



S20 Japan 2019 Science 20

海洋生態系への脅威と海洋環境の保全 —特に気候変動及び海洋プラスチックごみについて— (仮訳)

概 要

汚染のない海洋環境は、人間社会の持続可能な開発に必要不可欠である。海洋は、大気中の熱及び二酸化炭素の巨大な吸収装置となり、人間活動により引き起こされる気候変動を緩和する役目を担っている。さらに、海洋は、タンパク質源としての水産資源の提供や様々な自然の循環を保つ等、様々な方法で人類に福利をもたらすだけでなく、精神的な安らぎの源ともなっている。しかしながら、その海洋生態系が深刻な脅威に直面している。具体的には、地球的規模での温暖化と、それに伴う海面上昇、そして海洋酸性化及び貧酸素化が、海洋環境上の主要な課題である。海洋の富栄養化、さらに重金属や有機毒性物質などの汚染物質の海洋への流入は沿岸環境を悪化させている。また、陸地と海洋の両方から発生した海洋プラスチックごみの集積は、新たに出現した課題と言える。さらに、違法・無規制・無報告 (IUU) の漁業は、海洋生態系に直接悪影響を与えている。社会に及ぼすこれらの影響を最小限に抑えるため、科学の果たす役割は重要である。そこで、G20 の科学アカデミーは、以下を提言する。

- 1) 海洋資源の今後の開発に際して、海洋環境に対する好ましくない影響を引き起こさないための専門家による科学的根拠に基づく助言の必要性
- 2) 気候変動、水産資源の乱獲、汚染など海洋生態系へのストレス要因の軽減を目的とした行動の増強
- 3) 科学的根拠に基づく目標設定とそのフォローアップ、及びステークホルダー連携を通じた都市や地域レベルでの循環経済・社会の実現
- 4) 研究船、観測・監視技術等の調査・研究基盤の能力強化及び教育による人材の育成
- 5) 世界中の科学者がアクセス可能な、データ保管装置と管理システムの確立
- 6) 地球規模での海洋の包括的な理解の促進のため、強固な国際協力の下で推進される調査・研究活動の実施と、それにより得られる情報の共有化

海洋は地球生態系の重要な要素である。海洋は、地球の主な蓄熱体として、大気環境の安定化に多大な貢献をしている。海洋による熱及び二酸化炭素の継続的な吸収は、人的要因でもたらされた大気変化に対して、最も重要な自然の緩衝材として存在している。

海洋は豊かな生物群集も含んでおり、いくつかの点では陸上に存在する以上に多様であり、さらに、タンパク質の 17~20% (FAO, 2018)、地球に存在する酸素の約半分、精神的なインスピレーションにおいて薬理的に関心が持たれる 20,000 に及ぶ物質等、人類に様々な恩恵を与えている。

海洋生態系は、人的活動により深刻な脅威に直面している。大気中の二酸化炭素の集中による気候変動は、海洋の温暖化、酸性化、貧酸素化を招いている。現在では、プラスチックごみによる汚染が広がり、海洋は他の汚染とも相まった集積点となっている。

これらの危機は様々な場で認識されており、これらの危機に打ち克つため、愛知目標生物多様性条約、持続可能な開発目標の中でも特に SDGs14 等、様々な国連組織の下で活動指針が掲げられている。さらに、これらの目標達成を促進するために、国連総会では、ユネスコ政府間海洋学委員会による提案を基に、持続可能な開発のための海洋科学の国際 10 年計画 (2021-2030 年) が示された。海はかけがいのない存在である。上記の目標を達成し、生態系を守るためには国家や各分野を超えた協力が必要である。それらに参画する科学の役割は重要である。

1. 地球温暖化、海洋酸性化、海洋貧酸素化—人的活動と地球環境変化に関連する

海洋の 3 重の脅威—

海洋生物の生物地理学は、地球温暖化と人的活動により急速に変化している。環境変化に伴い、迅速に分布と生活環境を適応若しくは変化できない種は、絶滅の危機に瀕する可能性がある。海洋生態系のこのような混乱が、人類が依存している生態系の機構へ及ぼす影響は分かっていない。沿岸部及び浅海の生態系、例えば、サンゴ礁、マングローブ、塩性湿地、大型藻類、海草藻場において、地球温暖化に伴う海面上昇も深刻な脅威となる。これは、沿岸部における開発が、これらの価値のある生息地の陸側への移動を妨げたためである。さらに超大型台風のような異常気象が度々、漁業施設を含む地域社会に甚大な被害を加えている。特に北極では急激な温暖化及び海水の減少により海洋哺乳類等の生息地が既に大幅に減少している。

大気中二酸化炭素の増加は海洋表層の酸性化も引き起こす。歴史的に、海洋酸性化は地球の生命にとって、有害作用となる主な理由であることが認められている。海洋酸性化の影響は、造礁サンゴ、巻貝、イガイ、ウニ等その他、炭酸カルシウムを殻に持つ多くの海洋生物種にとって危機的である。特に、深海サンゴ、翼足類プランクトン、円石藻、有孔虫類等、冷水種にとっては深刻な影響をもたらす。このような一連の海洋変化は、海洋食物網に付随し、海洋プランクトン層及び二酸化炭素を含む大気中の微量ガスの交換にまで拡散する変化となる可能性もある。

海洋温暖化も、世界的にも最も大きな海洋の生物多様性を有するサンゴ礁に影響を及ぼす。

海水が 30°C を超えると、サンゴと藻類との共生が崩壊しサンゴの白化現象が生じる。海洋酸性化と相まって、今世紀末までに、サンゴ礁は 1.5°C (high confidence) でさらに 70–90% が衰退し、2°C (very high confidence) でさらに大きな損失 (>99%) になると言われている (IPCC, 2018)。

海洋貧酸素化も好気性呼吸をする海洋生物にとって脅威である。特に、暗黒の貧酸素層を通過して海洋表層まで餌を取りに来るような昼行性の動物にとっては、海洋表層温暖化に伴う成層の気候変化により、層が増加する、若しくは酸素レベルが減少するといったリスクが増加する。

人間社会は、河川からの排出や非特定汚染源を通して沿岸域の海洋生態系に影響を与える。富栄養化は窒素やリン酸等の集積や、有機水銀、重金属、殺虫剤、薬 (例えば、抗生物質、避妊薬、精神剤)、ポリ塩化ビフェニル (PCB) 等の毒性物質による河川汚染によって引き起こされ、河口に近い汽水性、沿岸部の環境では深刻な汚染となっている。大流量 (例えば、ミシシッピ川) の河川では、影響のある海洋面積は数百平方キロメートルに及ぶ。ダムや港の建設、砂・砂利採掘等による都市化もまた河口や沿岸部に影響を与える。

2. 海洋プラスチックごみ—新たな脅威の出現—

海洋プラスチックごみは、海洋環境の汚染において直面すべき課題となりつつある。プラスチック製のボトルや買物バックのような大型のプラスチックごみは、誤飲や捨てられた漁網によるゴーストフィッシング等が原因となり海洋生物が死に至ることもある (Gall and Thompson, 2015)。小型のプラスチック (<5mm) はマイクロプラスチックと呼ばれ、海洋生物に危害を及ぼす。さらに、毒性有機汚染物質がこれらの表面積の大きさに比例して容易に吸着し、海洋生物に取り込まれる可能性があることが、研究室での実験において確認されている (de Sa et al, 2018)。生物濃縮を経て上位の栄養段階で既にこのように汚染されたマイクロプラスチックに侵された水産物が含まれているリスクもある (Setälä et al., 2014)。海洋ごみは外来種と共に長い距離を移動し、地域の生態系に劇的な影響も及ぼす可能性もある (Barnes, 2002)。

海洋プラスチックごみの 80% 以上は、人間社会が営まれる陸地を起因としたものであり (Ribic, 1998 ; Nakashima et al., 2011 ; Hardesty et al., 2017) 陸地と海洋の両方から発生した海洋プラスチックごみは、不十分な廃棄処理基盤にもかかわらずプラスチック消費の増加したことが要因であり、海洋環境を悪化させている。プラスチックごみの海洋生態系に与える影響を定量的に理解するためにより多くの研究が必要である。

使い捨てプラスチックの削減に加え、何世紀にも渡り我々の環境に蓄積するような素材を使用しないプラスチックの開発に向けた大幅な産業革新が必要である。

3. 基礎研究の促進、科学と政策における協力の必要性

近年、漁業活動が海洋環境に与える影響が深刻となっている。持続可能な漁業を促進するために、法整備や FAO が定義している IUU (違法・無報告・無規制) 漁業の撲滅を含む科学

的根拠に基づいた漁業活動の国家および国際管理が今までも増して重要である。

海洋における保護区域の設置は、生物多様性と生息場所を保護し、雇用を生み出し、炭素を貯蔵し、枯渇した水産資源を回復させ、気候変動に対しての復元力を高めることにつながる。海洋保護区（MPA）は効果的であるものの、愛知目標にある生物多様性とSDGs目標達成を支えるための手法として、まだ活用されていない。気候変動の緩和と適応計画、漁業管理、そして海洋空間計画においては、国際的で学際的な努力について、特に活動が禁止若しくは最小限に抑えられている海洋保護区を対象としてもっと理解され、効用を具現化する必要性がある。

大気中の二酸化炭素の増加は、地球温暖化以外に海洋酸性化も招く。海洋酸性化は少なくとも1,000年単位の時間で不可逆のものである。この観点から、二酸化炭素削減に向けた国際的取組は支援され、法的にも積極的に制定される必要がある。

海洋富栄養化等の海洋プラスチックごみ以外の沿岸域の汚染問題は、時宜を得た下水処理施設の設定等に代表される基礎的インフラの整備、施肥技術の向上による農業用肥料使用の効率化、及びより効果的な肥料の使用により、大きく改善することができると考えられる。肥料の河川への流入はこれらの肥料を吸収してくれる樹木の植林により削減することが出来る。これには小川、河口や湾周辺の植樹が含まれる。しかし、汚染物質の再拡散に与える気候変動の影響を理解することが喫緊の研究課題である。

地球規模でのプラスチックごみ汚染の増加を考慮するならば、プラスチックごみに関連する多様な研究は、様々な背景を持つ国際的な科学者との協力及び研究手段の相互協調を通して実行されるべきである。海洋におけるプラスチックごみの発生源とその移動、海洋に流入してからの分布、今後予測される量、海洋生態系への影響、そして海洋からそれらを見つけ出し有害な影響を取り除く手法について、さらなる研究が必要である。

プラスチック汚染のない革新的な社会を実現するためには、研究者、技術者及び政策立案者の協力に基づいて、廃プラスチックを集荷、加工、再利用するシステムの能力強化が必要である。加えて、プラスチックごみ問題を解決するためには、環境親和性のあるプラスチック製品の設計、プラスチックに代替される材料の開発等の研究開発活動が必要である。課題の進歩は、政府、企業、科学者、市民の協力を通じ、市民、民間・公的機関の態度と行動の変化が求められる。これに関して、都市と地域における循環型経済社会の現実がプラスチックごみの追跡において重要な取組となる。ステークホルダーとの協力、科学的根拠に基づく目標設定とその追求を通じ、使い捨てプラスチック使用の削減、3R（リデュース、リユース、リサイクル）と適正な廃棄物管理が行えるよう、都市と地方自治体の能力を高めることが必要である。先進経済、発展途上経済との協力を促し、お互い理解を深めることは、国際的にプラスチックごみ汚染の警告を効果的に管理する上で不可欠である。

また、将来的に洋上風力発電、深海・海底資源の開発、そして地球温暖化と様々な活動の結果可能となった北極海航路の開発を通して、人類が海洋環境へ与える影響は増していく。

科学の重要な役割は、これらの開発活動が海洋環境に不要な影響を及ぼさないよう、専門的な科学的根拠に基づいた助言を行うことである。これらの新たな活動と地球規模の変化に対して海洋の復元力を高めるため、水産資源の乱獲や汚染等、海洋生態系へのストレス要因を削減することを目的とした活動の増強も重要である。

科学的助言は、強力な国際的協力による研究活動を通じた情報に基づかれるべきである。地球規模の海洋科学の進展には、能力強化、すなわち研究基盤が必要である。研究船、そして、データを正確で経済的に取得できる技術、データ記憶装置と世界中の科学者がアクセス可能な管理システムを含む観測・調査技術等の研究基盤は、互恵の精神に基づき海洋生態系の包括的な理解を実現させるために重要である。

大気中二酸化炭素の増加は、気候だけでなく海洋酸性化という生物地球科学的な影響にまで及んでいる。このような観点から、海洋酸性化は、二酸化炭素排出の緩和に向けた国際的取組において新たに重要な動機になっている。漁業から沿岸部汚染に至るまで、海洋に与える人類の影響は差し迫った課題である。化石燃料燃焼による大気中二酸化炭素の増加は、海洋と地球上の環境の未来への懸念事項である。これからの未来において、地球上の人類の繁栄が重要な目標ならば、大気中温室効果ガスの蓄積を制限しなければならない。アプローチの一つとしては、化石燃料の使用により海洋環境を含む地球環境に与える影響を明確にすることがある。近年の低炭素エネルギー技術のコスト低減を考慮すれば、僅かなインセンティブが人類の二酸化炭素排出の大幅な削減につながることもあり得る。

参考文献

- Barnes, D. K. A. (2002) *Nature*, 416, 808-809.
- de Sa, L. C. et al. (2018) *Science of the Total Environment*, 645, 1029-1039.
- FAO (2018) *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals*. Rome, 227.
- Gall, S. C. and R. C. Thompson (2015) *Marine Pollution Bulletin*, 92, 170-179.
- Hardesty, B. D. et al. (2017) *Developing a baseline estimate of amounts, types, sources and distribution of coastal litter – an analysis of US marine debris data. Version 1.2*. CSIRO: EP167399.
- IPCC (2018) *Summary for Policymakers*. In: *Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32.
- Nakashima, E. et al. (2011) *Marine Pollution Bulletin*, 62, 762-769.
- Ribic, C. A. (1998) *Marine Pollution Bulletin*, 36, 887-891.
- Setälä, O. et al. (2014) *Environmental Pollution*, 185, 77-83.