

# 世界の CO<sub>2</sub> 排出半減シナリオの分析

平成 23 年 9 月 20 日

RITE システム研究グループ

## 1. はじめに

RITE では、2007 年度より地球環境国際研究推進事業「脱地球温暖化と持続的発展可能な経済社会実現のための対応戦略の研究」(通称 ALPS プロジェクト: ALternative Pathways toward Sustainable development and climate stabilization)において、地球温暖化対策と持続可能な発展の総合的なシナリオ作成を行っている<sup>1)~4)</sup>。本資料では、2010 年度に最新の経済情勢を踏まえ策定した長期社会経済シナリオ<sup>5)</sup>の中位シナリオ(シナリオ A)に基づき、RITE で開発してきた世界温暖化対策評価モデル<sup>6),7)</sup>を用い、世界全体の CO<sub>2</sub> 排出量を 2050 年に半減するとした場合の対策等について分析した結果について述べる。

## 2. 世界の CO<sub>2</sub> 半減シナリオの分析

対象はエネルギー起源 CO<sub>2</sub> 排出量とし、世界全体の排出量を 2050 年に 2005 年比で半減するシナリオ(以下では世界 CO<sub>2</sub> 半減シナリオと呼ぶ)を世界温暖化対策評価モデルの中核である DNE21+モデルを用いて分析した。排出削減対策は世界全体で最も費用効率的になるように行われる(各国の限界削減費用が均等化する)ものとした。

IEA ETP2010<sup>8)</sup>でも同様に世界全体のエネルギー起源 CO<sub>2</sub> 排出量を 2050 年に 2005 年比で半減するシナリオ(BLUE Map シナリオ)が分析されている。本資料では、当該シナリオとの比較も行いつつ、ALPS における分析結果について述べる。

### 2.1 CO<sub>2</sub> 排出・削減

図 1 は、ALPS で算定したベースライン排出量(将来にわたって特段の温暖化対策をとらない場合、いわゆる成り行きを前提とした時の排出量)からの世界 CO<sub>2</sub> 半減シナリオ達成のための部門別・技術別の排出削減量を示している。また、図 2 は、IEA ETP2010 におけるベースライン排出量と BLUE Map シナリオ達成のための部門別・技術別の排出削減量を示している。なお、DNE21+では国際航空・国際海運からの CO<sub>2</sub> 排出を対象としていないため、半減時の排出量は ETP2010 と若干異なる。

ベースラインにおける世界の CO<sub>2</sub> 排出量は 2050 年には現在の 2 倍程度に増大すると見込まれる。よって、世界排出量を 2050 年に半減するには、潜在的に期待される CO<sub>2</sub> 排出量の約 3/4 を削減し、約 1/4 にしなければならない。世界半減のためには様々な部門で各種技術により削減を行うことが必要となる。図 1 では、2050 年における削減量(44GtCO<sub>2</sub>/yr)のうち、発電部門の対策による削減の寄与は CCS: 17%、再生可能エネルギー: 14%、原子力: 15%、効率向上・化石燃料間転換: 11%と算定されている。また、エネルギー需要部門である産業、運輸、民生の各部門でも大幅な削減が必要となり、その寄与は合計で約 4 割である。図 2 の ETP2010 ではエネルギー需要部門での削減の寄与が約 5 割とされており、エネルギー需要部門の寄与が若干高めであるが、比較的似通った削減シナリオになっていると言える。

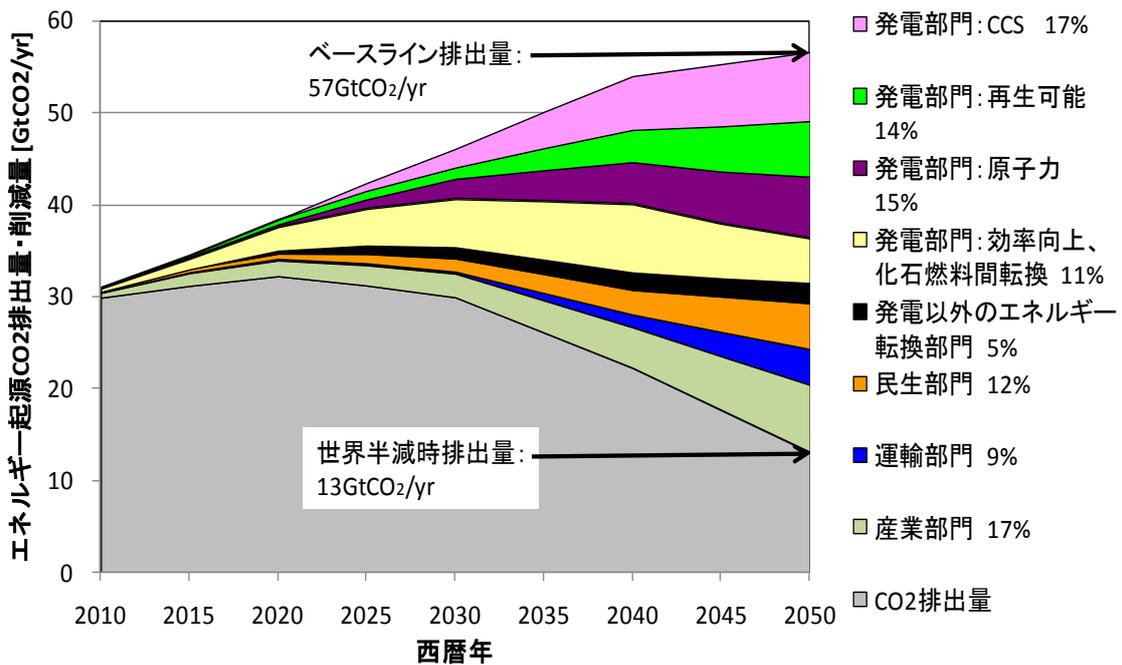


図1 ベースライン CO<sub>2</sub> 排出量と世界 CO<sub>2</sub> 半減シナリオ達成のための技術別・部門別排出削減量  
注) 国際航空・海運と土地利用変化起源(LULUCF)の CO<sub>2</sub> 排出は含まない。

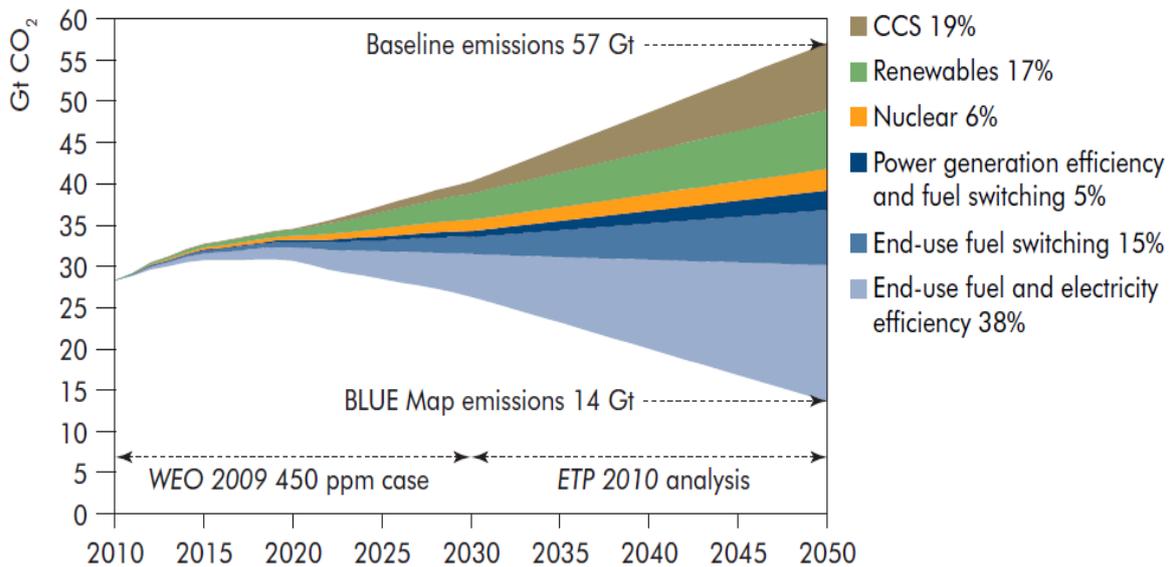


図2 IEA ETP2010 におけるベースライン CO<sub>2</sub> 排出量と BLUE Map シナリオ（世界 CO<sub>2</sub> 半減）達成のための技術別・部門別排出削減量<sup>8)</sup>

図 3、図 4 は、世界の CO<sub>2</sub> 排出量半減時の地域別の排出削減量について、DNE21+による分析結果、IEA ETP2010 における分析結果をそれぞれ示している。いわゆる先進国である米国、その他 OECD の排出削減への寄与は、2050 年でそれぞれ 13%、17%(DNE21+)、11%、17%(ETP2010)であり、先進国合計ではおよそ 3 割といった規模である。一方、発展途上国については、近年成長が著しい中国の寄与が大きく、DNE21+では 24%、ETP2010 では 27%と算定されている。また、インドについては、DNE21+では 10%、ETP2010 では 12%となっている。このように、世界全体の排出量を半減するといった大幅な排出削減を目指す場合、先進国のみが排出削減に取り組んで達成できるわけではなく、世界全体での排出削減が必要不可欠と言える。

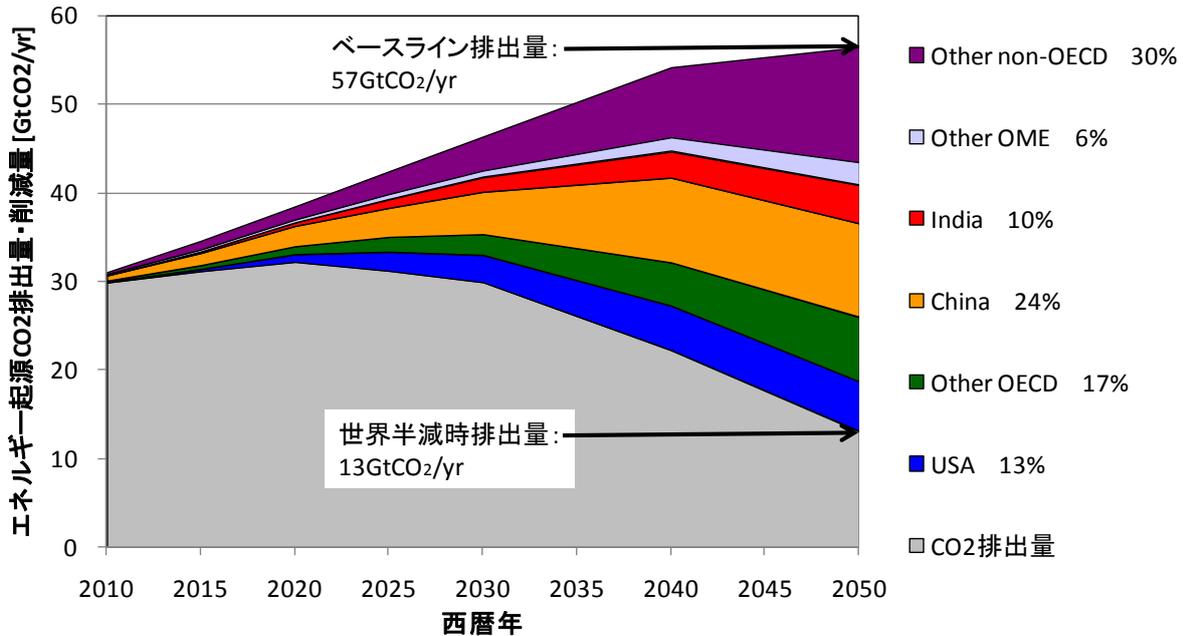


図 3 ベースライン CO<sub>2</sub> 排出量と世界 CO<sub>2</sub> 半減シナリオ達成のための地域別排出削減量

注 1) 国際航空・海運と土地利用変化起源(LULUCF)の CO<sub>2</sub> 排出は含まない。  
 注 2) Other OME (Other Major Economies) : ブラジル、ロシア、南アフリカ

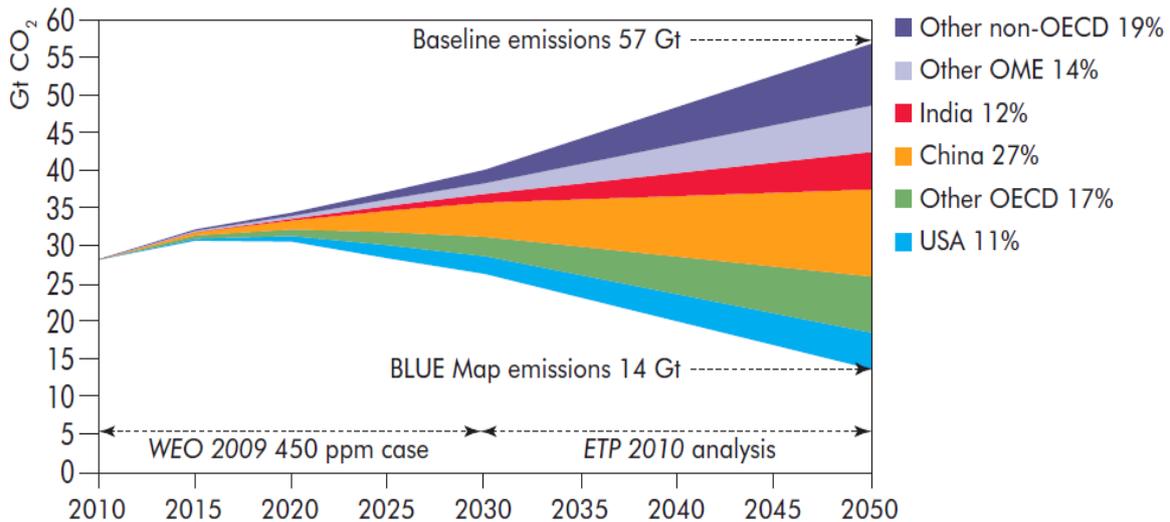


図 4 IEA ETP2010 におけるベースライン CO<sub>2</sub> 排出量と BLUE Map シナリオ (世界 CO<sub>2</sub> 半減) 達成のための地域別排出削減量<sup>8)</sup>

## 2.2 一次エネルギー供給

図 5 は、2030 年、2050 年における世界全体の一次エネルギー供給量を、ベースライン、世界 CO<sub>2</sub> 半減シナリオのそれぞれについて示している。ベースラインにおいては、石炭を中心とする化石燃料への依存が継続する。また、「その他」に区分されている風力発電や太陽光発電は、将来のコスト低減を見込んでも他のエネルギーに比べてコストが高く、2050 年に至ってもその利用は限定的である。

世界 CO<sub>2</sub> 半減シナリオでは、石炭、石油の供給量はベースラインに比べて大きく減少し、原子力や、バイオマス、風力発電、太陽光発電といった再生可能エネルギーの比率が高められる。図 6 に示している IEA ETP2010 における分析結果と比較すると、両者の間に大きな差異は無いものの、世界排出量半減時の 2050 年における「その他」の供給量は ETP2010の方が少し大きいと言える（風力発電の差に依るところが大きい。次節参照。）。

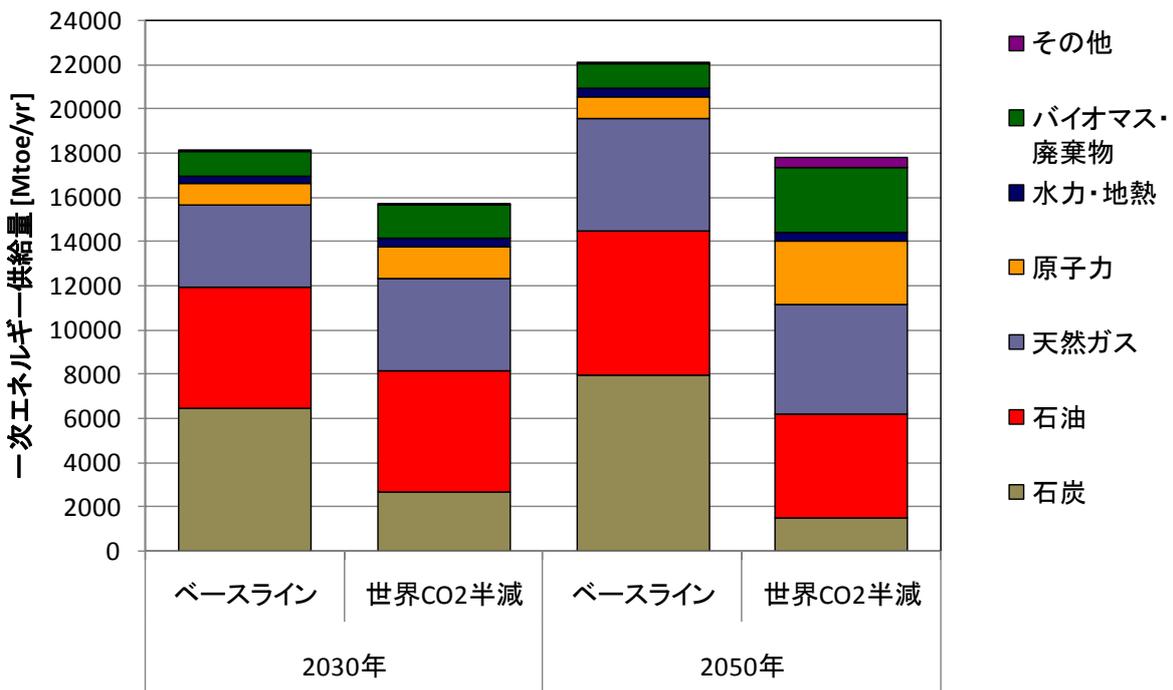


図 5 ベースラインと世界 CO<sub>2</sub> 半減シナリオにおける世界全体一次エネルギー供給量

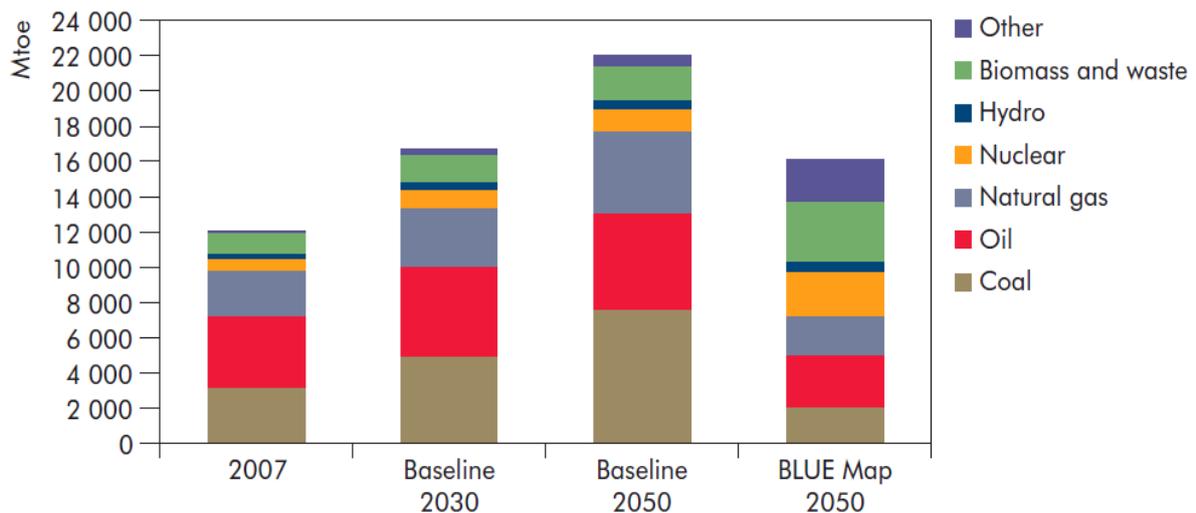


図 6 IEA ETP2010 におけるベースラインと BLUE Map シナリオでの世界全体一次エネルギー供給量<sup>8)</sup>

### 2.3 発電電力量

図7は、ベースラインと世界CO<sub>2</sub>半減シナリオにおける世界全体の発電電力量をIEA ETP2010の分析結果を含めて示している。ベースラインにおいては、安価な石炭発電が2050年まで主として用いられる見通しである。また、原子力発電は概ね現状のレベルで利用される。風力発電はそのシェアは大きくないものの、現状から着実に拡大するとされている。

世界CO<sub>2</sub>半減シナリオでは、2050年において、CCSの大幅な普及、原子力及び再生可能エネルギー（バイオマス、風力発電、太陽光発電等）の大幅な拡大、といった対策がコスト効率的な対策となる。ETP2010と比較すると、前節で触れたように風力発電についてはALPSではETP2010よりも小さく算定されている。太陽光発電については、2050年世界CO<sub>2</sub>半減時の発電電力量は両者で比較的似通ったレベルである。バイオマス発電については、ALPSの方がETP2010よりも導入量が多く、更にバイオマスCCSの比率が高い結果である。ALPSの分析ではエネルギー需要部門での省エネがETP2010ほどは進展せず、その分エネルギー供給部門において排出原単位改善が必要であり、正味で負の排出となるバイオマスCCSの利用が多くなっていると言える。但し、バイオマスの供給量自体は図5、図6で示したように、ALPSとETP2010で近いものになっていると言える（ETP2010の方が、運輸部門等、発電部門以外でのバイオマス利用が多い）。

図8、図9は、世界全体のCO<sub>2</sub>排出量半減時の2050年における再生可能エネルギーによる発電電力量を主要地域別に区分したものを、ALPS、ETP2010それぞれについて示している。先に述べたバイオマス発電の差異は、アフリカやラテンアメリカにおける結果に依る所が大きい。また、中国については、ALPSでは太陽光発電がより多く導入されている一方、ETP2010では風力発電がより多く導入されている。

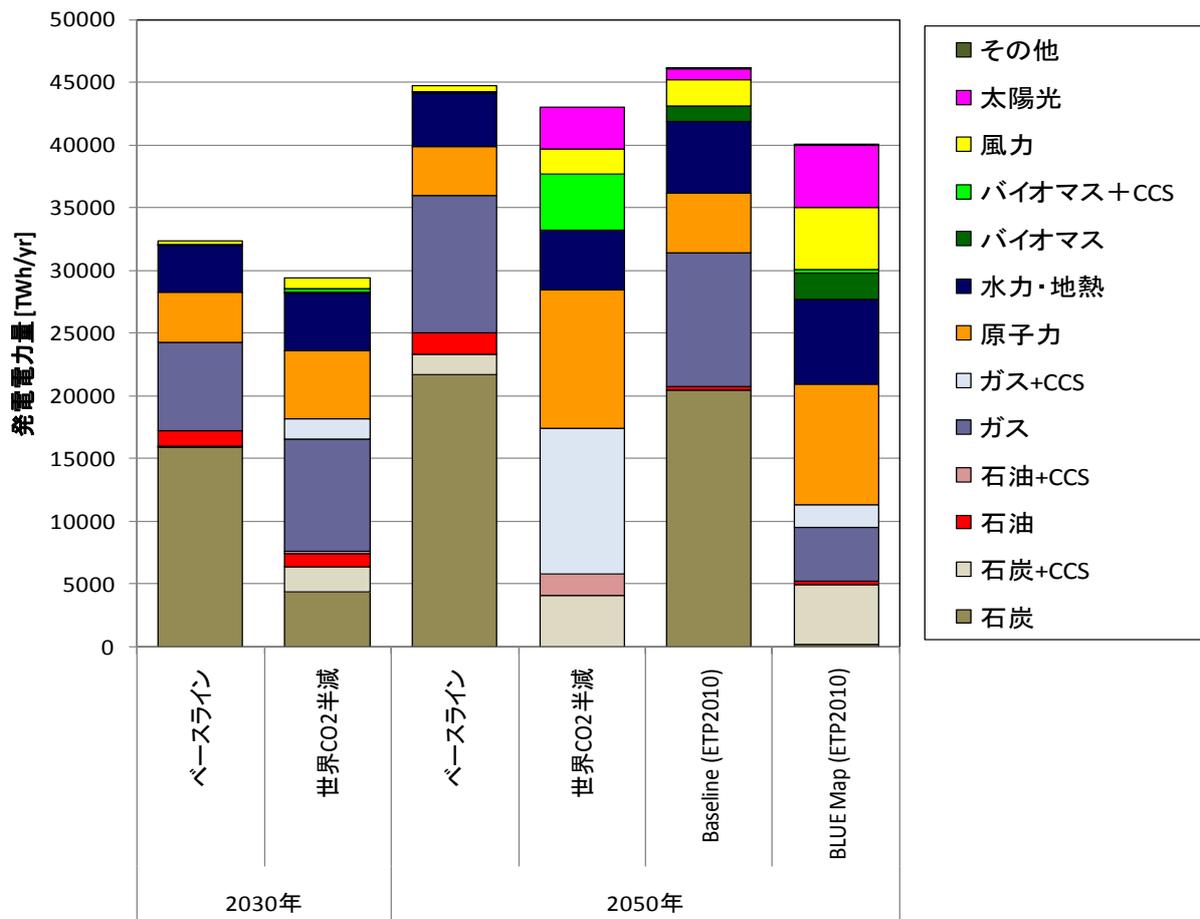


図7 ベースラインと世界CO<sub>2</sub>半減シナリオ・BLUE Mapシナリオにおける世界全体の発電電力量

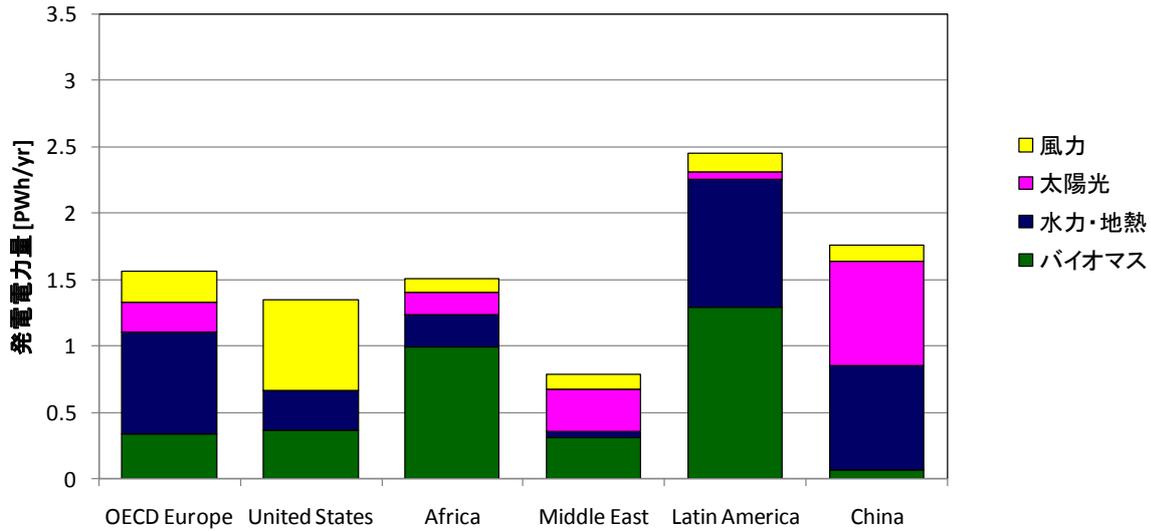
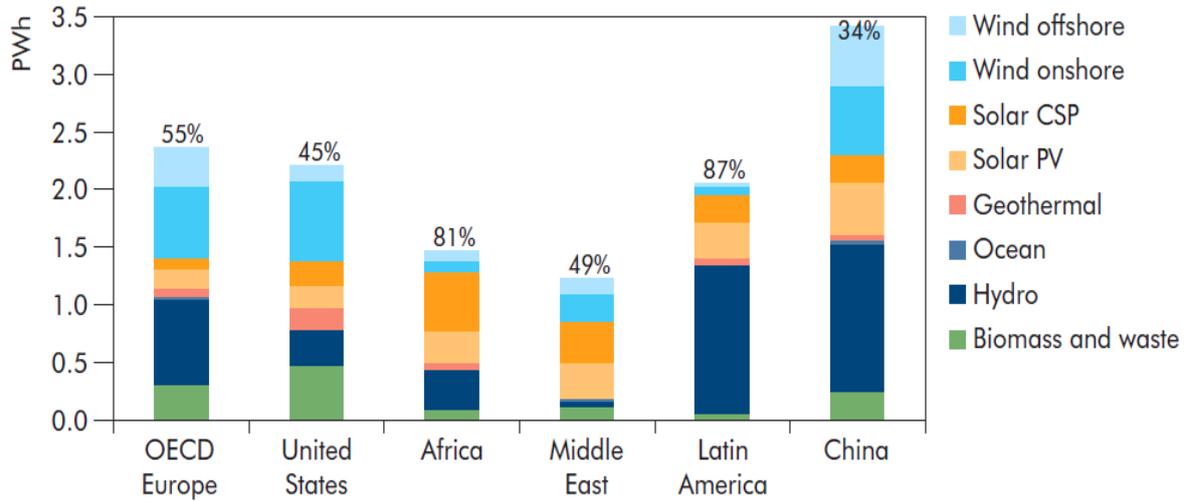


図8 世界 CO<sub>2</sub> 半減シナリオにおける再生可能エネルギーによる発電電力量(主要地域別、2050年)



Note: Percentages above columns show the share of renewables in total electricity generation.

図9 IEA ETP2010 における BLUE Map シナリオでの再生可能エネルギーによる発電電力量<sup>8)</sup> (主要地域別、2050年)

## 2.4 二酸化炭素回収貯留(CCS)

図 10 は ALPS における世界 CO<sub>2</sub> 半減シナリオでの地域別 CO<sub>2</sub> 回収量を、図 11 は IEA ETP2010 における BLUE Map シナリオでの地域別 CO<sub>2</sub> 回収量を示している。なお、ALPS では、CCS の立ち上がりについては、コスト条件以外の要因にも大きく影響され不確実性が大きいと考えられるため、2020 年まではモデル分析の対象にしていない。貯留サイト 1 ヶ所当たりの貯留量を 300 万 tCO<sub>2</sub>/年とすると、2030 年では ETP2010、ALPS 共に、世界で 850 ヶ所程度、2050 年では ETP2010 : 3,400 ヶ所、ALPS : 4,500 ヶ所程度といった極めて大きな規模の CCS 実施が必要と見込まれる。

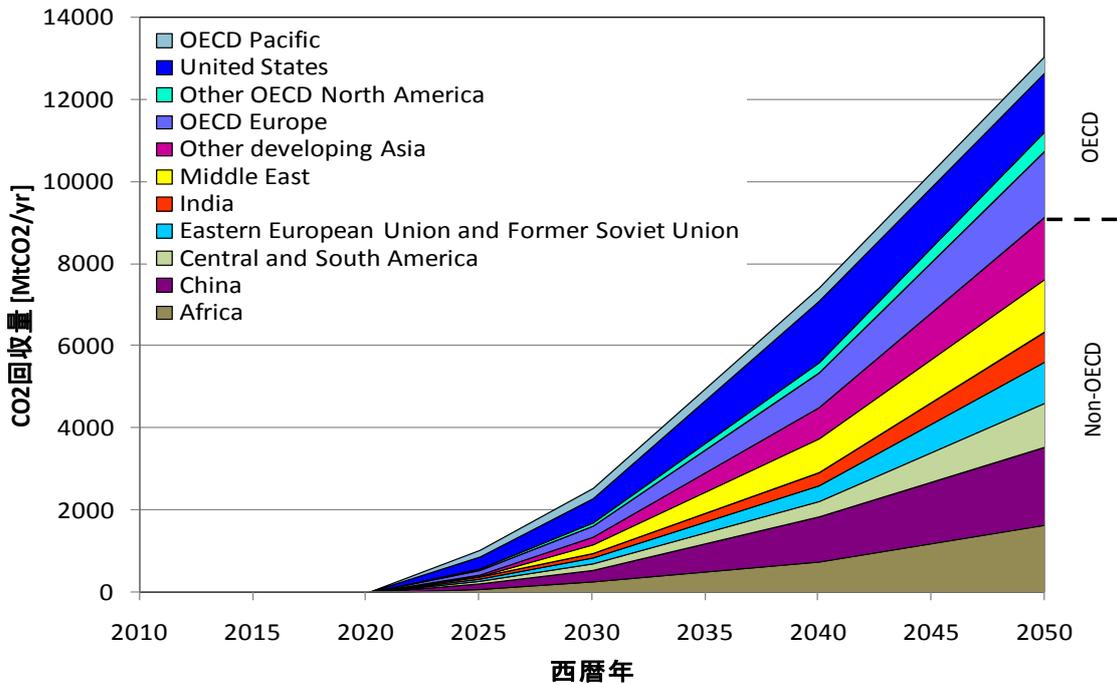


図 10 世界 CO<sub>2</sub> 半減シナリオにおける地域別 CO<sub>2</sub> 回収量

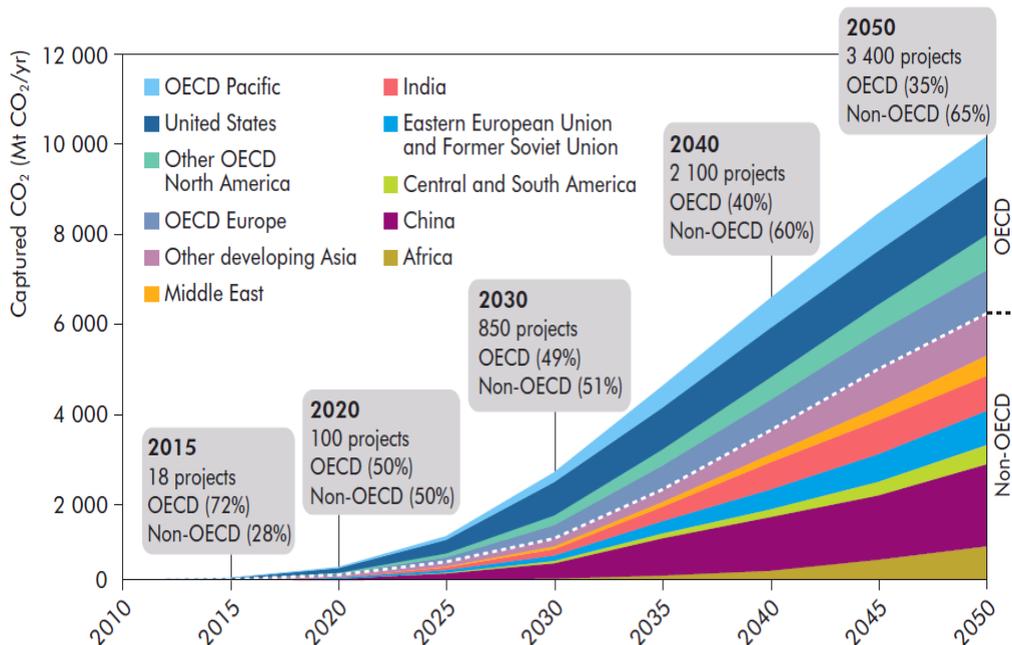


図 11 IEA ETP2010 における BLUE Map シナリオでの地域別 CO<sub>2</sub> 回収量<sup>8)</sup>

## 2.5 対策費用

本節では、世界 CO<sub>2</sub> 半減シナリオを達成する際の対策費用について述べる。図 12 は CO<sub>2</sub> 限界削減費用を、図 13 は GDP 比対策費用（対策費用は、世界全体のエネルギーシステムコストのベースラインからの増分）を示している。

CO<sub>2</sub> 限界削減費用は時点を追って増加し、2050 年は \$476/tCO<sub>2</sub> と算定された。一方、IEA ETP2010 では 2050 年の CO<sub>2</sub> 限界削減費用を \$175/tCO<sub>2</sub>（ETP2008<sup>9)</sup> では技術楽観ケース：\$200/tCO<sub>2</sub>～技術悲観ケース：\$500/tCO<sub>2</sub>）としており、ALPS の方が ETP2010 より大きく算定された。これは、技術進展の見通しの違いや、地域分割の詳細度（DNE21+モデルでは 54 地域、ETP モデルでは 17 地域）の違い等によっていると考えられる。GDP 比対策費用も同様に時点を追って増加し、2050 年には約 3% に達する。

このように高い限界削減費用の対策を現実社会で実現するのは 2050 年と言えども非現実的とも考えられる。現在考えられないような（モデルで考慮できていないような）劇的な技術革新を実現しなければ、世界 CO<sub>2</sub> 排出半減は難しいと見られる。より緩やかな削減目標、温暖化適応策等も含めて、柔軟性をもって対応戦略を立案していくことが必要と考えられる。

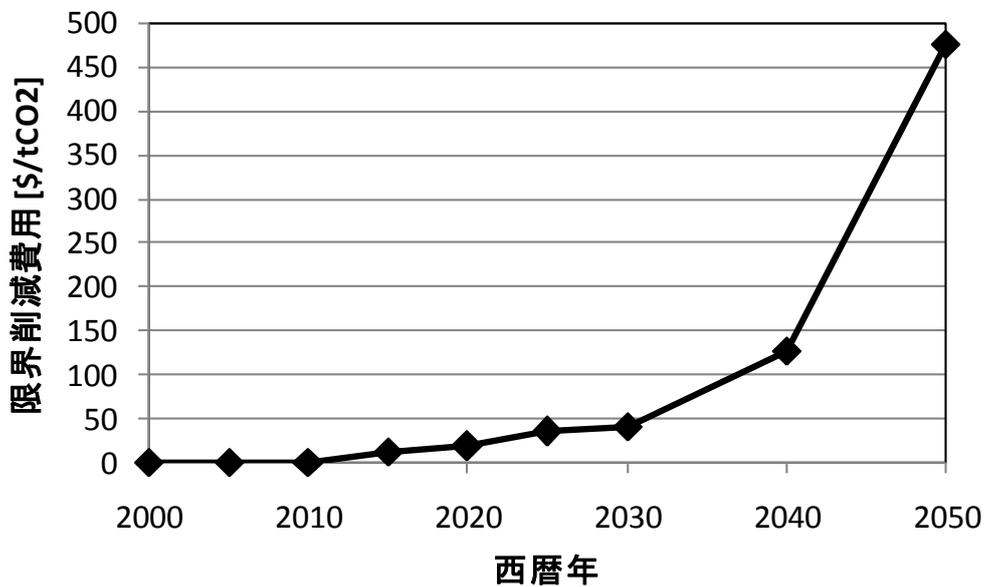


図 12 CO<sub>2</sub> 限界削減費用

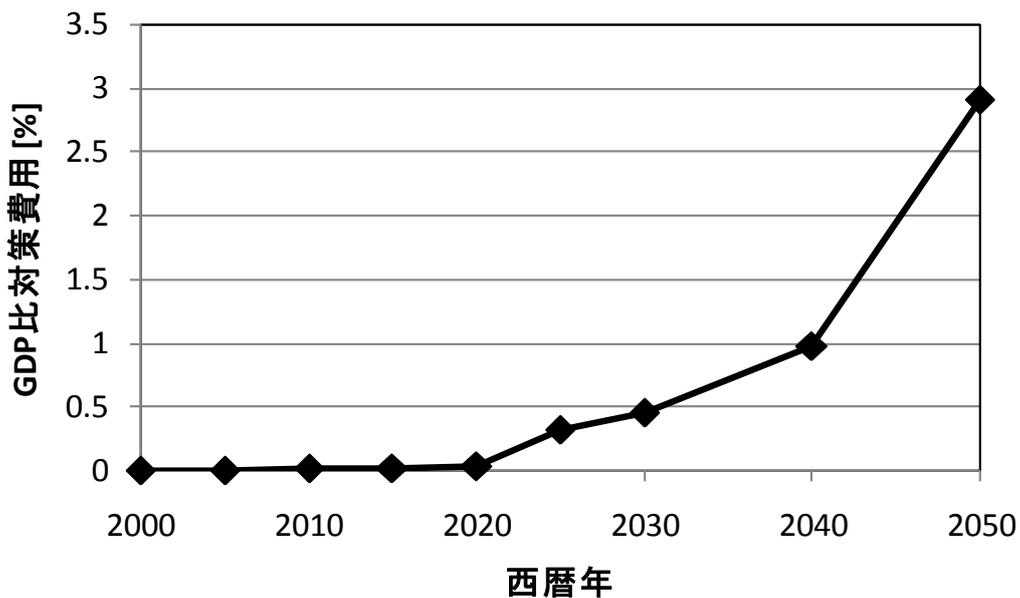


図 13 GDP 比対策費用

参考文献

- 1) RITE; 脱地球温暖化と持続発展可能な経済社会実現のための対応戦略の研究平成 19 年度成果報告書、<http://www.rite.or.jp/Japanese/h19seikahoukoku/h19ichiran-hyou.htm> (2007)
- 2) RITE; 同平成 20 年度成果報告書、  
<http://www.rite.or.jp/Japanese/h20seikahoukoku/h20ichiran-hyou0.html> (2008)
- 3) RITE; 同平成 21 年度成果報告書、  
<http://www.rite.or.jp/Japanese/h21seikahoukoku/h21ichiran-hyou.html> (2009)
- 4) RITE; 同平成 22 年度成果報告書、  
<http://www.rite.or.jp/Japanese/h22seikahoukoku/h22ichiran-hyou.html> (2010)
- 5) RITE; 長期社会経済シナリオの策定 -人口・GDP-  
<http://www.rite.or.jp/Japanese/lab/sysken/research/alps/baselinescenario/baselinescenario.html> (2011)
- 6) RITE; RITE 世界モデルの概要、<http://www.rite.or.jp/Japanese/lab/sysken/systemken.html> (2009)
- 7) K. Akimoto et al., “Estimates of GHG emission reduction potential by country, sector, and cost”, Energy Policy, Vol.38, Issue 7, pp.3384-3393 (2010)
- 8) IEA, Energy Technology Perspectives 2010 (2010)
- 9) IEA, Energy Technology Perspectives 2008 (2008)

【問い合わせ先】

(財) 地球環境産業技術研究機構 システム研究グループ

徳重 功子、佐野 史典、秋元 圭吾

〒619-0292 京都府木津川市木津川台 9-2

電話 : 0774-75-2304、FAX : 0774-75-2317、E-mail : [sysinfo@rite.or.jp](mailto:sysinfo@rite.or.jp)