

エネルギー多様性研究分科会 活動報告

エネルギー多様性研究分科会

角谷篤志

井上数夫

1. はじめに

エネルギー多様性研究分科会では、我々の生活に直結する電気について、いわゆる電源のエネルギーミックスをどこに見つけるべきかをテーマとし、参加者と議論を重ねながら活動している。エネルギー問題は多岐にわたり、問題点が複雑に絡み合っており単純に解決策が示せない。これまで当会では隠岐の島内の閉鎖的な電力システムや、県内の小水力発電所、バイオマス発電所、消化ガス発電等の個別施設等の視察を通じて、島根県内での自立の可能性と方向性を模索してきた。今年度は県西部の島根県企業局管理の風力発電所、そして中国電力(株)の三隅発電所を視察した。本稿では上記の視察結果を報告する。

2. 令和4年度の活動内容について

ミーティング、活動日程について

4月29日(金) 今年度の活動内容についての検討・絞り込み

5月28日(土) 視察

3. 視察(高野山風力発電所、三隅発電所)

3.1. 視察の内容(視察箇所、時期、行程および視察内容)

今回参加した視察の概要は以下のとおりである。

視察内容：風力発電所・火力発電所 視察

視察箇所：高野山風力発電所(江津市千田町) 三隅発電所(浜田市三隅町)

参加者：石崎正信、井上数夫、大嶋辰也、小村勤、角谷篤志、神庭和彦、田中健司
盛田直樹、渡辺 操(五十音順、計9名)

対応者：(高野山風力発電所)島根県企業局西部事務所 電気課 課長 大塚 暢
(三隅火力発電所)中国電力 技術管理課 課長 阿式 哲滋

日時：令和4年5月28日(土)

日程：7:30 松江合同庁舎(発)

8:30 キララ多伎 (合流)

9:30 風力発電ブレード見学(江津市)(説明者：大塚氏)

10:00 移動(江津市～江津市高野山)

10:30 江津高野山風力発電所(江津市高野山)

11:00 移動(江津市～浜田市三隅町)

13:30 三隅発電所ふれあいホール(説明者：阿武氏)

15:30 三隅発電所を出発

17:00 キララ多伎にて解散

18:00 松江着解散

3.2. 江津高野山風力発電所（江津市千田町）



ブレード置場での説明（説明者：大塚課長）



8号風車での説明（説明者：大塚課長）

江津港県管理地（ブレード置場）および江津高野山風力発電所現地にて島根県企業局西部事務所の太塚暢電気課課長により、江津高野山風力発電所について、非常に分かり易い説明がされた。概要は以下のとおりである。

諸元

建設工期	: 平成17年度（実施設計） 平成18～20年度（建設工事） 平成21年2月1日（運転開始）
運営	: 島根県企業局
総事業費	: 約6.4億円
風車機種	: ドイツ・ノルデックス社製・IN-2300
風車規模	: 定格出力2,300kW×【9基】=20,700kW 羽根の直径90m タワーの高さ80m（地上から羽根の中心まで）
年間発電電力量	: 約3,800万kWh 一般家庭の10,400世帯分を賅う電力量に相当
風車基礎直径	: 16.0m
風車基礎構造	: 場所打杭基礎（直径1.2m、杭長10～36m、杭本数20本）
造成敷地の標高	: 最高地点25.7m（6号機）（那賀グリーンライン峠で215.5m）
風況調査データ	: 年間平均風速：5.0m/s（観測高度30m） 観測期間：H15.9月～H16.8月、 観測場所：5号機建設地で標高215m地点
風況シミュレーション	: 年間平均風速：6.1m/s（ハブ高さ80mで9機の平均値）
目標供給電力量	: 3,077万kWh（H28） （年間3,600kWhを消費する標準的な家庭の約8,500世帯分）

江津高野山風力発電所は9基の風車には江津市内の小学生からの公募によって決められた愛称がそれぞれ付けられている。今回視察した8号風車の愛称は「風龍（ふうりゅう）」風の中を自由に飛び回る龍のような意味をもつ。



8号風車タワー入口部



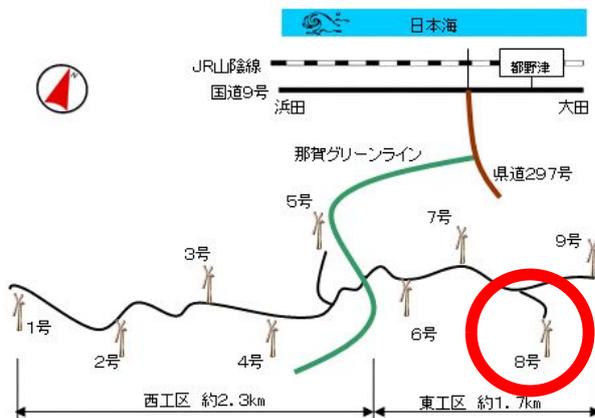
8号風車の愛称「風龍」

風力発電の運転は風次第・風待ちと言えるように人為的に運転・停止がコントロールできない。水力の場合には貯水が可能であり、流入する水を導く水路や、水量を調整する機構があるので風車の様に水が入り過ぎて水車が壊れることは無い。風力は風が強すぎると風車が壊れる恐れがあり、一定の風速以上で風車を停止させることがあったりと、再生可能エネルギーでも水力とは違う特性がある。

動くものはそうでないものより壊れるリスクが高いと言ってよいので、20年間ノーメンテナンスと言う訳には行かなかった。風力発電所の主となる風車はドイツ・ノルデックス社製であり、外国製の部品に関しては壊れた時の調達性が悪い。



江津高野山風力発電所（8号機）



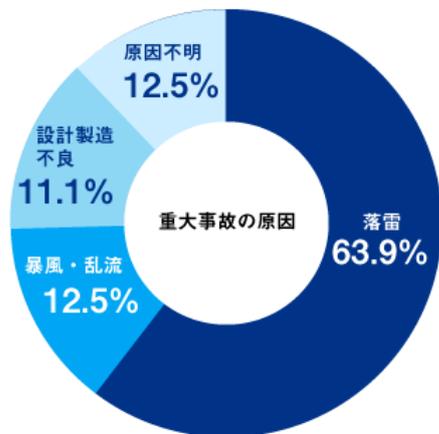


取り外した 45mの羽根 (1 枚もの)



遠方の人物と比較するとその巨大さが分かる

ブレード（羽根）の製造不良が判明し、そのうち1枚は調査の結果、交換が必要と判断された。元々作っていた工場が再編によりブレードの製造を終了しており、別の工場で製造したブレードを使用することになったが、1枚だけ交換すると羽根のバランスが悪くなる可能性があったので、3枚まとめて替えた。



風力発電施設における事故の原因

取り外した2枚のうち1枚は別の取り替え作業により使用し、もう1枚を江津港県管理地に予備品として保管している。

(上記写真：今回の視察箇所)

45mの羽根1枚ものを運ぶので、道路標識を外してもらったり、木を伐採してもらったり、歩道橋ギリギリのクリアランスだったので道路管理者への許可や、警察への協議など、様々な課題を解決して行った。タワー部分は3分割して運んだ。羽根は3枚。

風力発電施設の周辺には遮るものがなく高所であるため、事故の原因は雷による被害が60%を占めている。風車は雷が落ちる前提で作られて、ブレードのレセプタと呼ばれる場所が避雷針となり雷が落ちるように設計されている。

隠岐大峯山風力発電所で雷被害対策に苦慮した過去の経験を踏まえて、高野山では徹底して雷への対策を行った。



ブレードへの雷撃例 (NEDO 資料)

ところが、一難去ってまた一難。風車メーカーが存在するヨーロッパでは風向きは一定で変わらないが、日本は風向きがコロコロ変わる。このため、首が頻繁に向きを変えヨーが発生するうえ、設置地点は乱流も多く、機器への負担が大きく故障が続いた。日本の風土に合う様に、耐性を上げ、ギヤやブレーキを変えながら、10年間苦勞の連続で現在に至たり、3年位前にやっとトラブルが減った。

運転は日本海側なので強い季節風が期待できる冬にとにかく風車を回して発電していて、管理上の点検は比較的風の弱い夏に集中して実施している。風速の上限は25m/sまでは可能であり、風速の下現は3m/sあたりが限界である。風速10m/sくらいで発電量がピークに近づき、風速10m/sを超えると最大出力に届く。風速12m/sくらいになるとピッチを寝かせて最大出力を維持するように運転している。

動くものは音が発生する。ブレードの回転数はわずか10数回転/分ではあるのだが、先端速度は300km/hr近くにもなり、ヒューン・ヒューンと風力発電所独特の音が発生する。



ブレード先端部の速度は 300km/hr



ブレード先端部の水抜き穴

ブレード内部に貯まった水は先端に設けられた水抜き穴から水が抜ける仕組みになっている。江津の高野山風力発電設備は最も近いところでは300m先に民家がある。セミの鳴き声といった自然界の音は気にならないが、風を切る音など人工的なものは気になる住民もいる。また、回転する羽根の影が住宅内に入り視界をチラチラ遮るシャドウフリッカと呼ばれる現象が生じるため、季節によっては朝や夕方に風車を止めるといった対応もしている。

一住民からすると電気は使うが、近くに人工音やシャドウフリッカを発生する発電所は迷惑施設であり近くにあると困ると考える住民もいる。このため、風力発電所は密集して建てられないこともあいまって、陸地で建てられるところは限られており、今後は新規に陸上風力発電の候補地を選定するのはかなり困難ではないかと思われる。

3.3. 三隅発電所（浜田市三隅町）



三隅発電所



中国電力(株) 阿武氏

三隅発電所の建設経緯と概要について

1号機は、昭和53年当時の三隅町に申し入れを行い、平成10年に稼働した。当時の石油ショックによる原油価格の高騰が、石炭発電所建設を後押ししたようである。石炭火力発電所は水を大量に必要とするため、水源として三隅川の地下水を多く使用している。このことも当該地が選定される要件であった。

2号機の建設は平成30年に開始され、令和4年11月1日に運転を開始した。

燃料の石炭は、オーストラリア産が主となっている。平成25年から島根県内の間伐材を木質チップとして石炭と混合して使用している。

戦後から1960年代にかけて国内のエネルギー自給率は高かった。このころは国内炭が使用され需要も旺盛であり産業として成立していたが、採掘方法がトンネル掘りだったため、露天掘りである海外炭鉱に対し競争力を失い、斜陽産業となっていった。今後、国内炭鉱の復活は、採算ベースに見合った石炭の単価とならない限り難しい。中国地方や九州地方、常磐地方、北海道等は国内炭を使用してきた歴史があり、石炭への思い入れが他の地域よりも強いという話を伺った。

三隅発電所の概要

最大送電電力 : 200万kW (1号機100万kW 2号機100万kW)

電源としての役割 : ベースロード電源として機能している。

発電方式 : 超々臨界圧発電 (USC)

サイロ容量 : 日本最大のサイロ (1号機40万トン2号機27万トン)

敷地面積 : 69万km²

その他 : Hi ビーズという副産物が得られる。

石炭火力発電について

我が国の化石燃料の調達先を地政学的に考えた場合、石油は中東一極集中、天然ガスは世界的に分散しているものの有事の際には大部分の供給が止まると言われている。ロシア、ウクライナの問題でエネルギーの安全保障問題が現実化、顕在化した。特にEUはエネルギーをロシアに大きく依存していることが懸念材料となっている。このことはケーススタディとして認識し、エネルギー政策への反映が必要である。

石炭は安価で価格が安定しており、賦存量も多い。供給元も世界的に分散しており、コストと安定の観点からも優れた材料とされる。三隅発電所では石炭はオーストラリア、インドネシア、カナダ、南アフリカより調達している。

近々ではロシアの軍事行為により、スポット市場では石炭の先物価格が数倍に高騰したこともあり、石炭は必ずしも価格安定性があるとは言えないものの、他の燃料と比べ相対的に安価で地政学的な影響を受けにくいものとして捉えられている。中国電力(株)では今後も石炭を使用した発電を続けていく方針である。

現在の我が国の電源構成比率では石炭火力発電は設備容量ベースでは15%程度、発電電力量ベースでは約30%程度となっている。第6次エネルギー基本計画における2030年の電源構成比率の目標では発電電力量ベースで19%程度が目標値となっている。今後、石炭発電所は縮小を余儀なくされる方向性であるが、供給の安定性というメリットを生かせるよう今後の技術革新に期待したい。

供給安定性について

一般的にエネルギー問題は、安全性は大前提として、環境性、供給安定性、経済性から考える必要がある。電力は公共インフラという側面があり品質の高いものを安定供給する必要がある。

産業用の電力においては製造業での品質確保のため、周波数の維持が重要である。例えば製鉄所では、周波数のばらつきが製造する鉄板厚の精度に大きく影響すると言われている。周波数は、電力系統に慣性力が働いていることで急激な低下を防ぐことが出来る。太陽光発電では設備の機能上慣性力が生じないので、周波数の維持が難しいが、原子力と火力は強制的に発電することが出来るので、慣性力を維持することが可能である。今後、電源構成における新エネルギーの比率が増え、火力等の従来発電が少なくなると、周波数の維持が困難となることも視野に入れなくてはならない。

北海道のブラックアウトは記憶に新しいが、北海道管内の需要の約半分を占める火力発電所が止まってしまったことが要因とされている。このことはエネルギー供給の分散化を考えるきっかけとなった。三隅発電所も200万kWと大規模であり、何らかの要因で稼働停止を余儀なくされた場合、電力供給に懸念が生じる。こうしたことから、三隅発電所では周波数への影響を把握するため、発電所をフル稼働させ(200万kW)緊急停止する試験をおこなった。結果はほぼ影響がなく、基準である60kHzの周波数に対して、規格値内の変動に収まった。

環境性について（CO₂排出削減への取組）

石炭火力発電所の種類

発電方式	亜臨界圧	超臨界圧	超々臨界圧	石炭ガス化 複合発電	石炭ガス化 燃料電池 複合発電
	SUB-C	SC	USC	IGCC	IGFC
発電効率	38%以下	38～40% 以下	41～43% 程度	46～50% 程度	55%
備考	非効率な設備とされ2030年には休廃止の方向		三隅発電所で採用	大崎上島CPで実証実験中	

三隅発電所で採用される超々臨界圧方式（USC）は、現状では最新鋭の設備であり世界的にみても優れた技術である。発電効率は41～43%であり、他の石炭火力発電方式と比較すると、高効率化・低炭素化の部類となる。しかし、今後我が国では2030年までに石炭火力の発電効率43%以上とすることが目標とされており、超々臨界圧方式（USC）の発電所においても、主燃料である石炭に加えて、木質チップやアンモニアなどの燃料を混合することが必要となってくる。

三隅発電所ではこれまで1号機では数%の木質チップを混合していたが、2号機では10%の混合率として運用する予定である。使用する木質チップは島根県のバイオマス材だけでは不足するため、外材の木質ペレットを使用する予定となっている。島根県内のバイオマス材料は地域の林業を支えるという観点からも一定程度量は使用していく方針である。

中国電力(株)では、(株)JPOWERと共同で、新たな技術として石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）を広島県の大崎上島でプロジェクトとして進行している。この設備は発電効率55%と示されており、次世代の石炭発電として期待されている。このプロジェクトでは、発生したCO₂を収集することも行われている。一般にCO₂を固定化する技術として、CCS、CCU、CCUSがあげられるが、CO₂の封じ込めが技術的に難しい。地震などに耐えられるような安定した地盤が必要となる。

また、水素やアンモニアは次世代の発電燃料として期待されているが、技術として確立してはいるものの、現実的にアンモニアの生産量をどのように上げていくのか、生産したアンモニアの運搬方法をどのように行っていくのか、などが課題である。

経済性について（コスト・価格）

中国電力(株)は前期（22年3月期）赤字を計上しているとのことであった。公開されている財務諸表より、売上高の対前期比13%減少および売上原価の増大が収益悪化の主要因と考えた。発電事業者は化石燃料を海外に依存しており、為替変動の影響、特に円安による調達コストが上昇する。また、近年太陽光発電所が増えてきており、「優先給電ルール」に基づいて発電を制限することもあり機会損失も大きくマイナス材料である。燃料調達コストが比較的小さい原子力発電所が未稼働であることも売上高が伸びない要因である。投資活動によるキャッシュフローが大きく、現在設備投資を旺盛に行っている。こうしたことから、早期に未稼働発電所を稼働させ、売上高の回復を図り固定費を回収することが急務となっている。

こうした発電事業者の収益構造やウクライナ情勢、再エネ賦課金の上昇など、需要者である我々の電気料金は上昇の一途である。産業界に目を向けると、製造業では電気料金が競争力に直結する。そもそも、先進諸外国に比べ我が国の電気料金は割高と言われているが、為替の変動を要因とした製造業の国内回帰も叫ばれる中、電気料金の高騰はネガティブな材料である。今後の動向に注視していかなくてはならない。

三隅発電所のオペレーション

近年、太陽光発電所の規模が大きくなってきている。設備容量で564kWが中国管内のネットワークに接続済みである。規模として三隅発電所の2倍以上である。太陽光発電の場合、発電能力が仕様や諸元通り発揮できるとは限らないが、大規模な施設となっていることは確かである。中国地方の電力需要規模はおおむね700kW程度であるが、GWなど電力需要が少ない季節によっては、太陽光だけで中国地方の電力を賄えるくらいになることもある。この場合、石炭火力発電はベースロード電源でありながら、太陽光発電を優先して発電を制限する必要があり、中国電力(株)側からすると機会損失となる。ただし、送電網の維持という観点から、最低限の出力は維持される。

4. おわりに

日本政府が策定した第5期科学技術基本計画で提唱されている社会システムである「Society 5.0」は、第四次産業革命で掲げられている技術革新に着目して、あらゆる産業や日常に取り込み、日本社会の課題解決を実現するものである。「Society 5.0」と共に、電力が必要となる。テクノロジー産業の電力は、2030年時点で、世界の再生エネルギーの7割近くに相当すると言われている。更に電力を増やさなければならないのに、日本では火力発電を減らしている。原子力発電を増やすのは日本では困難であろうし、太陽光パネルは土砂災害・環境被害を受けるし廃棄物問題が生じる。風力発電はバードストライクや近隣住民にたいする騒音被害があり、水力発電は日本では新たにダムを造ることが難しい。

第4次産業化は電力を必要とする。世界的な競争に負けてしまわないよう対策は必要であるのだが、「ではどうすればよいか？」は、まさに頭の痛い問題である。

今回は、これまで訪れたような自然エネルギー関連施設だけではなく、大規模な発電施設も視察した。また、個別の発電施設に関する事項だけでなく、電力システムという観点から、発電事業者との意見交換をおこなった。電力にかかわる環境は、戦争などの世界情勢、国内の電力にかかわる制度の改正、再生可能エネルギーによる分散型電源への対応等により急激に変化する。また、国民世論は環境の変化に対して敏感に変動する。これらをふまえた電気事業者の立場からの現状認識や今後の取り組みなどを伺うことができ、大変有意義であったと考えている。

電力の供給側の使命としては安全を大前提として、環境、安定供給、価格のバランスを図る重要性は認識していたが、これを実現することがいかに難しいことも改めて認識するに至った。

今後本会のテーマである「エネルギーミックス」を考えるにあたり、結論を即座に得られることは難しいが、多くの方との議論により、新たな発想やイノベーションが得られるものと考えている。次回以降も、多くの会員の方に当研究分科会へ参加していただきたい。

さいごに、多忙な業務の中で快く視察を受け入れ説明して頂いた島根県企業局西部事務所大塚様、中国電力阿武様、並びに関係者の方々に心からの謝辞を申し上げる。

視察 参加者（9名）

