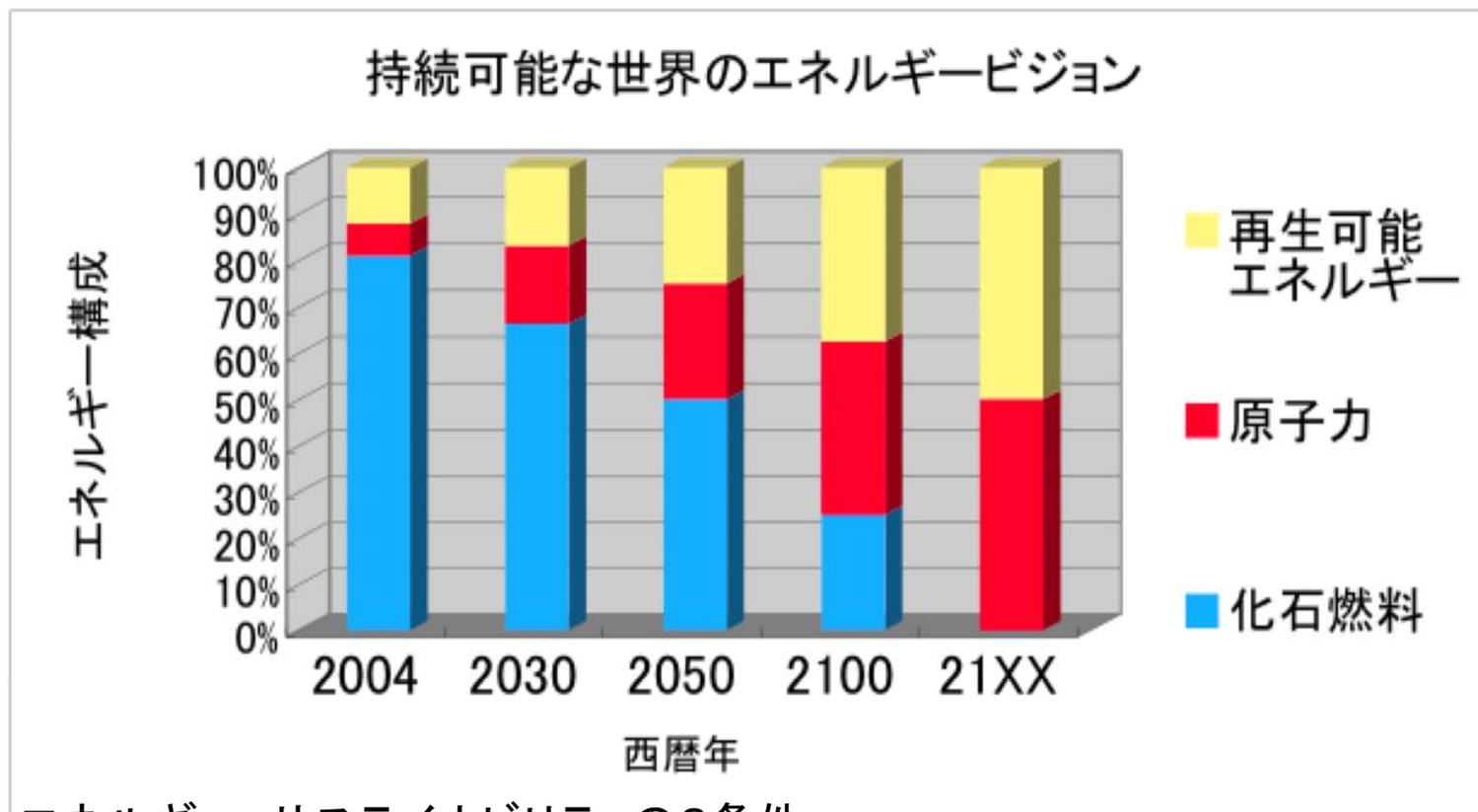


## 「地球温暖化抑制と長期エネルギービジョンについて」

湯原 哲夫 (財)キャノングローバル戦略研究所

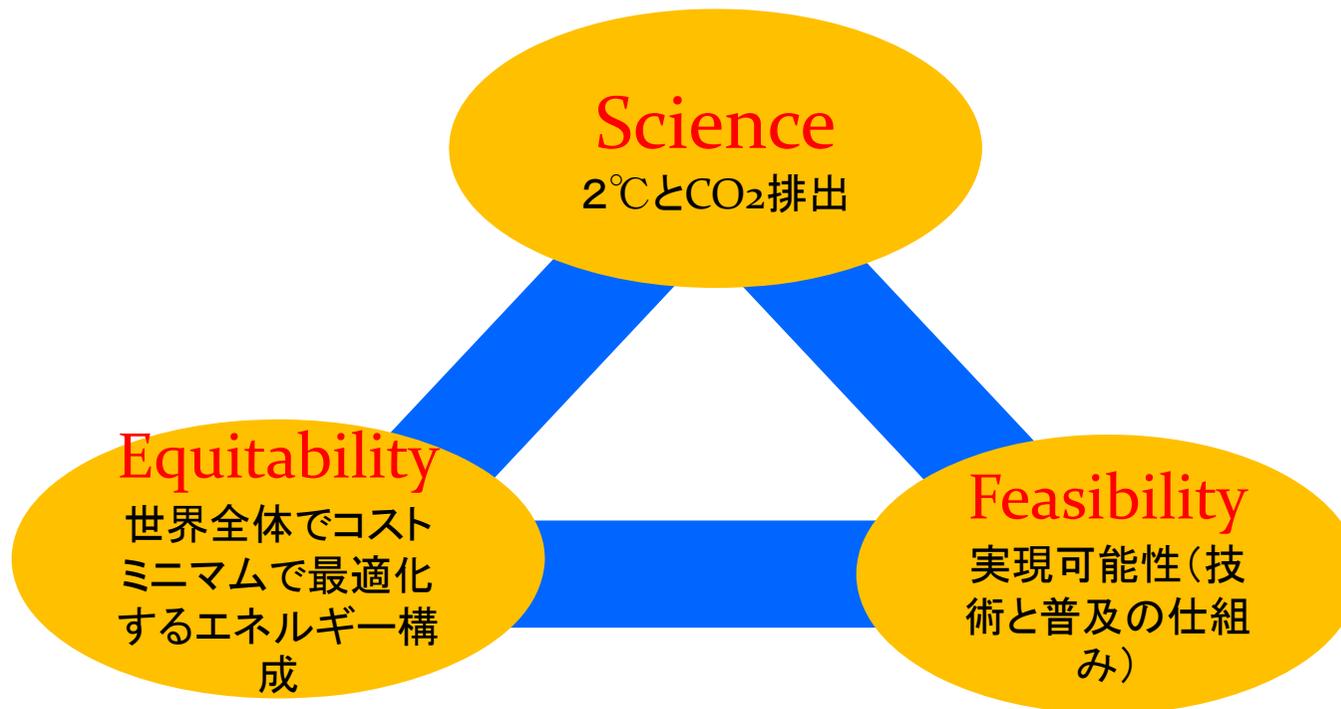


エネルギー・サステナビリティの3条件

- (1) 化石燃料燃焼によるCO<sub>2</sub>排出量を地球の自然吸収能力以下にすること。
- (2) 再生可能エネルギー利用を安定化し、持続可能な利用を行うこと。
- (3) 原子燃料を枯渇性燃料から持続可能な燃料へ転換すること。

# Towards the harmony

- Principles for the new climate regime-



キャノングローバル戦略研究所(CIGS)国内ワークショップ「地球温暖化緩和における世界で共有できるエネルギー・ビジョン」 2011年6月 & 2012年7月

# 地球温暖化防止の枠組みに必要なこと

1. 世界で共有できる温室効果ガスGHGの排出目標がないこと
  - ・温度上昇2°C以下となる地球全体の排出量、GHG濃度一定450ppm 目標はすでに超過した.
  - ・負の排出のための地球工学か 新たなコンセプトに基づく排出目標か。 気候学者の目標と課題
  - ・温暖化, 又は温度上昇はどこまで許されるのか←どこに限界又はしきい値をおくのか (地球の自然吸収能力3GtC/y).
2. 公平な削減量配分法がない. 合理的で達成可能な削減目標とは
  - ・全地球の長期にわたる排出目標設定できたとして(例えば今世紀末まで○○○GtC)、各国・各地域が分担して達成すべき削減目標・排出曲線がない, 如何に何に基づいて作るのか(差異ある責任とは)
  - ・福田ビジョン(洞爺湖サミット)先進国80%、発展途上国含む世界で50%削減。キャップ&トレード(目標決めて、過不足を取引する). 投機性と煩雑性により、温暖化抑制効果なく、また日本一人負け(6000億円、政府と電力・鉄鋼)で結局京都議定書から脱退。
  - ・野心的な目標として称賛を浴びた 鳩山ビジョン2020年25%削減
3. 最適なエネルギー構成と技術的可能性・普及のメカニズムがない,
  - ・全体でコストミニマムされた最適なエネルギー構成(限界削減費用が同一。先進国がその達成に向けた途上国支援)
  - ・クリーン高効率な化石燃料利用、持続可能な再生可能エネルギー利用、安全で持続可能な原子力利用の三位一体利用。

# 「地球温暖化対策で世界が共有するエネルギービジョン」

## 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(COP)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。

## 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(オーバーシュート+ゼロエミッションシナリオ)
- (2)これを満たす世界全体で最適化するエネルギー構成と各国の排出分担(工学モデルによる最適化シミュレーション)
- (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(世界全体/先進国/途上国の投資と省エネメリット)
- (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、
- (5)京都議定書における追加性の緩和とカーボン市場における投機性の排除。

# 1. SCIENCE

## 世界で共有できる温室効果ガスGHGの排出目標がないこと

- ・温度上昇 $2^{\circ}\text{C}$ 以下となる地球全体の排出量、GHG濃度一定450ppm 目標はすでに超過した ( $\text{CO}_2$ のみで390ppm).
- ・2050年世界で半減、先進国で80%削減(発展途上国からの絶対反対)
- ・新たなコンセプトに基づく排出目標が必要(気候学者の目標と課題)。  
大気中の $\text{CO}_2$ を吸い取る技術開発と、冷却効果ガスを散布する地球工学の構築か？

## 世界で共有する二酸化炭素排出曲線を策定する。

大気海洋結合大循環モデルによって

新しいコンセプト「オーバーシュートシナリオ+ゼロエミッション」

$2^{\circ}\text{C}$ を越えるが $2^{\circ}\text{C}$ へ収束する。

1. 松野太郎 (海洋研究開発機構),丸山康樹(東大客員教授),筒井純一(電中研)

「来世紀ゼロエミッションによる $\text{CO}_2$ 濃度安定化—気候安定化への新しい排出シナリオの可能性—」 2009.11.27 キヤノン グローバル戦略研究所 国際シンポジウム「地球温暖化抑制で世界で共有するエネルギービジョン」

2. Stabilization of atmospheric carbon dioxide via zero emissions—An alternative way to a stable global environment. Part 1: Examination of the traditional stabilization concept

Taroh MATSUNO, Koki MARUYAMA, Junichi TSUTSUI

Proc. Jpn. Acad., Ser. B, Vol. 88, 368–384 (2012) [abstract] [PDF]

3. Stabilization of atmospheric carbon dioxide via zero emissions—An alternative way to a stable global environment. Part 2: A practical zero-emissions scenario

Taroh MATSUNO, Koki MARUYAMA, Junichi TSUTSUI

Proc. Jpn. Acad., Ser. B, Vol. 88, 385–395 (2012) [abstract] [PDF]

# IPCC AR3 (2001) 環境省「STOP THE 温暖化2005」

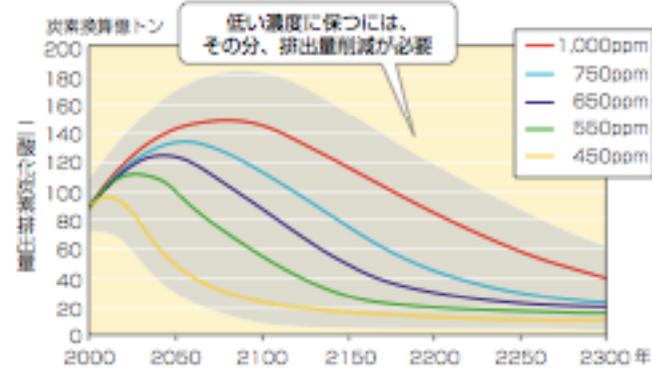
## 安定化濃度達成のための削減量——目指すところは？

どのくらいの濃度で安定化させれば大丈夫か、どのくらいの濃度で、どのような影響がどこに生じるのか、などについては、さまざまな研究がなされているものの、まだ確固たる答えは出ていません。

IPCCでは、いくつかの安定化濃度に至るシナリオを作成しています。シナリオは様々に描くことができますが、右図に示されるような450ppm～1,000ppmのどのような安定化水準を想定しても、温室効果ガスの大幅な削減（50～80%）が必要となります。

例えば、550ppmでは、2030年以降世界の排出量を減少基調にして、現在の排出量より大幅に削減していく必要があります。

また、削減対策によって排出が抑制されたとしても、どうしても生じてしまう温暖化の影響に対しては、適応策の取組が必要となります。



■ 様々な安定化水準に対応する世界の二酸化炭素排出量の変化（文献24より）

## 安定化状態における世界の二酸化炭素排出量

安定化濃度 (ppm)	平衡に達した時の気温上昇幅 (括弧内: 平均値)*1	2300年における世界のCO <sub>2</sub> 排出量**		安定化する時期とCO <sub>2</sub> 累積排出量*1	
		年間排出量 (炭素換算トン)	2000年総排出量 (炭素換算 80 億トン) 比	おおむね安定化する年	21世紀の累積排出量 (炭素換算トン)
450	1.5～ 4 ℃ (2.5℃)	14 億	18%	2090年	5,500 億
550	2 ～ 5 ℃ (3.5℃)	20 億	25%	2150年	8,600 億
650	2.5～ 6 ℃ (4℃)	26 億	33%	2200年	10,500 億
750	3 ～ 7 ℃ (4.5℃)	34 億	43%	2250年	11,600 億
1,000	3.5～8.5 ℃ (6℃)	40 億	50%	2375年	12,600 億

\*1：IPCC第3次評価報告書より抜粋。

\*2：国立環境研究所（MAGICC：気候炭素循環モデル）による計算結果。なお、1,000ppmの場合の排出量についてはIPCC第3次評価報告書の図より推計した。

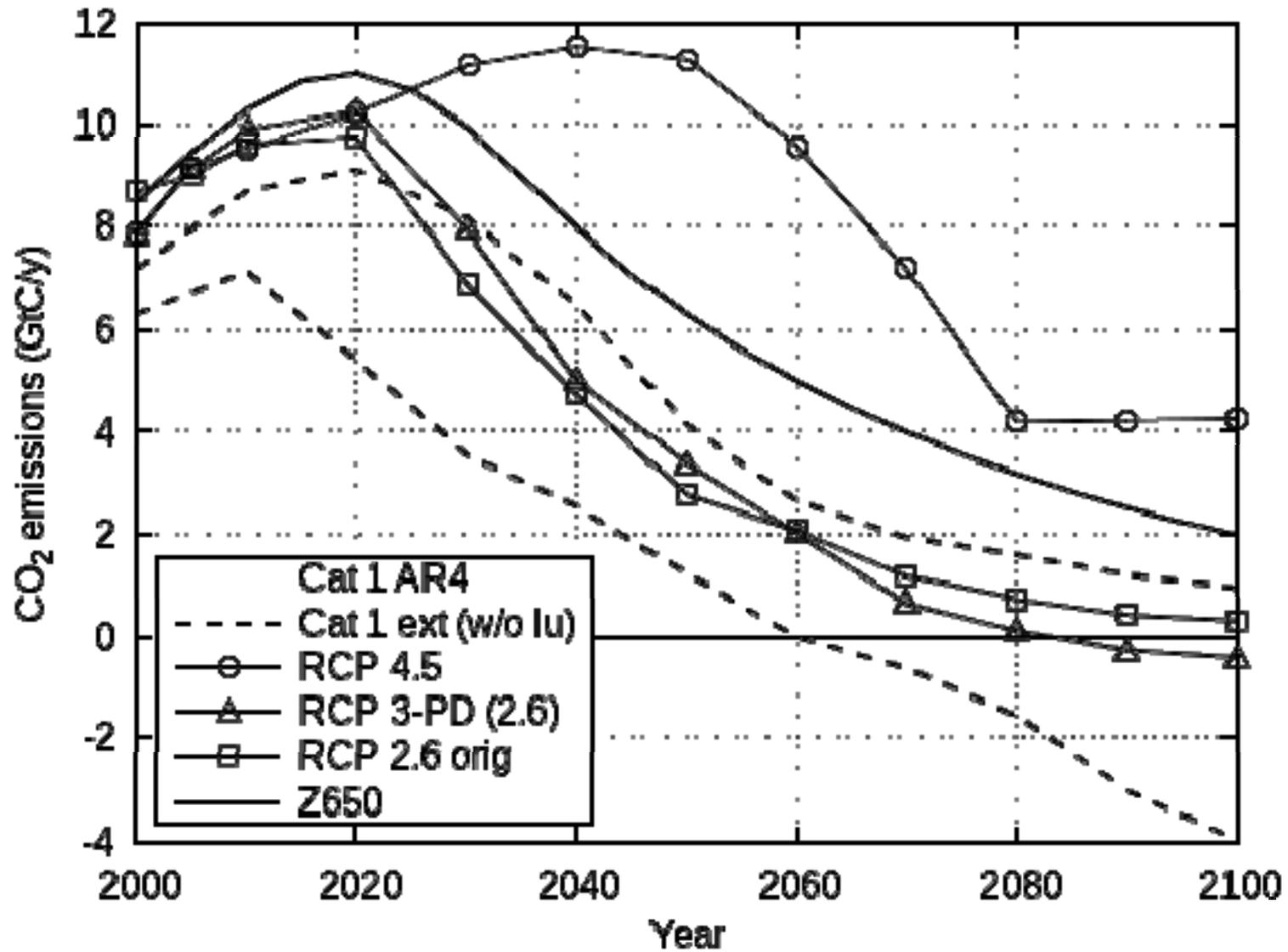
オーバーシュート シナリオ 650Gt 21世紀中の GHG総排出量(炭素換算)  
 IPCC AR3/ 450ppm 安定化 550Gt.550ppm安定化860Gt

表SPM. 6 TAR以降の安定化シナリオの特徴、及びそれに伴う長期的な世界平均平衡温度、熱膨張のみに由来する海面水位上昇 [表5.1] (a)

カテゴリー	CO <sub>2</sub> 平衡濃度(b) (2000年=379ppm)	温室効果ガス平衡濃度(CO <sub>2</sub> 換算)(エーロゾル含む)(b) (2000年=375ppm)	CO <sub>2</sub> 排出がピークを迎える年 (a, c)	2050年におけるCO <sub>2</sub> 排出量(2000年比) (a, c)	気候感度の“最良の推定値”を用いた産業革命からの世界平均気温上昇(d, e)	熱膨張のみに由来する産業革命前の値と比較した世界平均海面上昇(f)	研究されたシナリオの数
	ppm	ppm	西暦	%	°C	m	
I	350-400	445- 490	2000-2015	-85 ~ -50	2.0-2.4	0.4-1.4	6
II	400-440	490- 535	2000-2020	-60 ~ -30	2.4-2.8	0.5-1.7	18
III	440-485	535- 590	2010-2030	-30 ~ +5	2.8-3.2	0.6-1.9	21
IV	485-570	590- 710	2020-2060	+10 ~ +60	3.2-4.0	0.6-2.4	118
V	570-660	710- 855	2050-2080	+25 ~ +85	4.0-4.9	0.8-2.9	9
VI	660-790	855-1130	2060-2090	+90 ~+140	4.9-6.1	1.0-3.7	5

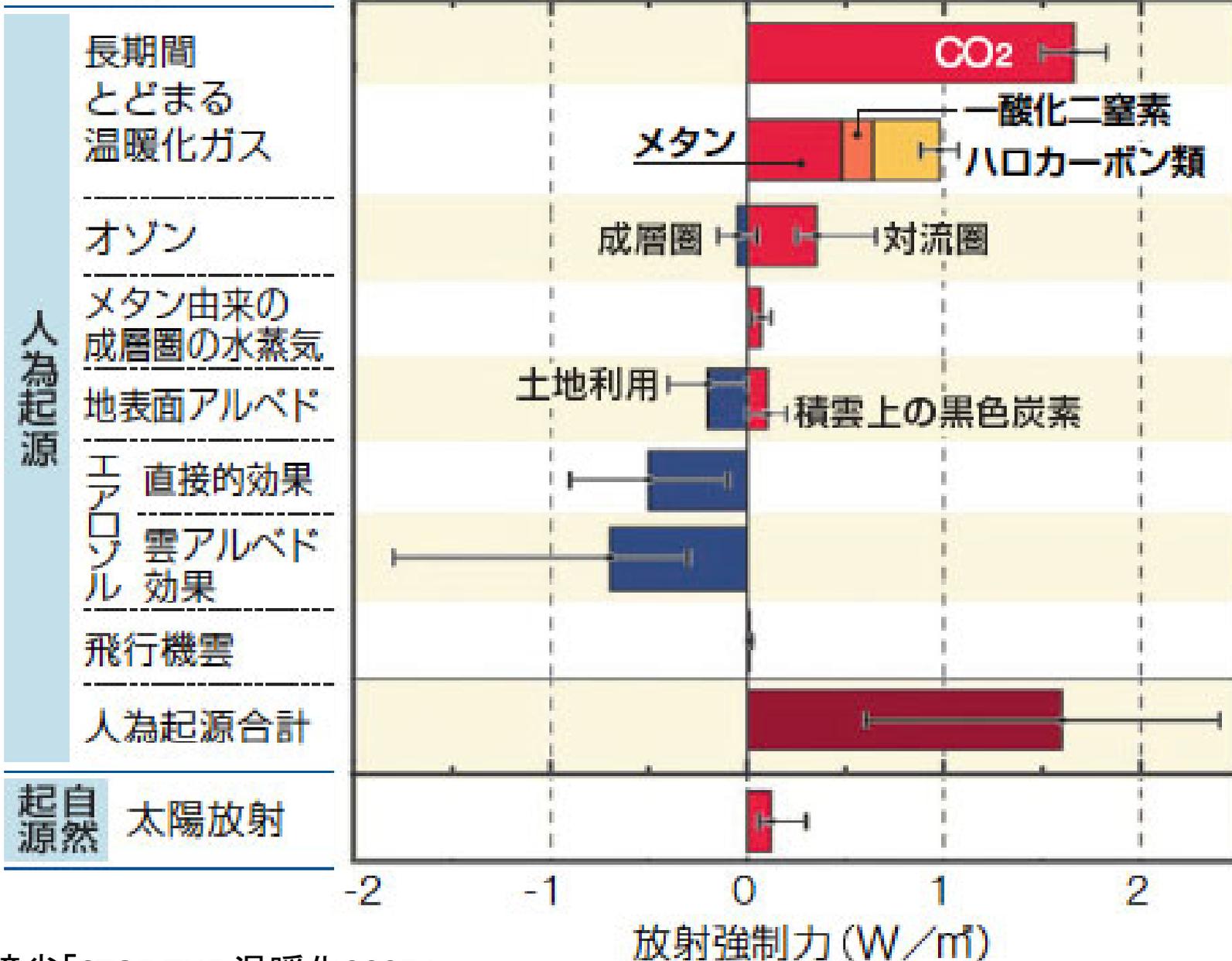
(IPCC) 第4次評価報告書第3作業部会報告書政策決定者向け要約

## Z650排出パスとRCPおよびCategory I範囲との比較



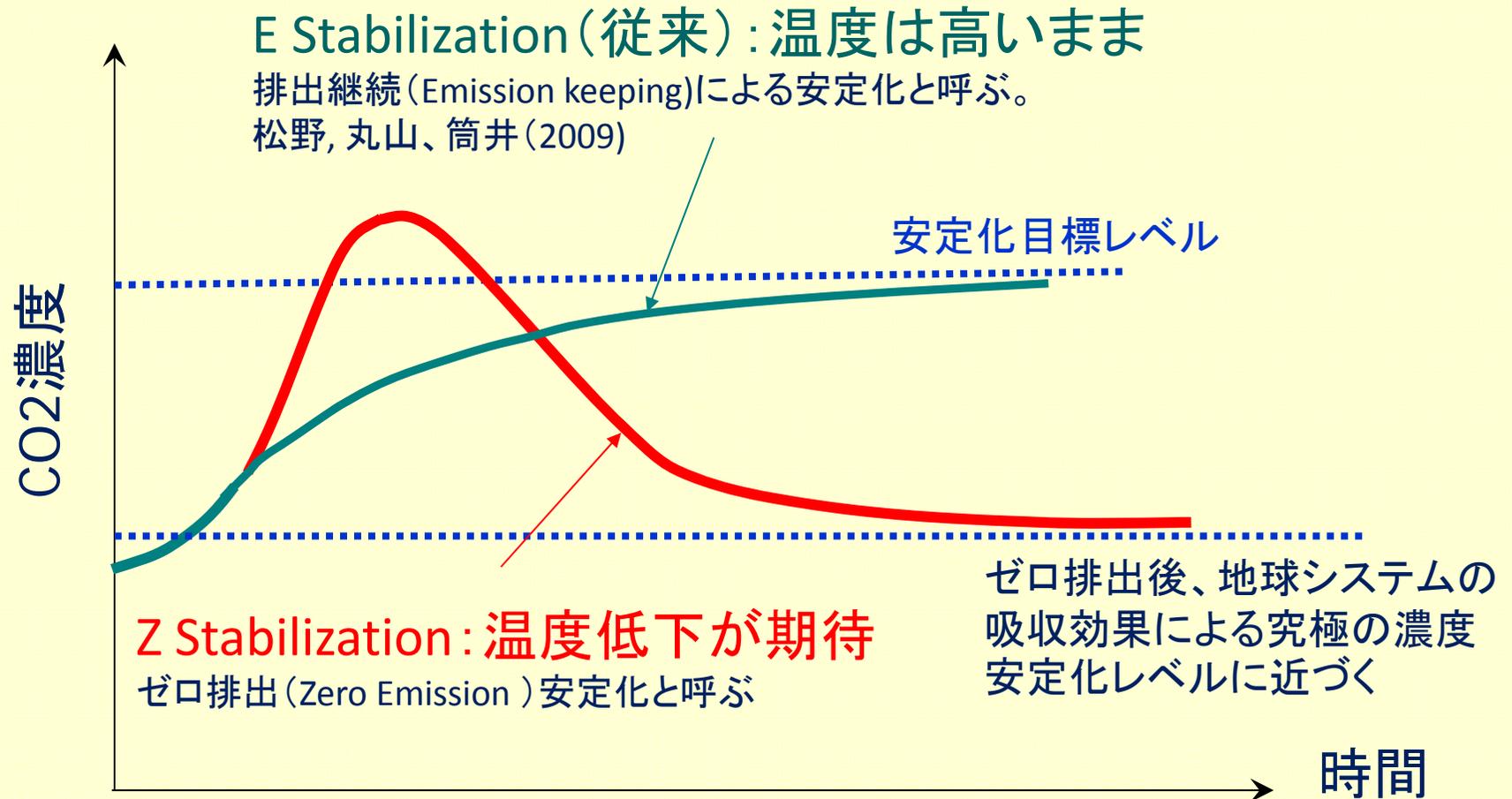
# 放射強制力の要素

## ●地球を暖める放射強制力(1750~2005年)



環境省「STOP THE 温暖化2007」

# 気候目標と濃度安定化の新しい考え方(＊)



Equilibrium stabilization of the atmospheric carbon dioxide via zero-emission – An alternative way to stable global environment

PART1; Examination of traditional stabilization concept and its extension

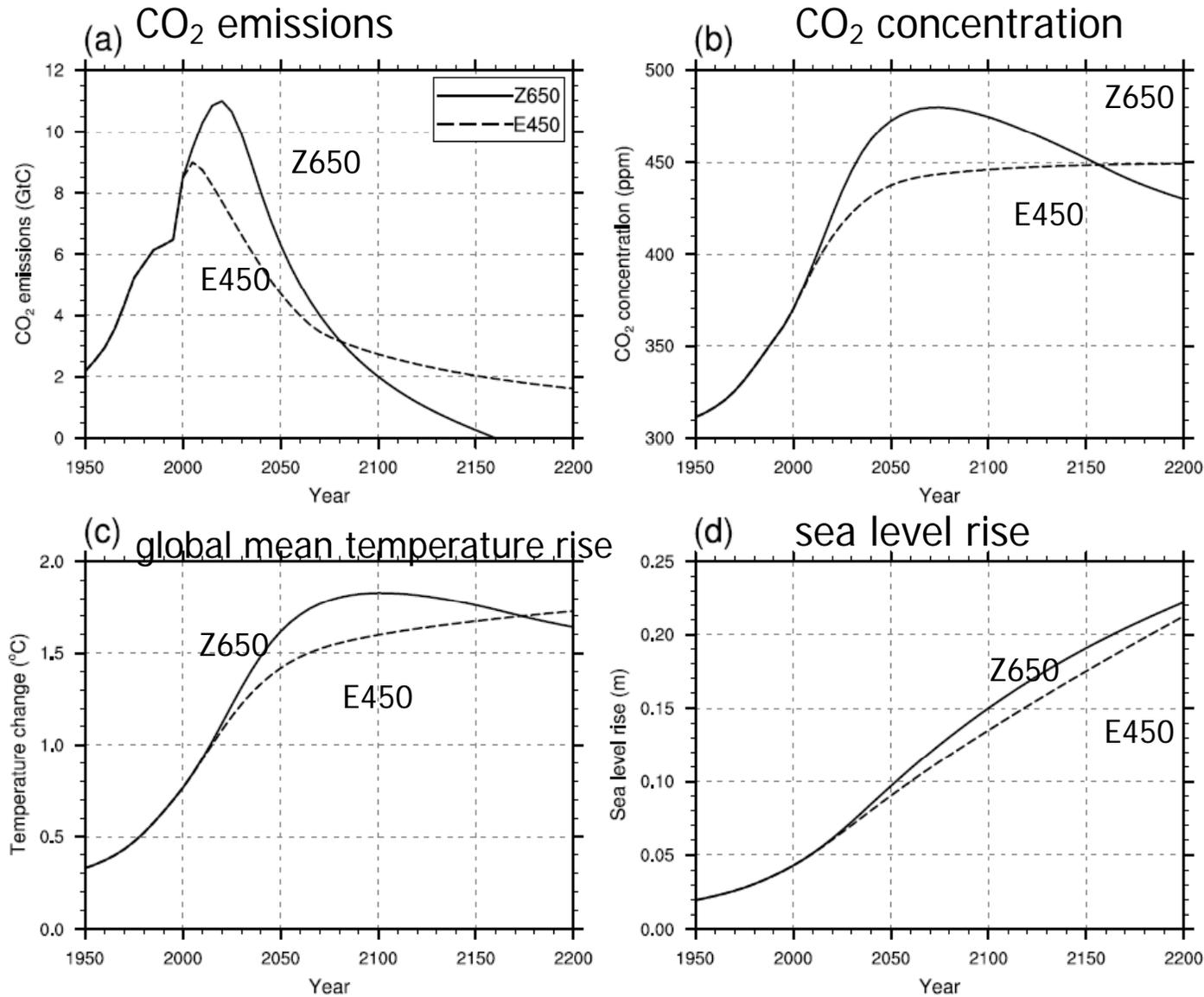
PART2; Emission scenarios based on the zero-emission stabilization

by Taroh Matsuno, Koki Maruyama and Junichi Tsutsui

2012.9.29

自然科学研究機構シンポ講演

Characteristics of Z650(bold line, 今世紀総排出量650Gt) and E450(dashed line, 450ppm安定化=550Gt) 松野太郎他「来世紀ゼロエミッションによるCO<sub>2</sub>濃度安定化—気候安定化への新しい排出シナリオの可能性—」 2009.11.27 キヤノン グローバル戦略研究所 国際シンポジウム「地球温暖化抑制で世界で共有するエネルギービジョン」



## 2.

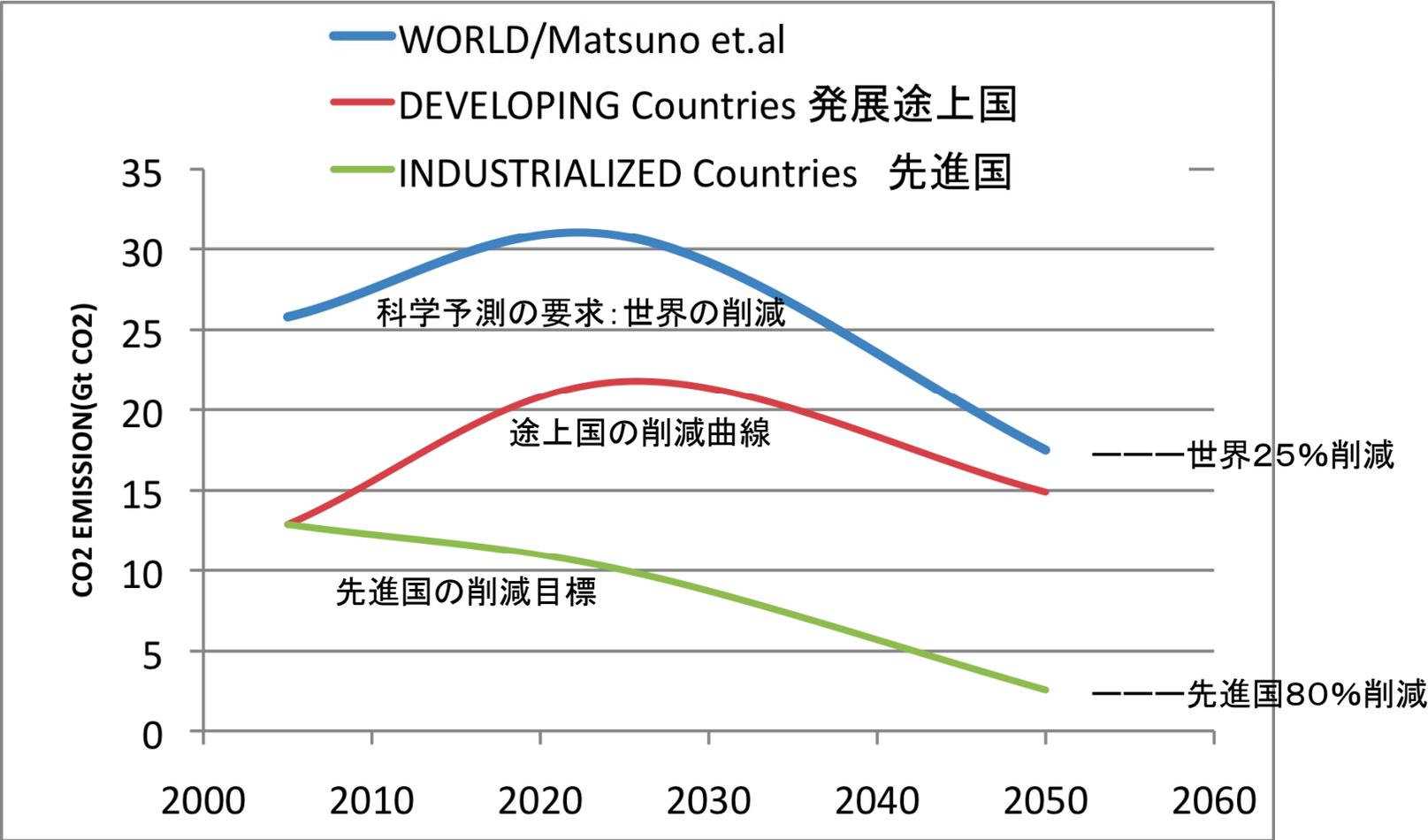
### 2。 公平性;工学モデルによる最適化シミュレーション 合理的、かつ、達成可能な削減目標とエネルギー構成 世界全体で最適化

- 全地球の長期にわたる排出目標(例えば今世紀末まで排出総量650GtCと排出曲線一パスウェイ)  
各国・各地域が分担して達成すべき削減目標・排出曲線を全体最適化に基づいて作る(差異ある責任)

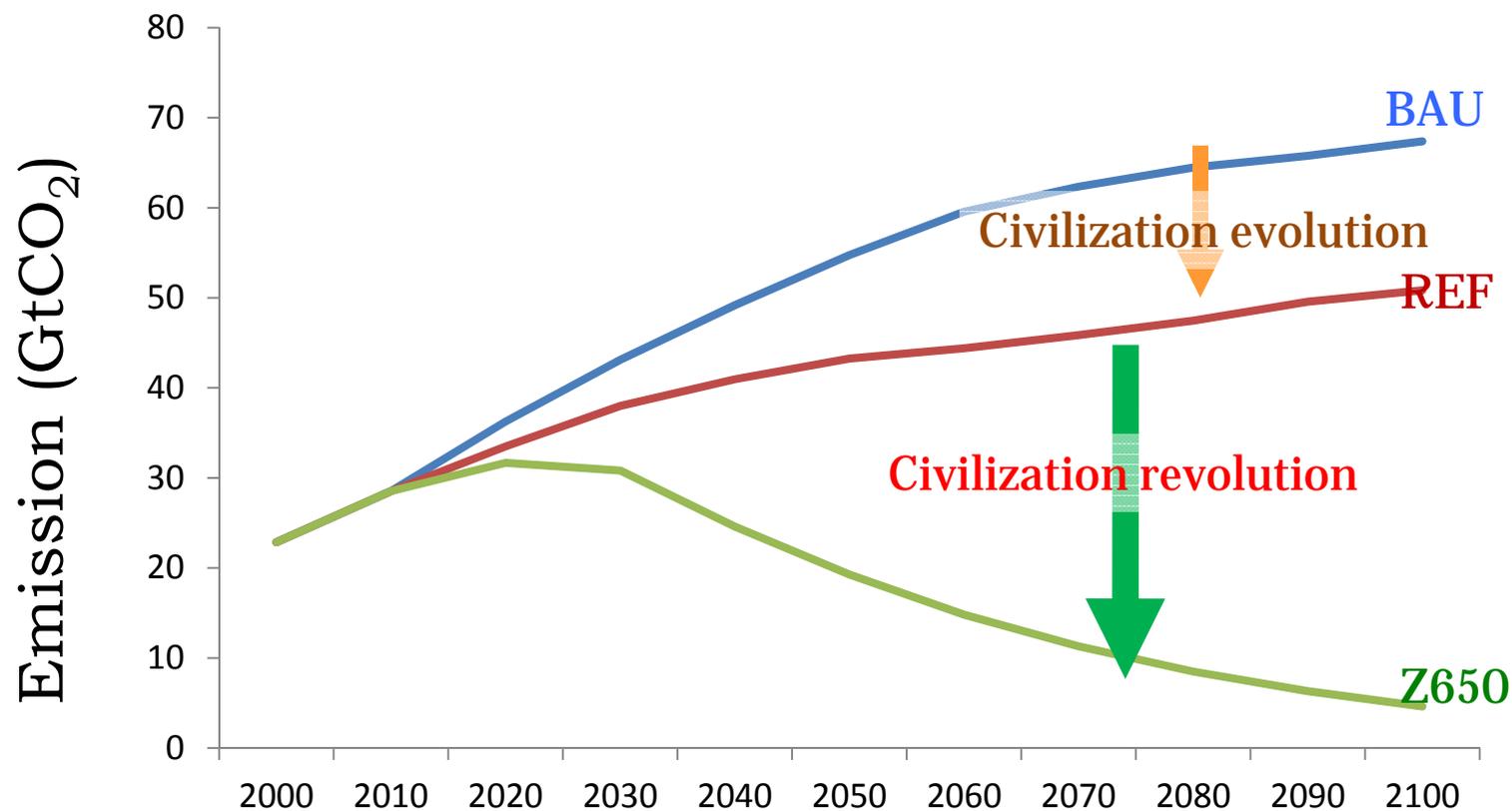
—

- 削減目標  
福田ビジョン(洞爺湖サミット)先進国80%、発展途上国含む世界で50%削減。キャップ&トレード(目標決めて、過不足を取引する)。
- 野心的な目標として称賛を浴びた 鳩山ビジョン2020年25%削減
- 京都議定書CDM  
投機性と煩雑性により、温暖化抑制効果なく、また日本一人負け(6000億円、政府と電力・鉄鋼)で結局京都議定書から脱退。

科学に基づく「世界が共有する削減シナリオ案」  
温暖化予測の科学(2°C)と先進国の削減目標(2050年50%削減)が途上国の削減量を決める  
[気候変動予測の要求(2°C以下)]-[先進国の削減目標]=[途上国の削減]



BAU(無制約), REF ,Z650  
Towards the optimized way  
Global emissions of Energy Related CO<sub>2</sub>



# (4) 最終需要の想定

◆ 先進国は各部門ともほぼ横ばい:

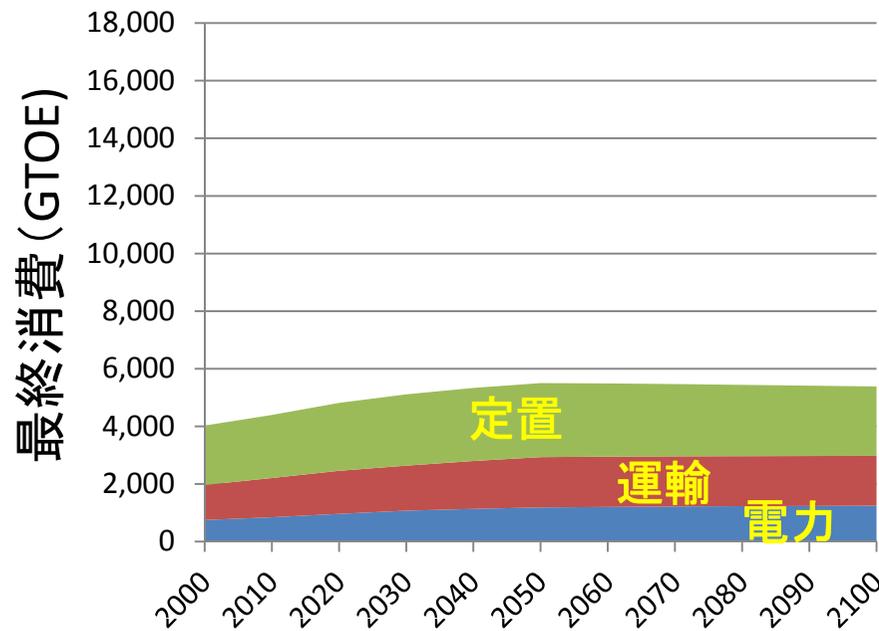
GDPは増加

効率向上、人口減

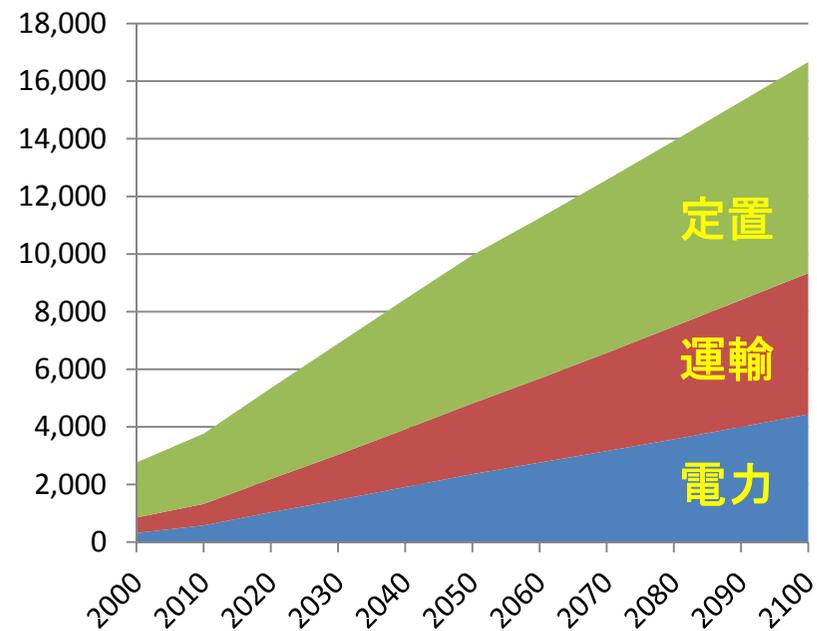
◆ 途上国の需要は各部門とも単調増加:

2050年には2000年の需要の約3倍

	電力	非電力
産業	電力	定置
民生	電力	定置
運輸	運輸	



先進国



途上国

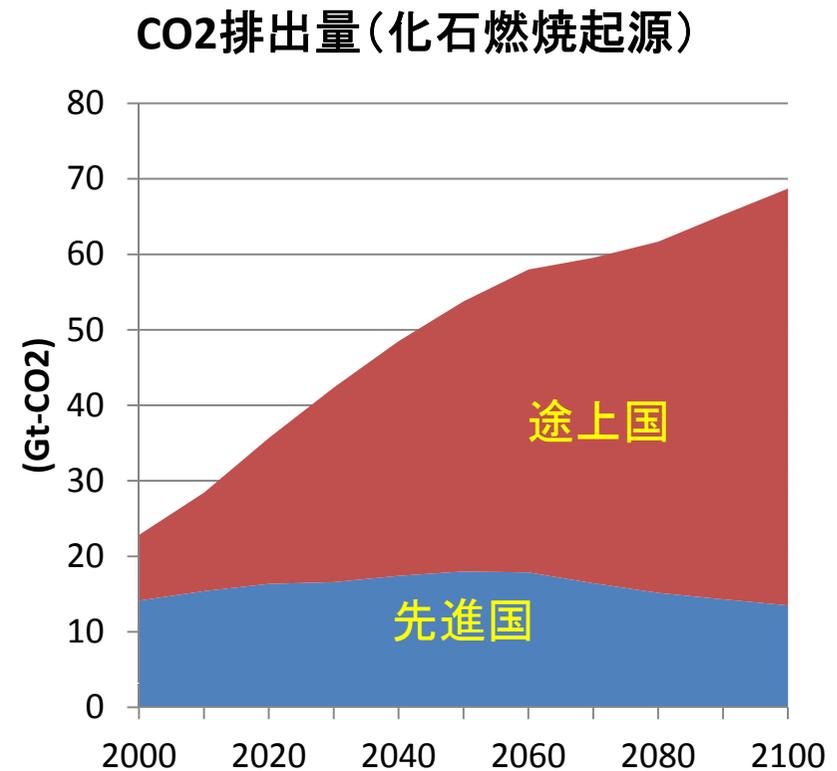
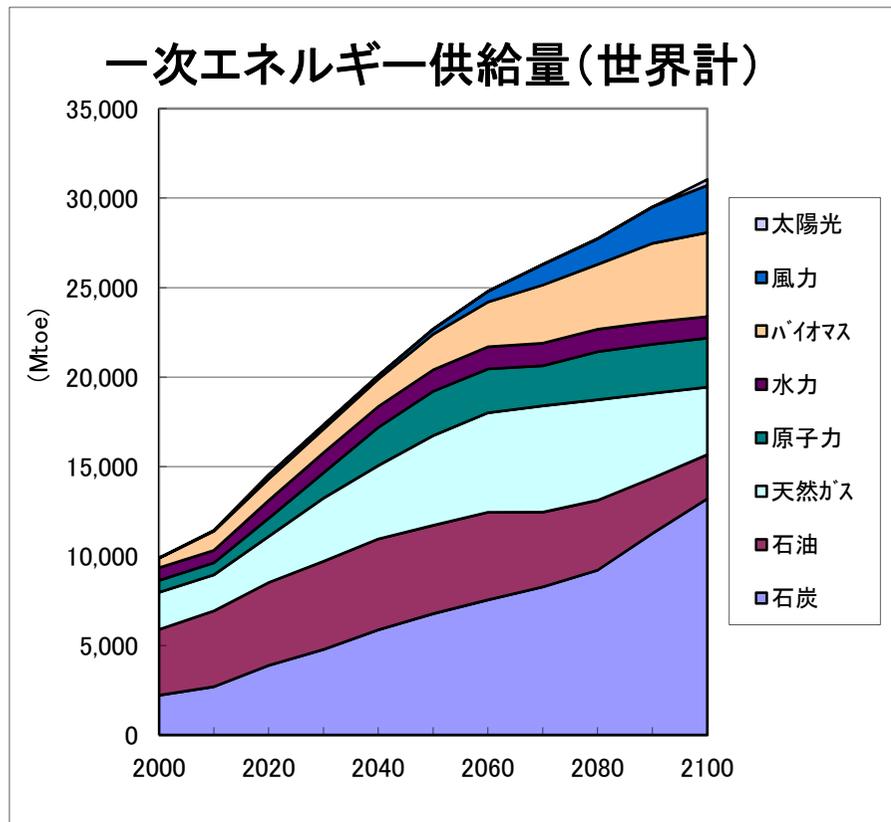
## (5). BAUのエネルギー構成

### ◆ 化石中心のエネルギー構成

今世紀は十分供給可能。ただし、2150年で総資源量の5～7割を消費  
需給バランスの変化に関わる価格変動は考慮していない。

### ◆ CO2排出

2050年54Gt(1990年の約2.5倍)。



# 無制約下とZ650制約下の電力量における電源構成

## Detail of power generation :

### ◆ CO<sub>2</sub> reduction around 2050

#### ➤ Almost no net emission

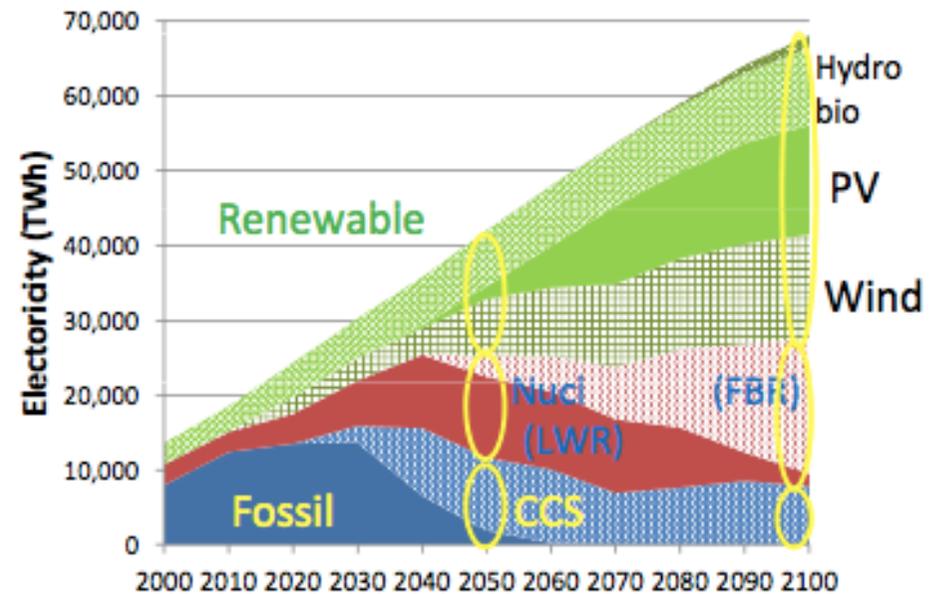
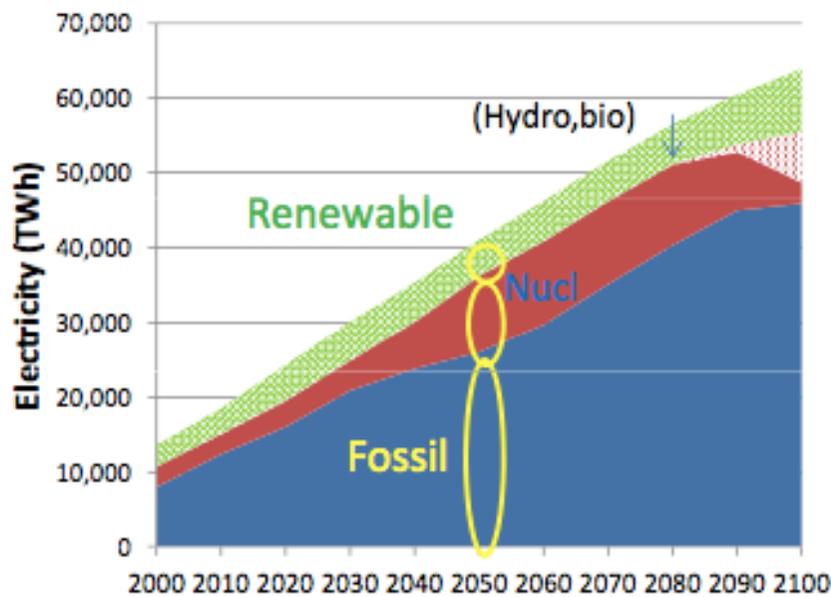
➤ Fossil : Nuclear : Renewable = 1 : 1 : 1

➤ Most of fire plant is equipped with CCS (CCS potential 1500 Gt-C)

➤ Wind and Nuclear (including FBR) are mainly increased

### ◆ CO<sub>2</sub> reduction around 2100

➤ Fire plant with CCS : Nuclear : Renewable = 2 : 3 : 5

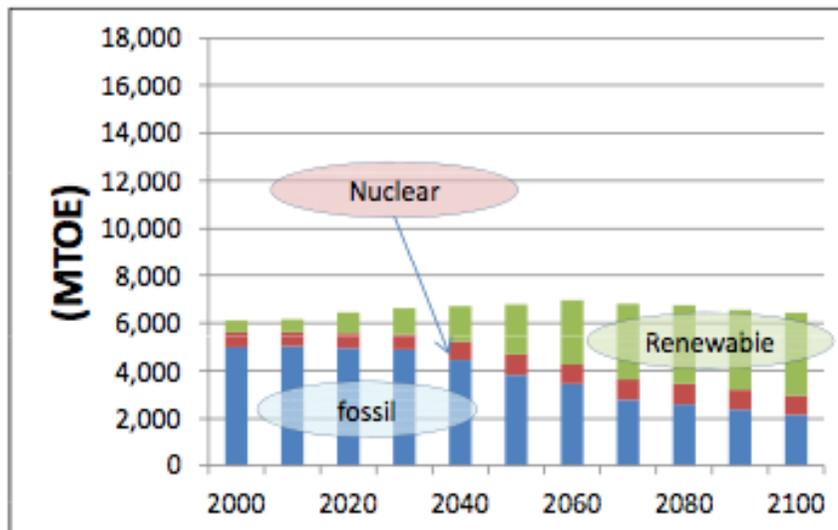


# Z650 二酸化炭素制約下 先進国と途上国の総一次エネルギー構成

## Region Total Primary Energy for Z650

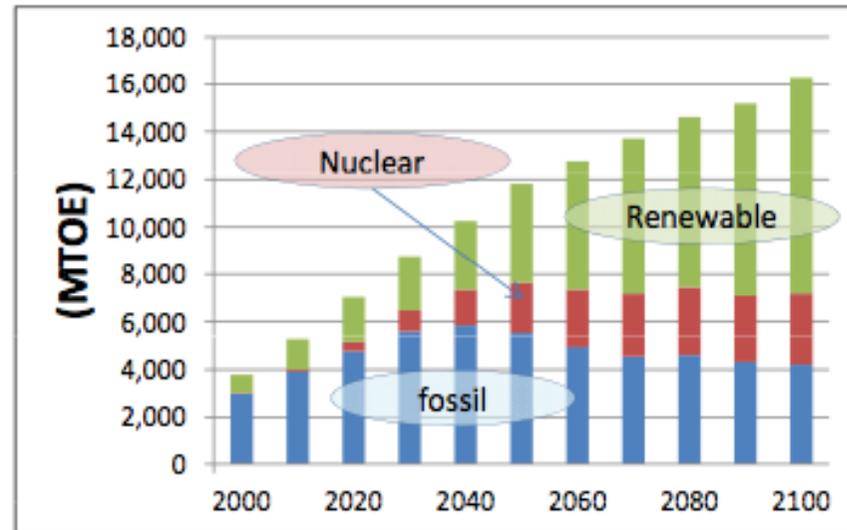
### Industrialized countries

- 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



2012.9.29

先進国

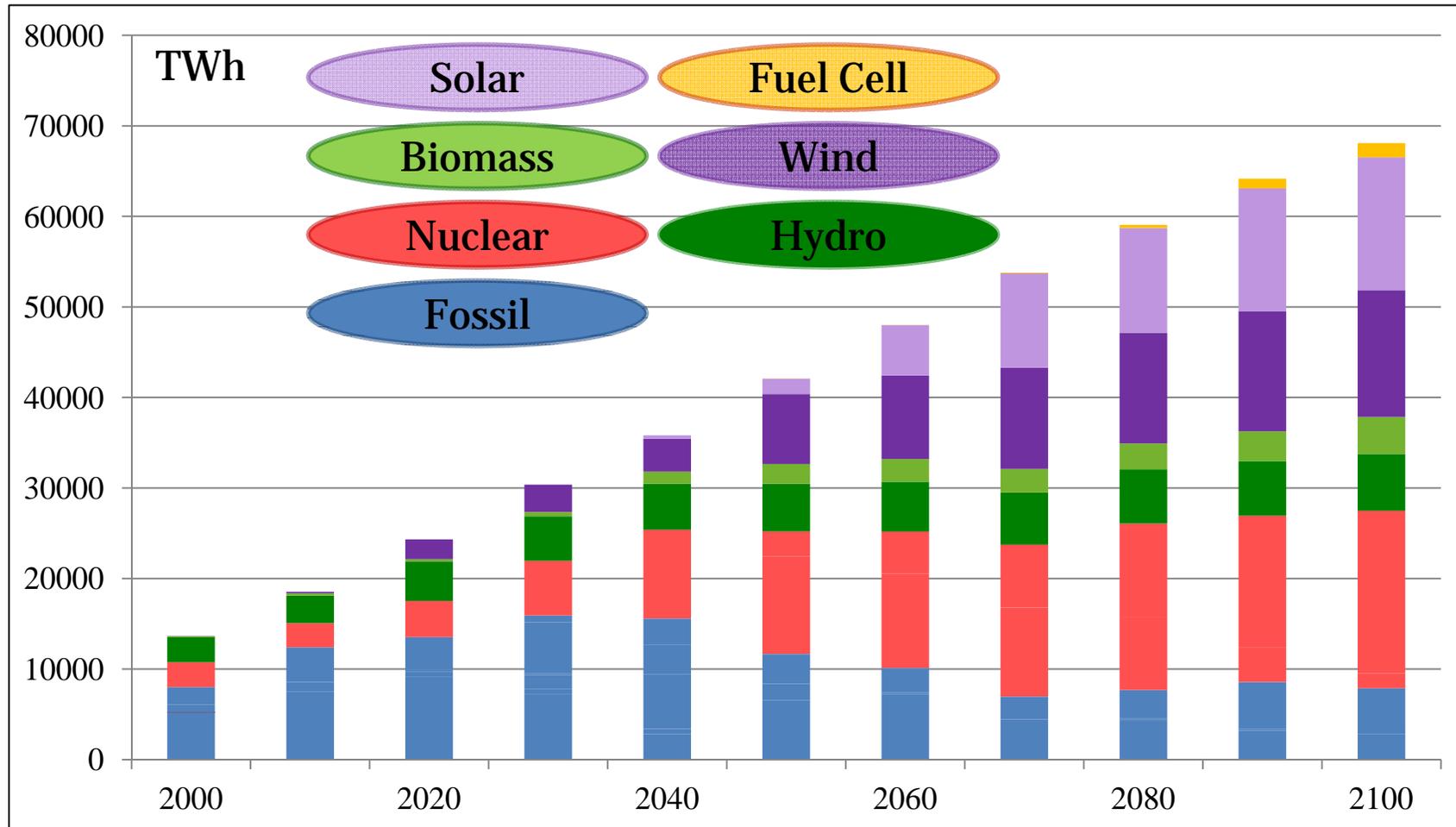
自然科学研究機構シンポ講演

発展途上国

18

# 世界の電源構成

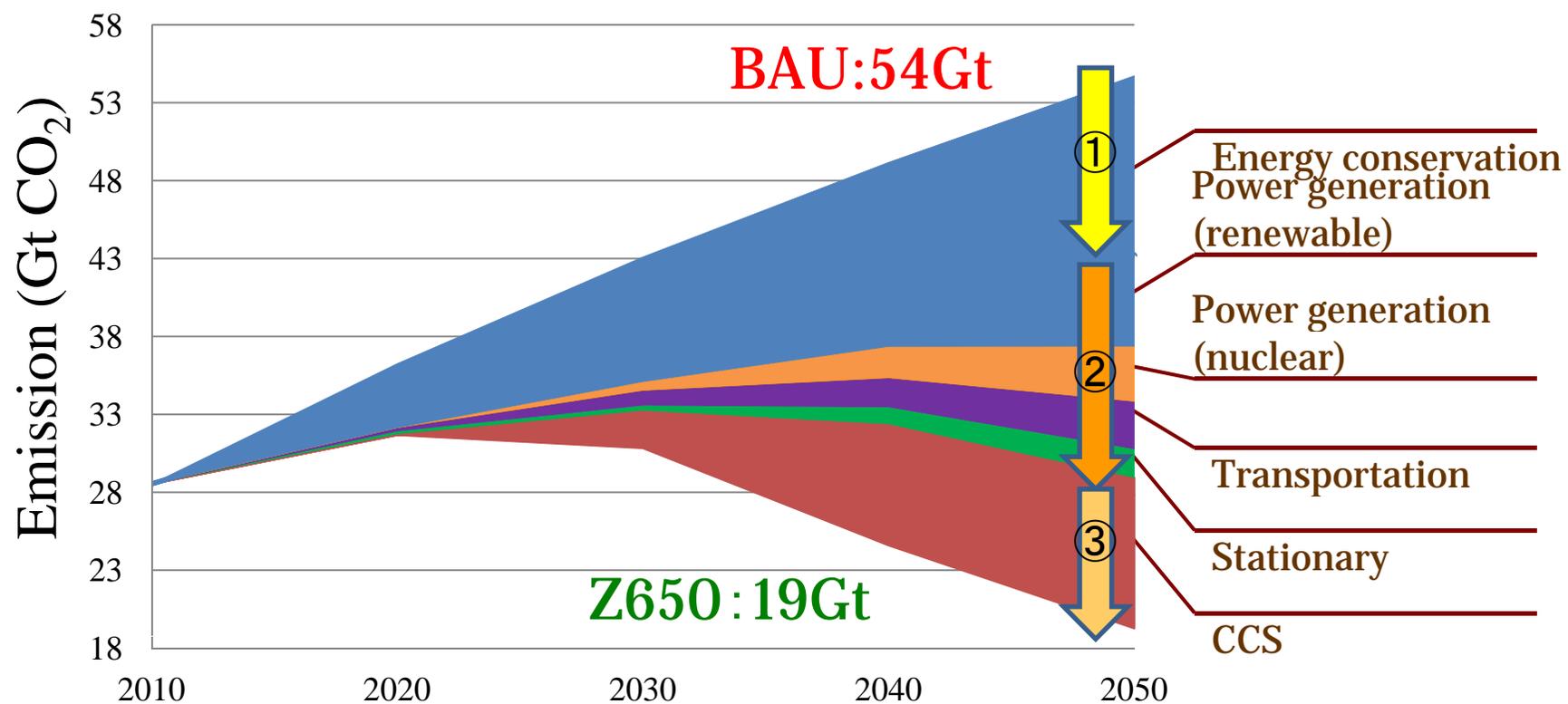
## Electricity: Global Power Generation of Z650



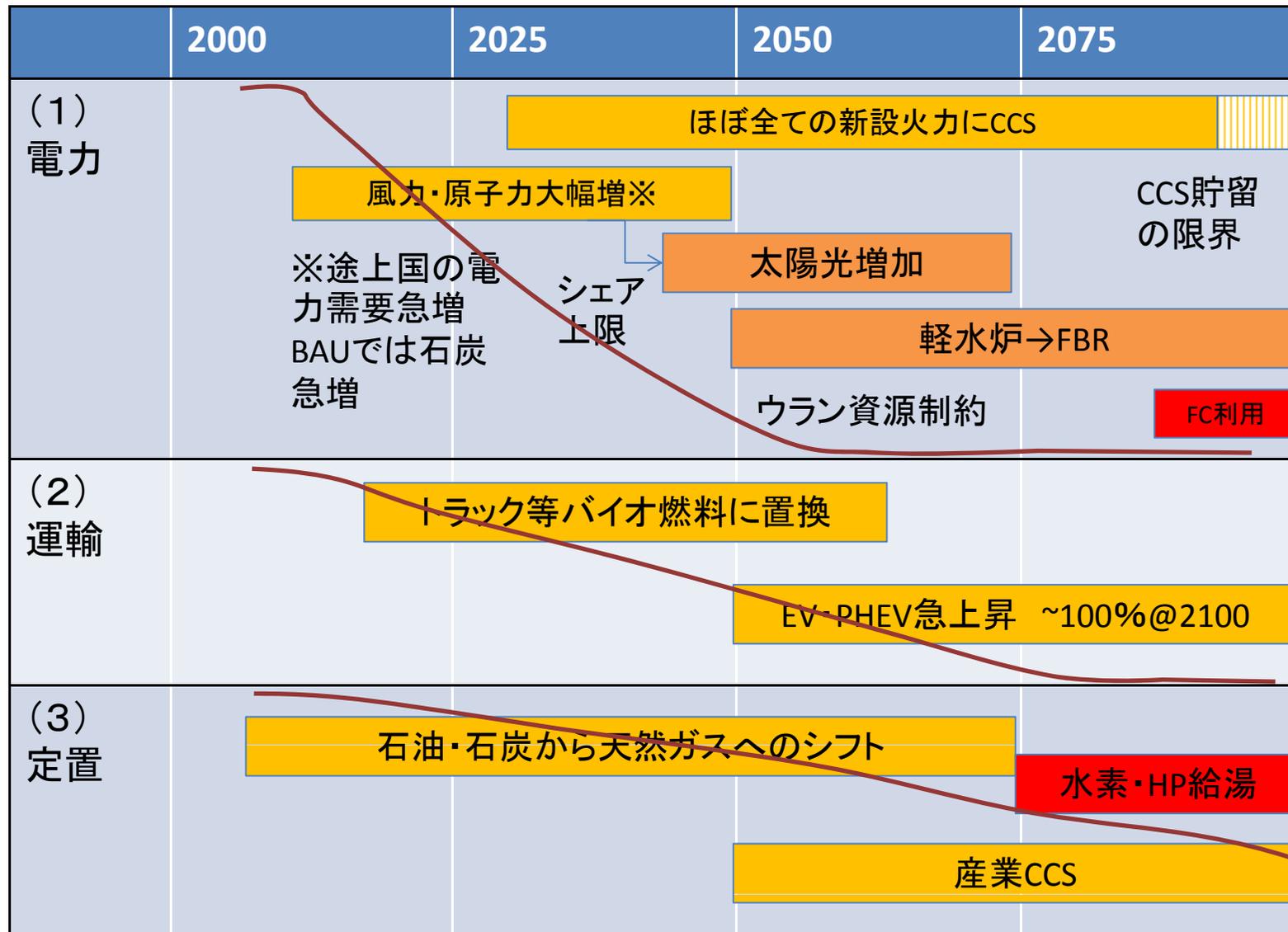
Nuclear Power Capacity (GWe)	2000	2030	2050	2100
	370	<b>810</b>	<b>1,800</b>	2,600

CO2制約を実現するためには、下記の3点が重要

- ① 消費エネルギーそのものの低減
- ② 非化石エネルギー(原子力、再生可能)のシェア向上
- ③ 二酸化炭素の回収・貯留



# CO2対策技術概観



図中の曲線はCO2削減率 (Z650の排出/BAUの排出) のイメージ

# Result of Global Optimization

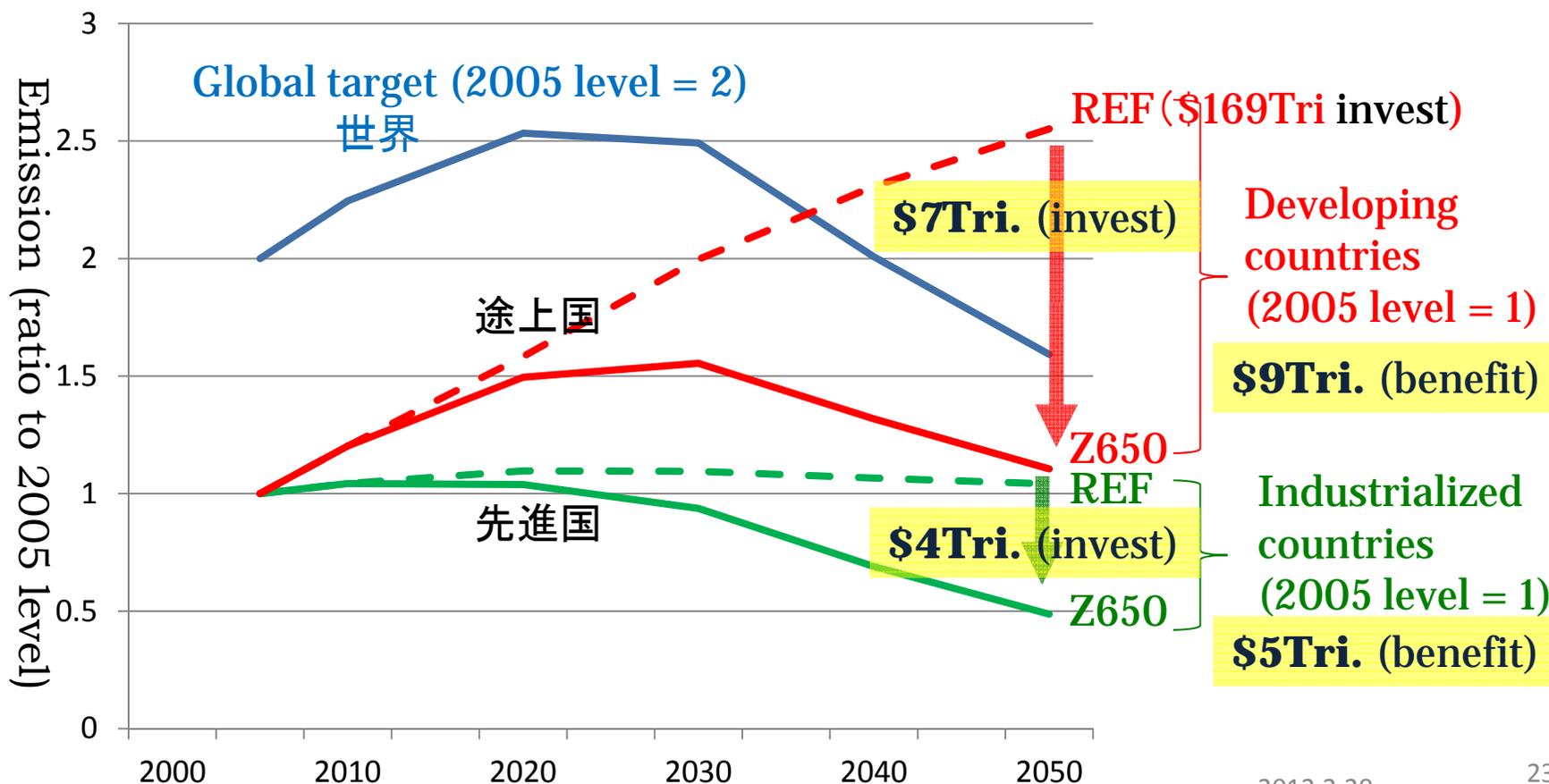
## Global and regional CO<sub>2</sub> Emissions

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

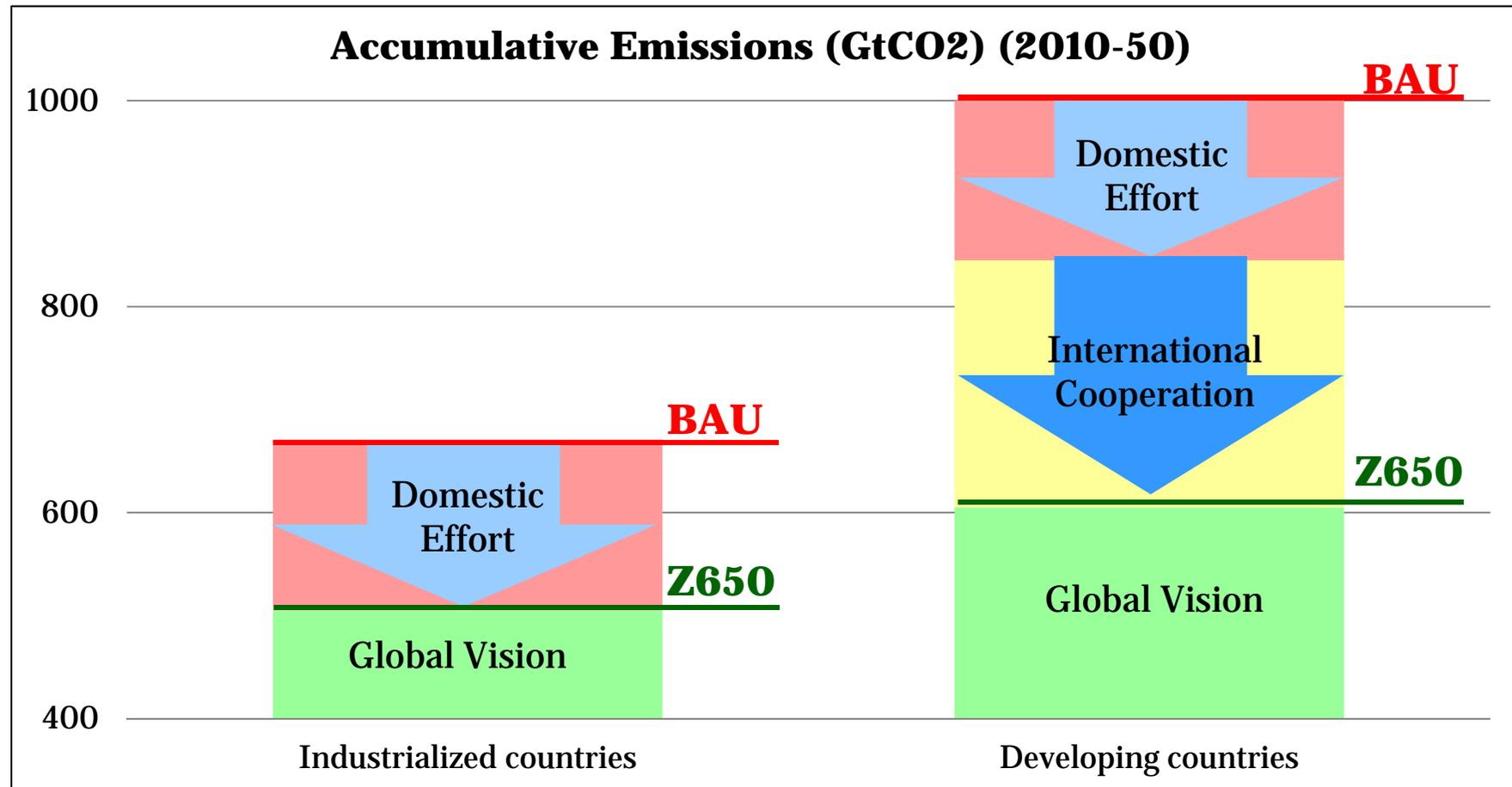
世界全体最適化（Z650）のコストと Z650 下で原子力フェーズアウトのコストとの比較／削減費用と省エネメリット（2010~2050）

Z650	削減比		累積削減量 (Gt CO <sub>2</sub> )	追加費用 (Tri\$)	省エネメ リ ッ ト (Tri\$)	正味コスト
	2030	2050				
世界	1.2	0.75	372	13→20	-13→ -7	0→13
先進国	0.9	0.5	128 (164)	5→ 7	-4→ -4	1 → 3
途上国	1.6	1.1	245 (219)	8→13	-9→ -3	-1→10

Tri\$/40 年間=25B\$ /年= 2 兆円 /年

COP16 年間 1000 億ドル先進国は発展途上国の温暖化対策を支援する

### 3. 実現する枠組み 先進国の途上国への支援

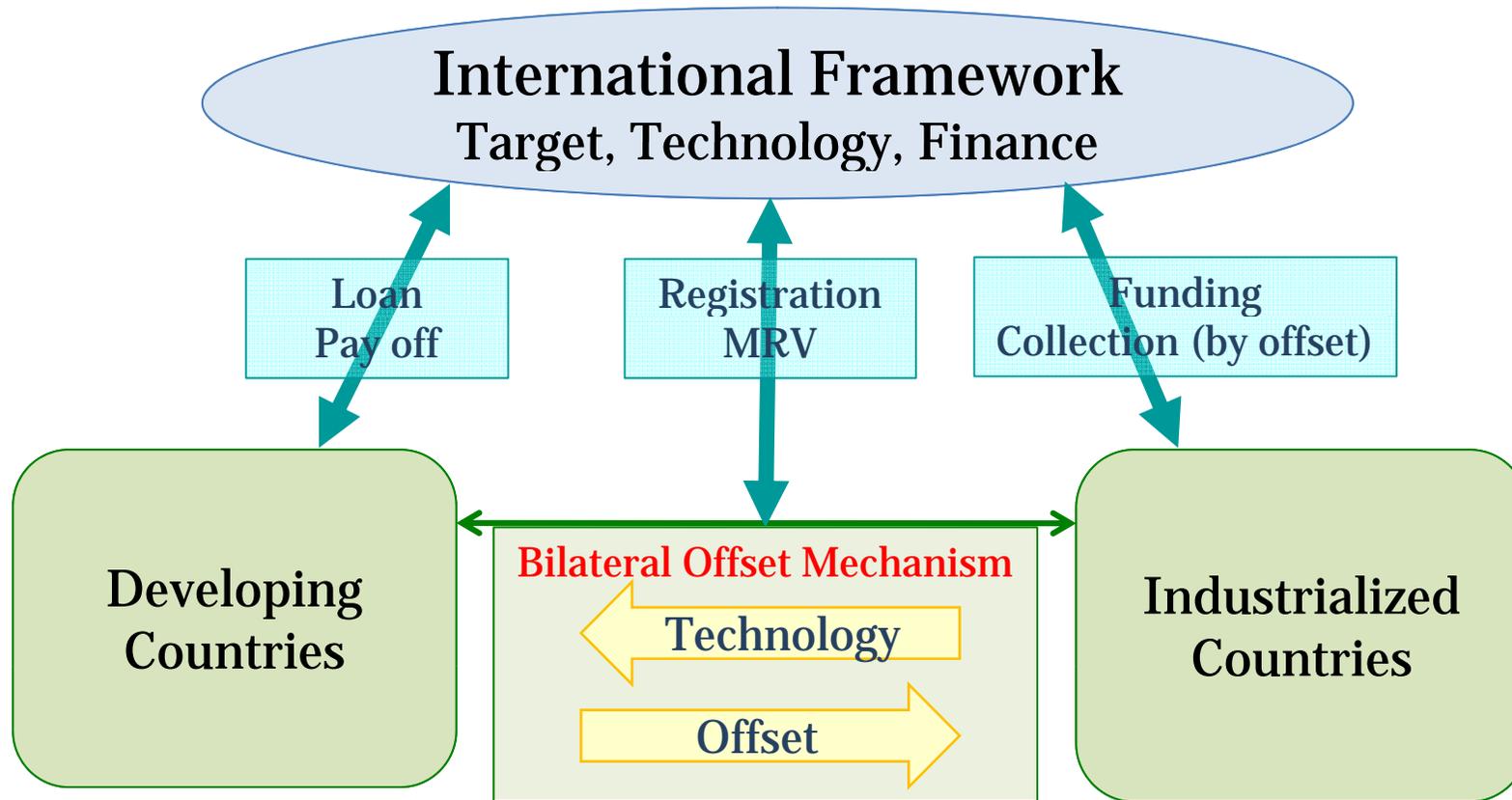


**BAU:** traditional development **REF:** energy conservation **Z650:** Low carbon vision

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

# 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