

# クリーンな未来を目指して

## —太陽光・風力発電技術の最前線—

今回の学生編集委員会（WG0）記事は、75周年特集号（1月号）掲載の学生座談会「精密工学の25年前、今、そして未来」で話題に挙がった“発電技術”にスポットを当て、「クリーンな未来を目指して—太陽光・風力発電の最前線—」と題し、太陽電池と風車に関する最先端技術を紹介し、本記事が読者皆様の研究開発活動のエネルギーとなれば幸いです。

### 〇〇〇はじめに〇〇〇

21世紀は『環境の世紀』と呼ばれ、昨今の経済状況と相まって、資源を有効に活用する技術や、環境に負荷をかけない技術などの環境技術が注目されています。1990年比で先進国平均5%の温室効果ガスを削減するという京都議定書で定めた目標の期限が2012年と迫っていることも、これらの技術開発を後押ししています。その中でも、クリーンエネルギー技術は、地球温暖化や資源枯渇といった地球規模の問題や、エネルギーの安定供給という日本特有の問題の両方を解決する技術として期待されている技術です。クリーンエネルギーとしては、燃料電池、太陽光発電、風力発電、バイオマスなどが提案されていますが、こうした新エネルギーや省エネルギー技術は、日本のもつ技術力が大きく発揮される分野であり、今後の産業の核となる可能性を秘めています。

そこで学生編集委員会では、すでにクリーンエネルギーとして一般に普及している太陽光・風力発電について、それぞれ最新の技術を持つ企業に取材を行いました。太陽光・風力発電の現状とこれからの可能性について、学生の視点から紹介したいと思います。太陽光発電では、独特な形状のシリコン太陽電池を開発している京セミ株式会社、風力発電では、大型風力発電システムを製造している三菱重工株式会社、それぞれの次世代エネルギー技術について紹介します。

### 〇〇〇京セミ紹介〇〇〇

「何やら面白い太陽電池があるらしい」そんな噂を聞きつけて、私たちは京都府伏見区にある京セミ株式会社を訪れました。

京セミ株式会社は1980年に設立の半導体素子の製造・販売を行う中小企業です。主に扱う製品は半導体や電子部

品、特に光通信デバイスや計測制御用デバイスなど、光半導体部品がその中心となっています。そんな京セミが開発したある技術が近年世界中から注目を集めています。それはスフェラーと呼ばれる球状太陽電池です。太陽電池それ自体は最早目新しい技術ではありません。私たちが使う電卓の電源は太陽電池かもしれません。また、太陽光発電システムを導入している家庭も少ないながらもあります。では何故注目を集めるのか。通常、私たちが太陽電池と聞いて想像するのは、太陽に向かって広がる青い無機質な平面です。ところが、京セミのスフェラーは違います。球状太陽電池の名の通り、平面ではなく球面なのです。

なぜ球面なのか、どのように球面にするのか、少しでも興味を持たれたなら、ぜひ次節以降を読んで下さい。「柔軟な発想とチャレンジ精神」によって生まれた種は、京セミの培った光半導体という土壌で育ち、球状太陽電池という新しい技術として世に出たのです。

### 〇〇〇球状太陽電池の構造〇〇〇

一般的な太陽電池は、図1に示すように、平坦なn型シリコンとp型シリコンを重ね合わせ、太陽光を受光することで電子のやり取りを行い、電極間に電流が流れます。アメリカのJack Kilbyは、コストを抑え、発電効率を上げるため、シリコンを面ではなく球状にすることを考えました（図2(a)）。これに対して、京セミの中田氏は、Jack Kilbyとは全く別に、より高効率な球状太陽電池を考案しました。従来の太陽電池やJack Kilbyの球状太陽電池では片面受光ですが、図2(b)のように、京セミの球状太陽電池は360°全方向から入射可能です。太陽光のように一方向の光でも裏面に反射ミラーをつけると、単位面積あたりの効率は、従来よりも遥かに上がります。また、全方向受光できると、直射光がなくても散乱光などを受光でき、日陰や曇

りの日にも、発電を行えます。

さらに中田氏は太陽電池の配線方法にも工夫を加えています。1つ1つの球状太陽電池をつなぐ配線方法として、直列と並列を併用した格子状の直並列回路を用い、直列数により高い電圧が、並列数により大きな電流が得られるようにしています。また、一部が断線、あるいは一部が遮光されてもその部分を除く他の部分は発電を継続し、全体としては安定して電流を供給することができます。

京セミの球状太陽電池は、球状や直並列配線を生かして、図3(b)の様に柔軟なフィルムに球状太陽電池を埋挿しています。柔軟な樹脂の太陽電池フィルムは、平面の太陽電池とは異なり、曲面であっても自由に配置することが可能であるため、様々な形状に適応可能です。球状太陽電池をまとめると、材料のロスが減る、外部の光利用効率が高く安定した発電と日中の発電量が上がる、太陽電池パネルの形状に高い自由度を持つ、などの特徴から近年広く注目されています。

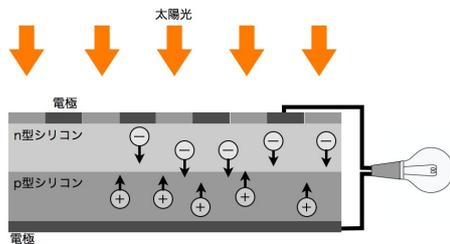


図1 一般的なシリコン太陽電池の構造

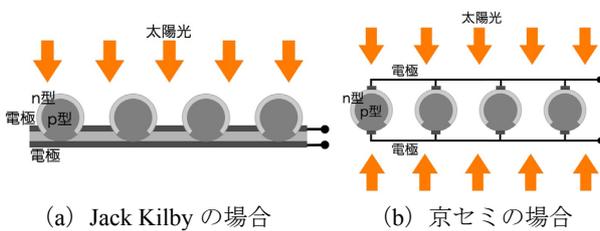


図2 球状太陽電池の構造

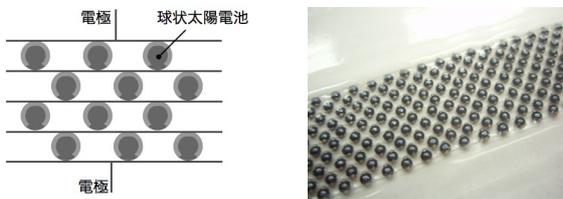


図3 球状太陽電池の配線と配置

### ●●●球状太陽電池の製造方法●●●

球状シリコンはどのようにつくられているのでしょうか。ここではその製造方法を紹介します。京セミでは無重力環境施設を保有しています。この施設は高さ14m、直径30cmの真空状態の落下チューブを備え、上部に加熱溶融装置、下部に回収槽が設置されています(図4)。まず、

溶融したシリコンを14mの高さからチューブ内で自由落下させます。表面張力でシリコンは球状化し、約1.5秒間の無重力状態で凝固します。こうして球状の結晶が完成します。この製造方法は平板のシリコンに比べて材料のロスがなく、効率的に球状シリコンをつくることができます。

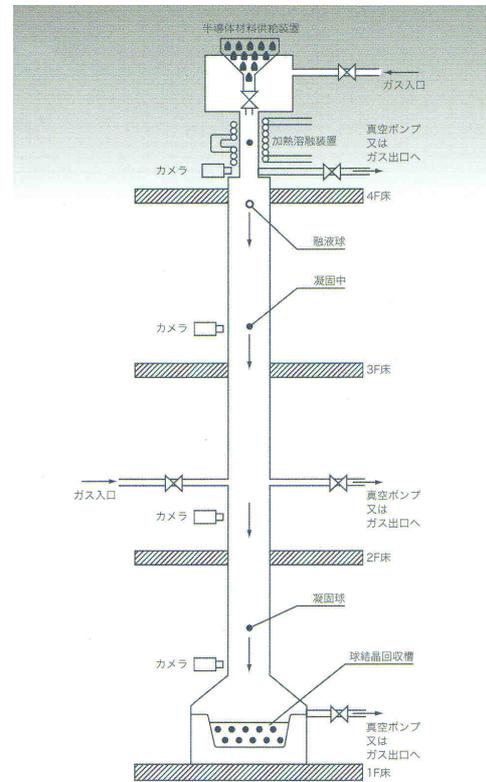


図4 球状結晶の製造方法

### ●●●京セミ interview●●●

京セミ株式会社 代表取締役社長である中田仗祐氏に話をお伺いしました。

**Q** 現在、海外のどのような国からの関心が多いですか？

**A** 一番はヨーロッパですね。その次はアメリカ。また、これに一番注目しているのは建築家なんです。屋根だけでなく窓に利用できます。光を適度に通すので遮光と発電の両方に利用できるだけでなく、模様も描けるためデザインにも利用できます。

**Q** 球状シリコン太陽電池に関して、解決すべき課題はまだあるのでしょうか？

**A** まだ課題だらけです。原理的、根本的な課題はないのですが、実用化するためには低コスト化、大量生産化、耐久性の向上など、すべて市場の要求に合わせてクリアする必要がありますね。球状化した前例がないので、製造する

装置や設備の設計・製作に時間や資金が掛かり、思い付いたこともすぐになかなか取り掛かれず苦勞しています。

**Q** 中田社長にとって球状シリコン太陽電池とは何でしょうか？

**A** 人類に残しておきたい宝物ですね。将来、エネルギーでいろいろ問題があったときに役に立つ太陽電池であって



ほしいと思っています。また、エジソンが電球を発明して使われたように、すべての人々に使われるようになればと願っています。

**Q** 次のエネルギーを引き継ぐ若者にメッセージをお願いします。

**A** 太陽エネルギーというのは、地球上に大量のエネルギーをもたらす、植物や食物などが育ち、人々も生活できる。地球が生きていくうえで必要なエネルギーなんです。今のところ太陽エネルギーを人間は使っていない。特に電気としてはあまり利用されていません。これからは、太陽光のエネルギーを使ってもっと生活しやすくなります。地球上に存在する石炭や石油などは、エネルギーの利用によって化学変化が生じ、物質が変化することで資源を消耗します。太陽光エネルギーは地球上でつくったものではないので、何も消耗しない。これが理想のエネルギーの利用だと思うんですね。しかも、差別なく皆の頭の上にあります、平等なんです。これを利用することは、人類の争いが減ります。世界が平和になり、地球環境も悪くならないため、ぜひこれを利用してほしいと思います。



図5 京セミ 中田氏、辻川氏と学生編集委員（長谷，小川，門田，道畑）

### 三菱重工紹介

風力発電は、風車により風の力を回転運動に変換し、その回転を発電機に伝えて電気を発生させる発電方法です。自然に発生する風の力を原動力とするため、太陽光発電と同様に、再生可能エネルギーの発電技術として現在注目されています。そこで、私たちはその風力発電に用いられる風車に注目し、風車の構造や製造方法について学ぶために、1980年から風力発電の風車の開発と製造を行っている三菱重工業株式会社を訪れました。

風力発電用の風車は水平軸型と垂直軸型に分けられます。また、この風車は一般家庭の屋根に設置できる程度の小型のものから、高さが100mを超える大型のものまで存在します。この中で、今回訪れた三菱重工の本牧工場では、水平軸プロペラ型の発電容量1MW級と2.4MW級の大型風車の、次節で述べるナセルとロータヘッドと呼ばれる部分を製造しています。特に2.4MW級の風車はロータ径92m、最大高さ116mと大きいので、そのナセルおよびロータヘッドの製造には、かつて橋梁の製造に用いられた巨大な工場が活用されています。次節以降で、この工場で作った風車の構造や製造方法について詳しく述べます。

### 風車の構造

風力発電の風車は大きく分けて4つの部分から構成されます（図6）。まず、風車の土台となるタワー。そのタワーに直結している、発電機、増速機であるナセル。ナセルを動かすためのロータヘッド。そして、風を受けてロータを回す翼です。

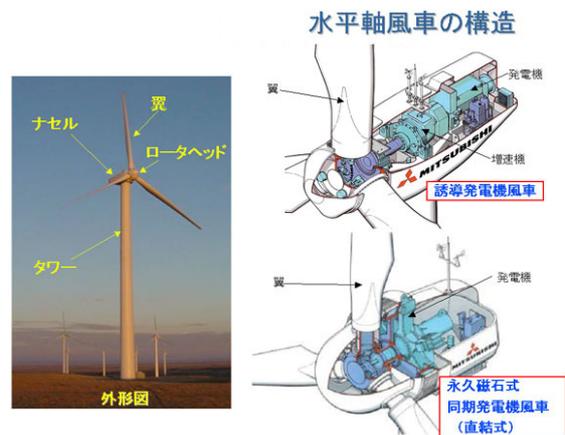


図6 風車の構造（三菱重工ホームページより）

出力の異なる1MW級と2.4MW級において構造上の大きな違いは、ナセルおよびロータヘッドにあります。1MW級のナセルは一体型で、すべての翼はリンクでつながっています。これにより、ナセル本体の旋回を含めた2自由度で風向きや強さに合わせて翼の向きを変えることができます。それに対して2.4MW級は、ナセルが前部モジュール

ル、後部モジュール、旋回モジュールと3つに分かれています。そして、3本の翼もそれぞれ油圧駆動で1自由度ずつ持っています。したがって、旋回モジュールを含めた4自由度でより細かな翼の調整を行うことができます。

風に対して翼の調整を行う理由は、ロータの回転数を制御するためです。特に、出力が上がると、風車の径が大きくなり、発生するトルクも大きくなります。そうすると、回転を抑制するブレーキも大きくする必要があります。そこで、1 MW 級より大型の 2.4 MW 級は、より風に対して柔軟に対応できる機構がつくられているのです。その分、1 MW 級と比較して、部品点数は約3倍となっています。

### 〇〇〇風車の製造方法〇〇〇

本牧工場では1日に1台、1 MW 機及び2.4 MW 機風車を製造できる能力を持っています。工場では部品が整然と並んでおり、組み立ての効率を考えた仕分けがなされています。部品置き場の隣には組み立てラインがあります。組み立てラインは44 m×300 mほどの大きさです。ロータヘッドのラインは1日に1段階進んで行き、部品は配材表に応じてラインが必要な時に供給されています。見学してはじめて感じることは風車の大きさです。ロータヘッドは翼が取り付けられていなくても大きいと感ずることができます。これらを運ぶクレーンやフォークリフトが縦横に動いている様子を見ることができました。2.4 MW 機風車のナセル組み立てはモジュールごとに3つにわけて組み立てられます。モジュールごとに試運転して検査し、さらに輸送の為に防錆処理や取り付けの機器の状態などを確認する検査もしています。工場での製造はここまでです。後は現地での組み立てとなります。現地では関連会社で製造された翼とタワーも集合し、重機を使用して組み立てられます。現地での組み立てでは、環境によって地組みする場合もあります。組み立て後に試運転し、そこで全体に問題がないか検査し、風車が完成します。工場で風車の完成した姿を見ることはできませんでしたが、普段見ることができない大きな製品の製造工程を見ることができました。



図7 完成間近のロータヘッドの前で、三菱重工 上野氏（写真左）と学生編集委員（近藤、榎田、加藤、亀山）

### 〇〇〇三菱重工 interview〇〇〇

三菱重工工業株式会社 柳田史昭氏、堤和久氏に話を伺いました。

**Q** 1 MW と 2.4 MW で適した条件というのはあるのでしょうか？

**A** ケースバイケースですが、土地が限られている場合には、2.4 MW 機が適すかもしれません。一方、2.4 MW 機を設置するには大型な重機設備が必要となります。困難な場合には1 MW 機を多く設置するのが適するかもしれません。風車は、密集して配置するとエネルギーができません。近年、風車単体の発電効率の改良は、限界近くまで向上してきています。これからは、ウインドファーム全体での効率を考えることが大切です。

**Q** 1 MW と 2.4 MW でカットイン風速<sup>\*)</sup>は、なぜ同じなのでしょう？

**A** 機体が大きくなる分ロータの重量も増えるが、翼の大きさに対してトルクが発生するので、結果として、同じ風速でも発電運転できます。もちろん翼の性能の向上も要因のひとつです。逆に言えば、市場が大型風車に移りつつありカットインに必要なトルクが大きくなっているのを、翼の性能向上や翼のサイズによって、結果的に同じカットイン風速になっています。

<sup>\*)</sup> 発電に必要な最低風速

**Q** 翼はなぜ3枚なのですか？

**A** 2枚だと回転数を早くする必要があります。翼を減らすことによってコストが削減できますが、騒音が非常に大きくなります。洋上風車での適用検討はあります。4枚は、回転数を遅くすることができますが、コストが増大します。

**Q** 現在、取り組まれていることは何でしょう？

**A** いろいろなことに取り組んでいますが、皆さんがご覧になった横浜製作所の風車工場で見ると、寒冷地用の特別なオプションのナセルを組み立て始めました。非常におおざっぱにいいますと、寒いところは風が強い可能性があります。農業や他の産業に適さない寒風の強い土地でも、風車を立てることで発電できるんです。技術的には、寒冷地でのナセル内の温度分布の検討、材料の低温脆性対策、流体の粘度増加への対策などが重点項目です。

**Q** 次のエネルギーを引き継ぐ若者にメッセージをお願いします。

**A** 現代社会において電気エネルギーはなくてはならないものであり、生活の基盤となっています。一方、従来型エネルギーである化石燃料は、有限資源であると共に地球温暖化を誘発する要因となっています。今後は地球規模で環境への負荷が小さい再生可能エネルギーの活用をますます推進していく必要があります。風力発電は現在その中で効果的な手段の一つとして世界中で積極的に導入されはじめています。また、今後のエネルギー源は、従来大型発電所に頼る集中型から、燃料電池、太陽光、風力発電のような分散化システムへの多様化へと移っていく事でしょう。今の若者達には、将来の地球のためにそれら多様なエネルギー機器の開発と導入推進の為にこの分野へ積極的に参加していただきたいと思います。

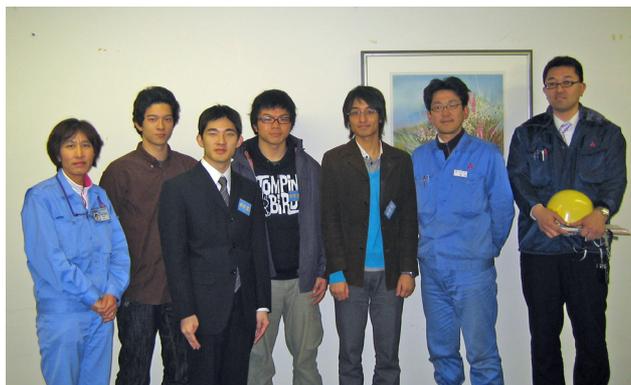


図8 三菱重工 神宮氏、柳田氏、堤氏と学生編集委員（加藤、亀山、榎田、近藤）

### ○○○おわりに○○○

今回の学生編集委員会（WG0）記事では、クリーンエネルギー技術として太陽光発電と風力発電の技術を取り上げ、企業への取材を通して、最新の技術動向をお伝えしましたが、いかがでしたか。太陽光・風力発電技術はすでに成熟しつつある技術ではありますが、技術開発の現場では、発電効率の向上やコスト削減の努力が日々行なわれていることを理解していただけたと思います。本記事を通して皆様グリーンエネルギー技術への関心を深めていただければ幸いです。

最後になりましたが、取材および資料の提供にご協力下さった京セミ株式会社 中田仗祐様、辻川義信様ならびに三菱重工業株式会社 柳田史昭様、堤和久様、神宮敬枝様には大変お世話になりました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

#### 【参考文献】

[京セミホームページ] <http://www.kyosemi.co.jp/>

[三菱重工ホームページ] <http://www.mhi.co.jp/power/wind/>

#### 会誌編集委員 WG0 メンバー（平成20年度）

長谷亜蘭（千葉大学 D3）、小川幸子（同志社大学 D2）、近藤余範（東京工業大学 D2）、榎田諭（横浜国立大学 D2）、道畑正岐（大阪大学 D2）、飯田文明（東京大学 M2）、門田洋一（東京大学 M2）、亀山敦史（東京農工大学 M2）、加藤貴彰（埼玉大学 M1）