



## 有機ハイドライド——もうひと息

齊藤泰和

東京理科大学

162-8601 東京都新宿区神楽坂 1-3

いま地球上には風力発電の適地が約千箇所あり、米国では風力発電機の容量は1基2 MW から5 MW へ移行しつつある(米・スタンフォード大 風力発電調査報告)。2007年1年間に世界で新たに設置された風力発電施設の規模は20 GW 強(大型原発15基分)、総発電容量増は1年間で27%(その国別内訳はGW単位で、米国 5.244、スペイン 3.522、中国 3.499、…)、総容量の最大はドイツ(22.247 GW)で、以下、米国、スペイン、インド、中国、…と続き、日本は世界13位、1.538 GW(世界風力エネルギー協会、本部 ベルギー)とのことである。

よく知られる日本の太陽光発電の活躍とこの見すばらしい風力事業との違いはかくも明らかであるが、それを日本の努力不足(政策の失敗)に帰することはできない。そもそも大規模風力発電には、恵まれた風況、ウインドファーム向きの土地、電力需要との良き系統連系が必要である。日本は需要家の求める電力の質(周波数と振幅の安定性)が厳しく、気ままな自然の発するエネルギーを電力需要に合わせ使いこなすことは容易でない。日本国内に大規模ウインドファームの適地を求めることは至難で、他方、ドイツ、ベルギー、米国らが力を入れている洋上発電(>5 MW 級)にも、日本向きでない制約(日本は海がすぐ深くなる、漁業権・景観権など課題が多い)がある。

風力は設置面積当りの発生電力量が太陽光より桁違いに大きい。この自然エネルギーに日本の技術ポテンシャルを生かす道はないか、そもそも風力からの系統連系は必要か、海外ウインドファーム適地から運べばよいではないか、電気にするだけが風力の使い方か、等々、いろいろ疑問が湧いてくる。電気は確かに有用な二次エネルギーであるが、その海上輸送は難しい。他方、有機ハイドライドは貯めて運べる液体の二次エネルギーである。有機ハイドライドにはそれに適わしい役割があるのではないか。海外の風力をエネルギー需要地に送り届ける役割が考えられないか。

多数の風力発電機から集められた電気は水電解槽で水素に変わり、発熱的な芳香族水素化反応を経て有機ハイドライド貯槽に入る。横浜港などから芳香族基質を運び込んだケミカルタンカーがそれを搬出し、往復する。水素を運ぶ海上の道である。ユーロケベック計画で採用された液体水素は、液化のエネルギー負担が大きく風力水素輸送には向かない。

海外自然エネルギー源の開発利用は京都議定書想定 of クリーン開発メカニズム(CDM)に含まれるが、目に見えるレベルでCO<sub>2</sub>削減に寄与するには、GW オーダーのウインドファームを複数立ちあげる必要がある。地球は極地方の寒気と自転により、南半球では西風海流(アルゼンチン パタゴニア地方、オーストラリア タスマニア島)、北半球では蛇行偏西風がベーリング海・オホーツク海高気圧となって北太平洋へ吹き出し、いくつかの高風速地帯をつくり出している。北半球ウインドファーム候補の一つがアリューシャン列島へ連なるアラスカ半島で、現地の米国再生可能エネルギー研究所支所からは、周辺一帯の優れた風況が報告されている。

実は問題はむしろ、日本に搬入される有機ハイドライドをどう使うかにある。「安全、扱い易い」は有機ハイドライドの美点であり、ケミカルタンカー入港頻度に合わせた脱水素芳香族化は可能であろう。しかし有機ハイドライドは水素発生段階でエネルギー負担がかかるため、燃料電池や水素ステーションに利用不可能ではないが、特段有利でもない。有機ハイドライドが液体の水素キャリアとして大量に搬入されるとき、その真価が発揮されるには、1)廃熱利用、2)水素添加燃焼 が不可欠、と筆者は考えている。

廃熱温度は脱水素触媒の炭素質失活(コーキング)を防ぐため、300°Cを上限と想定する。吸熱反応熱はわざわざ用意するのではなく、需要サイトの廃熱を使うというのが第一の視点である。

液相で供給する有機ハイドライド(メチルシクロヘキ

サンなら沸点 101°C) は、外部からの加熱 (<300°C) で激しく沸騰し、還流を受けつつ、相変化を伴う反応の場から水素を発生させる。過熱された活性サイトを横切る熱流は、活性サイトからの生成物脱離という物質流とカップルする。沸騰加熱下の気泡の発生と脱離は、後もどりの利かない「時間の矢」プロセス(微視的可逆性原理 不成立、プリゴジン 非平衡熱力学) で、激しい気泡発生は空いた活性サイトの表面密度を高め、反応速度を向上させる(過熱液膜状態)。表面から気泡へ移動した水素は、自ら再び活性サイトと接触することはない。すなわち逆反応の水素化は起きない。過熱液膜状態での脱水素転化率が大きい理由はここにあり、廃熱を使うという、第一の視点の根拠でもある。

低炭素社会は内燃機関・水素添加燃焼に支えられる、と位置付けるのが第二の視点である。水素燃焼反応のテクスチュアは、単独燃焼と在来燃料混焼では大きく異なる。水素分子は炭素系ラジカル種との反応性が高く複雑な連鎖反応ネットワークをもたらす一方、その特異的に大きな移動特性は燃料液滴・拡散火炎に効果的な攪乱をもたらすからである。在来燃料の燃焼特性向上は、特に、圧縮着火型燃料(ディーゼル)への水素添加において著しい。また、有機ハイドライドが必要とする反応熱は内燃機関排熱から供給され、水素エクセルギーの一部となってエンジン燃焼に使われ、燃費を向上させる。もとより排出 CO<sub>2</sub> は減る。

大量に持ち込まれる有機ハイドライドをこれら二つの視点で生かす対象には、クリーンディーゼルのみならず、石炭火力発電(クリーン・コール・テクノロジー)や溶鉱炉コークス比の低減もある。目に見えるレベルで日本を低炭素化すべく、有機ハイドライドと海外風力エネルギーは待機中、と言ってもよいのである。

しかし技術的課題と政策的要因はなおいろいろあって、すぐ実現というわけにはいかない。筆者について言えば、当面の技術的課題は、「過熱液膜型触媒反応器 兼 相変化を伴う熱交換器」の需要対応設計である。

有機ハイドライド——もうひと息、なのである。