

## 再生可能エネルギーの積雪寒冷地技術で北方圏に寄与する



三木 康臣 (みき やすとみ)

北見工業大学准教授、  
一般社団法人日本太陽エネルギー学会理事

1988年九州大学大学院総合理工学研究科博士課程エネルギー変換工学専攻修了（工学博士）。同年九州大学工学部助手。93年北見工業大学助教授（2007年より准教授）、11年JSES/JWES（日本風力エネルギー学会）大会（稚内）実行委員長、12年から一般社団法人日本太陽エネルギー学会理事、北方圏技術部会長。専門は伝熱科学・未利用熱科学。著書に、『太陽熱利用に関する新分野及び新利用形態等二一ズに関する調査報告書』（分担）（NEDO、2008）、ほか論文多数。

### 1 人口の環流

3.11大震災や原発事故のこともあり、北海道への人口の還流を進めるべきときが来た。そのためには、新たな生業と新たなまちづくり、教育拠点づくりが必要である。新たな生業といえば、北海道では、今後、農業、観光、エネルギーが伸び代があり、日本全体をリードしていかねばならない。

### 2 エネルギーでは

エネルギー分野でいえば、これからのエネルギー政策の中においては、過度に化石エネルギーなどに頼らずに機能する社会を段階的に作り上げていくことが求められている。そのためには、徹底した省エネルギーでスリム化した後、あらゆる再生可能エネルギーを最大限に活用することが大切で、その地域にある使いやすい各種の再生可能エネルギーを最大限に利用することが、光熱費の削減やCO<sub>2</sub>の削減だけでなく、セキュリティの向上にもつながる。

さて、本年7月1日に固定価格買取制度ができて、8月末の水力を除く再生可能エネルギーの認定発電設備量は、目標の600万kW/年をクリアする勢いである。その中身であるが、2カ月間の認定設備容量は、太陽光/住宅が30.6万kW、太陽光/非住宅が72.6万kW、風力が26.2万kW他合計139万kWという。そして、九州を抜いて、北海道がトップになった。

日本地熱学会と日本地熱開発企業協議会が、震災前の2008年に作成した「2050年自然エネルギービジョン」では、電源構成では、水力を含む自然エネルギーの割合が67%、熱利用では31%としているが、あながちドリームシナリオではなくなるかもしれない。

### 3 再生可能エネルギーの最大潜在量

それでは、道内にはどのくらいの賦存量があるのだろうか。北海道エネルギー問題懇談会提言・資料編（2010年3月）によれば、太陽光が74.7PJ<sup>\*1</sup>、陸上風力が11PJ、バイオマスが34.2PJ、中小水力が17.7PJ、

\*1 PJ (Peta Joule : ペタジュール)  
ペタは10の15乗。ジュールはエネルギーの単位。

地熱・温泉熱が38.6PJ、雪氷冷熱が781PJという。

#### 4 地域にマッチした

次に、地域の特徴をどう打ち出していくかが課題である。そのような情報を得るためには、以下のようなデータベースが利用できる。

- ・ 再生可能エネルギー導入ポテンシャルマップ・ゾーニング基礎情報（2011年度版）  
<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/rep/>
- ・ NEDOデータベース  
[http://www.nedo.go.jp/library/shiryuu\\_database.html](http://www.nedo.go.jp/library/shiryuu_database.html)

地域のエネルギー政策を考える上では、資源の賦存量やエネルギーの生産施設について知ることが重要で、堀尾正毅（現（独）科学技術振興機構（JST））らが開発したPEGASUS<sup>※2</sup>を利用することもできよう。

<http://www.pegasus-web.org/pegasus/ControllerServlet?mode=title>

#### 5 臨場感のある教育

地域で有望な再生可能エネルギーが見つかったならば、次は、それを実現するための、お金（補助金も含めて）、人、ものをどう手当するのか……というのが現実の社会で物事を進める手順である。

ところが、高等教育を含めて従来の学校教育では、いわゆる「積み上げ式」の手法がほとんどであり、先に目的を明確化して、そのためにどうすればよいのかという現実社会で要求される手法については、訓練する場がないのが現状である。国内において英語を勉強する際に最重要な「臨場感」が、ものづくりにおいても最重要であることには変わりがない。それが、ここでいう教育拠点づくりの根幹である。

ところで、稚内であれば、「風」がキーになる。日照時間は1,484時間と少ないが、夏季最高温度が21℃と冷涼なため、ハウス栽培も可能であり、一見非常識を好機に変える発想の転換も重要となる。

一方、三つをどう組み合わせるかも課題であり、例えば、観光+エネルギーで「エネルギー観光」である。組み合わせで、予期せぬ化学反応（シナジー）が期待できる。それはキーパーソンとインサイト（洞察力）が可能にする。キーパーソンやインサイトは、臨場感、すなわち、先進的ものづくりの現場を経験、あるいは見聞することによって養生される。そのためには、産学行政連携でも、縦横無尽のネットワークが役に立つのである。

#### 6 積雪寒冷地技術／北方圏技術の必要性

さて、「積雪寒冷特別地域における道路交通の確保に関する特別措置法（国土交通省）」によれば、「積雪地」とは、「2月の積雪の最大値の累年平均（最近5年以上の間における平均）が50cm以上の地域」であり、「寒冷地」とは「1月の平均気温の累年平均が0℃以下の地域」である。北海道は全域が「積雪寒冷地」であり、南東北に位置する福島県でも、積雪寒冷地は県土面積の85%であり、県民の74%が居住している。図1に示すように、日本全体では、国土面積の約6割に相当し、国民の約1/4が居住している。



図1 積雪寒冷地に該当する地域  
(積雪センターのウェブサイトより)

※2 PEGASUS (Public Energy/Environment Giga-Analyzer for Sustainable Society)  
横断的視点から地域の物質・エネルギーリサイクル計画ができる公共的データプラットフォーム。

再生可能エネルギー利用において、例えば、太陽光発電は大幅な設置面積を要するので、積雪寒冷地、特に北海道は国内でも有利である。また、太陽電池は半導体なので熱伝導率が悪く、特に、シリコン・結晶系の太陽電池は、太陽光によりモジュール温度がかなり上昇し(60~70℃までも)、発電効率が低減することから、積雪寒冷地の冬季の寒冷さや夏季の比較的冷涼さは発電量にとって有利な条件となる。また、雪の反射も上手に利用すれば、それだけ利得があろう。3.11大震災や原発事故で被災した東北太平洋沿岸部は、内陸部に新たなまちづくりのプランがあるが、今後、積雪寒冷地に住居を移す住民も少なくないだろう。

### 7 北の大地は簡単には答えないが、真摯に問う者にはヒントを与えてくれる

ただ、積雪寒冷地で太陽光発電を普及させるには、積雪寒冷地特有の気候に応じた対策が必要である。太陽電池上への降雪対策が発電量を左右する。太陽電池モジュールの設置角度(傾斜角度)は無雪の場合30度が最適であるが、一年通した最大発電量を得る傾斜角度は、札幌市内では、30度、45度、60度、75度、90度のうち90度であったという報告がある。稚内のメガソーラー実証研究(2009~11年度)でも、太陽光発電における雪対策について検証された。(太陽電池や太陽集熱器の雪対策は著者もトライしているが、通年でデータを収集した先駆者には敬服する)同様に、太陽集熱器でも同様に雪対策が必要である。寒さ対策を施した集合住宅向け、戸建住宅向けの太陽集熱器も近年開発されたが、前述の発電試験も含めて一般社団法人日本太陽エネルギー学会(JSES)(以下、太陽エネルギー学会)本部北方圏技術部会員の成せる技である。

今度は、著者が直接関わった事例を紹介しよう。元々建築の分野では、アースチューブ<sup>※3</sup>、クールチューブ・ヒートチューブ、エアトンネルと呼ばれるものである。著者らは、NEDO<sup>※4</sup>提案公募(1997~98年度)で寒冷地での住宅への導入を想定したアースチューブの性能

試験を実施し、NEDOのウェブサイト([http://www.nedo.go.jp/library/database\\_index.html](http://www.nedo.go.jp/library/database_index.html))に報告書があるので参照されたい。そこでは、GL<sup>※5</sup>-5mまでの浅層の地中熱利用に重要な地温の推移をまとめたものや冬季から夏季までのアースチューブの連続運転時の性能評価結果など、先駆的で重要な結果を示した。また、施設園芸へのアースチューブの導入は、2003年には涼房評価試験を実施し、日韓熱流体会議(済州島、JSME/KSME<sup>※6</sup>主催)でも報告済みである。主に水の蒸発潜熱を使用する他の2種類の方法とも比較しているので、参照されたい。

さて、上記の研究で最も重要な情報は、浅層地中熱の情報である。図2、図3は、著者らが作成した北見

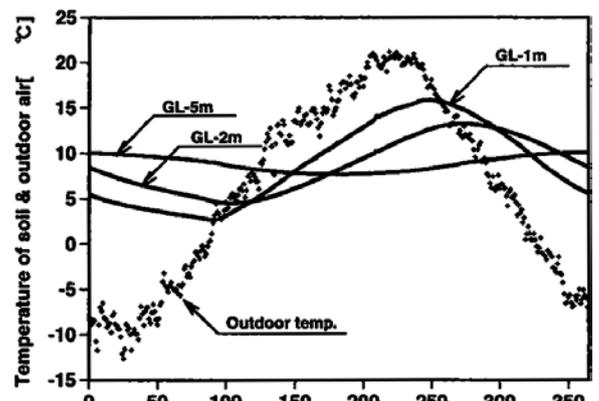


図2 北見市における浅層地中温度と外気温度

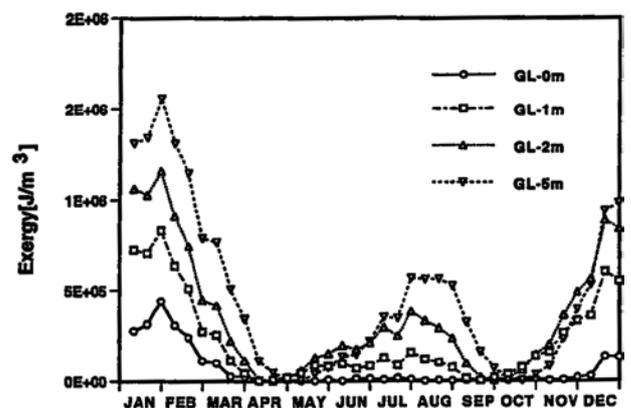


図3 北見市における浅層地中蓄エクセルギー<sup>※7</sup>

※ 図2、図3は北見工大研究報告, 33-1, 2001より引用

※3 アースチューブ (Earth-tube)

地中温度は外気温度に比べ、夏は低く、冬は高く、深い所ではほぼ一定の温度を保つ。建物に導入する外気を地中に埋めたチューブに通し、地中熱と熱交換を行い、冷却(クールチューブ)・加熱(ヒートチューブ)するシステム。

※4 NEDO (New Energy and Industrial Technology Development Organization) 新エネルギー・産業技術総合開発機構。日本のエネルギー、環境分野と産業技術の開発と普及を目的とした独立行政法人。

※5 GL (Ground Level)

地盤面。

※6 JSME/KSME

一般社団法人日本機械学会 (The Japan Society of Mechanical Engineers) と韓国機械学会 (The Korean Society of Mechanical Engineers)。

※7 エクセルギー (exergy)

ある系から力学的な仕事として取り出せるエネルギーのことであり、有効エネルギーともいう。

市内の浅層地中熱の自然状態の温度（測定は北見工業大学寒地気象観測室による）、冷温エクセルギーの通年変化である。浅層地中熱利用では、水平型でGL-1～2m、垂直型でGL-5mまでの情報が不可欠である。冬季が温エクセルギーであり、夏季が冷エクセルギーである。なお、ヒートポンプを使えばより効果的ではあるが、イニシャルコストは格段に高くつく。

ちなみに、施設園芸へのアースチューブの実規模の検証は空知地域でも数年来実施されている。

その結果、四季成りいちごのクラウン冷却では収量が高まるなど成果が確認されつつある。

省エネ技術としては、道内大手の農材会社では、豪雪地に立地した連棟タイプのエアハウス<sup>①</sup>の雪対策に取り組み、効果があったという。

そう、「積雪寒冷な大地は、簡単には答ええないが、真摯に問う者にはヒントを与えてくれる」のである。

## 8 JSESの北の翼へ

今夏、太陽エネルギー学会に「北方圏技術部会」をつくった。設立目的・趣旨は、「太陽エネルギーを主とする再生可能エネルギーの積雪寒冷地技術（JSESでは、ソーラー建築、太陽光発電、太陽熱利用、光化学などの太陽光の直接的な利用のほか、浅層地中熱、バイオマス、風力なども太陽エネルギーの別形態としてその範疇とし、海洋、小水力などの各種自然エネルギーや水素なども扱う）に関する研究者及び技術者の相互交流を図り、研究関連の情報の収集、発信を行って、その技術の発展と利便の向上に資するとともに、産業界及び地域社会との共働により、再生可能エネルギーの積雪寒冷地での普及に寄与する」である。

北方圏支部の実現には、圏内のJSES会員の増加が課題となるが、道内の複数の太陽電池施工会社やエネルギー関連会社の参加や公設試験研究機関からの参加、協力者も増加傾向にあるが、地中熱も含めた再生可能エネルギー関連の研究者、開発者の参加を求む。北方圏技術部会としては、今後、北海道、東北地区で、

セミナーや見学会などの普及啓発活動を計画しているが、今秋のJSES/JWES大会では、部会特設セッションで4件の関連講演が予定されており、道内大学からは、「積雪地域における太陽光発電の課題」と「積雪寒冷地における太陽熱と地中熱の活用」、本州企業と道内大学との共同研究として「積雪寒冷地における太陽集熱器の雪対策とエコキュートシステムに関する実証試験」、青森県内高専からの太陽光/風力ハイブリッド住宅に関する講演もあり、ここが原点になろう。

関西支部がJSESの西の翼ならば、北方圏支部（仮称）はJSESの北の翼になろう。国内の積雪寒冷地のみならず、世界の北方圏への寄与が期待される。

## 9 日本の再興は北から

最後に、図4はオランダ国フェンロー市で開催された2012年フェンロー国際園芸博覧会（フロリアード2012）での施設園芸における2020年CO<sub>2</sub>排出ゼロ温室の模型であるが、これまでの太陽エネルギー（温室は太陽集熱装置で、余剰温冷熱は帯水層に蓄熱）に加えて、地中熱、バイオエネルギーの積極的導入の2020年シナリオが明確に示されている。江戸時代から400年に及ぶ日蘭の良好な関係であるが、技術・知恵の交流が期待される。

そして、「日本の再興は北から」である。



図4 オランダの施設園芸における再生可能エネルギー（うち太陽熱/帯水層）導入PRのための展示模型