

【2-1402】 わが国を中心とした温室効果ガスの長期削減
目標に対応する緩和策の評価に関する研究
(H26～H28)

研究代表者： 芦名秀一(国立環境研究所)

累積予算額： 166,138千円(間接経費・税込)

サブテーマ(1) 2050年を対象としたわが国の長期目標の実現に向けた排出削減経路の検討

実施機関：国立環境研究所 芦名秀一・増井利彦・藤野純一・花岡達也

サブテーマ(2) 世界を対象とした将来シナリオの検討とその定量化

実施機関：国立環境研究所 増井利彦・藤森真一郎

サブテーマ(3) 日本を対象とした2030年の温室効果ガス削減量の定量化

実施機関：みずほ情報総研 日比野剛・岡和孝・藤原和也・元木悠子・大城賢

サブテーマ(4) ライフスタイル変化を考慮した家庭のエネルギー消費行動に関する研究

実施機関：国立環境研究所 金森有子

サブテーマ(5) 社会におけるエネルギー集約素材の蓄積からみた将来シナリオの検討

実施機関：滋賀県琵琶湖環境科学研究センター 河瀬玲奈

平成28年度終了課題成果報告会
2017年3月10日(金)砂防会館別館3階

本研究課題の背景及び目的

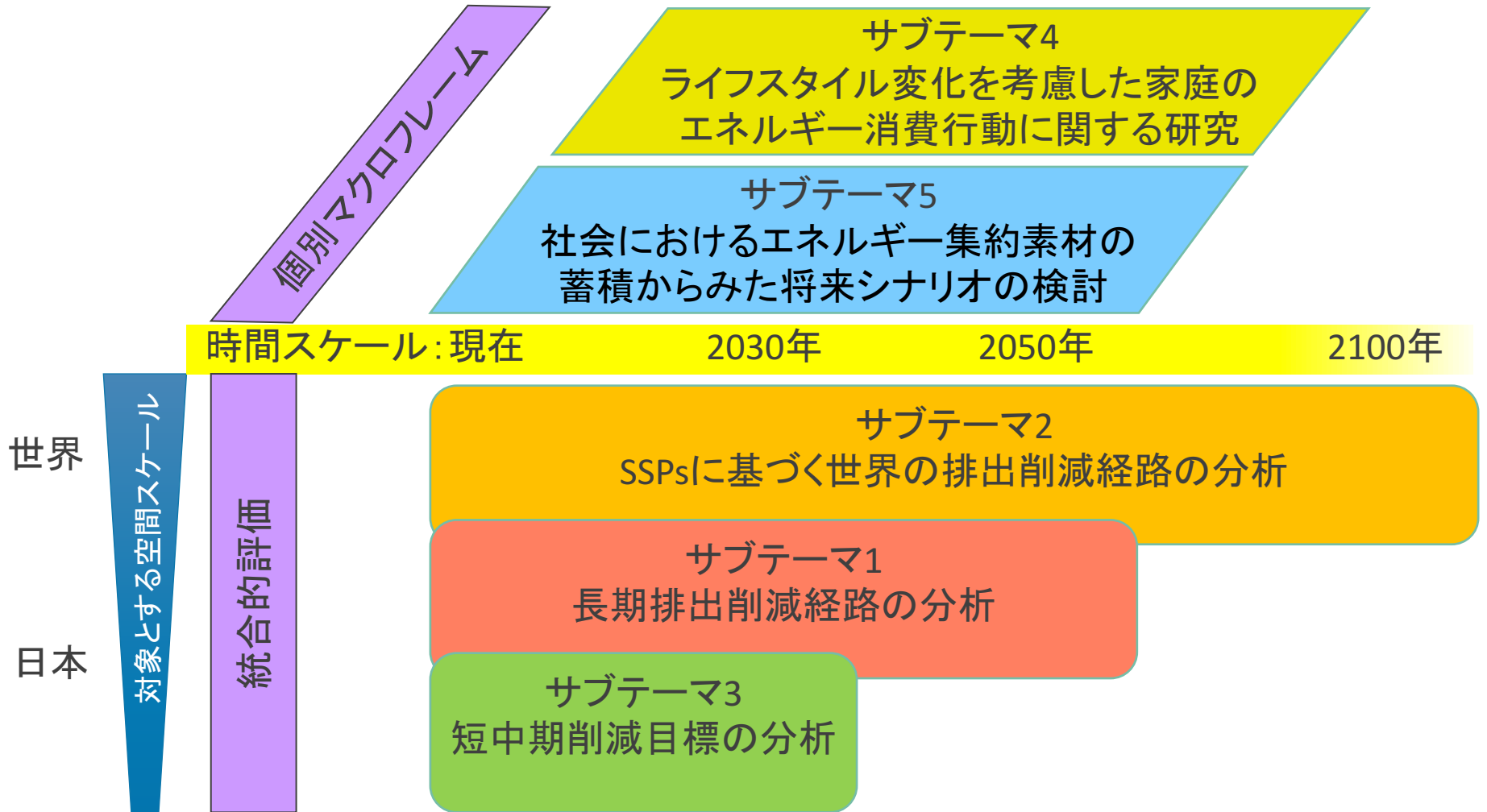
背景

1. **低炭素社会達成の道筋・ロードマップ見直し**が急務となっている。特に、再生可能エネルギーや原子力発電の社会的な位置づけについての客観的な評価がますます重要となっている。
2. 新たに描き直す道筋では、グリーン成長や節電行動定着などの、従来から重要性は指摘されてきたが分析の中では十分に組み込まれてこなかった視点を反映させ、高齢化も見据えた**消費行動変化**や**社会に蓄積された素材ストックの活用**などの**技術的な対応**だけではない**視点も加味**することが重要となっている。
3. IPCC第5次評価報告書等の**最新の知見の取り込み**や、国際的モデル比較研究が進む中から得られる知見を分析に取り込むことも必要となる。
4. パリ協定の合意に伴い、緩和策の取り組み強化とその評価が求められる。

目的

1. 日本及び世界を対象とした**新しい社会経済シナリオの作成(サブ2)**及び**社会構造変化も加味した将来マクロフレームの定量化(サブ3)**。マクロフレームのうち、**社会の素材ストック(サブ5)**、**ライフスタイル変化(サブ4)**は詳細に分析。
(マクロフレーム:人口や経済成長、産業構造、ライフスタイル、素材ストックなど需要見通しの前提として用いる各種将来見通し)
2. 1.に対応し、かつIPCC第5次評価報告書等の最新の知見を踏まえた**日本及び世界の削減目標達成のための排出経路の評価(サブテーマ1・2・3)**。
3. 2.を実現するための**対策及び政策の評価**とグリーン成長等**温室効果ガス削減以外の便益評価(サブ1)**。
4. これらの分析に必要な**モデル開発及び既存モデルの改良(全サブテーマ)**。

本課題の構成: 世界から日本までマルチスケールのシナリオ分析



都道府県

(別課題)

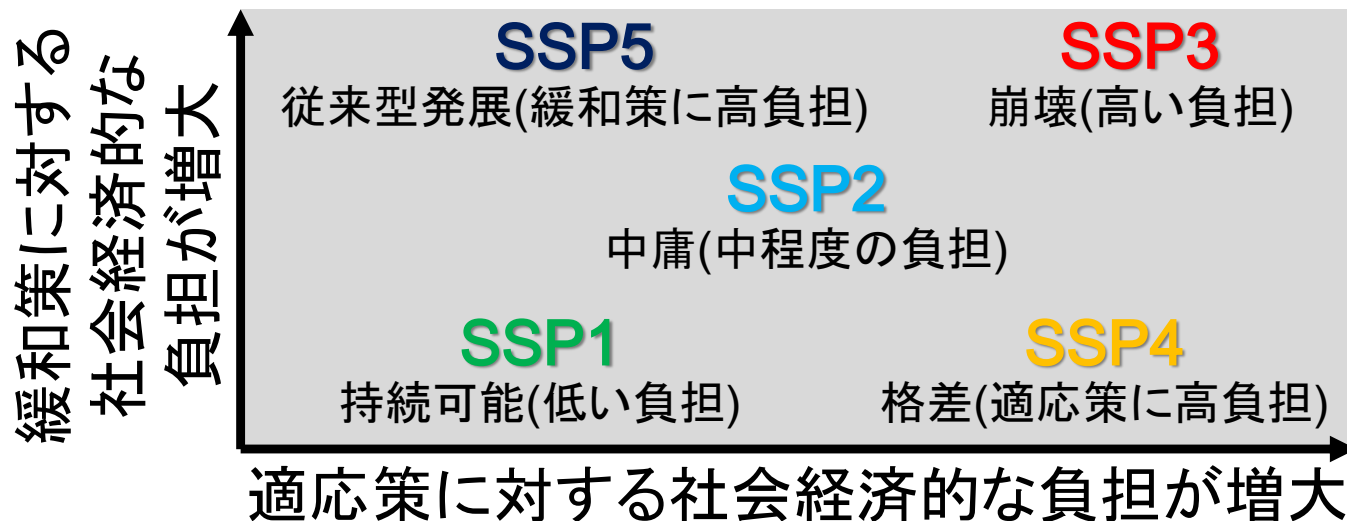
2-1404 地域インベントリ解析による環境成長拠点の計画と評価モデルの開発
(本研究課題より増井・藤野・芦名が参画)

世界低炭素化分析に向けた新社会経済シナリオ (SSPs) の開発

SSPsの世界観

- 5つのシナリオで構成され、**緩和策の困難度と適応策の困難度**の程度による2軸により将来の世界観を表現(本研究課題ではSSP3を主に開発)。
- シナリオは、叙述シナリオと定量シナリオからなり、叙述シナリオとしては、例えばSSP3は世界が分断される方向に向かい、教育水準は低く、格差は拡大し、途上国の所得は伸びず、人口増加は止まらず、石炭に頼った世界となり、GHG排出削減策(気候緩和策)が難しくなる世界を表す。また、所得が低いため途上国における気候変化に対する脆弱性も高い。
- 基準年は2005年(SRESは1990年)。

SSP1-5のシナリオのコンセプト



世界低炭素化分析に向けた新社会経済シナリオ (SSPs) の開発

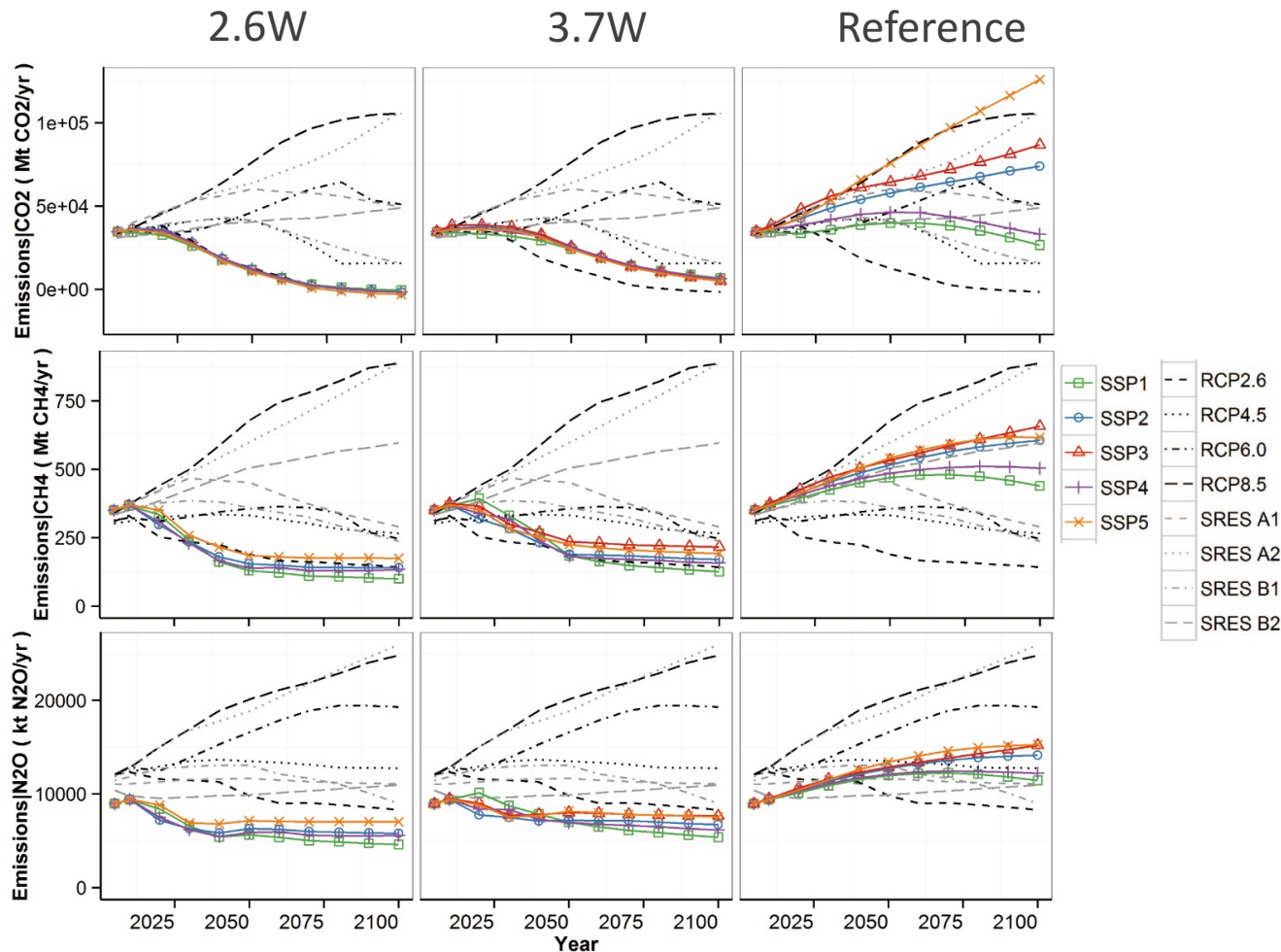
温室効果ガス排出量の分析結果

- Referenceでは、緩和策への困難度が高くなるにつれて、CO₂排出量が増加するという結果となった。
- 過去のシナリオ分析 (SRES、RCP等) と比較すると、CO₂排出量のレンジは類似している。

二酸化炭素

メタン

亜酸化二窒素

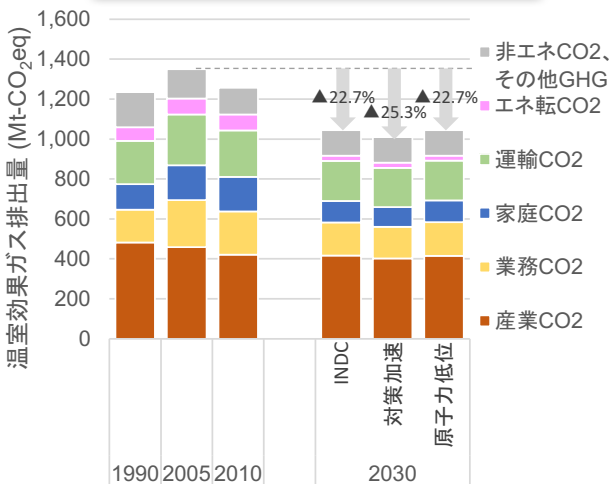


日本技術選択モデルを用いた約束草案達成シナリオの分析

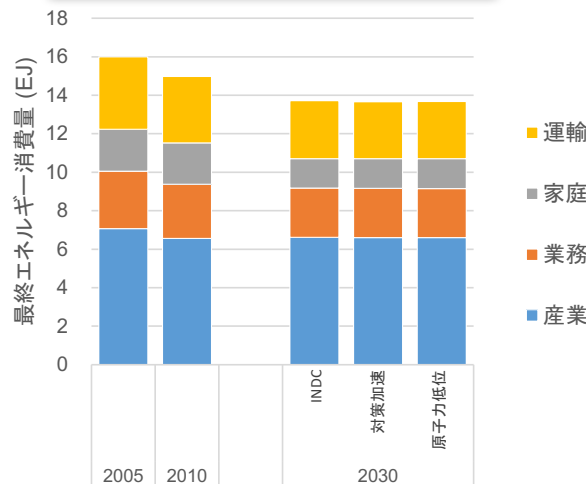
2030年の温室効果ガス排出量の分析結果

- 2030年に約束草案(INDC)に相当する削減を達成するためには、**需要部門における省エネルギーと電力の低炭素化**が重要。原子力低位ケースにおいても、主に再生可能エネルギーの追加的な導入拡大により排出削減目標達成は技術的に可能。
- 対策加速ケースでは、追加的な再生可能エネルギー拡大・石炭火力からガス火力への転換により、削減量は05年比22.7%減⇒25.3%減と深掘りできる。
- ただし、2030年のCO₂価格は、約187 US\$/t-CO₂～236 US\$/t-CO₂に達する。目標達成は必ずしも容易ではなく、**政策による後押しが不可欠**。

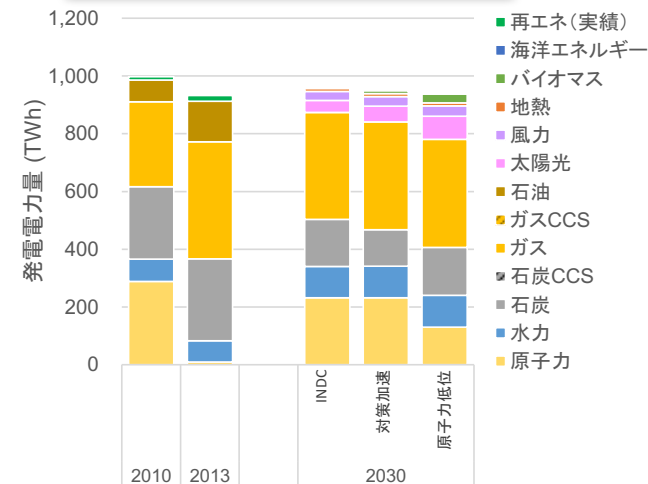
温室効果ガス排出量



最終エネルギー消費

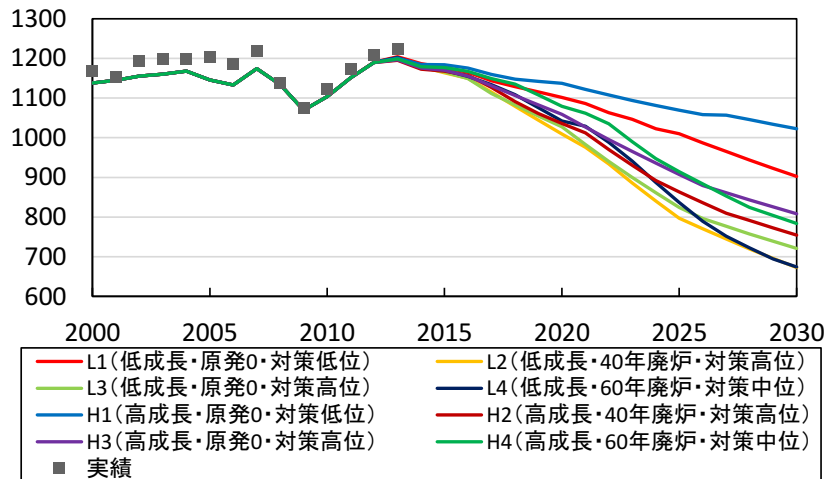


発電電力量

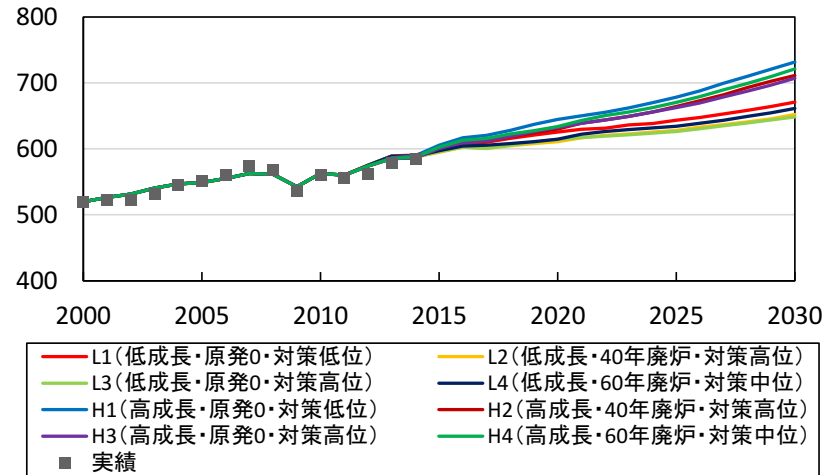


日本経済モデルを用いた約束草案達成シナリオの分析 エネルギー起源CO2排出量及び経済影響の分析結果

- 高位ケースに相当する対策（炭素価格50,000円/tCO₂に相当）が導入されることで、**経済低成長ケースでは2030年に2005年比40-44%、高成長ケースでは同33-37%の削減が可能。**
- 2030年の経済活動への影響は、対策低位（炭素価格10,000円/tCO₂に相当）と高位で比較すると、低成長ケースで23兆円、高成長ケースで25兆円の差が見られるが、2010年からの**経済成長率は、低成長ケースで年率0.7-0.9%（ベースラインは0.9%）、高成長ケースで年率1.1-1.3%（同1.6%）は実現できる。**



エネルギー起源CO₂排出量の推移（単位：100万tCO₂）

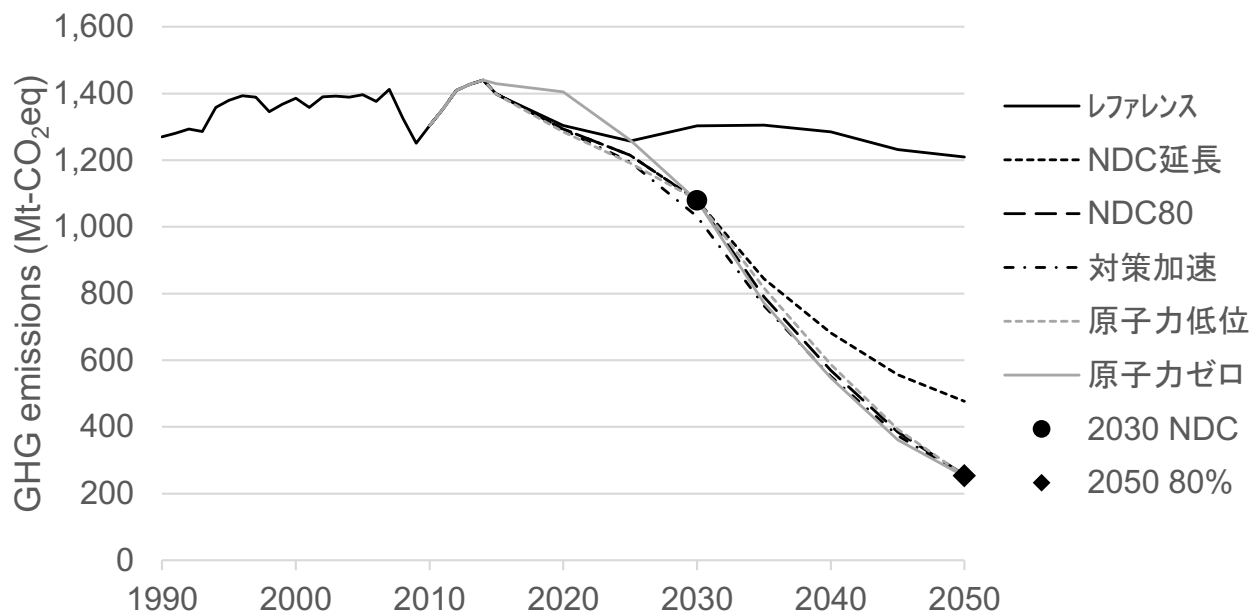


GDPの推移（単位：2000年価格兆円）

日本技術選択モデルを用いた2050年80%削減の可能性分析 約束草案を踏まえた2050年までの排出経路の分析結果

- 約束草案(NDC)と同水準の努力を延長するケースでも、2050年のGHG排出量は約63%減(1990年比)となり、約束草案の実施およびその継続は2050年低炭素社会実現には有意義と考えられる。
- ただし、80%削減には、NDCの水準を上回る追加的な緩和努力が必要
 (CO2価格は165 ⇒ 600US\$/t-CO2以上に増加)

温室効果ガス排出量



CO2価格

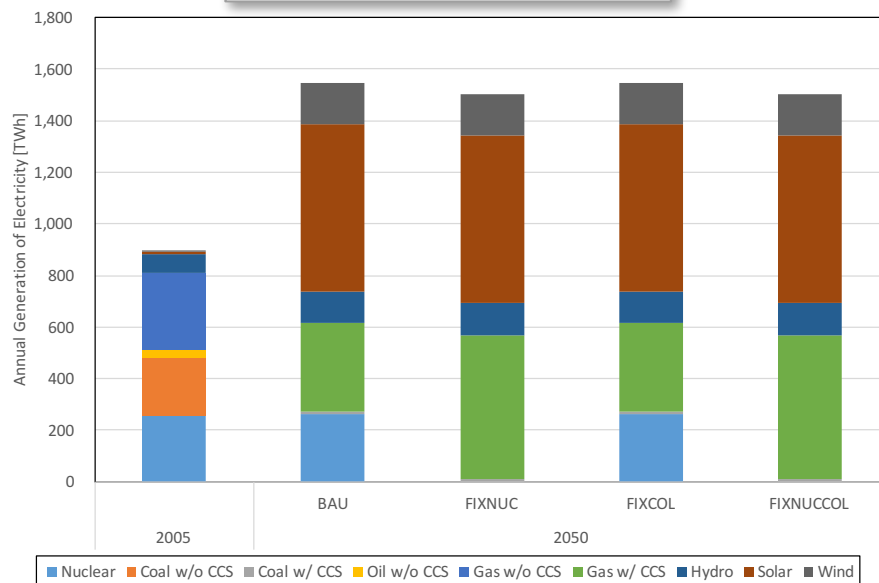
	2030	2050
レファレンス	0	0
NDC延長	216	216
NDC80	216	667
対策加速	278	649
原子力低位	243	775
原子力ゼロ	453	739

多地域電源計画モデルによる低炭素化シナリオの分析

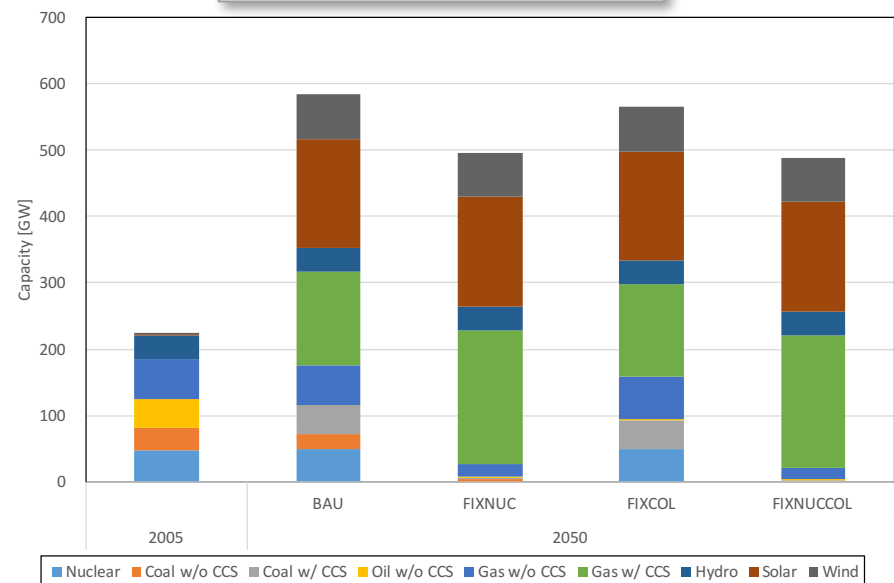
2050年80%削減社会での電源構成の定量化

- CCS併設ガス火力発電と原子力発電所及びCCS併設石炭火力が同程度導入される。ガス火力も含め**CCSを併設しない(Unabated)火力発電は2050年には利用されない**。
- 寿命(40年)以内の**CCSを併設しない火力発電は遊休設備**となり、総設備容量の5-10%に相当。
- ベースロードとミドルロードを原子力発電もしくはCCS併設石炭火力が供給し、ミドルロードの一部とピークロードをCCS付きガス火力が供給する。
- CCS付き火力発電も制約した場合には、解が得られない。

発電電力量



発電容量



BAU: 原子力発電40年廃炉、石炭火力に制約を設けないケース。

FIXNUC: 原子力発電の追加的な新設を認めないケース。既設は40年廃炉。

FIXCOL: CCSなし石炭火力(Unabated Coal)の新設を認めないケース。

FIXNUCCOL: 原子力発電の追加的な新設と、CCSなし石炭火力の新設を認めないケース。

2050年80%削減社会に向けた取り組みの詳細分析

家庭部門のエネルギー消費行動の評価

- 2030年の40%削減達成に向けては、技術革新と需要の削減の取り組みが大切となるが、**2050年は電力の排出係数に大きく依存する。排出係数が削減されれば電化が進むが、削減できない場合、大幅な需要削減が必要。**
- 2030年は人口減の影響があまり大きくなく、需要削減には工夫や努力が重要となる。2050年については、需要減の努力は引き続き必要となるが、**家庭用機器の性能向上による使用長期化(ロックイン効果)による効率改善の停滞が懸念され、特に低所得者を対象にした、高効率機器への買い替えが促進されるような仕組みが必要。**

2050年家庭部門CO2排出量と電力部門排出係数の分析結果(2050年)

排出係数 シナリオ	2030年レベル 0.37 kgCO2/kWh		0.30 kgCO2/kWh		0.20 kgCO2/kWh		0.11 kgCO2/kWh	
	1人あたり	1世帯あたり	1人あたり	1世帯あたり	1人あたり	1世帯あたり	1人あたり	1世帯あたり
石炭等	0	0	0	0	0	0	0	0
灯油	17,602	19,178	17,602	19,178	17,602	19,178	17,602	19,178
LPG	10,139	11,047	10,139	11,047	10,139	11,047	10,139	11,047
都市ガス	16,230	17,684	16,230	17,684	16,230	17,684	16,230	17,684
電力	73,487	80,070	59,584	64,922	39,723	43,281	2,185	2,380
熱	51	56	51	56	51	56	51	56
誤差	84	92	84	92	84	92	84	92
合計	117,592	128,127	103,689	112,978	83,828	91,338	46,290	50,437
CO2排出量 (2013年比)	58%	64%	51%	56%	42%	45%	23%	25%

需要減 ←

追加的な取り組みの方向性

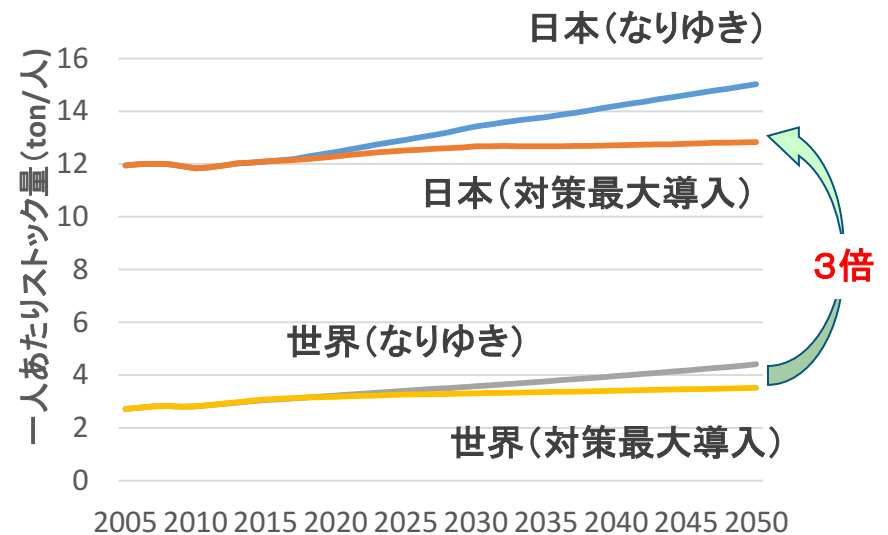
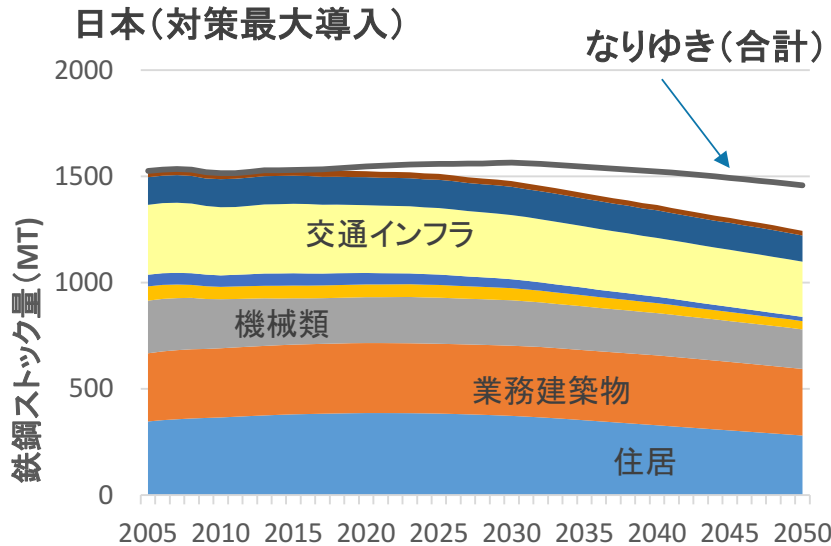
→ 電化

2050年80%削減社会に向けた取り組みの詳細分析

鉄鋼ストック量の将来シナリオ分析

- 日本の鉄鋼ストック量は、なりゆきケースではほぼ横ばいとなる。
- 対策最大導入ケースでは、輸送機器(45%)、建築物(26%)などの需要削減により、**鉄鋼ストック量は緩やかに減少**する。しかし、人口がそれ以上の速度で減少するため、**一人あたりストック量は、2005年から大きな変化はなく、13トン/人**となる。
- 2050年の世界平均の一人あたりストック量は約4トンであり、**日本の一人あたりストック量は世界平均の3倍**に相当する。
- 一人あたりストック量には、**住居と業務建築物の占める割合**が大きく影響する。

将来の鉄鋼ストック量の分析結果



世界の低炭素化シナリオとわが国の貢献について

1. 統合評価モデルコンソーシアムに参画し、新たな社会経済シナリオである「共通社会経済経路 (Shared Socioeconomic Pathways, SSPs)」を開発
2. 家庭部門サービス需要は、米国や西欧は1人あたりサービス量及び人口増加、インドは人口増加とエネルギー効率改善の遅れでエネルギー消費量は増加するが、中国では人口減少と機器効率の改善により、エネルギー消費量は減少する
3. 鉄鋼については、トレンド相当 (SSP2) では緩やかな伸びとなり、2050年に需要量は19億トン、一人あたり6.4トンに達し、需要最小のSSP4シナリオでも現状程度の需要が見込まれる
4. 世界経済モデルを用いて過去に遡ってのモデル分析 (Hindcasting) を実施し、モデルの信頼性の検証を実施し、一次エネルギー供給は総じて高所得国の再現性が高いものの、過去に遡るほど一次エネルギー供給、最終エネルギー消費の再現性が低下する

本研究課題の成果 (ii) : 科学的意義 (日本の削減シナリオについて)

日本の約束草案 (2030年目標) の着実な実現に向けて

1. 日本の約束草案達成には需要部門における省エネルギーと電力の低炭素化が重要
2. 原子力発電の利用可能性が制約されても、再生可能エネルギーの拡大により削減目標が達成可能
3. 炭素税収を追加投資に充てることにより、GDPへの影響は抑えられ、約束草案実現と経済成長の両立は可能

日本の長期目標達成に向けて

1. 80%削減には約束草案相当の対策では不十分で、PV、風力及びCCSの追加的な導入と特に民生・運輸での省エネが必要
2. 電力部門では2050年にはCCS併設火力のみとなり、適切な戦略なしではCCSなし火力発電を中心に総設備容量の5-10%が遊休設備となりうる
3. 家庭部門の削減方策は電化か大幅な省エネのいずれかとなり、電力の排出原単位により異なる方向性が必要となる
4. 対策を講じることで輸送機器や建築物の需要減によりストック量は減少するものの、人口減少により一人あたりでは現在 (13トン/人) からほぼ横ばいとなる

本研究課題の成果(iii):政策的意義

科学的知見に基づく環境政策立案への貢献

- 分析結果の提供を通じた環境政策立案への貢献
- 専門的知見を活かした環境政策立案への貢献

研究成果に基づく環境政策立案の参考となる手法の提供による貢献

- 与件を元に社会経済の姿を統合的に描くツールによる環境政策推進への貢献
- 低炭素シナリオ簡易分析ツールによる日本・英国間の環境政策連携への貢献

国際的な環境政策立案・実施への貢献

- モデルのキャパシティビルディングを通じたアジア各国の環境政策策定支援

温暖化対策等の国際交渉への貢献

- 各国の約束草案(INDCs)の野心度の比較分析

IPCCへの貢献を通じた環境政策の後押し

- 新社会経済シナリオ(SSPs)作成への貢献

国際研究プロジェクトを通じた環境政策立案への貢献

- 国際研究プロジェクト参画を通じた世界及び日本の環境政策分析への貢献

研究成果を用いた、日本国民との科学・科学技術対話の活動(研究開始～プレゼン前日まで)

①小・中・高等学校の理科授業での特別授業

実施日	学校名等	所在地	説明した「研究成果」、「実生活との関連」等
H28.10.13	福島県立原町高等学校	福島県	・最先端科学研究にふれる機会の一環で実施し、低炭素社会及び将来シナリオ研究と文理融合アプローチの必要性について説明。
H28.2.1	つくば市立並木小学校3年	茨城県	・並木小学校スタイル科授業の一環として、低炭素社会の考え方や、将来シナリオの成果を踏まえて児童の将来選択に資する情報を提供。

②一般市民を対象としたシンポジウム、博覧会、展示場での研究成果の講演・説明

実施日	主催者名	シンポ名	開催地	参加者数	講演した「研究成果」、「参加者との対話の結果」等
H29.2.27	土木学会環境システム委員会、環境アセスメント協会	第51回環境システムシンポジウム「社会転換に向けてのテクノロジーアセスメントの理論と手法の開発に向けて」	東京都	150名	<ul style="list-style-type: none"> ・低炭素社会シナリオ研究の成果をもとに、将来アセスメントのための手法やアプローチ等について講演。 ・参加者からは、特に技術的な対策に関して、現在進められている技術開発のあり方についての質問と議論などがあつた。 ・環境省及び国立環境研究所は共催。
H27.10.29	国立環境研究所	低炭素社会をどう実現するか？	東京都	100名	<ul style="list-style-type: none"> ・2050年80%削減に向けた方策に関する研究成果について講演。 ・排出量取引制度や技術開発等の専門家も交えて日本低炭素社会実現のための方策と制度・政策的な側面についての議論を実施した。
H27.4.8	国立環境研究所(主催)	日本の排出削減目標議論の行方	東京都	120名	<ul style="list-style-type: none"> ・2050年80%削減に向けた方策に関する研究成果について講演。 ・参加者と、ライフスタイルも含めた社会変革の可能性等について議論した。
H26.10.7	国立環境研究所(主催)	低炭素社会は実現できるか？	東京都	100名	<ul style="list-style-type: none"> ・日本における温室効果ガス排出量の大幅削減を実現する新たな社会発展の可能性について講演。

本課題の成果に係る「査読付」論文(国際誌・国内誌)の発表

執筆者名	発行年	論文タイトル	ジャーナル名等
藤森真一郎他	2016	Global energy model hindcasting	Energy
Liu Jingyu他	2016	Temporal and spatial distribution of global mitigation cost: INDCs and equity	Environmental Research Letters

他42本。 以上は全て、脚注又は謝辞に「環境省」・「環境研究総合推進費」・「課題番号」を記載。

本課題の成果に係る「査読付論文に準ずる成果発表」論文の発表 又は 本の出版

執筆者名	発行年	タイトル	ジャーナル・出版社名等
増井利彦	2017	「ゼロ炭素社会」に向けた日本の取り組みを考える	公明
増井利彦	2017	2050年温室効果ガス排出量の80%削減に向けて	環境技術会誌

他14本。

マスコミ発表(プレスリリース、新聞掲載、TV出演、報道機関への情報提供等)

種類	年月	概要	その他特記事項(あれば)
プレスリリース	2017.2	気候変動研究で分野横断的に用いられる社会経済シナリオ(SSP; Shared Socioeconomic Pathways)の公表	
新聞掲載	2015.4	毎日新聞 30年の温室ガス30%減 国立機関試算 原発稼働見込まず 05年比	

他52件。 以上は全て「環境省」・「環境研究総合推進費」・「課題番号」の掲載を情報提供先に依頼。

国内外における口頭発表(学会等)

学会等名称	年月	発表タイトル	その他特記事項(あれば)
第33回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス	2017	東日本大震災が日本の電力需要に与えた影響について～状態空間モデルによるアプローチ～	
Climate Change Impacts & Integrated Assessment XXII	2016	Japan NDC (AIM/Enduse[Japan]) Global emissions trading under NDCs (AIM/CGE[global])	

他87件。 以上は全て「環境省」・「環境研究総合推進費」・「課題番号」を明示。

知的財産権

知的財産権の種類	概要(簡潔に)	その他特記事項(あれば)
	なし	

行政ニーズに即した 環境政策への貢献事例

概要(簡潔に)	その他特記事項(あれば)
中央環境審議会長期低炭素ビジョン小委員会に委員として参画し、長期低炭素ビジョンのあり方についての議論に本研究課題の成果を踏まえて貢献	
成果の一つである日本の低炭素社会シナリオ及び将来マクロフレーム分析の成果を環境省低炭素社会推進室に説明	

他。

行政ニーズに即した 今後の環境政策への貢献「見込み」

概要(簡潔に)	その他特記事項(あれば)
日本低炭素社会シナリオ及び将来マクロフレーム分析の成果は、2030年以降の長期的な日本低炭素社会構築に向けた環境政策立案へ貢献できる可能性がある。	
開発した新社会経済シナリオ(SSPs)は、世界の気候変動緩和及び適応研究の基礎となるシナリオであり、IPCC等も含めた日本及び世界の環境政策へ貢献できる可能性がある。	