

人間と地球環境問題

近藤 雅雄
東京都市大学

生物がこの地球に誕生して以来、気の遠くなるような長い時間をかけて地球環境のもたらす様々な変化に適応・順化し、今日の人間を中心とした文明社会を築き上げてきた。しかし、この百年単位の短い期間で先進国における大量消費、大量破壊型の社会構造、途上国における爆発的な人口増加、急激な都市化・工業化などによって私たちの住む恵の地球環境が大きく変貌しようとしている。いわゆる地球環境問題として、オゾン層の破壊、地球の温暖化、酸性雨など越境大気汚染、海洋汚染（地球規模の化学物質汚染を含む）、自然資源の劣化（熱帯林の減少、生物の多様性の減少、砂漠化など）など生物の生命に直接関わる深刻な問題が多数発生しているが、これらはすべてお互いに関連しあっている。

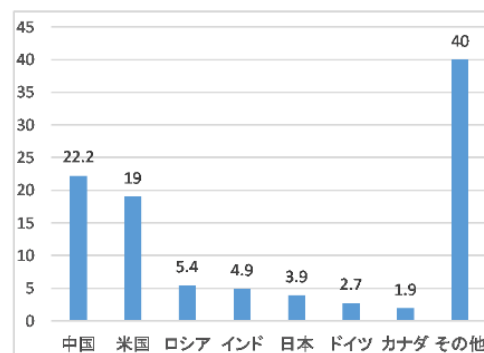
生命と環境は切り離すことはできず、人間の生活活動の発展を理由にこれまで多くの環境を破壊（汚染）してきた。生命科学の領域でも、人間の健康、寿命延命、病気の治療法の開発などの大義名分においてクローン生物の開発などから日常の動物実験に至るまで、生命を操る技術が急進展している。また、身近な日常の生活環境問題として環境ホルモンや住宅建材（シックハウス症候群）、大気汚染、健康食品、食中毒、農薬など多くの問題があるが、ここでは国際レベルで最も深刻な地球環境問題について考える。この問題については現在、国内では地球環境保全のための社会・政策研究など様々な取り組みが環境省やNPOなどが中心となって進められている。

現在、地球規模的に問題となっている環境問題を挙げると

- 1) 地球環境：地球温暖化、オゾン層の破壊、酸性雨、海洋汚染（廃棄物）、熱帯林の減少、生物多様性の減少、砂漠化、放射能汚染など
- 2) 生活環境：水資源、住居、騒音、廃棄物、水、大気汚染、排ガスなど
- 3) 食環境：健康食品、食品添加物、レトルト食品、輸入食品、遺伝子組換え食品など
- 4) 政治環境：領土問題、戦争、テロ、難民など
- 5) 宇宙環境：宇宙ゴミなど
- 6) その他：医薬品、化粧品、内分泌かく乱物質などの人工合成化学物質

1. 地球温暖化

人間の生活活動によって地球の温暖化が進んでいる。地球の大気は二酸化炭素（CO₂）などの温室効果ガスが含まれているため、地球の平均気温は約15℃に保たれていたが、これが1750年頃に始まった産業革命以来、石油や石炭などの化石燃料の大量消費や森林伐採などにより、大気中のCO₂などの温室効果ガス（CO₂は産業革命前の約1.3倍増量が大气中に排出され、この100年間でも年間平均気温が0.6℃上昇している。その結果、以下にあげたように自然生態系などに影響が見られるようになり、将来の人類の生存基盤に関わる最も重要な地球環境問題の一つとなってきた。



二酸化炭素排出量の各国構成比 (%) (2008年)

地球温暖化による影響

地球の気候システムのエネルギーバランスを破壊し、気温や海面の上昇を起こし、自然生態系や人間社会に深刻な影響をもたらし、2100年には気温が1.4~5.8℃上昇、海面が9~88cm上昇すると予測されている。

この海面上昇は沿岸域の7500万~2億人に影響を与えるといわれ、温暖化は海面水温や水位の上昇、海表面積の減少、塩分、波浪条件、海洋環境の変化などをもたらし、沿岸域では洪水規模の増大、侵食の加速化、湿地やマングローブの損失、淡水源への海水浸入が生じる。したがって、珊瑚礁、環礁、岩礁島、塩水性湿地、マングローブなど、生物の多様性や生産性の高い沿岸生態系にも影響を与えている。

また、干ばつ、台風の強大化、エルニーニョに関連した異常気象の発生頻度が多くなり、水質も悪化するなどが予測されている。

1960年後期以降、積雪面積が約10%減少し、北極の海氷の厚さが約40%減少するなどの影響が見られ、降雪量が大きく変化している。日本でも、冬季に降る雪が雨となり、積雪量に大きく影響を与え、洪水、異常高温発生件数の増加、頻繁な熱波の発生による健康障害(熱中症の増加)、光オキシダント濃度の増加、マラリアやデング熱などの動物媒介感染症の増加、米減産、自然生態系(高山生態系、森林、草地、生物多様性)の変化などなど、環境から経済、健康、エネルギーといった人間生活における基本的な活動に大きく影響を与えつつある。これらを予防するためにも、早急に政治的な判断が求められている。

温暖化による環境変化	人の健康への影響
●直接影響	
暑熱、熱波の増加 異常気象の頻度、強度の変化	熱中症、死亡率の変化(循環器系、呼吸器系疾患) 障害、死亡の増加
●間接影響	
媒介動物等の生息域、活動の拡大	動物媒介性疾病(マラリア、デング熱など)の増加
水、食物を介する伝染性媒体の拡大	下痢や他の伝染病の増加
海面上昇による人口移動や社会インフラ被害	障害や各種伝染病リスクの増加
大気汚染との複合影響	喘息、アレルギー疾患の増加

また、干ばつ、台風の強大化、エルニーニョに関連した異常気象の発生頻度が多くなり、水質も悪化するなどが予測されている。

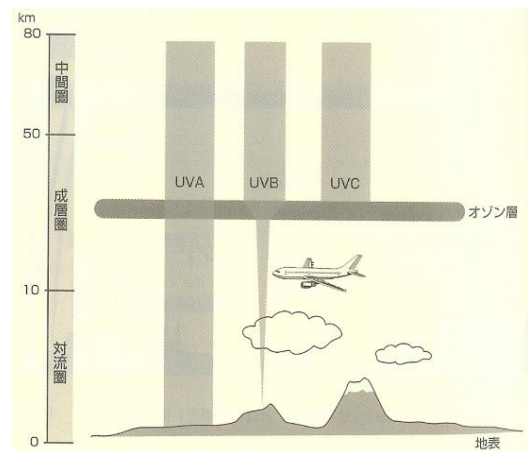
エルニーニョ現象

スペイン語で「男の子や神の子・キリスト」の意で、南米エクアドルからペルー沿岸では収穫期などの神の恵みに対して呼ばれていたが、気象庁ではエルニーニョ監視海域(北緯4度~南緯4度、西経150度~90度)の5ヶ月平均の海面水温が平年より0.5℃以上高い状態が6ヶ月以上続いた時をエルニーニョ現象と定義している。

2. オゾン層の破壊

オゾン(O₃)は酸化力が強く、酸素分子に(O₂)に紫外線などの強烈なエネルギーが加わると酸素原子(O)が生成され、酸素分子と酸素原子が結合して生成される。日常生活上は、これを利用して、殺菌・消毒・脱臭など幅広く業務用に利用されているが、大気中に増加すると眼やのどの痛みを引き起こす光化学オキシダントの主成分となる。一方で、このオゾンは高度10~60kmにある成層圏では生物にとって有害な紫外線(UVB、UVC)を遮蔽するフィルターの役割を果たしている。

大気中のオゾンの約90%は成層圏にあって、残り約10%が地上から高度10kmくらいまでの対流圏にあるといわれているが、1980年代のはじめ頃、南極上空においてオゾン層の著しい減少が観測され、さらに、1982年には日本の国立環境研究所



によって北極のオゾン層の減少が見いだされ、これに伴って紫外線の増加が地球レベルで問題となっている。

この破壊の原因は人間生活活動によって大気中に大量ばらまかれたクロロフルオロカーボン（フロン的一种）などの化学物質であることがわかったが(右表)、いまだに成層圏のオゾン層が破壊され続け、オゾンホール回復の兆しは未だに見られていない。

1985年に「オゾン層保護のためのウィーン条約」が、さらにフロンを規制（フロン生産量の削減）するための「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」が1987年に締結され、エアコンや冷蔵庫に使われていたフロンが大気中に排出され成層圏にたどり着き、オゾン層を破壊するには10年の時差があり、現在もオゾン層の破壊が進行している。

一方、世界の約15%を消費していた我が国では1988年に「特定物質の規制等によるオゾン層の保護に関する法律」（オゾン層保護法）が制定され、フロンの生産が1994年から段階的に規制され、特定フロンは1996年に全廃、その他のフロンは2020年までに全廃される予定となっている。このオゾン層が正常に戻るには21世紀半ば以降になることが予測され、とんでもない遺産が後世に引き継がれようとしている。

フロン

フロンは無色無臭で化学的に不活性であり、人体への毒性影響は殆どなく、不燃性で揮発しやすい。フロン12(CCl₂F₂)は1930年代以降、家庭用冷蔵庫、エアコン、エアゾルスプレーの噴射剤、エレクトロニクス部品の金属表面の洗浄剤など各種冷媒として汎用され、世界のフロン生産は1970年代中ごろには100万トンにも達した。このフロンが対流圏では殆ど破壊されずに蓄積するか、成層圏に上昇すると紫外線で破壊され、塩素を発生し、この塩素原子がオゾン層を連鎖反応で分解し、成層圏の破壊をもたらすことが指摘されたのは1970~1971年であった。

化学物質	主な用途
クロロフルオロカーボン(CFC)	電気冷蔵庫(CFC-12) カーエアコン(CFC-12) 業務用冷凍空調機器(CFE-11) 発泡剤(CFE-11,12) 洗浄剤(CFC-113)
ハロン(臭素を含むフルオロカーボン)	消火剤
四塩化炭素	一般溶剤、研究開発用
1,1,1-トリクロロエタン	部品の洗浄剤
ハイドロクロロフルオロカーボン(HCFC)	ルームエアコン(HCFC-22) 業務用冷凍空調機器(HCFC-22) 発泡剤(HCFC-141b, 142b) 洗浄剤(HCFC-225)
臭化メチル	土壌の殺菌・殺虫剤

注：代替フロンのハイドロフルオロカーボン(HFE)にはオゾン層破壊効果はない

フロンによるオゾン層破壊のメカニズム

フロンは成層圏で紫外線を吸収すると分解して塩素を放出し、この塩素原子がオゾンと結合して一酸化塩素(CIO)と酸素分子となり、この一酸化塩素が酸素原子と結合して酸素分子と塩素原子となり、塩素原子がまたオゾン破壊するといったラジカル反応が起こるが、このCIOと成層圏にある二酸化窒素(NO₂)が結合してClONO₂となり、これから塩素がメタンと反応して塩化水素となる。このようにして塩素が不活性な形でいったん貯蔵されるため、連鎖反応は止まる。

オゾン層破壊による健康障害

オゾン層が1%破壊されると有害紫外線が2%増加するといわれている。この紫外線はヒトや動植物に様々な健康障害を与える。

- ① ヒトへの健康障害：白内障、免疫機能の低下、皮膚がんの増加が懸念されている。
- ② 動植物・水中生物への影響：多くの動植物の成長が阻害され、植物では紫外線が20%増加すると収穫量が20%減少し、特に大豆は紫外線の影響を受けやすい。また、大きな魚や鳥が餌とする水面近くの小魚やプランクトンが紫外線によって死滅し、生態系への影響を招く。

③ 気候への影響：成層圏の大気環境が変化し、局地的な洪水発生、台風の大型化、逆に干ばつになる地域もでる。また、紫外線が地上に降り注ぎ、地上付近の酸素が反応し、対流圏オゾンが増え、光化学スモッグの原因となる。

3. 酸性雨など越境大気汚染

化石燃料等の燃焼に伴い排出される硫黄酸化物（亜硫酸ガスなど）、窒素化合物（窒素酸化物など）によって、1970年代以降ヨーロッパ、北米、日本などの先進国で硝酸イオンや硫酸イオンを含む pH（水素イオン濃度）5.6 以下の雨（酸性雨）が観測され、森林や湖沼などにおける被害が指摘されている。また、近年の中国を中心に東南アジア地域における急速な経済発展に伴い、上記した酸性雨の原因物質排出量が増加し、我が国においても降雨の pH が 4～5 で推移しており、国境を越えた越境環境汚染として国際的に大きな問題となっている。現在は東アジア酸性雨モニタリングネットワークを設立し、我が国を含めた 12 か国が協力して監視と対策を強化するようになった。さらに、近年では中国の開発・工業化と並行して浮遊粒子状物質、粒径 $2.5\mu\text{m}$ 以下の微小粒子（PM2.5）など新たな越境大気汚染が拡大している。

4. 海洋汚染

地球全表面の 3/4 を占める海洋は世界の水の 97% を蓄え、多様な生態系形成の場であると同時に大気との相互作用により気候に影響を及ぼすため、地球上のすべての生物の生命維持に不可欠である。しかし、1950 年代以降、工場廃水、生活廃水などによる海洋汚染が問題視され、近年では船底塗料などに用いられているトリブチルスズ（TBT）などによる巻貝の生殖異常（メスのオス化）、タンカー事故で流出した油による生態影響など、文明の進展に伴って海洋汚染も多様化、深刻となってきた。これらのすべては人間が起こした人災である。

5. 地球（自然）資源の劣化

1) 熱帯林の減少

地球表面の陸地のわずか 7% を占める熱帯林には全生物種の半数以上が生息し、地球上でもっとも多様性の富んでいる生態系を有する。また、熱帯林は地球上の生きた植物の現存量の約 50% を占め、その減少が地球規模の気候変動に影響を与えるという。

2) 生物多様性の減少

野生生物種が生物の歴史上かつてないスピードで絶滅しつつあり、渡り鳥や珊瑚礁の保全なども大きな問題となっている。その原因として①生息地の喪失、②外来種による影響、③環境汚染、④過剰開発、⑤疾病等であり、この中で最も大きな原因が生息地の喪失である。

3) 砂漠化

大規模な畑地の開発や過放牧、商業的な森林伐採などが原因で砂漠化が進んでいる。1991 年の国連の調査によると、砂漠化への影響が地球上の全陸地の 1/4 の土地、および世界人口の 1/6 に及んでいると報告している。