

「2050年実質カーボンゼロ」 試案

2021年1月

竹内恒夫

「2050年実質カーボンゼロ」のシナリオ

エネルギー消費量(化石燃料+電力)2030年:2013年比17%減、2050年:同37%減

太陽熱・バイオマス熱・地中熱等の利用拡大

ガスコジェネの拡充
(将来的には脱炭素燃料の活用)

再エネの主力電源化
(再エネ+大型水力で2030年の発電の48%、2050年同90%)
排出係数が大幅に低下する系統電力の活用

水素、メタン等の脱炭素燃料の製造・活用
(2040年代から実用化)

再エネ出力変動緩和・調整電源

- ◆ 揚水発電(ポテンシャルは3,000億kWh)
- ◆ LNG火力
- ◆ 石炭火力

家庭の化石燃料に代替

電化

業務の化石燃料に代替

電化

産業(製鉄・セメント・石油化学・製紙以外の産業)の化石燃料に代替

電化

産業(製鉄・セメント・石油化学・製紙)の化石燃料に代替

脱炭素燃料

自動車の化石燃料に代替

電動化

脱炭素燃料

船舶・航空機の化石燃料に代替

脱炭素燃料

事業用発電の化石燃料に代替

脱炭素燃料

コジェネ・自家発の化石燃料に代替

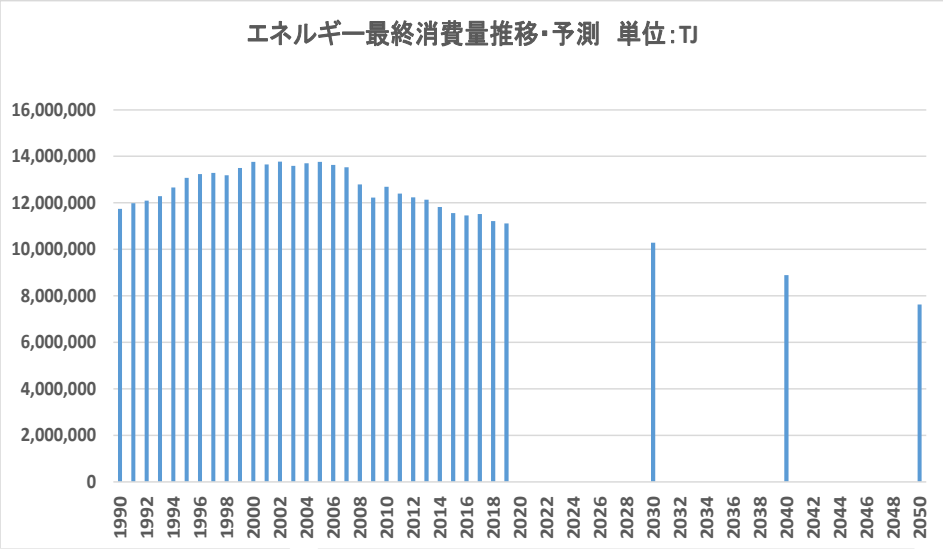
		2013	2030	2040	2050
化石燃料消費量	GJ	16,333,558	10,168,424	4,503,365	906,256
再エネ発電(大規模水力を含む)	百万kWh	121,180	370,445	619,604	902,658
系統電力排出係数	CO ₂ -kg/kWh	0.42158	0.1832	0.0422	0.0302
CO ₂ 排出量	千CO ₂ -t	1,160,689	677,314	314,084	45,008
CO ₂ 排出量2013年比削減率	%	0	42.2	73.2	96.2

①エネルギー消費量推計

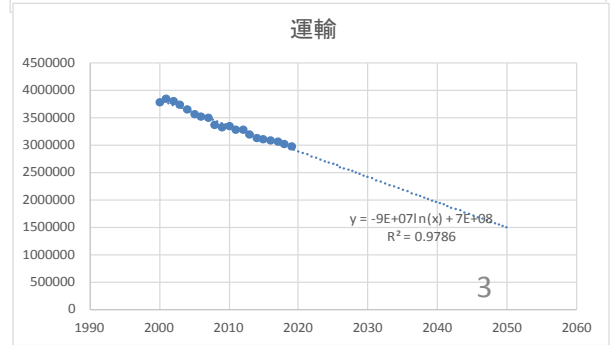
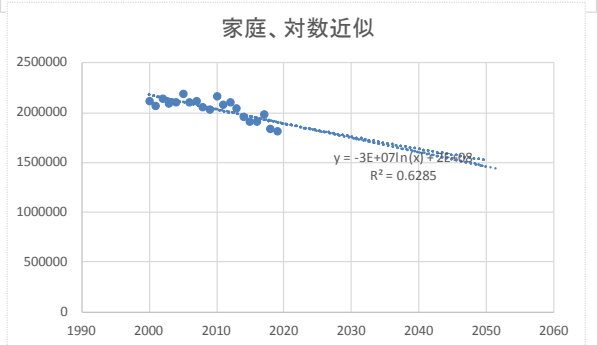
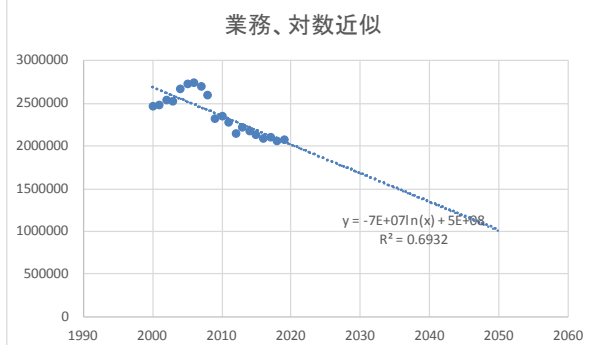
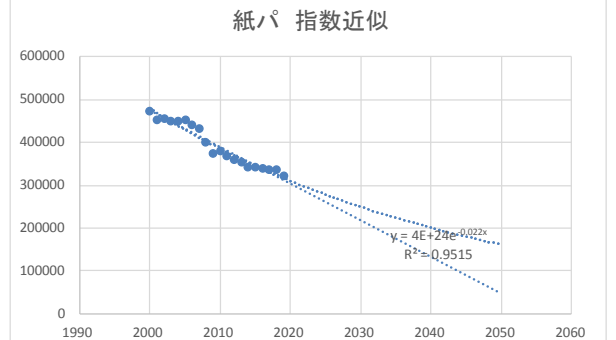
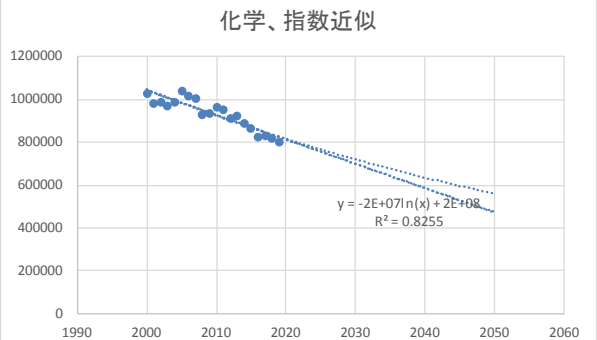
日本のエネルギー消費量は、2000年ころにピークアウト。消費量の減少傾向は続く。部門・業種毎に2000年からの総合エネルギー統計の全国データを近似曲線により将来推計。

将来のエネルギー消費量予測(全国)(2013年消費量の倍率)
(部門・業種ごとに2000年からの総合エネルギー統計のデータを近似曲線により将来推計)

	2030/2013	2040/2013	2050/2013
農・鉱・建	0.761	0.609	0.517
パルプ	0.791	0.565	0.508
化学	0.919	0.627	0.541
セメント	0.766	0.511	0.434
鉄鋼	0.757	0.616	0.532
機械	0.972	0.622	0.544
その他製造業	0.842	0.581	0.490
業務	0.856	0.720	0.495
家庭	0.905	0.685	0.538
運輸	0.844	0.703	0.469
自家消費	0.883	0.353	0.118



部門・業種ごとの将来のエネルギー最終消費を2000年からの総合エネルギー統計の全国データを近似曲線により推計(推計例)



②再エネ発電電力量推計

◆ 資源エネルギー庁公表の2013年～2019年までの施設ごとのFIT電源導入量実績を踏まえ、それぞれの施設を種類・運転期間ごとに、2050年まで継続的に導入し、2013年、2019年、2030年、2040年、2050年のそれぞれの断面での導入量を積み上げた。このうち、

- ① 10kW未満の住宅用太陽光は2050年には2019年の8.4倍（約1,400万戸（戸建住宅の約半分）に設置）を目指す。
- ② 10kW-50kWの太陽光は2050年には2019年の7倍（1件37kWとして約230万件）を目指す。
- ③ 中小水力、陸上風力、50kW以上太陽光、各種バイオマスなどは、毎年、それぞれ2019年導入量を2050年まで続けた。

◆ 洋上風力は2030年1000万kW、2040年4500万kW、2050年6000万kW（日本風力発電協会の着床式ポテンシャル量の約半分）とした。

- 2050年には再エネ発電量（大規模水力を含む）は約9,000億kWhに（現在の総発電電力量は約1兆kWh。）
- このうち、10kW未満の住宅用太陽光、10kW-50kWの太陽光、洋上風力及び大規模水力で2050年の再エネ発電量の約7割を占める。

【参考1】

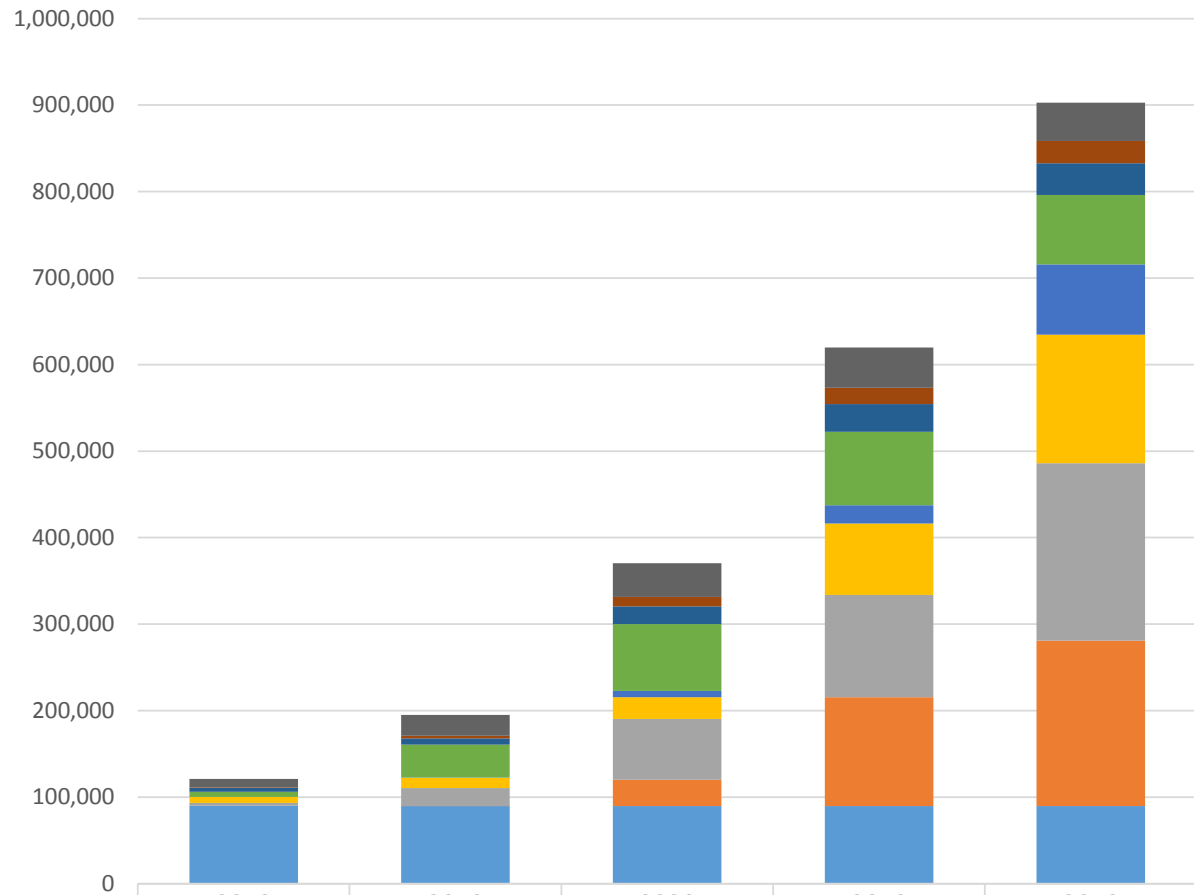
「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」（2020年12月25日）

- ・ 2050年には発電量の50～60%が再エネ（「ひとつの参考値」）
- ・ 2050年の電力需要は30～50%増加

→2050年の電力需要1.5兆kWhの60%が再エネ = 9,000億kWhが再エネ

【参考2】再エネ電力の需給調整を担う揚水発電のポテンシャルは3,000億kWh
（2019年、科学技術振興機構・低炭素社会戦略センター）

再エネ（大規模水力を含む）発電量（単位：百万kWh）



	2013	2019	2030	2040	2050
■ バイオマス	9,735	24,102	39,058	46,428	44,094
■ 中小水力	652	3,094	10,998	18,748	25,724
■ 陸上風力	4,578	7,193	20,306	32,226	36,875
■ 事業用太陽光(50kW以上)	5,923	37,801	77,456	84,682	80,080
■ 地熱	8	469	6,964	21,202	81,154
■ 住宅用太陽光(10kW未満)	6,843	11,795	25,078	82,539	148,893
■ 事業用太陽光(10-50kW)	3,403	20,711	70,619	118,347	204,843
■ 洋上風力	0	12	30,128	125,593	191,156
■ 大規模水力	90,038	89,839	89,839	89,839	89,839

③ 熱需要の電化・自動車の電動化・脱炭素燃料の代替率、CO₂削減量 (1000t-CO₂)

	2030		2040		2050	
	代替率	削減量	代替率	削減量	代替率	削減量
鉄鋼、製紙、セメント、化学以外の業種の熱の電化	0.25	92,711	0.4	119,785	1	92,545
(2040年代からの) 鉄鋼・製紙・セメント・化学、コジェネ・自家発、船舶・航空機の化石燃料の脱炭素燃料による代替	0	0	0	0	1	586,476
業務の熱の電化	0.6	149,321	0.8	207,402	1	136,044
家庭の熱の電化	0.5	141,123	0.8	205,597	1	127,414
自動車の電動化 (EVとHVが半々)	0.3	100,221	1	313,820	1	173,202
合計		483,375		846,605		1,115,681

④ 電源構成、電力需要構成

系統電力電源構成比

	石炭	石油	天然ガス	水素/メタン/ アンモニア	再エネ	水力発電	揚水発電	原子力	計
2013年	0.328	0.084	0.401	0.000	0.031	0.091	0.000	0.010	1.000
2030年	0.078	0.000	0.445	0.000	0.386	0.091	0.000	0.000	1.000
2040年	0.000	0.000	0.131	0.000	0.759	0.108	0.000	0.000	1.000
2050年	0.000	0.000	0.097	0.000	0.823	0.080	0.000	0.000	1.000

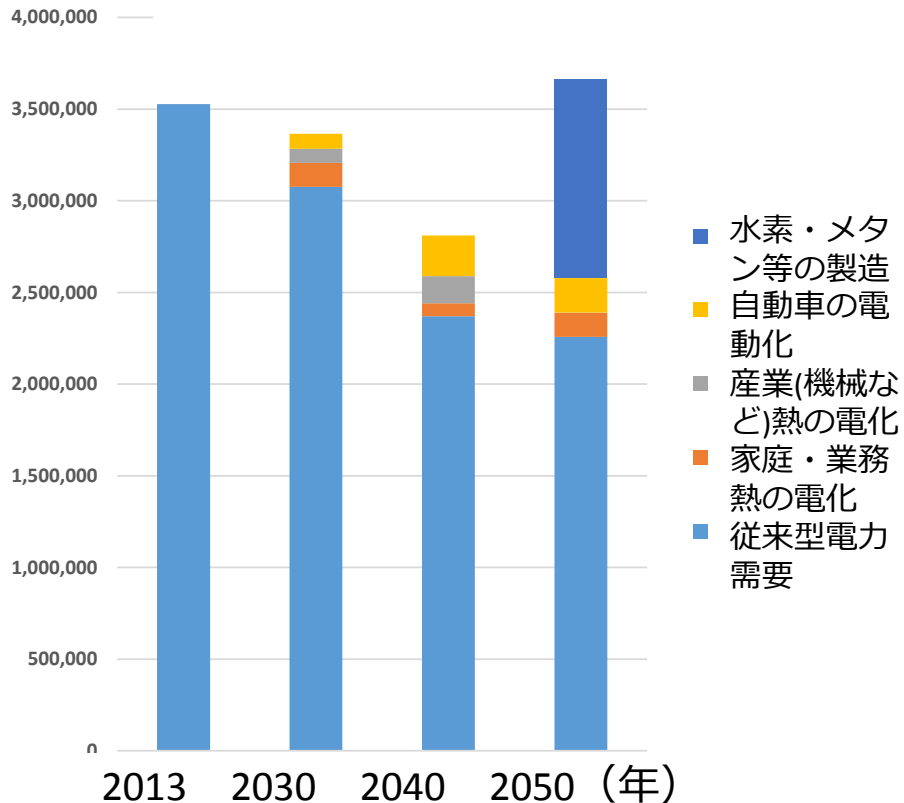
系統電力電源構成

	石炭	石油	天然ガス	水素/メタン/ アンモニア	再エネ	水力発電	揚水発電	原子力	計	GJ
2013年	1,141,880	290,660	1,394,186	0	108,837	316,344	0	34,233	3,477,952	
2030年	271,386	0	1,537,853	0	1,333,601	316,344	0	0	3,459,184	
2040年	0	0	384,360	0	2,230,573	316,344	0	0	2,938,964	
2050年	0	0	383,215	0	3,249,569	316,344	0	0	3,949,128	

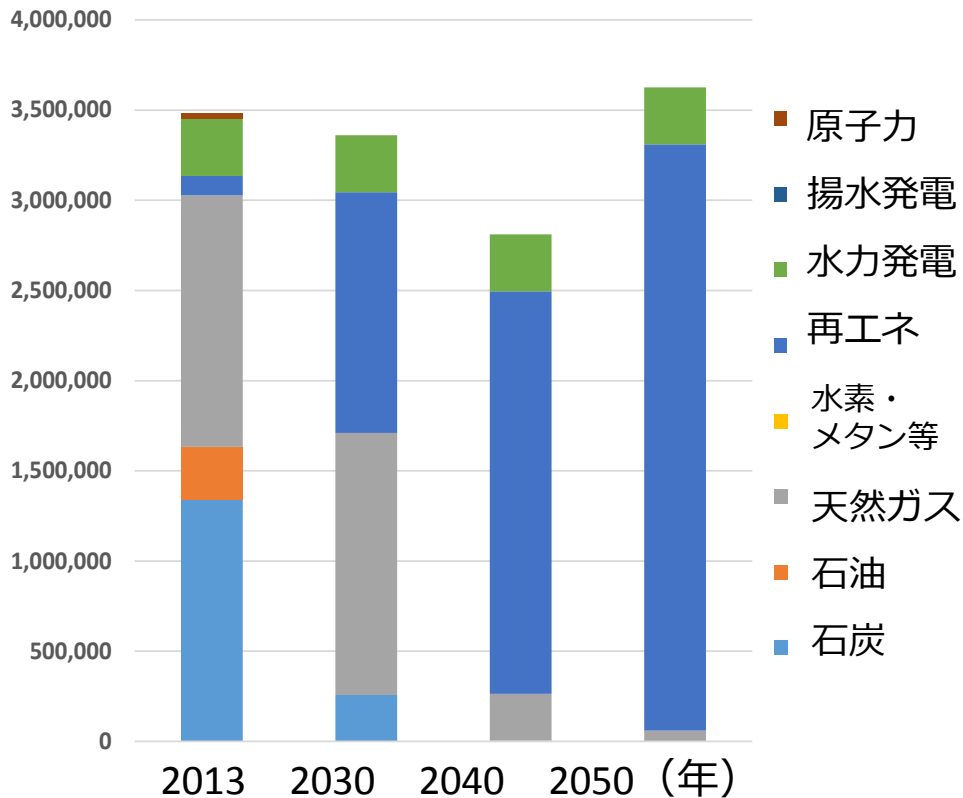
自家発電電源構成

	石炭	石油系	LNG	メタンなど	再エネ(黒液等)	水力発電	未活用	原子力	計
2013年	0.23	0.04	0.11	0.00	0.34	0.18	0.10	0.00	1.00
2030年	0.25	0.04	0.12	0.00	0.30	0.19	0.10	0.00	1.00
2040年	0.25	0.04	0.12	0.00	0.29	0.19	0.10	0.00	1.00
2050年	0.00	0.00	0.00	0.36	0.33	0.20	0.11	0.00	1.00

系統電力需要の内訳 (GJ)



系統電力電源構成 (GJ)

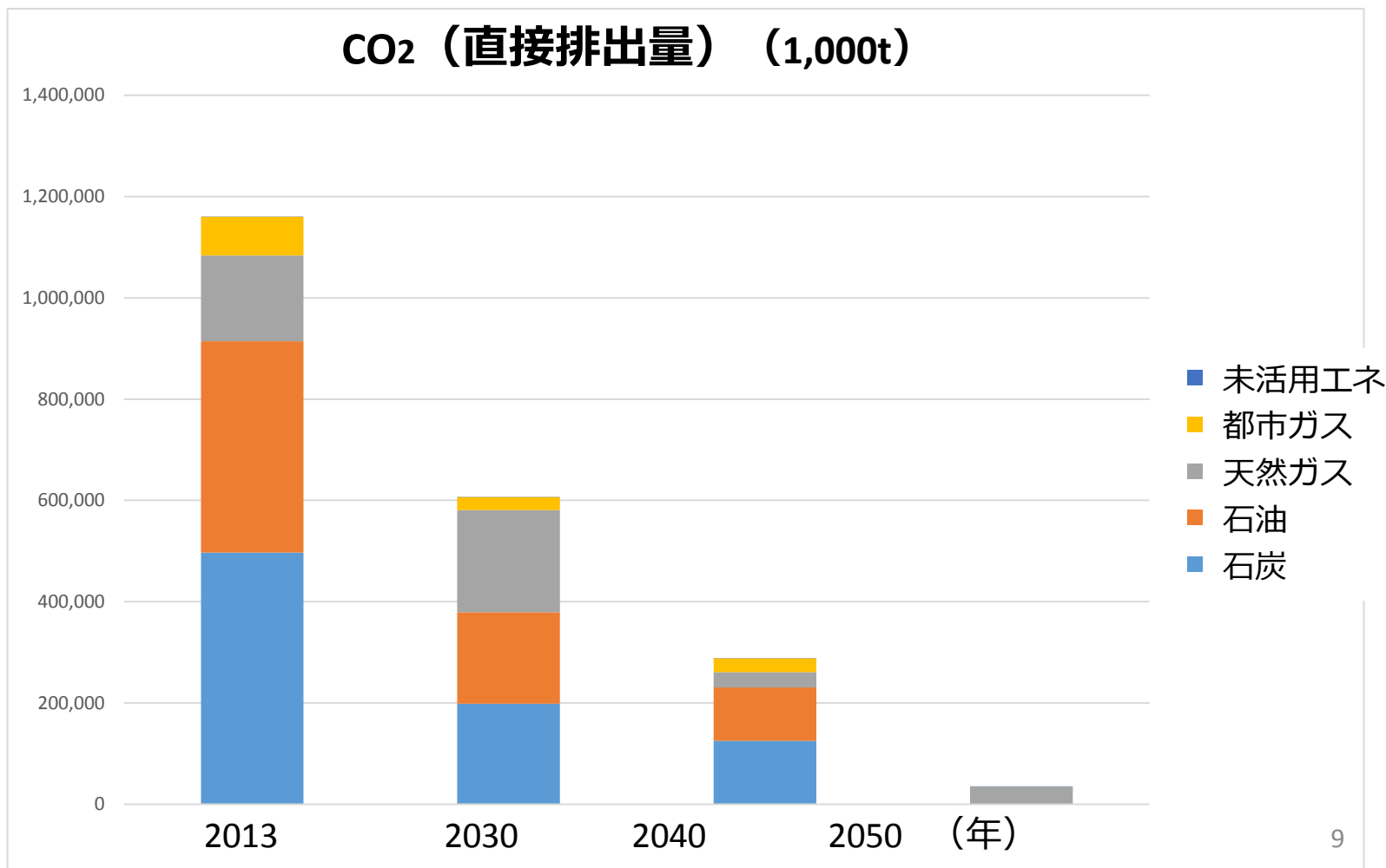


従来型の電力需要は減少するが、家庭・業務・産業の熱の電化、自動車の電動化に要する電力需要の増加、また、2040年代からは、脱炭素燃料（水素・メタン等）の製造用の電力需要が増加する。

系統電力の電源構成は、2030年には再エネと大型水力で48%、2050年には同じく90%となる。

⑤ CO₂ (直接排出量)

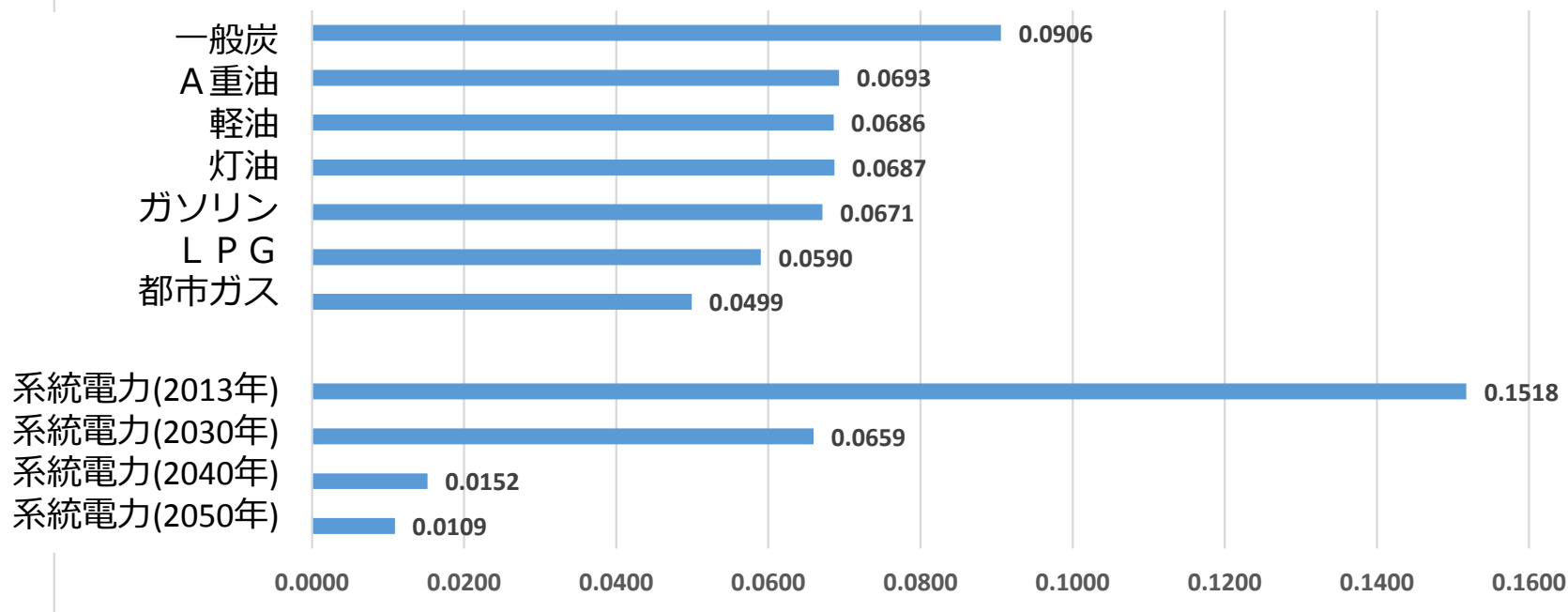
						1000t-CO ₂	2013年比
	石炭	石油	天然ガス	都市ガス	未活用エネ	合計	
2013年	496,835	417,557	169,424	76,390	482	1,160,689	1.000
2030年	198,123	180,833	201,670	25,794	202	606,621	0.422
2040年	125,269	105,322	30,256	27,275	295	288,417	0.732
2050年	2	0	34,809	0	147	34,958	0.962



⑥ 系統電力排出係数

	系統電力 消費量 GJ	系統電力 CO2排出量 t	系統電力排出係数 t-CO2/GJ	同 kg-CO2/kWh
2013年	3,540,825	535,981	0.15177	0.42158
2030年	3,462,065	228,094	0.06594	0.18316
2040年	2,931,277	44,668	0.01520	0.04222
2050年	3,949,128	42,962	0.01088	0.03022

排出係数 t-CO₂/GJ



排出係数の比較だけで見ると、系統電力の化石燃料への代替は、2030年以前はCO₂削減効果はない。ただし、例えば、電気自動車のエネルギー効率はガソリン車の数倍、ヒートポンプによって得られる熱量は投入電力量の3倍以上であり、各分野の電化のタイミングは要検討。

⑦ 諸元まとめ

		2013年	2030	2040	2050
エネルギー消費量(最終消費量+発電等投)	GJ	6,614,513	9,494,260	21,238,191	24,090,671
化石燃料消費量	GJ	0	10,168,424	4,503,365	906,256
脱炭素燃料消費量	GJ	0	0	0	1,546,549
電力消費量+所内消費・送配電ロス	GJ	3,459,184	3,178,199	2,938,964	4,012,782
脱炭素燃料製造のための再エネ電力消	GJ	0	0	0	1,701,204
系統電力発電電力量	GJ	3,459,184	3,459,184	2,931,277	3,949,128
化石発電	GJ	3,477,952	1,809,239	384,360	383,215
再エネ発電(買取など)	GJ	108,837	1,333,601	2,230,573	3,249,569
事業用水力発電	GJ	316,344	316,344	316,344	316,344
脱炭素燃料発電	GJ	0	0	0	0
自家発電	GJ		298,200	176,360	0
化石発電	GJ		298,200	176,360	0
脱炭素燃料発電	GJ		0	0	149,235
CO2排出量	千CO2-t	1,160,689	677,314	314,084	45,008
うち発電起因排出量	千CO2-t		228,094	44,668	42,962
系統電力排出係数	CO2-t/GJ	0.15177	0.0659	0.0152	0.0109
同上	CO2- kg/kWh	0.42158	0.1832	0.0422	0.0302
CO2排出量2013年比削減率	%		42.2	73.2	96.2