

生命を育む地球環境の変動；将来予測と適応を目指して

Sustainable development for the future global environment nurturing life

植松 光夫^{1*}・小池 勲夫²・甲山 隆司³・安成 哲三⁴

Mitsuo UEMATSU^{1*}, Isao KOIKE², Takashi KOHYAMA³ and Tetsuzo YASUNARI⁴

¹ 東京大学 大気海洋研究所

² 東京大学 名誉教授

³ 北海道大学大学院 地球環境科学研究院

⁴ 総合地球環境学研究所

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

² Professor Emeritus, The University of Tokyo

³ Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University

⁴ Research Institute for Humanity and Nature

摘 要

1990年に国際共同研究プログラムであるIGBPは、地球環境変動に関する科学的な基盤を確立することを目標に開始された。地球システムに関するさまざまな相互関連について、人間活動によって引き起こされた変化も理解することを含め、世界各国が共同して、科学的な知識を集積し地球環境変動の予測と適応を目指して研究を進めた。その後、分野横断的な地球システムの統合研究体制を整えるフェーズへ移行し、共同研究の実施主体であるコアプロジェクトが見直され、現在、8つのコアプロジェクトとして取り組まれている。2010年には国際科学会議などの勧告を受け、社会科学や政策立案など社会への貢献を考慮した方向で検討が始まった。その結果、IGBPは2015年12月を以って25年間の活動を終了し、新たに立ち上がったFuture Earthに向けて各コアプロジェクトはそれぞれに取り組むことになった。

キーワード：生物地球化学的物質循環、地球環境変動、

地球圏-生物圏国際協同研究計画、地球システム、フューチャー・アース

Key words: biogeochemical cycles, global environmental changes, IGBP, earth system, Future Earth

1. はじめに

全地球系を支配する物理的、化学的、生物学的相互作用、生物の生命を維持する特有の地球環境、地球系に生じる変化、人間活動による影響を理解することを目的として、IGBP(International Geosphere-Biosphere Programme: 地球圏-生物圏国際協同研究計画)が1983年、ICSU(International Council for Science: 国際科学会議)執行委員会で取り上げられ、1986年にはICSU総会で研究計画の指針が提出され、1990年から開始された。IGBPは気圏、水圏、地圏、そして生物圏を含む地球環境を物理的、化学的、生物的諸過程について1つの統合された地球システムとして捉え、総合的に解明することを目指した¹⁾。1988年にIGBPの行動計画が立てられ、5つの調整パネルと2つの作業部会、1つの科学運営委員会が設けられた²⁾。

IGBP第1期(1986~2000)ではまず、IGBPの目的

である化学的・生物学的な地球変動プロセスを水循環、陸域、海洋、大気、過去に分けた5つのコアプロジェクトを立ち上げ、その後、その間を補完する6つのコアプロジェクトを開始して初期の全体構想をとりまとめた。IGBP第2期(2000~2010)は第1期の成果を総括し、複数のコアプロジェクトが、IGBPの姉妹共同研究計画であるIHDP(International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change: 地球環境変化の人間の側面国際研究計画)やWCRP(World Climate Research Programme: 世界気候研究計画)とのジョイント・コアプロジェクトとして実施するなど、分野横断的な地球環境の統合研究体制を整えた。IGBP第3期(2010~2015)にはIGBPの研究自体は大きく進展し、IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change: 気候変動に関する政府間パネル)などからも高い評価を受けたが、その一方で、プログラム全体としての目的を明確にするとともに、科学のレベルを維持しながら社会の必要性に

受付: 2015年6月29日, 受理: 2015年8月21日

* 〒277-8564 千葉県柏市柏の葉5-1-5, e-mail: uematsu@aori.u-tokyo.ac.jp

しっかりと答えた研究体制の構築が必要であるとの ICSU からの要請を受け、新しい Future Earth プログラムにつなげる準備を行った。

日本からは、IGBP 科学委員会に根本敬久(1990年；在職中逝去)、角皆静男(1990～1992年、1992～1995年；副議長)、小池勲夫(1996～2001年；幹事)、甲山隆司(2001～2007年)、松野太郎(2006～2010年)、植松光夫(2011～2015年)と途絶えることなく委員が加わってきた。

本稿では、2015年12月に25年間の活動を終了する IGBP の今までの国際的な活動と科学的な成果を概観し、我が国の国際的貢献を取りまとめ、新たに立ち上がる Future Earth(フューチャー・アース)への理解と対応を述べる。

2. IGBP 設立に至るまで

気候変動による地球温暖化のリスクが地球環境問題として一般に認識されるようになったのは1980年代の後半といわれるが、我が国では1950～1960年代の高度成長期に工業地域などでの大気汚染や水質汚染が深刻化し、地域レベルでのいわゆる公害問題が大きな社会的関心と呼んだ。しかし、人間活動の影響が国境を越えて広く伝播する地球レベルでの環境問題に関する関心は、当時は少なくとも我が国では限定的であった。現在の地球環境問題での中心的な課題である温室効果気体の増加による地球温暖化に関しても、大気中の二酸化炭素が温室効果をもつことはかなり古くから知られており、米国の David Keeling による大気中の二酸化炭素濃度の連続的な計測は1958年にスタートしているが、1940年代から1970年代にかけて地球の気温は低下傾向を示したことから、温室効果気体と人間活動に関する社会の認識は広まらなかった。

一方、1960年代後半には人工衛星や電子計算機などの技術進歩により物理法則に基づいた将来の大気状態を計算で求める「数値天気予報」が全球的に可能であることが提唱され、これを受けて WMO(World Meteorological Organization：世界気象機関)では国際共同研究 GARP(Global Atmospheric Research Programme, 地球大気開発計画)を立案し、1977、1978年に「第1回地球規模実験(FGGE)」を実行して大成功をおさめ、その結果、現在の天気予報が実現した。この GARP は、2、3日先の気象の予報の精度向上とその先の1週間程度までの全地球の気象予測の実現を目指していたが、より長い期間にわたる気象の予測、すなわち気候の変化を予測することが次の課題となった。この1か月以上の長期の気象の平均状態の変化には海洋の変化や陸域の状態の変化などが重要な役割を果たすと考えられ、それらをも含めた全体を「気候システム」の変化として予測の方法を考える必要があると認識されていた。

その頃、1940～1970年に北半球で気候の寒冷化がみられ、産業や生活圏の拡大で社会が異常気象から受ける影響が大きくなってきたことから、それに対処する上で自然の気候の変化、すなわち、年年の気象状態の変動を予測することが求められるようになっていた。それと同時に、1960年代の真鍋淑郎らの研究によって CO₂ の増加による温室効果の強化で生じる気候の変化の重大性が研究者の間では認識されてきたので、その予測も社会的に重要なテーマと認識された。

このような背景のもと、WMO は1979年に第1回世界気候会議を開き、ICSU との協力により、GARP を引き継ぐものとして WCRP を発足させた。その目標は、自然の気候変動のメカニズムを明らかにして、気候変動予測を可能にすること、人間活動によりどのように気候が変化するかを評価することである。一方、WCRP が気候変動すなわち大気の長期的な物理的状態の変化を扱うのに対して、大気を始め地球環境変化において生物的・化学的プロセスに係る側面に関するグローバルな研究が欠けている点が強く認識され、さらにこれらに対する人間活動の影響を研究する必要性が強く認識された。それを受けて、変化する「地球システム」を人類活動も含めた生物的、化学的、物理的相互作用の観点から解析する国際共同研究としての IGBP の検討が1986年に ICSU をスポンサーとして始まった。

その頃、オゾン層問題では NASA(National Aeronautics and Space Administration：アメリカ航空宇宙局)や WMO で次々にまとめが行われて国際条約につなげられており、さらに政治的には東西冷戦が終わりを迎え、次なる国際政治のアジェンダとして気候変動が取り上げられたという背景を受けて、気候変動に関する科学的な根拠を取りまとめる役割をもつ各国政府間の公的な集まりである IPCC が発足した。IPCC は気候変動研究と変動における人間活動の影響の解析を進める WCRP と生態系や物質循環などの地球システムにおける人間活動の影響を評価する IGBP の研究成果の受け皿となることが期待されていた。なお、温室効果ガスによる地球温暖化の研究では、IGBP および IPCC の創設に大きく関わったスウェーデンの Bert Bolin が、CO₂ の循環、人為排出 CO₂ の海洋・生態系による吸収の観測やモデルによる研究といった IGBP が目的とするプロセスの先駆的な研究を進展させていた。

3. IGBP 第1期

1990年に国際共同研究プログラムとして開始された IGBP は、世界の地球物理学・化学・生物学の研究者が共同して地球環境変化に関する科学的な基盤を確立することを目的とした。地球環境に関する国際的な共同研究としては、既に1950年代に IGY

(International Geophysical Year: 国際地球観測年)でも地球全体の地磁気などの地球物理学的観測が国際共同研究として行われていた。また、生態系生産の観測を目的としたIBP(International Biological Program: 1964~1974年)も実施された。しかし、気候変動と生物生産、化学物質循環を結びつける課題が残されていた。IGBPは、物理環境と生物地球化学的な物質循環、生態系の応答、およびこれらに対する人間活動の影響を定量的に評価する初めての国際共同研究となった。

開始当初の1990年には、BAHC(Biospheric Aspects of the Hydrological Cycle: 水循環の生物学的側面研究計画)、GCTE(Global Change and Terrestrial Ecosystems: 地球変化と陸域生態系合同研究計画)、IGAC(Inter-national Global Atmospheric Chemistry: 地球大気化学国際協同研究計画)、JGOFs(Joint Global Ocean Flux Study: 全地球海洋フラックス合同研究計画)、そしてPAGES(Past Global Changes: 古環境の変遷研究計画)の5つのコアプロジェクトが立ち上がり、続いて、これらの間を補完するようなLOICZ(Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone: 沿岸域における陸地-海洋相互作用研究計画)、LUCC(Land-Use and Land-Cover Change: 土地利用・被覆変化研究計画)、GAIM(Global Analysis, Integration, and Modelling: 地球変化の分析・解釈・モデリング)、IGBP-DIS(IGBP Data and Information Service: IGBPデータ情報システム)、START(Global System for Analysis, Research and Training: 地球変化の分析・研究・研修システム)、そしてGLOBEC(Global Ocean Ecosystem Dynamics: 全球海洋生態系動態研究計画)の6つのコアプロジェクトが活動を開始した。

これらのIGBP第1期における研究の成果はIGBP Seriesとして2004年に刊行された「Global Change and the Earth System」³⁾にまとめられたが、その中で地球システムにおける生物圏が極めてアクティブであり重要なコンポーネントであること、また人類の活動が複雑で相互に関連をもちながら明らかに加速的に地球システムに影響を与えており、人類は今や我々人類の生存に必須なさまざまな生物的・非生物のプロセスに脅威を与えるようなやり方で地球システムを変える能力を持つに至ったことが強調されている。例えば、空中窒素の固定による窒素肥料などの生産は、地球表層での自然界における窒素循環を大きく変え、地下水汚染や沿岸域の貧酸素化などさまざまな負の影響を人類に与えるようになっていく。このように人間活動が地球環境のいろいろな局面で自然の循環を超える大きなインパクトを与えている事実を基に、ドイツのPaul Crutzenは産業革命後の地球表面がそれまでの自然状態と異なることを表すのに、地質年代区分上の新たな時代としてAnthropocene(アントロポセン)と呼ぶことを提唱している⁴⁾。

我が国においては、1986年のICSU総会でのIGBPの承認と各国におけるこの問題への取組の要請を受けて、ICSUの国内対応組織である日本学術会議は第109回総会の決議に基づき、1990年4月に「地球圏-生物圏国際協同研究計画(IGBP)の実施について」との勧告を行った。この勧告ではICSUの決定に基づき、「IGBPを1990年から10年間国際協力により実施する」と述べている。また、日本学術会議では、我が国におけるIGBPの研究を組織的に進めるために、会長のもとに「IGBP小委員会」を設置し、IGBPのコアプロジェクトにはほぼ対応する7つの研究領域を持つ研究計画をまとめた⁵⁾。さらに、学術会議の組織としては国際対応委員会のもとにIGBP専門委員会を置き、その下にIGBPの各コアプロジェクトが小委員会を構成することになった。なお、1995年から地球環境研究連絡委員会が設置され、IGBP専門委員会はこの下に入るようになった。また、学術会議の予算で毎年IGBP国内シンポジウムを開催する予算措置も取られた。このように我が国の地球環境変動に関係する研究者が連携してまとまる組織が学術会議のもとに出来たことは、我が国におけるこの分野の進展に大きな力となった。

この日本学術会議の勧告を受けて、文部省(現在、文部科学省)では1990年7月に学術審議会が、「大学等における地球圏-生物圏国際協同研究計画(IGBP)の推進について」の建議を行い、同省ではこの建議に基づき、「大学等における地球圏-生物圏国際共同研究計画(前期計画)」を1992~1996年度の5年間実施し、1997年度からは後期5ヵ年計画として「陸域生態系の地球環境変化に対する応答の研究」を実施した。また文部省は、第1期では1990年以降、ストックホルムのIGBP事務局に対し、10~15万ドルの拠出金を措置した。文部省以外の省庁においても、科学技術振興調整費(科学技術庁(現在、文部科学省))、地球環境研究総合推進費(環境庁(現在、環境省))等により、IGBP関連の研究は多数行われている。なお、表1に半田暢彦⁶⁾によってまとめられた我が国に於ける第1期IGBP関連の各府省による研究計画の概要を示した。

当初IGBPは、コアプロジェクトがそれぞれ立案計画され(1997~2000年)、ほぼ10年間の計画(第1期1997~2003年)でスタートした。なお、ストックホルムにIGBP事務局が出来たのは1999年である。しかし、地球環境変動に対する研究の重要性がますます高まり、また人間活動の社会的な側面も強化するためにこの国際共同研究をさらに10年延長する方針が1990年代の後半に決定された。我が国でもこれを受けて、この国際協力事業の重要性と我が国がこれまでに果たした実績から、今後もIGBPに我が国が参画することの意義は極めて大きいものがあることから、1999年に学術会議の総会で政府に対する勧告⁷⁾が再度提出され、国によるIGBPへの継続

表1 我が国における地球圏-生物圏国際共同研究系各区実施支援体制⁶⁾

コアプロジェクト			S63	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9				
			1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997				
IGBP-日本学術会議	文部省研究費	総合研究 A, B	←→		←→		←→									
		重点領域研究														
		総合研究 A, B														
		一般研究 A, B, C	←→		←→		←→		←→							
		国際学術研究	←→		←→		←→		←→							
		創成的基礎研究(地球環境)	←→		←→		←→		←→							
		国際共同研究事業費	IGBP-MESC	←→		←→		←→								
		文部省特別事業費	南極大気化学計画	←→		←→		←→								
		科学技術庁科学振興調整費	「北極域における気圏・水圏・生物圏の変動およびそれらの相互作用に関する国際共同研究」	←→		←→		←→								
		JGOFS	文部省研究費	重点領域研究	←→		←→		←→							
総合研究 A, B	←→			←→		←→										
一般研究 A, B, C	←→			←→		←→										
国際学術研究	←→			←→		←→										
国際共同研究事業費	IGBP-MESC			←→		←→		←→								
通産省工業技術院-NEDO	「海洋中の炭素循環メカニズムの調査研究」			←→		←→		←→								
科学技術庁科学振興調整費	「緑辺海の物質循環機構の解明に関する国際共同研究」			←→		←→		←→								
GCTE	文部省研究費			重点領域研究	←→		←→		←→							
				総合研究 A, B	←→		←→		←→							
				一般研究 A, B, C	←→		←→		←→							
		国際学術研究	←→		←→		←→									
		創成的基礎研究(地球環境)	←→		←→		←→									
		国際共同研究事業費	IGBP-MESC	←→		←→		←→								
		BAHC	文部省研究費	重点領域研究												
				総合研究 A, B												
				一般研究 A, B, C	←→		←→		←→							
				国際学術研究	←→		←→		←→							
創成的基礎研究(地球環境)	←→			←→		←→										
国際共同研究事業費	IGBP-MESC			←→		←→		←→								
PACES	文部省研究費			重点領域研究	←→		←→		←→							
				総合研究 A, B	←→		←→		←→							
				一般研究 A, B, C	←→		←→		←→							
				国際学術研究	←→		←→		←→							
		創成的基礎研究(地球環境)	←→		←→		←→									
		国際共同研究事業費	IGBP-MESC	←→		←→		←→								
		第Ⅶ研究領域	文部省研究費	重点領域研究												
				総合研究 A, B												
				一般研究 A, B, C	←→		←→		←→							
				国際学術研究	←→		←→		←→							
創成的基礎研究(地球環境)	←→			←→		←→										
国際共同研究事業費	IGBP-MESC			←→		←→		←→								

的な支援を要請した。

なお、同年5月には、日本学術会議の主催によって第1期におけるIGBPの成果を取りまとめ、第2期にはそれを橋渡しするIGBP全体の会合である第2回IGBP Congressが神奈川の湘南村で37か国・地域から約350名の研究者を集めて行われた。このCongressでは、炭素・窒素といった地球環境変動と密接なかかわりのある元素の循環、および土地利用や窒素固定などの人間活動によるこれらの循環へのインパクトの大きさの全体像の把握などができるようになったことが発表された。同様に水資源、食料、繊維などといった自然と人間活動との言わば接点となる分野横断的な課題について、今後全地球的

に取り込む必要があることが結論された。

4. IGBP 第2期

IGBPは、2004年より第1期の成果を総括し、分野横断的な地球システムの統合研究体制を整えるフェーズである第2期に移行し、共同研究の実施主体であるコアプロジェクトを再整理した(図1)。この間の作業は、当時のIGBP議長Guy Brasseur、IGBP事務局長Will Steffenらの貢献が大きい。

図2に示す地球システムのコンポーネントである陸圏(コアプロジェクトGLP: Global Land Project, 以下同様に示す)、海洋圏(IMBER: Integrated Marine

Biogeochemistry and Ecosystem Research), 大気圏 (IGAC: International Global Atmospheric Chemistry Programme)と、陸圏-海洋圏(LOICZ: Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone), 陸圏-大気圏 (iLEAPS: Integrated Land Ecosystem - Atmosphere Processes Study), 海洋圏-大気圏(SOLAS: Surface Ocean-Lower Atmosphere Study))の各相互作用, そして統合的な地史的時軸(PAGES: Past Global Changes)と理論・将来予測(AIMES: Analysis, Integration and Modeling of the Earth System)という, 8つのコアプロジェクトに分類され, 関連するコアプロジェクトは随時統合編成された。また, 複数のコアプロジェクトが, IGBPの姉妹共同研究計画であるIHDPやWCRPとのジョイント・コアプロジェクトとして実施されるなど, 統合的な連携を目指す体制となった。第2期では, 科学委員会をIHDPやWCRPのそれらと同時期に開催し, 途中で合同委員会を設けるなど, 実施連携に向けた努力も重ねられた。科学委員会の役割も, 各コアプロジェクトの審査・推進・評価に加えて, FTI(fast-track initiatives: 短期集約的な研究イニシアティブ)を立案・推進し,

地球規模の窒素富栄養化・海洋酸性化・生物機能タイプ整理などに貢献した。

一方, 2002年7月にアムステルダムで開催されたIGBP-IHDP-WCRP共催の地球変化に関する科学会議などでの議論を経て, DIVERSITAS(International Programme of Biodiversity Science: 生物多様性科学国際共同研究計画)も入った地球変化に関する4つの国際共同研究計画の間の連携を強化するために, ESSP(Earth System Science Partnership: 地球システム科学パートナーシップ)をパリの国際科学会議本部のなかに設置し, 4つの国際共同研究計画をまたがる社会的・実際の課題(炭素・水・食料供給・疾病)への対応や統合地域研究のプロジェクトを共同で推進する体制も並行して整えられた。しかし, 4つの国際共同研究計画が並行して走りながらESSPが更に重なるという構成は, 必ずしも統合的地球システム科学の整理された推進体制とはみなし難い面があった。例えば, IGBPに積極的に参画する研究者にとって, 自身の貢献すべきコアプロジェクトが第1期にはひとつだったものが, 第2期にはESSPなども含めて複数になってしまい, 対応がおろそかになってしまうといった側面もあった。これが, 第3期のFuture Earthへの統合への契機の一つともなった。

日本では, 2005年の日本学術会議の第20期からの改組に併せて, IGBP-WCRP-DIVERSITASの合同分科会を立ち上げ, その中にIHDP関連の会員も加わり, GEC(Global Environmental Change: 地球環境変化)研究のオールジャパン体制を組織した。IGBPの科学委員会, および各コアプロジェクトの科学実施委員会には日本人研究者が参画し, 日本学術会議の合同分科会に小委員会を設けて国内共同研究とコアプロジェクトとの連携が密に同時進行で進むこととなった。2009年4月には, 第24回IGBP科学委員会を小樽に招致した。その前に恒例となっているホスト国の研究者の発表を中心としたIGBP国際シンポジウム“Frontier of integrated research activities on east Asian and global environment”(東アジア域の環境変化: 統合研究の最前線)を開催した。また各コアプロジェクトのOSC(Open Science Conference: 公開科学会議)やシンポジウムも随時日本で開催してきた。このようなオールジャパン体制を維持し, 特に国内の複数のファンディング・ソースによる大型研究を実施することによって, IGBPおよび連携国際共同計画に貢献することが可能となった。また, 第2期には, 科学委員といった個人研究者レベルにと留まらず, GLP拠点事務局を札幌に招致するなど, IGBPの運営面への貢献も目立つようになった。

GLOBAL
IGBP
CHANGE
International
Geosphere-Biosphere
Programme



図1 IGBPの地球統合システム概念。

GLOBAL IGBP CHANGE	IGBP: 地球圏-生物圏国際共同研究計画
IGAC	大気 IGAC: 地球大気化学国際共同研究計画
iLEAPS	陸-大気 iLEAPS: 統合陸域生態系-大気プロセス研究計画 (BAHC: 1991-2003)
LAND	陸 GLP: 全球陸域研究計画 (GCTE: 1992-2003, LUCC: 1994-2005)
	陸-海 LOICZ: 陸域-海域相互作用研究計画
	海 IMBER: 海洋生物地球化学と生態系の統合研究 (IGOFS: 1988-2003, GLOBEC: 1991-2010)
	海-大気 SOLAS: 海洋・大気間の物質相互作用研究計画
PAGES	統合 PAGES: 古環境の変遷研究計画
AIMES	AIMES: 地球システムの解析・統合・モデリング (GAIM: 1993-2004, DIS: 1993-2001)

図2 現在のIGBPコアプロジェクトと初期のコアプロジェクト一覧。

5. IGBP 第3期

2009年, ICSUとIGFA(International Group of Fund-

ing Agencies：資金調達機関国際グループ)の中の主要メンバー機関(米国 NSF(National Science Foundation：国立科学財団)，日本文部科学省を含む)代表が米国の Belmont に集まり地球環境国際共同研究のあらたな推進体制を検討した。この評価チーム(Belmont Forum)は IGBP の科学と政策への重要な貢献を認めながら，さらに科学，政策，実践が強化されることを勧告した。特に，IGBP に関連する活動の中で将来の科学的優先順位を設定すること，実践的な問題の解決策を見出すことを IGBP の今まで行ってきたものに基づいて推進すべきであると強調した。

IGBP はこの評価を受け，IGBP ではアントロポセンにおける人類の持続可能性を意図した「地球システム」諸過程の研究を継続しつつ，得られた知識の応用や関連性に重きを置くようになってきた。UNFCCC(United Nations Framework Convention on Climate Change：気候変動枠組条約)や IPCC などの活動に加え，Rio+20(United Nations Conference on Sustainable Development：国連持続可能な開発会議)や CBD(Convention on Biological Diversity：生物多様性条約)，SDGs(Sustainable Development Goals：持続可能な開発目標)の様な目標を定め，コミュニケーション，そして科学と政策のやりとりを実質的に方向への展開を始めた。これにより，多くの施策への提言が生み出され，学会活動などを通して政策の場に海洋の酸性化などの重要性を知らしめるのに役に立ったと評価されている。ICSU は“earth system visioning”を計画し，地球の持続性に関する研究への挑戦として取り組むことになった。学際的機関の中でも“Planet under Pressure conference”は，地球変動に興味を持つ科学者や他の関心のある者が集まる最大の会議であった。2012年にロンドンで開かれたこの会議は，IGBP 事務局も加わり，科学者や政策立案者，実務家など多様なコミュニティを集めるという前例のない努力がなされた。このコミュニティが持続可能な地球を目指す新しい取組である Future Earth の核となったといえよう。

2010年に IGBP は他の国際研究プログラムや IPCC などを含む主な関係機関とともに IGBP 科学委員会によって特定な課題を選び，統合研究を開始した。統合作業は，多くの分野の科学者だけではなく，政策立案者やそれに利害が関わる者が関与することを目指した。例えば，窒素循環と気候との関係や，大気汚染と人間健康，気候の関係，ジオエンジニアリングの生態系への影響評価，そして，後発開発途上国での地球環境変化に対する社会経済的影響と対応の評価などが挙げられる。

2012年には，IGBP は，地球システム科学，アントロポセン，コアプロジェクトの歴史と成果という3つの主要課題で包括的な統合作業を行うことになった。第3期は，社会科学者とともにプロジェクトを進展させる努力を重ねてきた。そして8つの IGBP

のコアプロジェクトは，Future Earth の枠組みで，その活動が継続される状況に至っている。

6. Future Earth の始動

ICSU と IGFA による統合の重要性の指摘を受けて，2010年11月に ICSU と ISSC(International Social Science Council：国際社会科学協議会)から共同で発表された5つのグランドチャレンジ⁸⁾や，イニシアティブ，Earth System Visioning では，地球環境変化研究の全体内容が議論され，より統合的な枠組みが提案された。これらの(ESSPを含めた)地球環境変化国際共同研究計画の統合⁹⁾の動きを受けて，ICSU と ISSC，BF(Belmont Forum)，IGFA，UNU(United Nations University：国際連合大学)，UNEP(United Nations Environment Programme：国連環境計画)，UNESCO(United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization：国際連合教育科学文化機関)は，Future Earth を2012年1月に立ち上げた¹⁰⁾。これは，研究者・研究資金提供団体・ユーザーが，研究のデザインと成果提供を共同で行い(Co-design & Co-production)，“Research for global sustainability”のために，真に学際的・統合的に研究を進める新しい国際共同研究の枠組である。特に，人文学・社会科学の国際研究者組織である ISSC は，これまで以上に積極的に地球環境変化研究への関わりを強めている¹¹⁾。

Future Earth がこれまでの構造と異なるのは，横断的な課題をまず先に設定し，事務局を含めた研究資金提供体制を整える点であろう。これは10年前の“bottom-up framing”がうまく働かなかったことを踏まえて，“top-down framing & bottom-up processing”へと構造を変えることを意味する。

Future Earth では，社会の中の学問の意味を含めて超学際性(Transdisciplinarity)を重視しており，政策決定者やさまざまな利害関係者が研究者とともに，



図3 Future Earth の概念的構成。

研究プログラムの立案, 実行, 社会実装までの枠組を作り始めている。Future Earth 計画の全体の構図は、図3にまとめられている。すなわち、人間活動と自然のかかわり合い(Human and natural drivers)、地球環境変化(Global Environmental Changes)、人類の福祉(Human well-being)の間でどう折り合いをつけられるかを、地球システムの限界条件の中で、ローカルなスケールから地球スケールで探求しながら、最終的に持続可能な地球社会へ向けた道筋をつけることを目指そうというプログラムになっている¹²⁾。

このような構成にもとづき、Future Earth では、これまでの地球環境変化研究や持続可能な開発目標に関する研究等を踏まえ、以下の3つの大きな研究課題の枠組を設定している。

(1) ダイナミックな地球の理解(Dynamic Planet)

地球システムの理解を進めると同時に、人間活動によって、地球システムがどのように変化しているかを理解する。

(2) 地球規模の開発(Global Development)

食糧、水、生物多様性、エネルギー、物質、及びその他の生態系機能とサービスの持続可能な利用を含む、人類に喫緊の課題に取り組むための知識を提供する。

(3) 持続可能な地球社会への転換(Transformation to Sustainability)

持続可能な未来に向けての転換のための知識を提供する。転換プロセスと選択肢の理解、これらと人間の価値と行動、新技術及び経済発展の道筋との関係性を評価する。

IGBP関連の研究の大部分は、最初のテーマ(Dynamic Planet)に入るであろうが、Future Earth として重要なことは、第二、第三の課題の研究者や実務担当者のグループとも、データや情報の共有や密接な連携をしつつ、「社会のための科学」として研究をすすめる態度であろう。

このような Future Earth 計画の国際的な遂行のために、図4のような国際組織を設立している。先に述べた Future Earth を組織する国際組織・機関の代

表が当面そのメンバーとなった全体を統合する評議会(Governing Council)の下に、科学委員会(Science Committee)と、社会のステークホルダーを代表する関与委員会(Engagement Committee)が設置されている。これまでの地球環境変化研究プログラムと違い、科学委員会だけでなく関与委員会があり、科学委員会は Future Earth 全体の学際、超学際的研究の推進を行い、関与委員会は科学的知識を社会に適切かつ有効的に提供し、科学と社会の連携を密接に図る戦略的なアドバイザーグループ的役割をしつつ、協力して Future Earth の推進をする体制になっている。日本からは科学委員会に安成哲三(総合地球環境学研究所)、関与委員会には長谷川雅世(トヨタ自動車、経団連)が委員として指名された。

2013年7月の Future Earth の暫定国際事務局と科学委員会の発足に国内的にも対応するため、2013年8月、学術会議に Future Earth の推進に関する委員会が設置された。研究者以外のコミュニティ代表も参加した形の国内委員会はまだ設立されていないが、学術会議、文部科学省、及び関連組織が日本コンソーシアムを設立して、国内全体での Future Earth の推進体制を作っている。

Future Earth を国際的に遂行するための5カ国国際合同事務局(日本、スウェーデン、フランス、アメリカ、カナダ)と、世界の4地域(アジア、ヨーロッパ、南北アメリカ、中近東・北アフリカ)の地域事務局が設置された。日本の国際合同事務局は学術会議を中心とする日本コンソーシアムで運営し、東京大学サステナビリティ学連携研究機構に事務局が設置された。特に、Future Earth のアジア地域での研究の重要性¹³⁾に鑑み、アジア地域の事務局は総合地球環境学研究所に設置された。

当面10年計画として提案されている Future Earth の初期設計報告は2013年4月に出されている。さらに、自然科学・人文社会科学に加え、社会のさまざまなステークホルダーと共同で、まず地球環境問題と持続可能な社会に向けて人類が局面している8つの大課題を決め、これらの課題に関連して当面取り組むべき戦略的研究課題(Strategic Research Agenda)を62課題選定している。これらの課題に具体的に取り組むべき共同研究を予算措置も含め、さまざまなかたちで推進する方向で進んでいる。詳細は、Future Earth のウェブサイト(<http://www.futureearth.org/>)に掲載され、常にアップデートされている。

7. おわりに

IGBPはこの25年間、変動する地球システムの理解に大きな貢献をしてきた。これからは、IGBPのコアプロジェクトがそれぞれ、Future Earth の枠組で、今までの科学的な研究取組に加えて、地球規模での喫緊の問題解決への取組や持続可能な地球社会

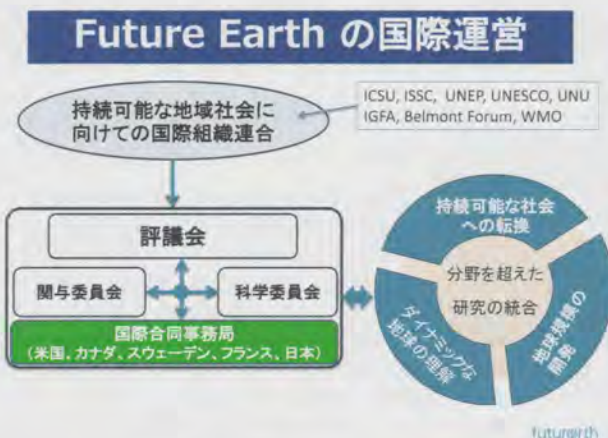


図4 Future Earth の国際運営。

を目指すプロジェクトとして、より困難な課題に挑戦していくことが期待されている。IGBP コアプロジェクトに関わってきた研究者達の大きな意識改革が要求されているのである。これらの詳細な取組は、本特集号の各コアプロジェクトの論文を読んでいただきたい。

引用文献

- 1) IGBP (1986) The International Geosphere-Biosphere Programme: A study of global change. Final report of the Ad hoc Planning Group, ICSU 21st General Assembly, Berne, Switzerland 14-19 September 1986. IGBP Report No. 1, ISSN 0284-8015: 21
http://www.igbp.net/download/18.950c2fa1495db7081e192c/1430900153144/IGBP_report_01-final_report_adhocplanning.pdf
- 2) 村井俊治(1989)IGBP とは、写真測量とリモートセンシング, 28, 32-33.
<http://jglobal.jst.go.jp/public/20090422/200902054999831596>
- 3) Steffen, W., R. A. Sanderson, P. D. Tyson, J. Jäger, P. A. Matson, B. Moore III, F. Oldfield, K. Richardson, H.-J. Schellnhuber, B. L. Turner, R. J. Wasson, (2004) Global change and the earth system: A planet under pressure. Series: Global Change - The IGBP Series, 332 p. 258., ISBN 978-3-540-26594-8
http://www.igbp.net/download/18.56b5e28e137d8d8c09380001694/1376383141875/Springer+IGBP+Synthesis+Steffen+et+al+%282004%29_web.pdf
- 4) Crutzen, P. J. and E. F. Stoermer (2000) The "Anthropocene". *Global Change Newsletter* 41, 17-18.
- 5) 大島康行・吉野正敏(1996)IGBP について、地球環境, 1, 3-5.
http://www.aries.or.jp/journal_01-1jpn.html
- 6) 半田暢彦(1996)大学等における IGBP 研究、学術の動向, 1, 28-30.
https://www.jstage.jst.go.jp/article/tits1996/1/4/1_4_28/_pdf
- 7) 日本学術会議(1999)地球圏-生物圏国際協同研究計画(IGBP)の促進について。
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/17/kohyo-17-k1.html>
- 8) ICSU (2010) Earth System Science for Global Sustainability. The Grand Challenges, 20 p.
- 9) 谷口真人(2012)日本における GEC 研究の統合に向けて(GEC-Japan). 学術の動向, 17, 79-81.
- 10) Future Earth Transition Team (2012) Future Earth: Research for Global Sustainability. A framework document, 10 p.
- 11) Hackmann, H. and A. L. St. Clair (2011) Transformative Cornerstones of Social Science Research for Global Change. ISSC Work-in-Progress Paper, 15 p.
- 12) Future Earth (2013) Future Earth Initial Design: Report of the Transition Team. Paris: International Council for Science (ICSU). ISBN 978-0-930357-92-4.
http://www.futureearth.org/sites/default/files/Future-Earth-Design-Report_web.pdf
- 13) Yasunari, T., D. N. Niles, M. Taniguchi and D. Chen (2013) Asia: proving ground for global sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5, 288-292.
doi:10.1016/j.cosust.2013.08.002.

植松 光夫 / Mitsuo UEMATSU



東京大学大気海洋研究所教授。1980年北海道大学大学院水産学研究所博士課程修了。米国ロードアイランド大学海洋学大学院研究員、北海道東海大学工学部海洋開発工学科教授等を経る。大阪府出身。大気と海洋間の物質循環研究に目覚める。1987年度日本海洋学会岡田賞、2004年度日本地球化学会賞、2009年度日本海洋学会賞等を受賞。日本海洋学会会長、日本ユネスコ国内委員会委員、同IOC分科会主査、日本学術会議特任連携会員、ICSU/IGBP科学委員会委員等を歴任。著書として『大気水圏の科学：黄砂』（共著、古今書院）、『海と地球環境：海洋学の最前線』（共著、東京大学出版会）、『海洋地球化学』（共著、講談社等）。

小池 勲夫 / Isao KOIKE



1944年東京都の生まれ。脱窒素細菌のエのエネルギー代謝に関する研究で学位を取得した後、東京大学海洋研究所で海洋の微生物を中心とした、生元素の代謝・循環に関する研究を行ってきた。研究のフィールドは研究船白鳳丸などを利用した太平洋や南大洋の表層から深海堆積物までの外洋域と共に、海外学術調査による大洋州や東アジアの沿岸・浅海のサンゴ礁、海草藻場なども対象にした。研究手法は主に、実験的なアプローチによる生元素循環のプロセス研究である。2014年まで琉球大学監事。

甲山 隆司 / Takashi KOHYAMA



東京都立大学卒業、京都大学大学院修了、理学博士。鹿児島大学助教授、京都大学助教授を経て、1994年から北海道大学教授(大学院地球環境科学研究院)。専門は植物生態学・群集生態学。特に、自然林で多くの樹種が共存するメカニズムを研究している。

安成 哲三 / Tetsuzo YASUNARI



1947年生まれ。京都大学理学部卒業。同大学院理学研究科修士・博士課程修了。理学博士。京都大学東南アジア研究センター助手、筑波大学地球科学系助教授、教授、名古屋大学地球水循環研究センター教授。2008年10月から2014年9月まで日本学術会議会員。2013年4月より総合地球環境学研究所所長。気象学、気候学、地球環境学を専門とし、2013年6月よりフューチャー・アース国際科学委員、同年8月より日本学術会議フューチャー・アースの推進に関する委員会委員長を務めている。気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第5次評価報告書第1作業部会(自然科学的根拠)査読編集者。