

# 将来のゼロエミッション実現に向けた 2050年の低炭素社会の展望

2017.12.12

低炭素社会戦略センター  
科学技術振興機構

山田興一

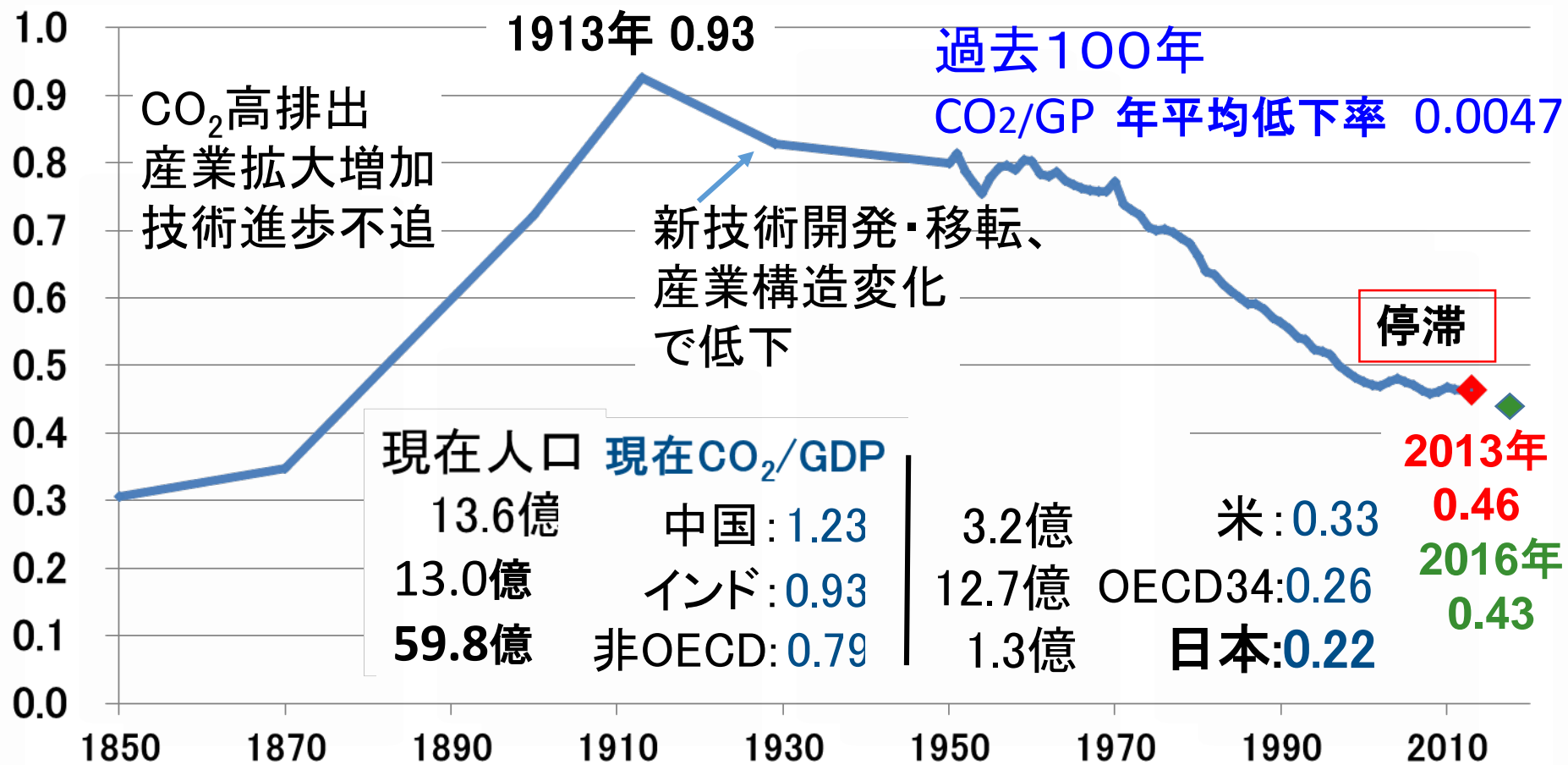
# 内容

- 1: 将来の温度上昇
- 2: CO<sub>2</sub>排出量、「日々の暮らし」と「ものづくり」から
- 3: 鉄リサイクルによるCO<sub>2</sub>排出量80%削減、課題
- 4: 林業合理化の重要性と資源の有効利用  
(木材製品、電力、水素、化学製品)
- 5: 再生可能エネルギーコスト
- 6: CO<sub>2</sub>排出量80%以上削減電源構成、コスト

# 世界のCO<sub>2</sub>排出量/GP比の変遷

CO<sub>2</sub>/GP (t / k\$)

(CO<sub>2</sub>:化石燃料起源) GDP:2010年基準値



世界年経済成長率(%)	1870-2013	1950-2013	1981-1990	1991-2000	2000-2007	2008-2013
	2.7	3.6	3.2	3.0	3.4	2.1

【出典】1971-2013年: GDP、CO<sub>2</sub>ともにEDMC(日本エネルギー経済研究所 計量分析ユニット)のデータバンクのデータで計算。1970年以前: GDPはアンガス・マディソン著『世界経済の成長史 1820~1992年』、CO<sub>2</sub>はBoden, T.A., G. Marland, and R. J. Andres, 'Global, Regional, and National Fossil Fuel CO<sub>2</sub> Emissions.' Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC), Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. doi 10.3334/CDIAC/00001\_V2010. 等からのデータで計算。なお、1971-2013年のGDPは2010年基準、1970年以前は1990年基準のため、1971年比率でつなげ2010年基準に合わせた。

# 温度上昇計算式

$$C_t / GP_t = 0.45 - ADR(t - 2014) \quad (t = AD)$$

$$GP_t = 73,000 (1 + GP\text{年成長率})^{t - 2014}$$

$$\Delta T = 0.64 (1.4 + 10^{-6} \sum_{2015}^t C_t) \quad (\Delta T: 1870\text{年以降の温度上昇, }^\circ\text{C}) \quad \ast$$

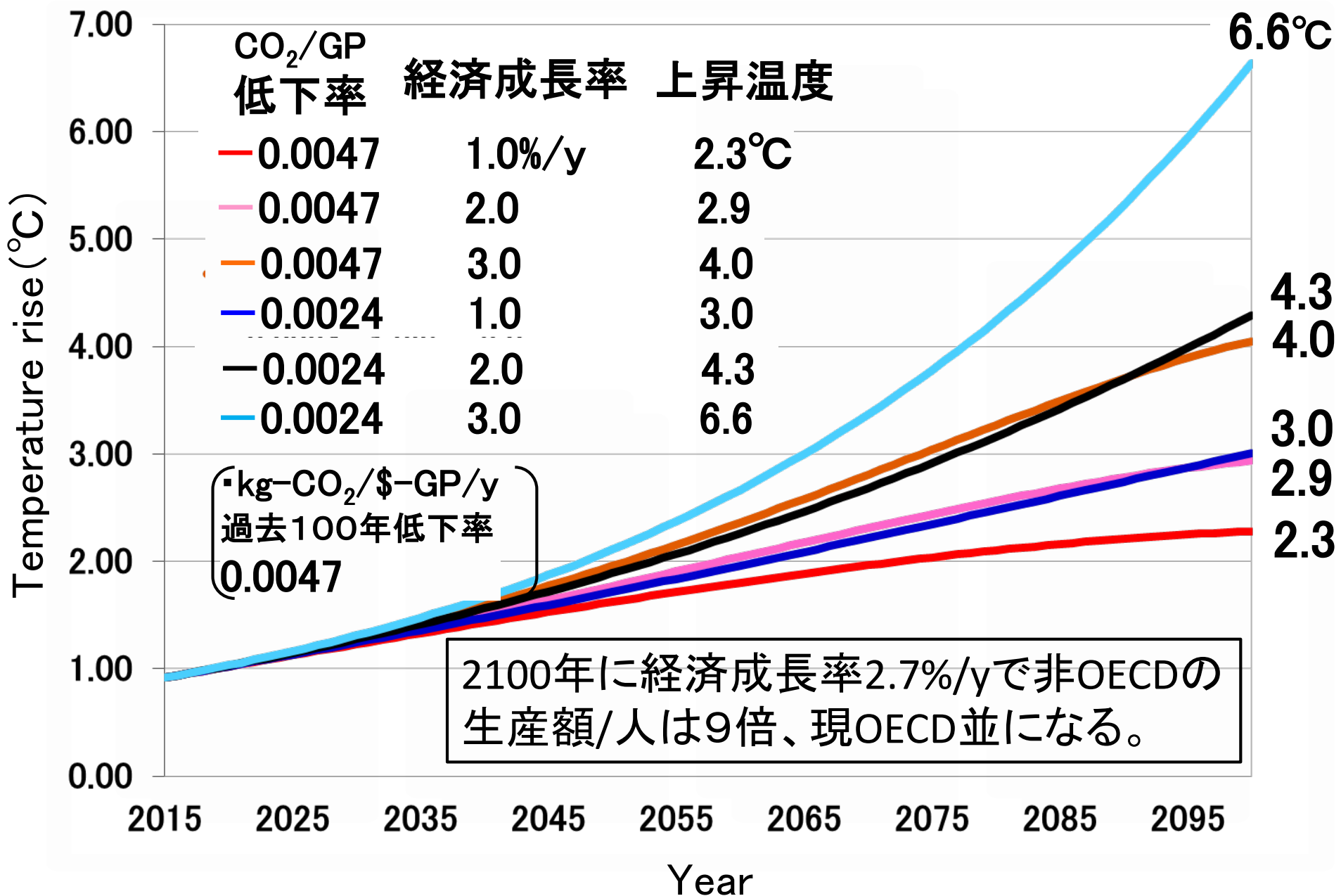
**ADR** :  $C_t / GP$  の年間減少率 (t-CO<sub>2</sub>/M\$/y)

**GP<sub>t</sub>** : 2015年以降の世界総生産 (B\$/y)

**C<sub>t</sub>** : CO<sub>2</sub> 排出量 (Mt-CO<sub>2</sub>/y)

世界経済成長率とADRを仮定すると温度上昇  $\Delta T$  が計算できる。

# 温暖化温度と技術進歩、経済成長率の関係



# 2015年部門別CO<sub>2</sub>排出量

〔全CO<sub>2</sub>排出量:12.8億t  
内電力分は45%, 5.7億t〕

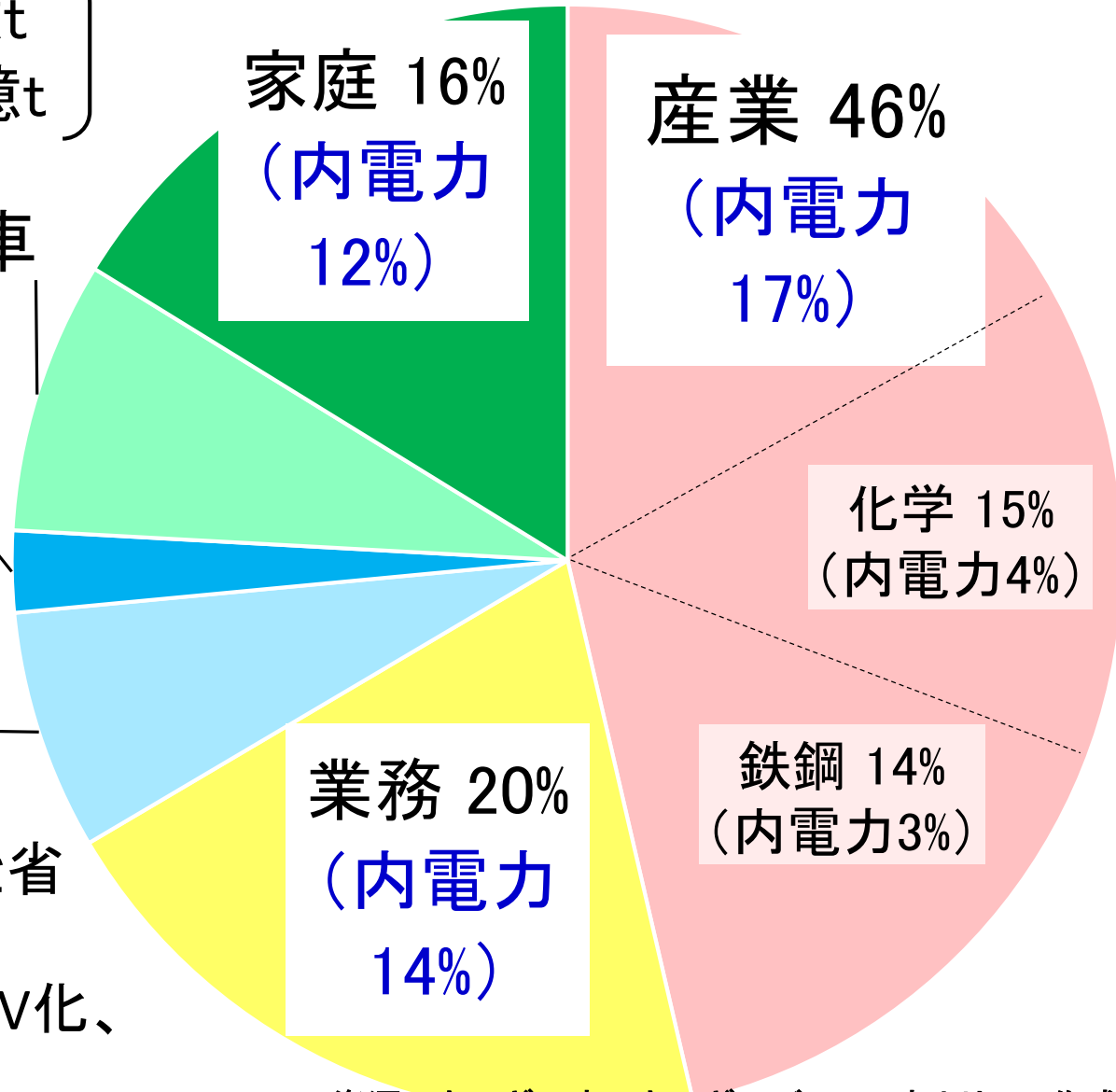
## 「輸送・自家用車」

全運輸 19% 8%  
(内電力1%)

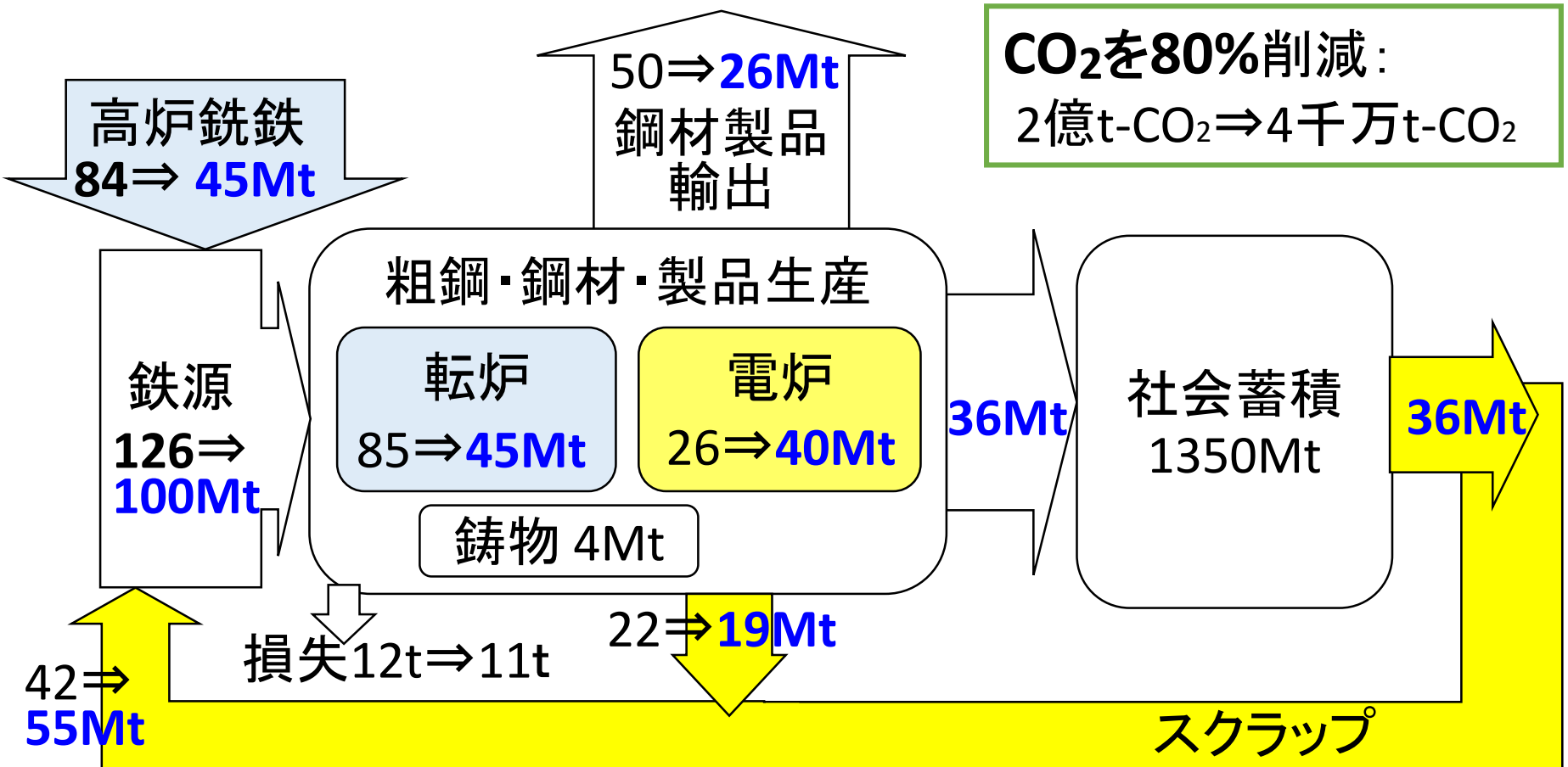
輸送・旅客 3%  
(内電力1%)

輸送・貨物 7%

「日々の暮らし」新電源と省エネで80%削減可能。  
家庭:省エネ1/2, 運輸:EV化、省エネ, 業務:熱1/2



# 日本における2050年の鉄の流れ



**CO<sub>2</sub>を80%削減:**  
2億t-CO<sub>2</sub> ⇒ 4千万t-CO<sub>2</sub>

上記バランスで、鉄源126Mt ⇒ 100Mtで9千万t-CO<sub>2</sub>に(56%減)。80%削減するには、

- ①5千万t-CO<sub>2</sub>の追加削減のためCCS利用で5,000円/t-転炉綱の追加費用必要。
- ②鋼材製品輸出をゼロで鉄源71Mtに減少。

日本鉄鋼連盟「鉄鋼循環図(2014年度)」をもちにLCS作成

# 各国の木材生産コストの比較

(千円/m<sup>3</sup>-主伐丸太)

	人件費	償却費	その他	合計
北海道(下川町)現状	13.1	1.5	5.4	20.0
スウェーデン現状	1.3	0.6	1.5	3.4
オーストリア現状 (天然更新の場合)	1.2	0.7	0.7	2.6

- ・機械化投資3億円に見合った伐採面積拡大(300ha/年以上、全面積15,000ha)、林道増により、現状の1/3以下にコストダウン可能
- ・下川町町有林面積は約5000ha、現状50ha/年(60年サイクル)の施業で、コスト高。下川町森林面積54000ha, 内国有林80%、町有林、民有林各10%、一本化必要。
- ・フォレスターの活躍必要(現状日本約1000名、ドイツ約5000名)

日本資源量:0.7-2億m<sup>3</sup>/y, 発電電力換算値:70-200TWh/y  
現在国内木材使用量:0.2億m<sup>3</sup>/y (0.5t-乾体/1m<sup>3</sup>)

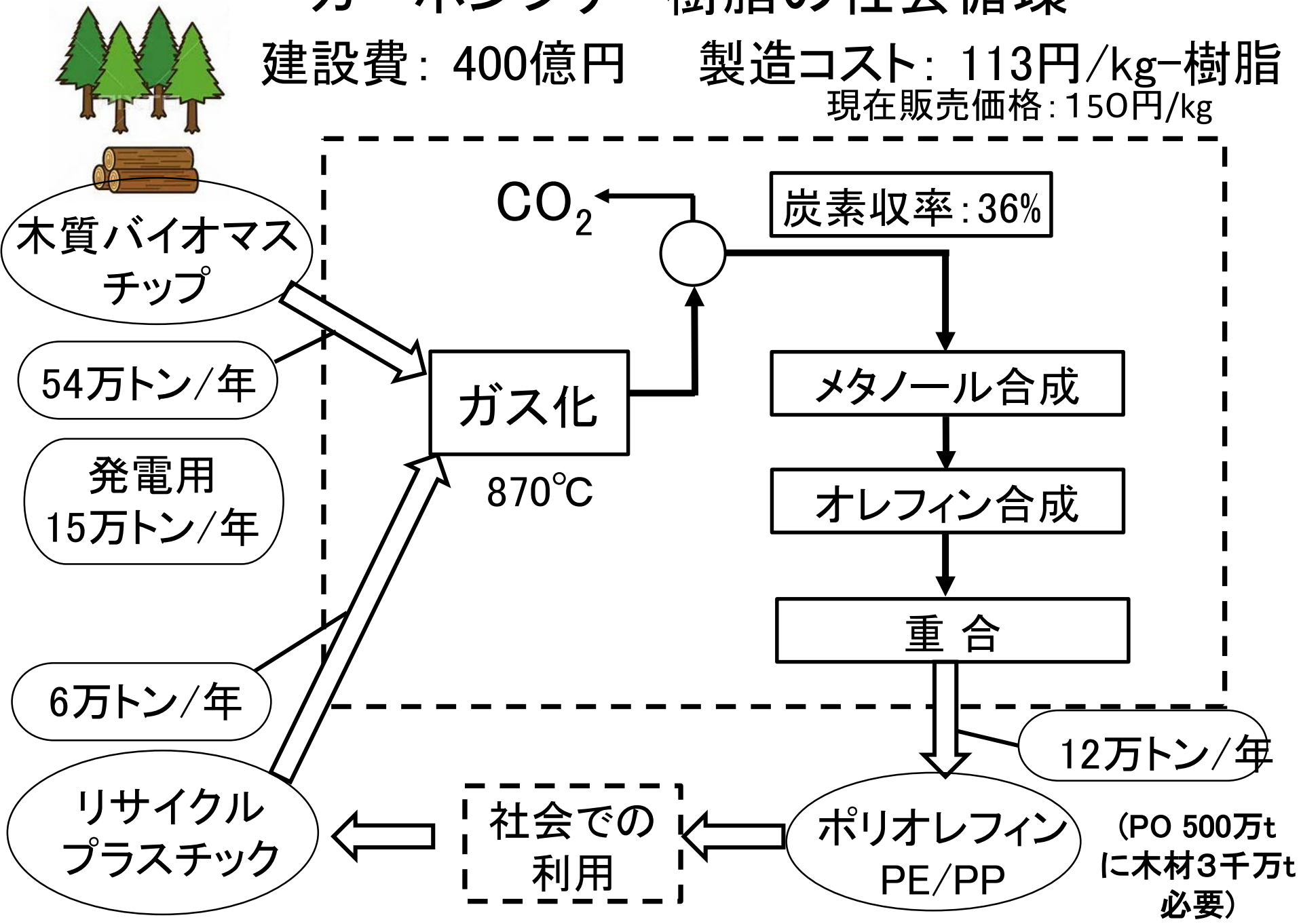


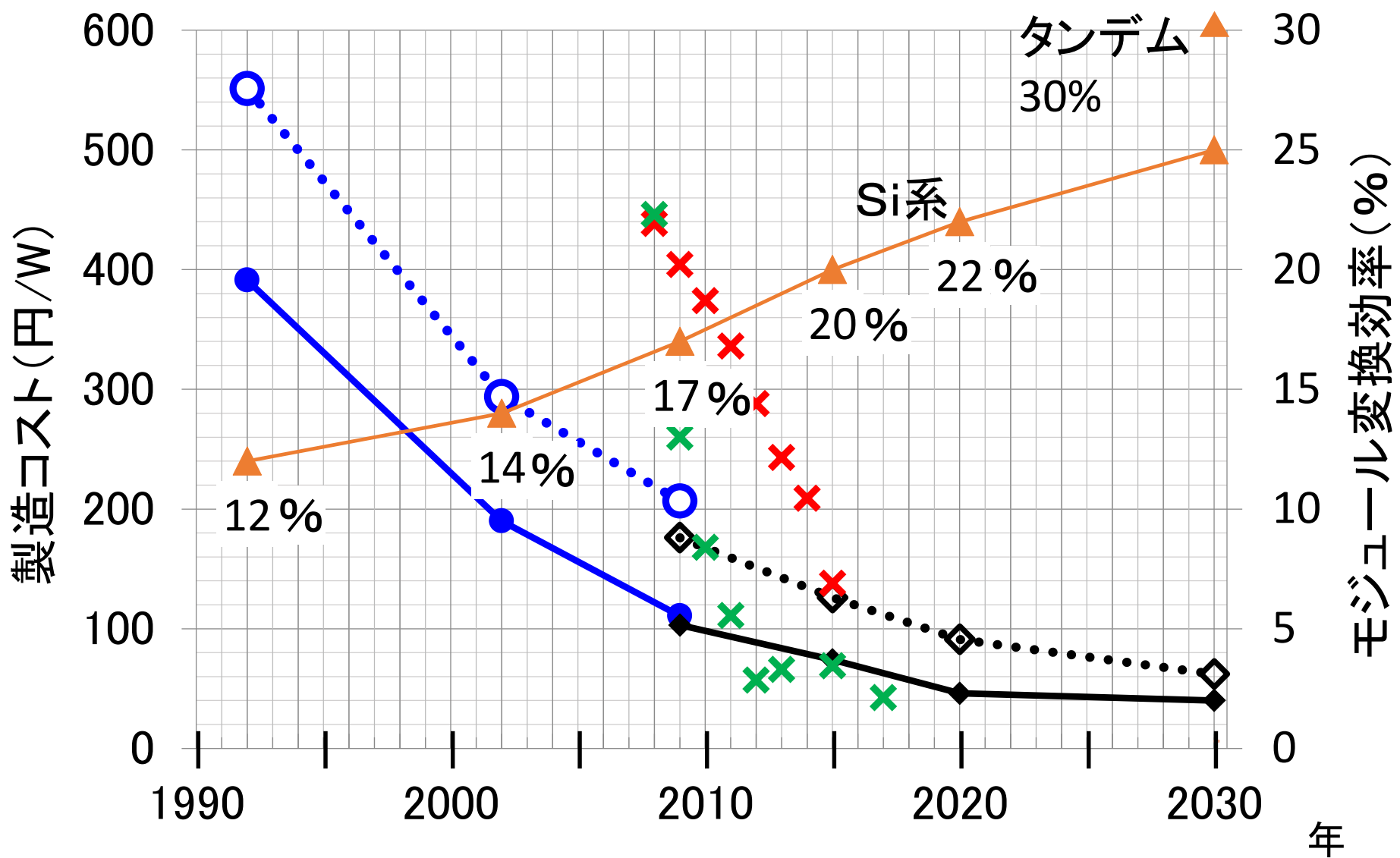
# カーボンフリー樹脂の社会循環

建設費：400億円

製造コスト：113円/kg-樹脂

現在販売価格：150円/kg





点線：システムコスト      ● ○ 1991年計算値      × 日本モジュール価格  
 実線：モジュールコスト      ◆ ◇ 2015年計算値      × 中国モジュール価格

# 太陽光発電システムの市場と就労人数

## 市場

		2010	2015	2030	2050
世界	累積導入量 (GW)	70	300	1000	6000
	年間生産量 (GW)	17	50	100	300
	市場規模 (兆円/年)	7	10	15	30
日本	累積導入量 (GW)	3	30	130	350
	年間生産量 (GW)	1	10	10	20
	市場規模 (兆円/年)	0.4	3	1.5	2

## 就労人数 (モジュール製造:設置:販売・管理=20%:30%:50%)

	2010	2015	2030	2050
世界就労人数(万人)	51	150	100~300	300~900
日本就労人数(万人) <sup>※</sup>	9	30	20~100	20~150

※生産性向上を考慮。将来の海外販売シェアは0~50%の範囲

# リチウムイオン電池の現状と将来シナリオ

米売価30円/Wh

日本80円/Wh

			現状	2020年	2030年
			Ni系電池	Ni系電池	Li-S系
生産規模[GWh <sub>ST</sub> /y]			1 (10)	10	10
収率 [%]			66 (90)	90	90
エネルギー密度[Wh <sub>ST</sub> /kg]			250	340	530
活物質(正極/負極)			LiNi <sub>0.85</sub> Co <sub>0.12</sub> Al <sub>0.03</sub> O <sub>2</sub> /黒鉛	LiNi <sub>0.85</sub> Co <sub>0.12</sub> Al <sub>0.03</sub> O <sub>2</sub> /黒鉛系	S-C /Li金属
正/負極容量密度 [mAh/g]			200/300	270/370	1500/2900
正/負極の 実容量対理論値の比			0.71/0.81	0.97/0.99	0.9/0.75
製造コスト [円 /Wh <sub>ST</sub> ]	変動費	原材料費	10.2 (7.5)	4.8	5.5
		用役費	0.5 (0.4)	0.4	0.1
	固定費		3.2 (1.7)	1.4	1.0
	合計		13.9 (9.6)	6.6	6.6

# 製品重量当たり売価、コスト

製品	売 価 (円/g)
携帯電話	100～600
ジェット機(B787)	100
時計	50～3,000 ～
大型ガスタービン	15～30
パソコン	10～30
Liイオン蓄電池	6 (コスト 3)
テレビ	4～10
乗用車	1(軽)～10(レクサス)
冷蔵庫	1
トラック	0.8～2
洗濯機	0.8
乾電池	0.7～4
扇風機	0.7～3
太陽電池モジュール	0.7～2 (計算コストは0.8円)

鉄鋼,  
Al,  
PP,PE等  
0.1-0.3  
¥/g

# 発電コスト比較(円/kWh)

	LCS計算値			エネルギー庁発表値	
	2010	2030	2050	2014	2030
原子力	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8
一般水力(流込式)	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8
石炭火力	7.7	7.8	7.8	9.3	8.9
LNG火力	10.8	11.4	11.8	12.4	11.6
太陽光(住宅+メガ)	28.0	9.5	5.7	24.2	14.1
風力(陸上)	14.1	10.2	10.2	15.6	13.8
地熱	12.5	12.5	6.9	10.9	10.9
地熱(高温岩体)	16.6	16.6	8.0	-	-
バイオマス(専焼)	33.6	15	15	28.1	28.1

蓄電池(円/Wh)

50

10

6

# カーボンフリー電源システムに必要な技術

		現状の技術	将来
変動性	年	回転式発電機 燃料調整	カーボンフリー電源  + 蓄電システム
	月		
	日		
	分	回転式発電機のLFC	
	秒	回転式発電機の ガバナフリー	
安定性 (停電時対策)		回転式発電機 (慣性力の確保)	回転式発電機 : 水素タービン (慣性力の確保)

# 発電コストと電力需要

2050年, CO<sub>2</sub>80%減 (113Mt排出)

電力需要 (TWh/y)		700	800		1000	
年間発電電力量 (TWh)	高温岩体+NP	0	0	100	200	0
	水力	130	130	130	130	130
	石炭	55	16	61	119	0
	LNG	179	277	166	21	317
	太陽光	284	327	306	291	524
	風力	73	77	60	59	211
	地熱	12	12	12	12	12
	バイオマス	31	31	31	31	31
	合計	764	871	866	862	1,225
安定用水素発電 (TWh)		0	0	0	0	51
蓄電池容量 (GWh)		367(109)	451(135)	400(120)	362(110)	801(227)
発電コスト (¥/kWh)		11.4	11.5	10.8	10.3	12.8

( )内は年間蓄電供給電力量 (TWh)

慣性力発電 50%以上



# CO<sub>2</sub>フリー電源構成別コスト

電力需要800TWh/y, 系統連携線強化 平均270GW, 570km, 投資額24兆円

年間発電電力量 (TWh)	高温岩体+NP	0	50	100	0	100
	水力	130	130	130	130	130
	LNG	24	24	24	16	16
	太陽光	692	692	640	692	692
	風力	559	463	424	559	419
	地熱	12	12	12	12	12
	バイオマス	31	31	31	31	31
	合計	1,448	1,402	1,361	1,440	1,400
水素利用量 (TWh)	219	176	170	226	178	
蓄電池容量 (GWh)	765(177)	1,074(304)	1,031(291)*	401(55)	1,117(324)	
発電コスト (¥/kWh)	25.6	21.9	20.9	29.2	21.8	
CO <sub>2</sub> 削減率	98.5%	98.5%	98.5%	99%	99%	

( )内は年間蓄電供給電力量(TWh)

慣性力発電 50%以上