

日本における風力発電の可能性と技術者の役割

Possibility of Wind power generation in Japan and Role of engineer

小方弘成

公益社団法人日本技術士会中部本部 ET の会
技術士（機械部門）

Hironari OGATA

Engineering Ethics study Group “ET”

The Institution of Professional Engineers, Japan, Chubu headquarter

【Key words】

1. 再生可能エネルギー（renewable energy）
2. 公衆優先原則（priority to the public principle）
3. 正直性（honesty）
4. 説明責任（accountability）

【概要】

日本では福島原発の事故発生以来「原子力発電を減らし再生可能エネルギーに転換すべき」という声が高まってきている。しかし、現状では日本全体の1%に過ぎない再生可能エネルギーによる発電量の割合を増やすことができるのだろうか。日本の自然環境の中でどれだけ可能性があるか検証しながら、今後の技術開発の方向性を探り、技術者の役割と望むべき姿を述べる。

1. はじめに

日本では2011年3月11日に東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）が発生、この地震によって東京電力福島第一原子力発電所では大量の放射性物質の放出を伴う深刻な原子力事故（以下、福島原発事故）となった。発生当初、政府や電力会社の発表を聞く限りでは事故の規模や被害は最小限であるかのように感じられたが、その後、正しい情報が伝えられるに従い、放射能汚染や電力不足など社会への影響が甚大であることが明るみにでた。この福島原発事故の発生により、「危険な原発はもう要らない。安全で二酸化炭素も排出しない再生可能エネルギーによる発電に転換すべき。」という声が高まり、あらためて再生可能エネルギーへの期待が大きく膨らんできた。これほどまで急速に原発が否定されるようになった理由は2つ考えられる。ひとつは政府や電力会社の情報開示の遅れや不正確さ、対処の悪さなどに対する怒りからきたものである。もうひとつは本質的な問題で、原子力に対する恐怖や不安によるものである。今回の事故で、放射能の影響による怖さや核反応を自由に操れる技術を未だ人類が保有していなかったという現実を遠い外国ではなく日本国内で目の当たりにしたのはたいへん衝撃的な出来事であった。原子力の代替エネルギーとして石炭や石油などの化石燃料は将来の枯渇と温暖化ガス排出の問題があり適さない。そこに救世主のように返り咲いたのが太陽光や風力などクリーンで安全な再生可能エネルギーであった。しかし、頼りにしていた原発の信頼が失われたからと言って太陽光や風力にすべてを託しても大丈夫なのだろうか？再生可能エネルギーの本当の実力や弱点についてもしっかりと把握した上でエネルギー転換の議論に入り、今後の技術開発に取り組むべきである。筆者は2002年から約5年間、小型風力発電装置の開発設計に携わり、市場の要望を反映して風車の開発を行った。¹⁾ そのときの経験や得られた見識を基に日本における今後の風力発電の可能性を検証し、技術者の役割と望むべき姿について述べる。

2. 再生可能エネルギー

2-1 エネルギーの分類

発電などに利用可能なエネルギー資源は、枯渇性エネルギーと非枯渇性の再生可能エネルギーに分類される。(表1)

石炭や石油に代表される枯渇性エネルギーは埋蔵量に限りがあり消費するといずれ枯渇してしまうが、再生可能エネルギーは自然の活動によってエネルギー源が再生、供給されるため、地球環境への負荷が少なく枯渇する心配がないものが多い。日本では太陽

表1 エネルギー分類

枯渇性 エネルギー	化石燃料(石油、石炭、天然ガス)
	核燃料
再生可能 エネルギー	太陽(光、熱)
	風力
	地熱(浅部、深部、マグマ)
	水力
	バイオマス(農産物、可燃性廃棄物)
	海洋(海流、潮流、海洋温度差)

光、風力に加えて、最近では地熱が注目を集め、3大再生可能エネルギーと呼ばれている。枯渇しないと言うと夢のエネルギーと思いがちだが、注意しておくべきことがある。枯渇性エネルギーはエネルギー源の状態で保存して必要に応じて燃焼や反応を行って発電などに利用できるが、再生可能エネルギーは、バイオマスなど一部を除いてエネルギー源が自然環境の中で取り出せる状態になっているときしか利用できない。地熱は比較的安定しているが、例えば太陽光は昼間、光が降り注いでいるときだけで、夜間や日陰となる場所では使えない。風力は風が吹いているときだけで、無風のときや風の穏やかな地域では使えない。さらに光や風の強弱によってエネルギーは大きく変動するが、実際に使用されている太陽光や風力の発電装置は、光や風を最大限供給した場合の発電能力が装置の仕様として表示されている。一般市民の中には表示された発電能力がいつでもほしいときに得られるものだと勘違いしている人も多い。

2-2 エネルギーのコスト比較

資源エネルギー庁が発行する「エネルギー白書2010」²⁾には発電に使用されている代表的なエネルギーの発電コストの比較が掲載されている。最近

では新聞やテレビなどにも取り上げられているので目にした人も多いと思う。
(図1)

図を見ると原子力が最も安価で、日本のエネルギー政策が正しいことを裏づけているかのようである。再生エネルギーは燃料費が生じないにも関わらず総じて高い。とりわけ太陽光が突出しているが、これほどの差が本当にあるのだろうか。それぞれのコストの算出過程や内訳が示されていないため、単価が適正なのか疑問を感じてしまう。単なる現状把握であればよいが、コスト比較して課題を抽出、今後の展開を検討するのであれば、最低でも固定費と変動費、すなわち発電施設の設置・維持費用と燃料費を分離し、それぞれの内訳を明らかにするべきである。仮にこの単価が多少の誤差を含みながらも正しいとすれば、風力は原子力の2・3倍、太陽光は10倍のコストになる。白書には「今後、再生エネルギーは技術革新や需要拡大によって単価の低下が見込まれる」という見解が示されているが、これほどの差を詰めるのは非常に困難である。まだ10～20%程度のコスト低減であれば生産方法や部品や材料の変更などで実現できる可能性もあるだろうが、50%以上の大幅な低減を行うには基本構成の見直しやエネルギー変換方式の変更など、抜本的な技術革新が必要ではないだろうか。

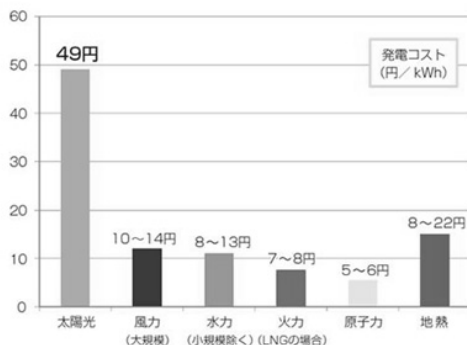


図1 発電コストの比較

3. 風力発電

それでは、風力発電に話題を絞りこみ具体的に検証を進めていく。

3-1 原理

現在の風力発電は、風の力で風車をまわして発電する方式が用いられている。風のもつ運動エネルギーを風車の翼に発生する揚力や抗力によって回転運動に変換し、その回転を発電機に伝達して電気エネルギーに変換している。風力エネルギーは[受風面積]と[風速の3乗]に比例する。風速が変動すると風力エネルギーはその3乗で変動することになり、大きな変動幅を持つ。自然の風は常に一定の風向きや風速で吹くものではなく時間刻みで常に変動しており、天候や季節による変動も大きい。風力発電の出力が不安定と言われるのは、この風速変動によるものである。

風車のエネルギー変換効率であるが、理論限界はBetzの限界と呼ばれ59%であり、実際には空気抵抗や粘性による損失、機械ロスもあり、最も効率のよいプロペラ型風車で最大40%程度である。³⁾ ちなみに、太陽光は現在の主流であるシリコン型太陽電池のモジュール効率が15%程度であるため、風力発電の方が効率が高いことがわかる。

3-2 種類

風力発電に用いられている風車は前述のプロペラ型の他にも多くの種類が存在しており、大きく分類すると、回転軸の方向で水平軸風車と垂直軸風車に分けられる。また、翼形状により、揚力を利用するもの、抗力を利用するもの、揚力と抗力の両方を利用するものに分けられる。⁴⁾

風車の誕生は抗力型であるものの、揚力を利用する方が大きな力を取り出せることから、その後は揚力型で進化を遂げ、現在ではプロペラ型が主流である。(図2)プロペラ型の効率が最も高いため、発電量を追求するには最良の選択であるが、揚力を利用する副作用として風車の回転数にブレード枚数を乗じた周波数成分の干渉騒音が発生する。この干渉騒音が、最近問題となっている大型風車の低周波音の要因であるが、現状の風車構成において発生を抑制することは非常に難しい。

その他の種類の風車は効率ではプロペラ型に勝てないながらも、それぞれの特長を活かして利用されている。例えば垂直軸で抗力を利用する風車は、起動性に優れ低騒音であり風向きの影響を受けないことから、市街地に環境モニュメントとしての用途を兼ねて設置されることが多い。その中で代表的なサボニウス風車の事例を図3に示す。



図2 水平軸プロペラ型風車



図3 サボニウス型風車

3-3 発電能力

図4は定格出力1000kWのプロペラ型風車の出力特性である。2.5mの風速から発電を開始し（この風速をカットイン風速と呼ぶ）、最も効率よく回転する定格風速12.5m/secまでは風速の3乗に比例して出力が増加して定格出力1000kWを発生する。さらに風速が増加すると翼のピッチを調整しながら定格出力を発生するが、25m/sec以上になると、危険防止のため風車の回転を止めて発電を停止する（この風速をカットアウト風速と呼ぶ）。他の風車でもカットイン風速、定格風速、カットアウト風速はほぼ類似の値のものが大半である。風車は定格風速からカットアウト風速の範囲では定格出力を発生するが、定格風速よりも風速が低いと3乗比で出力が減少、風速が1/2になると出力は1/8に低下する。また、反対に風速がカットアウト風速以上になると出力は0になる。風車を効率良く発電させるためには、平均風速が定格風速近傍で変動が小さい場所に設置するのがよいことがわかる。

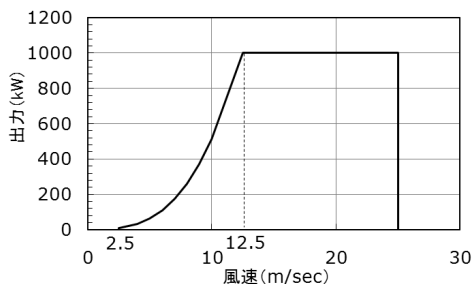


図4 出力特性

3-4 日本の風況

ところが、日本は台風襲来時を除いて風は弱く一部の沿岸部や山岳地帯を除いて、年間の平均風速が6m/sec未満の場所が大半である。（図5）⁵⁾

日本の上空には一定の西風（偏西風）が吹いているものの、ユーラシア大陸の東端であるため、その影響を受けて風向きも風速も安定しない。これに対して大陸の西端となるヨーロッパでは安定した風力を得ることができる。同様に大陸の西端となるアメリカのカリフォルニア州や、大陸の中央部ではあるものの標高が高く広大な高原地帯である中国の内モンゴル自治区なども風力が安定している。このことから、世界的に風力発電の普及が進んでいる地域は、恵まれた風況であることがわかる。

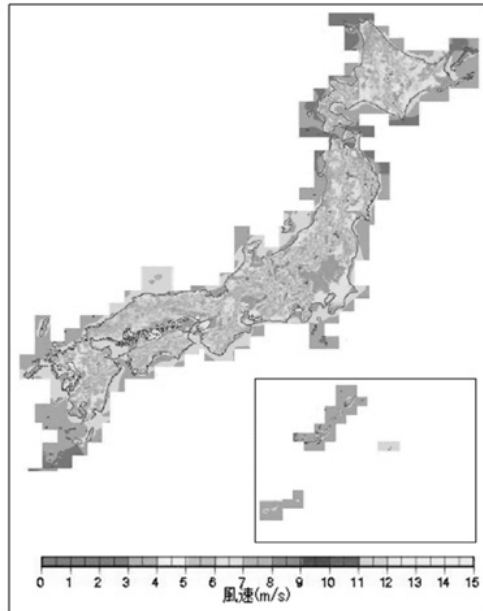


図5 日本の風況

風は自然の活動であるため、いくら効率のよい優れた風車であっても風が吹かなければ発電できず、設置したからと言って定格出力が得られるという保証はない。テレビなどで「この風車の定格出力は1000kW、この1基で一般家庭300軒分の電気が賄えます。」という表現がされることがあるが、これは面積を東京ドーム何個分で比喻するのとは異なり、単純に信用してはならない。日本では年間平均風速が7m/sec以上の場所に設置されている風車が多いため、仮に年間平均風速が7m/secで風速変動がないとすれば実際の発電能力は定格出力の1/6程度となる。しかし、実際には風速変動の影響が大きく1/20~1/10と算定するのが妥当と考える。さらに、発電量は昔の帆船と同じく風任せであるため人間の都合に合わせて調整することはできない。当然ながら風が静穏なときや、台風など暴風のときには発電できないため、巨大な風車であっても風力発電だけでは、電力を安定して賄うことは一軒たりともできないと考えるのが妥当である。

3-5 他のエネルギーとの比較

風力発電と他の代表的なエネルギーを比較して問題点を抽出する。再生可能エネルギーは太陽光発電，枯渇性エネルギーは原子力発電を取り上げた。

3-5-1 太陽光発電

両者とも，自然環境からエネルギーを得るため，エネルギーを受ける面積あたりの発電能力と発電の安定性について比較してみる。

風力発電は，空気密度を 1.225kg/m^3 ，プロペラ型風車の効率を 40%，標準的な定格風速 12.5m/sec とすると受風面積 1m^2 あたりの発電能力は $0.5 \times 1.225 \times 12.5^3 \times 0.4 = 480\text{W/m}^2$ である。

太陽光発電は，日本で夏至のとき太陽光のエネルギー強度を 1338W/m^2 ，大気の反射と吸収による減衰を 50%，現在主流の Si 結晶型太陽電池の変換効率を 15% とすると受光面積 1m^2 あたりの発電能力は $1338 \times 0.5 \times 0.15 = 100\text{W/m}^2$ であり，風力の約 1/5 となる。エネルギーがふんだんに供給可能な条件においては太陽光よりも風力が勝るという結果が得られた。

発電の安定性であるが，実際には自然環境に応じて太陽光も風力も変動する。太陽光は季節による変動はあるものの地点を決めれば日射量は容易に推定可能であり，変動の幅も時間変化も小さく安定している。しかし，風力は地点を決めても容易に推定はできず 1 年以上かけて設置場所の風況調査を行う必要があり，変動の幅も時間変化も大きく非常に不安定である。そのことを裏付ける事例として図 6 に示すような小型の風力と太陽光をハイブリッドで発電するシステムがある。

これは太陽光と風力で発電した電力を蓄電池に充電，その電力で照明を点灯する独立電源機器の一種である。類似の機器と



図6 風力・太陽光ハイブリッドシステム



図7 ソーラー街灯

して太陽光だけを装備するもの（図7）⁸⁾は存在するが、風力だけを装備するものはほとんど存在しない。それは風力だけでは照明点灯に必要な電力を担保することができないためである。

以上から発電の安定性は風力より太陽光が優れていると評価する。

3-5-2 原子力発電

現在、日本で運転可能な原子力発電施設は54基で合計4884万kW、日本の年間発電量の約30%をまかなっている。⁹⁾ 原子炉の形式や施設の構成、年式など違いはあるものの1基あたりの発電能力は約100万kWと言える。風力と太陽光では自然環境から得られる発電能力と発電の安定性を比較したが、燃料を供給して発電する原子力でその比較はできない。そこで、発電施設の敷地面積を比較してみる。

中部電力浜岡原子力発電所（静岡県御前崎市）は現在3基が運転可能で合計360万kWの発電能力を備えている。敷地は既に廃炉になった2基とその他の周辺施設など、すべて含んで約160万m²である。この原子力発電所を風力発電による発電施設で置き換えた場合にどれほどの敷地が必要なのか比較する。（参考のために太陽光も比較する。）

風力で360万kWを得るには、風車直径が75mの2000kW級風車であっても1800基が必要となる。複数の風車を一群として配置するためには、風車どうしの干渉を避けるために一定の間隔を保つ必要がある。特に風向きの方角には風車直径の10倍程度の間隔をあげなければならないが、これは上流側の風車によって風速の遅くなった領域の影響を避けるためで、間隔が狭いと下流側の風車の発電能力が低下するだけでなく、ブレードにアンバランスな風荷重が加わり耐久性が低下する場合があることが知られている。この間隔を保って1800基を配置したときの面積を算出した。

太陽光は設置角度を日本における標準的な30度として敷き詰めて算出する。両者とも先に計算した最大の発電能力を用いている。

表2に比較した結果を示すとおり、原子力に比べると広大な敷地が必要であることがわか

表2 発電方式による敷地面積比較

方式	面積(万m ²)	倍	備考
原子力	160	1	
太陽光	4,200	26	設置角度30°
風力	13,200	80	2000kW級 1800基

る。風力の13,200万 m^2 は、実に中部国際空港島全体の面積の22倍に相当する。太陽光や風力は原子力に対して広大な敷地が必要であり、今後拡大していくならば国土の狭い日本では用地確保の面で非常にきびしい状況となる。

3-6 課題と今後の展開

検証した結果から風力発電の問題点として次の4つが抽出できる。

- ① 出力が不安定であり、人間の手で自由に調整ができない。(風任せ)
- ② 発電コストが高い。(対枯渇性エネルギー、原子力の2倍)
- ③ 生活環境に悪影響がある。(超低周波音の発生)
- ④ 必要な敷地面積が広い。(原子力の80倍)

①については自然環境に起因するものであり有効な解決策が見出される可能性はない。いかに安定して強い風が吹く場所を見つけ出せるかということに他ならないが、日本のように森林に覆われた山地が多くて高原や砂漠が少ない国では、風の強い場所をピンポイントで見つけることができて、大量に設置することができない。そのことから、今後の可能性として洋上発電が注目されている。しかし、洋上であっても風の変動がないわけではない。特に日本には台風が襲来するため、その進路によっては急激かつ大きな変動幅をもつことを考慮しなければならない。その対策としては、風の変動幅と電力の需給バランスを総合的に吸収できる容量の蓄電設備か、調整が容易な枯渇性エネルギーを利用した発電施設を備える必要がある。洋上発電の普及が進むヨーロッパの中で、とりわけデンマークは国内電力使用量の約20%相当を風力で発電していると言われている。そんなデンマークでさえ、実際の電力需要を完全に賄えるように枯渇エネルギーで発電した電力を隣国からの輸入も含めて備えているという現実がある。

②、③、④についても現在主流のプロペラ型風車では有効な解決策が見出せないのではないだろうか。既に風車の技術は成熟期に入っており、この30年間は大型化(受風面積拡大)による性能向上に依存してきたと言える。

風車の大型化によって、変換効率の向上、設置費用や敷地面積の削減などの利点もあるが、このまま大型化だけの技術開発で原子力発電の代替えエネルギーになるのは不可能であろう。②の発電コストについて、これまでの陸

上設置から洋上発電に移行した場合を考えると、設置工事、送電、メンテ、厳しい環境（海水腐食、暴風、波浪、津波）の面からコストは低減するどころか増加する可能性が高い。よく需要が増えると生産性があがってコストは低減するという話を聞くが、その論理が通じるのは大量生産が可能な家電製品や自動車までであり、大型構造物である風力発電には当てはまらない。③の超低周波音は、揚力を利用する風車では発生を完全に抑制することは不可能である。逆相の音をかぶせる能動消音の適用も思いつくが、風車の大きさや周波数帯域から効果的な抑制は見込めないはずである。対処療法として、できるだけ風車を人の居住ゾーンから離すという手があるが、残念ながら低周波音は空気による距離減衰が少なく遠くまで伝達してしまう。上空を飛ぶジェット機の騒音や、遠くの雷鳴が低周波音だけ聞こえるのも同じ理由である。以上のことを考慮して、あらためて風力発電の課題として次の3つを掲げた。

- A 飛躍的な性能向上（小型化）
- B 蓄電技術の進化
- C 風況探査技術の進化

この中で最も期待したいのはAの飛躍的な性能向上、具体的には小型化である。エネルギー密度の低い再生可能エネルギーから効率よく発電を行うことは難易度も高いが、受風面積を拡大しないで出力を飛躍的に向上できれば、前述のコスト低減、超低周波音、敷地面すべて良化傾向となることが期待できる。もし現状の方式で不可能であるならば、全く異なる新しい風力エネルギーの変換方式の研究開発にも積極的かつ大胆に取り組むべきと考える。現在、風力発電に携わる技術者であればその見通しを立てることは可能はずである。

Bについては、既に他の用途拡大も含めて研究開発が進められているが、まだ改良の余地が残されていると考える。特に小型軽量化とコスト低減について注力して取り組んでほしい。不安定な風力の電力を系統電源に安定して連携させるためや、小型風車を独立電源として使用するためには蓄電によるバッファの存在が不可欠となる。また、Cについて、現状では設置場所を選

定するために1年以上の期間と多額の費用をかけて風況調査を実施している。設置場所を短期間で見つけ出す探査技術が進化して、容易に風の強い場所を特定できるようになれば、導入初期投資を減じることができ発電コストの低減につながる。

4. 電力需要増加と社会変化

ここで電力エネルギーを消費する側の状況について論じておく。日本では1980年から1999年の20年間で年間発電量が4,900億kWhから9,100億kWhのおよそ2倍に増加している。(図8)¹⁰⁾ なぜこれほどに電力需要が増加する必要があったのであろうか。高度成長期も終わり、人口増加比率もそれほど大きくないが、この20年の間に電力消費が著しく増えるような社会変化が起きたのが主な要因であると考えられる。具体的には、家電製品の進化と氾濫(パーソナル化、大型化)、情報化社会(IT革命、テレビゲーム)、単身世帯の増加、24時間営業、オール電化住宅、バリアフリーなど、快適性と利便性を追い求めて文明生活を発展させ謳歌してきた。家庭や職場は電気製品や設備で満たされ生活は間違いなく快適で便利になった。従来は電力を必要と

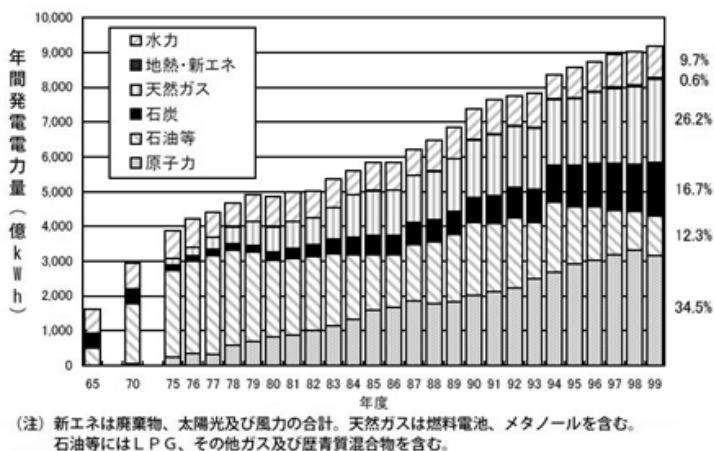


図8 電源別年間発電電力量

しなかった機器も制御を加えるために電子機器に生まれ変わり、地球環境保護と称して資源や廃棄物の削減のために IT 技術を活用した機器も登場している。

私たちは電力エネルギーが無尽蔵なものと錯覚していたのではないだろうか？ 今回の福島原発事故の影響で計画停電の実施や、節電が余儀なくされ、そのことに気づきはじめた人も多数いる。しかし、一度便利で快適になった生活を今さら元に戻すことはなかなかできないだろう。2011 年の夏、環境省や電力会社が要請している節電の内容¹¹⁾¹²⁾では電力需要を大幅に削減することは不可能である。

5. 技術者の役割

風力発電は、風がふんだんに吹けば効率は太陽光発電よりも優れており、価値ある再生エネルギーのひとつと評価できる。しかし、日本の国土と風況を考慮すると現状のままでは原子力の代替エネルギーになるほどの実力はない。それにも関わらず一般市民が大きく期待を膨らませているのは、問題点や課題が正しく伝えられていないからと考える。テレビなどのマスメディアでは再生エネルギーのブーム再来で、夢多き話題や数少ない成功事例が取り上げられ、メリットばかりが放送されている。この状況の中で私たち技術者はどうすればよいのであろうか。

5-1 公衆優先原則に基づいた技術開発

技術者は、公衆の安全、健康、および福利を最優先にしなければならない。

風力発電に携わっている技術者には、できるだけ早い時期に市民の期待に応えるべく、飛躍的な性能向上を実現するための技術開発に取り組んでほしい。蓄電技術や風況探査技術についても同様である。

エネルギーを消費するさまざまな機器や設備に携わる技術者には、これまでのように利便性や快適性を単純に追求する思想を見直し、機器や設備が有する機能やサービスがもたらす価値と、消費エネルギーのバランスを考慮して技術開発に取り組んでほしい。

5-2 正直性に基づいた説明責任

風力発電に限らず再生エネルギーのことを正しく理解できている一般市民はまだ少数である。すべての技術者は一般市民（公衆）との間に専門技術に対するリテラシーに大きな溝があることを認識した上で、その溝を少しでも埋める活動を積極的に行ってほしい。特に報道メディアや企業から発信される情報は偏っている場合があるため、その内容を補完して一般市民が正しく理解できるように導くことが非常に重要な役割であり、その分野の専門家としての責務である。しかし、技術者は企業などの組織に属していることが大半であり一般市民と接する機会は非常に少ない。ひとつの組織の中だけで活動していると、柔軟な思考回路が錆付き価値観が偏ってしまう可能性がある。価値観を回復するために一般市民とのコミュニケーションは非常に有効である。技術者が一般市民とコミュニケーションを取るには、次のような機会がある。

①業務を通じたコミュニケーション

- ・販売現場や使用現場に出向いて直接対話する機会を設ける
- ・社会と意思疎通する場を設け、情報発信して反応を分析する

②一人の技術者として業務と関係ないコミュニケーション

- ・自らが一般市民となり、他の製品・サービスの技術者と対話する
- ・学協会や他の団体を通じて、専門（得意）分野の講師となる

このような機会をぜひとも逃さず、有効に活用してほしい。また、一度だけでなく継続して対話することが重要である。相互交流を深める機会を重ねていくことで、一般市民の素朴な疑問や否定的な意見を受容できるようになり、幅広い倫理観をもって行動できるようになる。とかく技術者は自分の見識が最良・最高と思いがちになる場合があるが、一般市民とのコミュニケーションでその検証ができることは、技術者の自己研鑽として非常に意義深く有益なことである。

6. おわりに

人類はこれまで快適性と利便性を求めて文明生活を築いてきた。新興国の経済発展や人口増加を考えるとエネルギー問題は地球規模で深刻な状況を迎えつつある。私たち技術者は、苦難を乗り越え問題を克服しながら技術開発を行い、地球環境を守りながら人類の発展に貢献していかなければならない。

【文献】

- 1) (社) 日本技術士会 月刊技術士 2010 年 9 月号 安全安心コーナー
市街地に設置する小型風力発電における安全と安心
- 2) 資源エネルギー庁「エネルギー白書 2010」P123
<http://www.enecho.meti.go.jp/topics/hakusho/index.htm>, 2011 年 7 月 1 日
- 3) 三菱重工(株) 風力講座 1.2 風の発生と風車の出力
http://www.mhi.co.jp/products/expand/wind_kouza_0102.html, 2011 年 7 月 1 日
- 4) (財) 新エネルギー財団 風力発電 いろいろ
<http://www.nef.or.jp/windpower/iroiro01.html>, 2011 年 7 月 1 日
- 5) 資源エネルギー庁「エネルギー白書 2010」P109
<http://www.enecho.meti.go.jp/topics/hakusho/index.htm>, 2011 年 7 月 1 日
- 6) (株) シグナスエナジー 風力発電事業 ガーデンライト
<http://www.cygnus-energy.com/windmill/gardenlight.html>, 2011 年 8 月 26 日
- 7) 岩崎電気(株) 照明分野 ハイブリッド太陽 アイバード
http://www.iwasaki.co.jp/product/lighting_field/park_scene/hybrid/,
2011 年 8 月 26 日
- 8) 三洋電機(株) ニュースリリース リチウムイオンソーラー街路灯
<http://panasonic.co.jp/sanyo/news/2010/10/14-1.html>, 2011 年 8 月 26 日
- 9) (社) 日本原子力産業協会 日本で運転中の原子力発電所
http://www.jaif.or.jp/ja/nuclear_world/data/f0302.html, 2011 年 7 月 1 日
- 10) 内閣府 総合科学技術会議 重点戦略専門調査会エネルギープロジェクト第一回会
合配付資料 12 P45
http://www8.cao.go.jp/cstp/project/energy/ene_pj1_shiryo/ene_pj1_gijishidai.html
- 11) 環境省 みんなで節電
<http://www.challenge25.go.jp/setsuden/>, 2011 年 8 月 26 日
- 12) 中部電力(株) ご家庭での節電のお願い
http://www.chuden.co.jp/setsuden/index.html?cid=t_bn, 2011 年 8 月 26 日

