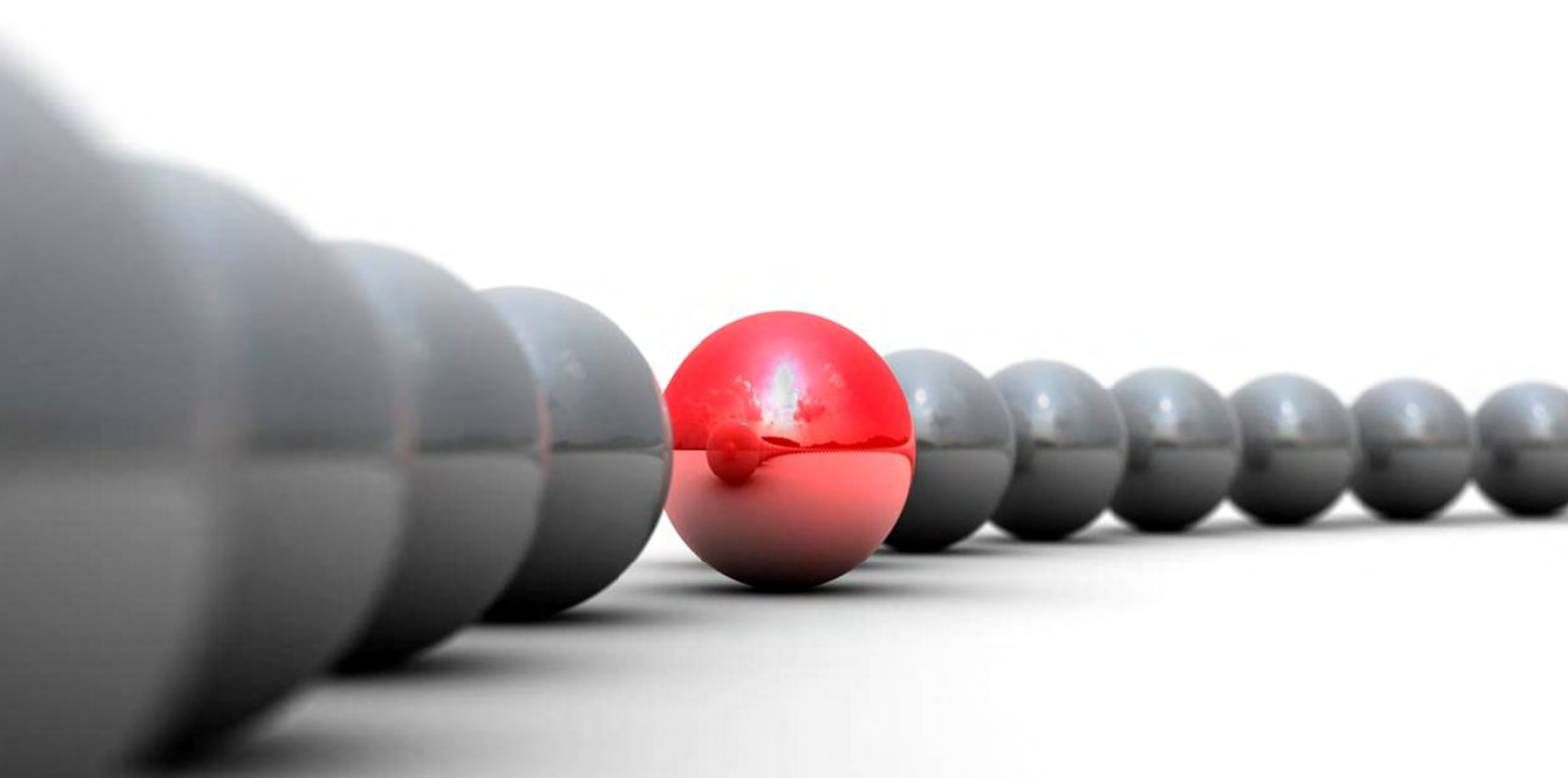


地球温暖化抑制の ための世界で共有できる エネルギービジョン

キヤノングローバル戦略研究所
理事・研究主幹

湯原 哲夫



地球温暖化に向けて世界で 共有できるエネルギービジョンと 日本の役割

2013年7月10日

キヤノングローバル戦略研究所
理事・研究主幹 湯原哲夫

1

温暖化を巡る最近状況 2013.7.4 T. Y

1. 後退する温暖化への国際的取組

・大きく後退する一方、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
・国連は「地球環境は既に限界点(Tipping-point)」との報告書を出した。

2. 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)。

3. 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)。

4. 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である。

5. 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こと等の行動計画を発表した。
・2020年までに2005年比17%削減することを確認し、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・推進を強調した。
・新興国へ働きかけ、世界を主導する。

6. 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。

・排出量取引制度が導入されて、この6月深圳市の排出取引所で試行取引が始まった。

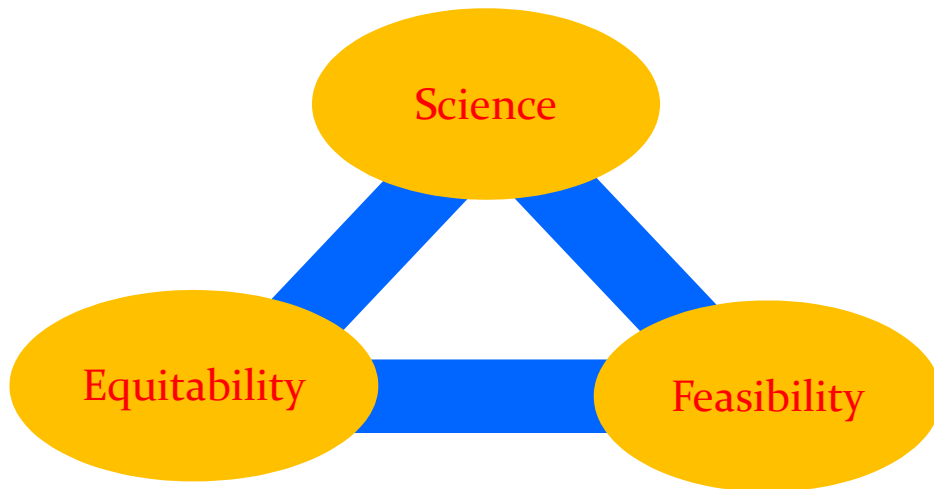
2014年までに7都市・地域で試験的に実施し、「中国の新市場は2015年までに8~10億トンのCO2排出量を削減するとみられ、ヨーロッパに次ぐ世界第2位規模のキャップ・アンド・トレード市場になる見込み」(ブルームバーク)という。

・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。

2

Towards the harmony

- Principles for the new climate regime-



Tetsuo YUHARA, Prof.
The Canon Institute for Global Studies

3

キャノングローバル戦略研究所
#2「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+先進技術とその普及の仕組み」

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)。

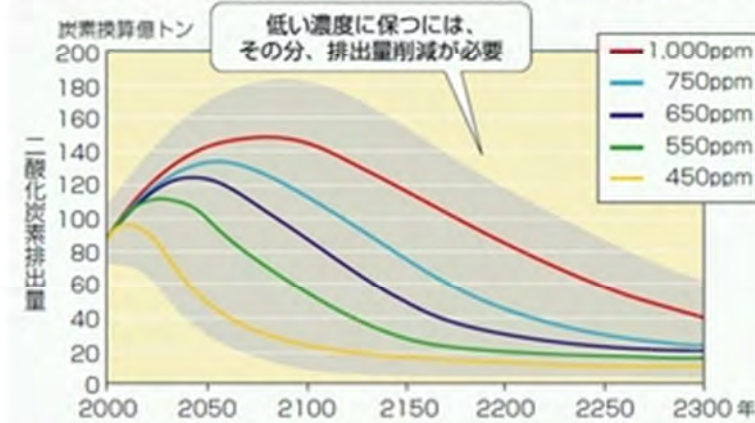
政府の約束「京都議定書延長からの離脱」、福田首相「2050年世界50%削減(先進国は80%削減)」、鳩山首相「日本国内 2020年1990年比25%削減」、COP15&16「2020年毎年1000億ドルの途上国温暖化対策への先進国支援」

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 ₂ 排出量 ^{*2}		安定化する時期とCO ₂ 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 °C (2.5°C)	14億	18%	2090年	5,500億
550	2 ~ 5 °C (3.5°C)	20億	25%	2150年	8,600億
650	2.5 ~ 6 °C (4°C)	26億	33%	2200年	10,500億
750	3 ~ 7 °C (4.5°C)	34億	43%	2250年	11,600億
1,000	3.5 ~ 8.5 °C (6°C)	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: 簡易炭素循環モデル) 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。

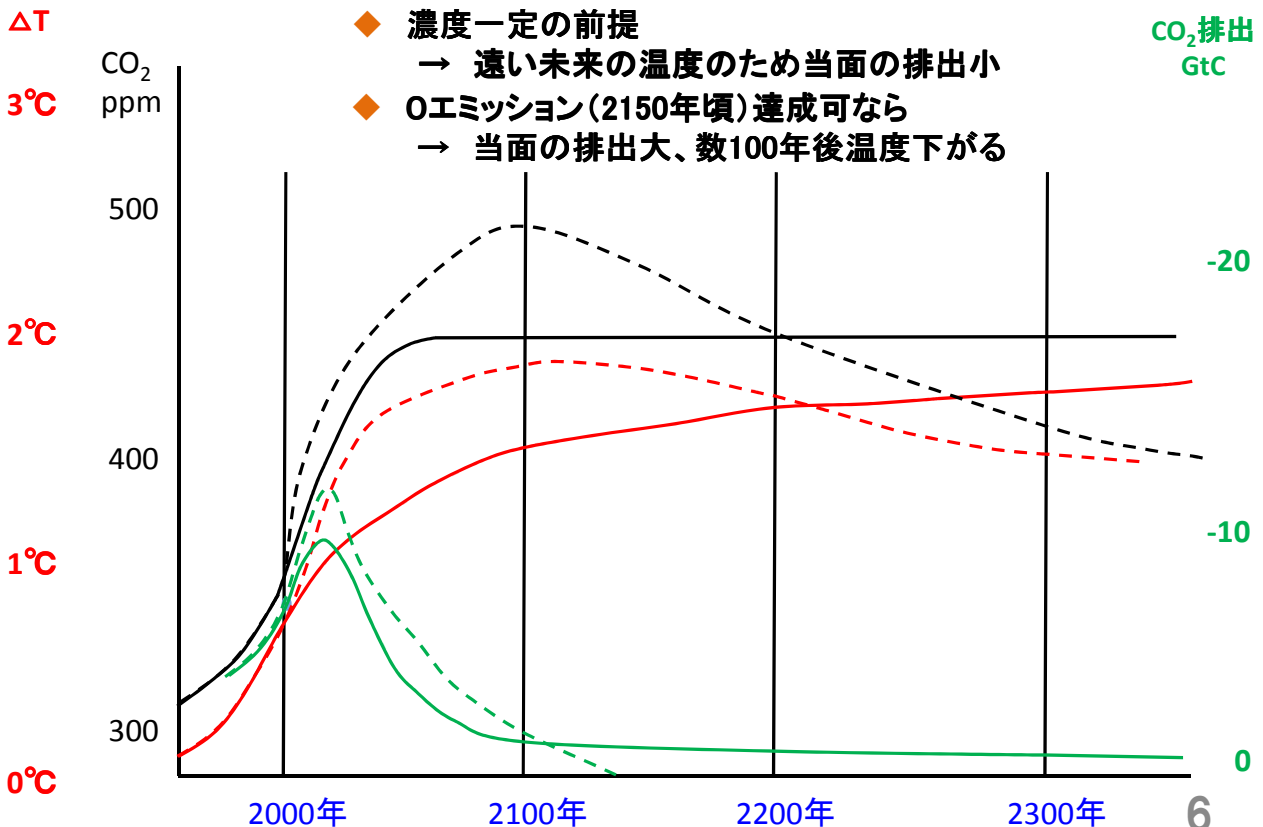


■ 様々な安定化水準に対応する世界の二酸化炭素排出量の変化 (文献24より)

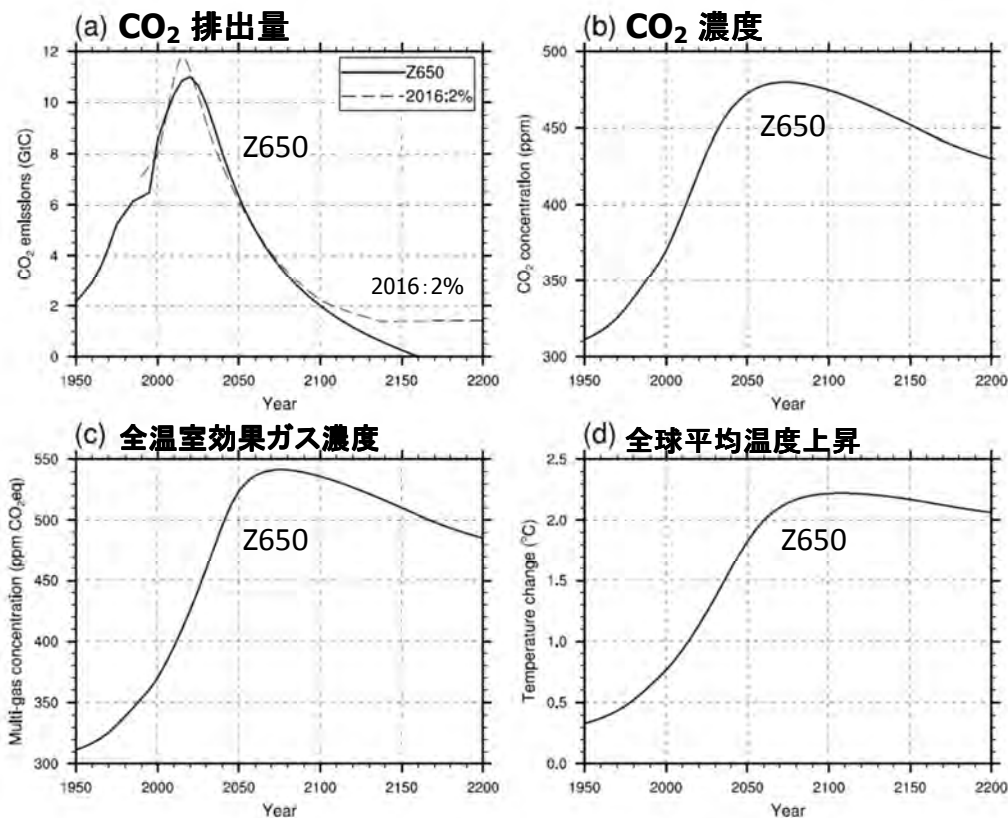
環境省「STOP THE 温暖化 2005」 (IPCC AR3) 5

濃度安定化 vs ゼロ・エミッション安定化

(——— 実線) (- - - - 破線)

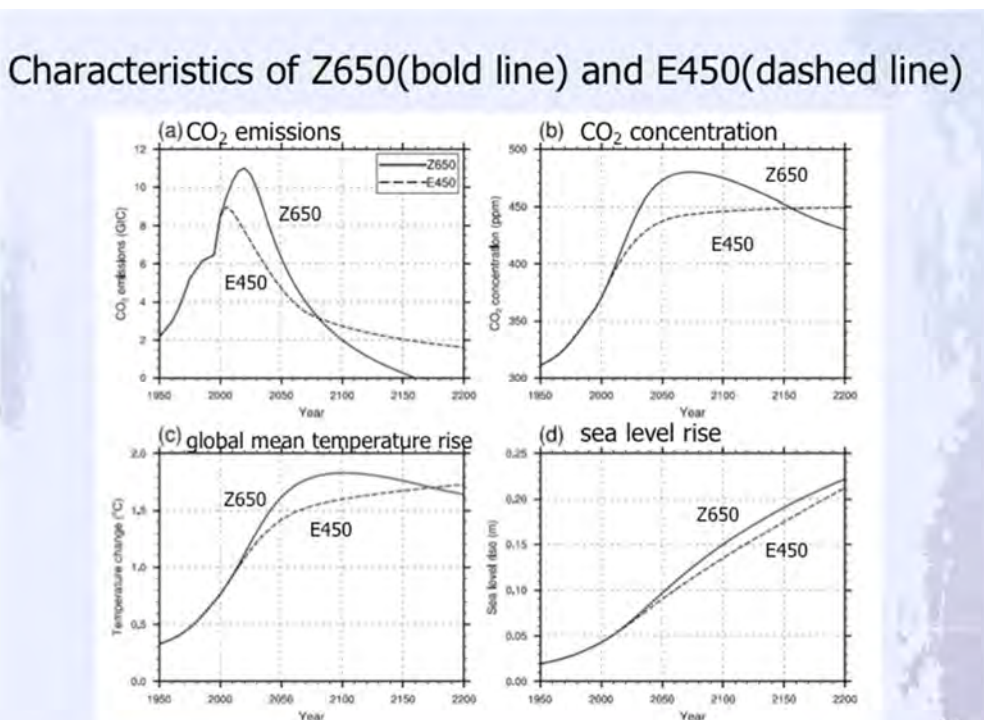


温度上昇ピークが2°Cを少し越えるZ650シナリオ（他のGHGを含む場合）



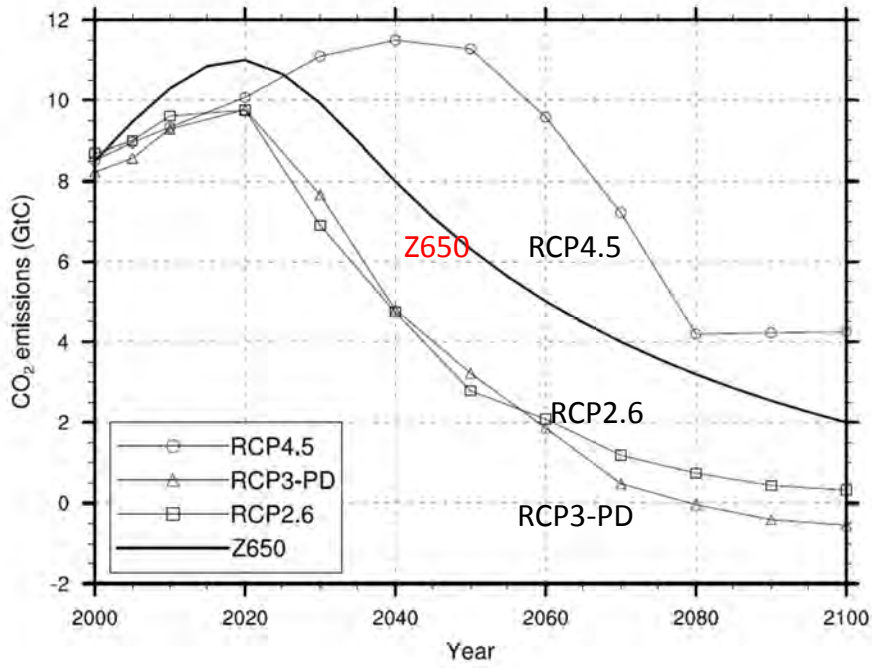
7

T.Matsuno, K. et al. "Stabilization of the CO₂ concentration via zero-emission in the next century- Possibility of new emission pathway to stable climate" 26 Nov.2009 #1 CIGS Symposium
 来世紀ゼロエミッションによるCO₂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-
 松野太郎他 #1 Canon Institute for Global Studies Symposium 27 October 2009



Z650: 二酸化炭素濃度 450ppmを超える(最大480ppm)が温度上昇は2°C以内
 超長期的にはこのピーク濃度(480ppm)後ゆっくりと減衰し~370ppmに落ち着く。 8

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



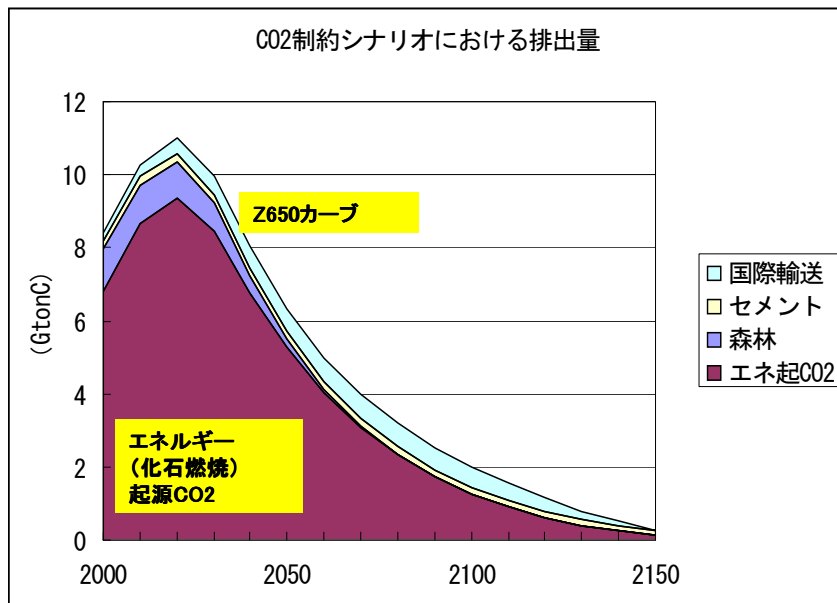
(Source) RCP Database (version1.0)
IIASA Homepage (<http://www.iiasa.ac.at/web-apps/tnt/RcpDb>)

提案するZ650シナリオによる21世紀中CO₂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。

キヤ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

9

エネルギー起源のCO2排出カーブ



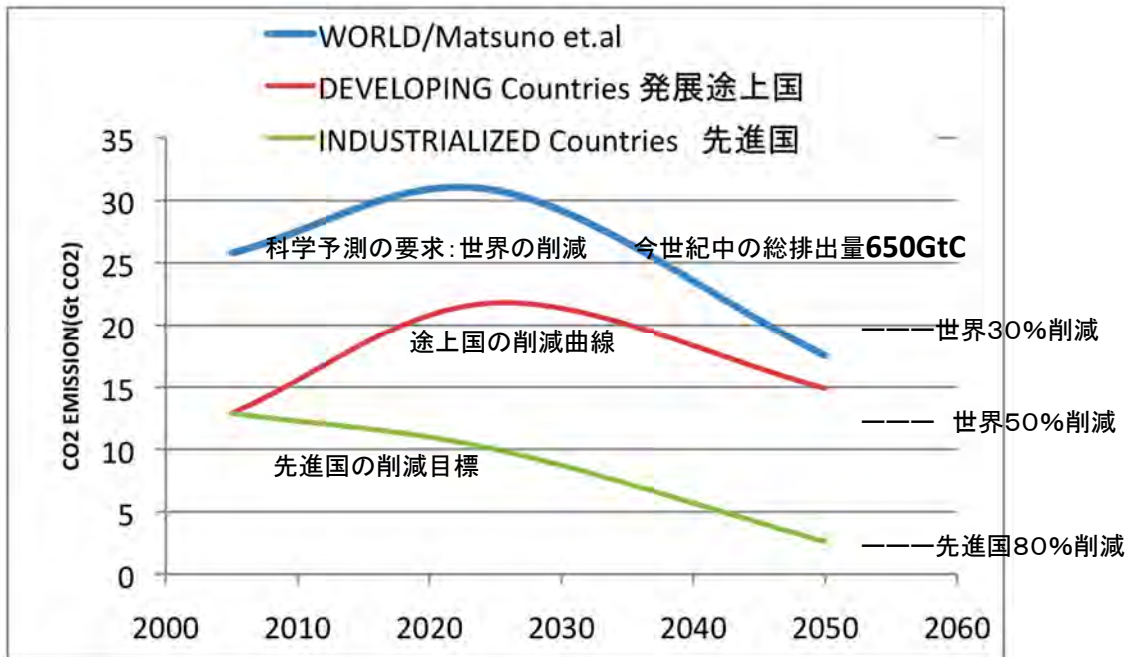
前回(20101125)ワークショップで報告

キヤ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

10

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]



11

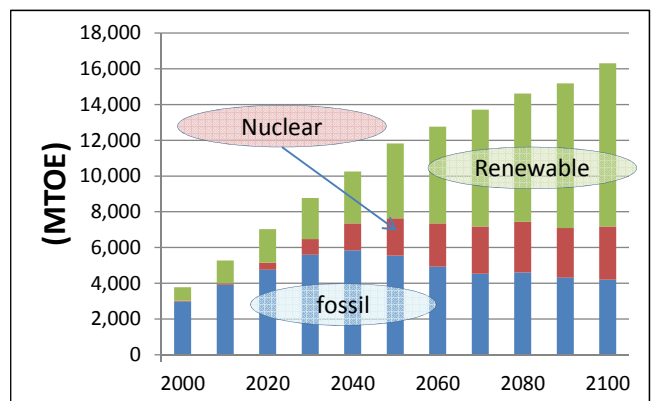
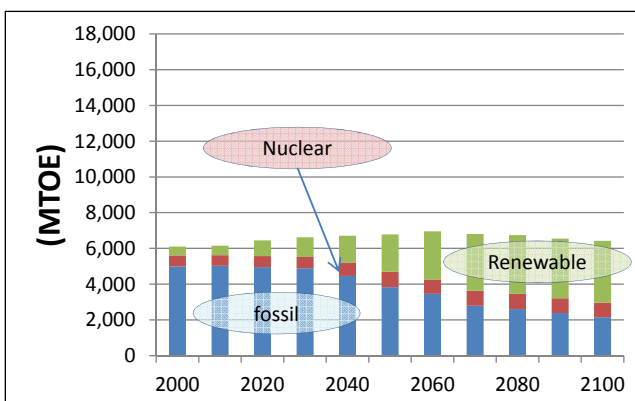
Region Total Primary Energy for Z650 ¹²

Industrialized countries

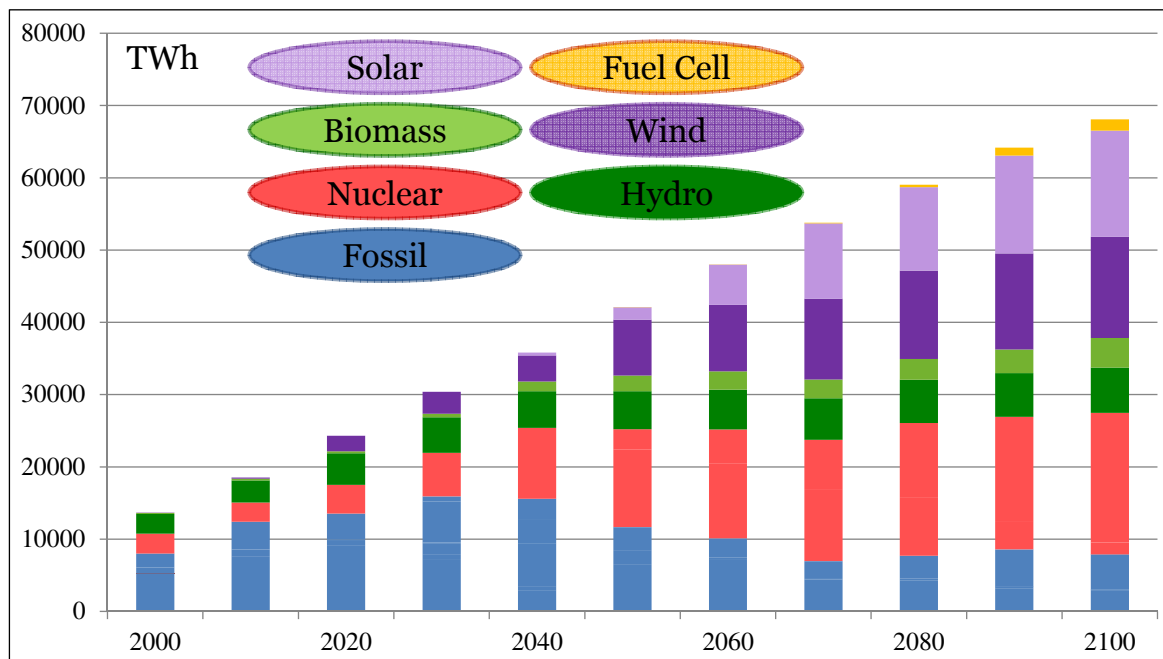
- Total Primary Energy is almost constant up to 2100.
- Share of fossil fuel gradually decreases
- Alternatively, share of renewable energy mainly increases

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	2030	2050	2100
		370	810	1,800

13

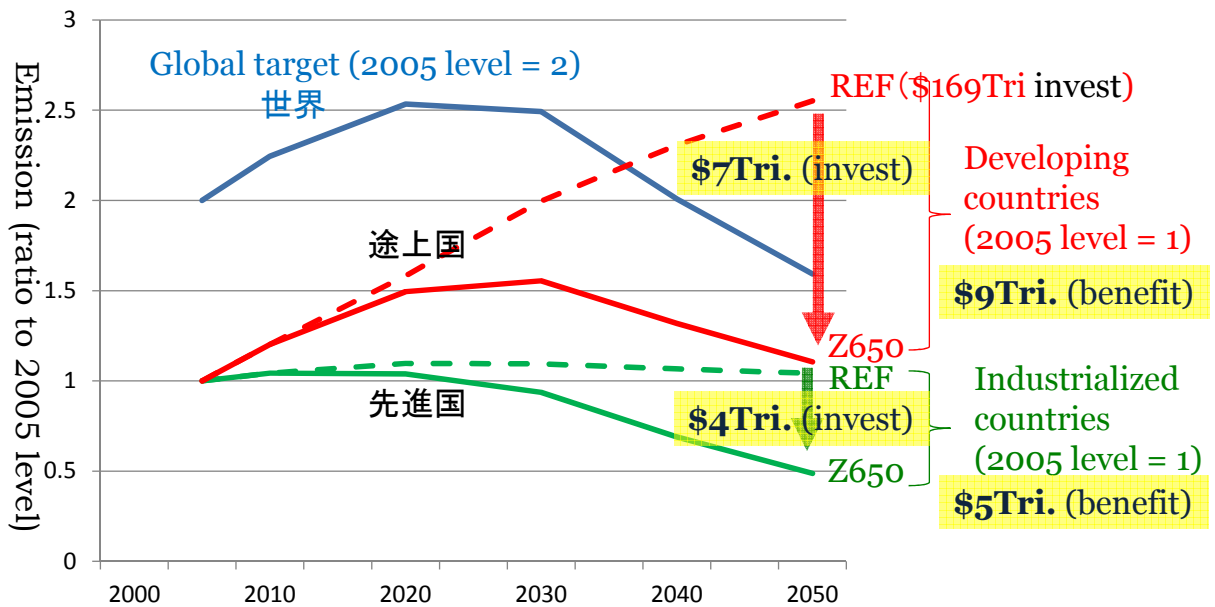
Regional Equitability

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

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 CO₂

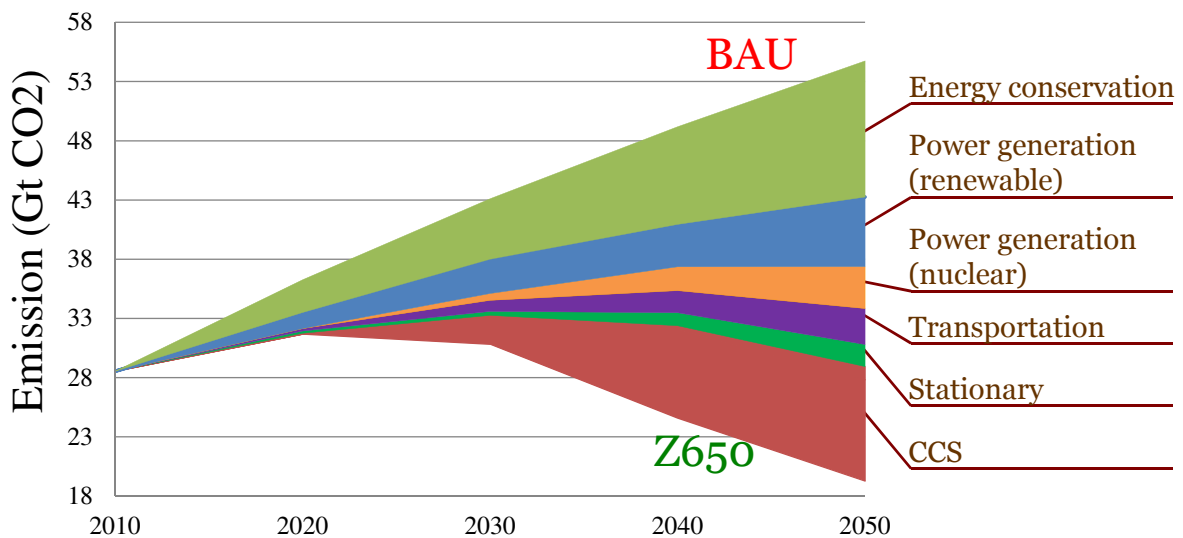


註: \$ 1 Tri/40年間 = 25B \$ / 年 = 2兆円 / 年

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

15

CO₂ emission reductions by sector

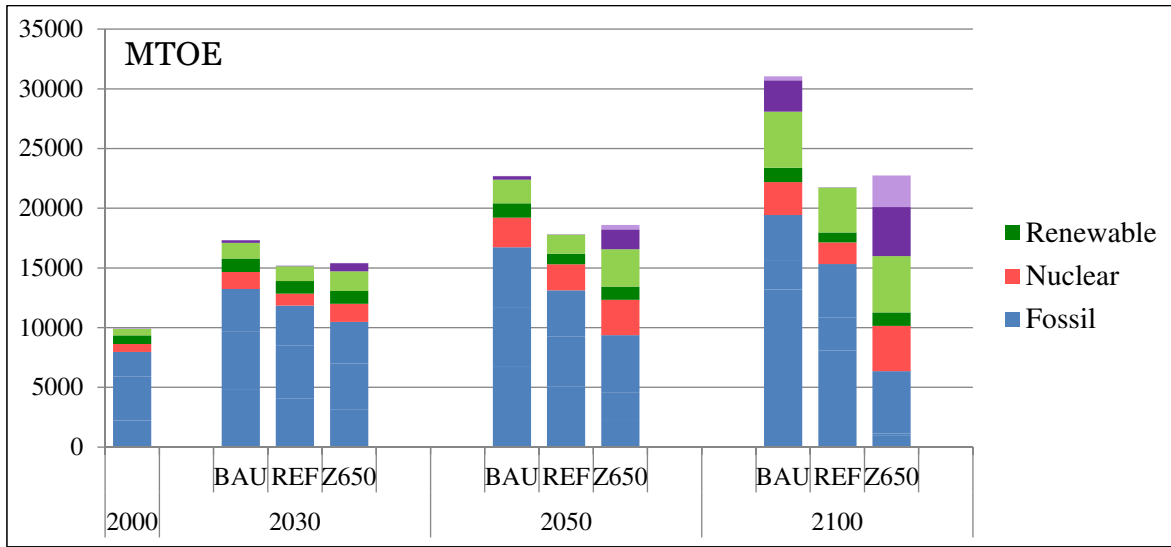


Energy saving and renewable energy play an important role during the whole period, while nuclear, transportation and CCS play an increasing role during the later stage.

16

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)

原子力フェーズアウトは途上国への負担増

世界全体最適化 (Z650) のコストと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)

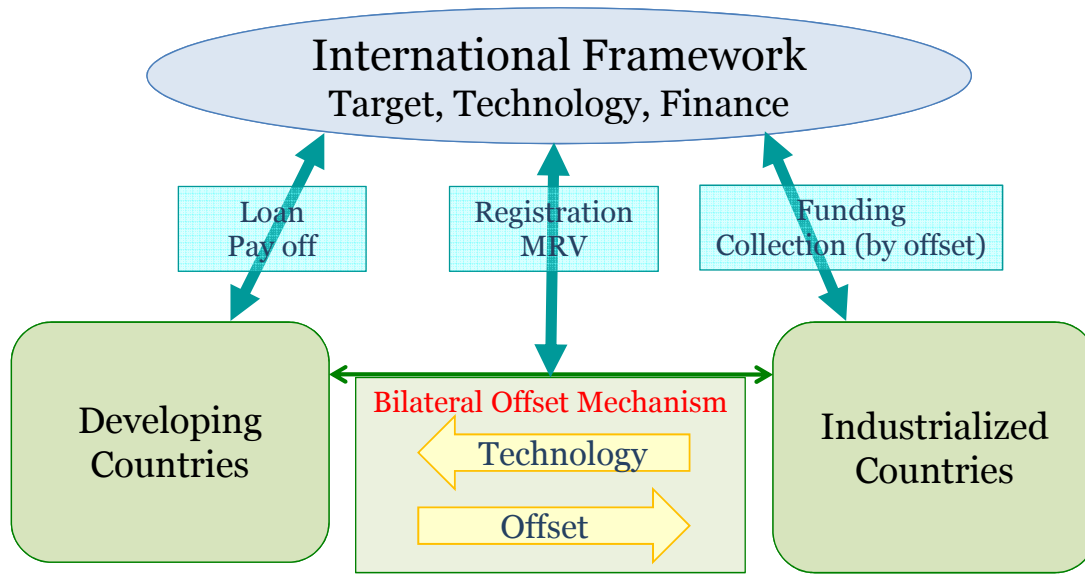
Z650	削減比		累積削減量 (Gt CO ₂)	追加費用 (Tri\$)	省エネメリ ット (Tri\$)	正味コス ト
	2030	2050				
世界	1.2	0.75	372	13→20	-13→-7	0→13
先進国	0.9	0.5	128(164)	5→7	-4→-4	1→3
途上国	1.6	1.1	245(219)	8→13	-9→-3	-1→10

Tri\$/40年間=25B\$/年=2兆円/年

キャノングローバル戦略研究所(CIGS)国内ワークショップ
 湯原「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

Enhanced international Mechanism

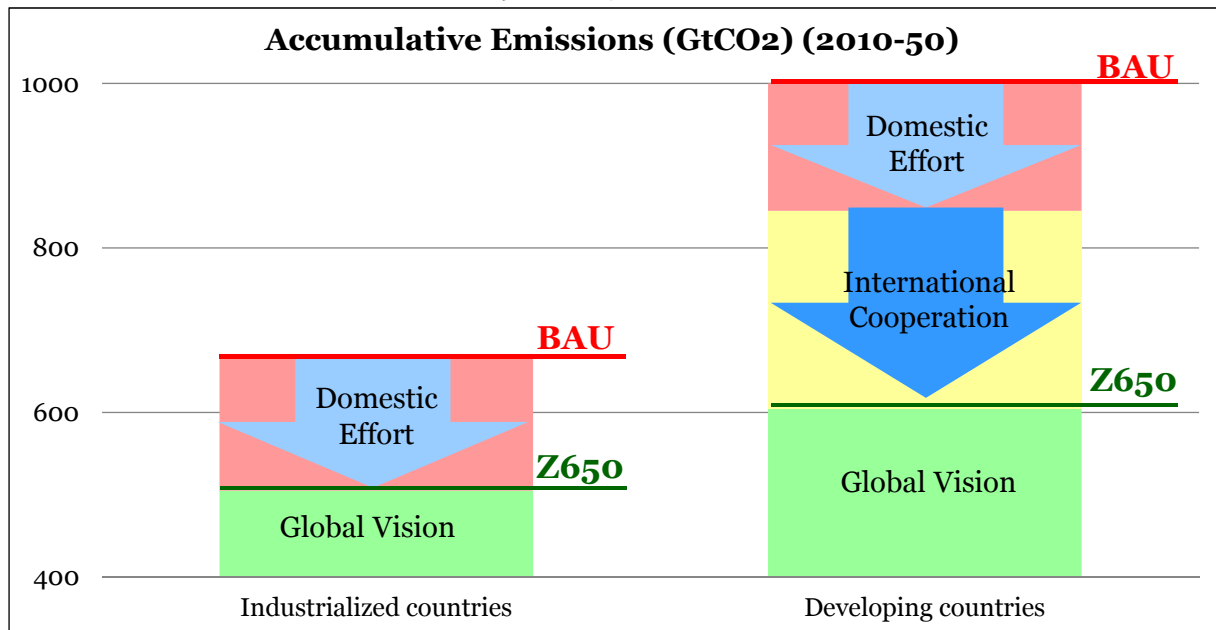
国際協力による低炭素技術の普及、認証認定



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

#2「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+国際協力の仕組み」

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各国の排出分担(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(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)。

政府の約束「京都議定書延長からの離脱」、福田首相「2050年世界50%削減(先進国は80%削減)」、鳩山首相「日本国内 2020年1990年比25%削減」、COP15&16「2020年毎年1000億ドルの途上国温暖化対策への先進国支援」

21

2030年日本のエネルギー構成の提案

1. 二酸化炭素排出 2005年比20%削減

2. 原子力発電の維持

- ・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。
- ・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、エネルギー構成を作る。

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

22

2030年日本エネルギー構成(総一次エネルギー供給)

		石炭	石油	ガス	再生	原子力	合計	効率*1	
総供給	2010実績	120	210	96	26	60	513	33%	
		83%			5%	12%			
	2030(Grape)	68	203	38	56	102	467		
		66%			12%	22%			
	2030(改) 本提案	89	134	72	55	60	421	40%*4	
		73%			13%	14%			

*1 便益/総供給

*3 電力化率 2030年(改)ケースで 供給51%(最終需要30%)

*4: 総合エネルギー効率 2050年50%を前提

23

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%*1	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。

24

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(%)		22	12	20	30	40~75	80	80		総発電電力量 1000TWh
2010 実績 10%	設備 (GW)	48	3.6	2.4	-	-	0.53			
	電力量 (%)	9.1	0.16	0.4	-	-	0.3	0.3	10	
2030 35%	設備 (GW)	48	69	52	8	1.5	3.9	6.0		エネ環会議 2012. 6. 19 環境省 2012. 8. 31
	電力量 (%)	9.1	7.2	9.0	2.1	0.5	2.7	4.2	35	
30%	設備 (GW)	48	53	25	10	5.7	3.9	6.0		荒川・湯原 2012.10 海洋政策本部参与会議 PT
	電力量 (%)	9.1	5.7	4.4	2.6	2.5	2.7	4.2	30%	
20%	設備 (GW)	48	27	10	6	3.4	1.7	---		本検討
	電力量 (%)	9.1	2.9	1.7	1.6	1.5	1.0	2.2	20%	

2013.5.8湯原記

原発事故評価と新しい展開

1. 規制一電力事業者一メーカーの在り方と責任所在を明確化した新しいシステムの構築

2. 事故原因の説明とその克服 及過剰な安全規制への懸念

(1)事故原因の技術的説明

- ①津波による 海水ポンプの機能喪失 (最終的熱吸収源の喪失)
- ②電源盤と非常用電源の浸水による配電・受電機能停止
- ③長時間全電源喪失下における高圧注水系統と減圧系統の機能不全

(2)その克服

①②③に対する深層防護(系統の多重性と外部事象に対する設備・配置基準)

想定すべき苛酷事故は長時間全電源喪失事故をとし、炉心溶融を回避する長時間の冷却機能の保持
構造的には格納容器破損防護。

(対テロ、航空機衝突に対する対策を再起動条件としない。本格的多面的検討を中長期に行うこと)。

3. 新しい原子力の世界の構築

(1)(第三世代+福島対応炉)炉は上記①②③と長時間電源喪失事故に対する苛酷事故対策(SA)

(2)(第四世代) 2030年商業化炉

- ・炉心溶融の無い(除熱システムの多様化と多重化、又は低出力密度の炉心、自然循環での冷却可能システム)
- ・高レベル廃棄物も無い(消滅か元々出さない)原子力エネルギー利用の姿
- ・地球温暖化のための産業用プロセスヒートの供給「多目的高温ガス炉HTGR」

- ・資源問題と廃棄物問題、核不拡散からトリウム燃料をも導入可能とする多様性の維持
発展途上国への安全で経済性ある原子力エネルギー技術の構築(濃縮しない燃料、
炉心溶融の無い炉、高レベル廃棄物を出さない使用済み燃料)

福島第一事故後の世界の次世代原子力開発を巡る動向

1. 世界の潮流

炉心溶融のない、水素爆発もない、高レベル廃棄物を出さない「原子炉と燃料」システムへの指向が強まるだろう。
(第四世代炉、2030年から商業化・普及化プログラム。高温ガス炉・溶融塩炉・高速増殖炉など)

2. 高温ガス炉:

・出力密度薄く、自然循環で炉心冷却可能、ヘリウム冷却のために高温(ほぼ1000°C)熱供給が可能(化学・鉄鋼のプロセスヒート供給)。
・地球温暖化対策には産業用の熱供給の化石燃料削減が不可欠との観点から評価。

(1)中国政府は福島事故後、すべての原発建設工事を停止した。2013年高温ガス炉建設から再開した。(20万kWの熱電供給を20基の計画の第一基目、将来途上国への輸出も視野に)

(2)米国の高温ガス炉計画の再活性化、DOEの予算により、合同チームを結成、開発を進めている。原子炉は仏AREVA、米国WH、GAも参加。また化学工業界も熱需要家として参加。またシェールガスからGTL製造プラントへの熱供給を検討、公表した。

・ (3)日本はHTTR(高温ガス炉実験炉として1990年代に1000億円かけて旧原研・大洗建設し、臨界し、自然循環による炉心冷却を確認し、順調に実験を継続している。水素生産システムとして細々と研究を継続している。この分野で稼働中の炉を持つトップランナー。

・ (4)ドイツはトリウム燃料の高温ガス炉を1960~70年代に開発(炉心溶融ない、トリウム燃料(高レベル廃棄物・マイナーアクチナイドMAを出さない)を採用。その後原子力開発中止するも中国に技術移転。

・ (5)米国は同じ頃 ガス炉開発し、実証炉を建設運転したが、トラブルあり、軽水炉路線が定着した。今世紀に入り、原子力開発プログラムの中で、2021年までに高温ガス炉を建設する法律作り、計画推進してきている。英国は炭酸ガス炉で世界を先行したが、原子力潜水艦用の軽水炉PWRに世界市場を奪われた。

結論

・ 高温ガス炉の推進戦略を再構築し、安全で、安定した原子炉技術として商業化を図ること。
・ 産業用熱供給を長期的目標とする(CCS代替)。
・ 燃料転換を含め、高レベル廃棄物を出さないシステムを考える。

27

3. 中小型炉(SMR)

・ 米国のSMR プロジェクトは進展を続け、軽水炉小型炉を建設中、引き続き第二弾の高速炉が期待されている。またビルゲーツの小型炉(燃料交換しない燃やしきり炉、液体金属高速炉)も中国と共同研究を実施中、勧告もこれに参加する模様。

・ (2)米国は軽水炉の固体燃料と溶融塩冷却のシステムを使用済み燃料の高レベル廃棄物(超ウラン元素MA)を消滅させる炉としての役割を重視している。一方フランスは燃料も冷却剤も溶融塩とする原子炉の研究を進め、第四世代の原子炉の国際協力をリードしている(GIF-MSR)。

4. 消滅炉ADSの開発

・ フランスの増殖炉計画と消滅炉計画が進む。

・ 日本の原子力機構の 高レベル放射性廃棄物に含まれるマイナーアクチナイド(MA)の核変換を目的とした加速器駆動核変換システム(ADS)の研究レベルは高い。熱出力800MWのADSが1基で、電気出力1GWの軽水炉10基で生じるMAを核変換できる(放射能無毒化30万年を300年に短縮、消滅性能は高速増殖炉も同様のレベルにある)。

・ (2)日本はこの分野ではほとんど実績ない(故古川博士や有馬元東大総長が推進を提言してきた)。広範な基礎研究の基盤と積み上げが必要である。原子力委員会が先頃状況を関係者から聴取した。

結論

・ 進化した中小型原子炉への開発はこれまでの成果の上にトップランナーになりうる。

・ 高レベル廃棄物の低レベル化(核変換による消滅)もまたトップレベルにある。
・ ウランに加え、トリウムも核燃料として利用できる柔軟性と基礎技術基盤の再生が必要

5. トリウム燃料と溶融塩炉の開発(米中連携。インド開発加速)

・ ウランと並ぶ資源量ある(特に中国・インド)、またレアアースの副産物として、中国で多量に産出・産廃として大きな問題に。高レベル廃棄物を出さないトリウム燃焼炉として、また軽水炉の高レベル廃棄物の消滅炉として位置づけられている。これまでも第四世代原子炉

・ トリウム溶融塩炉も高レベル廃棄物を消滅させるシステムとして検討し、また再処理工場の最後端での低レベル化処理プロセスとして検討すべき。

・ (1)中国が大規模な研究開発プロジェクトを上海応用物理研究所で立ち上げ(2011年1月、500名程度の研究員から構成されるプロジェクト)、福島事故後米国の溶融塩炉技術(オークリッジ国立研究所、1960年代)とも連携し、高レベル廃棄物を出さない原子炉システムとしての開発を目指している。US-DOEがこれをバックアップし、協力覚え書きを交わしている。

28

原子炉の種類と自主開発炉

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→南ア、 中国
軽水炉	沸騰水型炉	BWR	濃縮ウラン	軽水	軽水	BWR (GE)	米 GE, WH
	加圧水型炉	PWR				PWR (WH)	むつ 船用炉 (超臨界圧炉) SMR
重水炉	軽水冷却	GCR	天然ウラン	重水	軽水	カナダ CANDU	中国・インド
	重水冷却	ATR	天然ウラン	重水	重水		ふげん
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	(富士) 米中, インド

29

動向に関する私見

2013.5湯原

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、溶融塩炉が見直され、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)。その動きに日本は全く取り残され、情報も報告・報道されない状況にある。FBR や HTGR ではかつてのトップランナーが周回遅れになるだろう。

1. 次世代軽水炉による第三世代++炉の開発

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。
炉心溶融とその対策を安全設計の前提とする様な行き過ぎた安全規制を回避すべき。

2. 第四世代炉の開発

FBR FACT サイクルの開発は維持すべきも、米・ロ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、それができ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。炉心溶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溶融塩炉の米中の動きにもっと注目すべき。

高速炉又は溶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だろう。

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 HTGR-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。

30

山東省石島湾原発

中国:2年ぶりに原発建設再開、自主開発の第4世代原子炉「高温ガス炉」を使用予定—山東省榮成市 2013年1月25日

<http://www.recordchina.co.jp/group.php?groupid=68789>

- 2013年1月24日、中国山東省榮成市にある約2年間にわたり建設が中断されていた華能石島湾原子力発電所がこのほど着工した。中国東部沿海地域に位置する同原発では、**中国が自主開発した世界初の第4世代原子炉**が使われる予定だ。新華社通信が伝えた。
- 清華大学原子エネルギー・新技術研究院の張作義(ジャン・ズオイ)院長(高温ガス炉チーフエンジニア)は、「石島湾原発の主体工事が着工した。これは、福島原発事故を受けて中断されていた中国の原発建設が再開したことを意味する」と語った。
- 同原発は華能集団、清華大学、中核建設集団の共同出資で建設される。中国が知的財産権を有する初の高温ガス炉モデルプロジェクトであり、第4世代原子炉の安全性を備える**モジュール型高温ガス炉**を商用化した世界初の原発でもある。総工費約40億元(約560億円)を投じて20万キロワットの高温ガス炉を建設し、**2017年までに稼働**を始める予定。
- 華能山東石島湾核電有限公司の張廷克(ジャン・ティンカー)董事長(取締役会長)は、「第3世代原子炉である加圧水型原子炉技術とは異なり、高温ガス炉の蒸発器は560度にまで達するため、発電効率が大幅に高まる。さらに重要なのは、**高温ガス炉はどのような事故が発生しても炉心溶融や大量の放射線漏えいが発生せず、安全性が高い点だ**。原子炉の余熱で炉心が融解する恐れが無く、原発の外から緊急措置を講じる必要がない。第4世代原子炉の安全目標を達成した」と話した。
- 高温ガス炉原発のモデルプロジェクトは2011年3月1日に、国家科学技術重大特別プロジェクトの1つとして國務院の認可を得た。しかし同月に日本の福島原発で事故が発生したことを受け、中国は全ての建設中の原発プロジェクトを一時中止した。その後、2012年10月24日に國務院が「エネルギー発展の第12次五カ年計画」、「原子力発電安全計画(2011~2020年)」、「原子力発電中長期発展計画(2011~2020年)」を審議可決し、原発の建設再開が正式に決定された。
- 石炭火力発電を中心とするエネルギー構造は、中国の生態環境に極めて大きな試練をもたらしている。中国東部では今年1月中旬以降、広範囲の大気汚染が持続的に発生した。中国のエネルギー構造調整とクリーンエネルギーの発展は差し迫った問題だ。
- 張董事長(取締役会長)は「**石島湾原発モデルプロジェクトが成功すれば、中国は商用化された高温ガス炉を有する世界初の国となり、中国は原発技術の輸入大国から、原発技術・設備の輸出大国へと変化を遂げる。世界の原発産業における中国の地位も大幅に高まるだろう**」と語った。(提供/人民網日本語版・翻訳/SN・編集/内山)

湯原註: 炉心溶融のない、高レベル廃棄物も出さない高温ガス炉は中国の輸出原子炉として強力な戦略製品となると予測される。

31