

## RITE DNE21+と IEA ETP2008 シナリオの比較

平成 20 年 7 月 22 日

RITE システム研究グループ

2008年6月6日に国際エネルギー機関(IEA)から Energy Technology Perspectives (ETP) 2008 が公開された。本稿では、RITE で開発している DNE21+モデルにおける分析シナリオと、IEA ETP2008 を比較検討することによって、DNE21+の特徴をより明確にし、また、エネルギー・温暖化対策の見通しについての共通項を検討した。

### 1. はじめに

IEA の ETP モデルは、詳細な技術積み上げ式のモデルであり、2050 年までの対象期間の総コストを最小にするエネルギーシステムを探索しており、DNE21+モデルと極めて近いモデル構造となっている。DNE21+モデルと IEA ETP2008 (2050 年を中心に分析) および IEA World Energy Outlook (WEO) 2007 (2030 年までを中心に分析) のモデルの特徴を表 1 に示す。

表 1 RITE DNE21+モデルと IEA ETP2008、WEO2007 の概要

	RITE DNE21+	IEA ETP2008 (ETP Model、 MARKAL ベース)	IEA WEO2007 (World Energy Model (WEM) Ver.11)
モデルのタイプ	動学的最適化型	動学的最適化型	シミュレーション型 (部分均衡モデル)
評価対象期間	2000-2050	2005-2050	2005-2030
地域分割	54	15	21
技術の詳細さ	詳細	詳細	比較的簡略

### 2. モデル前提条件

#### (1) 人口シナリオ

IEA ETP2008 と DNE21+の人口の想定は表 2 のとおり。若干の差異がある部分も見受けられるが、両者とも国連の 2006 年推計を利用しており、ほぼ同等。

表 2 DNE21+と ETP2008 における世界人口の想定 (billion people)

	2005	2015	2030	2050
DNE21+ (2008.3)	6514.8	7295.1	8317.7	9191.3
IEA ETP2008	6464.8	7295.1	8246.7	9191.3

(2) マクロ経済シナリオ

DNE21+と IEA ETP2008 の実質 GDP の想定は表 3 のとおり。DNE21+は市場為替レートベース (MER) 標記、ETP2008 は購買力平価 (PPP) 標記と異なっていることに注意。

表 3 DNE21+と ETP2008 における GDP の想定

	2005-15	2015-30	2030-50
<b>DNE21+ (2008.3) (MER, %/yr)</b>			
OECD	2.7	2.2	1.0
Transition economies	3.6	2.4	5.4
Developing Asia	6.2	4.9	3.8
Middle East	4.4	3.5	4.6
Africa	3.9	3.2	5.2
Latin America	3.5	2.9	5.0
<b>World</b>	3.2	2.8	2.3
<b>IEA ETP2008 (PPP, %/yr)</b>			
OECD	2.5	1.9	1.4
Transition economies	4.7	2.9	3.4
Developing Asia	6.9	4.8	3.6
Middle East	4.9	3.4	2.9
Africa	4.5	3.6	3.6
Latin America	3.8	2.8	2.8
<b>World</b>	4.2	3.3	2.6

3. ベースラインと 2050 年世界排出量半減のシナリオ

(1) 対策の全体像

図 1 には IEA ETP2008 による 2050 年世界排出量半減シナリオ実現のための各セクター・技術別の削減効果を、図 2、3 には同様に DNE21+ による削減効果の分析結果を示す。総じてかなり似通った分析結果と言える。なお、ETP2008 では 2050 年のベースライン排出量を、2006 年に発表したシナリオ ETP2006 の 58 GtCO<sub>2</sub> から 62 GtCO<sub>2</sub> へと上方修正している。IEA は、この理由として、中国、インドなどの高い経済成長予測と石油・ガス価格の高騰により石炭利用へのシフトを挙げている。DNE21+ のベースライン排出量と比較すると、一見すると比較的大きな差異が認められるが、これは後述するように、ETP2008 と DNE21+ モデルにおいて、ベースライン排出量の定義が異なることによる部分が大きい。詳細は後述する。

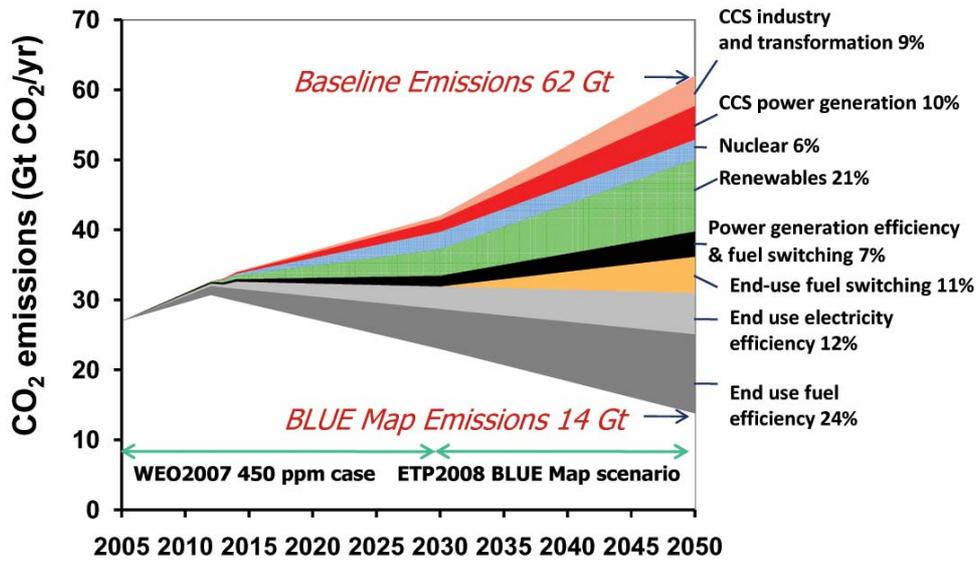


図1 IEA ETP における 2050 年世界排出量半減のための対策技術別の削減効果

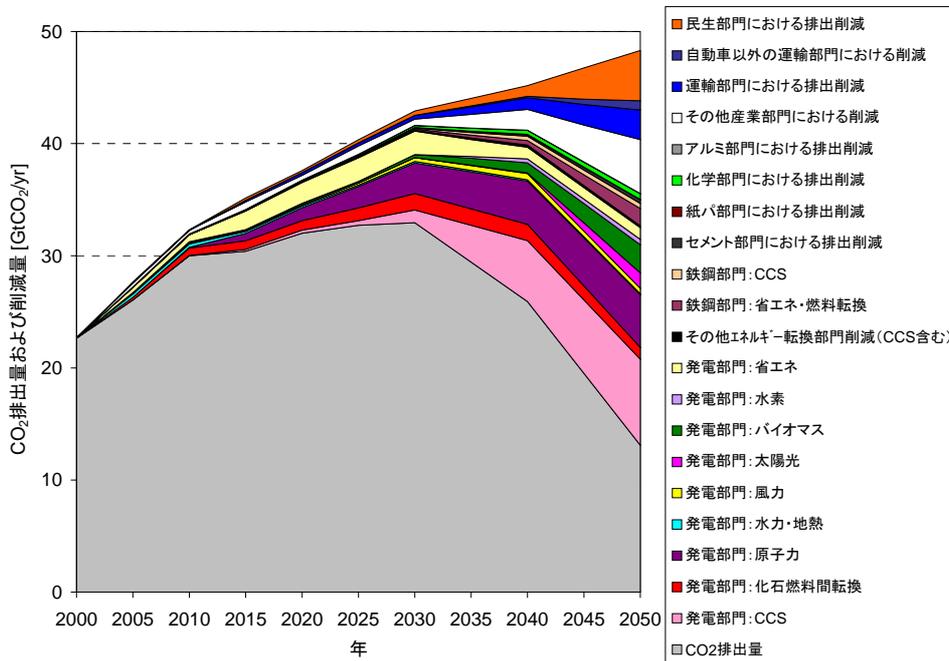


図2 DNE21+モデル (2008 年 3 月版) における 2050 年世界排出量半減のための対策技術別の削減効果

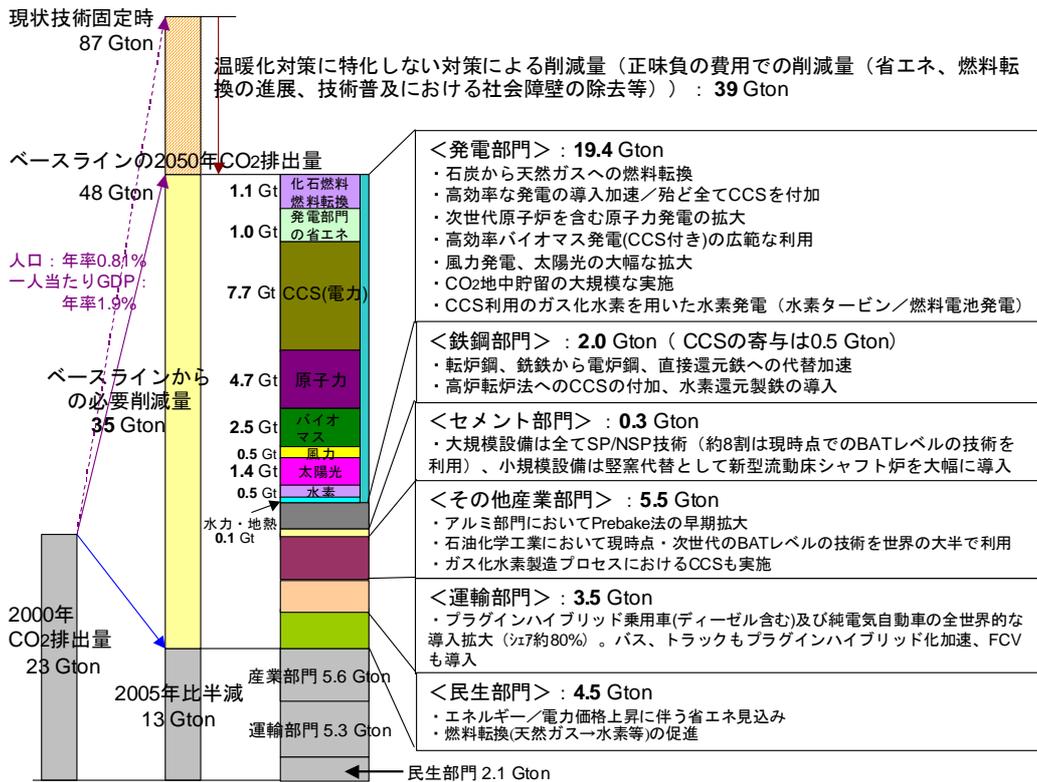


図3 DNE21+モデル（2008年3月版）における2050年世界排出量半減のための対策技術別の削減効果（2050年断面）

次に削減費用をしてみる。ETP2008では世界半減の限界削減費用は200~500 \$/tCO<sub>2</sub>としている（図4）。一方、DNE21+では334 \$/tCO<sub>2</sub>と推定しており（図5）、ほぼ同様の結果である。

なお先述したように、ETP2008の2050年のベースライン排出量は62 GtCO<sub>2</sub>である一方、DNE21+では48 GtCO<sub>2</sub>と差異があるように見えるが、図4を見ると、ETPでは約15 GtCO<sub>2</sub>は正味で負の削減費用となっている。DNE21+のベースライン排出量は、限界削減費用が負の対策についてはすべて対策が採られるとしたときの排出量に相当するため、この定義と合わせれば、ETP2008の排出量は62-15=47 GtCO<sub>2</sub>となり、ベースライン排出量も両者でほぼ同じ結果となっていることがわかる。これを考慮し、図4と5を比較すると理解できるように、半減に至るまでの削減費用と限界削減費用の関係までもほぼ近い結果を示していることがわかる。

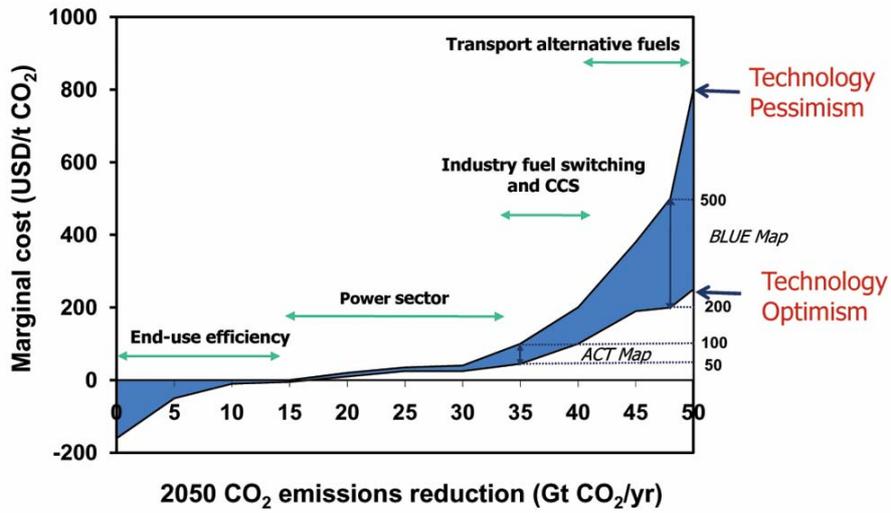


図4 IEA ETP における 2050 年時点の限界削減費用曲線

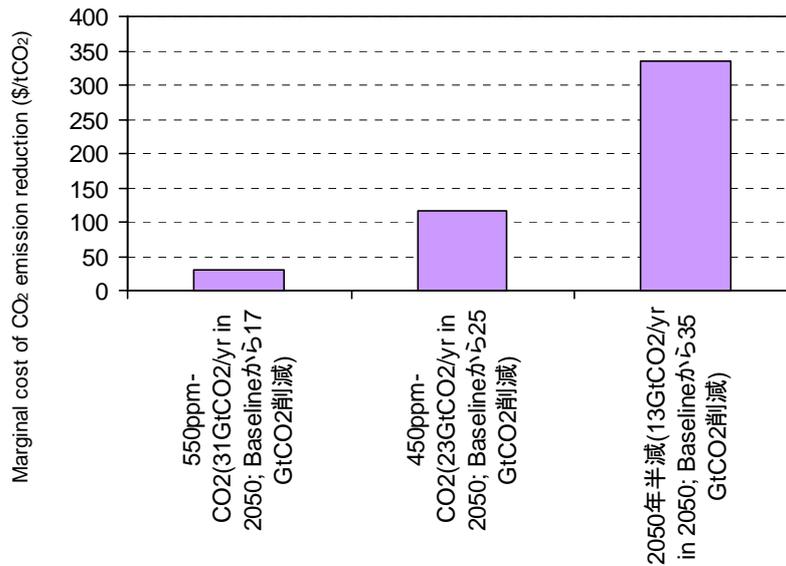


図5 DNE21+における各種削減目標実現のための 2050 年時点の限界削減費用

注) DNE21+のベースラインは限界削減費用が0のときを想定しているため、図4と比較する際には、550 ppm、450 ppm、世界半減は、図4においてはそれぞれ 32、40、50 GtCO<sub>2</sub>の削減量における限界削減費用と比較すると良い。

(2) 発電部門

図6、図7にそれぞれ、IEA ETP2008 と DNE21+による世界の発電電力量シナリオを示す。ここでも両者はかなり似通ったシナリオになっている。ただし、世界半減シナリオにおいては、風力発電については ETP が大きめに、代わりにバイオマスについては DNE21+が大きめに推定している。

図8、図9にそれぞれ IEA ETP2008 と DNE21+による各種発電設備の2010~2050年の必要年間導入量を示す。如何に膨大な投資が必要になってくるかが理解できる。

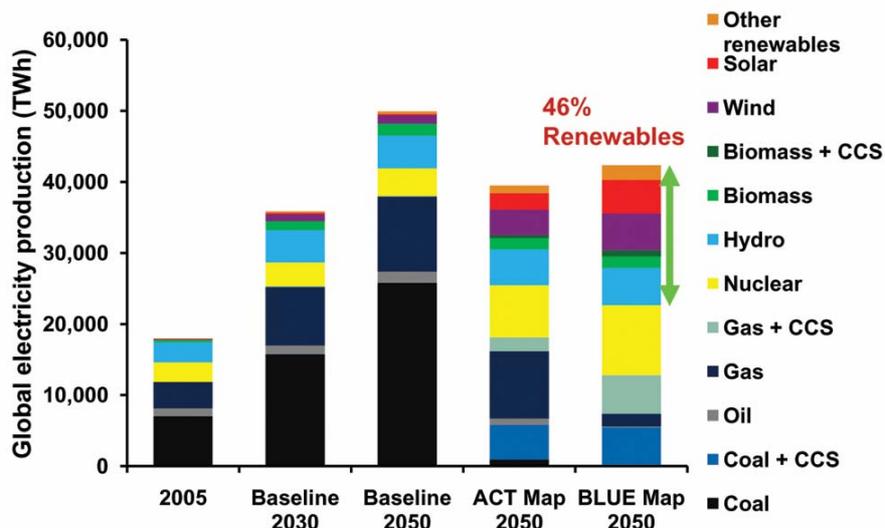


図6 IEA ETPにおける各種シナリオの世界的発電電力量構成

注) ACT Mapシナリオ：50 \$/tCO<sub>2</sub>を想定。2050年排出量はほぼ2005年レベル

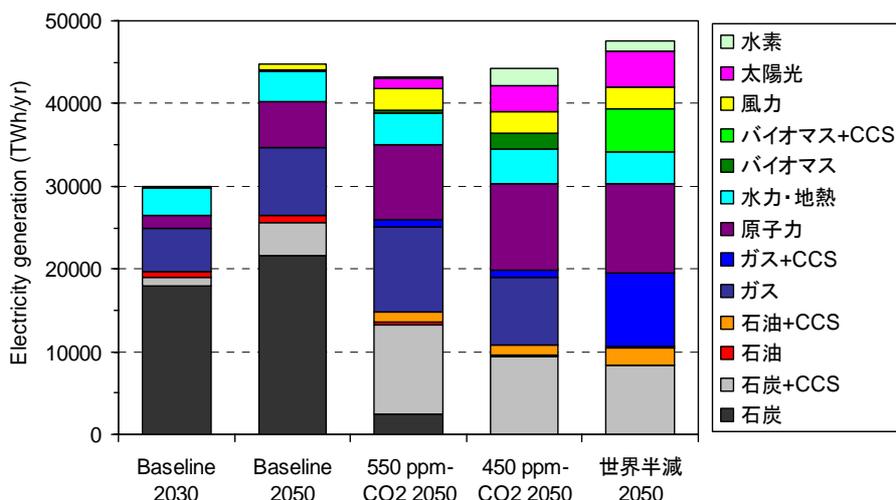


図7 DNE21+における各種シナリオの世界的発電電力量構成

注) 550 ppm-CO<sub>2</sub>シナリオ：2050年排出量は34 GtCO<sub>2</sub>、限界削減費用31 \$/tCO<sub>2</sub>  
 450 ppm-CO<sub>2</sub>シナリオ：2050年排出量は23 GtCO<sub>2</sub>、限界削減費用115 \$/tCO<sub>2</sub>

図6中のACT-MapはDNE21+の550 ppmと450 ppm-CO<sub>2</sub>シナリオの中間的なシナリオ

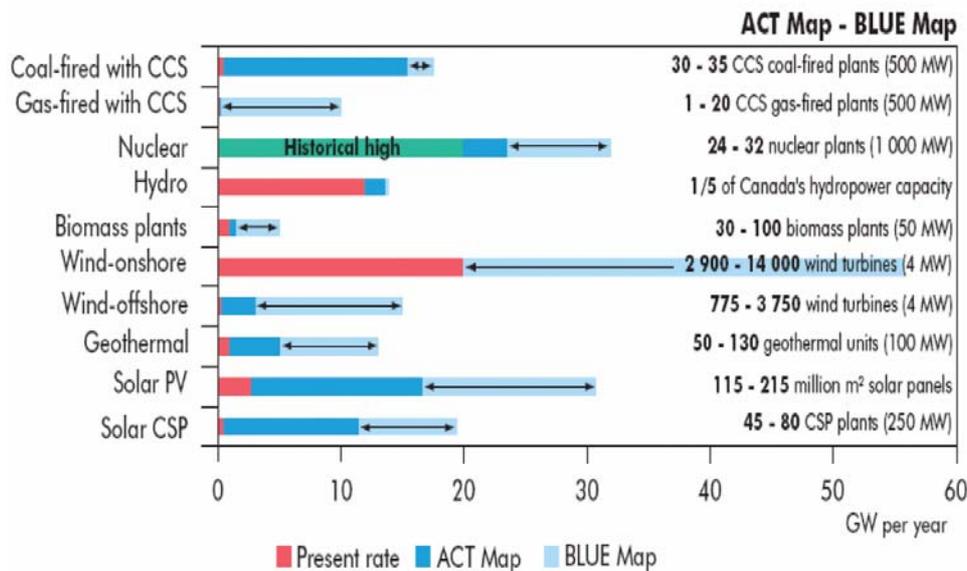


図8 IEA ETP における 2010~2050 年間の各発電技術の必要年間導入量

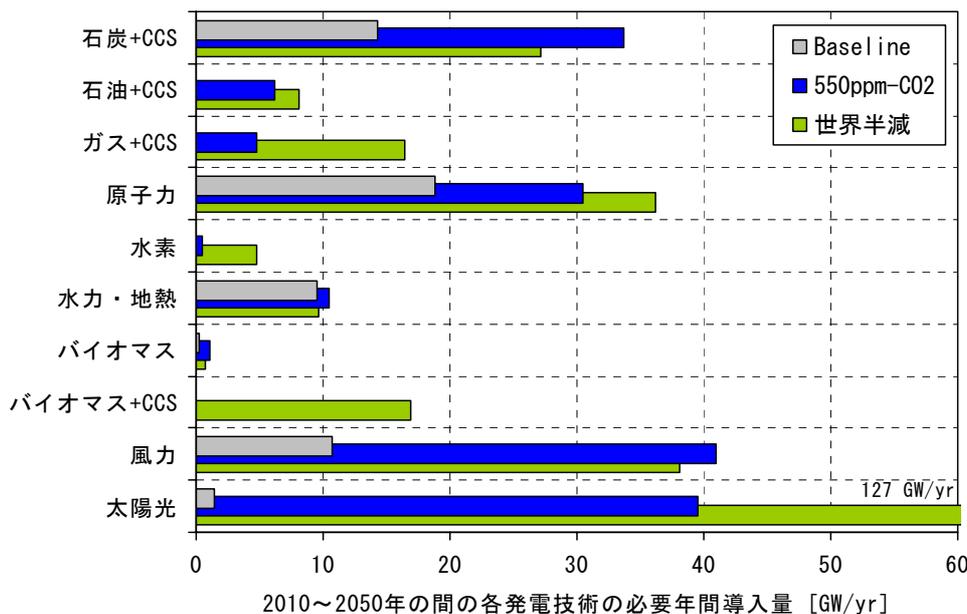


図9 DNE21+における 2010~2050 年間の各発電技術の必要年間導入量

注) 水力・地熱：設備稼働率 30%、設備寿命 50 年と想定

風力：設備稼働率 20%、設備寿命 30 年と想定

太陽光：設備稼働率 10%、設備寿命 30 年と想定

図8と図9を比較すると、太陽光発電の必要導入量が DNE21+の分析結果の方がかなり大きいものとなっている。一方、図7で見られたように太陽光発電による発電電力量は両者でほぼ同様である。これは、DNE21+における太陽光発電の設備稼働率を 10%と想定したが、IEA ETP ではより高い稼働率を想定しているためと考えられる。

(3) 鉄鋼部門

表4にはETPとDNE21+それぞれの2050年における全粗鋼生産量および電炉鋼生産量シナリオを示す。全粗鋼生産量はETP2008の方がDNE21+よりも大きいシナリオとなっている。また、電炉鋼のシェアもETP2008が大きく推定している。

図10に、鉄鋼部門におけるETPによる排出削減シナリオを示す。省エネ・燃料転換による削減効果が最も大きく、次いでCCSとなっている。なお、排出削減効果は、エネルギー供給部門の対策を、最終需要部門の削減効果として計上する際の計上方法によって変わってくるので、DNE21+との直接的な比較は難しい。

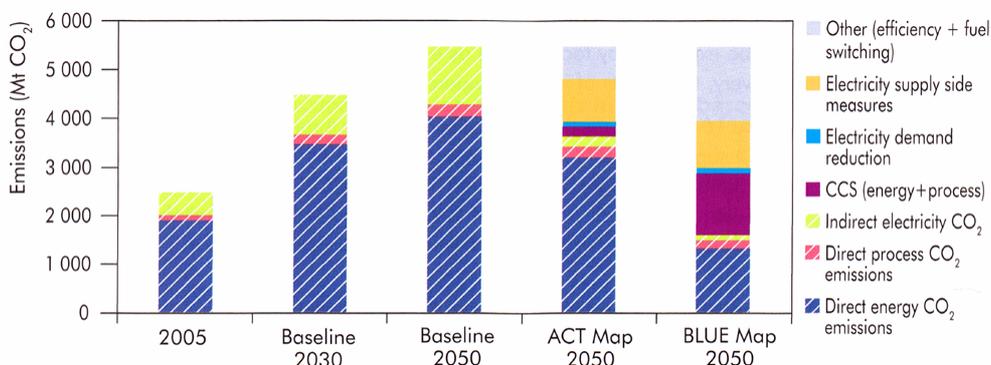


図10 IEA ETPによる鉄鋼部門におけるCO<sub>2</sub>排出量と削減効果

表4 ETPとDNE21+それぞれの2050年における電炉鋼生産量シナリオ

	全粗鋼生産量 (シナリオに依らず一定)	電炉鋼生産量	
		ベースライン	世界半減
IEA ETP2008	27億トン程度	11億トン弱	14億トン程度
RITE DNE21+(2008.3)	21.6億トン	6.1億トン	8.3億トン

注) IEA ETP2008の数値はグラフからの読み取りによる

DNE21+モデルの分析では、鉄鋼部門における2050年の排出削減効果は20億トンと算定している(図3)。図11には省エネ、燃料転換、CCSの別による鉄鋼部門における2050年世界排出量半減のための対策技術別の削減効果を、図12には技術オプション別の削減効果を示す。DNE21+では高炉・転炉法のエネルギー効率改善の大部分は、ベースラインに織り込まれる結果となっているため、半減ケースでのベースライン比の削減効果にはほとんど計上されない結果となっている。

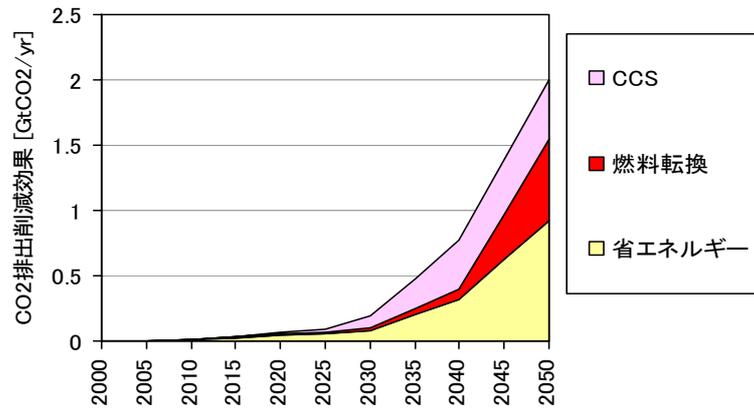


図 11 DNE21+モデルによって推定した鉄鋼部門における 2050 年世界排出量半減のための対策技術別のベースラインからの削減効果（グループ別）

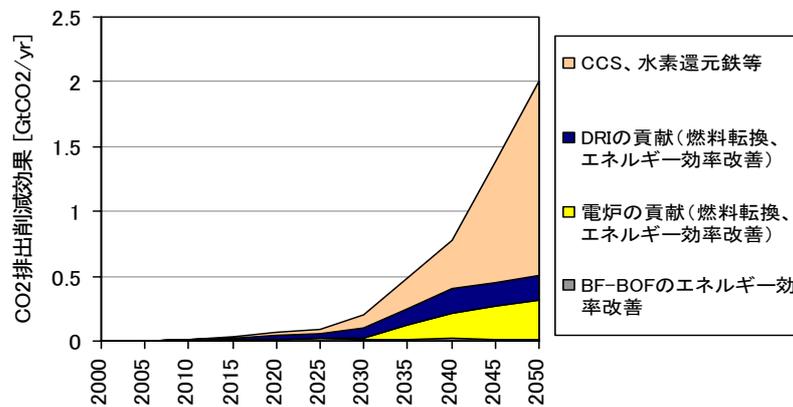


図 12 DNE21+モデルによって推定した鉄鋼部門における 2050 年世界排出量半減のための対策技術別のベースラインからの削減効果（技術オプション別）

図 13 には DNE21+によるベースラインと世界半減のための鉄鋼部門の技術シナリオを示す。

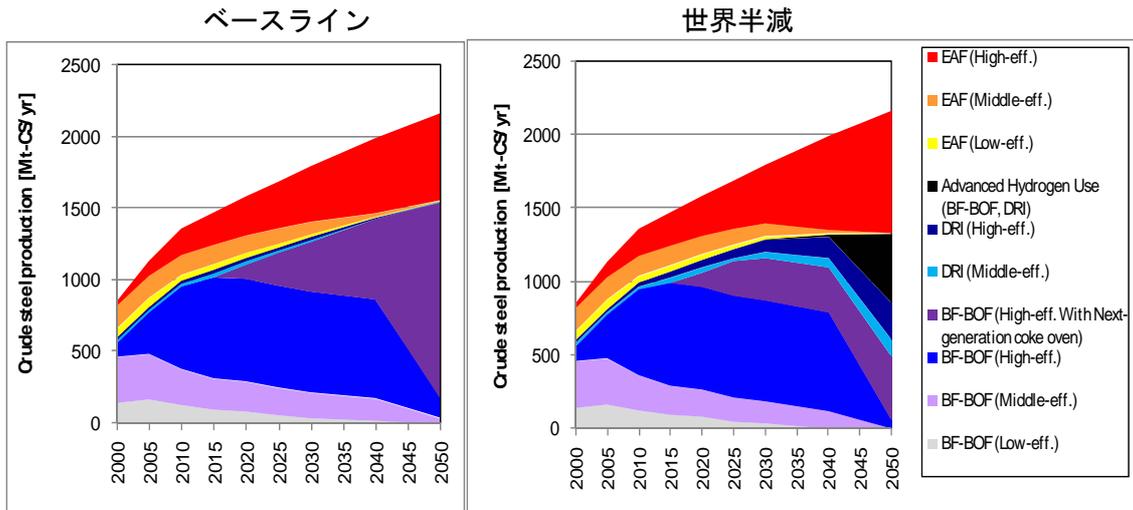


図 13 DNE21+モデル(2008年3月版)におけるベースラインと2050年世界排出量半減のための鉄鋼部門の技術シナリオ

(4) 運輸部門

図 14 には、IEA ETP による運輸部門における燃料種別エネルギー消費量を、また、図 15 には、2050 年における乗用車の販売量シェアを示す。

一方、図 16 には、DNE21+による自動車の燃料種別エネルギー消費量を、図 17 には乗用車の導入シナリオを示す。

両者の評価はかなり近いものとなっているが (ETP は運輸部門全体、DNE21+は自動車を対象としていることには注意)、世界半減シナリオの 2050 年では ETP はバイオディーゼルが DNE21+よりも大きい傾向が見られる。

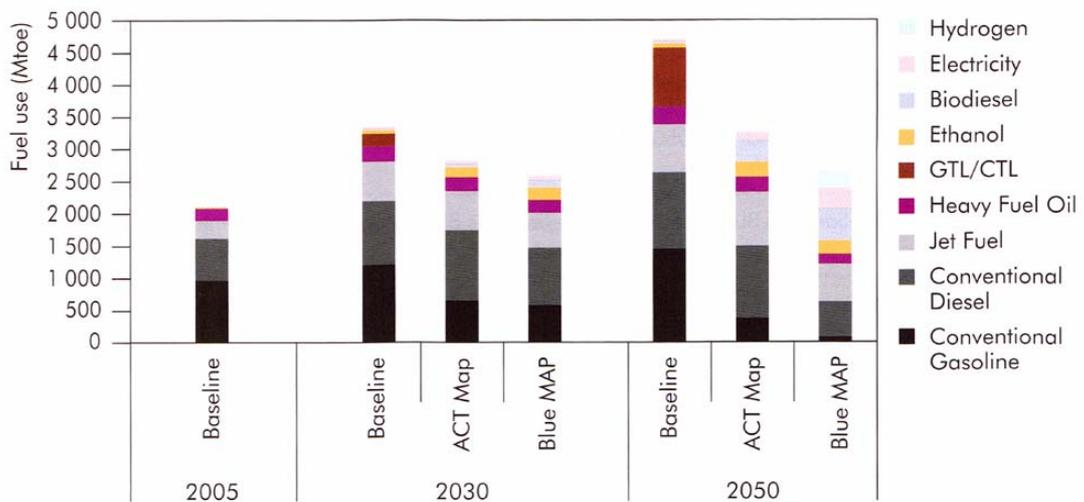


図 14 IEA ETP による運輸部門における燃料種別エネルギー消費量

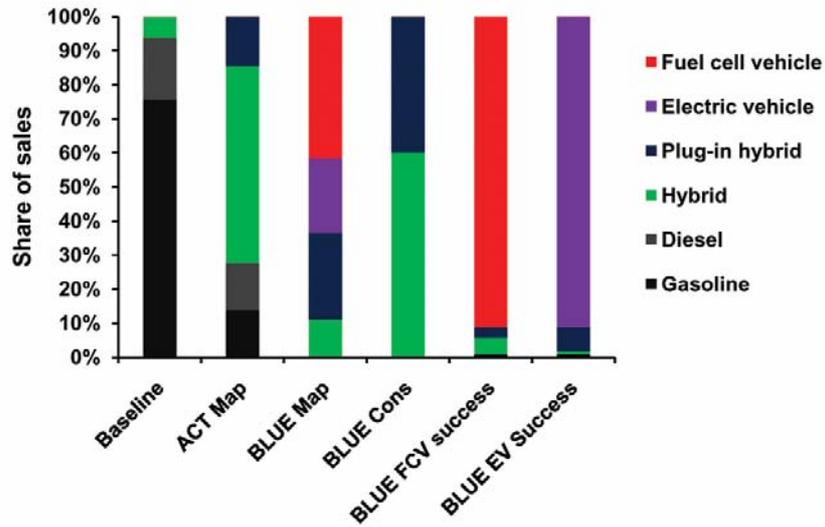


図 15 IEA ETP による 2050 年における乗用車の販売量シェア

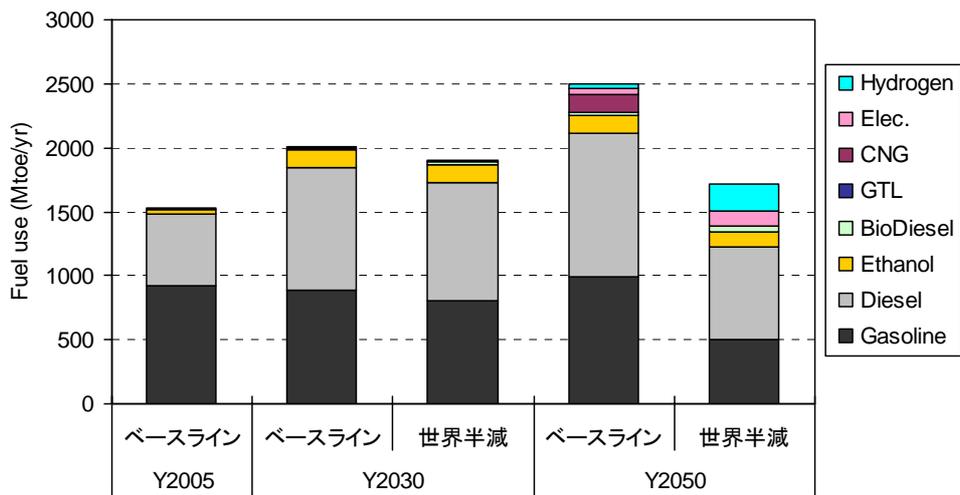


図 16 DNE21+による自動車の燃料種別エネルギー消費量  
注) 電気は 1 TWh=0.086 Mtoe で換算している。

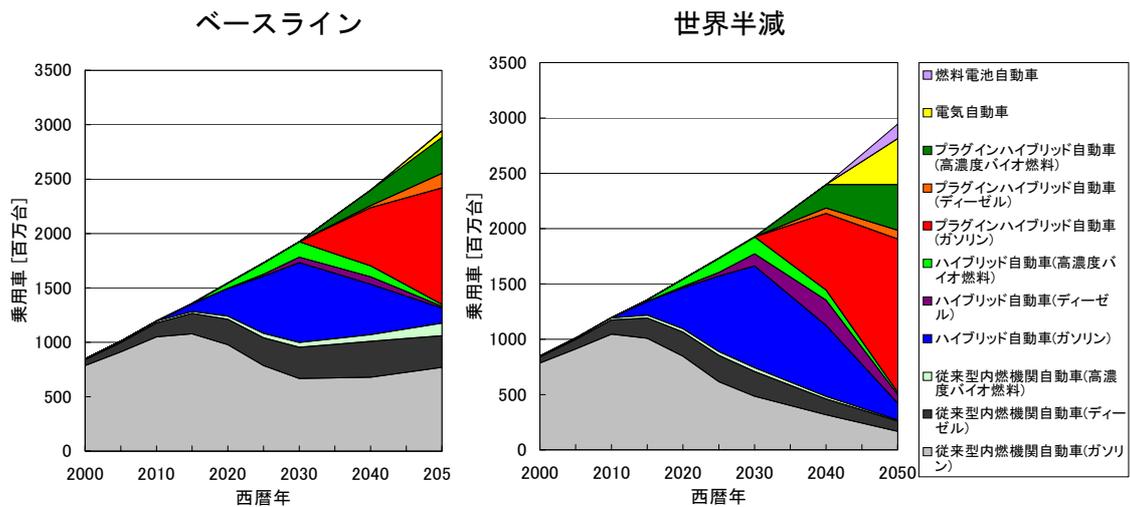


図 17 DNE21+による乗用車の導入シナリオ

(5) その他部門

図 18、19 に、セメント部門についてIEA ETP2008 とDNE21+による排出削減シナリオを示す。図 20、21 には、紙パルプ部門について同様に排出削減シナリオを示す。ETP2008 は、DNE21+と異なり、セメント、紙パ部門におけるCCS利用も想定している。しかし、規模は貯留サイトとのマッチングなどを考えると、セメントや紙パ部門でこれだけのCCSを見込むことが現実的かどうかは検討の余地があると考え。なお、DNE21+ではセメント部門のプロセスベースのCO<sub>2</sub>排出量は考慮していないことに注意されたい。

セメント部門、紙パルプ部門共にベースラインのCO<sub>2</sub>排出量には大きな差異があるが、これは鉄鋼部門などと同様にベースラインの定義が異なることによる。世界半減時のCO<sub>2</sub>排出量はCCSを想定しているIEA ETP2008の方が少ないが、その排出削減効果を差し引いて考えれば比較的近いレベルの排出量となっている。

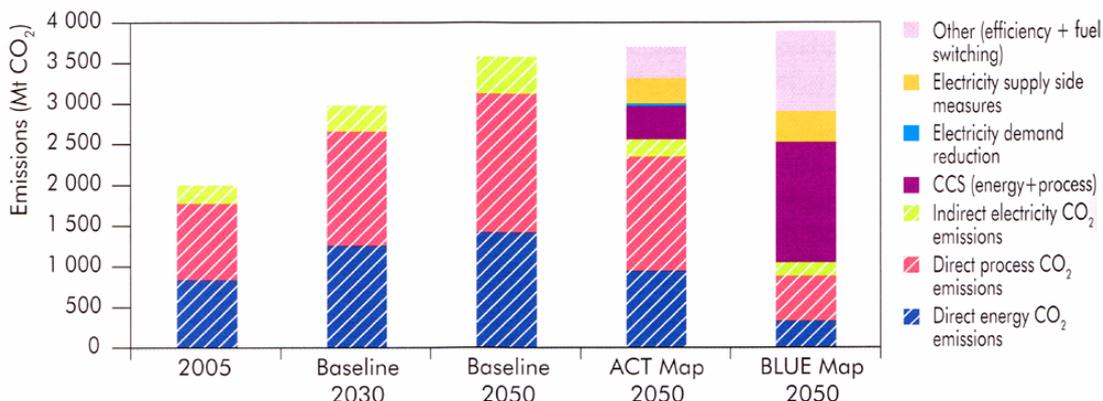


図 18 IEA ETPによるセメント部門におけるCO<sub>2</sub>排出量と削減効果

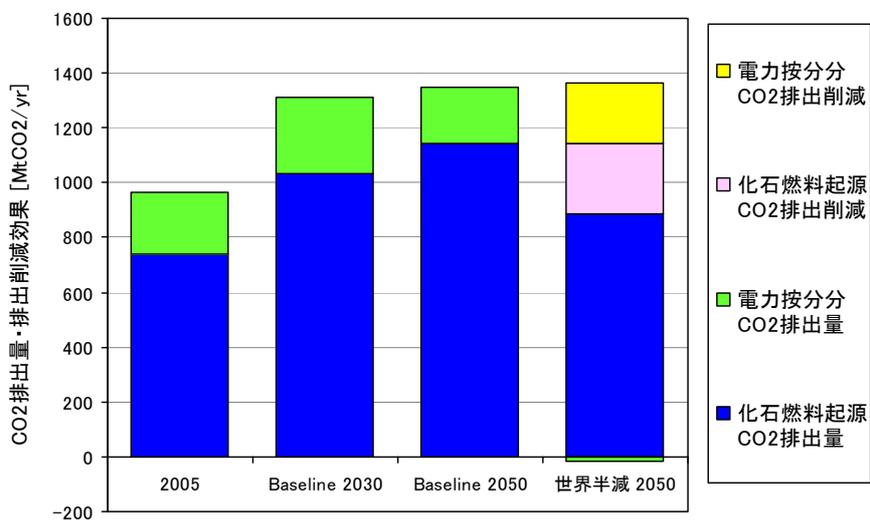


図 19 DNE21+によるセメント部門におけるCO<sub>2</sub>排出量と削減効果

注) 化石燃料起源CO<sub>2</sub>排出量：当該部門で消費した化石燃料からのCO<sub>2</sub>排出量  
 電力按分分CO<sub>2</sub>排出量：発電部門から購入した電力に応じて発電部門でのCO<sub>2</sub>排出量を按分したもの  
 化石燃料起源CO<sub>2</sub>排出削減：当該部門での省エネによる化石燃料消費量抑制に伴うCO<sub>2</sub>排出削減効果  
 電力按分分CO<sub>2</sub>排出削減：当該部門での省エネによる購入電力削減に加え、発電部門でのCO<sub>2</sub>排出原単位改善によって得られるCO<sub>2</sub>排出削減効果。図 2、図 3 に示した部門別のCO<sub>2</sub>排出削減効果とは取扱いが異なることに注意されたい。

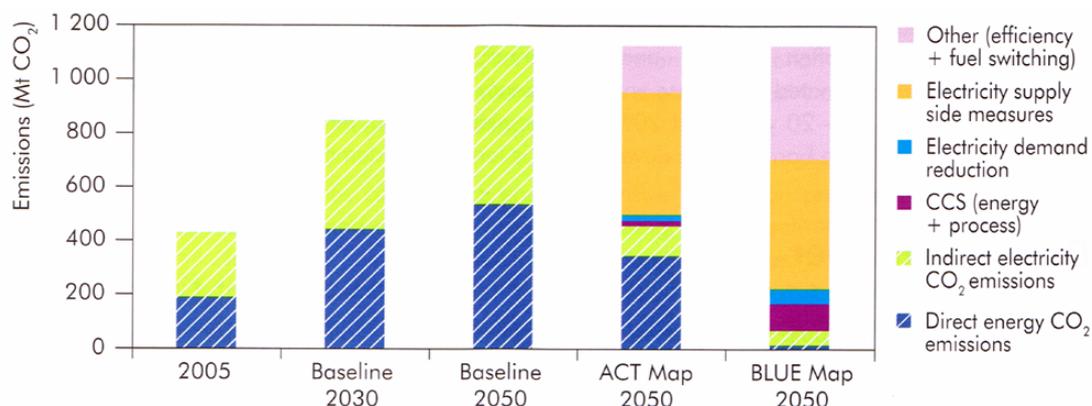


図 20 IEA ETPによる紙パ部門におけるCO<sub>2</sub>排出量と削減効果

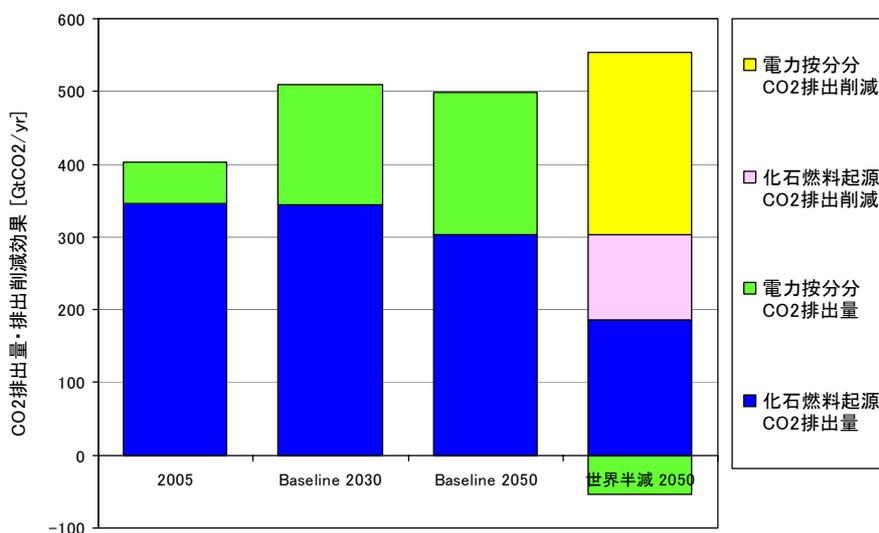


図 21 DNE21+による紙パ部門におけるCO<sub>2</sub>排出量と削減効果

注) 化石燃料起源CO<sub>2</sub>排出量：当該部門で消費した化石燃料からのCO<sub>2</sub>排出量  
 電力按分分CO<sub>2</sub>排出量：発電部門から購入した電力に応じて発電部門でのCO<sub>2</sub>排出量を按分したもの  
 化石燃料起源CO<sub>2</sub>排出削減：当該部門での省エネ・燃料転換による化石燃料消費量抑制に伴うCO<sub>2</sub>排出削減効果  
 電力按分分CO<sub>2</sub>排出削減：当該部門での省エネによる購入電力削減に加え、発電部門でのCO<sub>2</sub>排出原単位改善によって得られるCO<sub>2</sub>排出削減効果。図 2、図 3 に示した部門別のCO<sub>2</sub>排出削減効果とは取扱いが異なることに注意されたい。

#### 4. まとめ

本稿では、IEA ETP2008 と RITE DNE21+の分析結果とを比較しながらまとめた。モデルの前提条件が異なれば提示される将来シナリオも当然異なったものとなる。IEA と RITE のシナリオで細部においてはそれなりの差異が認められる部分もあるものの、全体として見ると驚くほど似通った分析結果となっている。

#### 参考文献

- [1] IEA, Energy Technology Perspective 2008.
- [2] IEA, World Energy Outlook 2007.
- [3] RITE システム研究グループ、世界エネルギー・温暖化対策評価モデル DNE21+モデル解説：全体概要、[http://www.rite.or.jp/Japanese/lab/sysken/about-global-warming/download-data/DNE21+\\_Overview.pdf](http://www.rite.or.jp/Japanese/lab/sysken/about-global-warming/download-data/DNE21+_Overview.pdf)