

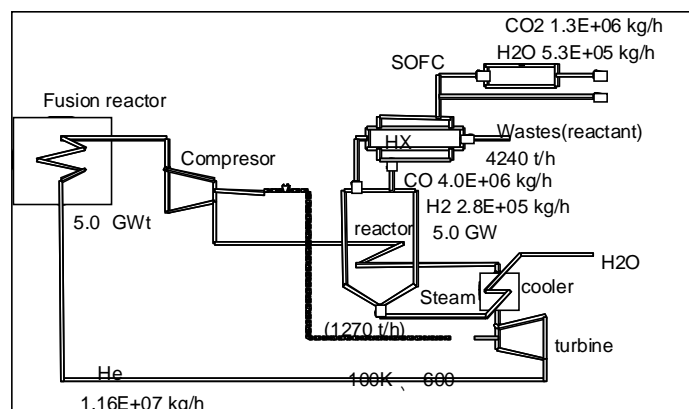
小西哲之、片桐努¹⁾、奥村憲博²⁾、佐藤正泰³⁾、飛田健次³⁾京大エネ研、日揮¹⁾、エネ経研²⁾、原研³⁾KONISHI Satoshi, KATAGIRI Tsutomu, OKUMURA Norihiro²⁾, SATO Masayasu³⁾, TOBITA Kenji³⁾Kyoto Univ., JGC¹⁾, IEEJ²⁾, JAERI³⁾

1.はじめに ITERによる燃焼プラズマの実証の次の段階には、核融合は本格的にエネルギー源としての実証を行う段階を迎える。核融合がどのようなエネルギー源となるかを社会に提示する段階であるから、社会の視点にたつて、未来社会がどのようなエネルギーを必要とするか、その市場を想定して開発ターゲットを想定する必要がある。核融合は大規模電源になると想定されており、確かに技術的には大型のベースロード用発電所が最もよく適合する。しかし、将来大きな電力需要増加の望めない先進国において、現行軽水炉の代替とするのであれば、その市場機会はきわめて限定されており、開発投資を回収できない恐れも大きい。一方未来のエネルギー需要の大部分は現在の途上国が経済開発を進める過程で発生すると考えられ、その利用形態は電力よりも、輸送、熱源などの燃料がはるかに量が大きい。したがって、核融合開発を将来のエネルギーに向けて意義あるものとするためには、エネルギー利用法の可能性検討は避けて通れない課題である。幸い、核融合ではプラズマの開発と独立に利用系の開発を進めることができ、しかもその成果はトカマク、ヘリカル、レーザーなどの方式に寄らず共通に利用可能である。未来の燃料は化石資源から脱却した合成燃料、特に水素が有望と考えられており、核融合による水素製造が可能であれば、核融合の市場性、ひいては開発意義を著しく高めることになる。したがってここでは、核融合による水素製造プロセスの可能性を検討し、その研究開発に向けた課題を抽出する。

2.水素製造プロセス 水素製造プロセスとして利用可能なものは、水電解、天然ガスの改質($\text{CH}_4+\text{H}_2\text{O} = \text{CO}+3\text{H}_2$)が現在知られている。どちらも大きな吸熱を要し、エネルギーを水素の形に転化するものといえるが、水電解は、発電という熱サイクルを経るため効率が制限される。改質反応は、熱をそのまま水素に転換できるが、化石資源を原料として消費し、温暖化ガスである二酸化炭素を排出する。ここでは、核融合実用化の時代に適したプロセスとして、バイオマスからの水素製造 $\text{C}_n\text{H}_m\text{O}_i \dots + (n-1)\text{H}_2\text{O} \rightarrow n\text{CO} + (2n-2i+m)/2 \text{H}_2$ を提案する。約 120kJ/mol の大きな吸熱反応であり、セルロースを代表とすれば kg あたり約 4000kJ を消費する。バイオマスは廃棄物として先進国途上国ともに発生し、カーボンニュートラルである。プロセスフローと各種水電解との比較を図に示す。

3.課題 本反応は、900度以上の高温を必要とするため、ブランケットを高温熱媒体を使用するものとして開発する必要がある。SiC複合材による高温ヘリウム冷却ブランケットがガスタービン発電を想定して検討されており、ブランケット部分は共通であるが、製品水素のトリチウム汚染を防止する必要性から、トリチウム対策は異なるレベルが必要と考えられる。熱利用システムは発電用熱機関とはかなり異なる構成となり、カスケード利用により反応自体は、存在は知られているが、工業規模での実施例はない。固体反応であるので、流動床が適した形式でありその基盤技術は存在するが、熱交換型として外部熱源により吸熱反応で行うような形式の反応器も今後の開発に待たなければならない。それに応じた材料の開発も必要である。

4.結言 米国大統領教書でも核融合開発が水素エネルギーに関連して示されたように、水素社会への対応は無視できない傾向である。将来の核融合プラントの市場性は、社会の要求に対応できるかにかかっており、コストのみでなく安全性、社会的受容性やインフラとの適合性など、様々な要因によっている。核融合の市場性と投資効果を確保するためには、常に社会の動向を把握し、柔軟に対応する開発戦略が必要とされる。



発熱3GW	発電効率	発生電力	エネルギー	水素量
軽水炉—水電解	33%	1GW	286kJ/mol	25t/h
高温炉—水電解	50%	1.5GW	231kJ/mol	44t/h
高温炉—水蒸気電解	50%	1.5GW	181kJ/mol	56t/h
高温炉—廃棄物	—	—	60kJ/mol	340t/h

図1 核融合による水素製造プロセス