（様式甲 10）

論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	甲　第　　号	氏　名	Vermot des Roches Thibaud

論文審査担当者：				
	主査	慶應義塾大学准教授	博士（工学）	大宮　正毅
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士	小茂鳥　潤
		慶應義塾大学教授	Ph. D.	堀田　篤
		慶應義塾大学准教授	博士（工学）	宮田　昌悟

(論文審査の要旨)

修士（工学）Vermot des Roches Thibaud 君提出の学位請求論文は，「Failure Prediction of Membrane Electrode Assemblies for Proton Exchange Membrane Fuel Cells（プロトン交換膜型燃料電池におけるイオン交換膜電極接合体の破壊予測手法の構築）」と題し，7 章から構成されている．

固体高分子形燃料電池は，比較的低温度で動作することから，水素自動車用燃料電池として採用されている．今後，大衆車への普及を考えた場合，燃料電池部材の低コスト化が課題となっており，特に，触媒層とイオン交換膜から構成される膜電極接合体（Membrane Electrode Assembly, MEA）の薄膜化，長寿命化が課題となっている．これまで，MEA における熱力学的および電気化学的評価に関する研究は数多くなされてきたが，機械的特性や損傷・劣化機構についてはほとんど検討されていない．そこで，本論文の著者は，MEA の静的引張試験および疲労試験を行い，触媒層における損傷メカニズムの解明とき裂発生クライテリアを明らかにしている．そして，損傷パラメータを導入し，触媒層におけるき裂発生を数値シミュレーションで予測する手法を提案している．また，MEA を構成するイオン交換膜はガスリークを防ぐ役割を担い，き裂に対する破壊強度を把握することが設計上重要である．本論文の著者は，種々の温度・湿度下での両側切欠き引張試験から破壊強度を測定し，さらに，数値シミュレーションからイオン交換膜の破壊を予測する手法を提案している．

第 1 章は序論であり，本研究の背景，問題点および本研究の目的について述べている．

第 2 章では，固体高分子形燃料電池の構成部材について説明し，本研究で対象とする MEA についての詳細を述べている．

第 3 章では，MEA の静的引張試験および疲労試験について述べている．そして，実験から触媒層におけるき裂発生クライテリアを明らかにしている．さらに，損傷パラメータを導入し，き裂発生クライテリアを損傷パラメータで表すことで，数値シミュレーションにより触媒層におけるき裂発生を予測する手法を構築している．

第 4 章では，イオン交換膜の構成式について述べている．分子鎖の変形挙動を現象論的にモデル化した構成式について述べ，実験から得られた応力－ひずみ線図と一致するように，構成式に含まれる複数のパラメータを最小二乗法により同定している．

第 5 章では，イオン交換膜における破壊強度について述べている．両側切欠き付き試験片の引張試験を行い，破壊抵抗に及ぼす温度・湿度の影響を明らかにしている．

第 6 章では，イオン交換膜の破壊試験の数値シミュレーションを行っている．第 4 章で述べた構成式を導入することで，解析結果は実験結果を精度よく再現している．さらに，提案する解析モデルを用いることで，イオン交換膜の破壊を予測することが可能であることを示している．また，高温状態では，き裂長さと全破壊エネルギーとの関係が非線形になることを新たに見出し，その原因について，き裂先端に形成される塑性域形状の変化から説明している．

第 7 章は本論文の結論であり，得られた成果を総括し，今後の展望について述べている．

以上要するに，本論文は固体高分子形燃料電池の主要構成部材である MEA における破壊発生と最終破壊のクライテリアを構築し，数値シミュレーションにより，それぞれの破壊を予測する手法を構築したものであり，機械工学および自動車工学分野において，工学上，工業上寄与するところが少なくない．よって，本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める．

学識確認結果	学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査会委員および総合デザイン工学特別研究第２（マルチディシプリナリ・デザイン科学専修）科目担当者で試問を行い，当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した． また，語学（英語）についても十分な学力を有することを確認した．