

目次

- ① PLC を用いた P2G とロボット技術に関する展示教材の開発・・・・・・・・・・P. 2～3

佐藤 舶飛, 鎌田 浩太郎, 菅野 匠, 富澤 雄輝, 渡部稜也

- ② P2G 発電プラントの製作と評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・P. 4～5

鎌田 浩太郎, 菅野 匠

- ③ PLC を用いた発電プラントの制御と遠隔監視・・・・・・・・・・P. 6～7

佐藤 舶飛, 富澤 雄輝

- ④ マスタースレーブ方式による超小型ロボットアームの制御・・・P. 8～9

渡部稜也

PLC を用いた P2G とロボット技術に関する展示教材の開発

福島県立テクノアカデミー浜 職業能力開発短期大学校 ロボット・環境エネルギーシステム学科

佐藤 舶飛, 鎌田 浩太郎, 菅野 匠, 富澤 雄輝, 渡部 稜也

指導教官 成瀬 哲也, 尾形 嘉智, 兼子 純一

1. はじめに

現在の日本は、国内で消費するエネルギー大部分を海外からの化石燃料の輸入に頼っており、エネルギー自給率の低く、化石燃料への依存が高い。そこに近年のエネルギー価格の高騰も加わり、大きなエネルギー問題となっている。その状況下において、2050 年のカーボンニュートラル社会に向けた再生可能エネルギー（以降：再エネ）利用の促進が求められている。一方で少子高齢化による若年層を中心とした人口減少は顕著であり、生産年齢人口の減少と高齢化が進行している。この状況の改善の見通しは見えず、今後もあらゆる職業において人材不足が生じると考えられる。そして、人材不足を補うためのロボット技術の普及が進められている。これらエネルギーとロボットの分野は、福島イノベーション・コースト構想が取り組む分野でもあり、本科はそれらに関連する産業界に対する人材育成の一端を担っている。校の各種イベントや展示会などで、科の訓練内容や卒業研究などの成果物を周知しているが、再エネの促進とロボットの普及には、我々の様に技術者を目指すだけでなく、それらの技術分野に興味を持つ人を増やし、全ての人々の意識を底上げしていく必要があると考える。そこで我々はエネルギーとロボット技術について触れることができる、イベント用の展示教材の開発を行った。

2. システム構成

本教材は大きく「発電プラント」と負荷としての「製造工場」、それらを PLC により制御し、それらの状態を遠隔でモニタリングするための「制御・表示部」からなる。Fig.1 にシステム構成を示す。本研ではそれらモジュール毎に担当者を定め、同時並行で作業を進めた。

発電プラントは太陽光発電を想定しているが、その弱点は天候などにより発電量が大きく変動する不安定性である。その対策として近年開発が進められている P2G (Power to Gas) は、需要に対して作りすぎてしまった電気を水素（またはメタン）ガスに変えて貯蔵、必要に応じて発電に供するシステムである。本教材ではこの P2G を採用することとした。水素の製造には電気分解と燃料電池スタックとしての機能を併せ持つ PEM 電気分解装置 (Horizon 社製・FCFU-010) を用いた。製造した水素は圧縮・貯蔵することが理想であるが、今回は教材としての安全性を考慮し、製造した水素を燃料電池スタックに直接供給し、生じた電力をサブバッテリー（以降：SB）に蓄えることとした。Fig.2 に P2G プラントの外観を示す。

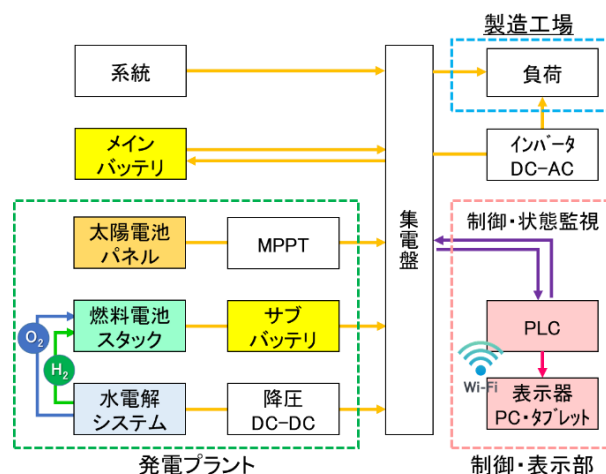


Fig.1 システム構成

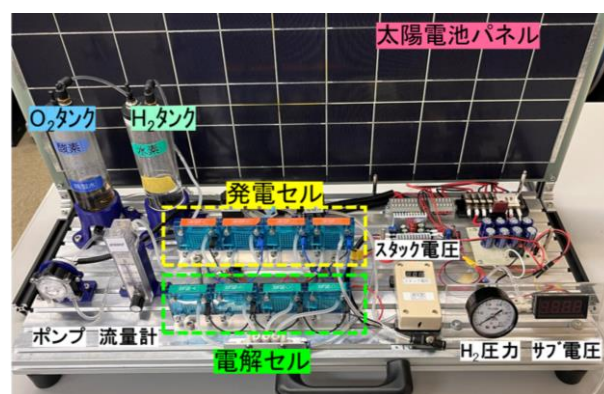


Fig.2 発電プラント (P2G)

負荷としての製造工場は、NC 工作機械やロボットアームが設置された加工現場をイメージし、本校のキャラクターフィギュアが作業員として配置されている。ロボットアームは CAD と 3D プリンタで製作、全長は約 100mm であり、4 つのマイクロサーボを搭載している。制御は若年者ものづくり競技大会のロボット組込競技で使用されている myRIO を用い、プログラムによる自動運転と手動による直接操作を目標とした。手動操作ではロボットアームと同形状のマスタースレーブ方式のコントローラを用い、各軸の可変抵抗から角度を検出し、マスター（コントローラ）の動きにスレーブ（ロボットアーム）が追従するようにプログラムした。Fig.3 に製造工場外観を示す。

P2G プラントの制御や製造工場の電力監視にはスマートリレー (IDEC 社製・FL1F) を用い、拡張ユニットを増設することで制御に必要な I/O ポート数を確保、MB 電圧

の監視とP2Gへの電力供給のON/OFF及びSBの電圧を監視、必要に応じて系統電力への切り替えを行う。プログラミングには専用ソフトウェアであるWindLGCを用い、P2Gプラントの動作状況や電源状態、製造工場の使用電力量などの情報はWi-Fiルーターを介してPCやタブレット端末で確認することを目標とした。また、タブレット端末の表示画面では展示における説明を円滑にするために、手動操作によるP2Gプラントや系統電力への切り替え等を任意に行うことができる。Fig.4, Fig.5に制御部外観と遠隔で操作と監視を行う表示部の操作画面をそれぞれ示す。

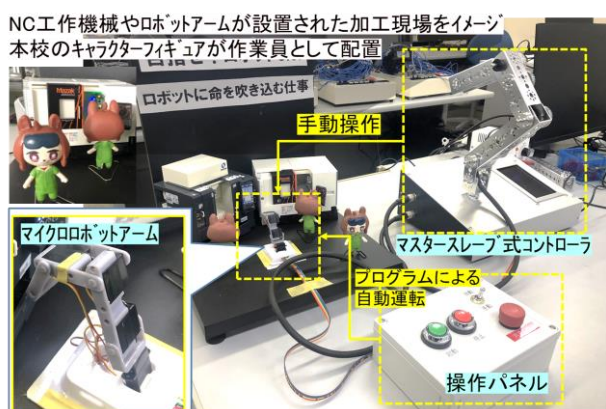


Fig. 3 製造工場（負荷）

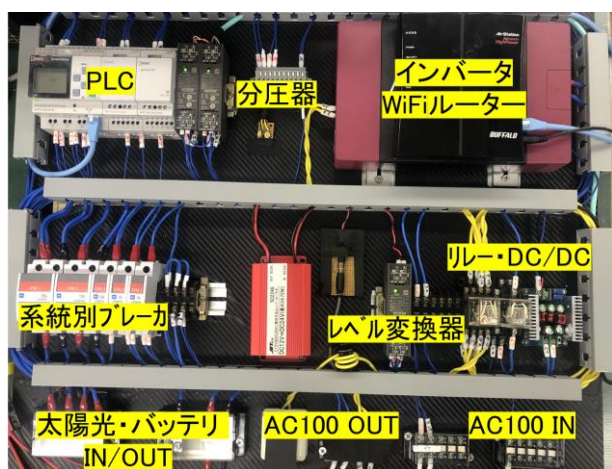


Fig. 4 制御部 (PLC)

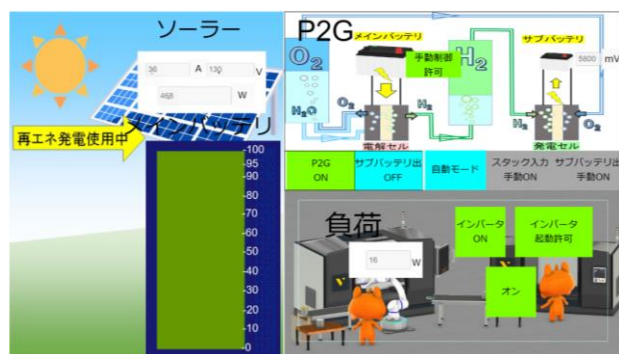


Fig. 5 遠隔操作・監視画面（タブレットPC）

3. 動作確認

P2Gプラントと製造工場を制御部に接続、想定した状況におけるメインバッテリー（以降：MB）を中心とした充放電回路の切り替えと各電源状態のモニタリングを行った。Fig.6はテスト用の制御フローであり、以下の項目について動作確認を行った。

[制御部・表示部について]

- ① MB残量がA%以上B%未満では、MBからインバータを介して製造工場に電源を供給。
- ② MBがB%を超えた場合は、一定時間水素の製造と燃料電池スタックによる発電を行いSBに充電する。
- ③ SB電圧が閾値以上であればSBからMBへ充電を行う。
- ④ MBの残量がA%未満である場合、製造工場への電力供給が系統電力に切り替わる。
- ⑤ ①～④の状態をタブレット上に表示させる。

[製造工場について]

- ① 製造工場のロボットアームの自動運転。
- ② マスタースレーブ式コントローラによるロボットアームの手動操作。

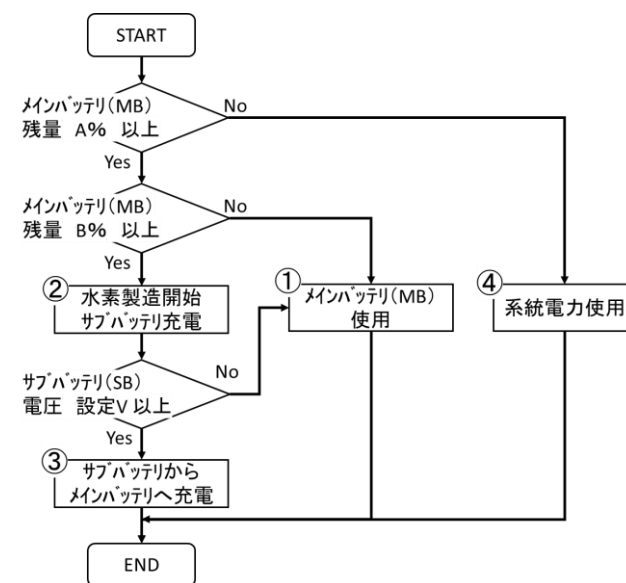


Fig.6 テスト用制御フロー

4. おわりに

再エネとロボット関連技術を併せた展示教材の開発に取り組んだ結果、予定していた制御動作の全てを確認、ロボット・環境エネルギーシステム学科の名称に沿った展示教材を形にすることができた。しかしながら、今回の教材開発では制御回路の構築を優先していたため、負荷に対しての太陽光発電量、メイン・サブバッテリー容量の設計については触れておらず、制御における各閾値の設定については動作させるための後付けとなってしまった。制御フローの改善も含め、今後の改良と発展に期待したい。

P2G 発電プラントの製作と評価

福島県立テクノアカデミー浜 職業能力開発短期大学校 ロボット・環境エネルギーシステム学科
鎌田 浩太郎, 菅野 匠 指導教官 成瀬 哲也

1. はじめに

日本のエネルギー自給率は低く、そのほとんどを輸入に頼っている。さらに、近年は燃料価格の高騰もあり、日本のエネルギー問題は家計や経済活動に大きな影を落としている。一方で、2050 年カーボンニュートラル社会に向け、化石燃料に頼った発電から再生可能エネルギー（以降：再エネ）への転換を推し進める必要がある。その取り組みは様々な方面で進められているが、技術者を志す者だけでなく、広くそれらの技術分野に興味を持つ人を増やし、全ての人々の意識を底上げしていく必要があると考える。そこで我々は再エネ技術について触れることができるイベント用の展示教材の開発を行った。ここでは再エネの中でも特に水素利活用を目的とした発電プラント製作について報告する。

2. P2G 発電プラント

再エネによる発電は CO₂ を排出しないが、太陽光発電や風力発電の弱点は、天候などにより発電量が大きく変動する不安定性にある。その対策として近年開発が進められている P2G (Power to Gas) は、需要に対して作りすぎた電気を水素（またはメタン）ガスに変えて貯蔵、必要に応じて発電に供するシステムである。本県の浪江町には福島水素エネルギー研究フィールド (FH2R) も稼働しており、今後水素の利活用が積極的に進められていくことを考え、本教材ではこの P2G を採用することとした。P2G において製造した水素は圧縮・貯蔵し、必要な時に再び発電に供することが理想である。しかしながら、水素は爆発の危険性があるため、今回は教材としての安全性を考慮し、製造した水素を燃料電池スタックへ直接供給、生じた電力をサブバッテリーに蓄えることとした (Fig. 1)。

3. 電解セルによる水素生成

本教材は室内での利用を想定しているため、太陽光電池の代わりに安定化電源を用いた。また、燃料電池スタックには、高校生向けの体験授業の教材として数量が揃っていた PEM 電気分解装置 (Horizon 社製・FCFU-010) を使用することとした (Fig. 2)。これは電気分解と発電の両方に使用できるが、出力が小さいため電解セル・発電セルをそれぞれ 4 つ一組で使用することとした。この製品は電気分解のため精製水を供給する必要があるが、通常はシリンジで一定量をセルに供給する。しかしながら、今回は連続稼働を想定しているため、継ぎ手を用いて管を 4 口に分岐した先のそれぞれのセルへ、ダイヤフラムポンプを用いて精製水

を絶え間なく供給した。その先通水状態を確認した結果、Fig. 3 A に示す継ぎ手ではセル毎の差が大きく、電解の条件にも影響が出ると考えた。その後試行錯誤を繰り返し、最終的には Fig. 3 の B により良好な結果を得た。

次に電解セルの水素生成量の確認を行った。各セルを安定化電源に直列・並列接続し、3.0V を印加、10ml 水素が溜まる（水上置換）までの時間と電流値を計測、消費電力と 1 分当たりの水素発生量を求めた。4 セル直列回路における実験では、セル 1 つあたりにかかる電圧が均等にならず不安定であることに加え、異常な発熱をするセルもあった。よって、電解時は並列回路を採用し、Fig. 4 はその結果である。電解セル C の消費電力と水素生成量が突出しているが、他のセルに大きな違いはなく、概ね仕様に示された値を満足していることが確認できた。この時の電解の消費電力は 3Wh であるのに対し、生成した水素をエネルギー換算するとその電力量は約 1.5Wh であり、変換効率は 50%程度であった。

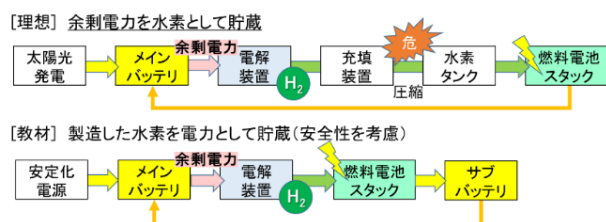


Fig. 1 発電プラント構成

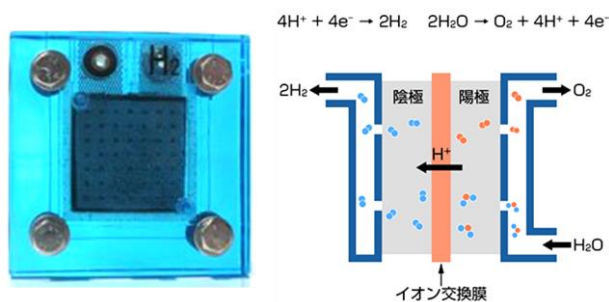


Fig. 2 PEM 電気分解装置とその原理¹⁾

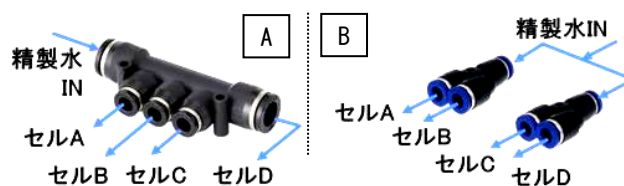


Fig. 3 精製水供給の分岐方法

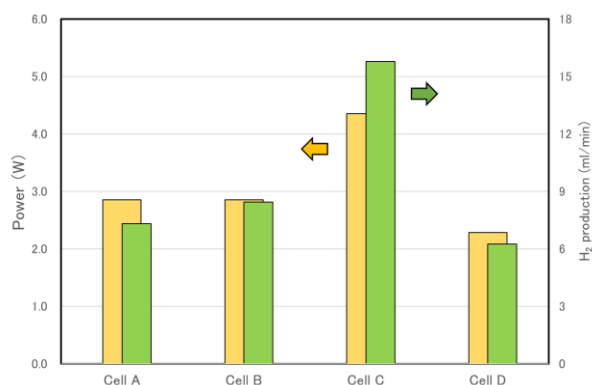


Fig. 4 電解セルの消費電力と水素生成量

4. 発電セルとサブバッテリー

電解セルにて生じた水素と酸素は各一時タンクを介し発電セルへと供給される。ここでは圧力の不均衡が生じないため、水素・酸素の配管はそれぞれの直列接続とした。そこで生じた電力はサブバッテリーへと蓄えられるが、出力側はセル毎の電圧が低いため直列回路とした。この構成において、発電セルに滑り抵抗器、電流計、電圧計を接続、開放電圧から徐々に負荷を上げ発電特性を測定した。Fig. 5 はその結果であり、最大出力は 0.3A 付近で 0.32W となった。この時の水素製造の消費電力量は 12.9Wh であり、電解⇒水素⇒発電における効率は 2.5%であることが分かった。本研究の目的は展示教材の開発であるため発電効率は言及しないが、数 kWh の出力を持つ燃料電池スタックにおいても電解からの効率 20%程度であり、水素利用拡大への課題であると感じられた。

このように本発電セルの出力は極めて小さく、開放電圧も 3V 程度である。一方、本教材のメインバッテリーは 12V の鉛バッテリーであるため、DC/DC コンバータにより昇圧してサブバッテリーに送る必要がある。本来サブバッテリーには充電機を用いることが望ましいが、低出力での充電においても電圧の変化が分かりやすい、高電圧で低容量の充電機の入手は難しい。そこで、本教材のサブバッテリーには複数のコンデンサを並列接続したものをを使用することとした。

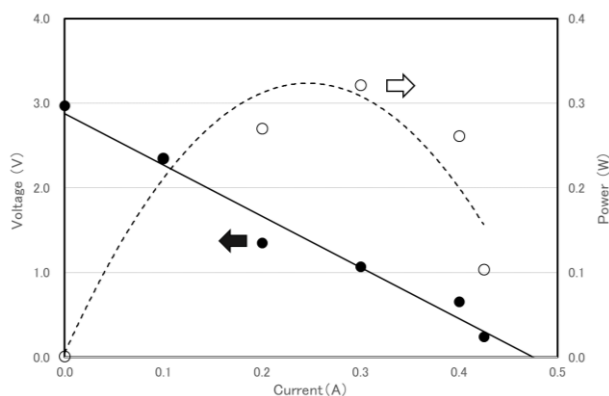


Fig. 5 発電セルの発電特性

5. 発電プラントの構成及び動作

Fig. 6, Fig. 7 に発電プラント外観と構成図をそれぞれ示す。本 P2G 発電プラントは共同研究者の佐藤、富澤両名が担当する PLC により制御にされる。メインバッテリー残量が閾値を超えると P2G プラントが稼働する。ポンプにより電解セルに送られた精製水を余剰電力で電気分解、生成された水素と酸素はそれぞれのタンクを介して発電セルに供給される。そこで発生した電力は DC/DC コンバータにより昇圧されサブバッテリーに充電される。その後メインバッテリーの残量が低下した際は充電した電力を開放、メインバッテリーの電力を補う動作が確認できた。

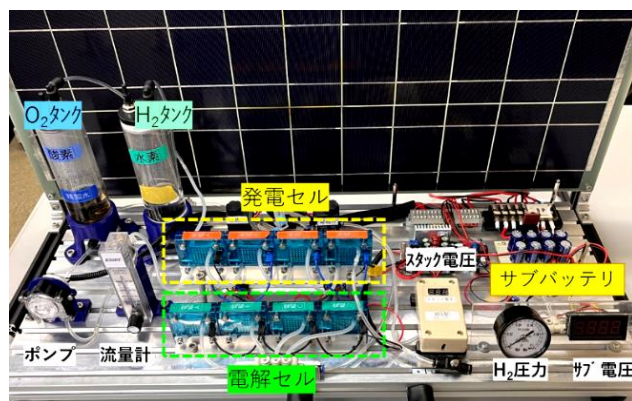


Fig. 6 P2G 発電プラント外観

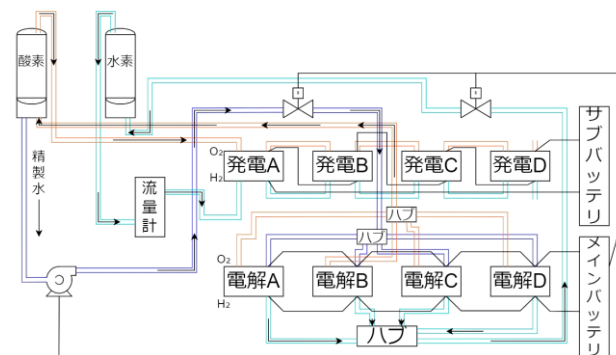


Fig. 7 P2G 発電プラント構成図

6. おわりに

本研では、多くの人に再エネへの理解を促進するために、卓上で動作する P2G 発電プラントを製作した。連続運転を可能とするためのシステムの構成や電解・発電セルの回路について各種実験を行い、水素生成量や発電特性を理解し、想定した動作を確認できた。水素の安全な充填と貯蔵は是非実現したいが、今後の研究課題として引き継いで欲しい。

参考文献

- (1) 松定プレジジョン株式会社 HP 次世代エネルギー「水素」のすべて https://www.matsusada.co.jp/column/next-gen_energy_hydrogen.html

PLC を用いた発電プラントの制御と遠隔監視

福島県立テクノアカデミー浜 職業能力開発短期大学校 ロボット・環境エネルギーシステム学科
佐藤 舶飛 富澤 雄輝 指導教官 尾形 嘉智

1. はじめに

現在の日本はエネルギー問題と少子高齢化による人材不足に直面している。そして、エネルギー分野では2050年カーボンニュートラル社会に向けた再生可能エネルギー（以降：再エネ）への転換，人材不足を補うためのロボット技術の普及が進められている。それらは福島イノベーション・コースト構想が取り組む分野でもあり，本科はそれらに関連する産業界に対する人材育成の一端を担っている。校の各種イベントや展示会にて，科の訓練内容や卒業研究などの成果物を周知しているが，再エネの促進とロボットの普及には，我々の様に技術者を目指すだけでなく，それらの技術分野に興味を持つ人を増やし，全ての人の意識を底上げしていく必要があると考える。そこで我々はエネルギーとロボット技術について触れることができる，イベント用の展示教材の開発を行った。本報では教材の電源制御と監視を行うシステムを製作したので報告する。

2. 電源制御システムの要求仕様

本システムの要求仕様を以下に示す。また，table 1 にこのシステムを動作させるための監視制御項目を示す。

(1) 太陽光発電を想定した電源で稼働すること。

(2) P2G プラントの自動制御と状態表示ができること。

(3) 製造工場の状態表示が可能であること。

(4) (1)，(2)について個別に手動操作できること。

(5) 太陽光で発電した電力はバッテリーへ充電させること。

(6) 製造工場はメインバッテリーの電力に不足が生じた場合でも，自動で系統を切替えて稼働を継続できること。

table1 監視制御項目

1	太陽光発電の電力監視と表示
2	製造工場の消費電力監視と表示
3	MB の容量監視と表示
4	P2G プラントの監視と表示
5	P2G プラントの出力制御
6	P2G プラントへの電源供給制御
7	遠隔での状態表示及び個別手動操作
8	電源系統の切替え制御

table2 電氣的仕様

1	P2G プラント入力(電解)	DC12V 3A
2	P2G プラント出力(SB)	DC12~15V
3	製造工場	AC100V 60W

3. ハード設計と制御盤製作

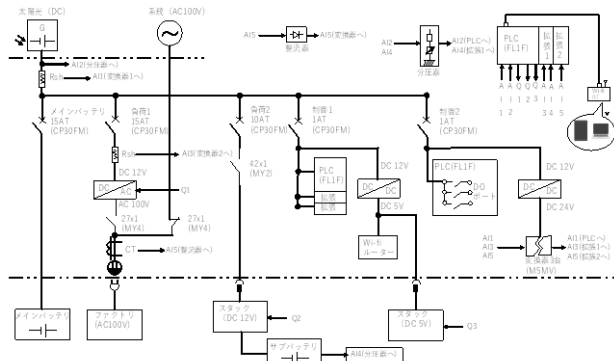


Fig. 1 電源及び制御系統図

要求仕様を基にハード設計と製作を行った。Fig. 1 に電源及び制御系統を示す。本システムでは内部回路と出力回路に分配する。安全確保と過負荷による他の回路への波及を防ぐため，回路毎に遮断器を設けた。製造工場の電源は太陽光発電と商用系統の切替えによる二重化とした。システム内の電圧は，P2G プラントの仕様に合わせ DC12V を基本とした。制御用の電源は PLC 及びルーターの電源と監視制御用のインタフェース電源の 2 回路とした。各直流電流は電圧降下法を用い，その電圧を変換器で絶縁と監視する構成とした。交流電流は変流器を用い，その出力を整流後に電圧に変換して監視する構成とした。各電圧は倍率器で分圧し監視する構成とした。Fig. 2 に製作した制御盤外観を示す。P2G プラントの制御や製造工場の電力監視にはスマートリレー (IDEC 社製・FL1F) を用い，拡張ユニットを増設することで制御に必要な I/O ポート数を確保した。主回路の配線は電圧降下に配慮した線径を設定した。

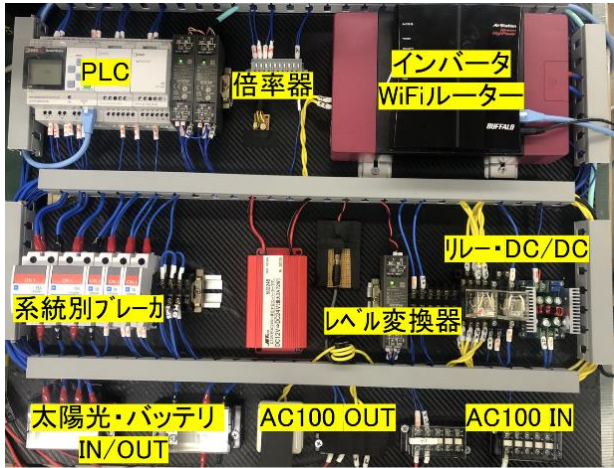


Fig. 2 制御盤外観

4. ソフト設計と開発

Fig. 3にPLCに実装したプログラムの電源制御フローを示す。このシステムではMB（以降：MB）の充電状態によって、外部への電力の供給とモード切り替えを制御する。また、システム動作の維持もMBから電力の供給を受けている。動作の項目としては下記のとおりとする。

- (1) MBが95%以上ではP2Gプラントが稼働，サブバッテリー（以降：SB）が設定値A（充電電圧）以上の電圧になったときP2Gプラントを停止させる。
- (2) MBが60%未満になった際，SBが設定値B（放電電圧）以上であれば，SBからMBへ給電する。
- (3) MBが20%以上の時，P2Gプラントのモード切り替え及び，その後の操作とインバータのON/OFF操作を手動で行うことができる。
- (4) MBが20%未満の時，P2Gプラントはモード問わずOFFとし，インバータもOFFとなる。このとき制御盤のリレーにより負荷への電力供給は系統電力から行われる。また，MBが発電により50%以上まで回復した場合，バッテリー使用に戻る。

以上の動作を実現するために，専用ソフトウェアであるWindLGCにて制御プログラムを作成した。監視及び操作画面は，専用のWebエディタFEWにて作成した¹⁾。

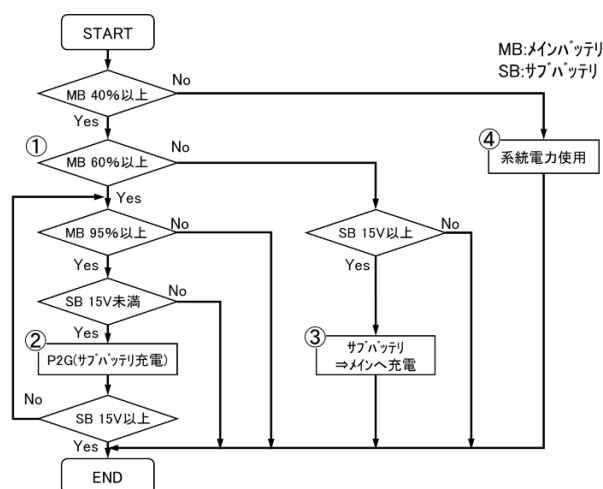


Fig. 3 電源制御フロー

Fig. 4に監視制御プログラムを示す。「バッテリー残量の監視」は端末レイアウトのMB残量の表示と残量ごとの分岐，「P2G制御」はP2Gプラントの電源供給制御と出力制御，「サブバッテリー電圧の監視」はSBの電圧監視と出力制御，「負荷監視と制御」は負荷電力の監視とインバータの制御，「太陽光発電量の監視」は太陽光発電の監視と制御を行っている。なお，電圧・電流及び電力の表示は，オートレンジ機能を持たせた。また，P2Gプラントの起動停止時のチャタリングを防止するためのディレイを入れ，システム全体が安定して稼働するようにした。

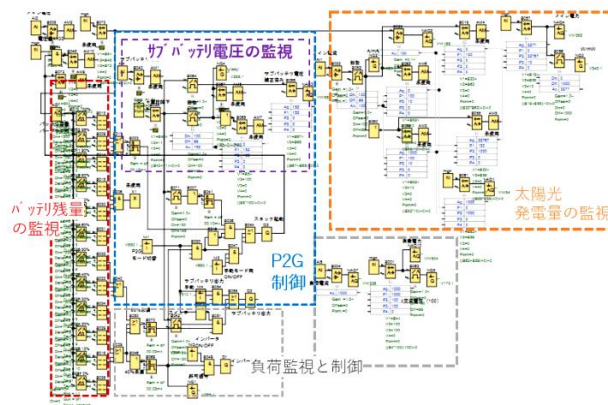


Fig. 4 監視制御プログラム (WindLGC)

5. システム動作

Fig. 5は遠隔監視を行うタブレットPCの画面である。画面の左側の「ソーラー」は太陽光発電量とMB残量表示が配置されており，仕様通りの表示を確認した。画面右上の「P2G」は発電プラントの状態を示している。操作ボタンとSB電圧表示が配置され，仕様通りの表示と手動モードでの任意の切り替えが可能となっていることを確認した。右下の「負荷」の画面では，製造工場の消費電力の表示とインバータの操作ボタンが配置されており，仕様通りの表示と動作を確認した。また，各動作の状態に対応し，それぞれの背景が変化することを確認した。

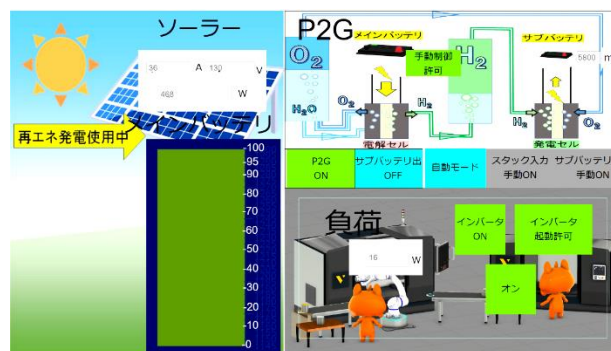


Fig. 5 監視制御画面例

6. おわりに

展示教材用の電源制御システムを製作した。この装置は太陽光発電で得られた余剰電力をP2Gプラントへ供給することができた。また，インバータと系統電力による製造工場への電力供給ができ，監視画面での表示と手動による操作を確認できた。しかし，制御における各閾値の設定については，動作させるための後付けとなってしまった。制御フローの改善も含め今後取り組む課題として欲しい。

参考文献

- (1) ユーザーズマニュアル，品番:FL9Y-B1788(1)，IDEC 株式会社(2019)

マスタースレーブ方式による超小型ロボットアームの制御

福島県立テクノアカデミー浜 職業能力開発短期大学校 ロボット・環境エネルギーシステム学科

渡部 稜也

指導教官 成瀬 哲也, 兼子 純一

1. はじめに

現在の日本はエネルギー問題と少子高齢化による人材不足に直面している。その人材不足を補うために製造現場では、インダストリー5.0に代表されるような、FA（ファクトリーオートメーション）による自動化が進められており、それ以外の分野においても、様々な仕事へのロボットの普及が進められている。エネルギーとロボットは本県のイノベーション・コースト構想が取り組む分野でもあり、本科はそれらに関連する産業界に対する人材育成の一端を担っている。そして、これら再生可能エネルギーの利用促進とロボットの普及には、我々の様に技術者を目指すだけでなく、それらの技術分野に興味を持つ人を増やし、全ての人の意識を底上げしていく必要があると考えた。そこで我々は、エネルギーとロボット技術について触れることができる、イベント用の展示教材の開発を行うこととした。私はプラントで作った電力を消費、ロボットが稼働する製造工場の製作を担当した。

2. MISORA と若年者ものづくり競技大会

本校が位置する南相馬市には「MISORA」と呼ばれるロボットがある。MISORA は南相馬市のロボット産業協議会が開発した災害対応ロボットであり、2021 年に行われた WRS（ワールドロボットサミット）2020 にて準優勝したロボットである。この MISORA には WRS でのボランティアや、ロボットテストフィールドを使用した授業の一環で触れる機会があり、操縦方法が非常に特徴的であった。その方法はマスタースレーブ方式と呼ばれるものであり、マスター（コントローラ）と同形状のスレーブ（ロボットアーム）が、変形させたマスターと同じ形状となるようスレーブが連動して動く。そのため自機が見えない遠隔操作においても直感的な操縦が可能となる。

一方、本科は毎年夏に行われる若年者ものづくり競技大会に参加している。この大会は全国の職業能力開発系の学校が機械加工や整備など様々な分野の技能を競う大会であり、私はロボットソフト組み込み部門に参加した。この部門では事前に出される課題に沿った動きをするようにロボットを製作、myRIO という制御装置を使用し、カメラによる画像処理や各種センサを用い、全自動でミッションを遂行するようプログラムを組む競技である。

本研では若年者ものづくり競技大会で培ったロボット製作と、myRIO を用いたプログラムの知識を用い、MISORA を模したマスタースレーブ方式により操作が可能なロボットアームの製作を行ったのでここに報告する。

3. 製造工場の構成

製造工場には NC 工作機械が設置され、本校のキャラクターフィギュアが作業員として働く卓上サイズのものであり、その中央にはマイクロロボットアームが設置されている。工場外には操作パネルがあり、モードの切り替えや起動・停止操作を行う。また、制御装置を搭載したマスタースレーブ式コントローラはロボットアームと接続されており、マスター形状を変形させることによる直感的な操作を可能としている。Fig. 1 に製造工場の外観を示す。

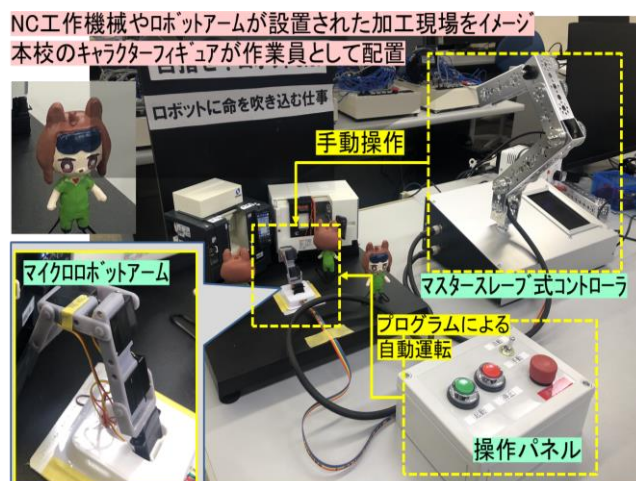


Fig. 1 製造工場外観

4. マイクロロボットアーム

ロボットアームのサイズは製造工場に置く NC 工作機の模型に合わせ、100 mm前後で製作することとした。そのサイズに合うように極小のサーボモータ（pcs pz-15320）を選定した。このサーボモータの動作角は $0 \sim 90^\circ$ であり、トルクも小さい。そのため、一般的な産業用ロボットの様な 6 軸構成にしてしまうと、過負荷となる可能性があるため、軸数を減らし 4 軸で製作することとした。ロボットアームは CAD (SolidWorks) で設計したものを光造形方式の 3D プリンターで製作し組み上げた。

5. マスタースレーブ方式コントローラ

ロボットアームと対をなすコントローラのアーム部分は、myRIO の拡張ツールキットである TETRIS で製作した。TETRIS はピッチの決まった様々なフレームやジョイント部品でアイデアを形にできるキットであり、メタル版のレゴブロックの様なものである。アームの関節部における角度の検出はロータリーエンコーダを使う構想であったが、

制御ソフトであるLabVIEWは、エンコーダを読み取るブロックがインクレメンタル(差分)でしか読み取りを行えず、再起動時には値が0に戻されてしまうため、原点が定まらなくなってしまう。そこで、電源を落としても値が変わらない絶対値を持つ可変抵抗を用いることとした(Fig.3 A)。しかしながら、この可変抵抗のボリュームは機構的な固定がされていないため、コントローラの自重により角度を維持できず姿勢が変化してしまう。そこで、力がかかる軸にはFig.3 Bに示される双方向ラチェット機構を製作し取り付け付けた。これは歯車の外周の溝に爪(結束バンド片)が引っ掛かることで歯車の歯数相当の割り出しを可能としている。また、通常のラチェットと違い、半固定であるため、正転・逆転どちらにも一定の力で回転させることができる。

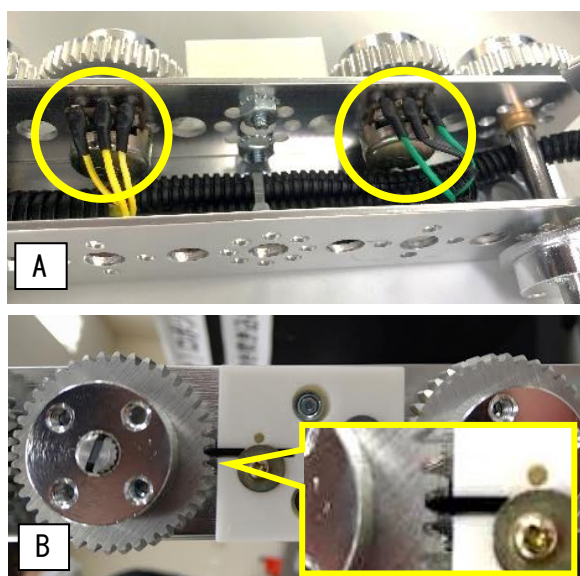


Fig. 3 各軸の可変抵抗と双方向ラチェット機構

6. myRIO と LabVIEW によるプログラミング

Fig.1 に示したように、本教材はロボットアームと、それと対をなすマスタースレーブ式コントローラ、そして操作パネルで構成されている。Fig. 4 はコントローラとの接続の回路図であり、Fig. 5 は LabVIEW により作成したプログラムである。まず、操作パネルのトグルスイッチにて自動モードと手動モードの切り替えを行い、メインプログラムが起動・停止・非常停止の信号を自己保持する。自動モードでは起動ボタンを押すことでロボットアームが決まった動作を繰り返すようプログラムされており、停止ボタンで即時停止する。その後起動ボタンで再開するが、非常停止ボタンで動作を停止させ、解除後に起動ボタンを押すと原点復帰し、プログラムの頭出しをするようにした。次に手動モードでは、マスタースレーブ式コントローラがアクティブとなり、その形状に連動して動作する、マスター側の各軸には、先に説明した可変抵抗があり、その電圧値を myRIO が取得、リアルタイムでサーボモータの角度に

変換することでサーボモータを動作させている。使用しているサーボモータの可動域は 90° と小さく、限界付近を使うと負荷が大きくなり破損する危険性がある。そこで、可変抵抗より 90° 以上の動作させる電圧値が出力された際は、読み取りを停止することで、サーボモータの破損を防いでいる。また、可変抵抗の電圧値をダイレクトに処理すると、ロボットアームの動きがピーキー過ぎるため、電圧値を読み取りサーボモータが動くまでの時間を 0.25 秒毎に設定、各サーボに順次信号を送ることで、滑らかな動作をするよう調整している。しかし、そのためにマスタースレーブ式コントローラとロボットアームとの間に若干のタイムラグがあり、遅延時間を短くすることでは解消は難しい。対策としてはプログラムの構成を根本的に変え、全ての可変抵抗を同時に読み取り、モータを 4 軸同時に動かす必要があると考える。

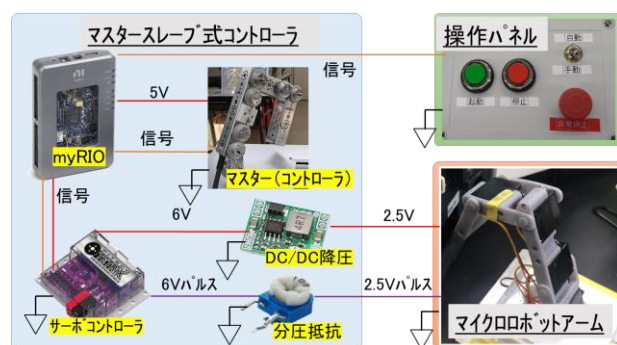


Fig. 4 コントローラ回路図

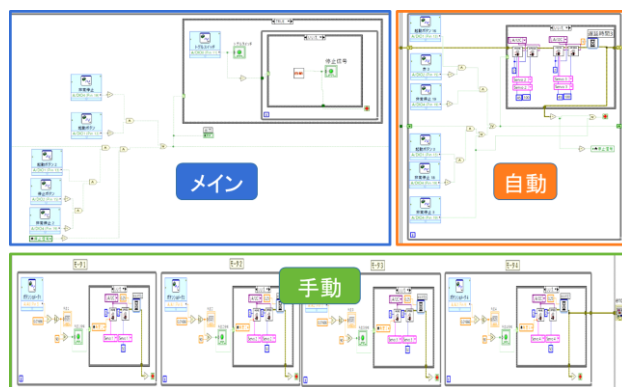


Fig. 5 全体のプログラム

7. おわりに

展示用教材としての製造工場の製作を行い、自動モードの運転と、手動モードでのマスタースレーブ操作を実現することができた。しかしながら、マスター側はギアが露出しており、展示中に未就学児が使用した際、指を挟んでしまう危険があるため、カバーを被せる等の安全性への配慮が必要と思われる。また、専門的な知識がなくても分かり易い展示説明用のポスターなども併せて準備することで、本展示教材がより効果的なものになると思われる。