

見聞録

# 中国の水素エネルギー事情

東京理科大学工学部 齊藤 泰和

## 1. 中国のエネルギー資源

中国は化石エネルギー資源に恵まれた国である。なかでも石炭は確認埋蔵量が世界の 11%、生産量 10.5 億トン／年は世界一で、もとより自給率 100% である。山西省の石炭は良質で知られるが、環境汚染・低い選炭率・過剰労働力（赤字）などの問題点が指摘され、供給過剰状態とすらいわれている。国としては、石炭燃焼技術と液化・ガス化・水素製造技術の革新を併行して推進する気運にある。石炭のエネルギー消費割合をみると、中国 67.1%、米国 23.1%、日本 16.6% となっていて、中国における重要性は圧倒的である。

石油は中国エネルギー消費の 23.4%、世界第 3 位の消費国、第 6 位の産油国である。経済成長に伴う需要量の飛躍的な拡大で、1993 年以降、石油輸出国から輸入国に転じた。石油輸入国仲間である日本はエネルギー消費に占める石油の割合が 53.6%、米国は 39.0% である。

天然ガスは、国を挙げて開発に努めているところである。北京市の集中暖房供給設備用ボイラー燃料は、石炭から天然ガスに全面的に転換を完了した。中国エネルギー消費の 2.8% を占め、さらに「西気

東輸」計画による需要拡大政策を推進中である。すでに中部ガス井と北京を結ぶパイプラインが敷設されており、さらにタリム盆地・輪南油田から蘭州・合肥・南京・上海へと結ぶ計画が発表されている（図 1）。新疆省ウイグル自治区の石炭・石油・天然ガスあるいは風力・太陽エネルギーの開発計画（西部大開発）は、外国資本の導入を視野に喫緊の国家プロジェクトとなっている。

中国の非化石エネルギー資源はこれからである。風力発電は、新疆・内蒙古・東南沿岸部などを中心

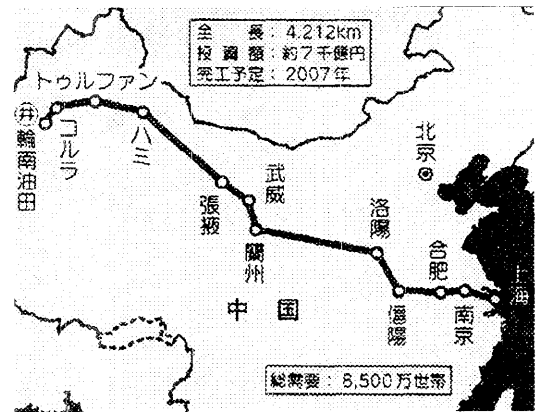


図 1 中国の天然ガスパイプライン計画

表 1 中国のエネルギー消費構造 (%)

年	石炭	石油	天然ガス	水力
1990	76.2	16.6	2.1	5.1
1991	76.1	17.1	2.0	4.8
1992	75.7	17.5	1.9	4.9
1993	74.7	18.2	1.9	5.2
1994	75.0	17.4	1.9	5.7
1995	74.6	17.5	1.8	6.1
1996	74.7	18.0	1.8	5.5
1997	71.5	20.4	1.7	6.2
1998	71.6	19.8	2.1	6.5
1999	67.1	23.4	2.8	6.7

出典：1990 から 1998 年は WHEC XIII 予稿集 1 巻 75～84 頁。1999 年は日経朝刊平成 12 年 9 月 22 日

に 23 万 kW 規模の設備があり、新たに 80 から 100 万 kW 分の発電設備を外国から導入（乗風計画：2001～2005 年、大型風力発電機の国産化を含む）、太陽電池の方は新疆地区などで 1.2 万 kW (1998 年) 程度の発電能力、これから無電化地域（約 7000 万人）のための、分散型電源による「光明工程」電化政策をスタートさせようとしている。

水力は中国におけるエネルギー消費の 6.7% を占め、なお拡充の方向にある。揚子江中流に建設中の三峡ダムがフル稼働すると 1820 万 kW を発電し、周辺の農村・部落、東部消費地へ送電されていく（2009 年完成予定）。

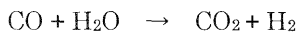
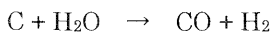
原子力は一次エネルギー構成の 1% に満たない。泰山・大亜湾・嶺澳・連雲港の 4 ヶ所にあるが、新規着工は当面凍結の方向と言われている。

地熱・太陽熱・バイオマス・廃棄物利用などの新エネルギー資源は、現在は小規模の開発に止まる。技術課題・経済性ともに今後の展開は予測しがたい。

中国のエネルギー資源の推移を表 1 にまとめた。石炭の漸減、天然ガス・水力の微増、そして石油の抑えきれない増加傾向をみてとることができる。

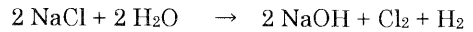
## 2. 中国における水素の製造と需要

現時点での中国における水素需要最大手は、アンモニア肥料である。生産量は着実に増加していて、主な水素源は石炭・コークスである（表 2）。



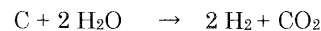
中国の宇宙ロケット技術はよく知られている。そこで用いられる液体水素は、食塩水電解の副生成水

素に依ったとのことである。水酸化ナトリウム（苛性ソーダ）は油脂から石けんを製造するうえで必須、塩素ガスは化学製品の中間原料であり、漂白・消毒など酸化剤として需要がある。水素は副成品である。



水素エネルギーに対する中国の取り組みは真剣である。水素供給能力 10 億  $m^3$ /年の確保と燃料電池利用を基軸に、日・米・加・独などの技術的・経済的協力を期待しつつ、5.2 億円規模（4 千万 RMB）の 5 ヶ年計画（2000 年 4 月～2005 年 3 月）をスタートさせたところである。

水素の製造は石炭による水蒸気分解法を採用し、低コストの実現（7～10 円/ $Nm^3$ ）をはかろうとしている。山西省に 1000 トン/日規模のデモプラント建設が計画された。国内の豊富な石炭資源を有効に活用するのが、狙いである。石炭を水素に変えるプロセスを用いることで、安易な直接燃焼がもたらす環境汚染問題を避ける狙いもある。ただし、石炭による水蒸気の分解は、必然的に二酸化炭素排出をもたらす。それによって生じる地球環境問題の方は、なお今後の検討課題となって残されている。



中国における水素自動車のスタートは、燃料電池バスからである。北京や上海を中心に、公共交通機関を燃料電池駆動に置き換えようとしている。北京地区では水素をまず水電解で供給する。工業地帯を背後にもつ上海地区では、コークス炉の副生水素を使う。どちらも水素貯蔵は高压容器、今後 3～4 年以内に夫々 6 台の燃料電池バスが投入される計画という。2000 年からの 5 ヶ年計画で北京・上海両市に 10～15 台、さらに 2015 年までに中国に大都市 10 ヶ所に 100～200 台の水素バスが走るはずである。

表 2 中国におけるアンモニア合成

	1991年	1994年	1995年
総量(トン)	$22.02 \times 10^6$	$24.42 \times 10^6$	$27.46 \times 10^6$
原料内訳 (%)			
石炭・コークス	67.0	64.0	65.4
天然ガス	17.5	18.9	18.6
他の気体原料	19.2	20.4	19.9
液体原料	13.7	15.3	14.4
その他	0.1	0.2	0.4

出典：WHEC XIII 予稿集 1 巻 105～109 頁。

2005年までの予算は9.1億円(7千万RMB)計上されているとのこと。

燃料電池駆動の乗用車には、メタノール車載改質方式と水素貯蔵方式の二つがとりあげられ、2000年4月からの1年間の特別予算5.2億円が付いている。清華大学教授兼中国水素エネルギー協会会長 毛宗強氏の WHEC XIII プレナリ講演にあったように、政官学揃って大変な意気込みである。

### 3. 中国における水素エネルギー研究

石炭の地下ガス化(中国鉱山技術大学)とコールベットメタン(中国コールベットメタン総公司)の二つは、水素エネルギーの供給面で中国が期待をかける中核技術である。これらの資源開発技術は、脱石油志向の他の国々にとっても関心の的と言ってよからう。

脱石油にかかわる中国にとっての最重要課題は、自動車燃料技術である。先進国と違って、中国における石油製品のインフラストラクチャーはこれからである。そのハンディキャップを逆に生かし、燃料供給のスタンド設置はガソリンとディーゼル軽油にかわって、圧縮天然ガス・液化プロパンガス・メタノール・ジメチルエーテルなどの供給に力を入れようとしている。なかで最重点のターゲットと位置付けられるのがメタノール車載改質燃料電池車である。

燃料電池自動車の燃料選択は、どの国にとっても難しい、しかも影響の大きい、技術的・経済的・政治的課題であり、ガソリン供給インフラが完備した米国では、ガソリン(炭化水素)燃料からメタノールやジエチルエーテルに移行する動きにむしろ後向き

である。その結果米国は、メタノールよりはるかに反応が難しい、ガソリン系炭化水素の車載改質技術の開発に力を入れている。

中国では、社会事情が全くことなる。中国の燃料電池車はメタノールからスタートしようとしているので、メタノールの合成と水蒸気改質の研究が今まさに脚光を浴びている(大連化学物理研究所)。実用化は、メタノール車載改質方式からさらに水素貯蔵型に進むべく、1) 合金系(北京有色金属研究所、天津 南開大学[Mg<sub>2</sub>Ni, Mg<sub>1.7</sub>Al<sub>0.3</sub>Ni などマグネシウム系])とカーボン系(天津 天津大学水素エネルギー研究センター、北京 清華大学)による水素貯蔵、2) 電極触媒、3) 膜電極アセンブリ・ファブリケーション等(ともに北京 清華大学、広州 広州工科大学、大連 化学物理研究所)に力点を置いた特別国家予算(4千萬元/2000年4月からの1年間)が付き、国を挙げて研究推進中である。国際協力の呼びかけにも熱心である。

ところで中国は世界有数の希土類資源に恵まれ、水素貯蔵・二次電池・触媒をはじめ、希土類元素の利用研究に数々の実績を持つ(北京 有色金属研究所)。国際会議会場入口のロビーには、同研究所製の電気自動車を実車展示されていた。ニッケル/水素二次電池駆動の乗用車(5人乗り)で、最高速度 110 km/h、60 km/h で 225 km 走行、1回の充電で 24 kWh、加速には 0 から 40 km/h までに 6.2 秒かかる、とのことである。当該電気自動車は、途中の充電なしに北京・天津間高速道路を往復した、とその取組みには誇らし気であった。

表3 中国の燃料電池・二次電池乗用車 仕様

項目	燃料電池車	二次電池車
大きさ(長×幅×高 mm)	3600×1300×2000	4392×1676×1306
乗員数(人)	2	5
最高速度・航続距離	20 km/h・80 km	110 km/h・225 km
重量(kg)	電池スタック: 28.5	車: 1576、電池: 500
電力/容量・電圧	車: 1500 W・36 V スタック: 5 kW・40 V	100 Ah・60 V×2
エネルギー密度(Wh/kg)		50~70
出力密度(W/kg)		160~200
サイクル寿命(数)		300~500
供給H <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> 圧(MPa)	0.2	
発表	1999年12月 北京ワークショップ 北京・天津間高速道路	

出典: WHEC XIII プレナリ講演 配布プリント/会場ロビー展示パネル