再生可能エネルギーの課題と今後の展望

国立大分工業高等専門学校　電気電子工学科 5 年　脇 英知

１．導入

皆さんは「再生可能エネルギー」という言葉をご存じだろうか。再生可能エネルギーとは、何度も繰り返し利用できるエネルギーのことであり、風力発電、水力発電等がそれに該当する。近年、世界平均気温の上昇等の地球環境に対する関心の高まりや、SDGs やパリ協定などの政治的な動きがあり、世界中で再生可能エネルギーに対する取り組みが進んでいる。その一方で、再生可能エネルギーには課題が存在している。この論文では、太陽光発電、水力発電、風力発電、バイオマス発電、地熱発電の 5 つの特徴と課題を示すとともに、再生可能エネルギーの課題解決についても議論していきたいと思う。

２．再生可能エネルギーの概要

再生可能エネルギーは前述の通り、代表的な 5 つの発電方法によって発電される。この章ではそれぞれの概要について示す。

(2-1)太陽光発電

太陽光発電とは、太陽光が太陽光パネルに照射されることによって発電する方法である。太陽光パネルに使用される半導体には種類があり、シリコン系や化合物系、有機物系、現在研究されている量子ドット系がある。太陽光発電を用いたプロジェクトとして、神奈川県藤沢市でパナソニックを中心とした 19 社 1 協会によって各住戸に太陽光パネルなどを設置されている Fujisawa サスティナブル・スマートタウン(藤沢 SST)の開発や、東京都では電通大と都市型太陽電池である円筒型ペロブスカイト太陽電池に関して協定を結んでいる。

図 1　藤沢 SST の街(神奈川県藤沢市)

(2-2)水力発電

水力発電とは、ダムによって水を高いところに貯め、それを低い場所に落とすという高低差によって発生する水の位置エネルギーによって水車を回転させ、そこで発生したエネルギーを発電機によって電気エネルギーにする発電方法である。このような発電方法のために山岳部で行われる場合が多い。ダムを利用する調整池式や貯水式がある一方、河川の流れをそのまま利用する水路式(流入式)もある。

(2-3)風力発電

風力発電とは、風の力を利用して風車を回転させ、そこで発生したエネルギーを発電機によって電気エネルギーにする発電方法である。近年では、陸上より比較的強い風が安定して吹く洋上での風力発電の開発が活発化している。この一例として、東京電力リニューアブルパワー株式会社では 2030 年までに国内外で 600～700 万 kW の再生可能エネルギーを開発するという目標を掲げており、2022 年には欧州を中心に洋上風力事業を行っている Flotation Energy 社の発行済株式の 100%を取得している。今後は欧州で目標達成に向けたプロジェクトを進行させている。

(2-4)バイオマス発電

バイオマス発電とは、産業活動で発生する木屑や、私たちの日々の生活の中で発生する廃棄物(但し、「燃えるゴミ」として分類されるもの)を燃焼した際の熱を利用して発電する方法である。バイオマス発電に使用されるバイオマスエネルギーは、製材廃材等の木質燃料、サトウキビやトウモロコシ等のバイオ燃料(バイオエタノール)、生ごみや家畜の糞尿等のバイオガスがある。他の再生可能エネルギーと違うのが、バイオマス発電は燃焼過程で CO_2 が発生することである。しかし、これは植物が成長過程において光合成において光合成によって CO_2 を吸収する。炭素が循環するこのようなモデルをカーボンニュートラルという。

(2-5)地熱発電

地熱発電とは、地中深くから取り出した蒸気で直接タービンを回転させて発電する方法である。火力発電もタービンを回して発電するが、化石燃料を燃焼させたときに CO_2 が発生してしまう。その点、地熱発電は自然発生した蒸気を利用するため CO_2 は発生しない。発電場所は火山や天然の噴気孔等がある地熱地帯で行われる。大分県では温泉や阿蘇山付近の地熱地帯を活かした地熱発電が盛んであり、全国的にも非常に地熱発電の割合が高い。

図 2 八丁原地熱発電所(大分県九重市)

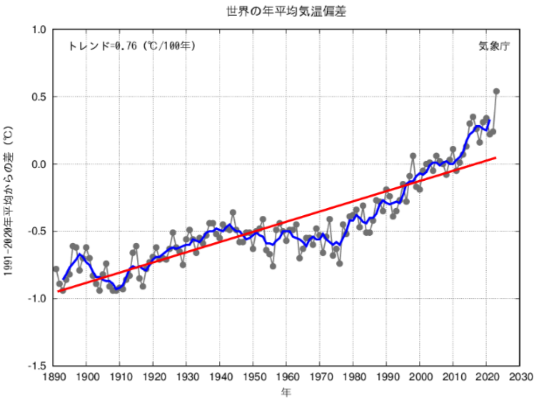
3．再生可能エネルギーの特徴

ここまでは再生可能エネルギーの概要を取り上げてきた。では、再生可能エネルギーにはどのような特徴があるのか。利点と課題点をそれぞれ考えていきたいと思う。

(3-1)利点

利点として最初に挙げられるのはやはり CO_2 を排出しないクリーンなエネルギーであることだろう。世界の直近の最大の環境問題は地球温暖化である。地球温暖化とは、人類の生産活動の過程で発生する温室効果ガスによって地球に熱が閉じ込められ、その結果、地球全体の気温が上昇する現象を指す。世界平均気温の上昇を表す資料として、気象庁が出している世界の年平均気温偏差の経年変化をまとめた表がある。

表 1 世界の年平均気温偏差(経年)



この表から、様々な変動を繰り返してはいるものの、長期的にみれば上昇傾向にあり、21 世紀以降はその傾向が顕著である。また、肌感覚でも気温が上昇していると感じる方は多いことだろう。2024 年にはパリオリンピックが開催されたが、猛暑日を記録することがあったほどでもある。フランスの 2024 年 7 月の月平均気温が 20.5℃であることからも分かる通り、異常な暑さと言えるだろう。このような環境問題を解決していくためにも、エネルギー業界が今求められているのは温室効果ガスを排出しないクリーンなエネルギーを

使うことである。そのためにも、再生可能エネルギーは欠かせない。2つ目は種類が多いことである。再生可能エネルギーは、例えば地熱発電のような特定の地域のみで利用できる発電方法がある。仮に地熱地帯がなく、地熱発電が利用できない地域だったとしても、その地域に合った別の発電方法を選べばいいのである。また、地域内で複数の発電方法を採用できるのも強みである。一例として、鹿児島市の事業を挙げる。鹿児島市は市の公共施設や小・中学校に再生可能エネルギーを発電する設備の導入を進めており、鹿児島市立名山小学校には屋上に太陽光パネルが設置されている。同市の南部清掃工場では、2022年1月にバイオガス施設を新しく併設し、家庭等から収集した生ごみを発酵させて発生するバイオガスの精製を行っており、これは全国初の取り組みとなっている。

図3 名山小学校の太陽光パネル(鹿児島県鹿児島市)

再生可能エネルギーの種類の中には個々の強みも存在する。太陽光発電は、太陽光が当たる地域であれば発電が可能なため、非常に幅広い地域で利用できる。バイオガス発電も生ごみが発生する地域であれば発電できるので、広範囲で利用できる発電方法と言える。水力発電や地熱発電は場所こそ限られているものの、観光事業と結びつくことがある。それこそ、大分県の地熱発電はその最たる例であり、温泉自体が一種の観光スポットでありながらも、温泉を利用して発電もしている。強みとして、半永久的に利用できることが挙げられる。太陽光発電は太陽光、地熱発電は地球の活動をもとに発電を行っているため、資源が半永久的になくなることはない。化石燃料の枯渇問題が度々挙げられる現在の世界において、半永久的に利用できることは魅力的である。

(3-2)課題点

再生可能エネルギーには強みがある一方、課題点が存在する。まず、再生可能エネルギーの施設建設時や設備設置時に自然破壊が起こるケースがある。水力発電を例に挙げようと思う。概要の方でも述べたが、発電する場所は山岳部に多い。山岳部で水力発電を行うためには、ダム建設のために切り開かないといけない。これにより自然破壊が起こる。太陽光発電でもメガソーラーシステムの設置の際の自然破壊が起こっている。発電に使用する太陽光パネルも有害な物質が多く使われているため、破損したパネルの放置や不法投棄によって自然破壊が起こることもある。

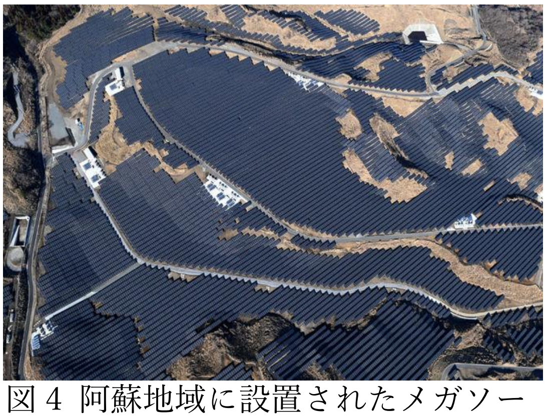
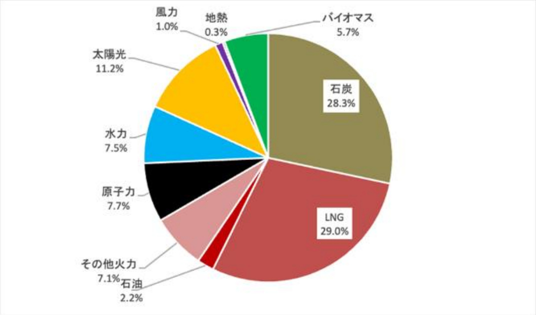


図4 阿蘇地域に設置されたメガソーラーシステム(熊本県阿蘇市)

加えて施設建設や設備設置、施設・設備の維持にかかるコストも高価である。導入するのを躊躇ってしまうことや、太陽光パネルなど劣化のために廃棄する際にも、現在使われて

いる有害物質のためにお金がかかってしまうなどの経済的な弊害もある。次に電力量が十分でないことが挙げる。2023 年の日本の電源構成より、現在日本で主流の火力発電との差は一目瞭然である。

表 2 日本の電源構成割合(2023 年)



これに加えて、太陽光発電や風力発電は日中のみや風が吹いている時などの自然条件も関わってくる。解決方法として高性能の電力系統用蓄電池の完成が挙げられるが、それも研究段階であり技術的な壁がある。大きな問題として、電力系統の不安定化も考えなければならない。これは”電気の質”について考えると分かりやすい。仮に周波数が変動するようなことがあれば、様々な機械は動かなくなり、私たちの暮らしに大きな影響を与える。再生可能エネルギーは様々な条件等に発電量が影響されるため、電力系統に組み込むにはこれらを考慮しなければならない。

表 3 再生可能電源の大量導入に伴う課題

事象			概要
局所的課題	平常時	電圧上昇	太陽光発電から配電系統への逆潮流の増大に伴い、配電電圧の管理(低圧101±6V の調整)が困難となる。
		潮流変動	自然変動電源の出力変動により、潮流変動や潮流過負荷が生じる。
大局的課題	平常時	周波数調整力の不足	自然変動電源の出力変動幅の拡大に伴う LFC 容量不足(数分~20 分程度の短周期変動に対する調整力の不足)が発生し、周波数変動量が拡大する。
		余剰電力の発生	火力発電の最低出力制約等により、下げ代不足(軽負荷時に計画的に供給力を絞る際の下げ方向の調整力の不足)が発生し、発電量が需要を上回り、周波数変動量が拡大する。

表 3 では、再生可能エネルギーによる電源の大量導入によって発生する課題についてまとめられたものである。局所的な課題としては、太陽光発電での逆潮流による電圧上昇や潮流変動、大局的な課題として、周波数調整力の不足や余剰電力の発生が課題として挙げられている。電力系統の安定化について考える際は、電力の需要と供給のバランスが重要である。需要と供給のバランスが調整力の不足や余剰電力によって崩れると、周波数の変動が起こり”電気の質”の低下につながる。先ほども述べたが、発電量が様々な条件に左右される再生可能エネルギーは需要と供給のバランスを考える時にあまりにも不確定な要素といえる。

(3-3)課題解決に向けて

では、課題解決に向けてどう動いていけばよいのだろうか。施設建設などによる自然破壊から考えていきたいと思う。世界では再生可能エネルギーが主流となっている国が多く存在する。欧州を例にみていく。欧州でも太陽光発電は行われている。メガソーラーシステムは自然を切り開くケースがあり、自然破壊が起こる可能性があるのだが、これに対する解決策として、欧州では行政主体でのゾーニングアプローチが行われている。ゾーニングとは土地の評価を行うことで、災害や自然破壊が起きないようにあらかじめ計画・規制を行うことである。土地の開拓を念頭に置いたうえで、自然破壊や災害への対策、景観の向上に計画段階から取り組んでいる。日本も 2020 年代に入ってゾーニングアプローチを行う自治体が増えてきている。特に日本は災害大国であるため、自治体だけではなく政府も再生可能エネルギーのゾーニングアプローチへの取り組み支援を行うことが重要になってくるだろう。関連して、太陽光パネルなど有害な物質が使われているものも、自然や人に有害ではない物質への置き換えも考えられているため、今後施設や設備にかかるコストは減少していくだろう。次に再生可能エネルギーの発電量が不十分・電力系統の不安定化について考える。これに関しては、県や市単位で再生可能

エネルギーによる電源構成のモデル作成と高性能な電力系統用蓄電池のさらなる研究が課題解決へつながると考える。まず電源構成のモデル作成だが、県や市単位で行う理由として、日本の地理的な問題に要因がある。南北に長いこと・日本内に多くの気候が存在することである。欧州で再生可能エネルギーが主流になっているが、これは南北に長い国がないため、気候による自然条件は変化することがあまりないことも理由に挙げられる。一方、日本では風が吹く地域・吹かない地域や、地熱地帯がある地域・ない地域のように自然条件が地域によって偏りが生じている。解決策として再生可能エネルギーの利点である複数の発電方法を組み合わせられることを利用し、その地域に合った電源構成モデルの構築を行うことで、観光業などの他ジャンルの生産活動ともリンクすることができるなど地域の経済活動も盛り上がりをみせることだろう。次に電力系統用蓄電池について取り上げる。導入するメリットとして自然条件に左右される発電方法でも貯めておけることで、需要と供給が調整できることが挙げられる。電力系統用蓄電池導入の動きとして、経済産業省資源エネルギー庁は 2021 年より電力系統用蓄電池の導入に関しての支援事業を開始している。また、世界的にも電気を一時的に貯めることができる蓄電池は注目が集まっているため、研究も今後活発化が著しくなるのではないか。電力会社としても余剰電力の扱いは直近の課題であるため、比較的短いスパンで蓄電池が進化すると考えている。

4．今後の展望

1 章において政治的な動きとして、SDGs とパリ協定に触れた。これらの動きの根底にあるのは「持続可能な社会を目指す」という考えである。これを達成するために、エネルギー業界はクリーンなエネルギーの利用、再生可能エネルギーの更なる効率化を目指さなければいけない。日本は再生可能エネルギーをするには不利な地理的側面や、災害大国でもあるために、欧州と比べて発電コストが高いことや、業界の雰囲気として火力発電等の非常に安定している発電方法に頼る節がある。これを変えていくためにも、2 章で話した欧州での洋上風力発電のプロジェクトを支援することなど、業界が再生可能エネルギーに挑戦していく風潮作りが大事ではないだろうか。また、私たちもこれから生活を送るうえで節電やエネルギーについてのディスカッションを通して「持続可能な社会」の実現のための意識作りもしていく必要があると考える。

5．参考

2 章出典

「太陽光エネルギー」(資源エネルギー庁)

https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/renewable/solar/index.html

「水力発電の特徴と仕組み」(九州電力)

https://www.kyuden.co.jp/effort_water_water01.html

「風力発電のしくみ」(東京リニューアブルパワー)

https://www.tepco.co.jp/rp/business/wind_power/mechanism/

「再エネの未来を切り拓く　欧州、洋上風力事業への挑戦」(東京電力)

https://www.tepco.co.jp/toudenhou/rp/1667150_19888.html

「バイオマス発電のしくみ」(中部電力)

https://www.chuden.co.jp/energy/renew/ren_shikumi/bio_shikumi/

「地熱発電の概要」（九州電力）

https://www.kyuden.co.jp/effort_renewable-energy_geothermal.html

図 1：「フォト/ムービーギャラリー」（藤沢 SST 公式 HP より）

https://fujisawasst.com/JP/gallery/

図 2：「八丁原地熱発電所」（大分フォト観光ガイドより）

https://oita.jp-o.net/kokonoe/hatyoubaru/hatyoubaru.htm

3 章出典

「地点別データ・グラフ　パリ・オルリー空港」（気象庁 HP）

https://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/monitor/climatview/graph_mkhtml.php?&n=7149&p=24&s=1&r=0&y=2024&m=7&e=0&k=0&d=0

「資源エネルギー庁がお答えします！～再エネについてよくある 3 つの質問」（資源エネルギー庁）

https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/qa_saiene.html

「太陽光発電の環境問題を徹底検証！環境破壊は人的要因によるもの」（LIBERAL SOLUTION 2024/7/25 の記事より）

https://column.liberal-solution.co.jp/833/#index_id2

「電気の品質「周波数」を一定に保つために」（ほくでんネットワーク）

https://www.hepco.co.jp/network/renewable_energy/efforts/problem/keep_quality.html

「再エネのよくある質問・疑問でモヤモヤしているあなたのための Q&A ～ 7/15 のウェビナーより」（グリンピース・ジャパン 2022/7/28 の記事より）

https://www.greenpeace.org/japan/news/story_58578/

「[特集]専門家に聞く「地域と調和した再生可能エネルギー導入の鍵　ゾーニングとは？」（京都府地球温暖化防止活動推進センター）

https://www.kcfca.or.jp/project/special-warming/warming71/special-1/

「再エネの安定化に役立つ「電力系統用蓄電池」」（資源エネルギー庁）

https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/keitoyochikudenchi.html

図 3：「名山小学校に設置された太陽光発電」（鹿児島市 HP より）

https://www.city.kagoshima.lg.jp/kankyo/kankyo/saiene/machizukuri/kankyo/ondanka/energy.html

図 4：「阿蘇外輪山の元牧野に開発されたメガソーラー」（西日本新聞 阿蘇にメガソーラー次々、狙われる草原　放牧廃れ…「景観では 1 円にもならない」より）

https://www.nishinippon.co.jp/item/n/1065445/

表 1：「世界の年平均気温偏差」（気象庁 HP より）

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_wld.html

表 2：「日本全体の電源構成」（電力調査統計などより ISEP 作成したものを一部加工）

https://www.isep.or.jp/archives/library/14750

表 3：「再生可能電源の大量導入に伴う課題」（環境省「電力需給システムについて検討」の表 3-1「再生可能電源の大量導入に伴う課題」を一部加工）

https://www.env.go.jp/earth/report/h24-08/chpt03.pdf