

日本の中長期エネルギー構成

キヤノングローバル戦略研究所
段烽軍

エネルギー基本計画

- エネルギー基本法に基づき、2003年から制定
- 基本的に、3年間一度見直し
- 第四次エネルギー基本計画(2014年4月閣議決定)
 - 福島原発事故を踏まえて、従来の3Eから3E+Sへ
 - 各エネルギー源の位置づけ
 - 再生可能エネルギー: 重要な低炭素の国際エネルギー源
 - 原子力、石炭: 重要なベースロード電源
 - 天然ガス: ミドル電源
 - 石油: 運輸と産業用エネルギー源、ピーク電源
 - 具体的な施策と措置
 - エネルギー技術開発ロードマップの制定
 - 36項目の技術の2050年に向けてのロードマップ(2014年12月)

2030年エネルギー構成の試算

		IEEJ	RITE	IEA	CIGS	政府案
一次エネルギー総供給(MTOE)		468	500	434	429	452
一次エネルギー構成(MTOE)	原子力	61	82	57	60	49
	再生可能エネルギー	66	36	53	47	63
	石炭	99	114	99	96	113
	石油	155 (118)	164	140	134	145
	天然ガス	88	101	84	92	81
総発電量(TWh)		1173	1264	1119	1000	1065
電源構成(TWh)(%)	原子力	290 (25%)	316 (25%)	218 (19%)	240 (24%)	213-234 (20-22%)
	再生可能エネルギー	303 (26%)	253 (20%)	289 (26%)	200 (20%)	234-256 (22-24%)
	石炭火力	270 (23%)	313 (25%)	296 (26%)	235 (24%)	277 (26%)
	石油・天然ガス火力	310 (26%)	382 (30%)	318 (28%)	325 (32%)	320 (30%)
CO2排出(Mt) 削減率(2005年(1205Mt)比)		895 (26%)	1025 (14%)	915 (24%)	938 (22%)	927 (23%)
エネルギー自給率(%)		28	24	25	25	24

2030年エネルギー需給見通し

- 今回の見通し策定にあたって、安全性の確保を大前提としつつ、安定供給、経済効率性及び環境適合に関する以下の目標を同時達成することを想定。

安全性の確保

自給率

現在、わずか6%



【目標】

震災前(約20%)を更に上回る
概ね25%程度

電力コスト

震災後、電気料金は大幅に上昇

(産業用＝約3割、家庭用＝約2割)

※2013年度の実績

再エネ賦課金は今年度1.3兆円

(既認定分※全てが運転開始されると2.7兆円)

※平成26年6月時点の認定量



【目標】

現状よりも引き下げる

温室効果ガス 排出量

原発停止・火力発電の焚き増しで
2013年度のCO2排出量※は過去最悪

※エネルギー起源のみ



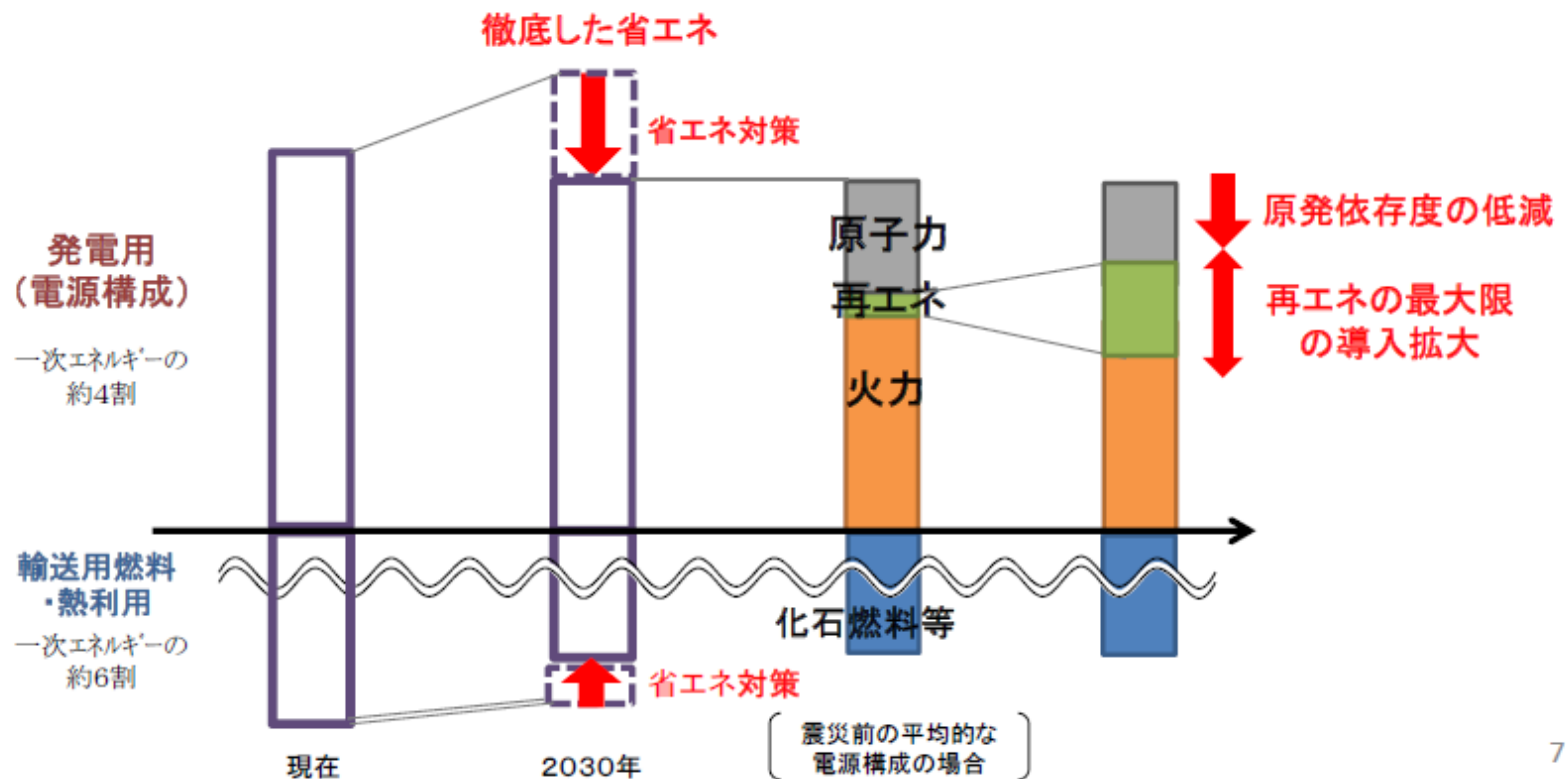
【目標】

欧米に遜色ない削減目標

大前提

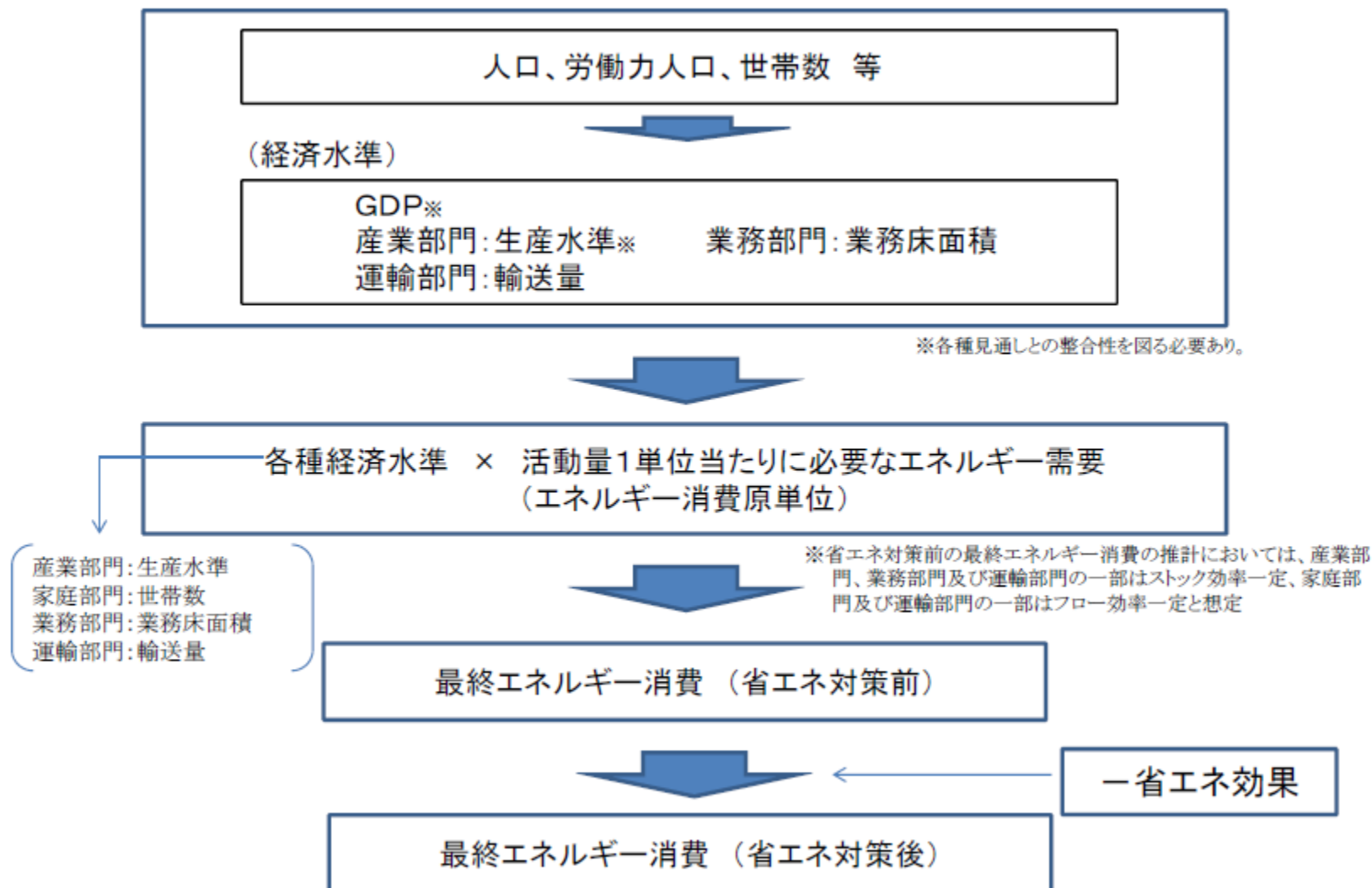
2030年エネルギー需給見通し

- 安全性、安定供給、経済効率性及び環境適合に関する具体的な政策目標を同時達成する中で、徹底した省エネルギーと再生可能エネルギー導入の取組や火力発電所の効率化などにより、原発依存度を可能な限り低減させる。
- また、再生可能エネルギーの最大限の導入拡大に際しては、各電源の個性に応じた最大限の導入拡大と国民負担の抑制を両立する。



2030年エネルギー需給見通し

【マクロフレーム】



2030年エネルギー需給見通し

➤ 実質経済成長率: 1.7%

➤ 主な産業活動量

鉄鋼: 1.2億トン エチレン: 570万トン

セメント: 5558万トン 紙: 2719万トン

業務床面積: 19.7億m²

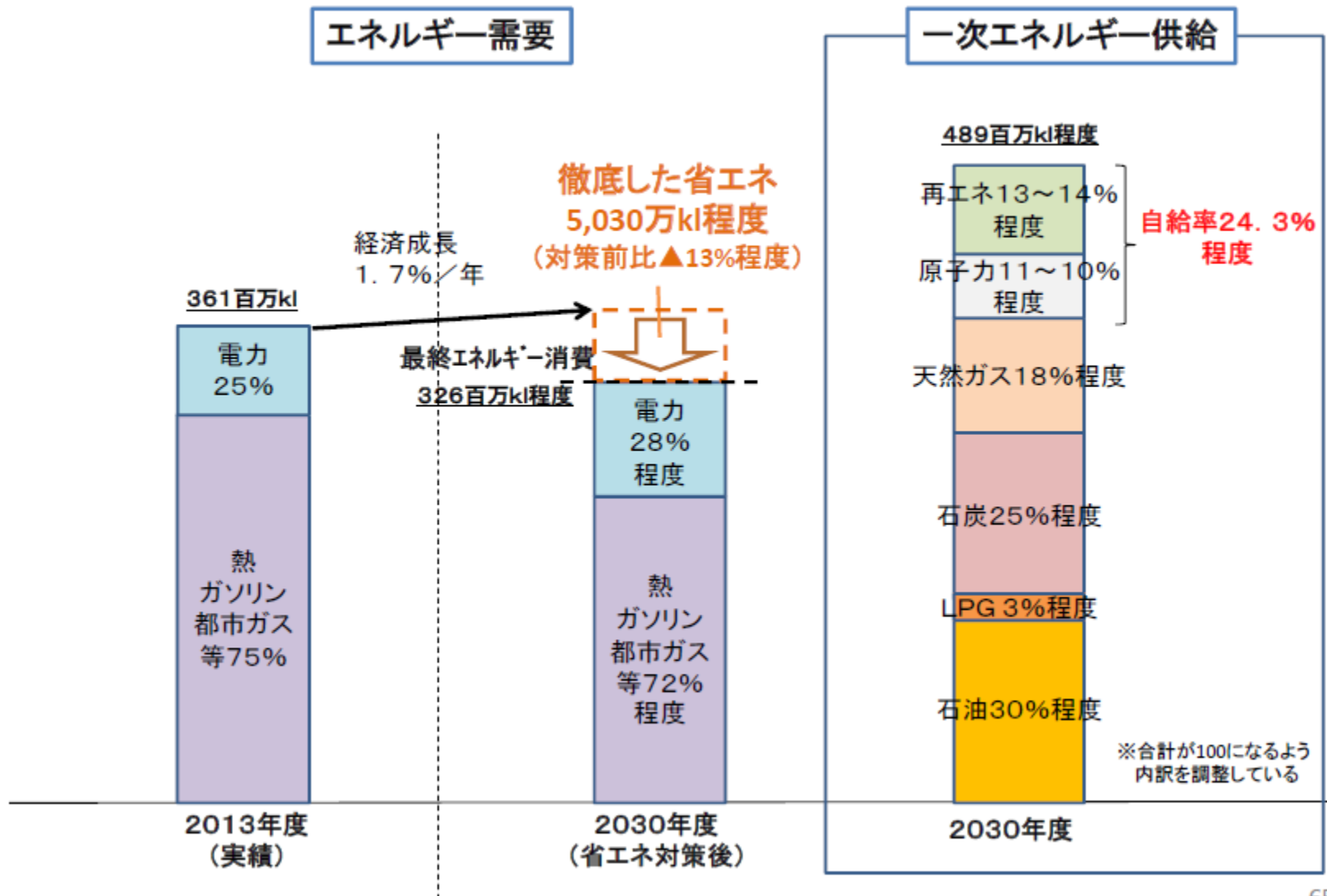
交通需要: 1.4兆人キロ、5200億トンキロ

➤ 省エネ (13.4%)

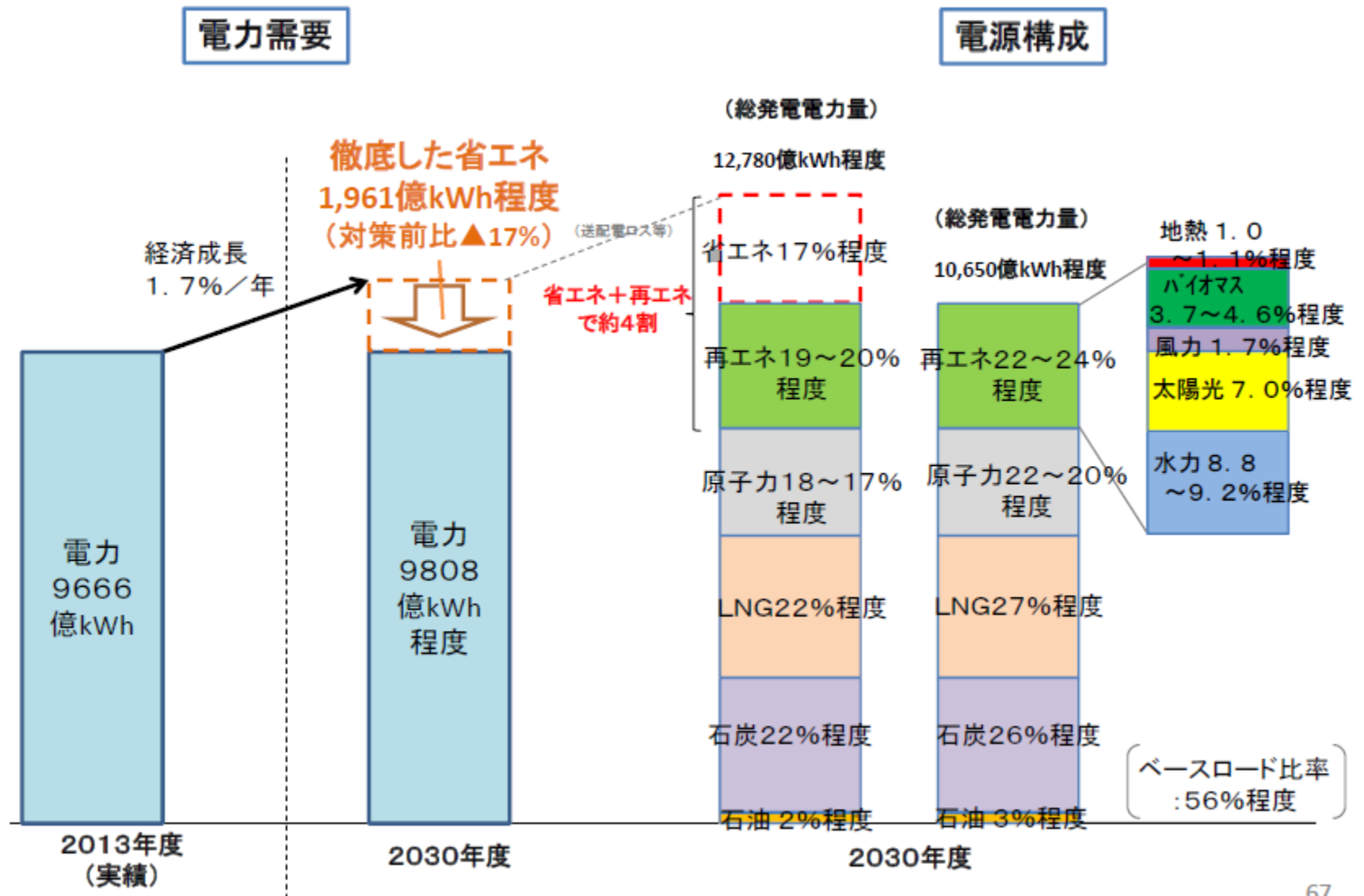
産業: 1042万KL (5.5%) 業務: 1226万KL (18.8%)

運輸: 1607万KL (20.5%) 家庭: 1160万KL (34.0%)

2030年エネルギー需給見通し



2030年エネルギー需給見通し



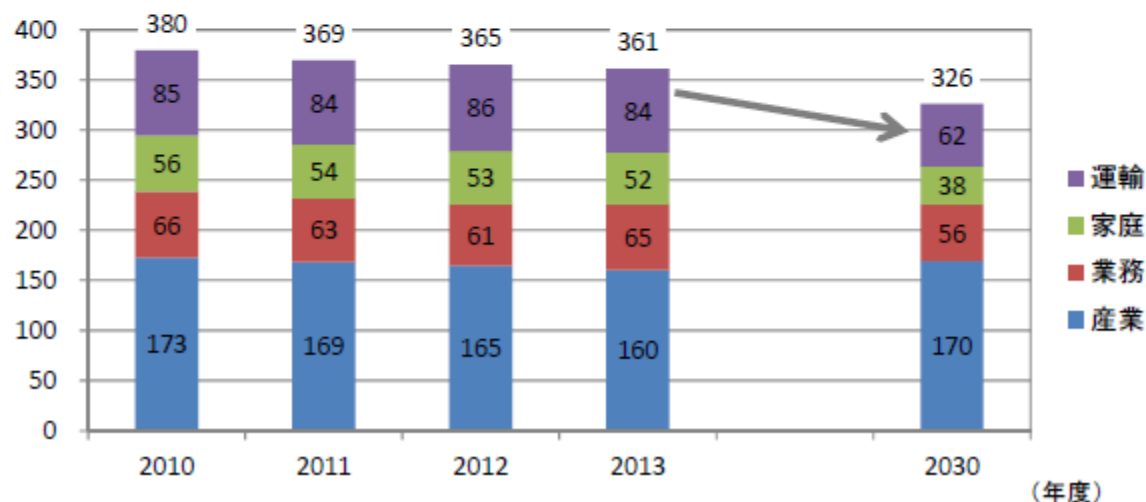
2030年エネルギー需給見通し

最終エネルギー消費(百万kl)

	2013年度		2030年度			
			レファレンス		省エネ徹底	
産業	160	45%	180	48%	170	52%
業務	65	18%	69	18%	56	17%
家庭	52	14%	50	13%	38	12%
運輸	84	23%	78	21%	62	19%
合計	361	100%	377	100%	326	100%

※2030年度の各数値はいずれも概数。

最終エネルギー消費(百万kl)の推移



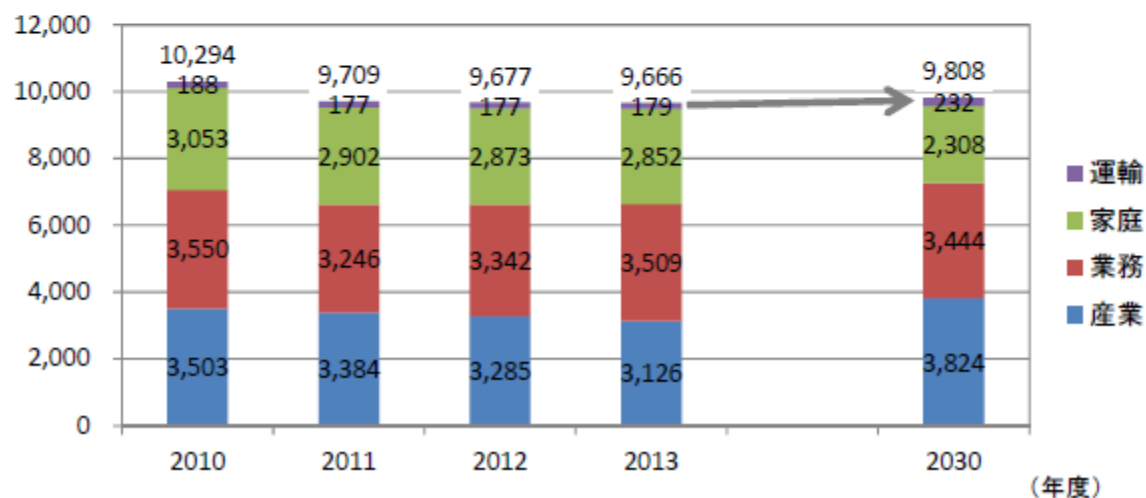
2030年エネルギー需給見通し

電力需要(億kWh)

	2013年度		2030年度			
			レファレンス		省エネ徹底	
産業	3,126	32%	4,284	36%	3,824	39%
業務	3,509	36%	4,387	37%	3,444	35%
家庭	2,852	30%	2,909	25%	2,308	24%
運輸	179	2%	189	2%	232	2%
合計	9,666	100%	11,769	100%	9,808	100%

※2030年度の各数値はいずれも概数。

電力需要(億kWh)の推移



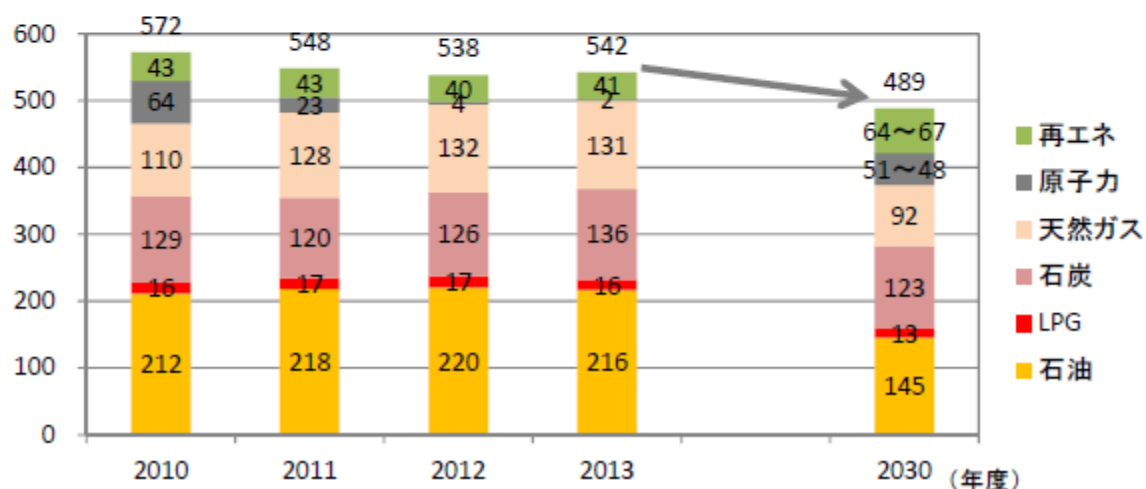
2030年エネルギー需給見通し

一次エネルギー国内供給(百万kl)

	2013年度		2030年度	
石油	216	40%	145	30%
LPG	16	3%	13	3%
石炭	136	25%	123	25%
天然ガス	131	24%	92	19%
原子力	2	0.4%	51~48	11~10%
再エネ	41	8%	64~67	13~14%
合計	542	100%	489	100%

※2030年度の各数値はいずれも概数。

一次エネルギー国内供給(百万kl)の推移

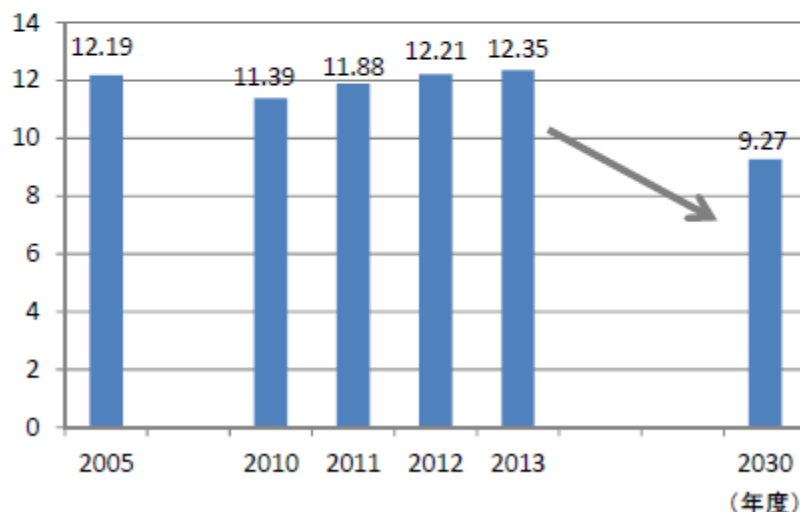


2030年エネルギー需給見通し

エネルギー起源CO2排出量(億t-CO2)

	2013年度	2030年度
CO2排出量合計	12.35	9.27
05年排出量比	+1%	▲24%
13年排出量比	—	▲25%

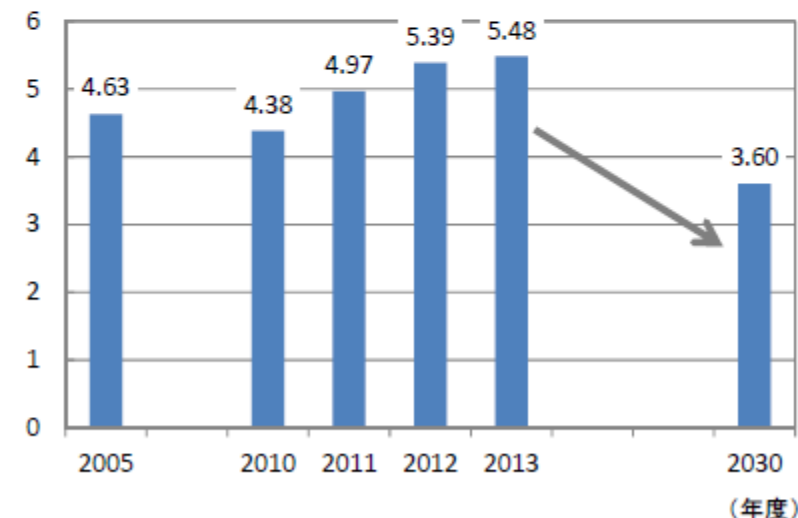
(億t-CO2)



電力由来エネルギー起源CO2排出量
(億t-CO2)

	2013年度	2030年度
CO2排出量合計	5.48	3.60
05年排出量比	+18%	▲22%
13年排出量比	—	▲34%

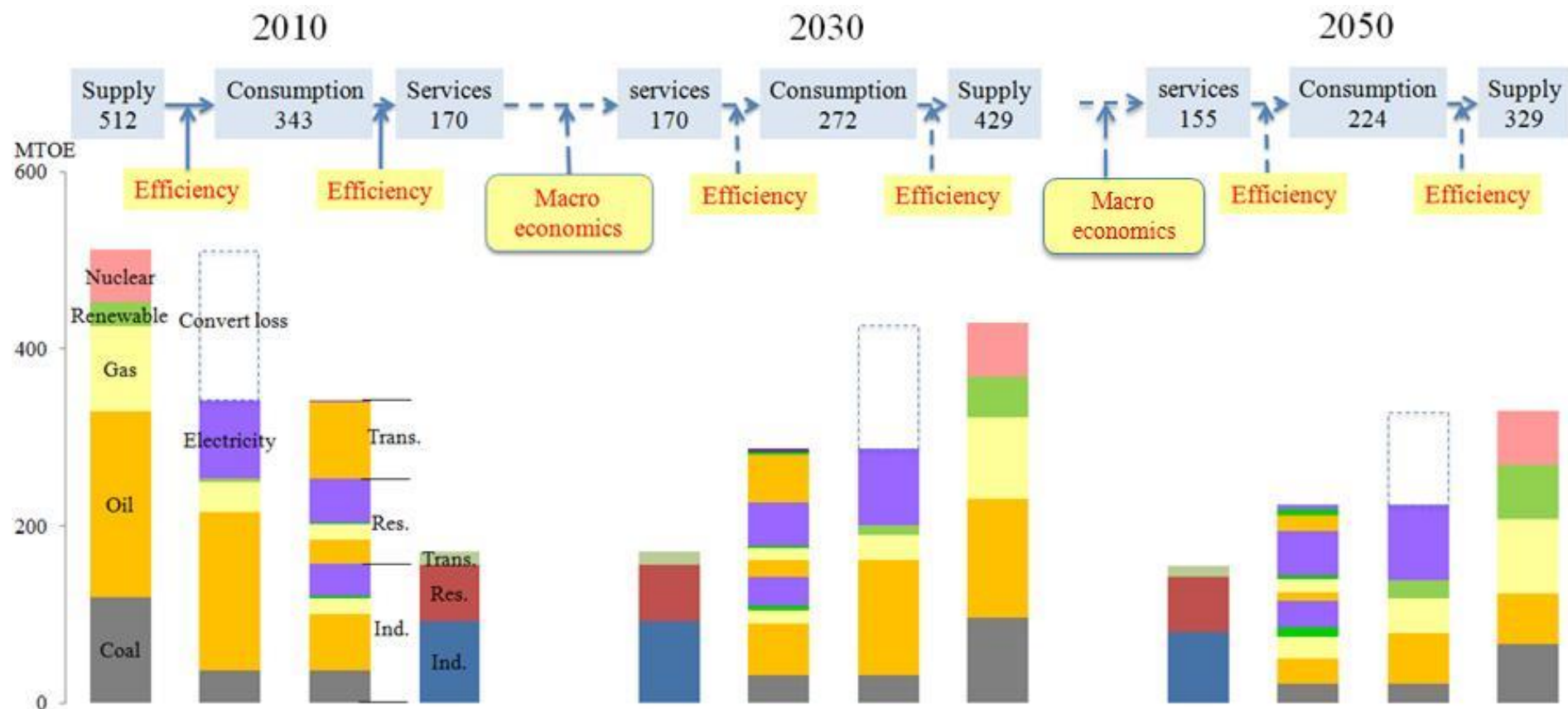
(億t-CO2)



※2030年度の各数値はいずれも概数。

2050年エネルギー構成試算例

- 人口とマクロ経済の予測により、必要エネルギーサービスを仮定
- 効率向上の予測により、エネルギー需要を算出
- 既存インフラ条件とエネルギー基本計画に基づいてエネルギー供給を試算



CIGS解析

2030見通しの延長

(Power Generation)

	Total (TWh)	Fossil Fuel			Nuclear	Renewable Energy					
		Coal	Oil	Gas		Hydro	Solar	Wind	Ocean	Geothermal	Biomass
2010	1006	252	75	295	292	86	11				
		62%			29%	9%					
INDC 2030	1065	276	320		224	96	75	18	-	12	45
		56%			21%	23%					
2050	1000	170	290		224	96	80	50	10	20	60
		46%			22%	32%					

2030見通しの延長

(Total Primary Energy)

MTOE	Coal	Oil	Gas	RE	Nuclear	Total	Eff.	CO ₂ (Gt) Reduction
2010	120	210	96	26	60	512	33%	1.2
	83%			5%	12%			
INDC 2030	113	145	81	63	49	452	38%	0.93 -23%
	75%			14%	11%			
2050	66	57	84	73	49	329	47%	0.59 -51%
	63%			22%	15%			

2050年に、エネルギー起源CO2は、2013年比で52%削減になる

80%削減を達成するために

部門別エネルギー起源CO2排出(億トン)

	総量	電力	産業	民生	運輸
2005	12	4.0	3.8	1.7	2.5
2030年INDC(CIGS試算)	9.3	4.1	2.7	0.9	1.6
2050年INDC延長(CIGS試算)	6	2.6	2.2	0.6	0.6
2050年80%削減目標	2.4	?			

更なる削減のオプション

電力部門

CCS導入、低炭素/カーボンフリーエネルギー利用の拡大

産業部門

CCS導入、低炭素燃料転換、原子力の熱利用

民生部門

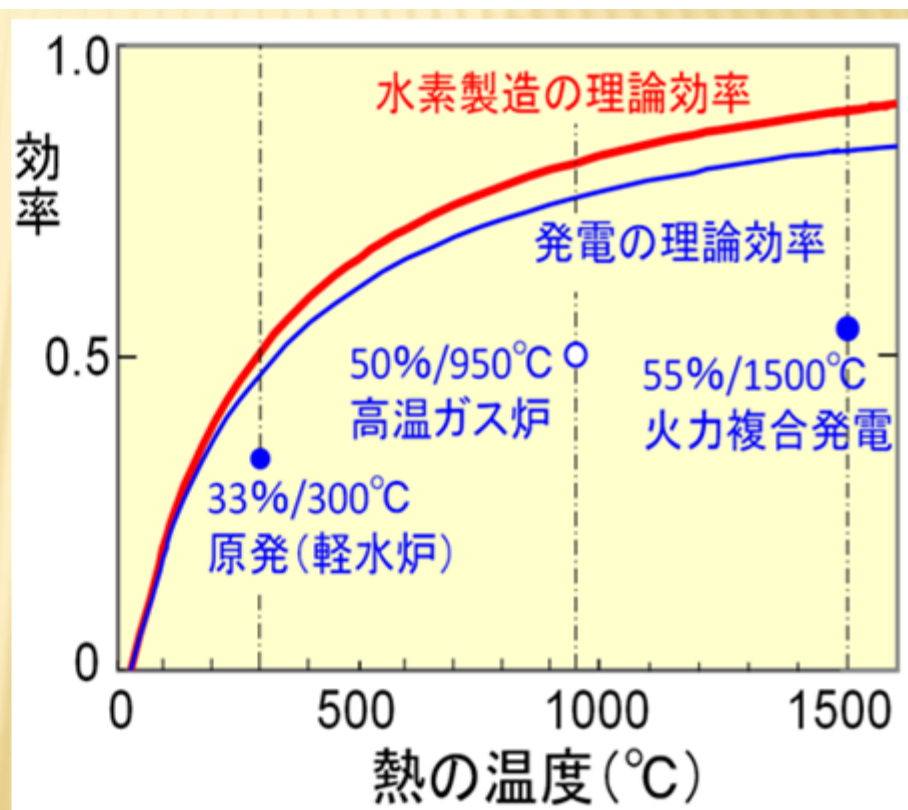
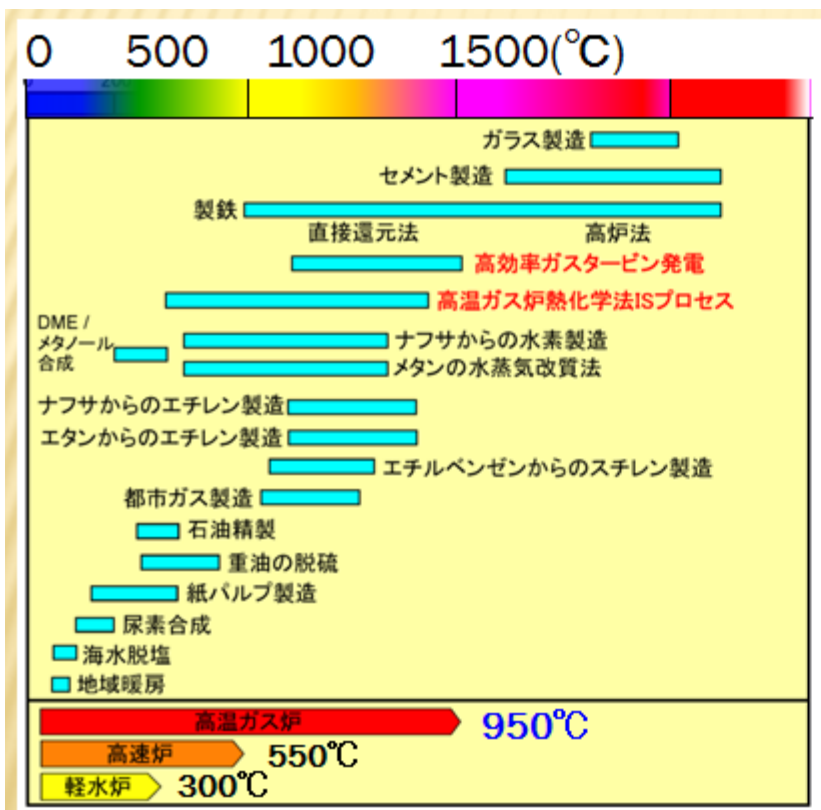
低炭素燃料転換

運輸部門

電気自動車(EV)の普及、低炭素燃料転換、燃料電池自動車(FCV)の導入

高温ガス炉の可能性

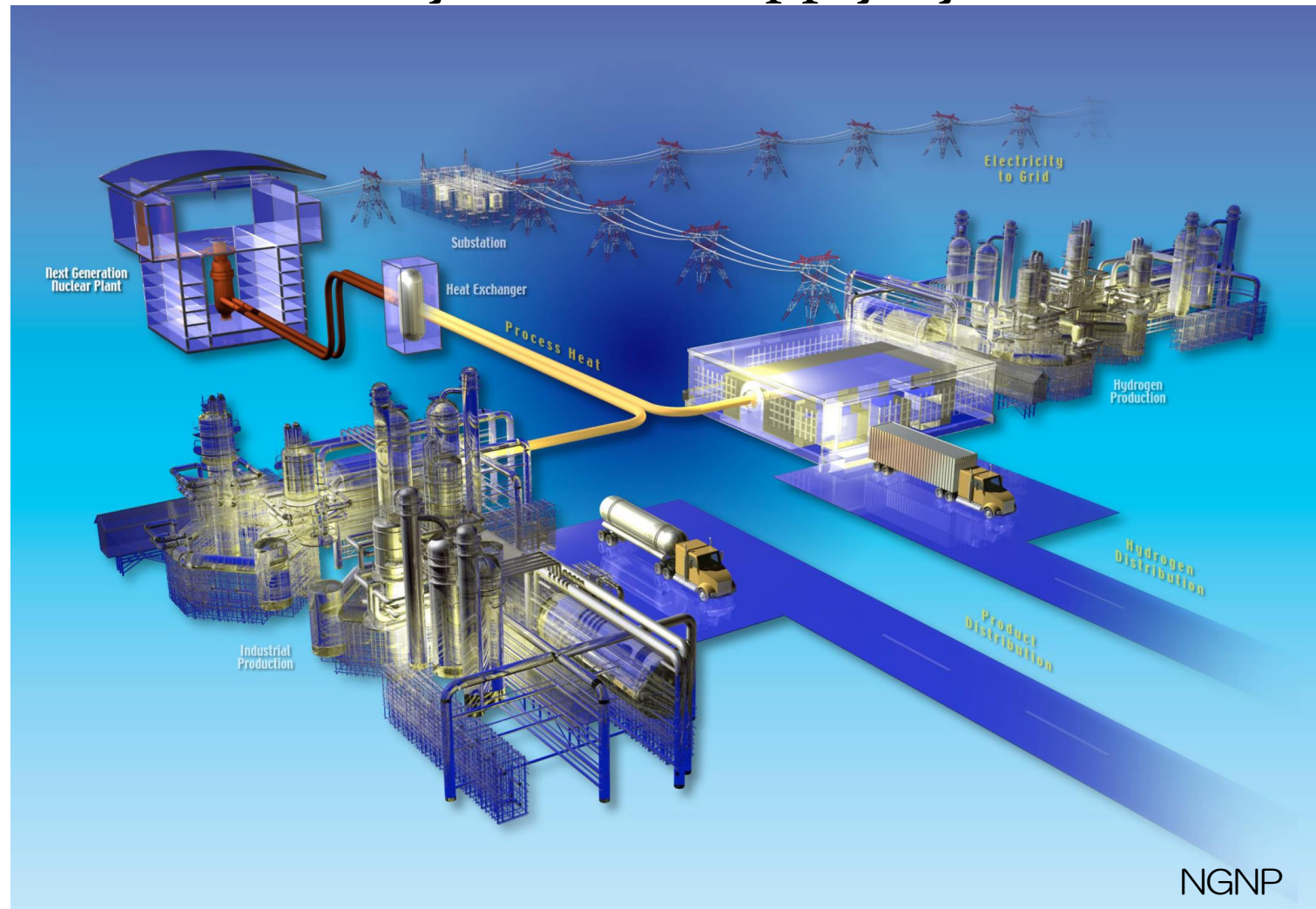
Possibility of Heat Supply by HTGR



小川益郎、CIGSエネルギー2050研究会シンポジウム2014

高温ガス炉の可能性

Possibility of Heat Supply by HTGR



80%削減シナリオ解析

INDC延長シナリオにおける部門別エネルギー消費とCO2排出

	エネルギー消費(MTOE)						CO2排出億トン
	石炭	石油	ガス	再生	原子力	電力	
電力	44		45	42	49		2.6
産業	22	29	24	15		30	2.2
民生		10	15	6		50	0.6
運輸		18		10		6	0.6

シナリオ1：高温ガス炉の最大導入

産業プロセスヒートと民生用熱の直接供給と水素製造
運輸の化石燃料を水素代替し
天然ガスを電力部門に回し、石炭代替
直接還元製鉄導入で、石炭を水素代替
削減目標まで、脱炭素効率順に導入

シナリオ2：高温ガス炉＋原発リブレース

シナリオ1をベースに
再稼働する原発を順次にリブレース・スケールアップし、石炭火力発電代替

シナリオ3：高温ガス炉＋原発リブレース＋CCS導入

シナリオ2をベースに、天然ガス発電にCCS導入

高温ガス炉の導入効果

高温ガス炉の生産能力

1基600MWt(90%の稼働率)

年間熱供給:0.407MTOE

年間水素製造:5.958億m³

	用途	基数	CO2削減量 (億トン)	削減効率 (万トン/基)
産業	化石燃料代替のために、熱供給	114	1.15	101
	石炭代替のため、水素製造	63	0.53	84
民生	化石燃料代替のために、熱供給	42	0.40	95
運輸	石油代替のため、水素生産	33	0.77	233

シナリオ1

部門別取組と排出量

		総量	電力	産業	民生	運輸	ガス炉基数
INDC延長		6	2.6	2.2	0.6	0.6	
高温ガス炉の利用	運輸部門の水素代替			-0.17		-0.6	33
	産業熱供給			-1.15			114
	製鉄用水素供給			-0.18			22
	民生熱供給				-0.4		42
その他	発電の石炭ガスシフト		-1.1				
結果		2.4	1.5	0.7	0.2	0	

必要な高温ガス炉:211基（100万KW軽水炉51基相当）

シナリオ1

2050年電源構成

	Total (TWh)	Fossil Fuel			Nuclear	Renewable Energy					
		Coal	Oil	Gas		Hydro	Solar	Wind	Ocean	Geothermal	Biomass
INDC 延長	1000	170		290	224	96	80	50	10	20	60
		46%			22%	32%					
シナ リオ1	1000			460	224	96	80	50	10	20	60
		46%			22%	32%					

2050年一次エネルギー構成とCO2排出

MTOE	Coal	Oil	Gas	RE	Nuclear	Total	Eff.	CO ₂ (Gt) Reduction
INDC 延長	66	57	84	73	49	329	47%	0.59
	63%			22%	15%			-51%
シナリオ1	17	9	79	73	135	313	50%	0.24
	34%			23%	43%			-80%

シナリオ1

メリット

環境目標の実現: 80%削減

エネルギーセキュリティ向上: 自給率37%→64%

化石燃料輸入コストの低減:

石炭: \$150/t → \$10.5B(1.2兆円)

石油: \$40/b → \$13.2B(1.5兆円)

ガス: \$15/MMBtu → \$3.0B(0.3兆円)

課題

ガス炉の導入スケール:

3.11前の全原発に相当

30年間211基

ベースロード電源の確保:

再生可能エネルギーに蓄電池

天然ガス備蓄を増加によりベースロード利用

→ 高温ガス炉ポテンシャルシナリオ

シナリオ2

部門別取組と排出量

		総量	電力	産業	民生	運輸	ガス炉基数
INDC延長		6	2.6	2.2	0.6	0.6	
高温ガス炉の利用	運輸部門の水素代替			-0.17		-0.6	33
	産業熱供給			-1.15			114
	民生熱供給				-0.08		9
その他	原発のリプレイスとスケールアップ		-1.6				
結果		2.4	1.0	0.88	0.52	0	

必要な高温ガス炉: 156基 (100万KW軽水炉38基相当)

シナリオ2

電源構成: 再稼働する原子炉を全てリプレイスして、5000万KWの容量を維持し、稼働率を90%にすることで、全電源(1000TWh)の40%にできる

	Total (TWh)	Fossil Fuel			Nuclear	Renewable Energy					
		Coal	Oil	Gas		Hydro	Solar	Wind	Ocean	Geothermal	Biomass
INDC 延長	1000	170		290	224	96	80	50	10	20	60
		46%			22%	32%					
シナ リオ2	1000			280	400	96	80	50	10	20	60
		28%			40%	32%					

2050年一次エネルギー構成とCO2排出

MTOE	Coal	Oil	Gas	RE	Nuclear	Total	Eff.	CO ₂ (Gt) Reduction
INDC 延長	66	57	84	73	49	329	47%	0.59
	63%			22%	15%			-51%
シナリオ2	22	13	58	73	151	317	49%	0.24
	29%			23%	48%			-80%

シナリオ2

メリット

環境目標の実現: 80%削減

エネルギーセキュリティ向上: 自給率37%→71%

化石燃料輸入コストの低減:

石炭: \$150/t → \$9.4B(1.1兆円)

石油: \$40/b → \$12.1B(1.4兆円)

ガス: \$15/MMBtu → \$15.5B(1.8兆円)

課題

ガス炉の導入スケール:

30年間156基

原子力依存度:

電源の4割

一次エネルギーの5割弱

→原子力ポテンシャルシナリオ

シナリオ3

部門別取組と排出量

		総量	電力	産業	民生	運輸	ガス炉基数
INDC延長		6	2.6	2.2	0.6	0.6	
高温ガス炉の利用	運輸部門の水素代替			-0.17		-0.6	33
	産業熱供給			-0.33			33
その他	原発のリプレイスとスケールアップ		-1.6				
	火力発電にCCS導入		-0.9				
結果		2.4	0.1	1.7	0.6	0	

必要な高温ガス炉: 66基（100万KW軽水炉16基相当）

シナリオ3

電源構成:シナリオ2と同じ、すべての天然ガス火力発電にCCS導入で、回収率90%の仮定で、電力分門の排出は、0.1億トンになる

	Total (TWh)	Fossil Fuel			Nuclear	Renewable Energy					
		Coal	Oil	Gas		Hydro	Solar	Wind	Ocean	Geothermal	Biomass
INDC 延長	1000	170		290	224	96	80	50	10	20	60
		46%			22%	32%					
シナ リオ3	1000			280	400	96	80	50	10	20	60
		28%			40%	32%					

2050年一次エネルギー構成とCO2排出

MTOE	Coal	Oil	Gas	RE	Nuclear	Total	Eff.	CO ₂ (Gt) Reduction
INDC 延長	66	57	84	73	49	329	47%	0.59
	63%			22%	15%			-51%
シナリオ3	22	32	82	73	114	323	48%	0.24
	42%			23%	35%			-80%

シナリオ3

メリット

環境目標の実現: 80%削減

エネルギーセキュリティ向上: 自給率37%→58%

化石燃料輸入コストの低減:

石炭: \$150/t → \$9.4B(1.1兆円)

石油: \$40/b → \$6.8B(0.8兆円)

ガス: \$15/MMBtu → \$0.1B(0.1兆円)

課題

ガス炉の導入スケール:

30年間66基、年間2基 ← ○

原子力依存度:

電源の4割

一次エネルギーの35% ← ○

CCSの実用化 ← 現状世界年間規模は約4000万トン

→ 原子力利用による大幅削減の現実シナリオ

Thank You Very Much
For Your Attention!

fengjun.duan@canon-igs.org