

平成19年度第4回技術情報部会 研修会報告

1. テーマ：「新エネルギーの実情と経済性について」
2. 日 時：平成20年1月29日（水）15：00～17：00
3. 場 所：(株) ユアテック 3F A 会議室
4. 講 師：守山 寛 技術士（電気電子、総合管理部門）
5. 所 属：(株) ユアテック

講演要旨

0. はじめに

今紹介にあずかった(株) ユアテックの守山です。本日は表題の件に関して小職が今まで携ってきた技術的なことを報告するわけですが、一部は目下社内での範囲に留められた内容も含まれますので、その取り扱いには留意願います。又ここでの見解は社内において統一化されておらず、本人の独断も御座います。その辺のことを念頭に入れてお聞き願います。冒頭のスライドに示された太陽光発電装置の写真は弊社の人材開発センターの屋上に設置された3.4KWの装置であります。ご参考までにご紹介申し上げます。

【講演内容】

1. 報告の柱

- ① 新エネルギーの定義、
- ② 評価方法、
- ③ 太陽光発電、
- ④ 風力発電、
- ⑤ 燃料電池、
- ⑥ コージェネレーション
- ⑦ バイオマス、
- ⑧ 総合評価、
- ⑨ 今後の予定、

1-1. 新エネルギーの定義と実際

1-1-1. 新エネルギーとは：「新エネルギー利用等に関する特別措置法」に定めている。一般に称されるエネルギー分類に従って示すと以下のとおり、

- ① 自然エネルギー（水力、太陽、風力、バイオマス、などで化石エネルギーや原子力以外のもの）、
- ② 再生可能エネルギー（自然エネルギーとほぼ同じ）、
- ③ 化石エネルギー（石油、石炭、天然ガスなど：原子力は含まない）、
- ④ 石油代替エネルギー（新エネルギーに加え、地熱発電、水力発電、波力発電、海水温度差発電）、

1-1-2. 新エネルギーの実際

- ① エネルギー源のサイドから見ての種類

「太陽光発電」、「太陽熱発電」、「風力発電」、「雪氷熱利用」、「バイオマス発電」、「バイオマス燃料製造」、「廃棄物発電」、「廃棄物熱利用」、「廃棄物燃料製造」、「温度差エネルギー」、等がある。

- ② エネルギー利用のサイドから見ての種類

「クリーンエネルギー自動車」、「天然ガスコージェネ」、「燃料電池発電」、
1-1-3.日本の電源構成（総発電量：9.705 億 kWh）

データは古いが、2004 年の電源構成（発電量）では、①原子力：29%、②天然ガス：26%、③石炭：24%、④石油等：10%、⑤水力：10%、⑥新エネルギー：1%と新エネルギーの地位は低い。

2. 評価手法について

2-1. 経済性評価

2-1-1. 計算方式

- ① 経済性工学の分野：年間経常費、固定費、変動費、発電単価を算出し、
- ② 現状の発電方式、並びに購入電力単価と比較する。

【注 1】年間経常費：(固定費+変動費)/年間、

【注 2】固定費：建設・運用に固定的に要する費用（建設費、利子、租税公課、人件費など）、初期投資額×資本回収計数

【注 3】変動費：運用状態によって変動する費用【燃料代、メンテナンス費、運転人件費など】

【注 4】発電単価：年間発電量÷年間経常費

2-1-2.比較対象発電単価

- ① 電力会社の売電単価：高压電力(10 円/kWh)、低压電灯(一般家庭)(20 円/kWh)、
- ② 一般電源の発電単価：原子力発電(6.0 円/kWh)、火力発電(9.6 円/kWh)、LNG 火力(7.2 円/kWh)、水力発電(13.5 円/kWh)、

2-2. 環境性評価

2-2-1. LCA 評価

- ① ライフサイクルアセスメントの略、ISO の標準語、
- ② 生涯環境評価と訳され、その製造・運用・廃棄までの一生に亘る環境性の評価のこと、
- ③ 現実にはリサイクルやリユースなどもあり、計算は非常に複雑で評価方法も煩雑になる（研究としては有力だが、現実性に乏しい）。データベース化が進む、

2-2-2. LCCO₂評価

- ① 発電システムやエネルギー消費機器では、運用に伴う燃料消費による CO₂発生量を比較するほうが現実的である。

2-2-3. 事例集

例えば、「電気自動車と燃料電池車ではどちらが環境性に良いか？」等を論議する時に活用する。計算が複雑になるので省略、

2-2-4. エネルギーペイバックタイム (EPT)

- ① 太陽光発電システム等のエネルギー生産システムの製造から廃棄に至るライフサイクルを通して投入されるエネルギー量がシステムによって発電されるエネル

ギーにより回収されるまでの期間を示すものである。

- ② EPT の公式 = (ライフサイクルを通して投入されるエネルギー / 1 年間に生産されるエネルギー) = B / A (年) (この値が小さいほど、効率的なエネルギー生産システムになる)

【注 1】(A) : 太陽光発電によって 1 年間で発電するエネルギー、

【注 2】(B) : 太陽光発電の製造等に必要投入エネルギー、

3. 太陽光発電

3-1. 定義等

3-1-1. 定義

太陽光の持つ光エネルギーを光電変換して電力として取り出すシステム、

具体例 : 太陽電池、

3-1-2. 太陽熱発電

太陽光の持つ光エネルギーをいったん熱エネルギーに変換し、それを回転機等に動力として伝え発電するシステム、

具体例 : スチームエンジン、スターリングエンジン

3-2. 太陽光発電の原理等 (光起電力効果 : Photovoltaic effect)

3-2-1. 原理

p 型半導体、n 型半導体を接合した構造を持つ。太陽光が当たることで (光励起) 電子にエネルギーを与え、それを直接電力として取り出す。

3-2-2. 太陽光発電の現況

- ① 生産量は年間 287MW (2006 年現在)、又太陽電池の生産量は世界一のシェアであるが、他国の追撃を受けてそのシェアを落しつつある。
- ② 発電設備量は、現在独が世界一、日本は第 2 位、米国が第 3 位、

3-3. 太陽電池の種類

3-3-1. シリコン型 :

(a) 結晶型 : 単結晶型、多結晶型、今主流である。

(b) 非結晶型 : アモルファス型、今後増加する。

3-3-2. 化合物半導体型 : GaAs、CdTe、CIS 系、家庭向きではない。

3-3-3. その他 : 有機体半導体、色素感応型、ハイブリット型、目下研究中、

3-3-4. 特徴

- ① 発電出力に対して設置面積が大きい、② 出力が天候に左右され安定しない、③ 設備費用が高価、④ 発電単価も高い、⑤ 省エネルギー性に優れる。⑥ ランニングコストは殆んど無い、

3-4. 経済性評価

3-4-1. 日本における建設費と発電単価の推移

- ① 1993 年導入以降、急速に建設単価、発電単価が低下 (1/2 補助、モニター事業)

- ② 3年間のモニター事業後、普及事業に入る（補助 1/3~1/4）。建設単価、発電単価低下速度は鈍る。2003年で発電単価 40~50万円程度、

3-4-2. 経済性評価（1）

- ① 年間発電量：日本気象協会が NEDO の委託で日本の主要都市における方位格別、仰角別発電量の計算を行い、公表されている。=1000kWh/kW
② 建設費：70万円/kW
③ 耐用年数：20年
④ 利率3%

3-4-3. 経済性評価（2）：4kW システム（家庭用）を試算

- ① 固定費： $0.06722 \times 700,000 \times 4 = 188,216$ 円
② 変動費：0
③ 年間発電量： $1000 \times 4 = 4000$ kWh
④ 発電単価： $188,216 \div 4000 = 47$ kWh、この結果は先程の数値に概略合致する。
【注】弊社のそれは設置以来 13年になっている。目標値の 20年は可能と推定している。

3-4-4. エネルギーペイバックタイム

- ① 形式によって異なるが、4年といわれている。資料によっては約 20年となっているものもある。
② その原因は、現在主流となっている「単結晶形」「多結晶形」のシリコンを活用していることによる。すなわち半導体（ウェハー）作成時に、使用出来なかった物を再使用したことでその時の費用を見込むか否かの違いによる。

【注 1】シリコン不足になると太陽電池用のシリコンを生産していた。

【注 2】太陽光発電のパネルの仰角別発電量の影響（秋田の弊社でのテスト）について

(a) 60° 40° 30° の差はなかった（実地テストの結果）。

(b) 冬期、夏期の差もなかった。

4. 風力発電

4-1. 特性

- ① 風のエネルギーを利用して発電する。北海道・東北・九州に多く設置される。
② 発電出力に対し設置面積が大きい、出力が天候に左右され安定しない、設備費用が高価、発電単価は太陽光より安価、省エネルギー性に優れるが、技術的には問題あり、電力安定性（送電線との接続）に問題があり、保守管理が必要等々の特性がある。

4-2. 発電出力

- ① 風力発電の基本式： $E = 1/2 \cdot \rho \cdot V^3 \cdot A$

【注】 ρ ：空気の密度（ $1.29\text{kg}/\text{m}^3$ ）、 V ：風速（m/s）、 E ：風力エネルギー（W）

A：面積

- ② 風が多く（山の上）、風車面積が大きい条件を選択する。

4-3. 種類

- ① ダリウス型風車、プロペラ型風車、サボニウス型、オランダ型、平板型、多翼型等多数あり、
- ② 主流はプロペラ型
- ③ 事例：二又風力発電所（1,500KW）〈写真略〉

4-4. エネルギーペイバックタイム

- ① 型や大きさによって異なるが、1年以内といわれている。
- ② エネルギー収支：生涯発電量が投入されたエネルギーの何倍あるかを評価する（20倍とされている）。
- ③ 大型風力は歴史が浅く、評価は未確定な部分が多い。

5. 燃料電池

5-1. 原理

燃料を改質して製造した「水素」と空気中の「酸素」を化学反応させ発電する装置。水の電気分解の逆反応（ $2H_2+O_2\Rightarrow 2H_2O+e$ ）

5-2. 技術の現状

- ① 原理は古くから理解されていたが、実現したのはジェミニ計画によるアルカリ型の宇宙用からである。その後、実用化を目指し、リン酸型が開発され一応の成果を上げるものの経済性の問題で普及は停滞した。
- ② 最近一般家庭用や車積載を目的に固体高分子形が脚光を浴びるが、課題は寿命と経済性である。目下、固体酸化形に移行中、

5-3. 燃料電池の特性

- ① 小型でも発電効率がよく、部分負荷特性が良い、燃料種別を選ばない、コージェネが可能、高温型ではボトムリングサイクルで更に高効率化が図れる等の利点がある。

5-4. 燃料電池の種類と特徴

	リン酸形 (PAFC)	熔融炭酸塩形 (MCFC)	固体電解質形 (SOFC)	固体高分子形 (PEFC)
電解質	リン酸水溶液	Li-Na系炭酸塩 Li-K系炭酸塩	ジルコニア系 セラミックス	高分子膜 (Nafion膜等)
作動温度	200℃	650~700℃	900~1000℃	70~90℃
燃料	天然ガス メタノール	天然ガス 石炭ガス化ガス	天然ガス 石炭ガス化ガス	水素、メタノール 天然ガス
発電効率	35~42%程度	45~60%程度	45~65%程度	30~40%程度
特徴/用途	最も研究が早	高効率発電	高効率発電	低温作動、高 ϵ

	く実績大、自動車用、CGS用	内部改質可能 火力代替	内部改質可能 広範囲の用途	エネルギー密度 小型CGS用
開発段階	商品化段階	研究途上	基礎研究段階	最も注目

5-5. 燃料電池の構成 (図：略)

5-6. 固体高分子型燃料電池 (PEFC: Polymer Electrolyte Fuel Cell)

2005年度より東京ガスが松下電器産業、荏原バレード製のシステムを一般向け導入開始した。

① 経済性：(a)設備費：非常に高価、商業化段階といわれている PAFC でも 40 万円/kW 以上、注目されている PEFC では、現在でも 100 万円/kW 超である。

(b)ランニングコスト：現在は、発電用としては LNG から水素を作っている（水蒸気改質）⇒回転器と大差なし、車用は、上記の他水の電気分解による水素製造（スタンド）⇒高価、

② 環境性：(a)発電効率は高い、省エネ性はある。コージェネとして使用すれば、更に省エネ性は増加する。⇒部分負荷特性は良いが改質器の性能に問題あり、

(b)燃料に問題がある。化石燃料を使用することは、根本的解決にはならない。水の電気分解、熱分解では、かえって増エネになる。夜間電力（原子力）の利用による二酸化炭素削減効果や海上太陽光発電による水素製造も将来は可能、

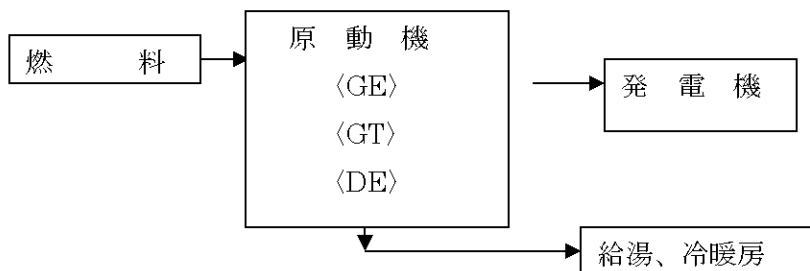
6. コージェネレーション (CGS: Co-Generation System)

6-1. 原動機を用いた熱伝併給システム (ディーゼルエンジン:DE、ガスタービン:GT、ガスタービン:GT)

6-2. 定義

発電と同時に排出される熱を給湯や冷暖房に使用、通常発電効率はガスエンジンで 35%程度、ガスタービンでは 30%程度、熱を利用した総合効率では最大 80%程度になる。

6-3. CGSの原理



発電効率は、大型発電機に劣るが、排熱を利用することで省エネに貢献する。

6-4. CGSの例

図1：マイクロガスタービン (略)、図2：吸収式冷温水器 (略)

【注】マイクロガスタービンは一時流行、写真は能力 28kW の米国製、

6-5. CGS の経済性

- ① 発電単価：モノジェネでは、商用電力単価を下回るのは困難、コージェネとして排熱利用分を燃料費から差し引くと経済性は上昇する。
- ② 用途：熱の有効利用がポイント、温熱特に給湯を大幅に使用する業種、建物でその効果が大きい（温水プール、ホテル、病院、工場等）、一般事務所ビルには向かない。
- ③ 経済性試算：契約電力 400kW の病院にマイクロガスタービンを導入した時のランニングコストの減少カーブ（図参照：ガス代増加分より電気代減少が大きい）。

6-6. CGS の総合評価

種別	容量 (kW)	発電効率 (%)	総合効率 (%)	排熱回収 形態	燃料 種別	NO _x	SO _x
DE	10kW~	≒40%	≒80%	温水	軽油 重油	750~ 900ppm	燃料によ り発生
GE	10kW~ 数千 kW	25%~35%	≒80%	温水 蒸気	LNG LPG	150~ 250ppm	≒0
GT	300kW~	≒25%	≒80%	蒸気	LNG 灯油等	10~ 100ppm	≒0
MGT	~300kW	25%~35%	≒75%	温水	LNG 灯油等	9~ 50ppm	≒0
リン酸形 燃料電池	数十 kW ~1000kW	≒40%	≒80%	温水 蒸気	LNG LPG	5ppm 以下	≒0
固体高分 子形燃電	~ 数百 kW	≒35%	≒75%	温水	LNG H ₂	5ppm 以下	≒0

7. バイオマス

7-1. 定義、種類

7-1-1. 定義：生物由来のエネルギー源を利用して発電や車の燃料として使用する。

7-1-2. 種類：

- ① メタン発酵利用：食品残渣や家畜糞尿からメタンガスを発生させ利用する。
- ② 廃油から燃料：食用廃油等から改質して軽油を作り、自動車用燃料などに使用する。
- ③ 植物から燃料：さとうきび、コーンなどからメタノールを作り、燃料として使用する。
- ④ ガス化利用：廃材、木材等を高温断酸素状態で加熱し、可燃性ガスを取り出して利用する。

7-1-3. エネルギー賦存量（エネルギー利用可能バイオマス：原油換算）：1,327PJ

- ① 木質バイオマス：438PJ, ② 食品廃棄物：287PJ, ③ 木質系（製紙）：254PJ,
④ 家畜糞尿：185PJ, ⑤ 農業残渣：84PJ, ⑥ 下水汚泥：78PJ

【注】PJ（ペタジュール）：エネルギーの単位で 1PJ {10¹⁵J} ×0.0258258=百万 KL（原油換算）

7-2. バイオマスの特徴

- ① 出力は安定させることが出来る。② 燃料としての安定供給に課題がある。
③ 発電単位は一般に高い。④ 二酸化炭素の排出に関しては排出するが、生物循環を考慮すれば実質的には出ないものと同様である。⑤ 輸送や利用方法が大きな問題である。⑥ 飼料や食料からの転用が問題である。

7-3. 総合評価

7-3-1. 太陽光、風力、コージェネ、燃料電池との比較

	設置容量	設置場所	建設費(千円)	備考
太陽光	3kW	一般家庭	2,100	仙 台
風 力	1000kW	山間部	70,000	仙台近郊
マイクロ水力	100kw	農水路	50,000	仙台近郊
ディーゼルCGS	200kw	ホテル	40,000	電力追従運転
ガソリンCGS	500kw	ホテル	130,000	電力追従運転
ガスタービンCGS	1000kw	工 場	250,000	電力追従運転
マイクロガスタービンCGS	60kw	ホテル	13,000	電力追従運転
リン酸形燃料電池	200kw	ホテル	120,000	電力追従運転
固体高分子形燃料電池	1kw	一般家庭	2,000	電力追従運転
NAS 電池	200kw	事務所ビル	50,000	夜間充電、昼間放電

7-3-2. 発電単価と CO₂排出量（図を表に置き換える）

	発電単価 (円/kWh)	CO ₂ 排出量 (g/kWh)
太陽光	47	0
風 力	7	0
マイクロ水力	11	0
ディーゼルCGS	13	0.80
ガソリンCGS	17	0.65

ガスタービンCGS	11	0.35
マイクロガスタービンCGS	20	0.75
リン酸形燃料電池	12	0.30
固体高分子形燃料電池	60	0.23
NAS電池	15	0.49

8. 今後の見通し

8-1. 新エネルギーの発電設備の容量

種 別	1996年度 実 績	1999年度 実 績	2010年度			2010/1999 比率(倍)
			基準	目標	構成比%	
太陽光	1.4	20.9	254	482	39.1	23.1
風 力	0.6	8.3	78	300	24.4	36.1
廃棄物	91	90	175	417	33.8	4.6
バイオマス	—	—	16	33	2.7	—
合計	93	119.2	523	1232	100.0	10.3

8-2. 今後の見通し

8-2-1. 太陽光発電・風力発電：

- ① 新エネルギーとして増加する。
- ② 太陽発電の価格低下と風力の建設費減少が課題である。

8-2-2. バイオマス・廃棄物：

- ① 現在燃料として使用例が急増しており、今後も継続するが、飼料の高騰や食料問題からブームは減速しつつある。

8-2-3. 燃料電池・LNG利用

- ① 燃料電池は大きなブレイクスルーがない限り、急激な増加は見込めない。車積載用の低価格化に期待が集まる。
- ② その他は地球環境問題から増加する。

以 上

参考資料：当日配布資料（スライドコピー）、インターネットからの各種資料
（H20.4.9 記、文責：技術情報部会長：小野寺 文昭）