

第133回技術懇談会の講演記録

[1]日時・場所 2022年7月27日(水) 13:30-15:30 オンライン (Zoom) により実施。
参加人数 63名

[2]講演テーマおよび講演記録

1. 演題「CO₂+H₂からメタノールを合成するプロセス」

講師 八木 宏 氏 SCE・Net会員 HyChemTechno技術士事務所 所長

概要

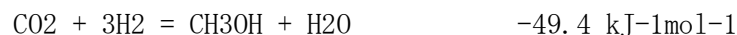
1) メタノールマーケットと再エネメタノールへの期待

脱炭素に向けてCCU開発が進められている。再エネ由来のメタノール原料から、MTO (Methanol to Olefin) やMTP (Methanol to Propylene) などのプロセスから石油化学の原料として期待されている。

現状の天然ガス由来の国際価格はトン当たり150~700ドルと大きく変動しているが、多くは天然ガス価格に依存している。CO₂および再エネ水素から製造されるメタノール製造原価は、IRENAによるとカーボンクレジットがない場合、2030年時点でも700~1070ドルと2倍程度の価格となり、競争力を高めるためにはカーボンクレジットや、大量で安価な再エネ水素の製造が必要とされる。

2) CO₂と水素からのメタノール合成

逆シフト反応により予めCO₂をCOに変換し、副生物の水を分離した合成ガスから、既存のメタノール合成プロセスによる間接法と、CO₂と水素からのメタノール製造の直接法がある。間接法では、逆シフト反応により700°C以上の温度が必要であり、副生水を冷却分離するため、エネルギー効率が悪い。そのため、直接法が開発が期待されている。しかし、直接法は次の反応式に示すように、副生水が触媒毒となるため、安定した製造が難しく、副生水に耐性のある触媒開発や、副生水を系外に除去する反応器の開発が進められている。



副生水を反応中にうまく分離除去することが可能であれば、平衡律速である反応の平衡値を高くすることも可能となる。この方式の反応器として、島根大学小侯教授開発の内部凝縮型反応器が注目されている。

(八木宏 記)

2. 演題「エネルギーシステムインテグレーション 電力・エネルギーシステムの変容」

講師 荻本 和彦 氏 東京大学 生産技術研究所 特任教授

講師の紹介

講師はJ-POWERに電気屋として入社し、一貫して、10年後、20年後に、電力システムがどう変わるのか、そこにどんな発電所を入れると、どんな値段で売れるのとかを考える仕事をされてきた。講師が所属しているESIは教員4名がおり、20数社のトップ企業と共同研究を行っている。メンバーの鹿園先先生は熱、大岡先生は建物、荻本先生と岩船先生は電気屋です。荻本先生は送配電および電源の解析をして、岩船先生は送配電網および電源の分析解析を行っている。電力システムを分析するためのツールを、大学がデータセットとともに各社に提供して、基本は自社でそれぞれ分析をするという活動をしている。ESIはエネルギーの需給や送配電、電源システム、技術開発の方向性を考える活動をしている。

講演は、四段階で説明した。①「電力システムが結構変わる」ことを話して、②「どんな風に運用が変わるのか」、③「そうすると何をしないといけないのか」見えてくる。④「それに対してどんな取り組みが行われていて、技術研究開発の要素はどういうものがあるか」と言うように展開された。

1. 電力システムの潮流

1) 世界共通の潮流：電化とセクターカップリング

日本やアメリカ、ヨーロッパ、インド、中国のエネルギーシステムが変わっていく共通の潮流ある。電化というのが非常に重要であり、当面は電化をしていかないとはいけないと思っている。ローカーボンとか、最先端カーボンニュートラルっていうと、再生可能エネルギーが発電にどれだけ入れられるのかという話がとても多いが、大変重要なことは一次エネルギーが電気の形で供給される以上、電気の形で使えばベストだと言うことである。EVは日本でもようやく当たり前になってきて、モビリティが電化してきている。暖房についてもヒートポンプ給湯器にすると省エネルギーになったということがあるので、直接発電されたものを使う。それから、その今のエネルギーの使用を省エネにする。この二つの意味で電化というのはとても重要である。二酸化炭素を排出しないで、電源をたくさん作り過ぎないためにも電化というのが重要になるというのが第一の状況である。

2) 3E+Sにおける「電化」

エネルギーの分野だと、エネルギーセキュリティとエコノミーとエンバイロメントの3Eの視点が重要。プラスSは原子力のことを言ってるが、この3Eを見た時に、電化というのは安定供給にも、経済性にも、そして環境性にも貢献する。これが重要なトレンドだと言うことが見てとれる。

3) 2018年10月九州本島での再生可能エネルギー電源の出力制御

再生可能エネルギー自体が大好きな人がとても多く、原子力自体が嫌いな人が多い。電源の好き嫌いはいちいち置いて、再生可能エネルギーになってくると、少し違ってくることが起こる。PVは昼しか発電しない。PVだけで発電すると、昼余って夜足らない、余った分をバッテリーに入れたり、水素を作ったりする可能性があるが、どうしても余り気味になるのが再生可能エネルギーの問題の一つで、二酸化炭素を排出しないで電源をたくさん作り過ぎないためにも、結局、電化が重要になるというのが第一の状況である。

4) RE（再生可能エネルギー）導入の状況：IEA（国際エネルギー機関）による導入段階

エネルギーの分野だと、世界のいろんなところが日本よりたくさん再生可能エネルギーを導入している。実際そういうところは、ヨーロッパの国が並んでいる。九州（JP-K）はPhase3(Flexibility is key)、それから北海道（JP-H）はPhase2(better operations)と言うことなので、九州はそこそこ入っている。それぞれの国が、困難な再生可能エネルギーの導入に、それぞれチャレンジしている。

5) 3E+Sにおける「再生可能エネルギー」

再生可能エネルギーを先ほどの3Eのところだと述べて、バイオマスや地熱、水力は割と安定しているが、PVと風力が環境性は良いけれど、経済性がダメなところから、そこそこ良く良くなってきた。しかし、下手するとまたその経済性が無くなるかもしれないというのが今の段階である。ある地域に偏ってたっぷりPVと風力を入れすぎると経済性が落ちてくる。

6) 世界共通の潮流：分散型システム

再生可能エネルギーのうち、太陽光発電、風力発電、オンサイト型電源などの普及により、電源の分散型のシステムになりつつある。電力というのは、比較的遠隔地にある大きな水力や火力、原子力の発電所から送電線を使って送ってきたが、電気が余っているなら、その時間に使えという能動的な需要になってくると、電力システム全体が分散型のシステムになりつつあるというのが新しいトレンドである。

7) 北海道ブラックアウト：風力、PVの運用復帰状態

PVと風力は分散型であるが、北海道で大停電が起こった時に、PVと風力はすぐ発電できたかという、実は何日か経たないとフルの発電ができなかった。これは当時のPVと風力というのは、その場所に人間が行かないと起動ができないと言うような発電所だったので、一回止まったものが再起動できなかった。大きなトレンドとして分散型に移行することが事実としてあるが、分散型に移行した時に安定で経済的で環境が良い世界に行けるかどうかというのは、それらの管理に関係してくる。

8) 3E+Sにおける「分散型資源」

PVも風力も電機の設定なので、条件が満たされないと落ちてしまう。電圧の変動や周波数が変動すると落ちてしまう。多数のシステムの運用とか、その設備の機能が足りないと、例えば、関東エリアのPVが全部まとめて落ちてしまうということにもなる。うまく管理すれば良いことがある、うまく管理できないと設備の機能を確保できなくなり、まずいことが起こるとというのが分散型システムのトレンドだということになる。

9) 世界共通の潮流：価値のシフトとマネタイズ（収益化）

電力の値段が高くなっていることが目立つときになってきた。今までは、その出力が非常に安定した火力や原子力、水力が供給していた世の中だが、PVや風力が増えてくると、天気によって供給量が変わってしまう。そうすると、時間帯によって値段が変わる、PVや風力の電気が減った時、誰がそれを補うのかということに、新しい価値や値段がつくようになる。これも新しいトレンドである。

1 0) 3E+Sにおける「レジリエンス確保」

この頃、地震が来たとかで、レジリエンスが問題になる。もともとそのエネルギーセキュリティを考えて3E+Sと言っていたが、どうしても忘れてしまうとか気が緩むということが必ずあることなので、いつもセキュリティは大丈夫なのか考えないといけない。

1 1) 世界共通の「新」潮流：大規模貯蔵と新二次エネルギー

新しい潮流というのを二つ説明する。PVをたくさん入れる必要がある時代になると、電源がたっぷり余ってしまう。しかし、天気が悪いと全然出力が出ない日があるというようなことになる。こういう時代にだんだんこう近づいていくと、前の日にたっぷり発電して余った電気を、例えば揚水発電所とかバッテリーに貯めて、翌日に使えるようにしないと、燃料が無駄になる時代になる。ちょうど今、そういうところに移行しようとしている時期である。需要の何倍も発電するように、PVや風力を入れてしまうと、バッテリーだけでは貯めきれない。もう一つは、中間期には、例えば秋とか春は需要が少ないが、夏や冬には需要が多くなるということが出てくるので、どちらかというエネルギー全体で見ると中間期に比較的余ったエネルギーを何らかの形で貯めて、冬とか夏に持って行きたいと言うことが、カーボンニュートラルを目指した場合に加速してニーズが起こってくる。この分野だと、まあ水素であるとかアンモニアであるとか、そういうものが議論されが、長期に貯められないといけないと言うことを考えると、今の液化天然ガスLNGでもまあ実態としては二週間ぐらいしか貯めれないので、常温常圧で気体のものでは貯蔵が困難なので、常温・常圧で液体という（少し冷やしても良いし、少し圧力かけても良いが）二次エネルギーというようなものが必要になるとというのが潮流の一つである。

1 2) 課題解決の方向性：交流電力システムの新たな課題解決

今までは、原子力発電所も水力発電所も大きな発電機がグルグル回ることによって慣性を保っており、その慣性を電力のネットワークの中でシェアすることによって周波数が安定する。周波数が安定するというのは、需要と供給とが少しぐらい mismatches があっても、少しの周波数変動の中で全部吸収して安定に運転ができるという時代だった。しかし、大きな発電所がなくなって、PVとか風力について、風力が分かりやすいと思うが、風力もグルグル回っているが、実はその50とか60ヘルツでは回らないので、ぐるぐる回っている機械ではない。そうすると、その周波数が維持しにくくなって、交流システムが維持できなくなってくるという問題を新しいインバータ技術で解決しないといけない。こういうトレンドの中で、我々のゴールというのが2050年のカーボンニュートラルが具体的にど

んなものか誰にも言えない状況であるが、今からの変容の中で、社会的な合意を作りながら計画して、個々の設備をネットワークで最適化して行かないといけない。

2. システム運用の高度化と市場の再設計

運用の高度化で、再生可能エネルギーが多く入ってくると、どんな課題があるのかを説明された。

1) システム運用の試み

①九州エリアの需給実績(2017. 4. 30)

2017年の4月30日に太陽光発電が結構導入されている九州電力ではどんな需要と供給の関係にあったかということの説明された。朝は太陽光発電出力0だった。7時頃まで先に進むと、太陽光発電の出力が大きくなっていくので、火力発電が出力を下げ（これは止めるとか出力を小さくするとか二つのやり方ある）ことをしていく。昼間は一番下げて、夕方太陽光発電が少なくなってくると、もう一回出力を上げるということをやっている。電気を貯めることができる揚水発電所が朝は発電所として働き、昼は需要を超えてしまった分がありますので、水を高いところにあげると言うことで、自分が需要になる時間帯が続いた。夕方になると、そのPVがなくなって出力がなくなったということで、今度はもう一回、発電をして全体のバランスを取っている。もう一つ見たいのは、夕方に出力を上げていく時には、停止していた発電所を起動しないといけない。正確に言うと、発電を始めないといけないので、この15分おきに待機していた発電ユニットが発電を開始すると言うことをやって、斜めの出力ラインが実現できたということになる。例えば、20万kWを発電機が15分おきに計画通り並列して発電して、この運用が実現できる。

②九州エリアの需給実績(2017. 5. 5)

実際には大きな発電所なので、明日どういうスケジュールで運転するかというのを決めておかないと、なかなかうまくいかないし、決めていかないと効率が落ちてしまう。経済性が落ちると言うことで、明日、太陽光発電はどのぐらい発電するのかということ予測して、当日の運用にすることになる。その予測自体も当日は外れてしまいます。一年間に非常にまれではありますが、これだと200万kWぐらい外れてしまった。200万kWが外れてしまいましたっていうのは、先ほど言った発電所だと、仮に1ユニットが20万キロだったとすると10台分、50万kWで4台も外れるということになり、一年の内、数回だけ、そういうひどい日があると、対応できなくなって停電になってしまうというような可能性がある。再生可能エネルギーのPVも風力も燃料がいらぬし、二酸化炭素の排出もないということであるが、それを使うこなすためには、一定の努力がいることが理解できる。

2) システム運用の高度化 米国

○米国では、連邦エネルギー規制委員会（FERC）と州の公益事業委員会が、自由化された電力市場・システムを管理運用するISO/RTOおよび発電や小売の事業会社を規制する一方、北米電力信頼度会社（NERC）は独立して信頼度に関するデータ分析と基準の作成を行っている。

○2018年のOrderNo. 841では、それまで各ISO/RTOで統一されていなかった蓄電池などの貯蔵技術の取り扱いの共通化と、市場取引の最小単位の100kWへの引き下げが定められ、分散資源の大幅活用へ政策が進められた。

○一方で、市場取引の煩雑さや有効性の限界から、サービスを市場ではなく規制として確保しようとするEssential Reliability Serviceの考え方に基づき、Order NO. 842では、PVや風力といったインバータ連系の設備なども技術開発の進展を前提として含め、新規の系統連系設備にP領域のPrimary Frequency Response機能について新たな支払いや補償なしで義務付けた。

○更に、2020年のOrder2222では、従来のOrder 842では分散資源として蓄電池のみを対象としていたのに対し、すべての分散電源を対象として、市場において従来電源と同じ扱いをすることを定めた。

- NERCでは、送電線事故時の過渡過電圧により合計1GWのPVが保護動作により運転を停止するなどの事故を受け、2019年にインバータ連系設備の機能要件を定めた。
- これと並行して、米国の標準化による技術基準を制定する団体である米国電気学会IEEEは、分散電源の連系技術要件に関する技術基準であるIEEE Standard 1547-2018について、米国内の多くの規制機関の承認を得た。分散電源に対する考え方は、2003年の制定時は「電力システムの邪魔をしないよう」にであったが、2014年の改訂時は「電力システムに貢献することが可能」、そして2018年の改訂では「積極的に貢献しなければならない」と変化している。さらにIEEEでは、インバータ連系設備の連系要件の標準化に関して、P2800プロジェクトを2019年に開始した

3) システム運用への試み 欧州

Eirgrid欧州全体は大きくて安定しているので、あまり問題にならない。Eirgridアイルランド、または英国、このような島国系統は日本とちょっと似ていて、先行して問題が起こってくる。日本の新聞だとドイツとかを見ることが多いが、本当に電力的に見ないといけないのは、おそらくアイルランドとか英国と考えている。ここでは、市場運用の分解能を考えないといけない。

4) 電力市場の再設計

①市場運用の分解能

今、日本の電力の取引というのは、30分毎に取引をしているが、プラントであれば、直接間接に取引をして1時間おきの取り引きをしていたが、ERCOT（テキサス）は、5分毎に電気の取引をしている。ドイツもまあ、15分毎に出力は調整している。だから変動する再生可能エネルギーがどんどん増えてくると、狭い時間幅で電力を取引して行かないといけない。日本は30分だが、そのうち変わっていかないといけないと思っている。悪いということではないが、日本の電力の市場化は比較的遅くやっている。

②市場制度の再再編：EU

先に行っているEUとかアメリカはどうなってるのかって言うと、今の市場の設計というのは、火力発電所が主体の市場の設計になっていたとすることがあり、先をいってるEU、それからアメリカもどちらも、今の市場をどう取り換えないといけないか検討の真っ最中である。

③市場制度の再再編：英国

英国は、同期機がなくなって周波数が変動しやすくなってしまうのを防ぐため、周波数を維持してくれるものを調達できるような市場制度を組み込むことを2~3年やっている。日本もやっている話しではあるが、どんどん電力システムのニーズが変わって、それに必要な制度も、場合によっては発電所の需要に対して求められる機能が変わっているというのが、まさに足元で起こっていることである。

5) 動力市場の予測 スポット市場の変化：価格の再現

電力の市場の値段を決めているのは発電所の入札の価格なので、再生可能エネルギーは燃料費0ですから、ただで入札してくれる。火力は燃料費でほぼ入札している。再生可能エネルギーの割合がどんどん増えてくると、一部の発電所で電気は足りてしまうので、市場の値段は落ちてくると言うような事がドイツでは実際に起こっている。スペインも起こっている、日本でも少し見えている。今、日本の電力の市場の値段がでとても上がっている、あまり説得力がないが、再エネがたくさん入ってきて、原子力も動いているという世の中になると、電力市場価格はとても下がっていく。

6) 解決すべき課題

①スポット市場の変化：価格の低下

東京の2030年をある前提を置いて計算したが、東京でも市場の価格がまあ、全体5%とか10%の時間数でただになるということが起こってくる。これをケミカルのプラントの人と話をする、今まではその電気代は一日中一定だとすると、プラントの設計というのが100%で、なるべく稼働利用率を上げることだと考えてきたが、少しオーバースペックになる

ように容量を大きく設計しておいて、安い時間に電気を使うという考え方もあることを話し合った。

②貯蔵設備の複数日運用の最適化

揚水発電所とかバッテリーを一日ではなく数日の中で、貯蔵した電源をうまく使っていくこともある。

7) 電力市場の再設計 市場が解決すべき課題

再エネが入り、それから電化が進んで、いろんなことがドライバーになって、電力の全体が変化するというので、改善するニーズがあるというのが電力の状況である。

3. 多軸的な取り組み

1) カーボンニュートラル 2050年CN：エネルギーと電力の連携解析

電化が進んで、いろんなものが一次エネルギーの発電で供給されると、エネルギー全体における電力の割合が増えてくるので、電力はそれなりにちゃんと分析して評価して計画して行かないと2050年に行きつかない。我々が欲しいサービスはエネルギー全体なので、電化されるかどうかということも、エネルギーの使いかた全体から議論しないと決まらない。つまり、エネルギー全体を見て行かないといけないという関係がある。エネルギー全体は、自分の手元では解析できないので、エネルギー全体を解析する人と連携をして解析をする。2030年、2050年にはどのようにカーボンニュートラルを狙うのか、80%の削減を狙うのか、それからPV、風力をどのくらい導入するのかというようなことを設定をして、エネルギー全体を分析してもらい、その結果から各分野でどのくらいその電気が使われるのか、またはそのどのくらいその水素の製造が必要なのかを解析する。

講演では、計算結果の6つの例を説明された。どの発電がどのくらい発電電力量になっているか、これはCO₂がどれだけ出て行くかということですが、特色はカーボンニュートラルにしようとする、電力部門のCO₂排出量の収支はマイナスでないかつじつまが合わないことになる。太陽光発電や風力の電気が余剰と述べたが、電気として使いきれない部分がどうしても出てくる。例えば太陽光発電が3億kWとか、風力が1億kWとかに入れると、だいたい最大出力は3億kWですけども、まあその半分ぐらいの出力が毎日出てくるというようなことになる。風力は、もう少し部が良いが、必ずしも昼間じゃないというようなことになりまますから、1億5000万kWとか2億kWの電気がずっと出てくるようなイメージになり、1億kWの需要では使いきれないということで、結構な量の電気が余ってしまう。それをどう使うかという、水素を供給するニーズがあるとすれば、そこにそれを作るための電気分解で使えないかを考えることになる。2050年、カーボンニュートラルができるのかということが結構話題になるが、それをエネルギー全体で考えること、電力の中で考えることの両方を並行してやっていくということが重要になる。

2) 系統制約

① マスタープランの検討

マスタープランというのは、例えば、北海道で1千万kWとか2千万キロワット洋上に風力発電ができたとすれば、それを東京に持ってこないとうまく使えないので、日本海側を通して、例えば400万kWの直流送電を引いて持ってきて使おうということです。今までは、その再生可能エネルギーとか需要という話をしてきたが、送電線や配電線の世界も問題になるというのが、ここからの話となる。それと系統用の蓄電池と言うのもこの頃の話になっている。

新聞で系統用蓄電池という話題が出たら、このスライド（系統用蓄電池の導入に向けた取り組み）をもう一度見れば、何ものかわかる。マスタープランから話すと、どこにどのくらいの電源ができるから、それに対する送電線があるという関係になる。どこにどのくらいの電源ができるかというのは事業者が投資をすることなので、決めることはできないが、送電線を作るのに10年以上かかるので、場合によっては決めてくれないことには送電線を作りようがないという関係がある。そこで、送電線がいつまでにできるかと言

えば、それまでには発電所ができるんじゃないかというような議論になっている。つまり、送電線を先に作ろうという議論になっている。

北海道から東京に持ってくるHVDC（高圧直流送電）ということが考えられるし、西の方に電源が十分あるので、西側からの増強をしないといけないのではないかといろいろな所で検討されている。発電所がいつどこにできるのか、読みきれないと難しい。それ読み誤ると1兆円から2兆円の投資が一年で無駄になることが起きるので、かなり計画をうまく立てていかないと、国中で丸損するというようなことが出てくる。これに対して、重要だと思っているのは、既存の送電線をとことん使い尽くせるかということをしなければならない。既存の送電線を使い尽くす。送電線に上限を超えた電気が流れ、ある時間ほっておくと、熱くなったりするという理由で、送電線がトリップしてなくなってしまう。こんな不安定なことではまずいということで、送電線は発電機が最大出力を出しても大丈夫というような使いかたをすることが重要になってくる。つまり、発電所Aが100の発電、発電所Bが100だったら、合計最大限200だから、送電線の容量が300だったら200は良い。あと100足して、300になるのもギリギリ良いが、次の100はもうないよ、という使い方を送電線はしている。これは火力発電や原子力発電、水力についてはそうであるが、PVと風力を想像すると、PVは夜に絶対出力しない。風力は風が吹かない時にやっぱり出力しない。そういう時に、最大出力が出て大丈夫なようにするという、今までのルールを適用してしまうと、送電線には、ほとんど入りようがない状態になる。

② コネクト&マネージ

新しい考え方というのは、送電線の容量を見て、多く発電しすぎないようにする。発電をしても、そこの手前に需要を増やして、電気の量が超えないようにするという管理とか、制御をしてあげれば、既存の送電線を使って、たくさん再エネも入るし、別の電源も入ると言う考え方です。100+100は200ではなくて100+100は150だと、そのように管理と制御する考え方がコネクト&マネージである。これを実際にやろうと、無数の発電所と無数の需要を管理制御して、無数の送電線の電気の中で両方を管理して、越えそうになったら、無数の発電所から選んで、どこかを絞らないといけない。大変なことをしなければならないが、今、日本も世界もまあ、そういうことをうまくやって、新しい燃料をつないでいこうということが見られ始めている。

③ 基幹系統の利用ルールの見直し状況

関係するスケジュールを示された。どのぐらいの電気が流れているというのは、今の発電所の全ての出力と、今の需要の全ての大きさがわかれば、それは誰でも計算できる。送電線を計画したり、設備を計画したり、運用を計画すると言うときには、将来どんな電気が流れるかということは、ある程度確かさを出す計算でなければならないニーズが新たに出てくる。

④ 電力システムの課題解決

a) 送電網の効率運用

北海道に石狩湾新湾発電所という新しいガス火力が数年前にできた。そこはどんな発電をするかということ、送電線込みでシュミレーションして、まあなんとなく合うということ、霧囲氣的に示された。発電所と需要が与えられ、しっかりと予測ができれば、送電線にどんな電流が流れるかというのを、計算ができるようになり、既存の送電線もまた、その新しく加わる送電線も含めて全体をまあ最適に使えるようにしようとするのが、大きな取り組みの1つです。もう一つはですね、先ほどのトレンドの最後のぐるぐる回る発電機の割合が減ってきて、周波数が変動しやすくなる問題です。これに関して、北海道、東北・東京、それから中西ということで、そのぐるぐる回っている発電機の将来の量を計算されている。

b) 同期機の運転容量の減少

なぜ三つ（北海道、東北・東京、中西地域）に分かれるのかは、北海道と本州の間は直流送電で分離しているので、そのぐるぐる回る効果が切れてしまう。50ヘルツと60ヘルツ

のエリアは、直流送電の技術で結んでいるので切れてしまう。ぐるぐる回る発電機が周波数を維持している効果と言うものを見る時に、我々は、この三つのエリアに分けて見ないといけない。つまり8760時間通して、ぐるぐる回る発電機が多分、一番沢山ある時は充分足りるが、1000時間、2000時間とくると、必要な量に対して、北海道で言うと半分弱の時間は必要なぐるぐる回る発電機の容量が足りないということが計算で出てきた。そのぐるぐる回る発電機ってというのは、なるべくその電機屋としては、安定な電源なのでとっておきたいが、どうしてもPVや風力が増えてくると、そもいかないPVや風力のインバータ制御の方式をガラッと変える。今のインバータは電圧を見て動いていますが、発想を変えて、インバータが時計を持っていて、外に向かって電圧を作れるようにする。簡単に言うと、そのようなグリッドフォーミング型のインバータで、同期機のようにぐるぐる回る発電機と同じ効果を、インバータ、つまりPVや風力が持つことが出来るようにする。24時間のうち、昼間、同期機のぐるぐる回る発電機が足りない時間帯には、太陽光発電が、そのぐるぐる回るものを効果的に補ってあげようという技術があるとすれば、それぞれのエリアでぐるぐる回る容量が足りなかった分を肩代わりしてくれて、必要な容量を確保することができるようになる。今から用意をしていけば、インバータの技術でおそらく解決できる。ただ、結構難しい話でもある。今日の話の最後の部分で、どんなところで新しい技術が必要になるかを考える。

4. 電力分野における技術研究開発

1) 統合コストの一部を考慮した発電コスト

解析結果：統合コストの一部を考慮した発電コスト (LCOE)

新聞で報道された話だが、太陽光発電は、自分のコストを自分の発電電力量で割ってやると、事業用PVは11.2円で、風力は、日本の場合はもう少し高く14.7円という事で、原子力よりも、PVはついに安くなったというようなことが言われる。この図にはLNG火力(10.7円)と石炭火力(13.7円)も載せている。これは、自分が発電する費用を自分が発電する電力量で割っただけなので、使いきれない電気とか、例えばPVだけだったら、夜は他で余計に発電しなくてはならないなどの非効率な部分の費用が入っていない。そういう費用というのは、設備費用を除いて運用費だけで、どのぐらいに当たるのかというのを計算した。事業用の太陽光発電はみかけ11円(11.2円)であるが、ほかの費用を入れると20円(19.9円)近くになる。この図を見ると、やはり新聞の記事的には、PVは高いというような記事になりがちである。コストを見ると、どれが安いかを比べたくなるっていうのは、人間の本性である。さきほどの11円が19円になることは、実際にはいくつかの要素で説明ができる。いくつかの要素で説明ができれば、こんなに高くなる事を避けるためにはどうしたらよいか、考える材料がそこからでてくる。

2) コスト構造から改善・工夫の余地が見えてくる DER (分散型エネルギー源) の需要シフトを加えたLCOE (均等化発電コスト)

もともと太陽光発電は11.2円が19.9円になるが、昼間、電気を使いきれないことによる不利が大きな部分として出てくる。ヒートポンプ給湯器は早朝に沸き上げをしている。九州エリアでは、ヒートポンプ給湯器はみんな朝7時にはもう焚き上げてしまって、昼は電気を使わない。そんなもったいないことをしてはいけないということで、ヒートポンプ給湯器は昼に焚き上げをして、EV充電も家で止まっているものや、勤務地でつながっているものは昼間充電する。そうすると、PVの場合は2円50銭ぐらい下がるという計算結果になる。それに加えて、EVは夕方放電すると、昼間に充電できるようになるので、1円50銭下がる計算結果が出てくる。だから、ヒートポンプ給湯器の焚き上げとEV充電も昼間すれば良い。どういう場合も、コストというものを計算して、分析表にするということで、どうすれば前提のコストを安くできるのかという情報が出てくる。

3) 分散型資源の活用

①系統制約の全体像：需給調整市場の検討状況

価値というものがシフトしてきて、円/kWの世界から調整ができるという世界に行くという話をした。この三次調整力というのは、これが1秒、これが1分、これが1時間、そういう調整速さの調整力の中で、この三次調整力②（45分以内）というのは予測が外れたときにサービスを市場から調達することを意味している。制度設計した時にこの三次調整力②の調達の社会的費用は百数十億円だと聞いたが、去年が1200億で、今年もおそらく800億ぐらいになるだろうと言われている。調整力ということに新しいニーズと価値がついている。

②集中／分散エネルギーマネジメントの協調

EVを充電するとか、蓄電池やヒートポンプ給湯器もあるなら、いろんな産業やプラントでそういうことが出来れば、社会全体として、3E+Sが満足しやすいエネルギーシステムになって、負担が少なくなるものと思っている。

③新たなプレーヤーの実戦参加

a) RESの自立・遠隔制御

○PV、風力とも、インバータ連系され、有効電力、無効電力の多様な自律制御、遠隔制御が可能となる。

○PV、風力の自律的なDroop制御、外部制御によるAGC制御の技術は確立している。

b) 新たなプレーヤーの実戦参加：DR—V2X

○電化の潮流の中で、需要側資源の能動化によるデマンドレスポンスの需要および電力システムへの貢献が期待される。

○電気自動車は、電化、セクターカップリング、エネルギー貯蔵、システムサービス提供の最重要要素として今後導入の加速が予想される。

○2030年に向けた再エネ大量導入に向けて、EVの充電、充放電の活用は、実際の導入に向けた制度整備が進められている。

c) 一般調整力モデル

○再エネの導入拡大による需給変動の深刻化に伴い、様々な時間領域の調整力ニーズが顕在化する。

○従来の負荷周波数制御(S領域)、負荷追従領域(T1)に加え、予測誤差領域(T2)、瞬動領域(F)など、新たなニーズに、エネルギー貯蔵や分散資源が対応できることが、将来の電力システムに必須である。

4) 忘れてはならない軸：安定供給

①多様なリスクを管理・克服できるか

○2020年12月から1月にかけて、世界的品薄からLNG在庫が枯渇するリスクが生じ、ガス火力がフル出力が出せず、需給ひっ迫による売り札不足により、JEPXのスポット市場とインバランス市場の価格が高騰した

○短時間から長期間のリスクの管理と克服は重要命題。

○2022年、化石投資の縮退の中、ウクライナ戦争による世界的なガス・石炭の不足は、エネルギーシステムの変容の過程における様々な脆弱性を突いた。

②足下の課題を長期の取り組みに繋げられるか

総合資源エネルギー調査会、電力・ガス事業分科会、電力・ガス基本政策小委員会でも夏の受給逼迫またはその冬の需給逼迫に関してどうするかを議論している。足りないなど思っているのは、日本は何か起こったら対策はするが、その時にある対策をしたら、再エネがいっぱい入ってくることを含めた変化に対応できるような施策を少しずつ積み上げることができていない。この夏と冬を乗り切ろうとする努力というのが、もし将来、再エネが変動した時に社会全体が起きていくことの一步になれば、来年もその冬に限らない価値を持っていることになる。夏と冬さえ乗り切れればいいと言う風に、過去、日本がやってきた感じの事でやってしまうと、一回限りのことになってしまう。

今、電気の世界では、揚水発電をどのように使えばよいかと言うことが議論の俎上に再度上がろうとしている。それから蓄電池と水素製造というものはどのような位置づけすればいいのかということが、いろんな議論の俎上に載ってきている。

a) 揚水発電の維持及び機能強化

○揚水水発電は、蓄電・調整機能※を有し、需給ひっ迫時の停電回避や、再エネの出力変動の調整に大きな役割を担う。※火力の供給力が限定される場合での周波数調整を含む

○他方、揚水時に多大な電力を消費し、トータルの発電コストが高くなることから、供給過剰時や需要ピーク時など限られた時間帯のみの運用となり、稼働率が低い。加えて、設備維持コストが大きいなど事業性の確保が難しく、停止や撤退のリスクが増加している。

○今後、再エネの導入拡大が進む中で、蓄電池と同様、揚水発電の蓄電・調整機能への期待が高まると見込まれることから、揚水発電の維持及び機能強化に向けた具体的な方策について、早期に検討を進めることとしてはどうか。

b) 蓄電池、水素製造装置の活用

○系統側蓄電池は、その特性（瞬動性、出力の双方向性等）を活かし、再エネのインバランス回避や調整力の提供等を通じ、再エネ主力電源化にも資すると考えられる。

○また、水電解装置は、再エネの余剰電力を吸収し別エネルギー（水素）へ転換することが可能であるとともに、その出力を制御することで調整力の供出も可能である。

○このため、系統側蓄電池や水電解装置について、現在実施中の導入支援措置のほか制度面の整備等も含め、引き続き導入拡大に向けた取組を進めることとしてはどうか。

③モビリティ・エネルギーが融合する世界（2030年代～） H-UTkyo Lab.

『EV普及、MaaS進展で、エネルギーとモビリティのサービスが互いに 価値を創造する世界』、『モビリティ、エネルギーへの価値が地域社会への価値として還元』、『段階的な価値の実現と技術・制度整備による「投資・効果・再投資」の好循環を実現』を2030年までに実現したいなと思っており、イメージを日立と東大が検討している。

④短時間から長期間までのエネルギー貯蔵の可能性

金と材料がかかる電力エネルギーの最大の課題というのは、長期的な容量のエネルギーをどうやって貯蔵するかということになってくる。電気屋にとって楽しい色々な技術が山ほどあるが、この課題だけは電気の世界だけの問題ではない。むしろその電気の外に行かないと解決しないということなる。短時間のバッテリーとか、地面の下の穴に圧縮空気エネルギーを貯める、その上は揚水発電所水で貯めるっていうのがあります。その上は石油の備蓄並みにエネルギーを溜められる新しい燃料は何かという問題が最終的に出てくる。日本が使っている全電力の三倍ぐらいのエネルギー量に近づくようなエネルギーを貯蔵できるものをどうやって実現するか。逆に、貯蔵したものを使う需要側もできてないといけない。アンモニアとか水素、メタノールがあるかもしれないが、それを使う出口と新しく流通させるインフラと一緒に全体を作れば、電気を含めて新しいエネルギーシステムに行き着けるかもしれないと考える。

まとめ

今、起こっている変容の過程というのは極めて脆弱である。石炭火力いらないとか、石油はもう儲からないとか言って、化石のところ弱くなったところで戦争が起きれば、今のようなことが起こってしまう。それに限らず色々なものが変わっていく過程というのは、その過程の中はとても危険な状態が続く。当然のリスクであるが、新しいもの生むチャンスでもある。これをチャンスと捉えているから、企業の活動や大学、研究所での研究ができてきているのだと考える。

（文責：山本一己）