

佃 洋 (山口県) 昭和 36 年 9 月 11 日生

授与年月日 平成 17 年 3 月 18 日

報告番号 博(生)甲第 66 号

主論文 環境対策に向けた直接発電技術に用いる機能性  
セラミック材料に関する研究

#### 論文審査の結果の要旨

佃洋氏は、昭和59年に東京工業大学大学院総合理工学研究科材料科学専攻を修了し、直ちに三菱重工業株式会社へ入社し、現在技術本部長崎研究所に勤務している。この間、固体電解質型燃料電池 (SOFC) やアルカリ金属熱電変換 (AMTEC) 装置の開発に従事し、平成14年4月に長崎大学生産科学研究科物質科学専攻へ入学し、現在に至っている。長崎大学生産科学研究科物質科学専攻では物性科学講座に所属し、所定の単位を修得するとともに、SOFCならびにAMTECに用いるセラミックス材料に関する研究を行い「環境対策に向けた直接発電技術に用いる機能性セラミック材料に関する研究」と題する論文をまとめ、平成16年12月参考論文8編を付して長崎大学大学院生産科学研究科教授会に博士(工学)の学位を申請した。

長崎大学大学院生産科学研究科教授会では、平成16年12月17日定例教授会において予備審査委員会による予備審査結果および論文内容の要旨に基づいて課程修了のための学位論文提出資格を審査し、本論文を受理して差し支えないものと認め、上記審査委員を選定した。審査委員は主査を中心に論文内容について慎重に審議し、公開論文発表を行わせるとともに口頭による最終試験を行い、論文の審査および最終試験の結果を平成17年2月17日長崎大学大学院生産科学研究科教授会に報告した。

提出論文は、熱や化学エネルギーをそれぞれ電気エネルギーに変換するアルカリ金属熱電変換 (AMTEC) や固体酸化物形燃料電池 (SOFC) 等の直接発電システムに関し、高効率発電システムを実現するために必要な機能性セラミックスの材料開発について述べており、5章からなっている。第1章は「緒言」であり、地球規模での生活の利便性の向上と今後の人口増加により電気エネルギーに対する需要が今後も増加することを示唆し、地球温暖化等の地球環境への関心の高まりから、価格競争力がありかつ二酸化炭素等の環境負荷物質排出量が少ない高効率発電システムに対する要求が大きくなることを示すなど、研究の背景や目的を述べている。第2章は「AMTEC用固体電解質の  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  微構造制

御」と題し、AMTEC用固体電解質の $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ のクラック進展を抑制するために、粒径制御を目的として $\text{ZrO}_2$ 添加を検討し、 $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ への $\text{ZrO}_2$ 添加が焼結体密度を向上させることを述べている。第3章は「SOFCにおける材料課題解決の試み」と題し、 $\text{LaCrO}_3$ 系インターコネクタの緻密化と特性に及ぼすTi置換と焼結雰囲気の影響ならびに $\text{LaCrO}_3$ の熱膨張と導電性に及ぼすTi置換の影響について述べている。研究の結果、1)Ti置換と還元雰囲気は相乗して $\text{LaCrO}_3$ の緻密化を促進すること、2)Tiを置換した $\text{LaCrO}_3$ は、置換量の増加に従い導電性が低下することを明らかにするとともに、3)セル性能劣化を防止するには、薄肉化等の形状の工夫や導電率向上のために他元素の複合添加が必要なこと、4)交換電流密度と界面量の解析から、3相界面が主たる酸素還元反応領域であり、界面での微構造制御では3相界面量を最大にすることが重要なことを示し、第4章で行う発電試験用セルの開発指針を得ている。第4章は「機能性セラミックスの高効率発電機器への適用」と題し、第2章と第3章で得られた成果の実用化状況を述べている。第2章で開発した $\text{ZrO}_2$ 添加 $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 固体電解質をAMTECに適用し発電試験を行った結果、最大出力は電流密度 $0.854\text{A}\cdot\text{cm}^{-2}$ において $0.34\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$ を達成し、 $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ は発電前後で粒内破壊から粒界破壊に変化したのに対して $\text{ZrO}_2$ 添加 $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ は粒内破壊を示し、 $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ への $\text{ZrO}_2$ 添加が耐Na性向上に有効であることを示している。また、SOFCでは、空気極と電解質界面の3相界面量を最大とした電極を用いたセルの発電試験を実施し、本セルを用いた10kW級モジュールは10.2kWで発電効率46% (LHV)を示し、連続755時間発電を達成したことを述べている。第5章では、総括を述べている。

以上のように、本提出論文は、地球環境にインパクトの大きな二酸化炭素排出量抑制のために必要性が今後高まると考えられる高効率直接発電システムであるAMTECとSOFCを取り上げ、適用材料の開発を行った後、開発材料を用いた発電試験を実施し、課題を解決するとともに新たな課題提起を行った論文である。したがって、本申請論文は、地球環境の保全に対して機能性セラミックス技術が貢献できることを示した論文であり、高効率直接発電システムの製造技術の発展に貢献するところが大きく、博士(工学)の学位に値するものとして合格とした。

審査担当者

主査 教授 内山休男

副査 教授 工藤徹一

副査 教授 羽坂雅之