

石炭ガス化ガス中の微量成分の影響に関する調査研究

委託先: 産業技術総合研究所、名古屋大学、岐阜大学

1. 背景

石炭ガス化燃料電池複合発電システム (IGFC: Integrated Coal Gasification Fuel Cell Combined Cycle) を実現するためには、燃料ガス中に含まれる石炭固有の種々の不純物(無機物や重金属等)が燃料電池構成材料にどのような影響(化学的劣化)を与えるかを明らかにし、これに対する適切な対策(耐腐食性アノード材料/高度なガス精製)を講じる必要がある。そのためには石炭中の微量不純成分のガス化プロセスにおける揮発挙動、燃料ガス中での微量成分の化学形態、SOFC構成材料との化学的相互作用について系統的に明らかにする必要がある。

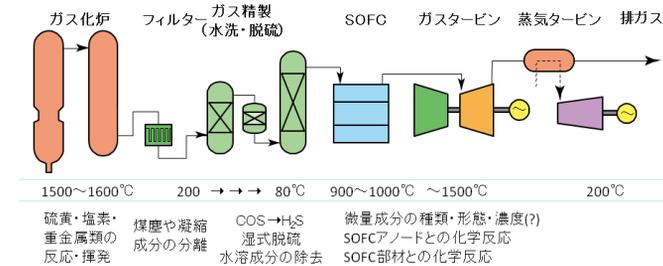


図1 IGFCプロセスと考慮すべき技術的課題

2. 目的およびアプローチ

石炭ガス化ガス中の多種多様な不純物とSOFC燃料極および電解質との物理的/化学的作用を理論および実験から紐解いていくことが、SOFCの燃料多様化およびIGFCの実現のための第一歩である。このことを究極の目標として次のようなことを行った。

- ①熱力学的検証により、不純物とセル構成材料との化学的相互作用の有無、大小を解明する。(担当:名古屋大学、岐阜大学)
- ②材料曝露試験、不純物ドーピング発電試験より、燃料極の化学/物理的構造変化を観察し、発電性能への影響を明らかにする。(担当:産総研、名古屋大学、岐阜大学)

3. 実験装置(単セル発電試験[不純物ドーピング対応])

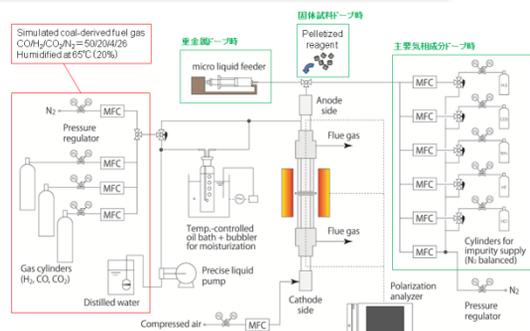


図2 SOFC単セル発電試験(産総研)

4. 研究成果

4. 1a 熱力学平衡論に基づく重金属蒸気と燃料極材料の化学反応解析

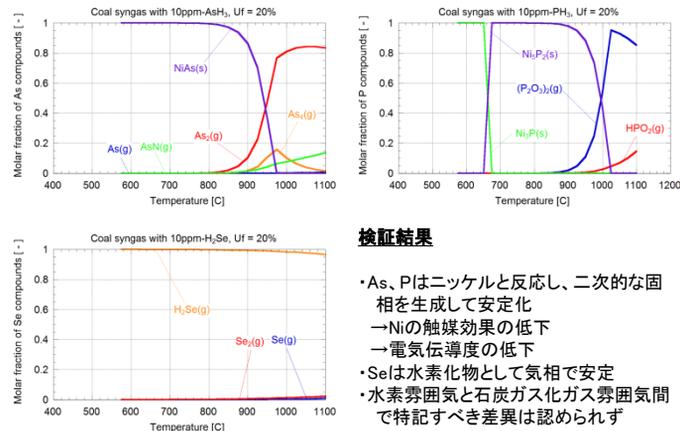


図3 熱力学平衡論によるSOFC燃料極におけるNiと微量重金属の反応予測

検証結果

- As, Pはニッケルと反応し、二次的な固相を生成して安定化
- Niの触媒効果の低下
- 電気伝導度の低下
- Seは水素化合物として気相で安定
- 水素雰囲気と石炭ガス化ガス雰囲気間で特記すべき差異は認められず

4. 1b 微量重金属蒸気(Se, As)化学的劣化検証結果

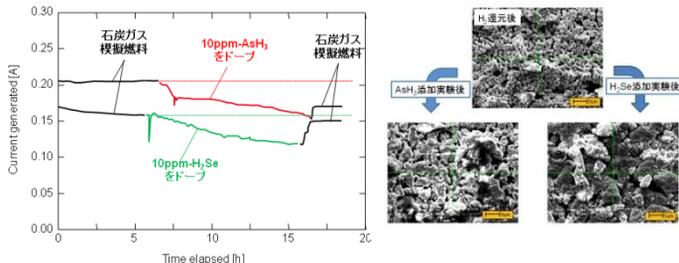


図4 水素化微量重金属蒸気(As, Se)のドーピング発電試験結果

- 10ppm-AsH3添加時の方が相対的に大きな性能低下を生じ、燃料極では細孔の閉塞などが認められ、As-Niの化合物が多く生成していることが判明した。
- 10ppm-H2Se添加時、非可逆的な性能低下は比較的小さかったが、燃料極で細孔の閉塞など焼結構造に変化が認められた。部分的にSe-Ni化合物の生成が認められた。

4. 2 円筒横断型SOFCセルにおける微量重金属の挙動解析

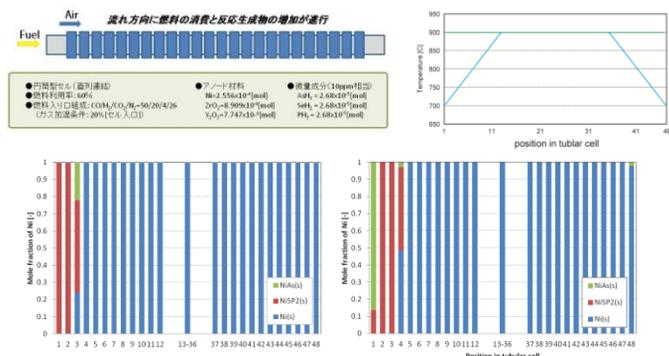


図5 異なる温度分布を有する円筒型セル中の微量重金属-Niの反応挙動

- As, Pが競争的にNiと反応し二次的な固相化合物を生成する。
- セル両端の低温領域で微量重金属による被毒が加速される可能性がある。

4. 3 超低濃度気相不純成分(H2S, HCl)による性能低下挙動

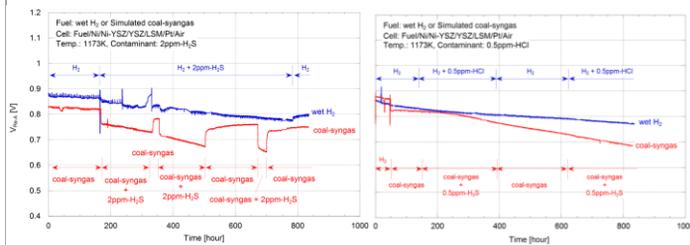


図6 異なる燃料利用時のH2S(2ppm)とHCl(0.5ppm)の影響

- 超低濃度範囲(0.5ppm、2.0ppm)のH2Sを石炭ガス化ガス模擬燃料と加湿水素燃料ガスにドーピングしたところ、不可逆的な性能低下が生じた。
- この性能低下は加湿水素使用時に比べ、石炭ガス化模擬燃料使用時の方が大きい。
- 高CO分圧下で、硫黄化合物とNiとの化学的相互作用が大きくなることが熱力学的にも予想されている。0.5ppm-HClも定性的に類似の挙動を示す。
- IGCC時より高度なガス精製が必要と考えられる。

まとめ

- IGFCの実現に向けた展開として次のようなことが重要と考える。
- 実ガス中微量成分の実態把握(種類や濃度)や石炭種、ガス化・ガス精製条件との相関とこれを行うための分析技術の確立
- 微量重金属蒸気の事前除去、ガス化炉内除去技術の探索
- 低コストな吸収剤の開発

連絡先

産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門
クリーンガスGr. 倉本浩司 (koji-kuramoto@aist.go.jp)