

Future Earth

—地球環境変化研究における新たな国際的な枠組み—

安 成 哲 三*

要 旨

約1万年前の農業革命により人類の文明が開始されたが、特に産業革命以降、人類は地球の気候と環境を大きく変えつつある。このままでは、人類の生存基盤である地球の環境自体が危うくなり、「地球の限界」を超えて、地球環境が劇的に変化する tipping points に近づいているとの指摘もなされている。人類を含む生命圏の持続に向けた統合的な研究と方策が喫緊の課題となっている。地球環境変化研究の4つの国際プログラム(WCRP, IGBP, DIVERSITAS, IHDP)が進められてきたが、人類活動による地球システム変化の理解に基づく人類・生命圏の持続的な生存基盤の追求には、自然科学と人文・社会科学との文理融合の学際的研究が必要である。さらに、持続可能な社会へ向けた転換のためには、科学者と社会のさまざまなステークホルダーとの超学際的連携・協働が必要である。このための国際的な枠組みとして、Future Earth計画がICSU(国際科学会議)や関連国連機関などの連携により2013年に正式に発足した。世界人口の60%以上を占め、人類全体の経済活動の大きな部分を占めているアジアは、環境の悪化も劇的に進んでおり、アジアでの環境問題の解決と持続可能な社会達成なしに地球全体の持続可能性の追求は不可能である。Future Earthにおける日本の主導的役割は非常に重要である。

1. はじめに

(気候学を含む広い意味での)気象学は私たちに馴染み深い日々の天気の移り変わりから数千年以上いたるさまざまな時間・空間スケールの気象現象と気候変動・変化を研究の対象にしている。この分野の研究者にとって、人間活動への影響や人間活動による影響も、重要な研究の分野でもあり、また研究の動機にもなっている。これから先の地球の気候はどうか、という問題も、地球の気候研究も、当然この分野の研究者の関心事であり、また、社会からこの分野の研究者に期待される課題である。そもそも気象学は、人と自然の係わり合いを考えるとところから出発したはずである。

20世紀後半から地球環境の危機がさまざまなかたちで指摘されてきたが、21世紀に入っても地球環境は決して良くなっているとはいえない。温室効果ガス増加の抑制に向けた国際的な取り組みを含む「地球温暖化」への対策など、進められている面もあるが、水資源、大気や水の汚染問題、生態系の破壊など、地球環境全体としてはより深刻化しているといっても過言ではない。世界の自然科学者の集まりである International Council for Science (ICSU:国際科学会議)と人文社会科学者の集まりである International Social Science Council (ISSC:国際社会科学協議会)が中心となって、地球環境変化研究と持続可能な地球社会の構築をめざした Future Earth という新しい国際的な枠組みが動きつつある。Future Earth は、地球環境変化を包括的に理解しつつ、持続可能な人類社会の構築に向けて、研究者だけでなく、社会全体として行動を提起していこうという枠組みである。本稿では、まだ端緒についたばかりの Future Earth の設立経緯と現在の動向を説明し、今後、気象学コミュニ

* 人間文化研究機構 総合地球環境学研究所。
yasunari@chikyu.ac.jp

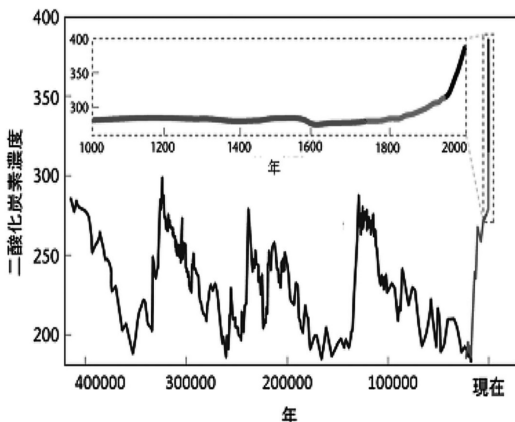
—2015年5月26日受領—
—2015年7月2日受理—

ティとして、また地球環境問題においても世界の経済活動においても重要な地域であるアジアの一員としての日本は、Future Earthにどう取り組んでいくべきか、私なりの提案も含めて紹介したい。

2. 今なぜ、Future Earthなのか？

大気圏・水圏・地圏・生命圏からなる地球表層は、ひとつのシステムとして構成されている。人間圏ともよばれる人類活動もこのシステムに含めて、このシステム全体を地球システムと仮によぶことにする。地球システムは、エネルギーの流れ、水や物質の循環、生態系など、多くの要素が複雑にからみあった動的平衡系として長い時間をかけて進化し、維持されてきた。私たち人類は、生命圏の一員として出現してきたわけであるが、人間圏としてこの地球システムをさまざまに利用して、現在の人類の文明を築いてきたといえる。地球環境ということばは、人類の生存に密接に関係した地球システムの状態として定義できよう。

人類が出現し現人類へと進化してきた数百万年前から現在に至るまで、地球システムは中高緯度の大部分が氷床・氷河に覆われた寒冷な気候の時期（氷期）と、氷床・氷河が大きく後退し温暖な気候の時期（間氷期）が、数万年から10万年の周期で繰り返す氷河時代（Ice Age）とよばれる状態にある。第1図に示すように、約1万年前に最終氷期が終わり、完新世



第1図 大気中の二酸化炭素濃度：（上）西暦1000年以降の変化，（下）過去40万年の変化（UK Met Officeのホームページ（<http://www.metoffice.gov.uk/climate-change/guide/faq>）を元に修正）。

（Holocene）とよばれている温暖で比較的安定した間氷期の気候の下、約8千年前に人類はイネ・麦を中心とする農業を発見（あるいは発明）し、人類の文明が開始された。この農業革命は、同時に、人類が地球システムを能動的に改変する第一歩となった。18世紀のヨーロッパで開始された産業革命はさらに、石炭・石油などの化石燃料の利用により、大気組成の改変や水・物質循環の変化などを引き起こし、特に20世紀後半以降には、地球システムの改変が気候だけでなく、第2図に示すように、多くの環境要素を大きく変えつつある。特に産業革命以降、地球環境に対する人間活動の影響は急速に顕在化しており、現在は、地球史の中でも、人類が大きく地球システムを変えつつある時代であるとして、オゾンホール研究で有名なCrutzenは、Anthropocene（和訳は人類世あるいは人新世）と命名している（Crutzen 2002）。

3. 地球環境変化研究の国際的な統合の必要性

3.1 地球の限界？

人間活動によるこのような地球システムの改変と地球環境の悪化についての懸念は、1972年にローマクラブによる「成長の限界」（メドウズほか 1972）ですでに指摘されていたが、地球環境変化に関する危惧が本格的に指摘されだしたのは、1980年代以降、地球気候の温暖化が急激に顕著になってからである。しかしながら、地球環境変化は、地球温暖化に限らず、さまざまなかたちで進行している。例えば、Rockström *et al.* (2009) では、第3図に示すように、地球システム変化に関与している指標として重要な10の要素（気候変化、海洋酸性化、成層圏オゾン減少、窒素循環変化、リン循環変化、全球的な淡水利用、土地利用変化、生物多様性減少、大気へのエアロゾル負荷、化学物質汚染）について、生物多様性、窒素循環、気候変化（温暖化）については、すでに限界を超えてしまっていると警告を発している。さらに、いくつかの要素についても限界を超えつつあり、地球システムはいわば「地球の限界」に達しつつあり、地球環境がじわじわと変化するだけでなく、劇的に変化する tipping point(s) に近づいているとの指摘もなされている。

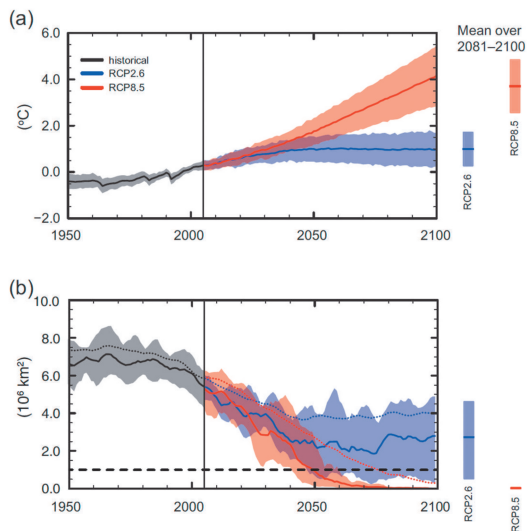
3.2 地球環境変化研究の国際プログラムの統合・再編

このような地球環境変化の実態解明とメカニズム、そして将来の予測に向けた研究を国際的に組織的に進めるため、ICSUはいくつかの国際組織、国連組織と

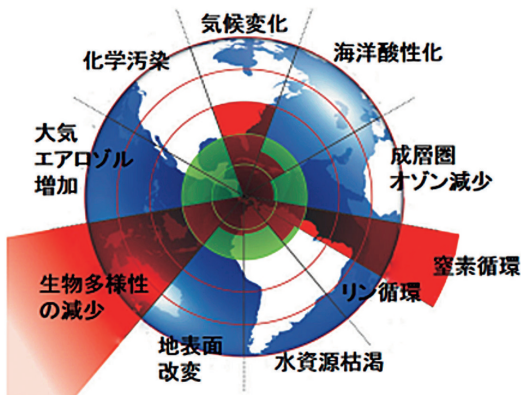
合同で、あるいは単独で、4つの地球環境変化研究プログラム(GECs)を立ち上げた(第4図)。年代順には、WCRP(World Climate Research Programme:世界気候研究計画)が1980年に、IGBP(International Geosphere-Biosphere Programme:地球圏生物圏国際研究計画)が1986年に、DIVERSITAS(生物多様性科学国際共同研究計画)が1991

年に設立され、最後にISSCとICSUの合同でIHDP(International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change:地球環境変化の人間の側面に関する国際研究計画)が1996年に設立された。これらのプログラムを通して、世界の関係研究者により組織的な研究プロジェクトが進められ、すでに多くの研究成果が出されている。例えば「地球温暖化」研究については、さまざまな不確定な問題も含みながら、WCRPやIGBPに関係した研究者を中心に組織されたIPCC(気候変動に関する政府間パネル)が、温暖化の実態と解明、予測、そして影響評価を進めている。最新のIPCC報告(IPCC 2013)は、地球気候の近年の温暖化は、人間活動による温室効果ガス増加がその原因であることをほぼ断定した。

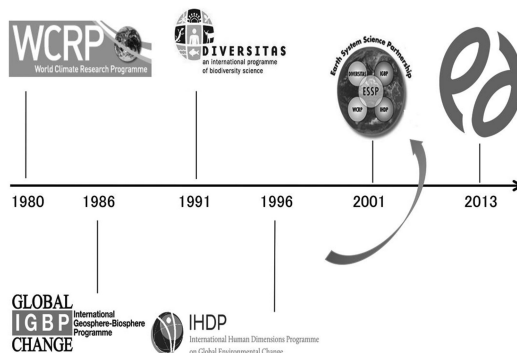
しかしながら、地球システムの構成要素は単独で成り立っているわけではなく、お互いに絡みあった複雑系としての地球システムを構成しており、ある要素だけを取り出しての研究では不十分であり、したがって、この問題の解明には、多くの研究者コミュニティの連携・協働が進める必要があり、上記の4つのプログラムの連携・協働体制の強化が2001年のアムステルダムで開催された地球変化国際会議で初めて提案された。この提案は、地球システム科学パートナーシップ(ESSP:Earth System Science Partnership)という4つのプログラムの弱い連携を図る枠組みとしてまず



第2図 地球温暖化による(a)全球平均気温の変化と予測、(b)北半球海水面積の変化と予測(赤色:対策なし、青色:可能な限りの厳しい対策)(IPCC 2013)。



第3図 地球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(緑色)の限界を超えている(Rockström et al. 2009)。



第4図 4つの地球環境変化研究プログラム(GECs)の年代図。WCRP(世界気候研究計画)が1980年に、IGBP(地球圏生物圏国際研究計画)が1986年に、DIVERSITAS(生物多様性科学国際共同研究計画)が1991年に設立され、最後にISSCとICSUの合同でIHDP(地球環境変化の人間の側面に関する国際研究計画)が1996年に設立された。

設立された。ただ、ESSPは独自の予算を持たなかったことなどから、その役割は限定的であった。Future Earthは、ESSPを再編し、学際的な研究をより強化するために、ICSUに加えISSCがプログラムを支える親組織として正式に加わった。さらに、環境研究の推進を進めてきた国際連合傘下の組織である国連環境計画(UNEP)、国連教育科学文化機関(UNESCO)、国連大学(UNU)、世界気象機関(WMO)に加え、主要な先進国の財政機関からなるベルモントフォーラム(Belmont Forum)と環境変化研究担当財政省国際グループ(IGFA: International Group of Funding Agencies for Global Change Research)もFuture Earthの親組織に加わって、第5図のような組織が合同で、強固な国際プログラムとして2013年春に正式に提案されることになった。

3.3 成長の限界と「持続可能な開発」の再定義

一方、メドウズほか(2005)が「成長の限界—人類の選択」で示した、概念モデルによる21世紀の仮想地球社会予測では、地球規模の汚染対策を講じない場合(第6図A)と講じる場合(第6図B)で、社会の持続性に大きな違いがあると予測している。汚染対策をしない場合(第6図A)、まず食糧生産(農・水産業)に負の影響が現われ、やがて人口や工業生産にも悪影響が出てきて、21世紀半ば頃から人口も工業生産も減少に転じ、持続不可能な状態に至るとの予測が示されている。

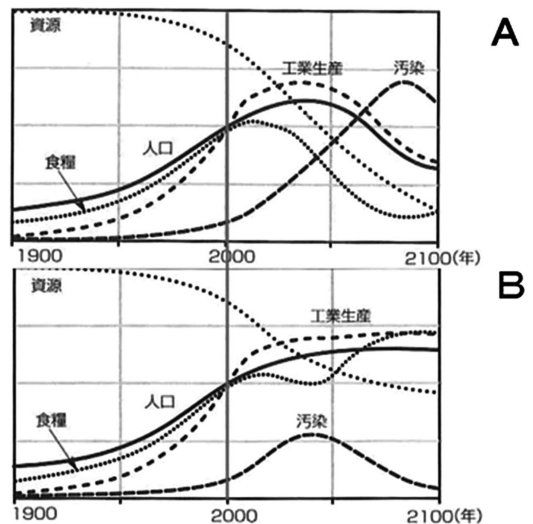
ではどのようにすれば第6図Bのような持続可能な地球社会が構築できるのでしょうか？ 前述の地球

人間システムの要素間の相互作用も考慮して、資源、人口、工業生産、食糧、汚染など、人間と自然の相互作用を含む地球システムに関するさまざまな要因を考慮した、統合的な地球社会モデルの構築を進めていく必要がある。しかし、そこで重要なことは、地球システムの統合的理解に加えて、人類が目指すべき未来の地球社会のかたちを、人類共通の目標として持つことであろう。最近国連で議論されて同意に至った持続可能な開発目標(SDGs: Sustainable Development Goals)では、未来から現在を見る視点で、将来の地球社会のいくつかの目標を定めた。例えば、1) 生命及び全ての人々の生活の繁栄、2) 持続可能な食糧安全保障、3) 持続可能な水安全保障、4) クリーンエネルギーの普及、5) 健全かつ生産的な生態系、6) 持続可能な社会のためのガバナンスなどである。これらの地球社会の持続性を満たす要因の指標化作業が、国連を中心に動き出している(Griggs *et al.* 2013)。

では、地球システムの統合的理解と、人類が目指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のためには、今、何が必要であろうか。



第5図 Future Earthの運営組織(Future Earth 2013)。

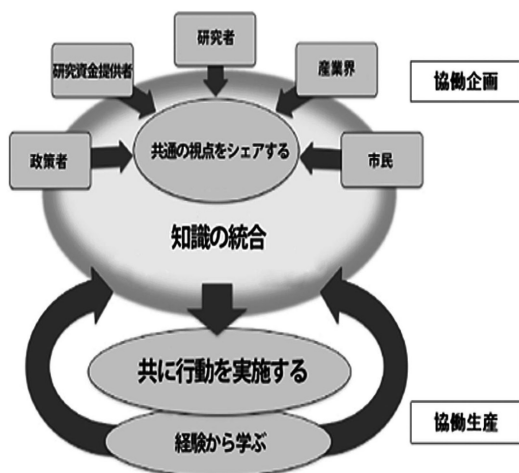


第6図 地球規模の汚染対策を講じない場合(A)と講じる場合(B)の仮想地球社会(メドウズほか 2005)。縦軸は、それぞれの要素の2000年における値を規準にした相対値を示す。

4. Future Earth—地球社会の持続性へ向けて

4.1 Future Earth の目的と意義

地球システムが「地球の限界」近づきつつあるのではないか、という懸念は、人類の生存基盤である地球環境の変化の実態を詳細に見守りつつ、人類がいかにかこの変化に立ち向かい、人類と生命圏の持続可能な状態に転換できるかに向けた統合的な研究と方策の提案が喫緊の課題であることにつながっている。このような人類・生命圏の持続的な生存基盤の追求には、人類活動による地球環境への影響評価だけでは不十分で、どのような人類社会を目指すべきか、文明の在り方などの価値観を含む考究も必須であり、そのために自然科学と人文・社会科学との文理融合の学際的研究が必要である。さらに、持続可能な社会へ向けた転換のためには、科学者とのステークホルダー（政策担当者、実業者、市民など）との超学際的連携・協働が必要である。Future Earthはこのような学際、超学際的な連携・協働の枠組みも含んで設計されつつある。特に、超学際的連携・協働のために、これまでの科学研究プロジェクトでは考慮されなかった研究者コミュニティ以外のステークホルダー（政策担当者、経済界、市民団体など）も必要に応じて研究立案の段階や、研究成果の活用に積極的にコミットする（co-design & co-production）というアイデアも計画に入っている（第7図）。まさに、「社会のための科学」あるいは「社会の中の科学」として、global sustainability study を位置付けているわけである。



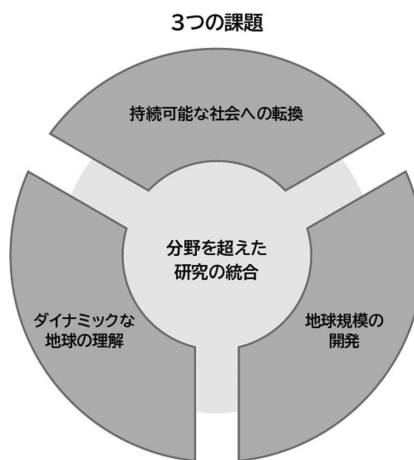
第7図 科学と社会との共創の模式図 (Cornell et al. 2013).

4.2 Future Earth の目標と研究課題

人間活動の地球システムへの働きかけで地球環境変化が生じているが、その変化をどう最小限に食い止められるか、あるいは、人類の福祉という視点からどこまでその変化を許容できるかを、地球システムの限界条件を考慮しながら、ローカスケールから地球スケールで探求していくことが必要である。Future Earth は、このような問題の解決を通して、持続可能な地球社会へ向けた道筋をつけることをめざすプログラムになっている。(Future Earth 2013)

このような目標のもとづき、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、第8図のように、以下の3つの大きな研究課題の枠組みを設定している。

- 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。
- 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。
- 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



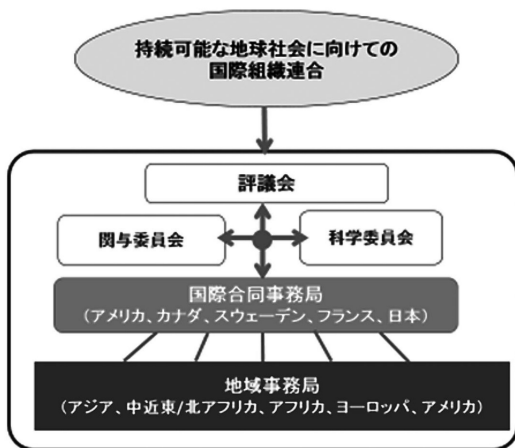
第8図 Future Earth 計画で進める研究の3つのカテゴリ。

の価値と行動、新技術及び経済発展の道筋との関係の評価する。

現在、気象学会などで通常行われている気象学・気候学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。

4.3 Future Earth の組織

このような Future Earth 計画の国際的な遂行のために、第9図のような国際組織を設立している。3.2でのべた国際組織・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ちがいが、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。Future Earth を国際的に遂行するための五カ国国際合同事務局 (日本、スウェーデン、仏、米、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。



第9図 Future Earth 計画の国際組織図。

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、東大サステイナビリティ学連携研究機構に事務局が設置された。アジア地域の事務局は著者が所属する総合地球環境学研究所 (京都) に設置された。なお、日本国内での実行体制は、現在のところ、学術会議の「Future Earth の推進に関する委員会 (Future Earth 委員会)」が、関連研究機関・大学や研究者以外の組織も参加している日本コンソーシアムと連携を取りつつ、進めている。

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2015年4月に出されている。詳細は、ICSU の以下のウェブサイトに掲載され、常にアップデートされている。

<http://www.futureearth.org/>

5. アジアにおける Future Earth の重要性

5.1 豊かなモンスーンアジア

まず理解しておくべきは、日本を含む東アジア、東南アジアと南アジアにまたがるモンスーンアジアには、世界の人口の60%以上が集中しているということである (ちなみに面積は、全陸地の15%弱程度である)。この高い人口の集中を可能にしている生業基盤は、狭い土地でも高い収量が可能な集約的な水田稲作農業であり、この農業を可能にしているのが、高い降水量 (雨季には1000 mm 以上) が集中するモンスーン気候である。雨の多いモンスーン気候とも相まって、地形の隆起、侵食、そして土砂の堆積が活発である。この地域の山々は常に削られ、そして川沿いの谷間には常に新しい土砂に覆われる沖積地が作られ、河川の下流には沖積平野やデルタが形成される。稲の起源と進化は、モンスーンアジアでの多様な気候・生態系の中に形成された沖積地で展開され、現在の水田稲作農業も、豊富な雨に加えて、このような地形的条件が重要である (虫明 2002)。日本においても、水田は、約70%の面積を占める山岳地域にまるで神経網のように入りこんだ谷間の低地や沖積平野に、まさに「日本の原風景」を作るように拡がっている。穀物自給率でみても、この地域は、ほとんどの国で100%前後の高い自給率を示しており、例えば大部分の国々が50%を切っているアフリカ大陸の諸国とは対照的である (日本のカロリーベースの穀物自給率は40%程度であるが、米に限れば95%以上を維持している)。モンスーンアジアにおける近代化以前から封建国家体制と伝統文化の長い歴史は、まさにこの豊かな自然を背景

にした持続性の高い水田稲作農業を基盤として成り立っていたといえる。

5.2 環境汚染が進むモンスーンアジア

いわゆる「グローバリゼーション」に伴い、近年の中国、韓国、インド、東南アジアの経済発展はめざましいものがあるが、それを可能にした基盤には、上述のように、水田稲作農業を基盤とした伝統的社会的成熟があったと考えられる。一方で、急激すぎる経済発展と都市化、特に、第10図に示すように、人口1000万以上の巨大都市の急激な増加に伴い、この地域での大気・水・土壌などの環境汚染の進行も世界の中で最も酷い状況にある。CO₂などの温室効果ガスだけでも、モンスーンアジア地域での総排出量は2005年現在で、世界の30%を超え、北米地域、ヨーロッパ地域を凌いでいる。温室効果ガスのみならず、人為起源の(硫酸塩、硝酸塩、ブラックカーボンなどの)エアロゾルなどは、地球大気への最大の大量放出源になっている。例えば、第11図では、ブラックカーボンによる放射強制力変化の分布を示している。これらの物質は、局地的な大気汚染に留まらず、地球表面への大気の放射収支を変化させることにより、世界的な気候やアジアモ

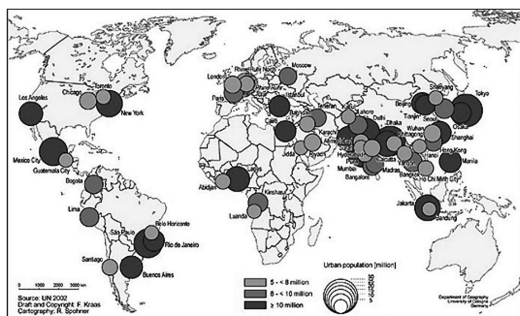
ンスーン気候そのものを変化させつつあることが最近の研究により指摘されている。大量の化学肥料を用いた大規模農業化や工業活動、モータリゼーションの急速な進展は、大量の窒素化合物を河川・湖沼や土壌に蓄積させ、地域、国レベルにとどまらず、全球的な窒素循環を大きく変えつつあり (Galloway *et al.* 2008; Liu *et al.* 2008), 全球レベルでみた地球環境の限界をすでに超えていると指摘されている (Rockström *et al.* 2009)。モンスーンアジア地域では、夏と冬で大きく異なる地上と上空の風系と梅雨前線なども含む広域の連続した降水システムおよび地表を覆う広い河川網のため、ある地域からの汚染物質の放出が、容易に広域に移流・拡散し、長期的にはこの地域の大気・海洋・陸面全体に影響が拡がりやすい。このような大気・水(海洋)汚染問題の軽減と解決には、日本一国ではなく、少なくともモンスーンアジアの各国が協力して進める枠組みが必要である。このことは、原発からの放射能汚染でも同様である。

5.3 アジアにおける持続可能な社会へ向けて

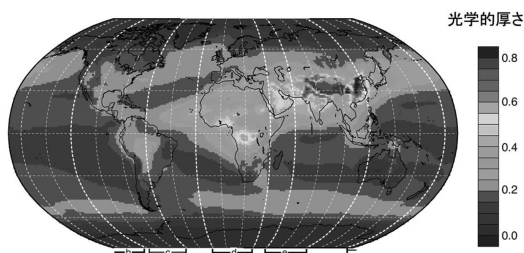
このように、アジア地域は、豊かな自然条件の下で、持続性の高い伝統的な生業社会を基盤にして、著しい経済発展をしてきた、あるいはしつつあるが、その負の側面として、地球規模でみても環境汚染の一大ホットスポットになっている。このようなアジアにおける環境変化にどう対処し、新しいかたちでの持続的で生存可能な社会への転換に向けた舵切りができるか、という課題は、Future Earthの目標とする地球全体の持続可能性の追求にとっては最も喫緊でボトルネックとなる問題であろう。日本はこのところ、経済発展ではやや停滞気味ではあるが、環境対策や省エネにおける「最先進国」として、また、伝統的な持続社会をかつて築いていた国として、この問題の解決に向けた国際的な共同研究と連携・協働における日本の主導的役割は非常に重要であり、Future Earthの国際コミュニティにおける期待も非常に大きい (Yasunari *et al.* 2013)。

6. まとめにかえて

Future Earthは、以上の説明のように、非常に大きな国際プログラムとしてスタートしているが、気象学・気候学コミュニティの役割も重要である。気候研究を国際的に進めてきたWCRPは今のところ、Future Earthの枠組みには正式には入っていないが、Belmont Forumは、その国際共同研究課題 (CRA:



第10図 世界の巨大都市の分布。



第11図 ブラックカーボンによる放射強制力変化のグローバル分布 (IPCC 2013)。

Collaborative Research Action) のひとつとして、今年から「気候予測可能性と地域間連携」という課題の公募を開始している。(Belmont Forum には文部科学省が参加し、日本における公募関連の業務は科学技術振興機構 (JST) が行っている。) また、北極地域の持続可能性を研究する課題も進めている。いずれも、Future Earth の枠組みを念頭に、学際的連携に加え、関連する社会のステークホルダーとの協働で研究を進めるということが義務付けられている。気象学・気候学の研究を、地域や地球の未来を見据えた研究にしていくためには、狭い意味での学会だけで研究を閉じるのではなく、社会の中で意味のある研究として位置づけて進める必要があろう。気象学・気候学は、地球システムの中でも非常に重要な部分を扱っている分野である。特に若い研究者の方々には、Future Earth をきっかけとした科学の新たなモードへの展開に、ぜひ積極的にコミットしていただくことを期待したい。

参 考 文 献

- Cornell, S., F. Berkhout, W. Tuinstra, J. D. Tàbara, J. Jäger, I. Chabay, B. de Wit, R. Langlais, D. Mills, P. Moll, I. M. Otto, A. Petersen, C. Pohl and L. van Kerkhoff, 2013: Opening up knowledge systems for better responses to global environmental change. *Environ. Sci. Policy*, 28, 60-70.
- Crutzen, P.J., 2002: Geology of mankind. *Nature*, 415, 23.
- Future Earth, 2013: Future Earth Initial Design: Report of the Transition Team. International Council for Scientific Unions (ICSU), Paris.
- Galloway, J. N. *et al.*, 2008: Transformation of the nitrogen cycle: Recent trends, questions, and potential solutions. *Science*, 320, 889-892.
- Griggs, D., M. Stafford-Smith, O. Gaffney, J. Rockström, M. C. Öhman, P. Shyamsundar, W. Steffen, G. Glaser, N. Kanie and I. Noble, 2013: Sustainable development goals for people and planet. *Nature*, 459, 305-307.
- IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535pp.
- Liu, C., M. Watanabe and Q. Wang, 2008: Changes in nitrogen budgets and nitrogen use efficiency in the agroecosystems of the Changjiang River basin between 1980 and 2000. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 80, 19-37.
- メドウズ, ドネラ H., 大来佐武郎監訳, 1972: 成長の限界—ローマ・クラブ「人類の危機」レポート. ダイアモンド社, 203pp. (英文原本: D.H. Meadows, D.L. Meadows, J. Randers and W.W. Behrens III, 1972: *The Limits to Growth*. Universe Books, 205pp.)
- メドウズ, ドネラ H., デニス L. メドウズ, ヨルゲンラングース, 枝廣淳子訳, 2005: 成長の限界—人類の選択. ダイアモンド社, 408pp.
- 虫明功臣, 2002: モンスーン・アジアの水文と水資源. 第6回水資源に関するシンポジウム論文集.
- Rockström, J. *et al.*, 2009: Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecol. Soc.*, 14(2), 32.
- Yasunari, T., D. Niles, M. Taniguchi and D. Chen, 2013: Asia: proving ground for global sustainability. *Curr. Opin. Environ. Sustain.*, 5, 288-292.

Future Earth
- A New International Program for Global Environmental Change
and Global Sustainability -

Tetsuzo YASUNARI*

* *Research Institute for Humanity and Nature, National Institutes for the Humanities, 457-4 Motoyama, Kamigamo, Kita-ku, Kyoto, 603-8047 Japan.*
E-mail: yasunari@chikyu.ac.jp

(Received 26 May 2015; Accepted 2 July 2015)

Abstract

The human civilization started since the agricultural revolution in about 10 thousand years ago, but particularly after the industrial revolution the human activity has been changing the climate and environment of our planet earth. Some recent studies have suggested the earth environment is approaching a “tipping point”, crossing over our “planetary boundaries” when the earth environment would drastically and irreversibly be changed. The four global environmental change programs (WCRP, IGBP, DIVERSITAS and IHDP) have been conducted to understand the earth environment change including the impact of human activities. However, to pursue the sustainable basis of the biosphere and human society, we need to promote interdisciplinary studies of natural, social and humanity sciences. Furthermore, to promote transformation to sustainable society we need to collaborate with many stakeholders of society through trans-disciplinary research and activity. Future Earth has been designed for these inter-disciplinary and trans-disciplinary studies toward global sustainability. In Asia, where the recent urbanization and economic development have been extremely rapid, and the environment has also been extremely deteriorated, the Japanese leadership role is highly expected in the Future Earth in Asia.
