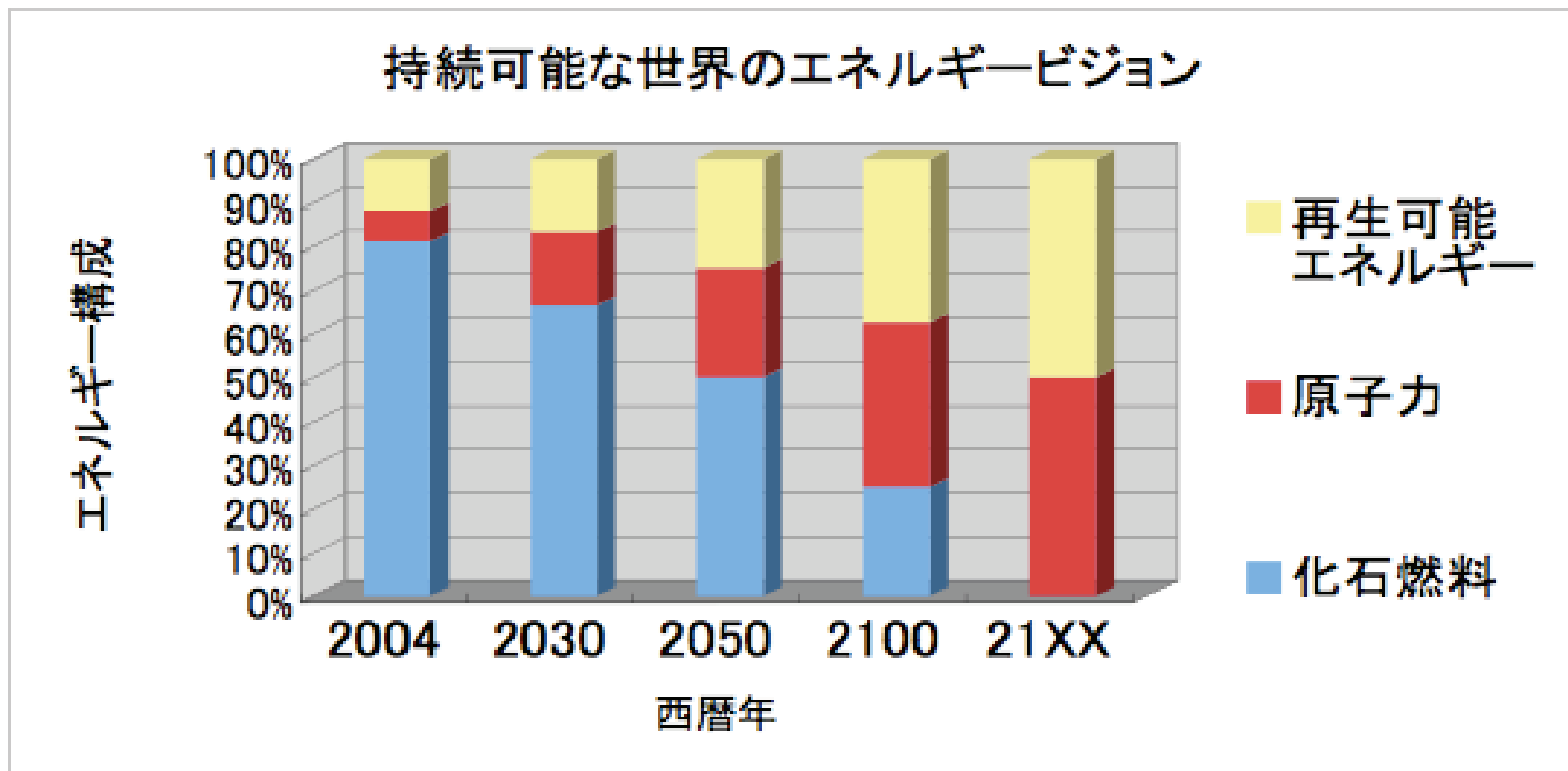


## 地球温暖化問題とエネルギー戦略

湯原 哲夫



# 温暖化問題とエネルギー戦略

1. これまでの提案のまとめと課題
2. 温暖化抑制シナリオの研究状況
3. エンジニアリングモデルによる世界のエネルギー構成とイノベーション
4. 排出シナリオとその経済性の評価
5. 火力発電技術及び原子力発電技術について
6. 2030年の我が国のエネルギー需給について
7. 国際協力, 特に日米中の協力について

# 要旨

1. 気候変動枠組み協議は新しい段階を迎えている。実現可能な方向を目指している。
2. 世界で共有する温室効果ガスGHGの排出シナリオの検討でオーバーシュートシナリオが検討されるようになってきている。
3. そのシナリオの制約のもとに、世界全体でコストミニマムで最適化するエネルギー構成とそれによる二酸化炭素の排出が共有されるべき目標である。
4. 低炭素技術の開発と普及が不可欠である。特に、高効率でクリーンな火力発電技術、CCS、再生可能エネルギーの大規模な導入を可能にするシステム、原子力エネルギー利用技術、および産業用プロセスヒートの低炭素化が不可欠である。継続的なイノベーションを推進する取り組みと普及の仕組みが必要。
5. 2030年における日本のエネルギー構成にとって、高効率な火力発電の推進、原子力発電の維持、大規模な再生可能エネルギーの導入のバランスによって、地球環境・経済性・安定性を確保すべき。
6. 国際協力による低炭素エネルギー技術の開発と普及が重要、二国間オフセットクレジット制度に加え、強い補間関係にある日米中による温暖化抑制のための協力関係を築く事が特に重要。

## 1. CO2排出過去最高を後進し続ける

・二酸化炭素などの温室効果ガスの排出は増加を続け、特に石炭消費量は急増し、2012年の排出量も過去最高を更新し続けている。

2012年の各国の二酸化炭素排出量試算をIEAが公表。米国や欧州で減少、中国では増加に歯止めがかかりつつある。

日本は11年に比べて7千万トン5.8%の増加

## 2. 国連 TIPPING POINT越えを宣言

・国連は「地球環境は既に限界点(Tipping-point)」との報告書を出した。

## 3. IPCC第5次評価報告書第1作業部会報告書(自然科学的根拠)公表

①気候変動に人為的な活動が影響しているのは明らか。化石燃料の出す二酸化炭素②気候変動が原因とみられる異常気象が世界各地で発生している ③海洋の温暖化が進み、海面上昇も進行し続け、海水温度上昇と酸性化が進んでいる。④海氷、氷河、氷床が減少し続けている。

一方、1998年以降、地球全体の温度上昇ペースは鈍化している。共有目標2°C-450ppm安定化-2050年GHG50%削減の見直しが示唆される。

## 4. 京都議定書と排出量取引の危機

・京都議定書の第一約束期間終了し、2013年から第二約束期間に入った。米国、日本、カナダ、ロシアは参加せず、また中国インドは削減義務を負わない。

・排出量取引市場は低迷し、取引価格は下落(この2年で1/10程度に)し、制度存続の危機にある。欧州議会は存続への改革案を可決した(2013年7月)。

## 5. 2020年以降の温室効果ガス削減の国際的枠組み

・削減目標を自主的に設定する案で先進国が一致(次期枠組みは2015年末のCOP21で採択予定)。

## 6. 日本政府、目標の撤回

・2020年の温暖化ガス排出量を1990年比で25%削減する目標の撤回を決め、新たな目標をCOP19で表明する。また、新たなエネルギー基本計画を年内めどに取りまとめる予定。

## 7. 米国オバマ大統領の温暖化行動計画発表

・温暖化対策で講演(2013.4.26)し、すべての火力発電所からの二酸化炭素の排出を規制する。

・米環境保護局、新設の石炭火力発電CO2規制案(500kgCO<sub>2</sub>/kWh)を発表。40%削減=CCS義務づけ。

・2020年までに2005年比17%削減することを確認した。

・低炭素でクリーンなエネルギー技術は成長エンジンである。とくにクリーンで高効率な化石燃料利用の促進、再生可能エネルギーの倍増、小型原子炉の開発など原子力の維持・推進を強調。

・新興国へ働きかけ、世界を主導する。

## 8. 中国の排出量取引所

・中国のエネルギー消費量は過去最高を更新し続け、大気汚染が深刻化している。

一方、再生可能エネルギーへの投資は世界最大であり、また気候変動対策は最上位の政策課題としている。

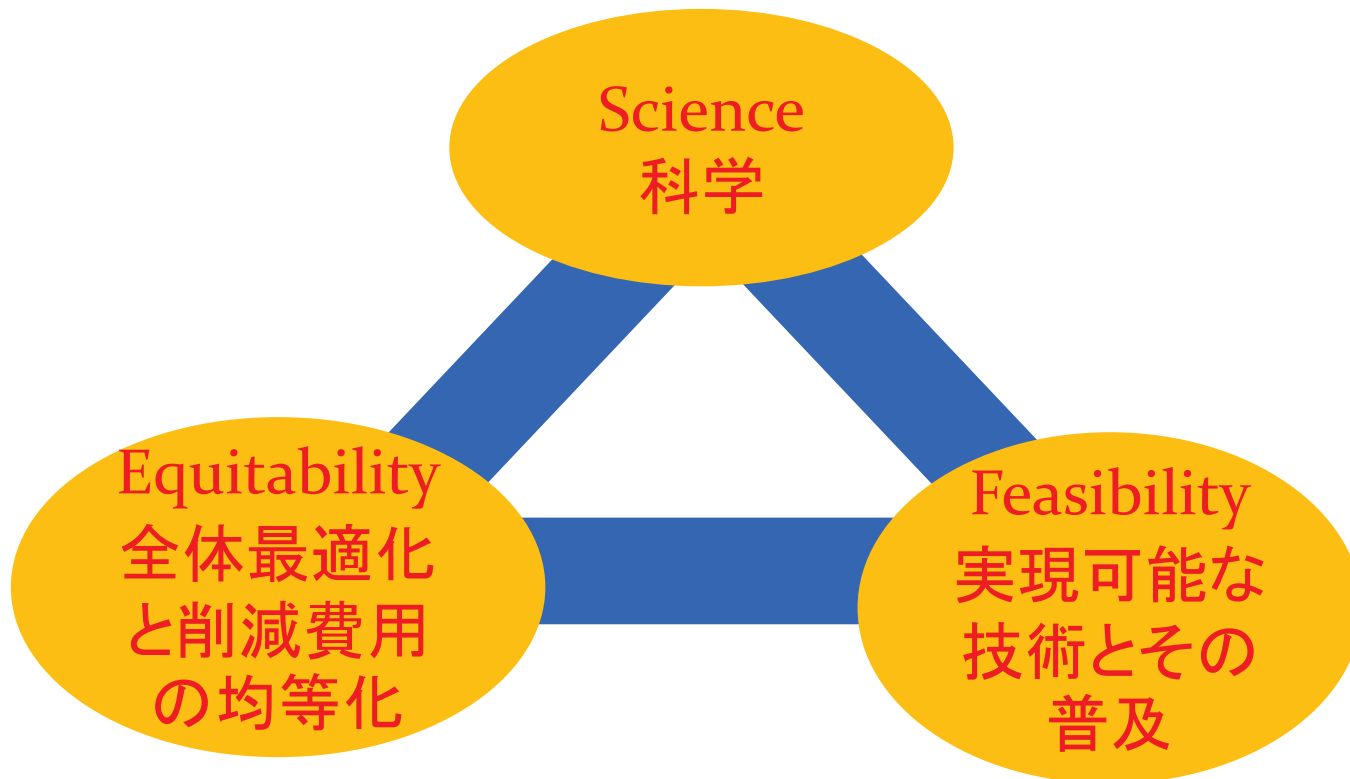
・2020年から全国的な排出取引を行い、GDP当たりのCO2排出量を2005年比40~45%に押さえる目標。

## 9. 日本、新興国へ技術供与し温暖化防止「2国間クレジット制度」 8カ国と合意

モンゴル、バングラデシュ、エチオピア、ケニア、モルディブ、ベトナム、ラオス、インドネシア

# Towards the harmony

- Principles for the new climate regime-



**Tetsuo YUHARA**

**The Canon Institute for Global Studies**

第2回「地球温暖化対策で世界が共有するエネルギービジョン」  
国内シンポジウム(2011.6.30)・国際シンポジウム(2011.9.16)

目的:

地球温暖化対策を話し合う国連気候変動枠組み条約の締約国会議(COP17)に向けて、  
京都議定書に代わる新たな枠組みづくり\*に向けた提言を行う。

\*「あたらしい排出曲線＋世界全体で最適化＋先進技術の開発とその普及」

内容:

- (1)温室効果ガス(主としてエネルギー起源二酸化炭素)の総排出量の設定  
-「GHG濃度安定化450ppm&2°C」から「オーバーシュート&ゼロエミッションシナリオへ」
- (2)これを満たす世界全体で最適化(コストミニマム)するエネルギー構成と  
その結果得られる各国の排出量(2050年先進国50%減、途上国10%増)
- (3)このエネルギー構成に対する追加削減費用と省エネメリットのバランスを維持  
(追加投資が燃料削減メリットとバランスする)
- (4)低炭素エネルギー技術普及のメカニズム(途上国支援のための技術移転とその在り  
方、京都議定書における追加性とカーボン市場における投機性の排除)。

## シンポジウムで共有されたビジョン

- 地球温暖化抑制に関する国際的な合意が見通せない現状を踏まえて、我々専門家と実務者が危機感を持って集まり、新たな気候変動の科学的知見とその示唆、新たな温室効果ガスの排出シナリオとその実現のための新たな国際協力メカニズムの構築について議論し、次の共通認識を持つに至った。
  1. 気候変動の科学に基づいて、オーバーシュートシナリオを考慮した、実現可能な温室効果ガスの排出シナリオを支持する。
  2. エネルギー起源の二酸化炭素の排出シナリオのもとで世界全体の最適化（コストミニマム）により、長期エネルギービジョンと排出分担を追求し、投資とメリットがバランスするエネルギービジョンの提案を歓迎する。
  3. オープンでフェアかつ効率的な仕組みによって低炭素技術の普及を国際協力により進める。温暖化を抑制し、経済成長と両立するエネルギービジョンの実現につとめることを共有する。
  4. 国際的な討議の場を通して、世界で共有できるビジョンとして受け入れられることが望ましい。

# 濃度安定化 vs ゼロ・エミッション安定化

( — 実線 )

( - - - 破線 )

◆ 濃度一定の前提

→ 遠い未来の温度のため当面の排出小

◆ 0エミッション(2150年頃)達成可なら

→ 当面の排出大、数100年後温度下がる

CO<sub>2</sub>排出  
GtC

ΔT

3°C

2°C

1°C

0°C

CO<sub>2</sub>  
ppm

500

400

300

-20

-10

0

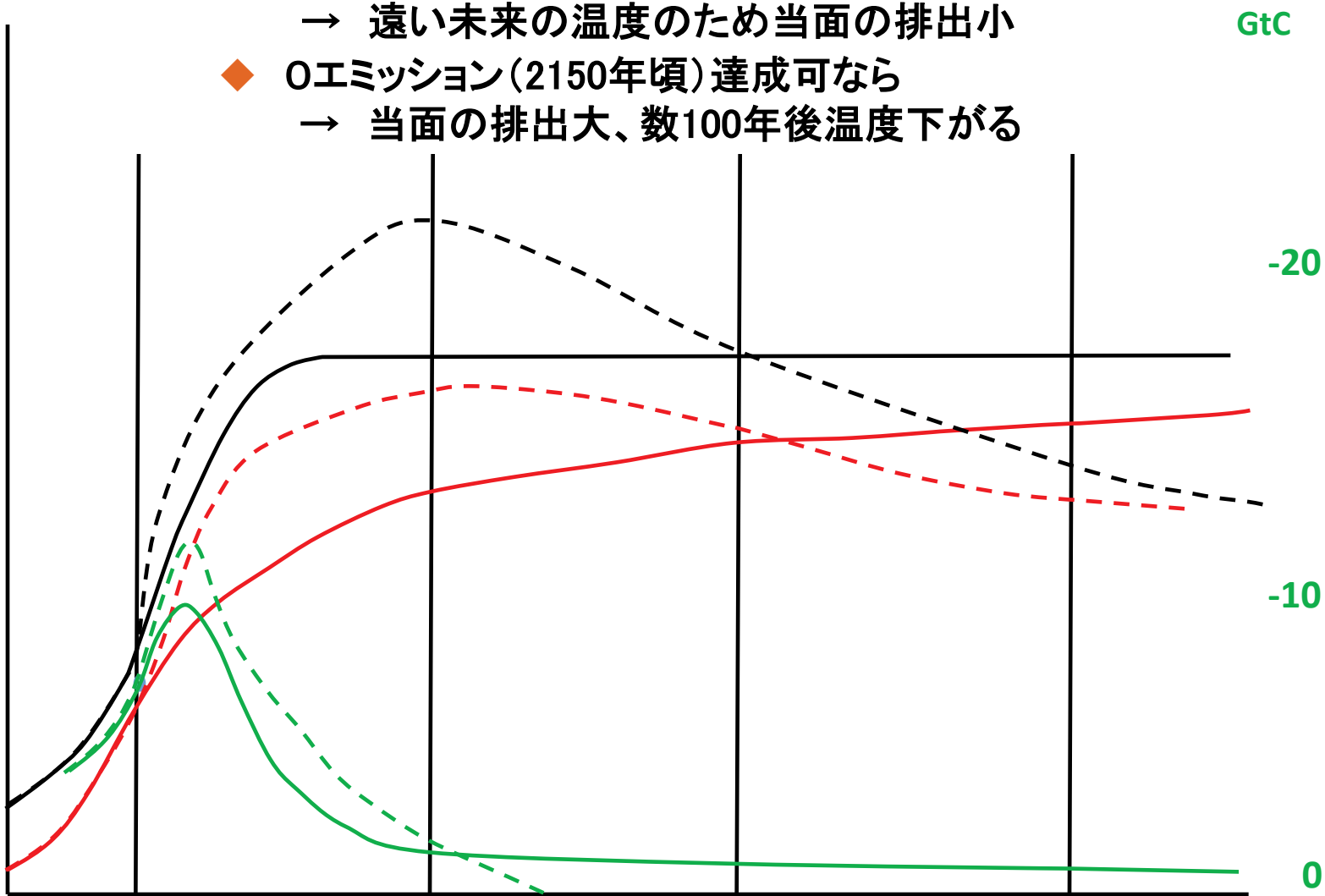
2013/10/30

2000年

2100年

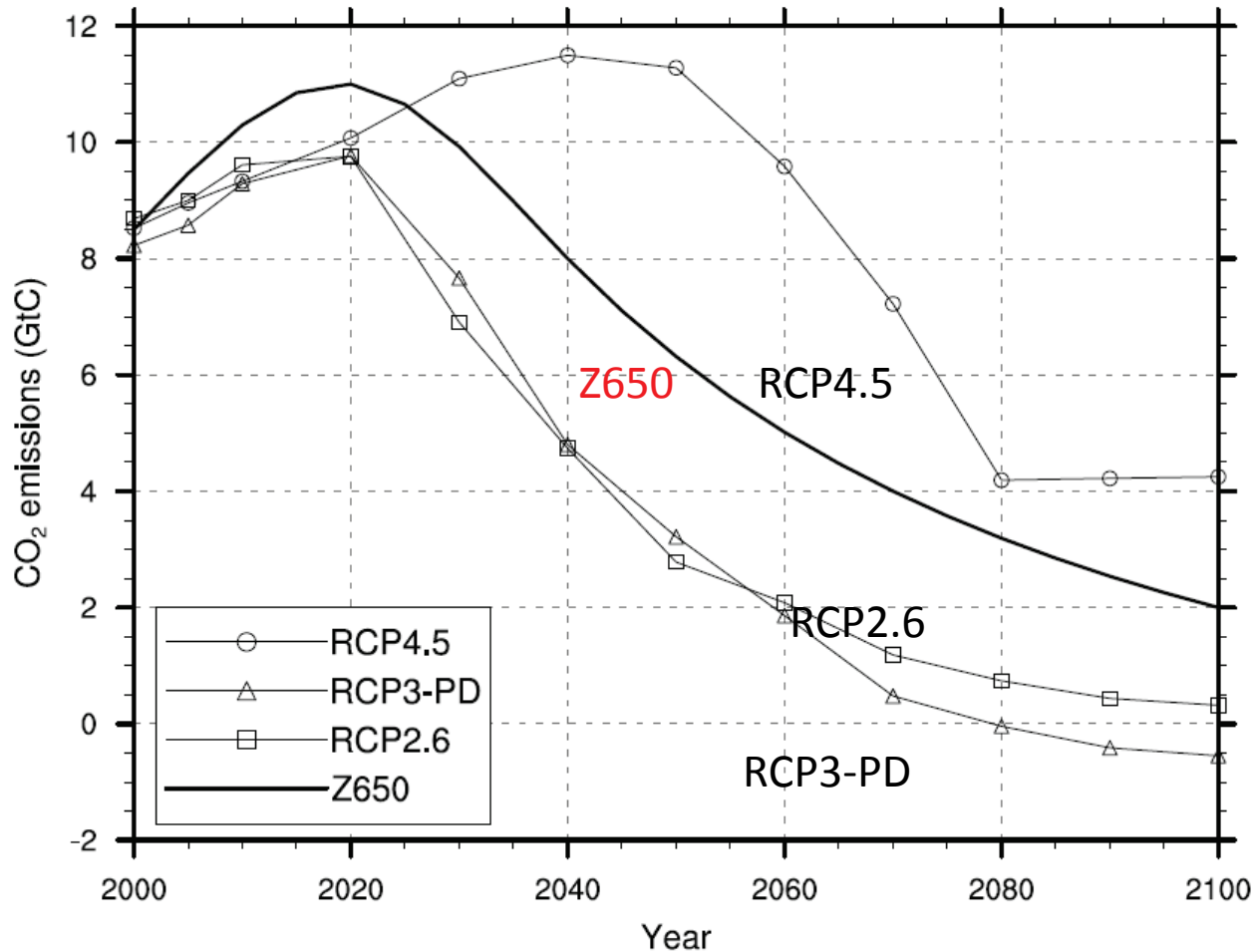
2200年

2300年





# AR5用RCP排出パス群と松野・丸山・筒井等の提案するZ650の排出パス

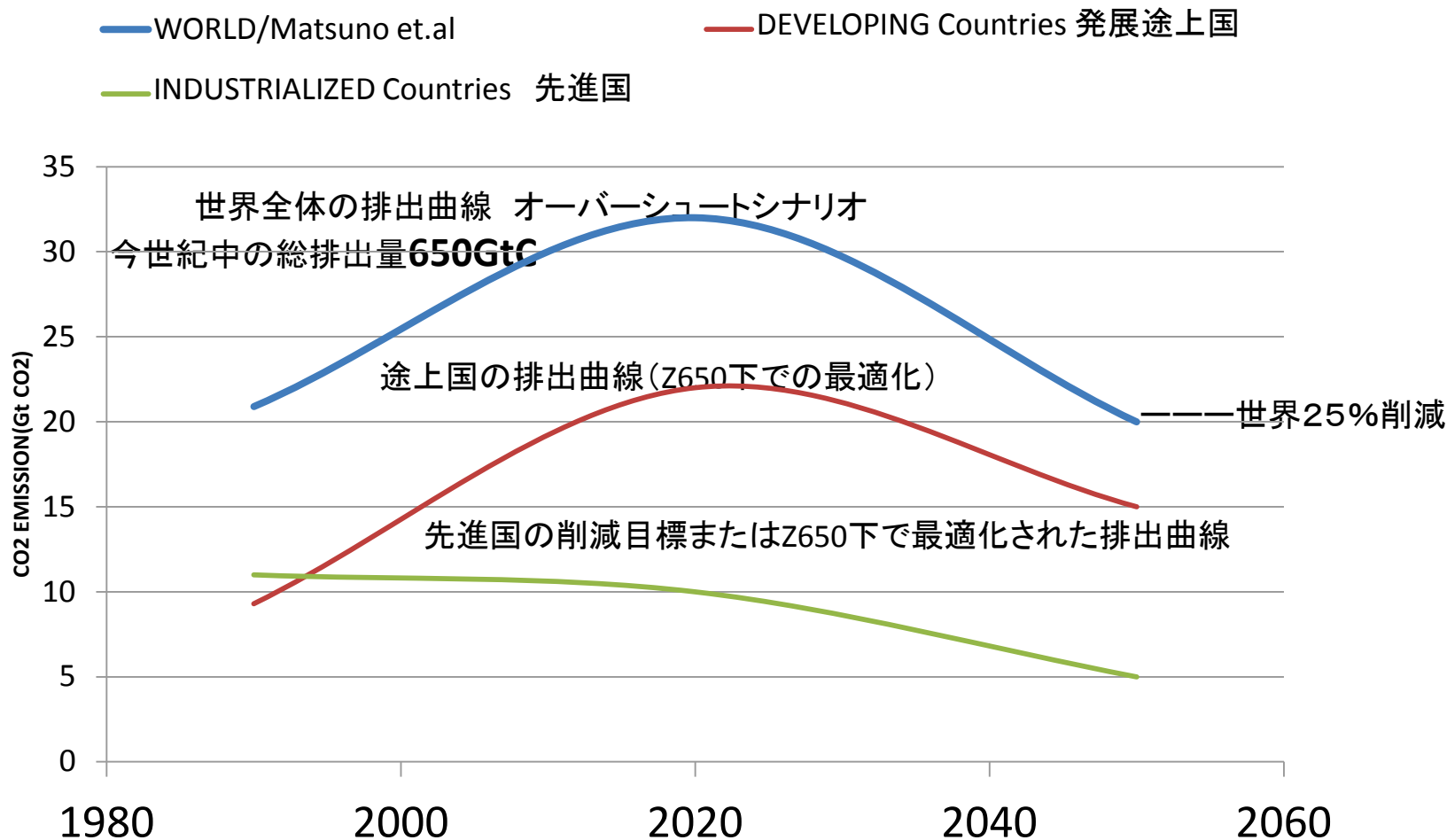


(Source) RCP Database (version1.0)  
IIASA Homepage (<http://www.iiasa.ac.at/web-apps/tnt/RcpDb>)

提案するZ650シナリオによる21世紀中CO<sub>2</sub>排出パスを他のRCPシナリオと比べる。  
Z650は21世紀中の総排出量が650GtC、RCP2.6は420GtCぐらい。

# 「世界が共有する排出シナリオ案 Z650」

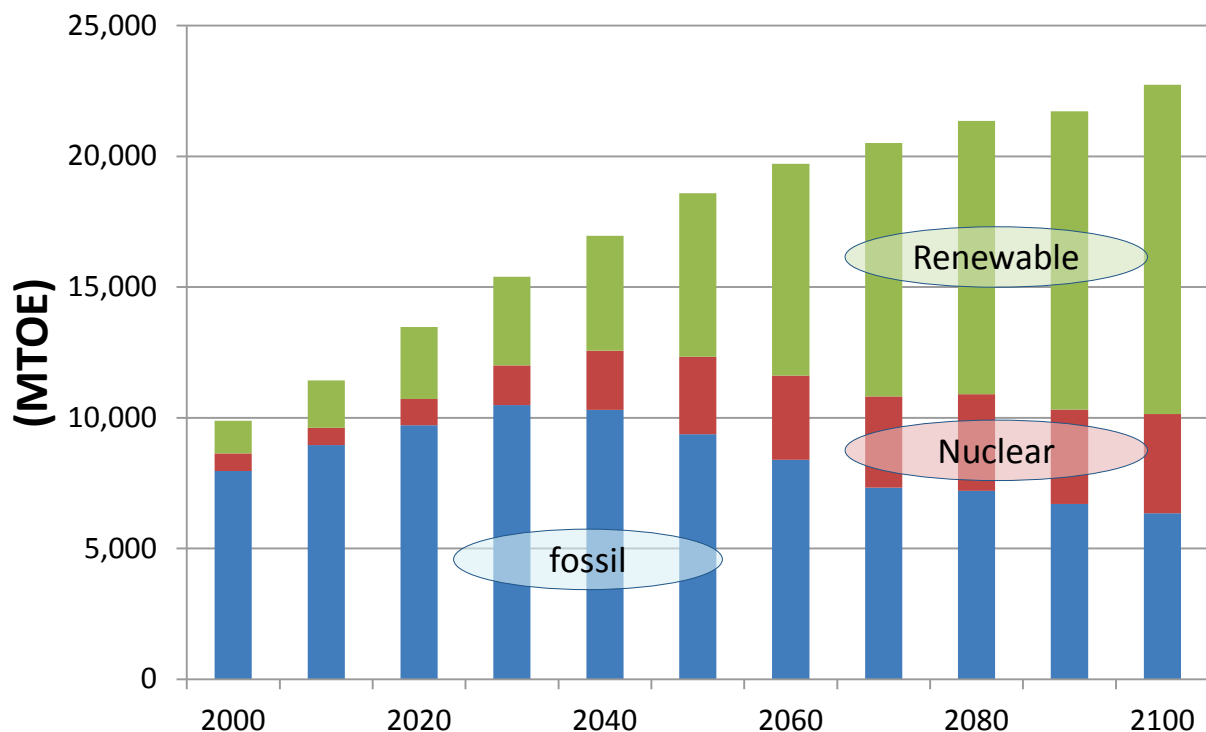
温暖化予測の科学(2°C)と先進国の削減曲線(2050年50%削減)が途上国の削  
[気候変動予測の要求(2°C以下)]-[先進国の削減目標]=[途上国の排出曲線]



- 途上国を中心にエネルギー消費が急増していく中、二酸化炭素排出を削減していくためには、原子力、再生可能の着実な増加が必要

Fossil : Nuclear : Renewables = 5 : 2 : 3 (2050)

3 : 2 : 5 (2100)



## CO2対策を実施しないと化石燃料中心の社会が続く

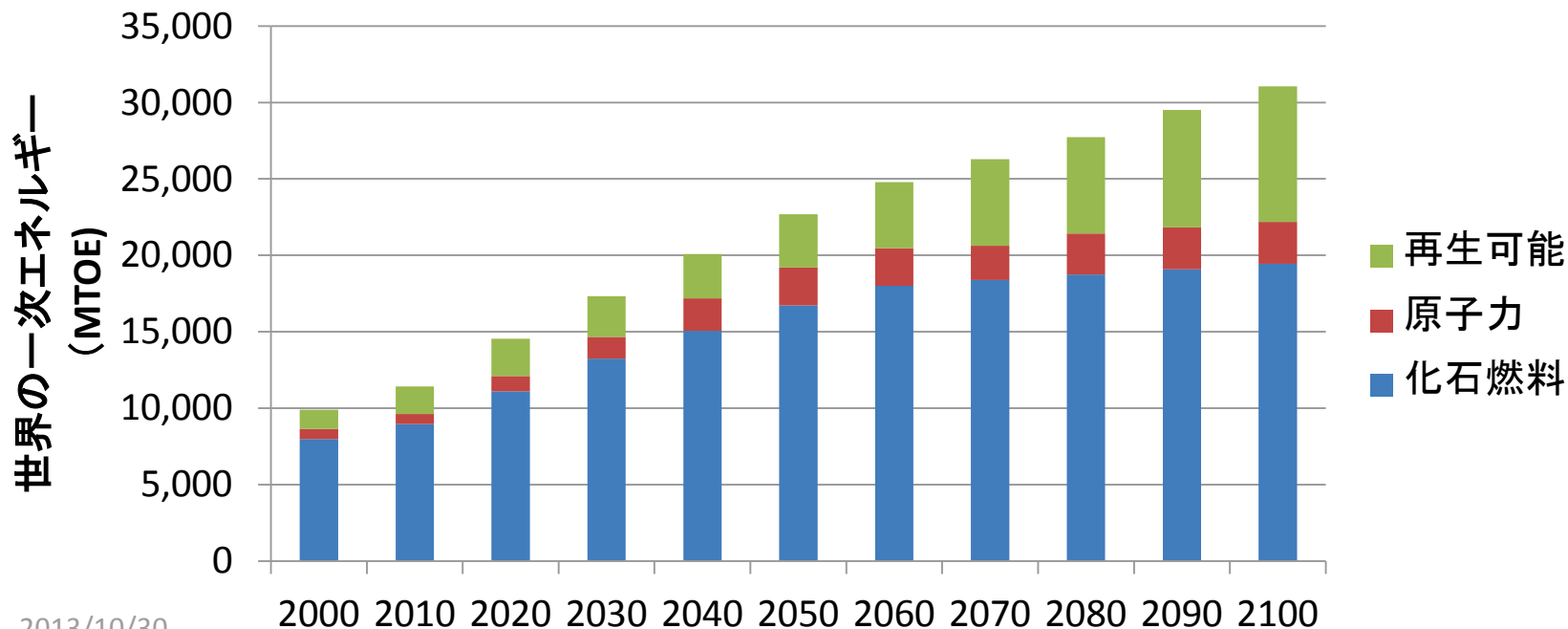
### ◆ CO2排出

2050年の排出量54Gt(1990年の約2.5倍)。

累積排出量:2050年まで630Gt-C、2100年までの累積で1480Gt-C

### ◆ 資源制約

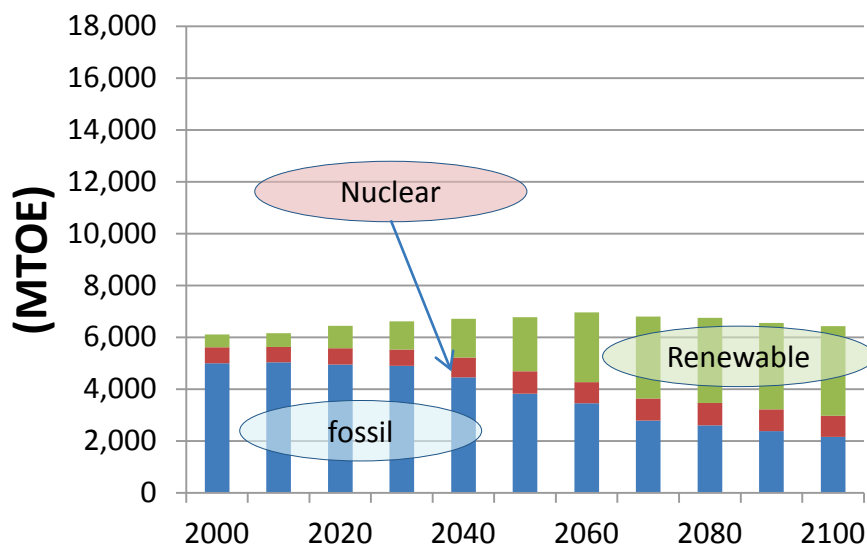
今世紀は石炭を中心に十分に供給可能。ただし、2150年で総資源量の5～7割を消費しており、長期持続的ではない。



# Region Total Primary Energy for Z650

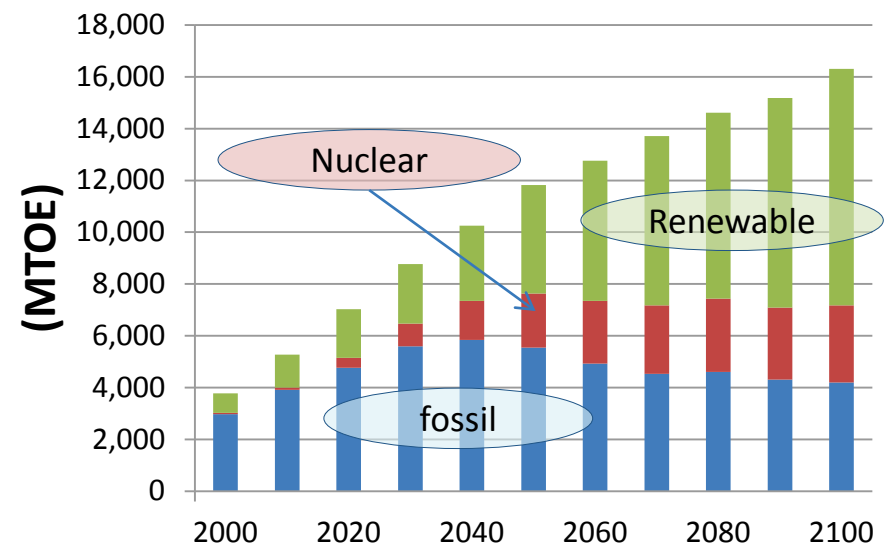
## Industrialized countries

- Total Primary Energy is almost constant up to 2100.
- Share of fossil fuel gradually decreases
- Alternatively, share of renewable energy mainly increases

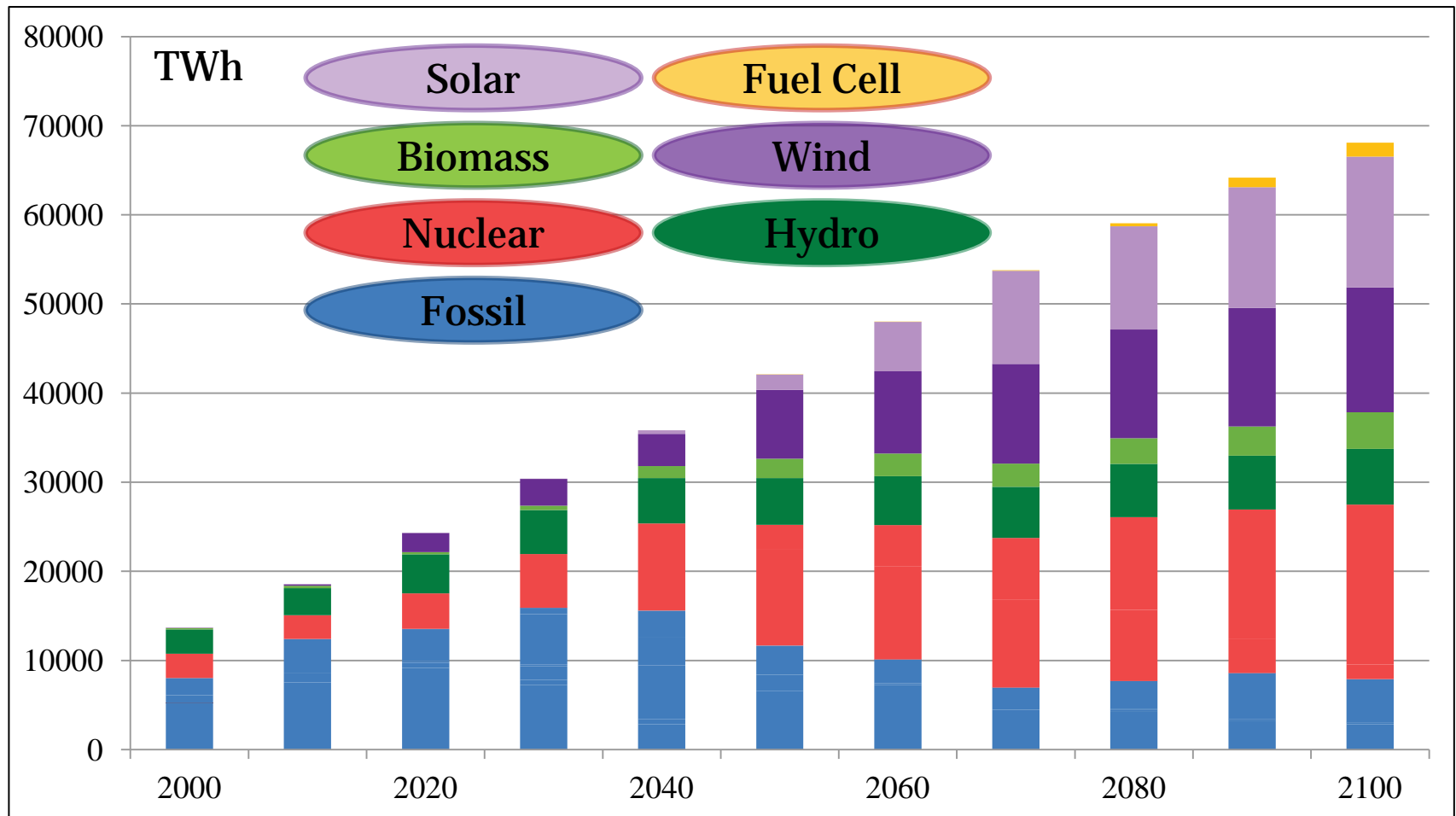


## Developing countries

- Total Primary Energy continuously increases up to 2100
- Peak of fossil fuel consumption at 2040
- Both Nuclear and renewable energy increase remarkably



# Electricity: Global Power Generation of Z650



Nuclear Power Capacity (GWe)	2000	<b>2030</b>	<b>2050</b>	2100
		370	<b>810</b>	<b>1,800</b>

# Regional Equitability

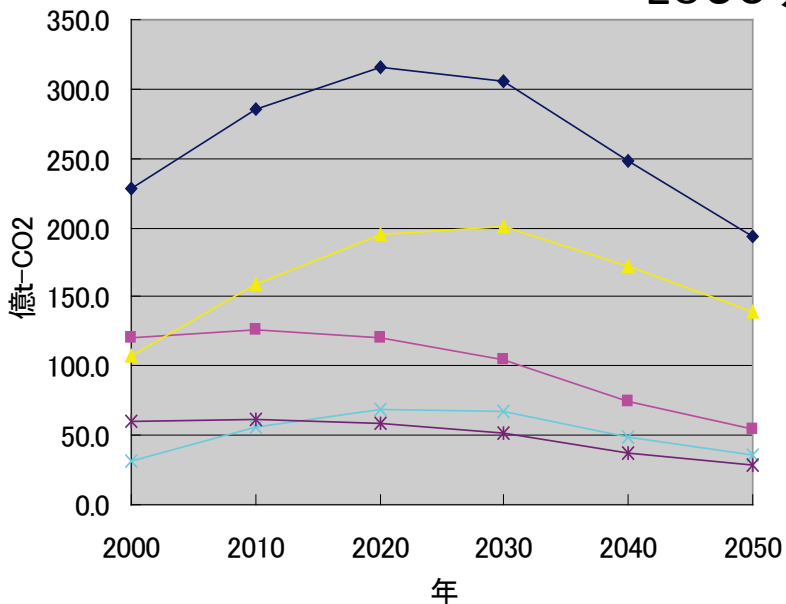
Major industrialized and developing countries

Region	CO2 Emissions					
	2030			2050		
	Ratio to 1990 levels	Ratio to 2005 levels	Ratio to REF of 2030	Ratio to 1990 levels	Ratio to 2005 levels	Ratio to REF of 2050
World	1.60	1.20	0.82	1.00	0.75	0.46
Industrialized countries	1.05	0.95	0.89	0.53	0.48	0.48
USA	1.16	0.96	0.90	0.57	0.47	0.47
EU15	0.89	0.86	0.91	0.46	0.45	0.53
Japan	0.93	0.79	0.90	0.55	0.47	0.66
Developing countries	2.82	1.54	0.77	2.05	1.12	0.45
China	2.77	1.48	0.74	1.53	0.82	0.37
India	3.42	1.91	0.72	2.83	1.57	0.37
ASEAN	3.74	1.64	0.80	3.41	1.50	0.57

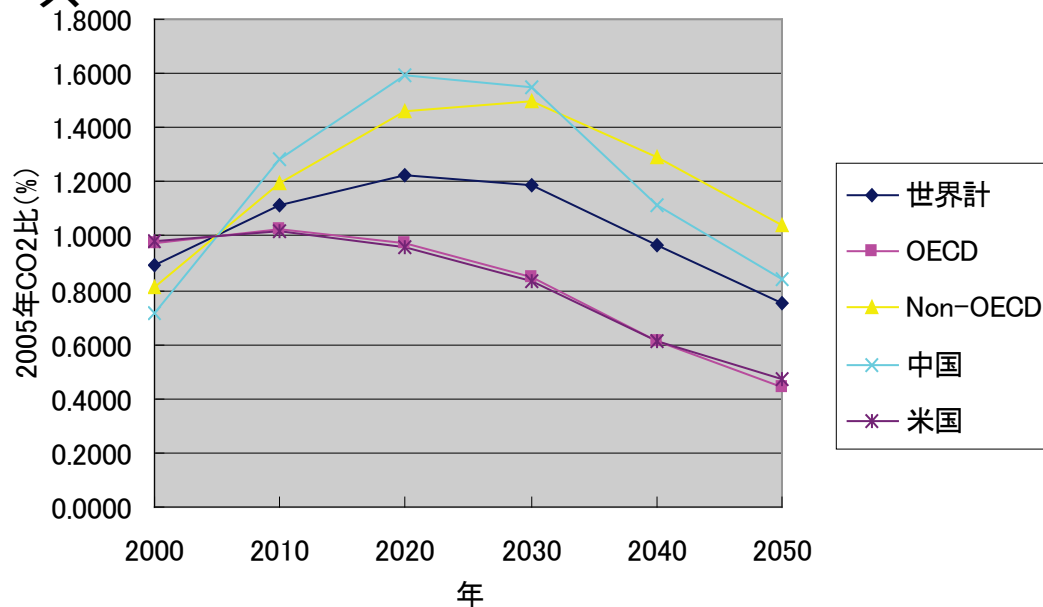
# 2050年までのCO2排出量Z650 と2005年比率 -世界、OECDとNon-OECD、中国と米国

化石燃料起源CO2排出量(億t-CO2)

Z650ケース



化石燃料起源CO2排出量対2005年比率



エネルギー起源二酸化炭素の排出比 (2005年を1.0)

		2030年	2050年
<b>世界</b>		<b>1.2</b>	<b>0.75</b>
	<b>先進国</b>	<b>0.9</b>	<b>0.5</b>
	US	<b>0.9</b>	<b>0.4</b>
	EU	<b>0.85</b>	<b>0.5</b>
	日本	<b>0.8</b>	<b>0.4</b>
	<b>途上国</b>	<b>1.6</b>	<b>1.1</b>
	中国	<b>1.6</b>	<b>0.9</b>
	インド	<b>1.9</b>	<b>1.7</b>

発電量における原子力の  
最大シェアを60%以下のケース



# Result of Global Optimization

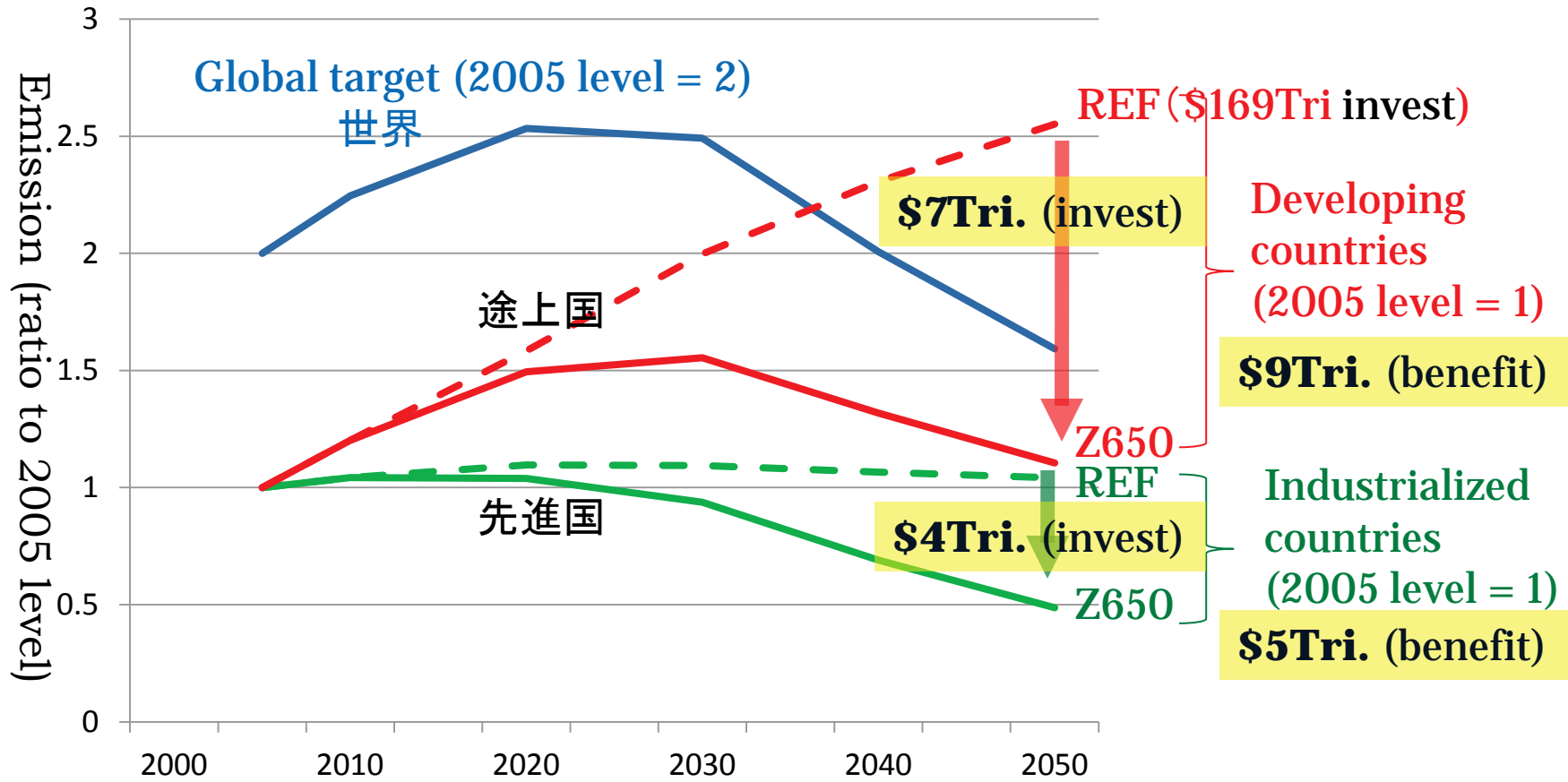
## Global and regional CO<sub>2</sub> Emissions

Ratios to 2005 levels		2005	2030	2050
<b>REF</b>	World	1.0	1.5	1.6
<b>Z650</b>	World	1.0	1.2	0.75
	Industrialized countries	1.0	1.0	0.5
	US		1.0	0.5
	EU15		0.9	0.4
	Japan		0.8	0.5
	Developing countries		1.0	1.5
	China	1.5	0.8	
	India	1.9	1.6	

Different reduction rates are needed depending on economic levels

# Additional Investments vs. Fuel Saving Benefits

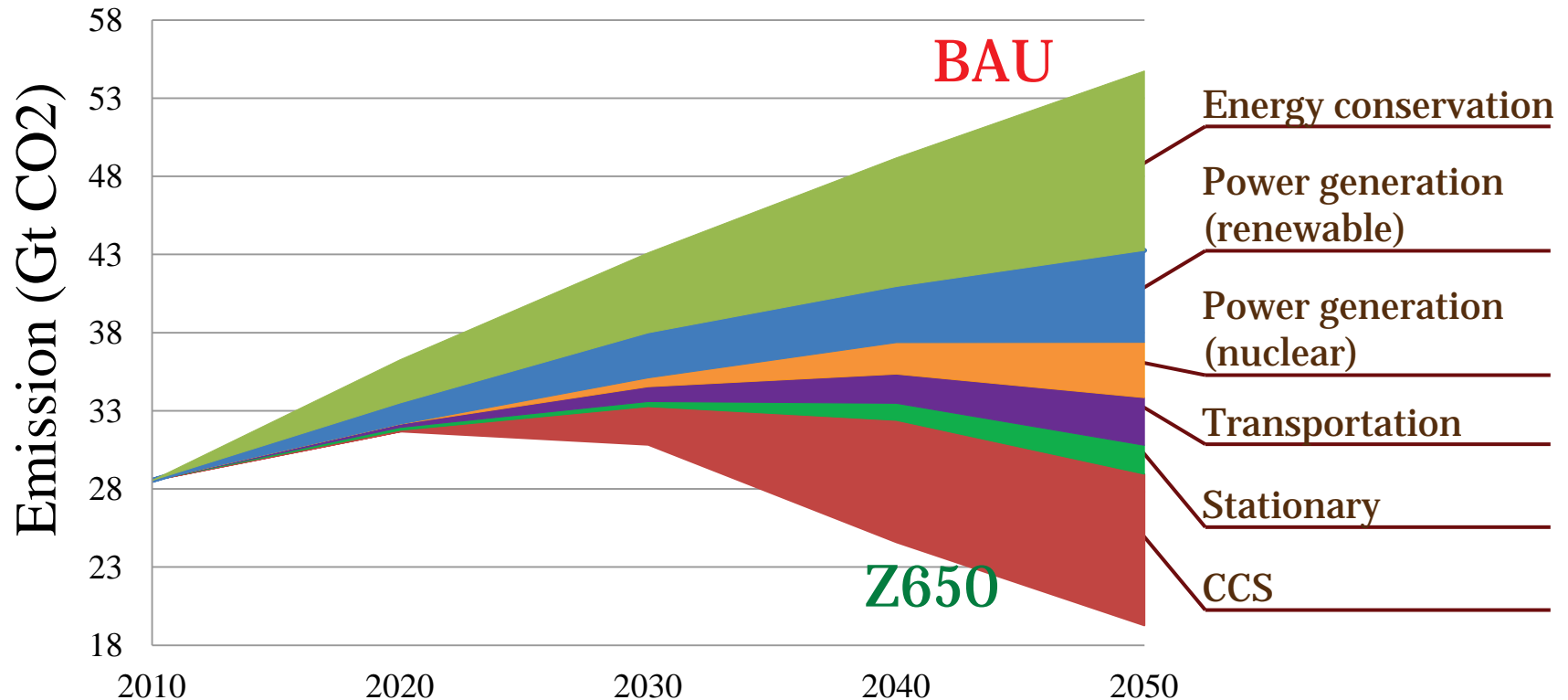
世界全体で最適化し、投資と燃料削減費がバランスするエネルギー構成が存在する  
Global and regional emissions of Energy Related CO<sub>2</sub>



註: \$ 1 Tri/40年間 = 25B \$ /年 = 2兆円 /年

先進国2050年80%削減ケースでは 追加投資 \$38Tri, 燃料削減メリット = -\$10Tri; net \$28Tri

# CO<sub>2</sub> emission reductions by sector



Energy saving and renewable energy play an important role during the whole period, while nuclear, transportation and CCS play an increasing role during the later stage.

# Cost and Benefit

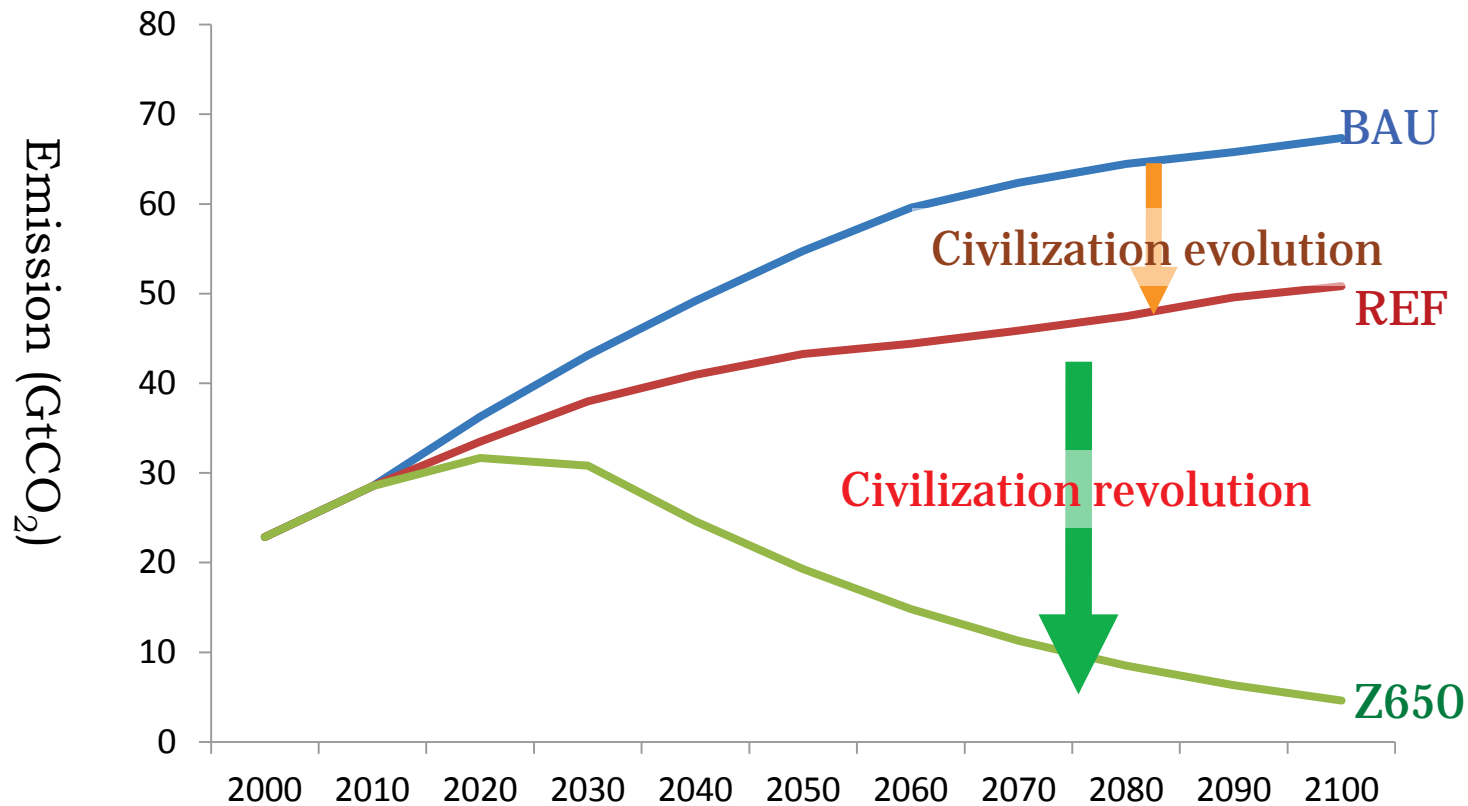
## Differences from REF Scenario ▪ Nuclear phase-out, CCS

Unit : Trillion USD

	Emissions 2050 (ratios to 2005)	With Nuclear			Without Nuclear			Damage
		cost	benefit	total	cost	benefit	total	
World	<b>0.75</b>	<b>11</b>	<b>-14</b>	<b>-3</b>	<b>17</b>	<b>-9</b>	<b>8</b>	<b>11</b>
Developed	<b>0.5</b>	<b>4</b>	<b>-5</b>	<b>-1</b>	<b>6</b>	<b>-5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Developing	<b>1.1</b>	<b>7</b>	<b>-9</b>	<b>-2</b>	<b>11</b>	<b>-4</b>	<b>7</b>	<b>9</b>
	Emissions 2050 (ratios to 2005)	With CCS			Without CCS			Damage
		cost	benefit	total	cost	benefit	total	
World	0.75	11	-14	-3	24	-17	7	10
Developed	0.5	4	-5	-1	7	-5	2	3
Developing	1.1	7	-9	-2	17	-12	5	7

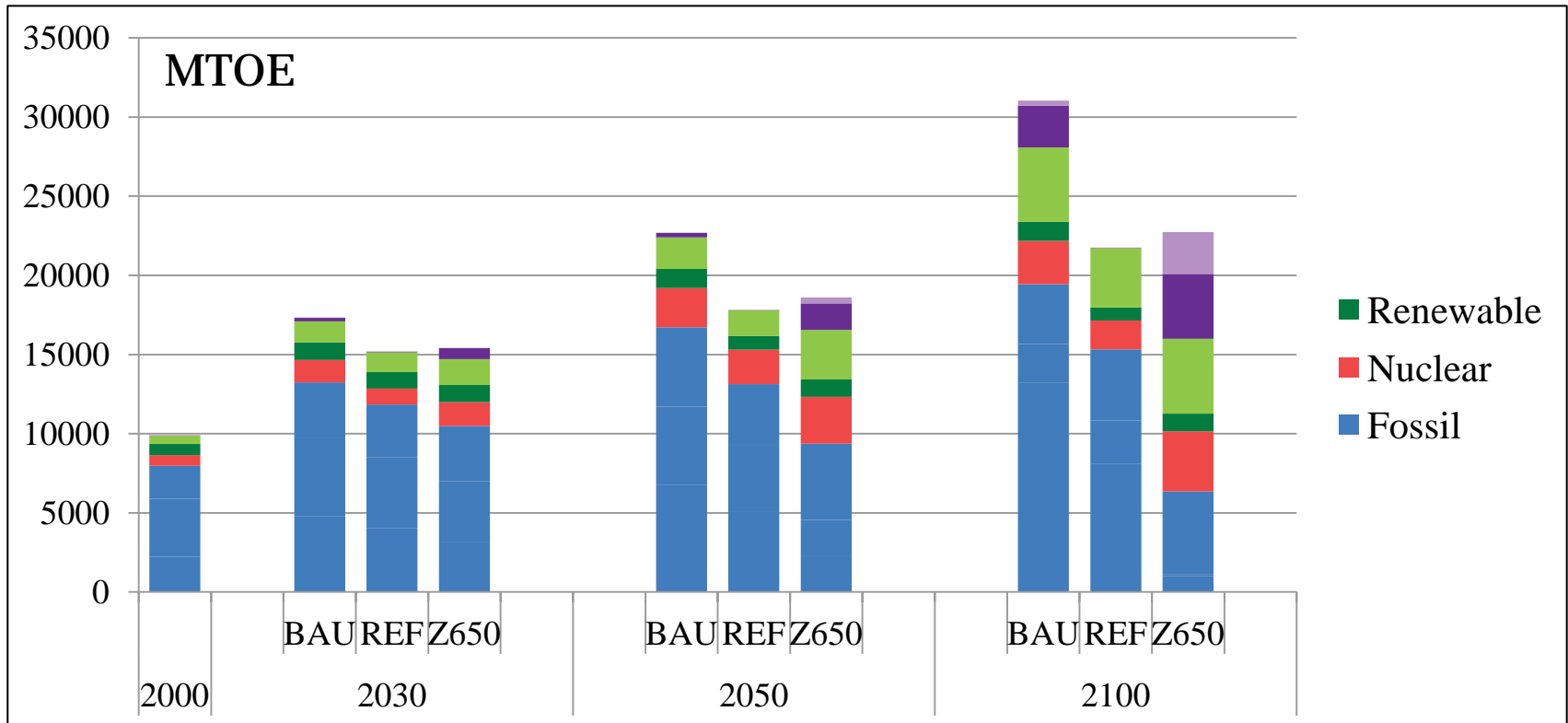
# Towards the optimized way

Global emissions of Energy Related CO<sub>2</sub>



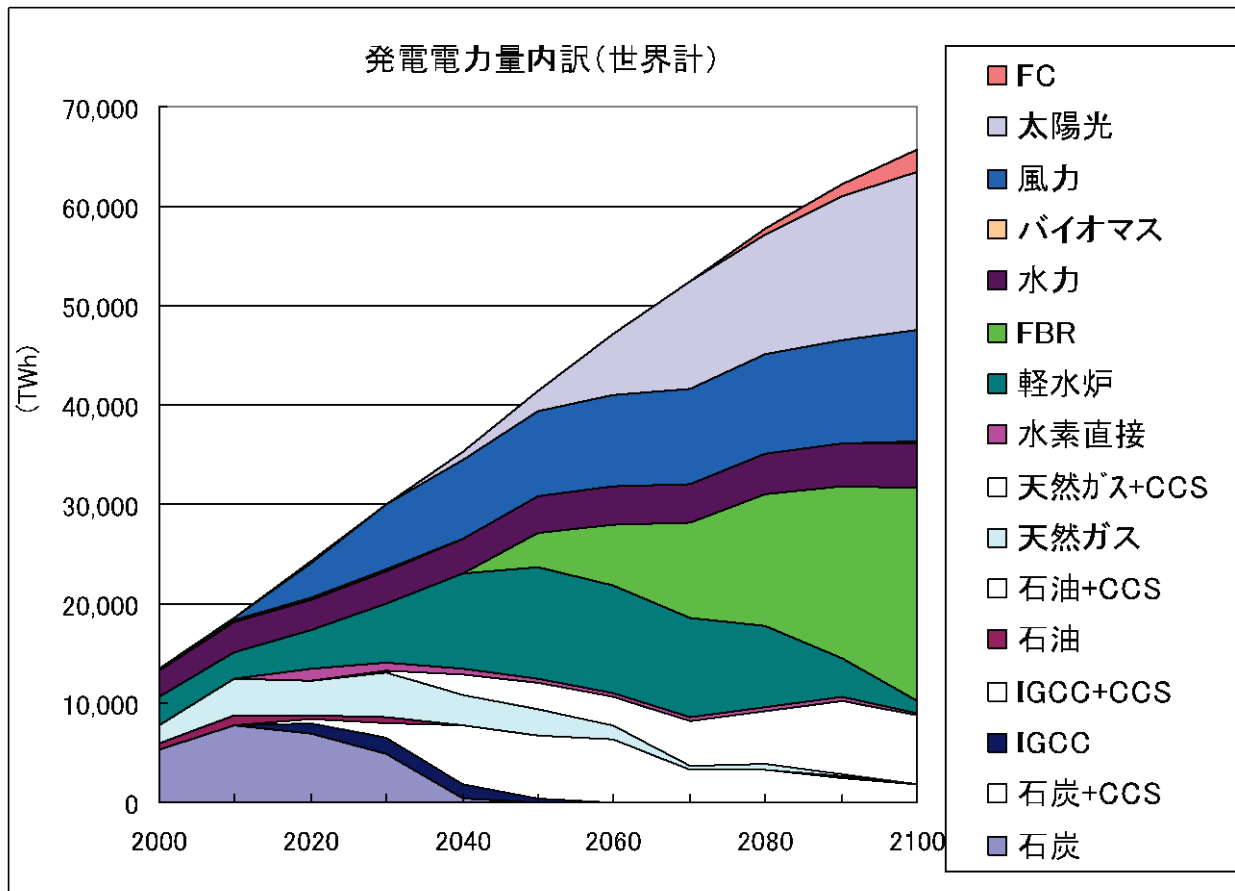
# Total Primary Energy

Total Primary Energy continuously increases up to 2100  
 Less energy consumptions in REF and Z650  
 More clean energy combination in Z650



**Changes of Primary Energy Mixture in Z650 (Fossil: Nuclear: Renewable)**  
**7: 1: 2 (2030) → 5: 2: 3 (2050) → 3: 2: 5 (2100)**

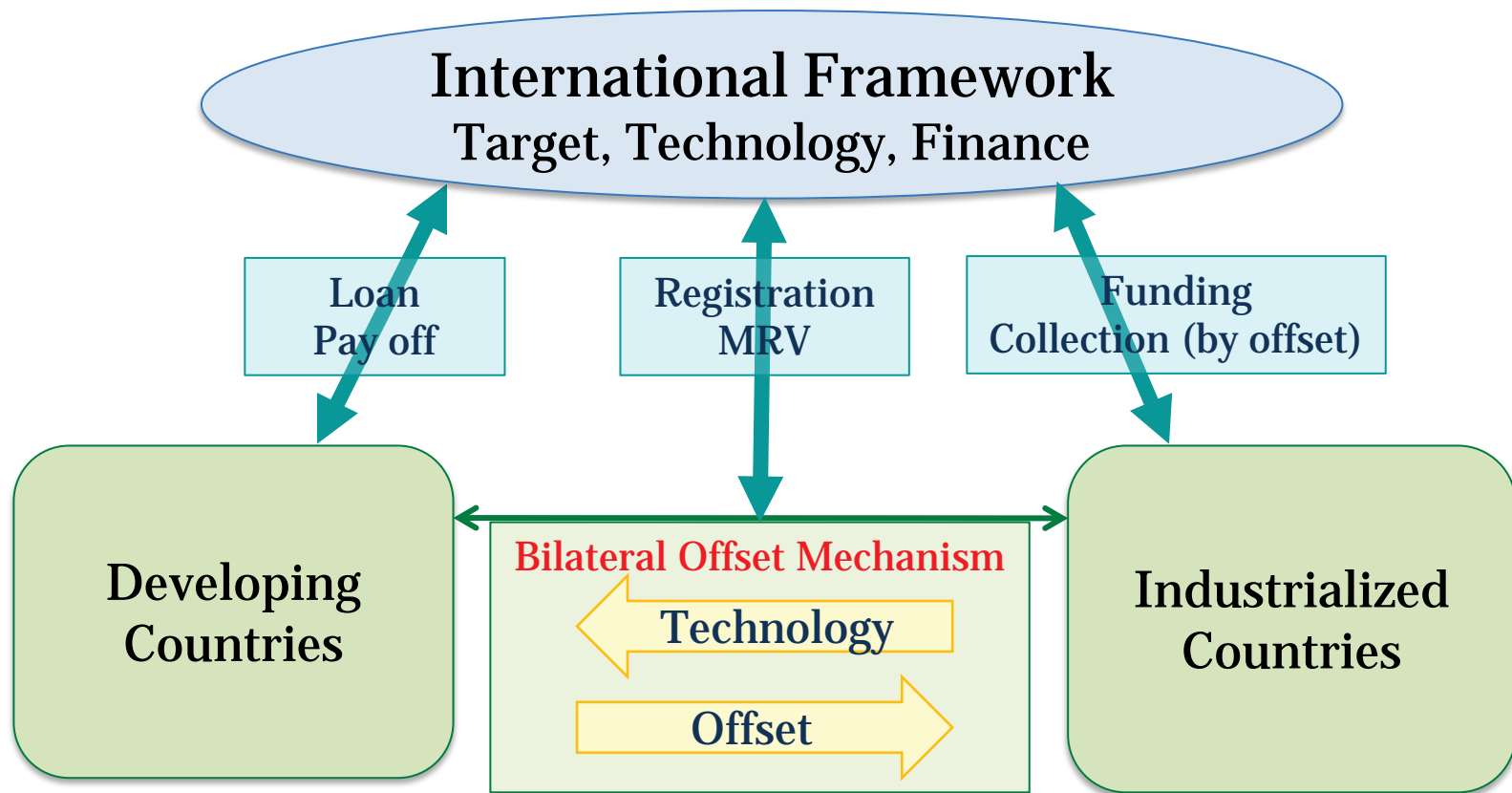
## 原子力、火力、再生可能エネルギーのバランスの良い構成が得られた



「気候変動予測の要求(2°C以下/Z650)」に対応する、世界全体のコストミニマムで最適化された電源構成(GRAPEによる長期シミュレーション)

# Enhanced international Mechanism

国際協力による低炭素技術の普及、認証認定



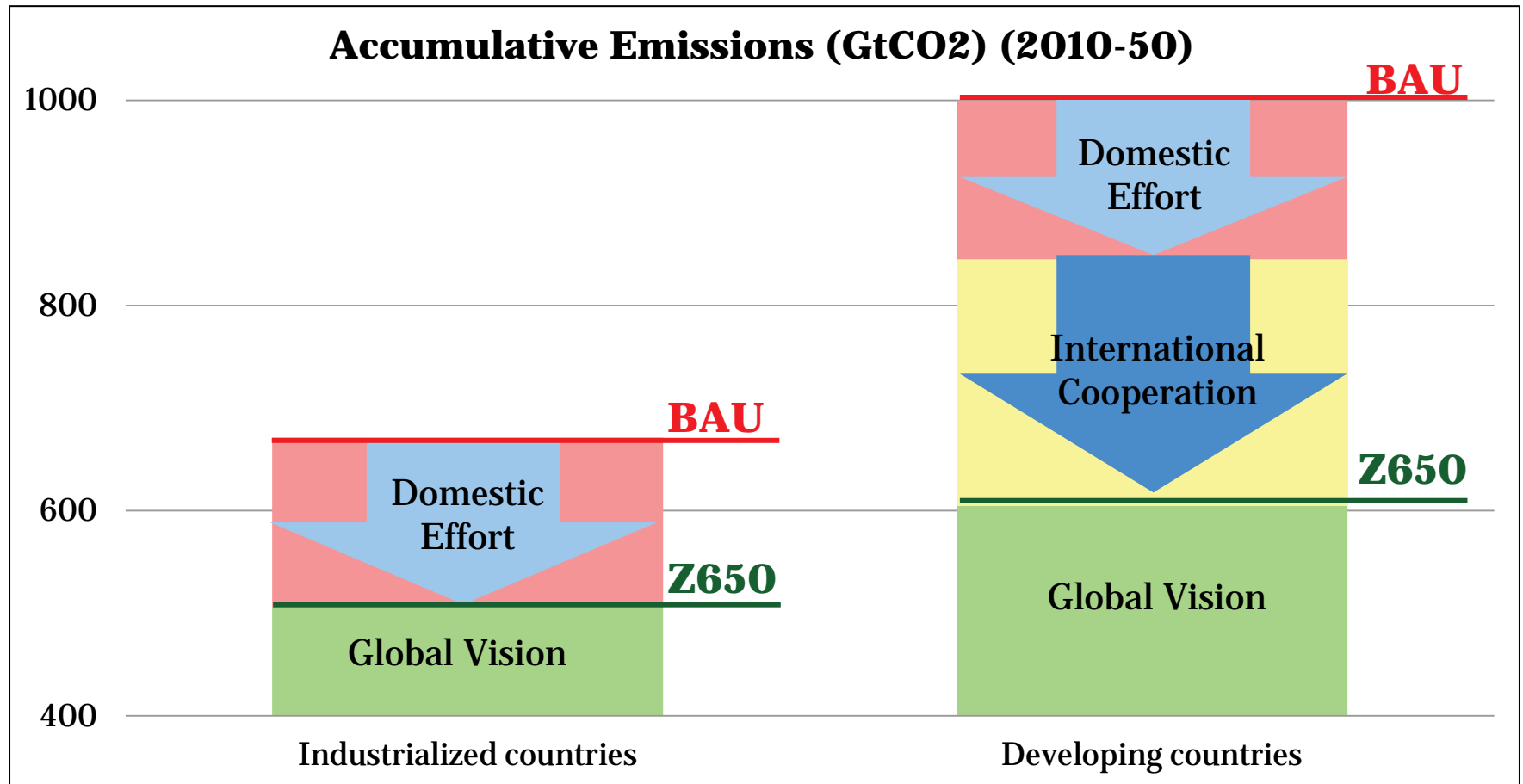
**To promote the low carbon technology deployment**

**To provide incentive to low carbon technology development**

二国間でのオフセットと技術移転。有償の融資とロイヤリティの確保(トップランナー低炭素技術の認定とライセンスフィーの尊重)、透明性ある削減実績の認証



# CIGSの世界共有ビジョン提案 実現する途



**BAU:** traditional development **REF:** energy conservation **Z650:** Low carbon vision

International cooperation is necessary to fill in the gap in developing countries from domestic initiative to low carbon vision

# 2030年日本のエネルギー構成

# 2030年日本のエネルギー構成について

## 1. 二酸化炭素排出 2005年比20%削減

## 2. 原子力発電の維持(総発電量の25%程度)

- ・2010年設備4900万kW・稼働率67%・発電電力量288TWh
- ・中長期的に維持する→4200万kWの設備を稼働率65%・発電電力量240TWh(全発電電力量の24%)で維持。
- ・寿命を60年として、リプレースが10年間3基程度必要。
- ・なお同一設備量で稼働率の改善(80~90%)により発電電力量は30%~35%を維持できる。

## 3. オーバーシュートシナリオ下における世界全体最適化(GRAPEの結果)を基軸に据え、その中における日本の構成を日本の状況を踏まえて、これに修正を加え、エネルギー構成を。

## 4. セクターごとの効率とその改善を設定し、需要量とそのエネルギー構成を見直し、電源構成と総一次供給量を定める。

- ・ 便益は各セクターの活動量の予測(中期目標検討委員会・国立環境研究所資料など)に基づき、各セクターとも2030年はほぼ2010年時を維持すると想定
- ・ 効率の設定は東京大学トリプルフィフティの設定値を引用
- ・ 電力化率 2030年(改)ケースで 供給51%(最終需要30%)
- ・ 総合エネルギー効率(便益/総一次エネルギー供給) 2030年40%とし、2050年50%を目指す。

## 5. 結果

### (1) 総一次エネルギー供給

20%程度減らし、化石燃料:原子力:再生可能エネルギーの構成比:73:13:14 % 電源構成 56:24:20

その結果、CO2排出は1990年比で18%減、2005年比で27%減が可能。

エネルギー効率の改善により、最終需要量を抑制し、転換効率を上げ、その結果総供給量が抑制される。

### (2) 二酸化炭素の排出は2005年比で20%を上回る削減が可能

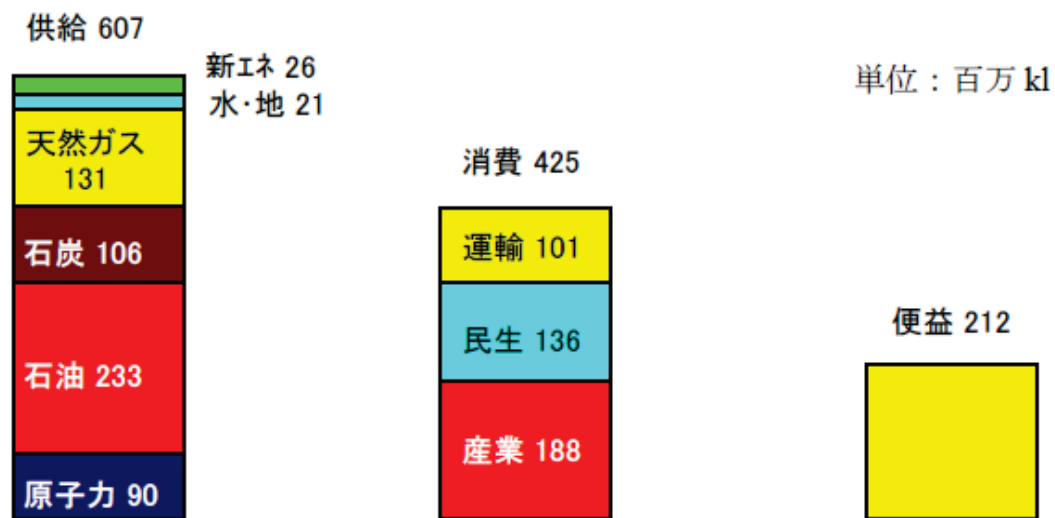


図 5.3 総合資源エネルギー調査会「2030年のエネルギー需給展望」  
レファレンスケースにおける一次エネルギー供給、消費、便益



図 5.4 トリプル 50 における一次エネルギー供給、消費、便益

## 2030年日本のエネルギー構成(最終消費とエネルギー効率)

### 2030年における最終消費における便益・損失・エネルギー効率と最終消費量

最終消費		石炭	石油	ガス	再生	電力	合計	便益	損失	効率
産業	<b>2010</b>	<b>37</b>	<b>64</b>	<b>17</b>	<b>3</b>	<b>34</b>	<b>158</b>	<b>93</b>	<b>65</b>	<b>59%</b>
	<b>2030</b>	<b>31</b>	<b>59</b>	<b>14</b>	<b>6</b>	<b>33</b>	<b>143</b>	<b>93</b>	<b>50</b>	<b>65%</b>
民生	<b>2010</b>		<b>28</b>	<b>17</b>	<b>1</b>	<b>51</b>	<b>97</b>	<b>63</b>	<b>34</b>	<b>65%</b>
	<b>2030</b>		<b>13</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	<b>50</b>	<b>79</b>	<b>63</b>	<b>24</b>	<b>80%</b>
運輸	<b>2010</b>		<b>82</b>			<b>2</b>	<b>84</b>	<b>15</b>	<b>69</b>	<b>18%</b>
	<b>2030</b>		<b>44</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>50</b>	<b>15</b>	<b>35</b>	<b>30%</b>

- 便益は各セクターの活動量の予測(中期目標検討委員会・国立環境研究所資料、資源エネルギー庁資料など)に基づき各セクターとも2030年はほぼ2010年時を維持すると想定、また効率の設定は東京大学トリプルフィフティの設定値を引用。
- 電力化率 2030年(改)ケースで 供給51%(最終需要30%)

活動量に対して原単位改善で産業10%、民生23%、運輸66%を想定

## 2030年日本エネルギー構成(総一次エネルギー供給)

2030年エネルギーバランス表 総供給 (原子力維持ケース：Z650下のGRAPEの結果とその見直し試算) 単位Mtoe									
		石炭	石油	ガス	再生	原子力	合計	効率	CO <sub>2</sub> 億t
総供給	<b>2010実績</b>	120	210	96	26	60	513	33%	12.0
		83%			5%	12%			
	<b>2030(Grape)</b>	68	<u>203</u>	38	56	<u>102</u>	467		9.3 -22%
		66%			12%	22%			
	<b>2030(改) 本提案</b>	96	134	92	47	60	429	40%*	9.5 -21%
		75%			11%	14%			

便益/総供給

電力化率 2030年(改)ケースで 供給50%(最終需要30%)

\*総合エネルギー効率 2050年50%を前提

GRAPE:Z650制約下での世界全体コストミニマム最適化における 日本のエネルギー構成

# 2030年日本エネルギー構成(発電電力量)

オーバーシュートゼロエミッションシナリオ制約下におけるエネルギー構成-  
原子力発電を維持する(=設備容量を4200万kWに維持)ケース

## 2030年の電源構成 (発電電力量 TWh)

	総電力量 TWh	化石燃料			原子力	再生可能エネルギー					
		石炭	石油	ガス		水力	太陽	風力	海洋	地熱	バイオ
2010 実績	1157	261	100	276	350	91					
2030 Grape	1085	234	3	224	408	80	0	124	-	-	11
		42%			38%	20%					
2030 本提案	1000	286	0	273	240	91	29	33	15	10	22
		56%			24% <sup>*1</sup>	20%					

\*1: 原子力発電所の設備容量を 4200 万 kW とすれば、  
稼働率 65%の時の発電量 240TWh(全電源の 24%)に相当する。  
稼働率 81%で 300TWh(同 30%)、同じく稼働率 94%で 350TWh(35%)となる。

# 2030年日本エネルギー構成

## 2030年再生可能エネルギー20%(全電源1000TWh中)の内訳例

再生可能エネルギー発電の 全電源に占める割合 (%)		水力	太陽	陸上 風力	洋上 風力	海洋	地熱	バイ オ	合計	備考
稼働率(%)		<b>22</b>	<b>12</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40~75</b>	<b>80</b>	<b>80</b>		総発電電力量 <b>1000TWh</b>
<b>2010</b> 実績 <b>10%</b>	設備 (GW)	<b>48</b>	<b>3.6</b>	<b>2.4</b>	-	-	<b>0.53</b>			
	電力量 (%)	<b>9.1</b>	<b>0.16</b>	<b>0.4</b>	-	-	<b>0.3</b>	<b>0.3</b>	<b>10</b>	
<b>2030</b> <b>35%</b>	設備 (GW)	<b>48</b>	<b>69</b>	<b>52</b>	<b>8</b>	<b>1.5</b>	<b>3.9</b>	<b>6.0</b>		エネ環会議 2012. 6. 19 環境省 2012. 8. 31
	電力量 (%)	<b>9.1</b>	<b>7.2</b>	<b>9.0</b>	<b>2.1</b>	<b>0.5</b>	<b>2.7</b>	<b>4.2</b>	<b>35</b>	
<b>20%</b>	設備 (GW)	<b>48</b>	<b>27</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>3.4</b>	<b>1.7</b>	<b>---</b>		本提案
	電力量 (%)	<b>9.1</b>	<b>2.9</b>	<b>1.7</b>	<b>1.6</b>	<b>1.5</b>	<b>1.0</b>	<b>2.2</b>	<b>20%</b>	



# 新型原子炉の開発の動向について

0. 福島第一原発事故以降、世界の新型炉の開発が活性化した。高温ガス炉、熔融塩炉が見直され、新たな国際連携が欧米、中国、韓国、インド、ロシア間で持たれている(SMR、HTGR、MSRなど)。その動きに日本は取り残され、報道もされない状況にある。FBRやHTGRではトップランナーが周回遅れになる。

## 1. 次世代軽水炉による第三世代++炉の開発

福島事故をふまえ、長時間全電源喪失事故を回避し、炉心損傷を回避する次世代炉の開発が日本の義務。

## 2. 第四世代炉(2030年～)の開発

FBR FACTサイクルの開発は維持すべきも、米・口の鉛ビスマス液体金属高速増殖炉SMRのような発展・進化形も考え、検討する柔軟な体制を再整備すべき。

一方でHTGRは産業用熱供給として温暖化対策上将来的には不可欠になるだろう。炉心熔融を原理的に起こさないガス炉の開発を続け、産業界主体(鉄鋼・化学)の実証炉計画を推進すべき。

## 3. 高レベル廃棄物の消滅炉

地層処分場探しが極めて困難な中、再処理工場の最後流に消滅炉を設置し、MAを燃焼すべき。また、ガス炉燃料とリンクさせたトリウム熔融塩炉の米中の共同研究の動きに注目すべき。

高速炉又は熔融塩炉による使用済燃料の高レベル廃棄物の減容化と低レベル化の研究は、欧米中で、今後ますます重要性をもつ。

## 4. CO2削減と高温ガス炉による産業用プロセスヒートの供給

地球温暖化対策上の最大問題は産業部門のプロセスヒート。シェールガスの自動車燃料化のためのHTGT-GTLの動きにもっと注目すべき。

---

新型炉戦略は長期エネルギー供給の安定化とセキュリティ上、かつ温暖化対策上不可欠な課題として、また人材育成の場として、促進すべきである。検討する場を活性化させて、提言機能を強化する必要がある。

## 原子炉の種類と日本の自主開発炉

原子炉の種類		燃料	減速材	冷却材	技術導入	日本の自主開発	海外	
ガス炉	ガス冷却炉	GCR	天然ウラン	黒鉛	炭酸ガス	GCR 東海 1 (英国)		英国国産
	高温ガス炉	HTGR	濃縮ウラン	黒鉛	ヘリウム		HTTR	
		AVR	トリウム	黒鉛	ヘリウム			ドイツ THTR →南ア, 中国
軽水炉	沸騰水型炉 加圧水型炉	BWR PWR	濃縮ウラン	軽水	軽水	BWR (GE) PWR (WH)	むつ 船用炉	米 GE, WH SMR
重水炉	軽水冷却 重水冷却	GCR ATR	天然ウラン 天然ウラン	重水 重水	軽水 重水	カナダ CANDU	ふげん	中国・インド
高速増殖炉		FBR	濃縮ウラン プルトニウム	なし	ナトリウム		常陽-もんじゅ→ 実証炉	ロシアで実証炉、 中国
溶融塩炉		MSR FHR	トリウム	黒鉛	溶融塩	ORNL		米中, インド

# まとめ

1. 温暖化抑制をめぐる国際的枠組み 設定は新しい段階を迎えた。米国は自主的な目標設定を提案し、成長エンジンとしての、新しい低炭素技術開発・普及の国際的な推進を主導する。
2. 温室効果ガスの排出制約が濃度安定化シナリオからオーバーシュートシナリオへの検討がなされるようになってきている。
3. 世界全体最適化による各国の削減率により、排出制限はかなり緩和されるものの、それでもエネルギー構成にとって厳しい制約条件であることに変わりはない。
4. CCS(二酸化炭素隔離)、バッテリーとグリッドシステム、高効率でクリーンな火力発電、新世代の革新的原子炉技術、産業用ヒートプロセスの省エネ技術等、継続的な開発によるイノベーションが必要である。いずれも日本が先導できる分野である。
5. 福島事故の原因究明の上に事故を技術的に克服することが可能である。  
また、次世代炉の革新的技術開発に果たす日本の役割は大きい。次世代炉は「炉心溶融のない」、「高レベル廃棄物を消滅または出さないシステム」へ向う。我が国はそれに貢献できる。
6. 我が国の2030年のエネルギー構成は
  - ・クリーンで高効率な火力発電
  - ・原子力発電の維持
  - ・再生可能エネルギーの大規模導入
  - ・産業10%、民生20%、運輸60%程度のエネルギー効率の改善が必要。
7. 2030年20%CO<sub>2</sub>削減(2005年比)
  - ・総一次エネルギー供給  
化石:原子力:再エネ=75:13:13 (%)
  - ・発電電力量  
化石:原子力:再エネ=55:25:20 (%)<sup>35</sup>