人間環境を意識した「水素利用」展開

愛媛県西条市にみる水素エネルギーによる地域活性化

東海大学工学部・
第２工学部学部長
内田（うちだ）　裕久（ひろひさ）

空気を汚染しないクリーンエネルギーとして水素が注目されている。水素を燃焼すると水は生成されるが、二酸化炭素は排出しないため、クリーンエネルギーと呼ばれる。またエネルギー変換、輸送、貯蔵という手段として水素は有力なエネルギー利用媒体とも言える。例えば、太陽、風力等の再生可能エネルギーによる発電で水を電気分解し、水素をつくり（再生可能エネルギーの電気、水素への変換）、遠隔地へ送り（輸送）、後で述べる水素吸蔵合金に水素貯蔵することもできる。

水素はドイツBMW社が開発している水素・ガソリンハイブリッド自動車のエンジン燃料用に、あるいは自動車用、家庭用燃料電池へ供給し電気や熱を利用できる。このように、水素は単なるエネルギー源というより、エネルギー変換、貯蔵、輸送用媒体という特性もある。

水素利用を考える時、液体水素以上の高密度で水素を吸収、貯蔵する水素吸蔵合金は優れた機能性エネルギー材料だ。一九六〇年代に水素吸蔵合金が発見され、今日までいろいろな技術開発が行われてきた。しかし、ニッケル水素蓄電池を除き、多くの技術は商品化にまでは至らなかった。合金と、それを利用したシステムの製造、ランニングコストが高いという理由である。「コストの高低」は既に商品化され、大量生産されているシステムと比較する伝統的な発想で計算されてきた。

注目される水素技術
環境にやさしい冷凍機導入

しかし、近年は循環型社会の実現を目指し、システム構成原材料から、システム利用、最終処分に至るライフサイクルアセスメント（LCA）によるコスト計算、システムを使用した結果生じる環境破壊修復費用を含むコスト計算、あるいはシステムを使用する地域固有の人間環境への付加価値を考慮したコストを考える流れが出てきた。グリーン購入法の施行も行われ、循環型社会実現に向けた新たな環境負荷評価方法も導入されている。

水素エネルギー技術を導入した愛媛県西条市を例として紹介する。ただし、この地域だからこそ、紹介する水素技術がこの地域の人間環境に適していたこと、その結果、水素技術の導入が街の活性化につながる例になったことを理解して頂きたい。

◇―――◇

経済産業省二〇〇一年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業「水素エネルギー利用アドバンス型ハイブリッド冷凍システム」で研究開発された冷凍機が愛媛県西条市に設置されている。

高温排熱源として、西条市内の工場から排出されるメタンガス燃焼温度を高温排熱源、西条市の地下水温度を低温排熱源として利用している。

西条市に導入された水素吸蔵合金利用の冷凍機（正面）

湧水温度は四季を通じて一定（一四～一五度C）であり、運転温度として理想的であるが、より低い冷凍温度得るために、補助炭化冷凍機を使い、湧水温度を〇度Cまで冷却している。冷凍機は日本製鋼所が製作した。冷凍庫部分は二四三～二五三ケルビン（マイナス三〇～マイナス二〇度C）レベルの冷凍庫（六七立方m）と、プラス五度Cの氷温庫（六七立方m）の二つの部分から構成されている（写真1、2）。

排熱という未利用エネルギーを利用するため、同じ冷凍能力を持つフロンガスを使った従来型冷凍機に比べ、消費電力はわずか三〇%、二酸化炭素排出量も三〇%程度と、超省エネ、超低環境負荷型冷凍機である。

従来の冷凍機に比べ、消費電力、CO_2排出量もわずか30%程度の超省エネ型

水素吸蔵合金利用のノンフロン型冷凍機

過去三〇年、日本のエネルギー供給構造は化石燃料への依存度を低め、原子力や天然ガスへの依存度を高めてきた。しかし、エネルギー消費から見ると、供給エネルギーの約六〇～七〇%は大気中や排水中へ排熱として捨てられている。この状況はいまも変わらない。

未利用排熱を活用

水素吸蔵合金を利用した冷凍機は、未利用排熱と水素吸蔵合金を利用した超省エネ、超低環境負荷型システムである。

水素吸蔵合金が水素を吸収する反応は発熱反応で、水素を貯蔵した合金から水素を放出する反応は吸熱反応である。八〇度C以上の

超省エネ・低環境負荷

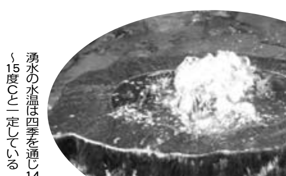
比較的高温度で水素を吸収放出する水素吸蔵合金（高温用）に水素を貯蔵しておく。この合金に工場やごみ焼却場の高温排熱を与え、水素ガスを放出させる。放出された水素ガスを、室温以下で水素を吸収放出する別の水素吸蔵合金（低温用）に吸収させる。この時、発熱するため、河川や地下水などの低温熱を利用し、効果的に水素を吸収させる。

次に、この低温用水素吸蔵合金から水素を放出させると、周囲から熱を奪うため、周囲の空間温度は低下する。放出された水素ガスは再び初めの高温用水素吸蔵合金に戻し、吸収させる。このサイクルを繰り返すことで、大容積空間を冷凍冷蔵温度に設定できる。

地域の特徴熟知し得意の技を駆使

エコテクの具現化も
″固有の宝″ 地下水を有効活用

名水百選で２度も優勝した西条の湧水「うちぬき」



湧水の水温は四季を通じ14～15度Cと一定している

愛媛県西条市は背後の四国最高峰石鎚山から、北側の瀬戸内海まで広がる街である。伝統的な宝物として市民が大切にしているものは、日本名水百選で二度も優勝したおいしい湧水だ。湧水は街中に溢れ、流れている（写真3、4、5）。

水温は四季を通じて一四～一五度Cと一定であり、海岸に面した海水中にも湧き出し、半導体工場もある。この水を利用した四国唯一のビール工場もあり、最近ではコーヒーに最適の硬度と味わいをもつ水として認定され、水出しコーヒーなど、水を生かした新たな食文化発信基地を目指した動きが活発化している。

二〇〇四年十一月に合併し、人口約一二万人となった新しい西条市は、豊富な海の幸、山の幸に恵まれ、クリーンな冷凍・氷温倉庫を利用した新たな食品貯蔵、加工、流通事業の開発など、地域活性化を目指した施策が盛り込まれている。「水素」は本来「水の素」であり、水を伝統的な宝物として代々守り続けてきた「水の街西条」の地域の人々にとって、水素を利用した先端技術は、西条地域の人々の人間環境を意識したエコテクノロジーである。〔（注釈）エコテクノロジー：ECO-Technology とは、環境：Environment のEと、これを意識する：ConsciousのCOからつくられた言葉である〕

水素は排熱、風力、太陽、地熱など地域に適したエネルギーと組み合わせることで、多様な環境条件、人間環境に柔軟に対応できる。西条を中心とした水素エネルギー技術の導入は、エコテクノロジーを具現化する一つのモデルとなる可能性を秘めている。

水をくみに車で訪れる人も多い

◇―――◇

これまでの科学技術では、普遍的、合理的な技術開発と利用が目標であった。物質、エネルギー、情報通信からなるパラダイムがこれまでの科学技術を支え、「どこでも使え、より便利で、より効率的な技術開発」という経済活動を推進し、暮らしを豊にする文明の進歩を牽引（けん）する中心的な役割を果してきた。

確かに、物質、エネルギー、情報通信という分野は、二十世紀には革命的な発展をなし遂げた。わずかな質量変化が莫大なエネルギーに変換される核反応の発見は原子力利用として発展し、半導体の発見はトランジスタ、LSIを生み出し、更にコンピュータをつくり出し、情報通信を支えている。これまでの科学技術の発展は専門家任せ、人任せでも問題はなかった。

しかし、二十一世紀のいま、科学技術パラダイムには更に人間・生命という非合理的な要素が加わった。もはや専門家には任せておけない例が出始めている。例えば、体外受精による受精卵の中、がんの遺伝子のない受精卵だけを母親の母体に戻し、出産させた事例は人の選別である。この他にもクローン人間、ヒト胚細胞の利用など、専門家だけに任せてはおけない事態が出てきた。

なぜか。高度医療技術の進歩は当然だが、二十世紀までの科学技術パラダイムには、主人公である人間がその中心に存在していなかったからである。だからこそ普遍的、合理的な考え方が万能であった。

多様性と持続性目指し

しかし、人間がかかわる生命という要素は、人の価値観に基づく生命倫理という、判断基準が異なれば倫理観も異なるという従来の科学から見れば非合理的な要素である。人間の感性、感情、五官などの重要性がロボット開発では際立ってきている。従来の科学技術が扱って来なかった要素だ。これまで人任せであった科学技術の世界だったが、これからは一人ひとりがしっかりと考え、判断を下さねばならない成果が科学技術から生み出されてくるだろう。

◇―――◇

個々の人の基本的な判断は価値観に支配される。人の価値観は、生まれ育った家庭、学校、地域、伝統、文化、宗教、国といった人間を取り巻く周囲のあらゆる事象が要素として働く人間環境により決定される。地球上にはモザイクのように散りばめられた多様な文化、価値観がある。日本国内だけを取り上げても、地域固有の特色がある。

これまで「普遍性、合理性」という科学技術の名の下に、どれだけの固有の伝統、文化、価値観が消滅してきたことだろう。伝統的な「先端科学に基づく合理的な新技術だから認めるべき」という地域固有の人間環境を無視したやり方では、横並び、物真似の地域振興策しか出てこない。

日本の地方自治体の場合、他の都道府県が導入し、成功した事例を真似た施策を導入する傾向が強い。しかし、地域固有の人間環境を抜きにして、同じように成功するはずはない。まず自分が生活している地域固有の特徴、特色、独自性を熟知し、得意な技を駆使した政策を立ち上げることが成功への道と言えよう。

国内外を問わず、多様性と持続性が求められるいま、地域固有の伝統、文化、価値観という、これまでの科学技術が無視してきた地域固有の人間環境を積極的に意識した活性化策が求められる。