

審査の結果の要旨

氏名 安藤 祐司

本論文は、「2-プロパノール/アセトン/水素系化学反応を利用した低品位熱の電気への変換」と題し、2-プロパノール/アセトン/水素系化学反応を利用して、低品位熱を、化学エネルギーを介して電気エネルギーに変換する熱再生型電池を提案し、その要素技術として、2-プロパノール脱水素反応、水素/アセトン系電池、2-プロパノール/アセトン系電池について基礎的研究を行うとともに、低品位熱利用システムとしての有効性について検討したものである。本論文の構成は6章から成っている。

第1章では、まず化学反応を利用した熱エネルギー変換として2-プロパノール/アセトン/水素系ケミカルヒートポンプの概要について述べ、アセトン水素化反応のエンタルピー変化を熱として回収していたものを、電気化学的に進行させることによって電気として回収すれば、90%程度の熱を電気に変換する2-プロパノール/アセトン/水素系熱再生型電池を構成できるというアイデアを提案している。そして、2-プロパノール/アセトン/水素系熱再生型電池の特徴と開発課題がまとめられ、アセトン水素化反応の開放起電力が小さいため、活性化過電圧が小さな高活性電極触媒が鍵であると述べられている。

第2章では、2-プロパノール/アセトン/水素系熱再生型電池システムの再生部、すなわち2-プロパノールからの水素生成反応について検討している。

炭素担持貴金属触媒による2-プロパノール脱水素反応の反応機構を解析し、炭素担持ルテニウム・白金複合触媒は、メチン基水素開裂や触媒表面からの水素生成脱離が比較的容易に進行するため、2-プロパノール脱水素反応において優れた複合効果を示すことを明らかにしている。次に、液相懸濁式反応と過熱液膜式反応との反応方式の違いによる比較検討を行い、液相懸濁式反応では触媒表面において吸着水素種が吸着アセトンと反応してイソプロポキシドや2-プロパノールを再生するため、反応速度が低下するが、過熱液膜式反応では、脱水素反応の阻害となる触媒上への生成アセトンの再吸着が液相懸濁式反応よりも大幅に抑制できるため、高アセトン濃度域においても高い触媒活性を維持できることを明らかにした。また、本反応への光触媒適用の可能性について述べられている。

第3章では、2-プロパノール/アセトン/水素系熱再生型電池システムの発電部、すなわち水素/アセトン系電池について検討している。カーボクロス

およびカーボンフェルトにルテニウムと白金を複合担持した電極触媒を用いて水素/アセトン系電池を構成し、電流電圧特性を調べ、電池の内部構成が出力に及ぼす影響等について調べられている。

第4章では、再生部と発電部を一つのユニットに組み込んだ2-プロパノール/アセトン系電池についてまとめている。これは、第3章で述べられた水素/アセトン系電池の負極に、水素の代わりに2-プロパノールを供給して脱水素反応を行わせ、この負極上で生成した水素を燃料として燃料電池反応を行わせるというものである。これにより2-プロパノール脱水素反応器が不要な熱再生型電池を構成することができる。この熱再生型電池の熱力学特性について水素/アセトン系電池と比較するとともに、電気化学特性について検討し、水素スピルオーバー能や触媒活性が、開放起電力や短絡電流値に及ぼす影響について考察している。

第5章では、これらの熱再生型電池の低品位熱利用水素エネルギーシステムとしての可能性について検討した結果がまとめられている。水素/アセトン系電池の出力密度及び2-プロパノール/アセトン系電池に液膜式脱水素反応を適用した場合の出力密度を試算し、他の低品位熱エネルギー変換システムと比較し、出力密度が太陽電池や熱電変換素子を用いた発電方式に比べ相対的に高い値であり、2-プロパノール/アセトン/水素系熱再生型電池低品位熱利用システムとして有効であることを明らかにしている。

第6章は、総括の章であり、低品位熱の有効利用法としての2-プロパノール/アセトン/水素系熱再生型電池の可能性と今後の課題について総括されている。

以上に示すように、本論文は、2-プロパノール/アセトン/水素系熱再生型電池の開発のための基礎的研究を行い、低品位の熱エネルギーを電気エネルギーに変換する熱再生型電池システムの有効性とその課題を明らかにしたものである。ここで得られた知見は、エネルギープロセス開発、エネルギー高度有効利用技術開発に資するものであり、エネルギー工学および化学システム工学に大きな貢献をするものである。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。