



目次

1. ドイツの原子力廃止政策の決定とクリーンエネルギー
2. リトアニアの原子力発電所建設計画

1. ドイツの原子力廃止政策の決定とクリーンエネルギー

1)経緯¹⁾

2011年3月11日に発生したマグニチュード9.0の地震に続く世界最大級の大津波による福島第一原子力発電所の事故を受けて、ドイツのメルケル首相はそれまでの原子力政策を大きくUターンさせた。

2011年3月14日には、2009年の連邦選挙の公約である原子力発電所運転期間延長(原子力廃止法で定められた2022年までに17基全ての原子力発電所を停止する計画を平均で12年間運転期間を延長する修正法を2010年12月8日に定めた)計画を3ヶ月間停止し、その間にドイツの原子力発電所17基(総発電量20.339GW)全ての安全性を再評価すると発表するとともに、2011年3月15日には、原子力発電所を抱える州政府の首相達との会談の後で、1980年以前に運転を開始した7基の原子力発電所(総発電量7.419GWで、このうち4基は原子力発電所運転期間延長の法律が制定されなければ2010年中に廃止時期を迎えていた)を3ヶ月間停止すると発表した。

さらには、2011年3月末の2つの州議会選挙での敗北や国民の反原子力運動の高まりを背景に、できる限り速やかに原子力から撤退し、再生可能エネルギーを柱にしたエネルギー構造への転換を早めることをメルケル首相は決断した。

2)原子炉安全委員会と倫理委員会

メルケル首相は、今後の原子力政策を検討するために、原子力発電所の技術的安全性を評価するための原子力安全委員会と、原子力がドイツ社会に与えるリスクを評価するための倫理委員会の二つの検討委員会を設置した。

原子力安全委員会の報告については、2011年5月18日にノルベルト・レトゲン環境大臣が発表した。報告書では、ドイツの全ての原子力発電所は運転を継続しても安全であり、即座に停止する必要はないが、重大な飛行機事故に対して防御されていないとしていて、特に1980年以前に運開した Biblis A, Biblis B, Brunsbuettel, Philippsburg 1 の4基は軽飛行機の衝突に対しても不十分と報告している。ノルベルト・レトゲン環境大臣は、この4基の原子力発電所は必要な安全性能が不足しており至急改善されなければならないと述べている。²⁾

倫理委員会の報告は、2011年5月28日提出された。マスコミの報道情報によれば、停止命令が出た7基の原子力発電所は無期限停止、残りの10基の原子力発電所については2021年までに停止すべきと勧告している。原子力からの撤退により不足するエネルギー(ドイツの電力供給は、原子力が22.6%、石炭火力が42%、天然ガス火力が13.6%、再生可能エネルギーが16.5%)については、海外の原子力発電からの電力輸入と化石燃料による発電によって炭酸ガス排出量が増加することは受け入れられないし、また、再生可能エネルギー開発の大幅な加速も不可能であり、代替案として、エネルギー消費量の60%削減と石炭火力発電のクリーン化技術であるCCS(炭酸ガスの回収・貯蔵)技術開発を含む方策を勧告している。また、「原子力からの撤退は、多くの技術、経済活動、社会的機会を提供してドイツの成長を促し、ドイツを持続可能な製品やサービスの更なる輸出国にする。原子力からの撤退は、強力な経済を作るためのチャンスであることをドイツは示すことができる。」と報告書は記している。¹⁾

3)メルケル政権の原子力からの撤退のための政策

(1)政策の概要

メルケル政権は、2011年6月7日、現在停止中の8基の原子力発電所の再起動は原則行わず残りの9基の原子力発電所については2022年までに順次停止することと、そのために不足する電力を補うための方策を定めた8つの法案について閣議決定した。

これ等の法案は、連立政権を組むCDU/CSUとFDPの他、SDPと緑の党の賛成を得て、2011年6月30日、連邦議会で承認された。(513対79で8人が棄権)2011年7月8日には、連邦参議院(ドイツの16州の州政府代表から成る)で7つの法案が承認されたのち、残りの1つの法案についても連邦議会と連邦参議院の調停委員会に送られ最終的には承認された。^{3),4)}

法案の内容は、2011年4月15日、ドイツの全ての州首相(16州)を集めた国内

サミットでメルケル政権が提案した 6 項目のエネルギー政策と倫理委員会の答申を具体化したもので主な項目は下記のとおり。^{1),5)}

- ・現在停止中の 8 基の原子力発電所の再起動は原則行わず、残りの 9 基の原子力発電所については 2022 年までに順次停止する。(ただし 2011 年～2012 年の冬と 2012 年～2013 年の冬は電力不足で停電の恐れがあり、停止している原子力発電所の中から 1 基を再稼働できるように維持する計画。)
- ・再生可能エネルギーからの電力供給の割合を 2010 年の 17%から 2020 年までに 35%に引き上げる。主に洋上風力発電を推進する。
- ・原子力発電所の停止により不足する電力約 20GW を補うために、次の 2～3 年以内に石炭火力発電所または天然ガス火力発電所を建設する。(電力危機への対応及びフランスやチェコの原子力発電所からの電力輸入に頼らないためにはさらに 10GW が必要と政府は述べている。)
- ・消費エネルギーの削減のため、1995 年以前に建てられた住宅、オフィス、工場の断熱性改善に対する税金控除として年間 15 億ユーロを充てる。(目標は、2020 年までに暖房用のエネルギーを 20%削減)
- ・ドイツの北部、中央、南部をつなぐ 4500km の送電網を建設する。(建設促進のための法律制定)

上記の政策実現のために、メルケル政権は補助金等を検討している。既に、再生可能エネルギー開発への数十億ユーロをはじめとして、石炭火力発電所または天然ガス火力発電所建設に 1.63 億ユーロ、電力貯蔵研究プロジェクトに 2 億ユーロ、電力料金の値上がりに対する対策として鉄鋼、アルミニウム産業への年間 5 億ユーロの補助金などが挙げられている。^{5),6)}

(2)政策の問題点

当面、原子力発電の代替エネルギーとして化石燃料発電を導入することで炭酸ガスの排出量が増加することになる。石炭火力発電(CO₂ 排出量約 860gCO₂/kWh)と天然ガス火力発電(CO₂ 排出量約 400gCO₂/kWh)の導入割合によっても異なるが、毎年数千トンの CO₂ 排出が加わると予想されている。ドイツの 2020 年までの地球温暖化ガス排出削減目標は 1990 年(CO₂ 換算で 12.5 億トン)比で 40%減であるが、環境省の評価ではこのままでは 30~33%の削減となり目標を達成できないとの検討結果が出ている。⁷⁾

また、上記に示したように多額の投資が必要となり、企業と国の負担増は電力料金の値上がりとして消費者に跳ね返ってくると予想されている。

3)電力会社の対応

原子力発電所を所有する電力会社 4 社 (E.ON、RWE、EnBW、Vattenfall (スウェーデン政府の 100% 所有国営会社)) は、原子力発電所 8 基の停止による収入損失に対しての補償と核燃料税の廃止に関する訴訟を検討していることを政府に伝えている。⁸⁾

フィナンシャルタイムズのドイツ紙は、ドイツの 4 電力会社の 8 基の原子炉停止による売上損失は年間 35 億ユーロ (51 億ドル)⁹⁾ になると報じていて、電力会社 RWE の評価でも発電可能量 60TWh を基に現在の電力価格で計算すると 36 億ユーロ¹⁰⁾ になると報じられている。電力会社は総額で 200 億ユーロ¹¹⁾ の補償を想定しているとも報じられている。

核燃料税については、昨年 (2010 年) の秋にメルケル政権の原子力廃止法の修正による原子力発電所の運転期間延長と引き換えに承諾したもので (2011 年から 2016 年までの 6 年間で課税され税額は年間 23 億ユーロと予想されていた)¹²⁾、電力会社としては原子力発電所の運転期間延長が消滅したことで核燃料税は廃止されるべきとの態度をとっており税金の納付を停止している。¹³⁾

電力会社が勝訴した場合、補償金と税収不足は国民の負担となり今後の電力会社との調整はメルケル政権にとって重要な課題である。

一方では、電力会社は天然ガス火力発電所の建設に対応するためにロシアの巨大大国営ガス会社ガスプロムとの関係を強化していて、7 月中旬に RWE とガスプロムは 3 ヶ月の交渉の末にベルギー、ドイツ、ルクセンブルグ、英国で天然ガス火力発電所を建設するための合弁会社設立の可能性に関する覚書メモを完成させた。¹³⁾

4) ドイツのクリーンエネルギー開発の現状

(1) 風力発電¹⁴⁾

2010 年末の発電設備容量は 27.214GW (2001 年の 8.754GW の 3.1 倍で 18.46GW の増加) で中国、米国について世界第 3 位。2010 年の発電設備設置容量は 1.493GW (このうち洋上風力発電は 0.108GW)。発電量は 37.3TWh (設備利用率は 15.6%) で電力消費量の 6.2% を占める。(再生可能エネルギー全体では 17% を占める。)

2011 年の予想は、洋上風力発電の 0.3GW を含み 1.8GW の増加を見込んでいいる。ドイツ風力発電協会によれば、2020 年には陸上風力発電が 45GW、洋上風力発電が 10GW で、発電量は 150TWh、電力消費量の 25% を占めると予想されている。陸上風力発電では、既存の風力タービンを大型のものに交換する (運転 15 年以上で経済性がでる。2010 年では 56MW の既存の風力発電設備が大型タービンに更新され 183MW になり約 3.3 倍に増加した。2015 年までに 6GW が 15 年以上の運転年数に達する。) ことでの出力増加が大きな役割を果たし、洋上風力については、バルト海や北海に 24 のプロジェクトが連邦政府の設置許可を既に得ていてその全発電設

備容量は 7GW にせまり、2015 年までには 3GW が稼動すると予想されている。

ドイツの洋上風力発電所は、ドイツの海岸線はほとんどが国立公園のため先行しているイギリスやデンマーク等が海岸近くの水深 10m 程度かそれ以下のところに立地しているのに比べ海岸から数十キロメートル離れた水深数十メートルの所に建設しなければならず技術的にも建設資金確保の観点からも計画どおりに建設が進むか疑問視するむきもある。(2010 年の EU における洋上風力発電所の設置設備は 5 カ国で 9 施設、0.883GW で投資額は 26 億ユーロ、建設コストは 3121 ユーロ/kW(1 ユーロを 110 円として約 34 万円/kW)。)

固定価格買取制度(FIT:Feed-in Tariff)での買取価格は陸上風力で 2010 年 1 月からは 9.02 ユーロセント/kWh(この価格は新設のものに対して毎年 1%ずつ減額される)、洋上風力については 13 ユーロセント/kWh で 2015 年以前に発電を開始するものには 2 ユーロセント/kWh のボーナスが加算される。この価格は 12 年間継続し、その後は 3.5 ユーロセント/kWh になる。なお、標準電力卸売価格は 5.02 ユーロセント/kWh である。

(2)太陽光発電(太陽電池)

2010 年末の発電設備容量は 17.193GW(2001 年の 78MW の 220 倍)で世界第 1 位(世界第 2 位のスペインの 3.784GW を大きく引き離している)。2010 年の発電設備設置容量は 7.408GW。発電量は 12TWh(設備利用率は 8%)で電力消費量の約 2%を占める。(再生可能エネルギー全体では 17%を占める。)2011 年の発電設備設置容量の予想は、3~5GW と見込まれている。連邦政府の目標は、2015 年までに 34.3GW、2020 年までに 51GW である。¹⁵⁾

固定価格買取制度(FIT:Feed-in Tariff)での買取価格は 30kW までの屋根に据え付けタイプで 2010 年 10 月 1 日で 33.03 ユーロセント/kWh、地上据え付けタイプで 24.26~25.37 ユーロセント/kWh。20 年間価格が保証される。(ただし、2010 年 7 月 1 日より農地での据え付け設備に対しては FIT の対象外となった。)

太陽光発電は、多額の買取価格が 20 年間保証されることから投資の対象になり飛躍的に発電容量が増加したが、設備利用率が低いため風力発電に比べて発電量が増えていない。それでいて標準電力卸売価格の 8 倍以上(2009 年では FIT 価格は 43.01 ユーロセント/kWh であった)の価格が投資家に支払われていたことから国民の批判も多く、メルケル政権は、新規の太陽光発電設備に対して 2010 年より順次買取価格の引き下げを行ってきた。しかしながら、太陽光発電システムの価格は 2006 年 2 月の 5000 ユーロ/kW(55 万円/kW(1 ユーロを 110 円とした場合))から 2011 年 2 月には 2422 ユーロ/kW と半分以下になり、市場ではまだ有望な投資先と見られている。¹⁷⁾(日本の住宅用の太陽光発電システムの価格は約 60 万円/kW)¹⁸⁾

(3) CCS 技術(炭酸ガス分離回収貯蔵技術)

ドイツにおいて、石炭火力は電力消費の約 40%を占めており、メルケル政権は炭酸ガス排出削減の有望な技術として国内への CCS 技術の導入を検討するとともに、今後化石燃料の使用が益々増加する開発途上国への重要な輸出技術として CCS 技術開発を推進している。2020 年までに炭酸ガスの回収と長期貯蔵を行う実証試験プラントを建設する計画で、2017 年に技術の安全性及び経済性について再検討を行う予定である。

この実証試験を規制する法案(炭酸ガスの回収、輸送、貯蔵全てに関して)が 2011 年 7 月 7 日、連邦議会で承認された。この法案は、CO₂ 貯蔵施設の立地のための安全基準や環境基準、貯蔵量の制限(1 か所年間 300 万トン以内で、ドイツ全体で 800 万トン以内)等を規定している他、立地については各州政府の意見(州政府に立地場所の認可はもちろん立地場所の指定権限がある)が反映されることになっている。この法案については、炭酸ガス長期貯蔵の安全性等に関して論争的になっていて投票結果は 306 対 266 であった。今後は連邦参議院での審議、承認を経て成立となる。^{18),19)}

①基礎技術開発

CO₂ の回収方法の技術開発は、E.ON とシーメンスが 2009 年 9 月に、ハナウ(Hanau、ヘッセン州)近くのシュタウディンガー(Staudinger)石炭火力発電所(無煙炭使用)に燃焼後回収法(モノエタノールアミンに化学吸収させて回収)の試験を行うためのパイロットプラントを立ち上げ 3000 時間以上の運転実績がある。²⁰⁾

また、Vattenfall は、2008 年 9 月に、シュヴァルツェ・プンペ(Schwarze Pumpe, ブランデンブルク州)のシュヴァルツェ・プンペ石炭火力発電所(褐炭使用)の近くに世界で最初の酸素燃焼法(微粉炭を空気ではなく酸素で燃焼させることで窒素が含まれていないため燃焼後のガスから CO₂ 回収が容易で、水蒸気を冷却除去した後 CO₂ を回収する)を用いたパイロットプラント(熱出力 30MW)を運開し、これまでの運転時間 9300 時間以上で、回収した液化 CO₂ は 4300t 以上である。両者とも CO₂ の回収率は 90%以上である。²¹⁾

CO₂ の貯蔵技術開発としては、ヨーロッパの共同研究プロジェクト CO₂SINK として 2004 年 4 月、ケッツイン(Ketzin、ポツダムの近郊、ブランデンブルク州)で世界で初めての住居地域の帯水層(多孔質砂岩)への CO₂ 貯蔵基礎研究が始まり、ドイツ地球科学研究センター(GDF: German Research Centre for Geosciences、ヘルムホルツ協会の研究機関)が施設を運営している。予算は、EU、ドイツ政府、参加企業が拠出している。2008 年 6 月から地下 630m~650m の帯水層への食品グレードの純度 99.9%の CO₂ の注入が開始され 48500t が注入された。2011 年 5 月 4 日からは、シュヴァルツェ・プンペのパイロットプラントで回収された CO₂(純度 99.7%で残り

はほとんどが硫黄と窒素の化合物)の初めての注入が試験的に行われ、約 2000t が注入されたと思われる。(2011 年 7 月 24 の時点での累積注入量は 50986t) 今後は、注入した CO₂ のモニタリング技術開発、地層中での CO₂ の挙動研究が行われる予定である。また、研究結果の国民への説明をとおして安全性についての理解を得る活動も行われる。²²⁾(日本においては、財団法人地球環境産業技術研究機構(RITE)が 2003 年～2004 年に新潟県南長岡ガス田の地下 1100m へ 10405t の CO₂ を注入した経験がある。)²³⁾

②実証試験²¹⁾

現在計画されている実証試験は Vattenfal によるもので、イエンシュヴァルデ(Janschwalde、ブランデンブルク州)に酸素燃焼法の石炭火力発電所(電気出力 250MW)と燃焼後回収法を用いる石炭火力発電所(電気出力 50MW)を建設し、回収した CO₂ を CO₂ 貯蔵施設までパイプラインで輸送し地下へ注入する計画である。CO₂ 貯蔵施設の立地場所としてはビルクホルツ(Birkholz、ブランデンブルク州)とノイトレビン(Neutrebbin、ブランデンブルク州)が候補地として地質調査が行われていて、イエンシュヴァルデからの距離は各々 53km と 100km である。イエンシュヴァルデの CO₂ 回収実証プラントは 2015 年に稼働予定で、総事業費は 15 億ユーロ(EU よりの 1.8 億ユーロの補助金を含む)で、年間 170 万トンの CO₂ を回収する予定である。

③今後の課題²⁴⁾

CO₂ の貯蔵施設の立地に関しては、CO₂ の漏えいや地下水汚染を心配する地元住民の根強い反対がある。CO₂ 注入に適した地層のある北部のシュレーズヴィヒ・ホルシュタイン(Schleswig-Holstein)州とニーダーザクセン(Niedersachsen)州では州政府(与党はメルケルが党首を務める CDU)が地元住民の反対の声を考慮して CO₂ 貯蔵施設の立地に反対しており、CO₂ 貯蔵施設の立地に州政府の許可が必要な今回の法律が制定されれば CO₂ 施設の立地は困難になる。現在技術開発が行われているブランデンブルク州においても実証試験施設の立地に理解を示している Matthias Platzeck 州政府首相(与党は SPD)は苦境に陥っていると伝えられている。

また、CO₂ 貯蔵施設の立地がうまくいったとしても、連邦地球科学・天然資源研究所(Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR))によればドイツの CO₂ 貯蔵可能容量は年間 0.5～0.75 億トンで現在の石炭火力発電からの排出量年間 3.5 億トン进行处理できないことから海底貯蔵や北海の油田やガス田への注入が必要となり、そのためには各地の化石燃料発電所から CO₂ をパイプラインで北部の港まで輸送することになる。このパイプラインの敷設に関しても地元住民の反

対が予想され大きな障害になると考えられている。

さらには、現在の評価では CCS のコストは 30～50 ユーロ/tCO₂ (3360 円～5600 円) で、現在の EU 市場の CO₂ 排出権価格 (16 ユーロ/tCO₂) の方が安く、電力会社の CCS への投資意欲がそがれている。(日本においては、RITE の評価によると CCS のコストは 7000 円～15000 円と想定されている。)

(4) 電力貯蔵

ドイツの目指す風力発電と太陽光発電を主体とする電力供給構成 (2050 年までに電力消費量の 80% を賄う) では、発電は気象条件によって大きな影響を受けるため電力供給が電力需要を越える場合は電力を貯蔵し、その逆の場合は貯蔵した電力を供給に使用できる電力供給システムが不可欠となる。実際、既にデンマークでは風力発電 (電力供給量に占める割合は 2010 年で 24%) とノルウェーの揚水式発電を組み合わせた電力供給システムを運用している。

2010 年 7 月にドイツ環境省が発表したレポート “Energy target 2050: 100% Renewable electricity supply”²⁵⁾ では、現状技術で適用できる電力貯蔵技術として揚水式発電と過剰電力で水素を製造し化学エネルギーの形で貯蔵する方法を採用している。(製造した水素と CO₂ を反応させ生成したメタン (CH₄) ガスを貯蔵する方法も候補としている。)

メルケル政権は、電力貯蔵技術の重要性を認識しており、最近電力貯蔵研究プロジェクトに 2 億ユーロの補助金を出すことを発表している。

① 揚水式発電²⁶⁾

揚水式発電は、高低差のある二つの貯水池を利用し、過剰電力で低位置の貯水池から高位置の貯水池に水をくみ上げ、電力不足の時は高位置の貯水池の水を低位置の貯水池に落としタービンを回して発電する方法である。揚水式発電は、一つの施設で 1GW 以上の電力、10GWh 以上の電力貯蔵が行える唯一の電力貯蔵方法で、電力供給の即応力もあり、電力貯蔵効率は 75～80% と高く、電力貯蔵コストも水素貯蔵や蓄電池よりかなり安い。

ドイツの稼働中の揚水式発電所はほとんどが 1970 年代末までに建設されたもので、発電所の数は 30 を超えるがほとんどが 500MW 以下の規模のもので、発電容量は 6.6GW、電力貯蔵容量は 40GWh である。1998 年の電力自由化により電力売買市場が形成され、時間帯により電力卸売価格に大きな差が生じ始めるとともに、2000 年からの再生可能エネルギー法 (EEG 法) により風力発電が拡大し始めると揚水式発電の利用に注目が集まったが、2000 年以降に新規に計画されたもので実現したものはまだない。(2004 年、ドイツ最大のゴールディスタール (Goldisthal) 揚水式発電所 1060MW が完成したが、東ドイツ時代に計画され 1980 年に中断していた

が、1997年に計画を再開し完成したもの)現在計画中もしくは建設中のものが2.4GWあるが、環境保護を掲げた住民の反対運動に遭い計画は難航している。現在進行している大型プロジェクトとしてはドイツ南西部のバーデン・ヴュルテンベルク州のスイスとの国境近くのシュワルツワルト(黒い森)地帯に位置するアトルフ(Atdorf)に1400MWの揚水式発電所の建設を目指して建設許可の申請中であるが、地元住民が反対を唱えている。計画では、2013年に建設を開始し、2019年に運転を開始する予定である。

専門家によれば、2020年までに発電容量13GW、電力貯蔵容量1.5TWhの揚水式発電所が必要としているが、立地について地元住民の理解を得るのは非常に困難との見方が一般的である。前出の2010年7月の環境省のレポートでも、揚水式発電所についての想定は、2050年で2GW増加して8.6GW(電力貯蔵容量は60GWh)と大きな期待をしていない。

ドイツは、自国の揚水式発電所の利用以外に海底ケーブルを敷設してノルウェーの水力発電所を利用する計画を進めている。計画はNorGerと呼ばれていて、570kmに及ぶ高圧ケーブル(容量は1400MW)を敷設し、建設コストは12億~14億ユーロで現在許可申請中である。ノルウェーの水力発電所の発電設備容量は30GWで電力貯蔵容量は84TWhある。稼働中の揚水式発電の発電容量は1.3GWであるが既存の水力発電所に揚水式発電設備を敷設することで建設コストは500~800ユーロ/kWと十分に経済性が成り立つと評価されている。

②水素またはメタンでの貯蔵²⁵⁾

余剰電力を用いて水を電気分解し発生した水素(転換効率は74%~82%)をエネルギー源として貯蔵する。電力不足の時には、水素を燃料として高効率ガスタービンで発電(発電効率57%)し電力を供給する。

現状技術でも窒素またはCO₂を60~70%混合すれば水素をガスタービン発電に利用できるとしている。水素貯蔵発電システムの電気利用効率は42%で、岩塩鉱の空洞に貯蔵可能である。

メタンでの貯蔵は、水素とCO₂を反応させメタンを製造し貯蔵する方法で、メタン貯蔵発電システムの電気利用効率は35%(水素からメタンへの転換効率は83%)に低下する。しかし、メタンは既存の熱併給発電に利用できる利点がある。

ドイツの水素貯蔵可能量は370億m³で、熱エネルギー換算で110TWhあると評価されている。

水素あるいはメタンに転換してエネルギー貯蔵する方法は、ガスタービン発電を利用することでは電力供給への即応力もあり、また、長期間のエネルギー貯蔵としても有効であるとしている。

(5)供給電力を再生可能エネルギーで100%賄うシナリオ検討例²⁵⁾

2010年7月にドイツ環境省が発表したレポート“Energy target 2050: 100% Renewable electricity supply”では、2050年に現状の技術で供給電力を再生可能エネルギーで100%賄うシナリオ検討を行っている。検討の主要な前提は以下のとおり。

- ・人口は2005年の8250万人から2050年には7220万人に減少
- ・実質GDPは2005年の2.121兆ユーロから2050年には2.981兆ユーロに増加
- ・人口1人当たりのGDPは2005年の257407ユーロ/人から2050年には41301ユーロ/人に増加
- ・一次エネルギー消費量は、2005年の1839.4TWhからエネルギー効率の改善等により2050年には約58%減少し774.2TWh
- ・全電力消費量(送電損失等を含む)は2005年の564TWhから2050年には506TWhに減少するが、電気自動車の利用等による消費が増加し一次エネルギー程の大幅な減少ではない

上記の前提のもとに、2050年における気象条件を2006年から2009年までの4年間の気象データで模擬した場合の4ケースの電力の需給バランス評価が行われた。4ケースの再生可能エネルギーによる発電量の平均は下表のとおり。

	発電容量(GW)	発電量(TWh)
地熱発電	6.4	50
水力発電	5.2	22
陸上風力発電	60	170
洋上風力発電	45	177
太陽光発電	120	104
バイオマス発電	23.3	11
小計	259.9	534
輸入(再生可能エネルギー)	6.9	22.8
合計	266.8	556.8

風力発電と太陽光発電の気象条件による電力変動が時間単位で評価され、電力需要との比較の結果、最大不足電力は57.3GW(冬季)、最大余剰電力は69GWであり、余剰電力に関しては99%を貯蔵するため揚水式発電(短期的な変動に対応)と水の電気分解(44GW)により水素の形で貯蔵する設備(長期間な変動に対応)が必要で、不足電力に対しては揚水式発電、バイオメタンガス使用の熱電併給コンバインド

サイクル発電(2.5GW)、再生可能エネルギーの輸入(6.9GW)、水素利用コンバインドサイクル発電(30.4GW)、バイオメタンガス使用ガスタービン発電(17.5GW、予備設備)で対応するとしている。

なお、電力消費の内訳は下表のとおり。

	電力消費量(TWh)
正味の電力消費量	471.5
送電ロス	30
揚水式発電での損失	2.0
水素貯蔵及び発電での損失	52.5
余剰分	1.2
合計	557.2

評価結果について、シナリオで想定した発電設備容量で予想される電力消費量を賄えるとしていて、電力輸入について電力需要の変動に対応するためのもので、さらに再生可能エネルギーの発電設備容量を増やすことでなくすることができるとしている。

5)ドイツの再生可能エネルギー政策のカギを握る高圧送電網建設¹⁾

2010年9月に定めたドイツの新エネルギー政策では、電力消費量に占める再生可能エネルギーからの電力の割合を、2020年までに35%、2030年までに50%、2040年までに65%、2050年までに80%を達成することを目標に掲げているが、発電の中心となる風力発電のサイトは現在でもドイツ北部に偏っていて、今後は北海やバルト海での洋上風力発電が進む計画でさらに偏在が進むことになる。

このため、ドイツ北部から南部への高圧送電網が必要であり、2005年のドイツエネルギー機構(DENA:連邦政府等が出資しているエネルギー関係のシンクタンク)の評価では2015年までに850kmの高圧送電網の建設が必要とされたが、これまでに100kmしか建設されていない。さらに、新エネルギー政策を反映した最新のDENAの検討結果では再生可能エネルギーの時間的変動を調整するためには2020年までにさらに新しい2240マイル(3584km)の高圧送電網の建設が必要で建設費は少なくとも130億ドルかかると予想している。

高圧送電網の建設が進まない理由は住民の反対運動である。ドイツの高圧送電網の建設に関する法律では、人、動物、植物、土壌、水、空気、遺跡等数多くの保護対象が規定されていて、できる限り保護対象への影響を少なくしなければならず、これまでの実例としては、渡り鳥の生息地保護、電磁波による子供への障害、鉄塔の亜鉛メッキと保護皮膜の風化による農地の汚染などを理由とした市民の反対運動で

建設が行き詰っているとのこと。

メルケル政権は、高圧送電網の建設は最大の問題点と認識していて、2011年7月に成立した原子力廃止に関連する8つの法律の中には高圧送電網の建設促進(4500kmの建設計画)のための包括的法律が含まれている。しかしながら、高圧送電網の建設に対する住民のNIMBY(Not in my back yard)意識は根強いものがあり、政治家は再生可能エネルギー社会を実現するためには国民もなにがしかの犠牲を覚悟しなければならないと国民の理解を求めている。このままの状況が長く続けば、ドイツ南部では原子力発電所の代替えとして石炭火力発電や天然ガス火力発電への依存度を上げるか電力輸入を増やすしかなく、また、ドイツ北部の洋上風力発電所建設について発電会社の意欲を低下させることになる。

ドイツ北部では既に風力発電の余剰電力を送電網の送電容量不足でドイツ内外の送電事業者間での協調体制だけでは処理できず出力抑制をしなければならない状況になりつつあり²⁶⁾、高圧送電網の建設と電力貯蔵施設の開発が急務となっている。

再生可能エネルギー社会への転換が住民運動によって遅延することになればドイツのエネルギー政策に黄色信号が灯ることになる。

参考資料

- 1) “ドイツの原子力政策 U ターン”, 原子力海外ニューズピックス 2011 年第 2 号, 日本原子力研究開発機構, 2011 年 5 月 17 日
<http://www.jaea.go.jp/03/senryaku/topics/t11-2.pdf>
- 2) “Nuclear safety commission says Germany can keep running reactors”, Platts, May 17, 2011
<http://www.platts.com/RSSFeedDetailedNews/RSSFeed/ElectricPower/8897104>
- 3) “Parliamentary coalition confirms phaseout of nuclear power in Germany”, Deutsche Welle, July 1, 2011
<http://www.dw-world.de/dw/article/0,,15201262,00.html>
- 4) “Parliament approves Merkel's nuclear plans”, Financial Times, July 9, 2011
<http://www.ft.com/cms/s/0/98d8a950-a968-11e0-bcc2-00144feabdc0.html#>

[ixzz1RqUx6Ksu](#)

- 5) “Energy Shift Deeply Divides German Companies”, Spiegel , June 30, 2011
<http://www.spiegel.de/international/business/0,1518,771309,00.html>
- 6) “The planned shutdown of atomic plants is forcing Germany to find new sources of electricity”, Financial Times, July 3, 2011
<http://www.ft.com/cms/s/0/c8aa23a2-a5a3-11e0-83b2-00144feabdc0.html#ixzz1RqdFuOc6>
- 7) “The Downside of Germany's Nuclear Phaseout”, Spiegel, June 13, 2011
<http://www.spiegel.de/international/germany/0,1518,767900,00.html>
- 8) “Shutdown showdown: Utilities prepare lawsuit on German nuclear law”, Deutsche Welle, June 20, 2011
<http://www.dw-world.de/dw/article/0,,15174111,00.html>
- 9) “Nuclear Exit Costs German Utilities \$5 Billion Sales, FTD Says”, Bloomberg, June 3, 2011
<http://www.bloomberg.com/news/2011-06-03/nuclear-exit-costs-german-utilities-5-billion-sales-ftd-says.html>
- 10) “RWE asks Merkel to honour nuclear output quotas”, Reuters, June 7, 2011
<http://af.reuters.com/article/energyOilNews/idAFLDE7560Y420110607>
- 11) “Irate Power Companies to Sue Berlin For Damages”, Spiegel, June 13, 2011
<http://www.spiegel.de/international/business/0,1518,768201,00.html>
- 12) “ドイツの新エネルギー政策と原子力の役割”, 原子力海外ニューストップクス 2010 年第 5 号, 日本原子力研究開発機構, 2010 年 10 月 22 日
<http://www.jaea.go.jp/03/senryaku/topics/t10-5.pdf>
- 13) “Lawsuit promised over 'nine-digit' nuclear tax”, WNA, July 18, 2011
http://www.world-nuclear-news.org/C_Lawsuit_promised_over_nine_digi

[t_nuclear_tax_1807011.html?utm_source=World+Nuclear+News&utm_campaign=9a79479cf5-WNN_Daily_18_July_2011&utm_medium=email](http://www.nuclear-tax.com/nuclear_tax_1807011.html?utm_source=World+Nuclear+News&utm_campaign=9a79479cf5-WNN_Daily_18_July_2011&utm_medium=email)

- 14) “Global Wind Report – Annual Market Update 2010 –”, Global Wind Energy Council, March, 2011
[http://www.gwec.net/fileadmin/images/Publications/GWEC_annual_market_update_2010 - 2nd edition April 2011.pdf](http://www.gwec.net/fileadmin/images/Publications/GWEC_annual_market_update_2010_-_2nd_edition_April_2011.pdf)
- 15) “Global market outlook for photovoltaics until 2015”, European Photovoltaic Industry Association, May, 2011
<http://www.epia.org/>
- 16) “Statistic data on the German solar power photovoltaic industry”, German Solar Industry Association, June, 2011
http://en.solarwirtschaft.de/fileadmin/content_files/factsheet_pv_engl.pdf
- 17) “太陽光発電システム等の普及動向に関する調査”, 経済産業省資源エネルギー庁, 平成 23 年 2 月
http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2011fy/E001389.pdf
- 18) “Parliament Gives Green Light for Emissions-Friendly Technology”, Spiegel, July 8, 2011
<http://www.spiegel.de/international/germany/0,1518,773196,00.html>
- 19) “Bundestag Approves CCS Bill”, German Energy Blog, July 7, 2011
<http://www.germanenergyblog.de/?p=6738>
- 20) “Siemens Reports Breakthrough in CCS Technology”, German Energy Blog, November 22, 2010
<http://www.germanenergyblog.de/?p=4618>
- 21) “CCS R&D Programme Annual Report 2010”, Vattenfall, 2011
http://www.vattenfall.com/en/ccs/file/CCS_Annual_Report_2010_17578431.pdf

- 22) “CO2 from Schwarze Pumpe in a trial experiment at the pilot site Ketzin
First-time research of power plant carbon dioxide in geological storage”,
German Research Centre for Geosciences GFZ, May 4, 2011
http://www.gfz-potsdam.de/portal/gfz/Public+Relations/Pressemitteilungen/2011/110504_CO2_SchwarzePumpe
- 23) “CO2 地中貯留プロジェクト”, 財団法人環境産業技術研究機構
<http://www.rite.or.jp/Japanese/project/tityu/nagaoka.html>
- 24) “Germany Squanders Chance to Pioneer CO2 Capture Technology”,
Spiegel, April 19, 2011
<http://www.spiegel.de/international/germany/0,1518,757651,00.html>
- 25) “Energy target 2050: 100% Renewable electricity supply”, German
Federal Environment Agency, July 7, 2010
http://www.umweltdaten.de/publikationen/weitere_infos/3997-0.pdf
- 26) “Pumped storage plants-Status and perspectives”, VGB Power Tech, April,
2011
<http://www.vennemann-online.de/papers/Vennemann2011.pdf>
- 27) “新エネルギー大量導入時の系統安定化に向けた取り組みに関する欧州現地調査概要”, 経済産業省資源エネルギー庁, 平成 21 年 4 月
<http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g90522a03j.pdf>

2. リトアニアの原子力発電所建設計画

1) 経緯¹⁾

リトアニアは、旧ソ連領時代にイグナリア (Ignalina) 原子力発電所に RBMK 型原子炉 (黒鉛減速沸騰軽水圧力管型、発電容量は 1.185GW でチェルノブイリ原子力発電所事故機と同型) 2 基が建設され、1 号機は 1983 年に、2 号機は 1987 年に運開した。旧ソ連の崩壊に伴い、1991 年、リトアニアが独立しイグナリア (Ignalina) 原子力発電所はリトアニア政府の所有となった。

その後、EU への加盟に際して安全性の問題からイグナリア原子力発電所の停止

を求められ、2004年12月に1号機、2009年12月に2号機を停止した。イグナリア原子力発電所の発電量は、2004年でリトアニアの全発電量193億kWhの内の139kWhで72%を占め、1号機停止後の2007年においても全発電容量140億kWhの内の98億kWhで70%を占めていた。リトアニアはイグナリア原子力発電所の停止による電力不足(他のバルト3国のラトビアとエストニアへも電力を供給していた)に対応するため2007年2月に、隣国のポーランドとバルト3国(リトアニア、ラトヴィア、エストニア)が共同してイグナリア原子力発電所に隣接したサイトに1.6GWの原子力発電所を2基建設することで合意した。新しい原子力発電所は近くの町の名前を取りヴィサギナス(Visaginas)原子力発電所と命名された。現在リトアニアは電力の多くを輸入に頼っている。

2)原子力発電所建設パートナーの選定

リトアニア政府は、2009年にビジネスモデルと資金計画について海外企業に検討を委託し、その検討結果をもとに原子力発電所建設への投資(資本の51%)を海外企業に求めることとし、¹⁾事前審査で選定した企業に対して2010年9月10日に投資への入札条件を提示し2010年11月10日を入札期限として戦略的パートナー企業の最終選定を進めた。²⁾入札に応じたのは、フランスの国営電力会社EDFと韓国の国営電力会社KEPCOの2社³⁾であったが、EDFは入札条件を満たしていないとの理由でKEPCOが契約候補企業として残った。しかし、2010年12月、原子力発電所の建設及び合弁発電会社への出資を含めた契約交渉中に理由は不明のままKEPCOが撤退を表明し、出資企業選びは振り出しに戻ってしまった。⁴⁾

その後、いくつかのEUの電力会社が投資に興味を示しているとの報道があったが、2011年6月1日、GE-HitachiとWestinghouseから入札の提案を受け取ったことがリトアニア政府から発表された。⁵⁾プロジェクトに参加する、エストニア、ラトビア、ポーランドも加わり、どちらが経済性に優れているか幅広い範囲から評価が行われた結果、2011年7月12日、GE-Hitachiの提案、ABWR、1300MWを選定したことが発表された。GE-Hitachiとは建設運転の合弁会社への51%の出資についても今後交渉が行われ2011年末までに契約を完了する計画とのことである。⁶⁾

建設サイトのヴィサギナス(Visaginas、ラトビアとベラルーシの国境近く)については既に環境影響評価について2009年4月に承認を得ていて、1号機は2014年に建設を開始し発電開始は2020年の予定である。建設費は50億ユーロと見積もられている。¹⁾

3)ロシアとの関係

リトアニアの原子力発電建設計画は、ロシアへのエネルギー依存度を下げようとするポーランドとバルト3国のエネルギー政策の一部で、これ以外にも4カ国間の高

圧送電網の増強(リトアニアとポーランド)と EU 諸国(フィンランドとエストニア)との高圧送電網の整備が EU の基金で計画されている。¹⁾

これに対してロシアは、バルト海に面しポーランドとリトアニアに囲まれた飛び地のロシア領、カリーニングラードに 2 基の原子力発電所を建設しポーランドとバルト 3 国への電力輸出を計画している。リトアニア国境近くのネマン(Neman)にバルト原子力発電所サイトの土木工事を 2010 年 2 月に開始しており、ロシア型 PWR の VVER1200 を 2 基設置する計画で、1 号機は 2016 年に完成予定である。バルト原子力発電所建設への出資会社 Inter RAO UES(ロシアの原子力統括国営企業 Rosatom が資本の 57%を所有し、建設資金の 49%を拠出し、2400MW の電力販売を担当している)は、フィンランドに所有する子会社 RAO Nordic Oy が資本の 51%を所有するリトアニアの RAO Lietuvos of Lithuania と 2017 年から 1000MW 分の電力供給を行うことで合意している。⁷⁾

また、ポーランドに対しては、バルト原子力発電所建設への投資(資本の 49%)を呼びかけている。⁸⁾ポーランドは、電力の 94%を石炭火力発電に依存していて、EU の炭酸ガス排出削減目標を達成するために天然ガス火力発電への転換と原子力発電の導入を計画(2011 年 2 月 22 日、ポーランド政府は原子力発電所建設に必要な安全規制を含む法案を作成)している。天然ガス火力発電については、国営天然ガス会社の PGNiG が少なくとも 3 基の天然ガス火力発電所を建設する計画であるが、その内の 1 基についてはロシアの国営企業ガスプロム(世界最大の天然ガス生産・供給企業)と共同で 2017 年までに建設する予定である。原子力発電については、2013 年までに海外の投資パートナーを見つけて 2022 年までに 3000MW の原子力発電所(候補地はバルト海沿岸のジャルノビエツ(Zarnowiec))を建設する計画で、続いて 3000MW の第二発電所を 2030 年までに建設する計画で、総建設費は 180 億ユーロ~210 億ユーロと見られている。ポーランドは天然ガスの 52%、石油の 92%をロシアに依存しており、天然ガス火力発電所の建設により天然ガスの消費量が増加することからロシアへのエネルギー依存度が益々増えることになり、原子力発電の導入はロシアのエネルギー支配から自由を確保するためのエネルギー政策と見られている。⁹⁾

なお、ロシアはベラルーシの原子力発電所建設計画(ロシアの VVER1200 を 2 基建設)に対して 70 億ドル以上の長期借款を供与し、2011 年に建設を開始する予定である。建設サイトはリトアニアの国境近くの Ostrovetsky でリトアニアの首都のヴィリニユスから 45km しか離れていない。^{10),11)}



図1 原子力発電所建設予定地

参考資料

- 1) “Nuclear Power in Lithuania”, WNA, July, 2011
<http://www.world-nuclear.org/info/inf109.html>
- 2) “Lithuania Invites Bids for Nuclear Power Plant to Cut Russia Dependence”, Bloomberg, September 10, 2010
<http://www.bloomberg.com/news/2010-09-10/lithuania-invites-bids-for-nuclear-power-plant-to-cut-russia-dependence.html>
- 3) “French, Korean bids for Lithuania nuclear plant-paper”, Reuters, November 16, 2010
<http://af.reuters.com/article/energyOilNews/idAFLDE6AF1B820101116>
- 4) “Tender for new Lithuanian plant investor stalls”, WNA, December 6,

2010

http://www.world-nuclear-news.org/NN-Tender_for_new_Lithuanian_plant_investor_stalls-0612104.html

- 5) “Westinghouse, Hitachi bid to build Lithuanian nuclear plant”, AFP, June 1, 2011
http://www.google.com/hostednews/afp/article/ALeqM5g0YDbW8W9CD_OngSocJwSjPj95-jA?docId=CNG.aa5a24ef4e1dc963ac594b37b97d9d01.1
- 6) “UPDATE 1-Lithuania picks Hitachi GE for nuclear plant plan”, Reuters, July 14, 2011
<http://www.reuters.com/article/2011/07/14/lithuania-nuclear-idUSLDE76D10920110714>
- 7) “Import agreement: Baltic to Lithuania”, WNA, March 8, 2011
http://www.world-nuclear-news.org/C_Import_agreement_Baltic_to_Lithuania_0803111.html
- 8) “Russia offers Poland stake in Baltic nuclear plant”, News from Poland, May 24, 2010
http://www.thenews.pl/international/artykul132207_russia-offers-poland-stake-in-baltic-nuclear-plant.html
- 9) “Poland’s New Nuclear Ambitions”, STRATFOR, March 3, 2011
<http://blogs.forbes.com/energysource/2011/03/03/polands-new-nuclear-ambitions/>
- 10) “Initial construction work at Belarus NPP to begin in Aug-Sep 2011”, Itarr-Tass, February 14, 2011
<http://www.powergenworldwide.com/index/display/wire-news-display/1359441311.html>
- 11) “Loan agreement for Belarus' nuclear power plant project may be signed in summer, says Russian finance minister”, Naviny, May 20, 2011
http://naviny.by/rubrics/english/2011/05/20/ic_news_259_368271/