

横浜市マルチエネルギー創造研究会における 消化ガスからの水素創出の検討

横浜市 ○細川能之 小川洋平
東京ガス株式会社 小山俊彦 鷹本貴彦
三菱日立パワーシステムズ株式会社 北川雄一郎 岩田光由

1 はじめに

横浜市は、下水道資源を有効利用するための技術開発に継続的に取り組んでおり、分離膜を用いた消化ガス精製に関する東京ガス株式会社との共同研究や、国内外の事例調査などを通じて、消化ガスから水素や電気、熱といった様々なエネルギーを創出する構想を見出した。この構想は、横浜市の目指す水素社会・低炭素社会の実現にも寄与することから、世界最高効率の固体酸化物形燃料電池（以下「SOFC (Solid Oxide Fuel Cell)」という。）の開発に取り組んでおり、燃料電池からの水素取り出しを検討していた三菱日立パワーシステムズ株式会社、膜分離方式による消化ガス精製の共同研究を進めていた東京ガス株式会社と横浜市の3者で、平成27年に横浜市マルチエネルギー創造研究会（以下「研究会」という。）（図1）を発足し、構想の実現に向けた検討を行った。本発表では研究会での検討結果などについて報告する。

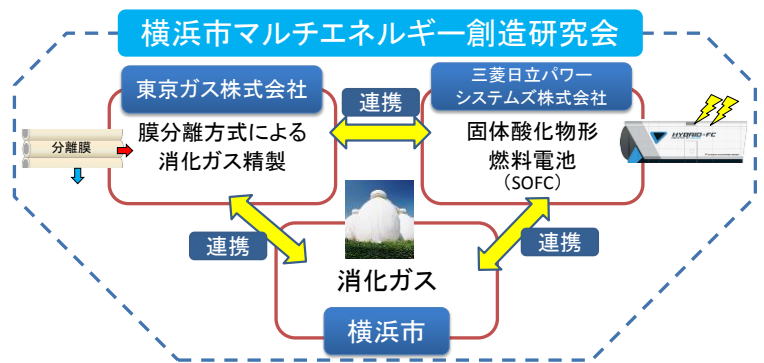


図1 横浜市マルチエネルギー創造研究会

2 検討内容

- 研究会では、構想を実現するシステム（以下「検討システム」という。）について、次の検討を行った。
- ・横浜市北部汚泥資源化センターにおける検討システムの概略設計
 - ・検討システムに投入する消化ガス量の設定および検討システムから創出される水素・電気・熱の量の算出
 - ・検討システムの概算費用および温室効果ガス排出量の算出
 - ・他の電気・水素創出技術との概算費用および温室効果ガス排出量の比較

3 設備構成

検討システムは、①消化ガス精製装置（分離膜により高濃度メタンに精製）、②SOFC（高濃度メタンを燃料としてSOFCで発電を行うと共に廃熱を回収）、③水素精製設備（SOFCで発電する際に内部改質で生ずる水素およびCO₂等を含むガスを、燃料電池自動車（FCV）等に利用可能な高濃度の水素に精製）、④水素充填設備（高濃度水素の貯留および水素カードルへの充填・出荷）で構成される。（図2）

4 検討結果

(1) エネルギー創出性能

1) 水素、電気、熱の創出量

検討システムの水素、電気、熱の創出量を図3に示す。発



図2 検討システムの構成

電能力250kWのSOFCを中心とした検討システムは、消化ガス1,800Nm³/日から、水素480Nm³/日、電気4,368kWh/日、熱7,430MJ/日のエネルギーを創出することが可能な性能を有している。創出される水素量480Nm³/日は、FCVを1日に10台程度充填できる量に相当する。

2) 水素、電気の創出量の増減可能量

検討システムの水素、電気の創出量の増減可能量を図4に示す。検討システムは「水素・電気同時取出し」運転時、水素創出量を最大の480Nm³/日とした場合、電気創出量は最小の4,368kWh/日となる。また、「電気優先」運転時、電気創出量を最大の5,520kWh/日とした場合、水素創出量は最小の0Nm³/日となる。検討システムは前述の範囲で水素、電気の創出量を増減させることが可能であり、水素の需要が少ない時期においては、水素の創出を抑え、電気の創出を増やすといった柔軟な運転が可能となる。

(2) 環境性、経済性

検討システムと他の水素、電気を創出するシステム3種類とで環境性、経済性を比較した。各システムの設備構成、創出エネルギー種類、エネルギー創出量等について、表1に示す。なお、消化ガス投入量が異なる他システム1、2(2,400Nm³/日)は、検討システムと規模を合わせるため、エネルギー創出量、稼働に必要な電力量、消耗品費等は比例計算で算出し、建設費、修繕費等は0.7乗則によって補正した。

1) 環境性

検討システムと他の水素、電気を創出するシステムとのCO₂削減量の比較を図5に示す。CO₂削減量の算出にあたっては、創出した水素はFCVに使用することでガソリン利用量が削減されるものとして計算し、創出した電気は購入電力量が削減されるものとして計算した。

検討システムは、SOFCにより消化ガスから創出した電気ですべての設備を運転できるため、設備運転に伴うCO₂排出量が、水素創出のみの他システム1に比べて小さくなる。

また、1日あたりの電気創出量および年間稼働日数が多いため、消化ガスから創出した電気の使用に伴うCO₂削減量が、消化ガスエンジンの他システム2に比べて大きくなる。以上のことから、検討システムは高い環境性を有しているといえる。

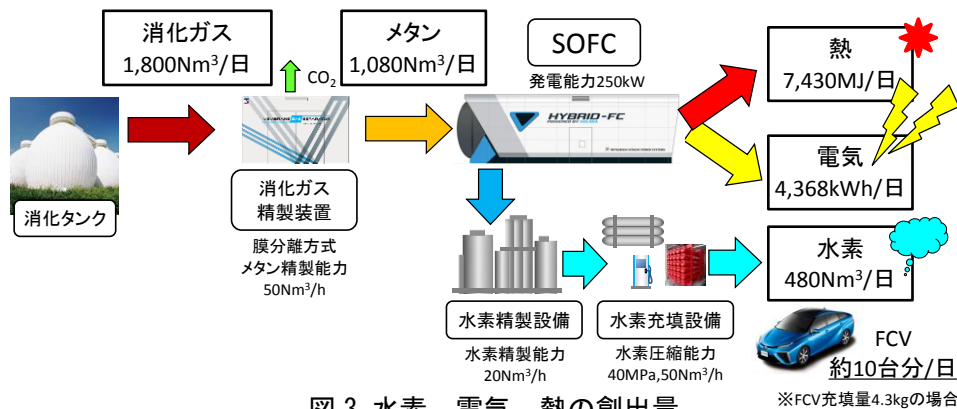


図3 水素、電気、熱の創出量

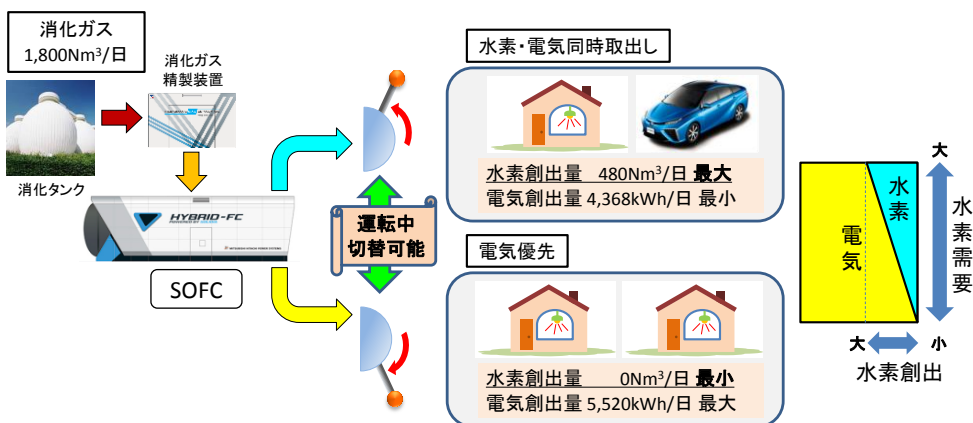


図4 水素、電気の創出量の増減可能量

表1 各システムの設備構成、エネルギー創出量等

	【検討システム】	比較対象		
		【他システム1】	【他システム2】	【他システム3】
設備構成	消化ガス精製→SOFC→水素精製→水素充填	消化ガス精製→水素製造→水素充填	消化ガスエンジン	消化ガス精製→SOFC
創出エネルギー種類	水素、電気、熱	水素	電気、熱	電気、熱
消化ガス投入量(Nm ³ /日)		1,800		
水素創出量(Nm ³ /日)	480～0	2,477	—	—
電気創出量(kWh/日)	4,368～5,520	—	3,792	5,520
年間稼働日数(日)	355	345	345	355
稼働日あたり運転時間(時間/日)	24	12 [※]	24	24

※B-DASH プロジェクトNo.11下水パイオガス原料による水素創エネ技術導入ガイドライン(案)(H28.10)より

2) 経済性

検討システムと他の水素、電気を創出するシステムとの設備建設費、設備運転管理費、支出減、収入の比較を表2、図6に示す。検討システムは、水素、電気のいずれかを主に創出する他のシステムに比べ、同時に複数のエネルギー創出に対応する設備であるため、現状では設備建設費が大きくなる。一方、設備運転管理費は、水素創出のみの他システム1に比べて小さくなる。

5 今後について

三菱日立パワーシステムズ株式会社は、都市ガスを燃料として電気、熱を創出するSOFCを平成29年度の商用化に向けて開発している。また、東京ガス株式会社および三菱日立パワーシステムズ株式会社は、都市ガスを燃料とするSOFCを用いて、内部改質された気体から水素を創出する試験を行う準備を進めている状況であり、消化ガスを燃料とする本検討システムについて、現段階で経済性を評価することは時期尚早といえる。一方、環境性の観点では水素創出のみのシステム、消化ガスエンジンのシステムと比べて大幅なCO₂削減を見込むことができ、また、水素、電気を需要に合わせて柔軟に創出できるため、FCV普及の初期段階である現状において、早期の実用化が期待される。

横浜市マルチエネルギー創造研究会は、今回報告した検討結果を得て、平成29年3月に終了した。横浜市は、別途実施している水素の利用先・需要量の調査および今後の技術開発の動向も踏まえ、水素創出を含む消化ガス有効利用の検討を進めていく。

参考文献：下水汚泥消化ガスを活用したマルチエネルギー創造に向けた構想について、
第52回下水道研究発表会講演集（平成27年）p.317

問合せ先：〒231-0016 横浜市中区真砂町2-22 横浜市環境創造局下水道事業マネジメント課
TEL 045(671)2941 E-mail ks-gijutukaihatu@city.yokohama.jp

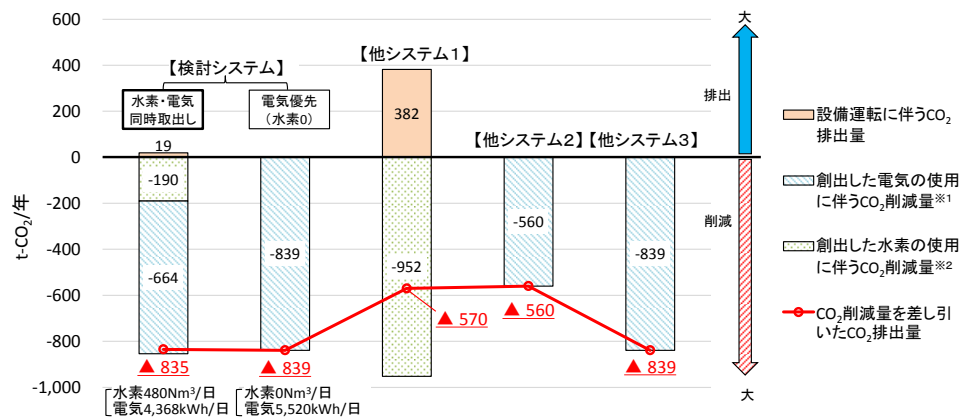


図5 CO₂削減量の比較

表2 設備建設費の比較

	【検討システム】	【他システム1】	【他システム2】	【他システム3】
設備建設費(億円)	7.9	4.8	2.4	5.2

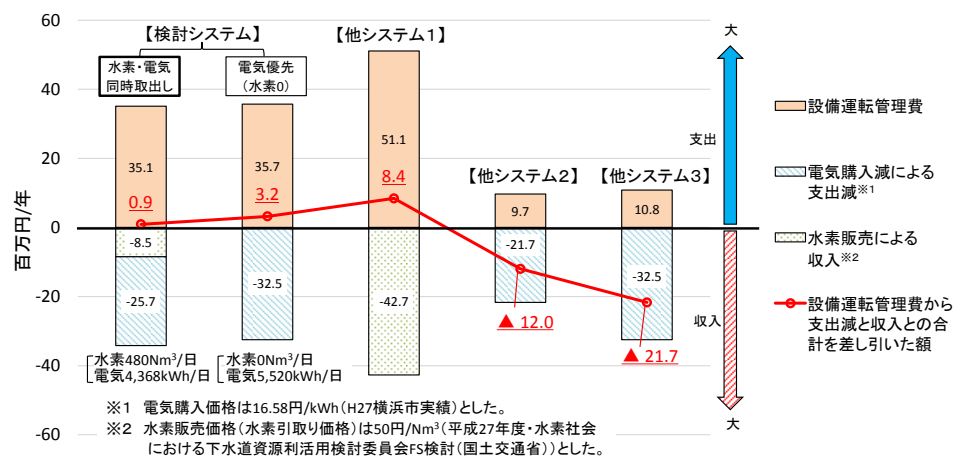


図6 設備運転管理費、支出減、収入の比較