

# ドイツおよびEUの 電力供給の現状と将来

—では、日本は？（地熱発電の可能性）—

当学会会員 宮田 きおあき

「日本は資源小国なので加工貿易をして外貨を稼がなければ。そのために、国民は勤勉に働かなければ。日本は人が資源である。」と、というのが日本国民の共通認識のようである。

しかし、はたしてそれは正しいのであろうか。私は常々そのような疑問をもっている。ここに、ドイツおよびEUの電力供給の現状と将来を紹介し、さらに日本の地熱発電の可能性に言及したい。そこから、上述の疑問に対する答えを示したい。そして、そのことは国家の安全保障と危機管理に関係する。

ドイツは現在スウェーデンと共同して、HVDC（高電圧直流）<sup>1</sup>を送電するケーブルの敷設を計画している。ハンザパワーブリッジと命名され、その大半は海底ケーブルである（図1参照）。

スウェーデンの水力発電とドイツの風力発電（その多くは洋上風力発電）を融通し合っ、利便性と経済性を達成しようというものである。700MW（メガワット）の直流電流を双方向で送電する。300kmの送電ケーブル（そのうち200kmは海底）を2025年、ないし2026年に作動させる計画である。総投資金額は約6億EURと

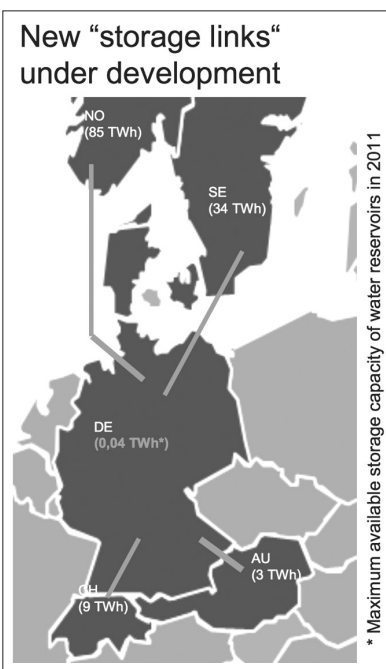


図1 ドイツ・スウェーデン、ノルウェーをlinkする海底ケーブルの模式図  
(<https://askjaenergy.com/category/eu-energy-policy/>より引用)

見積もられている。ドイツのこの送電線の設置端の場所は、メクレンブルク・フォアポンメルン州のギュストロヴである。

また、ノルウェーと共同してノルトリンクとよばれるHVDC送電ケーブルを敷設することも、現在計画されている。2020年には商業ベースで作動する予定である。600kmの長さで、海底での長さは516kmに達する。（図1参照）1400MWで総投資額は15～20億EURと見積もられている。ドイツのこの送電線の設置端の場所は、シュレスヴィッヒ・ホルスタイン州のヴィルスターである。

このスウェーデンとノルウェーの水力発電能力の柔軟性は、ドイツの風力発電の補完としての役割を担うものである。ドイツ国内の消費電力が多くなったとき（昼間である場合が多い）または、風が弱く発電量が少なくなるときに、両国の水力発電にたよる。逆に、国内の消費電力が少ないとき（夜間の場合が多い）や、風力発電量が多いときは、逆に両国に送電し、両国の発電に使われる水の消費を少なくする。ダム湖には絶えず水が流れ込むが、発電に使われる量によって増水したり減ったりする。それを、ドイツからの電力で調整するのである。さらに、ドイツからの電力で水をポンプで汲み上げてダム湖を増水させることも視野に入れているようである。つまり、ダム湖が天然かつ人工的なバッテリーの役目をするのである。

ハンザパワーブリッジやノルトリンクは、風の強弱によって発電量にばらつきがある風力発電の欠点を補うものである。ドイツは緯度的に恒常的に偏西風が吹く帯域にある。その条件から、風力発電（洋上風力発電など）の普及に力を入れ、そしてその欠点をも克服しようとしている。（しかも、日本と違い、北欧諸国（後述のアイスランドやグリーンランドな

ども))は人口密度が低く、ダムによる河川の環境破壊の影響を住民が受けにくい側面がある。)

ところで、アイスランドは火山と氷雪の国である。地熱発電と水力発電は、安価で経済性に優れている。約30%が地熱発電で、約70%が水力発電である。グリーンランドはその水力発電に使うことのできるエネルギーは、800TWh(テラワット時)と見積もられている。1 TWhは1 Whの1兆倍である。将来、ヨーロッパ大陸、ブリテン島、アイスランド、グリーンランド、北アメリカ大陸を結ぶHVDC海底ケーブルを設置する構想もある(図2参照)。

まだ空想的だが、現在考えられているそのケーブルは、全長約3500km、海底の深さ1,500から1,700mである。

もうすでに、ノルウェイとイギリスの間で長さ700kmの600kvの電圧を送電している海底ケーブルがあるから、この構想は何十年か後には実現する可能性が大いにある。

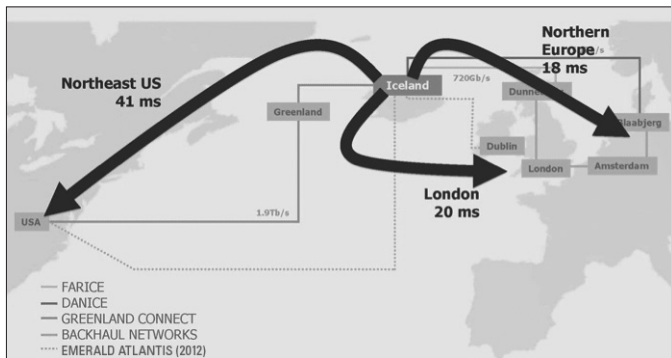


図2 アイスランドー欧州、北アメリカをlinkする海底ケーブル構想 (<https://askjaenergy.com/category/transmission-and-utilities/> より引用)

火山国アイスランドの地熱発電は、高温熱水系蒸気フラッシュ式発電が主である。地熱によって噴き出す蒸気圧でタービンを回して、その回転エネルギーで発電機の回転子を回して、交流電流を得るのである。この国は、高温高圧の水蒸気の噴出に恵まれている。

ところで、現在の世界各国の地熱発電の主流でもあるこの高温熱水系蒸気フラッシュ式発電のさらに先に、次世代地熱発電と目されるものにEGS発電(Enhanced geothermal system)と呼称されるものがある。まだ、正式の日本名はないようである。便

宜上、「高度な地熱発電システム」とでも訳しておこうか。

アメリカエネルギー省によれば、地下深度10kmまで抗井を掘ることにより、火山地域以外でも地熱を取り出す発電であるという。詳細は省くが、地上から抗井を通して水を地下の高温岩体に供給して水蒸気を発生させ、それを別の抗井から地上に取り出すシステムである。(図3参照)

地球の深部の膨大な熱源にアクセスできる可能性を有している。それだけで、地球の全消費エネルギーを賄える可能性のあるプロジェクトである。

- |           |           |
|-----------|-----------|
| 1 貯水池     | 2 ポンプハウス  |
| 3 熱交換器    | 4 タービンホール |
| 5 生産井戸    | 6 注入井戸    |
| 7 地区暖房に熱水 | 8 多孔質堆積物  |
| 9 観測井戸    | 10 結晶性岩盤  |

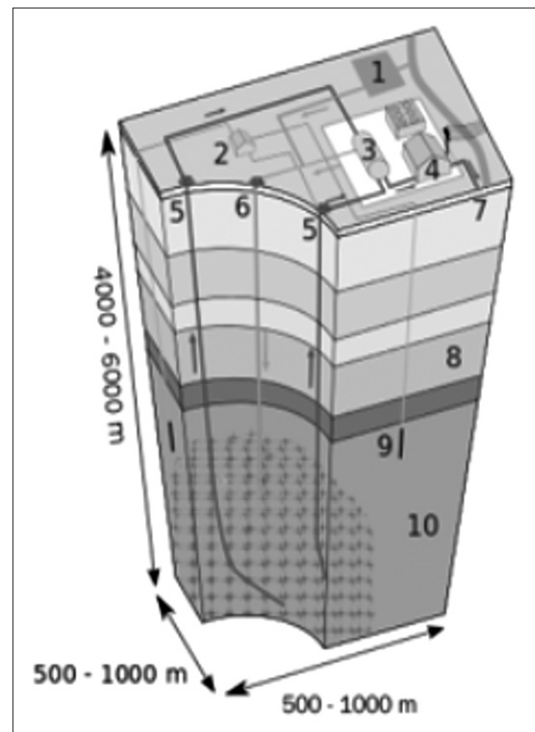


図3 EGS発電の模式図 ([https://en.wikipedia.org/wiki/Enhanced\\_geothermal\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Enhanced_geothermal_system) より引用)

その予測が、アメリカ、オーストラリア、ヨーロッパなどの非火山地帯の国々の地熱発電開発を勇気づけ、それらの国々で実際に研究が取り組み始められている。人類に託された今後何十年の課題である。

ヨーロッパにおいてのEGSプラントは、フランスのアルザス州のドイツ国境近くのSoultz-sous-Forêts(ゾウルツ ス フォレ)と、スイスのバーゼルが有名である。前者は実際に1.5MW(メガワット、1MW=1000KW)の電力を供給している。後者は地震を誘発したので取り止めになった<sup>2</sup>。

ドイツでは、まだEGSの具体的プロジェクトは実行されていない。しかし、その学術研究はしだいに盛んになりつつあり、DER GEOTHERMIEKONGRESS(地熱会議)が毎年一回開催されている。

今年、ミュンヘンで、2019年11月19～21日に開催される。鍵になる講演者は、Bundesverband Erneuerbare Energien(ドイツ連邦再生可能エネルギー協会)のDr. Simone Peter(シモーヌ・ペーター博士)と、Potsdam Institut fuer Klimafolgenforschung(ポツダム気候影響研究所)のProf Dr. Manfred Stock(マンフレッド・ストック博士)と、今年のパートナー国であるオランダ代表者(未定)である。また、研究組織も充実しつつある。ノルトライン・ヴェストファーレン州ボーフムのDas Internationale Geothermiezentrum(国際<sup>3</sup>地熱センター)や、チューリンゲン州の再生可能エネルギーネットワーク、バイエルン州の国際地熱協会支部などである。民間企業も、大手からベンチャーまで多種多彩に参入している。多額な投資の研究プラントが実行される日は、そう遠くないように思われる。

ドイツは脱石油、脱原子力による環境にやさしい、持続可能なエネルギーによる発電のひとつとして、風力発電を選択した。自国が偏西風を利用するのに適しているのを鑑みて。また、その風力発電の弱点を隣国の水力発電を利用して補おうとしている。では、日本はどうであろうか。その条件からして適切で経済効率のいい発電は何であろうか。今後も、外国から石油や天然ガスなどのエネルギー資源を輸入して、外貨を失うだけであろうか。これからも、加工貿易であくせく働いて国民が疲弊するのを容認するのであろうか。

仮に電力の供給において、ドイツとスエーデン、

ノルウェイの関係のようになる地域は、はたして日本の場合どこであろうか。距離の近さや、利用できる水力の条件からすると、カムチャッカ半島、サハリン、沿海州などの東シベリアということになるだろうか。しかし、政治的に安定しているEUや北アメリカの北大西洋条約諸国(NATO)とは違い、ロシアは友好国ではない。ドイツのように柔軟に電力供給を実現するのは難しい。

偏西風の恒常的に吹く緯度的帯域からずれて南に位置する日本<sup>4</sup>では、洋上などでの風力発電も経済的にドイツほど効率的でもない。「答えは、地熱発電だ。」と、私は思う。

日本は、アメリカ、インドネシアに次ぐ世界第3位の地熱資源量2300万kwを有する地熱エネルギー大国である。現在の日本および世界の主流の地熱発電として、高温熱水系蒸気フラッシュ式発電がある。さらに、低温熱水系地域では、低温熱水系バイナリー発電<sup>5</sup>が用いられつつある。これらの発電に日本が経済的、技術的、効率的に適していることは言うまでもない。さらに、火山国日本においては、このEGS発電も他の諸国よりも、経済的、技術的、時間的に達成が容易である。取り出される地熱量も効率的であることが見積られる。

歴史とともに資源は変わるのではないだろうか。すなわち、採掘技術と使用技術の発展によって資源は変わるのでは。

エネルギー資源に限定しても、原始、人類は動力として風と家畜を、熱源として木材を用いた。産業革命時には「石炭」を用い、20世紀に入ってから「石油」を採掘、消費した。21世紀第1四半期の今、天然ガス、シェールガス、再生可能エネルギーへと発展している。それも採掘技術と使用技術の発達によって可能になったのである。

資源が時代とともに変化するといったが、さらに拡張して考えると、人間の意志により技術を進歩させることで用いるエネルギー資源を変えることができるのではないだろうか。日本の技術力をもってすれば、日本をエネルギー大国にすることは可能ではないだろうか。そうなれば、国民が加工貿易のためにあくせく働くこともなく、豊かなゆとりのある生活や人生を享受できるのではないだろうか。



「地熱発電こそが、将来の日本と日本人の人生や生活を豊かにするものである。」と、私は思う。

少子高齢化と財政赤字からの福祉切り捨てによる、独居老人の孤独な貧困、若い世代の希望のない激務が目の前に迫っている。国民の暮らしを少しでも楽にすることで、対外的にも優位に立てるのでは。また、国内的に社会不安が減少するのではないだろうか。

それは、日本の安全保障と危機管理の根本ではないだろうか。国内外に数多くの難問を抱える令和元年という時節にあたり、上記のことを提言したい。

注

<sup>1</sup> 同じ実効電圧の場合、直流電圧は交流電圧に比べ最高電圧が小さく絶縁が容易である。なぜなら、交流電圧は単振動するので、実効電圧(交流電圧の平均)よりも最高電圧が高くなるから。また、同じ電力あたりの電流が小さいので電圧降下、電力損失が小さい。

<sup>2</sup> 導入された水が高温岩体に負担をかけ、既存の割れ目を大きくする微小な地震が起こる。

その結果、岩体の表面積の増加で圧力水が高温になる。それが引き金になり、今度は大きな地震を誘発する。

<sup>3</sup> 世界に門戸は開いているが、ドイツ各研究機関や組織よりなる協会である。

<sup>4</sup> 偏西風は緯度35～65度あたりで吹く。ドイツの洋上発電は北緯54度付近で、適している。

それに比べ日本は、東京で北緯36度、札幌で北緯46度である。

<sup>5</sup> 高温熱水系蒸気フラッシュ式発電よりも低い温度の水蒸気の熱で、沸点が水より低い液体を蒸気にしてその蒸気圧でタービンを回す。低い温度の水蒸気で発電できるが、出力電力が低い。

(参考文献)

- ・ <https://askjaenergy.com/category/eu-energy-policy/>
- ・ <https://askjaenergy.com/category/engineering-and-technology/>
- ・ <https://askjaenergy.com/category/transmission-and-utilities/>
- ・ <https://www.conftool.org/geothermiekongress-2019/>
- ・ [https://en.wikipedia.org/wiki/Enhanced\\_geothermal\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Enhanced_geothermal_system)
- ・ 野田徹郎 江原幸雄：(2016)『地熱エネルギー技術読本』、オーム社
- ・ 山口純一 中村格 湯地敏史：(2019)『送配電の基礎』(第2版)、森北出版

## まずは、健康から(4)

株式会社 えんじゅ 代表取締役 石田 稚香子

そろそろ秋の足音が聞こえる季節になりました。

この時期、気を付けたい症状の一つに「食中毒」があります。食中毒がいちばん多く発生するのは夏と思われがちですが、以外にも最も多く発生しているのは9月から10月にかけての時期です。

この時期は、夏の暑さの影響で体力が低下し、それと共に免疫力が下がりやすくなっています。体力低下の状態ですら食中毒を起こす悪い菌が入ってくると、対応できず食中毒を発症するケースが多いのです。

さらには秋に入ると気温が下がり、温度差に体がうまく適応できないため体調を崩しやすくなります。季節の変わり目は、とにかく病気を発症しやすいのはこのためとも言われています。

食中毒を防ぐには、ばい菌を「つけない」「増やさない」「やっつける」の3つが原則です。

### ◆食中毒を防ぐ3つのポイント◆

#### ① つけない(洗う、密閉する)

手には様々な雑菌が付着しています。手洗いは一番の予防となります。他に包丁やまな板などの調理道具も綺麗に洗浄しましょう。

#### ② 増やさない(低温で保存する)

食中毒の主原因である「サルモネラ菌」と「腸炎ビブリオ菌」は25℃上になると増殖します。

ところが10℃以下になると増殖スピードは遅くなり、マイナス15度以下では増殖が停止します。冷蔵庫や冷凍庫を活用し、食品は低温で保存しましょう。

#### ③ やっつける(加熱処理する)

殆どの食中毒菌は、熱により死滅します。肉、魚に限らず野菜も過熱すれば安全です。

特に肉料理は中心部までよく加熱しましょう。

日々快調に過ごすためには、予防が大切です。

「今の時期が食中毒に要注意である時期」と認識することです。予防にお役立ていただければ幸いです。