

## アジア/世界エネルギーアウトック 2014

—中国・インドの低成長シナリオ及び気候変動問題の分析—

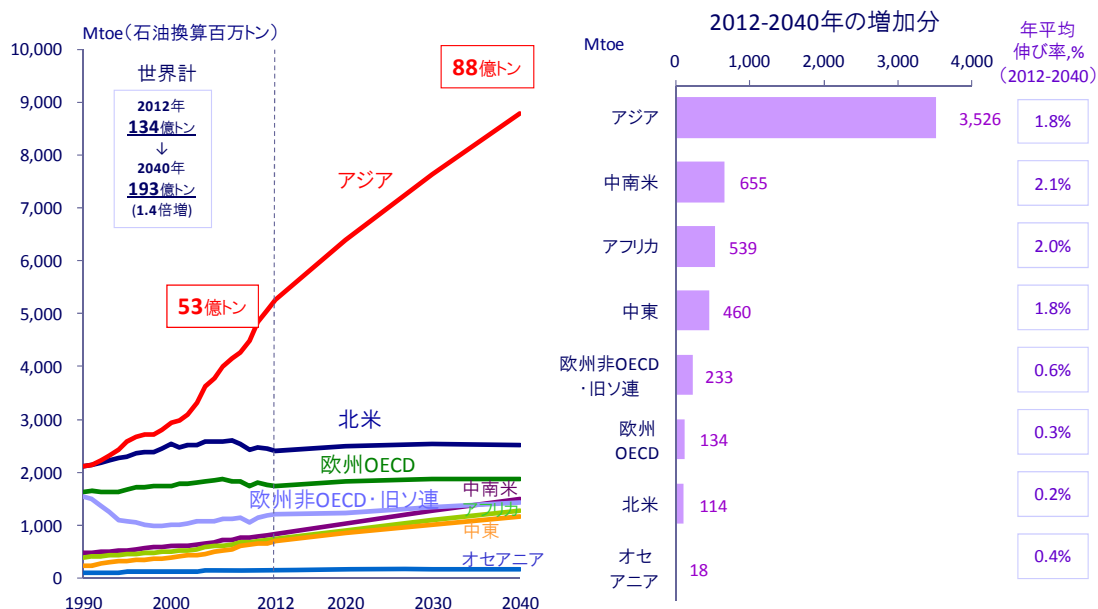
一般財団法人 日本エネルギー経済研究所

### 1. 世界/アジアのエネルギー需給見通し

#### エネルギー消費は今後28年間で1.4倍。その中心はアジア

- エネルギー需給や政策・技術導入等について現状の趨勢が続くことを想定する「レファレンスケース」では、世界の一次エネルギー消費は2012年の石油換算13,371百万トン(Mtoe)から2040年に19,276 Mtoeへと44%増加する。現在、一次エネルギー消費の82%は化石燃料(石油、石炭、天然ガス)であるが、今後の増分も7割以上が化石燃料によって賄われる。このため、化石燃料に大きく依存する世界の構図は変わらない。
- エネルギー消費増加の中心はアジアであり、2040年までのアジアにおける消費増分(3,526 Mtoe)は世界全体の増分の60%を占める。中でも、中国・インドの増分はアジアの74%、世界全体の46%を占め、両国の需要増加が世界を牽引する姿となる。

図1 世界の一次エネルギー消費量(地域別)

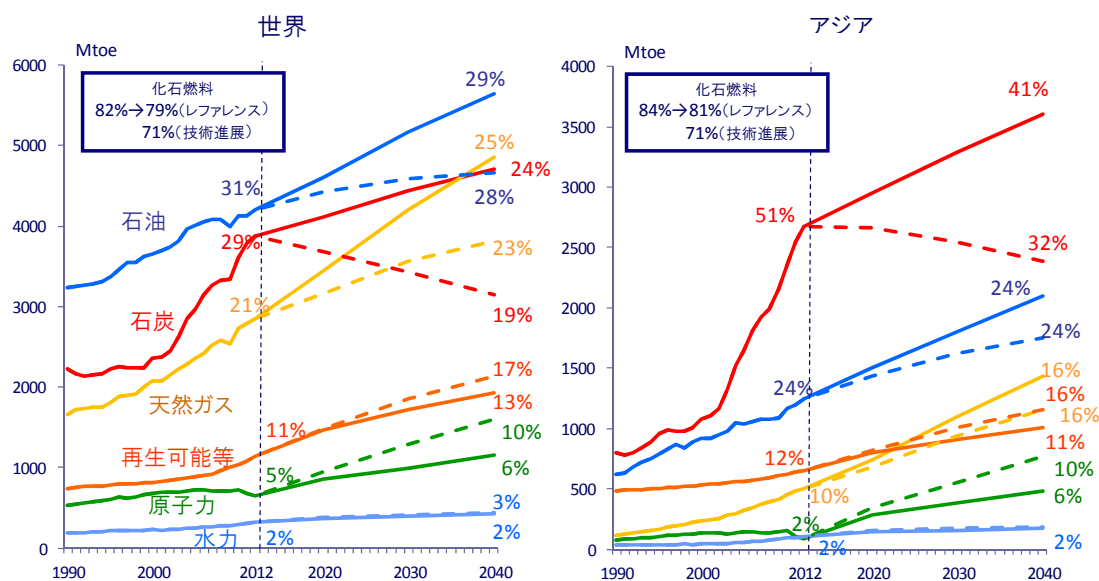


- 石油消費量は2012年の日量88.6百万バレル(Mb/d)から2020年代半ばには100 Mb/dを超え、2040年には116.5 Mb/dに達する。その増分27.9 Mb/dは現在のOPEC原油生産の9割超にも相当することになり、非在来型資源も含む石油供給の拡大が課題となる。

本見通しは一定の仮定のもとで論理的・数量的整合性に基づく1つの試算として提供するものである。

- 天然ガスは2040年までに他のどのエネルギー源よりも急速に消費が拡大し、石炭を抜いて石油に次ぐ第2のエネルギー源となる。その量は2012年の3.44兆立方メートル(Tcm)から、2040年には1.7倍の5.88 Tcmとなる。うち液化天然ガス(LNG)の需要は237 Mt (0.32 Tcm)から548 Mt (0.74 Tcm)まで2倍以上に増加する。
- 石油及び天然ガスの需要増大に対して、在来型資源開発に加え、シェールオイル・ガスなど非在来型資源開発が重要となる。本研究では、非在来型資源開発が世界的に大幅に進む「開発促進ケース」についても試算を行った。同ケースでは、2040年の世界の非在来型の原油生産は25 Mb/d (レファレンスケース: 6 Mb/d)、天然ガス生産は2.7 Tcm (レファレンスケース: 1.6 Tcm)と大幅に増加し、国際石油・天然ガス市場の需給緩和と価格低下をもたらす。国際貿易の面でも、中東石油への需要を低下させるなど、大きな影響を及ぼす\*
- 石炭の消費量はレファレンスケースで2012年の石炭換算5,541百万t (Mtce, 1 Mtce = 0.7 Mtoe)から2040年には1.2倍の6,722 Mtceとなる。増分の大半は発電用の一般炭であり、コークス製造用の原料炭は特に中国での粗鋼生産量が頭打ちとなることから、現状から微減となる。

図2 世界・アジアの一次エネルギー消費量(エネルギー源別)



実線: レファレンスケース、点線: 技術進展ケース  
%は世界計/アジア計に占めるシェア

- 風力・太陽光の発電設備容量は2040年までにそれぞれ現状の3.5倍及び6.4倍に拡大し、996 GW及び622 GWとなる。この結果、2040年の風力・太陽光等による発電量は2,482 TWhとなり、総発電電力量の6%を占める。バイオマス・廃棄物発電や地熱発電を含めると10%、水力を含めた再生可能エネルギー全体では22%である。

※ 「開発促進ケース」の詳細については、「アジア/世界エネルギーアウトック2013」を参照されたい。

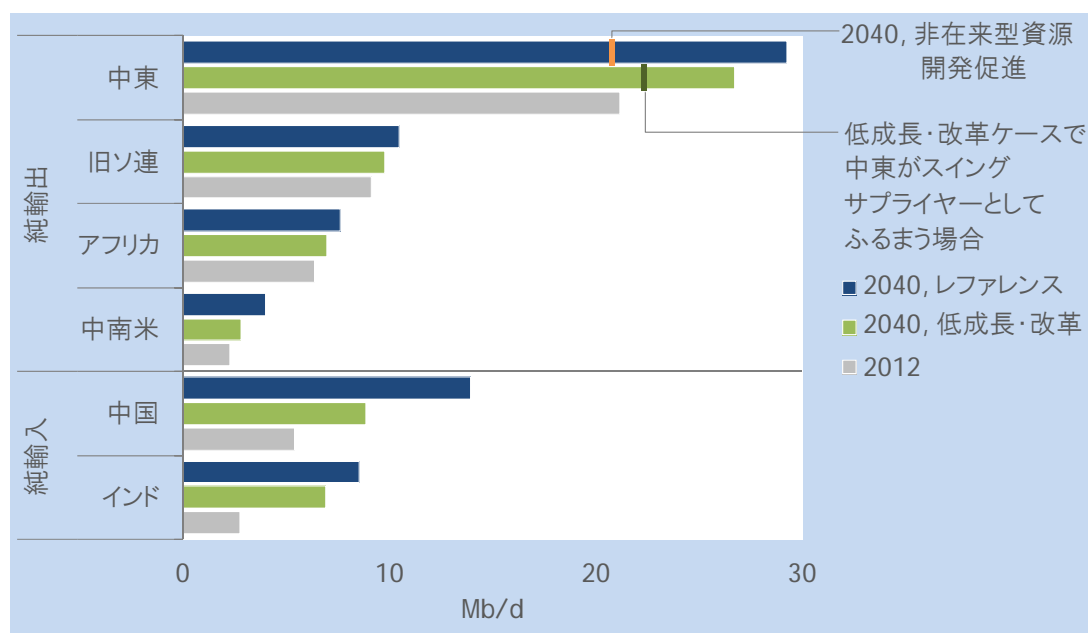
- 原子力発電設備容量は2013年の389 GWから2040年には618 GWまで拡大し、発電電力量は4,451 TWh (総発電電力量の11%)となる。これら非化石エネルギーの拡大の中心となるのも中国・インド等のアジア新興国である。
- 省エネルギー・低炭素化技術の最大限の普及を見込んだ「技術進展ケース」では、2040年の世界・アジアの一次エネルギー消費量はそれぞれ15%及び16%削減され、16,374 Mtoe及び7,398 Mtoeとなる。特に、発電部門を中心とした石炭消費量の減少が著しい。

## 2. 中国・インドのエネルギー需給と世界への影響

### 中国・インドの低成長による需要減少は中東・旧ソ連の石油・ガス純輸出を押し下げる

- 急速な経済成長を続けてきた中国では、引き続き高成長を維持するとの予測がある一方(レファレンスケース)、シャドーバンク問題、住宅・資産バブル問題等の金融リスクの顕在化、ピークを迎える労働人口、深刻化する格差問題、悪化する環境等による経済の下振れリスクが囁かれはじめている(低成長ケース)。また、インドでは5月に発足したモディ政権が掲げる政策が国内の開発を進め、経済成長を後押しすることが期待されているが(レファレンスケース)、政治的制約の克服は容易ではなく、その成否は未だ明確でない(低成長ケース)。
- 本試算ではレファレンスケースで今後2040年にかけて中国5.4%、インド6.2%の年平均実質GDP成長率を想定する一方で、低成長ケースではそれぞれ3.9%及び5.3%と想定し分析を行った。さらに、低成長の中でも経済やエネルギー需給の構造改革を進め、省エネルギー・低炭素化に向けて前進する「低成長・改革ケース」をも分析した。
- レファレンスケースでは今後2040年までの間、中国・インドで現在の米国・日本のエネルギー消費合計(約2,600 Mtoe)を上回る膨大なエネルギー消費増加が発生する。これに対し、低成長・改革ケースではその増分の7割が圧縮される。最も大きく減少するのは石炭であるが、国際エネルギー需給の面からは、石油・天然ガスの下振れがもつ意義が大きい。
- 中国・インドの石油の消費減少は全ての輸出地域に影響するが、最も大きな影響を被るのは中東地域である。低成長・改革ケースでは2040年までの中東からの純輸出増分の31% (2.5 Mb/dに相当)が失われる。また中南米や旧ソ連においても輸出増加分は大きく圧縮される。なお、仮に他の地域で輸出減がなく、中東がスイングサプライヤー(需給調整役)となる場合の減少幅は6.9 Mb/dと、さらに大きくなる。
- 天然ガスについては2040年の純輸入量が中国において45%、インドにおいて38%抑制される結果、旧ソ連及び中東に最大の影響が生じる。特にロシアが欧米との関係悪化により、中国へのシフトを明確に強めようとした場合、その影響はより大きなものとなる。旧ソ連・中東において低成長・改革ケースでは2040年までの純輸出増加分のそれぞれ3割が失われる。

図3 2040年の原油純輸出入見通し  
(レファレンスケース、低成長・改革ケース)



### 低成長下では「改革」の成否が鍵を握る。エネルギー安全保障や地球環境にも貢献

- 意図せざる低成長は、格差の更なる拡大や環境の悪化、省エネルギー技術の導入停滞などにつながりかねない。しかし特に中国は、経済構造を改革することにより産業のサービス化や消費主導経済への移行を進め、従来の経済成長至上主義とは異なる発展の道筋を描こうとしている。インドにおいても、低成長下にあってもなおエネルギー構造の改革を志し、低炭素化に尽力するか否かで将来は大きく異なる。改革によって雇用を確保し、より強靱な経済構造を実現した上で、省エネルギー・低炭素化を進めることは望ましい未来の姿の一つでもある。
- なお、「低成長・改革」は中国・インドのエネルギー輸入依存上昇を抑制し、エネルギー安全保障にも貢献する。また、レファレンスケース対比で、2カ国合計で2040年に低成長により3.2 Gt、改革によりさらに4.2 Gtの二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出が抑制されるなど、グローバル・ローカルな環境面でのメリットも大きい。
- 中国・インドの経済成長鈍化は世界経済に影響する。特にエネルギー輸出が減少する中東・旧ソ連では大きなGDPの下振れリスクとなる。一方で、低成長・改革は国際エネルギー市場の需給緩和及び温室効果ガス(GHG)排出抑制の効果を有する。需給緩和とそれによるエネルギー価格下落は、エネルギー消費国にとっては恩恵ともなる。

図4 エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量(レファレンスケース、低成長ケース、低成長・改革ケース)

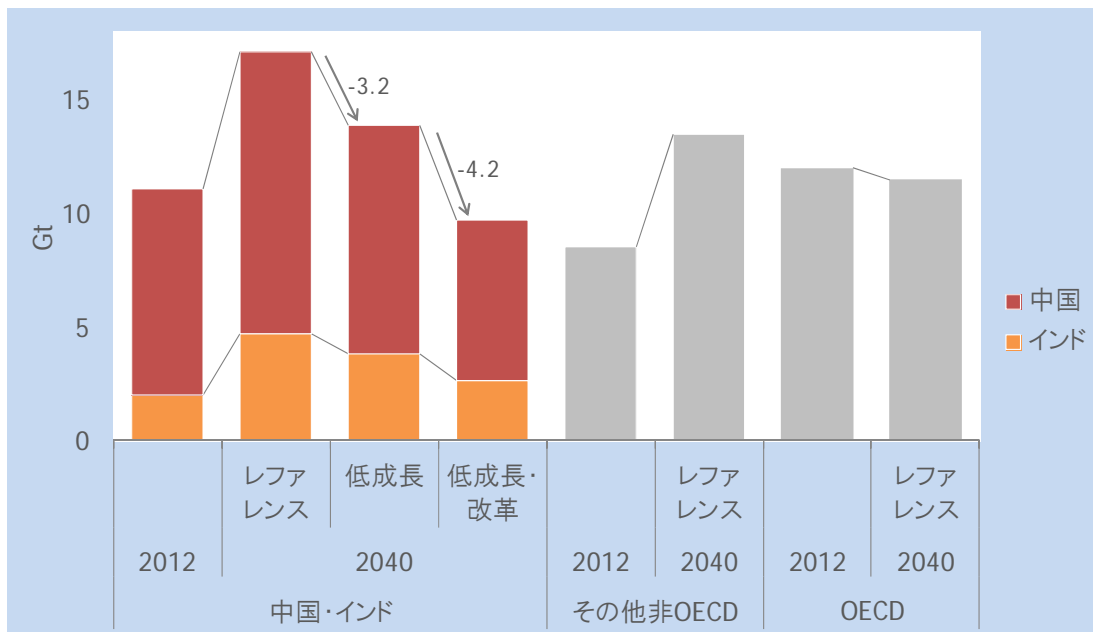
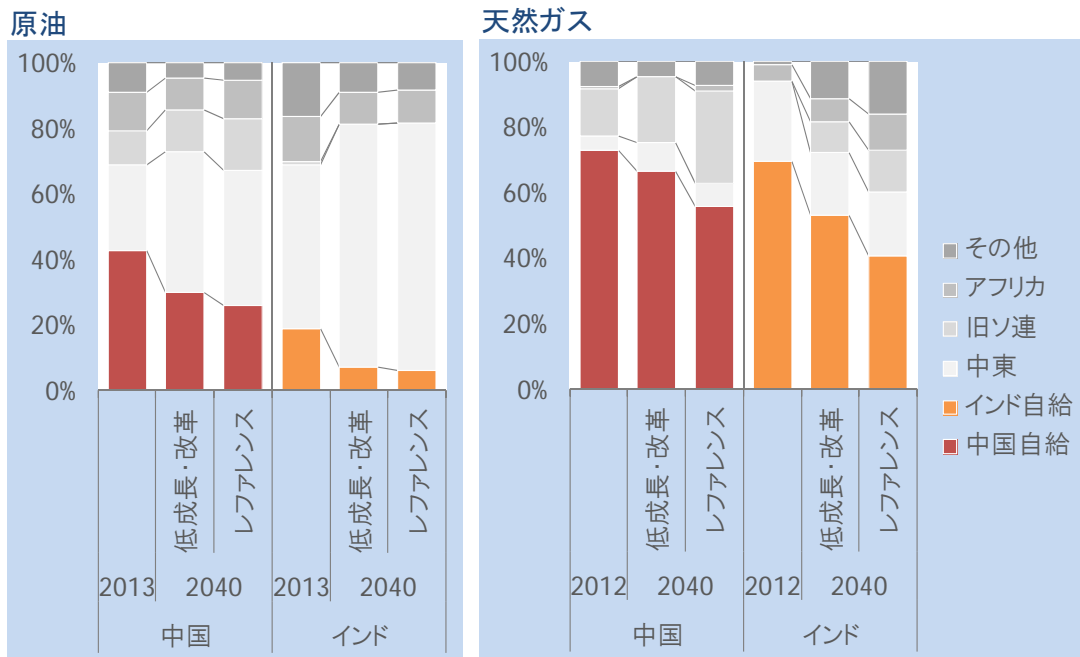


図5 原油・天然ガス供給構造: 自給率と主要輸入先比率



### 3. 気候変動問題への対応

#### 最大限の技術導入でも450 ppmシナリオは困難

- 世界のエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出は、レファレンスケースでは2050年に2012年より44%多い47.0 Gtに達する。一方、現時点で想定される限りにおいて最大限の省エネルギー・低炭素技術の導入を見込む技術進展ケースに二酸化炭素回収・貯留(CCS)を加味したケースでは、排出量はレファレンスケース対比大幅減となり、2050年には1990年比14%増、2012年比26%減の24.2 Gtまで抑制される。しかしながら、GHG排出量を2050年に現状比半減させるにはほど遠い。
- 人為起源のGHG排出による気温上昇を産業化前比2°C未満に抑えうる緩和シナリオとして、2100年に大気中のGHG濃度をCO<sub>2</sub>換算で約450 ppmとするシナリオがある。しかし450 ppmシナリオの実現には、今世紀後半におけるCCS付きバイオエネルギー(BECCS)や植林の利用と広範な普及が必要であり、極めて大きな不確実性が伴う。技術進展ケース+CCSでも世界のCO<sub>2</sub>排出量を半減するには至らないことから、450 ppmシナリオを実現するのはかなり困難であると思われる。
- 2014年4月に公表された気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第5次評価報告書 第3作業部会報告書では、気温上昇を2°C未満に抑えうる可能性を満たす選択枝を450 ppmシナリオに限っておらず、その可能性が5割前後のものとして500 ppmシナリオが挙げられている。また、適切な適応措置を前提に2°Cではなく2.5°Cまでの上昇を許容すれば、550 ppmシナリオも検討の選択枝に入る。本見通しの技術進展ケース+CCSは、CO<sub>2</sub>排出経路では550 ppmカテゴリーに、累積CO<sub>2</sub>排出量(2011~2050年)では500 ppmカテゴリーに相当する。

図6 世界のCO<sub>2</sub>排出と450 ppm、500 ppm及び550 ppmシナリオの排出レンジ

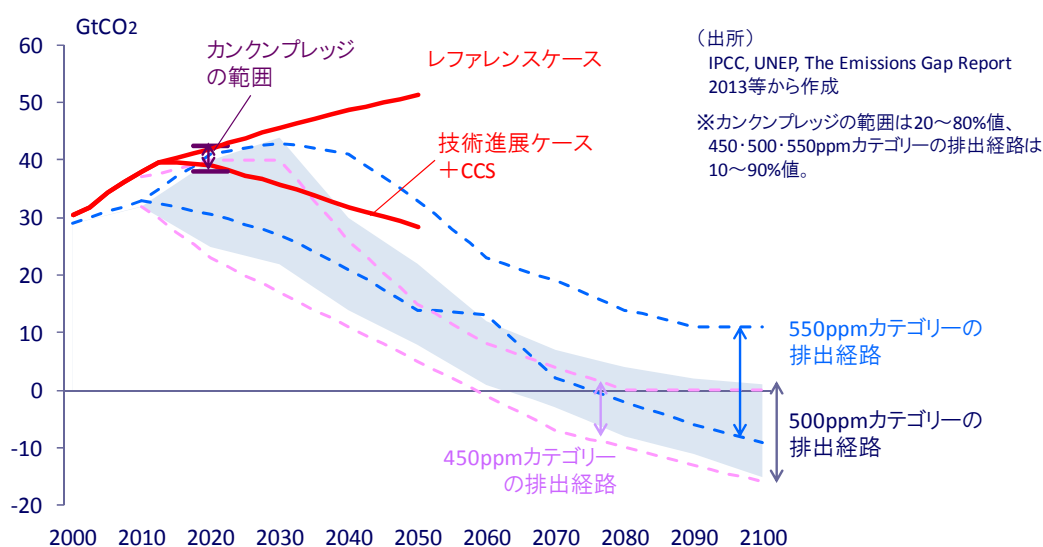
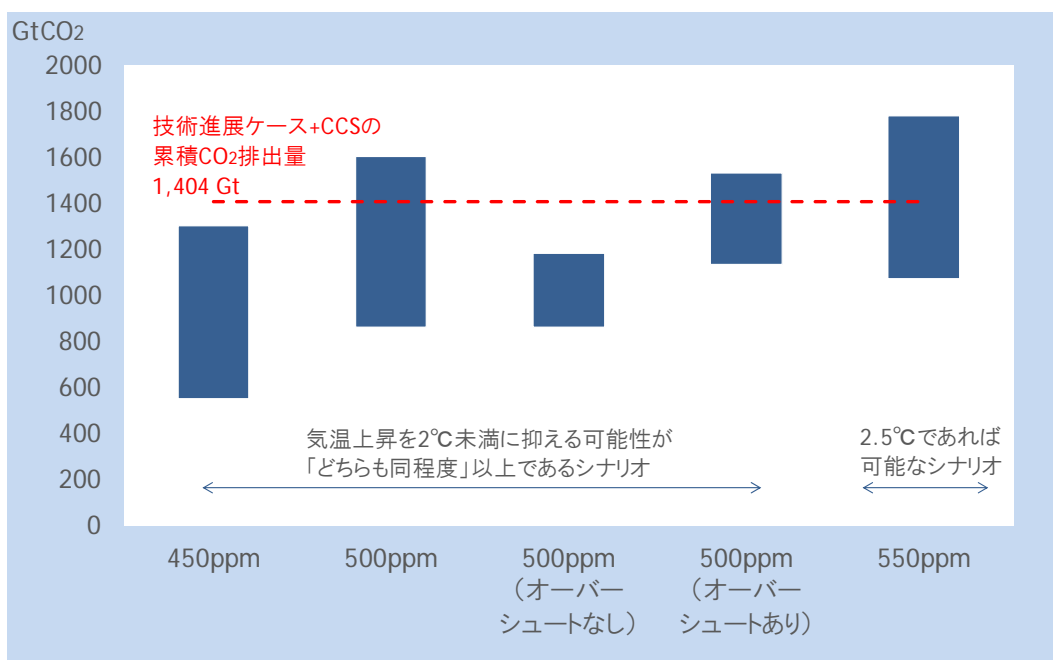


図7 CO<sub>2</sub>換算濃度カテゴリごとの累積CO<sub>2</sub>排出量(2011~2050年)と技術進展ケース



注: エネルギー起源以外のCO<sub>2</sub>を含む  
出所: IPCC第5次評価報告書から作成

表1 IPCC第5次評価報告書・第3作業部会におけるシナリオ

2100年のCO <sub>2</sub> 換算濃度 カテゴリラベル (濃度範囲)	サブカテゴリ	2050年のCO <sub>2</sub> 換算排出量 (2010年比, %)	気温変化(1850~1900年比)	
			2100年気温変化(°C) 括弧内は炭素循環と気候システムの不確実性を含む。	21世紀を通じて2°Cを下回りつづける見込み
450 (430-480)	このカテゴリのシナリオの大多数は480ppm CO <sub>2</sub> 換算濃度をオーバーシュート	-72~-41	1.5~1.7 (1.0~2.8)	66~100%
500 (480-530)	530ppm CO <sub>2</sub> 換算濃度をオーバーシュートしない	-57~-42	1.7~1.9 (1.2~2.0)	50~100%
	530ppm CO <sub>2</sub> 換算濃度をオーバーシュートする	-55~-25	1.8~2.0 (1.2~3.3)	33~66%
550 (530-580)	580ppm CO <sub>2</sub> 換算濃度をオーバーシュートしない	-49~-19	2.0~2.2 (1.4~3.6)	0~50%
	580ppm CO <sub>2</sub> 換算濃度をオーバーシュートする	-16~+7	2.1~2.3 (1.4~3.6)	0~50%
(580-650)		-38~+24	2.3~2.6 (1.5~4.2)	0~50%
(650-720)		-11~+17	2.6~2.9 (1.8~4.5)	0~33%
(720-1000)		+18~+54	3.1~3.7 (2.1~5.8)	0~33%
(1000-)		+52~+95	4.1~4.8 (2.8~7.8)	0~33%

出所: IPCC第5次評価報告書から作成

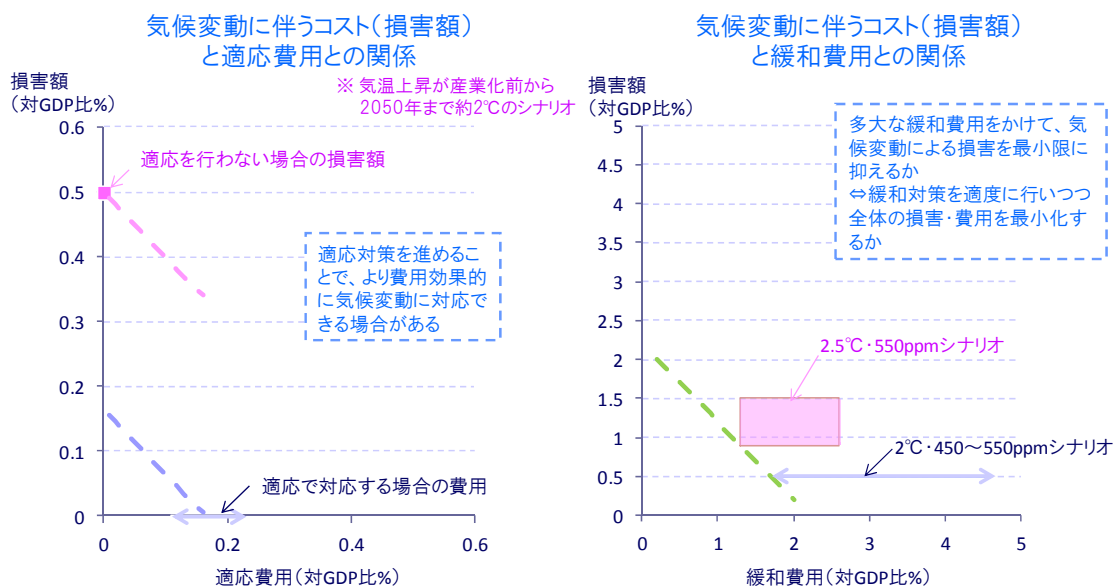
↑ 気温上昇を2°C未満に抑える可能性が「どちらも同程度」以上であるシナリオ  
↓ 2.5°Cであれば可能なシナリオ



### 500 ppm・550 ppmシナリオや「適応」による対処も念頭に置き、多様なシナリオを

- 450 ppmシナリオにのみ固執すると、技術進展ケースよりさらに大きな削減幅が求められることから、国際交渉における主要国間での調整は困難となることが予想される。450 ppmシナリオに加え500 ppmもしくは550 ppmシナリオも念頭に置きつつ、今後の国際交渉も含めた具体的な対応・戦略を検討することが現実的である。また、適応策を含めた対応や、2050年以降も視野に入れ、二酸化炭素回収・活用(CCU)、宇宙太陽光といった技術開発を進めることも重要となる。
- このように、CO<sub>2</sub>排出削減の可能性や国際交渉の状況、緩和や適応にかかるコストなどを踏まえた現実的な対応として、450 ppmに固執することなく多様なシナリオ・オプションを念頭に置き、国際的な合意形成の実現を目指しつつ、気候変動対策を真剣に検討してゆく必要がある。

図8 適応費用・緩和費用と気候変動による損害額との関係



出所: IPCC第5次評価報告書から作成



## 参考: 用語集

### オーバーシュート(またはオーバーシュートシナリオ: Overshoot or Overshoot Scenario)

濃度の数値が一時的に長期目標を超えること。温室効果ガス濃度が一次的に長期目標を超えた後排出量を海洋や森林の吸収量以下にすることにより濃度が長期目標の数値に戻ることもしくはその濃度のパスを指す。

### CCS付きバイオエネルギー(Bioenergy and Carbon Capture and Storage: BECCS)

バイオマスを燃焼することによって発生するCO<sub>2</sub>に対してCCSを適用するもの。バイオマス発電がカーボンニュートラル(差し引きでCO<sub>2</sub>の排出量がゼロ)やそれに近い時にはCO<sub>2</sub>を大気から取り除くのでマイナスエミッションとも言える。

### 緩和(Mitigation)

人的措置で温室効果ガス等の発生源を削減する、もしくはその吸収源を拡大することによる温室効果の抑制を図る措置。

### 適応(Adaptation)

気候変動による悪影響、たとえば海面上昇、農作物の早魃、新たな疾病の蔓延等に対応して行われる予防措置。河川・海岸の堤防、貯水池、農業研究、疾病の予防・処置などが挙げられる。

### 排出経路(Emissions Pathways)

シナリオごとに温室効果ガス(またはCO<sub>2</sub>)排出量が長期的にどのように推移するかを示すもの。同じ目標温度でも各種の排出パスが存在する。

### 二酸化炭素回収・活用(Carbon Capture and Utilization: CCU)

分離・回収した二酸化炭素を工業製品の原料として利用して、二酸化炭素を固定化する技術。

### 宇宙太陽光発電(Space Solar Power System)

宇宙空間に大規模な太陽光発電装置を配置し、マイクロ波またはレーザーにより地上に送電して、電力として利用するシステム。地上と違い天候の影響を受けないため安定した発電が可能。