

# ゼロカーボン社会に向かう 2050年の姿

— 産業・エネルギー・電力 —

2019.2.6

科学技術振興機構

低炭素社会戦略センター

山田興一

# 内 容

1: 発表概要:

- ① [CO<sub>2</sub>排出量/GDP]関数の重要性
- ② 人口減とGDP
- ③ LCS新産業連関表、将来の発電、蓄電装置コスト

2: CO<sub>2</sub>排出量80%以上削減電源構成、コスト

3: 低炭素電源シナリオ比較とゼロカーボン化に必要な開発技術

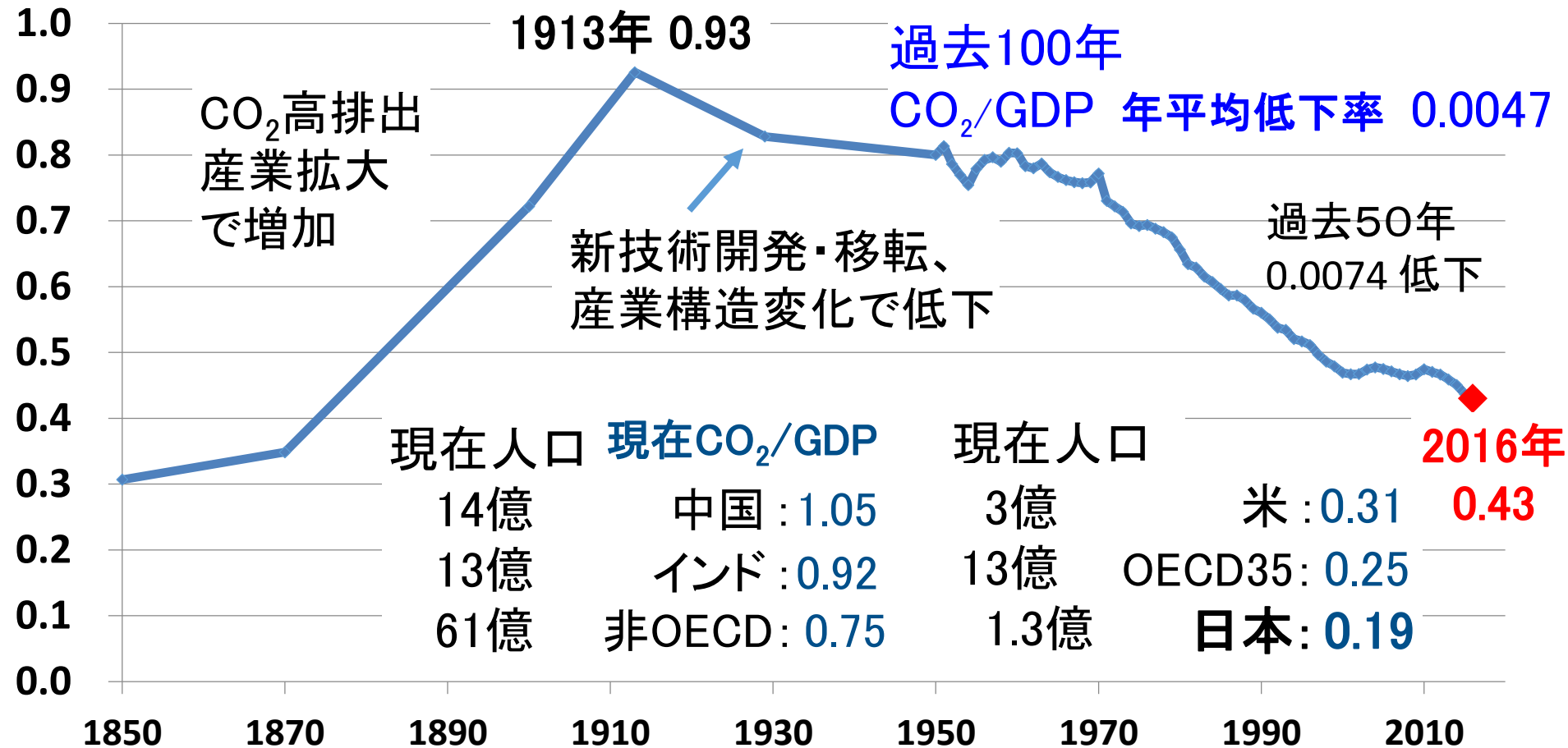
4: ゼロカーボン社会に向かう日本の産業構造とCO<sub>2</sub>排出量、GDP変化

# 世界のCO<sub>2</sub>排出量/GDP比の変遷

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

(CO<sub>2</sub>:化石燃料起源)

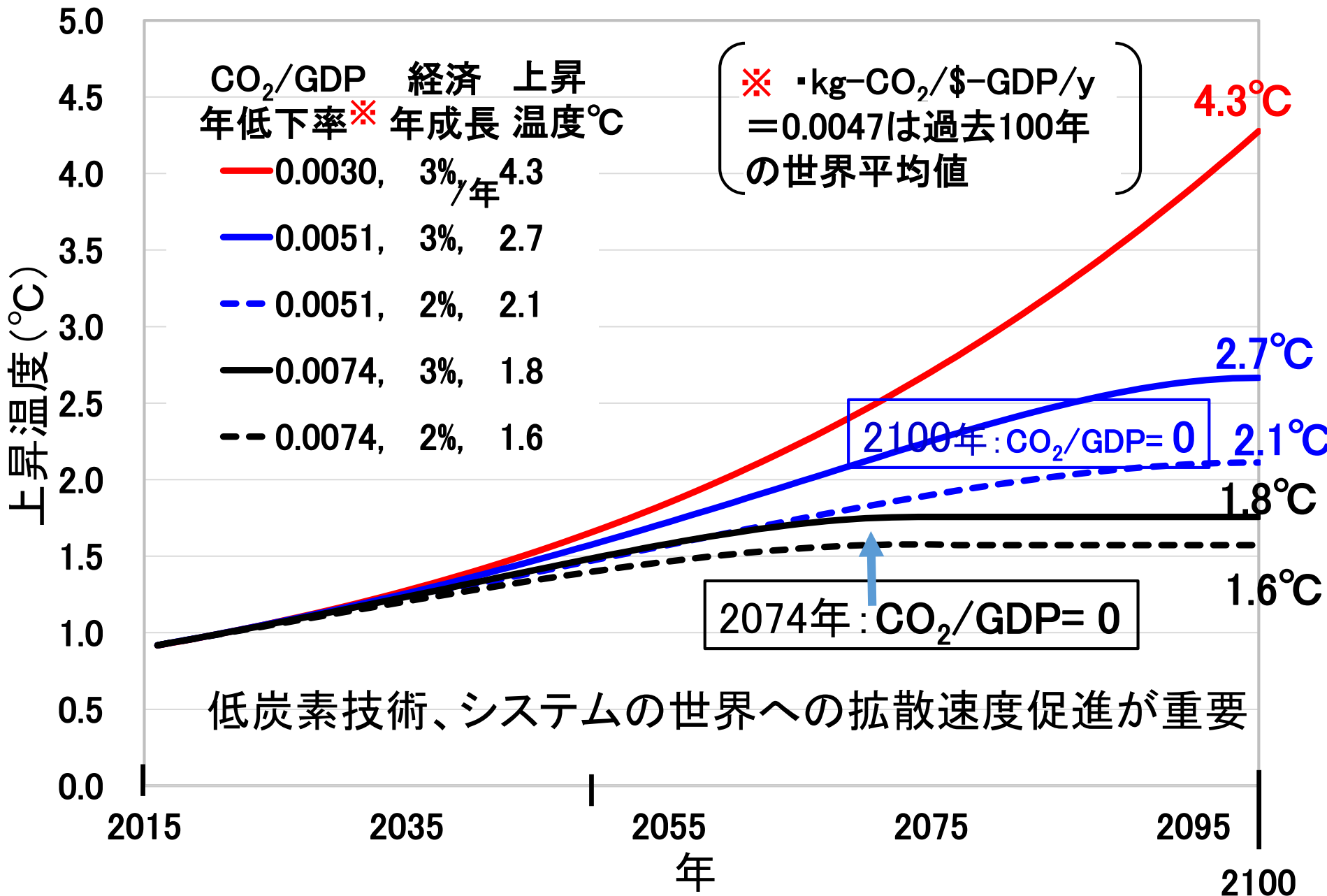
GDP:2010年基準値



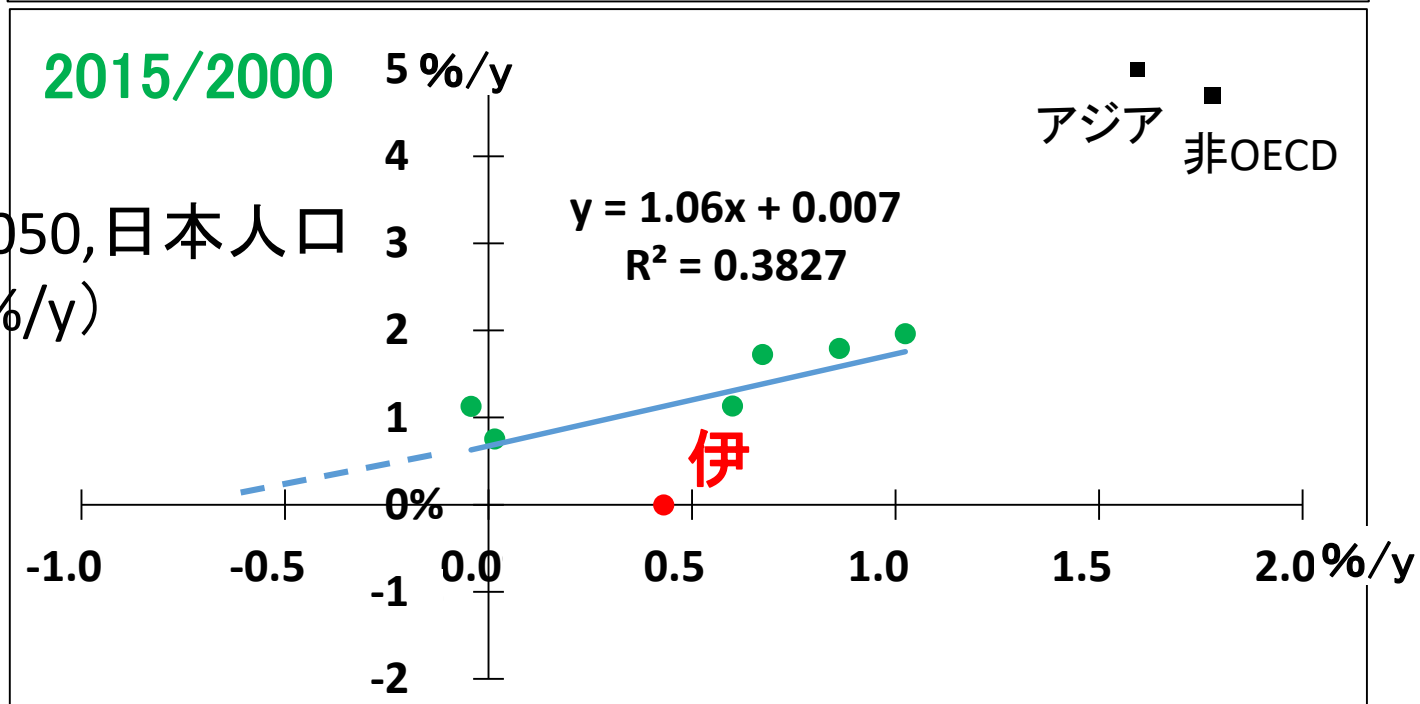
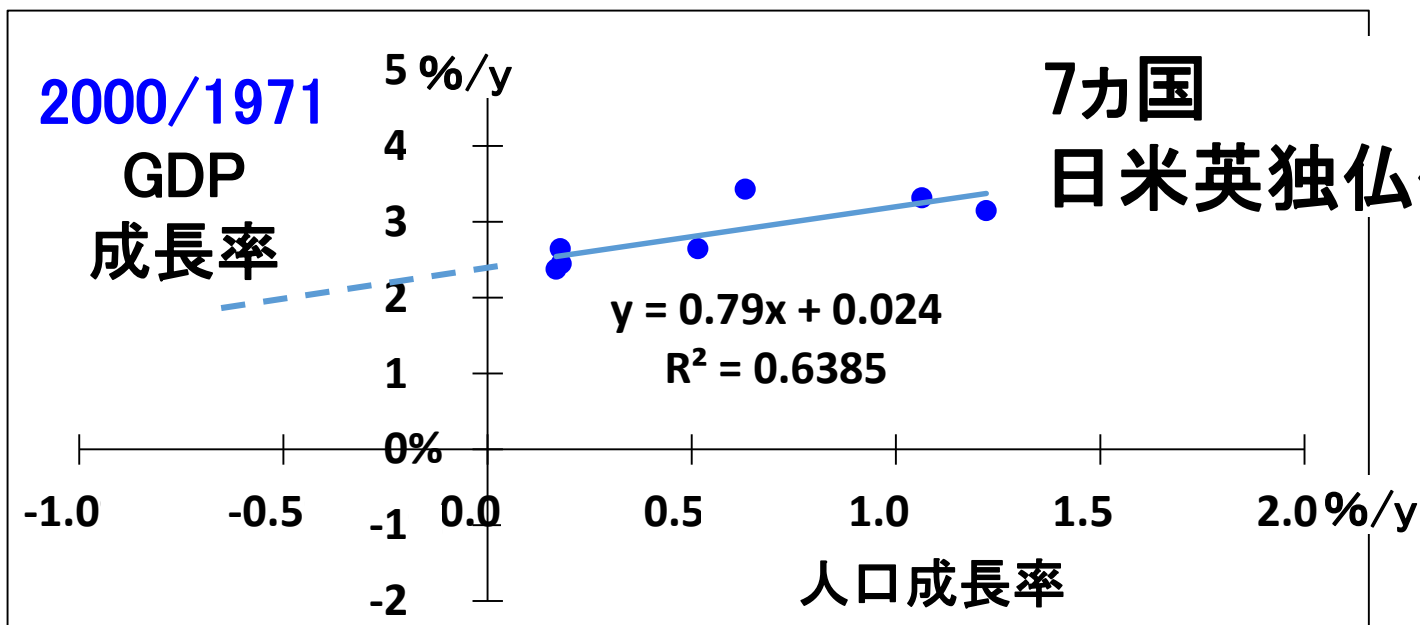
世界年経済成長率(%)	1870-2015	1950-2015	1990-2000	2000-2007	2008-2015
	2.7(人口1.2)	3.6(1.7)	3.0(1.4)	3.4(1.3)	2.2(1.2)

【出典】1971-2015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、1971-2015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。

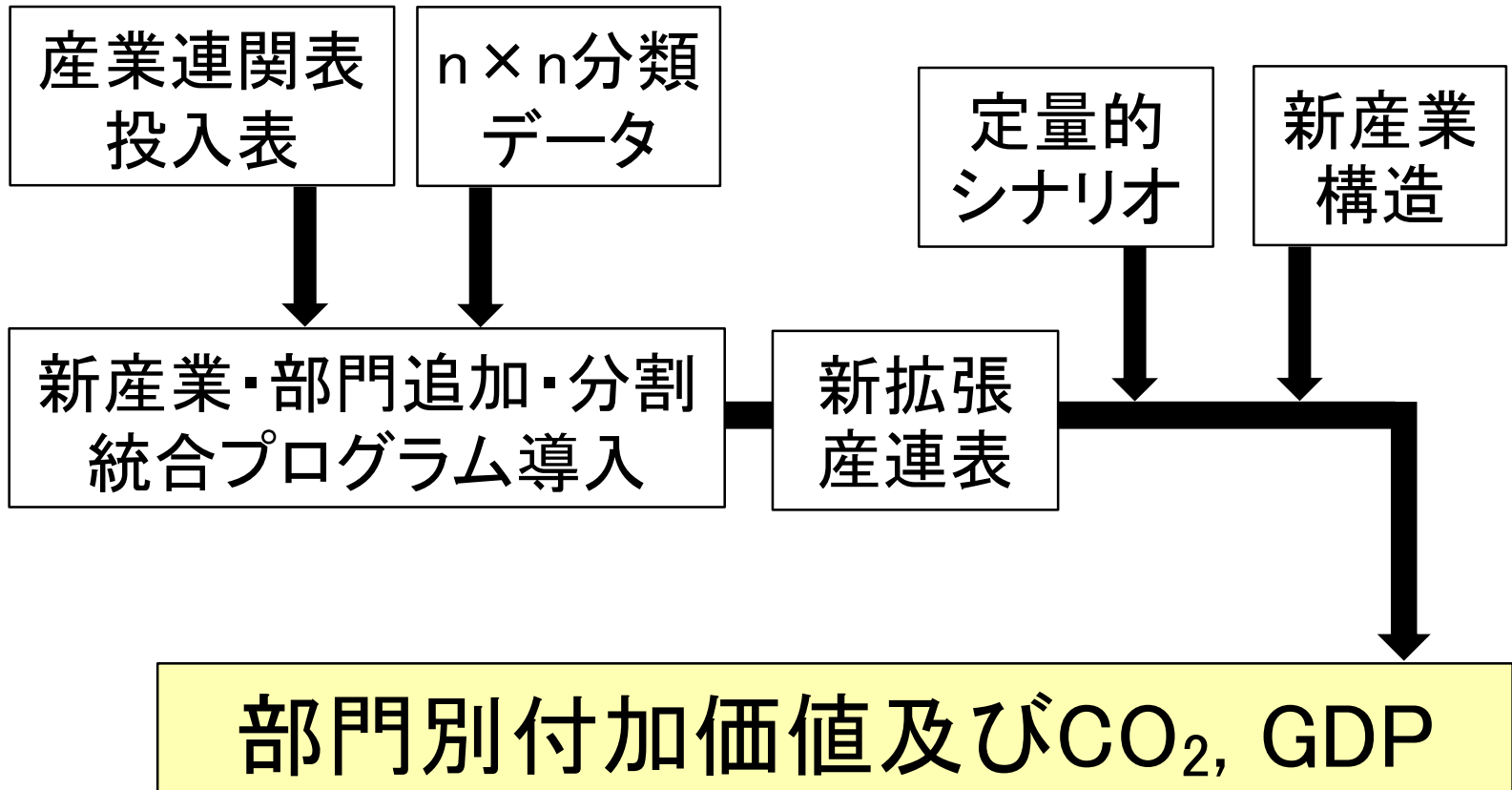
# 地球温度上昇と技術進歩、経済成長の関係



# 世界各国のGDPと人口の変化



# LCS新産業連関プログラム開発



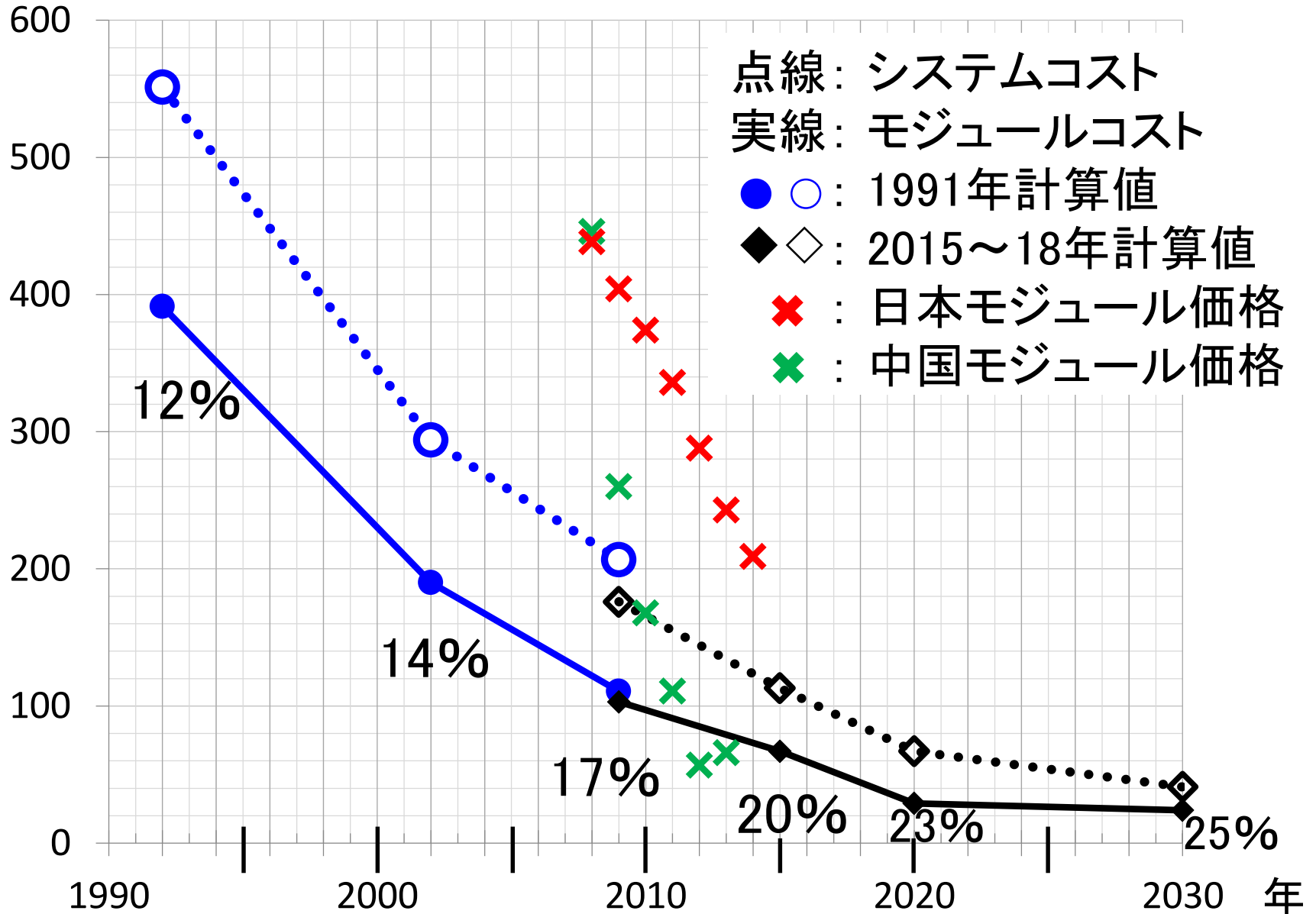
# 太陽光発電システム原価の内訳 (円/W)

		2018	2020		2030			
		単Si	単Si	CIGS	単Si	CIGS	CIGS タンデム	ペロブス カイト
モジュール変換効率		20%	22%	18%	25%	22%	30%	20%
ウェハ厚 (μm)		150	100	—	100	—	—	—
切り代 (μm)		120	100	—	100	—	—	—
モジュール (円/W)	原材料費	23	16	22	15	18	19	18
	用役費	4	3	1.4	1.6	1.2	0.9	2
	設備費	12	9	8	6	7	6	8
	人件費	2	1.3	0.2	0.6	0.2	0.2	0.3
	<b>モジュール小計</b>	<b>41</b>	<b>29</b>	<b>32</b>	<b>24</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>28</b>
BOS	架台(工事費含)	29	18	22	8	9	7	11
	パワーコンディショナ	20	20	20	9	9	9	9
<b>システム全体(円/W)</b>		<b>90</b>	<b>67</b>	<b>72</b>	<b>41</b>	<b>44</b>	<b>42</b>	<b>48</b>

(2012年市販Siモジュール変換効率 = 17%, 全体コスト = 171円/W)

# 太陽光発電モジュール・システム製造コスト

モジュール製造コスト(円/W)





# リチウムイオン電池の現状と将来シナリオ (日本の売価 車輦用20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	Li-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	変動	原材料費	10.2 (7.5)	4.8	5.6
	費	用役費	0.5 (0.4)	0.4	0.1
[円	固定費		3.2 (1.7)	1.4	1.0
/Wh <sub>ST</sub> ]	合計		13.9 (9.6)	6.6	6.7

# 水素製造コストとCO<sub>2</sub>排出量

## 国内オンサイト製造

## 豪州製造・日本サイト への輸送

		アルカリ水電解	バイオマスガス化	褐炭ガス化(含CCS)
		PV電源 (4円/kWh)	バイオマス (10円/kg)	褐炭 (1.2円/kg)
水素 生産量	kt/年	29.7	46.7	79.3
	PJ/年	3.6	5.7	9.6
年間操業率		0.1	0.9	0.9
原料単価	円/MJ	—	0.53	0.11

### 製造コスト(発電所入口での水素)

変動費計	円/MJ	1.7	1.3	1.2
固定費計	円/MJ	11.7	0.6	3.9
合計	円/MJ	13.4	1.9	5.1
	円/Nm <sup>3</sup>	(145)	(21)	(55)

### CO<sub>2</sub>排出量(発電所入口での水素)

原料・用役起源	g/MJ	10	0	11
設備起源	g/MJ	10	2	9
合計	g/MJ	20	2	20

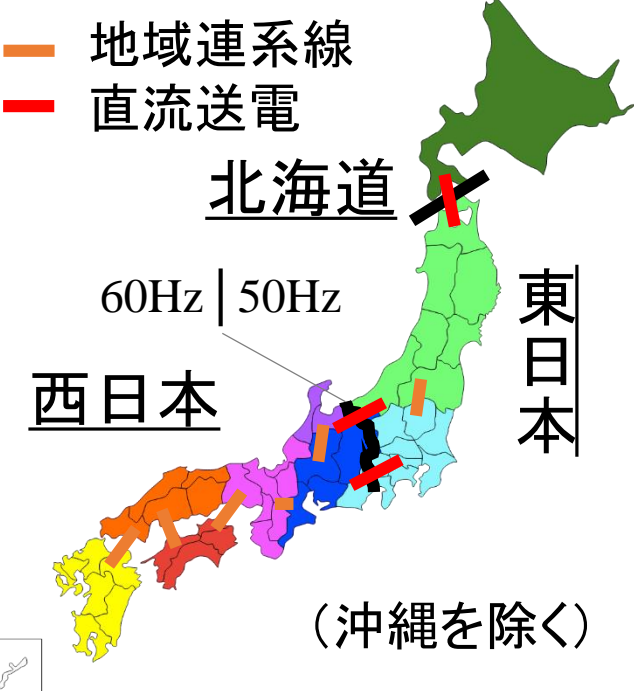
# 情報化社会の電力消費

(データ処理量増加によるIT機器、データセンターでの増加)

		2017年	2030年		2050年	
		年間成長 (%)	10	27 <sup>※</sup>	5	10
電力消費 (TWh)	日本	55	190	1,200	290	14,000
	世界	1,600	5,500	36,000	8,400	41,000

※過去数年の世界年間成長率は27% (CISCO)  
(日本乗用車登録台数1966-2000年の年成長率は9%)

# 慣性力と電力管理地域区分 (ケース5: 電力1000、HDR 0、慣性力25%)



9地域慣性力個別管理  
**16.5 円/kWh**

↓

慣性力3地域統合管理  
**13.9 円/kWh**

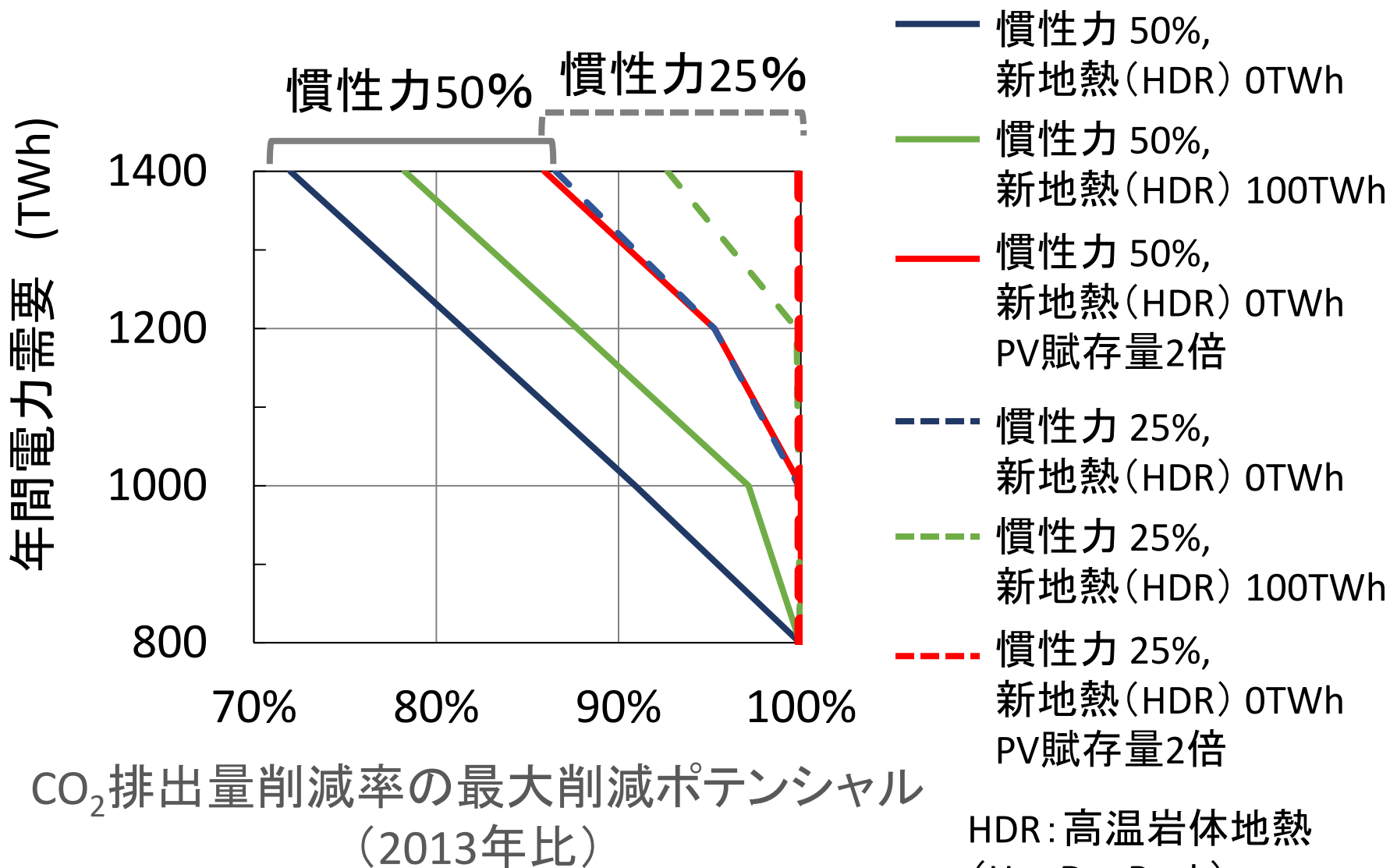
地域区分		水素タービン		電気分解槽		蓄電池設備		水素利用量	
		GW	GW	GW	GW	GWh	GWh	TWh	TWh
地域区分		9	3	9	3	9	3	9	3
北海道		0	0	0	0	94	57	0	0
本 日 東	東北	0	9	0	12	110	42	0	39
	東京	20	11	28	1	7	217	68	4
本 日 西	北陸	0	0	0	0	69	74	0	0
	中部	12	12	1	1	173	117	2	4
	関西	19	18	13	2	106	109	25	6
	中国	5	4	3	1	96	94	6	2
	四国	2	2	0	0	49	46	1	1
	九州	4	6	1	4	93	151	3	12
合計		62	60	47	20	797	908	105	67

# ゼロカーボンに向けた発電コスト (慣性力3地域統合管理、 電力1000TWh,送電網強化(150M円/GW/km,24兆円)、原子力ゼロ、慣性50%)

ケース		1	2	3	4
CO <sub>2</sub> 排出量削減率		<b>80%</b>	<b>90%</b>	<b>95%</b>	<b>100%</b>
高温岩体地熱		HDR 0	HDR 0	HDR 100	HDR 200
年間発電量 [TWh/y]	水力	130	130	130	130
	LNG火力	317	159	79	0
	太陽光	480	689	655	567
	風力	240	559	524	555
	地熱	12	12	<b>112</b>	<b>212</b>
	バイオマス	31	31	31	31
	合計	1,160	1,172	1,422	1,465
水素利用量 [TWh/y]		44	188	169	144
蓄電池利用量 [TWh/y]		203	290	272	231
蓄電池設備容量[GWh]		709	1,145	1,077	890
発電コスト [¥/kWh] (9地域)		<b>12.0 (12.1)</b>	<b>16.4 (17.5)</b>	<b>15.4 (17.4)</b>	<b>15.0 (不可 22 @97%)</b>

# CO<sub>2</sub>排出削減ポテンシャルと電力需要

— 慣性力制約の電力需要とCO<sub>2</sub>削減量に与える影響 —



# ゼロカーボン電源社会の産業構造とGDP（新産連表） 1/2

( 電源A基準以外は CO <sub>2</sub> ゼロカーボン電源 )			A	B	C	D
			基準 2011	電源 構成	電源構成 宿泊費増加	電源構成 医療費増加
1	電力需要	TWh/y	992	800	809	828
2	サービス(宿泊):輸出	兆円/y			10	
3	医療費:家計 医療費:政府	兆円/y				家計= 6 政府=24
7	GDP	兆円/y	489	493	502	520
8	輸入	兆円/y	77	72	73	75
9	CO <sub>2</sub> 総排出量	Mt-CO <sub>2</sub> /y	1,254	783	796	816
10	電力総国内生産額	兆円/y	17.2	16.7	16.9	17.3
11	CO <sub>2</sub> /GDP	t-CO <sub>2</sub> /M円	2.56	1.59	1.59	1.57

# ゼロカーボン電源社会の産業構造とGDP（新産連表） 2/2

〔 電源A基準以外は CO <sub>2</sub> ゼロカーボン電源 〕		A	E	F	G	H	
		基準	電源構成 EV車普及	電源構成 教育、通信	電源構成 鉄鋼×0.7	電源構成 C~H条件	
1	電力需要	TWh/y	992	923	813	794	971
2	サービス(宿泊): 輸出	兆円/y					10
3	医療費: 家計 医療費: 政府	兆円/y					家計= 6 政府=24
4	ガソリン: 家計 電力 : 家計	兆円/y		-4.7 +1.0			-4.7 +1.0
	運輸投入額	兆円/y		-4.0 +1.2			-4.0 +1.2
5	その他: 家計	兆円/y			10 + 5		10 + 5
6	鉄鋼投入係数					係数×0.7	係数×0.7
7	GDP	兆円/y	489	494	507	493	546
8	輸入	兆円/y	77	67	73	72	70
9	CO <sub>2</sub> 総排出量	Mt-CO <sub>2</sub> /y	1,254	592	797	754	593
10	電力総国内生産額	兆円/y	17.2	19.3	17.0	16.6	20.3
11	CO <sub>2</sub> /GDP	t-CO <sub>2</sub> /M円	2.56	1.20	1.57	1.53	1.09



# まとめ

- 2100年に世界CO<sub>2</sub>排出量が0になっても2°C以上温度が上がる(経済成長率2%以上)。
- 日本で現状程度しかイノベーションが起これないと、経済成長率はマイナスになる。
- 電力需要が現状の1000TW/yでもCO<sub>2</sub>排出量を95%削減できる。
- 慣性力制限閾値を半減し、9電力管理地域区分を3にし、PV設置可能面積を2倍にすると、1400TW/yの需要でもCO<sub>2</sub>排出量0が可能である。
- 新産業連関表計算システムを作成し、CO<sub>2</sub>排出量0電源、EV利用等のケースのGDP, CO<sub>2</sub>排出量を算出した。  
(例, 2050年: GDPを0.3%/y増大、CO<sub>2</sub>排出量50%削減)