

IHI の再生可能エネルギーへの取組み

IHI is Striving to Make Renewable Energy Widely Available

磯 本 馨 営業・グローバル戦略本部総合営業部 主幹

地球温暖化の防止、次世代への化石燃料確保の観点から再生可能エネルギーの利用拡大が急務となっている。IHI はグローバルな展開を視野に入れつつ、日本国内のエネルギー自給率向上に貢献する海洋エネルギーとバイオマス（木質、藻類）を中心に取り組んでいる。さらに、太陽光や風力などの不安定性を補うリチウムイオン電池システムを提供することができる。これからも IHI は再生可能エネルギーをベースとした持続可能社会の実現という夢に向け果敢に挑戦して行く。

It is urgent that renewable energy be promoted in order to prevent global warming and secure sufficient quantities of fossil fuel for the next generation. IHI is committed to the development of renewable energy, especially marine and biomass energy, (which uses wood and algae), to contribute to Japan's domestic energy self-sufficiency, with an eye to further global expansion. Furthermore, we are able to offer a lithium ion battery system to supplement inconsistent sources of energy such as solar and wind power. IHI is always striving to realize the dream of sustainable global development based on renewable energy.

1. 緒 言

地球温暖化の危機認識や 2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）を発端とした原子力発電所事故の影響を受けて再生可能エネルギーの利用拡大への関心が高まっている。

再生可能エネルギーとは、「エネルギー源として持続的に利用することができる」と認められるもの」と法に規定されており、枯渇することなく「再生可能」なエネルギーを指す。

良く知られている「太陽光」や「風力」などを含め次のような種類がある。第 1 表に再生可能エネルギーの種類を示す。

第 1 表 再生可能エネルギーの種類
Table 1 Types of renewable energy

項目	種類	対象物および事象
1	海のエネルギー	・ 波 ・ 潮の満ち引き ・ 海流 *1 ・ 表層と深層の温度差 *1
2	バイオマス（生物資源）からのエネルギー	・ 木質バイオマス *1 ・ 草植物系バイオマス（含む藻類） *1 ・ 有機廃棄物系バイオマス *1
3	太陽のエネルギー	・ 太陽熱 ・ 太陽光 *1
4	風のエネルギー	・ 陸上風力 ・ 洋上風力 *1
5	水のエネルギー	・ 大規模水力 ・ 中小規模水力
6	地熱のエネルギー	
7	雪氷熱のエネルギー	
8	未利用温度差からのエネルギー *1	

（注） *1：現在、IHI が取り組んでいるものを示す。

2. IHI の再生可能エネルギーへの取組み紹介

再生可能エネルギーへの取組みといっても、発電装置のように直接的な技術・製品だけでなくその利活用に関わるものや、普及を促進するためのもの、さらには再生可能エネルギー供給事業など広範囲にわたる。

IHI の再生可能エネルギーに関わる数々の取組みのなかから今回は以下を紹介する。

（1） 広大な海のエネルギーを利用する

- ① 海流発電
- ② 海洋温度差発電

（2） 森の恵みを利用する

- ① 木質バイオマス収集効率化に貢献する高性能林業機械の開発
- ② エネルギーの地産地消を目指す林業の「IHI パッケージ」
- ③ 木質バイオマスのガス化
 - ・ コージェネレーション（電気と熱の併給）
 - ・ メタン製造
- ④ 木質バイオマスの石炭焚き火力への高比率混焼
- ⑤ アメリカでの木質バイオマス発電事業

（3） 食を中心とする工場排水からエネルギーを取り出す

- ・ IHI-IC リアクタによるメタンガス生成とガスエンジンコージェネレーション

(4) 太陽光発電

- ① 太陽光発電所の EPC 事業
- ② メガソーラ発電事業

(5) 再生可能エネルギーを「蓄える」

- ① リチウムイオン電池システム
- ② 油生成藻によるバイオ燃料の生成
- ③ 非可食性植物からのバイオエタノール生成

(6) 100℃未満の低位熱で発電

- ・ 20 kW バイナリ発電装置

3. 広大な海のエネルギーを利用する

日本は世界第 6 位の面積を誇る排他的経済水域 (EEZ) に囲まれており、環境への影響を十分に考慮しつつ海からエネルギーを得ることは資源少国としてエネルギー自給率を高めるうえで非常に合理的である。とはいえ、陸上にプラントを設置するのに比べて、コスト的にも技術的にも多くの乗り越えなければならない課題があり、地道な努力が求められる。

IHI は、① 単機で比較的大規模な発電が可能 ② 安定した発電が可能 ③ IHI グループの強みを活かせる、の三つの観点から以下の二つに取り組んでいる。

3.1 海流発電

海のエネルギーを利用する方法の一つが風力発電のように海の「流れ」でタービンを回して発電することである。潮の満ち引きによる海峡などでの速い流れを利用するの

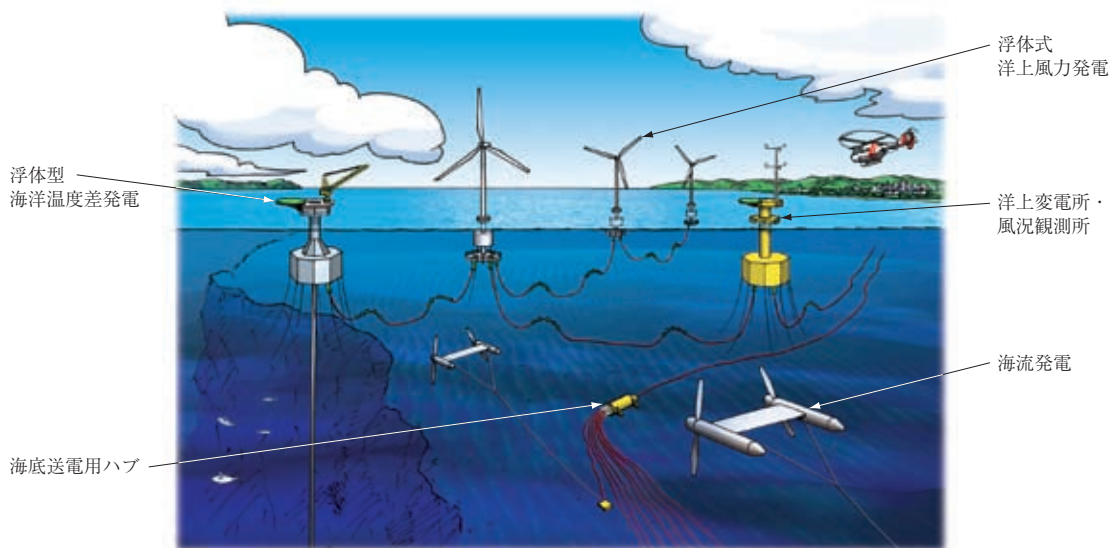
は「潮流発電」であるが、速度は潮流よりやや遅いものの流れの向きが年間を通して安定している海流を使えば昼夜、季節を問わず年間を通して安定した発電が可能である (第 1 図)。

IHI は、社外他機関とコンソーシアムを組んで 2011 年から独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の公募委託を受け、この「海流発電」の研究開発を開始した。日本の沿岸にある強い海流、「黒潮」が陸地の近くを流れており、送電に都合のよい地域 (鹿児島県屋久島近海、高知県沖、紀伊半島沖、小笠原諸島など) への適用を目指している。目標とする発電装置の規模は単機 (双発) で 2 MW を想定しており、タービンの直径は約 40 m になる計画である。まずは 3 年以内に実海域でのスケールモデルによる実証試験を目標としている (第 2 図)。

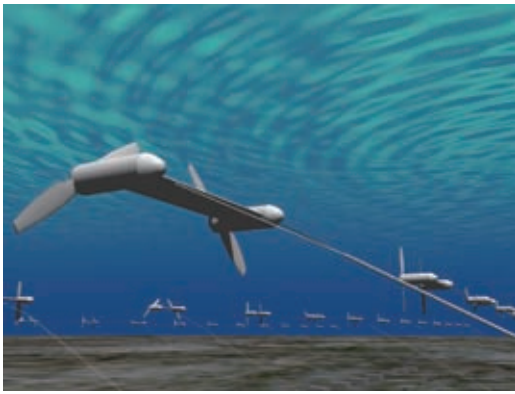
3.2 海洋温度差発電

海洋温度差発電とは海の表層 (温度約 25℃) と深さ 600 ~ 1 000 m の深層 (温度約 5℃) の温度差 (約 20℃ 以上必要) を利用して発電するものである。低緯度地域では年間を通して安定した発電が可能で、ベースロードの一部を担い得る点がほかの再生可能エネルギーにはない大きな特長である。

暖かい表層の温度を利用して低沸点媒体 (アンモニアなど) を蒸発器で蒸気化、タービンを回して発電し、タービンを出た蒸気は冷たい深層水で凝縮させた後、ポンプで再び蒸発器へ送るサイクルを繰り返す (第 3 図)。低沸点媒体が通過する配管は閉じた系となっており媒体が外に漏れ出すことはない。



第 1 図 海洋エネルギーへの取組み
Fig. 1 Marine energy



第 2 図 海流発電ファーム
Fig. 2 Farm of ocean current power generator

4. 森の恵みを利用する

日本は国土の 7 割を森で覆われており、資源の少ない国としてそれらを持続可能な形で材料、エネルギーの両面で有効利用してゆくことは非常に重要である。

木を切ることに對してネガティブなイメージをもつ方もおられるが、日本の人工林は適切な伐採をされないために荒廃が進んでいるのが実情である。フィンランド、ドイツ、オーストリアなどの林業先進国では、森の成長量の 6～9 割を伐採して利用しており、いわゆる「増えた分だけ伐採して使う」という持続性のある林業の形が実現しているのに対し、日本では成長量の 25%程度しか伐採しておらず、手をかけられていない森ではひょろ長い木が密集して中は真っ暗、伐採しようにも木が倒せないようなありさまになりつつあると言われている⁽²⁾。林業先進国のように成長量に見合う適正な伐採を継続的に行い、皆伐したところには確実に植林を行うて持続性のある林業を確立することが急務となっている。

木材は、まずは材料として使用し、その寿命をまっとうした後、エネルギーとして使うのが望ましいことは間違いない。しかし、成長量に見合うだけの国産材需要がない現状では、エネルギーとしての利活用も並行して進めるべきと IHI は考えている。

IHI グループは、高性能林業機械の開発など木材の「供給側」と、エネルギーとして利用する「需要側」の両方に取り組んでおり（第 4 図）、どちらか一方の偏った見方にとらわれず、需要と供給のバランスを十分に考慮した事業の検討や提案を行うことができるのが大きな強みである。

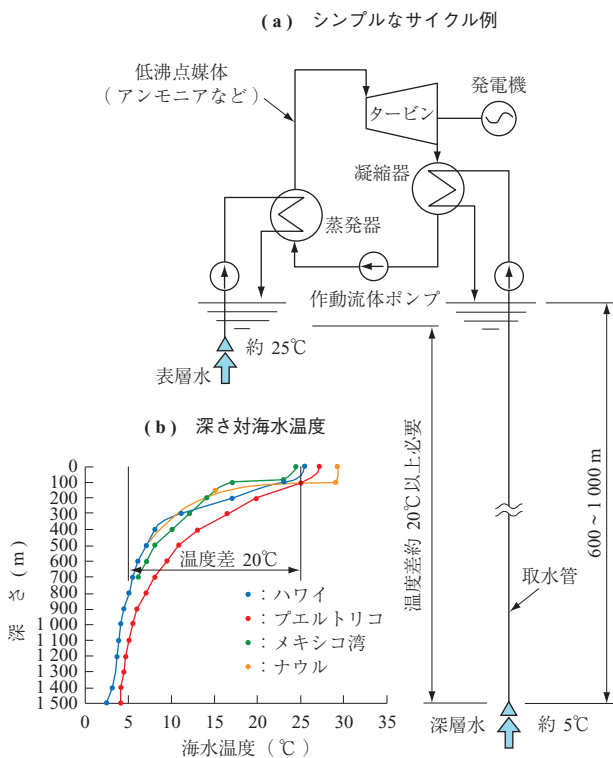
4.1 木質バイオマス収集効率化に貢献する高性能林業機械の開発

IHI 建機株式会社（IK）の高性能林業機械フォワード F801（第 4 図参照）は、林地での木材運搬作業を大幅に効率化し、コストを削減、ひいては林業従事者の収益向上に大きく貢献できる。

林業先進国のハーベスタ（伐採、枝打ち、皮むき、切断を 1 台で行うことができる高性能林業機械）と組み合わせると、生産性を従来の約 2 倍に引き上げることができる。

4.2 エネルギーの地産地消を目指す「林業 IHI パッケージ」

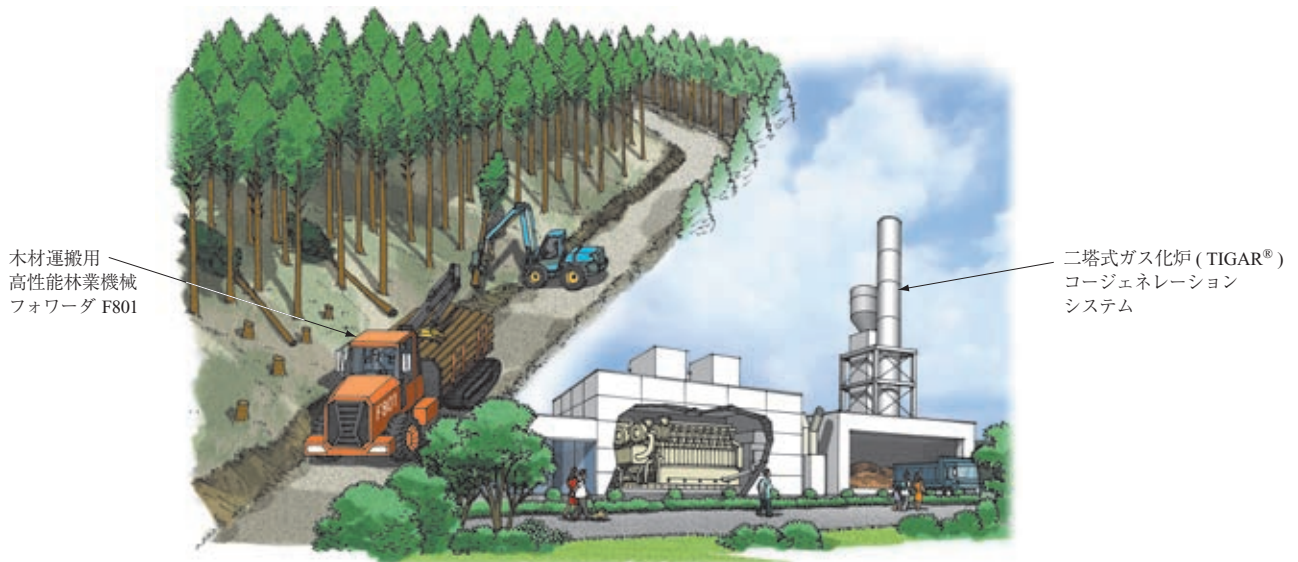
IHI グループでは、木材や木質燃料（チップ、ペレット）の低コスト化およびそれを利用した地域活性化を目指した取組みも行っている（IHI パッケージと呼称）。自



第 3 図 海洋温度差発電⁽¹⁾
Fig. 3 Ocean thermal energy conversion⁽¹⁾

IHI グループでは、他社と協力して 2012 年度に沖縄県から久米島での本発電の実証事業を公募受託し、今年から建設工事に着手している。世界で初めての実海水を利用した長期連続運転の実証事業となる予定である。海洋温度差発電のプラントは、発電は小規模ながら深層水を多目的に利用する「陸上型」と大規模な発電を主とする「洋上浮体型（第 1 図参照）」の 2 種類に大別される。

今回の久米島での陸上型実証事業で得た経験と、IHI グループが長年培ってきたプラントエンジニアリング能力を活かして、商用を目指した洋上浮体型のプロジェクトにも積極的に取り組んで行く。



第4図 木質バイオマスへの取組み
Fig. 4 Wood biomass

社製品のみならず見極めた他社製品も含めた製品群を取りそろえるとともに林業従事者や自治体、そして地元の企業などと協力して垂直統合型の事業体運営を立案、現在、国内各所に対しそれぞれに異なる事情を考慮したうえでの事業性検討を提案している。国内林業の再生、山元地域の雇用確保や活性化に貢献することを期待している。

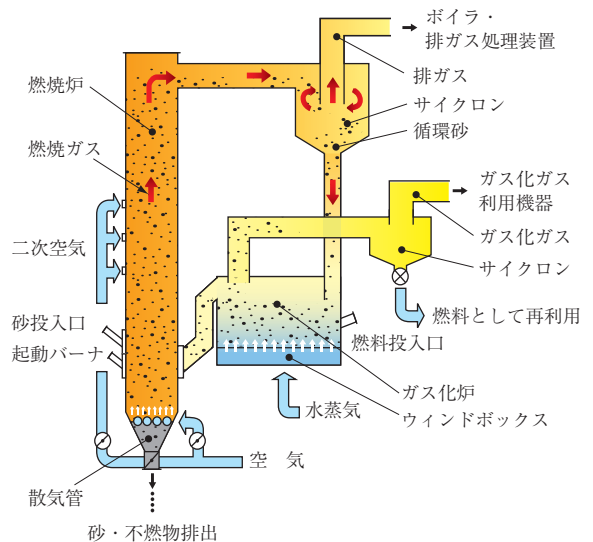
4.3 木質バイオマスのガス化

IHIは、木質バイオマスの高度なエネルギー利活用を目的として、二塔式ガス化炉 (TIGAR®: Twin IHI Gasifier) を中核とするシステムの開発に取り組んでいる。

本ガス化炉は、本来水分を多く含む低品位炭 (褐炭) の利活用を目的に開発されたものであるが、木質バイオマスにも適用可能である。ガス化によって得られた水素を多く含むガスは、エンジンの燃料として発電に利用できるほか、さまざまな化学材料の原料にするなど幅広い用途をもつ (第5図)。

4.3.1 コージェネレーション (電気と熱の併給)

エネルギーの地産地消の観点で日本国内で現実的な未利用木材 (間伐材など) の集積可能規模においては、木質バイオマスをガス化し、それを燃料としてガスエンジンで発電することによって、従来のボイラと蒸気タービンを組み合わせた発電システムに比べて必要な水量が少ないうえに高い発電効率を達成できる。言い換えれば同じ量の木質燃料から従来型よりも多くの電力を得ることができる。さらに、このシステムでは発電に使用できなかった熱も蒸気か温水として回収できるため、総合的なエネルギー効率はさらに高まる。



第5図 二塔式ガス化炉 TIGAR
Fig. 5 TIGAR: Twin IHI gasifier

4.3.2 メタン製造

ガス化したガスからは触媒の利用によって、メタンガスを製造することもできる。IHIが採用したガス化炉の形式は、ガス中の窒素混入を最小限にすることが可能なため、メタン製造に適したものとなっている。生成されたメタンガスは発熱量調整などによって、既存の都市ガス導管に混ぜて長距離輸送することも可能で、都市ガス (化石燃料) の低炭素化に貢献できる。

IHIでは、2012年NEDOの戦略的次世代バイオマスエネルギー利用技術開発事業 (実用化技術開発) に他社と共同で本プロセスを提案して採択された。今後、2年間でガス化条件の最適化や触媒の耐久性確認などを実施して早期の実用化を目指す。

4.4 木質バイオマスの石炭焚き火力への高比率混焼

石炭焚き火力発電の低炭素化を目的として、国内外で木質バイオマスの混焼事例が増えているが、現状の国内の石炭焚きボイラシステムでの混焼は熱量ベースで約 5%に留まっている。IHI では、環境省の委託を受けて大幅な混焼比率向上を目指した研究開発を行っている。最終的には熱量ベースで 50%の混焼を目指し、燃焼システム技術を中心にバイオマス収集、加工から排煙処理に至る総合エネルギー効率の高いプロセスの技術開発を進めている。

4.5 アメリカでの木質バイオマス発電事業

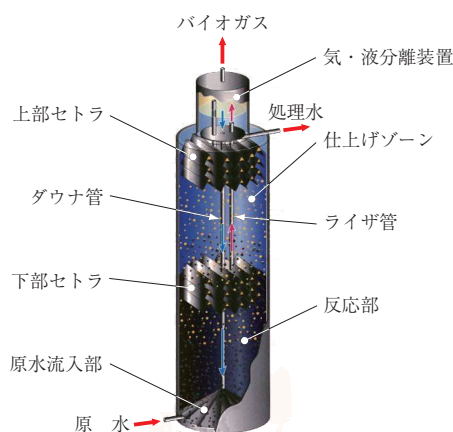
アメリカカリフォルニア州で木質バイオマス発電所の運営に参画している。アメリカでは、再生可能エネルギーによる発電施設への税制優遇を背景に、バイオマス発電所の新設や更新が進んでいる。IHI はこれまでアメリカの発電所にボイラなどの機器を納入してきたが、発電所の運営に参画することで O&M（運用とメンテナンス）事業のノウハウも取得してゆく。

5. 食を中心とする工場排水からエネルギーを取り出す

5.1 IHI-IC リアクタによるメタンガス生成とガスエンジンコージェネレーション

ビール、清涼飲料、そのほかの食品産業や製紙関連産業などの工場から出る有機性産業排水からメタンを生成し、それを燃料としてガスエンジンによって発電、さらには排熱も有効に利用することで、非常にメリットの大きい排水処理システムを構築することが可能である。

従来、これらの有機性産業排水処理は活性汚泥法による処理が中心であったが、多量に発生する汚泥の処理コストが課題となっていた。株式会社 IHI 環境エンジニアリング (IKE) の IHI-IC リアクタ (第 6 図) は活性汚泥法に比



第 6 図 IHI-IC リアクタ
Fig. 6 IHI-IC reactor

べて、① 余剰汚泥発生量が約 10 分の 1 ② ランニングコストが約 20 分の 1 ③ 敷地面積が約 100 分の 1 ④ 処理速度が 20 ~ 35 倍、と大きいメリットをもっており、大規模排水処理設備への普及はある程度進んだものの、中小規模の設備に対しては主に導入コストの面から普及が限られていた。しかし、再生可能エネルギー固定価格買取制度による売電収入によって、導入投資コストの回収が加速されるため、今後、中小規模設備への普及にも力を入れてゆく。

6. 太陽光発電

6.1 太陽光発電所の EPC 事業

2012 年 7 月、再生可能エネルギーの固定価格買取制度が施行されたことに伴い、売電を目的としたメガワット (1 000 kW) 級の大規模な太陽光発電所の建設が国内でも相次いでいる。

遊休地の有効利用策、あるいは工場の屋根など平たんで大規模なスペースの有効利用策として太陽光発電のニーズは今後も高まると期待される。IHI グループでも IHI プラント建設株式会社 (IPC) が太陽光発電の EPC 事業 (プラントの設計から建設までの一括請負事業) を展開中である。太陽光発電は一見すると装置を集めただけの簡単な設備のように見えるが、強風対策や塩害対策などを考慮した機器の設置に関わる部分や、機器品質の見極め、機器の組み合わせ技術など 20 年以上の長期にわたり高い発電出力を確保して事業性を維持するためには、高度なエンジニアリング能力が求められる。IHI では長年培ってきた発電プラントに関わる豊富な経験を活かしてお客さまのニーズに応じてゆく。

6.2 メガソーラ発電事業

IHI では、他数社と SPC (特別目的会社) を設立して鹿児島県の自社エリアに国内最大級の 7 万 kW ソーラ発電所 (第 7 図) を建設し、全量売電する事業に取り組んでいる。



第 7 図 鹿児島での 7 万 kW 太陽光発電所 (完成予想図)
Fig. 7 70 MW solar power generation plant in Kagoshima prefecture

7. 再生可能エネルギーを「蓄える」

7.1 「お天気まかせ」発電の問題点

熱エネルギーは頑張っても約 6 割しか電気に変えられない。しかし、電気はほぼ 100%熱や動力に変えることができ、しかも電線で容易に遠くへ運ぶことができる非常に高品質で便利なエネルギー形態である。その一方で、大量に蓄えることが難しく、現状では、その時々々の電力需要に見合った分だけ発電する、いわゆる「同時同量」が原則になっている。

太陽光、風力などのお天気まかせあるいは太陽光のように夜間発電停止となる再生可能エネルギーを大量に導入しようとするのが問題となる。つまり、需要はあるのに曇りや無風で十分な発電ができないとき、あるいは日射量がなくなるとき、それを補うために出力制御が可能な発電装置が別途必要となる。残念ながら現状ではこれを石油やガスなどの化石エネルギーを燃料とする発電装置に頼らざるを得ない。

7.1.1 リチウムイオン電池システム

この問題を解決すべく、再生可能エネルギーによる発電電力を蓄電池にためて、使いたいときに使おうとする取組みが盛んになっている。IHI では、アメリカのメーカと提携し、リチウムイオン電池セルをシステム化して提供する事業を進めている。この電池は MIT（マサチューセッツ工科大学：アメリカ）で開発された耐熱性に優れた電極材料を使用しており、2011 年度には、この高い安全性と長寿命が評価されて東京都消防庁に採用され 83 台を納入した。今後も、普及が加速している太陽光発電と組み合わせることで非常時に電力を供給できるシステムなど、お客様の BCP（事業継続性計画）のニーズ、将来的には太陽光や風力による発電の不安定性を補う大規模な蓄電システム（第 8 図）のニーズにも応えてゆく。



第 8 図 リチウムイオン電池による太陽光・風力発電安定化システム
Fig. 8 Lithium ion battery system to supplement inconsistent sources of energy such as solar and wind power

7.2 「液体燃料」という価値

7.2.1 油生成藻によるバイオ燃料の生成

7.2.2 非可食性植物からのバイオエタノール生成

また、IHI では他機関と協力して油を効率良く生成する藻（第 9 図）を用いたバイオ燃料や、食用に適さない植物からのバイオエタノール生成にも取り組んでいる。液体燃料は単位体積当たりのエネルギー密度が高いことから、自動車や航空機などの移動体の燃料として、今後も長きにわたって中心的な存在であると考えられる。さらに、液体燃料はタンクなどによる貯蔵が容易なため、電気が不得意とする「大規模なエネルギーの貯蔵」に適している。

藻や植物を利用して液体燃料を生成することは太陽光を「貯蔵」可能な形に変換するという太陽光発電にはない特別な価値をもっているのである。

8. 100°C未満の低位熱で発電

8.1 20 kW バイナリ発電装置

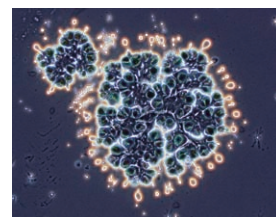
IHI は、車両用や船用の過給機（ターボチャージャ）や産業用コンプレッサ事業を通じて培ったターボ機械技術をベースに、パッケージタイプ小型バイナリ発電装置を開発した。70～95°Cの温水入力で送電端最大出力は 20 kW、AC200V 系または AC400V 系の商用電源に接続可能な系統連系機能も標準装備しており、2013 年度からの販売開始を目指している（第 10 図）。

本システムは、前述の海洋温度差発電と同様に低沸点媒体（本システムではオゾン破壊係数ゼロで地球温暖化係数も低く、安全性の高いフッ素系媒体）による閉ループのランキンサイクルを採用している。タービン発電機（第 11 図）はラジアルタービンと高速発電機を直結したダイレクトドライブ構造となっており、騒音も少なく、振動もほとんどない。従来と同種バイナリ発電装置にはない 20 kW という小型タイプで、発電に必要な温水量が少ないため、これまでに導入をあきらめていた温泉での発電など小規模なニーズに応えてゆく。

(a) 油生成藻の培養



(b) 油生成藻の顕微鏡写真^{*1}



(注) *1: 藻の周りの黄色い粒子は油滴

第 9 図 油生成藻
Fig. 9 Oil-producing microalgae



第 10 図 20 kW バイナリ発電装置 プロトタイプ外観
 (幅約 2 m, 奥行き約 1.4 m, 高さ約 1.6 m)
 Fig. 10 20 kW micro binary generator (Prototype)



第 11 図 タービン発電機
 Fig. 11 Micro turbine generator

9. 我々が進むべき道

9.1 考えるべきは「次世代のため」

エネルギー問題は、化石エネルギーの消費に伴う CO₂ 増加がもたらす地球温暖化の観点で議論されることが多いなかで、CO₂ の増加と温暖化の相関に疑義をとなえる人もいる。しかし、その真偽のいかんによらず「次世代が使うことのできるエネルギーを確保する」という目的からは、有限な化石エネルギーの消費抑制が現代に生きる我々人類の責務であることは間違いない。

9.2 やはり「省エネルギー」が重要

この観点から我々人類が目指すべき方向は、エネルギーの消費総量を抑制する「省エネルギー」と化石エネルギーを代替する「再生可能エネルギーの比率向上」の二つを両輪として推し進めることだと IHI は考える。省エネに

ついて IHI は、火力発電で高い効率を得るための超超臨界圧ボイラ、自動車の燃費を改善するターボチャージャ、圧縮機の省エネ化など不断の努力を続けている。

世界規模でみると発展途上の国々では人口の増加、生活レベルの向上に伴いエネルギーの消費総量の増加は避けられないと考えられる。ここで IHI が長年培ってきた省エネ技術にさらなる磨きをかけ、世界に広く受け入れられるように仕様、コストを最適化してゆくことはエネルギーの節約に貢献できる絶好の手段である。

日本ではすでに人口が減少に転じており、省エネを推し進めればエネルギーの消費総量を現在よりも少なくすることは夢ではない。このとき、再生可能エネルギーの導入も着実に進めれば総量の減少と再生可能エネルギー比率の大幅な向上を同時に達成することが可能である。

日本は、世界に先駆けて理想的なエネルギー体制を築いて模範を示すことができると考えられる。

10. 結 言

IHI はこれまでに述べてきたように省エネルギーの推進はもとより、再生可能エネルギーの利用拡大に積極的に取り組むとともに、製品供給のみならず、再生可能エネルギーをお客さまのニーズに合わせた形態で継続的に「供給する」事業にも積極的に取り組んでゆく。これらが日本のエネルギー自給率の向上に寄与するとともに、世界的な「次世代のエネルギー確保」に貢献できると固く信じている。

今後も IHI の活躍に期待いただきたい。

参 考 文 献

- (1) 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構：NEDO 再生可能エネルギー技術白書－新たなエネルギー社会の実現に向けて－ 2010 年 7 月
- (2) 梶山恵司：日本林業はよみがえる－森林再生のビジネスモデルを描く－ 日本経済新聞出版社 2011 年 1 月