神奈川工科大学

先進太陽エネルギー利用研究所研究報告

第7号

平成25年度

神奈川工科大学

工学教育研究推進機構

目　次

は じ め に　---------- 研究代表者　吉田　博夫　1

１．エネルギー創生

太陽電池の異方位装置における新型 MPPT 制御の効果　--------　板子一隆　2
太陽熱サイフォン　----------　吉田博夫　6
PV-T シミュレータ　----------　吉田博夫　9

２．エネルギー貯蔵・利用

間歇充電式新電気バスシステムの研究開発 ----------　川島　豪　12
水素エネルギーの利用　----------　矢田直之　20
水素と植物油を利用した移動体の開発　----------　高橋良彦　24

３．エネルギーマネージメント・エネルギーシステム

学内電力使用見える化　----------　田中　博　28
自立エネルギーシステム　----------　吉田博夫　33

４．先進太陽エネルギー利用研究所平成 25 年度成果

----------　36

創立 50 周年記念国際 Work Shop 報告
マスコミ報道・展示会等

はじめに

研究代表者：機械システム工学専攻　吉田　博夫

平成 19 年度～23 年度の 5 年間にわたり、文部科学省「ハイテクリサーチセンター整備事業」制度に採択された研究開発プロジェクト「環境対応型太陽光・熱エネルギー利用のための革新的システムの研究」が遂行され少なからぬ貴重な成果を挙げまた経験を積むことができた。これらの成果・経験をこのままで終わらせることについてはこれを惜しむ声もあり、いま一歩完成度に磨きをかけ実用化へ近づけることが是非とも必要と思われた。また、本学初代学長谷下市松先生が我が国の太陽エネルギー研究のパイオニアであったことを思い合わせると、本学における伝統的研究の一つあるとも言える。加えて、2011 年 3 月 11 日東北大震災における東京電力福島原子力発電所の放射能漏れを契機に再生可能エネルギー導入普及促進は後戻りできない状況となっている。

このような背景の下、平成 24 年度より本プロジェクトが開始され、本年は第二年度となった。本学創立 50 周年を迎えた年でもあり、記念行事の一環として国際シンポジウムを開催した。成長発展が著しいアジア諸国に目を向け参加者を募ることとなった。我々はかねてから研究・教育の分野で交流を重ねてきた中国楊州大学ならびに武漢大学からの研究者を交え、エネルギー技術に関連する活発な発表・討議を行った。我々の研究の大きな方向性としてエネルギー地産地消の実現を掲げ、エネルギー創出、蓄積・利用、マネージメント 3 要素技術を統合した自立エネルギーシステムを構想した。これに関する議論も深まりつつあり、一部モデルシステムを試作した。引き続き、実現可能な地産地消エネルギーシステムの具体像について議論を深めていきたい。

尚、最近大手メーカーなどから創エネに加えて蓄エネをも備えた自立エネルギーシステムを志向する製品が市場へ提供されつつあることを付記する。

改良型 MPPT 制御のインバータ回路への適用の検討

研究者名：電気電子情報工学科　板子一隆

1．研究の目的

筆者は先に太陽光発電のための新しいIV特性スキャン型MPPT制御法を提案した．この方式は，ある一定間隔でI-V特性をスキャンして最大電力点を追従する方式であり独立型太陽光発電システムにおいて，パネルの部分影時や混成使用時に従来の山登り法(P&O法)と比較して，取得電力を増加させることができることが明らかとなっている．ところで，この方式では，Lの値を小さくするとI-V特性を検出するための時間が短くなり，A/Dコンバータの分解能によっては検出精度に問題が生じる恐れがある．そこで，新たに検出時間制御付IV特性スキャン型MPPT制御法（改良型MPPT制御）を提案し，良好な結果を得ることができた．

本研究では，この改良型MPPT制御を一般負荷で使用できるインバータ回路に適用したシステム(PCS)を開発し，部分影時の電力取得特性を従来のPCSと比較し，本システムの有効性を明らかにした．

2．研究の必要性および従来の研究

家庭用太陽光発電システムの設置件数はすでに100万件を超えており，部分影をはじめとする様々な条件において，思うように出力が得られないといった事例が増加してきている．従来のPCSには，山登り法と呼ばれるMPPTアルゴリズムが搭載されており，この方式ではパネルへの光の照射の不均一条件では出力が低下してしまう場合があり，より効率の高いMPPTアルゴリズムの適用が求められている．

3．期待される効果

近年注目されてきている太陽電池の部分的な影(例えば落ち葉、鳥の糞、電柱、樹木、建物、汚れや積雪などによって)などでアレイに照射される光が不均一になることや一部のセルの劣化，また太陽電池パネルの異方位設置等でPCSの出力が大幅に低下(小さな落ち葉1枚で出力が1/2～1/3に低下)してしまうという問題や雲によって日射強度が頻繁に大きく変動する場合に従来のパワコンの動作点が迷走し，出力が低下してしまうという問題が改善され，発電量の増加をもたらすことができる．これは結果として，設備利用率の向上により発電コストの低下を加速させ，グリッドパリティの時期を早めることにより，政府のコントロールの下に国民負担(再エネ賦課金)の低減をもたらすものと考えられる．

4．研究経過および結果

図1は提案するシステムの構成である．同図のDC-DCコンバータの入力側に太陽電池(多結晶シリコン，公称最大出力 165W，公称最大出力動作電圧 21.3V，公称最大出力電流 7.74A，公称開放電圧 25.7V，公称短絡電流 8.48A)を6枚直列に接続する．系統電圧 V_N は単相三線式で200V，S_0~S_4 はMOSFET等のスイッチング素子，C=1320 μF，L_1=7.5mH，L_2=7.5mH，スイッチング周波数 f_S=10kHz としている．

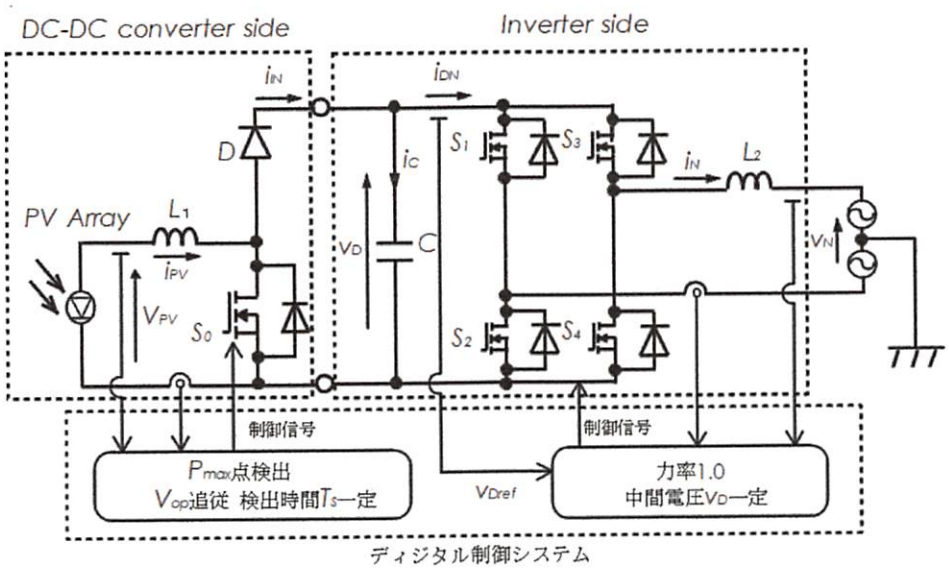


図 1 システム全体の回路構成

4．1　動作原理

(1)改良型 MPPT 制御の動作：検出時間制御付瞬時スキャン法は太陽電池を最大電力 P_{max} 時の最適動作電圧 V_{OP} で動作させるために瞬時に太陽電池の I-V 特性をスキャンし PWM 制御によって追従制御を行う MPPT 制御方式である．図 2 は図 1 のシステムのうち DC-DC コンバータ部の動作波形の概念図である．制御は P_{max} 検出期間と追従動作期間で構成されている．

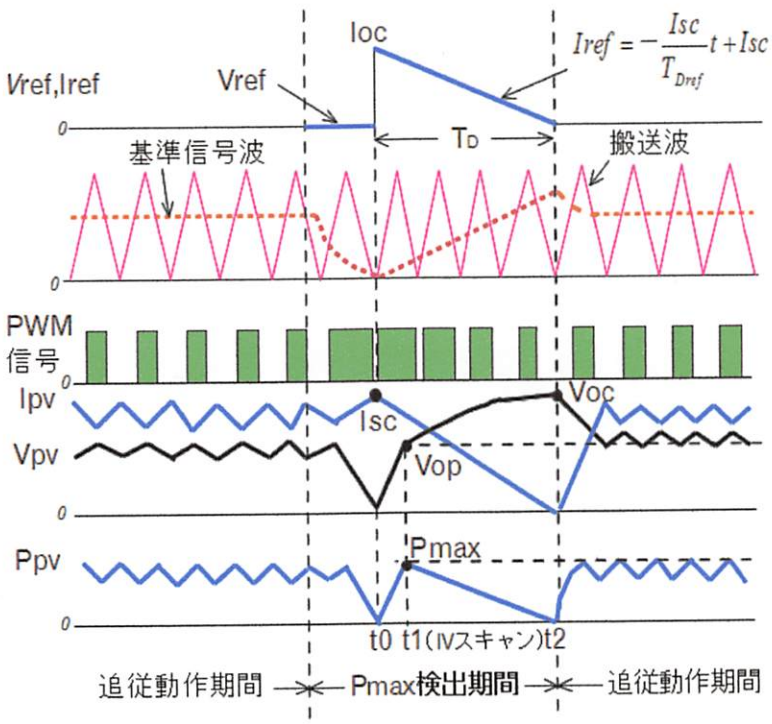


図 2 動作概念図

通常，検出期間におけるスキャン時間は太陽電池電圧・電流，ブーストインダクタンス L_1 の値に依存し一定ではなく，スキャン時間が A/D コンバータの分解能に制限される場合があるが，本制御ではこれらの値に依存し

ないため任意のスキャン時間を設定できる．太陽電池電流 i_{PV} を短絡電流 I_{SC} に到達させ，その短絡電流 I_{SC} を次式に用いて，

$$Iref = -\frac{Isc}{T_{Dref}}t + Isc \quad \cdots\cdots (1)$$

基準電流 I_{ref} を生成し，これに追従するようにスイッチ S_0 を ON-OFF して PWM 制御を行う．ここで，T_{Dref} は設定した最大電力点検出時間[s]である．T_{Dref} で太陽電池電流 i_{PV} が零になる過程を制御することにより最大電力点 (t_1) を検出する期間を十分確保することが出来る．t_2 以降は太陽電池電圧 v_{PV} がそのときの最適動作電圧 V_{op} となるように追従動作させる．なお，(1)式の T_{Dref} には任意の検出時間を設定することができる．この検出動作と追従動作をある一定周期で行うことで，常にその条件下で得られる最大限の電力を取得することができる．

〈3･2〉インバータ動作：図 1 の制御ブロック図に示すディジタル制御システムにおいて，インバータは中間電圧 v_D，系統電圧 v_N，系統電流 i_N をセンサで読み取ることで太陽電池側からの電力を負荷あるいは系統へ送り，同時に中間電圧 V_D 一定および力率 1.0 を保つような指令値をつくる．この指令値に従って PWM 制御信号を MOSFET 等のスイッチング素子に印加し，スイッチングを行うことで制御が実現される．

(2) 部分影時の取得電力特性比較実験

部分影時における電力取得特性を確認するために，図 3 に示すように実験で使用するモジュールのうち 2 枚に遮光率 80%のシートを取り付けて影を付けた状態で動作確認を行った．開発した PCS は検出期間を 1ms としている．図 4 は影をかける前の P-V 特性と図 3 に示した部分影の状態での太陽電池アレイの P-V 特性である．同図より，通常高電圧側に 1 つだけピークが存在するが，部分影時にはバイパスダイオードの影響で高電圧側と低電圧側の 2 つのピークを持つことが分かる．

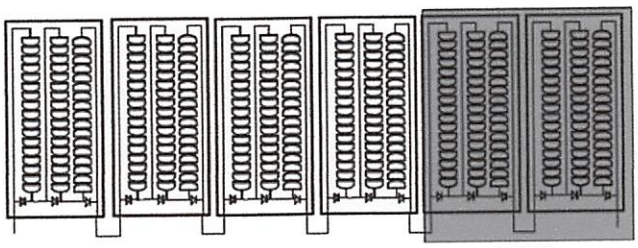


図 3 部分影パターン

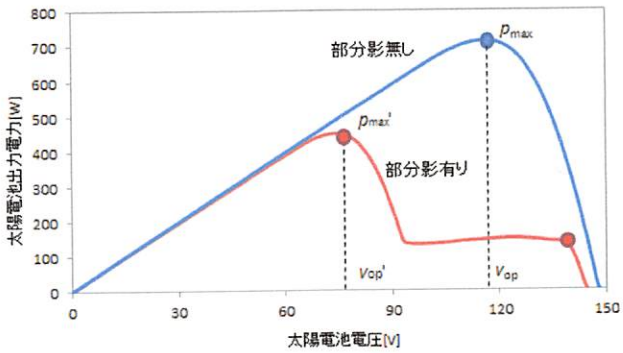


図 4　部分影時の P-V 特性

(3) 比較実験：図 7 の部分影時において市販されている PCS と本開発の PCS の取得電力を比較したものが表 1 である．

表 1 部分影時の取得電力比較(G=680W/m²)

	動作点電圧[V]	取得電力[W]
開発したPCS	75.0	440
市販のPCS	140	200

表 1 から市販の PCS が部分影時に最大電力点で動作できないことが確認された．開発した PCS は最大電力点を確実に捉えており，市販の PCS と比べて今回の実験条件でおよそ 2 倍程度取得電力が多くなった．

5．今後の計画

今後は，改良型 MPPT 制御をエアコンなどの大きめの負荷でも使用できるように，より大型のインバータに適用するための検討を行う予定である．

6．研究成果の発表

発表論文

(1) K. Itako, " High Efficiency PCS with Scan-Type MPPT Control for a Grid-Connected PV Power Generation System" Journal of Energy and Power Engineering (USA), Vol. 8, No. 1, pp. 137-143 (2014).

(2) 板子, 工藤 "単結晶太陽電池モジュールのホットスポットに関する検討" 電気設備学会誌, Vol. 34, No. 2, pp. 140～146, 2014

(3) K. Itako, " Power Conditioning System with New MPPT Control for a grid-Connected PV Power Generation System" , Proceedings of PCIM 2013 (8pages)

(4) C. Huang, K. Itako, T. Mori, Q. Ge: "MPPT Control Method Using Boost Type DC-DC Converter for PV Generation System with Mismatched Modules" Proceedings of PEE 2014 (6pages)

太陽熱サイフォン

研究者名：機械システム工学専攻　吉田　博夫

１．研究の目的

これまで対象としてきた太陽熱サイフォン（以下、熱サイフォン）は、集熱部構造として凹面鏡や集光レンズなどの光学系を使わずに太陽光をそのまま黒色の平板で受けその平板上に銅パイプを並べた単純構造のものである。エネルギー地産地消を理念としているので、なるべく特殊な装置は使わないようにしているためである。銅パイプは直接風に当たることが無いようガラス板で覆われている。本構造で年間を通して得られる最高温度は高々80℃程度以下である（神奈川県厚木市において）。つまり、われわれが研究対象とする熱サイフォンの作動温度域は気温（または水道水温度）～80℃であることを予め注意しておく。

これまで我々が行ってきた太陽熱サイフォンの研究の結果、集熱効率もある程度のレベルに達し、太陽熱をそのまま熱として利用する技術に関する限り原理的な課題はほぼ乗り越えられたのではないかと思われる。そこで、我々が対象とする 80℃以下の低温熱を利用した発電についてその可能性を探ることを目的とした。

２．研究の必要性および従来の研究

熱サイフォンの研究は多くの場合、熱取り込んだ熱・温水をそのまま熱として利用することを前提に、いかに効率よく取り込み輸送するかということに主眼が置かれていた。熱サイフォンを、単に熱を取り出すシステムとして視点からの研究については一定の技術的成果が蓄積されており、我々が着目する温度域に関する限り、主たる困難は克服されたのではないかと思われる。

しかしながら、熱サイフォンを南極などの極地で使用できないかとの声も聞かれ、これまで有効に利用されずに捨てられてきた 100℃以下の低温熱を発電に使用できないか関心が寄せられている。

以上のとおり熱サイフォンが低温熱を有効に利用するための技術であるとの視点から新たな研究を開始することは、再生可能エネルギー利用拡大の上で極めて重要である。また、単に熱を運ぶだけの時にはあまり目立たなかった熱サイフォンの脈動特性について理解しいかに安定化させるかという課題も明らかになってきた。

３．期待される効果

これまで熱以外には使用することが困難であり、必ずしも有効に利用されていなかった低温熱から電力を取り出すことは大変意義があり、コスト、安全性、使いやすさなどが解決すれば飛躍的な普及が期待できる。また、南極などの極地での利用においては大幅な燃料節約につながると期待される。

４．研究経過および結果

４．１　駆動機構

これまで必ずしも明らかではなかった熱サイフォンの駆動機構について検討した結果、駆動力の主因が加熱で発生する沸騰蒸気泡の浮力によることが確かめられつつある。また脈動の原因についても、投入熱量に応じて発生する蒸気泡を完全に凝縮させ、系の背景圧力を上昇させないことがカギとなることが明らかにされつつある。これらにより、解析モデル構築の土台が用意された。

4．2　水力発電

当初、Rankine サイクルを検討したが構造が複雑になるので、最も簡単な水力発電に着手することにした。今年度は初めて野外太陽熱サイフォンで発電出力を観測した。そのための整流回路を設計試作した。図１は熱サイフォンに取り付けられた水力発電部である。水車にリング磁石を

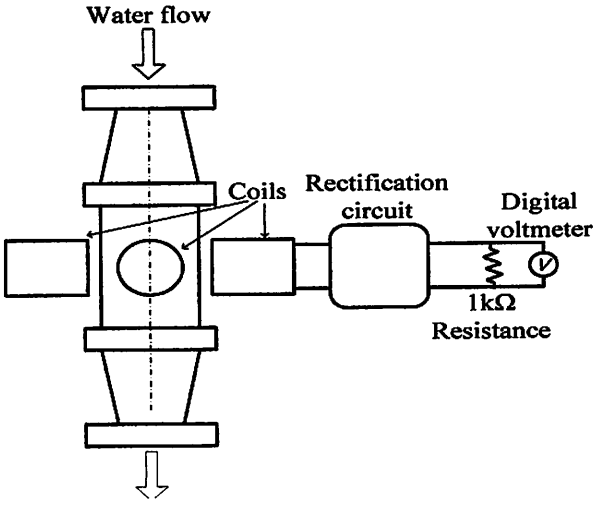


図１　水力発電ユニット

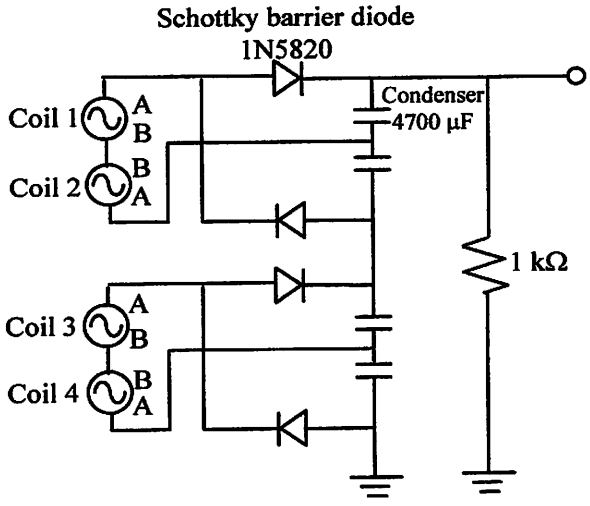


図２　整流回路

取り付け管路内部に設置されている。磁石の回転により生ずる磁界の変化を管路の外に配置されたコイルで検出する。交番電流は図２の整流回路を経て直流電圧の形で測定された。

図３はある晴天の日の日射強度、熱サイフォンの質量流量、発生電圧を示す。図３ｃを見ると、熱サイフォンが定常的な流れの状態（図３ｂ）にあるときに電圧発生が見られない。これは、電圧発生するためには流速に閾値があり、定常流れの流速がこの閾値に達していなかったことによる。今回は熱サイフォンの脈動流により安定した電圧は得られなかったが、図４、図５に示すように日射強度が増大するとともに質量流量が増大、また発生電圧も増加する傾向が見られる。現状では電力出力はμＷの程度と極めて小さい。熱サイフォンの安定運転、断熱強化、流動抵抗低減、水車の最適設計などにより大幅に改善されると考えている。現状日射強度とその時に得られる電力との関係はおおむね点線のように予想された。

太陽熱サイフォンは一種の熱機関と考えることができるので、その理論的最高効率は、熱源温度を 70℃ならびに 25℃とすると、0.1 となる。本熱サイフォンの発電効率を計算すると、1kW の入射エネルギーに対し 1μＷの出力であるから、7×10^{-9}と極めて低く、改善の余地は大きい。

一方、PV 発電の年間平均の効率は 0.08 程度といわれている。このことと、先の発電の理論効率（0.1）とを考え合わせると、太陽熱サイフォン発電の研究の意義は決して小さくない。

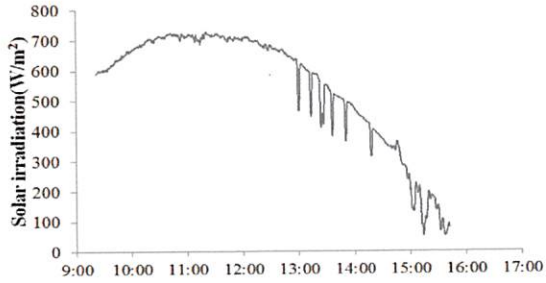


図３ａ　日射強度

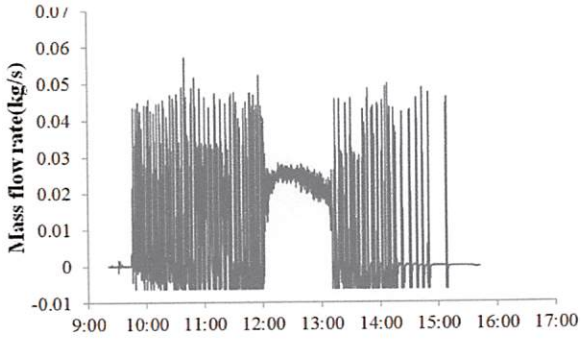


図３ｂ　質量流量

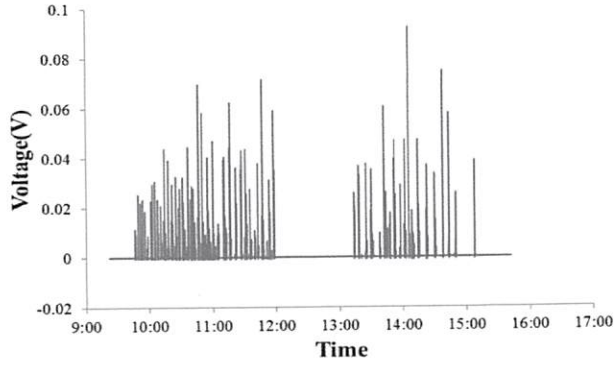


図３ｃ　電圧

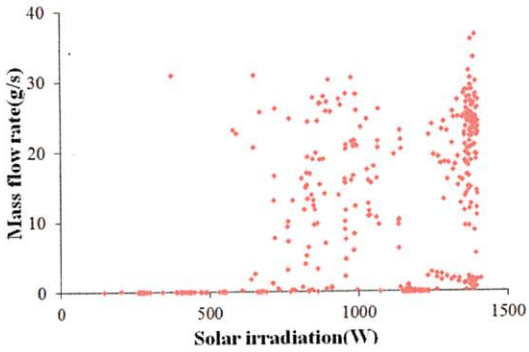


図４　日射強度と質量流量

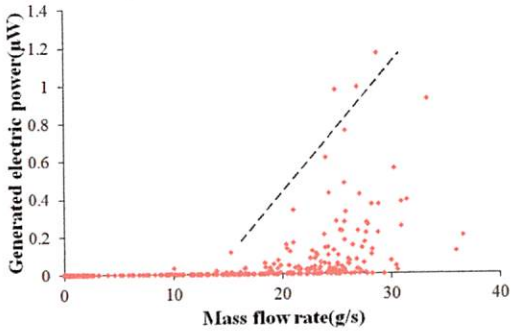


図５　質量流量と発生電力

５．今後の計画

基礎データを蓄積し、投入エネルギーに対する発電出力の予測ができるモデル経験式を構築する。また、メーカーとの接触を図りつつ実用機の仕様検討とその試作へと発展させたい。

６．研究成果の発表

（１）吉田博夫、今田晴彦、萩野直人、“太陽熱サイフォンによる発電の試み（第２報）”、日本機械学会関東支部第 20 期総会講演論文集、CD-ROM 、No.20805、2014.3.14-15.

PV-T シミュレータ

研究者名：機械システム工学専攻　吉田　博夫

１．研究の目的

太陽エネルギーを大量に取り込むためには太陽光発電（PV）パネルならびに集熱器それぞれに大きな面積が必要である。限られた面積で太陽エネルギーを集めるシステムとして PV パネルの背後に集熱器（Thermal collector）を積層した PV-T（Photovoltaic-thermal）ハイブリッド型装置が考案された。本研究の目的は PV-T ハイブリッドシステムの基礎的特性を明らかにすることである。

２．研究の必要性および従来の研究

太陽エネルギーの有効利用促進のためには PV-T システムの基礎研究が不可欠である。従来、実機による野外試験、大型施設を用いたものが多く、実験の性格上基本的な特性の理解が十分とは思われない。近年、PV の内部発熱効果の集熱効率にあたえる影響が論ぜられるようになってきた。基本特性解明のためには実験室規模で再現実験が容易に行える装置が必要である。そこでハロゲンランプを光源とする小型の PV-T シミュレータを完成した。今年度は集熱部を改良し図１のようにパイプではなく水路に水を通して熱移動の計測の精度を高めた。これらの改良により、

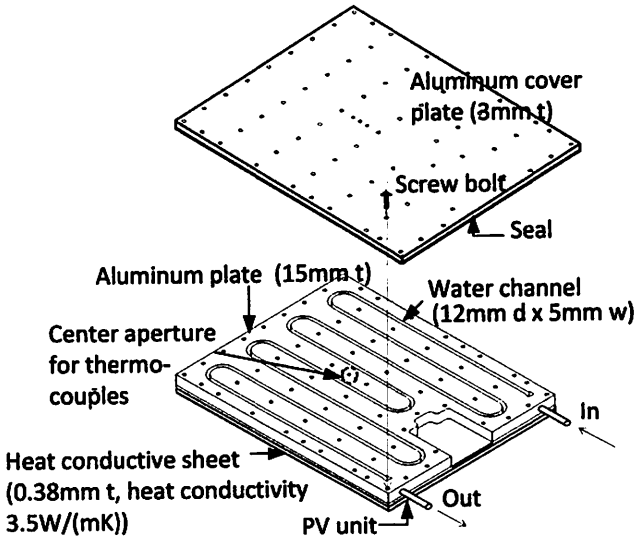


図１　PV-T シミュレータ集熱部

PV の内部発熱効果をより定量的に把握できるようになった。

３．期待される効果

太陽エネルギーを電気と熱の両方を通して利用する技術が提供されることになり、自然エネルギー利用の普及を支援するものと期待される。

4．研究経過および結果

PV-T シミュレータの発電効率η_{PV}、集熱効率η_{th}、総合効率η_{total}を PV 温度の関数として求めた結果を図２に示す。対象とする温度域 30～40℃ではη_{PV}は 4.7～5%、η_{th}は 40～55%、η_{total}は 50～60%となった。発電効率は温度とともに低下している。また、PV の陰になり集熱器の効率は単体の場合より約 40%低下することがわかった。

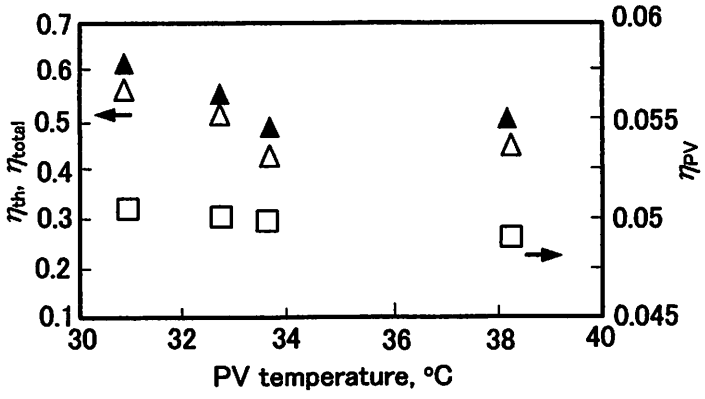


図２　発電、集熱、総合効率 vsPV パネル温度

図３に内部発熱が有る場合（PV 外部負荷接続なし）と無い場合（同外部負荷接続あり）の集熱効率を示す。結果は理論的検討で予想される傾向を示した。理論的検討については成果（１）で詳述したのでここでは繰り返さない。

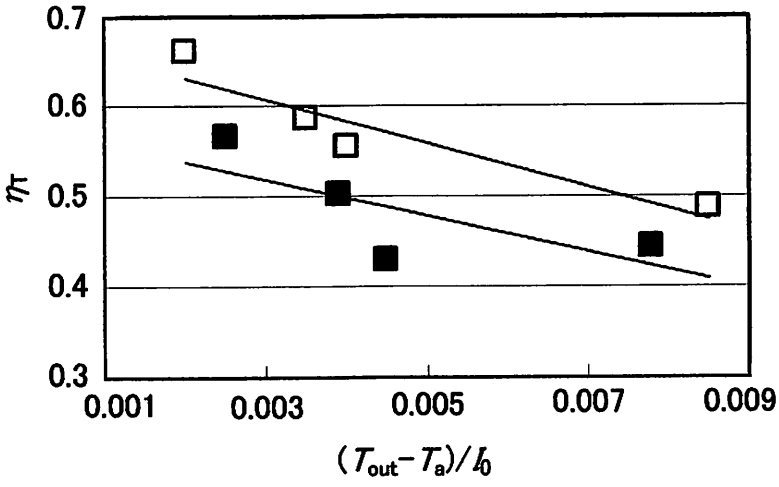


図３　内部発熱がある場合（□）と無い場合（■）の集熱効率

5．今後の計画

開発した PV-T シミュレータを用い、電力出力最大モード、熱出力最大モード、総合効率最大モードなど各運転モードを実現する制御アルゴリズムを検討する。これまでの成果をまとめて学会発表を行う。

６．研究成果の発表

（１）吉田博夫、大道寺重俊、板子一隆、萩野直人、“PV-T シミュレータによるハイブリッドコレクタの特性実験”、日本機械学会第 23 回環境工学総合シンポジウム 2013 講演論文集、No.405、pp.286-287、2013.7.10～12.

間歇充電式新電気バスシステムの研究開発
（路線バスに関するシミュレーション）

研究者名：機械工学専攻　川島　豪

１．研究の目的

著者らは，バス停が地域に分散していることに着目し，低密度分散型の自然エネルギーを有効に活用でき，温室効果ガスの代表である二酸化炭素を排出しない新交通システムとして，20秒程度の乗客の乗降時間を利用してバス停ごとに再生可能エネルギーから発電された電力をバスに給電していく間歇充電式新電気バスシステムを提案，その有効性を模型実験により確認してきた[(1)(2)]．特徴の１つは電気バスを実用化する際に問題となる蓄電装置の重量を軽減できることである．この特徴を生かすには，必要な蓄電装置の搭載量を見積もるシミュレータの開発が不可欠となる．そこで著者らはバス停間の回生エネルギーを含む走行エネルギーを計算するシミュレータの構築手法について提案し，一人乗り電気自動車を改造したバス模型を用いてその有効性を確認してきた[(3)(4)]．しかし，一人乗り電気自動車では乗客数が消費エネルギーに与える影響を確認できない．そこで，乗客数の影響を確認するため，学内で実験できる大きさで乗車人数を変更できるミニバンに注目し，ＥＶコンバートして乗員数の変化が消費電力に与える影響を実験により調べ[(5)]，加速・減速実験を実施してパラメータを決定し，ミニバン用シミュレータを構築してきた[(6)]．本年度は，その成果を踏まえて実際の路線バスのシミュレータを構築し，シミュレーションを実施し，その結果よりバス停における給電システムおよびバスに搭載する蓄電装置などの設計例を示す．

２．研究の必要性および従来の研究

1997 年に京都市で開催された地球温暖化防止京都会議で議決された気候変動に関する国際連合枠組条約の京都議定書において，二酸化炭素に代表される温室効果ガスの削減目標が設定された．しかし，議長国の日本においてその達成が危ぶまれている．その原因の１つは，広く分布しているがエネルギー密度の低い自然エネルギーを有効に活用するインフラの整備が遅れていることと考える．さらに，東日本大震災により，二酸化炭素を排出する火力発電所の稼働が増えていることも問題である．我々は，このように地球温暖化の防止が急務である状況下において，公共交通機関は率先して二酸化炭素削減に貢献すべきであると考える．

その解決策の１つとして，再生可能エネルギーを利用した間歇充電式新電気バスシステムを提案している．その概略図を図１に示す．路線を電気バスで運行すれば二酸化炭素の排出を 50%程度に削減できる．さらに，再生可能エネルギーにより発電された電気で運行すれば二酸化炭素の排出を完全に抑えられる．しかし，Li-ion 電池が蓄えられる質量当りのエネルギーはガソリンの約 1/100 で，搭載できる電池の制約から電気乗用車でも１回の充電による走行距離は 150 km 程度に留まっており，大型バスでは内燃機関ほどの利便性が得られない．一方，「モーダルシフト」に代表されるように環境面から鉄道輸送が見直されている．鉄道は架線より電力の供給を受けるため蓄電装置を

搭載する必要がない．バスではトロリーバスがこれに相当する．しかし，路線全線に張る架線のコスト，架線による大型トラックなどの通行障害，景観への悪影響などの点から，現在，日本では他の車両がほとんど通行せず，環境への配慮が最優先される黒部立山アルペンルートのトンネル区間に２路線残るのみである．これらの問題を解決するシステムとして，電気バスとトロリーバスの長所を組み合わせた間歇給電式電気車両システムが提案されている[7]．停留所にのみ架線を張り，トロリーバスのように集電装置を有する車両が停留所に停車しているときおよび最もエネルギーを必要とする発進・加速時に架線から電力の供給を受けるシステムで，車両には基本的に次の停留所までのエネルギーを蓄えておけばよく，搭載する蓄電装置の量を軽減できるシステムである．さらに，架線は停留所のみに張られることから，ほかの車両の通行障害となることや景観へ悪影響を及ぼすことのないシステムでもある．

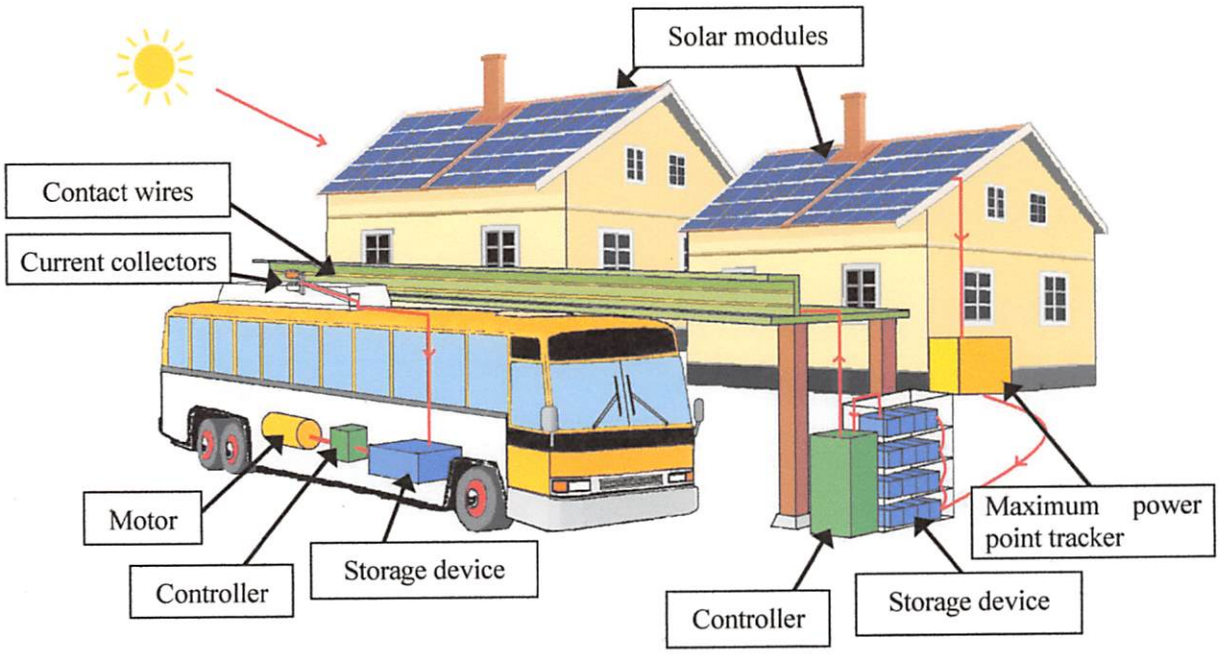


Fig. 1　Illustration of the proposed public transportation system in which an electric bus is charged at every bus stop using power generated from solar energy sources

著者らは，路線バスのバス停が広範囲に分布していることに注目し，間歇給電式電気車両システムが分散型の再生可能エネルギーを有効に活用できると考え，このシステムを発展させ，再生可能エネルギーを利用する間歇充電式新電気バスシステムとして提案してきた．乗客の乗降のためバス停に停車している 20 秒程度の間に，バス停周辺に設置された太陽電池などにより発電されたグリーン電力をバスに急速充電するシステムで，実現すれば運行中に二酸化炭素を全く排出しない公共交通機関となる．このシステムを実現する上での問題点を抽出し解決するため，まず，集電装置を搭載し，鉛電池をキャパシタに交換して DC-DC コンバータによりキャパシタの出力を安定させた一人乗りゴルフカートを用いた模型実験により，システムとしての実現可能性を示すとともに，実際に路線バスの運行に必要となるバス停ごとの太陽電池の面積を試算した[1]．次に，急速充電が必要となるこのシステムの蓄電装置として Li-ion 電池とキャパシタを比較し，それらの搭載量の計算方法を提案，その有効性を Li-ion 電池またはキャパシタを搭載した一人乗り電気自動車による模型

実験により確認した[2]．さらに，急速充電するためのバスとバス停間の制御用信号の通信に架線を利用すると架線の本数が多くなることから，無線式充電電圧制御システムを開発し，実験によりその有効性を確認してきた[3]．そして，単純な間歇充電式電気バスのシミュレータについて構築法を提案し，その有効性を一人乗り電気自動車を用いた実験により確認している[4]．また，バスのシミュレータでは，乗客数の変化を考慮する必要があることから，学内で走行でき，乗員数を変化させられるミニバンに注目し，電気自動車に改造（EV コンバート）して提案しているシステムの実現可能性と乗員数による影響を調べ[5]，加速・減速実験を実施してパラメータを決定し，ミニバン用シミュレータを構築してきた[6]．

類似の交通システムとしては，中国・上海においてキャパシタを搭載したトロリーバスによる架線レス交通システムが実用化されており，「人と環境にやさしい交通をめざす協議会」のホームページで紹介されていた．本研究で提案しているシステムは，自然エネルギーを利用する点と，バス停に停車中のみならず発進・加速時にも電力を供給することで停車時間を短くしている点が異なる．また，日本においても 2008 年春に羽田空港のターミナル間輸送に非接触給電式のハイブリッドバスによる試験運行が実施された[8]が，乗客の乗降時間に合わせた秒単位の給電には至っていない．一方札幌市電において，2007～2008 年の冬にリチウムイオン電池[9]もしくはニッケル水素電池[10]を搭載し，架線のない区間でも電力の供給なしに走行できる２種類のハイブリッド式バッテリートラムの試験運転が実施された．これは，架線区間で充電し，無架線区間を蓄電池により走行するシステムで，既存の路線に新たな路線を延長する場合に架線などの設備コストを抑えることを目的としたものである．

３．期待される効果

ディーゼルエンジンで駆動している路線バスを，二酸化炭素を排出しない間歇充電式新電気バスシステムに置き換えることで，再生可能エネルギーを有効に活用できるようになり温室効果ガスの排出削減に多大な貢献が期待できる．さらに，本システムにより構築された分散型発電ネットワークは，マイクログリッドさらにはスマートグリッドの中核を成しえ，災害時の非常用電源としての役割も担うことができる．また，エネルギーの「地産地消」を具現化するもので，効率的な再生可能エネルギーによる電力供給にも貢献しうるシステムである．加えて，停留所のみに架線を張るので景観への影響が少ない公共交通機関としても期待できる．将来的には，電気自動車が普及するとそこに搭載されているバッテリーの大量廃棄が始まり問題となる．搭載蓄電装置の量が少ない本システムは，このような環境問題にも貢献できるものである．

本年度の成果である実際の路線バスのシミュレータにより路線ごとのエネルギー変化が予測できるようになり，提案している間歇充電式電気バスシステムの設計が可能となった．

４．研究経過および結果

４・１　電気バス用シミュレータ

提案している間歇充電式電気バスシステムにおける最も大きな特徴は，バス停ごとに充電するため搭載する蓄電装置の容量を小さくできることである．すなわち，電気バスが実用化できない最も大きな理由である蓄電装置の容積と重量を減らせることである．この特徴を生かすためには，提案

している電気バスがバス停間で消費するエネルギーを推定し，運転を継続できるだけの容量の蓄電装置をバスに搭載する必要がある．そのためには，消費エネルギーを計算するシミュレータが必要となる．すなわち，バス路線の道路情報（距離と勾配）から路線を加速走行・定速走行・減速走行からなる走行パターンの組み合わせに分割（一般的には信号間）し，各パターンでの最高速度，最低速度およびペダル位置（電気自動車の場合はトルク率となり加速度に関係）を入力し，走行パターンと供給エネルギー，回生エネルギーを出力するシミュレータである．本研究では，路線バスとして用いる電気バスのシミュレータを，実験により性能が確認されているＥＶコンバートしたミニバン用シミュレータ[5]のパラメータを外挿して構築する．したがって，ミニバンに用いたモータのコントローラの特性が踏襲されることになる．

ミニバンには，乗員数を変化させられ，本学で実験できる最大の車両として，Honda Step Wagon を選定した．ガソリンエンジンと燃料タンクを下ろし，Azure Dynamics 社製 AC24LS モータ（連続トルク：36 Nm at 4000 rpm，減速比 12:1 のギアボックス付）および DMOC445 コントローラ（ＥＶコンバート用キット）と 4.95 kWh の Li-ion 電池（44 cells 直列×2 並列：30 Ah/cell：165 V），低電圧回路用 12 V 鉛電池を搭載し，前輪駆動用ドライブシャフトを加工して取り付け，ブレーキ用モータ駆動型コンプレッサを搭載し，各種配線を施してＥＶコンバートを実施した．

シミュレーションモデルにモータや電池などの電気系の動特性を含めることで正確なシミュレータを構築することが可能であるが，同定しなければならないパラメータが膨大になり，多くの時間と労力を費やすことになる．そこで本研究では，電気バスを図２に示す最も簡単な１質点モデルとして扱う．解析モデルの運動方程式は次式となる．

$$m\frac{d^2x}{dt^2}=F-R-(C+K)v-mg\sin\theta \qquad \cdots\cdots(1)$$

ここで，m はバスの質量，θ は道路の傾斜角，F は駆動力（ギアの減速比（12:1）を考慮してモータのトルクより計算される推進力），R は速度に依存しない走行抵抗，v は速度，C は粘性減衰係数，K は速度 v に関する逆起電力定数，そして $mg\sin\theta$ は重力の斜面方向成分である．なお，このモデルの有効性は実験により確認されている[11]．

路線バス用シミュレータは，上式の各パラメータを質量比で外挿することで構築する．すなわち，ミニバンの重量が約 1500 kg，路線バスの重量が約 15000 kg であることから，各パラメータを 10 倍にする．

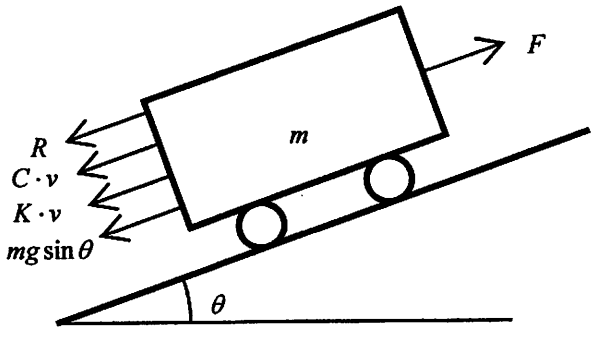


Fig. 2　Analytical model of an electric bus

また簡単化のため，アクセルペダルは床まで踏み込むか離すかのON-OFF的に操作されるものとし，トルク率は100 %, 50 %, 0 %の3段階とする．直線走行では，原則100 %のトルク率で加速するものとし，曲がり角など徐行が必要な場所のみ50 %のトルク率にする．ただし，トルクは設定された最大パワーにより制限されるものとする．ミニバンでは回生ブレーキの起動をアクセルペダルに担わせているため，回生ブレーキもON-OFF的に操作されるものとし，速度が11 km/h以下ではフットブレーキとの併用により一定減速度で減速するものとする．また，回生ブレーキによる回生トルクは最大回生パワーで制限されるものとする．

蓄電装置はLi-ion電池とし，急速充放電を実現するため，電池容量（S.O.C.: State of Capacity)が40 %～75 %で走行するものとする．

減速器での効率を85 %で一定，モータおよびコントローラでの効率も駆動および回生ともに80 %で一定とする．

さらに，信号で毎回停車する訳ではないことから，最低速度を信号では10 km/h，バス停では0 km/hとする．

4・2　路線バスのシミュレーション

本研究では，途中に勾配2.68 %で距離410 m，5.88%で85 mの坂を有する「厚木バスセンター」から「神奈川工科大学前」を経由して「鳶尾団地」に至る路線を選び，往復をシミュレートした．バスの走行を，加速走行，定速走行（距離によってはない場合がある），減速走行を1つのパターンとし，路線を84パターンに分割し，シミュレーションした結果を表1に示す．

シミュレーションより得られた走行距離は16442.9 mで，設定した走行距離16610 mと1.01 %の誤差で一致している．このことよりシミュレータの有効性が確認できる．また走行時間は，バス会社の設定では往路が22分，復路が23分で，停車時間を考慮していないシミュレーション結果と10 %程度の差がある．このことより，電気バスに内燃機関の路線バスと同様の走行をさせるには，登坂において，勾配に合わせた最大パワーの設定が必要であることがわかる．

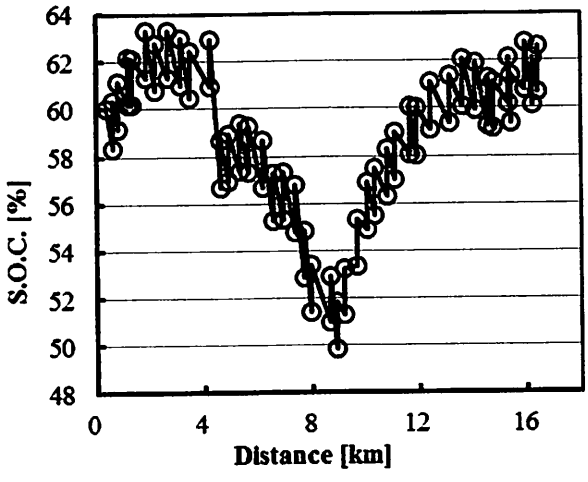


Fig. 3　Change of the state of capacity (S.O.C.)

Table 1 Simulation result for the bus route

Number of Bus Stop	Time [s]	Distance [m]	Energy for Drive [MJ]	Energy for Regen. [MJ]
0	126.4	390.1	2.299	-0.340
1	168.4	620.2	1.888	-0.491
2	206.6	810.3	1.591	-0.419
3	295.9	1200.6	3.235	-0.825
4	330.9	1360.6	1.348	-0.355
5	419.9	1880.8	3.923	-0.928
6	468.2	2180.8	2.267	-0.541
7	565.8	2671.0	3.605	-0.803
8	669.7	3156.3	4.050	-1.055
9	719.9	3476.4	2.349	-0.541
10	833.8	4242.2	8.384	-0.919
11	889.8	4627.3	2.617	-0.541
12	956.6	4922.5	2.483	-0.649
13	1035.3	5337.6	3.325	-0.839
14	1094.3	5687.8	3.757	-0.641
15	1168.4	6197.9	4.792	-0.728
16	1242.6	6578.0	3.028	-0.755
17	1303.1	6938.1	3.788	-0.753
18	1373.8	7378.5	5.240	-0.541
19	1439.2	7723.5	4.448	-0.338
20	1489.7	7953.7	3.223	-0.276
21	1616.8	8693.8	5.043	-1.364
22	1667.7	8924.0	1.548	-0.861
23	1718.6	9179.3	1.227	-1.325
24	1795.8	9679.4	1.907	-1.437
25	1862.6	10029.5	2.407	-0.715
26	1910.8	10349.5	2.016	-0.591
27	1982.9	10799.7	2.348	-0.807
28	2025.9	11074.7	1.691	-0.633
29	2131.5	11685.0	3.801	-1.335
30	2185.0	11905.1	1.666	-0.605
31	2265.2	12435.3	2.829	-0.774
32	2380.0	13145.5	3.606	-2.083
33	2460.8	13595.6	3.339	-0.767
34	2577.0	14105.8	4.191	-1.056
35	2646.6	14556.1	3.365	-0.800
36	2684.2	14741.3	1.552	-0.409
37	2779.7	15331.4	4.270	-0.960
38	2808.7	15441.4	0.929	-0.239
39	2915.8	15961.6	4.302	-1.114
40	2980.6	16241.8	2.355	-0.613
41	3019.7	16441.9	1.669	-0.439
Total			127.700	-32.204

４・３　バス停における給電システムの設計

また，往復で消費されるエネルギーが 95.5 MJ であることから，各バス停では 2.33 MJ を充電すればよいことがわかる．そこで，各バス停での給電電圧を 600 V，架線から充電しながら加速する時間を含む停車時間を 22 s とすれば，177 A を供給すればよいことになる．したがって，1 日に 69 便のバスに電力供給するバス停に設置する太陽光パネルは，定格で 16.3 kW（定格 1 kW の太陽光パネルで 1 年間に 1000 kWh 発電するものと仮定）が必要となる．

４・４　バスに搭載する蓄電装置の設計

次に，電気バスの蓄電装置として Li-ion 電池を考える．3C で急速充電できるものとして，60 Ah のセルを 146 個直列に接続した構成を考える．したがって，総容量は 120 MJ となる．途中で充電しない場合の 1.26 往復分であり，一般的な電気バスに比べて蓄電装置を相当軽量化できることがわかる．走行中の Li-ion 電池の蓄電容量（S.O.C.)の変化を図３に示す．

S.O.C.が 60 %の状態で出発し，駅周辺ではバス停間が短いため S.O.C.が増加していく．4 km と 8 km 付近で S.O.C. が大きく低下しているのは登坂によるものである．折り返し場所での S.O.C.は 50 %以下に低下しているが，復路における下り坂での回生により，出発地点に戻るまでには 60 %に回復している．以上の結果より，推定された電池容量で連続運行が可能であることが確認できる．また，1 往復での充放電エネルギーが 127.7 MJ で，電池の総容量とほぼ等しいことから，電池の寿命が満充放電で 3000 サイクルであれば，3000 往復運行可能，さらに S.O.C.が 50～64 %で使用することからそれ以上の運行が可能であると推定できる．

４・５　まとめ

間歇充電式電気バスシステムにおける電気バスの蓄電装置の容量を少なくでき，バスを軽量化できるという特徴を生かすため，バス停間のバスの消費エネルギーを計算するシミュレータを，ＥＶコンバートしたミニバン用シミュレータのパラメータを質量比で外挿して構築した．そして，シミュレーションを実施し，その結果よりバス停における給電システムおよびバスに搭載する蓄電装置などの設計例を示した．

５．今後の計画

構築したシミュレータの精度を上げるため，多くの条件で実験できる一人乗り電気自動車を用いてパラメータ推定を続け，一人乗り電気自動車のパラメータを外挿して路線バス用シミュレータを構築，バスに搭載する蓄電装置の容量ならびにバス停における給電電力と必要な太陽電池パネルの容量を推定する．さらに，非接触給電に向けた基礎実験を実施する予定である．

６．研究成果の発表

国際会議（査読付き）

１．Takeshi KAWASHIMA, "Basic Research on a Novel Zero Emission Public Transportation System (Demonstration Experiment, and Design of Bus-mounted Storage Device and Charging Facility at Each Bus Stop)", *Proc. KAIT International Symposium 2013*, Atsugi, Kanagawa, Japan (2013-8), pp.83-87.

国内会議

1．川島豪，”太陽エネルギーを利用する間歇充電式電気バスシステムに関する基礎研究（シミュレータの開発と搭載蓄電装置の容量に関する検討）”，*第 23 回環境工学総合シンポジウム講演論文集*，東京，日本機械学会 (2013-7)，No.402，275-278.

参考文献

（1） Takeshi KAWASHIMA and Ichiro FUJIOKA, "New Public Transportation System with Bus Charged Intermittently at Every Bus Stop Using Green Energy (Model Experiment Using Golf Cart)", *J. Environment and Engineering*, Vol.3, No.2 (2008), pp.374-384.

（2） Yasuro HASEO and Takeshi KAWASHIMA, "Basic Research on a Novel Zero-Emission Public Transportation System (Design of Charge-Boosting System for an Electric Bus System Charged at Every Bus Stop)", *J. Environment and Engineering*, Vol.5, No.1 (2010), pp.168-182.

（3） 川島豪，長谷尾康朗，”二酸化炭素排出ゼロを目指した新公共交通システムに関する基礎研究（無線による充電電圧制御システムと実験車両用シミュレータ）”，*第 20 回環境工学総合シンポジウム講演論文集*，No.419 (2010-6)，277-280.

（4） 川島豪，”間歇充電式バスシステムに関する基礎研究（シミュレータの開発）”，*Dynamics and Design Conference 2011 CD-ROM 論文集*，No.212 (2011-9).

（5） Takeshi KAWASHIMA, "Basic Research on an Electric Bus System Charged Quickly at Every Bus Stop Using Green Energy (Demonstration Experiment Using EV Converted Minivan)", *Proc. JSME 2012 11th Motion and Vibration Conference joint with the ASME 2012 5th Annual Dynamic Systems and Control Conference*, Fort Lauderdale, Florida, USA(2012-10), pp.2352-2359.

（6） 川島豪，”太陽エネルギーを利用する間歇充電式電気バスシステムに関する基礎研究（シミュレータの開発と搭載蓄電装置の容量に関する検討）”，*第 23 回環境工学総合シンポジウム講演論文集*，No.402 (2013-7)，275-278.

（7） 藤岡一路，”間歇給電式電気車両システムおよび電気車両”，特開 2005-86876.

（8） http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha08/09/090206_3_.html.

（9） 小笠正道，田口義晃，前橋栄一，架線レス LRV の開発，*Railway Research Review*, Vol.65, No.2 (2008-2), pp.22-25.

（10） 秋山悟，低床電池駆動路面電車（SWIMO）（架線なしでスイスイ走る，人に・地球に優しい次世代 LRV），*日本機械学会誌*，Vol.111, No.1075 (2008-6), pp.468-469.

（11） 川島豪，自然エネルギーを利用した間歇充電式電気バスシステムに関する基礎研究（EV コンバートしたミニバンによるシミュレータの開発）”，*Dynamics & Design Conference 2012 論文集*，No.353 (2012-9).

水素エネルギーの利用

研究者名：工学研究科機械工学専攻　准教授　矢田直之

1．研究の目的

平成24年度は、蓄エネルギー材として水素ガスを提案し、その基礎実験について報告を行った[1]。本年度の報告では、平成26年1月から3月にかけて静岡県袋井市において実験を行った、水素ガスを直接燃焼させて燃料として利用する方法について研究成果を記述する。

農業分野においては、冬期における温室の暖房(加温)に使用する燃料が、経済的にも環境的にも大きな問題として指摘されている。冬場においても昼間の時間帯には、太陽エネルギーを直接取り込むことにより温室内は植物の育成に適した温度になるが、夜間および荒天時においてエネルギーを確保することの困難さを挙げることができる。そのため、太陽エネルギーの恒常的な利用には蓄エネルギーが必然的に必要となる。本研究所ではそのための蓄エネルギー剤として水素ガスに着目した。すなわち、太陽光発電によって得られた電気エネルギーにより、水の電気分解を原理とした水素発生器を稼働させ、発生した水素を水素吸蔵合金ボンベに蓄えることで、夜間や荒天時は、吸蔵合金ボンベに蓄えられた水素を利用して、燃料電池による発電や燃焼させることによる熱エネルギーを得ることが可能となる。

本年度は年度末の冬期期間において、静岡県袋井市にある実際の農家にご協力をいただき、水の電気分解による水素発生装置を夜間に稼働させ、同時に専用の燃焼機で燃焼させて室内の加温状況を計測した。図1は、本研究で使用したガラス製の温室である。

サイズ　5.85 m × 24.7 m × 3.55 m

ガラス温室外観

図1　本研究で使用したガラス温室（静岡県袋井市）

2．研究の必要性および従来の研究

従来から太陽光発電および太陽エネルギーの熱利用に関しては、太陽エネルギーが確保できない

時期のエネルギーの供給が大きな欠点として指摘されており、それに対抗する蓄電および蓄熱技術の開発が必要不可欠であった。現在実用化が進んでいる蓄電技術としては、太陽光発電で得られた電気エネルギーをバッテリーやキャパシタで蓄える方法であり、蓄熱技術としてはタンクに封入された水や断熱素材などを蓄熱媒体として活用する方法が存在する。

本研究では、蓄エネルギー技術の媒体として注目されている水素ガスを直接燃焼させて、エネルギー源とすることに着目した。水素ガスは安全に蓄える技術にいくつかの欠点を有しているが、その欠点を克服するため、本研究では水を電気分解する水素発生装置と燃焼装置を同時に使用することで、水素を蓄えずに燃焼させるシステムを考案し、実際に使用されているガラス温室での実証実験を行った。なおこの研究テーマは、本研究グループで大規模温室において過去に実験を行っており、その成果は国際シンポジウムにおいても報告した(1)。

３．期待される効果

太陽エネルギーの利用は、地球温暖化防止すなわち二酸化炭素の排出削減の実用化が進んでいる方法の一つである。そして、その欠点を補うための水素を蓄エネルギー材、または直接の燃焼ガスとして使用する実証実験は、今後の太陽エネルギーの利用に大いに資するものと考えている。

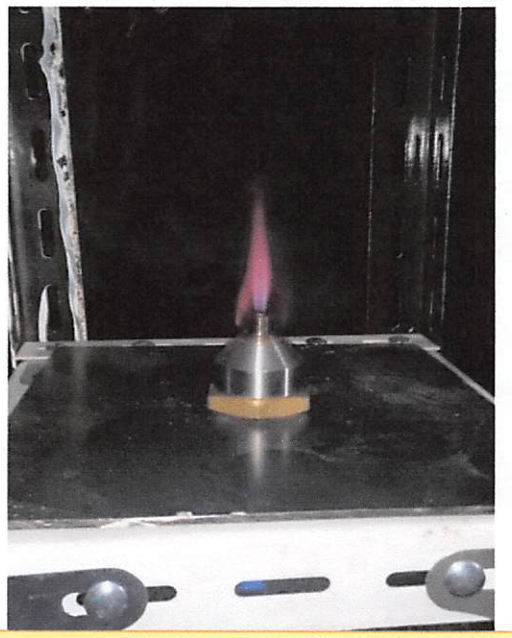


図２　燃焼ノズル外観

また、従来扱いにくい燃焼性ガスとして実用化が進まなかった燃料としての水素ガスについても、その貯蔵に関する安全性や燃焼エネルギーから見た有効性を実際に明らかにすることは、今後の水素エネルギーの発展にも大いに寄与すると考えられる。

４．研究経過および結果

平成２５年度前半は、農業用温室の暖房に水素燃焼を使用して実際に水素燃焼装置を設計・製作した。数種類の燃焼用ノズルを試作、検討した結果、最終的に図２に示すような２重構造の燃焼器を採用して実証実験に臨んだ。

図２において、ノズルの中央部からは酸素を放出させて燃焼器の火力の増加を図っており、燃焼ガスである水素は中央のノズルを囲むような形で３カ所の穴から放出されている。

本研究で使用した実験装置の概略を、図３に示した。

図３においてＡで示した装置が水を電気分解することで水素を得ることが可能な水素発生器であり、燃焼ガスとしての水素を最大で１分間に３リットル発生させる。実験では水素発生器によって１分間に約２リットルの水素を発生させ、同じ水素発生器から放出される酸素（１分間に約１リットル）を燃焼器Ｆに送り、そこで図２に示すように燃焼させた。

水素および酸素の供給量は、Ｅの流量計で計測し、温室内の温度および湿度の測定データは５分ごとにデータロガーで収録した。また、図３のC1およびC2は、温室内温度および外気温をそれぞ

れ計測するために設置した白金抵抗温度計である。

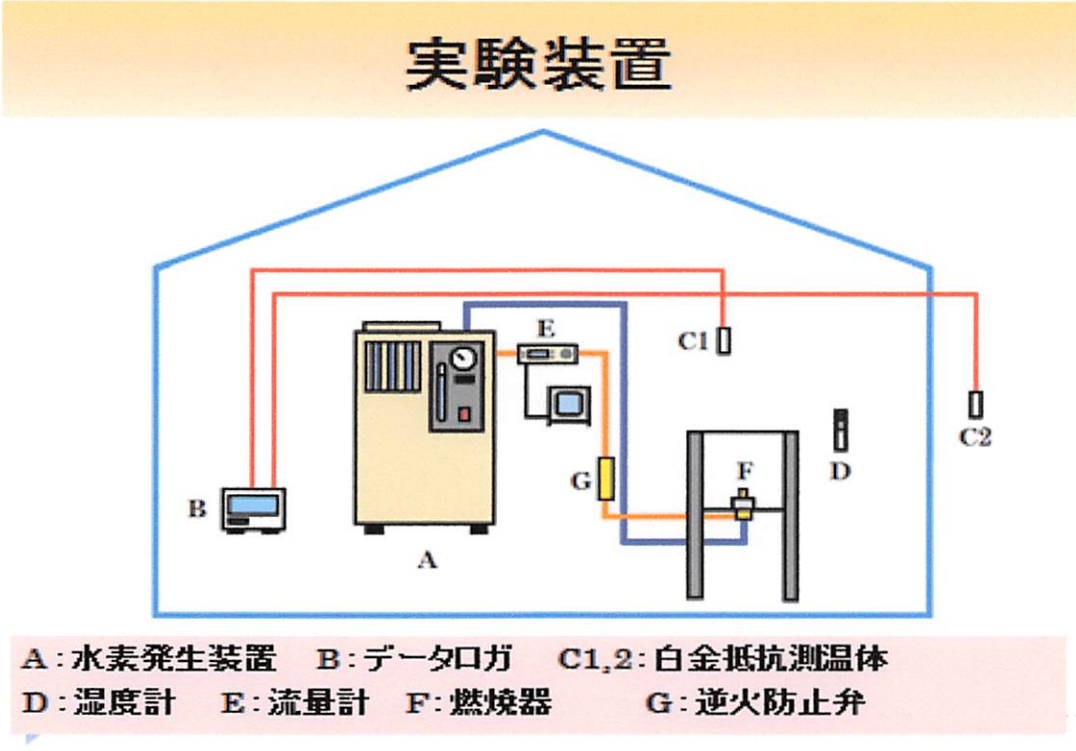


図３　実験装置概略

実験は、日没約１時間後の夜間に 150 分間水素発生装置および燃焼器を稼働させて水素エネルギーによる温室の暖房実験を行った。図４に実験結果の一例を示した。

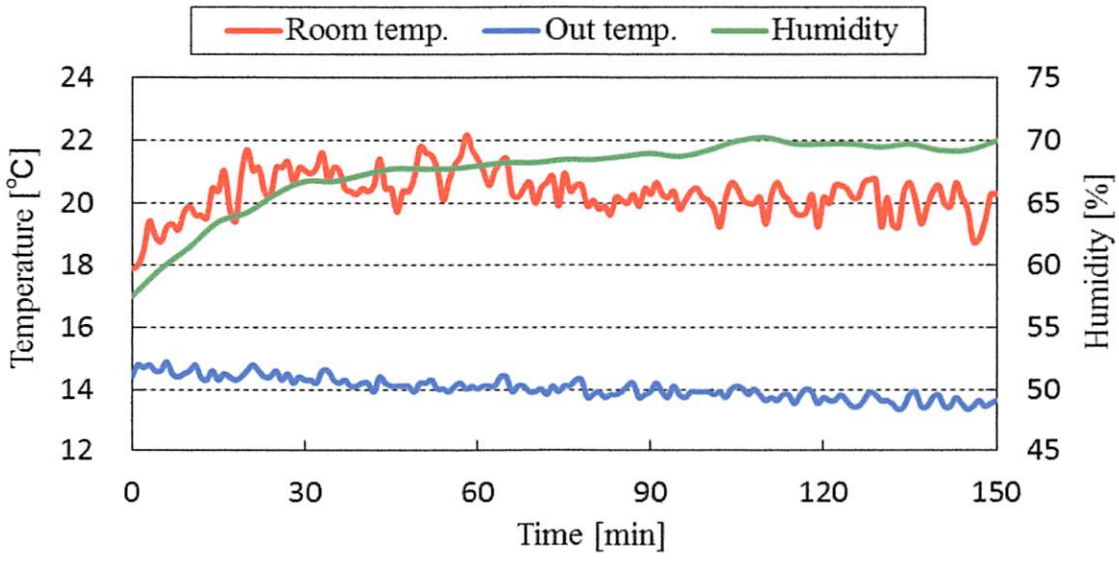


図４　３月１１日夜の実験結果

図４から明らかなように、実験開始時から外気温は徐々に低下している。その一方で、室内の温

度は実験開始後 30 分までの間に大きく上昇し、実験終了時の 150 分経過後まで外気温よりも約 6 ℃ 高い温度で保たれていることが分かる。また湿度に着目すると、実験開始後 30 分までは、大きく湿度の値が上昇しているが、その後は実験終了時まで約 70 % の湿度で安定していることが分かる。

今回の実験では、水素の供給量が温室の大きさに比して十分でなかったものの、実験を行った地域が静岡県袋井市という比較的温暖な地域であったため、植物の育成に十分とされる 20 ℃ を保つことができたが、より気象条件の厳しい地域および広い温室を暖房するためには、本研究以上の水素供給および燃焼が必要であるものと予想される。

５．今後の計画

平成２６年度は、本研究の実証実験結果を踏まえ、より厳しい気象条件における水素燃焼による暖房性能を明らかにするため、北海道帯広市により大型の水素発生装置を持ち込み、再度実証実験を行う。また、本研究では温度制御に関するシステムを組み込まなかったので、平成２６年度の実験では、水素発生装置に温度に応じた、発生量調節機能を組み込む計画である。さらに得られた実験結果を、以前に行われた大型農業用ビニルハウスにおける水素エネルギーの実証実験(1)と比較・検討することにより、燃料としての水素の利用に関する実用化に貢献したいと考えている。

６．研究成果の発表

平成２６年度は、前年度(2)に引き続き「水素エネルギー協会大会」（東京大学）や「International Workshop on Environment & Engineering 2014 (IWEE2014)」（つくば市）で、成果の一部を公表する予定である。

参考文献

(1) Naoyuki Yada and Takeshi Yamazaki, “Test operation of hydrogen-fueled heating system for large plastic-covered greenhouse”, *Proceedings of Renewable Energy 2010 (RE2010)*, P-Hf-28, Yokohama (2010, 6/27-7/2).

(2) 城倉祐太郎、三井美佳、深瀬元博、矢田直之, 「小型暖房用燃料としての水素エネルギーに関する研究」、第３３回水素エネルギー協会大会予稿集（東京）、pp. 17-20 (A05), (2013 年 12 月).

水素と植物油を利用した移動体の開発

研究者名：機械システム工学専攻　高橋　良彦

1．研究の目的

自動車は非常に便利な道具である。日本でも、地方に行くと自動車の利用が生活の基本スタイルとなっており、自動車が無くなると、病院にも学校にもスーパーにも行けなくなり、生活が成り立たない。2011年3月11日に発生した東日本大震災では、電気等インフラが使えなくなると同時にガソリンが流通せず、自動車が使えなくなり、震災被害地は孤立状態となった。生命の危機に直面する場面等もあり、震災被害地では、ガソリンの流通を待ち望んでいた。もし、自動車がガソリン等の化石燃料を使わず、再生可能な自然エネルギーで走行ができれば、震災があっても、自動車を利用でき、地域の孤立状態を防ぐことができたと思われる。

一方で、自動車は、一般的にガソリン等の化石燃料を利用して走行するため、二酸化炭素等の地球温暖化ガスを排出し、地球温暖化の大きな原因となっていると言われている。もし、再生可能な自然エネルギーで自動車が走行可能であれば、二酸化炭素の排出を低減させることができ、地球の生態系を良好に維持することもできる。

そのような背景から、太陽エネルギーを利用した移動体(自動車)の開発を試みることとした。太陽エネルギーは、偏在しておらず、地球上どこでも利用可能であるという大きな利点を有している。太陽エネルギーとして具体的には、水素と植物油の利用を検討している。水素は、太陽電池で発電した電気を用いて水を電気分解して生成し、タンクに保存することができる。移動体は、その生成した水素を利用して燃料電池で発電して電気自動車を走行させる。このような電気自動車は、燃料電池電気自動車と呼ばれている。燃料電池は高価であり、そのことが燃料電池電気自動車の普及の妨げとなっていることから、我々は小型の燃料電池を用いた燃料電池電気自動車(micro FCV と命名)を開発している。

別の太陽エネルギーの利用として植物油が考えられる。ヒマワリや菜の花等の種から搾り出した植物油を利用してディーゼルエンジンを動かし移動体を駆動する。ディーゼルエンジンは駆動時に二酸化炭素を排出するが、植物は成長時に二酸化炭素を吸収するため、相殺される。この考え方は、カーボンニュートラルと呼ばれる。燃料として、育てた植物から直接自分で絞った油、あるいは家庭で使用された植物油の排油も利用可能である。震災時に、家庭用植物油で自動車を動かせれば、地域を孤立させないですむ。

我々は、ディーゼルエンジン発電システムと電気自動車を組み合わせたハイブリッドシステムを検討している。ディーゼルエンジンで発電した電気で走行できるのみではなく、バッテリーを搭載しており、通常の電気自動車としてバッテリーで走行も可能である。各種の自然エネルギーを利用して発電した電気をバッテリーに充電して走行もできる。例えば、太陽電池した電気も利用できる。我々は、bio EV と命名して開発を進めている

本報告では、以上に述べた小型の燃料電池を用いる小型燃料電池電気自動車と、植物油を用いた

2．研究の必要性および従来の研究

太陽エネルギーを利用した移動体の開発は、地球温暖化を防ぎ地球の生態系を良好に維持するため、そして有限である化石燃料の使用を抑えるため、そして震災時等非常時に地域を孤立させないために、非常に重要である。本研究では、太陽エネルギーを利用した移動体の具体例として、水素を利用した小型燃料電池電気自動車(micro FCV)と、植物油を利用してディーゼル発電して走る電気自動車(bio EV)を開発している。

燃料電池電気自動車は、多くの企業で研究開発されているが、100kW 程度の大出力の燃料電池を用いているため、非常に高価であり、実用化には長い年月が必要と言われている。我々が提案しているシステムは、小型の燃料電池を用いるため、実用化までの年月を短縮することができる。また、植物油を利用したディーゼル自動車も一部で研究されている。我々の提案している bio EV は、電気自動車とのハイブリッドシステムとすることで、各種自然エネルギーも利用しやすくする。一般的に、バイオ燃料は、植物油をエステル化により粘度を下げ、さらに軽油に 5%程度混合させて用いる。我々は、製造工程の簡素化と低価格化のため、絞った植物油あるいは排油をエステル化せず、直接に使用する予定である。

3．期待される効果

太陽エネルギーを利用した移動体の開発は、地球温暖化を防ぎ地球の生態系を良好に維持すること、有限である化石燃料の使用を抑えること、そして震災時等非常時に地域を孤立させないこと等ができる。具体的には、小型燃料電池電気自動車(micro FCV)は、小型低価格の燃料電池を利用するため、実用化までの開発期間を短縮できる。また、植物油を利用してディーゼル発電して走る電気自動車(bio EV)は、家庭用植物油で走行が可能であり、カーボンニュートラルシステムが構築できる。絞った植物油あるいは排油をエステル化せず、直接に使用すると、燃料の価格を低く抑えること、あるいは個人的に絞った植物油を直接使用できる。

4．研究経過および結果

小型燃料電池電気自動車(micro FCV)は、システムがほぼ完成して、走行が可能な状態となっている。2012 年 7 月末に、秋田県大潟村スポーツラインにて長時間長距離試験走行を実施し、3 日間で 375km を走行した。車両全体機械系、車両全体制御系、計測制御系、後輪駆動機械系、後輪駆動制御系、燃料電池制御系、水素配管系等が完成している。[1-10, 12-14]

植物油を利用してディーゼル発電して走る電気自動車(bio EV)は、試作第一号がほぼ完成した。エステル化していない市販天ぷら油を直接に用いて、2013 年 8 月に秋田県大潟村スポーツラインにて長時間長距離試験走行を実施し、3 日間で 150km を走行した。

種々の問題点の発掘が出来たため、その対策を行う。特に、市販植物油が燃料噴射弁(インジェクター)にカーボンとして付着したため、時々分解して除去する必要があった。今後は、燃料の加温システム等の開発を行い、カーボン付着の低減をおこなう。また、植物油の使用済排油を用いた実験も行う。別途、菜の花やひまわり等の植物の栽培も行い、植物を用いた持続可能社会の教育モデル

構築も目指す[16, 17]。

単三充電電池を用いた小型電気自動車競技会を実施して、太陽エネルギーを利用した電気自動車教育モデルの構築も目指す[11, 15]。

5．今後の計画

小型燃料電池電気自動車(micro FCV)ついては、実験結果の整理と論文化を行う。植物油を利用してディーゼル発電して走る電気自動車(bio EV)については、各システム部の改良を行い、安定走行を目指す。各種の植物油を利用したディーゼル発電を行い、問題点の抽出とその問題点の解決を行う。植物の栽培も行い、植物を用いた持続可能社会の教育モデル構築、そして単三充電電池を用いた小型電気自動車競技会を実施して、太陽エネルギーを利用した電気自動車教育モデルの構築も行う。

6．研究成果の発表

国内の日本機械学会や太陽エネルギー学会、そして IEEE 関係の国際会議等で論文発表を行う。

参考文献

[1]高橋良彦、西村一郎、小型燃料電池電気自動車を用いた環境システム教育、燃料電池、vol.9, no.1, pp.128-131 (2009)

[2]Y.Takahashi, S.Matsuo, and K.Kawakami, Energy control system of solar powered wheelchair, Solar Energy, Intech, pp.131-144 (2010)

[3]高橋良彦、西村一郎、20W 級燃料電池を用いた一人乗り超小型燃料電池移動システム(Pico FCV)を用いたエコラン競技会、燃料電池、vol.10, no.2, pp.113-121 (2010)

[4]Y. Takahashi, K. Hirayama, K. Iwaki, H. Suzuki, and T. Tanaka, Optimum Ecology Driving for Electrical Vehicle and Fabrication of Small Fuel Cell Electrical Vehicle, IEEE Int. Conf. on Sustainable Energy Technologies, pp.631-636 (2008)

[5]Y. Takahashi, Ultra Light Weight Fuel Cell Electrical Vehicle (UL-FCV), IEEE Int. Symposium on Industrial Electronics, pp.189-194 (2009)

[6]Y.Takahashi, and S. Matsuo, Running Experiments of Electric Wheelchair Powered by Natural Energies, IEEE Int. Symposium on Industrial Electronics, pp.945-950 (2011)

[7]S.Yamaguchi, T.Yamazaki, Y.Namekawa, R.Nakajima, and Y.Takahashi, Running Experiments and Energy Saving Running Simulations of Practical Single Person Operated Ultra Small Fuel Cell Vehicle (micro FCV), ISES Solar World Congress, pp.149-160 (2011)

[8]T.Yamazaki, Y.Namekawa, S.Yamaguchi, R.Nakajima, and Y.Takahashi, Control System and Purging Effects of Practical Single Person Operated Ultra Small Fuel Cell Vehicle (micro FCV), ISES Solar World Congress, pp.101-109 (2011)

[9]Y.Namekawa, S.Yamaguchi, T.Yamazaki, R.Nakajima and Y.Takahashi, Mechanical Designs and Fuel Cell Temperature Characteristics of Single Person Operated Fuel Cell Vehicle with

1kW Fuel Cells (micro FCV), ISES Solar World Congress, pp.121-132 (2011)
[10]Y.Takahashi, and Y.Kaji, Measurements of Metal Hydride Hydrogen Tank used for Hybrid Electrical Chair with Photovoltaic and Fuel Cell, IEEE Int. Conf. of Sensing Technology, pp.478-483 (2011)
[11]Y.Takahashi, Step-by-Step Mechatronics Programming Learning for Solar Energy Education, Int. Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET), 6 pages (2012)
[12]S.Yamaguchi, T.Yamazaki, Y.Namekawa, and Y.Takahashi, Hybrid Energy Control Using DC-DC Converter for Single Operator Fuel Cell Vehicle, IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), pp.1188-1193 (2012)
[13]T.Yamazaki, Y.Namekawa, S.Yamaguchi, and Y.Takahashi, Dual Drive Train for Single Operator Fuel Cell Vehicle, IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), pp.1182-1187 (2012)
[14]Y.Namekawa, S.Yamaguchi, T.Yamazaki, and Y.Takahashi, Running Management of Single Operator Fuel Cell Vehicle, IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), pp.1176-1181 (2012)
[15]Y.Takahashi, and K.Uda, Ultra-Small Electric Vehicle Competition Using Small Rechargeable Batteries – pico-EV Eco Challenge 2012 -, Int. Conf. on Control, Automation and Systems, pp.498-503 (2012)
[16] Y.Takahashi, and K.Uda, Project Based Learning using Natural Energy Powered Small Electric Vehicle for Sustainable Technology Education, IEEE Int. Conf. on Control, Automation and Systems, pp.788-793 (2013)
[17] Y.Takahashi, and K.Uda, pico-EV Eco Challenge in Japan: Administration, Int. Conf. of the Portuguese Society for Engineering Education, pp.1-4 (2013)
[18] K.Uda, and Y.Takahashi, Trail Production of Ultra-Lightweight and Small EV: pico-EV using Bamboo Fiber Laminated Plates, Int. Symp. on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics, pp.1-6 (2013)
[19] 高橋良彦、佐々井博岳、坂口正樹、松本亮、植物油を利用したシリーズハイブリッド電気自動車のコンセプト設計、太陽エネルギー、vol.40、no.1、pp.13-18 (2014)

学内使用・創生電力見える化

研究者名：情報工学専攻　田中　博

1．研究の目的

2011年3月に東日本大震災後の原子力発電の稼動停止や環境保全などの意識の高まりから、節電、電力利用の最適化やピークカットなどの電力使用に対する要求が高まっている。本学でもこれら学内外の動向を踏まえ、本学における省エネを含めたエネルギーマネージメントとして、エネルギーシステムやエネルギー地産地消に向けた検討を先進太陽エネルギー利用研究所として取り組んでいる。H24年度は学内使用電力見える化システムの開発、H25年度は、前年度開発したシステムの定常運用による使用電力データの取得とともに、本学E4号館屋上での太陽電池による発生電力とその環境への効果の見える化システムを開発した。

2．研究の必要性および従来の研究

節電、電力利用の最適化やピークカットなどを行うためには、電力使用状況のモニタリングが必須である。モニタリング、データ蓄積とその解析によって、電力利用の運用方法や利用形態に反映していくことになる。電力見える化は、多くの自治体や大学でも取り組みが活発化している[(1)、(2)]。しかし、規模、電力の利用形態や制約は異なり、またその取得データの利活用の考え方、方法にも相違があると考えられる。この意味で、個々にモニタシステムへの要求は異なり、それぞれに利用目的を踏まえた設計、構築が必要となる。また、最適な電力利用のための検討に資するために、開発システムを定常的に安定的に運用し、そのデータを蓄積していくことが重要となる。加えて、電力利用状況のリアルモニタリングは、契約電力を踏まえた電力使用のためにも必須である。

一方、創生電力の可視化も広く行われつつある[(3)]。電力利用の最適化のためには、使用電力、創生電力を一元的に管理することが必要と考えられ、このため本学の太陽電池を用いた電力創生システムの電力見える化の開発に取り組んだ。あわせて、その創生電力がどの程度の規模のものなのか、CO2削減効果への寄与など、具体的な効果についても明示する必要がある。

3．期待される効果

電力使用状況のリアルタイムでの可視化によって、その状況を遅延なく、かつ直感的に把握できる。したがって、電力使用に対する学内の意識向上に寄与できると考えられる。特に、夏季など使用電力がピークに達する場合など、利用に関して一定の歯止めが期待できる。4章に述べるように、実際にピーク電力が契約電力を超過する可能性を予測し、抑制対策を取ることができた。

また、使用電力のモニタに加え、学内創生電力の表示により、それらのバランスの状況、創生電力による環境への寄与などを知らしめることができ、結果として節電に対する意識を高めることが期待できる。

4．研究経過および結果

H24 年度では前述の通り、「学内使用電力の見える化」システムの設計と構築、H25 年度は見える化システムの運用と使用電力データの取得と基本解析、および「学内創生電力見える化」システムの開発を行った。以下に H25 年度に実施した主なポイントを示す。

4.1　電力見える化システムの定常運用

H24 年度に開発した「電力見える化システム」の定常運用を行った。管財課と協力して学内停電時、無線 LAN システムの不安定が原因と思われる通信の不具合時に対処し、定常的なシステム運用を行い、PC や携帯端末でのリアルタイムモニタリングを実現し、学内にモニタを設置している（図 1）。

契約電力である 3000kW（昨年 12 月に 3500kW に変更）を超過する可能性が高くなった場合の臨時・緊急対策を本学管財課が主体となって事前に取り決めている。モニタリングシステムの状況から、その対策が採られた 2013 年 7 月 12 日（金）の使用電力状況を図 2 に示す。この時は、管財課が午前中の使用電力状況から 13～14 時の間で 3000kW を超える可能性が高いと判断し、学内に状況を告知し節電協力を呼び掛けるとともに、電力管理の立場から事前に緊急時対応として決めている処置をとった。本事例が示すように、実際の電力運用対応に供している。

K2　1F　掲示板（周期的に表示）　　K1　1F　専用ﾀﾌﾞﾚｯﾄを配置

図 1　「学内使用電力見える化システム」によるモニタリング状況

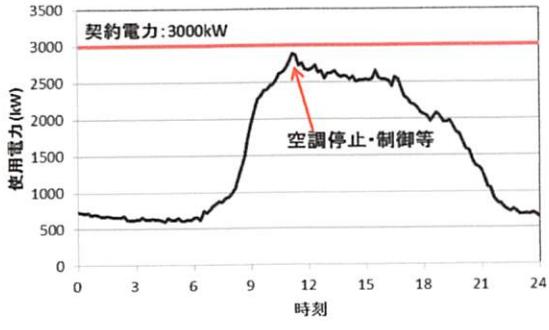


図 2　使用電力ピーク削減対応時の使用電力状況

4.2　学内使用電力状況[4]

最適な電力利用、ピークカットのためには、まず現状を把握する必要がある。そのため、定常運用時における収集データから月ごと、曜日ごと、時間帯ごとの使用電力量としてデータを整理した。それらの結果を図 3、4、5 に示す。この結果から 1 日当たりの使用量という観点でみると

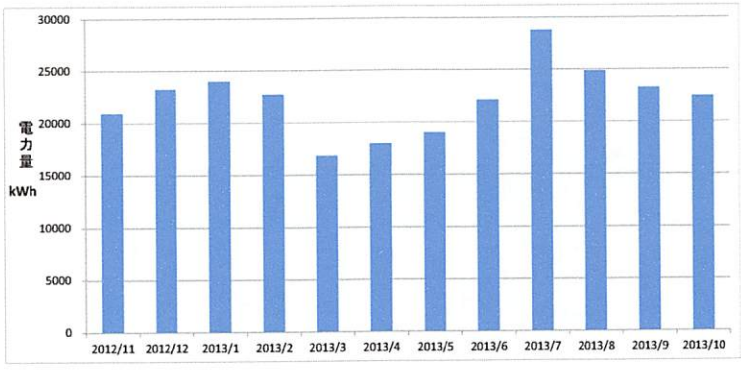


図3　各月の1日当たりの電力使用量

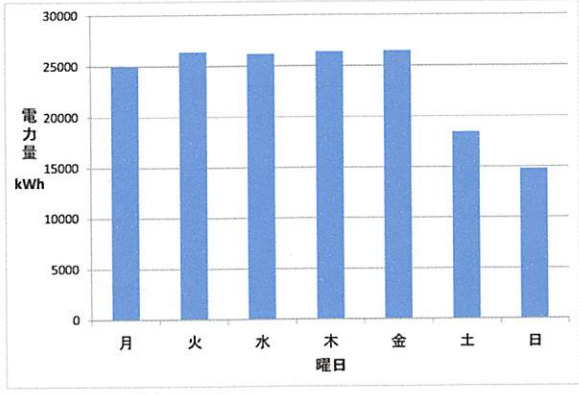


図4　各曜日の1日当たりの電力使用量

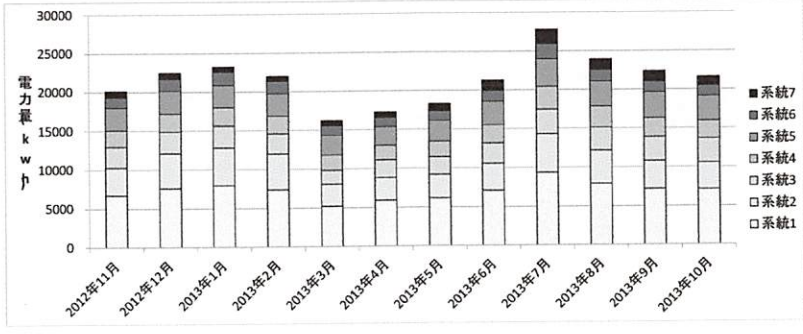


図5　時間帯ごとの電力使用量

・7月の電力使用量が最も大きく、3月の1.5倍程度となっていること

・平日はほぼ同じ電力使用であること、土曜日は平日の約7割、日曜は6割程度の使用量であること

・9時～18時の9時間で1日の5～6割の電力を使用していること、深夜から早朝（0時～6時）でも15%前後の使用があること

が明確になった。これらのデータは、今後のピークカットや夜間蓄電等を検討していく上での基礎データとなると考えられ、引き続き定常運用を行っていく予定である。

4.3　学内創生電力見える化システムの開発

H25 年度は上記「使用電力見える化システム」の定常運用と並行して、「学内創生電力見える化システム」の開発を行った。E4 号館屋上に設置されている太陽電池からの発生電力を使用電力見える化システムと同様にクラウド内に格納し、リアルタイムでモニタリングするしくみであり、システム構成を含めた開発の考え方は同様である。開発システムの基本構成を図 6 に示す。クラウド内に新たに創生電力格納のためのエリアを確保し、他は使用電力と同様である。

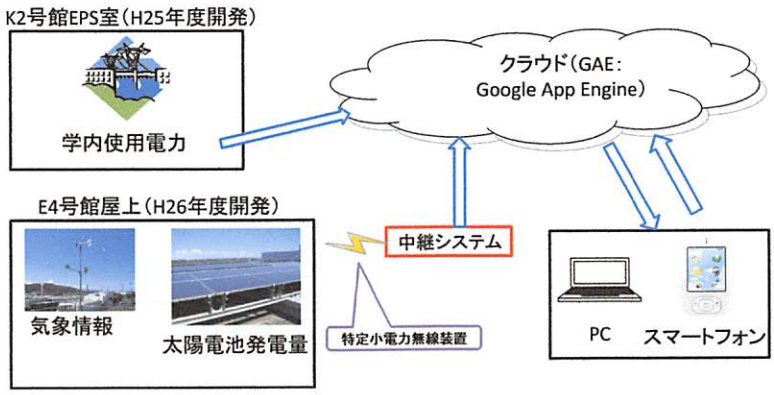


図 6　学内創生電力見える化システムの構成

モニタ画面の状態を図 7 に示す。使用電力と同様、10 分間隔で創生電力を表示している。ここで、創生電力、その電力に対応する蛍光灯の本数、およびその日の発電電力量とその CO2 削減効果を示し、発電効果が把握しやすいように配慮している。モニタ設置状況を図 8 に示す。

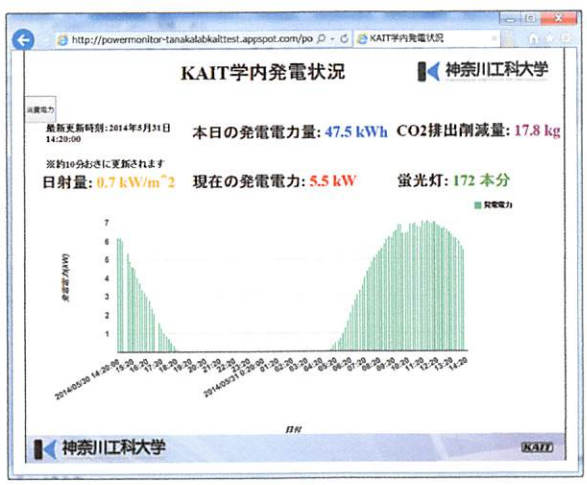


図 7　学内創生電力見える化モニタ出力

5．今後の計画

H26 年度は、使用電力見える化システムおよび創生電力見える化システムの定常運用を継続し、電力利用の最適化のための基本データ取得を継続する。また、新たな取り組みとして、エネルギーマネージメントシステムの実例として、エネルギー創生－蓄電－利用のサイクルを具現化するシス

テムを構築する。具体的には、人力発電（自転車発電）を予定している。発電者の寄与が明確になるマネージメントシステムによるモチベーションの確保と、具体的な適用対象の明確化によって継続的な取り組みとなるように進めていく。

図８　学内使用・創生電力見える化モニタ状況

６．研究成果の発表

本件に関する発表は、2013 年 8 月に開催された KAIT 国際シンポジウム 2013 において、“Visualization of power usage at KAIT using cloud computing” として発表した。また、2014 年 3 月開催の本学主催の IT を活用した教育シンポジウムにおいて、論文題名“「学内使用電力見える化システム」の運用と使用電力状況” として、本学管財課と連携した本学全体の電力マネージメントの取り組みや実際の電力使用に関する基礎データの提示を行い、本研究所の活動の一端を紹介した。さらに、テクニカルショウ横浜 2014 および川崎国際環境技術展 2014 にて、使用電力見える化システムのデモ展示を行い、本学の取り組みとして紹介した。

参考文献

（1）　東京大学の電力使用状況，http://ep-monitor.adm.u-tokyo.ac.jp/campus/ denryoku.

（2）　高野了成，中田秀基，清水敏行，工藤知宏，“クラウドを利用した電力可視化システムの構築”，情報処理学会研究報告，Vol.2011-EMB-23，No.5，pp.1-8.

（3）　エコめがね，http://eco-megane.jp/

（4）　田中博，富上徹也，屋宜宣孝，鈴木孝幸，西川清，“「学内使用電力見える化システム」の運用と使用電力状況，” IT を活用した教育シンポジウム 2013（ISSN 1881-6061），Vol.8，pp.123-126.

自立エネルギーシステム

研究者名：機械システム工学専攻　吉田　博夫

１．研究の目的

大気汚染、化石資源の枯渇、地球温暖化などと言われる現在我々が直面する諸問題は、突き詰めれば一年たっても状態が元に戻らないエネルギー消費構造に由来する。循環型社会を再構築する必要がある。自立エネルギーシステムの可能性を具体的に検討することを通しその手がかりを得ることが我々の目的である。

尚、本稿は板子一隆、川島　豪、田中　博各研究員と共同で実施したものを吉田が代表してまとめたものである。

２．研究の必要性および従来の研究

これまで省エネ技術や効率向上のための各種研究が莫大な予算をつぎ込み精力的に行われてきたことは承知の通りである。しかしながら、目指すべきは循環型社会の再構築であって、そのためにはどこまで省エネをすれば、あるいはどこまで効率向上を達成すればよいか必ずしも明確とは言えず、自己撞着に堕する恐れも感じられた。

そこでそもそもの目標に立ち返り、これまで積極的には語られなかったライフスタイル変更も視野に何をどうすればよいかを総合的に判断するためには身の回りにある条件に立脚した自立エネルギーシステムを具体的に検討することとした。そのために我々は、①エネルギー創生、②エネルギー貯蔵・利用、③エネルギーマネージメント、の３要素からなる実現可能な自立エネルギーシステムを取り上げ、そのあるべき仕様について考察を行う。

３．期待される効果

われわれのエネルギー消費生活は大きな曲がり角に差し掛かっていることは承知のとおりである。電力主体の生活様式に関してもこのままでよいのか点検の機会が与えられるとともに、循環型社会再構築へ向けた手がかりあるいは新たな方向性が与えられる可能性が期待される。

４．研究経過および結果

今年度は第一歩として３要素を備えた自立エネルギーシステムの試作し課題抽出を試みた。図1に試作したエネルギーシステムの構成図を示す。創エネ要素として最大出力 148W のソーラーパネル(既存)を使用した。発電電力最大化のために本学で開発され製品化されている MPPT 制御アルゴリズムが用いられた。蓄エネ要素としては 40Ah、26.6V の Li イオン電池(既存)を使用した。これは固定型蓄エネ装置であるが、我々は電動バイクや電動パーソナルビークルなどを移動型蓄エネ装置と位置づけている。現状では固定型装置の kWh 単価は、移動型装置のそれのほぼ倍以上となっており、費用対効果の高いエネルギー貯蔵システムを設計する上で、電力使用パターンの調整と固定型／移動型の最適な組み合わせを検討することは重要である。電力使用パターン調整は、気象予報情報の反映にも関係し今後の大きな課題である。

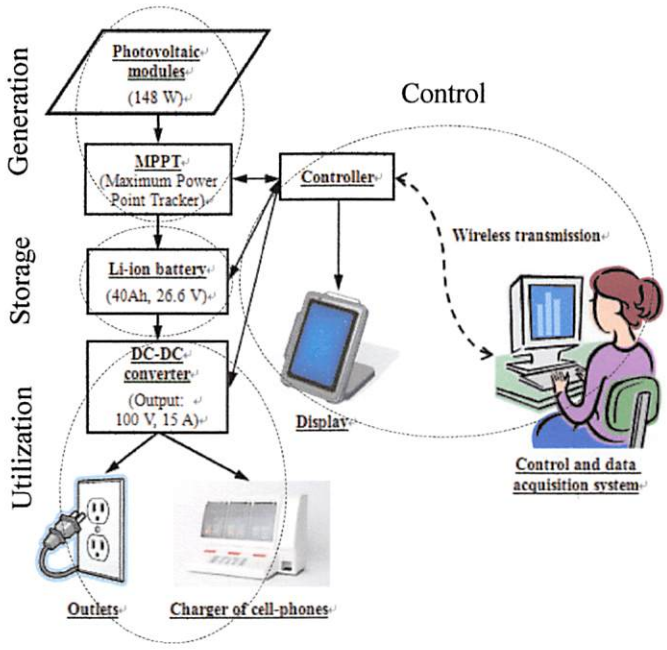


図１　試作した自立エネルギーシステム構成図

電力発生・使用の現状を知ることは自立エネルギーシステムにおいて、ライフスタイル変更の具体的内容のヒントとなる重要なカギである。図2に電力使用状況の可視化したシステムの概要を示す。

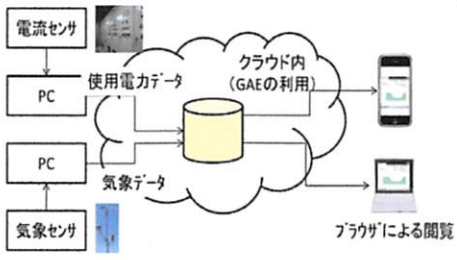


図２　モニタリングシステム構成図

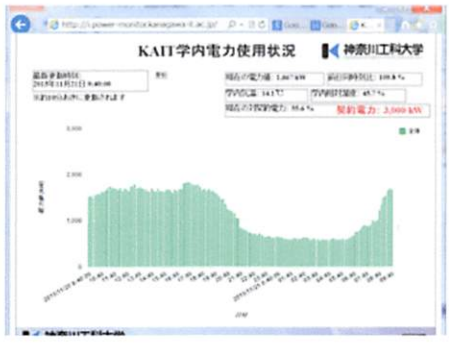


図３　学内電力使用状況

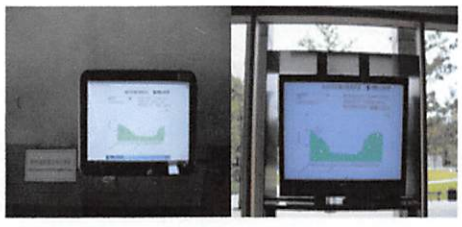
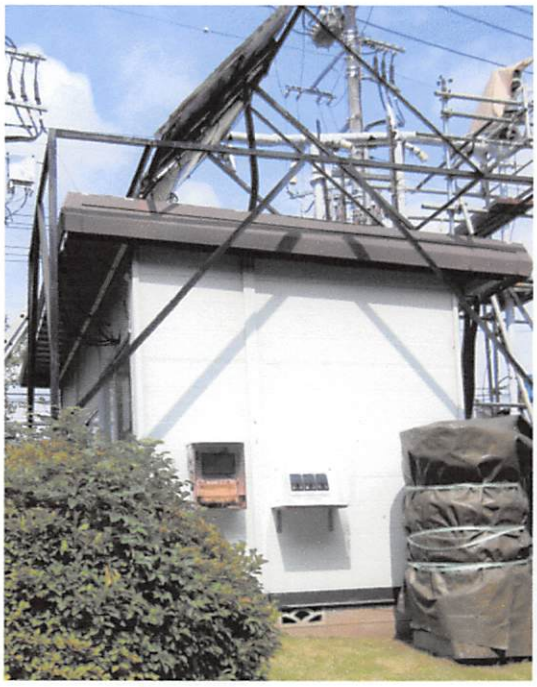


図４　学内電力需給状況

本学のシステムは、それぞれのデータがクラウドコンピューティングにより管理・処理され、学生は時々刻々の情報をスマートフォンやタブレット端末で見ることができるようになっている。



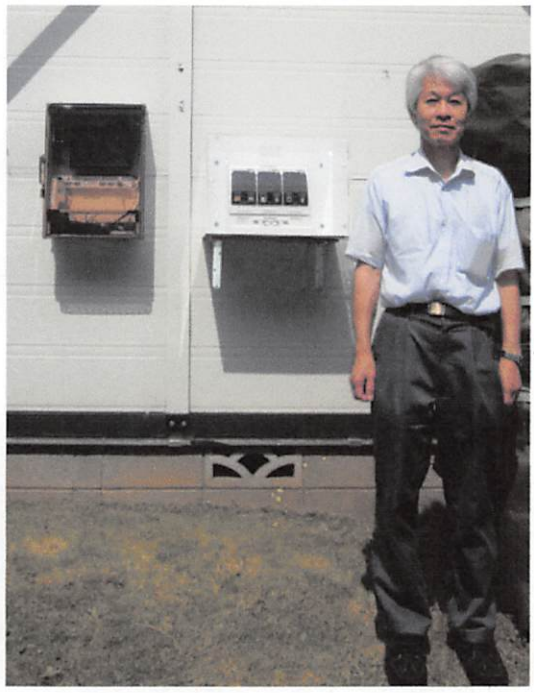


図５　（左）自立エネルギーシステム一号装置、（右）電力需給モニタならびに充電ポート。

図５に今年度完成した自立エネルギーシステム（一号機）を示す。各部の最適設計はこれからの課題であるが、創エネ、蓄エネ、利用・マネージメントの主要３要素が組み込まれている。充電ポートから AC100V の電力が供給される。現在、応用の一例として携帯電話の充電ができるようになっている。

５．今後の計画

気象予測を効果的に活用するためのハードウエアならびにソフトウエアを構築する。また、エネルギー供給の自立度を高めの各要素の仕様を最適化するとともに、システム構築の初期コストの最小化について検討する。

６．研究成果の発表

（１）川島　豪、田中　博、板子一隆、吉田博夫、“自立エネルギーシステムの試み”、日本機械学会関東支部第 20 期総会講演会講演論文集、CD-ROM、No.20804、2014.3.14-15.

創立50周年記念国際シンポジウム報告

2014年8月27日～29日にかけて創立50周年記念国際シンポジウムが開催された。本シンポジウムは、本学が注力している研究領域であるエネルギー、ICT、そしてロボティックス分野の3つのセッションから構成された。先進太陽エネルギー利用研究所はスマートハウス研究センターと共同でエネルギーセッションを担当した。本学から11件（うち、Keynote 2件）、揚州大学から8件の発表があった。英語による発表を申し合わせていたが、発表者が最もやりやすい言語でということになり、中国語、日本語、英語が入り混じったセッションとなったが、結果としてかなり熱のこもった活発な議論がなされた。参加者は外部企業、研究所などからの参加者を含め二日間で述べ80名ほどと盛況であった。

ソーラーシステム研究所所長蒲谷昌生氏から「To the energy self-sufficiency age – Forty years of the solar energy utilization technology –（エネルギー自給の時代へ）」と題して基調講演をいただいた。我々が自立エネルギーシステム構築へと舵を切ったこととの関連が深く一同意を強くした次第である。また、我が国太陽エネルギー利用技術40年の歩みが紹介されるなかで、本学初代学長である谷下市松先生が我が国太陽エネルギー研究の草分けであり、爾来本学太陽エネルギー研究が現在に至るまで綿々と継続されてきたことのご紹介があった。関係者として大いに励まされた。

2日間に渡ったセッションにおいて、先進太陽エネルギー利用研究所吉田所長を含めた7名が、各分担テーマ（熱サイフォンによるエネルギー創生、ゼロエミッション輸送システム、太陽電池の発電効率を高めるスキャン型MPPT制御技術、クラウドを利用した電力見える化システム、自然エネルギーの小型ビークルへの適用、水素燃料の試験的運用、太陽光を利用した浄化システム）について、講演を行うとともに、招待した揚州大学側との質疑応答によって、活発な情報提供と情報交換を行った。

研究発表のほかに最新鋭のソーラーパネル発電施設、自立エネルギーシステムモデルハウス、熱サイフォン発電装置、HEMSセンターなどの施設見学があり、極めて大きな情報交流・発信の機会となった。

エネルギーセッションの発表風景（左揚州大学発表、右KAIT発表）

（文責：吉田博夫、田中　博）

受賞

(1) 高橋, World Green Challenge 2013 にてベストコンセプト賞受賞(2013 年 7 月).

(2) 板子, 公益財団法人電気科学技術奨励会より第 61 回電気科学技術奨励賞受賞(2013 年 11 月).

査読論文

(1) K.Itako,"New I-V Characteristics Scan-Type MPPT Control Method for PV Generation System" Journal of Technology Innovations in Renewable Energy (USA), Vol.1, No.2, pp.87-91 (2013).

(2)今田,萩野,吉田, "太陽熱利用熱サイフォンの野外実験",機械学会 TRANS JSME D-12-00837 (2013 年 5 月).

(3)K.Itako,"High Efficiency PCS with Scan-Type MPPT Control for a Grid-Connected PV Power Generation System" Journal of Energy and Power Engineering (USA), Vol.8, No.1, pp.137-143 (2014).

(4)板子,工藤 "単結晶太陽電池モジュールのホットスポットに関する検討"電気設備学会誌, Vol.34,No.2,pp.140～146,2014.

査読付き国際会議プロシーディングス

(1)Y.Takahashi, and K.Uda, Project Based Learning using Natural Energy Powered Small Electric Vehicle for Sustainable Technology Education, IEEE Int. Conf. on Control, Automation and Systems, pp.788-793 ,October 2013.

(2)Y.Takahashi, and K.Uda, pico-EV Eco Challenge in Japan: Administration, Int. Conf. of the Portuguese Society for Engineering Education, November 2013 (4 pages).

(3) M. Akiyama, M. Kato, S. Ioroi, H. Tanaka, "Implementation of a Smartphone-based Platform for the Operation of Home Electrical Appliances and Verification of its Feasibility", Int. Conf. on Next Generation Mobile Applications, Service and Technologies, pp.38-43, Prague, Czech, September 2013.

(4) K.Itako,"Power Conditioning System with New MPPT Control for a grid-Connected PV Power Generation System", Proceedings of PCIM 2013(CD-ROM) (8pages).

(5) C.Huang, K.Itako, T.Mori, Q.Ge:"MPPT Control Method Using Boost Type DC-DC Converter for PV Generation System with Mismatched Modules" Proceedings of PEE 2014(6pages).

※2013 年 8 月に KAIT 国際シンポジウムを企画・開催したので、多くが当該シンポジウムで発表。口頭発表の項で記載。

特許

(1)矢田,“熱電気複合型太陽電池システム”,特許登録第5191645号(2013年2月8日).

(2)板子, 工藤,”太陽電池の異常状態検出方法およびその装置、並びに、当該装置を有する太陽光発電システム”, 特願2013-33614 (2013年2月)

(3)吉田,“太陽熱利用システム”,特願2013-213123 (2103年10月).

(4)板子,“太陽光発電システム、それに用いる動作点補正装置、および動作点補正方法”, 特願 2013-238211 (2013年11月)

査読無雑誌、紀要など

(1) 三井, 陳, 矢田, “水素水製造装置および保存方法の開発”, 機能水研究, ISSN 1348-2432、Vol.9, No.1, pp.77-78 (2013).

(2) 高橋, 佐々井, 坂口, 松本, “植物油を利用したシリーズハイブリッド電気自動車のコンセプト設計”, 日本太陽エネルギー学会誌, vol.40, no.1, pp.13-18 (2014) (注目課題につき論文執筆依頼).

口頭発表

(1)坂口, 佐々井, 瀬戸, 吉田, 安斎, 松本, 滑川, 山崎, 山口, 高橋, Bio EV(バイオディーゼルで発電して走る電気自動車)の機械系設計, ロボティクス・メカトロニクス講演会2013(2013.5.29)

(2)佐々井, 坂口, 松本, 吉田, 瀬戸, 安齋, 滑川, 山崎, 山口, 高橋, Bio EV EV (バイオディーゼルで発電して走る電気自動車) に用いる (制御システム設計, ロボティクス・メカトロニクス講演会2013(2013.5.29)

(3)寺阪, 西村, 高橋, 小型電気自動車(pico-EV)の製作と教育のためのものづくり, ロボティクス・メカトロニクス講演会2013(2013.5.29)

(4)林, 高橋和輝, 高橋良彦, 佐々井, pico ico-EV ・エコチャレンジ大会用車両の設計, ロボティクス・メカトロニクス講演会2013(2013.5.29)

(5)宇田, 高橋、天然竹繊維積層板を用いた超小型電動三輪車, ロボティクス・メカトロニクス講演会2013(2013.5.29)

(6)Yoshihiko Takahashi, Small Vehicle using Fuel Cell and Natural Energy, KAIT Int. Symp. 2013, pp.174-179 (2013.8.)

(7)Kazutaka Itako, “Effect of scan-type MPPT control in a photovoltaic power generation system with photovoltaic modules installed in different directions, KAIT Int. Symp. pp.71-75, August 2013.

(8)Naoyuki Yada, Takshi Yamazaki, “Test operation of hydrogen-fueled heating system for large plastic-covered greenhouse”, KAIT Int. Symp. pp.76-82, August 2013.

(9)Takeshi Kawashima, “Basic research on a novel zero emission public transportation system”,

KAIT Int. Symp. pp.83-88, August 2013.
(10)Hiroshi Tanaka, "Visualization of power usage at KAIT using cloud computing", KAIT Int. Symp. pp.169 -173, August 2013.
(11)Hiro Yoshida, " Solar thermosyphon", KAIT Int. Symp. pp.223-228, August 2013.
(12)林，杉村，森，"データマイニングを用いた太陽光発電の発電電力予測"，第 12 回情報科学技術フォーラム，第 2 分冊，F-004，pp. 279-280，鳥取，鳥取大学，2013 (2013. 9. 4)
(13)坂口，佐々井，松本，高橋，bio EV(バイオディーゼルで発電して走る電気自動車)における機械系の検討，平成 25 年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー学会合同研究発表会（2013. 11. 29）
(14)佐々井，坂口，松本，高橋，bio EV(バイオディーゼルで発電して走る電気自動車)における電装系の検討，平成 25 年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー学会合同研究発表会（2013. 11. 29）
(15)松本，坂口，佐々井，高橋，bio EV(バイオディーゼルで発電して走る電気自動車)の競技会における走行実験，平成 25 年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー学会合同研究発表会（2013. 11. 29）
(16) 板子，落合，今井，山登り法を用いたMPPT制御装置のための最大電力点補正ユニットの開発，平成24年電気関係学会関西支部連合大会(2012),No.9pmT-4.
(17) 落合，宮澤，高橋，板子，燃料電池発電システムにおけるリフレッシュ制御法の検討，平成24年電気学会産業応用部門大会(2012),No.Y42.
(18) 川島,"太陽エネルギーを利用する間歇充電式電気バスシステムに関する基礎研究（シミュレータの開発と搭載蓄電装置の容量に関する検討)"，機械学会環境工学シンポジウム,402,pp.275-276,2013 年 7 月 10 日.
(19) 吉田、大道寺、板子、萩野、"PV-T シミュレータによるハイブリッドコレクタの特性実験"，機械学会環境工学シンポジウム,504,pp.286-287,2013 年 7 月 10 日.
(20) 田中，小林，薬袋，秋山，鈴木，西川，" クラウドを利用した学内使用電力可視化システムの構築と初期運用，" 2013電子情報通信学会総合大会, D-23-3, p.237(2013.3).
(21) 田中，小林，薬袋，秋山，鈴木，西川，" クラウドを利用した「学内使用電力見える化」の取り組み，" ITを活用した教育シンポジウム,pp.61-64(2013.3).
(22) 加藤，小堀，鈴木，五百蔵，田中，"VDT作業支援システムのためのマウスカーソルの制御方法の検討，" HCGシンポジウム2012, HCG2012-II-4-4, pp.231-236,(2012.12).
(23) 村田，菅谷，田中，山本，"発声コマンド登録によるAndroid端末を用いた家電操作，" 2013電子情報通信学会ソサイティ大会, B-18-2, p.414,(2013.9).
(24) 吉田、今田、萩野、"太陽熱サイフォンによる発電の試み(第 2 報)"、機械学会関東支部第 20 期総会講演会,2014 年 3 月.
(25) 川島、田中、板子、吉田、"自立エネルギーシステムの試み"，機械学会関東支部第 20

期総会講演会,2014 年 3 月.
(26) 杉山，工藤，工藤，板子“単結晶太陽電池モジュールのホットスポット簡易診断装置” 平成 25 年度（第 66 回）電気関係学会九州支部連合大会, No.06-1P-10
(27) 尾花，池田，板子“太陽光発電システムにおける最大電力点補正ユニットの部分影時の効果” 第 31 回電気設備学会全国大会(2013),No.B-13
(28)工藤，杉山，工藤，板子”太陽電池モジュールのプロジェクタによるホットスポット簡易診断装置の試作” 平成 25 年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー学会合同研究発表会(2013)
(29) 池田，尾花，板子“異種モジュールで構成される太陽光発電システムにおける MPPT 動作点補正ユニットの効果” 平成 25 年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー学会合同研究発表会(2013)
(30) C.Huang, K.Itako, T.Mori, Q.Ge:“MPPT Control for PV Generation System with Mismatched Modules” 9th China SoG Silicon and PV Power Conference 2013
(31) 渡邉，大矢，飯島，工藤，板子“日射量の違いによる単結晶太陽電池セルのホットスポットの温度と電気的特性に関する検討” 平成 25 年度電気学会産業応用部門大会,No.Y-57
(32) 飯島，大矢，渡邉，工藤，板子“ホットスポットが発生している単結晶太陽電池セルの逆バイアス時における電気的特性の検討” ” 平成 25 年度電気学会産業応用部門大会,No.Y-58
(33) 市川，舘，工藤，板子”単結晶太陽電池セルにおけるホットスポットの電気的特性の検討”，第 60 回応用物理学会春季学術講演会(2013),No.27a-PA3-2
(34) 市川，舘，工藤，板子”単結晶太陽電池セルの逆バイアス時における基本特性の検討”，電気学会東京支部神奈川支所第 2 回研究会(2013)，No.TK32.
(35)三井, 陳，矢田，“水素水製造装置および保存方法の開発”，第 12 回日本機能水学会学術大会（福岡），2013 年 11 月.
(36)城倉，佐野，赤松，矢田，“疑似系統連携システムによる両面受光型太陽電池の性能測定”，(B7 105) 平成 25 年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会 2013 年 11 月.
(37)城倉，三井，深瀬，矢田，“小型暖房用燃料としての水素エネルギーに関する研究” (No. A05)，第 33 回水素エネルギー協会大会資料（東京）（2013 年 12 月).
(38) 渡邉，大矢，飯島，工藤，板子，“日射量の違いによる単結晶太陽電池セルのホットスポットの温度と電気的特性に関する検討” 平成 25 年度電気学会産業応用部門大会, No. Y-57 (2013).
(39) 飯島，大矢，渡邉，工藤，板子，“ホットスポットが発生している単結晶太陽電池セルの逆バイアス時における電気的特性の検討” 平成 25 年度電気学会産業応用部門大会, No. Y-58 (2013).

(40) 冨樫，座間，松浦，板子” 太陽光発電・燃料池複合システムにおける酸素使用の効果”’13 SAS Intelligent Symposium, No.B-1(2013).
(41)渡邊，小佐野，板子” 太陽光発電を用いた街路灯への 太陽光発電を用いた街路灯への適用検討” ’13 SAS Intelligent Symposium, No.B-2(2013).
(42) 田中，富上，屋宜，鈴木，西川,”「学内使用電力見える化システム」の運用と使用電力状況,” ITを活用した教育シンポジウム, pp.123-126(2014.3).