

RITE 世界および日本の CO₂・温室効果ガス排出見通し 2014 について

平成 26 年 11 月 18 日

RITE システム研究グループ

■ はじめに

(公財)地球環境産業技術研究機構(RITE)による世界地域別の CO₂排出量の見通しは、温暖化対策、政策立案の基礎情報として、これまでも日本政府をはじめ、大変多くの方面において利用頂いてきました。この度、直近の排出量実績、経済動向を踏まえて再度見直し、下記のように、2050年までの世界主要地域別のエネルギー起源 CO₂排出量と温室効果ガス排出量見通しを策定し発表致します。

■ 世界のエネルギー起源 CO₂ 排出見通し

2011年までの CO₂排出量統計、および2012年までの世界各国の経済動向、将来の経済成長見通し等を踏まえ、世界最先端の温暖化対策評価モデル¹⁾によって推定したものです。ここで示す CO₂排出見通しは、現状とられている温暖化対策程度が継続されるとした現状政策の下での CO₂排出量の見通し¹⁾になります(特段の温暖化対策をとらない場合については、付録2に掲載しています。)

まず、世界の一次エネルギー供給の見通しを図1に示しています。CO₂の排出源である化石燃料(石炭、石油、天然ガス)は、2012年において全体の82%のシェアを占める重要なエネルギーです。2050年までの将来においてもその重要性は変わらず、エネルギー供給の大半を占めるエネルギーであり続けるという見通しです。

2011年における世界のエネルギー起源 CO₂排出量は323億トンですが、化石燃料供給の増加に伴って、2020年には378億トン、2050年には563億トンに達すると見込まれます(図2)。世界経済危機の影響によって、先進国は一時的に CO₂排出を大きく減らしていますが、世界全体の排出量増大傾向はあまり変わらないと見られます。排出量の各国の比率は、1990年時点から大きく変化しており、2050年に向けて一層大きく変化すると見られます。具体的には、2020年には附属書I国の比率は世界排出量の4割を下回る(37%)と見込まれます(図3)。なお、これら推計は、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第5次評価報告書(AR5、2014)で世界の多くのシナリオ研究から収集された推計の中位値と近いものとなっています(付録2に比較を掲載しています)。気候変動を抑制するため長期的には大幅な排出削減が必要であり、主要排出国すべてが実効ある排出削減を推し進めていくことが、地球温暖化抑制のために不可欠と言えます。また、日本のエネルギー効率に優れた様々な技術、製品などを世界に多く展開していくことが、世界における効果的な排出削減のためには大変重要であるとも言えます。

2011年8月に公開した排出見通しからの主な更新点として、原子力発電の見通しと化石燃料価格の見通しが挙げられます(原子力発電については文献2)、化石燃料価格については文献3)を参考に更新しました。原子力発電は2011年8月版より下方修正され、化石燃料価格はアメリカでのシェールガス開発の影響もあり特にガス価格が下方修正されました。ガス価格が安価になることは、例えばアメリカの老朽化した低効率な石炭火力発電をガス火力発電に置き換えることを促進するといった CO₂排出削減をより進める効果もありますが、エネルギー効率改善のインセンティブが低くなるといった逆の効果もあり、原子力発電の下方修正の影響等とあわせて、特段の温暖化対策をとらない場合の世界全体の2050年排出量は2011年8月版の566億トンから付録2に示すように605億トン(国際航空・

¹⁾ DNE21+モデルにより、2010年に取られたであろう温暖化対策の限界削減費用を推定し、2010年以降もその限界削減費用以下の温暖化対策をとるものとしています。主な国の限界削減費用は、日本 61\$/tCO₂、米国 15\$/tCO₂、英国 28\$/tCO₂、フランス 6\$/tCO₂、ドイツ 30\$/tCO₂と推定されています。また、各種の政策によって導入が進んでいる風力発電と太陽光発電については、政策の今後の動向予測が難しいことから、最新時点での発電電力量^{4),5)}を将来においても下回らないとして見通しを作成しています。

国際海運からの CO₂ 排出を含まない。)に上方修正されました。ただし、現状政策の効果を含めると 563 億トンと推計され、2011 年 8 月版よりも若干ながら低位と推計されます。

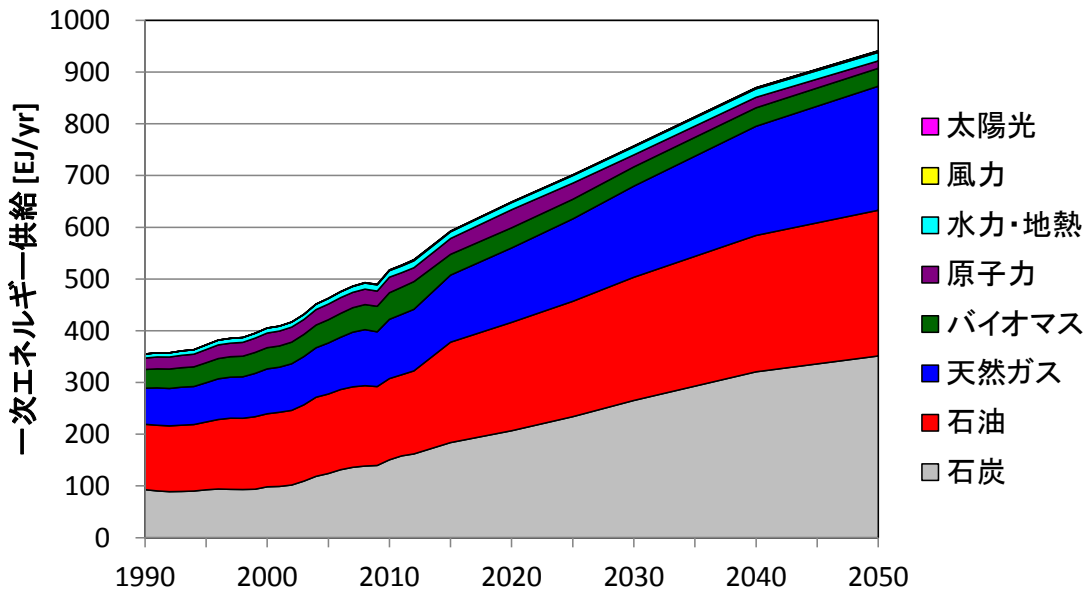


図 1 世界全体の一次エネルギー供給シナリオ (2012 年までは IEA 統計値⁴⁾、⁵⁾)

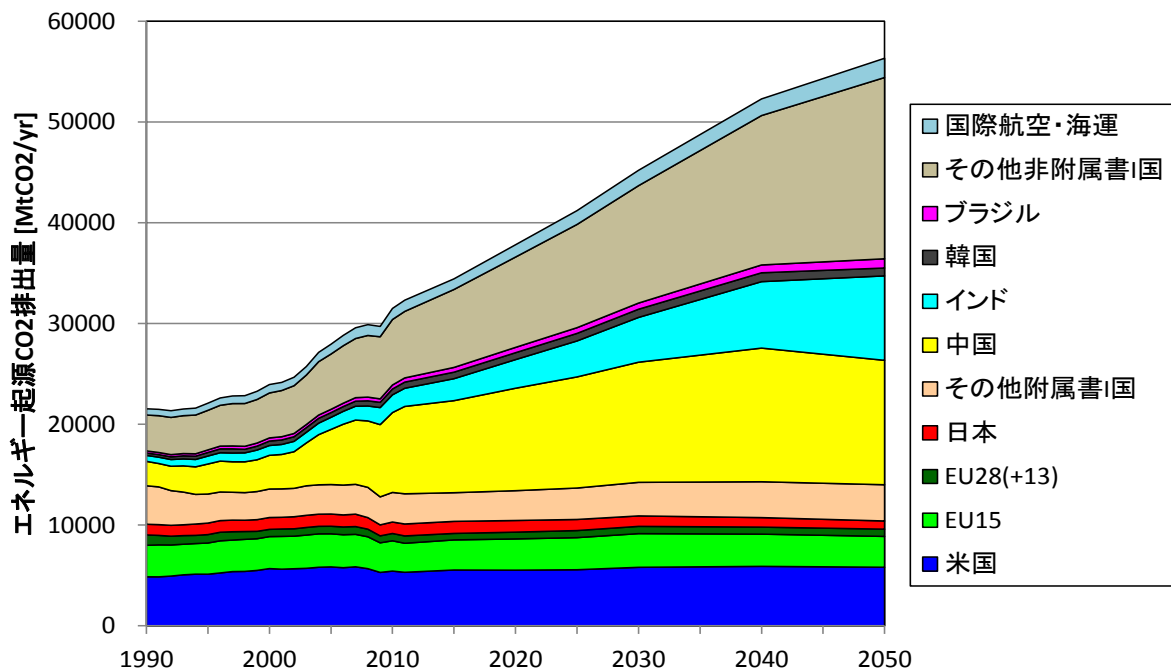


図 2 世界主要国・地域別のエネルギー起源 CO₂ 排出シナリオ (2011 年までは IEA 統計値⁶⁾)

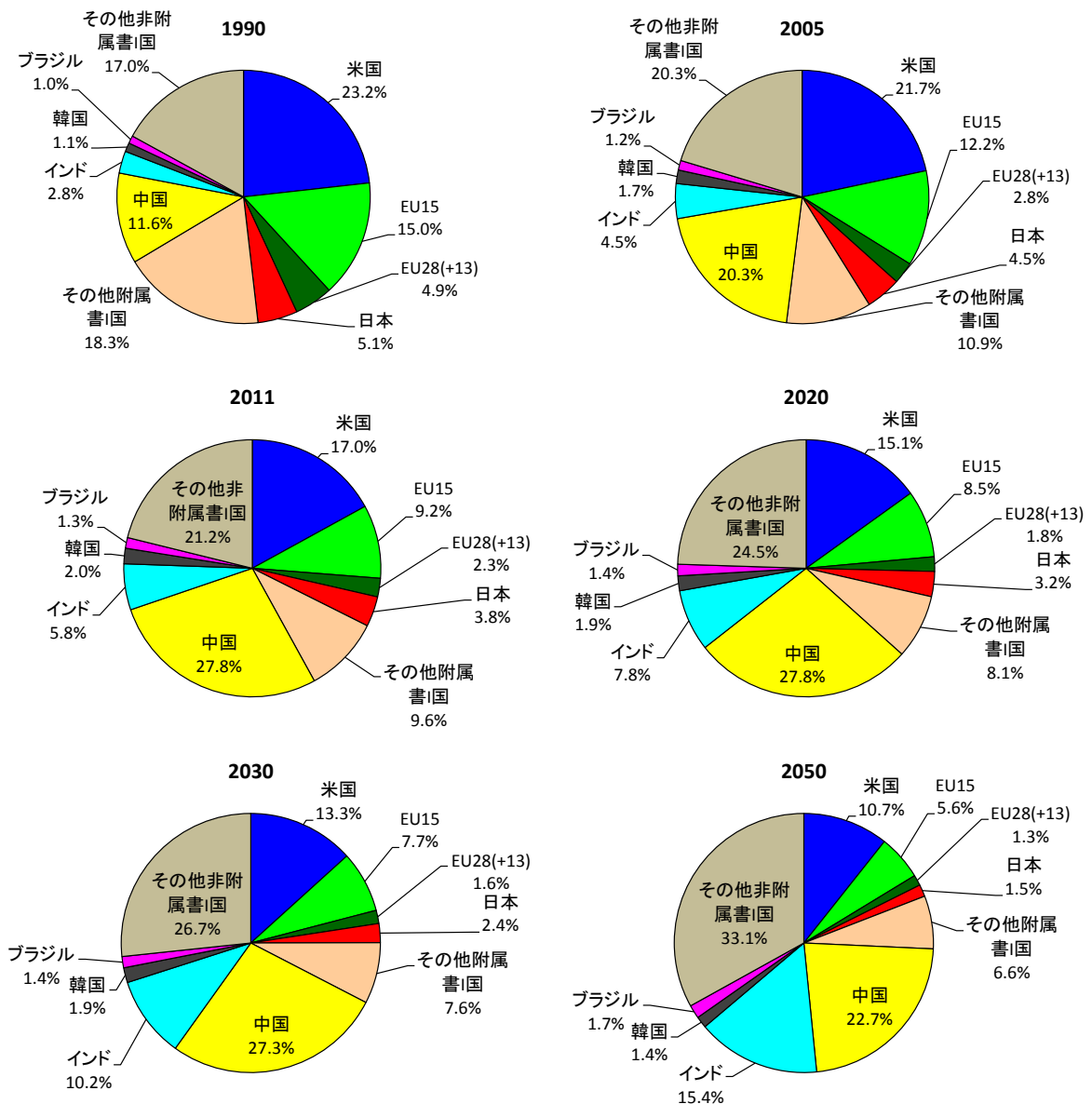


図3 エネルギー起源 CO₂ 排出の各国シェア
(1990、2005、2011年はIEA統計値⁶⁾、2020、2030、2050年はRITE推計値)
注) 国際航空・国際海運からのCO₂排出は含まない。

■ 世界の温室効果ガス排出見通し

図4はエネルギー起源CO₂に、京都議定書の対象である非エネルギー起源CO₂、N₂O、CH₄、F-gasを加えたGHG排出見通しを示しています。GHG排出量は、2020年には539億トン、2050年には764億トンに達する見込みです。排出量の各国の比率(図5)を見ると、エネルギー起源CO₂排出量のみで見た場合と比べ、その他途上国の比率が高くなり、附属書I国の2020年における排出比率は若干下がります(33%)。これは、その他途上国において農業起源のN₂O、CH₄の排出量が多いことに依るものです。本見通しでは、中国は、現状政策下であっても2040年頃には排出量がピークを迎えます(付録2に掲載の特段の温暖化対策をとらない場合についても同様に排出量のピークは2040年頃)。

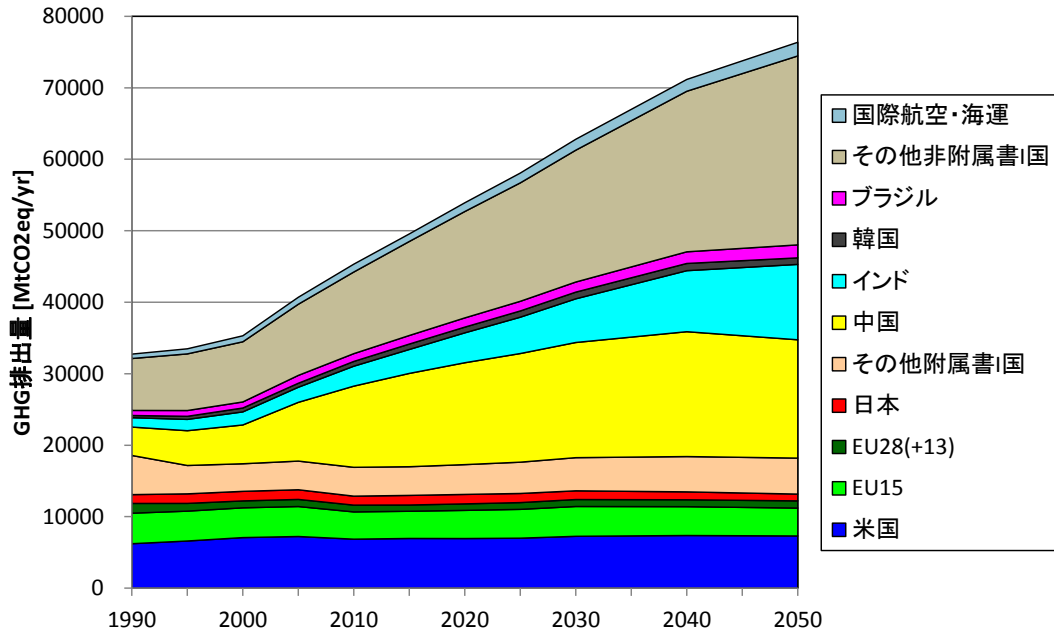


図4 世界主要国・地域別の GHG 排出シナリオ
 (2010年までは附属書I国：UNFCCC⁷⁾、非附属書I国：IEA統計値⁶⁾)
 注) 土地利用変化起源(LULUCF)のGHG排出は含まない。

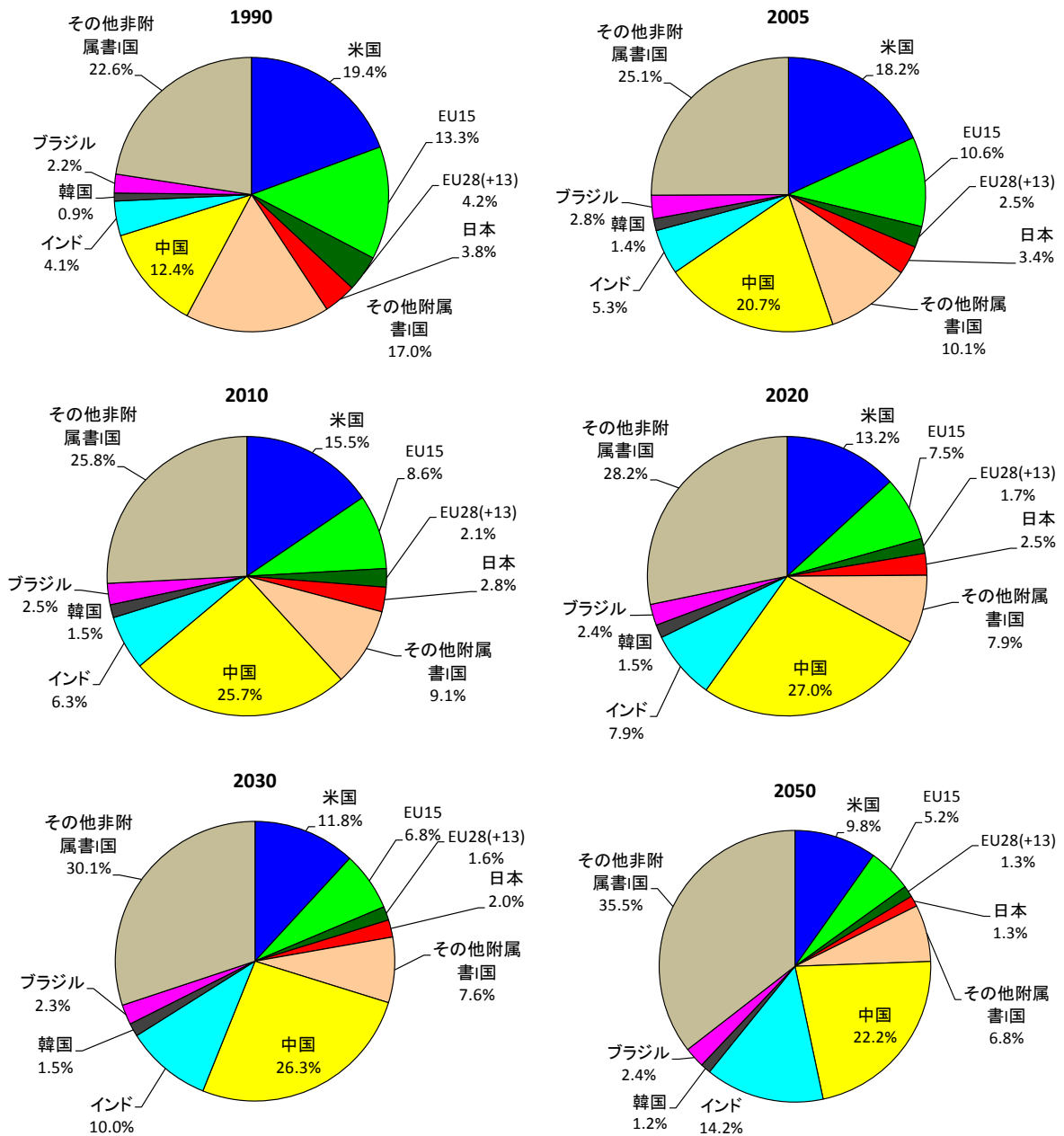


図5 GHG排出の各国シェア(1990、2005、2010年は附属書I国：UNFCCC⁷⁾、非附属書I国：IEA統計値⁶⁾、2020、2030、2050年はRITE推計値)
 注) 国際航空・国際海運からのCO₂排出および土地利用変化起源(LULUCF)のGHG排出は含まない。

図6、図7は、GDP当たりGHG排出、一人当たりのGHG排出見通しをそれぞれ示しています。GDP当たり排出量は、日本やEU15、米国が低い水準にあり、GHG排出により依存しない水準で経済活動を行っていると言えます。その他の国々も将来に向けて改善される見通しですが、2050年においても依然として現状の日米欧よりGDP当たり排出量が多い見込みです(例えば、2050年の中国のGDP当たり排出量は、2000年の米国とほぼ同じ水準)。一方、一人当たり排出量は、1990年時点では、米国、その他附属書I国(ロシア等)、EU、日本といった附属書I国の国々の一人当たり排出量が多くなっています。但し、その他の国々でも経済発展に伴って一人当たり排出量は増加し、2000年には韓国がEU15や日本の水準を超え、また2010年には中国がEU15や日本と近い水準となり、近々追い越すことが見込まれています。一人当たり排出量は各国の産業構造や気候等の様々な要因に影響されるため、等しくなることが衡平とは言えません。しかしながら、理想的には、ある程度は収斂していく方向になる

ことが望ましいと考えられます。

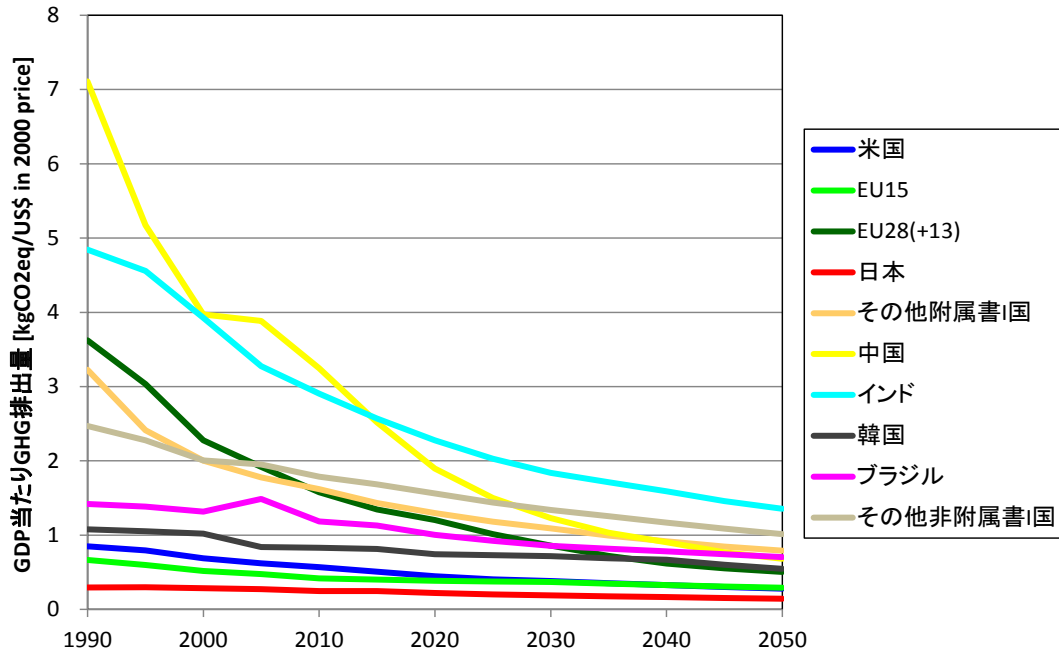


図6 世界主要国・地域別の GDP 当たり GHG 排出シナリオ
(2010年までは附属書I国：UNFCCC⁷⁾、非附属書I国：IEA統計値⁶⁾)
注) 国際航空・国際海運からのCO₂排出および土地利用変化起源(LULUCF)のGHG排出は含まない。

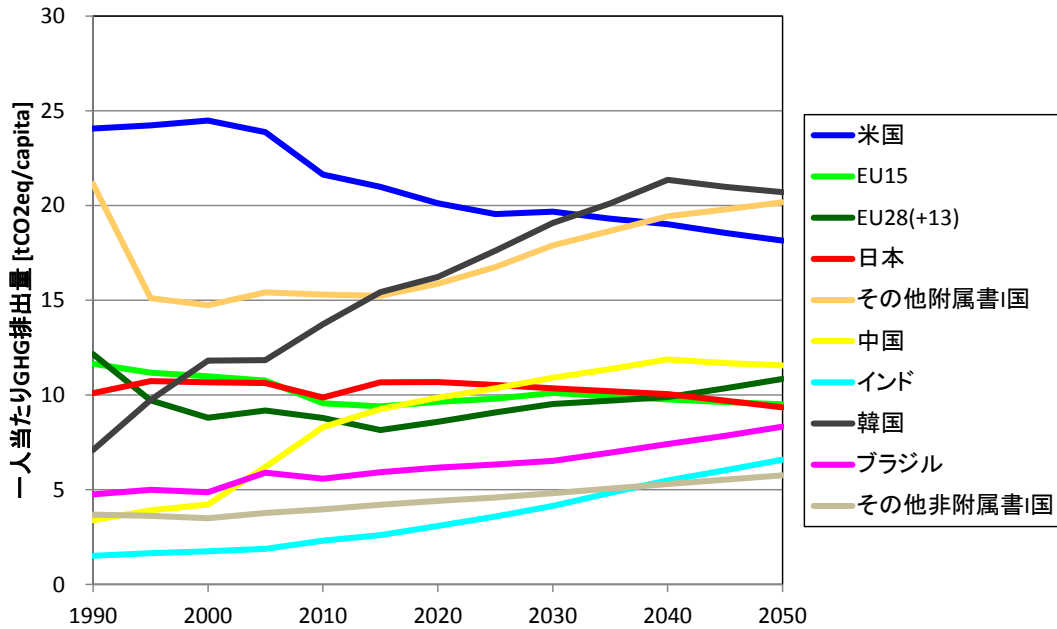


図7 世界主要国・地域別の一人当たり GHG 排出シナリオ
(2010年までは附属書I国：UNFCCC⁷⁾、非附属書I国：IEA統計値⁶⁾)
注) 国際航空・国際海運からのCO₂排出および土地利用変化起源(LULUCF)のGHG排出は含まない。

■ 日本のエネルギー起源 CO₂ および温室効果ガスの排出見通し

図 8 は、日本の一次エネルギー供給シナリオを示しています（現状とられている温暖化対策程度が継続されるとした現状政策の下での CO₂ 排出量の見通し（脚注 1）参照）。原子力発電については、2014 年 11 月 10 日現在全ての原子力発電が停止している状況から順次再稼働し、2030 年には 40 年基準を満たす全ての原子力発電が稼働（1540 億 kWh/yr）となり、その後 2050 年まで同じ発電電力量を継続すると想定しています。なお、IEA WEO2013³⁾の現状政策シナリオでは、2030 年に原子力発電の発電電力量は 1740 億 kWh/yr が見込まれており、これよりも若干小さい水準を見込んで推計したものになります。このとき、GHG 排出量は 2015 年をピークに減少する見込みです（図 9）。2005 年比でみると、GHG 排出量は 2020 年には▲2%、2030 年には▲10%、2050 年には▲30%という見通しとなっています。IEA WEO2013 の現状政策シナリオにおける 2030 年のエネルギー起源 CO₂ 排出量は 10.78 億トンとされていますが、本見通しでは 10.38 億トンであり IEA の見通しと大きな差異はありません。

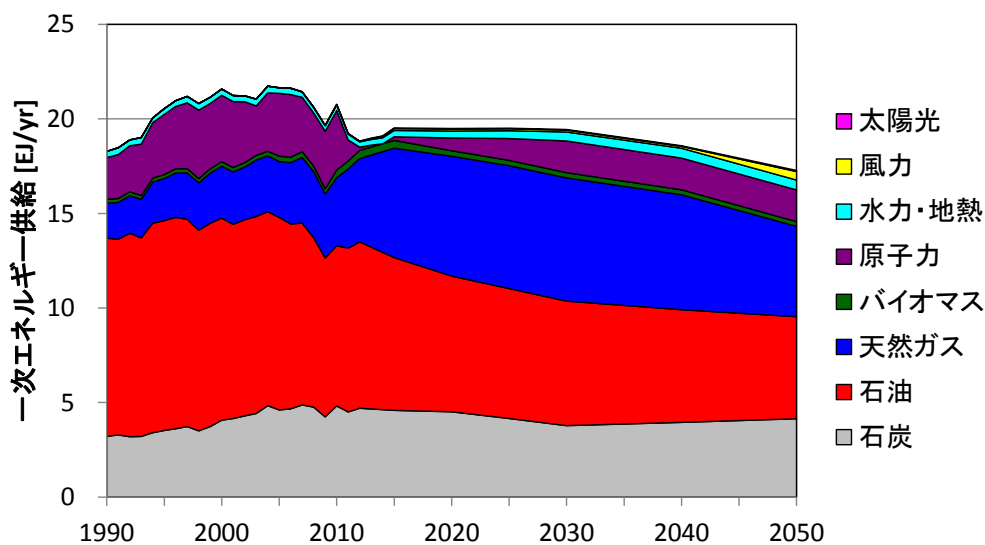


図 8 日本の一次エネルギー供給シナリオ（2012 年までは IEA 統計値⁴⁾）

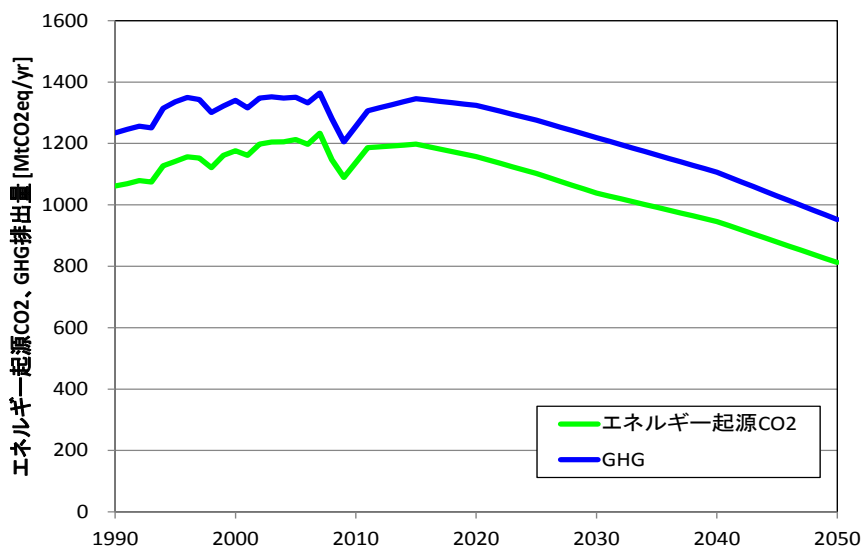


図 9 日本のエネルギー起源 CO₂ および GHG 排出シナリオ
 （エネルギー起源 CO₂ は 2011 年までは IEA 統計値⁶⁾、GHG は 2011 年までは UNFCCC⁷⁾）

■ 世界 CO₂ 排出見通し策定の方法論と主要な前提条件

世界のエネルギー起源 CO₂ 排出見通しは、RITE で開発している世界温暖化対策評価モデル DNE21+ モデル¹⁾を用いて策定しています。本モデルは、世界を詳細に地域分割し、また詳細な温暖化対策技術の積み上げを行っており、経済活動、生産活動と統合的なエネルギー利用、そして CO₂ 排出について、2050 年までの期間の評価が可能です。

本 CO₂ 排出見通しの推計においては、人口推移については、実績値については国連の 2012 推計⁸⁾を用い、将来シナリオについては国連の 2008 年中位推計⁹⁾を前提としています(図 10。2050 年の世界人口は 91 億人)。また、GDP 見通しについては、リーマンショック以降の世界経済危機を含む、直近の経済状況を踏まえつつ、RITE 独自に推計を行った GDP 見通し(図 11、12。2010-20 年の世界平均の実質 GDP 成長は年率 3.1%、2020-50 年は年率 2.4%。日本については、2010-20 年の実質 GDP 成長は年率 1.7%、2020-30 年は年率 0.8%、2030-50 年は年率 0.1%)を前提としています。なお、実績のエネルギー起源 CO₂ 排出は、世界エネルギー機関(IEA)の統計⁶⁾を用いています。

ここでの CO₂ 排出量見通しは、現状とられている温暖化対策程度が 2050 年まで継続されることを前提としたものであり、今後、世界が CO₂ 排出削減に取り組むことにより、大きく変えることが可能です。

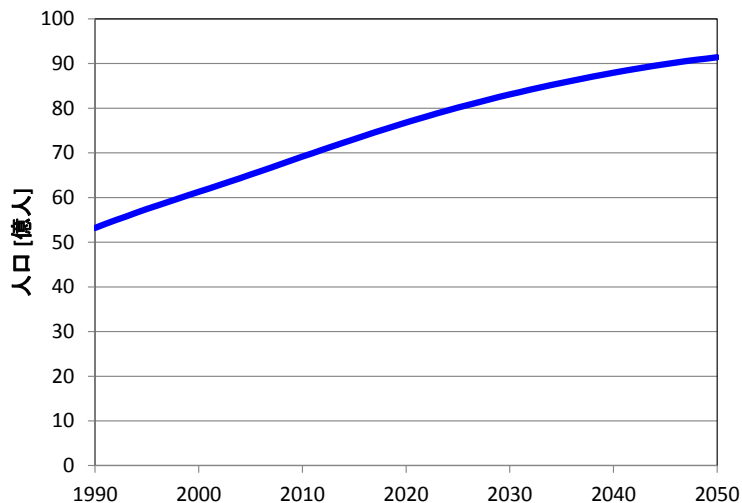


図 10 世界人口の見通し

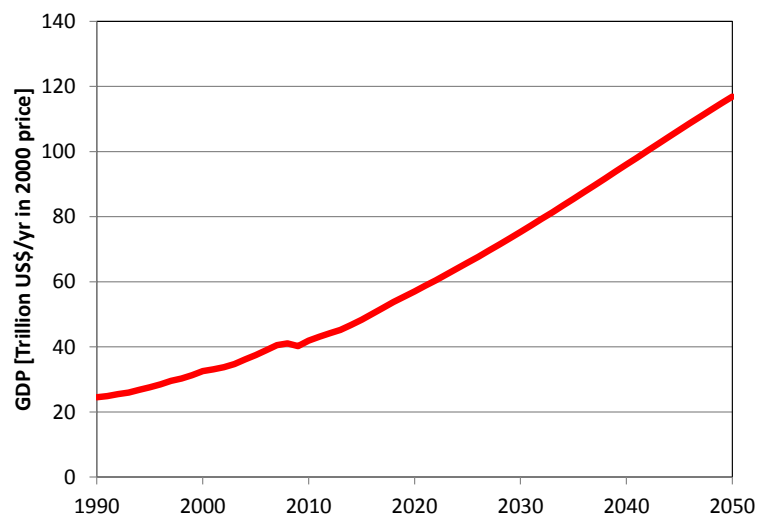


図 11 世界の GDP 見通し (市場為替レート(MER)換算)

注) 2000 年実質価格(2000 年為替レート)で表示。

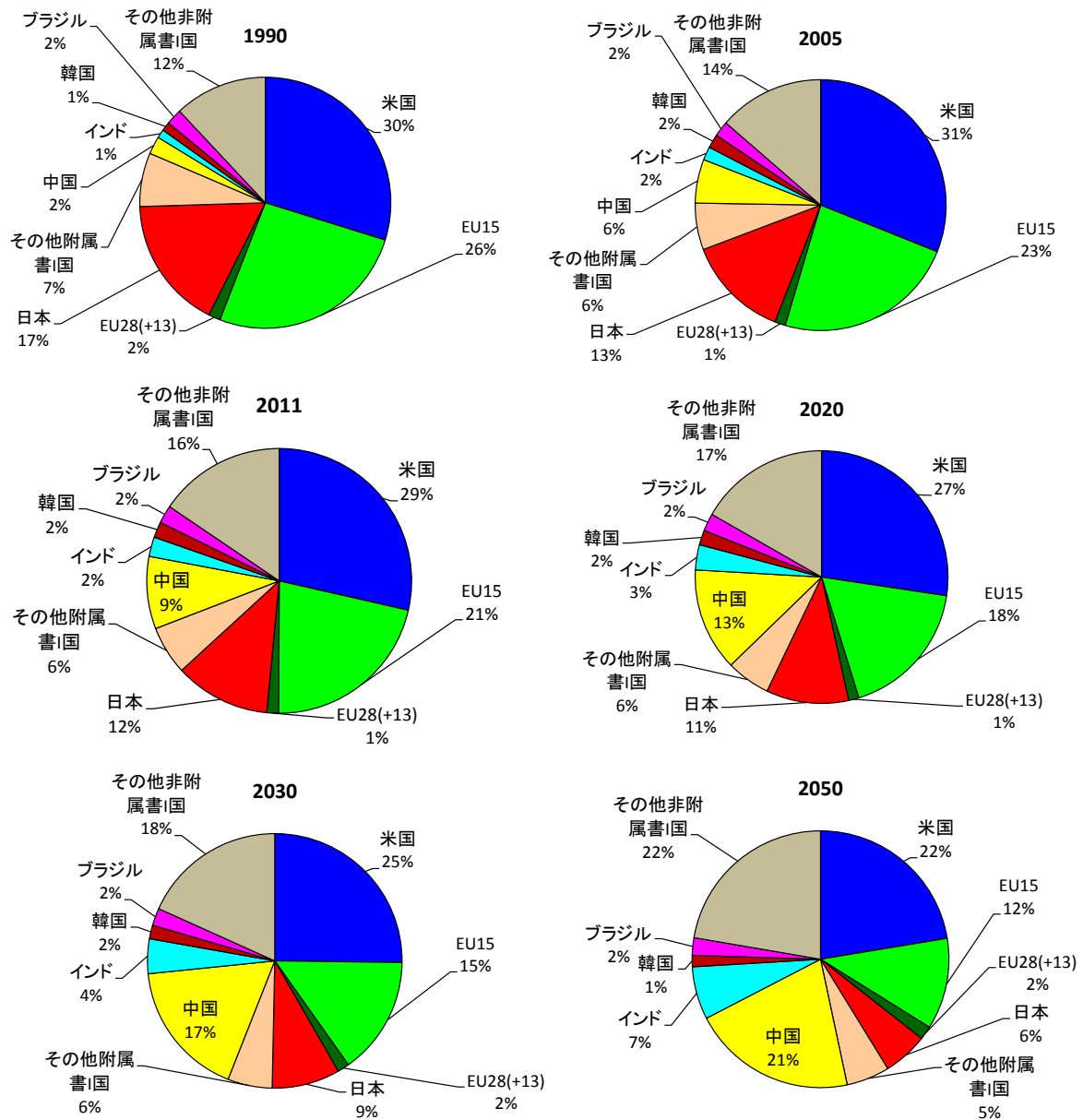


図 12 GDP の各国シェア (市場為替レート(MER)換算)

■ 引用にあたって

本報告の内容を引用される場合は、下記の問い合わせ先に連絡を頂きたく、お願い申し上げます。

■ CO₂および温室効果ガス排出見通しの更新

本 CO₂および温室効果ガス排出量見通しは、直近の排出量実績、経済見通し、エネルギー価格等を反映させるため、予告なく不定期に更新する可能性がありますので、ご了承下さい。

■ 参考文献

- 1) RITE, 2009; 「RITE 世界モデルの概要」 (<http://www.rite.or.jp/Japanese/labo/sysken/systemken.html>)
- 2) IAEA, 2013; Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050 (2013 Edition), IAEA.
- 3) IEA, 2013; World Energy Outlook 2013, OECD/IEA.
- 4) IEA, 2014; Energy Balances of OECD Countries, OECD/IEA.
- 5) IEA, 2014; Energy Balances of Non-OECD Countries, OECD/IEA.
- 6) IEA, 2013; CO₂ emissions from fuel combustion, OECD/IEA.
- 7) UNFCCC, GHG data from UNFCCC, http://unfccc.int/ghg_data/ghg_data_unfccc/items/4146.php (アクセス日 : 2014 年 10 月 3 日)
- 8) UN, 2012; World Population Prospects: The 2012 Revision
- 9) UN, 2008; World Population Prospects: The 2008 Revision

【問い合わせ先】

(公財) 地球環境産業技術研究機構 システム研究グループ

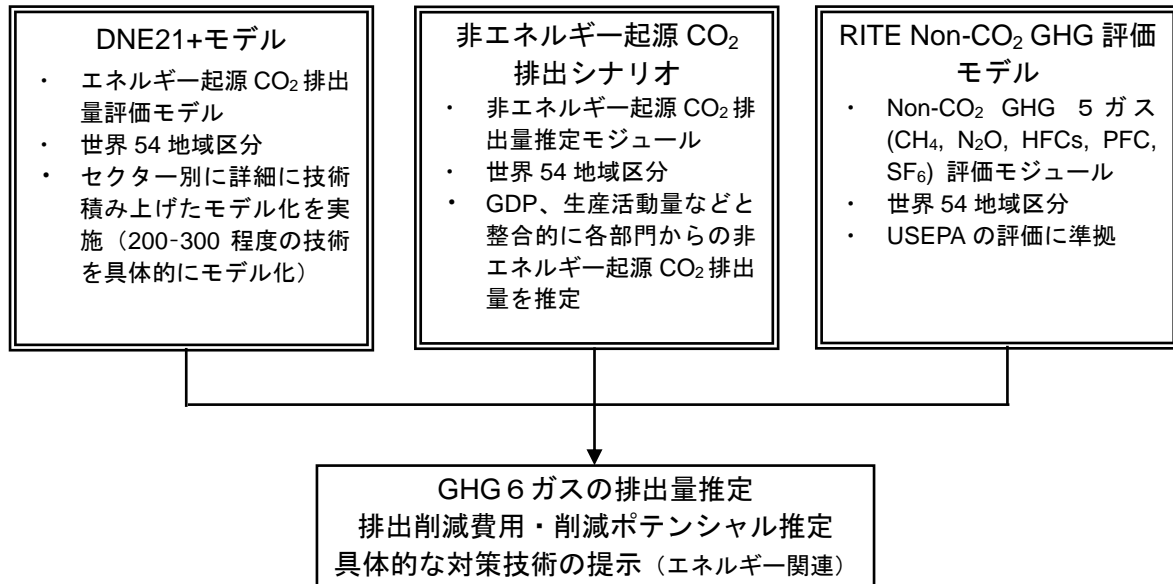
徳重 功子、佐野 史典、秋元 圭吾

〒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

付録1 世界温暖化対策評価モデルの概要

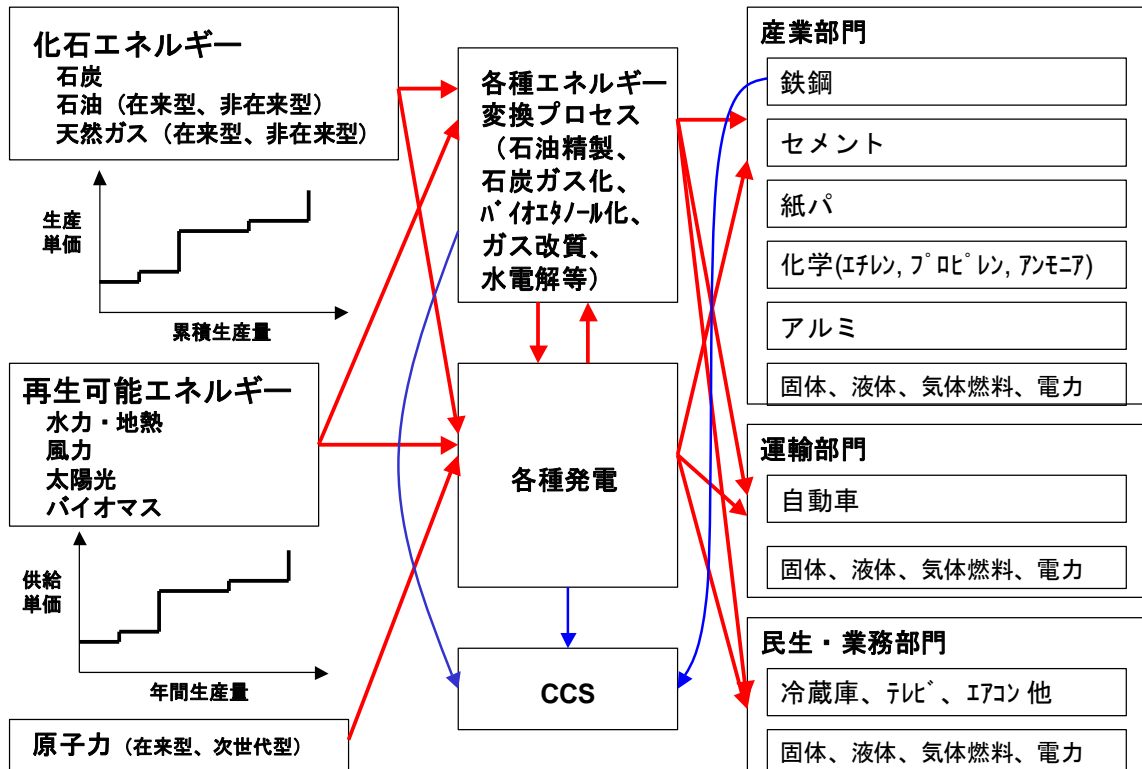
世界温暖化対策評価モデル¹⁾は、分析評価の中核となるエネルギー起源 CO₂ 評価のための DNE21+モデル、排出量が分析ケースに依存せず一定であると想定した非エネルギー起源 CO₂ 排出シナリオ、5種類の温室効果ガス(CH₄、N₂O、HFCs、PFC、SF₆)の排出・削減を評価する Non-CO₂ GHG 評価のためのモデルの3種類で構成されます(付図1)。



付図1 世界温暖化対策評価モデルの概要

エネルギー起源 CO₂ 評価のための DNE21+モデルは、評価対象期間(2050 年までの分析が可能)における世界全体のエネルギーシステムコストを最小化する線形計画モデルです。

付図2は、DNE21+モデルにおけるエネルギーフローの概要を示しています。図に示すように、エネルギー供給部門からエネルギー消費部門までをハードリンクしており(エネルギーの輸出入や時点間の設備推移を含む)、エネルギー需給全体を統合的な一つのシステムとして評価することが可能なモデルとしています。策定した人口、GDP シナリオに基づき、主要なエネルギー消費部門(鉄鋼等のエネルギー多消費産業部門、自動車(道路交通)、冷蔵庫等の民生・業務部門の一部の機器)の活動量シナリオ(産業部門は生産量、自動車は輸送需要、民生・業務部門の一部の機器は利用時間)、その他のエネルギー消費部門についてはエネルギー種別エネルギー需要シナリオを想定し、それらを満たすようなエネルギー需給システムがモデルによって導出されます。ここで、主要なエネルギー消費部門とエネルギー供給部門については、様々な技術のコストやエネルギー効率を明示的にモデル化(ボトムアップモデル)しており、技術を詳細に評価することが可能な点がモデルの特徴の一つです。その他のモデルの主たる特徴としては、世界全体を対象としつつも詳細な地域分割(国レベルでは 54 地域に分割)を行っているため、再生可能エネルギーのポテンシャル等の地域的な差異を考慮に入れた分析が可能であることが挙げられます。



付図2 DNE21+モデルにおけるエネルギーフローの概要

非エネルギー起源 CO₂ 排出シナリオについては、UNFCCC や IEA の統計データの傾向や、上記の DNE21+でも利用しているセメント生産量シナリオ等に基づいて、将来のシナリオを想定しています。

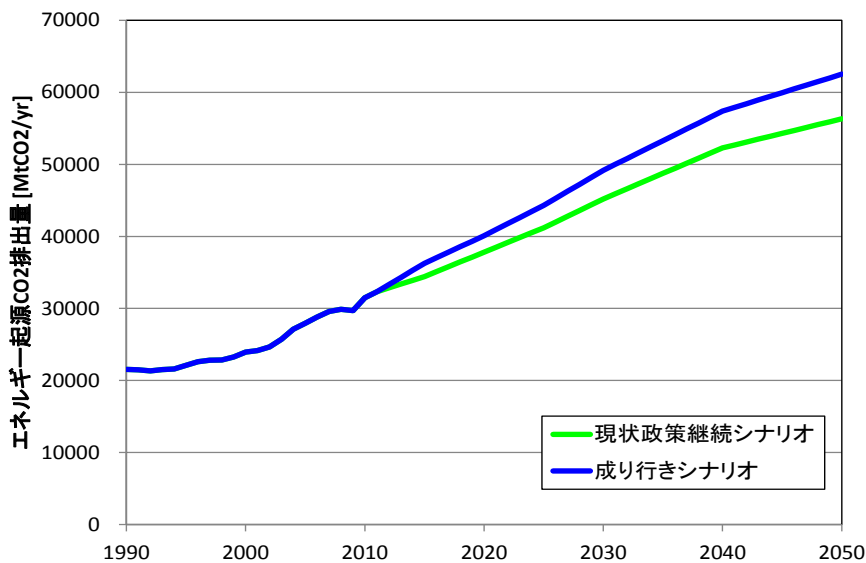
Non-CO₂ GHG 評価モデルは、基本的に US EPA の分析・評価モデルに基づいており、各種実績値によって補正したものを用いています。CH₄: 7部門、N₂O: 6部門、HFCs、PFC、SF₆: それぞれ1部門について地域別にベースライン排出量(特段の温暖化対策をとらない場合の排出量)を推定し、温暖化対策時の排出量は、各ガスの削減率と限界削減費用との関係を代替弾性値で表現するモデルによって算定されます。よって、直接的には技術積み上げのモデル(ボトムアップモデル)とはなっていませんが、そのベースは技術積み上げによって削減可能量と削減費用が算出される形となっています。

以上がモデルの概要となります。より詳細な情報は、参考文献 1)をご参照下さい。

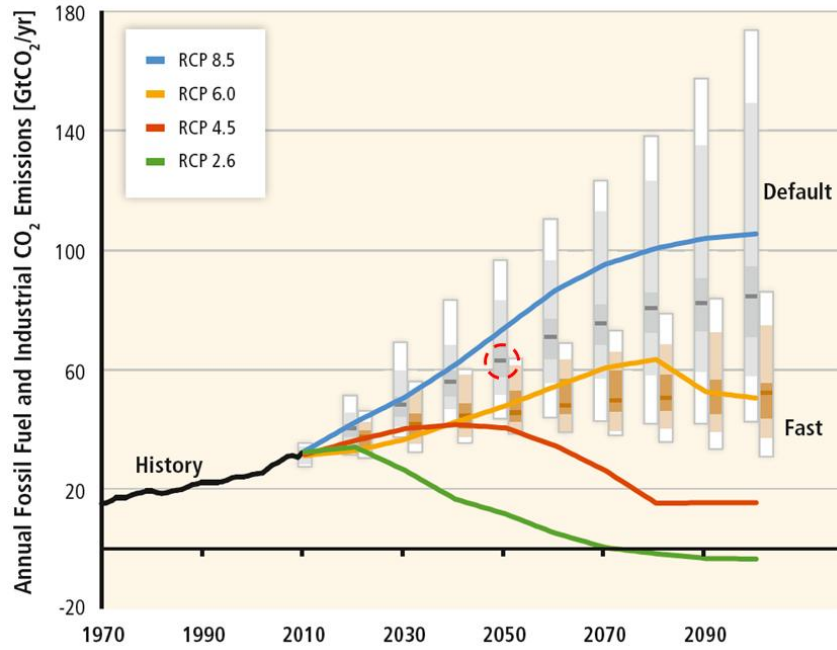
付録 2 今後特段の温暖化対策をとらないとした場合のエネルギー起源 CO₂および温室効果ガスの排出見通し

付図 3 は、今後特段の温暖化対策をとらないとした場合（成り行きシナリオと記載）と、本資料に示した現状とられている温暖化対策程度が継続されるとした場合（現状政策継続シナリオと記載）について、世界全体のエネルギー起源 CO₂ 排出の見通しを示しています。現状政策継続シナリオにおいては、2020 年に 378 億トン、2050 年に 563 億トンとの見通しですが、成り行きシナリオでは、2020 年に 401 億トン、2050 年に 625 億トンと見込まれており（国際航空・国際海運からの排出を除くとそれぞれ 388 億トン、605 億トン）、同じく今後特段の温暖化対策をとらないとした場合の 2011 年 8 月版より上方修正されています。付図 4 には IPCC AR5 で整理されたベースラインの CO₂ 排出見通しを示していますが、見通しを作成したモデルの標準的な想定（Default）の下での見通しでは 2050 年の中位置は 600 億トン程度とされており、ここでの 2 つのシナリオも近いものとなっております。

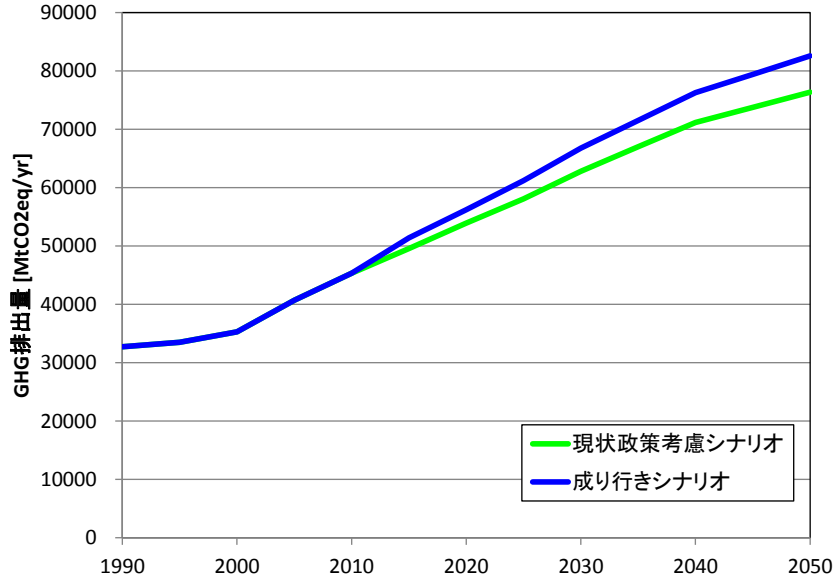
付図 5 には、付図 3 と同様に成り行きシナリオと現状政策継続シナリオの 2 つについて、世界全体の GHG 排出見通しを示しています。今後特段の温暖化対策をとらない成り行きシナリオにおいては、2020 年に 562 億トン、2050 年に 826 億トンと見込まれています。付図 6 は IPCC AR5 で整理されたベースラインの GHG 排出見通しを示しています。2050 年の中位置は 800 億トン程度であり、GHG の見通しもそれに近い水準と言えます。



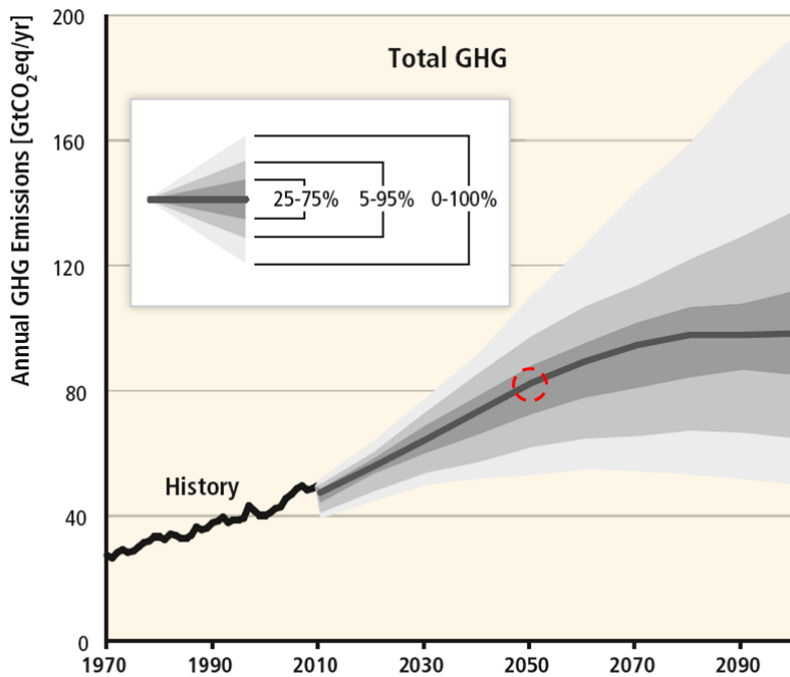
付図 3 成り行きシナリオと現状政策継続シナリオにおける世界全体のエネルギー起源 CO₂ 排出シナリオ（2011 年までは IEA 統計値⁶⁾）



付図4 IPCC AR5 WGIII で整理された CO₂ 排出量の見通し
 注) Default (灰色) は、見通しを作成したモデルの標準的な想定に基づく見通し。
 Fast (金色) は、エネルギー効率の改善が大きく進むと想定した場合の見通し。
 赤丸は、今回の RITE 推計。

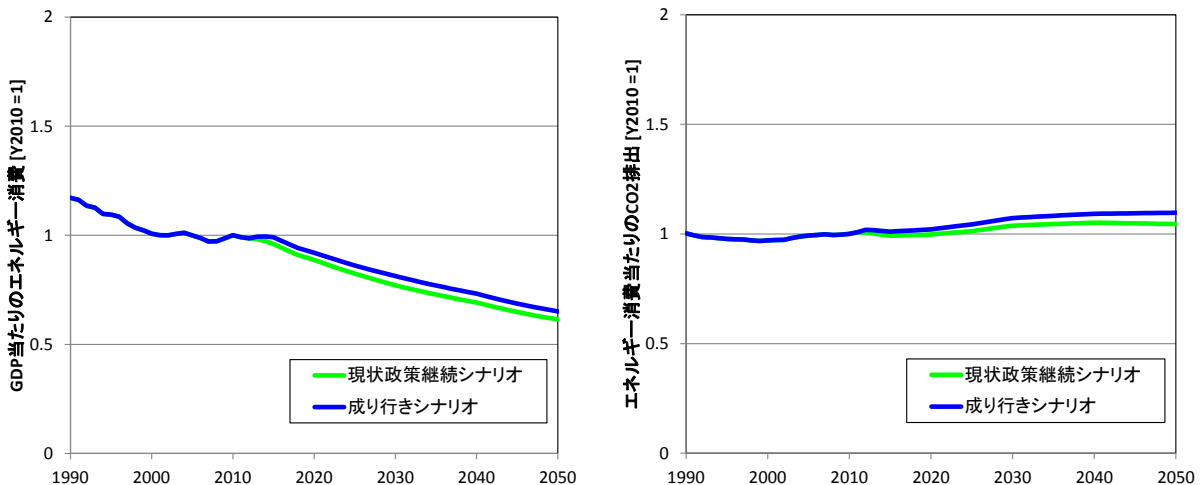


付図5 成り行きシナリオと現状政策継続シナリオにおける世界全体のエネルギー起源 CO₂ 排出シナリオ (2010年までは附属書I国: UNFCCC⁷⁾、非附属書I国: IEA 統計値⁶⁾)

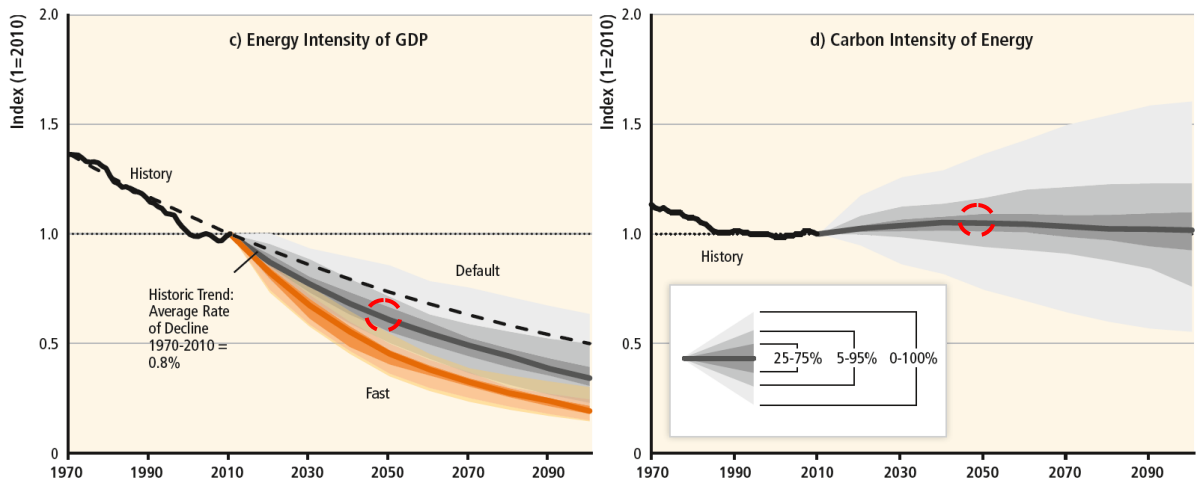


付図6 IPCC AR5 WGIII で整理された GHG 排出量の見通し
注) 赤丸は、今回の RITE 推計。

付図7には、GDP 当たりのエネルギー消費（エネルギー原単位）とエネルギー消費当たりの CO₂ 排出量（CO₂ 原単位）について、2010 年を 1 としてその推移を示しています。エネルギー原単位の改善は、2000 年から現状までは中国の急速な発展の影響もあり停滞していましたが、今後改善が進むとの見通しとなっています。また、CO₂ 原単位については、エネルギー原単位ほど大きな変化はありませんが、本資料に示したように原子力発電や再生可能エネルギーの拡大よりも化石燃料消費の増加が大きいため、2050 年までの将来ではむしろ 2010 年より悪化する見通しとなっています。これは、IPCC で整理されている見通しの中位値と整合的な水準となっています（付図8）。



付図7 成り行きシナリオと現状政策継続シナリオにおける世界全体の GDP 当たりのエネルギー消費とエネルギー消費当たりの CO₂ 排出の推移（2011 年までは IEA 統計値^{4), 5), 6)}）



付図 8 IPCC AR5 WGIII で整理された

GDP 当たりのエネルギー消費とエネルギー消費当たりの CO₂ 排出の推移

注) Default (灰色) は、見通しを作成したモデルの標準的な想定に基づく見通し。Fast (金色) は、エネルギー効率の改善が大きく進むと想定した場合の見通し。赤丸は、今回の RITE 推計。