

# 我が国の脱炭素社会検討における 社会経済シナリオ

日比野 剛(国立環境研究所)

第9回ESIシンポジウム  
「2050年のエネルギーと社会:課題解決の方向性」

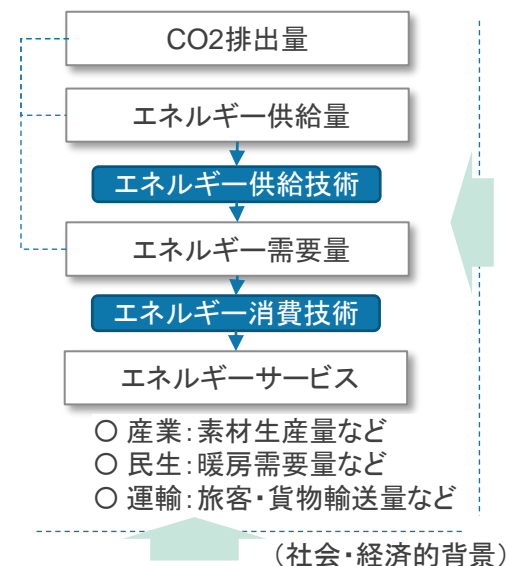
2020年12月10日(木)

本研究は、(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(1-2002)により実施された。

# 将来の社会・経済シナリオ策定の背景

## 1. 将来排出量の推計のための不確実な将来に対する対応

- 将来のエネルギー消費量・温室効果ガス排出量の推計には、その駆動力となる社会・経済の状況を想定・設定することが必須。
- また、将来における各種対策の受容性や普及の程度は、その時々々の社会や経済に大きな影響を受ける。
- しかし、将来における社会・経済の状況を数理的手法のみで内生的に推計するのは困難である。そのため、予測ではなく、想定として、将来の社会や経済の状況を、数理的手法のみでなく、叙述的ストーリーラインと組合せて、単一もしくは複数、準備することが必要となる。



## 2. 脱炭素ビジョンの共有

- 温室効果ガスの大幅な削減については、ステークホルダーが多岐にわたって存在するため、その実現のためには将来の姿をステークホルダー間で共有していくことが重要。
- 将来の排出構造は、社会・経済状況の影響を大きく受けるものである。また、温室効果ガスの削減目標は極めて厳しいものであり、その実現は将来社会的変容を強いるものである。
- ステークホルダー間で共有するビジョンについては、単に削減目標や削減量を示すだけでなく、その時の社会や経済の姿も併せて提示することが必要。

**Scenario:** A plausible description of how the future may develop based on a coherent and internally consistent set of assumptions about key driving forces (e.g., rate of technological change (TC), prices) and relationships. Note that scenarios are neither predictions nor forecasts, but are useful to provide a view of the implications of developments and actions. (IPCC AR5 WG3)

用語	説明
推計 (Projection)	将来についての記述全般, 予測, 予報, 予言, シナリオを含む一般的用語
予測, 予報 (Forecast)	「最も起こりそう」な推計
予言 (Prediction)	将来の状態についての単一的な決め付け
シナリオ (Scenario)	将来起こりうる複数の状態についての推計
ビジョン (Vision)	特定の時点における, 規範的メッセージを含む将来像

(出典) 榎原ら(2007)低炭素社会検討の前提となる社会経済ビジョンの構築

種類	説明
探索的シナリオ	推進力のふれ幅と分岐路を可能な限り幅広く取り, 多様な将来像を網羅的に探る
規範的シナリオ	望ましい将来像から現在状況に遡る道筋を演繹的に探る
参照・自然体・ビジネスアズユージュアルシナリオ	各種パラダイム, 社会構造, 技術水準あるいは対応施策を現状のまま凍結しその投影としての将来像を描く
介入, 対策シナリオ	参照シナリオの将来像を望ましい方向に変更するために必要な行動, 選択を探索するシナリオ

(出典) 松岡ら(2001)地球環境問題へのシナリオアプローチ

# シナリオ分析の事例

- ・ 国内外における長期のエネルギー需給や排出量のシナリオ分析では、対策の強度・重きに幅を持たせたもの(対策シナリオ)と、推計のベースとなる社会・経済の状況について幅を持たせたもの(社会・経済シナリオ)に大別できる。

シナリオ	世界全体	一国
対策の強度・重き	○ 国際エネルギー機関	○ EU・米国・英国 長期戦略
社会・経済	○ Shell ○ IPCC	○ 脱温暖化2050プロジェクト ○ 中央環境審議会など

# 世界 | 社会・経済シナリオ | Shell ニューレンズシナリオ

- Shellは1970年代からシナリオ分析による自社の戦略検討を実施してきた。2013年にニューレンズシナリオとして2つのシナリオ発表。さらに、2018年にパリ協定の目標と整合するスカイシナリオを発表。

マウンテンズ	<ul style="list-style-type: none"><li>● 今日影響力を持つ人々や組織によって権力が固定化されてゆく、現状維持の世界。社会システムの安定こそが最も重要であり、権力の頂上にいる人々は、天然資源の開放を徐々にかつ慎重に行い、市場原理にのみ委ねないよう調整してゆく。結果、社会経済体制は硬直化して経済は活力を削がれ、社会の流動性は抑制される。</li></ul>
オーシャンズ	<ul style="list-style-type: none"><li>● 少数の人々だけが影響力を持つ世界ではない。権力が広く委譲され、利害衝突は調整されてゆく。ここでは妥協こそが最も重要なルールである。経済活動は改革の大波に乗って高まるが、社会の一体性は時に損なわれ、政治が不安定化する。そのため個別政策が停滞せざるを得ず、結果、市場原理による調整が大きな役割を果たす。</li></ul>
スカイ	<ul style="list-style-type: none"><li>● パリ協定の目標を達成するための、技術的には可能だが挑戦的な社会の道を示す。社会のあらゆる分野からのリーダーシップと新たな連合の両方を必要とする。気候や大気質の問題に取り組むためのより良い多面的なコラボレーションの可能性を浮上させており、この点で、マウンテンズとオーシャンズの両方の最も進歩的な要素を兼ね備えている。</li></ul>

(出典) Shell(2018)「Energy Transition Report」、Shell(2013)「ニューレンズシナリオ 移行期にある世界への新たな展望」より作成

- ・ 国際エネルギー機関 (IEA) の World Energy Outlook 2020 では、対策強度に応じて、3つのシナリオを設定している。加えて、Covid-19の影響が次年度以降も継続した場合の影響についてもシナリオ分析を行っている。

## Stated Policies Scenario (STEPS)

- ・ 現状において、実施することが表明されている対策や目標を考慮したシナリオ
- ・ (COVID-19は2021年中に制御され、世界経済は同年に危機前の水準まで回復)

## Sustainable Development Scenario (SDS)

- ・ エネルギーに関連する持続可能な開発目標を達成
- ・ パリ協定の目標 (2°Cをはるかに下回る...そして1.5°Cに制限する努力を追求) と整合
- ・ 世界のCO2排出量は2070年までに正味ゼロ

## Net Zero Emissions by 2050 (NZE2050)

- ・ 2050年までに世界のCO2排出量をネットゼロ。2030年20.1GtCO<sub>2</sub>。
- ・ 大規模なネガティブ排出を用いずとも、1.5°C上昇に50%の確率で抑えることが可能。

## Delayed Recovery Scenario (DRS)

- ・ Covid-19の影響が2021年以降も続き、2023年に危機前の水準まで回復。

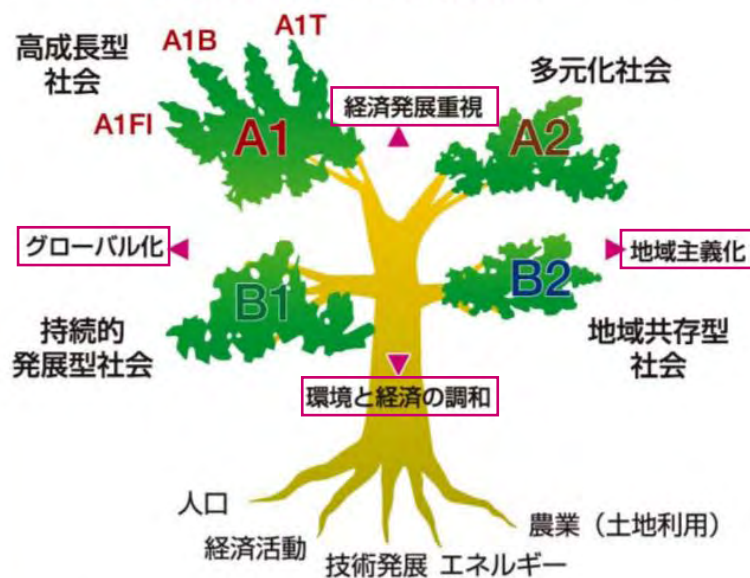
(出典) IEA 「World Energy Outlook 2020」より作成



# 世界 | 社会・経済シナリオ | IPCC SRES

- ・ IPCC (2000) SRES (Special Report Emission Scenario) はIPCC第4次報告書に向けて、4つのシナリオを提示。

## ◆ 排出シナリオの概念図

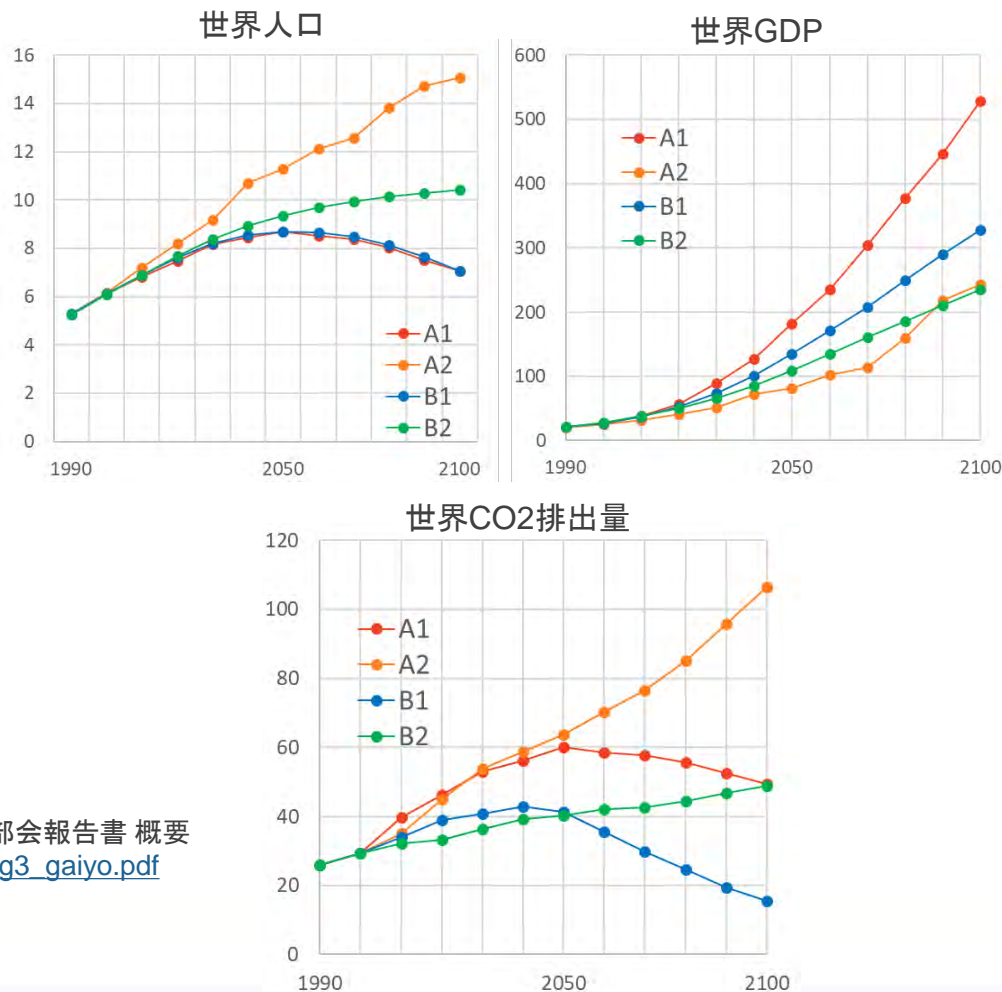


出所) IPCC第三次評価報告書

左図: IPCC第4次評価報告書 第3作業部会報告書 作業部会報告書 概要  
2007年5月22日 [https://www.env.go.jp/earth/ipcc/4th/wg3\\_gaiyo.pdf](https://www.env.go.jp/earth/ipcc/4th/wg3_gaiyo.pdf)

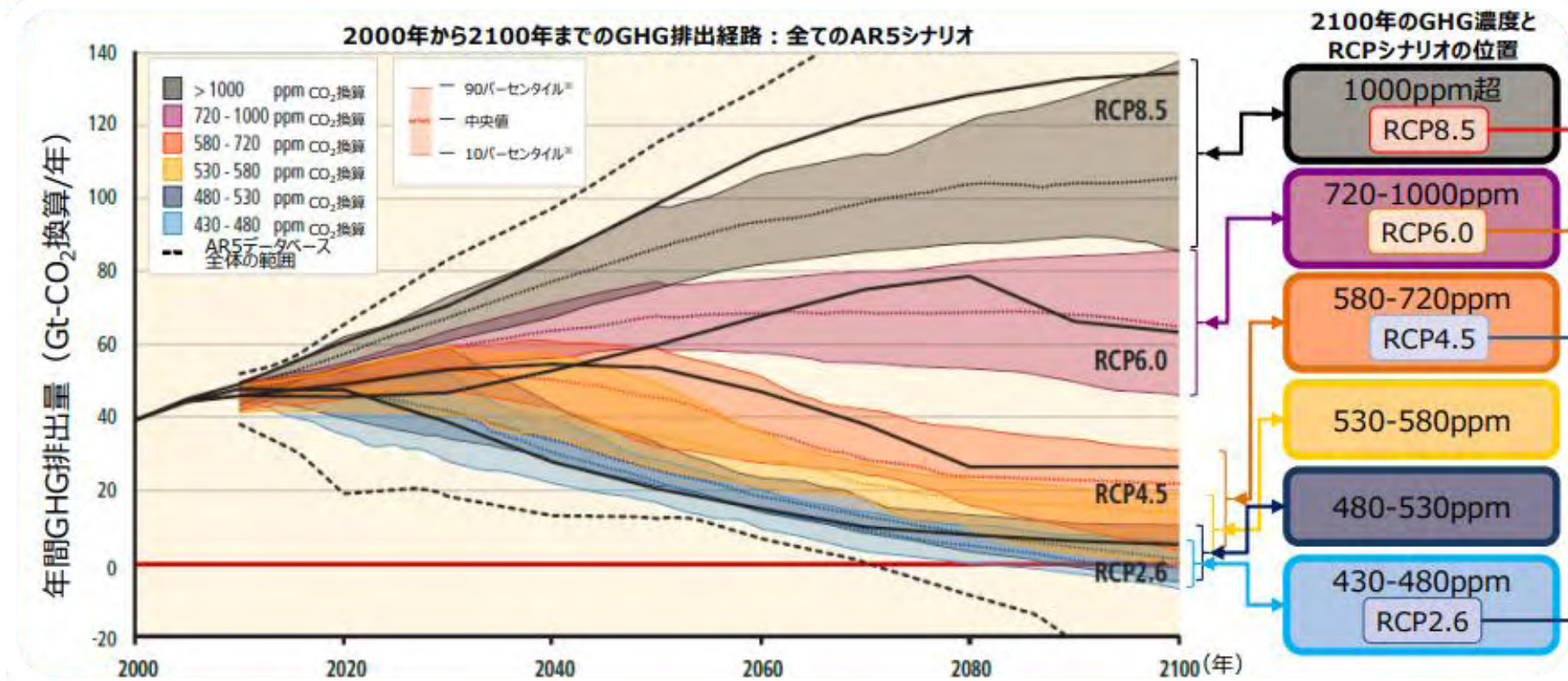
右図: IPCC SRES Datatableより作成  
<https://www.grida.no/climate/ipcc/emission/index.htm>

## 【IPCC SRESにおける人口・GDP・CO2排出量】



# 世界 | (対策シナリオ&社会・経済シナリオ) | IPCC RCP

- IPCC 第5次報告書(2013/14)では、各WGが並行して作業が実施できるように、将来のGHG濃度の安定化レベルとそこに至る排出経路について、4つの代表的なシナリオを提示。

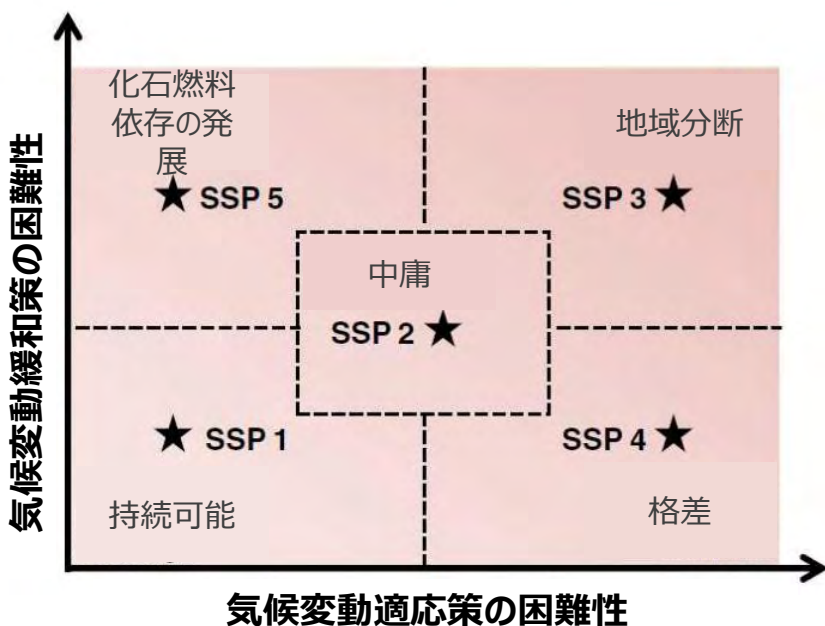


(出典) 環境省 IPCC report communicatorガイドブック(2015)



# 世界 | 社会・経済シナリオ | SSP

- SSP (Shared Socio-Economic Pathway, 共通社会経済経路)は、IPCC議長の呼びかけにより、統合評価モデルコンソーシアムが中心となって開発した社会経済シナリオ。気候変動緩和策と適応策の困難性の2軸により、SSP1~SSP5の5つのシナリオを設定。



社会像		人口	経済	都市化	教育	技術革新	化石燃料制約	環境
1	持続可能	相対的に低	先進国 : 中 途上国 : 高	高	高	速	脱化石燃料の選好	継続的な改善の取組
2	中庸	中	中	中	中	中	非在来資源利用に対する抵抗なし	継続的な劣化
3	地域分断	高	低	低	低	遅	自国内のための非在来資源利用	重大な劣化
4	格差	相対的に高	低所得国 : 低 その他 : 中	先進国 : 中 途上国 : 高	先進国 : 中 途上国 : 低	ハイテク分野 : 速 その他 : 遅	制約への懸念による価格の上昇・高変動	高・中所得国 : 十分な管理
5	化石燃料依存	相対的に低	高	高	高	早	制約なし	高い技術的アプローチ

# (参考) 日本 | 社会・経済シナリオ | 日本版SSP

- ・ 国立環境研究所(2020)では、日本独自の将来見通しを考慮し、都道府県レベルの影響評価や緩和・適応策検討の観点を反映した日本版SSPを構築

【日本版SSPの各シナリオのイメージ図】

## SSP5 化石燃料に依存した発展： コンクリートロード

### 人口

- ・ 外国人労働者の増加

### 都市化

- ・ 都市圏への集中
- ・ 個人での移動手段の保有

### 国際

- ・ グローバル発展第一の協力



5  
3  
2  
4

## SSP3 地域分担： ブロック&ロード

### 人口

- ・ 出生率低下

### 都市化

- ・ 市街地も非市街地も荒廃

### 国際

- ・ ブロック化



## SSP1 持続可能： グリーンロード

### 人口

- ・ 出生率増加

### 都市化

- ・ 拠点連系型で効率的
- ・ シェアサービスが普及

### 国際

- ・ 効率的に連携



## SSP4 格差： ハイウェイ&ラフロード

### 人口

- ・ 低出生率

### 都市化

- ・ 市街地の一部に高所得者

### 国際

- ・ 金融・ITのみグローバル化



(出典) 国立環境研究所 松橋ら(2020)「日本版 SSPの叙述とイメージ」((独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(2-1805)) [https://www.nies.go.jp/social/dp/pdf/jqjm1000000pq981-att/2020\\_3.pdf](https://www.nies.go.jp/social/dp/pdf/jqjm1000000pq981-att/2020_3.pdf)



# 世界 | 対策 & 社会・経済シナリオ | IPCC 1.5°C 特別レポート

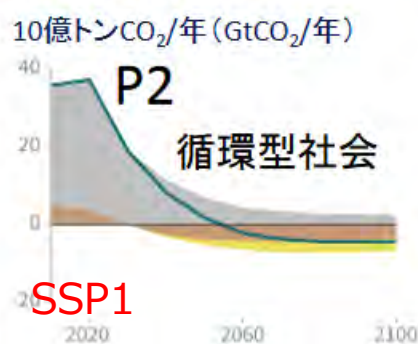
- ・ IPCC 1.5°C 特別報告書 (2018) では、1.5°C 目標を達成する可能性のある4つの代表的排出経路を提示。ベースとなる社会・経済シナリオと、脱炭素化実現のために大きく依存する対策技術が4つのシナリオそれぞれによって異なっている。

## ＜世界の正味CO2排出量の排出経路＞

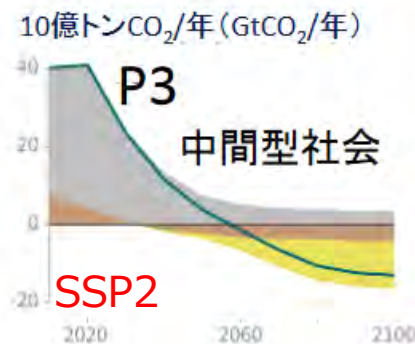
● 化石燃料と産業 ● AFOLU ● BECCS



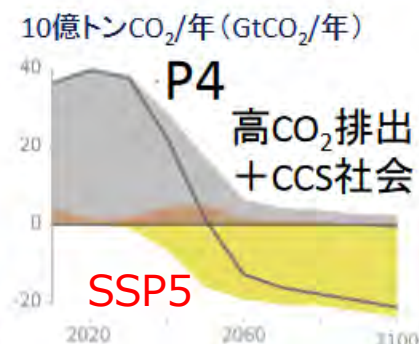
P1: 社会、ビジネス、技術革新により2050年までにエネルギー需要は下がるが、生活レベルは上がる。特に発展途上国で、小規模エネルギーシステムによりエネルギー供給の脱炭素化が推進される。新規植林のみがCDRとして考慮される。CCS付の化石燃料発電やBECCSは使われない。



P2: 持続性に幅広く焦点を当てたシナリオ。エネルギー強度、人材育成、経済的収束、国際協力、及び持続的・健康的消費パターン、低炭素技術へのシフトなどが考慮される。CDRは使われるが、量は道筋によって違う。BECCSの社会的受容性には制約があり、その中で土地システムは適切に管理される。



P3: 社会および技術発展はこれまでのパターンに沿っている道半ばのシナリオ。排出削減は主にエネルギーと生産の方法を変えることで達成され、需要削減はあまり行われない。



P4: 資源とエネルギー集約のシナリオ。経済発展とグローバル化により、温室効果ガス排出量の高い交通燃料や生活用品などが使われる、温室効果ガス排出量の多い生活様式。排出量削減は主に技術手段によって行われ、BECCSの実施によるCDRに強く依存している。

ipcc  
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change



(出典) IGES(2018) 「IPCC 1.5°C 特別報告書」ハンドブック背景と今後の展望 改訂版」

# 欧州 | 対策シナリオ | EU 長期戦略ビジョン

- EU長期戦略ビジョン(2018)では、8つのシナリオについて定量分析を実施し、2050年80%減から100%減(90年比)を達成するための各部門のオプションを探求。



## <EU長期戦略ビジョンにおける8つのシナリオ>

	電化 (ELEC)	水素 (H2)	P2X (P2X)	効率改善 (EE)	サーキュラーエコノミー (CIRC)	コンビネーション (COMBO)	1.5°C技術 (1.5TECH)	1.5持続可能ライフスタイル (1.5LIFE)
主たる駆動力	全ての部門を電化	産業・運輸・民生での水素利用	産業・運輸・民生での電力起源燃料の利用	全ての部門にてエネルギー効率改善の徹底的な追及	資源・物質の効率改善	2°Cシナリオのオプションの費用効率的な組み合わせ	COMBO+ BECCS・CCSの更なる普及	COMBO・CIRC+ライフスタイル変化
2050年 GHG目標	80%削減(吸収除く)(2°Cを十分に下回る水準)					90%削減(吸収含む)	100%削減(吸収含む)(1.5°C目標)	
主たる共通の仮定	<ul style="list-style-type: none"> <li>2030年以降も高いエネルギー効率改善</li> <li>持続可能な先進的なバイオ燃料の普及</li> <li>適度な循環経済対策</li> <li>デジタル化</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>インフラ展開のための市場調整</li> <li>2°CシナリオのBECCSの導入は2050年以降</li> <li>低炭素技術のための重要な学習</li> <li>輸送システムの効率の大幅な改善</li> </ul>			
発電部門	2050年までに電力はほぼ脱炭素化。最適化システム(デマンドサイドレスポンス、貯蔵、相互接続、プロシューマーの役割)により再生可能エネルギーは大幅に普及。原子力発電は電力部門において依存として役割を持つ。CCSの導入には限界がある。							
産業部門	プロセスの電化	対象分野においてH2を利用	対象分野において電力起源のガスを利用	エネルギー効率改善によるエネルギー需要の低減	より高水準のリサイクル率、マテリアル代替、循環対策	対象分野において2°Cシナリオのオプションの費用効率的な組み合わせ(CIRC除く)	COMBOを深堀	CIRC+COMBOを深堀
民生部門	ヒートポンプの普及拡大	暖房のためのH2利用の普及	暖房のための電力起源ガス利用の普及	修繕率とその対象の増大	持続可能な建物			CIRC+COMBOを深堀
運輸部門	全ての交通手段にて電化の促進	重量車と一部の計量車でのH2利用の普及	全ての交通手段での電力起源燃料利用の普及	モーダルシフトの拡大	モビリティサービス			CIRC+COMBOを深堀 航空燃料の代替
その他の駆動力		ガスグリッドによるH2供給	ガスグリッドによる電力起源ガスの供給				自然吸収の限定的な強化	食生活の変化 自然吸収強化



# 日本 | 社会・経済シナリオ | 脱温暖化2050プロジェクト①

- ・ 国立環境研究所の脱温暖化2050プロジェクト(2004-08)では2050年の社会像として、経済成長を重視した都市型社会のビジョンAと、生活のゆとりを重視した成熟社会のビジョンBの2つを提示した。

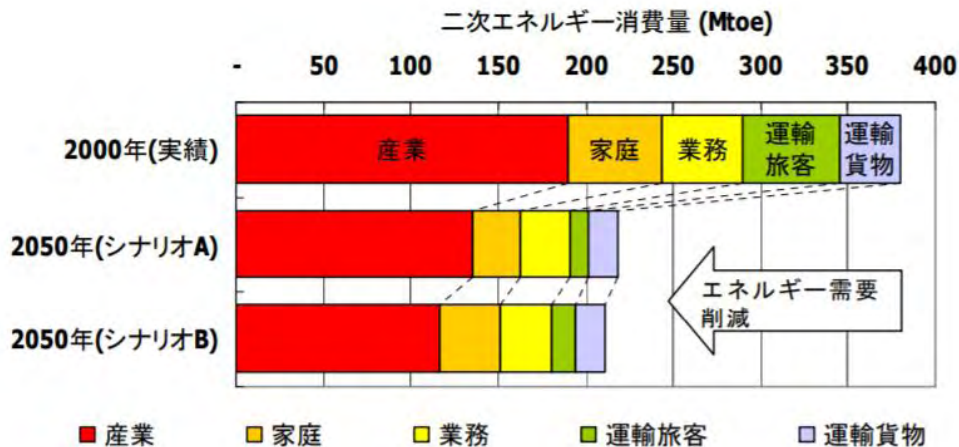
シナリオA： 活力、成長志向	シナリオB： ゆとり、足るを知る
都市型/個人を大事に	分散型/コミュニティ重視
集中生産・リサイクル 技術によるブレイクスルー	地産地消、必要な分の生産・消費 もったいない
より便利で快適な社会を目指す	社会・文化的価値を尊ぶ
<b>一人当たりGDP成長率 2%/年</b> 	<b>一人当たりGDP成長率 1%/年</b>  絵：今川朱美

社会指標	2005年実績	2050年 A	2050年 B
	127,768	94,480	100,297
(帯)	48,962	43,195	42,065
率(%)	43	58	50
百万m <sup>2</sup> )	1,759	1,721	1,781
)	506,000	770,000	596,000
(千t)	112,720	106,787	77,519
セメント生産量(千t)	73,931	50,680	44,643
自動車保有台数(千台)	73,888	63,900	63,900
旅客交通需要(百万人キロ)	825,687	572,091	572,091
貨物交通需要(百万tキロ)	334,979	246,176	246,176

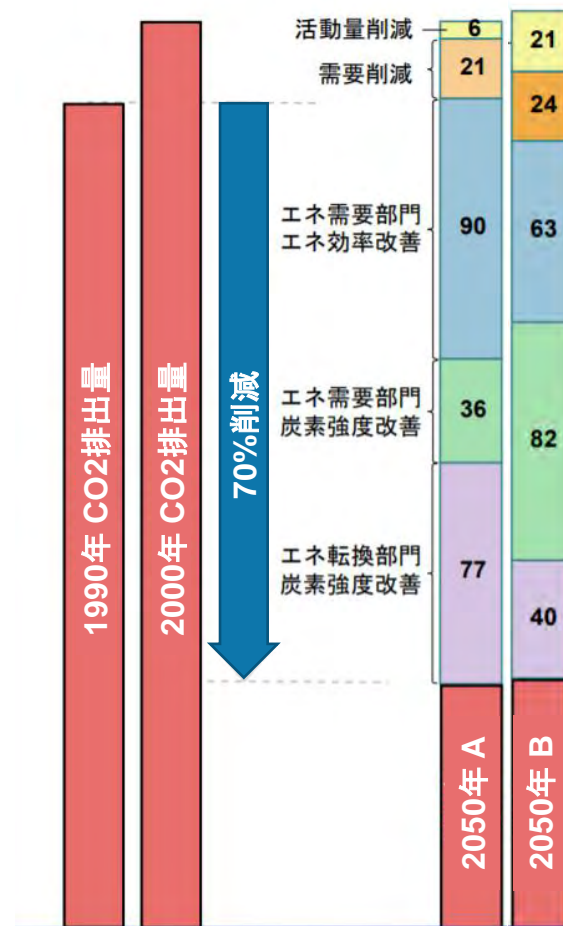


# 日本 | 社会・経済シナリオ | 脱温暖化2050プロジェクト②

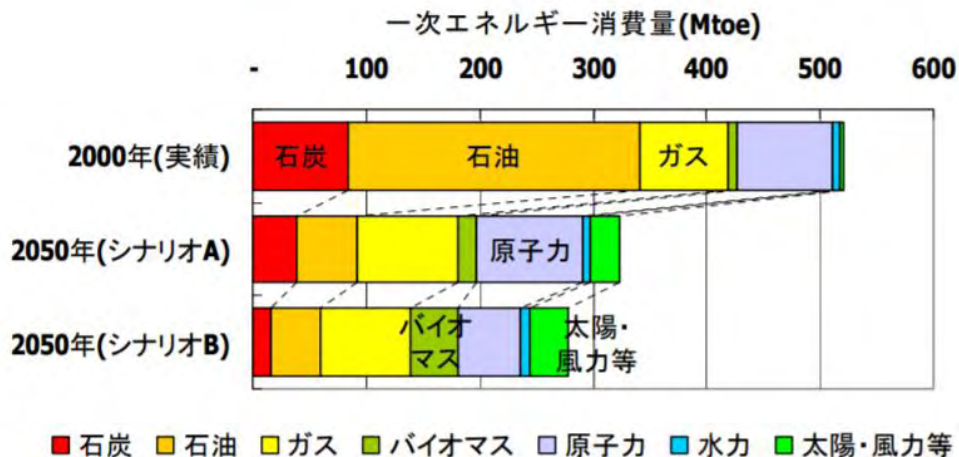
## <2050年 二次エネルギー消費量(CO2 ▲70%)>



## <2050年CO2削減構成>



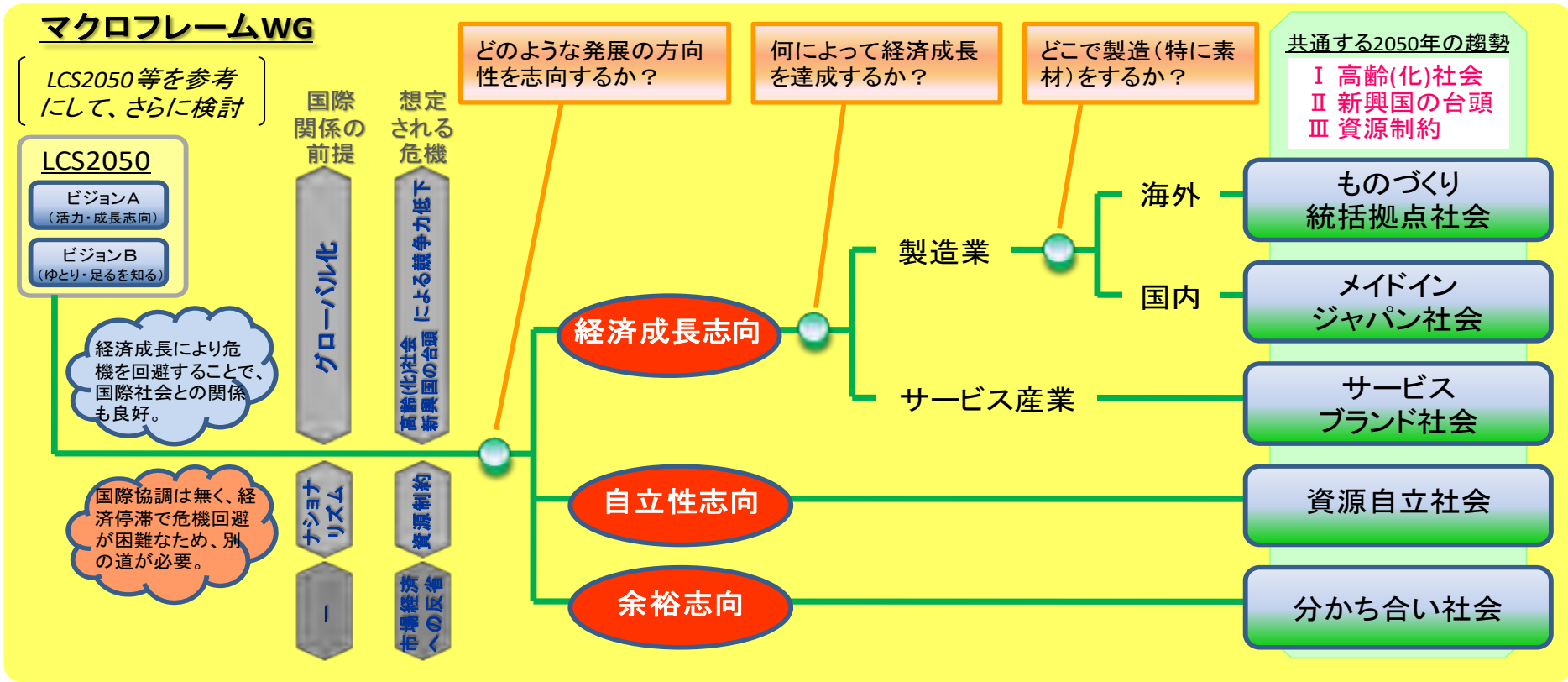
## <2050年 一次エネルギー消費量(CO2 ▲70%)>



(出典)「2050日本低炭素社会」シナリオチーム「2050 日本低炭素社会シナリオ:温室効果ガス 70%削減可能性検討」(環境省 地球環境研究総合推進費) [http://2050.nies.go.jp/s3/index\\_j.html](http://2050.nies.go.jp/s3/index_j.html)

# 日本 | 社会・経済シナリオ | マクロフレームWG①

- 中央環境審議会 地球環境部会 2013年以降の対策・施策に関する検討小委員会 マクロフレームWG(2012)では、2050年に想定しうる5つの社会について、現時点で考えられる社会の方向性を踏まえた5つの社会シナリオを作成。



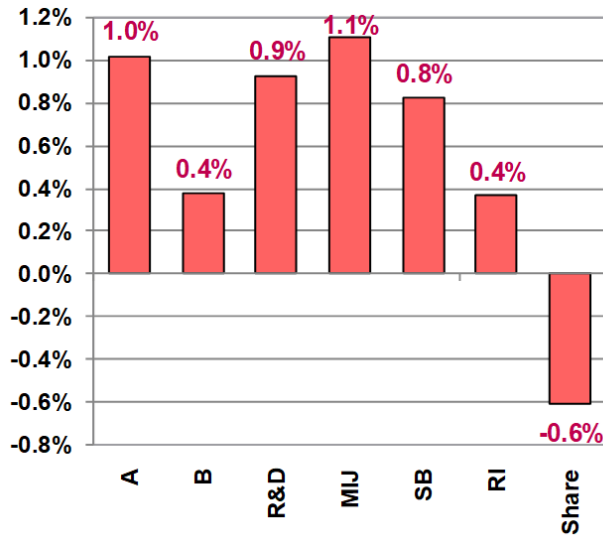
(出典) 中央環境審議会 地球環境部会 2013年以降の対策・施策に関する検討小委員会 マクロフレームWG(2012)

<https://www.env.go.jp/earth/report/h24-03/index.html>

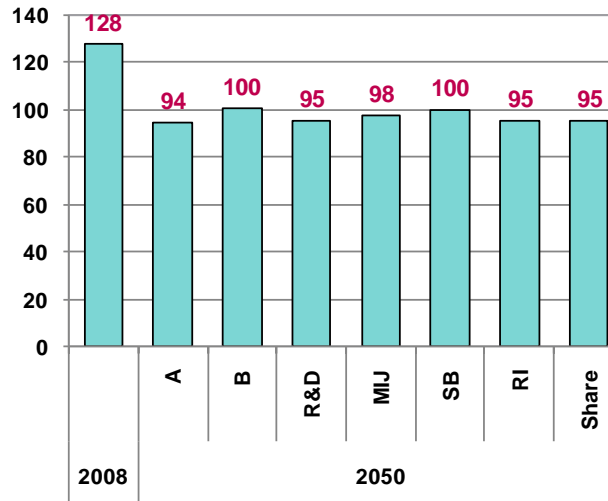
# 日本 | 社会・経済シナリオ | マクロフレームWG②

## 【定量化された5つのシナリオ】

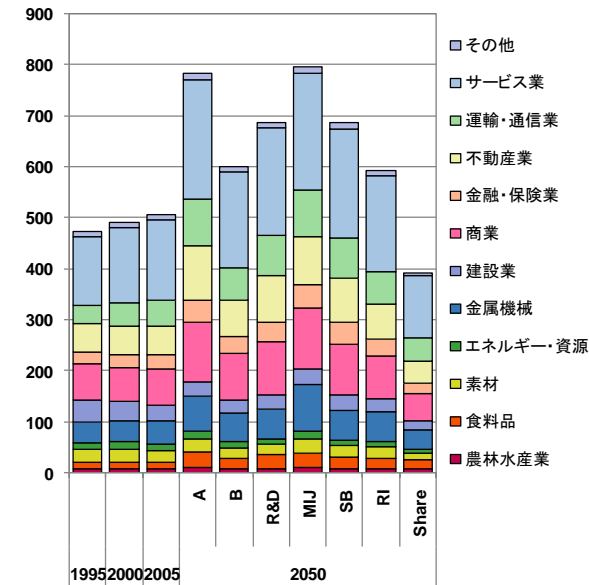
— 年平均経済成長率(～2050年) —



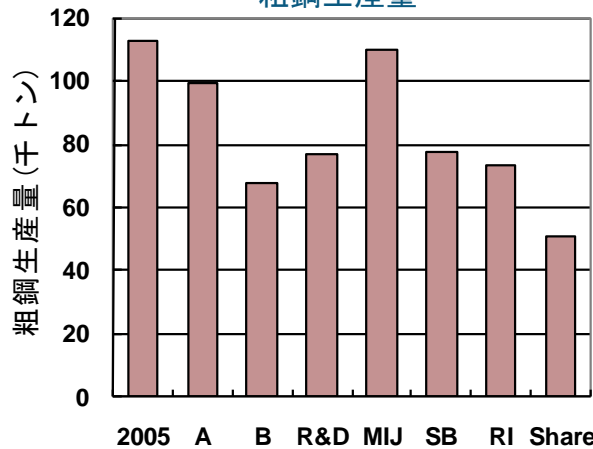
— 人口(百万人) —



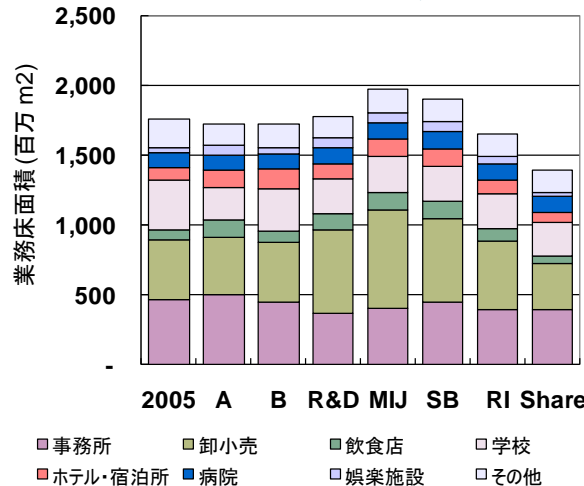
— 実質国内総生産(兆円) —



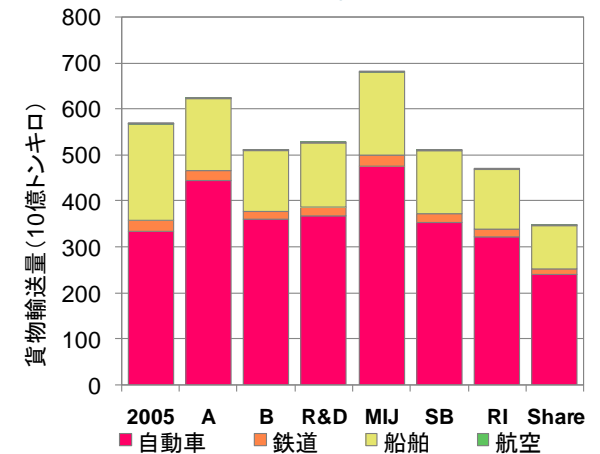
— 粗鋼生産量 —



— 業務床面積 —



— 貨物輸送量 —



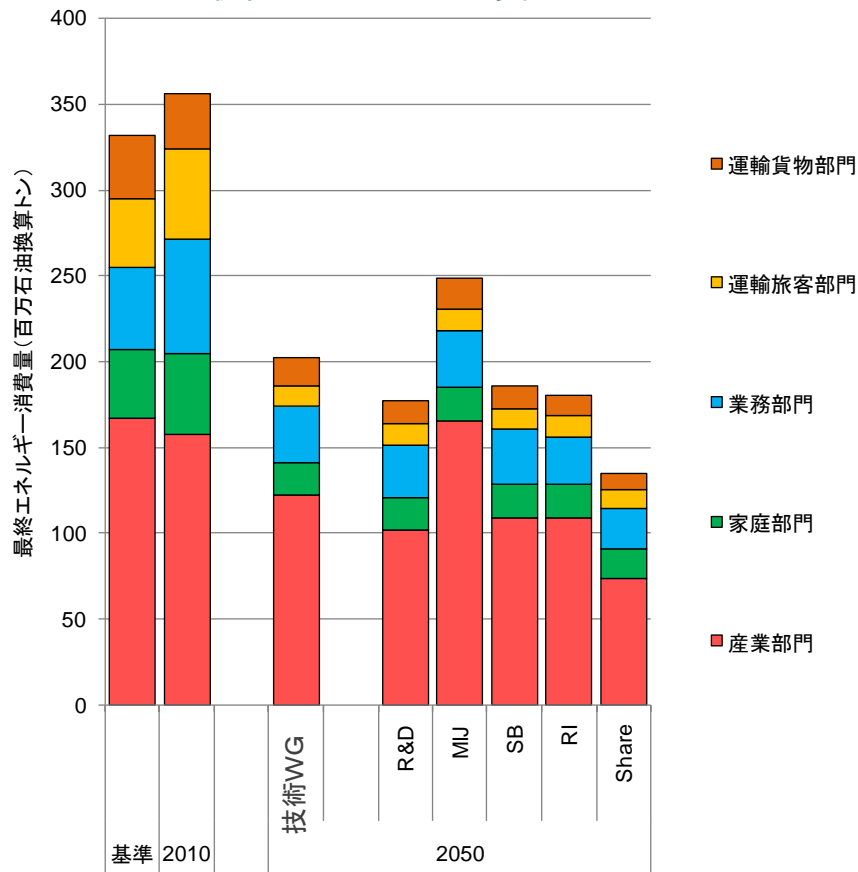
(出典) 中央環境審議会 地球環境部会 2013年以降の対策・施策に関する検討小委員会

マクロフレームWG(2012) <https://www.env.go.jp/earth/report/h24-03/index.html>

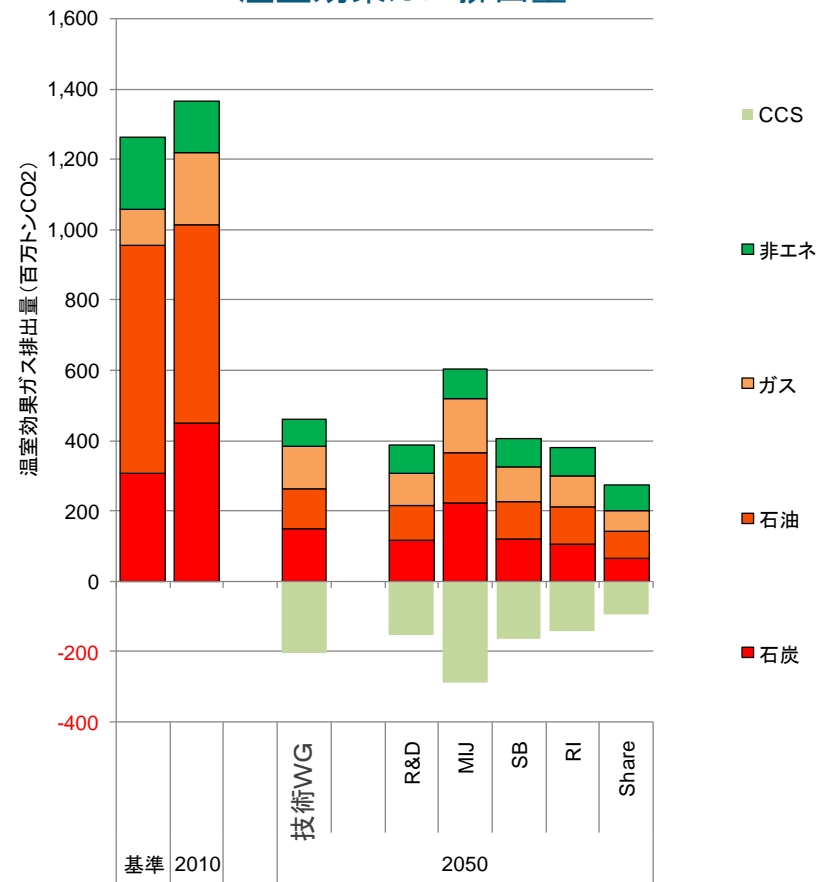
# 日本 | 社会・経済シナリオ | マクロフレームWG③

- マクロフレームWGでは、2050年に想定しうる5つの社会について、現時点で考えられる社会の方向性を踏まえたつの社会について技術WGにおいて検討した対策を踏まえて、大幅削減可能性について検討した。

— 最終エネルギー消費量 —



— 温室効果ガス排出量 —

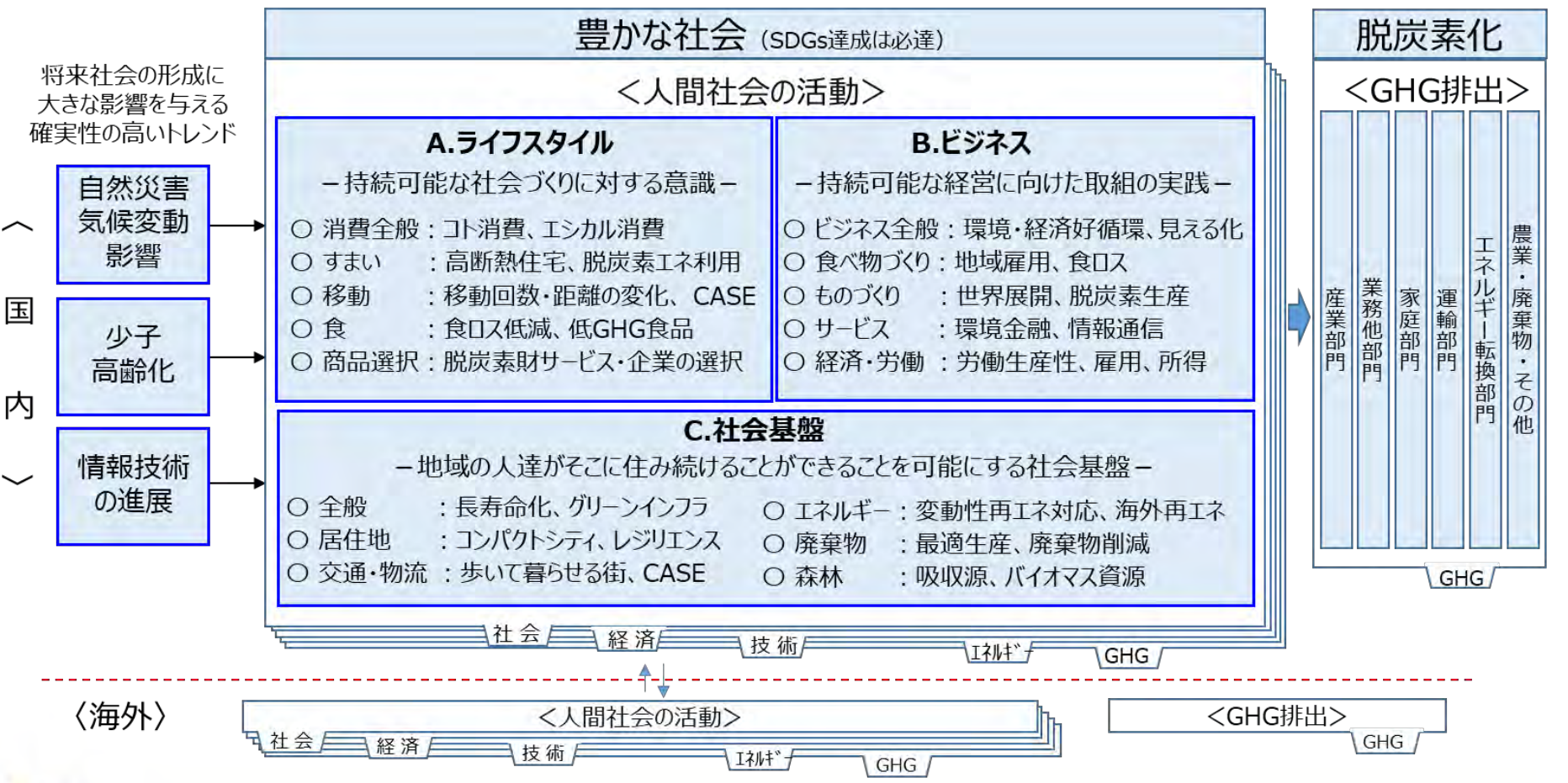


(出典) 中央環境審議会 地球環境部会 2013年以降の対策・施策に関する検討小委員会  
マクロフレームWG(2012) <https://www.env.go.jp/earth/report/h24-03/index.html>



# 日本 | 社会・経済シナリオ | 長期戦略で掲げた脱炭素社会における社会像の叙事的シナリオの検討①

・ 活動主体別に「ライフスタイル」(=家計)、「ビジネス」(=企業)、及びそれらをさせる「社会基盤」のそれぞれについて将来社会の姿を検討。





# 日本 | 社会・経済シナリオ | 長期戦略で掲げた脱炭素社会における社会像の叙事的シナリオの検討②

- ・社会に影響を及ぼす要素の不確実性や将来社会へのインパクトを踏まえると、「国際情勢」、「情報技術の進展」、「消費者の選好」については幅を持って想定すべきと考え、「ボーダーフリー・国際協調シナリオ」、「情報通信技術超進展シナリオ」、「環境調和・持続性重視の消費選択シナリオ」といったシナリオを設定した。

シナリオ	概要
ボーダーフリー・国際協調シナリオ	<ul style="list-style-type: none"><li>・世界全体の持続可能な発展、地球規模の課題解決に向けて国際社会が積極的に協調していく。人、モノ、情報が世界規模で自由に移動。</li><li>・日本の温室効果ガスの削減についても、世界の資源などを有効に活用。</li></ul>
情報通信技術超進展シナリオ	<ul style="list-style-type: none"><li>・情報通信技術が劇的に進展し、2050年頃までに、乗用車・貨物車の完全自動運転、AI・ロボットによる人間活動の代替、自動通訳・スマートグラスによる就業スタイルの大変革を想定したシナリオ。</li></ul>
環境調和・持続性重視の消費選択シナリオ	<ul style="list-style-type: none"><li>・人々が、気候変動に対し脆弱な途上国、より気候変動の影響を受ける将来世代など、より多くの人々のことを配慮しつつ、行動・活動を実施するシナリオ。人間だけでなく、生態系全体にも配慮。先端的な技術の開発・社会実装に対しては、保守的になる一面もある。</li></ul>

# 最後に

- エネルギーは消費することが目的でなく、その先にあるニーズがエネルギー消費を誘引するものであり、社会・経済的な状況がエネルギー消費に大きな影響を及ぼす。
- また、脱炭素対策の受容性や選択肢に対しても、社会・経済的な状況は大きく影響を及ぼす。
- よって、将来におけるエネルギー消費やCO2排出量の分析を実施する上で、将来の社会・経済の姿を想定しておくことは必然である。
- 一方で、脱炭素社会は排出制約があまりに厳しく、その実現は、社会・経済に対して大きな変容を強いることにもなる。
- 社会・経済シナリオと対策シナリオは一体として検討を行っていくことが重要ではないか。