

風力水素

勝呂 幸男

日本風力エネルギー協会

102-0091 東京都千代田区北の丸公園 2 番 1 号
財団法人 日本科学技術振興財団 振興事業部内

Wind hydrogen Systems

Yukio SUGURO

Japan wind energy association
c/o Japan Science Foundation

2-1 Kitanomaru-kouen Chiyoda-ku Tokyo

Wind-Hydrogen system is one of the ultimate renewable energy for human being. There are many good wind areas around the world, but no transmission lines being exist even today. This report describes Wind-Hydrogen Systems today and future with collaboration each other and indicates final goals. This paper also introduces some new design concept and business idea about wind-hydrogen systems.

Key Words: Wind-hydrogen system, Wind turbine, Wind farm, Hydrogen generating system, Wind conditions

1. はじめに

風力エネルギーで水素を製造するシステムを本稿では風力水素と呼ぶ。我が国でこの風力水素の具体的研究は30年以上前から行われていた[1]。その後も研究は継続されており、その代表的なものに WE-NET の研究がある[2]。

風力発電装置では風車本体を含め機器の大型化を筆頭に、系統連系のために大容量風力発電所の建設や蓄電池併設による出力変動削減研究、運転手法等各種の技術開発が進んできた。また水素製造装置においては製造装置の効率改善、水素の貯蔵や輸送に関しても多くの研究が進んできた。各機器の進歩と運転経験から多くのことを学んできた。

その結果、風力水素の目標である最終製品の水素コストを安価に且つ多量に製造するためには、最適な設置場所の選択と、製造された水素を消費する市場の整備が重要であることを改めて認識した時期でもある。したがって風力水素は国内で完結するサイクルではなく、世界中の最も風力資源の良い所で、厳しい気象条件や社会資本の整備充実要求といった困難さを克服し、水素をエネルギーキャリアーとして消費地に送る構想を作り上げることが必要で、それが達成できれば世界の環境とエネルギー問題に貢献することが明確になった。今こそ、このような構想を実現させ、新しい社会のエネルギーシステム

を構築すべき時期であろう。

風力水素は環境問題解決に用いられている効率改善や原料変更で二酸化炭素等の排出量を減少させる改善型ではなく、根本的に温暖化ガス、又は排出ガスを無くするという積極的な解決手法である。この意味からも風力水素技術を完成させることが、真の環境対策機器となり、我が国と世界のエネルギー供給に係る安全保障をも担保することにつながるものと確信している。

本稿は現在の風力水素の状況や、世界中で行われている風力水素の実情を簡単に紹介する。

風力水素と呼ばれるシステムを簡単に述べると、①風のエネルギーを風車で電気に変換し、②電解槽内で水を電気分解して水素と酸素を得ようとするものである。代表的な風力発電装置の外形図を図1に、市販されている電解槽の外形図を図2に示す[3]。

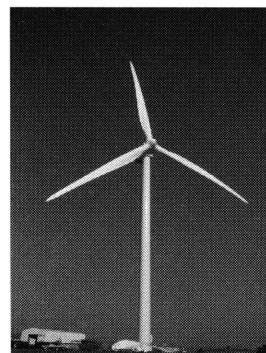


図1. 風車の外形

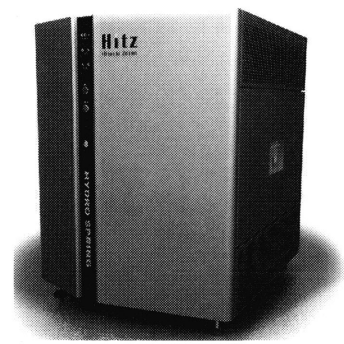


図2. 市販されている電解槽

風力発電装置は今日非常に進歩したものとなっており、10年以上前の風力水素の可能性調査に示された風力発電装置の評価は、WE-NETの報告が代表するように、多くの問題点が指摘されていた。しかし、今日までの風車の技術進歩は凄まじく、今日では単機容量は商用機で6,000kWに達している[4]。特に、大型風車は洋上に設置する需要が増加しており、その容量は今後も増大すると思われる。洋上風車では輸送のことを陸上用ほど考慮する必要がないから5,000kW、10MWの計画は多く、最近では15MWや20MWの風車開発に着手するといった状況である[5]、[6]。他方で、風力発電による電力には不安定な出力や電圧変動、周波数変動等の問題点が指摘されてきた。

風力水素で採用される水素製造装置は電解法である。電解法は多くの製造方法が知られているが、どれも水素を作るためにはエネルギーが必要である。そのエネルギーは水を分解して水素を作る際に用いられる。この製造法のほかにも高温で水分子をバラバラにする熱分解等があるが他の資料を参考にされたい。その規模はまだ大きなものはない。また基本的に電気の品質は通常の電力レベルが用いられており、各メーカーが各種の電解式水素製造装置を販売している。電解に用いる電気は風力発電装置による方法は勿論、原子力や化石燃料、その他の再生可能エネルギー機器などからの発電で得られるが、高温の熱源としては原子力、太陽熱などが考えられおり、多くの研究者がその効率向上やコストの削減に取り組んでいる。水素製造の電解槽については別稿を参照されたい。

2. 風力発電装置の現状

2.1. 風車導入量

現在までのわが国の風力発電導入量は、1997年頃から急増し、2010年末では約230万kW(台数は1,743台)に達したが、国が目標としていた300万kWには届かなかった。

しかし、現在我が国政府は再生可能エネルギーの導入促進を図るよう再生可能エネルギーによる電力の全量買い取り制と、購入価格を一定にするFIT(フィードインタリフ)制の導入を検討している。

一方、世界の風車は中国の台頭等もあり風力発電総設備容量は予想を超える勢いで拡大を続けている。その数

は2009年の統計で1億6千万kWにまで達した[7]。今後もさらに加速的に増加すると見られているが、これらの予想に風力水素は入っていない。しかし英国のように海上に風車を設置し、その電気で水素を作ることを目標としている国もある。図3に世界の風力発電設備の導入状況を示す。

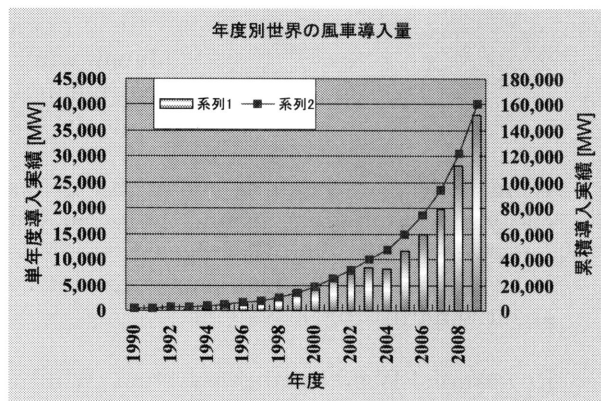


図3. 世界の風車導入量

2.2. 風力発電装置の構造

今日まで広く建設されている風力発電装置は発電用であり、装置図を図4に示す。風力発電装置の中心である風車は風を受ける翼とその力を回転に変えるロータヘッド、回転力を電気力に変換する発電機があり、発生された電気は必要な変電所や系統連系盤を通り輸送用電線に連携され消費地に送られる。したがって発電機自体は交流発電機が採用されてきた。



図4 風力発電装置

風力発電装置はこのほかにもBOP (Balance Of Plant)と呼ばれる各種の施設や装置があり、数10台から数100台の風力発電装置を設置して電気を製造している集合した風力発電装置をウインドファームと称し、これを風力発電所と称している。このような施設を作ることによって発電コストを低減してきた。

2.3. 現在の風車用発電機

発電機には多くの種類の交流発電機が使われてきた。しかし大型風車は、Doubly-Fed 型と呼ばれる巻き線式 2 重界磁方式誘導発電機と同期発電機を採用した構造が標準的である。何れの形式も可変速運転を行って風荷重の低減を図っている。Doubly-Fed 型誘導発電機は回転数の変化分を二重巻き線の送電で補完し、同期発電機では発生した電気を全量インバータ・コンバータで制御し系統に送電する。即ち、今日の風車は回転数可変方式の採用で風外力低減を図り、機器強度を確保し、且つ性能の向上を図っている。同期発電機では回転子に永久磁石を用いるものと巻き線式のものがある。

一番初期に多かったかご型誘導発電機を用いた風力発電装置と可変速同期発電機+インバータ・コンバータの風力発電装置の出力計測結果を図 5 に示す。

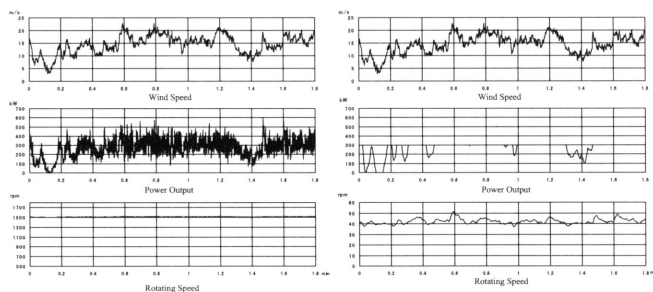


図 5 風車の出力変化

(左:誘導かご型, 右:同期+インバータ・コンバータ制御)

本図からわかる通り、今日の風力発電装置出力はその出力電気変動を小さくすることが可能となってきた。加えて、実際の風力発電所は多数の風車を設置するようになったので個々の風車出力に変動が発生しても、発電所全体では台数の平方根に比例して変動を抑えるから、従来の少数風車設置に基づく特性とは大きく進歩している。

2.4. 風力水素の現状

水素製造装置に用いる電力と風力発電装置の発生する電気に関する検討は、今まで個別に議論されてきたから、実際の状況を反映することが出来ていなかった。また、風力発電装置による電力供給を水素製造装置に単独で行った例は少なく、また行われていたとしても風車の数が少ないことや、500kW 程度の比較的小型の風車で試験が行われていたから、電力変動による各種の影響を研究したものは殆ど無かった。

一方、水素を他のエネルギー資源に代わるものとする

には風力水素で生成されるコストを低減することが必要である。その為には、風車で安い電気を発生させて水素を製造する必要がある。この目的を達成するには、世界の強風地域に大量の風車を設置して水素を製造し、消費地にその水素を安価に輸送することが必要であるから、大規模化、風力水素への集中化、風車と水素製造装置の大量生産によるコストダウンといった対策を打つ必要がある。したがって、一定規模の風力水素装置や社会資本が必要であり、長期の運転や保守等を考えると 5~10GW 級を考慮する必要がある。現在の石油に代わるエネルギー源となろうとすると、100GW を越えるプロジェクトを成立させる必要がある。価格に関する検討はパタゴニア風況調査報告で一例を示しているので参考にされたい[8]。

2.5. 風車と水素製造装置の検討課題

風力水素においては風が止むと発生電力が下がるし、風が強くても変動が大きいとその出力変動は大きくなる。そのような供給電気条件で、安定した水素製造、即ち a. 高効率で水素が得られるか、b. 水素製造装置各部への機械的強度や化学的強度が得られるか、c. 各機器の長期運転を安定して行うことに影響が出ないか、と言ったような多くの点での研究が必要である。これには現状の発電用風車の単独運転、ウインドファームとしての風力発電所の長期にわたる運転経験を観測し、電解装置の変動電力下における挙動や強度、寿命等に注目して、最適な運転条件を探る必要がある。

このような検討のもとに最適な機器開発が行われることで風力水素の信頼性の向上とコスト低減が可能となり、製品の競争力を強化することとなる。

2.6. 今日稼働している風力水素研究施設[9]

世界の多くの地域で風力水素の研究施設が稼働している。我が国では三重大学が風力発電装置と水素製造装置とを系統線を介して電力供給を行う試験が行われていた。

米国においては、コロラド州にある National Renewable Energy Laboratory (NREL) で、風力エネルギーと水電解槽を結びつけて水素を生み出す実験が進んでいる。電解槽としてはアルカリ水電解と固体高分子水電解の両者を効率の面から比較、検討している。

スペインでは、風力エネルギーが積極的に利用されている。例えば、モロッコ沖の大西洋にあるカナリア諸島では風力・水素開発 ITC (Instituto Tecnológico de Canarias, Canary Islands Institute of Technology と呼

ばれる地方政府) 所属の研究所が現状 150MW ある風力発電装置を 2.5 GW に増強する開発計画を持ち、その出力を電力、海水淡水化、水素製造を行い燃料電池と結びつけて、島全体の脱化石エネルギーを目指す計画である。またこの電力は水資源の少ない島の飲料水を製造する風車—逆浸透による純水製造システムを設置しており生活になくってはならないものになっている。また、スペインサラゴサで実施中の IOTHER プロジェクトは HIT (スイス) の新型電解槽を設置して実験が行われている。

ギリシャにおいては風車を直接電解槽につなぎ 500kW 風車を用いて風力水素の実験研究を行っている。報告が IEA の会議であったが、実験結果の詳細は明らかにされていない。ただし、ギリシャは比較的風力エネルギーに恵まれており、アッチカ半島を中心の 2010 年までに 3.4GW の開発計画がある。このスニオン岬のオリンポス宮殿の近くに 3.4MW の Wind Farm があり、その中で 500kW をベースとした風力—水素プロジェクトが進行中である。水電解はアルカリ方式と固体高分子の両者があり水素貯蔵は気体タンクとともに金属水酸化物も試されている。蓄えた水素は燃料電池を利用して電気に戻される。

3. 風力水素に関する考察

風力水素に適用する風車を考える。発電用に設計された現在の風車を、そのまま利用して水素製造装置に電気を供給することは、技術的には確立しており一番簡単であるがコスト低減に繋がり難いと考えられる。現在、比較的安価の風力発電プラントは米国に設置される場合であるが、その電力価格は、概ね 3.5¢/kWh の電力料金に 1.5~1.9¢ の税還付制度があり実質的電力料金は 5.0~5.5¢/kWh で系統連系されている[6]。

しかし風力水素プラントを計画すると、この価格以下にする必要があり 2¢/kWh 程度の電力料金が目標と言えよう。この目標に到達するためには風車を水素製造装置専用に設計製造する必要があると考える。このような専用設計は、建設場所が強風地域に設置されることや系統連系線網の建設が必要であるという条件を考慮して長期間の運転を事故や故障が無く行えるようにするメリットもある。

また、風車の新規開発費や系統線費用を吸収するために、プラントを大型化して、中心に水素製造装置を設置

する必要があると考えられる。加えて、風力発電装置の輸送と建設の費用も少数の建設では高騰するから、風車等機器は勿論、翼やタワーといった大型の機器を建設場所周辺の工場で製造することを考慮する必要がある。もし工場が無い場合には建設地の近くに工場を建設し、その費用を回収できるような規模にする必要がある。このような計画を持たないとコスト的には厳しいものと推察される。

したがって、風力水素の場合は計画の前述の通り、当初から少なくとも数百台、通常では 2 千台前後の風車を建設することを考慮しプランを作ることが必要となるであろう[8]。

以下に風力水素設置に関する諸考察を示す。

3.1. 風力水素装置の設置場所の決定

前述のようにエネルギーは風の動きであるから風力水素装置を設置する場所には大きな制約がありその第一は年間を通して風の良く吹く地域である必要がある。また、出来た電気を運ぶための系統線が必要である。電解槽で製造された水素は一時的に貯蔵や保管しておき、消費地に運ぶ必要があるから道路や港湾の整備、そして最後に消費地で水素を受け入れるための社会資本が必要である。ここでは風力水素装置の設置に関する考察を示す。

3.2. 高風況地域の選択

風力エネルギーを得るためには強い風の地域を選定することがスタート点である。風力関係者はそのような地域を調査してきた。今日では世界的な風況地図が今では手に入れることが可能である。参考に 3Tier が発行している風況予測・観測地図を図 6 に示す[10]。

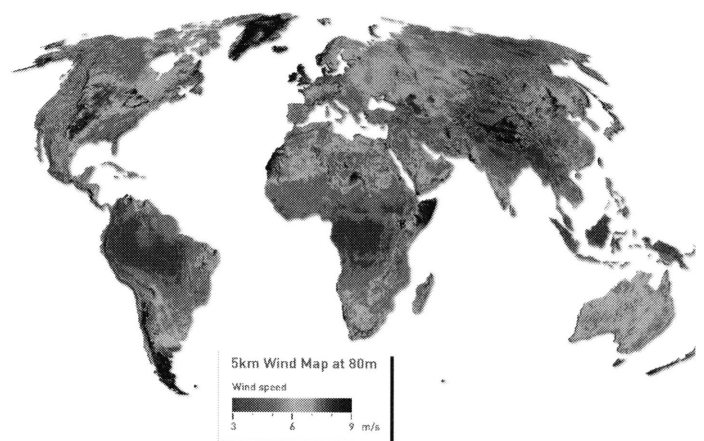


図 6. 世界の風況地図

まだ多くの強風地帯で開発されていないところが広く世界には存在する。水素エネルギー協会が今まで各種の調査を行ってきたパタゴニアも同様に、強風地帯であるが開発されていない地域の一つである[9]。英国はグレートブリテン島の周辺に洋上風車を設置し水素を製造しようとしているが、風況が良いこと以外に、これまでの北海石油掘削の実績と、風況観測結果を基に風力発電装置の設置を検討し、それに造船技術やリグの設計技術等多くのノウハウを適用することで、代替石油産業として最も強力で実現可能な再生可能エネルギーとして国が推進することを決めたと思われる。自国の技術力を勘案して方向性を探すことも重要な事である。

3.2.1. 年間平均風速と乱流強度

風力水素の回収エネルギーと強度は風況観測の結果から予知できる。風車設計は、通常世界標準ともいえる IEC 61400-1[11]の風況による風車設計の分類を用いる例が多い。本基準では各 10 分平均の年間平均風速が、10m/sec、8.5m/sec、7.5m/sec と三つの値で分類されている。

因みに我が国では多くの地域で年間平均風速は 7.5m/sec 以下である。

また、風速と同様に風車の疲労を与えるファクターとして乱流強度がある。乱流は平地のようなところでは少ないが我が国のような山岳地形のところでは平均的に大きい。このような建設地域の地形や地勢を理解して風況観測と共に乱流量を正確に行い、運転後に風車が遭遇するであろう各種の運転状況での疲労今日の検討の精度を向上させることが大切である。

その際には前述の通り、風向と風速及び乱流強度は少なくとも 1 年間以上計測し、挙動を解析する必要がある。上述の分類に沿った年間風速分布図とエネルギー分布を図 7 に示している。

この図には、年間風速がもう少し高い 10 分間平均風速 12m/sec の場合を合わせて記載している。

年間風速分布は建設後のエネルギー発生を示すから、プロジェクトの採算に直接影響するし、長期の運転における疲労損傷検討の基礎データであるから、乱流強度と建設地域の地形調査と合わせて詳細に観測することが重要である。その結果を風車の設計に反映することが風力水素の設置においては、エネルギーの回収と同様に重要である。

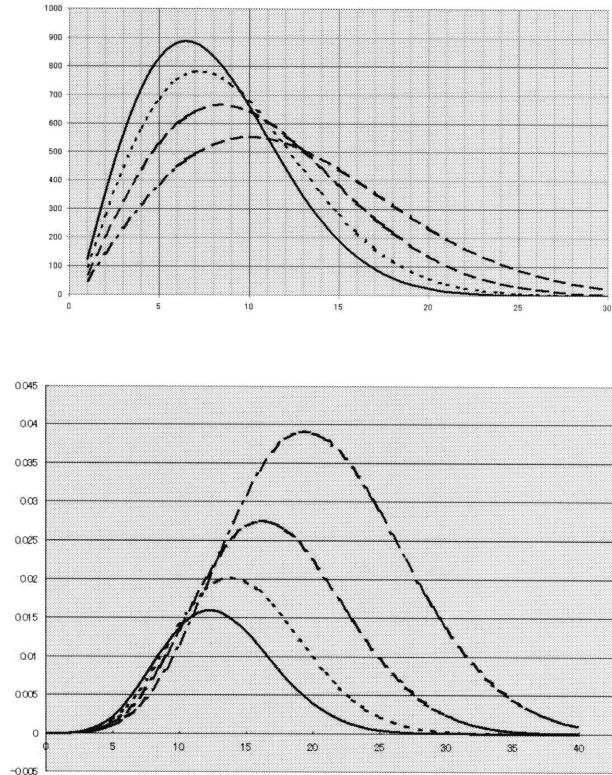


図 7. 風の年間レーレー分布とエネルギー分布
上；年間風分布 下；エネルギー分布

- ・横軸は風速，縦軸は指数である。
- ・実線 7.5m/sec，点線 8.5m/sec，長点線 9.5m/sec，一点鎖線 12m/sec

3.2.2. 強風や突風に関する計測と評価

回収するエネルギー量は概ね年間平均風速で決まると言えるが、その期間に故障や事故が無く運転されるといふ前提がある。

風車は通常 20 年程度の寿命で設計されるが、その間に風車の停止に至らないように、長期(少なくとも 50 年間)の風況観測結果や解析から、1 年再現期待値の 10 分間平均最高風速値と、50 年期待値の最高風速値、および 50 年再現期待値の 3 秒間突風到達値等の極値統計についての考察する必要がある。

この考察を詳細に行わないと、低気圧の発生や台風、又はハリケーン等で風車は故障し、甚だしい場合は故障や損壊に至ることもある。我が国の風車で経験している多くの問題はこのような極値統計の検討が不足してきたことにも起因していることは承知の通りである。

これらの解析には前述の通り、一年以上の気象計測を建設予定場所で行うとともに、近くの気象台等風況観測

基地の長期風データを参考にしてデータを取りまとめる。毎年の平均風速は当然変動するし、強風の発生も毎年異なる。風力水素の建設は短期間でその採算が確保出来ないからこのような長期予測がプラント採算や強度検討を左右する。

3.2.3. IECの標準分類を超える高風況サイトの例

今までの水素エネルギー協会の調査によれば、アルゼンチンのパタゴニア地域では10m/secを越えるような風の吹く地域もある非常に有望な風力水素地点である。

パタゴニアは南極周りの地衡風がアンデス山脈で冷やされ、それが流れ込む地域で、非常に安定した西風が常に吹く地域で図6に示すように特に南に行くとき強い風が吹いていることが理解される。

しかし風が強いことで人が住みにくく人口は少ないから広大な土地が活用できる。また、地形は概ね平らであるから、単に風エネルギーを考え、風力水素の建設を考えると最適な地域の一つであろう。その為に我が国だけではなく、欧州の人たちもその潜在エネルギーの大きさに興味を持っているが、米国の商務省も興味を持っていると聞いている。

一方で、強風のゆえに今までパタゴニアに建設された風車の多くで故障の発生が続いている。建設直後の数年間は稼働率が非常に高いが、5年を過ぎたころから故障や事故が頻発している。このような状況を見るにつけ設置する風車の選択には事前の風況観測と解析、設置する風車の適切な選択が如何に大事であるかがわかる。

3.3. 広い土地と社会資本

風力水素は大型風車を多数設置し、水素発生用電解槽と製造された水素を輸送用に加工する各種の装置を設置する場所が必要になる。幸い強風地域は人があまり住んでいないから広大な平地に変電所と水素製造工場を設置する必要な敷地は、通常は確保出来ると考える。

また、機器を輸送するためには十分広くて安定した道路が必要であり、また機器を輸送し陸揚げするための港湾整備も必要になる。風車の回転直径軸高さは地表80m以上になるから大型のクレーン等の機材が必要になる。日本のような高密度の人口の多い地域ではこのような要求を満たすことは難しい。したがって英国では洋上に風力水素を建設することで、この問題を解決しようと考えている。

製造された水素を消費地に水素を運ぶための港湾設備も重要である。洋上風車に水素製造装置が併設されるの

であれば、輸送船を風力発電装置と併設される水素製造工場の近くに各装置の運転保守を行う資材輸送用施設に水素積み込み基地を作ることで問題は解消されよう。

3.4. 十分な水資源

また電解槽を運転するためには水で、十分な水量を持つ河川の存在も合わせて必要である。取水した水を濾過又は必要洗浄度まで精製する装置を考慮すると、相当の水が必要になると思われるがそのような自然条件も考慮する必要がある。今日では海水を電気分解して水素を得る技術も開発されていると聞か[12]、何れにしろ水源の確保が必要で、洋上風車から水素を得ようとする場合以外は事前に十分な調査が必要となる。

4. 風力水素に向けた風車

4.1. 風力水素に向けた発電方式

今日の風車の代表的な構造例を表1に示す。

表1. 風車の各種技術

流体力学的考察	揚力型	抗力型	各項目はそれぞれ独立している。
形状	水平軸式	垂直軸式	
用途別	発電用	機械駆動用	
(発電用区分)	誘導型	同期型	
速度別	恒速式	変速式	

これらの各技術は個々に採用されているが大型風車では青線で囲ったものが使われている。

風車には多くの形式があり、各製造者が独自の構想から設計製造を行っている。しかしながら大型の風車構造は揚力型・水平軸で発電用が主である。発電機は既述のように Doubly-Fed 型誘導発電機と全量インバータ・コンバータを用いた同期発電機が主で、可変速化が図られている。

風車の構造は高性能であることは当然の要求であるが、それにも増して運転中の故障や事故の発生を防ぐことが重要であるから、その決定に際しては多くの観点から考察し、その設計概念を明確にする必要がある。

風力水素製造を考えると、送電線系統が十分な容量で設置されていれば誘導発電機の設置も考えられるが、建設場所が電力消費地から遠く送電線網が十分な容量を持たない地域に建設されると系統連系が出来なくなり誘導発電機が採用出来ない。このような系統から離れた地域に於いては風車が単独で運転するためには同期発電機

の採用が不可欠である。同期発電機を用いた系統から独立風力発電装置は既に離島等用の配電線供給と海水淡水化装置用電源に使われている例がある。同期発電機には巻き線式と永久磁石式がある。

4.2 今後の風力水素用発電機

今までの風力発電装置では交流の電気を系統に供給することが主目的であったから、また発電機等の電力機器や送電施設も交流用に作られてきた。機器が小さなときは誘導発電機であったが、容量が大きくなるにつれて可変速機器を導入するなど最も経済的なシステムであった。また近年は大型化が始まり可変速で周波数をインバータ・コンバータで制御する機器が増加している。

ここで風力水素の観点から大型風車を考えると、電気分解を行う水素製造装置において必要な電力は直流であるから、現在の大型風力発電機をそのまま採用すると考える。すると、風エネルギーを交流の電気に変換した後、系統連系する為に一度直流に変換し再び交流に変換するというインバータ・コンバータ装置で、周波数と位相を系統のそれに合わせるように制御して連携している。しかし水素製造装置が欲しいのは直流であるから、直流発電機を採用することで、理論的にはこれらの変換装置を省略することが出来る。

今日まで直流発電機はその構造から、スリップリングを用いるために、その信頼性から保守作業と定期的な交換を余儀なくされてきた。しかし、今日の大型風車の主軸回転数は空気力学的な考察から相当低回転数になっている。単純に参考値として言えば、15rpm程度まで下がってきている。このことは直結式風車であれば電力取り出し用のスリップリングを少径化した部分から取り出すことで周速を抑えることが可能になり、摩耗量の減少を図ることが可能になる。

この様に、風車の実際の運転状況電流や電圧の最適選定等を行うことで水素製造装置に向けた発電装置を考えることが可能になると思う。

4.3 風力水素用発電機と電力系統の課題

上記のようなアイデアが風力水素製造用発電機に適用されれば、発電機のコストダウンと効率向上に役立ち、水素製造コストを安くすることが可能になる。即ち、風車と水素製造装置を一体化した風力水素装置の開発やその機器構成にもまだまだ多くの可能性を秘めていると考えられる。例えば適正台数の風車と1台の水素製造装置との最適な組み合わせとか、カナリア島で行っているよ

うに風車出力をすべて電気として建設場所近傍を一つの系統として構築し、ある部分は電気そのもので消費し、ある部分は海水淡水化装置に用い又は飲料水製造用の浄化装置機械駆動源として用い、ある部分は水素発生素須地の電源として用いるといった配電装置をミニグリッド又は地域スマートグリッドの概念で運転を行うことを目指すといったことが考えられる。

発電機の構造で述べた直流化を図る方式以外にも数多くのオプションがあるが、逆に言えば多くの可能性があると考えられることで、今後の関係者の開発を期待したい。

4.4 水素製造装置の電氣的な課題

水素製造装置の周りを電気に関して風車の電気を直接・間接的に採用する場合に、次のような問題点又は研究が必要ではないかと思料する。

即ち、

- a. 電解槽に配置される極に流れる電気の質による効率への影響、
 - b. 機器各部の運転時間のへの影響
- 等である。

今日まで風力水素と呼ばれる機器の検討は世界各地で行われてきているが、その電力供給システムの多くは風力発電装置から直接電解槽に供給されることが少なく、多くは系統に連係した後に電解槽に供給されるシステムであった。したがって通常の電気系統から電気供給を受けるのと状況は同じで、上記の電気変動に関する研究や検討が行われた例は少ない。今後風力水素を推進する上では、従来の風車の仕様に囚われることなく、高効率で信頼性の高くコストの安価なシステムを検討するためには、このような根本的な問題を関係各位の協力で進めて行く必要がある。

5. おわりに

風力水素は風力発電装置と水素製造装置を組み合わせたもので、従来は電力料金が高く、なかなか採算に合わないと言われてきた。

また風力発電装置の作り出す電気の質に関しても、電圧変動が大きいとか出力変動が大きいといったことが広く言われて、その実現性に疑問を持たれてきた。

しかしながら現在までの風力発電装置開発の結果と、風力水素装置を設置する強風域のサイト、それに多数の

台数を設置すること、それに状況によっては蓄電池を併用することで今まで言われてきたそれらの欠点を克服することが可能になってきた。

風力発電装置で発生した電気を水素製造装置に用い、長期の運転を安定して行うにはまだ課題はあるが、機器信頼性向上や、発生電力の変動、水素発生装置の変動電力に対する応答性や寿命の問題も多くの経験から少しずつ解決されてきている。

今後は風車と水素製造装置の技術者の交流が進むことにより高効率の風力水素が可能になると考えられる。

風力水素は環境負荷が小さく、資源制約が少ない国産エネルギーとなり石油依存度低下に資する石油代替エネルギーとして、また地球環境問題への対応に大きく貢献することが可能になると思う。また新規産業として雇用創出に貢献することができるなど様々な意義を有している。

参考文献

1. 日本風力エネルギー協会誌 Vol.31 No.2 30 周年記念号 2007 年
2. NEDO-WE-NET 974 水素製造技術の開発 平成 10 年 3 月
3. 日立造船オンサイト型水電解水素発生装置のカタログより
4. <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2010/12/spanish-companies-plan-a-15-mw-wind-turbine>
5. http://www.risoe.dtu.dk/en/News_archives/News/2010/1115_DeepWind.aspx
6. BTM World Market Update 2009 May 2010
7. 勝呂幸男 風力発電技術の基礎と応用 装置の構造と設計概念 日本風力エネルギー協会 平成 21 年度風力発電システム技術講習会 第 3 回 2009 年 11 月 13 日
8. 勝呂幸男 「アルゼンチンにおける風車利用の可能性」, 足利工大第 6 回風力エネルギー利用総合セミナー, 平成 18 年 6 月 23~24 日
9. 勝呂幸男, 太田健一郎 水素エネルギーシステム Vol.24 No.2 2009 p59-64 平成 21 年度総会特別講演 (第 128 回定例研究会) 資料
10. http://www.3tier.com/en/Renewable_Energy_Information_Service
11. IEC 61400-1 Wind turbines – Part 1: Design requirements
12. (独)国立環境研究所日本に適した洋上風力発電システムの検討
13. <http://www.nies.go.jp/kanko/kankyogi/34/10-11.html>