

## 資源はないが知恵があるフランス、資源はないが知恵もない日本？ — 知恵を出そう日本 —

### はじめに

IOJだより148号では、日本はドイツを参考にエネルギー供給の基本計画を立てるのではなく、フランスを参考にした方が日本の国情に合っていることを示し、フランスが採用している方針に倣った立法措置が必要であるとの意見を出した。この議論の根拠を今回はより詳細に説明する。

### 1. 資源小国の日仏は共にオイルショックでエネルギー自給の重要性を認識した

1973年の第4次中東戦争を契機とする第一次オイルショックと、1970年代末から1980年代初頭にかけてのOPECによる原油価格の大幅値上げとイラン・イラク戦争の影響による第二次オイルショックで原油価格が高騰し、日本では電力の15%使用制限が実施された。その結果、化石燃料資源がない日本、フランスともに原子力発電の導入を加速していった。

フランスは、欧州で主導権を発揮するには確実なエネルギー源の確保が必須との方針を取り、資源を持つ英国やドイツに対して、フランスは国営電力会社EdFのもと、原子力の大規模開発によって、そのエネルギー源を確保する戦略に踏み切った。

一方、日本は原子力発電の開発を加速したのはフランスと同じであったが、国の方針が明確でなく、安定供給や安価な発電コストにも重点を置き、天然ガスや石炭火力も増やしてきたのが大きく異なる点である。

### 2. この違いがその後の変遷に大きな差をもたらした

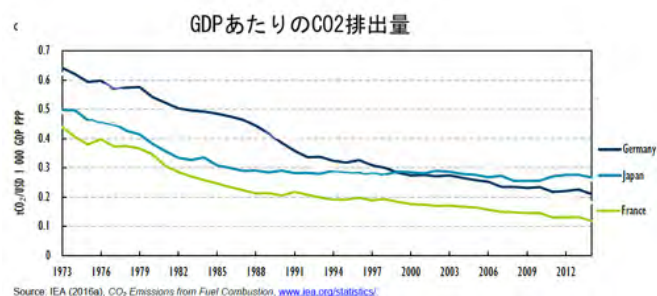
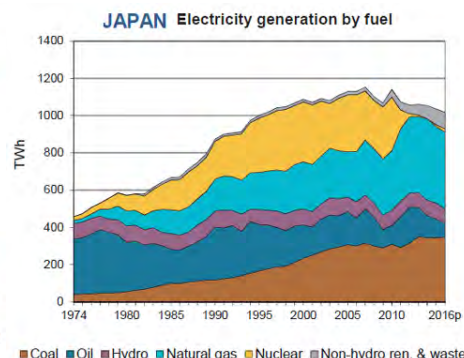
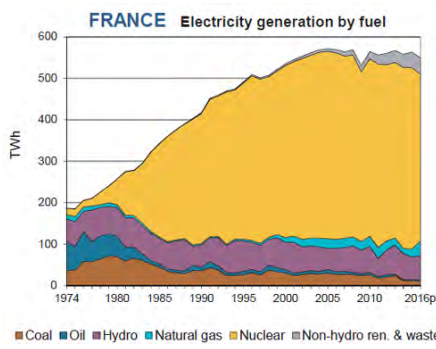
#### 電源構成の日仏比較

フランスはエネルギーの自給率の向上を目指し、国営の電力会社EdFは導入済みの水力発電に加え国産のPWRを導入し原子力と水力による非化石電力の割合は90%を実現しており、非化石燃料が一次エネルギーの約50%を賄っている。

一方、日本は福島事故前でも発電に占める原子力と水力による非化石電力の割合は約35%であり、非化石燃料は一次エネルギーの約20%を賄っているに過ぎず、フランスには大きく差をつけられている。

#### 炭酸ガスの排出の比較

福島原発事故前には、日本の炭酸ガスの排出量抑制はそれなりの成果がでていたと考えている人が多いかも知れない。しかし、GDPあたりで見ると1990年代半ばから原発の推進は進まず、フランスには大幅に水をあげられてしまっている。またドイツでは原子力には消極的と日本では報道されているが、原子力の導入量は図に示すように2000年ころまでは日本と同程度であるうえ、その後の原子力の削減は再エネで補っているおり、火力発電の比率が日本は増加しているのに対して、若干下がり気味の傾向が続いており、炭酸ガスの排出量は順調に下がってきた。その結果2000年には日本はドイツにも追い抜かれてしまっている。日本では原発の導入が1990年代に入ってから伸び悩んだことがドイツとの間で差の出た原因であろう。



### 3. なぜ、フランスは日本に比べて原子力を多く導入できたのか

#### (1) フランス人の国民性の違い。

①福島原発の事故に関連してNHKの「ワールドWaveモーニング」が紹介していた米ギャラップ社の世界47カ国の「原発賛成率」調査によれば、ドイツの原発賛成度は福島の前と事故後では34%→26%に下がったのに対し、フランスは事故前が66%で今も58%だ。

②フランス人はなぜ動じないのか。国家安全保障のための核利用、という点では核保有と原発推進は共通した覚悟ということか。被爆国で核アレルギーのある日本とは土台が違う。

③フランス人は独立精神が強い。エネルギーで外国に依存することには我慢がならない。（1973年の石油危機で中東産油国に4倍も高い原油価格を吹っかけられ、ロシアがウクライナ向けの天然ガス供給を停止した煽りを食うなど、痛い目に遭わされており）、石油も天然ガスもなく、石炭も枯渇した誇り高きフランスが独立を守るためには、原発しかないという判断だ。

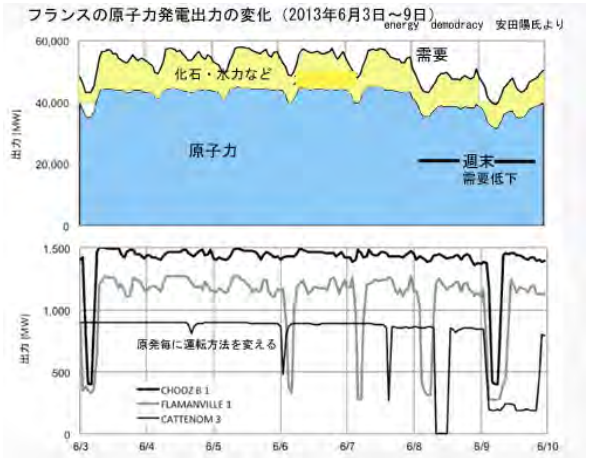
⑥もちろん、フランス人が事故や放射能を恐れないわけではない。だが国全体に占める原子力産業のシェアが大きいので、それだけ原発や関連企業で働いている家族や友人も多い。原発立地の負担だけでなく雇用などのメリットも理解されており、フランスの原発は日本のように隅に追いやられるのではなく全国にまんべんなく散っている。

**(2)EdFはどのような取り組みをしているのか**

電気の需要は昼間にピークがあり、ベースロードの原子力だけで賄おうとすると、需要のピークに対応して出力を変動しなければならない。そのためには、昼間の需要のピークを下げるため、安い深夜料金を設定し、蓄熱温水器等の奨励や揚水発電によって需要の高い時間帯に発電する仕組みを行ってきた。このような取り組みは日仏同様であった。

**しかし、フランスはここで終わらない**

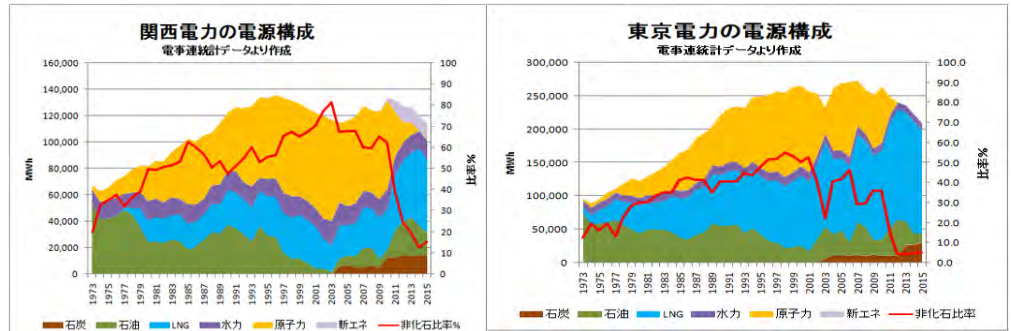
それでも需要のピークは火力発電で変動を吸収していたが、この役割を原子力発電にもたせるようにした。当初の軽水炉の設計では出力を急激に変動させると、燃料の被覆管に温度サイクルが加わるため被覆管が破損する恐れがあり、温度サイクルを与えないような運転が必要とされた。そのため、フランスは、温度サイクルに耐えられるような破損しにくい燃料や出力の変動を緩やかにする制御棒の設計改良を行ってきた。また、負荷変動に対応するため、ベースロード、周波数制御に対応できるモードや、一日の出力と変動速度をプログラムして負荷追従モードなどの開発をはじめ、中性子吸収の小さい制御棒や冷却材の温度変化で出力変動に対応するなどの工夫を継続して行ってきた。



**(3)日本の取り組みは**

電力会社は供給の不安定な石油火力は削減してきたが原子力の取り組みは異なる。

関電の例では原子力への依存を高め、高い水力の比率と相まって2000年前半では発電に占める非化石の割合は80%も占めるようになった。しかし、原子力の比率を上げると火力発電や揚水発電だけでは変動を吸収できないため、フランスと同様な取



組みを目指したが、地元自治体の反対などがあり許認可取得が難しく、週末の出力変動程度しか許容されていない。これでは、負荷変動に対応するためには火力発電をある程度高く保つ必要があり、原子力の比率を高めることはできない。

東電は原子力の導入と同時に安価で安定供給が可能なLNG火力の増強をしてきており、2000年前半には原子力とLNG火力はほぼ同じ割合になった。

**結論 解決策はある**

2018年7月にはエネルギー基本計画が改定され、2050年には全エネルギーから出るCO2を80%減らし、自給率の向上を目標に、再エネの主力電源化、原子力の依存を可能な限り低減する等に取り組もうとしている。この切り札になる再エネは変動電源であるため、系統への接続の難しさ、変動を化石燃料などにより保障する仕組みがネックになっている。

その原因はエネルギー基本計画に原子力を可能な限り削減するという一文があり、前述した通りフランスのような原子力による需要変動対応の議論は禁じ手になっているのであろう。しかし、欧州原子力産業会議 (FORATOM) は 2018 年 5 月 7 日に「原子力発電所の柔軟性のある運転」を発表し、柔軟な運転が可能な原子力発電所は、出力が変動する再生可能エネルギーを補う最良のパートナーになり得るとの見解を示した。フランスだけではなく欧州のこのような仕組みを取り入れることを考えるべきであろう。

一部の原発反対派は、原子力を廃止するためには再エネを普及させればよいという考えから、このような見解には真っ先に反対するのであろう。しかし、このような仕組みが国民に理解されれば、原子力の安全性向上や負荷変動運転を可能にする燃料改善を行うことによって、大規模な送電網の補強をすることなく再エネの大々的な導入が可能になるであろう。偏った見解に固執せずに多くの選択肢を真剣に検討すべき時が来たように思われる



エグゼクティブ・サマリー：

- 原子力発電は、欧州連合（EU）の発電システムの重要な要素であり、かつ欧州の発電システムの脱炭素化における再生可能エネルギーの主要パートナーである：原子力発電所は、EU域内で約27%の電力を供給し、低炭素電力の約50%を供給している。



欧州がエネルギーの供給確保と同時に CO2 排出削減にコミットするならば、再生可能エネルギーの柔軟なパートナーとして、低炭素な原子力発電を真剣に受け入れる必要がある――

FORATOM 事務局長 イヴ＝デバセイユ

- 欧州のエネルギーミックスにおいて出力が変動する再生可能エネルギーのシェアが増大するにつれ、CO2の排出を削減しながら、消費者にとって手頃な価格で手に入れることができる電力の供給確保が課題である。
- 原子力発電所は柔軟性の低いベースロード電源として広く認識されているにもかかわらず、いくつかのEU加盟国においては、原子力発電は柔軟性と送電網の安定性の要求に十分な解決策を提供できる大規模電源であるということである。技術的には、既存の原子力発電所や新しい原子炉設計では、周波数制御と負荷追従運転の両方をこなす性能があるものの、EU域内において実施状況は不均一である。いくつかの加盟国や地域では現在、原子力発電所の柔軟な運用の必要性やインセンティブがないが、他の加盟国では柔軟な運転が確立され、実績を積んでいる。
- 原子力発電所の柔軟な運転は、下記に依存する。
  - ・適用可能な規制の枠組：系統運用者と原子力安全規制者によって設定される条件（設計・運転段階で）を含み、加盟国ごとに異なる可能性がある。
  - ・市場環境を考慮した運転者の商業上の決定：原子力発電は、他の化石燃料による発電 と比べて、初期の資本コストが高く、燃料コストや運転コストは比較的低いので、全出力運転が一般的に最善の選択と考えられている。
- 原子力発電は、EUの電力システムを脱炭素化する重要電源として、長期的に見てEU域内で必要である。したがって、EUは、低炭素電源に対する長期的投資の特殊性を認識した電力市場や長期的かつ予測可能な炭素価格を可能とするCO2排出量取引制度（EU-ETS）を正しく機能させる必要がある。
- 原子力発電所の柔軟性のある運転に対する要請が高まるにつれ、間欠的な再生可能エネルギーの割合が拡大している電力システムのなかで、柔軟な運転が可能な電源に報酬を与えられるよう、適切なメカニズムを電力市場の設計に盛り込むことが必要である。

詳しい原文はこちらから

[https://www.jaif.or.jp/cms\\_admin/wp-content/uploads/2018/05/flexible\\_operation\\_of\\_nuclear\\_power\\_plants.pdf](https://www.jaif.or.jp/cms_admin/wp-content/uploads/2018/05/flexible_operation_of_nuclear_power_plants.pdf)

## 太陽光発電 重視の国は極くわずか — 導入には限界がある —

### 1. エネルギー基本計画に基づく日本の立つ位置

経産省の有識者会合であるエネルギー情勢懇談会（注1）では、最近閣議決定された第5次エネルギー基本計画とその原案を検討して来たが、その主な論点は以下の通りである。

#### ① エネルギーの安全保障

各国のエネルギー自給率を比較すると、米・中、英・独・仏は40%から90%であるが、日本は原発停止によって自給率はわずか7%であり、他国のように電力の国際送電線や国際パイプラインもなく、エネルギー安全保障が万全とはとても言えない状況にある。

主要国と比較した日本が置かれている状況

～ 日本は資源に乏しく、国際的なエネルギー連結もない。

	日	仏	中	印	独	英	米
自給率(2015年) 【主な国産資源】	7% 【無し】	56% 【原子力】	84% 【石炭】	65% 【石炭】	39% 【石炭】	66% 【石油 天然ガス】	92% 【天然ガス 石油・石炭】
国際パイプライン	×	○	○	×	○	○	○
国際送電線	×	○	○	○	○	○	○

#### ② 再エネ導入の現状

##### ● 国土面積あたりの再エネ発電量：

主要国の単位面積あたりの再エネ発電量を見ると、ドイツ40万kWh/km<sup>2</sup>＞デンマーク34万kWh/km<sup>2</sup>＞日本33万kWh/km<sup>2</sup>＞イタリア29万kWh/km<sup>2</sup>＞スペイン18万kWh/km<sup>2</sup>という序列にあるが、太陽光に着目するとドイツ11万/kWh/km<sup>2</sup>、日本9万/kWh/km<sup>2</sup>、イタリア8万/kWh/km<sup>2</sup>と続く。

日本は太陽光（政府がFITを導入して積極的に推進）と水力（山地が多く有利）の割合が特に高くなっている。

##### ● 炭酸ガス排出量：

ゼロ・エミッションの安定電源の比率を見ると、スウェーデン88%、フランス88%、デンマーク15%、ドイツ25%、日本12%となっておりCO2排出係数は日本が最悪である。

##### ● 日本は原子力低減の影響が大きい：

日本は2010年から再エネで500億kWh増加するも、原子力で賄っていた分が2800億kWh減少し、火力2000億kWh増加で、CO2排出量は4.3から5.0億トンへと増加してしまった。

	国土面積あたり発電量		
	太陽光	風力	水力
日本	9	1	23
ドイツ	11	22	7
スペイン	2	10	6
イタリア	8	5	16
デンマーク	1	33	0
スウェーデン	0	4	17

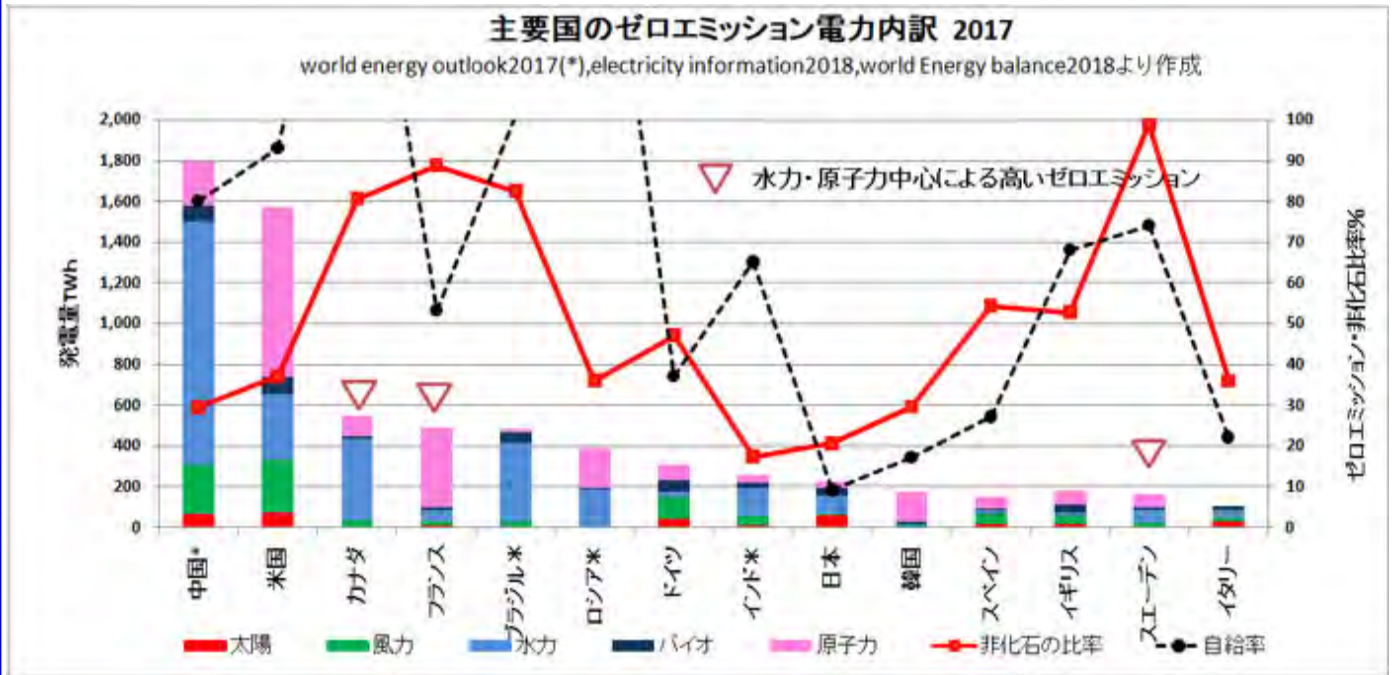
単位：万kWh/km<sup>2</sup>

	排出係数と電源構成（欧州比較）				
	EU主要国・日本のCO2排出係数と発電構成（2015年）				
	スウェーデン	フランス	デンマーク	ドイツ	日本
	11gCO2/kWh 20円/kWh	46gCO2/kWh 22円/kWh	174gCO2/kWh 41円/kWh	450gCO2/kWh 40円/kWh	540gCO2/kWh 24円/kWh
安定 ゼロエミ	88% 安定再エネ: 53% 原子力: 35%	88% 安定再エネ: 11% 原子力: 78%	15% 安定再エネ: 15% 原子力: 0%	25% 安定再エネ: 11% 原子力: 14%	12% 安定再エネ: 11% 原子力: 1%
変動 ゼロエミ	10% 太陽光: 0% 風力: 10%	5% 太陽光: 1% 風力: 4%	51% 太陽光: 2% 風力: 49%	18% 太陽光: 6% 風力: 12%	4% 太陽光: 3% 風力: 1%
火力	2% 石炭: 1% ガス: 0% 石油: 1%	7% 石炭: 2% ガス: 4% 石油: 1%	34% 石炭: 25% ガス: 6% 石油: 4%	56% 石炭: 44% ガス: 10% 石油: 2%	85% 石炭: 34% ガス: 41% 石油: 10%



## 2. 世界のゼロ・エミッションの取り組み

2016年のゼロ・エミッション（非化石）の電源の内訳をIEAが発表している（注2）。最も発電量の多い中国で



は水力、風力、火力が世界でも最も供給量が多い。しかし、OECD諸国は原子力、水力が中心であり、不安定電源である太陽光を中心に据えようとする国は見当たらない。

### ● 原子力と再エネの組合せ：

ゼロ・エミッションを安定電源に特化して実現している国々は、フランス（原子力72%、水力10%）、スウェーデン（原子力39%、水力40%）、カナダ（原子力15%、水力58%）、などであり、これらの国々ではCO2排出量が低下しているうえに電気代も安いという良い結果を得ている。

### 太陽光発電先行国では：

ドイツ、イタリア、スペインでは太陽光発電の導入が先行していたが、日射量とともに変化する変動電源であるため、太陽光発電量が需要を上回る場合には火力発電の停止が必要となるばかりではなく、将来的には変動に対応するための揚水発電所の増設、大型で安価な蓄電装置の開発等が必要なことから、どの国も導入が頭打ちになっている。

（図）



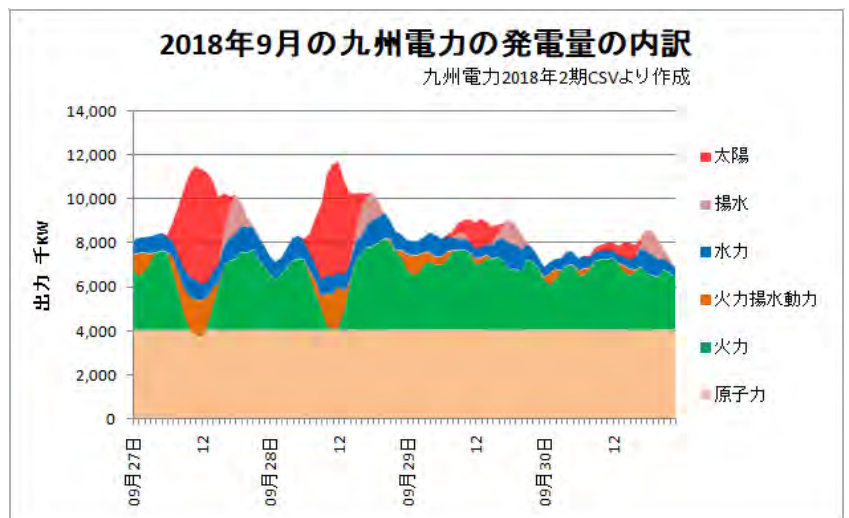
## 3. 太陽光発電設置の問題点

このように世界の非化石エネルギーの趨勢が決して太陽光ではない中、日本はFIT制度などの優遇制度の後押しと変動電源対応は将来の問題として棚上げした結果、例外的に太陽光の導入が進んでいる。

### ● 変動する太陽光の系統への接続の問題

九州電力は太陽光発電の導入が進んでいる電力である。週末の2018年10月13日（土）に太陽光発電量が需要を上回ると予想されたため、家庭用を除く約1万の発電事業者に発電停止を求め実施された。そのデータはまだ公開されていないので2018年の9月末の発電の内訳を示す（注3）。週末には需要が減り日射量が小さかったが、大きくなれば発電停止が必要なことが判る。

日本は2030年にかけては太陽光の発電量は5千万から1億KWまで増加すると予想され、このままでは全国の電力会社管内で太陽光発電の抑制が常態化する可能性がある。



## ●無理な設置は環境の破壊を招く

太陽光発電所が設置される地域の人たちはその導入をどう考えているのだろうか。用地を提供する人たちにとっては遊休地、耕作放棄地や未利用地であり、ありがたいと思っているかもしれないが、土地の所有者以外は突然身の回りの広大な面積に太陽光パネルが設置されたわけであり、突然太陽パネルが設置され、静かな環境が脅かされ、反射光などの実害も報告されている。太陽光発電が更に拡大する場合、森林を伐採の上、山地の斜面に設置するようになるのであろう。山梨県北杜市の太陽光発電では、FIT（再エネの固定買取制度）の認定件数は2016年3月末で4792件、稼働件数は1241件と増加している。仮に、認定された太陽光発電設備全部が稼働すると、541ヘクタール、東京ドーム115個分、市の面積の1%程度になるという。（注4）（GEPR 太陽光発電による環境破壊、状況は悪化-山梨県北杜市 石井孝明氏より）



山の斜面に設置する太陽光発電

## ●自然災害

日本は台風や土砂崩れなどの自然災害が多く、先の西日本豪雨や台風などで太陽光パネルの飛散や関連装置の故障が発生している。これらの被害は特定地域に同時発生する可能性が高く、電力供給に支障を及ぼすことになる。また、山地の傾斜地に作られた太陽光発電設備では、山の崩落の原因になることも考慮しなければならない。

江戸時代に、人口の増加や収入の確保の点から森林の伐採が進みはげ山が多くなった経験があった。近年は、化石燃料の出現や食料の輸入が進み森林の伐採に歯止めがかかったが、今後、その教訓を忘れて太陽光パネルの大量設置をした結果、過去の二の舞となるような愚を犯してはならないであろう。

被害状況（50kW以上）

		西日本豪雨	台風21号	北海道地震
被害概要	合計	19	21	1
	水没	8	-	-
	土砂崩れ	11	-	-
損傷部位	パネル	10	19	-
	パワコン	9	3	1
	キュービクル	4	1	-
	その他	9	5	-

※台風21号においては、強風によるパネルの飛散被害が多い



## まとめ

再エネを主力電源とするうえでの注意点としては、再エネ単体の発電コストの低下だけでなく、他電源との調整力、ネットワーク内での安定など3つの課題がある。この度策定された日本のエネルギー基本計画は、太陽光発電を再エネの主力に置こうとするあまり、電力会社が構築してきた電力網を大々的に変更し、電力の貯蔵システムを構築し、グリッドのデジタル化などを実現しようとしている。日本の技術力をもってすればできないことではないのであろう。

しかし、2050年までに電力だけではなく他分野の化石燃料の使用をも削減しなくてはならず、水素利用や運輸の分野での非化石化が注目される時に、世界が注目していない太陽光発電の導入のために、そこまで手を広げる価値があるのかは吟味しなければならない。

日本はドイツの例を参考にしたが、ドイツの現状を教訓として日本の国情、地政学上の問題点に合ったエネルギー政策を構築すべき時が来たのではないか。安定電源である水力、原子力を中心に、洋上風力を含めた既存の電力系統に優しいエネルギーを利用すべきであろう。

しかし、太陽光発電がダメとは言うのではない。これまでの号でも繰り返し述べているが、再エネは魅力のある電源でありその普及を私たちは強く支持している。日本の風土、環境をつぶすことなく、既存の電力系統の負担にならないように切り離して、家庭や工場、病院、集合住宅などでの自家消費用として大いに進めたい。そのためには、昼間の太陽光が豊富な時間帯に蓄電するあるいは温水器、EV車への充電などハイテクを使わなくても利用できる手段はいくらでもあろう。日本の最新工業技術をそういうものに活用して欲しい。

## 参考資料

注1 エネルギー情勢懇談会提言—エネルギー転換へのイニシャティブ—関連資料 平成30年4月

[http://www.enecho.meti.go.jp/committee/studygroup/ene\\_situation/pdf/report\\_02.pdf](http://www.enecho.meti.go.jp/committee/studygroup/ene_situation/pdf/report_02.pdf)

注2 World Energy Outlook2017, Electricity Information2018, IEA

注3 九州電力 エリア需給実績

[http://www.kyuden.co.jp/wheeling\\_disclosure.html](http://www.kyuden.co.jp/wheeling_disclosure.html)

注4 太陽光発電による環境破壊、状況は悪化-山梨県北杜市

<http://www.gepr.org/ja/contents/20160927-01/>



## いつ起きてもおかしくない首都直下地震 —東京湾岸の火力は全滅か—

### 1. 胆振東部地震の際のブラックアウト

電気の需要と供給は同時・同量でなくてはならないという大原則が地震によって損なわれた結果、全道でブラックアウトが発生しました。

首都圏の場合は火力発電、水力発電、原子力、融通と分散し、また供給電力網も多重化しておりブラックアウトは起こりにくい。しかし、東京湾岸に火力発電が集中しているため同時に発電できなくなる可能性がある。火力発電の復旧には時間を要することから長期の停電が予想されている。いまのところ、その代替案は示されていない。

### 2. 首都直下地震分析についての前提

政府は、内閣総理大臣を会長とする中央防災会議が2013年12月19日に「首都直下地震の被害想定と対策について」を発表しています。これによると、首都圏ではこの70年間に30%の確率でマグニチュード7クラスの直下地震が起こると予想しており、図に示すように火力発電所が集中する東京湾地域では震度6強から6弱、太平洋側の茨城以北は震度5弱以下の地震に襲われるとしています。

火力発電所の被害は東日本大地震の被害実績を参考にすると、以下（5項を参照）のように供給能力が50%まで低下すると推定しています。

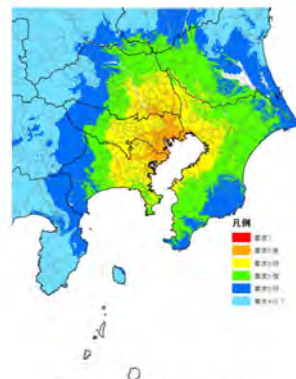
### 3. 電力供給体制

首都圏の火力、原子力、水力、連系線は図のように配置されています。この内訳を見ると、東京電力管内の火力発電所は自社火力、共同火力など東京湾内に2910万KW、茨城、福島のパシフィック側に1270万KWがあります。すなわち、火力発電所の70%が東京湾内、30%が太平洋岸に立地しているのです。水力発電所は内陸部に986万KW、そして原子力は柏崎刈羽821万KW、東海第二110万KWがあります。そして、東北-東京の連系線570万KW（2021年に1120万KWに拡大）、中部からの連系線（60Hzから50Hzに変換）120万KW（2020年に210万KWに拡大）が融通時に利用できます。なお、太陽光発電は増加しつつあるものの十分ではなく、風力発電も供給量はわずかです。また、供給力を計算するうえでは、原子力発電所の稼働率が重要な要素となりますが、過去の実績からここでは低めの75%の稼働率を採用して検討します。

### 4. 平時の電力需給量

電力供給量は冬季と夏季とでは大きく変化します。2018年の1月から8月までの半年間の電力供給の内訳が東京電力から発表されていますので、ここから需要が大きい各月の第3金曜日を例に内訳を図に示します。なお、休日の土日は需要が大きく下がります。現在は原子力がないため、水力、太陽光、連系線で融通される電力以外は火力で賄われます。需要が少ない春の間はピークでも3000万KW程度ですが、冬や夏の昼間の企業の需要が多い時間帯には4900万KW程度まで必要とされます。

### 都区部直下地震の被害想定



防災対策の対象地震

都区部直下地震

\* 東京湾内の津波は小さい(1m以下)

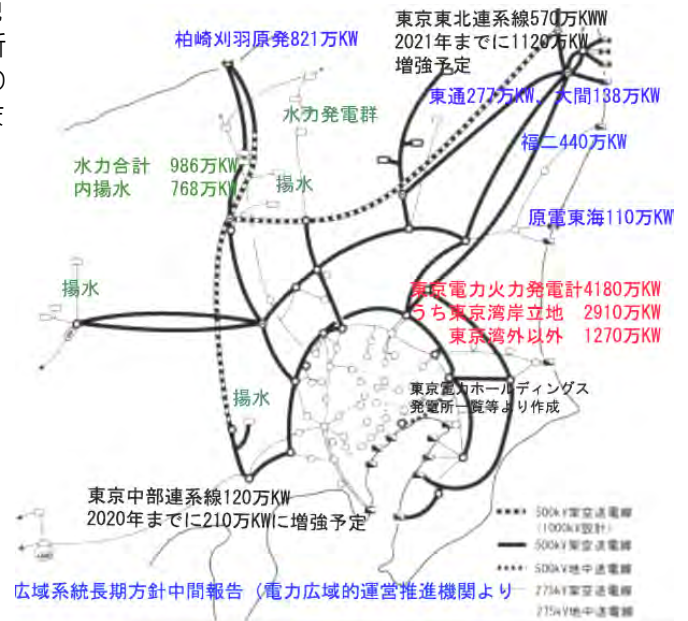
【都心南部直下地震】M7.3

被害想定(最大値、未対策(現状))

- 全壊・焼失家屋 : 最大 約 61万棟
- 死者 : 最大 約 2.3万人
- 要救助者 : 最大 約 7.2万人
- 被害額 : 約 95兆円

※冬、夕方 風速8m/秒のケース (稼働率の最大は春、深夜のケース)

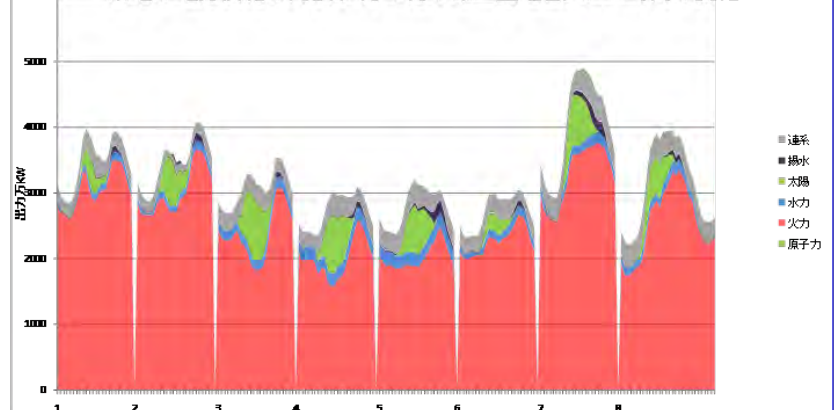
9



広域系統長期方針中間報告(電力広域的運営推進機関より)

500kV架空送電線(1000kV設計)、500kV架空送電線、500kV地中送電線、775kV架空送電線、775kV地中送電線

東電の電力供給の内訳(1月~8月の第三金曜日)の24時間の変化



## 5. 首都圏直下型地震が発生した場合には

中央防災会議によれば、夏場のピーク需要は5,100万KWとしていますが、ここでは新しいデータのピーク需要（図の7月）4,900万KWを採用します。この需要に対して、発災後の供給力は2,700万KWまで減少します。この減少分は東京湾岸の火力発電所の停止に相当します。

春や秋の需要の少ない時期であれば何とか凌げるのかもしれませんが、夏や冬のピーク時には、電力供給が2,200万KW不足し、バランスが崩れて5割の地域で停電が発生することになります。

この状況下で柏崎刈羽、東海第二（合計931万KWの75%）から700万KWが得られても、不足分は1,500万KWとなり、需要が多い時期に地震が発生した場合では火力が復旧するまでおよそ一ヶ月の停電と需要抑制が避けられません。

計画、建設中の東京電力東通、電源開発の大間原子力発電所の合計415万KWを更なる応援に加え、東北ー東京連系線を最大限に利用しても停電解消が不可能なのです。

要するに、原子力発電所を稼働できてもまだ東京電力単独では停電を解消することはできず、東日本3社や東京中部連系線による融通強化を前提とした対策が必要なのです。

## 6. 原発の重要性を再認識すべき

元々、1970年代に日本が原子力開発を進めることとしたのは、オイル・ショックとOPECによる原油の大幅な値上げを経験して、一つの電源に依存するとその電源を失った時の影響が多くなるので、ひとつの電源に過剰に依存してはならないことを学び、原子力にも供給の大きな部分を任せることによってエネルギー安全保障を確立することを目的としていました。今はこの重要な目的が忘れ去られ、原子力発電排除を目的とする朝日、毎日、東京などの新聞や、NHKまでもがばら蒔いている幻想により多くの国民が騙されて、太陽光などの再生可能エネルギーがあるので原子力発電は不要であると思込むようになり、原子力発電所の再稼働や新設が遅れてしまっています。そのつけが現実化しようとしているのです。

以上の検討から、首都圏においても電源の分散を図り、直下型地震が発生しても最悪の事態を免れるように、東京湾岸以外に立地している原子力発電所の重要性を再認識するべき時が来たと考えられます。それにも拘わらず、原子力規制委員会の再稼働に向けての動きは緩慢を極めていますし、政府も「触らぬ神に祟りなし」と原子力推進に舵を切ろうとしていません。大きな災害に見舞われる前に原子力発電の有効利用が実現するように、原子力発電所の再稼働を急ぐべきです。

このように、首都圏にとって、茨城、新潟各県の原子力発電所はなくてはならないものですが、これまで福島、茨城、新潟の各県には首都圏に電力を送る原発の立地を受け入れてもらい、大きな貢献をして貰ってきました。そろそろ、原子力発電所の再稼働によって生み出される安価な電力を地元に戻し、東京湾中心の産業構造からこれ等の地域にも産業が大きく育つように政策転換を図るべきではないでしょうか。

## 参考とした資料

### 1. 電力系統図

広域系統長期方針中間報告<参考資料>平成28年3月電力広域的運営推進機関

### 2. 火力発電出力 東京湾内外の内訳

数表で見る東京電力 電力設備 火力発電より、共同火力はウェキペディアより

### 3. 平成18年の第3金曜日の電力供給の図、首都圏直下地震による火力発電所の被害想定等

都区直下地震の被害想定ポイント 中央防災会議 首都直下対策検討ワーキンググループ 内閣府

### 4. 首都直下地震の被害想定 対策のグラフ

東京電力パワーグリッド エリア需要実績公表についてより作成

### 被害の様相（電力供給の事例）

- 湾岸の火力発電所：点検と被災で運転停止
- 供給能力：夏場のピーク需要に対し、約5割まで低下  
現供給能力：5,800万kW ピーク需要：5,100万kW  
発災時能力：2,700万kW 平均需要：3,400万kW
- 発災直後：約5割の地域で停電（需給バランスが起因）
- 火力発電所の復旧：1週間～数か月
- 停電解消：需要を見ながら、通電再開  
**需要が増大 ⇒ 需要抑制(計画停電)**

中央防災会議資料より



## 九州電力は優等生 －九州電力管内の太陽光発電を解き明かす

### 1. はじめに

昨秋九州電力(以下九電)において日本(離島を除く)で初めて太陽光発電の「出力制御」(出力抑制)が行われ大きな話題となりました。昨年は合計8回にわたってこのような措置がとられましたが、年間を通して抑制された電力量は0.3%で、大きな影響はなかったといえます。

日本全体では再エネの中で太陽光発電の割合が異常に高くなっています。一方、需給調整に利用できる連系線は串型構造となっているうえ各電力会社間の接続容量も十分ではなく、電力の融通が取りにくい状況にあります。これは欧州での多様な再エネ電力を国際連系線を含むネットワーク的送電網を通して融通し合っている環境と大きく異なります。本州と関門連系線だけで繋がる九電の電力需給状態を検討することは、今後の日本の電力需給状況を占う格好のモデルケースとなりそうです。

以下九電管内の電力需給状態を例にとり、その実態と「太陽光発電設備が今後2倍に増加した場合」、「原子力なしとした場合」にどうなるかについて検討してみます。

### 2. 九電管内の発電・需給調整設備と電源別発電量内訳

表1 発電・需要調整設備と電源別発電量内訳

九電	万kW	原子力	火力等	水力	地熱	バイオガス	太陽光	太陽光抑制	風力	揚水	連系線	蓄電池
	416	1295	358				830			230	200	30万KWh
	%	26	74	6	1	1	11	0.026	0.7	-1	-13	
国の計画	%	22~20	56	8.8~9.2	1	3.8~4.6	7		1.7			

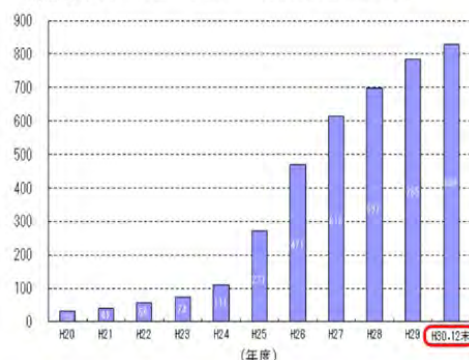
2018年の九電の電源別発電出力と発電量割合(%)と対応する「エネルギー基本計画」で2030年に想定している発電割合を表1に示します。

原子炉が4基稼働してベースロードとして安定的電力供給に貢献しています。太陽光の導入も電力需要の11%を占めており、脱炭素については先進地区といえます。太陽光の大量導入を支えているのは、火力の設備容量が大きいこと、調整用の揚水発電設備と関門連系線の容量が大きいことがあげられます。この面でも良好な環境を整備していると言えます。一方火力は相当高い比率(74%)を占めていることに留意する必要があります。

### 3. 太陽光の導入推移

図1に九州本土における2018年12月までの太陽光の導入推移を示します。現在接続済の設備容量は830万kWで、今後接続検討申込までを含めると1,697万kWとなり、現在の容量の2倍に達する見込みで、さらに増大する可能性があります。

(万kW) 図1 九州本土(離島除く)の太陽光の接続量の推移

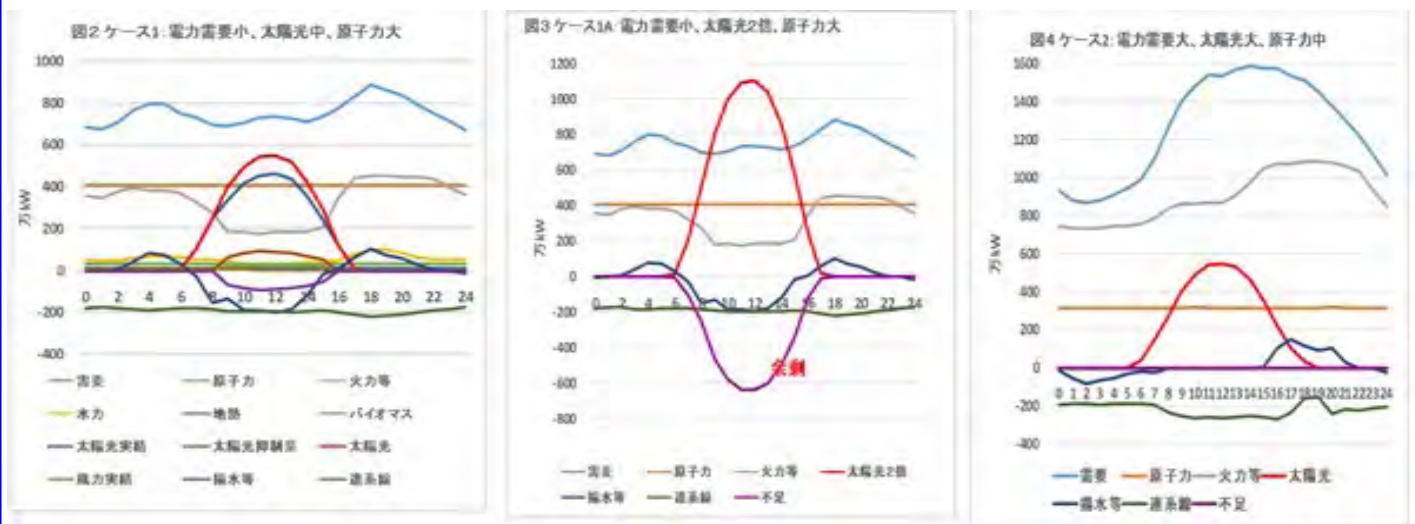


### 4. 電力需給状況と太陽光発電

電力需要は季節/気温、休日/平日、時間帯により大きく変動します。この中で最大需要は夏の高温時と冬の低温時の約1,600万kW、これに対し1日の最大需要の最小値(秋)は890万kWで年間での最大/最小比は1.8という大きな値を示しました。太陽光の変動幅は設備容量の0~85%程度で、このような需要と太陽光発電量の変動に対して常に需給が一致するように他の設備により厳密に調整しなければなりません。これが実現できないと大停電が生じてしまいます。九電は火力の調整運転、揚水運転/発電、他電力会社への送電、原子力発電により、現状では太陽光の変動に対応できています。

### 5. ケーススタディ

1年を通して様々な需給パターンが見られますが、代表例として下の【ケース1】と【ケース2】を検討してみます。さらに



それぞれに対して近い将来に起こるであろう太陽光発電が2倍になった場合、さらに原子力の運転を止めた場合の影響を調べてみます。

【ケース1】：電力需要小、太陽光中、原子力大（秋の休日2018年10月21日（日））（図2）

太陽光はその時点の電力需要の63%を占めていた。発電量を需要に合致させるために、火力は最低レベルと考えられる200万kWまで、水力も可能な量まで絞り、揚水負荷を最大限の200万kW、連系線による送電を最大限の200万kWとしてもなお供給量が過剰になるために止むを得ずに最大90万kW分の太陽光の出力抑制を行ったケースである。

【ケース1A】：太陽光を2倍にした場合（図3）

揚水と送電を最大にしても、640万kWの太陽光抑制量が必要になる。火力のこれ以上の減少はすでに下げしろ一杯なので困難である。

【ケース1B】：太陽光を2倍、原子力0、連系線0の場合

昼間は430万kW余る。それ以外の時は最大230万kW不足する。不足への対応は火力の最大設備容量までの増加が必要であるが、火力をできるだけ抑制するという基本方針に逆行する。

【ケース2】：電力需要大、太陽光大、原子力中（夏の平日2018年8月6日（月））（図4）

太陽光は最大限利用可能であり、火力の減少に貢献。

【ケース2A】：太陽光2倍

昼間に550万kW余るのでその分火力を減らせる。ただし下げ代一杯の状態となる。

【ケース2B】：太陽光2倍、原子力0

昼間に230万kW余るのでその分火力を減らすか揚水運転を行う。その他の時間帯では320万kW不足するので、揚水発電、火力の最大容量までの焚き増し（上限を超える？）原子力の稼働で対応する。

## 6. どうすれば良いのか太陽光発電？

これまでに述べてきた実データを踏まえて今後太陽光の導入が大きく進展した場合の状況と対策について総合的に考えてみましょう。

### (1) 電力需給

電力需要が大きい場合には火力の抑制に寄与する一方、需要が少ない場合には太陽光の出力抑制の大幅な拡大が避けられません。ケーススタディで検討したのはかなりの量の太陽光が利用できる

表2 ケーススタディの総括表

ケース	電力需要	太陽光	原子力	火力	揚水(-)/ 発電(+)	連系線送電(-) /受電(+)	対応/問題点	ケース	
1	小	中	大	昼：最低	昼：(-)最大 昼以外： (+)	常時： (-)最大	昼：供給過大→太陽光出力抑制	1 (図2)	
1A		2倍					昼：供給過大→太陽光出力抑制最大（火力はこれ以上小にできない）		1A (図3)
1B		0					昼：供給過大→連系線送電+太陽光出力抑制 昼以外：供給不足→連系線受電+火力増		1B
2	大	大	中	大	昼：0 夕：(+)	常時： (-)最大	火力減	2 (図4)	
2A		2倍					昼：供給過大→火力減、揚水(-)、 昼以外：供給不足→火力増（現状最大供給状態のため対応困難？）、連系線受電、原子力		2A
2B		0					昼：供給過大→火力減 昼以外：供給不足→火力増（現状最大供給状態のため対応困難？）、連系線受電、原子力		2B

場合でしたが、実際には天候不順の場合には2~3日連続で100万kW（定格容量の12%）程度しか発電できないケースもあり、この場合には主に火力と原子力によって対応することになります。

### (2) 変動性への対応の限界

- ・揚水の利用：上の貯水池と下の貯水池に必要な時に必要な水が貯蔵されていないと電力の調整はできません（蓄電池でも同様の事態が生じます）。大規模揚水発電所はすでに開発し尽くされているので増設することは困難です。
- ・連系線の利用：他の電力会社と送受電を行う場合にも相手側の需給状況とマッチングしていない限り利用できません。連系線の最大送受電量は限られており、これを増強するには多額の費用と期間が必要です。現に関門連系線の増強も専門家の委員会で検討されたようですが、費用と効用の観点から見送られたとのこと。
- ・火力の利用：火力は量的にも、需給調整面でも依然として大きな役割を果たしていることが分かりました。九電の場合は火力の設備容量が大きいので、需要が多い場合もほぼ対応できています。しかし需要が少ない場合には設備容量の14%で運転しており、下げ代の限界に達していると想像されます。需要が多い場合には設備容量一杯で運用することになり、原子力発電が必要になります。

### (3) 原子力の役割

原子力は電力の安定供給に重要な役割を果たしていることが分かります。原子力がない場合には火力の増大（場合による設備の増設）で対処することになり、CO<sub>2</sub>の増加、エネルギー自給率（エネルギー安全保障）の低下、及び貴重な国富の流失になります。

### (4) ではどうするか？

九電は他電力と比較しても太陽光の大量導入を可能にしていますが、上で述べたように例えば太陽光発電が2倍となると対応に大きな限界が見えてきます。その要因の一つは再エネの中で太陽光に極端に大きく依存していることが挙げられます。風力発電は今後大量の導入計画が見込まれていますが、実データを見る限り意外と変動性が大きく、太陽光の変動を補償する役割は期待できそうにありません。近未来の対策としては火力発電の供給力と調整力に期待するしか解が見つからないと考えられます。しかしそれではCO<sub>2</sub>の抜本的削減という国際的動向に沿わないことになってしまいます。やはり、原子力に電力の安定供給とCO<sub>2</sub>削減面で大きな役割を期待することになりそうです。

将来的にはより多様な安定再エネの開発・利用、蓄電池（EV用も含む）や余剰電力の水素への転換・利用、需要調整も考えられますが、いつ頃から本格利用が可能になるか見えない状況です。しかしこのような技術が進展しない限り変動型再エネの「主力電源化」は困難となります。これらの実用化に向けて世界を先導するつもりで、日本の総力をあげて革新的技術開発に取り組む必要があります。火力の出力の下げ代の限界が今後ネックになることも予想されることから、原子力も需給調整面で貢献するためには、フランスやドイツで実施されているように何らかの形での負荷追従運転が必要となり、中期的にはそれに向けて努力していく必要があると考えられます。



会員の声

中国に負けた日本の原発輸出

—この状況変えるには風を吹かせて桶屋に儲けさせる?—

はじめに

日経新聞が「消えた原発輸出」と題してシリーズを組んで報道をしている。日本の原子力技術を支えてきた3大メーカ（三菱、日立、東芝）が追いかけていた海外での原発プロジェクトは、全て中止に追い込まれてしまったという内容である。極めて当然の成り行きだと思われるが、この現状を打開しなくては日本の将来が立ち行かない。

一方、3月15日に講談社が発行している「現代ビジネス」が配信しているニュースによれば、福島産品は国内ばかりではなく海外でも抗議に遭い販売イベントを中止せざるを得なくなるなど、福島の水産物に対する「風評被害」はまだまだ収まっていないということである。NHKは、福島第一に溜まっている汚染水の海中放出が、やはり風評被害の影響から漁業関係者によって反対されるといふ現実を報道していた。

以上の現実を踏まえ、この状況を変えるためにはどうしたらよいか考えたい。

1. 原発輸出の頓挫がなぜ当然の成り行きなのか

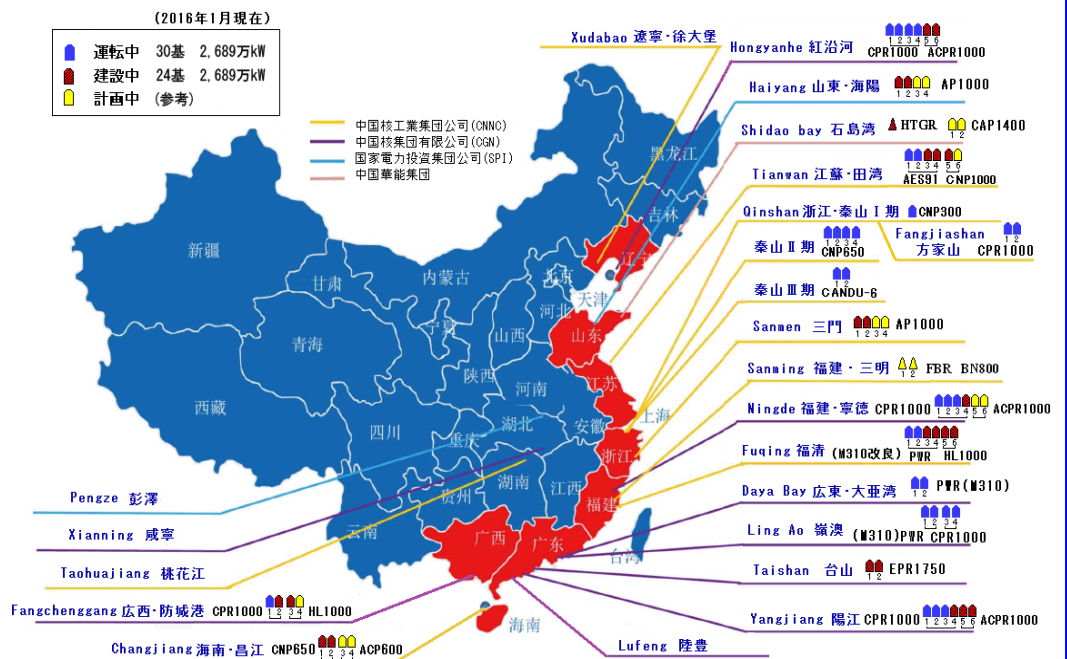
①中国での建設が大々的に進んでおり、技術者は育ち、製造業は知見を蓄積し、機器・機材の単価は大きく下がっていく。経済原則を持ち出すまでもなく、中国の原子炉が自由諸国の原子炉よりも安く製造できるのは当たり前であると言えよう。一方日本の現状を見ると、新規建設は無く、存在はしているものの稼働していない原発が31基も有り、学生の原子力離れが進んでいる。これでは技術者が育つわけがなく、製造業の知見は失われ、製造単価も下げようがなく、海外の商談で勝ち目があると考える方が無理である。

②中国では2018年には6基の原子炉が運転を開始しており、建設中も14基と日本の1950年代から60年代にかけての原子力開発の勢いに迫る、あるいはそれを超える勢いで原子力発電所の建設が進んでいる。計画中も282基と想像を絶する基数が挙げられている。勿論、この計画が

全て実現するかどうかは今後の中国経済の成り行き次第ということになるだろうが、新增設を口にも出せない日本の状況と比較すれば、優位は一目瞭然であろう。更に2017年には高速実証炉CFR600「霞浦」を着工している。ここでも、既に多くの知見と多額の資金を投入して開発してきた「もんじゅ」をあたかも厄介払いのように廃炉にすることを決めた日本とは大きく異なっている。未来の原子炉として多くの技術者を育ててきた原型炉を強力且つ適切な反論をしないまま廃炉措置を許してしまう原子力関係者の無気力がこの上なく情けない。

③原子炉メーカーは自民党や経産省の後押しに期待を掛けているが、今の環境下でこの人達に後押しをして貰える方考える方が甘い。福島第一原発事故は自民党が野党時代に起こった。後に自民党は政権を復活させたが、事故当時の政権与党であった民主党のたらいまわし的な事故の後処理を修正することなく放置して8年が経った。この間に、本当に日本の事を考えて与党が手を打ってれば、今の状況ではなかったはずである。野党時代には、民主党の意図的な原子力規制委員会人事に安易に同意を与え、その後も積極的に規制委員会の体質改善のための手を打っていない。身内から事実無根の原発反対の意見を言い出す元首相が出て、それを抑えることすらできない。経産省もエネルギー

原発輸出政策は風前のともしび 日経新聞より



中国の原発立地地点

下記の出典等をもとに作成した。

[出典]日本原子力産業協会:世界の原子力発電開発の動向 2015年版(2015年4月)、中国

[出所]中国核電消息網:核電所一覽、http://www.heneng.net.cn/index.php?mod=ntp

世界原子力協会(WNA):Nuclear Power in China、(Updated February 2016)、http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/

Countries-A-F/China—Nuclear-Power/

日本原子力産業協会:中国の原子力発電開発:エネルギー逼迫による必要性、2014年1月、http://www.jaif.or.jp/cms\_admin/wp-content/uploads/2014/11/china\_data1.pdf、p.17

ギー基本計画の策定にあたり、一応22%程度という原発比率を入れはしたものの新增設は文言に入れないうという及び腰で、むしろ原発比率は将来的に可能な限り下げるとの文言を入れてしまった。22%の原発比率すらその実現のために必要な対策を施していない。再生可能エネルギーが主幹電源になりえないことは多くの知識人が指摘しているにも拘らず、過剰な太陽光発電設備を抑制しようとしないう。これらは全て、今の環境下で与党議員の持つ「選挙の際に原発推進を口にするとう議席を失う」との恐怖感からきているのであろう。官僚は決して責任を取らないう済むように立ち回るので、与党が動かない時に自分達ガリスクを賭して原発推進を強力に推進するはずもない。

つまり、原発輸出商談に勝てないう原因の内、我々にできることの一つは日本の政治家、官僚の在り方を変えることとうことになる。

## 2. どのように変えれば良いのか

政治家が恐れているのは、選挙で落選してしまうことである。日本に蔓延している原発嫌いの風潮を考えると、原発を積極的に進めるべしとの正論を吐くことは彼等にとってはこの上なく難しいことなのであろう。農民、漁民が被っている風評被害の現れの一つの形であると考えてもよい。前述1. ③では厳しいことを書いたが、このような環境であるので、政治家の消極的な態度を一概に責めることはできない。原子力で碌を食んでいる者達が、風評を消す努力をしなくてはならないのではないのか。

福島事故の直後に、福島県が東京駅八重洲口の近くで福島県産品の販売を行ったことがある。この時にマスコミも取材に来ていたのであるが、その中でテレビ朝日のカメラマンが近付いて来て「何をしに来たのか」と問われた。「福島の人たちが大きな被害を受けているので、少しでも助けになるならば福島県産品を買いに来た。農業、漁業に携わっている人たちやモノ作りをしている人たちへ義捐金を送るのも一つの援助であるが、彼等の作ったものが売れることが何よりもうれしいはずと考えているからだ。」と回答した。するとこのカメラマンは「福島産品を食べて怖くないのか？」と聞いて来たので、激怒したことを思い出す。このような取材姿勢のマスコミが風評被害をもたらした、日本の状況を必要以上に悪くしているのは火を見るよりも明らかである。しかし、人の不幸を糧として風評被害をまき散らす人間のクズに何を言っても全く効果が無いことは、この8年間で身にしみて感じているので、マスコミを頼らずに風評を消す方策について提案をしたい。

原発を推進したいならば、まず福島県民が風評被害から解放されなくてはならない。その意味からも、「福島県民を援助するならば福島県産品を買うべき」との考えはその後も全く変わっていない。すなわち、原発関係者が何とか福島の復興に寄与し、風評被害を撲滅しようとするならば、福島県産品を強力且積極的に購入する以外に方法はないのではとの考えに至った。

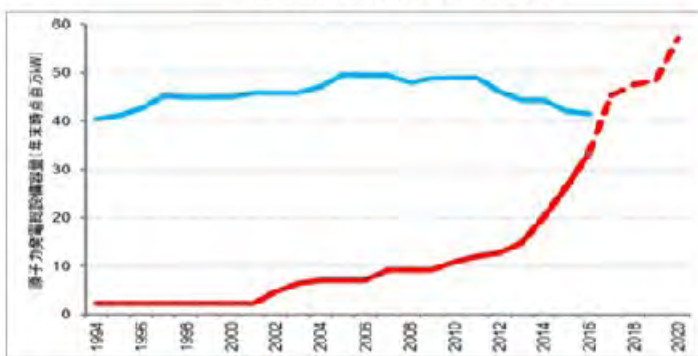
福島県産の農産物も海産物も、放射能汚染に関して言えば既に規制基準を超える物は無いと言える状況になっっている。それにも拘らず福島県産品は他の地方で生産されたものより安値で取引されてしまう。日本人が買わないのであるから、海外でまだ福島県産品を輸入制限していても文句を言えるわけがない。これでは、日本から風評被害は無くならず、原発はいつまで経っても悪者とうことになってしまうのである。このような状況をなくすためには、適切な価格で福島県産品が売れるとう実績を作らなくてはならないのである。

## 3. 終わりに

福島第一に溜まっている汚染水を海洋放出しようとしても、地元の漁協はOKを出さない。自分達が捕って来た水産品が安値になる、あるいは買ってもらえなくなるのであるから当然であらう。ほんの少しでも原子力に携わった者達が必死になって福島産品を購入すれば、風評被害の撲滅に貢献できるのではないのか。電力会社ばかりではないはずである。機器を納めた会社、燃料を納めた会社、保守補修あるいは除染作業に関係した会社、福島復興に携わった土木等に関係した会社、これらの会社に勤務した個人など、あらゆる関係者が自分のことと考え、自分一人ではなく、家族、友人までにも協力を依頼して福島県産品を購入し、早く、根本から福島事故後の風評被害撲滅に努めるべきなのではないのか。

福島県産の物が大量に販売できるようになればそれを生産する人が必要になる。人が集まるようになれば復興が加速する。復興が加速すれば風評被害は徐々に無くなっていく。風評被害がなくなれば、原発の運転に反対する勢力が減っっていく、政治家も動き始めるであらう。政治家が動けば官僚も動き始める。このようにして、まず原発の再稼働、新設ができるような環境を整えなくてはなるまい。これが出来てから、原発を実際に動かし、建設をすることで、日本の原発メーカが再び原発市場で対等な戦いができるようになり、中国に大きく水をあけられてしまった原発輸出が初めて可能になるのである。「風が吹けば桶屋が儲かる」というようなひどく遠回りな対策ではあるが、中国だけの一人勝ちの世界を作らせないためにも必要なことの一つになるのではないだろうか。

中国と日本の原子力発電総設備容量の推移※



※2016年までは実績値、中国の2017年以降は計画値

出所：一般社団法人海外電力調査会作成

中国企業による原子炉輸出の主な事例

相手国	プラント	炉型	資金調達など
パキスタン	Chasma 3&4	CNP-300	建設中 82%を中国より融資
	カラチ 1&2	華龍一号	1号機建設中 65億ドルはベンダーファイナンス
ルーマニア	Cernavoda 3&4	Candu6	計画中 CGNが出資
アルゼンチン	Atucha 3	Candu 6	計画中 中国から融資
	Atucha4 又は他サイト	華龍一号	ベンダーファイナンス
イギリス	Hinkley Point C	EPR	計画中
	Bradwell	華龍一号	

海外電力調査会資料より



## 会員の声

中国の原子力開発  
-中国の現状を報道しない日本のマスコミ-

## はじめに

165号では中国が積極的に原発の輸出商談を手掛けており、日本のメーカーは全ての商談で敗北を喫したことを伝えた。その主たる要因は中国の国家主導の原子力開発の成果であると述べたのであるが、具体的な状況については説明しなかった。日本の一部のマスコミは不可思議なことに日本国内では原発不要論を盛んに展開しているが、一方で中国の原発建設ラッシュについてはほとんど報道しようともしない。彼らの逃げ口上の典型的なものに、「報道の自由には、報道しない自由も含まれる」というのがある。彼らの好い加減な報道姿勢にも拘らず、IT時代の到来で、私たちが調べればいくらでも中国の現状を知ることが出来る。しかしながら、一般人は本当のことを知らされないでこれ等のマスコミによって「反原発」に誘導されていることもあると危惧される。このような認識の下、中国がどのような原子力開発を行い、国際市場でどのように活躍しているのか纏めてみた。

## 1. 中国の原子力開発の現状

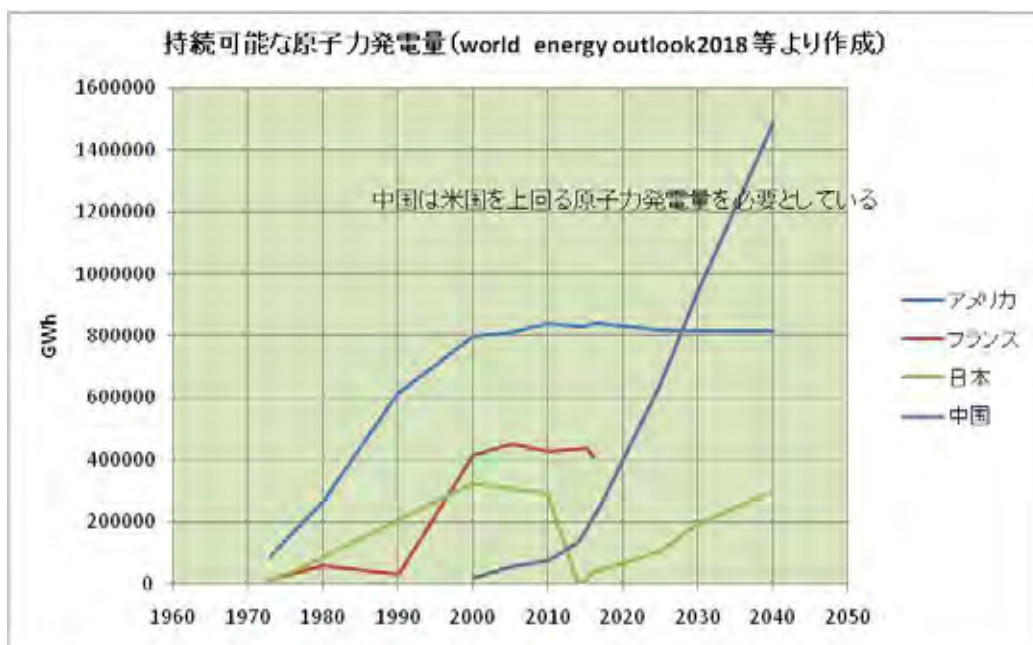
① 中国は共産党の一党独裁であるが、彼らが原発を多数建設するのは急速に伸びている電力需要を賄わなくてはならないという積極的な意味があり理解できる。2018年の中国の人口が14億人と日本の約10倍で更に増え続けており、総発電設備容量は19億KWで前年比6.5%増となっている。この内原子力発電設備は4500万KWで、これだけでも既に日本の運用中の原子力発電所の設備容量を超えているのであるが、それでもたったの2.37%を占めているに過ぎない。中国の短期的な計画では、2020年時点で稼働中5800万KW、建設中3000万KWを実現するとなっており、この目標値は達成できると見込まれている。今後の中国の人口と電力需要の伸びを考えれば、国家計画目標である2040年までに102基を新設という数字もあながち絵空事とは言えないであろう。一党独裁国家の強みが最大限発揮されていると言えよう。

② 中国では2018年には6

基の原子炉が運転を開始しており、建設中も14基と日本の1950年代から60年代にかけての原子力開発の勢いに迫るあるいはそれを超える勢いで原子力発電所の建設が進んでいる。計画中も282基と想像を絶する基数が挙げられている。勿論、この計画が全て実現するのかわろは今後の中国経済の成り行き次第ということになるだろうが、新增設を口にも出せない日本の状況と比較すれば、優位は一目瞭然である。

更には2017年には高速実証炉CFR600「霞浦」を着工している。

③ 新規原発を次々と建設している結果、中国には原子力技術者がどんどん育っている。設備供給については、同時に40基を建設する能力を持ち、ほぼ国産化率100%を達成していると言っている。これまでに、AREVAの協力やウェスチングハウス社のAP1000の積極的な導入により、機器の製造も自前で可能になっているのであろう。国産化率100%というのは誇張があり、実際は85%程度であるとの分析もあるが、日本の状況よりはるかに優位に立っているのは間違いない。



## 2. 輸出市場での活躍

- ① 従来は、初期の小型原子炉は別として、商業用の発電炉は海外から導入した原子炉に依存していたが、今や「華龍一号」（PWR、1,000MW級）という自前の原子炉も開発を終了し、今後「一帯一路政策」に基づく原発輸出の炉型として既に開発を完了している小型炉「玲龍一号」（ACP100、100MW級）とともに活用していくという。
- ② 中国には原発の輸出を担当する組織が3つ（中国核工業集团有限公司、中国広核集团有限公司、国家電力投資集团有限公司）あり、「一帯一路」構想に基づいて、陸と海のシルクロード沿線国家向けに約50兆円規模とも言われている原発市場で夫々が海外展開を行っている。
- ③ 各組織の売込中の炉型と交渉相手国は次のとおりである。

中国核工業集团有限公司：  
華龍一号と玲龍一号、更に高温ガス炉

パキスタン、アルゼンチン、サウジアラビア、イラン、エジプト、アルジェリア、ガーナ、カンボジア、タジキスタン、オマーン、スロバキア、ベラルーシ、シエラレオネ、ケニア、アラブ首長国連邦、タンザニア、スーダン、カザフスタン、ウクライナ、モルドバ、ナミビア、南アフリカ、インドネシア、スペイン、タイ

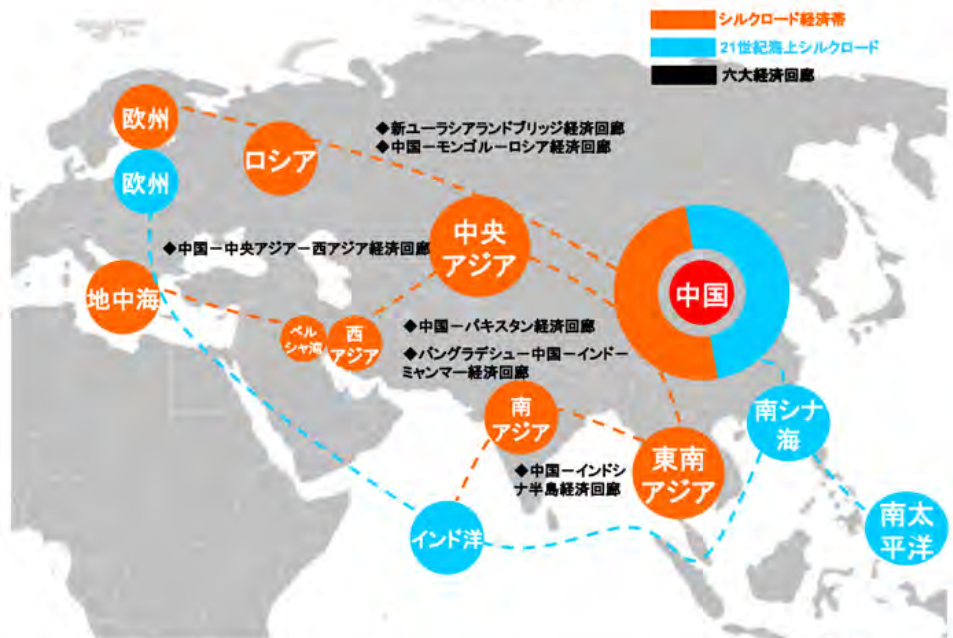
中国広核集团有限公司：華龍一号

イギリス、ルーマニア、タイ、カザフスタン、ケニア、マレーシア、チェコ、ポーランドと交渉中。

国家電力投資集团有限公司：CAP1400（中国独自開発の1400万KW級PWR）

南アフリカ、トルコ

「一帯一路」構想の概況



出所:「シルクロード経済帯と21世紀海上シルクロードの共同構築を推進する青写真と行動プラン」より当行中国調査室作成

Bank of Tokyo-Mitsubishi UFJ (China)  
A member of MUFG, a global financial group

## 3. 中国の強み

上に記載した中国の原発商談の相手国全てが、本当に原発を導入し建設、運転をしていけるのかどうかその経済力や技術力も慎重に分析する必要がある。興味は示していても、実現には多大な困難を克服しなくてはならないと思われる国もかなり含まれているからである。しかし、中国は共産党の判断で国策として原子力開発を大規模に進めているのであり、原発を導入した国々への人材の提供、資金の提供、性能保証の提供等は国を挙げて実行できるのであり、自由主義諸国と比べれば商談でも圧倒的な優位に立っている。

## 4. まとめ

以上述べたように、反原発のマスコミがこぞって好感を持っている中国が国内だけで大規模な原子力開発をしているのではなく、一帯一路のルート上の国々の原発市場に大量に売り込もうとしているのが現実なのである。ここに掲げた多数の国々が原発の導入を考えているにも拘らず、朝日をはじめとする反原発新聞、NHKなどは、世界の趨勢は「脱原発である」と強弁するのである。若者たちはこれに気付いてこれらの新聞の購読をやめているようであるが、社会的にまだ影響力を持つ老人たちが無批判にこのような論調を受け入れていることが、日本の状況をさらに悪くしているのではないだろうか。（伊藤英二記）

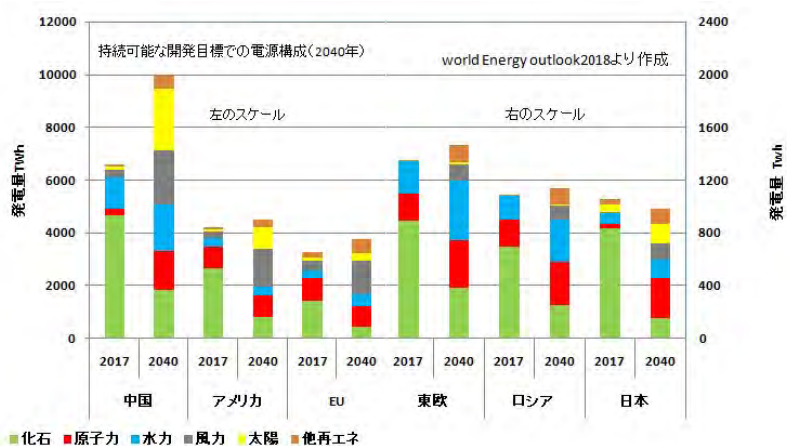


## 社説「原子力への逆風が国内外で強まっている現実」は本当か？ —世界の流れは原子力推進に向かっている—

経団連会長は3月の定例記者会見で、「原子力を巡っては、好き・嫌いの感情的な議論ではなく、国や地球、人類の将来を含めもっと大きな捉え方をする必要がある。100年先、200年先を見据えれば、原子力は必要である。すべてのエネルギーを再生可能エネルギーで賄えて、国際競争力も維持できれば良いが、ハードルはかなり高い。再生可能エネルギーの技術開発に失敗したらどうなるか。今後の電力をどうするかというグランドデザインを巡る議論を行い、多様なエネルギー源を確保できるように、様々な手段を講じていくことが求められている。民間を含めて国として投資や研究開発を促進していく何らかのインセンティブを考える必要がある。さもなければ、日本は立ち行かない。」と述べ報告書（注1）を纏めている。これに対して、朝日新聞は社説で「原子力への逆風が国内外で強まっている現実を踏まえるべき、安全対策費の上昇で経済性は低下、高レベル放射性廃棄物の処分地の検討も依然進まない」などと目先の脱原発目線で批判した。事故後の安全対策費の上昇などは世界でも共通の課題ではあるが、世界は、地球温暖化対策、エネルギー供給の確保などの視点から原発の抱える問題を克服し乗り越えようとしている。脱原発を掲げる国は例外的なことを以下に示す。

### 主要地域、国の取り組み

将来のエネルギー予測についてIEAは持続可能な開発目標（Sustainable Development Goal；2050年頃までに温室効果ガスによる温度上昇1.5℃以下を目指す）を達成しようとする主要地域、国の想定している発電割合を検討しWorld Energy Outlook 2018「以下WE02018」に示している。図に2017年と2040年の比較を示す。原子力はどの地域でも主力であるが、風力、水力、太陽光などの再生エネは地域の立地条件によって大きく異なっている。多くの国で原子力の継続ないしは拡大が見込まれており、「脱原発が世界の流れ」というシナリオはどこにも見えない。以下にこれらの地域の取り組み（注2）を紹介する。



#### ①EU

#### 欧州の未来に低炭素な原子力は必要と強調

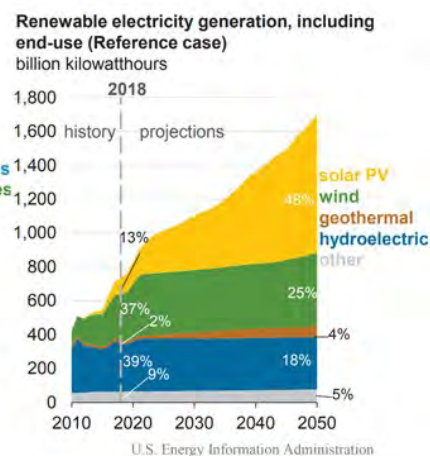
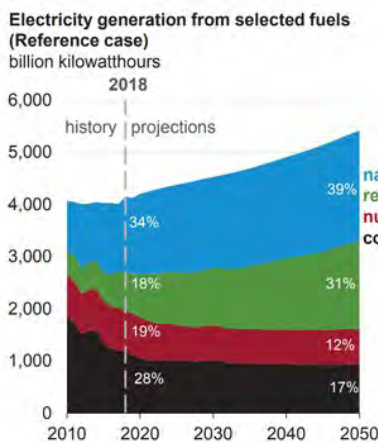
欧州原子力産業会議は2019年2月7日に声明書を公表し、住民に信頼性の高い適正な価格の電力を供給しつつ、持続可能で低炭素な未来を約束するには原子力が(1)環境面での持続可能性、(2)エネルギーの自給、(3)経済への貢献において利点があると指摘している。原子力発電所はほかのエネルギー部門と比べて廃棄物の排出量も少なく、原子力産業界は核燃料サイクルのバックエンド全体についても策を講じている。

発電に必要な土地の面積も、風力や太陽光といった低炭素電源と比べて、大幅に少なく済む。

消費エネルギーの約半分を輸入で賄っていることや、加盟国の多くが単一の外部供給国（天然ガスをロシア）に依存していることに対しても、自給レベルを上げることのできる原子力の貢献が必要不可欠であるとしている。発電コストも原子力は燃料価格の急上昇から影響を受けにくく、経済協力開発機構・原子力機関(OECD/NEA)も「原子力は陸上風力発電とともに最もコスト面で効率性が高い、低炭素なエネルギー源である」としている。

#### ②米国

米国の原子力発電所は過去10年の間、8000億kWh（総発電量の19%）の年間総発電量を維持している。そして熱出力増強のための改修工事が行われ、増強合計は200万kWに至っている。また、燃料交換やメンテナンスに要する時間が短縮された結果、2018年の平均設備利用率も過去最高の92.6%を記録した。しかし、寿命延長のためにはコストを要することなどから、2025年までに12基の原子炉が閉鎖され、原子力の総発電量も17%低下する見通しである。失われた分は新たな天然ガス火力発電所や太陽光、風力発電所の出力で補われると予想されている。



米国は化石燃料産出国であり、日本やフランスのように原子力や再生エネを拡大して自給率を上げる必要性はない。また、エネルギー省（DOE）は2019年3月に国内で約30年ぶりの新設計画として唯一建設中のA.W. ポーグル原子力発電所3、4号機増設計画(PWR、各110万kW)に対し、連邦政府が追加で最大37億ドルの融資保証適用の決定を発表し、適用総額120億ドルとなる。全体の進捗率は75%となっている。

注目されるのは、2017年に誕生したトランプ共和党政権は「アメリカ第一主義」を掲げ、エネルギーコストを下げ、国内資

源を最大限活用することで輸入原油への依存を軽減すべく、以下の政策課題の実現を目指していることである。

- 気候変動行動計画や水に関する規則など、これまでエネルギー開発の障害となってきた政策を廃止する
- クリーン・コール技術の活用と国内石炭産業の復活を図る、
- OPEC諸国や米国と利害が対立する諸国からのエネルギー依存から脱却する、
- 環境保護局(EPA)の任務を、大気や水の保護といった本来の役割に戻す。

これまでの「エネルギーの自立」(Energy Independence)のみならず、米国経済のために低コストの国産エネルギーを提供することで、経済を成長させ、米国のエネルギー安全保障の脆弱性を最小限にする「エネルギーでの支配」という新たな概念を掲げ強調した。

### 先進的原子力技術の研究開発支援も

原子力の重要性を認識するDOEは2018年11月に、先進的な原子力技術の研究開発支援で新たに6州の11プロジェクトを対象に選定し、合計で1,800万ドルを拠出すると発表した。小型モジュール炉(SMR)開発などを含むこれらのプロジェクトは民間チームが主導するものの、連邦政府機関や官民の研究所、高等教育機関、その他の国内組織が米国の商業用原子力技術を進歩させる目的で参加する。民間の拠出分も含めると、これらの総合的な価値は2,500万ドルにのぼるとしている。今回の選定に際してDOEの長官は、「米国内でクリーン・エネルギーや経済関係の目標を達成する上で、原子力の果たす役割はますます重要になっている」と指摘しており、まさに官民一体の取り組み姿勢である。

### ③ スイス

#### 2016年11月 国民投票で緑の党の脱原子力促進発議を否決

スイスは原子力に反対で原子力は終わると日本では理解している人が多いと思うが、大間違いであることを以下に示す。スイスの原子炉5基(PWR3基、BWR2基 総出力348.5万KW)は、2015年の総発電量の52%を占める水力に次ぐ電源として約35%を供給しており、同国は世界的に見ても最もクリーンな電源構成を持つ国の1つにあげられる。

チェルノブイリ事故、福島第一事故をめぐり原発反対の緑の党などのせめぎあいが続く、2016年11月27日、緑の党による国民発議を受けて、45年の運転期間で原子炉を閉鎖するという脱原子力を促進する提案について国民投票を実施した。その結果は、投票した国民の54.2%が急速な段階的廃止に反対と投票し、賛成票は45.8%に止まった。またスイス26州の内20州が反対した。国民投票が成立するためには二つの条件、すなわち投票者の過半数および州の過半数を必要とするが、票数、州の数のいずれでも反対が多数を占め、否決ということで決着した。これにより、スイスの原子力発電所は、安全規制当局の承認を条件として、発電所を所有する電気事業者の商業的な計画に従って運用することが可能となった。現時点では、2030~2040年代まで、60年間運転を継続するものと見られている。その場合、その延長期間中に約3,200億kWhを発電することが期待され、ガス火力やフランス、ドイツからの電力輸入で代替した場合と比較して、少なくとも5,000万トンのCO2排出が回避できると想定されている。

### ④ ロシア、中国

#### 両国とも先進的原子力技術の研究開発支援も

ロシアにおける原子力発電設備容量は、米国、フランス、中国、日本に次いで世界第5位であり、2009年11月に閣議決定した連邦重点プログラムにより、総発電電力量に占める原子力発電の比率を2030年までに25~30%、2050年までに45~50%とする目標を設定した。図は持続可能な開発目標についてのWE02018の評価を示しており、ロシアの取り組み様が見て取れる。再エネでは水力が原子力に匹敵する割合を占めている。また、高速増殖炉の原型炉であるBN-600が運転中である他、実証炉BN-800が2014年に初臨界を達成し、2016年に定格出力で運転を開始した。

中国の持続可能な開発目標では、WE02018は2040年までの電源構成を図のように予測している。今後、発電電力量は大幅に増加するが、発電量増加の多くの部分を再エネと原子力が担い、化石燃料を削減している。広大な中国では、水力、風力、太陽光などの自然資源が豊かなことが分かる。原子力は2040年には米国、EUの合計に相当するまでに増強される。この目標の実現のために、原子力は最新鋭のAP1000に加えて第3世代炉の導入・国産化に積極的である。国産の第3世代炉の華龍1号は2012年8月に国の技術審査に合格し、初号機となる福清5号機は間もなく運転を開始する予定となっている。

#### まとめ

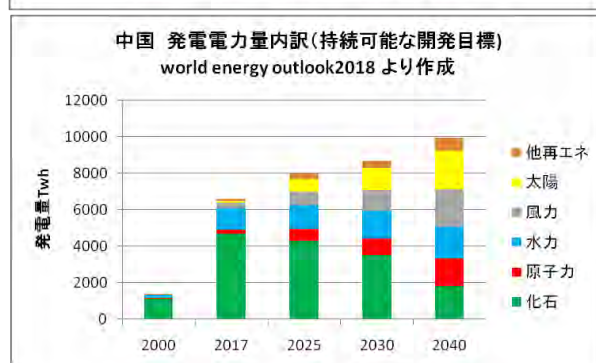
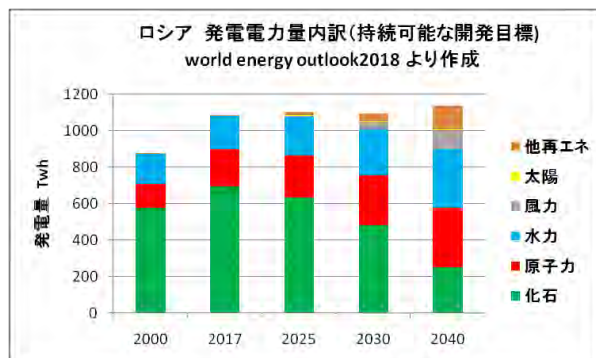
以上述べてきた通り、「脱原発が世界の趨勢」と朝日などが主張するが、実態は全くその逆である。また、地球温暖化対策は必要であるが、化石燃料の枯渇や供給の停止などへの対応も必要であり、エネルギー安全保障の観点から原子力の重要性を多くの国が重視していることが確認された。

朝日新聞は公開討論をすべきと主張するが、原発の危険性、使用済み燃料の処分などの問題点を指摘する持論を展開するばかりで専門家のお話を聞こうともしない脱原発の主張を展開する人たちは、冷静で論理的な話し合いができるはずはない。

また、先進諸国の原子力の取り組みを見れば、エネルギー資源に恵まれない日本の政府は原子力の積極的取り組みを堂々と主張すべきではないかと思われる。福島原発事故の教訓を踏まえた既設原発の安全性強化や動力電源に頼らないAP1000のような次世代原発の採用、あるいは工場生産を可能とする小型原発の開発など新たな取り組みが始まっている(後日紹介する)。今こそ、冷静な現状分析を実施し、政府主導的確な判断をすべき時であろう。

注1 パリ協定に基づくわが国の長期成長戦略に関する提言(経団連 2019年3月19日)

注2 海外諸国電気事業(電気事業連合会)





## 多様な再エネと国際連系線を持つ欧州 —どちらもない日本！ 再エネの主力電源化ができるのか？—

### はじめに

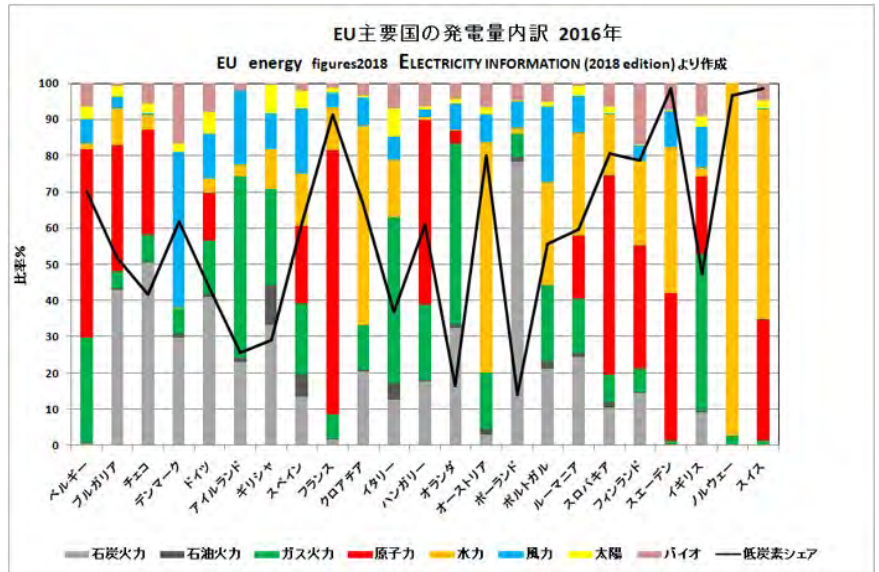
欧州の再エネ発電比率は2017年に30%を超えたとされている。一方日本の再エネ発電比率は約16%に留まっており、「エネルギー基本計画」では2030年度に22%～24%を目標にしている。

欧州でここまで再エネ拡大が進んだのは、多様な再エネと国際連系線の活用により風力や太陽光の変動性の影響を緩和できたことが大きい。一方日本では、太陽光に著しく偏重しており地域間連系線による需給調整は限定的である。昨年10月から実施された九州電力の「太陽光発電の出力制御（抑制）」がこの問題を顕在化させた。FIT制度による国民の経済的負担の増大もあり、国としてもFIT制度の見直しに着手している。では「再エネの主力電源化」はどのように進めるのであろうか？

### 1. 欧州と日本の電源構成はどうなっているのか？

#### 1) 欧州の発電量の電源構成と特徴は？

EUの2017年における電源構成は再エネ30%、原子力26%、化石燃料44%である。EU各国の2015年の電源構成は図のとおりである。国により電源構成は大きく異なること、再エネの種類も多彩であることがわかる。EU非加盟のノルウェーやスイスも含めて全発電量に対する電源種別ごとの比率が高い主な国を表に示す。



#### 2) 日本の発電量の電源構成は？

表に2017年度の電源構成を示す。再エネは全電力量のうち16%を占め、水力を除く再エネの中で太陽光が圧倒的に高い（5.2%）ことが分かる。

	欧州	日本
変動型再エネ		
風力	デンマーク 43%、ポルトガル21%、アイルランド20%、スペイン18%	0.6%
太陽光	イタリア8%、ギリシャ8%、ドイツ6%、スペイン5%	5.2%
非変動型再エネ		
水力	ノルウェー144%、オーストリア64%、スイス58%、スウェーデン40%	7.9%
バイオマス	フィンランド17%、デンマーク17%、イギリス9%、スウェーデン7%	2.1%
原子力	フランス78%、スロバキア55%、ベルギー52%、ハンガリー51%	3.1%
化石燃料	ポーランド86%、オランダ84%、ギリシャ71%、イタリア61%	81.1%

### 2. 電力系統はどうなっている？

#### 1) 欧州の電力系統の特徴は

図に示すようなメッシュ型の送電網が形成され、国際連系線も整備され国をまたいだ電力需給の調整がしやすい状況が生まれており、さらに拡張する動きがある。

#### 2) 日本の電力系統の特徴は？

本土の基幹電力系統（図）は基本的には「くし型」構造をしており、地域間の電力融通はしにくい状況にある。地域間連系線の拡大には膨大な資金と期間を要する。その経費をどこが負担すべきか、送配電事業の分離と絡んで重要な課題となっている。



### 3. 電力の需給調整はどのように行われているのか？

#### 1) 欧州では？

再エネの発電割合が2017年において30%を超えた。それを可能にした大きな要因の一つは、①特性が異なる各種再エネの利用が可能であることである。

特に変動性が著しい太陽光及び風力の変動性を調整するうえでノルウェー、オーストリア、スイス等の水力が巨大な蓄電池の役割を果たしている。さらに安定型再エネの一つであるバイオマスがかなり多いことも見逃すこと



ができない。各国で所有するエネルギー資源を考慮したエネルギー政策に基づいて、国内で化石燃料をベースロード電源あるいは調整用電源として利用している。ドイツでの石炭・褐炭の利用はこの例である。イギリスは依然として石炭および天然ガスの割合が高い。一方フランスは化石燃料をほとんど持たないので、国の政策として原子力を基幹電源としており、さらに需給に対応する負荷追従運転も行われている。これらの多様な電力源に加えて②国際連系線も含めメッシュ型送電網が張り巡らされていることにより、国、地域を跨いで需給調整ができることは再エネ電源の大量導入に極めて有効であると考えられる。

それでも需給の調整が難しい場合には、③蓄電池の利用が考えられるが欧州の現状ではさほど一般的ではない。それでも調整が困難な場合には④再エネの出力抑制を実施している。ドイツでは風力発電の急速な増大に対応する送電設備の増強が追いつかないことから再エネ出力の抑制率が3%に達している。上図でドイツでは風力と太陽光の変動に対して基本的には石炭火力により調整を行っているが、不足時には電力の輸入により、また風力と太陽光の好条件が重なり、余剰電力が生じた場合は電力輸出を行っている。他方デンマークでは風力が主力電源であるが、需給調整はやはり石炭火力により行い、足りない時間帯においては電力輸入を、過剰の場合には電力輸出を行っている。

図は原子力を主力電源とするフランスに着目した場合の周辺各国への電力の流出入を示す。

## 2)日本では？

電力の需給状況は各電力会社管内によって異なる。九州電力は2018年10月から2019年5月12日までに合計57回太陽光の「出力制御」（出力抑制）を実施している。今後他の電力会社でも同様のことが起こり得る。変動型再エネの出力変動を主な対象にした電力需給調整に関して現状では火力発電の出力調整運転は最も大きな貢献をしているが、CO2の抜本的な削減の要求から今後これに頼れない。揚水発電は最大限利用しているが現状以上の拡大は困難である。地域間連系線の活用については、電力需要が多い首都圏及び関西圏で変動再エネ電力を現状では受け入れる余地がある。しかし連系線の容量増強には膨大な費用と期間を要する。大容量蓄電池は以前から開発と実証事業が実施されており、一部活用されているが経済性の壁を越えるのは容易ではない。

### 4.日本ではこれからどうしたら良いか？

これらの取り組みだけでは「再エネの主力電源化」の実現は「かけ声」に留まる。そのため近い将来に向けては以下に取り組む必要がある。

(1) **太陽光以外の再エネの利用拡大**：容量的には洋上も含めた風力が期待できるが、導入量の拡大と経済性の向上が大きな課題である。

(2) **CC(U)S利用を前提とした火力の拡大**：日本の地質環境でどこまで導入できるか、付加コストがどの程度になるか不明である。

(3) **原子力発電の負荷追従運転**：CO2削減のため火力発電の縮小を行ったうえでの調整運転には限界がある。原子力発電の拡大と比較的ゆるやかな負荷追従運転が現実的な解決策となる。独、仏等では長い運用実績があり、日本でも以前に負荷追従実証試験をおこなった実績がある。

(4) **水素**：発電／熱／輸送用に期待されているが、余剰電力からの製造・貯蔵・輸送・利用にわたるエネルギーロスが多く、経済性がどこまで高められるか？

(5) **EVの蓄電池**：今後EVは大幅に普及し、使用する蓄電池も革新的進化を遂げるものと予想される。家庭や商業施設も含む充電装置をシステムとして結合し需給調整に利用する可能性はあると思われる。そのためには通信・制御システムも含めた総合的なシステム構築（スマートグリッド）が必要となる。

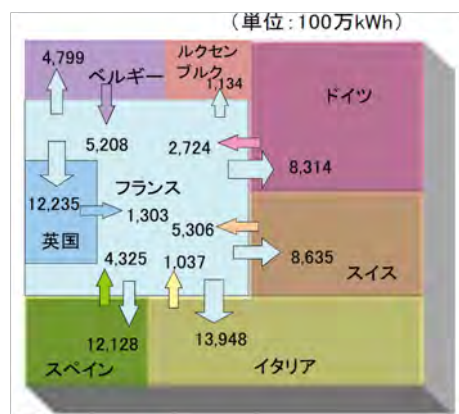
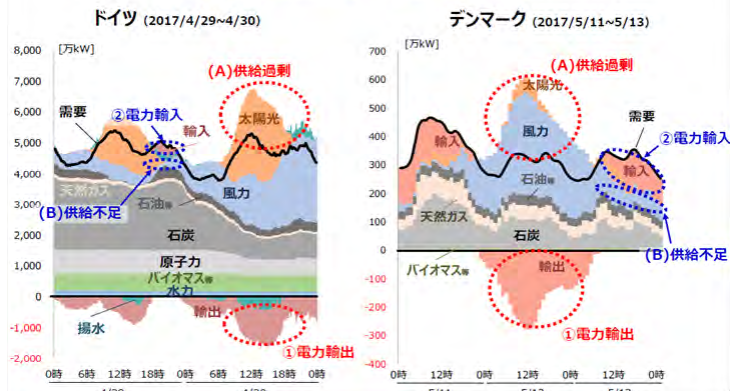
(6) **需要側での調整**：より高度で大規模な対応が望まれる。

以上述べた方策は技術的、経済的、時間的壁が高く、近未来に実用化が見込まれるものではない。（ただし(3)は海外実績と国内での成果もあり技術的には対応可能）しかし太陽光偏重で欧州のような国際連系線を持たないという弱点を持つ日本においては、上記(1)～(6)の分野を世界に率先して開発しなければ日本は立ち行かなくなる。以上は発電分野の議論であるが、輸送分野においてはEVが大型車まで対応できるようになると思われる。最大のエネルギー需要分野である熱利用のうち、中低温域ではエネルギー効率の良いヒートポンプ方式でカバーできるが、高温や製鉄等の分野で水素等がどこまで何時頃までに実用化できるか見通せないが画期的な新技術が期待される。

国際連系 = 他国電源を調整手段として利用可能

自然条件良好 = (A) 供給過剰 → ① 電力輸出

自然条件悪化 = (B) 供給不足 → ② 電力輸入





どう取り組むべきか日本のエネルギー政策  
—まずエネルギーの自立を考えよう—

はじめに

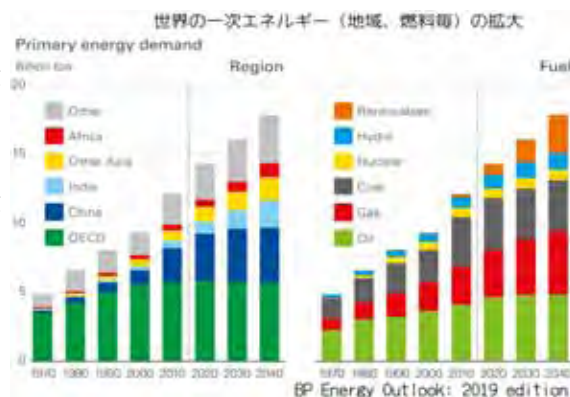
日本は主要国の中でとりわけ資源に乏しくエネルギー自給率の低い国であるが、国民の間ではこの現実が十分に認識されていないように思われる。経産省のエネルギー情勢懇談会は「エネルギーの海外依存構造を変えるというエネルギー自立路線は不変の要請である。エネルギー技術先進国である我が国は、脱炭素化エネルギーの開発に主導的な役割を果たしていかなければならない。」と述べている。一方、経団連は「原子力を巡っては、好き・嫌いの感情的な議論ではなく、国や地球、人類の将来を含めもっと大きな捉え方をする必要がある。100年先、200年先を見据えれば、原子力は必要である。すべてのエネルギーを再生可能エネルギーで賄えて、国際競争力も維持できれば良いが、ハードルはかなり高い。」と再生可能エネルギーへの過度の依存には悲観的である。

日本は、資源に乏しく、自給率が特に低い。長期的にどうあげていくか。

国	自給率 (2018年)	自給率 (2014年)	主な 電源構成
米	73%	88%	天然ガス 石油・石炭
英	74%	67%	石油
独	40%	37%	石炭
仏	52%	54%	原子力
中	98%	84%	石炭
印	80%	65%	石炭
日	20%	8%	無し

1. 世界の状況

世界のエネルギー資源需要を見てみよう。2040年には、中国、インド、東南アジア等のエネルギー需要は爆発的に増加しOECD諸国を上回り、世界の需要は1.5倍になる（BP Energy outlook2019）。化石燃料の獲得にかかる国際競争は今後ますます厳しくなり、エネルギーの自立が何よりも重要になってくる。



現在パリ協定に基づくCO2排出量削減が大きく取り上げられているが、世界ではアメリカをはじめEU内でもパリ協定の実効性に疑問を持つ国があり、G20軽井沢での閣僚会議では、今後の向かうべき方向が検討された。その結果、エネルギーの安全保障、省エネ、再エネ、原子力の重要性、化石燃料の供給の確保の重要性などが参加各国による自発的アクションとして確認された。日本の取り組みも同様であることは言うまでもない。

このような状況下、日本にとっては地球温暖化対策であれ、エネルギー自給率向上の方策であれ、具体的なエネルギー政策の確立が必要であり、どのように取り組むべきか考えてみよう。



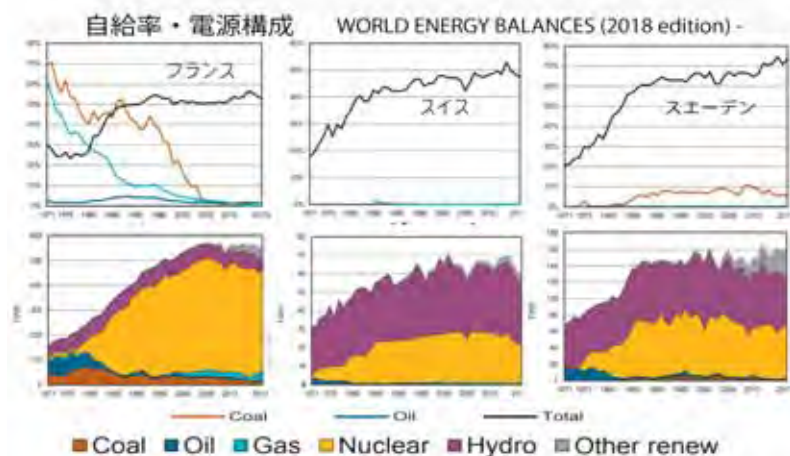
2. エネルギー基本計画

震災前、民主党政権下の2010年の第二次エネルギー基本計画では、①エネルギー自給率 18%を倍増させる。②電源構成に占めるゼロ・エミッション電源比率（原子力、再エネ由来）を現状の34%から約70%（2020年には約50%以上）に引き上げる、と野心的なものであった。しかし、翌年の大震災後の第5次エネルギー基本計画では①2030年にはエネルギーの自給率を24%、②ゼロ・エミッション比率を再エネ、原子力とも22~24%とし、③原子力を可能な限り低減する、という方針となった。そこでは、エネルギーの自立を達成するという目標が抜け落ちており、原子力への依存を如何に小さく国民に見せるかに配慮したもので、再エネへの取り組みをアピールするだけの計画となってしまう。日本は、エネルギーの自立をできるだけ早期に実現する必要がある、その為に今後のエネルギー基本計画はエネルギー資源のないフランスを目標にするか、せめて第二次エネルギー基本計画並みにすべきであろう。

これからますます原子力の活用が重要になるし、資源に余裕のある石炭の活用を考えることも重要になるであろう。以下にこれら課題を紹介する。

3. 各国は国土の事情、技術の事情を考慮して方向付けをしている

化石燃料と一次エネルギーの自給率（上図・折線グラフ）と電源構成（下図・面積グラフ）の国別特徴を図示する。フランスは1973年のオイルショックを契機にエネルギーの自立を目指し、原子力の開発を進めた結果原子力と水力と合わせて90%以上の非化石発電をし、発電分野では化石燃料への依存を極めて少なくしている。



スウェーデン、スイスは山地が多く大量の水力発電と原子力との組み合わせで電力自給率は90%前後となっている。

日本もオイルショック以降、石油を減らし石炭とガス火力に切り替え、原子力の導入に踏み切ったがフランスのように徹底しなかった。福島原発事故後の原子力の停止により一次エネルギー自給率は20%から10%以下に大幅に低下した。代わりに導入を進める太陽光中心の再エネはコストアップに

加え需給バランスの調整や、送電網、蓄電などのインフラ対策が必要になってくることから見通しが暗い。原子力を可能な限り低減し再エネで自給率を確保するのは非現実的なことが明らかになってきた。

ドイツは自国の石炭、パイプラインで供給される天然ガス、原子力が中心であったが、20年前ころから再エネの導入を始め、これに合わせて原子力を削減してきた。自給率は一次エネルギー38%、石炭68%である。

英国は世界で原子力発電を先駆けて導入した国であり、石炭から天然ガスに切り替えつつある。自給率は一次エネルギー68%、石油80%、ガス50%である。ここにあげた日本以外の国々は化石燃料を含めそれなりの自給率を有し、エネルギーの自立を図っている。

#### 4. 具体的に日本の自給率を上げるためにはフランスとの比較

エネルギー基本計画では2030年での再エネ、原子力などの導入の例示をしており、フランスと比較する。2030年での電源の非化石比率は40%に対してフランスは現状で90%（一次エネルギーでは56%）である。民主党政権での第二次基本計画の70%に近づけるには2010年当時の原発なら1.7倍にすればよいが、福島第一、第二に加え多くが廃炉されている現状では難しい。ましてや再エネの太陽光では不可能であろう（図参照）。

今日、石油、天然ガスなどをめぐり中東、東欧、南アメリカなど国際紛争が頻発しており、新たなオイルショックが起きてもおかしくない。エネルギーの自立が極端に遅れている日本は何とかしなければならない。

原子力や再エネの導入の見通しがなく、解決できないのなら、世界的に資源に余裕があり、中東からの輸入はゼロで大半をオーストラリアやインドネシアから輸入している石炭を火力発電の主体に切り替えエネルギーの自立に役立てたらどうか。

#### 見違える石炭火力

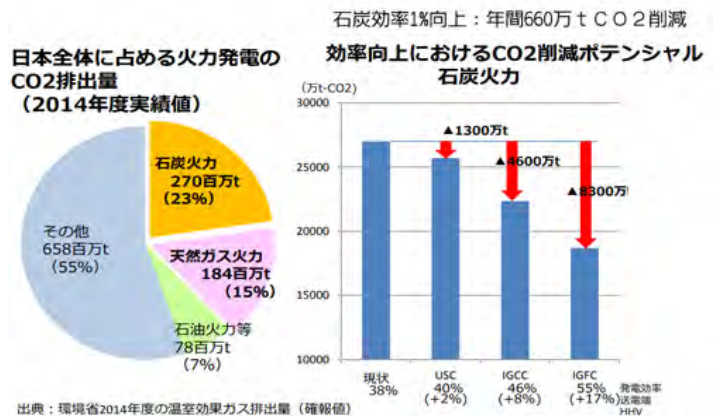
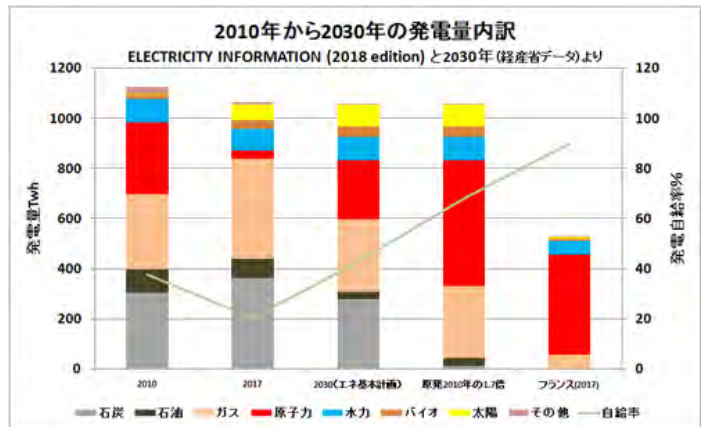
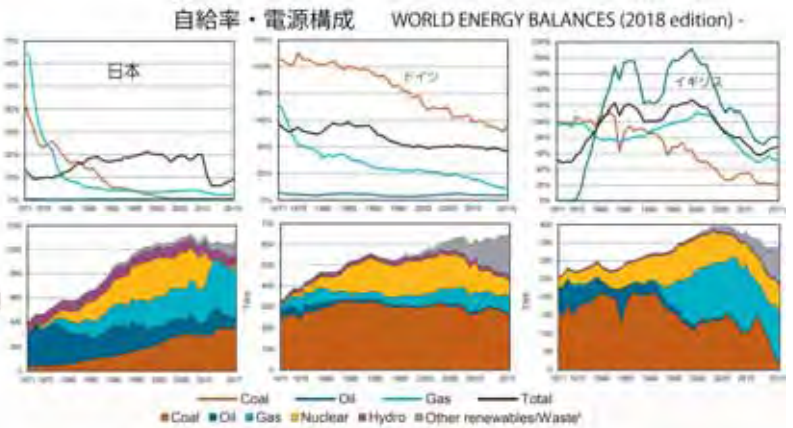
石炭火力は発電コストは安いですが、CO2を多く排出すること、変動する再エネの電力の調整には石炭は向いていないなどの欠点があった。しかし、日、米、独などが進めている新鋭の石炭火力は、石炭のガス化しガスタービンで発電する仕組みであるため、出力調整も可能であり、また発電効率がよく1%上がると660万トンのCO2が削減できる。

火力発電に占める石炭火力のCO2の排出量は23%を占めているが、新鋭石炭火力なら30%削減が期待できる（図参照）。また、将来はCO2の貯留システム（CCS、CCUS等）を活用すれば、さらなる削減も期待できる。

今後、需要が拡大する発展途上国ではコストの安い石炭火力を採用するのは必然であり、地球温暖化を真剣に考えるなら日本の太陽光発電にこだわるより、日本の最新技術を活用し、世界の大量に排出する石炭からの排出低減に貢献したほうがよほど良い。

#### まとめ

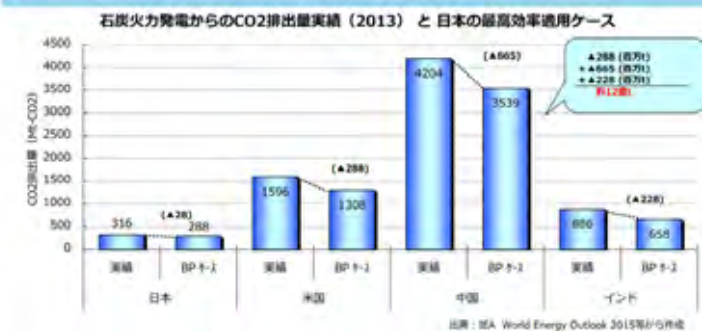
日本政府は、あまり期待できない太陽光にこだわっていると同時に「原発比率を可能な限り下げる」との方針を打ち出している。国家にとって極めて重要なエネルギーの自立を本当に考えているのか疑問を待たざるを得ない。これでは、次の時代を生きる若者たちは心配になるであろう。年金問題等ばかりが大きく取り上げられているが、エネルギーあっての日本、産業があっての日本であることを忘れてはならない。日本では再エネを主力電源としエネルギーの自立を図るためにはさらなる技術開発が必要であるし、その実現に時間が掛かることが分かっている以上、現実を直視し、原子力発電所の再稼働の早期実現、増設、建て替えなどを真剣に考えるべき時が来ている。また再エネや原子力の導入が遅れるのなら、エネルギーの自立のためにはいわば準国産ともいえる石炭を利用することを考えたらどうか。



出典：環境省2014年度の温室効果ガス排出量（確報値）

#### 高効率火力を導入する必要性（CO2の削減効果例）

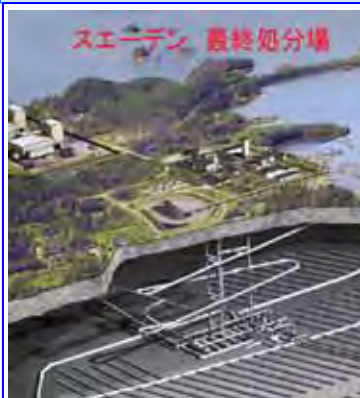
- 日本で最高効率の技術（USC）を中印等アジアと米国の石炭火力に適用すると、CO2削減効果は約12億トン（11.8億トン）。（WEO2015におけるCO2排出実績から試算）
- これは、日本全体のCO2排出量（約13億トン）に匹敵する規模。



出典：IEA World Energy Outlook 2015報告書作成



## 使用済燃料最終処分場の受け入れの海外事例 スウェーデン、フィンランドはどうだったか



日本では、高レベル廃棄物の最終処分場の選定に関し政府が科学的特性マップを発表し、国民への理解活動を全国展開している段階である。一方で、国際的にみれば、スウェーデンとフィンランドのみが使用済核燃料の最終処分場の候補地をすでに決定し、処分施設について前者は安全審査中で、後者は建設が開始されている。両国はなぜうまくいったのか事情を検討する。



### 1. 日本と両国の比較

上記の両国と土地利用を比較すると日本の人口は圧倒的に多いが、土地利用の形態はとてもよく似ている。一人当たりの電力供給の内訳を比較するとスウェーデン、フィンランドは日本に比べて発電量は2倍、1.5倍、原子力は13倍、10倍、水力は5倍、3倍、再エネは1.6倍、2.2倍である。火力への依存は両国は圧倒的に小さく、産業用の電気料金は日本と比べスウェーデンは42%、フィンランド48%と低い。

なお、スウェーデンはTMI原発事故を契機に雇用と社会的利益が損なわれないこと、石油と天然ガスの使用量が増加しないことなどを条件に脱原発に踏み切ったが、これらを守ることが難しく、2010年には現在運転中の原子炉の建替えに限って新規建設が認められている。両国は電力多消費国であり、原子力の重要性を国民、与野党とも認識している。地層処分にしても国民は重要性を認識しているのであろう。我が国では、化石燃料に80%以上も頼っているが原発無しで何とかなると考えている国民が多数居り、地層処分の設置に反対する空気が根強いという大きな問題を抱えている。

	スウェーデン	フィンランド	日本
人口(約万人)	1,000	550	12,500
土地面積(1000km <sup>2</sup> )	450	338	377
農地(%)	7.5	7.5	12.5
森林(%)	68.5	72.9	68.5
その他(%)	23.8	196	19
電力等内訳(2017年)			
発電量/人(kwh/人)	15,900	12,300	8,500
総電力(twh)	160.1	67.4	1085
原子力(%)	39.3	33.3	3.1
水力(%)	40.3	21.9	7.5
再エネ(水力除く)(%)	18.5	25.4	11.7
火力(%)	1.8	19.3	77.8
電気料金(\$/kwh)			
産業用	62.5	72.8	150.4
家庭用	178.3	182.6	226.6
使用済燃料貯蔵量(t)	5,400	1,600	19,000

### 2. 使用済核燃料の地層処分の概要

北欧の両国は使用済燃料を再処理せずキャニスターに封入して直接処分することとしている。日本は海外で再処理したガラス固化体の返還廃棄物と日本で再処理したガラス固化体の廃棄物をオーバーバックに入れて地層処分する。

ガラス固化体は処分する体積が直接処分に比べて約1/3に減らすことができる。処分する使用済燃料の量はスウェーデン、フィンランドは日本の1/3.5、1/8と小さいので直接処分も可能であろうが、日本は直接処分では広大な処分場が必要になる。



### 3. 地層処分がどのようにして住民に理解が得られたのか

#### スウェーデン

スウェーデンは20の県のもと289の自治体からなり、学校教育、緊急計画 環境、下水道 エネルギー供給 廃棄物収集などの地域行政は自治体に任されており、大きな権限を持っている。最終処分地決定も地域行政の一環である。

地層処分場の選定は3段階で進められた。(表、図参照)

#### フィジビリティ調査

全国調査の後、地質的に問題ない地点の所在する8つの自治体に対して、1992年に施設受け入れが可能かどうかについて打診が行われた。2つの自治体調査は議会で受け入れられたが、住民投票で否決された。SKB 社はこの原因を、住民に施設についての十分な知識がなかったため感情的に拒否反応を示したと分析している。

その後、同社は住民への情報伝達に努力し、1995年から1999年にかけて自治体議会の承認が得られた6つの自治体について

調査を実施し、最終的にオスカーシャム、エストハンマル及びティーエルプの3つの自治体が詳細調査を受け入れる方向となったが、ティーエルプは直前になって拒否した。なお、自治体の方針決定は議会での承認を得るとともに、最終的には住民投票で決めることになっている。

### ② サイト調査、環境影響評価

2002年から2007年まで、オスカーシャムとエストハンマルについて詳細調査が行われ、最終的に2009年にエストハンマルが最適であるとの結論が出された。

### ③ 許認可手続き

SKB社はキャニスター封入施設の建設許可、フォルスマルクにおける使用済燃料の処分場の立地建設許可、処分方法及び関連施設の立地選定に係る許可の申請を提出した。2018年現在コメントが出され、政府は最終確認を待ってSKB社が申請した処分事業が許容可能であるかの判断を行うことになっている。処分開始は2029年頃の見込みである。



表1 フィージビリティ調査受け入れ自治体での議決状況

自治体名	議決での議決状況
エストルウーマン	1993年6月 賛成24、反対5、棄権5
マローパ	1993年11月 賛成14、反対14、棄権7 議決無効で可決
エストハンマル	1995年6月 賛成35、反対12
ニーシェーピン	議決は無効と判断
オスカーシャム	1996年10月 賛成36、反対5
ティーエルプ	1998年5月 賛成46(全会一致)
フルツフレッド	1999年5月 賛成47(全会一致)
エルブカーレビー	1999年6月 賛成30、反対1

表2 サイト調査受け入れに関する地元議会での議決

自治体名	議決での議決状況
エストハンマル	2001年12月 賛成43、反対5
オスカーシャム	2002年3月 賛成49(全会一致)
ティーエルプ	2002年4月 賛成25、賛成20



## フィンランド

### ① サイト確定調査

大規模な亀裂帯を回避し安定な基盤岩ブロックを選定するために、最初に航空写真や地形図等の文献調査により324カ所を選び、さらに地質学的要因や、人口密度・使用済燃料の輸送等の環境要因に関する文献調査により5~10km2の大きさからなる100カ所程度の調査地域を選定した。

### ② 概略サイト特性調査、詳細サイト特性調査

調査について自治体から同意を得る等のプロセスを経て、1985年に5カ所に絞って地表からのボーリング等による概略サイト特性調査が行われ、その後より適したエウラヨキ、ロヴィーサ、アーネコスキ、クモの各自治体に絞ってポシヴァ社が詳細サイト特性調査や最終処分場の地上施設と地下施設を建設・操業する場合の環境影響評価を実施した。

### ③ 最終の絞り込み

実施主体のポシヴァ社は、誘致に積極的なオルキルト原子力発電所所在地であるエウラヨキ自治体とロヴィーサ原子力発電所所在地であるロヴィーサ自治体に絞って検討を進め、規模が大きく輸送コストが安く済むという利点からエウラヨキ自治体を選定した。

### ④ 自治体による受け入れ表明

エウラヨキ自治体は2000年に議会で投票を行い(賛成20/反対7)、最終処分場の受け入れ意思を表明した。これを受けて、政府は2000年12月に原則決定を行い、その決定内容を国会が2001年5月に承認した(賛成159/反対3)。これにより、エウラヨキ自治体のオルキルトが最終処分地に決定した。(フィンランドは、世界で最初に高レベル放射性廃棄物「使用済核燃料」の処分地を決定した国である。)

## 4. 日本はどのように取り組んでいるのか

### 火山国、地震国の日本

日本は火山、地震など自然条件が厳しいので、2017年7月に火山、断層の有無などを考慮して科学的特性マップを作成した。これを見ると、高レベル廃棄物の輸送は海上輸送が中心であることから、長い海岸線には多くの適地(濃いグリーン全国に約900カ所の自治体)があることが分かる。また、実施主体のNUMOは対話型全国集いを2018年、2019年だけで80回開き地域住民の理解に努めてきている。

### 地域の意見を取り入れる仕組み

2007年1月高レベル放射性廃棄物処分場調査公募に応じた高知県東洋町のケース





では、近隣自治体が反対し、産業、観光面の風評被害などから高知県知事は資源エネルギー庁に撤回を申し入れた。町長は辞職し、再選挙の結果現役町長が落選するまでの事態になった。

北欧両国の経験を踏まえると、地域住民や国民に納得してもらうためには技術的安全性だけでは不十分であり、地域の意見を取り入れる社会的な仕組みが大切になる。自治体の判断、住民の判断の仕組みをどうするのか、地域への経済的支援、産業活動の振興などが大切であり、実施主体の信頼性、国の関与が設置地域の住民にとって重要となる。

NUMOは、これらの経験やスウェーデンやフィンランドの取り組み方法も参考にしながら、国や自治体と協議をし、住民が納得できる方策を進めようとしている。

## 5. 両国はなぜ受け入れたのか

### ①不確実性への懸念

地中埋設処分には、反対グループや政党などは地下深部が目に見えないことに起因する不安感や、数万年から数十万年後の安全評価結果の不確実性に対する懸念などを指摘する。現在のわれわれの見聞から数万年、数十万年後の自然の変動や我々の安全対策が保証できるかと問われると、解を見出せない難問となる。

このため、スウェーデンは埋めたキャニスターが引き抜き回収できること、フィンランドは回収性を考慮しないものの、回収が必要となった場合は逆手順で回収可能であるとの概念を提示している。また、NUMOは処分場の閉鎖前までは安全で合理的な範囲内で廃棄物の回収可能性を確保することとしている。(図参照)

### ②地域経済への貢献

地層処分事業が100年の長期間にわたって地域の発展に役立つと共に、やがては科学技術の拠点にもなるといことが期待できるとの説明も必要となる。具体的には：

#### スウェーデンの実施主体のSKB社：

長期的な事業の継続を望み、一方自治体は地域経済の発展に関して責務があり、協力の枠組みへと発展させている。

SKB社の計画では、オスカーシャム自治体で今後も使用済燃料の集中中間貯蔵が行われるほか、それらをキャニスターに封入する施設を新たに建設し、エストハンマル自治体にそのキャニスターを処分する最終処分場を建設する。

さらに、自治体振興のための追加支援を、原子力発電事業者とSKB社とで2025年までの期間に総額20億スウェーデン・クローネ（300億円）規模の経済効果を生み出す付加価値事業を予定している。この支援は地層処分場のサイト決定前に「地層処分場に立地されない自治体に75%」という合意に基づき、エストハンマル自治体に25%としオスカーシャム自治体に75%が配分される。また、国は資金確保法を制定し、原子力廃棄物基金からの交付金で自治体が行う情報提供や協議に要する費用を賄うこととしている。

エストハンマル市は図に示すようにすでに、原子力施設、金属工業、小企業など多くの企業、従業員を抱える地自治体であり、本事業によりさらに多くの産業が集まることも期待できよう。

#### フィンランドの実施主体であるポシヴァ社：

環境影響評価の中で社会経済面の影響評価を行い、雇用の創出と人口増加がみられ、農業、観光、不動産価値へのマイナスはないと結論付けた。ポシヴァ社と地元エウラヨキ自治体との間で協力協定（1999年）を締結し、ポシヴァ社はエウラヨキ自治体に対して、新たに高齢者向けホーム施設を建設する資金を貸与することとした。

エウラヨキ自治体は、老朽化対策に悩んでいた高齢者向けホームをポシヴァ社に事務所としてリースした。この施設は、1836年に建設された旧領主邸宅という由緒ある建物である。

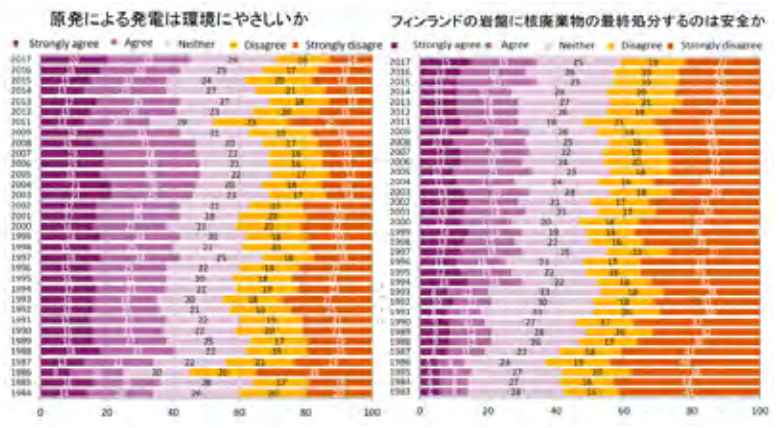
## 6. 地域の活性化が期待される

かつて陸の孤島と言われた東海村には、旧原研、原電、旧動燃と先端の原子力施設が作られた。その後は東大原子力工学研究所、中性子医療研究センター、那珂火力発電所等も作られ日本を代表する科学技術のメッカになっており、工業団地も作られている。この結果、東海村の人口は昭和30年の11,600人が昭和50年には25,200人、現在は約37,700人であり、就業者は17,300人で他地域からの通勤者は10,900、また他地域への通勤者は8,800人と活気ある素晴らしい街になっている。

地層処分場が建設される地域は原子力産業や研究機関だけではなく、鉄道、港湾整備も必要になることから多くの産業が集まることも期待できよう。

### まとめ

スウェーデン、フィンランド両国は、エネルギー利用大国であり、安価な電力供給のためには原子力が重要であることを国民が理解している。地域での受け入れについては、段階的に地域の賛否を取りながらおこなっており、地層処分の安全性が



された事はもとより、地域の発展に貢献することも相まって地層処分が認められるようになったのであろう。（参考 図はフィンランドでの原発、地層処分の世論の変化）

一方我が国は、福島第一事故が起きたことで原子力への信頼が失われ、政府は、エネルギー基本計画で「可能な限り原子力を削減する」との国の方針を出さざるを得ない状況となっている。

このような国の方針のもとで、地層処分に賛成する地域が出て来るとは考えにくいのではないか。

地層処分を自信をもって進めるためには、政府が原子力への信頼性を高めるべく積極的にエネルギー基本計画を見直すなど推進の努力が必要であろう。

主として参考にした資料 「諸外国における 高レベル放射性廃棄物の 処分について（2019版）」

担保

### 赤ペンおやじのつぶやき 放射性廃棄物処分場の話



放射性廃棄物の処分場について考えるとき、いつも2007年に起こった高知県東洋町の大騒ぎを思い出す。

日本には殆ど職業としているのではないかとされる強烈な反原発活動家達が居り、この人達が挙げて東洋町を訪れて処分場の危険性を吹聴したし、このような騒ぎを飯の種にするマスコミがこの活動を煽った結果、現職の町長を辞職にまで追い込んでしまったという出来事である。この件で大変残念なのは、まじめに放射性廃棄物の処分について検討し、良いと分かれば協力しようとする人々が居ても、反原発活動家とマスコミの影響を受けやすい政治家達が、寄ってたかって検討の機会を奪ってしまうこと

である。このような現状を変えない限り、日本が文化的に成熟することは有り得ないと悲しみに暮れるのである。