

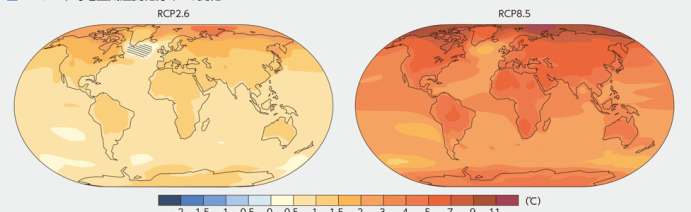
長期的な国のビジョンと 自治体の役割

福岡大学名誉教授
浅野 直人



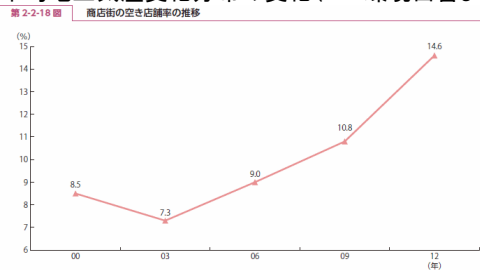
我が国が抱える環境・経済・社会の課題

図1-1-3 平均地上気温変化分布の変化



※：1986～2005年平均と2081～2100年平均の差
資料：IPCC「第5次評価報告書統合報告書政策決定者要約」より環境省作成

平均地上気温変化分布の変化(H29環境白書より)



資料：中小企業庁委託「平成24年度商店街実態調査報告書」(2012年11月、(株)アストレー)

商店街の空き店舗率の推移
(中企庁HPより)

経済の課題

- 地域経済の疲弊
- 新興国との国際競争
- AI、IoT等の技術革新への対応など



人工知能のイメージ
(産総研HPより)

環境の課題

- 温室効果ガスの大幅排出削減
- 資源の有効利用
- 森林・里地里山の荒廃、野生鳥獣被害
- 生物多様性の保全 など

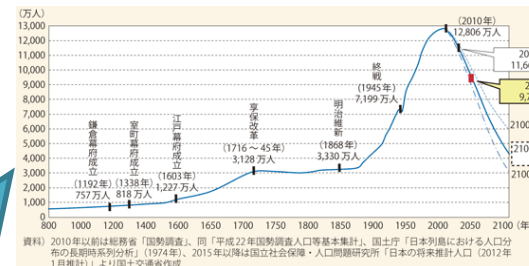


ニホンジカによる被害
(環境省HPより)

相互に関連・
複雑化

社会の課題

- 少子高齢化・人口減少
- 働き方改革
- 巨大災害への備え など



我が国人口の長期的推移
(国交省HPより)

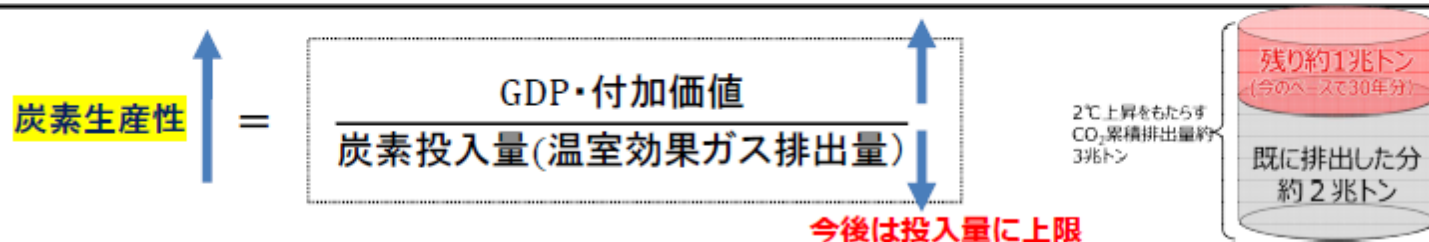


H29年7月九州北部豪雨
(国交省HPより)

環境・経済・社会の
統合的向上が必要

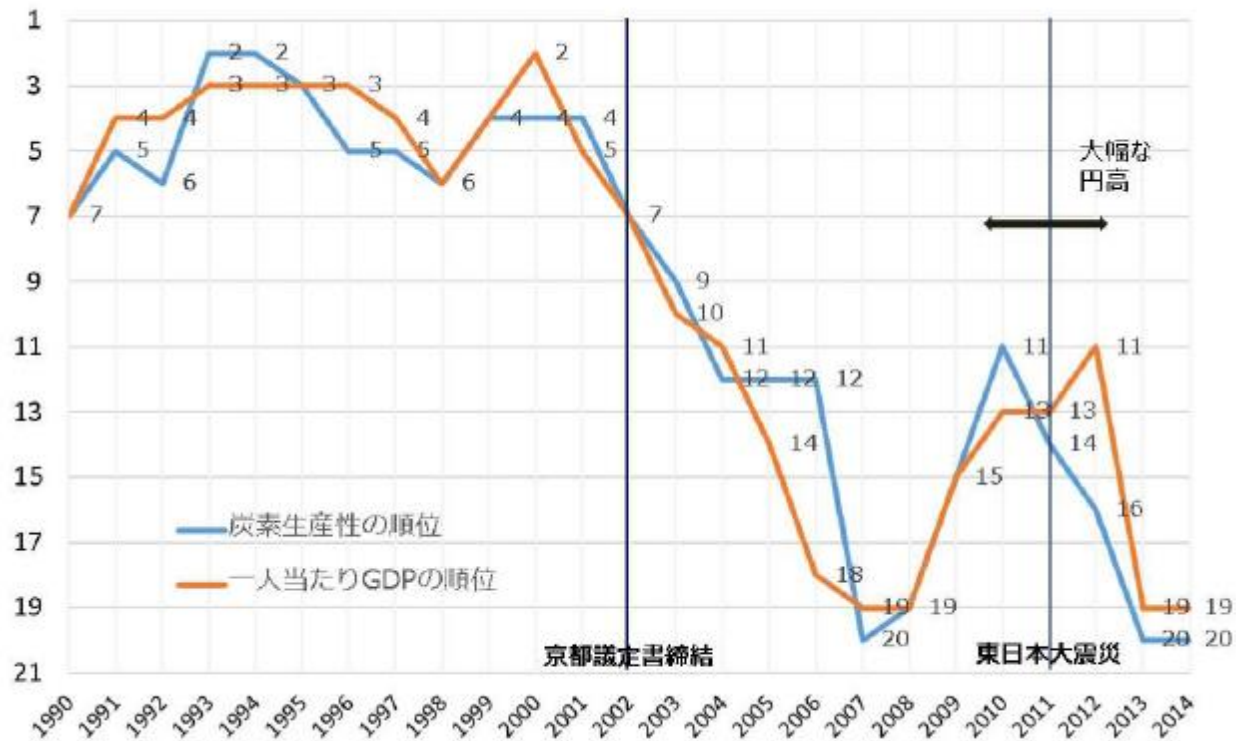
炭素生産性の向上

- 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。**

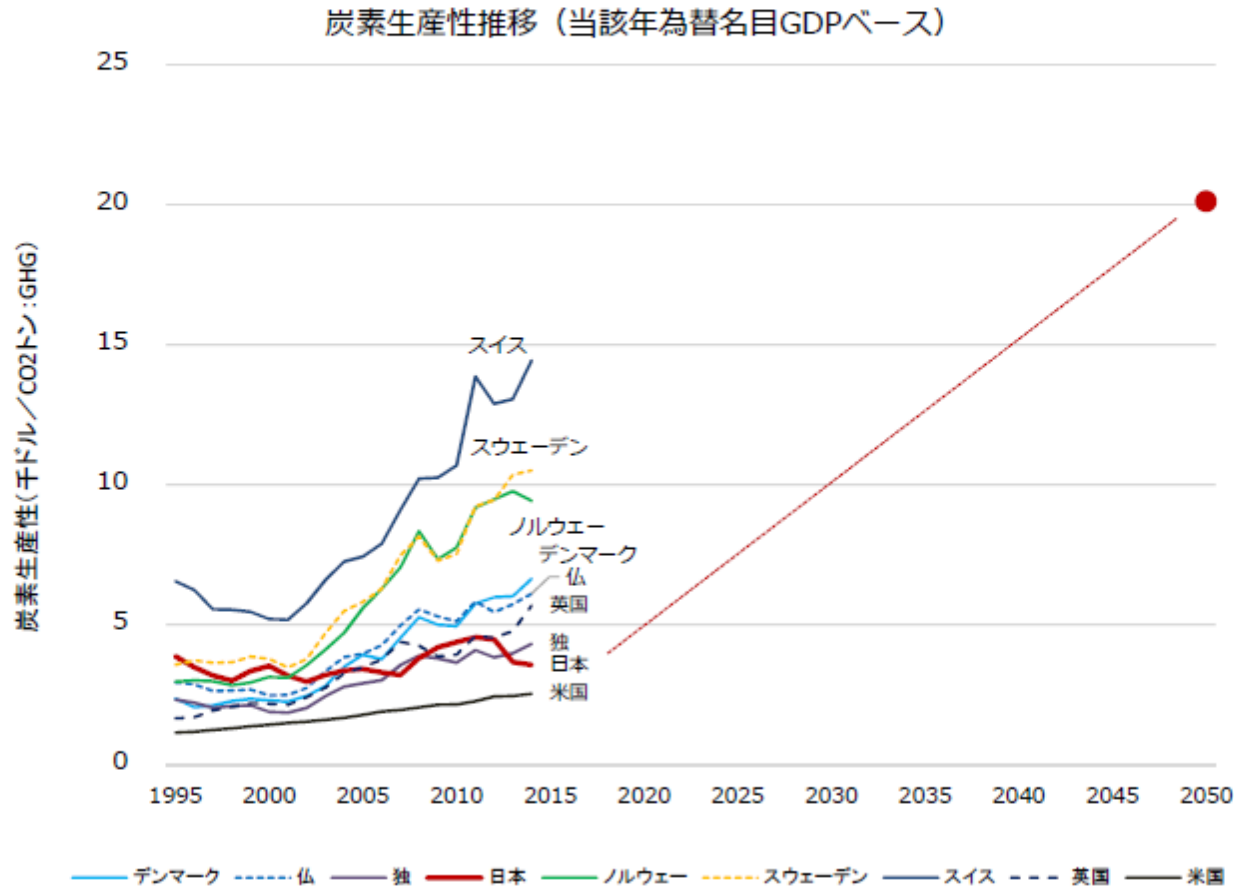


日本の一人当たり GDP と炭素生産性（GDP/GHG 排出量）の OECD 内順位の変遷

今は、優等生であった時代とは大きく変わった。

炭素生産性の将来水準

- 我が国の2050年の炭素生産性（GDP/CO2排出量）は、名目GDP600兆円以上（現状の約1.2倍）、温室効果ガス80%削減を目指すことから、現状より6倍以上の水準を目指す必要。



OECD Statistics「National Accounts」、UNFCCC資料より作成

経済的課題解決とパリ協定への対応との関係（イメージ）

- ・ パリ協定への対応のための気候変動対策（脱炭素化に向けた炭素生産性の大幅向上）が、我が国の経済的課題の解決に結びつく可能性。

＜経済的課題解決の主な方向性＞

本格的な人口減少社会へ対応した付加価値生産性の向上（労働力制約等）

潜在成長率の向上（供給面）

- 無形資産等を活用したイノベーションの創出（量的拡大から質的向上による付加価値創出）※1
- 第4次産業革命等による効率向上※2

潜在需要の喚起（需要面）

- 新分野開拓やプロダクトイノベーション（新製品・サービスの創出）によって、単価を引き上げながら潜在需要を掘り起こし※3
- 現預金を積み増している企業における投資促進※4
- 上記利益の適切な分配（賃上げ等）※5

国際展開

- 新興国などの外需の取り込みによる内需制約の打破※6
- 交易条件の改善（化石燃料輸入の削減、輸出価格の向上）※7
- 海外所得の拡大

無形資産など質的要素の重要性が高まる

「約束された市場」と現状の延長線上ではないイノベーションの必要性の提供

低炭素製品・サービスの外需獲得、化石燃料の輸入削減

＜パリ協定への対応の主な方向性＞

炭素生産性の大幅な向上（炭素投入量に上限）

GDP成長と炭素投入量増加との構造的な切り離し（炭素生産性の分子）

- 炭素投入を伴う量的拡大ではなく質的向上による付加価値の創出の強化
- 生産効率の改善（炭素生産性の分母対策でもある。）

※質的向上に当たっての炭素投入の増加は必ずしもゼロではないことに留意が必要。量的拡大に比べて追加炭素投入量が相対的に少ないと考えられるとの趣旨

炭素投入量の削減（炭素生産性の分母）

- 電化促進と低炭素電源の導入、再エネ熱の導入、関連インフラの整備【新需要創出と生産・投資促進、国内で培った技術・ノウハウによる外需の獲得】
- 高効率機器の導入【同上】
- 市街地のコンパクト化など交通・都市構造対策、住宅・建築物対策【同上】
- 新素材などの革新的技術開発と導入・海外展開【上記全体の不断のプロダクトイノベーション等を含む】

※炭素投入量削減行動によるコスト上昇等による悪影響もあることに留意が必要

←→ 矢印の関係は図に示されてたものに限定されるわけではない。また、地域経済については記述していない。

※1,5 厚生労働省「平成28年版労働経済白書」など

※2,6 経済産業省「産業構造審議会新産業構造部会 新産業構造ビジョン中間整理」（平成28年4月）など

※3 内閣府「経済の好循環実現検討専門チーム中間報告」（平成25年11月）など

※4 内閣府平成27年版経済財政白書など

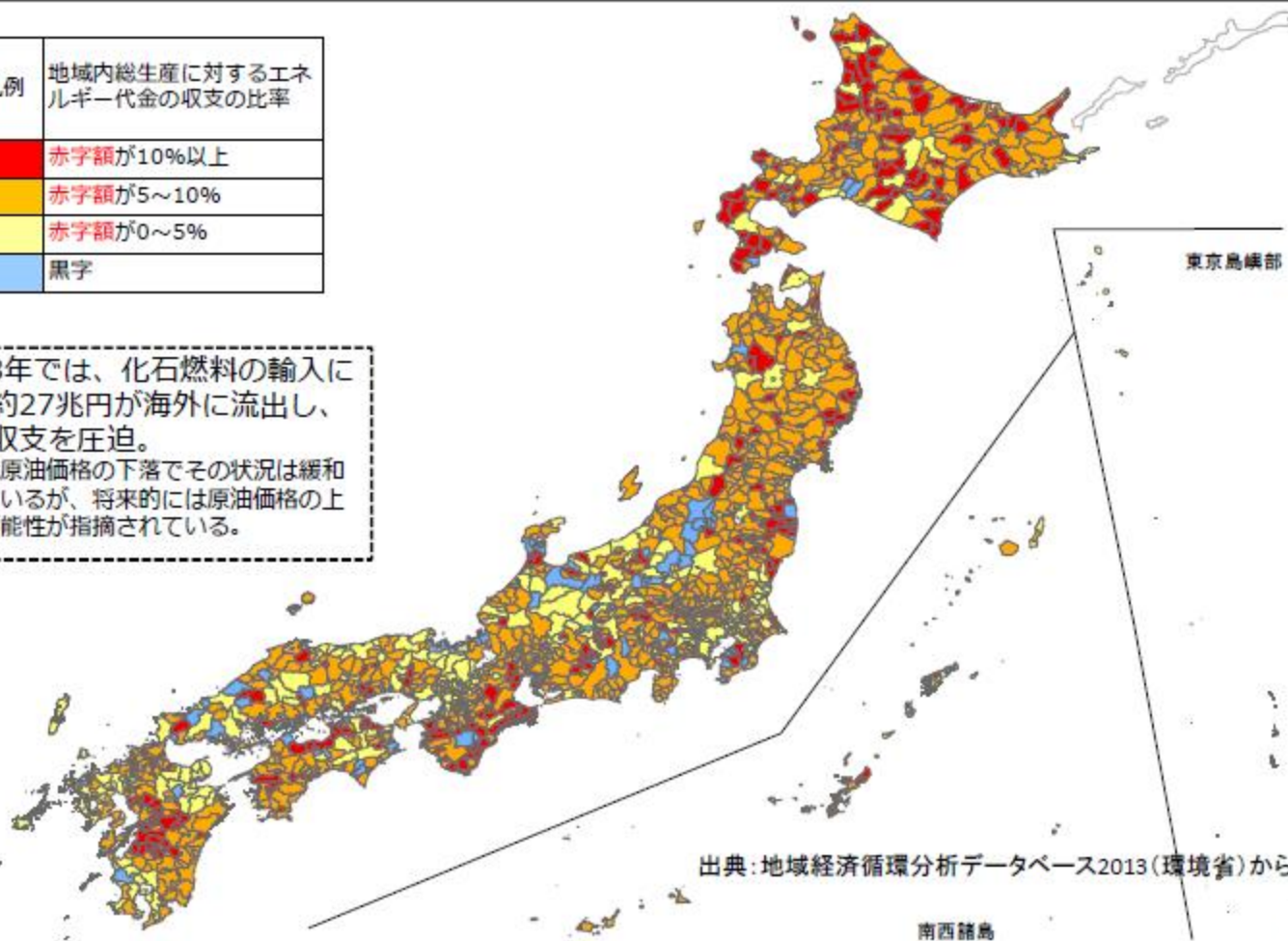
※7 内閣府平成26年版経済財政白書など

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。

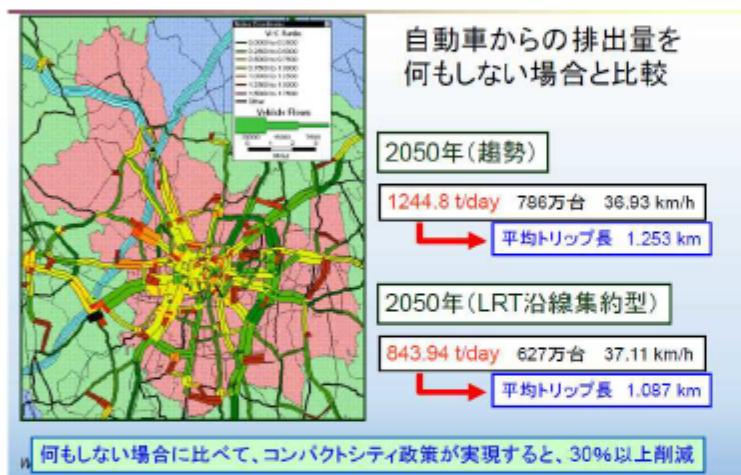
凡例	地域内総生産に対するエネルギー代金の収支の比率
赤	赤字額が10%以上
黄	赤字額が5~10%
黄緑	赤字額が0~5%
青	黒字

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。



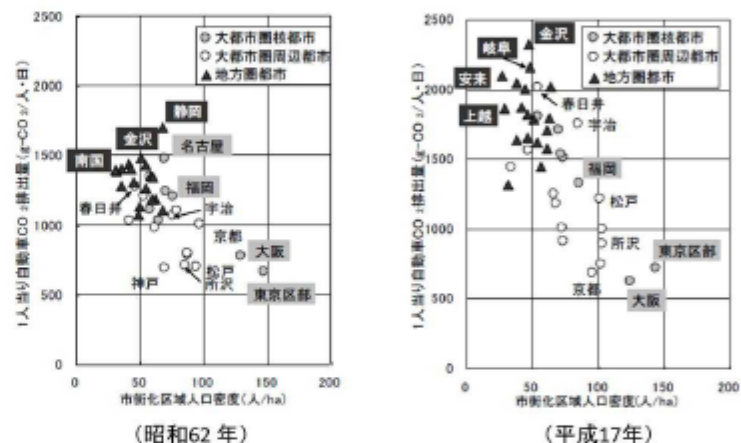
地域構造のコンパクト化

- 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）

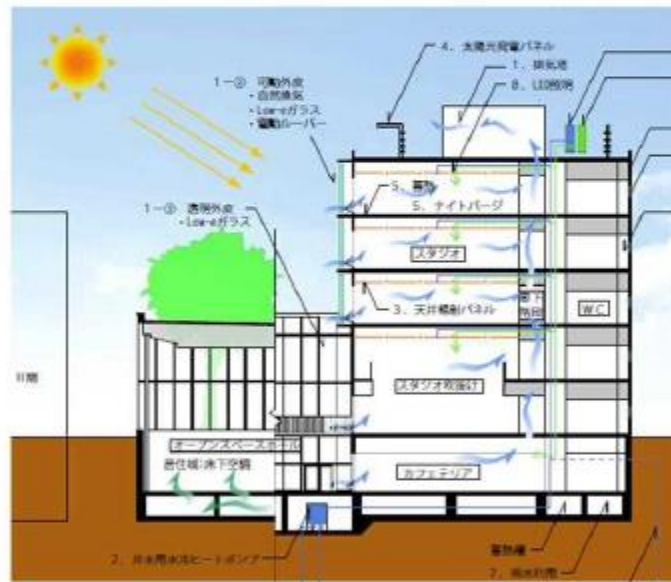
地域の個性と連携を重視する「対流促進型国土」及びそのための重層的かつ強靱な「コンパクト+ネットワーク」の国土構造、地域構造の形成は、各地域の固有の自然、文化、産業等の独自の個性を活かした、これからの時代にふさわしい国土の均衡ある発展を実現することにつながっていく。

長期大幅削減の絵姿（街のイメージ）



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。



- (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、

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

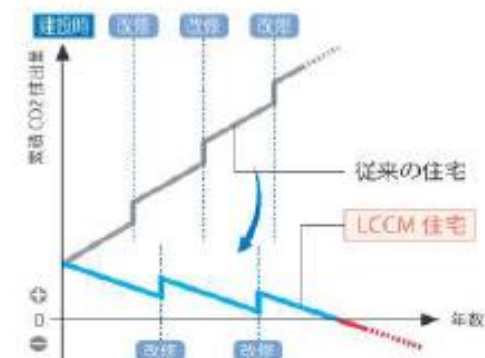
ライフサイクル・カーボン・マイナス住宅：LCCM住宅

- ・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

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。

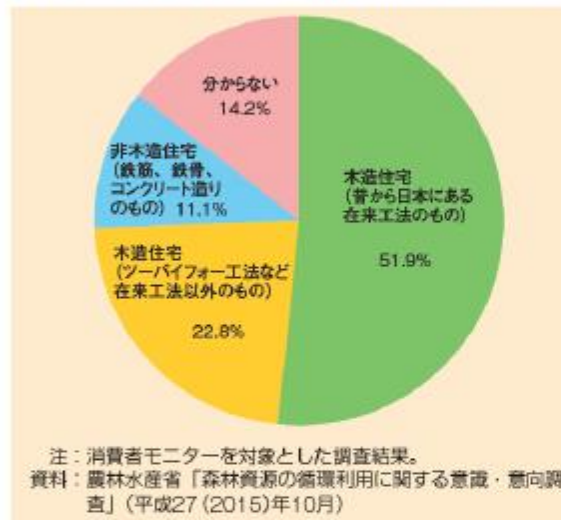
【断熱性能の向上がもたらすコベネフィット(EB・NEB)の例】

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

木材の活用・活用に向けた技術開発

・地域の特性に応じた建物が一般化しており、地域木材が十分に活用されるとともに、直交集成板（CLT）等の木質新素材の開発・普及も進められている。

【今後住宅を建てたり、勝手利する場合に選みたい住宅】



【木材製品利用拡大に向けた技術開発】

- ・ CLTは欧米を中心に様々な建築物の壁や床等に利用されており、我が国においても新たな木材需要を創出する新技術として期待されている。
- ・ 木造住宅の分野では、国産材ツーバイフォー工法用部材、スギ大径材からの心去り構造材、国産材合板によるフロア台板、高断熱の木製サッシ等の部材等の開発・普及が進められている。
- ・ 中大規模建築物の分野では、一般流通材を用いたトラス梁、製材を用いた縦ログ工法、国産材合板等による高強度耐力壁等の開発・普及が進められている。

（出所）すべて平成27年度森林・林業白書より作成。

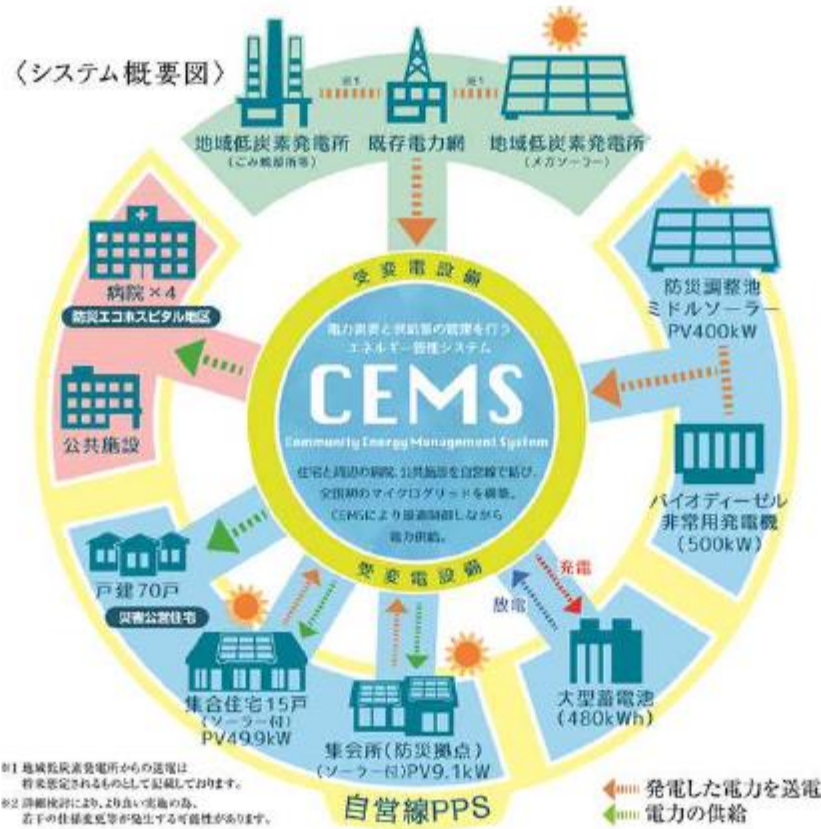
【国が整備する公共建築物における木材利用推進状況】

整備及び使用実績	単位	24年度	25年度	26年度
基本方針において積極的に木造化を促進するとされている低層（3階建て以下）の公共建築物 ¹⁾	棟数 (A)	98	118	100
	延べ面積 (㎡)	26,083	21,157	11,769
	うち、木造で整備を行った公共建築物	棟数 (B)	42	24
	延べ面積 (㎡)	7,744	5,689	4,047
	木造化率 (B/A)	42.9%	20.3%	32.0%
うち、法施行前に非木造建築物として予算化された公共建築物	棟数	22	24	7
うち、各省各庁において木造化になじまない等と判断された公共建築物	棟数	34	70	61
内装等の木質化を行った公共建築物 ²⁾	棟数	258	161	172
木材の使用量 ³⁾	㎡	5,002	6,695	2,705

注1：基本方針において積極的に木造化を促進するとされている低層の公共建築物とは、国が整備する公共建築物（新築等）から、以下に記す公共建築物を除いたもの。
 ・ 建築基準法その他の法令に基づく基準において耐火建築物とすること又は主要構造部を耐火構造とすることが求められる低層の公共建築物
 ・ 当該建築物に求められる機能等の観点から、木造化になじまない又は木造化を図ることが困難であると判断される公共建築物
 2：木造で整備を行った公共建築物の棟数は除いたもので集計。
 3：当該年度に完成した公共建築物において、木造化及び木質化による木材使用量、木造で整備を行った公共建築物の内、使用量が不明なものは、0.22㎡/㎡で換算した換算値。また、内装等に木材を使用した公共建築物で、使用量が不明なものについての木材使用量は未計上。
 資料：農林水産大臣、国土交通大臣「平成26年度 公共建築物における木材の利用の促進に向けた情勢の実施状況の取りまとめ」（平成28（2016）年2月18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。



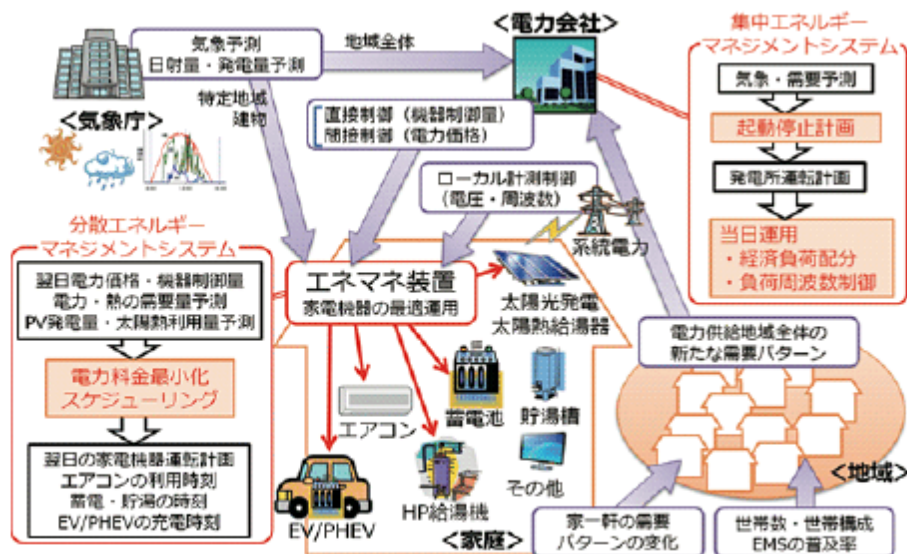
出所: 東松島市資料より
環境省作成

※1 地域低炭素発電所からの送電は
暫定値として記載しております。
※2 詳細検討により、20直い実働のみ。
若下の仕様変更等が発生する可能性があります。

低炭素電源に対応する需要の姿

- ・エネルギー需要は自ら発電する再生可能エネルギーから主にまかなわれ、需要超過分のエネルギーは融通又は蓄電や水素として貯蓄され、必要なときにいつでも自家消費又は融通できるようになっている。特に業務用施設などエネルギー需要の大きい建築物におけるエネルギー供給については、低炭素化された電力が優先的に活用され、又は近接する建築物等から低炭素化した電気や熱、水素等が融通されている。
- ・HEMS、BEMSや情報通信技術を用いつつ、電気自動車やヒートポンプ式給湯器等が活用されるとともに、大量に導入された再生可能エネルギーの供給状況によって変動する市場の電力価格に応じて行動するライフスタイルが定着する等して、エネルギー需要サイドとエネルギー供給サイドが効果的に連動した低炭素なエネルギーシステムが成立している。

【集中／分散エネルギーマネジメント】



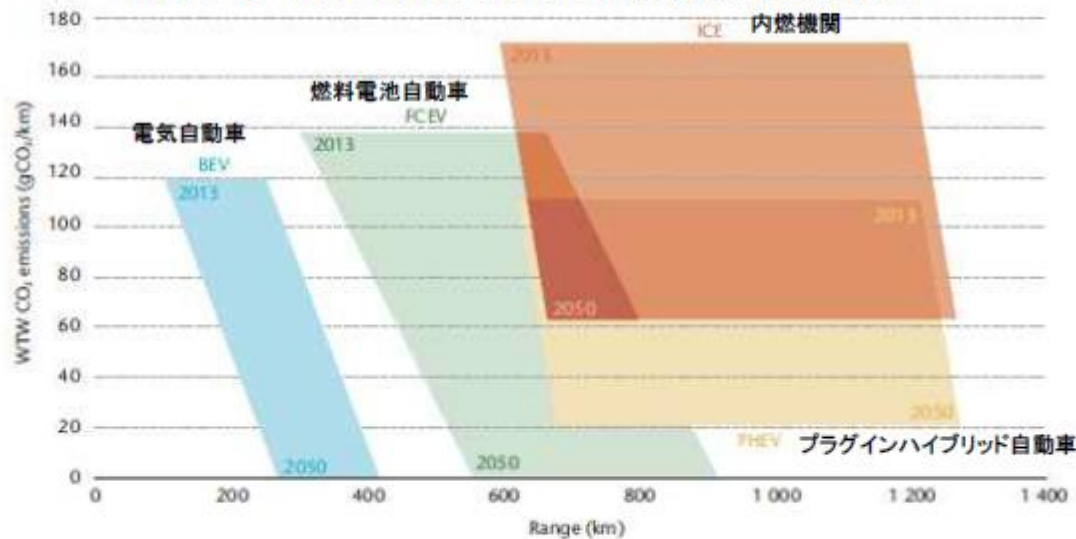
電力会社における集中エネルギー・マネジメントでは、供給地域全体のPV（太陽光）発電量や電力需要量を予測して、最適負荷配分を決定。一方、分散エネルギー・マネジメントは、電力会社から送られてくる翌日の電力価格などの情報や、電力・給湯の需要量予測、その地点における翌日のPV発電量予測などを基に、住・働環境の快適性を損なわない範囲で、経済的な機器の運転計画を行う。

(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

次世代自動車

- 乗用車ではモーター駆動の自動車が主流となっており、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、電力や再エネ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-"

セルロースナノファイバー

- セルロースナノファイバー※など軽くて丈夫な素材の普及により車両は安全性を増しながら軽量化し、エアロダイナミクスを取り入れた車体、抵抗の少ない歯車やタイヤなどの導入、バイオミクスリ（生物模倣）の活用、一人乗り自動車等の開発・普及等により、効率が大幅に向上している。 ※植物由来の素材で鋼鉄の5分の1の軽さで5倍の強度等の特性を有する

【木材からセルロースナノファイバーになるまでの過程】



(出所) 林野庁「平成27年度 森林・林業白書」

【日本における主要なバイオミメクス製品】

大分類	中分類	製品	類似したものの構造	用途	開発企業
高分子材料	導水性材料	2Dグラフィコーティング	炭の層の表面構造	超撥水性表面を有する成形物	シズンセイエイ株式会社
		マイクログラド加工タイル	ナノスケールの凹凸構造	タイル建材	株式会社マックス(有限会社出光社)
		膜水タンク	炭の層の表面構造	自動車用膜水ガラス	自動車用膜水ガラス
構造強化材料	セルロースナノファイバー	繊維の強化構造	繊維の強化構造	化学繊維	有人ファイバー株式会社 日産自動車株式会社 日産自動車株式会社
		繊維の強化構造	繊維の強化構造	化学繊維	有人ファイバー株式会社 日産自動車株式会社 日産自動車株式会社
半導体材料	エス・マイト	繊維の表面構造	繊維の表面構造	反射防止フィルム	三菱レイヨン株式会社
		繊維の表面構造	繊維の表面構造	反射防止フィルム	三菱レイヨン株式会社
接着性・粘着性材料	ヤマトレーブ	ヤマトレーブの構造	ヤマトレーブの構造	接着剤	日産自動車株式会社
		ヤマトレーブの構造	ヤマトレーブの構造	接着剤	日産自動車株式会社
接着性・粘着性材料	DYNACOR® 或 スクワロニル・スチレン・シリコン	スクワロニル・スチレン・シリコンの構造	スクワロニル・スチレン・シリコンの構造	サイクロン捕集器	シャープ株式会社
		スクワロニル・スチレン・シリコンの構造	スクワロニル・スチレン・シリコンの構造	サイクロン捕集器	シャープ株式会社
接着性・粘着性材料	フレイクシート	フレイクシートの構造	フレイクシートの構造	接着剤	株式会社フレイクシート
		フレイクシートの構造	フレイクシートの構造	接着剤	株式会社フレイクシート
接着性・粘着性材料	WATER GEME マーリンコン	マーリンコンの構造	マーリンコンの構造	接着剤	奥津野株式会社 「樹乳」株式会社 樹乳株式会社
		マーリンコンの構造	マーリンコンの構造	接着剤	奥津野株式会社 「樹乳」株式会社 樹乳株式会社
接着性・粘着性材料	Aerogel	エアロゲルの構造	エアロゲルの構造	接着剤	日本ペイントマン株式会社
		エアロゲルの構造	エアロゲルの構造	接着剤	日本ペイントマン株式会社
接着性・粘着性材料	DYNACOR® 或 スクワロニル・スチレン・シリコン	スクワロニル・スチレン・シリコンの構造	スクワロニル・スチレン・シリコンの構造	接着剤	シャープ株式会社
		スクワロニル・スチレン・シリコンの構造	スクワロニル・スチレン・シリコンの構造	接着剤	シャープ株式会社
接着性・粘着性材料	DYNACOR® 或 スクワロニル・スチレン・シリコン	スクワロニル・スチレン・シリコンの構造	スクワロニル・スチレン・シリコンの構造	接着剤	シャープ株式会社
		スクワロニル・スチレン・シリコンの構造	スクワロニル・スチレン・シリコンの構造	接着剤	シャープ株式会社

出典：各種資料から株式会社富士通総研作成
(出所) 特許庁 平成26年度特許出願技術動向調査報告書(概要)

【環境省 NCVプロジェクト】 (Nano Cellulose Vehicle)

2020年までにCNF強化樹脂を導入することが可能で、かつ、エネルギー起源CO₂削減が期待され、CNFの特徴を活かすことができる自動車部品を検討する。



部材をCNF強化樹脂で試作し強度等の性能評価
実現可能なCNF強化樹脂代替部材について製品活用時のCO₂削減効果の評価・実証



(出所) 環境省「NCVプロジェクト」(平成28年12月)

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】

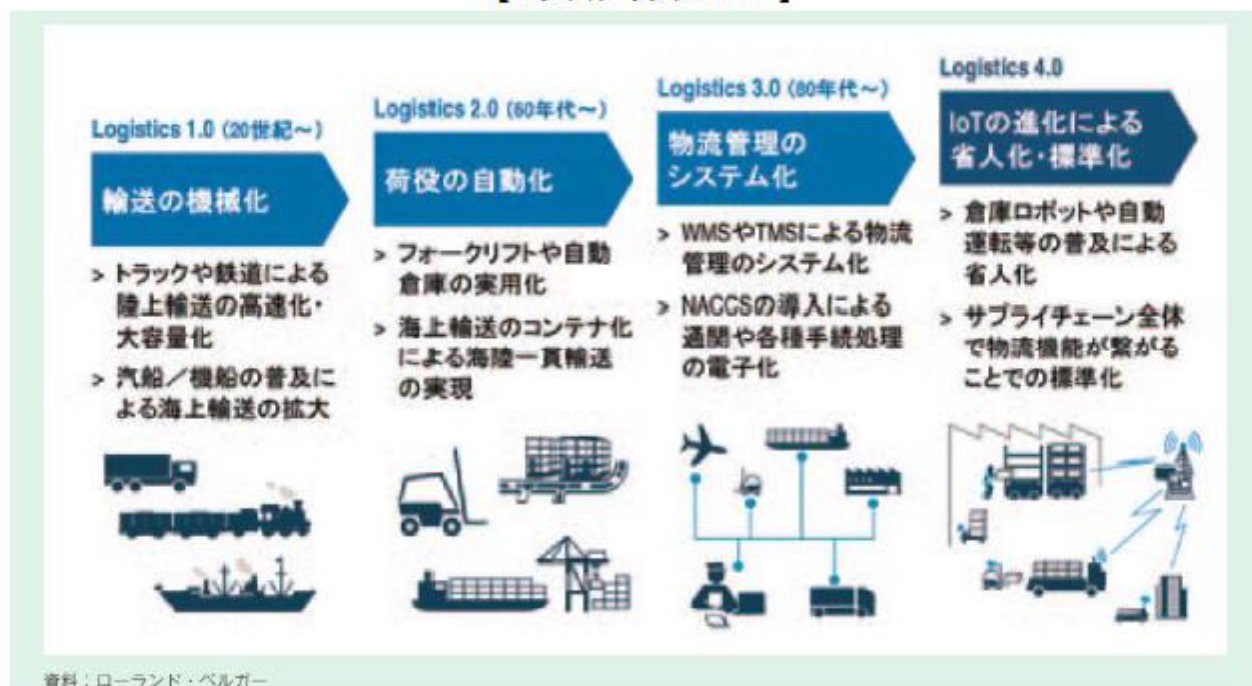


(出所) 中央環境審議会 地球環境部会 低炭素長期ビジョン小委員会 (第8回)
日産自動車株式会社 エキスパートリーダー 朝日氏 御提供資料

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※】



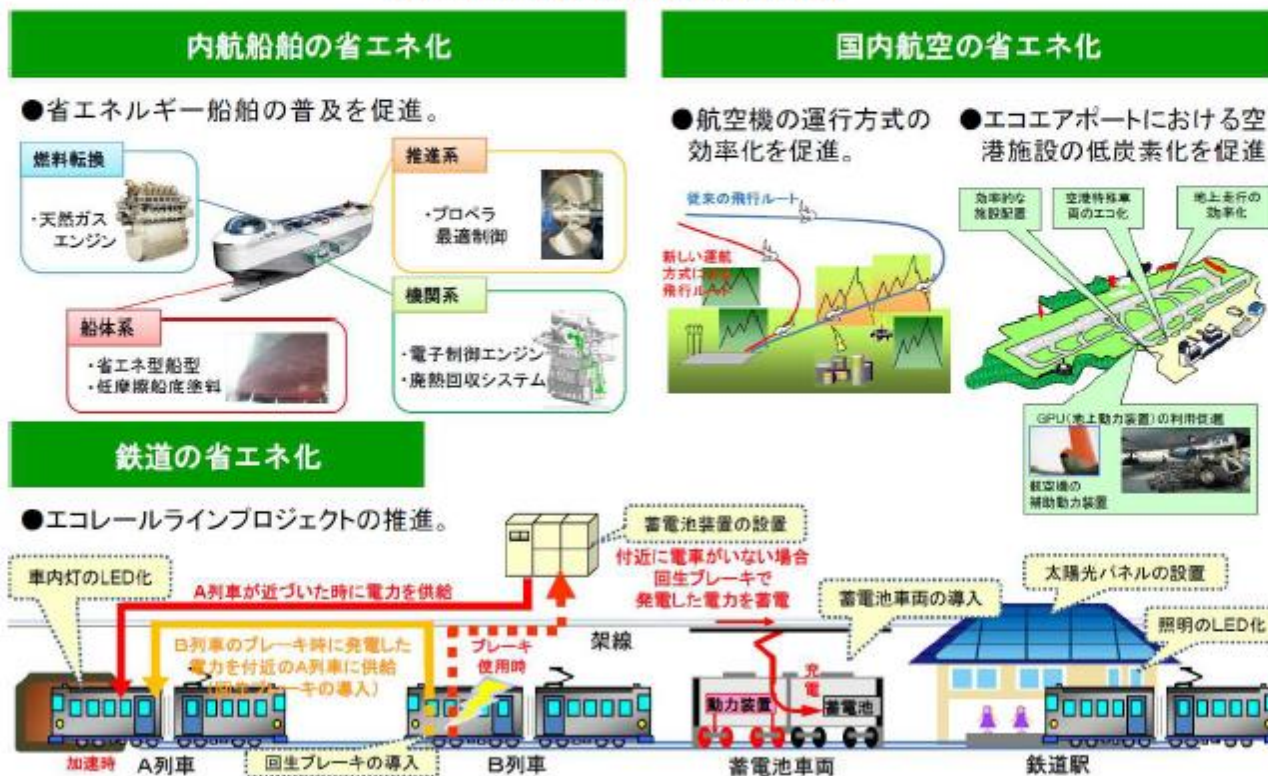
(出所) 経済産業省「平成28年度 ものづくり白書」

※ 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】



(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】

鉄道・バス等の利用促進



鉄道の新線整備
・山台市東西線 (R27開業予定)
・物線・浜直通線 (H30開業予定)
・物線・東急直通線 (H31開業予定)
・福岡市七隈線延伸 (H32開業予定)



アクセス改善の整備
4階：高速バスターミナルの整備
3階：タクシー乗降場
1階：タクシー乗降場・徒歩圏の整備
B1階：自転車駐輪場

交通結節点強化



都市部でのLRTやBRTの導入



バスロケーションシステムの整備



ノンステップバスの普及

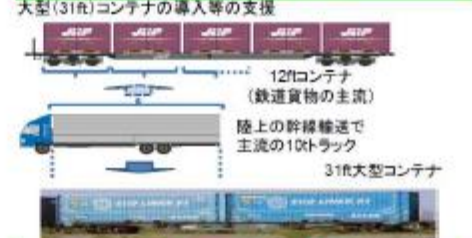


自転車との連携

共同輸配送の推進等



鉄道貨物へのモーダルシフト



海上貨物へのモーダルシフト

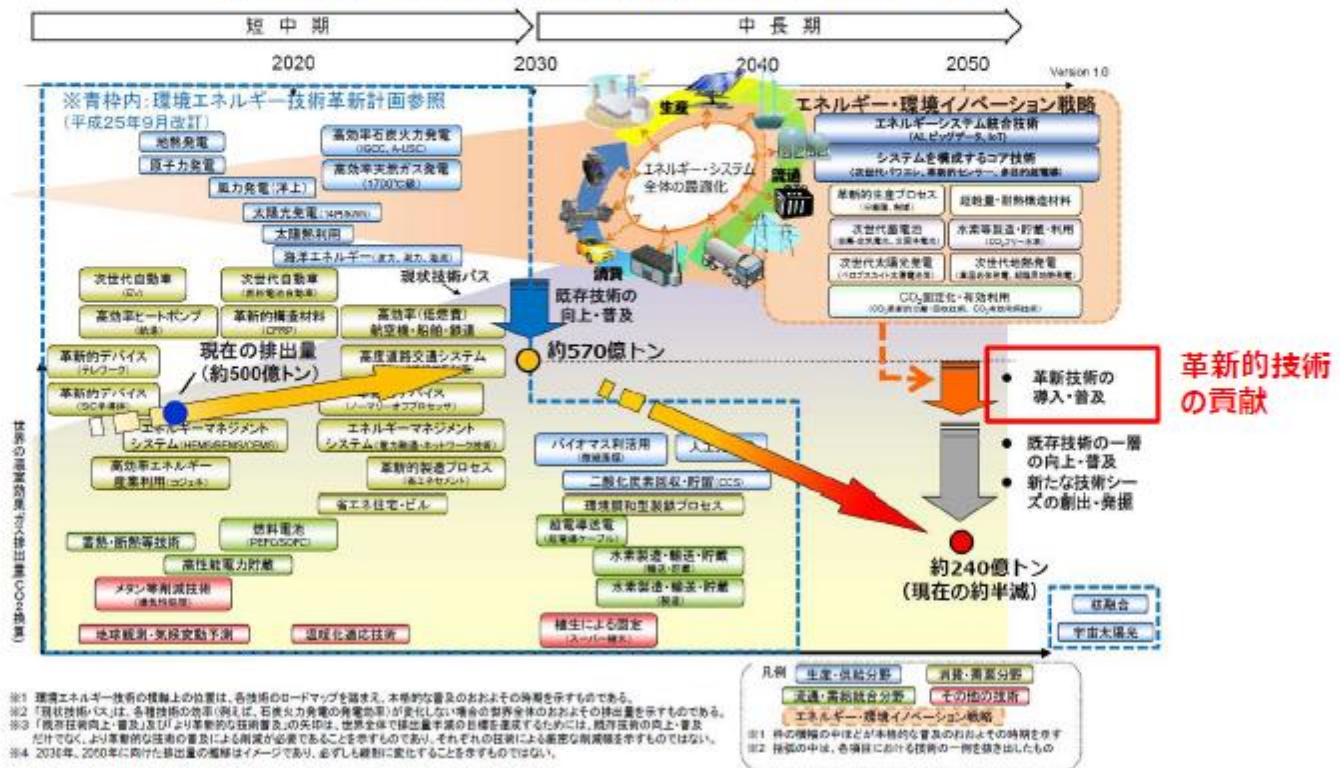


(出所) 国土交通省「国土交通分野における今後の地球温暖化対策（緩和策）について」（平成27年3月）

革新的技術

・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】



(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)

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】

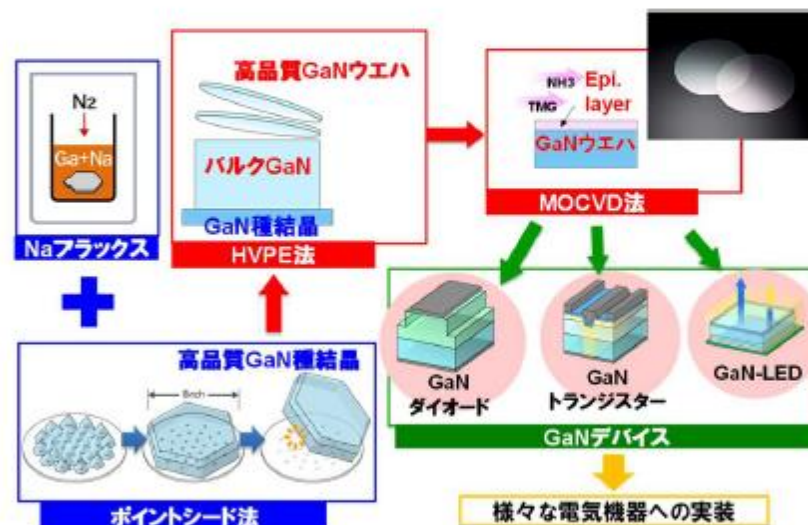


【窒化ガリウムの利用による電力損失の低減】



【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】

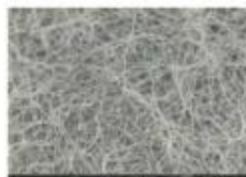
＜新素材の例＞



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> ㊞

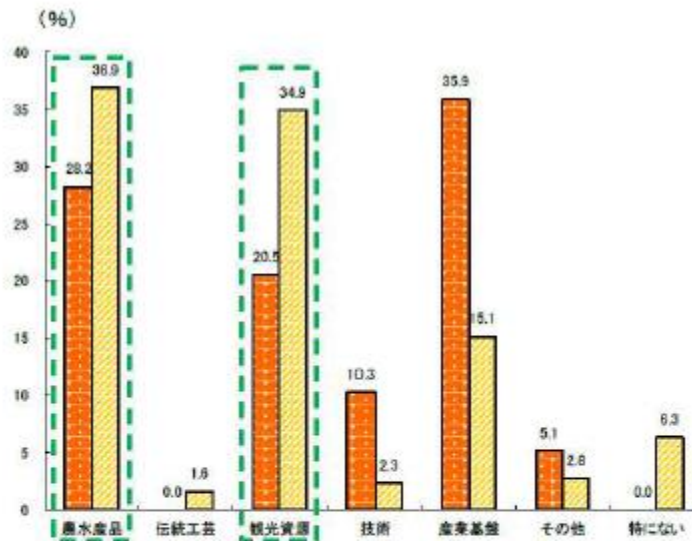
(出所) 経済産業省 製造産業局 鉄鋼課・非鉄金属課「金属素材産業の現状と課題への対応」

地域資源の活用

- 飲食業や観光業などのサービス産業や地域の地場産業においては、地域産材や地域固有の資源（人材、文化財、自然環境・エネルギー、飲食、商店街、工場など）を活用し、高付加価値化させた材・サービスを提供することにより生産性が向上している。これにより、域外からの資金を呼び込みつつ、地域経済が循環する地域社会が実現している。

【地域活性化の切り札となる地域資源】
（地方自治体を対象としたアンケート）

■都道府県(n=39) □市区町村(n=867)

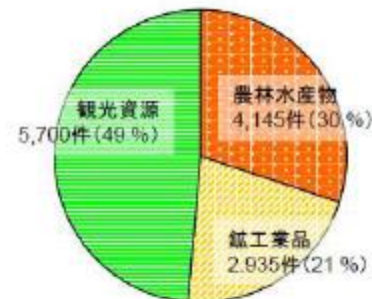


出所：中小企業庁委託「自治体の中小企業支援の実態に関する調査」
(2013年11月、三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株))

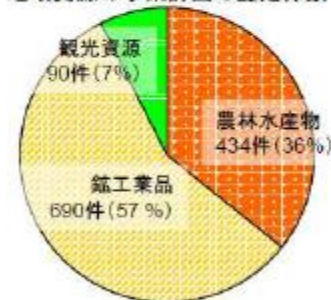
(出所) 経済産業省 日本の「稼ぐ力」創出検討会 第3回 資料3

【地域資源の指定と事業計画の認定の状況】

地域資源の指定件数



地域資源の事業計画の認定件数



バイオプラスチック

- 日用品の低炭素化も進んでおり、例えば、使い捨て容器の使用が大幅に削減され、バイオプラスチックが普及するとともに、廃棄された場合でも適正にリサイクルされることによって、ネットCO₂排出量はマイナスとなっている。
- 日用品等の利用において、必要最小限の高品質な製品を多くの人がシェアし、各個人は機能・サービスを享受するスタイルが普及している。

【バイオプラスチックの商品例】



【バイオプラスチック製品国内出荷量】

(単位：トン)

(年度)	2005	2010	2011	2012	2013	2014
PLA (ポリ乳酸)	517	2,125	2,169	2,544	3,069	3,035
バイオPE	0	55	2,188	5,951	27,025	33,209
バイオPET	0	50	80	2,819	11,875	11,916
酢酸セルロース	11,935	46,682	41,451	21,763	18,475	17,888
セロハン	9,954	12,737	12,823	11,931	11,764	12,584
澱粉	0	36	167	145	205	701
木粉・竹粉	2,340	1,199	1,403	962	828	826
その他	43	5	1	0	252	317

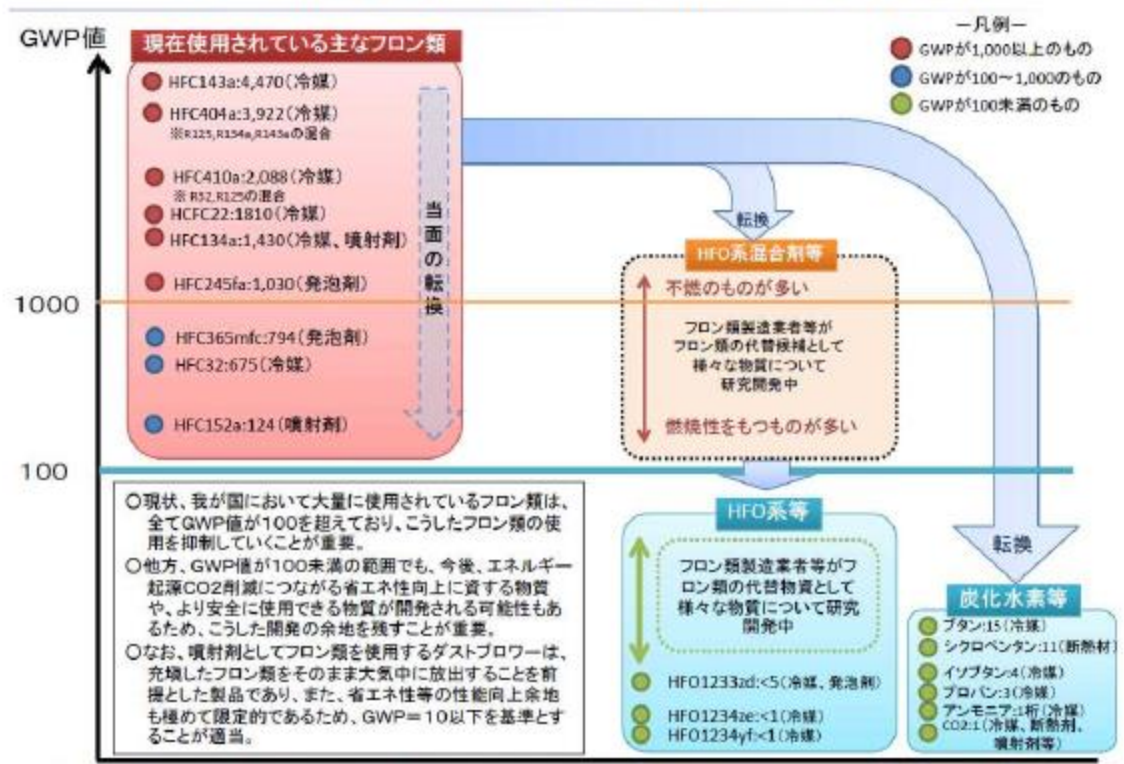
(出所) 平成23年度 環境・循環型社会・生物多様性白書

(出所) 環境省 平成28年3月 温室効果ガス排出量算定方法に関する検討結果
廃棄物分科会資料より作成

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】



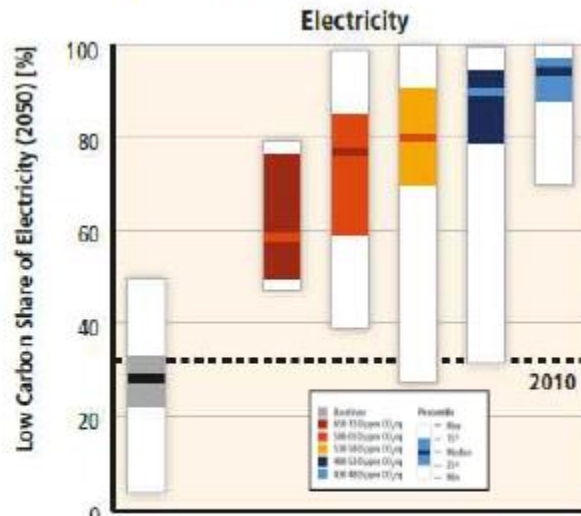
※GWP値は基本的に全てIPCC Fourth Assessment Report (AR4)の値を採用している。ただし、HFO系物質はAR4にGWP値の掲載がないため、IPCC Fifth Assessment Report (AR5)の値を採用している。

(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)

2050年80%削減に向けた絵姿

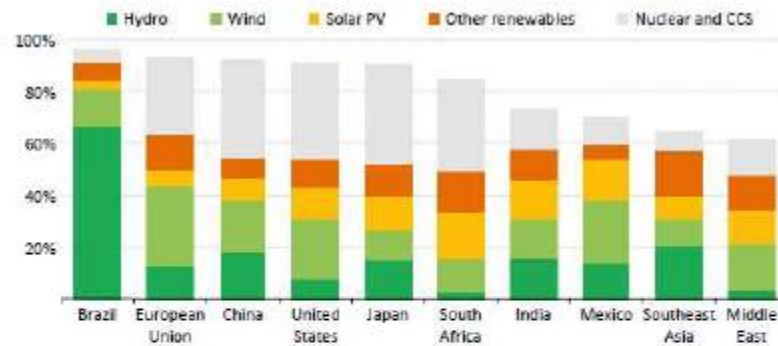
- 電力については、低炭素電源（再生可能エネルギー、CCS付火力発電、原子力発電）が発電電力量の9割以上を占めている。
- あらゆる分野で電化・低炭素燃料への利用転換が進み、最終エネルギー消費の多くは電力によってまかなわれ、化石燃料は一部の産業や運輸等で使用されている。自家発電についてもより低炭素な燃料への転換が進められている。

参考（世界全体での2050年時点の電力に占める低炭素電源の割合）



(出所) IPCC WGIII Technical Summary Figure TS.18

参考（450シナリオにおける2040年時点での低炭素電源からの電力供給割合）



(出所) IEA World Energy Outlook 2016 Figure 10.19

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。

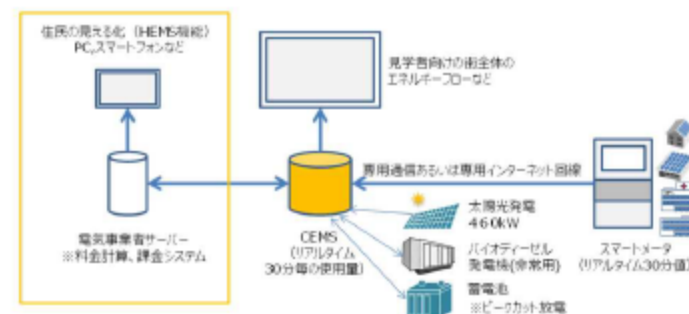
【集中/分散エネルギーマネジメント】



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

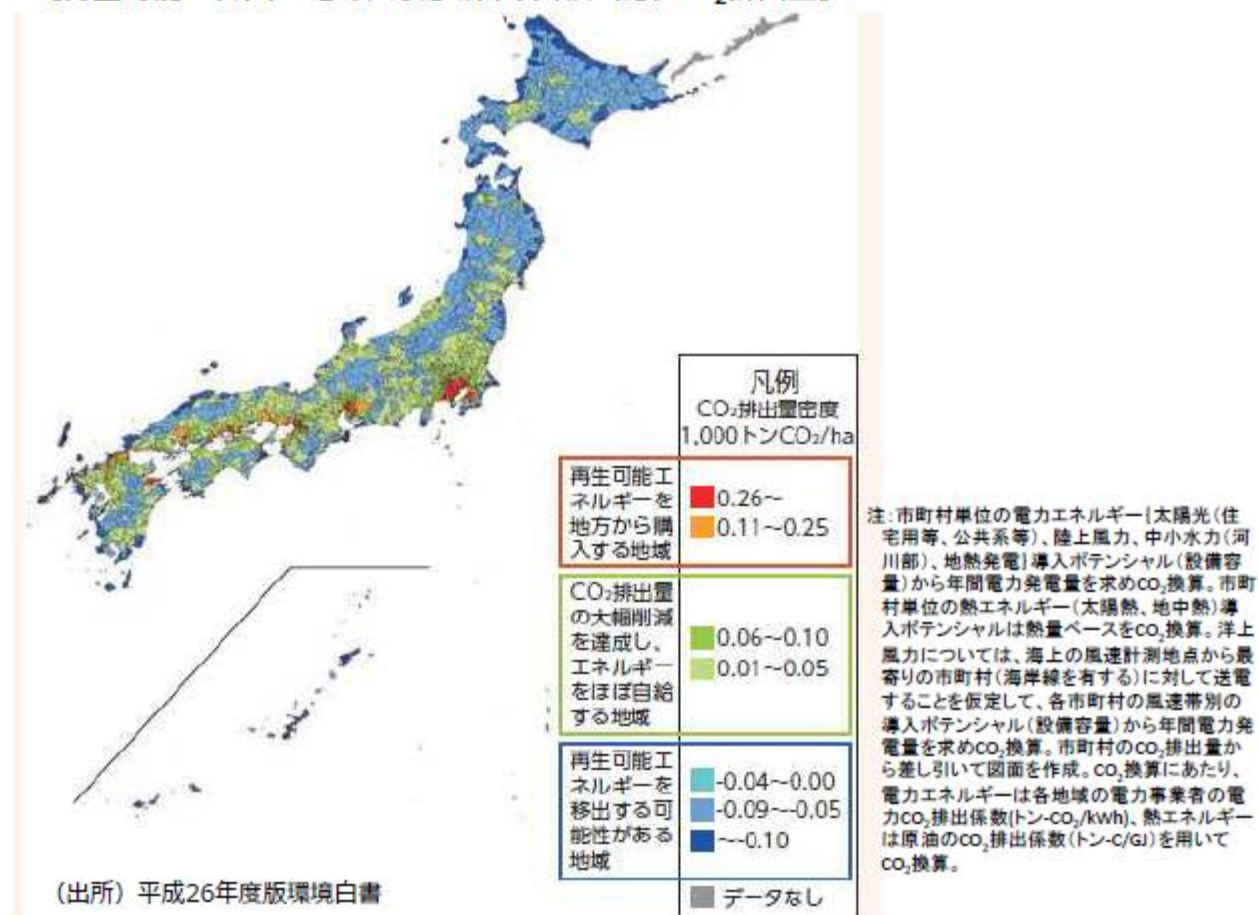
【平常時】スマートメータにより電力量を計測し、①エリア全体・個別の電力見える化、②個別機器の発電量・需要量の測定と電気事業者へのデータ送付、③蓄電池の充放電によるピークカット、④請求書等の発行を実施する。
 【非常時】公共系統が停電した際、エリア内でバイオディーゼルの起動し、蓄電池、太陽光発電と共に電力の需給バランスを制御する。

（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

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】



再エネ熱の活用

- 太陽熱やバイオマス、地中熱等の再生可能エネルギー熱が最大限活用される地域や再生可能エネルギーから作られる水素を用いたコージェネレーションや都市部への供給を行う地域など、地域の状況に応じたエネルギーシステムが成立している。

【熱利用 地中熱で大規模病院の冷暖房】



出典：現地取材、CleanMedEurope2011発表資料(左下イラスト)にGoogle画像の温度計を筆者追加
写真2点(スウェーデン・スコネ県立病院)は筆者撮影、イラストは同病院提供

【熱利用 木質バイオマス利用の地域冷暖房+発電】

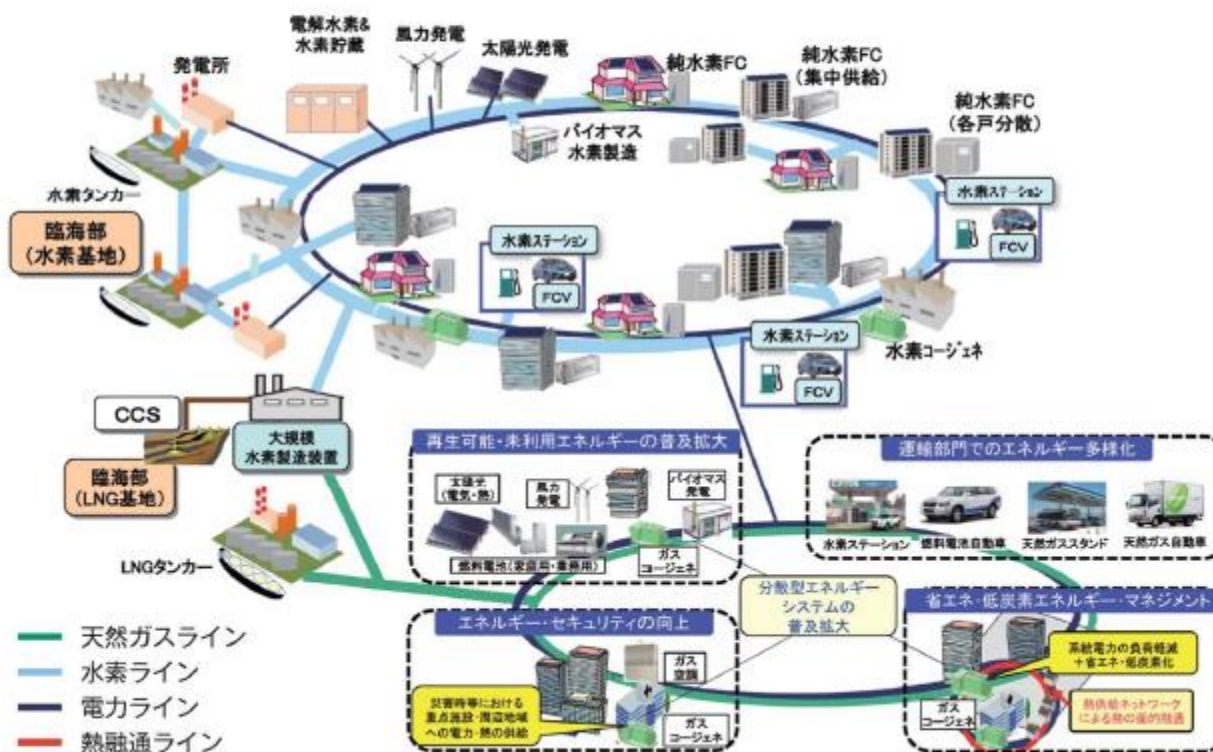


(出所) 両図とも 中央環境審議会 地球環境部会 低炭素長期ビジョン小委員会 (第3回)
日本環境ジャーナリストの会 会長 水口氏御提供資料

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



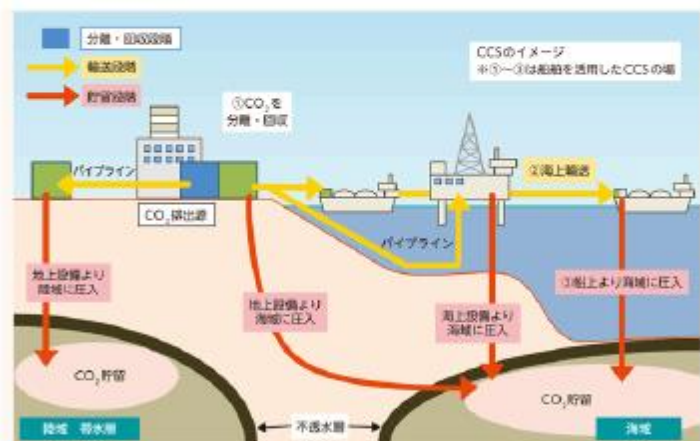
(出所) 日本ガス協会「都市ガス業界が貢献できる水素社会」

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

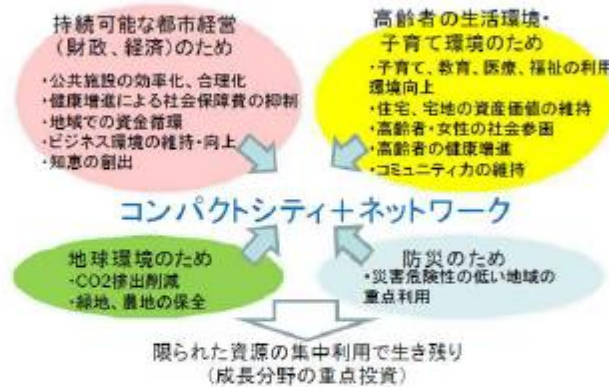
【燃焼後CO2分離回収パイロットプラント（東芝）】



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

中心市街地地区

公共交通沿線居住推進地区

居住推進地区内の人口比率を
 28%(H17年)
 →42%(H37年)
 とする目標。
 (これにより地区内の人口密度を維持)

公共交通軸

■LRTの整備と、乗継ぎ環境の向上

- ・富山ライトレール線の駅にフィーダーバスを接続

■おでかけ定期券事業

- ・市内各地から中心市街地への公共交通の利用料金を100円とする割引(市内在住65歳以上)

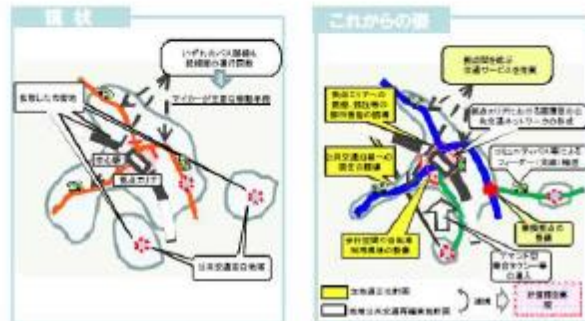
■公共交通沿線への居住の推進

- ・まちなかへの市営住宅の整備
- ・まちなか居住への支援

※共同: 70万円/戸、戸建: 30万円/戸 等

- 公共交通沿線居住推進地区では平成24年より転入超過に転換

■小学校跡地を活用し、介護予防施設を整備



(出所) 国土審議会 第2回計画部会・配布資料 (2014年10月24日)

都市における集積とイノベーションの創造

- 様々な人や情報等が交錯し、「対流」することによって、新たなイノベーションの創造につながるなど、積極的な生産活動が行われている。

【知の創発拠点の事例（ナレッジキャピタル）】

○梅田貨物駅を中心とした大阪駅北側において『知』をベースに、新しい価値創りと社会変革を。』をコンセプトとして再開発
 ○主な施設：関西大学、大阪大学、(独)医療基盤研究所等



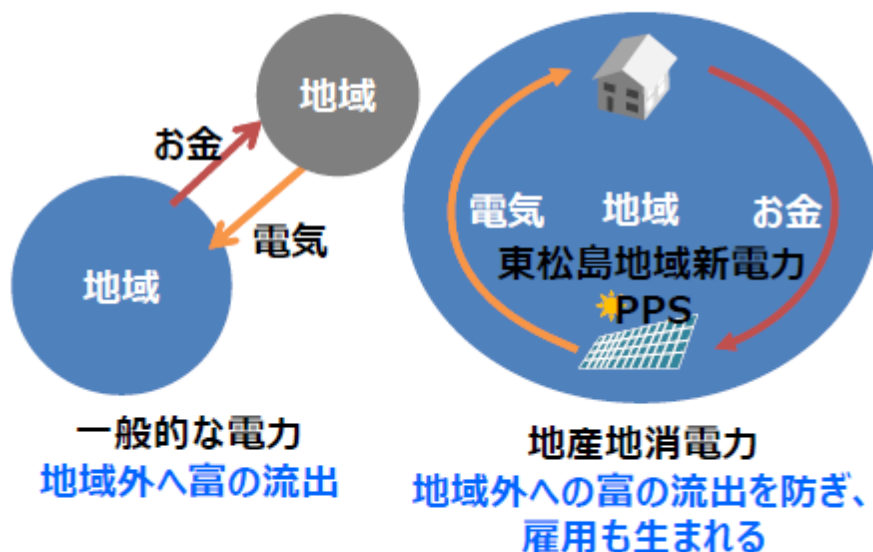
(出所) 国土審議会 第3回計画部会・配布資料 (2014年11月7日)

(出典)ナレッジキャピタルHPより作成

脱炭素化社会、地域経済活性化、国土強靱化

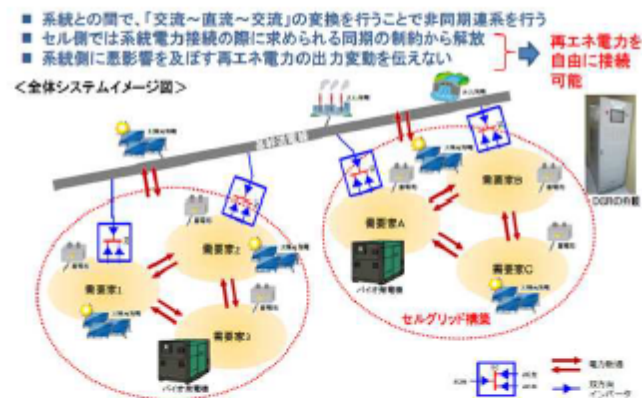
- 地域ごとに自立した分散型エネルギーとして再生可能エネルギーが導入されているため、災害が生じた際にも必要なエネルギーを迅速に供給することができるなど、国土強靱化と低炭素化で整合的な取組が進められている。

【東松島スマート防災エコタウン】



(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

【デジタルグリッド】



(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3回) 東京大学 特任教授 阿部氏 御提供資料

→不安定な再生可能エネルギーを使いこなすために、大型蓄電池やデジタルグリッドで安定化

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】

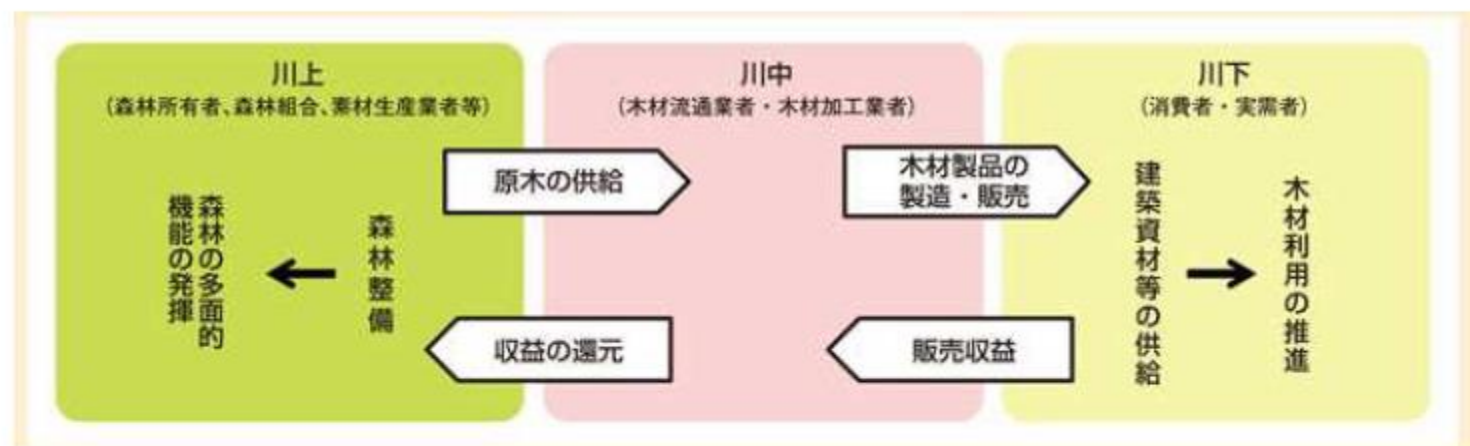


(出所) 農林水産省生産局農業環境対策課「平成28年度予算の概要」

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」

2050年80%削減を実現する社会の絵姿

①「脱炭素市場の創出」と「質の経済」実現の両輪による持続的成長

②自然資本を基盤とした再エネ産業とコンパクトなまちづくりによる「地方創生」

③気候安全保障への大きな貢献とエネルギー安全保障が向上した国家の実現

大幅削減に向けた他の主要な施策群 (土地利用)

自動車走行量及び床面積の適正化を通じた温室効果ガスの削減、都市の生産性の向上、徒歩分担率の向上による人々の健康増進等の様々な観点から、市街地のコンパクト化や立地の適正化を進めるため、地方公共団体の定める実行計画(区域施策編)や低炭素まちづくり計画等に基づく取組を推進するための支援が必要である。

また、各地域における再エネ事業の推進に資するよう、例えば地域に賦存するエネルギーのポテンシャル調査の実施、ゾーニングによる環境保全と両立した再エネのためのエリア設定の普及、ポテンシャルマッピングによる再エネ設備導入により得られるエネルギー予測量の把握など、地域ごとにきめ細かな情報の整備・提供も重要である。さらに、地域エネルギーの地産地消を進めるとともに、余剰エネルギーは需要の大きい都市部等、他地域へ供給することが必要である。こうしたエネルギーの地域間連携を円滑に進めるためにも、送電網の最適化や水素等の変換エネルギーの輸送体制の整備等が必要と考えられるが、具体的にどのような連携が効果的・効率的か、官民含めた多様な主体間で、地域の自然的社会的条件に応じた連携の在り方を模索していくことが必要である。

このほか、エネルギーの面的利用、「適応」と防災を考慮した土地利用、都市部の緑化や機器の高効率化による人工排熱の低減等を通じたヒートアイランド対策による熱環境改善、廃棄物・リサイクル分野における地域特性に応じた低炭素化の推進等、気候変動対策の観点からコンパクトなまちづくりを進めることは、上述のとおり経済、社会面で様々な効用を有する。こうしたマルチベネフィットについても更に検討を深め、情報を発信していくことは、地域づくりの推進に資するものと考えられる。

大幅削減を牽引する担い手の一つである地方公共団体においても、この長期低炭素ビジョンを受け、地域特性を踏まえつつ長期を見据えた計画や取組の検討に速やかに着手することが期待される。