

平成25年10月21日

第413回 定例研究報告会

# アジア/世界エネルギーアウトルック 2013

—シェール革命がもたらす変革をどう読むか?—

一般財団法人 日本エネルギー経済研究所

研究主幹

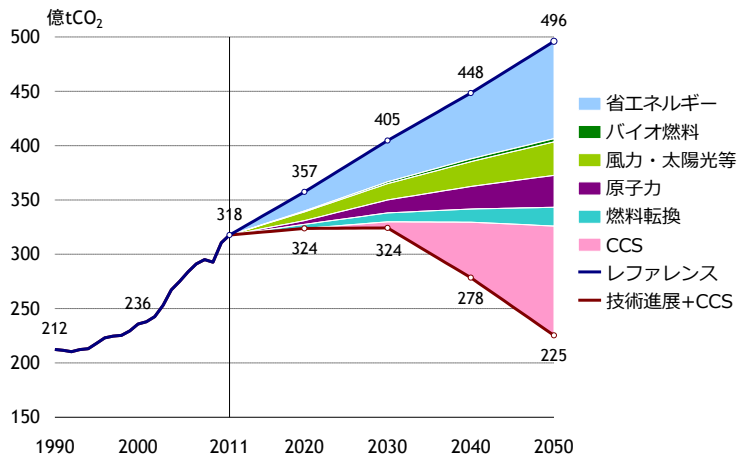
松尾 雄司

# 本日の報告内容

## I. 世界・アジアのエネルギー需給見通し

- ・ アジア新興国を中心に、今後も世界のエネルギー需要は増加を続ける
- ・ 省エネルギー・気候変動対策による効果は大きい。しかし既存の技術の最大限の普及のみでは、「2050年までにCO<sub>2</sub>排出量を半減」との目標達成は難しい。
- ・ 産業化以前から21世紀末までの気温上昇を2°Cに抑えるためには、2050年以降の大幅削減に向けた革新的技術の開発・導入が不可欠。

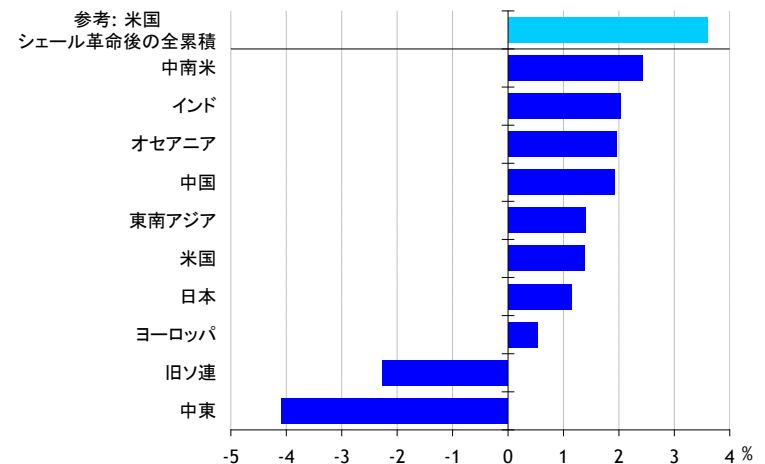
### 世界のCO<sub>2</sub>排出量増加とその削減見通し



## II. シェール革命による変革をどう読むか？

- ・ 非在来型資源開発の促進により、石油・ガス価格は低下。ガス価格低下で、石炭代替が進み、世界の一次エネルギー構造に変化。
- ・ 北米等からの化石燃料純輸出が増加する一方、中東や旧ソ連からの純輸出は減少。日本の石油・ガス輸入量は増加するが、価格低減に伴い輸入額は減少。
- ・ 経済への影響は、米国・日本等多くの地域でプラス、中東・旧ソ連はマイナス。

### 非在来型資源開発促進ケースでの各地域への経済影響 (2040年、レファレンスケース比)

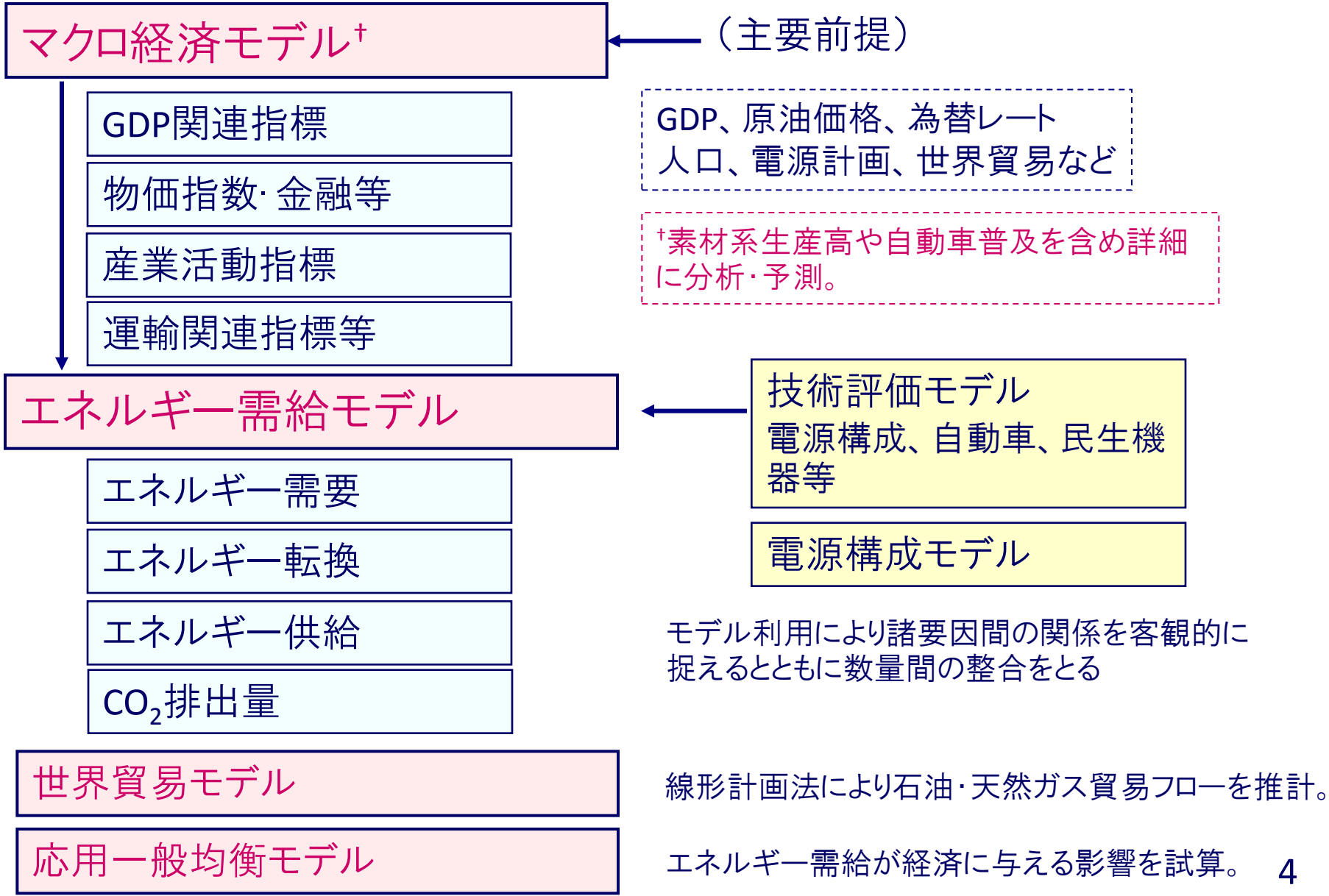


# 地域区分

- 世界を46地域に区分、特にアジア地域を15地域に区分
- アジアのエネルギー需給構造を詳細に考慮

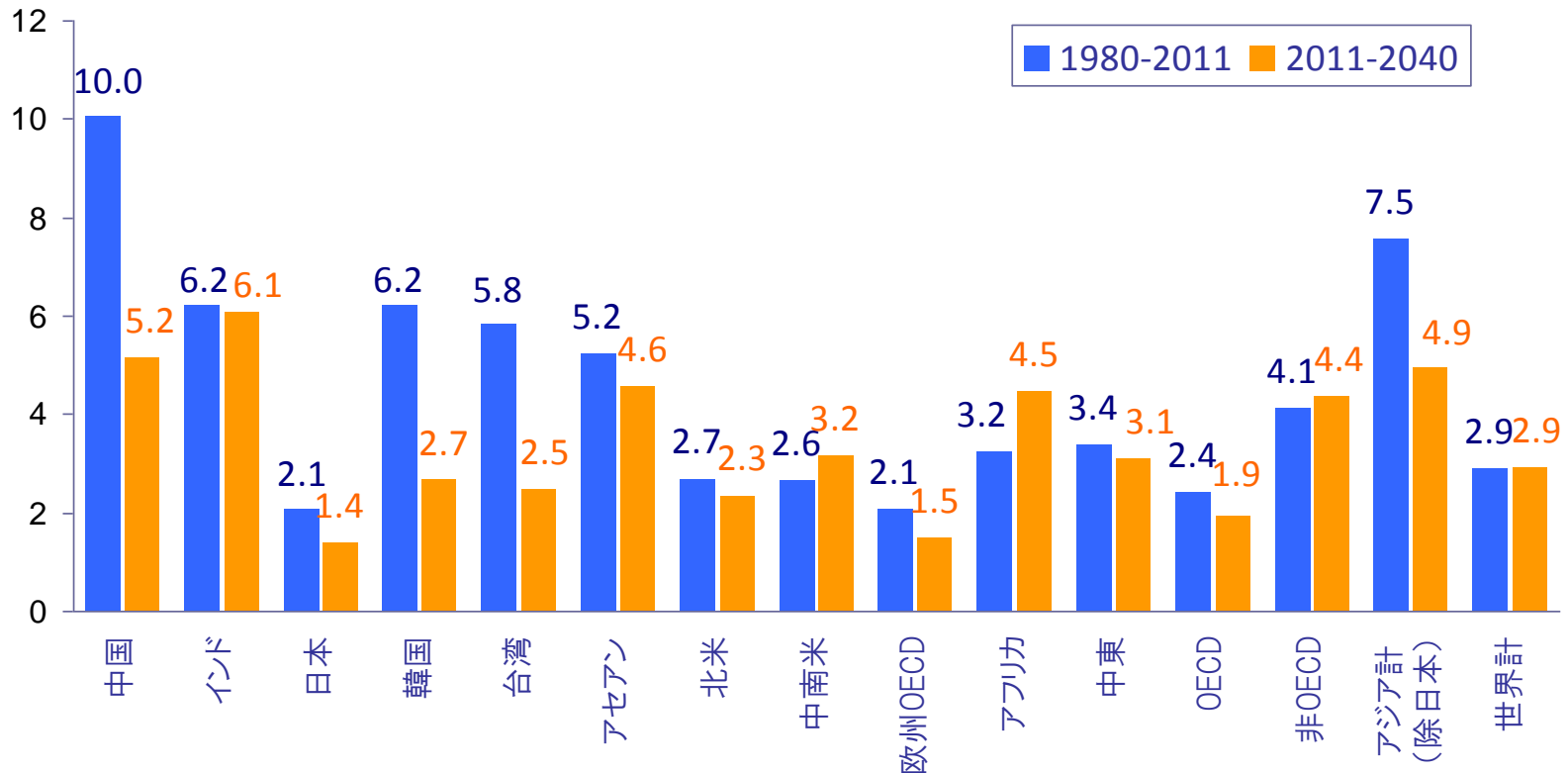


# モデルの構造



# 主な前提条件：実質GDP成長率の見通し

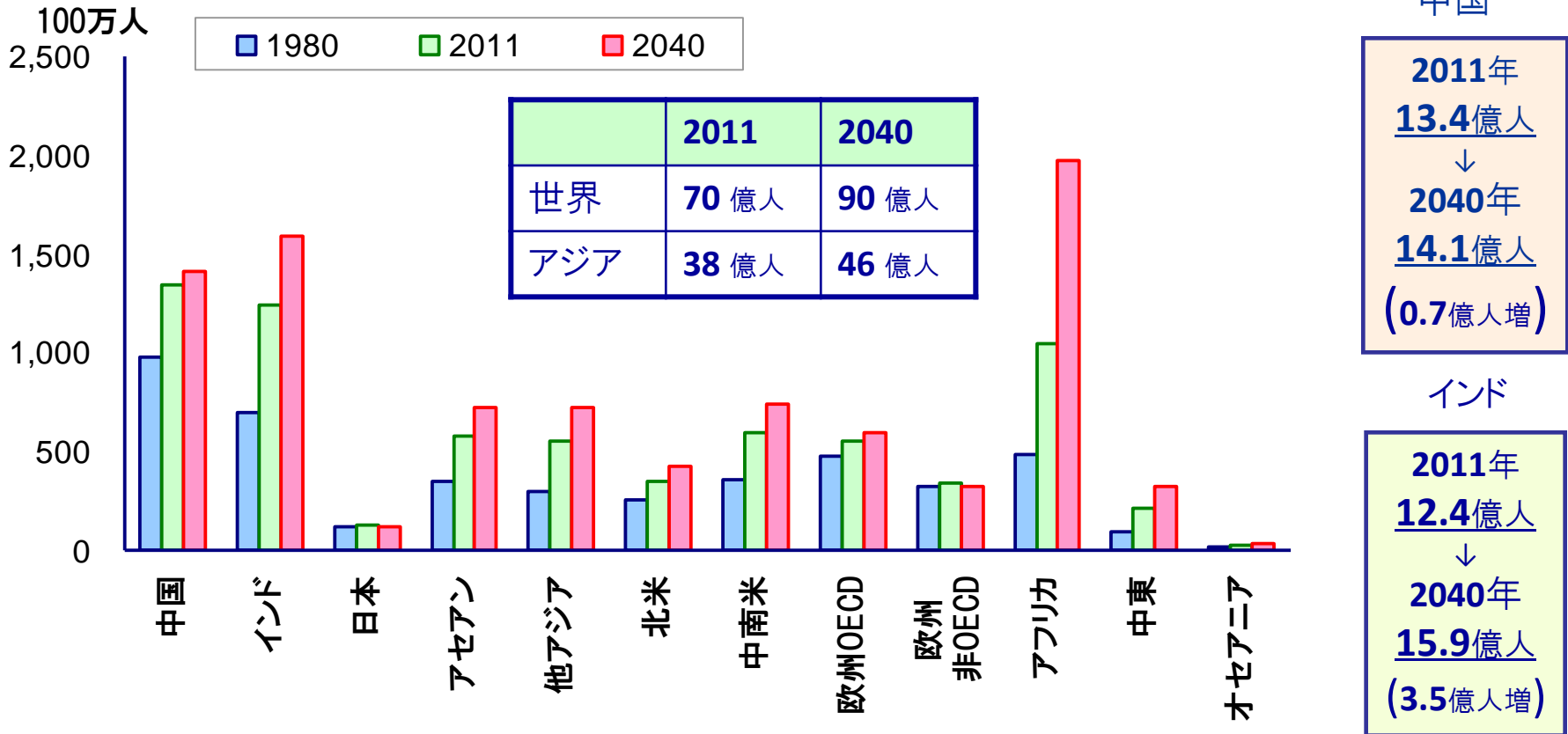
年平均伸び率(%)



- ・ 世界経済は様々な課題を抱えるものの、今後中長期的には堅調な成長を達成するものと想定。
- ・ 中国は、廉価な賃金を支えてきた豊富な労働力人口が減少し、経済成長は鈍化する。一方、中国と比べて若年層の割合が高いインドやアセアン諸国では、生産面で長期に渡り人口ボーナスが期待され、2040年にかけて高い経済成長が見込まれる。

# 主な前提条件:人口の見通し

\*国連人口予測等を元に作成



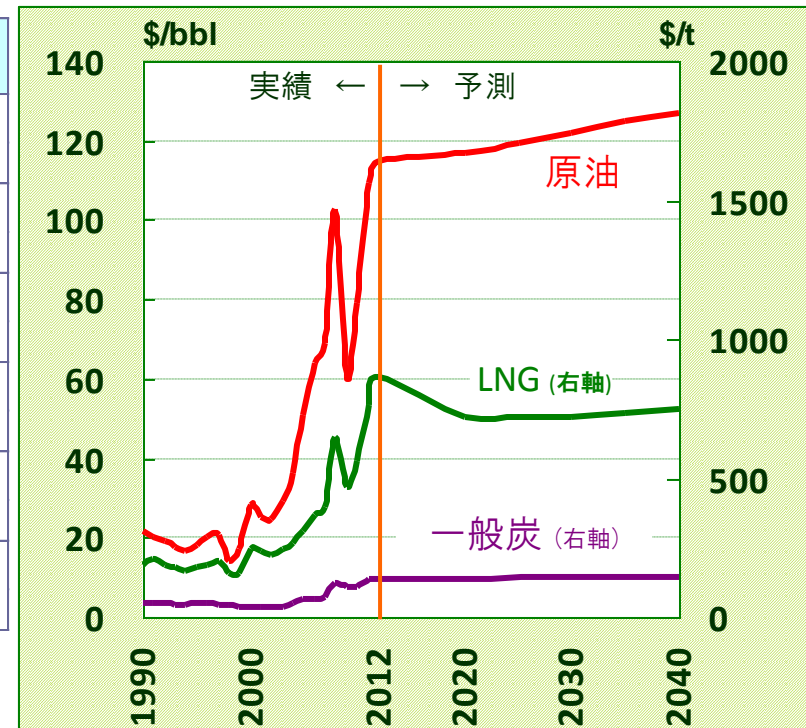
- ・ 発展途上国(非OECD諸国)を中心に人口増加が見込まれる。
- ・ 中国では少子高齢化の影響が徐々に進み、2030年頃に人口がピークアウトする。一方、医療技術の発展や食料衛生状況の改善により、インド、アフリカで急速な人口の増加が見込まれる。インドは2025年ごろに中国を抜いてアジア第1位となり、その人口は2040年に15.9億人となる。

# 主な前提条件：一次エネルギー価格の展望

|      |          |    | 2012        | 2020        | 2030        | 2040        |
|------|----------|----|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 原油   | ドル/bbl   | 実質 | <b>115</b>  | <b>117</b>  | <b>122</b>  | <b>127</b>  |
|      |          | 名目 | 115         | 137         | 174         | 221         |
| 一般炭  | ドル/t     | 実質 | <b>134</b>  | <b>136</b>  | <b>141</b>  | <b>146</b>  |
|      |          | 名目 | 134         | 160         | 202         | 254         |
| 天然ガス | 日本       | 実質 | <b>864</b>  | <b>719</b>  | <b>722</b>  | <b>747</b>  |
|      | ドル/t     | 名目 | 864         | 842         | 1,031       | 1,301       |
|      | 日本       | 実質 | <b>16.7</b> | <b>13.9</b> | <b>14.0</b> | <b>14.4</b> |
|      | ドル/百万Btu | 名目 | 16.7        | 16.3        | 19.9        | 25.1        |
|      | 欧州       | 実質 | <b>10.5</b> | <b>11.1</b> | <b>12.0</b> | <b>12.8</b> |
|      | ドル/百万Btu | 名目 | 10.5        | 13.0        | 17.2        | 22.3        |
| 米国   | ドル/百万Btu | 実質 | <b>2.8</b>  | <b>4.3</b>  | <b>5.6</b>  | <b>8.0</b>  |
|      |          | 名目 | 2.8         | 5.1         | 8.0         | 14.0        |

(注1) 暦年での価格、将来値は2012年価格

(注2) 日本のエネルギー価格は輸入CIF価格



・ 原油価格(日本の輸入CIF)は、2008年の高値(103ドル/bbl)が是正され、2009年には61ドル/bblとなったが、その後再び上昇に転じてた。アジアを中心に石油需要が引き続き旺盛である一方、既存油田の減退率上昇、投資停滞による供給制約が徐々に顕在化し、これに連動して原油価格は徐々に上昇する。

・ 地域間取引の拡大等により、現在存在するLNG価格の地域間格差は縮小に向う。

・ 石炭価格はほぼ横ばいで推移。

# ケース設定

## レファレンスケース

現在までのエネルギー・環境政策等を背景とし、過去の趨勢が継続するケース。省エネルギー・低炭素化の急進的な政策等は打ち出されない。

## 技術進展ケース

各国がエネルギー安定供給の確保や気候変動問題への対処のため、強力な政策を打ち出し、省エネルギー・低炭素化が最大限に進むケース。

## 非在来型資源開発促進ケース

レファレンスケース相当の将来見通しに加え、シェールガス・シェールオイルをはじめとする非在来型化石燃料資源の開発が最大限進み、世界のエネルギー需給に大きく影響を与えるケース。



# 技術進展ケースの想定

世界各国がエネルギー安定供給の確保、地球温暖化対策を一層強化すると共に、技術開発や国際的な技術移転が促進し、革新的技術の普及が世界的により一層拡大するケース

## 環境規制や国家目標の導入、強化

環境税、排出量取引、再生可能エネルギー導入基準、補助金・助成制度、固定価格買取制度、省エネ基準、燃費基準、低炭素燃料基準、省エネ・環境ラベリング制度、国家的戦略・目標設定等

## 技術開発強化や国際的な技術協力の推進

研究開発投資の拡大、国際的な省エネ技術協力(鉄鋼、セメント分野等)や省エネ基準制度の構築支援等

### 【需要サイドの技術】

#### ■ 産業部門

セクトラルアプローチ等により最高効率水準(ベストプラクティス)の産業プロセス技術(鉄鋼、セメント、紙パルプ、石油精製)が世界的に普及

#### ■ 運輸部門

クリーンエネルギー自動車(低燃費自動車、ハイブリッド自動車、プラグインハイブリッド自動車、電気自動車、燃料電池自動車)の普及拡大

#### ■ 民生部門

省エネ家電(冷蔵庫、テレビ等)、高効率給湯器(ヒートポンプ等)、高効率空調機器、高効率照明の普及拡大、断熱強化

### 【供給サイドの技術】

#### ■ 再生可能エネルギー

風力発電、太陽光発電、太陽熱発電、バイオマス発電、バイオ燃料の普及拡大

#### ■ 原子力導入促進

原子力発電建設加速化、設備利用率向上

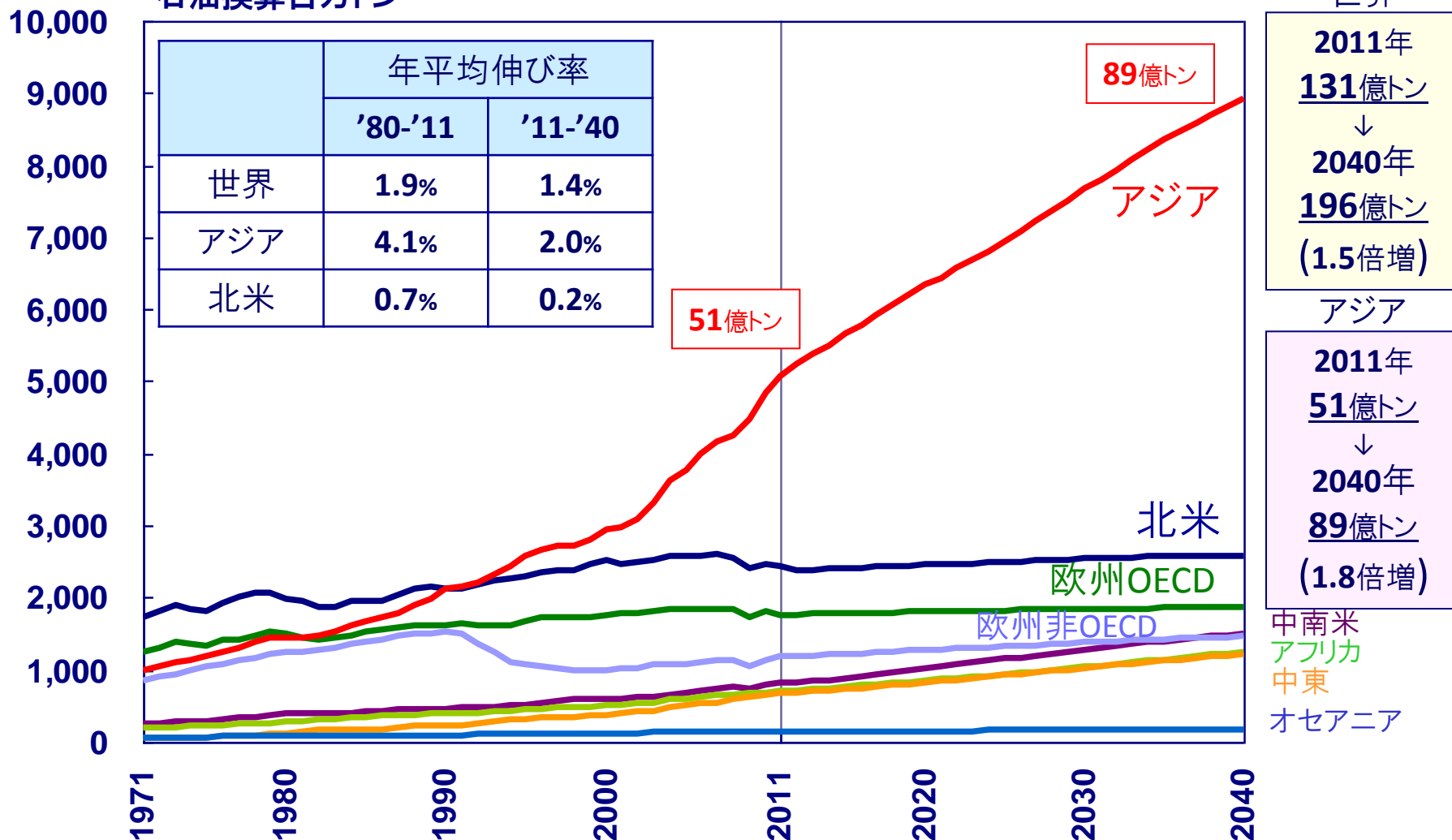
#### ■ 高効率火力発電技術

超々臨界圧石炭火力、石炭IGCC、石炭IGFC、天然ガスMACCの普及拡大

#### ■ 二酸化炭素回収・貯留(CCS)

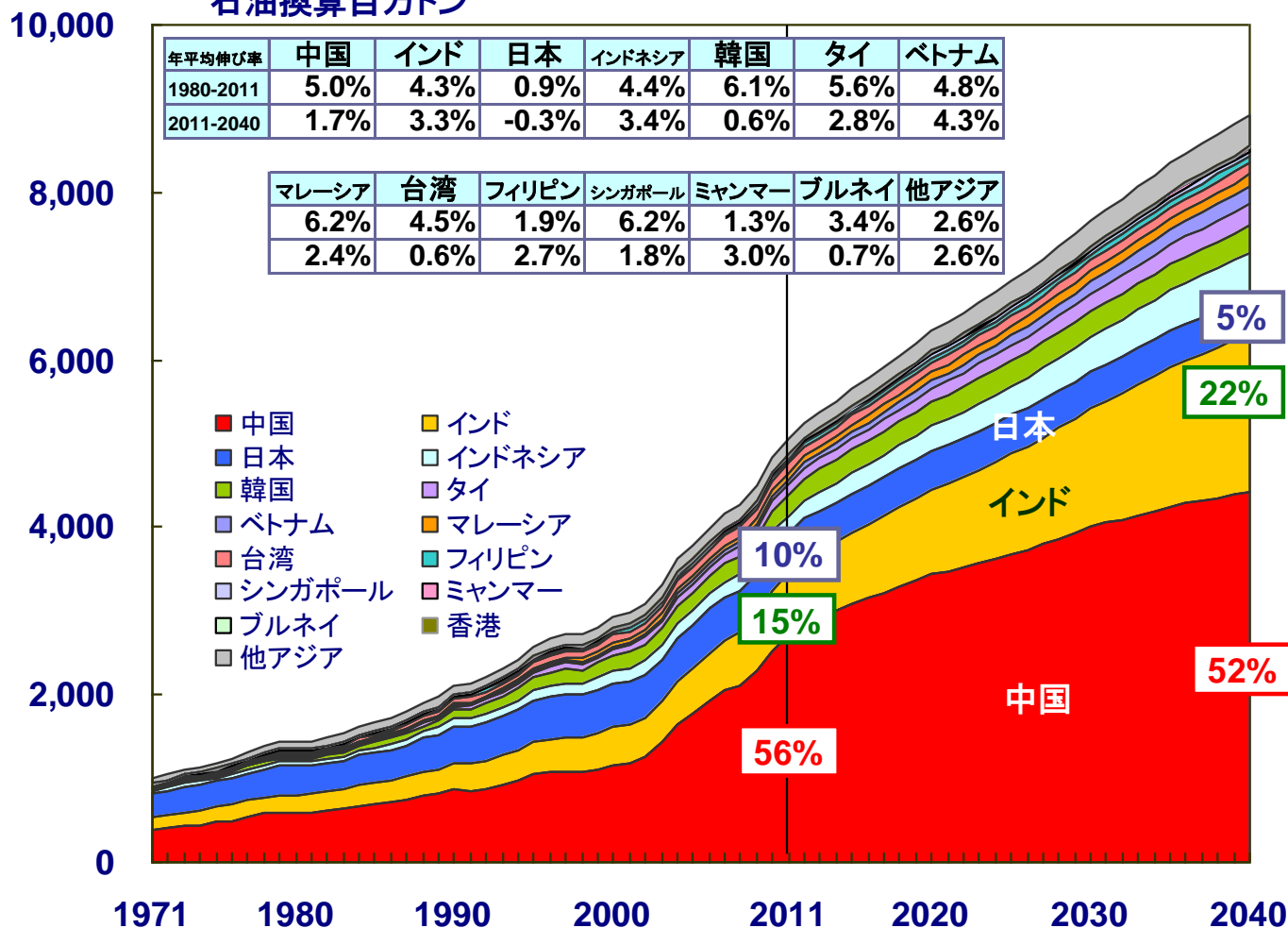
発電部門(石炭火力、ガス火力の新設、既設設備)、産業部門(鉄鋼、セメント等大規模排出源)での導入拡大

石油換算百万トン



着実な経済成長の下、2040年のアジアのエネルギー消費量は現在の1.8倍へ拡大（2011年51億トン→2040年89億トン）。2011年から2040年までの世界のエネルギー消費増加量の約9割を非OECD諸国が占める。

石油換算百万トン



アジア

2011年

49億トン



2040年

89億トン

(1.8倍増)

中国、インド

2011年

27億トン 7.5億トン

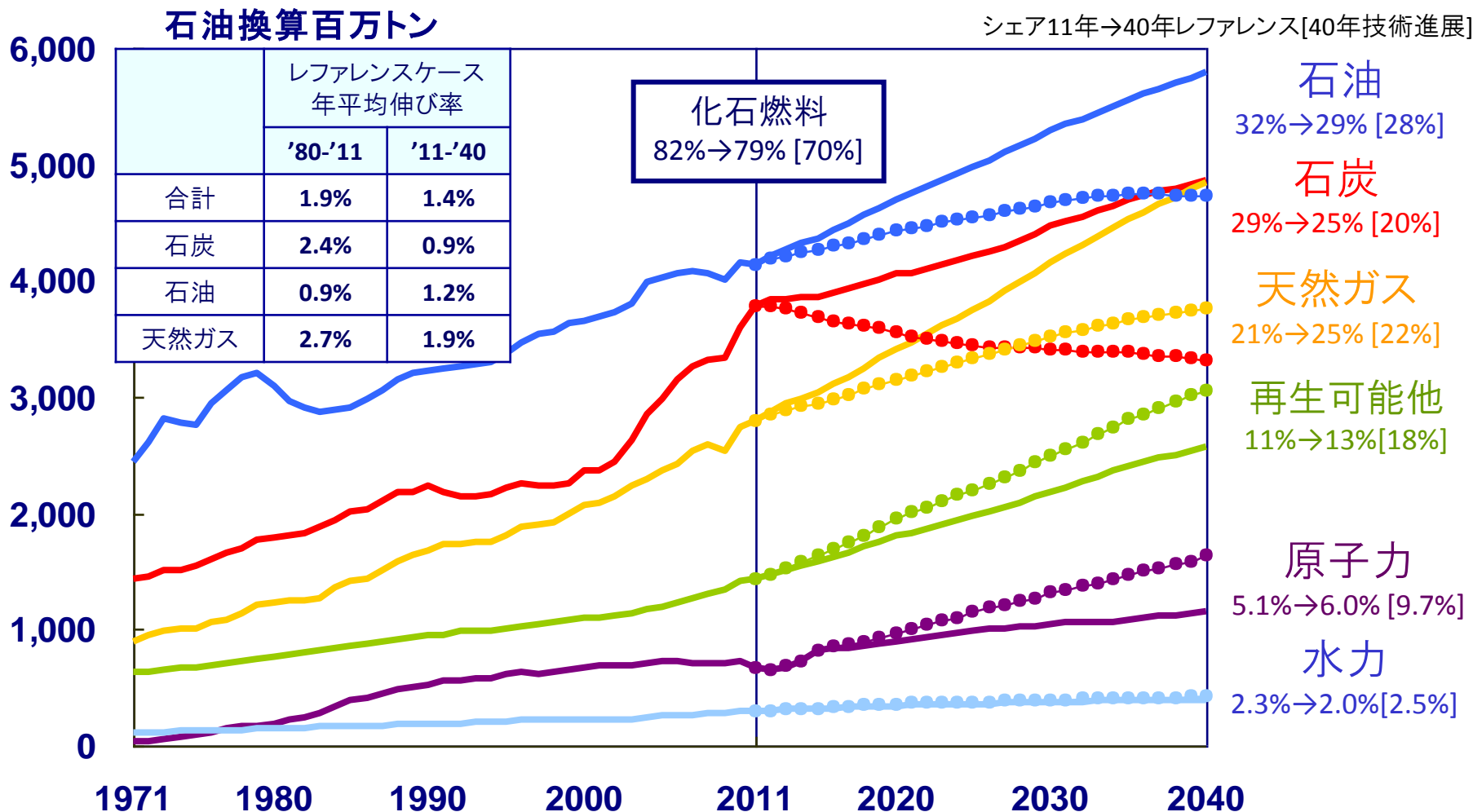


2040年

44億トン 19億トン

(1.6倍増) (2.5倍増)

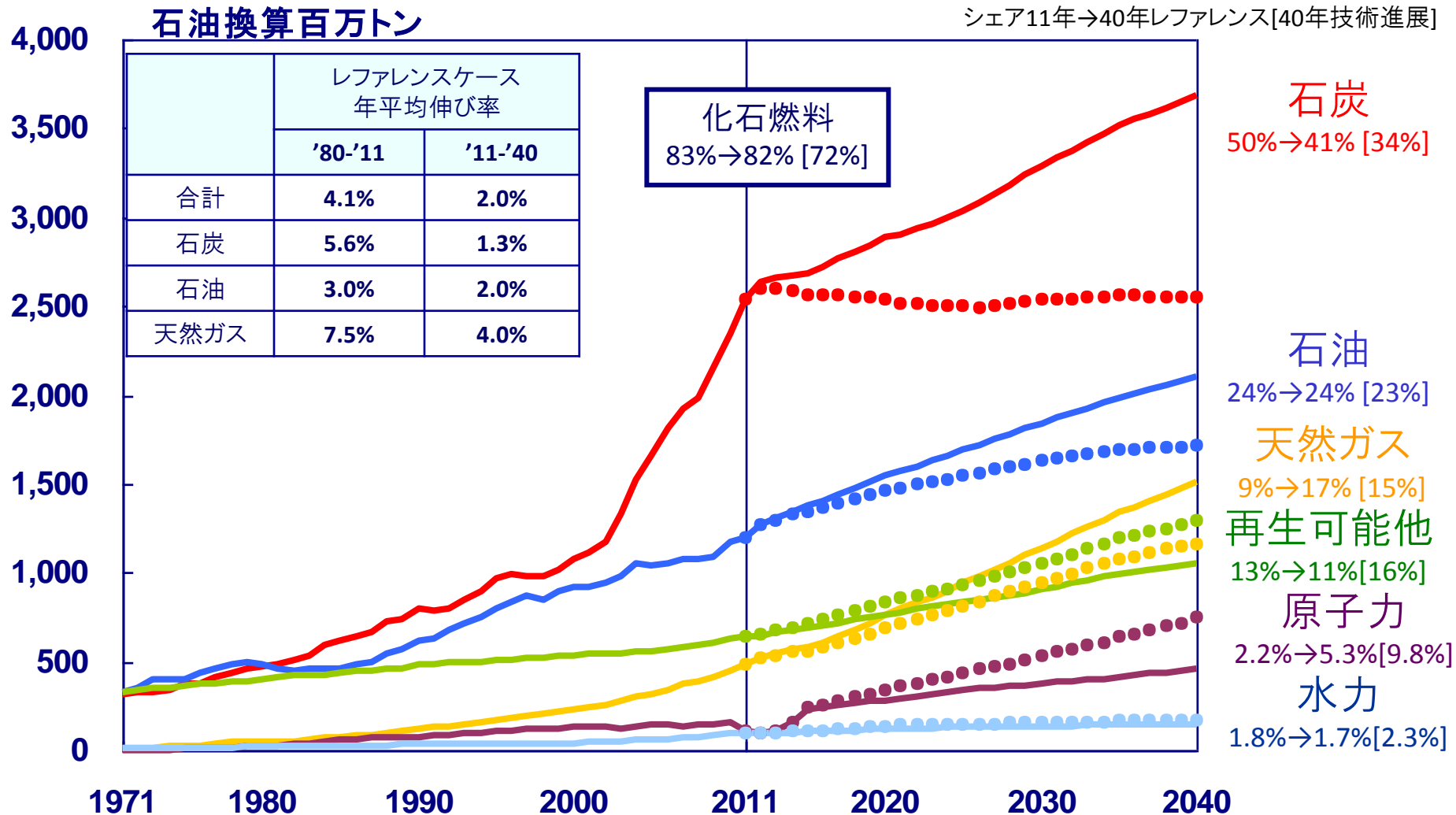
- ・ 中国、インドでは経済成長に伴い、エネルギー需要が急増する。両国がアジアに占めるシェアは2040年に74%へ拡大。
- ・ 日本は省エネの進展とともに、経済の成熟化・人口減少に伴いエネルギー消費が減少。アジアに占めるシェアは10%から5%まで縮小する。



- ・レファレンスケース・技術進展ケースともに2040年まで依然として石油が一次エネルギー消費の中で最大のシェアを占め、主要なエネルギー源であり続ける。技術進展ケースでは、2030年代に石油消費は頭打ちとなる。
- ・化石燃料のシェアは2040年にレファレンスケースで79%、技術進展ケースで70%へ低下するものの、依然として主要なエネルギー源。
- ・化石燃料のシフトに伴い天然ガスはシェアを拡大。技術進展ケースにあってもピークアウトせず、増加を続ける。

# アジアの一次エネルギー消費

実線・・・レファレンスケース  
点線・・・技術進展ケース

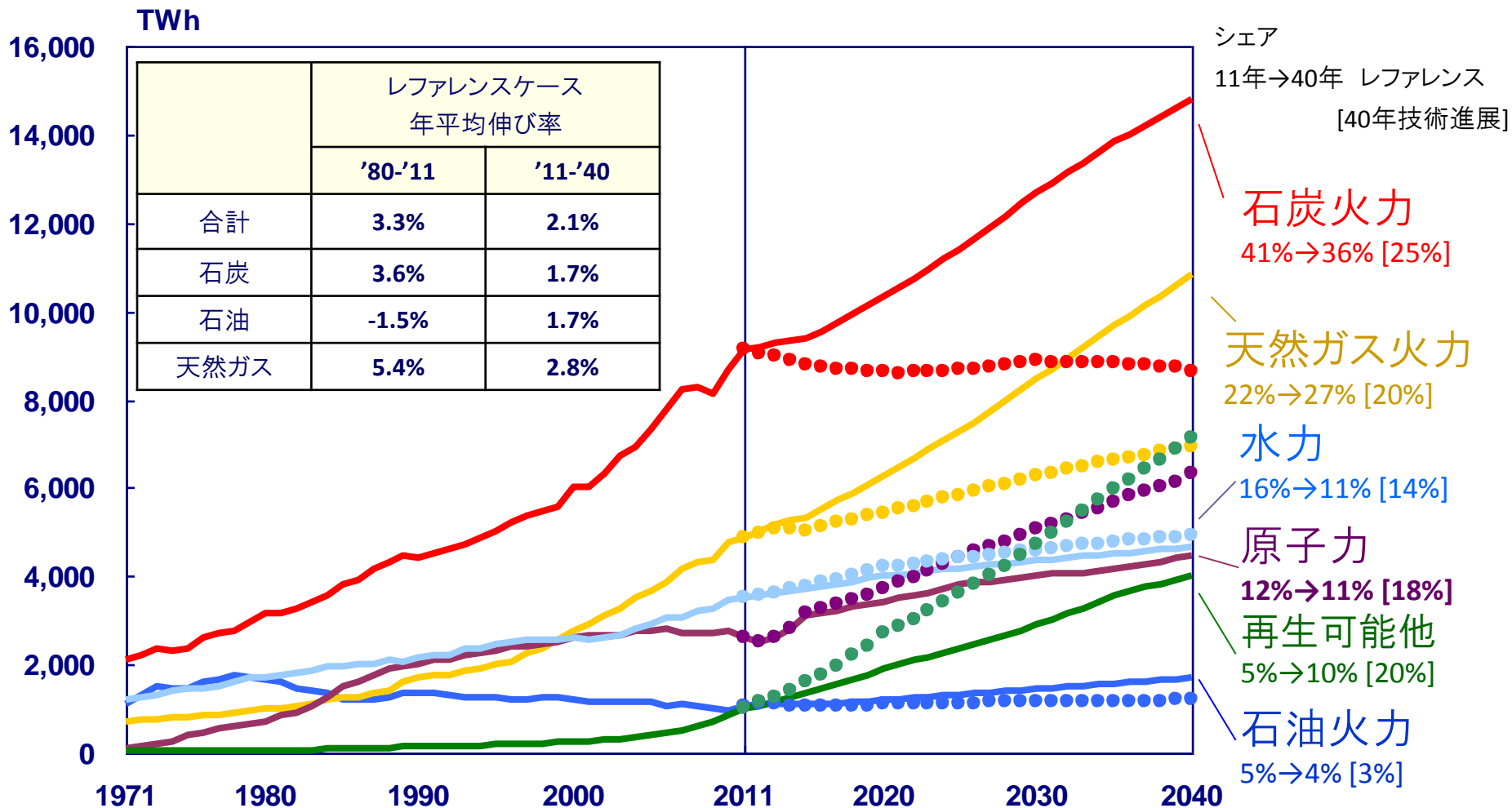


・アジアでは2040年まで石炭、石油が主要エネルギー源として増加、天然ガスは発電用途における利用増加に伴いシェア17%まで拡大。

・技術進展ケースでは石炭の消費量が大幅に削減されるが、全体の34%と依然として最大のシェアを保ち続ける。

# 発電構成(世界)

実線・・・レファレンスケース  
点線・・・技術進展ケース



- ・ 2040年においても石炭火力が依然として電力供給の中核を担う。天然ガス複合発電等の導入により、世界的に天然ガス火力の導入が拡大。再生可能エネルギーも風力、太陽光を中心にシェアを拡大。
- ・ 技術進展ケースでは石炭火力のシェアが25%まで縮小する一方、原子力や水力・再生可能エネルギーのシェアが拡大する。

# 太陽光発電、風力発電(世界)

## 太陽光発電

## 風力発電

## 太陽光発電

世界

アジア

2011年

89 GW

↓

2040年

レファレンス 技術進展  
548 GW 1,458GW  
(6倍増) (16倍増)

2011年

9.0GW

↓

2040年

レファレンス 技術進展  
172 GW 453GW  
(19倍増) (50倍増)

## 風力発電

世界

アジア

2011年

229 GW

↓

2040年

レファレンス 技術進展  
905 GW 1,710GW  
(4倍増) (7倍増)

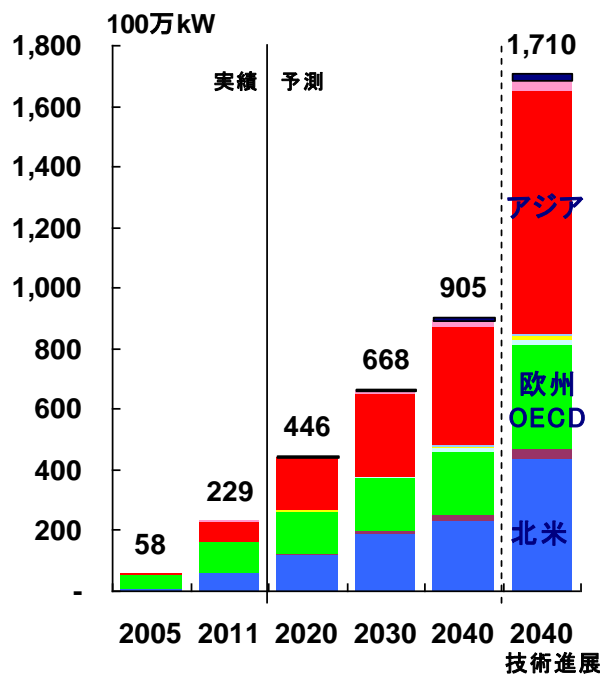
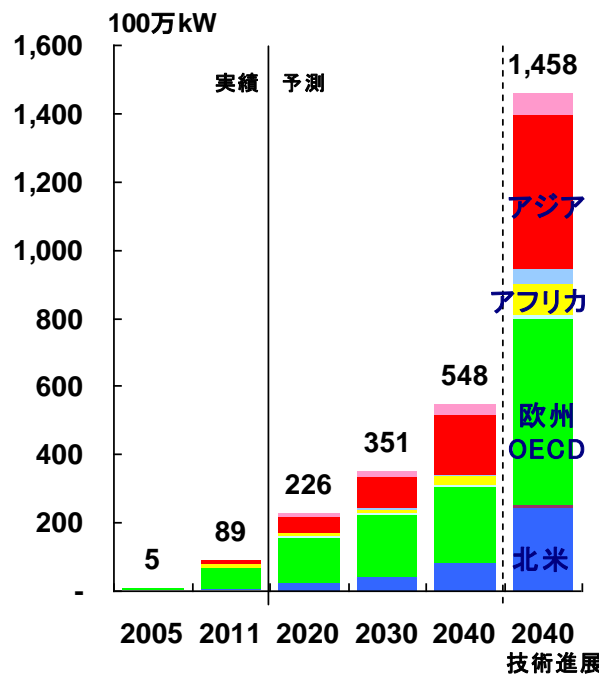
2011年

61 GW

↓

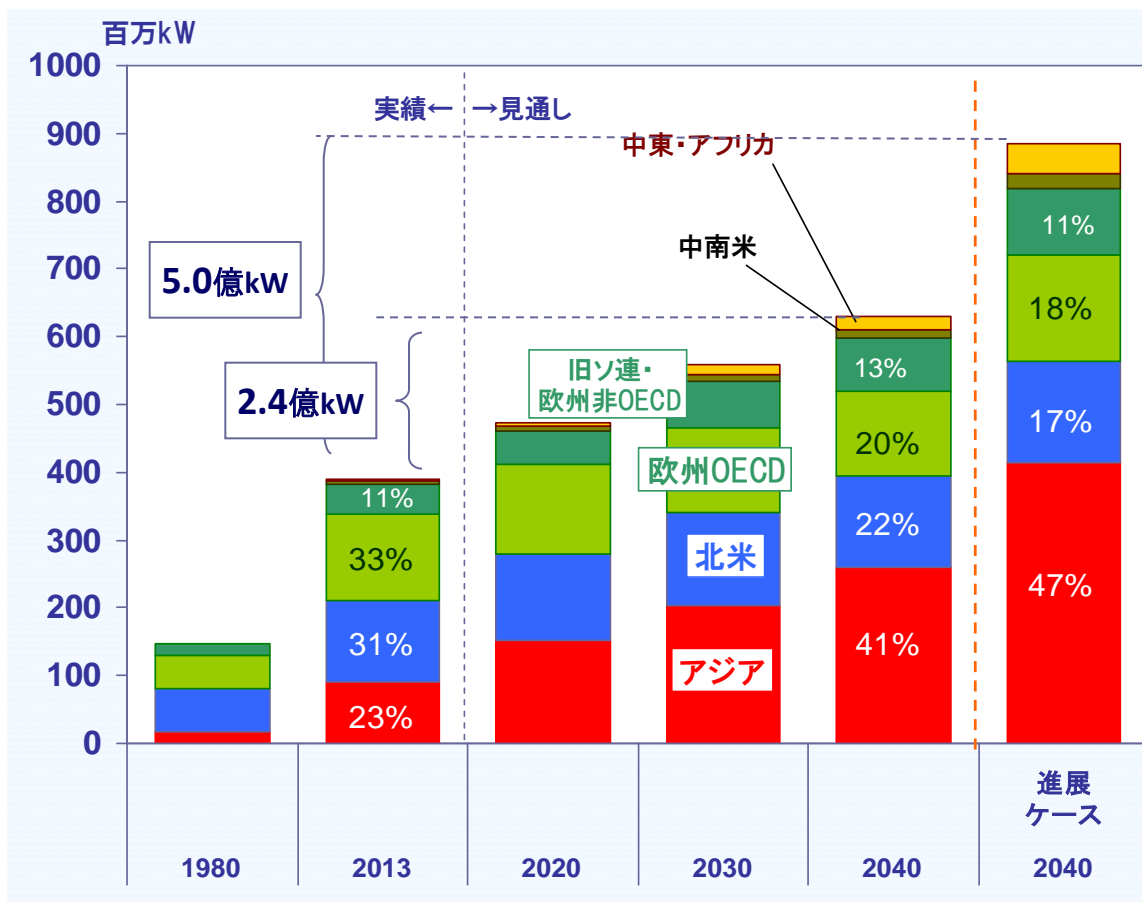
2040年

レファレンス 技術進展  
390 GW 801GW  
(6倍増) (13倍増)



- ・ 技術開発や固定価格買取制度(FIT)、補助金付与などの普及支援策を追い風に、再生可能エネルギーが拡大。
- ・ レファレンスでは、世界の太陽光発電の設備量は、2040年には5億4,800万kWへ増加し、2011年比6倍まで急速に拡大。風力発電設備量は2040年には9億500万kWまで増加し、2011年比4倍まで拡大。風力、太陽光発電が世界の発電量に占める構成比は2011年の2.3%から2040年に5.9%へ推移。
- ・ 技術進展ケースでは2040年に、太陽光発電はレファレンスの2.7倍(14億5,800万kW)、風力発電は1.9倍(17億1,000万kW)まで増加する。

## 世界の原子力発電設備容量



## 世界

**2013年**  
3億8,900万kW



**2040年**

レファレンス  
6億3,100万kW  
(2億4,100万kW増)

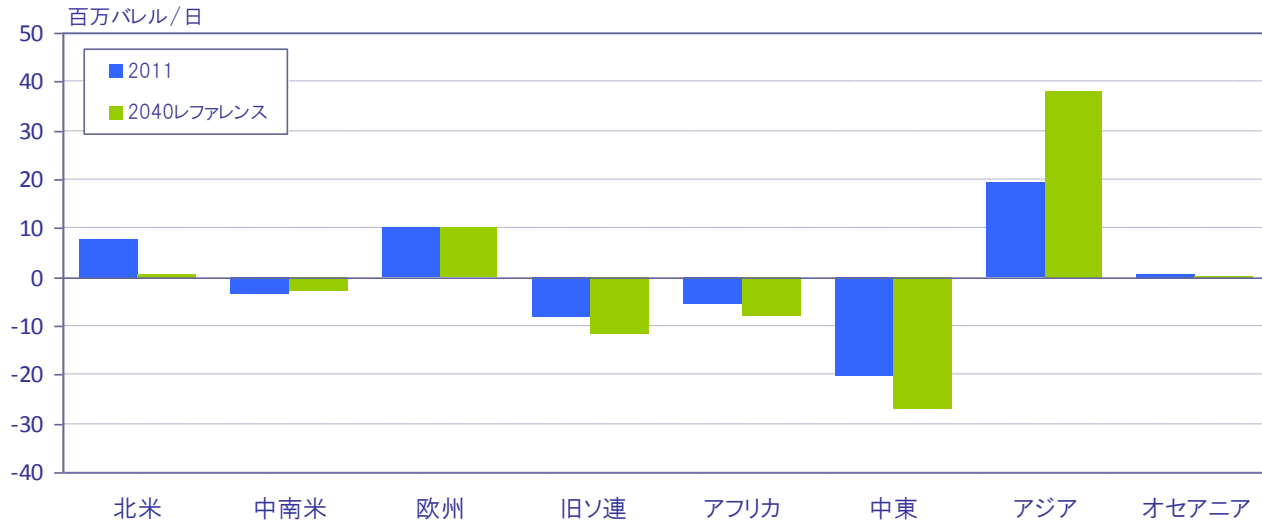
技術進展  
8億8,500万kW  
(4億9,500万kW増)

・ 2040年にかけて世界の原子力設備容量はアジアを中心にレファレンスケースで2億4,100万kW、技術進展(原子力進展)ケースで4億9,500万kW増加する見通し。特に進展ケースでは、2040年の設備容量の半分近くがアジアに集中する。

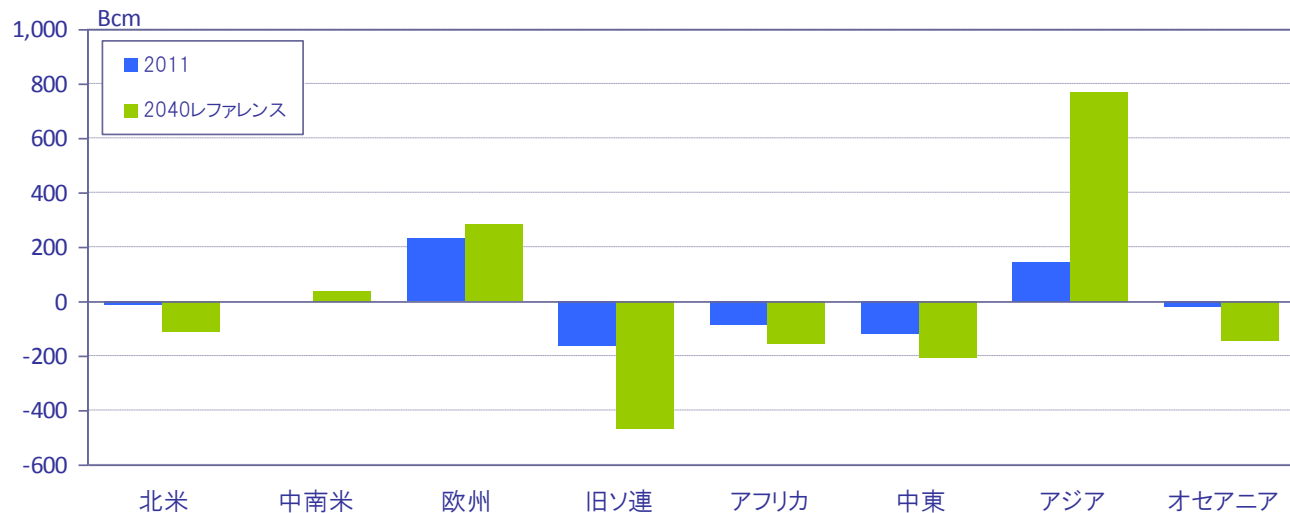


## 石油・天然ガスの純輸入量の見通し

## 石油

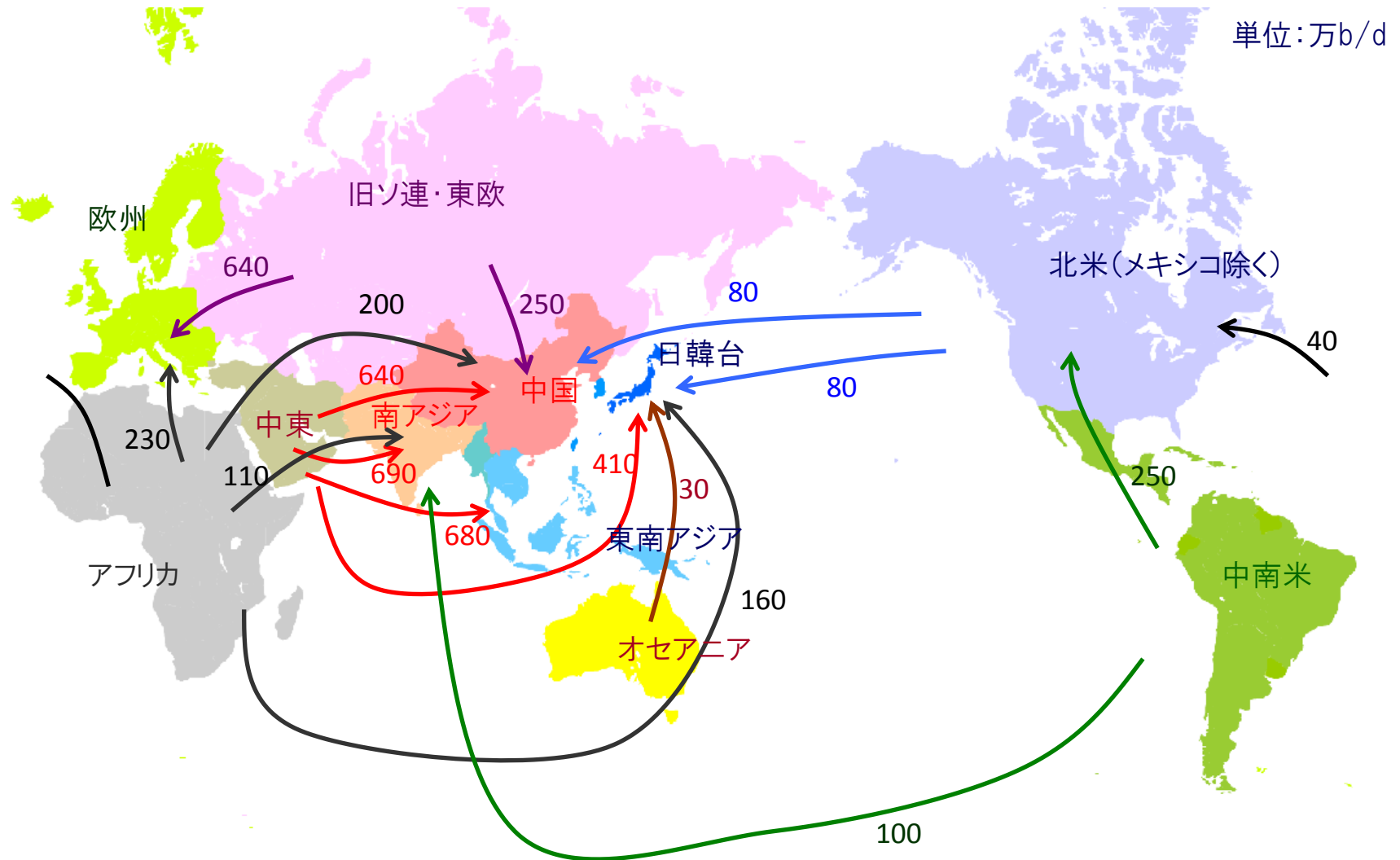


## 天然ガス



- ・ 2040年にかけて石油需要はアジアで拡大する一方、北米は自給に向う。アジアの需要増加に対応するため、中東での石油増産は不可欠。
- ・ 天然ガス輸入も主にアジアで拡大。また、北米からの輸出増加が見込まれる。

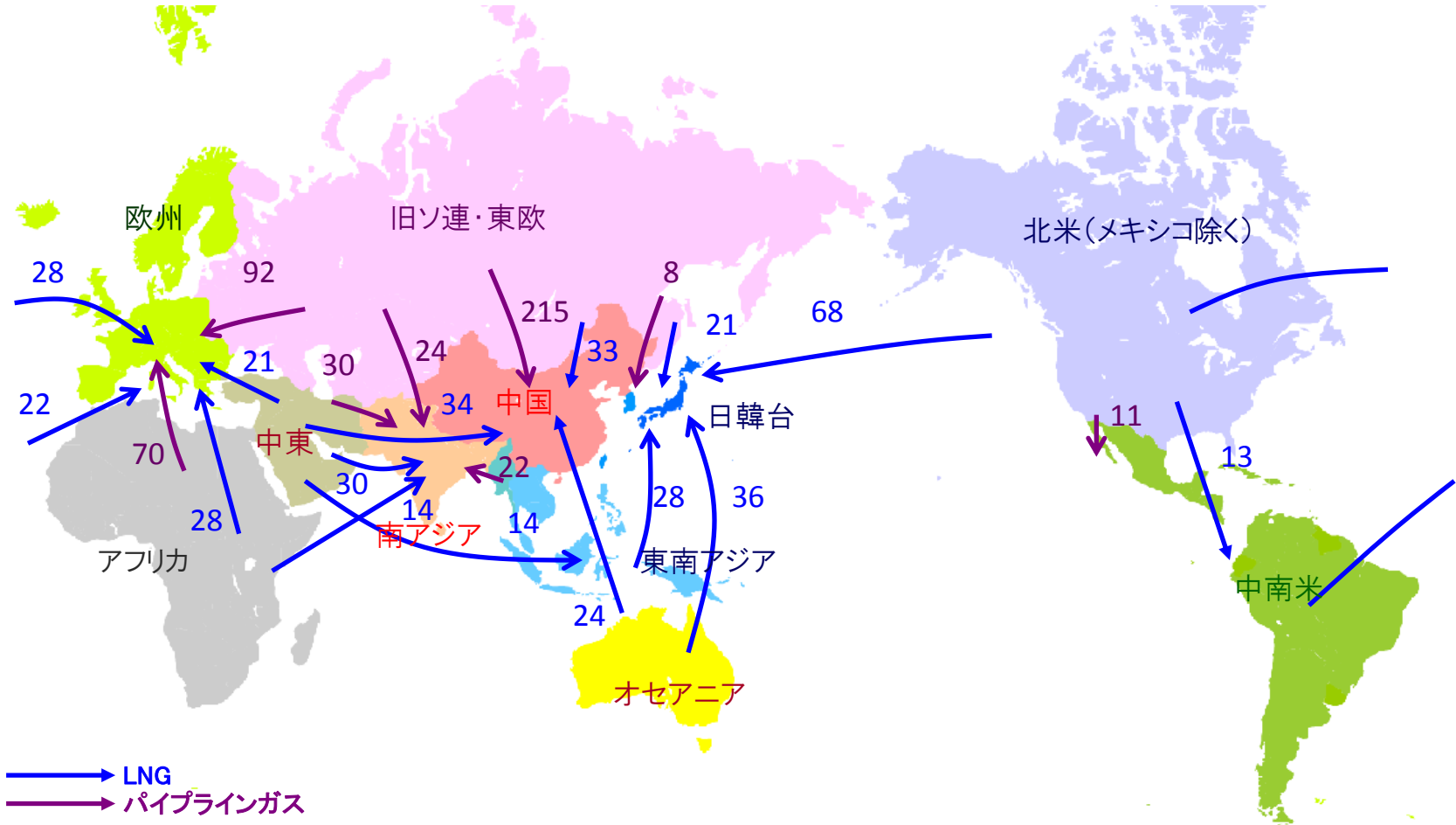
# 主要原油貿易フロー(レファレンスケース:2040年)



・2040年には北米からアジアへの輸出フローが確立。中国への原油輸入は1,200万b/dとなり、中東・アフリカ・旧ソ連・北米等、多様な地域からの輸入が拡大する。

# 主要天然ガスフロー(レファレンスケース:2040年)

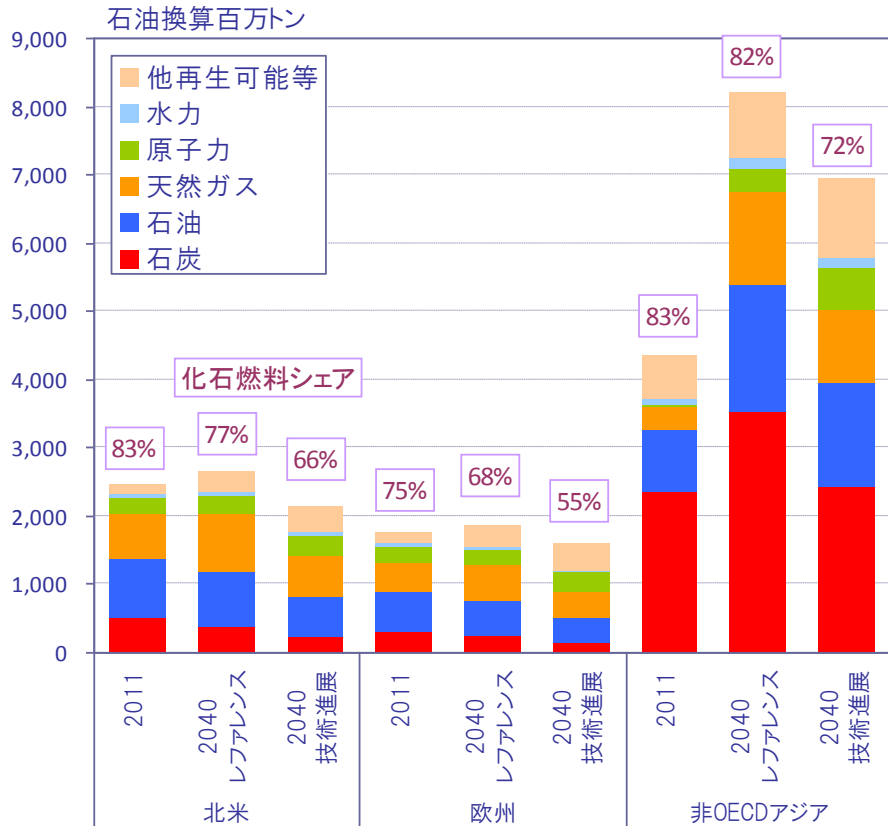
単位:BCM



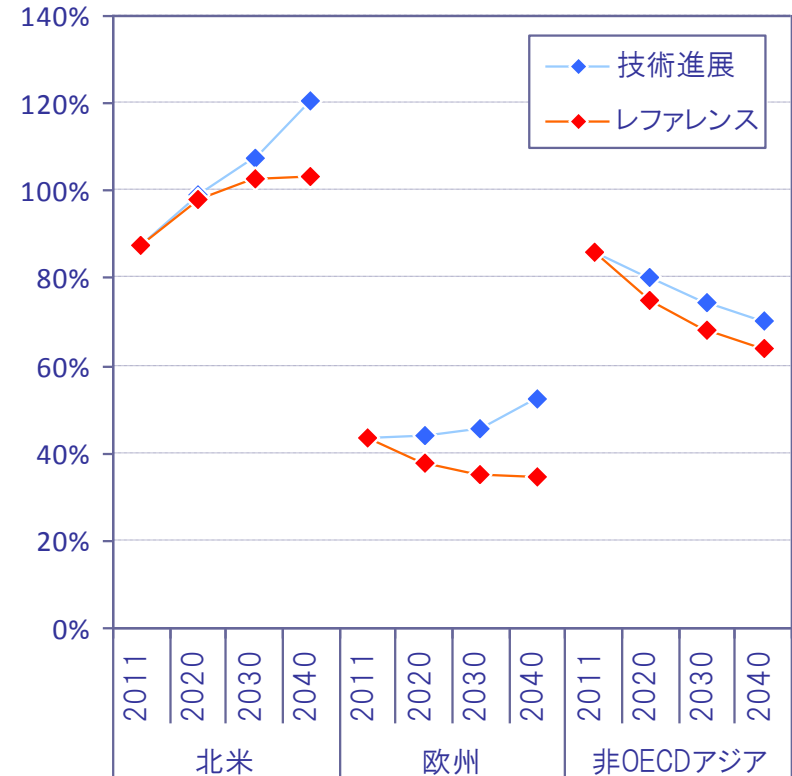
・北米・旧ソ連・豪州からの輸出はアジア向けを中心に拡大。特に、北米からの大規模な輸出フローが確立される。

## 化石燃料の自給率(北米、欧州、アジア)

## 一次エネルギー需要構成



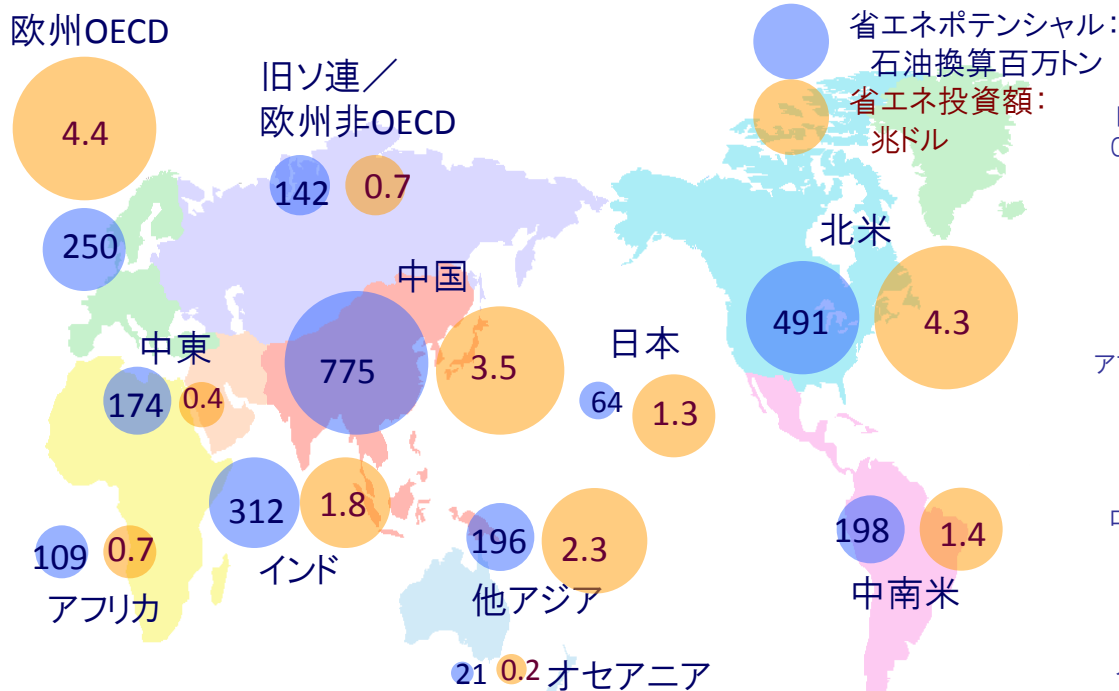
## 化石燃料自給率



- ・ 技術進展ケースにおいても、非OECDアジアの化石燃料比率は72%と高い水準に止まる。
- ・ 北米では今後、化石燃料の自給率は上昇。欧州でも技術進展ケースでは自給率の向上が見込まれる一方で、アジアでは低下を続ける。

# 省エネルギーポテンシャルの地域分布

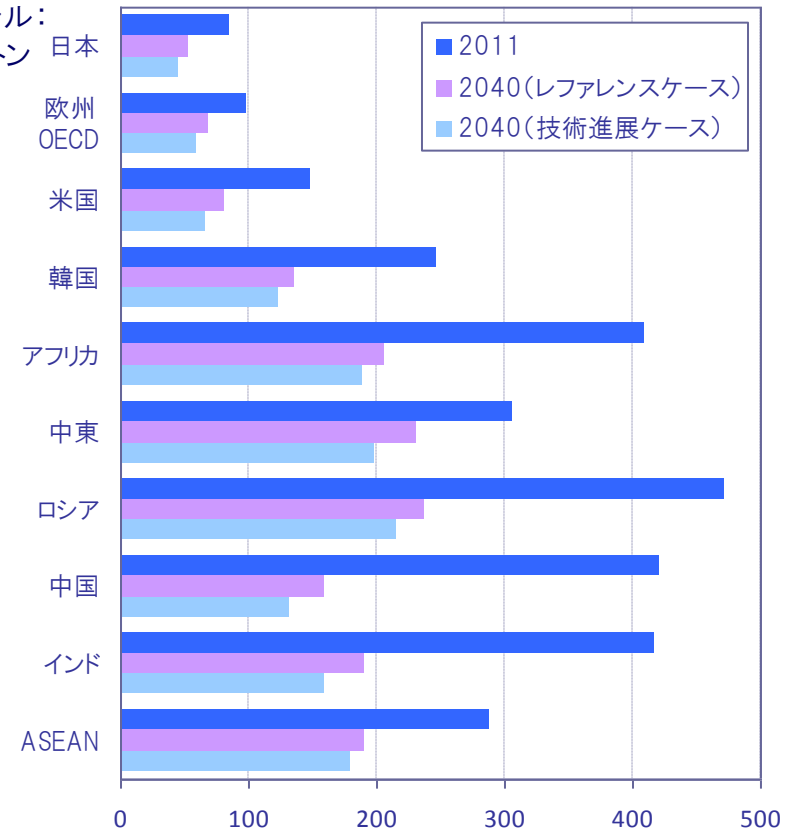
## 2040年の省エネルギーポテンシャルと 2040年までの累積省エネ投資額



※ 省エネポテンシャルは、2040年における技術進展ケースとレファレンスケースの一次エネルギー消費量の差。投資額は、2040年までの両ケースにおける省エネ投資の差額。

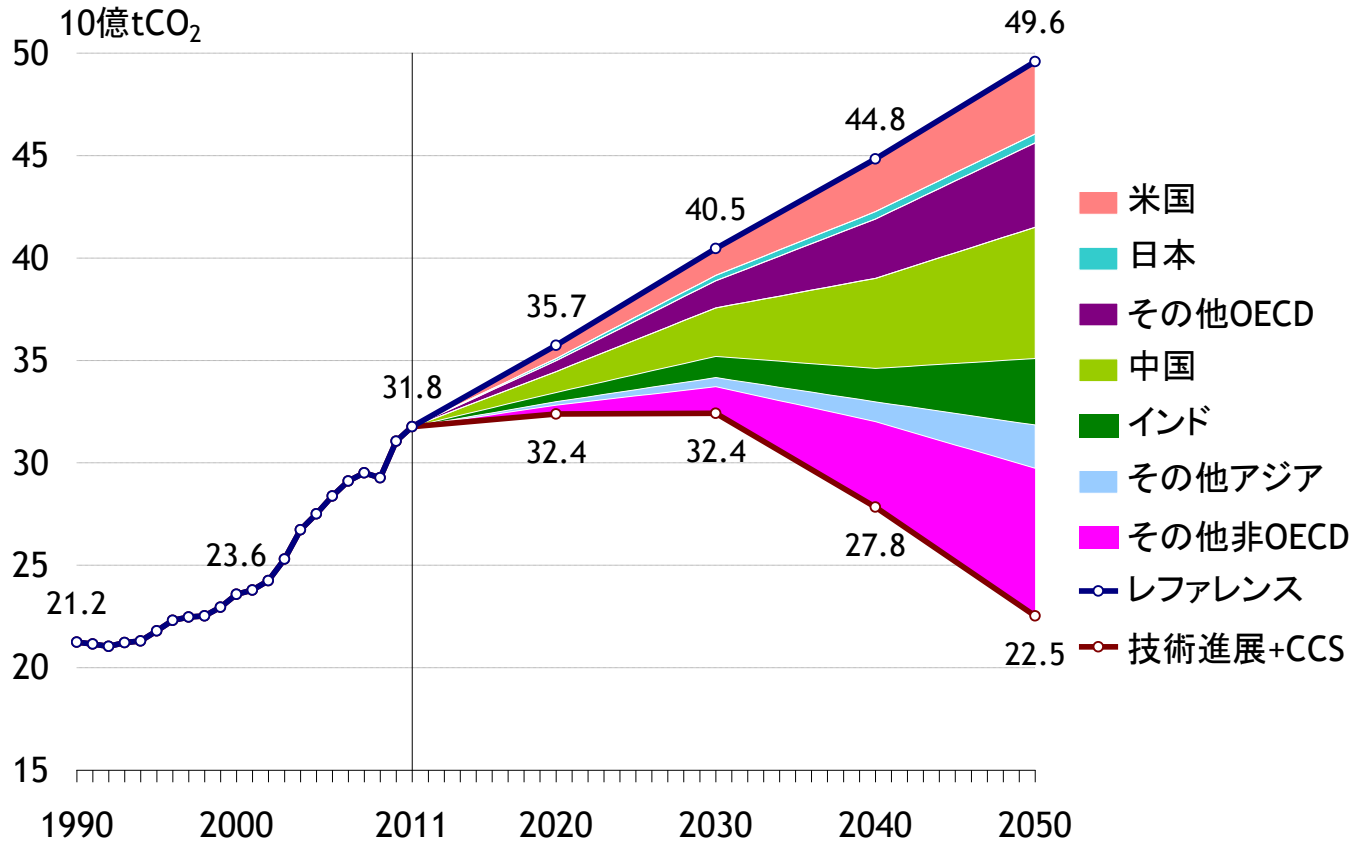
## GDPあたりエネルギー消費量 (エネルギー原単位)の見通し

石油換算トン/2010年価格百万ドル



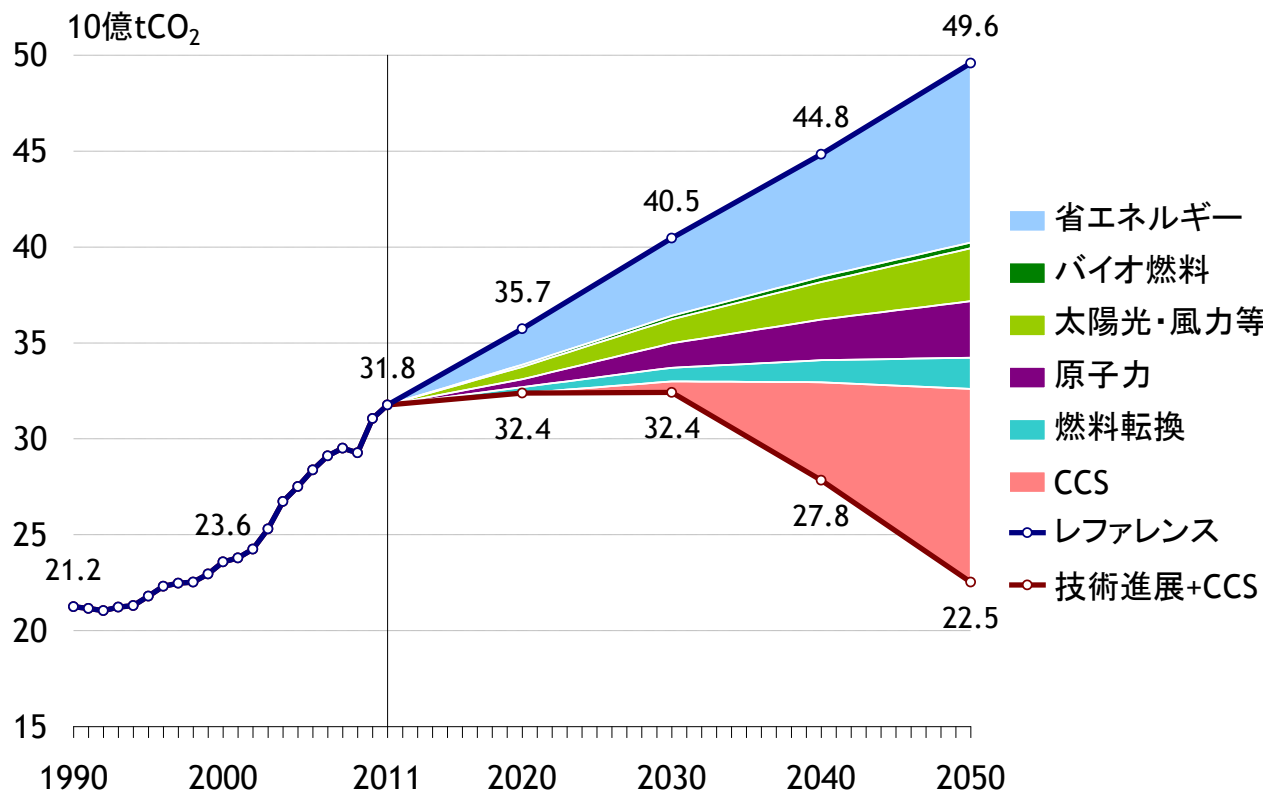
・ 省エネルギーポテンシャルは中国、インドや北米に多く存在。但し、省エネに必要な投資額は先進国においてより大きくなる。

・ 2040年までの経済成長と省エネルギーの進展に伴い、GDPあたりの一次エネルギー消費量の差は縮小。但し省エネを最大限進めた場合でも、依然として格差は残る。

CO<sub>2</sub>排出量(世界:地域別)レファレンスケース  
技術進展+CCSケース2050年のCO<sub>2</sub>削減量内訳

|          | 億トン | 比率   |
|----------|-----|------|
| 米国       | 35  | 13%  |
| 日本       | 4   | 2%   |
| 他先進国     | 41  | 15%  |
| 中国       | 64  | 24%  |
| インド      | 32  | 12%  |
| 他アジア     | 21  | 8%   |
| 他途上国     | 72  | 27%  |
| OECD     | 81  | 30%  |
| 非OECD    | 190 | 70%  |
| アジア非OECD | 118 | 43%  |
| 世界計      | 271 | 100% |

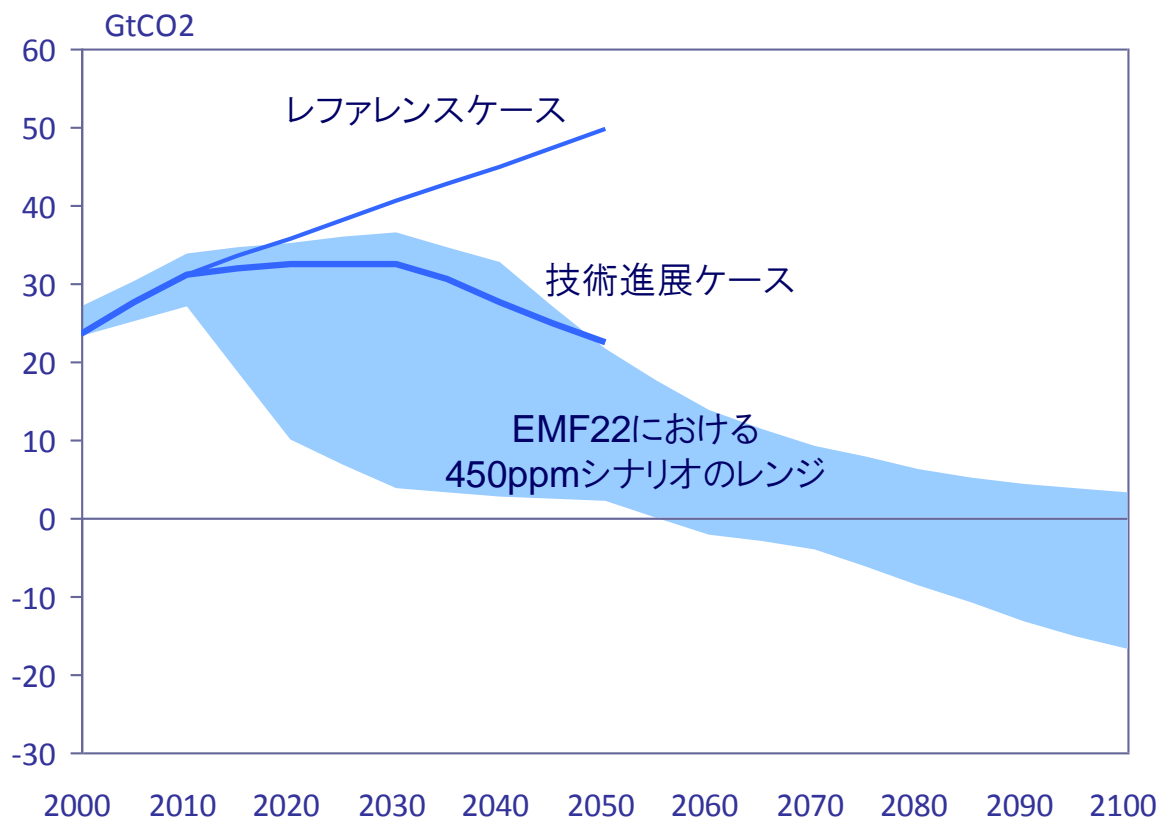
・2050年のCO<sub>2</sub>削減ポテンシャル(レファレンスと技術進展ケースの差分)は、非OECD諸国がOECD諸国に比較して大きい(非OECDの削減量190億トン、世界の削減ポテンシャルの70%)。このことから、非OECD諸国における気候変動対策の強化が重要であると言える。なかでも、アジア(アジア非OECDの削減量118億トン、同43%)や中国(削減量64億トン、同24%)における削減ポテンシャルが大きい。

CO<sub>2</sub>排出量(世界:対策による内訳)

・ 2050年における技術別のCO<sub>2</sub>削減ポテンシャルは、CCSによるものが最も大きく(101億トン削減)、次いで省エネルギーの促進によるもの(89億トン削減、2050年の総削減量の約4割、現在の排出量の約3割)である。再生可能エネルギー導入拡大や、燃料転換(石炭や石油から天然ガスへの消費シフト)も重要な役割を担う。

・ 世界のCO<sub>2</sub>排出量を現状水準比で半減するには、更に追加対策が必要であり、革新的技術開発、環境配慮型の都市開発など、更なる長期的対策が重要となる。

# オーバーシュートシナリオのCO<sub>2</sub>排出経路



(出所)

Clarke et al. (2009),  
 “International climate policy  
 architectures: Overview of the  
 EMF 22 International Scenarios”,  
*Energy Economics*, vol. 31, pp.  
 64-81.

・ EMF(エネルギー・モデリング・フォーラム)第22作業部会では、世界の主要な10の統合評価モデルが参加し、長期的なGHG濃度やオーバーシュートの有無等を検討。

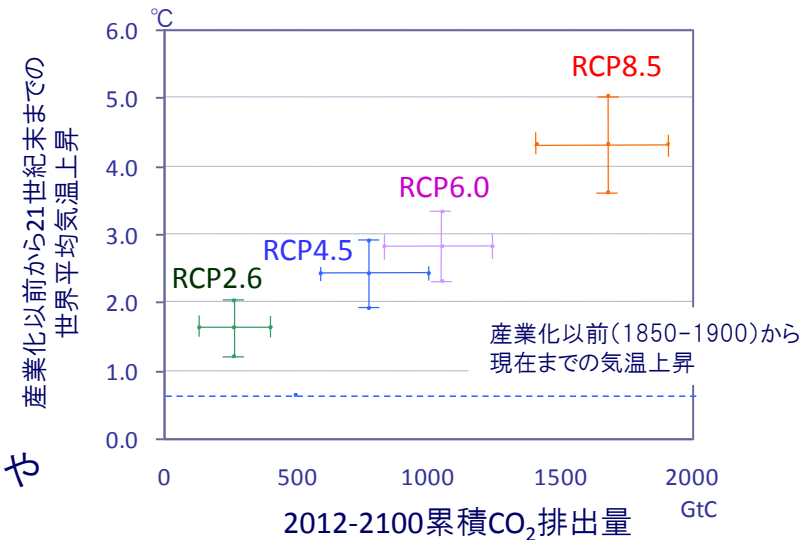
・ 「技術進展ケース」相当のCO<sub>2</sub>排出削減は2050年で450ppmシナリオのほぼ上限相当であり、2050年以降に大幅な削減を行わない限り、2°C目標の達成の可能性は低くなる。このため、CCS付きバイオエネルギーや人工光合成等のCCU技術を含むドラスティックな革新的技術の開発と普及の促進が必要となる。

・ 今後の科学的知識の拡張・深化、中国、インド等の枠組みへの参加のタイミング、エネルギー起源CO<sub>2</sub>以外のGHGの削減の見通し等、様々な不確実な要素に対して注視を続ける必要がある。



# IPCC(気候変動に関する政府間パネル)第5次報告書について

- ・ IPCC第36会総会及び第1作業部会第12回会合が平成25年9月23日～26日にストックホルムで開催。取りまとめが進められている第5次評価報告書のうち、第1作業部会報告書が受諾。「二酸化炭素の累積排出量と世界平均気温の上昇量はほぼ比例関係にある」とした。
- ・ 放射強制力の大きさ別に作成された4つの「代表的濃度経路」(RCP : Representative Concentration Pathways)のシナリオに応じて、今後の世界平均気温上昇や海面水位上昇等の予測値が提示されている。



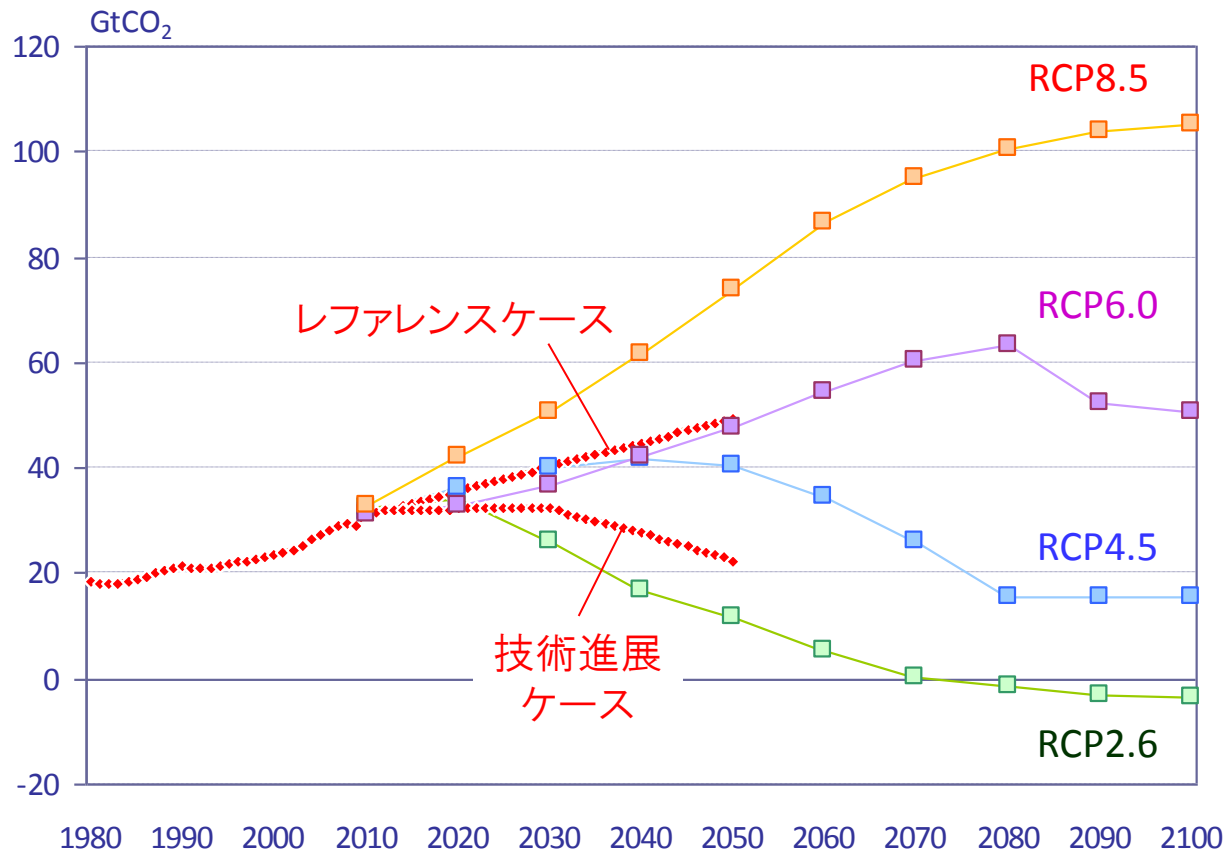
2100年までに達する  
温室効果ガス濃度  
(ppm)

産業化以前から  
21世紀末までの  
平均気温上昇(°C)

今後21世紀末までの  
平均海面水位  
上昇(m)

| RCPシナリオ | 2012-2100累積CO <sub>2</sub> 排出量 (GtC) | 産業化以前から21世紀末までの平均気温上昇(°C) | 今後21世紀末までの平均海面水位上昇(m) |
|---------|--------------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| RCP2.6  | 475                                  | 1.6 ± 0.4                 | 0.26～0.55             |
| RCP4.5  | 630                                  | 2.4 ± 0.5                 | 0.32～0.63             |
| RCP6.0  | 800                                  | 2.8 ± 0.5                 | 0.33～0.63             |
| RCP8.5  | 1,313                                | 4.3 ± 0.7                 | 0.45～0.82             |

# 代表的濃度経路(RCP)とレファレンス・技術進展ケースの比較



(出所) RCP Database

RCPシナリオは化石燃料・産業からのCO<sub>2</sub>、エネ研シナリオはエネ起CO<sub>2</sub>。

- ・レファレンスケースのCO<sub>2</sub>排出量はRCP6.0を上回る。このシナリオでは、産業化前からの気温上昇が2°Cを上回ることが確実。
- ・技術進展シナリオのCO<sub>2</sub>排出量は「2050年に世界で半減」を達成しないものの、RCP2.6とRCP4.5の間、より2.6に近いパスとなる。

# まとめ

- ・ 今後2040年にかけて世界の一次エネルギー消費量は1.5倍に増加する。その中心はアジアである。急拡大する需要とともにアジアのエネルギー自給率は低下を続け、それに伴う世界のエネルギー市場の不安定化が懸念される。
- ・ 非在来型資源の開発に伴い、北米からの化石燃料の輸出拡大が見込まれる。但しアジアの旺盛な石油需要に対応する鍵を握るのは依然として中東であり、大需要地域としてのアジアと生産地域としての中東の関係強化は今後益々重要となる。
- ・ エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量削減の鍵を握るのも中国・インドを含むアジア新興国であり、それらの諸国の協力なしに気候変動問題への対処は不可能。省エネルギー・低炭素化対策のコストは国・地域によって異なるが、持続的な経済成長を妨げることなく、最大限の対策を有効に講じる必要がある。
- ・ 2°C目標を達成するためには、2050年を超えた長期の対策が不可欠。そのためには既存の技術のみに止まらず、CCS・CCUを含む革新的な技術開発を進めることが求められる。