

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

Theory and concretization of adaptation measures to climate change :
for the adoption of “additional adaptation” in the local government

白井 信雄*
Nobuo SHIRAI*

法政大学 サステナビリティ実践知研究機構
The Research Institute of Practical Wisdom for Sustainability, Hosei University

摘 要

本稿では、気候変動適応策について、特に現在実施されている適応策に対して追加して実施すべき適応策（「追加的適応策」）に着目し、その理論的枠組みの設定と具体化を行った。主な成果は、次の4点である。

第1に、適応策とは抵抗力の改善であり、抵抗力には適応能力と感受性の二つがある。このうち、追加的適応策としては、感受性の根本改善が重要である。また、短期的な影響への適応だけでなく、中・長期的な影響に対する順応型管理システムの構築が肝要である。

第2に、感受性の根本改善を検討するために、影響の社会経済的な要因分析が必要となる。感受性の要素としては、①土地利用、②社会経済的弱者、③活動の画一性等の面が考えられるが、さらに影響事例の分析が必要である。

第3に、順応型管理においては、①予測と代替案の設定、②監視と予防、③科学と政策の連動、④関係者による情報共有と学習が重要である。順応型管理は、これらの方法をあらかじめ計画しておく点で、単純なPDCA(plan-do-check-act)と異なる。

第4に、地域の主体が気候変動の影響事例を調べ、それを共有することで気候変動の影響を自分の課題として捉える学習プログラム（「気候変動の地元学」と名づける）は、地域主体の適応さらには緩和への意識を高めるうえで効果的である。

キーワード：気候変動、追加的適応策、感受性、順応型管理、地元学

Key words : climate change, additional adaptation, sensitivity, adaptive management, jimoto-gaku (study of locals)

1. はじめに

気候変動の適応策は、新しい施策であり、揺籃期にある。このため、初期採用者による成果が確立してくるまで、追隨的な採用者は判断を保留しがちである。加えて、これまで緩和策を実施してきたところに、もう一つの気候変動対策として適応策を導入するという状況的特性を持つ。このため、人材や予算等の行政資源の配分上、適応策に十分な割り当てがなく、適応策の検討は阻害されやすい。しかし、こうした状況的特性だけでなく、適応策が持つ性質が円滑な採用を疎外していることが明らかになってきた。

2010～2014年に環境省環境研究総合推進費にて実施された「S-8 温暖化影響評価・適応政策に関す

る総合的研究(以下、S-8研究と表記)」においては、気候変動の地域への影響の予測結果を活用した適応策のモデルスタディが実施されたが、この検討は決して容易なものではなかった。その様子は、法政大学が事務局を務めた「地域適応フォーラム」におけるシンポジウムや研修会の地方自治体関係者の資料から、垣間見ることができる。

例えば、地球温暖化対策部局が庁内関連部局に呼びかけて適応策の検討会を設置したところ、「将来の気候変動予測は確定できない不確実な状況下で、実行計画に盛り込むような適応策が検討できるのか。」という問いかけがなされたという報告がある。また、「温暖化対策課はどこまでやるつもりなのか。施策を並べてとりあえずの形にするだけでよいのか。」、「環境部局が適応策を取りまとめる意味はど

受付：2016年3月5日、受理：2016年8月17日

* 〒194-0298 東京都町田市相原町4342, e-mail: nobuo.shirai.33@hosei.ac.jp

ここにあるのか(=各部署の施策の中で適応の考え方を取り入れれば良いのではないか)」という声も報告されている。こうした関連部署の反応は他の報告にも見られ、各地域に共通する課題であったと考えられる。

このため、S-8研究では地方自治体における適応策の採用における課題分析と課題解消のためのガイドラインを作成した。まず、白井・馬場(2014)¹⁾では、適応策の検討に先行する四つの地方自治体の温暖化対策担当と農政課にインタビュー調査を行い、適応策の促進要因と阻害要因を体系的に取りまとめた。特に適応策の阻害要因としては、適応策の持つ性質によるところが大きいことが示された。つまり、将来影響予測の不確実性、不確実性を踏まえ実施すべき適応策の不明確さが、適応策の円滑な採用を阻害していた。

法政大学(2015)「気候変動適応ガイドライン」²⁾では、2012年に第一版を作成した後、関係者との対話を進め、適応策の受容されにくさを解消するための改良を行い、2014年に第二版、2015年に第三版を作成した。第一版及び第二版では、①検討の成果目標を適応策の基本方針とすることを提案し、②追加的適応策の具体像を提示した。①については、適応策に関する意識や情報、ノウハウの形成の状況から“全体計画”を直ちに策定することは障害が多いため、当面の適応策検討の成果物は、地球温暖化対策部局が庁内関連部局とともに共有する“基本方針”とした。②については、現在発生している気候災害への対策に対してどのような適応策を追加すべきかが提示されないと、関連部署の関心や意識を高めることが困難であるという状況が確認されたため、現行施策に対する“追加的適応策”の考え方と具体例を明らかにした。

ここで、追加的適応策とは、「現在実施されている適応策に対して、追加して実施すべき、あるべき適応策」のことを指す。

以上のような適応策の行政施策として採用に係る経緯とを踏まえ、本稿では、追加的適応策の理論的枠組みの整理と具体化に係る研究成果を取りまとめる。

2. 目的と方法

2.1 既往研究と目的

適応策の理論は、日本国内では、環境省(2008)「気候変動への賢い適応」³⁾、環境省(2010)「気候変動適応の方向性」⁴⁾、そして、2015年に閣議決定された「気候変動の影響への適応計画」⁵⁾に示されてきた。これらは、行政の施策方針あるいは計画としてまとめられたものである。S-8研究の成果としては法政大学(2015)「気候変動適応ガイドライン」²⁾を作成し、地方自治体における適応策の検討手順を示すとともに、特に追加的適応策の考え方や具体像の

提案を行った。追加的適応策という視点は、同ガイドラインで初めて示されたものである。同ガイドラインの内容をさらに詳細に掘り下げた、追加的適応策に関連する研究論文が、法政大学及び他研究機関の研究成果として公表されている⁶⁾。

本稿では、「気候変動適応ガイドライン」²⁾における追加的適応策の理論とその具体化に係る研究成果を整理するとともに、更に今後の研究課題を考察する。これにより、追加的適応策に関する行政施策やそれを支援する今後の研究の推進に資することを目的とする。

2.2 方法

本稿では、S-8研究の一環として法政大学及び他研究機関と連携して実施した追加的適応策に関する既往研究を総合的に整理する。具体的には次の4点を整理し、必要に応じて新たな考察を加える。(1)で追加的適応策として、「感受性の根本改善」と「中・長期的影響への順応型管理」という二つの側面が重要であるという理論的枠組みを整理し、各々を具体化する研究成果を(2)と(3)で整理する。また、適応策に取り組む主体形成が課題であることから、そのための方法論を開発した研究成果を(4)にまとめる。

(1) 追加的適応策の理論的枠組みと取組状況

追加的適応策に関する気候変動適応の理論的枠組み⁶⁾をまとめる。さらに、追加的適応策に関する記述に関する農業分野の計画の分析結果⁷⁾の成果を整理し、追加的適応策の取組状況を明らかにする。

(2) 追加的適応策の側面である「感受性の根本改善」の具体化

追加的適応策の一つの側面である「感受性の根本改善」について、具体的な事例での気候変動影響の要因分析⁸⁾、さらに長野県飯田市で実施した気候変動の地域への影響調べの結果⁹⁾を示し、それらを踏まえて感受性の根本改善の方策の具体像を明らかにする。

(3) 追加的適応策としての「中・長期的な影響への順応型管理」の具体化

追加的適応策の二つめの側面として重要な中・長期的な影響への順応型管理について、埼玉県の水稲について順応型管理の計画を具体化した結果¹⁰⁾を示す。さらに、気候変動適応において順応型管理の方法を採用する意義や従来の計画手法と異なる点を整理する。

(4) 適応策の主体形成

追加的適応策の検討及び推進において、地域主体の適応策に関する理解と行動が重要であることを整理したうえで、地域主体の形成について有効な学習プログラム(「気候変動の地元学」)について、成果と今後の課題を整理する^{11), 12)}。

3. 結果

3.1 追加的適応策の理論的枠組みと取組状況

白井ら⁶⁾は、適応策のレベルと影響の時間スケールの観点から実施すべき適応策の方向性を図1のように整理した。ここでは三つの適応策の方向性を示しているが、追加的適応策としては、特に「感受性の根本改善」と「中・長期的影響への順応型管理」が重要である。

(1) 適応策のレベルと感受性の根本改善との関係

IPCC¹³⁾では、気候変動の脆弱性を「気候変動や極端現象を含む気候変化の悪影響によるシステムの影響の受けやすさまたは対処できない度合い、脆弱性はシステムがさらされる気候変動の特徴、大きさ、速度と、システムの感度、適応能力の関数である」と定義した。環境省⁵⁾においても、IPCCの定義を脆弱性の定義として引用している。

これを踏まえて、白井ら⁶⁾は、気候変動の影響は、温室効果ガスの排出による気候変化(気候外力)の増大だけでなく、社会基盤施設の老朽化、地域住民の高齢化等による抵抗力(レジリエンス)の低下によっても顕在化されるという点に注目した。そして、Komatsu *et al.*¹⁴⁾が指摘するように、時間軸で考えると、将来的に気候外力の増加と抵抗力の低下が進み、その差(これを脆弱性とする)が拡大することになる。このため、気候外力の増大を抑制する緩和策と、抵抗力の低下を改善する適応策の両方からの脆弱性の改善が必要となる。

さらに、抵抗力には二つの側面がある。一つは適応能力であり、もう一つが感受性である。適応能力は適応策を実施する備えや実施能力等であり、感受性は気候変動の影響の受けやすさである。感受性の具体例は後述するが、例えば、熱中症を顕在化させる感受性に係る要因としては、高齢者の増加や独居老人の増加、近隣の見守り関係の劣化等があげられる。

地震や津波等の自然災害の分野では、災害外力の

程度をレベル1とレベル2に分け、想定してきた範囲(レベル1)を超えるレベル2に対する対策の必要性が提示されてきた。これらは、東日本大震災の経験を経て、従来対策の限界より高い強度を想定した対策を打ち出すための考え方である。気候変動分野では、より長期的にはレベル2を超える災害外力の増加を想定しておく必要があるという視点から、レベル3以上の想定を提示している。例えば、日本学術会議¹⁵⁾では四つのレベルを提示し、レベル2までは従来の水災害対策の認識の延長線上にあるが、レベル3以上は新たな適応策が必要となるとしている。

以上を踏まえて、白井ら⁶⁾は、気候変動の影響は、気候外力の低下と抵抗力の低下によって決まる影響の深刻度から、(気候変動の影響を問わず)三つのレベルに分けることができるとした。レベル1は対策により影響を発生させないゼロリスク目指す(ことが可能な)レベルである。レベル2は、影響が深刻であり、ある程度の影響の発生が避けられないため、一定のリスクを受け入れつつ受容可能な範囲に留める(ことが可能な)レベルである。レベル3は、影響が避けられずかつ甚大であるため、レベル1やレベル2を想定した対策ではリスクが受容不可能になるレベルである。

三つのレベルに対応する適応策として、各々に対応する防御、影響最小化、転換・再構築という考え方を整理することができる。例えば、水災害の分野で言えば、防御は防災、影響最小化は減災という概念に対応するものであり、既に災害対策として取り組まれている対策である。レベル3に対応する転換・再構築は、土地利用の変更や関係者の合意を必要とすることから、長期的な視点からの気候外力の増加と抵抗力の低下を予測し、関係者の理解を得ながら時間をかけて実施していく漸進的な対応が必要となる。

抵抗力との対応でいえば、レベル1に対応する防御とレベル2に対応する影響最小化は適応能力の向

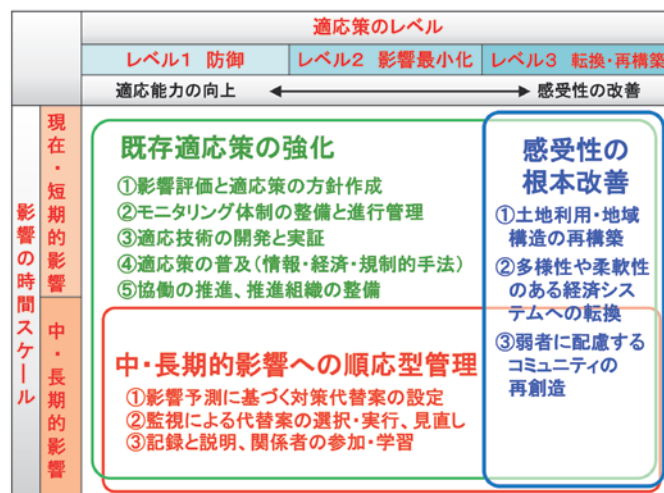


図1 実施すべき適応策の方向性。(白井ら⁶⁾より転載)

上であり、レベル3に対応する転換・再構築は感受性の根本改善である。現状では、レベル2までは対策が取られつつあるが、追加的適応策としてはレベル3への対策が重要となる。

以上のような影響のレベルと対応する適応策、さらに、感受性の根本改善との関連を表1に整理した。

(2) 時間スケールと順応型管理の考え方

白井らは、(1)に示したレベルに加えて時間スケールが重要な検討項目であるとして、適応策を確実性の高い「現在・短期的な影響」への対応と、影響の程度や発生時期の予測に不確実性を伴う「中・長期的影響」への対応に分けている⁶⁾。「現在・短期的影響」への対応には、既に発生してしまった影響からの回復、現在発生している影響への対策、あるいは近い将来発生する確率が高い影響への準備(気象警報システム等)が含まれる。「中・長期的影響」への対応には、平均気温や平均降水量の増加、大雨の回数のように気候の傾向が変わる影響への対策と、最高気温や最大時間降雨量(異常豪雨)、最大積雪深等のような最大値あるいは最小値の変動幅の増加に対する対策がある。

現在、実施されている適応策は、顕在化している影響に対するものであり、将来影響予測を必要とする「中・長期的影響」への適応策は、追加的適応策として必要となる。この際、「中・長期的影響」への適応策は、将来を見越して現段階から準備していくもの(例：高温耐性の品種開発等)と、現段階では準備をしておき、状況に応じて実施していくもの(例：居住地の集団移転等)がある。こうした将来への準備と状況に応じた実施の方法を、「順応型管理」ということができる。

(3) 追加的適応策の取組状況

行政施策における追加的適応策の検討状況を確認するため、佐々木ら⁷⁾は、農業分野における温暖化

対策として取り組まれている計画・戦略等を参照し、適応効果をもつ施策を抽出した。この結果、ほとんどの施策は、従来型の農業生産の方法を改善していく施策であった。一方、社会関係資本や農業経営に踏み込んだ施策(すなわち、感受性の根本改善に踏み込んだ施策)は少ないことが確認された。また、時間スケールでは、現在影響に対応する施策が多くみられた。ただし、より先を見据えた技術開発・予測研究も開始されていることが確認された。

なお、この分析は、2012年までの農業分野における関連計画を対象にしている。その後、農林水産省¹⁶⁾として、農業分野の適応計画が策定されている。同計画では、適応策の基本的考え方として、「現時点で影響評価の無いものについても影響評価を実施することに加え、生産現場での課題への対処の観点から、今世紀末までの影響評価を踏まえつつ、当面10年程度に必要な取組を中心に分野・品目ごとに計画として整理し推進していく。」と記述している。このように、農業分野での中・長期的影響への適応策の検討は、今後、強化されていく方向にあると考えられる。なお、農林水産省¹⁶⁾を見る限り、技術対策が中心であり、感受性の根本改善に踏み込んだ適応策については、さらに検討が必要な状況にある。

3.2 「感受性の根本改善方策」の具体化

感受性の根本改善に係る適応策を具体化するためには、気候変動の影響を顕在化させる社会経済的な要因を明らかにする必要がある。このため、白井ら⁸⁾は、影響分野毎の影響構造図による整理、影響事例(アクシデント)の要因分析、住民認知によるミクロな社会経済的要因の抽出等を実施した。

(1) 影響分野毎の影響構造図による整理

白井ら⁸⁾では、影響分野ごとに影響を規定する要因の構造図を作成し、感受性と適応能力に係る要因を抽出して、分野横断的な整理を試みた。

表1 気候変動の影響の3つのレベルと対応する適応策。(白井ら⁸⁾をもとに作成)

区分		対応する適応策		追加的適応策との関連
レベル1	従来の気候災害、あらゆる対策を組み合わせることで、ゼロリスクを守ることができるレベル	防御	ハードウェアを中心に、ソフトウェアの効果的な運用等により、生命や財産を守る	「適応能力の向上」で対応するレベル。防御や影響最小化という対策は既に実施されている場合が多い。
レベル2	気候変動による自然外力の上昇等により、ゼロリスクを守りきれなくなるレベル、受容可能な範囲のリスクに留める	影響最小化	一定の被害を受けいれ、ソフトウェアやヒューマンウェアの整備により、生命だけは守る、あるいは気候災害後の復旧を容易にする	
レベル3	自然外力の上昇や抵抗力の低下等により、レベル2の定常化やそれを超える想定外の大災害が起こるレベル、従来対策ではリスクが受容不可能	転換・再構築	ハードウェア、ソフトウェア、ヒューマンウェアの全ての構造をつくりなおす、例えば気候変動の影響を受けにくい土地利用や社会経済構造、コミュニティ等をつくる	追加的適応策として重視される。現在のシステムや構造における「感受性の根本改善」を図るものであり、時間をかける漸進的な対応となる。

注)ハードウェアとは設備や構造物、ソフトウェアは制度や情報、ヒューマンウェアは人の意識や関係性を示す。

この際、感受性については生物物理的要因(自然条件・自然状態, 土地利用, 人工施設・基盤), 社会経済的要因(活動様式・社会関係資本, 社会経済構造)を, 適応能力は技術・知識, 制度・施策, 意識・能力を要因の分類軸として整理を行った。感受性に関する検討結果を以下に要約する。

- ① 感受性のうち, 土地利用に係る要因が各影響分野に共通して抽出された。総括的にいえば, 土地利用に係る課題は, 「水, 大気, 熱等の自然システムの循環を阻害する人工的かつ集積的な土地利用」にある。水質分野では流域の土地利用による面源負荷・内水域等への水質汚濁物質の蓄積が, 農業では農地の持つ地力の低下, 森林生態系では生物生息地の分断等が感受性の要因となっている。熱中症では, 高密度化し風の道を分断した都市空間, 水資源(喝水)では流域の下流に位置することが多い都市への過度な活動集中, 水災害では下流に位置する都市への産業や居住の過剰な集積が被害を拡大させている。
- ② 感受性のうち, 活動様式・社会関係資本については, 気候変動の影響が人体に直接及ぶ水災害と熱中症, 感染症については, 「気候変動の影響を受けやすい社会経済的弱者」としての高齢者単独世帯の増加等という要因が存在する。また, 水災害や熱中症では, 近隣等のコミュニティの劣化(社会関係資本の劣化)が脆弱性を高める要因となっている。特定品目・品種に集中した農業経営では, 気候変動による被害が壊滅的状态を招く可能性があること, また, 地域内での支え合いや消費者に支えてもらう関係が希薄な場合に気候変動の被害は農業経営に直撃的な影響をもたらす。
- ③ 感受性のうち, 社会経済構造については, 高齢化社会の進展, グローバル経済下における農業及び林業の経営環境の厳しさ等が抽出された。これらは, 感受性を根幹で規定する社会経済の体力・活力に係る要因である。また, 大量生産・大量消費・大量廃棄型の生産・流通・消費構造, 人の広域移動等, 戦後の日本の成長を支えてきたスタイルが, 気候変動の影響を増幅させる可能性がある。

以上の分析を踏まえ, 感受性の根本改善のための方策として, ①土地利用の再構築(健全な水・大気・熱の循環を目指す土地利用政策, 都市に集中する地域構造の再構築), ②気候変動の影響に対する社会経済的弱者への配慮(社会経済的弱者への配慮, 社会関係資本の希薄化の解消), ③活動の多様性を高めること(農業経営の多様化, 自助・互助・公助の多重性)等が重要であると結論づけた。

(2) 影響事例(アクシデント)の要因分析

(1)で述べた分析は, 分野ごとの影響構造図を経

験的知見から作成したものであり, エビデンスを伴うものではない。そこで, 「気候変動適応ガイドライン(2015)」²⁾では, 影響事例(アクシデント)ごとに要因を掘り下げる分析が必要であるとして, RCA (Root Cause Analysis: 根本原因分析)を試行した結果が示された(図2)。

RCA(根本原因分析)とは, アクシデント等の事例を系統的に分析し, その根本原因・寄与因子・背後要因を明らかにし, 対策を立案することで再発の予防を図るプロセスを指す。特に重要な分析プロセスは, 起きた出来事の流れを時間の経過に沿って把握すること(reconstructing the sequence of events)と, 繰り返し「なぜ」起きたのかという疑問を持つこと(repeatedly asking “why?”)とされる¹⁷⁾。

ガイドラインに示されたRCAによる気象災害の分析では, 山形県村山広域水道受水地域における断水被害を対象としている。2013年7月18日と22日に, 水源上流部や浄水場一帯の大雨により原水の濁度が高くなり, 村山広域水道西川浄水場においては浄水処理能力が追いつかなかつたため給水を停止したという事例である。これにより, 4市2町において断水が発生し, 最大で8日間, 約5万4千世帯に影響が及んだ。事後に「山形県村山広域水道浄水能力強化に関する検討委員会」¹⁸⁾といった報告書が作成されており, この中の記載情報をもとにRCAを用い, 気象災害の防止に資する対策の抽出を試行した。

この結果, 浄水場の浄水能力を強化するハード対策(施設の改修, 取水地点の変更等), 災害発生前の被害防止に繋がりうるソフト対策(モニタリング体制, 給水量の調整等や, 災害発生時に被害を軽減するソフト対策(他地域との融通策, 応急給水計画)等, 幅広い対策を抽出することができた。なお, この分析は, 既往の報告書に記述されている情報を基に導き出された結論であり, これらの情報からは断定できなかった要因を, 更に関係者へのインタビュー等により抽出していく必要がある。

(3) 住民認知によるミクロな社会経済的要因の抽出

気候変動の影響に関する社会経済的要因は, 後述する「気候変動の地元学」によっても抽出される。「気候変動の地元学」では, 地域住民等が中心となって地域で発生している気候変動の「影響事例調べ」を行い, その共有化を出発点にして適応策を検討していく。

白井⁹⁾は, 「気候変動の地元学」によるボトムアップ・アプローチの利点として, 「地域主体でない」と気付かない影響の掘り起こし, 「気候変動の地域への影響を“自分事化”する地域主体の学習を促す効果」とともに, 「影響事例調べにおいて, 影響を顕在化させる社会経済的要因を抽出することができる」ことを指摘している。

例えば, 飯田市の影響事例調べの結果では, 山間

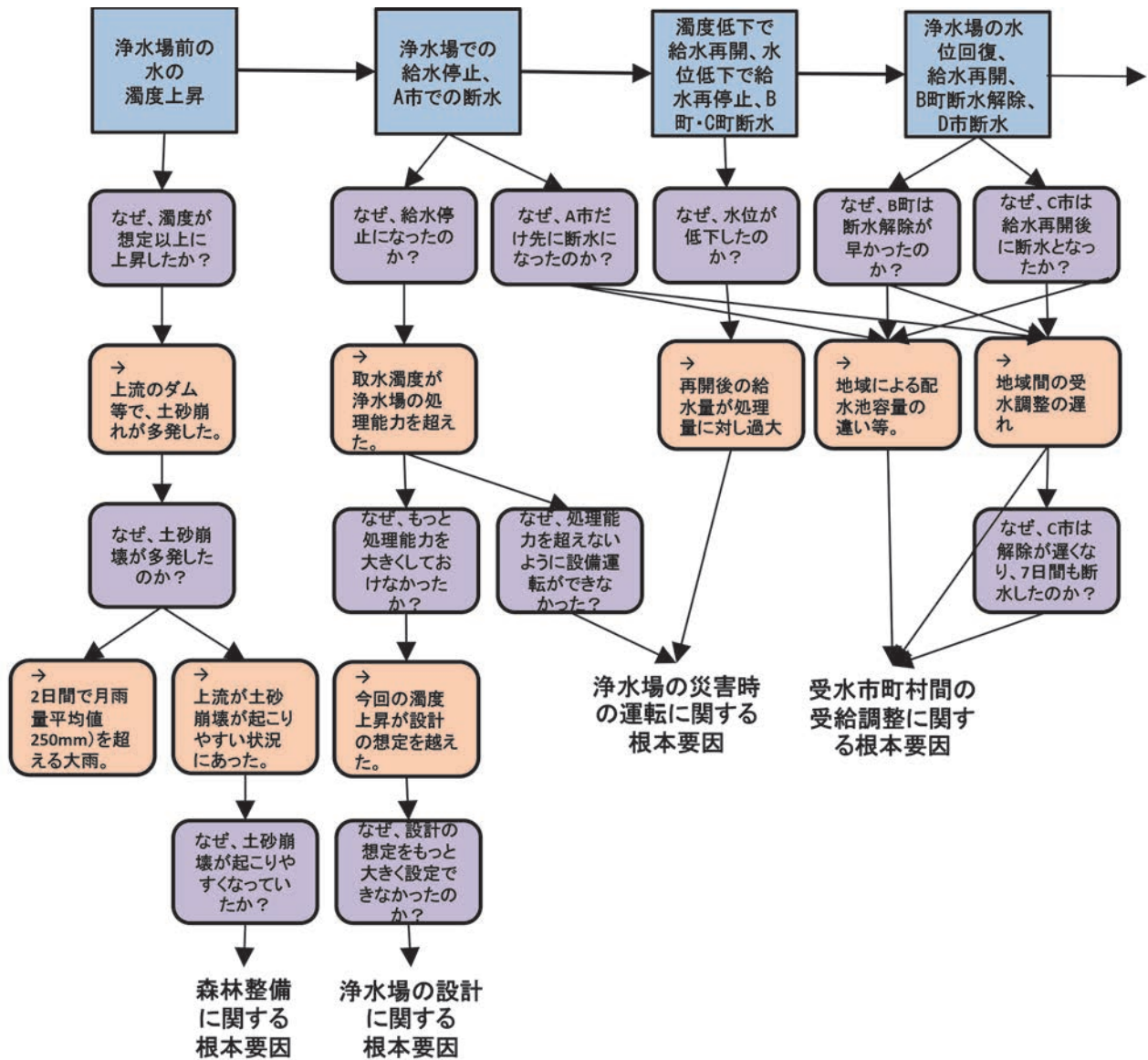


図2 断水被害の根本要因分析の例(一部抜粋)。(気候変動適応ガイドライン²⁾より転載)

地域において、「高齢化や若者不足で点検ができず、豪雨による道路の寸断に対応できない」等、社会経済的要因についても地域住民からの回答を得ることができている。

また、同市のある地区では、市街地であって熱中症患者が多いと回答された。その社会経済的要因としては、かつては問屋街であったが問屋のロードサイドへの移転が進んだ結果、市内で最も高齢化率が高い地区となり高齢者の熱中症が多くなっているという説明が得られた。この信ぴょう性は精査が必要であるが、地域に密着した社会経済的要因を明らかにし、その要因に応じて感受性の根本改善に踏み込んだ適応策を実施していくことが期待される。

3.3 「中・長期的な影響への順応型管理」の具体化

順応型管理に係る既往研究と気候変動における順応型管理の計画の検討結果をまとめる。

(1) 順応型管理の概念や方法に関する既往研究

将来の気候変動の影響に対する適応策については

将来影響の予測に不確実性があり、現在はまだ影響が顕在化していないため、何も検討しないで様子を見ることになりがちである。そこで、将来影響の不確実性を前提にして適応策を検討するプロセスが「順応型管理」であり、そのプロセスをデザインする「順応型管理の計画」が必要となる。

もともとは、順応型管理は自然生態系(エコシステム)の分野で提示されてきた。自然生態系管理における順応型管理が単なるモニタリングに基づくPDCAとは違うとして、宮永¹⁹⁾は、順応型管理では、「自然科学的知見に基づいた仮説設定や生物多様性モニタリング等がその実施の鍵を握る。また、政策の実施が事前に設定した仮説の検証となるよう、あるいは政策の実施とモニタリングとがパッケージとなるよう、プロセスデザインが施されている」、「順応的管理の本質の1つは「科学と政策の連動」である。これは、「実施してみて、駄目ならまた違う方法を試せばよい」といった「試行錯誤(trial

and error)」的発想，あるいは実施後の評価・見直し結果を次のステップに活かさずばよいといった「素朴なPDCA サイクル」的発想と明確に区別する意味でも，より強調されてしかるべきである」と記している。

気候変動分野における順応型管理の検討事例としては，市橋ら²⁰⁾は，英国環境庁のテムズ流域の洪水管理計画²¹⁾を紹介している。同計画では，「高潮と河川氾濫等，異なるタイプの洪水と幅のある気候変動予測結果に柔軟に対応できるよう，複数の代替案が検討され，観測を併用した段階的意思決定が可能となる計画となっている」と指摘している。

これらの定義を踏まえて，白井ら¹⁰⁾は，順応型管理において重要なことは，①予測と代替案の設定，②監視(モニタリング)と予防，③科学と政策の連動，④関係者による情報共有と学習，の4点であると指摘した。つまり，気候変動及びその影響を予測し，その程度に応じた適応策の代替案を設定しておくこと，そして，気候変動及びその影響の状況を継続的に監視し，状況に応じて用意しておいた代替案のうち適切なものを先行的に実施して影響の顕在化を予防することが，順応型管理の手順となる。また，監視の結果は科学にフィードバックされ，科学は影響評価の改良を図る。そして，地域の行政関係者や地域住民，企業は，順応型管理に係る一連の情報を共有・学習し，各々の主体的な適応に備えておくのである。

以上より，気候変動適応における順応型管理とは「計画時点における気候変動の将来影響予測とそれに基づいた政策代替案の設定と評価，実施方針の設定，将来時点における気候変動影響や代替案の実施効果のモニタリングとそれに基づく政策代替案の選択と予防的実施を行うプロセスである」と定義することができる。

(2) 順応型管理の計画の検討例

(1)の考え方にに基づき，白井ら¹⁰⁾は，埼玉県内の特定地点における水稻の高温障害への適応策の順応型管理についてモデル的検討を行った。検討は，①気候データの将来値の設定，②気候変動の影響に対する適応策の整理，③気候変動の影響に対する適応策のメニューの有効範囲の整理，④気候変動の影響に対する適応策の多面的評価，⑤気候変動の影響に対する適応策の選択方針の整理，⑥気候変動の影響のモニタリングと適応策選択の仕組みの計画，という手順で行った。

この検討における重要な3点を示す。第1に，適応策のメニューの抽出において，前述の三つのレベル(表1)を設定し，感受性の根本改善に踏み込んで適応策のメニューを設定している。これにより，農作業の改善や技術開発に留まらない経営改善も含めたメニューが設定されている。第2に，将来予測は気温変化(この場合は気温上昇)の範囲として設定された。また，各メニューの有効範囲を検討するために，シミュレーションによる影響評価がなされた。第3に，適応策メニューについて，実用性から費用，地域への波及効果等について，定性的であるが多面的な評価を行い，適応策の実施方針を検討する基礎資料とした。

この適応メニューの多面的評価結果を表2に示す。有効範囲を検討するためのシミュレーションはすべてのメニューについて実施したわけではなく，その他の評価結果も経験にもとづく定性的な評価である。この点の改良は更に必要であるが，検討時点で得られる知見をもとにした可能な評価を行った一例となっている。

3.4 適応策の主体形成

適応策の主体形成として，「気候変動の地元学」による実践型学習プログラムを開発し，その理論的構築を図るための意識構造のアンケート調査と各地

表2 水稻の高温障害に対する適応策メニューの多面的評価結果。(白井ら(2015)¹⁰⁾より転載)

適応技術		有効範囲					実用性	公平性	費用			地域波及効果		
		1℃	2℃	3℃	4℃	5℃			初期	維持	支援	経済	社会	環境
レベル1	作期移動						○	△						
	施肥管理の改善や変更						○	△		△				
	高度な水利用圃場整備						○	△	△	△	△			○
	高温耐性品種の導入						×	△	△		△			
レベル2	高度な気象予測情報の提供						△	△	△	△	△			
	品種構成の見直しによるリスク分散						△			△	△			
レベル3	他作物への転換						△	△	△		△			
	消費者との適応連携システム						△				△	○	○	
	適応によるブランディング						×				△	○	○	
	適応可能な経営体制への転換(感)						△				△	○	○	

注)○×△は，各適応技術における評価項目毎の評価を示す。○は評価がよい，×は評価が悪い，△は評価が中程度である。記号をつけていない部分は評価がわからないことを示す。

での試行が実施された。

この方法は、長野県環境保全研究所等が気候変動の地域への影響のモニタリングを実施する際、一般向けに啓発性を重視して実施する場合と専門的に情報収集を行う場合で方法を区別していることを踏まえ、より一般向けに学習性を高める方法ができないかという観点から企画されたものである。

(1) 気候変動の影響実感と意識構造

気候変動の影響実感が、適応に関する意識・行動にどのような影響を与えるかを分析するために、長野県飯田市と関東地域を対象にした二つの住民アンケート調査が実施された。

飯田市を対象にしたアンケートは、白井ら¹¹⁾に報告されている。この結果、①飯田市の住民は、この10年間程度の変化として、気温(夏の高温化等)、冬の降雪の変化、夏の健康被害、局地的な豪雨・風水害等を強く実感しており、この高温化は観測データと一致する傾向であることが確認された。さらに、②気候変動に関する認知・行動モデルを作成した結果、気候変動の影響実感、直接的に適応行動の実施度を規定しているのみならず、気候変動の影響実感、危機認知等を高めることにより、間接的には緩和行動の実施度を規定していることが明らかになった。加えて、③女性あるいは60歳以上は気候変動の影響実感が高く、関連行動の実施度が高い傾向にあること、④緩和行動を優先するタイプは気候変動の地域への影響認知が低く、適応行動を優先するタイプは気候変動の原因認知が低い傾向にあることが明らかになっている。

さらに、白井ら¹²⁾は、埼玉県・東京都・神奈川県・長野県を対象としたWEBモニター調査(回収数2,791件)による研究を実施している。この分析では、飯田市で得られた結果が他地域でも同様であることが示されたとともに、緩和行動と適応行動の規定の違いに踏み込んだ分析がなされている。例えば、①気候変動の個人への影響認知が緩和及び適応における現在の対応を規定し、地域への影響認知が長期的対応を規定している。また、②環境思想では、市民行動主義が緩和及び適応における現在の対応を、そして自然・生物尊重が緩和及び適応行動の全ての実施度を規定している。さらに、③性別・年齢別に分析すると、女性、特に30代以上が、一人ひとりが行動すべきという意識が強く、また、気候変化やその個人への影響認知が高いことから、緩和及び適応への現在の対応を高めている。

以上の結果から、気候変動の地域への影響実感を入り口とした緩和と適応の二つの行動を学習するプログラムの有効性と工夫の必要性が示唆された。特に、気候変動への感度が高い女性を重点対象として、自然を尊重する環境思想に踏み込んだ学習プログラムの開発が望まれると結論づけられた。

(2) 「気候変動の地元学」の実践と評価

(1)の結果を踏まえて、法政大学では、気候変動の影響実感を入口とし、緩和と適応の二つの取組への意識を高めるための気候変動学習プログラムの開発と全国各地への普及を目的として、地域主体と連携したプログラム開発と試行、効果測定までを一貫して行うこととした。2014年度には長野県飯田市で実施し、2015年度には全国の都道府県の地球温暖化防止活動推進センターの研修の一環等として実施した。

影響調べにおいては、取り上げた影響事例の一つひとつについて、「影響事例のタイトル」を記入したうえで、その「影響の概要」等と「記入者日」、「記入者氏名」、「情報源」を回答してもらった。この際、「影響の原因となっている社会・経済面等の要因」については、特に次のような説明を行った。

「気候変動の影響は、気温や降水といった気候条件の変化だけでなく、人間側の社会的・経済的な要因によっても発生します。例えば、高齢者の熱中症患者が増えているという指摘もありますが、これは単独で暮らす高齢者が増え、近隣関係も希薄になって隣近所で見守らなくなっていること、また、高齢者の単独世帯に対する熱中症予防対策が遅れていることが、社会的・経済的な要因として考えられます。取り上げた気候変動の影響事例について、気候変動以外の社会的・経済的な要因として考えられるものを具体的に記入してください。」

飯田市での試行では、98の影響事例が得られ、同一の回答を統合すると影響事例数は73であった。一人当たりの回答は一つあるいは二つであっても、比較的に重複した回答は少なく、共有することで多くの影響事例を抽出することができた。回答された影響事例について、原因となっている気候変化では、「夏の高温化・猛暑の増加」が46%と最も高く、次いで「冬の気温上昇」17%、「降水量の増加・豪雨の増加」18%、「冬の積雪の変化」5%という結果であった。また、影響分野では、「農業」28%、「生活・暮らし」23%、「健康」16%、「水災害」14%、「自然生態系」10%であった。多様な分野での影響が回答された。

さらに、影響事例調べの結果は、地図と年表にまとめたほか、影響分野ごとに整理してワークショップで報告した。ワークショップでは、個性的な結果が発表された。重点的に取り組むべき適応策では、農業の収量の低下、子供が暑さ慣れしていないことへの対策、山崩れ等が共通してあげられたが、自然に詳しい人材が多かった班では、野生生物の変化や鳥獣害について、更にモニタリングによる調査が必要という点が強調された。また、住民の意識を高めることを強調する班もあれば、リンゴの被害では品種を変え、魅力的な加工品づくりも図り、地域の付加価値を上げていくというような戦略な方向性を示す班もあった。

4. まとめと考察

4.1 まとめ

本稿では、法政大学(2015)「気候変動適応ガイドライン」の根拠となった追加的適応策に関する関連研究を整理した。要点を以下にまとめる。

(1) 気候変動適応の理論的枠組み

気候変動の影響は、気候外力と抵抗力によって規定され、気候外力の改善が緩和策であり、抵抗力の改善が適応策である。さらに、抵抗力には適応能力と感受性の二つの側面がある。災害程度に応じた適応策を、レベル1: 防御、レベル2: 影響最小化、レベル3: 転換・再構築に分けることができるが、レベル1とレベル2は適応能力の向上、レベル3は感受性の根本改善を図るものと整理することができる。

現在の気候災害に対してはレベル1とレベル2の対応はなされているが、追加的適応策としてはレベル3の感受性の根本改善の検討が必要となる。また、中・長期的な影響に対する順応型管理も追加的適応策として検討課題になる。

「感受性の根本改善」と「中・長期的な影響に対する順応型管理」という追加的適応策は、農業分野の既存計画等を見ると十分に実施されていない。今後の検討が求められる状況にある。

(2) 感受性の根本改善方策

「感受性の根本改善」を検討するために、影響分野毎の社会経済的な要因分析が必要となる。想定される要因を影響分野ごとに整理した結果、感受性の根本改善としては、①土地利用の再構築(健全な水・大気・熱の循環を目指す土地利用政策、都市に集中する地域構造の再構築)、②気候変動の影響に対する社会経済的弱者への配慮(社会経済的弱者への配慮、社会関係資本の希薄化の解消)、③活動の多様性の向上(農業経営の多様化、自助・互助・公助の多重性)という共通的な方向性を見出すことができた。

ただし、社会経済的な要因を具体的に特定するためには、更に既に発生したアクシデントの根本原因・寄与因子・背後要因を分析するRCA(根本原因分析)や、地域に密着して影響事例とその社会経済的要因のミクロ分析が必要となる。

(3) 中・長期的な影響への順応型管理

気候変動適応における順応型管理は、「計画時点における気候変動の将来影響予測とそれに基づいた政策代替案の設定と評価、実施方針の設定、将来時点における気候変動影響や代替案の実施効果のモニタリングとそれに基づく政策代替案の選択と予防的実施を行うプロセスである。」と定義することができる。単純なPDCAと順応型管理が異なる点は、①予測と代替案の設定、②監視(モニタリング)と予防、③科学と政策の連動、④関係者による情報共有と学習、にある。

埼玉県の水田の高温障害について、順応型管理の

検討を試行的に実施したが、適応策の代替案を評価する科学的知見が不十分であっても、現在ある知見をもとに可能な範囲で順応型管理の計画を策定する成果イメージを作成することができた。

(4) 適応策の主体形成

住民アンケート調査により、気候変動の影響実感は直接的に適応行動の実施度を規定しているのみならず、危機認知等を高めることにより、間接的には緩和行動の実施度を規定していることが明らかになった。

これを踏まえて、地域の主体が気候変動の影響事例を調べ、それを共有することで気候変動の影響を自分事化し、適応策さらには緩和策を考えるという「気候変動の地元学」を地域で試行した結果、その実施可能性と参加者の意識を高める効果を確認することができた。

4.2 考察

本稿では、追加的適応策という考え方を具体化したしたが、現在起きている気象災害への対症療法的な適応策に留まることなく、更に一步踏み込んだ適応策を検討する際に有用であると考えられる。

ただし、感受性の根本改善と中・長期的な順応型管理を、実際に行政施策として普及させていくためには、それらの必要性和具体性を広く知らしめていく必要がある。

感受性の根本改善については、本研究で示した感受性要因を探るためのRCA(根本原因分析)や、地域に密着した影響事例と社会経済的要因を掘り下げるための気候変動の地元学を全国各地で実施し、それらの成果を共有することで、方法の確立と普及を図ることが必要となる。

順応型管理については、適応策を評価するための科学の成果が不足するため、現段階の検討や対策の実施を据え置くのではなく、「(現在は実施しないものの)将来を見据えた対策の代替案を設定しておき、監視を行いながら、状況を取引して用意しておいた代替案を実施していく」という新たな計画の方法論として採用されることが期待される。

さらに、以上のような追加的適応策を実施するためには、気候変動の影響評価や要因分析、順応型管理の計画と推進を図る専門的かつ永続的な仕組みを地域で整備することが必要となる。この仕組みは、「地域適応センター」とも言うべきものである。アドホックな情報整備と計画策定に留まらず、将来にわたり政策と科学の相互作用を高め、関係者の情報へのアクセシビリティを保障する仕組みこそ、気候変動適応策の推進基盤として、本質的に重要である。

謝 辞

本稿は、環境省環境研究総合推進費(S-8)「温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究」(2010

～2014年)の成果の全体像をまとめたものである。田中充先生ほか研究チームへの参加者、調査委託先であった株式会社パシフィックコンサルタント、調査の実施に協力をいただいた長野県飯田市の関係者に感謝を申し上げる。

引用文献

- 1) 白井信雄・馬場健司(2014)日本の地方自治体における適応策実装の状況と課題. 環境科学会誌, 27(5), 324-334.
- 2) 法政大学地域研究センター(2015)気候変動適応ガイドライン 地方自治体における適応の方針作成と推進のために. <http://www.adapt-forum.jp/tool/pdf/tekiousaku-guideline_last.pdf> (2016年10月15日最終確認)
- 3) 環境省(2008)気候変動への賢い適応, 環境省地球温暖化影響・適応研究委員会報告書. <<http://www.env.go.jp/press/files/jp/11627.pdf>> (2016年10月15日最終確認)
- 4) 環境省(2010)気候変動適応の方向性, 環境省気候変動適応の方向性に関する検討会報告書. <http://www.env.go.jp/earth/ondanka/adapt_guide/pdf/approaches_to_adaptation.pdf> (2016年10月15日最終確認)
- 5) 日本政府(2015)気候変動の影響への適応計画平成27年11月12日閣議決定. <<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/tekiou/siry01.pdf>> (2016年10月15日最終確認)
- 6) 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, 27(5), 313-323.
- 7) 佐々木美奈子・梶井公美子・白井信雄・田中 充(2014)農業分野における自治体レベルの気候変動適応策の課題分析と体系化. 土木学会環境システム研究論文発表会講演集, 42, 299-307.
- 8) 白井信雄・田中 充・小野田真二・木村浩巳・馬場健司・梶井公美子(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. 環境システム研究論文発表会講演集, 40, 309-317.
- 9) 白井信雄(2015)気候変動適応におけるボトムアップ・アプローチ: 「気候変動の地元学」を起点として. 環境経済・政策研究, 8(2), 55-59.
- 10) 白井信雄・嶋田知英・石郷岡浩二・田中 充(2015)気候変動適応における順応型管理の計画手法の研究: 水稻の気候変動適応策を例として, 環境経済政策学会2015年大会. <<http://www.seeps.org/pdf/meeting/abst2015.pdf>> (2016年10月15日最終確認)
- 11) 白井信雄・馬場健司・田中 充(2014)気候変動

の影響実感と緩和・適応に係る意識・行動の関係-長野県飯田市住民の分析. 環境科学会誌, 27(3), 127-141.

- 12) 白井信雄・田中 充・青木えり(2015)気候変動への緩和・適応行動の意識構造の分析: 地域における気候変動学習のために. 環境教育, 25(2), 62-71.
- 13) IPCC (2007) Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, London.
- 14) Komatsu, T., N. Shirai, M. Tanaka, H. Harasawa, M. Tamura and K. Yasuhara (2013) Adaptation philosophy and strategy for climate change-induced geo-disasters, Proceedings of 10th JGS Symposium on Environmental Geotechnics, Tokyo, Japan, 75-82.
- 15) 日本学術会議土木工学・建築学委員会(2011)気候変動下における水・土砂災害適応策の深化に向けて. <<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo-21-t130-9.pdf>> (2016年10月15日最終確認)
- 16) 農林水産省(2015)農林水産省気候変動適応計画. <<http://www.maff.go.jp/kanbo/kankyo/seisaku/pdf/pdf/1-honbun.pdf>> (2016年10月15日最終確認)
- 17) 石川雅彦(2012)RCA 根本原因分析法実践マニュアル-再発防止と医療安全教育への活用, 医学書院.
- 18) 山形県村山広域水道浄水能力強化に関する検討委員会(2013)受水市町連携強化に関する検討委員会報告書.
- 19) 宮永健太郎(2014)順応型管理: 環境経済・政策学の視点. 環境経済・政策研究, 7(1), 36-40.
- 20) 市橋 新・馬場健司(2015)自治体における気候変動適応策の施策化過程に関する課題と解決策: インラクティブ・アプローチの検証とワークショップの実践. 環境科学会誌, 28(1), 27-36.
- 21) UK, Environment Agency(2012) Thames Estuary 2100.



白井 信雄/Nobuo SHIRAI

1961年, 大阪生まれ。静岡県浜松市三ヶ日町育ち。大阪大学にて博士(工学)。民間シンクタンク勤務を経て, 2010年より法政大学に勤務。現在, 法政大学教授(サステイナビリティ研究所専任研究員)。環境省環境総合推進費(S-8)「温暖化影響評価・適応施策に関する総合的研究」のテーマ2の事務局を務めた。専門は, 環境政策, 持続可能な地域づくり, 気候変動・エネルギー自治。主な著書に, 『環境コミュニティ大作戦 資源とエネルギーを地域でまかなう』(単著), 『気候変動に適応する社会』(編著), 『サステイナブル地域論-地域産業・社会のイノベーションをめざして』(編著)他多数。