

横浜パワーエレクトロニクスカレッジ

全体監修：羽深等

本カレッジの目的と概要

パワーエレクトロニクス技術全体を俯瞰し、新たな発想に基づき今後の技術開発を牽引していく人材を継続的に育成することを目指します。NEDOの委託事業の後続版として、実験を中心としたベーシック・コースおよびe-ラーニングと見学を中心としたアドバンスト・コースを提供し、基本原理・基本原則を身に付け、技術全体を俯瞰する姿勢と発想力を育成します。このコンセプトのもとで、斯界の一流講師、大学教授による講座、大学での基礎と応用実験、関連企業の現場見学から構成される2つのコースを実施いたします。なお、本カレッジは法人会員制による会員割引があります。*会員制については最終ページを参照下さい。

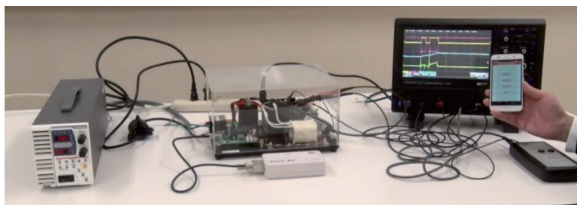
実験で学ぶ！

ベーシック・コース

4種類の実験を通して、パワーエレクトロニクスを体感して学ぶことを目指します。①自習、②事前学習、③直前学習、④実験、⑤復習の5つのステップで、それぞれ用意された教材をこなすことにより、実験内容をより深く習得することができます。

4種類の
実験テーマ

- A：基礎電子回路実験
- B：パワーデバイスのスイッチング特性測定実験
- C：チョッパ回路製作実験
- D：モータ制御実験



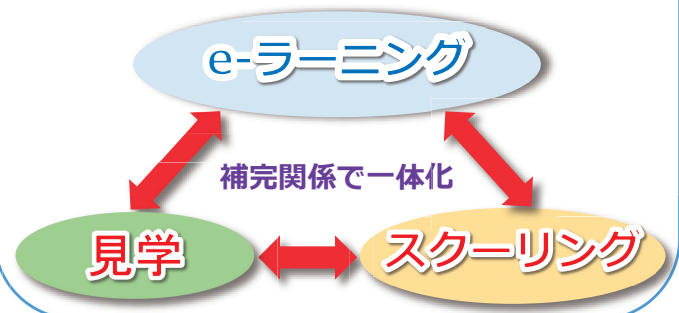
最先端を体感する！

アドバンスト・コース

何時でも何処でも学べる「e-ラーニング」講座でパワーエレクトロニクスの実装における先端周辺技術を学びます。また製造プロセスの見学やスクーリングで理解を更に深める三位一体の学習システムです。

<特長>

- ①パワーモジュール実装の周辺技術を網羅（パワーデバイス、実装材料、信頼性評価）
- ②先端の生産現場や評価設備を見学出来ます
- ③受講者の進捗度が管理出来ます




※詳細は次ページ以降をご覧ください。

本事業は、NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）委託事業として2016～2019年度に実施された横浜国立大学主催「先端パワーエレクトロニクス技術体系教育講座」の後続事業です。

主催：  特定非営利活動法人 YUVEC

後援：  国立大学法人 横浜国立大学

協力：  よこはま高度実装技術コンソーシアム（YJC）

【お問合せ】

特定非営利活動法人YUVEC 事務局

〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5 横浜国立大学共同研究推進センター1階

E-mail: y-jisso@ml.ynu.ac.jp Web: <http://www.y-jisso.org/>

TEL:045-340-3981 FAX:045-340-3982 (担当：小泉誠二、佐脇、合志、鷹野)



横浜パワーエレクトロニクスカレッジ

実験で学ぶ！ ベーシック・コース

総監修：河村篤男 実験監修：小原秀嶺
講師：羽路伸夫、浅野洋介、永井栄寿

本コースのねらいと学習手法の特長

電気を2次エネルギーとして捉え、その振幅や周波数を高効率に変換することができるパワーエレクトロニクス技術は、地球環境問題の切り札として現代社会を支える重要なインフラ技術となって進化しています。その特徴は幅広い知識と技術に基づいた総合工学技術である点です。

ベーシックコースでは、スイッチングを行う各種パワー半導体デバイス、各種電力変換回路およびそのモータ制御を含めた、4種類の実験を用意しました。この実験内容を十分に理解するために、以下の5つのステップで学習します。

- ステップ1 自習：無料のビデオ講座（全10巻）により基礎知識を習得する
- ステップ2 事前学習：基礎技術解説ビデオにより実験内容を理解する
- ステップ3 直前学習：実験手順解説ビデオにより実験手順を把握する
- ステップ4 実験：パワーエレクトロニクスの実際を体感する
- ステップ5 復習：実験レポートを作成提出し、講師からフィードバックを貰う

実験を中心とする学習方法により、知識と実態を同時に習得できます。その結果、パワーデバイスからシステムまでを含めたパワーエレクトロニクスの基礎を俯瞰し習得することができます。

開講日程

毎年度 5月下旬、8月下旬、11月下旬、1月下旬

会場

横浜国立大学（横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5）
ご要望に応じて、貴社へ出張いたします。（場所・日程 応相談）

主な受講対象者と習得目標

広義のパワーエレクトロニクス分野に従事する技術者、研究者、経営者等
若手の方： パワエレ技術を体系的かつ実践的に学ぶ
中堅の方： パワエレ分野を俯瞰して自分の専門性をさらに深掘りする
管理職の方： パワエレ分野を俯瞰して技術課題と新事業のヒントを見つける
事業家の方： パワエレ分野を俯瞰して市場の動向やトレンドを予測する

受講条件・関連科目

基礎電気回路理論：既習として進める
基礎電気機器学、基礎制御理論：既習が望ましい

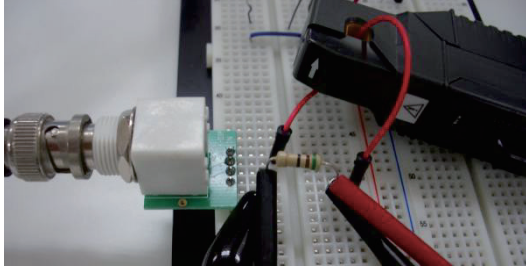
教科書・参考書

教科書：横浜パワーエレクトロニクスカレッジ ベーシック・コース テキストと実験書
参考書：「パワーエレクトロニクス学入門」河村篤男他著、コロナ社（2009年）
「パワーデバイス」山本秀和著、コロナ社（2012年）
「現代パワーエレクトロニクス」河村篤男著、数理工学社（2005年）

実験テーマ

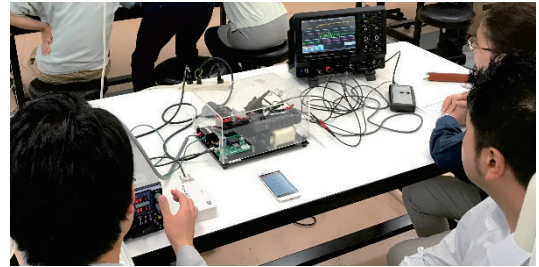
A : 基礎電子回路実験 (講師: 浅野洋介)

パワーエレクトロニクスを習得するのに必要な電気回路の基礎を確認、実測する。電子回路用半導体デバイスの基礎特性を観測し、パワー半導体を学ぶ準備を行う。



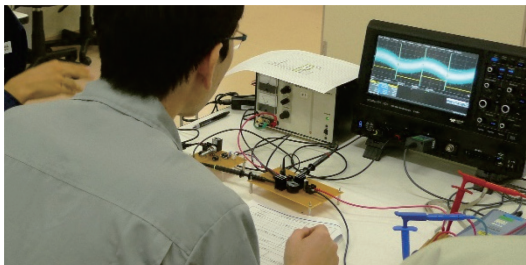
B : パワーデバイスのスイッチング特性測定実験 (講師: 小原秀嶺)

Si-IGBT, SiC-MOSFET, GaN-HEMTの各種パワー半導体デバイスのスイッチング特性をダブルパルス試験により実測, 比較する。



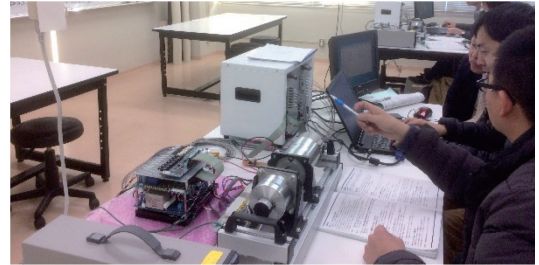
C : チョッパ回路製作実験 (講師: 小原秀嶺)

受講者自身がチョッパ回路を設計し、製作する。実装や小型化の難しさを体感する。



D: モータ制御実験 (講師: 永井栄寿)

インバータとデジタルコントローラを用いてPMモータの速度制御を行う。



各実験テーマの教材

| 実験テーマ | A : 基礎電子回路実験 | B : パワーデバイスのスイッチング特性測定実験 | C : チョッパ回路製作実験 | D : モータ制御実験 |
|---|---|--|---|---|
| ステップ1 自習 無料のビデオ講座(全10巻)により基礎知識を習得する | 無料ビデオ講座 ①パワエレとは (講師: 河村篤男) ②半導体の基礎とpn接合 ③半導体デバイスの基礎 (講師: 羽路伸夫) | 無料ビデオ講座 ①パワエレとは (講師: 河村篤男) ④パワー半導体の特性 (講師: 羽路伸夫) ⑤パワー半導体モジュール (講師: 高橋良和) | 無料ビデオ講座 ⑥DC-DC変換器 ⑩整流器/AC-AC変換/応用 (講師: 譲原逸男) | 無料ビデオ講座 ⑦DC-AC変換器 1 ⑨DC-AC変換器 2 (講師: 吉野輝雄) ⑧モータドライブ (講師: 河村篤男) |
| ステップ2 事前学習 基礎技術解説ビデオにより実験内容を理解する | 実験A解説ビデオ (事前学習編) RLC回路、pinダイオード、スイッチングデバイスの応答などの基本事項を解説する。(講師: 浅野洋介) | 実験B解説ビデオ (事前学習編) ダイオード、MOSFET、IGBT、SiC、GaN等の動作原理を直感的にかみ砕いて紹介する。(講師: 羽路伸夫) | 実験C解説ビデオ (事前学習編) 回路シミュレータPSIMの使い方と演習問題(ダイオード半波整流回路、降圧チョッパ等)について解説する。(講師: 小原秀嶺) | 実験D解説ビデオ (事前学習編) PMモータの原理、ベクトル制御、PI制御などを簡潔に説明する。(講師: 河村篤男) |
| ステップ3 直前学習 実験手順解説ビデオにより実験手順を把握する | 実験A解説ビデオ (直前学習編) オシロスコープやブレッドボードの使い方、回路の接続、測定方法について解説する。(講師: 浅野洋介) | 実験B解説ビデオ (直前学習編) 安全上の注意、プローブの接続方法、測定手順について解説する。(講師: 小原秀嶺) | 実験C解説ビデオ (直前学習編) 回路設計・実装上の注意、はんだ付け、実測方法について解説する。(講師: 小原秀嶺) | 実験D解説ビデオ (直前学習編) 安全上の注意、デジタルコントローラの使い方、実際の検出と制御について解説する。(講師: 永井栄寿) |
| ステップ4 実験 パワーエレクトロニクスの実際を体感する | ブレッドボード上に作製した回路で以下の測定を行う。 ・RLC回路の応答 ・pinダイオードの静特性・動特性、逆回復電流、整流器特性 ・BJTとMOSのオンオフ特性 | 仕様の異なる8種類の実験回路を用いてダブルパルス試験を行う。最大で600V, 50Aを扱う。 ・Si-IGBT 4種類 ・SiC-MOSFET 2種類 ・GaN-HEMT 2種類 | 受講者毎に、電圧20V,出力電流2A程度の降圧チョッパ回路を設計・製作する。デューティ比と出力電圧、リップルの関係を実測するとともに、電磁ノイズのもととなるサージ電圧を観測する。 | インバータをデジタルコントローラにより制御し、PMモータの電流制御、速度制御(ベクトル制御)を順に行う。さらにPSIMシミュレーションによる制御系設計の基礎に触れる。 |
| ステップ5 復習 | <ul style="list-style-type: none"> 各実験毎に用意された課題について、実験レポートを作成し、電子メールで講師へ提出する。 講師は、提出されたレポートの内容についての助言や補足説明を受講者へフィードバックする。 | | | |

カリキュラム

横浜国立大学を会場として3日間で開催する**YNU型**と指定された場所へ出張して1日で開催する**Travel型**の2つの受講形態を用意しています。

※Travel型を受講するためにはパワーエレクトロニクス研修研究会のプレミアム法人会員となる必要があります。

YNU 型：横浜国立大学開催（3日間）

1回当たりの受講人数：6～18名（標準12名）

| | 午前 | | 午後 |
|-----|---|--|--|
| 1日目 | 実験A直前座学 ・パワエレとは？ ・パワエレに必要な電気回路理論 ・スイッチングの基礎 （講師：河村篤男） | 実験B直前座学 ・半導体の基礎 ・pn接合 ・半導体デバイスの基礎 ・WBGデバイス （講師：羽路伸夫） | A：基礎電子回路実験 （講師：浅野洋介） （受講者3名につきアシスタント1人） |
| 2日目 | 実験C直前座学 ・電力変換回路 ・回路シミュレータの使い方と演習問題 ・電力変換器設計の基礎 （講師：小原秀嶺） | 実験D直前座学 ・三相インバータ ・pmモータの基礎 ・ベクトル制御・フィードバック制御の基礎 （講師：河村篤男） | C：チョッパ製作実験 （講師：小原秀嶺） （受講者2名につきアシスタント1人） |
| 3日目 | B：パワーデバイスのスイッチング特性測定実験 （講師：小原秀嶺） （受講者6名につきアシスタント1人） | | D：モータ制御実験 （講師：永井栄寿） （受講者6名につきアシスタント1人） |
| | D：モータ制御実験 （講師：永井栄寿） （受講者6名につきアシスタント1人） | | B：パワーデバイスのスイッチング特性測定実験 （講師：小原秀嶺） （受講者6名につきアシスタント1人） |

Travel 型：出張開催（1日間）

1回当たりの受講人数：6～18名（標準12名）

| | 午前 | | 午後 | |
|-----|------|---|---|-----|
| 1日目 | イントロ | B：パワーデバイスのスイッチング特性測定実験 （講師1人） （受講者6名につきアシスタント1人） | C：チョッパ製作実験 （講師1人） （受講者2名につきアシスタント1人） | まとめ |
| | | C：チョッパ製作実験 （講師1人） （受講者2名につきアシスタント1人） | B：パワーデバイスのスイッチング特性測定実験 （講師1人） （受講者6名につきアシスタント1人） | |

横浜パワーエレクトロニクスカレッジ

最先端を体感する！ アドバンスト・コース

総監修：宮代文夫

本コースのねらいと学習手法の特長

このコースでは主としてパワー半導体デバイスとその応用を理解するためのカリキュラムを実施します。その中でも特にワイドバンドギャップ（WBG）のSiCやGaNなどのパワー半導体デバイスを用いたインバータ・モジュールの実装に焦点を当て、インバータの設計・組み立て、WBGパワー半導体の実装プロセス、実装材料、熱解析、シミュレーション、信頼性試験等の一連の技術をe-ラーニング、見学、スクーリングによって系統的に学ぶことができます。

本カリキュラムは、これまで8年間にわたりこの分野の実用化を研究してきた産学一体のプロジェクト（KAMOME-PJ）メンバーの豊富な実績の積み上げから、現状を踏まえ、発展を期して立案いたしました。13講座は選択制となりますが、全講座受講を推奨します。

ステップ1 e-ラーニングで学ぶ（PCやタブレットでいつでもどこでも学べます）
1講座は約90分程度、約10～15分毎の7単元に分けて理解を確認しながら学習します

ステップ2 見学会に参加して試作現場や各種評価設備の理解を深める

ステップ3 スクーリングに参加して、受講した疑問点や技術動向を講座講師と質疑応答

e-ラーニングを活用することにより、高いレベルの講義をいつでもどこでも受講出来、効率的な学習が出来ます。また、理解度テストや講師への質問により疑問点を解決できます。LMS（ラーニング・マネジメント・システム）を使うことで教育管理者が学習の進捗を把握することが出来ます。

開講日程（予定）

e-ラーニング：上期講座（6月～8月） 下期講座（11～1月）

見学会：上期講座（9月） 下期講座（2月）

スクーリング：上期講座（9月） 下期講座（2月）

会場

見学会：シーマ電子(株)設計・試作・評価センター（韮崎市龍岡町下条南割995番440）
神奈川県産業技術総合研究所（KISTEC）（海老名市下今泉705-1）

スクーリング：横浜国立大学（横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5）

主な受講対象者と習得目標

広義のパワーモジュール実装分野に従事する技術者、研究者、経営企画等

技術者の方：パワーモジュール等の設計や開発にあたる技術を体系的に学ぶ

研究者の方：封止・接合材料やデバイス等パワーモジュール実装に関する周辺技術を学ぶ

企画の方：パワーモジュール開発に関する技術課題と事業のヒントを見つける

受講条件・関連科目

特になし

教科書・参考書

教科書：受講メモ冊子（スライド毎にメモを記入出来ます）

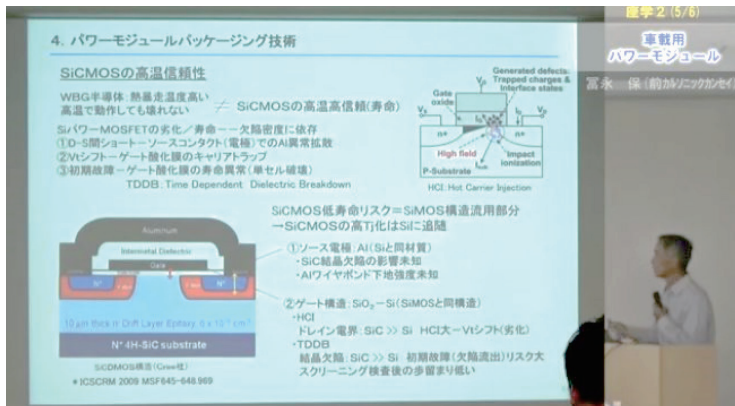
参考書：「WBGパワー半導体実装ハンドブック（仮題）」（出版予定）

学習の3ステップ

e-ラーニング

パワーエレクトロニクスの最先端技術を手軽に学ぶためのe-ラーニングシステムにより、次ページの表に示す13講座を提供します。Webサイト「横浜パワエレカレッジ」にログインすることで、購入した講座をいつでもどこでも学習することができます。

- 各講座は90分程度、7単元程度に分かれていて、単元順に理解度テストがあり、正解すると次の単元に進めます。
- 学習内容を効率的に整理できる「受講メモ」をダウンロードでき、活用頂けます。
- システムの「掲示板」上で、受講者相互の意見交換や情報共有、講師への質問などが出来ます。
- パワエレ研修研究会法人会員の社内教育ご担当者は、受講者の学習進捗状況をシステム上で管理することができます。



講義画面のサンプル



受講メモのサンプル

見学

1回当たりの受講人数：10～30名

パワー半導体デバイスの実装や製造で最先端の設備を保有する以下の2か所の見学会を実施します。

①シーマ電子株式会社

設計・試作・評価センターでは、パワーモジュール（パワーデバイス、各種パッケージ）の試作工程を見学します。また、試作のみならず、パワーサイクル試験/TEG、静特性測定、熱抵抗測定などについても詳しく説明します。（ただし、同業の方にはご遠慮いただく場合もありますのでご了承下さい）

②神奈川県立産業技術総合研究所（KISTEC）

パワー半導体デバイスやパワーエレクトロニクス機器の各種試験、評価設備を見学します。



シーマ電子(株)でのクリーンルームの見学風景

※各見学会には定員がありますので、詳しくはその都度ご案内いたします。

スクーリング

1回当たりの受講人数：10～40名

- 横浜国立大学で年2回以上、e-ラーニング期間終了後に開催いたします。
- 予め日程と出席講師をご連絡しますので、お聞きしたい内容をお知らせ頂きます。お聞きしたいことが特に無い場合でも情報収集などとしてご参加いただけます。
- 詳しくはその都度受講生にご案内いたします。
- 最先端の研究開発に従事する特別講師をお呼びしての講演も検討中です。



e-ラーニング講座カリキュラム (各講座90分程度)

| 講座番号 | テーマ 講師 | 講義概要 |
|------|--|--|
| A1 | WBGパワーデバイスの技術開発動向 山本 秀和 (千葉工大) | WBG半導体はパワーデバイス用として優位な物性値を有しており、試作されたデバイスの特性は良好である。しかしながら、本格的な量産に向けては課題が山積しており、今後の展望について解説する。 |
| A2 | 車載用パワーモジュール 富永 保 (前カルソニックカンセイ) | 実装技術をパワー半導体の車載応用技術として捉え、信頼性確保に必要な実装構造や要素技術を紹介すると共に技術・材料開発の方向性を検討する。 |
| A3 | パワーデバイスと実装 (自動車系) 谷本 智 (日産アーク) | 次世代パワーデバイスSiCやGaNなどを用いた高速スイッチング高効率高出力密度インバータ・パワーモジュールの重要実装技術と信頼性設計について詳述する。 |
| A4 | Si, SiC, GaN等の結晶とウエハ 羽深 等 (横国大) | 半導体シリコンおよびWBG半導体 (炭化珪素、窒化ガリウムなど) の単結晶育成、ウエハ加工、エピウエハ製造法、結晶欠陥、特性比較、開発状況等について述べる。 |
| A5 | パワーモジュール実装材料(封止樹脂) 石井 利昭 (日立製作所) | パワーモジュール実装材料として、パワー半導体封止材の機能および材料設計技術を概説する。パワーモジュールの開発動向および課題、高性能化に向けた取り組みを解説する。 |
| A6 | パワーモジュール実装材料 (セラミックス) 多々見 純一 (横国大) | SiCパワーモジュールで用いられる絶縁放熱基板用セラミックスの機能と信頼性の発現メカニズムと製造プロセス、および、セラミック基板材料開発の最前線について解説する。 |
| A7 | パワーモジュール実装材料 (接合材) 山田 靖 (大同大) | 自動車の電動化に関する概要を述べたのちにパワー半導体の接合に求められる要件に関して説明し、近年研究が行われている接合技術を紹介する。 |
| A8 | パワーモジュールの解析評価と設備 高橋 邦明 (産業分析センター) 八坂 慎一 (KISTEC) | パワー半導体・モジュールの特性や信頼性を評価するための各種試験評価方法・装置・設備・試験規格・標準化の考え方・解析手法などを解説する。 |
| A9 | パワーモジュールのシミュレーション 于 強 (横国大) | 実験では明らかにできないパワーモジュールの温度分布を正確にシミュレーションできる解析技術および接合信頼性などの評価手法を紹介する。 |
| A10 | パワーモジュールのサーマルマネジメント 畠山 友行 (富山県立大) | パワーモジュールを構成する半導体チップからの発熱、基板や実装材料を通した熱拡散、放熱機構から外気への伝達を含んだ、熱管理の基礎と応用について解説する。 |
| A11 | パワーモジュールの信頼性評価 澁谷 忠弘 (横国大) | パワーモジュールの信頼性について、信頼性工学の基礎理論からヘルスマonitoringなどを含んだ最新の故障予知理論について具体例を取り入れつつ解説する。 |
| A12 | WBGパワーデバイスによるビジネス展開 宮代 文夫 (YJC) | WBGパワーデバイスを用いたビジネスは2015年から本格化したといえる。まずはシステムコンポーネントとして用いた鉄道システムから実用化が始まり、汎用デバイスとしてEV, HEVへの搭載も始まってきた。酸化ガリウムの登場を含め最前線と将来動向を展望する。 |
| A13 | WBGパワーデバイス・事業展開への課題 高橋 良和 (東北大) | 「企業における体験」も踏まえて、WBGパワーデバイス 関連事業展開への各種課題を検証する。 |

横浜パワーエレクトロニクスカレッジ受講案内

各コースの全講座を修了された方にはパワエレカレッジ当該コースの修了証を授与します。申し込み情報は右記のWebサイトに掲載される予定です。各コースとも、標準定員になり次第募集を締め切ります。また、開講日の30日前までに最少実施人数に達しない場合は開催中止とし、受講希望者には次回以降の受講に回って頂きます。



<https://yuvec.info/>

受講料

※価格は全て受講者1名当たり

| 受講者資格 | 実験で学ぶ！ ベーシック・コース | | 最先端を体感する！ アドバンスト・コース | | |
|------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------|---------|
| | YNU型 | Travel型 | e-ラーニング | 見学 | スクーリング |
| プレ受講者 | 無料ビデオ講座のみ 受講可能 | - | - | - | - |
| 個人受講者 | 400,000円 | - | 2,500円/講座 | 50,000円※ ¹ | 10,000円 |
| 法人受講者※ ² (一般法人会員) | 320,000円 | - | 2,000円/講座 | 40,000円※ ¹ | 8,000円 |
| 法人受講者※ ² (プレミアム法人会員) | 200,000円 | 120,000円 ※講師等の出張費(実費) が別途必要 | 1,250円/講座 | 25,000円※ ¹ | 5,000円 |

※1：見学受講料はシーマ電子と神奈川県立産業技術総合研究所（KISTEC）の2か所分（2日間分）の見学費用

※2：パワエレ研修研究会法人会員の受講料の振り込み時期については応相談

パワーエレクトロニクス研修研究会のご案内

パワエレ研修研究会とは

横浜パワーエレクトロニクスカレッジ（YPEC）の教育プログラムを継続的に改善していくことを目的として、法人会員とYPEC役員で構成されるパワーエレクトロニクス研修研究会を組織します。研修研究会の法人会員になると、以下のメリットが享受できます。

①受講料の割引

法人会員が社員を受講者として派遣する際、法人の会員資格に応じて、上記の割引価格が適用されます。一法人からの受講者が3人以上となる場合は一般法人会員、5人以上となる場合はプレミアム法人会員として研修研究会に登録されることをお勧め致します（それ以下の派遣人数でも会員となることがあります）。

②受講者の学習進捗管理

e-ラーニングシステムを用いてオンラインで各受講者の学習進捗管理ができます。

③研修研究会への参加資格

定期的開催される研修研究会に参加し、パワエレに特化した教育研修の視点から、業界の動向や企業のニーズ、研修内容について会員相互で情報交換を行うことができます。また、パワーエレクトロニクスカレッジの教育カリキュラムに対して要望を伝えることで、社会のニーズに適合した教育プログラムの継続発展に貢献できます。

会員種別

A. 一般法人会員（年会費：200,000円）

継続的、包括的受講は無理だが選択的な受講をさせたい企業が対象。

B. プレミアム法人会員（年会費：900,000円）

多数の教育対象者がおり、継続的、包括的に受講させたい企業（進捗管理者毎に1企業とみなします）が対象で、横浜パワーエレクトロニクスカレッジ参加法人の中核となる会員。

研修研究会運営ルール

- （名称） 本研究会の名称を「パワーエレクトロニクス研修研究会」と称する。（以下「本研究会」）
- （目的） 本研究会は横浜パワーエレクトロニクスカレッジに対して業界の動向、企業のニーズ・要望に関する情報を伝えるとともに、関係者相互で情報交換することにより、同カレッジの研修内容の充実を図ることを目的とする。
- （会員） 本研究会は横浜パワーエレクトロニクスカレッジに社員を派遣する法人会員、プレミアム会員と同カレッジ運営者で構成する。
- （会費） 会費は横浜パワーエレクトロニクスカレッジの法人会員年会費、プレミアム会員年会費に含まれる。
- （成果物） 本研究会で知りえた情報は各会員内部で業務に役立てることは可であるが、媒体に掲載して広報する場合は事前に事務局の承諾を得るものとする。
- （事務局） 事務局は特定非営利活動法人YUVEC（以下「YUVEC」）に置く。