

運輸交通分野のカーボンニュートラル化を巡って

① 自動車の環境性能を左右する日本のエネルギー事情

菅政権による 2050 年カーボンニュートラル化宣言を受け、当研究所では運輸交通分野の脱炭素化を巡る様々なトピックについてレポートを発信していく予定です。初回の本稿では、日本の自動車を取り巻く燃費規制やエネルギー事情をとりあげます。運輸交通分野の脱炭素化に向けては、パワートレインの電動化が注目されがちですが、部品や車体の製造、燃料生産、そしてそのための発電において CO2 排出の少ない工程を踏むことも重要になってきます。

1. はじめに

2020 年 10 月の発足時に 2050 年カーボンニュートラル化宣言を行った菅政権は¹、その具体的方策として 12 月 25 日に「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（以下、成長戦略）」を公表した。前年 6 月時点では、2050 年までに 80%の温室効果ガスの削減に取り組み、時期を明言せず最終的にはカーボンニュートラル化を実現するとしていたが²、これを前倒しで実現する高い目標が掲げられたことになる。

日本の CO2 排出量の 18.5%（2018 年）を占める運輸交通分野だが、その大半が自動車由来（同 15.9%）である³。そのため、成長戦略に掲げられた重点 14 分野の 1 つが「自動車・蓄電池産業」であり、2035 年までに 4 乗用車の新車販売を 100% “電動車”（<BOX>参照）とする目標を掲げ、特に今後 10 年間は BEV の導入を強力に進めることが明記された⁵。とはいえ、日本の CO2 排出量は世界の 3%程度に過ぎない（巻末<別表>参照）。経産省主導で纏められたこの戦略からは、日本を脱炭素技術の実証フィールドとし、アジア等への主力輸出品を製造する成長産業を育成したい意図も読み取れる。

これに対し日本自動車工業会は、国家のエネルギー政策の大変革なしでは目標達成は困難と警鐘を鳴らす⁶。

<BOX>燃料・エネルギー別の主な自動車種別

成長戦略において 2035 年以降も販売が認められる“電動車”として列挙されているのは①～④である。

なお、様々な文献等で「電動車」「電気自動車(EV)」等の用語が用いられるが、その定義は執筆者・発言者によって異なる。②のみを指す場合もあれば、①～③ または①～④の総称として使用されることもあるため注意を要する。

名称	エネルギー源			特徴	走行中の CO2 排出
	化石燃料	電気	その他		
① 燃料電池車 (FCV)	—	—	水素*1	燃料タンクに高圧の水素ガスを充填。触媒作用を用いた燃料電池で水素を水と電気に分解して発電しながら走行する。	ゼロ
② バッテリー式 EV (BEV)	—	○	—	車載のバッテリーを外部から給電して充電し、そこから電気を取り出しながら走行する。	ゼロ
③ プラグインハイブリッド (PHV、PHEV)	○	○	—	BEV の 1/15~1/20 の容量*2 のバッテリーを搭載しており外部から給電できる。そのため HV の機能に加え、BEV と同等の走行も可能。	少
④ ハイブリッド (HV、HEV)	○	△	—	ガソリンまたはディーゼルエンジンで走行する。外部給電はできないが、小型バッテリー (BEV の 1/50~1/100 の容量*2) にエンジン駆動時のエネルギーを電気として蓄え、燃費をサポートする。	多
⑤ ガソリン車	○	—	—	ガソリンエンジンで走行する。	
⑥ ディーゼル車	○	—	—	ディーゼル (軽油) エンジンで走行する。	

*1 水素以外 (アルコール等) を用いた燃料電池も可能だが、現在量産化が進んでいるのは水素を用いるもの。

*2 バッテリー容量は成長戦略に記載の値。

(出典) 筆者作成

我が国の自動車産業は就労人口の 8%を抱え、製品の出荷額、輸出額では約 2 割を占める⁷。本稿では、550 万人の雇用を支えるこの基幹産業と保有台数 8,000 万台の自動車ユーザーを取り巻くカーボンニュートラル化に立ちはだかるエネルギーの問題を見ていきたい。

2. 電動化に突き進む世界

～何を以って“エコ”と判断するか？～

エンジン（内燃機関）を搭載した乗用車の新車販売を規制する動きは拡大しており、日本もこれに合わせた格好だ（<図表 1>参照）。自動車は耐用年数の長い消費財である⁸。2050 年にカーボンニュートラル化を目指す国・地域では、買い替えサイクルを踏まえ 2035 年頃から規制を始める判断をしたものと考えられる。

しかしながら、ガソリンとディーゼル（軽油）は、排気の問題を除けば極めて効率の良い燃料であり（<図表 2>参照）、輸送・貯蔵のインフラも整っている。現状では同等のエネルギー密度を持つ代替燃料は見つかっていない。

にもかかわらず、新たなエネルギーに乗り換えようという政策的な動きには気候変動対応以外の各国の事情も見え隠れする。ディーゼル

車の比率が高い欧州では NOx（窒素酸化物）による大気汚染と健康被害が問題となっていた。同様に大気汚染が深刻化していた中国も、国家プロジェクトとして次世代車の製造と普及に取り組んだ。これらの地域では、Tank to Wheel（タンクから車輪まで、車両使用時）の燃費規制を採用したため、走行時に排ガスが無く、構造が比較的簡素で生産が容易な BEV に傾倒した電動化対応が進められた。排ガス試験の数値を改ざんしたいいわゆるディーゼルスキャンダルもこれを加速させた。

これに対し、日本では 2030 年度燃費基準から世界に先駆けて Well-to-Wheel（井戸から車輪まで）の燃費規制を導入し⁹、走行時だけでなく、燃料の生産に関わる CO2 排出量を考慮して環境性能を測定している。ホストを務めた 2019 年 6 月の G20 会合では、Well-to-Wheel 分析を加味することの重要性を合意文書に盛り込むことにも成功した¹⁰。この考え方に基づくと、BEV と日本

2021/02

<図表 1>カーボンニュートラル化と新車販売規制

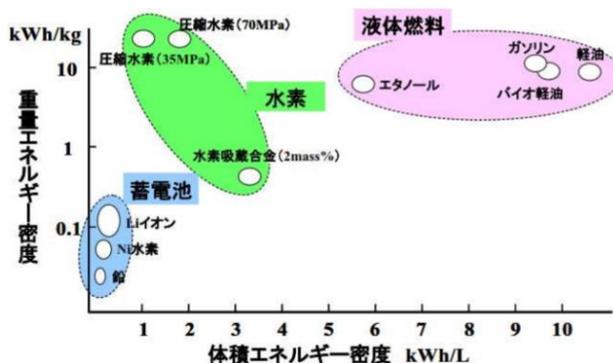


国名	新車販売規制 実施年	販売が認められる自動車			
		FCV	BEV	PHV	HV
ノルウェー*1	2025 年	○	○	○	×
英国	2040 年 ⇒2030 年(前倒し)	○	○	○	△*2
米国 カリフォルニア州	2030 年	○	○	明言せず*3	
インド	2030 年 ⇒40%(緩和)*4	○	○	○	○
中国*5	2035 年目途	○	○	○	×
日本	2035 年目途	○	○	○	○
フランス	2040 年	○	○	○	×

- *1 2030 年のカーボンニュートラル化を目標としている。
 - *2 2035 年に販売禁止となる見込み。
 - *3 州政府は内燃機関を搭載した自動車を規制する方針。
 - *4 当初はガソリン車・ディーゼル車の新車販売を完全に禁ずる方針だったが、電動車比率を 40%程度とする目標に引き下げた。
 - *5 2060 年のカーボンニュートラル化を目標としている。
- (出典) 各国・州政府資料等より筆者作成 (図中の公約は筆者加筆)

<図表 2>エネルギー密度の比較

エネルギー密度が大きいほど少量でパワーを発揮する燃料(または電池)と言える。横軸の体積エネルギー密度が高いほど小型化に向き、縦軸の重量エネルギー密度が高いほど軽量化に向いている。



(出典) 金子タカシ「知っておきたい自動車用ガソリン」、JSAE エンジンレビュー、Vol.8 No.1、2018 年

で普及するHVのCO2排出量の較差も縮小する¹¹。ただし、欧州はLife Cycle Assessment（生産時から廃車後のスクラップ処理やリサイクル工程も加味する）の導入を検討しており、これではまた別の結果となる¹²。評価手法でエコな自動車の見え方は変わってくる。いずれにしろ、カーボンニュートラルの実現に向けては、自動車そのもののパフォーマンスに加え、CO2排出の少ない作業工程を踏むことが重要になってきている。

3. 再生可能エネルギー資源の乏しい日本の対応は？

(1) エリア別の電力系統と再エネ電源の偏在

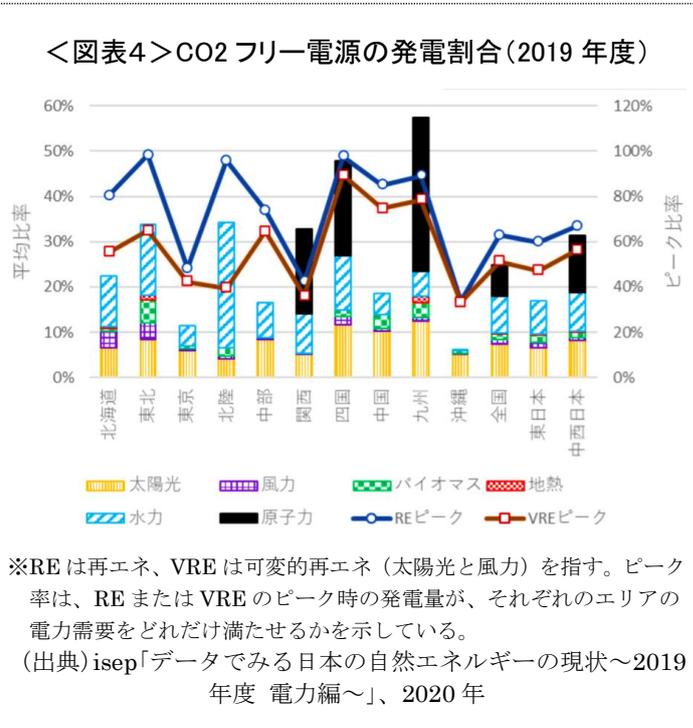
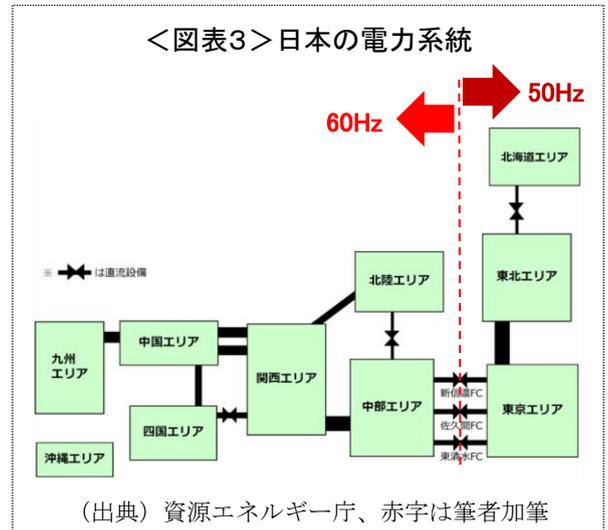
安定した偏西風を活かして風力発電を中心に再生可能エネルギー（以下、再エネ）の導入が進む独英、原子力が7割を超える仏（巻末〈別表〉参照）、再エネポテンシャルの高い広大な国土の米中と比較すると、日本は国土が狭くエネルギー資源が乏しい。また、国土が南北に長いので電力系統が10のエリアに分かれており、冷暖房需要の著しい増加などにより電力供給が逼迫しない限りは、原則、各エリアで需給を調整している〈図表3〉¹³。さらに、東西で周波数も異なるため東西間の連携容量には制約がある¹⁴。

政府は再エネを最大限導入していく方針だが、それは自然の条件にエネルギーの安全保障を委ねることになる。風力は北海道と東北、太陽光は九州、四国などに適地が偏在しており、人口の多い東京、製造業の集積する中部では特に不足している（〈図表4〉）。政府はこの10年間でBEVの導入を強力に推進する計画だが、各エリアの電源の状況によってCCS（Carbon dioxide Capture, and Storage）¹⁵の推進などと組み合わせない限りカーボンニュートラルに向かっていくと見做せるのか評価が分かれそうだ。

自動車の電動化率1位のノルウェーは、水力による再エネで電力需要のほぼ100%を賄える稀有な国土を持つ（〈別表〉参照）。製造サイドでは、カーボンフットプリントの少ない製造工程を得るためにサプライチェーンの再構築が行われつつある。ノルウェーには車載バッテリーの工場が続々と建設され、日本からもパナソニックが欧州向けの生産拠点として進出する¹⁶。国内で電源を取得できない場合には、海外への生産拠点流出や、日本製部品の評価が下がり輸出が縮小する懸念がある。成長戦略では洋上風力の導入が主力事業として掲げられ、秋田2か所、長崎、千葉の4か所の海域の選定が終わっている。大量導入が可能な再エネとして期待されている。

ユーザーサイドに目を向けると、ノルウェーは前述の恵まれた国土の元でも、VAT（付加価値税、25%）

の免除、道路通行料や公営駐車場の無償化、バス優先レーンの走行許可など金銭面だけでなく保有による利便性を保障する様々なインセンティブを組み合わせることで国民に電動車を訴求している¹⁷。買い替えを決定するのは個々の国民であり、このような包括的なインセンティブ設計が日本政府にも求められよう。



（２）輸送・貯蔵可能な水素の活用

島国の日本では自国で発電するか、液体や気体など別の形態でエネルギーを調達する必要がある。扱いの難しい水素がカーボンフリー燃料として注目される理由はここにある。ただし、水素は単体では自然界に存在しないため、水などから水素を取り出す必要がある。この分解時に消費されるエネルギーは大きいですが、電気よりも輸送や貯蔵に適している利点があり、高压ガス化すればバッテリーよりエネルギー密度も高い。カーボンフリーな工程で水素を生産できれば、日本を走る FCV は Well to Wheel で CO₂ 排出量ゼロにできる。

太陽光の発電量が豊富な九州では 2018 年 10 月以降複数回の出力制限が行われている¹⁸。この余剰電力を使って水素を生産する取組みが始まっている¹⁹。水素に形を変えることで、他エリアへの貯蔵可能なエネルギー提供も行える。ただし、国内では生産が順調でないプラントもあるため²⁰、再エネが豊富な豪州から大量の水素を輸入するサプライチェーンの構築も進んでいる²¹。この水素を用いた火力発電への挑戦が新たなカーボンフリー電源の創出として成長戦略に盛り込まれた。水素の需要量を拡大し、低コスト化を目指す。

もう 1 つの大口需要家が自動車である。成長戦略では商用車、特に FC トラックの導入を 2050 年に 1,500 万台見込む。トラックの保有台数が 1430 万台（2018 年）²²であるから、FC トラックにほぼ代替えさせるかなり意欲的な目標だが、業界標準 70Mpa の水素ガスはバッテリーに比べ大型車に適性がある。現在、国内に 137 か所²³ある水素ステーションの 2025 年の設置目標は 320 か所とされる²⁴。この 25 年間で半減したもののガソリンスタンド（1995 年 5.99 万→2019 年 2.96 万か所²⁵）と比べると数はかなり見劣りする。しかし、商用車を対象にすれば、高速道路近くなど需要の多いルートにステーションを集約しても需給をマッチングできる。この商用車を中心にインフラ設計を行い早期の普及を図るアプローチは中国でも採用されている²⁶。2025 年に 20 万台、2030 年に 80 万台程度²⁷を普及目標とする乗用車 FCV は、このステーションへのアクセスに難の無いユーザー向けとなりそうだ。

水素ブームは過去に何度かあったが、2050 年前後のカーボンニュートラル化に向けて今回は諸外国も同じベクトルで動き始めている。再エネの電源比率が 4 割を超えるドイツだが、実は日本と同様の悩みを抱えている。風力発電の適地は北部に集中し、工業地域や大都市の所在する南部との間で送電網が不足しているのだ。そのため、風力の電力を用いて水素を生産するプロジェクトが北部で複数立ち上がっており、遠方に向けて輸送可能な形態でエネルギーを提供することが計画されている²⁸。これを受け取る南部のバイエルン州には BMW や Audi が所在しているが、各界の企業や研究機関など 125 社によるバイエルン水素センター（Zentrum Wasserstoff.Bayern (H2.B)）が創設され、運輸交通分野を中心に水素活用のエコシステム形成に取り組んでいる²⁹。BEV を国策で推進してきた中国でも、広大な国土の物流・輸送を支えるべく、FCV 活用による水素のエコシステムの完成を次の一手として国策に掲げている³⁰。再エネで発電された電気を直接利用するのに馴染まない用途や地域のためには、再エネ電源から製造する水素を確保することも必要になる。

（３）マイカー移動の抑制による省エネ化

エネルギーの転換ばかりが注目される運輸交通分野だが、成長戦略にはマイカー依存度の低い社会を実現するという方策も盛り込まれている。既に人口減少が始まっている日本だが、保有台数は微増傾向にある。郊外に駐車場を併設した大型ショッピングセンター等が増えたことで、マイカー移動ありきのライフスタイルが定着し³¹、女性や高齢者による買い物利用の増加や短距離での利用増が認められる³²。このような非効率なマイカー移動を地域公共交通や自転車の利用に振り替え、社会全体のエネルギー消費の削減を目指す。

尤も、日本の人口は 2050 年前後に 1 億人を切ると予想されており³³、保有台数も自然減が始まるタイミングがあると見られる。しかし、再エネ比率の低い大都市圏を含むエリアは将来に亘って人口集中が予測されており³⁴、こうした地域では公共交通網が充実していることから、まちづくりと一体となった移動スタイルの転換はカーボンニュートラル化の実現に寄与すると考えられる。

4. おわりに

基幹産業である自動車産業と国民の足である自動車利用双方のカーボンニュートラル化の達成のためにはCO₂フリーな電源の拡充が欠かせない。業界の領域を超えており、自工会の指摘する通り、国のエネルギー政策が問われている。導入拡大が期待される洋上風力や水素火力には不確実な要素がある。前者でベンチマークとする英国では洋上風力に規模の経済は働かず、むしろ大規模化するほど遠洋や深海に進出せざるを得ないため建設・メンテナンスコストが高額化し、電気代の上昇が見込まれるとの調査結果が出ている³⁵。後者は、実機タービンでの実証が完了していない技術である。エネルギーの確保は国家の安全保障上の問題であり、CCSを前提に石炭火力も一定残置することが見込まれているが、既に完成された技術でCO₂フリー発電が可能な原発の再稼働は避けて通れない議論となろう。第5次エネルギー基本計画でも、安全性を最優先に2030年に自然エネルギーの導入と原子力で電源構成44%程度とする目標値が明示されている³⁶。

公共交通や自転車の利用率を高めてエネルギー消費の効率化を図る交通政策は、欧州を起点とするMaaS (Mobility as a Service) が先行事例として当てはまる。マイカーに遜色ない利便性を保障するには機能をコンパクトに集約した欧州風の都市計画を本邦でも取り入れる必要がある。2021年2月、2050年のカーボンニュートラル化達成を目標に掲げた130を超える自治体の中でゼロカーボン市区町村協議会が設立された³⁷。横浜市を会長に豊田市なども理事に加わっていることから、各地域・自治体のエネルギー事情や公共交通事情を踏まえた運輸交通部門の脱炭素への取組みの進展が期待される。ただし、カーボンニュートラル化の側面からは、電源構成の見直しと比較すればこちらはやや補完的な政策と言えよう。

そこで次号では、カーボンリサイクルと合成燃料(e-Fuel)を取り上げたい。CCUS (Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage) ³⁸の実証研究が国内外で本格化している。2035年頃に新車販売規制が発令されたとして、ガソリン・ディーゼル車が保有台数の大半を占める時代は続く。また、今般の販売規制に含まれない中古車も年間700万台弱が取引されている³⁹。これらにCO₂を原料とするe-Fuelを適用すれば走行時に排出されるCO₂が相殺され、Well to Wheelでカーボンニュートラルに貢献できる可能性がある。

【主任研究員 新添 麻衣】

※次ページに<別紙>主要国データ集 を掲載

SOMPO 未来研トピックス 2020 Vol.30

<別表> 主要国データ集

	GDP 2019年		人口*1 百万人	CO2 排出量 2018年		自動車（四輪）			電源構成*2							
	順位	兆ドル		Mt	世界シェア	保有台数 2018年 (万台)	販売台数 2019年 (万台)		生産台数 2019年 (万台)	火力	原子力	再エネ			その他	
							BEV・PHV 比率*3	水力				風力	太陽光			
米国	1	21.42	328.2	4,921.1	14.7%	2億 8,149.9	1,748.0	2.1%	1,088.0	62.6%	19.6%	17.6%	7.0%	7.1%	1.7%	0.3%
中国	2	14.34	1,392.7	9,528.2	28.4%	2億 3,122.0	2,576.9	4.9%	2,572.1	68.9%	4.8%	26.4%	17.8%	5.5%	3.1%	0.0%
日本	3	5.08	126.1	1,080.7	3.2% (5位)	7,828.9 (3位)	519.5 (3位)	0.9%	968.4 (3位)	75.8%	6.2%	18.0%	7.7%	0.7%	6.7%	2.9% *4
ドイツ	4	3.85	83.0	696.1	2.1%	5,084.8	401.7	3.0%	466.1	40.7%	11.4%	44.6%	3.3%	23.6%	8.9%	3.2
インド	5	2.88	1,352.6	2,307.8	6.9%	5,646.6	381.7	0.1%	451.6	61.8%	1.8%	36.4%	12.2%	内訳不明		0.0%
英国	6	2.83	66.6	352.4	1.1%	4,041.3	267.7	2.8%	138.1	43.0%	17.4%	36.9%	1.9%	19.8%	3.9%	2.7%
フランス	7	2.72	67.0	303.5	0.9%	4,004.5	269.4	2.8%	220.2	7.9%	70.6%	21.5%	11.2%	6.3%	2.2%	0.0%
ノルウェー	30	0.40	5.3	36.0	0.1%	362.5	19.0	55.9%		2.5%	0.0%	97.5%	96.1%	1.4%	0.0%	0.0%

*1 中国、インドは 2018 年、その他は 2019 年。

*2 インド 2020 年 12 月、ノルウェー 2013 年、その他は 2019 年の値（日本は 2019 年速報値）。

*3 乗用車の新車販売台数に占める割合。なお、日本はここに示される BEV・PHV とは別に HV の割合が 37.7% ある。

*4 バイオマスと地熱の合計のため、再エネの合計値に算入されている。

（出典）世界銀行、Eurostat、IEA、日本自動車工業会、各国政府機関データより筆者作成

1 首相官邸「第百三回国会における菅内閣総理大臣所信表明演説」、2020 年 10 月 26 日

2 環境省「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」、2019 年 6 月 11 日

3 環境省「運輸部門における二酸化炭素排出量」、2020 年 4 月 22 日

4 成長戦略では「遅くとも 2030 年代半ばまでに」と記載されているが、年明けの施政方針演説で「2035 年までに」と明確化された。（首相官邸「第百四回国会における菅内閣総理大臣施政方針演説」、2021 年 1 月 18 日）

5 首相官邸「「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

6 Reuters「CO2 排出実質ゼロ、電源政策変革と財政支援必要＝自工会会長」、2020 年 12 月 17 日。成長戦略のリーク報道を踏まえ、会長の豊田章男氏が取材に応じたもの。

7 日本自動車工業会ウェブサイト「基幹産業としての自動車製造業」

8 日本の乗用車の平均車齢は 1992 年以降連続で延伸しており、2019 年には 8.65 年となっている。（自動車検査登録情報協会データより）

9 2020 年 4 月から適用開始。ただし、BEV と PHV は 2021 年 4 月から適用開始となる。（国土交通省「乗用車の 2030 年度燃費基準を策定しました」、2020 年 3 月 31 日）

10 「G20 持続可能な成長のためのエネルギー転換と地球環境に関する関係閣僚会合 閣僚声明（仮訳）」、2019 年 6 月 15-16 日

- ¹¹ IEA 「Global EV Outlook 2020 Entering the decade of electric drive?」、2020年6月
- ¹² ゴールドマンサックス 「CO2規制の新局面：EVは「走り方」だけでなく「作り方」も問われる時代に」、2019年12月
- ¹³ 電力広域的運営推進機関が24時間体制で全10エリアの電力需給を一元的に監視。需給悪化時には事業者に対して電源の焚増しやエリア間の電力の融通を指示し、全国の電力の安定供給を確保している。2019年度は計58回他エリアへの送電指示が行われた。（「電力需給及び電力系統に関する概況 - 2019年度の実績 -」、2020年8月）
- ¹⁴ 第39回 広域系統整備委員会 資料3、2019年3月。東日本大震災の後、他のエリアから電力を融通する送電網が不足していたため、原発の停止により著しく低下した発電量に見合うように電力の消費量を抑えるべく東北エリアと東京エリアでは計画停電が実施された。この経験を踏まえ、稀頻度の大規模災害時における安定供給の確保のために東西をつなぐ東京—中部間の連携機能の増強が行われているが、平時の連携を想定したものではない。
- ¹⁵ CCS (Carbon dioxide Capture, and Storage) は、空気中などのCO2を回収し、地中に貯留すること。
- ¹⁶ パナソニック株式会社、Equinor、Hydro 「パナソニックとノルウェー企業のエクイノール、ハイドロは、欧州における電池事業の可能性評価のための覚書に署名」、2020年11月18日
- ¹⁷ Norsk elbilforening (ノルウェー電気自動車協会) “Norwegian EV policy”
- ¹⁸ ソーラージャーナル 「九州電力が国内初の出力制御を実施！ 「再エネの主力電源化」へ課題」、2018年10月15日。需給バランスが乱れるとブラックアウト（広域停電）が引き起こされるため出力制限が行われた。国内では、2018年9月に北海道東部で胆振地震が発生した後、発電所の停止により需給バランスの乱れたため、地震の被害の無かった地域も含め北海道全域でブラックアウトが発生したことがある。
- ¹⁹ 株式会社北九州パワー 「CO2フリー水素の実証事業をスタートします」、2020年11月
- ²⁰ 会計検査院 「地域再エネ水素ステーション導入事業について、導入された再エネ水素ステーションの大多数において必要電力量の全量相当分が再エネ発電電力量により賄われておらず、現状の技術的な知見では、再エネ水素ステーションの必要電力量を適切に把握することが困難であることから、事業を廃止するとともに、将来の同種事業の効果的な実施に資するために、必要電力量を適切に把握するための技術的な検証を行うことにより、再エネ水素ステーションによる総合的な低炭素化が適切に図られるよう改善させたもの」。この指摘を受けて、環境省が助成する本事業は2020年度以降新規採択が中止された。
- ²¹ 電源開発株式会社 「日豪水素サプライチェーン褐炭ガス化・水素精製実証設備における水素製造開始について」、2021年2月1日
- ²² 日本自動車工業会 「日本の自動車工業 2019」、2019年7月
- ²³ 2020年12月末時点（次世代自動車振興センターデータより）。「水素・燃料電池戦略ロードマップ」では2020年の目標は160か所程度であったため、やや遅れている。
- ²⁴ 経済産業省 「水素・燃料電池戦略ロードマップ」、2019年3月
- ²⁵ 資源エネルギー庁 「令和元年度末揮発油販売業者数及び給油所数を取りまとめました」、2020年7月31日
- ²⁶ 中国の水素・FCV政策は、拙稿「2020年代はFCVの開発"共創"へ～中国という巨大な実証実験場の出現～」、2020年5月、SOMPO 未来研究所 未来研トピックス 2020 Vol.6 にまとめている。⇒[リンク](#)
- ²⁷ 経済産業省 「水素・燃料電池戦略ロードマップ」、2019年3月
- ²⁸ HK Nord e.V.ウェブサイト “Norddeutsche Wasserstofflandkarte” (Visited 2021年2月15日)
- ²⁹ H2.Bウェブサイト (Visited 2021年2月15日)
- ³⁰ 脚注 26
- ³¹ 国土交通省 「平成10年度 運輸経済年次報告」、2019年8月
- ³² 大臣官房総合政策課 杉山 渉/石神 哲人 「自動車の保有と利用」、財務省 広報誌ファイナンス、2019年8月
- ³³ 国立社会保障・人口問題研究所 「日本の地域別将来人口推計（平成30(2018)年推計）」、2018年
- ³⁴ 同上。2045年時点で、東京・神奈川・埼玉・千葉・愛知・大阪・兵庫の7都府県に人口の46.3%が居住していると推計されている。なお、コロナ禍を経て3大都市圏、特に東京への一極集中が解消されるとの見方もあるが、ここではその影響は盛り込んでいない。
- ³⁵ 国際環境経済研究所 杉山 大志 「風力発電のコストは上昇している—英国からの報告—」、2020年11月24日。なお、成長戦略に記載された英国の再エネ目標値は不正確なため、正しくは経済産業省 「「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」に記載された英国のシナリオに対する英国大使館からの指摘について」、2021年1月19日を参照されたい。
- ³⁶ 経済産業省 「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
- ³⁷ 横浜市ウェブサイト 「ゼロカーボン市区町村協議会」、2021年2月10日最終更新および「ゼロカーボン市区町村協議会 設立趣意書」、2021年2月5日
- ³⁸ CCUS (Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage) は、空気中などのCO2を回収・貯蔵し、なんらかの形で再利用すること。
- ³⁹ 中古車販売台数（中古車新規+移転+名義変更）は、693.8台（2017年）→695.1台（2018年）→698.8台（2019年）と推移している。（日本自動車工業会データより）