

地球温暖化対策の長期戦略における 技術的側面： 特に電力技術を中心として

キャノングローバル戦略研究所 上席研究員 杉山大志

CIGS国際シンポジウム

2017年12月7日

(本講演は個人の見解です)



「電化」と「電気の低炭素化」は長期的な温暖化対策の柱

- パリ協定では、20年までに地球温暖化対策の「長期戦略」を事務局に提出することを諸国に招請している。これを受けて、米国、英国、フランス、ドイツなどが、おおむね現状から80%程度のCO₂などの排出削減を進めることを目標として、長期戦略の策定を進めてきた。その内容はだいたい似通っている。そしてどの国でも、電気の低炭素化と、電化の推進（最終エネルギーにおける電力の割合の増加）が、その主要な柱となっている。
- これは国連気候変動に関する政府間パネル（IPCC）や国際エネルギー機関（IEA）などの国際機関による世界規模での温室効果ガス排出削減のシナリオでも同様になっている。これらの試算では、世界の平均気温上昇を産業革命前に比べて2℃未満に抑えるためには、世界規模の温室効果ガス排出を50年ごろまでには半減し、2100年までにはおおむねゼロとしている。やはり、その重要な手段が電気の低炭素化と電化となっている。
- このように、長期的な地球温暖化対策として、電気の低炭素化に加えて電化が必要なことは、さまざまな立場を超えて、世界のコンセンサスとなっている。

パリ協定における「長期目標」と「長期戦略」

1. パリ協定における長期目標（2℃目標）

- ①世界の平均気温上昇を産業革命以前に比べて2℃より十分低く保つとともに、1.5℃に抑える努力を追求。
- ②出来る限り早期に世界の温室効果ガスの排出量をピークアウトし、今世紀後半に人為的な温室効果ガスの排出と吸収源による除去の均衡を達成。

※先進国、途上国を問わず、特定年次に向けての世界の削減数値目標は合意されなかった。

2. 長期低排出発展戦略

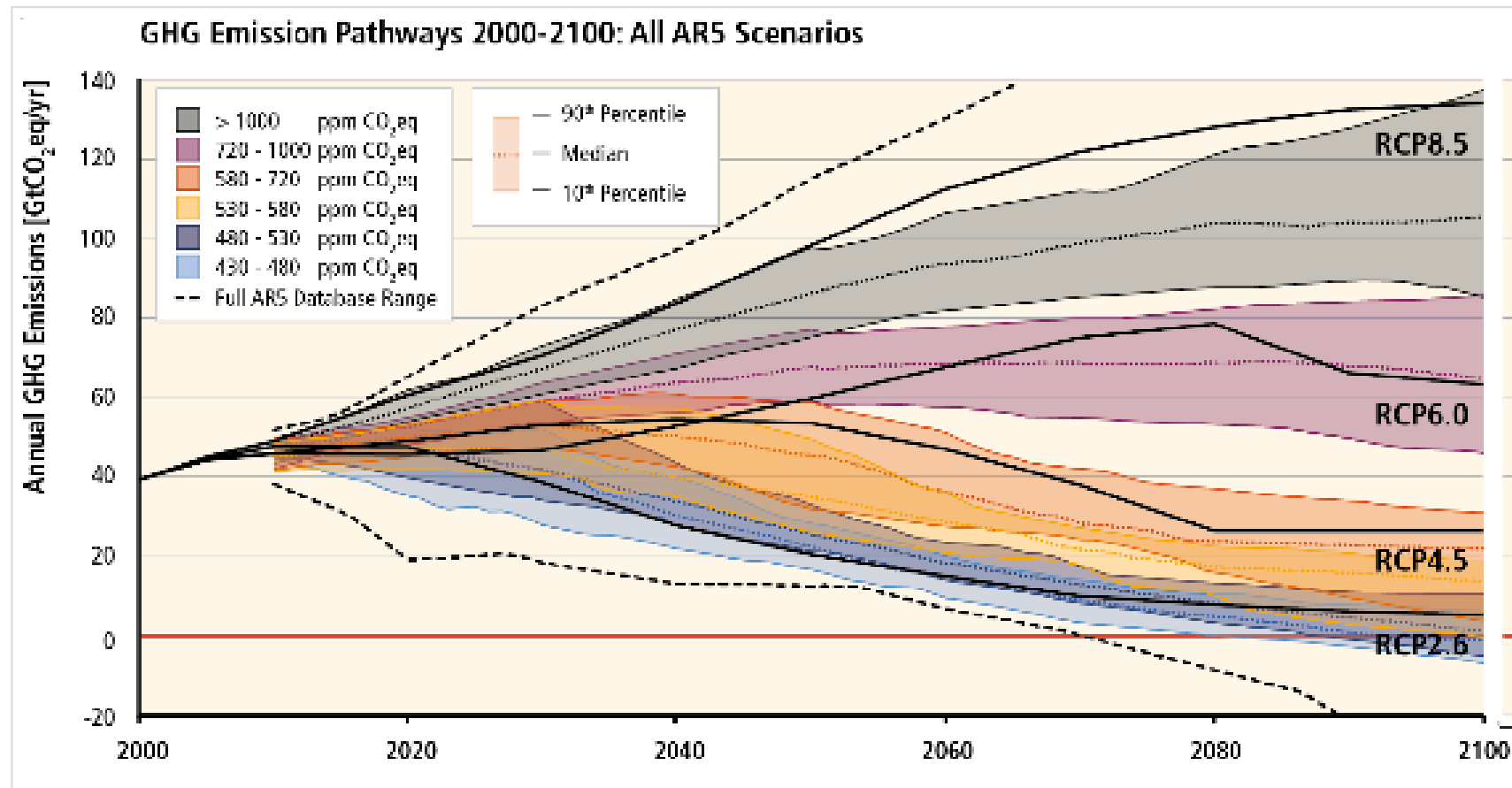
- ①パリ協定において、全ての締約国は、長期的な温室効果ガスの低排出型の発展のための戦略を作成し、及び通報するよう努力すべきであるとされた。
- ②COP21決定において、2020年までの提出が招請されている。

3. 各国（米国、カナダ、メキシコ、ドイツ、フランス）の長期戦略の位置付け

- ①いずれの国も、具体的な政策決定ではなく「ビジョン」を示したものであり、具体的な政策については別途検討することとしている。
- ②上記のほか、低排出発電・省エネ・研究開発（イノベーション）の推進、経済的手法、定期的な見直し等について記載があり、複数のシナリオを記載している国もある。

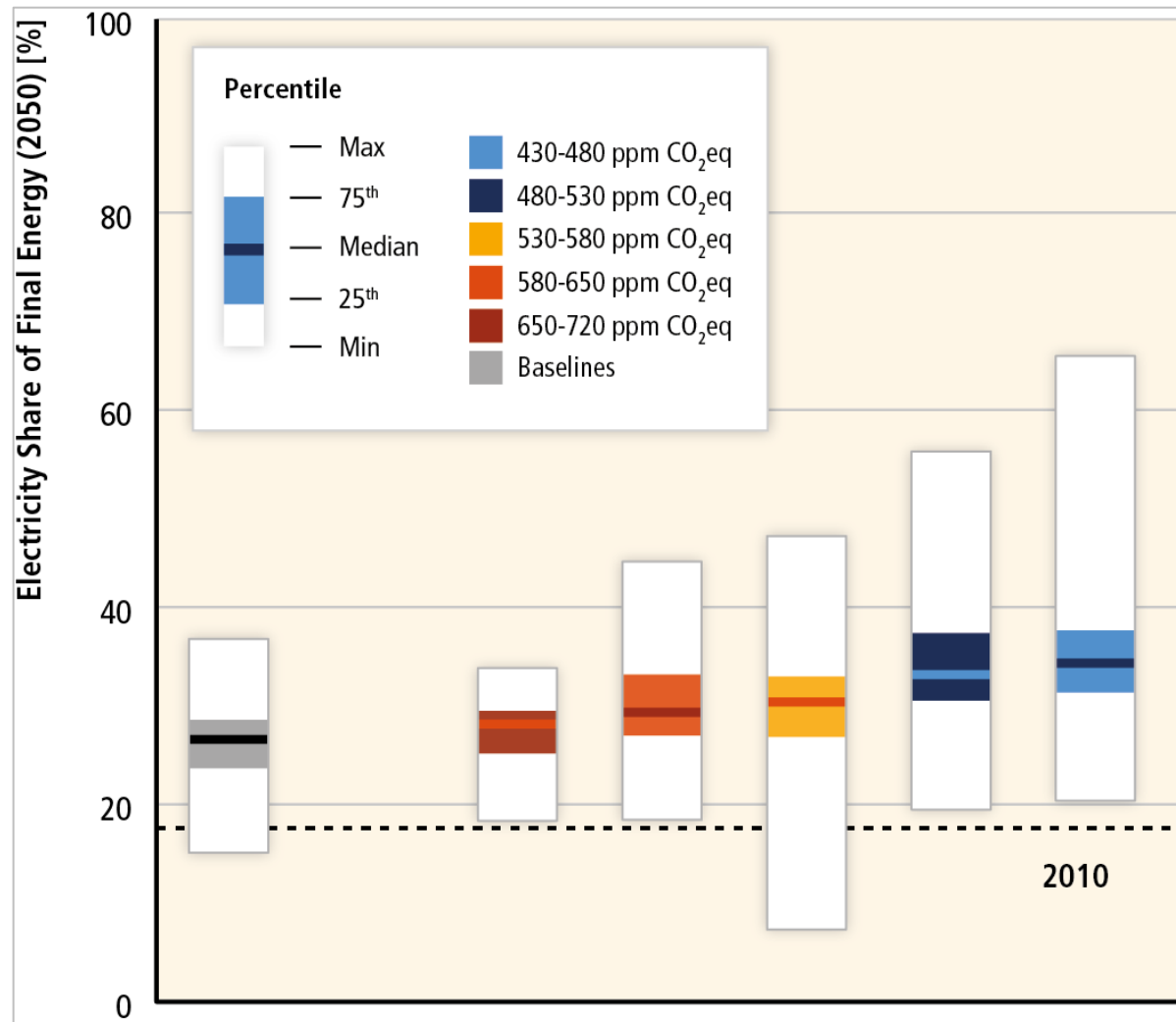
http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/ondanka_platform/kokunaitoushi/pdf/007_07_00.pdf

大規模排出削減のシナリオ (IPCC 2014)



(IPCC 第5次評価第三部会報告書、2014年)

大規模削減は電化を通じて実現される (IPCC 2014)



(IPCC 第5次報告 第3部会 7章)

諸外国の長期戦略 “ビジョン”

	アメリカ	カナダ	メキシコ	ドイツ	フランス
長期戦略の位置付け	ビジョン (×具体的政策決定)	ビジョン (×具体的政策決定)	ビジョン (×具体的政策決定)	ビジョン (×具体的政策決定)	ビジョン (×具体的政策決定)
2050年の目標値	▲80%以上 (2005年比)	▲80% (2005年比)	▲50% (2000年比)	▲80-95% (1990年比)	▲75% (1990年比)
エネルギー構成	あり	あり	あり	なし	なし
主な対策	① 低排出発電の促進 ・再エネ、原子力、バイオマス、CCS等	① 低排出発電の促進 ・再エネ（特に水力）、原子力（シナリオによる）、コジェネ、CCS等	① 低排出発電の促進 ・再エネ、原子力等	① 低排出発電の促進 ・再エネ導入増、スマートグリッド等	① 低排出発電の促進 ・再エネ投資の促進、高排出エネルギー源使用の抑制等
	② 省エネの促進 ・電気機器等の高効率化等	② 省エネの促進 ・モーダルシフト、断熱性能向上等	② 省エネの促進 ・照明、エアコン、冷蔵庫、給湯等	② 省エネの促進 ・新築の建物の省エネ基準導入・既存の建物のリノベーション等	② 省エネの促進 ・建物の省エネ規制強化、省エネシステム導入等
	③ 電化の促進 ・電気自動車、冷暖房、温水器等	③ 電化の促進 ・産業、運輸、建物等	③ 鉄道、電気自動車の利用促進等	③ 自動車へのCO2フリー燃料供給、公共・鉄道交通促進等	③ 電気自動車の導入、モーダルシフトの促進等
	④ 低排出技術への研究開発投資促進	④ 低排出技術への研究開発投資促進	④ イノベーション政策の推進	④ CCU等の研究開発や市場導入促進	④ イノベーションへの公的支援や投資、技術ロードマップの更新
	⑤ カーボンプライシングの導入	⑤ カーボンプライシングの導入	⑤ GHG排出量を考慮したエネルギー価格の設定	⑤ 環境に配慮した税制や経済的インセンティブの見直し、排出権取引制度の強化	⑤ 産業競争力維持のためのリーケージ対策・EU域外での排出権取引制度の導入推進
その他	・定期的な見直し（5年毎） ・標準シナリオと5つの代替シナリオ	・4つのモデルによる7つのシナリオ	定期的な見直し ・緩和:最低10年に1回 ・適応:6年に1回	定期的な見直し	定期的な見直し（5年毎）

http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/ondanka_platform/kokunaitoushi/pdf/007_07_00.pdf

再エネ大量導入で料金高騰

- ところが足元の諸国の政策を見ると： 再エネの大量導入は、CO2排出削減にはなるものの、深刻な電力価格の高騰を招き、電化という戦略に逆行している。日本では再エネ賦課金が既に1kWh当たり2.64円に達し、今後も上昇が見込まれている。ドイツでの再エネ賦課金は同7ユーロセント近くに達している。これでは電化が進むどころか、まるで電力離れを促進しているかのようである。
- 「長期戦略」を見ると、諸国は今後も再エネの導入を拡大していくとしている。確かに再エネのコストは、大幅に下がってきている。しかしなお、相当に条件の良い場所でない限り、そのコストは、いまだ石炭や天然ガスの火力発電などの既存の電源に比べてかなり高い。かつ、再エネのシェアが増すにつれて、その間欠性という欠点が目立ち、系統との連携の問題がますます深刻になってくるので、これは今後のコスト増大要因となる。再生可能エネルギー導入の拡大を長期的に目指すという大方針には異論は無いが、系統の安定化を含めた技術開発をまず進め、コスト低減を図り、電力価格が高騰しないよう、普及拡大は慎重に進める必要がある。

再エネ100%は現状技術では実現困難コストと間欠性が課題

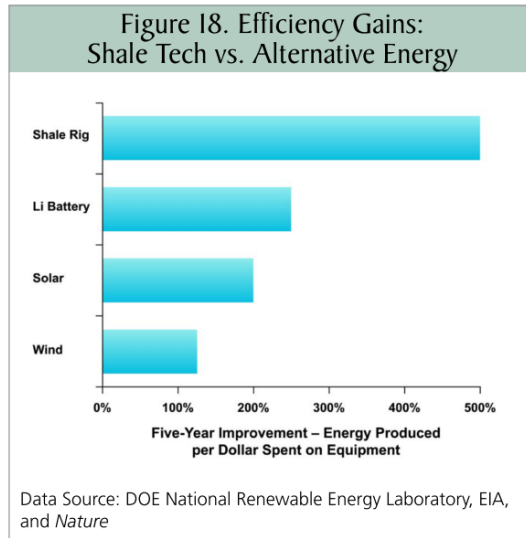
Table 1

Summary of scoring against feasibility criteria for twenty-four 100% renewable energy scenarios. 'Coverage' refers to the spatial/geographic area of each scenario. 'Total' means the aggregated score for the scenario across all criteria with a maximum possible score of 7. Criteria are defined in Methods. For concision, the 'Reliability' column aggregates all four potential scores for reliability into a single score. An expanded table is available in the [Supplementary Material](#).

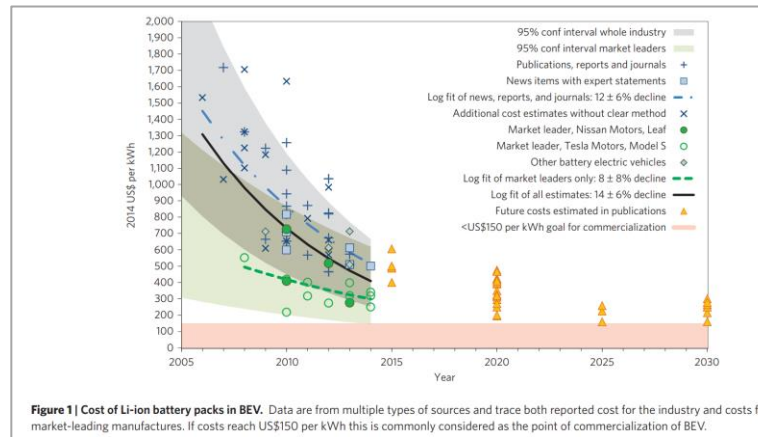
Study	Coverage	Criterion				Total
		I (Demand)	II (Reliability)	III (Transmission)	IV (Ancillary)	
Mason et al. [9,104]	New Zealand	1	2	1	0	4
Australian Energy Market Operator (1) [8]	Australia (NEM-only)	1	1	1	0.5	3.5
Australian Energy Market Operator (2) [8]	Australia (NEM-only)	1	1	1	0.5	3.5
Jacobson et al. [112]	Contiguous USA	0	3	0	0	3
Wright and Hearps [60]	Australia (total)	0	2	1	0	3
Fthenakis et al. [133]	USA	0	2	0	0	2
Allen et al. [27]	Britain	0	2	0	0	2
Connolly et al. [19]	Ireland	1	1	0	0	2
Fernandes and Ferreira [119]	Portugal	1	1	0	0	2
Krajacic et al. [20]	Portugal	1	1	0	0	2
Esteban et al. [17]	Japan	1	1	0	0	2
Budischak et al. [118]	PJM Interconnection	1	1	0	0	2
Elliston et al. [22]	Australia (NEM-only)	0	1	0	0.5	1.5
Lund and Mathiesen [16]	Denmark	0	1	0	0	1
Cosic et al. [11]	Macedonia	0	1	0	0	1
Elliston et al. [75]	Australia (NEM-only)	0	1	0	0	1
Jacobsen et al. [18]	New York State	1	0	0	0	1
Price Waterhouse Coopers [10]	Europe and North Africa	1	0	0	0	1
European Renewable Energy Council [26]	European Union 27	1	0	0	0	1
ClimateWorks [116]	Australia	1	0	0	0	1
World Wildlife Fund [108]	Global	0	0	0	0	0
Jacobsen and Delucchi [24,25]	Global	0	0	0	0	0
Jacobson et al. [113]	California	0	0	0	0	0
Greenpeace (Teske et al.) [15]	Global	0	0	0	0	0

(Heard, Brook, Wigley, & Bradshaw, 2017)

多くの技術のコストは急激に低下している – イノベーションには期待出来る (PV, battery, shale rig, LED, MEMS, sensors, internet, ...)



(Mills, 2015)



(Nykqvist & Nilsson, 2015)

Manyika, J., Chui, M., Bisson, P., Woetzel, J., Dobbs, R., Bughin, J., & Aharon, D. (2015).

(Holdowsky, Mahto, Raynor, & Cotteleer, 2015)

原発は競争力を失ったか

- 脱原発の動きも、地球温暖化対策には逆行している。ドイツは脱原発を決め、フランスも原子力発電の割合を低下させるとしている。日本の再稼働も遅々として進まない。
- 原子力発電はいずれにせよコスト競争力を失った、という意見がある。だが、そうではないことがデータで示されている。確かに、米国、フランス、そして日本などでは、安全規制の強化によって原子力発電のコストは高騰し、特に米国では禁止的な水準に達した。だが、韓国、インドでは高騰していない。ロシア、中国はデータが不十分でよく分からないが、同様ではないかとされる。
- 先進国で原子力のコストが上昇したのは、規制のためである。原子力発電の技術自体は、もちろん進歩はするが退歩などしないので、ほかの技術と同様に、コストは長期的には低下する傾向がある。課題は規制の在り方であって、原子力発電技術だけはコストダウンが進まない、などと言うことではない。

原子力発電のコスト



再エネの性急な導入は逆効果

- 最近ブームの電気自動車（EV）はどうか。これも、先進諸国は競って優遇策を講じている。購入への補助金、混雑規制の例外規定、充電の無料化などである。だがこれらの優遇策は、EVの台数が少ないうちは可能だが、導入が拡大していなくなれば、いつまでも続けられるわけではない。それに、電化は運輸部門だけでなく、業務部門や産業部門でも進めていかねばならない。それらすべてに補助金を出し続けるということもあり得ない。結局のところ、電気料金の全体の水準が高騰しないようにすることが、長期的に見て、電化促進策の重要な柱となる。
- IPCCやIEAの数値モデルでは、再エネの導入量は外生で与えていて、エネルギー需給全体の低炭素化はモデル内では均一な炭素税を仮定して計算するのが普通である。これがモデルでは最も簡単な方法だからだ。ところが、このモデル化では、実は再エネの普及策は電力価格の高騰で賄われているというリンクが捨象されてしまっている。
- もしも再エネの大量導入イコール電力価格高騰という、現実世界において観察されているリンクがはつきりモデル化されるならば、性急な再エネの大量導入は地球温暖化対策に逆行する、という結果が得られるはずだ。これは難しい計算ではない。

低炭素社会を実現する手順

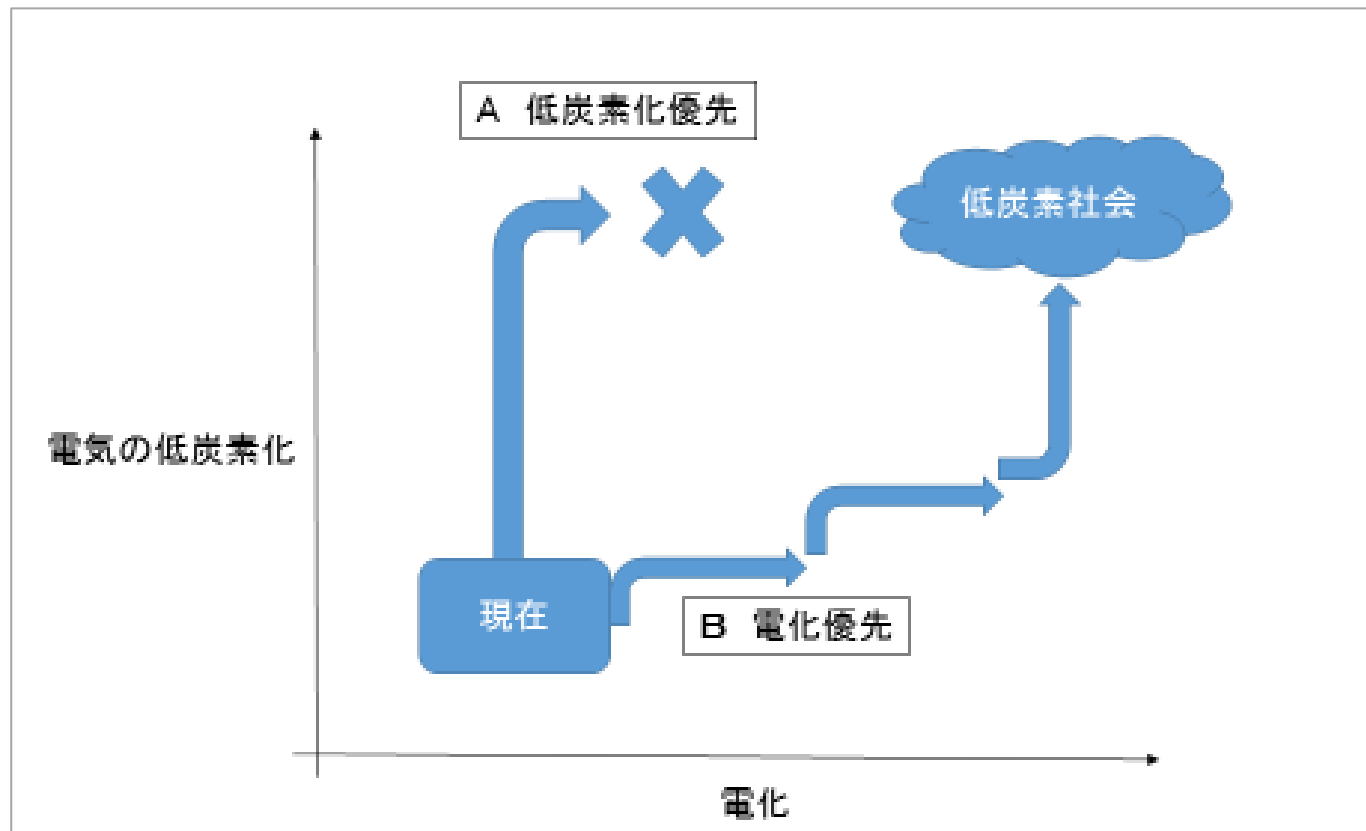


図 低炭素社会を実現する2つの経路。低炭素社会の実現のためには、電気の低炭素化(CO2原単位の低下)と電化(電力消費が最終エネルギー消費に占める割合の上昇)の両輪が必要である。
A: 性急な低炭素化によって電力価格が高騰すれば、電化が遅れ、低炭素社会も到来しない。
B: 電力価格を抑制することで電化を進め、徐々に電気の低炭素化を図る戦略が、低炭素社会への近道ではないか。

<http://ieei.or.jp/2015/06/sugiyama150608/>

まとめ

- 2050年ごろをめどとしてCO2などの大幅排出削減を目指す、地球温暖化対策の「長期戦略」の検討が内外で進んでいる。ここでは、エネルギー需要の「電化」と「電気の低炭素化」の両方が必要とされている。だが足元で起きていることは、脱原発や再生可能エネルギーの大量導入であり、これは電力価格の高騰を招き、「電化」という方針に逆行している。