

第 10 回 IEA Wind セミナーのアンケートおよび
ウェビナーでの Q&A に寄せられたご質問に対する回答一覧

Task25: 変動電源大量導入時のエネルギーシステムの設計と運用		
#	ご質問	回答
1	Task25 のタイトルが若干変わりましたが、前回のフェーズと今回のフェーズで研究テーマの方向性の違いはなんでしょうか。風力の導入率とコストに対応した系統連系の柔軟性、発電設備の柔軟性の話がよくありましたが、今後はどのようなテーマがメインとなりますでしょうか。	ご質問有難うございます。前回のフェーズと今回のフェーズで特段方向性に大きな変更はありませんが、①風力だけでなく、他の再生可能エネルギー（太陽光や水力、バイオマス）との連携・協調・統合も視野に入れたこと、②電力システムだけでなく、熱や運輸部門を含むエネルギーシステム全体の統合を視野に入れたこと、がこれまでとの相違点であり、名称の変更の理由でもあります。今後は引き続き供給信頼度や系統安定性、柔軟性、電力市場などが調査テーマとなりますが、それらに加え、セクターカップリングと 100%再エネ研究が新たなテーマとして加わることになりました。(Task25 安田回答)
2	安田先生のお話の中で、九州電力管内の出力抑制実績のスライドがあり、風力の導入量が少ないにもかかわらず出力抑制が多く行われているとのことでした。これは、九州電力では、太陽光と風力とを同じに出力抑制しているためであると考えてよいのでしょうか？	はい。その通りです。2021 年(暦年)の九州エリアの出力抑制率は太陽光が 4.3%、風力が 3.0%なので、九州電力送配電としては、太陽光と風力の抑制率はほぼ同程度(風力の方が若干少ない)となるように抑制する発電所を配分していると思料されます。これは一見公平なように見えますが、IEA Wind Task25 が開発した C-P マップ(抑制率—導入率マップ)という手法で評価した場合、導入率 14.6%の太陽光が 4.3%の抑制率となるのは国際水準に比べて妥当な範囲に収まっているものの、導入率わずか 1.0%の風力が抑制率 3.0%もあるのは他国のこれまでの知見や経験に比べ異常に多い数値であると言えます。(Task25 安田回答)

Task25: 変動電源大量導入時のエネルギーシステムの設計と運用		
#	ご質問	回答
3	<p>蓄電池を送電線で代替できることはできるのですか？理想的な送電線を構築したとしても変動を相殺して電圧を一定にするためには調整力は必ず必要になると思うのですか？また長期的信頼度を確率的に考えるとのことですが、数十年単位で考えると(いくら広域にしても)夜中に無風状態になることは十分に考えられると思います。100%再エネを前提にした場合停電させるわけにはいかないので結局バックアップ電源を従来通り用意するしかないのではありませんか？</p>	<p>蓄電池と送電線はまったく同じ能力を持つ電力設備ではありませんので、単純比較はできません。ただし、送電線を増強することは他のエリアの柔軟性(日本で言うところの調整力を含む)供給源を共有することになるため、コスト効率よく柔軟性を確保できる手段になります。したがって蓄電池のみで対策をすると非常に高コストになりますが、蓄電池はわずかな容量で送電線に投資をした方が費用便益比が高く、今回の Task25 報告では、それを示す米国の NREL で研究成果をご紹介した次第です。</p> <p>また、曇天無風状態(dunkelflaute)の対応は世界各国で研究が進んでいますが、再エネ導入率が非常に高くなった際(例えば 50~60%以上。日本の今の政策では 2050 年でようやくそこに到達することになります)に影響が出てくるもので、現時点で今すぐ「バックアップ電源」が必要になるものではありません。また、曇天無風状態に対応するための 2 週間程度のエネルギー貯蔵技術は、日本ではほとんど知られていませんが、現在でもピット式温水貯蔵など低コストな技術が確立されています。逆に蓄電池では 2 週間程度の曇天無風には R フロー電池意外殆ど役に立ちません。将来は水素貯蔵も低コスト化されれば曇天無風対策に貢献するでしょう。</p> <p>したがって「バックアップ電源」という古い時代の古い考え方を従来通り用意するメリットはない、というのが世界の系統運用の考え方になってきています。(Task25 安田回答)</p>

Task25: 変動電源大量導入時のエネルギーシステムの設計と運用		
#	ご質問	回答
4	我が国の電力系統基準周波数の許容変動中は±2Hzである。この値は半世紀以上に亘る。変動電源が大容量化した場合、この値は妥当なのか。今、負荷側はインバーターによる周波数変換は容易になってきている。変動電源の導入には電力系統周波維持のニーズの変更があってもよではないか。	<p>ご指摘の通り、日本の周波数変動の許容値は諸外国より緩く、より厳しい周波数変動許容値の欧州のほうが範囲内でも十分にそれを遵守しながら再エネが大量導入されつつあります。</p> <p>再エネが超大量導入された場合の周波数変動は慣性問題に直結しますが、再エネが増えてシステムの慣性が不足すると周波数変化率 (RoCoF) が大きくなるので、RoCoF 要件の設定値を変更することが先行するアイルランドで行われています。日本でも現在広域機関や経産省で諸外国の先行事例を元に議論が進められています。(Task25 安田回答)</p>
5	日本の風力導入量からすると、風力の抑制比率が大きいと言われていましたが、何が理由なのか？何を工夫すれば良いのか？についてご意見ありますでしょうか？	<p>一般送配電事業者が決めていることなので、あくまで推測に過ぎませんが、理由として考えられるのは、一般送配電事業者が太陽光と風力を「平等」に扱おうとして抑制する発電所を振り分けているからだと考えることができます。ただし、導入率が大きく異なるこの2つの電源を平等に扱おうとすると「悪平等」になり、導入率が非常に低い電源種が非常に高い抑制率を被ることになります。Task25 が提案する評価手法を勘案しながら、この抑制発電所の振り分けの方針を変更するよう一般送配電事業者に求めるのが重要かと思います。</p> <p>(Task25 安田回答)</p>

Task25: 変動電源大量導入時のエネルギーシステムの設計と運用		
#	ご質問	回答
6	電力システムと水素エネルギー利用のリンクはありうるのでしょうか	はい、もちろんあります。それはセクターカップリング(部門間の統合)やエネルギーシステム統合(インテグレーション)という用語で国際的に議論されています。しかしながら、水素はあくまでセクターカップリングの選択肢のひとつであり、何より 2040 年前後に本格的普及が期待される技術であるため、まずは温水・冷水による熱供給・熱貯蔵や運輸(とりわけ電気自動車)とのセクターカップリングの議論の方が国際議論においても優先課題であることは留意が必要です。その点で日本の水素が過度に注目された議論は、エネルギーシステム全体から見てバランスや整合性が悪く、新たなガラパゴス化にならないか若干懸念しております。 (Task25 安田回答)

Task26: 風力発電のコスト		
#	ご質問	回答
7	風力発電コストについて日本で最近安い価格で落札された案件がありましたが、このデータも予測等に反映されてくるのでしょうか?	専門家意見による将来のコスト低減予測、風力の価値の評価、といった分野では、このような日本の動向も反映されていくと思います。 (Task26 菊地回答)
8	Task26 の 20 ページで菊池先生は発電コストを 20 円と記載されていますが、20 円には IRR10%が含まれているのでしょうか?もし含まれているのであれば、国の調達価格委員会で示した 29 円も同じ LCOE の計算式で計算したのであれば間違いということでしょうか? また、21 ページ目にコスト低減の評価例が記載されていますが、この各々の項目(例えば施工の効率化)のブレークダウン、根拠はあるのでしょうか? これを一つ一つ実現すれば今にも 9 円になるということでしょうか?	発電コスト 20 円/kWh には、IRR10%は含まれておりません。 29 円/kWh は、調達価格であり、発電コストではございませんので、正しいです。 効率化のブレークダウンにつきまして、風車大型化は既にリリースが発表されている風車、施工の効率化は現在の欧州での施工必要日数、国内で洋上風力専用船が完成することを根拠として計算しております。維持管理については陸上風力での調査を基としており、詳細は論文(Duffy,A. et al., 2020)をご参照ください。 これらを実現することにより、発電コスト 8~9 円/kWh を達成できると考えております。しか

Task26: 風力発電のコスト		
#	ご質問	回答
		し、実現には、時間が必要ですので、2030 年 前後を想定しており、今にもという認識ではご ざいませぬ。(Task26 菊地回答)
9	洋上風力では、秋田県、千葉県の 3 海域で の公募では、三菱商事を中心とする企業連合 が総取りとなりました。発電単価は、1kWh あた り 11 円台から 16 円台という結果でした。21 頁 の表を見ると、発電コスト 20 円/kWh をベース ラインとした時に、表にある効率化を図ること によって、今回の発電コストは妥当な金額設定 と言えるのでしょうか。	入札案件に関しては、提案内容を存じ上げ ず、私は妥当性を議論することが難しいです。 提案された供給価格だけをみれば、2030 年ま でに発電コスト 8~9 円/kWh をという国の目標 を、一気に達成した値と認識しております。(11 ~16 円/kWh 台は、発電単価ではなく、供給価 格になります。)(Task26 菊地回答)
10	(洋上)風力発電コストに関して、(海底)送 電ケーブルの敷設費用も含めて検討されたの でしょうか？	海底ケーブルの敷設費用も含めて、評価しま した。(Task26 菊地回答)
11	送電の為に電力網や系統接続に必要な電 池などの調整力を含めた統合コストについて 評価する予定はありますか？	Task53 にて評価する予定があります。 (Task26 菊地回答)
12	陸上風力発電のエンジニアリングコストの詳 細について教えてください。	発表内容に不正確な部分があったと思いま す。エンジニアリングモデルは洋上風力を中心 に開発されております。P.12 に示した陸上風 力コストの分析は、各国から集めたデータを基 にしたものになります。(Task26 菊地回答)
13	Task26 の P21 の低減評価の数値はどのよう に算定されたか、資料・論文などありますか。	スライド P.17 記載の第 43 回風力エネルギー 利用シンポジウム論文をご覧頂ければと思い ます。(Task26 菊地回答)

Task28: 風力発電プロジェクトの社会的受容性		
#	ご質問	回答
14	国内の計画されている洋上風力発電事業の状況を見ると、当初は漁業団体も好意的に洋上風力導入に対して賛同して、事業計画が進められていますが、ここ最近はこれまで賛同していた漁業団体が反対に回る事例のニュースをよく耳にします。なぜ、急に反対の姿勢になるのでしょうか。どのような要因から発生するのでしょうか。お分かりの範囲または先生をご意見をお聞かせ願いますでしょうか。	途中から態度が変わるということは漁協に限られた話しではなく町内会などでも存在するので、必ずしも特殊な現象とは言えないと思います。私自身が見聞きした類似例からの類推になりますが、当初は組合長など限られた方とのやりとりを通じて賛成という感触を得られていても、組合員の総意ではないことがあります。事業が進捗するにしたがってリスクについての懸念が顕在化し、反対に変わったということがあります。(Task28 丸山回答)
15	廃棄風車や風車の大型化などで社会的受容性が減少している傾向があります。革新的な付加価値についてさらに詳しく教えてください。	<p>風車の廃棄と核心的な付加価値についての 2 つのご質問かと思います。</p> <p>廃棄に関しては太陽光でも問題になっており、いくつかの問題があります。ひとつはリサイクルされているのもあるとは思いますが、例えばブレードや基礎などのリサイクルはなかなか難しい面があります。そういうことをまず情報公開することが大事だと思います。あとは、極端な想定に基づく話になりますが、実際の事例として、風車の倒壊によって事業者が倒産した結果、風車の撤去費用が出せなくて行政が費用を受け持ったということがありました。太陽光では、廃棄費用を強制的に積立てするようになっていますが、そういう方法を含めて廃棄に関する安心材料を提示することが大事だと思います。</p> <p>核心的な付加価値というのは難しいのですが、ひとつは、今後、地域貢献のプログラムについて深掘りしていくことに可能性があると思います。国内でも自治体に寄付するなど、地域貢献や利益還元をしているいくつかの事業者があることを理解しています。それは良いことだと思いますが、問題はそれがどのように使われるかということです。これは自治体側の問題でもありますが、それがそのまま観光協会の</p>

Task28: 風力発電プロジェクトの社会的受容性		
#	ご質問	回答
		<p>予算に流れているなどの事例もあって、そういう使われ方をすると住民の方も何に使われているか分からないということで、利益を実感しにくいということがあります。したがって、これからの知見として、ひとつは地域全体のためになるような教育や子供のためとか、インフラとか、北国だと除雪など、みんなのためになるようなことに繋げること、あとは、人材育成や風車メンテナンスの内製化に向けた投資的なこと、すなわち次の経済プロセスを作り出すための投資的なことが大事だと思います。さらに、地域新電力や自治体新電力などが増えてきており、地域の人たちが電気を使える仕組み、場合によってはダイナミックプライシングのようなものを設定して、風車が回っていると電気代が安くなるようなことに繋げていくことのようなことが、今後ありうることだと考えます。</p> <p>(Task28 丸山回答、ライブ)</p>

Task30: 洋上風車解析コードの検証 (OC6)		
#	ご質問	回答
16	<p>低周波域で、シミュレーションでは過小評価するということがあったが、最終的にどのようなモデル化、どのような境界条件を設定すれば、実現象を表現することができるということは、分かってきたのでしょうか。また、逆になぜこのようなモデル設定にすると、このような境界条件を設定すると実現象を表現することができるのかということも分かってきているのでしょうか。</p>	<p>風車浮体共振領域でのシミュレーションを高精度に実施することはまだ現段階では難しいというのが現実的な答えです。一方で、講演でも説明しましたが、現実の浮体では共振領域での応答が最大応答と関係ないことも多く、その場合には、現実的な設計用のシミュレーションとしては問題がありません。また、今回の IEA TASK 30 で使用した水槽実験での共振応答は、実験用の計測ケーブルの影響があることも指摘されており、実浮体の挙動とは異なる可能性があることにもご留意いただきたいと思います。(Task30 山口回答)</p>

Task30: 洋上風車解析コードの検証(OC6)		
#	ご質問	回答
17	セミサブ浮体の応答の実測と解析の比較図において、浮体ピッチ周期の応答が過小評価したとのことですが、風車運転時と停止時のどちらでしょうか？	この図は停止時に対してです。(Task30 山口回答)
18	風車の翼ピッチコントロールにより、浮体本体やタワーの揺動抑制制御により 減衰効果を得るシステムも考えられるのでしょうか	<p>風車運転時で、ピッチ制御領域では考えられますし、実際にいくつかの制御が提案されています。私の論文で恐縮ですが、例えば下記の論文を参照ください。</p> <p>この論文は着床式風車に対してのもですが、浮体式風車でも原理は同じです。</p> <p>Yamaguchi et al., Reduction in the Fluctuating Load on Wind Turbines by Using a Combined Nacelle Acceleration Feedback and Lidar-Based Feedforward Control, energies, Energies 2020, 13(17), 4558; https://doi.org/10.3390/en13174558 https://www.mdpi.com/1996-1073/13/17/4558</p> <p>(Task30 山口回答)</p>

Task31: ウインドファーム流れモデルのベンチマーク		
#	ご質問	回答
19	幾つかのウェイクモデルでいろいろなパターンのシミュレーションをやられているかと思えます。最終的に、何 D に設定するのが最適でしょうか。シミュレーションの結果からその辺の目安は分かっているのでしょうか。卓越風向の直角方向には、卓越風向と同じ間隔に設定する必要はないかと思えますので、例えば、ある風速に対応しては、卓越方向には何 D 程度、直角方向には何 D 程度のような、風速に対応した最適な風車間隔の関係は分かっているのでしょうか。	<p>風車間距離は、サイトの風況、配置、荷重、セクタマネジメント、建設コスト等を踏まえて、総合的に最適な距離を判断するため、すべてのプロジェクトに汎用的な最適値というのはありません。また、風速に応じて、最適な風車間隔が決まるという関係性はございません。ウェイクはスラストと関係があり、低風速の方が影響度合いが大きい(風速欠損が大きく、乱流強度が高い)ということはわかっています。</p> <p>(Task31 植田回答)</p>

Task31: ウインドファーム流れモデルのベンチマーク		
#	ご質問	回答
20	<p>垂直型風車は、水平風車に比べて発電効率が劣りトルクの非対称性による振動問題などがあるようですが、風向が変動する場合に有利であること、及び、ウインドファームにおいて高密度に配置することができウインドファームの風エネルギー変換効率が高くなる可能性などが論じられています。そこで垂直型風車の剥離抑制技術開発や実装可能性について、ご専門の方のお考えをお聞かせいただければ幸いです。</p>	<p>IEA Wind Task31 流れモデルのベンチマークの中では、垂直軸風車は対象としていませんが、Task27 高乱流サイトにおける小形風車（タスク終了）、Task41 分散型風力では対象とされていると思いますので、そのご専門家にお伺いしたり、それらのタスク出版物をご参考にされるとよいと思います。</p> <p>ウインドファーム内に高密度に風車を配置すると、ウインドファーム内の風速が低減するため、効率は低くなる可能性があると思います。（task30 植田回答）</p>

Task32: 風計測ライダー適用に関する検討状況		
#	ご質問	回答
21	<p>風計測ライダーについて、例えば 5×5 で正方形に 25 基並ぶウインドファームの場合、LAC ライダーは卓越風に向いている 5 機に搭載が必要になるのでしょうか？</p>	<p>ピッチ、ヨー制御とも、現行風車で個別に制御されているので、lidar-assisted になる場合も個別に採用されると考えています。（Task32 今城回答）</p>
22	<p>ナセルライダーを実際に搭載することによってヨーおよびピッチ制御をした風車とナセルライダーを搭載しない風車を比べるとどの程度発電効率がよくなったというデータはあるのでしょうか。また、現在のナセルライダーの利用目的の現状はどのレベルなのでしょうか。パワーカーブに沿った発電性能が得られているかを確認する程度にとどまっているのでしょうか。</p>	<p>発電効果としてはヨー角で数%という報告あります。</p> <p>また、ピッチ角については、発電効率改善はほとんどありませんが、ブレードへの荷重低減効果が 10~20%の報告あります。</p> <p>利用目的については、上記性能改善を見込むべく、中国では 1000 台レベルで導入が始まっています。欧州はまだ、国プロレベルで検証中です。（Task32 今城回答）</p>
23	<p>LiDAR における乱流強度計測において、電安課の工事計画届出にも使用できるものは、どの LiDAR になるのでしょうか。LiDAR 個体の精度確認のため、気象マストは必須なのでしょうか。洋上での精度確認方法はどのように行うのでしょうか。</p>	<p>電案課の工事における要求が理解できておりませんが、乱流計測においても気象マストとライダーで第三者認証を受けた装置と評価手法を適用すれば、ライダーのみで大丈夫と思います。（Task32 今城回答）</p>

Task32: 風計測ライダー適用に関する検討状況		
#	ご質問	回答
24	認証は個体毎に必要でしょうか。もしくは、機種毎で良いのでしょうか。	機種毎です。(Task32 今城回答)
25	ドップラーライダーが、より実験や実証試験を積むと、乱流などの発生の予測が出来るようになるのでしょうか??	現在、ライダーで進めているのは到来風の予想程度で、乱流までは進んでいません(もちろんスコープかと思います)。なお、task36 で forecasting があり、そちらでも風況予測は進めているようです。(Task32 今城回答)