

風況に応じた風車機種選定

皆さんはこの項のタイトルである「風況に応じた風車機種選定」という文言に接してどのような印象を持たれるでしょうか？

風車、風力タービンは当然のことながら風、地表大気を構成している空気の運動エネルギーを機械的な回転エネルギーに変換する装置であるわけですから基本事項として入力となる大気の運動エネルギーをできるだけ多く取得できる方がいいに決まっています。ここでは話を単純化するために水平軸のいわゆるプロペラ型風力タービンを前提に話を進めますが、大気の運動エネルギーをできるだけ多く取得するためには仮想的な受風面となるロータ回転面直径が大きいことが有利となります。もちろん、タービンを構成する部材の比強度等の現実的な制約もあり、ロータ回転面直径の大きさには自ずと限界がありますが、これまでの風力タービンの歴史の大きな流れとしては大型化の一途であり、今後もこの傾向は継続することでしょう。

風力発電事業を事業性の観点から見ればスケール・メリットの効果を生かせる範囲における風車の大型化は歓迎するところではありますが、それに伴う付帯業務の困難さや、乱流条件下におけるタービンの耐性についての評価を厳密に行う必要がこれまで以上に生じてきます。

そこでここではその乱流が風力タービンに与える影響と、それを念頭に置いた風車の機種選定について述べることにします。

一概に乱流と言ってもそれは大気擾乱が流れにのって（時間変化を伴って）ある物体に相対的に作用する流れ場の状態を言うのであって、その大気擾乱の生じる原因としては、熱による対流現象、地形や物体表面の勾配変化による剥離現象などがあり、とりわけ風力タービンにとって考慮すべきは複雑地形による気流剥離とそれにより発生する渦のロータ面内への流れ込みである。このロータ面内へ流れ込む渦は、その軸となる方向、大きさ、周期も様々で、それがロータ面内の瞬時の三次元風速分布に時間変化を与え、ロータ荷重の単位時間あたりの大きな変化と時には過大な極値を与え得るのです。

では、これらについてタービンの設計ではどのように取り扱われているのか？と、言う疑問が生じるだろうがその答えは、厳密には考慮されていません。いや、考慮できないと言うべきであろう。そうはいつても、全く考慮されていないということではなくて、設計時の強度解析に用いる幾多の荷重条件の中で、ある単位時間あたりの風速の変化の度合いを

大きめに考慮するなどの手法が、いわゆる設計要件などに記述されているのみです。加えて、その設計要件の中では乱流の最大要因となる複雑地形について、対象となるタービンのハブ高さとそのタービンの風上側地形の起伏高さおよび平均化した地表面の傾きとを比較することで複雑地形と定義し、対象となるサイトの条件が複雑地形の定義に合致するのであれば、乱流強度の取り扱いを慎重にするように要求するのに加えて、結局は、計測結果や解析結果に十分な精度が得られる見込みがないのであれば「我々に相談しなさい」と、言っているのみなのです。

このように、今や、いや、かなり以前から事実上の標準的な風車設計の教科書とも称しうる設計要件を発行して、それに基づいて設計されたことを検査して認証を与える機関ですらそのような状況であるわけです。およそ自分たちで風車を満足に回した経験の少ない設計者達は、この設計要件を満たす風車を設計することにのみ集中してしまうわけで、そうしなければ認証取得もできないわけですから致し方のないことなのですが、その設計要件に記述されていること以外のことには思いを致すことができないのも無理のないことなのです。

そのような設計者達が設計したタービンは、もちろん、認証を取得しているものでは、あくまで計算上の話ですがある一定レベルの設計強度は有しているものと判断しても差し支えないでしょう。しかしながら、先ほど述べたように複雑地形に起因する乱流についての考慮はなされていないに等しいと言わざるを得ません。もちろん、その設計者達に問い質せば乱流についての考慮はしていると真顔で答えるでしょうけれども、問題はそのレベルなのです。そのレベルが、あるサイトの条件に比して不足しているとすれば、そのサイトの開発におけるタービンの選定において乱流を考慮していないことと同じ事と考えて良いでしょう。

今、上市されている風力タービンのほとんどが上述を背景として設計製作されたものでありますから、それらをいわゆる複雑地形の乱流サイトで用いることは厳に戒められるべき事柄なのです。

風力タービンメーカーとしてみれば、これまでの市場は概ね複雑地形ではなく、乱流地域のサイトを対象とした風車を開発する必要がなかったわけですから当然のことであり、それらを無理矢理にでも乱流サイトに設置しようとするのであれば、乱流による危険性の存在を知っていようといまいとそれは設置者の問題です。ただ、メーカー及びその代理店においても真摯な検討をして設置者に適切な助言ができなかったとすればその責は免れません。では、どうすれば設置者（風力発電事業者）として適切な風力タービン選定が叶うかという、それには下述のプロセスが必要です。

その地の風況（年間平均風速など）が概ね採算ベースに乗りうることは当然として、まず、第一に複雑地形による乱流の生じうるサイトであるか否かと言うことの判定が重要です。この判定のために、非定常解析ソフト **RIAM-COMPACT** を用いた地表面付近の気流シミュレーションが極めて有効です。ここで重要なことは、対象とするサイト内の地形に加えて注視しなければならないことは各風向毎の風上側の地形です。要するに、サイト付近の地形も複雑地形であるかどうかということです。もし、そうであるならばほとんどの場合乱流は生じますから、風向毎、風速階級毎の気流シミュレーションを実施して、タービンの運用上悪影響を与えうる乱流の可能性を知る必要があります。それらによってそのサイトで運用しても問題のない、または、問題の少ないタービンを選定し、かつ、必要があるならば風向風速階級毎の運転可能範囲を策定します。それら条件を加味して経済性検討を実施し直してもなお、経済性が保たれるのであればサイトの開発を進めることが可能となります。

既に述べたように、今現在、どのようなサイトでも安心して運用可能な風力タービンなど存在しません。無いのであれば造ってしまえ、造れ！と言うことになりますがこれは一朝一夕に事は運びません。ですから、既存のまたはこれから上市される風力タービンの中から選定せざるを得ないわけですが、これを確実に実行するためには豊富な知見を要します。とりわけ、設計、組立、建設、実際の **O&M**、トラブルシューティング、大規模補修などの経験を有した者でなければ実行不可能でしょう。

それぞれのタービンは設計の段階で、各部位毎の荷重について各荷重条件毎に大きく分けて終極荷重と疲労荷重とに計算されます。それら荷重が各部材に生じたとき、強度的に最も厳しい部分、材料裕度の最も小さい部分についてあるレベルを下回ることはない事が求められるわけですが、この裕度について、風車のどの部位にどれだけ余裕を持たせるべきかと言うことが設計的には重要なわけです。設計の心では、最小限達成すべきレベル近辺に裕度を揃えることが、いわばコスト低減につながると盲目的に信じられており、それがまた評価にもつながったりするわけですからその設計の心を咎めることはできません。

一方で、乱流サイトでその風力タービンを運用しようとする側にとってはタービンのどの部分にどれだけの裕度を有しているのかを見極めた上でタービンを選ぶことが重要になってきます。なぜならば、乱流サイトでは、タービンが設計された風況条件を超えた乱流が生じうるわけで、その程度と頻度によっては、決定的に疲労寿命が短縮したり、場合によっては部分的な破壊を生じさせてしまう危険性があるからです。

詳細な設計データがメーカーから開示されることは先ず有り得ませんが、サイトの開発を行っている段階のタービンメーカーとの折衝でそのタービンのある部位について懸念を持った

ときに、その部位の設計的な裕度が十分であるかどうかを間接的に見極めることは可能です。その為にも独自の気流シミュレーションを実施しておいて、タービン・モデルに入力する特殊な荷重条件を算定しておくことが肝要です。

ここで必要なことは、

- タービンの構造について熟知していること
- タービンの強度設計について熟知していること
- サイトの気流状態について把握していること
- O&M について熟知していること
- 乱流サイトにおける経済性算定について熟知していること
- メーカーとの契約条件等に熟知していること

これら知見を駆使すれば、乱流サイトに設置しようとするタービンの選定を進めることができるのです。