

研究成果報告書

研 究 題 目		燃料電池可逆セルを用いた水素貯蔵型分散電源システム	実 施 年 度
			H23-H24 年度
代 表 研 究 者	所 属	岡山大学・大学院自然科学研究科・産業創成工学専攻	
	氏 名	船 曳 繁 之 印	
1. 研究の目的・背景 太陽光発電（PV）システムの電力変動は、今後の PV システムの大量導入（政府補助金制度や余剰電力買い取り制度の導入により、2011 年の PV システムの設置容量は 2008 年の 6 倍以上となっており、今後さらに増加する）に伴って、電力系統の送電線および配電線での電圧変動等の電力品質に大きな影響を及ぼすことが危惧される。電力品質を高品位に保つためには、これら発電システムにエネルギー貯蔵装置を設置し、電力変動を抑制することが不可欠となる。 我が国では京都議定書に始まった地球温暖化を抑制するための温暖化ガス低減目標は、民主党政権で鳩山首相が 2020 年の温暖化ガスの排出量を 1990 年に比較して 25%削減することを提案した。さらに、2011 年の東日本大震災による原子力発電の稼働停止で、自然エネルギーへの期待が高まっている。これを達成するためには、化石燃料を原料とする従来の発電システムに替わり、太陽光や風力等の自然エネルギーを利用した発電システムの大量普及が不可欠である。 その中で、2009 年度から再開した太陽光発電システムへの政府補助金制度、2009 年 11 月に実施が始まった太陽光発電余剰電力の買い取り価格を 48 円/kWh とする制度により、PV システムの設置が飛躍的に増加している。一定地域の家庭に集中的に PV システムが導入されると、自然条件に影響される発電電力の変動がその地域の配電系統に影響を及ぼし、配電電圧の上昇を引き起こすことが危惧されている。PV システム設置を促進するためには、この電力変動を吸収するシステムを開発し、早急に導入できる基盤づくりが緊急の課題である。 将来のエネルギー源として期待され 2009 年から利用が始まっている定置型燃料電池、そしてその燃料である水素を生成するシステム（電解装置）を統合したシステムは、近い将来の水素社会の到来（燃料電池車の開発が世界の自動車会社で推進されており、数年先には実用車を市場に提供すると報道）とともに緊急に開発が期待される技術である。本研究の対象としている分散電源システムは、今後の導入が検討されているマイクログリッドやスマートグリッド構想の中で非常に重要な要素技術である。本申請では、PV システムの電力変動を抑制するエネルギー貯蔵装置として、水素によるエネルギー貯蔵を目指し、可逆セルを用いて燃料電池（FC）と水電解装置（EL）を統合した水素貯蔵型分散電源システムを提案し、エネルギー管理を含む制御手法を確立することを目的とする。			

2. 研究成果及び考察（申請時の計画に対する達成度合を織込む）

これまでの研究で構築した PV システムモデルに加えて、可逆セルモデル、水素貯蔵素子（水素吸着合金）モデルを作成し、システム全体のシミュレーションプログラムをシミュレーションソフト Psim 上で作成した。以下の時間帯に分けた水素エネルギー管理と電力平滑化制御アルゴリズムを構築した。

(1) 8時から18時

PV システムより家庭内負荷へ供給し、余剰電力が発生する場合は系統へ逆潮流する。

(2) 18時から18時15分

可逆セルの FC モードから EL モードへの切り替える。

(3) 18時15分から23時

水素エネルギー貯蔵システム（可逆セル、水素貯蔵合金、電力変換器よりなるシステム）より負荷電力を供給し、不足する場合は系統からも電力を供給する。

(4) 23時から8時

系統から家庭負荷に電力を供給するとともに、可逆セルを EL モードで動作させ、水素を生成し貯蔵する

以上のアルゴリズムを Psim 上で作成し、種々の天候での一日のエネルギー管理シミュレーションを実行した。そして、提案するエネルギー管理手法を電力変動縮小率と変動縮小の対象周波数帯である LFC（Load Frequency Control、2 分から 20 分の周期を持つ成分）の縮小効果を評価した。変動縮小率では、快晴日、雲の流れている晴天日、曇りの日とともに約 30%の縮小効果があることを明らかにした。3.6kW の PV システムを一家庭に導入した場合、提案する可逆セルを用いた水素エネルギー貯蔵システムの容量の検討を LFC の縮小効果から行った。その結果、LFC 領域の変動成分はこの導入システムの容量に比例して縮小できるが、1.5kW 以上ではこの縮小効果は飽和してゆき、それ以上の容量のシステムを導入する効果は期待できないことが分かった。そして、特に導入効果が現れた日は、雲の流れている晴天日であった。

提案する可逆セルを用いた水素エネルギー貯蔵システムと系統からの電力供給比率を、メタヒューリスティクスにより最適化する目標については、メタヒューリスティクスを適用する上で解決しておく必要のある局所解からの回避と高速な解探索について検討した。特に、手法としては PSO（Particle Swarm Optimization）へ反射手法の導入とその調整法の改良を行った。また、探索した解の収束性を用いて探索を終了させる手法の開発を行った。それには解の収束性の程度を表す変動係数を用いた終了アルゴリズムを導入し、安定して解を探索でき、かつ探索時間を 7 割低減できることを明らかにした。しかし、研究計画に挙げていた電力供給比率の最適化には現在までに導入できていない。今後、開発した新しい PSO を上記最適化に適用し、エネルギー管理手法の改善をすることが残された課題である。

3. 経費の使用状況（申請時の計画に対する実績を記述）

申請経費

1) 設備備品費	シミュレーション及び計測用パソコン	4 台	690 千円
2) 消耗品費	計測用ソフト (Labview)	1 個	310 千円
3) 旅費	岡山ー東京	2 回	120 千円
4) 謝金	実験補助及びデータ整理		230 千円

支出

1) 設備備品費 該当なし

パーソナルコンピュータを設備備品費で購入予定としていたが、1 台あたりの単価が 100 千円を下回るため、消耗品費の項目で処理

2) 消耗品費	シミュレーション及び計測用パソコン	6 台	598.8 千円
	シミュレーションソフト (Psim)	1 個	291.9 千円
	購入を計画していた Labview が他予算で購入済により、シミュレーション環境強化のために Psim を購入		
	日射計	1 台	66.2 千円
	参考資料 (本)	5 冊	18.3 千円
	資料作成用消耗品	1 式	36.5 千円
3) 旅費	福井市・大阪市・広島市・松江市	各 1 回	164.6 千円
4) 謝金	@830×128h		106.2 千円
5) 部局管理費			67.5 千円

4. 将来展望（今後の発展性、実用化の見込み等について記述）

自然エネルギーへの期待感が高まりつつある国内では、太陽光発電を中心とした分散電源の導入が促進されている。しかし、大量の分散電源から不規則な発電電力を系統に逆潮流する場合、系統の電力品質悪化への懸念がある。これを解決するには、エネルギー貯蔵システムを分散電源導入とともに設置することであり、本研究では、太陽光発電システム大量導入時の上記課題を解決する方法として、水素でエネルギーを貯蔵するシステムについて検討を行った。この技術は、近い将来の実現が期待されている水素エネルギー社会の基盤技術になると考える。

現在、燃費や環境へ関心から自動車の駆動源として、これまでのガソリンや軽油を燃料としたレシプロエンジンから高効率モーターを用いたハイブリッドカー（HV）や電気自動車（EV）への移行が進んでいる。しかし、EV では航続距離が短い等の問題があり、より航続距離の長い駆動源への転換が望まれている。その中で、燃料電池車が有望視されており、燃料電池車を 2015 年以降に市場に投入する計画が進んでいる。これが実現できれば、燃料電池の低コスト化が実現でき、これを用いた家庭用分散型電源システムへの導入が加速される。従って、提案システムも 2015 年以降の実用化へ向けて開発が進むと考えられる。このためには、機器の開発とエネルギー管理手法の開発を継続して実施することが不可欠である。

5. 成果の発表（学会での発表、学術誌への投稿等を記載。予定を含む）

- (1) 山口雄也・田窪良亮・今井 純・船曳繁之・町田祐規, 「可逆セルを用いた水素貯蔵分散型電源システムの電力制御」, 平成 24 年電気学会全国大会 6-206 (2012. 3. 21-23)
- (2) 山口雄也・高橋明子・今井 純・船曳繁之, 「可逆セルの切り替え時間を考慮した水素貯蔵分散型電源システム」, 平成 24 年度電気・情報関連学会中国支部大会 8-1 (2012. 10. 20)
- (3) 山口雄也・高橋明子・今井 純・船曳繁之, 「可逆セルを用いた水素貯蔵分散型電源システムとその運転方法」, 電気学会論文誌 B (投稿準備中)
- (4) 槇野洋平・藤井敏則・今井 純・船曳繁之, 「反射率漸減型 PS0 を用いた電力平準化システムの最適化」, 電気学会論文誌 B, 132 巻, 7 号, 676-683 頁 (2012)
- (5) 槇野洋平・高橋明子・今井 純・船曳繁之, 「変動係数を終了条件とする PS0 と電力平準化制御への適用」, 電気学会論文誌 B, 133 巻, 5 号, 488-494 頁 (2013)

関連発表

- (1) 田窪良亮・町田祐規・今井 純・船曳繁之, 「太陽電池と水素貯蔵型燃料電池を用いた家庭用分散型電源における水素貯蔵スケジュールを用いた制御法」, 平成 23 年電気学会電力・エネルギー部門大会 215 (2011. 8. 30-9. 1)
- (2) 田窪良亮・高橋明子・今井 純・船曳繁之, 「家庭用分散型電源システムにおける水素貯蔵量のリアルタイム制御」, 平成 24 年度電気・情報関連学会中国支部大会 8-8 (2012. 10. 20)
- (3) 船曳繁之・小池涼太・藤井敏則・今井 純, 「クラスタ構造型ハイブリッドアルゴリズムを用いた最適化におけるマスキングの効果」, 電気設備学会, 33 巻, 1 号, 72-77 頁 (2013)
- (4) 田窪良亮・高橋明子・今井 純・船曳繁之, 「太陽電池と水素貯蔵型燃料電池を用いた家庭用分散型電源システムの水素管理方法」, 電気学会論文誌 B, 133 巻, 9 号 (2013) (掲載決定)