

# 人新世における地球環境の変容と健康

遠山千春  
橋爪真弘  
石塚真由美  
近藤尚己  
渡辺知保

とおやま ちはる  
東京大学(環境保健学)  
はしづめ まさひろ  
東京大学(環境疫学)  
いしづか まゆみ  
北海道大学(獣医学・毒性学)  
こんどう なおき  
京都大学(社会疫学・公衆衛生学)  
わたなべ ちはる  
長崎大学(人類生態学)

地球は、人類と野生生物が共に棲息し次世代を育てる再生産の場、すなわち生態系を有する稀有な惑星である。その生態系が健全性を失い危機を迎えつつある。その原因は、地球環境が包容できる限度を超えるほど急激に増加した人口と、それに伴う人間活動にある。とりわけ 21 世紀以降、暴風雨と洪水、旱魃、大規模な山火事といった異常気象とそれに伴う事件が増加し、熱帯林の伐採と化学物質による陸地・海洋汚染が拡大し、生物多様性の喪失が凄まじい勢いで進行している。こうした地球環境の変容の結果として、COVID-19 をはじめとする新興感染症や化学物質汚染に伴う健康の問題が生じている。人間活動の規模と頻度は甚大で、地球環境システムは、こうむった被害から立ち直る復元力(レジリエンス)を奪われているかのようだ。人々への影響の現れ方には、国や地域、世代、資産、ジェンダーなどの社会要因によって大きな違いがあり、健康格差として表出している。国際社会は、地球温暖化の抑制に向けて脱炭素社会を目指し、環境保全と経済成長を共に達成すべく「持続可能な発展」のための目標 SDGs を定めて活動している。飢餓と貧困をなくし、すべての人々が健康で幸せな生活を送るという理想に近づくために、地球環境システムの危機に対して、我々はどうに対処すべきなのだろうか。この小論では、地球規模の環境変容と人類の健康の現状と将来を展望する。

## 地球環境と人新世の到来

新鮮な大気と水、食料と土地は、人が生きていくうえで必須の自然資源である。集団サイズが比較的小さく、集団を構成する人々の間での約束事が守られる条件下では、自然資源の再生と枯渇を考慮した利用を行うことで、この資源は、共有資源(コモンズ)として、構成員の誰しものが公平に使用することができた。だが、人口増加、都市化に伴う社会発展とともに、人々が自由にコモンズを享受できる機会は失われていった。とりわけ 1950 年以降、人口が急激に増加し、地球の温暖化が進行し、大気、水、土地は人工化学物質やプラスチックで汚染され、生物多様性の喪失が進み、生態系の破壊が生じている。地球上のいたるところに人間活動の足跡(footprint)が検出されている。地球は、完新世(Holocene)から新たな地質時代、人新世(ひと(じん)しんせい: Anthropocene)<sup>1, \*1</sup>へと転換したことが提唱されている。

まずは人類誕生から現在までの歴史を振り返ってみよう。地球の気候が氷期と間氷期の変動を繰

\*1—「人新世」は単なる地質学的な用語ではなく、地球環境問題の社会的解決を視野にいたれた概念として P.クルツェンにより提唱された(文献 1 および寺田匡宏・ダニエル・ナイルズ編著:人新世を問う——環境、人文、アジアの視点(環境人間学と地域)京都大学学術出版会, 2021)。

り返していた更新世(Pleistocene)の時代、今から250万年前に人類の祖先(ホモ属)が進化し、15万～25万年前に現生人類(ホモ・サピエンス)が誕生した。そしてホモ・サピエンスの一部は、アフリカから、世界各地(アジア、ヨーロッパ、オーストラリア、アメリカ大陸)へと拡散した。1万2000年ほど前、気候が暖かくなり完新世の時代にはいると、人類は、それまでの狩猟・採集による食物の確保に加え、農耕や牧畜を始めた。定住して農業を行うことにより、比較的安定して食料調達が可能となり、人口は急速に増加した。そして、世界のいくつかの地域において文明が開け、集団の組織化、国家の形成が進んだ。

時は進み、18世紀後半になるとイギリスで産業革命が起きた。石炭を燃料とした蒸気機関がゲームチェンジャーの役割を果たし、またコモングの囲い込みで耕作地を失った農民が都市労働者となった。結果、経済発展をもたらしたが、社会の仕組みが様変わりした。そして20世紀、資本主義をベースとした帝国主義政策により、列強諸国による植民地化が起こり、二度にわたる世界大戦、その後の資本主義・社会主義の冷戦体制終焉を経て、今日の世界地図が形成されている。

石炭・石油などの化石燃料をエネルギー源として経済成長を推し進めた工業先進国・地域(以下、先進国もしくは高所得国と記す)では、人々のライフスタイルは大量生産・大量消費・大量廃棄が当たり前となり、この社会経済システムが地球環境システムに過大な負荷をかけている。高所得国の社会経済システムは、発展途上国(以下、途上国、もしくは低・中所得国\*)の自然資源や人的資源を収奪し、あるいは廉価で利用することで成り立ってきた。

21世紀に入り地球環境システムはレジリエンスを失い、気候変動の激化、生物多様性の喪失などが、地球環境システムのほころびとして地球上

のいたる所に顕在化してきた。人類は、もはや完新世の地質時代ではなく、新たな地質時代に生きている。その時代が人新世だというのである。

## 地球環境システムの健全性:「大加速」論と「プラネタリー・バウンダリーズ」論

地球環境システムの健全性を考察するための手法が、二つの見方により検討されている。ひとつは、地球環境の「大加速(Great acceleration)<sup>2</sup>」論、もうひとつは「プラネタリー・バウンダリーズ(Planetary boundaries:地球の限界)<sup>3</sup>」論である。

「大加速」論は、社会経済システムと地球環境システムの状況を反映する、それぞれ12の項目を指標化して1750年から現在までの推移を調べている。社会環境システムの項目には、人口、実質GDP、海外直接投資、都市人口、一次エネルギー使用、化学肥料の使用、巨大ダム、水資源の利用、製紙、交通、遠隔通信、海外旅行が用いられている。また、地球環境システムの項目には、温室効果ガス(二酸化炭素、一酸化窒素、メタン)、成層圏オゾン、地表温度、海洋酸性化、海洋漁獲量、エビ養殖、沿岸水域の窒素濃度、熱帯雨林の喪失、人間による土地利用面積、陸域生物圏の劣化が採用されている。すべての指標において、1950年頃から数値が加速度的に上昇していることが見て取れる(図1)。

一方、「プラネタリー・バウンダリーズ」論では、地球環境システムの健全性を、気候変動、生物多様性の喪失、生物地球化学的循環(窒素・リン循環)、海洋酸性化、土地利用の変化、淡水利用の増加、成層圏オゾン層破壊、大気エアロゾル負荷増加、新規のモノ(化学物質汚染など)といった9つの項目を指標化し、それぞれの項目ごとに臨界値(閾値)を定めて診断している。このうち、生物多様性の喪失、生物地球化学的循環は、後戻りできない状態になる閾値を超えているとされる。この論は、地球の社会経済的・地球科学的な現象を記述した「大加速」論を一步進めて、地球環境システムの健全性からの逸脱とレジリエンスについて

\*2—経済的発展が相対的に遅れている南の諸国の総称。世界銀行の分類によると、世界209カ国(人口3万人以上)のうち、149カ国の低・中所得国(1人当たり国民総所得(GNI)が2007年7月末現在で1万1115ドル以下)がこれに当てはまる(室井義雄:知恵蔵。朝日新聞出版、2008)。

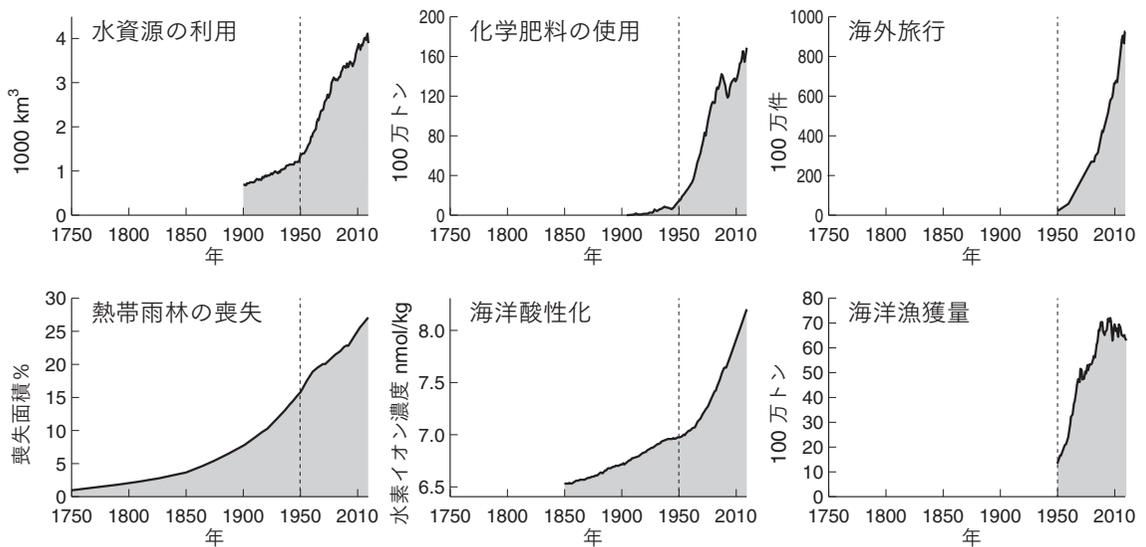


図1—「大加速」論の根拠の資料抜粋  
 出典：IGBP2015

の判断を加えたものといえる。

それでは、環境変容は人類の健康と生活に、どのような影響を及ぼすのだろうか。本稿では、気候変動、新興感染症、化学物質汚染、人口の観点から、この問題に論及する。

## 気候変動：地球温暖化の動向

社会的に問題となっている気候変動は、地球の温暖化とそれに伴って生じる様々な極端な現象である。上述のプラネタリー・バウンダリーの閾値は未だ超えていないとされるが、気候変動は、地球環境システムの構造と機能を根幹から揺るがしている。病気にたとえれば、地球環境システムの健全性への脅威を示唆する徴候の「ひとつ」が地表の大気平均気温の上昇にみられる地球温暖化である。地球環境システムの恒常性を維持する機能が弱まると健全性が失われ、症状として極端な気象現象とそれに引き続く自然災害が頻発することになる。実際、南極の巨大棚氷の溶解(2003年)、シベリアの永久凍土の融解と温室効果ガスの放出(2010年代)、台風30号(ハイラン)(2013年)によるフィリピンの大被害(被災者1200万人、死者6000人以上)、シベリアで最高気温38.0℃を記録(2020年)、米

国カリフォルニア州やオーストラリアで山火事の頻発などが報告されている。また日本に來襲する巨大台風も地球温暖化に伴う極端な現象であることが気象当局により指摘されている。

国際組織 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change：気候変動に関する政府間パネル)は、地球温暖化の状況と将来予測、その影響と対策の総合的検討を科学の立場から行っている。1988年に世界気象機関(WMO)と国連環境計画(UNEP)により設立され、世界のほとんどすべての国が加盟している。IPCCは、数年ごとに報告書を公表してきた。これを受けて2015年、国連気候変動枠組条約締約国会議(通称COP)では、長期目標として、「平均気温の上昇を、産業革命前に比べて2℃よりも十分低く保つとともに、1.5℃に抑える努力を追求する」「21世紀後半には、温室効果ガス排出量と(森林などによる)吸収量のバランスをとる」とするパリ協定を採択した。一次エネルギー<sup>\*3</sup>の消費量は、産業革命以降に増えはじめ、1950年以降、急上昇している(図2)。化石燃料から再生エネルギー使用への転換を目指し、特に石炭火力の規制

\*3—自然界にある手を加えていないエネルギーで、化石燃料(石炭、石油、天然ガス)、ウラン(原子力)、水力、再生可能エネルギー(太陽光、地熱、風力など)、が含まれる。

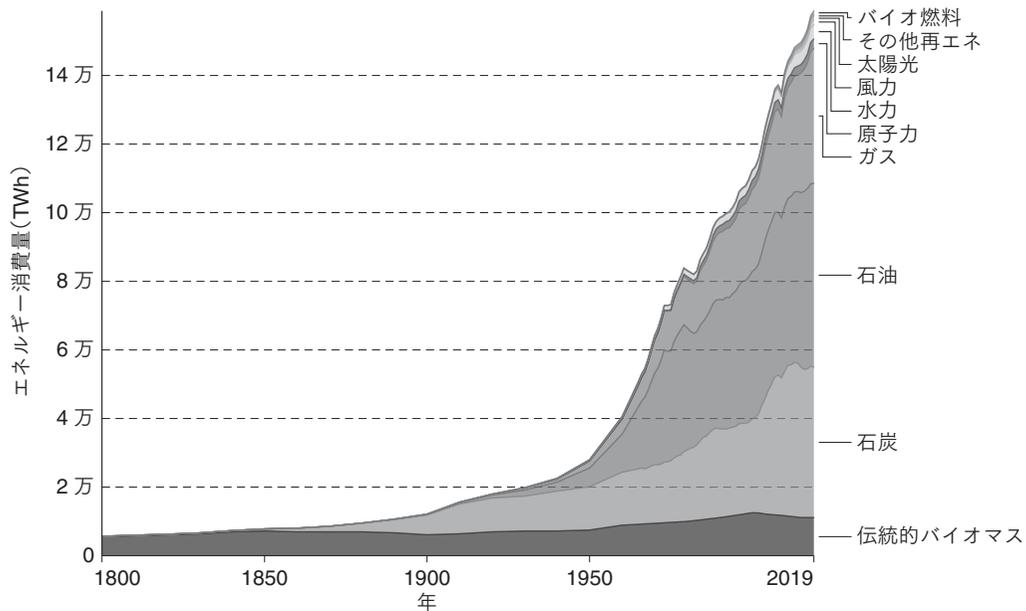


図2—世界における一次エネルギー消費量の推移  
出典：URL: OurworldinData.org/energy-production-consumption

を図ろうというものだ。2020年12月、日本も遅ればせながら、2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことを宣言した。21年11月のCOP26において、石炭火力使用の廃止に向けて段階的削減の努力や途上国向けの支援の目標が確認された。しかし、パリ協定の目標「産業革命以降の気温上昇を2℃未満、できれば1.5℃に抑えること」は合意されたが、既に平均気温が1.09℃上昇していることから、国際的な今後の取り組みの強化が求められている。

ところで、これまでに「地球温暖化は生じていない」「現在観察される温暖化は自然現象であって、人間活動によるものではない」といった否定論も流布され続けている。実際、米国のトランプ前政権のパリ協定脱退宣言にみられるような温室効果ガス低減対策に背をむける動きも出た。こうした見解に対して、2021年8月にIPCCは第6次報告書を発表し、「大気、海洋および陸域における温暖化は、自然現象では説明がつかず、人間活動によることが疑う余地がない」との結論をくださった<sup>4</sup>。世界の地表温度は、2011年から2020年の10年間に1850年から1900年の期間に比べ

て1.09℃上昇しており、このうち1.07℃分が人為的要因であることが、シミュレーションモデルにより確認されたからだ。また、IPCCは、熱波、大雨、早魃、熱帯低気圧などで極端な現象が発生する回数と頻度が増加することを指摘している。

大気中の二酸化炭素濃度の上昇は地球の気温上昇を引き起こしている。このことをシミュレーションモデルを用いて解明する基礎を築いた真鍋淑郎氏に、2021年ノーベル物理学賞が授与されたことは、科学分野だけでなく社会的にもインパクトのあるものとなった。

## 気候変動：健康への影響

世界で起こった災害のデータベース(EM-DAT)によると、2018年までの10年間に、毎年340件ほどの災害(暴風雨、洪水、熱波、早魃など)が登録されている。年平均では、被害者1億9000万人、死者数4万5000人、被害額は1兆8000億ドルに及ぶ。約9割が気象関連の災害である。

気候変動の健康影響の概略を図3に示す。

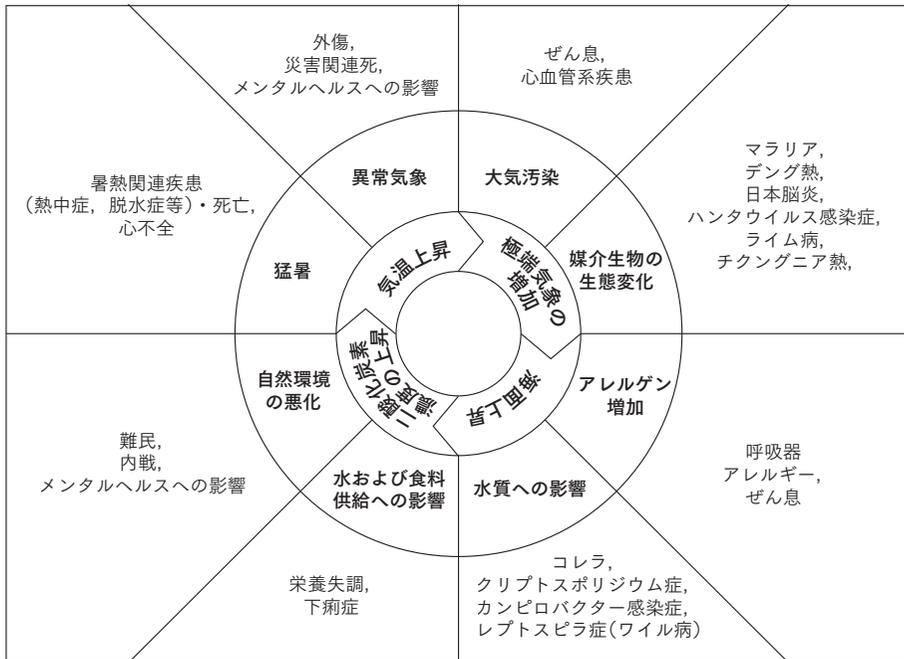


図3—気候変動の健康への影響についての概略

出典：米国 CDC の原図 (<https://www.cdc.gov/climateandhealth/effects/default.htm>) をもとに筆者らが改変。

IPCC<sup>5</sup> と米国 CDC<sup>6</sup> によれば、気温の上昇や豪雨、洪水、熱波などで極端現象の頻度が増える結果、人類全体の健康に様々な影響が生じうる。次節で記す動物由来感染症であるマラリアとデング熱は、それぞれ、病原体の寄生虫とウイルスが蚊によって媒介される熱帯感染症である。地球温暖化による気温上昇が常態化すると、媒介蚊の棲息域が変化して流行地域が拡大することが懸念されている。降雨パターンの変化によって水質汚濁が起これば、表層水を飲料水源とする地域では、コレラやクリプトスポリジウム症など水系感染症の罹患リスクが上昇する。また、水供給や食料生産が減少し、貧困地域では栄養失調や下痢症が発生しやすくなる。豪雨や早魃、洪水などの異常気象が起これば、自然災害に関連した死亡、外傷が増え、過酷な避難生活のもとでメンタルヘルスに悪影響が生じやすくなる。

気候変動による健康への悪影響は、低所得国において顕著に表出する。WHO(世界保健機関)は、温室効果ガスの排出抑制策が不十分なまま社会の高成長が持続すると、温暖化により 2030~2050 年

の間に年間で約 25 万人の過剰死亡が発生すると推定している<sup>7</sup>。とくにサブサハラ地域のアフリカ、南アジア地域など途上国では小児の栄養失調、マラリア、下痢症などによる死亡が増え、高所得国では高齢者の暑熱関連死亡が増加すると推定されている。

日本においては、気候変動に伴う健康リスクとして、暑熱ストレスによる死亡や熱中症の発生率が上昇する可能性が高い。それゆえ、熱中症警戒アラート利用の推奨、猛暑日におけるエアコン利用・飲水・帽子着用などの徹底、救急搬送・医療体制の充実などの適応策を講じることが急務となっている。適切な適応策が講じられない場合、温室効果ガスの排出シナリオにかかわらず、今世紀中盤から終盤にかけて、すべての都道府県で暑熱関連の超過死亡者数が 2 倍以上になると推定されている<sup>8</sup>。

地球温暖化が進行すると、今世紀末には沖縄から九州南部、西日本の太平洋側を中心に、年間の最低気温が 10℃ 以上になると予測されている。海外渡航者数の増加に伴ってデング熱の輸入症例

が増加し、国内において媒介蚊(ネッタイシマカとヒトスジシマカ)が繁殖して広がり、その分布密度が増加する結果、国内での感染リスクが一層高まることが予想される。これらの蚊が媒介するチクングニア熱やジカ熱も、輸入症例による国内感染のリスクは増えると考えられる。

## 動物由来感染症の伝播と国際的対応

人へ伝播する感染症の原因は、ウイルス、リケッチャ、細菌、寄生虫などの病原体である。病原体が動物に寄生し、その動物を介して人に感染する疾患は動物由来感染症とよばれる。COVID-19はその一例である。なお、まだ完全に解明されていないものの、WHO 報告書(21年3月)によれば、このウイルスはコウモリを経由して人に感染したとの説がもっとも有力である。

歴史を振り返ると、狩猟時代から人類は野生動物を家畜化し、家畜や野生生物を食してきた。しかし当初は集団規模が小さく、集団間の交流も限られていたため、感染症に罹患したとしても、限局した範囲で収束したと考えられる。しかし、集団規模は社会発展とともに大きくなっていった。

完新世において農業が始まり、集団の規模が大きくなるにつれ、マラリアや住血吸虫症などの動物由来感染症が広がっていった。その後、文明の発展に伴い、世界の異なる地域間での交易が進むと、国境を越えて大陸間で疾病が拡散した。シルクロードを介した交易を通じて天然痘、麻疹が欧州からアジアへ、ペストが中国から欧州へと伝播した。また、15世紀に始まる大航海時代には、インフルエンザ、マラリアなどがアフリカからアメリカ大陸へ、梅毒などがアメリカ大陸から欧州へと伝播した。このように、感染症の伝播には、道路交通網、航路、航空路の整備に伴い、物流や人の移動の高速化・活性化が大きく関係している。これらに加え、近年では、地球温暖化に伴う媒介動物の棲息場所の変化や森林伐採による棲息場所の喪失が起こっている。それにより、野生動物が人と接触する機会が増えていることも、動物由来感染症への罹患リスクを高めると考えられている。

人類と感染症との闘いは、予防薬・治療薬の開発と公衆衛生対策の歴史でもある。20世紀後半に様々な抗生物質が開発され、結核菌をはじめ多くの細菌感染症の治療が可能となった。一方、致死性が極めて高い天然痘ウイルスに対して国際的

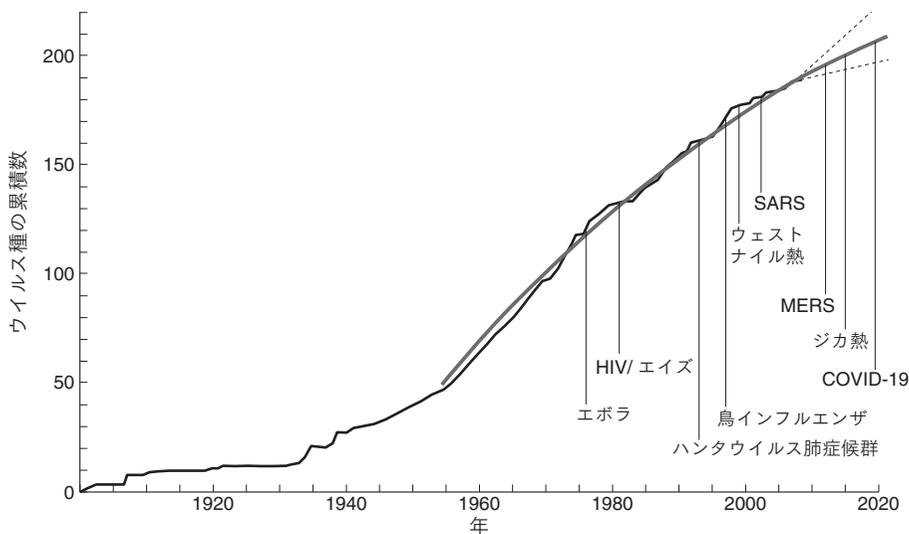


図4—ヒトに感染を引き起こすウイルス種の発見数の推移

出典：World Wildlife Fund for Nature, “COVID-19: Urgent Call to Protect People and Nature” (2020) ([https://wwf.org/ph/wp-content/uploads/2020/07/COVID-19\\_-URGENT-CALL-TO-PROTECT-PEOPLE-NATURE.pdf](https://wwf.org/ph/wp-content/uploads/2020/07/COVID-19_-URGENT-CALL-TO-PROTECT-PEOPLE-NATURE.pdf)), 図中のウイルス種と該当年は、文献9による。繰り返し発生した疾患は最初の発見のみを記した。筆者らが一部改変。

な対策がとられ、患者を見つけ出して濃厚接触者に種痘を行うという、サーベイランスと封じ込めが功を奏し、1980年WHOから根絶宣言が出された。しかし、麻疹とポリオの根絶は達成できず、1980年代後半にはHIV/エイズの世界的な感染(パンデミック)が生じ、国際的協力体制を確立することの必要性についての認識が共有されることになった。そして1993年、WHOほか3団体は「新たに出現した(Emerging)、あるいは再出現した(Reemerging)感染症が数多くある」ことから、「人、動物、植物の感染症の地球規模での監視体制の確立が急務」と結論し、国際監視計画(ProMED)を制定した。これが新興・再興感染症との用語が最初に用いられた機会と言われている<sup>9, \*4</sup>。

これら新興・再興感染症のうち、ウイルスが原因の動物由来感染症は、現在200種を超えている(図4)。ウエストナイル熱、エボラ出血熱、SARS(重症急性呼吸器症候群)、牛海綿状脳症(BSE)および高病原性鳥インフルエンザ、MERS(中東呼吸器症候群)などが数年に一度は、エンデミックやパンデミックを起こしてきた。2004年には、「ひとつの世界、ひとつの健康(One World, One Health)」のテーマで、WHOはじめ関連諸団体が参加した国際会合がロックフェラー大学で開かれ、この会合でマンハッタン原則が提言された<sup>10</sup>。その趣旨は、動物とヒトおよびそれを取り巻く環境(生態系)を包括的に捉え、関係する学術分野がワン・ヘルス(ひとつの健康)の概念を共有して問題解決に当たるべきという考え方である。これは、後述のプラネタリー・ヘルスの概念へと発展している。

## 生物多様性と人為的活動によるその喪失

地球上には既知の生物だけでも175万種が棲息しており、未知のものも含めると数千万から1億ほどの生物種が生存すると推測されている。生物種のあるものは、自然環境の変化に適応できず

に絶滅した。一方、生存を巡っての戦いという生物がもつ宿命のもとで一定数が保たれ、今日の生物多様性が維持されてきた。しかし、国際的に生物多様性の課題を検討する組織IPBES(生物多様性および生態系サービスに関する政府間科学-政策プラットフォーム)によれば、現在、地球上の生物種の絶滅のスピードは1000万年前の平均と比較して、少なくとも数十倍から数百倍に達すると推定されている<sup>11</sup>。また、対策を講じない場合には、今後数十年で100万種が絶滅する可能性が示唆されている。

生物多様性の喪失には、人口(都市人口)の増大、森林破壊、土地利用の変化、化学肥料・農薬使用量の増加、海洋酸性化が原因として複合的に関与している。森林伐採(放牧を含む)による農地開墾、沿岸養殖場の開発、都市開発により、熱帯雨林や森林、東南アジアなどのマングローブ林が著しく減少している。例えばアマゾンでは、1カ月あたり1000km<sup>2</sup>と急激な速度で伐採が進んでいることが報告されている。土地開発のために人が野生動物の棲息域に侵入したり、棲息地を失った野生動物が人の活動圏内に侵入するなど、野生生物と人とが接触する機会が増えており、生物多様性の喪失のみならず、新たな感染症の蔓延にもつながっている。

森林破壊に伴う生物多様性の喪失には、人為的伐採に加え、山火事が頻発していることも無視できない。FAO(国連食糧農業機関)によればオーストラリアで2020年に起こった森林火災では、10万km<sup>2</sup>(北海道と四国を併せた面積)の土地が山火事により焼失し、コアラは棲息数の30%以上が失われ、12億匹以上の野生生物が犠牲になったと推定されている。先のIPBESの報告によれば、生態系は既に人為的な要因で47%が失われており、今後10年間あたり4%の割合で減少する可能性が示されている。

生物多様性の喪失には、20世紀中頃から使用量が激増した化学肥料や農薬(殺虫剤、除草剤など)の影響がある。農業生産性を高め、過酷な農作業からの解放にも役立つ反面、過剰な使用により、土

\*4—なお、前節に記したマラリアやデング熱は、現在も熱帯・亜熱帯地域で日常的に発生している感染症であることから、新興・再興感染症には分類されていない。

壤、水圏、陸圏に棲息する害虫のみならず、益虫も激減させ、生態系の単調化をもたらしている。また、動物のみならず、人為的活動は植物、菌類、微生物の進化速度を急激に進めたこともIPBESは指摘している。また、医薬品や人工甘味料、難分解性の人工香料は、人から排泄され下水などを介して環境中に排出されており、水圏に棲息している魚類などへの影響の可能性が示唆されている。

生物多様性の喪失には、食物連鎖が断ち切られてしまうことも原因となっている。昆虫類が激減した結果、食物連鎖網の中で高次に位置する魚類、鳥類の生存にも影響が及んでいる。地球上の約5000の地域個体群の個体数の減少率をもとに推定した「生きている地球指数」<sup>12</sup>によると、1970年から2016年の約50年間に、魚類、両生類、爬虫類、鳥類、哺乳類の個体群が平均で約70%減少している。

## 化学物質汚染と健康

産業革命以降、自然界に存在していた化学物質に加え、新規の化学物質が環境中に放出されている。その結果生じた環境汚染による健康の問題は、地域に特有の事件として現れた。石炭使用量が増えた19世紀のイギリスでは、石炭燃焼で発生した煤煙(Smoke)と亜硫酸(二酸化硫黄)ガスが霧(Fog)と混じって、スモッグ(Smog)による大気汚染を引き起こした。産業活動の進展により、1952年冬には基礎疾患のある人々を含む1万2000人がロンドンスモッグの犠牲となった。日本では、明治・大正・昭和の時代においては、足尾鉍毒事件、水俣病、第二水俣病、イタイイタイ病、四日市ぜんそく、川崎大気汚染など鉍工業活動に伴う環境汚染と公害により、多くの被害者が続出した。平成・令和の時代へと患者認定が継続しているものもあり、被害者に健康な生活は戻っていない。

地域レベルでの健康被害は、今日、国境を越えて地球規模に広がっている。既に示したように、世界の一次エネルギー消費に占める化石燃料の割合は2020年には88.1%に達している<sup>13</sup>。化石燃

料の燃焼に伴い環境には汚染物質として、微小粒子状物質(PM<sub>2.5</sub>)、オゾン、窒素酸化物、二酸化硫黄、芳香族系炭化水素などが排出されている。PM<sub>2.5</sub>の吸入による影響で、世界では420万人が死亡しているとの推算がある。特に中国とインドは、石炭依存のエネルギー消費量が世界第1位と第3位を占めており、石炭が一次エネルギー消費量の過半を占めている<sup>14</sup>。その結果、これらの国々においては、石炭燃焼に伴う大気汚染により健康被害が報告されている。

また、古代から現代にいたるまで広く用いられている重金属の鉛は、先進国では環境規制が進み、曝露量が激減しているが、世界中で8億人の子どもが、血中鉛濃度5μg/dL以上と、対策を要する濃度の鉛に曝露し、中毒事例が報告されている。多くは南アジアやアフリカ地域など途上国の子どもである<sup>15</sup>。原因として、鉛を含む製品や塗料、先進国から輸出された廃棄電化製品(e-waste)、高濃度の鉛を含んだ汚染土壌が指摘されている。

化学物質が生態系に及ぼす影響については、国際的な対応がなされてきた。1972年、ストックホルムにおいて、“かけがえのない地球(Only One Earth)”をテーマに国連人間環境会議が開催された。欧州では酸性雨による森林破壊が進行していた。日本からは水俣病患者が参加し公害の深刻さも共有された。人間環境宣言が採択され、同年には国連環境計画(UNEP)が設置されている。この動きとは独立して、同年、ローマ会議による「成長の限界」が公刊された。人口と産業の加速度的な成長が続くと地球上の天然資源は枯渇し、環境汚染は地球環境が包容できる範囲を超え、100年以内に経済成長は限界点に達することが指摘された。国連人間環境会議とローマ会議の二つの提言は、共に、人類と生態系を包容する地球の容量は有限であり、環境保全の重要性を訴えるものとなった。

しかし、大量生産・大量消費・大量廃棄の経済システムのもとで、その後も化学物質汚染は地球規模で生じたことから、国際条約が締結された。その一つは、残留性有機汚染物質(POPs)条約である。POPsとは、環境残留性、生物蓄積性、人や

野生生物への毒性が高く、環境中での長距離移動が懸念されている一連の化学物質である。有機塩素系殺虫剤(DDT, BHCなど)、ダイオキシン類、PCB(ポリ塩化ビフェニル)、有機フッ素化合物(PFOS/PFOA)など、これまでに約30種類の化学物質が対象となり、製造、使用の廃絶・制限、排出削減、廃棄物の適正管理の措置がとられている。また、日本が主導した条約として、「水銀に関する水俣条約」がある(2017年発効)。有機水銀中毒である水俣病(熊本)、第二水俣病(新潟)は、多くの犠牲者を出し、Minamata Diseaseとして世界にも知られている。この条約は、水銀のライフサイクル(金採掘・精錬、化石燃料の燃焼、水銀を含む既製品の廃棄など)を包括的に規制することで、地球環境での汚染を抑制することを目的としている。

POPs条約、水俣条約、いずれの条約も、1992年リオデジャネイロの国連開発環境会議の宣言「環境保護のための予防的方策をとる」という予防(事前警戒)原則(precautionary principle)を踏襲している。すなわち、被害が出てから後手に回って対処するのではなく、事前にモニタリングを行い先手で対応するねらいがある。また、化学物質の曝露を最小限にして、健康への悪影響が出ないようにするために、欧州では、内分泌かく乱作用を有するとみなされた化学物質、いわゆる環境ホルモンは、リスク評価の際の試験項目としての採用が検討されている。

今日の物質的に豊かな生活を送ることができている人々の生活は、世界の様々な国と地域における化学物質汚染による健康被害などの犠牲のうえに成り立っていることに目を向ける必要があるだろう。

## 地球規模の環境変容と健康格差

平均寿命、すなわちゼロ歳児平均余命(life expectancy)を国別にみると、高所得国と低・中所得国との間には、医学・医療の進歩と社会経済的条件の改善に縮小傾向はあるものの、2019年で平均30歳以上の開きがある。1947年WHOは憲章で、

「健康とは、病気でないとか、弱っていないということではなく、肉体的にも、精神的にも、そして社会的にも、すべてが満たされた状態にあること<sup>16)</sup>」と定義した。すべての人々に健康と幸福をもたらすためには、飢餓と貧困の撲滅、食料と清浄な水の確保、ジェンダー平等、教育や働き甲斐のある生活が必須である。これらは、国連が主導するSDGsの主要な項目となっている。

気候変動などの地球環境の変容は、こうした社会的要因の違いを背景に、様々な健康問題を引き起こしている。暴風雨、洪水、旱魃、山火事、海面上昇など極端現象による自然災害が起こると、復旧や復興への対応力の乏しい低・中所得国では、直接被害に加えて、二次的な被害が拡大しやすい。食料不足による栄養失調や、清浄な水の不足による衛生状態の悪化による感染症への罹患、避難施設での密集した集団生活における精神的ストレス、基礎疾患の増悪と死亡リスクなども増大しやすい。

また、今後、地球環境システムのレジリエンスが衰え、極端な気象現象が頻繁に起こると、将来の世代は、現世代が享受しているレベルの生活を送ることができなくなり、世代間の健康格差も広がる恐れが高い。2008年、WHOは、「一世代のうちに格差をなくそう：健康の社会的決定要因に対する取り組みを通じた健康の公平性」と題する最終報告書<sup>17)</sup>を公表した。地球規模の環境変化により、健康格差は今後も不均一に、様々なかたちで表出してくることが懸念される。そのため、健康に関する地域格差や社会経済格差を継続的にモニタリングすることが重要であり、そのための疫学サーベイランスを行うこと、さらに、組織連携により、世界の保健データを連結することが必要である。

## 地球規模の環境変容と人口

健康で満ち足りた生活を過ごすための最低限必要な生活水準を保ちつつ、地球環境をこれ以上、悪化させないためには、生態系と協調していく視点が不可欠だ。既に述べたように、地球環境は有

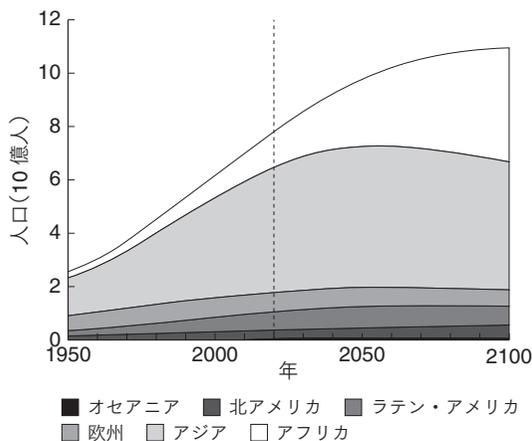


図5—世界の地域における人口の推移と将来予測  
 出典：S. Barrett et al.: PNAS, 117, 6300 (2020)

限であることから、人口が増加し続けると地球危機が訪れるとの認識は、1972年には国連人間環境会議や「成長の限界」により世界的にも共有された。人口爆発に対する懸念が高まり、1974年に国連主催で最初の世界人口会議が開催され、「世界人口行動計画」が136の参加国により制定された。この会議がアジアやラテン・アメリカなどで避妊による家族計画を進める契機になったという。1994年の国際人口開発会議では、国家主導型の人口抑制ではなく、女性の性と生殖に関わる健康と権利(リプロダクティブ・ヘルス/ライツ)への自己決定権を尊重し、女性の教育機会の拡大と社会的地位の向上を目指すことで、出生率を下げる方向に推進するという、斬新なアプローチがとられることになった<sup>18</sup>。しかし、成果が目に見えて明らかになるまでには時間がかかる。地球規模で見るとサブサハラ地域を中心に人口の拡大が進行している(図5)。

今後、21世紀末に向けて全人口や都市人口の増加が進むと、エネルギー消費が増え、熱帯雨林・森林の破壊、土地利用の変化、生物多様性の喪失などにより、地球環境システムの復元が困難な方向へと進むことが予想される。地球が支えることができる人口は有限であることは、先述の「成長の限界」(1972年)で明快に問題提起がなされていたことだが、どの程度の人口が至適かを推定

することは容易ではない。

1970年代に米国の生態学者のポール・エリックらは人間活動と環境負荷とを関連づける  $I = PAT$  という方程式を提唱した。ここで  $I$  は環境負荷 (impact),  $P$  は人口 (population),  $A$  (affluence) は物質的豊かさ,  $T$  (technology) は技術水準 (環境への負荷が低い技術であれば値は小さい) を意味し、人が多く、物の消費が盛んであれば、環境負荷が高い。つまり、あくまでも計算上だが、人々のライフスタイルが変わり、環境負荷が低い技術が開発されれば、地球はそれだけ多くの人口を支えることができるようになる。一方、物質的豊かさのレベルは国・地域の間でも大きく異なる。中流階級に区分される人口は2016年には32億人であるが、2030年には、50億人になると推定されている。今後アフリカ、アジアおよびラテンアメリカで中流階級が増加し、大量消費・大量廃棄のライフスタイルが進行すると推測されている。

上述の方程式を視覚的に表現したともいえる指標にエコロジカル・フットプリントがある<sup>19</sup>。この指標は、環境負荷を人の生活に必要な土地の面積で表している。大まかに言えば、食料を生産するのに必要な耕地面積(家畜の飼料のための耕地面積も含む)と、人々が排出した温暖化ガス(二酸化炭素量に換算)を吸収する森林面積との合計で表される\*5。エコロジカル・フットプリントも、ライフスタイル、使われている技術を反映する。例えば、動物性食品は同じカロリーを含む穀類と比較して、生産のためにおよそ2~6倍の耕地面積を必要とする。火力発電の場合には、発電に伴い排出されるCO<sub>2</sub>の再吸収のために、再生可能エネルギーよりも圧倒的に広い森林面積を必要とする。なお、化学物質や放射性物質の環境負荷は、エコロジカル・フットプリントには反映されていない。

国民1人あたりのエコロジカル・フットプリ

\*5—正確には食料や木材などの資源を供給するために必要な陸地・水域、二酸化炭素を吸収するために必要な森林の面積、住宅・道路・工場などの建造物が占有する土地の面積を合計して算出し、平均的生物生産力を持つ土地1ヘクタールに相当するグローバルヘクタール(gha)という単位で表される(小学館、デジタル大辞泉)。

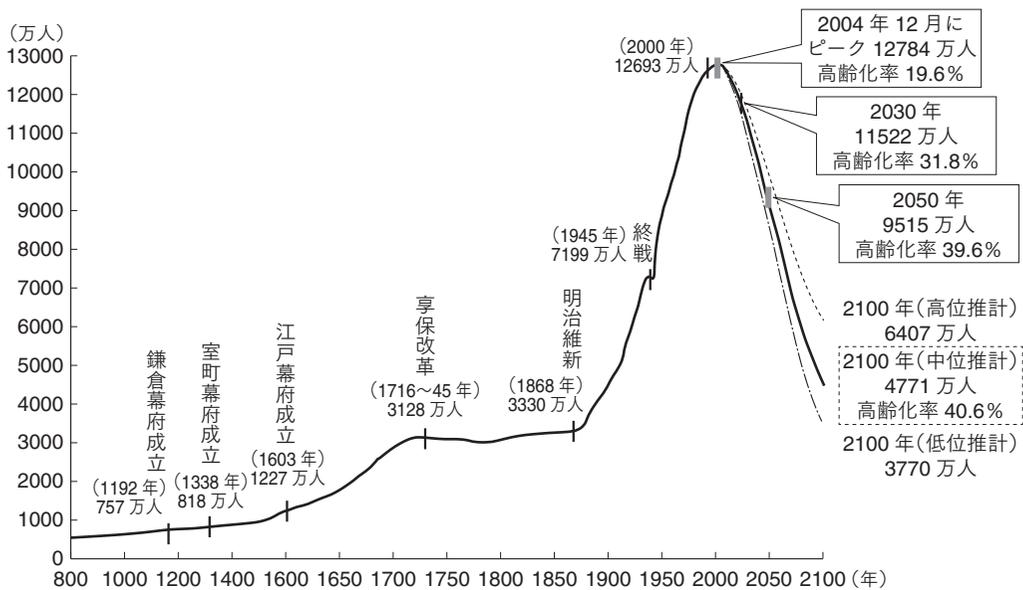


図6—日本における人口の推移と将来予測

出典：国土審議会政策部会長期展望委員会：「国土の長期展望」中間とりまとめ(2011年2月21日)

ントを国別に比較した最近(2017年)のデータ<sup>19</sup>では、中東産油国カタール(14.7 gha/人)は、同じく中東のエリトリア(0.5 gha/人)に比べ、30倍の環境負荷をかけていることになる。実際には多くの要素が絡むが、環境負荷の大きさだけで言えば、カタールの1人はエリトリアの30人に相当することになる。ただし、エコロジカル・フットプリントは、エリトリアの人々の生活の質まで考慮しているわけでない点には注意が必要だろう。ちなみに、日本は4.65 gha/人である。1970年代から人類全体のエコロジカル・フットプリントの総和は、陸地面積の総和(正確には土地によって生産性が違うので、そのことも考慮に入れているが)を超えている。これは、総体としてみると、現在の人口が、現在の技術水準を用いて現在のライフスタイルを維持し続けることはできないことを意味している。一方、再生可能エネルギーで消費電力をすべて賄えるようになれば、計算上はCO<sub>2</sub>吸収に必要な森林面積は大幅に小さくなり、エコロジカル・フットプリントも小さくなる。これが陸地面積の総和に収まるならば、エネルギーの面からは持続可能ということになる。

環境負荷の要素として、上述の方程式のAを

どの程度減らせるのかについては様々な研究があるが、「まっとうな生活(decent life)」を送るためのエネルギーは、新しい技術も利用すればかなり削減でき、1960年から2050年にかけて世界人口が3倍になると予想されるにもかかわらず、エネルギーレベルをほぼ同等に維持できるという研究もある<sup>20</sup>。既に記したように、途上国において中流階級に区分される人口の増加にともない、大量消費・大量廃棄のライフスタイルが進行することが推測されている。そうすると、環境負荷が増加し、エコロジカル・フットプリントから判断すると、もし世界中の人々が日本の2014年時点の生活レベルと同じレベルの生活を送る場合、地球は2.8個必要となる<sup>21</sup>。であれば、今から、人口の制御を考えることが社会を持続可能とするために必要だろう。

人口Pの制御は再生産(=出生)を通じて行われることになるが、人権や国の主権が絡む複雑な問題である。現在、世界のほぼ全域にわたっていわゆる人口転換(多産多死から多産少子を経て少産少死へのシフト)が起こっている。その結果、人口転換が後れているサブサハラ地域を除き、諸地域の人口は2050年をピークに減少傾向に向かうと予測され

ている(図5)。地球の「至適な」人口として、様々な仮定のもとで15億人から50億人<sup>22</sup>という提案、エネルギー使用量にもとづいた試算のもとで約20億人<sup>23</sup>といった提案がなされている。現状の人口はこれらの数値を大きく上回っているとは言え、女性の「リプロダクティブ・ヘルス/ライツ」への自己決定権を尊重する社会の形成、ならびにライフスタイルとそれを支える技術によって大きく変化し得ると考えられる。このように至適人口は、そのライフスタイルと利用可能な技術との組み合わせで考えられるべきものだが、人口増加に適切な歯止めをかけていくことは、環境負荷の軽減につながることも間違いない。

日本では超高齢化・少子化により、2050年には9515万人、2100年には4771万人との推計がある(図6)。現在、未曾有の高齢化社会を支えるという観点で、人口の増加のための政策が議論されている。経済成長を前提としたライフスタイルから脱却し、将来のライフスタイルは、ニューノーマルな、すなわち新たな価値観にもとづいた生活をするという視点からの取り組みが、地方から様々な形で始まっているという<sup>24</sup>。

## プラネタリー・ヘルス:地球規模の健康問題への新たな視座

2014年、米ロックフェラー財団とランセット誌の共同プロジェクトにより、「プラネタリー・ヘルス(Planetary Health)」という新たな学術・実践領域の創成の必要性が提唱された<sup>25</sup>。直訳すれば「惑星保健」で日本語としては馴染みにくいですが、プラネタリー・ヘルスとは、「人類の未来を形作る政治、経済、社会などの人間システムと、人類が繁栄できる安全な環境限界を規定する地球の自然システムに賢明な配慮をすることで、世界で達成可能な最高水準の健康、幸せな生活、公正を実現すること」と定義されている<sup>26</sup>。

地球環境システムの健全性を維持するために、政策による介入をする場合には、モニタリングによる現状把握と分析が欠かせない。プラネタリー

・バウンダリーズを超えないようにすることを意図して行う活動が、特定の地域や生態系にとって、不都合な影響をもたらすこともありうるからである。SDGsのキャッチフレーズの「誰一人取り残さない」とのアナロジーでいえば、プラネタリー・ヘルスのキャッチフレーズは「人間を含むどんな生き物も取り残さない」となる。しかもそれによって最終的に目指すものが生態系の持続性を前提とした人間社会と健康の発展という点がユニークだと言えよう。

プラネタリー・ヘルスの必要性が提起された背景には、人新世という新たな地質時代の到来が示唆されるなか、公衆衛生、グローバルヘルス(Global Health)、国際保健(International Health)といったこれまでの健康諸科学の方法論に加えて、新たな視点が必要との認識にもとづいている。

人新世に至って、人間活動が生態系を含む地球環境システムに大きな影響を与え、それが次に人間自身の生命と健康で幸せな生活、財産に悪影響を及ぼすというメカニズムが見え始めたことが、こうした認識の背景となっている。プラネタリー・バウンダリーズが地球環境システムに関わる9つの項目を対象とするのに対し、プラネタリー・ヘルスは人間の健康と社会と自然(地球環境システム)とを並列し、両者の関係が健全であることを求めている点で、人間をよりクローズアップした視点と言える。

さらに、プラネタリー・ヘルスは、地球資源の有限性が人間の健康と幸福とに関連していることを強く認識して研究・実践を進めている点に特長がある。ここから派生してくる、現世代の様々な活動が、地球規模での環境へのインパクトを介して将来世代の健康と幸せな生活に及んでいくという視座、あるいは同時代においても、高所得国の活動が途上国の環境資源の収奪を介して途上国の人々の健康と幸せな生活に影響を与えるという視座も、これまでの健康諸科学では十分ではなかったと言える。

プラネタリー・ヘルスの枠組みで考えるべき問題は多岐にわたる<sup>27</sup>。Seltenrich<sup>28</sup>が紹介している

二つの研究事例を参考までに記す。(1)農作物の収穫はポリネーター(花粉媒介昆虫)による受粉により影響される。この影響の程度を150カ国以上の食品構成データをもとに推定し、ポリネーターが全滅すると非感染症や栄養失調によって全世界で死亡者が142万人(全死亡者の2.7%)増えると推定した研究。(2)気候変動の影響で海水温が変化すると多くの魚種の移動が起こり、その結果、従来の漁場における漁獲量の減少が起こる。これに伴って、途上国の集団で栄養状態の低下が起こる可能性を検討した研究。

2020年には、UNEPが「次のパンデミックを防ぐために(Preventing the next pandemic)」を発表し、OIE(国際獣疫事務局)、FAO、WHOと共に新型コロナや過去に発生した動物由来感染症の原因をワン・ヘルスの視点から検証している<sup>29</sup>。過去20年間だけでも、動物由来感染症は1000億ドル以上の経済損失をもたらしてきたが、WHOは、人・動物・環境の衛生に関する分野横断的な課題に対してその関係者が連携してその解決に向けて取り組む「ワン・ヘルス アプローチ」が次のパンデミックを防ぐカギになると報告している。「ひとつの世界、ひとつの健康(ワン・ヘルス)」のアプローチが2004年に提起されたことは既に記したが、このパラダイムをプラネタリー・ヘルスへと統合する動きもでている<sup>30</sup>。多くの学術分野(医学、地球科学、生態学、獣医・畜産学、気象学、社会学、環境経済学、環境倫理学など)との多面的・学際的な協同が求められている<sup>31</sup>。

## 地球規模の環境変容とこれからの社会

今日では、地球上のあらゆるところで——極地からアフリカの砂漠やエベレストの頂まで、あるいは深度数千mの海底など、人がほとんど生活していない場所においても——人工化学物質が検出されている。人や野生生物の体内からは、意図的には摂取していないはずの多種多様な化学物質、放射性物質やマイクロプラスチックなど異物が検出されている。そして、限られた自然資源に対し

て、宇宙や深海、地殻にまで人類は触手を伸ばし、軍事的優越、資源確保、観光ビジネスなどの観点から利用している。これらの自然資源は、一部の国家や超富裕層により毀損されている。このような中、大事故や災害、未知の病原体の拡散や化学物質汚染が生じたり、それに伴う新たな健康問題が起こっても不思議ではない。人と野生生物が共生できるような人間社会のあり様についての価値基準と行動規範を持つ必要性が、これまでのどの時代よりも強く求められている。

気候変動への対処として、再生可能エネルギーや大気中から二酸化炭素を除去する技術を進展させ、経済成長と同時に二酸化炭素排出の抑制が可能となるという考えもある。「緑の経済成長」「グリーン・ニューディール」として提案されている。一方、「経済成長ありき」とのこれまでの価値基準から脱却し、「脱成長」のパラダイムのもとで新たな社会にむけて踏み出すべきとの注目すべき提言がある<sup>32</sup>。脱成長論とは、経済成長の追求をストップして、生活と社会の視点を幸せな生活に置き直すことを主張する<sup>33</sup>。経済成長を至上命題とする資本主義システムのもとでは、地球環境システムの崩壊は避けることができないとの推察にもとづいている。また、大量消費による「豊かな」生活という、「マネー資本主義」の価値観から脱却し、これまでのライフスタイルから脱却した「里山資本主義」<sup>34</sup>を標榜する活動も進んでいる。

一方、気候正義(Climate Justice)を求める活動は、グレタ・トゥーンベリに代表されるジェネレーションZによる欧米の若い世代を中心に盛んであり、日本でも同様の動きが始まっている。気候正義とは、「高所得国・富裕層そして現世代の人々は、化石燃料を用いて大量消費の生活を享受している」「低所得国・貧困層の人々は、資源を提供する側で被害を被っている」「将来世代は、現世代の付けを回される」、したがって、この不公正を正していこうという考え方である。また、熱帯雨林やマングローブ林の伐採による陸生・沿岸生態系の破壊、海洋の酸性化と海洋生物の乱獲によ

る多様性の喪失，地球規模に広がる化学物質による汚染を防止するために，環境NGOを中心とした国際的なネットワークも広がっている。米国では，大気汚染，農薬汚染，ウラン採掘などで，マイノリティ，先住民，貧困層が健康被害を受けているという状況を踏まえて，環境保護局(US EPA)に環境正義(Environmental Justice)室が設置されている。

21世紀末に向けてサブサハラ地域など低・中所得国の人口が増加し，生活水準の高まりへの欲求が増えていくと，高所得国との間の諸矛盾がより顕著に表出する可能性が大きい。だが，地球規模での健康問題を未然に予防し，生命の尊厳を守り，健康で幸せな生活を送ることは，世界の人々に共通する願いであるはずである。国際人権規約\*6の精神にもとづき，種々の格差是正をはじめ，人が尊厳をもって生活できる社会基盤の諸条件を確保し，地球環境システムのプラネタリー・バウンダリーの臨界値(閾値)を超えないようにモニタリングすることが極めて大切である。人々の健康と幸福のための最低限の条件を保障する，地球環境システムの健全性と社会基盤を保全するための理念は，地球正義(Planetary Justice)とよべるものかもしれない。ただ，歴史が示しているように，正義という名の下で戦争が行われてきたように，不正義が起こることは避けなければならない。

今日の人類の「繁栄」は地球生態系の犠牲の上に成り立っている。このことを認識したうえで，人類活動の地球環境システムへのインパクトを見落とさず，見過ごさず，見誤ることなく，ワン・ヘルスとプラネタリー・ヘルスの視座のもとに新たな学術を展開することが求められている。

#### 文献

- 1—P. J. Crutzen: J. Environ. Sci. Health A Tox. Hazard Subst. Environ. Eng., **37**, 423(2002); P. J. Crutzen: Nature, **415**, 23(2002)
- 2—W. Steffen et al.: Ambio, **36**, 488(2007)

\*6—基本的人権を国際的に保護するための条約で1966年の国連総会で採択された。世界人権宣言を補強するもので，締結国に対して法的拘束力をもつ。日本は1979年に批准している。

- 3—W. Steffen et al.: Science, **347**, 1259855(2015)
- 4—IPCC: 第6次報告書(2021), <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- 5—[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar5\\_wgII\\_spm\\_en.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar5_wgII_spm_en.pdf)
- 6—<https://www.cdc.gov/climateandhealth/effects/default.htm>
- 7—S. Hales et al. eds.: *Quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s*. World Health Organization(2014)pp. 1-128
- 8—茨城大学 ICAS・国立環境研究所: 環境省 S-8 温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究 2014 報告書，地球温暖化「日本への影響」—新たなシナリオに基づく総合的影響評価予測と適応策。(2014), <https://www.nies.go.jp/whatsnew/2014/20141110-4.pdf>
- 9—山内一也: ウイルスの世紀——なぜ繰り返し出現するのか。みすず書房(2020)
- 10—[http://www.wcs-ahead.org/manhattan\\_principles.html](http://www.wcs-ahead.org/manhattan_principles.html)
- 11—生物多様性と生態系サービスに関する地球規模評価報告書(2019), <https://ipbes.net/global-assessment>
- 12—[https://www.wwf.or.jp/activities/data/lpr20\\_01.pdf](https://www.wwf.or.jp/activities/data/lpr20_01.pdf)
- 13—BP: Statistical Review of World Energy 2021(2021)
- 14—日本エネルギー経済研究所, IEEJ Outlook 2021(2020) <https://eneken.ieej.or.jp/data/9170.pdf>
- 15—<https://www.unicef.org/reports/toxic-truth-childrens-exposure-to-lead-pollution-2020>
- 16—<https://japan-who.or.jp/about/who-what/identification-health/>
- 17—[https://www.who.int/social\\_determinants/final\\_report/csdh\\_finalreport\\_2008.pdf](https://www.who.int/social_determinants/final_report/csdh_finalreport_2008.pdf); 翻訳 [sdh.umin.jp/translated/2008\\_csdh.pdf](http://sdh.umin.jp/translated/2008_csdh.pdf)
- 18—大塚柳太郎: ヒトはこうして増えてきた—20 万年の人口変遷史。新潮選書(2015)
- 19—<https://data.footprintnetwork.org/>
- 20—J. Millward-Hopkins et al.: Global Environ. Change, **65**, 102168(2020)
- 21—<https://www.chikyu.ac.jp/publicity/news/2021/0303.html>; <https://data.footprintnetwork.org/>
- 22—E. Crist et al.: Science, **356**: 260(2017)
- 23—G.C.Daily et al.: Population and Environment, **15**: 469(1994)
- 24—藻谷浩介, NHK 広島取材班: 里山資本主義——日本経済は「安心の原理」で動く。角川新書(2013)pp. 1-308
- 25—S. Myers & H. Frumkin eds: *Planetary Health: Protecting Nature to Protect Ourselves*. Washington, DC: Island Press(2020)pp. 1-538.
- 26—S. Whitmee et al.: Lancet, **14**, 386, 1973(2015)
- 27—K. L. Ebi et al.: Int. J. Environ. Res. Pub. Health, **17**, 8890(2020); Planetary Health の学術領域雑誌として Lancet Planetary Health, Geohealth, Nature Sustainability が発刊されている。
- 28—N. Seltnerich: Environ. Health Perspect., **126**, 072001(2018)
- 29—<https://www.unep.org/resources/report/preventing-future-zoonotic-disease-outbreaks-protecting-environment-animals-and>
- 30—<https://www.unep.org/news-and-stories/speech/planetary-health-foundation-all-health>
- 31—S. Whitmee et al.: Lancet, **386**, 1973(2015)
- 32—斎藤幸平: 人新世の「資本論」。集英社新書(2020); 斎藤幸平: 大洪水の前に——マルクスと惑星の物質代謝。堀之内出版(2019)
- 33—ヨルゴス・カリス・他: なぜ，脱成長なのか——分断・格差・気候変動を乗り越える。NHK 出版(2021)