

次世代型「高温ガス炉」 水素を大量製造 CO2ゼロ

NextTech2030

2018年12月26日 6:30 [有料会員限定]

2011年の東京電力福島第1原子力発電所事故後、原子力の技術には厳しい視線が向けられている。日本原子力研究開発機構は従来の原発とは異なる仕組みで安全性を高めた次世代型原子炉「高温ガス炉」の開発に取り組む。高熱を利用して二酸化炭素(CO₂)を出さずに水素を大量製造するなど発電以外の用途も見込み、温暖化対策としての実用化を狙う。

茨城県の太平洋岸のほぼ中央に位置する大洗町。原子力機構の大洗研究所に「高温工学試験研究炉(HTTR)」がある。1998年に初臨界した高温ガス炉の研究炉だ。現在は再稼働に向け、原子力規制委員会の安全審査を受けている。



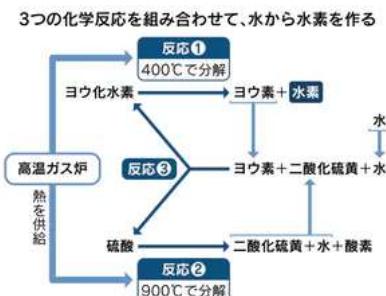
高温を利用した化学反応を組み合わせ、水から水素を作る(茨城県大洗町にある原子力機構の設備)

「これが高温ガス炉の燃料です」。HTTRを訪ねると直径1ミリほどの小さな黒い粒が入ったガラス容器を見せられた。粒の中心には通常の原発の燃料でも使うウランが詰まっているが、周りは耐熱性の高いセラミックで四重に覆われている。粒子は円筒状に焼き固められ、円筒を積み重ねると燃料棒になる。

現在の商業用原発は軽水炉と呼ばれ、水で原子炉を冷やす仕組みだ。高温ガス炉は化学的に安定なヘリウムガスで冷却する。燃料の粒子を覆うセラミックが高温でも放射性物質を閉じ込め、福島事故のように燃料が溶け落ちる炉心溶融は起こらないとされる。原子力機構の国富一彦副部門長は「高温ガス炉には固有の安全性がある」と話す。

核分裂反応で発生する膨大な熱はヘリウムガスによって原子炉の外に運ばれる。原子力機構は04年、セ氏950度という高温の熱を取り出すことに初めて成功した。高温ガス炉で肝となるのは、この熱の使い道だ。

機構はヘリウムガスでガスタービンを直接回す発電に並ぶ柱として、水素の大量製造を目指している。3つの化学反応を組み合わせた製造法「ISプロセス」の開発で成果を上げてきた。



水素はヨウ化水素が400度の熱で水素とヨウ素に分解する反応ができる。さらなる高熱が必要になるのは硫酸の分解反応だ。900度で硫酸は二酸化硫黄(SO₂)と酸素、水に分解する。2つの分解反応で余ったSO₂とヨウ素は再利用され、水との反応でヨウ化水素と硫酸に戻る。

ヨウ素と硫黄を循環させながら水から水素を生み出すため、CO₂や有害物質を排出しない。水素は燃料電池車などの利用時にCO₂を排出しないが、現在主流の化石燃料から水素を作る過程ではCO₂が出る。根本的な温暖化対策には将来的に「カーボンフリー」な水素が必要となる。

ISプロセスの原理は米国企業が考案したが、原子力機構は04年、ガラス製の実験装置によって水素の連続製造を世界で初めて実現。16年、工業材料を使う装置で毎時20リットル以上の水素を31時間作り続けることに成

功した。

硫酸やヨウ素は金属を腐食させる性質が強い。高温の反応条件にも耐えるため、装置はセラミック材料のほか、配管の内側をガラスやフッ素樹脂で加工するなど随所に工夫を施した。19年にはより長時間の製造に向けた試験も実施する方針だ。

ただ、まだ水素製造の熱は電気ヒーターで供給している。機構は発電用のガスタービンや規模を大きくした水素製造装置をHTTRに接続し、27年に一体的な運転を始める計画。ガスタービン発電は30年ごろ、水素製造は40年ごろの商用化に道筋をつけたい考えだ。

■開発進む中国、実証炉建設

高温ガス炉開発の歴史は古く、英米やドイツの実験炉が1960年代に運転を始めた。だが、大型化した軽水炉の商業化が進んだのに対し、高温ガス炉は後れを取った。日本は三菱重工業や原子燃料工業、東洋炭素などの企業も参加して国産技術を開発し、90年代に研究炉を稼働させた。

しかし、足元では原子力発電所の技術輸出をにらんだ中国に勢いがある。日本の研究炉（熱出力3万キロワット）を上回る出力25万キロワットの実証炉2基を建設し、商用炉も国内6カ所で計画が進む。

原子力機構はポーランドの研究所と17年に研究協力の覚書を結び、技術開発の具体的な分担を協議中だ。ポーランドには化学工場への熱供給を石炭火力から高温ガス炉に切り替え、温暖化ガスを抜本的に減らす狙いがある。ただ、日本との協議が難航すれば中国と組む可能性も出てきた。

福島原発事故後、軽水炉の安全対策費用が膨らみ、高温ガス炉は相対的に経済性が高まった。ただ、化学プラントである水素製造設備を原子炉とつなげる際の安全基準はまだ整備されていない。高温ガス炉の熱を幅広く活用するためには、発電や水素製造の効率を上げるだけでなく、熱利用を含めた全体の安全性を確立する必要がある。

(越川智瑛)