

研究室紹介

熱化学分解サイクルによる水素製造プロセスの研究

日本原子力研究所 大洗研究所 核熱利用研究部
東海駐在 熱利用技術研究室 桜井 誠

1. はじめに

日本原子力研究所は昭和 31 年 6 月に設立された、原子力分野の総合研究機関である。我々の所属する熱利用技術研究室は、大洗研究所核熱利用研究部に属する。核熱利用研究部は、高温ガス炉技術の確立のため、間もなくの臨界を目指している高温工学試験研究炉 (HTTR) の熱利用のための技術開発の研究を行っている。高温ガス炉からは、1,000 °C 程度の高温の熱を取り出せるため、その利用系も単なる発電以外にいくつか考えられ、当研究室で研究を行っている熱化学水素製造サイクルも、その有力な候補の一つである。

2. 熱化学水素製造サイクル

熱化学水素製造サイクルは、一次熱源を用いて複数の化学反応を組み合わせ、原料の水以外は全て系内を循環させ、直接熱分解よりずっと低い温度で水を水素と酸素とに分解することができる。以前は、各国で様々なサイクルが提案、研究されていたが、現在では、原研の IS サイクル、東京大学の UT-3 サイクルが主なものとなっている。

3. IS サイクル

当研究室で研究を行っている、IS サイクルは、米国 General Atomic(GA)社で研究が続けられていたサイクルと同じである。反応物質にヨウ素(I)と硫黄(S)を含むので IS サイクルと呼んでいる。IS サイクルの構成を Fig.1 に示す。

ここに示したように、二種類の酸(HI と H₂SO₄) を分解することで、それぞれ、水素と酸素とを発生させ、残りの物質(I₂と SO₂)は、水と共に(1)のブンゼン反応によって、二種類の酸に再生する。液相で生成した二種類の酸(HI, H₂SO₄)は、ヨウ素が過剰の状態 HI がポリヨウ化水素酸(HI_x)の形となり、液相において HI_x と H₂SO₄ との 2 相に分離する。したがってプロセス内溶液は過剰のヨウ素を含むことになる。本サイクルでは、(3)の硫酸分解反応が高温、吸熱反応であり、この反応に高温ガス炉の核熱を利用することを想定している。Fig.2 に本プロセスのフローシートを示す。ここに示すように、このサイクルは、反応は 3 段のみから構成されているが、2 種類の酸の分離や、過剰のヨウ素を分離することが必要であるために、反応器のみではなく、それぞれの酸の分解工程に精製塔

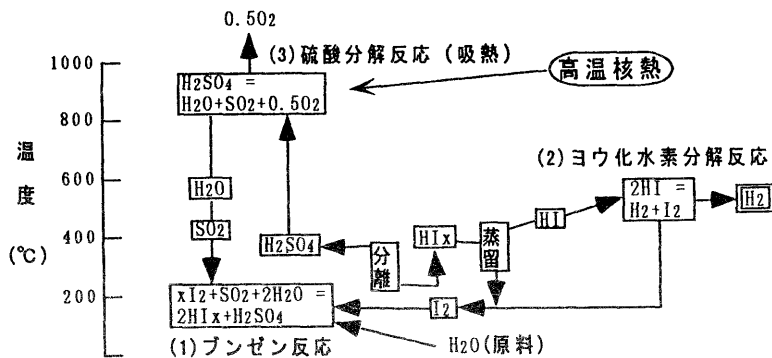


Fig.1 IS Process の構成図

や蒸留塔等を含むことになる。

4. 研究開発状況

前述のように IS サイクルは、単に反応器のみではなく蒸留塔などの分離装置を含んでおり、閉ループ化するためにはそれぞれの操作条件を明確にすることが必要であったため、これまでに当研究室では、IS プロセスをブンゼン反応工程、硫酸分解工程、ヨウ化水素酸分解工程に分けて、それぞれの工程について個々の検討を行い、基礎データの取得などを行ってきた。そして、それらの実験結果にもとづいて、この IS サイクルの連続的な進行を実証するための実験装置を組んで、閉ループでの反応実験も行っており、最近では 48 時間にわたる閉サイクル連続水素製造実験に成功している。また、このプロセスを実用段階に近づけるためには、さらに、高い熱効率でのプロセスの運転を目指さなければならず、そのために、HIx 蒸留塔での所用熱量低減のために、電気透析法による HIx 溶液の濃縮の可能性の検討、HI 分解反応の転化率向上を目指した、高温水素分離膜開発の研究なども進めている。IS サイクルは、高温下で強酸を含んだ系という非常に厳しい環境での操作が必要であり、このような環境で使用可能な耐食装置材料の開発も不可欠である。この材料開発については、現在材料研究部と共同研究の形で研究を進めている。

今後は、スケールアップ装置の設計、建設、運転を目指していくことになるが、そのためには、装置設計のための工学的検討、プロセスの高効率化、装置材料

の開発などが当面の主な課題となる。工学的検討としては、スケールアップ装置のフローシートを構築し、熱収支を検討することにより、プロセス内で必要とする熱をできるだけプロセス内で回収して再利用できるような工夫を行い高効率化をめざし、また、プロセスの安定した閉サイクル運転を可能にするための、計測、制御法などの検討も進めていく。高効率化のためには内部熱利用のみではなく、引き続き、電気透析法や水素分離膜の開発等を進めていくとともに、生成した酸の分離を良くするために、ブンゼン反応を高ヨウ素濃度下で行うことを目的として、反応温度を上昇させて実験を行い、必要なデータを蓄積する。具体的に高効率化としては、一次熱源・電力・電気分解・水素というプロセスの効率に競合しうる(上回る)効率を目指していくことになるであろう。装置材料の開発については、今後も引き続き材料研究部と共同で実装置材料開発の研究を進めていく予定である。これらの研究結果をふまえて、スケールアップをした水素製造装置を建設し、そのプロセス試験を行っていく予定である。

5. おわりに

以上、当研究室での熱化学水素製造プロセスの研究内容、さらには将来の計画を簡単に紹介した。今後クリーンなエネルギーシステムの開発は重要な課題であり、二次エネルギーとしての水素はますます注目されていくと考えられる。このような、時代のニーズに応えるべく、当研究室では、さらに研究開発を進め、クリーンな水素製造法の確立を目指していきたい。

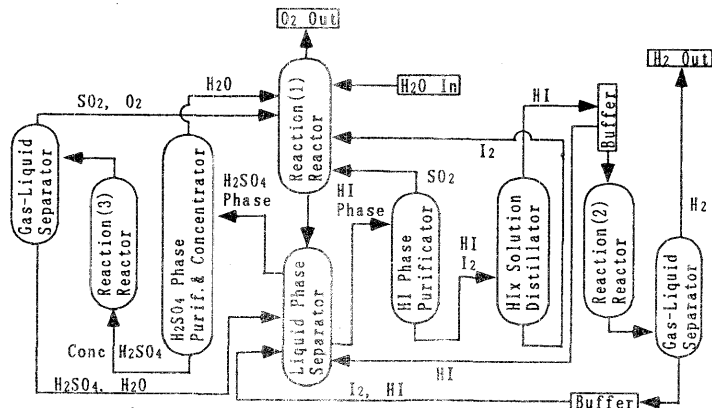


Fig.2 IS Process のフローシート