

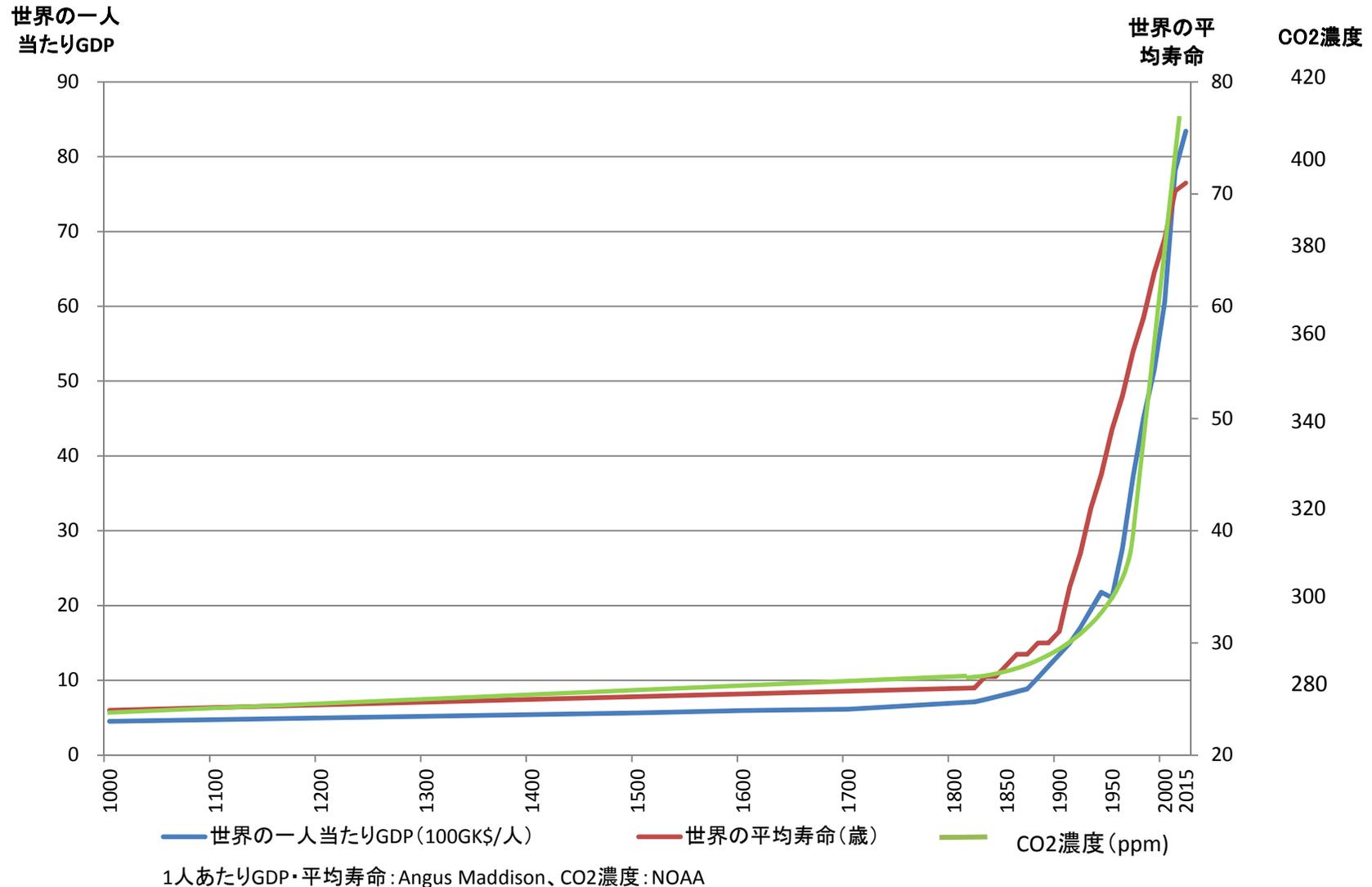
中央環境審議会 地球環境部会
長期低炭素ビジョン小委員会
2016年10月13日

資料 2

2050年80%削減は可能である

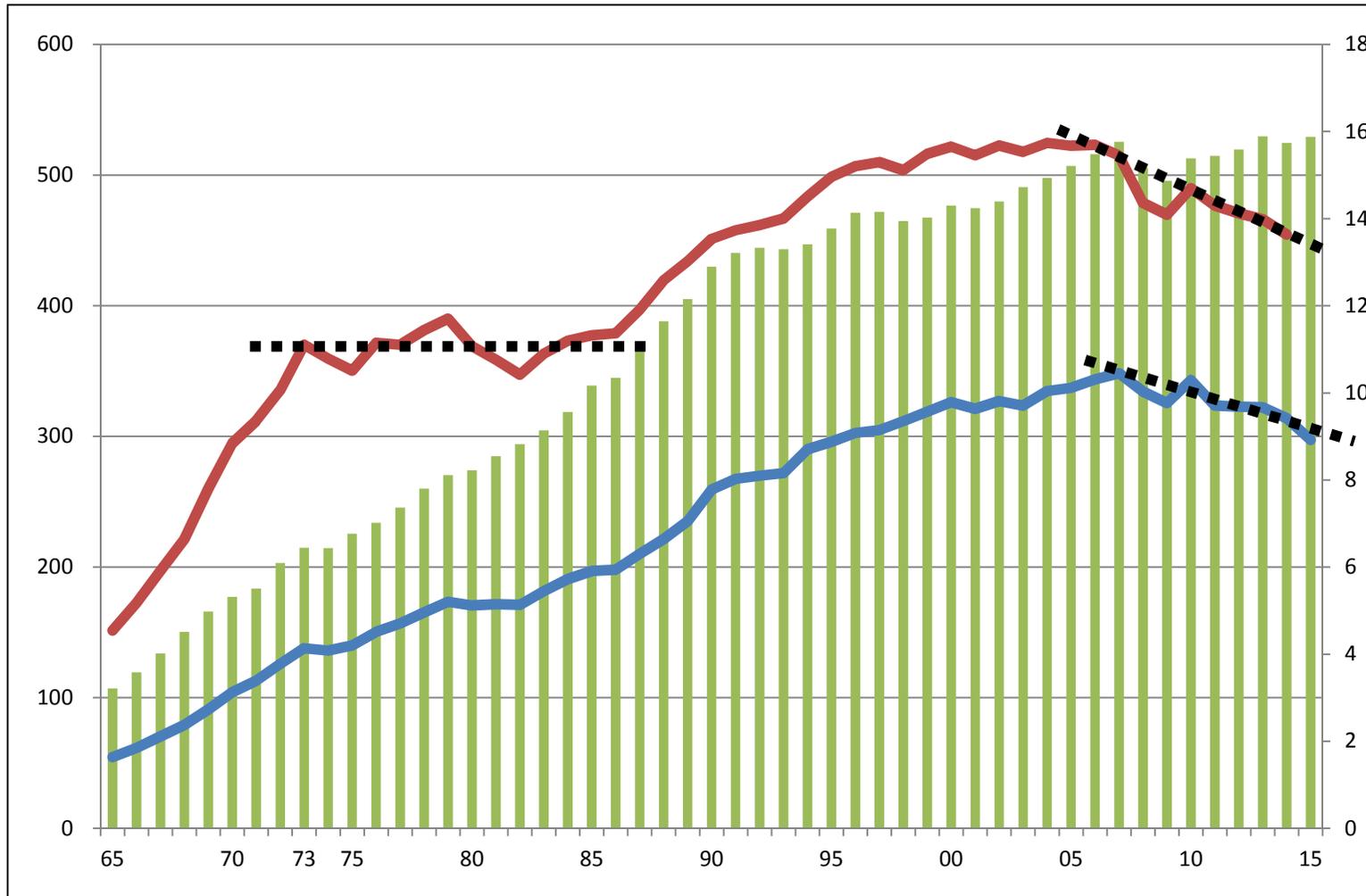
小宮山 宏

プラチナ構想ネットワーク 会長
三菱総合研究所 理事長
東京大学 第28代総長



20世紀、豊かになり、長寿化し、地球を変え始めた

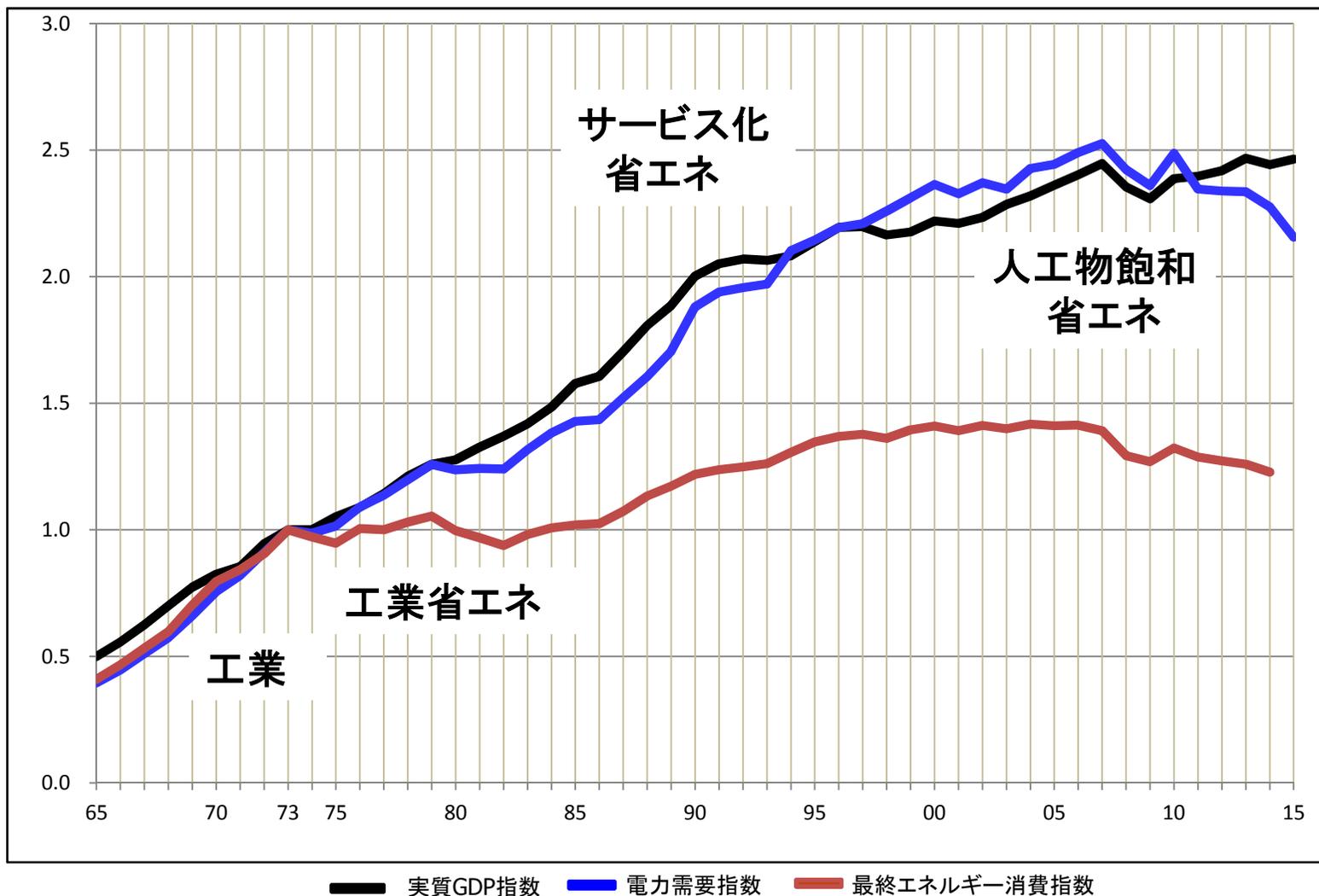
エネルギー消費は減っている(日本)



■ 実質GDP(左目盛:兆円、2005年価格) ■ 電力需要(右目盛:千億kWh) ■ 最終エネルギー消費(右目盛:単位:10¹⁸J)

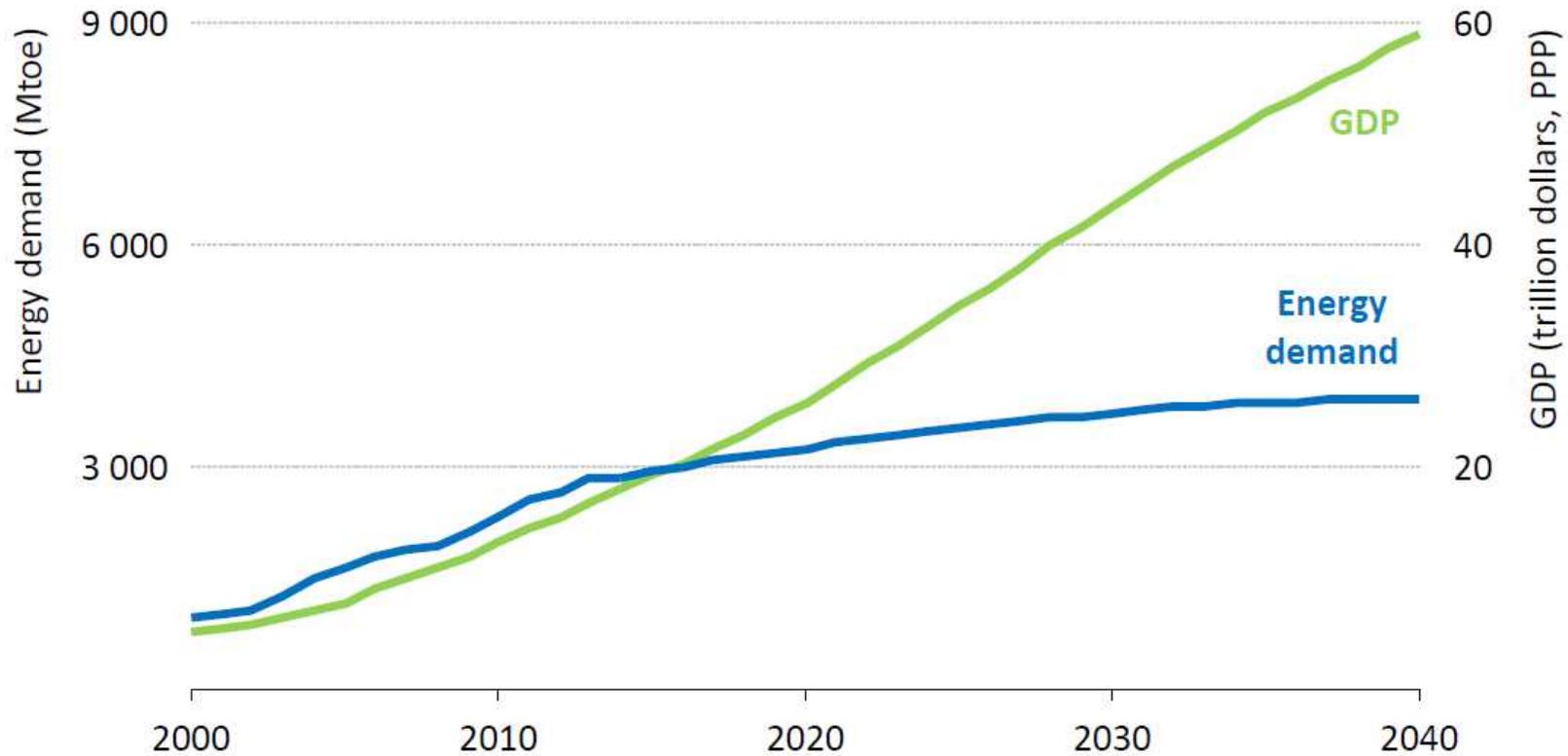
実質GDP:内閣府「国民経済計算」。電力需要:資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」。2015年度の電力需要は電気事業連合会発表の2015年度の発電電力量をもとに、事業用発電、自家消費・送配損失を推定し、自家発電(過去10年間の自家発による電力量のトレンドをから推定)を加えたもの。最終エネルギー消費:「総合エネルギー統計」。

知の構造化：産業、経済、エネルギーの変遷



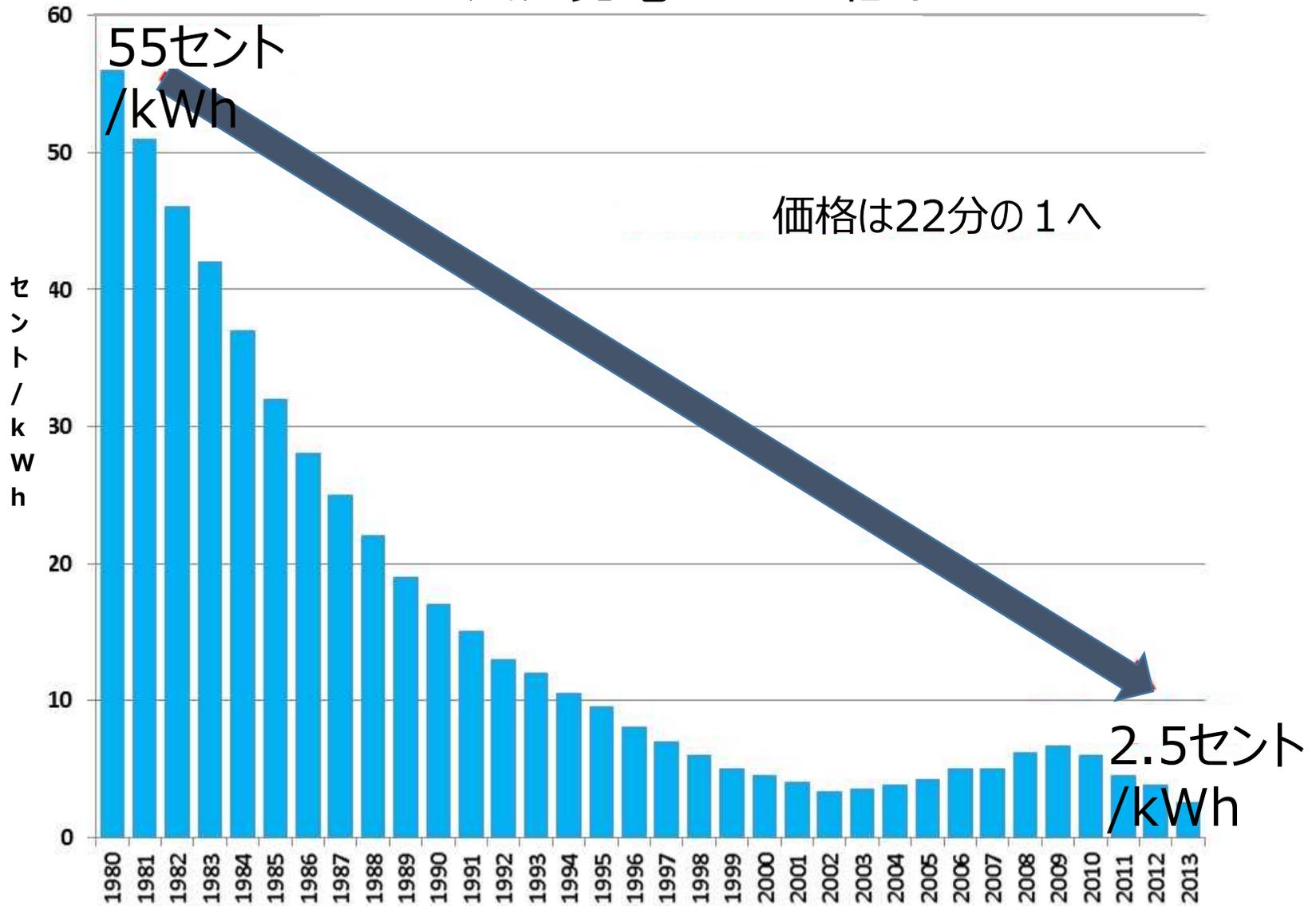
次の出典の数値を1973年度=1として指数化したもの。実質GDP:内閣府「国民経済計算」。電力需要:資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」。2015年度の電力需要は電気事業連合会発表の2015年度の発電電力量をもとに、事業用発電、自家消費・送配損失を推定し、自家発電(過去10年間の自家発による電力量のトレンドをから推定)を加えたもの。最終エネルギー消費:「総合エネルギー統計」。

中国のGDPとエネルギー需要



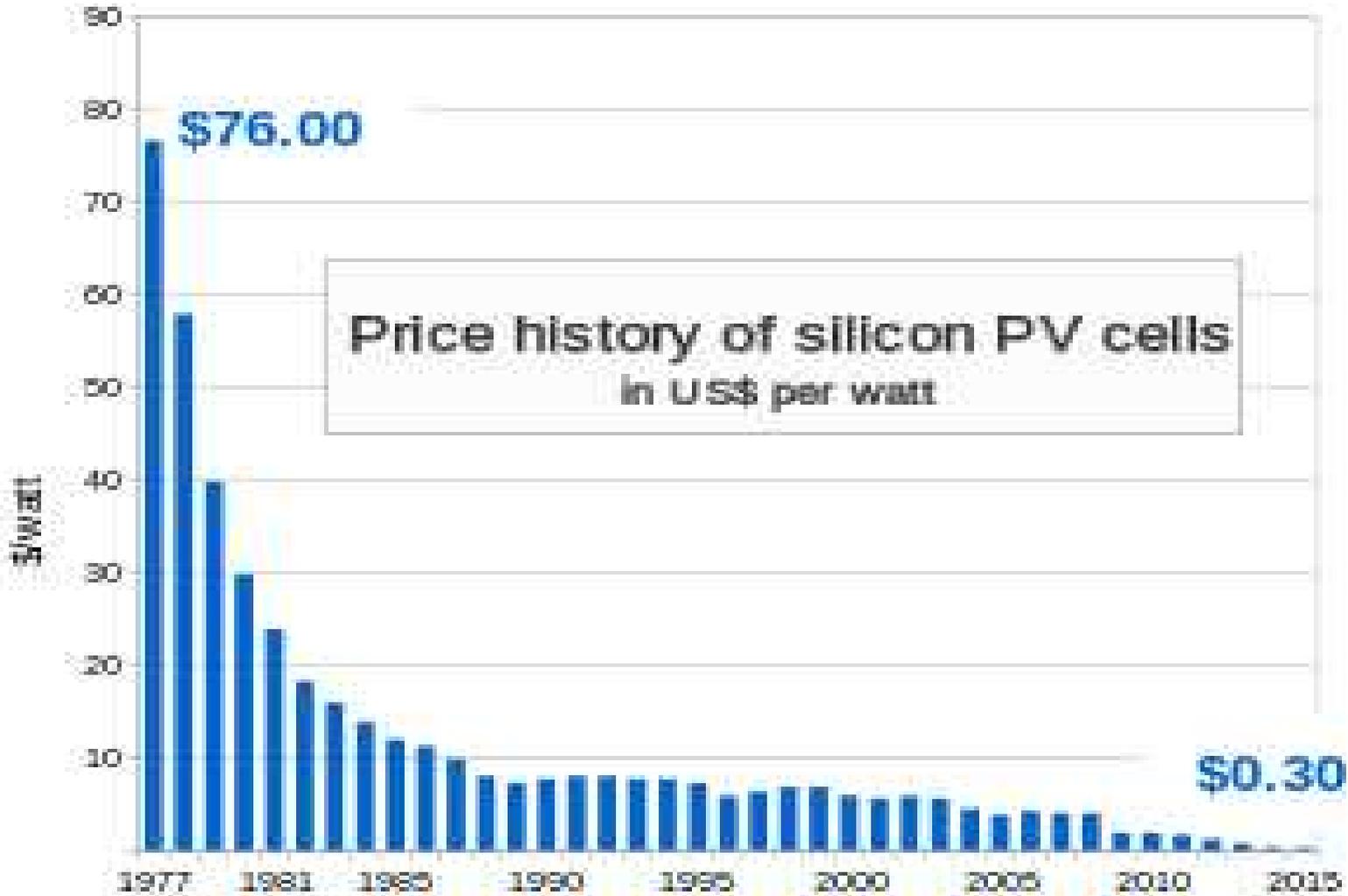
Source: World Energy Outlook 2015

風力発電のコスト低下



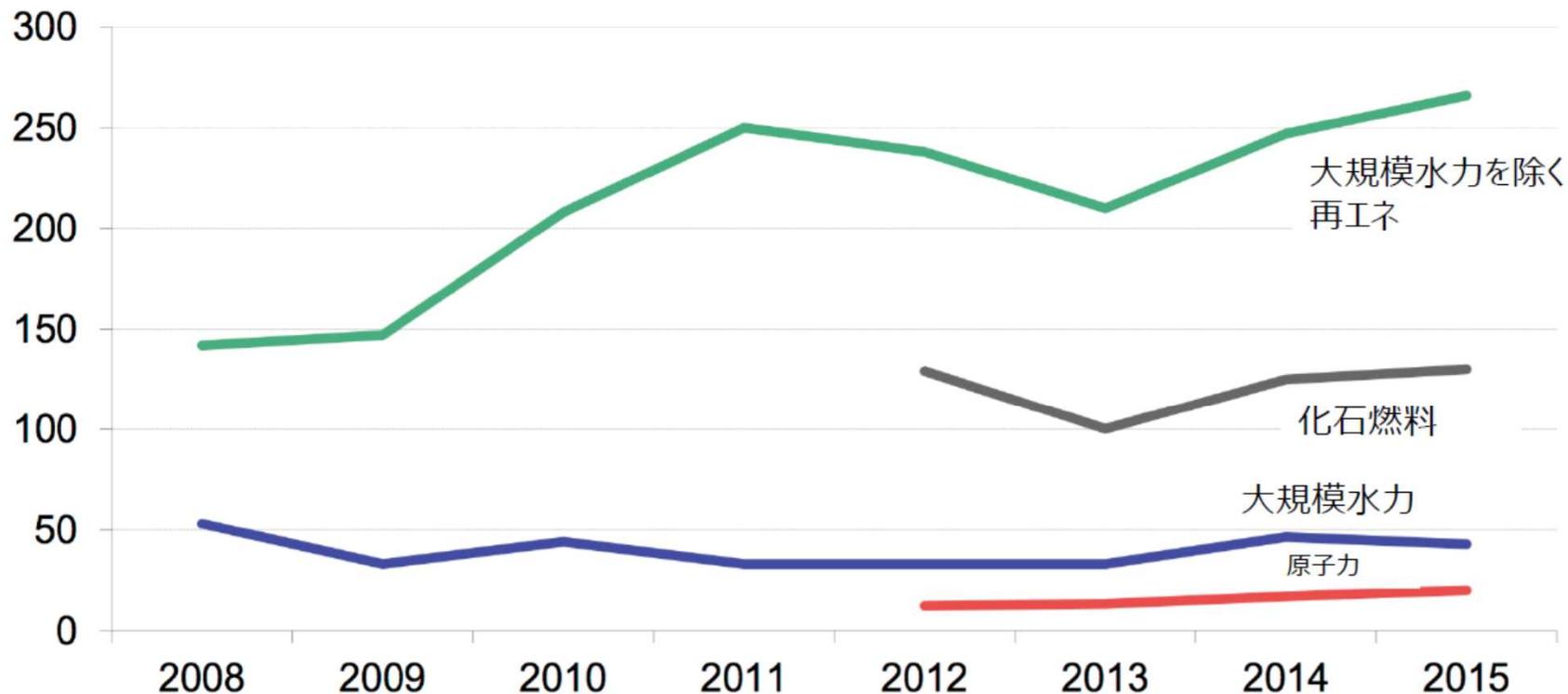
出所: US White Houseのデータを基に作成

太陽光発電のコスト低下



出所: Bloomberg New Energy Finance &
ny.enertrend.com

(10億ドル) 2008～2015年の電源別投資額(世界)

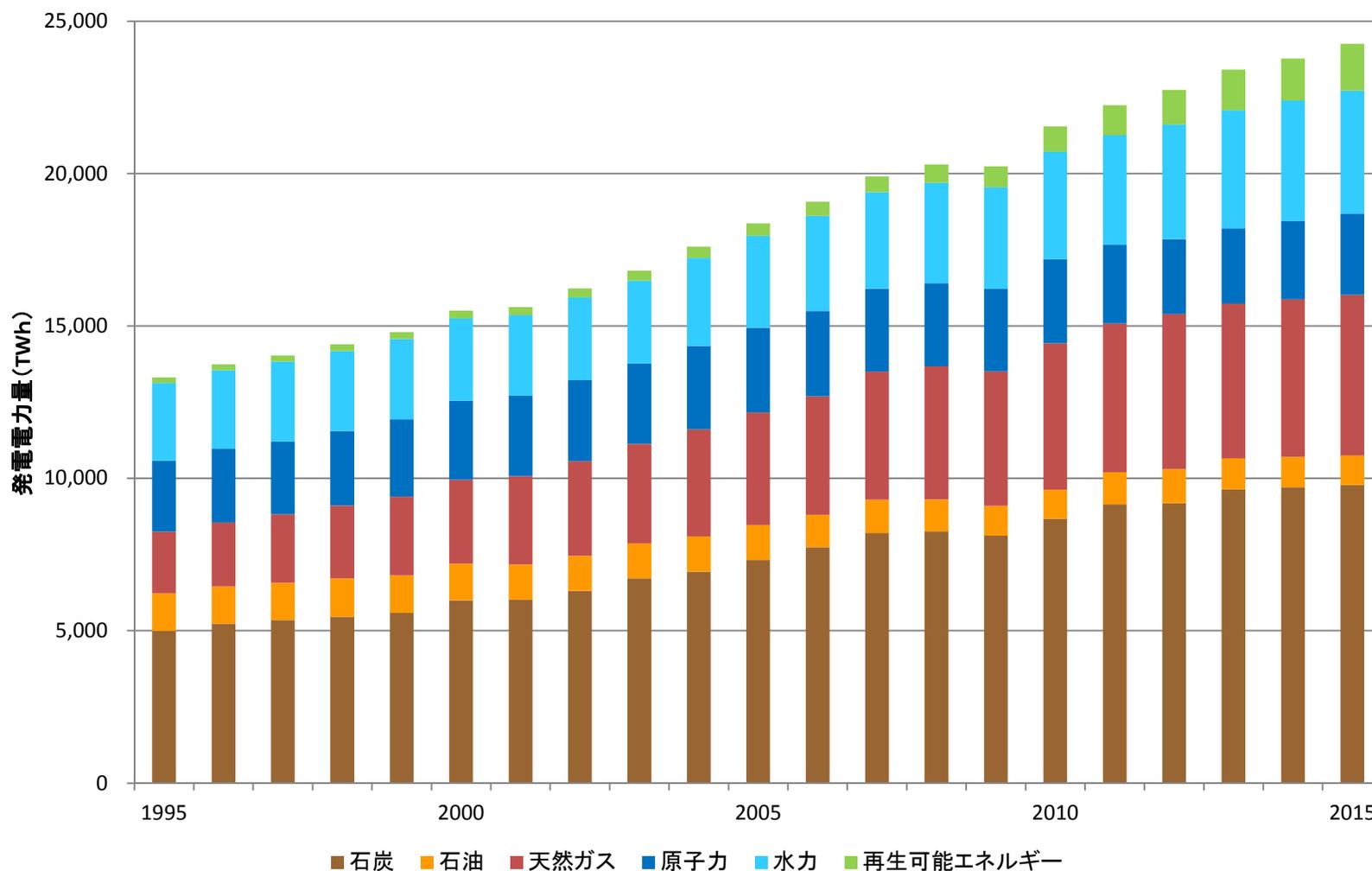


Ben Caldecott

出典: Bloomberg NEF (2016)

出所: Ben Caldecott オックスフォード大学スミス企業環境大学院

世界の1995年以降の資源別電源の変化



出所: Energy Balances, IEAのデータを基に作成。2015年はWorld Energy Outlook, IEAから推定。

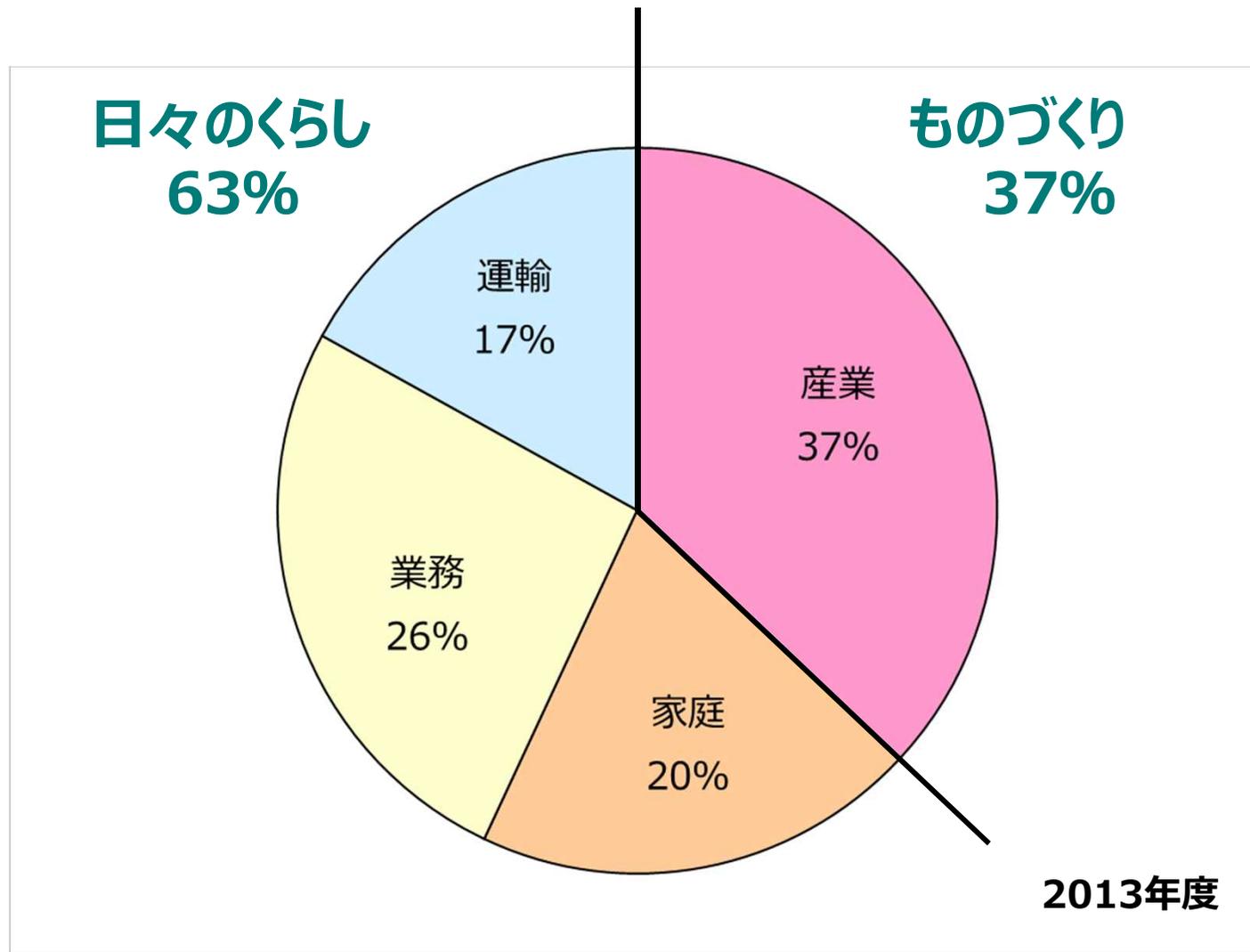
世界の一次エネルギー総供給の内訳

	単位	石炭	石油	天然ガス	原子力	水力	薪	新規再エネ	合計
1995	%	22.8	34.9	18.7	6.3	6.9	9.6	0.8	100
	Mtoe	2,205	3,372	1,807	608	663	931	74	9,660
2000	%	22.2	34.7	19.6	6.4	6.7	9.3	1.1	100
	Mtoe	2,340	3,660	2,067	675	703	978	117	10,540
2005	%	24.5	33.3	19.5	6.0	6.5	8.1	2.1	100
	Mtoe	2,947	4,007	2,352	721	786	978	249	12,041
2010	%	26.0	30.7	20.3	5.3	6.8	7.3	3.6	100
	Mtoe	3,502	4,131	2,736	718	920	978	483	13,469
2015	%	26.9	29.3	20.3	4.8	7.2	6.7	4.9	100
	Mtoe	3,940	4,286	2,981	699	1,053	978	715	14,651

注. 新規再エネ: 風力、太陽電池、地熱など

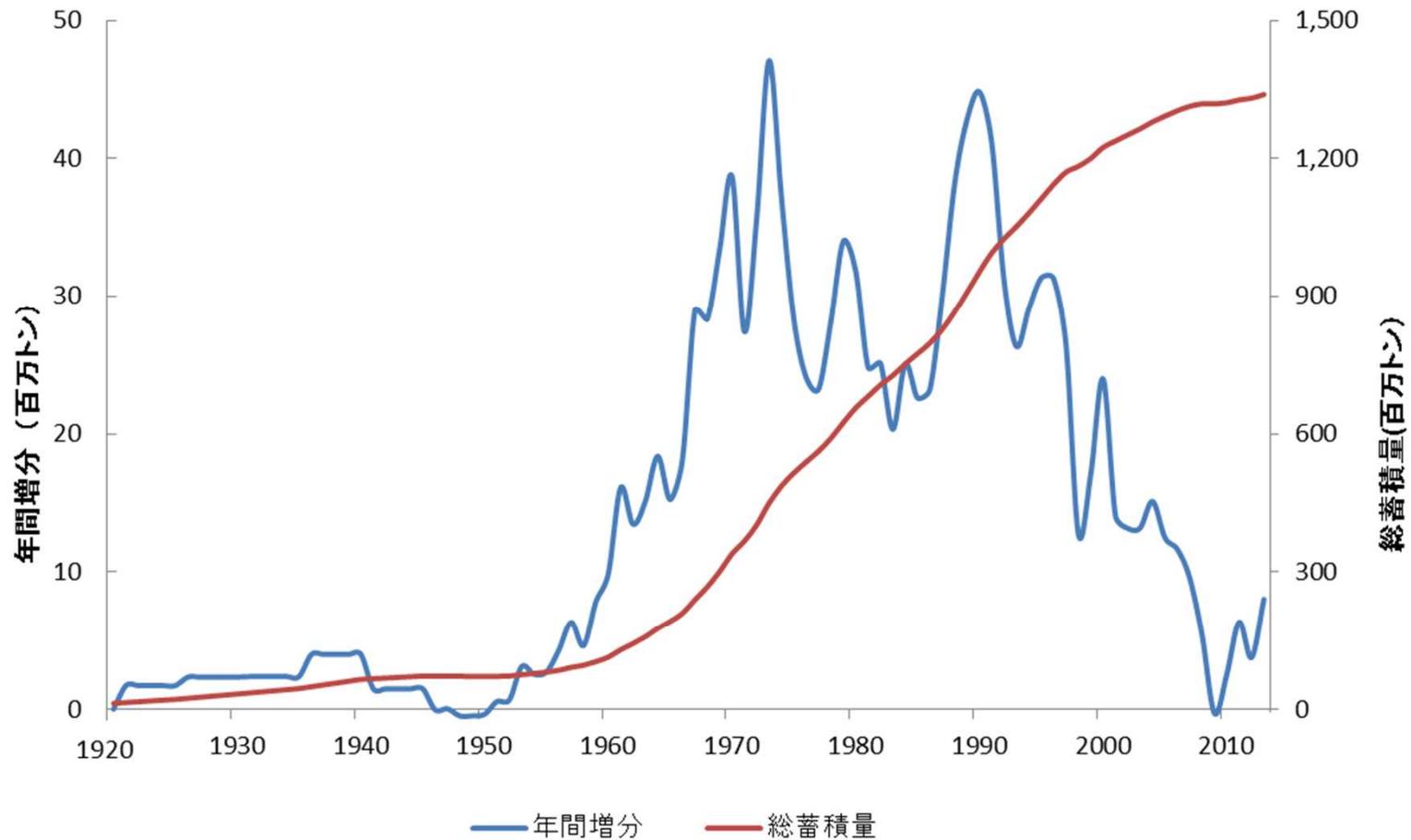
出所: Energy Balances, IEAのデータを基に作成。

エネルギーは私達が使っている(日本)



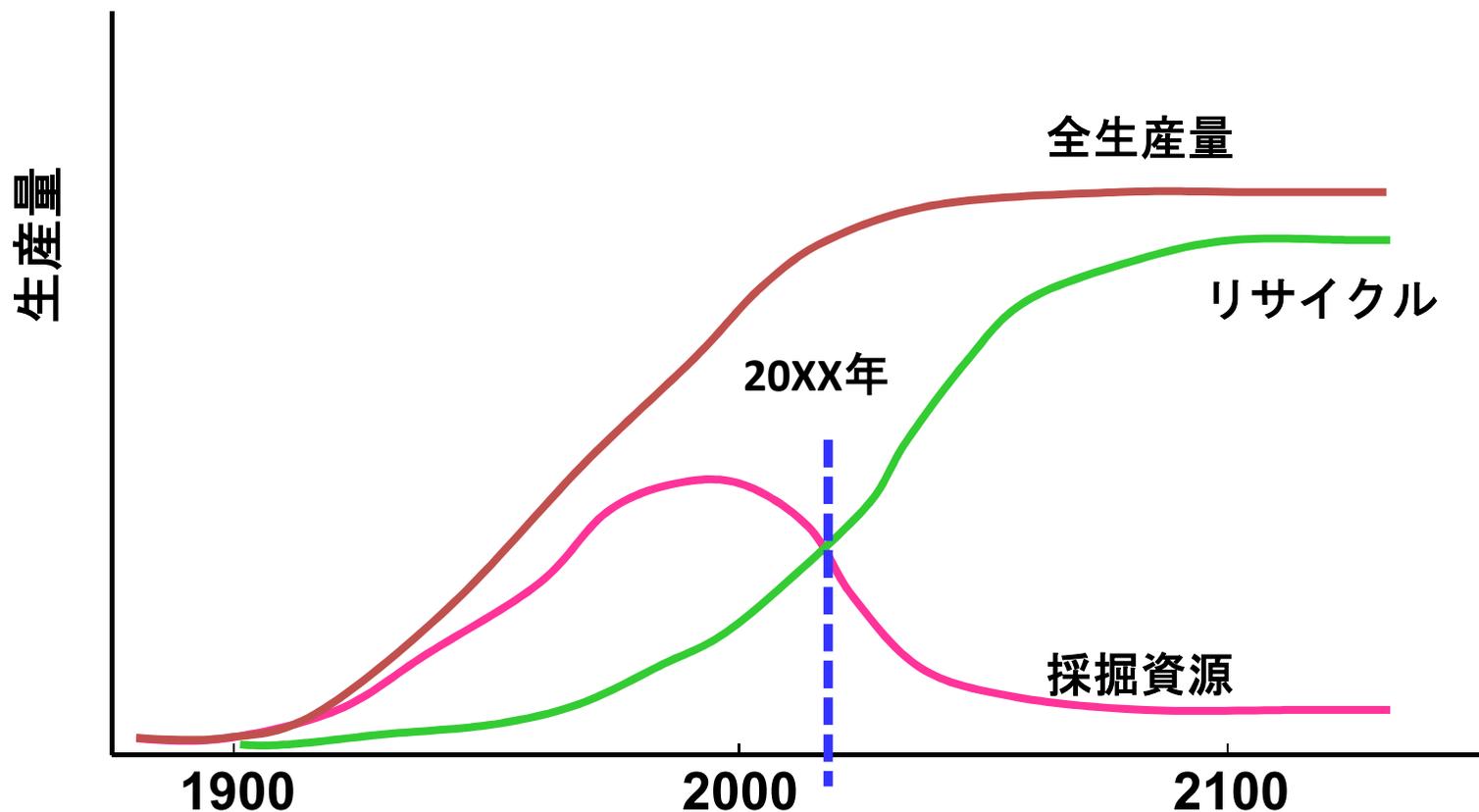
「飽和」が時代のキーワード

日本の鉄鋼蓄積量

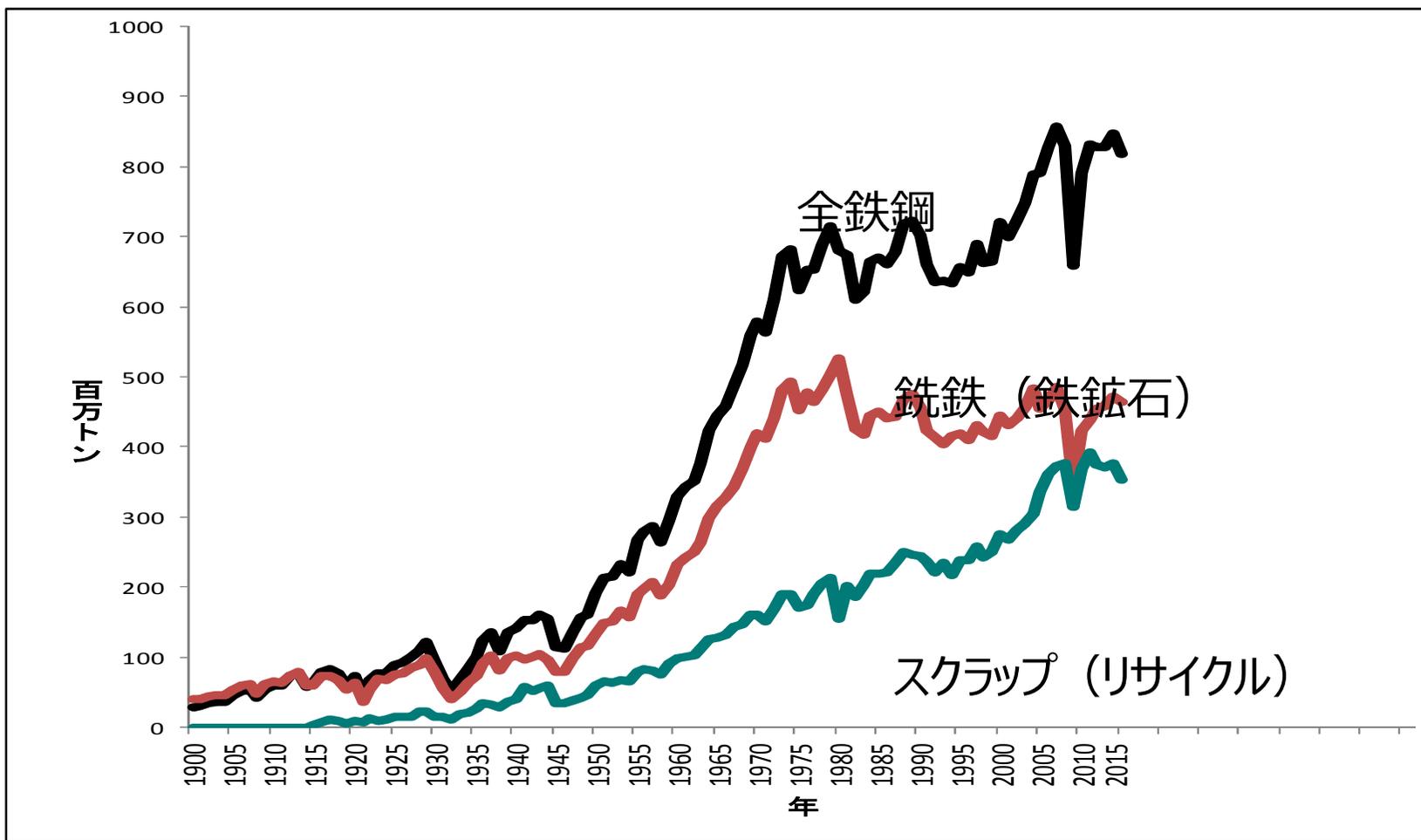


出所：日本鉄源協会のデータを基に作成

生産原料の採掘資源からリサイクルへの遷移



中国を除く世界の銑鉄、スクラップ、全鉄鋼生産量



鉄：中国の飽和は2020年、世界の飽和は2050年

(Source) U.S. Geological Survey Data Series, Steel Statistical Yearbook (World Steel Association)

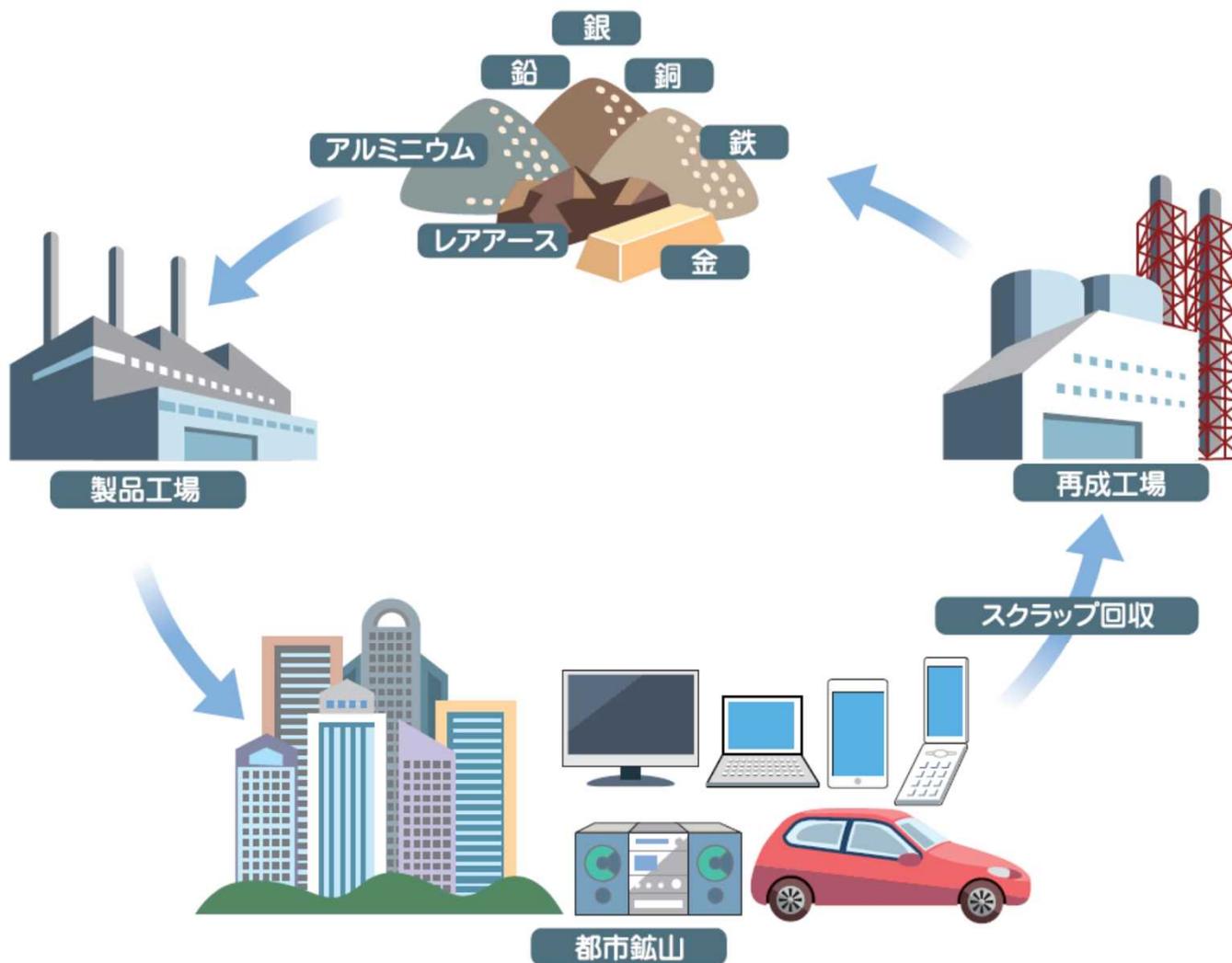
人工物の飽和の最終段階、そして需要不足

四輪乗用車保有台数

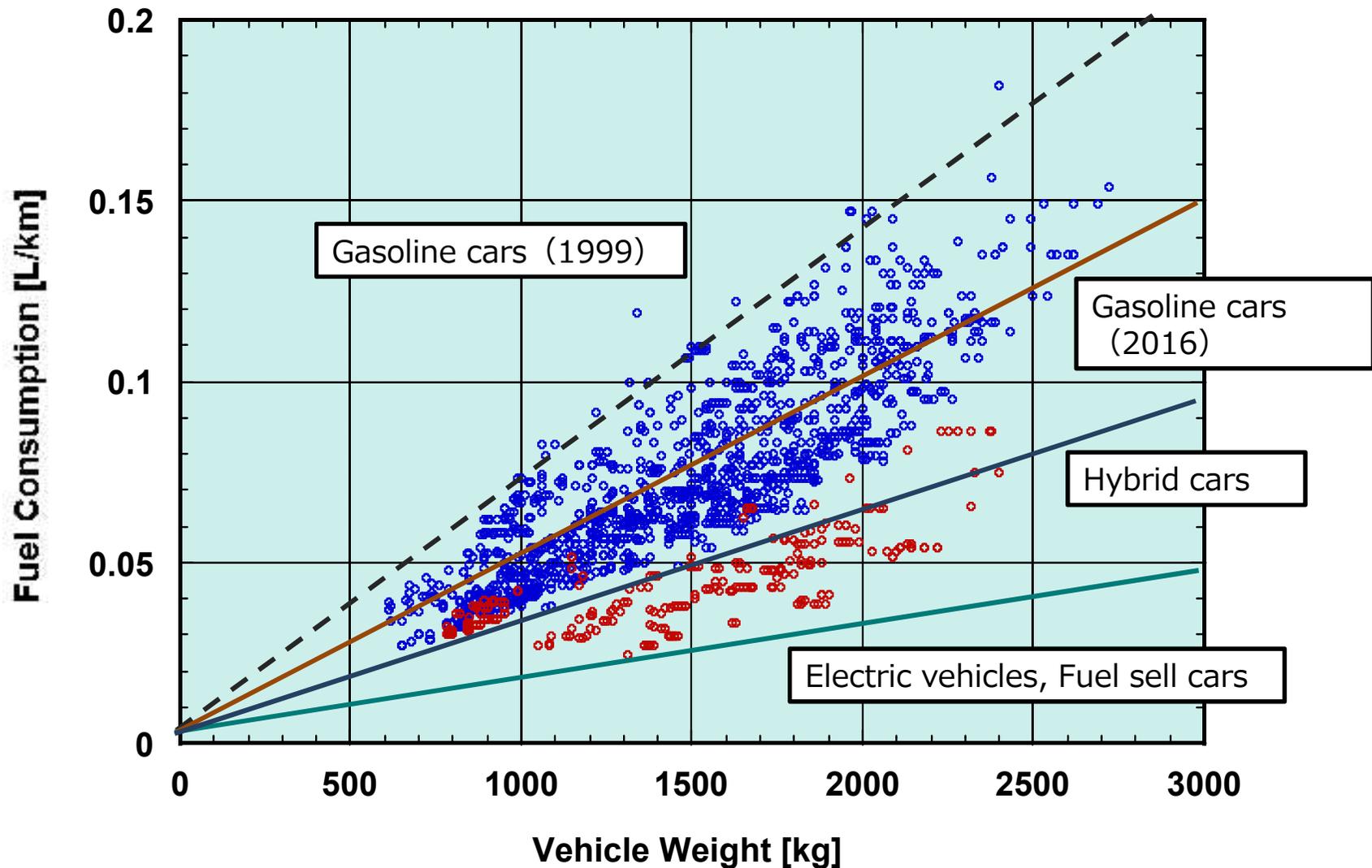
	2007		2010		2014	
	保有台数 (百万台)	一人当たり 保有台数	保有台数 (百万台)	一人当たり 保有台数	保有台数 (百万台)	一人当たり 保有台数
日本	58	0.45	58	0.46	61	0.48
アメリカ	138	0.46	129	0.42	121	0.38
イギリス	31	0.51	31	0.50	33	0.51
フランス	31	0.50	31	0.50	32	0.50
ドイツ	41	0.51	42	0.53	44	0.55
中国	32	0.02	61	0.05	123	0.09
インド	10	0.01	15	0.01	27	0.02

(Data) Japan Automobile Manufacturers Association, UN WPP 2015

都市鉱山は必要十分、省エネルギー

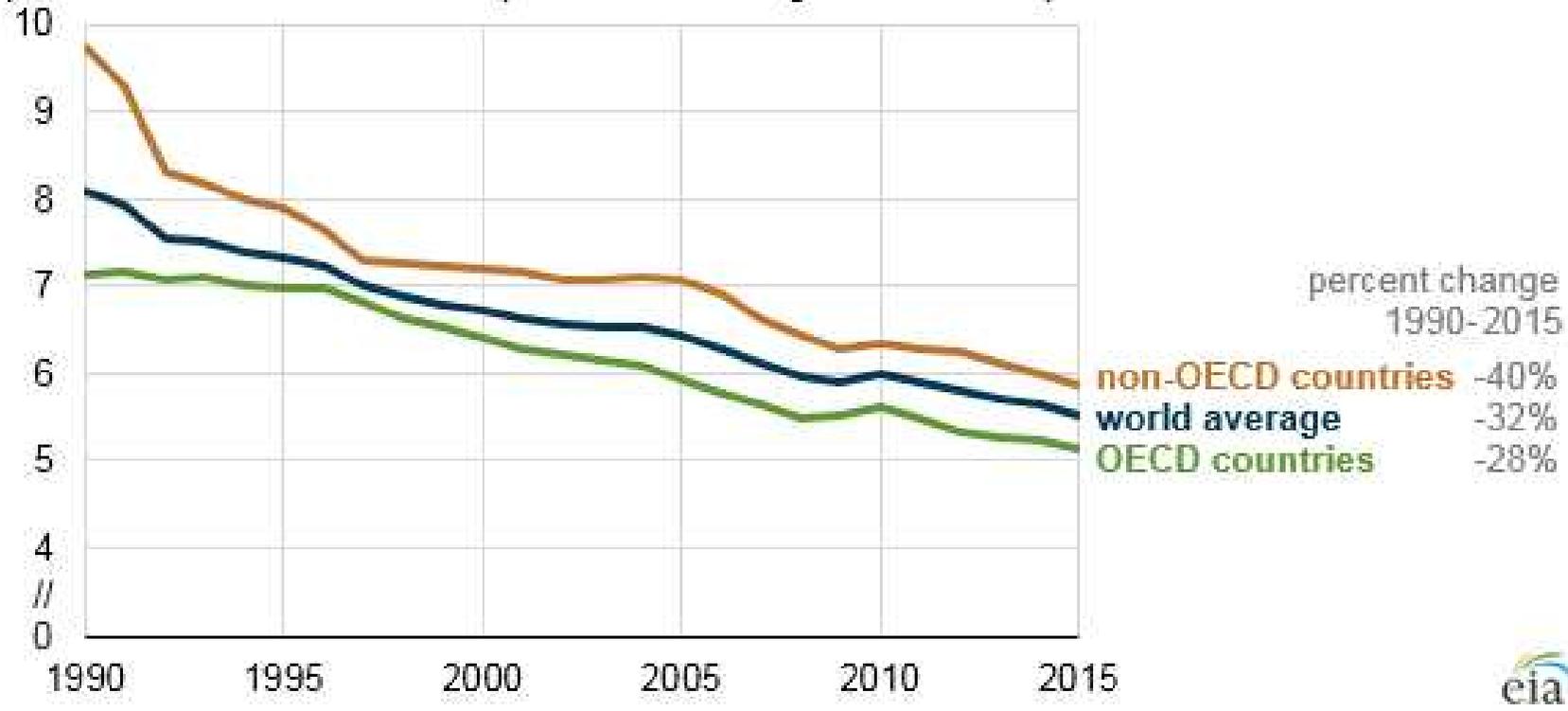


自動車のエネルギー効率は2×4=8 倍に



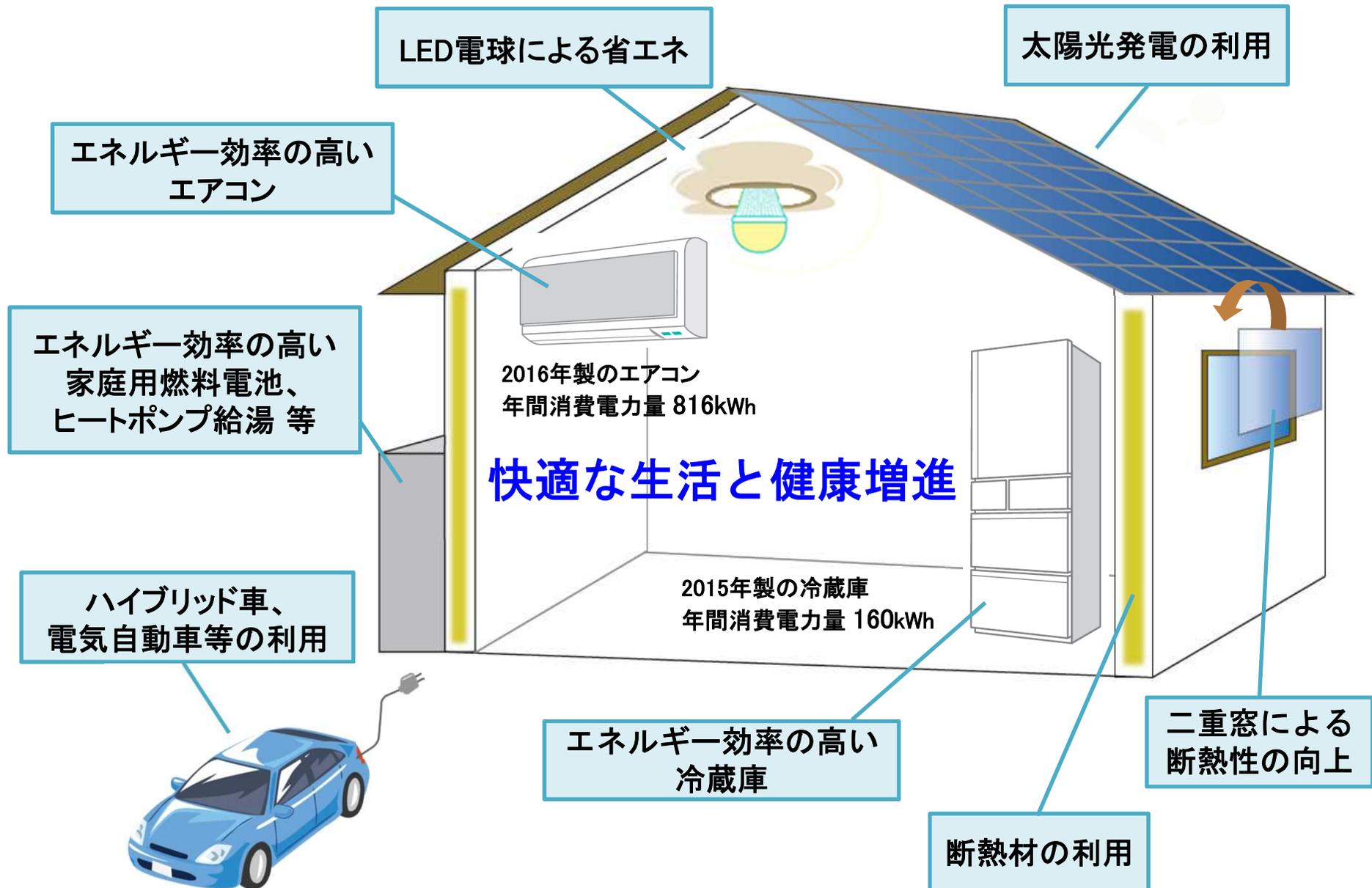
世界の省エネ指標

World energy intensity, 1990-2015
quadrillion British thermal units per trillion dollars gross domestic product



出所: ODYSSEE

創エネルギーハウス



太陽光発電システムコストの内訳

技術レベル		現状 2015		2020		2030	
太陽電池		単結晶Si 150 μ m厚	CIGS	CIGS	新規 薄膜	単結晶Si 50 μ m厚	新CIGS タンデム
モジュール変換効率		20%	15%	18%	15%	25%	30%
年間生産量 (GW/年)		1	1	5	1	5	5
製造 コスト	変動費 (原材料費)	56	51	40	34	35	29
	変動費 (用役費)	4	2	1	2	1	1
	固定費 (設備費・人件 費)	14	14	9	12	6	7
モジュール 小計 (円/W)		74	67	50	48	42	37
S B O S	架台 (工事費含む)	22	29	27	32	12	10
	パワーコンディショナ	30	30	20	20	10	10
BOS 小計 (円/W)		52	59	47	52	22	20
システム合計 (円/W)		126	126	97	100	64	57

再エネは安いし量も十分ある(日本)

	コスト(円/kWh)		発電ポテンシャル (TWh/y)	
	2013年	2030年		
太陽光	16	6	>400	変動型
風力(陸上)	16	8	>500	
地熱	12	<12	70※ ¹ , 500※ ²	安定型
小水力	30(12* ³)	<12	70	
バイオガス※	25(15)	13(5)	20	
バイオマス(樹木)	31(8)	12(4)	40	

() 数値は燃料費 ※1: 熱水系 150°C以上 ※2: 高温岩体 300°C以上 ※3 現在実装中のデータ

参考: 年間電力消費: 約1000TWh

LNG火力 13.7円/kWh (2014年) ⇒ 13.4円/kWh (2030年) 原子力 10.1円/kWh ~ (2014年, 2030年)

(資源エネルギー庁推計値 総合資源エネルギー調査会発電コスト検証ワーキンググループ(第6回会合: 平成27年4月資料))

Copyright 科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター

コスト表示の基準は東京、モデルは世界に通用する

日照 **1000時間**

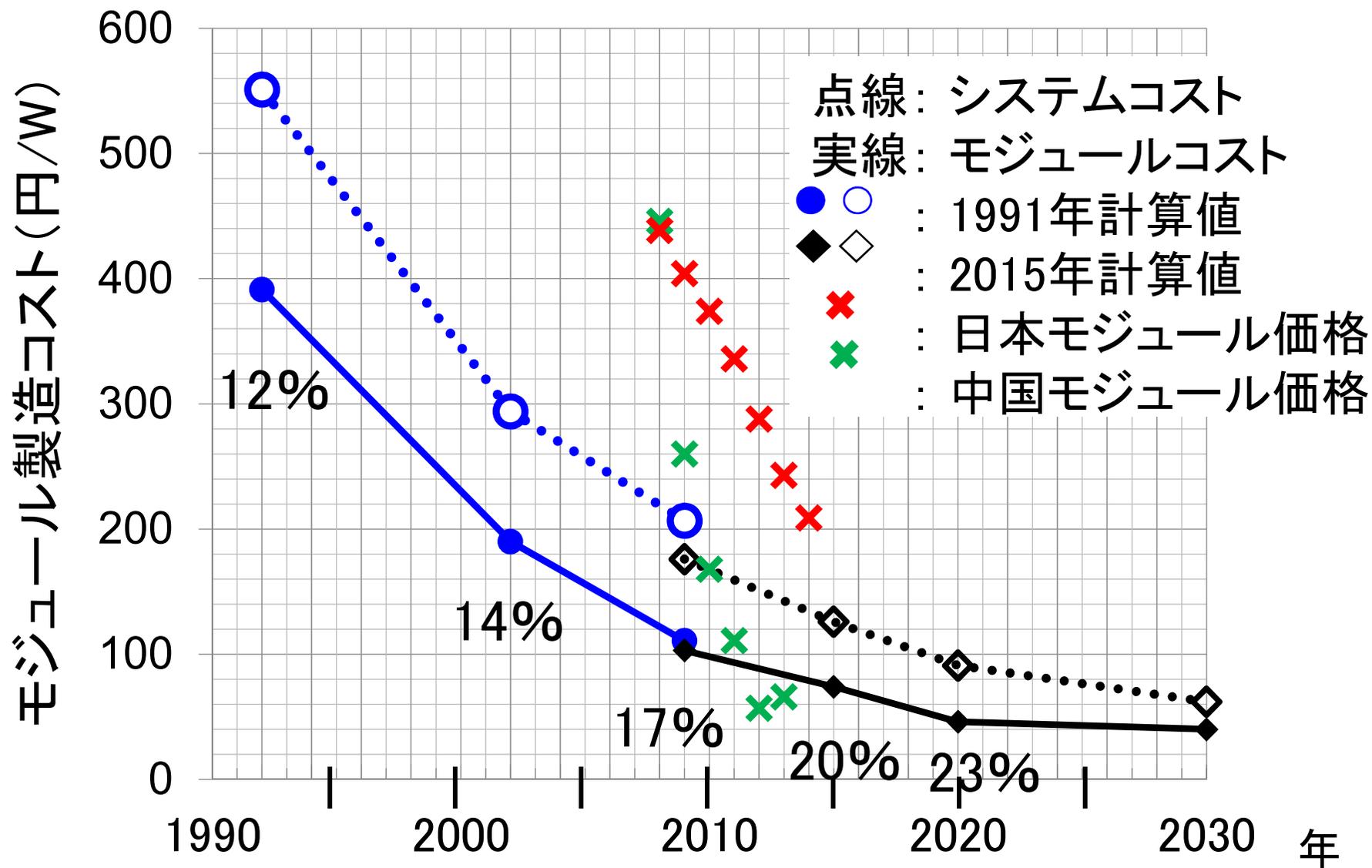
割引率 **10%**

もし、日照 **2000時間**、割引率 **5%**なら

⇒ **3円/kWh**

日本で再エネ中核に80%削減時の電力コストを計算する

太陽光発電モジュール・システム製造コスト



太陽電池モジュールメーカーの収益

企業	2015年 モジュール 出荷量*1)	2015年純損失 (Net income) *2)	純損失の原価 への影響*3) (純損失÷出荷量)	備考
	GW	M\$	¢ /W-module	
Sunpower	1.3	-42	-3.2	米、n-type
JA Solar	3.1	-39	-1.3	中
Jinko	3.5	-60	-1.7	中
Trina Solar	4.5	-49	-1.1	中
Canadian Solar	4.1	-37	-0.9	加
Yingli	3.6	-155	-4.3	中 defaulted
First Solar	2.5	16	0.6	米

(※ 先端工場製造コスト 約60 ¢ /W)

*1) 出荷量: 富士総研データ、*2) 純損失: First Solar 発表資料@PVSEC2016 (ソースは各社Annual Report)

*3) 各社はセルのみの販売もしているため、ワットあたりの数値は参考値

発電コスト(円/kWh)とCO₂排出量原単位(g-CO₂/kWh)

	2013		2030		2050	
	コスト	CO ₂	コスト	CO ₂	コスト	CO ₂
原子力	8.8	20	8.8	20	8.8	20
一般水力	10.8	11	10.8	11	10.8	11
石炭	7.7	943	7.8	881	7.8	881
LNG	10.8	473	11.4	430	11.8	430
石油	16.7	738	17.9	738	18.9	738
太陽光	16.0	38	9.5	15	5.7	15
風力	14.1	25	10.2	25	10.2	25
地熱	12.5	15	12.5	15	8.0	15
バイオマス	33.6	5	10.9	5	10.9	5

リチウムイオン電池の現状と将来シナリオ

			現状	2020年	2030年
			Ni系電池	Ni系電池	Li ₂ O系
生産規模[GWh/y]			1(10)	10	10
収率 [%]			66(90)	90	90
エネルギー密度[Wh/kg]			250	340	500
活物質(正極/負極)			LiNi _{0.85} Co _{0.12} Al _{0.03} O ₂ /黒鉛	LiNi _{0.85} Co _{0.12} Al _{0.03} O ₂ /黒鉛	Co-Li ₂ O/ SiO
正/負極容量密度 [mAh/g]			200/300	270/380	440/2000
正/負極の 実容量対理論値の比			0.71/0.78	0.97/0.99	0.75/0.75
製造コスト [円/Wh]	変動費	原材料費	10.2(7.5)	4.8	2.8
		用役費	0.5(0.4)	0.4	0.3
	固定費		3.2(1.7)	1.4	2.1
	合計		13.9(9.6)	6.6	5.2

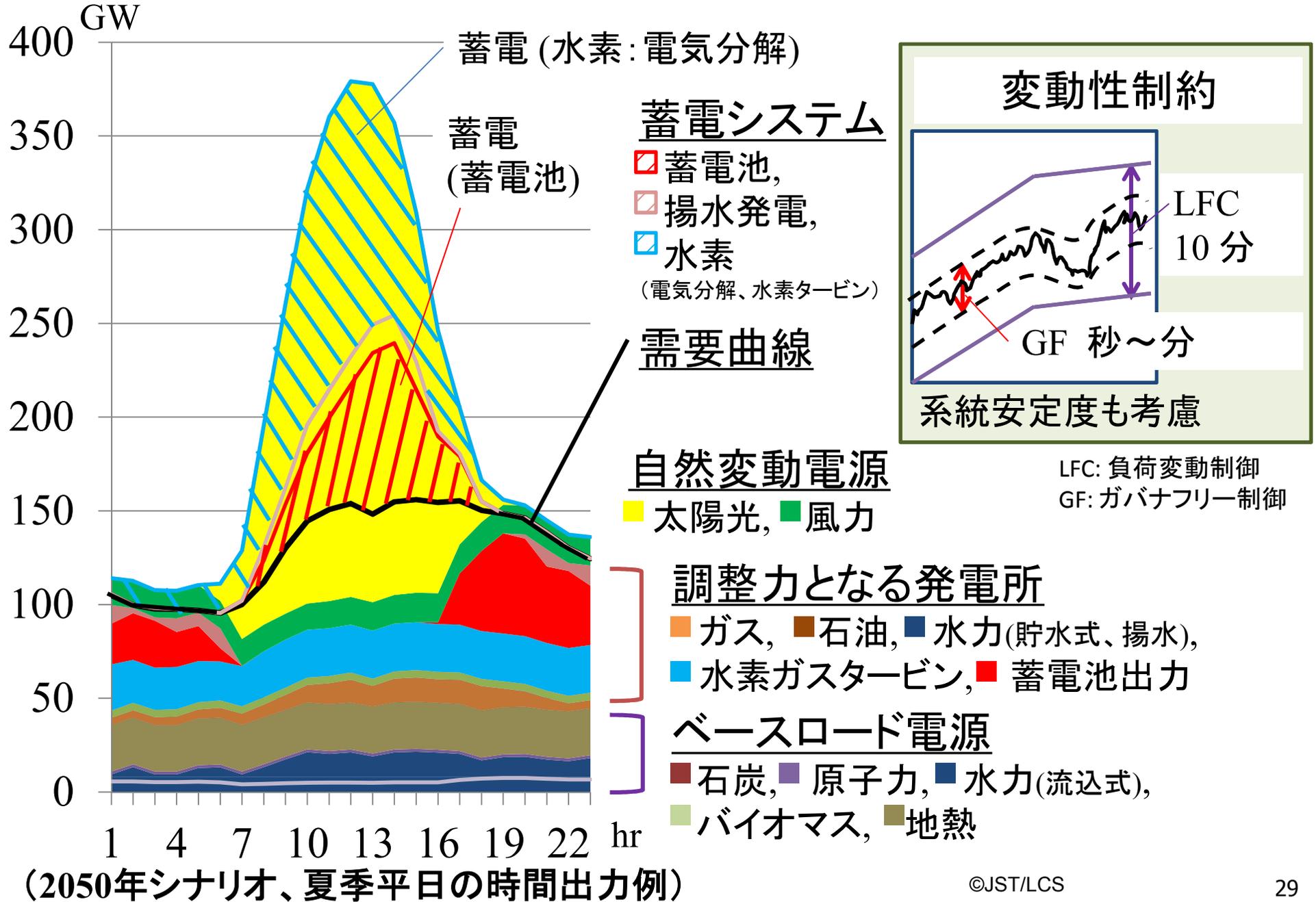
家庭用蓄電システムのメーカーと価格

(2015年5月時点)

メーカー	製品型番	容量 [kWh]	価格 [万円]	単価 [円/Wh]	実質価格 (補助金入り) [円/Wh]
シャープ	JH- WBP07A	4.4	107	240	150
Panasonic	PLJ-25522K	5.6	119	210	135
エリーパワー	EPS-11	6.2	131	210	130
NEC	ESS-H- 002006B2A	5.53	123	220	140
Tesla	Powerwall	10	41	41	-

Tesla製品のLCSコスト計算値： 15円/Wh (電池 13, BOS 2)

例：夏季電力需給蓄電モデル



電源構成別 コスト、CO₂削減率(2050)

ケース	1	2	3	4	5	6	7
電力需要(TWh)	600	700	700	800	1,000	1,000	1,200
年間発電電力量(TWh)	原子力	0	0	0	0	0	0
	水力	130	130	130	130	130	130
	石炭	100	28	0	0	0	14
	LNG	19	166	97	224	211	190
	太陽光	373	398	544	494	746	500
	風力	8	8	7	9	38	24
	地熱	12	12	12	12	12	12
	地熱(高温岩体)	0	0	0	0	0	200
	バイオマス	30	31	31	31	31	22
	合計	672	772	822	900	1,169	1,092
蓄電池容量(GWh)	423	466	666	631	780	621	795
水素利用量(TWh)	0	0	53	0	118	0	119
発電コスト(¥/kWh)	10.8	10.8	16.1	11.0	18.4	9.9	17.3
年間CO ₂ (Mt-CO ₂)	113	113	57	113	113	113	170
CO ₂ 削減率(2013年比)	80%	80%	90%	80%	80%	80%	70%

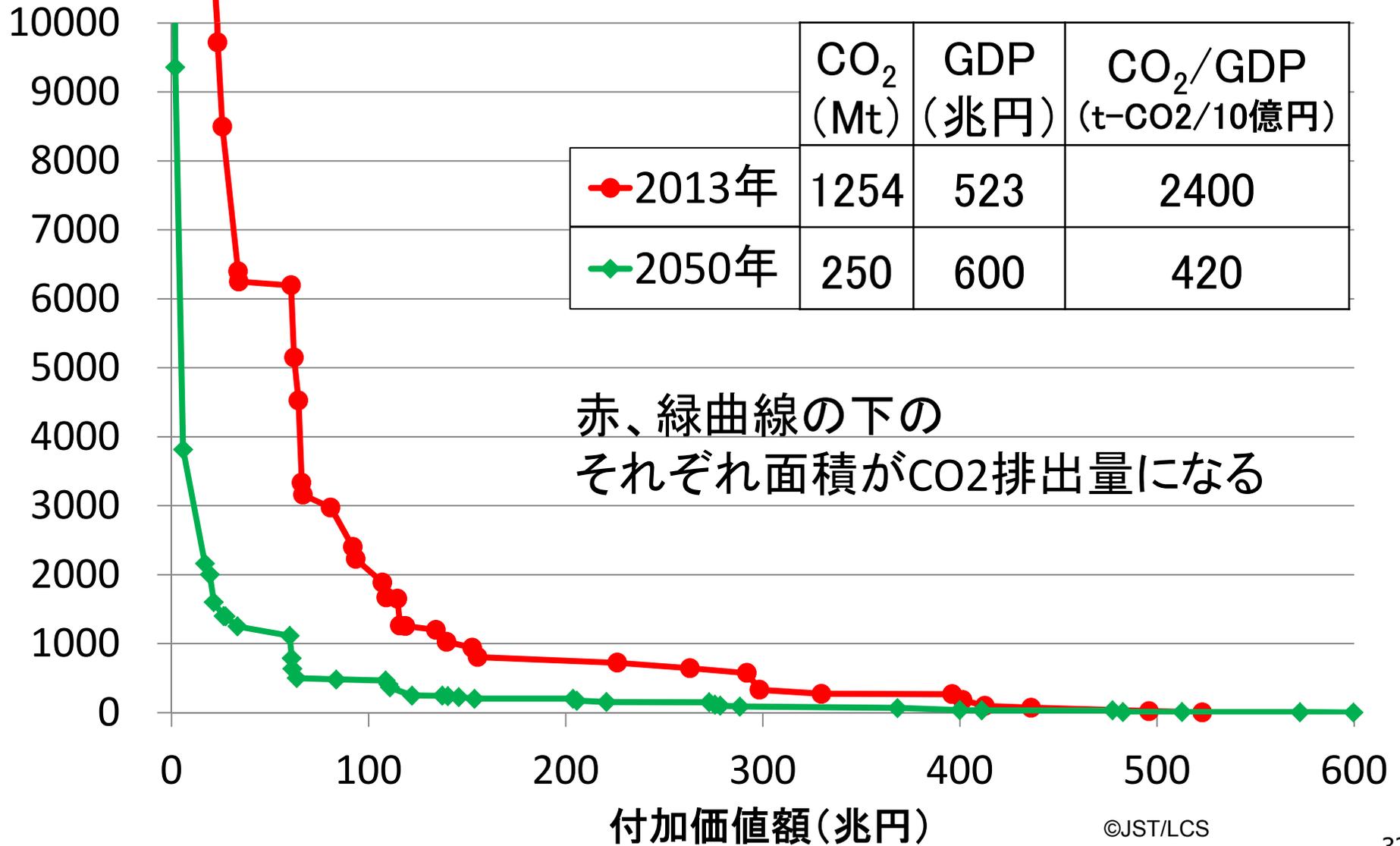
現状から想定される需要は650TWh

部門CO₂排出量 (2013年)

順位	産業など	CO ₂ 排出量(t)	割合(%)	付加価値額(兆円)	割合(%)	付加価値10億円当たりCO ₂ 排出量(t)
1	運輸業・郵便業+運輸燃料	259,183	20.7%	26.55	5.1%	9,760
2	鉄鋼業	199,814	15.9%	5.95	1.1%	33,578
3	化学工業	82,018	6.5%	8.00	1.5%	10,248
4	卸売業・小売業	63,346	5.1%	70.97	13.6%	893
5	宿泊業・飲食サービス業	48,847	3.9%	14.08	2.7%	3,470
6	セメント・板ガラス・石灰製造業	45,741	3.6%	3.10	0.6%	14,765
7	他サービス業	35,030	2.8%	11.20	2.1%	3,126
8	生活関連サービス業・娯楽業	33,145	2.6%	13.59	2.6%	2,439
9	医療・福祉	29,060	2.3%	36.79	7.0%	790
10	パルプ・紙・紙加工品製造業	23,718	1.9%	2.37	0.5%	10,013
11	食品飲料製造業	21,076	1.7%	15.39	2.9%	1,369
12	情報通信業	20,629	1.6%	28.83	5.5%	716
13	不動産業・物品賃貸業	18,513	1.5%	66.35	12.7%	279
14	教育・学習支援業	17,772	1.4%	0.68	0.1%	26,121
15	輸送用機械器具製造業	14,823	1.2%	13.00	2.5%	1,140
16	建設業	12,264	1.0%	31.48	6.0%	390
17	繊維工業	12,185	1.0%	2.26	0.4%	5,396
18	電気ガス熱供給水道業	10,640	0.8%	9.12	1.7%	1,167
19	電子部品デバイス電子回路製造業	10,448	0.8%	5.60	1.1%	1,865
20	プラスチック・ゴム・皮革製品製造業	10,000	0.8%	1.46	0.3%	6,850
21	非鉄金属製造業	8,016	0.6%	1.60	0.3%	5,004
22	金属製品製造業	7,280	0.6%	5.46	1.0%	1,333
23	学術研究・専門・技術サービス業	5,591	0.4%	0.28	0.1%	20,263
24	公務	4,546	0.4%	59.83	11.4%	76
25	農林水産業	4,219	0.3%	6.45	1.2%	654
26	業務用機械器具製造業	4,035	0.3%	1.51	0.3%	2,675
27	生産機械器具製造業	4,026	0.3%	2.85	0.5%	1,411
28	機械製造業 他製品	4,014	0.3%	1.93	0.4%	2,082
29	石油製品・石炭製品製造業	2,982	0.2%	4.37	0.8%	683
30	印刷・同関連業	2,805	0.2%	2.68	0.5%	1,048
31	木製品・家具他工業	2,563	0.2%	0.70	0.1%	3,658
32	金融業・保険業	2,507	0.2%	23.48	4.5%	107
33	鉱業他	2,489	0.2%	0.35	0.1%	7,164
34	情報通信機械器具製造業	2,319	0.2%	1.28	0.2%	1,818
35	汎用機械器具製造業	2,299	0.2%	11.23	2.1%	205
36	他製造業	1,535	0.1%	5.26	1.0%	292
37	複合サービス事業	626	0.0%	27.06	5.2%	23
38	家庭(全エネルギー)	224,098	17.9%			
	合計	1,254,201	100.0%	523.08		2,398

付加価値当たりの
CO₂排出量
(kt-CO₂/1兆円)

産業別CO₂排出量と付加価値



2050年までに拡大可能な産業例

		付加価値 (兆円)		CO ₂ 排出量 (百万t)		付加価値10億円 当たりCO ₂ 排出量(t)	
		2013年	2050年	2013年	2050年	2013年	2050年
1	情報・通信	29	50	21	10	720	200
2	医療・福祉	37	52	29	8	780	150
3	宿泊・ 飲食サービス	14	25	49	12	3,500	480
4	卸売・小売	71	80	63	7	890	90
5	金融・保険	24	30	2.5	0.3	100	9
6	生活関連・ サービス・娯楽	14	20	33	10	2,360	500
7	教育・研究技術 サービス等	1	5	23	8	23,000	1,600
合 計		190	262	221	55	(平均 1,160)	(平均 210)

2050年資源自給国家を目指す！！

自給率

エネルギー	70%
鉱物資源	70%
食料	70%
木材資源	100%
水	100%

自然共生社会を目指せ

公害を克服し世界一の環境国家



出所:「課題先進国日本」P27(北九州市提供)

静岡県三島市 源兵衛川



昭和30年代



1980年代



現在

地域課題解決への自らの意思

整備された遊歩道の総延長は**56km**

平成**21**年度の観光客数**430**万人

平成**26**年度は**620**万人

写真) グラウンドワーク三島

ご参照ください
近日発売

小宮山宏
山田興一 著

新 ビジョン 2050

地球温暖化、少子高齢化は克服できる

特別対談
トヨタ自動車会長
内山田竹志氏
コマツ相談役
坂根正弘氏
立正大学教授
吉川洋氏

日経BP社

課題先進国日本
プラチナ社会に続き
明るい未来への進路を示す！

小宮山
未来構想の
総仕上げ