

研究ノート

グラフの図柄から想像する
—21世紀における世界の電力展開山口 歩ⁱ

キーワード：電力政策、温暖化対策、再生可能エネルギー、需給調整、グラフの読み取り

はじめに —電力問題を考える筋道

電力は生活を支えるライフラインの要にありながら、その将来の在り方をめぐる議論は錯綜している。世界各地の電力の課題の一つは化石系火力発電システム（以下化石系と略記）の低減であり、その代替としての再生可能系発電システム（以下再生可能系と略記）の増大にある。その方向性はかなりの国で共通しているのだが、足並みや速度はばらばらである。

個別具体的にみると、再生可能系が増大し、化石系が減少傾向にある国は簡単に見つかる。そうした転換の先進国にあっても、その歩みがどれだけ進められたのか、それを的確に評価するのは大変難しい。化石系の比率にしても、太陽光や風力発電の導入基数にしても、変化の実相はひたすらそれぞれの量となるので、これだけの変化の渦中にありながら、＜質的（構造的）転換＞というものが見えにくい。

「化石系が◎◎%減った」という＜言葉＞は、年々、評価として響きにくなる傾向にあるように思う。問題は、「数十年来続いてきた掛け声である」ことに加え、「現今の転換のペースがどの程度のもので、そ

れまでの努力の社会的影響力がどう現れているのか？」ということが見える化できていないことにある。

もちろん温暖化の進行を食い止めるには、転換速度は速いほうがいいわけなのだが、化石系の削減や再生可能系の増進がもたらす、正負の影響を無視して進行できるものでもない。今展開している対策が、一体何についての対策なのか、どうしたレベルの防御であるのか、霞に包まれている感もある。だからこそ、昨年の問題認識、先月の対策が反故になることも少なくない。

電力問題を考えるためには、状況自体も、それを見定める視点自体も揺れ動く荒波の上にあることをまず確認することから始めるべきかと思う。

再生可能系の各方式の電源についても、単純に増大していける状況ではない。それぞれが独立に盛衰の動因を持ちつつ、それぞれ他の形式の電源と相互関係を持って、押し引きを繰り返している。電力は、常に在庫ゼロが目指されるもので、過剰生産方向で不足がでない局面を維持すれば済む話ではない。需要量が日中大きく変化し、またその最大値の変動が大きいことの帰結として、常に未稼働の設備を待機させる必要がある世界なのである。

このように相互の関係性が問われる世界であるか

i 立命館大学産業社会学部名誉教授

ら、太陽光なり風力なりの個別技術の増進状況を映すだけでは、その国の電力の健全性はまるでみえない。各個技術の国際比較なども単独で見ただけでは、あくまで参考の域をでない。

そこで本論は、再生可能系と化石系発電量の相克とか、あるいはさらに総発電量も含めた三者の絡みなど、複数の変遷曲線をグラフの中で図柄として見つめなおし、単独の数値の変遷では見えなかった、各国の電力政策の在り方を映し出してみたい。

数式的にいうと、増減の転換や変曲点の存在は、当該の数量の変遷のテンポを示すものとなるが、実際の値としては方程式形が決定しないそれらの曲線の＜行く末＞を占うのは図柄と考える。

1 EIAの経年データとの出会い

こうした問題点が論者の脳内で先鋭化する中で、たまたまアメリカのEIA (U.S. Energy Information Administration) のデータに接する機会をもち、そのデータ構造の設計思想に感嘆することとなった¹⁾。

感嘆した理由は、まずそこに集められたデータが全世界のそれであることと、それぞれの国の数量の年次変化が一望できるところである²⁾。

対して例えば日本の資源エネルギー庁（以下エネ庁と略記）のデータは、日本の各年毎のデータがそれぞれ格納されたもので、年次変化を追うには別年のデータセルを呼び起こしていかないとならない。エネ庁も各技術の年次推移や、世界比較グラフなどをプレゼンテーションしているが、EIAのように、全世界のデータが一望できるものはない。

さらにEIAの表示データを並べる順番、構造は単純に並列列挙されたものではない。

日本のエネ庁の枠取りの構造は、水力、火力、原子力、新エネとなる。しかるにEIAは、原子力、化石系、再生可能系と枠取りし、最後に揚水をつけている。(一般)水力は再生可能系の一部として区分され、風力、太陽光などと並ぶ。揚水と一般水力の位

置は隔てられている。

こうした構造は、「化石系が減少し、再生可能系がその代替に充てられる」といった現今の典型状況を確認するうえで適したつくりとなる。水力を含めた再生可能系全般と化石系全般が、枠として設定されているだけではなく、その系のトータル量も明示しているので、(利用者が合算する手間なく)進展度合いを直截的に観察者の脳に差し込む。

加えて、温暖化ガスを放出しない原発だが、再生可能系とは別枠となっている。ここで詳しい説明は省略するが、化石系を減少させる代替手段として再生可能系と原発が同列でないことを暗示しているように論者は感ずる。

要するに、それぞれの国における再生可能系と化石系の電源がどのように変化しているのか、という状況認知促進に向けて実に有効なデータ集になっているのである。

2 経年データを視覚的に確認することの意味

2-1 2015年の転換点の意味についての認知転換

2015年、世界の風力総容量は原子力のそれを抜いた。これにかかわって、論者は講義やゼミにおいて、ブレインストーミングを展開してきた³⁾。それぞれの容量の比について、学生がいかなるイメージをもっているのか、そのイメージが実態とどれほどかけ離れているのかを検証したのである。学生に課した選択肢付きの問いは下の通り。

問 世界の風力発電と原発の設備容量の比は大体どのくらいか？(2015年比較)

選択肢から選びなさい。

① 1 : 1 ② 1 : 10 ③ 2 : 75

④ 3 : 480 ⑤ 1 : 1250

(それぞれ風力：原子力の順番)

見てわかる通り、選択肢の値のレンジは1000倍ほど開いており、学生の＜先入観のブレ幅＞を測る仕

掛けとなっている。結果は惨憺たるもので、正解の①を選ぶ学生は極めて少なく、反対に正解イメージから100倍1000倍離れる④⑤を選ぶ学生が多数現れる⁴⁾。

論者はこの結果（対象者自身の結果と過去データの蓄積）を学生につきつけ、「日本の教育、メディアがかくも闇に閉ざされている象徴」として説いてきた。

しかるに今回、EIA のデータで状況をより編年的に書き表してみても、論者自身の認知にも霧がかかっていることを自認するに至った。

すでに述べた通り、EIA は毎年の値の変化を追っている。それに基づき、1999年から22年にかけての原発と風力発電の総容量をグラフ化すると下図のようになる。

グラフの中ごろに記した縦の点線は、風力が原発を抜いた時点を明示するものであるが、それが2014年から15年の間にあることがわかる。これが講義で説明してきた転換点なのだが、論者は、両曲線が交差するイメージしか示してこなかった。

しかるに、風力のその後の変化は留まることなく、ABの縦矢印の幅が示す通り、グラフの末端22年時点で2倍以上の開きを生んでいる。（数字的には903:372の比）しかもCの横矢印が示す通り、その間7年しか経過していない。こうした現実の動きを如実に映すグラフの力に対比して、「2015年、世界の風力総容量は原発のそれを抜いた」という言明しか与えてこなかった論者の不明を恥じたわけである。

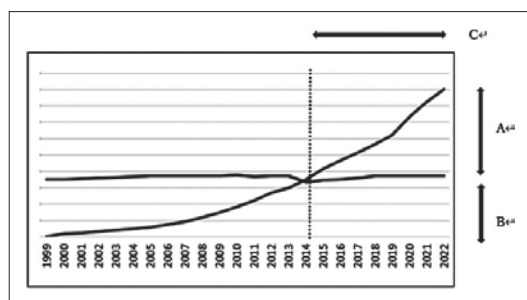


図1 世界の原発と風力の総容量の推移⁵⁾

さて、前章で「化石系を減少させる代替手段として再生可能系と原発は同列にならない」と述べた。その意味は、原発の出力特性が常時一定継続発電の型をとるので、ベースの下端に追いやるしか置き場がないということである。何かを代替するのにこれほど不適切な型はない。原発は何かを代替するのではなく、「そもそもなにがなんでも置く」という社会的決意の中で存在する。

さらには、化石系が減っていく中で、原発はそれを補うように増加していない。グラフはそれを如実に物語っている。化石系の減少を補い得るのはむしろ風力発電（の伸び）と見るのが自然である。この間、原発の増減は個別にいくつかあったのだが、このグラフが示す通り、世界全体を通じてみれば四半世紀の長きにわたって停滞していたことになる。理由はともかく、そうした停滞状況が現実のものであることをグラフは明快に記している。

2-2 北欧の「再生可能系先進国」というイメージの精緻化

北欧が再生可能系先進国であることはよく知られたことだが、例えばノルウェーなどは前世紀からほとんど水力で電力を賄ってきた国なのであり、それ自体を評価するのは意味が薄いと論者は感じてきた。並ぶスウェーデンにしても、前世紀末から水力発電量が総発電量の半分近くを占めていた。北欧の再生可能系先進国という特性は、そのような好条件の自然条件に裏打ちされている側面が確かにある。しかし、彼らがそれに安住していただけなのでもない。彼らが、水力を柱とした優れた自然条件を前提にし、さらなる前進を進めてきたことは、対岸のデンマークを含めて考えるとよくわかる。そのことが今回のグラフ検証作業で見えてきた。

デンマークは前世紀の終盤あたりから風力大国として名を馳せているが、そもそもは化石系依存の国であった。最高標高が170mという平坦な地形をもつデンマークは、水の落差が生む水力のエネルギーを期待できる国ではなかった。そうした国が、原発も

否定してしまったのだから、残る道は極めて限定される。石油ショックの70年代、その代替手段を欠くデンマークが風力開発に躍起になったのは歴史の必然ともいえる。

カリフォルニアの風力誘致政策が終焉したのち、デンマークは自国に風力を建設していく道を選んだ。その道筋の仔細はここでは省略する⁶⁾が、結果として世界有数の風力導入率を誇る国となった。

そうした風力大国というイメージが論者の頭の中でいびつに膨らみ、そのかたわら化石依存が高いままであったことについては意識の外に置いてきたような気がする。風力というじゃじゃ馬を大量に抱える当地だからこそ、十全な調整技術が必要なのであり、そのための火力でもあった。そうしたことは論理的に理解しつつも、現状についての適正なイメージを持てずにこれまで来た。

21世紀以降のデンマークの電源構成の転換の動きを具体的に追う上でも、EIA データは効力を発揮する。

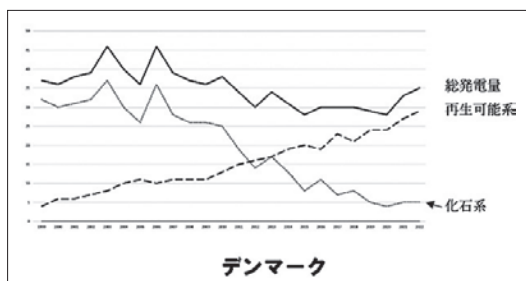


図2 デンマークにおける総発電量・化石系発電量・再生可能系発電量のグラフ⁷⁾

こうした＜四半世紀にわたる推移の全体構造を示すグラフ＞を眺めることで、かの国の化石系依存がかくも高かったにもかかわらず、そのイメージを論者が喚起できなかった理由について、なんとなく理解できた。

見てわかる通り、はじまりこそ化石系主軸だが、この四半世紀の間に発電技術の主軸は急速に反転していったのである。クロスポイントは10年代前半。そして、グラフの右端22年には圧倒的に再生可能系依

存の国へと変貌を遂げている。これだけ動きが激しいと、「どちらが主軸なのか？」というスタティックな評価はほとんど無効となろう。

こうした具体的・数量的変化について、言葉で適切に評価することは大変難しい⁸⁾。また正確を期するために、厳密な数字を挙げても、それは単なる事実過ぎず、評価とか説明とはならない。グラフに現れる線の＜形の力＞について理解し、その延長の果てを想像できて初めて、未来を占う説明が生まれるのだと考える。

グラフ内の線がもつ＜形の力＞とは、その線が有する方程式の論理の力とも捉えられるが、こうした歴史事象の変化に正確な方程式が張り付くことはまずない。そうした方程式は、微細な揺れを刈り込んだうさぎのデフォルメをもって成立する。さて、そうして現れた疑似的幾何学線の形が指数関数的であったりすることもあるが、変化対象が現実のものであるかぎり、そうした方程式形が貫徹されることは現実にはない。どこかに型を崩すブレイクポイントが現れる。

その意味で、「風力を柱とする再生可能系が増えたのだから、化石が減ってしかるべき」と単純に納得してはならない。そんなことは単独では不可能なのだ！よく知られているように風力は出力変動量が自然に規定された手段なので、需要と出力を一致させるには調整手段を必要とする。そして再生可能系において最も調整力を発揮する水力がデンマークにはない。実際調整力を欠く現実世界であれば、いずれその方程式の型は崩れる。

しかしまた、現実問題として、上図の型は崩れていない。調整系として機能していた化石系手段をグラフのように減少させることができたのは、自国以外の外部調整手段に依存しえたらと考えざるを得ない。

まわりくどい説明をした感じだが、前世紀末から北欧はノルドプールという統合市場のもとに管理されている。デンマークの再生可能系の増進、化石系の激減はそうした統合市場における調整弁が存在し

て初めて安定するというわけである。

ノルウェー、スウェーデンなどはそもそも水力などの再生可能系が柱であった。そうした状況をこつこつと設営してきたことも確かに評価に値する。しかしそれよりも、ノルウェーがスウェーデンから始め北欧4国を巻き込み、統合市場を形成することで、他国の転換条件（化石系削減条件）を用意したことこそ大事なポイントだと考える。デンマークの奇跡は、ノルドプールの助けを借りて初めて実現できたことではなかろうか。

再びEIAのデータに頼り、北欧4国の動きを追ってみよう。

表中ノルウェーやスウェーデンの化石系が圧倒的に少ないことについては、どちらの年においても大差ない。問題は北欧4国全体として化石系発電量を300億kwhから140億kwhへと半減させていること、比率でいえば7%から3.3%に絞ってきたということである。

デンマーク、フィンランドが化石系手段の比率を落としていく。それが北欧トータルとしての3.3%を生む。ノルウェーは自国資産をもとにして、環境改善国の広域化を実現したわけである

さらに、そうした化石系比率の低下は、（再生と同じく温暖化ガスをださない）原発発電量を縮減する中で成し遂げられている。前節に「化石系を減少させる代替手段が＜再生可能系＋原発＞とならないこ

とを暗示」]と記したが、それを実証するがとくくのデータである。

3 世界の電力事情を見える化するー1 化石系発電比率に注目して

前章に示したEIAのデータの効果威力を味わう目的をもって、各講義で30カ国の電力事情のリアルな姿を検証した。（とにかく具体的値の動きからの発見を最大目標とした）

その際、世界各国の化石系の比率と再生可能系の比率の変遷（前章のデンマークグラフ参照）を点検の柱とした。30カ国の選出は、とりあえずIMFデータのGDP20位内の国に加え、アジア、南米、アフリカなどの国をバランスよく並べたつもりである。北欧4国とイベリア半島におけるスペインの相方ポルトガルは意図的に選択した。具体名を並べると以下のようなになる。

アジア圏 6国

日 中 韓 印 インドネシア ベトナム

欧州圏 13国

英 仏 独 蘭 伊 奥 ポーランド 西 ポルトガル デンマーク フィンランド スウェーデン ノルウェー

その他 11国

加 米 メキシコ ブラジル チリ 豪 露 エジプト 南アフリカ サウジアラビア トルコ

表1 北欧4国の全体発電量 化石発電量 原発発電量 単位10億kwh⁹⁾

18 年					22 年				
	全体	火力(化石)	原子力	再生 全		全体	火力(化石)	原子力	再生 全
ノルウェー	145	3	0	142	ノルウェー	143	1	0	143
スウェーデン	161	3	66	92	スウェーデン	174	2	50	121
フィンランド	69	15(4)	22	32	フィンランド	70	7(4)	24	38
デンマーク	30	9(2)	0	22	デンマーク	34	4(1)	0	30
4国 計	405	30	88	288	4国 計	419	14	74	332

表2 論者がピックアップした30カ国の全体発電量と化石系発電量
(22年, 12年, 02年)¹⁰⁾

国名	22年度		12年度		02年度	
日本	711/996	71%	947/1073	88%	648/1019	63%
中国	5580/8669	64%	3881/4973	78%	1338/1651	81%
韓国	384/597	64%	372/523	71%	207/323	64%
インド	1339/1760	76%	842/1039	81%	571/668	85%
ベトナム	141/277	50%	65/118	55%	18/36	50%
インドネシア	308/376	81%	173/196	88%	92/108	85%
イギリス	133/320	41%	248/354	70%	283/379	74%
フランス	59/451	13%	56/545	10%	51/529	10%
ドイツ	279/566	49%	361/601	60%	365/572	63%
オランダ	67/121	55%	85/103	82%	87/96	90%
イタリア	178/278	64%	202/295	68%	228/273	83%
オーストリア	14/63	22%	18/66	27%	19/60	31%
ポーランド	140/178	78%	145/161	90%	140/142	98%
スペイン	102/278	36%	145/288	50%	143/235	60%
ポルトガル	19/46	41%	26/45	58%	36/45	80%
ノルウェー	1/144	1%	2/146	2%	0/129	0%
スウェーデン	1/174	0%	3/164	2%	7/143	5%
フィンランド	7/70	10%	18/69	26%	32/73	43%
デンマーク	6/35	15%	14/30	46%	32/39	82%
カナダ	116/643	18%	132/620	21%	166/594	27%
アメリカ	2553/4292	59%	2775/4054	68%	2730/3859	70%
メキシコ	263/348	75%	256/307	83%	176/217	81%
ブラジル	66/674	9%	80/552	14%	35/346	10%
チリ	41/91	45%	44/70	62%	19/43	44%
ロシア	703/1136	61%	718/1053	68%	576/875	65%
オーストラリア	175/265	66%	225/251	89%	210/227	92%
トルコ	178/314	56%	174/238	73%	95/129	73%
エジプト	183/210	87%	150/164	91%	76/89	85%
南アフリカ	202/230	87%	241/254	94%	204/218	93%
サウジアラビア	416/419	99%	289/289	100%	142/142	100%

発電量の単位は10億 kwh

これらの国の化石系発電量・比率の値を22年, 12年, 02年度の20年のレンジで並べたのが上の表である。それぞれの年における分数値は、分母が全体発電量, 分子が化石系発電量となる。

表は20年の幅をもつ期間の3時点の値を記している。

論者は、それぞれの値を単年度でランキングしてもあまり意味がないと考える。例えば22年度におい

て、化石系発電量の大きさでいうと中国がとびぬけて高く、その半分弱であるのがアメリカとなるのだが、その値は固定的では全くない。中国の化石系の発電量の値は、その20年間で4倍の伸びを見せており、02年度においてはアメリカの半分にとどまる。また絶対量ではなく、総発電量との比率でいえば、日本を含め、それ以上に悪い数値が9か国も並ぶ（22年度）。

むしろ、そうした総発電量と化石系発電量の比の値がこの20年間でどれだけ下げられてきたのか、という動きに、その国の温暖化対策の姿勢が現れるものと考ええる。

そうした視点で、各国の02～22年度の比率の差を眺めると、デンマークの67%下落という驚異の数値が現れる。次点がポルトガルの39%なのだから、前章において詠った「デンマークの奇跡」という言葉も過剰な評価とは思えない。

ポルトガルについて30%以上下げた国は、オランダ（35%）、フィンランド（33%）となる。ついで20%以上下げた国は、イギリス（27%）、オーストラリア（26%）、スペイン（24%）、ポーランド（20%）となる。中国の16%下落の数値は上位10番目に位置しており、温暖化対策にも大きく注力しているとも評価できる。

我々にとって深刻なのは、この20年間で化石系手段の比率を大きくプラスさせたのが日本だけ（8%上昇）という点である。次点はフランスの+3%であるが、そもそも原発中心で、化石系比率10%内外なので、たんなるブレ幅というべきであり、同じくノルウェーの+1についても、出発点が0からのブレ幅とみなせる。チリ+1についても、総発電量を大きく伸ばす中で現れた数値であることを酌量すべきなのかもしれない。

日本のこの値の後退は、いうまでもなく福島事故後発電量の大部を担ってきた原発が大きく休止廃止状態になったことに基づく。だからしかたがない、ということにはならず、なぜ原発の代替がかくも化石

系に偏ってしまったのかが問われるであろう。

ここでその問題を議論するつもりはないが、ひとこと付け加える。

日本の22年度の総量との比の数値71%についても、日本はワースト8位となる。何度も言うがそのステイックな位置を問いただしても意味は薄い。ただし、その上位国はすべて産油国、産炭国であって、彼らにはわかりやすい経済合理性がある。日本の化石系の比率の高さは、毎年10兆円を超える輸入額がそれを支えている。上記産油国の電気代を眺めると、たとえばエジプト（5円）サウジアラビア（7円）メキシコ（8円）インド（13円）など圧倒的低額が実現されている。これに対する日本の値の高さは30円を超える位置にある。こうした電気代単価について、各国とも乱高下中で確定できないものだが、その乱高下の要因の一つが輸入資源依存であるという問題を見つめる必要がある。

話を日本から世界全体のそれにもどす。

論者が講義やゼミで学生に訴えかけたことは、そもそも100%水力であったノルウェーのような自然条件に裏打ちされた再生可能系の比率の高さを評価するよりも、化石系の比率を大幅に下げた国々の前進を称えるべきという点である。

化石率を大きく減らした国の02年の出発点を再度確認すると、デンマーク（82%）、ポルトガル（80%）、オランダ（90%）、フィンランド（43%）、イギリス（74%）、オーストラリア（92%）、スペイン（60%）など大概化石率が高い出自となっている。少し意地悪な言い方をすれば、出発点が低い位置であるからこそ、大きな前進が可能であったのではという思いもよぎる。

その意味で注目されるのは、フィンランドが43%という低い比率から出発しながら、さらに30%以上の化石率の削減を達成していることである。ちなみに02年にフィンランドより化石率が低い国は、30か国中6国しかない。例えば02年においてはフィンランドより数値がいいオーストラリアは、31%からスタ

ートして22%というゴールにとどまる。水力王国のカナダなども、27%からスタートして18%が着地点になる。こうしてみると、フィンランドが43%からはじまり、10%まで進むのもやはり驚異的な前進と言える。これもデンマークと同じくノルドプールという統合市場の調整効果が効いている可能性があり、今後の分析が深められることを期待したい。

4 世界の電力事情を見える化する—2 化石系発電比率 v s 再生系発電比率のグラフ形

前章において、化石系の発電量を総発電量と並べて取り出し、その比率の推移をもって各国の脱化石の進展状況を眺めてみた。本章では、対する再生可能系、原発の発電量の推移も並べて、グラフ化してみた。化石系の比率が減るといっても、その代替手段がなにであるかなど、道筋はさまざまと推察する。

前章で明らかになった脱化石系に成功した典型となる国について、変化の全体図を探りたい。

なお、本章では様々な国の電源構成の関係を示すグラフを提示するが、次の点に注意を促したい。

それは、発電量の絶対値が異なる複数の国のグラフを、あたかも同じ発電量であるかのように提示しているという点である。本論は、それぞれの発電技術の相関を問う上で、線が絡みあう＜形＞を問題とするので、そもそもの絶対量の違いについてはとり

あえず問題としない。それをあらかじめ了解してもらう必要がある。

こうした注意を踏まえて、前章で確認した脱化石系に進展のあった上位6カ国のグラフを並べて眺めたい。

グラフ化して、イメージとして傾向を扱うと、これら諸国の電力構成の変遷が直截的に理解されていく。まず、それぞれを脱化石先進国として評価しようとしているわけなのであるが、グラフが示す通り、フィンランド以外今世紀初頭は化石依存の国であったことがわかる。

6国のうち半数の3国には原発がなく、残りの3国には原発がある。その原発がある3国について、原発の伸びは全く認められない。多少の数字のブレはあるのだが、横に伸びるくまっすぐらしき線が、フィンランド、オランダの原発発電量が不動に近いことを物語る。さらにはイギリスの原発ラインは明確に低下傾向を示しており、この先進的6国の化石系は、あきらかに再生可能系に代替されることによって減少したことになる。

脱化石化が、原発ではなく再生可能系の増殖によって展開されたことは、7位のスペインについても確認できる。また違った観点となるが、絶対量としては化石系を増やしつつも、相対量としては減らしている中国について、その原動力が原発の微増ではなく、再生可能系の大増進に負っていると図は示

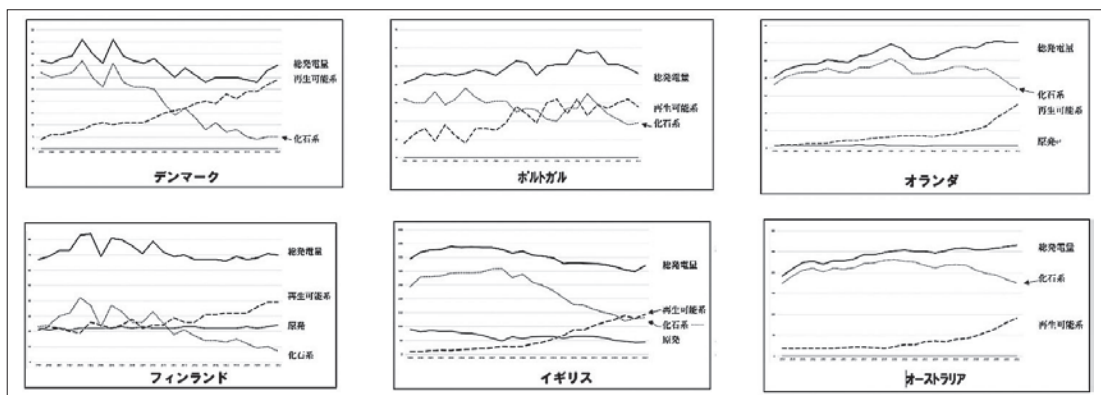


図3 デンマーク、ポルトガル、オランダ、フィンランド、イギリス、オーストラリアにおける関連グラフ¹¹⁾

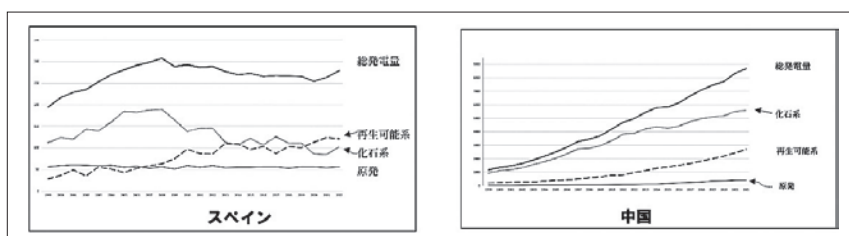


図4 スペイン、中国における相関グラフ¹²⁾

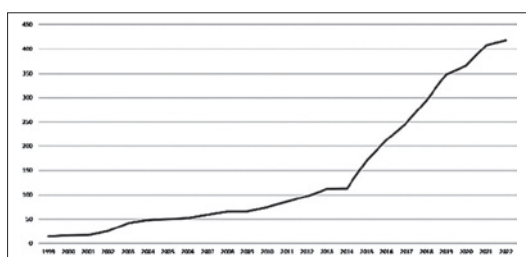


図5 中国における原発発電量の単独グラフ¹⁴⁾

している¹³⁾。

＜原発の微増＞と断じたが、数字上は2000年の160億 kwh から22年の4180億 kwh まで、26倍化しているものであり、単独で原発発電量をグラフにすると、上（図5）のようになる。

こうした上昇現象を＜微増＞と断じるのは、あくまで全体の相関関係を示した図4のイメージに基いたことである。こうした問題の評価付けが、単独技術の増減で展開されるとジャッジミスを引き起こす典型例ともなる。

以上より、世界の電力界において化石系を減少させている原動力は、再生可能系の増進にあると判断して大過ないと考える。

なお「グラフの形が直截的に示す」と何度ともな

く言及したが、「グラフ全体の形」というより、「その一部の形」の特徴をつかむような極意が必要となる。

例えば論者は、化石系と再生可能系の線の流れ上に＜パターンマーク＞があることを第一に考えるが、その条件を満たしているのは、既にあげた6國中、デンマーク、イギリス、ポルトガル、フィンランドの4国である。

残りの2国は、もうすぐクロスするという、＜カタカナのハの字を右に90度回転させた記号＞を持つ¹⁵⁾。

こうした記号の有無に着目すると、次の3国などもまた違った角度から分類できるかもしれない。

3国とも＜ハの字の記号＞が見え隠れするが、イタリアは脱化石系の数値において9位であったし、トルコはそれについて、中国と並び10位となる。このハの字記号が、化石系削減優秀国の記というのは正しいことかもしれない。ただしハの字があるにはあるが、イタリアは図の中央でハの字を描きつつも右端に至るまで＜パターンマーク＞を描けていない。トルコも何度か小さなハの字を描きつつ振動を繰り返す。

面白いのはベトナムで、グラフ右端において、か

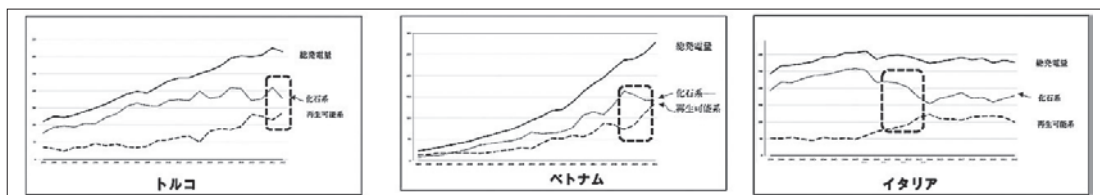
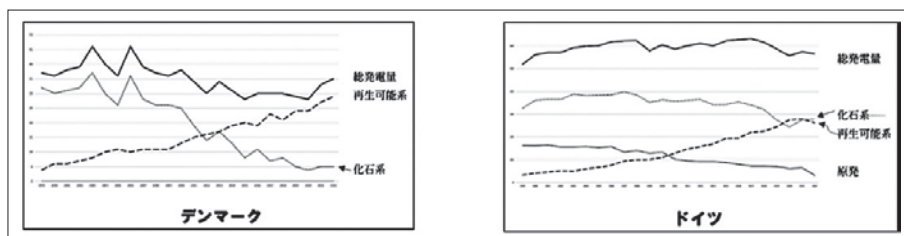


図6 トルコ、ベトナム、イタリアにおける相関グラフ¹⁶⁾

図7 デンマーク、ドイツにおける相関グラフ¹⁷⁾

なりくしっかりとハの字>を描くが、数字上化石系の比率は02年の50%から全く変わっていない。再生可能系の伸びは、他の2国より顕著に見えるが、総発電量の伸びが激しいため、化石系もまた増大してきたからである。こうしたグラフから感得される国の傾向は、単なる数字を比べるランキングと確かに違った姿として認知されるように思える。

また、前章において、論者は脱化石の改善度が最も高い国としてデンマークを挙げたが、その理由は、とりあえず化石系発電比率の削減レンジに限ってのことであったことを念押ししておく。一般に同じく環境先進国として名を馳せているドイツと形を見比べてみよう。

すでに述べた通り、デンマークは、化石系と再生可能系の反転<パターンマーク>を図の中央で描いているが、ドイツは右端に遅れる。化石系の減少傾向も緩やかである。

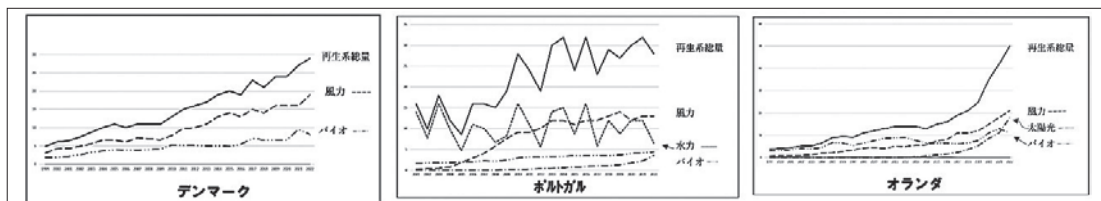
ただし、これも図からわかる通り、ドイツは再生可能系の潤沢な伸びを化石系の縮減に充てているだけでなく、原発の縮減にも充てている（そのパターンマークのほうが先）。この点、原発なしで終始するデンマークと事情が異なる。脱原発も同じく環境

改善方向ととらえるならば、ドイツは二重に改善努力を展開したわけであり、それを評価する筋目があるてよい。そうしてみると、デンマークはそもそもの国であって、その後の削減努力があったわけではない。そのどちらを優れているかなどの議論はそもそも成り立たないが、化石系の削減率だけではみえなかったことが、こうした全体相関図では見えてくるということが重要かと思う。

5 世界の電力事情を見える化する—3 再生化率 増進の実情

3章において、化石系発電比率を大きく減らした国10傑を抽出した。さらに前章において、そうした化石系の削減は再生可能系の増進にあったことを確認した。本章では、それら再生可能系先進国において、個別技術の成長過程の実相について検討する。

下図は、化石系比率を大幅に削減した上位3カ国について、再生可能系の発電量総量とその内訳となる風力、太陽光、バイオ、水力の発電量を並べたグラフである。まず、この少数の事例をみるだけで、再生可能系の手段の推移の内実は、それぞれの地域の特性に従い多様であることがよくわかる。

図8 デンマーク、ポルトガル、オランダにおける再生可能系の発電量 総量と各手段別発電量¹⁸⁾

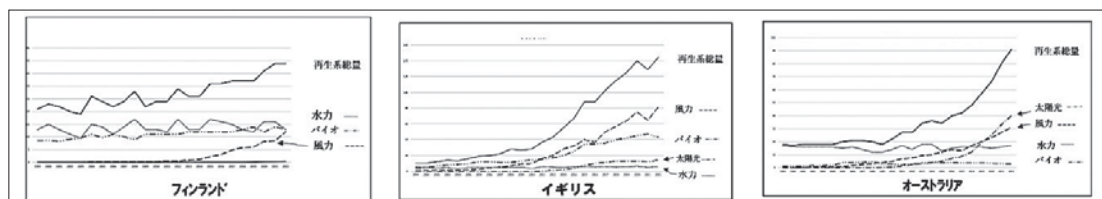


図9 フィンランド、イギリス、オーストラリアにおける再生可能系の発電量 総量と各手段別発電量¹⁹⁾

ポルトガルはそもそも水力が再生可能系の主軸であったが、その発電量の年次推移はグラフのように揺れ動いた。最終的には着実に成長していった風力が水力を抜き、再生可能系のトップに立つ。

デンマークとオランダは水力が期待できない。両国とも風力とバイオを順次成長させ、再生可能系を増進させてきたものと読める。ただしオランダは近年太陽光の成長が著しく、トップにある風力に迫っている。

4位のフィンランド、6位のオーストラリアにおいては、水力がそもそもの主軸であったが、イギリスにおいては水力の力量はそもそも小さかった。イギリス、フィンランドの再生可能系を大増進させた立役者は風力と読み取れる。オーストラリアにおいても風力の増進は大きい、それを凌駕する太陽光の成長があった。

以上の特徴は、7位から9位のスペイン、ポーランド、イタリア3国についてもたしかめられる。それら3国も交え、状況を全体的に整理すると、まず第一に再生可能系の増進を牽引した手段は風力とみなせる。22年度におけるこれら9国の再生可能系発電量総量は6400億kwhであるが、そのうちの43%、2780億kwhが風力なのである。第二に、世紀初めには再生可能系の柱であった水力は、22年度には風力の約1/3という位置に落ち込んでいる。再生可能系の中で2位の太陽光の1480億kwh、3位のバイオ1170億kwhにも届かず、4者の最後尾に位置する状況である。

第三に、もともと水力が主軸であった国の水力の発電量の推移はいずれも年次変動が激しく、翌年の

発電量期待値は、変動系といわれる風力や太陽光よりもおぼつかない感がある。逆に言うと、変動系の両雄、風力と太陽光の発電量推移はいずれも安定的成長曲線を持つ。これらの国々の変動する再生系(VRE)の導入率がトップクラスにあるからこそ、その年次推移が安定的であったということは今後の福音となる情報である。

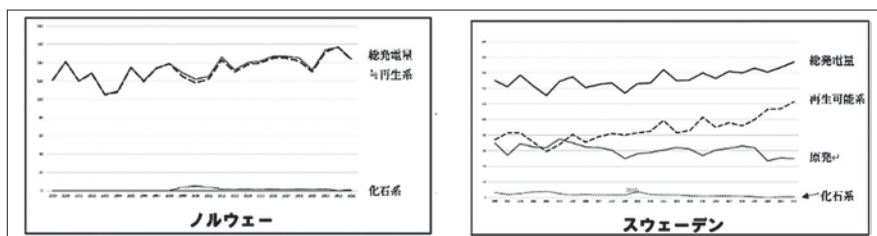
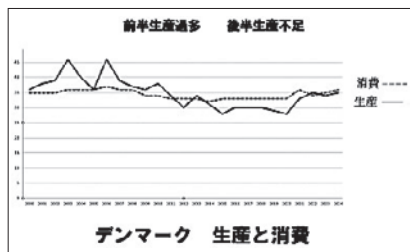
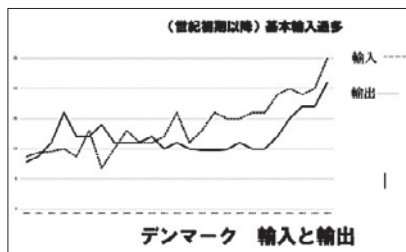
とはいえ、太陽光、風力の両手段とも、集合化したうえでも、月ごとの発電量や一日の中での発電量の変動は大きく、それに調整が必要なことはまちがいない。そうした手段の増大が、調整系の化石系手段が激減する中で展開され、また再生系としても調整的役割を果たす水力が停滞する中で展開されていることに注意がいる。このことは、そもそも水力を全く欠くデンマークが、化石系を激減させた問題とクロスする。デンマークの場合、それを統括するノルドプールが外部にあって調整役を買って出たことを簡単に紹介した。次章では、その具体的姿を輸出入量の推移から追ってみたい。

6 世界の電力事情を見える化する—4 電力貿易の活性化 輸入 vs 輸出

30ヶ国のグラフを並べて、形を眺めている中で、気になる事項が出現した。デンマークをはじめ北欧4国の総発電量はいずれも凸凹がきつい。

デンマーク、フィンランドのグラフの形はすでに示してあるので、残りの2国のグラフも提示し、その点を確認してみよう。

何度も述べた通り、北欧は統合市場の中で電力の

図10 ノルウェー，スウェーデンの相関グラフ²⁰⁾図11 デンマーク発電量，消費量²¹⁾図12 デンマーク電力輸出入量²²⁾

売買を展開しており，一国の需要＝供給のバランスが閉じているわけではない。そこで改めて，電力生産：消費のバランスと輸出入のバランスの関係を追ってみた。

まずデンマークの電力生産と消費の関係グラフが左の図となる。生産曲線は凸凹だが消費曲線はフラットである。今世紀序盤の時期は生産過剰傾向で，10年以降生産不足がつづく。

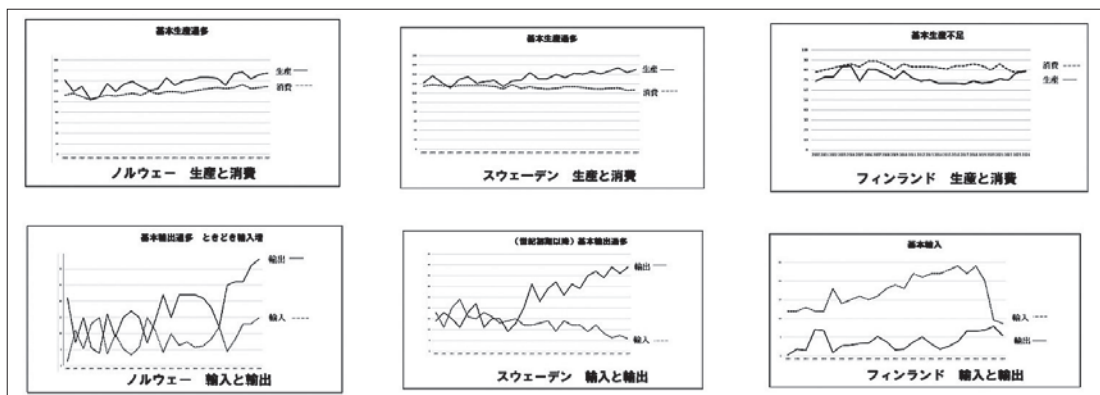
続いて輸入量と輸出量のグラフが右の図となる。生産過剰，生産不足を補うように，序盤が輸出超過傾向，10年以降輸入超過が続いており，両グラフの

数量変化は，その意味で整合性があると思われる。

特に面白いのは，生産と消費の差を埋めるだけならば，その分の若干量輸出入補正すればいい感じなのだが，輸入も輸出も過剰に増加しているところである。こうしたことが，調整が難しい再生系電源の比率が大幅に伸びた国の典型的な動きなのだと考える。

ついで，他の北欧3国についても確認しておく。

まず，消費曲線は生産曲線のように揺れ動かないことがここでも確認される。生産と消費の乖離は，輸

図13 ノルウェー，スウェーデン，フィンランド 発電量，消費量および電力輸出入量²³⁾

入—輸出の量で調整していることも同じように確認できる。ちょっと注意しておくと、生産—消費のグラフにおける値の乖離より、輸入—輸出の乖離が大きく見えるが、それは絶対量に違いがあるからである。輸入—輸出量のほうが量的にはるかに小さいため、グラフのメモリが小幅で、少ない量変化が大きな図柄変化として映るわけである。

さて、このような生産量と消費量の乖離は、輸入—輸出が大きく展開されているなかで初めて可能になることではあるが、それは「輸出入が展開されるから、生産と消費はそもそも乖離されてもよい」ということを意味しているのではない。

4 国の生産量に凸凹が生まれるのは、需給の最終調整を一国内で完結できない国が生じ（デンマークの例）、それぞれの国が調整に入る必然なのである。一国の凸凹は調整する他国に波及する。それが北欧4 国全体の凸凹を形作る。

国のグリッドが他国の電力網とつながり、輸入が可能であるならば、自国内の生産量は需要をみたさなくてもよい、というのは単なる帳尻合わせのリクツの話である。電力は食料と同じく、市民の生命線となる。輸入が潤沢に期待されるので、国内生産は限定的になどと考えている国は極めて限定的と考えるべきである。

北欧4 国がそれぞれ生産量と消費量を輸出入量でバランスさせているのは、4 国の関係が良好に維持されてこそと考えるべきである。その関係がなければ、国内生産を輸入に依存させることなど断じてない。北欧4 国についても、統合域内では、生産量と

消費量のブレは少なく、圏域の自立化を維持しているわけである。

さて、ノルドプールは、電力自由化以降に形成された統合市場の先駆例であるが、以後さまざまな統合市場が欧州を中心に形成されている。他の30カ国の電力貿易状況についても特徴を確認しておこう。

第一に、日本のように孤立系にあって輸出入がない国は極めて少ない。例示した30国の中で、21世紀を通じて輸出入が皆無の国は、日本と韓国、オーストラリアだけとなる。イギリスはもとより、インドネシアのような島国でも出入りがある。

第二に、欧州は全体的に輸出入量が多い。24年度でみると、特にドイツ（820億 kwh）、イタリア（560億 kwh）の輸入量が世界の中でも際立って多く、またフランスの輸出量（1050億 kwh）は2位のドイツ（550億 kwh）の倍近くという値であり、他を大きく引き離している。ドイツは、各年とも輸出入量双方が大きい、フランスは恒常的に輸出が過剰に多く、輸入は少ない。こうした状況は近年急に出現したというより、特に欧州では21世紀を通じて＜当たり前の姿＞に映る。

そこで改めて、フランスにおける電力生産：消費のバランスと輸出入のバランスの経年グラフをおってみる。

グラフからわかる通り、22年という例外²⁵⁾を除いて、フランスは恒常的に消費量を大きく上回る発電量を維持しており、また恒常的に輸出超過を維持し

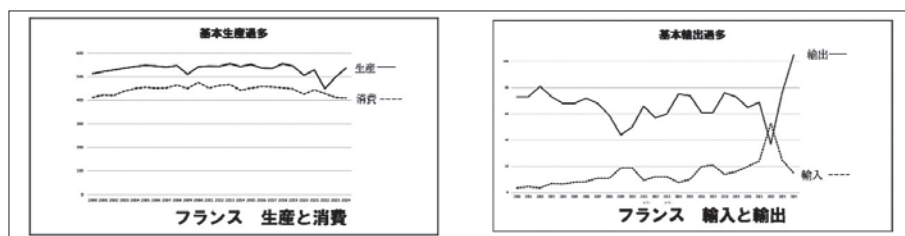


図14 フランス 発電量、消費量 及び 電力輸出入量²⁴⁾

た国となっている。2000年以降25年間の輸出量総量は16840億 kwh, 年平均670億 kwh となる。特に輸出超過量の13230kwh は他国の追随を許さない。

よく知られている通り, フランスは原発の稼働量が極めて大きい。絶対量ではアメリカのほうが上であるが, 比率でいえば常にトップの座をキープしてきた。制御の利かない原発をここまで多量に稼働できる理由は, こうした超過電力の輸出にあることがわかる。

このフランスの例は, 変動再生可能系電源がふえたときの調整役を考える問題とクロスする。原発は変動系の真逆であるが, 需給バランスをとるための調整力を欠くという面で, 変動再生可能系と同じである。フランスもある意味調整系としての水火力が少ないので, 単独国家として調整が難しい。それが故これだけの電力輸出を維持して, 国内の需給バランスをとってきたことになる。

再生可能系の発電量の変動は, 超過と不足の両面があるが, より問題となるのは超過の側面である。日本で長らく「下げシロ不足」と名付けられた問題とは, 変動再生可能系と原発の合計が需要を大きく超え, 下げ調整が十分に効かないということであった。その際に犠牲となって系統から外される手段は常に再生可能系であった。

これまで見てきた通り, 風力を柱として再生可能系は世界各国で激増をしているが, その多くの国で高度な調整力を必要とするに至っている。調整力の一つは水力となる。しかし, その自然条件が整っていない国は輸出入を拡大することで代替しているかに見える。

こうした前提に加えて, 原発の比重が高い国は, より以上の調整力を持たないと, 再生可能系の増大が困難になる可能性がうかがわれる。必然原発の縮減という選択肢も現れる。

論の前段で触れたノルドプールの4国についても, 中段で触れたイギリス, ドイツについても, 原発の縮減と変動再生可能系の増大はセットとなっていたことを思い出していただきたい。いずれも, 原発自体の是非論ということではなく, 全体の調整から原発の縮減が進んでいるように映るのである。

7 世界の電力事情を見える化する— 5 輸出入以外の調整の切り札 揚水式水力発電

最後に, 調整力の最後の切り札について紹介する。それは揚水水力である。最後の切り札とは, 一般水力の増大が頭打ちで, 輸出入の拡大も早急に実現できない状況のプランとでもいおうか。その問題をイベリア半島の2国についてみてみよう。

前章で, 海外との電力輸出入が皆無な国を特定したが, オーストラリア, 日本のような孤島以外でも韓国の例が挙げた。陸続きでもエジプト, サウジアラビアなどはほとんど0に等しい。またヨーロッパでも, イベリア半島の2国は隣国のフランスとの系統連結線が細く, 他国との電力融通量が限定されることはよく知られている²⁶⁾。フランスへの輸出系統の容量が50万 kw, 輸入は130万 kw の容量である。

これは, 増設してなお60万 kw の容量しかない北海道と本州の関係に似ている。そして, 北海道は2018年, 苫東厚真石炭火力が地震で停止しブラックアウ

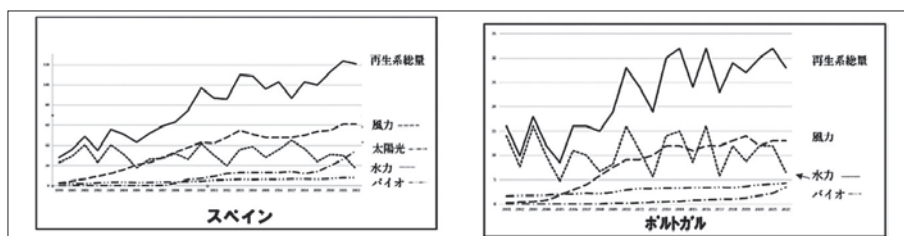


図15 スペイン, ポルトガルの再生可能系の構成グラフ²⁷⁾

トを引き起こした。停止した苦東厚真の容量が連結線の容量を上回り、連携融通によるブラックアウト回避ができなかったのである。連携線容量が小さいイベリア2国が昨年4月にブラックアウトしたことも記憶に新しい。この二つの事象は高い相関を持つ。

そこで両国の再生可能系の成長の実相を検証してみよう。

両国とも水力の発電量の年次推移が大きく波うっているが、特に問題となるのは同じイベリアにあって、渇水期が重なるということだろうか。両国とも2005年に水力発電量の最小値を記録し、また12年にそれに次ぐ低い値を同時に記録した。だからこその風力増設なのかもしれないが、これは需給調整を困難にする道でもあった。

その困難を改め、調整力の大幅な向上を狙ったものが、タメガプロジェクトであった。

タメガの立地はポルトガルにあるが、建設主体はスペインのイベルドロラである。

10年以上450万 kw で停滞していたポルトガルの水力容量であったが、23年に揚水100万 kw 相当が調整役として加算された。宣伝文句にある「過去25年間 欧州最大」級揚水増設は、イベリア域内全体の調整役を果たすのだが、自身も27.4万 kw の風力発電を併設し、風力の余剰を揚水ポンプとして利用で

きるように組まれている。

揚水水力は、これまで原発の余剰電力の蓄電として期待されてきたのだが、それは深夜電力需要の少ない時間の蓄電を主としていた。しかるに昨今、日本においても揚水発電の蓄電時間は正午あたりになる場合が多い。これはとりもなおさず、太陽光の激増を受け、調整火力を可能な限り出力ダウンさせても、超過電力が残るという事態が生まれていることを意味する。その地域に原発が稼働していれば、超過はさらに激しくなる。日本は原発が大幅に出力ダウンしている状況なので、ある意味問題が緩和されている感があるが、それでも問題は限界に近づいており、なんらかの対処が必要な段階にある。

原発の比重が軽い国にあっても、需要が低いと同じことが起こる。

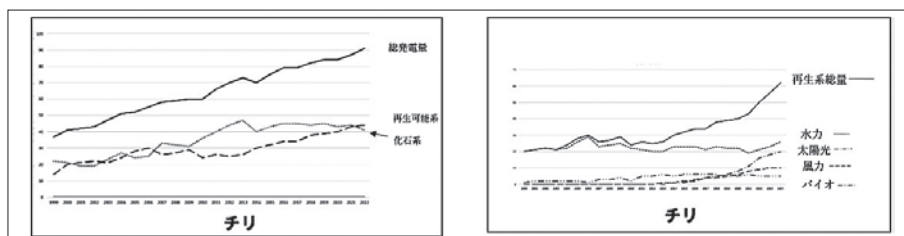
南米のチリも、ボリビア、アルゼンチンと隣接しながら、アンデスの山並みに阻まれてか、電力の輸出入が極端に少ない。また、チリはピニェラ大統領時代から精力的に脱炭素化の取り組みが続けられ、19年から23年まで7つの石炭火力が閉鎖された²⁹⁾。

その政策を反映して、チリの再生可能系と化石系の相克図では、大事な＜パターンマーク＞がついている。総発電量を伸ばす中で、一時期化石が大きく伸びたが現在再生可能系が逆転している。

再生可能系の内実も他の国と同じように、当初水



図16 イベルドロラによるタメガプロジェクトの紹介と YouTube 上の建造動画²⁸⁾

図17 チリにおける発電量相関グラフ、再生可能系の構成グラフ³⁰⁾

力一つが支える状態であったが、現在太陽光、風力が激増し、あまり増加し得ていない水力と拮抗する位置にまで上がってきている。

先に触れた他国と融通が少ない中では調整が難しくなってくることは目に見えている。

こうした状況下、チリでは世界初の海水揚水プラントが計画された³¹⁾。水力の容量は30万 kw だが、56万 kw の太陽光発電も併設され、その余剰電力が揚水ポンプにあてがわれる。

また、同じように隣接国が多数あるアジアのベトナムも、電力輸出入は極めて少ない。そのベトナムでも初めての揚水水力建造のプロジェクトが動き出した³²⁾。こうした事例は枚挙にいとまがない。

繰り返しになるが、5章において、化石系削減に邁進したトップ9カ国の22年度再生可能系発電量総量：6400億 kwh のうち43%の2780億 kwh を風力が担っているという状況をすでに確認した。これは先進的事例とはいえ、いずれ世界全体に浸透することとも読める。太陽光の伸びもベース的には風力よりも早い感じがする。この二つの変動再生可能系が激増するさまを世界全体が目当たりしている。前

世紀、昔の遺物ともいわれていた揚水がここまで脚光を浴びるのは、そうした変動系電源の急増を背景としている。

世界全体で見ても、揚水の容量は今世紀順当に成長し、特に2020年以降増加のペースをあげてきている。

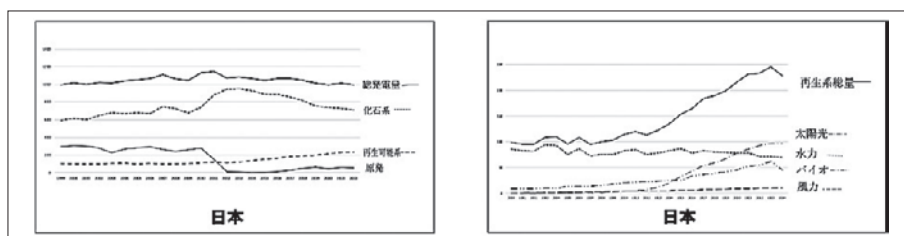
これと電力の輸出入拡大はセットで進行してきた。自然条件や隣国との関係から、そのどちらの選択肢が国にとって妥当なのかを決めることだろう。

おわりに 日本の不思議

これまで多数の国の電力構成の推移を図柄で観察してきた。図柄から始めて見えることも多数紹介できたと思っている。

最後に日本の形を見せる。

日本の形は30カ国のどれにも似ていない。11年の事故の後始末で、原発と化石系が上下に大きくぶれる。再生可能系だけの右のグラフをみると、再生可能系の伸びも大きいように見えるが、総発電量を交

図18 日本における発電量相関グラフ、再生可能系の構成グラフ³³⁾

えた相関図では、横水平ラインといったほうが妥当だと感じる。

再生可能系の中の図については、ほかのどの国とも異なり、風力が地の底を張って一向に上昇しない。これが日本の形である。

数字だけをみると、太陽光はもとより再生可能系全体にしても単独風力にしても、＜増加中＞である＜説明する＞ことは簡単なことである。

しかし、現状求められていることは、単に数字を1あげることなどではない。＜大きく＞変化させることが大事なのである。その＜大きく＞という説明は大変難しい。絵を見せるのが一番ではないだろうか。

先に、中国の原発の発電量が、単独ではけた外れに伸びていながら、全体図の中では＜微増＞であることについて触れた。日本の再生可能系も＜微増＞である。それは論者が上の左の絵を見て感じていることである。

震災前であれば、その＜微増＞の原因は原発発電量の比重の重さと論者は即断したと思う。今は状況が微妙である。図柄では原発のプレゼンスは著しく落ちている。であれば、再生可能はさらに伸びてもいいはずである。

その問題のカギはもう一つの日本の不思議にかかわっている。

日本は、揚水水力の容量が中国に次いで世界2位なのである。これに一般水力の容量を加え、揚水＋一般の≒5000万kwという数字を見ると、中国 ブラジル カナダ 米国 ロシア（5100万kw）に次ぐ（並ぶ？）位置にいたることがわかる。水力王国ノルウェーの値も（3400万kw）大きく超えて、スウェーデンとの合算値に近い。

これだけの設備があっても、ではなぜ再生系発電量のラインがグラフのように低く伸びないのか？ 輸出入調整が全く期待できないことは、前提。問題の要

に揚水の稼働率の異常な低さが座る。それが調整機能を大きく後退させている。それが、日本の電力構造の不思議なく形を生んでいる一つの要因であろう。

とはいえ、そんな断定を＜数字を伴わずに＞勝手に持ち出しても説得力がない。最後のエニグマはまた別個に検討したのち語るべきことであつた。

もとい、本論の使命は世界各国の電力の問題を、推移グラフの形で想像することにあつた。論の途上で挙げた推論のどれが正しく、どれは間違いなのかは、今後の議論を待たねばならない。

ここまで論を進めて最後にこんなことをいうのもなんだが、そもそも図柄から＜感ずる＞メッセージなど、およそ科学分析の匂いがしない。まともな研究者は言葉と数字で語る。それはその通りだろう。

だからこそ論者は、誰もが語らない図柄の印象をプレゼンスしたかった。そしてそれが、少なからずの読み手の認知転換を促すことともなろう。幾多の知者がそこに何ものかを発見し、言葉の発言内容が変容していくことを期待してひとまず論を閉じる。

注

- 1) このデータとの出会いは昨年私のゼミ生、窪園真那さんの卒論（作成過程）にある。彼女の卒論中におけるEIAデータの効力を確認する中で、本論の作成はスタートしたといっても間違いない。もちろん本論の＜抽象性が高いデータ読み取り作法＞の問題と、ノルドプールの＜実際＞を問うた彼女の問題関心はずれるので、彼女の論（主張）について参照しようとしているわけではないが、＜データの有用性＞というものの参照という話もありえるのではないだろうか？
- 2) EIA (U.S. Energy Information Administration): 日本語にすると米国エネルギー情報局とかなのだろうか？ 文字通り合衆国政府のエネルギーに關す

る公的統計を管理する機関。液化ガス、ガスオイル、原油などエネルギー全般を対象とするが、また個別電力についても容量、発電量、消費量、輸出入量などが網羅記載されている。

画面上の一つの枠内では、一つの国のおよそ50年の値しか提示されていないが、順次別の年のデータをスクロールしてみることができ、また、別の国のデータもスクロールしてみることができる。

<https://www.eia.gov/international/overview/world> 最終閲覧 2026.03.01

- 3) この問題提示のオリジナルデザインは安田陽氏の『日本の知らない風力発電の実力』にある。

安田陽『日本の知らない風力発電の実力』(オーム社, 2013年) 4頁

- 4) たとえばこのリサーチを最初に展開したコア科目では、3か年で1000名ほどの学生に対してリサーチできたが、正解者の数は20を下回った。反対にD、Eという実態からはなれた答に200以上の回答があった。以降資源エネルギー論の講義やゼミで、毎年この問いを投げかけたが、答えの分散は何年経過しても大方同じように推移してきた。

- 5) 前掲2

世界全体の風力と原発の年次データから論者がグラフを作成。グラフ内に示す矢印などはすべて論者が付記したもの。

- 6) デンマーク風力の歴史をつづるものも何点があるが、デンマークの歴史を全面的に理解しながら描かれたレポートとして次の書は最良の知見を与えてくれる。

ケンジ・ステファン・スズキ『デンマークという国 自然エネルギー先進国』(合同出版 2003年)

- 7) 前掲2

デンマークの発電量の箇所から値を抽出

- 8) 養老は、「文筆家よ、ここの画像が示すほどに完全な姿を、言葉で言い表すことができるのか」というレオナルドの言葉をひき、画像と言葉の＜表現力＞の違いについて語っている。

養老孟司『形を読む』(講談社学術文庫 2020年) 52項

- 9) 前掲2

北欧4国の18年、22年における各種発電技術の

データから

- 10) 前掲2

30カ国の02年、12年、22年における化石系発電量のデータから

- 11) 前掲2

デンマーク、ポルトガル、オランダ、フィンランド、イギリス、オーストラリアの経年データから作った関連グラフ

- 12) 前掲2

スペイン、中国の経年データから作った関連グラフ

- 13) なお本文ではコメントを省略しているが、8位のポーランド、9位のイタリア、10位で中国に並ぶトルコはいずれも原発を所持していないので、以上脱化石系10傑の原動力はいずれも再生可能系の増進と決着がつく。

- 14) 前掲2

中国の原発発電量の経年データからつくったグラフ

- 15) こういう仕草は、AIが郵便記号を読み取る際とか、囲碁において次の一手を想定する際のCNN(畳み込みニューラルネットワークパーセプトロン)の部分構造検出フィルターそのものである。

大槻知史『アルファ碁 解体新書』(翔泳社 2017年) 65項

- 16) 前掲2

トルコ、ベトナム、イタリアの経年データから作った関連グラフ

- 17) 前掲2

デンマーク、ドイツの経年データから作った関連グラフ

- 18) EIA データ Data Electricity Electricity generation 内

デンマーク、ポルトガル、オランダの再生可能系発電総量とその内訳となる各技術の発電量の経年データからのグラフ

- 19) 前掲18

フィンランド、イギリス、オーストラリアの再生可能系発電総量とその内訳となる各技術の発電量の経年データからのグラフ

- 20) 前掲2

ノルウェー、スウェーデン、フィンランドの経

- 年データから作った関連グラフ
- 21) EIA データ Data Electricity Electricity generation 及び consumption データの内
デンマークの21世紀経年データ
- 22) EIA データ Data Electricity Electricity imports 及び exports データの内
デンマークの21世紀経年データ
- 23) EIA データ Data Electricity Electricity generation 及び consumption データおよび EIA データ Data Electricity Electricity imports 及び exports データの内
ノルウェー, スウェーデン, フィンランドの21世紀の経年データ
- 24) 前掲23
フランスの generation, consumption 及び imports, exports についての21世紀の経年データ
- 25) 22年だけ輸入超過という逆転現象を示しているが, この年フランスの原発は応力腐食割れ問題で, 点検のものを合わせ原発全56基の半数を停止させている。
フランスと日本を結ぶ Et Toi のウェブ記事から
<https://www.parisettoi.fr/news/20230217-02/#:~:text=仏送電事業者 RTE, 発電の低迷が原因。最終閲覧 2026.03.01>
- 26) 石原孟「＜風力発電大国＞の実像 ～その背景に電力系統制御への挑戦～」日経エレクトロニクス 7月11日号 (2011年) 19-22項
- 27) 前掲18
再生可能系発電総量とその内訳となる各技術の発電量の経年データからのグラフ
- 28) Tamega Project についての Iberdrola 社の紹介資料を日本語翻訳して切り抜いた。
<https://www.iberdrola.com/about-us/what-we-do/hydroelectric-power/tamega-giga-battery>
右隣りは, 同じく Iberdrola 社が YouTube に挙げる建設途上のプロジェクトの様子
Hydroelectric gigabattery on the Tâmega river
Hydroelectric gigabattery on the Tâmega river
いずれも最終閲覧 2026.03.01
- 29) 「脱炭素化をめぐるチリ政府の野心的な取り組み」
Jetro 地域・分析レポート (2023)
<https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/special/2023/1001/8bbb2afe3d9561c9.html> 最終閲覧 2026 03.01
- 30) 前掲2 及び前掲18
チリの経年データから作った関連グラフ及び再生可能系発電総量とその内訳となる各技術の発電量の経年データからのグラフ
- 31) 三菱 UFJ 銀行, チリで計画中の世界初の海水揚水発電所と太陽光発電所併設事業をアレンジ
Rife ネット記事 (2019)
<https://rief-jp.org/ct1/91655> 最終閲覧 2026 03.01
- 32) バックアイ揚水発電所: 2026年の節目に向けて加速する21兆 VND のプロジェクト
Vietnam.vn —ベトナムを宣伝するためのプラットフォームから
<https://www.vietnam.vn/ja/thuy-dien-tich-nang-bac-ai-du-an-21-000-ty-dong-but-toc-truoc-cot-moc-2026> 最終閲覧 2026.03.01
- 33) 前掲2 及び前掲18
日本の経年データから作った関連グラフ及び再生可能系発電総量とその内訳となる各技術の発電量の経年データからのグラフ

