

令和5年度の研究(または活動)内容

車載用リチウムイオン蓄電池のユニバーサル利用技術の開発

本研究では、再生可能エネルギーである太陽光を利用した発電システムに車載用廃蓄電池(リチウムイオン二次電池(LiB))を接続し、LiBの充放電機能を可能な限り有効利用するエネルギーマネジメントシステム(図 1)を構築している。東北工業大学八木山キャンパス中庭の街灯を点灯するために本システムを街灯の系統回路に接続し、太陽光パネルからの発電のみで街灯を点灯するべく地産地消型電気エネルギー消費システムの実証実験を展開した。システムの設置スペース(図 2)の関係上、今回は蓄電制御システムよりホンダフィット蓄電池のみ使用してエネルギーマネジメントシステムを組み立てる。このシステムは、構成する全ての蓄電池のセル電圧を正確に測定するアルゴリズムおよびソフトウェアを搭載した充放電制御ボックスを当研究室で開発し、八木山キャンパス中庭の屋根に新たに出力 300W 太陽光発電 PV パネルを組み合わせ中庭に設置した。2023 年 9 月から現在まで太陽光パネルの発電のみによる電気エネルギーの自給で街灯を安定的に稼働することに成功しており、太陽光発電により得られる電気エネルギー(電力量に相当)が、当該エネルギーマネジメントシステムを通して電気エネルギーがどの程度出力されるか、そのエネルギー利用効率を検証した結果、夏季には 97%、冬季は 90%のエネルギー利用効率を達成した(図 3)。一般的な太陽光発電システムではエネルギー利用効率が平均 80%であるため、エネルギーロスが可能な限り削減できるシステムの構築にも成功している。

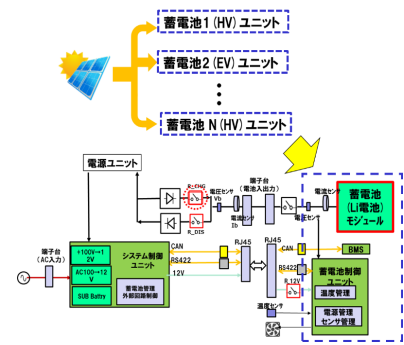


図1 本システムの概要

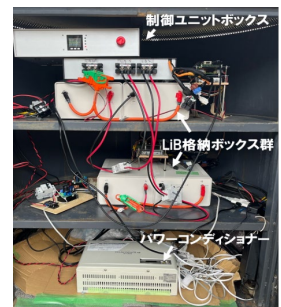


図2 実証実験用 設置システム

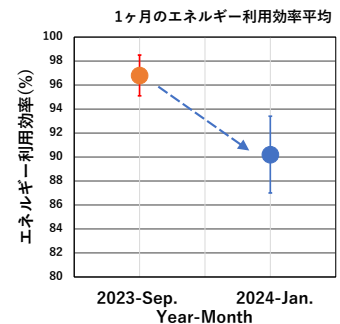


図3 電気エネルギー利用効率 1か月の平均値

共振器内共鳴励起による Ho レーザー発振技術の開発

衛星搭載ドップラー風ライダー用の波長 2 μ m 帯レーザーの高効率化技術として、Tm レーザー共振器内で Ho レーザーを共鳴励起する方式のレーザーを開発した。図4にレーザーの構成を示す。側面励起型 Tm:YLF レーザーヘッドと端面励起型 Ho:YLF レーザーヘッドを同一の共振器内に設置し、共振器内に閉じ込めた Tm レーザー出力により Ho レーザーを励起した。図5に発振波形の一例を示す。励起パルス幅は 2 ms、結晶温度は 15 $^{\circ}$ C とした。実験の結果、励起開始から 1.2 ms 経過後、Tm レーザーの発振が確認され、1.8 ms 経過後には、Ho レーザーの発振も確認された。現行のシステムでは、Tm レーザーの効率が低いため、Ho レーザーの高出力化にはまず Tm レーザーの高効率化が必要であることがわかった。今後、高出力ファイバー結合型半導体レーザーによる端面励起型 Tm:YLF レーザーを開発し、高効率化を目指す。

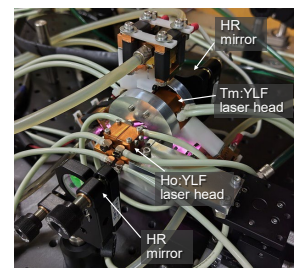


図4 開発した共振器内共鳴励起型 Ho:YLF レーザー

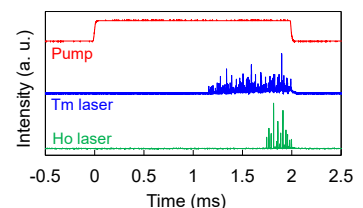


図5 レーザーのパルス波形

持続可能な河川管理に向けた基礎的研究

持続可能な河川管理に向けた研究を進めている。特に今年度は、昨年度から継続している石積みによる堤防裏法の保護に関する検討について紹介する。今年度は玉石積みの結果に加えて、切り込み接ぎによる堤防裏法の保護効果について検討を行った(図6)結果、切り込み接ぎ+裏込め材で施工すると堤防が崩壊しないことを確認している。今後も多様な石積み工法を試すことに加えて、蛇籠などより現実的な方法について検討を行う予定である。

また、河道の樹木は洪水になればその水流によって撓むことが想定されるが、これまで河道内の樹木の流水抵抗は撓まないものとして検討がなされてきている。そこで本研究ではスケールに見合ったヤング率を持った材料で樹木模型(図7)を作成してその流水抵抗特性を調べた結果、撓むことで流水抵抗が小さくなることを定量的に確認した(図8)。



(a)野面積み (b)切り込み接ぎ
図6野面積みと切り込み接ぎ

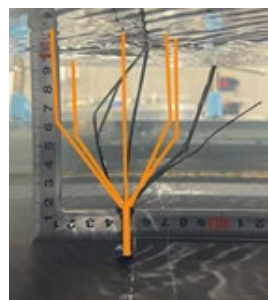


図7 通水中の模型の様子

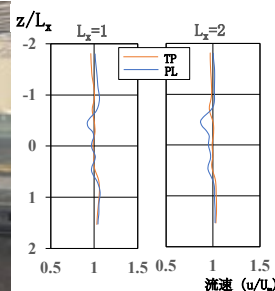


図8 たわみの有無による流速の違い

煎ごう釜付近のメタルバルブに用いられる金属の海水電解用酸素発生陽極を用いた電気防食

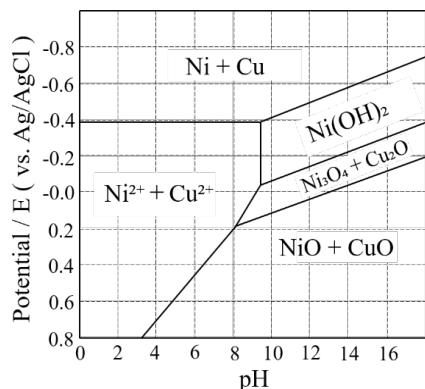


図9 モネル(Ni-Cu合金)の電位-pH図

本研究では、製塩における煎ごう釜や配管の部品バルブ部分に用いられるモネルにアノードとして酸素発生陽極を用いて電気防食を行った。図9は、モネルの組成に近いNi-Cu合金の電位 pH 図である。pH 9.5 以下の溶液中で、Ni-Cu 合金を電位-0.4V 以下に保持すると Ni-Cu 合金は安定の領域となり腐食を抑制できることを示唆している。この図をもとに印加電流を想定して、最適な印加電流を決定した。

図10は電解時間と重量変化の関係を示している。20 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ では、腐食による重量減少がみられなかった。しかしながら、15 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 以下では、重量減少が見られる。これは、モネルの安定域の-0.4V よりも電位が大きくなるためだと考えられる。本実験では、印加する電流密度ごとに、酸素発生効率が99%以上の陽極を3本用いたが、酸素発生効率の低下は見られなかった。カソード電流密度10 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ で168時間印加したさい1.6%程度しか減少しなかった。このことから、モネル400に対しても、酸素発生電極を用いた電気防食が有効であることが明らかとなった。

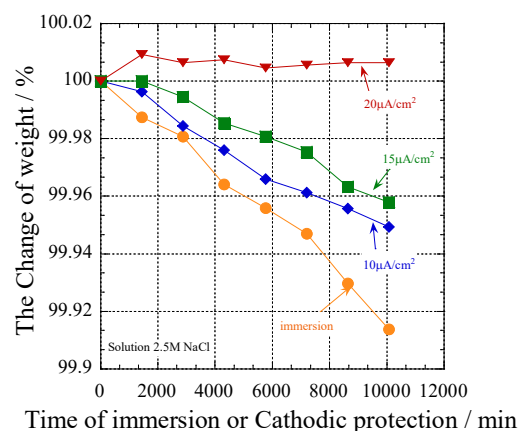


図10 電解時間と重量変化