

風力発電の現況

Current Status of Wind Power

○長井 浩¹
Hiroshi NAGAI¹

Abstract: Wind Power will play a valuable role that is expected not only to contribute to the improvement of the energy self-sufficiency ratio and to the measures for preventing global warming but also has merits as an economical-type energy system. The world had installed about 122.8GW of wind power generator at the end of FY 2008, Japan had installed about 1.8GW of the year, is ranked No.13 in the world. Technological advances and increases in the scale of wind power facilities have reduced costs and contributed to a greater recognition of the viability of wind power. This is because Japan has better regions suitable for the installation of wind power generators due to locating the rural area, there are concerns that the instability of the output of wind power could adversely affect the power grid by disrupting frequencies, etc. To further promote the introduction of wind power, therefore, storage batteries and other methods are being considered to achieve better stability and mitigate the effects of problems on the overall power system. In addition, it is a field that has a big technological potential including its role in the development of precision machinery industry and the technological development will help stimulate economic and employment activity.

1. はじめに

風力発電は Poul la Cour デンマーク・アスコフ国民高等学校の研究に始まる。その後 10~20kW 風車でユトランド半島の農村電化を広げたが、化石文明により衰退した。1973 年のオイル危機や COP 3 の地球温暖化問題を契機に技術的發展と環境価値向上で、発電コストが化石燃料並となった風力発電が形成された。進展する風力発電の現況と課題について述べる。

2. 風力導入意義と導入量推移

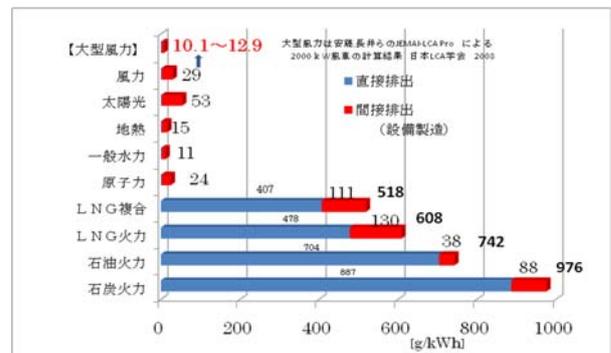
新エネルギーの風力発電は、環境とエネルギー問題を両立させる重要な電源の 1 つで、次の長所がある。

- 1) 環境対策 CO₂ フリーな電源
- 2) 石油代替エネルギー経済性・大規模化が容易
- 3) エネルギー安全保障を満たす国内資源
- 4) 産業振興と雇用確保が可能

新エネルギーCO₂排出量は図 1 の通り、内燃機関の 1/10 以下の再生可能な国産の発電設備である。(図 1)

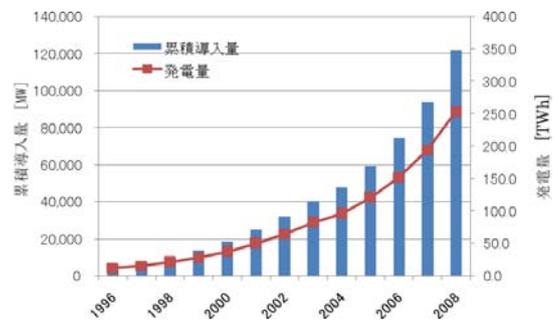
全世界の導入量は 2008 年末で 120.8GW, 13 万台に達し、電力需要の 1.3% (欧州 4.2%, 米国 1.3%, 日本 0.3%) を供給している。08 年の導入は 27.1GW・2 万台/年で、市場規模は約 5 兆円/年であった。成長率は年率約 25% で 5 年間に 3 倍以上に増加し、2020 年には 432GW と予想され世界の電力供給の約 12% を占めると検証されている。

わが国は 08 年末で 1.88GW, 1517 台を導入しているが、世界 13 位と伸び率は低迷し 2010 年 3GW の導入目標の達成は厳しい状況である。単年度導入量と諸制度を図 3 は示すが、法・制度改正や系統連系の接続制限、世界的需要増加に伴う入手難が導入量に影響している。



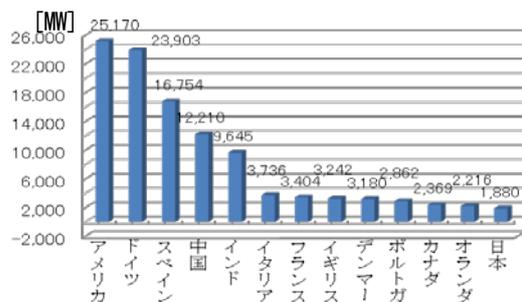
出典：本藤（電中研報告）2000、他

Figure.1 Life Cycle Assessment - CO₂ of power sources.



出典：GWEC Report 2008

Figure.2 Cumulative wind power capacity and generation.



出典：WWEA Report 2008

Figure.3 Installed wind power capacity in main nations at 2008

1 : 日大・生産工・環境安全、Dept. of Sustainable Engineering, Industrial Technology, Nihon Univ.

風力発電を設置し稼働するには、次の条件が必要となる。

- 1) 年平均風速が 6m/s 程度以上の風資源
- 2) 十分な広さの土地や海面が利用
- 3) 陸上では幅員 5m以上の輸送路
- 4) 連系可能な送電線が確保
- 5) 環境影響が評価基準を満たす

3. わが国の風力ポテンシャル

風力発電設置にはオンサイトで長期観測と同シミュレーション解析が不可欠である。資源量から土地・道路状況より検討、電力連系と接続容量の可否、環境影響結果から事業の採否判断され、設置後は 20 年の運用にいたる。日本周辺の高度 60m 上空の風況マップと土地利用条件より抽出した風車可採面積表を示している。(図 5, 表 1)

6m/s 以上の国土面積は約 20%で、建設可能な土地を 1000m以下の農用地、荒地、海浜とすると 8,324 km² の 2.2%で、それらは北海道、東北、九州に集中している。

同風況適地には風力発電が既に導入され、連系可能な受入容量が僅かな 20~30MW や蓄電池併設方式と大幅な導入増加は望めない状態である。したがって、連系可能量増加には抜本的系統連系対策が必要とされる。整備されると、1 km² に 10MW 風車の 50% (国土の 1.1%) 導入で、41.6GW (200GW) から発生電力 72.7TWh で電力需要 (913.2TWh) の 7.9%が陸上風力発電で実現される。

4. 風力発電の産業・雇用効果

風力発電は自動車産業に類似し 2MW 風力発電機は約 2 万点の部品構成で組立てられる。機械系・電気系・素材系の部品産業、メンテナンス (年 2 回定期点検)、送電線や系統制御設備の新增設工事、土木・建設工事の産業・雇用効果が大きい事業である。精密機械加工部品が多く使用され、国内業界の設備投資が行われている。(図 6)

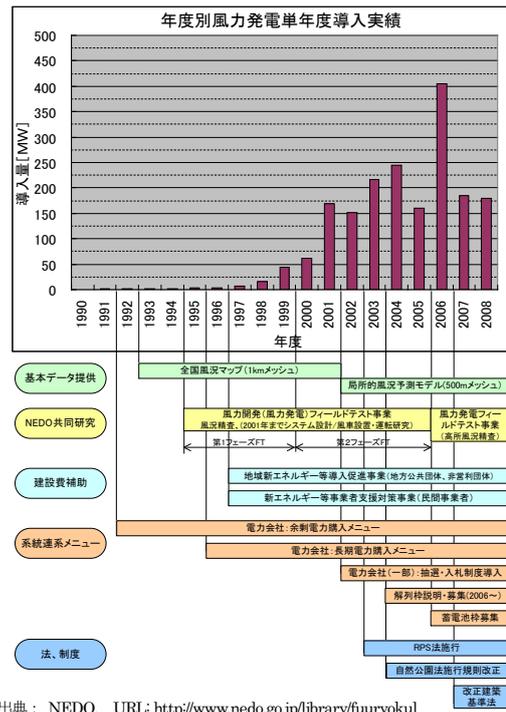
08 年で 28GW・2 万台の製造で 44 万人が雇用され、車年産 1MW 当たり 15 人の雇用創生效果が GWEC の報告にある。日本でも既に風車は有力な輸出産業で、部品工業を含めると年商 3000 億円・雇用数千~1 万人の規模となっている。

5. 風力発電の課題

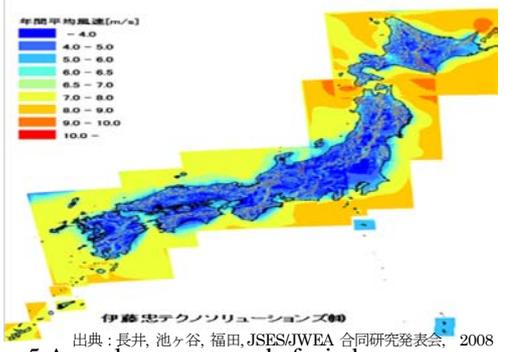
わが国の風力発電進展は、次の課題克服が必要である。

- 1) 低周波・騒音に対する住環境基準の再確認
- 2) 新エネルギー導入に配慮した電力送電網の整備
- 3) 風況に恵まれた洋上風力発電の推進
- 4) 中・長期の導入ロードマップと適正な電力価格

風力・関連産業は太陽光発電、二次電池など並び日本の新エネルギー産業を支える力は存在するが、長期的・計画的な導入政策の立案と人材育成の計画が待望される。



出典：NEDO, URL: <http://www.nedo.go.jp/library/fuuryokul>
Figure 4 Policy, Support scheme and installed capacity in Japan

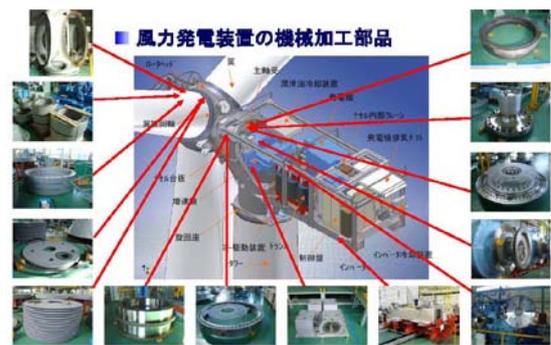


出典：長井、池ヶ谷、福田、JSSES/JWEA 合同研究発表会、2008
Figure 5 Annual average speed of wind resource map in Japan at 60m height

Table 1 Wind Potential of 10 electronic companies area

電力会社	農用地・荒地・海浜 標高1,000m以下					合計	合計面積比	管轄区 域面積比	
	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-8.0	8.0-9.0	9.0-10.0				
	10.0-								
北海道	1,506	951	804	336	140	31	3,767	45.3%	4.8%
東北	528	337	305	135	58	16	1,378	16.6%	1.7%
東京	142	68	56	19	6	0	291	3.5%	0.7%
北陸	19	10	8	1	0	0	39	0.5%	0.3%
中部	159	87	61	15	3	0	325	3.9%	0.8%
関西	46	32	35	12	2	0	126	1.5%	0.4%
中国	75	52	59	17	3	0	206	2.5%	0.6%
四国	70	60	80	24	1	0	235	2.8%	1.2%
九州	407	308	419	86	8	0	1,229	14.8%	2.9%
沖縄	157	200	339	32	0	0	728	8.8%	32.6%
合計	3,110	2,103	2,167	677	220	47	8,324	100.0%	2.2%

出典：池ヶ谷、長井、JSSES/JWEA 合同研究発表会、2009



出典：JWPA 自然エネルギー白書 (風力編) 2009
Figure 6 Main mechanical components of wind turbine

太陽光発電システムの現状と新たな展望
太陽光発電システムの現状と新たな産業創造へ
New Industry Creation by PV Systems

杉本完蔵¹

Kanzo Sugimoto¹

1. 太陽光発電システムとは

太陽光発電システムとは、太陽の光エネルギーを「太陽電池」により直接電気に変換するシステムである。地球上に到達する太陽光エネルギーは、1 m²当たり約1 kWにも達し、地球全体に降り注ぐエネルギーは、世界で一年間に消費されるエネルギーをわずか1時間でまかなうことができ、枯渇する心配のない無限のエネルギーであることから、再生可能エネルギーともいわれている。現在、日本では、石油や石炭、天然ガスなど、エネルギー資源のほとんどを海外からの輸入に頼っているが、これらの化石燃料はいずれはなくなってしまうが、枯渇しない太陽光発電によるエネルギーは、地球規模での温暖化対策から環境負荷を低減することができることから日本を始め世界的にも導入が拡大している。日本では、環境・エネルギー政策面を三つの視点から、太陽光発電システムの重要性を位置付け、導入拡大・育成に力をいれている。

- ①純国産エネルギーであり、エネルギー政策面から自給率向上がはかれる
- ②地域偏在性がなく、導入者みずからが、発電事業者として取り組める
- ③日本の産業政策の面から成長育成分野として、世界をリードする環境技術や、産業を支える裾野が広く雇用促進効果の高い産業 などである。

2. 太陽光発電システムの基礎

太陽光発電システムは、光を電気に変える発電素子（セル）を組み込んだ太陽電池モジュールと、太陽電池モジュールで構成する回路を固定するアレイ、各回路からの電力を集める端子台・保守点検用の開閉器・雷サージ保護機能を内蔵した接続箱、そして、発電した電力（直流）を商用電力と同じ交流に変換する機能をもつパワーコンディショナー等、分電盤・受変電機器の組み合わせによって構成される。図 2.1. に住宅用、図 2.2 に公共産業用のシステム概略図を示す。

一般的な住宅用システムは、電力会社の配電線の柱上変圧器に低圧連系として連系され、公共産業用システムでは、設置施設の高圧受変電設備の下の負荷回路に連系されることが多い。住宅用での設置形態は、ほとんどが屋根面への太陽電池設置になるが、公共産業用では、屋上・陸上、など、様々な設置形態がある。住宅設置事例を図 2.3. に、公共産業分野での設置事例を図 2.4. に示した。

1：一般社団法人太陽光発電協会 幹事, executive officer Japan Photovoltaic Energy Association

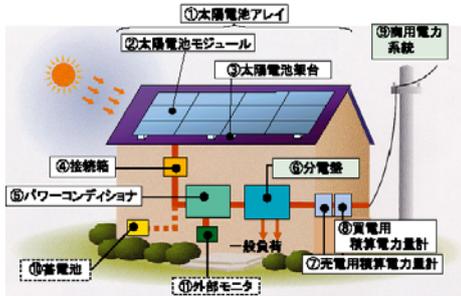


図 2.1. 住宅用太陽光発電システム

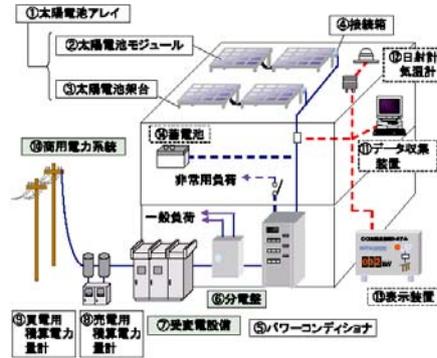


図 2.2. 公共産業用太陽光発電システム



図 2.3. 住宅用設置事例



図 2.4. 公共産業用設置事例

太陽光発電システムでは、屋根や屋上等の上に取り付けられた太陽電池モジュールから発電した直流電力がパワーコンディショナーで、商用電源と同じ交流電力に変換され、分電盤に送り込まれた電力は、家庭内や施設内での電気の負荷をまかなうが、太陽光発電システムからの電力では足りない場合には、商用電力システムからの電力でまかなわれ（買電）、設備容量にもよるが、住宅用では一般的に昼の時間帯では太陽光発電の電力が家庭の電力負荷より大きく、余剰が発生し系統側に送り出される（売電）。このような運転方式を系統連系といい、系統側に電力を送り出すことを逆潮流という。太陽光発電システムを設置した、住宅用の「売電」と「買電」のイメージを図 2.5. に示す。住宅用で 3 kW 程度に発電システムを設置した場合、一般住宅の平均消費電力の 50%~60% 程度の電力を賄うことができる。一方、公共産業用では、一般的に、契約電力量(消費量)が大きいことから、公共産業用での設置要領が 20kW 程度では逆潮しないことが多い。

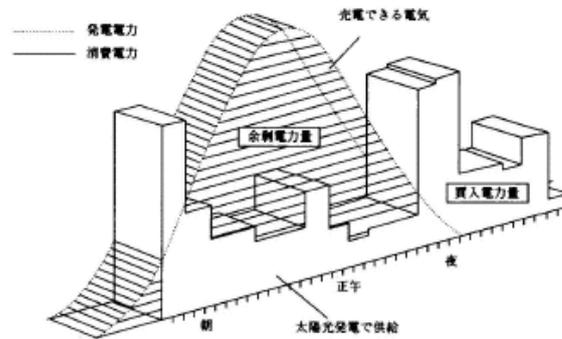


図 2.5. 住宅用太陽光発電システムの売電と買電のイメージ

3. 太陽電池の普及によるコスト低減とPV2030+での太陽電池の開発シナリオ

日本の太陽電池の開発は歴史が40年近くあり、古くは工業技術院のサンシャイン計画が発端で、第一次石油危機の1973年以降は、NEDO（新エネルギー産業技術総合開発機構）に引き継がれ、ニューサンシャイン計画として新しい太陽電池の開発が進められてきた。普及の面からは、1994年から、国が戸建住宅への太陽光発電システムの補助支援策を開始したことで、国内市場が飛躍的に拡大した。図3.1.に、住宅用太陽光発電システムの価格推移と導入量を示すが、補助が開始される前の価格水準が2008年には1/5、1994年からみるとほぼ1/3のシステム価格水準まで低下したことがわかる。住宅用太陽光発電システムの累積導入量でみれば2008年度末で46万戸に達し、全国の戸建住宅を約2500万戸とすると2%程度の普及水準である。これまでの普及を支えてきたのは、国による初期設置費用への補助施策であり、電力会社による系統連系による余剰電力の買取であり、そして太陽電池の開発の積み重ねともいえる。

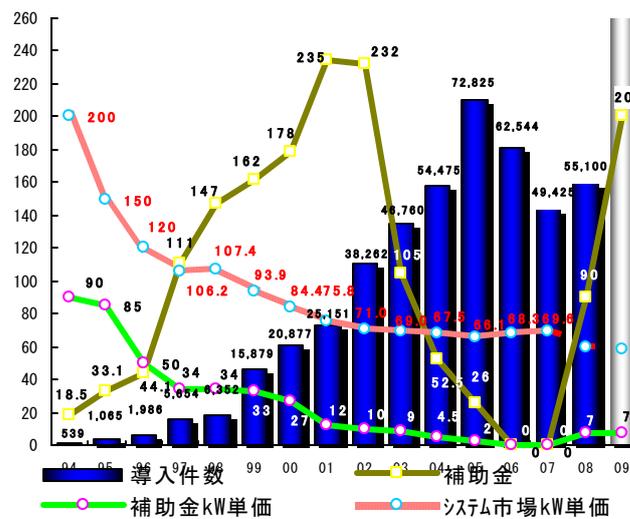


図 3.1. 住宅用太陽光発電システムの普及の推移

太陽光発電システムの最大の課題は、まだ商用電源にくらべ、価格が高いことであり、更なる市場の拡大と、更なるブレークスルーを含めた技術開発が不可欠である。太陽光発電による、電力料金が既存の電力料金と同じ水準になることを「太陽光発電のグリッドパリティ」というが、現状のシステム価格は、約 68 万円/kW で、48 円/kWh（20 年間の発電を前提）が電力料金水準であり、家庭用グリッドパリティとなる低圧電灯料金のほぼ 2 倍水準である。太陽電池のコスト低減化向け、現在の市場主力となっている結晶系太陽電池メーカーでは、変換効率向上やセルの厚さを薄くすることでコスト低減への開発が進められている。薄膜系の太陽電池メーカーのコスト低減化・商用化も加速されつつある。結晶系各社が進める最新の効率向上技術を、図 3.2 ～ 図 3.4 に示した。

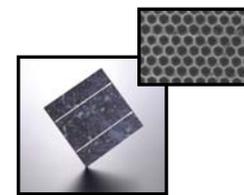
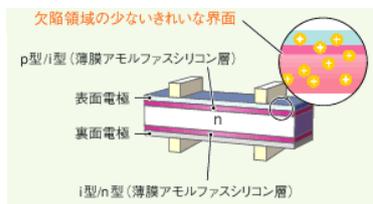
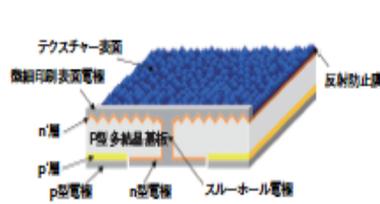


図 3.2. バックコンタクト型

図 3.3. HIT 2層構造

図 3.4. ハニカムテクスチャー型

セル基板厚さについては、 $200\mu\text{m}$ 以下の厚さまでは、生産工程で到達しているが、 $150\mu\text{m}$ 以下になると搬送系の改善が必要となるといわれている。基板厚さの推移を図 3.5. に示した。

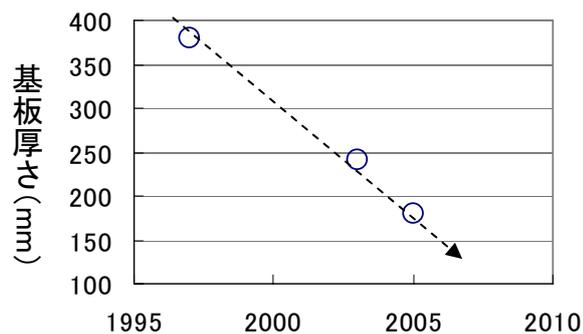


図 3.5. 結晶系太陽電池セル基板の厚さの推移

薄膜型太陽電池については、結晶系でのシリコン原料問題の供給問題を契機に、近年の生産量ならびに世界的にも市場の拡大は目覚ましい。図 3.6～図 3.9 に太陽電池各社が、開発商用化した代表的な薄膜型太陽電池を示した。

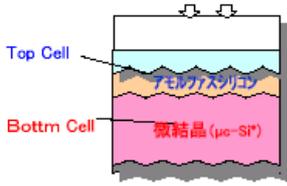


図 3.6. 薄膜タンデム型

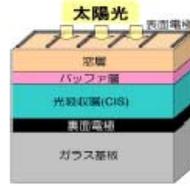


図 3.7. C I S 型



図 3.8. フレキシブル型

一方、太陽電池の研究開発面からのこれまでの中期開発目標は、NEDO が 2004 年に策定した「太陽光発電ロードマップ (PV2030)」が基本となってきたが、2009 年には、従来の開発目標を前倒して普及拡大を図るべく「PV2030+」が発表された。従来、目標達成のマイルストーンとして、2010 年には、家庭用電灯料金 (23 円/kWh) 並み、2020 年には、業務用電力料金 (14 円/kWh 程度) 並み、2030 年には汎用電力 (7 円/kWh) 並みの発電コストが、PV2030+では、2020 年の目標を 2017 年に、2030 年の目標を 5 年前倒した目標になっており、2050 年には、新しい原理、構造による超高性能 (40%の変換効率) 太陽電池の投入も追加された。 図 3.9. に PV2030+のロードマップを示す。

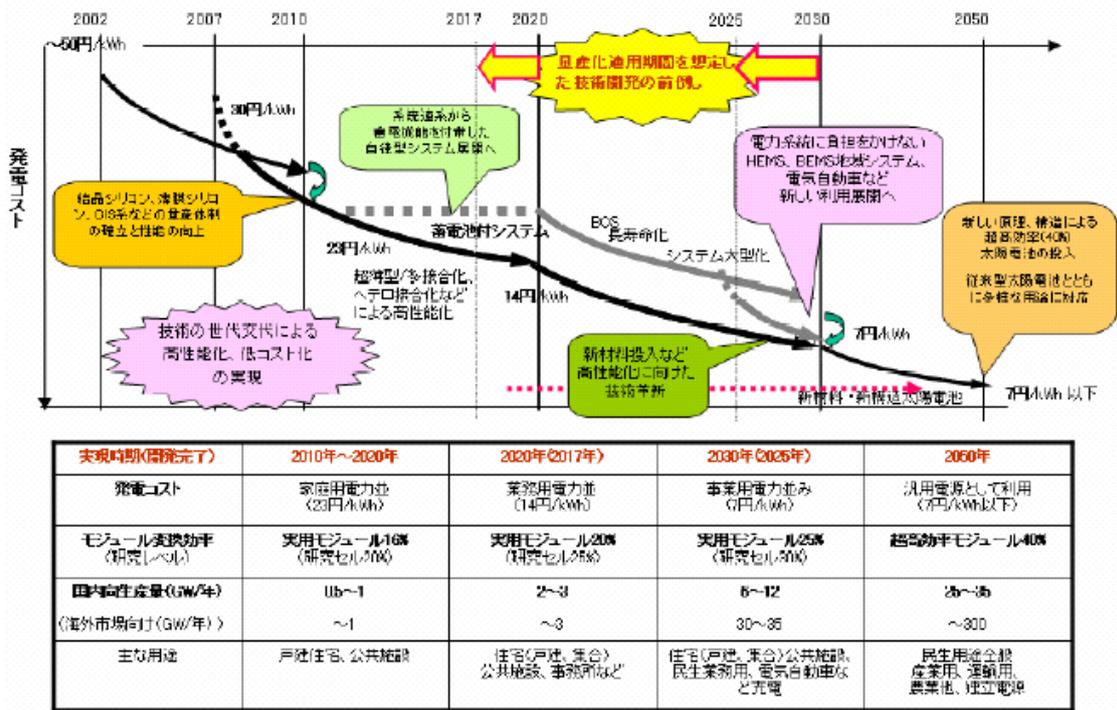


図 3.9. 太陽光発電の今後の発展に対するロードマップ (PV2030+) のシナリオ
(出所: NEDO 2009 年 6 月 NEDO 低コスト化シナリオと太陽光発電の展開より)

4. 太陽光発電システムの新たな展開

2009年6月の麻生内閣の中期目標の発表をうけ、8月には国の長期需給見通しが見直され2020年におけるCO2排出量が2005年比-15%、1990年比-8%に削減幅が拡大された。太陽光発電の2020年の導入量（最大努力ケース）も、これまでの10倍から20倍に上方修正された。この水準は、住宅用太陽光発電の累積導入量では、約530万戸の導入と見込まれ、戸建住宅の5件に1件に導入されていることになる。本年の政権交代により、鳩山内閣総理大臣は、9月の国連総会で、日本の温室効果ガスの削減目標を1990年比25%削減を目指す高い目標を掲げたことから、ますます太陽光発電をはじめとする再生可能エネルギー導入拡大への期待が高まるといえる。

経済産業省では、日本の太陽光発電産業を産業戦略的にとらえ、「ソーラーシステム産業戦略研究会」では日本の新しい産業としての雇用創出や、日本の先進技術（供給サイドや、需要サイドの両面から）を活用し産業界も巻き込み、太陽光発電立国としての検討が2009年3月に報告された。図4.1.に「未来型エネルギー社会」の形成を示す。

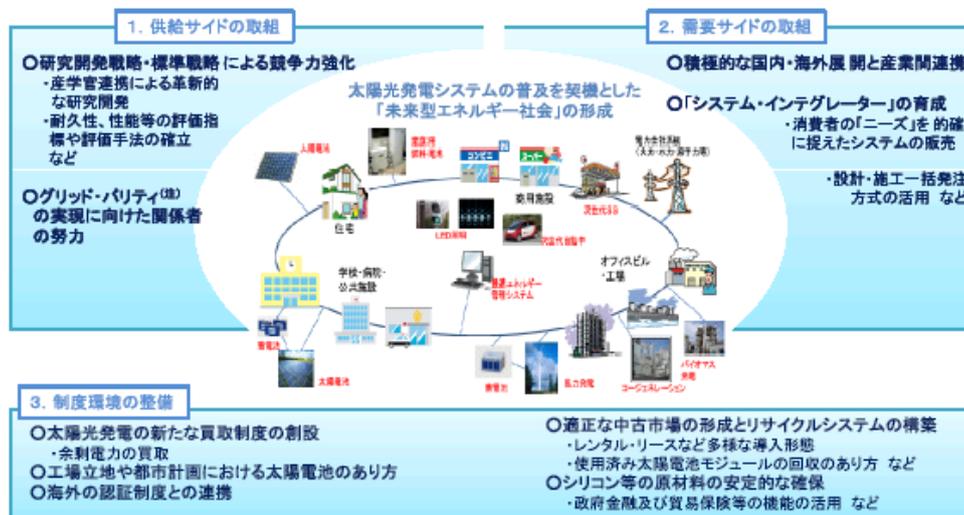


図 4.1. ソーラシステムの普及を契機とした「未来型エネルギー社会」の形成

2009年1月からは住宅用太陽光発電の補助支援が始まり、11月からはこれまでの2倍近い価格での、新しい余剰電力の買取制度も始まった。国民自らが、自分の利用するエネルギーを太陽光発電という再生可能エネルギーでまかなっていく社会が広がるとともに、太陽光発電産業界として、太陽光発電を新たな社会インフラとして普及すべき阻害要因の解決に努力するとともに、関連する産業として、国民の期待に応えて行きたい。

5. 参考文献

- [1] PVJapan2009「太陽光発電の普及に関するセミナー」2009年6月 SEMI/太陽光発電協会主催
- [2] NEDO 太陽光発電ロードマップ (PV2030+) 「2030年に向けた太陽光発電ロードマップ (PV2030) に関する見直し検討委員会」報告書 2009年6月
- [3] METI 「ソーラーシステム産業戦略研究会」報告書 2009年3月

住宅における自然エネルギー利用

The utilization of the natural energy at the house

栗原潤一

Junichi Kurihara

Recently, the environmental-impact and the energy saving become a big problem. The tendency of the increase has the energy amount which is consumed at the house. Because it supports this status, there is use of the energy-of-nature. Heating and Cooling, supplying hot water, besides purpose, at the house, necessary energy is divided. The energy-of-nature has a wide range of kinds such as the solar energy, the wind energy, the geothermal energy, the wave energy, the atmospheric energy. The individual states the energy-of-nature which is easy to use according to each purpose at the house.

1. はじめに

近年、地球環境問題が大きく取り上げられており、温暖化の原因と言われる CO₂ 排出量の削減が重要な課題といわれている。一方、最近の日本のエネルギー消費の傾向は、産業部門が概ね横ばいであるのに対し、家庭や事務所などの民生部門と自動車、鉄道などの運輸部門が大幅に増加している。住宅について見ると、生産建設・運用（使用）・解体廃棄の段階に分けると、我々が生活する運用（使用）段階が最も多くのエネルギーを消費している。ここでは、その住宅の運用（使用）段階におけるエネルギー消費を抑制する一手段として、自然エネルギーの利用について述べる。

2. 住宅の基本性能の向上

住宅におけるエネルギー消費は、用途別に①冷暖房等の空調、②給湯、③照明・家電等のその他に分けられる。エネルギー消費の抑制対策や自然エネルギーの利用については、それぞれの用途に分けて考える必要がある。住宅の基本性能の内、エネルギー消費との関わりが大きいのは断熱性能と夏期の日射対策である。断熱性能の向上は、年間を通した冷暖房等の空調の省エネルギーに大きく影響するだけでなく、室内居住空間の快適性能の向上にも大きく寄与し、第一に取り組むべき項目と考えられる。日射対策の基本は、冬期と夏期の太陽高度の違いの利用である。自然エネルギーの利用でもある冬期の日射は受け入れ、夏期の日射を遮蔽するような住宅設計が必要である。具体的には、庇やバルコニーを冬期、夏期の太陽高度を意識して設計すること、さらには外構における落葉樹等の樹木の植栽設計等が考えられる。



Figure 1. Season compatible at the house

3. 高効率設備機器の選択

住宅を取り巻く環境は、地域や季節により大きく変動する。冷暖房等の空調に関する部分は住宅性能の向上により、できるだけエネルギー消費を抑制する設計が望ましいが、それでも不足する部分や給湯や照明等のエネルギーが必要である。そのため電力・ガス等の外部のエネルギーを使用することになるが、そこで重要なのはエネルギーを効率よく利用できる高効率設備機器を選択することである。給湯用エネルギーを効率よく使用する機器の一例として「エコキュート」がある。「エコキュート」は電力による給湯器であるが、一般的な「電気温水器」は、ヒーターにより加熱するので効率は「1」であるのに対し、「エコキュート」はヒートポンプで加熱するため、効率は「3」程度と高効率である。

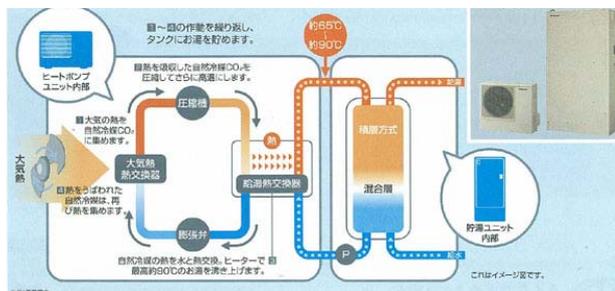


Figure 2. The example of the hot water system with high efficiency

4. 自然エネルギーの活用

一般に自然エネルギーというと太陽、風力、波力、潮力、地熱、バイオマス等が考えられるが、これらは、商用電力等エネルギーインフラに組み込まれ電力として住宅に供給され、重要な自然エネルギー利用であるが、ここでは、住宅において、直接利用しやすい自然エネルギーについて述べる。住宅においては、太陽エネルギー（太陽熱利用・暖房、給湯等、昼光利用・照明代替、太陽光発電・電力）、風力エネルギー（風力発電・電力）が思い浮かぶ。太陽エネルギーは、住宅の屋根に集熱器や太陽電池を設置して利用することができ、これらは今後かなりの規模で住宅に取り込まざるを得ないエネルギーである。また、太陽熱が直接開口部から室内に入り冬期の室温維持し、通風が夏期の冷房を抑制することも大きな自然エネルギー利用である。さらにエアコンによる冷暖房は電力により大気エネルギー集め効率よく活用しているのであり、これも自然エネルギー利用である。また、夏期の自然エネルギーとして、蒸発潜熱の利用も忘れてはならない。打ち水、樹木からの蒸散等、身近な利用が可能である。

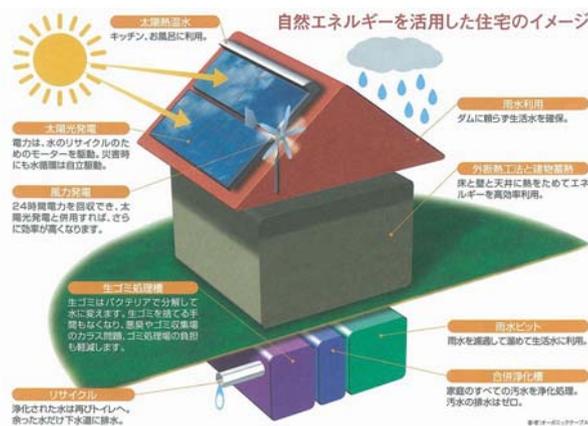


Figure 3. The image at the house which utilized an energy-of-nature

5. おわりに

自然エネルギー利用というと、太陽光発電や風力発電等、最先端のシステムのイメージが強いが、日溜まりや打ち水等、先人達が利用してきた方法も大切に現代においても有効に活用する工夫を続ける必要がある。

6. 参考文献

- [1] 栗原潤一：「住宅における環境配慮の取り組みとエネルギーソリューション」、IBEC、No.155、7月号、
- [2] 栗原潤一：「システム供給型環境共生住宅の事例」、BE 建築設備、2008年2月号、

昭和基地への再生可能エネルギー導入についての基礎検討

-ヒートポンプの導入効果-

Fundamental research for introduction of renewable energy to the Syowa base

- Effect of introduction of heat pump-

○畑中裕紀¹ 西川省吾² 栗原潤一³ 安孫子春彦³ 石沢賢二⁴ 遠藤伸彦⁴
 Yuki Hatanaka¹, Shogo Nishikawa², Junichi Kurihara³, Haruhiko Abiko³, Kenji Ishizawa⁴, Nobuhiko Endo⁴

Abstract : Since the thermal loadings are larger than the electric loads in Syowa base, it is important to convert part or all of the electric powers of the photovoltaic generation and wind power generation into heat. An electric heater and the heat pump are thought as a conversion regime of electricity to heat. However, the temperature of supplied water is greatly controlled as for the performance of the heat pump. In this report, we show the effect of introduction of an electric heater and a heat pump by the simulation examination.

1. はじめに

昭和基地では各種観測，調査等が実施されている。今後は更なる研究を行う事が計画されているため，基地内での消費電力の増加が予測される。現在，基地内の消費エネルギーのほとんどは化石燃料(軽油)であるが，南極観測船「しらせ」の燃料輸送タンク容量では，電力増加に伴う燃料の輸送増加に対応できない。そこで今後は，基地周辺で取得可能である再生可能エネルギー(太陽光発電(PV)，風力発電(WG)など，以下 RE)の導入が考えられている。また，南極という場所から，電気以上に熱が必要なため，国内と異なるシステム性能が要求される。

そこで本研究では第一段階として，PV と WG により，昭和基地内の電力の一部を補うと共に，ヒートポンプ(HP)や電気ヒーターによりその電力の一部または全てを熱に変換し，燃料消費量を抑えるための最適なシステム構成及び運用方式を検討している。

本稿では，HP または電気ヒーターを導入した場合の燃料削減率の変化について，シミュレーションにより比較検討したので，その結果を示す。

2. 基地内のエネルギー利用実態

現在，基地内のエネルギーのほとんどはディーゼル発電機(DG)によって賄われている。この DG によるコジェネレーションで電力・熱を供給している。ベース負荷は DG により供給し，熱の不足分はボイラや他の暖房機器によっている。

現状のエネルギー供給割合は図 1 のようになる。電気出力は年間を通じてほぼ一定であるが，熱出力はその月によって変動があり，現地の冬期(5月～9月)にエネルギー総量が大きい。これは，暖房利用などによるものであると考えられる。そして，この電気と熱の割合は熱が電気の約 1.5 倍となっており，熱>電力のシステムが要求されることが分かる。

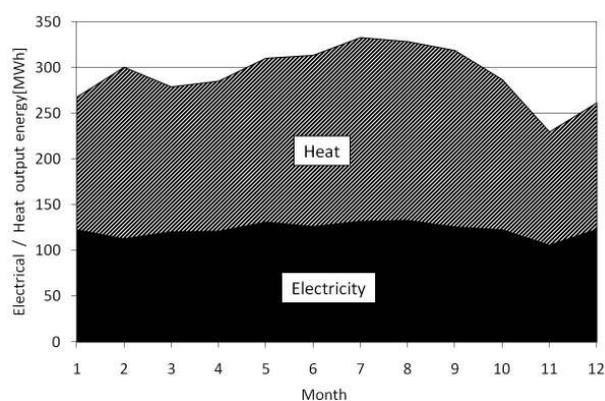


Figure1. The use realities of energy in Showa base

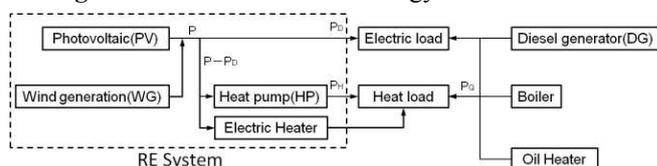


Figure2. System configuration

3. 実施内容

3-1 検討条件

今回は，HP・電気ヒーター導入時の燃料削減率の変化について比較検討を行った。以下に検討条件を示し，システム構成を図 2 に示す。

- PV および WG の合計容量を 200kW とし，PV と WG の比率を，PV200kW，PV80kW+WG120kW および WG200kW の 3 ケースとした。
- ボイラの効率は 90%とした。^[1]
- RE によって得られた電力の一部を HP で熱に変換する際の電熱変換率 $K_1(=(P-P_D)/P \times 100)$ の変化周期を時間，月間，年間の 3 パターンとした。
(燃料削減率が最大になる K_1 に設定)
- HP 及び電気ヒーターは市販品レベルとし，その成績係数 COP は外気温により表 1 のように仮定した。
- DG の最低負荷率は 40%とした。

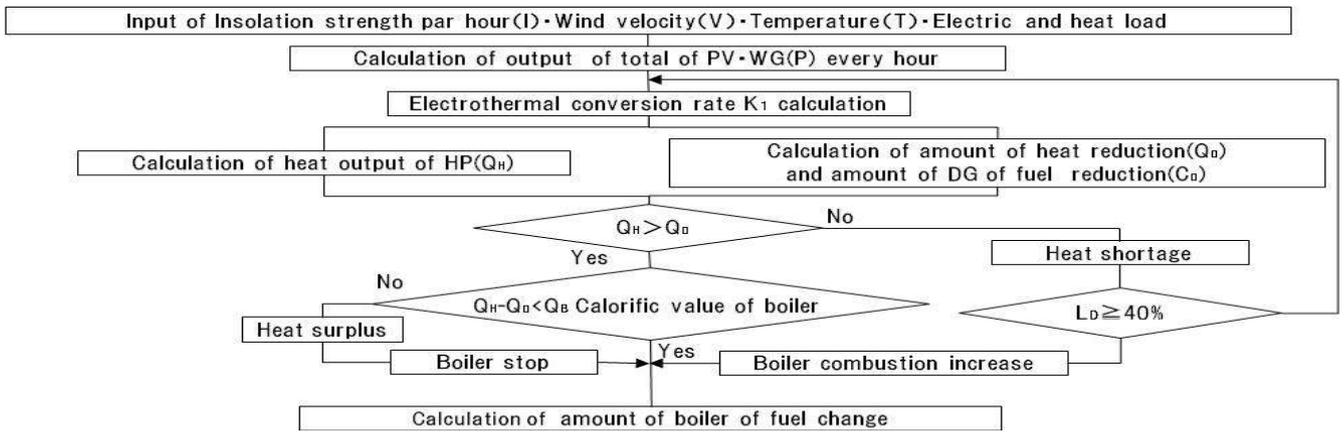


Figure3. Calculation procedure

Table1. COP condition by air temperature

	Electric heater	HP
$0^{\circ}\text{C} \leq T$	1	3
$-15^{\circ}\text{C} \leq T < 0^{\circ}\text{C}$		2
$T < -15^{\circ}\text{C}$		1

3-2 計算手順

上記の検討条件及び図3のフローに従ってシミュレーションを行った。使用するデータは、気象（気温、日射、風速）²⁾、DG出力は1時間値、ボイラ、暖房機は1カ月の燃料使用量を1ヶ月分に換算して用いた。今回は、REシステムの電気出力の全て又は一部をHP、電気ヒーターで熱出力に変換し、RE余剰電力をDG出力に置き換え、それによる熱の過不足をボイラで補うものとした。これにより、DG及びボイラにおける燃料削減率を算出した。

4. 結果

図4はHP及び電気ヒーターのK1分布を比較したものである。電気ヒーターではCOPが1と低く、RE出力を熱へと変換しても効果が得られないため、K1の7割近くが0%に集中した。また、変化周期にも左右されない。それに対してHPでは分布の大小はあるが、周期の短い方がK1は高い所に多い。このため、HPの方がRE出力をより効率的に熱へと変換することで使用燃料を削減でき、図5のように電気ヒーターを導入した場合よりも0.4%~1.4%程度上回った。両者の差はPV80kW+WG120kWが最も大きい。これはPV・WGのハイブリッドにおいて、-15~0°Cの範囲でRE出力が大きくなるため、HPの導入効果が高まったのだと考えられる。

図6はK1の変化周期ごとの燃料削減率を示したものである。電気ヒーターではK1の変化もなく、削減率に変化は見られなかった。一方HPを導入した場合、時間別にK1を変化させた場合の方が熱への変換量は大きく、その分燃料削減に寄与していると考えられる。

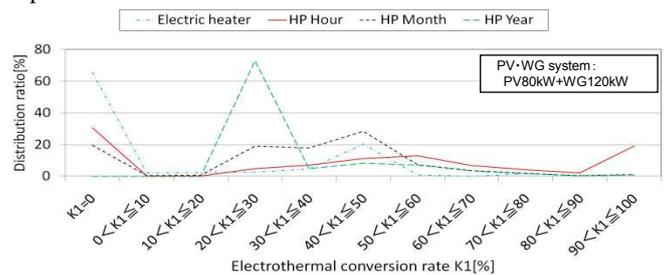


Figure4. Electrothermal conversion rate distribution

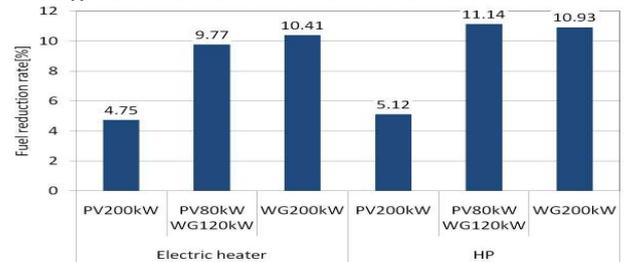


Figure5. Fuel reduction rate

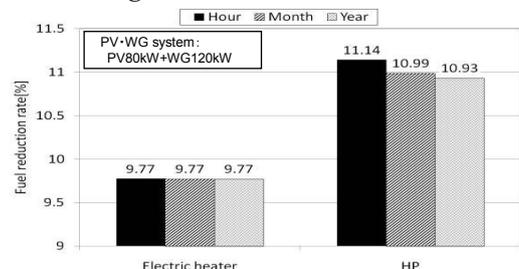


Figure6. Fuel reduction rate(Each change cycle)

5. まとめ

今回は、昭和基地における燃料削減の一環としてRE及びHP、電気ヒーターを導入したシステムについて燃料削減率の簡易シミュレーション検討を行った。結果としてHPを導入した場合、電気ヒーター導入時より燃料を削減できた。特にPV・WGのハイブリッドを利用し、電熱変換率K1を1時間毎に変化させる場合において、RE出力をより効率的に利用することで、その導入効果を発揮できる。

6. 参考文献

[1]日本機械学会：「機械工学便覧 応用システム編 γ3 熱機器」, p.γ3-50, 2005年
 [2]気象庁ホームページ
 (http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php)

円弧キャンバー翼垂直軸形風車における開閉式補助翼を用いた起動トルク特性の検討

Study on the Characteristics of Starting Torque
by Opening-and-Closing Mechanism Aileron for VAWT with Arc Camber Blade

鈴木慶子¹, 新田寛和¹, 直井和久², 塩野光弘², 柳平和寛³, 鈴木勝行²
*Suzuki Keiko¹, Nitta Hirokazu¹, Naoi Kazuhisa², Shiono Mitsuhiro²,
Yanagidaira Kazuhiro³, Suzuki Katsuyuki²

Abstract: We propose opening-and-closing aileron to improve starting characteristics of the vertical axis wind turbine with arc camber blade. In this paper, two types aileron tested using wind tunnel, one is constituted by spring and hinge "S type", and another is constituted by resin sheet "P type". From the experiment, the starting torque of 4 blades wind turbine with the opening-and-closing aileron increases 3.9 times.

1. はじめに

円弧キャンバー翼垂直軸形風車における起動性の改善を目的として、風車の主翼に補助翼を取り付け、補助翼の取付位置、取付角、および大きさが起動特性に及ぼす影響について検討を行った⁽¹⁾。この結果、起動トルクが増加する範囲で補助翼に開閉機構を持たせることにより、起動トルクが増加する可能性を報告してきた⁽²⁾⁽³⁾。

本稿では補助翼の開閉機構として、バネと蝶番による方式と、樹脂シートによる方式の開閉式補助翼を試作し、4枚翼の円弧キャンバー翼垂直軸形風車に取り付け、風洞施設において起動トルクを測定し、その結果について検討する。

2. 供試風車

実験に用いた4枚翼の円弧キャンバー翼垂直軸形風車の概形を図1、その諸元を表1に示す。

主翼の翼形状は、図2に示すようにNACA63₃-018の翼形をもとにキャンバー線と回転軌跡を一致させた円弧キャンバー翼とした。

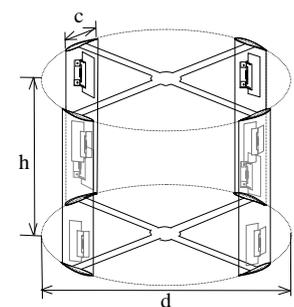


Fig.1. Outline of wind turbine (4 blades)

Table 1 Specification for wind turbine (4 blades)

Number of blades : n	4
Diameter : d[mm]	600
Height : h[mm]	450
Chord length : c[mm]	105

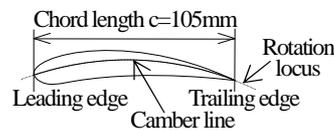


Fig.2. Main blade section

3. 開閉式補助翼

主翼に取り付ける開閉式補助翼はバネと蝶番による方式(S方式)と、フィルム状の樹脂シートによる方式(P方式)の2方式とした。

S方式は、図3(a)に示す様に翼に働く抗力を受けるためのアルミ板、バネ、蝶番、角度調整金具により構成される。P方式は、図3(b)に示す様に樹脂シートと角度調整金具により構成される。いずれも補助翼の取付角が

70°まで開き、主翼の前縁方向から風を受けた時に、風の力により閉じるように設計した。つまり、主翼が流向に対面する位置角の時に補助翼は閉じることになる。

いずれの場合も補助翼の寸法は幅40mm、長さ120mmとし、各主翼に2枚ずつ取り付けた。

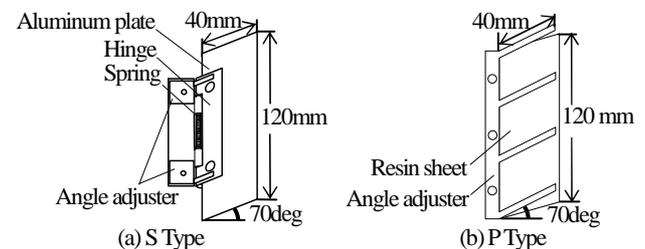


Fig.3. The opening-and-closing aileron

4. 実験方法

測定は水平式閉鎖回流型風洞(測定部:幅2.0m×高さ2.0m)で行い、設定風速は9、12、15m/sとした。

図4に主翼の位置角θの定義を示す。測定は1枚翼、4枚翼について行った。図4に示す様に基準翼をA翼とし、A翼より時計回りにB翼、C翼、D翼と定義した。基準翼と流向とのなす角が0degの時を位置角0degとする。

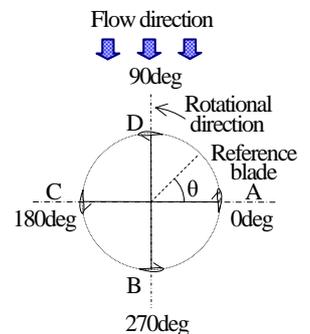


Fig.4. Position angle

起動トルク試験は、翼を位置角0degから反時計回りに5deg毎に固定をした後、風速を与え各位置角θにおけるトルクを測定した。

測定したトルクより風車の性能を評価するため、ここでは式(1)に示す起動トルク係数 C_T を用いた。

$$C_T = \frac{T}{0.5\rho V^2 AR} \quad (1)$$

T: 起動トルク[Nm], ρ : 空気密度[kg/m³], V: 風速[m/s]
A: 受風面積($A=d \times h$)[m²], R: 半径($R=d/2$)[m]

5. 結果

補助翼の取付角が一定の固定式補助翼を取り付けた場合、補助翼なしの場合よりも起動トルクが増加する位置

角の範囲と、低下する位置角の範囲が存在する⁽²⁾⁽³⁾。これより、起動トルクが増加する位置角では補助翼が開き、その他の位置角では補助翼が閉じるような理想的な開閉状態の場合を、ここでは開閉機構の想定という。

S方式、P方式による開閉式補助翼を取り付けた場合の起動トルク特性と、補助翼がない場合、開閉機構を想定した場合の起動トルク特性⁽²⁾⁽³⁾について比較検討する。

5-1.1 枚翼における検討

1枚翼における起動トルクを調べるため、1枚翼にSおよびP方式による開閉式補助翼を取り付けた場合、補助翼がない場合、および開閉機構を想定した場合の起動トルク特性を図5に示す。

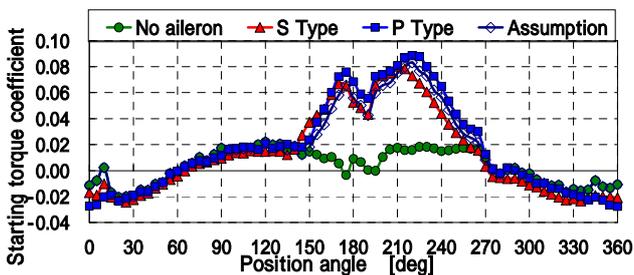


Fig.5. Characteristics of starting torque (1 blade, Wind velocity 12m/s)

図5より、S方式、P方式ともに、位置角150~270degでは補助翼なしの場合よりも起動トルク係数が増加する。その他の位置角では補助翼なしの場合とほぼ同様の起動トルク係数となり、開閉機構を想定した場合とほぼ同様の起動トルク特性を得る事ができた。

5-2.4 枚翼風車における検討

4枚翼風車にSおよびP方式による開閉式補助翼を取り付けた場合、補助翼がない場合、および開閉機構を想定した場合の起動トルク特性を図6に、平均起動トルク係数を表2に示す。4枚翼風車は90degごとに周期を持つため、測定範囲を0~90degとした。

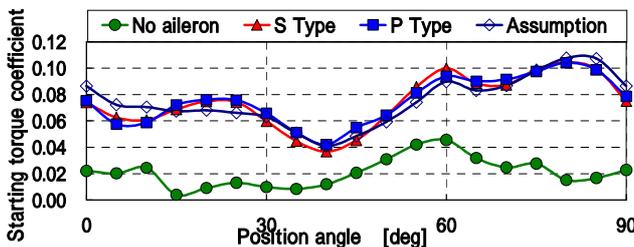


Fig.6. Characteristics of starting torque (4 blades, Wind velocity 12m/s)

Table 2 The average starting torque coefficient

No aileron	Opening-and-closing aileron		Assumption
	S Type	P Type	
0.0191	0.0739	0.0750	0.0744

図6より、試作した開閉式補助翼は、S方式、P方式ともに同様の起動トルク特性を示し、開閉機構を想定した場合とほぼ同様の特性が得られた。また、全ての位置角の範囲において、補助翼なしの場合よりも起動トルク係数が上回った。表2より、P方式、S方式の平均起動

トルク係数は、補助翼なしの場合の平均起動トルク係数の約3.9倍と増加し、開閉機構を想定した場合とほぼ同様の値が得られた。

次に、実験におけるS方式、P方式の補助翼の開閉状態の観測結果を表3に示す。S方式、P方式と開閉機構を想定した場合では、A翼とD翼の開閉状態が異なる位置角の範囲が存在した。開閉機構を想定した場合と開閉状態が異なるにも関わらず、同様の起動トルク特性が得られるのは、補助翼に作用する風を主翼が遮る位置角に停止しているためであると考えられる。

Table 3 Opening-and-closing condition of aileron

Position Angle of A 0[deg]	Opening-and-closing aileron								Assumption			
	S Type				P Type							
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
0	×				×	—		—	×			×
5	×	×			×	—		—	×	×		×
10	×	×			×	×			×	×		×
15	×	×			×	×			×	×		×
20		×			×	×			×	×		×
25		×			×	×			×	×		×
30		×			×	×			×	×		×
35		×			×	×		—	×	×		×
40		×			×	×		—	×	×		×
45		×			×	×		—	×	×		×
50		×				×			×	×		×
55		×				×			×	×		×
60		×				×			×	×		
65		×				×			×	×		
70		×				×			×	×		
75		×				×			×	×		
80		×			—	×			×	×		
85		×			—	×			×	×		

:Open, :Half-open, -:Repeated switching, ×:Close

6.まとめ

本稿では円弧キャンバー翼垂直軸形風車においてP方式、S方式の2種類の開閉式補助翼を取り付け、開閉式補助翼が起動トルク特性に及ぼす影響について検討した。

全ての位置角において補助翼なしの場合よりも起動トルク係数は上回り、平均起動トルク係数は約3.9倍増加した。また、補助翼が開閉する機構を想定した場合とSおよびP方式は、各位置角の開閉状態は異なったが、想定した起動トルク特性とほぼ一致した。これより、P方式、S方式における開閉式補助翼は、起動トルクの増加に有効であることを明らかにした。

風洞実験に際し、御協力頂いた風洞実験室の安部先生、高橋先生に謝意を表す。

参考文献

- (1) 清水ほか：「円弧キャンバー翼垂直軸形風車における補助翼が起動特性に及ぼす影響-取付位置と寸法に関する検討-」2009年電気学会全国大会論文集, 7-023, pp.38-39 (2009)
- (2) 清水ほか：「円弧キャンバー翼垂直軸形風車における補助翼の起動特性に及ぼす効果(その3)」2008年電気学会全国大会論文集, 7-022, pp.33-34 (2008)
- (3) 鈴木ほか：「円弧キャンバー翼垂直軸形風車における補助翼の起動特性に及ぼす影響(3枚翼風車における検討)」2008年電気設備学会全国大会論文集, pp.65-66 (2008)

太陽電池パネルの利用方法について

On the utilization of the solar cell panel.

○一柳 龍伸¹ 早川 朝康¹ 吉野 泰子² 王 岩³

1. はじめに

太陽電池パネルは、建物の屋上や家屋の屋根等のほぼ平面上に設置され、直射光による発電が日本国内の多くの一般家庭で利用されている。ただ、以前通産省主体で行われていたサンシャイン計画では、太陽電池パネルを反射鏡の利用により発電する実験が行われたことはあるが、あまり利用されていない。

今回、チベットなどで利用されている Solar Cooker による給湯システムの発展形とした集光による太陽光発電の実験を行ったので、報告する。

2. 実験概要

2009年8～9月、日大理工学部船橋校舎5号館屋上で、自作の集光装置(写真.2)と市販の太陽電池(単結晶型 0.18m×0.23m)(写真.3)を用い、水平に設置した集光パネル(下向き)と比較パネル(上向き)の電圧、電流、電力、照度、表面温度などを分析し、集光パネルにおける発電性能を検証した。

実験は、日本で一般的に利用されているビニール傘にアルミシートを貼った集光パラソルを作成して行っている。チベット等で利用されている実際の Solar Cooker(写真.1)は、局面がいくぶん緩やかなものであるため、今後の検討が必要と考えている。

3. 実験方法および結果

各太陽電池の電圧・電流・電力は、AC/DC パワーハイテスタ(HIOKI, 3334)2台により自動計測した(0.5～1回/s)。また、気象観測装置(Davis, Vantage Pro)や全天空日射計(EKO, MS-601)等により、温湿度・風向・風速・降雨量、日射量と紫外線放射などの自動測定を行った。

今回の実験は、中国との共同研究の一環として、

チベットおよびモンゴルなどでの居住環境の改善を目的として行っている。このため、日本での居住環境と異なる点も多々あるので、必ずしも日本での太陽電池パネルの利用方法が正しいとは限らないので、異なる利用方法についても検討する必要がある。



写真 1 Solar Cooker.



写真 2 集光装置



写真 3 Solar Panel.



写真 4 実験風景

集光パネルの表面温度(図.1)は比較パネルに比べて多少熱くなった(最大 59℃)が至適範囲内にあり、屋外の風による冷却作用も考えられる(8月25日の平均風速約 2m/s¹⁾)。

太陽高度が高い昼前後では、調整状態により発電力量に大きな差が現れなかったが、最適な状態に調整した集光パネルの最大発電量は 4.15W、日射量が 816.5W/m²、単位面積の変換効率が 12.3%となり、約 2.29 倍の発電量が確認された。

図 2 上段に示した発電力量における両者の特性

1: 日大短大・教員・基礎(電気) 2: 日大短大・教員・建設 3: 日大理工・院・建築

変化にそれほどの差は見受けられないが、下段に示した発電電圧では集光により高い値の測定値が得られた。また、集光パラソルによる入射光角度の調整が行われることから、14 時以降における集光効果が顕著である。

今回、これまでに行った実験では日の出から 10 時頃までの測定を行っていないが、太陽高度が高く成るまでにおいても集光パラソルによる入射光角度の調整による集光効果が得られるはずであるので、今後実験データを得ていきたい。

4. まとめと今後の展開

反射光の調整は、現段階では一定時間ごとに電力計の指示を確認しながら、最良の状態となるように人為的に調整を行っている。今後は、天体望遠鏡に利用されている三脚等を利用して、手動または自動追尾させる方法により、より正確な調整による実験を進める必要も考えられる。

直射光を受ける比較パネルと反射光を受ける太陽電池パネルは裏表に配置して、Solar Cooker と類似したパラソル式集光装置による太陽電池発電出力の向上効果が確認された。

日本では曇天が多いため、集光型発電において不安定となる要素があるが、チベット自治区では曇天が少なく、日照時間 6h 以上の年平均日数が 275~300 日²⁾に達し、太陽放射が強いので現地での実用性が示唆される。また、住宅のみならず、公共空間に日射・紫外線遮蔽のエリアを増設する際、太陽光発電をも考慮し、自然エネルギーを有効活用した快適な空間を構築していく必要がある。

さらに、今回の実験で集光パネルと比較パネルを表裏に配置して測定した結果から、同じスペースの利用において倍の電力を得ることができることになり、垂直の壁に設置したパネルでは、直射光と反射光による発電の利用も可能と思われる。また、従来は設置されることの無かった直射光が当たらない屋根のひさしや北側の壁の利用も可能ではなかろうか。

【参考文献】

- 1) 日本気象局サイト <http://www.jma.go.jp>
- 2) 王, 吉野ら「中国チベット高原における自然エネルギー適

用住宅に関する検討 その 1. 太陽エネルギー暖房の地域特性」日本建築学会大会, D-2 分冊 p. 429-430

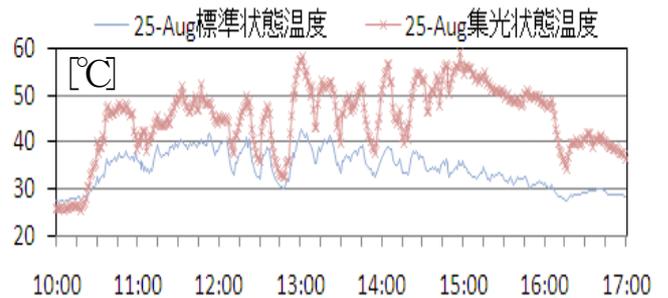


図. 1 太陽電池パネル表面温度の比較

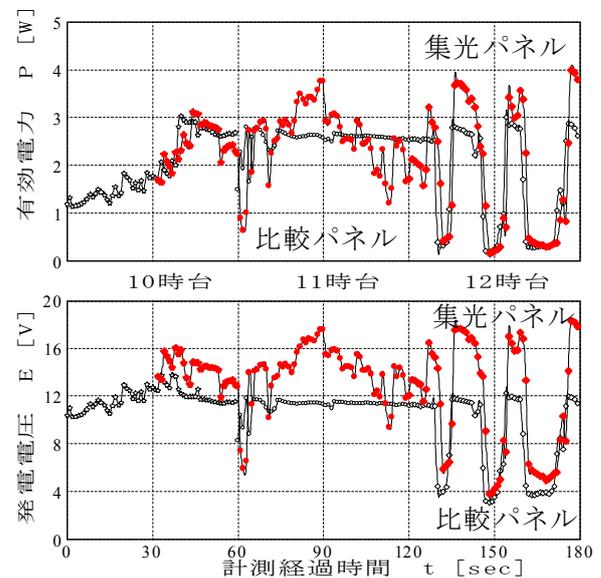


図 2 発電電圧および発電電力量①(8/25)

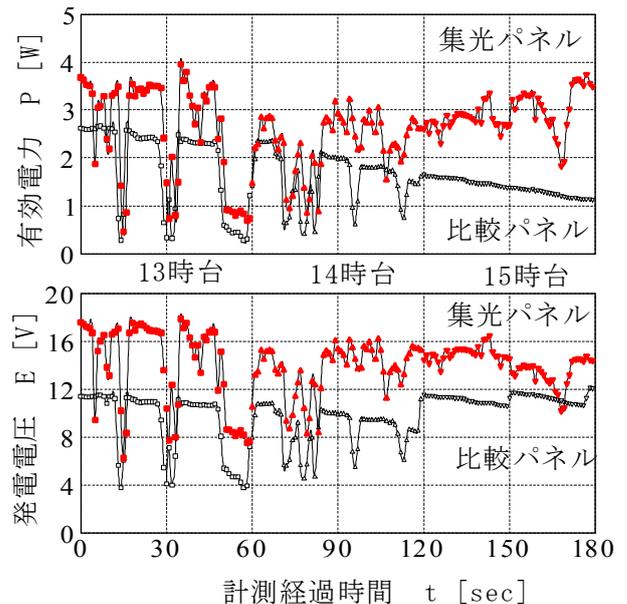


図 3 発電電圧および発電電力量②(8/25)