

原子力市民委員会セミナー

原発ゼロ・エネルギー転換戦略

2020/7/22

東北大学

明日香壽川

asukajusen@gmail.com

内容

1. エネルギー転換戦略のエネルギー・ミックス
2. 経済活性化・雇用創出効果
3. CO₂排出削減量
4. 電力需給安定性
5. 電気代
6. グリーン・リカバリー
7. まとめ

1. エネルギー転換戦略の エネルギー・ミックス

2030年に原発ゼロ、石炭火力ゼロ

電力

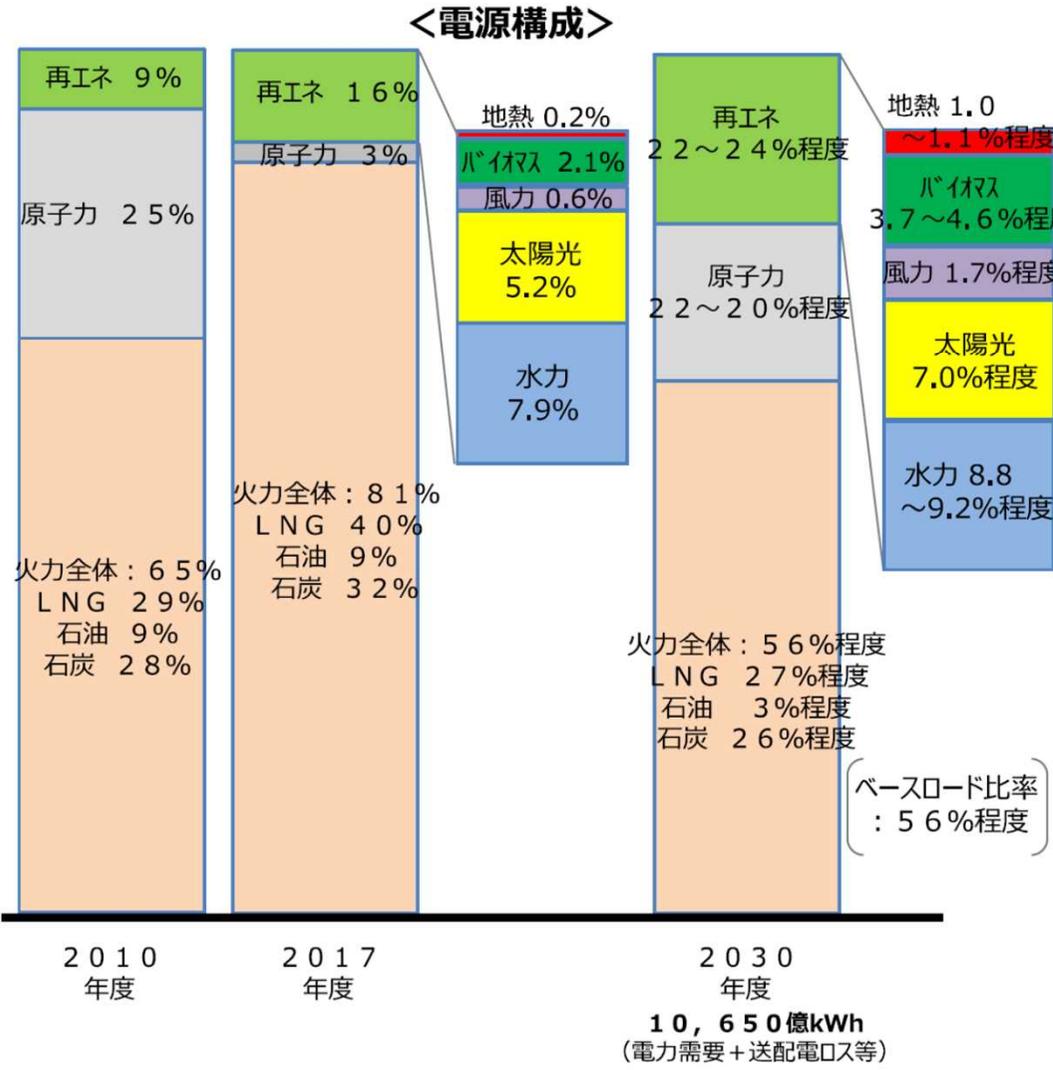
- 2030年：再エネ電力割合44%以上。省エネで発電量30%減(2010年比)
- 2050年：再エネ電力割合100%。省エネで発電量40%減(2010年比)（再エネ発電量は増加）

エネルギー全体

- 2030年：省エネでエネルギー消費量30%以上減少(2010年比)、再エネ割合約3分の1
- 2050年：省エネでエネルギー消費量50%以上減少(2010年比)、再エネ割合約8割

1. エネルギー転換戦略のエネルギー・ミックス

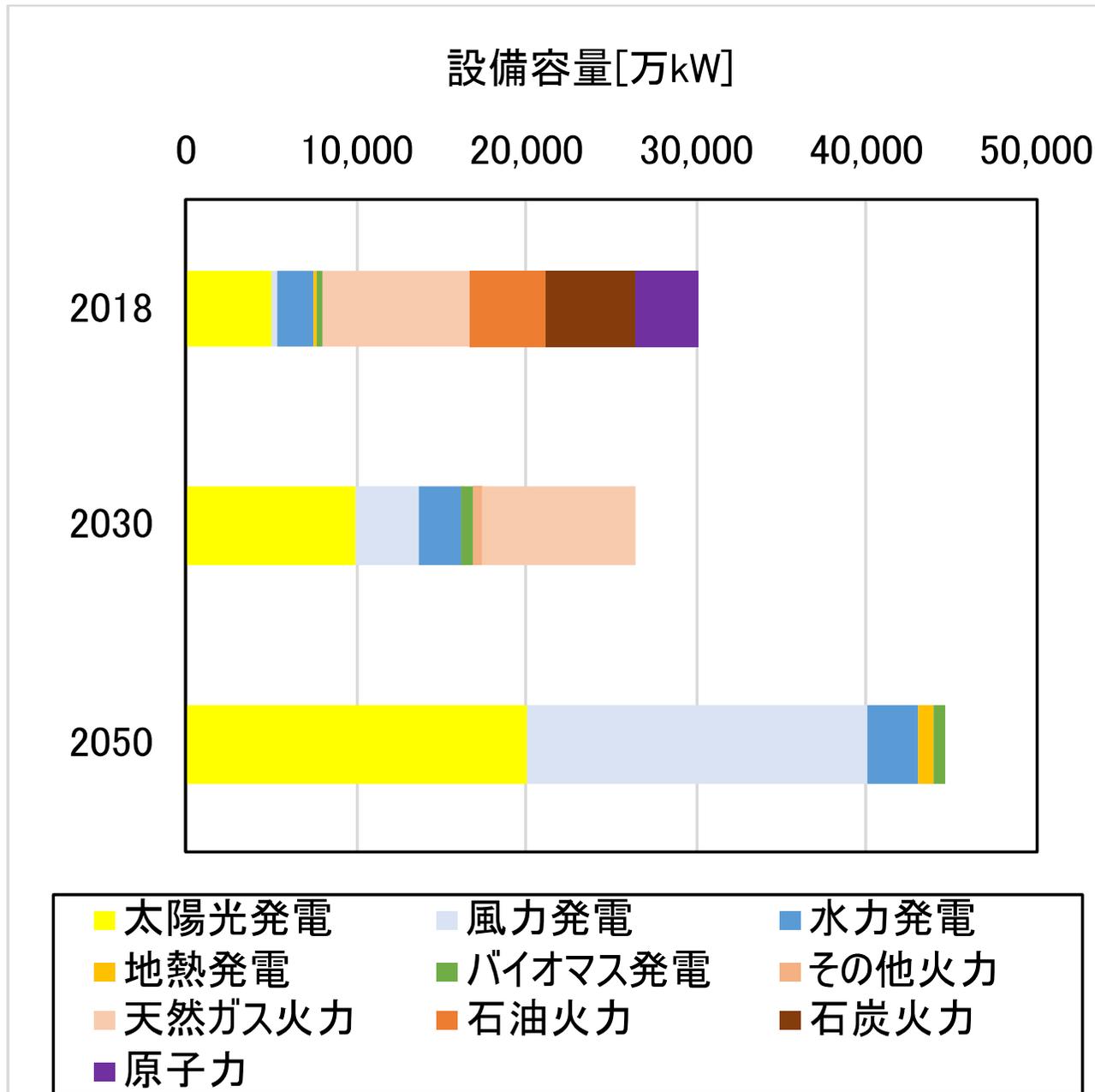
日本の再エネ導入状況（2019）



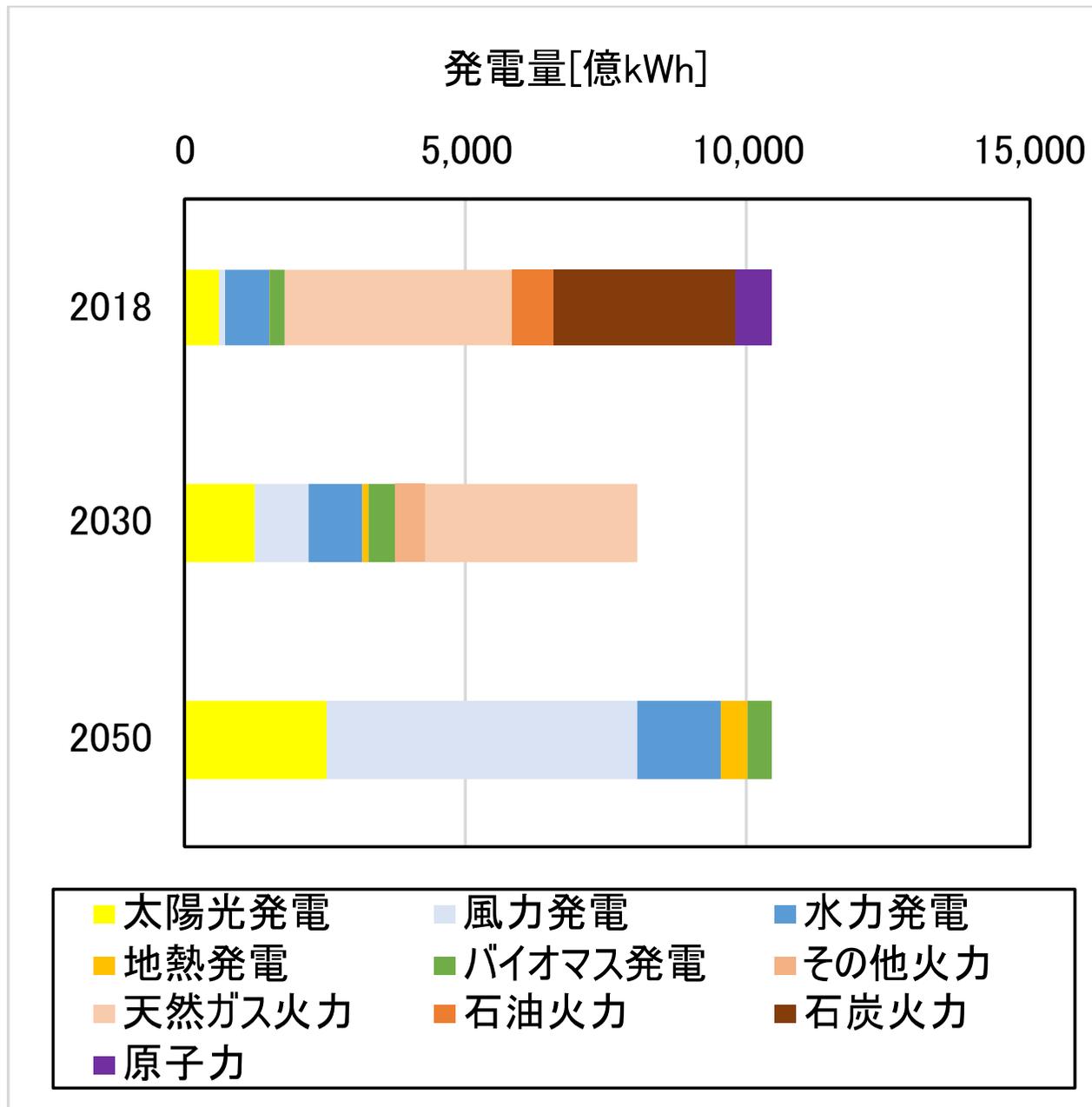
(kW)	導入水準 (19年3月)	FIT前導入量 +FIT認定量 (19年3月)	ミックス (2030年度)	ミックスに 対する 導入進捗率
太陽光	5,020万	8,230万	6,400万	約78%
風力	370万	1,080万	1,000万	約37%
地熱	55万	60万	140~155万	約37%
中小水力	970万	990万	1,090~1,170万	約86%
バイオ	400万	1,130万	602~728万	約60%

※バイオマスはバイオマス比率考慮後出力。
 ※改正FIT法による失効分（2019年3月時点で確認できているもの）を反映済。
 ※地熱・中小水力・バイオマスの「ミックスに対する進捗率」はミックスで示された値の中間値に対する導入量の進捗。

転換戦略の電力構成(設備容量)

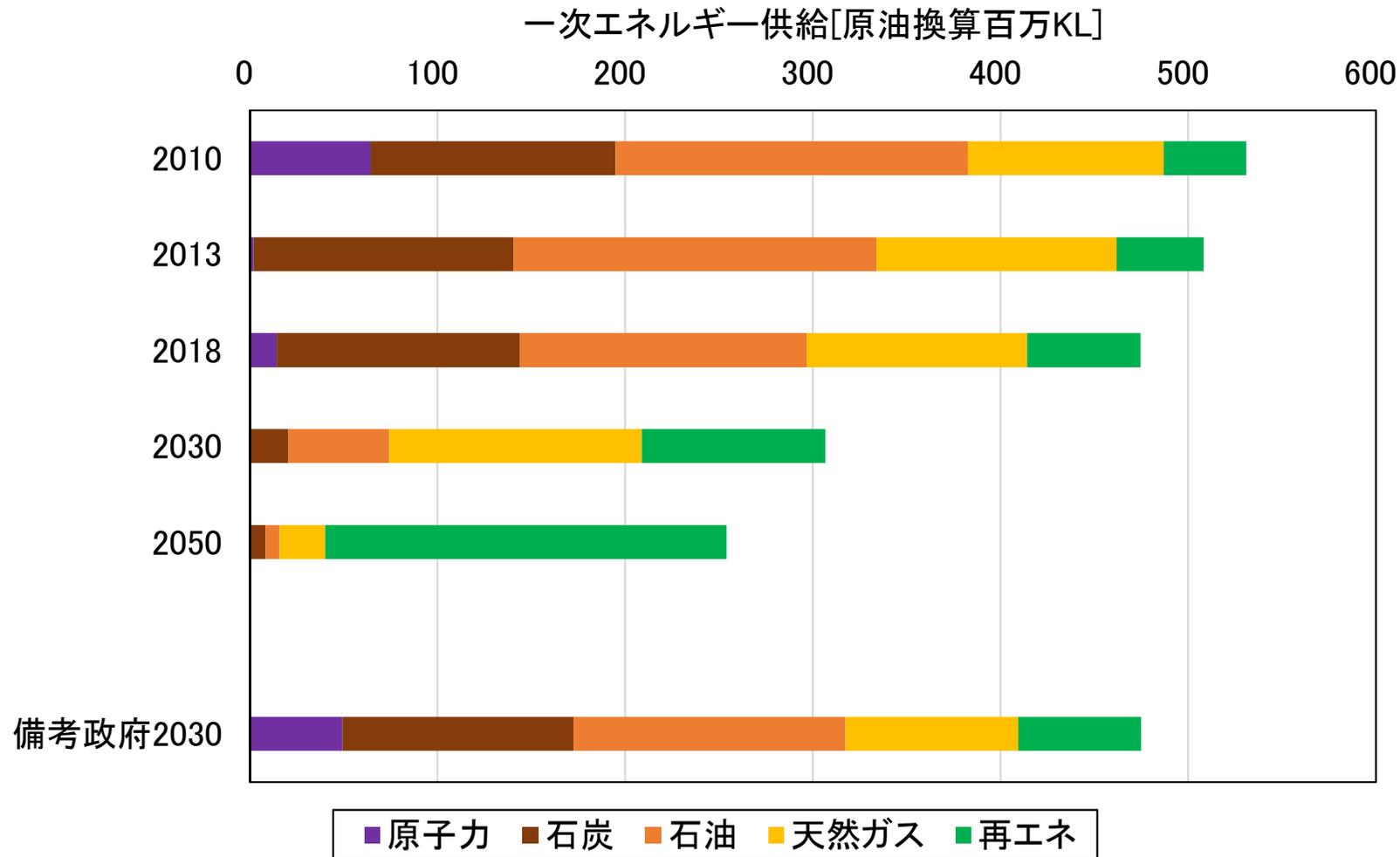


転換戦略の電力構成(発電量)



注：廃棄物発電はバイオマス発電に含む。その他火力は自家発電の排熱発電と、コークス炉ガス、高炉ガス、転炉ガスなどの副生ガス利用

転換戦略のエネルギー構成 (エネルギー全体)



注：非エネルギー用途（材料用など）を除く。政府2030年予測には非エネルギー用途が入っており、2013年でみると非エネルギー用途は約4000万KL

再生電力設備容量目標(2030年)の根拠

		設備容量 (万kW)	目標値の根拠	考え方	備考：政府想定 設備容量(万 kW)
太陽光	屋根置き	約2000	太陽光発電協会「太陽 光発電2050年の黎 明」(2017)		約900
	事業系	約8000			約5500
風力	陸上	2660	風力発電協会「風力発 電の導入拡大に向け て」(2016)		918
	洋上	960			82
水力	大規模	2465	2018年値から、政府 予測(長期エネルギー需 給見通し分の増加。揚水発 電分を除く)	大型は、既存発電所・設備更新による出力増 加、未利用落差・活用拡大等が進んだ場合 小水力は、自然・社会環境上・障害があるが解 決可能とされる地点・開発が進んだ場合	4847- 4931(含む揚水 発電設備容量)。 揚水発電(2594) を除くと 2253~2337
	小規模				
地熱		108	政府予測(長期エネル ギー需給見通し)	大規模開発について現状の環境規制下の開発を 見込んだ場合(環境規制緩和を見込むと小型とあ わせ140~155万kWになるが、当面はここまで見 込まず)。中小規模は開発が順調と想定した場 合	140~155
バイオ マス	木質	728	政府予測 (長期エネルギー需給見通 し)。廃棄物(一部にバイ オマス分あり)を含む。	想定通り。バイオマスの固定価格買取制度認定設 備容量(今後建設を含む)はRPS制度からの移行 認定とあわせ980万kW。バイオマスの持続可能性 について懸念、ここまでは見込まないことにする	602~728
	メタン				

省エネ、省エネ、省エネ

- 今ある省エネ技術の導入で、エネルギー消費量全体（電気・熱利用・運輸燃料）で2010年比30%以上減少、2050年に50%以上減少
- 発電量は2030年に2010年比30%減少、2050年に40%減少。電気自動車普及などの電力需要があっても問題なし

省エネ対策（電力・熱利用・運輸燃料）

今ある省エネ技術で2030年に2010年比30%以上削減、2050年50%以上削減が可能

	2030年まで 省エネ▲5200PJ(2010年比)	2050年まで 省エネ▲7700PJ(2010年比)
産業	<p>優良工場なみの省エネ対策（素材製造業は鉄鋼業で約9~46%改善、非素材は約25%改善）</p> <ul style="list-style-type: none"> 生産設備は省エネ型に転換（熱は排熱回収） 冷暖房照明も省エネ型に リサイクル材使用、電炉5割に拡大(75%改善) <p>省エネで▲1900PJ(▲40%)</p>	<p>産業平均が今のトップ工場水準に。</p> <ul style="list-style-type: none"> 電炉7割に拡大 <p>省エネで▲2700PJ(▲50%)</p>
業務	<ul style="list-style-type: none"> 建物は断熱強化・ゼロエミッションビルへ 設備機器は更新時に省エネ型に。(5割改善) <p>省エネで▲1200PJ(▲50%)</p>	<p>ゼロエミッションビル、トップ省エネ機器</p> <p>省エネで▲1500PJ(▲60%)</p>
家庭	<ul style="list-style-type: none"> 建物は断熱強化・ゼロエミッション住宅へ。 設備機器は省エネ設備（更新時）(3-4割改善) <p>省エネで▲900PJ(▲40%)</p>	<p>ゼロエミッション住宅、トップ省エネ機器</p> <p>省エネで▲1200PJ(▲50%)</p>
運輸旅客	<ul style="list-style-type: none"> 燃費のよい車の導入(3-4割改善) <p>省エネで▲900PJ(▲45%)</p>	<p>車は電気自動車+再エネ(石油→電気で8割改善)</p> <p>省エネで▲1600PJ(▲80%)</p>
運輸貨物	<ul style="list-style-type: none"> 燃費のよい車の導入(2割改善) <p>省エネで▲200PJ(▲10%)</p>	<p>車は電気自動車+再エネ(石油→電気で7割改善)</p> <p>省エネで▲700PJ(▲50%)</p>

省エネ対策（電力のみ）

今ある省エネ技術の導入で、2030年に2010年比30%削減、2050年に40%削減可能。電気自動車化、産業の電化などの増加要因があっても問題なし

	2030年まで 省エネ▲3400億kWh(2010年比) 電化+150億kWh	2050年まで 省エネ▲4800億kWh(10年比) 電化+870億kWh
産業	<p>優良工場なみの省エネ対策（素材製造業は鉄鋼業で約9～46%改善、非素材は約25%改善）</p> <ul style="list-style-type: none"> 生産設備は省エネ型に転換（熱は排熱回収） 冷暖房照明も省エネ型に リサイクル材使用、電炉5割に拡大(75%改善) <p>省エネで▲1100億kWh(2010年度比) 電化(電炉拡大)+30億kWh</p>	<p>産業平均が今のトップ工場水準に。</p> <ul style="list-style-type: none"> 電炉7割に拡大 <p>省エネで▲1500億kWh 鉄鋼電炉拡大で+40億kWh</p>
業務	<ul style="list-style-type: none"> 建物は断熱強化・ゼロエミッションビルへ 設備機器は更新時に省エネ型に。(3-4割改善) <p>省エネで▲1200億kWh(2010年度比)</p>	<p>ゼロエミッションビル、トップ省エネ機器</p> <p>省エネで▲1800億kWh</p>
家庭	<ul style="list-style-type: none"> 建物は断熱強化・ゼロエミッション住宅へ。 設備機器は省エネ設備（更新時）(3-4割改善) <p>省エネで▲1100億kWh(2010年度比)</p>	<p>ゼロエミッション住宅、トップ省エネ機器</p> <p>省エネで▲1500億kWh</p>
運輸 旅客	<ul style="list-style-type: none"> 電気自動車化(2030年は20%) <p>電化で+90億kWh</p>	<p>車は電気自動車+再エネ</p> <p>電化で+470億kWh</p>
運輸 貨物	<ul style="list-style-type: none"> 電気自動車化(2030年は3%) <p>電化で+30億kWh</p>	<p>車は電気自動車+再エネ</p> <p>電化で+360億kWh</p>

2. 經濟活性化・雇用創出効果

環境も経済も

- 2050年までに約200～400兆円の投資
- 国内・地域産業が受注して対策に取り組めば、国内・地域経済が活性化し、雇用も拡大（年間100万人規模）
- 光熱費500兆円削減で投資は十分に元がとれる（化石燃料輸入費が削減）

電力設備投資額と経済活性化効果 (2020-2050年)

種類		設備投資額	国の投資額	出典	経済活性化効果
太陽光	屋根置き	6兆円		IRENA発電コスト報告書、調達価格等算定委員会	<ul style="list-style-type: none"> 光熱費削減は省エネとあわせて30年で約500兆円 地域企業・自治体・住民が対策に関われば、売電収入も地域へ。建設・メンテも地元建設業を使用 域外企業の設置なら売電収入は域外へ。建設等も域外企業が受注
	事業系	27兆円			
風力	陸上	18兆円			
	洋上	48兆円			
水力	大規模	0.4兆円		調達価格等算定委員会	
	小規模	6兆円			
地熱		7兆円			
バイオマス	木質	4兆円			
	メタン				
再エネ電力計		約120兆円			
送電線		約10~50兆円	0~50兆円 (左の内数)		
省エネ		約100~200兆円		WWFシナリオなど	(電力以外も含む)

3. CO₂排出削減量

今の政府目標よりも32%以上深掘り

- 今ある技術の普及などで2030年にはCO₂排出量（エネルギー起源）を1990年比50%以上削減、2050年に90%以上削減（政府目標は2030年に1990年比18%削減）
- ただし、これは2030年の材料生産を政府長期エネルギー需給見通し（粗鋼生産量が1.2億トンに増加など）に合わせて計算した結果
- 国内需要が人口減に比例して緩やかに減少し、新興国への材料輸出も今後減少と考えれば、さらに大きな削減も可能

4. 電力需給安定性

対策をとれば電力需給は問題なし

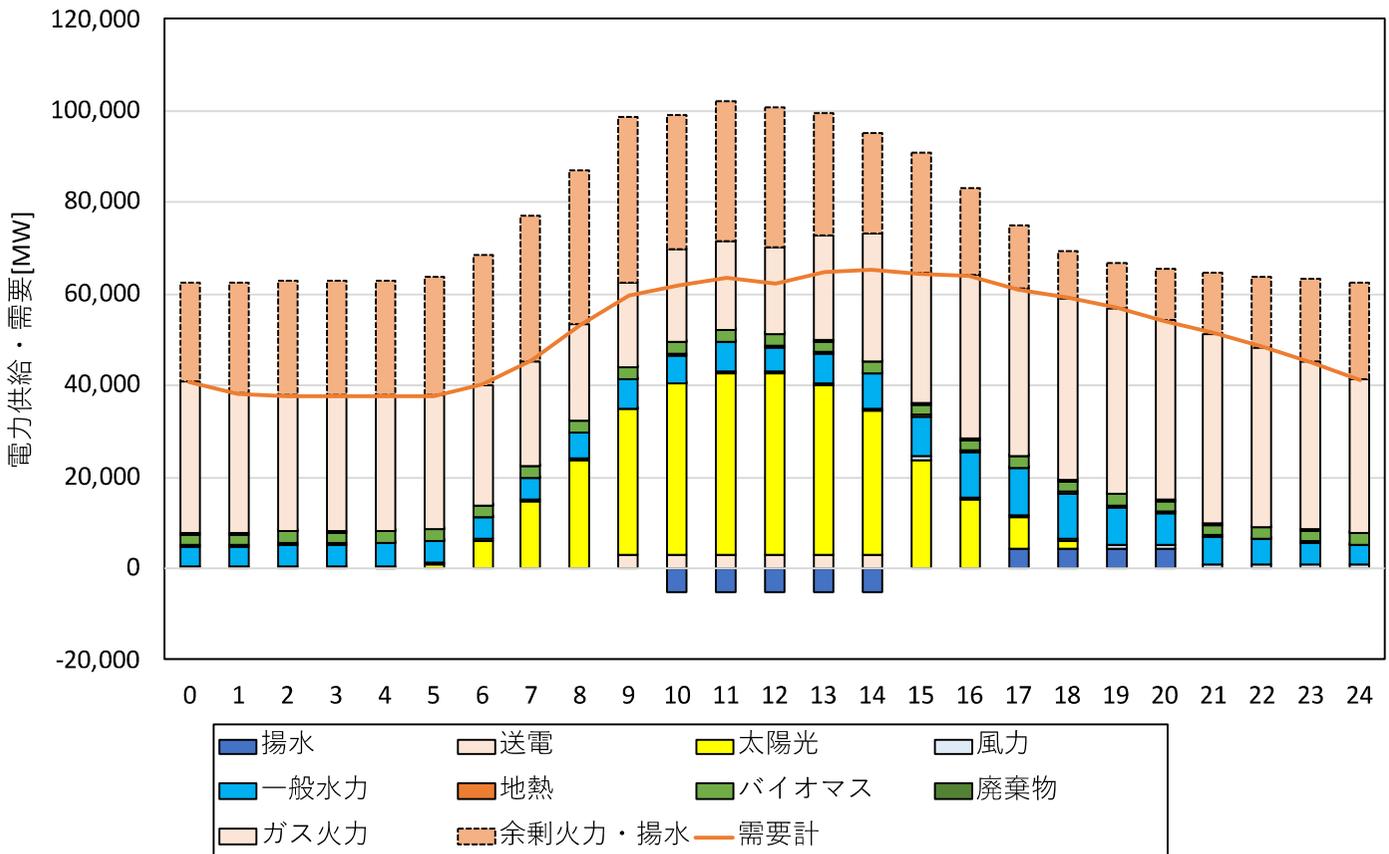
- よくある懸念は、「2030年に、原発・石炭火力ゼロ」で停電しない？
- 需給バランス分析の結果、太陽光発電量や風力発電量が小さい夏の夕方、冬の夕方などの厳しい条件下でも、電力融通、再エネ電力、ガス火力、デマンドレスポンスなどにより十分余裕あり

2030年の電力需給（西日本6電力、最も厳しい例）

過去3年間実績で最も厳しい日
(2018年7月25日)をモデル

最も火力を使う時間帯でも、再エネ電力増・省エネにより約15%の設備余裕

西日本夏季(2018/7/25ベース、大阪の天気：晴、最高気温36.9度、最低26.4度)



注：需要計と「余剰火力・揚水」の差は、揚水発電（汲み上げ）と、東日本からの送電（東京電力と中部電力の間に300万kW連系線）の分。残余需要つまり電力需要から再エネ発電量を差し引いた需要（通常火力でまかなう）が1年で最大となる時間を試算。気象条件・需要パターン、再エネ変動パターンは、2016-2018年の1時間ごと実績と同じとし、2030年までの省エネ再エネ想定より需要・再エネ供給が比例的に増減として試算

5. 電気代

電気代は下がる

- 原発廃止、石炭石油火力停止でも、再エネと省エネの拡大で電気代（電力コスト総額）は大きく減少
- 2030年までは、省エネ・再エネ拡大でも、政府見通しでも、火力依存継続でも、発電コスト単価（kWhあたり）はあまり変わらない
- しかし、2030年以降、省エネ・再エネ拡大で、発電コスト単価（kWhあたり）は大幅に減少（導入拡大で再エネが値下がりするため）

再エネの発電コスト単価想定

再エネ導入拡大で低下

種類		2018年 [円/kWh]	2030年 [円/kWh]	考え方
太陽光	屋根置き	19	10	再エネの2018年単価は、調達価格算定委員会報告、IEA報告、IRENA報告、総合資源エネルギー調査会コスト検証WGレビューシートより試算など。2030年単価は、2018年の国際価格に収斂と想定
	事業系	16	10	
風力	陸上	20	10	
	洋上	36	14	
水力	大規模	7~20	7~20	大規模はそのまま。小水力は調達価格委想定値まで値下がり
	小規模			
地熱		7~20	7~13	大型地熱はそのまま
バイオマス		22	22	そのまま

注：いずれも当該年に導入した場合の単価

発電コスト試算結果

原発ゼロ・エネルギー転換戦略により、発電コスト総額は大きく減少。2030年以降は発電コスト単価も減少

年	発電コスト総額[兆円]			年	発電コスト単価[円/kWh]		
	シナリオ				シナリオ		
	エネルギー転換戦略	政府エネルギー・ミックス(原発維持)	対策無し(火力依存)		エネルギー転換戦略	政府エネルギー・ミックス(原発維持)	対策無し(火力依存)
2018	16	16	16	2018	16	16	16
2030	11	15	14	2030	14	14	14
2040	10	14	13	2040	12	14	14
2050	9	14	13	2050	10	14	14

注：2030年にエネルギー転換シナリオ、政府の2030年エネルギーミックス、省エネ再エネ対策をしない「火力依存」と比較。再エネ単価のうち太陽光と風力は、2030年に2018年の国際価格に収斂すると想定。火力発電燃料はIEA国際エネルギー機関の世界エネルギー見通し2019年版の日本の輸入価格の将来見通しより

6. グリーン・リカバリー

2009年のリーマン・ショックの時、日本のGRはわずか

A Climate of Recovery? The climate change investment dimension of economic stimulus plans

Country	Fund USDbn	Period Years	Green Fund USDbn	% Green Fund	Low-Carbon Power		Energy Efficiency (EE)			Water/Waste	
					Renewable	CCS/Other	Building	EE	Lo C Vech+		Rail
Asia Pacific											
Australia	26.7	2009-12	2.5	9.3%	-	-	2.48	-	-	-	-
China	586.1	2009-10	221.3	37.8%	-	-	-	1.50	98.65	70.00	51.15
India	13.7	2009	0.0	0.0%	-	-	-	-	-	-	-
Japan	485.9	2009 onwards	12.4	2.6%	-	-	12.43	-	-	-	-
South Korea	38.1	2009-12	30.7	80.5%	1.80	-	6.19	1.80	7.01	-	13.89
Thailand	3.3	2009	0.0	0.0%	-	-	-	-	-	-	-
Sub-total Asia Pacific	1,153.8	0.0	266.9	23.1%	1.8	0.0	21.1	3.3	105.7	70.0	65.0
Europe											
European Union	38.8*	2009-10	22.8	58.7%	0.65	12.49	2.85	1.94	-	4.85	-
Germany	104.8	2009-10	13.8	13.2%	-	-	10.39	0.69	2.75	-	-
France	33.7	2009-10	7.1	21.2%	0.87	-	0.83	-	1.31	4.13	-
Italy	103.5	2009 onwards	1.3	1.3%	-	-	-	-	1.32	-	-
Spain	14.2	2009	0.8	5.8%	-	-	-	-	-	-	0.83
United Kingdom	30.4	2009-12	2.1	6.9%	-	-	0.29	1.38	0.41	-	0.03
Other EU states	308.7	2009	6.2	2.0%	1.9	-	0.4	3.9	-	-	-
Sub-total Europe	325.5	0	54.2	16.7%	3.5	12.5	14.7	7.9	5.8	9.0	0.9
Americas											
Canada	31.8	2009-13	2.6	8.3%	-	1.08	0.24	-	0.39	0.79	0.13
Chile	4.0	2009	0.0	0.0%	-	-	-	-	-	-	-
US EESA	185.0**	10 Years	18.2	9.8%	10.25	2.60	3.34	0.76	0.33	0.92	-
US ARRA	787.0	10 Years	94.1	12.0%	22.53	3.95	27.40	4.00	9.59	11.00	15.58
Sub-total Americas	1,007.8		114.9	11.4%	32.8	7.6	31.0	4.8	10.3	12.7	15.7
Total	2,796		436	15.6%	38.0	20.1	66.8	15.9	121.8	91.7	81.6

(*Only EUR30bn from direct EU contribution considered for calculation as the rest (EUR170bn) is contributed by member states; **USD700bn under TARP not considered for calculation as the fund is mainly for bank bailouts not for fiscal stimulus) + Low Carbon Vehicles

Source: HSBC estimates

今も同じ.....

- サンダースのGND案：16.3兆ドル（10年）
- バイデンのGND案：2兆ドル（4年）
- EUのGND案：復興資金7500億€（2年間で7割配布）の3割を温暖化対策
- 日本は、またほぼゼロ？

7. まとめ

2030年原発ゼロ・石炭火力ゼロ はより経済合理的

- 電気の需給バランス安定性は損なわれない（一部地域では対策必要）
- 化石燃料費削減を省エネ・再エネ投資に向けることで、経済活性化・雇用拡大が可能
- 電気代は下がる

エネルギー転換戦略に対して想定される反論

- 技術想定
- 価格・導入ポテンシャル想定
- マクロ経済想定
- 確率論（電力供給不足）
- 財源
- Just transition（補償政策）

エネルギー転換戦略に対して想定される反論（続き）

- 今後数年間のアクション、予算措置、財源、収支、CO₂排出削減量
- 天然ガス
- 2050年代ゼロエミッション

→より細かい提言を作成中

補足資料

参考：政府との比較（2030年度、事業用＋自家発）

	エネ転換戦略		政府需給見通し		備考
	発電量 [億kWh]	割合	発電量 [億kWh]	割合	
原子力	0	0	2,317～2,168	22～20%	
石炭	0	0	2,810	26%	コークス炉ガス、高炉ガス、転炉ガス含む
石油等	0	0%	315	3%	製油所ガス、瀝青質混合物等含む
天然ガス	3,744	46%	2,845	27%	
その他	542	7%			排熱、コークス炉ガス、高炉ガス、転炉ガス含む
再エネ	3,725	47%	2,366～2,515	22～24%	
太陽光	1,261	16%	749	7%	
風力	917	11%	182	1.7%	
地熱	79	1%	102～113	1.0～1.1%	
水力	1,080	13%	939～981	8.8～9.2%	
バイオマス	407	5%	394～490	3.7～4.6%	
その他	0				
廃棄物	22	0.3%			
発電計	8,053	100%	10,650	100%	省エネの差

参考：政府との比較（2030年度、事業用＋再エネ）

	エネ転換戦略		政府需給見通し		備考
	発電量 [億kWh]	割合	発電量 [億kWh]	割合	
原子力	0	0	2,317～2,168	26～24%	
石炭	0	0	2,420	27%	コークス炉ガス、高炉ガス、転炉ガス含む
石油等	0	0%	65	1%	製油所ガス、瀝青質混合物等含む
天然ガス	3,482	47%	1,895	21%	
その他	200	3%			コークス炉ガス、高炉ガス、転炉ガスを含む。
再エネ	3,725	50%	2,366～2,515	26～28%	
太陽光	1,261	17%	749	8.3%	
風力	917	12%	182	2.0%	
地熱	79	1%	102～113	1.1～1.2%	
水力	1,080	14%	939～981	10.4～10.8%	
バイオマス	407	6%	394～490	4.3～5.4%	
その他	0	0%			
廃棄物	22	0.3%			
発電計	7,394	100%	9,060	100%	省エネの差

参考文献

「原発ゼロ・エネルギー転換戦略」

<http://energytransition.jp/>

「原発ゼロ・エネルギー転換戦略」における
電力需給バランスの検証

<https://energytransition.jp/archives/421>