

Future Earth のアジアでの展開について On the development of Future Earth in Asia

安成 哲三^{1*}
YASUNARI, Tetsuzo^{1*}

¹ 総合地球環境学研究所
¹ Research Institute for Humanity and Nature

Future Earth は、地球規模の諸問題に関する様々な国際共同研究を統合し、地球の変動を包括的に理解するとともに、これらの研究成果を問題解決に活用し、社会変容に結びつけるための研究を行う国際的な基盤組織として設立されました。Future Earth の国際的な実施体制は、国際組織の代表からなる評議会の下に、科学者代表で組織される科学委員会とその他の関係者からなる関与委員会が設置されています。また研究の実施を国際的に遂行するための国際合同事務局（日本、スウェーデン、仏、米、カナダ）と、世界の5地域（アジアは日本（総合地球環境学研究所）が担当）の地域事務局が設置されました。アジアには地球の人口の60%以上が集り、巨大都市も数多く分布し、経済活動も世界全体のGDPの30%に及んでいます。一方で、温室効果ガス放出、大気汚染、水汚染、熱帯雨林の減少、生物多様性消失など地球環境への負荷についても、アジアはホットスポットになっています。アジア地域はまた、地震・津波や集中豪雨、台風などの影響を受けやすく、世界で最も自然災害が多い地域です。特に沿岸域では、常に甚大な被害が起こる恐れがあります。長期的な視野を持ち、脆弱性を減らす地域開発につながる研究が必要です。したがって、地球社会全体の持続可能性の達成にとって）は、アジアは最も肝心の地域であり、Future Earth を通したアジア地域での持続可能性の達成なしに、地球全体の持続可能性はありえない。

キーワード: アジアの環境問題, 未来可能性, 持続可能性, 自然災害, フューチャー・アース, 人間・自然相互作用環
Keywords: Environmental problems in Asia, Futurability, sustainability, natural disasters, Future Earth, Human-Nature interactive system

気候変動リスク情報創生プログラムの成果と展開 SOUSEI Program for global change projection: results and future development

河宮 未知生^{1*}
KAWAMIYA, Michio^{1*}

¹ 海洋研究開発機構
¹JAMSTEC

The Program for Risk Information on Climate Change (SOUSEI) is a national project for projection of global change, with an aim to generate information to evaluate the probability of the occurrence of extreme events and the risk of various disasters, damage, etc., and to play a role in risk management. This project began in FY2012 and will continue for five years. The project's specific research is divided into five themes which are being pursued concurrently, as follow. Theme A: Prediction and diagnosis of imminent global climate change, Theme B: Climate change projection contributing to stabilization target setting, Theme C: Development of basic technology for risk information on climate change, Theme D: Precise impact assessments on climate change, and Theme E: Promotion for climate change research and linkage coordination. Theme A focuses on the development of the basic model that is the basis of this program. In this program's precursor, the Innovative Program of Climate Change Projection for the 21st Century, research on the basic model was also driving the overall program, but in the current program, we aim to strengthen the basic model itself and to add more advanced functions. Theme B has a sibling relationship with Theme A. It adds elements such as the environmental biogeochemical cycles and biological activity to the basic model, develops a more detailed earth system model, and studies target levels for stabilization of the climate. The aim of Theme C is to extract more detailed prediction information and to describe the "conceivable scenario" including the probability of a particular scenario occurring, such as Isewan Typhoon (Typhoon Vera). In response, Theme D aims to produce risk projections and assessments to provide adaptation to minimize the impact to natural hazards, water resources and ecosystem and biodiversity under climate change. Theme E is unique in that it is dedicated to supporting other research themes (Theme A-D) including technical issues, such as establishment and maintenance of data storage server with ~3PB data space. Theme E is also expected to link SOUSEI Program with another IT project in Japan, i.e., Data Integration and Analysis System (DIAS), which in turn is serving as the Japan Node for the Earth System Grid. In the presentation, results obtained so far under SOUSEI Program and ongoing coordination in Japan regarding preparation for CMIP6 will be reported for both scientific and technological aspects.

キーワード: 地球温暖化, リスク情報, 数値シミュレーション, 温暖化影響評価, 温暖化適応策, 温暖化緩和抑制策
Keywords: global warming, risk information, numerical simulation, impact assessment, adaptation, mitigation

気候変動リスク連鎖の構造と全体像の可視化 Mapping of interconnection of climate risks

横島 徳太^{1*}; 仁科 一哉¹; 高橋 潔¹; 江守 正多¹; 田中 克政¹; 木口 雅司²; 井芹 慶彦³; 本田 靖⁴; 岡田 将司⁵; 眞崎 良光¹; 山本 彬友²; 重光 雅仁⁶; 吉森 正和⁶; 末吉 哲雄⁷; 岩瀬 健太⁸; 花崎 直太¹; 伊藤 昭彦¹; 櫻井 玄⁵; 飯泉 仁之直⁵; 西森 基貴⁵; 沖 大幹²
YOKOHATA, Tokuta^{1*}; NISHINA, Kazuya¹; TAKAHASHI, Kiyoshi¹; EMORI, Seita¹; TANAKA, Katsumasa¹; KIGUCHI, Masashi²; ISERI, Yoshihiko³; HONDA, Yasushi⁴; OKADA, Masashi⁵; MASAKI, Yoshimitsu¹; YAMAMOTO, Akitomo²; SHIGEMITSU, Masahito⁶; YOSHIMORI, Masakazu⁶; SUEYOSHI, Tetsuo⁷; IWASE, Kenta⁸; HANASAKI, Naota¹; ITO, Akihiko¹; SAKURAI, Gen⁵; IIZUMI, Toshichika⁵; NISHIMORI, Motoki⁵; OKI, Taikan²

¹ 国立環境研究所, ² 東京大学, ³ 東京工業大学, ⁴ 筑波大学, ⁵ 農業環境技術研究所, ⁶ 北海道大学, ⁷ 国立極地研究所, ⁸ 野村総合研究所

¹National Institute for Environmental Studies, ²University of Tokyo, ³Tokyo Institute of Technology, ⁴University of Tsukuba, ⁵National Institute for Agro-Environmental Sciences, ⁶Hokkaido University, ⁷National Institute for Polar Research, ⁸Nomura Research Institute

気候変動が人間や生態系に及ぼす影響の性質は様々である。人間や生態系にとって好ましくない悪影響（被害）をもたらす一方で、時期や場所によっては、好影響（利益）をもたらすこともある。人間社会が気候変動に対応していくためには、気候変動によって生じるリスク（もたらされる被害や利益）を網羅的に明らかにすることが重要である。気候変動によって生じるリスクは様々な部門にわたり、その時空間スケールも様々である。そして、あるリスクが、別のリスクを引き起こすといった形で、様々なリスクが密接に関係している。このリスクの「連鎖」は、ある部門に閉じることなく、部門を超えて、複数のリスクが関係している。

これまでの研究では、ある特定の国において生じる気候変動リスクについては、様々な形でまとめられてきた（例えば英国気候変動リスク評価 2012 など）。また、気候変動によって生じると考えられるリスクについての最新の知見は、IPCC 第二作業部会第5次評価報告書（IPCC WG2 AR5）にまとめられているが、基本的には部門ごとにまとめられており、様々な部門にわたるリスクの全体像や、異なる部門のリスクの間の関係性が、必ずしも簡潔にまとまっているとは言えない。

そこで私たちは、気候変動が引き起こすリスクを、リスク間の因果関係までを含め、網羅的に明らかにすることを目的とした研究を行った。研究プロジェクト ICA-RUS (Integrated Climate Risk Assessment ? Risks, Uncertainty, Society [1]) に参画する様々な分野の専門家が文献調査を行うことにより、気候変動リスクの網羅的な一覧表と、リスク間の因果関係を記述したデータベースを作成した。これを可視的に表現することにより、気候変動対策に役立てることが大きな目標である。

まず、気候変化によって人間社会や生態系において生じる被害や利益を、考えられる限り全ての部門において記述した一覧表を作成した。この一覧表は、気候・水資源・エネルギー・食料・健康・安全・産業・社会・生態系の部門の専門家が、IPCC 第5次評価報告書などの文献調査をもとに、将来起こりえる変化を網羅的に記述したものである（「リスク項目」）。さらに、同様の文献調査に基づき、リスク項目の間の因果関係を網羅的に記述したリストを作成した（「リスク因果関係」）。そして、「リスク因果関係」で作成した様々な部門の間のリスクの連鎖を、複雑ネットワークを図化するネットワークグラフ理論（Fruchtman & Reingold アルゴリズム）を用いて、「ネットワークダイアグラム」として可視化した。

得られたネットワークダイアグラムを調べたところ、気候変動リスクの連鎖には特徴的な構造があり、気候システムの変化が自然システム（水資源や穀物など）社会システム（需要・供給・価格など）人間システム（健康・生命・財産など）生態系（動物・植物など）の間で、相互作用を及ぼしていることが分かった（下図）。発表では、気候変動リスクの全体像と、気候リスクに関する包括的な情報の有用性について議論を行う。

[1] <http://www.nies.go.jp/ica-rus/index.html>

キーワード: 気候変動, リスク管理, 複数部門, 影響評価

Keywords: climate change, risk management, multi-sector, impact assessment

気候と生態系の相互作用継続観測の Future Earth 活動としての重要性 The importance of monitoring the interactions between ecosystem and climate as a key activity in the Future Earth

谷 誠^{1*}; 太田 岳史²
TANI, Makoto^{1*}; OHTA, Takeshi²

¹ 京都大学農学研究科, ² 名古屋大学生命農学研究科

¹Graduate School of Agriculture, Kyoto University, ²Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University

地球の気候システムは、海陸生態系との相互作用によって動的平衡が保たれている。例えば、東シベリアカラマツ林でのタワー観測によると、少雨の夏でさえ一定の水蒸気を大気に返すことで、自らの生育に必要な湿潤気候を大陸奥地に維持している。しかし、人間活動を原因として、温暖化、永久凍土融解、その生態系応答等が生じており、カラマツ林と気候との動的平衡はシフトしてゆく可能性がある。また、カラマツ林等の生態系は貴重な生物資源でもあるから、森林伐採インパクトがこのシフティングに影響を及ぼす。

したがって、自然過程に関するサイエンス知見は環境政策にも生物資源政策にもリンクしており、国レベルの政策がこのリンクを認識すべきである。10年程度しか継続できていないタワーフラックス観測を基盤とする「気候と生態系の相互作用長期観測」を50年以上組織的に継続することが必須である。

しかし、その具体策は、気象や河川、衛星観測その他の業務観測に対して別途フラックス観測予算を要求するところにあるのではない。予算獲得競争ではなく、Anthropoceneと呼ばれる地球環境と人間社会の関係の変化を受けた生物圏観測の包括的な再編こそ、Transdisciplinaryを掲げるFuture Earthの中心となるべきなのではないだろうか。

キーワード: Future Earth, 気候と生態系の相互作用, タワーフラックス観測, 生物資源政策, シベリアカラマツ林, 野外観測の継続性

Keywords: Future Earth, Interactions between ecosystem and climate, Tower flux observation, Policy on biological resources, Larch forest in the eastern Siberia, Continuous field monitoring

Future Earth と地震学 Future Earth and Seismology

佐竹 健治^{1*}
SATAKE, Kenji^{1*}

¹ 東京大学地震研究所

¹Earthquake Research Institute, U. Tokyo

持続可能な地球へ向けた統合的研究を実施する Future Earth プログラムについて、地震学と比較して社会との関係などを考えてみたい。Future Earth は自然・人類起源の環境変化を理解し、地球規模の開発に必要な知識を提供し、持続可能な社会への転換を目指すため、研究者のみでなく社会（さまざまなステークホルダー）との協働を行う点に特徴がある。なかでも、人口が集中し環境・社会が急激に変化しているアジアでの、日本の役割が期待されている。

アジアにおける地球環境変化を考える際、台風・集中豪雨・洪水あるいは地震・津波・火山噴火などの自然災害を無視することはできない。2004年のインド洋津波は、M9.1のスマトラ・アンダマン地震によって発生し、周辺の10以上の国で23万人もの死者をもたらした。この原因として、インド洋ではM9クラスの超巨大地震の発生が知られていなかったこと、従って津波早期警戒システムや沿岸自治体・住民に津波についての知識や備えがなかったことが挙げられている。この10年間に、三カ国に津波警報センターが設置され、地震発生後5分以内をめどに津波警報が発出されるようになったほか、沿岸で津波堆積物などの調査が行われて2004年と同規模な津波が数百年前にも発生していたことがわかってきた。地球温暖化・海面上昇などの環境変化と自然災害による環境変化は、前者が長期的・連続的であるのに対し、後者は短期的・突発的であることから、取り組み方も異なるとされているようである。持続可能な開発のためには将来発生する可能性がある自然災害についても考慮する必要がある、地震や津波の長期予測が重要であろう。

日本地震学会では、東日本大震災後、臨時委員会やシンポジウムを開催し、モノグラフ「地震学の今を問う」を発刊した。主な論点は、なぜ東北地方太平洋沖地震は何故想定できなかったのか、学会は国の施策とどう関わるのか、防災のためには何が足りなかったのか、教育現場やメディアで地震学の知見をどう伝えるのか、などである。そこでは、大地震の予測などはトランス・サイエンスの問題（科学だけでは解決できない問題）として捉えるべきという主張もなされている。また、平成25年に建議された「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」で、総合的かつ学際的研究として推進することとされ、歴史学や考古学なども含む異分野の研究者が集まった研究が始まった。

Future Earth の特徴は、自然科学・社会科学・工学・人文科学などの学際的（inter-disciplinary）研究、さらには、学術だけでなく社会の様々なステークホルダーが参加する超学際（trans-disciplinary）的な取り組みにある。学術研究者のみでなく社会も参加して、研究活動の設計（co-design）や成果の創出（co-production）を行うことが提案されている。先に述べたように、環境問題と自然災害とは時間スケールなどに違いはあるものの、社会との協働という超学際的な取り組みは、地震学が抱える問題と共通点がある。

キーワード: フューチャーアース, 地震学, 社会との関わり, 学際研究, 超学際研究

Keywords: Future Earth, seismology, relation with society, inter-disciplinarity, trans-disciplinarity

Future Earth と火山学 Future Earth and Volcanology

中田 節也^{1*}
NAKADA, Setsuya^{1*}

¹ 東京大学地震研究所
¹ERI, Univ. Tokyo

日本列島のような変動帯に住む限りは自然の脅威から逃れることはできない。これからも発生し続ける自然の脅威といかに共存して、より安全で住みやすい社会を持続できるかは、地球科学の発展とその貢献が大きな鍵を握ると考えられる。すなわち、自然の脅威の将来予測は地球科学の宿命であるといえる。

自然の脅威の現象説明だけでは自然災害の軽減には直接はつながらない。これは2014年9月27日の御嶽山の水蒸気噴火で如実に示された。自然の脅威が規模的にも小さなものであっても、悪い条件が整えば大きな災害となりうる。かりに、観測機器をどれだけ密に設置してあったとしても、水蒸気爆発のような小噴火の予測には限度がある。一方で、我々研究者が未経験の低頻度で大規模な自然の脅威についても、その発生メカニズムの理解を含めて、予測に学際的に挑戦する必要があるのも事実である。富士山の噴火やカルデラ噴火はこのような部類に入るが、低頻度が故にそれらに社会は備えてきていない。

発生頻度に特にかかわりなく、条件が整えば大きな損失につながるのが自然災害である。そのような脅威に接する機会のある人々が災害を意識し、それに備えることがもっとも重要である。地球科学はそれに備えに対する知恵を社会にさずける働きを様々なレベルで行うことができる。我々の既知の知識を持って効果的な啓発活動や情報発信するだけでも、災害への備えはできる。さらなる地球科学観測によって現象理解が進めば、それを社会に効果的に還元することによって、社会が自然災害から逃れられる可能性がより増加するだろう。

日本火山学会では、御嶽山の火山災害を受けて、秋季大会の折に火山災害委員会を中心に、災害に至った問題点や課題を検討し、将来の類似の災害を軽減するために、火山学的に貢献できることは何かについて議論を進めている。また、低頻度大規模噴火に関連して火山災害影響評価が差し迫った問題となっている原子力発電所の再稼働に関連して原子力問題検討委員会を設置し、社会へ火山学的な立場から提言を行った。さらに、Future Earth と共通した理念を持つジオパーク活動を推進するため支援委員会を設置し、現場での防災教育支援を行っている。このように、Future Earth の目指すところは、火山学に絡む課題に関して社会と協働しながら超学際的に進める点で同じである。

キーワード: フューチャーアース, 火山学, 社会との関わり, 学際研究, 超学際研究

Keywords: Future Earth, volcanology, relation with society, interdisciplinarity, transdisciplinarity

iLEAPSにおける水循環・物質循環研究と Future Earth iLEAPS studies on hydrologic - biogeochemical cycles under the Future Earth initiative

檜山 哲哉^{1*}; 三枝 信子²

HIYAMA, Tetsuya^{1*}; SAIGUSA, Nobuko²

¹ 名古屋大学地球水循環研究センター, ² 国立環境研究所

¹Hydrospheric Atmospheric Research Center, Nagoya University, ²National Institute for Environmental Studies

iLEAPS (integrated Land Ecosystem - Atmosphere Processes Study: 統合陸域生態系-大気プロセス研究計画) は、陸域-大気間の水・エネルギー・物質交換プロセス、気候プロセス、地球表層の大気化学プロセスを包括する水文学・生物地球化学に関わる国際連携研究プログラムである。iLEAPS は 2004 年以降、IGBP (International Geosphere - Biosphere Programme: 地球圏-生物圏国際共同研究計画) のコアプロジェクトの一つとして活動してきたが、IGBP が 2015 年に終了予定であるため、今後はその活動を Future Earth と連携して継続する準備を進めている。iLEAPS の科学目標 (イニシアティブ) は、1) エアロゾル-雲-降水過程の気候研究 (ACPC)、2) 気候影響と適応の指標開発研究、3) 生物圏-大気-社会間の指標開発研究、4) 反応性エアロゾルの放出-交換過程研究、5) 極端気象と環境研究 (EEE)、6) iLEAPS と GEWEX (Global Energy and Water Cycle Experiment: 全球エネルギー・水循環観測計画) との陸域-大気モデリングに関する共同研究、7) 原野火災に関する学際研究 (IBBI)、8) 人類管理下の陸域生態系と気候-社会間の相互作用研究、の 8 項目である。人類は、地表面を改変するとともに、温室効果ガス等のトレースガスを大気に放出することで、陸域-大気間の水・エネルギー・物質交換プロセスに影響を及ぼしている。特に、人為によるトレースガスの放出は地球大気の化学組成を変え、エアロゾルの放出は雲生成プロセスを変える。それらは地球大気の放射収支と放射強制力を変化させ、気候変動に結びつく。このような素過程とフィードバックループは、陸域-大気間の水循環と物質循環 (生物地球化学循環) の変化を介して、再び人類に影響するのである。したがって、iLEAPS は Future Earth の目指す諸活動と非常に密接に関わっていると見える。本講演では、iLEAPS の諸活動を紹介するとともに、Future Earth とその傘下の各プロジェクトとどのように協働していくべきかについて、議論したい。

キーワード: 気候と社会, 陸域生態系, 陸域-大気プロセス, 水循環, 物質循環

Keywords: climate and society, terrestrial ecosystem, land - atmosphere processes, hydrologic cycle, biogeochemical cycle

自然衝撃波現象による災害と高温排出ガスの効果的な対処 Effective methods against natural shock-wave disasters and their hot evaporated gases

三浦 保範^{1*}
MIURA, Yasunori^{1*}

¹ 客員 (国内外大学)

¹ Visiting University (In & Out)

天然の巨大な災害はすべて衝撃波という音速以上の極限状態現象である地震・火山・隕石衝突によって、現在の地球と生命体は変化して姿を昔から変えており、局所破壊の繰り返しで地球全体は場所で異なる破壊生成物の組み合わせと多種の生命体でできている。多様体の舞台の地球と多種の生命体に繁栄した地上において、人類社会の防災・減災について効果的な対処法が次のようにまとめられる。

1) 地表や地下で発生する地震や火山による自然災害は、音速の衝撃波のため予知も人工的な制御もできないが、それらの活動規模が限定される地下起源である。その発生後の地殻物質の変化等による災害は、長期間のデータ蓄積とその場の詳細な観測で減災が望まれる。

2) 小惑星隕石衝突は、その衝撃波の軌道が上空で宇宙空間からであるので、地球外の追跡による制御と破壊の有無によって、地球での衝突(大気と地表)を避けることは可能であるが、地球外が含まれるので相応の財源と科学技術的な長期計画が必要となる。しかしこれは人類(生命体)を破滅から救うための対策に相当するものである。

3) 天然の巨大な災害は、すべて高速の衝撃波の極限状態現象である地震・火山・隕石衝突によって、現在の地球に変化して姿を昔から継続的に変えている。局所破壊の繰り返し一方向の変化で進むため、活動地球全体では場所で異なる破壊生成の複雑な組み合わせによる地球構成物を示す。

4) 地球惑星に発生した生命体は気候変動で一斉に変化するのではなく、その大型災害によりピンポイント的な局所効果を示す。小惑星衝突は、地球生命体絶滅を繰り返す起因となっている。大災害が発生した場所以外で生き延びた生命体が繁栄した結果、多様な生命体が現在の地上に複雑に共存している。

5) 大型自然災害は衝撃波起因のため発生を防げないが、自然災害への警戒を一般的に常時して社会生活への影響をその場的に軽減する情報共有することが自然災害の危機管理対応である。

6) 活動的な地球の現状では、効果的な減災のために戦略・費用・移住対応が現実的である。例えば、日本列島の地震は各地に起きて安全域はないが、大型活火山分布の少ない地域(西日本など)の利用を分散的でも減災面から今後考えるべき対応である。

7) 知的な人類でも自然災害を防ぐ事や、地球自体を変えたり停止することはできない。水惑星地球や生命体を破壊的に変化させる災害(小惑星衝突)を軽減し破壊し回避する工夫(地球外での追跡破壊対応)が、今後有効的に検討する必要がある。

8) 地球温暖化をもたらす人工的な廃棄物処理以外に、自然の衝撃波現象(火山・衝突・地震)からも高温噴気ガス(炭酸ガスなど)を排出するので、それらの有効的で循環的な変化の対応策を考える必要がある。これは、地球の循環的な変化に対応して、自然衝撃波活動災害物を人工的に循環的な対応をする方法が有効的であると考えられる(三浦,2013,2015)。

参考文献: Miura Y. Ed. (1996): Shock wave handbook (Springer). p.1073-1209. Miura Y. (2013): Japanese Patent. Miura Y. (2014). Am. Chem. Soc. , 248th, p.19675. 72. Miura Y. (2015): Tokyo Conference on International Study for Disaster Risk Reduction and Resilience (Univ. Tokyo),17.

キーワード: 衝撃波, 災害, 最適法, 火山, 高温炭酸ガス, 隕石衝突

Keywords: Shock wave, Disaster, Effective methods, Volcano, Hot carbon dioxides, Meteoritic collisions

都市レジリエンス向上に向けた土地利用シナリオ分析 Land use scenarios: An analysis of urban resilience

山形 与志樹^{1*}; 村上 大輔¹
YAMAGATA, Yoshiaki^{1*}; MURAKAMI, Daisuke¹

¹ 国立環境研究所
¹National Institute for Environmental Studies

今後の気候変動に伴う災害リスクのグローバルな上昇が予測されており、人口成長/縮退といった今後の社会経済シナリオ等も勘案しながら、全球、国、都市といったあらゆる空間スケールで災害に適応していくこと重要となる。本研究では、都市・地域スケールにおいて災害リスクへの緩和策と適応策を導入することの効果、経済均衡モデルの一つである土地利用交通エネルギーモデルを用いて分析する。具体的には、CO₂ 排出削減等の緩和策の一つとして知られるコンパクト化政策と河川氾濫リスクの高い地域の居住者を減らそうという適応策に着目し、それらの有無が被災時の損害額に及ぼす影響を、東京大都市圏を対象に評価する。また、政策の有無が土地利用に及ぼす影響についても分析する。以上を踏まえ、都市レジリエンスについて考察する。

キーワード: 都市レジリエンス, 土地利用シナリオ, 社会経済シナリオ, 災害リスク
Keywords: urban resilience, land use scenario, socioeconomic scenario, hazard risks

アジア環太平洋地域における水・エネルギー・食料ネクサスの最適ガバナンス Optimal governance for water-energy-food nexus in Asia-Pacific region

谷口 真人^{1*}; 地球研プロジェクト R08-Init メンバー¹
TANIGUCHI, Makoto^{1*}; RIHN PROJECT, R08-init members¹

¹ 総合地球環境学研究所

¹ Research Institute for Humanity and Nature

水、エネルギー、食料は、人の生存と社会にとって最も基本的で重要な資源であり、これらの資源に対する需要は、人口増加や経済発展、生活様式等の社会的変化により、2030年までに単独でそれぞれ40%、50%、30%増加すると予測されている(US NIC, 2013)。また気候変動の影響は、水、エネルギー、食料の供給量変化の要因として働き、資源間のトレードオフやステークホルダー間の競争をもたらすため、異なるステークホルダー間とマルチスケール(階層間)での合意形成と、社会の意思決定のしくみづくりが不可欠である。わが国を含むアジア環太平洋縁辺域では、アジアモンスーンの気象・水文条件と、火山地熱地域の地質・地形要因を考慮したうえで、自然がもつリスクを軽減し、それらがもたらすサービスを増大させる社会の構築が重要であり、本研究では、水・エネルギー・食料ネクサス(連環)のトレードオフとコンフリクトを対象に、Co-designing / Co-producing(科学と社会との共創)をとうした合意形成のしくみを明らかにし、環境ガバナンスを統合的に最適化するための枠組みを示すことを目的として研究を行った。

アジア環太平洋地域32カ国間におけるリージョナルレベルでの水・エネルギー・食料ネクサス解析では、特にアメリカで多量のエネルギーが水の輸送に使用されていること、また、日本・フィリピン・インドネシアでは水産活動に使われる水・エネルギーの割合が他国に比べて多いことが明らかになった。また資源の自給率等から見た自律性や、資源利用の多様性等が、持続可能な社会の指標の例としてアジア環太平洋地域で明らかになった。また異なるステークホルダー間の合意形成と、社会の意思決定のしくみづくりを構築することを目的に、ローカルレベルでは様々な手法を用いた参加型研究を行い、ナショナル(国)レベルでは、日本の水資源に関する2014年制定の水循環基本法のもとで、基本的施策に関する新たな制度化に関する研究等を、またアジア環太平洋地域においてはCo-producingに向けたステークホルダーのカテゴリー別の特定を行った。

水とエネルギーのネクサス解明では、エネルギーと水のコンフリクトを軽減しつつエネルギーの利用可能性を明らかにするため、地熱・地中熱ポテンシャル、温泉排水熱のエネルギーポテンシャルと小水力発電のポテンシャルの評価を行った。また水-食料(水産)ネクサス解明では、沿岸域における陸から海への水供給の多様性(河川水と地下水)および安定性と水産資源との関係を明らかにするために、異なる空間スケール(湾ごとの比較、湾内の比較)において、魚の種数、個体数、重量を調査した結果、地下水流出の多い(水供給の多様性が高い)湾において、沿岸域の生物の種数、個体数、重量が多いこと、小浜湾奥部沿岸域の地下水湧出域周辺において藻類、貝類、甲殻類、魚類の分布量が多いことが明らかになった。

ネクサス間の潜在コンフリクトの存在下における合意形成研究では、小浜市において地下水問題に焦点をあてたステークホルダー分析や社会ネットワーク分析を実施したほか、地熱開発問題に焦点をあてたインターネットによる全国討論実験を行った結果からは、地熱発電建設に中立的な立場の人が、科学的専門知の提供後に、より多く建設賛成に態度変容したことなどが明らかになった。これ等の結果を、生物地球化学統合モデル、統合指標、統合マップ、費用便益解析などにより、水・エネルギー・食料ネクサスのシナリオ分析の下で今後解析を行う予定である。

キーワード: 水, エネルギー, 食料, ネクサス, ガバナンス, アジア環太平洋

Keywords: water, energy, food, nexus, governance, Asia Pacific

生物多様性と生態系サービスの持続的保全・利用に向けた社会学・生態学統合研究の展開 Global and regional integration of social-ecological study toward sustainable use of biodiversity and ecosystem services

仲岡 雅裕^{1*}
NAKAOKA, Masahiro^{1*}

¹ 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター厚岸臨海実験所

¹ Akkeshi Marine Station, Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido University

グローバル経済の拡大は、地球規模の気候変動や、土地・海域利用の大幅な改変等を通じて、自然生態系における生物多様性の喪失や生態系サービスの低下を引き起こしている。この問題は特に生物多様性のホットスポットであるアジア諸国で深刻であるが、先進国に比較すると、自然科学、社会科学の両側面とも研究が遅れている。生物多様性と生態系サービスの持続的利用を達成するためには、地域住民が政府、地方自治体、非営利団体、科学者などと共に、科学的知識に基づいた共同計画、共同管理、共同生産を進める体制を作り、拡げていくことが重要である。しかし、そのような効果的な生態系の管理や利用システムを作るための科学的知識および社会学的基盤は不十分である。現在認識されるボトルネックとしては、生物多様性や生態系機能の詳細な分布情報の欠如、生物多様性や生態系サービスの変異をもたらすプロセスの不十分な理解、生態系間の関連性（例、陸域生態系と海域生態系の相互作用）に関する知識の不足、意思決定を行う地域ステークホルダー集団に対する科学的知識の伝達の不十分さ、異なるステークホルダー間の円滑なコミュニケーションの不足、などが挙げられる。これらを解決するためには、自然科学から社会科学にわたるさまざまな学問分野の専門家による分野横断的なネットワーク形成による、新たな超域科学の創設が求められている。

講演者を代表とする国際的な研究者のグループは、平成26年4月から2年間にわたって、ベルモントフォーラムの「生物多様性と生態系サービスのシナリオ」分野の共同研究活動事業を実施する。TSUNAGARI (Trans-System, UNified Approach for Global And Regional Integration of social-ecological study toward sustainable use of biodiversity and ecosystem services) を題された本プロジェクトは、アジア地域における生物多様性と生態系サービスの持続的な利用を実践するために、多様な分野にわたる社会経済学および生態科学の研究者の国際ネットワークを構築し、新たな研究課題、アプローチを提案することを目的とする。本プロジェクトは以下の4つの課題から構成される。(1) 高解像度生態系空間情報を広域スケールでの解析に利用するための方法論の確立、(2) 生物多様性・生態系サービスの変動に対する人間活動由来の負荷、および生物多様性・生態系サービスの利用に関する人間社会の意思決定方法における多重空間スケール依存性の検証、(3) 森林から海洋に至る生態系間のつながりが、生物多様性・生態系サービスの変動、および集水域の異なる場所に住む地域住民の意思決定に与える影響の評価、(4) 上記1-3の成果を踏まえた上での、生物多様性・生態系サービスの持続的な利用を達成するためのシナリオ解析に必要な指標やモデルの開発。

本プログラムの最終的な目標は、上記に挙げたボトルネックを解決して、アジアおよび世界における生物多様性と生態系サービスの持続的利用・管理の進展に貢献できるフレームワークを構築するところにある。机上の学問にとどまらず、実際の現場において、地域住民から国際社会に至るあらゆる階層での意思決定を向上させるための具体的な提言に結びつく研究アプローチの立案を目指したい。

キーワード: 生態系連環, シナリオ解析, 生物多様性フットプリント, 共同管理, 土地利用変化, 多重空間スケールの相互作用

Keywords: Ecosystem connectivity, Scenario analyses, Biodiversity footprint, Co-management, Land-use change, Multi-spatial scale interactions

急成長モンゴルにおけるレジリエンスに関するトランスディシプリナリー研究の創出 Creation of Trans-disciplinary Research on Resilience of Mongolia in Rapid Development

鈴木 康弘^{1*}; 篠田 雅人¹
SUZUKI, Yasuhiro^{1*}; SHINODA, Masato¹

¹ 名古屋大学
¹ Nagoya University

モンゴルでは近年、急速な都市化や国土開発が進む一方、災害・環境対策が追いつかない。また自由主義化に伴って遊牧民の生活様式や社会構造も急変し、災害や社会変化に対するレジリエンス（柔軟な対応力）を失いつつある。このため今こそ、伝統的なレジリエンスを再確認するとともに、詳細なハザード評価を考慮した長期ビジョンを見極める必要に迫られており、名古屋大学とモンゴル国立大学は2014年度にレジリエンス共同研究センター準備室を立ち上げた（9月15日にはプレオープンシンポジウムを開催）。

ここでは、従来から国際共同研究として進めてきた活断層や寒雪害（ゾド）に関する研究や、伝統文化や社会構造の変化に関する文化人類学的研究成果、あるいは大気汚染等環境問題に関する研究成果をモンゴルの学生および市民にセミナー形式で定期的に紹介し、レジリエンスのあり方についての議論を深める。共同研究への学生の参加を促し、発展させるとともに、彼ら自身が主体的にモンゴルのレジリエンスのあり方を考えられるようにする。当面、①ハザードを考慮した都市計画、②ウランバートルの「ゲル地区」の再開発、③首都拡張計画等をテーマとすることを予定している。

なお、本件は、Future EarthのStrategic Research Agenda 2014における、下記の項目を具体的に推進するものと考えている。「C: Transformations towards Sustainability」のうち、「C3: Transforming development pathways」, 「C3-2: What are the potentials and possibilities for adapting and transforming infrastructure and services in urban and rural areas, in diverse socio-economic contexts, given the constraints and interdependence of these systems? What types of running processes and tools can contribute to integrated urban and rural sustainable development?」。

キーワード: レジリエンス, 災害, モンゴル, トランスディシプリナリー研究
Keywords: resilience, disaster, Mongolia, Trans-disciplinary Research

「存在の大いなる連鎖」のサステナビリティ Sustainability of the Great Chain of Being

秋山 知宏^{1*}
AKIYAMA, Tomohiro^{1*}

¹ 東京大学大学院新領域創成科学研究科

¹ Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

近現代、科学は主体と客体を明確に分離するデカルト的二元論、ニュートン力学といった機械論的唯物論や要素還元主義が主流となり、学問分野の細分化の一途をたどってきた。しかしこのような形で学問の細分化が進むと、本来は一体であった自然を構成する各要素間のつながりや、自然の全体性への関心が希薄になり、学問分野の内部に閉じこもった研究、言い換えれば「科学のための科学」という弊害が生まれてくる。一方、多くの社会学者や（人文学者ではなく）人文科学者も、自分たちの研究が科学でありたいと、自然科学の方法にならった。それらは「学」というよりも「イデオロギー」による「解釈」であった部分が多い。

世界の科学界・思想界の潮流は、産業革命以降のモダニティ（近代性）への懐疑を超えて、ポスト近代にふさわしい新しい知（ポスト近代知）の創成へと向かっている。近代科学の弊害を除くために、学際的アプローチ（interdisciplinary approach）という考えが提唱されるようになった。そして、「社会のための科学」の必要性が説かれるようになった。近年、国際科学会議の主導する Future Earth という新しい枠組みが動き始めている。これは、科学と社会の共創という超学際的アプローチ（transdisciplinary approach）が柱になっている。このような科学者は、社会が真実を知っていると考えているのだろうか。「社会のための科学」を実践することが、実は社会のためにならないことがあるのではないか。「ポスト近代にふさわしい学」は何に価値を見いだすべきなのか。

本稿は、これまでの人類の叡智を踏まえて、「ポスト近代にふさわしい学」とは何かを明らかにするものである。要点は、大別して次の四つである。第一に、人類の叡智としての「存在の大いなる連鎖」の伝統的な枠組みに近代およびポスト近代の知見を統合することによって、「存在の大いなる連鎖」の統合的な枠組みを構築する。第二に、それを以て、サステナビリティを考える学問分野の代表としての地球環境研究ないしはサステナビリティ学（Sustainability Science）の問題点を取り上げる。第三に、統合的な枠組みに基づいて、学術界および思想界が「存在の大いなる連鎖」をそれぞれどのように捉えてきたかを明らかにする。とくに、近年になって思想界から次々に発表されている新しい哲学に共通してみられる特徴として、「降りてゆく生き方」という統合的な世界観があることを明らかにする。第四に、「存在の大いなる連鎖」の統合的な理解を深めることは個人の幸福（ウェルビーイング）や幸せ（ハピネス）だけでなく人類や地球の存続にも重要であることを明らかにして、さらにサステナビリティ学の方法論に対して提言をおこなう。

居住快適性と災害リスクのトレードオフに着目した空間ヘドニック分析 A spatial hedonic analysis of trade-offs between benefits and hazard risks

村上 大輔^{1*}; 山形 与志樹¹
MURAKAMI, Daisuke^{1*}; YAMAGATA, Yoshiki¹

¹ 国立環境研究所

¹National Institute for Environmental Studies

水害リスクの高い沿岸部の都市レジリエンスを高めることは、特に東日本大震災時に伴う深刻な津波被害を被った我が国においては喫緊の課題である。しかしながら、海への眺望や海浜公園などを有する沿岸部は一般に人気の居住地域であり、水害リスクが必ずしも沿岸部の負の効果として反映されていない可能性がある。そこで本研究では、横浜市の戸別マンションを対象に空間ヘドニック分析を行うことで、海の正の要因（例：海への眺望、海へのアクセス）と水害リスクの各効果をそれぞれ定量化した。その結果、海への眺望と海へのアクセスからは強い正の効果が検出された一方で、水害リスクからは期待された負の効果が検出されなかった。また、各変数の効果を足し合わせることで、水害リスクの高い地域の魅力が高いという結果が得られ、水害リスクが沿岸部の負の効果として適切に反映されていないとの示唆を得た。この結果を踏まえながら、海の正の効果を享受しながら水害リスクを低下させるような都市政策について議論する。

キーワード: 水害リスク, 眺望, ヘドニック分析, 横浜市, リモートセンシング
Keywords: flood hazard, view, hedonic analysis, Yokohama city, remote sensing

地球の未来を考える知の統合基盤、Digital Earthの構築にむけて Digital Earth as a Platform for Synthesis of Knowledge Towards Resilient and Sustainable Society

福井 弘道^{1*}
FUKUI, Hiromichi^{1*}

¹ 中部大学中部高等学術研究所国際 GIS センター
¹ IDEAS Chubu University

人類は、自らの活動によって生存基盤である地球の環境を大きく変えつつある。地域から地球の環境保全や持続可能性を追求するには、学際研究や社会の多様なステークホルダーの連携・協働が不可欠である。

デジタルアースとは、サイバースペース上に構築される俯瞰型情報基盤、多次元・多解像度で表現された地球であり、持続可能な地球の将来を考えるために、環境・災害等の「問題複合体」を解題する共同実験室、コミュニケーションのプラットフォームとして利用されることが期待されている。すべての人やものがインターネットにつながる近未来においてデジタルアースは、地球規模で相互運用可能な情報共有 DB であり、人間社会の活動とその基盤である環境とを巡る複雑な関係性についての集合知を統合し、日々成長することが可能な枠組みを持つ必要がある。それは、具体的に地球の将来を予測するモデルや、地球システムが持っている機能を分かり易く可視化して、これからの人間社会の行動モデルについて思い巡るといった、持続可能な教育的内容も包含しなければならない。そうすることでデジタルアースは、時空間をまたいで、地球規模の問題を地域の問題に結びつけて検討し、持続可能な地球の未来を創造することに貢献できる。

デジタルアースの現状と、その構築技術や利用の課題などについて、「ヒマラヤの山岳地域やモルディブの島嶼地域といった気候変動の最前線での適応策への取組み」などのケーススタディや「国際災害支援情報基地構想」、「OMEGA プロジェクト」をはじめ、取り組んでいる萌芽的なプロジェクトの紹介を通じて検討するとともに、今後の研究を展望する。デジタルアースの構築とその活用により、認識科学や設計科学そして市民科学の連携が強化され、知の再編・統合が進み、問題複合体の解題が実現することが期待される。

キーワード: デジタルアース, 知の統合, ESD, 集合知, GIS, Future Earth

Keywords: Digital Earth, Synthesis of Knowledge, Education of Sustainable Development, Collective Knowledge, GIS, Future Earth

U05-16

会場:103

時間:5月25日 16:35-16:55

フューチャー・アースと土地利用 Future Earth and Land Use

氷見山 幸夫^{1*}
HIMIYAMA, Yukio^{1*}

¹ 北海道教育大学
¹Hokkaido University of Education

地球環境研究の新しい国際的枠組みであるフューチャー・アースの数あるミッションの中でも、土地利用研究ほど多岐にわたるミッションと幅広く関わるものはない。それは土地利用研究の充実がフューチャー・アースの成否に与える影響の広さと深さを示している。しかし社会、自然、そしてそれらの関わりの地表への投影ともいえる土地利用は真に統合的な視点や歴史的視点なしでは現況の的確な把握すらおぼつかない。フューチャー・アースの下で推進されるべき土地利用研究の主要な課題と方向性を考える。

キーワード: フューチャー・アース, 土地利用, 地球環境研究
Keywords: Future Earth, land use, global change research

市民のための地球システムリテラシー Earth system literacy for citizens

池辺 靖^{1*}
IKEBE, Yasushi^{1*}

¹ 日本科学未来館
¹ National Museum of Emerging Science and Innovation

気候変動や生物多様性など、さまざまな地球規模課題の解決には、地球システム全体のメカニズムを理解することが必要である。その理解は科学者だけにとどまらず、政策決定者および政策を選ぶ立場である市民の側にも求められるが、非専門家としてどのサイエンスをどのレベルまで理解しておく必要があるのだろうか。我々日本科学未来館では、“100億人の持続可能な社会の実現”を活動目標に掲げ、そのための科学コミュニケーション活動として、市民が持つべき地球システムリテラシーの研究と、それらを常設展示などを通じて普及させることに取り組んでいる。

地球システムリテラシーとして、我々が最も重要視しているのは、生態系における炭素循環である。食物網の中で生物同士が多様に緊密につながっていることは、比較的良く知られているが、温暖化を始めとする環境問題の本質を理解する上では、原子レベルでの物質循環を把握しておく必要がある。そして、この炭素循環を乱すことで環境問題を引き起こしている人間活動の問題点は、次の3つの“悪行”として理解できる。それらは、①生物のつながりを断ち切る、②流れるモノの量を狂わす、③一方向だけの流れをつくる、である。環境問題と言われている様々な現象と、その解決策として提案されている様々な環境技術について、これら3つの視点から評価して、適切な選択を行えるようになることが、大事な地球システムリテラシーの一つと考える。

また、これら3つの“悪行”の実態を把握することも重要である。今や地球の隅々まで人の手が入り、大規模な人間活動により地球規模の改造が行われている様子は、人工衛星によるリモートセンシングデータなどを通じて克明に捉えられている。未来館において、これらのデータを用いた人間活動の見える化を図っている展示活動について紹介する。

キーワード: 環境問題, 地球システム, 炭素循環, リモートセンシング
Keywords: Earth System, Carbon Cycle, Remote Sensing

Future Earthにおける人材育成の課題と展望 -環境リーダー人材ネットワークの活用- Issues and Perspectives of Human Resources Development in Future Earth -Use of Environmental Leaders Network-

辻村 真貴^{1*}
TSUJIMURA, Maki^{1*}

¹ 筑波大学生命環境系
¹ Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

地球規模課題の解決を通じた持続可能な未来地球の創造を意図した統合研究の基盤・ネットワークである、Future Earthにおいて、近い将来当該研究・取組を主体的に担っていく人材を育成することは、最も重要な課題である。

平成20年度から50億円以上の国費を投じ実施されてきた、社会システム改革と研究開発の一体的推進（旧科学技術戦略推進費）による戦略的環境リーダー育成拠点形成事業（環境リーダー育成事業）も、26年度までの間に全17大学が事業を終了するとともに、最終的に合計約1300人の環境リーダーが輩出された。

俯瞰力、国際性、グローバルな視点、持続可能性思考力等の統合的・普遍的な能力から、低炭素技術、流域、環境修復、気候変動適応、水資源、エネルギー等の環境技術まで、きわめて幅広いキーワードからなる能力・技能を有する環境リーダー人材が、我が国から輩出されるのに際し、この人的資産を種々の地球規模課題解決に生かす仕組み・枠組みを構築する必要がある。

本講演では、環境リーダー事業による育成人材の特性やネットワークを紹介し、Future Earthにおける人材育成の中核となる可能性を模索する。

キーワード: 環境リーダー, グローバルリーダー, 人材育成, 人材ネットワーク

Keywords: Environmental Leader, Global Leader, human resources development, human resources network