



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	固体高分子型燃料電池のアノード燃料ガス供給に関する非定常物質輸送解析 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	市川, 靖
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第12018号
Issue Date	2015-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/59922
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Yasushi_Ichikawa_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（工学） 氏名 市川 靖

学 位 論 文 題 名

固体高分子型燃料電池のアノード燃料ガス供給に関する非定常物質輸送解析

(Transient mass transfer analysis on gas supply for anode flow field of polymer electrolyte membrane fuel cells)

燃料電池自動車の普及のためには、車載される燃料電池発電システムの 1 台あたりのコストを現在よりさらに下げる必要があり、世界市場を視野に入れた際、極めて大きな問題である。そのための方策として大きく 3 つがある：第 1 は構成する部品に使用される材料自体のコストを低減すること、第 2 は燃料電池自動車に特化した専用部品とせず既存の製品に使用されている部品を共用すること、第 3 は燃料電池発電システムを構成する部品点数を削減することである。

本研究では、上記第 3 の部品点数削減の観点から、燃料電池発電システムを作動させるための補機類について削減するため、アノード側のガス供給システムに着目し、高価な補機である水素循環ブロワを外した場合をひとつの方策として考えた。従来アノードガス供給システムは循環型であり、水素循環ブロワを外した場合デッドエンド型と呼ばれる形態となり、一般にデッドエンド型では発電を安定して継続させることができない。その理由はカソード側から膜を透過して窒素などの不純物がアノード側に侵入し残留することにより水素欠乏状態となりやすいため、水素欠乏が発生するとカーボン腐食が発生し、触媒周辺の構造物に用いられているカーボンが水素の代りに消費されるため構造物が破壊されてゆき回復不能な破壊モードとなる。このためアノードガスの挙動を定量的かつ非定常状態として捉えることが水素欠乏を回避しコストダウンに繋がる。こういった背景にもとづき本論文では大きく 2 つの運転状態、燃料電池の定常運転状態、起動時についてアノード系内のガス挙動をまとめた。

1 つ目の燃料電池の定常運転時について、従来の一定圧力供給方式のデッドエンド型アノード供給方式に対し、本研究で示す変動圧力供給方式において、発電不能となる原因の水素欠乏状態が解消され安定した発電が継続可能であることを、実用相当の燃料電池単セルにて実験および数値解析により確認した。具体的には、発電状態の確認にはセルの発電面に対し上流から下流にわたって 8 分割し発電分布を計測し、同様な 8 点でガス分析を時間連続的に行いアノードチャンネル中のガス濃度分布を計測した。計算では 1 対のアノードチャンネルとカソードチャンネルをモデル化し固体高分子膜と触媒層を多孔体として簡易化、カソードとアノードでのガス反応を簡易的なアレニウス反応モデルとし、非定常計算を行った。実験と計算結果を分析し、従来の一定圧力供給方式と変動圧力供給方式では、デッドエンド状態が開始されてからの発電分布とガス濃度分布が異なり、前者ではアクティブエリア下流から水素欠乏の原因となる窒素ガスの高濃度領域が発生し時間の経過とともに上流側へ拡大していくのに対し、後者では圧力変動周期に合わせて窒素ガスの高濃度領域が生成と消滅を繰り返すがその最高濃度値は、前者の最高濃度値体積 75 パーセントに較べると 6 体積パーセント程度とはるかに低い状態であることが判った。

2 つ目の燃料電池の起動時においてもガス投入時には燃料電池単セルが複数積層された燃料電池スタックに水素ガスが等分配されない場合に水素欠乏状態が懸念される。最大 200 枚の燃料電池単

セルが積層されたスタックを模擬し、各単セルへガスを分配/集合するマニフォールド、アノードガスチャンネル形状を詳細に再現し、初期状態の非水素ガスが充填された状態からマニフォールドの上流側へ水素ガスを投入し、水素ガスがアノード系内に置換されてゆく過程を、ガス流路方向のガス濃度分布の変化として捉えた。計算によりマニフォールド内部での流れ場を詳細に調査し、ガスが均等に分配されない原因として、入口側マニフォールド内で剥離旋回流が発生することと圧力分布が発生することに相関関係があることを捉えた。実験ではアクリルによりアノード流路相当のチャンネルを設けた模擬セルによりスタックを構成し、スタック両端部のセルからガスチャンネル流れ方向の起動後相当のガス濃度分布を計測し検証を行った。これにより入口側マニフォールド内で適切な流れ場をつくる必要性を設計指針として得た。

以上から、燃料電池自動車に搭載される燃料電池システム用水素循環プロアを簡略化することにより発生し易くなる水素欠乏という致命的な課題に対し、これを回避する解決案を定量的かつ非定常的な流体解析により示した。