

低炭素社会への道

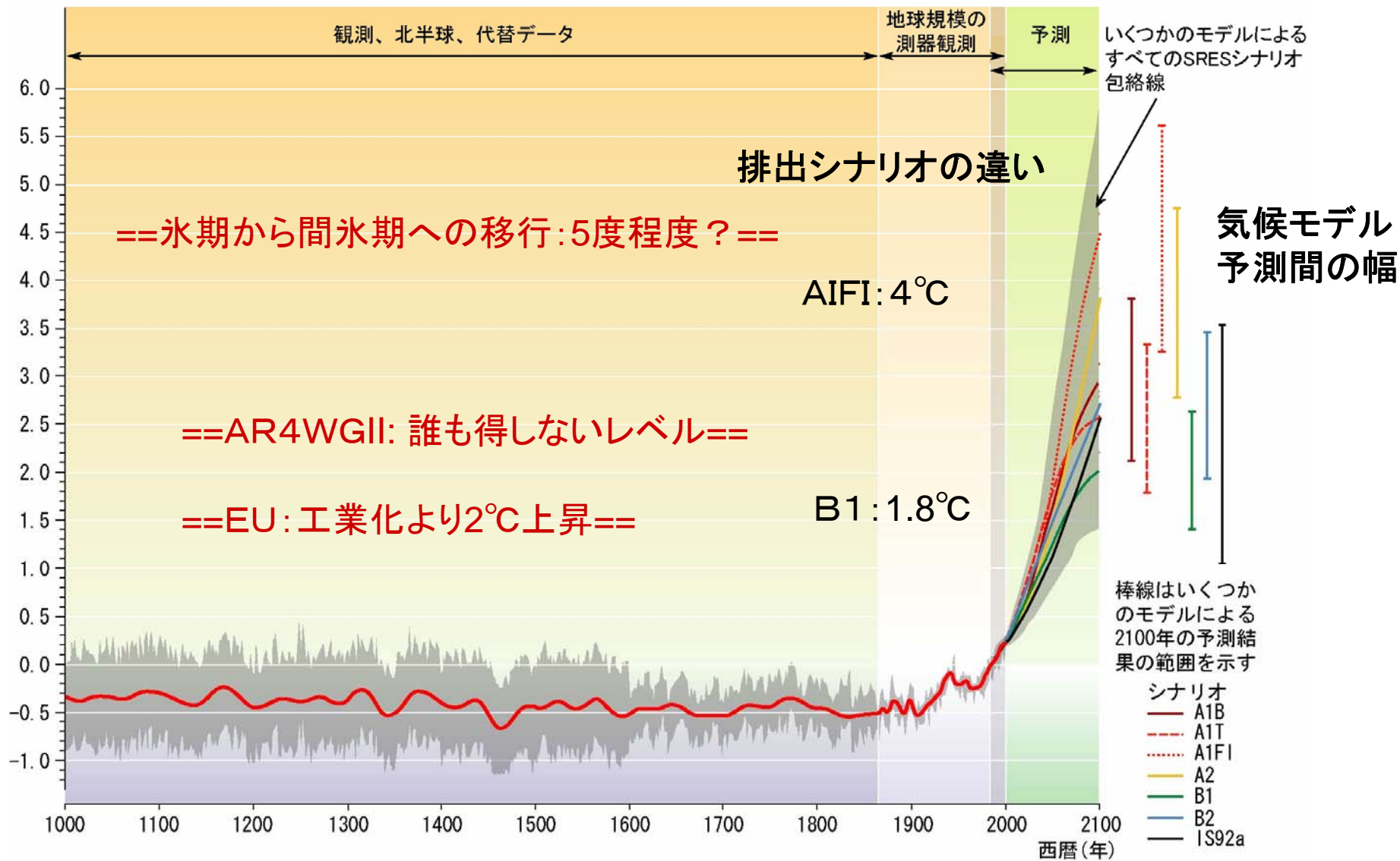
- ・なぜ70%削減か
- ・技術的に削減は可能
- ・実現に向けての方策

環境・エネルギー材料研究展
物質・材料研究機構主催
2008年5月29日 東京ビッグサイト
国立環境研究所 西岡秀三

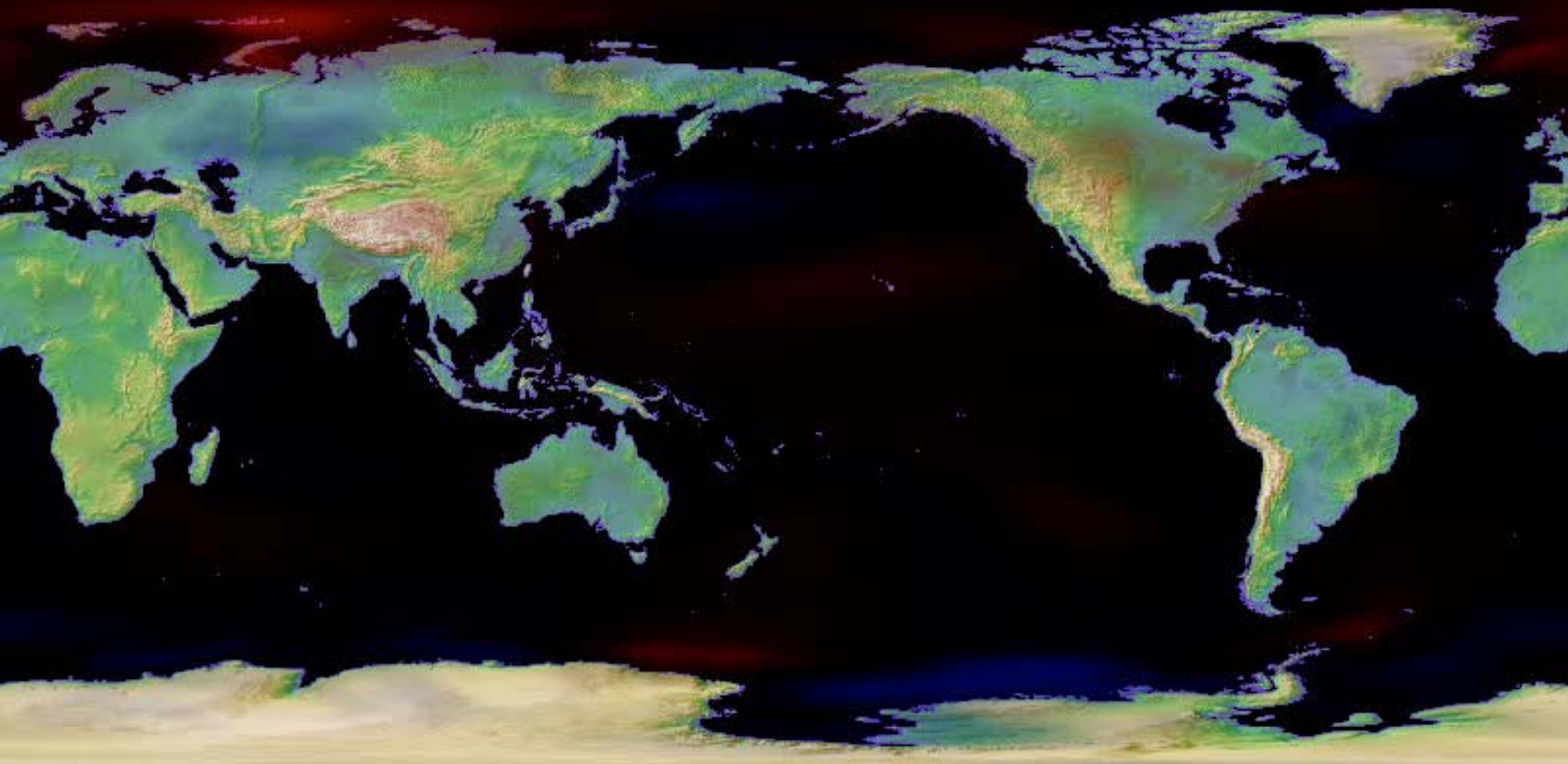
気候の恵みをかみしめる

文明始まって以来の温暖化：気候変化の過去と予測

気温の偏差°C(1990年における値との比較)



地表面温度上昇予測 [1900年よりの上昇]



1950

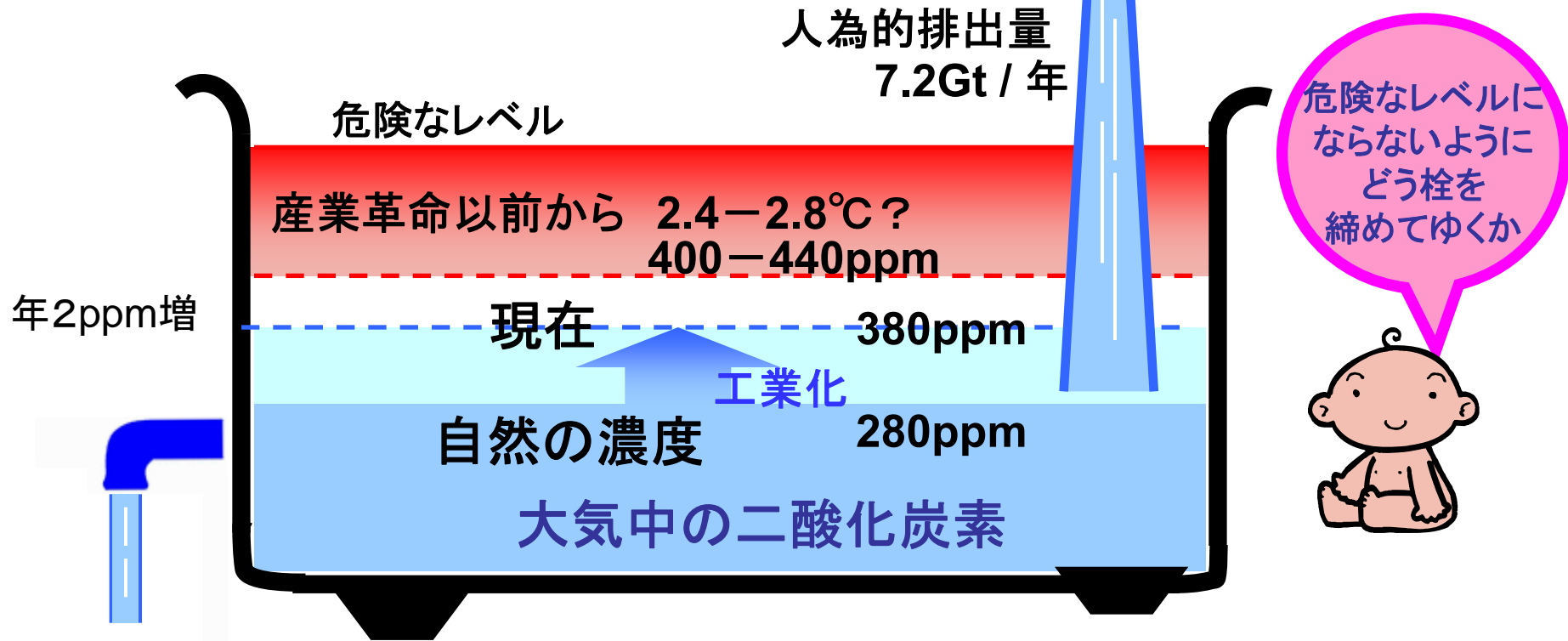


気候安定化のためには

「世界の排出量を2050年に半減以下に」

日本:「美しい星50」の提案

あと10-30年で危険なレベルに
究極は今の排出量を半減以下へ



自然の吸収量(陸上0.9 海洋2.1)
3.1Gt / 年 今後は減少の見込み

(2000年、二酸化炭素で代表した説明)
Gt=10億トン、炭素換算

気候変化影響を懸念する理由

(AR4統合報告書:第3次報告より懸念は強まっている)

- ・ 特異で危険にさらされているシステムのリスク
 - 脆弱な極地山岳社会、生態系にすでに影響が観測されている
 - 工業化より1.5-2.5度上昇で特異なシステムへ影響(多様性ホットスポットなど)
 - 工業化より2-3度以上上昇で動植物種20-30%程度絶滅
- ・ 極端な気候変動のリスク
 - 近年の実対応からみて第三次報告より脆弱性が高まっている。
 - 旱魃、熱波、洪水の増加予測はより確実に
- ・ 影響と脆弱性の分布
 - 経済的弱者に影響大:途上国、老人貧困層、乾燥地域、メガデルタ
- ・ 集計された影響:正負の影響の和
 - 市場利益は早めでピーク、正味費用は温暖化とともに増加
- ・ 大規模不連続現象のリスク
 - 何世紀にもわたる温暖化で海水熱膨張は続く
 - 南極・グリーンランド氷床の力学的過程(AR4では十分には評価されていない)での氷の損失率上昇観測による海面上昇

濃度安定化のシナリオ (IPCC AR4)

カテゴリー	追加的な放射強制力※1 (ワット/平方メートル)	CO ₂ 濃度 (ppm)	温室効果ガス濃度(CO ₂ 換算) (ppm)	産業革命前からの気温上昇 (°C)	CO ₂ 排出がピークとなる年 (年)	2050年のCO ₂ 排出量 (2000年比、%)※2	研究されたシナリオ数
I	2.5～3.0	350～ 400	445～ 490	2.0～ 2.4	2000～ 2015	-85 ～ -50	6
II	3.0～3.5	400～ 440	490～ 535	2.4～ 2.8	2000～ 2020	-60 ～ -30	18
III	3.5～4.0	440～ 485	535～ 590	2.8～ 3.2	2010～ 2030	-30 ～ +5	21
IV	4.0～5.0	485～ 570	590～ 710	3.2～ 4.0	2020～ 2060	+10 ～ +60	118
V	5.0～6.0	570～ 660	710～ 855	4.0～ 4.9	2050～ 2080	+25 ～ +85	9
VI	6.0～7.5	660～ 790	855～ 1130	4.9～ 6.1	2060～ 2090	+90 ～ +140	5
合計							177

どのような道筋で下げるのがよいか

- ・ あと10-30年の間に下げ始める
- ・ 2.5-3.5度に安定するには、2050年世界で50%削減(美しい星50)
- ・ そのとき日本は？ 60-80%削減 85%？(一人当たり平等)
途上国は今より増やせない=一人当たりでは半減

低炭素社会構築に向けた国立環境研究所研究成果

- ・ 低炭素社会シナリオ[70%削減シナリオ]

<http://2050.nies.go.jp>

- ・ 低炭素社会に向けた12の方策

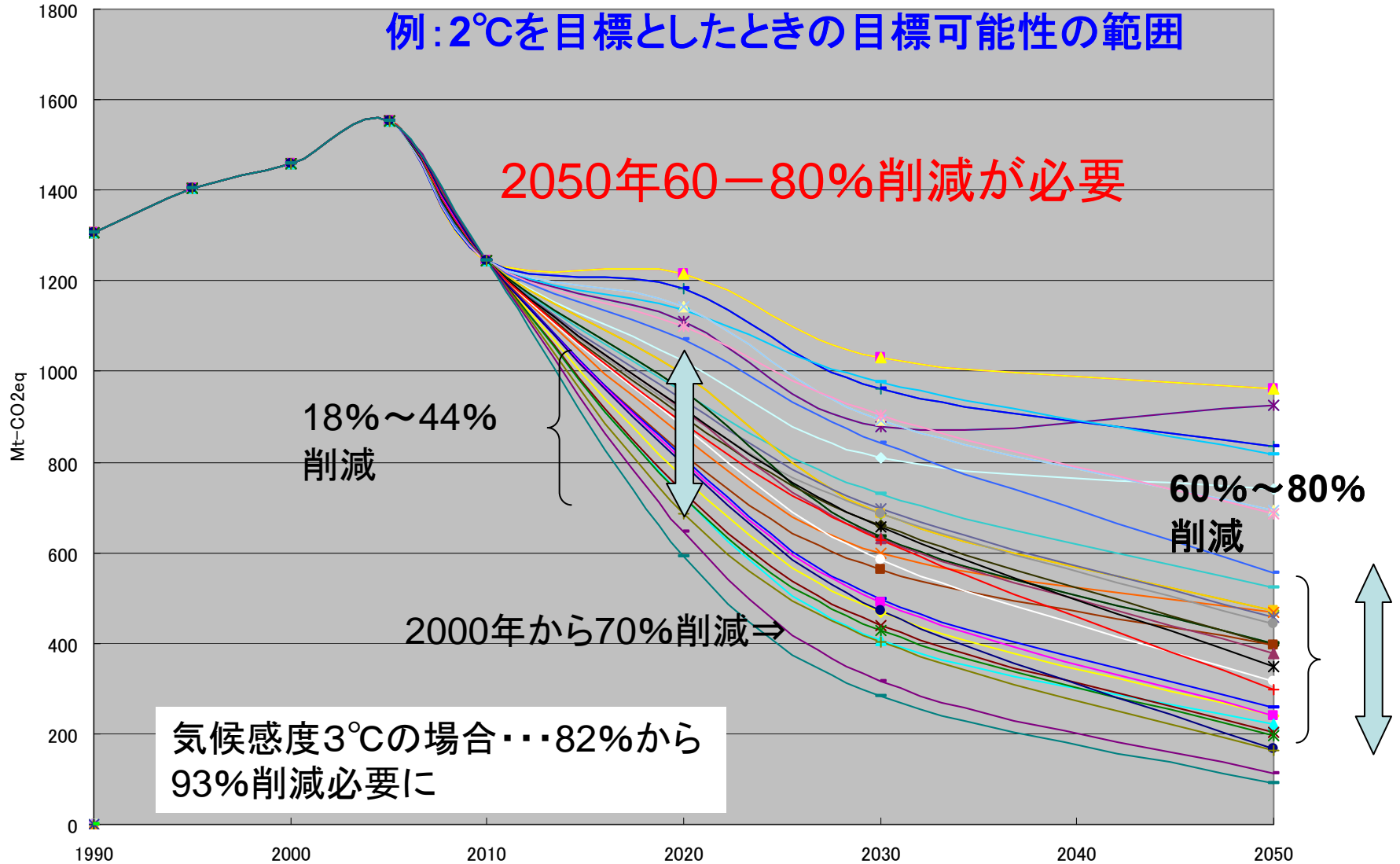
<http://2050.nies.go.jp>

- ・ 低炭素社会：学術雑誌「地球環境」特集：
低炭素社会の描像と実現シナリオ

国際環境研究協会 airies@airies.or.jp

- ・ 日本低炭素社会のシナリオ—二酸化炭素70%削減の道筋
日刊工業新聞社 6月発売予定

日本の2050年排出削減道筋の感度分析:



排出削減道筋決定での3不確実要因: 危険なレベル、気候感度、国際分担

低炭素社会は可能である！
2050年に想定されるサービス需要を満足しながら、
CO2を1990年に比べて70%削減
する技術的なポテンシャルが存在する。

課題：

どんな社会にしたいのか？

どう社会が取り入れるか？

⇒低炭素社会へ向けた12の方策[2008年5月]

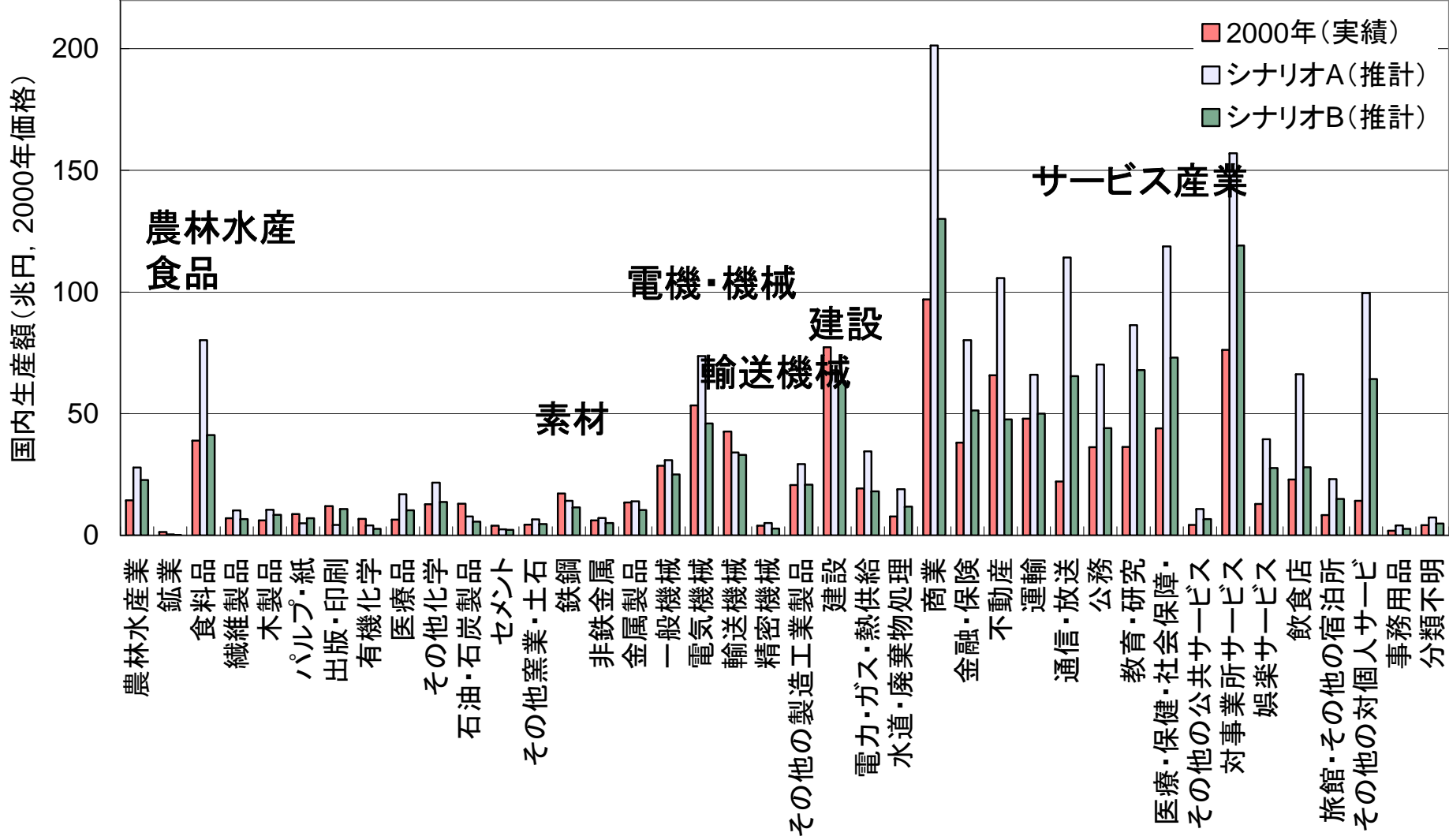
2050日本低炭素社会シナリオ研究：
温室効果ガス70%削減可能性検討

「2050日本低炭素社会」プロジェクトチーム 2007年2月

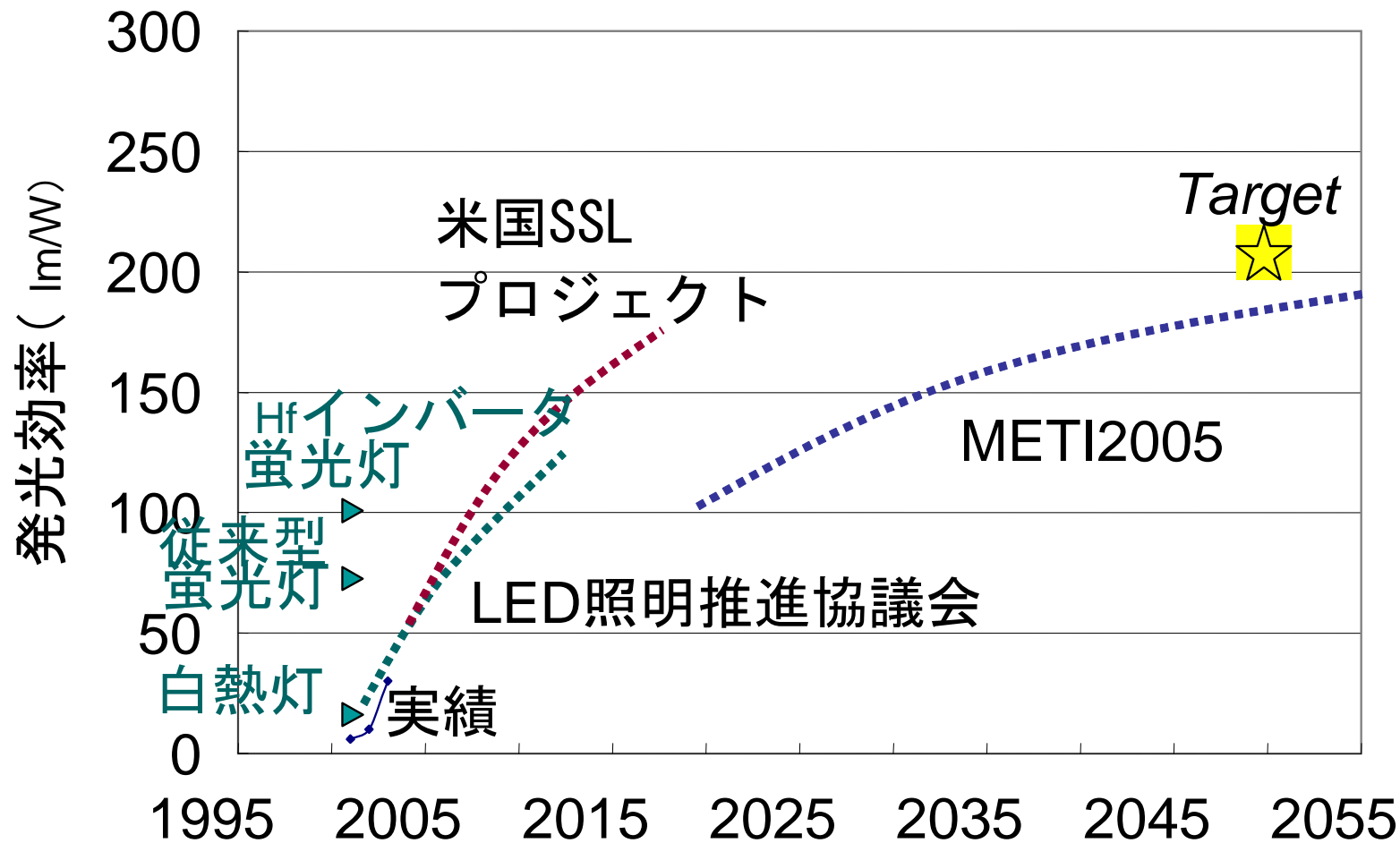
国立環境研究所・京都大学・立命館大学・東京工業大学・みずほ情報総研



2050低炭素社会の産業構造推定(CGE)



対策技術400のうちの一例： 照明のエネルギー効率の見通し



環境・エネルギー技術革新計画

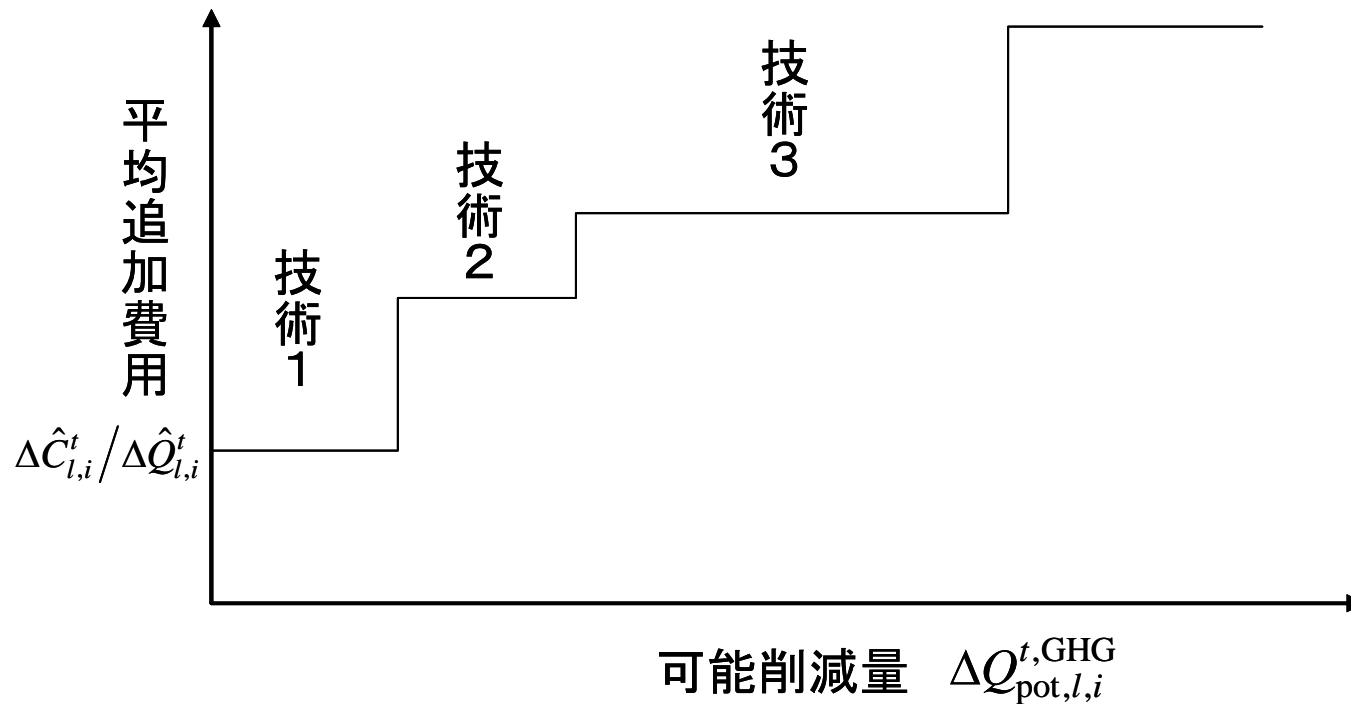
総合科学技術会議(2008年5月)

- ・ 36の技術革新
- ・ 当面:省エネ既存技術の普及/中期:供給側低炭素化/長期:革新技術

材料への要請

- ・ 高温 発電・製造プロセス
- ・ 軽量 自動車・航空機
- ・ 通信 IT
- ・ エネ貯蔵 電池 水素
- ・ 断熱 住宅・ガラス
- ・ C吸収 木質住宅
- ・ 自動化 センサー

限界削減費用の概念



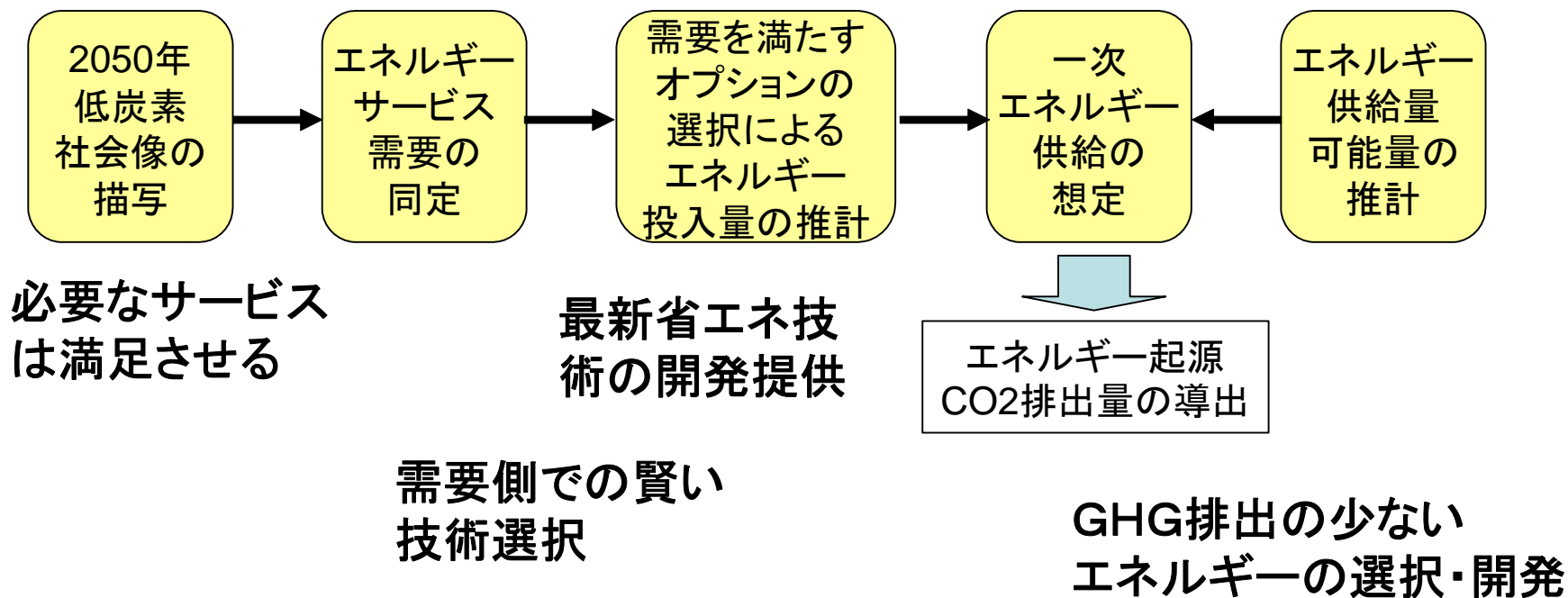
- 任意年 (t), 地域 (i), 部門 (j) にて, 対策技術 (l) 別に, 基準年 (t_0) の状況と比較.
- 技術 l について, サービス供給量1単位あたりのGHG排出削減量, 技術ストック1単位あたりの平均追加費用, 導入可能量を求める.
- 各部門 j 毎あるいは地域全体で, 削減量あたりの平均追加費用が小さい技術や手法の順に, 縦軸に削減量あたりの平均追加費用, 横軸に可能削減量の技術 l に関する累積量をプロット

削減可能性検討の手順

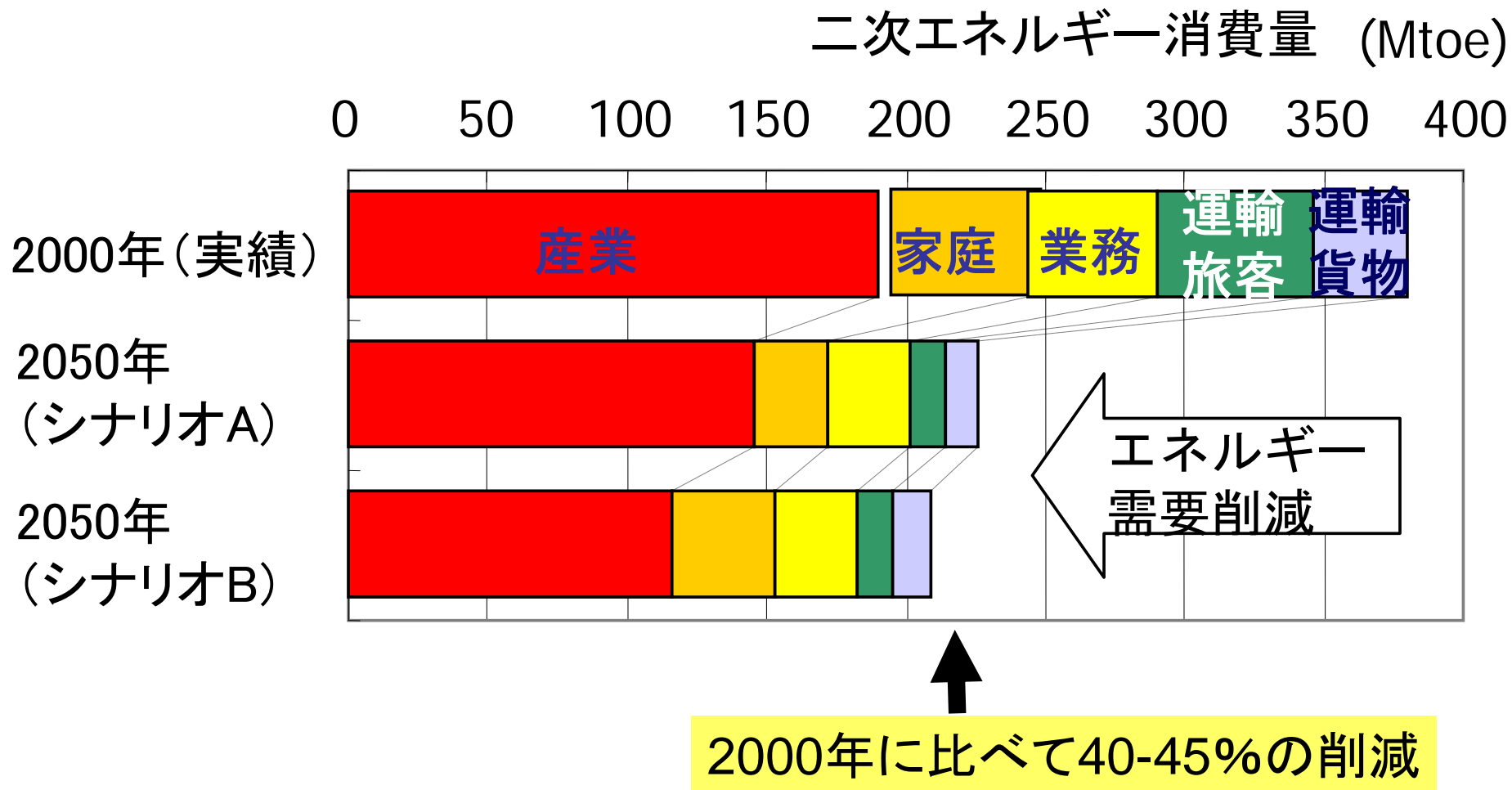
2050年には
どんな社会になって
るか？

合理的な技術選択をし
たときに必要なエネル
ギー量は？

GHG排出の少ない
エネルギーは？



必要なサービスを提供してもエネルギー 投入量は大幅に削減できる



■ 石炭
■ バイオマス
■ 太陽・風力

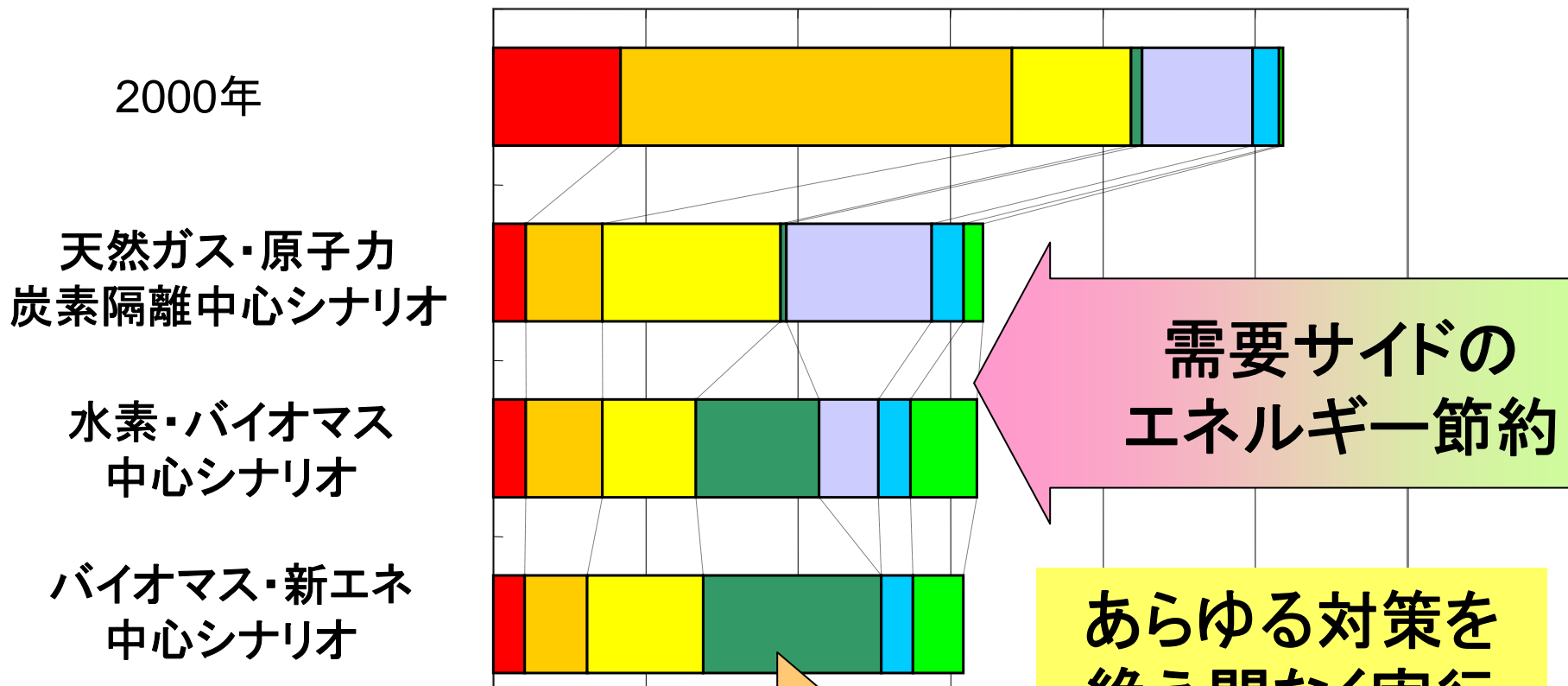
■ 石油
■ 原子力

■ 天然ガス
■ 水力

日比野(みずほ情報総研)
・増井・藤野

一次エネルギー供給量(石油換算百万トン)

0 100 200 300 400 500 600



需要サイドの
エネルギー節約

供給サイドの
脱炭素

あらゆる対策を
絶え間なく実行
することが必要

2050年約70%削減を達成する一次エネルギー供給量の例

エネルギー消費は40-45%へらせる！ 一次エネルギーを低炭素に！

二次エネルギー消費量 (Mtoe)

0 50 100 150 200 250 300 350 400

2000年(実績)

産業

家庭

業務

運輸旅客

運輸
貨物

2050年(シナリオA)

2050年(シナリオB)

エネルギー需要
削減

2000年に比べて40-45%の削減

■ 産業

■ 家庭

■ 業務

■ 運輸旅客

■ 運輸貨物

産業部門: 構造転換と省エネルギー技術導入等で20~40%。

運輸旅客部門: 適切な国土利用、エネルギー効率、炭素強度改善等で80%。

運輸貨物部門: 輸送システムの効率化、輸送機器のエネルギー効率改善等で60~70%。

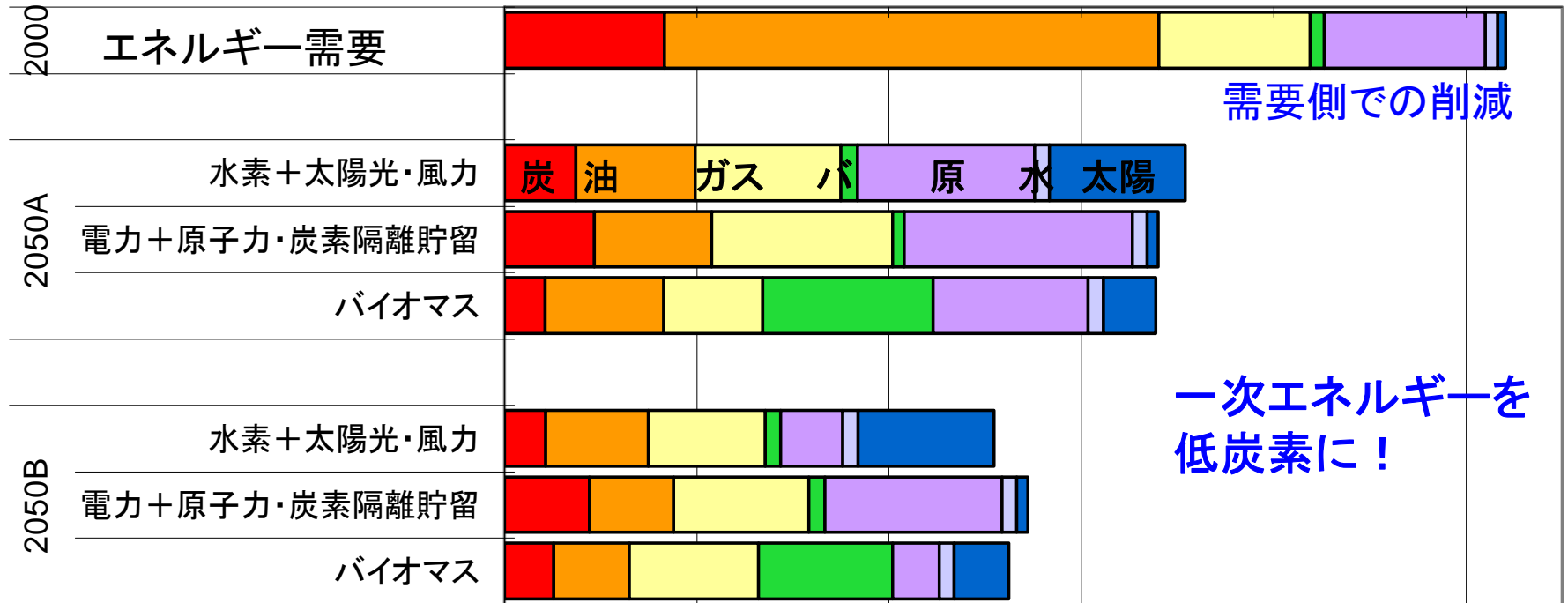
家庭部門: 利便性の高い居住空間と省エネルギー性能が両立した住宅への誘導で50%。

業務部門: 快適なサービス空間/働きやすいオフィスと省エネ機器の効率改善で40%。

エネルギー供給面から見た可能性：
供給制約の見極めと早期の路線選択が必要

一次エネルギー消費量 (石油換算百万トン)

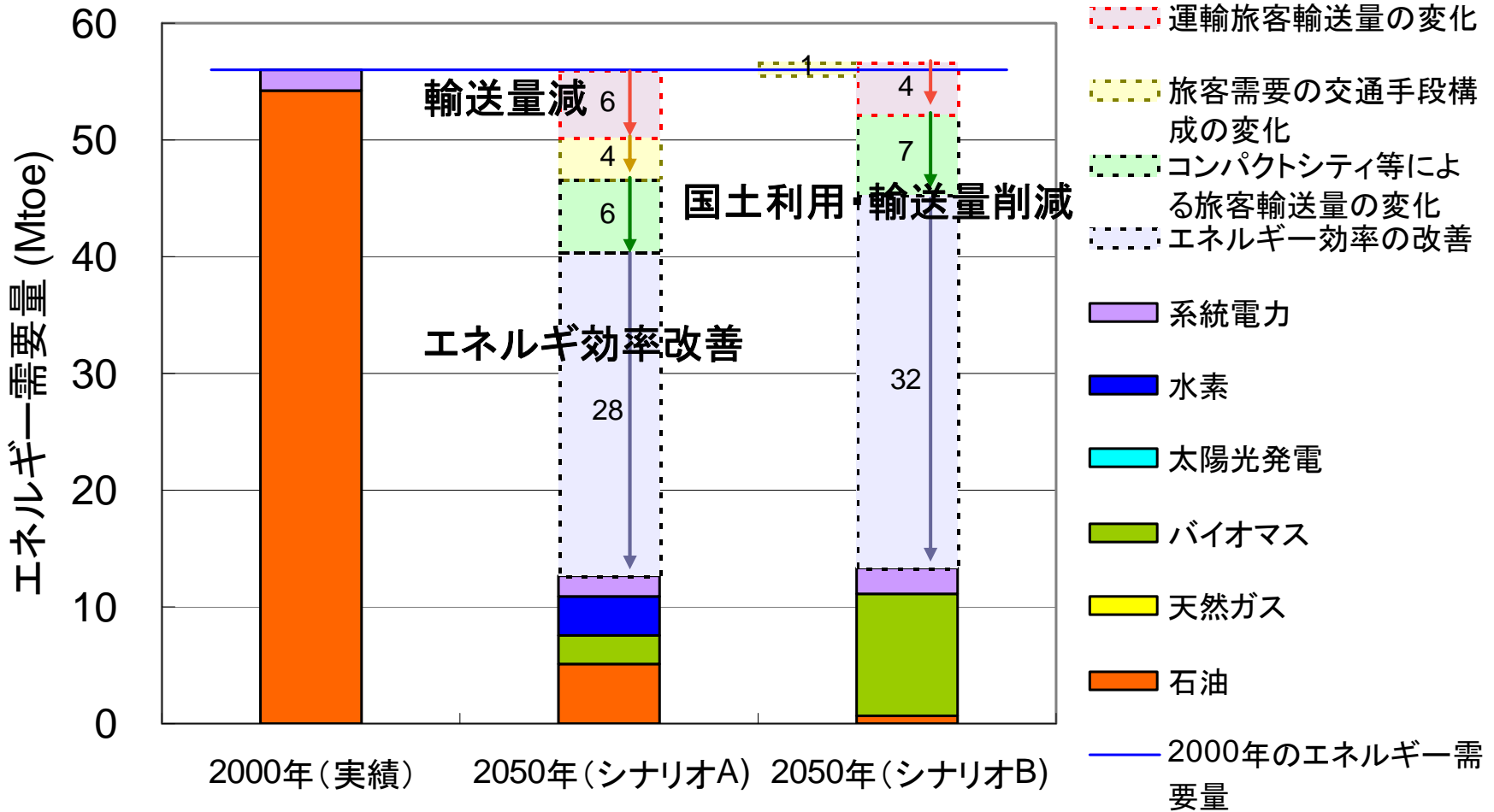
0 100 200 300 400 500



■ 石炭 ■ 石油 ■ ガス ■ バイオマス ■ 原子力 ■ 水力 ■ 太陽・風力

原子力は、立地・受容・リードタイムのほかに需要側の電力負荷率が制約になる。
 バイオマスは、国内資源だけでなく国外からの輸入可能量に制約があり、
 自然エネルギーには供給ポテンシャルおよび出力の不安定性など本質的な制限がある。
 水素供給にはまだ殆ど建設されていない水素インフラが必要になる。

例：運輸旅客：適切な国土利用、エネルギー効率改善で 80%もエネルギー需要が削減



運輸旅客輸送量の変化：人口減少による移動総量の減少

旅客需要の交通手段構成の変化：公共交通機関(LRT等)によるモーダルシフト

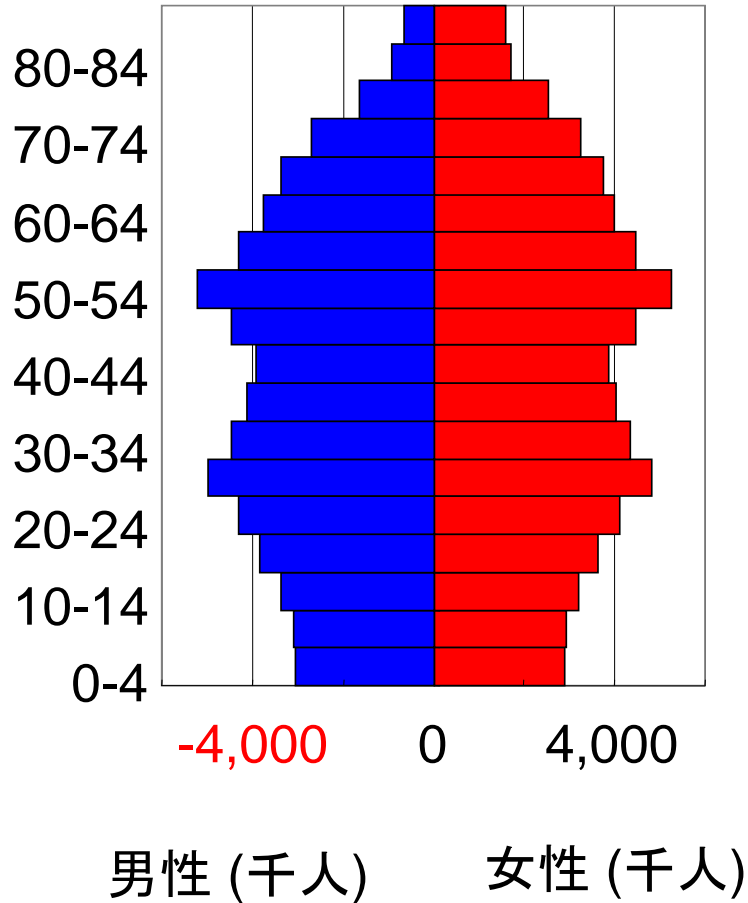
コンパクトシティ等による旅客輸送量の変化：目的地が近在化することによる移動距離の減少

エネルギー効率の改善：自動車などの旅客輸送機器の効率改善(ハイブリッド化、軽量化等)

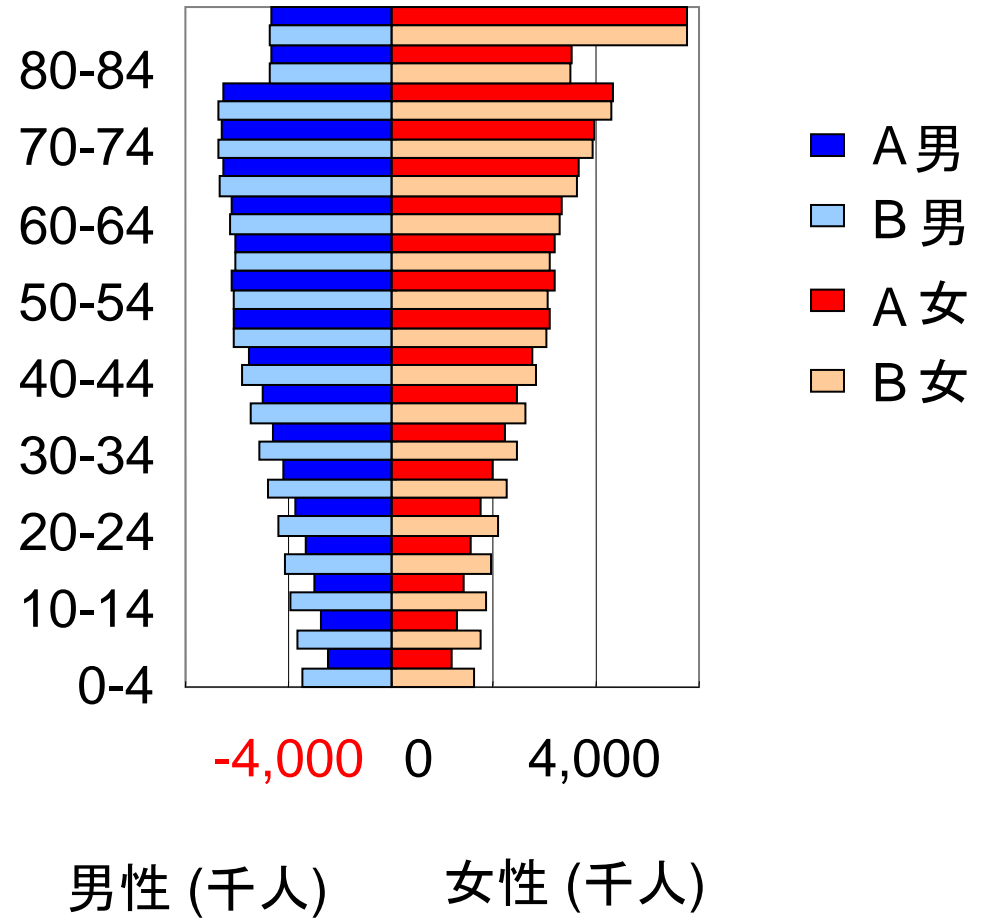
ステップ1: 社会のイメージを描く

日本の人口は？

年齢区分

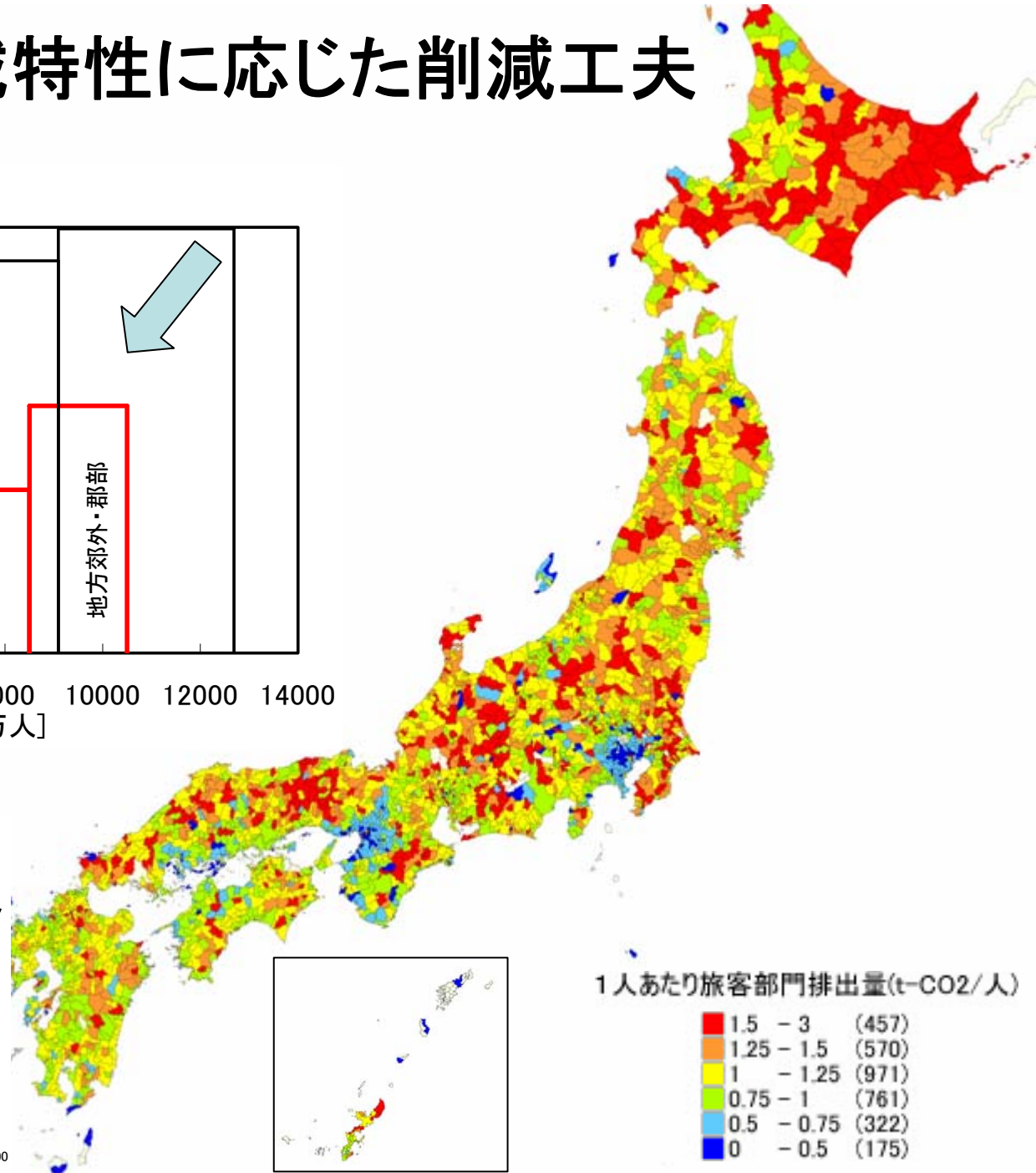
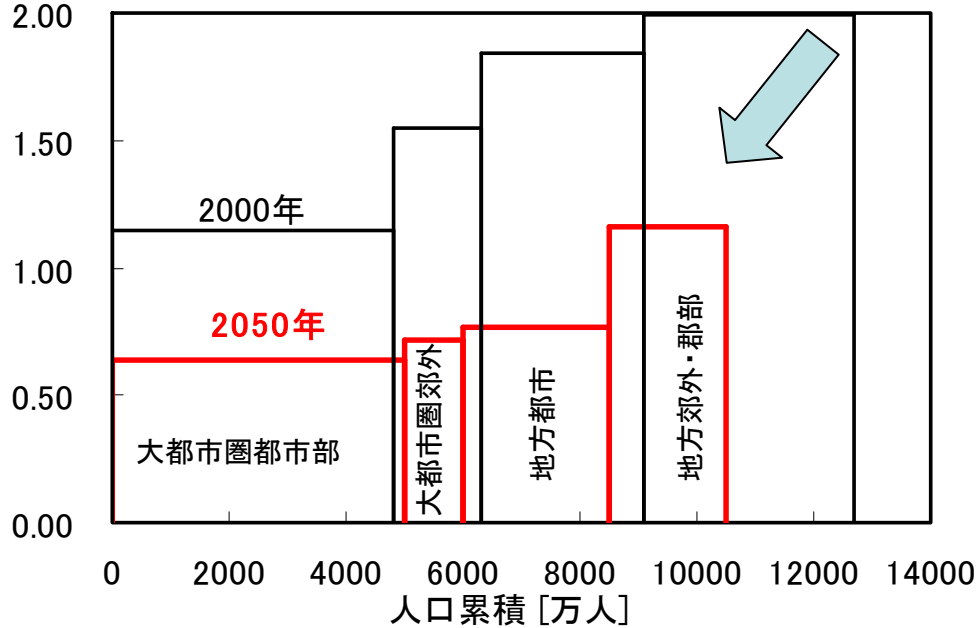


年齢区分

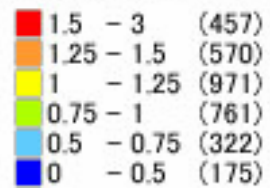


交通：地域特性に応じた削減工夫

1人あたりCO2 [t/年]

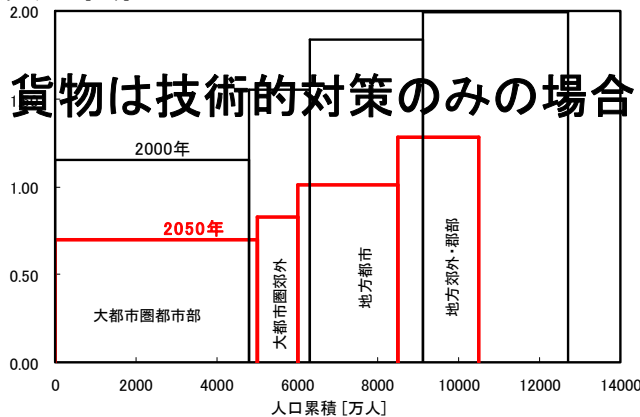


1人あたり旅客部門排出量(t-CO2/人)

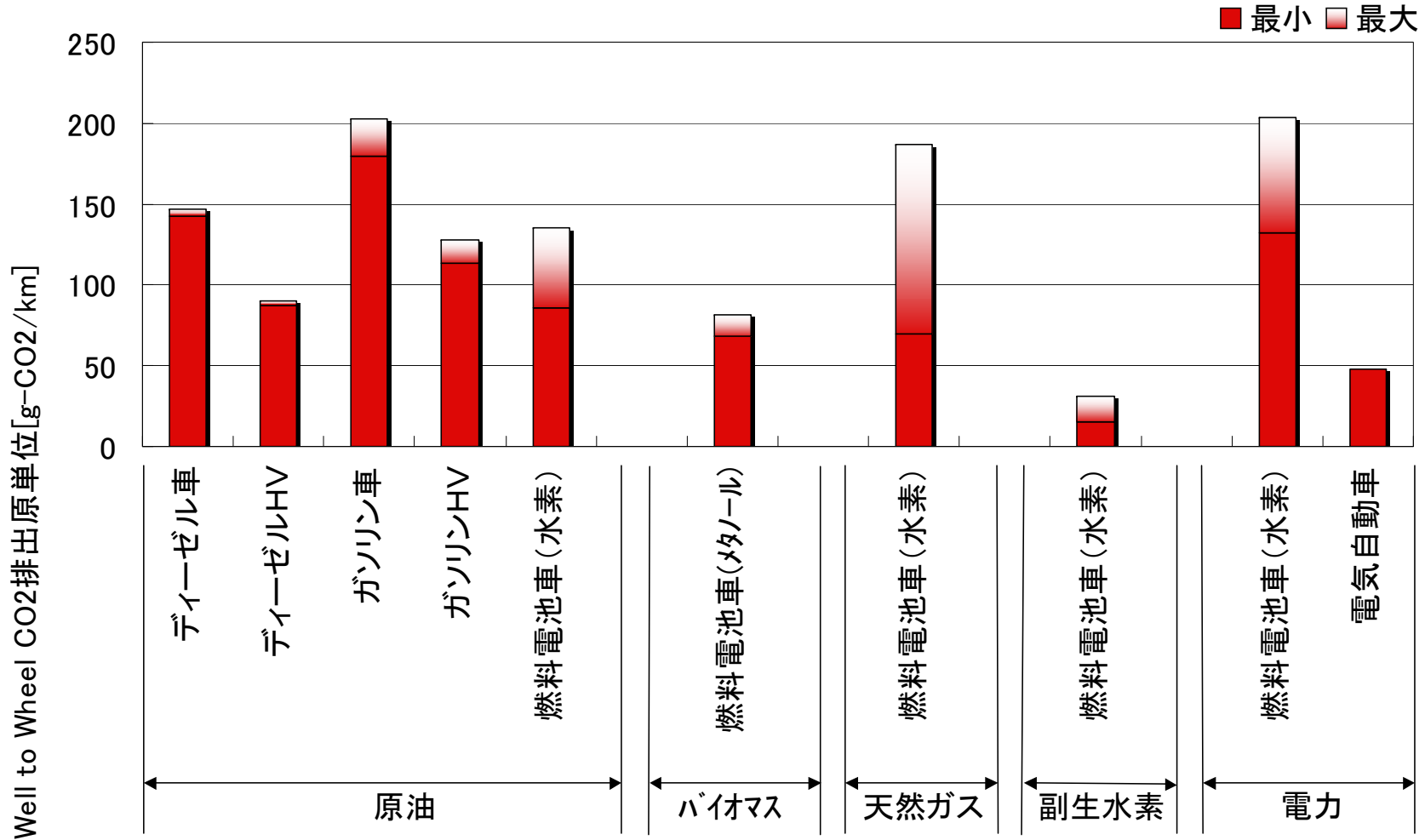


1人あたりCO2 [t/年]

貨物は技術的対策のみの場合



自動車のCO₂排出原単位



※HV: ハイブリッド車の省略形

※電力: 日本の平均電源構成

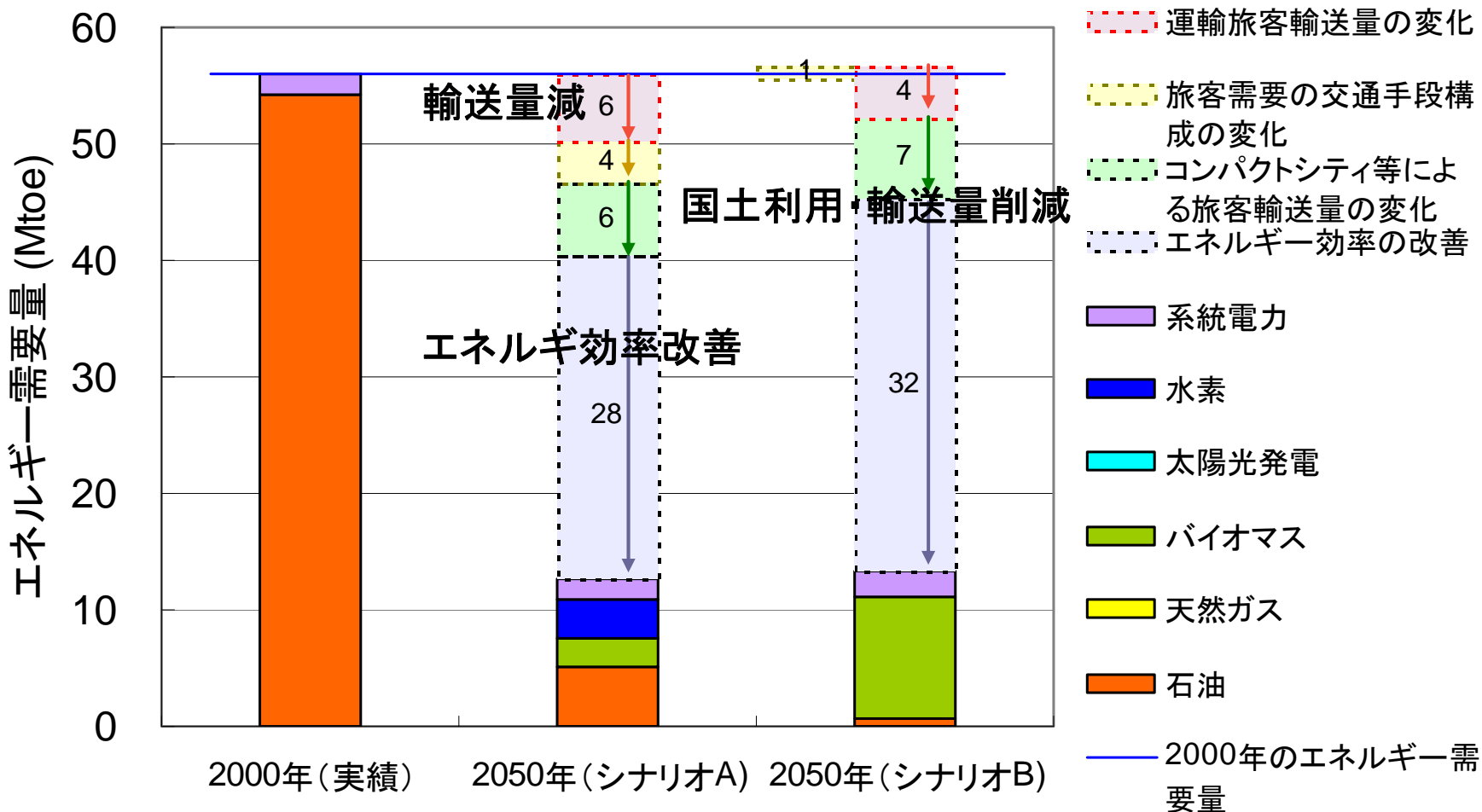
※燃料電池車: 回生エネルギーを二次電池で回収

※水素: 圧縮水素を仮定

地域特性に応じた削減策

	大都市圏都市部	大都市圏郊外	地方都市	地方郊外・郡部	全国
徒歩圏の高密度化	●導入済み	△駅前再開発	△駅前等再開発	△集落再構築	202→82(t) 60%減
都市の高密度化	△都心再開発	×	△地方都市の再評価	×	※80%削減は容易ではない
公共交通システム活用	●(△貨物)	△環状方向の鉄道、P&R	○LRT	△福祉目的乗合交通	※貨物輸送、都市間輸送、国際輸送の捉え方など、課題は多い
積載率改善	△適正規模の車両活用	△適正規模の車両活用	△乗合促進	×	
燃費改善	○都心モード。鉄道効率改善	○都市モード	△元々比較的燃費が良い	△元々比較的燃費が良い	
低炭素燃料	△自動車分担率が低いため	○	○	○	
人口(百万人)	48→50	15→10	28→25	36→20	127→105
t-CO2/人	1.15→0.64	1.55→0.72	1.84→0.77	1.99→1.16	1.59→0.78

運輸旅客部門：適切な国土利用、エネルギー効率改善で 80%のエネルギー需要削減



運輸旅客輸送量の変化：人口減少による移動総量の減少

旅客需要の交通手段構成の変化：公共交通機関(LRT等)によるモーダルシフト

コンパクトシティ等による旅客輸送量の変化：目的地が近在化することによる移動距離の減少

エネルギー効率の改善：自動車などの旅客輸送機器の効率改善(ハイブリッド化、軽量化等)

低炭素社会における家庭 — 快適な居住空間と省エネの両立 —

太陽の恵みを活かした
家作り

太陽光発電

3400-6900万kW
(日本の屋根の25%~47%に普及(現在は1%程度))
さらに、超高効率太陽光発電
(変換効率30%以上)、色素増感太陽電池

エコライフ実践の
ための環境教育

太陽熱温水器

普及率 20~60%
(現在は8%程度)

環境負荷表示システム
(家電・自動車 標準装備)

超高効率エアコン

成績係数(COP) = 8,
100%普及
(注)成績係数とは消費電力
1kW当たりの冷暖房能力(kW)

待機電力削減

33%削減, 100%普及

屋上緑化

高効率照明
【白熱灯→蛍光灯→イン
バータ蛍光灯→LED照明等】

効率100%増加
100%普及

高断熱住宅

暖房需要60%削減
100%普及

燃料電池コージェネ

0~20%普及
(現在は0%程度)

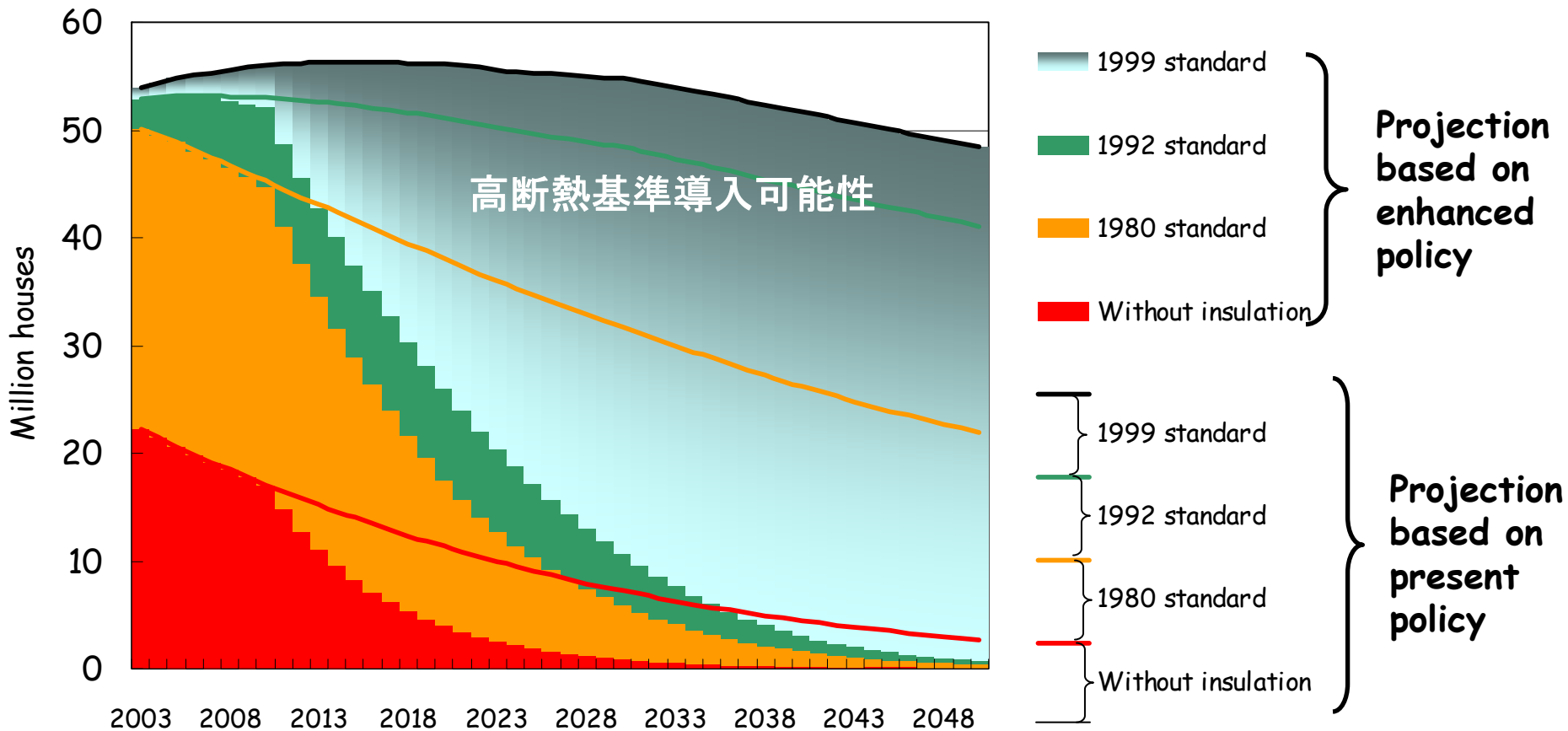
ヒートポンプ給湯

COP=5
30~70%普及

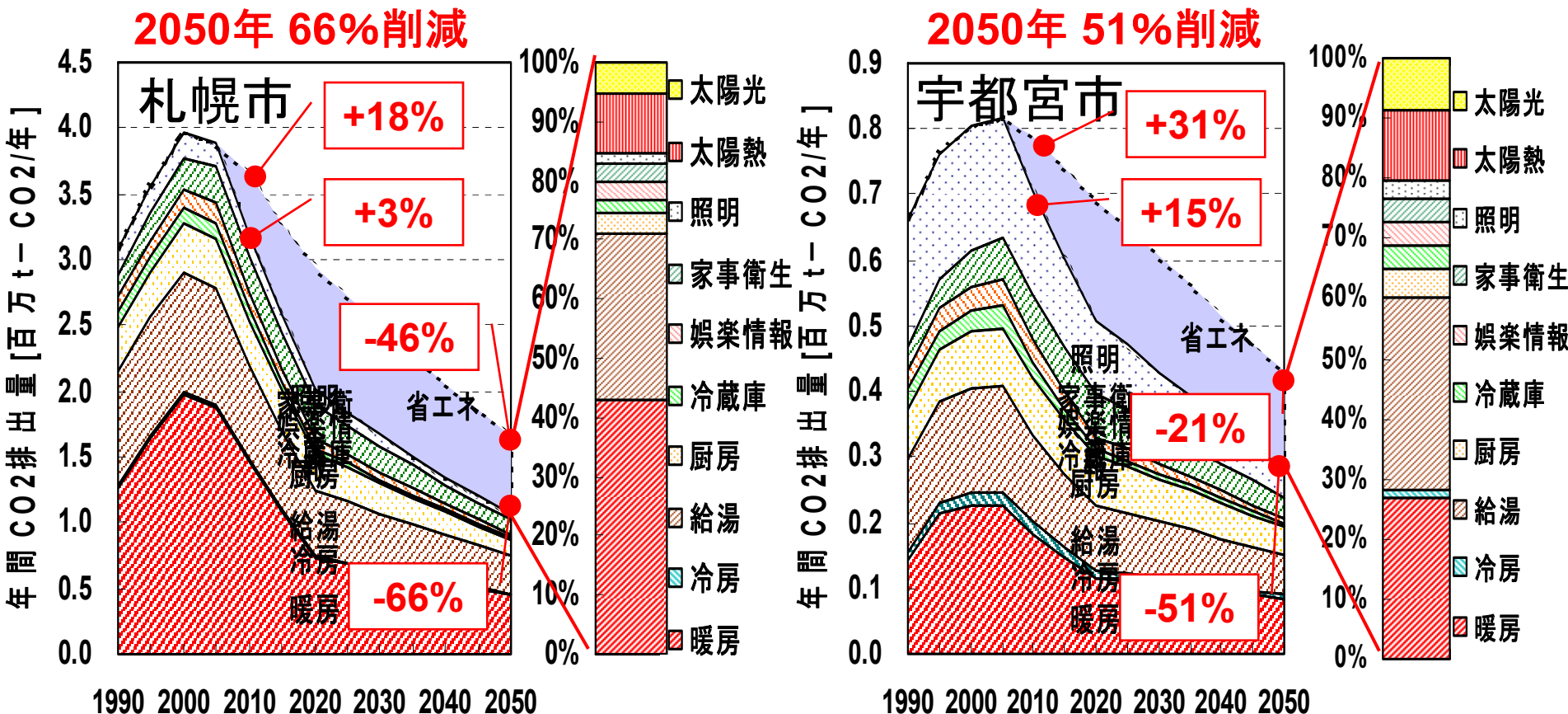
お得で環境に役立つ
情報の提供で
人々の行動を
より低炭素へ

高効率機器の開発・普及で
少ないエネルギーで冷暖房・給湯需要を
満たし安全・安心で快適な生活を

断熱レベルごとの住宅建て替え進行可能性予測[シナリオA]

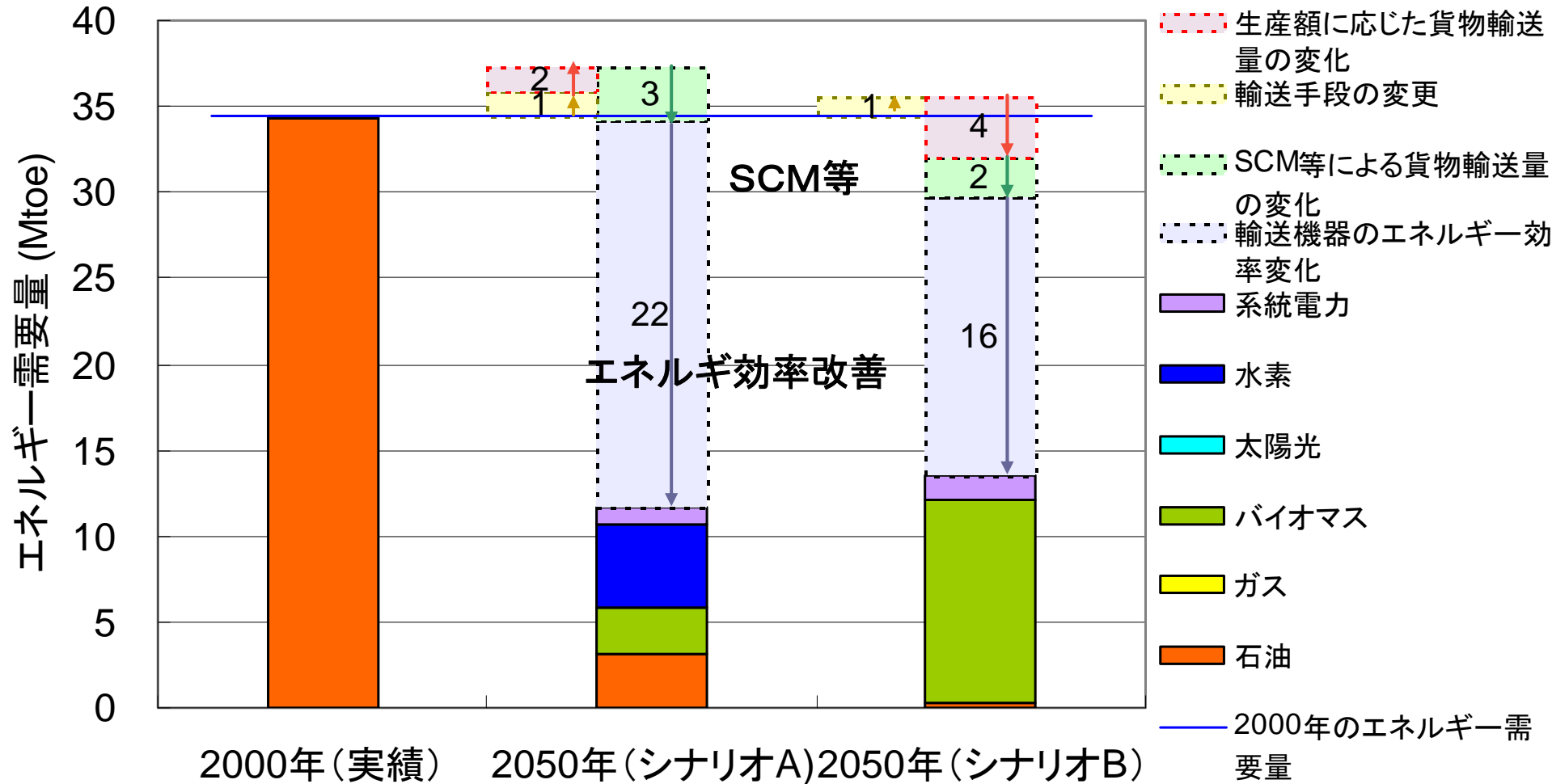


札幌市と宇都宮市の民生家庭部門CO₂の排出量と削減量の将来推計



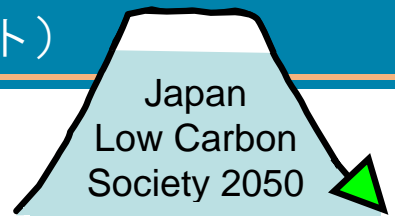
電力CO₂原単位は、自然体ケース、徹底対策ケース共に2010年が1990年比20%減（電事連自主目標）、2050年が1990年比60%減と仮定した場合の推計結果

運輸貨物部門: 輸送システムの効率化、輸送機器のエネルギー効率改善で60~70%のエネルギー需要削減



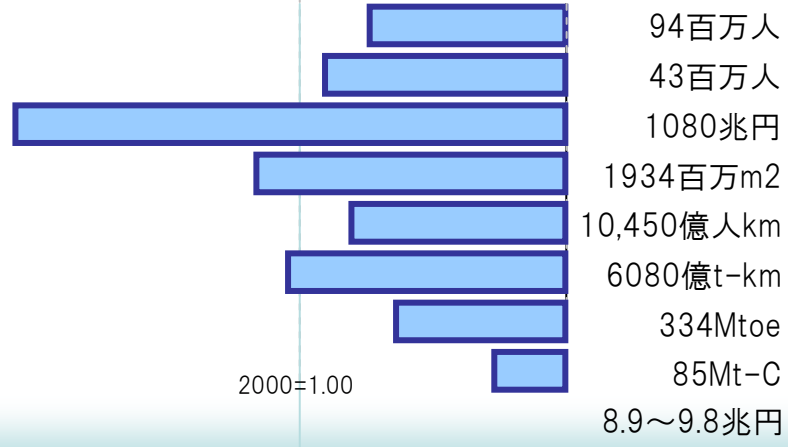
生産額に応じた貨物輸送量の変化: 2050年の生産物を2000年と同じシステムで輸送した時の変化分
 輸送機器構成の変化: モーダルシフト等による輸送手段の変化分
 SCM等による貨物輸送量の変化: 合理的な物流システムの導入により変化する分
 輸送機器のエネルギー効率変化: 自動車などの貨物輸送機器の効率改善

<参考資料> 低炭素社会の検討事例（脱温暖化2050研究プロジェクト）



<http://2050.nies.go.jp>

脱温暖化2050研究プロジェクトでは日本を対象に、バックキャストिंगの手法により、2050年に想定されるサービス需要を満足しながら主要な温室効果ガスであるCO2を70%削減する低炭素社会の姿を明らかにしている。

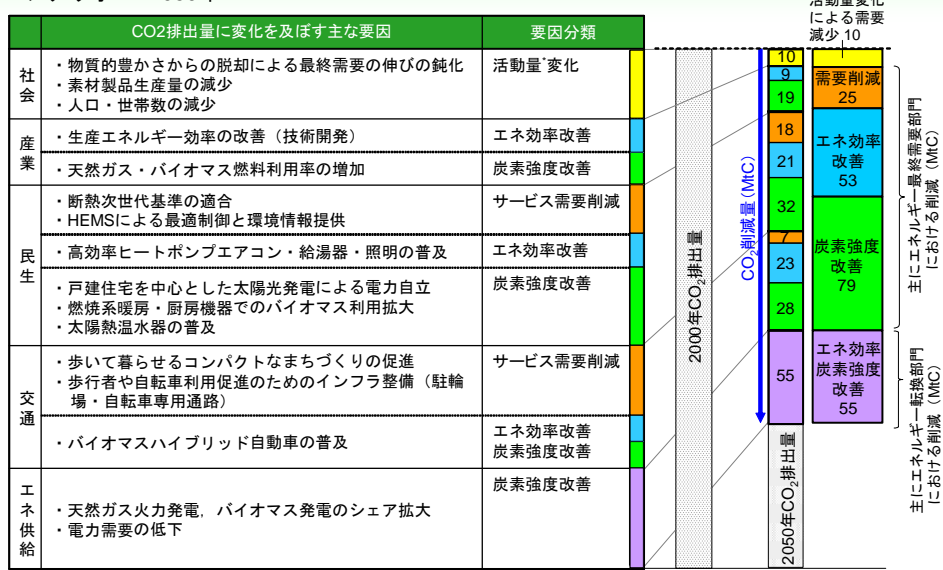
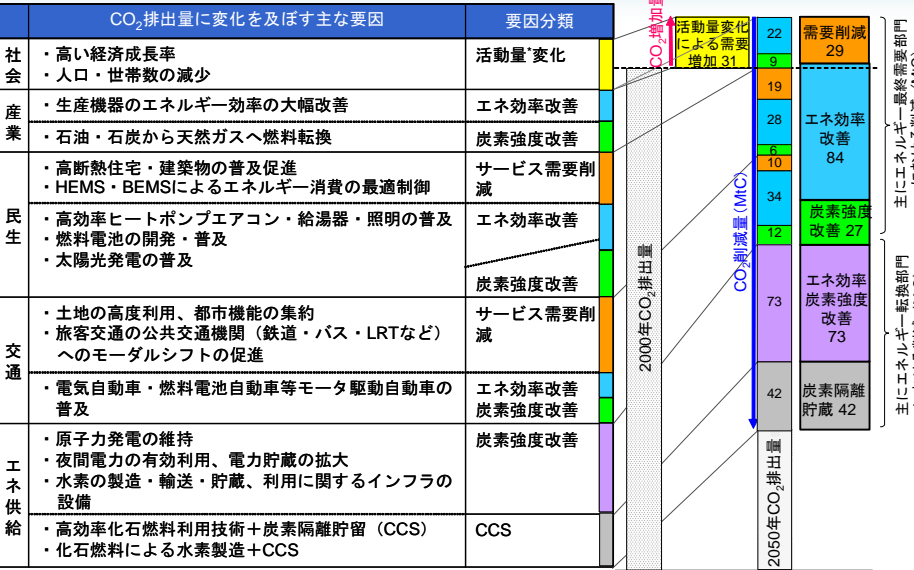


Scenario A（ドラえものの社会）

Scenario B（サツキとメイの社会）

シナリオA：2050年

シナリオB：2050年



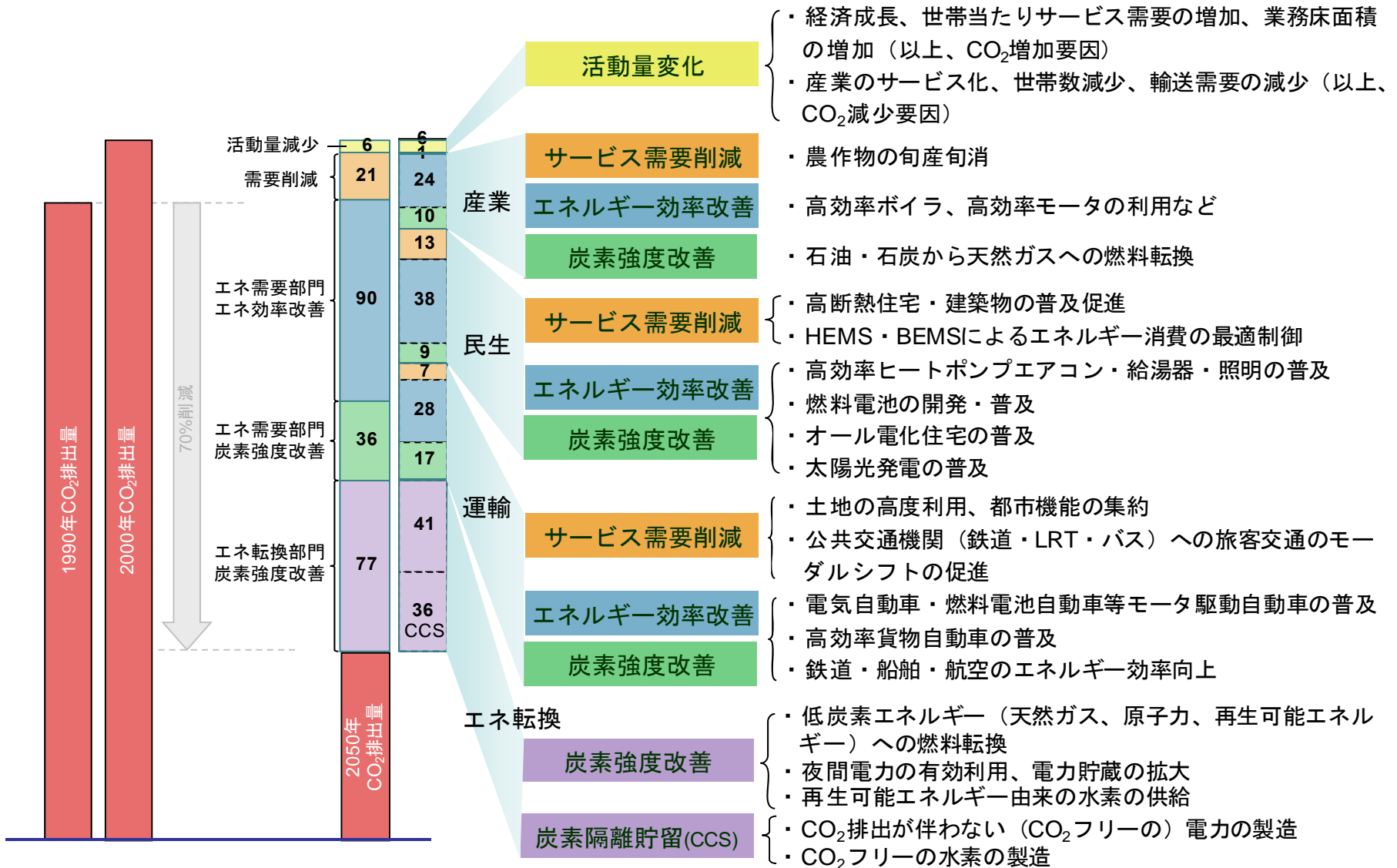
*活動量：エネルギーサービス需要を起因する社会・経済活動の指標。

*活動量：エネルギーサービス需要を起因する社会・経済活動の指標。

低炭素社会に向けた12の方策

1. 快適さを逃さない住まいとオフィス
2. トップランナー機器をレンタルする暮らし
3. 安心でおいしい旬産旬消型農業
4. 森林と共生できる暮らし
5. 人と地球に責任を持つ産業・ビジネス
6. 滑らかで無駄のないロジスティクス
7. 歩いて暮らせる街づくり
8. カーボンミニマム系統電力
9. 太陽と風の地産地消
10. 次世代エネルギー供給
11. 「見える化」で賢い選択
12. 低炭素社会の担い手づくり

2050年70%削減を実現する対策の組み合わせとその効果 (シナリオA)



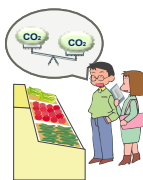
家庭・オフィスの低炭素化を実現するための方策

12. 低炭素社会の担い手づくり

低炭素社会構築が安全安心な暮らしにつながることを理解し、行動に結びつける

11. 「見える化」で賢い選択

CO₂排出量などを「見える化」して、消費者が経済合理的に低炭素商品を選択



10. 次世代エネルギー供給

水素燃料電池で熱と電気を同時に供給



9. 太陽と風の地産地消

地域の太陽エネルギー・風力エネルギーなどを積極的に活用する



1. 快適さを逃さない住まいとオフィス

建物の構造を工夫することで光を取り込み暖房・冷房の熱を逃がさない



2. トップランナー機器をレンタルする暮らし

レンタルなどで高効率機器の初期費用負担を軽減し、モノ離れしたサービス提供の推進

3. 安心でおいしい旬産旬消型農業

生産農家の顔が見える低炭素農産物を選択



4. 森林と共生できる暮らし

木材を積極的に利用



8. カーボンミニマム系統電力

再生可能エネ、原子力、CCS併設火力発電の電気を利用



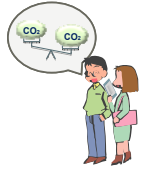
5. 人と地球に責任をもつ産業・ビジネス

オフィスの徹底した低炭素空間化を实践

移動の低炭素化を実現するための方策

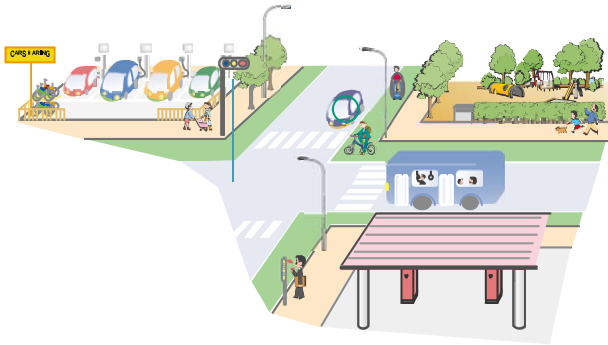
11. 「見える化」で賢い選択

CO₂排出量などを「見える化」して、移動手段を賢く選択



7. 歩いて暮らせる街づくり

利用頻度の高い施設が家やオフィスの近くにある街づくりと、公共交通機関・高効率自動車の利用



10. 次世代エネルギー供給 水素・バイオ燃料の利用

9. 太陽と風の地産地消

地域の太陽エネルギー・風力エネルギー等を積極的に活用

8. カーボンミニマム系統電力

再生可能エネ、原子力、CCS併設火力発電の電気を利用

5. 人と地球に責任をもつ産業・ビジネス

需要と供給の同期化による製造－物流・販売－消費－廃棄での徹底した低炭素化

12. 低炭素社会の担い手づくり

歩いて暮らせる街を設計する・積極的に利用する・支える人づくり

6. 滑らかで無駄のないロジスティクス

販売店、倉庫などに必要とするものが無駄なくすばやく運ばれるようにする



低炭素社会を実現するための産業の方策

2. トップランナー機器をレンタルする暮らし

使いやすいトップランナー機器の絶え間ない開発

5. 人と地球に責任をもつ産業・ビジネス

効率的な生産方法で、高付加価値・低炭素な財・サービスを適切な価格で提供

12. 低炭素社会の担い手づくり

低炭素な産業を作り・支える人材の育成

9. 太陽と風の地産地消

地域エネルギーを利用して生産し、余ったエネルギーを地域に提供

8. カーボンミニマム系統電力

再生可能エネ、原子力、CCS併設火力発電で電気を供給

1. 快適さを逃さない住まいとオフィス

ゼロカーボン住宅・建築物の研究開発

3. 安心でおいしい旬産旬消型農業

生産に関する情報を消費者に積極的に開示

4. 森林と共生できる暮らし

徹底した合理化により国産材の競争力向上

10. 次世代エネルギー供給

水素・バイオ燃料に関する研究開発の推進と、供給体制の確立

6. 滑らかで無駄のないロジスティクス

ITによるサプライチェーンの徹底した管理による無駄な在庫・仕掛品製造の抑制



11. 「見える化」で賢い選択

積極的な情報開示によって、消費者の賢い選択を支援する

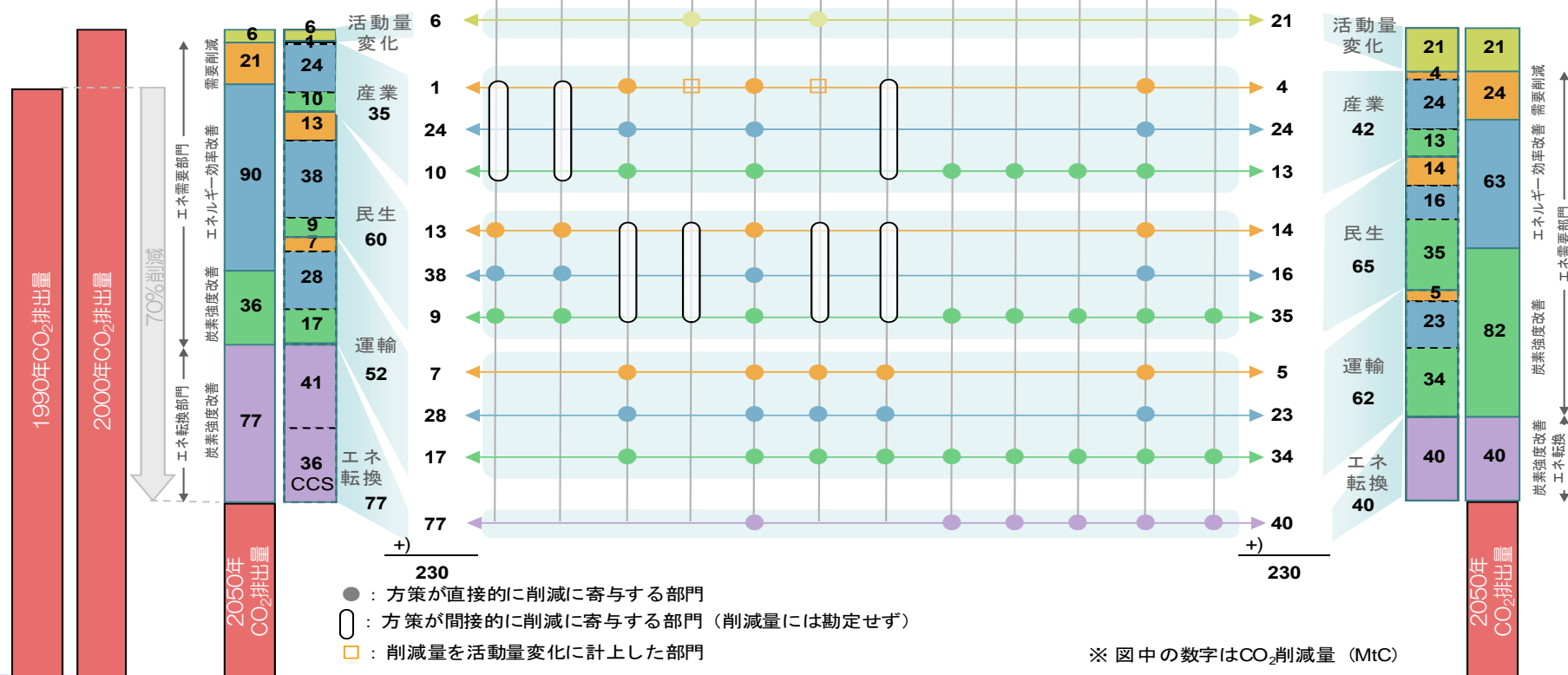
低炭素社会に向けた12の方策によるCO2削減効果

- ① 快適さを逃さない住まいとオフィス
- ② トップランナー機器をレンタルする暮らし
- ③ 安心でおいしい旬産旬消型農業
- ④ 森林と共生できる暮らし
- ⑤ 人と地球に責任を持つ産業・ビジネス
- ⑥ 滑らかで無駄のないロジスティクス
- ⑦ 歩いて暮らせる街づくり
- ⑧ カーボンミニマムシステム電力
- ⑨ 太陽と風の地産地消
- ⑩ 次世代エネルギー供給
- ⑪ 「見える化」で賢い選択
- ⑫ 低炭素社会の担い手づくり

主に民生で 56-48 主に産業で 30-35 (+α) 主に運輸 44-45 主にエネ転換 95-81 全ての内数

<シナリオA>

<シナリオB>



※ 図中の数字はCO2削減量 (MtC)

CO2排出量70%削減を実現する各要素の関係 (倍率は2000年比、シナリオA)

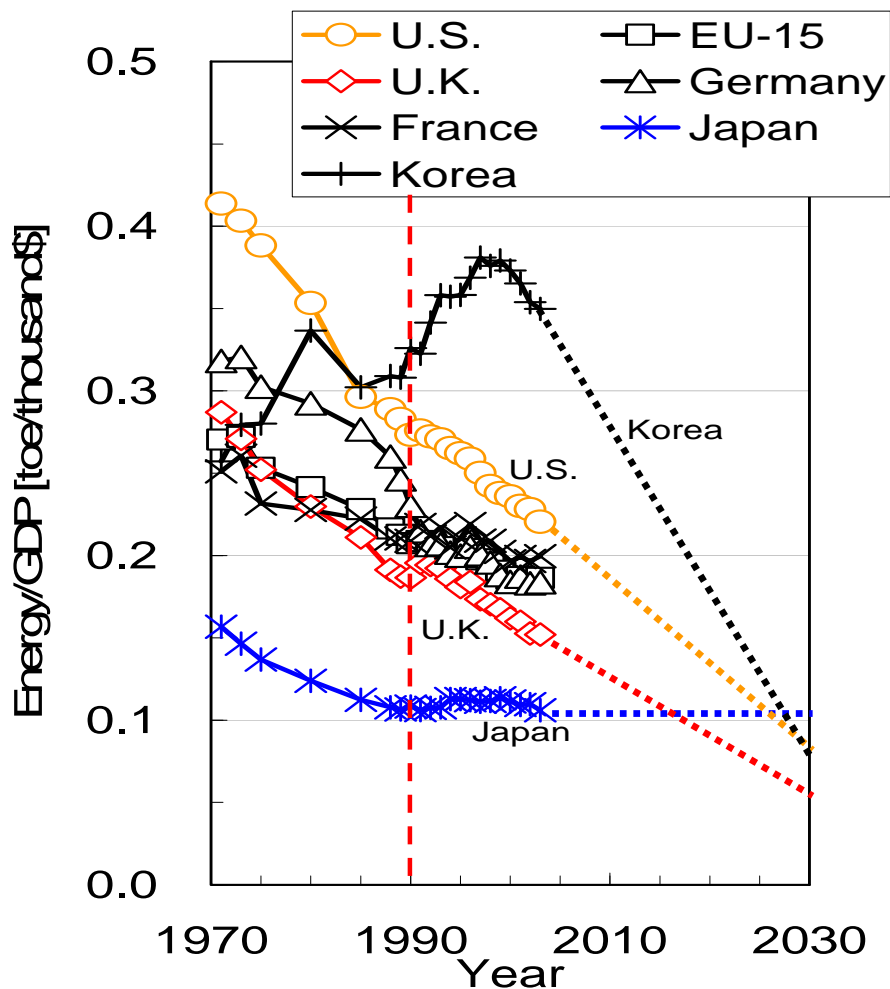
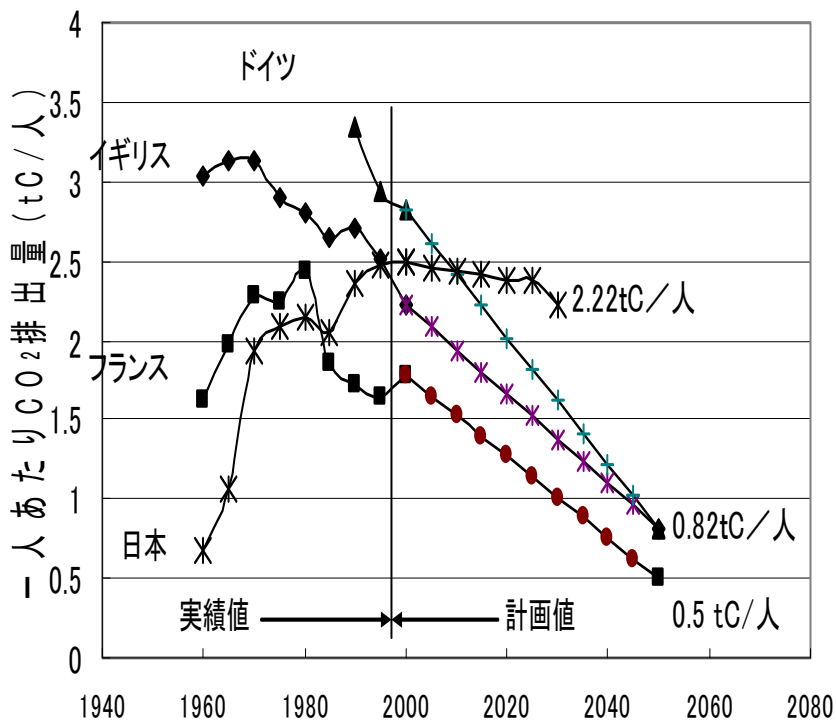
$$\text{CO}_2 \text{ 排出量} = \text{人口} \times \frac{\text{GDP}}{\text{人口}} \times \frac{\text{サービス需要}}{\text{GDP}} \times \frac{\text{エネルギー}}{\text{サービス需要}} \times \frac{\text{CO}_2}{\text{エネルギー}}$$

$$\text{CO}_2 \text{ を } \text{約 } 0.3 \text{ 倍に} = \text{人口は } \text{約 } 0.7 \text{ 倍} \times \text{一人当たり GDP } \text{約 } 2.7 \text{ 倍} \times \text{サービス産業化 } \text{需要減で } \text{約 } 0.4 \text{ 倍} \times \text{エネ効率改善で } \text{約 } 0.7 \text{ 倍} \times \text{低炭素化で } \text{約 } 0.4 \text{ 倍}$$

$$\text{CO}_2 \text{ 排出量 } \text{約 } 70\% \text{ 削減} = \text{エネルギーサービス量 (活動量) は } \text{2000年とほぼ同じ (0\%削減)} + \text{【エネルギー需要部門】省エネ機器、高断熱住宅、太陽光発電、まちづくり等によって } \text{40\%相当} \text{ を削減} + \text{【エネルギー転換部門】原子力、再生可能エネ、CCS等で } \text{30\%相当} \text{ を削減}$$

2. 低炭素世界での協力と競争

欧州諸国の削減目標と産業構造改革の進展

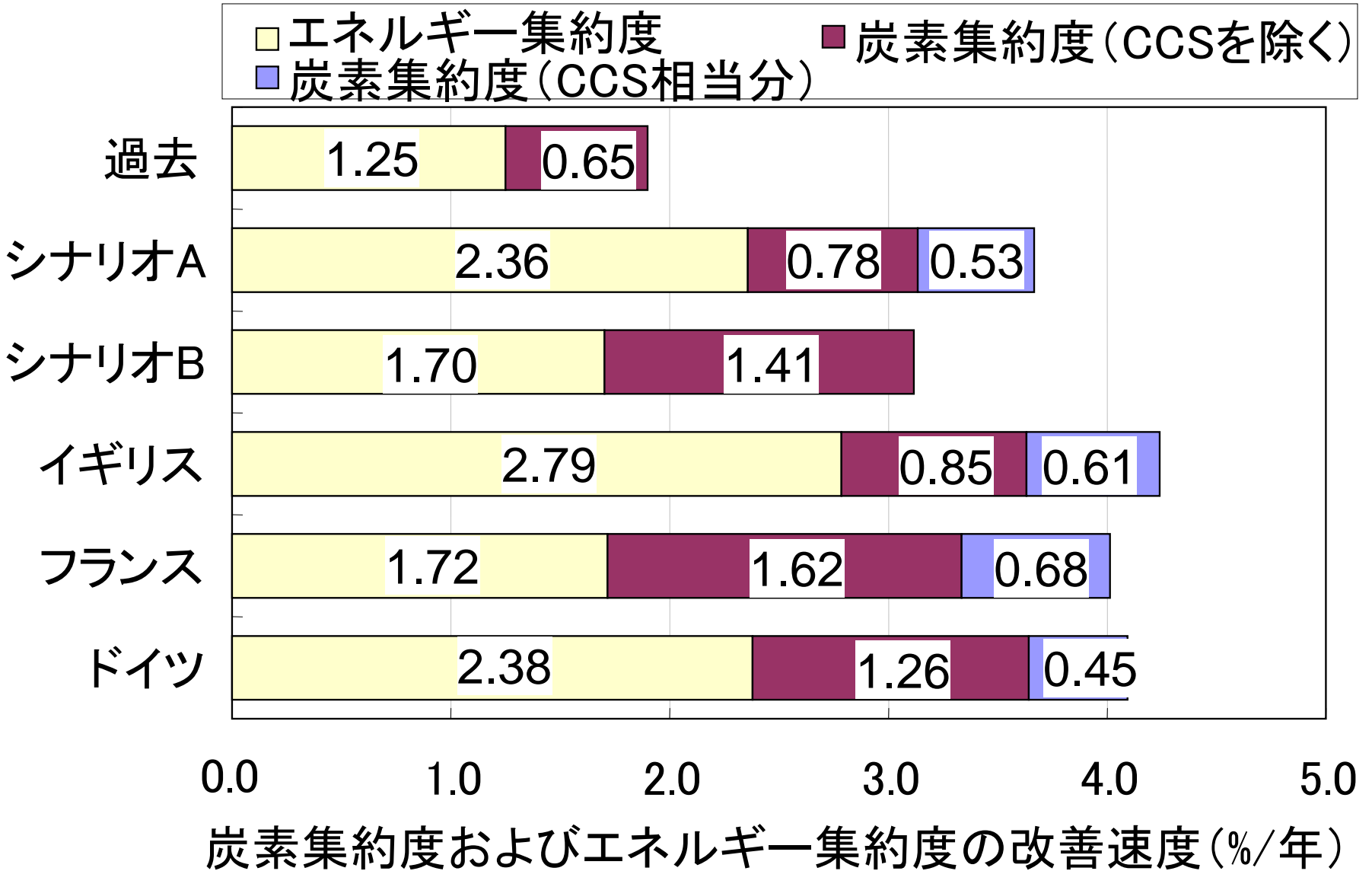


欧州諸国の計画では、現在1.5tC/(人・年)~3tC/(人・年)程度の排出量を2050年に0.5tC/(人・年)程度に減少させる。
日本の計画は総合資源エネルギー調査会需給部会が推計した対策組み合わせシナリオ。
フランスは温暖化対策関係省庁タスクフォース(MIES),ドイツは議会諮問委員会,イギリスは貿易産業省(DTI)のシナリオ。

エネルギー消費原単位の推移

IEA Energy statisticsより作図

低炭素社会実現に必要な技術導入の 変化速度は速い



低炭素社会：持続可能な日本新構築

- ・日本社会経済の重要な転機：諸政策・行政でイノベーションを喚起
- ・技術：需要側省エネ先導社会：エネルギー安全保障との両立
 - － 需要側の行動と技術選択が鍵：住宅、省エネ機器、インフラ整備、国民の努力など
 - － 国際省エネ技術競争の開始、知的サービスへの産業構造転換：
例：自動点灯 空調一体化建物
- ・国土：インフラ更新に合わせた省エネ型国土配置、交通体系、街づくり
 - － 低炭素/高福祉コンパクトシティ・気候変化対応防災都市、
 - － 農村の新たな役目：国土保存・吸収源維持・バイオマス供給
地産地消基地、高齢化社会での豊かな農村
- ・経済：希少資源「安定した気候」の価値を経済に反映
 - － 経済的手法取り入れ：資源割り当て・排出量取引・環境税・規制など
 - － 環境対策・高齢化対応都市づくりへの財源
- ・ODA再構築：「低炭素世界構築」の中核への投資へ。
 - － Los Angelesを輸出しない(高エネルギー体質インフラにLock-inさせない)
例：地下鉄などの公共交通