

リレーエッセイ 地球を俯瞰する自然地理学

Future Earth—地球と人類の持続可能な未来をめざして

安成哲三 やすなり てつそう
総合地球環境学研究所長

人類が大きく変えつつある地球

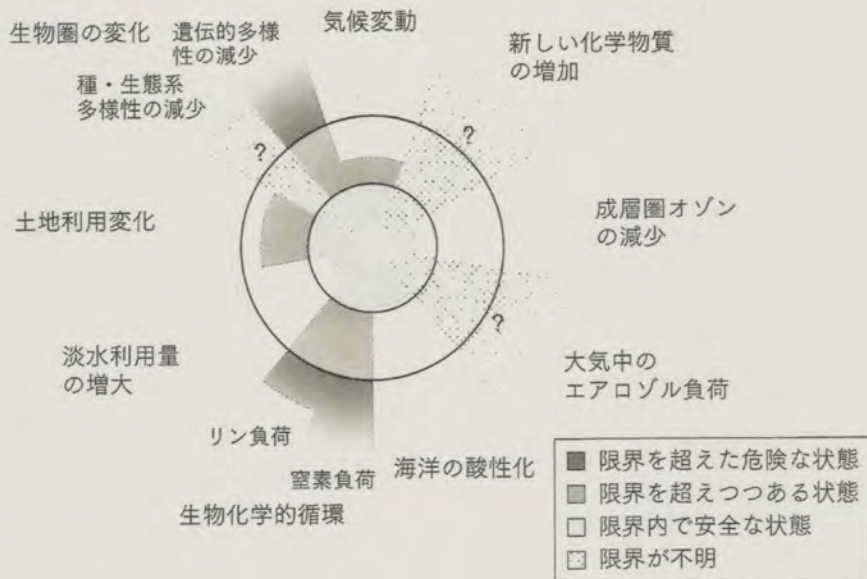
私たち人類の直接の祖先であるホモ属は約250万年前に現れ、寒冷で変動の激しい第四紀の氷河時代を生き抜いてきましたが、約1万年前からの完新世(Holocene)の比較的暖かい気候の下で農業革命を起こし、人口増加と共に都市文明を大きく発展させました。しかしそれは同時に、人類が地球環境を変化させることの開始でもありました。特に18世紀末に産業革命が起こって以降の地球環境変化の進行は非常に速く、地球全体に大きな影響を与えるに至っています。たとえば地球大気のコ₂濃度は、完新世の開始以降ほぼ1万年間、280 ppm程度で安定していましたが、19世紀後半以降増加の一途をたどり、特に20世紀後半の増加は著しく、現在すでに400 ppmを超えています。IPCCは、このCO₂を中心とする温室効果ガスの増加により、19世紀後半以降世界の年平均気温は1℃程度上昇していると報告しています¹。温室効果ガス増加による地球温暖化に加え、加速的に拡大する工業活動による大気汚染・水質汚染が地球規模で進行しています。北米、ヨーロッパ地域、日本などの先進工業国では、1970年代以降の大気・水質汚染対策の強化によって汚染は大きく抑えられてきましたが、人口増

加や急激な経済成長が進行中の発展途上国における汚染は、20世紀末以降むしろ深刻化しており、大気・海洋汚染などは全球的に進行しています。温暖化など気候システムの変化や環境汚染だけではなく、生態系もすでに大きく変化してきています。人口増加に伴う人間活動域の拡大や地球温暖化によって消滅した生物種の数、1980年頃から急激に増加しているのです。産業革命以降に失われた生物種はすでに5万種にも上っており、生態系の劣化は、農業を含めて人類が生物圏から受けている恩恵(生態系サービス)に深刻な影響を与えつつあります。

このように、大気圏・水圏・生物圏を含む地球システムは、特に産業革命以降の人類活動により、過去約1万年間続いた完新世の比較的安定していたシステムから、大きく改変されたシステムに変化しつつあり、もはや完新世ではなく「人新世(人類世)」(Anthropocene)という新しい地質時代に入ったという指摘もされています²。いずれにせよ、人類は今、自らの生存基盤である地球システムそのものを自らで変えつつあり、人類史での大きな歴史的転換点に立っているといえます。

地球の限界と人類の危機

IPCCは、温暖化対策なしにCO₂が増え続ければ今世紀末(2100年)には、地球の気温は4℃程度上昇し、夏の北極の海水は2050年頃には消滅する可能性があり、仮にこれ以上温室効果ガスが増加しないよう、可能な限りの対策を施しても、2100年には1℃程度の増加は避けられないと予測しています。また地球温暖化の影響で、気温だけでなく降水量の地域的な大きな変化や異常気象



図一地球・人間システムの状態を示すいくつかの指標
 生物多様性の減少、気候変動、窒素負荷は、安定状態の限界(内側の円)を超えている。他の要素についても、近い将来限界を超える可能性が指摘されている。図中の?印は、データの不足などで限界が不明な要素を示している。出典：(Steffen et al. 2015)³

の増加も予測されています。

図は、地球システムを構成する重要な9つの要素が、完新世における地球レベルでの平衡状態が維持できる限界(planetary boundaries)を超えて臨界点(tipping points)に達しているかどうかを示しています³。気候変動だけではなく、生物圏(生物多様性)の変化や窒素負荷などの生物化学的循環については、すでに限界を超えており、地球システム自体が変わりつつあるという可能性も指摘されています。このような事態がもし生じれば、人類文明の存続、持続性にとって大きな脅威あるいは危機ですが、果たしてどうなのでしょう。他の要素も含め、複雑な地球システムの統合的理解が必要です。

ここで重要な点は、人類活動の地球システムへの影響は、気候変化、生態系の変化、物質循環の変化などが、相互に複雑に絡んでいることです。このような相互作用も含めて、地球システムを個別的、部分的に評価するのではなく、統合的に理解し、定量的に評価することが、今後の地球環境変化の理解と予測には欠かせません。

地球システムの維持と人類の持続可能な発展に向けて

さらに重要な課題は、そのような脅威に人類はどう対処していくべきか、ということです。しか

し、複雑な地球システムの変動を抑えながら、どのように持続可能な地球社会を構築できるのでしょうか。そのためには前述の地球システムの要素間の相互作用を考慮するだけでなく、資源、人口、工業生産、食糧、汚染などに関与する社会経済システムの抱える問題やその持続性にも視野を広げ、人間と自然の相互作用に関する様々な要因を、人間活動を含めた地球システムとして統合的に解明する必要があります。

このような地球システムの統合的理解と、人類がめざすべき未来の地球社会像の共有、そしてそれをふまえた持続可能な社会を実現するためには、地球環境に関する革新的な研究はもちろんのこと、文理の壁を越えた学際(interdisciplinary)研究を飛躍的に進め、さらに、個別の研究者コミュニティの視野の限界を克服するために、問題の発見から解決(持続可能な社会の実現)にいたる研究の全過程を、社会各層の関係者と協働でデザインする超学際(transdisciplinary)研究の推進体制を構築する必要があります。Future Earth(FE)はこのような課題に取り組むことにより、地球に依存する私たち人類社会の持続可能性を追求するために提案されたのです⁴。

FEの特徴は、自然科学(理工学、農学、医学など)、人文・社会科学にまたがる学際的研究により地球と社会についての知の提供を行うだけでなく、研究者コミュニティと社会の様々なステークホルダ

一(国際援助機関, 政策担当者(政府/地方自治体), 研究資金提供者, 産業界, メディア, 市民団体など)との超学際的な連携(協働)を通じて, 持続可能な社会へむけた転換をめざすところにその特色があります。「超学際(transdisciplinary)」という表現は, 学術コミュニティと社会の連携・協働で進めようとするFEのキーワードとして用いられています。すなわち, 研究者コミュニティと社会の様々なコミュニティが, 問題に対し共通の視点を共有しつつ, 研究の立案の段階から成果の普及にいたるまで協働することにより, 問題解決にむけた新たな知の創出と統合を進めるという, 協働企画・協働生産のプロセスを重視するところにあります。このためには, 研究の目的や方法を社会と共有する必要があります, これが19世紀から続いてきた「科学のための科学」とは大きく異なる点です⁴。日本では, 3.11の東日本大震災をきっかけに, 防災・減災の側面からも, この「社会のための科学」への転換が問われています。

「地理学」は何をしてきたのか?

ところで, このリレーエッセイは, 「地球を俯瞰する自然地理学」が主題となっています。私は, 地球上の自然と人の関わり合いを俯瞰するという, 地理学本来の精神は大好きです。そのことをやりたいために, 地球学とか地球環境学と称して, やってきたつもりです。ただ, 19世紀のアレキサンダー・フォン・フンボルトやチャールス・ダーウィンなどが目指した, 地球の自然を, その歴史性・空間性を含めて俯瞰し, 統合的に理解するという姿勢は, 「古臭い博物学」として, その後の近代科学は, 「地理学」も含めて, すっかり忘れてしまっています。ダーウィンの進化論だけは, 生物学の分野で切り取られたかたちで残っていますが。「地理学」(特に日本の「地理学」)は, 自然地理学も人文地理学も, 二元論と細分化を前提とする近代科学として地球の自然と人間の「俯瞰」を試みるという矛盾のために, 他の近代諸科学以上に, 地球の理解にはほど遠いものになってしまってい

ないでしょうか。自然と人の関わり合いを, その系統的な理解もせず, あるべき姿への洞察もなく, 単に枚挙的な記述に終始してきたため, 自然災害や地球環境問題に対し, 「地理学」は, 他の地球科学, 環境科学以上に無力ではなかったでしょうか。

Future Earthや統合的防災・減災の超学際的研究にこそ, 地理学は本来, 大きく貢献できるはずであり, すべきではないでしょうか。「人新世」を迎え, 地理学は地球と人間の存続のための学際・超学際研究を進める学へ再生・再構築されることを期待してやみません。

参考文献

- 1—IPCC: Climate Change 2013: Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA(2013)
- 2—W. Steffen et al.: The Anthropocene: Are humans now overwhelming the great forces of Nature? *Ambio* **36**, 614–621 (2007). doi: 10.1579/0044-7447(2007)36
- 3—W. Steffen et al.: Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, doi: 10.1126/science.1259855. *Science* **347**(2015)
- 4—日本学術会議 2016: 「提言 持続可能な地球社会の実現をめざして—Future Earth(フューチャー・アース)の推進—」, 2016年4月