

## レーザー核融合における水素製造 Hydrogen Production with Laser Fusion Reactor

武田 秀太郎<sup>1</sup>、兒玉 了祐<sup>2</sup>、重森 啓介<sup>2</sup>  
Shutaro TAKEDA<sup>1</sup>, Ryosuke KODAMA<sup>2</sup> and Keisuke Shigemori<sup>2</sup>

<sup>1</sup>九州大学、<sup>2</sup>大阪大学  
<sup>1</sup>Kyushu University, <sup>2</sup>Osaka University

### はじめに

核融合エネルギーの商用化を考える時、未来の電力市場のみならずエネルギー市場全体を俯瞰的に捉えることが重要である。IAEA[1]は世界のエネルギー市場が今後も拡大を続けることを予測しているが、2050年におけるエネルギー最終需要に占める電力の割合は3割程度に過ぎない。

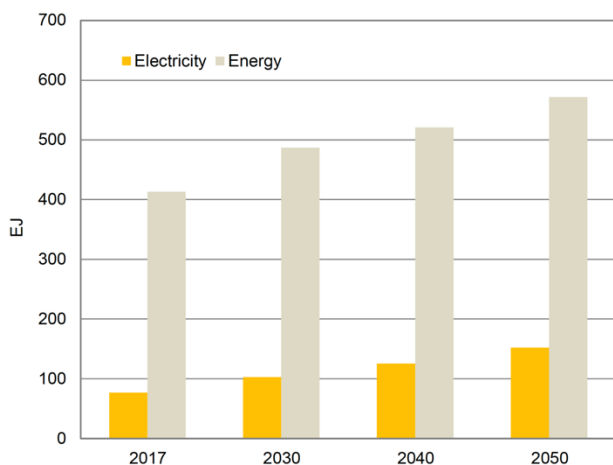


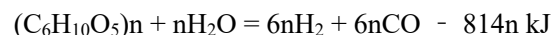
図1 IAEAの予測による2050年までの総エネルギー市場ならびに電力市場[2]

ここで核融合の有するユニークな利点である、高温の取り出しを目的とした炉・プラント設計が可能となる点が利点となり得る。これにより核融合は、発電のみならず、化学プロセスへの適用を目的としたプラント設計が可能である。この特質を活かした水素製造への核融合の適用は、短期的・長期的双方においてエネルギーシステムに大きなインパクトが見込まれる有望なオプションである。

### カーボンフリー水素製造

水素製造には様々な方法が存在し、特に代表的な工業的水素製造法としては水蒸気改質、電気分解、バイオマスガス化、熱化学分解 (ISサイクル等) が挙げられる。

このうちバイオマスガス化による水素製造は、カーボンフリーの水素製造法として近年注目されている。バイオマスの三大熱化学変換プロセスは熱分解、ガス化、燃焼であるが、このうちガス化は、化学量論的レベルよりも低い酸素量で、通常800℃以上の高い温度範囲で起こる。熱を主な生成物とする燃焼とは異なり、ガス化では水素と一酸化炭素の混合物である合成ガスが主な生成物として得られる。合成ガスは、水-ガスシフト反応によってさらに水素に加工することが可能である (下式)。



バイオマスガス化において発生する二酸化炭素は原料の植物の生育過程において大気中から回収された炭素であり、本プロセスはカーボンニュートラルと見なすことが可能である[3]。

### 核融合による水素製造

レーザー核融合炉による水素製造を考えた時、技術的に適用が可能な水素製造法は電気分解、熱化学分解、バイオマスガス化の3方式である。

このうち電気分解法は、レーザー核融合による熱を用いて発電を実施した後に、PEM法で水電解を実施する製造法である。

IS法に代表される熱化学分解はレーザー核融合にも適用可能であるが、ブンゼン反応は発熱反応であり、熱効率は約50%に制約される。つまり、レーザー核融合に適用した場合、原子力 (高温ガス炉) と同程度のメリットは期待できるものの、発電プロセスや排熱を伴うものとの大きな差は期待できない。

故に水素製造法として特に初期のレーザー炉に適合性が高いプロセスとして、バイオマスガス化を考えることが重要となる。本水素生成は排熱を生じず、バイオマスの持つ化学エネルギーを利用することによる高効率化が可能である[4]。

## 高速点火レーザー核融合炉による水素製造プラント概念設計：HYPERION

バイオマスのガス化反応は吸熱反応であることから、レーザー核融合炉からのおおよそ900℃における熱取り出しを想定することで、環境負荷を限りなく低減したバイオマスガス化による水素製造プラントを概念設計可能である。本構想に基づき概念設計を実施した水素製造プラントを図2に示す。

ブランケットは液体壁LiPbによる設計を維持可能であるが、出口温度は900℃程度が望ましいために主要構造材料はSiC複合材とすることが第一選択である。反応器は流動床型のバイオマスガス化反応装置であり、上部から加水したバイオマスを投入し、合成ガスを得る。

この結果、40MJ・1Hzのレーザー核融合炉より、3.2トン/毎時の水素が製造可能であると試算される。

本講演では、高速点火レーザー核融合炉による水素製造プラントにつき、その概要を報告する。

## 参考文献

- [1] IAEA, Alternative Commercialization Pathways for Fusion Energy Systems, IAEA-TECDOC-1997 (2022)
- [2] IAEA, Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050, IAEA-RDS-1/40 (2018).
- [3] Takeda, S., Nam, H., & Chapman, A., Low-carbon energy transition with the sun and forest: Solar-driven hydrogen production from biomass. International Journal of Hydrogen Energy (2022).
- [4] Konishi, S., Nam, H., & Takeda, S. Fusion energy and carbon management, Commercialising Fusion Energy: How Small Businesses are Transforming Big Science (2021).

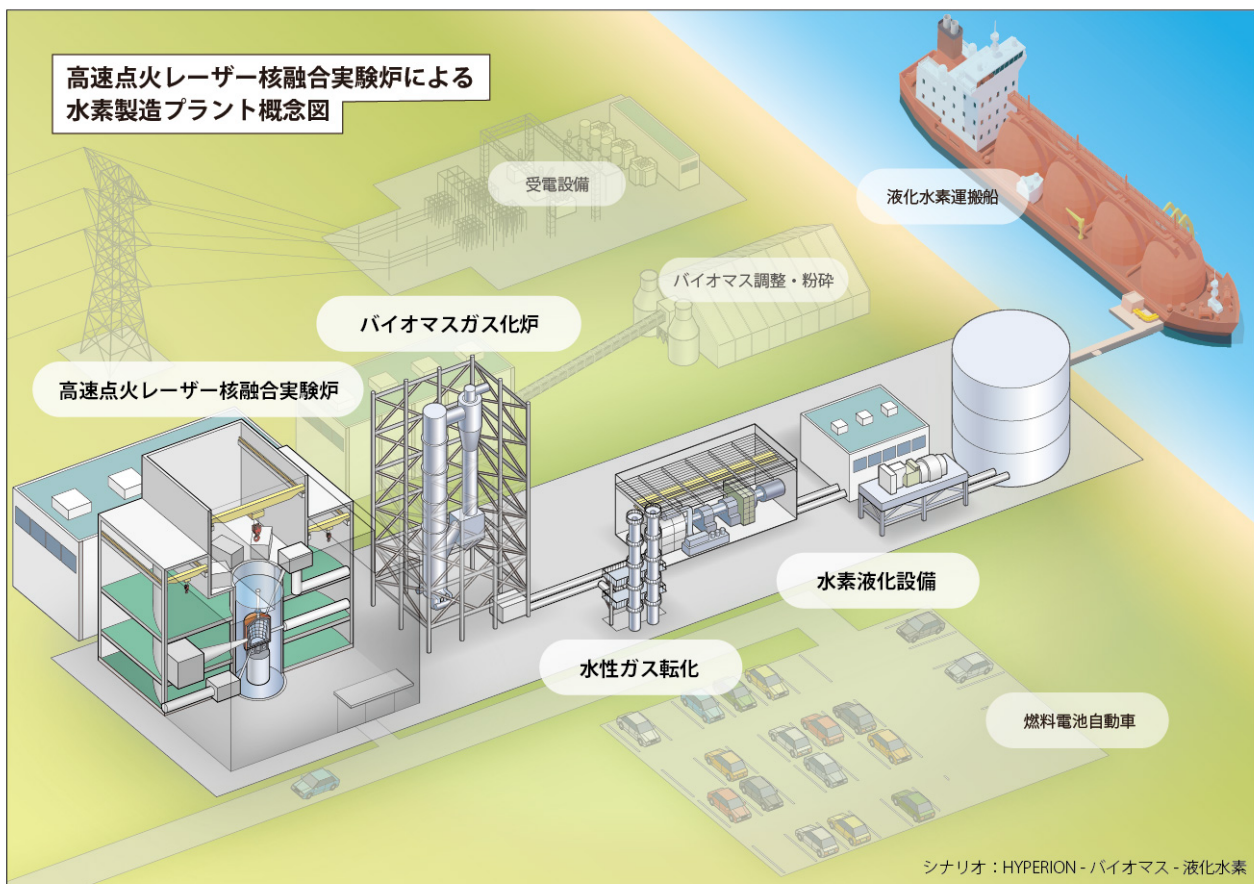


図2 高速点火レーザー核融合炉による水素製造プラント概念図