



# 低炭素社会へ向けて

2011.11.21

環境省小委員会

山田興一

LCS-JST

気候変動問題

超高齢化社会

グリーン  
イノベーション

低炭素  
社会  
の構築

医療システム

エネルギーシステム  
PV、蓄電池、燃料電池、  
スマートグリッド

都市・街システム

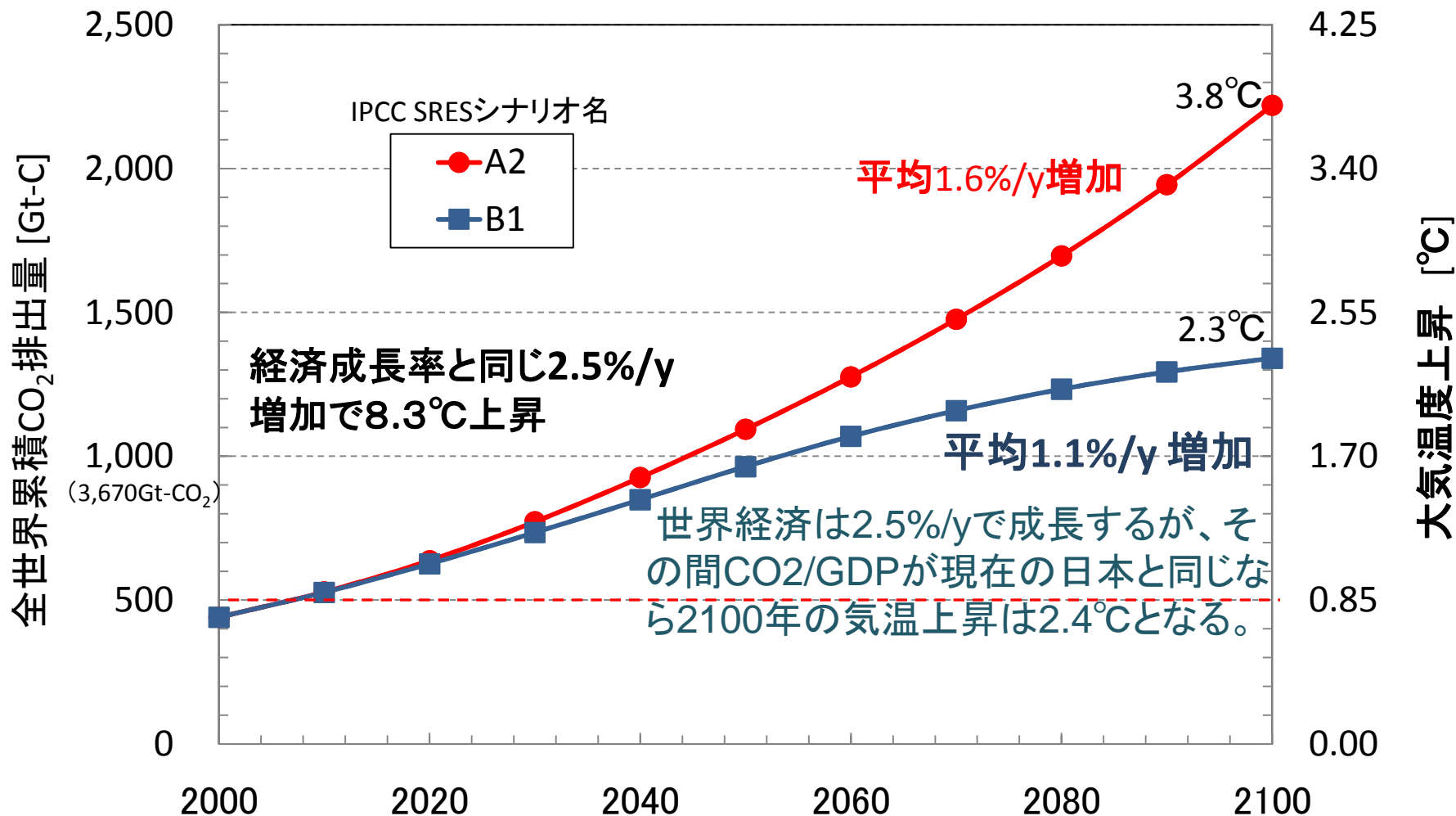
農林業システム

地域の持続性・  
低炭素システム

世界最高水準の  
都市機能東京圏

社会参加による  
健康増進

# 産業革命からの累積CO<sub>2</sub>排出量と大気温度上昇の関係



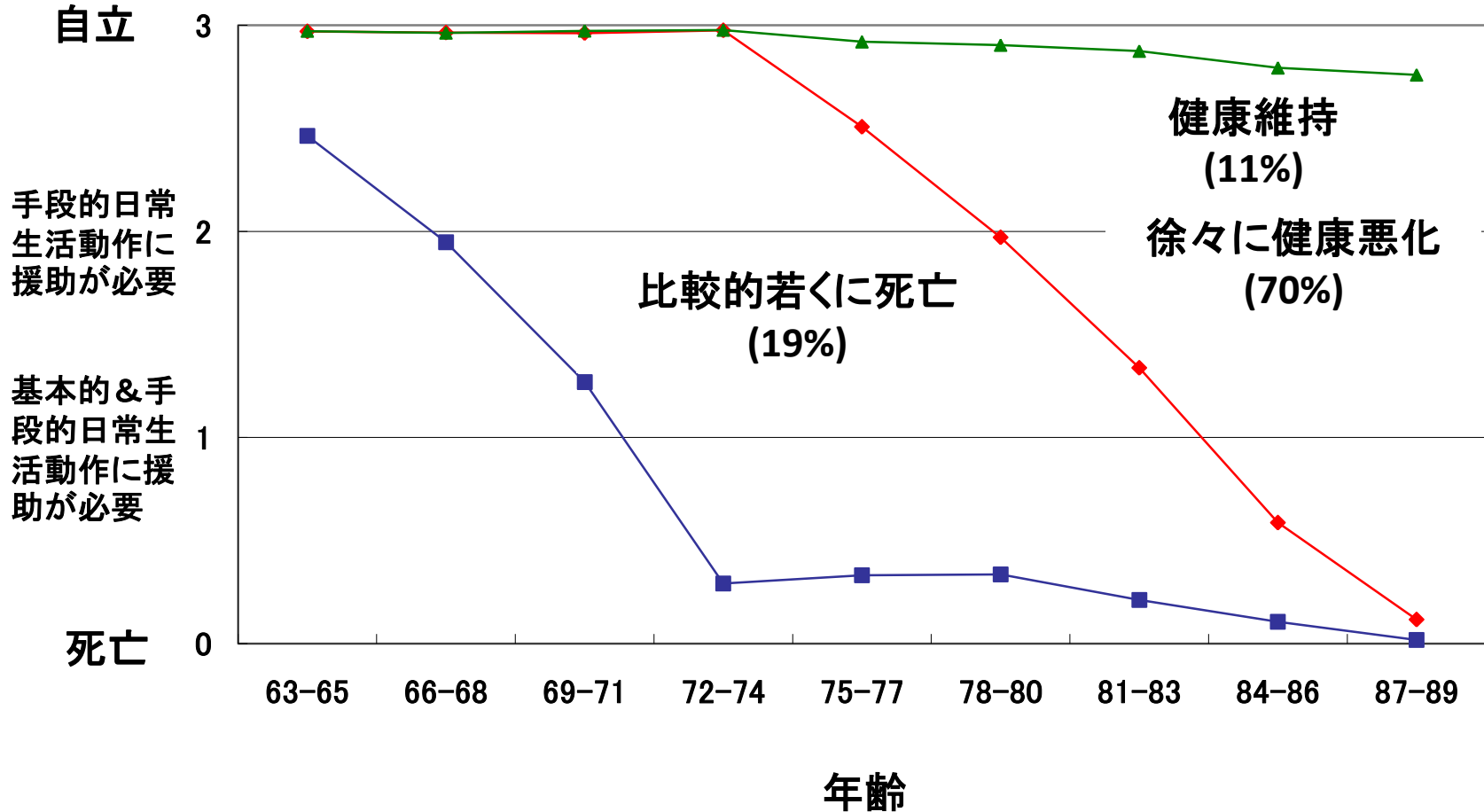
大気温度上昇[°C] = 累積CO<sub>2</sub>排出量 [Tt C] X 1.7 °C/TtC  
から算出

CO<sub>2</sub>累積排出量と温度上昇 関係  
式 H.D. Matthews ら:  
459 Nature, June 2009参照して計算 3

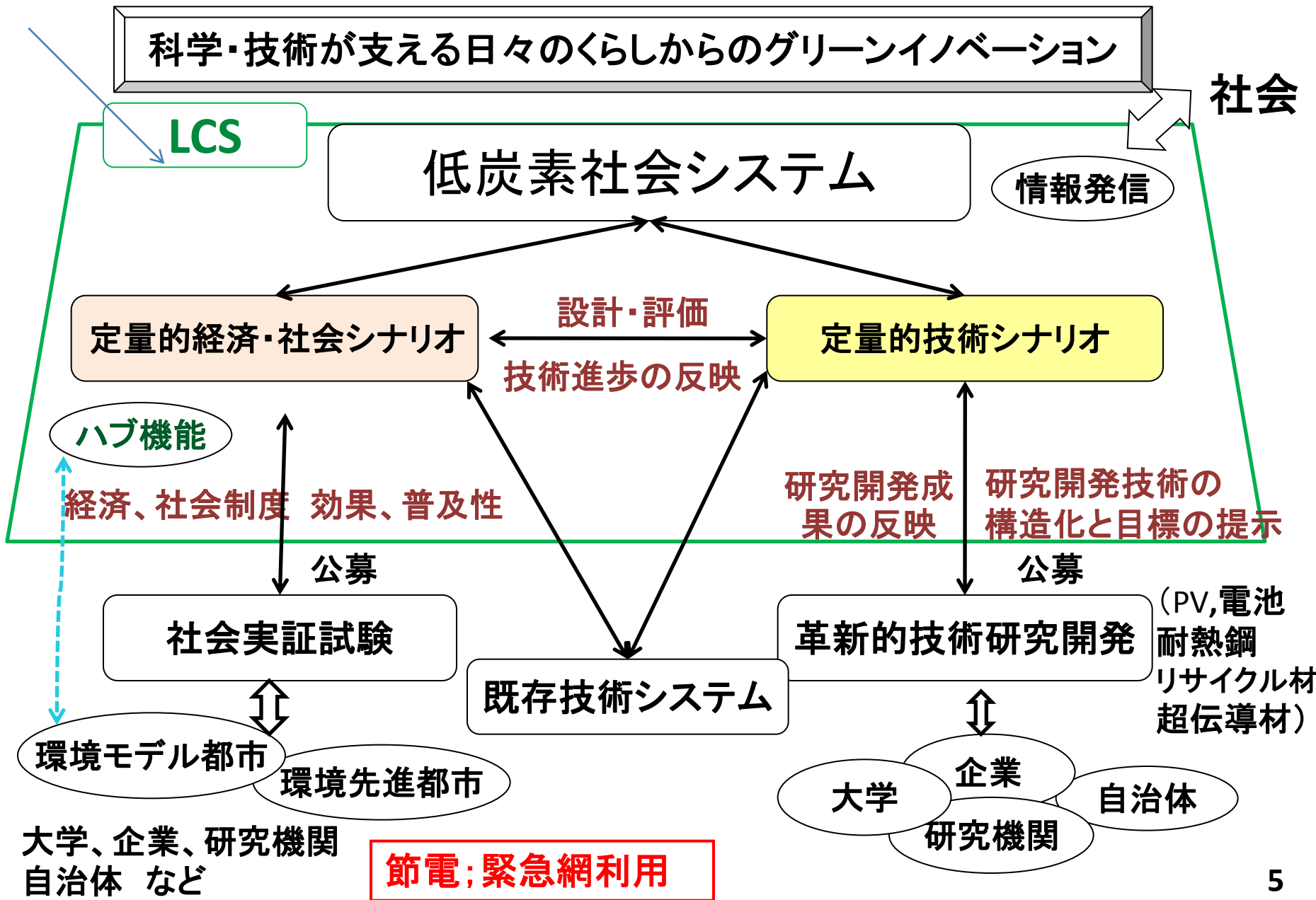
# 機能的健康度の変化パターン

—全国高齢者20年の追跡調査—

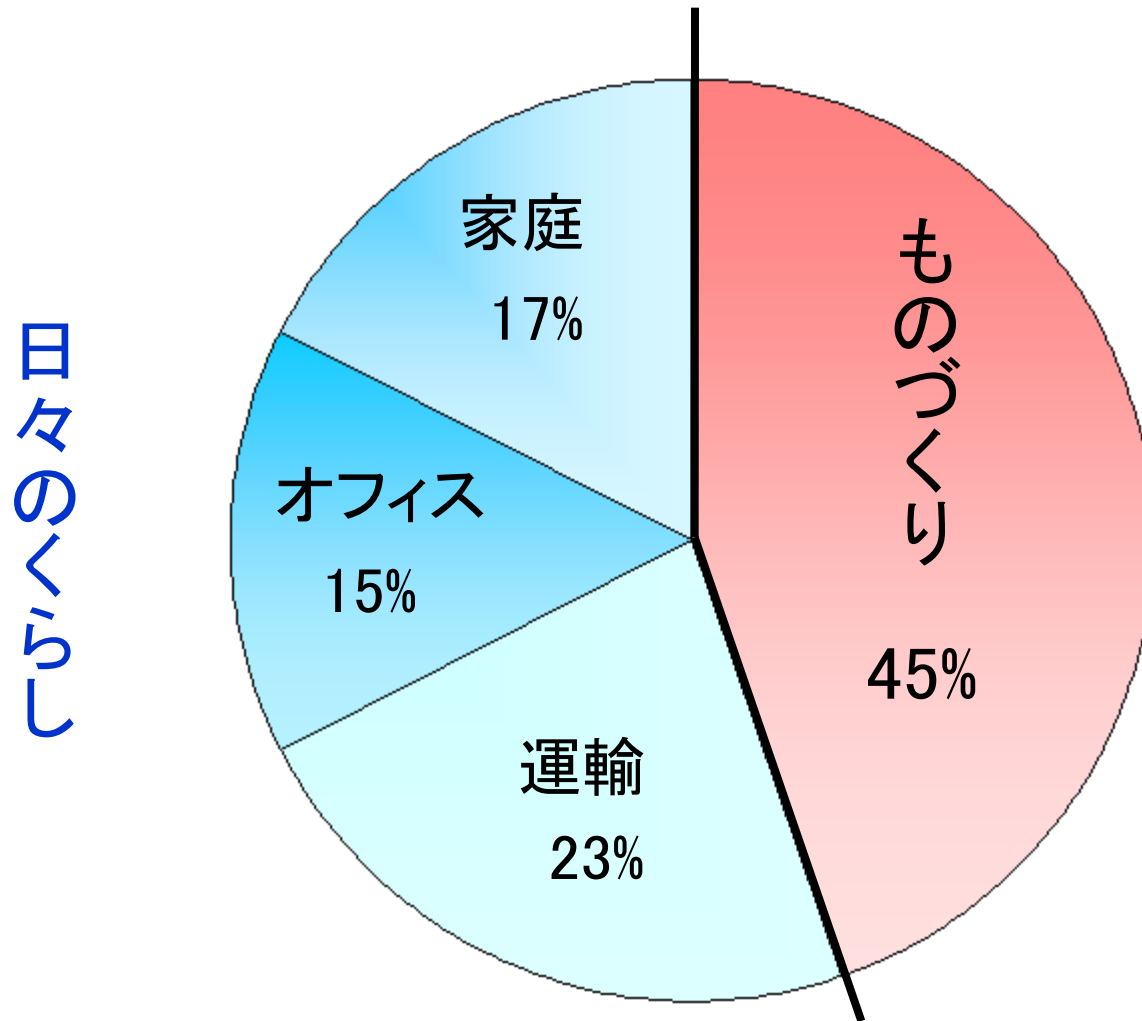
## 男性



# グリーンイノベーションに向けた低炭素社会戦略センターの活動



# 日本の部門別CO<sub>2</sub>排出割合



日々の暮らしで削減、 省エネものづくりでリード

# 日々の暮らしを中心にCO2 25%目標達成

単位：100万t

			震災前 ケース	震災後 ケース1	震災後 ケース2	震災後 ケース3
日々の のく ら し	住宅/ オフィス	エネルギーマネジメントの見える化、多くの新築をエコ化、省エネリフォームの推進	104	104	104	104
	輸送	エコカーへの早期移行、移動手段・物流手段の変更	104	104	104	104
発電・送電		原子力発電所増設、稼働率改善、バイオマス、家庭電源高圧化				
産業		産業のさらなる省エネ化	52	52	52	52
農業		農作物の植物病被害低減ならびに耕作放棄地・余剰農地における堆肥・緑肥生産	17	17	17	17
森林		適正に手入れされている森林の確保	35	35	35	35
二国間 クレジット		鉄鋼、セメント、紙パルプ、発電、鉄道	150	150	150	150
電源低炭素化による削減			164	141	77	-6
削減量 合計			626	603	539	456

震災後ケース1：福島原発は廃炉も、新規建設も含め、エネルギー基本計画通り。

震災後ケース2：原発は廃炉した分だけの新規建設も含め、規模を一定に維持。

震災後ケース3：原発は寿命30年で廃炉とし、新規建設は行わない。

# 4技術分野と5研究領域(募集単位の位置づけ)

○ 募集単位

## 4つの技術分野

分野別  
2030年  
目標

太陽電池  
(量子ドット・  
タンデム他)

- ・発電効率50%以上
- ・コストはモジュールで現状の1/10

蓄電池

- ・エネルギー密度500Wh/kg以上

耐熱合金・  
リサイクル可能  
高性能材料

- ・750℃蒸気耐熱合金
- ・1800℃級タービンに向けた耐熱高強度材料システム
- ・リサイクル材50%超の高性能材
- ・希少金属使用50%削減

超伝導材料

- ・液体窒素温度～100 K超伝導送電
- ・高臨界電流密度化
- ・ $J_c(77\text{ K}) > 105\text{ A/cm}^2$  (現状の5倍以上)

5つの研究領域

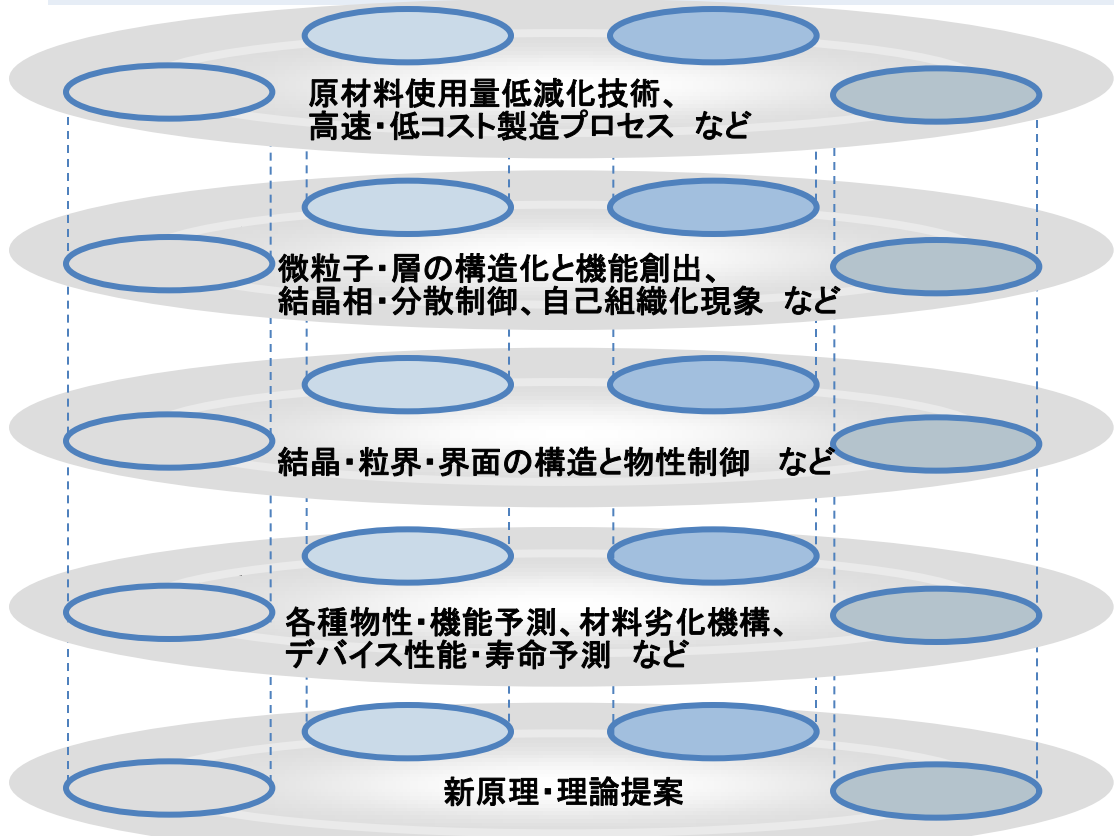
製造・原材料プロセスの基礎技術

ナノ・メソスケール構造化・機能化

新物質材料創成と元素制御

物質・材料シミュレーション技術

2030年目標に資する新規提案枠



原材料使用量低減化技術、  
高速・低コスト製造プロセス など

微粒子・層の構造化と機能創出、  
結晶相・分散制御、自己組織化現象 など

結晶・粒界・界面の構造と物性制御 など

各種物性・機能予測、材料劣化機構、  
デバイス性能・寿命予測 など

新原理・理論提案

スケール

- >10<sup>0</sup> m
- 10<sup>-3</sup> m
- 10<sup>-6</sup> m
- 10<sup>-9</sup> m
- <10<sup>-9</sup> m

普及技術

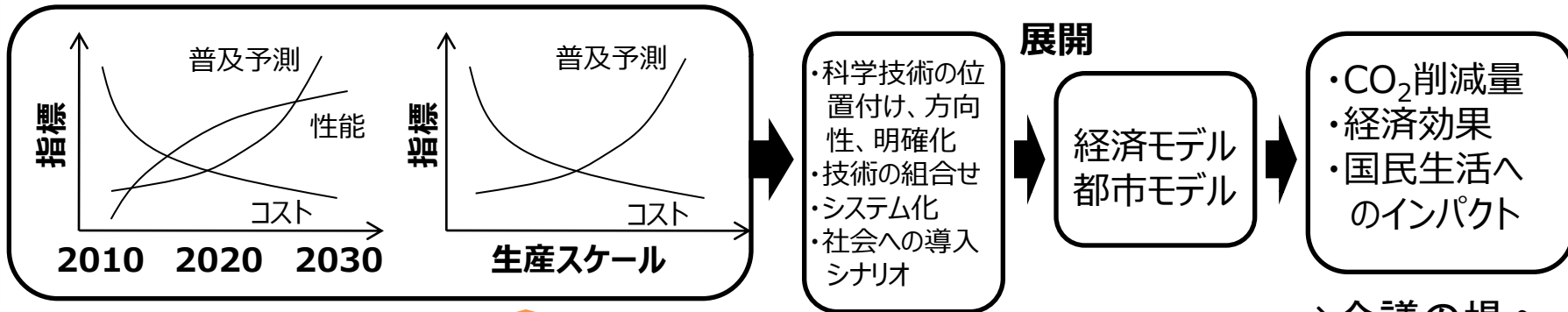
基礎原理



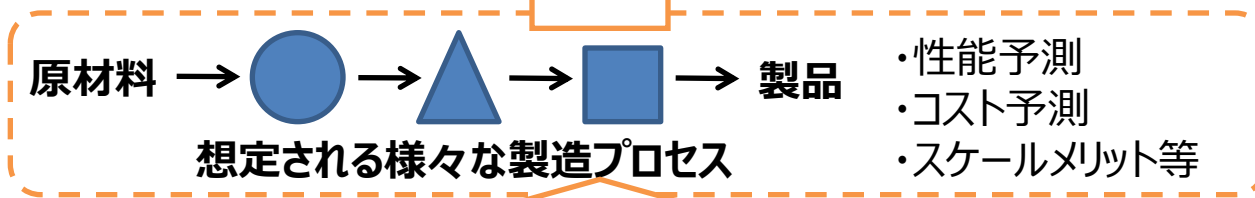
# 構造化手法による定量的技術シナリオの提案

技術シナリオとは、構造化された定量的知識基盤を基に作成された要素技術の経時発展予測（性能・コスト等）のことであり、このシナリオを基に低炭素社会のあり方の議論が可能になる。

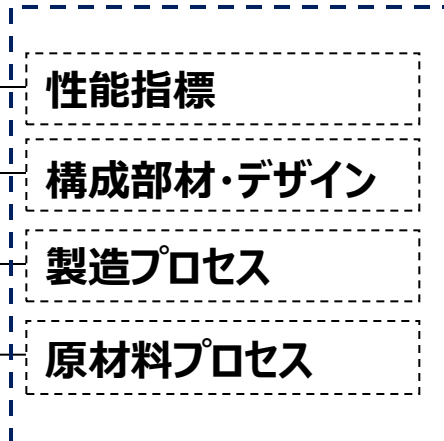
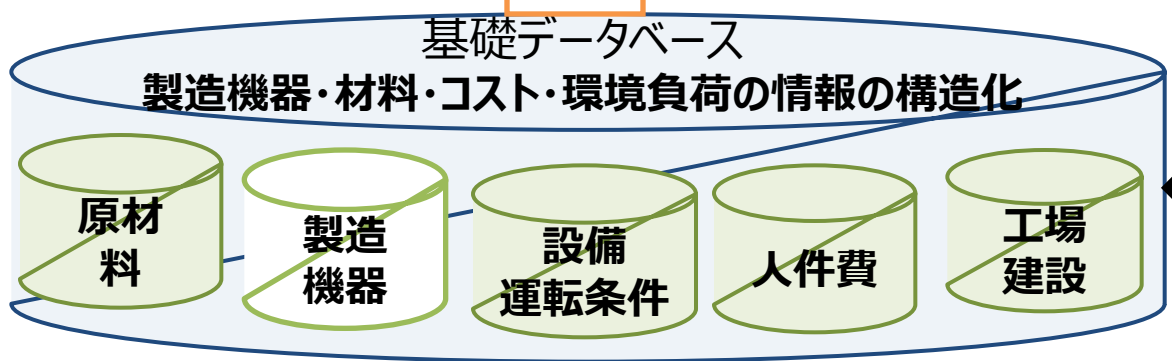
技術シナリオ



構造化された基礎情報



構造化された個別技術の知識



[製造機器情報の構造化の目的]: 構造化 → 一般化

コストおよび製造機器の構成材料の情報を構造化することで、様々な個別技術に対して自在にプロセス・コスト評価が可能になる。

- 創エネルギー技術
- 省エネルギー技術
- リサイクル技術 等

# 原子力発電が減少した場合に 低炭素化はようになるか

- 再生可能エネルギーでどこまで代替できるか
- 日々の暮らしでどこまでCO<sub>2</sub>排出を削減できるか
- 明るい展望が拓けるか

# 太陽電池高機能化

(資源量, 安全性, 環境性, 安定性, 経済性)

電池材料 (Si, CIGS, GaAsP系, 有機物)



材料探索, 変換効率向上, 長寿命

製造プロセス



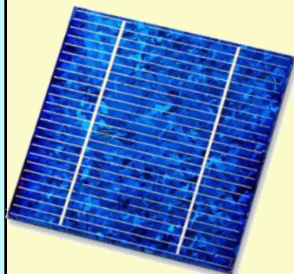
高速化, 省エネ, 簡素化

モジュール, 基礎材  
(ガラス, アルミ, 鉄等)



リサイクル, 高強度化

システム化 (据付,  
インバーター, 変・送電)



シリコン系太陽電池



CIGS系太陽電池



現状

将来

モジュール (円/W)

150

40

システム化 (円/W)

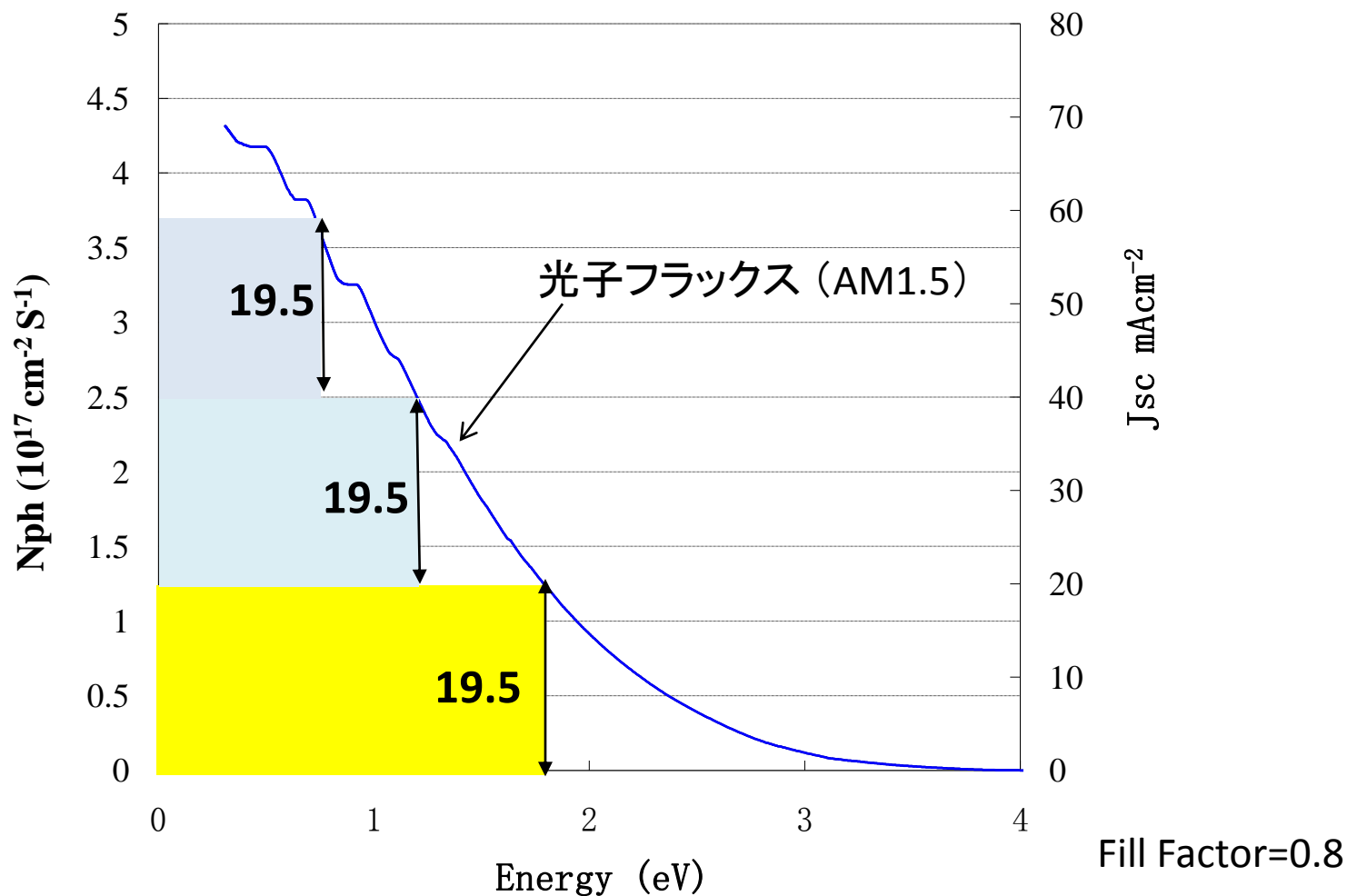
200

100 (50!)

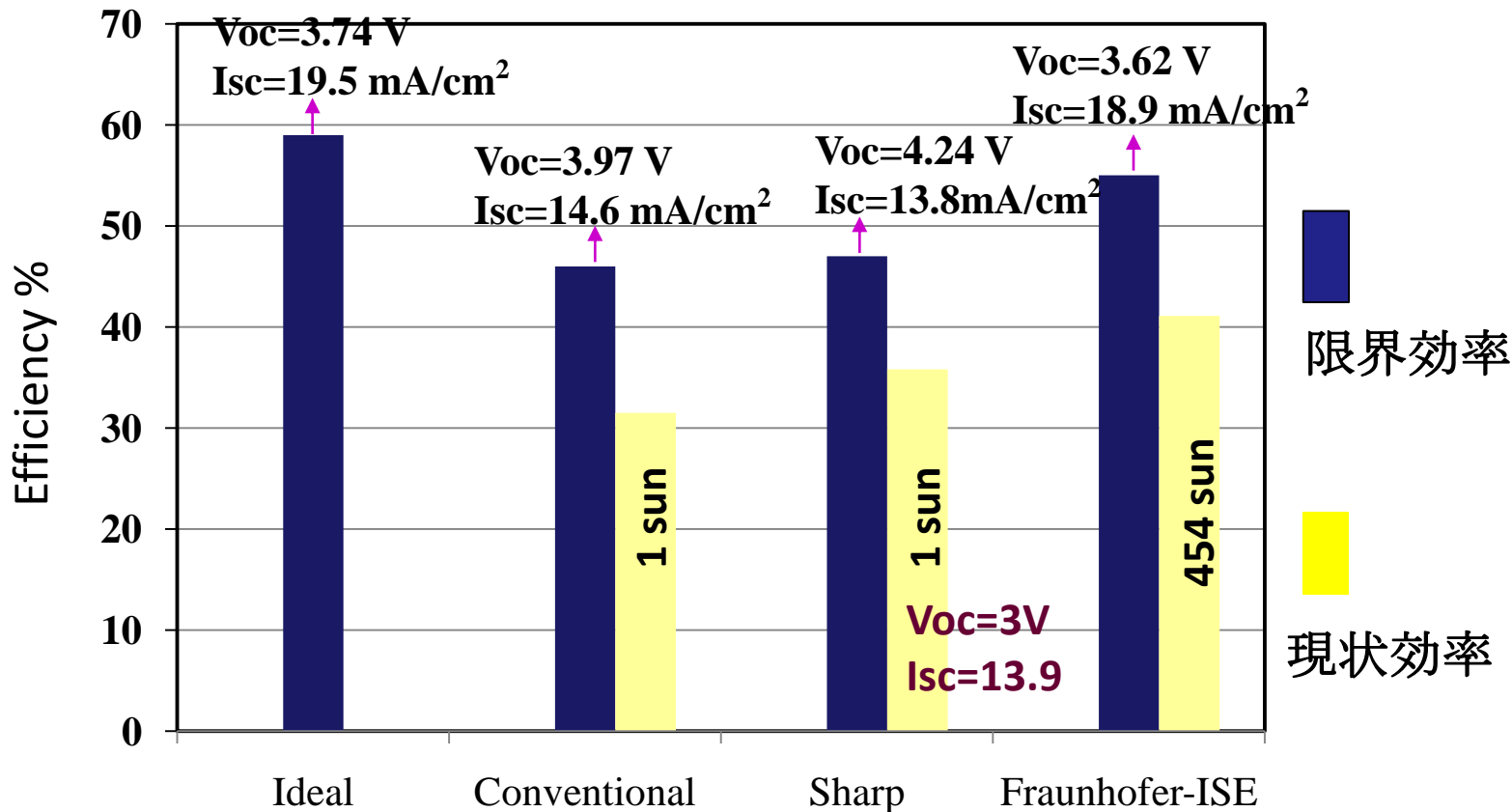
将来電力費: 5~12円/kWh

# 最適3接合電池の限界効率

3接合 (0.74eV/1.2eV/1.8eV) タンデム太陽電池の最大効率は59%



# 3接合タンデム電池の発電効率比較

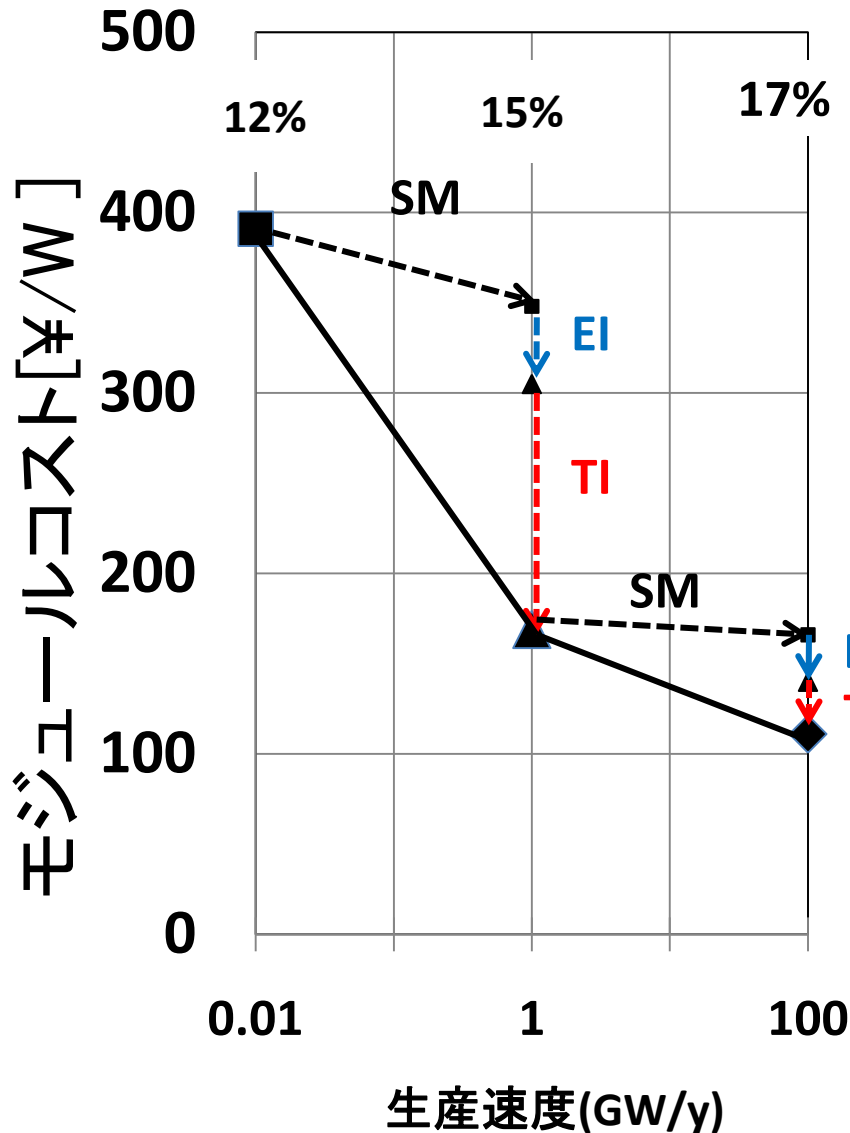


効率向上には接合材料の選択が重要

■ 4接合限界効率は64%

# 多結晶Si太陽電池モジュールの生産速度とコスト

## モジュール効率



## コスト低下

Case*	1→2	2→3
SM	43円/W	3円/W
EI	43	26
TI	136	29
	<u>222</u>	<u>58</u>

※ 生産速度 モジュールコスト(円/W)

Case1 : 0.01GW/y 391

Case2 : 1 169

Case3 : 100 111

SM:スケールメリット  
EI:効率向上  
TI:技術進歩

# 多結晶Si 太陽電池モジュールコスト

	Case 1-10 MW				Case 2-1 GW		Case 3-100 GW			
	CO2 [g-C/w]		Cost [円/W]		Cost [円/W]		CO2 [g-C/w]		Cost [円/W]	
SOG-Si	177.9	44%	73.9	19%	23.2	14%	51.5	40%	13.2	12%
ウェハ (スライス)	98.5	25%	94.1	24%	40.9	24%	21.5	17%	19.5	18%
	52.0	13%	62.2	16%	32.7	19%	17.3	13%	17.1	15%
セル	32.1	8%	111.4	28%	33.4	20%	9.0	7%	18.4	17%
モジュール (保護ガラス)	92.9	23%	111.9	29%	71.3	42%	46.8	36%	59.6	54%
	19.1	5%	50.6	13%	26.3	16%	8.2	6%	22.0	20%
計	401	100%	391	100%	169	100%	129	100%	111	100%

# CIGS 太陽電池モジュールのコスト

	現状	改良	将来タンデム
	CIGS-1	CIGS-2	CIGS-T
効率	13%	18%	30%
コスト(円/W)			
年間費用	12	9	7
人件費	3	2	2
ユーティリティ費用	4	3	2
セル 材料費	15	11	13
モジュール 材料費	70	50	33
合計	104	75	56



# 太陽電池のコストシナリオ

(円/W)

	2011年	2015年	2020年	2030年
モジュール	150	120	100	50
BOS	200	150	100	70
システム全体	350	270	200	120

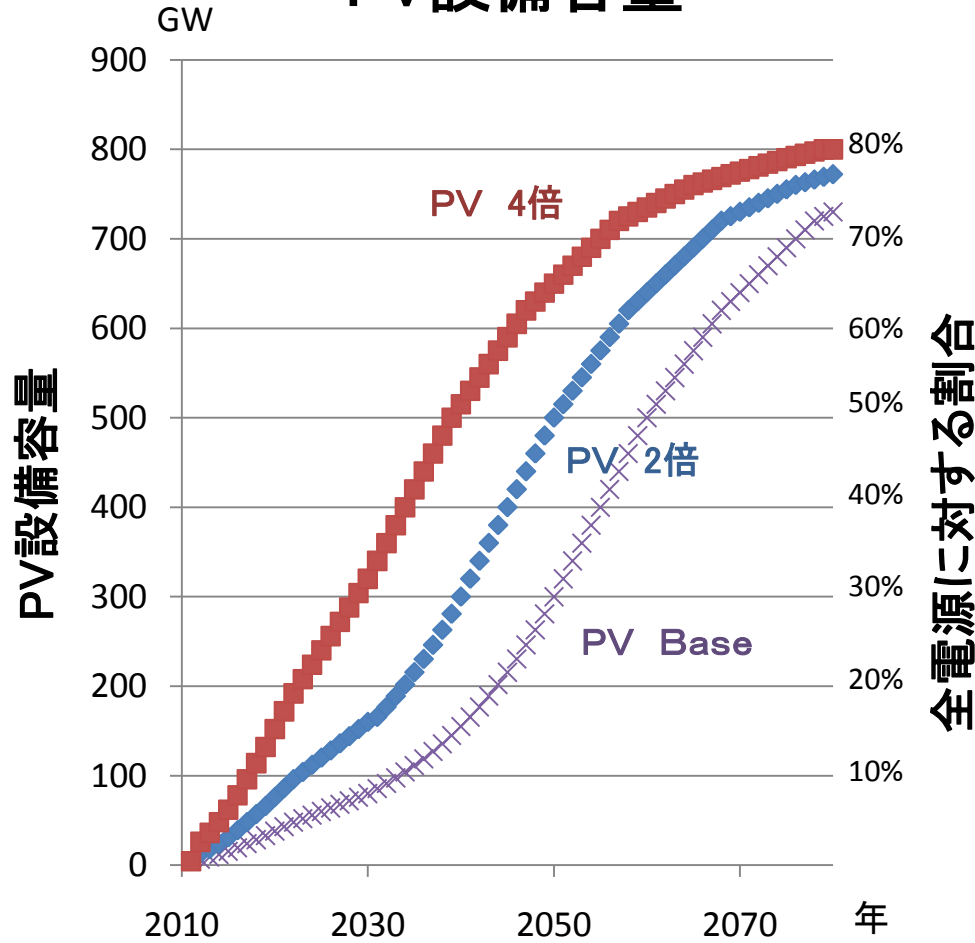
※現状の工場プラント当たりの生産量は1GW/年に到達しており、工場規模の拡大によるスケールメリットの影響は少ない。今後のコスト削減は技術開発によるものが大きい。  
※各コスト低減の詳細については今後分析を進めていく。

(参考:設備導入量の想定シナリオ)

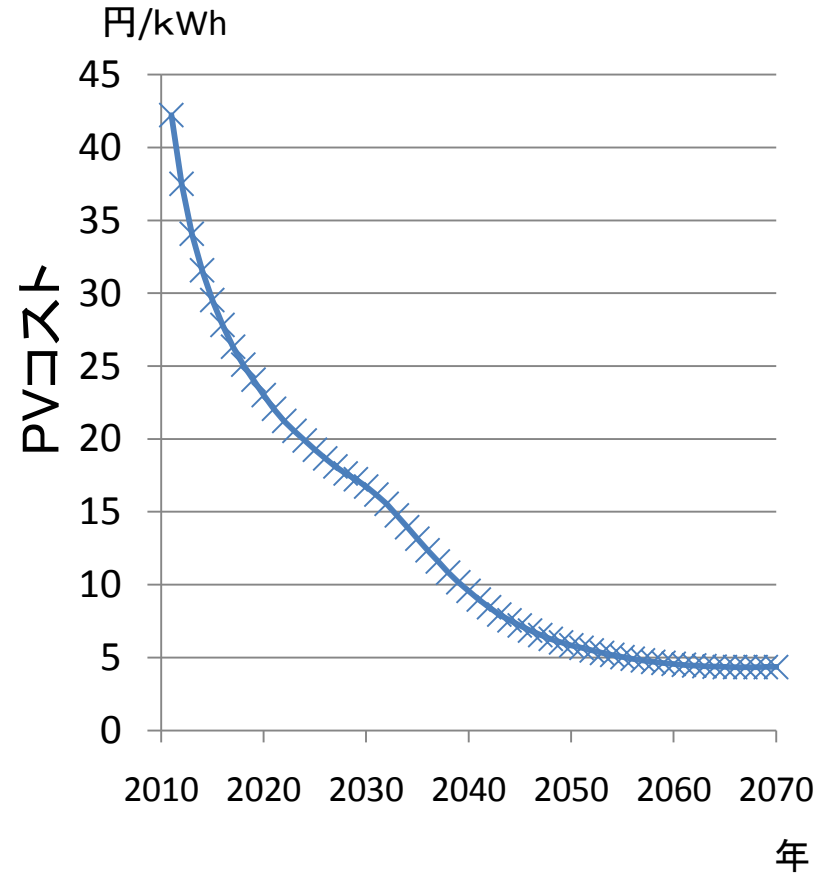
	2011年	2015年	2020年	2030年
累積導入量	4GW	15GW	38GW	80GW

# PV設備容量とコスト

## PV設備容量

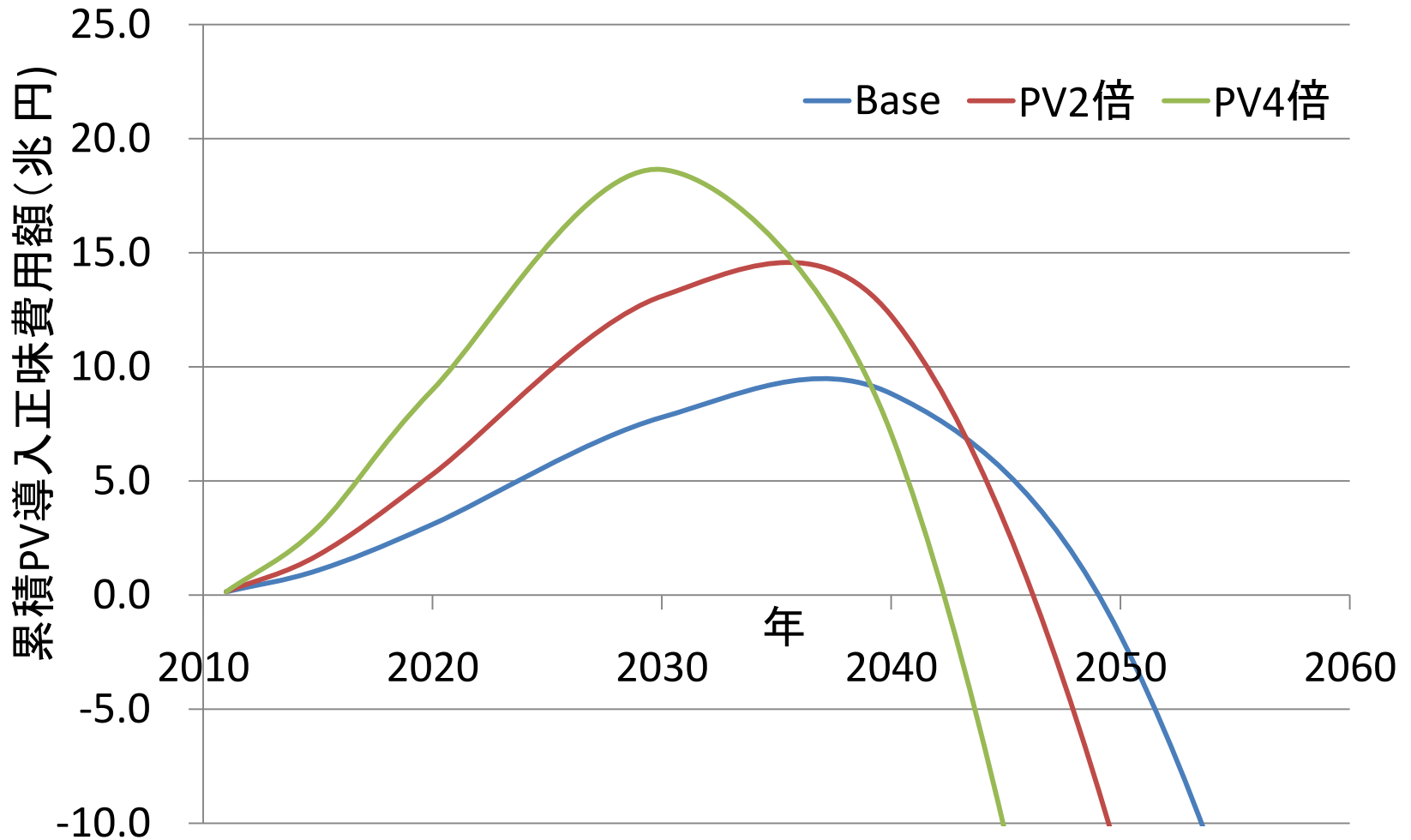


## PVコスト

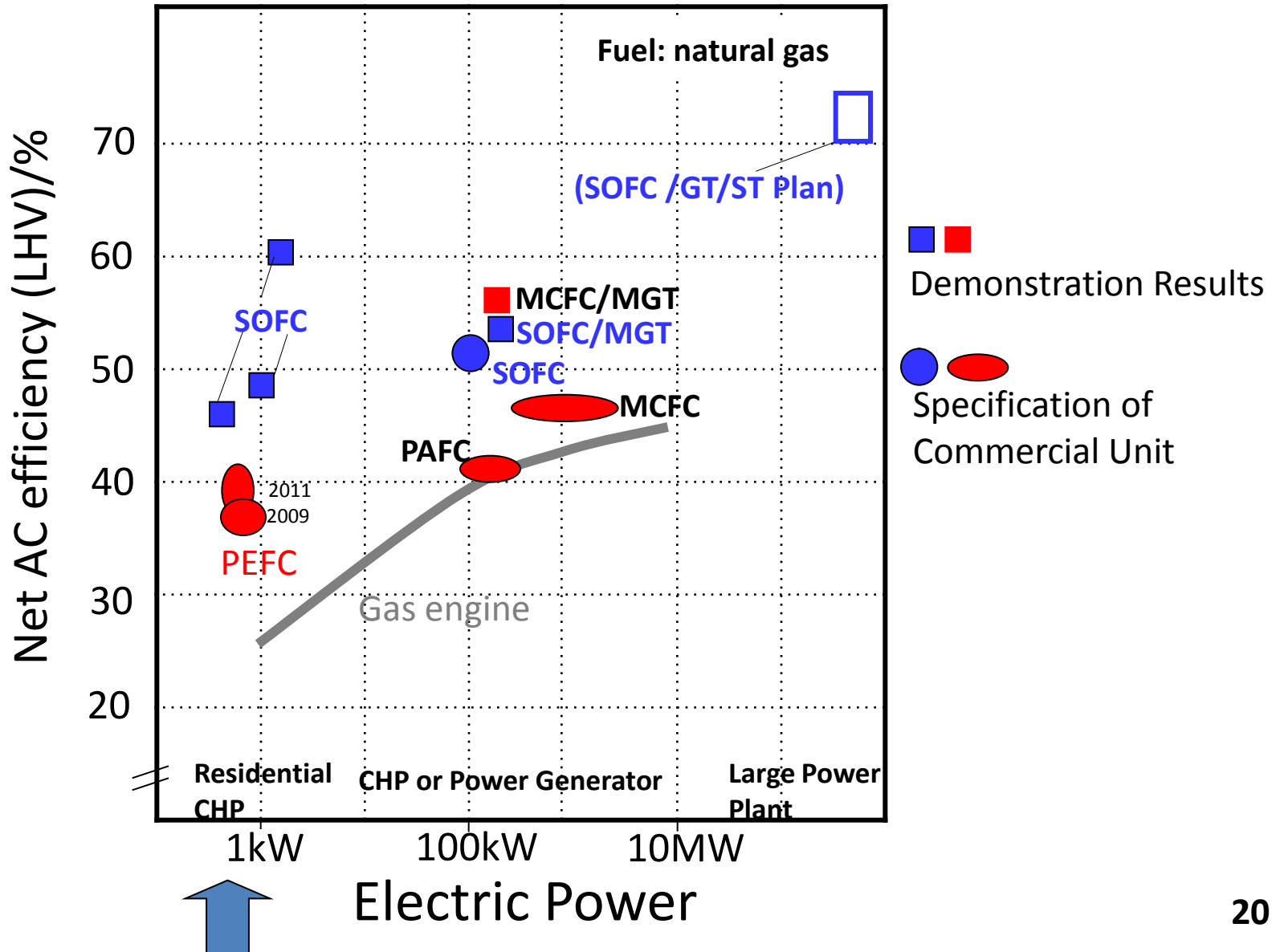


2020年		2030年	
PV Base	: 38GW	PV Base	: 80GW
PV 2倍	: 80GW	PV 2倍	: 160GW
PV 4倍	: 160GW	PV 4倍	: 320GW

# 社会全体での正味費用累積額 (系統電力料金 10.1円/kWh)

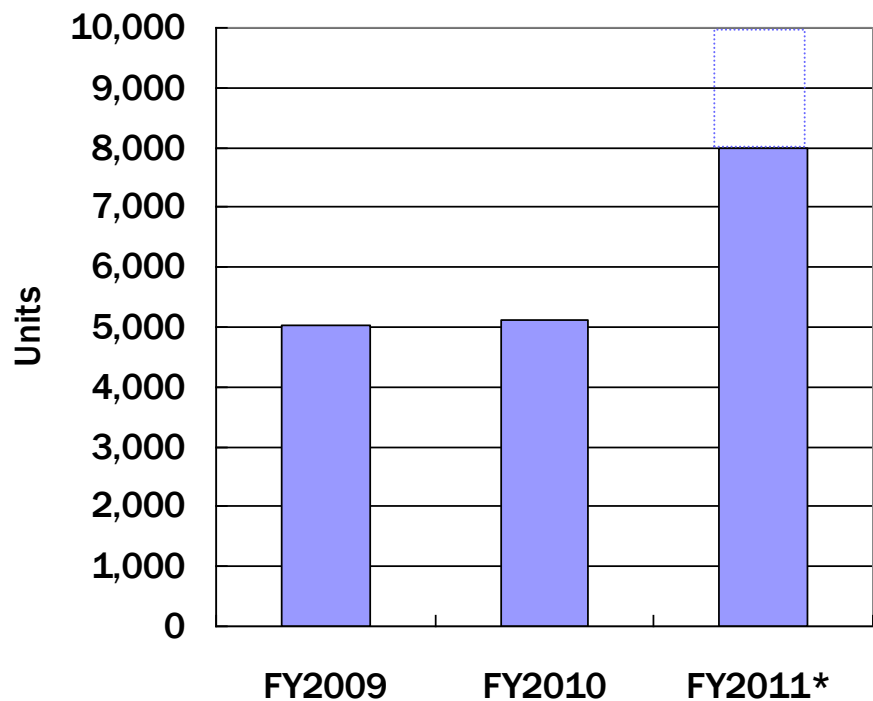


# 発電効率 商用機、実証機の状況



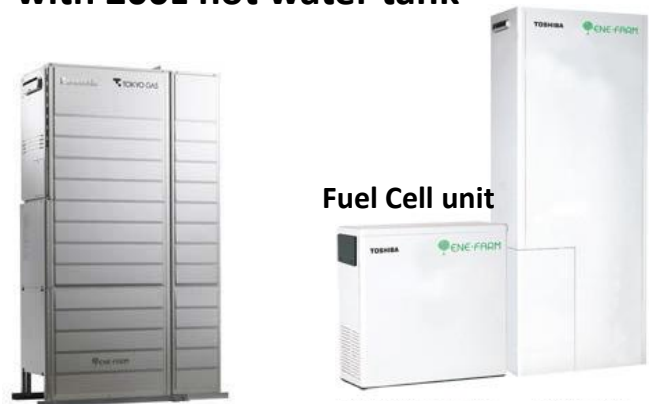
# PEFC Residential CHP in Japan

PEFC residential CHP systems were released in 2009.



FY2009, 10: Subsidized number by Fuel Cell Association (Japan)  
 FY2011: "8,000" is subsidy-submitted number, as of June 2011.

Heat recovery and heating unit with 200L hot water tank



Panasonic

Toshiba Fuel Cell systems

<b>Power generation output</b>	<b>0.7 kW</b> (range 0.25~0.7kW)
<b>Net AC efficiency (rated)</b>	<b>36%(LHV)</b>
<b>Heat recovery efficiency (rated)</b>	<b>50%(LHV)</b>

Price \$40,000~ \$ 34,000

Subsidy (upper limit) \$13,000 @2011

Importance of a secure electric system was recognized after the Great East Japan Earthquake.

# SOFCコージェネレーションシステム 10年度仕様

## 発電ユニット仕様

### 排熱利用給湯暖房ユニット

メーカー		トヨタ自動車・アイシン精機
外形寸法		935mmx600mmx335mm
重量+		91kg
発電出力	定格	700W
	最小	0W
発電効率	定格	45%以上(LHV)
排熱回収率	定格	40%以上(LHV)

## 排熱利用給湯暖房ユニット仕様

メーカー	株式会社 長府製作所
外形寸法	戸建:1760mmx740mmx310mm
重量	戸建:94kg
貯湯タンク容量	戸建:90ℓ
貯湯温度	70℃
給湯能力	41.9 kW (24号)
追いだき能力	12kW (10,300kcal/h)
暖房能力	17.4kW (15000kcal/h)

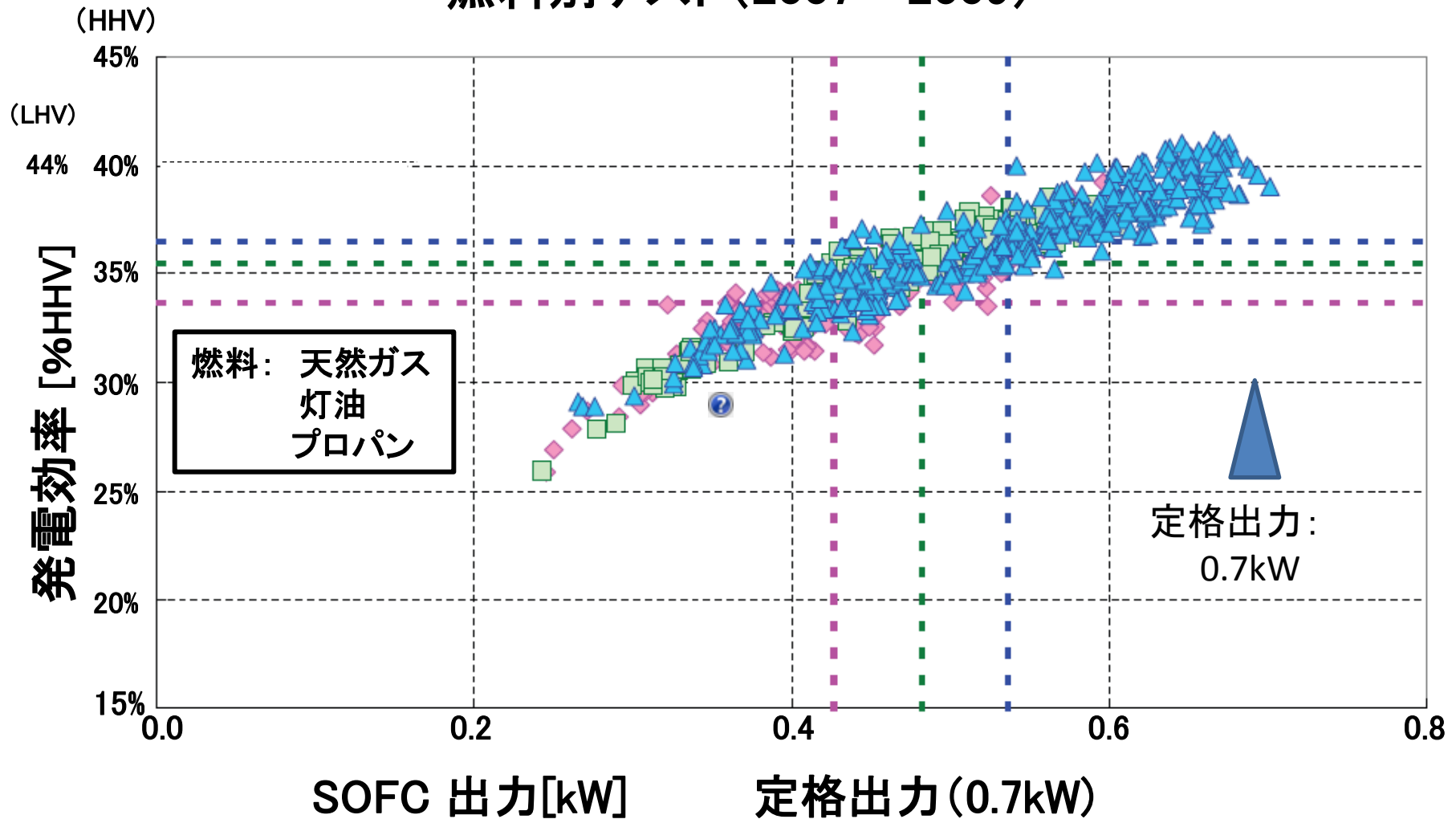
### 発電ユニット



断熱向上やモジュール内部温度分布の適正化による  
部分負荷効率の向上、貯湯容量増加

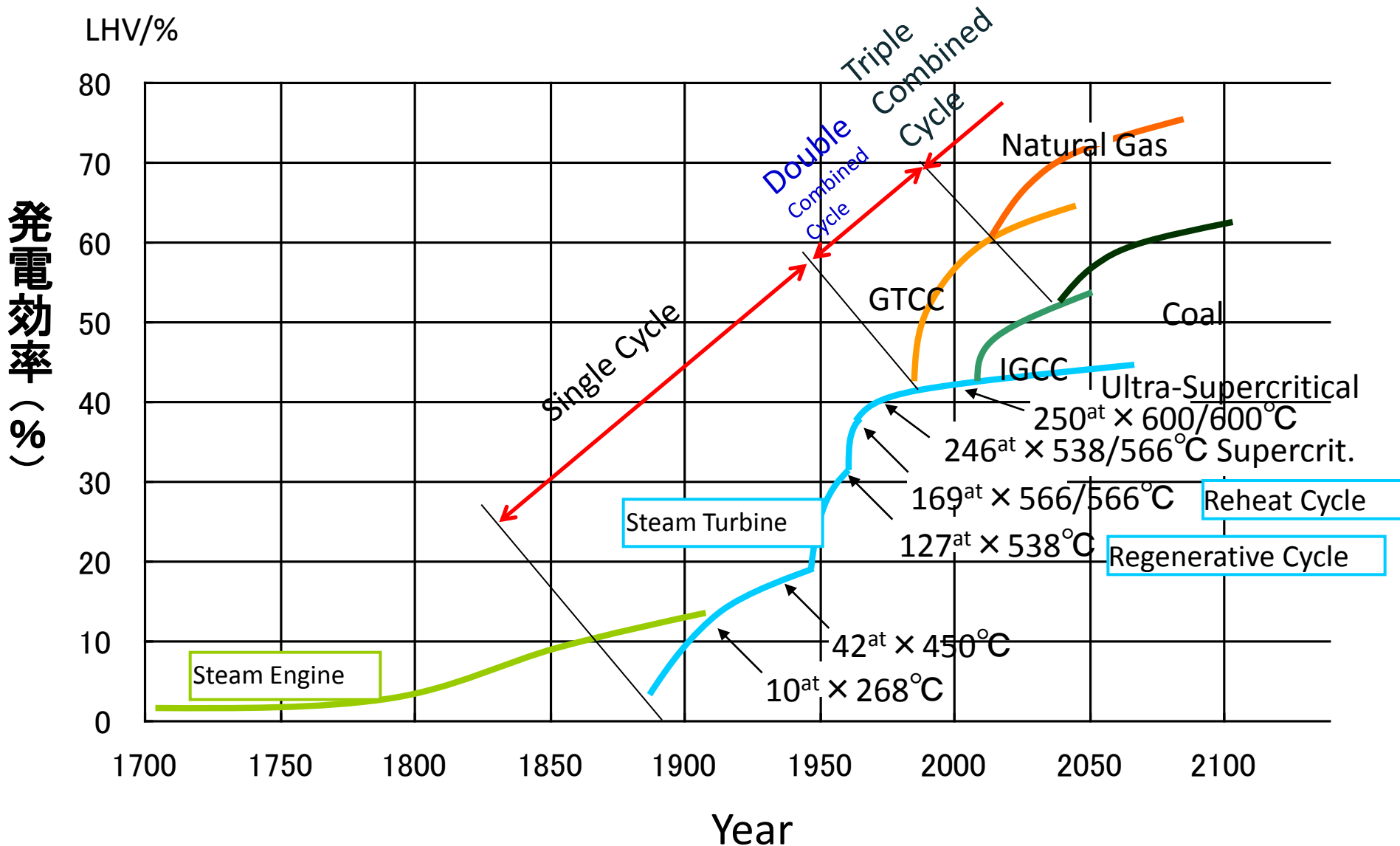
# SOFC 出力変動による発電効率

## 燃料別テスト(2007~2009)



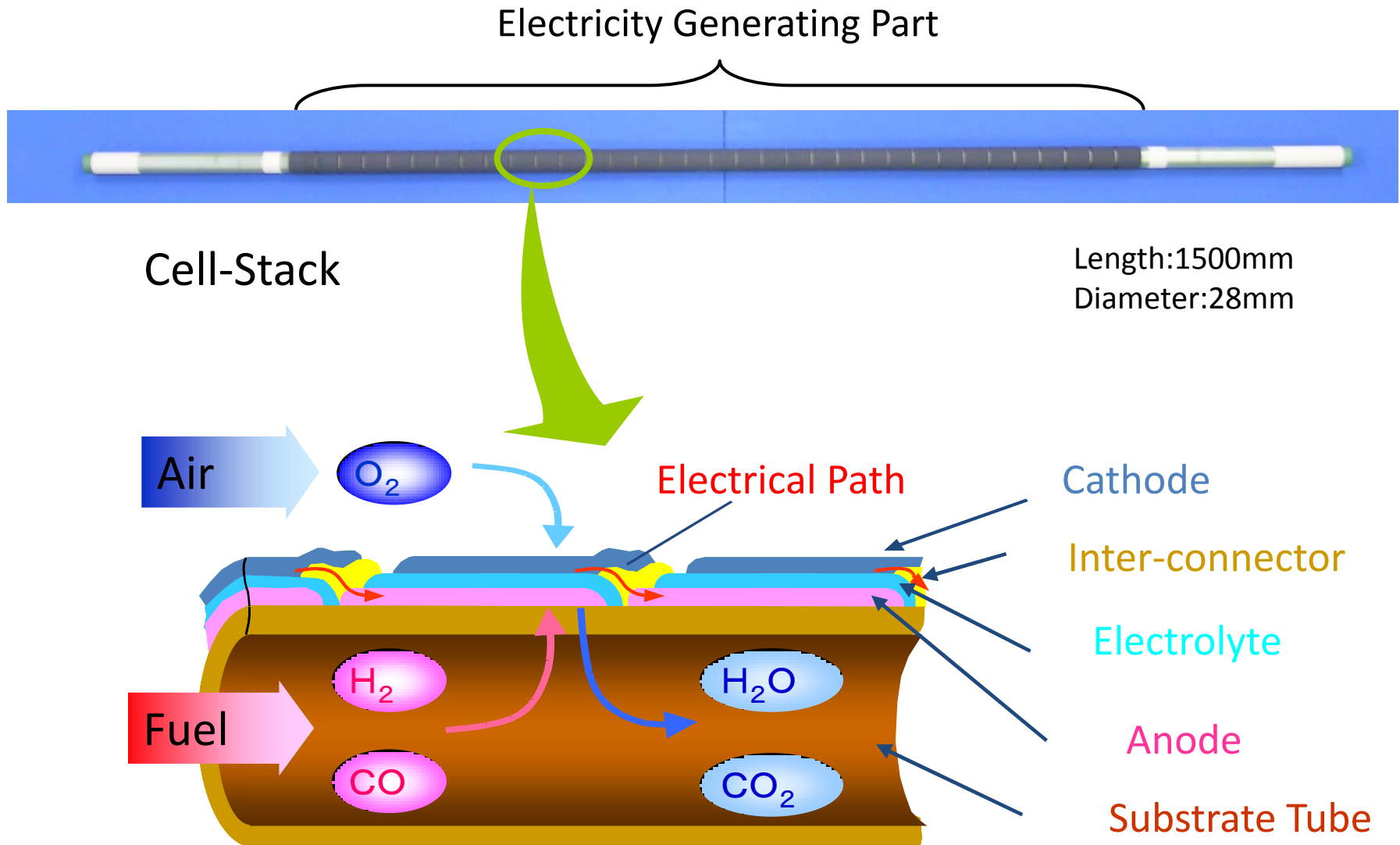
Source: <http://www.nef.or.jp/>

# 発電所電源の発電効率向上





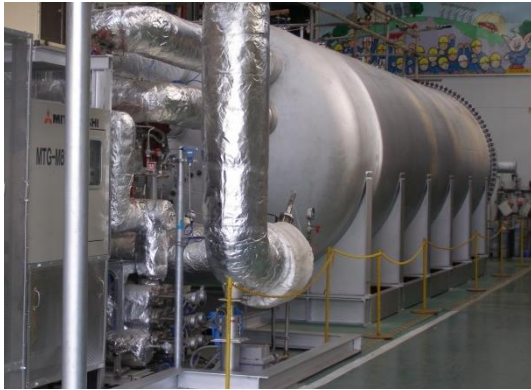
# 管状SOFCの形状、構成 (MHI)



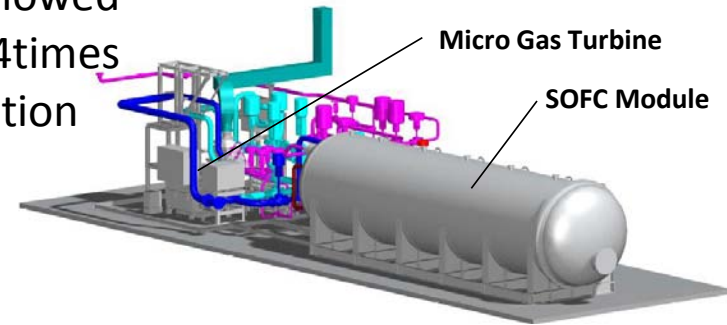
# 200kW SOFC-MGT 複合発電システム

(NEDO Project: 2004-2007, MHI)

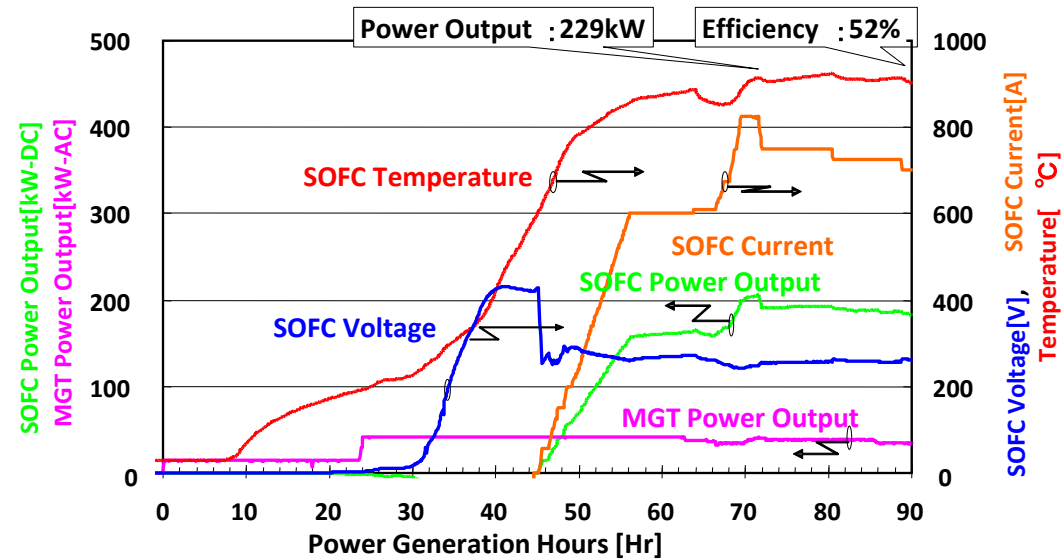
- 229kW-AC (net) Maximum Output (SOFC 204kW-DC + 188kW-AC, MGT 41kW-AC)
- 52% (LHV, Net) Generating Efficiency at 204kW-AC (net) operating point



2009 test showed  
Heat cycle: 4 times  
No degradation  
>6000h

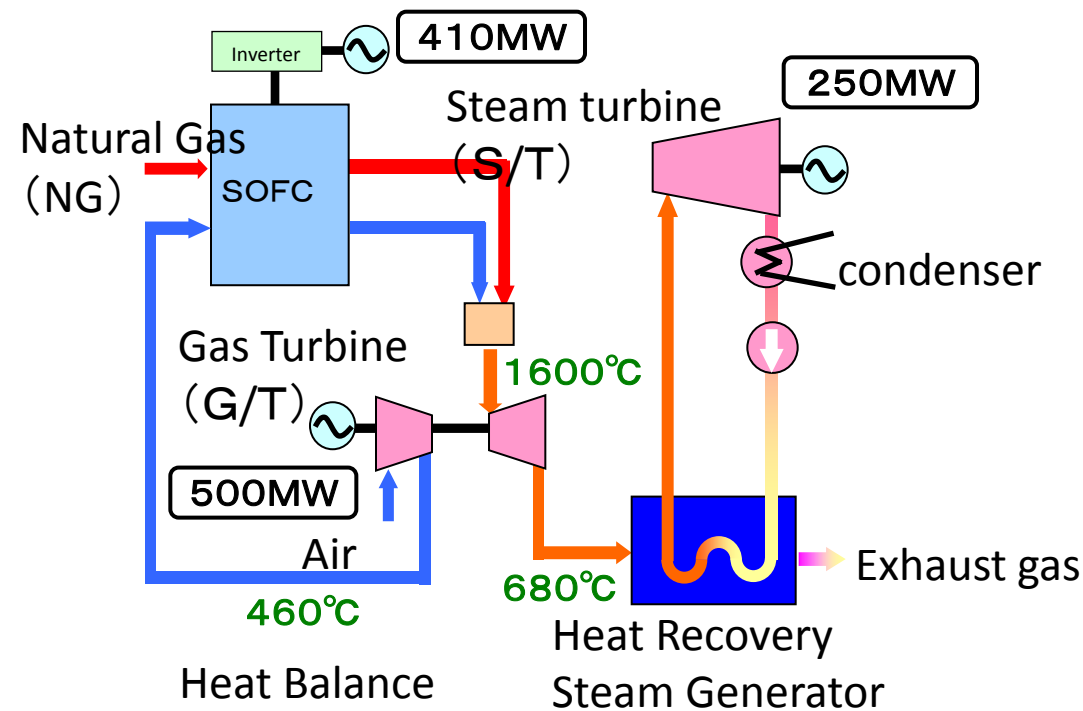


Item	
SOFC Fuel Heat Input	339.8kW-th
MGT Fuel Heat Input	5.15Kaw-th
SOFC Power Output	186.8KW-DC
SOFC Power Output	176.3kW-AC
MGT Power Output	34.8kW-AC
Gross Power Output	211.1kW-AC
Auxiliary Power	7.1kW-AC
Net Power Output	204.0kW-AC
Electrical Efficiency (Net AC as LHV)	52.1%



# 大規模 SOFCトリプル複合発電システム(三菱重工) (TCC)

1200MW class SOFC Combined Cycle System (2020~)



SOFC+ GT+ ST  
Combined Cycle System Plant

火力発電所効率 40%→65%(HHV)  
CO<sub>2</sub>排出量 670→410g-CO<sub>2</sub>/kWh  
TCC 1.2GW置換で $2.2 \times 10^6$ t-CO<sub>2</sub>/y削減

発電効率 : >70%(LHV)  
耐久性 : >90,000 時間  
目標コスト : 150,000円/kW

# 分散電源用 SOFC

## 家庭用(1~10kW)

	効率 (%)		耐久性 (年)	電力換算コスト (円/kWh)		
	電気	熱		間接費	燃料	合計
短期間内	40	30	5	19	7	26
将来	45	30	10	5	6	11

## 集合住宅、業務用(0.1~50MW)

短期間内	50	0	5	25	7	32
将来	50	25	10	3	6	9

現 家庭電力費23 円(/kWh)

# リチウムイオン電池コスト

	2011年	2020年	2030年
1工場当たりの 生産量 [GWh/y]	10	100	1,000
コスト [円/Wh]	16	13	10
コスト削減要素	・開発費は含まない	・開発費等の負担が終了 ・製造技術の改善	・電池性能の向上

※年産10GWhから100GWhへの増産ではスケールアップ効果の影響は小さい

販売価格:100円/Wh

# 原子力発電に対する世論調査

	賛成 (%)		反対 (%)	
	3.11前	3.11後	3.11前	3.11後
世界	57	49	32	43
日本	62	39	28	47
日本	45	25	16	69

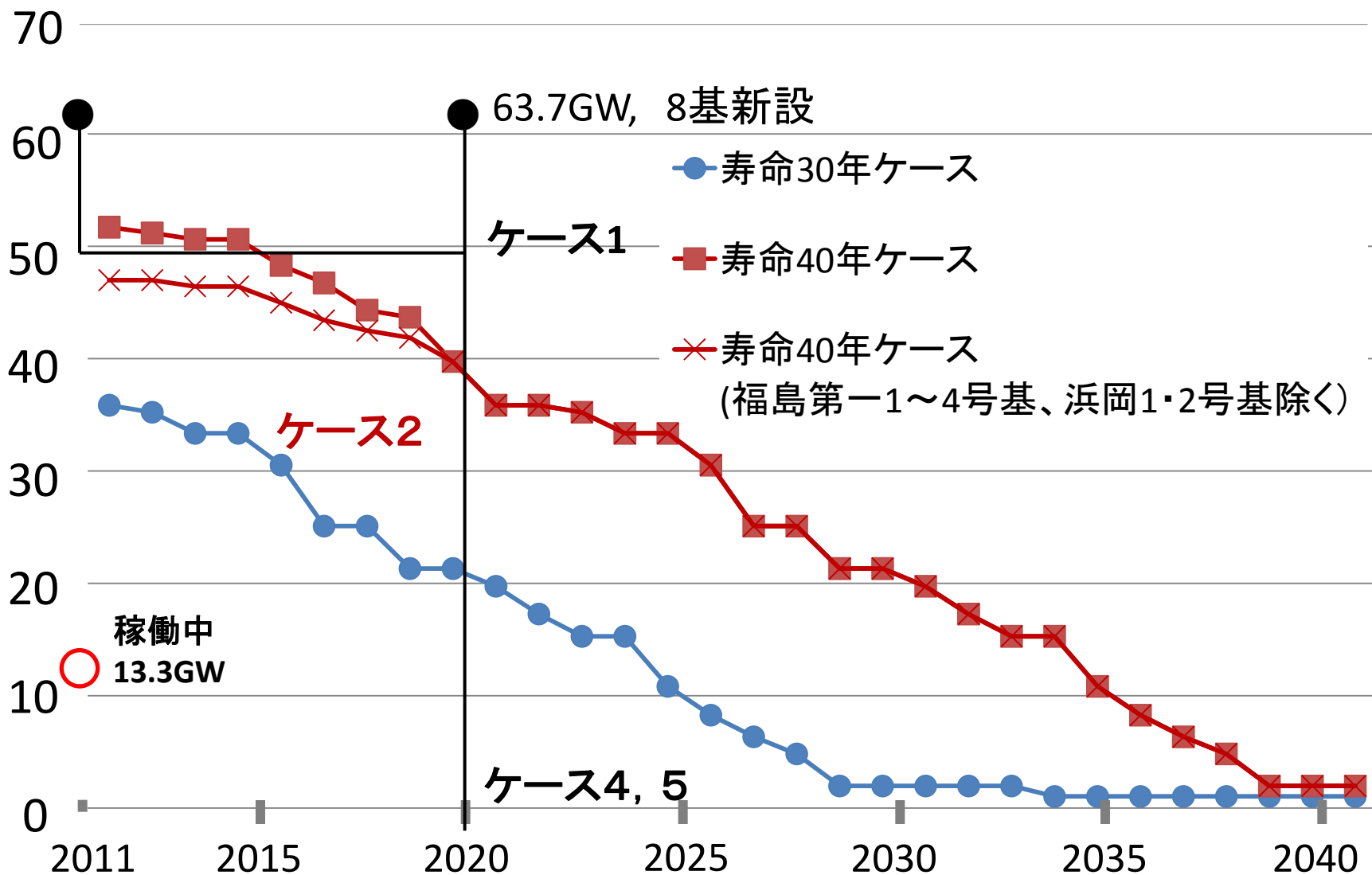
## 定期検査で運転停止中の原子力発電所の再稼働に対して

意見	
賛成 (%)	反対 (%)
47	39

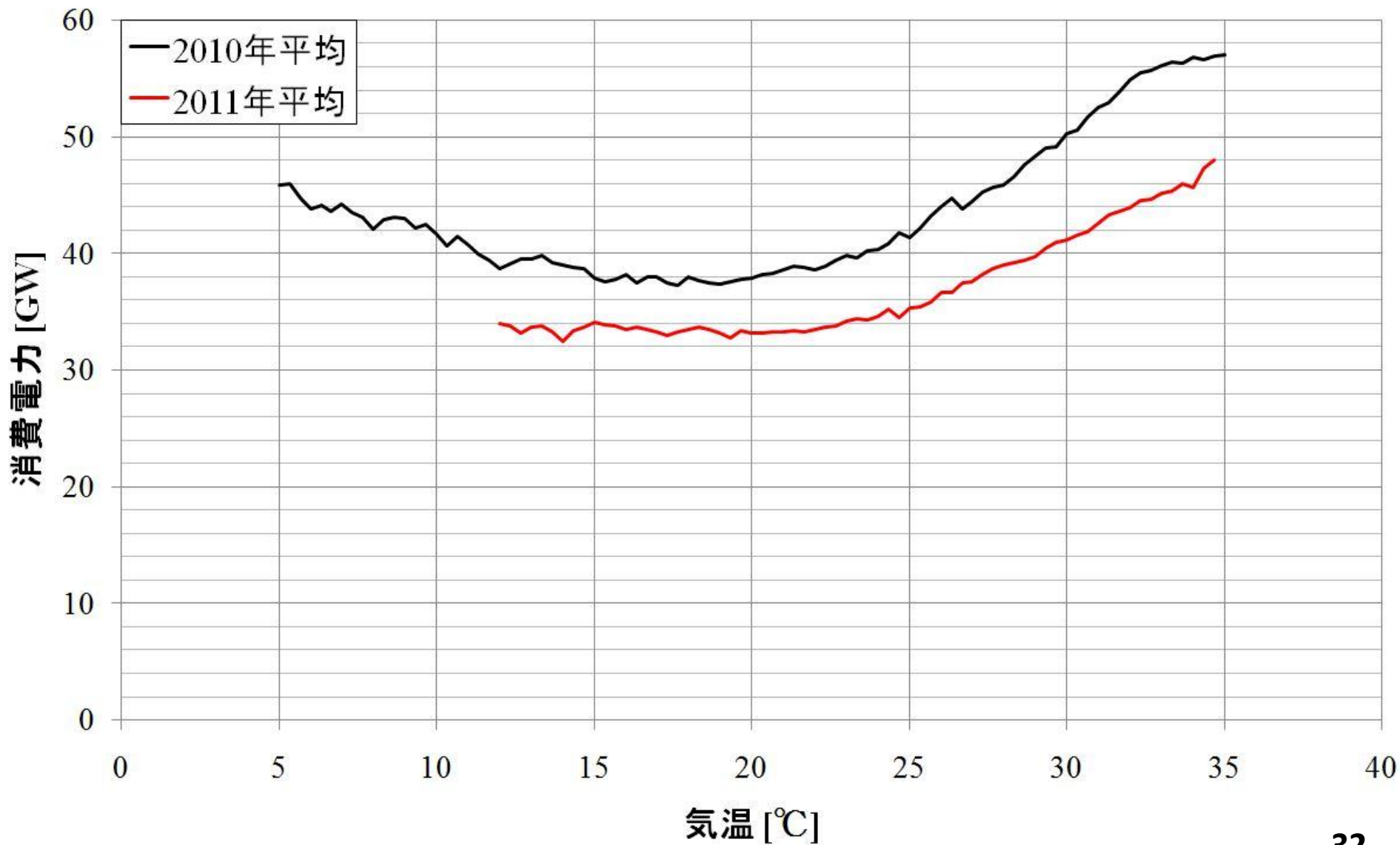
黒: Gallup International Association  
 (調査期間: 2011年3月21日 - 4月10日)  
 青: (財)エネルギー総合工学研究所  
 緑: 日経新聞  
 (調査期間: 2011年9月30日 - 10月1日)

# 原子力発電設備容量と寿命

原子力発電設備容量(GW)

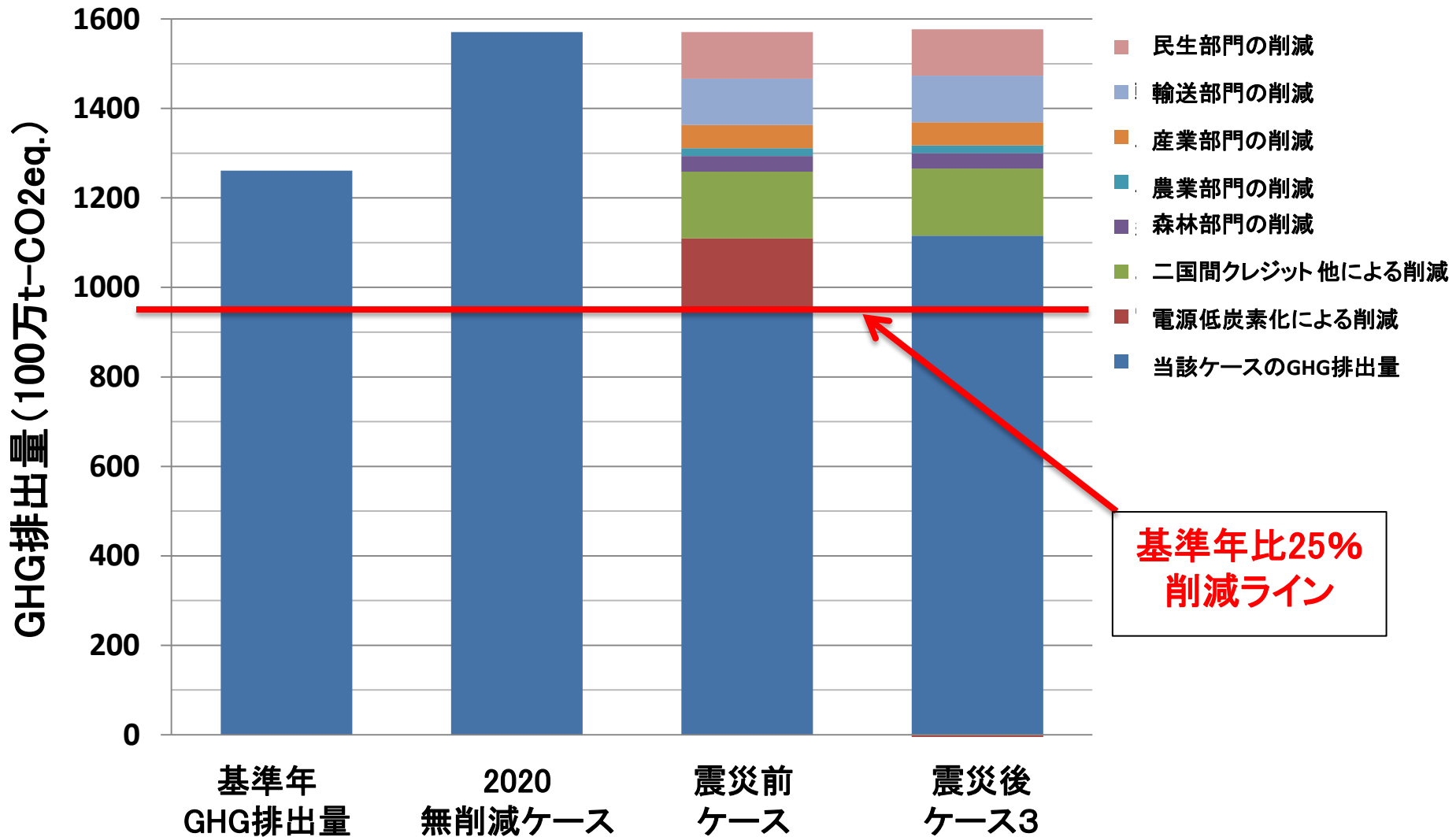


# 平日消費電力比較(9-20時データ)





# 東日本大震災によるGHG削減量の変化



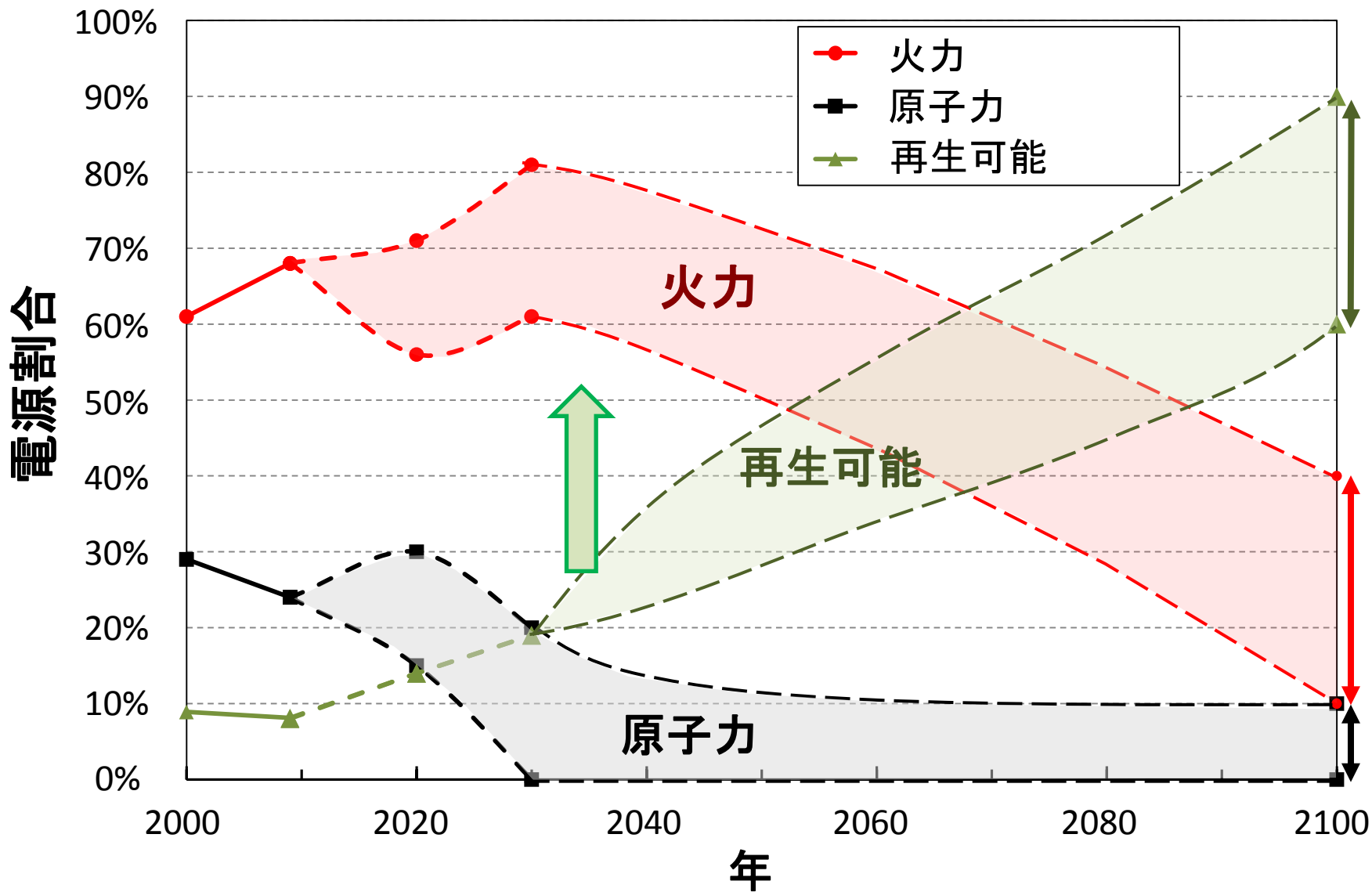
震災後ケース3：原発は寿命30年で廃炉とし、新規建設は行わない。

# 電源構成と電力費、CO<sub>2</sub> 排出量

ケース	年間発電量 (TWh/年)					電力費 (兆円/年)	CO <sub>2</sub> 排出量 (百万t/年)
	原子力	火力	水力	再生可能	計		
1(ベース)	470	570	80	60	1180	11.6	420
2	270	770	80	60	1180	12.7	560
3	270	580	80	70	1000	10.8	430
4	150	700	80	70	1000	11.4	510
5	150	570	80	200	1000	12.9	420
6	0	850	80	70	1000	12.3	620
7	0	730	80	190	1000	13.6	540
8	0	570	80	350	1000	15.5	420
9	0	260	80	660	1000	19.2	210

[ 電源コスト(円/kWh)  
 原子力=5.9, 火力=11.4, 水力=11.9, 再生可能=23 ]

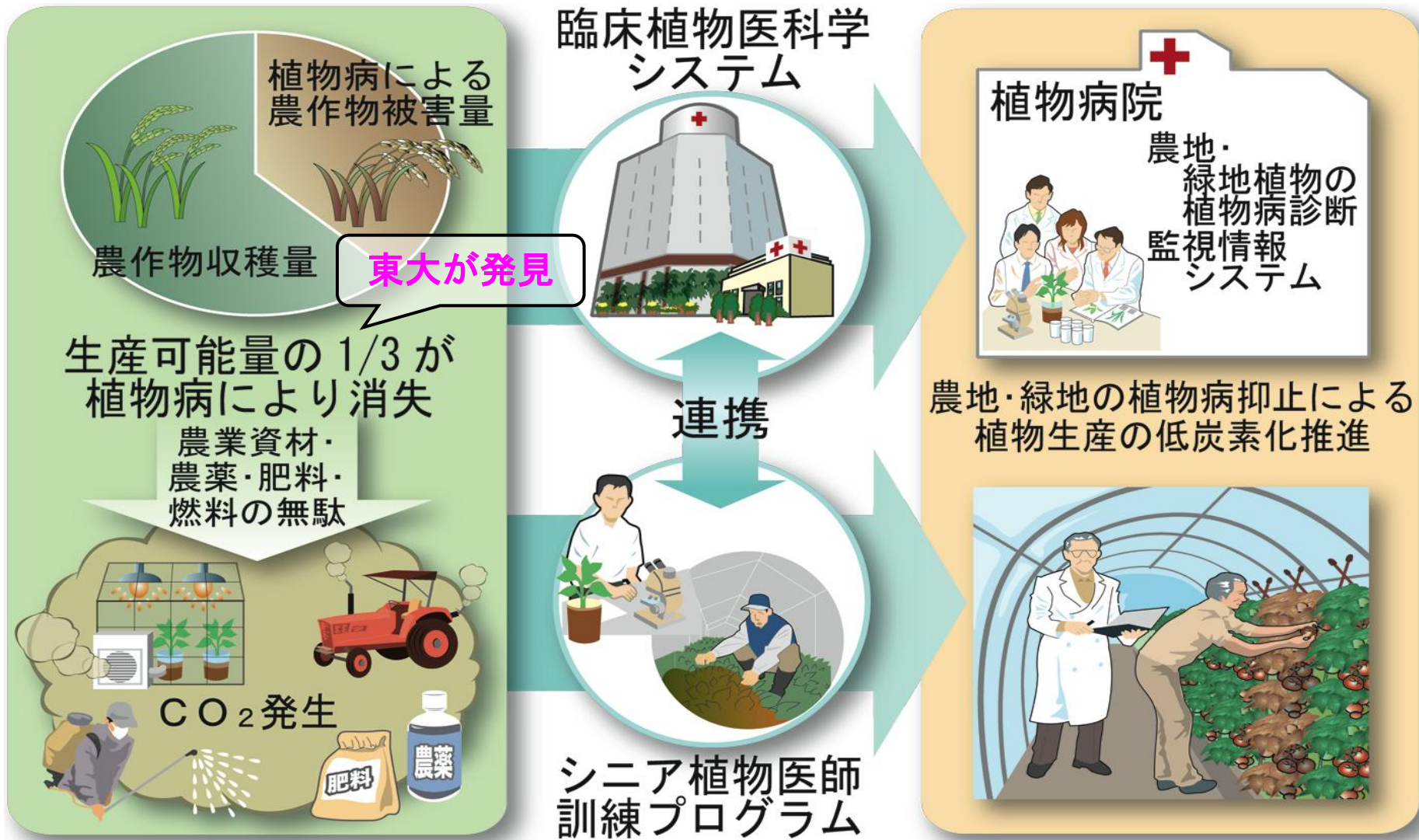
ベースケース: 2020年計画値 (2009年作成)



電源割合の変化

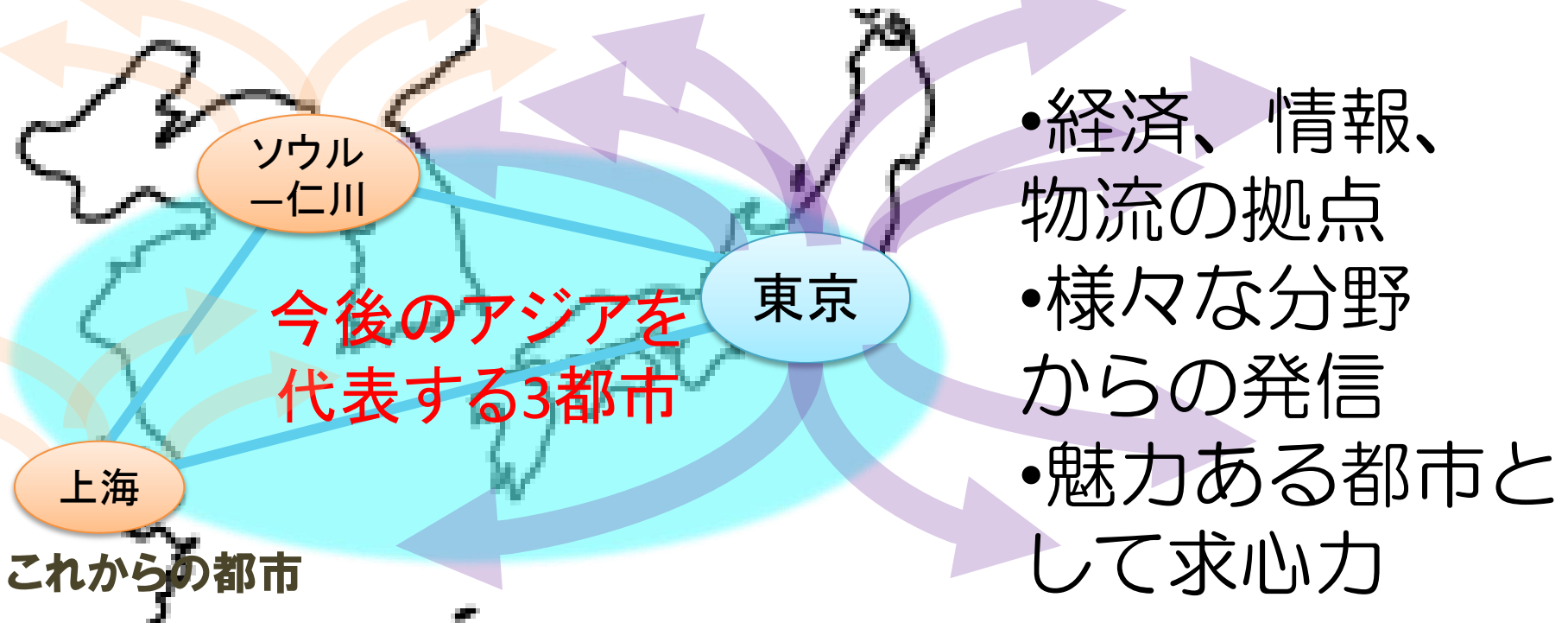
# 『植物医科学』グループ

シニア植物医師訓練プログラムの実践と臨床植物医科学システムの実証



2011年 柏市で東大—LCSのプログラムへ700人参加(シニアの1%)

# アジアから世界の拠点、東京へ



これからの都市

**都市総合ランキング**※1  
ニューヨーク、ロンドン、パリに続き世界4位

**分野別ランキング**では  
経済力で第1位 研究開発力で第2位  
全分野※2で6位以内とバランスが取れた都市は東京のみ

※1 森記念財団「世界の都市競争力ランキング2011」  
※2 経済、研究・開発、文化・交流、居住、環境、交通アクセス