

学位論文及び審査結果の要旨

氏 名 水澤 竜也

学 位 の 種 類 博士(工学)

学 位 記 番 号 工府博甲第484号

学位授与年月日 平成28年3月24日

学位授与の根拠 学位規則（昭和28年4月1日文部省令第9号）第4条第1項及び横浜国立大学学位規則第5条第1項

学 府 ・ 専 攻 名 工学府 システム統合工学 専攻

学 位 論 文 題 目 小型円筒固体酸化物形電気分解セルの温度分布応答
(Temperature distribution response of a micro-tubular solid oxide electrolysis cell)

論 文 審 査 委 員 主査 横浜国立大学 准教授 荒木拓人
横浜国立大学 教授 松本裕昭
横浜国立大学 教授 西野耕一
横浜国立大学 教授 松井純
横浜国立大学 教授 石井一洋

論文及び審査結果の要旨

固体酸化物形電気分解セル（SOEC）を用いた高効率水素製造は、太陽光や風力発電など天候や季節に依存して出力が変化する発電機の更なる導入に向けた負荷平準化用の大容量電力貯蔵装置としての応用が期待されている。しかし、SOECの実用化には耐久性、信頼性、電解性能の向上など多くの課題が残されている。特に、高い耐久性や信頼性を持つ構造設計には、セルの破壊要因となる温度分布の把握が重要な知見の一つである。

これまでに、固体酸化物電解質を用いたセルは固体酸化物形燃料電池（SOFC）として多くの研究がなされてきたが、SOFCでは発電に伴い発熱のみが起こる一方で、SOECでは電解に伴い吸熱と発熱が同時に発生する。そのため、SOECについて直接これらの知見を利用することは難しい。しかし、SOECの開発は、電気化学性能の向上に向けた材料開発や数値解析が中心となっており、温度に着目した研究は未だ少ない。加えてこれまでの多くは平板型セルに対して行われており、シール箇所が少なく高純度の水素製造に適していると考えられる円筒形状に対する報告は極めて少

ない。そこで、本論文ではカソード支持型と呼ばれる構造の円筒型 SOEC を対象として、水蒸気電解時の温度分布およびその要因解明を行っている。

水蒸気電解時の温度分布とその発生要因について調べるために、アノード表面温度と電流電圧特性は同時に測定され、続いて、この実験を再現した数値計算を行い、小型円筒 SOEC 全体の温度分布と測定した温度変化を比較することでその発生要因について検討している。計算結果は印加電圧による温度の分布や、測定された平均電流密度に対する電圧変化を良く表すことができおり、温度分布の発生要因は、数値計算から得られた電流分布や電圧分布などの熱生成分布の要因を示すことで考察されている。その結果、吸発熱のどちらにも関わる重要な要素である反応電流分布、電子・イオン電流分布、電位分布は軸方向の電子輸送抵抗に大きく影響されており、結果的に集電位置が温度分布に大きな影響を持つことを明らかにしている。また、電圧非定常掃引時の温度応答の測定結果および計算結果について検討し、計算から電圧掃引時には定電圧印加による定常状態を上回る温度勾配が発生することを示している。そこで、この温度勾配を抑制する電圧制御方法について検討し、数値計算を用いてその有用性について述べている。

さらに、SOEC を用いた電力貯蔵装置の更なる展開を考え、共電解と呼ばれる水蒸気と二酸化炭素を同時に分解する手法を用いたエネルギー変換システムの構成を提案し、その効率を計算し、その有効性を検証している。

以上のように、本論文は円筒形状の固体酸化物形電気分解セルを用いた電気分解時の温度分布およびその要因、さらにはその有効性について、実験と数値解析の両面から明らかにするものであり、博士（工学）の学位論文として十分な価値があるものと認める。