

世界初の「福岡市水素リーダー都市プロジェクト」 に携わった経験を踏まえて後輩へ伝えたいこと



く どう しゅう いち
工 藤 修 一*

1. はじめに

福岡市は、汚水を処理する際に消化槽（下水汚泥発酵設備）で発生する消化ガス（下水バイオガス）から高純度水素を製造し、処理場内に設置したステーションで燃料電池自動車へ水素を供給する事業（「水素リーダー都市プロジェクト」）を行っている。

この全国初の事業に携わった担当技術者として、その新技術の開発や導入における工夫・知恵を絞った経験を踏まえ、助言や想いを後輩技術者に伝える。

2. 水素エネルギー創出プロジェクトの経緯

水素はエネルギーとして利用する際に二酸化炭素を排出しないため、地球温暖化ガスの排出量を減らすことが可能で地球環境保全に有益である。

下水バイオガスを原料とした水素製造技術の研究は、三菱化工機株式会社と九州大学からの申し出を受け、平成23年度から調査・検討を行ってきた。

研究の結果、安定的な水素製造・供給の技術的可能性に一定の目処がついたことから、本技術は、平成26年度から国土技術政策総合研究所の委託研究として、三菱化工機株式会社、豊田通商株式会社、九州大学、福岡市で構成する共同研究体が中部水処理センターにおいて実証実験を実施した（写真-1）。



写真-1 福岡市の水素供給事業

3. 実証実験での課題

水素エネルギーを利用することは、製造から輸送、貯蔵、供給まで広範囲にわたるため、前処理・水素製造・水素供給の技術の確立が必要であった。

1) 安全の確保

水素は、軽い気体であるため拡散しやすい。また、空気との混ざり具合によって燃える気体となる。さらに、分子が非常に小さく、わずかな隙間でも通過する特性がある。そのため、高圧タンクで水素を貯蔵する場合には高い密閉性が求められる。

このように、水素利用では事故の発生を防止することが重要で、安全性の確保が課題であった。

2) コスト削減

製造する水素は、燃料電池自動車を走らせるために十分な品質であることや、製造するコストの低減、「水素供給設備」の整備費用の削減が課題であった。

3) 人的資源の確保

燃料電池自動車への水素供給は安全であることが重要である。そこで、水素の取り扱いやトラブル防止、危険予知が出来る人材が必要であるが、新しい技術であるため、人材の確保や育成を要した。

4) 情報の伝達

「水素製造設備」において、即時性が高く正確な情報の伝達を強化するほど、水素の品質は向上する。

情報伝達量を増加させ、精度を高める取り組みによって、技術者の負担感が増し、モチベーションが低下し、不注意や疲労等による事故の発生するリスクが増加することが課題であった。

5) 環境について

水素製造の際にCO₂が分離・排出されるが、分離除去されたCO₂は空気中に放出されることから、

*メック 株式会社 技術顧問（前福岡市 博多区役所 地域整備部長）

s.kudou@mec-corp.co.jp

この有効利用が課題であった。

4. 実証実験の概要

実証設備は、下水バイオガスの「前処理設備」「水素製造設備」「水素供給設備」「CO₂液化回収設備」から構成される（図-1）。

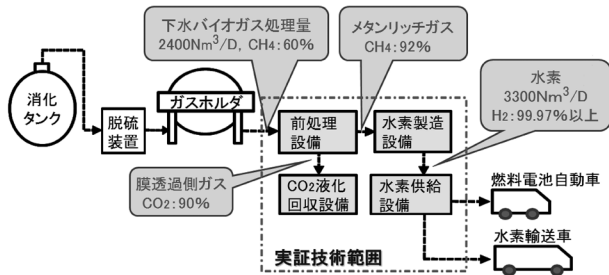


図-1 実証事業のフロー

下水バイオガスの成分は、CH₄が約60%とCO₂が約40%、その他の硫黄やシロキサンなどの微量の不純物が占める。そこで、まずは、下水バイオガスに含まれる硫黄分を化学反応を利用して除去(脱硫)する。次に、シロキサン除去装置により、そのガスからシロキサンを除去した後、高分子中空糸膜を採用したガス分離膜装置により二酸化炭素を分離し、高濃度のメタン（メタンリッチガス：約92%）に精製する（図-2^{*1}）。

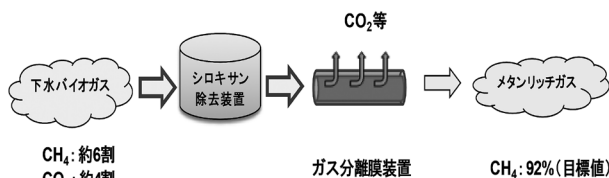
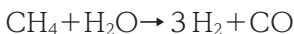


図-2 前処理設備フロー

メタンリッチガスは、「水素製造設備」に供給され、触媒の存在下で約850~900℃の高温条件にて水蒸気と反応させ水素を製造する（水蒸気改質法^{*2}）。



ガス中には一酸化炭素などの不純物が含まれるため、さらに、変成器へ送りPSA法（圧カスイング吸着法）により一酸化炭素を吸着させることにより、高純度水素（純度99.97%以上）を製造する（図-3）。

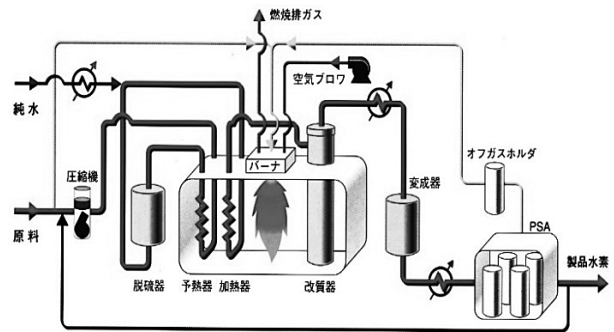
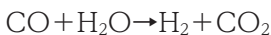


図-3 水素製造設備フロー

高純度水素は、圧縮機により82MPaまで昇圧し、蓄ガス機に貯留後、水素充填装置（ディスペンサー）から70MPa対応の燃料電池自動車へ供給する（図-4）。

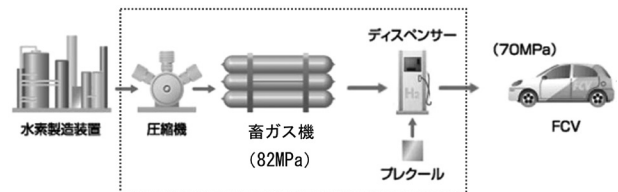


図-4 水素供給設備フロー

「前処理設備」のガス分離膜装置で副生される高濃度の二酸化炭素を含むオフガスは、「CO₂液化回収設備」で液化して回収する（図-5^{*3}）。

これでJIS 2種相当である純度99.5%以上の二酸化炭素が回収可能となる。

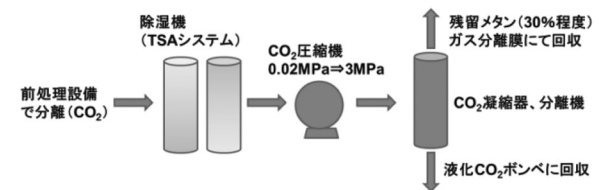


図-5 CO₂液化回収設備フロー

5. 工夫・知恵を絞った経験

1) 安全の確保

水素利用施設を可能な限り小さくして水素取り扱いの安全性を向上するため、「水素製造設備」のコンパクト化や覆蓋化を図った。また、輸送や貯蔵、供給の際のリスクを軽減するため、下水バイオマス発生場所の下水処理場内には隣接して「水素製造設備」や「水素供給施設」（写真-2）を設置した。



写真-2 水素製造設備

2) コスト削減

「前処理設備」(※1参照)でシロキサンやCO₂を分離除去できる技術を導入し、CH₄濃度を92%まで改善させたことで、安定した水素製造が可能となった。

また、水蒸気改質法(※2参照)は、LPガスや都市ガス等の炭化水素原料から水素を生成する技術で、多くの実績を有して経済的であることから、この手法を採用した。

3) 人的資源の確保

下水道施設内に水素ステーションを設置することから、水素の危険性や取り扱いについて、職員は知識や技術の習得が不可欠である。そこで、共同研究体の協力を受け、技術開発担当者への研修や、施設運営部門の対象者へ中部水処理センター内で教育訓練とOFF-JTによる知識教育を行った。

4) 情報の伝達

水素製造の際は、「前処理設備」から「水素製造設備」へ送る下水バイオガスのCH₄濃度を92%以上に維持しなければならないため、測定した濃度情報の監視と収集を行った。

そして、濃度測定の項目や頻度の設定、濃度測定機器の点検補修、情報伝達の経路や連絡網の設定、緊急時の情報伝達経路の複線化を行った。

5) 環境について

分離除去されるCO₂(※3参照)を野菜工場(ハウス栽培)へ供給し、レタスの成長促進のために利用した。一般的に、CO₂濃度を700~1,000PPMに上げて温室栽培した場合、野菜で25~30%、果物で20%、花きで40%の収穫増が認められている(大気中のCO₂濃度は通常360PPM)。

6. 成果

平成26~27年度の実証実験の結果、シロキサン除去、膜分離性能、下水バイオガス量に対する水素製造量、水素品質、燃料電池自動車への充填基準、二酸化炭素精製・回収性能などの項目について、目標値を満足する結果を得て、水素ステーションとして運用が可能であることが確認された。また、工夫・知恵を絞った結果は実証試験の成果に貢献した。

7. 後輩に伝えたいこと

1) 先人の教えをつなぐ

私達は、先輩技術者から多くの知識を教わり、幾多の経験をさせてもらった。それらを後輩技術者へ伝えることが先人の恩に報いることである。

2) 日々の業務が大事

日々の業務は、同じ事の繰り返しで成長には役に立たないと思いがちだが、知らないうちに技術力が身に付いている。仕事に無駄な時間はない。

3) 新技術の勉強は大事

日頃から情報の収集を行って、新技術を広く知っておき、知識の引き出しを沢山持っておくと役に立つ。

4) 危機を乗り越えると自信につながる

日々の業務では、様々な問題や課題が発生して厳しい試練を迎える時がある。その解決の度に、更なる最新技術の知見や経験を身に付けられる。

ピンチを乗り越えた時に、技術者としての自分自身の成長を感じて、自信を持つことが出来る。

5) 資格を取ろう

資格試験の勉強は、技術や経験等を系統つけて、俯瞰的に見通せる能力を高めてくれる。

私が技術士の資格を取得した試験勉強の期間中は、日夜勉強に明け暮れ、粉骨砕身、満身創痍、疲労困憊、四面楚歌だったが、技術士取得は本当に自信をもつ機会となった。

6) 資格者は後輩技術者のリーダー

現場で活躍する資格者は、技術者のリーダーである自負を持って、組織の枠を越えて、技術力を後輩に引き継いで欲しい。そして、技術力にさらに磨きをかけ、目標とされる先輩になってほしい。

皆さんの活躍を期待している。