

東日本大震災後の災害環境研究の進展と今後の展望

Progress and Future Prospects of Environmental Emergency Research after the Great East Japan Earthquake

大原 利真^{*}・飯野 成憲^{**}・平野 勇二郎^{***}・多島 良^{****}・林 誠二^{*****}

Toshimasa OHARA, Shigenori IINO, Yujiro HIRANO, Ryo TAJIMA and Seiji HAYASHI

はじめに

2011年3月に発生した東日本大震災発災から10年が経過した。地震・津波災害と、その後の東京電力福島第一原子力発電所事故（以下、福島原発事故）による原子力災害の複合災害によって、福島県内の環境と社会・経済は多大な影響を受けた。この間、国立環境研究所（以下、国環研）は、長年にわたる環境研究の蓄積を活かして災害と環境に関する研究（以下、災害環境研究）を精力的に進め、2016年には現地拠点として福島県三春町に福島支部を開設して被災地のさまざまなステークホルダーと協働し、被災地の環境回復と環境創生に貢献する調査研究に取り組んできた。

一方、全国さらに世界に目を転じると、自然災害が多発し環境に大きな影響を及ぼしている。このような状況を踏まえ、災害廃棄物の処理システムや環境中に漏出した有害化学物質のリスク管理に資する災害環境マネジメント研究にも取り組んできた。

自然災害は、気候変動の影響によって将来的に増加する危険性が高い。さらには、少子高齢化や地域の過疎化、気候変動による影響なども大きな社会的課題となっている。このような状況において、これまでの災害環境研究の成果と経験をもとに、スコープをより長期的・総合的に拡大し、平時と災害時の連続性をも考

慮して、災害に対して強靱で持続可能な社会づくりに科学面から貢献する必要がある。そのためには、国環研の災害環境研究によって得られた知見のみならず、多様な研究・学問分野で得られた「災害と環境」に関する広範な知見を「災害環境学」として体系化するとともに、新たな災害への実践的な適用を通して継続的に更新・拡充することによって確立していくことが求められている。

本稿では、災害環境研究の国内外の動向ならびに国環研の取組を概括した上で、災害環境学のコンセプトについて提案する。最後に、福島県の環境復興の現状と課題について議論する。

1. 災害環境研究の国内外の動向

1.1 国内の動向

わが国における環境と災害に係る研究については、もともと環境保全対策と防災・減災対策という個別課題として取り扱われてきた。それに対して、統合的に扱うべきとの動きが、主に2つの理由から、2000年代初めから起こった（国立環境研究所、2013）。

1つは、第2期科学技術基本計画において環境分野での自然共生型流域圏研究の重要性が指摘されたことである。これを踏まえ、流域圏での生態系の基盤サービス（水循環調整など）と調整サービス（自然災害制御など）を活用しながら、防災・減災対策につなげる技術開発がなされた。もう1つは、1995年阪神・淡路大震災、2004年新潟県中越地震、2004年インドネシア・スマトラ島沖地震津波災害の経験から、国土環境づくりと防災・減災対策事業がともに社会基盤づくりの範疇に含まれることから、同時に扱うことで効率的な事業が可能となり、ひいては地域社会づくりに貢

*おおはら としまさ・国立環境研究所福島地域協働研究拠点
客員研究員（埼玉県環境科学国際センター 研究所長）

**いしいの しげのり・国立環境研究所福島地域協働研究拠点
研究員

***ひらの ゆうじろう・国立環境研究所社会システム領域 主幹
研究員

****たじま りょう・国立環境研究所資源循環領域 主任研究員

*****はやし せいじ・国立環境研究所福島地域協働研究拠点 研究
グループ長

献できるというものである。例えば、2006年には土木学会から報告書「環境と防災連携型の技術と制度」(土木学会、2006)が出され、自然災害に対する防災対策の環境への影響と、逆に環境対策の防災への影響が整理されており¹⁾、両者の連携の重要性が指摘された。

東日本大震災以降においては、東北大学災害科学国際研究所や福島大学環境放射能研究所、早稲田大学レジリエンス研究所、福島県環境創造センターなどが新たに設置され、また、震災前から防災・減災研究を推進してきた京都大学防災研究所や名古屋大学減災連携研究センターなどにおいても災害に関する多様な研究が実施されている。環境分野においても、被災地の自然環境・都市環境への影響やその回復・再生をテーマとした数多くの研究課題が実施されてきた。

しかし、災害面からの研究においては、防災や強靱性(レジリエンス)の観点での研究は数多く実施されているが、災害後の復興や地域づくりまでを対象としているケースは少なく、また、環境面での視点は必ずしも十分とは言えない。一方、環境面からの研究においても、災害後の汚染物質の環境影響や環境回復、災害廃棄物の処理などの調査・研究は数多く実施されているものの、持続可能な地域環境を創る、環境に配慮して復興を進める、あるいは災害に強靱な地域を創るといった、被災地の中長期的な取組に貢献する研究はほとんどない。さらには、平時から社会の持続可能性を高めつつ強靱性を向上させることで災害時における環境影響の緩和・適正管理を実現するとともに、災害復興をきっかけとしてさらなる持続可能性の向上を目指す一連のプロセスを対象とするような体系的な研究は見当たらない。

1.2 国外の動向

国際的にみると、近年、災害環境研究は増加しつつある²⁾。しかし、発災時の緊急対応に関する研究(Environmental Emergency Research)などが多く、環境分野の課題と結び付けて災害時における社会の強靱性・持続可能性を高めることを目指した研究は限定的である。また、国際機関の取組についても、国連環境計画(UNEP: United Nations Environment Programme)や国連人道問題調整事務所(OCHA: United Nations Office for the Coordination of

Humanitarian Affairs)、国連開発計画(UNDP: United Nations Development Programme)において、災害環境に係る緊急対応や復興ニーズ評価等に関するガイドラインは整備されつつある(例えば、Joint UNEP/OCHA Environment Unit (JEU) (2011, 2017), UNDP (2017))。しかし、災害復興や平時における持続可能性と強靱性の強化にまで踏み込んだ内容とはなっていない。これらのことから、災害時の緊急的な環境影響評価・リスク管理に加え、災害対応を通して持続可能性と強靱性の両立を目指す取組の推進が重要な課題と考えられる。

2. 国環研における災害環境研究の取組

2.1 東日本大震災前

災害と環境に関する研究に関して、国環研では東日本大震災前から、災害発災時における環境影響や環境面からの対応策に関する先駆的な議論が進められていた。このような議論が、震災直後から被災地において環境分野の調査・研究に取り組む基盤になったと考えられる。また、震災直後には、東日本大震災への環境面での研究課題を俯瞰的に整理する作業に取り組み、2012年に「災害環境研究の俯瞰」(国立環境研究所、2012)として取りまとめられた。ここでは、「災害環境研究」という言葉が初めて使用されており、また、「災害からの復興とは、社会と自然を健全な形に作り直すこと、すなわち、広い意味での地域環境の創造である。被災地の地域環境の正確な実態把握と災害の影響評価、さらに、安心・安全な社会の創造が求められることになる。」(国立環境研究所(2012)の「はじめに」から抜粋)という考え方は、その後の研究の基本になっている。

2.2 東日本大震災後

国環研は、東日本大震災の直後から、地震、津波、さらには福島原発事故によって引き起こされた環境汚染とその環境回復、被災地の復興に関する調査・研究を進めた。2016年度から開始された第4期中長期計画(2020年度まで)では、災害環境研究プログラムを設け、2016年4月に福島県三春町の福島県環境創造センター内に開設した福島支部を現地の拠点として、つくば本部と一緒に研究に取り組んできた。災害環境研

究プログラムは、「環境回復研究」、「環境創生研究」、「災害環境マネジメント研究」の3つの研究で構成されている(図1)。

放射性物質により汚染された被災地の環境をできるだけ速やかに回復することを目的とした「環境回復研究」では、放射性物質に汚染された廃棄物の適切な管理や処理・処分方法に関する「放射能汚染廃棄物管理研究」と、環境中における放射性物質の計測・シミュレーションによる実態と動きの解明、ヒトへの被ばく量解析および生物・生態系に対する影響評価に関する「環境動態・影響評価研究」を進めてきた。このうち、「放射能汚染廃棄物管理研究」では、福島原発事故直後から一貫して汚染廃棄物・除去土壌の管理に係る諸課題に取り組み、これまでに、仮設焼却施設や中間貯蔵施設、廃棄物処分などに開発した技術が採用されてきた。また現在は、中間貯蔵施設等の適正管理、大量の除去土壌の減容化・再利用と県外最終処分などの重要課題について、中間貯蔵・環境安全事業(株)(JESCO)や環境放射能除染学会と連携して調査研究を進めている。

「環境動態・影響評価研究」についても、被災地の環境回復に資する多くの成果をあげ、環境省や福島県に知見を提供してきた。特に、生物・生態系に関係する放射性セシウムの陸水魚への移行、生物への放射線影響、あるいは、避難によって無人化した地域での生態系変化などの調査研究を継続的に実施してきた。また、2017年春に帰還困難区域で発生した大規模森林火災による環境影響の実態調査と社会への発信、飯館村の地域住民と協働した生活環境モニタリング、大気モデルとばく露評価を統合した初期被ばく評価など、

社会的ニーズ・関心が高いテーマにも力を注いできた。

「環境創生研究」では、環境と調和した被災地の復興を支援することを目的として、地域環境診断と将来シナリオの作成、省エネルギーのための技術開発や地域事業設計、住民が参画する計画づくりなどに取り組んできた(例えば、平野ら, 2017; 藤田ら, 2020; 辻ら, 2020)。具体的には、国連気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の気候変動シナリオ作成に使われている社会経済統合モデル(AIM)を福島にカスタマイズし、これを使って被災地における復興の将来シナリオ作成を支援した。また、このシナリオのもとで、被災地のニーズに応える形での地域エネルギー事業などの拠点事業計画を支援した。さらには、家庭にタブレット端末を配布し、そこで得られた地域環境情報やニーズを活用して復興事業に活かすとともに、自治体からの情報発信や参加型省エネキャンペーンに活用するといった双方向型システムの公開を進めた。

また、「災害環境マネジメント研究」では、東日本大震災やその後の自然災害などで得られた経験・教訓をもとに、環境・安全・安心面から将来の災害に備える研究を進めてきた。具体的には、発災時に緊急対応して過去の災害で得られた知見を活用するとともに、課題を抽出し、新たなデータを取得して、災害対応関係者とともに次の災害に活かすアクション・リサーチ³⁾(災害対応や災害への備えの現場に積極的に介入する共同実践型の研究)を展開した。例えば、2016年の熊本地震、2018年の西日本豪雨、2019年の台風19号水害などに緊急対応し、これらを通して、災害廃棄物の発生量推計戦略や環境調査手法の開発などを進めた。さらには、地方公共団体の担当者を対象とした災害廃棄物対応の人材育成システムを開発して、参加型研修で活用することにより、地方公共団体の災害対応力の向上を図った。

以上の研究を通して、被災地の環境回復と復興を研究面・技術面で支援するとともに、将来の災害に備えた環境にやさしいまちづくり・社会づくりに貢献することを目指してきた。

2.3 地域と協働して進める災害環境研究

このような調査研究を進める上で、地域社会との協働連携が重要であることは言うまでもない。被災地に

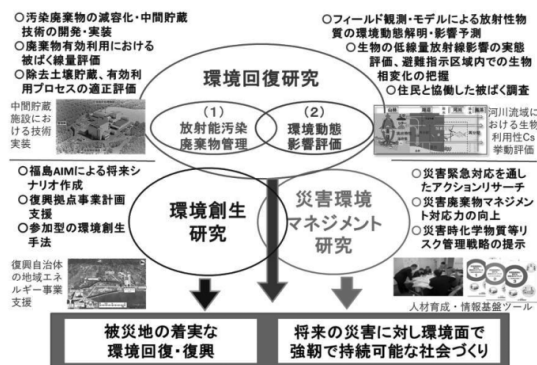


図1 国環研における災害環境研究の構成と主な成果

おける問題解決に貢献する、あるいは災害に備えた調査研究を進めるためには、その地域の状況を把握し、地域社会を構成する方々と情報交換・意見交換しつつ、問題解決策と一緒に考えその実施を科学面から支援していく社会協働型の研究スタイルが求められる。かつて公害問題発生時には、環境研究に携わる多くの先達が住民と協働連携して調査研究に取り組んだことを考えると、決して新しい研究スタイルではなく、原点に立ち戻ることかもしれない。

このような研究の考え方や手法は、環境研究分野全体に必要であるが、災害環境研究においてはとりわけ重要である。現在、環境回復、環境創生、災害環境マネジメントのそれぞれの研究において、当該地域の地方公共団体やNPO、住民、企業などと結びついたさまざまな調査研究に取り組んでいる。例えば、福島県内の地方公共団体と協働した地域環境創生研究はその代表例である。具体的には、浜通りの新地町、中通りの郡山市、奥会津の三島町など、地域・特徴の異なる市町と連携協定を結び、協働して研究を進めた結果、新地町では地域エネルギー会社の設立に、郡山市ではSDGs 未来都市の選定・推進に、三島町では森林資源を利活用した地域活性化事業に至るなど多くの社会実装が進みつつある。さらに現在は、これらの市町を中心とした広域展開、大熊町のゼロカーボン・ビジョン作成支援、地域循環共生圏などの長期的視点に立った協働が進みつつある。このような実績を踏まえて、2021年度から国環研の福島支部を福島地域協働研究拠点と改称し、拠点内に地域協働推進室を新設して、福島における多様なステークホルダーとの地域協働をさらに進めている。

3. 災害環境学の確立に向けて

3.1 災害環境学の必要性

近年、大規模な自然災害が頻繁に発生し、環境への甚大な影響も生じている。将来的にも、気候変動の影響により災害発生が増大する危険性がある。こうした事態に貢献できる学問分野として、既存の環境科学や環境工学では不十分であり、災害科学で蓄積されてきた緊急対応や災害復興に係る知見と融合させた、環境問題に係る新たな知識体系が必要となる。しかしなが

ら、第1章で整理したように、こうした研究は部分的に行われてきたが、環境研究としての体系化がなされてこなかった。具体的には、平時からの準備による環境面での災害への強靱化、災害直後のシステマティックな緊急対応、その後の迅速な環境回復、さらには災害復興を通じた持続可能な社会づくりの各ステージにおける考え方の提示や体系化が不十分であった。特に、災害に伴う環境影響を低減・管理するという従来の Environmental Emergency Research が対象としている取組に加えて、重要な社会的課題となっている持続可能性と災害強靱化を目指し、平時における両者の向上と、災害復興を通じた持続可能性の向上を対象とする研究が求められている。また、厳しい財政状況や災害リスクへの想像力の欠如から、災害時にだけ効果を発揮するような施策に平時から取り組むことは難しく、平時にも災害時にもコベネフィットを生むようなアプローチが必要であると考えられる。

このような状況において、さまざまな災害が頻発する中で、災害に対して強靱で持続可能な社会づくりに科学面から貢献していくためには、災害への対応によって蓄積された知見・経験を体系化して、以下のよう

に定義される災害環境学を確立していく必要がある。「平時から社会の持続可能性を高めつつ強靱性を向上させることで、災害時における環境影響の緩和・適正管理を実現するとともに、災害復興をきっかけとしてさらなる持続可能性の向上を実現することにより、強靱で持続可能な社会の構築に貢献する知識体系」

Tajima and Osako (2021) は、災害がもたらす環境影響には4種類あると整理している。すなわち、①自然環境のかく乱、②災害廃棄物の発生、③有害化学物質の放出、という災害が環境影響の直接の原因となるものに加えて、④災害復旧・復興に伴う環境影響である。災害環境学は、災害に伴うこれらの環境影響の緩和・管理に係る知見の体系化を図ることを目的とする。

3.2 災害環境学の方法論

災害環境学は、前述したように、災害に伴う環境影響の低減・管理、平時の社会システムにおける持続可能性と災害強靱性の両立・向上、災害復興を通じた持続可能性の向上およびこれら3局面のサイクル・相互関係を含む全体を対象とする学問としてとらえる必

要がある⁴⁾。持続可能性と強靱性の両立が可能であるかについてはさまざまな議論があるが、その両立に向けた既往の一般の方針 (Redman, 2014; Elmqvist *et al.*, 2019) に立脚しつつ、災害環境学の方法論を、災害発災前後のタイムライン上でフェーズ別に整理すると図2のように表される。

(1) 平時の社会システムにおける持続可能性と災害強靱性の両立・向上

災害時の環境影響管理を円滑に実施する、災害復興を通じた持続可能性の向上を図る、災害時の環境影響を低減する、という発災後の対応を円滑に実施するために平時から行う事前準備や社会システムの変革に関する研究。

(2) 災害時の環境影響管理

汚染源の特定、影響評価、応急的な影響緩和、汚染源の処理処分という一連の管理プロセス、その全体のマネジメントに関する研究。

(3) 復興を通じた社会構造の変革による持続可能性の向上

復旧・復興過程に持続可能性を担保させるための地域環境資源を利活用した事業や地域づくり、地域が災害復興とともに災害前から抱えていた環境・社会・経済面の課題の解決も図る研究。

これらの研究を、被災地をフィールドとして当該地域の多様なステークホルダーと協働し、それらの成果の非被災地への水平展開を通して、専門知と経験知を蓄積・体系化することにより災害環境学を確立することが重要である。

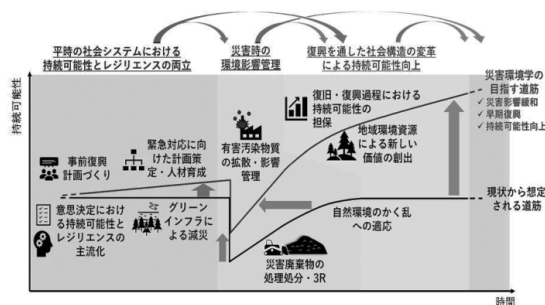


図2 災害環境学のコンセプト (平時—災害時—復興を通じて持続可能な社会を実現する道筋)

おわりに

東日本大震災、福島原発事故から10年が経過して、福島県内では除染が進み、中間貯蔵施設への除去土壌等の搬入の目途が立ち、空間放射線量率が低減し、避難指示が解除された地域が拡大してきた。また、福島イノベーション・コースト構想、廃炉事業をはじめとする復興の大型プロジェクトが進みつつある。しかし、原子力災害の影響を強く受けた浜通りをはじめとする被災地域における復興はこれからが正念場と言える。

復興を進めるためには、地域の多様なステークホルダーが「自分達の地域をどうするのか」について時間をかけて話し合い、地域が目指す将来像を共有し、それに向かって一緒に行動していくことが重要である。魅力ある地域づくりのためには、健康で文化的な生活が成り立ち、地域コミュニティが形成されることに加えて、持続可能で災害に強い地域づくり、地域資源を利活用したエネルギーの地産地消など、地域に新たな魅力・付加価値を創り出す未来志向のムーブメント、すなわち環境創造が必要となろう。原発周辺地域や森林地域においては放射性物質による影響が地域づくりの制約条件となることに留意する必要があることは言うまでもない。そのため、放射能汚染からの環境回復と環境創造の取組を一体的に進めていくことが求められる。さらに、各地域の取組をネットワーク化して地域知・経験知を共有するとともに、科学者・専門家の専門知と融合することにより強固な知恵・知識にしていくこと、そのような取組を学術・研究機関が後押ししていくこと (主導するのではなく) も重要である。

福島の被災地における復興を進めるためのキーワードは「環境復興」と「持続可能な地域づくり」、そして「地域協働」である。環境に配慮して復興を進め、その中で気候危機や自然共生・資源循環のような環境課題を地域から解決する先進的な事例を作り上げる。これらの取組を地域のステークホルダーの協働により進めることによって持続可能な地域を創り、その取組と成果を福島から世界に発信することが重要である。

一方、廃炉事業と環境回復事業のみならず、持続可能な地域づくりが世代を超えた長期の取組になることから、次世代層との対話・協働や教育支援も重要な課

題である。この点については、早稲田大学ふくしま広野未来創造リサーチセンターの「ふくしま学(案)会」⁵⁾の取組が参考になる。

福島原発事故後の初期対応において、放射線・放射能などの原子力分野、廃棄物処理や上下水道の環境工学、生物・生態系や環境動態などの環境科学、農林水産分野など、実に多様な専門性が求められた。しかし、分野横断的・学際的な対応は極めて不十分であったと言わざるを得ない(森口, 2020)。そして今、復興に係る地域的なリスク課題の解決に、多くの専門分野の協働が必要になっている。世界に目を転じて、気候危機や感染症といったグローバルなリスク課題に特定分野だけで対応できないのは自明である。多くのグローバルな課題・リージョナルな課題に対して、多くの分野の垣根を越えた連携が求められている。災害に起因する環境課題についても、研究・学問分野を超えた学際的な取組として災害環境研究を強化する必要がある。

補 注

- ¹⁾ この報告書では、例えば、豪雨災害の対策としての河川改修やダム建設は自然環境に影響を及ぼすマイナス面がある一方、豪雨災害による環境負荷を低減させるプラス面があると指摘している。また、環境対策による防災への影響としては、気候変動対策である再生可能エネルギーの導入は災害時の非常用電源として活用可能であるとしている。
- ²⁾ Web of science により 1990～2021 年に出版された論文を対象に、Disaster and environmental で検索すると約 11000 件ヒットする(検索日: 2021 年 1 月 12 日)。
- ³⁾ アクション・リサーチについては矢守(2010)に詳しい。
- ⁴⁾ ここでは、平時の活動と災害マネジメントのサイクルを通して持続可能性と災害への強靱化が向上するメカニズムを想定している。まず、【①平時における持続可能性と災害強靱化の両立】をソフト面(計画、人材育成等)とハード面(グリーンインフラの整備等)で進めることが、災害による【②環境影響の低減・適正管理】につながる。例えば、グリーンインフラの整備により災害リスクを低減させることが災害による環境影響の低減になり、災害廃棄物処理に向けた事前準備の計画策定プロセスにより円滑な災害廃棄物処理につながる。これに加え、①は【③災害復興を通じた持続可能性の向上】にもつながる。具体的には、被災後の地域環境の復興に関する目標像や実現プロセスをあらかじめ検討しておく「事前復興計画」の策定により、災害後に行う復興において仙台防災枠組みで提起された Build back better を実現し、より持続可能な社会を実現する(大津山・牧, 2018)。特に大規模災害においては、従来の支配的な考え方や組織・制度を変革する機会にもなり得ることが指摘されており(Birkmann *et al.*, 2010)、災害復興がサステナビリティ・トランジションの機会となり得ることを示唆する。また、特に災害による環境影響が長期にわたる場合、②と密接に係る。実際、福島原発事故から 10 年が経過した現在においても、福島県をはじめとする原子力災害の被災地では、放射性物質の環

境影響低減・管理の取組が継続する中で、復興が模索されている。他方で、②において災害経験を通して次の災害に向けた教訓を得て、災害強靱性を向上させることができる。また、③において災害復興により導入した新たな社会システムが当該地域の持続可能性を向上させることも想定できる。そして、災害経験をふまえたこれらのフィードバックにより、①がさらに進む可能性がある。

- ⁵⁾ ふくしま学(案)会 <<http://www.waseda.jp/prj-matsuoka311/hironoRC.html>>

引用文献

- Birkmann J., Buckle P., Jaeger J., Pelling M., Setiadi N., Garschagen M., Fernando N. and Kropp J. (2010) Extreme events and disasters: a window of opportunity for change? Analysis of organizational, institutional and political changes, formal and informal responses after mega-disasters. *Natural Hazards*, **55**, 637–655.
- 土木学会 (2006) 平成 17 年度土木学会重点課題研究報告書「環境と防災連携型の技術と制度」, 平成 18 年 4 月.
- Elmqvist T., Andersson E., Frantzeskaki N., McPhearson T., Olsson P., Gaffney O., Takeuchi K. and Folke C. (2019) Sustainability and resilience for transformation in the urban century. *Nature Sustainability*, **2**, 267–273.
- 藤田 壮・五味馨・芦名秀一・平野勇二郎・牧誠也 (2020) 地域循環共生圏の社会実装研究の展開をめざして. *環境情報科学*, **49**(1), 114–119.
- 平野勇二郎・五味馨・戸川卓哉・中村省吾・大場真・藤田壮 (2017) 震災復興から環境創生へつなぐ分野横断型復興まちづくり支援. *環境情報科学*, **46**(1), 47–52.
- Joint UNEP/OCHA Environment Unit (JEU) (2011) Disaster Waste Management Guideline.
- Joint UNEP/OCHA Environment Unit (JEU) (2017) Environmental Emergency guideline (2nd edition).
- 国立環境研究所 (2012) 災害環境研究の俯瞰—震災からの復興と環境創造のために.
- 国立環境研究所 (2013) 東日本大震災—環境研究者はいかに取り組むか. *環境儀*, No.49.
- 森口祐一 (2020) 原発事故後の環境問題における専門家と市民. *環境情報科学*, **49**(3), 46–52.
- 大津山堅介・牧紀男 (2018) 防災政策体系における事前復興計画の位置づけに関する日米比較と課題抽出. *都市計画論文集*, **53**(2), 132–143.
- Redman C. L. (2014) Should sustainability and resilience be combined or remain distinct pursuits?, *Ecology and Society*, **19**(2), 37.
- Tajima R. and Osako M. (2021) Overview of the environmental emergency management studies in National Institute for Environmental Studies (NIES), *Global Environmental Research*, **24** (2), in press
- 辻岳史・戸川卓哉・大場真 (2020) 中小規模市町村の気候変動対策に係る基盤と推進体制—こおりやま広域連携中核都市圏を事例として. *環境情報科学学術研究論文集*, **34**, 234–239.
- UNDP (2017) A Guidance Note: National Post-Disaster Recovery Planning and Coordination.
- 矢守克也 (2010) アクションリサーチ—実践する人間科学, 新曜社, 273p.