

【論点】

大気圏・水圏・生命圏を含む地球システムは、とくに産業革命以降の人類活動により、過去約一万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、現在ではもはや完新世ではなく、人類自身が地球表層を大きく改変してしまった「人新世（人類世）」（Anthropocene）という新しい地質時代に入ったといわれています。このような状況で、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、そしてそれを踏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たらんること、文理の壁を越えた学際的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的（transdisciplinary）研究の推進体制を構築する必要があります。

Future Earth（フューチャー・アース）の特徴は、自然科学と人文・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関係者・関与者との超学際的な連携・協働を通じて、持続可能な社会へおけた転換をめざすところにあります。地球社会が抱える多くの課題群について、研究と解決に向けた実践をつないで活動する国際的なグループ Knowledge-Action-Network (KAN) が立ちあげられつつあり、すでに進められてきた研究分野ごとのプロジェクト（Global Research Projects: GRPs）とも連携しながら、研究と実践をつなぐ努力が開始されています。当然のことながら、これらの Future Earth の活動は、2015年に国連で策定されたSDGs（持続可能な開発目標）の達成に向けた国際的な組織活動とも位置づけています。

(1) 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水河時代を生き抜いてきましたが、約1万年前から完新世(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。とくに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。たとえば地球大気中のCO₂濃度は、完新世の開始以降ほぼ1万年間、280ppm程度で安定していました。19世紀後半以降増加の一途をたどり、とくに20世紀後半の増加は著しく、現在すでに400ppmを超えています。IPCC(気候変動に関する政府間パネル)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⁾。IPCCはさらに、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。また地球温暖化が水循環に影響することにより、世界各地での豪雨や干ばつの増加などを含む異常気象の増加も予測されています。

測されています。

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・水質汚染も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ました。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・海洋汚染などはなおも全球的に進行しています。温暖化など気候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つつあります。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は、1980年頃から急激に増加しています。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(総称して生態系サービスと言われている)恩恵が大幅に低下しつつあります。

このように、大気圏・水圏・生命圏を含む地球システムは、とく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、現在では完新世ではなく、人類自身が地球表層を大きく改変してしまった「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⁾。図1は、地球システムを構成する重要な10個の要素が、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急激に変わってしまう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となります。人類は今、自らの生存基盤であるはずの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。

(2) 基礎・臨床環境学 — 統合的理解と問題解決に向けての試み

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ない。そし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、ということである。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だろうか。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、食料、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さまざまな要因を、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、そしてそれを踏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的 (interdisciplinary) 研究を飛躍的に進め、さらに、個別的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)



図1 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、気候変化、窒素循環は、安定状態の限界 (中心から二つめの円) 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。出典: Steffen et al. (2015)。

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的 (transdisciplinary) 研究の推進体制を構築する必要があります。

しかし、地球システムの統合的理解といっても、そう簡単なことではありません。そもそも大衆を中心として進められてきた現在の「近代科学」は、専門化された分野の単なる集合となっている側面が非常に強いわけです。自然(や人間)のある部分(要素)だけを取り出して議論する「要素還元論」が主流となり、自然や人間、あるいは自然と人間の関係を全体として理解するということを放棄してきたと言えます。近代科学における哲学の相対的な弱体化は、まさにそのことを象徴的に表しています。

このような近代科学の属性のひとつは、「科学は両刃の剣である」という見方です。科学の知識は、「価値自由」であり、それ自体は価値判断などに左右されない「客観的な事実」であり、良いことにも悪いことにも使えるという前提です。物理学や化学の専門化された知識(知識の切り売り)は、原子爆弾も化学兵器も簡単につくってしまいますが、それは知識を生み出した科学(および科学者)の責任ではなく、悪用した科学者・技術者あるいは政治家のせいであるという論理も出てきます。しかし、近代科学が、まったく価値自由(あるいは没価値)的に進んできたわけではありません。「必要は発明の母」と言われるように、国家の必要に応じて、近代科学と関連した技術の在る部分のみが肥大化しています。20世紀における近代科学の「大発展」

は、二つの世界大戦や、戦後の米ソによる宇宙開発競争などに依っている面が非常に大きいですが、このような国家権力などによって都合のいい分野のみが異常に増大することができるのも、まさに「近代科学」の問題点でもあるわけです⁽³⁾。

さて、では環境問題の統合的理解と解決はどのようにして進めることができるでしょうか。国内外の大学などでも、さまざまな「近代科学」克服の試みがされていますが、著者らは2009年から5年間、名古屋大学のグローバルOOPプログラム「地球学から基礎・臨床環境学への展開」で、この問題に取り組みました。そもそも環境学とは、人間活動による地球生命圏の変調を人体の病変に擬えるとき、「地球の病氣」に立ち向かう医学に相当させて位置づけることができます。しかし、多くの大学や機関が進められてきたこれまでの環境学では、大気圏・水圏・地圏・生命圏の部分的な仕組みやその人間活動との関係を解析する診断型分野(地球科学・生態学・地理学等)と個別の環境問題の技術的・制度的対策を研究する治療型分野(工学・農学・経済学等)が互いにほとんど独立に進められ、診断と治療が協働する臨床医学に相当すべき臨床環境学的取り組みが欠如していました。そこでこのプログラムでは、(人間と自然の關係の持続可能性を脅かす病氣と位置づけられる)さまざまなスケールの環境問題の診断から、その適切な予防と治療、治療の副作用の予測や防止に至る一連の実践的取り組みを、臨床環境学として体系化することをめざしました。同時に、臨床環境学を支える基盤として、地球生命

圏における人間社会の持続可能性を学際的・総合的に考察し、それに対する技術的・制度的アプローチの有効性・問題点を整理して、より普遍的・地球的な視座を提供する基礎環境学の構築も重要です。

臨床環境学と基礎環境学は、図2に示すように、環境問題に立ち向かう上での車の両輪であると同時に、双方が、既存の環境学関連の諸分野を統合していく要となります。すなわち、このGCOEプログラムでは、理、工、農、人文・社会科学分野などが協働して、いくつかの現実の人間と自然の相互関係の仕組みについての体系的理解を進めるプロセスと、現場での環境問題での取り組みの経験知のサイクルを、自治体などとも協働で超学際的に回しながら、問題の理解と解決を同時に進める研究と教育と、大学および社会での価値の転換を図っていくこうした大きな枠組みを作ったわけです。この取り組みは、その後も引き続き環境学研究科などを中心に進められています。

(3) 国際枠組み Future Earth の展開

このような環境問題の統合的理解と解決に向けた研究を、国際的に、そして地球規模の環境問題と持続可能な社会に向けて進めようという枠組み（あるいはプラットフォーム）として、Future Earth（フューチャー・アース）が2012年頃から提案され、2015年から実質的に開始されています。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、そしてそれを踏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体制を構築する必要があります。Future Earth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ました⁴⁰。

Future Earth 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さまざまな関係者・関与者（英語ではよくstakeholdersといいますが）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あります。地球環境問題における関

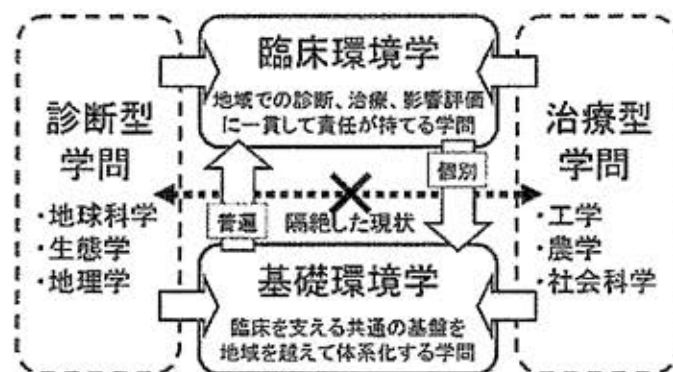


図2 基礎・臨床環境学の構図

係者・関与者としては、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、教育関係者、市民団体などが挙げられます。「超学際」という表現は、「学際」とともに、Future Earthのキーワードのひとつになります。この場合、単に社会貢献という意味よりも、研究者コミュニティと社会のさまざまな関係者・関与者が、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至るまで協働することにより、問題解決に向けた新たな知の創出と統合を進めるといふ、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、これが19世紀から続いてきた「科学のための科学」とは大きく異なることとなります¹⁾。日本では、2011年3月11日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。

さて、ここでFuture Earthの設立経緯について、少し説明します。国際的な地球環境変化のプログラムは、1980年代から、国際科学会議（International Council for Science, ICSU）や国連の地球環境にかかわる機関の主導により開始されました。まず、1980年に世界気候研究計画（World Climate Research Programme, WCRP）が、次いで1987年に地球圏・生物圏国際協同研究計画（International Geosphere-Biosphere Programme, IGBP）が開始されました。その後、生態系・生物多様性研究を進める生物多様性科学国際共同研究計画（DIVERSITAS）が1990年に

開始され、さらに地球環境問題を人文社会科学の視点から進める地球環境変化の人間の側面国際研究計画（International Human Dimension Programme, IHDP）が国際社会科学評議会（International Social Science Council, ISSC）とICSUの合同で1996年に開始されました。さらに、これら4つのプログラム間の連携・協力を進め、より統合的な研究を図るために、2001年に地球システム科学パートナーシップ（Earth System Science Partnership, ESSP）が開始されました。しかし、ESSPは、それ自体の予算や実行のための組織体制がなかったことや、各プログラムの独立性が強すぎた面もあり、一部の地域的な推進での連携・協力を除き、全体としての連携と統合的な研究はあまり進みませんでした。ただ、それぞれのプログラムでの科学者コミュニティの連携・協働による科学的成果はめざましいものがあり、私たちが今、地球環境問題として認識している多くの知見（たとえば、地球温暖化の実態や予測、大気環境の変化、生態系の変化の実態など）は、これらの地球環境変化プログラムの成果に負うところが非常に大きいといえます。

一方で、やはり20世紀末から、社会科学者が中心となって、地域社会や国レベルにおける資源やエネルギーの保全や社会の持続可能性（sustainability）に関する研究も進んできましたが、社会の仕組みや経済などをどうすべきかというこれらの政策的・政策的な研究と、前述の自然科学者を中心とする地球環境変化研究とは、相互に連携や協力をする場はほとんどなかったといえます。ちょうど、前項で述べた基礎・臨床環境学の構図でいえば、（地球環境変化研究という）診

- 課題1 すべての人へ安心・安全な水、エネルギー、食料を提供する。
- 課題2 社会・経済システムを脱炭素化し、気候を安定させる。
- 課題3 人間の福祉を支える陸上・淡水・海洋資源を保護する。
- 課題4 健康的で災害にも強く回復力ある生産的な都市を構築する。
- 課題5 変化する生物多様性、資源、気候のなかで、持続可能な農村開発を促進する。
- 課題6 人々の健康を改善し、そのための対策を考案する。
- 課題7 公正で持続可能な消費と生産のパターンを探る。
- 課題8 社会的な回復力を高め、持続可能性への転換を促進する技術と制度のあり方を探る。



図3 Future Earth を運営する国際組織連合

ICSU と ISSC は 2018 年 7 月より統合。

断型学問と(地域やある問題に限定した環境対策や政策的研究という)治療型学問の結びつきが、国際的な研究者コミュニティでもほとんどなかったということになります。

この反省を踏まえて2008と2010年頃、ICSUとISSCはこれらの科学研究の状況レビューを行い、優先性、効果性、統合性の3重要項目を視点として地球環境研究の統合の重要性を指摘しました。この報告を受けるかたちで、科学者コミュニティとしてのICSUとISSC、関連する4つの国連機関および主要各国の科学研究予算組織(日本は科学技術振興機構(JST))の連合体であるベルモント・フォーラム(BF)が合同で、上述の地球環境変化研究のプログラムであるIGBP、DIVERSITASおよびIHD Pを統合したひとつの国際プログラム(あるいはプラットフォーム)として、Future Earthを2012年に立ち上げました(図3)。なお、WCRPは当面はFuture Earthには参加しないが、Future Earthと密接に連携したプログラムとして続けられることになりました。基本的には学術コミュニティ間の連携のみを考えていたESSPとは異なり、Future Earthは研究者と社会のさまざまなステークホルダーが、研究のデザインから成果の提供・利活用までを共同で学際的・超学際的に研究を進めて、最終的に持続可能な地球社会をめざす、新しい国際共同研究の枠組として提案されたわけです。

Future Earthでは現在、地球環境問題解決と持続可能な社会に向けて、以下の8つの優先課題を設定している⁽⁵⁾。

我が国では、日本学術会議や総合地球環境学研究所により、これらの課題群に加え、とくにアジア地域で重要な課題として、文化の多様性を考慮した持続可能な社会の構築など、一部加筆・修正した課題を提案しています^(9.7)。

現在、これらの課題群に加え、これらの課題群にもまたがるいくつかの課題について、研究と解決に向けた実践をつないで活動する国際的なグループ Knowledge-Action-Network (KAN) が立ちあげられつつあり、もともと進められてきたテーマごとのプロジェクト (Global Research Projects: GRPs) とも連携しながら、研究と実践をつなぐ努力が開始されています。当然のことながら、Future Earthでのこれらの活動は、2015年に国連で策定されたSDGs (持続可能な開発目標) の達成に向けた大きな組織的な活動となるはずで、Future Earthの活動についての詳細は、ウェブサイトを参照していただければ幸いです (<http://www.futureearth.org/>)。