

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	全固体型アルカリ燃料電池膜-電極接合体のシステム設計
Title(English)	The System Design of Membrane Electrode Assembly for Solid-State Alkaline Fuel Cells
著者(和文)	張涵
Author(English)	Han ZHANG
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9314号, 授与年月日:2013年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:山口 猛央,岩本 正和,山元 公寿,菅野 了次,宍戸 厚,田巻 孝敬
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9314号, Conferred date:2013/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

# 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	化学環境学	専攻	申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学)
学籍番号： Student ID Number			指導教員 (主)： 山口 猛央
学生氏名： Student's Name	張 涵		指導教員 (副)：
			Academic Advisor(sub)

## 要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters )

本論文は「全固体型アルカリ燃料電池膜-電極接合体のシステム設計」と題して、細孔フィリング膜を用いて、アイオノマーや無機イオン伝導材料を有する電極と接合することで、アルカリ溶液を一切利用しない (KOH-free) 全固体型アルカリ燃料電池 (SAFC) のシステムを構築し、システム中の水移動を検討することにより、発電性能を向上するためのシステム設計についてまとめたものであり、6 章より構成されている。

第 1 章の「緒論」では、本論文で行った「構成要素である電解質や電極の特性を考慮した KOH-free SAFC システムの構築、またその設計指標を見出す」ことが必要であり、SAFC システムの実用化に繋がることを示した。

第 2 章の「細孔フィリング膜を用いたシステム構築及び性能評価」では、細孔フィリング膜とアイオノマーを有する電極を用いた KOH-free SAFC のシステムを構築し、発電試験に初めて成功し、また、電極中のアイオノマー導入率と発電性能の関係を検討することで、高電流密度領域でのアイオノマー導入率の増加による電極中の細孔閉塞、また、低電流密度領域において、アイオノマー導入率の減少によるイオン伝導抵抗に由来する性能低下を解明した。以上より、システム設計を検討するための基盤を確立した。

第 3 章の「全無機電極材料の開発及び発電性能評価」では、層状複水酸化物 LDH と剥離した LDH を用いた全無機電極を開発し、細孔フィリング膜と接合することで、KOH-free SAFC システムへの応用が可能であることが示された。LDH と剥離した LDH の導入率を変化させ、電極の構造が発電性能へ与える影響を検討した。LDH を用いた電極は LDH の導入率の増加により、電極構造が均一になり、発電性能の向上が観察された。一方、剥離した LDH を用いた電極は剥離した LDH の導入率の増加につれ、電極構造が不均一となり、発電性能の低下が見られた。更に、電極構造が変化すると、電子伝導抵抗の増大が確認され、LDH や剥離した LDH 電極を用いる場合に、電極構造や電子伝導の考慮が重要であることを見出した。

第 4 章の「MEA を介した水移動観察による膜特性と発電性能の相関性解析」では、細孔フィリング膜とアイオノマーを有する電極を用いたシステムを基盤とし、水マスバランス手法を用いて、膜-電極接合体 (MEA) を介した発電時の水移動を定量的に観察することに成功した。また、細孔フィリング膜の特性を変化させ、二種類の水移動方向が観察され、アノードからカソードへの水移動はカソードの相対湿度を補充するだけでなく、アノードでのフラッド現象を抑える効果もあるため、発電性能向上に有利であることを見出した。

第 5 章の「水移動を考慮した発電性能のモデル化とシステム水管理による発電性能の制御」では、水移動を考慮した発電性能モデルを構築し、MEA における水移動、膜特性と発電性能を結び付ける関係を解明した。発電性能は膜の水透過性や膜抵抗の湿度依存性に影響され、またアノードのフラッドにも影響されることを明らかにし、システム全体の水移動を把握することの重要性を示した。更に、高い水透過性や低い膜抵抗を有する膜を用いて、システム全体の水管理により、発電性能が向上したことが観察され、電極材料を LDH に変更しても、発電性能が向上したことが確認できた。

第 6 章の「総括及び今後の展望」では、本論文の成果を総括し、今後の展望を示した。本研究を通して、細孔フィリング膜を用いたことで、SAFC のシステムを構築し、有機・無機電極を KOH-free のシステムへ応用することが可能であることを示した。また、電池性能を引き出すためのシステム設計により、膜の水透過性の確保とアノードにおけるフラッドの抑制は発電性能の向上に対する重要なシステム設計指標であることを提案した。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 2 部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 2 copies of 800 Words (English).

# 論文要旨

## THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	化学環境学	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 (工学)
学籍番号 : Student ID Number			指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	山口 猛央
学生氏名 : Student's Name	張 涵		指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	

### 要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words )

In this present work, the importance of water movement through membrane electrode assembly (MEA) and relationship between cell performance and water movement which is affected by the anion-exchange membrane (AEM) properties were discussed from a systemic view by experimental and calculation approaches based on a stable KOH-free solid-state alkaline fuel cell (SAFC) system with pore-filling AEM (PF-AEM) assembled with ionomer electrode or all-inorganic electrode. The findings discovered in each chapter of this work are summarized as follows:

In Chapter 1, the literature review of SAFC consisting the background and general issues of SAFCs were concluded to indicate problems related to the poor performance of MEA. To improve the cell performance of SAFC, KOH-free SAFC system needs to be established and the system design index should be indicated.

In Chapter 2, a novel KOH-free SAFC by using PF-AEM and ionomer electrode was developed with a relative stable cell performance. Based on this system, it has a possibility to investigate water movement in SAFC.

In Chapter 3, instead of ionomer electrode, an all-inorganic electrode was successfully developed for the KOH-free SAFC for the first time. Layered double hydroxide (LDH) and delaminated LDH as the inorganic ion conductors were assembled with the PF-AEM and cell performance test was operated successfully. It was indicated that the structure of the electrode and electron conducting resistance were the unneglectables factors to the cell performance improvement.

In Chapter 4, water movement through MEA was investigated and the relationship between water movement in the cell and cell performance was explored by using different hydrophilic/hydrophobic PF-AEMs. It was discovered that in a highly hydrophilic membrane, the water movement direction was from the anode to the cathode, which can increase the cathode relative humidity (*RH*) to improve the ionic conductivity and suppress flooding at the anode. In contrast, the result was the opposite in a hydrophobic membrane.

In Chapter 5, a model was built to clarify the reasons for the cell performance decrease of SAFC and to understand the effect of water movement on cell performance. It was found that cell performance can be improved under fully water permeation condition while it may decrease under no water permeation condition. On the other hand, anode flooding was also discovered as an important to the cell performance. By using high water permeability PF-AEM and careful anode *RH* control, cell performances with both ionomer electrode and all-inorganic electrode were improved after ensuring water management at a managed condition.

In Chapter 6, a summary of key findings in the present work was presented. This study indicates that the AEM with not only a high ionic conductivity and suitable durability but also high water permeability should be designed to satisfy SAFC applications in future.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 2 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 2 copies of 800 Words (English).