

Environment Research and Technology Development Fund

環境研究総合推進費 終了研究成果報告書

2-1805 気候変動影響・適応評価のための日本版社会経済シナリオの構築
(J P M E E R F 2 0 1 8 2 0 0 5)

平成30年度～令和2年度

Shared Socioeconomic Pathways for Climate Change Impact and Adaptation Assessment in Japan

〈研究代表機関〉

国立研究開発法人国立環境研究所

〈研究分担機関〉

埼玉県環境科学国際センター

〈研究協力機関〉

京都大学

立命館大学

○図表番号の付番方法について

「Ⅰ. 成果の概要」の図表番号は「0. 通し番号」としております。なお、「Ⅱ. 成果の詳細」にて使用した図表を転用する場合には、転用元と同じ番号を付番しております。

「Ⅱ. 成果の詳細」の図表番号は「サブテーマ番号. 通し番号」としております。なお、異なるサブテーマから図表を転用する場合は、転用元と同じ図表番号としております。

令和3年5月

目次

I. 成果の概要	1
1. はじめに（研究背景等）	
2. 研究開発目的	
3. 研究目標	
4. 研究開発内容	
5. 研究成果	
5-1. 成果の概要	
5-2. 環境政策等への貢献	
5-3. 研究目標の達成状況	
6. 研究成果の発表状況	
6-1. 査読付き論文	
6-2. 知的財産権	
6-3. その他発表件数	
7. 国際共同研究等の状況	
8. 研究者略歴	
II. 成果の詳細	18
II-1 日本版SSPの叙述シナリオ構築と定量化情報の整備 (国立研究開発法人国立環境研究所)	
要旨	
1. 研究開発目的	
2. 研究目標	
3. 研究開発内容	
4. 結果及び考察	
5. 研究目標の達成状況	
6. 引用文献	
II-2 埼玉県をモデルケースとする気候リスクの経済評価と中長期適応計画の作成 (埼玉県環境科学国際センター)	
要旨	
1. 研究開発目的	
2. 研究目標	
3. 研究開発内容	
4. 結果及び考察	
5. 研究目標の達成状況	
6. 引用文献	
III. 研究成果の発表状況の詳細	45
IV. 英文Abstract	48

I. 成果の概要

課題名 2-1805 気候変動影響・適応評価のための日本版社会経済シナリオの構築
 課題代表者名 松橋 啓介 (国立研究開発法人国立環境研究所社会環境システム研究センター
 環境政策研究室 室長)

重点課題 主：【重点課題⑦】気候変動への適応策に係る研究・技術開発

副：【重点課題①】持続可能な社会の実現に向けたビジョン・理念の提示

行政要請研究テーマ (行政ニーズ) (2-2) 気候変動の影響予測の精緻化に向けた国際的に整合された社会経済シナリオの構築に関する研究

研究実施期間 平成30年度～令和2年度

研究経費 (千円)

	契約額	実績額 (前事業年度繰越分支出額含む)
平成30年度	32,304	30,377
令和1年度	33,820	35,746
令和2年度	29,183	29,183
合計額	95,307	95,307

本研究のキーワード 気候変動、適応、共通社会経済パス、シナリオ、人口、土地利用、都道府県

研究体制

(サブテーマ1) 日本版SSPの叙述シナリオ構築と定量化情報の整備 (国立研究開発法人国立環境研究所)

(サブテーマ2) 埼玉県をモデルケースとする気候リスクの経済評価と中長期適応計画の作成 (埼玉県環境科学国際センター)

研究協力機関

京都大学、立命館大学

1. はじめに (研究背景等)

国際的な気候変動研究コミュニティでは、研究グループ間の共通の分析基盤とするため、あり得る複数の将来像を適応策の困難さと緩和策の困難さの二軸で整理した共通的な社会経済シナリオ (SSP: Shared Socioeconomic Pathways) が活用されている。しかし、世界を5地域に分けた情報しか存在しないため、国レベルの詳細な分析・評価にSSPを使う場合、各国の政策状況等を踏まえた将来見通しが十分に反映されないという問題がある。SSPを詳細な地域で使うために、より詳細な情報を搭載した“Extended SSP”が必要との議論はあるが、共通の取り組みは見られず、それぞれの地域・国の研究者が実施する例がいくつかみられるのみである。

一方、日本に目を向けると、国レベルの気候変動影響評価や適応・緩和策の分析をするときは、さまざまな研究がそれぞれに世界シナリオや国内の政府見通し等を使ってきた。今後、日本における将来

シナリオを用いた適応計画、グローバルストックテイクなどの研究解析への政策需要は引き続き高いと考えられる。

そのため、世界SSPに対応した日本の社会経済シナリオを作成することは、緩和・適応両対策の検討に際して有用性が高く、日本の環境政策への貢献に加え、IPCCや国際研究コミュニティへの研究成果の発信などの幅広い効果が期待される。

2. 研究開発目的

本研究は、日本及び国内自治体での気候リスク評価と適応策の検討・推進のため、世界SSPと関連付けた日本版社会経済シナリオの開発及び応用を目的とする。その際に、国際的なSSPでは考慮されてこなかった日本の独自の将来見通しを明示的に取り込む。また、影響・適応策の分析に用いるため、世界規模のSSPに整合的な形で日本全土を対象地域とした空間高解像なグリッド単位の土地利用シナリオを描出するためのダウンスケーリング手法を開発し、定量化情報を作成する。さらに、地方自治体レベルでの成果の活用のために、都道府県およびモデルケース自治体としての埼玉県に焦点をあててより詳細なシナリオを作成する。

3. 研究目標

全体目標	わが国の気候変動影響・適応評価に利用可能で、世界SSPに対応した、日本版社会経済シナリオを構築する
サブテーマ1	日本版SSPの叙述シナリオ構築と定量化情報の整備
サブテーマリーダー/所属機関	松橋啓介/国立環境研究所
目標	<p>世界SSPの考え方と国内の計画・政策等を踏まえて、緩和・適応策の検討に使いやすく、日本国内の社会経済状況の将来変化を描出する叙述シナリオを構築する。</p> <p>これと対応して、日本全国の陸域を対象に、2次メッシュあるいは3次メッシュの空間解像度で、人口・GDP・土地利用および農業、水資源、人間健康等について定量化情報を作成・提供する。</p> <p>さらに、全国都道府県における活用を念頭におき、働き方や暮らし方を考慮した社会経済シナリオの活用方法を提示する。</p>
サブテーマ2	埼玉県をモデルケースとする気候リスクの経済評価と中長期適応計画の作成
サブテーマリーダー/所属機関	本城慶多/埼玉県環境科学国際センター
目標	<p>サブテーマ2では、サブテーマ1で開発する日本版SSP（社会経済シナリオ）を受け取り、埼玉県を対象として気候変動の影響評価を実施するとともに、適応策の検討を行う。具体的には下記2点の達成を目指す。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 埼玉県に関連する気候リスク指標（エネルギー支出、熱中症救急搬送者数）を予測するための統計モデルを構築し、気候シナリオと社会経済シナリオをモデルに入力することで、2050年までに想定される気温上昇が県民生活に与える影響を経済的に評価する。 ● 影響評価の結果を県の温暖化対策課と共有し、適応策の方向性について意

	見交換を行うとともに、研究成果を分かりやすく解説する非専門家向けの記事を作成し、埼玉県地域気候変動適応センターのWEBサイト（SAI-PLAT）で情報発信を行う。
--	---

4. 研究開発内容

わが国の気候変動影響・適応評価に利用可能で、世界SSPに対応した、日本版社会経済シナリオを構築するため、図0.1に示すとおり、以下のサブテーマおよび課題により本研究を構成する。

サブテーマ1において、1) 世界SSP、海外の地域別SSPの事例、既往の日本版叙述シナリオ、国内の各種の中長期的計画・政策、日本のシナリオユーザーのニーズを調査し、世界SSPと対応しかつわが国の見通しを反映し、さらに緩和・適応策の検討に使いやすい日本版SSPの叙述シナリオを構築する。また、2) 日本全国（陸域）を対象地域として、2次メッシュ（約10km）あるいは3次メッシュ（約1km）の空間解像度で、複数部門の影響評価で広く用いられる基礎変数・指標（人口・GDP・土地利用等）、および農業、水資源、人間健康等の各部門特有の変数・指標について、定量化情報を提供する。さらに、3) 都道府県等の地域レベルの気候変動影響評価に活用できる都道府県SSPを開発することを目指して、働き方や暮らし方を考慮した将来の経済・人口の試算を行う。また、サブテーマ2において、4) 気候変動緩和・適応策に積極的に取り組んできた埼玉県をモデルケースとして、上記の定量化情報に基づく気候リスクの経済評価を実施し、結果を中長期適応計画の形で取りまとめる。

研究課題全体として、日本及び国内自治体での気候リスク評価と適応策に利用可能であり、かつ世界SSPと関連付けた日本の社会経済シナリオを気候変動影響評価に携わる研究コミュニティに提供する。

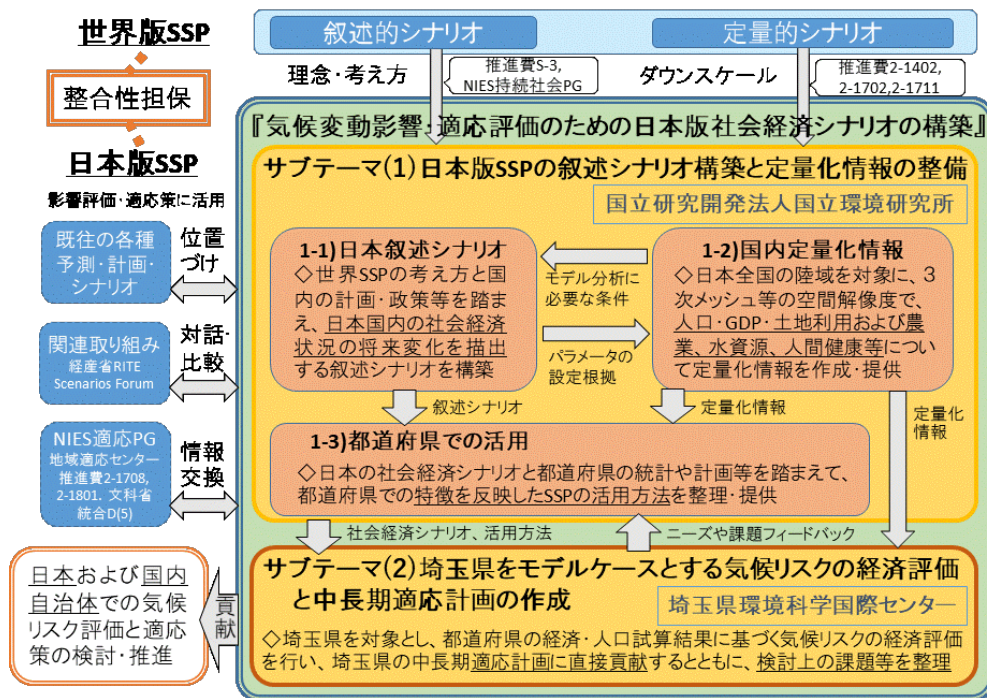


図0.1 研究開発目的達成に向けた研究課題の構成

5. 研究成果

5-1. 成果の概要

1) 日本版SSP叙述シナリオ

世界SSPの考え方と地域SSPの事例からシナリオ構築の条件と手順を検討し、日本の中長期的計画やシナリオを整理して特徴を把握し、各分野の研究に必要な要因を明らかにするなど、枠組みを整理した。次に、日本のシナリオを左右する要因を研究者の議論から明らかにし、日本の特徴を表したスケッチとイメージ図に反映させるとともに、SSP1~5に対応する全国の人口やGDPを提案した。

・日本版SSPシナリオ構築の条件整理

世界の地域版SSPの事例について文献レビューを行った。地域の人々の参加によって将来を左右する要因を決めるボトムアップ型の例と世界SSPに示される国別の人口とGDPをそのまま国内の地域に按分するトップダウン型の例を踏まえて、日本版SSPシナリオの構築においては、世界SSP1~5の叙述を基本としつつ、国及び国内地域別の人口やGDPの計画やシナリオを調査し、日本独自の異なる特徴を修正・追記する手順とすることとした。

・日本シナリオデータベースの構築

日本を対象とした既存の将来シナリオに関する文献を研究論文、政府機関あるいはNGOの発行するレポート、政府委員会等で公表された資料などから収集し、16文献の合計152個のシナリオを日本シナリオデータベース（JSD: Japan Scenario Database）として整理した。特に基礎的な社会経済変数、エネルギーや排出量に関わる変数を中心に選定を行った。表1.9に主要な変数と採録された文献数を示す。次に、それらのJSDのシナリオに含まれる各変数を、世界SSPにおける日本域の情報と比較することにより、日本の将来シナリオの特徴を示した。人口については、JSDの人口減少傾向が顕著であった。また、原子力発電については、JSDが発電量を小さく想定する傾向がみられた。このように、変化の幅が異なる変数のうち、将来像を左右するものについては、日本版SSPに反映させることの重要性が高いと考えられる。また、地域の特徴を表すシナリオを全球規模でのSSPシナリオ開発の枠組にフィードバックしていくことの意義と方法について、今後検討する価値がある。

表1.9 日本シナリオデータベース（JSD）に含まれる主要な変数

人口 (11)	消費者物価上昇率 (3)	旅客輸送量 (2)
実質 GDP (8)	国内企業物価上昇率 (2)	貨物輸送量 (3)
名目 GDP (2)	民間最終消費成長率 (1)	一次エネルギー供給量 (6)
GDP デフレーター (1)	民間住宅投資成長率 (1)	発電量 (7)
消費 (1)	民間企業設備投資成長率 (1)	電源構成 (3)
民間最終消費支出 (1)	民間在庫品増加成長率 (1)	最終エネルギー消費量 (6)
民間固定資本形成 (1)	政府最終消費支出成長率 (1)	温室効果ガス排出量 (2)
政府最終消費支出 (1)	公的固定資本形成成長率 (1)	CO ₂ 排出量 (8)
公的固定資本形成 (1)	労働力人口成長率 (1)	石炭価格 (2)
輸出 (1)	賃金上昇率 (1)	天然ガス価格 (2)
輸入 (1)	就業者数 (2)	石油価格 (2)
労働力人口 (1)	世帯数 (3)	電力価格 (1)
完全失業率 (2)	粗鋼生産量 (5)	炭素価格 (1)
名目長期金利 (2)	セメント生産量 (5)	限界削減費用 (1)
人口成長率 (1)	エチレン生産量 (4)	政策コスト (消費損失) (1)
GDP 成長率 (5)	紙・板紙生産量 (4)	政策コスト (GDP 損失) (1)
GDP デフレーター成長率 (2)	業務床面積 (3)	追加エネルギーシステムコスト (1)
潜在成長率 (2)		

※ 括弧内はデータ取得した文献数。燃料種別・部門別等の変数の詳細については省略した。

・日本版SSP叙述シナリオの構築

研究メンバー全体の議論と投票を行い、日本の将来シナリオを左右する要因として、産業技術の発展や海外依存度の違い、人口と人口分布の変化、対応力や多様性と格差等を挙げ、緩和策と適応策の困難さの軸に沿ってSSP1~5の叙述の素案を作成した。素案をもとに、日本版SSP構築に関する関連研究グループと意見交換を行い、基本的な考え方が共通すること、原子力発電によるエネルギー供給量については幅があり明確な記述が現時点では困難であること等を確認した。

図0.2に、SSP3を例として、叙述シナリオに占める日本独自の記述の分量を赤字で示す。世界SSPの描写および追加的情報の和訳を作成し、国や国内のスケールに適した記述に直し、人口等の特徴は日本に合わせて赤字で修正・加筆した。また、国内の大都市圏/地方圏と市街地/非市街の人口分布の傾向については、SSP2では全体の人口減少を反映しながらも現況の過疎化気味の傾向が続くこと、SSP1では市街地に、SSP5では大都市圏および市街地に人が集まり、残りやすいこと、SSP4では、市街地の衰退により非市街地化が進み、結果的に非市街地に居住する人の割合があまり減らないこと、SSP3では非市街地の急激な衰退がこれに加わることを表1.10に示すとおり想定し、市区町村人口の推計に反映させた。

・SSPのイメージ図の作成

SSP1~5のパス（道筋）の別称を図1.3に示すイメージ図に反映させるとともに、土地と道路の基本とした。次に、日本版SSP叙述シナリオのうち、SSP間の差の特徴を整理した。具体的には、図1.4にSSP1

描写

描写+追加的情報

描写

3.2. 追加的情報

社会の動向
地域のアドバンティエイの文化に対する関心が改めて高まること、国際競争力と国家安全保障に関する懸念も高まっていくこと、社会はグローバル化によって多岐的になり、国内または近い近隣諸国の課題と利益にますます焦点を当てるようになる。こうした傾向が顕著することによって、段階的かつ神速にかけて、1945年から1990年までの冷戦時代に類似しつつも複数の権を伴った、複数の国々からなるブロックに分断された世界へと移行してゆく。こうしたブロック間での交流はほとんどない。定期的、かつ直接的ないし間接的な地域ブロック間の紛争の発生を含む戦争も、持続可能な開発目標の達成に向けた進捗を妨げることに繋がる。

政策や制度と社会の状況
世界各国では国家の安全保障と主権に焦点を当てているため、政府機関が社会の重要決定を支配しており、日本も例外ではない。世界の多くの地域で権威主義的傾向が顕著になり、制度の柔軟性の低下につながっている。日本国内でも市民の政治参加は低迷し、政府の重要決定を一部の人間が実質的に決定している。異質な意見や持論を持つ人々同士での対立や相互理解がほとんど行われず、他者に対して不寛容な社会となっている。環境問題と安全保障に関する懸念が高まっており、不安定な環境に直面している。環境政策の優先度は非常に低い。

人間関係
経済的な停滞に伴って、教育、年金、医療、福祉、出産、育児支援といった人々への投資が減少している。そのための人材育成が進まず、技術開発が遅れをとり、競争力が低下して経済的にも停滞するという負の連鎖が生じている。男女間の平等や公平性は世紀を通じてほとんど変化しない。

経済とライフスタイル
すべての地域における経済成長の鈍化は、他の要因の中でも特に、国際格力がほとんど存在しないこと、教育や保健に関する技術への投資が少いことと関連する。産業構造は転換が進まず、経済は停滞する。こうした停滞は、社会の階層化を強化し、豊かでない人々に対する改善はほとんど見られない。格差は特に都市部で、広く存在している。国内のほとんどの地域は深刻な人口減少と高齢化に直面し、最低限の生活水準を維持するためのインフラやサービスを提供する人々に依存するに似ている。比較的豊かな地域は、比較的豊かな地域との間での経済的な格差が存在することとなり、消費は物質的的的となり、大量消費が激しく、経済の停滞とともに消費の対象はより安価な財へと移っている。世界は再びグローバル化し、安全保障に関する懸念から、エネルギー資源や農業の市場を占める国際貿易は制限されている。

人口と都市化
日本では、将来の経済状況の不透明さや、教育、出産、育児への支援の縮小に伴い、出生率が著しく低下し、2050年には人口が約9,300万人まで減少する。都市への集中は進む。しかし大都市圏への居住者の多くは、資金の低い値にしか動くことができず、富裕層との格差が広がっていく。富裕層が居住する地区では、インフラの整備が十分に実施されず、スラム化し、治安も悪化する。一方で地方では都市への移行によって人口が流出し続け、農業やコミュニティの消失も多数生じる。

技術
一般的に、投資の水準が高くなり、新たな技術の他の地域への移転も非常に遅く限られているため、技術の進展は非常に遅い。エネルギー技術の進化は遅く、特にエネルギー安全保障を改善するための、国内の化石資源の開発に向けている。農業技術の移転は非常に遅く限られたものとなっている。

環境と資源
環境問題への対応の優先度が低いため、深刻な環境破壊が生じる地域も現れる。日本は、国内でのエネルギーや食糧安全保障の目標を達成することに焦点を当てている。国内のエネルギー供給を維持し、非排他的な化石燃料資源を開発することが求められている。国内市場はますます閉鎖され、競争的でない。土地利用規制がほとんど存在しないため、土地をめぐる競争と農業の急速な拡大により、森林破壊が続いている。

課題
気候変動の緩和に関する取り組みは相対的に遅くなる。その理由は、エネルギー効率性の改善がほとんど見られないために、エネルギー需要を引き続き増加していくことにある。日本では、現在のエネルギーシステムからの根本的な構造改革は行われず、安価な石炭火力を中心とする火力発電や原子力発電を主要な電源として利用し続けている。新たな分散型エネルギー技術の進展は遅く、コストの削減も進まず、利用は限定的となっている。さらに重要なことは、国内外の協調行動を促進する機関が存在せず、ガバナンスの機能が限られていること、技術的な能力も低く、研究開発への投資も少ないこと、緩和を進めるための意欲が乏しいことである。

気候変動の適応に向けた取り組みも相対的に遅くなる。その理由は、人間も自然システムも非常に脆弱となっていることにある。また、国内外のガバナンス、制度、リーダーシップ、多様な主体間の協働の対称性も相対的に低いこと、国内で解決が困難に感じられていないことにも起因している。人的資本インフラへの投資が不十分となっていることが、高い脆弱性につながる。権威主義的な地域での脆弱性は著しく高まる。これらの要因により、多くの地域で適応を進めるのが低下する。

※赤字は日本版で修正または追加した記述

図0.2 日本版SSPの叙述シナリオにおいて新たに修正あるいは追加した記述の量（SSP3の例）

表1.10 大都市圏/地方圏と市街地/非市街の人口分布の特徴

	SSP1	SSP2	SSP3	SSP4	SSP5
	コンパクト+ネットワーク	現状維持	荒廃、スラム化	都市中心への集中、郊外の衰退	大都市圏へ集中
大都市圏市街地	+	0	—	—	++
大都市圏非市街	0	0	—	0	+
地方圏市街地	+	0	—	—	+
地方圏非市街	0	0	—	0	0

5

の例を示すとおり、交通インフラや地域別の人口密度に加えて、エネルギー、産業、国際関係、自然環境（防災）、農業・漁業、教育、人口、市民の政治参加（地方自治）、人々の価値観（幸せの尺度）の特徴を短い言葉とイラストで示した。叙述シナリオとイメージ図は、オンラインで公開するとともに、気候変動適応情報プラットフォーム（A-PLAT）による解説動画において説明するなど、文章表現にとどまらない情報の整備を行った。



図1.3 SSP1～5の関係

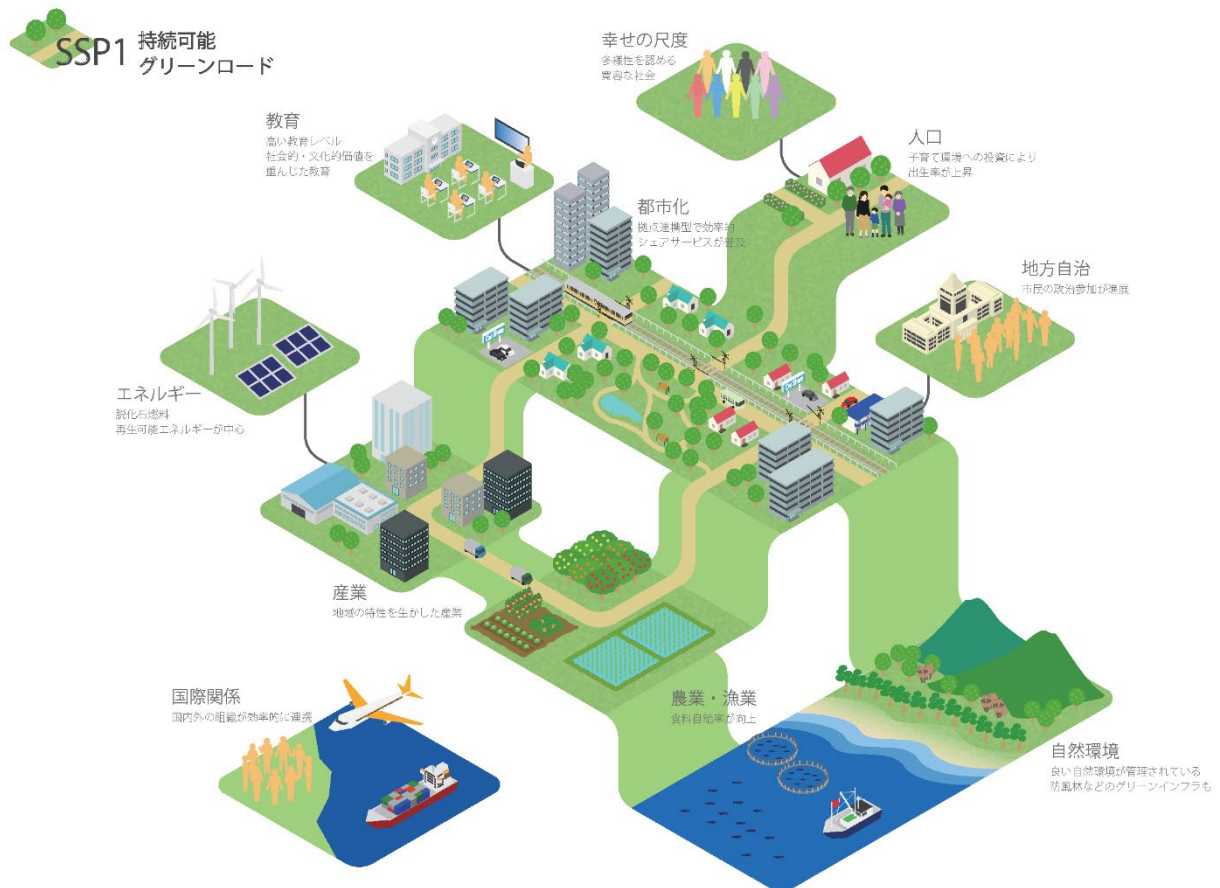


図0.3 イメージ図の例（SSP1：持続可能、グリーンロード）

・日本版SSPに対応した人口とGDP

世界SSPでは、rich-OECDs国群における出生率と死亡率と移民の傾向を高中低で表し、これに基づく日本の人口シナリオを示しているが、日本政府による人口推計の値はこれより小さい。人口減少の動向と国や都道府県の使いやすさを勘案して、日本の国立社会保障・人口問題研究所（社人研）が提示する人口推計の条件付推計の中から、SSP1～5に対応するものを選定した。具体的には、rich-OECDsにおける想定出生率は日本にとっては高い数値であるため、2100年に+18%（73百万人）となる高出生率のケースをSSP1に選定した。SSP3とSSP4は、低出生率の条件付推計を用いた。SSP5は、2035年に25万人外国人移動の条件付推計とした。なお、この条件付推計は出生率と死亡率については中位のみしか存在しない。なお、50万人外国人移動では世界SSP5と比較しても過大となるため、25万人外国人移動を選定した。高中低の記述を世界SSPsから変更した箇所を図中の赤字で示した。いずれの箇所も、叙述シナリオの検討の範囲に収まることを確認した。GDPについては、世界SSPに示される1人あたりGDPの値を用いて、人口のみを日本版SSPの値として値を求めた。

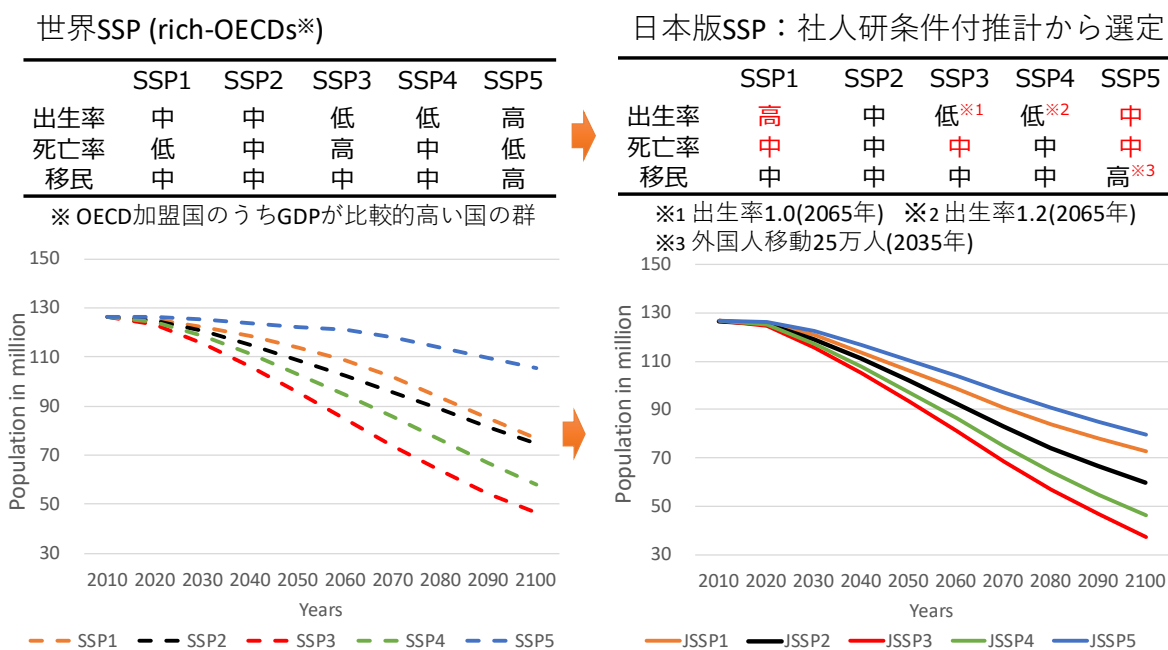


図1.5 日本版SSPの人口シナリオ

2) 日本版SSP定量化情報の提供

・SSPに関連付けた人口・土地利用メッシュシナリオの開発と配布

国土数値情報1kmメッシュ別将来推計人口データ（H30国政局推計）の2020年推計値の秘匿メッシュを補完したものと、日本版SSP市区町村別人口推計に基づく市区町村別人口変化率とを用いて、SSP1～5の3次メッシュ別の人口推計データを作成した。基準年2015年から2100年まで5年おき、性別5歳階級別でデータ作成し、マニュアル文書と併せ、気候変動適応情報プラットフォーム（A-PLAT）を通じて2020年度にデータ配信を実施した。

この人口から建築用地面積を求め、残りを収益率等に応じて6種の農作物等の面積を推計することで、わが国における21世紀中のバイオエネルギーの技術的潜在生産量を推計した。図1.7に示すとおり中庸の社会経済変化を想定するSSP2シナリオの場合、3.43～3.78EJ/年であり、これは現在の日本の一次エネルギー供給量の17.3～19.1%に相当する量である。原料の内訳をみると、非食用のバイオエネルギー作物が占める割合が最も大きく、2050年時点で1.34EJ/年、2100年には1.61/EJ/年と見積もられた。

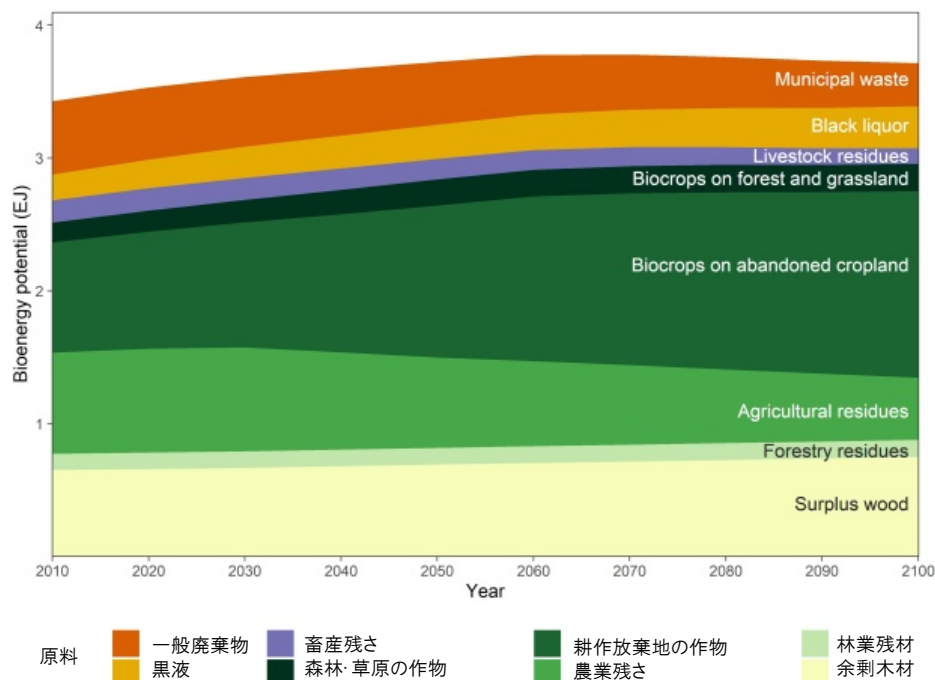


図1.7 日本の原料別バイオエネルギー潜在生産量

費用分析の結果から、エネルギー価格が5米ドル/GJであるとすると、技術的潜在生産量の約半分までが生産できることが分かった。潜在生産量を地図で示すと、陸上のバイオマス供給能は、主として日本の北東部、中央部、南部に分布している。推計結果によれば、我が国におけるエネルギー供給ならびにCO2排出削減に関して、これまで想定されてきたよりも大きな貢献がバイオエネルギーに期待できることが示された。現状の発展戦略では輸入への依存が前提とされがちだが、バイオエネルギーに関していえば、本研究で推計された国内の潜在生産量は自給の選択肢も残しうるものである。

・農業、水資源、人間健康等に関連した社会経済シナリオの調査

部門別社会経済シナリオの開発事例の調査結果を「執筆者（公表年）」「掲載紙」「分野」「概要」「開発したシナリオ」「開発手順」「用いたデータ」「結果の例」の項目ごとに整理した。また、関連するデータの収集・整備を実施した。AF・ECCA・ICONICSでの社会経済シナリオの利用実績調査に関して、AFあるいはECCAにおいて発表された研究成果についてはその演題ならびに発表予稿をもとにして、ICONICS収集論文については主にアブストラクト記載情報をもとにし、それぞれ社会経済シナリオの開発・利用事例を抽出・整理した。さらに、各分野の影響予測・適応検討に際して活用されている社会経済シナリオの使い方の観点から類型化を行うとともに、社会経済シナリオの活用方法に関する時間的変遷について分析した。

3) 都道府県別社会経済シナリオ

都道府県等において適応策の検討に社会経済シナリオを活用するために、SSP1～5の異なるシナリオごとに地域別の性年齢階級の人口を推計した。また、暮らし方を反映するために世帯類型別世帯数、働き方を反映するために産業別就業者数についても、推計した。

・都道府県別の人口構成

シナリオ別・都道府県別の2050年における65歳以上人口割合を図1.8に示す。高齢化率は、いずれのシナリオでも増加するが、特に出生率の低いSSP3の秋田県では55%に達することが分かる。市区町村別の人口について、2100年の人口の2015年に対する比をみると、市街地への集中を想定するSSP1では、現在人口の多い地域へのさらなる人口集中と、人口の少ない地域のさらなる縮小が生じる。特に地方圏・非市

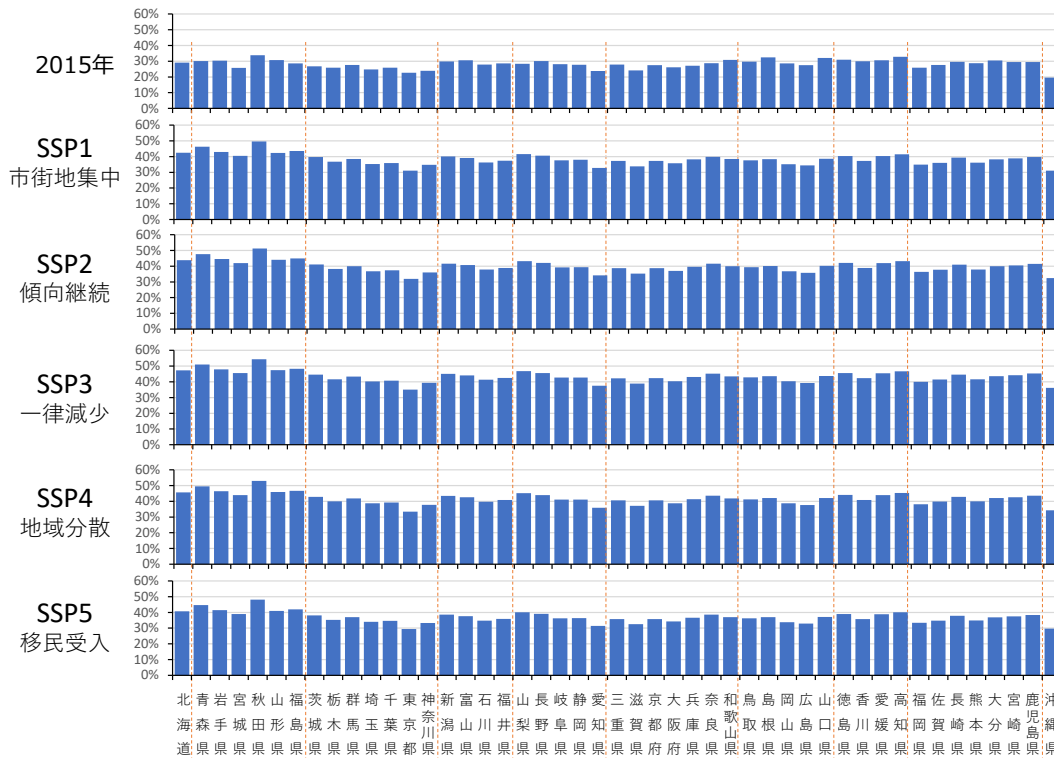


図1.8 2050年の都道府県別65歳以上人口割合

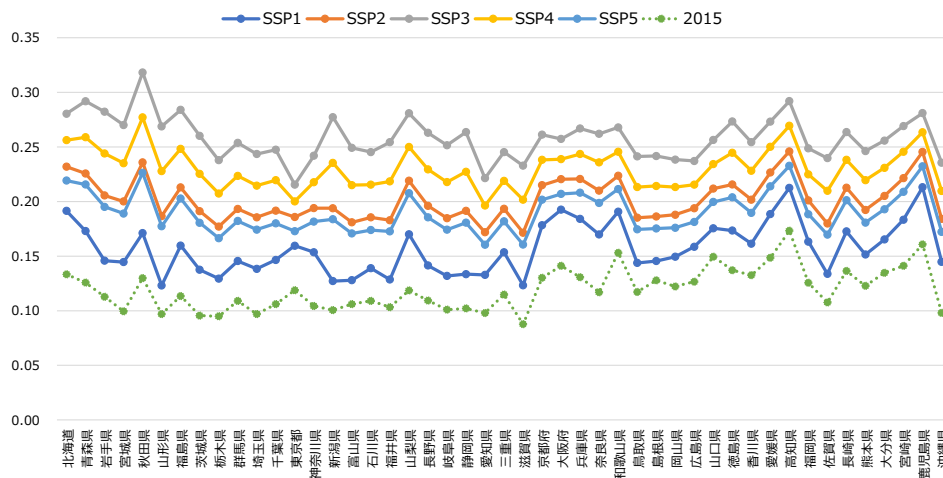


図 1.10 2050 年における高齢者単独世帯数の総人口に対する比

街地の大半では2100年の人口が現在の3割未満となる。一方で地域分散を想定しているSSP4では差の拡大が抑制される。このように社会経済シナリオで表される社会の発展の方向により地域の人口には大きな差が生じうる。長期的な視点を持つ適応策の立案では、いずれのシナリオが生じた場合にも有効な策を検討しておくことが望ましい。

2050年におけるシナリオ別・都道府県別の高齢者単独世帯数の総人口に占める割合は、図1.10に推計結果を示すとおり、SSP3で最も高く、青森県、秋田県、高知県では30%前後となっており、県民のおよそ10人に3人が適応策検討の観点で重要な単身の高齢者となることが示された。対照的にSSP1では多くの地域で15%前後であり、SSP3や4に比べると適応の困難さが緩和されることが分かる。

・ 埼玉県を例とした就業者構成

埼玉県における2050年のシナリオ別・産業大分類別の就業者数を推計したところ、図1.11に示す通

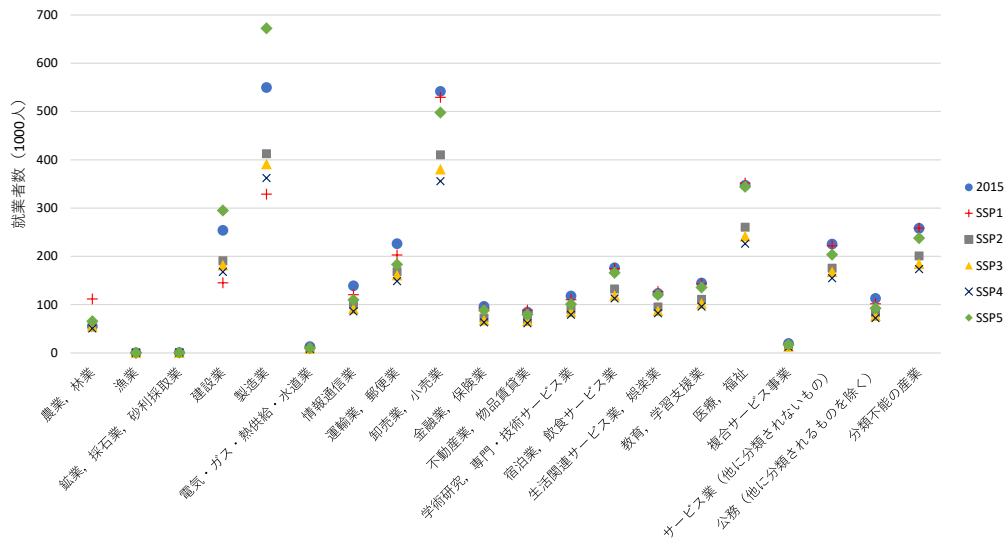


図1.11 2050年の埼玉県における産業大分類別就業者数

り、暑熱の影響を強く受ける屋外労働者の多い産業としては、農業・林業はSSP1が、建設業はSSP5がそれぞれ最も就業者が多いことが分かった。中庸としているSSP2では人口要因の影響により建設業は2015年よりも少なく、農業・林業は2015年とほぼ同水準である。

4) 埼玉県をモデルケースとする気候リスクの経済評価と中長期適応計画の作成

・将来の気温上昇が地域の熱中症救急搬送者数に与える影響の評価

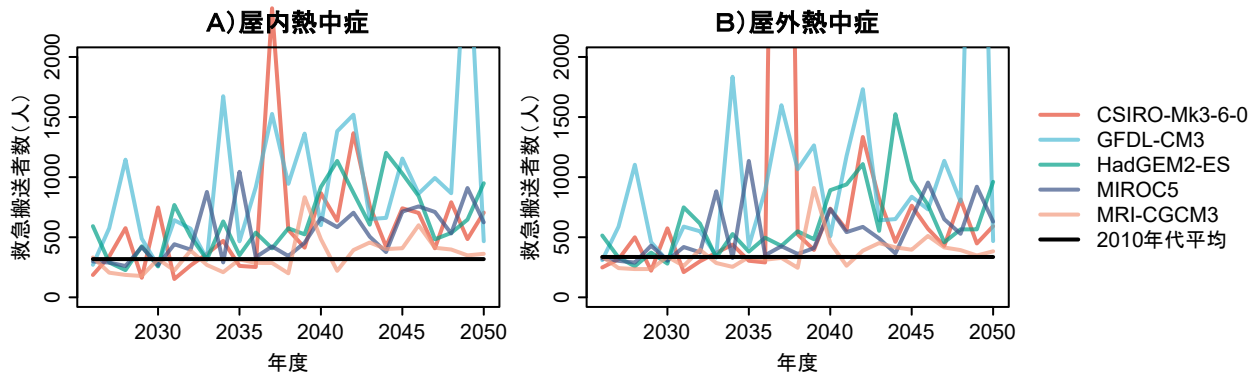
人口、経済、気象の指標から月別の熱中症救急搬送者数を予測する統計モデルを構築し、気候変動と少子高齢化が熱中症リスクに及ぼす複合的影響を評価した。年齢3区分（0～14歳、15～64歳、65歳以上）と発症場所2区分（屋内、屋外）から構成される6つのグループについて熱中症救急搬送者数を高い精度で予測できる統計モデルが得られた。既往研究では、最高気温と熱中症リスクの関係について論じられることが多かったが、本課題の結果は、回帰係数の推定値を表2.2に示すとおり、最低気温、すなわち就寝中の気温の重要性を示唆している。また、電力価格の上昇は、冷房利用時間の減少を通じて熱中症リスクの増加につながる可能性がある。

図2.8に年間熱中症救急搬送者数の予測結果を示す。毎年の予測値は全球気候モデルによるばらつきが大きく、一部の予測結果には外れ値が見られる。しかし、熱中症救急搬送者数の増加傾向はすべての気候シナリオで共通し、期間後半には2010年代の水準を超える年が頻発する。図2.9では2010年代と2040年代のグループ別熱中症救急搬送者数を比較している。ここでは、5種類の全球気候モデルのうち、中程度の気温上昇を予測しているMIROC5を仮定した。熱中症救急搬送者数はすべてのグループで増加傾向を示しているが、気候変動と少子高齢化の複合的影響により、65歳以上の増加率が突出している。屋外の熱中症救急搬送者数に注目すると、2010年代は15～64歳が最多となっているが、2040年代には65歳以上が最多となる見通しである。これらの結果は、高齢者をメインターゲットとする適応策の必要性を示唆している。

熱中症リスクの低減には夜間の冷房利用が有効であると推測される。しかし、夜間冷房は、地域の電力需要とCO2排出量を増加させるとともに、家庭のエネルギー支出を押し上げるデメリットをもつ。今後、夜間冷房の普及が効率的な対策であるかどうかを調べるため、メリットとデメリットを経済価値に換算し、費用便益分析を行う必要がある。現在、熱中症に関連する社会的コストの算定を進めつつ、グリッドデータバンク・ラボと連携し、さいたま市における夜間冷房の実態調査を行っている。

表2.2 熱中症リスクモデルの推定結果

説明変数	回帰係数の推定値(赤: 正值, 青: 負値, 白: ゼロ)					
	屋内15歳未満	屋内15~64歳	屋内65歳以上	屋外15歳未満	屋外15~64歳	屋外65歳以上
4月ダミー		-0.747		-0.414	-0.951	
5月ダミー	0.758	0.360	0.362	0.205	-0.124	0.225
6月ダミー	-0.228	0.218			0.263	
7月ダミー	0.754	0.981	0.654	0.286	1.084	0.406
8月ダミー		0.504	0.084		0.741	0.028
9月ダミー		-0.242	-0.344	-0.022	0.138	-0.513
10月ダミー		-1.198	-0.959	-0.840	-1.280	-1.310
月平均気温		0.081		0.039	0.054	
月平均最高気温				0.169	0.023	
月平均最低気温	0.312	0.118	0.281	0.004	0.061	0.258
夏日日数						
真夏日日数					0.007	
猛暑日日数			0.060		0.012	
熱帯夜日数	0.019	0.014				
CDD22		0.003	0.001			
CDD30	0.042	0.015		0.053	0.060	0.030
電力価格	0.018	0.197	0.014	0.005	0.012	0.015
節電要請ダミー			0.023	0.406	0.395	0.094
MAE(人)	1.131	3.991	5.070	1.435	5.152	3.621
RMSE(人)	1.750	7.067	9.667	2.243	8.030	5.334



注: JPNSSP2人口シナリオ、代表的濃度経路RCP8.5、5種類の全球気候モデルを仮定。電力価格は2015年の水準で固定。

図2.8 さいたま市における年間熱中症救急搬送者数の予測結果(2026~2050年)

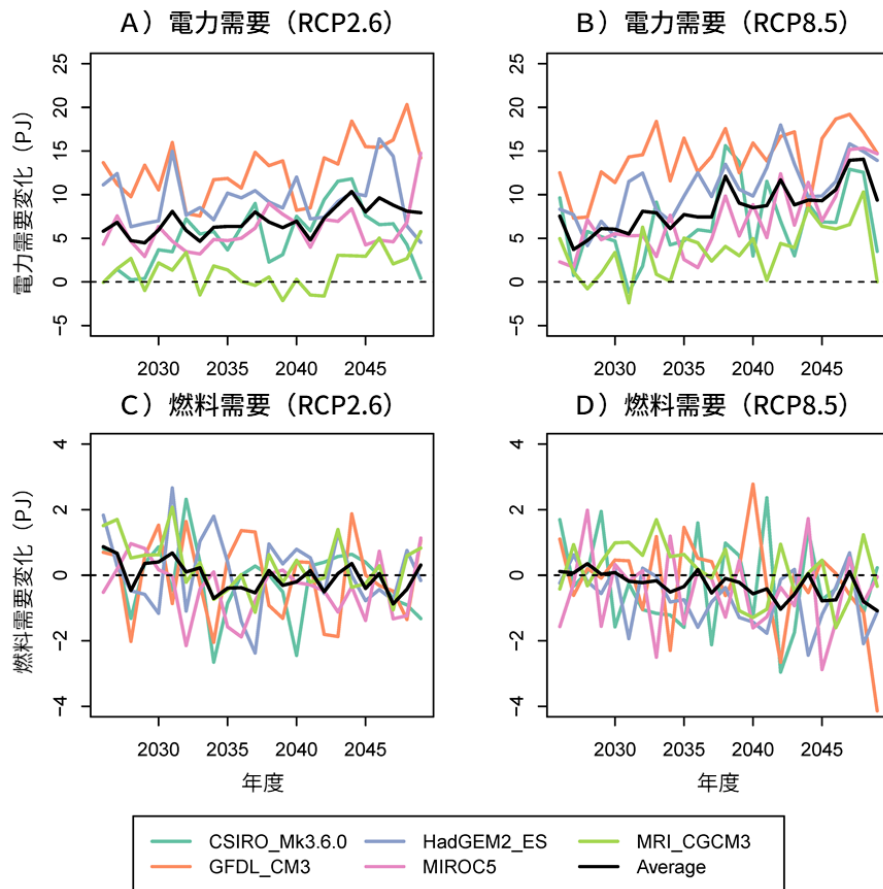
	0~14歳	15~64歳	65歳以上
屋内	+71.3% 2010年代平均: 19.6人 2040年代平均: 33.6人	+43.7% 2010年代平均: 130.1人 2040年代平均: 187.0人	+152.0% 2010年代平均: 168.5人 2040年代平均: 424.6人
屋外	+43.5% 2010年代平均: 32.3人 2040年代平均: 46.4人	+57.0% 2010年代平均: 173.4人 2040年代平均: 272.2人	+149.2% 2010年代平均: 130.2人 2040年代平均: 324.3人

注: 2010年代と2040年代のモデル平均値を比較。JPNSSP2人口シナリオ、代表的濃度経路RCP8.5、全球気候モデルMIROC5を仮定。電力価格は2015年の水準で固定。

図2.9 さいたま市における年間熱中症救急搬送者数の変化率

・将来の気温上昇が地域のエネルギー支出に与える影響の評価

埼玉県産業・業務部門における電力・燃料需要の予測結果を図2.10に示す。これは、18業種の電力・燃料需要について2010年度の水準からの偏差を足し合わせたものである。平均(Average)に着目すると、電力需要が増加傾向を示す一方で、燃料需要は減少傾向を示している。燃料需要は電力需要と比べて偏差が小さく、2010年度の水準から乖離することなく推移している。資源エネルギー庁「都道府県別エネルギー消費統計」によると、2010年度における産業・業務部門の燃料需要は111 PJ（ペタジュール）であり、電力需要の91 PJを上回っていることから、気温上昇がエネルギー需要に与える影響は、燃料よりも電力において顕著であると考えられる。業種別に見ると、電力需要は食料品、機械、民間サービス業など12業種で増加する。燃料需要は化学、窯業土石、金属など8業種で減少する一方、繊維、パルプ・紙、機械では増加する見通しである。18業種の電力・燃料需要から算出したエネルギー支出の予測結果を表2.3に示す。全球気候モデルに由来する不確実性の幅が大きいものの、電力と燃料の双方について支



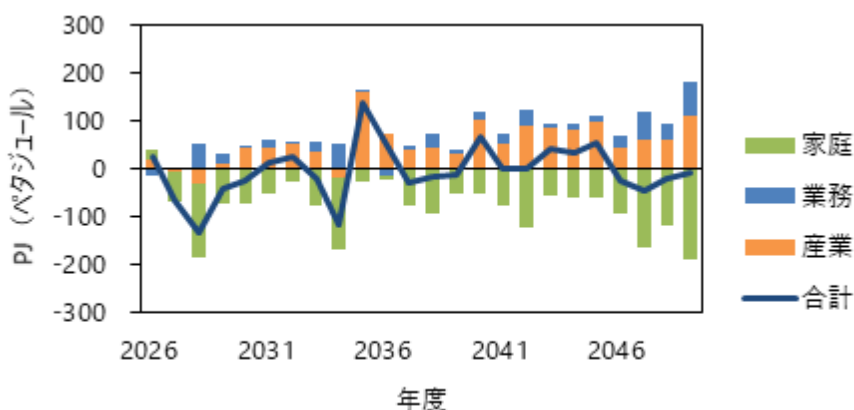
注：18業種の合計。各年度の予測値と2010年度の水準を比較。黒線は5種類の全球気候モデルに基づく予測値の平均。予測期間を通じて社会経済要因は2010年度の実績値で固定。

図2.10 埼玉県の産業・業務部門における電力・燃料需要の予測結果（2026～2049年度）

表2.3 埼玉県の産業・業務部門におけるエネルギー支出の予測結果（2040年代）

	RCP2.6	RCP8.5
電力支出	+375億円 (+101 ~ +671)	+484億円 (+238 ~ +733)
燃料支出	+5.5億円 (-1.1 ~ +12.3)	+0.5億円 (-4.8 ~ +7.1)
合計	+381億円 (+106 ~ +683)	+485億円 (+237 ~ +741)

注：18業種の合計。2040年代のモデル平均値と2010年度の水準を比較。括弧内は全球気候モデルに由来する不確実性の幅を表す。



注：47都道府県の合計。2026～2049年度の予測値と2010年度の水準を比較。RCP8.5及び全球気候モデルMIROC5を仮定。社会経済条件は2010年度の実績値で固定。

図0.4 気温上昇に伴う国内エネルギー需要の変動

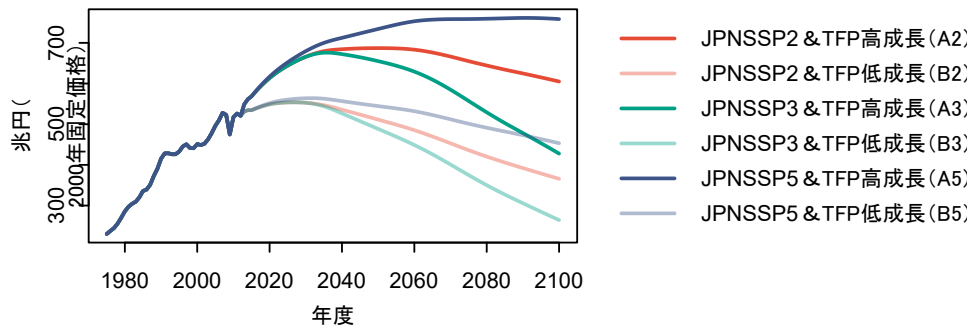
出の増加が確認された。2040年代のエネルギー支出は、RCP2.6のもとで2010年度比5.8%の増加、RCP8.5のもとで同年度比7.3%の増加となる。なお、埼玉県は出力の大きい発電所を保有しておらず、電力の大部分を県外から購入しているため、気温上昇に伴う電力需要の増加は、エネルギー供給の県外依存度を高めるとともに、富の県外流出を加速させることになる。

上記の分析を47都道府県に水平展開し、部門別（産業、業務、家庭）の電力・燃料需要を予測できる統計モデルを構築して、気候シナリオと組み合わせて気温上昇に伴うエネルギー需要の変動を算定した。2026～2049年度における国内エネルギー需要変動の算定結果を図0.4に示す。RCP8.5及び全球気候モデルMIROC5を仮定し、社会経済条件は2010年度の実績値で固定した。合計（3部門の総和）に明確な増減傾向は見られないが、産業と業務が増加傾向を示す一方で、家庭は減少傾向を示しており、部門間の差異が大きいことが分かる。家庭部門では、気温上昇に伴う電力需要の増加が燃料需要の減少に相殺された結果、総エネルギー需要が2010年度の水準を下回る。上記の算定結果を電力・燃料価格の将来見通しと組み合わせることで、各部門におけるエネルギー支出の経年変動を計算することができる。

なお、この分析は、旧版の「都道府県別エネルギー消費統計」に基づくものであり、電力・燃料需要データの更新に伴って結果が変わる可能性がある点に留意されたい。また、部門別生産額の将来見通しを次の課題の通り作成したが、電力・燃料価格の想定については、日本版SSPからも得られておらず、今後の課題である。

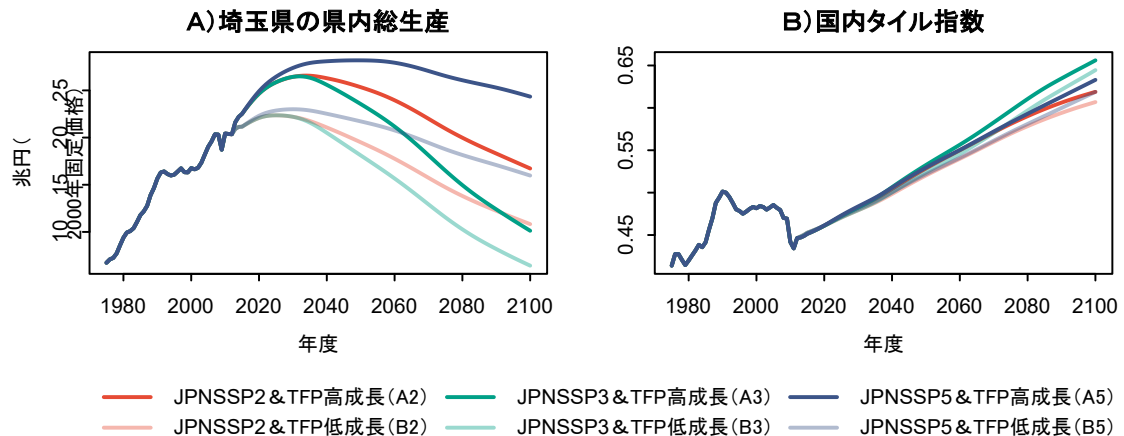
・日本版SSP人口シナリオと整合する都道府県経済見通しの作成

日本のGDPの予測結果を図2.12に示す。毎年のGDPは、47都道府県の県内総生産の予測値を足し合わせて算出した。5種類の人口シナリオと2種類の生産性シナリオを組み合わせ生成される10種類の社会経済シナリオ（A1～A5、B1～B5）を予測に用いたが、ここでは主要な結果のみ示している。なお、日本版（JPN）のSSP2は出生率と人口移動パターンの過去トレンドが維持されるシナリオ、SSP3は出生率が1.0まで低下して人口減少が加速するシナリオ、SSP5は大規模な移民流入によって人口減少が鈍化するシナリオである。日本のGDP成長率は少子高齢化の進行に伴って低下し、最も楽観的なA5シナリオでも2090年代にはマイナスとなる。最も悲観的なB3シナリオでは、2020年代にGDP成長率がマイナスとなり、2100年のGDPは1970年代の水準に等しくなる。全要素生産性（TFP）が大幅に上昇するA3シナリオでも2030年代にGDPが減少に転じることから、少子高齢化による経済規模の縮小を生産性の向上によって克服することは困難であると考えられる。



注：1975～2012年は経済産業研究所「R-JIPデータベース2017」による実績値。
2013～2100年は計量経済モデルによる予測値。

図2.12 日本のGDPの予測結果（1975～2100年）



注：1975～2012年は経済産業研究所「R-JIPデータベース2017」による実績値。
2013～2100年は計量経済モデルによる予測値。

図2.13 埼玉県の県内総生産と国内タイル指数の予測結果（1975～2100年）

少子高齢化は、就業人口の減少を通じて地域の経済成長率を押し下げる。一例として、埼玉県の県内総生産の予測結果を図2.13（A）に示す。埼玉県は東京都のベッドタウンとして734万人の人口を擁しており、県内総生産は2017年時点で全国第5位である。しかし、図2.12に示したように、埼玉県では少子高齢化が急速に進行しており、すべての人口シナリオで人口減少が見込まれている。県の経済発展は業務部門（サービス業、運輸通信業、不動産業、金融保険業、卸売小売業など）が主導しているが、計量経済モデルの推定結果によると、業務部門は産業部門と比べて労働集約的であり、就業人口の減少に対して脆弱である。さらに、業務部門のTFPは1975年以降横ばいで推移しており、過去のトレンドから想定される成長ポテンシャルが小さい。そのため、人口減少と連動する形で業務部門の生産額が減少し、県内総生産の成長率が低下する。埼玉県以外の都道府県でも同様の傾向が見られるが、人口減少の速度、TFPの成長ポテンシャル、産業構造が異なるため、県内総生産の地域分布に変化が生じる。図2.13（B）に国内タイル指数の予測結果を示す。すべてのシナリオでタイル指数が直線的に増加しており、都道府県間の経済格差は拡大の一途をたどることが分かる。すでに少子高齢化が深刻化している東北地方では、シナリオにかかわらず県内総生産が大幅に減少する。一方、東京都、愛知県、大阪府、三重県、静岡県では、県内総生産の落ち込みが緩やかであった。この結果から、人口集中地区や工業地帯を抱える大都市圏への富の集中は、今後も持続すると考えられる。

5-2. 環境政策等への貢献

<行政等が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない。

<行政等が活用することが見込まれる成果>

- ・ 日本および国内地方公共団体における気候変動適応策等の検討材料となる気候変動影響・適応評価を行う際の共通の社会経済データとなる日本版SSP（人口、GDP、土地利用）を開発・提供した。特に、日本版SSP1～5に対応する、3次メッシュ別、0.5°メッシュ別等の人口および土地利用データは、環境研究総合推進費S-18「気候変動影響予測・適応評価の総合的研究」の社会経済データとして採用される方針であり、今後のわが国の影響・適応評価の発展を導く基盤データとして間接的に行政等の活用にも貢献することが見込まれる。
- ・ 気候変動影響・適応評価の結果を参照する際に、日本版SSP1～5の違いや意味する内容を分かりやすく伝える叙述シナリオおよびイメージ図を作成・提供した。将来の社会経済には不確実性があることを伝え、いずれの方向にあっても頑健な適応策等を検討することを促す効果が期待される。また、望ましい社会像の検討において、脱物質化やガバナンス向上といった方向を目指す際の参考となることも期待される。
- ・ 都道府県別、市区町村別の性別5歳階級別人口、高齢者単身世帯数、大産業分類別就業者数を作成・提供した。地方公共団体において気候変動影響・適応評価を行う際に、特に影響を受けやすい人口の将来推計値として活用することが期待される。
- ・ 埼玉県における、熱中症やエネルギー支出に関する影響予測・適応評価の事例を提供した。今後、各都道府県においてSSPを活用する際に、具体的な手順を指し示し、結果の比較や解釈の助けとなることが期待される。

5-3. 研究目標の達成状況

- ・ 全体では、目標どおりの成果をあげた。日本版SSPを構築・提供するとともに、埼玉県での事例を通じた活用方法も提示しており、全体目標「わが国の気候変動影響・適応評価に利用可能で、世界SSPに対応した、日本版社会経済シナリオを構築する」を達成した。
- ・ サブテーマ1では、目標を上回る成果をあげた。叙述シナリオに加え、イメージ図を提示した。3次メッシュの人口、土地利用（農業）の定量化情報を作成・提供したことに加え、バイオエネルギーポテンシャルの推計例を示した。全国都道府県に加え、市区町村別に働き方や暮らし方を考慮した人口データを整備・提供した。サブテーマ1全体として目標を超えて達成した部分が多くみられる。
- ・ サブテーマ2では、目標どおりの成果をあげた。埼玉県を対象として、気候変動によるエネルギー支出と熱中症緊急搬送者数の影響予測を行う統計モデルを構築し、日本版SSPと気候シナリオを活用して2050年の影響評価を行った。これらの成果は、埼玉県地域気候変動適応センターのWEBサイト（SAI-PLAT）での情報発信を予定している。なお、日本版SSPからは電力・燃料価格の将来見通しまでは得られず、エネルギー支出の影響評価には2010年度の値を用いた。代わりに、日本版SSP人口シナリオに基づいた47都道府県の経済成長を予測し、公開した。サブテーマ2全体としておおむね目標を達成した。

<研究体制、課題管理、研究資金運用に関して、効率的に実施した点や工夫した点>

- ・ 2018年10月から国立研究開発法人国立環境研究所の気候変動適応研究プログラムの一部としての位置づけを新たに得て、より多くの研究資金と若手の研究協力者を用いた詳細な検討とアウトリーチに役立てた。また、気候変動適応情報プラットフォーム（A-PLAT）を介して、日本版SSP定量化情報や日本版SSP解説動画の公開を円滑に行うことにつながった。

- ・他の研究プログラムと合同で2019年2月に研究者ワークショップを開催して約90名の参加者と情報交換を進めることで、より汎用性の高いシナリオの構築と活用を促進し、環境研究総合推進費S-18における日本版SSPの採用見込みにつながった。

6. 研究成果の発表状況

6-1. 査読付き論文

<件数>

8件

<主な査読付き論文>

- 1) Liu J., Fujimori S., Takahashi K., Hasegawa T., Su X., Masui T.: Carbon Management, 9 (5), 447-457. (2018) Socioeconomic factors and future challenges of the goal of limiting the increase in global average temperature to 1.5°C.
- 2) 松橋啓介, 陳鶴, 有賀敏典, 金森有子: 土木学会論文集G(環境), 74 (6), II_103-II_110. (2018) 移動手段を例とした個人的な行動選択と社会的な政策転換の関係.
- 3) 越智雄輝, 藤森真一郎, 高橋潔, 松橋啓介: 土木学会論文集G(環境), 75(5), I_73-I_80. (2019) 日本を対象とした将来シナリオのデータベース化とエネルギー需給・CO2排出構造に注目したその特徴の分析.
- 4) Wu, W., Hasegawa, T., Ohashi, H., Hanasaki, N., Liu, J., Matsui, T., Fujimori, S., Masui, T. and Takahashi, K.: GCB Bioenergy, 11(9), 1041-1055. (2019) Global advanced bioenergy potential under environmental protection policies and societal transformation measures.
- 5) Wu W., Hasegawa T., Fujimori S., Takahashi K., Oshiro K.: Renewable Energy, 162:308-321. (2020) Assessment of bioenergy potential and associated costs in Japan for the 21st century.
- 6) 五味馨, 藤田壮, 越智雄輝, 小川祐貴, 大場真, 戸川卓哉: 土木学会論文集 (環境), 76(6):II_249-II_260. (2020) 地域循環共生圏による持続可能な発展の研究と基礎的な分析枠組みの提案.
- 7) Chen H., Matsushashi K., Takahashi K., Fujimori S., Honjo K., Gomi K.: Sustainability Science, 15, 985-1000. (2020) Adapting global shared socio-economic pathways for national scenarios in Japan
- 8) K. Honjo, K. Gomi, Y. Kanamori, K. Takahashi, K. Matsushashi.: Heliyon, 7, 3, e06412. (CiteScore: 1.2) (2021) Long-term projections of economic growth in the 47 prefectures of Japan: An application of Japan shared socioeconomic pathways.

6-2. 知的財産権

特に記載すべき事項はない。

6-3. その他発表件数

査読付き論文に準ずる成果発表	0 件
その他誌上発表 (査読なし)	7 件
口頭発表 (学会等)	18 件
「国民との科学・技術対話」の実施	11 件

マスコミ等への公表・報道等	1 件
本研究に関連する受賞	0 件

7. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

8. 研究者略歴

研究代表者

松橋 啓介

東京大学工学部都市工学科卒業、東京大学大学院工学系研究科修士課程修了、博士（工学）、現在、国立研究開発法人国立環境研究所社会環境システム研究センター環境政策研究室長、筑波大学大学院理工情報生命学術院システム情報工学研究群教授（連携大学院）

研究分担者

1) 本城 慶多

北海道大学文学部人文科学科卒業、北海道大学大学院環境科学院修士課程修了、同博士課程修了、博士（環境科学）、現在、埼玉県環境科学国際センター温暖化対策担当主任、国立研究開発法人・国立環境研究所客員研究員

2) 高橋 潔

京都大学工学部衛生工学科卒業、京都大学大学院工学研究科修士課程中退、博士（工学）、現在、国立研究開発法人国立環境研究所社会環境システム研究センター副センター長

II. 成果の詳細

II-1 日本版SSPの叙述シナリオ構築と定量化情報の整備

国立研究開発法人国立環境研究所

社会環境システム研究センター

松橋 啓介

増井 利彦・金森 有子・高橋 潔・有賀 敏典

地球環境研究センター

江守 正多・花崎 直太

資源循環・廃棄物研究センター

田崎 智宏

福島支部

五味 馨

<研究協力者>

国立研究開発法人国立環境研究所

石河 正寛・CHEN He・WU Wenchao

京都大学

藤森 真一郎（平成30年度～，国環研から転出）

立命館大学

長谷川 知子（平成31年度～，国環研から転出）

[要旨]

日本及び国内自治体での気候リスク評価と適応策の検討・推進のため、世界SSPと関連付けた日本版社会経済シナリオ（SSP）の開発及び応用を目的として、日本の計画・政策を踏まえた叙述シナリオの構築、3次メッシュの人口・GDP・土地利用等の定量化情報の提供、全国都道府県と市区町村を対象とした社会経済シナリオの提示を行った。

具体的には、国際的な地域版SSPのレビューを踏まえた叙述シナリオの条件と構築手順の整理、日本の中長期的な計画・政策・シナリオを収集整理した日本シナリオデータベースを踏まえて、世界SSPの描写と追加的情報を和訳したものに、日本のシナリオを左右する要因として抽出した産業、雇用、移民、対応力、多様性に関する動向を追記し、人口減少の特徴を反映させることで日本版SSP叙述シナリオを構築した。アドバイザーボード会合や他研究グループとの議論を経て改訂し、イメージ図や解説動画とともに公開した。

世界SSPに表れていない日本の人口減少の特徴を踏まえて、社人研の条件付き推計から日本版SSP叙述シナリオのSSP1～5に対応する推計をそれぞれ選定した。これに対応する全国市区町村別SSP別人口を性別5歳階級別に2100年まで推計して公開するとともに、都道府県別に気候変動の影響評価を左右する高齢者率、高齢者単独世帯数、産業大分類別就業者数等を整備した。また、市区町村別人口から3次メッシュ人口と0.05°メッシュ人口を推計・公開した。さらに、メッシュ人口から建物用地面積率を計算し、収益最大化を想定した面積割付により6種類の農作物面積を含む土地利用のシナリオを作成した。この応用例としてバイオエネルギーの潜在生産量が国内に相当量存在することを見積もった。

全体として、いずれの目標も達成した。都道府県別GDPの作成はサブテーマ2の貢献によることとなったが、一部は目標を超えて達成したと考える。

1. 研究開発目的

本研究は、日本及び国内自治体での気候リスク評価と適応策の検討・推進のため、世界SSPと関連付けた日本版社会経済シナリオの開発及び応用を目的とする。その際に、国際的なSSPでは考慮されてこなかった日本の独自の将来見通しを明示的に取り込む。また、影響・適応策の分析に用いるため、世界規模のSSPに整合的な形で日本全土を対象地域とした空間高解像なグリッド単位の土地利用シナリオを描出するためのダウンスケーリング手法を開発し、定量化情報を作成する。さらに、地方自治体レベルでの成果の活用のために、都道府県別のシナリオを作成する。

具体的には、1) 世界SSP、海外の地域別SSPの事例、既往の日本版叙述シナリオ、国内の各種の中長期的計画・政策、日本のシナリオユーザーのニーズを調査し、世界SSPと対応しかつわが国の見通しを反映し、さらに緩和・適応策の検討に使いやすい日本版SSPの叙述シナリオを構築する。また、2) 日本全国（陸域）を対象地域として、2次メッシュ（約10km）あるいは3次メッシュ（約1km）の空間解像度で、複数部門の影響評価で広く用いられる基礎変数・指標（人口・GDP・土地利用等）、および農業、水資源、人間健康等の各部門特有の変数・指標について、定量化情報を提供する。さらに、3) 都道府県等の地域レベルの気候変動影響評価に活用することを目指して、働き方や暮らし方を考慮した将来の経済・人口の試算を行う。

2. 研究目標

- 1) 世界SSPの考え方と国内の計画・政策等を踏まえて、緩和・適応策の検討に使いやすく、日本国内の社会経済状況の将来変化を描出する叙述シナリオを構築する。
- 2) これと対応して、日本全国の陸域を対象に、2次メッシュあるいは3次メッシュの空間解像度で、人口・GDP・土地利用および農業、水資源、人間健康等について定量化情報を作成・提供する。
- 3) さらに、全国都道府県における活用を念頭におき、働き方や暮らし方を考慮した社会経済シナリオの活用方法を提示する。

3. 研究開発内容

1) 日本版SSP叙述シナリオ

日本版SSP叙述シナリオ構築の流れを図1.1に示す。世界SSPの考え方と地域SSPの事例からシナリオ構築の条件と手順を検討し、日本の中長期的計画やシナリオを整理して特徴を把握し、各分野の研究に必要な要因を明らかにするなど、枠組みを整理する。次に、日本のシナリオを左右する要因を研究者の議論から明らかにし、日本の特徴を表したスケッチとイメージ図に反映させるとともに、SSP1～5に対応する全国の人口やGDPを提案する。

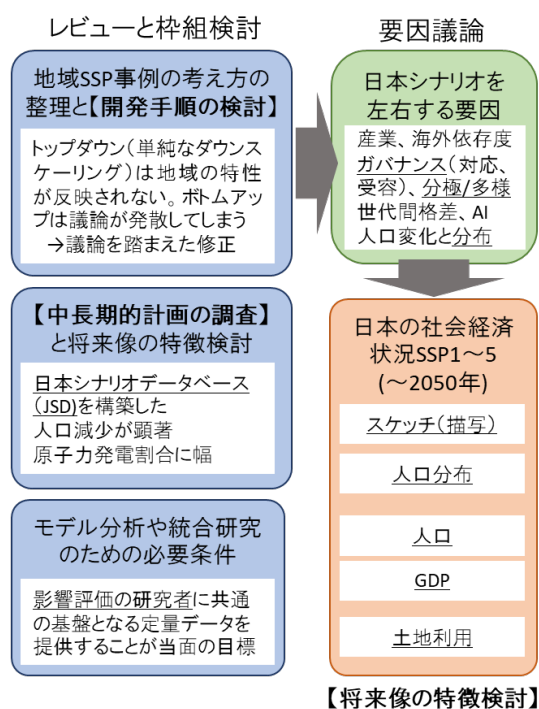


図1.1 叙述シナリオ構築の流れ

1-1) 日本版SSPシナリオ構築の条件整理

世界SSPの理念・考え方を再整理するとともに、国際的な地域別SSPの取り組みのレビューを行い、日本版SSP叙述シナリオを構築する際の手順と必要条件を整理した。

1-2) 日本シナリオデータベースの構築

国内の各種の中長期的計画・政策、シナリオを調査し、日本の将来像に関する知見を取りまとめるとともに、SSPの考え方に対応づけた整理を行うことで、日本特有の事象のSSPの将来像への取り込み方を検討した。そのため、日本が対象に含まれている多様な将来シナリオを調査し、統一された様式に整理することにより日本シナリオデータベース（JSD: Japan Scenario Database）を構築した。

1-3) 日本版SSP叙述シナリオの構築

気候影響・適応研究の専門家に加え、低炭素、資源循環、自然共生、安全確保等の研究者に意見聴取を行い、気候変動適応と同時にこれらの統合的解決の観点から求められる社会経済シナリオの必要条件を整理した。これらを踏まえて、基本的な枠組みを議論した上で、世界SSPのスケッチを修正する形式で叙述シナリオの素案を作成した。また、国内の地域構造に係る一部の要素を中心に表形式で追加整理した。

1-4) SSPのイメージ図の作成

日本版SSPの叙述シナリオおよび定量化情報の公開を進める中で、SSP1～5の異なるシナリオが日本各地の気候変動影響・適応評価に広く活用されるためには、各シナリオの違いがより分かりやすく伝えられることが重要であると考え、叙述シナリオの主要な違いをイメージ図に示すこととした。具体的には、SSP1～5に付けられている経路の名称を道のデザインに反映させ、その周辺に、人口、幸せの尺度、地方自治、教育、都市化、エネルギー、産業、国際関係、農業・漁業、自然環境について、緩和策の困難さ、適応策の困難さに違いが生じるように、描出した。

1-5) 日本版SSPに対応した人口とGDP

世界SSPにおける日本の人口の想定と推計値、国立社会保障・人口問題研究所の将来推計、叙述シナリオの素案を参考として、SSP1～5に対応する日本人口のシナリオを検討した。国内における利用やすさの観点から、社会保障・人口問題研究所の条件付推計の中から選定し、提案した。これに対応するGDPを整理した。

2) 日本版SSP定量化情報の提供

2-1) SSPに関連付けた人口・土地利用メッシュシナリオの開発と配布

適応策検討のための気候変動影響予測では、影響の空間的差異を表現・把握するために、空間詳細なメッシュ気候シナリオと併せ、影響予測の空間解像度に見合ったメッシュ社会・経済シナリオがしばしば用いられる。特に、暑熱・豪雨等の気候ハザードに暴露される人口の密度ならびに土地利用（建物・林地・農地などの広がり）に関する、面的な分布情報の将来想定については、多くの気候影響予測研究で入力情報として用いられる。本研究での日本版SSP開発では、世界版SSPの社会経済の諸条件と整合的に市町村単位でSSP別人口シナリオが開発されたが、さらに気候変動影響予測での活用支援の観点から、その市町村単位のSSP別人口シナリオをふまえたメッシュ人口シナリオの作成と気候変動適応情報プラットフォーム（A-PLAT）を用いたデータ配信を行った。

さらに、そのSSP別人口シナリオを入力情報として利用し、建物用地推計、ならびに空間割付による作物・森林・牧草地推計、の2段階の手順を踏み、土地利用シナリオを作成した。建物用地推計については、環境研究総合推進費S-8での共通シナリオ開発手法を踏襲し、基準年における建物用地面積と将来人口

変化の関係から、将来の多々もの用地面積変化を推計した。より具体的には、基準年の人口と将来年の人口から人口変化率を求め、人口変化率と基準年の建物土地利用を掛け合わせるにより、将来年の建物用地面積を算出した。その際、将来年の人口データとして2015年～2100年のうち5年ごとにおけるSSP1～SSP5のシナリオ別3次メッシュの人口分布の将来推計データを使用した。基準年は2005年としている。建物用地面積算出後に、建物用地面積が増加した場合は他の土地利用区分（田・森林・荒地・その他用地）から増加分を差し引くことで建物用地を割り付けた。建物用地面積が減少した場合は、減少分だけ荒地の面積に加算した。他の7つの土地利用区分（その他の農用地・幹線交通用地・河川地及び湖沼・海浜・海水域・ゴルフ場・解析範囲外）については将来年で変化がないと想定し、将来推計の対象外とした。次に建物用地推計3次メッシュデータを0.05°メッシュに集計したうえで、当該建物シナリオならびに将来不変を仮定した土地利用区分のシナリオを用い、それらを除外して残る土地に対して、全球版SSP（AIM/CGEモデル）でのSSP1～SSP5での日本域の土地利用面積（6種類の作物（水稻、麦類、油料作物、その他雑穀、砂糖作物、その他作物）、森林、牧草地）について、各メッシュの収益最大化を想定したメッシュ化ダウンスケーリング手法（AIM/PLUM-Japan）を用いて空間割り付けを行った（6種類の作物を天水・灌漑に分ける）。ダウンスケールモデルの空間解像度は0.05°×0.05°で、日本域は17,977グリッドに分割される。6種の農作物が区別して扱われ、さらに各々灌漑農地と天水農地に区別して扱われる。基準年の土地利用としては、国土数値情報土地利用3次メッシュデータ（H18, 2006）を用いた。基準年の作物別土地利用分布については、農林水産省作物調査市町村データによる市町村別・作物別農地面積を、国土数値情報が示すメッシュ別の農地比率に割り付けることで作成した。作物収量データとしては、2005年における市町村別・作物別情報を0.05°グリッドセルで6種類の農作物に区別して格納した。灌漑・天水別の収量については、日本では灌漑率が一般的に高いことから灌漑農地の収量は統計収量と等しいとして扱った。一方、天水農地の収量についてはISIMIPデータから灌漑農地と天水農地の収量比率を抽出しそれを掛け合わせて扱った。ダウンスケーリングモデルAIM/PLUM[Japan]の詳細についてはWuら（2020）の論文¹⁾に記した。

2-2) 人口・土地利用メッシュシナリオを活用したバイオエネルギーポテンシャルの推計

我が国における長期の温室効果ガス排出削減政策およびエネルギー供給にとって、バイオエネルギーは重要な役割を担い得る。しかし一方で、バイオエネルギーの国内供給能力に関する理解はいまだ不足している。そこで、人口・土地利用シナリオの応用例（農業に関連した定量化情報）として、今世紀を通じた我が国におけるバイオエネルギーの、技術的潜在生産量ならびに経済的潜在生産量の推計に取り組んだ。推計にあたり、人口・農地需要の変化を所与の想定条件として扱う高空間解像度の土地利用モデルで構成される、複数種のバイオエネルギーの原料を区別して扱うことが可能な統合評価枠組を用いた。

2-3) 農業、水資源、人間健康等に関連した社会経済シナリオの調査

水資源、農業、人間健康、防災、産業等の気候変動影響を被る部門別の定量的な影響予測研究での活用を前提とした、社会経済あるいは技術等に関する将来想定（部門別社会経済シナリオ）の開発手順ならびにその開発手順実施に必要なデータ等の情報について、既存の部門別社会経済シナリオの開発事例の調査を通じて整理した。なお、調査の対象は、SSPシナリオに関連付けた開発事例に限らず、過去のSRESシナリオに関連付けた開発事例や、あるいは特定の共通化シナリオとは関連付けられていない独自想定での影響予測実験用の開発事例も含めた。

また、適応関連の主要国際学会としてAF（Adaptation Futures）ならびにECCA（European Climate Change Adaptation conference）において過去に口頭発表あるいはポスター発表の形で報告された研究成果、ならびにICONICS（International Committee On New Integrated Climate change assessment Scenarios）において収集・整理されたSSP関連論文を対象として、社会経済シナリオの利用実績に関する情報抽出・整理を行った。

3) 都道府県別社会経済シナリオ

都道府県等において適応策の検討に社会経済シナリオを活用するために、SSP1～5の異なるシナリオごとに地域別の性年齢階級別の人口の推計手法を開発した。また、暮らし方を反映するために世帯類型別世帯数、働き方を反映するために産業別就業者数についても、推計手法を開発した。

3-1) 都道府県別の人口構成

日本版SSPの叙述シナリオでは人口の集約度合い等の傾向として4つの地域区分（大都市圏市街地、大都市圏非市街地、地方圏市街地、地方圏非市街地）を設定し、それぞれに異なる想定を置いた。そこで日本版SSPをもとに地域別の人口を推計する際にも、これらのいずれにその地域が当てはまるのかを判別する必要がある。そこで地域単位を市区町村とし、各自治体を4つに分類する手順として、まず大都市圏、地方圏に区分し、それから各々市街地・非市街地に分類する。前者は簡単に3大都市圏に属する自治体は大都市圏、それ以外を地方圏とする。市街地、非市街地の判別については市街地的な特徴の程度を示す変数として自治体の(a)人口規模、(b)人口密度、(c)移動率、(d)DID人口比率の4つを挙げ、それぞれに「基準値」を設定し、これら4変数のうち2つ以上の項目で基準値を上回る自治体を市街地自治体、そうでない自治体を非市街地自治体とした。基準値を表に示す。

表1.5 市街地/非市街地自治体の判別閾値とした基準値

	大都市圏	地方圏
(a) 人口規模	300,000人	30,000人
(b) 人口密度	4,000人/km ²	1,500人/km ²
(c) 移動率	1.0%/5年	0.0%/5年
(d) DID 人口比率	90%	60%

将来推計にあたっては日本の市区町村別人口推計手法を踏襲し、これと同じコーホート要因法を用いた。すなわち基準年次の性年齢階級別人口に対し仮定値（パラメータ）である「子ども女性比」「0-4歳性比」「生残率」「移動率」を乗じて次の期の人口を求める。その際、出生率についてはシナリオ別に、移動率については上記のシナリオ別・4地域区分別に、それぞれ表3.1.6のように設定した。また性年齢五歳階級別の全国計を日本版SSPの同人口と一致させるため、推計年次ごとに日本版SSPの値で全体を一律にスケールした。なお原子力災害による避難の続く福島県については市町村に分けず県全体を一つの地域として推計した。

表1.6 主要パラメータの設定値

		SSP1	SSP2	SSP3	SSP4	SSP5	
出生率		高	中	1.0に収束	1.2に収束	中	
生残率		中	中	中	中	中	
外国人						大	
移動率	2015年～2050年	大都市圏市街地	+0.8%	中	中	-1.0%	+1.2%
		大都市圏非市街地	±0%	中	中	±0%	+0.8%
		地方圏市街地	+0.8%	中	中	-1.0%	+0.8%
		地方圏非市街地	±0%	中	中	+0.8%	-0.1%
		福島県	+0.4%	中	中	-0.5%	±0%
	2050年～2100年	大都市圏市街地	+0.17%	中→0	中→0	-3.6%	+1.2%
		大都市圏非市街地	-0.45%	中→0	中→0	+0.36%	+0.8%
		地方圏市街地	+0.18%	中→0	中→0	-3.0%	+0.8%
		地方圏非市街地	0.65%	中→0	中→0	+1.1%	-0.1%
		福島県	+0.17%	中→0	中→0	-3.6%	+1.2%

※表中の「中」は、国立社会保障人口問題研究所の日本の地域別将来推計人口（平成30年版）の設定のとおり

3-2) 都道府県別の世帯構成

市区町村人口（SSP別）をもとに、都道府県別に2100年までの将来世帯数（一般世帯）を推計した。社人研による都道府県別将来世帯推計を参照とし、年次とシナリオを拡張する。推計手法としては世帯主率法により都道府県別の世帯主率（世帯主の年齢階級別・世帯5類型別）を各SSPの叙述に合わせて2100年まで設定して推計した。また、適応の観点から夏期の見守りや災害時の避難支援の必要性が特に高いと考えられる一人暮らし高齢者（世帯主の年齢が65歳以上の単独世帯）について人口に対する割合を推計した。

表1.7 シナリオ別の将来世帯数推計の設定

SSP	考え方	世帯主率の設定
SSP1[持続可能]	世帯の小型化が緩和される	2015年時点の世帯主率を将来にわたって固定
SSP2[中庸]	現状の傾向が継続(参照シナリオ)	2040年まで社人研2019年推計、2045年~2100年は2040年までの傾向を延長
SSP3[分断]	孤立傾向が加速	単独世帯の増加割合をSS2の2倍に
SSP4[格差]	SSP2とSSP3の中間	単独世帯の増加割合をSS2の1.5倍に
SSP5[化石燃料]	現状の傾向が継続	SSP2に同じ

3-3) 埼玉県を例とした就業者構成

適応策検討においては将来の地域の産業構造や就業状態が影響する。そこでここでは埼玉県を対象とし、日本版SSPと市区町村の将来推計人口から、シナリオ別の2050年の産業大分類別就業者数をSSP別に推計した。2015年の国勢調査から産業大分類別・年齢5歳階級別・性別の就業率を推計し、これを基準として将来のシナリオ別に設定を行い、各シナリオの将来推計人口に乗じることでシナリオ別・産業大分類別の就業者数を推計した。シナリオ別の就業率に関する設定を表に示す。

表1.8 シナリオ別の就業率の設定

SSP	年齢5歳階級別・性別の就業率	産業別就業率の設定
SSP1	女性の就業率が2015年の男性の水準に増加	農業・林業の就業率を2015年値から1.5倍に、製造業・建設業の就業率を同じく0.7倍にし、差分を他の産業（第三次産業）に按分して増加
SSP2	2015年の値で固定	2015年の値で固定
SSP3	2015年の値で固定	2015年の値で固定
SSP4	すべての属性で2015年の0.9倍	2015年の値で固定
SSP5	女性の就業率が2015年の男性の水準に増加	製造業・建設業の就業率を1.3倍にし、差分を他のすべての産業に按分して減少

4. 結果及び考察

1) 日本版SSP叙述シナリオ

1-1) 日本版SSPシナリオ構築の条件整理

文献レビューを行い、日本版SSPシナリオを構築する際の条件を整理した。世界SSPでは、緩和と適応に関するチャレンジの違いにより、5つの異なる社会経済の叙述シナリオSSP1~5（持続可能、中庸、地

域分断、格差、化石燃料依存)を提示し、人口、教育、都市化、GDPの主要な予測をもとにして、シナリオごとの定量化を行っている。これを国や国内地域のスケールに適用した試みが数例ある。しかし、地域の人々の参加によって将来を左右する要因を決めるボトムアップ型の例では、広範な議論を行って叙述シナリオを作成することができたが、モデル分析に利用可能な人口やGDPに関する定量化へ反映させることが困難となっている。一方、世界SSPに示される国別の人口とGDPをそのまま国内の地域に按分するトップダウン型の例では、国や国内地域別の特徴を表現することができていない。そのため、日本版SSPシナリオの構築においては、世界SSP1~5を基本としつつ日本独自の異なる特徴を明確にすること、国及び国内地域別の人口やGDPの計画やシナリオを調査し、これらに影響する要因を明らかにして国内定量化に反映させることが重要な条件となると考えられた。

1-2) 日本シナリオデータベースの構築

日本を対象とした既存の将来シナリオに関する文献を収集し、データベース化するとともに、それらのシナリオに含まれる各変数を、世界SSPにおける日本域の情報と比較することにより、日本の将来シナリオの特徴を分析した。これまで個別に作成されてきたシナリオをデータベースとして整理することで、日本の将来という文脈において主要な変数について国際的に用いられるSSPとの乖離の有無を明らかにした。日本を対象とした将来シナリオに関する文献を、研究論文、政府機関あるいはNGOの発行するレポート、政府委員会等で公表された資料などから幅広く収集し、特に基礎的な社会経済変数、エネルギーや排出量に関わる変数を中心に選定を行った。16文献の合計152個のシナリオを日本シナリオデータベース(JSD: Japan Scenario Database)として整理した。表1.9に主要な変数を示す。なお、SSPと比較しやすいように、様式にはIAMCのデータテンプレートをを用いた。データベースに格納される情報は、文献コード、シナリオコード、変数名、単位、年ごとの変数の値である。

次に、JSDとSSPとの比較を行った。人口については、SSPの人口減少の方が緩やかであり、日本の既存の将来シナリオであるJSDの人口減少傾向が顕著であった。また、原子力発電については、SSPよりもJSDが発電量を小さく想定する傾向がみられた。このように、JSDに含まれる日本を対象としたシナリオ研究とSSPではシナリオのレンジの異なる変数が存在することが示された。一方で、エネルギー強度及び炭素強度のBaU(緩和対策無し)の値に関しては、JSDとSSPで大きな差はみられなかった。変数によって違いはあるが、JSDとSSPの間で乖離が大きい変数の中でも例えば人口減少や原子力発電など日本国内で大

表1.9 日本シナリオデータベース(JSD)に含まれる主要な変数

人口 (11)	消費者物価上昇率 (3)	旅客輸送量 (2)
実質 GDP (8)	国内企業物価上昇率 (2)	貨物輸送量 (3)
名目 GDP (2)	民間最終消費成長率 (1)	一次エネルギー供給量 (6)
GDP デフレーター (1)	民間住宅投資成長率 (1)	発電量 (7)
消費 (1)	民間企業設備投資成長率 (1)	電源構成 (3)
民間最終消費支出 (1)	民間在庫品増加成長率 (1)	最終エネルギー消費量 (6)
民間固定資本形成 (1)	政府最終消費支出成長率 (1)	温室効果ガス排出量 (2)
政府最終消費支出 (1)	公的固定資本形成成長率 (1)	CO ₂ 排出量 (8)
公的固定資本形成 (1)	労働力人口成長率 (1)	石炭価格 (2)
輸出 (1)	賃金上昇率 (1)	天然ガス価格 (2)
輸入 (1)	就業者数 (2)	石油価格 (2)
労働力人口 (1)	世帯数 (3)	電力価格 (1)
完全失業率 (2)	粗鋼生産量 (5)	炭素価格 (1)
名目長期金利 (2)	セメント生産量 (5)	限界削減費用 (1)
人口成長率 (1)	エチレン生産量 (4)	政策コスト(消費損失) (1)
GDP 成長率 (5)	紙・板紙生産量 (4)	政策コスト(GDP損失) (1)
GDP デフレーター成長率 (2)	業務床面積 (3)	追加エネルギーシステムコスト (1)
潜在成長率 (2)		

※ 括弧内はデータ取得した文献数。燃料種別・部門別等の変数の詳細については省略した。

きな課題とされているものについては、日本版SSP策定にあたって注意を払う必要がある。すなわち、乖離の生じる要因を同定し、既存のSSPのシナリオに従うか日本独自の想定に基づいたシナリオを構築するかといった検討が必要となる。また、SSPにはない推計の幅がみられた原子力によるエネルギー供給のBaUシナリオなどは、国・地域レベルのシナリオを新規に作成する日本版SSPの中で取り入れることの重要性を示した一例と言える。また、地域規模での既存シナリオを全球規模でのSSPシナリオ開発の枠組にフィードバックしていくことの意義やそのための手順・方法についても検討の価値がある。

1-3) 日本版SSP叙述シナリオの構築

メンバー内外の議論を通じて、日本版SSP叙述シナリオの素案を構築した。まず、1-1)で示した条件を踏まえつつ、気候変動適応と同時に多様な問題を統合的に解決する観点から求められる社会経済シナリオの必要条件を検討した。都道府県や市町村においては、人口減少問題に関心が強いこと、地域人口についてはシナリオの考え方が採用される場合があること、しかし気候変動適応に関してはまずは中庸な将来予測に基づく影響評価が求められていること、政策立案における日本版SSP1~5へのニーズはまだ不透明であることが指摘された。一方、当面は日本国内の影響評価の研究者向けに日本版SSP1~5を提供し、影響の幅の情報を提供可能とすることの重要性を確認した。また、既往の地域SSPのレビューを踏まえて、日本の将来シナリオを左右する主要な要因を複数挙げた後、気候変動の緩和と適応のチャレンジの軸で整理されているSSP1~5と対応付ける手順とすることを決めた。

次に、1-2)で示した既往の計画やシナリオと部門別の影響・適応・脆弱性評価に関連性の高い変数や指標を考慮しつつ、日本の将来シナリオを左右する主要な要因について検討した。2018年9月に研究メンバー全体の議論と投票を行い、産業技術の発展や海外依存度の違い、人口と人口分布の変化、対応力や多様性と格差等によってシナリオが異なることを指摘した。基本的な枠組みに沿ってSSP1~5の叙述の素案を作成した。これをもとに、京都大学防災研究所の統合PGテーマDサブ課題「様々な変化を考慮した後悔しない適応戦略」や地球環境産業技術研究機構(RITE)のALPSⅢセクター横断対策検討WGと日本版SSP構築に関する意見交換を行い、基本的な考え方が共通すること、研究(1-2)で示したとおり原子力発電によるエネルギー供給量については幅があり、明確な記述が現時点では困難であること等を確認した。初年度1月のアドバイザーボード会合の指摘も踏まえて、世界SSPのスケッチを修正する形式で叙述シナリオの素案を作成した。具体的には、図1.2に抜粋を示すとおり、世界SSPのスケッチおよび追加的情報の和訳を作成し、国や国内スケールにも適用可能な記述については記述を広げ、人口の記述は日本に合わせて修正した。特に、日本のシナリオを左右する主要な要因として産業、雇用、移民、対応力、多様性に関する記述を赤字で加筆した。また、表1.10のとおり、国内の大都市圏/地方圏と市街地/非市街地の人口分布の傾向について表にまとめた。SSP2では全体の人口減少を反映しながらも現況の過疎化気味の

SSP1：持続可能 - グリーンロード「・・・地域・国家・国際機関・国際的な制度・民間部門・市民社会が継続的に連携・協調することで、コモンズの管理は少しずつ改善していく。市民の政治参加が進展し、意見や立場が異なる人々の間での対話や相互理解が進み、他者に対して寛容な、多様性を認める市民社会となる。・・・」
SSP2：中庸「・・・世界人口の伸びは中程度で、21世紀後半には人口構造の変化が一段落することで、世界人口は横ばいで推移するようになる。しかし、日本の人口は少子高齢化の影響は避けられず、2050年に約1億200万人へ減少する。子育て環境への投資は、人口減少を緩和させるが、人口を安定させるほどの出生率の上昇には至らない。・・・」
SSP3：地域分断 - 困難な道「・・・日本でも、市民の政治参加は後退し、より統制的な経済と権威主義的な政府に向かう。意見や立場が異なる人々の間での対話や相互理解が進まず、他者に対して不寛容な、分断された社会となる。教育や技術開発への投資は減少し、関連産業が衰退する。経済発展は遅く、消費は物質集約的で、格差は残り続ける。国内のほとんどの地域は人口急減と財政難に直面し、標準的な生活水準を維持するためのインフラやサービスをすべての人々に提供することが困難になり、比較的豊かな地区のまわりに極端に貧困な地区が存在することとなる。・・・」

図1.2 日本版SSPのスケッチ（一部抜粋。赤字は日本版の特徴的な点）

表1.10 大都市圏／地方圏と市街地／非市街の人口分布の特徴

	SSP1	SSP2	SSP3	SSP4	SSP5
	コンパクト+ネットワーク	現状維持	荒廃、スラム化	都市中心への集中、郊外の衰退	大都市圏へ集中
大都市圏市街地	+	0	—	—	++
大都市圏非市街	0	0	—	0	+
地方圏市街地	+	0	—	—	+
地方圏非市街	0	0	—	0	0

傾向が

続く想定とした。SSP1では市街地に、SSP5では大都市圏および市街地に人が集まり、残りやすい想定とした。SSP4では、市街地の衰退により非市街地化が進み、結果的に非市街地に居住する人の割合があまり減らないことを想定し、SSP3では非市街地の急激な衰退がこれに加わる想定とした。

さらに、1.5℃目標に対応するLEDシナリオの日本版の叙述として、SSP1にサービサイジングやシェアリング、ICT活用によるエネルギー需要の減少を加えた日本版LED叙述シナリオを作成した。

1-4) SSPのイメージ図の作成

世界SSPでは、適応策の困難さと緩和策の困難さの二軸で整理した共通的な社会経済シナリオを5つ（SSP1：持続可能、SSP2：中庸、SSP3：地域分断、SSP4：格差、SSP5：化石燃料に依存した発展）示している。まず、イラストのベースとした土地と道路には、SSP1～5のパス（道筋）の別称を反映させた図化を図1.3に示すとおり行った。

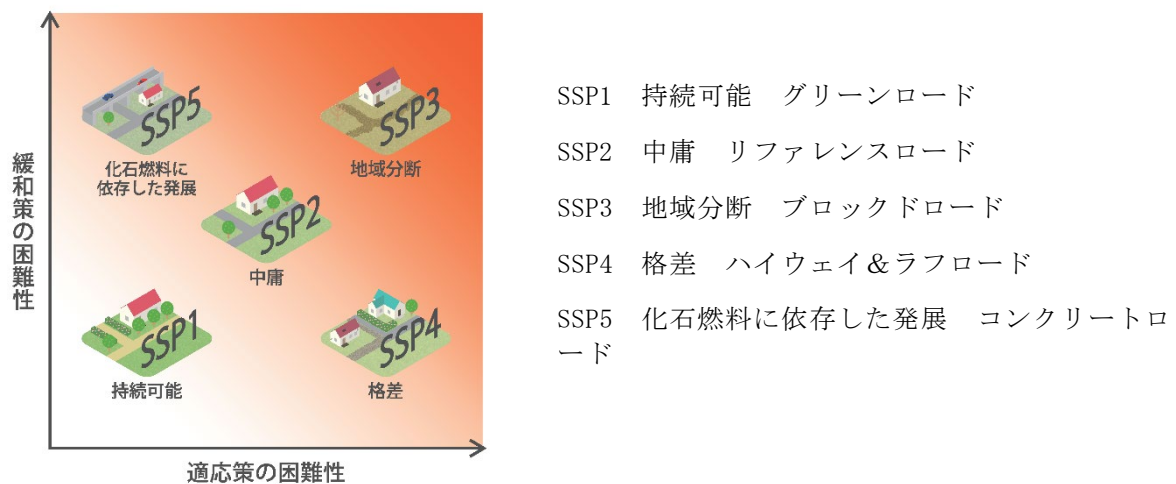


図1.3 SSP1～5の関係

また、日本版SSP叙述シナリオを参照し、SSP間の差が生じそうな項目とその特徴を整理した。具体的には、交通インフラや地域別の人口密度に加えて、エネルギー、産業、国際関係、自然環境（防災）、農業・漁業、教育、人口、市民の政治参加（地方自治）、人々の価値観（幸せの尺度）に着目した。それぞれに、SSPごとの特徴をイラストと短い言葉で示した。図1.4にSSP3の例を示す。SSP1～5の叙述シナリオとイメージ図は、オンラインで公開²⁾するとともに、気候変動適応情報プラットフォーム（A-PLAT）による解説動画において説明するなど、文章表現だけではない情報の整備を行った。



図1.4 イメージ図の例（SSP3：地域分断、ブロックロード）

1-5) 日本版SSPに対応した人口とGDP

日本の国立社会保障・人口問題研究所（社人研）が提示する人口推計の条件付推計の中から、SSP1～5に対応するものを選定した。世界SSPでは、rich-OECDs国群における出生率と死亡率と移民の傾向を高中低で表したものと、これに基づく日本の2100年までの人口シナリオが示されている。しかし、1-2)で明らかにしたとおり、日本の政府機関による人口推計の基本推計は、世界SSPより小さい傾向にある。そのためまず、世界SSPsに示される出生率と死亡率の記述（高中低）をそのまま採用し、これに合う社人研推計を選定・比較した。この場合、人口減少の傾向は日本に合致したものが示されるが、シナリオ間の幅が小さいことが分かった。特に、既に高齢化が進んでいるためか、死亡率による将来人口の差がほとんど生じない。また、社人研の9つの基本推計には移民の傾向の違いが含まれていないため考慮できないという問題もある。そこで次に、中庸であるSSP2の予測値を社人研推計の中位推計に合致させる補正係数を求め、SSP1～5に乗じることで、人口減少の傾向に合いかつ幅を持つ補正版SSP1～5の人口を求めた。こうすることで、人口減少の傾向を反映しつつ、シナリオ間の幅を持たせることができる。しかし、こうして求めた補正值を提供されても国や都道府県がそのまま使うことは想定しにくい。

そこで、社人研が行った出生、死亡、外国人移動を仮定したより詳細な感応度分析である条件付推計と補正版SSP1～5とを比較して、値に近い条件付推計を選定するとともに、該当する出生率と死亡率と移民の傾向の高中低の記述が、1-3)で検討した日本版SSP叙述シナリオ素案の議論にあてはまっているかをチェックすることとした。結果を図1.5に示す。具体的には、まず死亡率の違いで考慮される人口の幅が極めて小さいことから死亡率は中位に統一した。rich-OECDsにおける想定出生率は日本にとっては高い数値であるため、2100年に+18%（73百万人）となる高出生率のケースをSSP1に選定した。SSP3とSSP4は、低出生率の条件付推計を用いて幅を持たせた。SSP5は、2035年に25万人外国人移動の条件付推計と

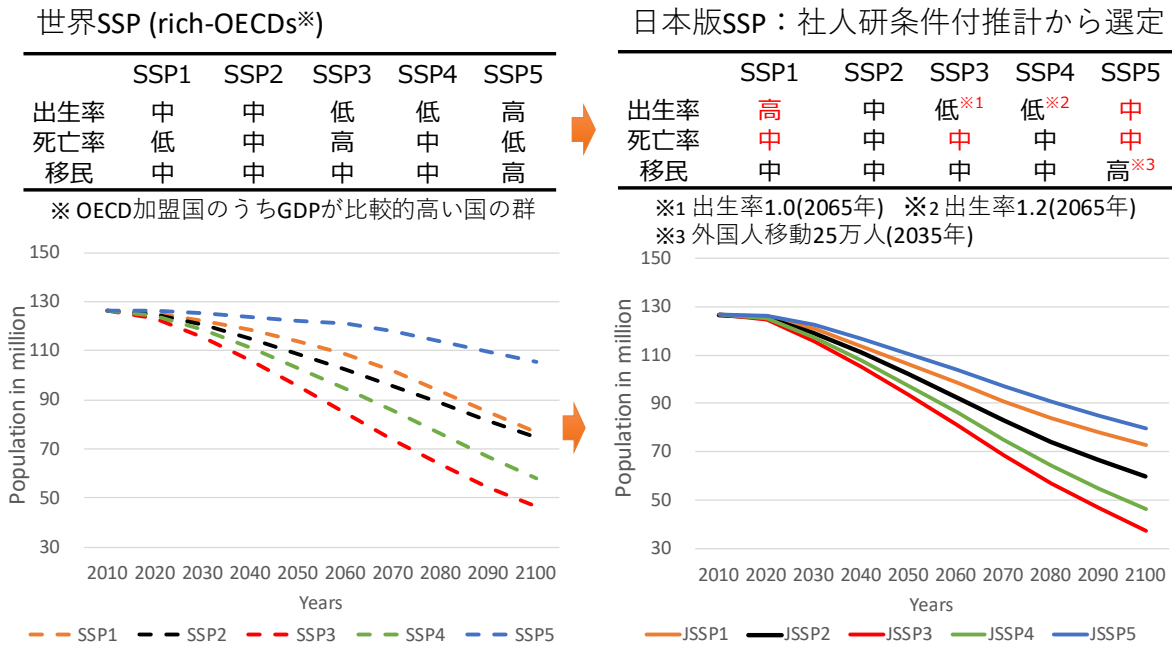


図1.5 日本版SSPの人口シナリオ

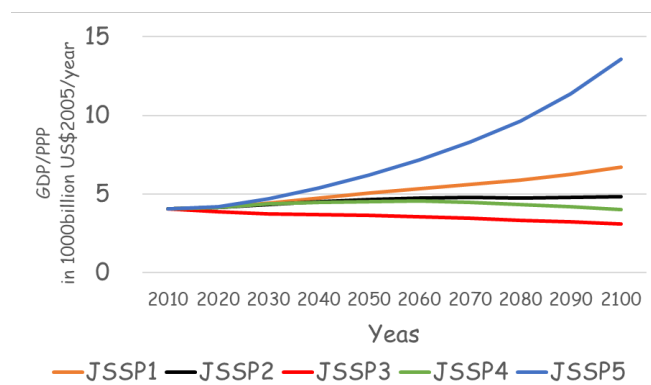


図1.6 GDPのシナリオ

した。なお、この条件付推計は出生率と死亡率については中位のみしか存在しない。なお、50万人外国人移動では世界SSP5と比較しても過大となるため、25万人外国人移動を選定した。高中低の記述を世界SSPsから変更した箇所を图中的赤字で示した。いずれの箇所も、日本版SSP叙述シナリオの検討の範囲に収まることを確認した。

GDPについては、世界SSPに示される1人あたりGDPの値を変更する根拠を1-2)や1-3)において得られていないことから、同値を用い、人口のみを日本版SSPの値として図1.6に示す値を求めた。

2) 日本版SSP定量化情報の提供

2-1) SSPに関連付けた人口・土地利用メッシュシナリオの開発と配布

国土数値情報1kmメッシュ別将来推計人口データ（H30国政局推計）の2020年推計値の秘匿メッシュを補完したものと、日本版SSP市区町村別人口推計に基づく市区町村別人口変化率を用いて、日本版SSP1kmメッシュ別人口推計データを作成した。基準年2015年から2100年まで5年おき、性別5歳階級別でデータ作成し、マニュアル文書と併せ、気候変動適応情報プラットフォーム（A-PLAT）を通じて2020年度にデータ配信³⁾を実施した。

2-2) 人口・土地利用メッシュシナリオを活用したバイオエネルギーポテンシャルの推計

推計の結果、我が国における21世紀中のバイオエネルギーの技術的潜在生産量は図1.7に示すとおり中庸の社会経済変化を想定するSSP2シナリオの場合、3.43～3.78EJ/年であり、これは現在の日本の一次エネルギー供給量の17.3～19.1%に相当する量である。原料の内訳をみると、非食用のバイオエネルギー作物が占める割合が最も大きく、2050年時点で1.34EJ/年、2100年には1.61EJ/年と見積もられた。

費用分析の結果をふまえると、エネルギー価格が5米ドル/GJであるとする、技術的潜在生産量の約半分まで生産できる。潜在生産量を地図で示すと、陸上のバイオマス供給能は、主として日本の北東部、中央部、南部に分布している。推計結果によれば、我が国におけるエネルギー供給ならびに二酸化炭素排出削減に関して、これまで想定されてきたよりも大きな貢献がバイオエネルギーに期待できる。現状の発展戦略では輸入への依存が前提とされがちだが、バイオエネルギーに関していえば、本研究で推計された国内の潜在生産量は自給の選択肢も残しうるものである。

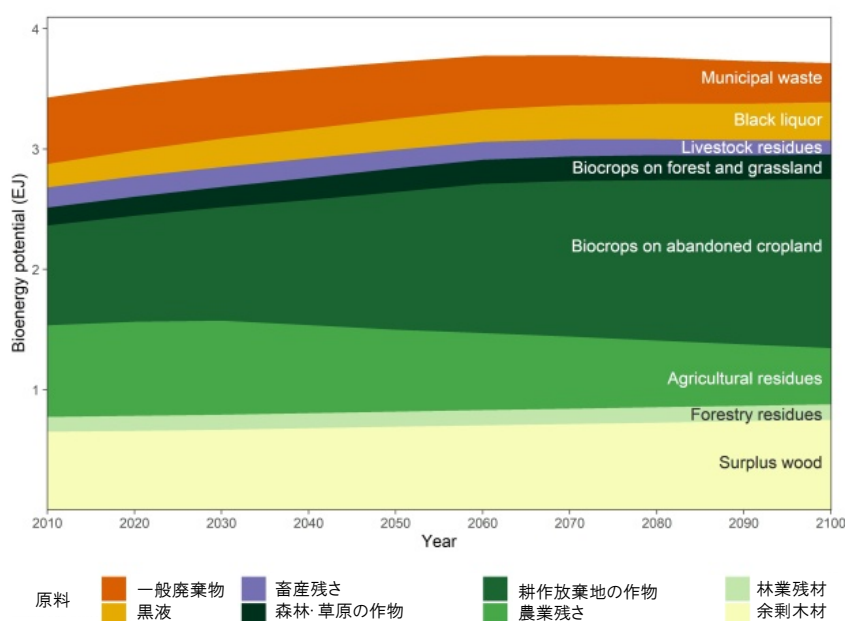


図1.7 日本の原料別バイオエネルギー潜在生産量

2-3) 農業、水資源、人間健康等に関連した社会経済シナリオの調査

部門別社会経済シナリオの開発事例の調査に関して、調査結果を「執筆者（公表年）」「掲載紙」「分野」「概要」「開発したシナリオ」「開発手順」「用いたデータ」「結果の例」の項目ごとに整理した。また、既存開発事例の調査結果をふまえ、部門別社会経済シナリオ開発に関連するデータの収集・整備を実施した。

AF・ECCA・ICONICSでの社会経済シナリオの利用実績調査に関して、AFあるいはECCAにおいて発表された研究成果についてはその演題ならびに発表予稿をもとにして、ICONICS収集論文については主にアブストラクト記載情報をもとにし、それぞれ社会経済シナリオの開発・利用事例を抽出・整理した。さらに、各分野の影響予測・適応検討に際して活用されている社会経済シナリオの使い方の観点から類型化を行うとともに、社会経済シナリオの活用方法に関する時間的変遷について分析した。

3) 都道府県別社会経済シナリオ

SSP1～5の異なるシナリオごとに市町村別の性年齢階級別の人口を推計⁴⁾し、データを公開した。そ

の結果を基本として、都道府県別の特徴を以下のとおり示した。特に、暮らし方を反映するために世帯

型別世帯数、働き方を反映するために産業別就業者数について推計結果を示した。

3-1) 都道府県別の人口構成

図1.8にシナリオ別・都道府県別の2050年における65歳以上人口割合を示す。2015年に比べ、いずれのシナリオでも増加するが、特に出生率の低いSSP3では秋田県で55%に達するなど高齢化が大きく進む。市区町村別の人口について、2015年の人口を横軸に、2100年の人口の2015年に対する比を縦軸にとり、4地域区分別に色分けしてプロットしたものを図1.9に示す。市街地への集中を想定しているSSP1では全体

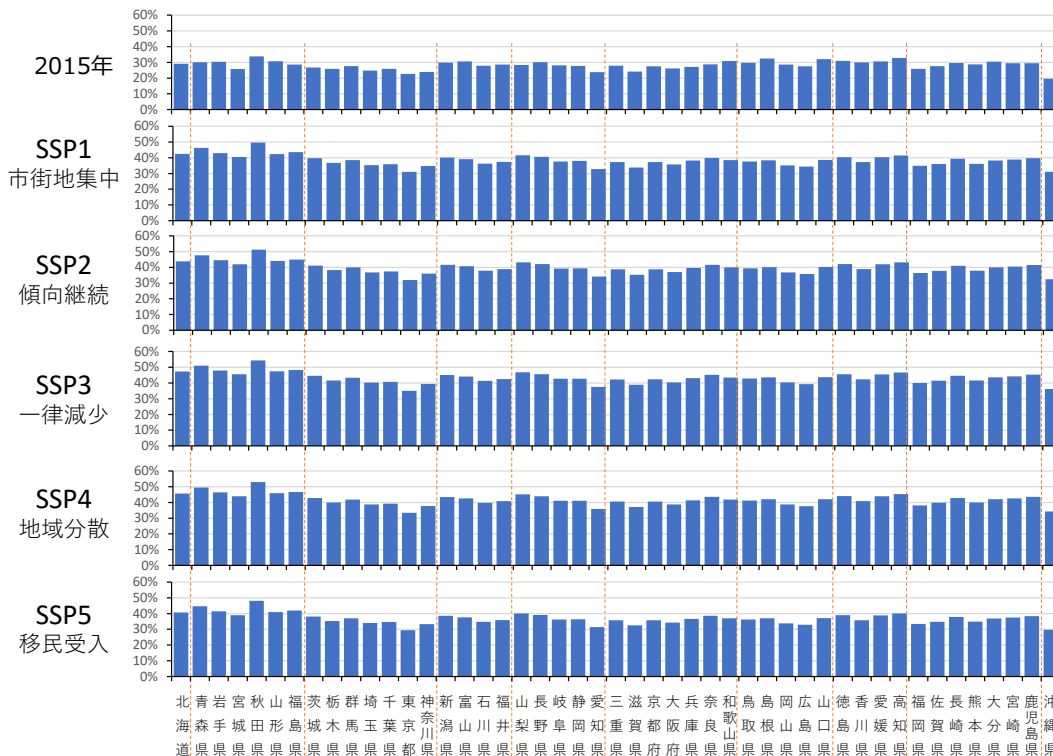


図1.8 2050年の都道府県別65歳以上人口割合

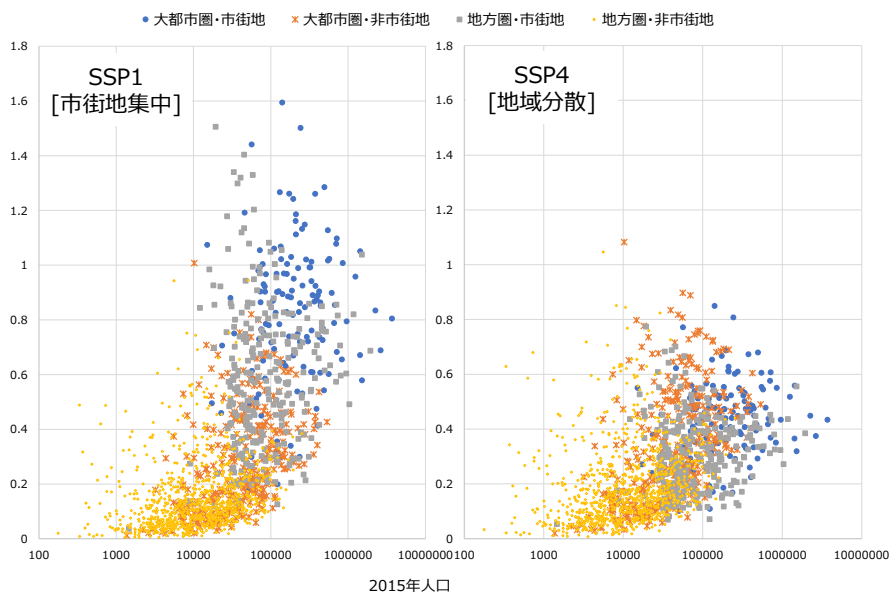


図1.9 市区町村別2015年に対する2100年の人口比

的に縦長に分布しており、現在人口の多い地域へのさらなる人口集中と、人口の少ない地域のさらなる縮小が示されている。特に黄色で示された地方圏・非市街地では大部分が0.3を下回っている。一方で地域分散を想定しているSSP4ではSSP1に比べて分布がかたまっており、差の拡大が抑制されている。このように社会全体の発展の方向により地域の人口には大きな差が生じうる。そこで長期的な視点での適応策立案にあたってはいずれのシナリオが実現した場合にも有効な策を検討することが推奨される。

3-2) 都道府県別の世帯構成

図1.10に2050年におけるシナリオ別・都道府県別の高齢者単独世帯の総人口に占める割合の推計結果を示す。人口の高齢化と単独世帯の増加の双方により、SSP3で最も高くなった。青森県、秋田県、高知県では30%前後となっており、県民のおよそ10人に3人が適応の観点で重要な単身の高齢者となる。対照的にSSP1では多くの地域で15%前後であり、SSP3や4に比べると適応の困難さが緩和されることが分かる。

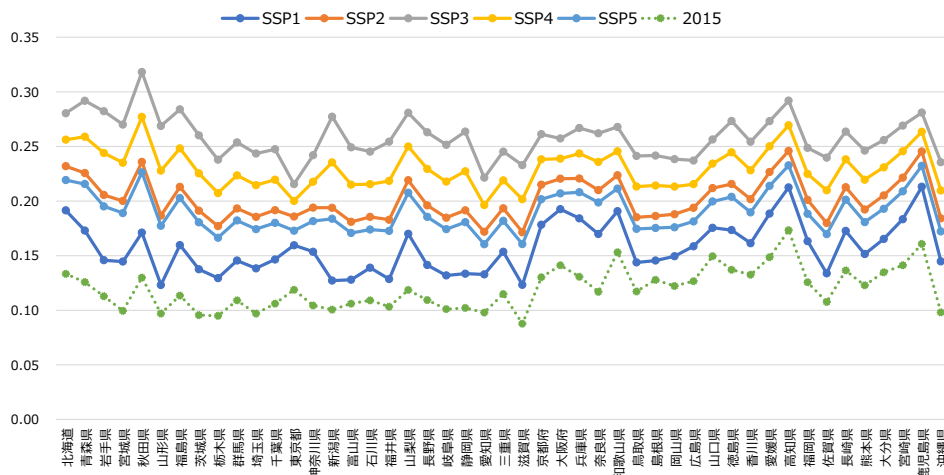


図 1.10 2050 年における高齢者単独世帯数の総人口に対する比

3-3) 埼玉県を例とした就業者構成

埼玉県における2050年のシナリオ別・産業大分類別の就業者数の推計結果を図1.11に示す。暑熱の影響を強く受ける屋外労働者の多い産業としては、農業・林業はSSP1が、建設業はSSP5がそれぞれ最も就業者が多い。中庸としているSSP2では人口要因の影響により建設業は2015年よりも少なく、農業・林業は2015年とほぼ同水準である。

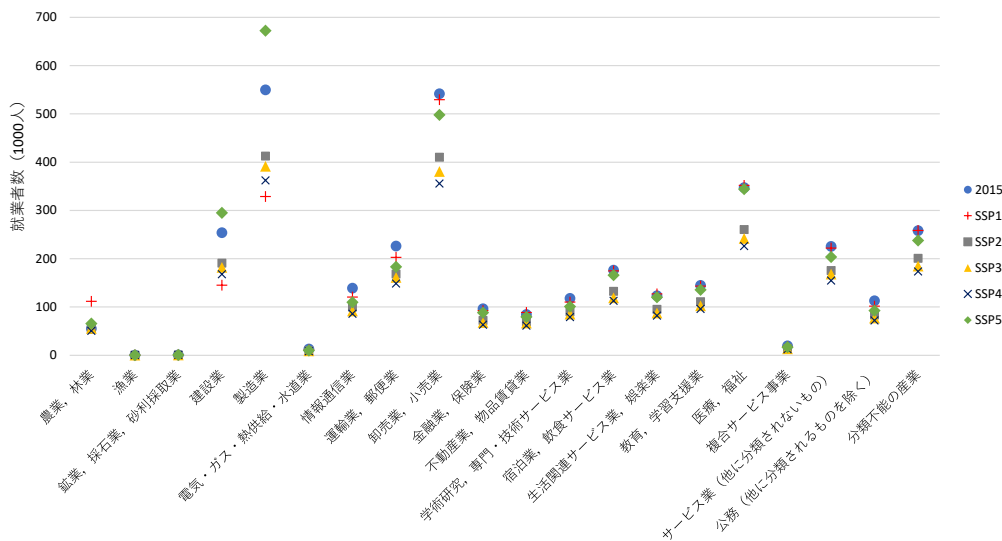


図1.11 2050年の埼玉県における産業大分類別就業者数

5. 研究目標の達成状況

世界SSPの考え方と国内の計画・政策等を踏まえて、緩和・適応策の検討に使いやすく、日本国内の社会経済状況の将来変化を描出する叙述シナリオを構築すること、日本全国の陸域を対象に、2次メッシュあるいは3次メッシュの空間解像度で、人口・GDP・土地利用および農業、水資源、人間健康等について定量化情報を作成・提供すること、全国都道府県における活用を念頭におき、働き方や暮らし方を考慮した社会経済シナリオの活用方法を提示することのいずれの目標も達成した。

特に、SSP1～5の叙述シナリオの違いを分かりやすく示すイメージ図を作成したこと、日本のシナリオデータベースをまとめたこと、SSP1～5について大都市圏／地方圏および市街地／非市街地での地域別人口分布の違いを考慮・反映したことは目標を超えた点と考えられる。相対的にみると、GDPについては、地域特性を十分に考慮・反映した推計はできなかったが、サブテーマ2に、SSP1～5市区町村別人口を提供することで、計量経済モデルを用いた都道府県別の経済見通しを作成することに貢献した。

6. 引用文献

- 1) W. Wu et al.: Assessment of bioenergy potential and associated costs in Japan for the 21st century. *Renewable Energy*, 162, 308-321 (2020)
- 2) 松橋啓介, 高橋潔: 日本版SSPの叙述とイメージ. 国立環境研究所社会環境システム研究センターディスカッションペーパー, (2020)
- 3) メッシュ別人口推計データ. <https://adaptation-platform.nies.go.jp/socioeconomic/population.html>, (2020)
- 4) 五味馨, 金森有子, 松橋啓介: 日本SSP市区町村別人口推計 環境研究総合推進費2-1805(気候変動影響・適応評価のための日本社会経済シナリオの構築) の成果. 国立環境研究所社会環境システム研究センターディスカッションペーパー, (2020)

II-2 埼玉県をモデルケースとする気候リスクの経済評価と中長期適応計画の作成

埼玉県環境科学国際センター

温暖化対策担当 本城 慶多・原 政之

研究企画室 嶋田 知英

【要旨】

2018年12月に気候変動適応法が施行され、都道府県と市町村は地域気候変動適応計画を策定する努力義務を負うことになった。自治体は気候変動が地域社会に与える影響を定量的に評価し、適応策を検討する必要がある。サブテーマ2では、埼玉県をモデルケースとして、気候シナリオと社会経済シナリオ（日本版SSP、JPNSSP1～JPNSSP5）に基づく影響評価を実施した。県と市町村の行政ニーズを踏まえて「熱中症救急搬送者数」と「エネルギー支出」という2種類の気候リスク指標に注目した。なお、熱中症救急搬送者数の分析はさいたま市を、エネルギー支出の分析は県の産業・業務部門を対象としている。熱中症救急搬送者数については、年齢と発症場所にかかわらず、最低気温と電力価格が予測に寄与することが分かった。また、気温上昇と高齢化の複合的影響により、2040年代には65歳以上の熱中症救急搬送者数が2010年代の2.5倍に増加するという結果が得られた（JPNSSP2、RCP8.5、MIROC5を仮定）。高齢者向けの熱中症対策として夜間の冷房利用が有効であると考えられるが、電気代の上昇やCO2排出量の増加といったデメリットが生じる。そこで、民間企業が保有するビッグデータを活用しながら夜間冷房の費用便益分析を進めており、2021年度中に結果が得られる見通しである。エネルギー支出についても気候変動の影響が確認された。気温上昇に伴って電力需要が増加する一方で、燃料需要はわずかに減少することが分かった（RCP2.6及びRCP8.5を仮定し、5種類の全球気候モデルに基づく予測値の平均に注目。社会経済要因は2010年度の実績値で固定）。2010年度の電力・燃料価格を用いて2040年代のエネルギー支出を計算したところ、RCP2.6のもとで2010年度比5.8%の増加、RCP8.5のもとで同年度比7.3%の増加となった。経済生産額と電力・燃料価格の将来見通しを踏まえた影響評価は今後の課題であり、日本版SSPのさらなる拡充が必要となる。そのほか、日本版SSP人口シナリオに基づいて47都道府県の経済成長を予測し、結果を社会経済データセットに取りまとめてオンライン公開した。このデータセットは、日本版SSP人口シナリオの特徴を捉えるのに役立つほか、経済活動と関連する影響評価に活用できる。研究成果は県の温暖化対策課と共有し、地球温暖化対策実行計画の改定に役立てるほか、地域気候変動適応センターのウェブサイト（SAI-PLAT）での公開を予定している。

1. 研究開発目的

サブテーマ2では、サブテーマ1が開発する社会経済シナリオ（日本版SSP、JPNSSP1～JPNSSP5）を活用し、気候変動が埼玉県民の生活に与える影響を定量的に評価し、適応策を検討する。埼玉県に関連する気候リスク指標は多岐にわたるが、県と市町村の行政ニーズを踏まえて「熱中症救急搬送者数」と「エネルギー支出」に注目する。具体的には、統計的手法に基づいて気候リスク指標の予測モデルを構築したのち、気候シナリオと社会経済シナリオをモデルに入力して2050年までのリスク・シミュレーションを行う。気候リスク指標の予測結果は、経済価値に換算して適応策の費用便益分析に活用する。研究成果は県の温暖化対策課と共有するとともに、中長期適応計画に取りまとめてオンライン公開し、県民に向けた情報発信を行う。そのほか、県の社会経済データを整理してサブテーマ1に提供し、日本版SSPの開発を支援する。

2. 研究目標

サブテーマ2では下記の目標（ア）と（イ）の達成を目指す。

（ア）埼玉県に関連する気候リスク指標（熱中症救急搬送者数とエネルギー支出）の予測モデルを構築し、気候シナリオと社会経済シナリオをモデルに入力することで、2050年までに想定される気温

上昇が県民生活に与える影響を経済的に評価する。

- (イ) 影響評価の結果を県の温暖化対策課と共有し、適応策の方向性について意見交換を行うとともに、研究成果を分かりやすく解説する非専門家向けの記事を作成し、埼玉県地域気候変動適応センターのウェブサイト（SAI-PLAT）で情報発信を行う。

3. 研究開発内容

1) 将来の気温上昇が地域の熱中症救急搬送者数に与える影響の評価

熱波が引き起こす熱中症は、全国の自治体が関心を寄せている重要な気候リスクのひとつである。夏の暑さが厳しいことで知られる埼玉県では、熱中症の被害がすでに深刻化しており、2018年には6,129人が熱中症により救急搬送された（県消防課調べ）。特に高齢者は熱波がもたらす高温に対して脆弱であり、県内の熱中症救急搬送者の半数が65歳以上となっている。これまで県の温暖化対策課、健康長寿課、消防課が中心となって熱中症関連情報の発信とリスク低減策（日傘の使用、植樹による日陰の創出など）の普及に取り組んできたが、気候変動や少子高齢化を考慮した長期的な適応策は検討していなかった。そこで、さいたま市を対象地域として熱中症救急搬送者数の将来予測を行い、適応策の方向性を検討する。

研究1の分析方法を図2.1に示す。分析の第1段階では、人口、経済、気象の指標から月別（4～10月）の熱中症救急搬送者数を予測する統計モデルを構築し、過去のデータに基づいてモデルのパラメータを推定する。気候変動と少子高齢化が熱中症リスクに及ぼす複合的影響を評価するため、年齢3区分（0～14歳、15～64歳、65歳以上）と発症場所2区分（屋内、屋外）から構成される6グループについて個別に分析を行う。統計モデルはポアソン分布を仮定した一般化線形モデルであり、年齢別人口の対数をオフセット項にもつ。説明変数の候補は表2.1のとおりである。本課題では、エラスティック・ネットと呼ばれる機械学習のアルゴリズムを用いて、熱中症救急搬送者数の予測に役立つ説明変数を特定する。パラメータ推定には2010年4月～2019年10月のデータを用いる（ $N = 70$ ）。月次ダミーを除くすべての説明変数について、回帰係数は正值であると仮定する。また、エラスティック・ネットのハイパーパラメータは10分割交差検証法で決定する。各グループの熱中症救急搬送者数は、さいたま市から取得した6,005件の熱中症救急搬送記録をもとに算出する。年齢別人口はさいたま市のウェブサイトから、気温指標は気象庁のウェブサイトから、消費者物価指数は総務省e-Statからそれぞれ取得する。

分析の第2段階では、統計モデルに人口シナリオと気候シナリオを入力し、2026～2050年の熱中症救急搬送者数を予測する。人口シナリオは、サブテーマ1が作成した日本版SSP市区町村人口データセットによる。気候シナリオは、筑波大学の犬楽浩司准教授が作成した統計的ダウンスケーリング気候データセットによる。1では、出生率、死亡率、人口移動パターンのトレンドが保たれる現状維持ケース（JPNSSP2）を仮定する。代表的濃度経路にRCP8.5を仮定し、5種類の全球気候モデル（CSIRO-Mk3-6-0、GFDL-CM3、HadGEM2-ES、MIROC5、MRI-CGCM3）に基づく気温の予測値から気温指標を算出する。分析の第3段階では、熱中症救急搬送者数の予測結果を踏まえて適応策の方向性を検討する。具体的には、夜間冷房の普及がもたらすメリットとデメリットについて、民間企業が保有するビッグデータを活用しながら費用便益分析を行う。

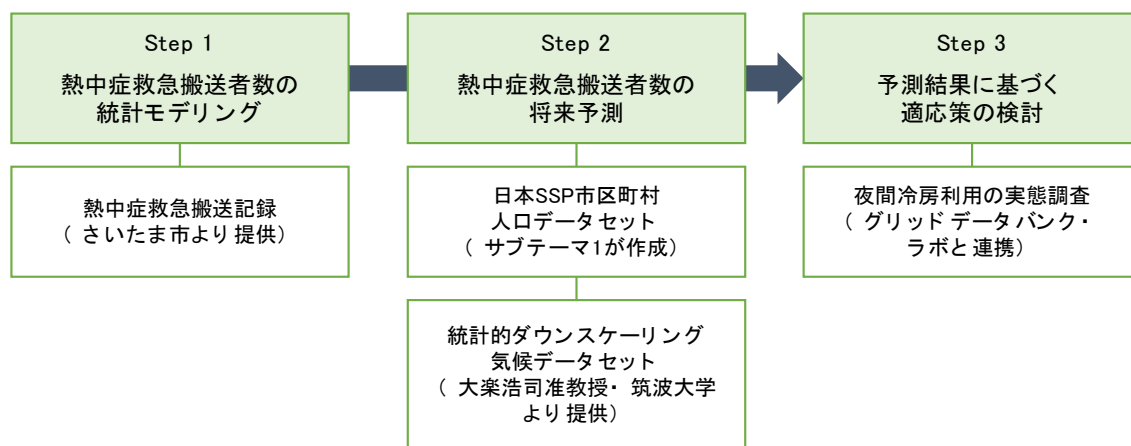


図2.1 研究1の分析方法

表2.1 熱中症リスクモデルの説明変数

変数	説明
月次ダミー	4～10月に対応するダミー変数
月平均気温	日平均気温の月平均
月平均最高気温	日最高気温の月平均
月平均最低気温	日最低気温の月平均
夏日日数	日最高気温が25℃以上の日数
真夏日日数	日最高気温が30℃以上の日数
猛暑日日数	日最高気温が35℃以上の日数
熱帯夜日数	日最低気温が25℃以上の日数
冷房度日 (CDD)	基準温度が22℃及び30℃の冷房度日
電力価格	消費者物価指数の電気代を帰属家賃を除く総合で実質化したもの
節電要請ダミー	数値目標のある節電要請が行われた2011年7～9月に対応するダミー変数

2) 将来の気温上昇が地域のエネルギー支出に与える影響の評価

エネルギー需要は、熱中症救急搬送者数と同様に、気温と密接に関連する気候リスク指標である。気温上昇に伴って冷暖房、冷蔵・冷凍、給湯の利用状況が変化すると、エネルギー需要が変動し、企業と家庭の支出に影響が生じる。気温とエネルギー需要の関係については、さまざまな角度から研究が行われているが^{1), 2), 3)}、気候変動の影響評価という観点から地域分析を行った事例は少なく、適応策を検討するための情報が不足している。そこで、サブテーマ2では、埼玉県の産業・業務部門における電力・燃料需要の将来予測を行い、エネルギー支出の経年変動を計算する。一連の分析は18業種（農林水産業、鉱業、建設業、食料品、繊維、パルプ・紙、化学、窯業土石、金属、機械、他製造業、電気・ガス・水道、卸売小売業、金融保険業、不動産業、運輸通信業、民間サービス業、公務）について個別に実施する。さらに、補足的な研究として、上記の分析方法を47都道府県に水平展開し、産業・業務・家庭部門における電力・燃料需要の将来予測を行う。ただし、簡単化のために業種は区別しない。

研究2の分析手法を図2.2に示す。分析の第1段階では、県内18業種のエネルギー需要を予測するための統計モデルを構築する。モデルの応答変数は業種別の電力・燃料需要であり、説明変数は業種別生

産額、電力価格、燃料価格、冷暖房度日、東日本大震災ダミーである。冷暖房度日は、日平均気温の基準温度に対する偏差に基づいて算出される指標であり、気温とエネルギー需要の関係（以下「気温応答関数」という）を定式化する際に用いられる。冷暖房度日の基準温度は、経済主体のエネルギー消費行動に変化が生じる境界であり、18℃や22℃に設定される場合が多いが、地域や部門によって異なる値をとる³⁾。また、気温応答関数は本質的に非線形であり、区分線形関数である冷暖房度日では十分に近似できない可能性がある。そこで、本課題では、基準温度が異なる複数の冷暖房度日をモデルに組み込み、それらの線形結合によって気温応答関数を近似するアプローチを採用する。ただし、モデルの過学習を防ぐため、エラスティック・ネットを用いて予測に寄与しない説明変数を除外する（研究1を参照）。電力・燃料需要は資源エネルギー庁「都道府県別エネルギー消費統計」から、業種別生産額は経済産業研究所「R-JIPデータベース2017」から、電力・燃料価格は日本エネルギー経済研究所「EDMCデータバンク」から、日平均気温（熊谷）は気象庁のウェブサイトから取得する。学習用データの期間は1990～2012年度である（N = 23）。参考までに、いくつかの業種に関する気温応答関数の推定結果を図2.3に示す。

分析の第2段階では、統計モデルに気候シナリオを入力してエネルギー需要の将来予測を行う。研究1と同様に、気候シナリオは統計的ダウンスケーリング気候データセットから作成する。分析の第3段階では、電力・燃料需要の予測値に電力・燃料価格を乗じてエネルギー支出を計算する。47都道府県への水平展開については、統計モデルの構造や学習用データが埼玉県との分析と異なるものの、同様のアプローチを採用しているため、詳細は割愛する。なお、研究2では、将来予測にあたって業種別生産額と電力・燃料価格を2010年度の水準で固定しており、気温上昇の影響のみを評価している点に留意されたい（理由は「結果と考察」を参照）。

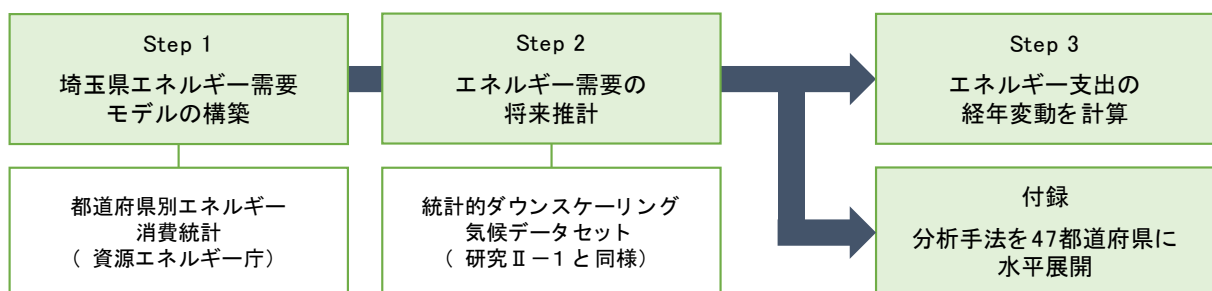
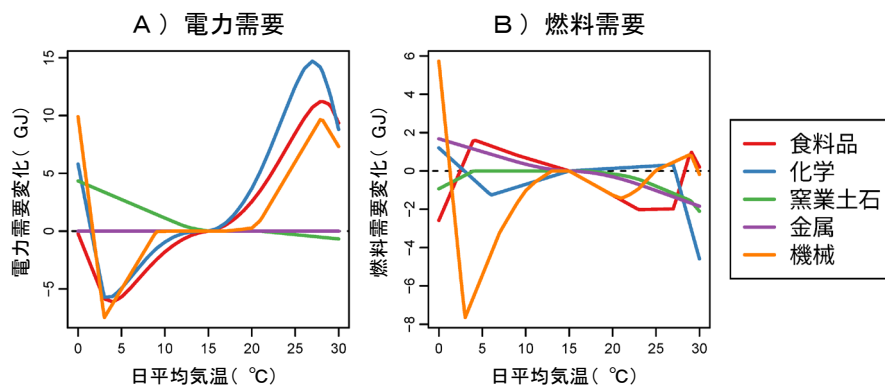


図2.2 研究2の分析手法



注：気温応答関数は日平均気温が15℃から変化した場合の電力・燃料需要の変動を与える関数。

図2.3 気温応答関数の推定結果

研究3) 日本版SSP人口シナリオと整合する都道府県経済見通しの作成

気候変動の影響評価を行う場合、経済活動の規模を表す指標として経済生産額がしばしば用いられる。研究2で実施するエネルギー支出の将来予測にも業種別生産額の情報が必要となる。日本版SSPは、世界SSPのGDPに基づく国の経済見通しを示しているが、都道府県の経済見通しは示していない。そこで、サブテーマ2で独自に開発した計量経済モデルに日本版SSP市区町村人口データセットを入力し、47都道府県の県内総生産を2100年まで推計した。さらに、県内総生産の推計結果からタイル指数を算出し、都道府県間の経済格差を定量化した。

研究3の分析方法を図2.4に示す。分析の第1段階では、経済産業研究所が公開している「R-JIPデータベース2017」の時系列データを用いて、47都道府県の県内総生産を予測するための計量経済モデルを構築する。産業部門（農林水産業、鉱業、建設業、製造業）と業務部門（産業部門に含まれない全業種）について個別に分析を行う。計量経済モデルの構造は図2.5のとおりである。部門別生産額は、資本ストック、就業人口、世界金融危機ダミーを説明変数とするコブ・ダグラス型生産関数で推計する。コブ・ダグラス型生産関数の切片は全要素生産性（TFP）と呼ばれており、資本と労働の投入を固定した場合の生産効率を表す。古典的な計量経済分析ではTFPを定数とみなして最小二乗法で推定するが、本課題ではランダムウォークに従って時間変動するパラメータとみなし、カルマン平滑化で推定する。このアプローチにより、TFPの過去トレンドを把握してシナリオに反映させることが可能となる。

分析の第2段階では、計量経済モデルに人口シナリオと生産性シナリオを入力して県内総生産とGDPの将来予測を行う。人口シナリオは日本版SSPに準拠しており、出生率と人口移動パターンが異なる5種類のデータセット（JPNSSP1～JPNSSP5）を用いる。生産性シナリオについては、TFPの過去トレンドを踏まえて、都道府県ごとに高成長ケースと低成長ケースの2種類を作成した。例として、埼玉県の総人口と高齢化率（65歳以上人口が15歳以上人口に占める割合）を図2.6に、部門別TFPを図2.7に示す。分析の第3段階では、県内総生産の推計値からタイル指数を計算し、都道府県間の経済格差を定量化する。タイル指数は、シャノンのエントロピーと数学的に等しく、47都道府県の県内総生産が等しい場合に最小値0をとり（完全な平等）、ある都道府県の県内総生産がGDPに等しい場合に最大値 $\log(47)$ をとる（完全な不平等）。

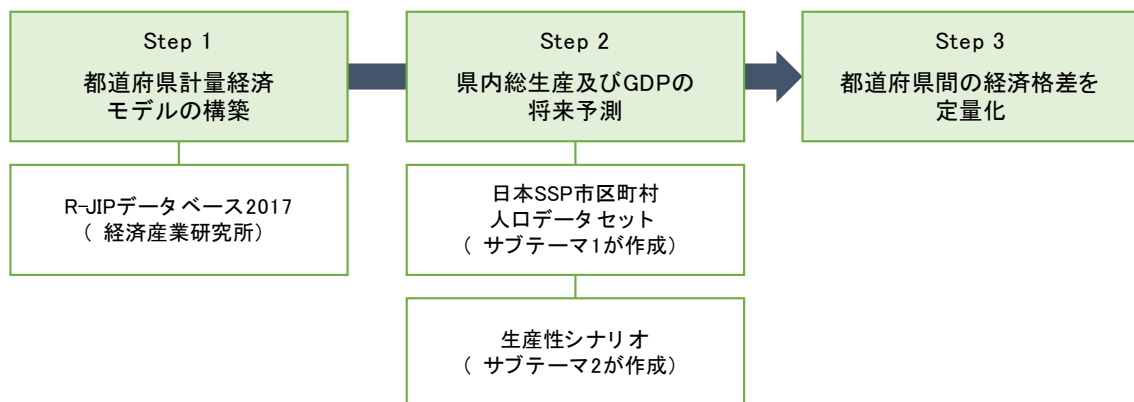
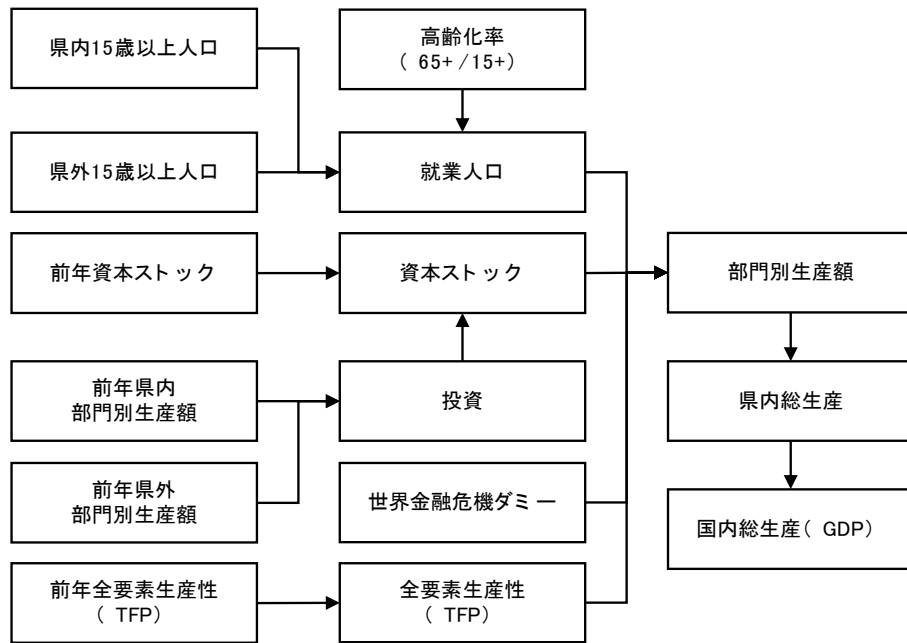
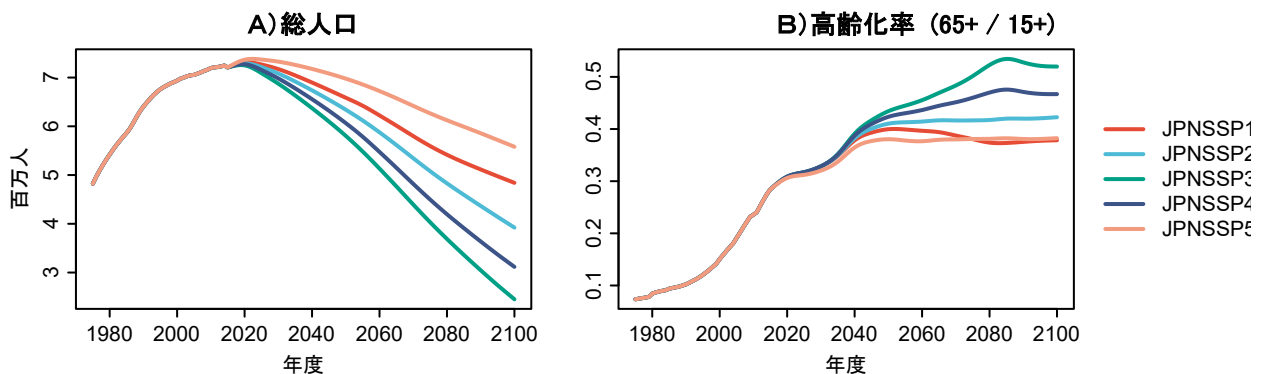


図2.4 研究3の分析方法



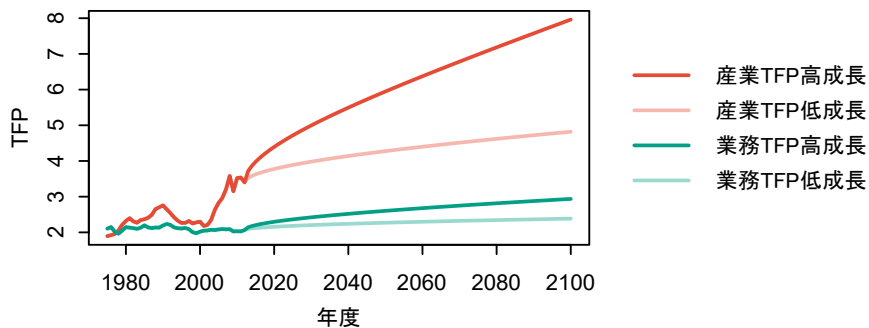
注：高齢化率は65歳以上人口が15歳以上人口に占める割合を指す。

図2.5 都道府県計量経済モデルの構造



注：1975～2015年は総務省e-Statから取得した実績値。2016～2100年は日本版SSP市区町村人口データセットから算出。高齢化率は65歳以上人口が15歳以上人口に占める割合を指す。

図2.6 埼玉県の総人口と高齢化率（1975～2100年）



注：1975～2012年は計量経済モデルによる推定値。2013～2100年は過去トレンドに基づく仮定値。

図2.7 埼玉県における部門別の全要素生産性（TFP、1975～2100年）

表2.2 熱中症リスクモデルの推定結果

説明変数	回帰係数の推定値(赤: 正值, 青: 負値, 白: ゼロ)					
	屋内15歳未満	屋内15~64歳	屋内65歳以上	屋外15歳未満	屋外15~64歳	屋外65歳以上
4月ダミー		-0.747		-0.414	-0.951	
5月ダミー	0.758	0.360	0.362	0.205	-0.124	0.225
6月ダミー	-0.228	0.218			0.263	
7月ダミー	0.754	0.981	0.654	0.286	1.084	0.406
8月ダミー		0.504	0.084		0.741	0.028
9月ダミー		-0.242	-0.344	-0.022	0.138	-0.513
10月ダミー		-1.198	-0.959	-0.840	-1.280	-1.310
月平均気温		0.081		0.039	0.054	
月平均最高気温				0.169	0.023	
月平均最低気温	0.312	0.118	0.281	0.004	0.061	0.258
夏日日数						
真夏日日数					0.007	
猛暑日日数			0.060		0.012	
熱帯夜日数	0.019	0.014				
CDD22		0.003	0.001			
CDD30	0.042	0.015		0.053	0.060	0.030
電力価格	0.018	0.197	0.014	0.005	0.012	0.015
節電要請ダミー			0.023	0.406	0.395	0.094
MAE(人)	1.131	3.991	5.070	1.435	5.152	3.621
RMSE(人)	1.750	7.067	9.667	2.243	8.030	5.334

4. 結果及び考察

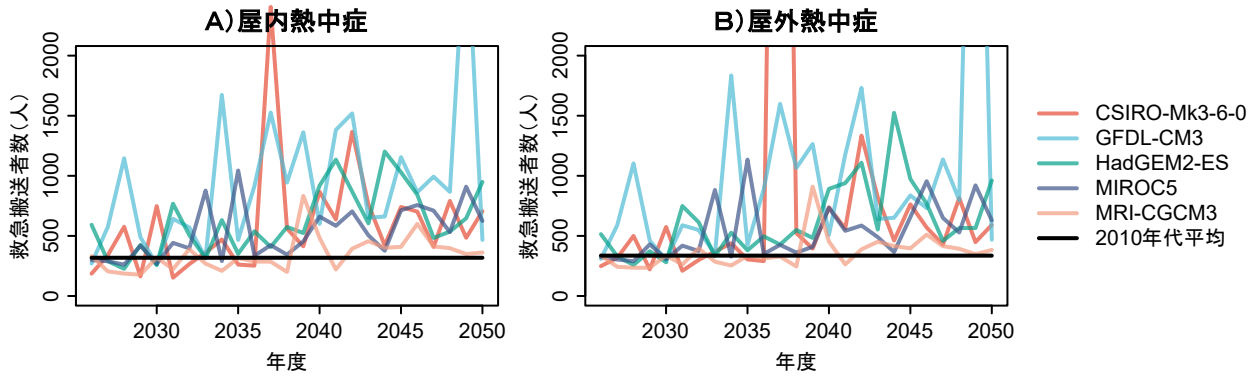
1) 将来の気温上昇が地域の熱中症救急搬送者数に与える影響の評価

6つのグループすべてについて熱中症救急搬送者数を高い精度で予測できる統計モデルが得られた。回帰係数の推定値を表2.2に示す。エラスティック・ネットを適用したことで、熱中症救急搬送者数の予測に寄与しない説明変数の回帰係数はゼロとなっている。最適な説明変数の組合せはグループごとに異なるが、月平均最低気温と電力価格はすべてのグループで予測に寄与している。これまでの研究では、最高気温と熱中症リスクの関係について論じられることが多かったが、本課題の結果は最低気温、すなわち、就寝中の気温の重要性を示唆している。また、電力価格の上昇は、冷房利用時間の減少を通じて熱中症リスクの増加につながる可能性がある。

図2.8に年間熱中症救急搬送者数の予測結果を示す。毎年の予測値は全球気候モデルによるばらつきが大きく、CSIRO-Mk3-6-0とGFDL-CM3に基づく予測値には極端な外れ値が見られる。しかし、熱中症救急搬送者数の増加傾向はすべての気候シナリオで共通しており、期間後半には2010年代の水準を超過する年が頻発する。図2.9では2010年代と2040年代のグループ別熱中症救急搬送者数を比較している。ここでは、5種類の全球気候モデルのうち、中程度の気温上昇を予測しているMIROC5を仮定した。熱中症救急搬送者数はすべてのグループで増加傾向を示しているが、気候変動と少子高齢化の複合的影響により、65歳以上の増加率が突出している。屋外の熱中症救急搬送者数に注目すると、2010年代は15~64歳が最多となっているが、2040年代には65歳以上が最多となる見通しである。これらの結果は、高齢者をメインターゲットとする適応策の必要性を示唆している。

回帰係数の推定結果より、夜間の冷房利用が熱中症リスクの低減に有効であると推測される。しかし、夜間冷房は、地域の電力需要とCO2排出量を増加させるとともに、家庭のエネルギー支出を押し上げるデメリットをもつ。夜間冷房の普及が効率的な対策であるかどうかを調べるため、メリットとデメリットを経済価値に換算し、費用便益分析を行う必要がある。現在、熱中症に関連する社会的コストの算定を進めつつ、グリッドデータバンク・ラボと連携し、さいたま市における夜間冷房の利用実態を調

査しているところである。



注：JPNSSP2人口シナリオ、代表的濃度経路RCP8.5、5種類の全球気候モデルを仮定。電力価格は2015年の水準で固定。

図2.8 さいたま市における年間熱中症救急搬送者数の予測結果（2026～2050年）

	0～14歳	15～64歳	65歳以上
屋内	+71.3% 2010年代平均：19.6人 2040年代平均：33.6人	+43.7% 2010年代平均：130.1人 2040年代平均：187.0人	+152.0% 2010年代平均：168.5人 2040年代平均：424.6人
屋外	+43.5% 2010年代平均：32.3人 2040年代平均：46.4人	+57.0% 2010年代平均：173.4人 2040年代平均：272.2人	+149.2% 2010年代平均：130.2人 2040年代平均：324.3人

注：2010年代と2040年代のモデル平均値を比較。JPNSSP2人口シナリオ、代表的濃度経路RCP8.5、全球気候モデルMIROC5を仮定。電力価格は2015年の水準で固定。

図2.9 さいたま市における年間熱中症救急搬送者数の変化率

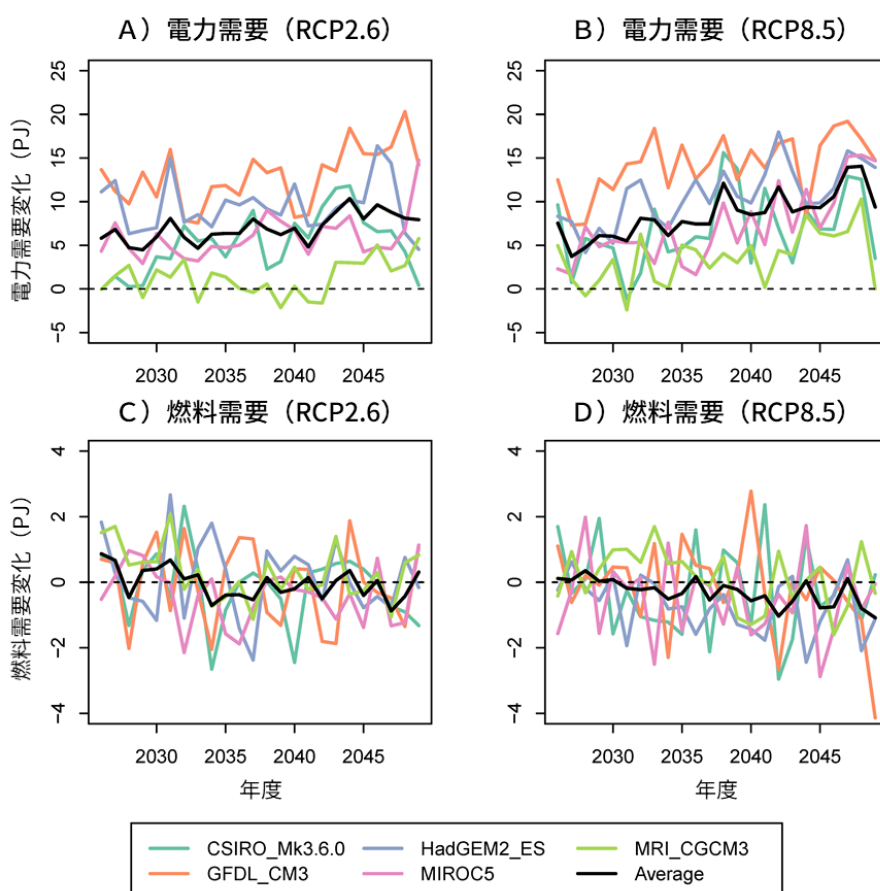
2) 将来の気温上昇が地域のエネルギー支出に与える影響の評価

埼玉県の産業・業務部門における電力・燃料需要の予測結果を図2.10に示す。これは、18業種の電力・燃料需要について2010年度の水準からの偏差をとり、それらを足し合わせたものである。毎年の予測値は全球気候モデルに依存して大きくばらついているが、平均（Average）に着目すると、電力需要が増加傾向を示す一方で、燃料需要は減少傾向を示している。ただし、燃料需要は電力需要と比べて偏差が小さく、2010年度の水準から乖離することなく推移している。資源エネルギー庁「都道府県別エネルギー消費統計」によると、2010年度における産業・業務部門の燃料需要は111 PJ（ペタジュール）であり、電力需要の91 PJを上回っている。したがって、気温上昇がエネルギー需要に与える影響は、燃料よりも電力において顕著であると考えられる。業種別に見ると、電力需要は食料品、機械、民間サービス業など12業種で増加する。燃料需要は化学、窯業土石、金属など8業種で減少する一方、繊維、パルプ・紙、機械では増加する見通しである。18業種の電力・燃料需要から算出したエネルギー支出の予測結果を表2.3に示す。全球気候モデルに由来する不確実性の幅が大きいものの、電力と燃料の双方について支出の増加が確認された。2040年代のエネルギー支出は、RCP2.6のもとで2010年度比5.8%の増加、RCP8.5のもとで同年度比7.3%の増加となる。なお、エネルギー支出の増加は、ほぼ100%が電力支出の増加によるものである。埼玉県は出力の大きい発電所を保有しておらず、電力の大部分を県外から購入している。そのため、気温上昇に伴う電力需要の増加は、エネルギー供給の県外依存度を高めるとともに、富の県外流出を加速させることになる。

参考までに、上記の分析を47都道府県に水平展開し、日本全体の電力・燃料需要を予測した結果を図

2.11に示す。図2.10と同様に、2010年度の水準からの偏差をプロットしたものである。簡単化のため、5種類の全球気候モデルに基づく予測値の平均のみを示している。電力需要については、すべての部門において明確な増加傾向が見られる。一方、燃料需要のトレンドは部門によって異なり、産業部門は増加、業務部門は横ばい、家庭部門は大幅な減少となっている。家庭部門では、気温上昇に伴う電力需要の増加が燃料需要の減少に相殺された結果、総エネルギー需要が2010年度の水準を下回る見通しである。

研究2については、日本版SSPの定量化情報が不足しているため、社会経済シナリオを用いた影響評価は実施できていない。部門別生産額の将来見通しは研究3で作成したが、業種別生産額や電力・燃料価格については今後の課題である。また、本報告書の内容は、旧版の「都道府県別エネルギー消費統計」に基づくものであり、電力・燃料需要データの更新に伴って結果が変わる可能性がある点に留意されたい。



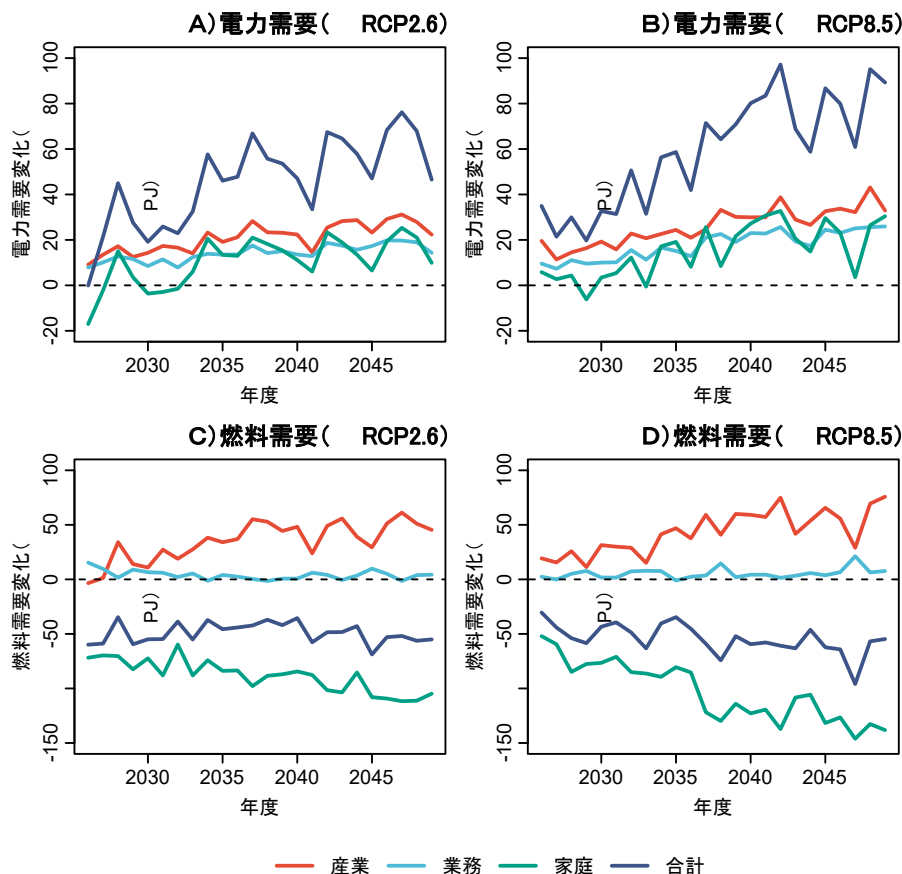
注：18業種の合計。各年度の予測値と2010年度の水準を比較。黒線は5種類の全球気候モデルに基づく予測値の平均。予測期間を通じて社会経済要因は2010年度の実績値で固定。

図2.10 埼玉県の産業・業務部門における電力・燃料需要の予測結果（2026～2049年度）

表2.3 埼玉県の産業・業務部門におけるエネルギー支出の予測結果（2040年代）

	RCP2.6	RCP8.5
電力支出	+375億円 (+101 ~ +671)	+484億円 (+238 ~ +733)
燃料支出	+5.5億円 (-1.1 ~ +12.3)	+0.5億円 (-4.8 ~ +7.1)
合計	+381億円 (+106 ~ +683)	+485億円 (+237 ~ +741)

注：18業種の合計。2040年代のモデル平均値と2010年度の水準を比較。括弧内は全球気候モデルに由来する不確実性の幅を表す。



注：47都道府県の合計。各年度について、5種類の全球気候モデルに基づく予測値の平均を計算したのち、2010年度の水準と比較。予測期間を通じて社会経済要因は2010年度の実績値で固定。

図2.11 国内の産業・業務・家庭部門における電力・燃料需要の予測結果（2026～2049年度）

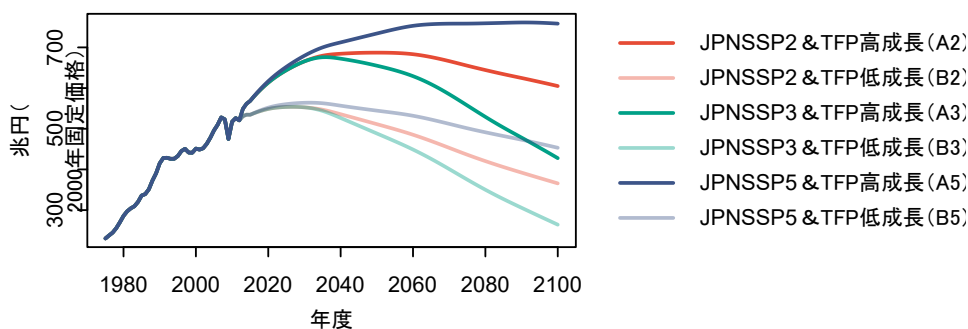
3) 日本版SSP人口シナリオと整合する都道府県経済見通しの作成

日本のGDPの予測結果を図2.12に示す。毎年のGDPは、47都道府県の県内総生産の予測値を足し合わせて算出した。研究3では、5種類の人口シナリオと2種類の生産性シナリオを組み合わせ生成される10種類の社会経済シナリオ（A1～A5、B1～B5）を予測に用いたが、ここでは主要な結果のみ示している。なお、JPNSSP2は出生率と人口移動パターンの過去トレンドが維持されるシナリオ、JPNSSP3は出生率が1.0まで低下して人口減少が加速するシナリオ、JPNSSP5は大規模な移民流入によって人口減少が鈍化するシナリオである。日本のGDP成長率は少子高齢化の進行に伴って低下し、最も楽観的なA5シナリオでも2090年代にはマイナスとなる。最も悲観的なB3シナリオでは、2020年代にGDP成長率がマイナスとなり、2100年のGDPは1970年代の水準に等しくなる。TFPが大幅に上昇するA3シナリオでも2030年代にGDPが減少に転じることから、少子高齢化による経済規模の縮小を生産性の向上によって克服することは困難であると考えられる。

少子高齢化は、就業人口の減少を通じて地域の経済成長率を押し下げる。一例として、埼玉県は東京都のベッドタウンとして734万人の人口を擁しており、県内総生産は2017年時点で全国第5位である。しかし、図2.12に示したように、埼玉県では少子高齢化が急速に進行しており、すべての人口シナリオで人口減少が見込まれている。県の経済発展は業務部門（サービス業、運輸通信業、不動産業、金融保険業、卸売小売業など）が主導しているが、計量経済モデルの推定結果によると、業務部門は産業部門と比べて労働集約的であり、就業人口の減少に対して脆弱である。さらに、業務部門のTFPは1975年以降横ばいで推移しており、過去のトレンドから想

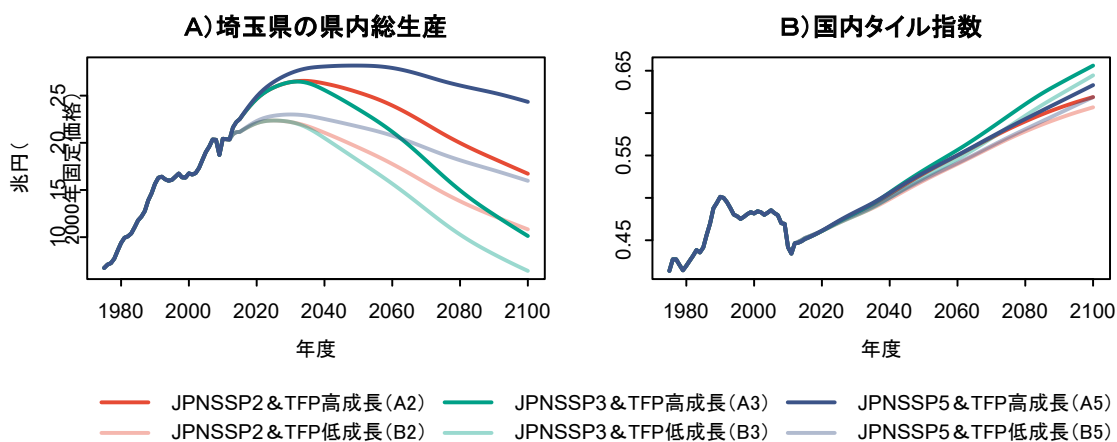
定される成長ポテンシャルが小さい。そのため、人口減少と連動する形で業務部門の生産額が減少し、県内総生産の成長率が低下する。埼玉県以外の都道府県でも同様の傾向が見られるが、人口減少の速度、TFPの成長ポテンシャル、産業構造が異なるため、県内総生産の地域分布に変化が生じる。図2.13

(B) に国内タイル指数の予測結果を示す。すべてのシナリオでタイル指数が直線的に増加しており、都道府県間の経済格差は拡大の一途をたどることが分かる。すでに少子高齢化が深刻化している東北地方では、シナリオにかかわらず県内総生産が大幅に減少する。一方、東京都、愛知県、大阪府、三重県、静岡県では、県内総生産の落ち込みが緩やかであった。この結果から、人口集中地区や工業地帯を抱える大都市圏への富の集中は、今後も持続すると考えられる。結果の詳細については発表済みの論文^{4),5)}を参照されたい。



注：1975～2012年は経済産業研究所「R-JIPデータベース2017」による実績値。
2013～2100年は計量経済モデルによる予測値。

図2.12 日本のGDPの予測結果（1975～2100年）



注：1975～2012年は経済産業研究所「R-JIPデータベース2017」による実績値。
2013～2100年は計量経済モデルによる予測値。

図2.13 埼玉県の県内総生産と国内タイル指数の予測結果（1975～2100年）

5. 研究目標の達成状況

研究目標（ア）と（イ）の双方について部分的に達成できている状況である。サブテーマ2では、埼玉県にとって重要な気候リスク指標である「熱中症救急搬送者数」と「エネルギー支出」に注目し、予測モデルの開発と2050年までのリスク・シミュレーションに取り組んだ。熱中症救急搬送者数については、気候シナリオと社会経済シナリオ（日本版SSP人口）に基づく影響評価が完了している。現在、民間企業が保有するビッグデータを活用しながら適応策（夜間冷房の普及）の費用便益分析を進めており、2021年度中に結果が得られる見通しである。一方、エネルギー支出については、気候シナリオに基づく影響評価が完了しているものの、社会経済シナリオと組み合わせた影響評価は実施できなかった。これは、地域経済の将来見通しに関する情報の不足が原因であり、問題の解決には日本版SSPのさらな

る拡充が必要となる。本課題の研究成果は県の温暖化対策課と共有しており、地球温暖化対策実行計画に盛り込まれる見通しである。また、投稿準備中の論文が学術誌に受理された段階で非専門家向けの解説記事を作成し、埼玉県地域気候変動適応センターのウェブサイト（SAI-PLAT）に掲載する予定である。

6. 引用文献

- 1) K. HONJO and M. FUJII: Regional Science Policy & Practice, 6, 1, 13-30 (2014)
Impacts of Demographic, Meteorological, and Economic Changes on Household CO2 Emissions in the 47 Prefectures of Japan
- 2) H. SHIRAKI, S. NAKAMURA, S. ASHINA and K. HONJO: Energy, 114, 478-491 (2016)
Estimating the Hourly Electricity Profile of Japanese Households: Coupling of Engineering and Statistical Methods
- 3) K. HONJO, H. SHIRAKI and S. ASHINA: PLoS ONE, 13, 4, e0196331 (2018)
Dynamic Linear Modeling of Monthly Electricity Demand in Japan: Time Variation of Electricity Conservation Effect
- 4) K. HONJO, K. GOMI, Y. KANAMORI, K. TAKAHASHI and K. MATSUHASHI: Heliyon, 7, 3, e06412 (2021)
Long-Term Projections of Economic Growth in the 47 Prefectures of Japan: An Application of Japan Shared Socioeconomic Pathways
- 5) K. HONJO: Mendeley Data, V2, doi: 10.17632/fpwkb33by5.2 (2021)
Projections of Production, Capital Stock, and Labor Population for Japan's 47 Prefectures from 2013 to 2100

Ⅲ. 研究成果の発表状況の詳細

(1) 誌上発表

<査読付き論文>

【サブテーマ1】

- 1) Liu J., Fujimori S., Takahashi K., Hasegawa T., Su X., Masui T.: Carbon Management, 9 (5), 447-457. (2018) Socioeconomic factors and future challenges of the goal of limiting the increase in global average temperature to 1.5°C.
- 2) 松橋啓介, 陳鶴, 有賀敏典, 金森有子: 土木学会論文集G(環境), 74 (6), II_103-II_110. (2018) 移動手段を例とした個人的な行動選択と社会的な政策転換の関係.
- 3) 越智雄輝, 藤森真一郎, 高橋潔, 松橋啓介: 土木学会論文集G(環境), 75(5), I_73-I_80. (2019) 日本を対象とした将来シナリオのデータベース化とエネルギー需給・CO2排出構造に注目したその特徴の分析.
- 4) Wu, W., Hasegawa, T., Ohashi, H., Hanasaki, N., Liu, J., Matsui, T., Fujimori, S., Masui, T. and Takahashi, K.: GCB Bioenergy, 11(9), 1041-1055. (2019) Global advanced bioenergy potential under environmental protection policies and societal transformation measures.
- 5) Wu W., Hasegawa T., Fujimori S., Takahashi K., Oshiro K.: Renewable Energy, 162:308-321. (2020) Assessment of bioenergy potential and associated costs in Japan for the 21st century.
- 6) 五味馨, 藤田壮, 越智雄輝, 小川祐貴, 大場真, 戸川卓哉: 土木学会論文集G (環境), 76(6):II_249-II_260. (2020) 地域循環共生圏による持続可能な発展の研究と基礎的な分析枠組みの提案.
- 7) Chen H., Matsushashi K., Takahashi K., Fujimori S., Honjo K., Gomi K.: Sustainability Science, 15, 985-1000. (2020) Adapting global shared socio-economic pathways for national scenarios in Japan

【サブテーマ2】

- 1) K. Honjo, K. Gomi, Y. Kanamori, K. Takahashi, K. Matsushashi.: Heliyon, 7, 3, e06412. (CiteScore: 1.2) (2021) Long-term projections of economic growth in the 47 prefectures of Japan: An application of Japan shared socioeconomic pathways.

<その他誌上発表 (査読なし) >

【サブテーマ1】

- 1) 松橋啓介, 中島直人, 村山顕人, 福山祥代, 森本章倫: 都市計画, 335, 26-33 (2018) スマートシティの潮流とこれから.
- 2) 松橋啓介: 浅見泰司, 中川雅之編著, コンパクトシティを考える, プロGRESS, 120-134(2018) コンパクトシティと環境.
- 3) 松橋啓介: 商工金融, 70(8):48-51(2020) 脱炭素社会と交通の姿
- 4) 松橋啓介, 高橋潔: 国立環境研究所社会環境システム研究センターディスカッションペーパー (2020) 日本版SSP (社会経済シナリオ) の叙述とイメージ
- 5) 五味馨, 金森有子, 松橋啓介: 国立環境研究所社会環境システム研究センターディスカッションペーパー (2020) 日本SSP市区町村別人口推計 環境研究総合推進費2-1805(気候変動影響・適応評価のための日本社会経済シナリオの構築) の成果
- 6) 松橋啓介: 室町泰徳 編著, 日交研双書「運輸部門の気候変動対策」成山堂書店 109-120 (2020) 乗用車起因のCO2排出量とメッシュ人口との関係

- 7) 松橋啓介, 正司健一: 運輸と経済, 81(5), 4-10 (2021) 脱炭素社会に向けて—都市と交通の未来—

【サブテーマ2】

特に記載すべき事項はない。

(2) 口頭発表 (学会等)

【サブテーマ1】

- 1) Liu J., Fujimori S., Takahashi K., Hasegawa T., Su X., Masui T. (2018) Assessment of mitigation options reconciling with sustainable development goals: a case study of China. International Energy Workshop 2018
- 2) 松橋啓介 (2019) 個人的な行動選択と社会的な政策転換の関係—移動手段を例として. 第114回東京財団政策研究所フォーラム—フューチャー・デザイン・ワークショップ2019
- 3) 高橋潔 (2019) 社会変動を考慮した適応戦略に関する研究. 第34回全国環境研究所交流シンポジウム
- 4) 高橋潔, 松橋啓介, 越智雄輝, 藤森真一郎 (2019) 日本版SSPs定量化に関するニーズ把握ならびにデータベース構築, 環境科学会2019年会要旨集, 221
- 5) 松橋啓介, 陳鶴 (2019) 日本版SSPsにおける人口と地域別動向, 環境科学会2019年会要旨集, 220
- 6) 陳鶴, 松橋啓介 (2019) 日本の叙述シナリオの構築, 環境科学会2019年会要旨集, 219
- 7) Wu W., Takahashi K., Fujimori S. (2019) Downscaling a global land use allocation model for the quantification of national SSPs. Scenarios Forum 2019
- 8) Chen H., Matsushashi K., Takahashi K., Gomi K., Honjo K., Masui T., Emori S., Tasaki T., Ariga T., Ishikawa Y., Wu W., Shimada T., Hara M., Ehara T., Ogawa Y. (2019) Narratives for shared socioeconomic pathways in Japan: linking local scenarios and global context. Scenarios Forum 2019
- 9) 松橋啓介・CHEN He (2020) 日本版SSPs 開発の取り組み: 推進費2-1805 概要+叙述シナリオ紹介, 研究者ワークショップ「気候変動影響・適応評価のための社会経済シナリオ」
- 10) 金森有子, 五味馨, WU Wenchao (2020) 日本版SSPs開発の取り組み: 定量化シナリオ紹介 (人口・土地利用), 研究者ワークショップ「気候変動影響・適応評価のための社会経済シナリオ」
- 11) 花崎直太 (2020) 水資源分野の影響研究での社会経済シナリオ・SSPs の利用事例紹介, 研究者ワークショップ「気候変動影響・適応評価のための社会経済シナリオ」
- 12) 高橋潔 (2020) 日本版SSPs の共有・配信方法について, 研究者ワークショップ「気候変動影響・適応評価のための社会経済シナリオ」
- 13) 松橋啓介 (2020) 日本版社会経済シナリオのイメージ図, 環境科学会2020年会要旨集, 69

【サブテーマ2】

- 1) 本城慶多, 久保雄広 (2018) 社会的価値志向性が共有自然資源をめぐる競争に与える影響について. 日本シミュレーション&ゲーミング学会2018年度秋期全国大会
- 2) 本城慶多, 原政之 (2019) 将来の気候変動が埼玉県の業種別エネルギーコストに与える影響について. 第35回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス
- 3) 本城慶多 (2020) 自治体における社会経済シナリオの認知と活用状況, 研究者ワークショップ「気候変動影響・適応評価のための社会経済シナリオ」
- 4) 本城慶多 (2021) 救急搬送データから読み解く地域の熱中症リスクと地方自治体の取組, 第36回全国環境研究所交流シンポジウム
- 5) K. Honjo and M. Hara. 2019. Impacts of rising temperatures on energy demands in

local industries: A case in the Saitama Prefecture of Japan. The 25th AIM International Workshop, Tsukuba, Ibaraki.

(3) 「国民との科学・技術対話」の実施

【サブテーマ1】

- 1) エコライフフェア2018（主催：環境省、2018年6月2日～3日、代々木公園、参加者約5万人）国立環境研究所ブースにおいてポスター展示を行い、研究目的と研究内容について説明（松橋啓介）
- 2) 夏の大公開2018（主催：国立環境研究所、2018年7月21日、国立環境研究所、参加者約5千人）社会環境システム研究センター会場においてポスター展示を行い、研究目的と研究内容について説明（松橋啓介）
- 3) 環境科学会シンポジウム（主催：環境科学会、2019年9月14日、名古屋大学、参加者30名）2時間半のシンポジウムにて研究成果について説明（松橋啓介、高橋潔他）

【サブテーマ2】

- 1) 地球温暖化対策地域協議会MEAKの依頼による出前講座「地球温暖化問題の現状と今後の課題」（2018年10月19日、埼玉県環境科学国際センター、参加者約40名）にて講演（本城慶多）
- 2) 埼玉県環境科学国際センター講演会「待たなし！気候変動対策の最前線」（主催：埼玉県環境科学国際センター、2019年2月1日、埼玉会館、参加者326名）にて講演（本城慶多）
- 3) 第34回全国環境研究所交流シンポジウム「気候変動影響とその適応へのアプローチ」（主催：国立環境研究所、2019年2月14日～15日、国立環境研究所大山記念ホール、参加者約100名）にて講演（本城慶多）
- 4) 東京都立多摩科学技術高等学校の依頼による出前講座「科学は地球温暖化を解決できるか？」（2019年8月21日、埼玉県環境科学国際センター、参加者30名）にて講演（本城慶多）
- 5) 茨城県エコ・カレッジ（職域コース）の依頼による出前講座「気候変動問題の現状と対策について」（2019年10月18日、埼玉県環境科学国際センター、参加者70名）にて講演（本城慶多）
- 6) シニア大学東浦和9期校友会の依頼による出前講座「気候変動が国民生活に与える影響とその対策について」（2020年2月21日、さいたま市市民活動サポートセンター、参加者50名）にて講演（本城慶多）
- 7) 埼玉県戸田市立戸田東中学校の依頼による出前講座「地球温暖化問題と持続可能な開発目標（SDGs）」（2020年10月8日、戸田東中学校、参加者60名）にて講演（本城慶多）
- 8) 第36回全国環境研究所交流シンポジウム「現場から考える環境研究」（主催：国立環境研究所、2021年2月17日、Web開催、視聴者300名）にて「救急搬送データから読み解く地域の熱中症リスクと地方自治体の取組」という表題で講演（本城慶多）

(4) マスコミ等への公表・報道等>

【サブテーマ1】

- 1) 朝日新聞（2019.12.11、デジタル版、今さら聞けない世界、「地球温暖化、フライトは恥？立ちあがる『4時間の壁』」

【サブテーマ2】

特に記載すべき事項はない。

(5) 本研究費の研究成果による受賞

特に記載すべき事項はない。

IV. 英文Abstract

Shared Socioeconomic Pathways for Climate Change Impact and Adaptation Assessment in Japan

Principal Investigator: Keisuke MATSUHASHI

Institution: National Institute for Environmental Studies

16-2 Onogawa, Tsukuba-City, Ibaraki, 305-8506 JAPAN

Tel: +81-298-50-2511 / Fax: +81-298-50-2572

E-mail: matuhasi@nies.go.jp

Cooperated by: Center for Environmental Science in Saitama

[Abstract]

Key Words: Climate change, Adaptation, Shared Socioeconomic Pathways, Scenarios, Population, Land use, Prefectures

Shared Socio-economic Pathways (SSPs) are provided and used as shared and common data to evaluate climate change mitigation and adaptation measures. Additionally, socioeconomic scenarios that appropriately reflect national and regional characteristics are required to promote adaptation measures by local governments.

Therefore, this study aimed to develop a Japanese version of the SSP. This corresponds to the global SSP and is intended to be developed and applied to the study and promotion of climate risk assessment and adaptation measures in Japan and domestic municipalities. (1) The Japanese version of the SSP narrative scenario was developed by adding trends related to industry, employment, migration, responsiveness, and diversity (which were identified as factors influencing the Japanese scenario) to the Japanese translation of the world SSP narrative scenario, and by reflecting the characteristics of population decline. (2) Population scenarios corresponding to SSP 1 to 5 of the Japanese SSP narrative scenario were selected from the conditional estimates of the National Institute of Population and Social Security Research. The corresponding population estimates by SSP by municipalities, by sex and age group up to the year 2100 were published. In addition, the elderly population proportion, the number of households headed by a single elderly person, and the number of workers by major industrial category, which affect assessment of the impact of climate change, were prepared for each prefecture. (3) In addition, the tertiary mesh population and the 0.05° mesh population were estimated from the population of each municipality. We also calculated the area ratio of land used for buildings from the mesh population, and created a land use scenario including six types of crop area by allocating the area assuming the maximization of profit. As an example of this application, we estimated that there is a considerable amount of potential production of bioenergy in Japan. (4) Using Saitama Prefecture as a model case for impact and adaptation assessment, we conducted a climate change impact assessment on heat stroke and energy expenditure using SSP. The economic outlook required for the assessment of the prefecture was also estimated. These results should be used as common data for impact and adaptation assessment in Japan and domestic municipalities.