

混迷するエネルギー政策のなかで 安全な原発「高温ガス炉」が用いられる時代がくる？

2014/11/12

オピニオン

久保田 宏

東京工業大学名誉教授



安全な原発として「高温ガス炉（HTGR）」を、国がその開発研究を支援し、2030 年の実用化を目指すとしている（産経新聞、H24/8/26）。果たして、この安全な原発の実用化が可能となるであろうか？

現在、実用化されている軽水炉型の原発は、化石燃料枯渇後の夢のエネルギーとされてきたが、原子力エネルギーを電力にしか変換、利用できない。確かに、電力は、現代文明生活を支えるエネルギーの逓伝体として極めて重要な役割を担っており、今後も、その利用の拡大が期待されている。実は、いま、地球資源としての化石燃料消費の換算量で表される一次エネルギー消費量（通常石油換算量で表される）のなかの電力の比率、電力化率は、世界では約 40 %、日本では約 50 %（筆者による 2011 年の値、最終エネルギー基準での値は、世界で 19.8 %、日本で 25.7 %（文献 1 参照））である。

この一次エネルギー換算の電力化率の値は、年々、増加している。いま、現代文明社会を支えている化石燃料が枯渇に向うなかで、その代替とされてきた原子力、これから代替とされるであろう自然エネルギー（国産の再生可能エネルギー、以下、再エネと略記）が、主として電力にしか変換できないことを考えると、この電力化率の増加は、今後も続くと考えてよい。

このように、将来的に予測される電力化社会ではあるが、少なくとも現状では、一次エネルギー消費（電力以外）として、大量の化石燃料が使用されている。したがって、将来的には、化石燃料の枯渇に備え、この電力以外に使われている化石燃料の役割を原子力や再エネに切り替えていかなければならない。具体的に言えば、運輸機関の主体を占める自動車の電気自動車への切り替えは、主として経済的な理由から、その全面的な移行には、まだ時間がかかるが、慌てる必要はない。化石燃料起源の液体燃料の値段が高くなれば、その移行は自然に進むであろう。

もう一つの化石燃料の電力以外の大量使用には、製鉄（鉄鉱石の還元）がある。因みに、この目的で使用されている一次エネルギー消費（原料炭）の一次エネルギー消費国内供給のなかに占める比率は、9.5 %（筆者による 2010 年度の計算値）と、同じ年の一次エネルギー消費（原子力）の 11.9 % に近いかなり大きな値になる。実は、これは、原子力エネルギー利用の開発の当初から問題とされてきた。すなわち、鉄鉱石の還元用に用いられている石炭（原料炭）の代わりに水素を用いた水素製鉄技術の開発とともに、この水素を、化石燃料を用いないで製造する方法の研究が、原子力エネルギー開発研究のなかで進められた。それが「高温ガス炉」の利用である。原子炉の作動温度を高くして、その高温を利用して水蒸気を分解して、水素をつくるものである。

ところで、現在、化石燃料の枯渇後の社会の構築のなかで、この水素製鉄が余り問題にされないのは、化石燃料の有限が言われていても、石炭の埋蔵量が石油、天然ガスに較べればかなり大きいから、製鉄用には、当面は石炭が使えらると思われているためであろう。そのなかで、化石燃料に依存しない水素エネルギー社会の必要性は、地球温暖化対策のためにと変質していった。すなわち、今すぐ大気中の CO₂ 濃度の増加を止めるために化石燃料の消費を削減しないと、地球が大変なことになるとの IPCC（気候変動に関する政府間パネル）の警告に応えるために、2010 年に民主党政権下で改訂された「エネルギー基本計画」のなかに、原発の発電量を国内発電容量の 50% への引き上げ（当時の 30 % 程度から）とともに、化石燃料に依存しない「水素エネルギー社会」への推進が盛り込まれた。

この「水素エネルギー社会」で用いられる「水素」は、上記したように、原発電力では賄えない電力以外のエネルギー需要を満たすためのエネルギー源としての「水素」でなければならないはずなのに、具体的な開発研究は、この「水素」の製造技術開発の問題にはあまり触れず、「水素」を使った発電、燃料電池の利用の開発研究に特化されている。具体的には燃料電池車（FCV）の開発と、その車への燃料の供給のための「水素ステーション」の建設などが開発課題とされている。

この民主党政権下での「水素エネルギー社会」は、安倍政権下でのエネルギー政策の再改定（2013 年）でも、そのまま継承されている。この「水素エネルギー」利用のエネルギー政策上の大きな矛盾については別に触れたが（文献 2 参照）、ここでは、2010 年のエネルギー基本計画の改訂の翌年に起こった 3.11 福島の過酷事故の後、エネルギー政策課題の中心となっている原発の安全性の問題を解決するための「高温ガス炉」の利用について考える。

3.11 福島原発事故以降、現用の軽水炉型原発の安全性についての保証がなかなか得られず、安倍政権が求める原発の再稼働が進展しないなかで、いま、この安全対策上、「高温ガス炉」の利用が注目されるようになった。産経新聞（H24/8/26）の報道によれば、「高温ガス炉」は、発電出力を現在の軽水炉型の 1/4 の 30 万 kW に止めることで、炉の冷却能力を高めれば、福島のような過酷事故は防止できるとしている（一基当たりの出力を小さくしても、冷却能力はさほど下がらないから、出力が小さくなった分、過酷事故時の被害が小さくなる？）。また、核燃料が高温に耐えるセラミックでコーティングされていて、冷却媒として用いられるヘリウムガスと直接接しており、軽水炉におけるジルコニウムケーシングを用いていないので、福島におけるような冷却に水を使った場合の水蒸気爆発や、メルトダウンが起こらないとの説明は理解できる。しかし、「緊急時に制御棒が挿入できなくても、炉が自然に停止した」との記事の科学的根拠は不明だ（この点についての専門家の説明は「補遺」注 1 参照）。冷却に水を用いないので、内陸部での立地が可能となり、福島の事故後、内陸部の原発の立地に苦慮している中国が、この「高温ガス炉」の開発に、特に熱心なようである。既に（平成 10 年）、試験研究炉で臨界運転に成功している日本が、今後の実用化の競争に負けるのではとの懸念も記されている。

このように、軽水炉に比べて、安全性の面で優れている「高温ガス炉」が、軽水炉の代替として利用されるべきだとの主張は判るが、いま、多くの国民の脱原発の声を押し切って、この「高温ガス炉」を実用化するためには、軽水炉に比べての上記の安全性のメリットの他に、この炉の電力以外のエネルギー源としての水素の製造による電力以外の化石燃料の代替の社会的な効用が、同じ将来の化石燃料代替の再エネの利用との比較で、その経

済的なメリットが、より高く評価されなければならない。

化石燃料枯渇後の社会を原子力ではなく、再エネで賄うべきだと主張している人々は、この電力以外の化石燃料エネルギー源の代替として、バイオマスの存在を過大に評価しているようである。しかし、このバイオマス源の主体である森林の成長量が、その資源量としての一次エネルギー換算量で、国内一次エネルギー消費量の4～5%程度と少ないうえに、もし、こんなことをしたら日本の森林はたちまち丸坊主になってしまうことが厳しく認識されなければならない（文献3参照）。

また、最近、化石燃料と同様の有機化合物を、大気中の二酸化炭素（CO₂）を原料とし、再エネとしての太陽光を使って化学的に合成する方法が言われている。しかし、この方法も、未だ、実用化の目途が全く立っていないだけでなく、多分、将来的にも無理と考えるべきである。自然が、何千万年（？）もかかってつくった化石燃料を、人類が、産業革命以降の僅か数百年で使い果たそうとしている。この消費に対応する量の化石燃料代替物を、科学技術の力で創りだそうとすることは、人智の奢り以外の何ものでもない。結局は、化石燃料価格が枯渇した後に実用せざるを得ない電力以外のエネルギー源としては、再エネ電力を用いて水を電気分解した「水素」に頼る以外に方法はないと考えるべきであろう。

この再エネ電力を用いた水電解による水素の製造コストの主体は、再エネ電力生産のコストになると考えられる。この再エネ発電のコストとしては、現状で最も安価な石炭火力発電に代わって用いられるようになる風力発電のコストを考えればよいであろう。出力変動が大きい風力発電の場合、市販電力の生産であれば、その出力の変動を平滑化するための蓄電のコストが必要になるが、この水素製造の場合には、水素製造工程自体が、出力変動対応のバッファとして使えるので、この蓄電のコストは最小限に納めることができる。

これに対して、「高温ガス炉」を用いた水素の製造コストは、実績データが公表されていないが、発電コストが既存の原発（軽水炉）の2/3で、6円/kWh前後とされている（電気新聞 H26/9/8）ので、この数値をそのまま用いると、上記の風力発電を用いた水電解の水素製造コストより幾分安価にできる程度ではないかと推測される。

化石燃料枯渇後の（今でない）明日に予測される電力化率が大きくなる社会で、どうしても電力で賄いきれない電力以外の化石燃料代替部分を「水素」で賄わなければならないとして、この「水素」の製造に「高温ガス炉」を利用する場合のコストが、再エネ電力を利用する場合と比較してかなり小さい予測することができたとしても、それを理由に、「高温ガス炉」を明日のエネルギー源として実用化することには大きな疑問が残る。

それは、軽水炉に比べて安全性はるかに大きく、核燃料廃棄物量が1/4（この点については「補遺」注2参照）と小さいとしても、「核燃料廃棄物の処理・処分の方法」が確立していないことを理由に、脱原発を訴える小泉元首相ら多くの人々を納得させることは難しいと考えるからである。ただし、将来、私どもの子孫が、化石燃料の代替としての自然エネルギーの利用で、電力以外を含めて満足するエネルギーの質と量が得られなくて、多少のリスクを冒しても原子力エネルギーを利用したいと考えるならば、そのときに、軽水炉に代わって「高温ガス炉」を選択する余地は残しておいてもよいのではなかろうか。

「補遺」原子力の専門家による説明を受けて下記の「注」を付記する。

注1) 高温ガス炉（HTGR）では、高温になると、核分裂反応の反応度が低下するから、冷却機能が失われる緊急時に制御棒が挿入できなくても、核分裂反応が抑制されるとともに、核燃料がセラミックコーティングされていて耐熱性を持つので、核分裂反応が自然に停止する。

注2) 軽水炉の核燃料 U235 の濃縮度は 4 % とされている。これは、濃縮度が核燃料の被覆管の放射線強度により制約されるからである。HTGR では、この被覆管による制約がないので、U235 の濃縮度を日本に許されている値 20 % まで高めることができる（ただし実証はまだ行われていない）。したがって、単位核燃料使用量当たりの利用度を 4 ～ 5 倍に高めることができる。

<引用文献>

1. 日本エネルギー経済研究所 計量分析ユニット編：エネルギー・経済統計要覧、2014、省エネルギーセンター、2014 年
2. 久保田 宏：科学技術の視点から原発に依存しないエネルギー政策を創る、日刊工業新聞社、2012 年
3. 久保田宏、中村元、松田智：林業の創生と震災からの復興、日本林業調査会、2014 年