



地方自治体の気候災害に対する適応能力と感受性の評価

現在の防災対策レベルと 将来の適応策の 必要性に基づく推定

An evaluation on adaptive capacity and sensitivity of local governments in response to climate disasters: Estimation from the current implementation level of disaster risk reduction measures and future need for adaptation to climate change

地方自治体の気候災害に対する適応能力と感受性の評価—現在の防災対策レベルと将来の適応策の必要性に基づく推定—

An evaluation on adaptive capacity and sensitivity of local governments in response to climate disasters: Estimation from the current implementation level of disaster risk reduction measures and future need for adaptation to climate change

著者:

有野 洋輔 (公財)地球環境戦略研究機関 気候変動とエネルギー領域 研究員

周 新 (公財)地球環境戦略研究機関 サステナビリティ統合センター リサーチリーダー

モイヌッディン ムスタファ (公財)地球環境戦略研究機関 サステナビリティ統合センター リサーチマネージャー

ブラバカール S.V.R.K. (公財)地球環境戦略研究機関 適応と水環境領域 リサーチマネージャー

貢献者:

シバコティ ビナヤ ラズ (公財)地球環境戦略研究機関 適応と水環境領域 主任研究員

武田 智子 (公財)地球環境戦略研究機関 自然資源・生態系サービス領域 研究員(～2021年3月)

三輪 幸司 (公財)地球環境戦略研究機関 生物多様性と森林領域 研究員

要約:

温暖化に伴う水害の激甚化を受けて、地方自治体において防災・減災対策と適応策を統合し、適応能力と感受性により構成される脆弱性を低減させることが急務である。しかし、適応能力は多様な社会経済的な要素を含むため、政策上での構成要素が重要であるかに関する包括的な検討は限定的である。そこで、本稿は、アンケート調査を実施し、地方自治体の現在の防災対策実施状況(ハード・ソフト・転換策の合計44対策)と各対策に関する将来の適応策の必要性認識に基づいて適応能力と感受性の構成要素の重要度を評価した。結果として、重要度が高く評価された適応能力要素は、地域コミュニティの「インフラ」(防災用)、「教育」(自主避難判断力、危険認知度)、「情報」(監視警戒力、情報伝達力)、「コミュニティガバナンス」(避難誘導力)、並びに、適応策の促進に不可欠な、「行政制度」における防災体制整備度(連携体制を含む)、気候変動対応学習能力、科学的予測能力であった。感受性に関して、居住地・避難所・遊水地・森林整備といった、まちの構造や自然環境に係る「土地利用」や災害リスク特性に係る「建物」の重要度が高く評価された。今後、こうした要素を適切にモニタリング・評価する指標を整備するとともに、各自治体・地域コミュニティの状況に応じて、重要度が低く評価された要素を強化する防災・適応策の実施拡大と関連指標の整備が望まれる。最後に、適応策の重要度の評価結果を候補指標に関するアンケート調査結果と比較検討し、上述の方法論の可能性と課題を考察した。

謝辞: 本稿をレビューし貴重な助言をくださった山陽学園大学地域マネジメント学部教授の白井信雄氏、京都大学名誉教授・IGESシニアフェローの松下和夫氏、IGES統括研究ディレクター・プリンシパルフェロー(当時)の水野理氏に心より感謝申し上げます。アンケート調査実施前に現地にてインタビュー調査に応じてくださった鹿児島県、大分県、福岡県、広島県、岡山県、長野県、神奈川県、千葉県内の3県12市1地区の自治体担当者の皆様、岡山県内の1河川事務所の担当者様、並びにコロナ対応で多忙な中本アンケート調査にご協力くださった担当者の方にも心より感謝申し上げます。また、2020年9月の環境経済政策学会のClimate Changeセッションで貴重なコメントをくださった討論者・参加者の皆様にも御礼申し上げます。最後に、本稿の背景・主旨に基づいて表紙デザインをご作成くださいましたIGES青木正人氏に感謝申し上げます。

本研究はIGES戦略的研究基金の支援を受けて実施されたものです。

©2021 Institute for Global Environmental Strategies. All rights reserved.

出版日: 2021年9月

Photo: photoAC

目次

目次.....	2
政策決定者向け要約.....	3
1. はじめに.....	5
1.1. 背景と目的	5
1.2. 本稿の構成	7
2. 分析手法.....	8
2.1. 本研究の対象範囲.....	8
2.2. 分析の手順.....	9
2.3. 適応能力と感受性の構成要素の分類.....	10
2.4. 質問紙調査の概要.....	12
3. 分析結果.....	14
3.1. 適応能力と感受性の重要度の評価	14
3.2. 将来の適応策の必要性認識に関するアンケート調査結果.....	17
3.2.1. ハード対策	17
3.2.2. ソフト対策	17
3.2.3. 転換策	18
3.3. 適応能力の潜在的な指標に関するアンケート調査結果	19
4. 結論	21
参考文献.....	22
付録.....	25

政策決定者向け要約

筆者らは、気候変動により激甚化する水害に対する地方自治体の気候変動適応策立案・実施の支援を目的として、2019年11月～2020年7月に被災地フィールド調査、自治体の防災担当者ヒアリング調査、並びに47都道府県と51主要都市（都道府県庁所在地と政令指定都市）を対象としたアンケート調査を実施した。本稿では、アンケート調査結果に基づいて、主に地方自治体にとって政策上重要な適応能力の構成要素（以下、要素と記載する）と候補となる指標を示すことにより、今後どのような適応策を行っていく必要があるかを分析した。自治体の適応能力要素の重要度は、現在の対策実施レベルと将来の適応策の必要性の両面から評価した。なお、防災・適応策の政策目標は、「脆弱性」（適応能力と感受性からなる）の低減¹により災害リスクを低減することであるため、分析においては感受性の重要度の評価も含めた。以下に主な結果を示す。

重要度が高く評価された適応能力要素（3.1節、図4参照）は、地域コミュニティの「インフラ」（防災用）、「教育」（自主避難判断力、危険認知度）、「情報」（監視警戒力、情報伝達力）、「コミュニティガバナンス」（避難誘導力）、並びに、適応策の促進に不可欠な、「行政制度」における防災体制整備度（連携体制を含む）、気候変動対応学習能力、科学的予測能力であった。将来の適応策の必要性認識が重要度の評価に相対的に大きく寄与した要素は、「財政」、「教育」（自主避難判断力、危険認知度、気候変動対応学習能力）、「情報」（監視警戒力、情報伝達力）、「コミュニティガバナンス」（水防活動度、救助・救援力）、「行政制度」の科学的予測能力であった。感受性（3.1節、図5参照）に関して、居住地・避難所・遊水地・森林整備といった、まちの構造や自然環境に係る「土地利用」や災害リスク特性に係る「建物」の重要度が高く評価された。森林整備に関する評価結果は、生態系を活用した防災・減災（Eco-DRR）により脆弱性を低減し適応策として機能させる取り組みの重要性を裏づける結果の1つといえる。

続いて、人的被害（負傷・死亡・行方不明者）を低減する適応能力指標に関する自治体職員による主観的評価結果（3.3節、図6参照）によると、自助・共助に係る指標の方が公助に係る指標よりも人的被害を低減すると判断される傾向が見られた。人的被害を低減との関連性（相関）が高いと回答された指標を順に示すと、避難訓練実施状況、自主防災組織率、消防署・消防団数、職員による地域説明会の実施回数、地区防災計画策定状況等のコミュニティガバナンスに係る指標、地域説明会への住民参加人数の教育に係る指標、地域防災計画の策定状況、自治体の防災関連の職員数、自治体の防災関連予算規模（災害復旧事業費等）、広域消防相互応援協定の締結状況の行政制度に係る指標、世帯のスマートフォン保有率、世帯のテレビ保有率、世帯の防災行政無線（戸別受信機）保有率、防災関係者における女性の割合、自治体の財政状況（実質収支比率や財政力指数等の財政上のゆとり）、地域活性化に関する包括的連携協定の締結状況となる。

激甚化する気候災害リスクの低減に向けた防災・適応策の推進のために、以下の項目（政策提言）に留意することが望まれる。

¹ または、「強靱性（レジリエンス）」の強化。本稿では、脆弱性の低減と強靱性の強化を同義として取り扱う。

政策提言

- ✚ 3.1節(図4、図5)において重要と評価された適応能力・感受性の要素を適切にモニタリング・評価する指標を整備するとともに、各自治体・地域コミュニティの状況に応じて、重要度が低く評価された要素を強化する防災・適応策の実施拡大と関連指標の整備が望まれる。指標整備に際しては、3.3節の図6および質問紙調査の自由記述の回答結果を参照されたい。
- ✚ 自助・共助・公助に注目すると、適応策実施に不可欠な「行政制度」に代表される公助の重要性はもとより、個人の対策実施や避難行動に深く係る「教育」や「情報」といった自助・共助の適応能力要素が高く評価された(3.1節)。その一方、地域で助け合うコミュニティの存在や社会関係資本(本稿では「コミュニティガバナンス」に含むと想定)は共助に係る重要要素であるが、危機管理課を中心とする部署の対策メニューには必ずしも共助の力を向上させる対策が網羅されていない可能性が示唆された。自治体の行政区内の地域コミュニティ全体の適応能力をさらに向上させていくために、地域コミュニティの共助に係る防災・適応策の対策強化の必要性の検証が急務である。
- ✚ 現在の対策実施レベルは低いが将来の適応策の必要性が高いことが明らかになった対策は、現状と必要性との間のギャップが大きく、対策強化を行わない場合に致命的な影響を及ぼす懸念がある(付録表7の赤色の対策項目を参照)。ハード対策に関しては防災・減災を目的とした森林管理や既存のハード整備項目の適応策との対応表の作成、ソフト対策に関しては住民主導の監視カメラ・センサー設置支援、土砂災害ハザードマップの想定引き上げ、地区防災計画の作成支援(計画に適応策を統合する必要有り)であった。これらは現状対策の単純延長ではなく新規もしくは非連続的(転換的)な対策実施が必要な防災・適応策(付録表7参照)であるため、政策立案検討に際して十分留意する必要がある。

1. はじめに

1.1. 背景と目的

モンスーン気候帯に属する日本では、気象観測が始まった明治時代以来度重なる水害を記録してきたが、高度経済成長期に河川・沿岸堤防、治山設備等のインフラ構造物の整備が進み、その被害規模を大きく低減させてくることができた。しかし、人為的気候変動の影響が確認された2017年九州北部豪雨と2018年7月豪雨(通称、西日本豪雨)(気象庁 2018)(Imada et al. 2020)や令和元年の台風15号や台風19号を筆頭に、近年豪雨災害の規模や頻度が顕著になっている。その原因の1つは、豪雨の頻度の増大である。日本全国平均では、過去100年以上の長期トレンドとして年降水量は増加していない一方、日降水量100mmや200mm以上の豪雨の日数(図1)と無降水日数の頻度がともに増大している(文部科学省・気象庁 2020)²。近年水害が増大している工学的な原因として、インフラ設備の老朽化が指摘される(気候変動による水害研究会 2018)。社会学的な観点からは、高齢化や単身高齢世帯の増加等も水害による人的被害増大の一因といえる。水害のさらなる根本原因として、都市化や人口密集化により、土砂災害危険地帯や浸水想定区域に人口や資産が集中してきたことも指摘されている(秦康範・前田真孝 2020)。

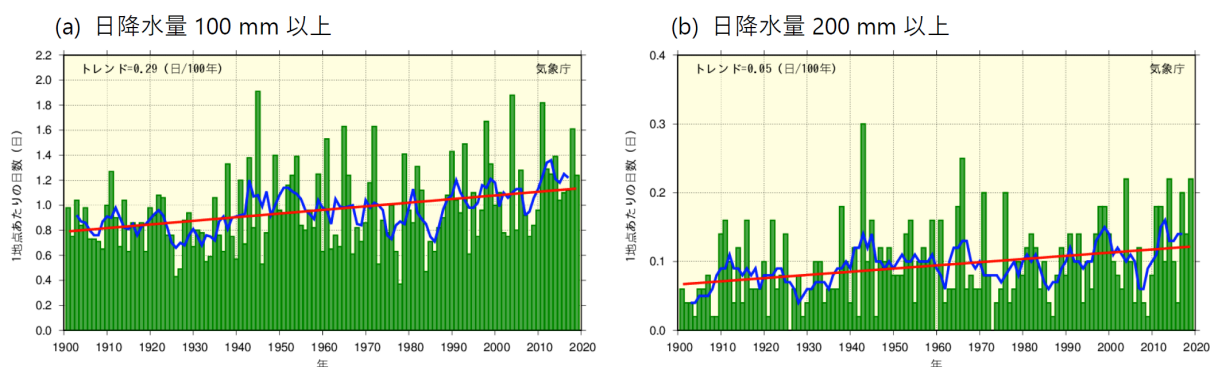


図1. 日降水量100 mm 以上及び200 mm 以上の年間日数の経年変化(1901~2019 年)

出典)(文部科学省・気象庁 2020)

このように、気候変動により規模や頻度が増大する水害(以下、「気候災害」³)のリスクは、降雨特性等の気候外力(ハザード)、適応能力と感受性に係る様々な社会経済的・生物物理的要素からなる脆弱性⁴、並びに気候災害の影響下にある人口や資産を指す暴露からなる複合的な要因によって発現すると考えられている(IPCC 2012)(IPCC 2019)。気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第5次評価報告書(IPCC 2014)によると、適応能力は「技術、価値観、信条、資源、機会を用いて短中期の悪条件に対処、管理、克服す

² 文科省・気象庁(2020)はさらに、「21世紀末には、20世紀末と比較して、大雨及び短時間強雨の発生頻度が全国平均では有意に増加する」(高い確信度)(p.57)との予測を示している。

³ 本研究では、気候変動の影響を受けて規模や頻度が増大する水害(洪水、台風、高潮、土砂崩れ等を含む)を統一して、気候災害と呼ぶ。気候変動に起因する災害は、熱波による健康被害や森林火災等も含むが、本稿では上述の水害に限定する。

⁴ Adger(2006)は、開発および自然災害研究の1970年代以来の系譜に基づき気候変動研究における脆弱性の成り立ちを示し、脆弱性が社会生態システムに係る概念に拡張されてきたことを論じた。白井(2012)は脆弱性の概念整理とともに、影響分野横断的に(水害を含む)脆弱性の規定要因を整理した。

るための人、制度、組織、システム的能力」(Connelly et al. 2018)⁵、感受性は「システムや(生物)種が気候変動により影響(悪影響または好影響)される程度」と定義される(IPCC 2014)。今後の温暖化の進行を考慮すると、パリ協定7.1条の適応策の目標としても掲げられているように、国、地方自治体、都市、地域コミュニティ⁶に至るまで各レベルにおいて適応能力の向上と感受性の低減による脆弱性の低減、並びに強靱性(レジリエンス)の強化が急務となっている⁷。

適応能力や感受性を考慮した脆弱性評価は、国(Brooks, Adger, and Kelly 2005)(Chen et al. 2015)、地方自治体(Marzi, Mysiak, and Santato 2018)、都市(Tapia et al. 2017)など様々なスケールで行われてきたが、地域コミュニティの状況に即した防災・適応策推進のためには、国よりもダウンスケールした脆弱性評価が重要となる。渡邊ら(2018)は、ドイツ連邦政府による脆弱性評価のガイドライン(Buth et al. 2017)を参考しつつ、独自に脆弱性指標選択プロセスに関する方法を体系化し暑熱分野での都道府県レベルの指標選択の事例を示した。大場ら(2019)は都道府県レベルの統合的な脆弱性評価システム(Vulpes I; Vulnerability Pluralistic Evaluation System)の概要と人口動態や土地利用変化を考慮した将来の地域の気候リスク評価枠組みを示した。

しかしながら、日本の気候災害分野においては、地域コミュニティレベルの脆弱性指標の選択方法に関する包括的な検討例は未だ限定的である⁸。そのため、どのような要素が適応能力と感受性を構成しているか、さらにどの要素が地方自治体の政策上重要であるかに関する知見蓄積が必要と考えられる⁹。包括的な検討例が限られる第1の理由として、気候災害分野の適応能力の概念が、インフラ構造物のような工学的要素、情報伝達・認知を介した避難行動等に係る心理・社会的要素、さらには将来の気候変動予測能力や学習能力といった幅広い要素を含み、指標選択方法を含む体系的な評価が困難であることが挙げられる¹⁰。第2の理由として、防災力の概念と適応能力の概念の比較整理が十分に行われていない点も挙げら

⁵ IPCC WG2第5次評価報告書(IPCC 2014)では、“The ability of systems, institutions, humans, and other organisms to adjust to potential damage, to take advantage of opportunities, or to respond to consequences”と、適応能力がシステム、制度、人、組織に係る能力であることが定義されているのみであり、その構成要素に関して明示的に定義していない。それに対して、Connelly et al.(2018)は同報告書の適応能力の内容を総括し、“The ability of people, institutions, organizations, and systems, using available skills, values, beliefs, resources, and opportunities, to address, manage, and overcome adverse conditions in the short to medium term.” (p.5)と、技術、価値観、信条、資源、機会等の構成要素を示した。

⁶ 本稿では、地域コミュニティとは、小学校区や町内会など市町村(行政区)よりも詳細な地区を指すものとする。永松ら(2009)図2では、市町村、学校区、自治会の順に複層的な地域構造を表示している。

⁷ 本稿では、強靱性(レジリエンス)の強化と脆弱性の低減をほぼ同義の概念として使用し、脆弱性が適応能力と感受性として構成されるというIPCC(2019)等の定義に則って分析する。

⁸ 白井ら(2014)は、水害、農業、暑熱など分野横断的に適応能力や感受性に関する概念整理と適応策の類型化(時間軸と対策レベル等の観点)を行った。大場ら(2019)は全分野における脆弱性評価を進めていることに言及しており、水害の検討も開始されていると考えられる。馬場・田中(2015)は都市のレジリエンスに係る指標を都市指標、市民指標、行政指標に類型化し、行政指標の例として、リスク認知評価の41指標、脆弱性評価の28指標、回避すべきリスクの24指標を提示し、リスク認知と回避すべきリスクの指標に関する質問紙調査結果を示した(脆弱性評価結果については示されなかった)。その後、馬場・田中(2015)が提示したレジリエンスの都市指標(川久・田中・馬場 2017)と市民指標(小杉・馬場・田中 2017)の評価も行われたが、気候災害分野の脆弱性(適応能力と感受性)の指標選択に絞ったより詳細な検討の余地が残されている。

⁹ 気候変動適応法(2018年12月施行)においても、「適応能力」に関する言及は見られない。

¹⁰ 適応能力、ひいてはより広い概念にあたるレジリエンスの概念整理は馬場・田中(2015)や塩崎・加藤・菅田(2015)により行われた。馬場・田中(2015)はNorris et al. (2008)によるレジリエンスの定義を「災害に対処できる総合的な適応能力」、また「ネットワーク化された適応能力の集合」として引用しつつ、経済発展、情報通信、コミュニティの能力、社会関係資本等が適応能力の構成要素と規定されたことを指摘した。塩崎ら(2015)は多様な文献をレビューし都市システムのレジリエ

れる。日本の地方自治体の文脈で気候災害に対する適応能力や感受性を把握するためには、多年の研究蓄積がある水害に対する「地域防災力」の評価事例(概念整理や指標作成)を踏まえつつ、適応策に特有の適応能力を追加し再構成する必要がある¹¹。

気候変動影響は地域コミュニティ毎に異なる形で発現するため、地方自治体によるインフラ構造物に係るハード対策や様々なソフト対策の支援、いわゆる公助のみならず、地域住民や地元企業によって行われる自主的な取組み(自助・共助)が必要不可欠である¹²。今後の気候変動影響の増大を考慮すると、自助・共助・公助が相乗的に発展していく必要があり、地方自治体や地域コミュニティの対策実施能力を包括的に把握することが求められる。

また、地方自治体や地域コミュニティの脆弱性評価を現実の政策に活用するには、指標選定にとどまらず、どのような取組みをすれば適応能力を向上させ感受性を改善させられるかという点まで一体的に評価することが肝要となる(永松ら 2009)(p.6)。先行研究では対策項目自体を適応能力指標と考えるケースも散見されるが、適応能力は人、制度、組織、システム的能力(状態を表す)であって、対策自体ではない点を識別しておくことは重要である。

以上の背景をふまえて、本研究は、地域防災力の概念と統合する形で、気候災害分野の地方自治体の適応能力と感受性の重要度と候補となる指標を評価した。具体的には、全国の地方自治体による現在の防災・減災対策実施レベルと将来の適応策の必要性認識に関するアンケート調査を行い、現在・将来の時間視野の下、地方自治体の適応能力と感受性の構成要素の重要度スコアを示した。併せて、アンケート調査の直接的な回答結果である将来の適応策の必要性認識、および適応能力の潜在的な指標に関する回答結果も示した。これらの結果を比較検討し、本稿で示した適応能力と感受性の評価方法の課題とともに、今後の適応策のあり方を、指標整備、モニタリング・評価、さらなる対策強化の観点から考察した。

1.2. 本稿の構成

第2節では、分析手法を説明する。先行研究を紹介しつつ本研究の対象範囲、手法、手順の特徴を示すとともに、適応能力と感受性の分類方法、質問紙調査の概要を示す。第3節では、①地方自治体の適応能力と感受性の構成要素の重要度に関する評価結果を示すとともに、②地方自治体による防災・減災対策の実施状況と適応策の必要性認識、および③適応能力の潜在的な指標に関する質問紙調査の回答結果を示す。第4節では、第3節の結果から、①～③の方法論の可能性と課題を論じつつ今後の研究課題を示し、結論を述べる。

スを安定性と適応性(「適応的再構築能力」)とに分類した。

¹¹ 代表例として、永松ら(2009)は12の先行研究をレビューし、地域防災力の主要な構成要素を地域住民の「リスク認知」、直接的に災害被害に軽減に寄与する「顕在力」、防災を直接の目的としていないが災害時に役立つことが期待される地域の「潜在力」の3要素に分類した。その結果、リスク認知を地域防災力の構成要素に含めた研究はレビュー時点で総務省消防庁(2003)、内閣府(2003)、神尾・今村(2005)の3例に限られ、地域住民の個人のリスク認知まで考慮したのは内閣府(2003)、神尾・今村(2005)である点を示した。永松ら(2009)が研究展望として指摘したように、地域防災力や適応能力の評価に際して、防災活動が行われる地域構造(自治体と地域コミュニティの多重性)や社会的構造(住民や地域コミュニティの社会的組織との連携等)、住民のリスク認知、防災力や適応能力を高める間接的な要因(各種制度等)、地域コミュニティの物理的脆弱性(本稿では感受性として扱う)等についても考慮する必要がある。

¹² たとえば、東日本大震災以降、防災対策基本法の改定を経て地域住民・企業による自発的な防災計画作りである地区防災計画制度(内閣府 2014)が確立したが、同計画は自助・共助の力を最大限に発揮し、地方自治体の負担を和らげるとともに公助を補強することに寄与することが期待されている(内閣府 2017)。

2. 分析手法

2.1. 本研究の対象範囲

図2において、適応策の実施プロセスと本研究の対象範囲を示す。まず、(1)自治体による防災・減災対策や適応策の準備・実施し、その結果を(2)モニタリング・評価し、次期の対策準備・実施にフィードバック((2)→(1))するプロセスが基本となる。さらに、(2)モニタリング・評価は(3)適応能力と感受性に関する指標選択を前提に行われる((3)→(2))だけでなく、モニタリング・評価の結果を基に指標選択方法を改善する役割((2)→(3))も有する。適応策に特徴的なプロセスとして、(4)気候(気温、降水量等)予測や気候変動影響(リスク)予測、さらに(5)適応策の将来的な対策効果の評価が挙げられる。こうした科学的知見が(1)から(3)の循環のプロセスにフィードバックされることが期待されている。なお、(3)の対策に関して、白井ら(2014)が提示した防御(レベル1)、順応・リスク最小化(レベル2)、転換・再構築(レベル3)に対応させハード・ソフト・転換策の3類型とする¹³。

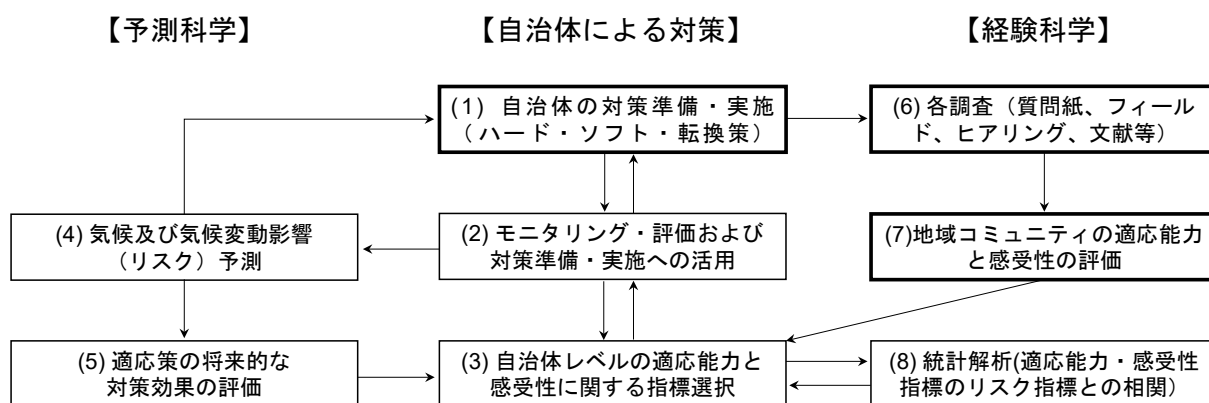


図2. 適応策の実施・研究プロセスと本研究の対象範囲(太枠:(1)(6)(7))

脆弱性指標の抽出・選定のステップを体系的に示した渡邊ら(2018)は、指標選択方法が統一されていないため、指標選択の実施者のもつ知見の程度により結果が左右されるという課題を指摘した。

そこで、本研究では、政策上重視されている適応能力と感受性の構成要素を評価する手法を考案し、指標選択に一定の根拠を与えることを目的とする(図2のステップ(1)(6)(7)に該当)。地域コミュニティや自治体の実際の適応能力・感受性の要素を評価する直接的な手法(以下、手法A)には、適応能力の重要な要素を住民や自治体職員に直接回答してもらう方法がある。しかしながら、事前ヒアリング調査にて、重要な適応能力の要素を直接回答することは主観に頼らざるをえず、容易ではない点を指摘いただいた。そのため、自治体の現状の対策実施レベルと各対策に関する将来的な適応策の必要性レベルを把握し、現在と将来の時間的視野の下、全国平均でどの適応能力の要素が重視されているかを間接的に把握する手法(以下、手法B)を検討する¹⁴。

¹³ 白井ら(2014)は順応・リスク最小化の対策の中にハード対策も含んでいるが、レベル1の対策群の主眼にあるのがハード対策であることから上記のように分類する。

¹⁴ なお、適応能力や感受性は概念的なものであり、実際の政策においては経験に基づいて指標選択やモニタリング・評価並びに対策の再検討が行われていると考えられる。しかし、日本では防災分野の適応能力指標の整理検討は草創期に

手法Bの重要な仮定は、当該対策の実施レベルおよび将来的な適応策の必要性レベルが、全国の自治体職員が認識する地域コミュニティレベルの適応能力と感受性の重要度を代表するものと想定した点である¹⁵。上に述べた通り、全国の自治体職員の認識は現在あるいはこれまでの気候災害に対するものであり、将来の気候変動あるいは社会経済変動を踏まえたものではないと考えられるため、将来的な適応策の必要性を併せて調査することで、将来までの時間視野を含めた形で適応能力と感受性の重要性を把握する。手法Bでは、ベースとしてもともと存在する適応能力と感受性を所与として、①現在の政策実施により向上・改善が期待されている要素の重要度と、②将来に向けて向上・改善が必要な要素の重要度を測ることが可能である。手法Bの利点は、対策の実施レベルと必要性認識を根拠にしているため、現状対策と結びついた適応能力・感受性の評価が可能となる点である。ただし、ベースとなる適応能力と感受性の重要度の大小は測れないため、地域コミュニティや行政区を対象として、上述の手法Aやその他の手法（内閣府の地域防災力指標に準ずる手法や統計的な手法等）を補完的に実施する必要がある。

なお、事前ヒアリング調査により、近年の豪雨災害の被災自治体の担当者（市区町村や地区）は定期的に住民説明会や地域コミュニティの見回りをされているため、自治体の対策実施レベルや適応策の必要性の回答には地域コミュニティの適応能力と感受性を向上・改善する重要性が反映されていると考えられる。たしかに、気候災害のリスクの影響を受けるのは地域コミュニティの住民や地元企業であり、適応能力や感受性も地域コミュニティレベルで把握される必要がある(Hinkel 2011)(白井ら 2017)。しかし、本研究は最終的に全国の地方自治体の防災・減災対策、および適応策の検討に資する目的としているため、実際の地域コミュニティレベルにおける適応能力と感受性の重要度を直接測る手法は選択せず、手法B（および補足的に手法A）を選択する。

渡邊ら(2018)も指摘する通り、客観的な指標選択のためにはデータを用いた統計解析により対象リスクと相関を有する適応能力や感受性の構成要素を分析する方法もある（図2のステップ(8)に該当）。自然災害に関する統計解析には国から自治体や地区（村）まで様々な地理的スケールの研究が蓄積されており¹⁶、Arino et al. (2020)では本研究に関連づけて、公開データを使用した統計解析により都道府県レベルの気候災害に対する適応能力・感受性の評価も行った。この方法であれば、ベースとしてもともと存在する適応能力や感受性の効果を検証することが可能である。

2.2. 分析の手順

本手法（図2のステップ(6)(7)）の具体的手順を図 3に示す。手順1として、ヒアリング調査、フィールド調査、文献調査から自治体の対策メニュー（ハード・ソフト・転換策）を網羅的に列挙する。平行して、事前に文献調査により感受性、適応能力の構成要素について候補を挙げておき、ヒアリング調査とフィールド調査にて検証し、取捨選択を行う。手順2として、質問紙調査によって、全国の自治体（都道府県、都道府県庁所在地、政令指定都市）の対策実施状況と気候変動適応策の必要性を定性的なレベル（それぞれ5段階、2段階）で把握する（手法B）。併せて、質問紙調査により、適応能力の潜在的な指標を調査する（手法A）。手順3にて、対策メニューの各対策と適応能力・感受性の構成要素の対応関係を示す表を作成する。なお、

ありIPCC等で示される科学的な概念整理と政策の実施の間には距離があるのも事実である。本研究は、そうした科学と政策の間のギャップの縮小に少しでも貢献することも目的としている。

¹⁵ 手法Bでは実際の地域コミュニティレベルにおける適応能力と感受性の重要度は測れない点には留意が必要である。

¹⁶ たとえば、Kousky (2014)は主に国別データを用いた自然災害被害（死亡者と資産被害）の決定因に関する様々な実証分析のサーベイを行い、GDP、民主的政治、制度の質、教育、金融システム等で代表される経済・社会開発水準が高いほど人的被害が低減するという結果を示した。林(2014)は、UNDP(2004)が示したリスク評価モデルを応用し、日本の都道府県データから、年少人口比率、県内総生産、資本ストック（民間企業資本、社会資本）、災害復旧や治山治水への行政投資比率等が被害低減と相関する結果を示した。また、インド沿岸部の村単位のサイクロンによる死者に関する実証分析(Das and Vincent 2009)は、野生マングローブや早期警戒システムが効果的な対策であることを示した。

各対策が複数の適応能力・感受性の構成要素と対応することを許容する。手順4の①にて、同対応表と手順2で把握した現状の対策実施レベルと将来的な適応策の必要性レベルに基づいて、地方自治体の適応能力・感受性の構成要素の「重要度スコア」を算出する。各対策実施レベルに関して「1」または「2」（全国平均値上位50%以内の対策には「2」、それ以外は「1」）を付与し、さらに、気候変動適応策が必要と回答された対策に「1」または「2」（ハード・転換策は「必要有り」との回答シェアが上位50%以内の対策に「2」¹⁷、それ以外には「1」）。ソフト対策は対策メニューのうち「必要有り」と回答された対策に「2」、対策メニュー以外で「必要有り」と回答された対策に「1」）を付与する。したがって、各対策には、合計2～4のスコアが付与される。それらを合計して各構成要素の重要度を算出する。その後、ハード・ソフト・転換策の間の重みが均等になるよう補正係数を乗じる。また、1つの対策が複数の構成要素に関連する場合も補正係数により、その影響を均す。手順4の②は、①の結果にも反映されているが、適応能力を向上させるための適応策の具体的示唆を含むため、3.2節にて結果を示す。さらに、手法Aに基づく③の結果は①の結果と補完的な位置づけにあるため、3.3節にて結果を示す。

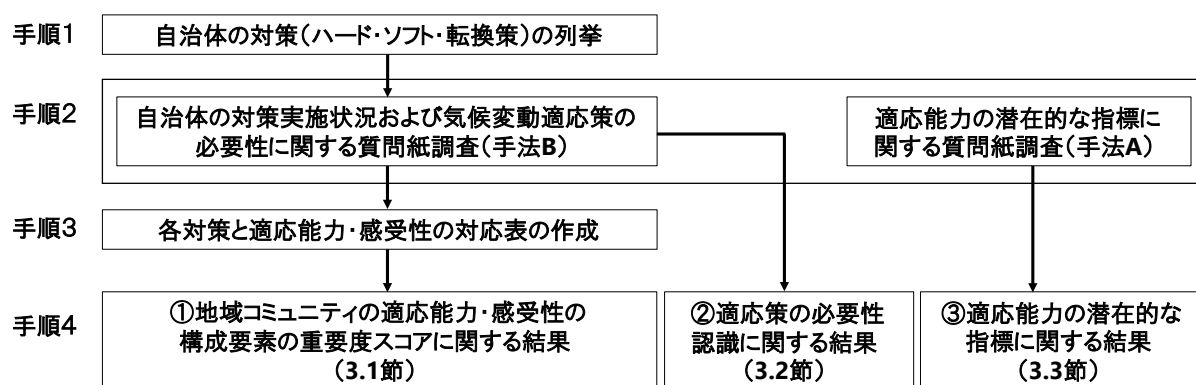


図 3. 分析の手順

2.3. 適応能力と感受性の構成要素の分類

手順3の対応表作成に際して、適応能力と感受性の構成要素の分類を行う(表1、表2)。IPCC(2014)をふまえて渡邊ら(2018)が指摘するように、一般性の高い適応能力の分類としては、システム、人・組織、制度と整理できるが、都道府県、市区町村、地区・コミュニティ(自治会や校区等)の重層構造をふまえてより詳細に分類する必要がある。そこで、表1の通り、様々な支援メニュー(公助)を通じて地域コミュニティの適応能力向上に大きく寄与する行政制度と、コミュニティ自体の適応能力(たとえば、世帯の所得・貯蓄等の経済状況や地区の財政状況、自助能力に関わる防災教育、共助能力に関わるコミュニティガバナンスといった要素)と明確に区分する。なお、要素の網羅性を追求すると項目が細くなりすぎるため大分類(適応能力はインフラ、経済、財政、教育、情報、コミュニティガバナンス、行政制度、感受性は人間、建物、土地利用)に対応させて、小分類として整理する。

¹⁷ 数十年先の長期的な視点でのインフラ再構築や土地利用変化が必要となるハード対策と転換策については全項目について気候変動適応策の必要性(有無)を回答してもらったため、「必要有り」との回答シェアが上位50%以内の対策を選ぶ。

表1. 気候災害に対する適応能力の分類(大分類、小分類)

範囲	大分類	小分類	防災・適応に共通	適応に特有
地域コミュニティ	インフラ	防災(ハード構造物、避難所、センサー等)・非防災(道路・鉄道・上下水道等)	✓	
	経済	世帯所得・貯蓄等	✓	
	財政	地域コミュニティの財政	✓	
	教育(自助)	自主避難判断力	✓	
		危険認知度	✓	
		気候変動対応学習能力		✓
	情報(自助・共助)	監視警戒力	✓	
		情報伝達力	✓	
	コミュニティガバナンス(共助)	避難誘導力	✓	
		水防活動度	✓	
		救助・救援力	✓	
		防災体制整備度(連携体制含む)	✓	
自治体	行政制度(公助)	対策基盤整備度(条例・計画等の制度構築能力)	✓	
		防災体制整備度(連携体制含む)	✓	
		気候変動対応学習能力		✓
		科学的予測能力		✓

表2. 気候災害に対する感受性の分類(大分類、小分類)

範囲	大分類	小分類	防災・適応に共通	適応に特有
地域コミュニティ	人間	年齢	✓	
		要援護者(社会的弱者)	✓	
	建物	住宅特性(階数、材質、築年数等)	✓	
	土地利用	まち・地域コミュニティの構造(居住地・産業・避難所等の立地等)	✓	
		自然環境(森林、遊水地等)	✓	

日本の防災行政には多年に及ぶ経験蓄積があるため、そうした対策現場の知見を出発点として気候変動に対する適応能力の理解促進を目指す。そのため、図2(6)に示すように、地域防災力に寄与する様々な対策や制度に関する資料¹⁸を整理した結果、地域防災力の要素を網羅した内閣府(2021)の洪水診断ツールの8要素である自主避難判断力、危険認知度、監視警戒力、情報伝達力、避難誘導力、水防活動度、救助・救援力、防災体制整備度(連携能力を含む)を援用する。適応能力については、適応策実施のため必要となる科学的予測能力と気候変動対応学習能力の2要素を独自に想定する。表3は、白井(2016)、白井ら(2017)により提示された順応型管理の要素(①～④)と本稿で想定する適応能力の対応関係を示す。順応型管理は今後自治体で実施されていくことが期待されており、該当する適応能力の強化が望まれる。表1(右2列)に示す通り、これらの2要素は適応策に特有の適応能力であると考えら

¹⁸ 公助では補えない自助・共助の能力を高めると考えられる地区防災計画(内閣府 2014)や、感受性を根本的に改善すると考えられる事前復興計画(中林一樹 2011)(齋藤・糸井川 2017)(大津山堅介・牧紀男 2018)など、東日本大震災等の大規模災害の教訓を経て設計された日本の防災制度における重大な制度改変等も考慮した。

れる。行政制度の対策基盤整備度(条例・計画等の制度構築能力)は、自治体の対策実施の基礎力を表す要素として、辻・戸川・大場(2020)を参照して定義した¹⁹。

感受性に関して、人間については年齢や要援護者の2要素、建物については住宅の特性(階数等)の1要素、土地利用についてはまち・地域コミュニティの構造(居住地・産業・避難所等の立地)と自然環境保全(森林整備等)の2要素を特定する。感受性の土地利用の要素特定には国土交通省(2014)を参照した。なお、たとえば地域で助け合うコミュニティの存在、社会関係資本が弱いこと、また孤立化や分断化等も感受性の要素と考えられるが、これらの要素は表1の「コミュニティガバナンス(共助)」に含まれるものと考え、本稿では適応能力として扱う。さらに、経済的な側面での貧困、失業、貯蓄の程度等は表1の「経済」「財政」として、行政の財政力は行政制度(公助)の対策基盤整備度(の前提条件)として、適応能力の要素と想定する。なお、災害経験とその記憶・記録なども感受性に関連すると考えられるが、本稿では明示的に考慮していない。

以上のように、適応能力と感受性の合計で19要素(小分類)を抽出する²⁰。

表3. 順応型管理の特徴的要素と適応能力の対応関係

順応型管理の要素	該当する適応能力
①予測と代替案の設定	科学的予測能力、対策基盤整備度、防災体制整備度
②監視と予防	監視警戒力、科学的予測能力
③科学と政策の連動	科学的予測能力、対策基盤整備度、防災体制整備度
④関係者による情報共有と学習	防災体制整備度、気候変動対応学習能力

2.4. 質問紙調査の概要

2020年3月25日から5月22日までの期間に質問紙調査を実施した。質問紙は、47都道府県と51の主要都市(都道府県庁所在地と政令指定都市)、合計98の地方自治体に送付・回収した(回収数37、有効回答数37、有効回答率38%)。主な回答者は、防災・減災対策を含む危機管理に携わる地方自治体の担当者であり、インフラ整備に係る部署の担当者にも一部の質問に回答頂いた。鹿児島、大分、福岡、広島、岡山、長野、神奈川、千葉の各県で2019年10月から2020年3月にかけて行われた事前インタビュー(3県12市1地区)と現地調査の結果に基づいて作成した。

表4は、A.ハード対策(10対策)、B.ソフト対策(25対策)、およびC.転換策(9対策)からなる対策リストであり、各対策と適応能力・感受性との対応関係を示す(詳細な対応表は付録の表6、表7を参照)。これらの対応関係は、表1、表2の小分類と各対策の関連性の有無により規定した。適応能力がハード・ソフト・転換策の全ての対策に関連しているのに対して、感受性は主に転換策に関連し、ハード・ソフト対策のうち建物の立地や土地利用(自然環境保全含む)に関する対策にも関連する。ソフト対策は多様であるため、経済、財政、教育、情報、コミュニティガバナンス、行政制度に関する適応能力項目と関連する。たとえば、ハザードマップ作成支援は、直接または間接的に適応能力、感受性双方に関連する。

¹⁹ 辻・戸川・大場(2020)は自治体規模が大きいほど気候変動対策の実施水準が高く先進的な対策も導入されていることを指摘した。そのため、本稿では自治体の財政力といった要素も対策基盤整備度に含まれるものと想定する。

²⁰ 適応策に必須となる科学的予測能力、気候変動対応学習能力、防災体制整備度(連携能力を含む)については、行政制度(公助)に位置づけるとともに、後者2つは地域コミュニティ(自助・共助に係る教育・コミュニティガバナンス)にも位置づけた。科学的予測能力は、たとえば行政レベルでの地域適応センターによる長期気候予測能力をさすものとし、地域コミュニティには位置づけなかった。

なお、対策リストは、フィールド調査、ヒアリング調査、並びにこれらの調査を通じて得た資料に基づいて作成した。対策を選択する基準として、対策の重要性、革新性、気候変動適応策との関連性を想定した。革新的な対策を含めることにより、対策の準備・実施段階に関して都道府県や都市間の差異を検出することができた。重要な対策を見落としていないかを確認するために、質問紙調査で追加項目欄を用意した。

表4. 質問紙調査で想定した対策リストと適応能力・感受性との対応関係

対策のタイプ (レベル)	対策	適応能力	感受性
A. ハード対策 (防御)	A1. 海岸設備の整備	✓	
	A2. 河川設備の整備	✓	
	A3. (上)下水道設備の整備(浸水対策等)	✓	
	A4. 農業用排水設備の整備	✓	
	A5. 砂防設備の整備	✓	
	A6. 治山設備の整備	✓	
	A7. 防災・減災を目的とした森林管理	✓	✓
	A8. 防災・減災を目的とした湿地管理	✓	✓
	A9. 河川下流～上流の一体的な整備及び管理	✓	✓
	A10. 既存のハード整備項目と気候変動適応策との対応表の整備	✓	
B. ソフト対策 (リスク最小化)	B1. 高齢者の避難支援	✓	✓
	B2. 災害時要援護者の避難支援	✓	✓
	B3. 避難所の環境改善	✓	
	B4. 避難所運営に関わる自治体職員の訓練・準備	✓	
	B5. 避難所の風水害リスクを踏まえた整備	✓	✓
	B6. 風水害を対象とした避難訓練の実施支援	✓	
	B7. 防災行政無線の戸別受信機の設置支援	✓	
	B8. 防災行政無線以外の早期警報システムの構築・運用	✓	
	B9. 住民主導の監視カメラ・センサー設置支援	✓	
	B10. 洪水ハザードマップの作成(または支援)	✓	✓
	B11. 土砂災害ハザードマップの作成(または支援)	✓	✓
	B12. 洪水ハザードマップの想定の引き上げ	✓	✓
	B13. 土砂災害ハザードマップの想定の引き上げ	✓	✓
	B14. 不動産取引におけるハザードマップ情報提供の勧告	✓	✓
	B15. ハザードマップを考慮した居住地の移転・誘導勧告	✓	✓
	B16. 防災教育	✓	
	B17. 地域防災計画における風水害の特定災害対策計画の強化・見直し	✓	
	B18. 地区防災計画の作成支援	✓	
	B19. 自主防災組織への支援	✓	
	B20. 風水害の防災・減災に資する災害協定の特定	✓	
	B21. 復興準備計画の策定	✓	
	B22. 復興準備計画の風水害に備えた見直し	✓	
	B23. 災害対応業務に係るマニュアル・手順書の風水害に備えた見直し	✓	
	B24. 既存施策リストの気候変動適応策との関連付け	✓	
	B25. BCP(業務継続計画)の策定・定期的な見直し	✓	
C. 転換策 (再構成)	C1. 住宅構造・階数を考慮した待機・避難勧告	✓	✓
	C2. 災害危険区域等の拡充・見直し	✓	✓
	C3. 居住誘導区域の設定	✓	✓
	C4. 住居の移転・誘導	✓	✓
	C5. 住居の移転(立ち退き)を伴う遊水地・調整池の新設	✓	✓
	C6. 都市開発・土地利用計画の変更・差し止め	✓	✓
	C7. 事前復興計画の策定	✓	✓
	C8. 事前復興計画の風水害に備えた見直し	✓	✓
	C9. 産業誘致を主目的とした、風水害関連のハード整備計画	✓	✓

注)A～Cの対策タイプは白井ら(2014)を参照した。

3. 分析結果

3.1. 適応能力と感受性の重要度の評価

図4は、ハード対策、ソフト対策、および転換策の実施状況を集約した、地域コミュニティを含んだ地方自治体の適応能力の構成要素別重要度を示す。既述の通り、各構成要素の重要度は各対策の対策実施レベルの高さ(スコア1または2)と適応策の必要性の高さ(スコア1または2)の合計値(スコア2~4)として評価し、両者に均等の重みを与えた。また、ハード・ソフト・転換策間の対策数の相違を考慮して、各対策の重みが均等になるよう補正係数を乗じた。なお、1つの対策が複数の適応能力の構成要素に関連する場合、関連する構成要素数でスコアを除して影響度を補正した。適応能力の構成要素のスコアの絶対値自体に特段の意味は無いため、相対的な大小関係に着目する。

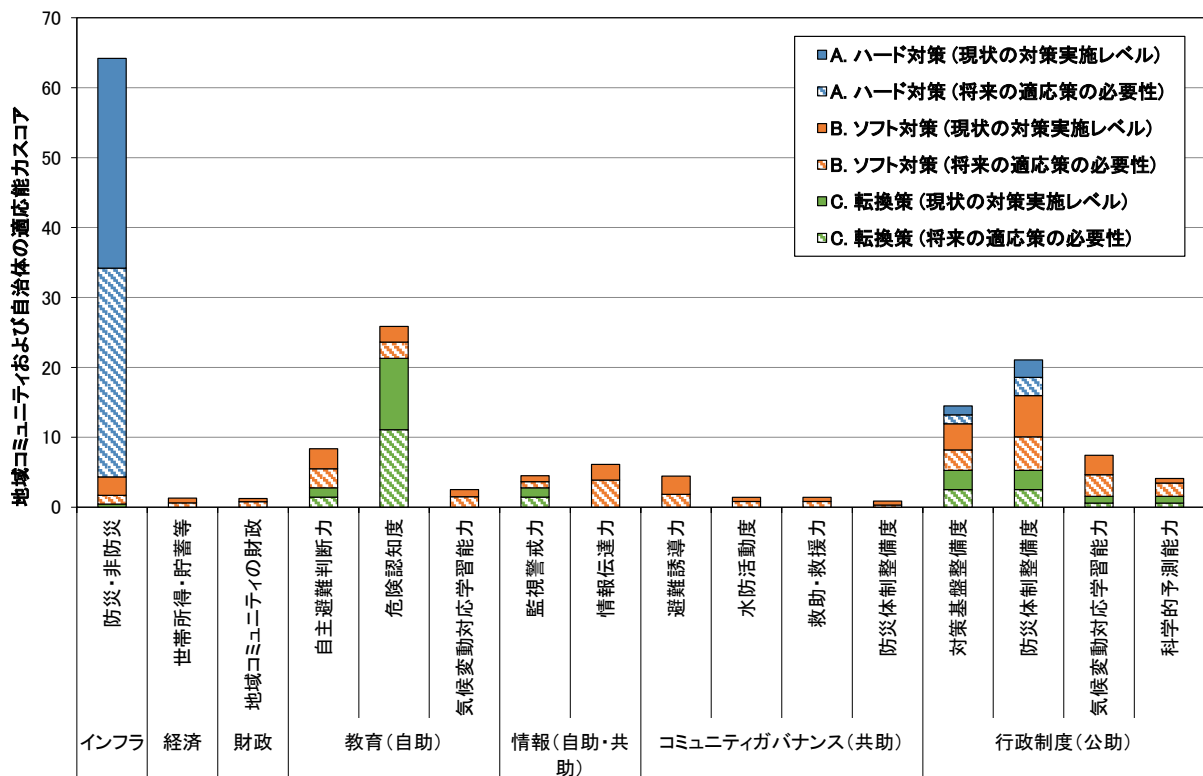


図4. 地方自治体(地域コミュニティ含む)の適応能力の構成要素別重要度

注)現状の対策実施レベルと将来の適応策の必要性に基づくスコア間の重み、並びにハード・ソフト・転換策のスコア間の重みは均等になるように補正した。なお、1つの対策が複数の適応能力の構成要素に関連する場合、関連する構成要素数でスコアを除して影響度を補正した。各構成要素と対策の対応関係については表6および表7(付録)を参照。

地域コミュニティの適応能力に関して、河川設備・(上)下水道設備(浸水対策)や避難所等の対策に関連する「インフラ」やリスク認知に関わる「教育」(危険認知度や自主避難判断力)の適応能力の重要度が高い。表6および表7(付録)に示す通り、危険認知度は、ハザードマップ作成や講演会実施等のソフト対策、災害危険区域の見直しや住居の移転・誘導等の転換策が気候変動適応策として重視されているため高く評価される。その他の構成要素の中では、「情報」(情報伝達力や監視警戒力)や「コミュニティガバナンス」(避難誘導力)の要素が経済や財政のそれよりも重要度が高い。情報伝達力はLINEや多言語対応メールサービス等の革新的な情報サービス提供が評価されているため、重要度が高い。避難誘導力には自主防災組織や地区防災計画制度等が寄与している。

自治体の行政制度に関して、「対策基盤整備度」(条例・計画等の制度構築能力)や「防災体制整備度」(連携体制)は、ハード・ソフト・転換策の様々な計画・実施に係る分野横断的な適応能力であるため、防災・適応策を問わず、重要度が高く評価される。「気候変動対応学習能力」や「科学的予測能力」は、高精細の気候予測や気候変動影響評価やそれらを踏まえた適応計画作りや普及啓発、並びに地方気象台や気候変動適応センターとの連携等の取り組みを反映して重要度が評価されている。

自助・共助・公助に注目すると、「行政制度」に代表される公助の重要性はもとより、個人の対策実施や避難行動に深く係る「教育」や「情報」といった自助・共助の要素が高く評価されている。また、適応策実施に不可欠な要素である気候変動対応学習能力や防災体制整備度(多主体の連携能力含む)の重要性は、地域コミュニティ(自助・共助)よりも自治体(公助)において、より高く評価されている。重要性の評価はやや低くなるが、科学的予測能力も自治体(公助)に特有の不可欠な適応能力であることが分かる。

続いて、現在と将来の適応能力要素の評価を比較する。ハード・ソフト・転換策の合計値に着目すると、現在の防災対策よりも将来の適応策の必要性が高く評価されたのは、財政、教育(自主避難判断力、危険認知度、気候変動対応学習能力)、情報(監視警戒力、情報伝達力)、コミュニティガバナンス(水防活動度、救助・救援力)、行政制度のうちの科学的予測能力)である。興味深いことに、インフラ等のハード対策よりも、教育・情報・コミュニティガバナンス等のソフト対策・転換策の方が、将来の適応能力要素として重要と認識されていることが示されている。

図5は、ハード・ソフト・転換策の実施状況を集約した感受性の要素別重要度を示す。「土地利用」に属するまち・地域コミュニティの構造に関して、表6および表7(付録)に示す通り、風水害を考慮した避難所の整備・移転、住居の移転・誘導等の様々な転換策が適応策として重視されたために最も高く評価される。森林や遊水地等の「自然環境」の感受性要素は、防災を目的とした森林管理、河川の上下流域の一体的管理、遊水地の新設等が適応策として重視されたため高く評価される。次いで、住宅特性を考慮した待機・避難勧告等の転換策やハザードマップ作成等のソフト対策が「建物」に関わる感受性の評価に寄与している。「人間」に係る感受性要素に関して、要援護者として外国籍の方へのメール配信等の対策が適応策として評価された一方、高齢者の直接的支援は適応策として必要性が強く認識されているわけではないため相対的なスコアは低く評価される。

適応能力と同様に、現在と将来の適応能力要素の評価を比較する。ハード・ソフト・転換策の合計値に着目すると、現在の防災対策よりも将来の適応策の必要性が高く評価されたのは、要援護者(社会的弱者)、まち・地域コミュニティの構造(居住地・産業・避難所等の立地等)、自然環境(森林、遊水地等)の感受性の要素である。

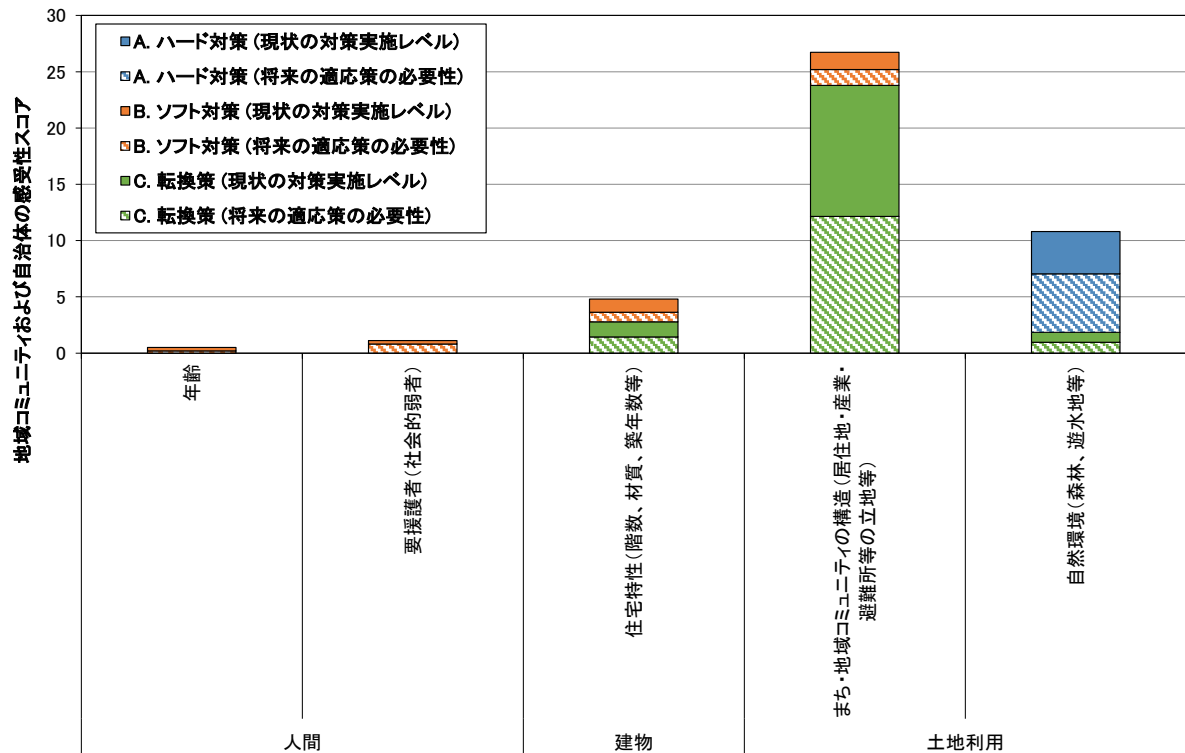


図5. 地方自治体(地域コミュニティ含む)の感受性の要素別重要度

以上の結果は、全国の自治体により平均的に重視されている適応能力と感受性の構成要素を示す。適応能力に関して、ハード構造物等のインフラ、行政制度、並びにリスク認知や自主避難判断力等の自助に係る教育などが高く評価されていることが判明した。特に、気候変動適応策に特有の気候の観測・予測や適応計画作りに必須となる地方自治体の防災体制整備度、気候変動対応学習能力、科学的予測能力が重要な要素であることも示された。自助・共助の必要性が一層重視されるとともに、適応策特有の公助の必要性も示唆されたといえる。感受性に関しては、居住地・避難所・遊水地・防災目的の森林の整備の対策実施状況に基づいて、まち・地域コミュニティの構造や自然環境といった土地利用に係る要素や洪水や土砂災害リスク特性に影響する建物に係る要素が高く評価されていると判明した。森林整備の評価結果は、生態系を活用した防災・減災(Eco-DRR)により脆弱性を低減し適応策として機能させる取り組み(A-PLAT 2021)の重要性を裏づける結果の1つといえる。現在の防災対策実施レベルよりも将来の適応策の必要性が高く評価されたのは、適応能力に関しては、財政、教育(自主避難判断力、危険認知度、気候変動対応学習能力)、情報(監視警戒力、情報伝達力)、コミュニティガバナンス(水防活動度、救助・救援力)、行政制度のうちの科学的予測能力、感受性に関しては、要援護者(社会的弱者)、まち・地域コミュニティの構造(居住地・産業・避難所等の立地等)、自然環境(森林、遊水地等)であった。今後、こうした要素を強化する防災・適応策の実施拡大が望まれる。

自治体レベルの適応能力・感受性指標作成においては、まず図3や図4にて高く評価された要素を網羅することが重要となる。併せて、低く評価された要素に関しても、地域コミュニティや自治体固有の事情に照らして適切な指標を用意する努力が必要となるだろう。そうすることで、地域コミュニティと行政の双方において弱点となりうる要素のモニタリング・評価が可能となり、継続的に適応能力の向上と感受性の改善を促進していくことが可能となると考えられる。

3.2. 将来の適応策の必要性認識に関するアンケート調査結果

3.2節では、ハード・ソフト・転換策に関する現状と気候変動適応策の必要性に関する結果から、適応策として今後強化する必要がある対策を示す(図3の手順4②に該当)。これらの結果は将来の適応策の必要性に関する重要度スコアとして適応能力と感受性の評価(3.1節:図2(7)に該当)にも反映されているが、自治体の対策準備・実施状況の側面から整理した結果(図2(1)に該当)も自治体の対策検討に資すると判断し、ここに要点を示す。

3.2.1. ハード対策

表7と表9(付録)に示す通り、河川(A2)(実施率²¹75%)・(上)下水道(A3)(実施率75%)・海岸設備(A1)(実施率70%)・農業用排水(A4)(実施率75%)の整備、防災・減災を目的とした森林管理(A7)(実施率54%)、河川の上下流の一体的管理(A9)(実施率56%)、並びに既存のハード整備項目の適応策との対応表の作成(A10)(実施率30%)が気候変動適応策として必要と回答された上位半分の対策である²²。自由記述の回答結果において、河川整備に関して、河積確保のための河道掘削や伐木、ダム事前放流の実施に関する検討が、海岸保全設備に関しては養浜工による砂浜の再生の必要性が指摘された。森林管理(実施率54%)や既存のハード整備項目の適応策との対応表の作成(実施率30%)は現状の対策実施レベルは必ずしも高くないものの、気候変動適応に特有の対策として重要性が認識されている(表7の赤色の項目²³)。森林管理や河川上下流の一体的管理に関する結果は、事前フィールド調査で確認した、2017年九州北部豪雨被害を受けた自治体の河川上流域の土砂崩れに伴う森林の被災状況や九州・中国地方の自治体職員の方の指摘と整合的である。

なお、将来の気候変動を考慮した海岸・河川・(上)下水道設備等のハード整備を計画・実施中の自治体は約10%に上るが、気候予測の不確実性に柔軟に対処できるように、複数の予測値に応じた対策リスト(複数の設計基準や対策開始時期)作成を検討し始めている自治体はなかった。ハード整備における順応型管理は今後の課題であることが示唆される。

3.2.2. ソフト対策

表7と表10(付録)に示す通り、質問紙調査のソフト対策リスト(B1～25)のうち適応策の必要性が指摘されたのは、避難所の整備・移転(B5)(実施率89%)、住民主導の監視カメラ・センサー設置支援(B9)(実施率17%)、ハザードマップ作成・想定引き上げ(B10～13)(実施率97%、94%、94%、41%)、地区防災計画の作成支援(B18)(実施率68%)、自主防災組織の支援(B19)(実施率100%)である。その内、住民主導の監視カメラ・センサー設置支援(B9)、土砂災害ハザードマップの想定引き上げ(B13)、地区防災計画の作成支援(B18)は現状の実施率は高くないものの適応策としての重要性が認識されているため、今後の対策の展開が示唆される。特に、地区防災計画と適応策の統合はきわめて先進的な取り組みとなると考えられる。

表5は質問紙調査の対策リストに追加して回答された適応策の項目を示す。第1に、防災・減災対策の延長としての適応策に関して、財政、教育、コミュニティガバナンス、情報、行政制度に係る様々な対策項目が回答された。LINEや多言語対応メール等のICT技術の活用、監視カメラ設置、情報共有システムの機能

²¹ 実施率は、当該対策を実施済みの自治体割合をさす。表9～11で示したように、対策実施レベル(各自治体の5段階の実施レベルの自治体間平均値)とは区別していることに留意されたい。

²² 2.2節で既述の通り、気候変動適応策として必要と回答された上位50%以内の対策項目を選別した。海岸(A1)・農業用排水設備(A4)、既存のハード整備項目の適応策との対応表の作成(A10)は10対策中同率5位であったためハード整備については上位70%までの対策を抽出した。

²³ 同表の赤色の対策は、現状対策の単純延長ではなく、新規もしくは非連続的な対策実施が必要な防災・減災対策および適応策であるため、政策検討に際して注視する必要があると考えられる。

強化といった情報に係る対策、並びに地区防災計画等の共助を促進するコミュニティガバナンスに係る対策が適応策として検討されている点が示されている。中でも、小学校区単位やマンション・町内会単位など複層的な地域コミュニティのニーズに即した地区防災計画作成支援などは特筆に値する。第2に、適応策に特有の対策は教育、情報、行政制度に係る適応能力に関連する。気候変動に関する講演会や適応策の普及啓発は危険認知度や気候変動対応学習能力を高めるのに寄与する。気候変動予測情報は適応策に必須の情報であるとともに、地方気象台や気候変動適応センターといった、行政の外部機関との連携能力等が問われることが示唆される。

表5. 今後加速する不確実性を伴う気候変動に適応するために必要なソフト対策

適応能力の要素	防災・減災対策の強化の延長の適応策	気候変動適応策
インフラ	避難所の見直し	—
財政	市町村が実施するソフト対策全般に対する財政支援（例：資機材整備、ハザードマップ作成、避難所整備）	—
教育（自助）	出前講座、シンポジウム、セミナー開催など啓発の実施	地方気象台と連携した気候講演会の開催、気候変動適応策等の普及啓発
情報（自助・共助）	防災関係機関の情報共有システムの機能強化、避難情報発令エリアの見直し、監視カメラの設置、LINEによる情報発信、多言語（10言語）対応したメール配信サービスの運用開始	長期的な気候変動影響予測の情報収集及び分析業務の委託
コミュニティガバナンス（共助）	自主防災組織の育成支援策の拡充、小学校区単位での地区防災計画の策定促進、マンション・町内会等小規模な単位での策定促進（検討中）	—
行政制度（公助）	災害対策本部体制の見直し、上記の各種対策の実施促進	気候変動適応センターとの連携による事業実施

3.2.3. 転換策

表7と表11（付録）に示す通り、災害危険区域等の拡充・見直し（C2）（実施率80%）、住宅構造・階数を考慮した待機・避難勧告（C1）（実施率55%）、居住誘導区域の設定（C3）（実施率53%）、住居の移転・誘導（C4）（実施率29%）が、今後適応策として必要と回答された上位半分の対策である。これらの対策は現状の対策実施レベルも高く評価されたため、政策上きわめて重要な対策といえる。事前復興計画の風水害に備えた見直し（C8）は適応策の必要性は高くは認識されていないが、まちづくりや土地利用といった感受性に深く係る対策であることを考慮すると、気候変動の進行に伴い事前復興計画も適応策として認識されていく余地はあると考えられる。さらに、実施率はきわめて低い（4%）が産業誘致を主眼に置いたハード対策（C9）を実施している自治体も存在する。

次に、質問紙調査の対策リストに追加して回答された転換策には、想定最大規模降雨を対象とした各種（洪水、土砂災害、浸水[内水]）ハザードマップの作成が挙げられた。その他、施設では防ぎきれない洪水は必ず発生するという水防災意識社会再構築の考え方に基づいた浸水被害軽減策に関する回答も得た。

3.3. 適応能力の潜在的な指標に関するアンケート調査結果

最後に、自治体レベルの適応能力の指標に関する質問紙調査結果を示す(図3、手順2の手法Aおよび手順4③に該当)。本稿と並行的に進めている統計解析(Arino et al. 2020)と整合させるために、被害対象を気候災害による人的被害(具体的には、負傷・死亡・行方不明者数をさす)に絞って各適応能力指標との相関関係を質問した²⁴。この結果は、図2(3)の指標選択に貢献することを目的とした予備的結果であるとともに、3.1節で示した対策実施レベル等から適応能力の重要度を推定する方法を補完する意味合いも有する。

図6は経済、教育、情報、コミュニティガバナンス、行政制度に係る20の適応能力要素と人的被害の相関に関する自治体職員による主観的評価(平均値)の順位を示す。上位であればあるほど適応能力指標として重要であることが示唆される。上位半分(10位まで)には、8.避難訓練実施状況、7.自主防災組織率、9.消防署・消防団数等、10.職員による地域説明会の実施回数、18.地区防災計画策定状況等のコミュニティガバナンス(共助)に係る指標、11.地域説明会への住民参加人数の教育(自助)に係る指標、19.地域防災計画の策定状況、14.自治体の防災関連の職員数、13.自治体の防災関連予算規模(災害復旧事業費等)、17.広域消防相互応援協定の締結状況の行政制度(公助)に係る指標が含まれる。次に、下位半分に着目する。情報に係る適応能力指標に関して、6.世帯のスマートフォン保有率、5.世帯のテレビ保有率、4.世帯の防災行政無線(戸別受信機)保有率のうち、僅差であるがスマートフォンの優位性が示唆される。行政制度に係る適応能力指標に関して、20.防災関係者における女性の割合、12.自治体の財政状況(実質収支比率や財政力指数等の財政上のゆとり)、16.地域活性化に関する包括的連携協定の締結状況の順に重要度が確認された。15.当該都道府県内の市区町村数、又は当該市内の区町村・自治会数は、自治体の合併により行政サービスが行き届かなくなり被害が大きくなる地域コミュニティが増加する可能性を踏まえた指標であるが、間接的な指標であるため平均値は低い。その他、経済や教育に係る指標は人的被害との相関は殆ど認められないとの結果となった。これは、国際的な自然災害による人的被害の要因分析をした研究(たとえば、Toya and Skidmore (2007))とは顕著に異なる結果であり、日本国内では経済や教育水準がある程度均質的であることや人的被害には避難や救助行動に係る指標の方が大きく影響することを示唆すると考えられる。

²⁴ 質問文は「貴自治体でのご経験に照らして、次の指標が各地域における風水害による人的被害の発生・抑止と関係すると思われるかに関するご認識をお答えください。各指標に関して、もっともよく当てはまる番号に☑印をつけてください。1. 全く関係しない、2. 少しは関係する、3. 大いに関係する、4. 関係するか否かについて判断できない(どちらともいえない)」である。評価においては、4の回答を除外して、平均値を算出した。

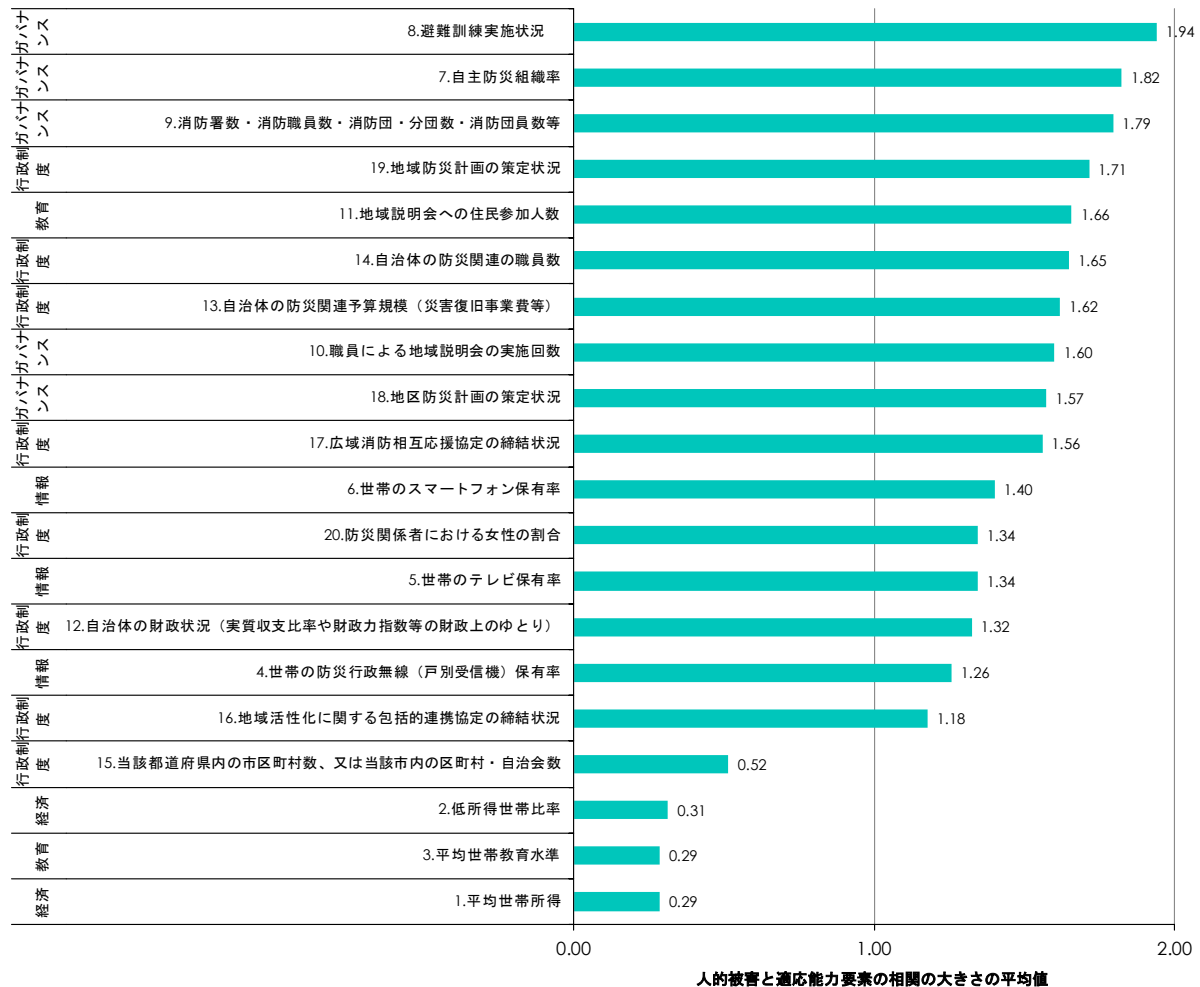


図6. 人的被害と適応能力要素の相関の自治体間平均値（「大いに関係する」=2ポイント、「少しは関係する」=1ポイント、「全く関係しない」又は「どちらともいえない」=0ポイント）

さらに、事前に用意した20指標は十分に網羅的ではない可能性に留意し、質問紙調査では自由記述で候補となる指標を質問した。その結果、①インフラ（及び行政制度）に係る指標として公共施設等総合管理計画策定済み市町村数または地区数、津波避難施設を整備各準した県内沿岸市町村数、護岸の整備延長、洪水調整施設の共用箇所数、土砂災害防止施設の整備箇所数、②教育（リスク認知等の自助）に係る指標として、防災士資格取得者数、研修・講習の修了者やハザードマップ（洪水、土砂災害、津波）作成済み市町村数または地区数、③情報に係る指標として、複数の情報伝達手段を整備している市町村数または地区数、防災メール等登録者数、④コミュニティガバナンス（共助）に係る指標として災害ボランティアセンター設置・運営マニュアル策定済み市町村数または地区数、並びに⑤行政制度の指標としてBCP策定済み市町村数という回答を得た。これらはすでに自治体の政策で導入され、モニタリング・評価（図2（2）に該当）に適用されている指標である。

3.3節の結果は人的被害と相関を有すると考えられる指標に関する回答であり適用範囲は限定される。しかしながら、統計解析等により指標の有意性や係数の大きさを検証することにより、指標選択、モニタリング・評価、対策実施という政策実施プロセスに寄与する科学的知見を提供することが期待される。

4. 結論

本稿は、アンケート調査結果に基づいて、主に地方自治体にとって政策上重要な適応能力と感受性の構成要素と候補となる指標（指標は適応能力のみ）を分析した。さらに、その結果と方法論の特徴をふまえて、今後どのような適応策を行っていく必要があるかを示した。なお、本稿の分析対象は図2(1)(6)(7)に該当し、図2(1)(2)(3)の自治体の対策実施プロセスに貢献することを主目的とした。

3.1節では、現在の対策実施レベルと将来の適応策の必要性の認識から適応能力と感受性の主要な構成要素の重要度を評価する方法を示した。特に、複雑な要素がからみ合う適応能力に関して、地域コミュニティの地域防災力の構成要素と適応策実施に特有の適応能力の要素を統合する形で自治体の適応能力を網羅的に評価した。この方法により、適応能力と感受性の重要度に照らして、指標選択、モニタリング・評価、並びに対策実施強化を行うことが可能となる。この方法では、対策リストと各構成要素が対応づけられているため、構成要素の重要度を見ながら対策リストの過不足の検証を行うことが可能である。他方、各構成要素の重要度スコアは想定した対策リストに左右されているため、重複や不足を改善するなど対策リストの精査により適応能力と感受性の評価結果の妥当性を向上させることが望まれる。たとえば、適応能力の構成要素の結果（図4）ではコミュニティガバナンス（社会関係資本に相当）のスコアが低めに評価されている。これに係る対策リストに不足がないかを精査することで、自治体横断的な適応能力評価の精度向上に寄与するとともに、当該自治体の政策の検証にも役立てることが可能である。重要度スコアが低い理由が実際の対策の不足によるものであれば、その点を次期の政策立案・実施に反映させる等の対応も考えられる。3.2節では、将来の適応策の必要性認識に関するアンケート調査結果を示した。これらの結果は上述の対策リストの検証に活用できる直接的な資料であるとともに、防災対策と適応策を統合するための優先課題を示唆している。ただし、対策や取り組みが適応能力をどのように向上させ、感受性をどのように低減するかを併せて把握することは必須であり、3.1節の方法論の一部としての位置づけを認識することが肝要である。3.3節では、気候災害分野の適応能力の候補指標の主観的評価を直接回答してもらう方法と結果を示した。提示された指標に関する自治体職員による平均的な評価を序列化することで、気候災害分野で重要と考えられる指標を明示した。候補指標の選択は評価者である著者の仮説や分析目的（統計解析での検証等）に依存しているが、実際の政策で活用されている様々な指標に関する回答と合わせることで指標候補が幅広く提示されたと考えられる。ただし、候補指標の選択においては、やはり適応能力と感受性の構成要素に関する理解が欠かせない。そのため、3.1節の手法により、現在の対策リストから推定される適応能力と感受性の構成要素の重要度を理解した上で、各要素の改善に必須の対策および指標を選択することが必要となる。その意味で、3.1節から3.3節の検討結果は独立ではなく、一連の政策立案・実施プロセスにおいて補完的に活用される性質を有するといえる。

続いて、今後の研究課題を示す。本稿の主要な貢献である3.1節の結果は、2.1節に示した「当該対策の実施レベルおよび将来的な適応策の必要性レベルが、全国の自治体職員が認識する地域コミュニティレベルの適応能力と感受性の重要度を代表する」という想定に基づいているが、この仮定が妥当であるかについて、今後気候や社会経済の将来予測をふまえた専門家による重要度の評価と対照させるなどして検証する余地がある。また、本稿で示した適応能力と感受性の重要度は自治体職員が認識する重要度であり、地域コミュニティの実際の適応能力と感受性自体を評価するものではない点にも留意が必要である。

さらなる課題として、適応能力や感受性の指標と気候変動リスク（たとえば、人的被害）の相関を統計的に解析し、指標の妥当性を評価する必要がある。Arino et al. (2020) が試験的に実施したように、降水量等のハザード変数も含めて評価することにより、今後の気候変動下で有効な適応能力と感受性の要素が解明され得る。これらの知見が図2(4)(5)で示した気候変動影響（リスク）予測や適応策の将来的な対策効果の評価に活用され、経験科学と予測科学の双方が効果的に自治体の対策準備・実施に役立てられることが期待される。ただし、統計的な手法では見かけの相関等の課題もあるため、実際に発生した水害事例を分析し、その被害の程度に適応能力や感受性がどのように関係したのかをミクロに検証していくアプローチは不可欠である。たとえば末次忠司 (2016)のように、水害事例から被害の要因プロセスを明らかにし、そこからあるべき適応能力や感受性の姿、つまり適応策を提案していく丹念な積み重ねが重要である。

参考文献

- A-PLAT. 2021. “生態系を活用した防災・減災(Eco-DRR).” 2021. [https://adaptation-platform.nies.go.jp/db/measures/report_052.html#:~:text=「生態系を活用した,を支える対策です\(図.](https://adaptation-platform.nies.go.jp/db/measures/report_052.html#:~:text=「生態系を活用した,を支える対策です(図.)
- Adger, W. Neil. 2006. “Vulnerability.” *Global Environmental Change* 16 (3): 268–81. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>.
- Arino, Yosuke, Xin Zhou, Mustafa Moinuddin, and S.V.R.K. Prabhakar. 2020. “An Integrated Analysis on the Determinants of the Adaptive Capacity for Reducing Climate Change Disaster Risks in Japan.” Paper Presented at the Society for Environmental Economics and Policy Studies 2020, 27 September 2020.
- Brooks, Nick, W. Neil Adger, and P. Mick Kelly. 2005. “The Determinants of Vulnerability and Adaptive Capacity at the National Level and the Implications for Adaptation.” *Global Environmental Change* 15 (2): 151–63. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.12.006>.
- Buth, Mareike, Walter Kahlenborn, Stefan Greiving, Mark Fleschhauer, Marc Zebish, Stefan Schneiderbauer, and Inke Schauser. 2017. “Guidelines for Climate Impact and Vulnerability Assessments.” https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/guidelines_for_climate_impact_and_vulnerability_assessments.pdf.
- Chen, C, I Noble, J Hellmann, J Coffee, M Murillo, and N Chawla. 2015. “University of Notre Dame Global Adaptation Index: Country Index Technical Report.” *University of Notre Dame Global Adaptation Index Country:Country Index Technical Report*, 46. https://gain.nd.edu/assets/254377/nd_gain_technical_document_2015.pdf.
- Connelly, Angela, Jeremy Carter, John Handley, and Stephen Hincks. 2018. “Enhancing the Practical Utility of Risk Assessments in Climate Change Adaptation.” *Sustainability (Switzerland)* 10 (5): 1–12. <https://doi.org/10.3390/su10051399>.
- Das, Saudamini, and Jeffrey R. Vincent. 2009. “Mangroves Protected Villages and Reduced Death Toll during Indian Super Cyclone.” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106 (18): 7357–60. <https://doi.org/10.1073/pnas.0810440106>.
- Hinkel, Jochen. 2011. “‘Indicators of Vulnerability and Adaptive Capacity’: Towards a Clarification of the Science-Policy Interface.” *Global Environmental Change* 21 (1): 198–208. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.08.002>.
- Imada, Yukiko, Hiroaki Kawase, Masahiro Watanabe, Miki Arai, Hideo Shiogama, and Izuru Takayabu. 2020. “Advanced Risk-Based Event Attribution for Heavy Regional Rainfall Events.” *Npj Climate and Atmospheric Science* 3 (1): 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41612-020-00141-y>.
- IPCC. 2012. “Summary for Policymakers.” In *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (Eds.)]. A S*.
- . 2014. *Climate Change 2014 Impacts, Adaptation, and Vulnerability Part A: Global and Sectoral Aspects Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Edited by and L.L. White (eds.) Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea. Cambridge, United Kingdom and New York: Cambridge University Press.
- . 2019. “Summary for Policymakers.” In *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*, edited by N.M. Weyer (eds.) H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama.
- Kousky, Carolyn. 2014. “Informing Climate Adaptation: A Review of the Economic Costs of

Natural Disasters." *Energy Economics* 46: 576–92. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.09.029>.

Marzi, Sepehr, Jaroslav Mysiak, and Silvia Santato. 2018. "Comparing Adaptive Capacity Index across Scales: The Case of Italy." *Journal of Environmental Management* 223 (June): 1023–36. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.06.060>.

Tapia, Carlos, Beñat Abajo, Efren Feliu, Maddalen Mendizabal, José Antonio Martinez, J. German Fernández, Txomin Laburu, and Adelaida Lejarazu. 2017. "Profiling Urban Vulnerabilities to Climate Change: An Indicator-Based Vulnerability Assessment for European Cities." *Ecological Indicators* 78: 142–55. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.02.040>.

Toya, H, and M. Skidmore. 2007. "Economic Development and the Impacts of Natural Disasters." *Economics Letters* 94 (1): 20–25.

UNDP. 2004. "Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development."

中林一樹. 2011. "事前復興と防災まちづくり 首都大学東京." 都市住宅学 72号 (43–49).

内閣府. 2003. "「地域防災力」の評価手法の確立に 関する調査(水害編)報告書."

———. 2014. "地区防災計画ガイドライン～地域防災力の向上と地域コミュニティの活性化に向けて～."

———. 2017. "地区防災計画モデル事業報告 — 平成26～28年度の成果と課題 —." 内閣府(防災担当).

———. 2021. "水害に対する地域防災力の診断." 2021. <http://www.bousai.go.jp/fusuigai/sonota/bousairyoku/index.html>.

国土交通省. 2014. "第15回 気候変動に適応した治水対策検討小委員会(平成26年7月28日)資料 4 まち・地域と連携した適応策について." https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouikikai/kikouhendou/15/%0A%09.

塩崎由人・加藤孝明・菅田寛. 2015. "自然災害に対する都市システムのレジリエンス に関する概念整理." 土木学会論文集d3 71 (3): 127–40. <https://doi.org/10.2208/jscejpm.71.127>.

大場真・戸川卓哉・渡邊学・榎原友樹. 2019. "気候変動に対する地域適応策のための脆弱性・リスク評価手法の開発: 地域レベル解像度・可視化システムと気候リスクコミュニケーション." 環境情報科学 学術研究論文集 33: 295–300.

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): 132–43. https://www.jstage.jst.go.jp/article/journalcpj/53/2/53_132/_article/-char/ja.

小杉素子・馬場健司・田中充. 2017. "災害に対する地域社会のレジリエンス性評価 質問紙調査データを用いた8地域の比較." 環境科学会誌30 (3), 225–237. https://www.mendeley.com/catalogue/2c3391ae-7949-3413-8201-dde9b7eebcfb/?utm_source=desktop&utm_medium=1.19.8&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7B6eba3c15-e6b9-4c81-9bca-154dfd804ddd%7D.

川久保俊・田中充・馬場健司. 2017. "公開統計情報に基づく日本の大都市のレジリエンス性評価." 環境科学会誌 30 (3): 215–24. <https://doi.org/10.11353/sesj.30.215>.

文部科学省・気象庁. 2020. "日本の気候変動2020 大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書 (詳細版)."

末次忠司. 2016. 事例からみた水害リスクの減災力. 鹿島出版会.

林万平. 2014. "自然災害による直接経済被害と経済・社会的要因の関連性." 経済論叢(京都大学) 第188号巻.

気候変動による水害研究会. 2018. 激甚化する水害. 日経BP社.

気象庁. 2018. "「平成30年7月豪雨」及び7月中旬以降の記録的な高温の特徴と原因について." 東京都.

永松伸吾・長坂俊成・臼田裕一郎・池田三郎. 2009. "「地域防災力」をどう評価するか—研究展望と

課題一.” 防災科学技術研究所研究報告 74: 1-11.

渡邊学・榎原友樹・脇岡靖明・大場真・戸川卓哉・ロナルド カネーロ エストケ・永井克治. 2018. “気候変動に対する脆弱性についての概念整理とそれにもとづく指標特定スキーム.” 環境情報科学 学術研究論文集 32: 61-66.

白井信雄・田中 充・嶋田知英・石郷岡康史. 2017. “気候変動適応における順応型管理 ～ 計画枠組の設定、及び水稻の計画試論.” 計画行政= *Planning and Public Management* 40 (1): 30-41.

白井信雄. 2012. “脆弱性の概念と気候変動適応における脆弱性の 構造に関する分析,” 309-17.

———. 2016. “気候変動への適応策の理論と具体化: 地方自治体における「追加的適応策」の採用のために.” 地球環境 21 (2): 103-12.

白井信雄・田中充・田村誠・安原一哉・原澤英夫・小松利光. 2014. “気候変動適応の理論的枠組みの設定と具体化の試行—気候変動適応策の戦略として—.” 環境科学会誌 27 (5): 313-23.

神尾久・今村文彦. 2005. “住民と防災担当者を対象とした防災力評価と課題抽出.” 津波工学研究報告 22: 73-86.

秦康範・前田真孝. 2020. “全国ならびに都道府県別の洪水浸水想定区域の人口の推移,” no. 18: 107-14. https://www.ccn.yamanashi.ac.jp/~yhada/_userdata/2020JASDiS.pdf.

総務省消防庁. 2003. “地方公共団体の地域防災力・危機管理能力評価指針の策定調査報告書.”

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: おりやま広域連携中枢都市圏を事例として.” 環境情報科学 学術研究論文集 34: 234-39.

馬場健司・田中充. 2015. “レジリエントシティの概念構築と評価指標の提案” 50 (1): 46-53.

齋藤貴史・糸井川栄一. 2017. “地区防災計画の策定が地域コミュニティの防災力に対する 成果と課題に関する研究 A Study on the Outcomes and Issues by Making Community Disaster Management Plan upon Community.” 地域安全学会論文集, no. 31: 97-106.

付録

表6. 質問紙調査で想定した対策リストと適応能力・感受性との対応関係と現状の対策実施レベルに関する重要度スコア（合計1または2：最右列）

対策のタイプ (レベル)	対策	適応能力														感受性				各対策の 合計スコア		
		インフラ		経済	財政	教育(自助)		情報(自助・共助)		コミュニティガバナンス(共助)				行政制度(公助)		人間		建物	土地利用			
		防災・非防災	世帯所得・貯蓄等	地域コミュニティの財政	自主避難判断力	危険認知度	気候変動対応学習能力	監視警戒力	情報伝達力	避難誘導力	水防活動	救助・救援力	防災体制整備度	対策基盤整備度	防災体制整備度	気候変動対応学習能力	科学的予測能力	年齢	要援護者(社会的弱者)		住宅特性(階数、材質、築年数等)	まち・地域コミュニティの構造(居住地・産業・避難所等の立地等)
A. ハード対策 (防衛)	A1. 海岸設備の整備	2.00																				2
	A2. 河川設備の整備	2.00																				2
	A3. (上)下水道設備の整備(浸水対策等)	2.00																				2
	A4. 農業用排水設備の整備	2.00																				2
	A5. 砂防設備の整備	1.00																				1
	A6. 治山設備の整備	1.00																				1
	A7. 防災・減災を目的とした森林管理	0.50																			0.50	1
	A8. 防災・減災を目的とした湿地管理	0.50																			0.50	1
	A9. 河川下流～上流の一体的な整備及び管理	0.50											0.50	0.50							0.50	2
	A10. 既存のハード整備項目と気候変動適応策との対応策の整備	0.50												0.50								1
B. ソフト対策 (リスク最小化)	B1. 高齢者の避難支援				0.33				0.33								0.33					1
	B2. 災害時要援護者の避難支援				0.33				0.33									0.33				1
	B3. 避難所の環境改善	2.00																				2
	B4. 避難所運営に関わる自治体職員の訓練・準備													2.00								2
	B5. 避難所の風水害リスクを踏まえた整備(移転含む)	0.40											0.40	0.40	0.40				0.40			2
	B6. 風水害を対象とした避難訓練の実施支援			0.25	0.25	0.25	0.25			0.25	0.25	0.25	0.25									2
	B7. 防災行政無線の戸別受信機の設置支援		0.50						0.50													1
	B8. 防災行政無線以外の早期警報システムの構築・運用	0.25			0.25	0.25		0.25	0.25				0.25	0.25	0.25							2
	B9. 住民主導の監視カメラ・センサー設置支援	0.25	0.25	0.25				0.25														1
	B10. 洪水ハザードマップの作成(または支援)				0.33	0.33			0.33	0.33									0.33	0.33		2
	B11. 土砂災害ハザードマップの作成(または支援)				0.33	0.33			0.33	0.33									0.33	0.33		2
	B12. 洪水ハザードマップの想定引き上げ				0.22	0.22	0.22		0.22	0.22					0.22	0.22			0.22	0.22		2
	B13. 土砂災害ハザードマップの想定引き上げ				0.11	0.11	0.11		0.11	0.11					0.11	0.11			0.11	0.11		1
	B14. 不動産取引におけるハザードマップ情報提供の勧告				0.14	0.14	0.14		0.14	0.14									0.14	0.14		1
	B15. ハザードマップを考慮した居住地の移転・誘導勧告				0.14	0.14	0.14		0.14	0.14									0.14	0.14		1
	B16. 防災教育				0.25	0.25	0.25			0.25												1
	B17. 地域防災計画における風水害の特定災害対策計画の強化・見直し												0.33	0.33	0.33							1
	B18. 地区防災計画の作成支援				0.13	0.13		0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13									1
	B19. 自主防災組織への支援				0.29	0.29		0.29	0.29	0.29	0.29	0.29										2
	B20. 風水害の防災・減災に資する災害協定の特定													0.67	0.67	0.67						2
	B21. 復興準備計画の策定													0.50	0.50							1
	B22. 復興準備計画の風水害に備えた見直し													0.33	0.33	0.33						1
	B23. 災害対応業務に係るマニュアル・手順書の風水害に備えた見直し													0.67	0.67	0.67						2
	B24. 既存施策リストの気候変動適応策との関連付け													0.33	0.33	0.33						1
	B25. BCP(業務継続計画)の策定・定期的な見直し													1.00	1.00							2
B'. ソフト対策 (リスク最小化) ※質問紙調査により得られた、気候変動適応策の追加対策項目	B26. 市町村が実施するソフト対策全般に対する財政支援																				0	
	B27. 避難情報発令エリアの見直し																				0	
	B28. 出前講座、シンポジウム、セミナー開催など啓発の実施																				0	
	B29. LINEによる情報発信																				0	
	B30. 多言語(10言語)対応したメール配信サービスの運用開始																				0	
	B31. 災害対策本部体制の見直し																				0	
	B32. 防災関係機関の情報共有システムの機能強化																				0	
	B33. 地方気象台と連携した気候講演会の開催																				0	
	B34. 気候変動適応策等の普及啓発																				0	
	B35. 長期的な気候変動影響予測の情報収集及び分析業務の委託																				0	
B36. 気候変動適応センターとの連携による事業実施																				0		
C. 転換策 (再構築)	C1. 住宅構造・敷地を考慮した待機・避難勧告				0.50	0.50		0.50											0.50			2
	C2. 災害危険区域等の拡充・見直し					1.00														1.00		2
	C3. 居住誘導区域の設定					1.00														1.00		2
	C4. 住居の移転・誘導					1.00														1.00		2
	C5. 住居の移転(立ち退き)を伴う遊水地・調整池の新設					0.33														0.33	0.33	1
	C6. 都市開発・土地利用計画の変更・差し止め												0.33	0.33						0.33		1
	C7. 事前復興計画の策定												0.33	0.33						0.33		1
	C8. 事前復興計画の風水害に備えた見直し												0.20	0.20	0.20	0.20				0.20		1
	C9. 産業誘致を主目的とした、風水害関連のハード整備計画	0.17											0.17	0.17	0.17	0.17				0.17		1

表7. 質問紙調査で想定した対策リストと適応能力・感受性との対応関係と将来の適応策の必要性に関する重要度スコア(合計1または2:最右列)

対策のタイプ (レベル)	対策	適応能力													感受性					各対策の 合計スコア			
		インフラ	経済	財政	教育(自助)			情報(自助・共助)		コミュニティガバナンス(共助)				行政制度(公助)			人間	建物	土地利用				
		防災・非防 災	世帯所得・ 貯蓄等	地域コミュ ニティの財 政	自主避難 判断力	危険認知 度	気候変動 対応学習 能力	監視警戒 力	情報伝達 力	避難誘導 力	水防活動 度	救助・救護 力	防災体制 整備度	対策基礎 整備度	防災体制 整備度	気候変動 対応学習 能力	科学的予 測能力	年齢	要保護者(社会 的弱者)		住宅特性(階 数、材質、築年 数等)	まち・地域コミュ ニティの構造 (居住地・産業 避難所等の立 地等)	自然環境(森 林、遊水地等)
A. ハード対策 (防衛)	A1. 海岸設備の整備	1.00																					1
	A2. 河川設備の整備	2.00																					2
	A3. (上)下水道設備の整備(浸水対策等)	2.00																					2
	A4. 農業用排水設備の整備	2.00																					2
	A5. 砂防設備の整備	1.00																					1
	A6. 治山設備の整備	1.00																					1
	A7. 防災・減災を目的とした森林管理	1.00																			1.00		2
	A8. 防災・減災を目的とした湿地管理	0.50												0.50	0.50						0.50		1
	A9. 河川下流～上流の一体的な整備及び管理	0.50												0.50							0.50		2
	A10. 既存のハード整備項目と気候変動適応策との対応表の整備	1.00													1.00								2
B. ソフト対策 (リスク最小化)	B1. 高齢者の避難支援				0.33					0.33								0.33					1
	B2. 災害時要保護者の避難支援				0.33					0.33									0.33				1
	B3. 避難所の環境改善	1.00																					1
	B4. 避難所運営に関わる自治体職員の訓練・準備													1.00									1
	B5. 避難所の風水害リスクを踏まえた整備(移転含む)	0.40												0.40	0.40	0.40				0.40		2	
	B6. 風水害を対象とした避難訓練の実施支援			0.13	0.13	0.13				0.13	0.13	0.13											1
	B7. 防災行政無線の戸別受信機の設置支援		0.50					0.50															1
	B8. 防災行政無線以外の早期警報システムの構築・運用	0.13			0.13	0.13		0.13	0.13				0.13	0.13	0.13								1
	B9. 住民主導の監視カメラ・センサー設置支援	0.50	0.50	0.50				0.50															2
	B10. 洪水ハザードマップの作成(または支援)				0.33	0.33			0.33	0.33										0.33	0.33		2
	B11. 土砂災害ハザードマップの作成(または支援)				0.33	0.33			0.33	0.33										0.33	0.33		2
	B12. 洪水ハザードマップの想定引き上げ				0.22	0.22	0.22		0.22	0.22						0.22	0.22			0.22	0.22		2
	B13. 土砂災害ハザードマップの想定引き上げ				0.22	0.22	0.22		0.22	0.22						0.22	0.22			0.22	0.22		2
	B14. 不動産取引におけるハザードマップ情報提供の勧告				0.14	0.14	0.14		0.14	0.14										0.14	0.14		1
	B15. ハザードマップを考慮した居住地の移転・誘導勧告				0.14	0.14	0.14		0.14	0.14										0.14	0.14		1
	B16. 防災教育				0.25	0.25	0.25			0.25													1
	B17. 地域防災計画における風水害の特定災害対策計画の強化・見直し												0.33	0.33	0.33								1
	B18. 地区防災計画の作成支援				0.25	0.25		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25										2
	B19. 自主防災組織への支援				0.29	0.29		0.29	0.29	0.29	0.29	0.29											2
	B20. 風水害の防災・減災に資する災害協定の特定												0.33	0.33	0.33								1
	B21. 復興準備計画の策定												0.50	0.50									1
	B22. 復興準備計画の風水害に備えた見直し												0.33	0.33	0.33								1
	B23. 災害対応業務に係るマニュアル・手順書の風水害に備えた見直し												0.33	0.33	0.33								1
	B24. 既存施策リストの気候変動適応策との関連付け												0.33	0.33	0.33								1
	B25. BCP(業務継続計画)の策定・定期的な見直し												0.50	0.50									1
B'. ソフト対策 (リスク最小化) ※質問紙調査に より得られた、気 候変動適応策の 追加対策項目	B26. 市町村が実施するソフト対策全般に対する財政支援			0.67							0.67	0.67											2
	B27. 避難情報発令エリアの見直し							0.50							0.50	0.50				0.50		2	
	B28. 出前講座、シンポジウム、セミナー開催など啓蒙の実施				0.67	0.67	0.67															2	
	B29. LINEによる情報発信							2.00														2	
	B30. 多言語(10言語)対応したメール配信サービスの運用開始							1.00										1.00				2	
	B31. 災害対策本部体制の見直し												1.00	1.00								2	
	B32. 防災関係機関の情報共有システムの機能強化												1.00	1.00								2	
	B33. 地方気象台と連携した気候講演会の開催				0.29	0.29	0.29	0.29	0.29					0.29	0.29								2
	B34. 気候変動適応策等の普及啓蒙				0.40	0.40	0.40									0.40	0.40						2
	B35. 長期的な気候変動影響予測の情報収集及び分析業務の委託													0.67	0.67	0.67							2
B36. 気候変動適応センターとの連携による事業実施													0.67	0.67	0.67							2	
C. 転換策 (再構成)	C1. 住宅構造・階数を考慮した特種・避難勧告				0.50	0.50		0.50											0.50				2
	C2. 災害危険区域等の拡充・見直し					1.00															1.00		2
	C3. 居住誘導区域の設定					1.00															1.00		2
	C4. 住居の移転・誘導					1.00															1.00		2
	C5. 住居の移転(立ち退き)を伴う遊水地・調整池の新設					0.33															0.33	0.33	1
	C6. 都市開発・土地利用計画の変更・差し止め												0.33	0.33							0.33		1
	C7. 事前復興計画の策定												0.33	0.33							0.33		1
	C8. 事前復興計画の風水害に備えた見直し												0.20	0.20	0.20	0.20					0.20		1
	C9. 産業誘致を主目的とした、風水害関連のハード整備計画																						0

注) 赤色の対策は、現状の対策実施レベルは下位半分だが将来の適応策の必要性レベルが上位半分または高く認識されている対策をさす。将来の気候変動に備えた対策として、現状対策の単純延長では十分ではなく、新規もしくは非連続的な対策実施が必要な防災・減災対策および適応策であるため、政策検討に際して十分留意する必要がある。

表8. 気候変動適応のために必要と回答されたソフト対策項目(表6、7を拡大かつ詳細化)

B'. ソフト対策 (リスク最小化)	B26. 市町村が実施するソフト対策全般に対する財政支援(例: 資機材整備、ハザードマップ作成、避難所整備等)※ハザードマップはB10～13、避難所整備はB5で考慮)
	B27. 避難情報発令エリアの見直し
	B28. 出前講座、シンポジウム、セミナー開催など啓発の実施
	B29. LINEによる情報発信
	B30. 多言語(10言語)対応したメール配信サービスの運用開始
	B31. 災害対策本部体制の見直し
	B32. 防災関係機関の情報共有システムの機能強化
	B33. 地方気象台と連携した気候講演会の開催
	B34. 気候変動適応策等の普及啓発
	B35. 長期的な気候変動影響予測の情報収集及び分析業務の委託
	B36. 気候変動適応センターとの連携による事業実施

表9. ハード対策に関する質問紙調査の回答結果: 対策実施レベルの自治体間平均値と将来の適応が必要と回答した自治体数(割合)

ハード対策項目	対策実施レベルの自治体間平均値 (回答時スコア: 1～5)	将来の適応策が必要と回答した自治体数 (割合[%])
A2. 河川設備の整備(例: ダム、堤防、河川の付け替え、放水路、調整池)	2. 71	55%
A3. (上)下水道設備の整備(例: 雨水の貯水・排水設備)	2. 71	42%
A4. 農業用排水設備の整備(例: 遊水池、ため池)	2. 61	34%
A1. 海岸設備の整備(例: 防波堤、防潮堤、岸壁)	2. 60	34%
A9. 河川下流～上流の一体的な整備(例: ハード整備に係わる部署間連携)	2. 40	37%
A5. 砂防設備の整備(例: 砂防ダム)	2. 35	26%
A7. 防災・減災を目的とした森林整備(例: 間伐、補植、森林の高年齢化・大径木化等)	2. 27	45%
A6. 治山設備の整備(例: 治山ダム)	2. 26	32%
A10. 既存のハード整備項目と気候変動適応策との対応表の整備(例: 気候変動適応策と関連する施策の洗い出し)	1. 83	34%
A8. 防災・減災を目的とした湿地整備	1. 06	5%

注) 98自治体に送付、回収数37、有効回答数37、有効回答率38%。対策実施レベルの回答時スコアは次の通りである。
「1. 特段の整備は実施していない、2. 過去の実測値を踏まえた整備を準備・計画中である、3. 過去の実測値を踏まえた整備を実施済み・継続中であるが、将来の気候変動予測に基づいた整備は実施していない、4. 将来の気候変動予測に基づいた整備を設計済みであるが、実施していない、5. 将来の気候変動予測に基づいた整備を設計済み、かつ実施済み・継続中である」

表10. ソフト対策に関する質問紙調査の回答結果:対策実施レベルの自治体間平均値

ソフト対策項目	対策実施レベルの自治体間平均値 (回答時スコア:1~5)	将来の適応策が必要と回答した自治体数 (割合[%])
B25. BCP(業務継続計画)の策定・定期的な見直し	4.69	-
B10. 洪水ハザードマップの作成(または支援)	4.68	-
B11. 土砂災害ハザードマップの作成(または支援)	4.65	-
B19. 自主防災組織への支援(例:リーダー育成研修)	4.47	-
B8. 防災行政無線以外の早期警報システムの構築・運用 (例:自治体職員によるアラート運用訓練の実施)	4.44	-
B12. 洪水ハザードマップの想定引き上げ (例:発生確率30年に1回の洪水から100年に1回の洪水へ)	4.41	-
B4. 避難所運営に関わる自治体職員の訓練・準備(例:担当者名簿作成)	4.28	-
B5. 避難所の風水害リスクを踏まえた整備 (例:ハザードマップ浸水エリア内の避難所の廃止及び避難所の浸水エリア外への設定)	4.18	-
B23. 災害対応業務に係るマニュアル・手順書の風水害に備えた見直し	4.18	-
B6. 風水害を対象とした避難訓練の実施支援	4.16	-
B20. 風水害の防災・減災に資する災害協定の特定	4.06	-
B3. 避難所の環境改善	4.03	-
B2. 災害時要援護者(高齢者以外)の避難支援	3.97	-
B1. 高齢者の避難支援	3.88	-
B17. 地域防災計画における風水害の特定災害対策計画の強化・見直し	3.88	-
B16. 防災教育(例:教科書への記載、教育課程への統合)	3.81	-
B18. 地区防災計画の作成支援	3.41	-
B7. 防災行政無線の戸別受信機の設置支援	3.38	-
B13. 土砂災害ハザードマップの想定引き上げ	3.28	-
B14. 不動産取引におけるハザードマップ情報提供の勧告	2.85	-
B21. 復興準備計画の策定	2.71	-
B24. 既存施策リストの気候変動適応策との関連付け (例:気候変動適応策と関連する施策のリスト化)	2.61	-
B22. 復興準備計画の風水害に備えた見直し	2.35	-
B15. ハザードマップを考慮した居住地の移転・誘導勧告	2.27	-
B9. 住民主導の監視カメラ・センサー設置支援(例:近隣の河川や崖への設置)	1.80	-

注)98自治体に送付、回収数37、有効回答数37、有効回答率38%。対策実施レベルの回答時スコアは次の通りである。「1. 政策課題として認識していない、2. 課題認識しているがまだ計画には至っていない、3. まだ対策を実施していないが準備・計画中である、4. 対策を実施済みであるがまだ十分ではない、5. 対策をほぼ十分に実施済み・継続中である」なお、ソフト対策の将来の適応策の必要性は自由記述式回答としたため、3.1節の評価においては、少なくとも1つの自治体により必要と回答された対策にスコア2、それ以外の対策にスコア1を付与した。

表11. 転換策に関する質問紙調査の回答結果:対策実施レベルの自治体間平均値と将来の適応が必要と回答した自治体数(割合)

転換策項目	対策実施レベルの自治体間平均値 (回答時スコア:1~5)	将来の適応策が必要と回答した自治体数 (割合[%])
C2. 災害危険区域等の拡充・見直し	3.93	29%
C1. 住宅構造・階数を考慮した待機・避難勧告(例:平屋の居住者への勧告、ハザードマップ浸水深に基づいた垂直避難の有効性の通知、より安全な部屋での就寝)	3.24	47%
C3. 居住誘導区域の設定	3.21	29%
C4. 住居の移転・誘導(例:災害危険区域から居住誘導区域への誘導)	2.63	21%
C7. 事前復興計画の策定	2.46	-
C8. 事前復興計画の風水害に備えた見直し	2.19	8%
C6. 都市開発・土地利用計画の変更・差し止め(例:建築基準法第84条に基づく指定区域の建築制限に準ずる措置)	1.96	8%
C5. 住居の移転(立ち退き)を伴う遊水地・調整池の新設	1.83	5%
C9. 産業誘致を主目的とした、風水害関連のハード整備計画	1.58	5%

注)98自治体に送付、回収数37、有効回答数37、有効回答率38%。対策実施レベルの回答時スコアは次の通りである。「1. 政策課題として認識していない、2. 課題認識しているがまだ計画には至っていない、3. まだ対策を実施していないが準備・計画中である、4. 対策を実施済みであるがまだ十分ではない、5. 対策をほぼ十分に実施済み・継続中である」



公益財団法人 地球環境戦略研究機関（IGES）

〒240-0115 神奈川県三浦郡葉山町上山口 2108-11

電話：046-855-3700 FAX：046-855-3709

E-mail：iges@iges.or.jp URL：https://iges.or.jp/