

長期低炭素ビジョンがめざす 30年後の日本の姿

中央環境審議会長期低炭素ビジョン小委員会委員長

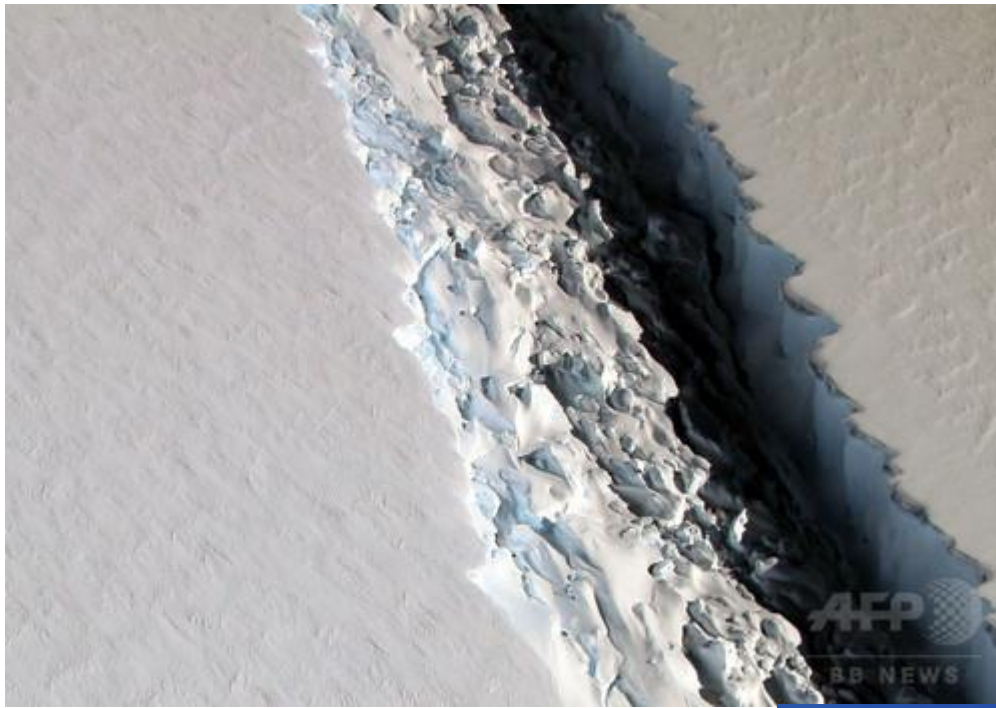
福岡大学名誉教授

浅野 直人

あさの なおひと自己紹介

- ▶ 1943年 名古屋生まれ
- ▶ 1966年 九州大学法学部卒業、同大学院、助手を経て
- ▶ 1972年から福岡大学法学部に勤務、1980年、福岡大学教授、2014年 定年退職・名誉教授に・・・
- ▶ 1993年から中央環境審議会委員、2015年から同会長をつとめていた。今年2月7日に任期満了により退任。現在は、臨時委員として地球環境部会長期ビジョン小委員会等の委員長の職を継続
- ▶ ほかに1991年から大宰府市、1998年から福岡市、2004年から福岡県および北九州市の環境審議会会長として現在に至っている

- 7月6日からの「九州北部豪雨」で、お亡くなりになった方々のご家族、ご親族の皆様へ深くお悔やみを申し上げますとともに、大きな被害をお受けになられた皆様に、心からお見舞いを申し上げます。また、一日も早い復興をお祈りいたします。
- 私どもは、異常な気候変動と無関係とはいえない今度の災害を目の前にするにつけ、気候変動問題への「緩和」と「適応」への取組を、一層、強化しなければならないとの決意を新たにいたします。



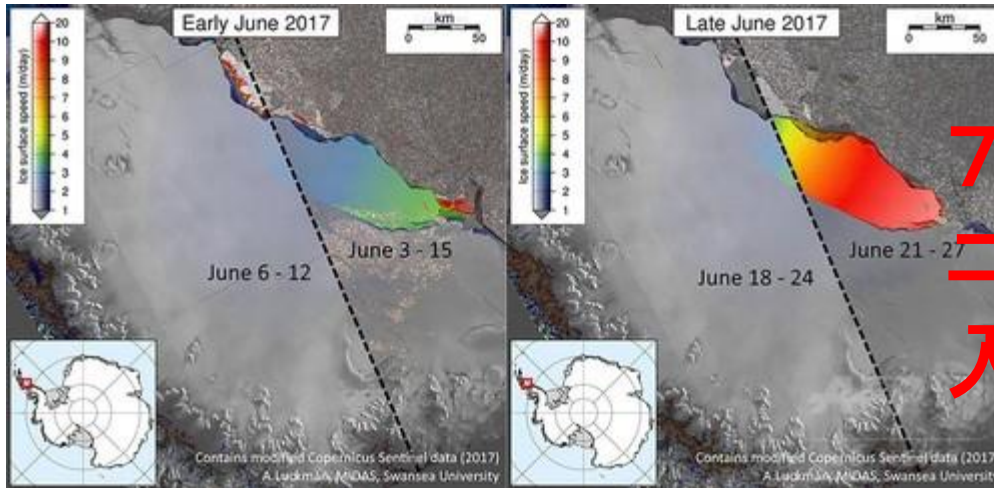
英国の研究チームは今年1月6日、南極のラーセンC（Larsen C）棚氷から近く、米ニューヨーク（New York）のマンハッタン（Manhattan）島の100倍近い面積を持つ巨大な氷塊が分離する見込みだと発表

南極半島のラーセンC棚氷に生じた巨大な亀裂。NASA提供（2016年11月10日撮影、同年12月1日公開）。

(c)AFP/NASA/Maria-Jose Vinas



今年3月に、ある講演会でこのスライドを使ってお話をしましたが……



7月中旬に、こんな
ニュースが
入ってきました！！

南極の棚氷から巨大冰山が7月10日から
12日の間に**つい**に分離。約5800平方km、
厚さ約350m、重さ1兆トンで史上最大級。

福岡県の面積(4986km²)よりも大きく、
容積は琵琶湖の約4倍
九州の7分の1の大きさ

* 熊本県の面積は7405km²



50年に一度の
はずの豪雨が
5年でやってきた



2015年9月に国連総会は、2030年をめざしてすべての国が参加すべき目標を決議した

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

世界を変えるための17の目標



表1-1-1 SDGs17のゴール

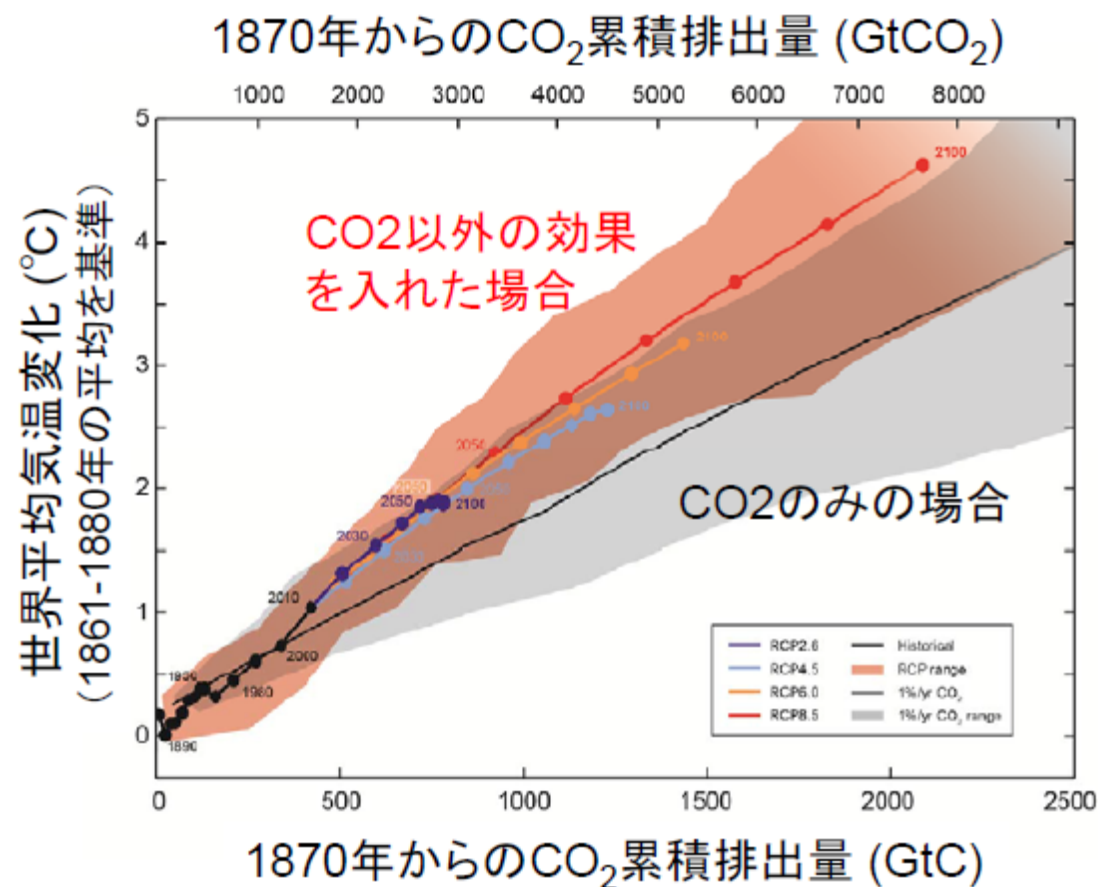
ゴール1（貧困）	：あらゆる場所のあらゆる形態の貧困を終わらせる
ゴール2（飢餓）	：飢餓を終わらせ、食糧安全保障及び栄養改善を実現し、持続可能な農業を促進する
ゴール3（健康な生活）	：あらゆる年齢の全ての人々の健康的な生活を確保し、福祉を促進する
ゴール4（教育）	：全ての人々への包摂的かつ公平な質の高い教育を提供し、生涯教育の機会を促進する
ゴール5（ジェンダー平等）	：ジェンダー平等を達成し、全ての女性及び女子のエンパワメントを行う
ゴール6（水）	：全ての人々の水と衛生の利用可能性と持続可能な管理を確保する
ゴール7（エネルギー）	：全ての人々の、安価かつ信頼できる持続可能な現代的エネルギーへのアクセスを確保する
ゴール8（雇用）	：包摂的かつ持続可能な経済成長及び全ての人々の完全かつ生産的な雇用とディーセント・ワーク（適切な雇用）を促進する
ゴール9（インフラ）	：レジリエントなインフラ構築、包摂的かつ持続可能な産業化の促進及びイノベーションの拡大を図る
ゴール10（不平等の是正）	：各国内及び各国間の不平等を是正する
ゴール11（安全な都市）	：包摂的で安全かつレジリエントで持続可能な都市及び人間居住を実現する
ゴール12（持続可能な生産・消費）	：持続可能な生産消費形態を確保する
ゴール13（気候変動）	：気候変動及びその影響を軽減するための緊急対策を講じる
ゴール14（海洋）	：持続可能な開発のために海洋資源を保全し、持続的に利用する
ゴール15（生態系・森林）	：陸域生態系の保護・回復・持続可能な利用の推進、森林の持続可能な管理、砂漠化への対処、並びに土地の劣化の阻止・防止及び生物多様性の損失の阻止を促進する
ゴール16（法の支配等）	：持続可能な開発のための平和で包摂的な社会の促進、全ての人々への司法へのアクセス提供及びあらゆるレベルにおいて効果的で説明責任のある包摂的な制度の構築を図る
ゴール17（パートナーシップ）	：持続可能な開発のための実施手段を強化し、グローバル・パートナーシップを活性化する

「169のターゲット」（URL：<http://www.mofa.go.jp/mofaj/files/000101402.pdf>）

資料：IGES資料より環境省作成

これは「地球の限界（プラネタリー・バウンダリー）」を強く意識したもの

世界平均気温上昇量はCO₂累積排出量と比例 →気温上昇上限から累積排出量上限が決まる



CO₂以外の効果も考慮
すると、産業化前からの
世界平均気温上昇を
様々な確率で2°C以内に
抑えるためには、

>33% → 880GtC

>50% → 840GtC

>66% → 800GtC

の累積排出量が上限と
なる。

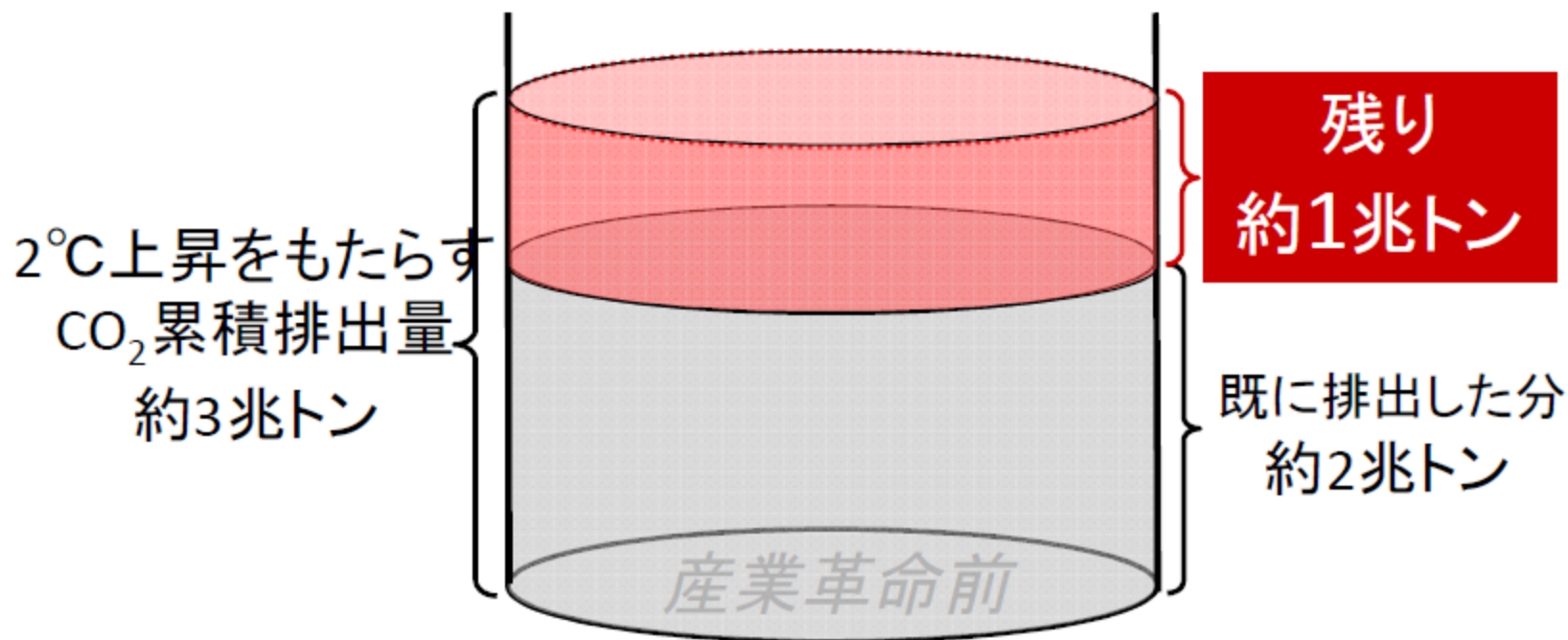
2011年までに、既におよ
そ530GtC排出している。

(IPCC 第5次評価報告書より)³

カーボンバジェットの考え方

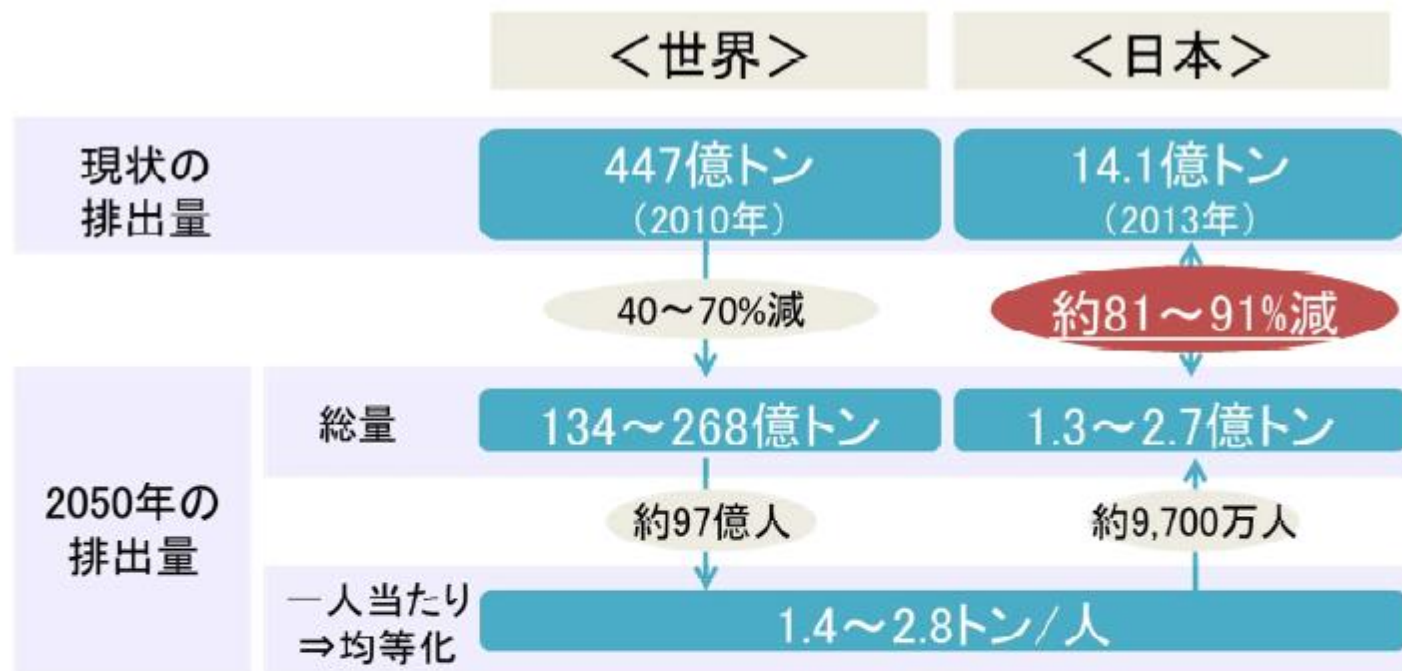
2℃上昇までに残されているCO2排出量

- ここ数年と同じ量のCO2排出が続くと、あと30年で2℃上昇をもたらすCO2累積排出量に到達する。
- 何も対策をしなければ、更に早まる可能性がある。



(出所) IPCC AR5 WG1 政策決定者向け要約、WG3 政策決定者向け要約より試算

長期低炭素ビジョン小委員会ではカーボンバジェットの考え方には異論がなかったが、気候感度の不確実性から、1兆トンしかないということは賛成できないとの意見があった(ただし不確実性は両方向との再反論がある)



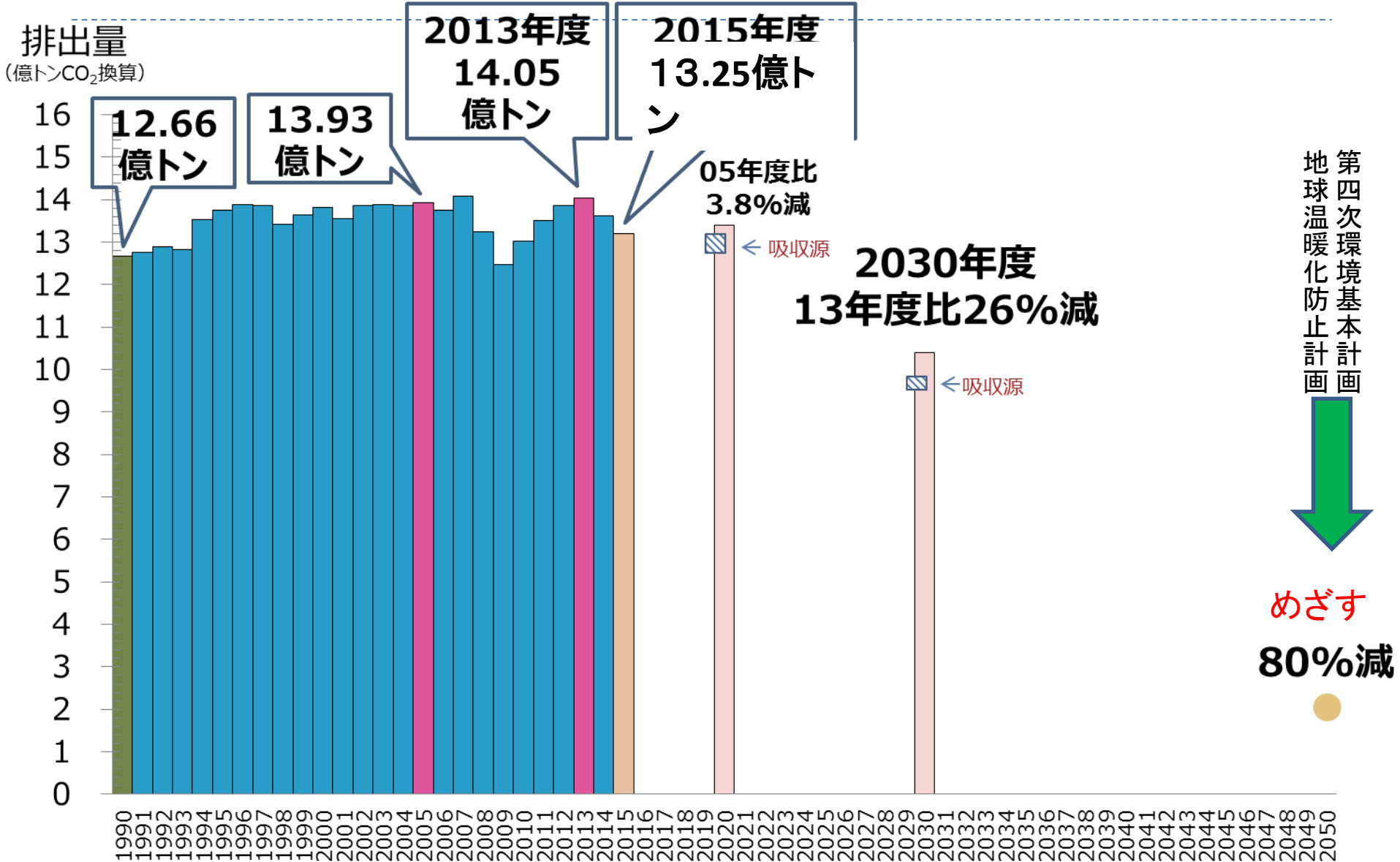
※世界の人口は World Population Prospects, the 2015 Revision (国連) より。日本の人口は日本の将来推計人口 (平成 24 年 1 月推計) (国立社会保障・人口問題研究所) より。

世界の GHG 排出量は CO2 emissions from fuel combustion 2015 (IEA) (CO2-other を除く)、SAR (IPCC) に基づく。日本の GHG 排出量は日本の温室効果ガス排出量データ (1990~2014 年度確報値) (温室効果ガスインベントリオフィス)、AR4 (IPCC) の GWP に基づく。

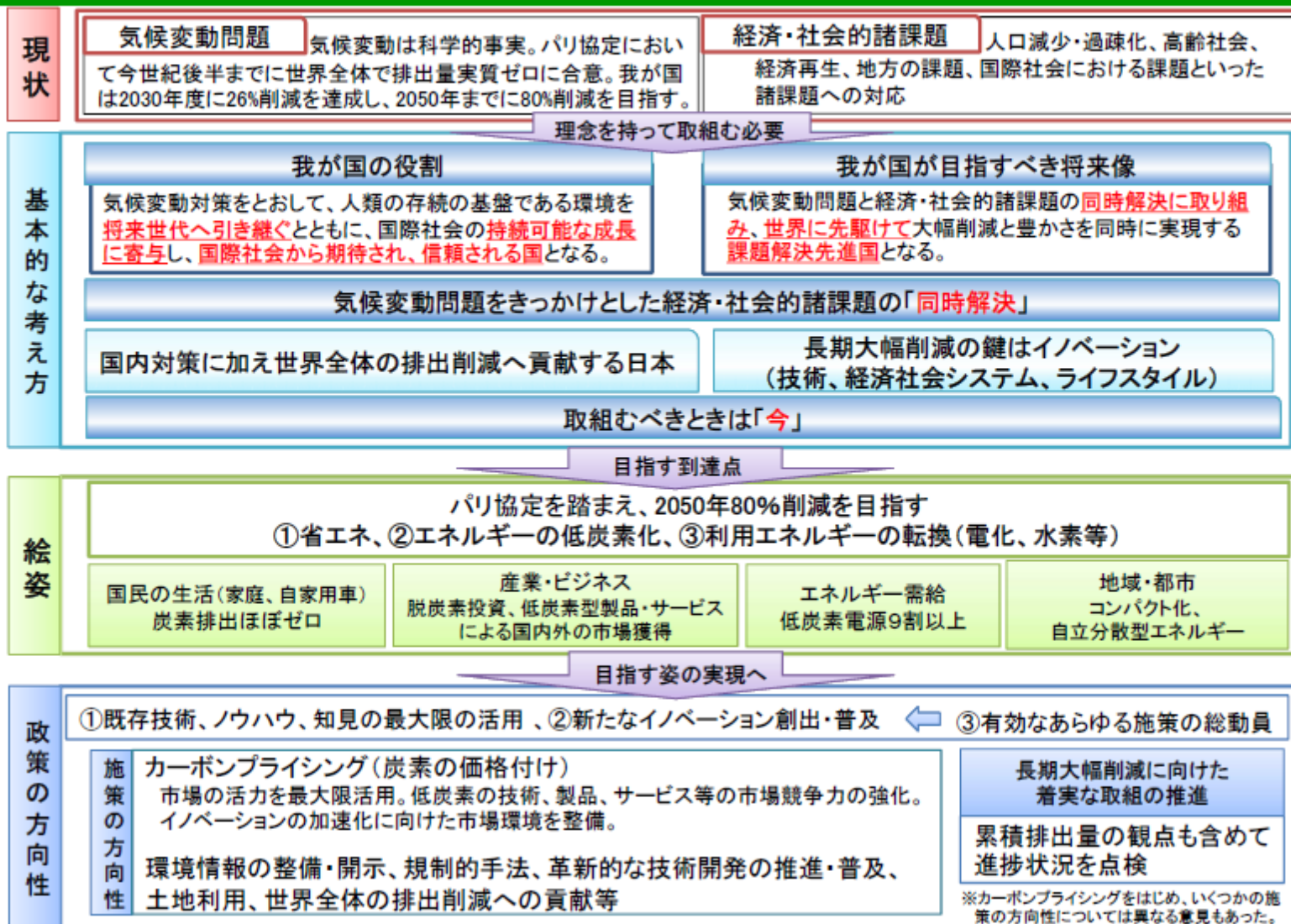
図 8 一人当たり排出量を均等化した場合の必要削減量

80%削減は過大な目標とは言えない。EUは80~95%削減をめざす。

日本の温暖化ガス排出量の推移と目標



長期低炭素ビジョン(全体概要①)



2017年3月中央環境審議会地球環境部会長期低炭素ビジョン小委員会で採択

長期低炭素ビジョン(全体概要②)

成長戦略としての気候変動対策

科学に基づいた取組が基本

気候変動は科学的事実。
パリ協定では、すべての国の参加の下、今世紀後半までに世界全体の排出量を実質ゼロにすることに合意。
我が国も長期大幅排出削減(2050年までに80%削減)を目指す。

気候変動対策を成長戦略の中核に

長期大幅排出削減に必要な技術、製品、サービス等の将来の市場規模は巨大な、いわば「約束された市場」。世界に先駆けて、より低炭素な技術、製品、サービスを提供できる国が主導権を獲得。

国内対策に加え世界全体の排出削減に貢献する日本

国内においては、特に民生部門や運輸部門等では長期大幅削減の大きな余地。消費行動の変革等により低炭素投資を促し、国内で巨大な市場を生み出しながら、長期大幅削減を実現。国内産業の炭素生産性を一層高めていくための不断の努力を後押しすることで、我が国の国際競争力を強化。

国内での長期大幅削減に向けたイノベーションにより培った我が国の優れた技術・ノウハウを活かし、世界全体の排出削減へ貢献。

長期大幅排出削減の鍵はイノベーション

長期大幅削減を実現するためには極めて大きな社会変革が求められる。そのためには、あらゆる観点から従来の延長ではないイノベーションが必要。

経済・社会システムのイノベーション

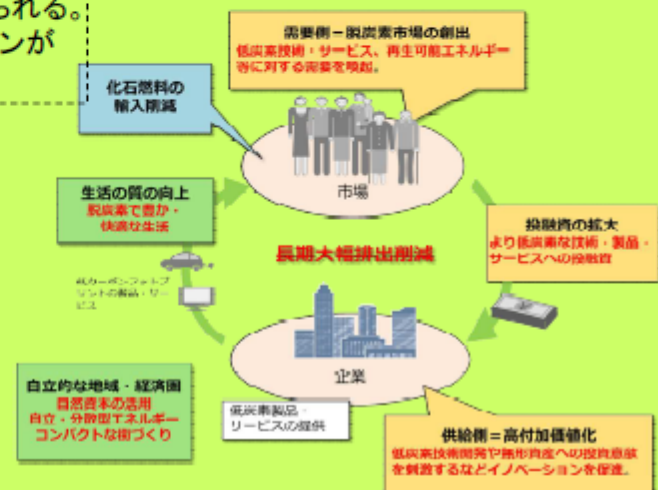
新たな技術へのニーズを高めるインセンティブを作り出す仕掛けを用意

技術のイノベーション

先進的な要素技術の開発や既存の要素技術の組み合わせを促進

ライフスタイルのイノベーション

人々の暮らし方や働き方、財・サービス等の選択を脱炭素の方向に転換



気候変動対策は、成長戦略。 鍵は「多様なイノベーション」

長期大幅削減・脱炭素化に向けた基本的な考え方①

気候変動対策をきっかけとした経済・社会的諸課題の「同時解決」

経済成長

- ・鍵は「炭素生産性の大幅向上」
- ・「量から質へ」の経済成長への転換
 - － 付加価値生産性の向上と同じ方向
- ・潜在需要の喚起と外需の獲得
 - － 気候変動対策はいわゆる「約束された市場」

付加価値生産性

$$\frac{\text{GDP・付加価値}}{\text{労働投入量}}$$

高付加価値化によって「量ではなく質で稼ぐ」を目指す点においては同じ方向性

炭素生産性

$$\frac{\text{GDP・付加価値}}{\text{炭素投入量}}$$

地方創生・国土強靱化

- ・地域エネルギーの活用
 - － 再生可能エネルギー関連の事業・雇用の創出、国土強靱化等
- ・市街地のコンパクト化
 - － 人口密度向上による労働生産性の向上、市街地活性化等
- ・自然資本の維持・充実
 - － 地域の独自性に基づく高付加価値な財・サービスの源泉



気候・エネルギー安全保障

- ・気候安全保障をはじめとする貢献
 - － 現世代のみならず、将来世代以降にわたり気候変動の脅威から防護
 - － 技術・ノウハウ等の海外展開・発信による世界全体での改善
- ・エネルギー安全保障
 - － 地域エネルギーの活用によるエネルギー自給率の向上



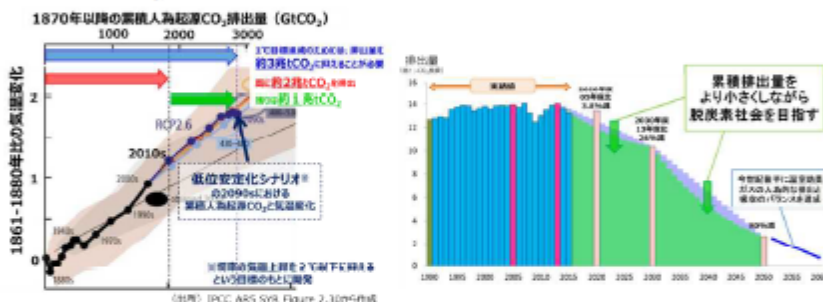
環境・経済・社会の課題を同時解決！！

長期大幅削減・脱炭素化に向けた基本的な考え方②

取り組むべきときは、「今」

「カーボンバジェット」の観点

- ・気候変動対策においては「カーボンバジェット」の観点は重要
- ・できる限り累積排出量を低減するためには、「今」から危機感を持った、継続的かつ本格的な取組の積み重ねが必要



「ロックイン」の回避

- ・都市構造や大規模設備などのインフラは、一度導入されると長期にわたってCO₂排出量の高止まり（ロックイン効果）を招き得る
- ・長期的な環境影響を考慮した対応が「今」から必要
- ・長期を見据えて今なすべきことは何か、という視点が重要



「環境政策の原則」の観点

- ・未然防止、予防的な取組方法や汚染者負担の原則は、公害の発生と克服という我が国の歴史や我が国も締結している様々な国際条約の発展の中で確立された環境政策の原則

- ・被害が顕在化しつつあるものの、更なる被害の回避・低減のために、「今」に本格的に取り組むべき

技術普及

- ・研究・開発・実証とともに、新技術の普及にも時間を要するため、段階的な普及推進が必要

世界の潮流

- ・世界各国や地方公共団体、ビジネス、金融、市民社会等の様々な主体の取組が加速化
- ・この潮流に乗り遅れることは国益を損なうことになりかねない

我が国の世帯保有率の推移



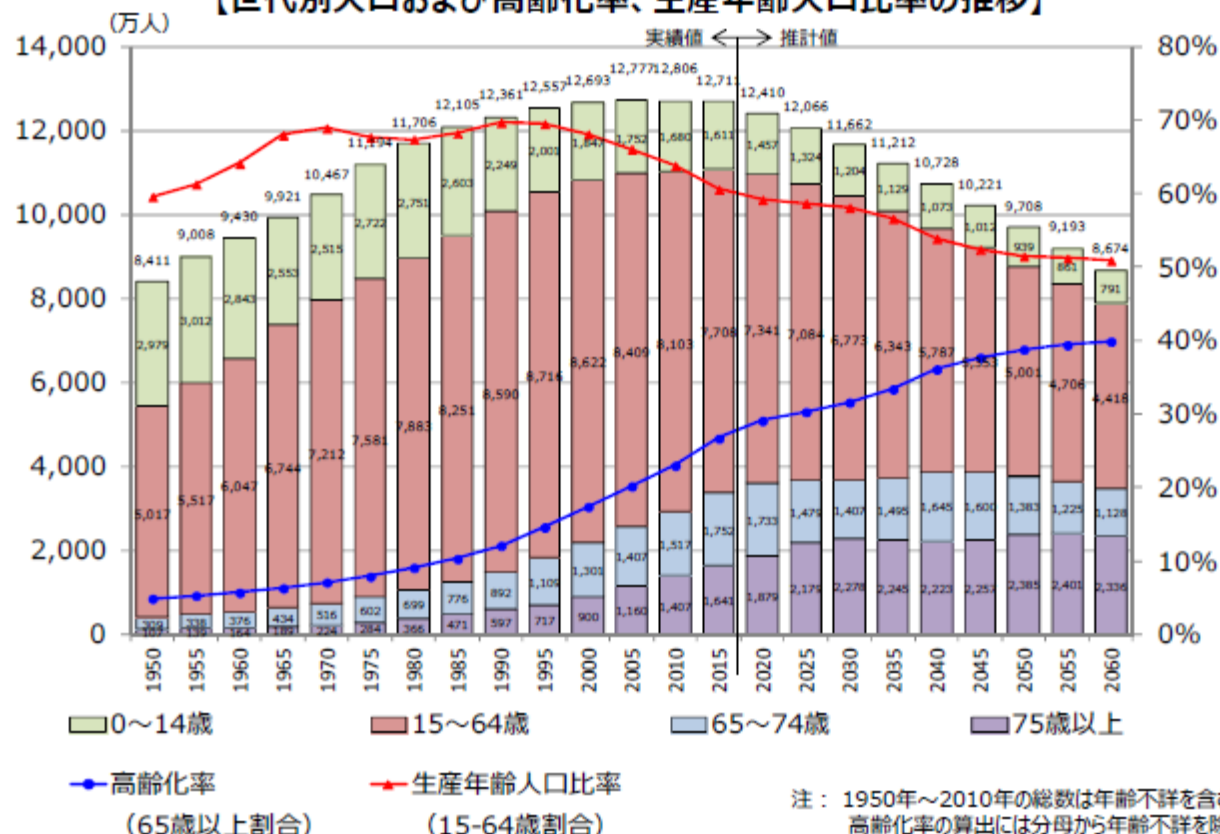
1

「2050年は先」でない。「今」から取り組まねばならない

人口

- 我が国の総人口は2008年をピークに減少、生産年齢人口も1995年をピークに減少。
- 2050年には総人口は9,708万人、生産年齢人口（15-64歳）は5,001万人になる見通し。

【世代別人口および高齢化率、生産年齢人口比率の推移】



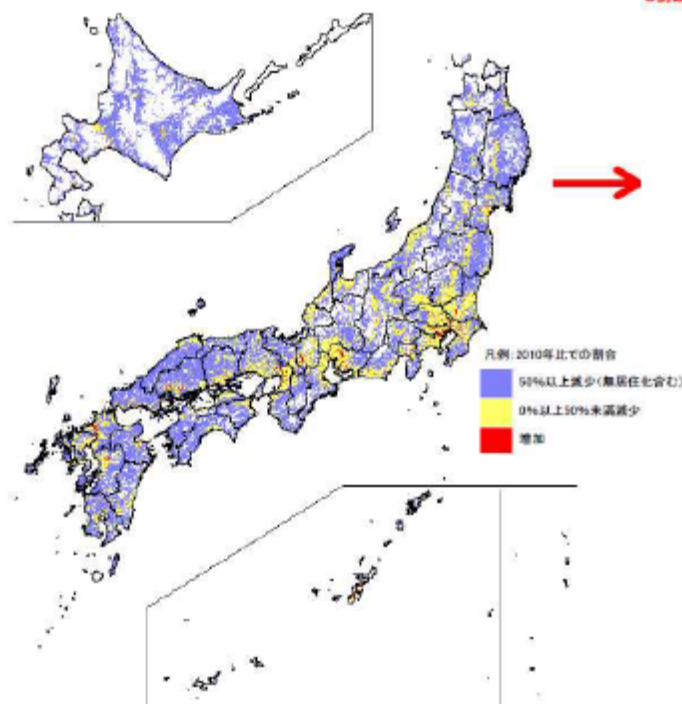
（出所）平成28年版高齢社会白書より作成

（作成手法）2010年までは総務省「国勢調査」、2015年は総務省「人口推計（平成27年国勢調査人口速報集計による人口を基準とした平成27年10月1日現在確定値）」、2020年以降は国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口（平成24年1月推計）」の出生中位・死亡中位仮定による推計結果

日本2050年の人口分布（国土交通省「国土のグランドデザイン2050」）

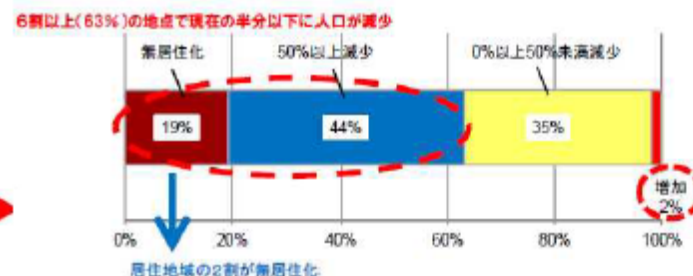
- 人口が半分以下になる地点が現在の居住地の6割以上を占める（現在は約5割）。また、約2割は人が住まなくなると予測される。
- 人口規模が小さくなるにつれて人口減少率が高くなる傾向が見られ、特に、現在人口1万人未満の市区町村ではおよそ半分に減少。

【1km2毎の2050年人口増減状況】
(2010年=100)

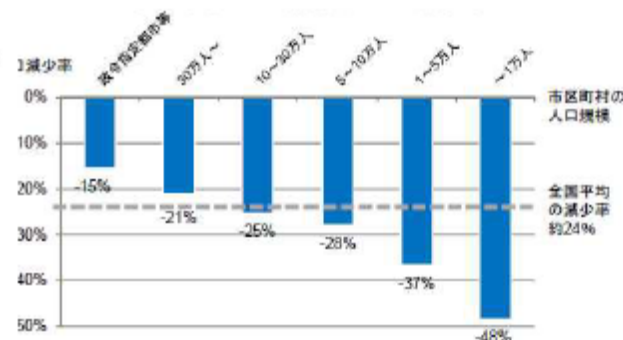


(出所) 国土交通省「国土のグランドデザイン2050」(2014)

【2050年人口増減割合別地点数】



【市区町村人口規模別人口減少率】



(出所) 総務省「国勢調査報告」、国土交通省国土政策局推計値より作成

無居住化の増加、市街地の拡散

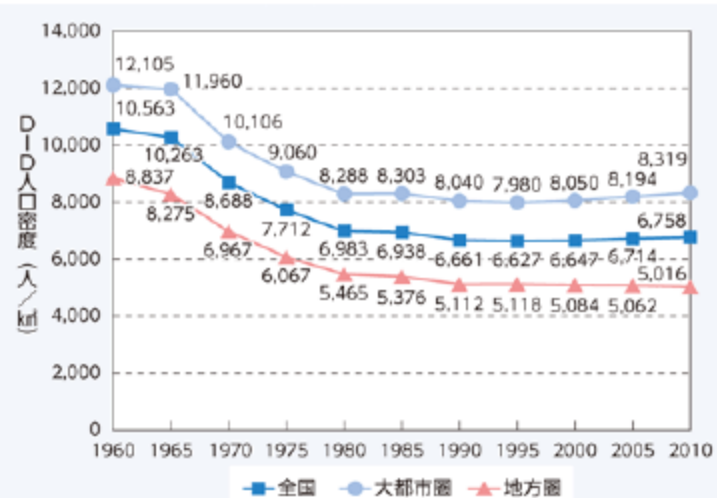
- 2050年までに、現在、人が居住している地域のうち約2割の地域が無居住化する可能性がある。現在国土の約5割に人が居住しているが、それが4割にまで減少する。
- 我が国では戦後、人口増加等を背景に、急激な都市化が進展した。その一方で、我が国の都市では、低密度の市街地が郊外に薄く広がってゆく「市街地の拡散」が進んだ。
- 拡散型の市街地を有する都市は、集約型の都市に比べ、道路や上下水道などの社会インフラの建設・維持管理・更新費用、廃棄物処理施設の収集運搬費用等がより多く必要になるため、行政コスト増加の一因となっていると考えられる。また、自動車依存度が高くなるため、高齢者の外出頻度が低下したり、経済面では、中心市街地の売上げが低下し、中心市街地の衰退が進んでいる。

【2050年までに無居住地化する地点】



(出所) 国土交通省国土審議会政策部会長期展望委員会「国土の長期展望」中間とりまとめ

【DID人口密度の推移】



(出所) 環境省「平成27年版環境白書」

(出所) 気候変動長期戦略懇談会提言参考資料

ICTの進展

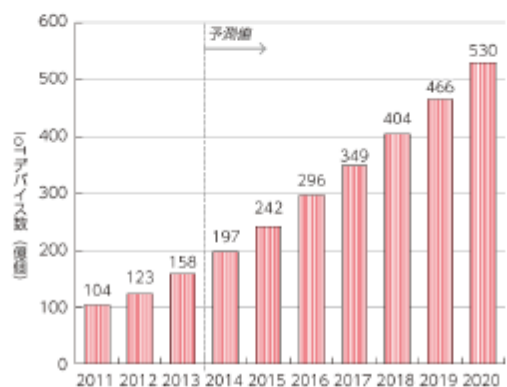
- ICTは、蒸気機関や内燃機関、電力等続く現代の汎用技術。
- 「モノのインターネット（IoT）」「ビッグデータ」「人工知能（AI）」が急速に進化しつつある領域として注目されている。

【急速にしつつあるICTの領域】

IoT (Internet of Things)	モノ、ヒト、サービス、情報などがネットワークを通じて大規模に連動することで新たな価値が生まれる。このうち、主としてモノに着目した部分。
ビッグデータ	ICTの進展により生成・収集・蓄積等が可能・容易になる多種多量のデータ（ビックデータ）の活用により、異変の察知や近未来の予測等を通じ、利用者個々のニーズに即したサービスの提供、業務運営の効率化等が可能になる。
人工知能 (AI: Artificial Intelligence)	ビッグデータの活用の進展を背景に認知度が高まり、その適用領域が拡大している。また、膨大なコンピューターリソースを必要とすることからクラウドサービスの拡大や、機械学習機能を提供するオープンソースソフトウェア（OSS）や商用サービスの登場も普及を加速させている。

注）IoTで様々なデータを収集して「現状の見える化」を図り、各種データを多面的かつ時系列で蓄積（ビッグデータ化）し、これらの膨大なデータについて人工知能（AI）を活用しながら処理・分析等を行うことで将来を予測する、という関係性が成り立つ。こうした体系的な捉え方を「広義のIoT」と称する。

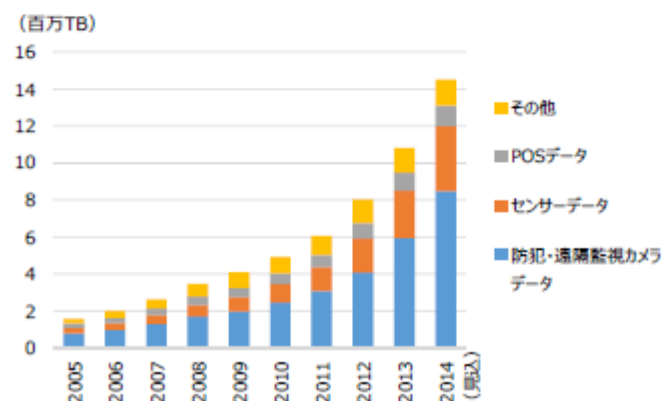
【インターネットにつながるモノの数】



(出典) IHS Technology

(出所) 総務省「平成27年度 情報通信白書」

【我が国のデータ流通量】



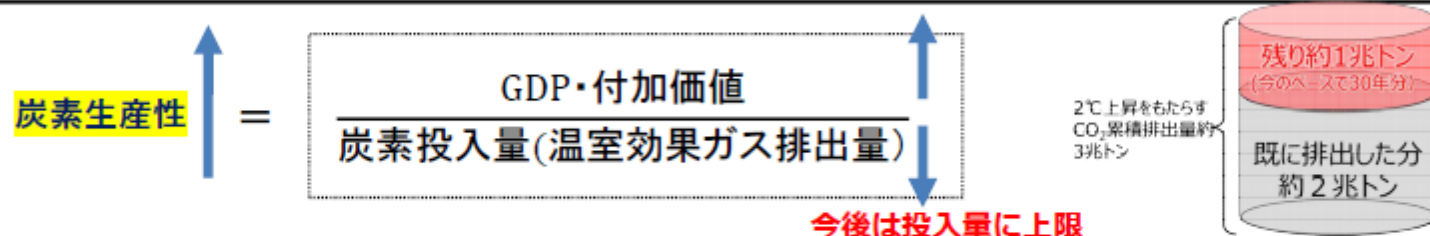
(出所) 総務省「平成28年度 情報通信白書」より作成

与えられ(先人から残され)ているものを大事にしたい



炭素生産性の向上

- ・ パリ協定に2℃目標が盛り込まれ、炭素投入量（GHG排出量）が世界全体で残り1兆トンに限られる中で一定の経済成長を続けていくには、少ない炭素投入量で高い付加価値を生み出し、炭素生産性（炭素投入量当たりの付加価値）を大幅に向上させなければならない。
- ・ そのためには、「量ではなく質で稼ぐ経済」への転換が重要となる。

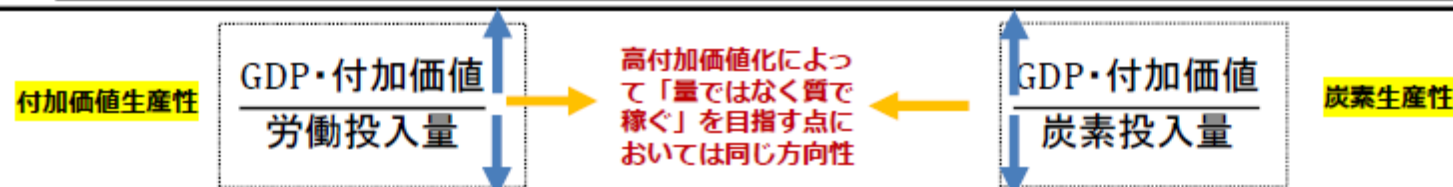


2050年には、GDPを約1.2倍以上（2020年の政府目標である600兆円以上と仮定）、炭素投入量を80%減（5分の1）とすると、我が国の炭素生産性は現在の6倍以上と大幅な向上が必要。

- パリ協定に2℃目標が盛り込まれ、炭素投入量が残り1兆トンに限られる中で一定の経済成長を続けていくには、少ない炭素投入量で高い付加価値を生み出し、炭素生産性（炭素投入量当たりの付加価値）を大幅に向上させることが不可欠。**高い炭素生産性を実現できる国が持続的な経済成長を実現できると考えられる。**
- 既に、我が国を含めて先進国を中心に炭素投入量を削減しながらGDP成長が起きる「デカップリング」が観察されているが、今後はその動きを加速させる必要。
- 「炭素生産性の大幅な向上」のためには、以下の取組が必要と考えられる。
 - **【炭素生産性の分子】炭素投入量の増加を伴わずにGDP・付加価値を増加させることが可能となるよう経済の体質改善が必要。**具体的には、一般的に炭素投入量の増加を伴う財・サービス供給の量的拡大に頼るのではなく、**財・サービスの高付加価値化によって質で稼ぐ構造を追求することが、「デカップリング」を加速化させる上で重要。**（高付加価値化に際しても炭素投入の増加はゼロではないことに留意が必要。量的拡大との相対的な評価。）
 - **【炭素生産性の分母】炭素投入量の削減のための取組（再エネ・省エネ・都市構造対策等）を、更に強化しなくてはならない。**

経済成長の「量から質へ」の転換

- 中長期的な労働制約や炭素制約に対応するためには、「量から質への転換」が共通の課題



II. 製造業とサービス業の特性を踏まえた成長メカニズム

(1) 今後の成長メカニズムのあり方

- 中長期的な労働、エネルギー・資源、環境等の制約を踏まえると、製造業・サービス業ともに、「量のみで成長することには限界があり、価値・価格を高め（交易条件を改善し）、所得（購買力）を増やしていく」ことが成長メカニズムの最重要課題。
- 潜在需要に応える新サービス・新製品を開拓すること（プロダクト・イノベーション、それを担う人材、新サービスを可能にする規制改革、企業活動を活性化させる法人税制改革）が極めて重要。

	製造業（モノ中心）	サービス業（サービス中心）
産業の特性	生産物は貿易可能財	生産物は大半が非貿易財
財の特性と成長のカギ	技術革新（プロセス・イノベーション）や資本設備率引上げを通じて労働生産性を高めることが、同時に需要（内需・輸出）の拡大をもたらす。経済全体を成長させる（労働生産性上昇に応じて賃金が上昇、かつ、従業員数も増加）	サービスの大半は貿易が困難故に、労働生産性が高まって価格が低下しても、需要全体は地域需要に制約され、成長余地に限界（労働生産性上昇に応じて賃金は上昇するが、従業員数は減少）
成長を促すポイント	- 効率性向上をもたらす技術革新、設備投資等が主要な課題。それを促す環境整備が重要。 ⇒プロセスイノベーションを促進 - 労働力・環境・エネルギー制約等の存在を考慮すれば、製品の価値・価格の向上をもたらすプロダクトイノベーションの実現、それを実現する人材育成、新製品開発を促す規制改革、知的財産の適切な保護等も重要に	- サービス部門の成長には、 ①国内消費者の潜在需要に応える新サービスの開拓。 ②①により需要が拡大する場合には、IT等による労働生産性向上も重要（特に、労働力の減少局面）。 ③中でも海外需要を取り込める分野（観光、金融サービス等）は、製造業と同様に労働生産性の向上が成長要因 - 直接投資による新規参入企業による新陳代謝の促進と潜在需要の開拓 - なお、海外進出（コンビニ、宅配等）は空洞化懸念なく、所得受取を拡大

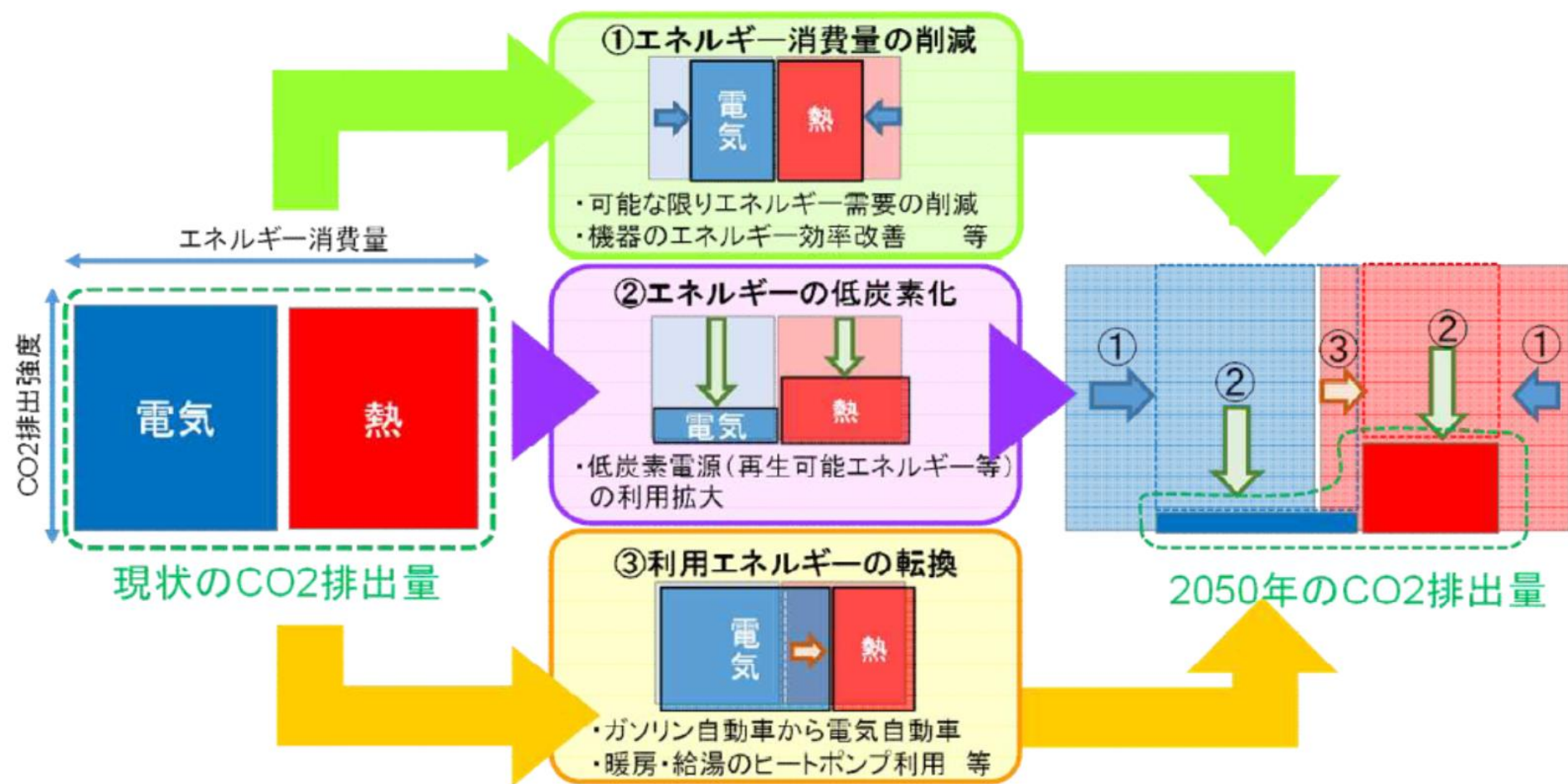
190国会安倍総理施政方針演説（抄、平成28年1月）

経済が成長すれば、労働コストは上がる。公害も発生します。「より安く」を追い求める、デフレ型の経済成長には、自ずと限界があります。

そのリスクが顕在化する前に、世界が目指すべき、新しい成長軌道を創らねばなりません。

イノベーションによって新しい付加価値を生み出し、持続的な成長を確保する。「より安く」ではなく、「より良い」に挑戦する、イノベーション型の経済成長へと転換しなければなりません。

平成26年3月19日経済財政諮問会議民間議員提出資料（アンダーラインは事務局）

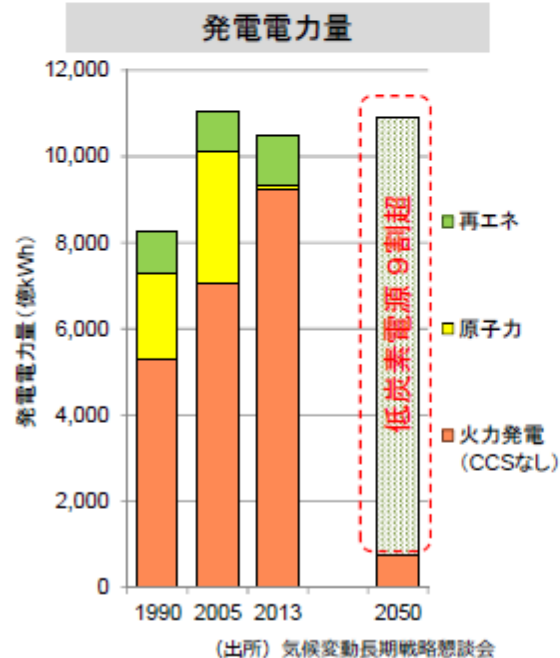


気候変動長期戦略懇談会より抜粋

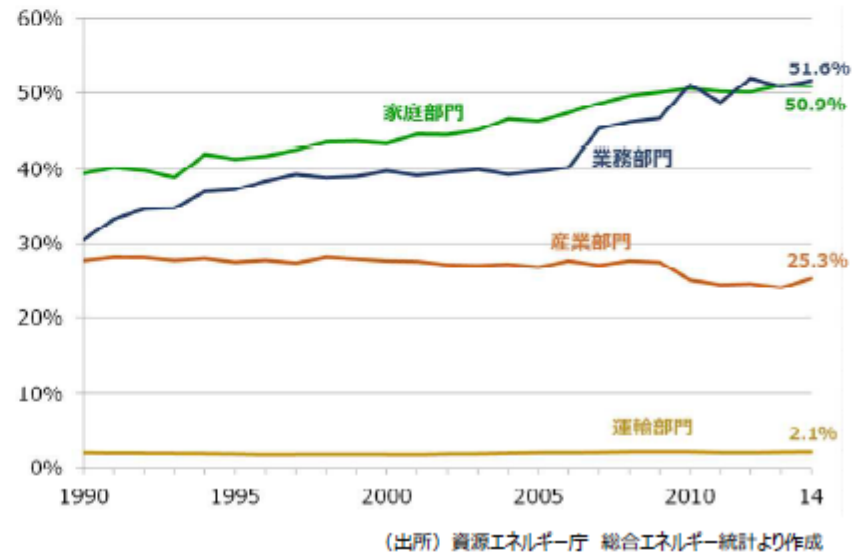
図 18 2050 年 80%削減の方向性

2050年80%削減に向けた絵姿

- 電力については、低炭素電源（再生可能エネルギー、CCS付火力発電、原子力発電）が発電電力量の9割以上を占めている。
- あらゆる分野で電化・低炭素燃料への利用転換が進み、最終エネルギー消費の多くは電力によってまかなわれ、化石燃料は一部の産業や運輸等で使用されている。自家発電についてもより低炭素な燃料への転換が進められている。



【電化率の推移（最終エネルギー消費部門別）】



いまの状況

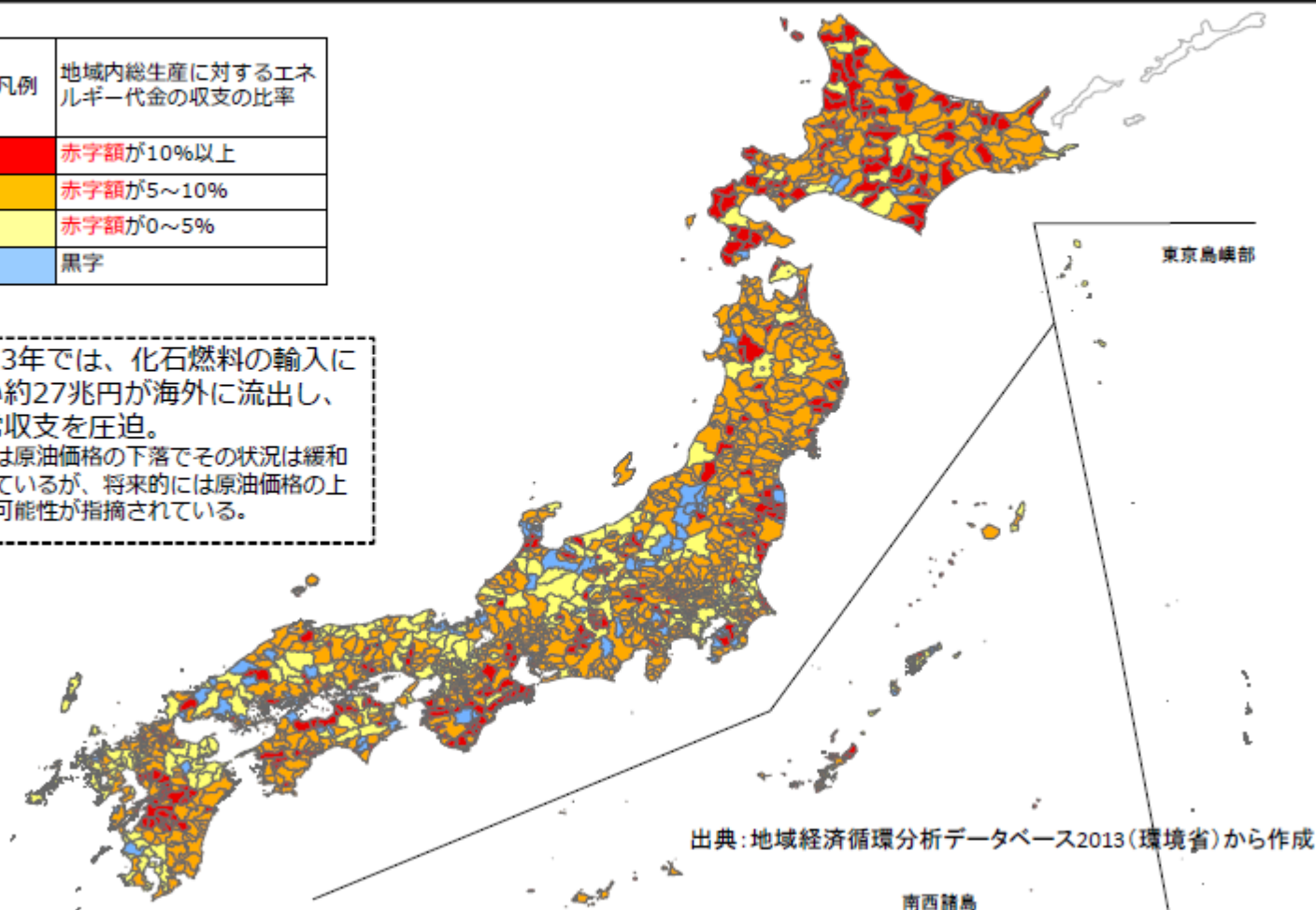
地域内総生産に対するエネルギー代金の収支の観点

- 全国の自治体のうち95%が、エネルギー代金（電気、ガス、ガソリン等）の収支が赤字。8割が地域内総生産の5%相当額以上、379自治体で10%以上の地域外への資金流出を招く。

凡例	地域内総生産に対するエネルギー代金の収支の比率
	赤字額が10%以上
	赤字額が5～10%
	赤字額が0～5%
	黒字

2013年では、化石燃料の輸入に伴い約27兆円が海外に流出し、経常収支を圧迫。

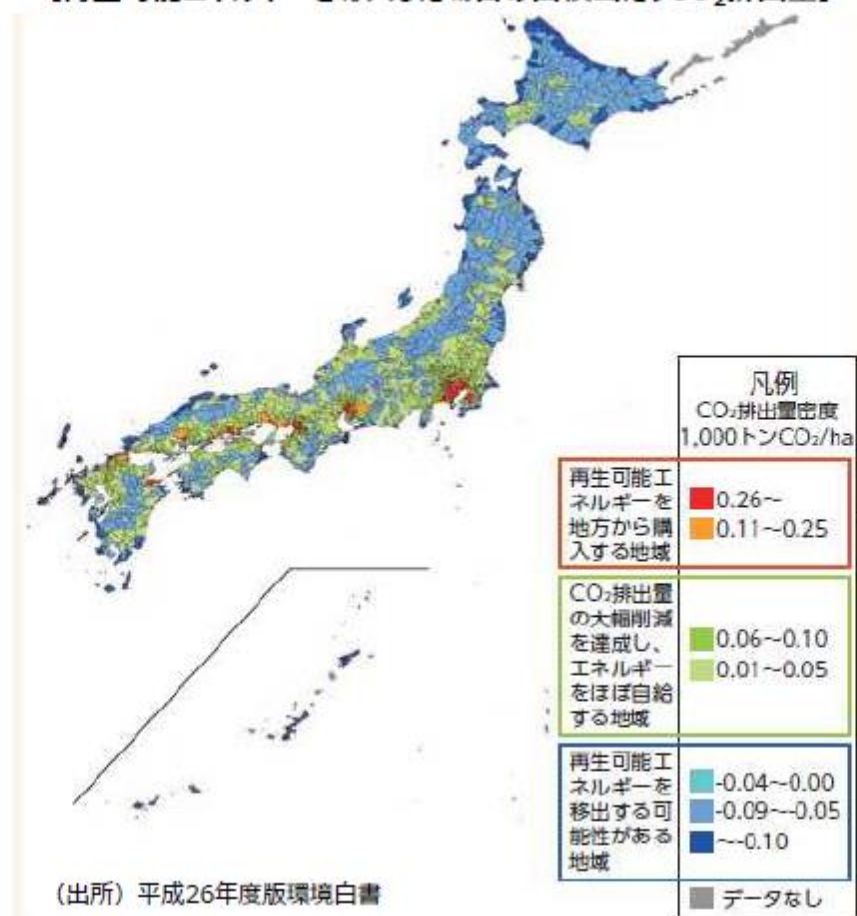
現在は原油価格の下落でその状況は緩和されているが、将来的には原油価格の上昇の可能性が指摘されている。



再生可能エネルギー関連産業の普及がもたらす地域経済への影響

- 再生可能エネルギー関連産業が全国に普及し、定着することにより、地方に安定的な雇用が創出され、国内総生産に占める割合も増加し、地域間の所得格差が小さくなっている。

【再生可能エネルギーを導入した場合の面積当たりCO₂排出量】



注：市町村単位の電力エネルギー〔太陽光（住宅用等、公共系等）、陸上風力、中小水力（河川部）、地熱発電〕導入ポテンシャル（設備容量）から年間電力発電量を求めCO₂換算。市町村単位の熱エネルギー（太陽熱、地中熱）導入ポテンシャルは熱量ベースをCO₂換算。洋上風力については、海上の風速計測地点から最寄りの市町村（海岸線を有する）に対して送電することを仮定して、各市町村の風速帯別の導入ポテンシャル（設備容量）から年間電力発電量を求めCO₂換算。市町村のCO₂排出量から差し引いて図面を作成。CO₂換算にあたり、電力エネルギーは各地域の電力事業者の電力CO₂排出係数（トン・CO₂/kWh）、熱エネルギーは原油のCO₂排出係数（トン・C/GJ）を用いてCO₂換算。

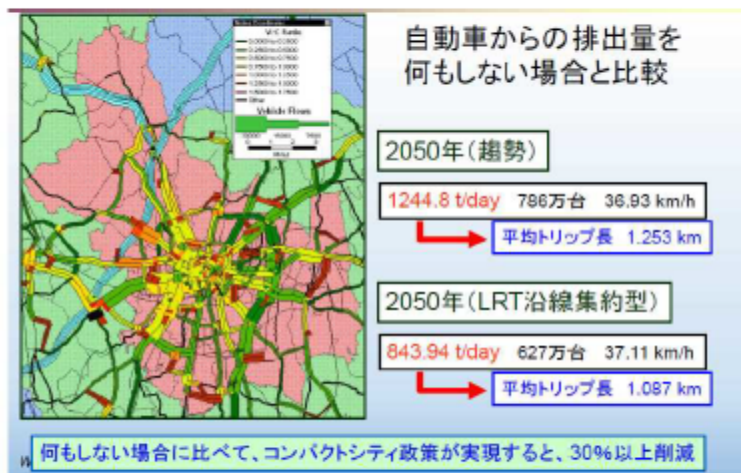


こんな姿に

長期大幅削減の絵姿 (家のイメージ)

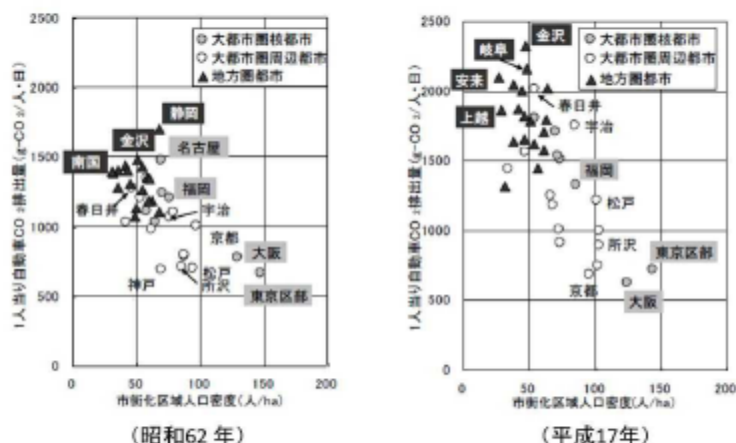
地域構造のコンパクト化

- 地域構造をコンパクト化することは、温室効果ガス排出量の削減に寄与。



(出所) 中央環境審議会 地球環境部会 低炭素長期ビジョン小委員会(第4回)
早稲田大学教授 森本氏 御提供資料

自動車CO2排出量と市街化区域人口密度の関連



(出所) 谷口守・松中亮治・平野全宏(2008)都市構造からみた自動車CO₂排出量の時系列分析、都市計画論文集、No.43、pp.121-126。

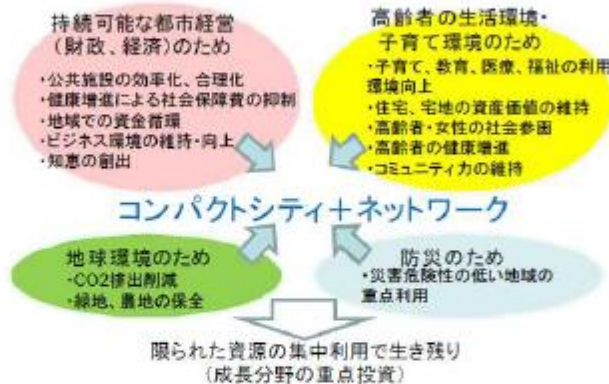
国土形成計画(全国計画) (平成27年8月14日閣議決定)

地域の個性と連携を重視する「対流促進型国土」及びそのための重層的かつ強靱な「コンパクト+ネットワーク」の国土構造、地域構造の形成は、各地域の固有の自然、文化、産業等の独自の個性を活かした、これからの時代にふさわしい国土の均衡ある発展を実現することにつながる。

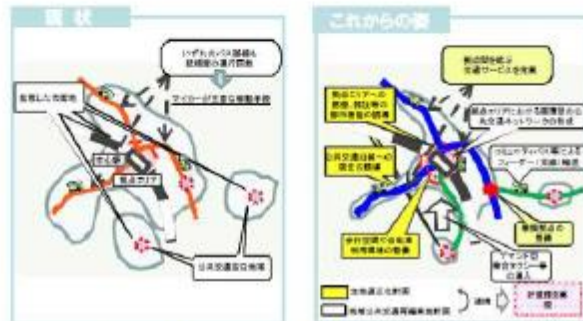
都市のコンパクト化

- まちの魅力が継続的に向上されるよう、例えばまちのコンパクト化による徒歩や自転車での移動の割合の増加が相まって、健康的で長寿な地域社会が築かれるとともに、「適応」も見据えた地域産業やまちづくりにより、安全・安心な地域社会を享受できている。

【コンパクトシティの構築】



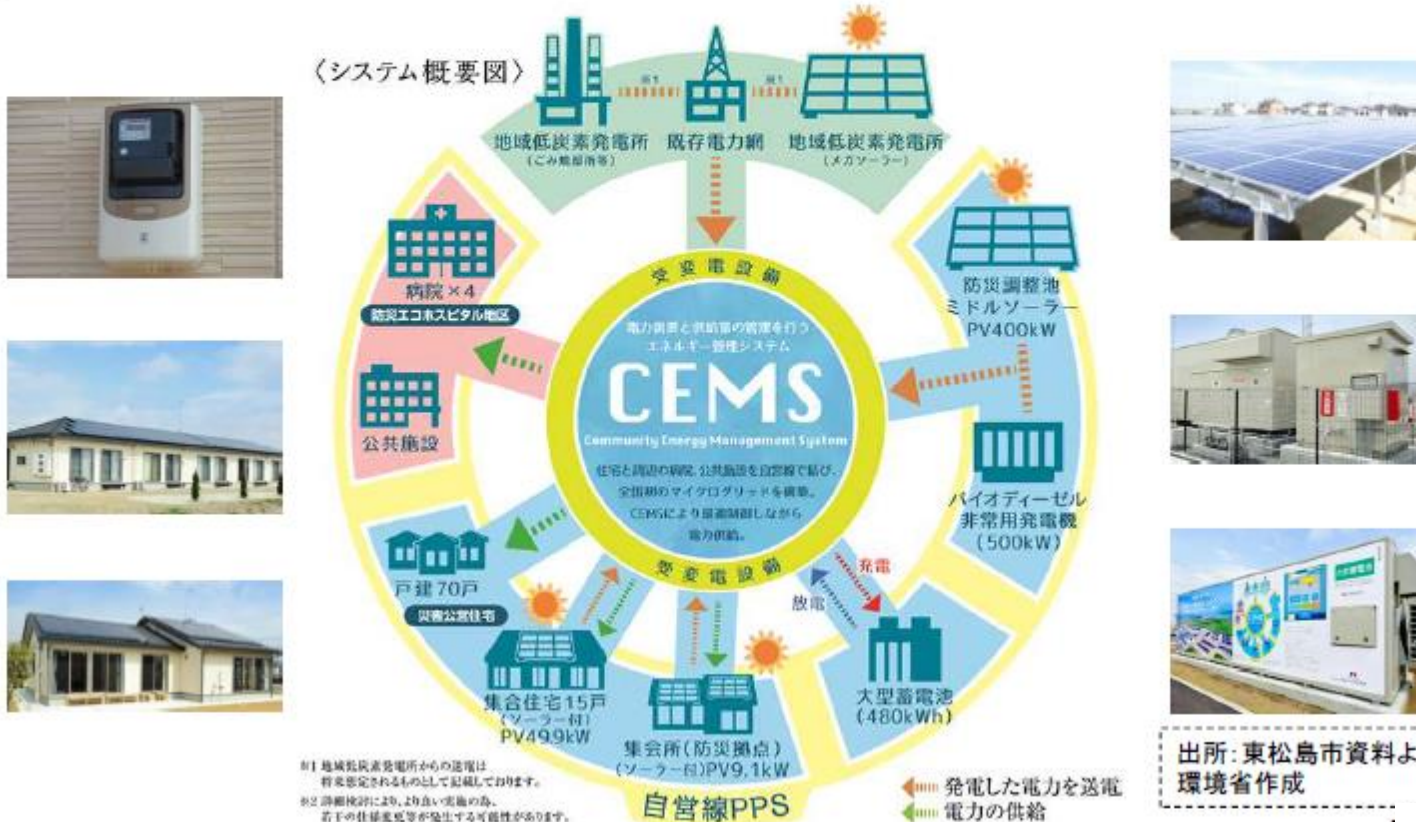
先行自治体における取組 ～富山市～
○富山市においては都市マスタープランにおいて「コンパクトなまちづくり」を位置付け、これに基づき、中心市街地活性化や公共交通の活性化の取組を実施



(出所) 国土審議会 第2回計画部会・配布資料 (2014年10月24日)

システム全体の省エネ

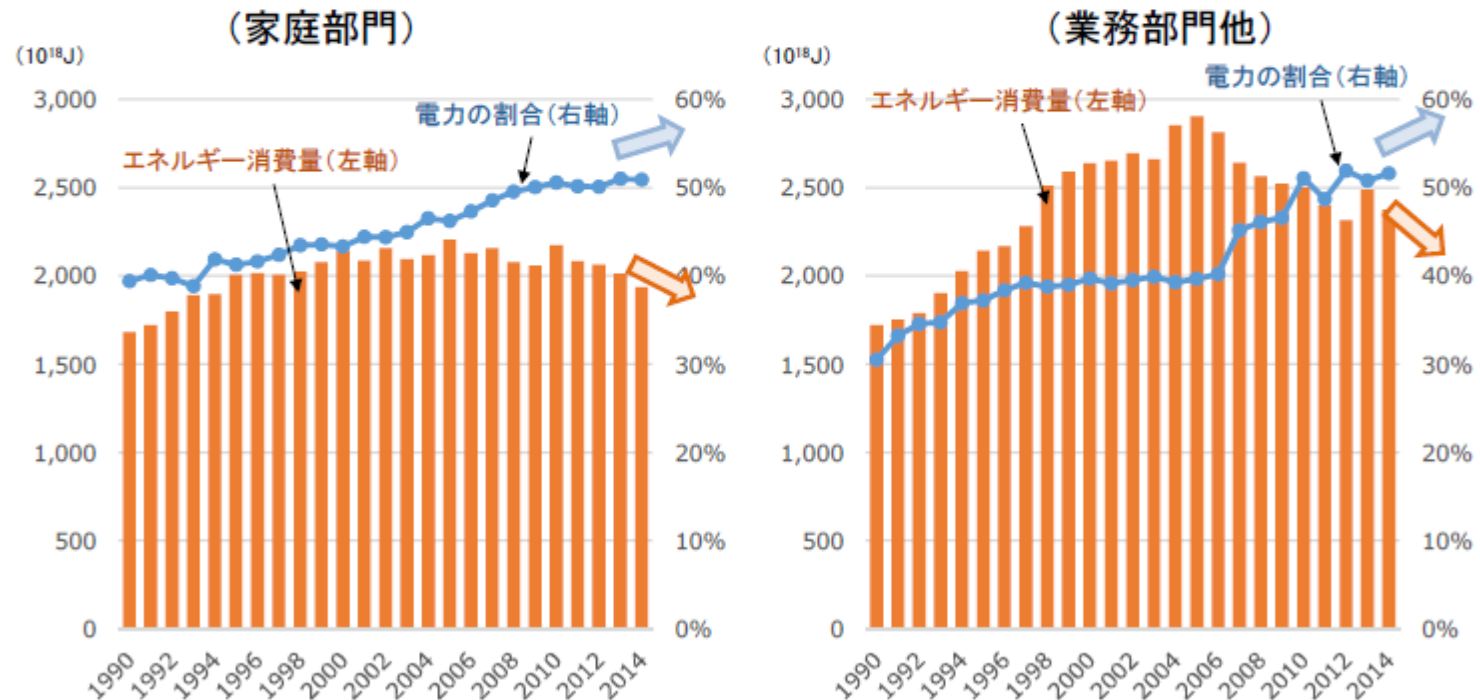
- エネルギー効率の高い機器が広く一般に普及している。また、新しい材料や技術、生産システムの開発や省エネルギー型の設計を通じて、機器の省エネ化が極限まで進められている。さらに、個々の要素技術だけではなく、それらの組み合わせや情報通信技術等を用いた要素技術の有機的連動などシステム全体での省エネも進展している。



省エネと電化

・住宅やビルなどの建物は、徹底した省エネ、使用する電力の低炭素化、電化・低炭素燃料への利用転換が一般化しており、ICT(情報通信技術)も有効に利活用しながら、我が国全体のストック平均でもゼロエミッションに近づいている。

【民生部門のエネルギー消費量と電化率の推移】

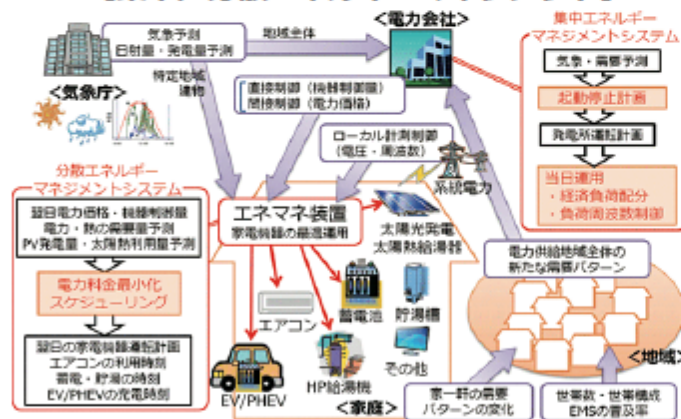


(出所) 資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」より作成

系統安定化

- 自家消費の上で、地域内や地域間の電力網の最適や運用改善、高度な情報システムによる需給の制御、揚水発電などの水力発電所や低炭素化された火力発電所などの大規模調整力の活用により、系統が安定した状態で運用されている。
- 再生可能エネルギーが大量導入された社会における安定的な電力供給のため、需給調整・周波数調整に貢献する様々な技術（蓄電池、水素、蓄熱、デジタルグリッド等）の研究開発が進められ、それが社会に大量に普及している。また、産業活動における電力需要も再生可能エネルギーの発電地に電力を多く消費する事業が集積する等地域の状況に応じた運用がなされ、系統への負荷が最小化されている。

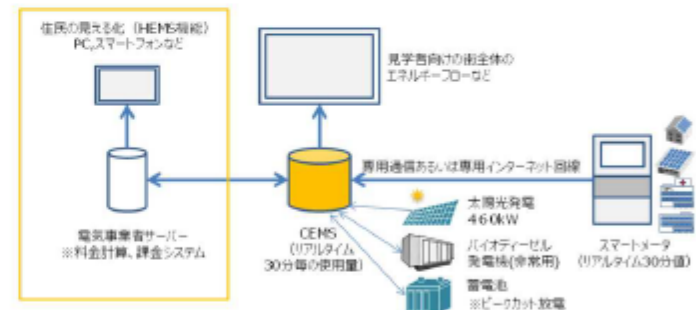
【集中／分散エネルギーマネジメント】



電力会社における集中エネルギー・マネジメントでは、供給地域全体のPV（太陽光）発電量や電力需要量を予測して、最適な負荷配分を決定。一方、分散エネルギー・マネジメントは、電力会社から送られてくる翌日の電力価格などの情報や、電力・給湯の需要量予測、その地点における翌日のPV発電量予測などを基に、住・働環境の快適性を損なわない範囲で、経済的な機器の運転計画を行う。

（出所）東京大学エネルギー工学連携研究センター・荻本研究室

【CEMS(Community Energy Management System)】



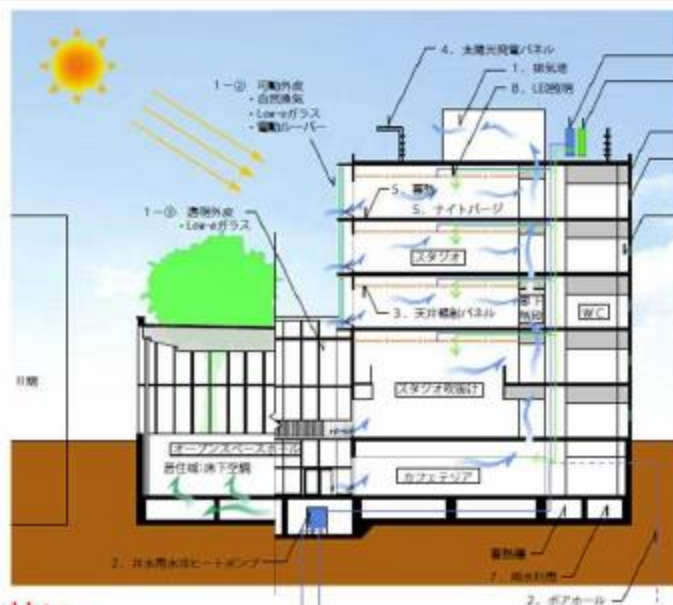
●CEMS(Community Energy Management System)の機能

【平常時】スマートメータにより電力量を計測し、①エリア全体・個別の電力見える化、②個別機器の発電量・需要量の測定と電気事業者へのデータ送付、③蓄電池の充放電によるピークカット、④請求書等の発行を実施する。
【非常時】公共系統が停電した際、エリア内でバイオフィューセルを起動し、蓄電池、太陽光発電と共に電力の需給バランスを制御する。

（出所）中央環境審議会 地球環境部会 低炭素長期ビジョン小委員会（第5回）東松島市 復興政策課長 高橋氏 御提供資料

住宅・建築物の省エネ

- ・耐震、耐火といった安全面に加え、断熱性が高く、光や風などの地域固有の条件を最大限活かすなどのパッシブ設計が一般化するとともに、エネルギー利用効率が最大化された省エネ機器が評価・選択され、一般化しており、必要最小限のエネルギーのみを利用する低炭素な室内空間が普及している。
- ・こうした室内空間がそこに暮らす人々の健康性向上や快適性向上等の生活の質（QOL）の向上に貢献している。



特に、
地中熱・地下水利用ヒートポンプ空調システム
放射パネル暖冷房
AIシステムの効果は大きいことを明らかにした

(出所) 中央環境審議会 地球環境部会 低炭素長期ビジョン小委員会 (第8回) 東京大学 教授 野城氏 御提供資料



- (1) 可動ルーバーを利用したダブルスキン構造
- (2) 地中熱・地下水利用ヒートポンプ空調システム
- (3) 放射パネル暖冷房
- (4) 躯体蓄熱システム
- (5) 煙突効果を利用した自然換気システム
- (6) ヒートポンプ排熱を利用したデシカント除湿システム
- (7) LED照明システム
- (8) 雨水利用を含む節水システム
- (9) 太陽光発電パネル
- (10) AIネットワークによる建物・空調・照明の統合マネジメントシステム、

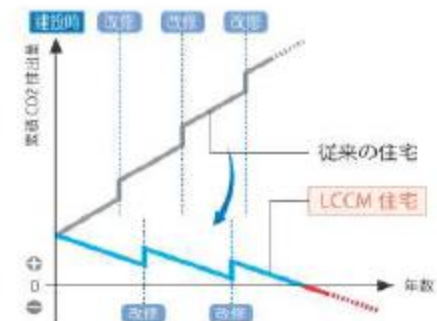
ライフサイクル・カーボン・マイナス住宅：LCCM住宅

- ・新築住宅については、資材製造や建設段階から解体・再利用までも含めたライフサイクル全体で、カーボン・マイナスとなる住宅（LCCM住宅）も普及している。

【LCCM住宅の概要及びCO2排出のイメージ】



※ライフサイクルカーボンマイナス住宅・研究開発委員会



ライフサイクル全体を通じたCO2排出量推移のイメージ

（出所）今後の住宅・建築物の省エネルギー対策のあり方について（第一次答申）、参考資料集、2015年1月

さらに「おまけ」がある・・・

断熱性能向上によるコベネフィット

・既築建物などについても、断熱投資や省エネ機器・創エネ機器の導入が価格面のみならず、快適性や健康性など多面的なコベネフィットを有するという価値が一般的になっているため、低炭素化に資する建築改修技術の向上とともに、省エネ・創エネ投資が普及し、最大限に低炭素化されている。

【断熱性能の向上がもたらすコベネフィット(EB・NEB)の例】

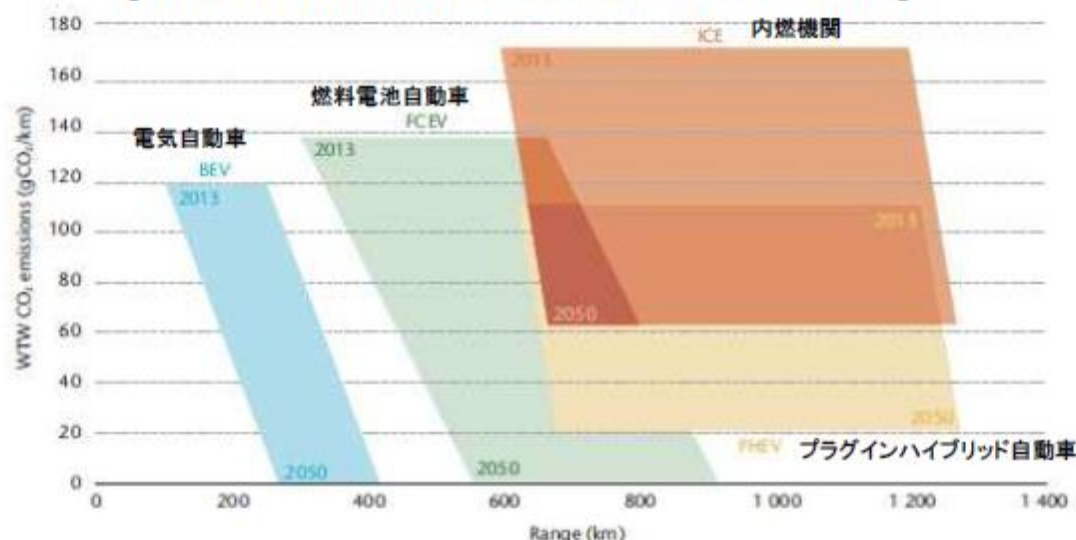
EBとNEB ステークホルダー	省エネの便益 (EB: Energy Benefit) (+は正の便益、-は負の便益(費用増加等)を意味する)	省エネ以外の便益 (NEB: Non-energy Benefit)
1.居住者	+ 光熱費削減	+ 健康性向上 + 快適性向上 + 遮音性向上 + 安全性向上 + メンテナンス費用削減 + 知的生産性向上 - 住宅購入費/改修工事費の増加
2.住宅供給業者	- 建設に要する エネルギー量の増加	+ 建物の付加価値の増加 + CSR(企業の社会的責任)の推進 - 建設コストの増加
3.行政/社会	+ 化石エネルギー 輸入量の減少 + CO ₂ 排出削減	+ 環境政策推進への貢献 + 環境政策に対する市民の意識向上 + 産業活性化の推進 + 雇用創出 + 経済的な乗数効果

(出所) 村上周三 「健康・省エネ住宅のすすめ 断熱向上による温熱環境の改善がもたらす経済的便益」、健康・省エネ住宅推進議員連盟会議

次世代自動車

- 乗用車ではモーター駆動の自動車主流となっており、そのエネルギー源は低炭素化した電力や、再生可能エネルギーにより生産される水素が主となっている。家庭で充電される電気自動車は、充放電を通じて、電力の需給バランスの調整や災害対応に貢献している。
- 貨物車等大型車両では、燃費改善やバイオ燃料、電力や再生エネルギー由来の水素をエネルギー源とするモーター駆動の自動車の普及により、移動の動力源としての石油製品の消費は大幅に削減されている。

【Well-to-WheelのCO₂排出量と航続距離との関係】



Notes: gCO₂/km = grams carbon dioxide per kilometre; WTW = wheel-to-wheel; the upper range of BEV emissions takes into account today's average world power generation mix, the lower range is based on 100% renewable electricity; the upper range of FCEV emissions takes into account a hydrogen production mix of 90% NG SMR and 10% grid electricity, the lower range is based on 100% renewable hydrogen; the lower range of PHEV emissions takes into account 65% electric driving; by 2050, a biofuel share of 30% is assumed for PHEVs and ICEs.

(出所) IEA "Technology Roadmap -Hydrogen and Fuel Cells-"

自動運転+電気自動車

- 自動運転化した電気自動車は、地域包括ケアシステムが構築された社会において、高齢者が必要な時に自宅から病院等まで安全に移動できる手段となるとともに、未使用時は電気自動車の蓄電池が電力の需給調整機能を果たすなど、高齢世帯において有効に活用されている。

【電気自動車が生み出す新たな価値】

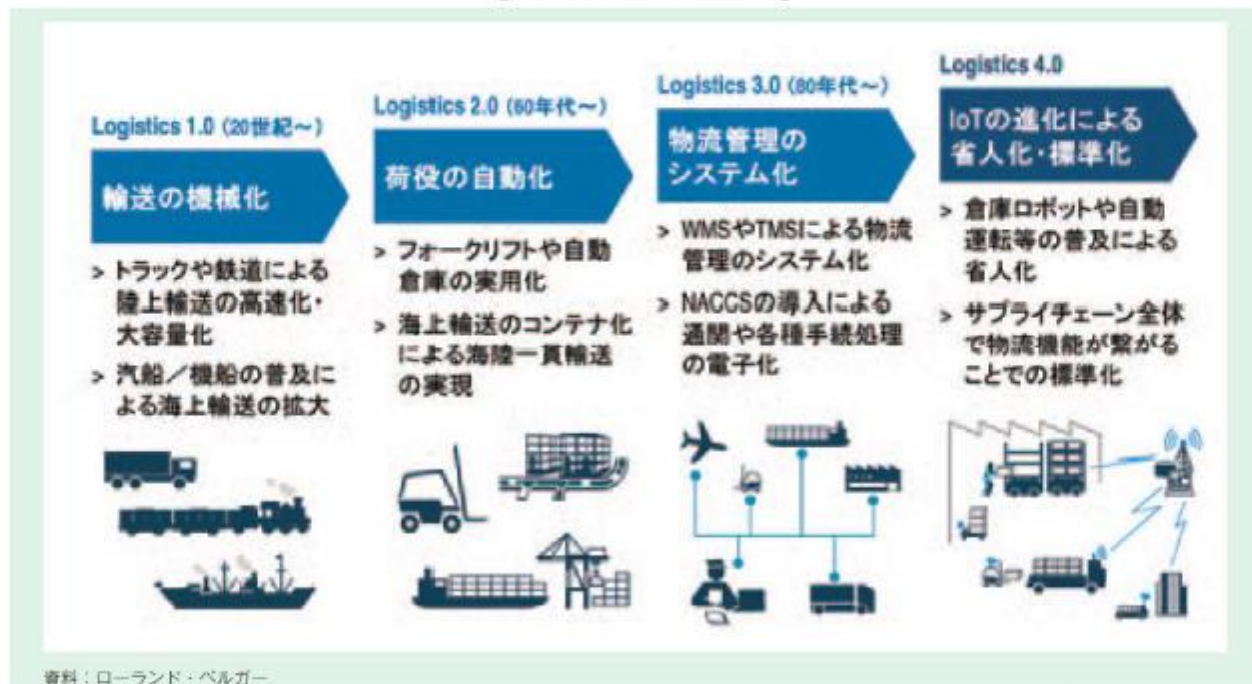


(出所) 中央環境審議会 地球環境部会 低炭素長期ビジョン小委員会 (第8回)
日産自動車株式会社 エキスパートリーダー 朝日氏 御提供資料

物流の効率化

- 貨物についても、生産拠点と消費地の距離の短縮化による輸送量の減少のほか、AIやIoT技術を活用した物流の情報化や荷主の協力、積載率の向上、物流サービス利用者の意識変革等によって、効率的な低炭素型の物流が実現している。

【ロジスティック4.0※】



(出所) 経済産業省「平成28年度 ものづくり白書」

※ ロジスティクス4.0：フラウンフォーファーIML（物流・ロジスティクス研究所）やドイツを中心とする複数の民間企業が推進するもので、IoTを製造業の物流部門に適用するもの。

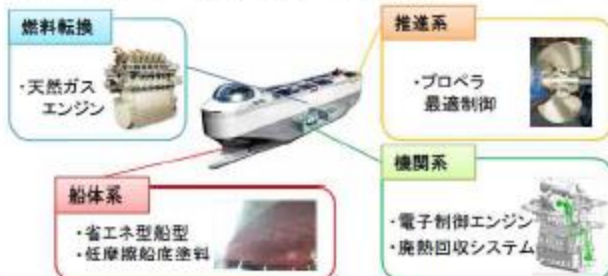
鉄道、船舶、航空の低炭素化

- 鉄道、航空、船舶における省エネ機能が向上し、長距離輸送など用途に応じた効率的な利用が普及している。また、運航の効率化などの運用面での適正化、再生可能エネルギー由来の水素やバイオ燃料の導入などの動力源の低炭素化が実現している。

【鉄道、船舶、航空の低炭素化】

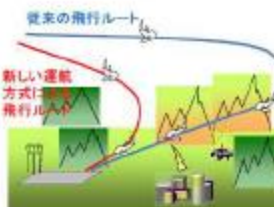
内航船舶の省エネ化

- 省エネルギー船舶の普及を促進。



国内航空の省エネ化

- 航空機の運行方式の効率化を促進。

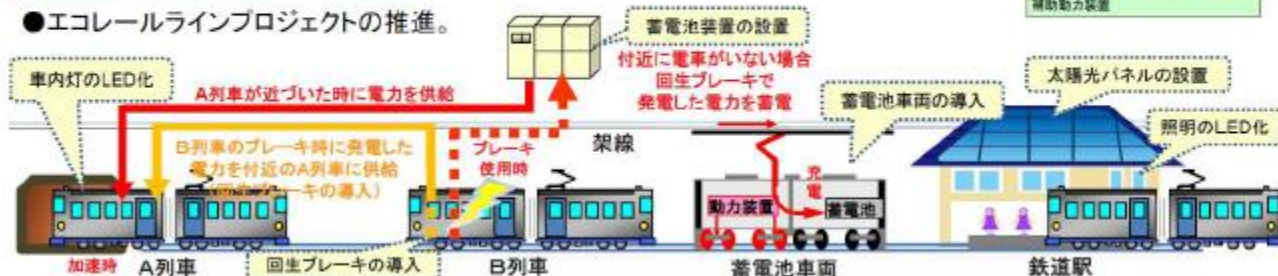


- エコエアポートにおける空港施設の低炭素化を促進。



鉄道の省エネ化

- エコレールラインプロジェクトの推進。



(出所) 国土交通省「国土交通分野における今後の地球温暖化対策（緩和策）について」（平成27年3月）

公共交通機関の利用促進・モーダルシフトの推進

- 都市構造のコンパクト化による一定の範囲の徒歩・自転車の活用や効率的な輸送手段の組み合わせ、公共交通の整備や利便性の向上、低炭素な交通機関へのモーダルシフト等によって、人や貨物の移動は快適さを高めながら、大幅な合理化を実現している。

【公共交通の利用促進・モーダルシフト】



（出所）国土交通省「国土交通分野における今後の地球温暖化対策（緩和策）について」（平成27年3月）

革新的技術～超高効率デバイス

・超高効率デバイスがあらゆる機器に実装されるとともに、高効率な産業用ヒートポンプの活用や低炭素なエネルギー源への転換等により、業種横断的に産業活動における徹底的な省エネが実現している。

【電流変換に伴う電力損失】

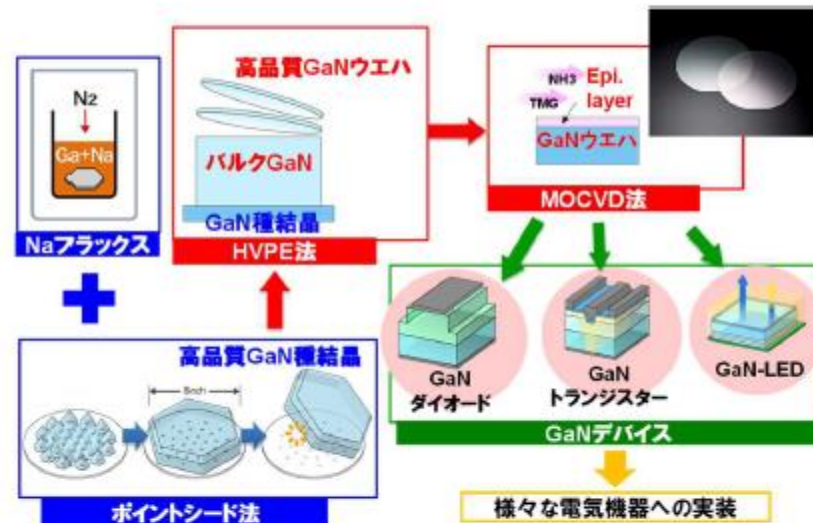


【窒化ガリウムの利用による電力損失の低減】



【環境省 超高効率デバイスの設計・開発・検証事業】

(未来のあるべき社会・ライフスタイルを創造する技術イノベーション事業)



(出所)

左上・左下：中央環境審議会 地球環境部会 低炭素長期ビジョン小委員会 (第6回) 名古屋大学 教授 天野氏 御提供資料

右：中央環境審議会 地球環境部会 低炭素長期ビジョン小委員会 (第6回) 大阪大学 教授 森氏 御提供資料

革新的技術～高機能素材

・建築物や車等に従来使用していた素材に代替する軽くて丈夫な素材の開発・普及により、ライフサイクルにおけるエネルギー消費の大幅削減とともに、使用時における効率向上をも実現している。こうした素材には高い付加価値が認められ、素材産業における我が国の強みが維持されている。

【高機能素材の例】

＜新素材の例＞



炭素繊維



カーボンナノチューブ分散複合材



セルロースナノファイバー



有機EL



ファインセラミックス

＜既存の素材の高機能化の例＞



高張力鋼板
(日経テクノロジーonline)



伸銅

＜複合素材の例＞

(炭素繊維強化プラスチック(CFRP)、セラミックス複合材(CMC))

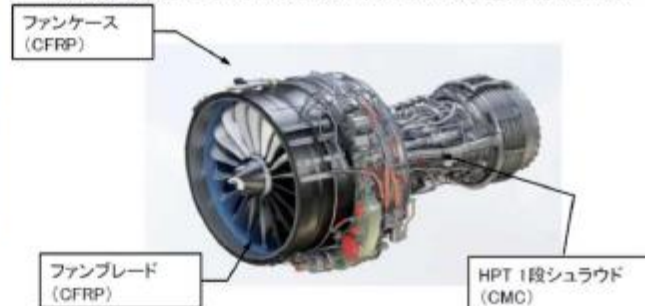


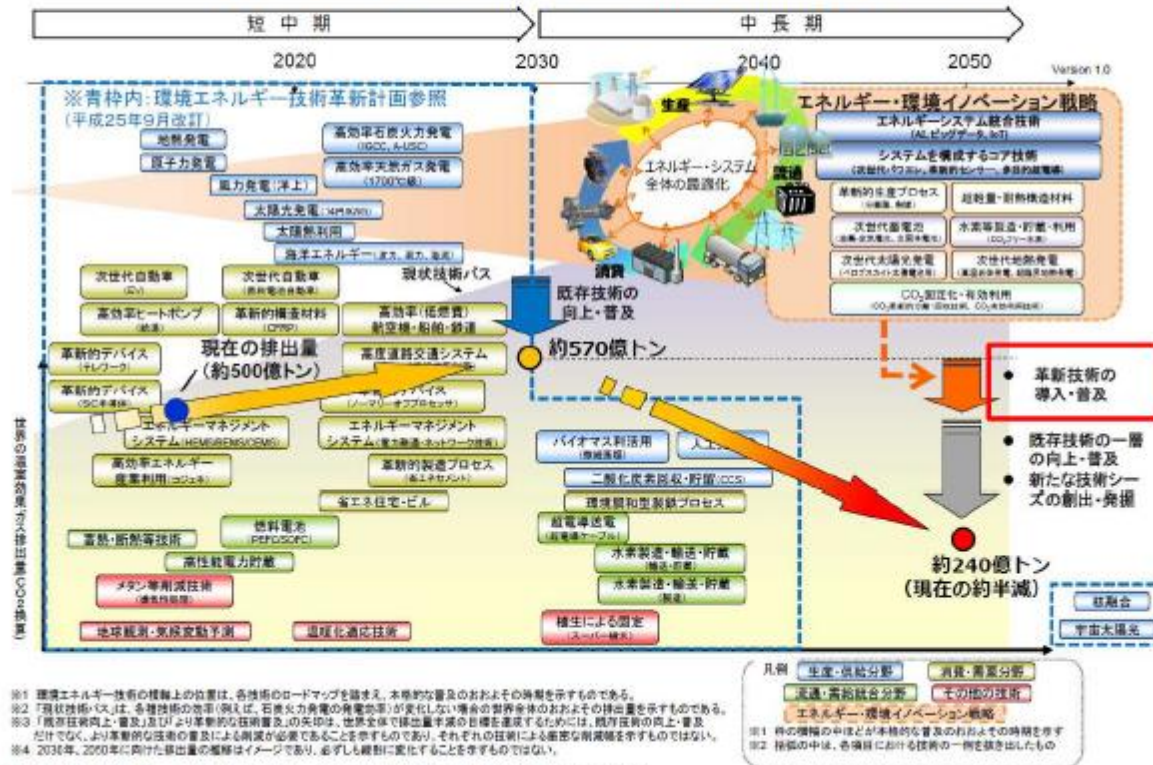
図: <http://www.cfmaeroengines.com/files/brochures/LEAP-Brochure-2013.pdf> ㊞

(出所) 経済産業省 製造産業局 鉄鋼課・非鉄金属課「金属素材産業の現状と課題への対応」

革新的技術

・エネルギー多消費産業においては、世界最高効率の技術が導入され、更に革新的技術が実装され、エネルギーのカスケード利用が徹底されること等により、可能な限りの効率化が図られているとともに、CCUSの設置が順調に進み、稼働を始めている。（プロセスイノベーション）

【2050年までの世界の温室効果ガス削減のイメージ】



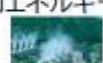
革新的技術
の貢献

(出所) 内閣府「エネルギー・環境イノベーション戦略」参考資料 (2016)

革新的技術の研究開発

- 一層の低炭素で安定したエネルギー供給体制を築くべく、産官学が連携し、長期的視点に立った継続的な研究開発投資によりイノベーションを創出するなど研究開発が効率的、効果的な形で進められている。

【削減ポテンシャル・インパクトが大きい有望な革新的なエネルギー・環境技術】

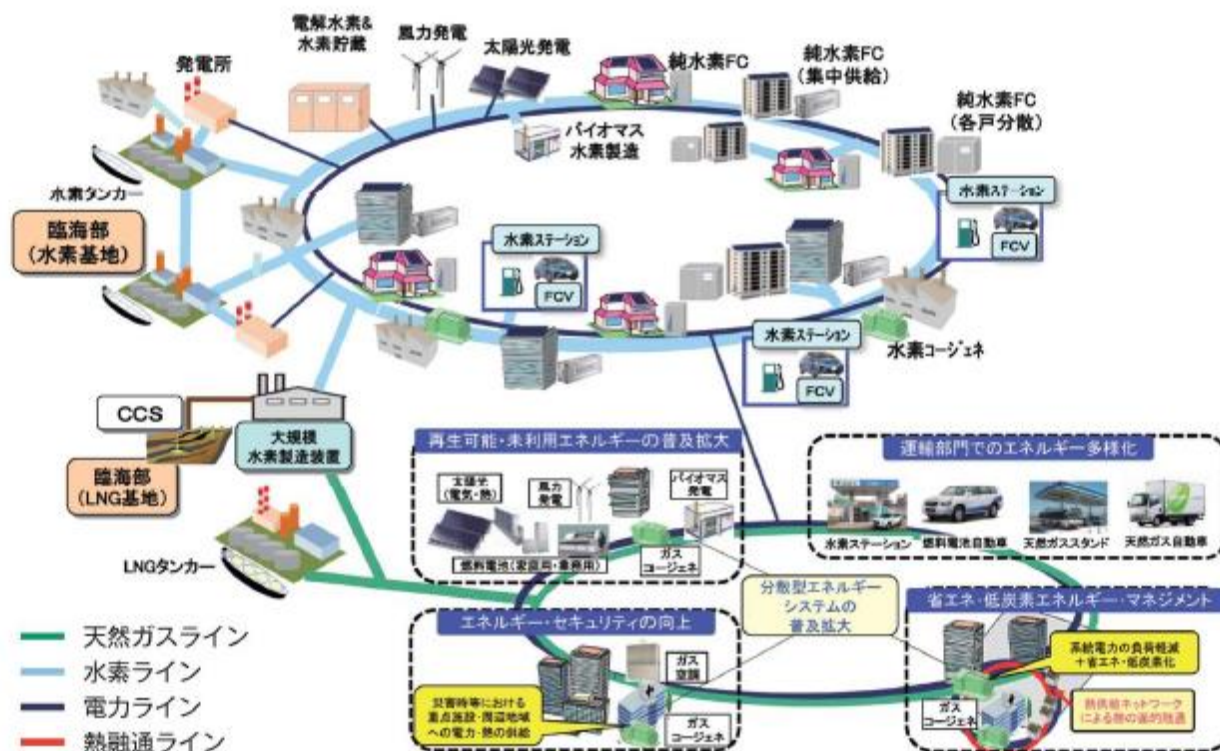
エネルギーシステム 統合技術		○革新技術を個別に開発・導入するだけでなく、ICTによりエネルギーの生産・流通・消費を互いにネットワーク化し、 デマンドレスポンス（DR） を含めてシステム全体を最適化。 AI、ビッグデータ、IoT 等を活用。
システムを構成する コア技術		○ 次世代パワエレ ：電力損失の大幅削減と、新たなシステムの創造 ○ 革新的センサー ：高耐環境性、超低電力、高寿命でメンテナンスフリー ○ 多目的超電導 ：モーターや送電等への適用で、電力損失を大幅減
分野別革新技術	省エネルギー 	1 革新的生産プロセス ○高温高压プロセスの無い、革新的な素材技術 ➢ 分離膜や触媒を使い、20～50%の省エネ 2 超軽量・耐熱構造材料 ○材料の軽量化・耐熱化によるエネルギー効率向上 ➢ 自動車重量を半減、1800℃以上に安定適用
	蓄エネルギー 	3 次世代蓄電池 ○リチウム電池の限界を超える革新的蓄電池 ➢ 電気自動車が、1回の充電で700km以上走行 4 水素等製造・貯蔵・利用 ○水素等の効率的なエネルギーキャリアを開発 ➢ CO ₂ を出さずに水素等製造、水素で発電
	創エネルギー 	5 次世代太陽光発電 ○新材料・新構造の、全く新しい太陽光発電 ➢ 発電効率2倍、基幹電源並みの価格 6 次世代地熱発電 ○現在は利用困難な新しい地熱資源を利用 ➢ 地熱発電の導入可能性を数倍以上拡大
	7 CO₂固定化・有効利用	○排ガス等からCO ₂ を分離回収し、化学品や炭化水素燃料の原料へ転換・利用 ➢ 分離回収エネルギー半減、CO ₂ 削減量や効率の格段の向上

（出所）内閣府「エネルギー・環境イノベーション戦略」の概要」（2016）

水素の活用

- 利用時又は水素製造時まで含めてCO₂を排出しない水素（CO₂フリー水素）が供給されている。

都市ガス業界が貢献できる水素社会



(出所) 日本ガス協会「都市ガス業界が貢献できる水素社会」

CCSの普及

- 一部産業における化石燃料消費や調整電源としてのほとんどの火力発電においては、CCSやCCUが実装されている。

CCS : Carbon Capture and Storage (炭素隔離貯留) CCU : Carbon Capture and Utilization (炭素隔離利用)

【CCSにおける分離回収から貯留までの流れ】



(出所) 環境省 平成26年度 図で見る環境・循環型社会・生物多様性白書

【燃焼後CO2分離回収パイロットプラント（東芝）】

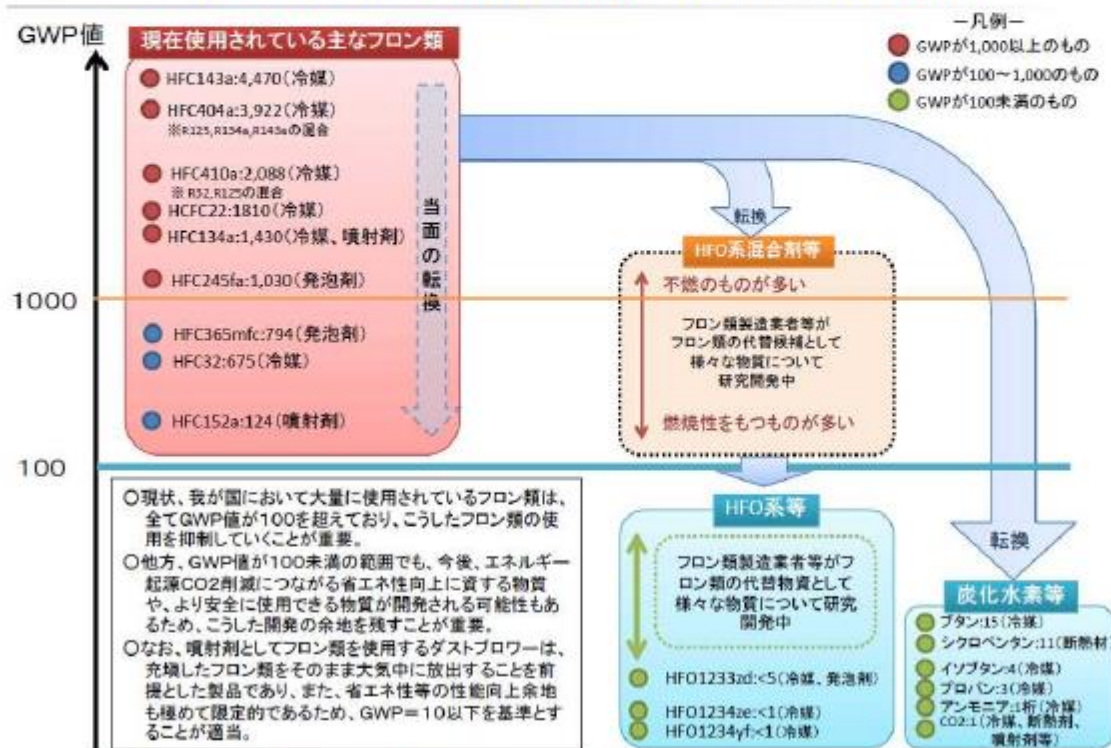


CCSがあれば石炭で60%、天然ガスで50%CO2削減が可能

非エネルギー起源の温室効果ガスの削減

- 非エネルギー起源の温室効果ガス排出についても、省エネと環境性能の両立を図ったノンフロン・低GWP製品の開発・普及や廃棄物管理の低炭素化、農林水産業における低炭素化を通じて、排出量が大幅に減少している。

【フロン類使用製品が最終的に目指すべきGWP値】



※GWP値は基本的に全てIPCC Fourth Assessment Report (AR4)の値を採用している。ただし、HFO系物質はAR4にGWP値の掲載がないため、IPCC Fifth Assessment Report (AR5)の値を採用している。

(出所) 環境省・経済産業省「フロン排出抑制法の概要」(2015年1月)

農林水産部門における温暖化対策

- 農林水産業における高効率な機器、照明などの導入や、温室効果ガス排出量の少ない施肥・水管理技術の開発や導入による適切な農地管理、飼料の転換による畜産の低炭素化など、人と自然が持続可能な形で関わりあう社会となっている。

【農業における省資源生産・省エネ技術】

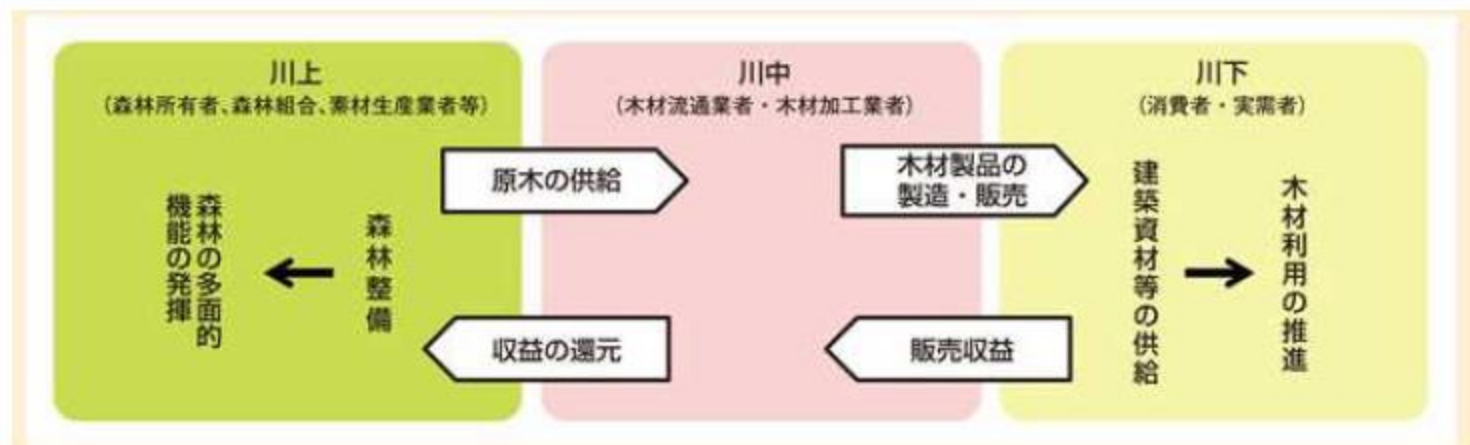


(出所) 農林水産省生産局農業環境対策課「平成28年度予算の概要」

森林の適切な保全・管理、林業の維持・発展

- 中山間地においては、森林が適切に保全・管理され、素材をはじめとする国産材の利活用が促進されていることにより、林業が維持・発展している。こうした国産材が住宅や建築物、道路等の社会インフラ全体に活用されている。

【国産材の安定供給における川上、川中及び川下のイメージ】



(出所) 農林水産省「平成27年度 森林・林業白書」

どんな政策をとればいいのか

長期大幅削減に向けた政策の方向性

三つの基本的な方向性

①既存技術、ノウハウ、知見の最大限の活用

- 「カーボンバジェット」や国際貢献の重要性を踏まえれば、我が国の技術やノウハウを国内外に徹底的に普及させることが重要
- 「CO₂削減ポテンシャル診断」によれば、国内においても、既存技術やノウハウを普及させる余地は今なお大きい状況

②技術、経済社会システム、ライフスタイルのイノベーションの創出

- 産業構造や慣行に捉われることなく、あらゆるイノベーションが必要
- イノベーション活動の促進を通じた生産性の向上が経済成長に不可欠
- 政府の役割は、脱炭素社会構築を見据えた一貫した方向性を示し、方向性に整合した政策を打ち出していくこと

③あらゆる政策の総動員

- 様々な施策の組み合わせの実施により、①や②を実現
- エネルギー、国土形成など、あらゆる分野の政策に気候変動対策の観点を適切に織り込んでいくことが必要

主要な施策の方向性

- 長期大幅削減は、2030年度中期目標達成の先にある。現行の温対計画に基づく着実な取組がその第一歩。
- 温対計画に基づく取組を進めながら、更に削減を速やかに進めていくよう、施策を具現化していくことが必要。

- ① カーボンプライシング(炭素の価格付け)により、市場の活力を最大限活用。低炭素の技術、製品、サービス等の市場競争力強化し、イノベーションの加速化に向けた市場環境を整備。
- ② 大幅削減に向けた他の主要な施策群：
環境情報の整備・開示、規制的手法、革新的な技術開発の推進・普及、土地利用、世界全体の排出削減への貢献等

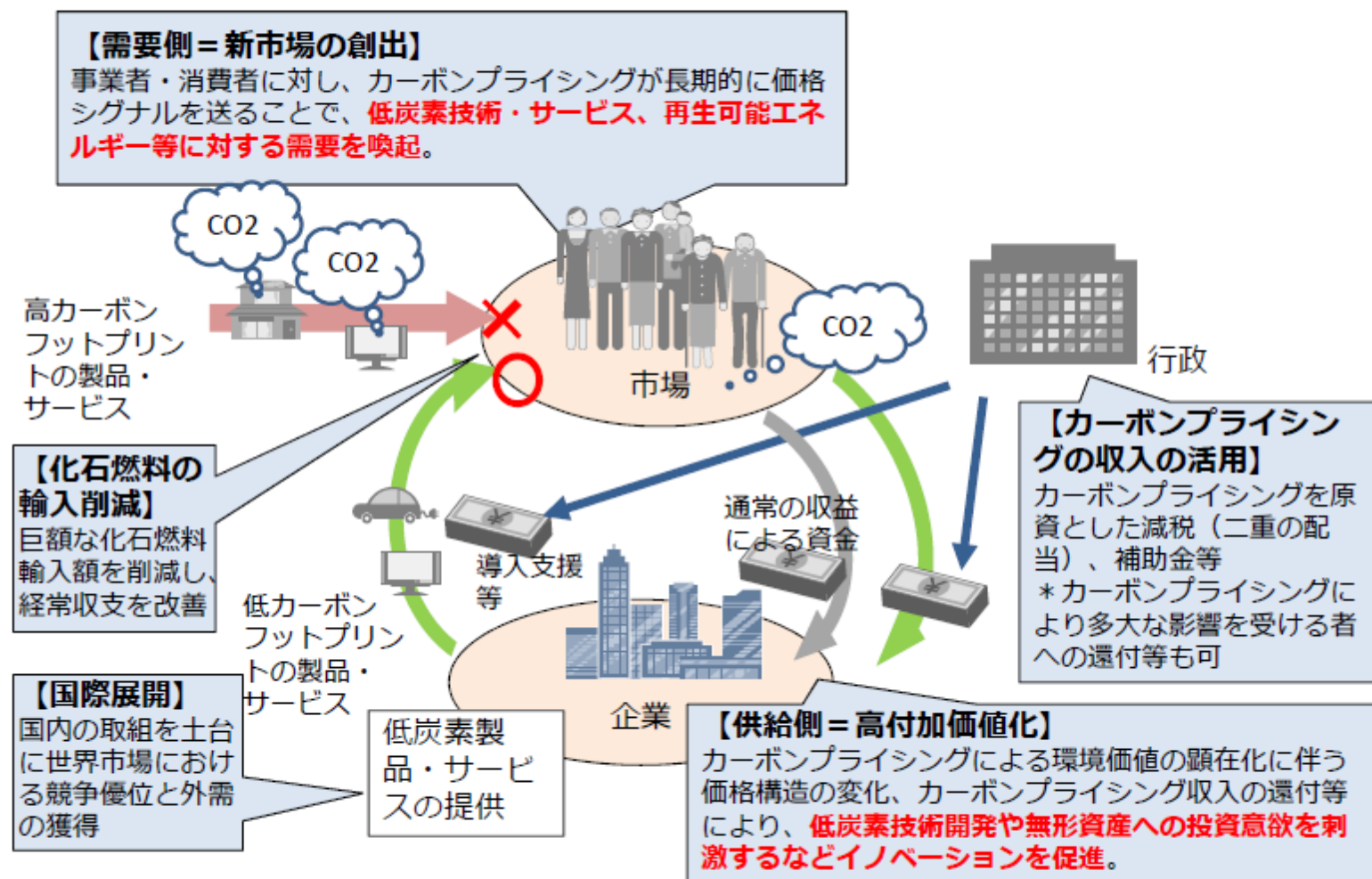
長期大幅削減に向けた着実な取組の推進

累積排出量の観点も含めて進捗状況の点検

※カーボンプライシングをはじめ、いくつかの施策の方向性については異なる意見もあった。

9

カーボンプライシングによる同時解決のイメージ



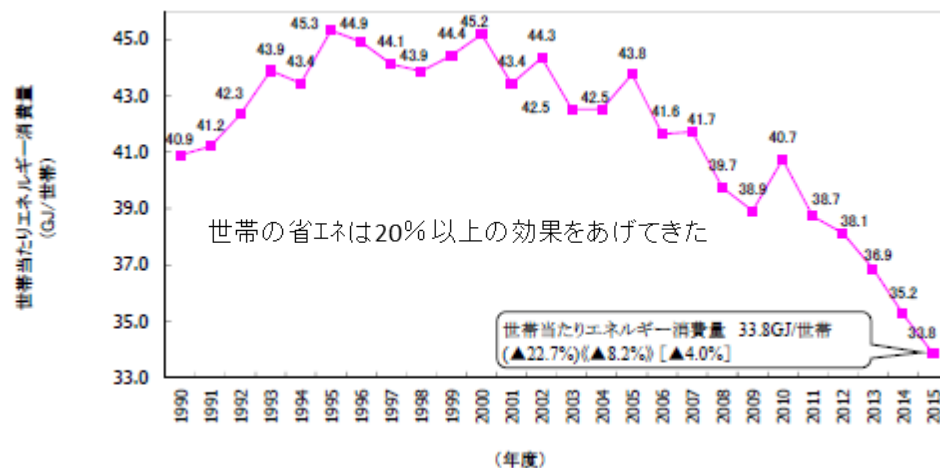
※カーボンプライシングによるコスト上昇等による負の影響があることにも留意が必要



事前のご質問に答える

当面「個人」が考える(する)べきこと

- わずかな「努力」も積み重なれば大きな力になることを確認する
- さらに省エネの余地がないか専門家の診断をあおいでみる
- 設備や機器の整備
更新の機会には「ロッキン」回避を常に考える(短期の利益のみを考えない)
- 国のエネルギー政策に関心をもつ。地域の共同太陽発電所などの活動に参加してみる



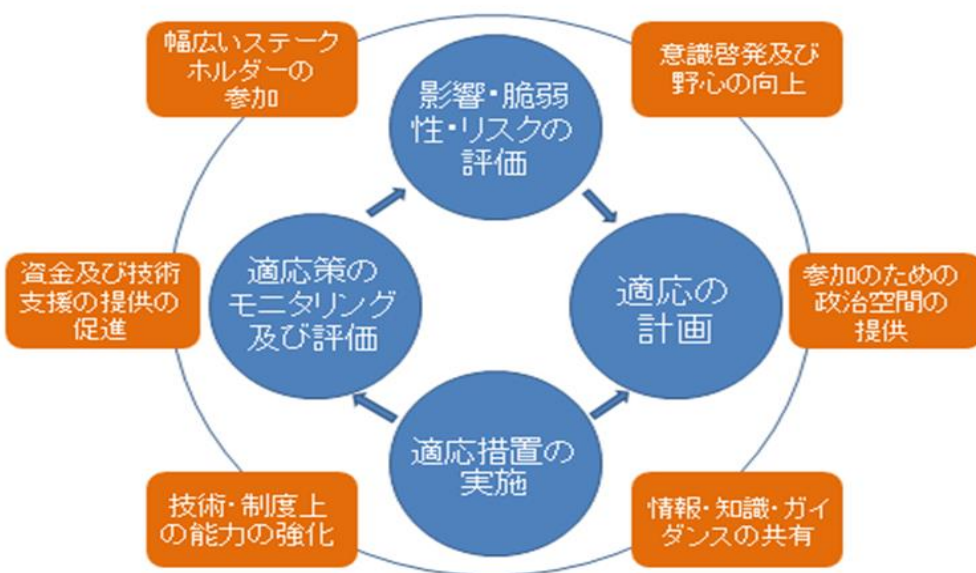
適応への取組

- 「平均2℃以内」に抑えてもなお影響が生じる。人間社会や自然のありかたの調整(＝**適応**)は不可避。
- 「適応」は特に地域特性を踏まえた取組が重要

・地域の関係者が連携し、地域づくりの観点を含めた適応策を策定・推進すべき(庁内・市町村・国の機関・

主要な企業等の参画が必須)

＜情報は「気候変動適応情報プラットフォーム」(国立環境研究所)が発信を始めている＞



「適応」は関係領域の政策・施策との関連が深い。関係者の理解を得て、連携を深めることが最も大きな課題

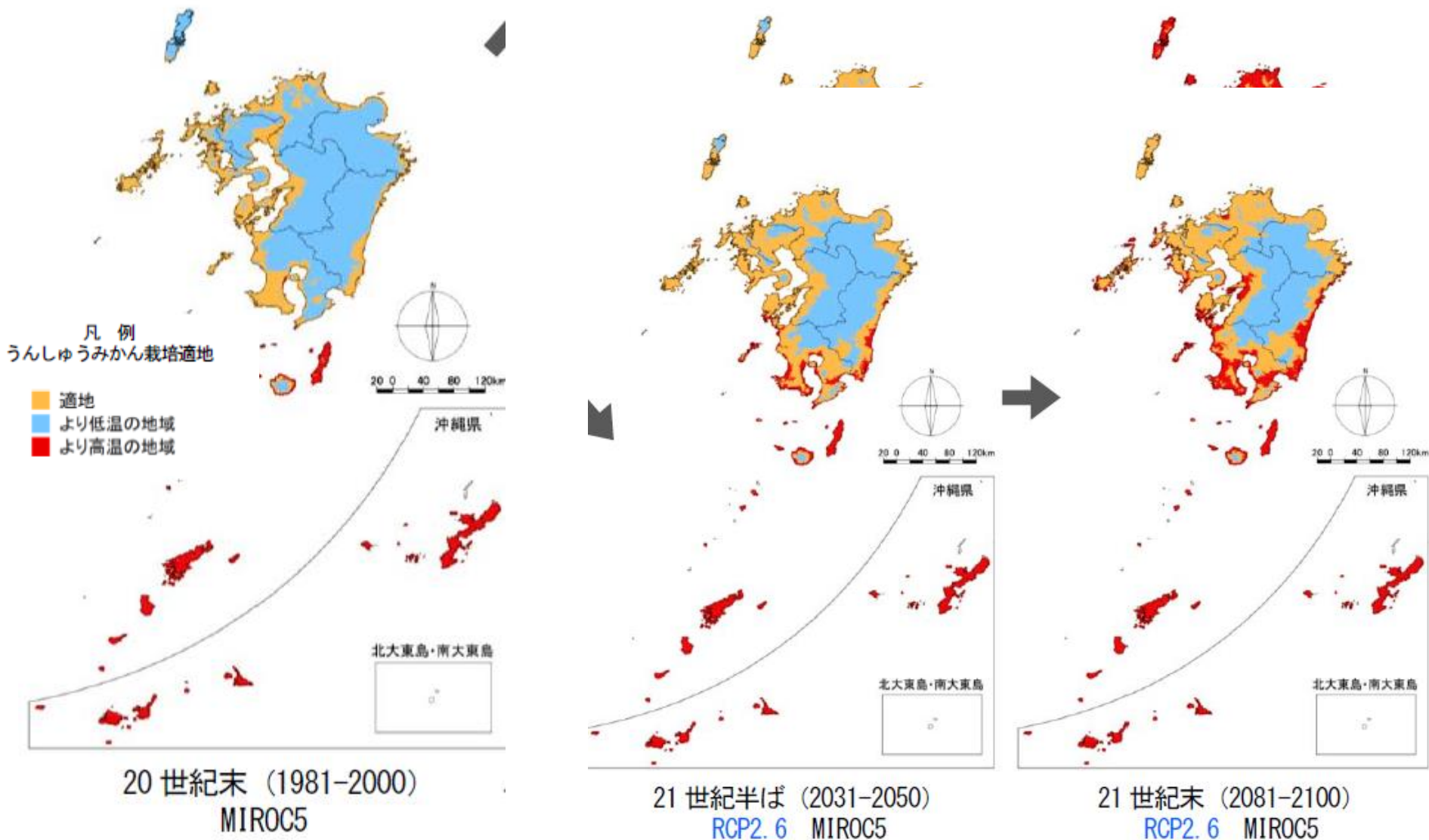


図 26 九州・沖縄地方のうんしゅうみかん栽培適地の変化予測

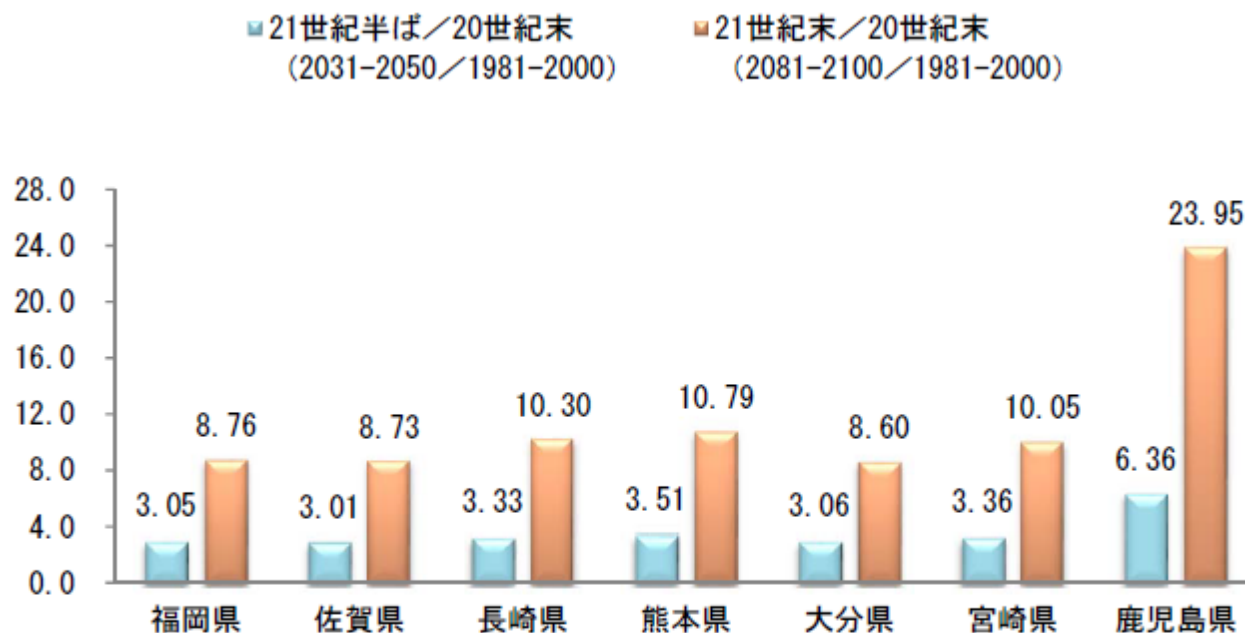


図 36 熱ストレスによる超過死亡者数の変化予測 (RCP8.5)

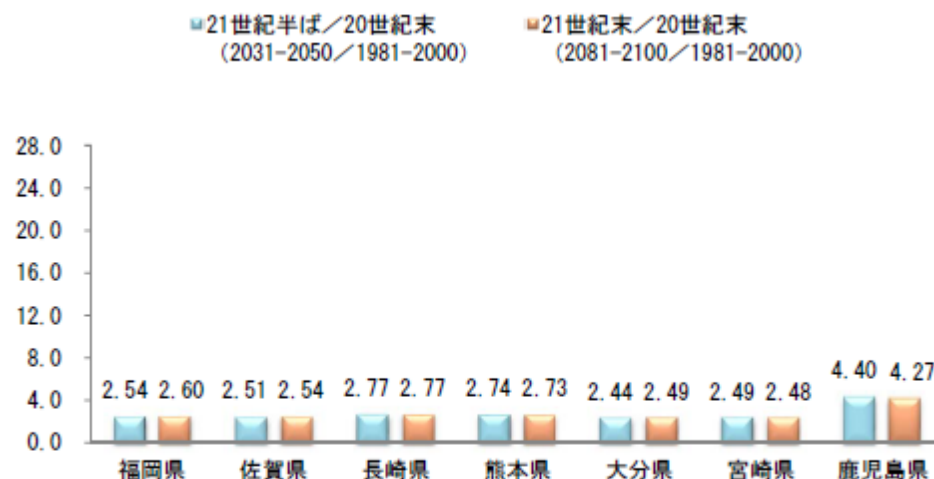


図 37 熱ストレスによる超過死亡者数の変化予測 (RCP2.6)