

超高温ガス炉(VHTR)水素製造プロジェクト

概要 / 目的:

GIFの超高温ガス炉(VHTR)水素製造プロジェクトの目標は、温室効果ガスを排出しない原子炉の熱を利用した大規模かつ経済的な水素製造プロセスの開発です。本プロセスを開発、最適化し、第4世代原子力システムと組み合わせることで、脱炭素社会に貢献することができます。現在開発中の製造方法は、硫黄-ヨウ素(S-I)法、高温水蒸気電解(HTSE)法、銅-塩素サイクル(Cu-Cl)が挙げられます。S-I法は中国、韓国、日本が短期間運転を実証済みであり、HTSE法はEU、フランス、米国が非常に積極的に開発を進めています。また、2021年には、カナダが実験室規模ではありますがCu-Cl法を実証する計画を進めています。本ウェビナーではこれら活動の概要を紹介するとともに、地球温暖化防止策としてどのように貢献可能か紹介します。

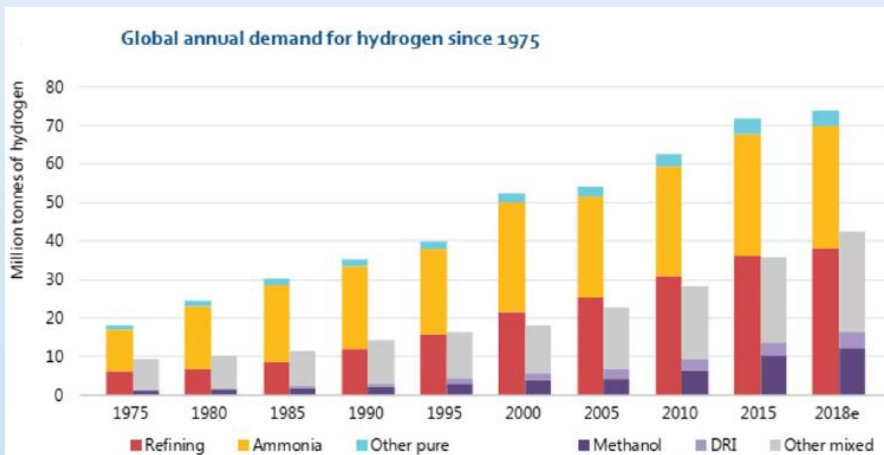
講演者紹介:

サム・サッピア博士は現在、オンタリオ州チョークリバーにあるカナダ原子力研究所(CNL)の化学工学部門のマネージャーであり、トリチウム施設運営のための施設責任者を担当しています。英国バーミンガム大学で化学工学の学位と博士号を取得し、AECL(現CNL)入社前は、英国の請負会社とブリティッシュ・ガス・コーポレーションに勤務していました。彼はオンタリオ州のプロフェッショナル・エンジニアであり、認定プロジェクト・マネジメント・プロフェッショナル(PMP)でもあります。重水とトリチウム、触媒、電解技術、燃料電池技術、原子力及び非原子力電池技術、高温・中温熱化学プロセスからの水素製造、蒸気電解及びエネルギー貯蔵の分野で35年以上の専門知識を持ちます。現在CNLでは、水素製造の分野で、ハイブリッド銅-塩素サイクルの開発に力を入れています。この開発は、2021年の実験室規模での連続運転実証に近づいています。サッピア博士は、上記の多くの分野で、産業界、研究機関、大学との共同研究をリードしてきました。また、GEN IV VHTR水素製造プロジェクト管理委員会のカナダ代表であり、現在は委員長を務めています。また、カナダ水素・燃料電池協会(CHFCA)の理事も務めています。IAEAの技術会議や、水素製造に関する国内外の会議で定期的に発表を行っています。



水素の現在と将来の需要と利用:

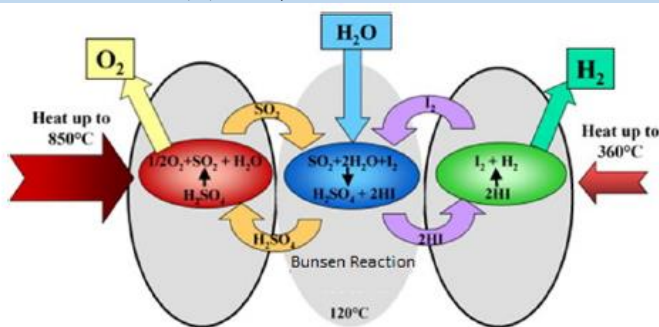
水素は、肥料をはじめとする様々な材料の原料として使用されているため、世界の人口増加に伴い、長年にわたりその需要が高まっている。今後も生活水準の向上に伴い、水素の需要は益々増加すると予測される。将来的には、大型輸送機器から排出される温室効果ガスを最小限に抑えるためにも、その全てを水素燃料に転換していく必要がある。



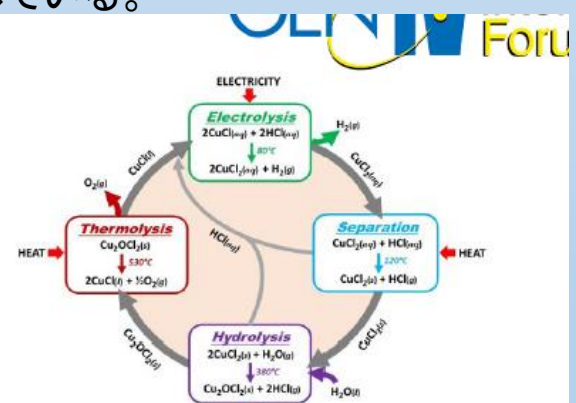
Transportation:
Heavy vehicles
Trains
Ships
Aviation

GEN IV 原子力技術による水素:

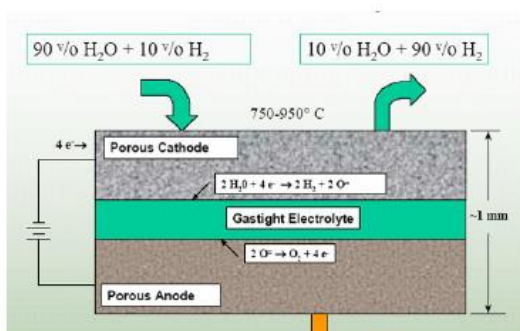
ここに示す4つの水素製造プロセスは、ここ10年で最も注目されているプロセスであり、PMB加盟国(カナダ、EU、フランス、日本、韓国、米国、中国(オブザーバー))は、主にこれらのプロセスに注目している。



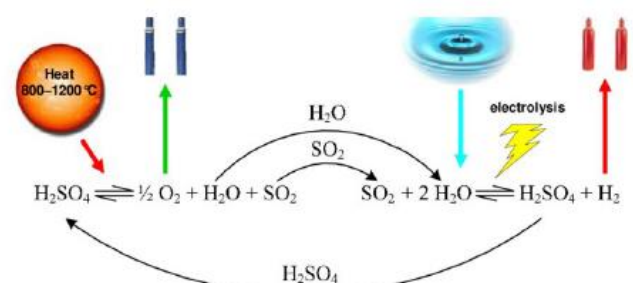
Sulphur-Iodine Process



Copper-Chlorine Process



High Temperature Steam Electrolysis



Hybrid-Sulfur Process

水素製造PMBの目標と目的1:

硫黄(S)－ヨウ素(I)サイクルの開発は、日本のJAEA、中国のINET、韓国のKAERIによって進められ、硫黄－ヨウ素プロセスの運転実証を行っている。しかし、材料関連の課題を解決するためには、産業界での実証が必要である。

Development of the Sulfur-Iodine Cycle:

- Process evaluation including flowsheet optimization, selection of construction materials with suitable corrosion and mechanical properties and selection of catalysts for SO_3 and HI decomposition.
- Bench-scale experiments to optimize process conditions.
- Pilot-scale plant construction and performance testing to confirm scaling parameters and materials performance.
- Long-term testing for validating catalyst performance and suitability of construction materials.

水素製造PMBの目標と目的2:

高温水蒸気電解の開発は、中国のINET、韓国のKAERI、フランスのCEA、米国のINL、EUによって進められてきた。高温水蒸気電解技術は、成熟した状態にある。セル部品の劣化に対しては、今後も継続的な進歩が必要である。

Development of High Temperature Steam Electrolysis:

- Process evaluation including flow sheet optimization and development of methods for separation of hydrogen from the residual steam.
- Development of advanced materials for electrodes, electrolytes and interconnections, particularly for achievement of low cell and stack resistance and for decreased degradation rates.
- Development of advanced cell and stack designs.
- Experimental testing of promising cell configurations and materials at scales ranging from watts to multi-kW, and in pressurized stack experiments.
- Pilot-scale plant (200 kW) construction and demonstration.
- Theoretical and experimental feasibility studies of high-temperature co-electrolysis of steam and CO_2 while integrating different primary energy sources

水素製造PMBの目標と目的3:

カナダのCNLでは、銅-塩素(Cu-Cl)サイクルの開発が行われている。Cu-Clサイクルの開発は、実験室規模での実証に近づいている。また、水素製造PMBメンバーは、ハイブリッド硫黄プロセスなどの他の代替サイクルの評価や経済性評価を行っている。

Development of Copper-Chlorine (Cu-Cl) Cycle and Assessment of other alternative cycles and economic evaluation

- Cu-Cl Cycle evaluation including determination of process options, flow-sheet optimization and selection of materials.
- Cu-Cl Cycle component and bench-scale experiments to define and evaluate key parameters such as thermodynamic properties, rate constants, and equipment selection.
- Integrated testing of lab-scale system for 100 L/h hydrogen production.
- Development of HyS process: SO₂ Depolarization Electrolyser (SDE) development, and laboratory-scale tests and optimization.
- *Technical evaluation of potential alternative cycles with reference to S/I and HTSE regarding methodology, feasibility and process efficiency and economics.*
- *Basic R&D as proof of principle for process development.*
- *Economic evaluation for all hydrogen production processes coupled to nuclear reactors.*

水素製造PMBの目標と目的4:

水素製造PMBメンバーは、水素製造施設と原子炉の結合技術についても検討してきた。

Hydrogen Production and Nuclear Reactor Coupling

- System evaluation and optimization of coupling circuits.
- Develop standards on the separation of nuclear reactor and hydrogen production process.
- Develop methodology and requirements for all safety aspects.
- Develop methodology for system integration.