품으로 거래될 수 있었으나, 바다 환경을 파괴하는 공격적인 기업 어업이 시작되었다. 트롤 어선이 도입되면서 일제 강점기인 1930년대에는 우리나라 동해 앞바다에서 한 해에 정어리만 100만 톤 이상을 잡기도 했으며, 당시 남북한을 합친 한 해 어획고가 200만 톤에 이르기도 했다. 지금 북한을 제외한 우리나라 어획고가 매년 약 100만 톤 수준임을 생각하면, 일제 강점기에도 지금에 버금가는 어획 강도로 물고기를 많이 잡았음을 짐작할 수 있다.

어획을 위한 선박과 기술의 발달로 가난에서 벗어난 나라들도 있다. 수백 년 동안 연안에서 작은 무동력선으로 대구를 잡았던 유럽의 작은 섬나라 아이슬란드가 대표적이다. 반어반농 1차 산업에만 의존했던 아이슬란드는 20세기 들어 동력 트롤어선을 도입하고, 2차 세계대전 동안 대구를 영국 등 유럽에 독점적으로 공급하게 되면서 수백 년 가난에서 벗어나게 되었다. 하지만 이렇듯 어업이 국가의 부를 결정할 수 있게 되면서 연안국들 사

이 분쟁이 일어나기 시작했다. 대구 어업이 국가 경제에서 아주 일부인 영국과 전부인 아이슬란드 사이에 1950년에서 1970년대에 걸쳐 3 차례 어업권 분쟁이 일어났는데 당시 언론들은 이를 ‘대구 전쟁’이라고 불렀지만 실제 전사자는 운 좋게도 한 명도 없었다. 이 어업권을 두고 벌어진 대구 전쟁은 결국 해양영토 분쟁으로 발전하게 되고, 결국 세계 각국이 200 해리(1해리=1,852km) 배타적 경제 수역을 선포하게 되었다. 지금도 한국, 중국, 일본 사이에 어업권과 맞물린 해양영토 분쟁이 동북아시아 평화를 위협하고 있다.

## 남획과 기후 가설

19세기 말부터 유럽에서는 정어리나 넙치 같은 어종들이 갑자기 잡히지 않게 되었다. 그러자 동력선을 이용해 너무 많은 물고기를 잡으면 물고기 양이 고갈될 수 있다는 의견이 나오면서 혁슬리의 낙관론보다는 령케스터의 걱정이 더 옳을지도 모른다는 생각을 하게 되었다. 유럽 각국 과학자들은 국제해양탐사협의회(ICES: International Council for the Exploration of the Sea)를 만들어 물고기가 갑자기 잡히지 않는 원인을 연구하기 시작했다. 유럽 북해를 중심으로 수산학이라는 학문이 생기게 된 것이다. 10년 넘게 잘 잡히던 물고기가 왜 어느 해에는 갑자기 안 잡힐까? 그 원인을 두고 갑론을박하던 과학자들은 크게 2가지 원인을 제시하게 되었다. 하나는 너무 많이 잡아서 그렇다는 ‘남획’ 가설, 두 번째는 기후 변화와 같은 바다 환경 변화 때문에 물고기 새끼들이 제대로 살아남지 못해서 그렇다는 ‘기후’ 가설이었다. 이 남획-기후 가설 논쟁은 100년이 지난 지금도 계속되고 있다.

## 유엔의 지속가능발전목표 14

인공위성이 없어 세계 기후 변화를 제대로 볼 수 없었던 20세기 중반까지는 이 두 가설 중 남획 가설이 지지를 많이 받았다. 어떤 한 어종이 잘 잡히다가 갑자기 잡히지 않을 때, 남획이 원인이라고 가정하고 자연이 감당할 수 있는 적정 수준 이상은 물고기를 잡지 못하게 하는 각종 어업 규제가 시작되면서 수산자원관리가 시작되었다. 앞으로 수십 년을 내다보았을 때, 매년 어획고는 크게 변동하더라도 장기적으로는 물고기가 사라지지 않고 꾸준히 많이 잡힐 수 있게 하는 어업을 지속가능한 어업이라고 한다. 국제 사회에서는 2030년까지 이 지속가능한 어업을 달성하겠다는 목표를 세웠다. 구체적으로 유엔은 지속가능한 발전을 위한 14번째 목표인 ‘해양과 수산자원의 보전 및 지속가능한 이용’을 달성하기 위한 세부지표의 하나로 어업에 대해서는 다음과 같이 정하고 있다.

#### 지속가능발전목표 14.4

“2020년까지 어족자원을 생물학적 특성에 따라 정해진 지속가능 최대 생산량을 달성할 수 있는 수준으로 가능한 빨리 회복시키기 위해, 어획을 효과적으로 규제하고 남획과 불법, 비보고, 비규제 어업 및 파괴적인 어업관행을 끝내며 과학에 기초한 관리계획을 시행한다.”

20세기 들어 어업이 점점 자본화, 기업화되면서 조금이라도 더 돈을 벌기 위해 온갖 불법 어업이 일어나고 있는데, 영어로는 IUU 어업이라고 한다. 불법(Illegal)적이고, 보고되지 않았으며(Unreported), 규제를 받지 않은(Unregulated) 어업을 모두 일컫는 말로 법을 지키지 않는 모든 어업활동을 말한다. 가장 가까운 보기를 들자면 최근 우리나라 영해에 중국어선이 들어와 불법어업을 하고 있는 것을 생각하면 될 것이다. 우리나라 원양어선도 가끔 외국 영해에서 불법 조업을 하다가 규제를 받기도 했는데 국제사회에서 우리나라 위상이 올라가면서 어업인들도 스스로 법과 규범을 지키려고 하기 때문에 앞으로 이런 문제는 거의 일어나지 않을 것이라 보고 있다.

#### 기후변화와 어업

기후변화와 수산생물 변동 관계에 대한 구체적인 과학 지식이 없었던 1970년대 이전에는 어떤 어종 어획고가 갑자기 줄어들면 그 원인으로 일단 남획을 지목했다. 지금도 우리나라에서는 그 원인을 잘 모르면 정부에서는 우선 남획 등 인간 활동 때문이라고 가정을 하기 때문에 어업인들과 갈등을 빚기도 한다. 어업인들은 기후 변화 때문에 물고기가 잡히지 않아도 정부에서는 무조건 어업인들 남획 탓으로 돌린다고 억울해 한다. 이렇듯 물고기가 잡히지 않는 원인에 대해서는 사람들 이해관계에 따라 다르게 판단하는 경향이 있고, 그 대책을 두고서도 정부, 과학자, 어업인들, 그밖에 바다 자원을 이용하거나 개발하려는 사람들이 서로 엇갈린 주장을 한다. 이는 우리나라뿐만 아니라, 전 세계에서 공통적으로 볼 수 있는 현상이다. 더구나 바다는 깊고 어두워 그 안에서 무슨 일이 일어나고 있는지 확인해 보기 어렵기 때문에 억지 주장도 목소리만 크면 통하는 경우가 많다. 그래서 수산자원 관리의 물고기가 아니라 사람을 관리하는 것이라 한탄하기도 한다.

20세기 후반 들어 인공위성을 통해서 지구 표면 전체를 한꺼번에 볼 수 있고 세계를 동시에 연결하는 정보통신기술이 크게 보급되면서 과학자들은 기후변화가 어업에 미치는 영향을 큰 시각에서 구체적으로 평가할 수 있게 되었다. 대표적으로 1970년대 초반 페루 앞바다 멸치 어획고가 폭락한 주원인은 남획이 아니라 지금은 엘니뇨라고 잘 알려진 해양

기상 변동 때문임을 알게 되었다. 그리고 엘니뇨는 멸치뿐만 아니라, 전 세계 도처에서 기상 이변을 일으키는 원인이라는 것도 점차 알려지게 되었다. 또 1950년대 들어 미국 캘리포니아 앞바다에서 정어리 어획고가 갑자기 폭락하여 지역 수산업이 도산하는 큰 경제충격을 받자 그 원인으로 남획을 지목하고 정어리 어업을 전면 금지시키기도 했지만, 1990년대 바다 퇴적물에 쌓인 비늘로 정어리 양이 지난 2천년 동안 어떻게 변동했는지 조사해본 결과 어획과는 상관없이 약 60년 주기로 정어리와 멸치 개체수가 크게 늘었다가 다시 줄어드는 풍흉을 반복했음을 알게 되었다. 최근, 일본에서는 이 정어리와 멸치 풍흉 교체가 일본 앞바다에서도 지난 2천년 동안 일어났다는 연구 결과를 발표하기도 했다.

우리나라에서도 1999년 한 때 연간 약 20만 톤까지 잡혔던 정어리를 일정한 양을 정하여 더 이상 못 잡게 하는 총허용어획량 제도 대상 어종으로 포함시켰다. 그러자 공교롭게도 다음해부터 어획고가 크게 줄어들다가 2005년 이후로는 한 마리도 잡히지 않았는데, 기후변화에 따라 정어리와 같은 바다 표층에서 헤엄치는 작은 물고기들이 얼마나 크게 변동할 수 있는지를 짐작하지 못한 결과였다.

세계식량농업기구(FAO)를 비롯한 국제기구에서도 기후변화에 따른 수산물 수급 불안정이 세계적으로 확대될 것으로 내다보고 있다. 여기에 유엔 산하 ‘기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)’는 1990년부터 약 5년 주기로 기후변화 평가보고서를 펴내고 있다. 지금까지 IPCC 평가보고서는 지구 온도 상승으로 2020년이면 많은 생물종들이 멸종되어 생물다양성이 줄어들 것이라 예측하고 있다. 바다 수온 상승과 해양산성화에 따른 해양생태계 변화, 어류 서식지 이동으로 바다 어업뿐만 아니라 강이나 호수에서 이루어지는 내수면 어업도 큰 영향을 받을 것으로 내다보고 있다. 최근 평가보고서에 따르면, 기후변화로 해양생물 서식지가 이동하고 계절적인 활동, 회유 유형, 개체수가 변하면서 생물종들 사이 상호작용도 바뀌고 있다고 한다. 또 기후변화에 대한 취약성과 민감도는 사회 경제와 같은 기후변화 외 요인들 때문에 지역적으로, 또 나라마다 달라지며 따라서 그 위험도도 달라질 것이라고 한다.

IPCC 평가보고서에서 어업과 관련해서 내린 주요 평가 결론 중 하나는 기후변화가 빈익빈 부익부 현상을 가속화시킬 것이라는 것이다. 바다 수온 상승에 따라 많은 수산 어종들은 북반구 쪽으로 북상할 것이다. 선진국들이 주로 밀집되어 있는 북반구 고위도 해양에서 어종이 다양화되고 어획고가 늘어나는 반면, 주로 가난한 나라들이 위치한 적도 가까운 지역에서는 다랑어와 같은 어종 어획고가 줄어들 것이라고 내다보고 있다. 특히, 국가 경제의 상당 부분을 다랑어 어획에 의존하는 태평양 적도 부근 작은 섬나라들은 기후변화에 따라 해수면 상승 외에도 이런 어획고 감소로 국가 생존 자체가 위협을 받을 것으로 내다보고 있다. 선진국에서는 자본력을 가진 기업형 어선들이 어종 서식지 분포 변화에 대응

하여 조업 장소를 쉽게 바꿀 수 있으나, 3세계 국가는 무동력선이나 소형 어선으로 생계형 어업을 하기 때문에 대상 어종 어장이 다른 장소로 옮겨갈 경우, 쉽게 대응을 할 수 없기 때문에 특히 기후변화에 취약할 것으로 보인다.

## 기후변화와 우리나라 어업

우리나라 어업도 기후변화와 북태평양 생태계 변화에 따라 약 10년 주기로 어획물 우점종이 크게 바뀌는 것으로 평가되고 있다. 수산어종에 따라 주요 어장이 북상 또는 남하할 것으로 예상되는데, 특히, 참다랑어, 방어, 삼치, 살오징어 등 바다 위층에서 빨리 헤엄치는 큰 어류나 오징어와 같은 두족류가 큰 영향을 받아 주요 서식지가 북상할 것으로 전망된다. 최근 우리나라 바다에서 잘 잡히지 않던 참다랑어가 많이 잡히면서 어업인들은 이 어종을 비싼 값으로 파는데 필요한 어선 냉동 시설을 투자해야 할지 고민하고 있다. 방어 축제가 해마다 열리는 제주도 모슬포에서는 몇 년 동안 방어가 안 잡혀서 이전에는 별로 안 잡혔던 강원도에서 방어를 사와 겨우 축제를 진행할 수 있었다.

또한 지난 몇 년간 살오징어 어장이 북상하면서 우리나라 동해 오징어 어획고가 크게 줄어 오징어 가공 업체들이 도산하기도 했으며 편의점에서도 쉽게 살 수 있는 말린 오징어 값이 크게 오르기도 했다. 반면 북한 앞바다에는 중국 어선들이 몰려가서 오징어를 많이 잡아 우리나라 오징어 어업인들과 갈등을 빚기도 한다. 또 북한에서는 식량난을 조금이라도 줄이려고 오징어 어획을 독려하고 있다. 앞으로 북한과 수산업 분야에서 협력한다면, 우리나라에서 오징어가 안 잡힐 때 북한 해역에 들어가서 조업을 하고, 반대로 우리나라에서 많이 잡힐 때는 북한 어선들이 내려와 조업할 수 있는 공동 어장을 정할 수 있을 것이고, 기후변화가 수산업에 주는 충격을 완화시킬 수도 있을 것이다.

전 세계적인 기후변화와 지구온난화는 냉동시설을 갖춘 기업화된 대형어선보다는 선어와 활어를 팔기 위해 물고기를 잡는 영세한 소형어선 어업에 더 큰 피해를 줄 것으로 전망된다. 따라서 우리나라에서도 수산자원 변동을 예측하여 지역별, 해역별 맞춤형 자원 관리를 시작하려 하고 있으며, 산란장과 서식지 보호, 멸종 위협에 처한 종과 생물다양성 보존을 위한 여러 가지 노력도 정부 주도로 진행 중이다.

## 단백질 공급원으로서 수산물

인류가 소비하는 단백질은 곡물, 가축, 수산생물, 낙농품에서 나온다. 가장 많은 단백질을 제공하는 것은 콩과 같은 곡물이지만, 동물성 단백질 공급은 특히 사람 성장과 건강에 필

수적이다. 동물성 단백질로는 소고기, 돼지고기 같은 육류, 고등어나 참다랑어 같은 수산물, 그리고 우유와 같은 낙농품이 있으며, 세계 인구 1인당 하루 평균 약 30g을 먹는다. 그 중에서 수산물은 약 5g 정도로 동물성 단백질 전체 무게의 약 17%를 차지한다. 하지만 이 수치는 지역적, 문화적으로 많은 차이가 있는데, 우리나라나 일본과 같은 북서태평양 국가 국민들은 30% 이상 동물성 단백질을 수산물에서 얻는 반면, 캐나다나 미국과 같은 북동태평양에서는 수산물 비율이 약 10% 안팎이다. 우리나라는 수산식품에서 약 37%의 동물성 단백질을 얻어 세계에서 수산물이 차지하는 비중이 가장 높은 나라중의 하나이다.

수산물은 어류, 갑각류, 연체류, 포유류, 해조류 등으로 구성되며, 이들 중 김, 파래, 모자반과 같은 해조류를 제외하면 대부분이 해양 생태계 먹이사슬에서 중위 혹은 상위에 위치하고 있다. 해양생태계를 유지하는 원동력은 태양 빛에너지이다. 현미경으로 볼 수 있는 물속을 떠다니는 작은 식물 플랑크톤은 엽록소에서 빛에너지를 받아 탄소를 중심으로 하는 화학 결합 에너지로 전환하는 광합성을 한다. 쌀이나 과일처럼 에너지를 탄소와 물의 결합체라고 할 수 있는 탄수화물에 비축하는 것이다. 이 식물 플랑크톤이 광합성으로 만든 탄수화물은 모든 수산생물 먹이의 근원이다. 따라서 식물 플랑크톤은 바다 생태계 먹이사슬 가장 아래에 위치한다. 먹이사슬에서 식물 플랑크톤이 이들을 먹는 동물 플랑크톤을 떠받치고 있고, 동물 플랑크톤은 작은 물고기 먹이가 되어 다시 그 위에 있는 물고기를 떠받친다. 궁극적으로 식물 플랑크톤 생산력 변화가 수산자원을 포함한 생태계 전체 생산력을 좌우하게 되는 것이다. 우리가 바다에서 잡을 수 있는 수산물 생산량, 즉 어획량은 결국 식물 플랑크톤 일차생산력과 이어지는 먹이사슬 에너지 전달 효율에 따라 결정된다.

## 세계 수산물 생산 현황

세계식량농업기구(FAO) 최근 통계에 따르면, 세계 수산생산량은 1950년대 약 2천만 톤에서 꾸준히 늘어 2016년에는 1억7천만 톤에 이르렀고, 1990년대 들어서 잡는 어업 생산량은 약 8500만~9500만 톤에서 더 이상 늘지 않고 있다. 하지만 양식이 차지하는 비율은 꾸준히 늘어 2016년 세계 잡는 어업 생산량 절반에 가까운 46%에 이르렀다. 1961-2016년 사이에 세계 수산물 소비 연평균 증가율은 3.2%로 인구증가율 1.6%보다 2배나 높았으며, 육류 소비 증가율 2.8%보다도 높았다. 따라서 세계적으로 수산물 수요에 비해 공급이 부족해질 것으로 내다보고 있다.

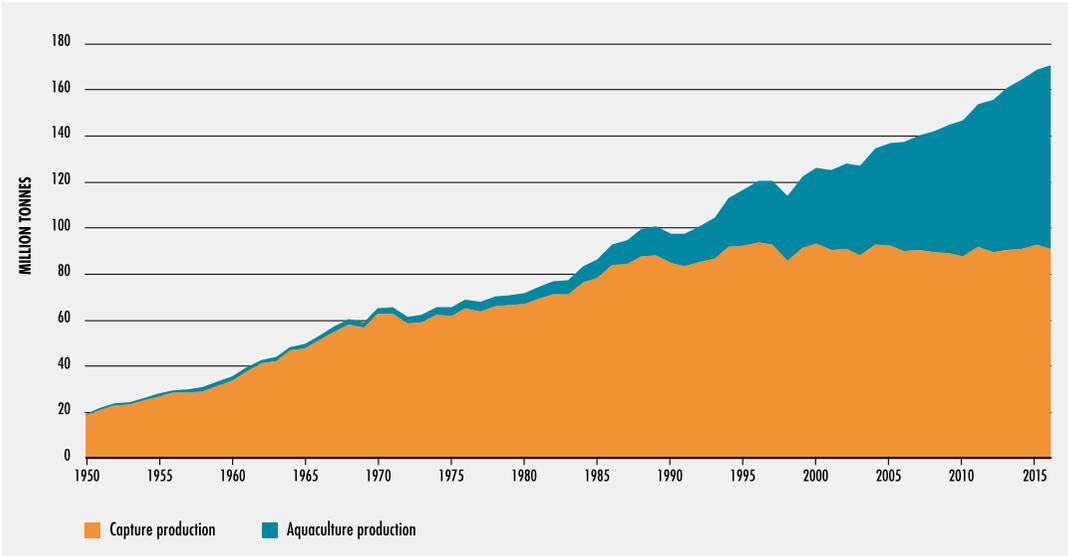


그림 1 | 세계 수산물 연별 생산량 통계 (세계식량농업기구, 2018). 노랑색은 잡는 어업, 파랑색은 양식을 나타낸다. 잡는 어업은 육상에서 이루어지는 내수면 어업도 포함하고 있다. 포유류, 악어류, 해조류는 통계에 포함되지 않았다.

## 양식 경향

세계 1인당 수산물 소비량 역시 1961년 9.0kg에서 2017년 20.5kg으로 2배 이상 늘었다. 2030년이 되면 세계 인구는 80억을 넘어설 것이다. 이 때 필요한 수산물 수요는 2억 6천백만 톤으로 예상되지만, 공급량은 2억 1천만 톤 정도로 약 5천백만 톤 정도로 공급이 부족할 것으로 내다보고 있다. 특히 아시아 국가들은 식품에서 수산물 의존도가 높기 때문에 전체 부족분의 60%에 해당되는 3천만 톤이 더 필요한데 현재 양식 외에는 이 부족분을 보충할 또렷한 방법이 없다.

양식업은 지난 반세기 동안 인류 식량생산 산업 중 가장 빠른 성장을 지속해 온 산업이다. 그러나 양식은 좁은 공간에 되도록이면 많은 물고기를 키우려는 자본의 논리를 따라 운영하기 때문에 다량의 자연 어획물을 먹이로 쓰고, 항생제를 남용하고 해양환경을 악화시켜 지속가능한 수산자원 이용을 크게 위협하고 있다. 특히 양식은 사람들이 많이 몰려사는 해안선과 가까운 연안에서 대부분 이뤄지기 때문에 지속가능한 발전을 방해하고 있다. 따라서 우리나라를 비롯한 주요 양식 국가에서 해양생태계에 충격을 덜 주는 환경친화적인 복합양식 등 새로운 양식기술을 개발하고 있는 중이다.

우리나라 양식산업은 1980년대 새로운 기술 보급으로 크게 늘어났다가 지금은 중국과 경쟁, 환경 문제 등으로 더 이상 늘지도 줄지도 않는 안정화 추세를 보이고 있다. 어류양식은 넙치, 조피볼락, 참돔, 농어와 같은 고부가가치 어종에 집중하는 경향이 뚜렷하다. 조

개류를 대상으로 하는 패류양식은 전체 동물양식생산에서 약 80%를 차지하며, 대상 종은 참굴, 홍합, 바지락, 전복, 피조개, 꼬막류, 가리비류, 가무락, 키조개 등이다. 그밖에도 무척추동물양식은 멧게, 미더덕, 해삼, 새우류 등을 대상으로 한다. 최근에는 흰다리새우를 중심으로 폐쇄순환식 양식을 하고 있는데, 오염물질을 거의 배출하지 않아 유엔이 정한 지속 가능한 수산자원 이용에 잘 맞는 사례라고 할 수 있다.

바닷말과 같은 해조류는 가장 일찍 양식 산업화에 성공한 수산생물이며, 생산량은 2012년 기준 1백만 톤으로 전체 해면양식 생산량에서 69%를 차지할 정도로 양식에서 차지하는 비중이 매우 높다. 게다가 양식기술력 또한 높아 향후 그 비중은 점차 높아질 전망이다. 대상 종은 김, 미역, 다시마, 톳, 파래, 모자반, 매생이, 청각, 쇠미역, 꼬시래기 등 다양하다.

지금 세계 어업과 양식에 종사하는 어업인 인구는 세계 인구의 약 5%인 약 3천8백만 명으로 추산하고 있다. 어업인들은 어획활동을 통해 직접적인 어업수익을 내기도하지만, 고기를 잡는데 필요한 어선 연료, 식재료, 어구, 얼음 등 다양한 요소들이 필요하므로 어업은 직간접적으로 지역 경제에 영향을 준다.

## 우리나라 수산업 현황

2016년 우리나라 수산물 생산량은 327만 톤으로 세계 수산물 총생산량에서 1.8%를 차지하는 수준이며, 생산액은 7조 4,771억 원으로, 양식 어업 비중이 매년 커지고 있다. 이 중 우리 바다에서 잡는 어업 생산량과 생산액은 90만 톤으로 3조 6천억 원을 차지한다.

우리나라 연간 국민 1인당 수산물 공급 추이를 살펴보면 김과 같은 해조류를 포함한 전체 수산물 공급량은 2000년 36.6kg에서 2016년에는 59.9kg로 연평균 3.2%씩 증가하였다. 2010년 무렵부터 일본을 제치고 1인당 수산물 소비가 세계 주요국 중에서 가장 많은 나라가 되었다. 특히 수산물이 건강식품으로 수요가 더 늘면서 우리나라 식량 공급에서 수산식품이 차지하는 비중은 점점 커지고 있으며, 수산물 안전성에 대한 관심도 어느 때보다 높다. 이에 방사능, 콜레라나 비브리오 감염과 같은 수산물 안전성에 대한 악재가 터지면 가격이 폭락하고 자영업자들은 파산을 하기도 한다. 이렇듯 수산업은 기후변화와 같은 자연변동으로 잡는 어업과 양식 생산량이 크게 오르락내리락하기도 한다. 특히 양식 생산량은 질병에 따라서도 생산량이 요동치므로, 수산업은 농업 이상으로 가격 변동이 큰 투기성 1차 산업이라고 할 수 있다.

따라서 우리나라를 비롯한 많은 나라에서 어업인들이 파산을 줄이고 안심하고 투자를 하는데 도움을 주려는 목적으로 수산보조금을 지원하고 있다. 이는 농업도 마찬가지이

다. 수산보조금이란 소득을 보조해주거나 비용을 낮추어 수산물 소비자나 어업인들에게 이득을 주는 정부 활동을 모두 일컫는다. 그러나 세계무역기구(WTO)와 같은 국제기구에서는 시장가격이 수산물의 사회적 비용을 정확하게 반영하는 경우에만 수산자원이 효율적으로 배분될 수 있다고 보기 때문에, 수산보조금은 수산물을 생산하는데 드는 사회적 비용을 왜곡시켜 정상적인 시장가격이 반영되는 것을 방해한다고 본다. 수산보조금 때문에 어획 노력이 지나치게 늘어나 수산자원을 남획하고, 나아가 해양생태환경을 악화시켜 유엔에서 정한 지속가능한 수산자원 이용에 큰 장애가 될 것이라 보고 있다. 따라서 세계무역기구에서는 수산보조금을 금지하여 수산물 과잉어획능력과 남획을 줄이려 하고 있다. 이에 정부와 관련 연구기관에서는 앞으로 수산보조금 없이 수산업 종사자들이 안심하고 투자하고 일할 수 있는 방안을 찾기 위해 머리를 짜내고 있는 중이다.

그러나 이러한 불안정한 모습에도 해방 이후 자본화가 진행되면서 어업기술 발달로 우리나라 연간 전체 어획고는 꾸준히 증가하여 해방직후 약 20여만 톤에서 1990년대 중반 최고 160여만 톤에 이르기도 했다. 그러나 1990년대 후반 이후에는 그 양이 줄어서 현재 약 100만 톤 수준에서 머무르며, 전 세계 바다에서 잡는 어획량인 약 8천만 톤 중 약 1.3% 수준을 유지하고 있다. 이렇게 우리나라 어획량이 줄어든 이유는 1990년대 들어 유엔해양법 발효, 한중일 어업협정 체결 등으로 인한 어장면적축소, 연안 개발과 해양 수질 악화, 어업인 고령화와 어업 규제와 같은 사회경제적인 요인 때문으로 보인다.

우리나라 어업은 크게 연안어업과 근해어업으로 구분한다. 우리나라 연근해 어업 생산 금액은 점차 증가하는 추세이나, 어가 수는 점차 감소하는 추세이다. 연안어업은 가까운 바다에서 무동력어선이나, 총톤수 8톤 미만 동력어선으로 하는 어업을 일컬으며, 근해어업은 먼 바다에서 총톤수 8톤 이상 동력어선으로 하는 어업을 말한다. 연안어업에서 가장 많이 잡히는 어종은 멸치, 꽃게, 갈치이며, 그 다음으로는 오징어, 고등어, 가자미, 젓새우, 문어 등의 순서로 잡히고 있다. 우리나라 수산물 대부분은 근해어업으로 생산되며 멸치, 고등어, 갈치, 살오징어 어획고가 전체 절반 정도를 차지한다. 특히 제주도에서는 연안어업에서는 낚시로 잡은 싱싱한 갈치를 냉동하지 않은 채 생갈치로 비싸게 팔 수 있기 때문에 인기도 많다.

## 해양과 수산자원을 보존하고 지속가능하게 이용하기 위한 앞으로 과제

인구증가와 기후변화, 환경오염 등으로 우리나라뿐만 아니라, 전 세계에서 어업은 여러 가지 문제를 겪어왔으며 앞으로 더욱 심각해질 것이라고 보고 있다. 우선 자원이 발달하고 잡는 기술이 발달하면서 많은 수산학자들이나 국제기구에서는 잡을 수 있는 만큼 모두 잡

는 남획 문제가 가장 심각하다고 보고 있다. 전 세계 수산자원의 약 70%는 이미 고갈되었거나 남획 상태라고 한다. 그러나 우리나라 바다가 속한 북서태평양은 세계에서 어업생산성이 가장 높은 곳이다. 세계식량농업기구 보고서에서는 북서태평양을 북동태평양이나 동중양태평양과 마찬가지로 어획 대상 어종 중 80% 이상이 생물학적으로 지속가능하다고 평가하여 대서양이나 인도양에 비교해볼 때, 남획이 덜 일어난 곳이라고 볼 수도 있다고 평가하고 있다. 그러나 앞으로 중국에서 수산물 소비가 급격히 증가한다면 다른 해역과 마찬가지로 일부 어종들이 회복 불가능한 남획 상태에 빠져 지속가능한 수산자원 이용이 어려워질 것이다.

남획은 직접적인 어류 자원 고갈뿐만 아니라, 어류 서식처 파괴에도 심각한 문제를 일으킨다. 예를 들어, 열대지방에서 어떤 트롤어선들은 일부러 열대바다 산호초 위에서 저인망을 끌어 산호초를 긁어낸 뒤, 자신들이 조업하기 좋은 미끈한 바닥으로 바꾸고 있다. 트롤어구를 끌면 부드러운 해저바닥들이 손상을 입는데, 며칠 혹은 몇 주일 마다 저인망 트롤어업이 반복적으로 행해지면 어류군집은 회복이 불가능해질 수도 있다. 따라서 지속가능한 수산자원 보전과 이용을 위해 최근 국제수산기구에서는 바다 바닥에 살고 있는 산호, 해면 등 저서생물을 보호하기 위하여 해양취약생태계로 지정하는 해역을 확장하는 추세이며, 바다 저서 생태계 파괴를 막기 위한 규제책을 꾸준히 강화하고 있다.

부수어획도 과제이다. 부수어획이란 잡으려는 어획 대상 어종이 아닌데 크기가 작아 어쩔 수 없이 잡히는 어린 물고기나 다른 생물종을 말한다. 이런 것들은 상품 가치와 경제적 가치가 별로 없는데, 어류만 아니라 돌고래, 바다표범과 같은 해양포유류와 거북이 같은 파충류, 상어와 같은 대형 연골어류들도 잡힌다. 어획대상이 아니었던 종들이 부수적으로 잡히면 어업인들은 이를 바다에 버린다. 이렇듯 부수어획으로 바다에 버려지는 해양생물 양은 전 세계 어획량에서 약 40%에 이를 것이라고 추산한다. 우리나라에서는 다행스럽게도 전통적으로 여러 어종을 잡고 또 바다에서 나는 생물은 거의 다 먹을 정도로 다양한 어종을 먹는 독특한 음식문화를 가져왔기에 특정 어종만을 선호하는 유럽 국가들에 비교하여 먹지 않고 버리는 부수어획 문제는 그렇게 심각하지 않다. 그러나 잡은 어린 물고기를 먹지 않고 양식에서 물고기 생사료로 많이 쓰기 때문에 대체사료도 꾸준히 개발하고 있다. 또 부수어획을 방지하거나 크게 줄일 수 있는 새로운 어업 기술을 개발하여 수산자원을 보존하고 지속가능하게 이용하기 위해 수산공학자들이 연구와 실험을 계속해오고 있다.



## 지속가능발전목표 14.1

2025년까지 해양 쓰레기와 영양염류 오염을 포함하여, 특히 육상 활동으로부터 발생하는 모든 종류의 해양 오염을 예방하고 상당히 감소시킨다.

(By 2025, prevent and significantly reduce marine pollution of all kinds, in particular from land-based activities, including marine debris and nutrient pollution)

### 세부목표 달성 지표 14.1.1

해안 부영양화 지수와 떠다니는 플라스틱 쓰레기의 밀도

(Index of coastal eutrophication and floating plastic debris density)

## 보이지 않는 섬, 플라스틱 아일랜드

태평양 한가운데 플라스틱 쓰레기가 모여서 만들어진 섬이 있다고 한다. 한반도의 7배 크기라고도 하고, 미국 텍사스 크기만 하다고도 한다. 어떤 이는 이 섬에 해수면 상승으로 가라앉고 있는 섬나라 투발루 사람들을 이주시키자고 하기도 하고, 어떤 이는 이 섬의 플라스틱을 태워서 전기를 생산하자고도 한다. 그런데 우리는 태평양에 있다는 플라스틱 쓰레기 섬의 전체 모양이 어떻게 생겼는지 한 번도 본 적이 없다. 그 섬에 배를 대고 사람이 내려서 둘러봤다는 소식을 들은 적도 물론 없다. 섬이 있으면 항공사진이건 인공위성 사진이건 섬의 모양을 찍은 사진이 있을 법도 한데, 왜 우리는 한 번도 본 적이 없을까? 과연 정말 태평양 한가운데 플라스틱 쓰레기로 된 섬이 있기는 한 걸까?

태평양에 있다는 플라스틱 쓰레기 섬은, 사실은 섬이 아니다. 우리가 당장 태평양을 탐험한다 해도 절대로 플라스틱 쓰레기 섬을 찾을 수 없다. 왜냐면 그것은 우리에게 익숙한 플라스틱 쓰레기가 뭉쳐져 있는 섬이 아니라, 눈에 보이지 않을 정도로 작은 크기의 미세플라스틱이 높은 농도로 떠 있는 광활한 지역이기 때문이다. 섬이 아니라 ‘미세플라스틱 밀집 지대’라고 부르는 것이 실상에 걸맞은 표현이다. 언론에 주로 등장하는, 쓰레기 섬이라고 나오는 사진들은 대부분 강 하구나 바닷가에 쓰레기가 몰려 있는 것을 찍은 것이

다. 보는 사람들의 이해를 돕자고 가져다 쓴 사진이 오히려 오해를 키우고 있다.

태평양뿐만 아니라, 오대양 전부에 이런 미세플라스틱 밀집지대가 있다. 한쪽으로 흐르는 해류와 바람이 대양의 한가운데로 플라스틱 쓰레기들을 모으기 때문에 이런 지대가 생긴다. 그러나 그것이 정확하게 어디에 있는지는 알기 어렵다. 눈에 보이지 않는 아주 작은 플라스틱 알갱이들이 바람과 해류를 따라 천천히 흘러 다니고 있기 때문에 시시각각 위치와 범위가 바뀐다. 심지어 우리가 배를 타고 이 지대를 지나간다고 해도 그곳이 미세플라스틱 밀집지대라는 사실을 알아채기조차 어렵다. 플라스틱 쓰레기 섬은 크기가 커서 문제가 아니라 찾을 수 없다는 것이 진짜 문제이다.

## 플라스틱의 장점이 바다에서는 재앙의 씨앗으로

미세플라스틱은 흔히 5밀리미터보다 작은 크기의 플라스틱 조각을 말한다. 애초에 만들어질 때부터 이 크기로 만들어진 것도 있지만, 대부분은 우리가 사용하고 버린 플라스틱 쓰레기들이 잘게 쪼개져서 만들어진 것이다. 처음부터 미세플라스틱으로 제조된 대표적인 제품으로 화장품이나 치약에 세정제로 들어가는 ‘마이크로비즈’를 들 수 있는데, 최근 국제적인 반대 캠페인 덕분에 대부분의 나라에서 제조나 판매가 금지되고 있다. 하지만 미세플라스틱은 사라지지 않는다. 우리 생활 모든 곳에서 사용되는 어마어마한 양의 플라스틱 제품들이 바로 미세플라스틱의 발생원이 되기 때문이다.

플라스틱은 1950년대 처음 만들어진 이래 생산량과 사용량이 급격하게 늘어왔다. 1950년에 150만 톤이던 것이 1977년에 5천만 톤을 넘어섰고, 2015년에는 3억2천만 톤에 이르렀다. 60년 사이에 생산량이 무려 200배 이상 늘어난 것이다. 플라스틱은 가벼우면서 튼튼하고 썩지도 않는데다가 값싸게 만들 수 있기 때문에, 대량생산 대량소비 사회를 지탱하는 필수적인 물건이 되어버렸다. 그런데 이러한 플라스틱의 장점이 역설적으로 바다와 생물들의 건강을 해치는 위협 요인이 되고 있다.

바다에서 플라스틱은 썩지 않고, 계속해서 더 작은 조각으로 부서지면서 미세플라스틱이 된다. 플라스틱이 분해되기 위해서는 자외선과 열, 산소 등이 필요한데, 바다 속에는 이것들이 없거나 부족하다. 그래서 바다에서는 플라스틱이 완전히 분해되어 환경에 아무런 해가 없는, 탄소나 물 같은 물질로 돌아가는 과정이 거의 일어나지 않는다. 운 좋게 해변이나 바다 표면에서 자외선과 높은 열을 받더라도 플라스틱의 표면만 분해하여 더 작은 조각, 즉 미세플라스틱이 되는 과정을 촉발시킬 뿐이다. 특히, 이 과정에서 플라스틱이 만들어질 때 들어간, 대부분 독성이 있는 화학물질들이 흘러나온다. 심지어 미세플라스틱의 표면에 바다에 있던 오염물질들이 달라붙기도 한다. 플라스틱은 미세해질수록 더 많은 오염

물질이 붙을 수 있으며, 생물들이 먹을 가능성도 같이 높아진다. 실제로 바닷물 속의 플랑크톤을 조사했더니 플랑크톤 보다 미세플라스틱이 더 많았다는 사실은 해양생물이 미세플라스틱을 섭취할 가능성이 크다는 것을 의미한다고 할 수 있다. 사실 태평양에 플라스틱 쓰레기로 된 섬이 있다는 소문의 시작은 바닷물 속의 플랑크톤을 조사하려고 봤더니 미세플라스틱이 더 많았다는 조사 결과가 잘못 전해진 것이다. 플라스틱이 바다에서 거의 분해되지 않기 때문에, 지금의 추세대로 계속 플라스틱 쓰레기가 바다로 들어온다면 2050년에는 바다에 물고기보다 플라스틱이 더 많아질 것이라고 세계경제포럼이 예측한 바 있다.

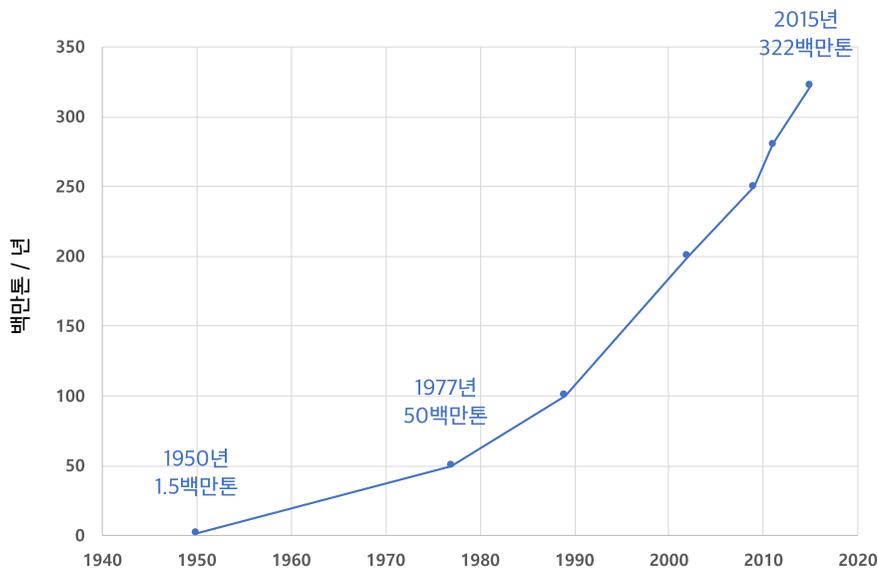


그림 1 | 플라스틱의 생산량 증가 추세

(출처: Plastic Europe, <http://theconversation.com/the-world-of-plastics-in-numbers-100291>)

## 유엔, 미세플라스틱의 위험성 평가 추진

2000년 이후 미세플라스틱의 영향에 대한 연구 논문이 플라스틱의 생산량 증가 그래프와 비슷한 모양으로 증가하고 있다. 고래, 바닷새, 갯지렁이까지, 거의 모든 종류의 해양 생물의 몸속에서 미세플라스틱이 발견되고 있다. 연구를 위해 바다에서 잡은 것은 물론이고 시장에서 팔리는 생선과 조개의 몸속에서도 미세플라스틱과, 그것에서 나온 것으로 보이는 화학물질이 발견되고 있다. 맥주, 벌꿀, 소금, 심지어 수돗물에서도 미세플라스틱이 발견되었다는 보도가 계속 이어지고 있다.

그러나 미세플라스틱이 생물에게 어떤 문제를 일으키는지에 대해서는 아직 명확하

게 밝혀진 것이 없다. 플라스틱을 먹은 생물에게 플라스틱에 있던 화학 물질이 전해지고 몸 속에 축적될 수 있다는 것은 밝혀졌지만, 실제 그것이 어느 정도 건강에 해를 끼치는지는 아직 알 수 없다. 그래서 2014년 케냐 나이로비에서 열린 제1회 유엔환경총회의 미세플라스틱 결의문은 전 세계의 과학자들에게 미세플라스틱이 환경과 생태계에 미치는 영향을 조사해달라고 요청했다. 특히, 미세플라스틱이 사람의 건강에 피해를 일으킬 수 있는지를 평가하라는 것이 핵심이었다.



그림 2 | Dinner(김정아 작)

흔히 사람들은 ‘바다에서 미세 플라스틱을 제거하면 되지 않는가?’라고 묻는다. 그러나 그런 방법은 없다. 아직 그런 방법이 발견되지 않은 것이 아니라 원리적으로 불가능하다. 에너지 법칙 상 환경 중에 흩어져 버린 것을 다시 모아서 처리하기 위해서는 반드시 에너지를 투입해야 한다. 에너지를 투입한다는 말은 환경오염을 일으킨다는 것과 같다. 배를 끌고 바다에 나가는 과정부터 대기오염을 일으킨다. 또, 미세플라스틱을 제거하려면 그보다 작은 크기의 체로 바닷물을 걸러야 하고, 그 크기 이상의 모든 해양 생물도 같이 제거하거나 죽여야 한다. 미세플라스틱을 재활용할 수 없는 것도 같은 이유다. 유엔이 미세플라스틱의 위험성 평가와 함께 유입량 자체를 줄일 방법을 찾고 있는 이유이기도 하다.

## 플라스틱 사용을 줄여야 한다

유엔은 지속가능발전목표 14.1에서 2025년까지 해양쓰레기를 포함한 해양 오염 물질을 현저히 줄이기로 결의했고, 2017년 ‘깨끗한 바다 캠페인(Clean Sea Campaign)’을 시작했다. 이 캠페인은 세 가지 종류의 플라스틱 사용을 획기적으로 줄이는 것을 목표로 하고 있다. 일회용품, 포장재, 그리고 마이크로비즈가 그것이다. 일회용품은 주로 먹는 것과 관련이 있다. 일회용 컵, 컵 뚜껑, 빨대, 접시, 수저까지. 사람들이 음식을 먹는 동안, 그것도 딱 한 번만 사용하기 때문에 제품으로서 사용되는 시간이 아주 짧다. 쉽게 만들고 쉽게 버리는 현대의 대량생산, 대량소비 문명의 상징과도 같은 물건들이다. 물론, 사람들이 일상생활에서 워낙 많이 사용하는 물건들이기 때문에 사용량을 줄이기 위한 노력도 활발하고, 어느 정도 성과도 기대할 수 있다. 식당이나 커피 판매점에서 일회용 컵 대신 머그컵을 쓰는

것은 개인적인 실천을 넘어 제도를 통한 강제까지 진행되고 있다. 텀블러는 물론이고 빨대나 수저까지 필요한 사람이 들고 다니는 문화가 전 세계로 퍼져나가고 있다.

플라스틱 포장제도 일회용의 한 종류라고 할 수 있다. 그러나 제품이 운반되는 기간 내내 사용되기 때문에 수명이 상대적으로 조금 길다. 우리나라를 비롯하여 전 세계 대부분 선진 국가들에는 과대 포장을 막는 법이 있다. 상품을 만드는 회사들 입장에서야 그럴싸한 포장으로 제품이 더 가치 있어 보이게 해야 더 잘 팔리겠지만, 사회 전체의 자원 절약과 환경 보호를 위해 법으로 과대 포장을 금지할 정도로 포장재의 사용량이 많다. 몇몇 유명 기업들은 십 년 안에 자신들의 제품에는 플라스틱으로 만든 포장재를 사용하지 않겠다고 선언하고 있다. 하지만, 아직 플라스틱을 대체할 만큼 가벼우면서 제품을 잘 보호할 수 있는 대안이 없기 때문에 포장재를 획기적으로 줄이는 것은 상당히 어려운 과제로 남아 있다.



그림 3 | 해양 미세플라스틱 농도 비교(출처: 한국해양과학기술원(2015))

## 한국, 미세플라스틱 세계 신기록

우리나라 바다의 미세플라스틱 농도는 세계 최고 수준이다. 해수면과 해안 모두, 세계에게 가장 높은 수준의 미세플라스틱 농도를 보여주고 있다. 2012년부터 2014년까지 한국해양과학기술원이 전국 20개 해변에서 조사한 결과, 1~5밀리미터 크기의 미세플라스틱이 평방미터당 약 1만 개 이상이 발견되었다. 이는 그동안 전 세계에서 미세플라스틱 오염 수준

이 가장 높은 것으로 알려져 있던 곳 중 하나인 하와이 해변보다 약 4배 정도 높은 것이다. 왜 이렇게 유독 우리나라의 미세플라스틱 오염도가 높은 것일까? 앞서 말한 조사에서 발견된 미세플라스틱의 90% 이상이 스티로폼 조각이었다. 이는 대부분 양식장에서 사용하는 스티로폼 부자가 부서져서 생긴 것으로 추정하고 있다. 우리나라의 김, 굴 양식에는 아주 많은 양의 스티로폼 부자가 사용되고 있다. 해양수산부에서 조사한 바에 따르면 이 두 업종에서만 2천만 개 이상의 스티로폼 부자가 사용되고 있다고 한다.

스티로폼 부자는 폴리스티렌 알갱이를 뺨튀기해서 만들기 때문에 아주 쉽게 부서지고, 부서진 알갱이는 곧바로 미세플라스틱이 된다. 한국해양과학기술원에서 계산한 바에 따르면, 굴 양식에서 흔히 사용하는 62리터짜리 스티로폼 부자 하나는 개미 크기(2.5 밀리미터)만큼 작게 쪼개질 경우 약 7백6십만 개의 조각이 되고, 진드기 크기(250 마이크로미터)만큼 작아지면 76억 개가 된다. 그런데 최근 한국해양과학기술원에서는 나노미터(nm) 크기까지 작게 쪼개진 스티로폼 부자 조각을 발견했다. 나노미터 크기의 플라스틱은 숫자도 엄청나게 많을 뿐만 아니라 세포벽을 통과할 수 있기 때문에, 생명체에 미치는 영향도 훨씬 더 커질 수 있다.

## 바다에도 불이 나는가?

스티로폼 부자는 미세플라스틱 외에도 또 다른 위험을 안고 있다. 난연제라는 독성 화학물질이 들어 있기 때문이다. 난연제는 플라스틱이 쉽게 불타는 것을 막기 위해 집어넣는 물질이다. 사람들이 많이 이용하는 식당, 호텔 등의 커튼, 벽지 등을 잘 살펴보면 ‘방염’이라는 표시가 찍혀 있는데, 난연제를 사용했다는 뜻이다. 그런데 이 난연제 중 브롬(Br)이 들어 있는 것 중에는 독성이 너무 심해서 국제협약에서 사용을 금지하기로 결정한 것들이 있다. 그러나 아직 그 물질을 대신할 수 있는 화학물질을 찾지 못하여 완전한 생산 금지를 5년간 미뤄두었다. 놀랍게도 스티로폼 부자에 이 난연제가 높은 농도로 들어가 있다. 또한 주변의 바닷물과 바다 밑바닥의 빨에도 부자에서 나온 것으로 보이는 난연제가 발견되고 있다. 더 심각한 사실은 스티로폼 부자에 붙어사는 생물들의 몸속에도 다른 곳에 사는 것들보다 높은 농도의 난연제가 있다는 것이다. 우리나라 남해안 양식장에서 채취한 굴과 홍합에서 자연산보다 높은 농도의 난연제가 발견되었다는 연구 결과도 있다. 도대체 바다에 띄워놓는 스티로폼 부자에 왜 난연제가 들어가게 된 것일까?

사실 처음 양식장 주변 바다에서 도시 주변보다 더 높은 농도의 난연제가 발견된 곳은 전남 여수 앞바다였다. 당시에 이 연구를 한 과학자들은 그 이유를 알지 못했다. 그런데 경남 거제 주변 바다에서 비슷한 연구를 한 한국해양과학기술원의 과학자들은 양식장의

위치와 난연제의 농도가 높은 곳의 위치가 비슷하다는 사실을 알아차렸다. 이들은 혹시 양식장의 스티로폼 부자에서 난연제가 나오고 있는 것은 아닐까 의심하고, 실제 스티로폼 부자를 조사하여 높은 농도의 난연제가 들어가 있음을 밝혔다. 사실 스티로폼이 건물 벽 속에 단열재로 많이 쓰이기 때문에 고농도의 난연제가 들어간다. 그런데 스티로폼의 재료를 만드는 공장에서 건물 단열재와 양식장 부자에 쓰일 원재료를 같이 만들다 보니, 양식장 부자에는 필요없는 난연제가 들어가게 된 것이다. 게다가 건물 단열재로 쓰인 스티로폼을 재활용하기 위해 양식장 부자를 만들 때 집어넣는 경우도 있어서 더 많은 양의 난연제가 바다를 오염시키게 되었다. 정부에서 스티로폼 부자에는 난연제가 들어가지 않도록 생산업체에 요구하고 있지만, 통제하기는 쉽지 않은 상황이다.



그림 4 | 굴 양식장에서 사용 중인 스티로폼 부자 ©이종명



그림 5 | 해안에 밀려온 양식용 스티로폼 부자 쓰레기 ©이종명

## 우리나라의 해양쓰레기 관리

우리나라 정부는 해양환경관리법에 따라 5년마다 ‘해양쓰레기 관리 기본계획’을 만들어서 해양쓰레기 정책의 방향을 정하고 있다. 2009년에 제1차 계획이 만들어져 시행되기 시작했고, 2019년에 제3차 계획을 추진하고 있다. 해양쓰레기 관리 기본계획은 해양쓰레기의 발생을 줄이는 예방 정책부터 바다에 들어온 쓰레기를 치우는 수거 정책, 그리고 시민 참여와 국제적 협력에 이르는 분야의 대책을 포괄하고 있다. 2014년 시작된 제2차 계획은 양식용 스티로폼 부자 쓰레기 줄이기, 해안가 쓰레기 청소 사업 지원 등을 중점 사업으로 추진했다. 양식업인이 스티로폼 부자 대신 정부에서 인증한 친환경 부자를 사면 정부에서 보조금을 지원해주고 있다. 특히, 이 보조금을 받아 갈 때는 반드시 못 쓰게 된 폐부자를 가져오도록 했다. 처음에는 지원 받는 부자 수의 10%만 가져오도록 했는데, 최근에는 그

비율을 100%로 높였다. 이 제도로 어업인들이 폐부자를 함부로 버리지 않고, 정부에서 처리하도록 가져오게 되었다. 또한 중앙정부에서 지방자치단체의 바닷가 쓰레기 청소 예산을 지원하고 나서부터는 실제 해양쓰레기 수거량도 꾸준히 늘어나고 있다. 이런 정책의 효과인지 우리나라 해안 쓰레기 모니터링 결과, 바닷가 쓰레기가 줄어드는 추세를 보이고 있다. 스티로폼 부자는 2017년 조사된 양이 10년 전인 2008년에 비해 1/3까지 줄어든 것으로 나타났다. 하지만 미세하게 쪼개진 스티로폼 부자 조각은 아직도 우리나라 바다를 심각하게 오염시키고 있다.

2019년 5월 31일 ‘바다의 날’을 맞아 한국 정부는 ‘해양 플라스틱 저감 종합대책’을 발표했다. 이 대책에 따르면 양식장 부표는 물론, 수산업에 사용하는 어구까지도 못쓰게 되었을 때 되가져와서 보증금을 받아가는 제도가 적용된다. 더불어 쓰레기가 되기 쉬운 어구는 만들지도, 팔지도 못하도록 법으로 금지할 예정이다. 육지에서 바다로 흘러들어가는 플라스틱 쓰레기의 양을 줄이기 위해서 강에서 쓰레기를 막는 제도도 도입된다. 하천을 관리하는 기관에 쓰레기 차단 의무를 부과하는 법을 국회에서 심의하고 있다. 그동안 쓰레기 관리가 잘 안 되던 섬 지역에서도 쓰레기를 모아두는 시설을 설치하고, 제 때 제 때 처리하는 제도를 만들고 있다. 해양쓰레기를 재활용할 수 있는 기술 개발도 대책에 포함되었다.

## 생활 속 실천으로 플라스틱 쓰레기 줄이기

플라스틱 해양쓰레기 문제는 정부에서 법을 만들고, 몇 가지 제도를 바꾼다고 해결할 수 있는 것이 아니다. 그러기에 인류는 플라스틱을 너무 많이 사용하고 있다. 흔히 지금을 ‘철기시대’라고 부르지만, 사실은 ‘플라스틱기시대’라고 부르는 것이 맞다. 주변을 돌아보면 아마 철보다 플라스틱이 더 많이 보일 것이다. 우리의 문명은 플라스틱에 기반하고 있다고 해도 과언이 아니다. 플라스틱 쓰레기는 지질시대 구분에서 현재를 ‘인류세(Anthropocene)’로 정의해야 한다는 주장의 근거 중 하나다. 공룡의 화석이 발견되는 지층을 중생대에 형성되었다고 분류하는 것처럼, 먼 훗날 땅을 파다가 플라스틱이 발견되면 그 시대에 인류가 지구를 지배했다고 판단할 것이라는 말이다.

플라스틱을 많이 쓰는 한 플라스틱 쓰레기 문제를 해결할 수는 없다. 재활용 쓰레기를 아무리 열심히 분리해도, 실제 재활용은 잘 되지 않는다. 우리는 최근까지 플라스틱을 분리수거함에 넣어놓기만 하면 재활용이 잘 되는 줄 알고 있었다. 그런데 실상은 재활용 대상 플라스틱 쓰레기 대부분이 중국이나 필리핀 같은 나라로 팔려나가고 있음이 밝혀졌다. 그 나라들에서도 아주 일부분만 재활용하고, 나머지는 불태워 없애거나 방치하고 있다. 또한 중국을 시작으로 여러 나라들이 플라스틱 쓰레기 수입을 금지하자 갈 곳을 잃은

플라스틱 쓰레기들이 우리나라 곳곳에서 산처럼 쌓이고 있다는 보도가 이어지고 있다. 플라스틱을 재활용하기 그만큼 어렵다는 반증이다. 생분해성 플라스틱도 대안이 아니다. 플라스틱의 생분해는 아주 특별한 조건에서만 일어난다. 특히, 바다에서는 플라스틱이 거의 분해되지 않는데 그 이유는 앞에서 밝혔다. 심지어 유엔에서 생분해성 플라스틱은 해법이 아니라는 보고서까지 낸 바 있다.



그림 6 | 우리나라의 '해양 플라스틱 저감 종합대책' (출처: 해양수산부)

플라스틱 쓰레기를 줄이기 위한 유일한 방법은 플라스틱 사용을 줄이는 것인데, 그 대안을 찾기란 쉽지 않다. 플라스틱만큼 적은 재료와 에너지로, 물건의 파손을 막고 식재료의 오염을 막는 포장지를 만들 방법이 아직은 없어 보인다. 다른 생활용품들도 마찬가지로

지다. 원재료와 에너지 소비 측면에서 보면, 플라스틱은 상당히 ‘친환경’ 소재이다. 그것이 쓰레기가 되어 바다로 들어와서 일으킬 문제들을 무시했을 때 그렇다는 말이다. 지금은 바다의 미세플라스틱이 사람의 건강에 해를 끼칠 가능성이 아주 낮지만, 수십 년 안에 안전하다고 할 수 있는 바다가 10% 이내로 줄어들 것이라 과학자들은 예측하고 있다. 플라스틱과 다른 소재를 비교할 때, 그 비교의 잣대에 반드시 해양환경 영향을 넣어야 하는 이유이다.

## 전 세계인과 함께하는 바다 대청소

그렇다면 어떤 플라스틱부터 사용을 줄여야 할까? 바닷가에서 많이 발견되는 것부터 줄이는 것도 좋은 방법이다. 어떤 쓰레기가 바닷가에 많은지를 알려주는 세계에서 가장 방대한 조사 결과가 있다. 바로 ‘국제연안정화(International Coastal Cleanup)’이다. 국제연안정화는 전 세계 시민들이 바닷가에 나가 쓰레기를 줍고, 자신이 주운 쓰레기의 종류와 숫자를 기록하는 행사이다. 1986년 미국 텍사스에서 시작되어 전 세계로 퍼져 나갔고, 지금은 100개 이상의 나라에서 백 만 명이 참가하는 세계 최대의 해양환경 행사가 되었다. 매년 9월 셋째 주 토요일에 행사가 열리는데, 바닷가는 물론 공원, 강가, 길가 등에서도 쓰레기를 줍고 있다. 육지의 쓰레기도 비가 오면 결국 바다로 떠내려가기 때문이다. 실제 여러 나라에서 일회용 비닐봉지를 규제하는 제도를 만들 때, 국제연안정화에서 비닐봉지가 많이 발견되었다는 조사 결과를 근거로 들고 있다. 2017년 우리나라 국제연안정화에서 비닐봉지는 담배꽂초에 이어 두 번째로 많이 발견된 쓰레기였다.

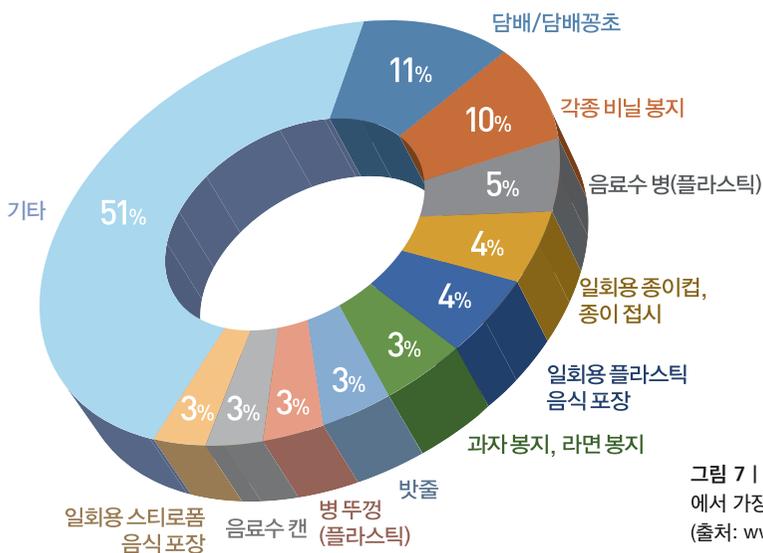


그림 7 | 2017년 한국 국제연안정화 행사에서 가장 많이 발견된 쓰레기 10종류 (출처: www.osean.net)

플라스틱 해양쓰레기는 현대 인간 문명을 비추는 일그러진 거울이다. 생산, 운송, 소비, 여가 등, 사람이 살아가면서 행하는 모든 활동에서 플라스틱 쓰레기가 생기고 바다로 흘러들어 온다. 플라스틱이 있어서 사람들은 풍족하고 안락하게 살고 있지만, 알게 모르게 사람들의 손을 빠져나온 것들이 바다로 흘러들고 있다. 지금까지는 그 모습이 보기 싫어 외면하고 있었지만 이제는 그 일그러진 거울을 자세히 들여다보아야 한다. 바닷가에 나가 쓰레기를 줍고 기록해 보라. 바닷가에 있을 거라고는 상상도 할 수 없는 물건들을 발견하게 될 것이다. 그러나 그 발견과 기록이 모이면 사람들의 행동과 정부의 정책을 바꿀 수 있는 힘을 갖게 된다. 전 세계인과 함께하는 바다 대청소, 플라스틱기 시대를 넘어, 바다를 플라스틱에서 구해내는 첫걸음이다.

---

#### 참고문헌

- 동아시아바다공동체오션(2017). 2017년 전국바다대청소 결과 보고
- 해양수산부, 해양환경관리공단, 한국해양과학기술원(2015). 플라스틱 바다! 어떻게 대응해야 할까요?
- 해양수산부(2014). 제2차 해양쓰레기 관리 기본계획
- 홍선욱, 심원준(2008). 바다로 간 플라스틱
- Richard Thompson et al. (2009). Our plastic age. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1973–1976. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0054>
- UNEP(2015). *Biodegradable Plastics and Marine Litter. Misconceptions, Concerns and Impacts on Marine Environments*
- Van Sebille et al. (2015). A global inventory of small floating plastic debris. *Environmental Research Letters*, 10(12), 124006.
- 동아시아바다공동체 오션 홈페이지 <http://www.osean.net>
- 해양쓰레기통합정보시스템 홈페이지 <http://malic.or.kr>
- 해양수산부 홈페이지 <http://www.mof.go.kr>
- The conversation 홈페이지 <http://theconversation.com>
- UNEP Clean seas 캠페인 홈페이지 <https://www.cleanseas.org/>

## 지속가능발전목표 14.1 해양 오염 줄이기

지속가능발전목표의 해양 분야 첫 번째 목표는 오염 예방이다. 대표적인 해양 오염의 원인 즉, 해양쓰레기와 영양염 등 두 가지를 구체적인 관리 대상으로 꼽았다. 특히, 이런 오염 물질들이 주로 사람들이 생활하는 육지에서 발생하여 바다로 들어오기 때문에, 육지에서 예방해야 한다는 점을 강조하고 있다.

해양쓰레기는 사람들이 만들어 쓰다가 버린 것 중 바다에 들어온 모든 '고형 물질'을 말한다. '고형 물질'은 말 그대로 딱딱한 것이기 때문에, 액체나 기체는 해양쓰레기가 아니다. 해양쓰레기는 바다 생물들이 먹거나 걸려서 죽게 만들고, 운항하는 배에 걸려서 안전을 위협한다. 아름다운 바닷가의 경치를 망치고, 수산자원 가치도 떨어뜨린다.

해양쓰레기를 줄이기 위해서는 쓰레기 관리를 철저히 해야 한다. 바닷가는 물론이고 하천과 도로 등에서도 쓰레기를 버리지 않도록 시설과 제도를 만들어야 한다. 재활용 시설이나 매립지에 들어간 쓰레기가 다시 흘러 나오지 않도록 하는 대책도 필요하다.

영양염은 질소, 인과 같이 부영양화의 원인이 되는 물질이다. 생활 하수, 공장 폐수, 화학 비료 등에 들어있는 영양 물질이 너무 많이 바다로 들어오면, 물 속의 조류가 빠르게 번성하면서 산소를 다 써버리게 된다. 산소가 부족하니 물고기와 조개 등이 질식사하고, 죽은 조류와 생물들이 썩어가면서 수질은 더 악화된다. 물 색깔이 탁해지고, 악취가 나는 경우도 있다.

부영양화를 예방하기 위해서는 질소, 인 등의 유입을 줄여야 한다. 오폐수나 하수는 처리 시설을 거쳐서 배출해야 하고, 화학 비료 사용을 줄이는 것도 좋은 방법이다.





## 지속가능발전목표 14.3

모든 수준에서의 과학협력 강화를 포함하여 해양 산성화의 영향을 최소화하고 대응한다.

(Minimize and address the impacts of ocean acidification, including through enhanced scientific cooperation at all levels)

### 세부목표 달성 지표 14.3.1

합의된 대표 정점에서 측정된 평균 해양 산도(pH)

(Average marine acidity (pH) measured at agreed suite of representative sampling stations)

## 해양산성화란?

황산(Sulfuric acid)은 대표적인 유해물질 중 하나다. 대기가 황산에 오염되면 주변의 산이 황폐해지고 강이나 바다의 생물이 줄어든다. 그런데 이런 황산 증기를 내뿜는 공장이 우리 집 주변에 하나씩 하나씩 계속 늘어난다면 어떨까? 아마도 많은 사람들이 강력한 반대 의사를 표명하여 그런 상황이 벌어지도록 내버려두지는 않을 것이다. 하지만 반대를 할 수 없는 생물이란 그저 악몽 같은 환경변화 속에서 죽는 수밖에 없을 것이다. 해양산성화라는 유래 없는 환경변화를 마주한 해양생물의 상황이 이러하다.

유엔은 해양산성화(ocean acidification)를 'SDG 14'의 주요 목표 중 하나로 선정하였다. SDG 14.3에서, 과학분야의 총체적인 협력 증대를 통해 해양산성화의 영향을 고심하고 그것을 최소화하기 위해 노력해야 한다는 목표를 제시하고, 지속적인 해양산성화 모니터링을 지표로 삼았다. 해양산성화란 바다의 pH가 낮아지는 현상이다. pH는 용액이 산성인지 염기성인지를 가르는 기준이 되는 수소이온농도를 나타내는 지표인데, pH가 낮으면 산성이고 높으면 염기성이다. pH가 1만큼 차이가 나면 실제 수소이온의 농도는 10배 차이가 난다. 순수한 물은 pH가 7이고, 과일 주스 등은 수소이온의 농도가 물보다 높아서 산성을 띄고, 베이킹 소다는 반대로 염기성이다.

그럼 바닷물의 pH는 얼마일까? 대략 8~8.1 정도이다. 즉, 바닷물의 수소이온( $H^+$ ) 농도는 순수한 물보다 10배 정도 낮으므로, 바닷물은 산성이 아니고 염기성이다. 따라서 해양산성화라는 용어를 듣고 원래 해양이 산성이라고 오해해서는 안 된다. 해양산성화는 정상일 때 염기성인 바닷물의 pH가 정상수준보다 점차적으로 낮아지고 있는 현상을 뜻하는 것이 된다. 산과 염기는 화학 교과서의 한 부분을 차지하고 있을 정도로 수화학(aquatic/water chemistry) 반응과 평형에 있어서 매우 기본적이면서 중요한 요소이다. 때문에, 이러한 바다 환경의 변화는 물 속에 몸을 완전히 담그고 사는 해양생물에게는 달가울 리 없다. 우리가 미세먼지를 심각하게 받아들이는 이유 중 하나는 숨 쉬지 않고는 살아갈 수가 없으며, 따라서 공기 중의 미세먼지도 피할 도리가 없기 때문일 것이다. 해양생물도 비슷하게 해양산성화를 피할 수 없는 처지인데, 심지어 숨쉬지 않거나 죽어서도 해양산성화를 피할 수 없다. 만일 앞에서 예로 든 황산이 내 피부에 닿는다면 어떨까? 아마 상상하기도 싫을 것이다. 하지만 바다생물들은 그 끔찍한 상상이 현실이다. 해양산성화로 인해 바다생물들의 피부라 할 수 있는 외각(껍질, shell)이 녹고, 생리(physiology)가 변화하는 등의 현상이 관찰되고 있다. 탄산음료가 치아에 해로운 이유는 (당도가 높은 이유도 있지만) 산성도가 높아서 치아를 부식시킬 수 있기 때문이다. 서로 같은 이치이다.

지구상의 물의 98% 가량이 바다에 있고, 그 나머지의 90%가량이 눈과 얼음으로 존재한다. 그 많은 인류와 육상 생물을 모두 먹여 살리고 있는 물의 양이 지구상에 존재하는 물의 약 0.02% 정도라고 하니, 바다에 얼마나 물이 많은지 가늠할 수 있을 것이다. 그렇다면 이 거대한 용량의 바다의 pH가 어떻게 변화할 수 있을까? (사실은 모든 바다가 산성화되고 있는 것은 아니다.) 이 거대한 바다를 변화시키고 있는 것은 바로 우리이고, 그 때문에 유엔과 환경전문가들이 책임감을 갖고 해양산성화를 해결하고자 하는 것이다. 해양산성화의 주범은 이산화탄소이다. 화석연료 연소를 통해 대기로 배출되는 이산화탄소 중 일부는 해양에 흡수된다. 물이 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐르는 것처럼, 물질도 농도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하는 것이 자연의 법칙이다. 대기와 해양은 평형을 이루려고 하는데, 대기 농도가 인위적으로 높아지므로 바다에서도 그렇게 된다. 그렇게 이산화탄소가 물에 녹으면 탄산이 형성된다. ‘산’이라는 접미사가 따라오는 것에서 힌트를 얻을 수 있듯이 탄산(Carbonic Acid, 탄산음료의 탄산)은 황산과 질산(Nitric acid)처럼 산성물질이다. 결국 배출된 이산화탄소가 바닷물에 용해됨으로써 탄산이 형성되고, 이로 인해 해양의 pH가 낮아지고 있다.

기후 변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)에 의하면, 지난 200년간 표층 해양의 pH는 약 0.11 정도 변했다고 한다. IPCC의 한 시나리오에 의하면 앞으로 2100년에는 0.42 정도 추가로 낮아질 것으로 예측하고 있다. pH에 익숙하지 않은 사람이라면 이 변화가 어느 정

도 수준인지 감이 오지 않을 것이다. 현대인들은 ‘산성비’라는 말에 익숙하고, 비 맞기를 꺼려 한다. 요즘 내리는 비 중 별다른 오염에 노출되지 않은 빗물의 pH는 순수한 물의 pH인 7이 아닌 5.6 수준이다. 이는 바다가 이산화탄소에 의해 산성화 되는 것과 같이 대기 중의 이산화탄소가 빗물과 반응하여 탄산을 형성하기 때문이다. 단지 이산화탄소를 포함하고 있는 대기에서 생성되었다는 이유로 빗물의 pH가 변화한 것이다. 순수한 물과 빗물의 pH 차이가 1.4 정도라는 사실과 비교하면 지난 200년간 해양의 pH가 0.1만큼 변했다는 것이 별 것 아닌 것처럼 보일 수도 있다. 하지만 그 차이가 해양에 끼친 영향을 본다면 그렇게 치부할 수 없을 것이다.

앞으로 해양산성화의 원인들을 좀 더 세분화해보고, 해양산성화가 해양생태계에 미칠 수 있는 일반적인 영향, 해양산성화 위협이 특별히 더 큰 지역들(그래서 더 관심을 가져야 하는 지역들), 그리고 마지막으로 우리나라 바다의 해양산성화 현황을 소개하고자 한다.

## 화석연료 연소 등 인간의 활동이 원인

해양산성화를 야기하는 가장 큰 이유는 대기 중 이산화탄소 농도의 증가이다. 이러한 결과를 초래할 수 있는 인간의 활동에는 크게 세 가지가 있다. 첫 번째는 화석연료 연소인데, 화석연료는 기본적으로 탄소와 수소로 이루어진 물질이다. 이 중 탄소(C)가 연소과정에서 산소(O<sub>2</sub>)와 만나서 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)가 된다. 두 번째는 시멘트 생산이다. 시멘트 원재료인 석회암의 주성분은 탄산칼슘(CaCO<sub>3</sub>)이고, 생산과정 중에 열을 가하면(화석연료가 소모, CO<sub>2</sub>도 생산) 생석회(CaO)와 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)가 생성된다. 마지막으로 주거지나 농경지 등을 만들기 위해 산림을 벌채하는 것이다. 앞선 두 원인에 의해 2004-2013년 기간 동안 연간 32Gt(G는 흔히 얘기하는 기가로 10<sup>9</sup>를 의미함; 5m 길이의 1톤 트럭에 1Gt의 이산화탄소를 싣고 일렬로 세운다면, 지구 둘레를 125번 돌 수 있다.)의 이산화탄소가 대기 로 배출되었다. 그리고 이중 10분의 1정도가 토지이용의 변화에 의해 배출되었다. 대기 로 배출된 이산화탄소 가운데 약 44%는 대기에 잔류하여 기후변화를 초래하는 원인으로 작용하고, 나머지는 대략 반으로 나뉘어 육상생태계와 해양에 흡수된다. 만일 이러한 흡수 작용이 없었다면, 대기 중의 이산화탄소 농도는 현재보다 더 높았을 것이고, 더 심각한 기후변화를 초래했을 것이다. 즉, 원인은 인간이 제공했지만, 그 피해는 자연과 공유하고 있는 것이다.

수질오염과 적조/녹조와 같은 조류 대번성(algal bloom)을 얘기할 때, 함께 등장하는 것이 부영양화이다. 부영양화란 질소와 인과 같이 일차생산자(식물)의 성장에 있어서 필

수적인 원소들이 인위적으로 과도하게 공급되는 현상을 말한다. 부영양화가 조류 대번성이 일어날 정도로 심각하고 해수 수직순환이 원활하지 않는 경우에, 이렇게 생긴 유기물들이 미생물에 의해 분해되어 물 속에 이산화탄소를 축적시킨다. 즉 산성화가 진행되는 것이다. 이 과정에서 산소도 함께 소비되기 때문에, 연안 저층에서 사는 생물군들은 산성화와 산소고갈이라는 이중고를 겪어야 한다. 연안에서 부영양화를 초래하는 원인 중에 하나는 오염된 강물이다.

그런데 깨끗한 강도 해양의 pH를 변화시킬 수도 있다. 담수의 pH가 해수에 비해 낮고, 이 둘이 섞이면 해수의 pH보다 더 낮아지기 때문이다. 오염되지 않는 강물이라면 해양으로 유입되어 바닷물과 섞이는 것은 지극히 당연한 자연 과정의 일부이라고 생각할 수도 있지만, 사실은 이 문제에서도 인간의 영향을 완전히 배제할 수 없다. 기후변화로 인해 물의 순환이 변화하여 지역별로 강수량이 변화하고 있으며, 이는 하천의 유량에 영향을 미치고, 연안에서 담수의 영향력과 그 범위에 변화를 가져온다. 도시 발달, 댐과 보 같은 건축물도 육상에서 연안으로의 담수 유출을 변화시킨다. 결국 담수의 영향을 받아 pH가 낮아진 연안 해수의 분포가 인위적인 요소에 의해 결정될 수도 있는 것이다.

강물이 바다로 흘러 드는 것처럼, 바람에 의하여 표층해수가 이동하는 것도 자연적인 현상이다. 북반구에서는 평균적으로 바람이 부는 방향의 오른쪽 직각 방향으로 해수가 이동한다. 여름에 우리나라 경상남도 인근 해역에 남풍이 불면 연안 해수가 외해 쪽으로 밀려난다. 이때 표층 아래에 있던 심층수가 빈 자리를 채우고, 그로 인해 냉수대가 발생한다. 그런데 빛이 미치지 못하는 깊이에서는 CO<sub>2</sub>를 없애는 광합성 작용은 없고 CO<sub>2</sub>가 발생하는 호흡만 존재하기 때문에, 심층수는 표층수에 비해 pH가 상대적으로 낮다. 따라서, 해양의 심층수가 표층으로 올라오는 용승현상이 대규모로 발생하면 연안의 생물들은 꿈쩍 없이 산성화된 물에 노출되게 된다. 이는 자연적인 문제로 간주될 수 있지만, 이 역시 인간의 영향을 받고 있다. 지난 200여년간 화석연료 연소로 배출된 이산화탄소가 해양의 수백 미터까지 파고 들었기 때문에, 자연적으로 용승된 심층수라고 할지라도 인간의 영향을 받지 않은 것은 아닌 것이다. 모든 생물은 생존과 성장에 적합한 범위 내에서 건강하다. 자연 그대로의 심층수 용승에 의해 낮아진 해수의 pH를 간신히 감내하는 생물들에게, 화석연료로 인한 이산화탄소에 의해 pH가 더 낮아진다면 생존에 좋을 리가 없다.

해양산성화라는 용어를 접했을 때, 연상되었을 법한 환경문제가 하나 있다. ‘산성’이라는 부분을 공유하고 있는 산성비가 그것이다. 산성비는 육상에서 토양 및 호수를 산성화시키고 그 결과로 산림 황폐화 및 수중 생물 종 감소 등과 같은 생태계 파괴와 석회암이나 대리석 성분의 조각상과 건축물을 훼손을 초래한다. 이로 인해 대기오염 저감을 위해 유럽은 장거리 월경성 대기오염물질에 관한 협약을 체결하였고, 미국을 필두로 한 많은 국가들

이 이 원인물질인 이산화황(SO<sub>2</sub>) 등에 대한 규제를 진행하였다. 불행히도 유럽과 미국에 비하면 아시아는 대기오염 통제가 부족하여 이산화황과 이산화질소(NO<sub>2</sub>)의 농도가 높은 편이다. 이들 기체는 태양빛 아래서 산화하여 황산과 질산을 형성하고 이것이 구름 형성에 기여하거나 빗물에 녹아 지상이나 해상으로 이동하면 산성비가 된다. 그리고 산성비는 육상에만 악영향을 끼치는 것은 아니다. 바다에 산성비가 내리면 해양 표층의 pH에 영향을 줄 있다. 또한 최근 우리나라를 괴롭히는 미세먼지도 해양산성화와 관련이 있다. 황산과 질산은 미세먼지 형성에도 매우 크게 기여하는데, 미세먼지라 해도 무게를 가지고 있기 때문에 역시 지상과 해상으로 떨어지고, 결국 산성비처럼 해양산성화에 기여할 수 있다. 따라서, 대도시에 가까운 연안이나 대형선박들이 정박하는 항구 등에서는 대기오염물질에 의한 해양산성화를 우려해야 한다.

해양산성화와 관련된 요소 가운데 화석연료기원의 이산화탄소를 제외한 부영양화, 담수유입, 연안용승, 산성침적은 영양염과 관련되어 있다. 담수 및 해양심층수는 일반적으로 대부분의 영양염이 풍부하며, 산성침적의 경우에는 질소와 철(Fe)을 넓은 지역에 공급할 수 있다. 사실 영양염이 충분하면, 해양표층에서 이산화탄소를 유기물로 전환하는 광합성 작용이 활발하게 일어나서 물에서 이산화탄소를 제거하고 따라서 pH가 오히려 높아지는 결과가 나타날 수 있다. 즉, 이들 4가지 요소들에 의해 최초에는 pH가 낮아지겠지만, 식물 플랑크톤과 해조류와 같은 일차생산자의 광합성이 뒤따른다면, 감소된 pH를 회복할 수도 있을 것이다. 이와 같이 해양산성화는, 특히 연안 및 대륙의 주변해에서는, 매우 다양한 요소에 의해 영향을 받을 수 있다. 반면 먼 대양에서는 화석연료기원의 이산화탄소 용해의 영향과 수직 순환 및 용승의 역할의 중요하다. 이제, 어떤 생물들이 해양산성화에 영향을 받는지 살펴보자.

## 해양산성화 환경에서 승자와 패자?

우리가 즐겨 먹는 수산물(게, 조개 등)이나 산호가 발달한 바닷속 풍경을 생각하면, 바다에는 뭔가 딱딱한 껍데기를 가진 생물들이 많다는 것을 알 수 있을 것이다. 많은 경우 이러한 외각(shell)은 탄산칼슘으로 구성되어 있다. 생물이 이러한 외각을 형성하기 위해서는 바닷물의 탄산칼슘 포화도가 1보다 높아야 한다. 바닷물의 탄산칼슘의 포화도가 1보다 높으면 탄산칼슘을 형성하기도 상대적으로 쉽고, 생성된 탄산칼슘이 녹지도 않는다. 반면, 포화도가 1보다 낮으면 반대의 현상이 나타난다. 해수에서 탄산칼슘의 포화도는 칼슘 이온(Ca<sup>2+</sup>)과 탄산염 이온(CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)의 농도와 온도와 압력에 의해 결정된다. 칼슘 이온의 농도는 거의 염분도(Salinity)에 비례한다. 바다의 염분 변화는 심하지 않기 때문에, 결국 탄산염

## 해양과 기후변화

기후변화도, 해양산성화도, 그 주요 원인은 인간에 의해 배출되는 이산화탄소이다. 이산화탄소에 의한 온실효과로 인해 증가한 열 용량의 90% 이상을 해양이 흡수했고, 그로 인한 수온 상승은 관측과 모델로 모두 확인된 사실이다. 대체적으로 해양 표층에서 지난 수십년 간 매 10년마다 대체적으로 0.05~0.11°C 상승하고 있는 것으로 알려졌다. 해양이 CO<sub>2</sub>를 흡수해줬다는 것과 더불어 이 또한 바다에 고마워해야 할 부분이다. 기온과 수온이 올라가면 극지방과 고산지역의 얼음이 녹는다. 그렇게 해수면이 증가한다. IPCC 보고서에 의하면, 1901년에서 2010년까지 전세계의 평균해수면은 평균적으로 19cm 정도 상승했다고 하고, 근래에는 대략 매년 3.2mm 가량 상승 중이다. 극지방의 얼음과 눈이 녹으면 지구의 평균 빛 반사율도 낮아지고, 온난화가 가속될 수 있다. 기온의 변화는 물의 순환에 변화를 가져온다. 대양에서 염분도는 증발량과 강수량의 차이에 의해, 연안에서는 담수 유입에 의해 주로 변화한다. 즉, 물 순환의 변화는 해양 표층의 염분 변화와 연계된다. 수온과 염분은 해수의 밀도를 결정하는 두 요인으로, 해수의 수직 순환은 밀도 차에 의해 결정된다. 미래에는 대체로 이 수직순환이 약화될 것으로 보인다. 수직/수평 순환에 영향을 미치는 바람의 패턴도 변화할 수 있고, 폭우와 태풍과 같은 재해도 기후변화에 따라 빈도와 강도가 변할 것으로 알려져 있다.

이러한 비생물학적 요소의 변화는 당연히 생태계와 그 구성요소인 생물들에 영향을 미친다. 기온이 올라가고 수직순환이 약화되면, 해양 내부의 산소농도가 감소한다. 기온은 기체용해도와 관련이 있고, 빛이 없는 해양 심층은 산소 생산은 없고 소비만 있기 때문에 수직순환이 약화되면 산소농도는 감소한다. 산소가 부족하면 기본적으로 생물이 분포하기 어렵고, 어류의 시력에도 민감한 영향을 준다는 연구도 발표되었다. 담수유입, 수직순환 등은 식물 플랑크톤에게 성장 연료(영양염)를 공급하는 역할을 하기 때문에 기후변화로 인해 일차생산력이 변화할 수 있다. 이는 먹이망을 통해 전체 해양생태계에 영향이 전파된다. 이 같은 산소와 영양염의 농도 변화는 수온 상승으로 인해 해양생물의 분포가 점차적으로 고위도로 이동되는 현상과 더불어, 해양 생물종의 공간 분포 또는 생물종의 구성을 바꿀 것이다. 해수면 상승과 태풍/폭우 등의 재해 증가는 연안 생태계 서식지를 크게 교란시킬 것이다. 특히 산호초와 같은 중요 생태계는 수온 상승과 해양산성화에 의해 그 피해가 더욱 심할 것으로 예상된다. 극지방에 해빙이 사라지면 기각류(바다사자 등) 같이 이에 의존하여 생활하는 동물들이 생존 위협을 받을 것이며, 하위 생태계 요소에도 연쇄적인 영향을 줄 것이다. 해빙 감소로 빛에 대한 노출이 증가하면서 일차생산자 구성 역시 상당한 변화가 예상된다.

하지만, 우리가 마주할 현실은 이런 단편적인 인과관계의 나열보다는 훨씬 복잡할 과정에 의한 결과일 것이다. 기후변화에 의한 해양 환경, 생태계, 물질순환의 변화는 매우 복잡하게 얽

혀 있기 때문이다. 게다가 아직 제대로 이해하지 못하고 있는 주기적 자연변동 현상들도 많이 있다. 또 한가지 생각해볼 문제는 기후변화와 해양산성화의 주범으로 지목했던 CO<sub>2</sub> 배출은 결국 인간활동의 결과이다. 즉, 기후변화에 의한 환경변화를 해양쓰레기, 독성오염물질, 부영양화, 서식지 파괴, 외래종 유입과 같은 다른 인간활동의 결과들과 별도로 생각하기 어렵고, 통합적으로 접근해야 할 것이다.

이온 농도의 변화가 주로 탄산칼슘 포화도를 결정한다. 해양의 pH가 낮아지면(즉, 수소이온 농도가 증가하면), 탄산염이 수소이온과 만나 중탄산염(HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)을 형성하는 쪽으로 화학 평형이 옮겨간다. 결과적으로 바닷물의 탄산염 농도와 탄산칼슘 포화도가 낮아지게 된다. 한편, 해양산성화는 생물 내부의 pH에도 영향을 미쳐서 해양생물들의 생리에도 영향을 미칠 수도 있다. 사람도 혈액 pH가 낮아지면(acidosis) 건강이 심하게 악화된다. 게다가, 해양생물들이 내외부의 pH 감소에 성공적으로 적응을 하더라도, 석회화(calcification)와 pH 조절에 더 많은 에너지를 소모하게 하고 그 결과는 다양한 부작용으로 나타날 수 있다.

조개류, 굴, 성게, 게, 가재, 새우 등과 같은 해양동물들에서 미치는 다양한 해양산성화 영향이 보고되어 왔다. 어류의 경우에는 고농도의 이산화탄소가 신경전달물질을 작용을 방해하여 후각에 문제가 생기는 경우가 보고된 바 있으며, 청각과 행동 방식의 변화도 나타난다고 알려져 있다. 결과적으로 이러한 비정상적인 행동들로 인해 포식당할 확률이 크게 증가하는 것으로 나타났다. 동물들의 경우에는 다양한 생활사를 가지고 있기 때문에 각 단계에서 해양산성화 영향력이 다르게 나타날 수 있는데, 성체보다는 유생과 치어로 있을 때와 같이 생활사 초기에 해양산성화의 영향을 크게 받는다고 알려져 있다. 미국 서부에서 발생했던 굴 종묘의 대규모 폐사가 대표적인 예이다. 하지만 모든 생물이 해양산성화에 의해 피해를 보는 것은 아니다. 해조류의 경우에는 전반적으로 해양산성화가 긍정적인 역할을 하는 것으로 보인다. 해조류나 잘피의 광합성이 바닷물 속의 이산화탄소 농도에 의해 제한되어 있는 경우에, 해양산성화(이산화탄소 농도가 높아짐)가 광합성을 촉진할 수 있기 때문이다. 석회화를 하지 않는 광합성 플랑크톤들도 해조류처럼 해양산성화로 일부 이득을 볼 수 있는 것으로 예측하고 있다. 심지어 석회화 생물이라도 해양산성화에 영향을 받지 않거나 오히려 긍정적인 결과를 초래하는 경우도 발견되고 있다.

탄산칼슘으로 외각을 형성하는 플랑크톤 중에서는 식물플랑크톤인 인편모조류(coccolithophores), 동물플랑크톤인 유공충(Foraminifera)과 익족류(pteropods)가 대표적이다. 대표적인 종으로는 인편모조류의 *Emiliana huxleyi*와, 익족류의 *Limacina helicina*

가 있다. 전자는 북대서양에서 대번성을 일으키는 것으로 유명하며, 후자는 극지해양 동물 플랑크톤의 상당부분(심지어 50%까지)을 차지하는 주요종이고 연어의 주요 먹이원이기도 하기 때문에 수산업 측면에서도 중요하다. 전자는 주로 켈사이트(calcite [방해석]), 후자는 아라고나이트(aragonite)로 되어 있다. 해양에서 아라고나이트의 포화도가 더 낮기 때문에, 이를 해양산성화의 지표로 흔히 사용한다. 이산화탄소 농도를 높게 처리한 바닷물에서 이들 플랑크톤의 탄산칼슘 외각이 녹는 현상이 많은 실험을 통해 증명되었다. 처음에 들었던 비유를 다시 사용한다면, 황산 증기에 피부가 녹아가는 것과 유사한 느낌이지 않을까. 여드름 한 개만 생겨도 성가시고 신경 쓰이고 스트레스 받는데, 피부가 녹는다는 건 누구도 상상조차 하기 싫을 것이다. 어떤 종들은 유기물 코팅(예: periostracum)을 형성해서 산성화된 해수로부터 탄산칼슘 외각을 보호하기도 한다.

산호초 역시 아라고나이트 기반의 탄산칼슘 뼈대로 구성되어 있어서 해양산성화에 취약한 것으로 알려져 있다. 산호초의 생물생산력과 생태계 다양성은 매우 높아서 경제적, 생태적 가치가 매우 높다. 산호초 내에서 획득한 수산물이 열대 해양의 도서국들의 주요 단백질 공급원이기 때문에, 식량안보 측면에서도 해양산성화가 산호초에 미치는 영향을 이해하는 것은 매우 중요하다. 산호초가 가장 잘 발달된 지역 중인 하나인 호주 대보초(Great Barrier Reef)에서 산호 시료를 획득하여 과거 200년을 복원한 결과, 1940년대 이후, 이 지역의 바닷물이 화석연료기원 이산화탄소에 의해 산성화 되어 온 것으로 나타났다. 특히 1998년의 발생하였던 산호 탈색(또는 백화, Coral bleaching) 현상이 급격한 pH 감소와 함께 발생한 것을 확인하였다. 뒤이은 연구들도 현장실험을 통해 해양산성화가 산호초의 탄산칼슘 형성 감소를 야기하는 것을 확인한 바 있다. 반면, 2016년에 발생한 대규모 산호 탈색 현상은 해수 온도 증가가 주요 원인인 것으로 나타났다. 또 다른 연구에서는 1985-2012년간 산호초의 분포가 연간 0.57%씩 감소했고, 가장 큰 원인으로 열대저기압, 악마불가사리(crown-of-thorns starfish)로 나타났고 산호탈색은 10% 정도만 기여한 것으로 나타났다. 따라서, 산호초 생태계는 산성화를 포함한 기후/환경변화에 전반적으로 취약한 것으로 나타났다. 각각의 영향을 구분하는 것, 둘의 상호작용을 이해하는 것 모두 중요한 과제이다.

사실 종 수준(species-level)에서 해양산성화가 얼마나 영향을 주는가는 정말 ‘케이스-바이-케이스(case by case)’라서 직접 실험을 하지 않고는 이해하기가 어렵다. 그리고 종 수준에서의 영향을 규명하였다고 해도, 군집, 생태계 수준(community- and ecosystem-level)에서 어떤 변화가 일어날지 예측하는 건 더 어렵다. 경쟁관계에 있는 두 가지 종으로 구성된 아주 간단한 군집이 있고, 이 두 종이 개별 종 수준에서는 모두 해양산성화에 의해 피해를 본다고 가정했을 때, 덜 민감한 종이 더 민감한 종에 비해 경쟁적 우위를 확보하여

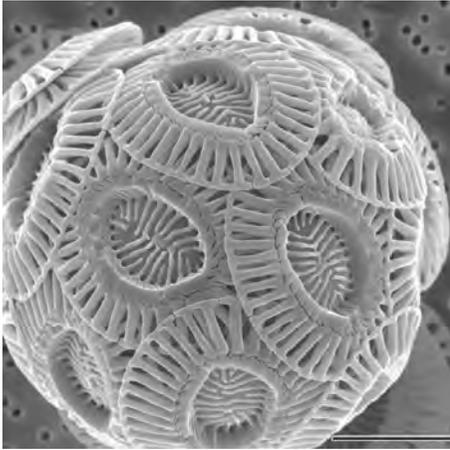


그림 1 | *Emiliana huxleyi* (출처: PLoS Biology Issue Image, PLoS Biol 9(6), Image Credit: Alison R. Taylor, University of North Carolina Wilmington Microscopy Facility)

그림 2 | *Limacina helicina* (출처: US NOAA Ocean Explorer (oceanexplorer.noaa.gov), Courtesy of Arctic Exploration 2002, Russ Hopcroft, University of Alaska, Fairbanks, NOAA/OER)

해양산성화가 없을 때보다 더 우점할 수도 있다. 먹이-포식 관계에 있는 두 종이 있을 때, 포식자가 전혀 해양산성화에 피해가 없더라도 먹이생물이 피해를 받게 되면 포식자의 개체수는 감소하여 간접적으로 해양산성화의 피해를 받을 수 밖에 없다. 따라서 과학자들이 아무리 열심히 연구를 하더라도, 해양산성화의 피해를 아주 정확하게 정량적으로 이해하기는 쉽지 않을 것이다. 하지만 해양생물들이 민감하게 반응할 수 있는 바닷물의 pH와 탄산칼슘 포화도가 감소하는 교란이 발생하였고, 그 결과가 좋지 않을 것이라는 점은 분명하다. 한 가지 덧붙이자면, 해양생물들이 제공해주는 산소(해양생물이 지구의 산소의 50%를 생산한다), 오염물질 정화, 탄소 격리와 막대한 생태계 서비스를 제외하고 수산업적 가치만을 고려한다고 해도, 막대한 경제적 피해를 예상할 수 있다. 해양산성화의 주요 책임은 선진국에게 있지만, 그 피해는 수산물로부터 단백질을 주로 공급받는 풍족하지 못한 나라에서 더 크게 발생할 수 있다는 점에서 윤리적인 문제와도 관련이 있다. 이런 잠재적 피해가 실감된다면, 이런 질문이 나올 법도 하다. 이렇게 많은 생물들에게 영향을 줄 정도로 많이 변한 것인가? 과거에도 pH 낮았던 적 있었지만 단지 우리가 모르고 있는 것은 아닐까? 이런 의문이 들 수도 있다.

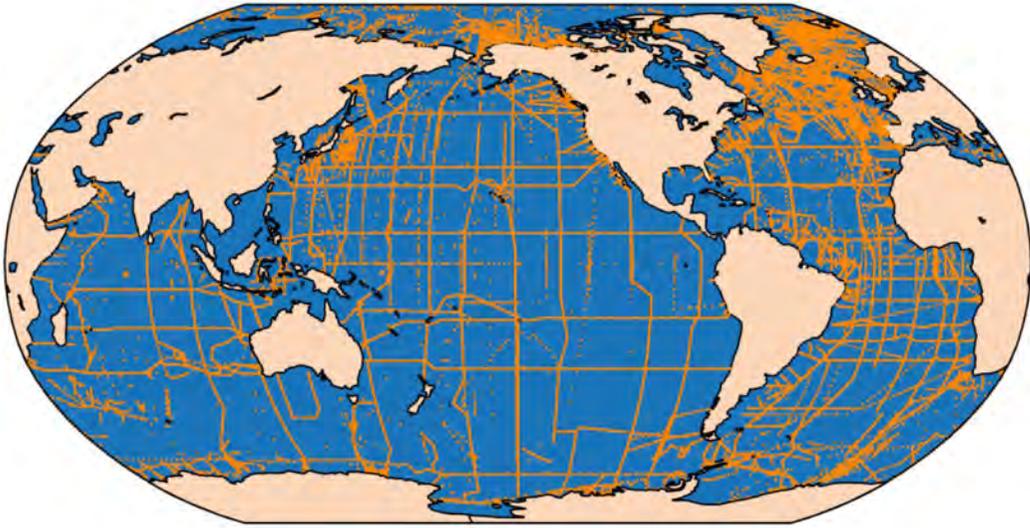


그림 3 | 1972-2013 기간의 대양 조사 정점  
(출처: Key et al., 2015, Global Ocean Data Analysis Project, Version 2 (GLODAPv2), Fig. 1)

## 지난 8십만년 간 가장 낮은 pH값을 가진 현재 바다

전 세계 바다의 이산화탄소 흡수와 해양산성화를 이해하기 위해 해양과학자들은 지난 수십 년간 바다에서 매우 고된 연구를 해왔고, 현재도 계속하고 있다. 해양이 기후에 미치는 영향을 이해하기 위해 추진되었던 세계기후연구프로그램(World Climate Research Programme)의 하나인 WOCE(World Ocean Circulation Experiment)가 가장 대표적인 국제 해양관측 프로젝트이다. 10여년에 걸쳐 전 세계 주요 대양을 조사하였는데, 이러한 해양관측조사에는 해양의 물리적 순환, 화학 조성, 생물 등을 전공하는 수십 명의 과학자들이 망망대해에서 이동하는 연구선에서만 머무르면서, 몇 달씩 밤낮으로 고된 연구조사를 지속한다. 때로는 거친 파도를 맞으며, 때로는 지루할 만큼 잔잔한 바다를 보며, 때로는 쇠빙선으로 얼음을 깨며 나아가기도 한다. 해양 이산화탄소 연구를 위해서 표면에서 해저면까지 바닷물을 채취하는데, 수심에 따른 변화가 심한 수백 미터 수심까지는 수~수십 미터 간격으로 바닷물을 채취하고, 그 보다 깊은 곳에서는 백 미터 이상까지도 간격을 두어 바닷물을 채취한다. 이렇게 모은 자료는 그대로 쓰는 것이 아니라, 보정하고 해석한 다음에야 화석연료 기원의 이산화탄소가 해양으로 녹아 들어간 양을 파악할 수 있다. 바닷물 1kg에 들어있는 화석연료 기원의 이산화탄소의 양을 1이라고 한다면, 자연적으로 원래 존재하는 이산화탄소는 이보다 최소 40배 이상 많기 때문에 매우 정밀한 측정을 필요하다. 지난 200여 년간 화석연료에서 기원한 이산화탄소는 대서양에서 3000미터, 태평양에서

1000미터 이상까지 침투한 것으로 나타났고 1994년에 탄소로 환산했을 때 약 116Gt이다 (이산화탄소로 환산하면 3.6배 더 크다). 그 결과 아라고나이트 포화도가 1인 깊이가 수심에서 200미터까지도 얕아진 것으로 나타났다. 이를 비유하자면 죽어서 깊은 곳에 묻혀 있는 해양생물의 사체(이것이 석유가 된다)를 사람이 꺼내 화장시키고, 거기에서 나온 부산물(CO<sub>2</sub>)의 일부를 다시 바다에 던져 넣은 셈이다.

그렇다면, 그 이전 해양의 pH는 어떻게 알 수 있을까? 대기와 해양 간의 평형상태를 고려하면, 대기의 이산화탄소 농도로부터 해양의 pH를 예측할 수 있다. 1958년 이전의 대기 중 이산화탄소 농도는 얼음에 갇혀 있는 공기를 통해 관측할 수 있다. 극 지역에 떠다니는 얼음을 건져 음료수에 넣어 마시면 그 맛이 일품이라고 하는데, 얼음이 녹으면서 그 안에 갇혀 있던 공기가 툭툭 터져 나온다고 한다. 얼음에 갇힌 공기를 통해 많은 사실을 알 수 있는데, 과학자들은 남극의 얼음을 3270미터까지 시추하여 얻은 시료를 통해 과거 800,000년까지 대기의 이산화탄소 농도를 복원하였다. 이 기간 동안 180-300 $\mu$ atm 사이에서 빙하기와 간빙기에 따라 주기적으로 변동하는 모습을 보였다. 다른 빙하시료 분석 결과에 따르면 대략 서기 1000년 이후 산업혁명이전까지 거의 일정하게 280 $\mu$ atm을 유지해왔고, 약 7500년전에는 260 $\mu$ atm였던 걸로 나타난다. 참고로 현재의 농도는 400 $\mu$ atm을 넘어선지 벌써 몇 년 지났다. 200년전의 바다가 현재의 바다와 그 성분이 같다면, 280 $\mu$ atm 대기 농도를 해양 pH로 전환하면 대략 8.2가 된다. 해양생물의 사체는 침강하여 해저면에 쌓인다. 눈이 차곡차곡 쌓여 얼음이 되는 것처럼 해저침전물도 해양생물의 사체(화석)가 연대순으로 쌓여서 형성된다. 이것을 시추하여, 특정 지시자들을 측정함으로써, 그 생물이 살아있을 때의 바다의 pH를 역추적할 수 있고, 이렇게 얻은 결과도 얼음시료로부터 측정된 결과와 유사하다. 절대값이 아닌 pH 변화 ‘속도’를 기준으로 했을 때, 지금 바다는 지난 6천만년 동안 유래 없는 해양산성화를 겪고 있다.

## 멈추지 않을 해양산성화

다시 현재로 돌아오자. 대기 중의 이산화탄소 농도는 전 지구적으로 큰 차이가 나지 않는다. 그렇다면 해양산성화도 대부분의 바다에서 유사할까? 대기의 이산화탄소는 선형에 가깝게 지속적으로 증가하는 반면, 해양은 변화 속도가 일정하지 않다. 게다가 톱니 같은 패턴이 반복된다. 이유는 무엇일까? 미래의 해양산성화를 정확하게 예측하려면, 이와 같이 던지는 모든 문제에 대한 해답을 완벽하게 알고 있어야 한다. 즉, 해양의 이산화탄소 흡수에 영향을 미치는 모든 자연적, 인위적 행동들을 이해하고, 그것을 수식화하여 주어진 이산화탄소 배출(또는 농도) 시나리오를 대입시켜야 한다.

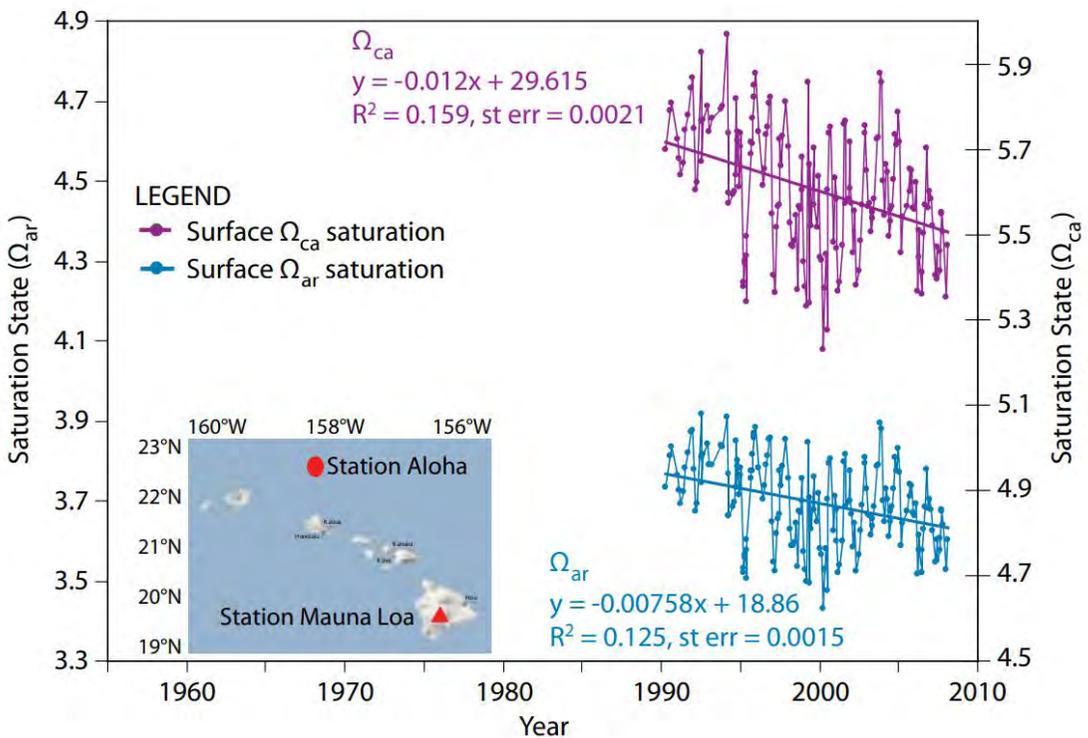
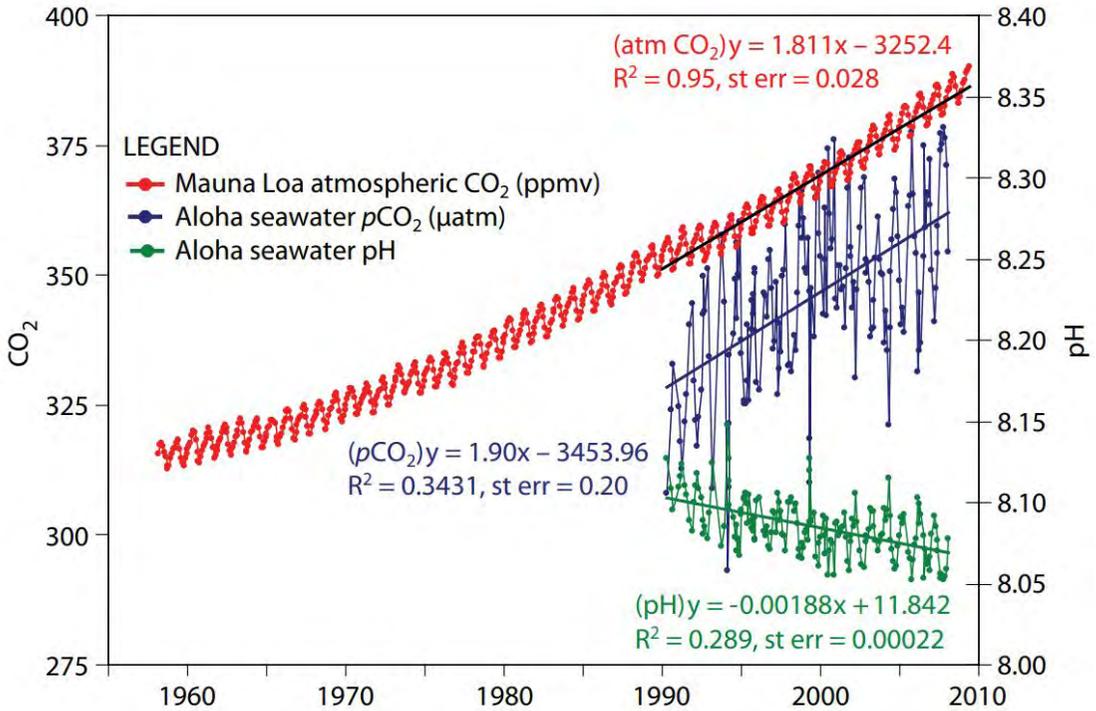


그림 4 | 하와이 대기 및 해양표층(그래프에 삽입된 지도 참조)에서 측정된 대기(빨간색)와 해양(파란색)의 이산화탄소 농도, 해양 표층 pH(녹색), 칼사이트(보라색)와 아라고나이트(하늘색)의 표층 포화도의 시계열 변화 (출처: Feely, R.A., S.C. Doney, and S.R. Cooley., Oceanography, 2009, 22(4):36-47, Fig. 1)

앞선 질문에 역순으로 대답해보면, 톱니와 같은 패턴이 반복되는 것은 이산화탄소 농도가 계절에 영향을 받기 때문이다. 광합성 생물의 성장이 호흡보다 높은 계절에는 대기 중에서 이산화탄소를 흡수하므로 대기의 농도가 낮아지고, 반대로 겨울과 같이 호흡으로 인한 이산화탄소 배출이 높은 시기에는 대기 중의 이산화탄소가 높아진다. 연도별 변화를 보면, 하와이 바다의 경우 1990년대 후반에 대기보다 오히려 이산화탄소 농도가 높았던 시기도 있었다. 즉, 이 시기에는 오히려 해양에서 대기로 이산화탄소가 배출된 것을 의미한다. 따라서 같은 기간에 해양의 pH가 낮아진 것을 볼 수가 있었는데, 이 기간 동안 해양의 혼합층 깊이가 두꺼워졌던 것에서 그 원인을 찾을 수 있다. 위에 기술한 것처럼 깊은 물의 해수가 얇은 물의 해수보다 pH가 낮고 이산화탄소 농도도 높다. 혼합층이 두꺼워졌다는 것은 더 깊은 물과 섞였다는 의미이고 결국 이것이 pH 감소와 이산화탄소 농도 증가에 기여했다고 해석할 수 있다. 즉, 앞서 언급한 생물의 영향뿐만 아니라, 해양의 물리적 순환도 산성화에 영향을 줄 수 있다는 뜻이다.

해양산성화의 정확한 예측을 방해하는 요인 중에 하나는 기후변화가 생물 활동과 물리적 요소들에 영향을 준다는 점이다. 게다가 생물 활동과 물리적 요소는 연결되어 있다. 표층해류, 수직순환, 표층온도, 바람의 세기와 방향과 같은 물리적인 요소들은 이산화탄소와 직접 관련된 변수들에도 영향을 줄 뿐만 아니라, 해양 광합성 식물플랑크톤에게 필요한 영양염의 농도에 영향을 준다. 미래 해양에서는 표층과 그 아래층 간의 순환이 약화될 것이라고 일반적으로 예견하고 있다. 그 결과로 영양염의 공급이 부족하여 생물에 의한 이산화탄소 흡수가 약화될 것이라고 예상할 수 있지만, 동시에 깊은 물의 이산화탄소가 표층으로 이동하는 현상도 약화된다. 대기 온도 증가는 해수의 증발량과 염분 증가를 가져오기도 또한 해양-대기 이산화탄소 교환과 산성화에 영향을 줄 수 있다. 게다가, 기후변화는 이산화탄소 농도 증가에 의한 인위적 변화만 있는 것이 아니다. 기후가 주기적으로 자연 변동하기도 하고 때때로 그 변동폭과 속도가 인위적인 기후변화보다 더 크기도 하다. 대표적인 예가 엘니뇨이다. 엘니뇨는 적도태평양에서 발생하는 문제지만 그 영향은 전 세계로 전이된다. 엘니뇨가 발생하는 해에는 육상의 탄소 배출이 늘어나는 것으로 알려져 있다. 엘니뇨 이외에도 우리가 완전히 이해하지 못한 많은 기후변동성들이 있다.

이제 위의 질문에서 답하지 않은 것이 하나 남았다. 모든 바다가 유사한 정도의 해양산성화를 겪고, 생물에 미치는 영향이 다 비슷할까? 그렇지 않다. IPCC 보고서에 사용된 기후변화 시나리오 중에 가장 큰 변화를 상정한 것이 RCP8.5이다. 이는 2100년 기준(1750년 대비)으로 복사강제력이  $8.5W m^{-2}$ 에 도달한다는 것을 의미한다. 이산화탄소 농도로 약 940ppm이며, 지금까지의 추세로 이산화탄소를 계속 배출했을 때 이 시나리오가 현실화될 것으로 예상된다. 이 시나리오 하에서 2100년의 아라고나이트의 포화도를 보면,

남극해, 북극해, 아북극해 일대에서 포화도가 1이하로 나타나고 그 이외에 해역에서는 대체로 1을 넘는 것으로 나타났다. 이런 공간분포는 현재의 아라고나이트 포화도와 전반적으로 유사하다. 차가운 극지 해양에서 낮고, 따뜻한 온대, 열대 해양에서 상대적으로 높다. 북극은 현재에도 일부 지역에서 포화도가 1이하로 떨어지는 해역이 보고되고 있지만, 전체적으로는 대략 2050년 정도에 1 이하로 떨어질 것이다. 남극해도 그 뒤를 따라 10-20년 내로 포화도 1이하로 감소할 것으로 예상된다. 불행하게도, 극지역은 익족류와 같이 해양 산성화에 민감한 종들이 분포하고 있고, 생태계 생산력과 생물다양성과 희귀성이 높은 지역으로 해양산성화로 우리가 잃을 수 있는 것들이 너무 많다. 우리가 극지 해양산성화를 걱정해야 하는 이유다.

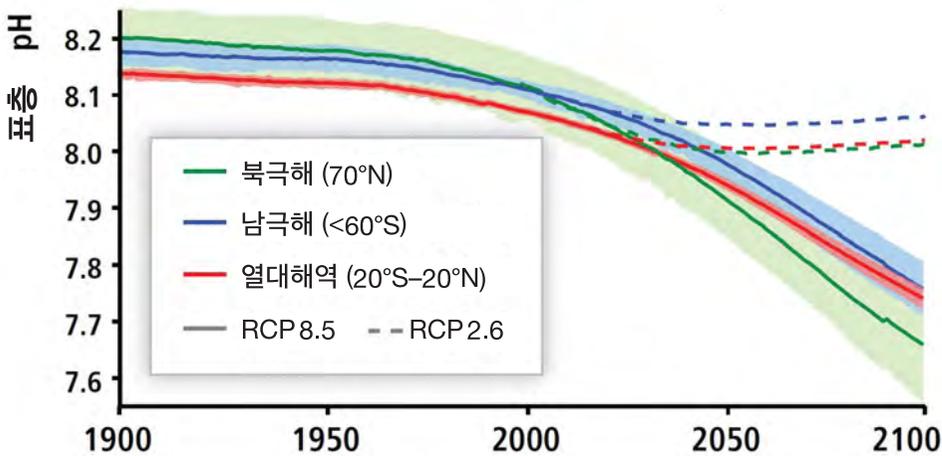


그림 5 | 해양표층 pH 변화

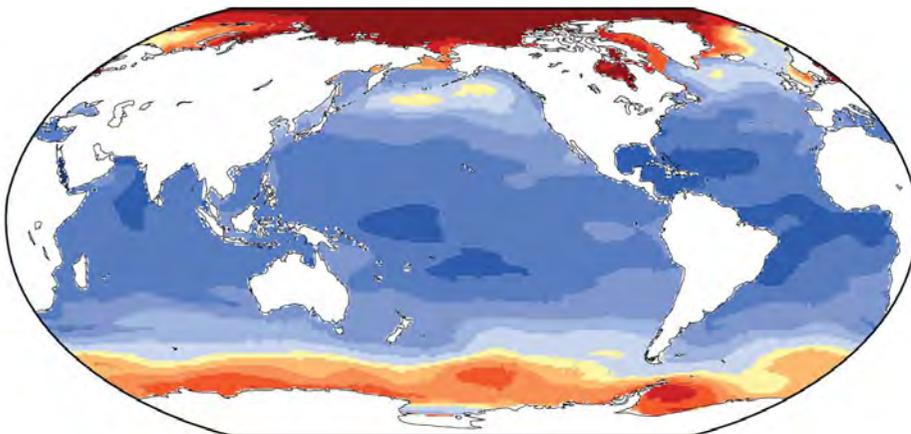


그림 6 | RCP8.5 시나리오에 근거한 표층 아라고나이트 포화도(2100년 기준) (출처: Hoegh-Guldberg, O., R. Cai, E.S. Poloczanska, P.G. Brewer, S. Sundby, K. Hilmi, V.J. Fabry, and S. Jung, 2014: The Ocean. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability., p1674, Figs. 30-7 and 30-8)

## 지금 우리 바다는?

극지해역만큼 해양산성화에 취약한 지역은 어디일까? 연안이다. 앞서 기술한 해양산성화 발생 요인 중 대부분이 연안, 좀 더 넓게 보아 주변해(대륙 주변의 바다)에서 주로 발생하는 현상이다. 우리나라 남동부 해역에서 관련 연구가 있었다. 광양만 내부 쪽은 섬진강을 통한 담수유출량이 큰 여름에 아라고나이트 포화도가 낮은 것으로 나타났고, 수층 전체에서 아라고나이트 포화도가 1 근처이거나 작았다. 우리나라에서 가장 오염된 해역이라는 오명을 누린 진해만의 경우에는 산소 부족과 산성화가 동시에 우려되는 지역이다. 부산 연안은 생물 활동의 증가로 인해 포화도가 다른 계절보다 높아서 광양만과 진해만 같은 내만 지역과는 양상에 차이가 있었다. 동해안의 경우 아라고나이트 포화도가 산업혁명 이전보다 200미터 가량 얕아졌다. 현재까지 우리나라에서 해양산성화로 인한 수산업이나 생태계 파괴 등이 보고되지는 않고 있다. 그렇지만, 실제로 영향이 없다고 해석하기보다는 관련 연구조사가 충분하지 않아서 발견이 되지 않은 것이라고 생각한다.

우리나라의 다양한 해양 관련 기관에서 해양산성화 연구에 주목하고 있다. 한국해양과학기술원에서 우리나라 남동부 연안, 동해 울진 인근 바다의 산성화 현황 파악, 우리나라 관할해역의 이산화탄소 흡수/방출량 파악을 위한 연구를 수행하였다. 산호초가 분포하고 있는 열대도서국의 해양산성화 연구를 직접 수행하거나 또는 현지인들의 연구를 지원하고 있기도 하다. 그리고 국립해양조사원과 함께 종합해양과학기지의 해양산성화 연구를 추진 중이기도 하다. 국립수산과학원에서 어장환경의 산성화와 생물반응 실험을 수행하였다. 해양환경공단은 연안환경모니터링을 통해 연안 해수의 pH를 장기간 조사해오고 있다. 국내 해역을 연구대상으로 하는 기관은 아니지만, 극지연구소도 북극해와 남극해 주변의 해양산성화에 대한 연구를 수행함으로써 국제사회의 해양산성화 연구 노력에 일조하고 있다. 국내 주요 대학들 역시 해양산성화 연구에 박차를 가하고 있다. 해양 플랑크톤과 탄소순환에 미치는 영향 예측하기 위한 중형 인공생태계 실험, 동해가 세계의 다른 해역보다 빠르게 산성화 되고 있다는 연구결과 등이 대표적이다. 하지만, 지금까지의 이와 같은 노력에 불구하고, 우리나라가 해양산성화를 제대로 파악하고 있다고 말하기는 어려운 것 같다. 일례로, 황해 연안에 대한 해양산성화 연구는 거의 진행되지 못하였고, 해양환경공단의 pH 자료를 제외하고는 장기관측한 시계열(time-series) 자료도 없다시피 하여 우리나라 바다가 어떻게 변화하고 있는지도 파악이 어렵다. 해양산성화 연구분야의 국제 협력 및 모니터링 현황은 GOA-ON(Global Ocean Acidification Observing Network)에서 확인이 가능하다. 대표 웹페이지(<http://goa-on.org/>)를 방문해보면 해양산성화와 기후변화의 원인이 되는 이산화탄소 배출 10위권인 우리나라의 해양산성화 연구에 대한 기여가 어

느 정도인지 어렵지 않게 파악해볼 수 있을 것이다.

---

#### 주요 참고문헌 및 읽을거리

- Albright, R., Caldeira, L., Hosfelt, J., Kwiatkowski, L., Maclaren, J.K., Mason, B.M., Nebuchina, Y., Ninokawa, A., Pongratz, J., Ricke, K.L., Rivlin, T., Schneider, K., Sesboüé, M., Shamberger, K., Silverman, J., Wolfe, K., Zhu, K., Caldeira, K., 2016. Reversal of ocean acidification enhances net coral reef calcification. *Nature* 531, 362.
- Albright, R., Takeshita, Y., Koweek, D.A., Ninokawa, A., Wolfe, K., Rivlin, T., Nebuchina, Y., Young, J., Caldeira, K., 2018. Carbon dioxide addition to coral reef waters suppresses net community calcification. *Nature* 555, 516.
- Cai, W.-J., Hu, X., Huang, W.-J., Murrell, M.C., Lehrter, J.C., Lohrenz, S.E., Chou, W.-C., Zhai, W., Hollibaugh, J.T., Wang, Y., Zhao, P., Guo, X., Gundersen, K., Dai, M., Gong, G.-C., 2011. Acidification of subsurface coastal waters enhanced by eutrophication. *Nature Geoscience* 4, 766–770.
- De'ath, G., Fabricius, K.E., Sweatman, H., Puotinen, M., 2012. The 27-year decline of coral cover on the Great Barrier Reef and its causes. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 109, 17995-17999.
- Feely, R.A., Doney, S.C., Cooley, S.R., 2009. Ocean acidification: Present conditions and future changes in a high-CO<sub>2</sub> world. *Oceanography*. 22, 36-47.
- Feely, R.A., Sabine, C.L., Lee, K., Berelson, W., Kleypas, J., Fabry, V.J., Millero, F.J., 2004. Impact of anthropogenic CO<sub>2</sub> on the CaCO<sub>3</sub> system in the oceans. *Science* 305, 362-366.
- Hoegh-Guldberg, O., R. Cai, E.S. Poloczanska, P.G. Brewer, S. Sundby, K. Hilmi, V.J. Fabry, and S. Jung, 2014: The Ocean. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1655-1731.

- Hughes, T.P. et al., 2017. Global warming and recurrent mass bleaching of corals. *Nature* 543, 373.
- Key, R.M., A. Olsen, S. van Heuven, S. K. Lauvset, A. Velo, X. Lin, C. Schirnick, A. Kozyr, T. Tanhua, M. Hoppema, S. Jutterström, R. Steinfeldt, E. Jeansson, M. Ishi, F. F. Perez, and T. Suzuki. 2015. Global Ocean Data Analysis Project, Version 2 (GLODAPv2), ORNL/CDIAC-162, ND-P093. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, US Department of Energy, Oak Ridge, Tennessee. doi:10.3334/CDIAC/OTG.NDP093\_GLODAPv2
- Kim, D., Park, G.-H., Baek, S.H., Choi, Y., Kim, T.-W., 2018. Physical and biological control of aragonite saturation in the coastal waters of southern South Korea under the influence of freshwater. *Marine Pollution Bulletin*. 129, 318-328.
- Kim, D., Yang, E.-J., Baek, S.H., Kim, K.-H., Jeong, J.-H., Kim, Y.-O., 2014. Aragonite undersaturation in Gwangyang Bay, South Korea: Effects of fresh water input. *Ocean Science Journal*. 49, 223-230.
- Lee, K., Sabine, C.L., Tanhua, T., Kim, T.W., Feely, R.A., Kim, H.C., 2011. Roles of marginal seas in absorbing and storing fossil fuel CO<sub>2</sub>. *Energy and Environmental Science* 4, 1133-1146.
- Le Quéré, et al., 2015. Global carbon budget 2014. *Earth System Science Data* 7, 47-85.
- Pörtner, H.-O., D.M. Karl, P.W. Boyd, W.W.L. Cheung, S.E. Lluch-Cota, Y. Nojiri, D.N. Schmidt, and P.O. Zavialov, 2014: Ocean systems. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 411-484.
- Sabine, C.L., Feely, R.A., Gruber, N., Key, R.M., Lee, K., Bullister, J.L., Wanninkhof, R., Wong, C.S., Wallace, D.W.R., Tilbrook, B., Millero, F.J., Peng, T.H., Kozyr, A., Ono, T., Rios, A.F., 2004. The oceanic sink for anthropogenic CO<sub>2</sub>. *Science* 305, 367-371.
- Wei, G., McCulloch, M.T., Mortimer, G., Deng, W., Xie, L., 2009. Evidence for ocean acidification in the Great Barrier Reef of Australia. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 73, 2332-2346.



## 지속가능발전목표 14.2

2020년까지 심각한 악영향을 피하기 위해 회복력을 강화하는 방법을 포함하여 해양과 연안의 생태계를 지속가능하게 관리하고 보호하며, 건강하고 생산적인 해양을 조성하기 위한 복원 조치를 시행한다.

(By 2020, sustainably manage and protect marine and coastal ecosystems to avoid significant adverse impacts, including by strengthening their resilience, and take action for their restoration in order to achieve healthy and productive oceans)

### 세부목표 달성 지표 14.2.1

생태계 기반 방식으로 관리되는 국가의 배타적 경제수역의 비율

(Proportion of national exclusive economic zones managed using ecosystem-based approaches)

## 지속가능발전목표 14.5

2020년까지 국내법과 국제법에 부합하는 방식으로, 가용한 최상의 과학정보에 기초하여 연안과 해양 지역의 최소 10%를 보전한다.

(By 2020, conserve at least 10 per cent of coastal and marine areas, consistent with national and international law and based on the best available scientific information)

### 세부목표 달성 지표 14.5.1

해양지역 대비 보호구역의 면적

(Coverage of protected areas in relation to marine areas)

## 바다와 지속가능한 사회

바다는 과거에도 현재에도 모든 것의 근원

“뿔이 중헌디”라는 유명한 영화대사가 있다. 현재의 바다가 인류에게 한 마디를 한다면 이 말을 할 것 같다. 그동안 인류는 사회와 경제활동에 필요한 물자를 주로 육상에서 얻었다.

무한한줄 알았던 자원은 줄어들었고, 급기야 어떤 지역에서는 더 이상 이용할 수 없는 한계에 다다랐다. 육상의 자원이 고갈되자 인류의 눈은 자연스레 바다로 향했다. 그리고 현재 인류는 바다의 가치를 새롭게 인식하기 시작했다. 오래 동안 바다는 육류를 이용하기 어려운 도서국가 주민에게 양질의 단백질을 공급했고, 에너지로 이용할 수 있는 자원을 제공했다. 뿐만 아니라, 육지에만 있을 줄 알았던 광물자원을 얻을 수 있었다. 과학기술이 발전하면서 인류는 해양자원을 개발할 수 있는 능력을 키워, 더 많은 자원을 손쉽게 이용하는 것이 가능해졌다. 또한 WTO체제, 자유무역협정체제에서 경제적 국경의 문턱은 낮아졌고, 더 많은 물자와 상품이 바다를 거쳐 전 세계로 이동하고 있다.

하지만 바다가 주는 혜택은 시장에서 돈을 주고 거래할 수 있는 것들만이 아니다. 눈에 보이지 않는 더 큰 혜택이 있다. 바다는 인류가 배출한 온실가스의 최대 50% 정도를 흡수하여 지구온난화의 영향과 충격을 완화하며, 인류가 배출한 오염물질을 정화하고 확산하는 콩팥의 기능도 수행한다. 인류는 바다를 보며 피로를 풀고, 가족과 여가를 즐기기도 한다. 1997년에 Nature라는 학술잡지에서는 바다가 인류에게 주는 혜택이 육상의 2배에 달한다는 연구결과를 발표하기도 했다. 이러한 연구가 있기 전부터 인류는 바다의 위대함을 알고 있었다. <일리아드>, <오디세이>라는 걸출한 작품을 남겼던 서사시인 호머(Homer)는 “바다는 모든 것의 근원이다(Ocean, who is the source of all)”라고 했다.

바다가 인류에게 주는 혜택을 무시해서는 안 된다.

인류는 바다가 주는 다양한 혜택을 누리고 있으면서도 바다를 여전히 미지의 세계로 인식한다. 때로는 지식의 부족으로 그 혜택에 한계가 없다고 생각하기도 한다. 우리가 터를 잡아 살고 있는 땅이 아니기 때문에 관심도 덜하고, 육지에 비해 바다를 함부로 대하기도 했다. 스스로를 엄격하게 규율할 합리적 동기를 찾지 못했기 때문이다. 누구도 소유권을 주장할 수 없는 바다는 사실은 모두의 공유재이다. 하지만 소유권을 주장할 주인이 없다는 것은 다른 말로 하면 무분별한 이용과 개발을 규제할 사람도 없다는 말이 된다. 1960년대 Garret Hardin이 설파했던 ‘공유지의 비극(tragedy of commons)’이 육상이 목초지가 아닌 바다에서 발생하고 있는 것이다. 현재 인류의 공유재인 바다가 혜택을 베풀 수 있는 한계에 도달하고 있다. 자원의 고갈과 해양오염, 해양생물의 멸종, 해양생태계의 훼손으로 바다가 그 혜택을 줄 수 없는 상황인 지속불가능한(unsustainable) 상태에 다다랐다.

그렇더라도 아직은 상황을 비관적으로만 인식할 필요는 없다. 1992년에 리우에서 세계정상들이 모여 ‘환경적으로 건전하고 지속가능한 발전’을 골자로 한 의제21(Agenda 21)을 채택한 이후 지속가능한 발전은 국제사회의 화두가 되었다. 2015년 9월 유엔총회

에서 의결한 2030년까지 지구촌이 달성해야 할 목표로서 ‘지속가능발전목표(SDGs)’에 주목할 필요가 있다. 이전까지 육지에 비해 관심이 적었던 해양은 지속가능한 발전을 위한 대책에서도 우선순위가 낮았던 것이 현실이었다. 하지만 해양과 인류의 지속가능한 발전에 해양이 필수요소라는 과학적 근거가 끊임없이 제시되면서 인류의 인식은 달라졌다. 그리하여 2015년 유엔총회에서 채택한 SDGs에 해양이 하나의 목표로 정해졌다. SDGs의 17개의 목표 중 14번째 목표가 해양의 보전과 지속가능한 이용이다. ‘지속가능한 발전’에 대한 개념은 1970년대의 준 개발, 생태개발의 논의에 기초하여 발전하였다. 국제사회의 구성원이 그 타당성을 인정하고 합의한 개념이지만, 개별 분야의 현장에서 구체적으로 실천하는 과정은 쉽지 않다. ‘악마는 구체적인 것에 있다(devils are in details)’는 것처럼 지속가능한 발전이 도시, 지역, 소규모 공간에서 적용될 때, 사람들은 거대 담론보다는 현실적인 눈앞의 이익을 우선하기 때문이다.

언론, 책자 등을 통해, 개별 지역의 다양한 성공사례가 소개되기도 하지만 우리의 현실은 풀어야 할 숙제가 많다. 해양의 지속가능한 발전이라는 담론과 ‘이익’의 연결고리를 찾는 것이 가장 큰 숙제라 할 수 있다. 이익 속에는 돈으로 환산할 수 있는 금전적 이익 외에도 환산할 수 없는 무형의 이익도 있다. 2004년 지진해일이 동아시아 지역을 덮쳤을 당시, 피해를 입지 않았거나 상대적으로 피해가 적었던 지역은 맹그로브 숲을 훼손하지 않고 유지했던 지역이었다. 자칫 하나의 도시, 마을이 사라졌을 수도 있는 위기를 바다 환경을 훼손하지 않았던 덕분에 피할 수 있었다. 이렇듯 바다는 돈으로 환산할 수 없는 이익을 가져다준다.

## 국제사회는 환경, 빈곤이슈를 넘어 생태계보전에 집중

SDGs는 리우회의 의제21과 새천년발전목표(MDGs)를 통합적으로 계승발전한 목표체계

리우에서 채택한 의제21(Agenda21)은 환경적 지속가능성, 사회적 지속가능성, 경제적 지속가능성을 동시에 달성하기 위해 각 국의 자원이용 개발 정책에서 환경의 보전과 사회적 형평을 적극적으로 고려하라는 권고문의 성격을 띠고 있다. 그러나 범지구적 인류사회의 지속가능성을 우선 고려한 의제 21로는 제3세계, 저개발국, 빈곤층의 삶의 질을 높이는 데 한계가 있다는 인식이 대두되었다. 이에 2000년을 맞이하여 국제사회는 환경과 경제의 균형적 발전과 더불어 절대 빈곤 퇴치와 보건 향상을 우선순위로 한 새천년발전목표(MDGs)를 채택하였다. 이후 2015년에는 지속가능발전목표(SDGs)를 채택함으로써 리우회의와 MDGs의 이행성과를 통합한 새로운 지구촌 발전목표를 세웠다. SDGs는 빈곤, 질

병, 모자 건강 등 삶의 질 향상에 집중한 MDGs와 환경과 경제의 균형적 발전을 고려한 의 제21의 가치관을 모두 반영하였다고 평가할 수 있다. SDGs는 MDGs보다 구체적이고 다양한 형태로 발전목표를 제시하였다. 17개의 분야별 목표로 구성된 SDGs는 이전 시기 채택한 국제사회의 합의와 발전방향을 계승하면서도, 2000년대 이후 중요성이 더해진 기후 변화 영향, 생태계의 가치, 글로벌 경제위기와 같은 현안을 반영하였다.

표 1 | SDGs의 분야별 목표 분류

삶의 질	경제	기후
#1. 빈곤퇴치	#8. 일자리 경제성장	#7. 지속가능한 에너지
#2. 기아종식	#9. 산업화, SOC	#13. 기후변화 대응
#3. 건강한 삶		
#6. 물과 위생		

생태계	사회	
#12. 지속가능한 소비 및 생산	#4. 교육	#5. 양성평등
#14. 해양생태계 보전	#10. 불평등해소	#11. 지속가능한 도시
#15. 육상생태계 보전	#16. 포용사회	#17. 전 지구협력

전 지구 해양을 대상으로 보호구역 지정목표 제시, 공해 해양생태계 보전도 새로운 이슈

SDGs의 세부 목표 중 생물다양성 보전과 관련하여 ‘보호구역 지정과 관리’는 대부분의 국가에서 채택하여 시행하는 수단이다. 생물다양성협약 제12차 당사국 총회는 정책 목표로 육상면적의 17%, 해양면적의 10%를 보호구역으로 지정하는 아이치 타겟(Aichi Target)을 채택했다. 제12차 당사국 총회의 성과물인 생물다양성전략계획의 이행기간이 2011~2020년이므로, 아이치 타겟의 목표연도도 2020년이다. 그러나 현재 각 국의 보호구역 지정 상황을 고려할 때 아이치 타겟은 달성하기 어려운 여건에 있다. 이에 아이치 타겟은 2030년까지 생물다양성 보전을 위한 국제사회의 이행목표로 다시 설정될 가능성이 높다.

남극, 북극을 제외하고, 생물다양성 보전에 관한 사항은 각 국의 영토, 관할해역에 한정하여 논의가 이루어졌다. 그러나 2000년대 초반부터 관할해역 이원해역(배타적 경제수역과 대륙붕 한계수역 밖의 해역)의 생물다양성 보전에 관한 논의가 시작되었고, 2015년

부터 이원해역의 생물다양성 보전을 위한 법적 구속력 있는 협약을 마련하기 위한 구체적인 논의가 시작되었다. 2018년부터 2020년까지 정부 간 회의를 거쳐 ‘국가 관할해역 외측의 해양생물다양성 보전 및 지속가능한 이용’에 관한 국제협약을 채택할 경우 생태계 보전은 해양자원의 이용개발에서 핵심 고려사항이 될 것이다.

## 생태계가 제공하는 혜택(기여)에 관심을 가져야

국제사회, 생태계가 인류복지에 큰 기여를 하는 것으로 평가

생태계 보전에 관한 사항은 MDGs에도 포함하였지만, SDGs는 해양생태계와 육상생태계의 달성 목표를 분리하였고, 세부목표를 구체적이고 정량적 형태로 제시하였다는 점에서 차이가 있다. 생태계 이슈가 과거에 비해 주목을 받고 있는 이유는 생태계가 인류복지와 밀접한 관련이 있다는 전 세계 과학자들의 연구결과 덕분이다.

표 2 | 생태계가 인류에게 제공하는 혜택(생태계서비스) (출처: 한국해양과학기술진흥원, 2016)

공급 서비스	조절 서비스	문화 서비스
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 식량</li> <li>· 유전자원</li> <li>· 원료물질</li> <li>· 에너지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 기후 조절</li> <li>· 재해 피해 저감</li> <li>· 수질 정화</li> <li>· 생물 조절</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 사회문화 가치</li> <li>· 연구·교육 가치</li> <li>· 건강 가치</li> <li>· 여가·관광</li> </ul>
지원 서비스		
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 일차 생산</li> <li>· 영양염 순환</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 물 순환</li> <li>· 서식지 제공</li> </ul>

또한 꾸준히 생물다양성협약에서 구체적인 이행 목표를 합의한 그간의 국제사회의 동향과 관련이 있다. 먼저, 2005년에 발간한 새천년생태계평가보고서(Millennium Ecosystem Assessment, MA)는 생태계가 인류의 사회경제활동, 복지와 떼어 수 없는 관계에 있다는 점을 강조하고 있다. 이 보고서를 발간한 후, 생태계가 인류에게 제공하는 다양한 혜택이라는 개념인 ‘생태계서비스(ecosystem service)’를 유지하고 증진하기 위한 정책개발이 이루어지고 있다. 생물다양성협약도 생태계서비스의 유지와 관리를 핵심 정책으로

채택하였으며, 유럽연합, 미국, 중국 등 주요 국가도 생태계서비스 관리를 제도화하였다. 유럽연합은 2020년까지 유럽전역에 대한 생태계서비스 평가와 지도화(mapping)를 생물 다양성 보전전략의 이행과제로 채택하였으며, 미국도 자원이용 및 개발 정책에서 생태계 서비스를 고려할 것을 행정명령으로 채택하였다. 생물다양성협약도 제9차 당사국 총회에서 생물다양성 보전과 관련하여 생태계서비스와 인간복지에 대한 리스크를 고려해야 한다는 점을 결정문에 포함하였다.

### 해양생태계의 기여가치는 전 지구 GDP의 67%

생태계의 가치를 평가하는 것은 쉽지 않다. 가치라는 개념은 개인 인식의 영역으로서 생태계가 제공하는 혜택에 대한 가치는 사람마다 다르게 부여된다. 인간은 사용하는 물질 또는 무형의 혜택 중, 본인이 직접 조달하지 못하는 것에 대하여 대가를 지불하고 구입해야 한다. 일반적으로 생태계가 제공하는 다양한 혜택의 가치는 시장에서 거래되는 가격을 이용하여 평가한다. 돈을 주고 구입

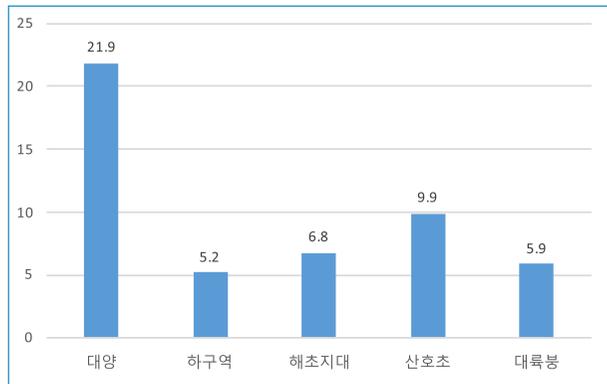


그림 1 | 해양생태계 혜택의 가치(단위: 조 달러)  
(주: Costanza et al.(2014)의 자료를 이용하여 재구성)

하지 않지만 인류의 사회경제활동에 도움을 주는 혜택은 별도의 평가방법을 이용해서 그 가치를 산정한다. 지금까지 많은 학자와 연구자들이 별도의 평가방법을 이용하여 해양생태계의 가치를 평가하였다. 최초로 전 지구의 해양생태계 가치를 평가한 Costanza 교수는 최근 논문에서 해양생태계가 제공하는 혜택은 49조 7천억 달러로 전 지구 명목 GDP 73조 9천억 달러의 67%에 달하는 것으로 나타났다고 했다.(Costanza et al., 2014 참고).

### 연간 3,750억 달러의 경제적 가치를 가진 산호초, 2070년 기후변화로 3/4 상실 가능성

산호초는 해양생물의 서식처이자 관광산업에서 중요한 생태계이다. 남태평양 도서국가에서 산호초는 태풍해일과 같은 자연재해의 피해를 감소시켜 지역의 사회경제적 기반을 보호하는 역할을 한다. 최근 UNEP 등이 지원한 연구결과에 따르면 수산물 생산, 해양관광,

자연재해로부터 연안보호 등에 기여하는 산호초의 경제적 가치는 3,750억 달러(약 412조 원)로 추산된다(Hooidonk et al., 2016).

그러나 현재 상태로 기후변화가 진행될 경우 2070년에 전체 산호생태계의 3/4이 사라질 것이라고 한다. 호주의 대보초 공원 산호생태계의 90%가 기후변화와 개발압력의 영향을 받았고, 이 중 산호초의 20% 이상이 상실되었다고 한다.

### 우리나라 연안생태계의 기여 가치는 GDP의 3.8~6.3% 이상

국내 해양생태계의 가치를 평가한 연구결과는 해외 사례에 비해 많지 않다. 가치평가 연구의 대상도 갯벌에 집중되어 있고, [표 2]에 있는 4개의 생태계서비스를 체계적으로 분류한 연구결과도 거의 없는 실정이다. 그러나 2010년에 한국해양수산개발원에서 수행한 연구(남정호 외, 2010)는 기존의 연구결과를 종합하여 연안해역의 가치를 종합적으로 평가하였다. 국제사회에서 생태계 가치 평가방법으로 제안한 경제학적 방법(선호도 기반 평가방법, preference-based approach)과 생태학적 평가방법(생물리방법, biophysical approach)을 사용하였다. 경제학적 평가방법에 따른 생태계의 기여가치는 2010년 국내총생산(명목 GDP 1,203조 원)의 3.8%에 달하는 것으로 나타났으며, 생태학적 평가방법에 따른 생태계의 기여가치는 국내총생산의 6.3%로 평가되었다.

표 3 | 연안해역 생태계의 경제적 가치

구분	연간 경제적 가치
수산물	3조 8,650억 원
골재	2,693억 원
지하자원	2,272억 원
심층수	13억 7,800만 원
해수욕장	13조 2,940억 원
국립공원	5,358억 원
갯벌	13조 4,054억 원
하구*	1조 1,027억~2조 681억 원
합계	46조 7,271억~47조 9,095억 원

(출처: 남정호 외, 2010, p 19.)

\* 하구의 경우 갯벌의 가치는 단위 항목인 '갯벌'과 중복계산되므로 제외하였음

그러나 이 연구에서는 배타적 경제수역을 포함한 관할해역 전체를 대상으로 하지 않았고, 생태계가 주는 모든 혜택을 모두 평가하지 않았다. 국내 해양생태계 전체의 기여 가치는 최소 국내 총생산의 6% 이상이 될 것으로 추정된다.

## 해양보호구역 지정은 해양분야 지속가능발전목표의 핵심

SDG 14 ‘대양, 바다, 해양자원의 지속가능한 이용과 보전’은 해양의 지속가능한 발전을 다루고 있다. 이 목표를 효과적으로 실행하기 위해 10개의 세부목표를 설정하였다. 이 중 세부목표 14.2의 해양생태계의 보전 및 복원, 14.5의 해양에서 보호구역 면적 10% 이상 지정은 해양생태계 보전을 위한 것이다. 앞서 설명한 대로, 해양보호구역 지정은 MDGs나 의제 21에 비해 해양생물다양성 보전의 관점에서 이행 목표가 구체적이고 정량적 형태로 제시되었다는 점에서 의의가 있다. 그러나 지속가능발전목표에서 제시한 해양보호구역 지정목표를 달성하기에는 여전히 가야할 길이 멀다.

### 해양보호구역이 왜 중요한가?

인류는 산업화 과정을 거치면서 전례 없는 속도로 자원과 공간을 이용하고 있다. 더 많은 경제적 이익을 얻기 위해 새로운 공간과 자원을 이용하면서 자연생태계를 빠르게 훼손하였다. 해양생물이 서식하는 서식지와 해양생물도 인류의 사회경제활동과 그 영향으로 심각한 위협상태에 처하게 되었으며, 인간 활동의 누적영향과 비례하여 생물종과 서식지, 경관 훼손이 진행되고 있다. 경제활동을 하는 기업 또는 개인의 가치관이나 도덕, 윤리에 의존하여 생태계 훼손을 줄이고 건강한 생태계를 유지하는 것은 불가능하다. 인간은 먼 미래의 이익보다 가까운 장래의

#### 해양보호구역이란?

##### (MPA, Marine Protected Areas)

세계자연보전연맹(IUCN)은 해양보호구역을 ‘바다, 조간대, 해저와 그 지역에 서식하는 생물, 역사적·문화적 유산이 법·제도와 기타 관리수단에 의해 보전적 관리가 이루어지고 있는 지역’으로 정의한다.

#### 해양보호구역의 종류

보호가치가 높은 해양생물, 해양생물자원, 경관, 서식지를 대상으로 지정하는 해양보호구역은 습지보호지역, 해양생태계보호구역, 해양생물보호구역, 해양경관보호구역, 국립공원, 생태경관보전지역, 천연기념물, 절대보전 및 준보전 무인도서, 야생생물보호구역, 수산자원보호구역 등으로 다양하다. 국내 법률에 따라 지정하는 해양보호구역 중 국제적으로 보호가치가 높은 지역은 ‘람사르습지(예, 순천만)’, ‘유네스코 생물권보전지역(예, 제주도 문섬·범섬·섬섬)’으로 등재하여 관리한다.

이익에 더 많은 가치를 부여하기 때문이다. 따라서 해양보호구역 지정과 관리는 기업 주체나 개인의 자발성이 아닌 법률과 제도에 의해 특정 구역에서의 인간 활동을 통제하고 관리할 수 있는 유효한 수단이다. 해양보호구역은 인간 활동으로 인한 위협으로부터 멸종위기종을 비롯한 해양생물에게 피난처 역할을 해준다. 또한 해양보호구역을 지정하고 관리함으로써 생태계보전을 통한 미래 발전의 잠재력과 이익을 유지할 수 있다. 어업생산량 증가, 관광자원 활용, 교육과 연구 장소 제공, 인류유산으로서 가치보존 등의 사회경제적 이익도 창출한다.

### 해양보호구역과 수산자원

- 전 세계적으로 해양보호구역을 지정한 후 어류 크기는 20%이상, 어류 다양성은 166%이상, 풍부도는 21%이상, 생물량은 445%이상 증가
- 유럽에서 해양보호구역 지정 후 어류크기는 13%, 다양성은 19%, 밀도는 121%, 생물량은 251% 증가
- 이탈리아 사례: 해양보호구역 안에서 어란과 유생을 바깥지역보다 15배 이상 생산하고, 해양보호구역 바깥 지역 100km까지 유생이 퍼져나가 어획량은 2배 이상 증가했음
- 스페인 사례: 바닷가재 산란 잠재력은 해양보호구역 바깥지역보다 20배 높고, 해양보호구역 바깥으로 4km까지 이동하여 바깥지역 가재 어획량 10% 증가에 기여

(출처: [www.panda.org/mpa](http://www.panda.org/mpa))

해양보호구역은 전 해양의 7.66%, 공해 MPA는 1.18%에 불과

전 세계에서 해양보호구역으로 지정된 곳의 개수와 면적을 집계하는 유엔환경계획의 세계보전모니터링센터(WCMC, World Conservation Monitoring Center)에 따르면, 2019년 해양보호구역은 14,894개, 전 해양면적의 7.66%(27,738,316km<sup>2</sup>)이다. 국가의 관할해역인 EEZ와 대륙붕수역을 기준으로 해양보호구역은 관할해역의 17.79%(25,120,163km<sup>2</sup>), 공해는 1.18%(2,618,153km<sup>2</sup>)가 지정되어 있다. 현재 여건이라면 2020년까지 전 해양면적의 10%를 해양보호구역으로 지정하겠다는 목표는 달성하기 어려운 상황이다. 국제사회는 2030년까지 전 세계 해양의 20%를 해양보호구역으로 지정하려는 목표를 설정하고 있지만, 이 목표 또한 달성하기 쉽지 않을 것으로 전망된다.

### 세계 최대 해양보호구역, 공해 지역인 남극의 로스해(Ross Sea)에 지정

2016년에 국제사회는 우리나라 국토 면적의 약 15.5배 크기(155만 km<sup>2</sup>)의 바다를 해양보호구역으로 지정했다. 이 해역은 공해이지만 ‘남극해양생물 자원보존에 관한 협약(CCAMLR)’ 총회를 거쳐 보호구역으로 지정되었다. 세계 최대의 해양보호구역으로 일반 보호지역(GPZ), 특별연구지역(SRZ), 크릴새우 연구지역(KRZ)으로 구분하여 관리하고 있다. 특별연구지역은 어업을 금지하며, 크릴 연구지역은 연구 목적의 어업만 가능하다.

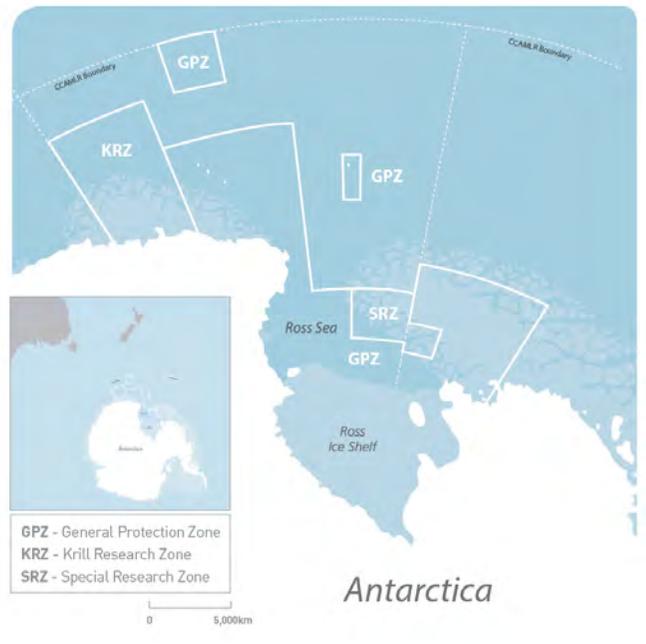


그림 2 | 남극의 로스해 해양보호구역 지정

(출처: <https://www.mfat.govt.nz/en/environment/antarctica/ross-sea-region-marine-protected-area/>)

### 국내 해양보호구역은 영해, 배타적 경제수역을 합한 관할해역의 2.5%

우리나라 해양보호구역은 해양수산부, 문화재청, 환경부, 국토교통부 등이 관리하며, 다양한 형태로 존재한다. 습지보호지역, 해양생태계보호구역, 해양생물보호구역, 해양경관보호구역, 야생생물보호구역, 국립공원, 수산자원보호구역, 천연기념물, 생태경관보전지역, 절대보전 및 준보전 무인도서 주변해역을 포함한 해양보호구역 지정 면적은 영해면적의 약 11%, 관할해역 면적의 2.5% 내외로 알려져 있다.

### 해양보호구역의 증가보다 어떻게 지정, 운영하는 지가 더 중요하다.

전 세계적으로 해양보호구역의 지정 개소와 면적은 꾸준히 증가하고 있다. 2000년에 해양보호구역 면적은 전 해양면적의 0.67%에 불과했으나, 2010년 2.5%, 2015년 4.43%, 2019년에 7.66%로 늘어 지난 20년 동안 10배 이상 증가했다(<https://www.protectedplanet.net/marine#distribution>). 우리나라 해양보호구역도 1999년 2월 「습지보전법」 제정 이후 해양생태계 보호를 위한 법률 제정과 함께 꾸준히 증가하고 있다. 이에 따라 습지보호지역은 15개소, 해양생태계보호구역 13개소, 해양생물보호구역 및 해양경관보호구역 각 1개소



그림 3 | 해양수산부 관할 해양보호구역 현황 (출처: 바다생태정보나라 홈페이지)

가 해역에 지정되었다.

그러나 전 세계적으로 지정 후 관리가 이루어지지 않은 ‘명목상 해양보호구역(paper parks)’은 해양보호구역 관리에서 핵심 현안이 되었다. 이는 지정목적 달성을 위해 필요한 계획 수립, 계획 이행을 위한 재정 확보, 관리 인력 양성, 전문성 강화와 같은 실질적 조치가 뒤따르지 않았기 때문에 생긴 문제점이라 할 수 있다.

특히 해양보호구역 지정과정에서 지역주민과 갈등을 우려하여 지역주민의 이용 행위를 그대로 유지한 것도 문제점으로 지적할 수 있다. 최근 연구에 따르면 해양보호구역의 증가에도 불구하고, 채취 및 어업을 금지(no-take, no-fishing)하지 않는 한 해양보호구

**해양보호구역은 5가지 요소 중 4가지를 충족해야 성공 (Edgar et al., 2014)**

- 채취 및 어업 금지 (no-take)
- 법제도의 집행 (well-enforced)
- 지정 후 10년 이상 경과 (>10 years)
- 면적 100 km<sup>2</sup> 이상 (>100 km<sup>2</sup>)
- 외부와 격리 (isolated)

역 지정효과가 크지 않은 것으로 나타났다. 해양보호구역을 둘러싼 논란에 대해 많은 전문가들은 ‘더 강한 보호조치 (stronger protection), 이해관계자에 대한 긍정적 유인책(positive incentive)’이 조화를 이룰 때 해양보호구역 제도가 성공할 수 있다고 한다. 기술적으로도 보호대상 생물의 행동특성과 서식지를 고려하여 해양보호구역을 지정하는 것도 효과성을 높일 수 있다고 한다.

- 보호대상 해양생물의 서식지와 보호구역이 90%이상 겹쳐있을 때 보호 효과가 있는 것으로 조사(Doherty et al., 2017)
- 상어 행동반경보다 작은 면적을 해양보호구역으로 지정하여 해양보호구역 지정 효과는 줄어든 것으로 평가(White et al., 2017)
- 해양보호구역을 넓게 지정하면 남획어종의 보호가 가능하고, 15년이 경과하면 회복 가능(Cornejo-Donoso et al., 2017)

### 멸종위기종 등 해양보호생물 보호도 생물다양성 보전에서 핵심 역할

세계자연보전연맹은 2000년부터 전 세계 주요 생물을 대상으로 생존을 위협받는 생물을 조사하고 생존위험이 높은 생물을 적색목록으로 분류하고 있다. 현재까지 98,500여 종의 생물을 조사했고, 이 중 27,000여종 이상의 생물이 생존을 위협받고 있는 것으로 나타났다. 우리나라도 「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률」에 따라 생존을 위협받거나 보호해야 할 가치가 높은 해양생물 80종을 ‘해양보호생물’로 지정하여 관리하고 있다.

**바다의 판다, 바키타를 아시나요? 전 세계 30여 마리만 생존**  
 바키타(Vaquita)는 스페인어로 ‘작은 소’를 의미하는 쇠돌고래의 일종으로 코르테스 해(캘리포니아 만)에서만 서식하는 멸종위기종이다. 1997년에 200~1,100마리, 2015년 100여 마리, 2016년은 46마리만 관찰되었고 현재는 30여 마리만 생존하는 것으로 추정되었다.

**멸종위기에 처한 바다 포유류 듀공**  
 포유류의 한 종류인 듀공(dugong)과 생물은 지속적으로 사라지고 있다. 지나친 밀렵으로 스텔러 바다소(Hydrodamalis gigas)는 18세기에 멸종하였으며, 현재 남아있는 유일한 종은 듀공(Dugong dugong)으로 10만여 마리가 남았다고 한다(위키백과). 듀공은 성장기간이 매우 길기 때문에 개체수가 줄어들면 그 감소세를 회복하기 어렵다고 전문가들은 말한다. 환경오염, 서식지 파괴, 밀렵이 개체수를 줄이고, 듀공의 긴 성장기간이 회복을 더디게 한다는 것이다.

## 해양생태계의 복원은 기후변화에 대응하는 수단

동아시아 맹그로브, 탄소 흡수와 저장만으로 연간 594억 원의 경제적 기여

해양생태계는 해양학적 과정을 통해 탄소를 저장할 수 있다. 기후변화문제에 대응하기 위한 전략을 그린카본(green carbon)이라 하는데, 나무를 심고, 벌목을 억제하며, 토양 내에 탄소를 저장하는 방법으로 대기 중 이산화탄소 증가를 억제하는 것이 목표이다. 해양에서는 블루카본(blue carbon) 전략으로 대기 중 온실가스 증가를 억제하려고 한다. 대표적인 탄소저장 방법으로는 맹그로브 식재, 해조류 서식지 확대, 갯벌 복원, 해양 건강성 증진을 위한 환경개선 등을 들 수 있다. 그러나 실상은 매년 전 세계 연안습지의 80만ha가 사라지고 있다. 이는 전 지구 습지의 1.5%에 해당한다(PEMSEA et al, 2017). 특히 동아시아 지역은 맹그로브, 해초지대, 산호초 등 다양한 형태의 연안생태계가 있어, 기후변화 대응 측면에서 매우 중요한 블루카본 생태계가 분포하는 지역이다. 동아시아 맹그로브 서식지는 4백만 ha로 전 세계 맹그로브 분포의 30%를 차지한다. 이 생태계가 저장하고 있는 탄소량은 88조톤, 연간 이산화탄소 제거량은 220만 톤이다. 우리나라 연간 이산화탄소 배출량이 7억 톤인 점을 감안하면, 탄소 저감효과가 매우 크다고 할 수 있다. 이를 화폐가치로 환산하면 594억 원에 달한다.

매년 2-7% 파괴되는 블루카본 생태계, 복원사업으로 블루카본 기능 강화

도시개발, 항만건설, 농지개간, 양식장 등 개발압력이 심해지면서 블루카본 생태계 파괴속도는 50년 전에 비해 약 7배 증가하였다. 블루카본 생태계의 파괴 속도는 육상의 밀립 파괴 속도보다 최대 4배 빠른 것으로 알려져 있다. 따라서 맹그로브, 염습지, 갯벌과 같은 블루카본 생태계를 보전하는 것만으로도 전 세계 국가가 감축해야 할 탄소량의 10%를 대신할 수 있다고 한다. 그러나 해양보호구역 확대는 개발 압력이 거센 저개발국이나 낙후 지역의 경제성장 요구 때문에 한

### 블루카본(Blue Carbon):

해양생태계가 흡수, 저장하는 탄소

### 그린카본(Green Carbon):

육상생태계가 흡수, 저장하는 탄소

### 브라운카본(Brown Carbon):

화석연료의 연소과정을 거쳐 발생하는 탄소

### 블랙카본(Black Carbon):

화석연료의 연소과정 중 발생하는 먼지입자 탄소

계가 있다. 해양생태계 복원 사업은 블루카본을 증가하여 기후변화에 대응하고, 재해예방과 같은 생태계의 기여를 늘릴 수 있는 현명한 정책이다. 이미 동아시아 지역을 중심으로 맹그로브 복원사업이 활발하게 진행되고 있고, 우리나라도 갯벌 복원사업을 생물다양성 증진 뿐만 아니라 기후변화에 대응할 수 있는 대책으로 추진하고 있다.

해양생태계 복원사업은 탄소 흡수원을 넓혀 기후변화에 대응할 수 있고, 해양생물에게 건강하고 안전한 서식지를 제공하여 어업생산을 높이는데 기여할 수 있다. 또한 자연방파제 역할을 할 수 있는 서식지를 복원하면 자연재해의 피해를 줄일 수 있고, 지역의 경관과 환경을 개선하여 거주환경의 질을 향상할 수 있다. 따라서 다목적, 다기능 사업으로 해양생태계 복원사업은 생태적 이익뿐만 아니라 사회적, 경제적 이익을 준다는 점에서 해양 재생사업으로서 적극 추진할 가치가 있다.

---

## 참고문헌

- 남정호 이윤정 강대석 유승훈 전재경 조홍식, 2010, 연안 공공이익 침해 방지를 위한 공유수면 관리체제 개선 방안, 한국해양수산개발원, 289 pp.
- 한국해양과학기술진흥원, 2016, 새만금 주변해역 해양환경 및 생태계관리 연구개발 연차실적계획서, 496 pp.
- Cornejo-Donoso, J. et al., 2017, Effects of fish movement assumptions on the design of a marine protected area to protect an overfished stock, Plos One, October 1-19.
- Costanza, R. et al., 2014, Changes in the global value of ecosystem services, Global Environmental Change, 26:152-158.
- Doherty, P.D. et al., 2017, Testing the boundaries: Seasonal residency and inter-annual site fidelity of basking sharks in a proposed Marine Protected Area, Biological Conservation, 209:68-75.
- Edgar, G.J., 2014, Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features, Nature 506:216-220.
- Hooionk R. et al., 2016, Local-scale projections of coral reef futures and implications of the Paris Agreement, Scientific Reports 6:1-8.
- PEMSEA et al., 2017, Understanding Strategic Coastal Blue Carbon Opportunities in the Seas of East Asia.
- White, L.C. et al., 2017, Long-term genetic consequences of mammal reintroductions into an Australian conservation reserve, Biological Conservation, 207:64-71.
- 바다생태정보나라 홈페이지





## 지속가능발전목표 14.c

‘우리가 원하는 미래’ 보고서 제158항을 상기하며, 해양과 해양자원의 보전과 지속가능한 이용에 대한 법체계를 제시하는 유엔해양법협약에 반영된 국제법을 이행하여 해양과 해양자원의 보전과 지속가능한 이용을 증진한다.

(Enhance the conservation and sustainable use of oceans and their resources by implementing international law as reflected in UNCLOS, which provides the legal framework for the conservation and sustainable use of oceans and their resources, as recalled in paragraph 158 of The Future We Want)

## 세부목표 달성 지표 14.c.1

해양과 해양 자원의 보전과 지속 가능한 이용을 위해 유엔해양법협약에 반영된 국제법의 이행을 위한 해양관련 문서를 법적, 정책적 또는 제도적 체계를 통하여 비준, 수락 또는 이행함에 있어 진전을 보이고 있는 국가의 수

(Number of countries making progress in ratifying, accepting and implementing through legal, policy and institutional frameworks, ocean-related instruments that implement international law, as reflected in the United Nation Convention on the Law of the Sea, for the conservation and sustainable use of the oceans and their resources)

## SDG 14 목표 달성과 국제법

SDGs의 17가지 목표 중 14번째는 해양 생태계를 대상으로 하고 있다. SDG 14는 “모든 종류의 해양오염을 대폭 줄이고 예방하며, 해양과 연안 생태계를 보호하고, 해양 산성화의 영향을 최소화하며, 남획 같은 파괴적인 어업 관행을 금지하고 지속가능한 어업을 확산할 것을 강조”하고 있다. 그와 동시에 SDG 14는 14.c에 “해양과 해양 자원의 보전과 지속가능한 이용에 대한 법체계를 제시하는 유엔해양법협약에 반영된 국제법을 이행함으로써 해양과 해양 자원의 보전 및 지속가능한 이용을 강화한다.”는 세부목표를 정하고 전 세계 모든 국가에게 이 세부목표를 실천하도록 촉구하고 있다.

인류가 해양오염을 줄이고, 해양산성화의 영향을 최소화하며, 파괴적인 어업을 금지

할 수 있도록 가능한 한 많은 국가가 국제법에 참여하고 국제법에서 정한 내용을 실천할 것을 강조한 것이다. 그리고 국제사회가 지켜야할 대표적인 국제법으로 유엔해양법협약 (United Nations Convention on the Law of the Sea: 공식번역명은 ‘해양법에 관한 국제연합 협약’이며 약칭하여 ‘유엔해양법협약’이라고 한다.)을 제시하고 있다. 따라서 우리가 SDG 14를 실천하기 위해서는 국제법이 어떠한 역할을 하는지, 유엔해양법협약에 담겨진 의미와 내용은 무엇인지, 우리나라는 어떻게 실천하고 있는지를 알아보는 것이 중요하다.

## 해양의 지속 가능한 이용을 담보하기 위한 국제법의 필요성

### 해양문제 해결의 필수요소로 국제협력이 강조되는 이유

지구상 해양의 면적은 3억 6천 1백만km<sup>2</sup>로서, 지구 표면적의 약 71%를 차지하고 있다고 알려지고 있다. 한반도의 육지 면적을 22만km<sup>2</sup>로 보았을 때, 해양의 면적은 한반도 면적의 약 1,641배에 달하는 상상할 수 없이 매우 넓은 면적에 해당한다. 해양은 크게 태평양, 인도양, 대서양, 북빙양으로 구분되기도 하고 북태평양, 남태평양, 인도양, 북대서양, 남대서양, 북극해, 남극해 등 7개의 대양으로 구분하기도 한다. 그뿐만 아니라, 각각의 대양 중 육지에 접해있거나 육지에 의해 둘러싸인 부분은 수없이 많은 작은 바다의 이름, 예를 들어 동해, 동중국해, 남중국해, 멕시코만 등으로 불리고 있다.

하지만 해양은 다양한 이름보다도 훨씬 복잡하고 많은 수중 및 해저생태계의 연합체로 이루어져있다. 지역마다 해양의 환경이 매우 다르고 그 속에 서식하는 생명체의 종류 역시 매우 다르다. 그럼에도 불구하고, 각각의 해양환경과 해양생태계가 지리적으로 완전히 분리된 것이 아니다. 해류의 이동과 해양생물체의 이동이라는 자연적 현상과 선박 등 인간들의 해양활동 등으로 인하여 상이한 환경과 생태계들이 서로 연계되어 있거나 직접 또는 간접적으로 끊임없이 영향을 주고받고 있다. 따라서 해양의 일부가 소수 국가의 활동에 의하여 오염될 경우, 그 지역의 오염과 해양생태계 파괴로 끝나는 것이 아니라 그 주변 해양까지 오염 결과가 확산되며, 결과적으로 전 세계 해양의 질을 떨어뜨리는 결과를 가져온다. 지난 2011년 일본에서 발생한 후쿠시마원자력발전소의 방사능 유출로 인한 해양 방사능 등의 오염 물질이 이웃나라인 우리나라와 중국은 물론 멀리 미국, 유럽 등 전 세계로 확산되어 세계 곳곳의 해양에서 방사능이 검출되었다는 사실에서 이러한 점을 확인할 수 있다.

일부 국가의 일부지역 어업자원의 남획 역시, 그 나라의 어업자원을 고갈시키는 것에 그치지 않고 고갈되는 어업자원과 관계되는 먹이사슬 전체에 영향을 미쳐 결과적으로 지

역해 내지는 전 세계 해양에 나쁜 영향을 준다. 따라서 해양과 해양자원의 보전과 지속 가능한 이용을 위해서는 해양을 이용하는 모든 국가가 협력하여 노력하지 않으면 안 된다.

### 해양문제 해결을 위한 국가 간의 구속력 있는 약속: 국제법

국가가 무엇을 어떻게 협력할 것인가는 국가들 간의 외교적 협상을 거쳐 결정된다. 외교적 협상을 통하여 결정된 조약, 협약, 협정, 의정서 등 다양한 용어로 불리는 국제법은 모두 약속을 지켜야하는 의무가 발생하며, 지키지 않으면 국가의 책임이 발생한다. 이러한 국제법에 포함되는 내용에는 여러 가지 보전조치, 행위 금지, 자료와 정보의 교환, 능력 배양, 감시와 이행 보장 등이 주로 포함된다. 외교적 협상 과정에서는 지속 가능한 이용을 달성하는데 필요한 과학기술과 정보 및 장비, 인력, 자원 등을 보유한 국가와 그러하지 못한 국가, 연안국과 이용국, 그동안 해양자원의 지속 가능한 이용에 악영향을 미친 국가와 그러하지 않은 국가들의 여러 사정을 고려하게 된다. 그러나 협상과정을 거쳐 국가들 간에 합의된 사항, 법적 구속력이 있는 국제법은 반드시 지켜져야 하며, 그 이행이 보장되지 않는다면 해양과 해양자원의 보전과 지속 가능한 이용이라는 인류 공동의 목적을 충분히 달성할 수 없게 되는 것이다. 또한, 보다 많은 국가가 이러한 목적을 가진 국제법에 동참하여야만 전체가 하나의 틀 속에서 상호작용하는 해양의 특성을 반영한 조치의 효과를 기대할 수 있으므로, 국제법에 참여하지 않는 국가의 추가적이고 폭 넓은 참여를 국제사회가 강력히 권고하고 있는 것이다.

### 해양의 지속 가능한 이용과 연관된 국제법

SDG 14의 실천에 필요한 국제법으로 1982년 유엔해양법협약이 강조되고 있지만, 국제사회에서는 1995년의 ‘유엔해양법협약 공해어업 이행협정’ 또한 SDG 14의 실천을 위한 중요한 국제법의 하나로 주목하고 있다. 이것 뿐만 아니라 유엔세계식량농업기구(FAO)를 중심으로 공해 생물자원의 보호를 위해 제정된 불법·비보고·비규제(IUU)어업 대응협약들과 지역해 단위에서 해양생물자원 보호를 위해 조직된 지역수산기구들의 합의도 SDG 14의 목표 달성을 위해 중요한 국제법이라고 볼 수 있다.

## 1982년 유엔해양법협약

유엔해양법협약은 해양과 해양자원의 보전 및 지속 가능한 이용의 목적을 달성함에 있어서 국제사회가 지켜야 하는 가장 기본적이고 중요한 국제문서로 지목하고 있다.



그림 1 | 제3차 유엔해양법회의의 모습  
(출처: 유엔 웹사이트)

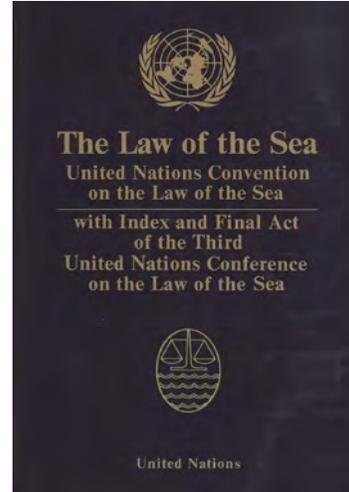


그림 2 | 유엔해양법협약 모습  
(출처: 유엔 웹사이트)

유엔해양법협약은 1973년부터 1982년까지 10년에 걸쳐 개최된 제3차 유엔해양법회의의 결과로서 채택된 국제문서로 1982년 12월 10일 유엔 총회에서 표결로 채택, 1994년 11월 16일에 발효되어 현재까지 ‘국제해양질서의 헌법전’의 역할을 하고 있다. 특히, 유엔해양법협약은 채택된 후 37년이 경과된 기간 동안 여러 차례에 걸쳐 유엔총회 결의 등을 통하여 국제사회가 해양을 이용하고 관리하고 보호함에 있어 ‘효과적이고, 종합적이며 포괄적인 국제법질서’를 제공하고 있다고 인정하고 있으며, 국제사회가 이 협약에 동참하고 그 속에 규정된 원칙과 권리와 의무를 충실히 이행할 것을 반복하여 강조하고 있다.

전문과 17개 부 320개 조문과 9개 부속서로 구성된 유엔해양법협약은 국가와 국제기구가 해양에 관한 모든 문제를 해결함에 있어 기준을 모두 포함하고 있으며, 특히 해양의 공간을 육지로부터의 거리로 구분하고 해당 공간에서 국가 및 국제기구가 행할 수 있는 권리와 의무 관계를 규정하는 형태를 취하고 있다. 이 협약에서 규정하고 있는 해양공간의 구분은 다음 표 1과 그림 3과 같다.

표 1 | 유엔해양법협약에 의한 해양공간의 법적 구분

구분	명칭	지리적 범위	연안국의 권리	이용국의 권리
국가 관할 해역	내수 Internal water	기선(baseline)의 육지측 해수, 해저 및 하층토수역	주권	제한적 항행권
	영해 Territorial sea	기선으로부터 최대 12해리까지의 해수, 해저 및 하층토	주권	무해통항권
	접속수역 Contiguous zone	기선으로부터 최대 24해리까지의 해수	관세, 재정, 위생, 출입국 관리에 관한 기능적 규제권	자유 항행 및 상공비행권 해저전선 및 관선 부설권
	배타적 경제수역 Exclusive economic zone	기선으로부터 최대 200해리까지의 해수, 해저 및 하층토	경제적 이용에 관한 주권적 권리와 해양과학조사, 해양환경보호, 인공섬 등 설치에 관한 관할권	자유항행 및 상공비행권 해저전선 및 관선 부설권
	대륙붕 Continental shelf	기선으로부터 최소 200해리, 최대 350해리 또는 2,500m 등심선으로부터 외측으로 100해리까지의 해저 및 하층토	대륙붕자원에 대한 주권적 권리와 굴착, 해양과학조사 등에 관한 관할권	해저전선 및 관선 부설권
	군도수역 Archipelagic waters	군도기선의 내측 해수, 해저 및 하층토(내수 제외)	주권	무해통항권 또는 군도항로대 통항권
	공해 High seas	연안국 관할해역 외측의 해수	부존재(다만, 특정어종에 대한 우선적 권리 인정)	항행, 상공비행, 어업, 과학조사, 인공섬 설치, 해저전선 및 관선부설의 자유
	심해저 The Area	연안국 관할해역 외측의 해저 및 하층토	부존재	인류공동유산으로 국제해저기구의 독점적 관리

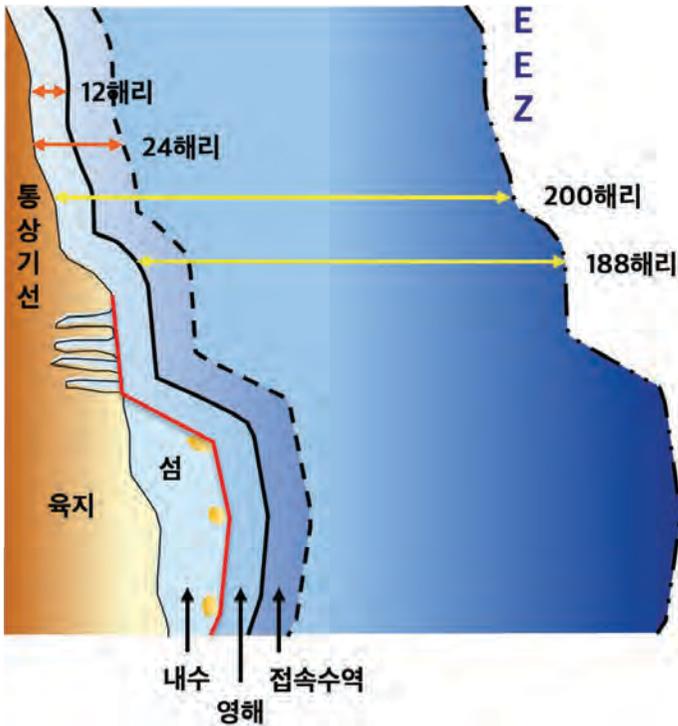


그림 31 해양관할권도  
(출처: 한국해양과학기술원 해양정책연구소 제공)

유엔해양법협약에 의한 위와 같은 해양공간의 구분으로 전 세계 해양의 36%가 연안국의 우월적 지위를 인정하는 연안국 관할해역에 속하게 되었을 뿐만 아니라, 상업적 가치가 있는 해양생물자원 및 이미 발견된 해저석유 및 천연가스의 90% 이상이 연안국의 독점적인 관리와 이용의 대상으로 자리매김하게 되었다. 그러나 이와 같은 해양 공간 및 생물 자원에 대한 독점적 권리를 연안국에 부여함과 동시에, 해양환경 및 해양생태계 보전 및 보호에 관한 의무를 부과하고 있으며, 자원에 대한 권리 행사와 해양환경 및 해양생태계 보전 및 보호에 관한 의무 이행 간에 균형성을 유지할 것을 요구하고 있다.

유엔해양법협약은 해양환경, 해양생태계 보전 및 보호에 관한 의무를 강조하기 위하여 제 12부를 ‘해양환경의 보호 및 보전’으로 이름 짓고, 11개절 46개 조문에 걸쳐 매우 상세한 규정을 포함하고 있다.

먼저, 모든 국가에게 해양환경을 보호하고 보전할 일반적 의무를 부과하였으며(협약 제192조), 해양환경을 보호하기 위한 조치를 취할 때는 반드시 “매우 희귀하거나 손상되기 쉬운 생태계, 고갈되거나 멸종의 위협을 받거나 위협에 처한 생물종 및 그 밖의 해양생물체 서식지의 보호와 보전에 필요한 조치”를 포함시킬 것을 강조하고 있다(협약 제195조 제5항). 또한, 국가가 직접 참여하거나 허가하는 활동들이 해양환경에 오염을 발생시킬 수 있는지에 대해 관찰, 측정, 평가, 분석을 실시하도록 노력할 것을 요구하는 한편(협약 제

204조), 그 결과를 보고서 형태로 발간하거나 권한 있는 국제기구에 제출하여 모든 국가가 그 보고서를 이용할 수 있도록 하는 것을 의무화하고 있다(협약 제205조). 이 밖에도 국가가 관할하거나 통제하는 활동이 해양환경에 실질적인 오염을 발생시키거나 해양환경을 중대하고도 해롭게 변화시킬 합리적 근거가 있는 경우 실행 가능한 범위에서 환경영향평가를 실시하고, 그 결과에 관한 보고서를 권한 있는 국제기구에 제출하여 모든 국가가 이용할 수 있도록 할 것을 의무화하고 있다(협약 제206조).

유엔해양법협약은 위와 같은 국가별 의무 부과 이외에도, 유엔해양법협약에서 규정한 해양환경, 해양생태계 보호 및 보전을 위한 추가적인 국제규칙, 기준, 권고의 관행 및 절차 수립을 위하여 전 지구적 차원 또는 지역적 차원에서 국가 간에 직접 또는 권한 있는 국제기구를 통하여 협력할 것을 요구하고 있다(협약 제197조). 여기서 권한 있는 국제기구는 해양생물자원 및 생태계에 관해서는 유엔식량농업기구(FAO), 해양환경 보호 및 보전에 관해서는 유엔환경계획(UNEP), 선박에 의한 해양오염의 경우에는 국제해사기구(IMO), 심해저 환경 관련하여서는 국제해저기구(ISA)를 의미한다.

해양공간적 측면에서도 배타적 경제수역과 공해의 해양환경, 해양생태계 보호 및 보전에 관한 특별한 규정을 마련하고 있다. 연안국에게 해양생물자원의 독점적 이용을 허용한 배타적 경제수역에서도 무제한적인 권리 행사를 방지하기 위하여, 연안국으로 하여금 남획으로 인한 생물자원 유지가 위태롭지 않고 최대 지속생산량을 보장할 수 있도록 과학적 증거를 활용하여 적절한 보존 및 관리를 위한 최선의 조치를 취하도록 요구하고 있다(협약 제61조 제2항과 제3항).



그림 4 | 국제기구 로고(왼쪽부터 FAO, UNEP, IMO, ISA)

구체적 수단으로는 먼저, 자국 배타적 경제수역에서의 생물자원 허용어획량(total allowable catch)을 결정하고, 자국의 어획능력을 결정한 후, 잉여량(surplus)이 있는 경우 타국의 입어를 허용하도록 하고 있다(협약 제62조). 또한, 이러한 보존 및 관리조치들을 수립하고 집행하는데 필요한 국내입법을 제정하고 적절히 공시할 것도 요구하고 있다(협약 제62조 제5항).

한편, 모든 국가가 자유롭게 어로의 자유를 행사할 수 있는 공해에서도 무분별하고 경쟁적이며 파괴적인 어업활동을 방지하기 위한 다양한 의무를 모든 국가에게 부여하고

있다. 먼저, 각국으로 하여금 공해에서 조업하는 자국 국민에게 적용할 허용어획량 등 공해 생물자원 보전에 필요한 조치를 직접 또는 다른 국가와 협력하여 취할 의무를 규정하고 있다(협약 제117조). 또한, 공해에서 동일한 생물자원을 이용하거나 동일 수역에서 다른 생물자원을 이용하는 국민이 있는 모든 국가로 하여금, 생물자원 보존조치를 취하기 위한 교섭의무를 부과함과 동시에 적절한 경우 공해 생물자원을 관리하기 위한 지역수산기구의 설립에 협력할 것을 요구하고 있다(협약 제118조).

해양과 해양자원의 보전 및 지속 가능한 이용이라는 목적을 달성하기 위한 기본적 질서와 국가의 의무를 규정하고 있는 유엔해양법협약은 앞서 설명한 바와 같이 1982년 12월 10일 채택된 이후 60개국이 비준 또는 가입하였고, 이로부터 12개월이 경과한 1994년 11월 16일 발효되었다. 발효 이후에도 이 협약에 대한 중요성을 인식한 국제사회는 유엔총회 결의를 비롯한 다양한 국제회의 결의와 권고를 통하여 더욱 많은 국가가 이 협약에 동참할 것을 요구하고 있다.

그러한 노력의 결과 2019년 5월 현재 168개국이 유엔해양법협약에 비준 또는 가입하여 이 협약에서 규정하고 있는 여러 가지 의무사항을 실천하고 있다. 유엔회원국이 193개국임을 고려할 때 168개국의 비준 또는 가입이라는 것은 이 협약이 전 지구적 보편성을 확보한 명실상부한 해양질서의 기본규범이라는 점을 말하여 주고 있다. 다만, 세계 최고 강대국이자 최대 해양국이라 할 수 있는 미국이 외교 정책적으로 다자간 협력보다는 양자적 협력방식을 선호하는 점, 심해저광업의 산업적 자율성 확보라는 측면을 고려하여 아직 이 협약에 가입하고 있지 않은 점이 가장 큰 문제 요소라고 볼 수 있다.

### 1995년 유엔해양법협약 공해어업 이행협정

1982년 유엔해양법협약을 채택하여 해양의 기본적 질서를 확보한 국제사회는 1980년대 후반부터 공해상의 무분별하고 파괴적이며 경쟁적인 어업활동으로부터 해양 생물자원을 좀더 보호할 필요성을 깊이 인식하기 시작하였다. 특히, 경계왕래성 어종족과 고도회유성 어종족을 보호하여 공해 생물자원을 보호하고 보전할 뿐만 아니라, 연안국의 이익을 공평하게 보호할 수 있는 새로운 국제문서 제정의 필요성에 공감하게 되었다. 다시 말하면, 경계왕래성 어종과 고도회유성 어종에 대한 국제사회의 우려는 이들처럼 여러 나라가 관련된 어종의 어획과 관련하여 소수 국가만의 보전, 보호조치로는 충분히 그 목적을 달성할 수 없으며, 특히 연안국이 해양자원을 보호하기 위해 희생을 통해 취한 조치로 발생한 이익을 공해 조업국이 아무런 노력 없이 취하는 것에서 생기는 불공정성을 해소할 필요가 있다는 데에서 출발하였다.

1992년 리우 환경개발회의에서 채택된 ‘21세기 행동강령(Agenda 21)’ 제 17장 해양 편에서 경계왕래성 어종 및 고도회유성 어종에 대한 국제적 논의의 개시를 권고한 것에 근거하여 1993년부터 1995년까지 6차례에 걸쳐 ‘유엔 경계왕래성 어종 및 고도회유성 어종 회의(United Nations Conference on Straddling Fish Stocks and Highly Migratory Fish Stocks)’가 개최되었다. 그 결과로 1995년 8월 4일 ‘경계왕래성 어종 및 고도회유성 어종의 보전 및 관리에 관한 1982년 12월 10일자 유엔해양법

협약 규정의 이행을 위한 유엔협정(The United Nations Agreement for the implementation of the provisions of the United Nations Convention on the Law of the Sea of 10 December 1982 relating to the conservation and management of Straddling Fish Stocks and Highly Migratory Fish Stocks: 약칭하여 ‘유엔공해어업 이행협정’이라고 부른다)’을 채택하였다.

유엔공해어업 이행협정은 협정 전문과 13개의 부, 50개의 조문, 그리고 2개의 부속서로 구성되어 있다. 이 협정은 이들 어종을 보전하고 관리를 할 때, 반드시 고려하여야 할 원칙으로, 장기적인 지속 가능성을 보장하고 최적의 이용을 촉진할 것을 주문하였다. 또한, 모든 관리 및 보전조치를 할 때는 ‘이용 가능한 최선의 과학적 증거’를 활용하도록 하였으며, ‘사전예방적 접근(precautionary approach)’ 방식의 채택과 ‘생태계 기반 접근방식(ecosystem based approach)’을 강조하였다. 특히, 생태계 기반 접근 방식으로 어업 또는 기타 인간 활동이 미치는 영향을 평가하고, 생물다양성을 보호하기 위한 보전 및 관리조치를 취할 때 고려할 것을 규정하였다. 또한, 보전 및 관리조치의 준수를 담보하기 위하여 기국(flag State: 선박이 등록한 국가를 의미한다)의 배타적 관할권을 인정함과 동시에 기국의 의무를 구체적으로 강화하였다.

기국의 의무는 일반적인 해양환경 보호의무 이외에 어선의 등록과정에서의 조치 의무, 어선의 허가 상 조치의무, 허가 후 어선의 활동에 대한 통제, 감시, 제재 의무로 크게 구분된다. 그리고 공해 생물자원의 관리를 위하여 지역 수산기구 설치를 촉진하는 한편, 이행협정 당사국 간에는 보전 및 관리조치 위반선박에 대한 승선 검색권을 허용하는 등 과거의 국제법질서 보다 진일보하는 여러 가지 조치를 포함하였다.

· **경계왕래성 어종(straddling stocks):** 동일 어종이나 이와 연관된 어종의 어족이 2개국 이상 연안국의 배타적 경제수역에 걸쳐 출현하거나, 연안국의 배타적 경제수역과 그 밖의 공해상 인접수역에 걸쳐 출현하는 어종을 의미한다.

· **고도회유성 어종(highly migratory species):** 산란단계부터 성어가 되는 단계에 걸쳐 여러 연안국의 배타적 경제수역과 공해를 회유하는 어종을 의미하며, 대표적인 어종이 참치이다.

2001년 12월 11일 발효된 유엔공해어업 이행협정은 2019년 5월 현재까지 90개국이 비준 또는 가입하여, 이행협정에서 요구하는 제반 의무를 실천해 나가고 있다.

## FAO 해양생물자원 보호 및 보전에 관한 국제문서와 최근 국제동향

유엔해양법협약과 유엔공해어업 이행협정 외에 공해상에서의 해양생물자원 보전 및 관리를 위한 국제사회의 추가적인 노력은 FAO에 의해 주도되었으며, 주목할 만한 국제문서를 생산하는 결과를 보여주고 있다.

FAO는 1993년 제27차 회의에서 채택된 15번째 결의를 통하여 편의치적제도 활용으로 인한 기국 통제의 약화를 해결하기 위하여 ‘공해상 어선의 국제적 보전관리조치 이행 증진을 위한 협정(Agreement to Promote Compliance with International Conservation and Management Measures by Fishing Vessels on the High Seas)’을 채택하였다.

또한, FAO는 1995년 11월 1일에 비록 법적 구속력이 없는 국제문서이지만 지속 가능한 어업과 환경과 조화로운 수중생물자원 생산을 목적으로 국가 및 국제적 노력의 기본체계를 제공하기 위하여 ‘책임 있는 어업 행동규범(Code of Conduct for Responsible Fisheries)’을 채택하였다.

이상과 같은 국제적 노력이 ‘IUU 어업(Illegal, Unreported and Unregulated Fishing: 불법, 비보고, 비규제 어업)’이라는 개념이 형성되기 전 상태에서는 공해 어업을 중심으로 지속 가능한 어업의 이행을 위하여 추진되었다면, 2001년 이후에는 IUU 어업에 특화된 국제문서 제정 노력이 추진되었다. 2001년에는 FAO가 책임 있는 어업 행동규범의 이행을 위한 필수적 요소로서 ‘국제행동계획’을 채택하였다. 이어서 2005년에는 ‘IUU 어업에 대응한 항만국 조치모델제도(Model Scheme on Port State Measures to Combat Illegal, Unreported, and Unregulated Fishing)’를 채택하였으며, 2009년에는 ‘IUU 어업 예방, 억지 및 근절을 위한 항만국조치협정(FAO Agreement on Port State Measures to Prevent, Deter and Eliminate Illegal, Unreported, and Unregulated Fishing)’을 채택하였다.

현재까지 진행된 FAO의 전 지구적 차원의 노력은 공해 생물자원 보전 및 관리를 위한 조치의 이행을 보장하기 위하여 기국의 의무를 강화하는 한편, 기국이 책임을 다하지 않는 현실을 보완하는 차원에서 기국 이외에 연안국, IUU 어업에 종사한 어선이 방문하는 항만국의 대응조치 권한 및 의무를 강화하는 방향으로 발전해 나가고 있다.

한편, 전 지구적 차원의 해양생물자원의 지속 가능한 이용을 위한 국제문서 외에도 다양한 형태의 ‘지역적 수산관리기구(RFMO)’ 또는 ‘지역적 수산약정(RFMA)’ 형태의 정부간 지역수산기구들이 설치되어서 참여 국가들에게 구속력 있는 공해 해양생물자원 보

전 및 관리조치를 채택하여 적용하고 있다.

대표적인 지역 수산기구로는 ‘지중해 일반수산위원회(GFCM)’, ‘북동대서양 수산위원회(NEAFC)’, ‘북서대서양수산기구(NAFO)’, ‘남동대서양수산기구(SEAFO)’, ‘남태평양지역수산관리기구(SPRFMO)’, ‘북태평양수산위원회(NPFC)’, ‘남부인도양 수산협정(SIOFA)’, ‘남극해양생물자원보전위원회(CCAMLR)’ 등이 있다. 이밖에도 구속력 없는 조치의 채택, 과학적 자문기능 수행 등 다양한 역할을 담당하는 지역수산기구의 수는 전부 53개에 이르고 있다.

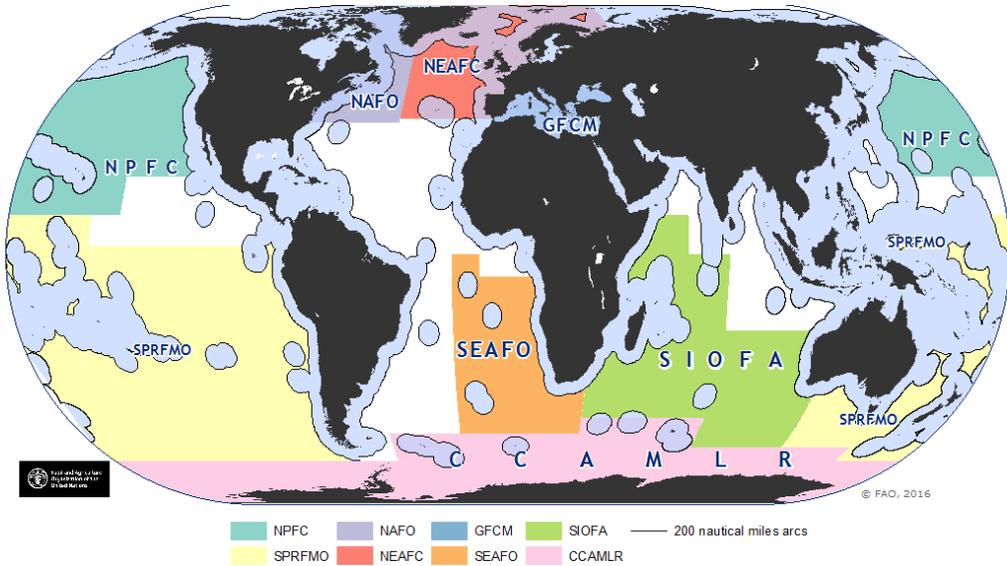


그림 5 | 주요 지역 수산기구(출처: Stefán Ásmundsson, 2016, “Regional Fisheries Management Organisations (RFMOs): Who are they, what is their geographic coverage on the high seas and which ones should be considered as General RFMOs, Tuna RFMOs and Specialised RFMOs?”, CBD Homepage, p.4.)

공해 해양생물자원의 보호 및 보전을 위한 최신동향으로는 제 69차 유엔총회 292 번째 결의를 바탕으로 정부 간 협상이 진행되고 있는 ‘국가 관할해역 외측의 해양생물다양성 보전 및 지속가능한 이용(The conservation and sustainable use of marine biological diversity of area beyond national jurisdiction: 약칭하여 BBNJ 라고 한다)’이 국제적 논의를 주목하고 있다. 이 협상은 국가 관할해역 외측 즉, 공해 및 심해저의 해양생물다양성을 보전하고 지속 가능한 이용을 달성하기 위하여 유엔해양법협약상 관련 규정의 이행을 촉진하기 위한 구속력 있는 국제문서를 제정하는 것을 목적으로 하고 있다.

새로운 국제문서가 주목하고 있는 주된 주제는 해양보호구역 설정, 환경영향평가 실시, 해양유전자원 이용 및 이익 분배, 개도국의 능력 배양 및 기술이전 등 4개이다. 2020년

상반기까지 국제문서 채택을 위해 정부 간 협상이 유엔에서 진행되고 있는데, 새로운 문서의 채택은 해양과 해양자원의 지속가능한 이용을 달성하는데 크게 영향을 미칠 것으로 전망되고 있다.

## 우리나라의 SDG 14 관련 국제법 참여현황 및 국내 이행체제

해양과 해양자원의 보전과 지속 가능한 이용이라는 목적은 전 세계적 관심사인 동시에 해양선진국의 하나로 분류되고 있는 우리나라에서 매우 중요한 의제로 다루어지고 있으며, 정부차원에서 적극적으로 대응해 나가고 있다.

우선적으로, 우리나라는 해양과 해양자원의 보전과 지속 가능한 이용을 위하여 국제사회가 채택한 다양한 국제문서에 당사국으로 참여하고 있다. 유엔해양법협약은 1983년 3월 14일에 서명하였으며, 국회 비준동의 절차를 밟고 1996년 1월 29일을 비준서를 제출함으로써 협약 당사국이 되었다. 1995년에 제정된 공해어업 이행협정도 1996년 11월 26일에 서명하고, 역시 국회 비준동의 절차를 거쳐 2008년 2월 1일 비준서를 제출하여 이행협정 당사국이 되었다. 또한, FAO가 주도하여 IUU 어업을 근절하여 공해생물자원을 보호하고자 한 1993년 국제적 보전관리조치 이행증진협정은 2003년 4월 24일에, 2009년 항만국조치협정은 2016년 1월 14일 수락서와 비준서를 제출하여 당사국이 되었다.

표 2 | SDG 14 관련 국제법에 대한 우리나라의 참여현황

명칭	채택일	발효일	당사국 수	우리나라 비준 또는 가입일
유엔해양법협약	1982. 12. 10	1994. 11. 16	168	1996. 1. 29
공해어업 이행협정	1995. 8. 4	2001. 12. 11	90	2008. 2. 1
FAO 국제적 보전관리조치 이행증진협정	1993. 11. 24	2003. 4. 24	42	2003. 4. 24
FAO 항만국 조치협정	2009. 11. 23	2016. 6. 5	60	2016. 1. 14

각종 국제문서에 비준하거나 가입하여 당사국이 되었다는 의미는 그 국제문서에서 규정되어 있는 권리와 의무를 이행한다는 약속이다. 더불어 실질적으로 이를 뒷받침하기 위한 국내의 법률을 제정하고 관련 정책을 수립하여 실천하여야 한다는 것을 의미한다. 또한, 국제문서를 바탕으로 국제사회가 진행하는 국제적 협상에도 적극적으로 참여하여야

한다.

우리나라는 이러한 부분에서 다른 나라의 모범이 될 수 있도록 적극적으로 대처해 나가고 있다고 평가할 수 있다. 먼저, ‘영해 및 접속수역에 관한 법률(1977년 제정)’과 ‘배타적 경제수역 및 대륙붕에 관한 법률(1996년 제정)’을 제정하여, 유엔해양법협약에서 규정하고 있는 국가관할해역의 기본적 틀을 확립하였다.

이어서, 해양수산부를 주무부처로 하여, ‘해양수산발전기본법(2002년 제정)’, ‘해양환경관리법(2007년 제정)’, ‘해양환경 보전 및 활용에 관한 법률(2017년 제정)’, ‘해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률(2006년 제정)’, ‘해양수산생명자원의 확보·관리 및 이용 등에 관한 법률(2012년 제정)’, ‘선박평형수관리법(2007년 제정)’, ‘수산업법(1953년 제정)’, ‘수산자원관리법(2009년 제정)’, ‘공유수면 관리 및 매립에 관한 법률(2010년 제정)’, ‘해양공간계획 및 관리에 관한 법률(2018년 제정)’, ‘남극활동 및 환경보호에 관한 법률(2004년 제정)’, ‘습지보전법(1999년 제정)’, ‘원양산업발전법(2007년 제정)’ 등을 제정하였다.

이와 같은 법률 등은 우리나라 관할해역에서 벌어지는 활동이나, 위치와 상관없이 우리 국민이 행하는 해양에서의 활동이 해양과 해양자원의 보전 및 지속 가능한 이용을 위한 국제적 기준에 일치하도록 관리, 규제, 장려하는 정책과 조치들을 수립하고 실천해나가는 근거로 활용되고 있다.

해양환경 보호적 측면에서는, 해양환경 보호에 대한 최상위 계획으로서 해양환경 보전 및 활용에 관한 법률에 근거하여 매 10년마다 ‘해양환경종합계획’을 수립하여 정부차원의 종합적인 해양환경보호정책을 제시하고 있다. 또한, 해역환경 보호를 위하여 해양환경관리법에 근거하여 매 5년마다 ‘환경관리해역기본계획’을 수립하여 해양환경 보전 및 개선대책에 관한 사항을 다루고 있으며, 해양환경 보전 및 관리를 위하여 ‘환경보전해역’과 ‘특별관리해역’을 지정·관리하도록 하고 있다. 또한, 과도한 해양이용으로부터 해양환경을 보호하기 위하여 ‘해역이용협의제도’를 규정하고 있다. 이 밖에도 해역이용행위로부터 해양환경에 대한 악영향을 최소화하기 위하여 ‘해양환경영향조사제도’를 의무화하고 있다.

해양생태계 보전 및 관리측면에서는, 매 10년마다 ‘해양생태계보전·관리기본계획’을 수립하여 실천하도록 해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률에서 근거를 마련하고 있다. 또한, 해양생태계 및 해양경관 등을 특별히 보전할 필요가 있는 구역을 ‘해양보호구역’으로 지정·관리할 수 있도록 규정하고 있다. 그리고 이를 뒷받침하기 위해 매 5년마다 ‘해양보호구역관리기본계획’을 수립하여 시행하도록 하고 있다.

특히, 해양생물다양성의 보전 및 그 구성요소의 지속가능한 이용, 해양생물자원의 적

절한 관리와 국가가 가입한 해양생태계의 보전 및 관리를 위한 국제협약(‘생물다양성에 관한 협약’, ‘멸종위기에 처한 야생동식물종의 국제거래에 관한 협약’ 및 ‘물새서식처로서 국제적으로 중요한 습지에 관한 협약’을 포함한다)의 이행을 위하여 ‘해양생물다양성 보전대책’을 수립·시행하도록 하고 있다. 동시에 이와 같은 업무를 수행할 수 있는 ‘국립해양생물자원관’ 설치 근거를 2014년에 마련하여, 현재 충남 서천에서 운영 중이다.

마지막으로, 해양생물자원의 보전 및 지속 가능한 이용 측면에서, 수산업법, 수산자원 관리법을 근간으로 우리나라 관할해역에서 수산업으로 인한 해양생물자원의 훼손을 방지하고 지속 가능한 어업이 달성될 수 있도록 총 허용 어획량, 어업이 금지되는 지역과 금지되는 시기인 금어기, 어업에 사용하는 것이 금지되어 있는 어구를 설정하는 등 다양한 자원보전정책 및 조치를 마련하고 있다. 또한, 해외수역에서의 IUU 어업을 방지하기 위하여 원양산업발전법상 ‘원양산업발전종합계획’을 매 5년마다 수립하고 이를 실천하도록 하고 있다. 우리나라 어선이 IUU 어업에 종사했을 경우, 원양어업허가를 제한하는 등의 조치를 취하도록 하고 있으며, 외국어선이 IUU 어업에 종사한 뒤, 우리나라 항구로 입항한 경우 이에 대응할 수 있는 항만국 검색권한을 명시하고 있다.

이러한 국내입법 이외에도 양자적 차원에서 일본 및 중국과의 어업협정을 통하여 IUU 어업에 대한 대응근거를 확보하고 있고, 러시아와는 2010년 『대한민국 정부와 러시아 연방정부 간의 해양생물자원의 불법, 비보고 및 비규제 어업 방지 협력에 관한 협정』을 체결한 바 있다. 또한, 우리나라는 외국의 배타적 경제수역에서의 어업허가 획득을 위하여 총 13건의 양자어업협정을 체결하였으며, 지역적 차원에서 18개 지역수산기구에 가입하고 있다.

표 3 | 우리나라가 가입한 지역수산기구(2018년 7월 4일 기준)

명칭	가입일	회원국
아시아-태평양수산위원회(APFIC)	1950. 1	호주 등 20개국
북서대서양수산위원회(NAFO)	1993. 12	캐나다 등 12개국
중동대서양수산기구(CECAF)	1968. 1	일본 등 32국
중서대서양수산기구(WECAFC)	1974. 1	이태리 등 33국
남동대서양수산기구(SEAFO)	2011. 4	앙골라 등 5개국
남인도양수산협정(SIOFA)	2014. 10	호주, 뉴질랜드 등
남태평양수산관리기구(SPRFMO)	2012. 4	뉴질랜드, 칠레 등 참여

북태평양수산위원회(NPFC)	2015. 6	일본, 미국 등 7개국
대서양참치보존위원회(ICCAT)	1970. 8	스페인 등 48개국
인도양참치보전위원회(IOTC)	1996. 3	호주 등 28개국
남방참다랑어보존위원회(CCSBT)	2001. 10	일본 등 4국
중서부태평양수산위원회(WCPFC)	2004. 11	호주 등 25국
전미열대다랑어위원회(IATTC)	2005. 12	미국 등 15국
국제포경위원회(IWC)	1978. 12	일본 등 88개국
남극해양생물보존위원회(CCAMLR)	1985. 4	칠레 등 24국
중부베링공해명태자원 보전관리협약(CBSPC)	1995. 12	미국 등 6국
북태평양소하성어족위원회(NPAFC)	2003. 5	캐나다 등 5개국
북태평양해양과학기구(PICES)	1995. 7	미국 등 6개국

(출처: 해양수산부 홈페이지 정책바다 국제협력총괄과)

## 참고문헌

- 이용희, 2016, "IUU어업에 대한 국제법상 국가의 의무와 우리나라의 국내입법 태도에 관한 연구, 「한국해양정책학회지」, 제1권 제2호, 248-277 p.
- 한국해양수산개발원 편, 2017, 「대한민국의 해양법 실행」, 일조각.
- 법제처 국가법령센터 홈페이지 <http://www.law.go.kr/LSW/main.html>
- 외교부 조약정보 홈페이지 [http://www.mofa.go.kr/www/wpge/m\\_3834/contents.do](http://www.mofa.go.kr/www/wpge/m_3834/contents.do)
- 유엔 해양법 사무국 홈페이지 <https://www.un.org/Depts/los/index.htm>
- 해양수산부 홈페이지 <http://www.mof.go.kr>



# 지속가능한 해양을 만들기 위한 국제 사회의 노력

이윤호 | 한국해양과학기술원 책임연구원

## 지속가능발전목표 14.a

해양 건강을 개선하고 개발도상국, 특히 군소도서개발국과 최저개발국의 발전에 대한 해양 생물다양성의 기여를 높이기 위해, 과학지식을 증진하고 연구역량을 강화하며 정부간해양 위원회의 기준과 지침을 고려하여 해양기술을 이전한다.

(Increase scientific knowledge, develop research capacity and transfer marine technology, taking into account the Intergovernmental Oceanographic Commission Criteria and Guidelines on the Transfer of Marine Technology, in order to improve ocean health and to enhance the contribution of marine biodiversity to the development of developing countries, in particular small island developing States and least developed countries)

## 세부목표 달성 지표 14.a.1

전체 연구예산 대비 해양기술 분야 연구에 할당된 예산의 비율

(Proportion of total research budget allocated to research in the field of marine technology)

## 세계 모든 바다는 하나다.

위성에서 보면 지구는 온통 바다로 덮여 있다 (그림 1). 대륙도 지구 전체로 보면 섬에 불과하다. 지구 표면의 약 71%를 차지하는 바다는 모든 육지를 둘러싸고 하나로 이어져 있다. 이러한 사실을 간파한 크리스토퍼 콜럼버스(Christopher Columbus, 1451~1506)는 바닷길을 이용해 향신료 산지인 인도로 가고자 했다. 비록 아메리카 대륙에 막혀 인도에 이르지 못하는 못하였지만, 서양이 신대륙을 통해 막대한 부를 축



그림 1 위성에서 본 지구 모습 (출처: NASA 웹사이트)

적하고 세계사의 주역으로 등장하게 되는 역사적 사건을 만들어 냈다. 바다를 통해 세계 일주가 가능하다는 것을 최초로 보여준 사람은 페르디난드 마젤란(Ferdinand Magellan, 1480~1521)이다. 1519년 스페인 세비야 항구를 출발한 마젤란 탐험대는 아메리카 대륙 남쪽을 통과하고 태평양을 건너 1521년 필리핀 세부섬에 도착했다. 마젤란이 죽는 우여곡절을 겪으면서도 탐험대는 다시 인도양을 넘고 대서양을 거쳐 1522년 마침내 세비야 항구로 돌아왔다. 이후 바닷길은 전 세계 곳곳을 연결하며 사람과 물자를 나르는 주요 통로가 되었다. 바닷길이 열림으로써 국제 무역이 발달하고 산업 발전이 뒤따랐다. 현재 세계 물동량의 약 70%가 바다를 통해 운반되고 있으며, 우리나라의 경우는 수출입 화물의 90% 이상이 바닷길에 의존한다.

### **바다는 지구 기후를 조절하고 경제 발전의 토대가 된다.**

바다는 지구 위에 존재하는 물의 약 97%을 담고 있는 지상 최대의 저수지이다. 호수나 강에 있는 담수도 대부분 바닷물이 증발하였다가 내린 비가 모여 만들어진다. 비열이 높은 물이 바다에서 육지로 이동하고, 다시 바다로 흘러가는 순환을 반복하면서 많은 열에너지를 바다에서 육지로 실어 나른다. 바닷물의 흐름인 해류 역시 열에너지의 흐름이라고 할 수 있다. 적도해역에서 온대해역으로 흐르는 난류는 적도 바다에 쌓이는 열에너지를 고위도지방으로 옮겨 주며 그 주변의 기후를 따뜻하게 해준다.

바다는 기후변화의 주범이라 할 수 있는 이산화탄소의 저장소 역할도 한다. 수소 두 분자와 산소 한 분자로 된 H<sub>2</sub>O, 물은 극성이 있어 이산화탄소를 잘 녹인다. 화석연료에서 배출되는 이산화탄소의 약 30%는 바다가 흡수하여 대기 중의 농도 증가를 억제하는 효과를 낸다. 대기 중에 존재하는 산소의 약 50%이상도 바다에서 해조류가 만들어낸다.

현재, 지구 인구의 40%는 연안에서 60km 이내에 살고 있다. 바다가 주는 사회경제적 이득이 많기 때문이다. 바닷가에서는 해산물을 쉽게 얻을 수 있어 식량을 확보하기에 유리하다. 다양한 어패류가 인류에게 중요한 식량자원이 되고 있다. 바다에서 대구 어장을 더 많이 차지하기 위해 일어났던 싸움인 영국과 아이슬란드 간의 소위 대구전쟁(1972년~1976년)은 바다 어류자원의 중요성을 웅변한다. 맑은 공기와 편안한 휴식처 또한 인류가 바다에서 얻을 수 있는 커다란 혜택이다. 바닷가에 휴양지가 개발되고 해양관광산업이 발달하는 이유이기도 하다. 바닷길을 통한 해운 물류는 세계 경제의 동맥이라고 말할 수 있다. 전 세계 구석구석을 이어주는 바닷길로 원료가 수송되고 상품이 이동한다. 산업의 원천 에너지인 석유도 유조선에 실려 바닷길을 따라 흐른다. 항구와 항만도시, 임해공업단지의 발달, 조선업과 해운산업의 발전이 필연적인 귀결이다. 그래서 세계 선진국은 해양강국

이기도 하다.

우리나라가 빠르게 경제성장을 이룬 데에도 해양의 역할이 컸다. 삼면이 바다인 환경 조건이 초기에 원양어업과 해운 산업을 육성하는 데 바탕이 되었으며, 바닷가를 따라 중화학공업단지를 개발하여 수출주도의 산업발전을 이루는 데 유리한 여건을 제공하였다. 바다가 있었기에 우리나라의 철강 산업, 조선 산업, 석유화학 산업, 자동차 산업 등등이 세계 최고수준으로 발전할 수 있었던 것이다.

## 바다는 지구표면의 얇은 막에 불과하다.

바다에 대한 지식이 부족하였던 20세기 중반까지만 해도 해양은 고갈되지 않는 무한한 자원을 갖고 있으며 모든 것을 정화해 내는 마이다스의 공간으로 여겨졌다. 그런데 1956년 일본 구마모토 현 미나마타 만에서 어패류를 먹은 주민들이 수은중독 증상을 보이면서 바다도 오염될 수 있음이 알려졌다. 바닷가에 세워진 공장에서 흘러든 폐수가 만 전체를 오염시킨 것이다. 1990년대에는 수산업에서 바다 어류자원의 고갈 문제가 나타났다. 그물과 고기잡이 방법의 발달에도 불구하고 잡는 어업 생산량이 정체되고 감소하기 시작한 것이다(28쪽, 그림 1). 2000년대 들어서는 플라스틱에 의한 해양오염이 심각한 문제로 대두되었다. 바닷가를 따라 플라스틱 쓰레기가 줄지어 널려있는 풍경은 일상사가 되었으며, 죽은 바닷새와 고래의 뱃속에서 다량의 플라스틱 쓰레기가 나오기도 한다. 연안의 얇은 바다 밑에는 많은 양의 폐그물이 널려 있고 4000미터가 넘는 심해의 바닥에서도 플라스틱 쓰레기가 발견된다. 심지어, 대양의 환류 중심 해역에는 해류를 타고 모여 든 플라스틱이 잘게 부셔진 미세플라스틱 형태로 넓은 바다에 퍼져있는, 흔히 플라스틱 쓰레기 섬이라고 불리는 미세플라스틱 밀집지대가 만들어진다.

이제 바다가 무한한 자원의 보고이며 막대한 수용력을 가진 공간이라는 생각을 바꾸어야 할 때이다. 미국 지질조사국(US Geological Survey)은 바닷물을 포함하여 지구상에 존재하는 모든 물을 한 데 모아 하나의 물덩어리로 표현해 보았다. 물 전체는 지름 약 1,380km의 작은 덩어리로 모아졌다(그림 2). 이 작은 물덩어리가 넓게 퍼져서 지구표면의

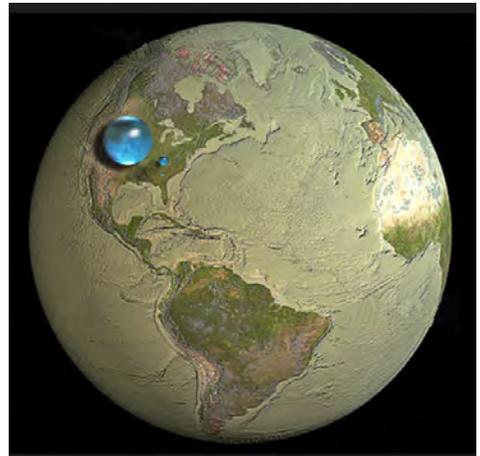


그림 2 | 지구 위에 있는 물 전체를 모아 만든 물덩어리와 지구의 크기 비교 (미국 지질조사국, 2019)

약 71%를 4km 두께로 덮고 있는 것이다. 지구를 반지름이 1m인 커다란 공에 비유한다면 바다는 두께가 1mm도 채 되지 않는 얇은 막에 불과하게 된다.

인구가 늘고 경제 활동이 활발해지면서 해양에 미치는 인간의 영향이 급속히 증가하였다. 지구 전체에 비해 규모가 작은 바다에 인간 활동으로 만들어진 각종 오염물질이 흘러든다. 해양관광과 수산업의 무절제한 확대가 해양생태계를 파괴한다. 이제 바다는 자정능력의 한계를 넘어선 오염에 시름하고 생태계 파괴와 자원 고갈에 고통 받고 있다.

많은 수산식량을 제공하고 편안한 휴식처가 되어 준 바다, 지구 기후를 조절하고 경제 발전의 토대가 되어 준 바다를 보존하고 회복시키기 위해 국제사회가 한데 뭉쳤다. 유엔은 2016년부터 2030년까지 지구촌이 함께 추구할 목표로서 지속가능발전목표(SDGs)를 채택하고 해양을 하나의 독립된 장으로 포함시켰다. 2030 아젠다로 제시된 17개 지속가능발전목표에 ‘해양과 해양자원의 보존 및 지속가능한 이용’을 SDG 14로 넣었다. 인류의 지속가능한 발전을 위해 해산물 식량 확보와 빈곤 퇴치, 해양 환경과 자원의 보존, 기후와 지구에 대한 이해, 자연재해 예측과 대응 등을 위해 바다에 대한 깊은 이해와 지속가능한 이용의 중요성에 주목한 것이다.

## 바다에 대한 이해 증진과 해양과학 역량강화가 시급하다.

유엔은 2017년 6월 유엔본부에서 전 세계 회원국은 물론 해양과 관련된 다양한 이해당사자가 참여한 유엔해양컨퍼런스를 개최하였다. 여기서 해양에 대한 이해수준이 향상되고 있지만 정책결정자들이 정보에 바탕을 둔 결정을 내리기에는 아직도 해양 지식에 상당한 미비점과 불균형이 남아 있음을 확인하였다. 지구 생태계에서 해양의 역할을 충분히 이해하려면 해양생태계 진행과정과 기능에 대한 자세한 조사가 필요하며 인간의 사회경제적 활동이 해양생물다양성과 생산성에 미치는 영향에 대한 치밀한 분석이 필요하다. 해양과 기후변화의 관계를 명확히 이해하기 위해서는 해수 온도와 염분의 분포, 해수면 상승, 이산화탄소 흡수, 영양분의 분포와 순환에 대한 상세한 정보가 필요하다. 또한, 해양쓰레기와 플라스틱, 중금속과 같은 유해물질의 수명주기와 영향에 대한 지식, 공해상의 어류자원과 생물종에 대한 정보, 연안지역 통합 관리 및 보전 조치의 효과와 영향에 대한 자료가 부족한 상태이다.

바다에 대한 우리의 지식수준이 해역에 따라 상당한 차이가 있다는 것도 드러났다. 국가 관할권 밖의 심해와 해저에 관한 자료가 빈약하며, 정확한 수심에 대한 정보는 전체 바다의 18%에서만 알려져 있다. 북극해와 인도양에 대한 지식이 다른 해양에 비해 부족하며, 태평양과 대서양에서는 남반구가 북반구에 비하여 덜 조사되었다. 한편, 선진국과 개

발도상국 간 해양과학 역량에 격차가 있어 해양지식이 불균등하며, 남성과 여성 간에는 여성의 해양과학 참여가 더 적은 것으로 나타났다.

유엔에서 해양과학 분야를 담당하는 기구인 유네스코 정부간해양학위원회(Intergovernmental Oceanographic Commission, IOC)는 글로벌 해양과학보고서(Global Ocean Science Report, 2017)를 통해 각 회원국의 해양과학에 대한 투자가 전체 연구개발비의 0.04%에서 4% 미만에 불과하다고 밝혔다. 또한, 해양과학을 주제로 발표된 논문수를 기준으로 각 나라의 해양과학 역량을 살펴보았을 때, 북미와 유럽, 동아시아 국가가 다른 지역 국가들에 비해 크게 앞서는 것으로 나타났다(그림 3).

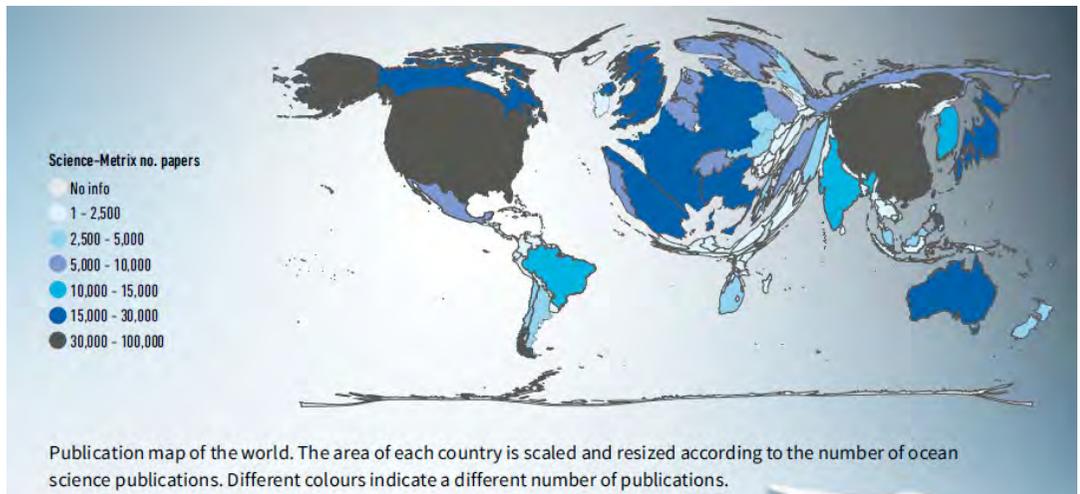


그림 3 | 해양과학 관련 논문수에 비례하여 재구성된 세계 지도 (글로벌해양과학보고서, 2017)

유엔은 이와 같은 해양 지식의 미비점과 불균형을 해소하기 위해서는 각 국 정부가 해양투자를 확대하여 해양과학 역량을 강화하고, 국제협력과 다학제적 협력을 활성화하며, 개발도상국에 대한 기술이전이 필요하다고 강조한다. 유엔해양컨퍼런스 결과를 바탕으로 2017년 유엔총회는 SDG 14, 지속가능한 해양의 실현 방안으로서 ‘지속가능발전을 위한 유엔해양과학10년(UN decade of ocean science for sustainable development, 2021~2030)’을 선언하였다(그림 4).



그림 4 | UN해양과학10개년사업 소개 책자 표지 (IOC-UNESCO/2019 제공)

### 유엔 해양과학10년(UN Decade of Ocean Science)을 준비하다.

SDG 14에 그 역할이 명시된 정부간해양학위원회(IOC)는 유엔총회의 위임을 받아 ‘유엔 해양과학10년’ 시행을 위한 로드맵을 작성하고 구체적인 실행계획을 수립하고 있다. 시행 로드맵은 유엔해양과학10년의 비전을 ‘우리가 원하는 미래를 위해 필요한 해양과학, Ocean Science We Need for the Future We Want’로 정하고, 그 목표를 1) 해양과학 지식을 생산하고 관련 인프라를 확충하며 협력을 확대하는 것과 2) 해양과학과 자료, 정보를 정책에 제공하여 해양의 원활한 기능을 유지함으로써 유엔 지속가능발전목표 달성을 지원하는 것으로 설정하였다. 유엔해양과학10년 프로그램은 사회적으로 중요한 과제인 연안관리와 기후변화 적응, 해양공간 관리와 청색경제 실현, 해양보호구역 설정, 수산자원 관리, 해양재난 대응과 해양정책 개발 등에 기여함으로써 궁극적으로 ‘깨끗한 바다’, ‘건강하고 회복력 있는 바다’, ‘예측 가능한 바다’, ‘안전한 바다’, ‘지속가능한 생산이 이루어지는 바다’, ‘투명하고 접근 가능한 바다’를 실현하는 사회적 성과를 내는 것을 목적으로 한다. 이와 같은 목적을 달성하기 위한 첫 걸음으로써 시행 로드맵은 1) 해저지형도를 포함하는 전 대양 디지털 지도 제작, 2) 종합적인 해양관측 체계 구축, 3) 관리와 적응을 위한 기초자료로서 해양생태계와 그 기능에 대한 정량적인 이해, 4) 정보자료 포털사이트 운영, 5) 대양 규모의 통합적인 다재난 경보체계 구축, 6) 인문사회과학과 경제성평가 분야를 포함하는 지구계의 해양에 대한 다학제적 관측/연구/예측, 7) 역량강화와 기술이전, 교육훈련, 해양 이해력 증진 등 일곱 가지의 연구개발 우선추진 과제를 제시한다. 유엔해양과학10년 프

로그래의 추진 성과는 SDG 14 지속가능한 해양을 실현함은 물론, SDG 1(빈곤종식), SDG 2(기아해소), SDG 3(건강과 웰빙), SDG 6(물과 위생), SDG 8(양질의 일자리와 경제성장), SDG 9(혁신과 인프라), SDG 10(불평등 완화), SDG 11(지속가능 도시), SDG 13(기후변화 대응), SDG 16(평화와 정의, 제도) 등 거의 모든 유엔 지속가능발전목표 실현에 기여할 것으로 예상된다(그림 5).

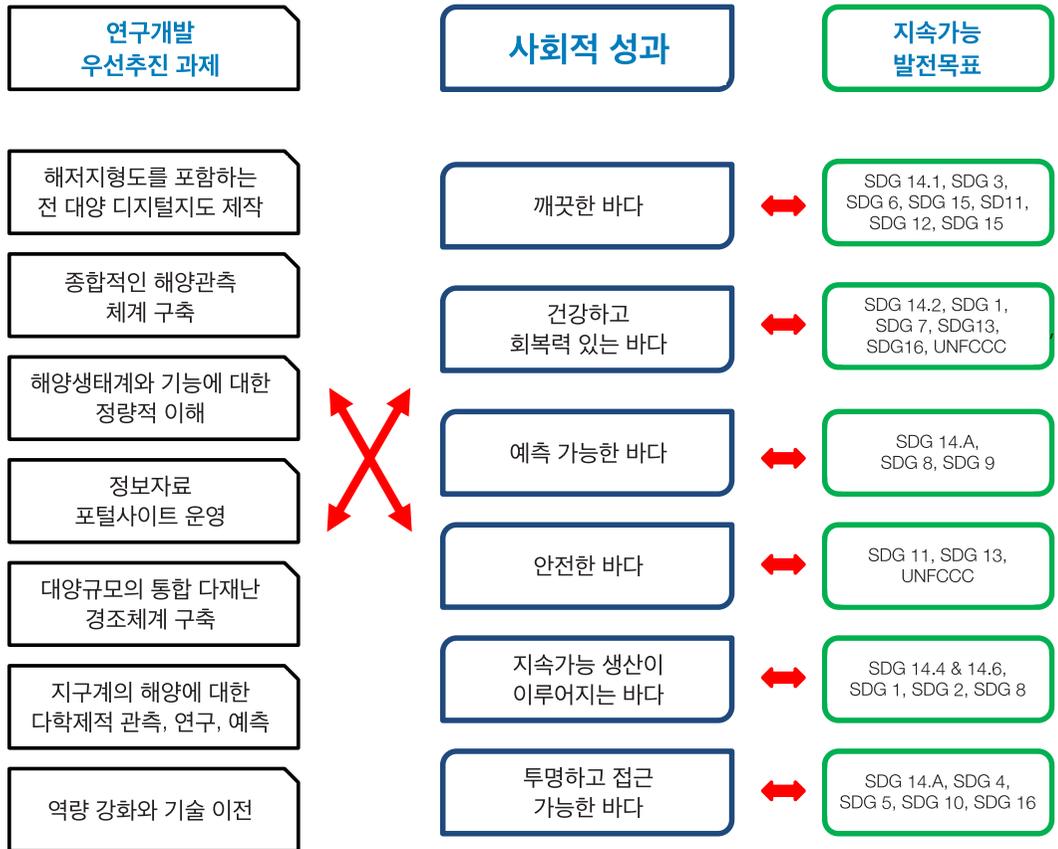


그림 5 | UN Decade 우선추진 과제, 사회적 성과, 지속가능발전목표 간의 연관성(UN Decade roadmap, 2018)

유엔해양과학10년 실행계획을 준비하는 IOC 사무국과 19명의 전문가로 구성된 기획준비위원회는 2019년 5월 덴마크 코펜하겐에서 제1차 글로벌 기획회의를 개최하였다. 회의에 참석한 IOC 회원국, 해양 관련 국제기구, 비정부기구, 산업체, 자선단체 등 다양한 해양관련 이해당사자들은 본 프로그램이 유엔 지속가능발전목표 달성을 위해 꼭 필요한 사업임을 재확인하였다. 또한, 자연과학과 사회과학과의 통섭 등 다학제적 접근, 기술 혁신, 전 대양 관측체계 구축과 지속적 운영, 자료 공유, 시민-정책결정자-산업체와 협력, 개

발도상국 특히 군소도서국에 대한 역량강화와 기술이전 등을 우선 고려 사항으로 제시하였다. 이후 IOC 사무국과 기획준비위원회는 2019년 12월까지 전 세계 대양을 대표하는 여덟 개 지역에서 워크숍을 열어 각 해역의 해양과학 과제 수요를 파악하고, 최종적으로 2020년 5월 제2차 글로벌 기획회의를 개최하여 유엔해양과학10년 프로그램의 실행계획안을 마련할 예정이다. 이 실행계획안은 2020년 6월 IOC 집행이사회를 거쳐 그 해 가을 제75차 유엔총회에서 승인을 얻으면 최종 확정되어 2021년부터 시행된다(그림 6).



그림 6 | 유엔해양과학10년 프로그램 준비로드맵 (IOC-UNESCO/2019 제공)

### 지속가능한 해양을 위해 지구촌이 한 데 뭉쳤다.

유엔은 또한 2017년 유엔해양컨퍼런스 개최를 계기로 각 회원국에게 SDG 14의 실현을 위한 자발적 기여(voluntary commitments)를 요청하였다. 지금까지 약 1500여개 사업이 제안되어 국가, 지역, 혹은 글로벌 차원에서 추진 중이다. 유엔 사무총장이 임명한 해양특별대사와 유엔경제사회국(DESA)은 이 사업들을 크게 9가지의 해양행동공동체(Communities of Ocean Action)로 묶고 진행상황을 점검하며 실행을 도와준다. 여기에는

1. 산호초, 2. 해양법협약에 근거한 국제규범 이행, 3. 맹그로브, 4. 해양과 연안 생태계 관리, 5. 해양 오염, 6. 해양 산성화, 7. 과학지식과 연구역량 강화 및 기술 이전, 8. 지속가능한 청색경제, 9. 지속가능한 수산업 등이 포함된다(표 1). 2019년 5월에는 한국 인천에서 해양행동공동체 회의를 갖고 자발적 기여 사업을 추진하는 과정에서 얻은 경험을 공유하고 모범사례를 소개하였다. 유엔은 2020년 유엔경제사회국 주관으로 제2차 유엔해양컨퍼런스를 개최하여 그동안 SDG 14의 추진성과를 평가하고, 향후 추진방향을 논의할 예정이다.

유엔체제 내에는 해양 문제를 다루는 다양한 기구들의 협의체로서 유엔해양연합회(UN-OCEANS)가 있다. 여기에는 정부간해양학위원회(IOC)를 비롯하여 국제해사기구(IMO), 세계기상기구(WMO), 유엔식량농업기구(FAO), 유엔환경계획(UNEP), 유엔개발프로그램(UNDP) 세계해저기구(ISA), 유엔해양법국(DOALOS), 유엔경제사회국(DESA), 유엔대학(UNU), 세계은행(World Bank), 생물다양성협약(CBD) 등등 24개 기구들이 참여한다(표 2). 유엔해양연합회는 매년 정기적인 모임을 갖고 기구들 간의 협력방안을 논의하고 유엔 주관 사업들의 일관성과 효율성 제고를 위하여 사업계획을 공유한다. 또한, 사업수행 과정에서 얻은 경험과 방법, 모범사례에 대한 정보를 나눈다. 이 연합회가 주관하는 공동사업으로 정책결정자와 과학자, 학생, 자원관리자를 위한 데이터베이스로서 UN 해양아틀라스 제작, 육상기인 오염에서 해양환경을 보호하기 위한 글로벌 행동프로그램, 해양환경 상태 평가, 국제 산호초보호사업, 글로벌 해양관측 프로그램, 글로벌 기후관측 프로그램, 세계 해양의 날 행사 등이 있다. 유엔해양연합회의 각 기구들은 위와 같은 공동사업에 참여할 뿐만 아니라 독자적으로도 다양한 활동을 실행함으로써 SDG 14 지속가능한 해양의 달성을 위해 노력하고 있다.

표 1 | 해양행동공동체(COAs) 분야 별 주요 내용

해양행동공동체 종류	주요 내용
산호초 (Coral reefs)	산호초의 보호와 관리, 회복, 지역민의 어업과 관광 수익의 지속가능한 확보를 위한 활동 지원; 106개 회원이 141개 자발적 기여 활동 수행
해양법협약에 근거한 국제규범 이행 (Implementation of international law as reflected in the UN convention on the law of the sea)	해양오염, 남획, 연안 파괴, 산성화 등 해양생태계에 악영향을 미치는 인간활동을 관리하고 조정하기 위한 정부 간, 지역 간, 국제사회의 협약 이행을 지원; 272개 회원이 308개 자발적 기여 활동 수행
맹그로브 (Mangroves)	맹그로브와 관련 생태계의 회복, 재생, 보호와 관리 활동 지원; 79개 회원이 127개 자발적 기여 활동 수행
해양과 연안 생태계 관리 (Marine and coastal ecosystems management)	해양보호구역, 해양공간계획, 광역생태계관리, 공동체기반의 생태계 관리 활동 지원; 762개 회원이 869개 자발적 기여 활동 수행
해양 오염 (Marine pollution)	플라스틱 사용규제, 재활용, 연안 청소를 통한 오염 저감, 영양염 관리, 오염물질 관리 활동 지원; 553개 회원이 683개 자발적 기여 활동 수행
해양 산성화 (Ocean acidification)	해양산성화에 대한 과학조사와 협력, 회복력 강화, 완화와 탄소 포집 활동 지원; 240개 회원이 266개 자발적 기여 활동 수행
과학지식과 연구역량 강화 및 기술 이전 (Scientific knowledge, research capacity development and transfer of marine technology)	연구, 조사역량 강화, 훈련과 전문가 양성, 자료 접근과 해양기술 이전 활동 지원; 531개 회원이 608개 자발적 기여 활동 수행
지속가능한 청색경제 (Sustainable blue economy)	지속가능한 관광, 양식, 해운, 어업, 재생에너지 등 해양기반 경제개발 활동 지원; 333개 회원이 392개 자발적 기여 활동 수행
지속가능한 수산업 (Sustainable fisheries)	지속가능한 수산식량 확보, 지역수산기구 강화, 소규모 어업 공동체 권리와 시장접근 확대 지원; 453개 회원이 525개 자발적 기여 활동 수행

표 2 | 유엔해양연합회(UN-OCEANS) 참여 기구와 주요 활동

유엔해양연합회 참여 기구	주요 활동
정부간해양학위원회 (Intergovernmental Oceanographic Commission)	해양과 해양자원에 대한 과학적 조사와 연구 및 국가간 기술이전과 역량강화
국제해사기구 (International Maritime Organization)	해운의 안전과 안보 확보 및 선박에 의한 해양과 대기의 오염 방지
세계기상기구 (World Meteorological Organization)	지구 대기와 육지, 바다의 상호작용 및 기상과 기후 변화 연구, 예측, 서비스
유엔식량농업기구 (Food and Agricultural Organization)	기아 해소와 식량 안보
유엔환경계획 (UN Environmental Programme)	지구환경 보존
유엔개발프로그램 (UN Developmental Programme)	가난 극복과 불평등 해소
세계해저기구 (International Seabed Authority)	공해상 해저광물자원의 지속가능한 개발
유엔해양법국 (UN Department of Ocean Affairs and Law of the Sea)	유엔해양법 실행에 대한 자문과 지원 및 조사와 연구
유엔경제사회국 (UN Department of Economy and Social Affairs)	경제사회환경에 대한 글로벌 의제 설정과 이행, 지속가능발전목표 추진
유엔대학 (UN University)	국제사회 문제 해결을 위한 싱크탱크, 석박사과정 교육, 개발도상국 역량강화
세계은행 (World Bank)	개발도상국의 가난해소와 지속가능 발전을 위해 필요한 국제금융 제공
생물다양성협약 (Convention of Biological Diversity)	생물다양성 파악 및 보전, 지속가능한 이용, 활용 이익의 공정한 배분
국제원자력기구 (International Atomic Energy Association)	원자력기술의 안전하고 평화로운 이용 증진, 핵무기 확산 방지
유엔대테러위원회집행국 (Counter-Terrorism Committee Executive Directorate)	국내외 테러 대응을 위한 유엔결의문 1373 이행을 감시
유엔아시아태평양경제사회위원회 (Economic Social Commission for Asia Pacific)	아시아태평양지역의 지속가능발전을 위한 싱크탱크, 협력 플랫폼
국제노동기구 (International Labor Organization)	노동표준 확립, 품위있는 노동 증진

유엔최빈국내륙국소도서국고위대표실 (Office of High Representative for the Least developed countries, Landlocked developing countries and Small Island developing states)	최빈국, 내륙국, 소도서국의 지속가능한 발전과 경제사회문제 해결 활동을 조정
유엔무역개발회의 (UN Conference on Trade and Development)	국제 무역체제에서 개발도상국의 이익 확보. 투자, 기술 지원
유엔교육과학문화기구 (UN Educational, Scientific and Cultural Organization)	세계 각 국의 교육, 과학, 문화를 증진; IOC를 산하에 둠
유엔난민기구 (UN High Commissioner for Refugees)	난민 보호와 난민 문제 해결을 위한 국제적인 조치를 주도하고 조정
유엔산업개발기구 (UN Industrial Development Organization)	지식, 기술, 정보를 활용하여 생산직 일자리를 늘리고, 경제 경쟁력을 증진
유엔훈련조사연구소 (UN Institute for Training and Research)	글로벌 정책결정과 더 나은 미래를 위한 활동 지원 혁신 교육프로그램 제공
세계관광기구 (The World Tourism Organization)	책임있고, 지속가능하며, 누구에게나 개방된 관광산업 촉진
유엔비무장국 (Office for Disarmament Affairs)	대량살상무기의 미무장과 비확산 및 재래식 무기의 관리

SDG 14는 지속가능한 해양이라는 목표를 달성하기 위해 국제사회가 유엔해양법협약의 원칙에 따라 해양관련 국제법을 이행하고 해양 활동을 수행할 것을 14.c 항목에 명시하고 있다. 이에 근거하여 유엔해양법협약의 주무기관인 유엔해양법국은 2019년 6월 유엔본부에서 제20차 해양과 해양법 비공식회의를 개최하고, IOC가 주관하는 유엔해양과학10년의 준비상황을 포함하여 SDG 14와 관련된 국제사회 활동을 평가하고 향후 추진방향을 논의하였다. 이 회의의 결과로서 SDG 14 달성을 위해 국제사회가 중점적으로 실시할 향후 과제 여섯 가지를 제시하였다. 이를 소개하면 다음과 같다.

1. 유엔해양법협약의 역할을 보다 분명히 한다.
2. 해양과학에 첨단 기술을 적용하고 새로운 기술을 개발하며 해양자료의 관리와 공유에 대한 국제적 표준을 확립하고 개방형 접근 정책을 시행한다.
3. 원주민과 지역주민의 전통지식을 적극 활용한다.
4. 해양과학과 정책 간의 인터페이스를 강화하여 해양 데이터가 정책결정자들에게 쉽게 제공되도록 한다.
5. 개발도상국의 해양과학 수행 역량을 강화한다.
6. IOC가 제안한 유엔해양과학10년 사업의 중요성에 주목하면서 이를 유엔해양회의(UN-OCEANS)의 활동 및 유엔해양법국의 세계해양평가(World Ocean Assessment), 정규과정(Regular process) 사업 등과 함께 다자간 협력으로 추진한다.

세계 해양과학자들도 SDG 14 실현을 위해 힘을 모으고 있다. 국제해양연구위원회(Scientific Committee for Ocean Research, SCOR)는 DNA기반의 글로벌 동물플랑크톤 다양성 분석, 해양 일차생산력 자동 측정, 부유성쓰레기의 해양이동 분석과 모델링 등의 작업반을 운영하며 기후변화 시대에 해양생태계의 지속가능성에 대해 집중 연구하고 있다. 북위 30도 이상의 북태평양 연안에 위치한 한국과 중국, 일본, 러시아, 캐나다, 미국의 해양과학자들은 북태평양해양과학기구(PICES)를 통하여 해양생태계서비스, 해양플라스틱 오염, 해양환경과 회유성어류의 분포와 생산성과 같은 작업반을 운영한다. PICES는 SDG 14 달성을 위해 유엔이 추진하는 해양과학 10년 프로그램과 연계하여 PICES 해양10년(PICES Ocean Decade) 사업을 수행할 예정이다. 대서양을 사이에 둔 미국과 캐나다, 유럽의 해양과학자들이 모인 세계해양탐사위원회(International Council for the Exploration of the Sea, ICES)도 적극 나서고 있다. 바다와 대양의 보전과 지속가능한 이용을 위한 해양과학발전에 목적을 둔 ICES는 2030년까지 추진할 우선순위 과제로서 해양생태계의 구조, 기능, 변동 연구, 인간 활동이 생태계에 미치는 영향 연구, 관측과 탐사, 새로운 기술 개발과 적용, 수산식량 확보, 보전과 관리를 위한 과학 지식 증진, 해양과학과 정책 연계 등을 설정하고 SDG 14 지속가능한 해양 목표 달성을 위해 힘을 쏟고 있다(ICES 과학 계획, 2019).

시민과 사회단체들도 해양에 대한 이해력을 높이고 해양환경을 보전하는 운동을 활발히 전개하고 있다. 세계수족관협회의회는 정부간해양학위원회(IOC)와 2019년 업무협약을 맺고 유엔해양과학10년 프로그램의 우선추진 과제의 하나인 해양이해력 증진 활동에 동참하기로 하였다. 세계해양박물관협의회도 2019년 총회 의제에 박물관과 어린이, 배움과 참여, 공동체 참여, 전통기술의 전수 등을 포함시키고 해양유산의 보존과 해양문화 증진 활동을 적극 추진할 계획을 세우고 있다. 시민과 학생, 기업에 대한 해양과학 교육과 해양소양 증진에 힘써온 글로벌 해양과학교육 워크숍(Global Ocean Science Education Workshop)은 2019년 의제에 유엔해양과학10년과 해양소양을 포함시키고 지속가능한 해양을 위한 해양과학교육의 방향에 대해 집중 논의하고 그 실천계획을 수립할 예정이다. 한편, 정부간해양학위원회는 2015년부터 해양교사 글로벌 아카데미(Ocean Teacher Global Academy)라는 온라인-오프라인 연결 플랫폼을 마련하고 세계 각국의 해양과학 교육활동을 돕는다. 시민단체의 SDG 14 참여는 2017 유엔해양컨퍼런스의 결과에 잘 나타나 있다. 세계야생동물기금 등 다양한 비정부단체가 참석하여 해양환경 보전의 필요성에 대한 현장의 목소리를 전하고 400여 개의 자발적 기여(voluntary commitments) 과제를 제시하였다. 시민단체는 또한 매년 6월 8일 세계해양의 날을 기념하여 다양한 해양환경 보전 활동을 실시하고, 글로벌 네트워크를 활용하여 시민과학(citizen science) 활동에도 참여하고

있다.

## 한국은 지속가능한 해양을 위한 국제사회의 노력에 적극 참여하고 있다.

해양에 둘러싸인 자연환경을 적극 활용하여 산업발전과 경제성장을 일구어 낸 한국은 해양수산부를 독립된 부처로 둔 세계에서 몇 안 되는 나라이다. 해양수산부와 해양관련 기관들이 중심이 되어 ‘해양과 해양자원의 보전 및 지속가능한 이용’이라는 SDG 14 목표 달성을 위해 국제사회의 활동에 적극 동참하고 있다. 선진국의 공적개발원조(Official Development Assistance, ODA)를 받던 나라에서 원조를 주는 나라가 된 한국은 2019년 기준 100억 원이 넘는 해양수산분야 ODA 사업을 통해 개발도상국과 군소도서국의 해양환경 보전, 빈곤퇴치를 위한 자원개발 역량강화와 자원관리, 해양재해 예측과 피해 저감 등을 위한 과제를 지원한다. 한국해양과학기술원은 이미 1994년부터 아시아태평양경제협력체(APEC)가 공인한 해양환경훈련교육센터(APEC Marine Environment Training and Education Center)를 개설하여, 아태지역의 학생, 연구원, 공무원, 환경 전문가를 대상으로 해양환경보전 교육훈련을 실시해 왔다. 또한, 2018년에는 해양폐기물 저감을 위한 국제협약인 런던협약/런던의정서의 승인을 받아 런던의정서 공학석사(London protocol engineering master) 프로그램을 시작하였다. 이 프로그램은 개발도상국의 해양환경 관련 정책결정자를 석사과정 학생으로 받아 연안환경 관리에 대한 기술교육을 실시한다. 한국해양수산개발원은 해양수산 ODA 센터를 설치하고 개발도상국의 해양수산 전문가를 대상으로 해양수산 기술훈련을 실시한다. 해양공간의 합리적 이용을 위한 해양공간계획(Marine Spatial Planning) 관련 교육프로그램이 하나의 예이다.

한국이 유치한 두 번째 세계박람회였던 2012여수세계박람회는 해양환경 보전을 주제로 삼았다. ‘살아있는 바다, 숨 쉬는 연안’을 주제로 내걸고 바다의 중요성과 그 가치를 알리고, 바다를 통한 인류 문명의 발전과정과 미래 산업으로서 지속가능한 해양과학기술을 보여주었다(그림 7). 박람회 개최 후에는 개발도상국을 지원하는 여수프로젝트를 실시하여 필리핀, 베트남, 인도네시아, 방글라데시, 사모아 등 개발도상국과 태평양 도서국의 해양환경 보전과 해양보호구역 관리를 위한 사업을 지원하였다(그림 8).



그림 7 | 2012여수세계박람회 주제 및 전시장 전경 (출처: 여수박람회재단 웹사이트)



그림 8 | 여수프로젝트로 지원한 필리핀 기마라스의 해양보호구역 관리시설 사진 ©한국해양과학기술원

지속가능발전을 위한 유엔해양과학10년(UN decade of ocean science for sustainable development) 프로그램에서도 한국은 주도적인 역할을 하고 있다. 정부간해양학위원회 (IOC)에서 의장을 배출한 한국은(변상경, 2011년~2015년) 노르웨이와 함께 유엔해양과

학10년을 2017년 제29차 IOC 총회에 공식 제안한 국가로 이름을 올렸다. 2018년에는 해양수산부가 IOC와 업무협약을 체결하고, 유엔해양과학10년 준비를 위한 IOC 활동에 인적, 재정적 지원을 해오고 있다. 해양수산부는 제1차 해양수산과학기술 육성 기본계획(2018년~2022년)에 국제협력 강화 분야를 주요 전략과제로 넣고 유엔해양과학10년 참여를 명시하기도 하였다. 이에 따라, 한국해양학위원회(Korea Oceanographic Commission)는 2018년부터 IOC/UN Decade 소위원회를 구성하여 운영 중이며, 2019년에는 해양수산과학기술진흥원이 IOC와 업무협약을 맺고 유엔해양과학10년의 시행단계에 필요한 협력 사업을 공동 개발하고 사업조정사무국 운영에도 참여하기로 하였다. 한편, 이 프로그램의 이행계획 수립을 위해 IOC 자문단으로 임명된 19인의 집행기획위원회에도 한국인이 참여하여(이윤호, 2018년~현재) 활동하고 있다.

한국이 해양수산 분야 국제사회에서 적극적인 역할을 하고 있음은 관련된 여러 국제기구에서 한국인이 대표로 선출되어 활동하는 데서도 볼 수 있다. 앞 절에서 언급한 정부간해양학위원회의 의장을 비롯하여 런던협약/런던의정서 합동과학그룹총회 의장(홍기훈, 2011년~2015년)이 있었으며, 현재에도 유엔국제해사기구 사무총장(임기택, 2016년~현재), 북태평양해양과학기구 총회의장(박철, 201년~현재), 북태평양소하성어류위원회 의장(김수암, 2018년~현재), 북태평양수산위원회 사무국장(문대연, 2015년~현재) 등이 활동하고 있다. 이러한 국제기구는 SDG 14 지속가능한 해양과 관련된 직접적인 이해당사자이자 관련 활동을 추진하는 주체들이다. 그동안 해양을 토대로 경제발전을 이룩한 한국은 해양에 대한 지속적인 관심과 투자를 통해 이제 해양수산 분야 국제사회를 주도하는 신흥 해양강국으로 떠오르고 있다. 유엔이 2030년까지 지구촌이 함께 추구할 목표로 설정한 지속가능발전목표(SDGs)의 14번째, ‘해양과 해양자원의 보전 및 지속가능한 이용’을 위한 활동에 적극적인 참여가 우리나라가 해양강국으로 자리매김하고 선진국으로 진입하는 촉진제가 될 것이다.

## 정부간해양학위원회

### (Intergovernmental Oceanographic Commission, IOC)

IOC는 유엔에서 해양과학 분야를 담당하는 전문기구로서 유네스코에 속해 있다. 국가 간 협력을 통해 전 해양의 해양과학 조사와 해양서비스 증진, 회원국의 해양환경관리 개선과 지속가능발전 실현, 해양정책 결정과정의 개선 등을 목적으로 삼는다. 1960년 설립된 IOC에는 현재 한국을 포함하여 150개 국가가 가입해 있다. 회원국은 유럽과 북미, 동유럽과 러시아, 중남미, 아시아와 오세아니아, 아프리카와 아랍 등 5개 그룹으로 나뉜다. 의장은 총회에서 선출하며, 부의장은 각 그룹이 선출하여 5명이 된다. 조직은 총회, 집행이사회, 사무국 및 5개의 지역위원회로 구성되며, 총회는 격년으로, 집행이사회는 매년 개최된다. 주요 해양과학프로그램으로 글로벌 해양관측체계(Global Ocean Observation System), 적조(Harmful Algal Bloom), 국제기후연구프로그램(World Climate Research Panel), 데이터부이 협력패널(Data Buoy Cooperation Panel), 광역해양생태계(Large Marine Ecosystem), 국제해색위성전문가그룹(International Ocean Color Coordinating Group), 국제해양자료교환(International Ocean Data Exchange) 등이 있으며, 역량강화 프로그램으로 해양교사아카데미(Ocean Teachers' Academy)와 지역훈련연구센터(Regional Training and Research Center)가 운영된다. 유엔 산하의 다른 기구와 협력프로그램으로는 세계기상기구(World Meteorological Organization, WMO)와 공동 운영하는 해양기상공동위원회(Joint Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology), 세계수리기구(International Hydrological Organization)와 함께 조직한 대양수심도(GEBCO) 등이 있다. 한국은 1961년 제1차 총회부터 IOC 정회원국이 되었으며, 1993년부터 지금까지 24회 연속 집행이사국으로 선출되어 활동해 오고 있다. 2011년부터 2015년까지 IOC 의장국(의장 변상경 박사, 한국해양과학기술원)이 되기도 하였다.

## 참고문헌

- 지구의 물은 얼마나 될까? (How much water is there on, in and above the Earth) 2017. 미국 지질조사국(USGS).
- 글로벌해양과학보고서 (Global Ocean Science Report), 2017. 유엔교육과학문화기구(The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization). 파리(Paris).
- Revised roadmap for the UN Decade of ocean science for sustainable development. 2018. 정부간해양학위원회. 파리(Paris).

# 유엔 SDG 14 세부목표와 지표 및 한국(K-SDG 14)의 세부목표와 지표

UN SDG 14	목 표	지 표
14.1	2025년까지 해양 쓰레기와 영양염류 오염을 포함하여, 특히 육상 활동으로부터 발생하는 모든 종류의 해양 오염을 예방하고 상당히 감소시킴	해안 부영양화 지수와 떠다니는 플라스틱 쓰레기의 밀도
14.2	2020년까지 심각한 악영향을 피하기 위해 회복력을 강화하는 방법을 포함하여 해양과 연안의 생태계를 지속가능하게 관리하고 보호하며, 건강하고 생산적인 해양을 조성하기 위한 복원 조치를 시행	생태계 기반 방식으로 관리되는 국가의 배타적 경제수역의 비율
14.3	모든 수준에서의 과학협력 강화를 포함하여 해양 산성화의 영향을 최소화하고 대응	합의된 대표 정점에서 측정된 평균 해양 산도(pH)
14.4	2020년까지 어족자원을 생물학적 특성에 따라 정해진 지속가능 최대 생산량을 달성할 수 있는 수준으로 가능한 빨리 회복시키기 위해, 어획을 효과적으로 규제하고 남획과 불법, 비보고, 비규제 어업 및 파괴적인 어업관행을 끝내며 과학에 기초한 관리계획을 시행	생물학적으로 지속가능한 수준 이내의 어족자원의 비율
14.5	2020년까지 국내법과 국제법에 부합하는 방식으로, 가능한 최상의 과학정보에 기초하여 연안과 해양 지역의 최소 10%를 보전한다.	해양지역 대비 보호구역의 면적
14.6	2020년까지, 개발도상국과 최저개발국에 대한 적절하고, 효과적으로 특별하며, 별도의 대우가 WTO 어업보조금 협상에 필수요소임을 인정하면서, 과잉어획능력과 남획을 유발하는 수산보조금을 금지하고, 불법, 비보고, 비규제 어업에 기여하는 보조금을 근절하며, 이와 유사한 신규 보조금 도입을 억제	불법, 비보고, 비규제 어업에 대항하기 위한 국제적인 수단을 이행하는 정도에 있어서 국가들의 진전도
14.7	2030년까지 수산, 양식, 관광의 지속가능한 관리를 통하여 해양자원을 지속가능하게 이용함으로써 군소도서개발국과 최저개발국의 경제적 이익을 증대	군소도서개발국, 최저개발국 및 모든 국가의 GDP 중 지속가능한 어업 비율
14.a	해양 건강을 개선하고 개발도상국, 특히 군소도서 개발국과 최저개발국의 발전에 대한 해양생물다양성의 기여를 높이기 위해, 과학지식을 증진하고 연구역량을 강화하며 정부간해양학위원회의 기준과 지침을 고려하여 해양기술을 이전	전체 연구예산 대비 해양기술 분야 연구에 할당된 예산의 비율
14.b	소규모 영세어업자들에게 해양자원과 시장에 대한 접근성을 제공	소규모 어업에 대한 접근권을 인정하고 보호하는 법/규정/정책/제도적 체계를 적용한 정도에 있어서 국가들의 진전도
14.c	‘우리가 원하는 미래’ 보고서 제158항을 상기하며, 해양과 해양자원의 보전과 지속가능한 이용에 대한 법체계를 제시하는 유엔해양법협약에 반영된 국제법을 이행하여 해양과 해양자원의 보전과 지속가능한 이용을 증진	해양과 해양 자원의 보전과 지속 가능한 이용을 위해 유엔해양법협약에 반영된 국제법의 이행을 위한 해양관련 문서를 법적, 정책적 또는 제도적 체계를 통하여 비준, 수락 또는 이행함에 있어 진전을 보이고 있는 국가의 수

K-SDG 14	목 표	지 표
14-1	육상과 해양의 오염물질로부터 해양환경 보전을 위한 관리체계를 확립한다.	수질평가 지수값을 이용한 생태기반 해역별 해수수질 기준달성율(%)  해양쓰레기 수거량(톤)
14-2	바다의 생태환경과 수산자원의 서식처를 적극적으로 관리한다.	바다숲 조성 누적면적(ha)  갯벌복원 면적(km2)
14-3	과학기술 협력 강화 등을 통한 해양 산성화에 의한 영향을 최소화한다.	연안 평균 pH 농도 적정 범위(8.0~8.2) 유지
14-4	수산자원을 지속가능하게 관리하고 과도한 어업을 지양한다.	연근해 어획량 대비 TAC(%) *TAC: 총허용어획량  TAC 대상 어종수(어종)  감척 어선 수
14-5	해양생태계의 체계적인 보전과 현명한 이용을 위해 해양보호구역 지정 면적을 확대한다.	해양보호구역 지정 개소수(개)
14-6	해양자원의 지속가능한 이용을 통해 경제적 이익을 확보한다.	어가 소득(백만원)  어가 소득/도시근로자 가구 소득(%)
14-7	해양과학 연구역량 제고와 해양과학기술 이전을 확대한다.	정부연구개발예산 대비 해양수산 연구개발 투자비중(%)
14-8	소규모 영세어업의 안정적 어업행위를 지원한다.	조건불리 수산직불제 지급율(%) *조건불리지역: 어업생산성과 정주여건 용이 불리한 지역  조건불리 수산직불제 지급단가(만원)

## 한국사회와 지속가능발전목표 14

### 우리의 지속가능한 해양

초판1쇄 인쇄 2019년 10월 30일

초판1쇄 발행 2019년 10월 30일

기획	유네스코한국위원회, 한국해양학위원회(KOC)
지은이	김용서   한국해양과학기술원 원장 (한국해양학위원회(KOC) 위원장) 정석근   제주대학교 해양의생명과학부 교수 이종명   (사)동아시아바다공동체오션 연구소장 김태욱   고려대학교 환경생태공학부 교수 남정호   한국해양수산개발원 연구위원 이용희   한국해양대학교 해사법학부 교수 이윤호   한국해양과학기술원 책임연구원
펴낸곳	유네스코한국위원회
펴낸이	김광호
주소	서울시 중구 명동길(유네스코길) 26
전자우편	sc@unesco.or.kr
홈페이지	www.unesco.or.kr
편집	강현주, 김은영, 이미영
감수	김은영, 이윤호
교열	조정현
디자인	jinminseon.com

© 유네스코한국위원회, 2019

ISBN 9788994307930 03450

유네스코한국위원회 간행물등록번호 SC-2019-BK-3

이 책은 유네스코한국위원회, 한국해양학위원회가 공동으로 기획하여 2019년도 교육부, 한국해양과학기술원의 지원으로 수행한 연구의 결과물입니다. 동 출판물에 기재된 구체적인 내용과 방향은 유네스코한국위원회, 한국해양학위원회의 입장과 반드시 일치하지 않을 수도 있습니다.

이 책은 저작권법에 따라 보호받는 저작물이므로 무단전재와 무단복제를 금하며, 이 책 내용의 전부 또는 일부를 이용하고자 할 경우에는 유네스코한국위원회로 문의해 주시기 바랍니다. 이 책의 내용을 이용할 때에는 유네스코(UNESCO Open Access Repository) (<http://en.unesco.org/open-access/>)의 이용약관을 준수해야 합니다.

 **SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS**

<b>1</b> NO POVERTY 	<b>2</b> ZERO HUNGER 	<b>3</b> GOOD HEALTH AND WELL-BEING 	<b>4</b> QUALITY EDUCATION 	<b>5</b> GENDER EQUALITY 	<b>6</b> CLEAN WATER AND SANITATION 
<b>7</b> AFFORDABLE AND CLEAN ENERGY 	<b>8</b> DECENT WORK AND ECONOMIC GROWTH 	<b>9</b> INDUSTRY, INNOVATION AND INFRASTRUCTURE 	<b>10</b> REDUCED INEQUALITIES 	<b>11</b> SUSTAINABLE CITIES AND COMMUNITIES 	<b>12</b> RESPONSIBLE CONSUMPTION AND PRODUCTION 
<b>13</b> CLIMATE ACTION 	<b>14</b> LIFE BELOW WATER 	<b>15</b> LIFE ON LAND 	<b>16</b> PEACE, JUSTICE AND STRONG INSTITUTIONS 	<b>17</b> PARTNERSHIPS FOR THE GOALS 	

