

技術WG とりまとめ

平成24年4月19日
2013年以降の対策・施策に関する検討小委員会

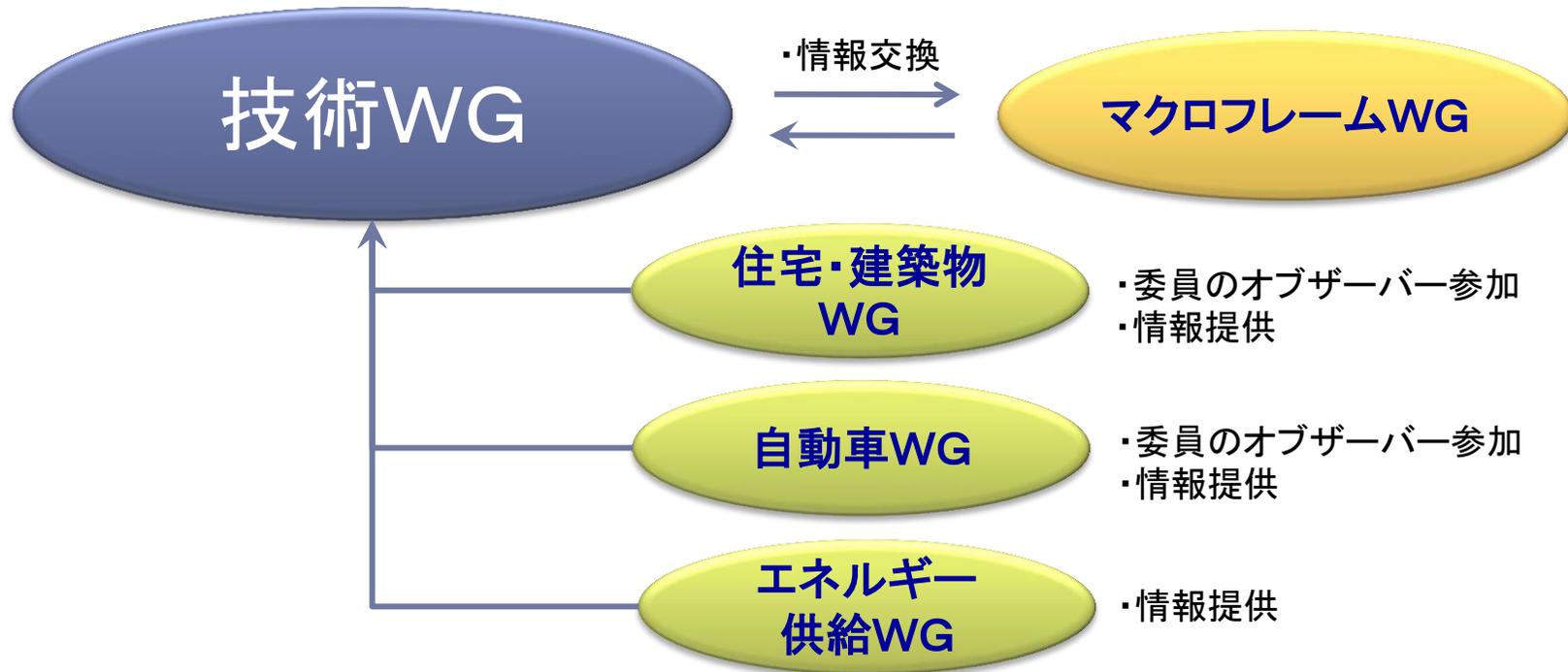
検討体制

◎ 赤井 誠	(独)産業技術総合研究所 招聘研究員
岩船 由美子	東京大学生産技術研究所 人間・社会系部門 エネルギー工学 連携研究センター 准教授
荻本 和彦	東京大学生産技術研究所 人間・社会系部門 エネルギー工学 連携研究センター 特任教授
槌屋 治紀	(株)システム技術研究所 所長
藤野 純一	(独)国立環境研究所 主任研究員
○ 安井 至	(独)製品評価技術基盤機構 理事長

◎ 座長 ○ 副座長

検討体制

- 技術WGで検討する対策がマクロフレームWG議論されている5つの社会における温室効果ガスの大幅削減可能性の検討に資するよう、技術WGとマクロフレームWGとの間で情報交換を行った。
- 技術WGの検討に際しては、住宅・建築物WG、自動車WG、エネルギー供給WGからの情報提供や委員のオブザーバー参加により関連する分野の技術の導入可能性や今後の方向性についての情報の提供を受けた。



【技術WGと各WGとの協力体制図】

目次

1. 技術WGの概要

2. 検討の対象とした技術について

3. 2050年排出削減の可能性について

- (1) 全体
- (2) 産業部門
- (3) 民生部門
- (4) 運輸部門
- (5) エネルギー転換部門
- (6) 非エネルギー部門

4. 技術WGのとりまとめ

1. 技術WGの概要

背景と方向性

- ✓ 東日本大震災や原発事故を踏まえ、今後のエネルギー供給は従来の想定よりも厳しいものとなることが予想される。
- ✓ そこで、改めて低炭素技術の棚卸を行うとともに、これらの低炭素技術でもって、今後40年後の2050年にどの程度の排出削減が可能となるかを算定。
- ✓ 同時に、これらの低炭素技術を需要側の側面から整理し、2050年の低炭素社会の実現のための技術開発・社会の仕組みの方向性はどのようなものが望まれるかをとりまとめ。

検討の流れ

検討内容

新技術の棚卸し

低炭素技術についてリストアップするとともに、需要側の側面から棚卸して整理。

低炭素技術の効率改善の可能性検討

低炭素技術について2050年に至る効率変化の可能性について検討。

2050年の温室効果ガス排出削減量の算定

これらの低炭素技術でもって、今後40年後の2050年にどの程度の排出削減が可能となるかを算定。

望まれる技術の方向性の検討

2050年の低炭素社会の実現のための技術開発・社会の仕組みの方向性はどのようなものが望まれるかを検討。

成果

有望な低炭素技術の
2020年→30年→50年
における技術の効率

2050年における温室効果
ガス排出削減の姿

望まれる
技術の方向性

2. 検討の対象とした技術について

技術分類について（1）

- 本WGでは技術を、需要部門（産業部門、民生部門、運輸部門の3つ）とエネルギー供給部門、非エネルギー部門に整理した。
- 各部門における低炭素関連技術のうち、特に“2050年の二酸化炭素80%削減に資する技術”を対象とした。

■低炭素関連技術は以下の分解式を基本として整理・分類。

CO₂排出の分解式
需要側

$$\text{満足度} \times \frac{\text{サービス}}{\text{満足度}} \times \frac{\text{エネルギー消費量}}{\text{サービス}} \times \frac{\text{CO}_2\text{排出量}}{\text{エネルギー消費量}} = \text{CO}_2\text{排出量}$$

①ライフスタイルの見直し

②満足あたり必要サービス削減技術

③サービスあたりエネルギー消費削減技術

④⑤低炭素エネルギー利用技術

供給側

$$\text{二次エネ供給量} \times \frac{\text{一次エネ供給量}}{\text{二次エネ供給量}} \times \frac{\text{CO}_2\text{排出量}}{\text{一次エネ供給量}} = \text{CO}_2\text{排出量}$$

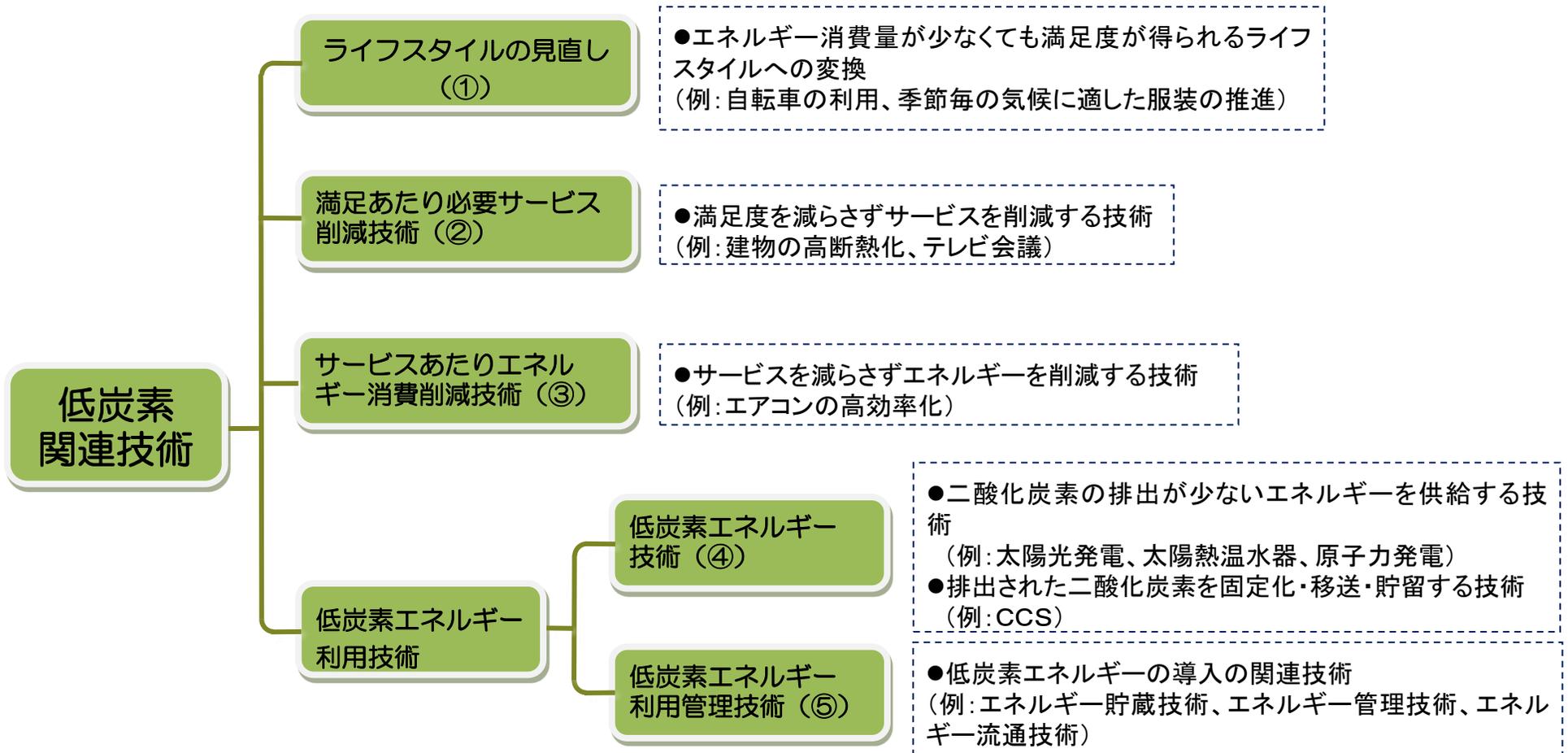
エネルギー消費削減技術

④⑤低炭素エネルギー利用技術

技術分類について（2）

■各技術は分解式の要素に応じて以下に分類・整理した。

低炭素関連技術の分類



■次ページ以降において、各部門の主な低炭素技術をまとめる。また2050年におけるCO₂削減量推計値を求めるため、これらの低炭素技術から**CO₂削減量が推定できる技術を選定**した。

定量化の検討を行った対策技術

- 対策技術のうち、技術WGにおいて定量化の検討を行った技術を以下に列挙する。

部門名	サービス種	技術例
産業	素材生産	素材需要削減技術、革新的鉄鋼技術、革新的セメント技術、革新的石油化学技術、革新的ガラス技術、産業用CCS
	汎用的機器等	高効率動力技術、産業用ヒートポンプ、燃料転換(石炭・石油からガス)
	非製造業	農林水産業の省エネ化
民生	室内を明るくする	必要照明量の見直し、人工照明量の削減、高効率照明
	室温を快適に保つ	熱負荷量の削減、高効率空調システム
	お湯を使う	高効率給湯システム、太陽熱温水器
	家事・情報・業務	段階・小分けスイッチ、高効率家電機器、高効率業務用電気機器、高効率IT機器
運輸	横断	機器の効率的運用技術
	目的地への移動(人)	移動の削減、旅客輸送管理システム
	目的地への移動(貨物)	貨物輸送管理システム、高効率船舶、高効率鉄道、高効率航空機
	横断	移動の仕方の見直し、内燃自動車燃費改善、次世代自動車、バイオ燃料、EV充電管理技術
エネルギー供給	電力	高効率火力発電、高効率送配電、再生可能エネルギー発電、発電用CCS、次世代電力需要管理システム、水素製造・利用技術
	熱・燃料	低炭素熱供給、水素製造・利用技術、バイオ燃料
非エネルギー		産業用CCS、肥料・排泄物等の技術及び管理、低GWPガス、廃棄物処理

定量化の検討を行った対策技術の一覧（民生部門の場合）

- 定量化を検討した技術をスライド10に列挙したが、これらの技術についてスライド9の「低炭素関連技術の分類(①～⑤)」に基づいて部門毎に整理したものを下表に示す。(民生部門のみ、他の部門について参考資料参照)

低炭素関連技術の分類(民生部門)

GHG削減のタイプ	サービス種			
	室内を明るくする	室温を快適に保つ	お湯を使う	家事・情報・業務
① ライフスタイルの見直し	必要照明量の見直し			
② 満足あたり必要サービス削減技術	人工照明量の削減 採光技術	熱負荷量の削減 高性能断熱材、高断熱・遮熱窓、次世代断熱材(真空断熱材等)、通風利用、採光・遮光	給湯量等の削減 浴槽断熱、節水シャワー	高効率家電機器、高効率業務用電気機器 待機時電力削減技術 高効率IT機器 待機時電力削減技術、IT機器集約・管理技術
	機器の効率的運用技術 HEMS・BEMS・CEMS			
③ サービス当たりエネルギー消費削減技術	高効率照明 高効率蛍光灯、高効率電球型蛍光灯ランプ、LEDランプ、有機EL、次世代照明	高効率空調システム 高効率ヒートポンプ空調機、高効率ボイラー、地中熱ヒートポンプ、放射式冷暖房	高効率給湯システム ヒートポンプ式給湯器、潜熱回収型給湯器、燃料電池コージェネ、地中熱ヒートポンプ	高効率家電機器、高効率業務用電気機器 高効率冷蔵庫、高効率掃除機、高効率調理機器 高効率IT機器 PC、サーバ、ディスプレイ、ルータ、モジュラー冷却
④ 低炭素エネルギー技術			太陽熱温水器 太陽熱温水器、ソーラーシステム	
⑤ 低炭素エネルギー利用管理技術				

3. 2050年排出削減の可能性について

(1) 全体

① 社会・経済シナリオ／ケース設定

- 2050年の推計に当たり、昨年度のロードマップ検討において2020年・2030年検討に用いた社会や経済の延長上にある社会を前提とした。

	1990年	2010年	2050年
国内総生産(実質)	454兆円	538兆円	837兆円
人口	1億2361万人	1億2765万人	9700万人
世帯数	4116万世帯	5232万世帯	4820万世帯
業務床面積	12億8500万m ²	18億3400万m ²	18億9600万m ²
粗鋼生産量	1億1200万トン	1億1100万トン	8500万トン
セメント生産量	8680万トン	5610万トン	5000万トン
旅客輸送量	1兆1300億人km	1兆2900億人km('08)	1兆1400億人km
貨物輸送量	5470億トンkm	5580億トンkm('08)	6870億トンkm

注)業務床面積、貨物輸送量についてはGDPの増加に伴い活動量も増加すると想定したため、2010年よりも増加している。

- 技術による削減可能性の検討のため、以下の2つのケースの推計を行い、比較を行った。

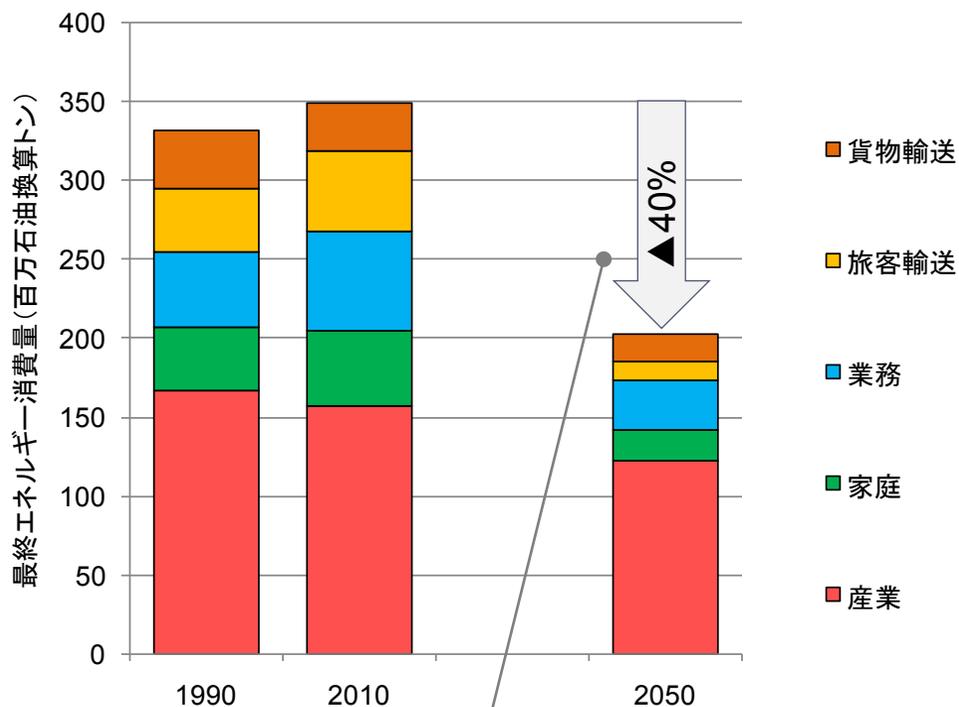
- **ストック固定ケース**: 基準年における技術効率や技術の普及率が基準年のまま将来にわたり普及すると想定したケース。削減要素ごとの削減量を算定する上で比較対象として推計。
- **対策ケース**: 低炭素社会の実現に資する技術について、効率改善の経路と機器の寿命を踏まえて、2050年のストック平均効率と導入可能量を想定し、2050年の削減可能性について検討した。なお、経済性については導入の判断基準としていない。

② 2050年 低炭素社会を構築する主たる技術

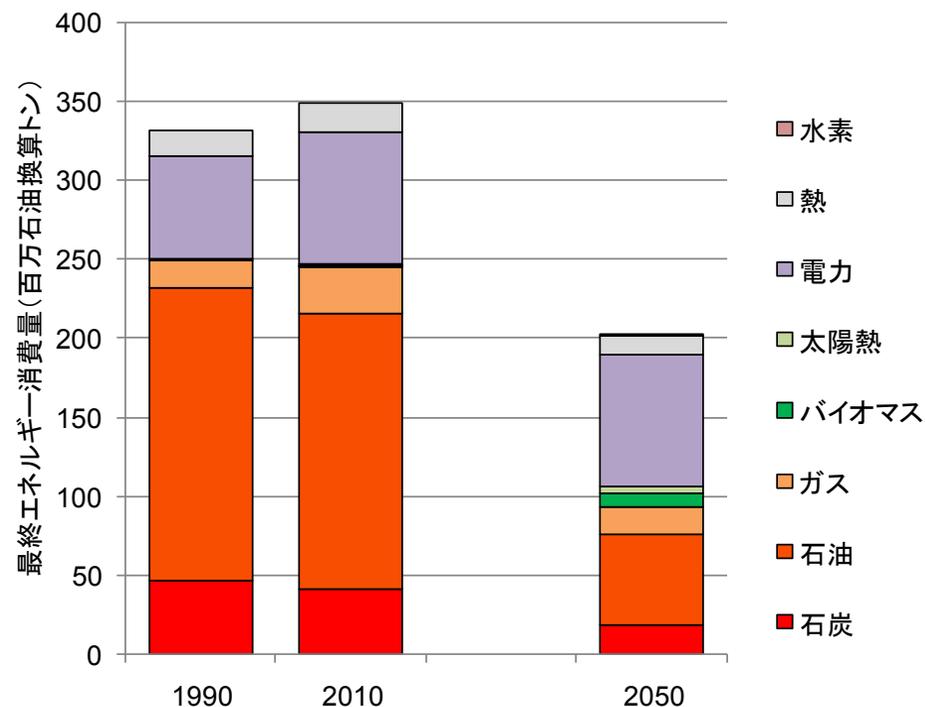
削減要素	ものづくり	すまい オフィス・店舗など	交通・物流	エネルギー 供給
①ライフスタイルの見直し			カーシェアリング エコドライブ	
②満足あたり必要サービス削減技術 (=無駄なエネ消費の根源を削減)	高加価値製品開発	建物の断熱化 ・全ての住宅・建築物が高断熱 HEMS・BEMS ・全ての住まい・オフィスに設置	SCM 公共交通機関 モーダルシフト	
③サービスあたりエネルギー消費削減技術 (=省エネ機器の更なる省エネ改善)	革新的技術 ・水素還元製鉄 ・内部熱交換型蒸留塔(石化) ・低温焼成(セメント) など	高効率電気機器 ・高効率家電・動力機器・情報機器 高効率照明 ・照明効率 現状蛍光灯比 2倍超 ヒートポンプ給湯 ・現状比 1.5倍超	次世代自動車 ・100% 次世代自動車(乗用車) 高効率貨物車 ・高効率 ディーゼル貨物自動車 電池電車・路面電車 ハイブリッド電車	高機能火力 ・高効率石炭火力 (A-IGCC, A-IGFC) ・高効率ガス火力 ・高効率石油火力
④低炭素エネルギー技術 (=低炭素エネルギーの徹底利用)	ガス化・電化 ・高温熱需要: 石炭・石油→ガス ・低温熱需要: ヒートポンプ CCS ・鉄鋼, セメント, 石油化学	太陽光・熱 ・太陽光発電 約2億5000万kW (メガソーラー含む) ヒートポンプ利用 ・空調・給湯器・乾燥機	電化促進 バイオ燃料 ・自動車用燃料 20%混合	再生可能エネ ・太陽光, 風力, 地熱, 中小水力, バイオマス, 海洋エネなど 新燃料技術 CCS ・全ての火力発電所に設置
⑤低炭素エネルギー利用管理技術	分散EMS技術	分散EMS技術 分散EV技術管理技術 ・揚水発電、バッテリー、スマートメータ、ヒートポンプ給湯器、再エネ出力予測技術、再エネ出力制御機能など	交通管理技術 充電管理技術	PV・風力発電予測技術 PV・風力運用管理技術
その他	フロンガスのゼロエミッション化			
2050年の姿	世界トップランナー効率によるものづくり	ゼロエミッション住宅 ゼロエミッション建築物	低炭素交通網・物流網 次世代自動車100%	ゼロエミッション電源

③ 最終エネルギー消費量

- 2050年の最終消費部門では、特に民生部門と運輸部門において大幅な省エネと電化が実現し、最終エネルギー消費量が現状の4割程度削減されている。

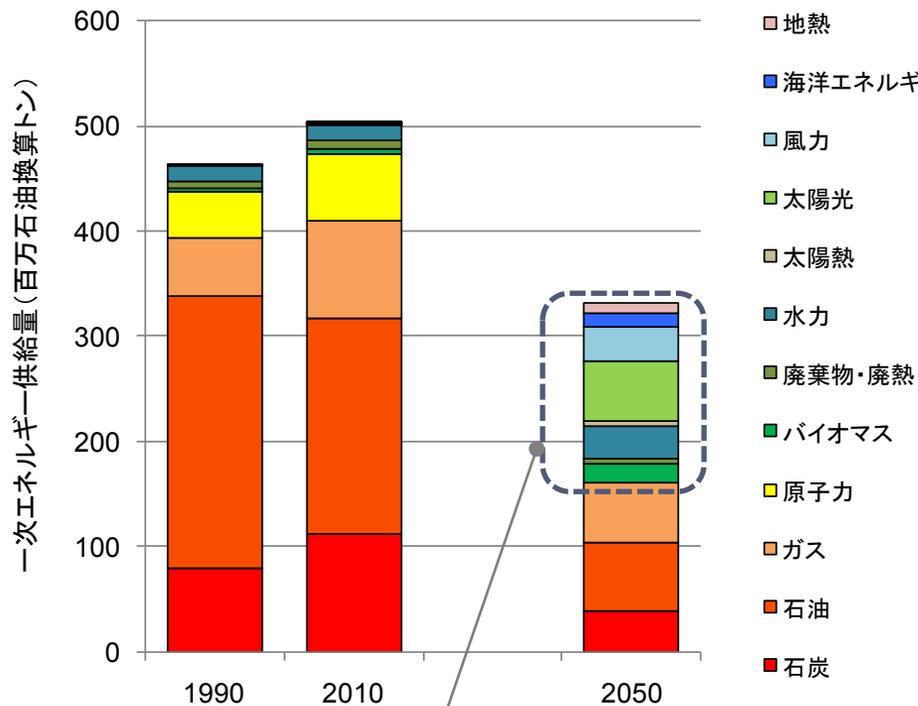


革新的省エネの実現

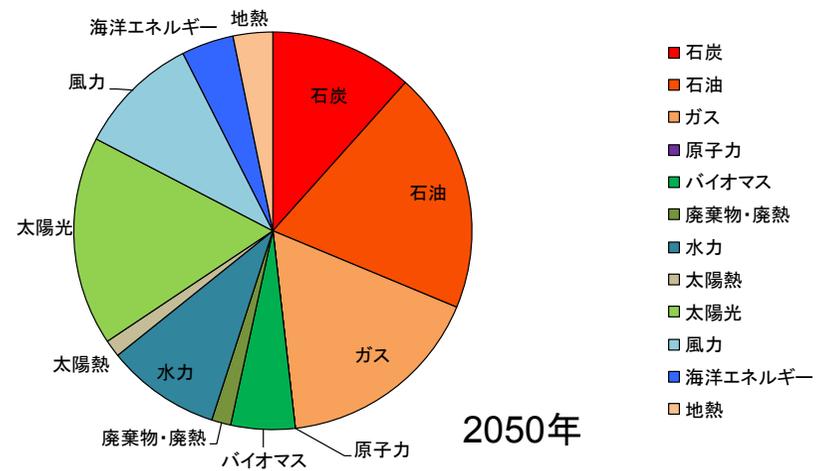
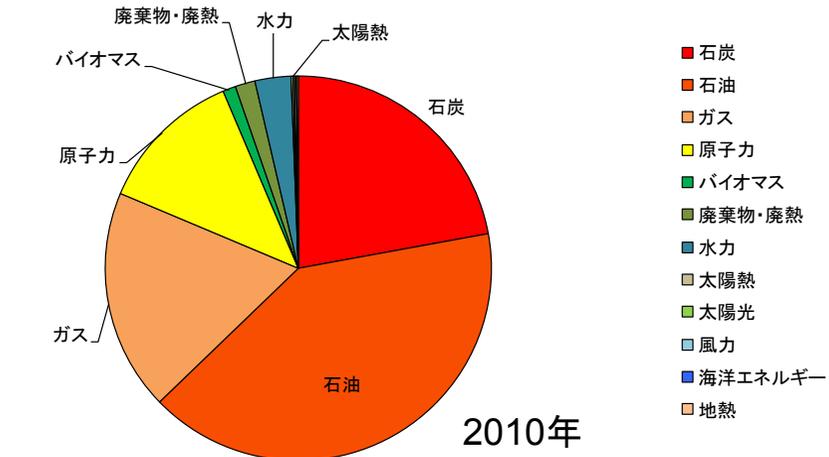


④ 一次エネルギー供給量

2050年にはエネルギーの低炭素化が進み、一次エネルギー消費量に占める再生可能エネルギーの比率が約5割となっている。

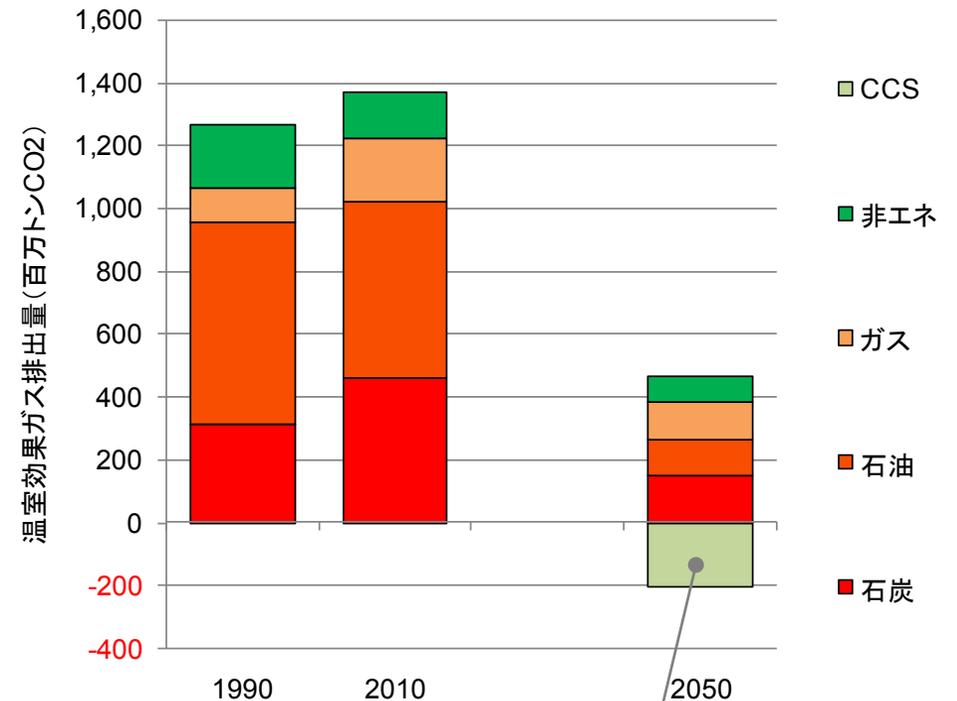
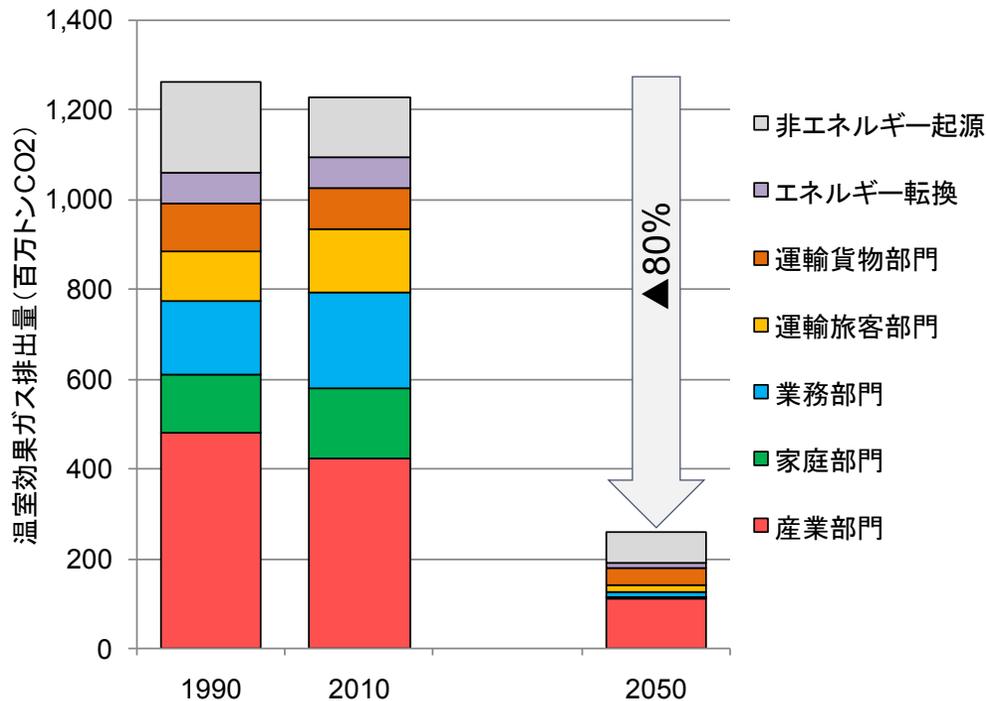


自然エネルギーの徹底活用



⑤ 温室効果ガス排出量

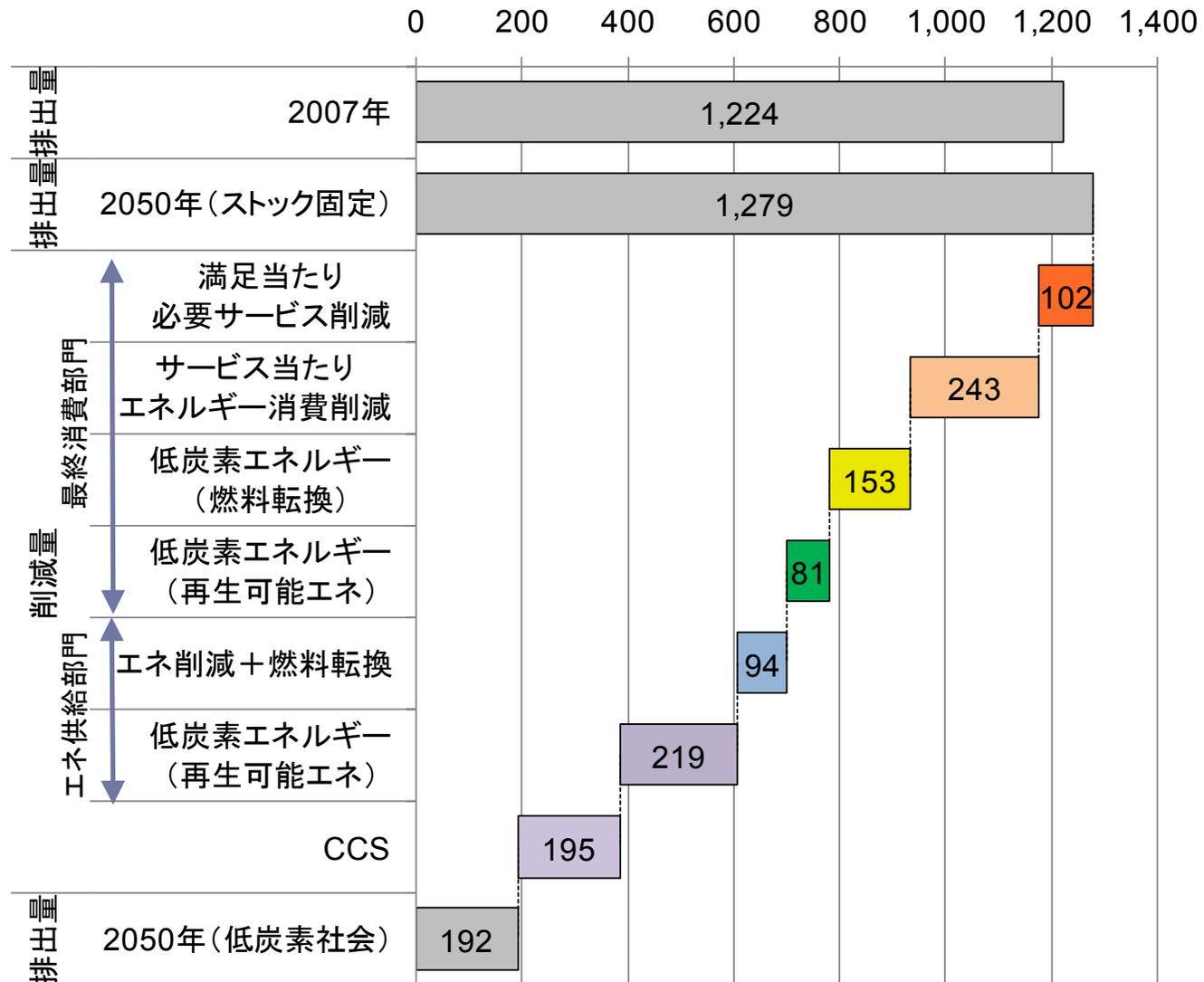
- 2050年において前述の技術(スライド13)の組み合わせによって▲80%削減が達成するための姿が示唆された。その際に必要なCCSの量は2億トンCO₂/年である。
- 2050年において排出量が大きな部門は、産業部門、運輸貨物部門、非エネルギー起源である。



CO₂を回収して貯蔵

⑥ 削減要因別の削減量

エネルギー起源CO2排出量・削減量(百万トンCO2)



(参考)削減要因ごとの削減量の推計

○ 削減要因分解

最終エネルギー需要部門

$$\text{CO}_2\text{排出量} = \text{満足度} \times \frac{\text{サービス}}{\text{満足度}} \times \frac{\text{エネルギー消費量}}{\text{サービス}} \times \frac{\text{CO}_2\text{排出量(固定)}}{\text{エネルギー消費量}} \times \frac{\text{CO}_2\text{排出量(低減)}}{\text{CO}_2\text{排出量(固定)}}$$

満足あたり必要 サービス削減技術	サービスあたり エネルギー消費 削減技術	燃料転換 再生可能 エネ 低炭素エネルギー利用技術	CCS エネルギー 転換部門の対策
---------------------	----------------------------	------------------------------------	-------------------------

エネルギー転換部門

$$\text{CO}_2\text{排出量} = \text{二次エネルギー供給量} \times \frac{\text{一次エネ供給量}}{\text{二次エネ供給量}} \times \frac{\text{CO}_2\text{排出量}}{\text{エネルギー消費量}}$$

(安定供給)

サービスあたり エネルギー消費 削減技術	燃料転換 再生可能 エネ 低炭素エネルギー利用技術	CCS
----------------------------	------------------------------------	-----

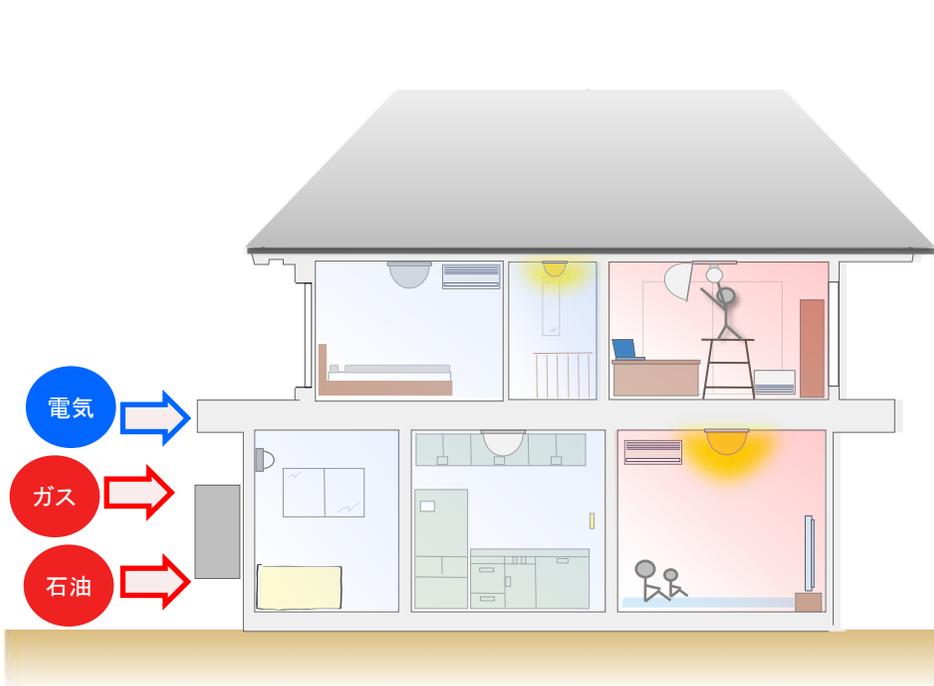
※ 固定: 排出係数を基準年における値を用いて将来排出量を推計した場合
 低減: 排出係数を当該年における値を用いて将来排出量を推計した場合

(注) エネルギー転換部門の二次エネルギー供給については、安定的に供給されることを前提として検討した。

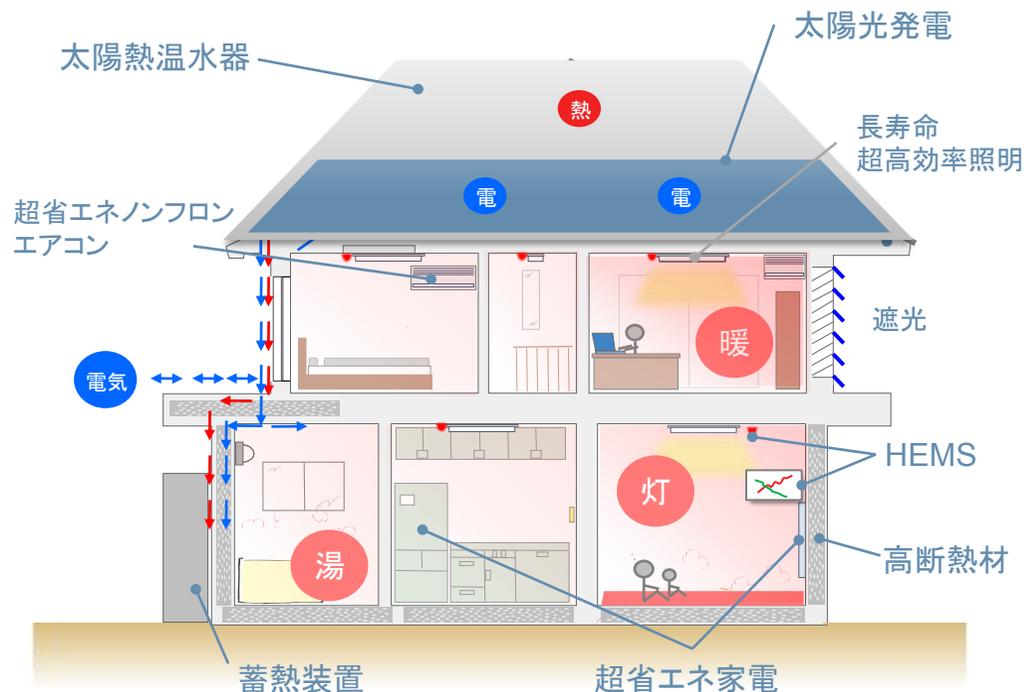
3. 2050年排出削減の可能性について (2) 民生部門

① 2050年の住まいの姿

住宅本体の工夫、省エネ機器の利用、自然エネルギーの活用、エネルギーの賢い利用などによって、必要なエネルギーを本当に必要な分だけ利用することで低炭素な住まいを実現するとともに、快適性・安全性を高めた住まい。



【低炭素技術を装備していない住まいのイメージ】



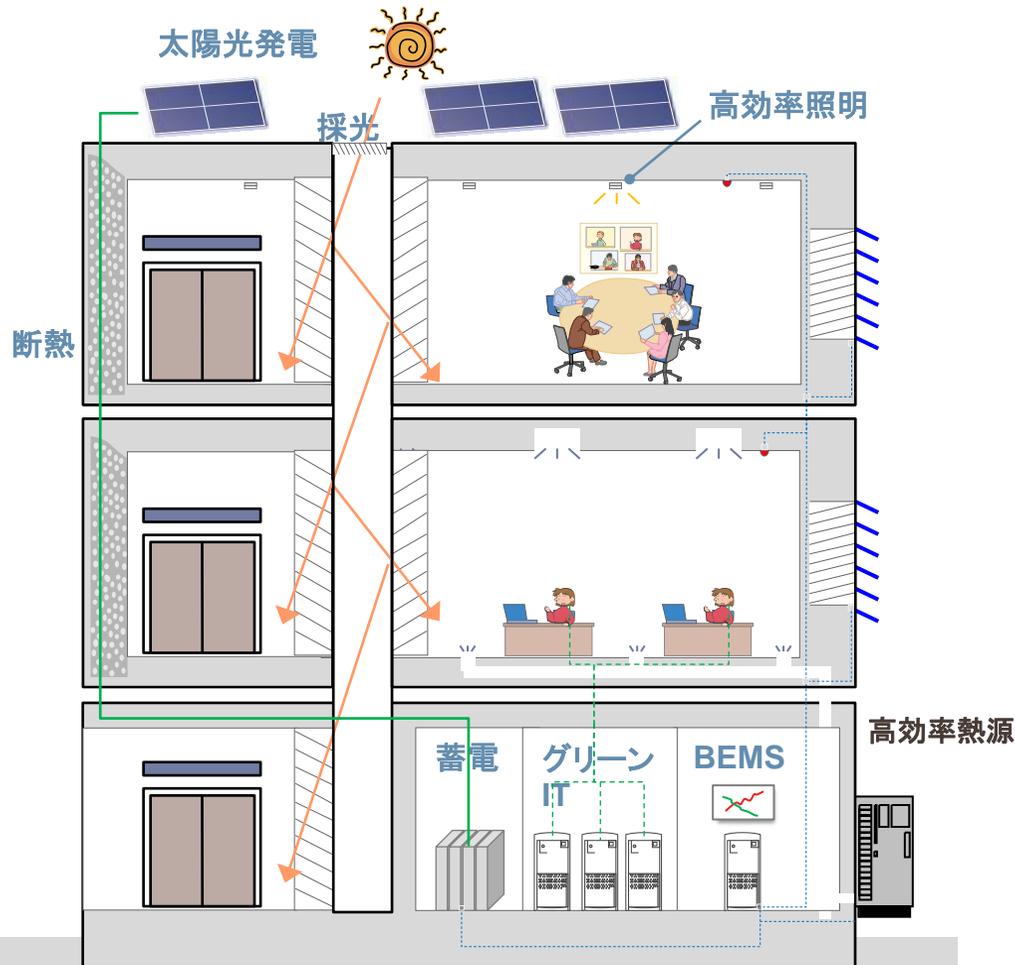
【低炭素技術を装備した住まいのイメージ】

<その他に導入が想定される主な技術>

- ・ 二重の外壁とその間の緩衝空間によって建物の冷暖房負荷を削減する手法
- ・ 自然の風を上手に建物内に取り込んで冷房負荷を削減する手法
- ・ 自然光を室内に取り込み照明用電力を削減する手法
- ・ 地中熱の恒温性を冷暖房に利用する技術
- ・ 省エネ型の輻射式冷暖房システム(床暖房など)
- ・ 換気による冷暖房負荷増加を抑制する換気装置
- ・ 夜間の外気を取り込む自然換気システム冷房 など

② 2050年のオフィスの姿

建物本体の工夫、省エネ機器の利用、自然エネルギーの活用、エネルギーの賢い利用などによって、必要なエネルギーを本当に必要な分だけ利用することで低炭素なオフィスを実現するとともに、快適性・耐災害性・効率性を高めたオフィス。



<その他に導入が想定される主な技術>

- ・ 二重の外壁とその間の緩衝空間によって建物の冷暖房負荷を削減する手法
- ・ 自然の風を上手に建物内に取り込んで冷房負荷を削減する手法
- ・ 自然光を室内に取り込み照明用電力を削減する手法
- ・ 地中熱の恒温性を冷暖房に利用する技術
- ・ 省エネ型の輻射式冷暖房システム(床暖房など)
- ・ 換気による冷暖房負荷増加を抑制する換気装置
- ・ 夜間の外気を取り込む自然換気システム冷房 など

【低炭素技術を装備したオフィスのイメージ】

③民生部門の効率の見通し

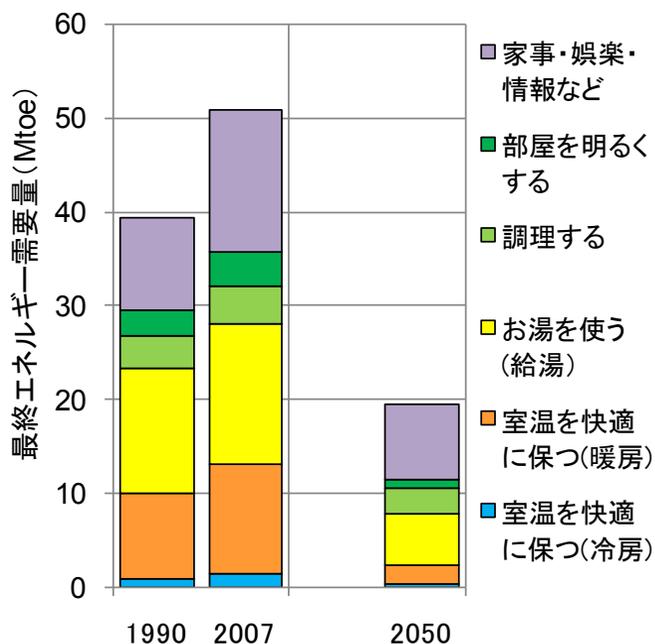
■対策技術の効率見通し

対策技術	効率指標	単位	現状	2020	2030	2040	2050
住宅外皮性能向上技術	冷暖房 エネルギー消費指数	2009=100	100	84	68	55	47
建築物省エネ化技術	冷暖房 エネルギー消費指数	2009=100	100	86	76	67	61
家庭用エアコン(冷房時)	成績係数 (販売ベース)	COP	4.8	6.5	8.0	8.0	8.0
家庭用エアコン(暖房時)	成績係数 (販売ベース)	COP	5.5	6.9	8.0	8.0	8.0
家庭用ヒートポンプ給湯器	成績係数 (販売ベース)	COP	4.9	5.5	6.0	6.3	6.5
家庭用冷蔵庫	エネルギー消費原単位 (販売ベース)	2009=100	100	60	44	44	44
家電総合効率	エネルギー消費原単位 (保有ベース)	2009=100	100	76	67	63	60
照明技術	照明効率 (販売ベース)	lm/W	85	135	200	200	200
業務用電気ヒートポンプ空調 (中央熱源方式)	成績係数 (販売ベース)	COP	5.5	6.8	8.0	8.0	8.0
業務用電気ヒートポンプ空調 (個別分散熱源方式)	成績係数 (販売ベース)	COP	4.2	4.6	5.0	5.5	6.0

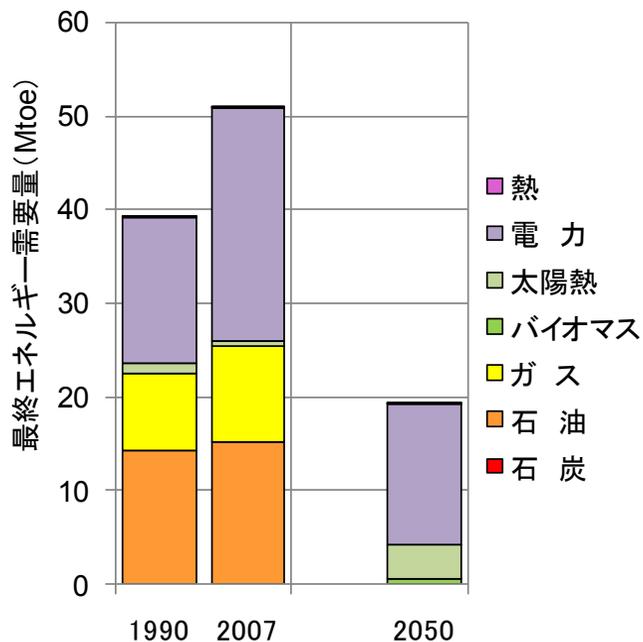
(参考)太陽光発電(住宅・非住宅、メガソーラーを含む)は2050年に24,780万kW。(ポテンシャル調査等を前提とした。)

④ 家庭部門 エネルギー消費量・CO₂排出量

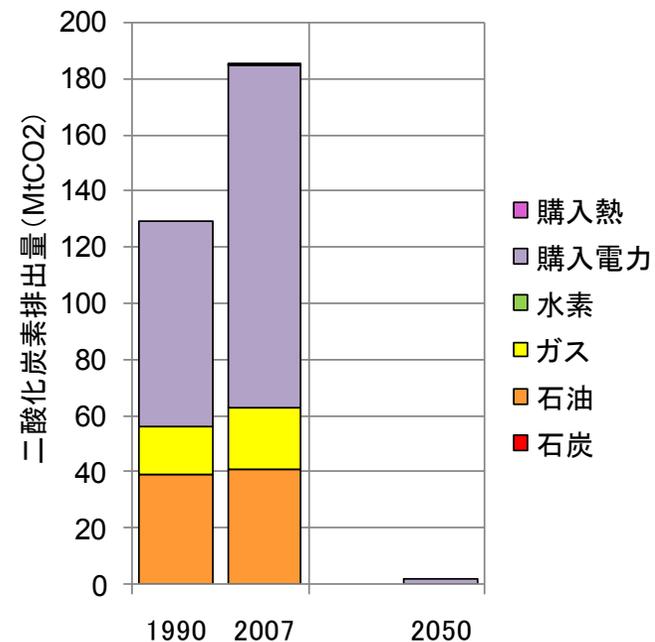
・最終エネルギー消費量は現状より6割減。消費エネルギーに占める電気の割合は約8割。ほぼゼロエミッションを達成。



【用途別最終エネルギー消費量】



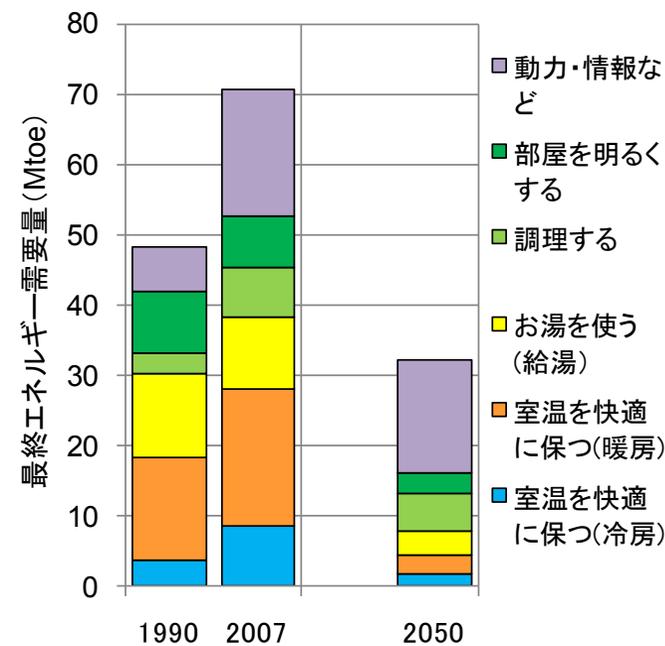
【エネルギー種別最終エネルギー消費量】



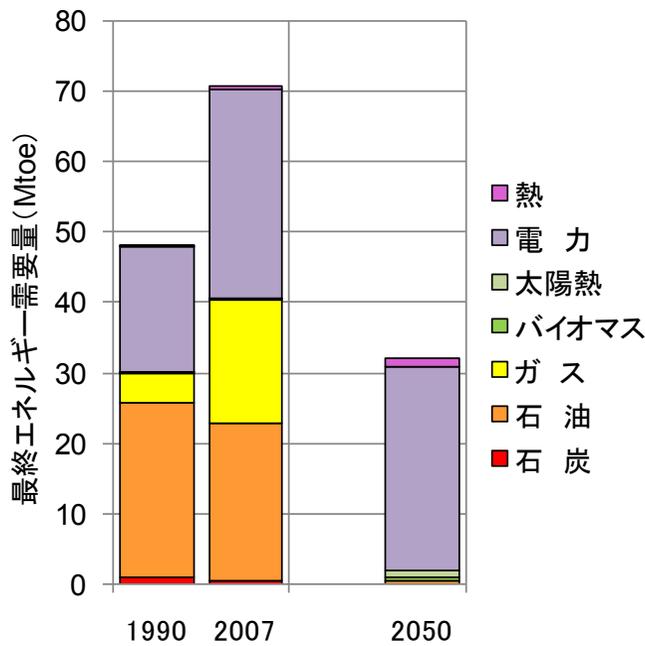
【CO₂排出量】

⑤ 業務部門 エネルギー消費量・CO₂排出量

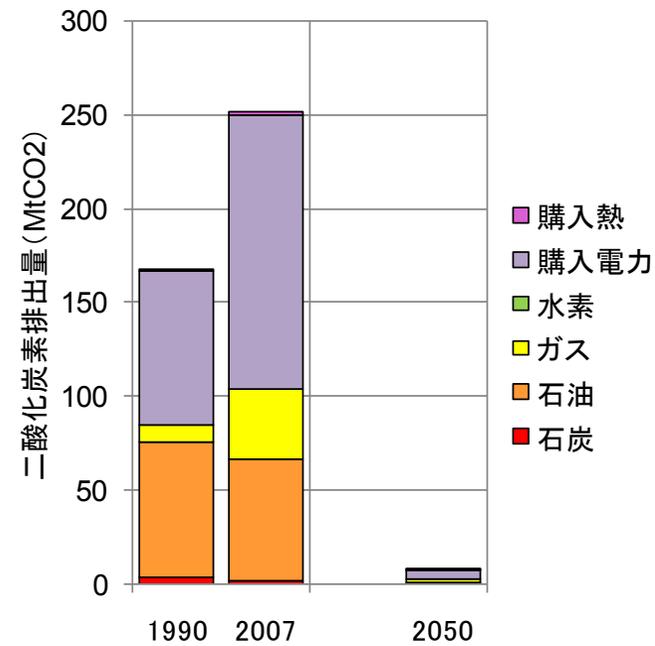
・最終エネルギー消費量は5割以上削減。消費エネルギーに占める電気の割合は75%。ほぼゼロエミッションを達成。



【用途別最終エネルギー消費量】



【エネルギー種別最終エネルギー消費量】



【CO₂排出量】

⑥ 民生部門：低炭素社会の構築に向けた技術の方向性(案)

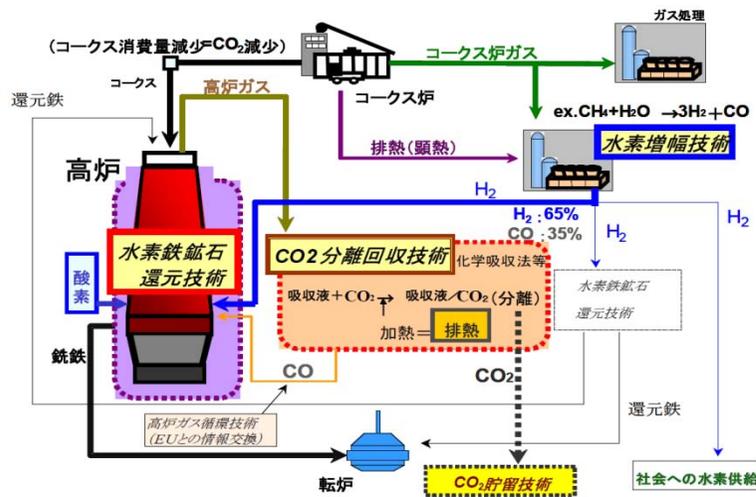
GHG削減 のタイプ	サービス種			
	室内を明るくする	室温を快適に保つ	お湯を使う	家事・情報・業務など
①ライフスタイルの見直し	シェアハウスの開発と普及 業務の再生可能エネルギーの豊富な地域への移動			レンタル・リース機器の普及・拡大
②満足あたり必要サービス削減技術	自然の光を取りこむ技術 高度採光技術	自然の熱・光・風の取込を調整しつつ、建物内の暖気・冷気を逃がさない建築技術の適用範囲の拡大 断熱建築・採光・通風/遮光技術・パッシブ	浴槽・浴室内の熱を逃がさない技術 魔法瓶浴槽	
	無駄な機器稼働を徹底的に排除する技術・システムの低コスト化・適用範囲の拡大 HEMS・BEMSの活用、建物と一体化した効率的な運用による省エネ			
③サービスあたりエネルギー消費削減技術	LED・有機EL等の次世代照明の超高効率化・適用範囲の拡大 高効率照明	ヒートポンプ技術の高效率化・適用範囲の拡大 高効率空調システム(含寒冷地の地中熱利用)	高効率給湯システム(含寒冷地の地中熱利用)	家電やオフィス機器の超省エネ化 高効率家電機器 高効率業務用電気機器 高効率IT機器
④低炭素エネルギー技術	化石燃料を燃焼する機器から低炭素エネルギー利用機器への転換 ペレットストーブ・HP冷暖房			太陽熱温水器・電気HP給湯
	太陽光発電の高出力化・低コスト化・安全管理 セル技術、モジュール技術、BOS技術、施工技術、分散エネルギーシステム管理システム(台帳管理、抑制管理、故障管理、設備・廃棄管理)			
⑤低炭素エネルギー利用管理技術	スマートメータを通じた需要調整や消費者による低炭素電源選択を可能にするシステムの開発 スマートメータ(ダイナミックな料金情報と使用実績による課金情報)、需要調整システム(HEMS, BEMS, CEMS)、分散エネマネ対応家電技術			

3. 2050年排出削減の可能性について

(3) 産業部門

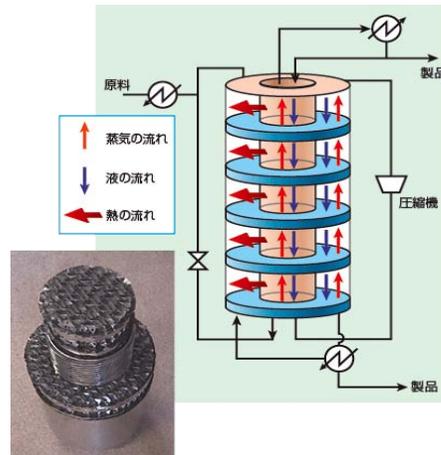
① 2050年の産業部門の姿

- 鉄鋼、石油化学などエネルギー多消費産業については革新的技術が開発・普及し、世界トップランナー効率によるものづくりが行われている。さらに、薄くて強い素材など、使用段階においても低炭素社会を支える製品を供給する。
- 鉄鋼、セメント、石油化学のうち、沿岸域に立地するプラントについてはCCSが設置されている。
- 業種横断的な技術として、モーターや加熱装置の高効率機器や産業用ヒートポンプの普及により、温室効果ガス削減が進んでいる。



出典: 日本鉄鋼連盟「環境調和型製鉄プロセス技術開発」(2008)

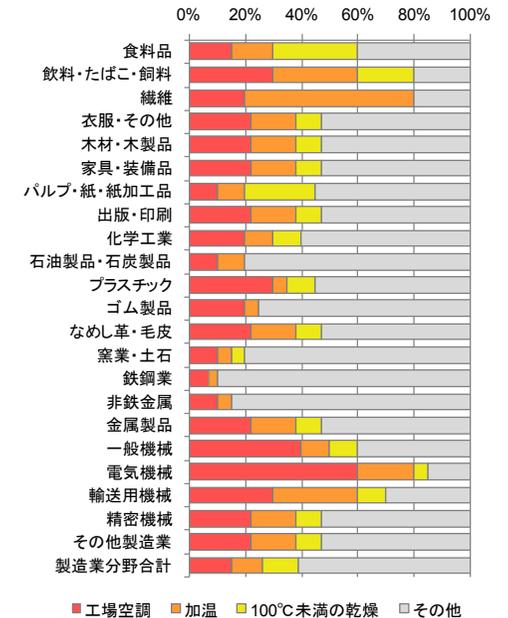
【環境調和型製鉄プロセス技術(COURSE50)】



出典. 産総研 TODAY Vol.6(2006)

【内部熱交換型蒸留塔の基本構造】 【ボイラ用蒸気の用途構成】

エチレン製造工程における革新的技術。



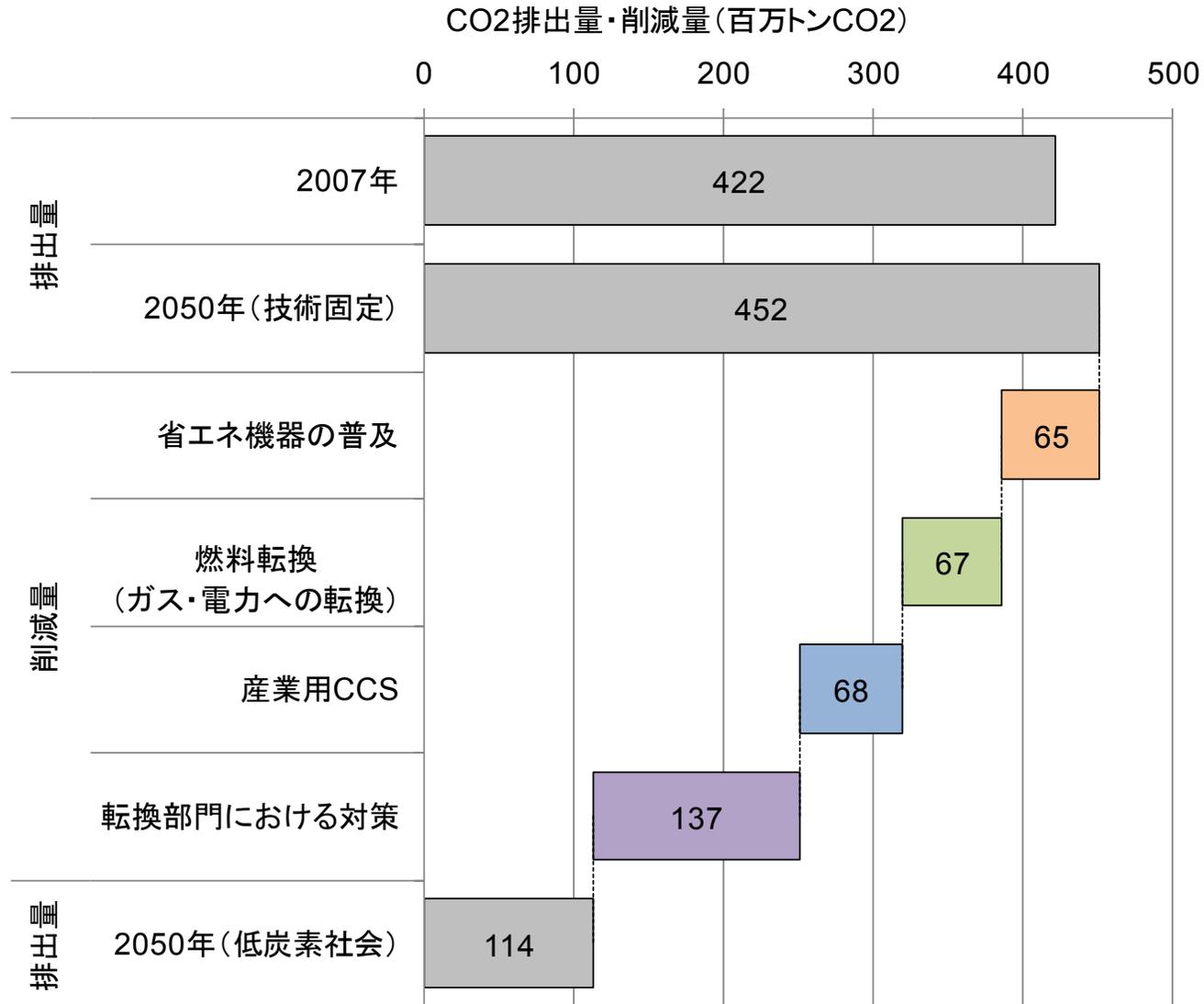
出典: ヒートポンプ・蓄熱センター
「ヒートポンプ・蓄熱白書」より作成

工場空調、加温、100度未満の乾燥の用途は産業HP導入の可能性あり。

② 産業部門の対策技術の効率等の見通し

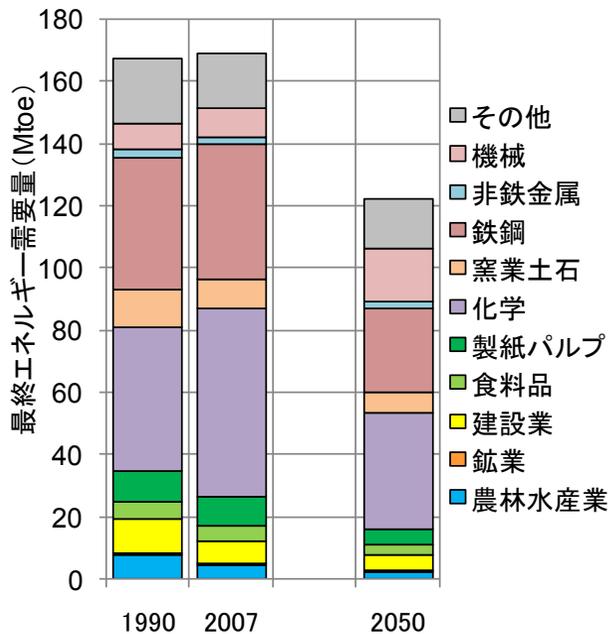
対策技術	対策技術	2050
鉄鋼業	環境調和型製鉄プロセス技術、フォロコークスなど	高炉工程のエネルギー消費 約1割削減
セメント	低温焼成プロセスなど	焼成工程のエネルギー消費 約1割削減
石油化学	内部熱交換型蒸留塔	蒸留塔のエネルギー消費 2割以上削減
ガラス	革新的ガラス溶融プロセス	溶融工程のエネルギー消費 約7割削減
横断的技術	産業用ヒートポンプ	工場用空調、加温、100°C未満乾燥の用途に適用。
横断的技術	高効率モータ、インバータ制御	適用可能な範囲全てに適用 (高効率モータ ▲5%、インバータ制御▲35%)
CCS	産業用CCS	鉄鋼、セメント、石油化学に適用

③ 産業部門 削減要因別の削減量

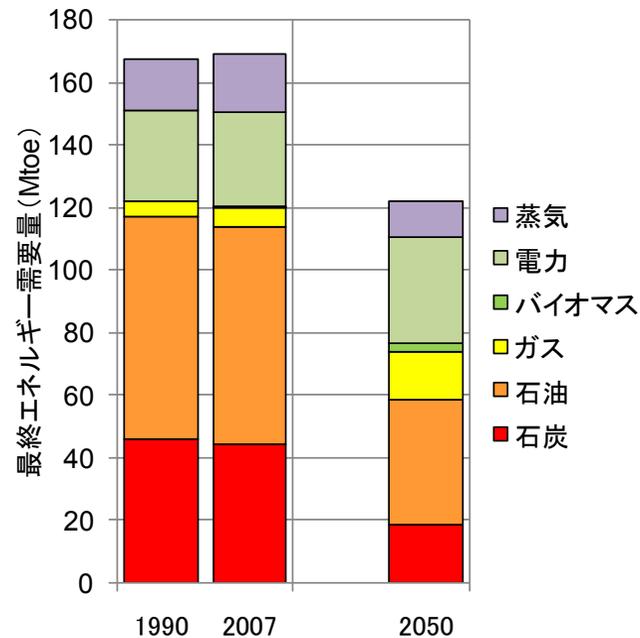


④ 産業部門 エネルギー消費量・CO₂排出量

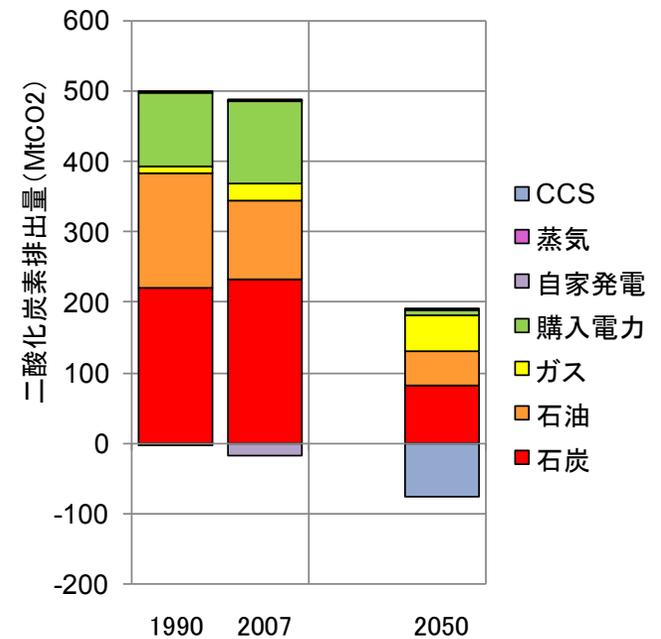
・ 最終エネルギー消費量は3割減。消費エネルギーに占める電気の割合が1割程度増加。CCSで1億トン程度回収。



【業種別最終エネルギー消費量】



【エネルギー種別最終エネルギー消費量】



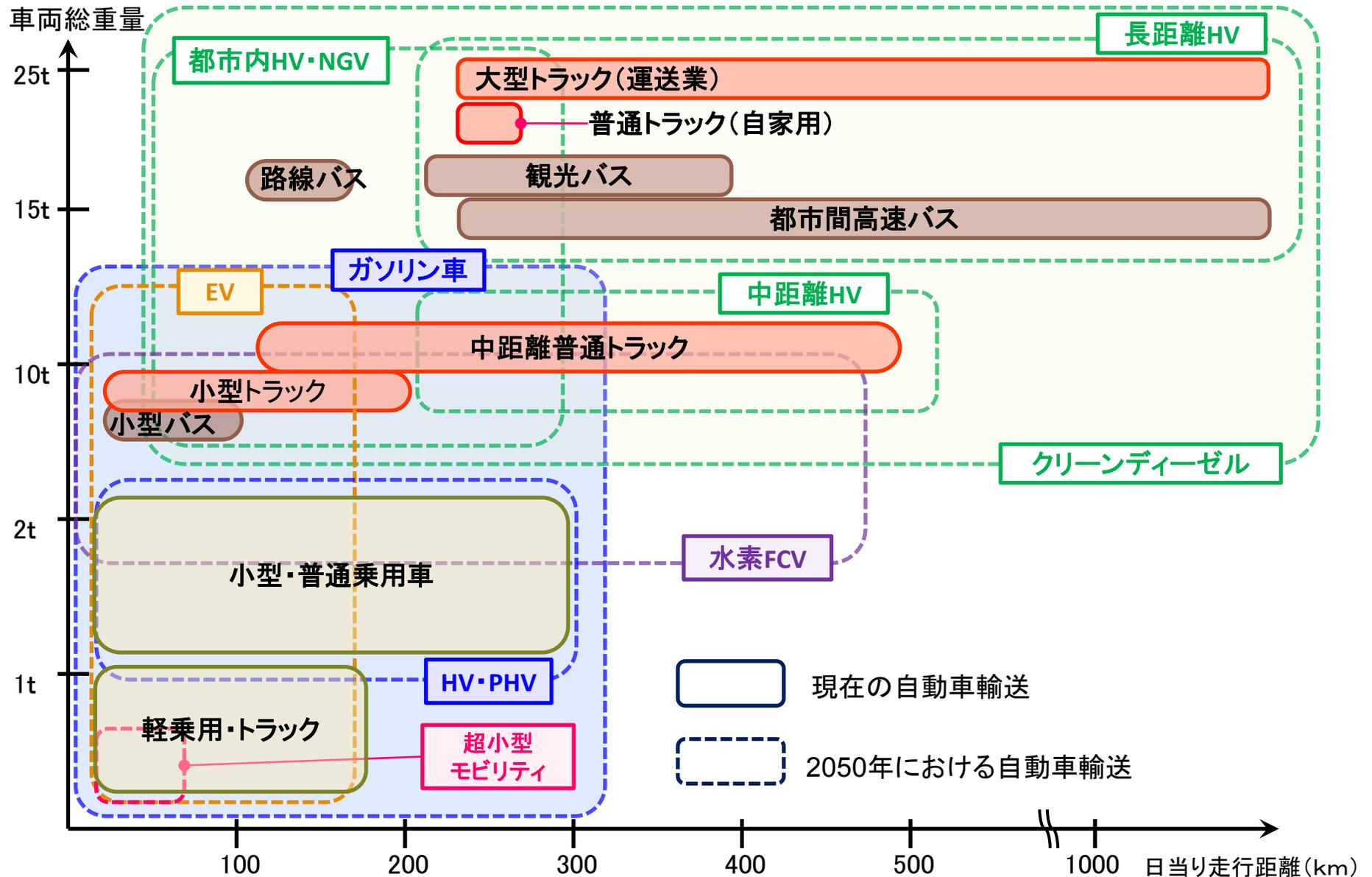
【CO₂排出量】

⑤産業部門：低炭素社会の構築に向けた技術の方向性(案)

GHG削減 のタイプ	サービス種		
	素材生産	汎用的機器等	非製造業
①ライフ スタイル の見直し	再生可能エネルギーの豊富な場所への移動		栽培作物の改良・ 転換
②満足あ たり必要 サービス 削減技術	<p>素材利用量を削減する技術およびシステム</p> <p>電炉鋼から高付加価値製品が生産できるような技術およびシステム</p> <p>需要に応じ無駄な生産・調達・在庫を減らすSCM</p> <p>非バージン鉄の用途拡大、素材利用削減技術、代替材料(プラスチック、ガラス)の開発、電炉鋼高度化・普及拡大</p>		野菜工場、有機 農法(肥料削減)
③サービ スあたり エネル ギー消費 削減技術	<p>世界トップランナーのエネルギー効率を達成する革新的技術の開発</p> <p>革新的鉄鋼技術、革新的セメント技術、革新的石油化学技術、革新的ガラス溶融プロセス技術</p>	<p>汎用的な加熱機器や動力機器の世界 トップランナー効率の実現</p> <p>高効率モータ、インバータ制御、高効率ボイラー、高性能工業炉</p>	農林水産業の省 エネ化 温度管理の電化 ハイブリッド農機 ハイブリッド建機
④低炭素 エネル ギー技術	<p>産業部門のCO2大規模発生源に設置できるCCS技術の開発</p> <p>産業用CCS</p>	<p>高温熱はガス利用、低温熱はヒートポンプとなる新技術の利用</p> <p>燃料転換、産業用ヒートポンプ、誘導加熱などの電化</p>	太陽熱活用

3. 2050年排出削減の可能性について (4) 運輸部門

① 2050年の自動車輸送の姿



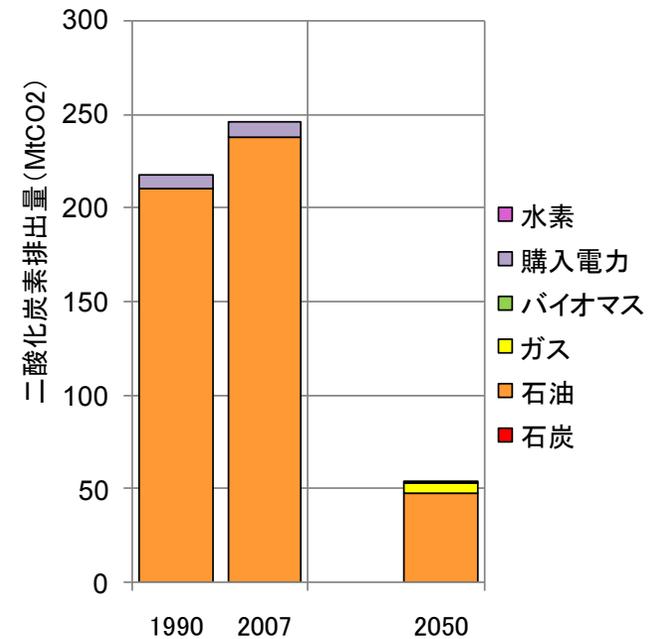
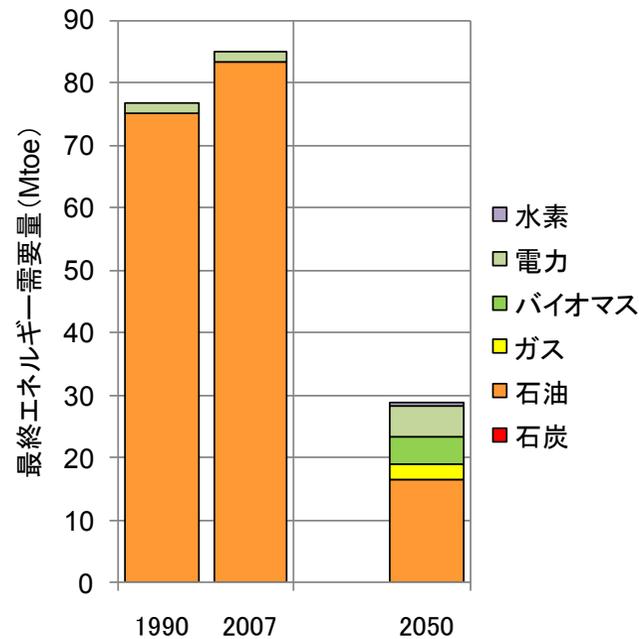
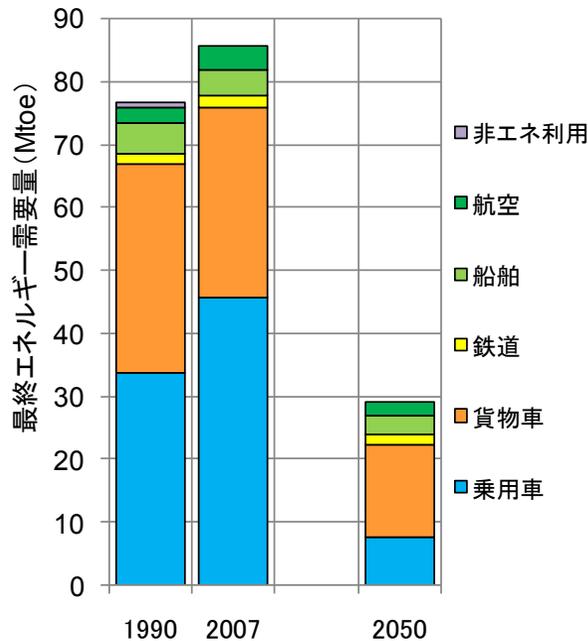
② 運輸部門の対策技術の効率等の見通し

■主要車種の燃費向上[km/L]

車種		2010	2020	2030	2040	2050
小型・普通乗用	在来	15.4	17.8	18.5	19.1	19.6
	EV	32.4	37.5	39.0	40.2	41.4
	S-HV	26.9	31.1	32.4	33.3	34.3
	M-HV	20.9	24.2	25.2	25.9	26.7
	PHV(ガソリン走行時)	26.9	31.1	32.4	33.3	34.3
	PHV(EV走行時)	32.4	37.5	39.0	40.2	41.4
	FCV	27	31.3	32.6	33.5	34.5
普通貨物	在来	5.9	6.4	6.6	6.9	7.1
	EV	12.5	13.4	14.0	14.5	14.9
	都市内HV	7.5	8.1	8.4	8.7	9.0
	長距離HV	6.6	7.1	7.4	7.6	7.9
	都市内HV	5.9	6.4	6.6	6.9	7.1
	中距離NGV	5.9	6.4	6.6	6.9	7.1
	FCV	10.4	11.2	11.7	12.1	12.5
	クリーンD	5.9	6.4	6.6	6.9	7.1

③ 運輸部門 エネルギー消費量・CO2排出量

・ 最終エネルギー消費量は6割以上削減。消費エネルギーに占めるバイオマス・電気・水素の割合が3割程度に。CO2排出量は75%削減。



【輸送手段別最終エネルギー消費量】

【エネルギー種別最終エネルギー消費量】

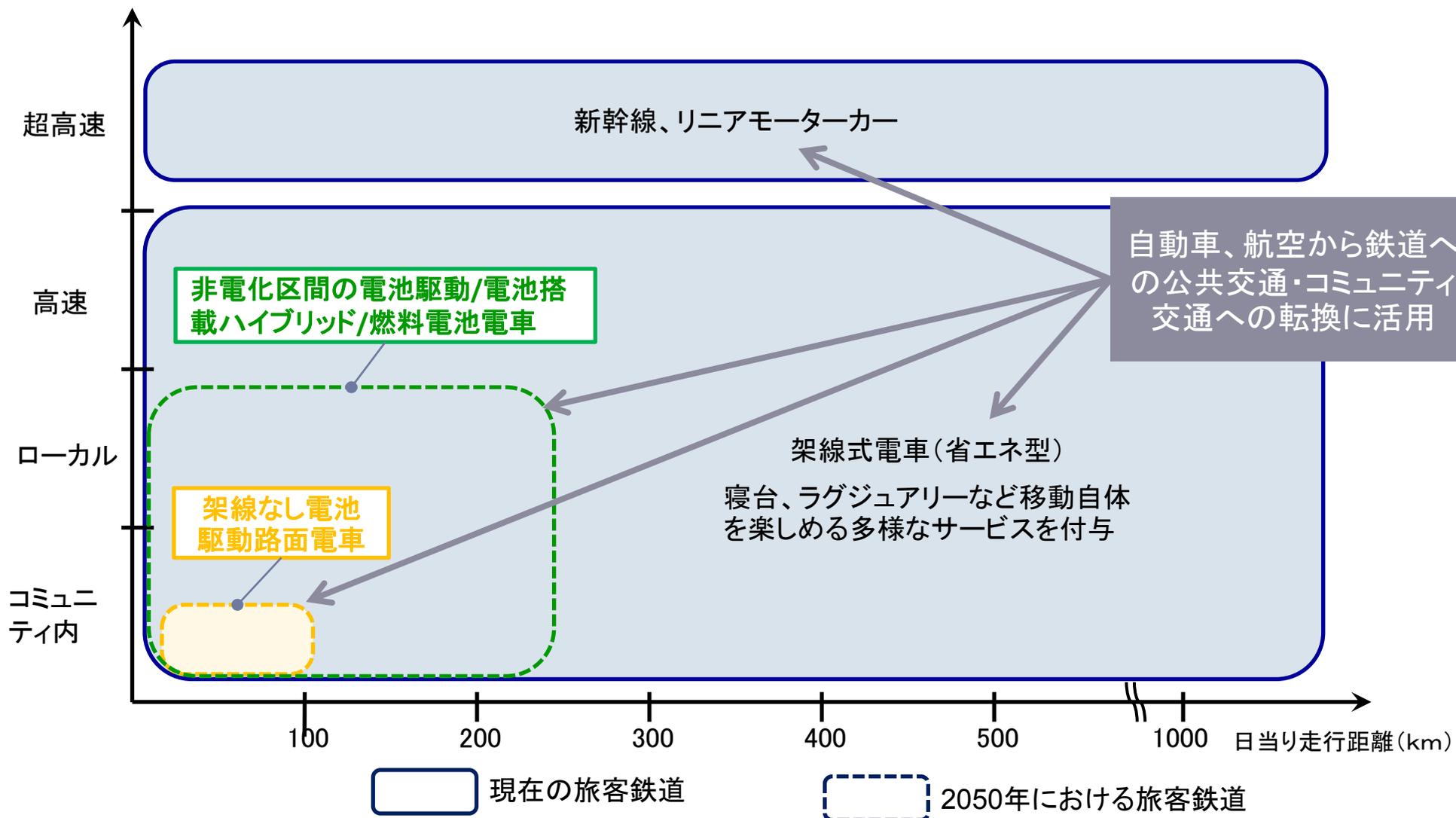
【CO2排出量】

④運輸部門：低炭素社会の構築に向けた技術の方向性(案)

GHG削減のタイプ	サービス種	
	目的地への移動(人)	目的地への移動(貨物)
①ライフスタイルの見直し	レンタル・リースの普及・拡大	
	不必要な移動・輸送を省略化する技術・システム	
	移動目的の見直しによる移動量削減	
	次世代カーシェアリングの普及・拡大、テレビ会議	個別配送の共同化、配送先の共有化
②満足あたり必要サービス削減技術	効率的な輸送手段の組み合わせを行う移動・輸送調整システム	
	公共交通、コミュニティ交通の活用 旅客輸送管理システム(ITS含む)	モーダルシフト、共同配送の普及・拡大 貨物輸送管理システム(ITS含む)
③サービスあたりエネルギー消費削減技術	モータ駆動式自動車の低コスト化・脱レアメタル依存・長距離輸送の実現	
	車体全体の工夫による実走行燃費の向上	
	内燃自動車燃費改善、次世代自動車の開発、(架線レス路面電車、電池電車、電池付ハイブリッド電車)	高効率トラック、高効率船舶、高効率鉄道、高効率航空機
④低炭素エネルギー技術	次世代自動車・鉄道用エネルギーの供給インフラの構築	
	食糧生産や森林を脅かすことのないバイオ燃料の生産方法の確立	
	EV充電スタンドの低コスト化と普及、鉄道の電化、水素ステーションの低コスト化と普及、第二世代バイオ燃料の導入	
⑤低炭素エネルギー利用管理技術等	電気自動車用バッテリーに再エネ発電の負荷調整機能を担わせるシステムの開発	
	レアメタル使用率の極めて小さい省エネ機器の開発、レアメタルを容易にリサイクル・リユースできるシステムづくり	
	充電管理システム、蓄電技術(キャパシタ、ポストリチウムイオン電池、揚水発電)、水素利用技術、電力管理システム、スマートメータ	

⑤ 低炭素社会の構築に向けた技術の方向性の一例

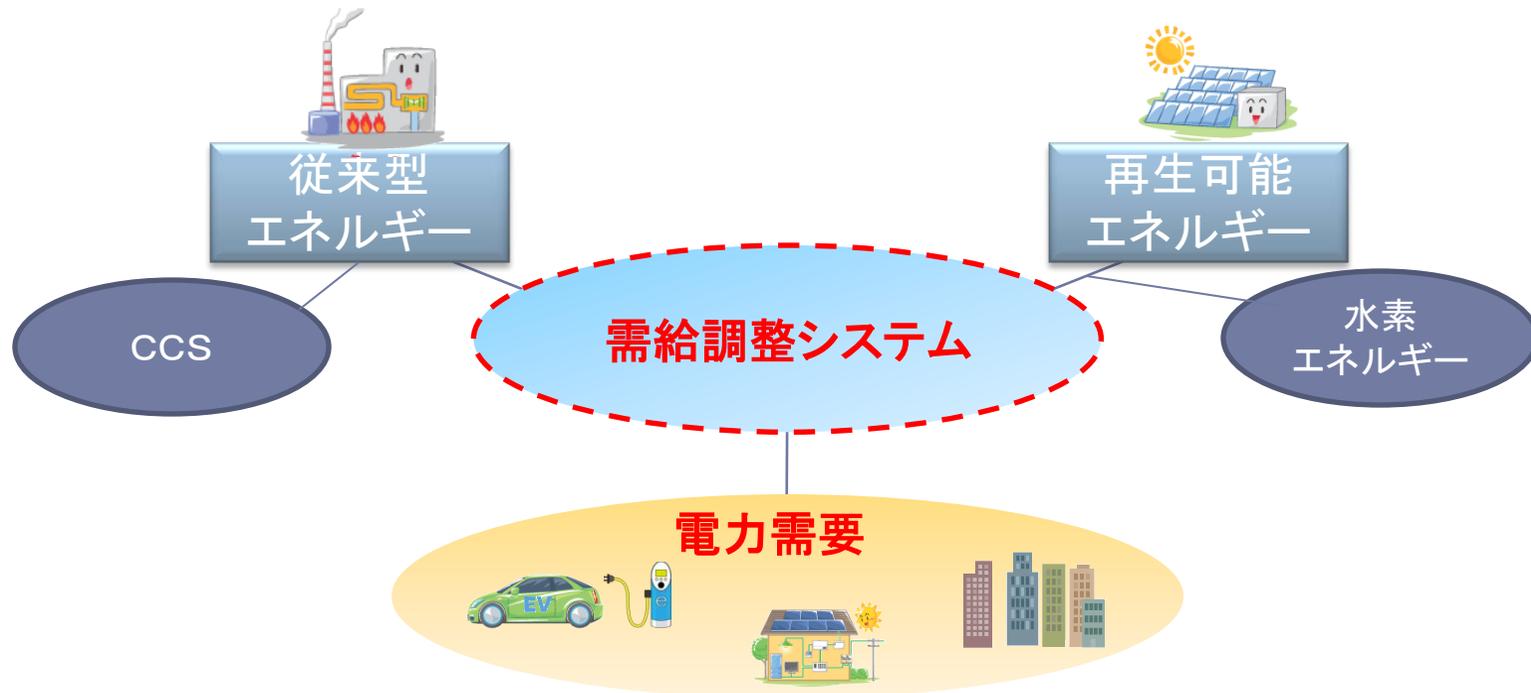
【旅客鉄道：公共交通、コミュニティ交通の活用】



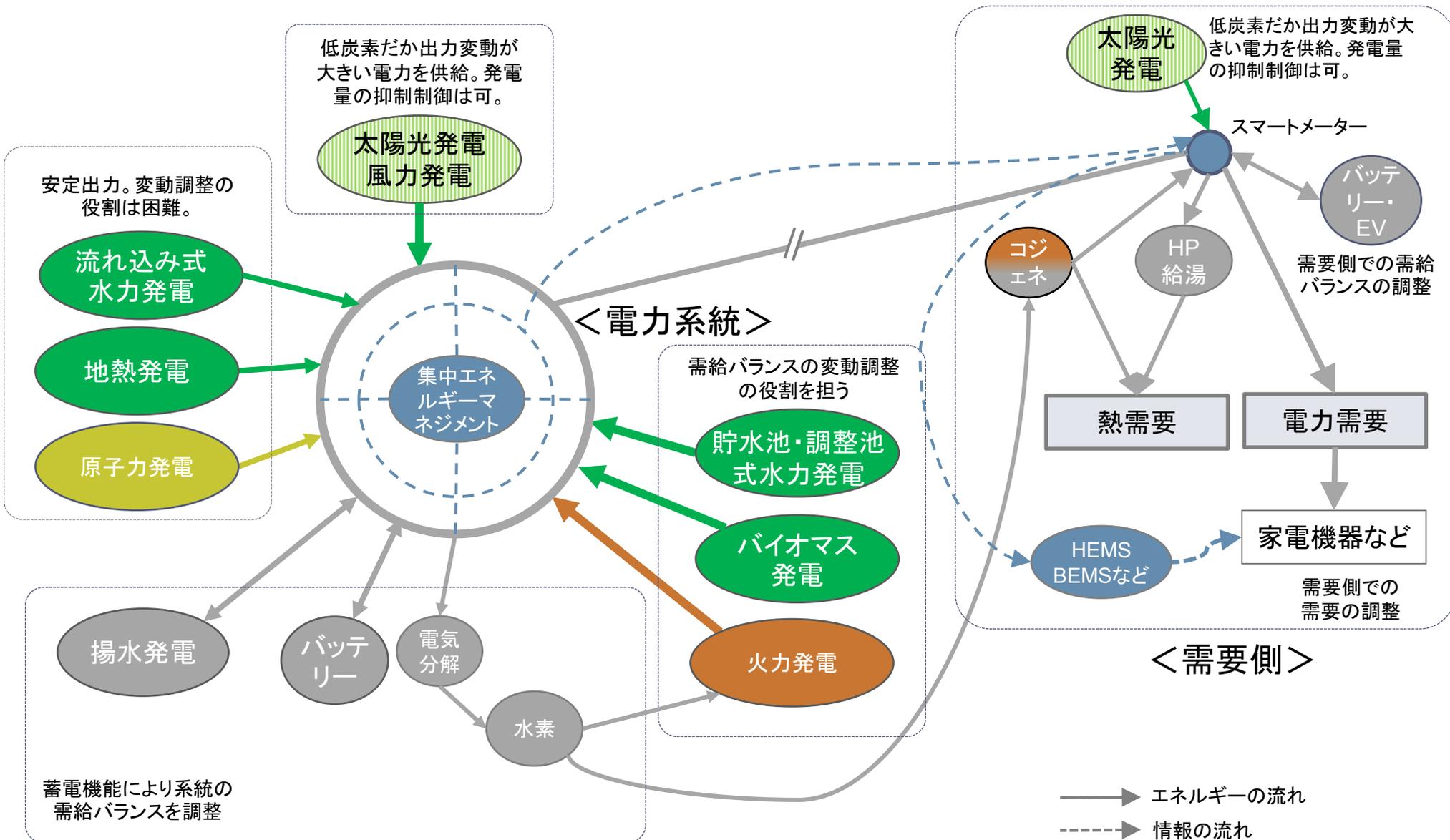
3. 2050年排出削減の可能性について (5) エネルギー供給部門

① 2050年の発電部門の姿

- 火力発電は発電効率が極めて高く、需給調整能力に優れたガス火力発電や石炭火力発電が稼働。すべての火力発電所にはCCSが設置されている。
- 再生可能エネルギー発電については、太陽光発電、風力発電、中小水力発電、地熱発電、海洋エネルギー発電、バイオマス発電の普及が進み、総発電電力量においても極めて大きなウエイトを占めている。
- 需要と供給にバランスについては、高度情報化された通信システムが双方の情報から揚水発電や蓄電池などの蓄電装置、火力・水力発電所の調整能力を用いて再生可能エネルギーから生じた電力を有効に活用する。

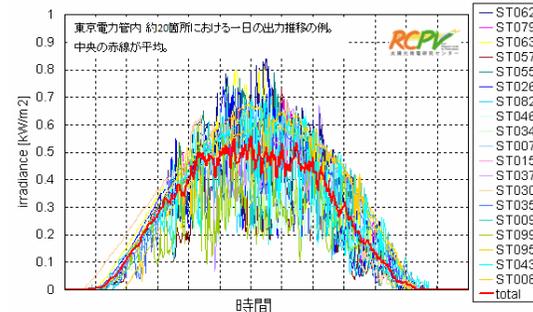


② 電力需給調整システムの全体像



③バックアップ電源としての各種電源、電力貯蔵、能動化需要の役割

- PVなどの再エネは、天候によって出力が大きく変動する可能性。これらの電源が大規模に導入された場合、曇天時等においても供給力を確保できるよう、火力発電等の調整可能な電源を一定量以上バックアップとして用意しておく必要あり
- バックアップとして用意する電源は、急激な出力変動に対する追従可能性のほか、変動出力での効率、エネルギーセキュリティ、燃料コストなどの観点も重要

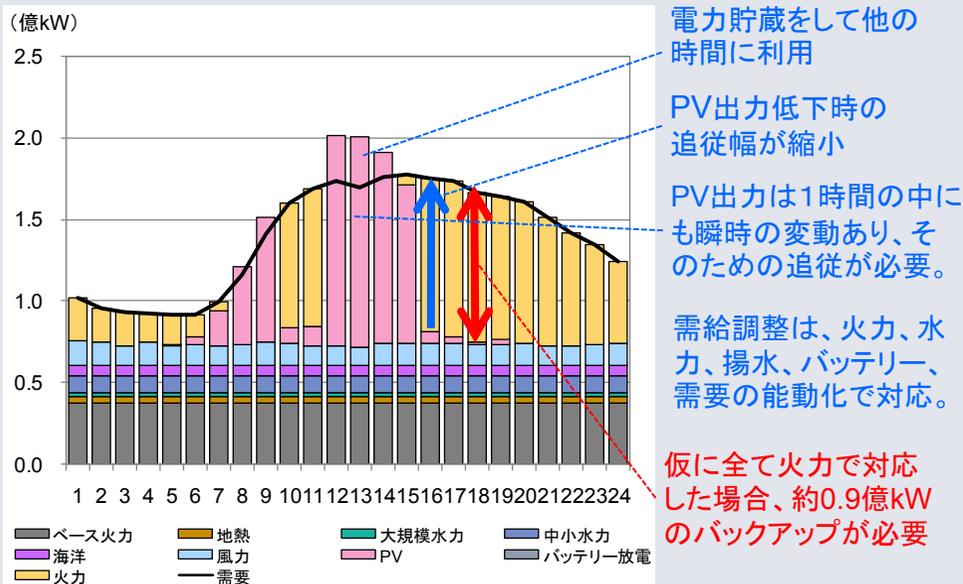


出典：(独)産業技術総合研究所ホームページ
http://unit.aist.go.jp/rcpv/ci/about_pv/output/fluctuation.html

① 大量の蓄電技術が普及する場合

→ 蓄電設備が相当量存在する場合、ベース火力を予め稼働することで、追従が必要となる幅を縮小することが可能

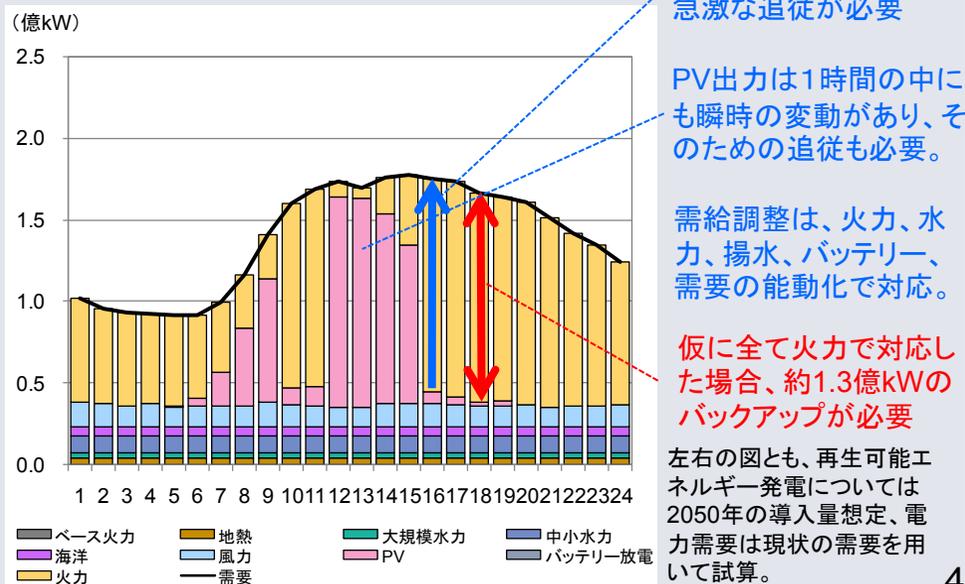
■夏期ピーク日(8月23日)の電力需給



② 大量の蓄電技術が普及しない場合

→ 再エネ出力が急激に変動した場合に備え、優れた追従性が必要ただし、CCS効率が低下する可能性あり

■夏期ピーク日(8月23日)の電力需給



④ エネルギー供給部門の効率等の見通し

■対策技術の効率見通し

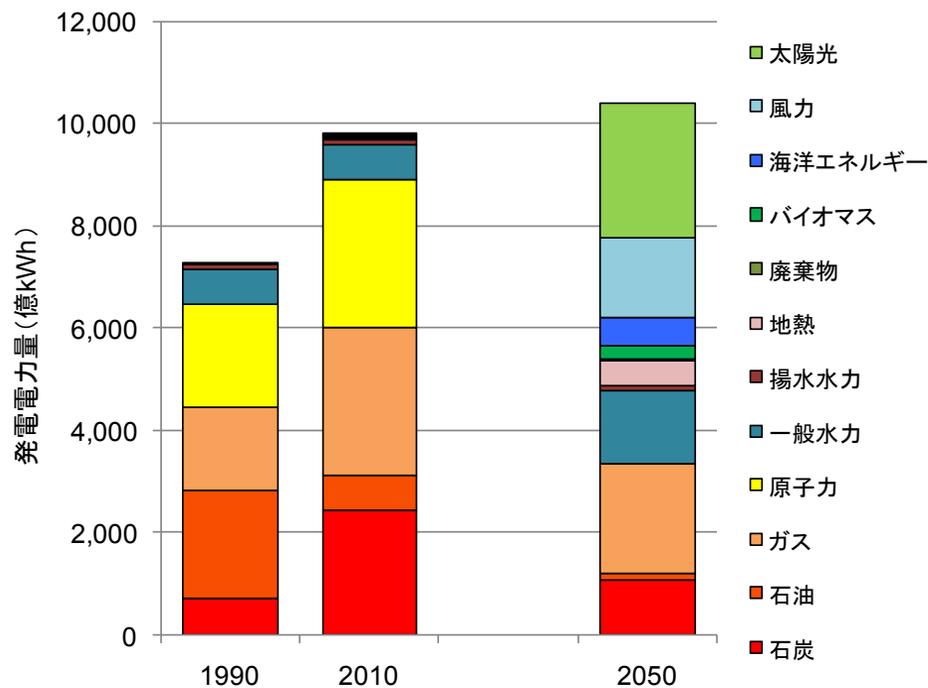
対策技術	効率指標	単位	現状	2020	2030	2040	2050
石炭火力発電	新設プラントの発電効率	HHV	42%	50%	55%	60%	65%
ガス火力発電	新設プラントの発電効率	HHV	51%	56%	60%	65%	65%

■再生可能エネルギー発電 導入ポテンシャル

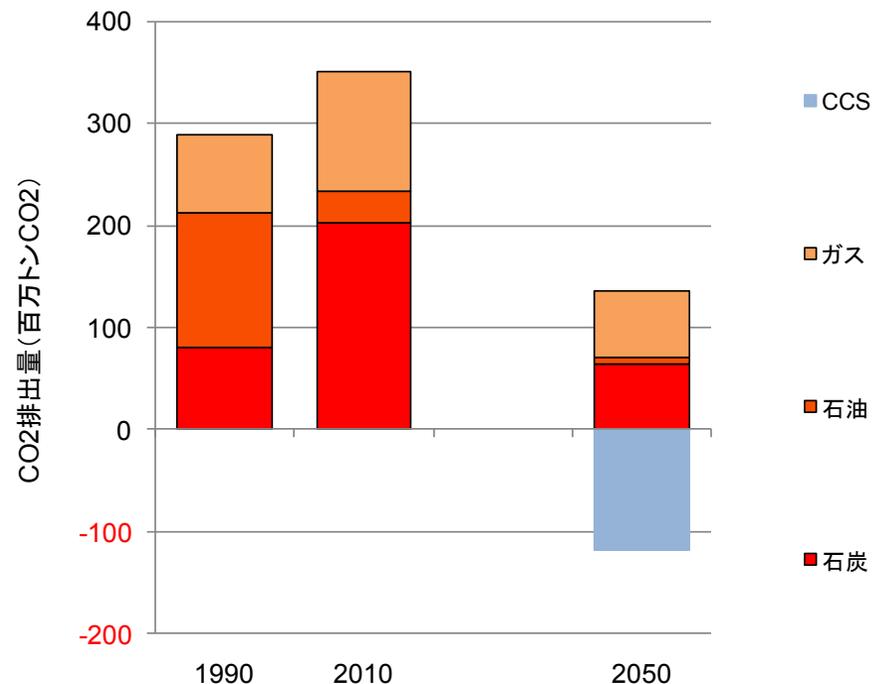
	直近年		2050年(ポテンシャル調査等より)	
	発電容量	発電電力量	発電容量	発電電力量
太陽光発電	337 万kW	35 億kWh	24,780 万kW	2,605 億kWh
風力発電	244 万kW	43 億kWh	7,000 万kW	1,533 億kWh
水力発電	2,073 万kW	699 億kWh	3,464 万kW	1,436 億kWh
地熱発電	53 万kW	32 億kWh	792 万kW	485 億kWh
バイオマス発電	409 万kW	199 億kWh	740 万kW	431 億kWh
海洋エネルギー発電	0 万kW	0 億kWh	1,395 万kW	577 億kWh
合計	3,116 万kW	1,009 億kWh	38,171 万kW	7,067 億kWh

⑥ 発電電力量構成・CO2排出量

・ 2050年の発電電力量に対し、再生可能エネルギー電源が占める割合は約7割となっている。



【エネルギー種別最終エネルギー消費量】



【CO2排出量】

エネルギー供給：低炭素の構築に向けた技術の方向性(案)

GHG削減のタイプ	サービス種	
	電力	熱・燃料
①ライフスタイルの見直し	<p>省エネ・節電に継続的に取り組むための社会システムの改革</p> <p>消費電力のセンシング(見える化)技術や需要の能動化による最終需要の省エネルギー・シフト</p>	
②満足あたり必要サービス削減技術	<p>需要側の満足度を維持しつつ供給条件を緩和する技術の開発</p> <p>消費電力のセンシング(見える化)技術や需要の能動化の需要シフトによるピークシフトによる供給条件の緩和</p>	
③サービスあたりエネルギー消費削減技術	<p>世界トップランナーの発電効率を実現する革新的火力発電技術の開発</p> <p>高機能火力発電(高効率、高柔軟性*)、高効率送電、配電電圧昇圧(6kV→12kV, 100V→200V等)、高機能系統連系用インバータ(FC, PV, Wind, バッテリーなどに共通)</p>	<p>石油、都市ガス、LPガスなど燃料構成の最適化</p>
④低炭素エネルギー技術	<p>自然エネルギーを最大限に活用できるような多様な再生可能エネルギー発電技術の開発</p> <p>エネルギー供給部門のCO2大規模発生源に設置できるCCS技術の開発</p> <p>再生可能エネルギー発電、発電用CCS</p>	<p>限りなくゼロエミッションの熱供給</p> <p>低炭素水素製造、定置型F C/FCV、廃熱供給</p>
⑤低炭素エネルギー利用管理技術等	<p>再生可能エネルギーを最大限に活用し、限りなくゼロエミッションな電源に近づくことを目指す電力需給調整システムの開発</p> <p>レアメタル使用率の極めて小さい機器の開発、レアメタルを容易にリサイクル・リユースできるシステムづくり</p> <p>分散型エネルギー技術管理システム(風力発電中給、抑制制御、PV,風力発電把握・予測・抑制技術、分散型EMS協調技術)、蓄電技術(キャパシタ、ポストリチウムイオン電池、揚水発電)、水素利用技術、電力管理システム、スマートメータ</p>	

3. 2050年排出削減の可能性について (6) 非エネルギー部門

2050年の非エネルギー部門の姿

- 工業プロセス起源のうち、セメント業や鉄鋼業の石灰石起源のものについては、セメントキルンや高炉に設定されたCCSによって、エネルギー燃料起源のCO₂とともにCO₂が回収されている。
- 農業起源のCH₄やN₂Oについては飼料や生育方法の変更などによって、排出削減がなされている。
- HFCs等3ガスについては、低GWP冷媒の導入や代替物質の開発により、排出がほぼゼロになっている。
- 廃棄物の焼却・最終処分に伴うCO₂、CH₄、N₂Oの排出削減対策が進められている。

■対策技術によるCO₂排出量見通し [MtCO₂]

対象分野	基準年	2010	2050
燃料からの漏出、工業プロセス、溶剤及びその他の製品の利用分野	72	42	64
農林水産業分野	32	25	
HFC等3ガス分野	51	24	
廃棄物分野	37	36	

4. 技術WGのとりまとめ

技術WGのとりまとめ

- ① 技術WGでは、技術リストの再整理を行い、2050年80%の二酸化炭素排出量削減が省エネルギー・低炭素エネルギー技術によりどこまで可能であるかを検討した。
- ② 検討にあたっては、技術の効率向上について、2020年、2030年、2040年、2050年の効果を検討し、リストとしてとりまとめ、これを需要側の用途別に整理した。
- ③ また部門別に2050年に向けて新技術の技術効率を検討するとともに、これらの導入による温室効果ガスの削減見込みを試算した。検討の結果、下表の省エネルギー・低炭素エネルギー技術の導入により2050年において80%の削減を達成する可能性を見出した。
- ④ また、更なる低炭素を目指すため、望まれる技術の方向性を精査し、とりまとめを行った。
- ⑤ 今後、以下のことを実施していくことが望ましい。
 - ・ 対策技術の開発・普及の障壁の把握とその打開のために必要な方策の検討
 - ・ 従来の機器単体の効率向上に加え、エネルギー消費量が少なくても満足度を減らさずに済むライフスタイルへの変換、必要なサービスを通じ満足度を高められる技術についての更なる検討
 - ・ 再生可能エネの大量普及を前提としたエネルギー需給システムの詳細な設計
 - ・ 調査結果を共通して利用できるようなデータベース化 など

(参考) マクロフレームWGのとりまとめ

- ① マクロフレームWGでは2050年に想定しうる5つの社会についてシナリオコンセプトを設定するとともに、それぞれの社会を前提としたマクロフレームの定量化を行った。
- ② 技術WGではひとつのマクロフレームを前提として、将来の大幅削減の可能性について検討したが、マクロフレームWGでは5つの社会のそれぞれについて、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。

(参考) 定量化の検討を行った対策技術の一覧

定量化の検討を行った対策技術の一覧：産業部門

- 対策技術のうち、技術WGで定量化の検討を行った技術について、スライド9の低炭素関連技術の分類(①～⑤)に基づいて部門毎に整理した。

低炭素関連技術の分類(産業)

GHG削減のタイプ	サービス種		
	素材生産	汎用的機器等	非製造業
① ライフスタイルの見直し			
② 満足あたり必要サービス削減技術	<u>素材需要削減技術</u> リサイクル、ICTによる紙利用削減		
③ サービス当たりエネルギー消費削減技術	<u>革新的鉄鋼技術</u> 次世代コークス炉、ITmk3、フェロコークス、水素還元製鉄 <u>革新的セメント技術</u> 低温焼成技術、CO2吸収コンクリート <u>革新的石油化学技術</u> エチレンラッカーの省エネ、内部熱交換型蒸留塔、ナフサ接触分解、膜蒸留、バイオ化学製品 <u>革新的ガラス技術</u> 革新的ガラス溶融プロセス技術	<u>高効率動力技術</u> 高効率モータ、インバータ <u>産業用ヒートポンプ</u> 産業用ヒートポンプ	<u>農林水産業の省エネ化</u> 農林水産業機器のエネルギー消費原単位改善、農林水産業機器の省エネ利用、LED集魚灯の導入
④ 低炭素エネルギー技術	<u>産業用CCS</u> 鉄鋼CCS、セメントCCS、石油化学CCS		
⑤ 低炭素エネルギー利用管理技術			

定量化の検討を行った対策技術の一覧：民生部門

・対策技術のうち、技術WGで定量化の検討を行った技術について、スライド9の低炭素関連技術の分類(①～⑤)に基づいて部門毎に整理した。

低炭素関連技術の分類(民生)

GHG削減のタイプ	サービス種			
	室内を明るくする	室温を快適に保つ	お湯を使う	家事・情報・業務
① ライフスタイルの見直し	<u>必要照明量の見直し</u>			
② 満足あたり必要サービス削減技術	<u>人工照明量の削減</u> 採光技術	<u>熱負荷量の削減</u> 高性能断熱材、高断熱・遮熱窓、次世代断熱材(真空断熱材等)、通風利用、採光・遮光	<u>給湯量等の削減</u> 浴槽断熱、節水シャワー	<u>高効率家電機器、高効率業務用電気機器</u> 待機時電力削減技術 <u>高効率IT機器</u> 待機時電力削減技術、IT機器集約・管理技術
	<u>機器の効率的運用技術</u> HEMS・BEMS・CEMS			
③ サービス当たりエネルギー消費削減技術	<u>高効率照明</u> 高効率蛍光灯、高効率電球型蛍光灯、LEDランプ、有機EL、次世代照明	<u>高効率空調システム</u> 高効率ヒートポンプ空調機、高効率ボイラー、地中熱ヒートポンプ、放射式冷暖房	<u>高効率給湯システム</u> ヒートポンプ式給湯器、潜熱回収型給湯器、燃料電池コージェネ、地中熱ヒートポンプ	<u>高効率家電機器、高効率業務用電気機器</u> 高効率冷蔵庫、高効率掃除機、高効率調理機器 <u>高効率IT機器</u> PC、サーバ、ディスプレイ、ルータ、モジュラー冷却
④ 低炭素エネルギー技術			<u>太陽熱温水器</u> 太陽熱温水器、ソーラーシステム	
⑤ 低炭素エネルギー利用管理技術				

定量化の検討を行った対策技術の一覧：運輸部門

- 対策技術のうち、技術WGで定量化の検討を行った技術について、スライド9の低炭素関連技術の分類(①～⑤)に基づいて部門毎に整理した。

低炭素関連技術の分類(運輸)

GHG削減のタイプ	サービス種	
	目的地への移動(人)	目的地への移動(貨物)
① ライフスタイルの見直し	<u>移動の仕方の見直し</u> エコドライブ	
② 満足あたり必要サービス削減技術	<u>移動の削減</u> テレビ会議 <u>旅客輸送管理システム</u> 旅客輸送管理システム(ITS含む)	<u>貨物輸送管理システム</u> 貨物輸送管理システム(ITS含む)
③ サービス当たりエネルギー消費削減技術	<u>内燃自動車燃費改善</u> 車両軽量化、高効率エンジン、アイドリングストップ装置 <u>次世代自動車</u> HV、PHV、EV、FCV、NGV	<u>高効率船舶</u> 船体軽量化等、船体形状最適化、電動モータ推進船、超電導モータ推進船 <u>高効率鉄道</u> 車体軽量化等、車体形状最適化、燃料電池車、リニア新幹線 <u>高効率航空機</u> 機体高性能化(炭素複合素材、空力改善)、ジェットエンジン効率改善
④ 低炭素エネルギー技術	<u>バイオ燃料</u> 第二世代バイオ燃料	
⑤ 低炭素エネルギー利用管理技術	<u>EV充電管理技術</u>	

定量化の検討を行った対策技術の一覧：エネルギー供給部門

・対策技術のうち、技術WGで定量化の検討を行った技術について、スライド9の低炭素関連技術の分類(①～⑤)に基づいて部門毎に整理した。

低炭素関連技術の分類(エネルギー供給)

GHG削減のタイプ	サービス種	
	電力	熱・燃料
① ライフスタイルの見直し		
② 満足あたり必要サービス削減技術		
③ サービス当たりエネルギー消費削減技術	<u>高効率火力発電</u> ACC、USC、GTコンバインド、IGCC、IGFC、A-IGCC <u>高効率送配電</u> 超高压地中送電、直流送配電、超伝導送電	<u>高効率熱供給システム</u> 地域熱供給、集中熱供給
④ 低炭素エネルギー技術	<u>再生可能エネルギー発電</u> 太陽光発電、風力発電、地熱発電、バイオマス発電、中小水力発電 <u>発電用CCS</u> 石炭火力CCS、ガス火力CCS、バイオマス火力CCS	<u>低炭素水素製造</u> ガス改質水素製造、電気分解 <u>定置型FC</u> PEFC、SOFC、MCFC
⑤ 低炭素エネルギー利用管理技術	<u>次世代電力需給管理システム</u> 蓄電技術(キャパシタ、ポストリチウムイオン電池、揚水発電)、水素利用技術、電力管理システム、スマートメータ	

定量化の検討を行った対策技術の一覧：非エネルギー部門

- 対策技術のうち、技術WGで定量化の検討を行った技術について、スライド9の低炭素関連技術の分類(①～⑤)に基づいて部門毎に整理した。

低炭素関連技術の分類(非エネルギー部門)

GHG削減のタイプ	サービス種
	その他
① ライフスタイルの見直し	
② 満足あたり必要サービス削減技術	
③ サービス当たりエネルギー消費削減技術	
④ 低炭素エネルギー技術	<u>産業CCS</u> 産業CCSの導入(セメント・製鉄所)、バイオリファイナリー
⑤ 低炭素エネルギー利用管理技術	
その他	<p><u>肥料・排泄物等の技術及び管理</u> 脂肪酸カルシウムの飼料への添加、家畜排せつ物管理方法の変更、低タンパク配合飼料の利用、水田の中干し期間の延長、水田の有機物管理方法の変更、施肥量削減、硝化抑制剤入り化学肥料の施用</p> <p><u>低GWPガス</u> Fガス製造ラインでの排出原単位の改善、ウレタンフォーム製造時の代替ガスの導入、エアゾール使用量の削減(代替ガスの導入)、業務用冷凍空調機器に関する対策、自動販売機への代替ガス冷媒の導入、カーエアコン用冷媒の低GWP化、家庭用エアコンにおけるHFCs冷媒の回収量改善、半導体・液晶製造ラインでのFガス除去装置の設置率改善、マグネシウム溶解時のSF6フリー化</p> <p><u>廃棄物処理</u> 有機性廃棄物の直接埋立禁止、ごみ有料化による発生抑制、下水汚泥焼却施設における燃焼の高度化、バイオマスプラスチックの利用</p>