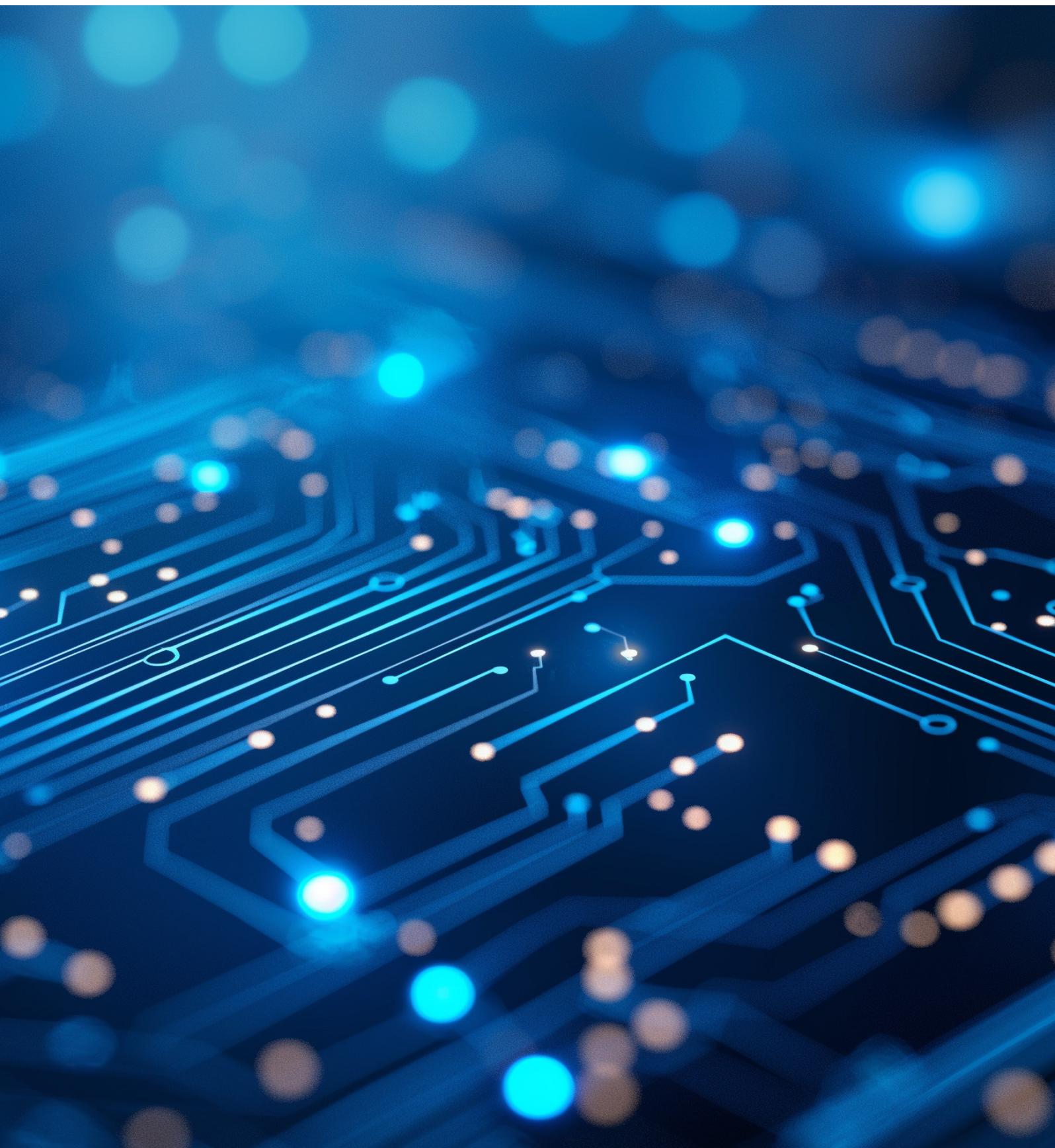


FB テクニカルニュース

No.80 2024.12



FBテクニカルニュース No.80

2024年12月(令和6年)発行

発行所 古河電池株式会社
横浜市保土ヶ谷区星川二丁目4番1号

編集 テクニカルニュース編集委員会

編集委員長 樋上 俊哉

編集委員 鈴木由加、松浦和孝、近藤久純、金城敬太、佐藤寧、程塚康明、
吉田正輝、増田洋輔、秋山浩範、山澤ルミ

●非売品（無断転載を禁じます）

●問い合わせ先：戦略企画部 Tel：045-336-5091

目次

総説

日本のカーボンニュートラルに向けた再生可能エネルギーの導入拡大

瀬川 浩司 …… 1

報文

『ものづくり力』を磨く技術者教育拡充の取り組み

小野 陽洋、徳永 圭佑、鈴木 美希、高原 努、佐藤 修一、飯塚 博幸 …… 9

トピックス

キヤノン電子株式会社 美里事業所様での鉛蓄電池による電力貯蔵システム (ESS) 実証試験 …… 19

フィリピン市場向けプライベートブランド RAIDEN (ライデン) シリーズに EN タイプを追加 …… 20

小型月着陸実証機「SLIM」 月面着陸! …… 21

新製品紹介

タクシー専用 EN タイプバッテリー LYDEN シリーズの発売 …… 22

製品紹介

保守用車自動停止装置用「地上検査装置」のご紹介 …… 23

Contents

Review

Expansion of Renewable Energy for Carbon Neutral of Japan	Hiroshi Segawa	1
---	----------------------	---

Technical Papers

Efforts to expand engineer education to enhance “the Monodzukuri ability”	Akihiro Ono, Keisuke Tokunaga, Miki Suzuki, Tsutomu Takahara, Shuichi Sato, Hiroyuki Iizuka	9
---	---	---

Topics

The demonstration of ESS using valve regulated lead-acid batteries at Canon Electronics Inc., Misato plant	19
New EN type battery added to the private brand (RAIDEN series) for the Philippine market	20
The Small Lunar lander "SLIM" has landed on the Moon	21

New Products

Release of the EN type battery (LYDEN) exclusively for taxi	22
---	----

Products

Introducing the “Inspection Device for Ground System” for Automatic Braking System in Maintenance Car	23
---	----

日本のカーボンニュートラルに向けた 再生可能エネルギーの導入拡大

Expansion of Renewable Energy for Carbon Neutral of Japan



東京大学先端科学技術研究センター/大学院総合文化研究科
教授 工学博士

瀬川 浩司

Hiroshi Segawa

Nowadays, various meteorological disasters frequently take place in many area of the world. Therefore many of the scientists warn "Time for global warming countermeasures is already running out". Carbon dioxide accounts for about 90% of the greenhouse gas thought to be the main reason of the climate change, and the most of the source are of energy origin. To solve the global warming issue, the change of energy is indispensable where the switch to renewable energy by new technology is demanded in addition to an existing technique. ESG investments on the renewable energy in consideration for the environments have been the world standard in the viewpoint of the economy before the Paris agreement of 2015. In this review, the expansion of renewable energy is reported for carbon neutral society of Japan from the technological points.

1. はじめに

世界各地でさまざまな気象災害が頻発し、多くの科学者は「もはや地球温暖化対策に時間的な余裕はない」と警告している。気候変動の主因と考えられる温室効果ガスの約9割は二酸化炭素が占めており、その排出源の殆どはエネルギー由来である。このため地球温暖化対策には、まずエネルギー分野の変革が必須であり、既存技術に加え合理的に導入可能な新技術への転換、特に再生可能エネルギーの導入拡大が求められる。2015年にIPCCでパリ協定が締結される以前から、経済的視点では環境に配慮するESG投資が世界の標準となっており、その多くは再生可能エネルギーの導入拡大に向けた投資となっている。本稿では、日本の現状に焦点をあてて技術的な観点から日本のカーボンニュートラルに向けた再生可能エネルギーの導入拡大について述べてみたい。

執筆者略歴:

瀬川浩司(せがわ ひろし)
京都大学大学院工学系研究科博士課程修了(工学博士)。京都大学工学部 助手、東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻 助教授を経て、2006年 東京大学先端科学技術研究センター 教授。2016年 東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻 教授。2020年 東京大学大学院工学系研究科化学システム工学専攻 兼任。東京大学教養学部附属教養教育高度化機構環境エネルギー科学特別部門長。東京大学サステイナブル未来社会創造プラットフォーム代表。2009年～2014年 内閣府最先端研究開発支援プログラム(FIRST) 中心研究者。2019年 科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞受賞。

2. 脱炭素社会の構築に向けた世界の動向

2024年11月にアゼルバイジャン共和国で開催された国連気候変動枠組条約第29回締約国会議(COP29)の議論を見ると、多くの科学者や国連事務総長の警告にもかかわらず、気候変動に対する危機感や国際社会全体で共有されているとは言い難く、特に国際政治の視点では脱炭素社会構築に向けた緩和策にブレーキがかかり、適応策に必要な資金の奪い合いにも見える。ロシアによるウクライナ侵攻やパレスチナにおける紛争拡大が、世界の分断と各国のエネルギー安全保障の危機を招き、本来は喫緊の課題であるはずの世界全体での脱炭素化が結果的に後回しになっている感否めない。

一方、国際政治とは対極をなすように経済の視点では環境に配慮する再生可能エネルギー投資がESG投資の中心となっている。2023年1月のBloomberg NEF (BNEF)のレポートによれば、2022年の世界の再生可能エネルギー関連投資は過去最大の1兆1000億ドルに達し、その中で太陽光発電と風力発電に対する投資の合計は4950億ドル(前年比17%増)、EVに対する投資は4660億ドルに達したと報告している。2023年2月に発表された国際再生可能エネルギー機関(IRENA)の再生可能エネルギーへの世界の投資動向に関するレポート(Global Landscape of Renewable Energy Finance 2023)でも、世界がエネ

日本のカーボンニュートラルに向けた再生可能エネルギーの導入拡大

ギー転換技術（エネルギー効率化を含む）へ投じた金額が過去最高となったことが述べられている。加えて、世界の大手の金融機関やIT企業など400社以上がRE100イニシアチブ（企業活動で使用する電力の100%を再生可能エネルギーで調達することを目指す企業連合で2024年10月時点で日本では88社が加盟）に参画しており、その全企業の売上総額は年間6兆6000億ドルに達する大きな流れになっている。

EUでは、2021年にいわゆる国境炭素税（国境炭素調整措置、CBAM）の開始が発表され、2026年からは実際の課税が始まる。この国境炭素税の対象輸出品は、現状では鉄鋼、アルミニウム、セメント、電気、肥料などであり、日本に対する直接的な影響はそれほど大きくないと考えられるものの、今後対象製品が拡大される可能性やこの方式が世界標準になる可能性もあり注意が必要である。これらは、環境規制の緩い国や企業からの物品調達にバリアを設ける仕組みで、行き過ぎたグローバリズムや貿易自由化の調整の側面もあるが、何れにしても日本企業がこれらの環境規制の緩いグループに分類されてしまうと世界のサプライチェーンから排除されかねない。EUは、既にカーボンプライシングでも先行しETS(Emission Trading Scheme、排出量取引制度)を導入しているが、2023年10月から事業者に対する炭素排出量の報告が義務付けられ、排出量を上回る排出枠を保有する企業は排出枠を売却し、排出量に対して排出枠が足りない企業は排出枠を購入できる仕組みを作っており、これは短期的には企業の低炭素化の助けになっている。2024年にはこのETSの対象が海運業界にも広がられている。世界銀行によると、世界で70以上の炭素税や排出量取引制度が導入されているが、日本はこのような制度設計も遅れていて、政府の様子見の姿勢は今後の日本経済に大きな禍根を残すのではないかと危惧する。次に、世界で共有されている脱炭素化に向けたプロトコルを見てみよう。

3. 脱炭素化に向けたプロトコル

気候変動の主因と考えられる温室効果ガスの約9割は二酸化炭素が占めており、その排出源の殆どはエネルギー由来である。このため地球温暖化対策には、まずエネルギー分野の変革が必須であり、この点では既存技術に加え合理的に導入可能な新技術への転換が求められるが、やはりこうした点でも欧米がかなり先行している。日本でも

2020年10月に菅義偉内閣総理大臣（当時）が「2050年カーボンニュートラル」を宣言し、2020年12月グリーンイノベーション戦略が纏められた。2021年5月には地球温暖化対策推進法の一部改正案が成立し、2050年までのカーボンニュートラルの実現の明記、地方創生につながる再エネ導入の促進、企業の温室効果ガス排出量情報のオープンデータ化など3つの政策の柱が盛り込まれた。2020年12月に経済産業省から発表された「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」^{1,2)}では、2030年の温室効果ガス(GHG)排出量を2013年度比で-46%とする目標が明記されている。日本の2013年度のGHG排出量(CO₂換算)³⁾は14億トン余りであるから、-46%とするにはGHG排出量を7.5億トン以下に抑える必要がある。2020年度のGHG排出量11.5億トンから10年で約4億トン減らすという計算になる。森林吸収による0.5億トンの削減量を加味したとしても、この数字が持つ意味は重い。このような削減が、本当に技術的に可能なのか。セクター別に考えると、日本では温室効果ガス排出の約5割を占める産業の脱炭素化が不可欠であると同時に、運輸部門を支える輸送エネルギーの脱炭素化や業務・サービス部門で使われる電力の脱炭素化が必要になる。もちろん民生部門の脱炭素化も必要であるが、ボリュームゾーンは企業活動である。

企業がある製品を製造する場合、その製品が生産され使用され廃棄されるまでのサプライチェーン全体の排出量をきちんと把握し、そのライフサイクル全ての過程で排出されるGHGを削減する必要がある。これが「サプライチェーン排出量」という考え方で、その過程を分類しGHGの排出量を算定・報告するために定められた国際的な基準GHGプロトコルに「スコープ1排出量」「スコープ2排出量」「スコープ3排出量」の三分類が定められている(図1)。

スコープ1排出量は、企業や組織が直接エネルギーを消費することで排出されるGHGを分類したものである。企業が製品を製造する際に、石油などを化学的に加工する際に直接CO₂を排出する場合や、熱エネルギーを利用したり鉄を還元するために石炭を消費することでCO₂を排出する場合などがこれにあたる。また、エネファームを使ってCO₂を排出する場合もスコープ1排出量にカウントされる。一方、スコープ2排出量は、他社から供給された電気・熱・蒸気を使うことで、間接的に排出されるGHGを分類したものである。日本では、電力の約2割が再生可能エネルギー電力となっているが、産業で使用される電力は7割あり、多くの企業が再生可能エネルギー電力を証書で買い占めて

しまうと、何もしない企業はほぼ化石燃料由来の電力を使っていることになってしまいます。このため、日本でRE100を目指す企業には「証書の買い占め」ではなく「実質的に再エネを増やす努力」が求められる。例えば、証書やFIT/FIPに頼らない太陽光発電を用いたPPA事業等を進める必要がある。

ここまでのスコープ1排出量とスコープ2排出量は比較的分かり易く、各企業が見通せる範囲でのものであった。これに対してスコープ3排出量は、サプライチェーン排出量のうち、スコープ1排出量とスコープ2排出量以外の間接排出量すべて含むとされており、具体的にはスコープ3排出量として15の категорияが示されている。そこには、原材料の輸送や製品の配送、従業員の日常の通勤や出張の際に排出されるGHGまでカウントされることになっている。これによって、企業や団体のあらゆる事業活動で排出されるGHGの合計量がカウントされることになるが、カーボンニュートラルには輸送分野のCO₂排出を実質ゼロにすることが必要不可欠であることがGHGプロトコルにも明示された形になっている。これを達成するためには、輸送用

のエネルギーをグリーン水素やグリーン電力に置き換える必要があるが、ハイブリッド車はもはや許容されず、グリーン水素によるFCV(燃料電池車)かグリーン電力による電気自動車(EV)にせざるを得ない。スコープ3排出量の削減には、この点は避けて通れない。

輸送用エネルギーの脱炭素化について、BNEFの調査レポート「電気自動車の長期見通し(Long-Term Electric Vehicle Outlook: EVO)」によると、世界の電気乗用車の販売台数は、2021年の660万台から2025年には2100万台へと今後数年間で急増する見込みで、累計は2025年までに7700万台、2030年までに2億2900万台に達すると予想されている。また、BNEFによれば、乗用車以外にも道路交通のあらゆる分野で電動化が広がり世界の道路交通の石油需要は2027年までにピークを迎え今年中には世界の内燃機関乗用車台数が減少に転じることも予想している。それでもなお道路交通セクターが2050年までにCO₂排出量ネットゼロを達成するにはかなりの困難が予想されている。2050年までに全世界の自動車をネットゼロにするためには、全世界での乗用車新車販売台数に占めるゼロエ

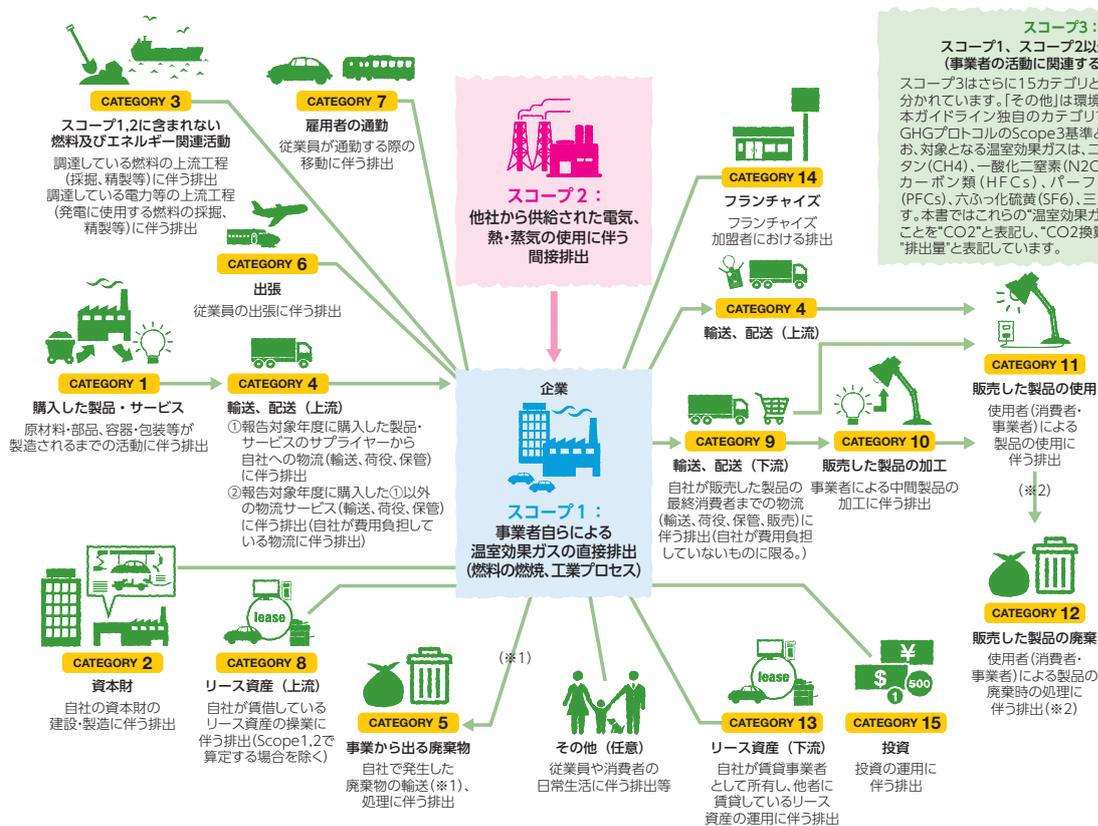


図1 GHGプロトコルにおけるスコープ1~3とスコープ3の15の категория (出典: 環境省ホームページより)
Fig.1 Scopes 1 to 3 and the 15 categories of Scope 3 in the GHG Protocol (Source: Ministry of the Environment website)

日本のカーボンニュートラルに向けた再生可能エネルギーの導入拡大

ミッション車の割合が2030年までに61%、2035年までに93%となり、かつ2038年までにはすべての車両種類で内燃機関自動車の販売を終了させる必要があるとしている。今年に入ってからEVの導入拡大や内燃機関自動車の販売終了時期については、少し調整が入っているようであるが、これはあくまで短期的な動きで長期的なトレンドは原理的に変わりようがない。特に、今後の自動運転車の普及にはEVが欠かせなくなる。

ところで、日本の運輸部門の脱炭素化は具体的にどうなっているのだろうか。日本ではEVやFCVの普及、内燃機関自動車の削減などが大変残念ながら全くと言っていいほど進んでいない。現在の日本の最終エネルギー消費のうち、未だにほぼ半分はガソリン等の輸送用燃料なのである。大規模な充電ステーション設置や次世代蓄電池の開発もまだ途上で、燃料電池を利用した長距離輸送車も登場していない。SAFを利用する航空輸送の脱炭素化は始まっているものの、必要な量のSAFが供給できていない。さらに、本来はカーボンニュートラルに最も近い輸送手段であるはずの鉄道事業の脱炭素化もあまり進んでおらず、脱炭素化した輸送への転換がスコープ3に対応し2050年カーボンニュートラルを実現するためには必要不可欠になっている。

4. エネルギー全体から見た再生可能エネルギーの導入拡大戦略

ここで、過去60年ほどの日本の一次エネルギー供給の推移(図2)を振り返り2030年と2050年を展望してみよう。1960～70年代には、わが国の一次エネルギーの石油依存度は約7割で、これに石炭を加えると9割近くが化石エネルギーであった。その後、1973年と1978年の2度にわたるオイルショックを契機として「石油代替エネルギー」である原子力と天然ガスの利用拡大は進んだものの、2000年ごろまでは石油と石炭の使用量自体はさほど減っていない。一次エネルギー需要全体は2005年頃をピークに減少に転じたものの2011年東日本大震災以降の原子力発電の停止もあり、2013年には再び化石エネルギー依存が進み過去最大の二酸化炭素排出量になった。この2013年がパリ協定における日本の削減目標の起点である。この2013年を起点にして図2には化石エネルギーの2050年8割削減を黒点線、2050年10割削減を緑点線(仮想カーボンニュートラル)で加筆してある。もちろん、化石エネルギーの種類で二酸化炭素排出量は異なるし、ブルー水素を削減に加えるかどうかでも線の引き方は変わるが、大まかな目安として見てほしい。このようなとても荒い見積もりでも2030年の緑点線の削減率を見ると2013年比でびたりと-46%になり、2021年4月に日本政府が出した方針と一致する。

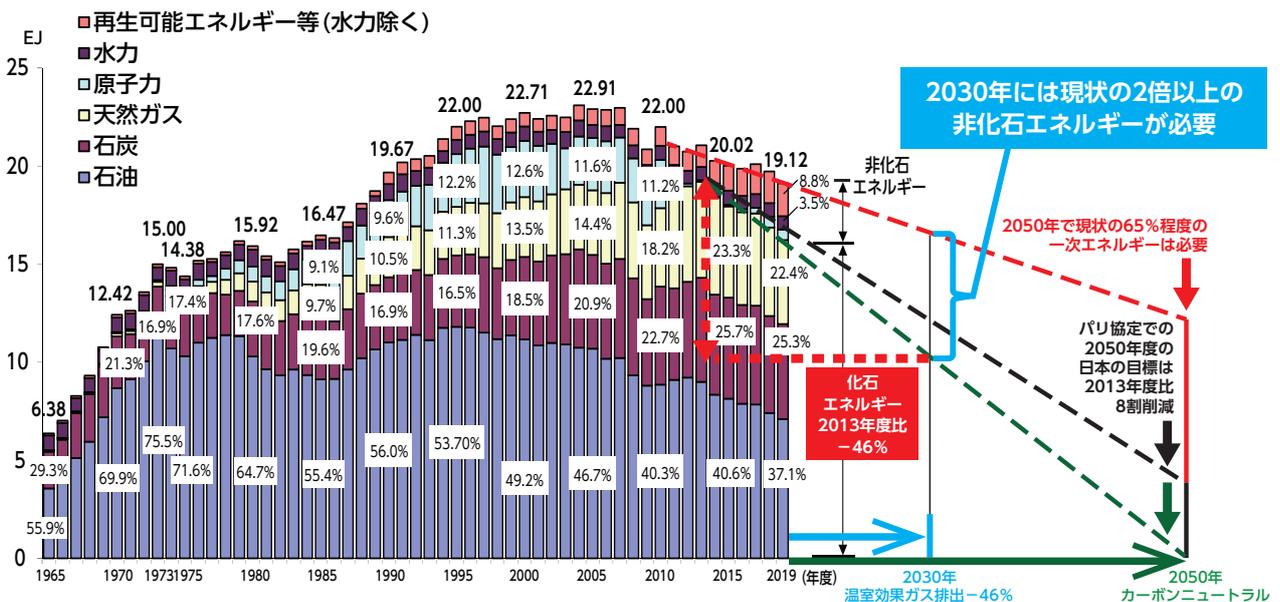


図2 日本の一次エネルギー供給の推移(1965年～2019年)と2050年までの予測。
経済産業省資源エネルギー庁のエネルギー白書2021の図に著者加筆。

Fig.2 Trends in Japan's primary energy supply (1965-2019) and forecast to 2050.
(Source : METI Agency for Natural Resources and Energy, with additions by the author.)

一方、2050年でもエネルギー消費はゼロにはできないので、現在の一次エネルギー総需要の減少傾向をそのまま直線で2050年まで伸ばすと赤点線（これも省エネ率の見積を直線で引くのは乱暴だがご容赦いただきたい）のようになり、2050年には最低でも現在の65%程度の一次エネルギーは必要になる。この赤点線と緑点線の差が、想定される非化石エネルギー（脱炭素エネルギー）需要ということになる。まず2030年に注目すると、10年も無い短期間でCCS（二酸化炭素回収・貯留）と組み合わせたブルー水素やそのサプライチェーン構築、FCVなどの普及などが一斉に進む見込みは無く、2030年時点では「脱炭素化＝現状で使える非化石電力の導入拡大」と考えざるを得ないだろう。これは「非化石電力の絶対量を増やす」ということに他ならない。ところが、第6次エネルギー基本計画では2030年の電力消費を現状と比べても低く見積もっており、輸送用燃料の脱炭素化が全く進まない計画になっている。非化石電力にカウントできる一般水力発電によるエネルギー供給は1960年代以降全く変わっておらず、今後の増加は期待できない。また、原子力発電も仮に再稼働が進み最大60年までの運転延長が認められたとしても、2050年には主要なエネルギー源にはなりえない。そうすると、非化石電力の拡大は太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーで賄う必要が出てくる。例えば、2030年の温室効果ガス排出マイナス46%の達成には、非化石エネルギー全体で少なくとも現状の2～3倍、一般水力や原子力が増えない前提を受け入れると太陽光発電や風力発電などは現状の3～5倍は必要になる。これは、過去のFIT以上の導入促進政策を打たねばならないことを意味す

る。しかしその具体策は全く見えてこない。

ここで日本の電力の脱炭素化をどのように進めるべきか考えてみよう。まず、2024年3月末の日本の再生可能エネルギー導入状況（表1）を確認しておこう。表1は、2024年8月に経済産業省資源エネルギー庁から発表された2024年3月末の日本の再生可能エネルギー電力のデータをもとに著者が作成した設備導入状況の纏めである。まず目を引くのが、FIT開始以降の太陽光発電の急拡大である。FIT開始前は、合計で約500万kWであったが、現在は約7322万kWと12年ほどで約14.6倍になっている。その内訳をみると、住宅用が約3.2倍であるのに対し、非住宅用の大規模設備が約213倍で、全体の約8割を占めている。日本の場合、どこの地域でも日照条件にあまり差は無く、失敗事例は極めて少なく安定した事業収益が期待できるためにファイナンスも付きやすかったという事情もある。

これに対し、風力発電はFIT開始前の3倍にも到達しておらず、太陽光発電に比べると一桁小さい。これは、日本国内で年間平均風速7m/秒以上の風が期待できる風力発電適地が限られており、そのような適地に限って電力系統がぜい弱で接続が難しく、また環境アセスメントなどの手続きや工期などの問題でリードタイムが長くかかることが原因になっている。このため、風力発電の導入拡大には洋上風力に期待が集まっている。その他の再生可能エネルギーの中では、中小水力発電の導入量は風力発電のそれに比べても4分の一程度にとどまり、地熱発電ではさらに厳しく合計導入量で13.7万kWで、全体から見ればほぼ誤差範囲である。地熱発電も、計画から発電開始までの期間が長く、認可にかかる手続きも大変で、ファイナン

表1 日本の再生可能エネルギー電力設備導入状況（単位万kW、2024年3月末、一般水力発電を除く）

Table 1 Status of renewable energy power generation facilities in Japan (unit: 10,000 kW, as of the end of March 2024, excluding general hydroelectric power generation)

分類	24年3月迄の全導入量 (制度前後計)	12年6月迄の導入量 (買取制度前)	12年7月以降の導入量 (買取制度後)	24年3月末迄の未稼働設備	買取制度認定全設備容量	24年3月迄の認定設備の稼働割合	認定済設備100%稼働時の想定導入量
分類番号	A+B	A	B	C	B+C	B/B+C	A+B+C
太陽光発電合計	7,322.2	499.4	6,822.8	623.7	7,446.5	91.6%	7,945.9
住宅用太陽光	1,535.7	472.3	1,063.4	19.0	1,082.4	98.2%	1,554.7
非住宅太陽光	5,786.5	27.1	5,759.4	604.7	6,364.1	90.4%	6,391.2
風力発電	603.0	232.4	370.6	1,269.2	1,639.8	77.3%	1,872.2
中小水力発電	162.0	25.5	136.5	123.4	259.9	52.5%	285.4
地熱発電	13.7	0.1	13.6	7.6	21.2	64.1%	21.3
バイオマス発電	645.4	123.7	521.7	320.3	842.0	63.3%	982.0
合計	8,746.3	881.1	7,865.2	2,344.2	10,209.4	77.0%	11,090.5

*「住宅用太陽光発電」は10kW未満、「非住宅用太陽光発電」は10kW以上として整理
*出典:経済産業省資源エネルギー庁 2024年8月発表データをもとに計算

日本のカーボンニュートラルに向けた再生可能エネルギーの導入拡大

スも付きにくく、よくメディアで取り上げられている「日本は地熱大国」といった話とはかけ離れている。2030年までにこのような状況が改善する可能性は殆どなく、きちんと現実を見た上でのエネルギー戦略が必要になる。一方、最近急拡大を始めたのがバイオマス発電である。バイオマス発電はほぼ既存技術で対応でき、リードタイムも短いため、その設備容量は既に風力発電に迫っている。しかしながら、燃料の調達については海外からの安い木材チップが使われるなど、本当に脱炭素化に繋がるかどうかといった問題もあり、慎重な対応が求められる。

以上の点を考慮すると、2030年時点で再生可能エネルギーの導入拡大を進めるには、やはり太陽光発電の導入拡大が最も現実的であろう。太陽光発電協会（JPEA）は、現状の国内設置太陽光発電6000万kWに対し、2030年に1億2500万kWの導入目標を示している。この目標では、住宅用太陽光発電が3100万kW（現状の約2倍）、非住宅用太陽光発電が9400万kW（現状の約1.6倍）である。しかしながら、現実はそのように簡単ではない。もともと日本は平地が少なく、国土面積当たり、あるいは平地面積当たりの太陽光発電量は断トツで世界一である。また、FIT価格の低下とFIP制度への移行もあり、大規模太陽光発電の設置にはかなりブレーキがかかっている。これら以外の太陽光発電、例えば耕作放棄地の活用や農地を利用するソーラーシェアリング、都市部のZEBやZEHなども積み上げていく必要があるが、それには次に述べる次世代太陽電池が必要になってくる。

最近、次世代太陽電池として「ペロブスカイト太陽電池（PSC）」が注目を集めている。これは、有機金属ハライドペロブスカイト結晶を光吸収層に用いた太陽電池で、軽量フレキシブルかつ高性能でどこにでも設置できる特徴を持ち次世代太陽電池研究の本命とされている。この光吸収層の重量の約6割がヨウ素、約3割が鉛、約1割がその他の材料である。ヨウ素は、日本が世界生産量第2位で、シェアは約3割ある。鉛は、リサイクル原料の他に輸入品も使うが、概ねリスクカントリーからの調達は不要である。さらに、電子輸送層や正孔輸送層まで含めたPSCの発電層の厚さは1 μ m以下であり、既存の結晶シリコン系太陽電池の発電層の200分の1程度である。このため、既存のシリコン系太陽電池で1MWの発電を行うモジュールを作るには高純度シリコンが数トンレベルで必要になるのに対し、PSCで1MWのモジュールを作るための原料はヨウ素がおよそ16kg程度で済み、鉛原料は僅か8kg程度

で賄うことができ極めて省資源である。現在、結晶シリコン太陽電池の原料はほぼ中国産であり、そのモジュールもほとんど中国製になってしまったが、PSCはこうした原料調達の制約が無く生産に至るまで純国産化が可能である。PSCは同じ発電量の結晶シリコン太陽電池モジュールに比べると重量は10分の1程度であり、曲面にも設置できるという特徴を持っている。日本国内では2024年3月末で70GWを超える結晶シリコン太陽電池が稼働しているが、残念ながら前述したように既存の太陽電池モジュールを設置できる場所が減りつつあり、耐荷重性の低い工場や体育館の屋根の他ビルの壁面等に設置可能なPSCの重要性は高まりつつある。こうした点から、国内のPSC生産メーカー（積水化学工業、東芝エネルギーシステムズ、アイシン、パナソニック、エネコートなど）が様々な設置条件での実証事業を開始している。海外でも多数の企業が開発を進めているが、変換効率や耐空性、軽量性などを考えると日本企業が先行していると言って良い。われわれは基板の超軽量フレキシブル化にも取り組んでいる。フィルム基板小面積セルではPCE 23.8%が得られ、1sun (100 mW/cm²) 照射時の重量あたり発電量を計算すると46.9W/gとなる。既報の世界記録である30.3W/g⁴⁾を大きく上回ることができた。

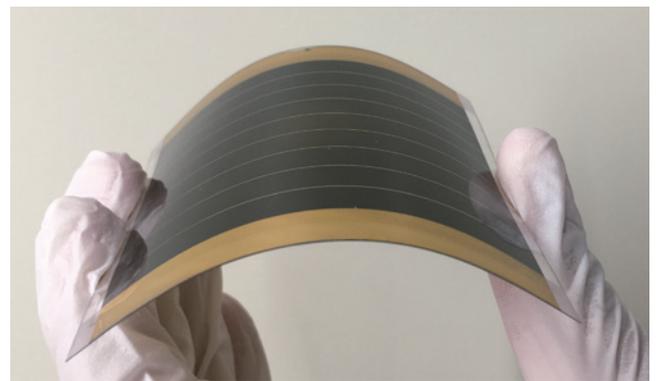


図3 フレキシブル基板を用いたペロブスカイト太陽電池ミニモジュール (45 cm²)

Fig.3 Perovskite solar cell mini-module using a flexible substrate (45cm²)

PSCは、工場の屋根やビルの壁面など、これまで結晶シリコン太陽電池の搭載が困難であった場所にも設置できる点が重要である。国内企業も既に様々な設置条件での実証事業を多数開始しており、2025年には本格的な商用化も開始される見込みである。2024年5月にはPSCの本格的な普及を目指した官民協議会も立ち上がり、生産だけでなく国を挙げての普及にも力が入り始めた。この協議会

では、2040年のPSC導入目標を20GW（最大40GW）としている。しかしながらPSCの耐久性の向上や大面積化にはまだ課題があり、引き続き基礎研究と技術開発研究が必要である。

ここで、ドイツの最新の電力政策を見てみよう。⁵⁾ ドイツ連邦政府が発表したClimate Action Programme 2030「Lower CO₂ emissions from energy generation」によれば、2030年温室効果ガスの削減目標を日本のそれよりさらに高い63%削減とし、2030年には太陽光発電1億kW（100GW）、陸上風力発電7100万kW（71GW）、洋上風力発電2000万kW（20GW）、バイオマス発電840万kW（8.4GW）を導入し、再生可能エネルギー電力の割合を65%まで引き上げる目標を発表している。ドイツの場合、現在の最大電力需要日でも8000万kW（80GW）程度なので、2030年の再生可能エネルギー電力導入目標合計が約2億kW（200GW）で現在のピーク需要の約2.5倍というのはかなり大きな数字で、電力需要の大きな増大を見込んでいるのがわかる。これに加え、2020年6月、ドイツ連邦政府は「国家水素戦略」を採択しているが、その中で対象とする水素は「グリーン水素」すなわち再生可能エネルギー電力で作る水素であることを明示している。具体的には、2030年までに水素電解プラントを1000万kW（10GW）規模まで拡大するとしている。再生可能エネルギー電力を増やすと同時にグリーン水素でエネルギー貯蔵・活用を促すという政策をパッケージで進めているのである。このように、カーボンニュートラルの実現には、再生可能エネルギー電力の導入拡大と輸送用エネルギーの電化に向けた電力消費拡大がセットで必要なのである。これは、特にドイツに限ったことではなく自明の話であり、世界でも日本でも同じ道を進まざるを得ない。日本でも当然電力の再生可能エネルギー比率を増やすと同時に電力の消費量そのものを増やさなければ輸送用燃料を減らせないにもかかわらず、第6次エネルギー基本計画では電力の総需要を減らす計画を立ててしまった。この点は、現在策定中の第7次エネルギー基本計画で修正される予定である。

ちなみに2030年までにCCSを導入するということは可能であろうか。これには、CCSを行うための適地確保・環境アセスメント・経済的合理性など、いずれも高いハードルがあり、2030年までの本格実用化は不可能である。仮に、ある程度の実証事業が進んだとしても、二酸化炭素排出量削減に対する貢献は微々たるものと言わざるを得ない。アンモニア混焼についても、二酸化炭素の約300倍

の温暖化係数を持つN₂Oの排出の問題が十分に検討されていない。これまで日本政府が各国に売り込んできた「高効率石炭火力」も実際には最高出力で運転しているときのみ効率が高いだけであって、出力調整には不向きで効率も悪くなることが判っており、「脱炭素化」のキーワードの下では受け入れがたい技術である。日本だけで盛り上がりを見せるこのような技術は、欧米では「石炭火力の延命」と見做されており期待が高まらないのは当然のことであろう。

以上の脱炭素電源の構成を考えることは、戦略的な系統整備を考える上でとても重要である。ともすると、系統に流せる再生可能エネルギーには上限があるかのような間違った議論を聞くこともあるが、系統安定化に向けた電源構成を考える上では発電と電力消費の同時同量さえ達成すれば良いのであり、それに向けた最小限の系統整備で余計な負担を削減することができる。例えば、北海道の再エネは北本連携や東北電力を経由するのではなく直接海底直流送電で調整力が豊富にある東京電力に繋いだ方が低コストである。VPPの利用も脱炭素電源の構成を先に決めたほうが単純化できる。慣性力不足の問題も、PCSの高性能化で解決できる見通しもある。変電所に設置する大型蓄電池もこれから低コスト化が進むだろう。系統制御に関する技術は割と短期間に進歩するものと考えられる。

5. 電力需要の拡大に対応するために

ここまでの議論で、脱炭素化の要はエネルギーマネジメントであってその中核を担うのは電力であることがお分かりいただけたと思う。本稿では、全く述べてこなかったが、これまでは表裏一体と考えられていた「エネルギー」と「環境」に加え「情報通信」が脱炭素化には欠かせないキーワードになってきた。今やほとんどの人間が情報端末を持ち、AIの恩恵を受けるようになり、今後の自動運転の普及を考えるとデータセンターの増設は不可避で、電力需要は急増することになる。データセンターでは常にバックアップ電源も必要になり、その意味でもエネルギーマネジメントは重要である。この点では、エネルギーキャリアとしての水素の役割は限定的で、むしろエネルギーストッカーとしての水素に焦点が当たることになるだろう。もちろん、その意味では蓄電池の役割はより拡大していくことになる。今後の蓄電池の技術開発に大いに期待したい。

日本のカーボンニュートラルに向けた再生可能エネルギーの導入拡大

参考文献

- 1) 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（経済産業省）
<https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012-2.pdf>
- 2) 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（内閣官房ほか9府省庁）
<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210618005/20210618005-3.pdf>
- 3) 2019年度の温室効果ガス排出量（確報値）について（環境省）
<http://www.env.go.jp/press//109480-print.html>
- 4) J. Wu, P. Chen, H. Xu, M. Yu, L. Li, H. Yan, Y. Huangfu, Y. Xiao, X. Yang, L. Zhao, W. Wang, Q. Gong, R. Zhu, *Sci. China Mater.* 65, 2319 (2022).
- 5) ドイツ連邦共和国 Climate Action Programme 2030 「Lower CO₂ emissions from energy generation」 The Press and Information Office of the Federal Government
<https://www.bundesregierung.de/breg-en/issues/climate-action/lower-co2-emissions-1795844>

『ものづくり力』を磨く技術者教育拡充の取り組み

Efforts to expand engineer education to enhance “the Monodzukuri ability”

小野 陽洋* 徳永 圭佑* 鈴木 美希* 高原 努* 佐藤 修一* 飯塚 博幸*
Akihiro Ono Keisuke Tokunaga Miki Suzuki Tsutomu Takahara Shuichi Sato Hiroyuki Iizuka

Mechanical engineering knowledge and skills are essential for designing products, designing and manufacturing equipment, and assembling products safely and reliably. We utilize CAE technology (computer simulation, 3D-CAD, 3D prototyping) to plan and offer Monodzukuri courses tailored to the proficiency level of the participants. We help participants understand the significance of each process and how to use Monodzukuri tools and are working to develop and improve Monodzukuri skills unique to our company.

1. はじめに

当社は鉛蓄電池をはじめとする各種電池と電源装置の製造及び販売を主力とするバッテリーメーカー、「ものづくり企業」である。したがって技術系採用者のうち電気系、化学系、物理系、材料系出身者が幅広く活躍し、ビジネス系出身者による企画、営業の力でお客様との関係が成立している。しかし当社はサービスの提供もちろんあるが、形あるプロダクトを作って提供している。そのためには構造体を設計し、製造装置を設計製作し、安全確実な組み立て方法を確立する機械系技術者、若しくは機械系の知識、技能が必要不可欠である。

筆者含む当グループメンバーの過半数が機械系出身者で、設計工学、材料力学、各種工作機械や精密加工の知識と経験がある。同メンバーは、前例や規格類がないマグネシウム空気電池製品の開発に電池特性、構造体の両面、そして生産技術にも携わり^{1), 2), 3), 4)}、一連のものづくりプロセスを実践的に理解してきた。

首題の『ものづくり力』について、我々は「設計力」と呼び、その本質を下記のように捉えている。

- ・当社の設計製図、図面にかかわる揺るがない共通のルール
- ・社内外で通用する、意味ある図面が描ける設計技術者
- ・設計ノウハウ、設計技術を次の世代へ確実に継承していく

当社がものづくり企業として永続するためには、これら

の設計力(ものづくり力)を磨き続けなければならない。そのためには設計製図の確かな「基盤」が存在しなければならない。ここで言う「基盤」とは、図面にかかわる標準類、統一された図面様式、統合された設計環境、設計製図教育制度、といった古河電池グループ全体の設計製図にかかわるよりどころを包括したものを指す。この基盤がしっかりしている上で、挑戦的設計や新技術が成り立つと考えている。

我々は四半世紀にわたってCAE技術(コンピュータシミュレーション、3D-CAD、3D造形等)を適用し^{2), 5), 6), 7), 8), 9)}浸透させてきた。本報ではこれらCAE技術を実務で十二分に実践活用できるよう、習熟度に応じて拡充を続けているものづくり技術者教育プログラムについて報告する。

2. 我々のビジョン

CAE技術を活用して全社の技術開発、営業、教育活動に貢献する中で、2020年に我々が「ものづくり総合支援センター」としての役割を担っていくと明確にした(表1)。ものづくりプロセスの中でCAE技術が当たり前用いられ、日常業務に役立てられている姿を目標としている。これは社内での取り組みだけに留まらず外部との連携も視野に含んでいる。

当社の目指す姿「蓄える力、動かす力、見守る力で社会を支え未来を創造する」は多くの方が見聞きしたことがあると存じている。2023年にはここに我々の取り組みを当てはめ、我々が企業活動にどう関与していくのかを可視化した(表2)。

* 技術戦略企画統括部 企画情報部

『ものづくり力』を磨く技術者教育拡充の取り組み

表1 我々の役割

Table.1 Our roles

FB ものづくり総合支援センター					
自社内				社外	
	製品技術 研究開発	生産技術 設備技術	製造担当 品証担当	営業担当 本部担当	
設計支援	製品・設備・治具設計、製図			企業連携 学校連携 地域連携	
	業務改善活動の総合的支援				
造形支援	部品・治具製作	製品サンプル・限度見本製作			
検証支援	部品・製品 CAE (上級)、モデル実験				
	バーチャル工場・オフィス・工程 (VR 技術開発)				
学習支援	内定者・新人研修、科学技術教室 (電池構造、ものづくり講習) インターンシップ受け入れ				
	3D-CAD 講習、 設計者 CAE 講習			出前講座 Web 講座	
	図面の読み方・かき方勉強会				

表2 当社が目指す姿と我々の取り組みの紐付け

Table.2 Linking the vision with our efforts

“設計力”を高める「ものづくり総合支援センター」
蓄える力、 四半世紀にわたる CAE 技術と、結果・ノウハウの蓄積 3D データと関連資料の一括管理 (PDM)
動かす力、 3D ツールの活用推進 設計製図教育を中心としたものづくり人育成
見守る力 CAE 技術を活かした設計・開発支援 設計製図お悩み相談所 (アドバイザー)
社会を支え 設計製図の社内外コミュニティを通じた 設計製図、ものづくり環境の確かな基盤づくり
未来を創造する 業界の変革、社会生活様式の変容の中で ものづくり企業として生き残り、更に発展

CAE 技術が専任者による高度なものづくりツールではなく、社員誰もが大いに活用できるものであることを浸透させるには、一人一人のささいな悩みごとに寄り添い、解決するすべを一緒になって考え取り組むことが必要と考えている。地道にレクチャーを続けることと相談窓口としてヒントや気づきを与え続けることが、一人一人のものづくり力を養い磨き、また我々の学びとデータベースに繋がっていくという思いで取り組んでいる。

特に技術者教育で意識をしているのは、「ハンズオン」による実践的な学習である。CAE ツールとナレッジは活用なしにその真価は発揮できない。体験で得られる刺激が気

づきや課題解決の糸口になる。操作をすることで挙動を把握し、「もっと正確に」「もっと迅速に」「もっと高度に」と先を目指し、実務では最終的に手足、頭脳のように扱えるようになることを期待している。

3. ものづくりの本質

3.1 新入社員研修に組み込んだ講座

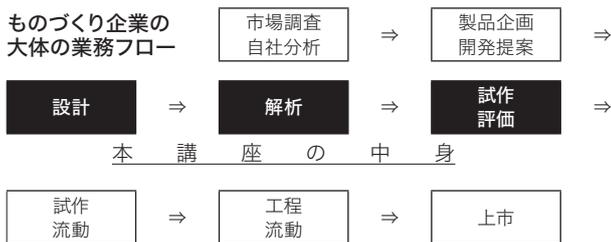
技術者教育の入り口は新入社員研修である。当グループでは 2000 年代前半より業務紹介に合わせて 3D-CAD と簡易な有限要素解析の体験を実施してきた。限られた時間の中で座学中心の業務紹介や一連の工程を見学する研修が多くなる一方で、唯一のハンズオンによるグループワークであることや初めて体験する内容が多く記憶に残る新鮮な感覚を提供している。

2017 年度から採用教育担当より約 20 時間を割り当てて頂き、CAE 単体の紹介から、ものづくりプロセスのうち開発活動の一連のフロー (表3) を体験できるプログラムへと刷新を図って開催し始めた。学生時代の専攻や入社時点での認知・習熟度、配属先を元に、できるだけハンデが生じない混成チームを作り、1 チーム 2、3 名でのグループワークを基本としている。「ものづくり講習会」と題したプログラムは以下の通りである。

- 1)Introduction; CAE とは
 - ・部門紹介、業務紹介
 - ・用語説明
 - ・ツール紹介
 - ・活用シーン
- 2)Experience; 3D-CAD 体験
 - ・3D-CAD システムでできること
 - ・モデリング基本操作
 - ・簡単なアセンブリ操作
 - ・簡単な図面作成操作
 - ・条件設定、測定等の応用操作
- 3)Work-1; 設計・試作・試用実習
 - ・課題に対するデザイン検討
 - ・検討デザインの CAD モデル作成
 - ・3D プリンター造形データ作成
- 4)Experience; 迅速な試作
 - ・3D プリンターの種類紹介
 - ・社内適用事例
 - ・Work-1 のモデル造形見学

- 5)Work-2; シミュレーション実習
 - ・シミュレーションのやり方
 - ・課題に対するデザイン検討
 - ・検討デザインの CAD モデル作成と解析実施
- 6)Experiment; 考えを伝えるということ
 - ・Work-1 の設計コンセプト、仕様をまとめる
 - ・Work-1 の造形物を試用しての評価
 - ・Work-2 の最適結果をまとめる
 - ・まとめスライドを使用した成果発表
- 7)ものづくり講習会のまとめ
 - ・ものづくりと知的財産権
 - ・講習内容の振り返り
 - ・今後生かして欲しいこと

表3 ものづくりプロセスと講習会の範囲
Table.3 Monodzukuri process & scope of the course



今年度は更に対象範囲を広げ、マーケティングプロセスや機械工作法などにも触れることで製品と製品開発の「なぜ」をよりの確に捉えて自身、自部門の業務がどのように生きてくるのかを理解できるものを目指した。新たに加えたプログラムは以下の通りである。

- 製品開発プロセスを知る
 - ・マーケティングのフレームワーク
 - ・製品コンセプト
 - ・マーケティング戦略
- 製品構造を知る
 - ・ものを分解する
 - ・測定機器（ノギス）の取り扱い
 - ・ベンチマーキング
 - ・加工方法の種類

部品を手に取り形状を目にして、「どんな技術課題があって、どう克服しようとしたのか?」「製造方法はどうなっているのか?」「この材質は何か?」「設計思想は?」と注目していく能力も養っておくと、身近な製品さえも見え方が変わっ

てくる。

3.2 グループワークでスキルを磨く

混成チームを編成する理由はハンデだけではない。文系、理系双方の知識、視点を突き合わせて課題に取り組むことや、配属後の業務上の接点まで想定してお互いをよく知る機会となることにも配慮して調整している。チームプレーを着実に進めるための相互理解、役割意識、全員協力による活発なブレインストーミングまで期待をしている。配属前から配属後の早い段階でこれら「ものづくりのエッセンス(本質)」を体験することで、配属先のみならず社会で活躍し信用される人に育つと考えている。

グループワークの課題は、一つ目の試作・試用は誰しもが不便を感じるであろうテーマから「オンリーワンのスマートフォンスタンドを作る」(図1)、二つ目のシミュレーションは内圧上昇により側壁が膨張する「電槽の最適化設計」(図2)

図1 試作・試用の課題
Fig.1 The theme of prototyping and trial use

図2 シミュレーションの課題
Fig.2 The theme of simulation

『ものづくり力』を磨く技術者教育拡充の取り組み

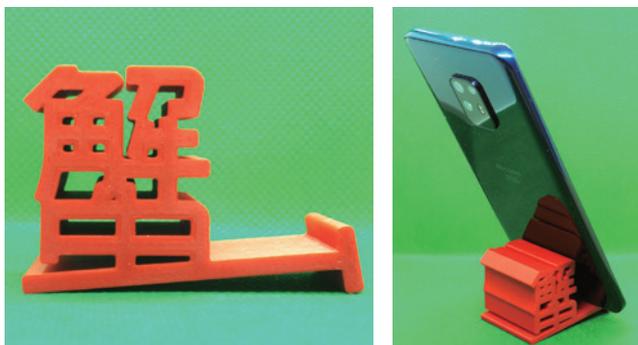
を設定した。どちらも挙動を想像しやすく、かつ模範解答は存在しないため自由にデザインを検討することができる。このため、講習会の冒頭で「本講座は頭と手の体操 柔軟に、広い視点で」と示し常識にとらわれない斬新なアイデアに積極的に挑戦してもらえよう促している。図3に筆者が講師回答例としてデザインしたスマートフォンスタンドを示す。



(a)



(b)



(c)

図3 スマートフォンスタンドの講師設計例

- (a) 設計コンセプト資料
- (b) 平仮名モチーフ (c) 漢字モチーフ

Fig.3 Instructor design example of phone stand

- (a) Design concept
- (b) Hiragana motif (c) Kanji motif

今年度は課題をリニューアルして、試作後の試験評価の要素を強化した「長時間回り続けるコマを作る」ことに取り組んでもらった(図4)。これは本講座にとっては大きな変革であり、従来のグループワークはアイデアを練って設計し実体を得る創作演習と、コンピュータ上で10前後にのぼる水準を振って挙動を見る解析・データ整理演習の二本立てで出題してきた。コマ課題はコンピュータ上で得られるパラメータもあるが、実体を得て実際に回すモデルシミュレーションを行うこととなり、時間制限もある中でトライできる水準も限られる。したがって実験計画法にも考え方が及んでいく。一口に「シミュレーション」と言っても、①理論式に当てはめて計算で見積もる、②コンピュータシミュレーションによりバーチャルで挙動を可視化する、③実験(モデルシミュレーション)により最も現実的な解を得る、といった方法があると気づかせる側面を有している。

製品設計、シミュレーション、実験のいずれにおいても、何らかの条件を設定して得られた結果から良否を判断し改善を実施する。そのため、どのような評価を実施し、どのようなデータを集めるかを慎重に決めなければならない、再現性の乏しい評価内容ではデータの信ぴょう性にもつながってしまう。前例がない新規開発案件では特にこれらは重要な要素となり、評価の中に発明要素が隠れている可能性も示唆する題材であったと振り返る。

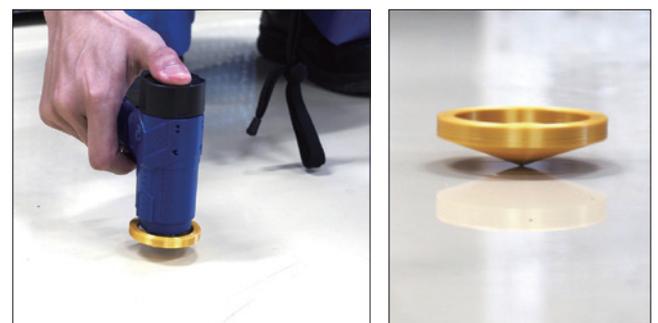


図4 長時間回り続けるコマ課題

Fig.4 The theme of create the top that continues to spin for a long time

入社間もない研修期間で頭と手を駆使して密に学ぶ「ものづくり講習会」は、製造業の一員としての自覚と共に当社のものづくりを肌で感じる講座として深く印象に刻まれている様子がかがえ、入念な準備から心血を注ぎ開催してきたことが確実に実を結んでいると感じている。

4. 品質文書「図面」を読み書きする

機械系出身者以外が苦勞することに「機械製図」「図面」がある。図面管理標準に則り製図、図面管理を行っているが、標準の大元となる JIS Z 8310 (製図総則) や JIS B 0001 (機械製図)、JIS B 0405 (普通公差) 等の規格類に関する必要最小限の知識¹⁰⁾がないと図面の読解、適切な製図は困難である。また「揺るがない共通のルール」としての標準類の見直し・改定においても国際的調和から逸してしまうおそれもある。

そこで、2022 年度より全社・各部門に制定されている標準・実施要領を改めてくまなく読み解き、また最新の JIS 改定情報と突き合わせて、図面の読み書きに最低限覚えておきたい事柄を教える「もう怖くない! 製図力基礎」を 2023 年度に開講した。その中身は以下の通りである。

0) 図面とは

- ・図面の必要性と役割
- ・製図と図面の歴史
- ・良い図面とは

・JIS 規格について

1) 図面枠の構成と機能

- ・製図用紙について
- ・図面枠と表題欄

2) 線の種類

- ・製図に用いる線の種類

3) 投影法と図示法

- ・投影法
- ・尺度
- ・省略図示と補助図

4) 寸法の基本的ルール

- ・寸法配置のしかた
- ・寸法補助記号

5) 寸法の基準

- ・基準を考慮した寸法配置

6) 公差

- ・サイズ公差
- ・はめあい公差
- ・幾何公差

7) 製品に対する図面構成

- ・一品一葉と他の形式
- ・組立図と部品図

8) 機械要素～ねじ部品

- ・ねじの種類

- ・ねじの図示

9) 図面の改訂・訂正

- ・改訂履歴の書き方
- ・修正のしかた

図5 に資料の例を示す。

良い図面をつくるためには？

- ・ **曖昧な表現**や**足りない情報**の無いように作図をする。
(過度な情報も曖昧さの原因となる!)
- ・ 作図側と受け取る側では**情報量が違う**事を認識する。
(作図側の意図としての**注記**は大事!)
- ・ **JIS**や**ISO**等の規格は共通なので、あらかじめ調べておく。
- ・ 製図によく使われる**記号の意味**を把握する。
- ・ **ローカルルール**を認識する。
(他社では通用しない**FB独自ルール**がある!)
- ・ **印刷・コピー時**のことを考えて作図する。
(何回かコピーしても確実に寸法が読み取れる)

図5 良い図面をつくるためには

Fig.5 How to draft the best drawings

工業高校、高専、大学等の講義では通年で学び、また社外セミナーでは1日～2日かけて演習も行いながらあらかましを学ぶものが多い。まだ製図講座には洗練の余地が大きい。受講者の業務における図面との関与度合いに応じた難易度、設定時間、エクササイズ設定により図面を正しく理解できるよう吟味を続けている。

図面が部品、製品の設計根拠や仕様を示し、記載された事柄だけで正確に製作でき、各検査段階では適合を判断する、世界共通言語の「品質文書」であることを意識づけ、ものづくり全体の質の担保・向上に繋がると共に、人によらない確かな技術的継承も願っている。

5. 3D-CAD の実践活用者を増やす

当グループが 3D-CAD「SOLIDWORKS」の導入、運用支援を担っていることから、15 年近くにわたって「3D-CAD 講習会」を毎年開催している。「ものづくり講習会」のうち 3D-CAD 体験は本講座のごく一部を抽出して適用している。SOLIDWORKS は操作練習の書籍も数多く出版されており独学での技能習得も十分可能であるが、設計担当者同士でデータの共有や設計変更、次世代への継承をしていくにはある程度操作、設計手順の標準化が必要と考えられる。そのような一つのスタンダードを示

『ものづくり力』を磨く技術者教育拡充の取り組み

しつつ(図6)、社内講習ならでは「当社の設計に有効な操作と設定」を丁寧に伝授することで好評を得て、年間6、7名ずつ実践活用者を増やしている。

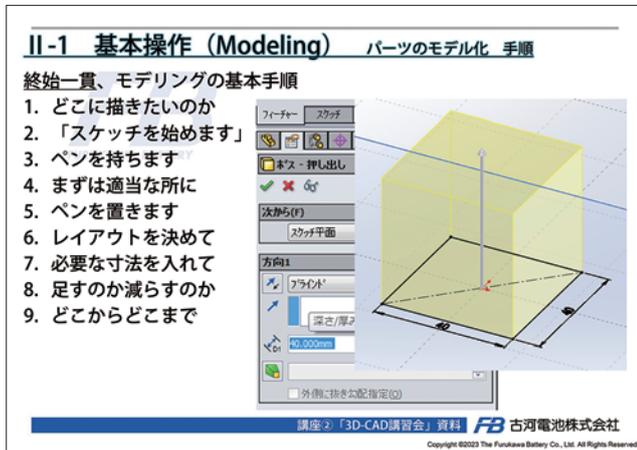


図6 モデリング手順の解説

Fig.6 Explanation of modeling procedure

種々の解析、設計案件に対応する中で、各部門の主となる設計要素を把握してきた。それらを例題にして3D-CADの操作を実務で有効に活用できるよう「実践編」のモデリング・製図演習を取り入れている。「フィーチャーベース」と呼ばれる逐一作業履歴が記録され幾何形状の組み立てによって複雑な設計を可能とするSOLIDWORKSに関しては、図7に示す手順を押さえておくことが後の振り返りや他者が設計変更に関与する際に有効である。

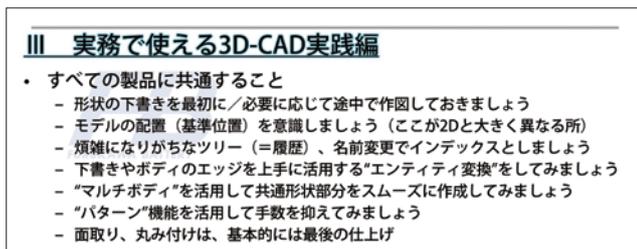


図7 モデリング作業の要点

Fig.7 Key points of modeling

各回1、2名の少人数開催で進めることから受講者の担当業務と熟練度に応じたアレンジが可能であり、近年は中堅者を対象としたスキルアップ講座も実施している。特筆すべきはコロナ禍を経てオンライン形式も取り入れ、当社海外拠点であるPT. FURUKAWA INDOMOBIL BATTERY MANUFACTURING(以下、FIBM)の現地スタッフの養成も画面越しに可能となったことである。2022年度に初回を実施して以来高く評価され、シミュレー

ションや製図、設計変更にかかる内容へと発展し、設計思想や技術情報の具体的な共有を図りながら先ごろ3年目の講座を無事に完遂したところである。

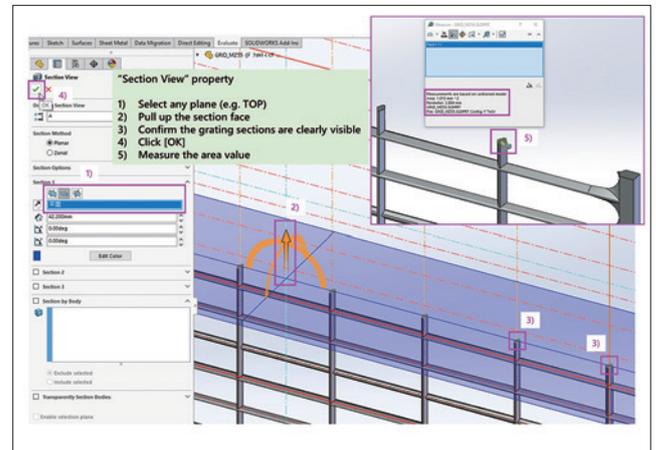


図8 英語版で作成した講習資料

Fig.8 Teaching materials created in English

FIBMの現地スタッフが日本語を理解できることにも助けられているが、資料や画面表示は英語版として(図8)できるだけ現地と講師の環境を揃えて確実に目で追える配慮をしている。また日本とインドネシアの時差は2時間であり、1日当たりの開講時間も無理がない設定を実現できている。一方で、オンライン講習の課題点には受講者と講師の作業画面を同時に共有することが挙げられる。現状は1対1でのレクチャーのため例えば講師画面はZoomで、受講者画面と音声はTeamsで共有し、マルチモニター環境で2画面を並べて見比べながら対応できているが、受講者が2名、3名となった場合に各人がどこでつまづきやすいかをつぶさに観察できるような環境を容易に実現できないか、リサーチを続けている。

6. 3Dデータを活かすために

6.1 試作造形技術を磨く

現状はものづくり講習会の試作・試用実習での装置紹介、見学に留まっているが、当グループで複数台保有する熱熔融積層(FDM; Fused Deposition Modeling)方式及びインクジェット方式3Dプリンターを活用した設計検証の洗練化、AM(Additive Manufacturing)技術を各部門の手の内化する講座の設定を検討している。高品位の造形を得意とする装置が容易に導入可能な金額で提供されており、設計製造上の課題抽出やさらなるスピードアップを大

いに期待できるものである。3D 設計データを 3D 造形データに変換する「スライサー」の数ある設定条件を最適に調整し、自ら 3D プリンターを扱えるようになることで、データや造形物のやり取りに掛かる時間も削減でき、一早く画面上と実体を比較することに役立てられる。図9 にスライサー設定作業の様子を示す。



図9 スライサー設定作業の様子
Fig.9 Setting conditions in the slicer app

6.2 CAEを身近なものへ

3D-CAD「SOLIDWORKS」では、すべてのライセンスで簡易な静的構造解析ができる Simulation Xpress を利用できる。ものづくり講習会のシミュレーション実習ではこれを用いた変位、応力の解析を行っている。またアセンブリを含め幅広い解析を実行可能なライセンスも保有しており、これらを設計担当者自らが活用して構造上の弱点を予め解消できる「設計者 CAE 講習会」を早期に立ち上げて開催できるよう準備を進めている。図10 にもものづくり講習会におけるシミュレーション設定の説明を示す。

我々のうち筆者含む数名が「ANSYS」等に代表される専任者 CAE に取り組み、熱的な挙動や地震動などの周波数応答、非線形性や連成の解析で高度な評価を行っている。その前段階で設計者 CAE が当たり前活用されることで、設計手戻りの削減やより挑戦的な設計を後押しできるものと考えている。3D-CAD 講習と同様に、受講者の業務と合致する課題を用意して、単純に解析環境の操作設定手法だけではない「すぐにも扱える講習」を目指していく。

鉛蓄電池、アルカリ蓄電池、リチウムイオン電池、ハイポラ電池いずれの設計にも関係する解析項目に「電位分

V-2 シミュレーションのやり方 SOLIDWORKS Simulation Xpress

- モデルをデザインする
- モデルに「材料特性」を割り当てる

- [評価]タブから[Simulation Xpress 解析ウィザード]をクリック
- 【Simulation Xpressでできる解析】：**静解析（線形解析）**
どこかを**固定**して、ある一定の**力**や**圧力**をかけたとき、**部品**がどれだけ**変形=変位（Displacement）**するか
どこに**ストレス=応力（Von-Mises Stress）**がかかるか
応力[Pa=N/m²]：単位面積に加わる力の大きさ **フックの法則** $\sigma = E \epsilon$

講座①「ものづくり講習会」資料 **FB** 古河電池株式会社
Copyright ©2023 The Panasonic Battery Co., Ltd. All Rights Reserved.

(a)

V-2 シミュレーションのやり方 SOLIDWORKS Simulation Xpress

- 拘束条件**：動かないところを決める
- 負荷条件**：荷重（等分布）の方向と大きさを与える
- 要素分割**：ボディを微小な領域に分割
離散化、メッシング、メッシュを切る
- 解析を実行
- 結果を確認

- 微小な領域を「**要素（Element）**」、その頂点を「**節点（Node）**」
- 要素は四面体や六面体／三角形や四角形
- 有限個の微小要素に区切って微分方程式（連立方程式）を解く
⇒**有限要素法（FEM; Finite Element Method）**

講座①「ものづくり講習会」資料 **FB** 古河電池株式会社
Copyright ©2023 The Panasonic Battery Co., Ltd. All Rights Reserved.

(b)

図10 Simulation Xpress 設定
(a) 線形解析の説明 (b) 設定手順の説明
Fig.10 How to set up Simulation Xpress
(a) Description of linear analysis
(b) Description of setting procedure

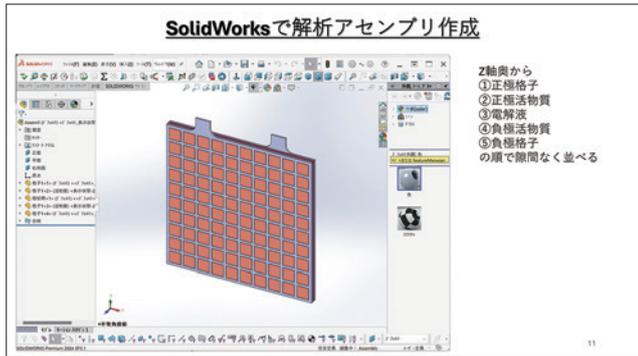
布解析⁶⁾がある。鉛蓄電池であれば格子体のデザインによってその特性は大きく左右され、他の電池でも縦横比率や集電構造の違いで変化が見られる。本解析は社内ですぐに長く適用してきた。

ANSYS であれば電気解析は問題なく実施可能で、半自動で対称性を考慮した解析モデル作成からポスト処理まで実施可能な APDL (Ansys Parametric Design Language) プログラムを組んで効率的に解析を実施している。一方 SOLIDWORKS Simulation には電気解析ソルバーが搭載されていない。

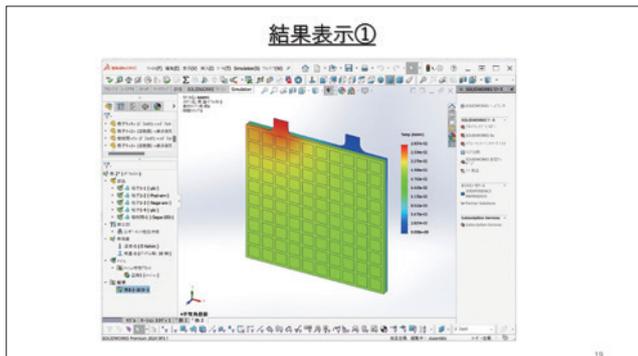
ここで注目すべきは電気伝導と熱伝導の類似性¹¹⁾である。電気伝導における抵抗、電流、電位差の関係「オームの法則」に対して、定常熱伝導における熱伝導率、熱

『ものづくり力』を磨く技術者教育拡充の取り組み

流束、温度差の関係「フーリエの法則」は似たような式で表されることから、伝熱解析によって電位解析を模擬することが可能と言える。解析モデル（アセンブリ）の作り方、材料物性の割り当てと解析条件の当てはめ方を整理して(図11)、設計者 CAE の一部にできるところまで先行している。



(a)



(b)

図11 SOLIDWORKS Simulation による電位（熱）解析
(a) 解析モデル作成 (b) ポスト処理

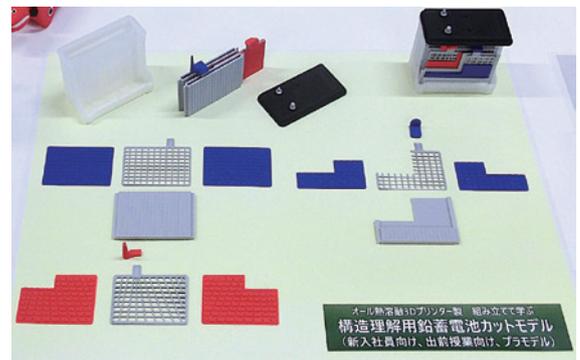
Fig.11 Potential (thermal) analysis with SOLIDWORKS Simulation
(a) Create analysis model
(b) Post processing

6.3 3Dプリンター製学習キット

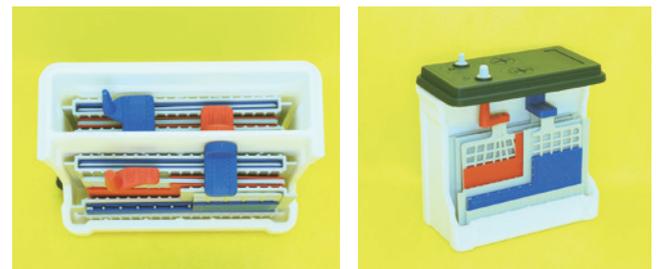
当グループが2018年度より対応してきた業務に「完全鉛レスの鉛蓄電池カットモデル製作」がある。店頭展示や営業勉強会、スポーツイベントへの出展等で実機を目にされた方もいらっしゃるかと存じている。図12にカットモデルの例を示す。蓋端子やセル内の極板、極柱、ストラップ等の鉛部品を全て3Dプリンターで造形し着色したものに置き換えて、誰もが安心して手に取り構造を確かめることができるものとなった。



図12 完全鉛レスカットモデル
Fig.12 Completely lead-free cut model



(a)



(b)

図13 構造理解用3Dプリンター製学習キット
(a) 分解状態 (b) 組立後

Fig.13 3D printed learning kit for structural understanding
(a) Decomposition state (b) After assembly

完全鉛レスカットモデルを参考に、プラモデルのように色別の樹脂部品を組み立てることによって、鉛蓄電池の構造的な組み立てと電気的な接続の両方を一度に学ぶことができる学習キット(図13)を製作した。新人研修においても安全上の観点等から全ての製造工程を見学できても体験できるには至らない中で、講習会場のデスク上で見学し

た工程を振り返りながら自ら手を動かし組み立て理解を深めることができる。また完全鉛レスのメリットを生かして、小中学校等への出前授業の際にも教材として効果を発揮させることができる。組み立てを行いながら構造的な工夫を知り「ものづくりの楽しさ」を育むことにも一役買うものと考えている。受講した証として手元に残せるものであることも、講習を深く印象づけるものになっていると確信している。

なお、市販のプラモデルのようにブロー成型や射出成型で部品を作ることも考えられるが、「3Dプリンターの便利で有効な使い方」を教えるためにも3Dプリンター製にこだわっている。

7. 未来への種まき

「ものづくり講習会」は次世代への実践的な技術習得や当社理解にも役立っている。数日～1週間程度のプログラム構成のため工業高校や高専等のインターンシップ受け入れに適應できる。当グループでは2019、22、23年度に機械系ではない高校2年生及び高専4年生を受け入れ、新入社員と同等のプログラムを体験してもらった(図14)。学校での学びを社会、企業でどう生かしていけるのか、また就職後も学びの環境があるのかを把握するのに好適な講座と言える。

新入社員研修で実際に受講した当グループ内の若手メンバーも加わって、自身が学ぶ立場だったところから他者を補佐する、又は指導する立場を経験できる機会にもなった。属人的ではない持続可能性を担保する上で意義のある機会であり、先述のプログラム追加や新しい課題設定、そして講師役まで若手主導で全員協力し創出するに至った。個人の秀でた能力はその人の財産に間違いないが、実践可能な良い面をグループ全体の能力へ、また全社の能力へと昇華させることで肝となるノウハウの共有と個性の尊重が両立できると実感している。

社内講習会にも限界はある。専門的知識を社外セミナー等で修得し、その要点を社内向けに咀嚼して提供する必要性を実感しており、我々自身が学ぶ姿勢を崩してはならない。またハード・ソフト・機会・環境の不足を補うために教育機関における工房スペース¹²⁾を活用してもらい、社員と学生間での学びを通じたものづくり人材育成と人材獲得の可能性を模索している。



(a)



(b)

図14 インターンシップ受け入れの様子
(a) 3D-CAD操作 (b) 成果発表

Fig.14 Internship acceptance
(a) 3D-CAD operation (b) Results report

8. 結びに

マーケティングのフレームワーク然り、我々が運用するハードウェア・ソフトウェア然り、これら一つ一つはものづくりプロセスを客観的かつ着実に進めるための「支援ツール」であり、ツールを使うことに支配されないよう気を付けることが求められる。ここまで紹介した各種ものづくり講座はそのような点にも注意を払い、補完・代替の考え方も常に持ち合わせて提供していく。

近年は自社や自部門の業務を越えた新たな取り組みへと積極的に関わる企業が増えている。例えば業務上の接点が全くなかった社員が集結し、製品の本来の用途を飛び越え、設定された課題に取り組んだ結果、誰もが特別に意識していなかったにも関わらず企業行動理念の体現に結び付いていた事例¹³⁾がある。他方、一切のリソースがない中で社会課題を解決するために自らできることを提案し、その情熱で業務外へとはみ出す挑戦をさせるコンテストを開催

『ものづくり力』を磨く技術者教育拡充の取り組み

する事例¹⁴⁾もある。我々も地域行政への関与やスポーツ、趣味等を通じた社外コミュニティにおける利害関係も幅広い。企業という大きな組織体の中での業務と社外で生き生きと活躍することは両輪の関係にあると捉えている。業務上の論理的思考と依頼案件の本質を把握する能力、専門性ある事柄をわかりやすく表現するスキルが社会活動に生き、社会活動での多世代・多分野の方々との交流におけるコミュニケーションスキルが講習会の進め方や社内及び協力関係との折衝に役立っている。

いずれにも共通するのは「最終到達点はどこか（あるべき姿は何か）」「なぜ取り組むか」「私は何ができるか」「私は何をやるか」であり、これらを明らかに示して一本筋通った取り組みを推進しているということである。声高にSDGsや業界の変革期が叫ばれる中で、従来通りの業務だけでは企業の存続は危ういかもしれない。社内外の協調と競争が激しくなっていくときに「古河電池グループらしさ」を発揮できるものづくり力が社員一人一人に備わっているよう、日々鍛錬と探究を続けていく。

参考文献

- 1) 伊藤彩乃、阿部英俊、久保田昌明、平芳延、飯塚博幸、齋田耕作、高原努、小野陽洋、FBテクニカルニュース、No.70、23(2014)
- 2) 小野陽洋、阿部勲、平芳延、齋田耕作、小出彩乃、菅野賢、齊藤隆、柴田浩幸、小濱泰昭、FBテクニカルニュース、No.71、22(2015)
- 3) 久保田昌明、FBテクニカルニュース、No.72、36(2016)
- 4) 商品開発部、FBテクニカルニュース、No.72、39(2016)
- 5) 飯塚博幸、FBテクニカルニュース、No.56、35(2000)
- 6) 野口博正、菊地大介、高田利通、松本正幸、萬ヶ原徹、飯塚博幸、根兵靖之、FBテクニカルニュース、No.57、13(2001)
- 7) 飯塚博幸、FBテクニカルニュース、No.58、19(2002)
- 8) 飯塚博幸、FBテクニカルニュース、No.60、8(2004)
- 9) 飯塚博幸、齋田耕作、FBテクニカルニュース、No.64、26(2008)
- 10) 大西清、JISにもとづく機械設計製図便覧(第13版)、オーム社(2021)
- 11) 熱伝導と電気伝導の類似点 - 2024 - SOLIDWORKS ヘルプ https://help.solidworks.com/2024/japanese/SolidWorks/cworks/c_Electrical_Analogy_of_Heat_Conduction.htm?id=adc9660de635479c9eb6bed99c8e27df#Pg0
- 12) 磐陽テックガレージ開所式を開催 - 福島高専: National Institute of Technology, Fukushima College https://www.fukushima-nct.ac.jp/fk_news/post_874.html
- 13) スズキ、スズキ株式会社技術戦略説明会(2024)
- 14) 「私服の自分」が世の中を変える? - 時間外 - が起こすイノベーション <https://toyotatimes.jp/spotlights/1054.html>

キヤノン電子株式会社 美里事業所様での 鉛蓄電池による電力貯蔵システム (ESS) 実証試験

The demonstration of ESS using valve regulated lead-acid batteries at Canon Electronics Inc., Misato plant

1. はじめに

近年、温室効果ガスの長期的な削減に向け、太陽光発電（以下、PV）をはじめとする再生可能エネルギーの導入が世界各国で進められている。

2015年のパリ協定において、日本は2030年までに温室効果ガスの削減量-46%（2013年度比）を目標としており、化石燃料に依存しない電力供給の確保が必要とされている。一方で、再生可能エネルギーは天候に左右されやすく、安定供給が難しいことが課題として挙げられている。この解決策の一つとして、再生可能エネルギーで発電された電力を蓄電池に充電する電力貯蔵システム（ESS）の導入が有効と考えられている。

今回、キヤノン電子：美里事業所様の既設PVパネルを使用し、鉛蓄電池による電力貯蔵システムを構築したので、その概要を説明する。

2. 実証試験の目的

キヤノン電子美里事業所様では、CO₂排出量を削減するためのサステナビリティ推進目標（キヤノン電子様HP参照）を掲げており、その具体的な取り組みの一つとして、「再生可能エネルギー活用の拡大によるカーボンニュートラルの実現」がある。本実証では、CO₂削減効果の検証を含め、以下を主な目的としている。

1. PV発電電力の自家消費のESS導入効果検証
2. 停電時のESSからの電力供給による効果検証

3. システムの概要

システムの構成機器を表1に、外観写真を図1に示す。換気扇や火災報知器等の付帯設備をパッケージ化し、20ftコンテナ内に収容されている。

表1 ESSの主要構成機器

名称	仕様	数量
鉛蓄電池	50 Ah	6直×3並
パワーコンディショナー	20 kW	1台
PVパネル（既設）	4.8 kW	1式
PV用パワーコンディショナー	10 kW	1台



図1 ESSの外観

4. 運用パターン

本システムでは、PV発電電力と負荷電力の関係を常時監視し、発電電力が不足している場合は蓄電池から給電し、発電電力が余剰となる場合には、蓄電池に充電される。停電時は、無瞬断で負荷電力供給する。今後、一年を通じて負荷やPV発電量の変化量を測定し、蓄電池への充電による電力ロスなどを考慮しつつ、ESSの導入効果を算出する予定である。

(ESSソリューション統括部 ESS事業推進部：手塚 渉)

フィリピン市場向けプライベートブランド RAIDEN (ライデン) シリーズに EN タイプを追加

New EN type battery added to the private brand (RAIDEN series) for the Philippine market

2023年2月よりフィリピン市場向けプライベートブランドのRAIDEN(ライデン)シリーズとしてJISタイプバッテリーを発売し、2024年9月より新たに欧州規格(ENタイプ)バッテリーをラインアップに追加いたしました。

近年、国内外において部品調達のグローバル化が進んでおり、世界標準である欧州規格対応のバッテリーを搭載した車両が増加傾向にあります。今後は、日本国内はもちろんのことフィリピン市場でも、ENタイプバッテリーの需要拡大が予測されております。また、各国における法規制強化の動きも年々活発になっており、輸出品の法規対応が必要不可欠となっています。今回発売するENタイプバッテリーは、これらのフィリピン市場のニーズ・法規制に対応した製品となっています。

今後も現地代理店とタイアップしながら、バッテリー開発と販売拡大を目指していきます。

- 液面や充電状態を点検できるインジケーター付き
- 正極の格子体に耐久性・耐食性の高い合金を採用
- 正極に耐久性重視のブックモールド製法と導電性に優れたシミュレーション格子を採用
- フィリピン市場で評価の高い日本製でアピール
- PS認証マークをいれたコーションラベルを貼付

3. 外観



▲製品外観



CERTIFIED
Product Quality
License No. Q-XXXX

▲フィリピン PS 認証マーク



▲ PS 認証マーク入りコーションラベル

1. 商品名

- RAIDEN ENシリーズ(5機種)
340LN0、350LN1、360LN2、370LN3、395LN4

2. 商品特長

- エンジンルーム・車室内どちらにも搭載可能で、左右どちら向きでも対応できる両側一括排気構造
- 車室内へのガス拡散を防止し、補水も可能な液口栓(密封栓)
- 液面を確認できる液面線と白電槽

(自動車生産統括部 技術部 遠藤佳菜)

小型月着陸実証機「SLIM」 月面着陸！

The Small Lunar lander "SLIM" has landed on the Moon

1. はじめに

2024年1月20日、宇宙航空研究開発機構（JAXA）宇宙科学研究所の小型月着陸実証機 SLIM が月面に着陸しました。SLIM は JAXA にて開発された小型探査機であり、この探査機で、重力天体の目標地点へ 100 m オーダーの精度でピンポイント着陸する技術の実証を目的としております。この SLIM には、当社が開発したステンレスラミネート型リチウムイオン二次電池が搭載されています。

2. 電池の概要

この電池は、外装体として基材にステンレスを使用したラミネートフィルムを採用することで、従来の宇宙用電池と比べ大幅な小型軽量化を図りつつ、宇宙空間での運用に耐える真空耐性を両立しており、SLIM の目標の1つである電池を含めた電源システムの軽量化に貢献しております。

SLIM にはこのステンレスラミネート型リチウムイオン二次電池が 8 個、直列に接続した形で搭載されています。



図1 ステンレスラミネート型リチウムイオン二次電池

3. ミッションにおける位置づけ

当社の電池は、SLIM のミッションにおいて、主に下記の役割を果たしました。

- ① 打ち上げシーケンス中の電力供給
- ② 地球周回における日陰中の電力供給
- ③ 月周回における日陰中の電力供給
- ④ 着陸シーケンス中の電力供給
- ⑤ 月面着陸後の電力供給

特に、月面着陸直後は、当社の電池に残された電力により、月面着陸から約 2 時間半の間、運用を行うことが出来ました。

この間、SLIM の着陸シーケンスにおける貴重な運用データを地球へ送信できた他、マルチバンド分光カメラによる月面観測のための電力を当社の電池より供給し、ミッションの達成に貢献いたしました。

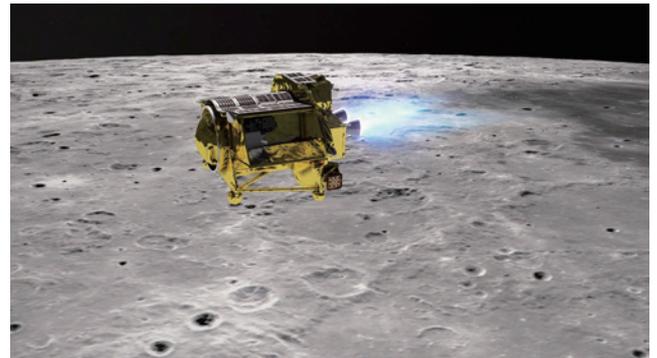


図2 月軌道到着イメージ図 ©JAXA

タクシー専用 EN タイプバッテリー LYDEN シリーズの発売

Release of the EN type battery (LYDEN) exclusively for taxi

この度、アフターマーケット向けタクシー専用 EN タイプバッテリー LYDEN シリーズを 2024 年 7 月に発売しました。

近年、CO₂ の排出量を抑える環境に配慮したハイブリッド車タクシーの需要が世界的に高まっています。これらのハイブリッド車タクシーでは、一般車に比べて、無線機や配車アプリのタブレット端末、ドライブレコーダーなどによって電力供給負荷が大きくなっています。さらに、タクシー特有の長時間の長距離走行や待機時のアイドリングなどによって、電力を供給するバッテリーにとっては過酷な使用環境となり、従来よりも高い耐久性が求められています。

そのような過酷な使用環境に対応すべく、従来よりも容量・大電流放電性能と寿命性能を向上させた日本車仕様の EN タイプバッテリーを新たに発売いたしました。

1. 商品名

■ タクシー専用 EN タイプバッテリー

LYDEN シリーズ (2 機種)

360LN1, 375LN2

2. 商品特長

◆ 補償期間:

360LN1 : 12 ヶ月または 12 万 km

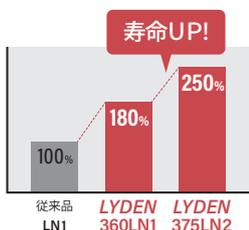
375LN2 : 15 ヶ月または 15 万 km

◆ 適合車種 : トヨタ系ハイブリッド車タクシー

◆ タクシー使用での寿命性能を UP し、厳しい環境でもロングライフ

…極板枚数の増加と正負極の活物質バランスの最適化により、タクシー特有の厳しい使われ方においても寿命性能を UP しました。

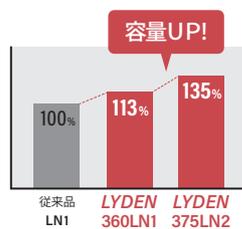
■ 寿命性能グラフ※1



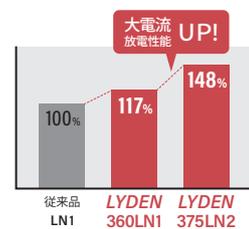
◆ 容量・大電流放電性能を UP し、電装品多めでも安心の使用感

…極板枚数の増加と活物質量の増加により、電装品が多めの車両における電気負荷 (深放電) にも耐え得る容量を実現しました。

■ 容量グラフ※2



■ 大電流放電性能グラフ※3



※1 タクシー実証試験による (搭載車種や使用環境によって変わります。)

※2 SBA S 0102 : 2015 20 時間率容量試験による

※3 SBA S 0102 : 2015 -18°C コールドクランキング性能試験による

3. 外観 (パッケージ)

誰もがゆったりと安心して過ごせる贅沢な空間を提供するタクシー。そんな快適なひとときを支える唯一無二のバッテリーになりたいという思いを込めて、日本らしいおもてなしの象徴である日の丸をベースとしたパッケージを作り上げました。

また、パッケージに使用される段ボールは FSC 認証を取得したメーカーで製造しています。古河電池では環境保護に配慮し、持続可能な社会への取り組みを今後も推進していきます。



(自動車営業統括部 自動車営業部)

保守用車自動停止装置用 「地上検査装置」のご紹介

Introducing the “Inspection Device for Ground System” for Automatic Braking System in Maintenance Car

保守用車自動停止装置用「地上検査装置」についてご紹介いたします。

保守用車自動停止装置は鉄道の保線作業などで使用される保守用車の割り出し事故を防止する当社の製品です。地上子というRFIDタグで走行位置を把握し、地上制御ボックスという無線機から分岐の開通情報を飛ばして割り出し事故を防止します。近年では地上子や地上制御ボックスのメンテナンスに関する需要が増加しているため、点検作業の効率化を目的として本製品を開発することになりました。

従来点検では、保守用車を走行させて通信の確認を行ったのち、別途人が現場に入って個別の調査を行うという2回の作業が必要でした。本製品は、人工も時間も多くなるこの2回の作業に必要な機能を集約し、1回の現場立ち入りで完了できるようにしています。

本製品は、地上子と通信する『読取機』、地上制御ボッ

クスと通信する『通信機』、そしてこれら进行操作/記録する『タブレット』の3つで構成しています(図1)。これまで保守用車で行って通信を『読取機』『通信機』で行う事が出来るほか、目視で行う点検の試験結果についても『タブレット』の専用ソフトに入力/記録することが出来るようになりました。なお、本構成間の通信はBluetooth、地上子および地上制御ボックスとの通信は特定小電力無線によって行っています。これによって最小1名で点検が可能となり、作業の効率化と今後の安定的な運用が期待できます。

当社では、本製品のような通信を用いた装置や、蓄電池の特性を生かしたシステム製品の設計/開発も行っております。蓄電池と併せ、このような案件のご依頼もお待ちしております。

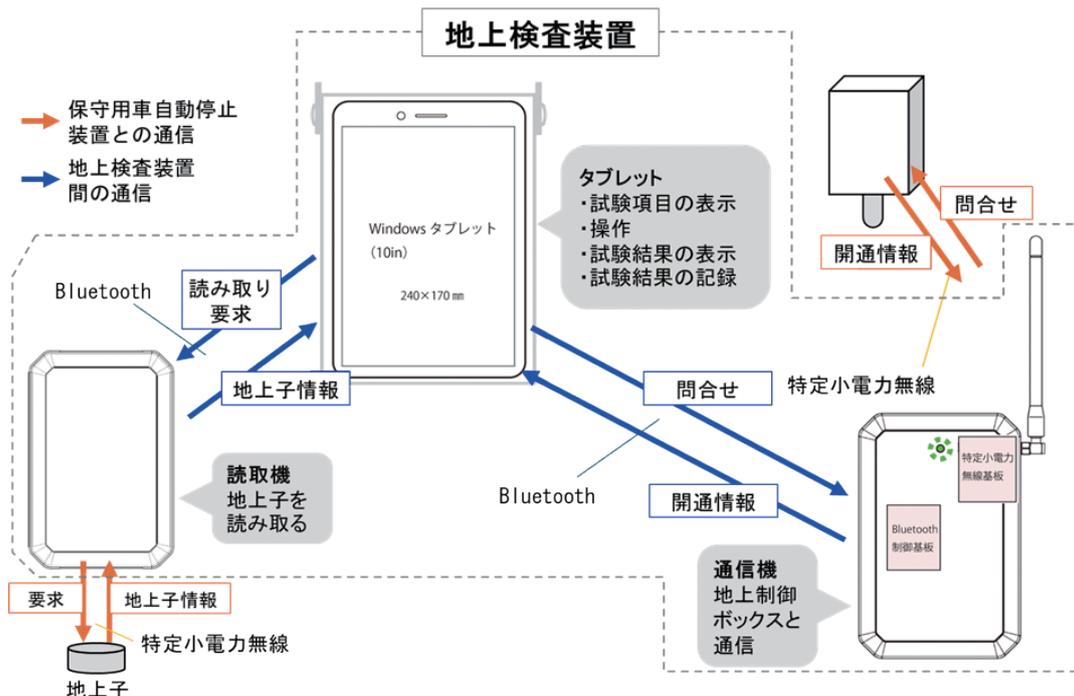


図1 各構成と通信の流れ

(アルカリ生産統括部 アルカリ電池部)

古河電池株式会社

<https://www.furukawadenchi.co.jp/>

本社・支店

本社	〒240-0006	神奈川県横浜市保土ヶ谷区星川二丁目4番1号(星川SFビル)	TEL.045-336-5034
東京事務所	〒141-0021	東京都品川区上大崎4-5-37(本多電機ビル3F)	TEL.03-3492-2971
東北支社	〒980-0803	宮城県仙台市青葉区国分町3-6-1(仙台パークビル8F)	TEL.022-224-1231
東北支社 北海道支店	〒003-0021	北海道札幌市白石区栄通14-1-20	TEL.011-855-3061
中部支社	〒450-6643	愛知県名古屋市中村区名駅1-1-3(JRゲートタワー43F)	TEL.052-414-4626
中部支社 北陸支店	〒921-8171	石川県金沢市富樫2-2-12(STビル2F)	TEL.076-281-6651
関西支社	〒541-0048	大阪府大阪市中央区瓦町4-2-14(京阪神瓦町ビル9F)	TEL.06-7634-7551
関西支社 四国支店	〒760-0023	香川県高松市寿町1-1-12(パシフィックシティ高松5F)	TEL.087-811-5980
九州支社	〒810-0004	福岡県福岡市中央区渡辺通1-1-1(サンセルコビル7F)	TEL.092-762-8050
九州支社 中国支店	〒730-0051	広島県広島市中区大手町2-11-2(グランドビル大手町8F)	TEL.082-240-8001

事業所・工場

今市事業所	〒321-2336	栃木県日光市荊沢字上原597	TEL.0288-22-3111
いわき事業所	〒972-8312	福島県いわき市常磐下船尾町杭出作23-6	TEL.0246-43-0080
エフビー工場	〒321-2331	栃木県日光市針貝字茅場1066-22	TEL.0288-26-8061
富山工場	〒939-2376	富山県富山市八尾町福島5-88	TEL.076-455-3411



<https://www.furukawadenchi.co.jp/>