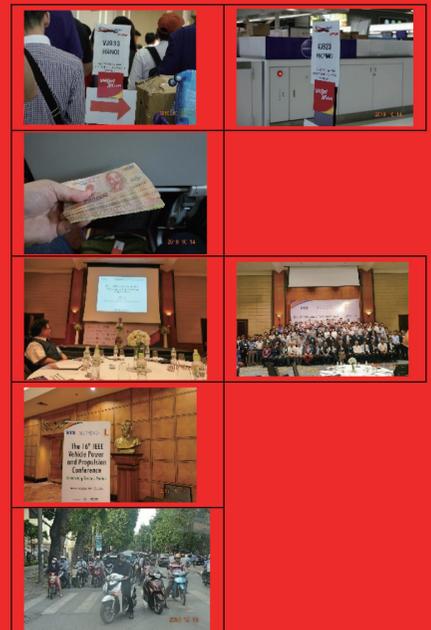


CAPACITORS FORUM キャパシタ フォーラム

vol.15





月次フォーラムスナップ



年次大会スナップ



懇親会スナップ



年次大会会長挨拶

目次

会報発行に寄せて 中道の教え 堀会長……………	3
飛躍する世界のキャパシタ業界 佐久間副会長……………	5
キャパシタとわが人生	
電池屋からLTC普及にかける 青木良康……………	7
私案・ウルトラキャパシタ自己増殖的生産工場 平野貴人……………	12
技術最新情報	
EDLCとLTO系電池の	
ハイブリッド方式回生電力吸収装置の開発 楊中平……………	16
高耐熱リチウムイオンキャパシタの	
開発・量産工場建設 三尾巧美……………	25
電動車両の電源システムとキャパシタへの思い 梅野孝治……………	20
リード形キャパシタバックアップ評価用モジュール 秋葉直樹……………	29
2019中国交流旅雑感 佐々木正和……………	31
寄付金テーマ報告	
EV普及の課題とキャパシタの可能性 畑勝裕……………	40
会員企業紹介	
株式会社 IHI 検査計測 真島隆司……………	41
CAPIXX 夏目正樹……………	42
キャパシタ解説シリーズ(第14回) 木下繫則……………	43
2019年度フォーラム活動実績 事務局……………	47
事務局からお知らせ 事務局……………	48

会報発行に寄せて「中道」の教え

会長 堀 洋一

「中道」の教え

去る2月7日に名古屋大学で電気学会自動車研究会が開催された。これは、電気と自動車、具体的には電気学会と自動車技術会は仲良くしましょう、というシンポジウムで、なんと二〇〇人ほど集まり、懇親会も大盛況となった。これはこれでとても重要であるが、ここでは詳しくは述べない。またそのうち。

研究会の翌日、吉野に足を伸ばして金剛蔵王権現で有名な総本山「金峯山寺」を訪ねた。歴史の勉強をしながら、年に一度の「鬼フェス」を楽しみ、朝早く起きて「朝座勤行」に行ってみたら、思いがけず収穫があった。

■吉野の金峯山寺

「金峯山寺」は日本独自の山嶽仏教である修験道の総本山で、ご本尊の蔵王権現は一三〇〇余年前、役行者が一千日の修行中に示現したという。権現とは権（仮）に現われるという意味で、釈迦如来（過去）、千手観音（現在）、弥勒菩薩（未来）が合体して、三世にわたる衆生の救済を誓願して出現し



金峯山蔵王堂

たもので、激しい忿怒相で怒髪天を衝き、すさまじい迫力である（ウエブにあつた受け売り情報）。私の地元愛媛の石鎚山は山そのものが蔵王権現らしい。

■鬼フェス

「鬼フェス」は、ラッキーにも年間を通じてその日だけやっていたイベントで、今年が2回目であるが今後毎年やるらしい。役行者が悪い鬼を改心させて弟子にしたという故事があり、節分に「福は内、鬼も内」と山伏が豆をまくと、鬼がひれ伏して改心するという面白い行事である。吉野では「鬼は外」ではなくて「鬼も内」であって、よい鬼は集まっておいで、というユーモラ



鬼フェスの鬼さんたち

スなイベントになっていく。つまり、吉野には、節分には全国の鬼が集うわけで、出雲の神在月みたいである。

■朝座勤行

「朝座勤行」は、毎朝5:55日、早朝6:30から約1時間の勤行であり、太鼓がどんどんと打ち鳴らされる中、般若心経を含むお経を一气にとなえ、焼香のあと一列になってお堂の周りを裏まで回って多くの像を拝み、最後にお坊さんの講話を聞く。最初は真つ暗であつたが終わるころには夜が明ける。ただ非常に寒くて体は冷え切ってしまった。

■講話

さて、本題であるが、お坊さんの講話に出てきた「中道」という話にいたく共感した。これを話したいがために長々と書いてしまった。

中道とは仏教用語であって、執着を離れて正しい判断を行動すること。(1)苦と楽いずれにも偏しない実践法である八正道のこと。(2)断滅論と常見論を離れた非断非常の理法のこと。(3)中観派でいう空の理法のこと。相対的に対立している諸概念のうちのいずれか一方に執着しないこと。(4)法相宗では有と空に偏しないこと。(5)天台宗では諸法実相のこと。(6)華嚴宗では法界のことをいう(以上ウエブにあった情報)。なかなか難しいが、なんとなくバランス感覚のことかな、と思っていた。

■中道の教え

ところが、坊さんが言うには、「中道」とは「extremeをしなご」ということだという(こんなところで英語が出てくる)。極端なことはしませんということであって、バランス感覚とは少々違つらしい。

人間は自分たちが作った、決まりごと、規則ごと、約束ごとにとらわれると、苦しみが生まれるという。「こうしなければならぬ」という文字が独り歩きして、世の中が窮屈になる。私はよく、どこの社会にも「真面目すぎて困ったちゃん」がいて、とてものごとを面倒にしている、と言っている。みなさんの周りにも多分いるでしょう。ま

さか、あなたご自身が「困ったちゃん」じゃないでしょうね。老書の一部はこれである。

キリスト教やイスラム教などの一神教は「神との契約」が最初にあるので、契約を守らなければ地獄に落ちるといふようなことになっていえる。戒律を守ろうとして行き過ぎたことになり、かえって苦しみが生まれる。しかし、仏の教えはそうではないという。まさに我が意を得たり、であった。

■Never "Never give up"

私は、卒業式の祝辞で、Never "Never give up" ということをとくとき言う。Never give upではない。自分の能力に限界を感じたら、悪あがきをだらだらしないですつとgive upしよう。的確な自己能力判断と、勇気ある決断力をもって、目先を変えましょう。過去の栄光はさつさと捨てましょう。それも一種の強さです、という。

やや似たことに、男の論理というものがある。つまり、問題解決をしたがるのである。女性から人生相談を持ち込まれたときに、自分が解決してやろう頑張つて要らぬアドバイスをしたりしないだろうか。彼女とうまくいかなくなると自分の努力が足りないと思つたりしないだろうか。これは多分タコ

である。

女性に限らず多くの人は、ものごとを相談するときには、すでに解決策を持つていることが多い。それをよく聞いて、とてもいいね、などと相槌をうつっていると、堀先生はすばらしいアドバイスをしてくれた、なんてことになる。自分の意見は何にも言うていないのにね。これはどついつことだろう。

■まとめ

どうも女性の強さの秘密は「中道」精神、つまり、問題を抱えながらも明日もしっかりと生きていくことができることにあると思われる。おそらく世界標準はこちらである。男性が小さな問題にこだわって先に進めない(あるいは進まない)ということがあれば、なんという愚かしいことであろうか。数ある問題と共存しながら、われわれは、したたかに、かつ楽しく前進しなければならぬ。そんなことを「金峯山寺」の「朝座勤行」に座りながら考えた。冒頭に述べた、電気と自動車の協力も、小さいことにこだわらないでどんどん前に進めたいものである。

堀 洋一

(東京大学大学院 新領域創成科学研究科
先端エネルギー工学専攻 教授)

飛躍する世界のキャパシタ業界

キャパシタフォーラム副会長 佐久間一浩

2020年二次電池展の折、韓国の人々と再会した。話は最近の韓国のキャパシタ業界の話になった。

韓国の小容量キャパシタメーカーは生産拠点を東南アジアに移し、世界的に販売が順調らしい。後日、生産量を確認したが月間700万個の生産している。

2019年主要风机整机制造商中国市场新增吊装容量及市场份额

排名	公司	2019年新增吊装容量 (GW)	2019年中国市场份额
1	金风科技	8.01	28%
2	远景能源	5.42	19%
3	明阳智慧能源	4.50	16%
4	运达风电	2.06	7%
5	上海电气	1.71	6%
6	中国海装	1.46	5%
6	东方电气	1.42	5%
8	国电联合动力	1.08	4%
9	湘电风能	0.77	3%
10	中车株洲所	0.65	2%
其他 (含国外整机制造商)		2.50	6%

来源：彭博新能源财经注：此数据仅反映彭博新能源财经确认的各企业在2019年中国风电市场项目吊装容量，不作为或不构成任何投资建议。被解释为彭博投资策略或是否“买入”、“卖出”或持有“某项投资而得出的投资咨询或投资建议。详情请参阅以下免责声明。

BloombergNEF

その後、中国の友人とも懇談した。現在、中国ではSOFCが品薄という事である。

SOFCの主な用途は風車である。そこで中国の風力発電状況を上海の友人に聞いた。

中国は2026年には補助がなくなるので2021年をピークに設置になるとの観測が報じられている。上段の表は2019年の建設状況である。皆さんご存知のように風車のブレードには750Vのモジュールが搭載されているのでこの建設状況からすれば今後也需要があり、中国のキャパシタ業界は活況が予想できる。

一方で10年前に注目されたキャパシタバスを確認した。写真のようにデザインがずいぶんと洗練されている。

最近の上海のキャパシタバスは30台であるから他の新能源バスに比較すると全く伸びてない。ちなみに上海市内の新能源バスは純電動バスを中心に5200台であり全



体の50%である。

2019年11月に中国キャパシタ会議が開催された。そこで中国十大ニュースが発表された。

ポイントを翻訳すると

- ① スーパーキャパシタ太陽光路灯が北京万博博覧会に应用され、首都の交通に貢献。
- ② リチウムイオンスーパーキャパシタ青島港クレーンに应用された。
- ③ スーパーキャパシタがNO.1年国連工業発展組織のグローバル技術イノベーション「グリーン技術応用案」掲載。
- ④ 国産小容量スーパーキャパシタ市場の噴出式的に発展。



- ⑤ Oneライン生産能力年間300トン、連続アルカリ活性のスーパーキャパシターアールカリ生産ラインの量産化。
- ⑥ 国産小容量スーパーキャパシター市場の噴出式的に発展。
- ⑦ 中国・ベラルーシが電気バスの基準化に

対して協力し、中国スーパーキャパシターの基準を海外に出すのを推進する。

⑧「電池型スーパーキャパシターの総ルール」業界基準の正式立ち上がる。

⑨スーパーキャパシターは国家「産業構成調整指導リスト意見募集稿」の企業になされた。

⑩スーパーキャパシターは国家「産業構成調整指導リスト意見募集稿」の企業になされた。

日本のキャパシタ業界も2019年は新材料の採用で革新的なキャパシタが発表された。

「NMS」が開発した高温仕様の車載用「CO」が本格量産の開始、NMSのグラフェンキャパシタの本格的応用の検討などこれまでの電極材料、電解液、構造設計に拘らない製品が発表された。

「NMS」については本会報に掲載されているのでご覧いただきたいと思う。NMSのグラフェンキャパシタについては唐教授が産

学連携のベンチャー企業「マテリアイノベーションつくば」を立ち上げた。

注目すべきは応用分野をIoT/ウェアラブルに視点を置いていることである。共同出資者にCYBERDYNEが参加していることにグラフェンキャパシタに期待を感じさせる。

2020年〜2030年は革新的技術が具現化する。巷間は「5Gをキーとした通信技術、完全な自動運転、SDGsの推進、脱原子力発電など・・・」言われている。

そこで、重要なことは、堀先生が主張している「ワイヤレス・キャパシタ・モータ」の具現化と思う。ワイヤレス化は電力伝送技術の究極である。キャパシタは次世代機器の不可欠の電源である。従い、革新的キャパシタ開発の実現の為に革新的新材料の提供が不可欠である。その為にも益々、堀先生を中心にキャパシタフォーラムを発展させる努力を会員各位と共に精力的に進めて参りたい。

「キャパシタとわが人生」

「電池屋から」の普及にかける

青木エナジーコンサルティング 代表 青木良康

佐久間副会長の巧みな話術に乗せられ、ついつい大それた題目の投稿を承諾してしまつたことを今更ながら後悔しつつ筆を執っています。

私のキャパシタとの出会いは実はそんなに古くはなく、20年程前からです。

50歳チョット前に長年勤めていた東芝電池を故あって退職し、会社勤めは嫌気がさしていたころだったので、悩み多き若手技術者が愚痴をこぼせる居酒屋でもやろうと思つていたところ、東芝電池の先輩から「昭栄」という会社で電池技術者を探しているので面接に行つてくれと頼まれ、勤める気はなかつたのですが面接だけと思いつてみました。そこで奇遇にも面接の場に電池工業会で親しくさせて頂いていた元セイコーでボタン電池の開発に携わっていた杉本氏が現れたことです。思いもよらず話を聞いてみると、カネボウで開発したボタン型ポリアセンキャパシタを昭栄で製造するので

是非協力してほしいというものでした。杉本氏からの要請を断るわけにもいかず、居酒屋も「青木がやつたら自分で飲み過ぎてすくにつぶれるぞ」などといわれていたのも手伝つて昭栄に入りました。ここからがキャパシタとの付き合いですが、それまでの電池開発の経験がキャパシタ開発、事業化に大きく役立ちました。

大学（東京理科大・理学部化学科）を卒業して1971年に東芝レイ・オ・バック（現東芝電池）に入社しました。入社後3か月間は工場実習で乾電池の製造現場での実習でした。マンガン乾電池製造の鎌田工場が皮きりで、早朝の通勤時に品川駅からの京浜急行線では物凄く大きな荷物を背負つた行商のおばさんたちと一緒になつたのが印象に残っています。

工場は女工さんが多く、特に正極体を亜鉛缶の中に入れる「コア入れ」という工程は圧巻でコンベアの左右に女工さんが数十

人ずらりと並んで物凄い形相で素早く正極体を挿入していく光景には圧倒されました。そんな凄そうなおばさんたちも実習生には優しく声を掛けてくれました。

「あんた高卒？」

「いいえ違います」

「そつ中卒なの！」

大変ね。頑張りなさいね。」とか。

余程私が童顔だったのででしょうか。（写真）
真は若かりし日の筆者）



配属となつた研究開発部で最初に与えられた開発テーマは、当時流行つていた夜釣り用の電気ウキ電池の開発でした。主流は塩化銀/Mgの系でしたが、発光ダイオードを視野に入れた高電圧タイプの開発に注目し過硫酸塩/Mgの系を開発し、ダイワ精工社と製品化開発を行い、開発した電池と自製の浮きを引つ提げて熱海まで夜釣りの実証実験などしましたが、上市には至りませんでした。しかし、その後この系を活かし

海難救助用システムの開発に参加することができました。三菱電機がシステムを、東芝がトランスボンダ発信機を、我々が電源（海水電池）の役割で開発に携わり、船舶の救難用ゴムボートにこのシステムを搭載するというものです。船舶が遭難するとゴムボートを畳んで入れてあるラフト（カプセル）が水上に投げ出され、ボートが自動的に膨らみ、電池も海水により起動しシステムが作動して救助信号が発信される仕組みです。

写真は館山沖での実証実験の時のものです。（右端に乗っているのが筆者）この時、他社の異なる分野の技術屋さんと関わり、多くの事を学び貴重な経験となりました。

このシステムは海事検定協会の認定を得て船舶に搭載され海難救助の一助になったことは嬉しいかぎりでした。



この後は腕時計用酸化銀電池の開発に従事しました。やっと本流に近い仕事です。

酸化銀電池の電解液には苛性カリや苛性ソーダ水溶液を使用していますが、これが曲者で封口がルーズだとたちまち漏液してきます。筒形のアルカリ電池の場合は封口容積を比較的大きくとれるので構造や材料に工夫を凝らして漏液を抑えています。ボタン電池は小さな封口容積でしつかりと抑え込む必要があります。当時の時計用酸化銀電池は米国のエバレディ社からの輸入品でしたが、日本での高温多湿の環境下では耐漏液性に問題があり、何とかこの課題をクリアしようと各社開発を進めていた状況でした。

精工舎では電池メーカーに任せではならないと杉本氏を筆頭に仙台でボタン電池の開発・製造を始めたほどでした。

私は開発チームの一員としてセル設計を担当し、構造設計を勉強し、有効内容積から正負極容量バランスに統計的手法を取り入れ、放電末期でのガス発生を抑制し、かつ、負極缶の材料強度を高め、リバースカーという特殊構造の開発により封口強度を

高めた結果、ようやくセイコー、シチズンはじめ多くの時計メーカーに採用され、後に群馬県安中市に碓氷川工場という専用工場を新設するに至りました。この時の経験が後のコイン型キャパシタの開発に大きく役立ちました。

東芝JRCから佐藤祐一氏（後に神奈川大教授となり、キャパシタ技術委員会等で活躍された）が開発部長に就任し、直属の上司になりました。この頃、三菱化学と共同で開発した「GE（リニアグラファイトハイブリッド）」を負極に、正極にバナジウム化合物を用いたコイン型二次電池を開発しました。負極の「GE」には組立前に金属Liを配置し、Liイオンをドーブするシステムで、これがリチウムイオンキャパシタ技術の前身であるばかりでなく、リチウムイオン電池の先駆けとなる系でしたが、先見の明が無かったのか、それ以上に発展できなかったことが悔やまれます。

それから次に開発に携わったのは塩化チオニルリチウム電池でした。東芝JRCセンターと共同開発で、高村勉氏（後に立教大学教授、昨年ご逝去された）から強烈な指

導を受けたのが記憶に残っています。塩化チオニルは無機溶媒で正極活物質と電解液との役割を兼ねる物質で、リチウム表面に塩化リチウムの皮膜を形成して自己放電を抑え、長寿命が期待できる系です。しかし、大気中の水分と反応して二酸化硫黄を発生するので完全密封の封口が必要でガラスシールとレーザ溶接のハーメチックシールが必須でしたので、レーザ溶接技術とガラスシールの技術を勉強しました。幸い東芝ではレーザ溶接装置を開発している部門がありましたので、その人たちから教わったり、部品メーカーの人からガラスシール技術を教わったり、製造技術屋さん、設備メーカーの人々と共同で、製造設備も独自の設計製作をするなど、しんどい反面面白さも手伝って集中できた時期でした。当時の社長だった早尾さんの後押しも得られ、初めて自分が最初から手掛けた電池が事業化でき、電力メーカーのバックアップ用はじめ信頼性が必要なバックアップ電源に採用されたことは感慨深いものでした。日本ではこれまでにない電池系でしたので、業界関係者との技術的議論も活発に行い始めた頃、カメラ用リチ

ウム電池が、市場で発熱・発火事故が起り始めていた時期でしたので、安全性向上を目的に工業会に専門委員会が設けられそのメンバーとして活動し始めた時期でもありました。

この時はまだ東京工場でパイロットプラント的な製造ラインで生産を行っており、生産能力も少なく繁忙な時期でしたが、思わぬ大事故を起こしてしまいました。作業者が不良電池を間違えてごちゃ混ぜにドラム缶に廃棄してしまつたのです。外装のない電池は互いにショート・発熱し大爆発を起しました。化学消防車ははじめ数十台の消防車が駆け付けましたが、リチウム系火災の経験がなく、指揮官は私に指示を仰ぎ、折よく保有していたリチウム用消火器で対処鎮静しました。幸いにもけが人もなく、類焼もなかったので消防からは「適切な判断・指示で助かりました」との言葉も貰いましたが、警察では「けが人などが出なくて幸いでしたね。出ていたら手が後ろに回っていましたよ」などと脅されました。これを機会に消防・警察とも仲良くなりましたが、会社では大変で、現場での監督責任を

取らされ3か月の減給処分を課せられました。まだ30代半ばの主任で管理職でもなかった頃です。新聞報道にもなつたので工業会の専門委員会で顛末を説明したところ、各社でも内部事故などの状況を共有化するようになり、安全への情報共有の機運が高まり、多くの公開資料作成へと結びついたのは災い転じて何とやらでした。この頃の工業会の仲間とは今も付き合いがあります。また、減給処分を気にしていた当時の社長から労いの言葉をもらうなどしてすぐに課長職になり、高崎、碓氷川工場に本格生産ラインを構築するに至つたことは捨てがたい経験でした。

世の中は「田」の機運が高まり、ソニー社がいち早く自社の製品に使用し始め、東芝も旭化成との合弁会社「ATバッテリー」を設立し携帯電話の電源に使用され始めました。私は次世代型のポリマー電池の開発に携わっていました。この頃ノーベル賞を受賞された吉野さんとも出会つたりしました。その後の韓国メーカーの追い上げにあつて「田」は苦戦し社内も何やら悪い雰囲気になつてきたのをきっかけに東芝電池を退職し、前述

のように昭栄でキャパシタとの付き合いが始まりました。丁度50歳になったばかりでした。カネボウからの製造委託を昭栄が受けるという形で長野県の上田に製造ラインを構築するというものでした。

昭栄は富山工場でアルミ電解コンデンサの製造をしていましたが、キャパシタ・電池はずぶの素人でカネボウの技術者と杉本氏と私が教育兼開発というものでした。この時が羽藤さんとの出会いでした。主な用途は携帯電話のICバックアップでしたので、基板への実装が必須でリフロー半田付け仕様に耐えうる品質が条件です。電極の脱水のみならず、短時間ですが2百数十度の高温に耐える製品開発は容易いものではなく、カネボウの人たちと毎晩遅くまで仕事をした後、食事兼飲み会の反省会という毎日でした。東芝電池時代のボタン電池開発の経験や設備メーカーとの付き合いが役立つ、何とかノキア社はじめ北欧の携帯電話メーカーに納入できる品質を達成した時は皆で祝杯を挙げたものでした。その後、アルミ電解コンデンサの製造技術を使い田筒型のキャパシタの開発と間口を広げていきました。

安東さんともこの頃の出会いです。この頃にはすっかりキャパシタに惚れ込んでしまい、電池技術とのハイブリッドである「ICとの出会いはまさしく私の人生のテーマであると思うほどになっていました。

その後、カネボウの会社がおかしくなり経営破綻した際、昭栄が小型キャパシタの事業を富士重工が大型「IC」の事業を継承することになり、羽藤さん、安藤さんらは富士重工に、小型キャパシタ組は昭栄に移籍されました。これを機に、昭栄は低ESRの小型・薄型キャパシタの開発、田筒型「IC」の開発と事業規模を大きく広げて行きました。

「IC」の開発を手掛けている会社も、富士重工、ACT、JMエナジー、NECトーキン、新神戸電機、昭栄、エクスなどと多くなり、元旭硝子の森本剛氏を会長にAC技術研究会を発足し、「IC」技術に関して各社で討論が始まり研究発表会、標準化などの作業もされ始めました。

2007年昭栄は太陽誘電に事業譲渡し、後に太陽誘電エナジーデバイスとなりました。AC技術研究会で知り合ったACTの江口さん（フォーラムのメンバーでもあった）と

懇意になり、太陽誘電がACTに出資する後押しなどもした経緯や江口さんからの強い要請があり、2010年にACTに移籍しました。それまでも互いに技術交流をしており、親会社の日本電子で岡村先生の指導を受けて開発したナノゲートカーボンの開発者である最上さんともここで出会い、勉強させて頂きました。しかし、大容量キャパシタの品質を安定させた生産は結構難しく苦労していました。量産化のためには本格的な技術のテコ入れをしなければと思っていたところでもありました。それまでは少量試作品をそのまま量産化するというコンセプトで、量産化のための設計最適化などは行われずに、例えばLiドープ方法が独自の電解ドープでありましたが、均質性などに難点があるばかりでなく、量産化には限界ありと判断し、セル内ドープ方式に変更するなど大幅な生産方式の変更を行いました。これまでの私の電池事業化の経験からでしたが、当時のメンバーは化学技術者も生産技術者も根気強く頑張つて、パイロットプラントに毛が生えたようなラインでしたが立派に立上に成功しました。出資者

の双日からも営業部隊が常駐し、営業活動を強化して太陽光発電の街路灯やブータン等の無電化地域向け照明、AEG等一定の顧客に好評でしたが、コストダウンには更に大口顧客の開拓が必要で欧州の大手自動車メーカーと車載用（インテリジェント・ストップ）など開発を進めましたが、コスト面で折り合いがつかず残念ながら受注にまでは至りませんでした。ジェイテクトの三尾さんともこの頃の出会いでした。そんな折、2011年の東日本大震災が起こり、経済環境も厳しくなってきた半面、再生可能エネルギーへの期待も大きくキャバシタ事業の好機ではあったのですが、親会社の日本電子での資金面の援助に限界があり、国内の他社に事業売却を打診してきましたが、次期も悪かつたせいかなかなか引き受け手が見つからず事業継続を断念せざるを得ない状況に陥ってしまいました。

事業清算にあたり、これまで培ったACCTの技術を何とか継承することは出来ないものかと、先進技術の吸収に積極的な中国への技術の売却を数社と交渉を進めていきました。その中で、南通江海の陳さんの人柄、

日本企業との合弁の経験もある江海社のモノ作りの姿勢から南通江海社へと決め、私の指導を前提に南通江海に技術と設備を買ってもらいました。それからが中国でのキャバシタ事業の立ち上げでした。当初は新しい技術を教え込むのに言葉も思うようにならなくて通訳を通しての会話も中々苦勞しましたが、会食（飲み会）を重ねて意思の疎通も得られ、時間はかかりましたが、担当技術者の熱心な努力と行動力でスーパーキャバシタ技術を習得していきました。また、陳董事長の新規事業への取り組みとリーダーシップは素晴らしく、私が訪中の際は多忙な中でも時間を割いて話をする機会を作られ意思決定の一助としてきました。江海社の営業力も素晴らしく、中国国内のみならず、欧米にも幅広く展開し、技術営業、トップセールスの重要性を認識し伸ばしていました。

数年前陳さんに新規工業団地に購入した膨大な土地を見せられ、「ここにスーパーキャバシタ専用工場を作りたい」との夢を聞かされました。その夢も陳さんの地道な努力と素早い意思決定、広い人脈などで叶い160m×130m、3階建の大規模なEDLC

とこの専用新工場が昨年竣工し稼働を始めています。1Fが10ライン以上の塗工工程、2Fが組立、3Fがモジュールと研究開発という工場で、2Fの組立ラインにはこの搭載のAEGが動き回っています。江海社の飛躍に関して私の力は微々たるものですが、この様な会社を援助でき、世の中にスーパーキャバシタを広める仕事ができただことは技術屋冥利につきます幸いです。

私を電池技術屋として育ててくれた東芝、キャバシタとの出会いの機会を与えてくれた昭栄、太陽誘電、そして大容量EDLCの事業化の勉強をさせてくれたACCT各社に感謝し、また、教えられたり、励まされたり、相談相手になってくれた先輩方や良き仲間たちに出会えたことに感謝しつつ、これからも国内外を問わず、更なるスーパーキャバシタの発展に力添え出来ることを願い、美酒を酌み交わし合いたいと思っています。

私案・ウルトラキャパシタ自己増殖的生産工場

太陽放送株式会社 代表取締役 平野貴人

●はじめに

寄稿の機会を頂き、感謝します。

頂戴したお題「キャパシタとわが人生的な記事を書かせていただき、皆様に見聞をご報告するとともに、自分でも今後を考えるきっかけにさせて頂きます。

●現在

去年3月報道ステーションを辞し、会社を立ち上げました。今は、夜7時半から平日毎日生放送をしているBSTBSの「報道1930」という番組のチーフディレクターをしています。

会社名は「太陽放送株式会社」としました。再生可能エネルギーやウルトラキャパシタに関する仕事も定款に入れています。お気軽にメール等ご連絡いただければありがたいです。

●2001年から

最初に電気二重層キャパシタに出会った

のはニューステーションのディレクターをしていた時です。2001年、「ソーラーセルが表面にある道にある光る物」を、当時のデスクが持ってきて、これは何か調べてみよう、ということになりました。

取材すると岡村さんに行き当たり、電気二重層キャパシタというコンデンサーはすでにあつて、それをこれまでの使い方とは違い、大容量化にして使うように今後なるこのことでした。当時、私は再生可能エネルギーをずっと取材しており、その限界が蓄エネルギー 困難なこと、ということで残念に思っていたころでした。

そこで取材中、岡村さんに、

「再生可能エネルギーの補完はできるか」とお聞きすると、電力の補完については負荷準準で使える、とのこと、すでにNEDOで行っている様々な実証実験資料を頂

きました

また、北見工業大学の山城迪先生の取り組み、ご自身と当時のパワーシステムの取り組み、キャパシタ電動自転車を実際に作って動かしたなど、これまで電気回路に使うパーツだった電気二重層キャパシタを、まったく違う作り方で積層のように大きく平らなセルを積層にして大容量での利用をするというものでした。調べてみると確かに海外でも積層セルでの大容量の動きがありました。そして適切な電子回路制御をすれば、Bタイプと岡村さんが呼ぶ、超大容量使用が用途によっては可能だということでした。

高出力用途にはUタイプLタイプなどがあり当時の日産ディーゼルの実証車などを教えていただき、放送でも紹介させてもらいました。

私は当時Bタイプの再生可能エネルギー補完に強く興味を持ち、その際、エネルギーペイバック、つまり再生可能エネルギーを補完できるとして、逆に原油の無駄な使用



特集を5、6本放送しま
ウルトラキャパシタの
バシタ人にご出演頂き、
佐々木さん、多数のキャ
降、岡村さんや堀先生、
なあと思い、それ以

にならないか、岡村さんに聞いたところ工
ネルギーペイバックについては、まだ誰も
計算していないので確かなどはわからない
サイクル寿命が化学電池より長い。エネルギー
もペイバックすると思う。さらにそんなに
高価なものではないので、原料は炭なので、
コストペイバックについても大量生産すれ
ば容易にコストは下がるだろうとのお話で
した。



私はすごいことだ

した。
久米さんがニュースステーションから離
れる2004年には最後の特集を、再生可
能エネルギーとウルトラキャパシタのみの
電源で生中継するという、世界初の放送を
行いました。

当時のパワーシステムの皆さんや日産
ディーゼル佐々木さんに大変なご面倒をお
かけしてウルトラキャパシタを集め、生中
継をしました。

再生可能エネルギーの補完、技術的には
可能だと具体的に見せたかったのです。

この放送の後、ニュースステーションは
報道ステーションに変わりましたが、引き
続き私は報道ステーションに残り、原子力
再生可能エネルギーなどの問題を扱ってい



ました。

そして岡村さんにご厚意を頂き、
2005年、新パワーシステムに呼ばれま
したが、ほとんどお力になれず、2009年、
私は報道ステーションに戻りました。その

二年後「311」
が起きました。

そして翌年、
パワーシステム
はアイオクサス
さんに売却とな
りました。

311以降毎
年のように災害
が起きています。
「再生可能エネ
ルギーとウルト
ラキャパシタ連
携」の重要性は
高まっていると
思います。

H-REPORT [N 1] PV-EDLC自己増殖工場 **CONFIDENTIAL**

issued: 2018-10-04, last revision: 平野貴人

§ 1 「日本政府2030年目標」

日本政府は家庭用PVにおけるFITを終了させる。(卒FIT)住宅は、2019年度に太陽光設置住宅の16%にあたる56万戸になると予測する。2020年度以降は毎年度20~30万戸、2025年度以降は毎年度15~20万戸程度と見込む。2030年度の卒FITのストック住宅は、太陽光設置住宅の47%にあたる242万戸と予測する。

そして将来は以下のように蓄電システムと組み合わせて経済合理性が出ることを期待している。

http://www.meti.go.jp/committee/souguenergy/denryoku_gas/saiseikanou_jisedai/pdf/004_03_00.pdf

需要家側の再エネ活用モデルの例① 家庭用蓄電池システムの活用 17

- 2009年に開始された余剰電力買取制度を採用した住宅用太陽光発電設備は、2019年以降順次、10年間の買取期間を終えることとなり、投資回収が済んだ安価な電源として活用されることが期待される。

●「PV-EDLC自己増殖工場」私的構想

2018年、ある計算をしてみました。

素人ですので大きく間違っているかもしれませんが、
ませんが、もしよかったら見てください。

(PV=太陽光発電)

EDLCはでかすぎて一軒家に置けないよ、
と思いついて入っているのではないかと
基礎の上にEDLCブロックを組みれば可能

だと思えます。一軒家にPV-EDLCシステムを大規模設置するという、皆さんから見ると馬鹿げた前提で検討しています。

「PV-EDLC自己増殖工場」



この中に表示しているのはほんの一部分です。
「セルの製造原価は、年産100万kwhで
12万円/kwh。年10万世帯に10kwhの
EDLCを導入する数値レベル。

日本の一戸建て住宅数は約2800万戸

なので全普及を仮定すると280年かかる
レベル。

これにモジュール化等の原価を入れる必要
があります。政府目標は2020年度で
9万円/kwh。

年に100万世帯に10kwhのEDLCを導入
するという数値レベルにすれば達成でき
ると見られる。

これでも全世帯導入に28年かかる。

そこでコスト削減案として、太陽光発電
とEDLCのエネルギーシステムを利用し
た「自己増殖的なEDLC製造工場」を、
まず大資金が必要であるが、最もコスト削
減効果のあるものとして提案しています。

自己増殖型EDLC製造工場

◆EDLCセル15Wh/kg、生産量10万kWh/
年（※製造原価19万円/kwh）で試算
セル製造原価の**30%**のコスト削減効果と
なる。

◆EDLCセル15Wh/kg、生産量100万
kWh/年（※製造原価12万円/kwh）で試
算

セル製造原価の**48%**のコスト削減効果と
なる。

これはGALVAなどの再生可能エネルギー
関係資金投入レベルで考えると、まったく
不可能なことではないかと思っ
たのです。

またEDLCではなくLICでも計算してみた

い

●Pv-ウルトラキャパシタ長寿命高品質グ
ズ

私はグッズも作りた。まず高価でも今
までなかったものの価値にお金を払う人
に向けたもので、長寿命のPv-ウルトラキャ
パシタハンドランタン、玄関灯、セキュリティ
システム、などを開発して販売したい。自
分が欲しいものです。

そんなことを今考えています。

EDLC<O系電池

ハイブリッド方式回生電力吸収装置の開発

北京交通大学電気工学科教授 楊 中平

1. はじめに

近年、電気二重層キャパシタ（以下EDLCと称す）、二次電池あるいはフライホイールなどの蓄電素子技術の急速な進展に伴い、鉄道への蓄電技術の応用も盛んになり、鉄道の技術革新を促した。鉄道における蓄電装置による列車回生電力の吸収利用は周知の応用であるが、それ以外に、蓄電搭載鉄道車両による架線レス化の実現、架線と車載EDLCハイブリッド車両などの実用化も急速に進んでいる。本稿では、筆者の研究グループが都市鉄道向けのEDLC<O系電池ハイブリッド方式回生電力吸収装置の開発を紹介する。

2. 研究開発背景

筆者の研究グループが列車回生電力吸収技術を巡って、ここまで、地上に回生電力吸収装置を設置する場合、設置場所と装置容量の最適化及び導入効果の評価ソフトウ

エアを開発したり、容量1MWのEDLC<O系電池ハイブリッド方式回生電力吸収装置を開発したり、フライホイール回生電力吸収装置を開発したりしてきた。2015年、研究グループが開発したEDLC回生電力吸収装置を北京地下鉄八通線梨園変電所に導入し（図1）、平日約1300kWh、休日約1600kWhの省エネ効果が得られた。その効果を見て、その後北京、青島、広州、無錫などの地下鉄一部の路線もEDLC回生電力吸収装置を採用した。他の蓄電技術の導入効果と比較するために、筆者の研究グループが北京地下鉄運営会社と提携し、2015年から容量1MWのフライホイール方式を、2018年からEDLC<O系電池（チタン酸リチウム負極SCB）ハイブリッド方式回生電力吸収装置を開発した。そして、2019年3月から、フライホイール試験装置を北京地下鉄房山線広陽城変電所に設置し（図2）、3ヶ月間のフライールド試験を行い、予定の省工



図1 北京地下鉄八通線梨園変電所に設置したEDLC回生電力吸収試験装置（2015年）

ネと架線電圧変動抑制効果を実現した。同年、ハイブリッド方式試験装置が大学実験室での測定試験を終えてから、2020年1月末に北京地下鉄八通線梨園変電所に搬入し試験の準備を整えた。本来、2月上旬に試験を開始する予定だったが、新型コロナウイルスの影響で試験を4月に見送ることに



図2 北京地下鉄房山線広陽城変電所に設置したフライホイール回生電力吸収試験装置 (2019年)

なった。

EDLCのエネルギー密度が低いため、我々が開発した1MWのEDLC回生電力吸収装置の蓄積エネルギー量は74kWhしかなかった。それに対して、6両編成(3M3T)の八通線列車が5ノッチで速度70km/hから停車するときの回生エネルギー量は約13MWhであり、近くの力行列車とのエネルギー交換があるものの、北京地下鉄から蓄積エネルギーを増やして回生失効を更に改善するという要望があった。また、稀に発生する供給電力源中断時に列車が最寄駅へ退避走行できるように、回生電力装置よりエネルギーを提供することも試みたため、エネルギー密度が高く、安全性も優れている「FO系電池とEDLCハイブリッド方式回生電力吸収装置を開発した。

3. 研究開発内容

研究グループはシステム、試験装置、蓄電素子三つのレベルについて研究開発を行っている。

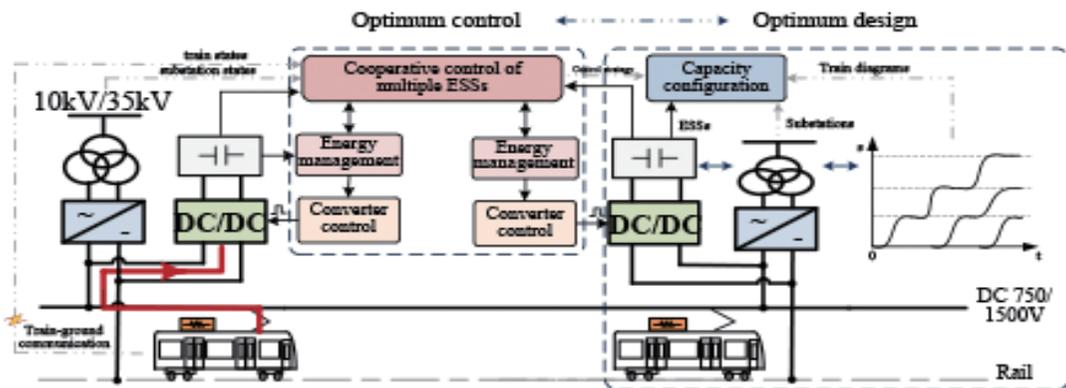


図3 システムレベルの研究開発

(1) システムレベルの研究開発

鉄道事業者の省エネルギーあるいは架線電圧変動抑制などの導入目的に応じて、回生電力吸収装置の設置場所と容量（パワー容量とエネルギー容量）設計は路線条件、ダイヤ、饋（き）電システム特性、列車特性、回生電力吸収装置特性と充放電戦略など複数の要素をシステマ的に考えた上で決定しなければならぬ。そのため、研究グループが回生電力吸収装置の導入効果を定量的に評価するシミュレータを開発している。

次に、回生電力吸収装置の省エネルギーなどの導入効果は、装置の充放電戦略に強く影響されることが以前の走行試験で明らかになった。既存の充放電戦略は主に装置と饋電線接続点の電圧で決めていたが、饋電システム、列車との協調をシステマ的に考えなかった。それで、今回、研究グループが回生電力吸収装置と饋電システム、列車及び隣の吸収装置との情報交換に基づいた充放電戦略を提案した。提案する充放電戦略は回生電力吸収装置と饋電線接続点の電圧だけに頼らず、列車走行状態（位置、

速度、力行とブレーキノッチなど）、変電所の送出電圧、隣の吸収装置のSOCなどの情報を専用の通信装置でリアルタイムに収集して、装置の充電、放電、待機状態及び充放電電圧を決定する。図3はシステムレベルの開発イメージ図である。

(2) 試験装置の開発

ハイブリッド試験装置のハードとソフトとも一から開発する必要があった。装置の主要諸元は表1に示す。EDLC/LTO系電池はそれぞれMaxwell社の48V/165Fモジュールと（株）東芝の27.6V/40Ah SCiBTMモジュールを使用した（図3）。装置の定格容量は1MWで、そのうち、EDLCとLTO系電池の容量はそれぞれ800kWhと200kWである。電池の蓄積エネルギー量は50.7kWhで、饋電システム停電時にそのエネルギーで八通線駅間距離最長（2002m）の2駅間上下それぞれ1編成の列車が20km/h以下の速度で退避走行ができる。また、EDLCと電池は別々のDC/DC変換器で独立に制御される。図4は試験装置の外

観図を示す。

Parameters	EDLC	Lithium titanate battery
Module type	BMOD0165 P048 C01	FM01202CCA05A
Connections	14S8P	23S2P
Rated voltage (module/system)	48V/672V	27.6V/634.8V
Rated current of system	800A	320A
Rated capacity of system	94.3F	80Ah(49Ah×2)
Stored energy of system	6.1kWh	50.7kWh
Rated power of system	800kW	200kW

表1 試験装置の主要諸元



図3 試験装置のEDLCモジュール (左) とSCiB™モジュール (右)

(3) 蓄電素子の性能評価
 充放電電圧、電流、環境温度、使用SOC
 範囲、使用時間などがEDLCと電池の劣化
 要因である。蓄電素子の劣化が避けられな
 いことであるが、再生電力吸収装置に使用
 されるEDLCの電池セルの劣化傾向を把握

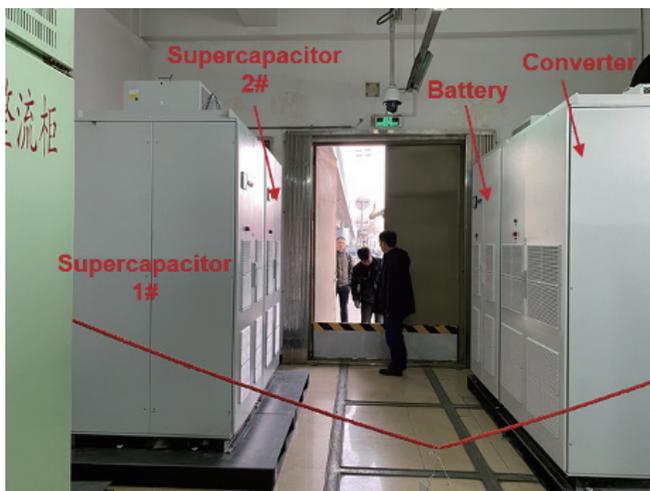


図4 北京地下鉄八通線梨園変電所に設置したハイブリッド方式試験装置 (2020.1)

し、セルの容量と内部抵抗の変化を充放電
 戦略に反映されることが重要である。それで、
 研究グループが八通線1MWのMFC再生電
 力装置で測定された充放電電圧、電流パター
 ンに基づいて、MFC装置を使って蓄電素子
 の性能評価を行ったりしている。

1. まとめ

4月から北京地下鉄八通線でハイブリッ
 ド方式試験装置の試験を開始する見込みで
 ある。まず、4編成の列車を用いて、終電
 の後に2週間に渡って、試験装置と列車、
 変電所の情報交換、提案した充放電制御戦
 略の検証、停電時の非常救援走行などの試
 験を行う。それから、ダイヤ通りに列車運
 転時の試験装置性能及び導入効果を評価す
 る予定である。

高耐熱リチウムイオンキャパシタの開発・量産工場建設

株式会社ジェイテクト 三尾巧美

1. はじめに

先進運転支援システム（ADAS）と自動運転（AD）は、次世代自動車に関する2つの主要トピックである。2018年に首相官邸が発行した官民ITS構想・ロードマップには、自動運転のレベル4を高速道路などの限定した場面において2025年ごろから市場化する目標が掲げられている。

AD機能は、車両に何らかの故障が発生しても車両の誘導が継続されなければならない。ADレベルが高い車両、特にドライバーが運転に介入しないADレベル4の車両に搭載するステアリングシステムは、走行中に車両電源失陥等が発生した場合においても車両誘導が継続する高い機能安全性が求められる。

12V電源を搭載した大型車両でADAS、AD機能を実現するにはステアリングシステムの電動化が望ましいが、車重3トンの大型車両に電動パワーステアリング（E

PS）を搭載すると、据切り操舵・急操舵等の限られた場面において、EPSが必要とする電力を12V車両電源から供給できないため、油圧式のパワーステアリングが搭載されてきた。

この電力不足を解消するため、当社はリチウムイオンキャパシタを用いた補助電源システムを開発した（図1、キャパシタフォー

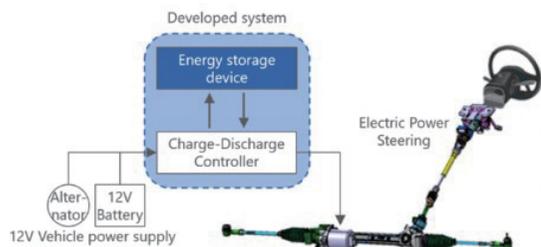


図1 EPS用補助電源システム概略図

ラム会報誌 第13号で紹介)。本システムは大型車両へのEPS搭載時の電力不足解消に加え、12V車両電源の失陥時にはキャパシタに蓄えた電力のみでEPSを継続動作させる電源バックアップ機能も有し、ステアリングシステムの機能安全性向上に貢献する。

本システムを安価で実現し、車両搭載自由度を高めるには、冷暖房装置フリーで車両搭載する必要がある。従来のリチウムイオンキャパシタは動作温度範囲が $20\sim 60^{\circ}\text{C}$ 程度と狭く、自動車温度要求に不適合であったことから、リチウムイオンキャパシタの動作温度範囲拡大についても当社独自で取り組んだ。

2. リチウムイオンキャパシタ

リチウムイオンキャパシタは、リチウムイオン二次電池と電気二重層キャパシタの中間的な特性を有する蓄電デバイスであり、リチウムイオン二次電池の黒鉛系負極と電気二重層キャパシタの活性炭正極を組み合わせた構造を有している（図2）。電気二重

層キャパシタの長所である、瞬間的に大きな電力を供給・回生する入出力特性と、優れた充放電寿命を維持しながら、体積エネルギー密度が3〜6倍に増加した蓄電デバイスであり、様々な産業分野での活用が期待されている。用途拡大に向けた課題の一つに動作温度範囲の拡大が挙げられており、約60℃以上の温度で生じる性能劣化の抑制が必須である。

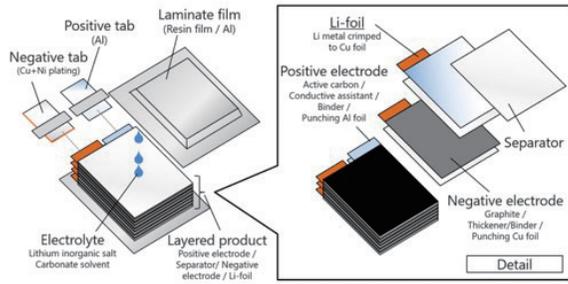


図2 リチウムイオンキャパシタの一般的な構造

3. 動作温度範囲外の劣化現象の把握

文献調査および検証試験によって、一般的な製品が動作温度範囲よりも高い温度領域、低い温度領域において、どのような現象が発生してリチウムイオンキャパシタの性能低下が生じているかを明らかにした。

高温領域では、電解液の熱分解に起因する内部抵抗増加と静電容量の減少が不可逆的に進行した。また、電解液の分解ガスの発生に伴ってキャパシタが膨張し、最終的にセル破裂に至った。電解液の分解は、リチウムイオンキャパシタおよびリチウムイオン二次電池で一般的に使用される電解質である、ヘキサフルオロフオスフェート(HFPF6)の熱分解に起因することが分かった。

一方、低温領域では内部抵抗の増加に伴う出力低下が可逆的に生じ、20℃以下になると電解液が凍結し、リチウムイオンキャパシタを充放電することができなくなった。リチウムイオンキャパシタの負極はリチウム二次電池と同様の材料系であり、充放電時に化学反応を利用する。化学反応の速度は環境温度に依存するため、温度低下にと

もなつてリチウムイオンキャパシタの出力が低下する。

以上の検討結果から、リチウムイオンキャパシタの動作温度範囲を広げるためには、主として電解液の改良が必要であることがわかった。

4. 改善事項

表1に改善実施事項を示す。

	Technical challenge	Implementation items
Heat-resistance improvement	Prevention of electrolyte liquid decomposition	Adoption of high-heat resistant electrolyte salt
	Prevention of electrolyte liquid boiling	Adoption of high boiling-point organic solvent
	JTEKT original improvements	
Improvement of low temperature output	Prevention of electrolyte liquid freezing	Adoption of low freezing point organic solvent
		Optimization of organic solvent mixing ratio
	Prevention of internal resistance rising	Affector identification Changing of positive and negative materials

表1 改善実施事項

高温時における電解液の熱分解の原因である電解質(ヘキサフルオロオスフェート)を、耐熱性に優れるイミド系のリチウム化合物に変更した。さらに、電解液溶媒の配合比等を見直して、40℃で凍らず、100℃でも沸騰しない当社独自の組成系に変更した。さらに、キャパシタ材料同士の相性を制御する当社独自改良を施した。

5. リチウムイオンキャパシタの作製

アルミ箔上に活性炭を塗布したものを正極、銅箔上に黒鉛を塗布したものを負極とし、セパレーターを介して正極・負極を交互に積層した。①一般的な電解液(1.0 mol/L LiPF₆ / Ethylene carbonate (EC) : Ethyl methyl carbonate (EMC) : Dimethyl Carbonate (DMC) = 3:4:3)、②新電解液(高耐熱電解質 / 高沸点かつ低凝固点な非水系溶媒)、③新電解液+当社独自改良の3水準で動作電圧2.2~3.8V、静電容量500Fのラミネート型リチウムイオンキャパシタを作製した。

6. 耐熱性評価

リチウムイオンキャパシタの高温耐久試験は、IEC 62813・2015「電気および電子機器用リチウムイオンキャパシタの試験方法・電気的特性」の「高温連続定格電圧印加試験」に準拠し、85℃の雰囲気温度において3.8Vのフロート充電試験を実施した。同規格では、フロート充電試験1000時間後の内部抵抗増加率が50%以下であり、静電容量減少率が20%以下であることを要求している。

耐熱性の評価結果を図3に示す。従来のリチウムイオンキャパシタは、容量維持率と内部抵抗上昇率の両方の悪化が著しい。試験開始から約100時間で規格要求を下回った。また、電解液中の「LiPF₆」の熱分解に伴うガスによって、リチウムイオンキャパシタが著しく膨張したために試験を中断した。電解液のみを変更したキャパシタは、容量維持率が向上し、セル膨張も解消したが、内部抵抗上昇率については改善が認められなかった。電解液交換および当社独自改良を施したキャパシタは、フロート充電試験

がIEC規格で指定された1000時間を超えても、容量維持率および内部抵抗増加率の要求値を満足し続けた。

以上の結果から、リチウムイオンキャパシタの耐熱性を改善するためには、構成材料の耐熱性の向上だけでなく、各材料が有する性能を十分に発揮させるための材料の相性制御が必要であることが明らかとなった。

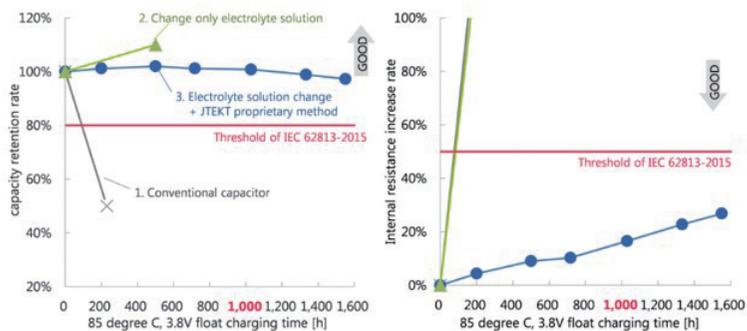


図3 85℃でのフロート充電の試験結果 (IEC-62813-2015準拠)

7. 大電流充放電耐性

開発したリチウムイオンキャパシタの大電流充放電に対する耐性を調べた。キャパシタの性能劣化は、セル温度を85℃から110℃まで5℃ずつ変化させる充放電サイクル試験により確認した。キャパシタの上限電圧を3.8Vから3.6Vまで段階的に減少させ、約9000回の充放電レートで約1万回の充放電試験を実施した。なお、充放電のモードはCC（定電流）・CV（定電圧）モードである。

サイクル試験後、IEC 62813・2015に準拠して、リチウムイオンキャパシタの内部抵抗および放電容量を測定し、約10%以上の性能劣化を試験合格の閾値として設定した。

試験結果を表2および表3に示す。リチウムイオンキャパシタの上限電圧を3.8Vから3.6Vへ制限すると、100℃環境下においてもリチウムイオンキャパシタの性能変化は5%未満となり、性能劣化は殆どみられない。リチウムイオンキャパシタの耐熱性を向上させることが、大電流充放

電を繰り返した際の自己発熱による性能劣化の抑制にも寄与することが明らかとなった。

		Capacitor upper limit voltage, V				
		3.60	3.65	3.70	3.75	3.80
Test atmospheric temp., deg. C	110	3.0%				
	105	2.3%	-0.3%			
	100	1.6%	-0.2%	0.7%		
	95	0.8%	0.5%	0.2%	0.0%	
	90	2.0%	0.9%	1.4%	0.6%	
	85	0.0%	0.8%	0.5%	1.4%	0.2%

Mesuring method: IEC 62813-2015

表2 静電容量減少挙動

		Capacitor upper limit voltage, V				
		3.60	3.65	3.70	3.75	3.80
Test atmospheric temp., deg. C	110	24.6%				
	105	7.1%	5.7%			
	100	3.1%	1.8%	6.8%		
	95	0.3%	2.2%	3.7%	5.1%	
	90	0.7%	-0.2%	3.0%	2.1%	
	85	0%	2.1%	3.5%	3.5%	7.7%

Mesuring method: IEC 62813-2015

表3 内部抵抗増加挙動

8. 低温特性評価

25℃におけるリチウムイオンキャパシタの内部抵抗を基準として、低温環境下における内部抵抗上昇率を調べた。測定方法はIEC 62813・2015に準拠している。

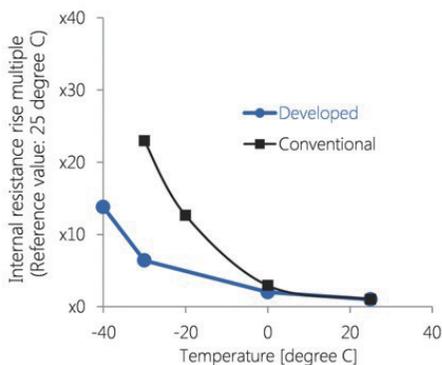


図4 低温での内部抵抗の測定結果

内部抵抗の測定結果を図4に示す。従来のリチウムイオンキャパシタは、0℃以下で電解液が凍結して充放電できなくなるのに対し、開発品は、-40℃でも電解液が凍結することはなく、充放電が可能であった。開発品の-40℃における内部抵抗は、従来品の20℃における内部抵抗とほぼ同等の値であった。

さらに、開発したリチウムイオンキャパシタの-40℃における充放電サイクル性能も調べた。動作電圧範囲は2.2～3.8V、CC・CV充放電モード、充放電レートは85℃で実施した。リチウムイオンキャパシタの性能確認時はワーク表面温度を25℃に戻した

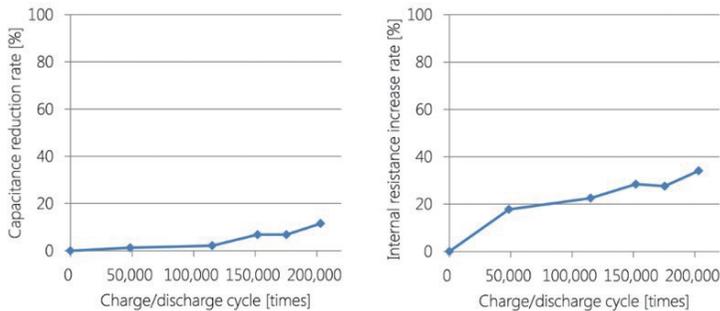


図5 低温充放電試験の試験結果 (-40°C, 85Cサイクル試験)

のち、IEC62813・2015に準拠した条件下で内部抵抗および放電容量を測定した。試験結果を図5に示す。開発したりチウムイオンキャパシタは、20万回のサイクル試験を行ったが、若干の性能低下に留まった。高温環境だけでなく、低温環境においてもリチウムイオンキャパシタの利点である大電流充放電が可能であることを確認した。

9. 蓄電デバイス事業 立ち上げ

以上の性能を有するリチウムイオンキャパシタを2017年に発表し、お客様から多くの引き合いを得たことから、蓄電デバイス事業を立ち上げるに至った。2019年10月に当社花園工場(愛知県岡崎市)の敷地内に新工場が竣工し、年間48万セルの生産能力を有する第一ラインが完成した(図6)。



図6 当社花園工場 キャパシタ量産工場

リチウムイオンキャパシタの電極を製造

する工程については、当社の工作機械・メカトロ事業本部およびグループ企業のノウハウを生かして生産設備を内製化している。

10. 応用製品

開発当初のターゲットであった自動車領域だけでなく、鉄道、工作機械、建設機械、発電装置、交通インフラなど様々な領域の お客様から高い関心をいただいております。その用途についても補助電源、予備電源、発電装置の機能安定化、電源回生、メイン電源など多種多様な適用検討が進行している。

11. おわりに

動作温度範囲が拡大されたリチウムイオンキャパシタは、冷暖房装置を使用せずに自動車に搭載可能な電源システムの実現に役立つ。また、自動車のみならず様々な産業分野のエネルギー効率の向上、環境性能の向上に貢献できる製品である。キャパシタ単体販売だけでなく、モジュール・電源システムなどの応用製品の販売も推進していく。

電動車両の電源システムとキャパシタへの思い

(株)豊田中央研究所 梅野孝治

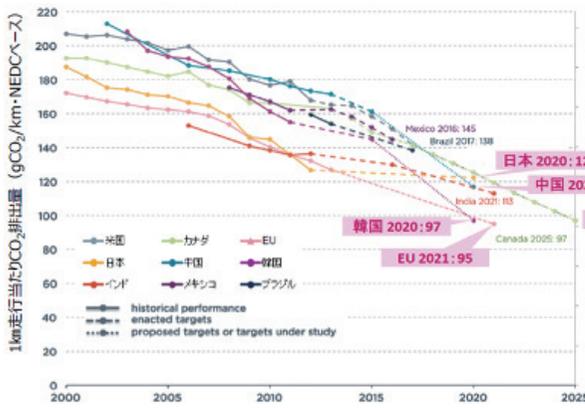
はじめに

地球温暖化や環境問題を背景に、COP21でパリ協定が採択され、世界の平均気温上昇を2度未満に抑えることが規定されると共に、各国の温室効果ガス削減目標等が掲げられている(図1)。そうした背景の下、自動車のCO₂排出量規制は年々厳しくなっている。たとえば、欧州では2021年までに95g/kmのCO₂排出規制をクリアしなければならず(図2)、自動車メーカーは、こうした規制に適合するために、さらなる燃

国名	削減目標	削減目標
中国	2030年までにGDP当たりのCO ₂ 排出量を60-65%削減 ※2030年前後に、CO ₂ 排出量のピーク	2005年比
EU	2030年までに40%削減	1990年比
インド	GDP当たりのCO ₂ 排出量を2030年までに33-35%削減	2005年比
日本	2030年度までに26%削減 ※2005年度比では25.4%削減	2013年度比
ロシア	2030年までに70-75%に抑制	1990年比
アメリカ	2025年までに26-28%削減	2005年比

出典：全国地球温暖化防止活動推進センターウェブサイト (<http://www.jccca.org/>) より

図1 各国の温室効果ガス削減目標



出展：環境省

図2 各国のCO₂排出量規制

費向上の取り組みを加速している。とくに、近年の中国や欧州における電動化シフトの動きは注目すべきものがある。特徴的なのは、それが民間需要に基づくものではなく、国家主導の強制力が働いていることである。

欧州各国ではらつきはあるものの、2025年から2040年にかけてエンジン駆動の新車販売を禁止する声明を発信するなど、大きな動きが見られる。

そうした動向もあり、車両の電動化は待たなしの状態である。一方で、電動車両の普及は自動運転や将来のMassに向けた自動車の進化に少なからず影響を与えるものと思われる。その電動化のキーとなる3大要素は、蓄電デバイス含む電源システム、インバータ・PCUに代表される電力変換ユニット、モータ駆動ユニットであろう。そこで、本稿では電源システムを中心にその技術動向を概説しながら、キャパシタについて思うところを述べてみたい。

■ 電動パワートレインの電源システム

International Energy Agency (IEA) が公表したEnergy Technology Perspectives[1]によれば、ハイブリッド車(HV)、プラグインハイブリッド車(PHEV)、電気自動車(EV)、燃料電池車等の電動車両が年間販売台数に占める割合は、2020年は15%であるものの、2050年には約60%に到達すると予測されている。HV、

PHV、EVの電源システムは、その出力や必要な電気エネルギーに応じて違いがあり、コスト、性能を両立するような最適化が図られている。以降、それぞれのシステムについて特徴を概説する。

HVは大別して、ストロングHV、マイルドHV、マイクロHVの3タイプのシステムに分けられる[2]。ストロングHVは限られた領域であるが、エンジンを停止しモータのみによるEV駆動が可能であり、最も燃費改善効果が高い。マイルドHVは、エンジン駆動を主体とし、モータは走行アシストするよう働く。マイクロHVは、従来のエンジン車をベースにオルタネータの容量アップにより、アイドルストップと回生を主体にエネルギー効率を高めている。エンジン車と比較し、ストロングHVの燃費向上率は約2倍、マイクロHVは約10%と言われている。

図3に2モータ方式のストロングHVの電気システムを示す。主機電池には通常NiMHか出力型のLiイオン電池が用いられる。車両車格や動力性能に応じて電池電圧は150-300V、容量は1-2kWhに設定され

ることが多い。エアコンやEPS、各種センサ、ECU等の補機類への電源供給は主機電池から絶縁型DC/DCコンバータを通じて行われる。主機電池の容量は、回生エネルギーの取り切りやEVモードでの走行性能、エンジンアシスト量等を総合的に考慮して決定される。また、システムの駆動電圧の最適化のために、昇圧コンバータを用いる場合もある。

マイルドHVは一般的にパラレル構成となり、モータは加速時等での動力アシストに用いられる。ストロングHVよりも電池の要求パワーは小さいため、電圧や容量は小さくて済む。マイクロHVのカテゴリでは、エンジン車にアイドルストップ&スタートシステム(ISS)が搭載されたシステムが実用化されている。減速時の回生エネルギーが一旦、オルタネータを通じて蓄電され、のちの補機系の電力に使用するシステムが開発されている。その蓄電デバイスとして電気二重層キャパシタ(EDLC)が使用された事例がある[3]。EDLCは蓄電エネルギーに応じて電圧が変化するため、その特性に応じた12~25V可変電圧式のオ

ルタネータと、25→14Vに降圧するDC/DCコンバータが採用されている。EDLCは一回の回生エネルギーや最大電流、繰り返し回数、環境温度など総合的に考慮して設計がなされている。

PHVの基本的な考え方は、近距離はエンジンを使わずに充電によるEV走行とす

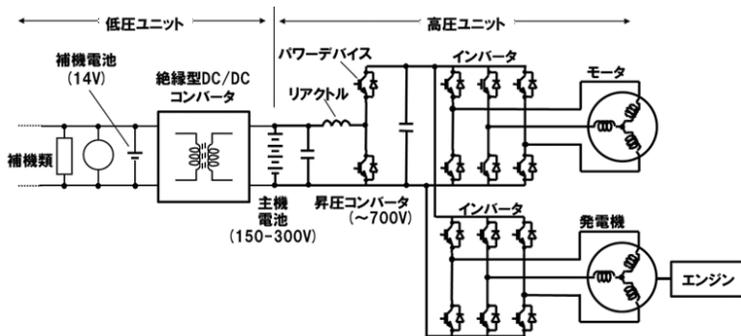


図3 HVの電気システム

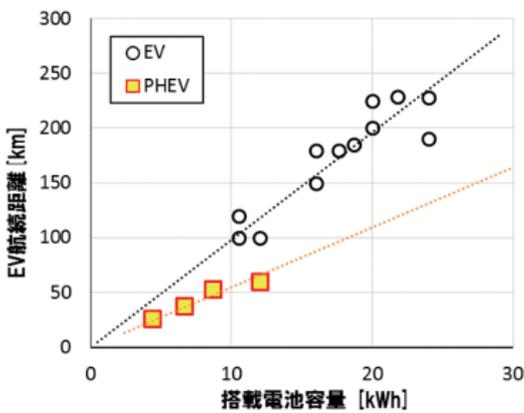


図4 市販EV、PHEVの電池容量とEV航続距離の関係

ること、燃料コストの軽減や、環境負荷軽減、EV規制に対応し、長距離走行時は、エンジンを使用するHV走行とすることで、電池切れを心配することなく従来のガソリン車と同等以上の長距離移動を可能にし、環境性能と利便性の両立を図ることにある。PHVでは、EV走行距離に応じてより高エネルギー密度の高いリイオン電池が使用されている。搭載される電池容量はEV航続距離等の車両企画によって変化し、劣化に関する考え方もEVとは異なる。EV航

続距離と搭載電池容量との関係を図4に示す。PHVはエンジンでの走行が可能であるため、搭載容量はEVよりも少ない。

欧州では、DC48V系の電源システムが標準化されている。価格帯の高いPHV、EVを高級車に位置付け、低価格帯のポリシーゾーンにDC48V電源システムを搭載し、規制をクリアする方針である。なお、日本では2001年に鉛蓄電池を用いたDC42V電源システムがマイルドHVに採用された経緯がある。DC48V電源システムは、鉛電池の替りにリイオン電池を使用する以外は、ほぼDC42V電源システムと同じである。このシステムでは、14Vと48Vの2つの電源系を有し、48Vに高負荷の補機類と回生システムを接続することにより、燃費を15%~20%改善できるとしている[12]。

■キャパシタはどこへ向かうのか

さて、ここまで乗用車系を中心に各種電動車両の電源システムを俯瞰してきたが、主機電源にキャパシタを採用したシステムは残念ながらそれほど多くないことがわかる。コストやエネルギー密度の点で課題があることが理由であろう。しかしながら、

その優れた入出力特性と耐久性は魅力であり、ISS用電源やEPS、ECB等のバックアップ電源として広く採用されている。また、バスや建機、鉄道車両等、通常の蓄電デバイスでは対応できない大電力を扱うシステムでの事例がある[13]。たとえば、世界耐久選手権(WEC)に参戦したハイブリッド車では、コーナー手前で時速250km/hから5秒程度で100km/hまで減速するため、極短時間の回生に対応できる蓄電デバイスが必要となり、キャパシタが有効に機能している[5]。一方で実験的な取組みとして、電池とキャパシタの複合構成(図5)で、それぞれの長所を活かしたシステムの評価検証も実施されている[6][7]。

さらに視野を広げれば、エネルギー分野において、不安定で変動の大きい再生可能エネルギー(再エネ)の有効利用、電力平準化をねらい、キャパシタを活用する検討がなされている[8]。技術的な進展では、直井教授らのグループによりEDLC並みの出力特性、耐久性とリイオン電池に匹敵するエネルギー密度を有するスーパーレドックスキャパシタの取り組みがなされている

[8]。蓄電デバイスは、耐久性、出力密度、エネルギー密度、温度特性等を同時に高いレベルで成立させるのは極めて困難であることから、こうした取り組みはキャパシタのみならず、電動車両、再エネルギー分野で大きなブレークスルーをもたらし、図1で示した削減目標達成にも大きく貢献するものと期待される。そうした観点で言えば、キャパシタの活用、普及はこれからが本番

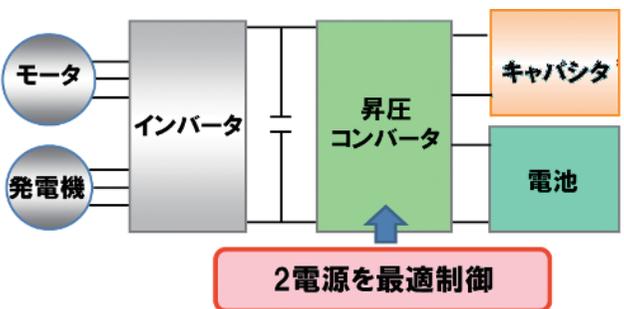


図5 複合電源システム構成

であり、その技術進展、大きな市場を形成するキラーアプリの登場が待たれるところである。

キャパシタ実用化の歴史を紐解けば、1879年にヘルムホルツが電気二重層の現象を発見してから約100年の時を経て、日本の電機メーカーがメモリバックアップ用電源としてEDLCを製品化したのが世界初とされている[9]。そこでキーとなったのは日本が誇る材料、モノづくり技術であった。その伝統を引き継ぎ、今でも日本はキャパシタ研究の最先端を走っている。そうした意味で、将来、キャパシタが蓄電デバイスの主役になることも夢ではないかもしれない。

■参考文献

- [1] IEA: Energy Technology Perspectives, p443 (2012).
- [2] T. Teratani: Impact of DC48 for Automotive Power Supply Systems, Proc. EVTeC & APE2014, 20144061 (2014)
- [3] M. Takahashi, et.al.: Development of the ψ -ELOOP、 - Mazda Technical

REVIEW, No.30 pp37-42 (2012)

[4] http://www.toyota-global.com/Events/motor_sports/wec/HV.html

[5] M.Sergio, et. al.: Regenerative Braking for Energy Recovering in Diesel-Electric Freight Trains. - A Technical and Economic Evaluation, Energies 2020, vol. 13, No.4, 963 (2020)

[6] Car Entertainment Magazine ψ GENROQ、.. Prius Challenge, 2012, No.5, pp166-167 (2012)

[7] Y.Noumi, et.al.: A study on energy management controller of EDLC for batteries and capacitors hybrid electric vehicles. IECON 2014, pp2952-2957 (2014)

[8] <https://www.tuat-global.jp/srfff/2019/group-2019/2875/>

[9] 西野：活性炭素繊維を用いた電気二重層キャパシター炭素繊維を電子機能材料に応用展開——炭素／炭素材料学会・No.132, pp57-71 (1988)

リード形キャパシタバックアップ評価用モジュール

日本ケミコン株式会社 秋葉 直樹

●リード形電気二重層キャパシタ「DKAシリーズ」

日本ケミコンは、車載電源のバックアップやポータブル機器のピークアシストといった電源用途需要の高まりを受け、2018年より、リード形キャパシタ「DKAシリーズ」の量産を開始した。「DKAシリーズ」は、業界最高クラスの低内部抵抗を実現した高出力タイプで、ケースサイズはφ18×5.0Lと小型ながら、3.9W/CCと高い出力密度となっている。その為、自動車のアクチュエーターとして利用されるモーター等、小型でも比較的大きなピーク電流の供給を要求する電気ユニットに対しても、電圧ドロップの少ない、安定した電力の供給を可能としている。

現在量産中のキャパシタの電氣的スペックは、容量50F、内部抵抗は11mΩ（いず

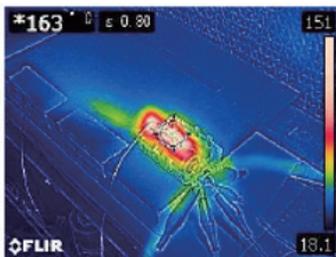
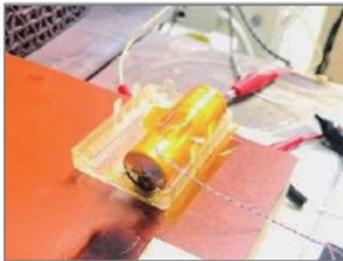
れも初期ティピカル値）、定格電圧2.5V（+10%）、 $T_{0.5}$ だが、順次ラインナップの拡充を計画しており、幅広い用途に向けて、システム設計の最適化が可能となる予定である。また、「DKAシリーズ」は、自動車に



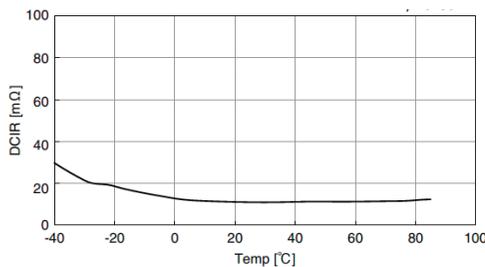
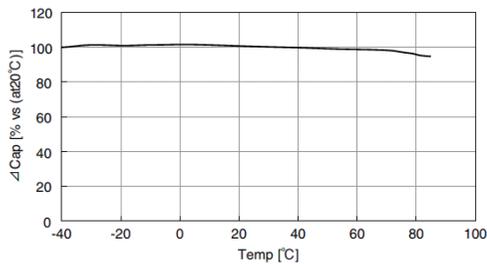
リード形キャパシタ外観

採用されて以来、長いフィールド実績のある、ネジ端子形キャパシタ「DXEシリーズ」と同様に、環境に配慮した安全性の高い材料を採用している。その上で、さらに温度特性の改善を計った設計となっており、特に極低温下での内部抵抗上昇率を抑えた点

が特徴となっている。容量特性についてもネジ端子形キャパシタと同様、全温度範囲でフラットな特性を示しており、使用温度範囲の広いアプリケーションにも対応可能



過充電による安全性試験



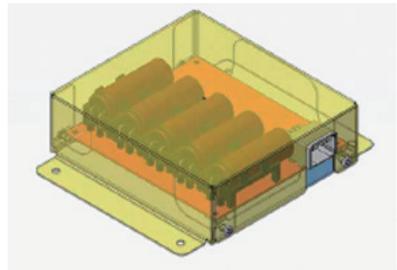
容量と内部抵抗の温度特性

である。

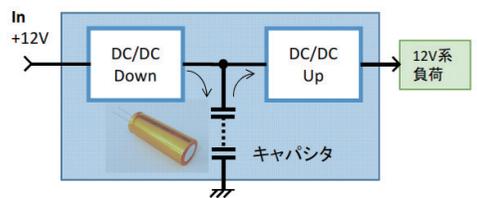
● 充放電回路を内蔵した評価用モジュール

この度日本ケミコンは、リード形キャパシタ「DKAシリーズ」の採用を検討する顧客に向け、充放電回路を内蔵した評価用モジュールを開発した。これまで、ネジ端子形のキャパシタモジュールの開発案件においても、しばしば充電器はどうしたら良いか、という相談をいただいた。本モジュールは、充放電回路を内蔵する事により、顧客の導入検討期間の短縮を目的に作成したものである。

本モジュールの主な用途としては、前述の通り自動車の12V系電源のバックアップを想定したものであるが、その他にも「技術を応用した通信ユニットの電源といった利用方法も意識している。具体的には、あらゆる場所に設置されたセンサーから取得したデータを通信ユニットで送信するといった製品である。僻地、高所など商用電源の利用やメンテナンスが困難な環境であれば、独立電源型のメンテナンスフリーなユニッ



モジュール外観(W132xD118xH42mm)



モジュール内部ブロック図

トが必要となる筈である。入力には、太陽光、熱、振動等を利用した発電デバイスが接続され、出力には間欠動作を行う通信ユニットやセンサーといった負荷が接続される使用方法が考えられる。

モジュール内部は、キャパシタへの充電を行うダウンコンバーター、キャパシタ、及び、負荷へ電力を供給する為の出力アップコンバーターという構成となっている。必要な電力は顧客によりまちまちである事が予想される為、キャパシタは、2~5セルまで選択可能とした。また、出力電圧も調整可能とし、様々な用途に対応可能なモジュールとなっている。

項目	仕様
入力電圧	~16V
充電電流	0.5~1A
待機時電流	0.1A 以下
出力電圧	9~12V
出力電流	最大 10A /20A
エネルギー量	180~450J

モジュールの電氣的仕様

前項「DKAシリーズ」の紹介では、内部抵抗について特に言及したが、もう一つの特徴として、蓄電デバイスとしてはリーク電流が非常に小さいことが上げられる。従い、1mA程度の微小電流発電に於いても、効率良く充電する事が可能である。太陽電池のようにキャパシタと相性の良い発電デバイスを、入力コンバーターを経由せずに直接接続すれば、エネルギーハーベスティングシステムの蓄電デバイスとして利用する事も可能である。

2019中国交流旅雑感

上智大学客員研究員 佐々木 正和

2019年9月、キャバシタフォーラム企画「中国との技術交流ツアー」に参加させていただいた。その内容についてはすでに昨年十一月のフォーラムにて報告されているので、ここではツアーを通して体験・体感した最新中国雑感を記したいと思います。

1. 交流旅順路

9月16日成田発、上海浦東空港へ、20日北京発羽田空港帰着の日程にて、図1に示す①から⑤までが今回の旅順路である。

①江蘇州南通市 南通江海（ジャンハイ）電容器有限公司を訪問。

L i c ・ E D L C 増産のため2019年竣工の新工場見学が目的。

②北京交通大学 楊教授研究室を訪問。

中国新幹線の電動系研究や鉄道へのキャパシタ応用研究の第一人者である。

③天津市 一汽・トヨタ技術開発センターを訪問

中国最強レベルの第一汽車とトヨタとの

合同により新設されて間もない最新鋭開発拠点である。

④天津市 中国汽車技術研究センター、略称CATARC（China Automotive Technology and Research Center Co., Ltd）を訪問。近年、国営から民営に移行したが実質は公的機関であり、自動車認証および関連GB規格制定等を担っており、関連する幅広い研究体制も有する巨大な試験・研究機関である。

⑤天津市 河北工業大学陳教授を訪問。

天津市は北京市や上海市と同様に属さない独立都市であるが地理的には河北省の中にある。その天津市内に歴史を感じる河北工業大学がある。

2. 上海から南通へ、

新しい中国を見ながら

上海浦東空港から、上海市街や無錫などを經由する従来ルートを通らず、浦東空港から海沿いに進み、長江（揚子江）を渡る

新高速道のような快適ルートを経由し、およそ2時間で①南通江海電容器に到着した。

その時の沿道風景は、以前に何度か通ったことがある他の高速道沿線とはちよつと違った感じだった。緑地がどこまでも広がっている大地という感じは他と同様であったが、豊穡で農耕に適した平原であるうはずなのに中国特有の農村風景が見られなかった。間隔を置いて車窓を過ぎて行く住宅や集合住宅のような建物は農村ではないような、



図1. 交流旅順路 (①~⑤)



図2. 長江（揚子江）渡河ブリッジの一つ



図3. 南通江海電容器の新工場外観



図4. 南通江海電容器にて

新しいという感じではないが木造感、コンクリート色をほとんど感じない色彩に富み趣の感じられるたたずまい群がほとんどだった。中国は地方まで急速に変わりつつあるのか、または豊かそうなこのエリア特有のことなのか疑問のままである。

このルートの最大の印象は、長江を渡る巨大な近代的橋梁のオンパレードであった。日本にはかなり以前から瀬戸大橋などがあるじゃないかと言われそうだが、一つの河を渡るための橋、橋、橋・・・なのである。図2がその一つで、長江河口近くには中の島が多く、それらのいくつかを経由して渡る橋の総延長が30数キロと聞いて驚い

た。かなりの街並みも見える中の島も見えた。空から見るのとは大ちがいで、大河を実感させられた。

3. 中国の最新工場、建てた人たち

中国において有力なコンデンサーメーカーである①南通江海電容器が、主にLCC、併せてEDLC増産のために建造した新工場を見学するという貴重な機会を得ることができた。会員である青木氏のご尽力によるものであり感謝である。外観を図3に示すが、かなり大きい。残念ながら内部の写真はないが、今まで見学したことがある中国の工場イメージとはまるで違った感じで、

先進性が高いように見える大規模製造設備が並んでいた。その巨額投資をLCC、EDLCのために決断したのはどんな人、人たちのなかか？と思いつながら交流に臨んだ。

図4上は、工場内でミーティングを行った時の写真である。訪問先メンバーの中には年収が日本円で数億円以上の工場責任者等数名が写っているはず、なかでも堀先生の隣の会長の年収は想像つかないほどらしい。日本のサラリーマン社長、役員とは報酬の差だけ投資の決断力も違ってきてしまっているかと変な憶測をしてみました。

図4下は見学終了後ご招待いただいた夕食会風景であるが、まさにそのような人達



図5. 北京交通大学にて



図6. 一汽・トヨタ技術開発センターにて

り離れた新開発区に設立されている
 ③ 一汽・トヨタ技術開発センターに到着した。
 天津市は中国で5番目くらいの大都市だそうで自動車産業発祥の地でもあるとか。その発祥を担ったであ

がホストのディナーとはこんな感じなのかと、ごちそう・珍味が盛りだくさんで、高級そうないろいろのお酒も飲む暇がないほどだった。江海電容器の陳会長他みなさんおよび青木氏に大いに感謝です。

4. 南通から北京へ、早朝出発

今回のスケジュールはタイトであり、早朝6時過ぎに南通ホテルを出発した。途中の高速道路では都市間型のEVバスを数台見かけた。路線型EVバスが普及しているのは承知だが都市間型も珍しくないようだ。電費率が悪い高速道を長く走るために蓄電池容量が半端じゃないはず、どれほどの大

きさ、重さ、コストなのか大いに気になる。

早朝出発のおかげで渋滞も少なく順調に上海虹橋空港に到着。好天にもめぐまれ、北京空港には予定通り到着し、訪問先である北京交通大学の楊先生の出迎えを受けた。

5. 北京交通大学との交流

②北京交通大学では、楊教授はじめ大勢の先生や研究者、学生が集まり長時間にわたる双方による講演会(図5上)および研究成果を挙げたという博士課程女子2名からもプレゼを受けたが、日本と違い理系博士課程にも女子が多いことにはちよつと驚いた。

そのあと夕食会に招待いただいた(図5下)。堀先生と楊先生は東大研究室での先輩、後輩にあたるという縁で訪問させていただき、なかみの濃い技術交流や夕食会およびきめ細かな送迎など過分なるおもてなしをいただいた、深く感謝です。

6. 北京から天津、一汽・トヨタへ

北京市の隣が天津市であるが、両市とも広大ということであろう新幹線で移動した。以前、高速道利用で2時間近くかかったが、新幹線で25分あまりだった。ただし乗りこむまでの駅での手続きや待ち時間が長いことが難点。天津駅にて一汽・トヨタの出迎を受け、車で30分ほどで天津駅からかなり離れた新開発区

ろう中国最強級メーカーである一汽とトヨタが合同で新設したばかりとのことであった。一汽基準により外部者にとって敷居が高いところだそうで、入社も指定校制であり狭き門とのことだが、今回、トヨタから電動系の統括者として出向してきている鳥居部長のご尽力により訪問が実現した、大いに感謝である。鳥居女士とは、堀先生はじめCFメンバー数人が自動車技術会の電動系委員会における仲間だったという縁である。そんな事情から、図6下は巨大なエントランスホールでの写真であるが、大きな壁面に自技会 東大堀教授一行様、と熱烈歓迎表示がされていた。

到着後、センター説明を受け、開発設備見学、昼食をいただき、堀先生による大講演会が開催された。技術者の大半、数百名が参加したそうで大盛会であった。

設備見学では質の高い豊富な実験設備揃いという感じを受けた。車の臭い評価のところで面白い話を聞いた。中国人は新車の臭いが大嫌いで、日本でどんなにいい車と言われていても日本で感じるような新車の臭いがすれば全く売れないとか、魚臭いにおいとかは平気だそうだが、そういえば、

新しいマンション群と思われる近くを夜通ったとき、ほとんど電気が灯っていないのを見かけ、売れていないのかと聞くと、マンションを購入しても、新築の臭いが嫌いなので半年から1年間位たってから住むというはなしを思い出した。

7. CATARC訪問

冒頭④に記したとおり、巨大機関である。ここも敷居が高いところとのことであつた。トヨタの方数名同伴での訪問であつた。図7上は本館前であるが、本館事務棟も巨大だが、見学させていただいた試験研究棟群は広大なエリアに展開しており、車で案内

されたほどである。我々は新エネルギー技術部門の方々に応対いただき、EV・電池、FCなどの試験・研究設備を見学した。豊富な設備を備えている感じだった。日本の国交省自動車審査部門と自動車研究所（JARI）を併せたような機能で、規模は数倍の2千名超で、認証試験検査料等の収入による独立採算制とのことだった。

図7下は、ミーティング終了後の写真であるが、訪問先の皆さん含め笑顔で写っていてよかった。最初、先方のトップお二人ともかなり不機嫌そうな感じだったが、遅れて到着時一汽・トヨタさんが、役人を30分も待たせてしまった大変、と言っていた



図7. CATARCにて



図8. 天津での夕食会

のでそのせいでの不機嫌であったか。

この日の夕食は、CATARCから声掛けもあったようだが、役人と食事では肩がこるでしょうとの一気・トヨタの配慮により、鳥居さんとともになごやかに夕食を堪能させていただいた(図8)。

ところで、天津市も他の大都市同様、車の制限が行われているので(曜日により走行可能なナンバーが変わる)、鳥居部長の場合、制限される時間(8~20時まで)とてたと思うが)を避けて8時前に着くように早朝出発し、遅く帰宅しなければならぬということ、かなり不便であろう。



図9. 河北工業大学にて

8. 天津市、河北工業大学へ

翌日、最後の訪問先⑤河北工業大学を訪問した(図9)。東大留学経験者である陳教授主体にAリーダータ科学院院長や先生、学生参加による講演会が行われた。同行いただいた上海交通大の馬先生からWPTについて、陳先生からL1B劣化推定研究に関する内容であった。その後、歴史に富む大学ということ、歴史館に案内いただいた。

9. 再び北京へ、そして帰路につく

河北工大を後に新幹線にて最高350km/hくらいで北京に戻り、再度、北京交通大楊先生のご厚意で中国最後の晩餐を楽しませていただき、翌日も午後発便まで頤和園散策など院生お二人にアシストしてもらおうという配慮をいただき大感謝です。

雑感の締めくくりとして以下2点を挙げたいと思う。1点目は図10、北京の今の今昔ですが、かなり良くなってきた感じで青空が良く見えました、上海も天津も同様でした。以前と比べ気分が大分違います。2点目は図11、スマホ利用のレンタル自転車が街中に氾濫する様子です。



図10. 空・空気 北京の今昔



図11. レンタルサイクル氾濫(左 河北工大、右 北京市内)

右の写真のところでは横断歩道から直接歩道に上がれなかった。便利な時代と喜ぶべきか、ウイルスがまん延する如くに混乱の兆しと憂うべきか？

以上にて交流旅を終了し無事帰着しました。多くの方々に大変お世話になりました、深く感謝申し上げます。 完

EV普及の課題とキャパシタの可能性

東京大学生産技術研究所 助教 畑 勝裕

1. はじめに—未来のクルマ社会を考える

●EVはなぜ普及しないのか？

地球温暖化を含む環境問題に対する関心は年々高まっており、日本でも二酸化炭素(CO₂)の排出削減に向けた脱炭素社会の実現が話題となっている。今回取り上げるクルマであれば、走行時のCO₂排出量が少ない電動車両の普及が期待されているが、日本ではハイブリッド車(HEV)の割合が増えているも、プラグインハイブリッド車(PHEV)や電気自動車(EV)を街中で見かける機会は少ない。

EVは環境に優しい、エコといったイメージが定着してきたが、不便で高いものは買わないのがふつうの消費者心理であり、普及の妨げになっている一番の原因だろう。つまり、EVを売するのにエコを主張しても仕方ないので、本気で普及させるのであれば、EVを今のガソリン車よりも便利で、魅力的な商品にしなければならぬ(もしくは、

世界各地で見られるように規制で縛るほかないだろう)。

●今ではなく未来のクルマ社会をつくる

しかし、これまで長く続いたガソリン車中心のクルマ社会で、完全無欠のEVを今すぐ作り出せ、というのは無理難題であるし、自動車メーカーに丸投げでは到底実現し得ない。国や自治体などもある程度サポートはしているだろうが、カネや制度だけで解決できる問題ではない。

では、EVが普及する未来は訪れないのかというと、それもまた違つと筆者は考える。幸いにも私たちは研究者である。未来のクルマ社会を想像して、そこに必要な技術やシステムをつくり上げられる可能性がある。本稿では筆者がイメージする、EVを中心とした未来のクルマ社会とその実現に必要な課題について取り上げる。

2. 電動化の必然性とインフラ協調の重要性

●なぜクルマの電動化が必要なのか？

まずはEVを普及させる目的を明確にしおきたい。おそらく読者の多くは工学者だと思つので、EVはエコだから、といった根拠のないイメージにとられず、真に取り組むべき課題に目を向け、各々の研究課題を見定めるべきだろう。

●運輸部門が占めるCO₂排出量の割合

2017年度の日本における運輸部門のCO₂排出量は全体の排出量の内17.9%、その中でも自動車全体が運輸部門の86.2%(日本全体の15.4%)を占めている(国土交通省HPより)。

特に、自家用乗用車は輸送量当たりのCO₂排出量がバスや鉄道より大きく劣っているため、人を運ぶ手段としてのエネルギー効率ばかりが悪い。また、自家用貨物車の輸送量当たりのCO₂排出量に至っては他の交通手段と比較して桁違いに劣っていることから、運輸部門におけるCO₂排出を削減するには、クルマ(特に、自家用車)のハードと使い方の両方を変えていかなければな

らない。

●EVは本当にエコなのか？

走行時のCO₂排出量がゼロであるEVはゼロエミッション車 (Zero Emission Vehicle: ZEV) と呼ばれるが、重要なのはTank-to-Wheelだけでなく、Well-to-Tankも含めたWell-to-WheelのCO₂排出量である。しかし、火力発電比率の高い電源構成においても、EVのWell-to-WheelのCO₂排出量はガソリン車を大きく上回る性能を示している。

また、EVのエネルギー源である電気は多種多様な方法で作りに出せる点が最大のメリットである。ガソリン車を使い続ける限り、低炭素化を実現するにはエンジンの高効率化を極めるしかないが、EVであればモーターの高効率化だけでなく、電源構成を含めたインフラ改善の効果をクルマにも反映させやすい。

●EVとインフラをセットで考える

これまでの議論を整理すると、運輸部門のCO₂削減を実現するには、EVの割合を

増やすだけでなく、電源構成における低炭素化、すなわち、再生可能エネルギーの割合を増加させなければならない。従って、今のクルマ社会でガソリン車をEVに代替するだけでなく、クルマと電力インフラを協調させることで、より大きなCO₂削減効果が期待できる。

そのためには、クルマ屋と電力屋が早い段階で協力して、未来のクルマ社会を創造していくべきであるし、より大きな規模で言えば、電力ネットワークと交通ネットワークがうまく協調しながら、互いに助け合う社会システムを構築していくべきである。

3. EVはガソリン車の代替になるのか？

●EVの課題：航続距離と充電時間

冒頭で述べた通り、クルマは移動するための手段であって、いくらエコでも不便では意味がない。現状のEVは短い航続距離や長い充電時間などの点で消費者が許容できない、もしくは、まだ不安が残るといった認識があるだろう。

これまでもEV普及の課題として挙げられてきた航続距離と充電時間の問題であるが、

従来のEV開発のようにたくさんの電池を積んでも、これらを同時に解決することはできない。同じ性能の電池を2倍積んでも航続距離は単純に2倍とならない(車重が増加して走行抵抗が増加し、電費が低下していく)ように、電池の性能だけ改善しても新たな課題に直面する。ハードと使い方は密接に関係していて、これら一方の側面から見ただけではEV普及は実現できない。

ここでは、未来のEVやクルマ社会について述べる前に、現状のEVが持つ課題を明確にしておきたい。特に、電池と充電の問題を中心に取り上げる。

●電池に関わる課題

近年、電池パックの高性能化は急速に進んでいる。航続距離の観点だけで見ると、これまでのガソリン車と同程度でよければ、十分に走り切れる性能はあるが、まだまだ問題は山積みである。まずは電池そのものの課題であるが、長寿命化・低コスト化は重大な課題である。また、大量生産に伴うレアメタル等の資源確保、使用済電池のリ

サイクル・リユースを受容できる包括的なシステム構築も必要である。

最近では、全固体電池のような次世代電池の可能性も検討されているが、コスト・品質などを考えて量産するにはまだまだ時間がかかる。しかし、リチウムイオン電池の基本的な理論体系ができてから、EVなどに応用されるまで約20年だったことを考えると、近い将来で実現される可能性は高い。

電池の性能が飛躍的に向上すれば、クルマのかたちも大きく変わるが、高性能電池だけではEV普及は実現しない。航続距離の問題よりも厄介なのが、次に示す充電問題である。

●充電に関わる課題

近年のEVを見ると、1台あたりに搭載される電池容量が次第に増加している。しかし、容量が増えれば増える程、満充電までにかかる時間が長くなり、充電問題はより深刻になる。一度電池が空っぽになってしまうと、家庭の普通充電では1日がかかりで充電しなければならぬ。つまり、今

たいなガソリン車の使い方は事実上不可能であることが明らかになってきた。

EV充電器は普通充電で数kW程度、急速充電で50kWのものが主流である。最近では数百kW級の超急速充電器も開発されているが、空っぽの電池を数分のうちに満充電するようない方はできない。つまり、燃料がなくなつたから、ガソリンスタンドに立ち寄つて、すぐにまた出発という使い方はNGである。

●ガソリン車との比較

EVがガソリン車と同じ使い方ができないことは単純な数値計算から理解できる。

ガソリン1Lあたりのエネルギーは約34MJ、1L給油するのに約2.5秒かかる。とすれば、ガソリン車の給油を電力換算すると13600kWものエネルギーの流れになる。これはJR東日本E4系新幹線（8両編成×2）のフルパワー加速に相当し、高圧電線からパンタグラフ4個で受電している新幹線に対して、数百A程度が限度の充電ケーブルでは到底実現できない。

従って、ガソリン車中心でつくられた今のクルマ社会で、EVがガソリン車の代替

手段になることはできず、そもそも使い物にならないのである。ハードばかりを高性能化しても、正しい使い方を考えなければ、EV普及はいつまで経つても起こり得ない。

●燃料電池車の可能性

EVの形態の一つとして燃料電池車（FCV）があるが、エネルギーの急速充填という観点で見れば、FCVも同じ枠組みで議論できる。FCVの水素充填は数分程度で完了するため、これまでのガソリン車と同じような使い方は実現可能である。しかし、これは水素ステーションがガソリンスタンドと同じように、全国各地に広く普及していることが前提である。

日本国内の水素ステーションはすでに100箇所程度が開業しているが、3万箇所程度も存在する給油所には遠く及ばない。また、水素の製造・貯蔵等の課題も考えると、水素ステーションを全国各地に大量に展開することは難しい。従って、FCVはあくまでクルマの電動化の一つの選択肢であつて、すべてのクルマをFCVに置き換えるのは非現実的である（ただし、用途を絞れば使

い道はある)。

●どの程度のエネルギーを持ち運ぶべきか

これまで述べた電池の大容量化と急速充電(急速充填)の技術はいずれも長い距離を走るために、いかにクルマに大量のエネルギーを積み込むか、という議論に終始してきた。しかし、EVはガソリン車のように、止まって、大きなエネルギーを、急速に出し入れることはできない。それであれば、EVはガソリン車の代替を目指すのではなく、さっさとEVに合った新しいクルマ社会を提唱していくべきである。

特に重要なのは、インフラとの関わり方で、どこでいつ充電するのか、といった点である。電気は作ったらすぐに使った方が賢く、貯めておいて後で使うのは効率的でない。未来のEVはどの程度のエネルギーを持ち運ぶべきか、今一度真剣に検討してみるべきである。

4. 走りながら充電—EVならではの使い方

●走行中給電がEVの価値観を変える

これまでのクルマは搭載エネルギーに依

じて航続距離が決まり、EVであれば電池容量が航続距離を決めてきた。しかし、電気で走る電車が架線(インフラ)とつながっているように、EVも走りながら充電できれば一充電航続距離に縛られない走行を実現できる。

もちろん、クルマは電車にない自由さが必要なので、街中に架線を張り巡らせるのではなく、クルマに合った給電インフラが必要である。また、クルマが給電インフラから離れても良いように、最低限のエネルギーバッファは必要かもしれない。

しかし、これまでの大容量電池が不要になれば、キャパシタのように小容量でもパワー密度に優れた蓄電デバイスが台頭してくる可能性があるし、さまざまなものに新しい選択肢が生まれくる。

このように使い方が変われば、EVに求められる性能や構成要素、さらにはEVに対する価値観などが大きく変わっていく。言い換えれば、EVに合った使い方を提唱していくことで、真に目指すべき未来のクルマ社会が見えてくるかもしれない。

●EV中心のクルマ社会へ

これまでのEV開発は高性能電池ばかりが注目されてきたが、これはEVがハードとして十分成立するまでの過渡期に過ぎない。すでにガソリン車と同等以上に走れることは示せたので、これ以上の大容量電池は必要なくなった。

今後は電池ばかりのEV開発ではなく、走行中給電を含む給電インフラの整備とEVに適した社会づくりが重要であり、EV中心のクルマ社会をぜひ築いていきたい。

●走行中給電がEV社会のキー技術に

EVの電池容量はちょうど今くらいがピークで、給電インフラが整備されるとともにEVの搭載エネルギーは徐々に減少し、いずれは少量のエネルギーバッファだけで自由な移動が可能になると筆者は予想している(図1)。

このようなトレンドの変化を生み出す、つまりはEV開発の転換期を与えるキー技術が走行中給電ではないだろうか。

走行中給電技術はすでに世界各国で実証実験が行われ、その実現性が明らかになっ

てきた。筆者が所属していた東京大学堀・藤本研究室でも走行中EVへのワイヤレス給電に成功している(図2)。

提案されている方式はさまざまであるが、走っているEVに電気を送る、というコンセプトは同じであり、目指すべきEV社会は共有されつつある。この好機を逸することなく、社会実装に向けて研究開発に取り組むことが重要である。

●給電インフラの組み合わせ

筆者はこれまで走行中給電技術の研究に

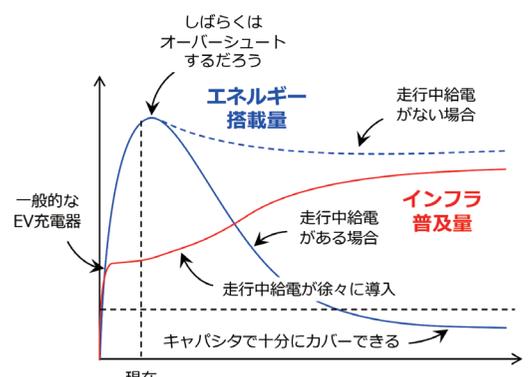


図1：EVのエネルギー搭載量と給電インフラの普及量(予想)
※あくまで筆者の勝手な予想なので注意!

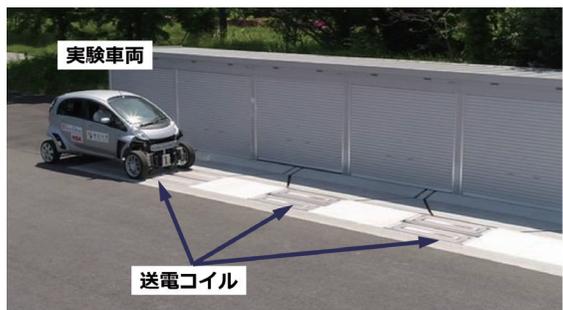


図2：EVの走行中ワイヤレス給電実験(東京大学堀・藤本研究室)

注力してきたが、その一方で、それ以外の給電インフラとの協調も重要であることを徐々に感じつつある。

例えば、津々浦々どこでも充電できるように田舎の細道まですべてを電化するとは考えにくい。交通量の多い主要な幹線道路と山間部の細く長い道路では整備にかかるコストも違うし、対象とする車両数によって設備の利用率も変わってくる。

また、長距離輸送に使う大型車両と街中を走る家用車では使い方が大きく異なるし、そもそも必要なスペースから違ってくる。

さらに、各都市に

市に於じて重視する機能も異なるので、すべての都市やクルマを対象とした最適化は不可能である。

少なくとも対象とする都市とクルマを

絞った上で、用途や地域性などに応じて給電インフラの組み合わせを考えるべきだろう。

●都市やエリアに応じたインフラ開発

ここでは、一つの考え方を示してみる。人々の暮らしは基本的に都市やエリアなどある区画で切り分けられ、それらを結ぶ道路や鉄道などの交通インフラが整備されている。各都市は開発計画などに沿って、重点とする機能拡張を図っているとすれば、そこに給電インフラの導入シナリオを入れ込み、都市内部でのインフラ活用を優先的にデザインしてみる。

次に、都市間連携によって、それらが互いに機能し合うエリアや拠点を形成していき、給電インフラと移動サービスの拡張性を検討していく。最後に、これらのエリアを結び給電インフラの在り方を示すことで、給電インフラを徐々に交通ネットワークの中に溶け込ませ、一つの壮大な社会システムを創造できないか、ということを想像している(が、これが正しい確証はまったくもってないので要注意)。

この他にも、電力ネットワークと給電イ

ンフラの協調なども想像しているが、紙面の都合もあるので、本稿では掲載せずに、別の機会にでも紹介したい。

5. おわりに

●クルマの価値が変わる中で

近年、クルマの価値観も大きく変わって、個人が所有するのではなく、シェア／サービス化が進みつつあるが、人やモノの移動を提供する、モビリティの価値は今後も続いていく。

CASEという言葉に代表されるように、クルマが目指す方向性も変わりつつある。C（コネクテッド化）は情報通信技術をもとに語られることが多いが、本稿で取り上げた走行中給電技術はいわばエネルギーのコネクテッド化を実現する技術であり、無線通信の次は無線給電の時代が来るに違いない。これが実現されれば、E（電動化）を急速に推し進める起爆剤となるだろう。

●完全なる無人移動サービス

A（自動運転化）による交通事故低減やS（シェア／サービス化）による新たな移

動サービスの創出、C（コネクテッド化）によるMaaS（Mobility as a Service）の事業化など、今後のモビリティ・サービスは各方面で大きな注目を集めている。

これらの組合せとして、完全自動運転の移動サービス事業を考えると、実はエネルギー供給の観点が欠落していて、まだ完全なる無人化は達成できていない。

このままでは、燃料切れや電池切れの度に人が介入しなければならぬが、無線給電インフラを整備しておくことで、途切れない完全無人の移動サービスを提供できるようになる。これはガソリン車にはできないEVならではの使い方である（ガチガチの制御で自動給油システムを作る場合は別であるが・・・）。

シームレスな移動の提供は人々に新たな体験として共有され、未来のモビリティ開発に繋がっていく。ここに、給電インフラが密接に関わるかが、今後の電動化を推し進める鍵になるかもしれない。

●真に目指すべきEV社会とは？

EVの魅力を高めるには、多くの研究開

発が関わる。例えば、各コンポーネントの性能向上で電費が良くなれば、ユーザ負担である燃料コストを削減できるし、V2Hの技術が確立されれば、災害時のレジリエンス力向上にも寄与できる。

クルマ社会全体が変われば、それに応じて各部品に対する要求も変化し、これらをセンズよく統合してデザインする、そんな能力が今後重要になるであろう。その中で、エネルギーストレージであるキャパシタはどんな役割を担うべきだろうか。

昨今の規制強化の流れで半ば強制的にEV転換が迫られているが、クルマとインフラの関係がちぐはぐになってしまえば、使う側である消費者や事業者に苦しみを与え、ることになる。そうならないよう、EVを革新する新技術やシステム作りを通してEV中心のクルマ社会を創造し、消費者らが自然にEVを選ぶ、そんなクルマ社会を築きたいと筆者は考えている。

東京大学生産技術研究所 助教 畑 勝裕



弊社は検査計測に関する受託試験を行なうと共に、検査計測用試験装置の製作・販売も行なっており、その中のひとつである『燃料電池評価装置』についてご紹介致します。

流量・加熱・加湿・圧力・冷却水温度制御装置などを組み込んだ燃料電池評価装置。単セルからフルスタックまで、ニーズに合わせて専用設計します。
燃料電池評価装置は、燃料電池を開発・評価するために、さまざまな条件を変化させ、電池の性能を評価するものです。
制御する項目には、燃料電池へ供給する水素ガス及びエアの圧力・流量・温度・湿度、発電時の発熱を吸収する冷却水の温度・流量、燃料電池から排出される生成水の回収、発電の電子負荷(放電)量などがあります。
装置全体の制御ソフトウェアとしてグラフィカルプログラミングソフトウェアにより実現しています。

<制御システムイメージ図>



流量制御

流量制御には、高性能マスフローコントローラーを使用しています。独自の制御プログラムにより、滑らかなスweepを実現、高精度かつ滑らかに制御します。

加湿・加熱制御

加湿方式は、バブラー式加湿を採用し、安定した露点を実現します。

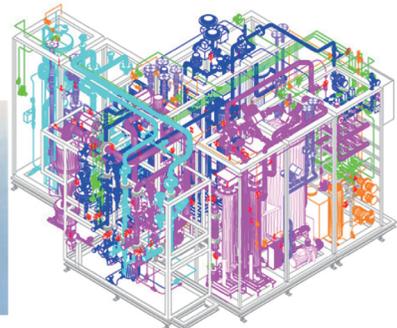
冷却水制御

冷却水とLLCに対応。循環ラインと供給ライン2系統の流量バランスにより、供給流量及び温度を制御します。

生成水回収装置

生成水回収装置のオプションを付けることにより、生成水を回収できます。生成水回収量の計測は、差圧計測方式を採用しています。

<モジュール(中出力用) 装置写真及び3D図面>



20年超の多種多様な燃料電池装置の実績に基づき、高精度の装置を提供させていただきます。

<https://www.iic-hq.co.jp/>

<https://www.iic-hq.co.jp/services/09/01.html>

<https://www.iic-hq.co.jp/services/10/>

計測よろず相談室 https://contact.ihi.co.jp/index.php/iic_ipn/IIC/form_10001

* 検査計測でお困りの方は遠慮なくご相談を、必ず何かあなたのプラスが得られます。



Unit 9, 12 Mars Rd
Lane Cove NSW 2066
Australia

Tel: +61 2 9420 0690
Fax: +61 2 9420 0692
www.cap-xx.com

CAP-XX (Australia) Pty Ltd
ABN 28 077 060 872
ACN 077 060 872

CAP-XX supercapacitors

CAP-XX supercapacitors support power requirements including wireless communication (Cellular, Bluetooth, Bluetooth Smart, Zigbee, Z-Wave, Ant, active RFID), electronic paper and OLED displays, haptic or tactile feedback, vibration alerts, GPS acquisition, and injection or inhalation system delivery. The supercapacitors work with thin-film, solid-state, and other low-power batteries such as coin cells/button cells, energy harvesting modules (solar, vibration/kinetic, RF, and other ambient energy sources), as well as inductive/wireless and cable/cradle fast-charging systems.

CAP-XX History

- 1992 CSIRO seeks commercial supercapacitor partner
- 1994-99 ESS partners with CSIRO to research supercapacitors
- 2000 CAP-XX established with leading supercapacitor technology and application, with strong IP position
- 2006 Listed on the AIM, London Stock Exchange
- 2008 Manufacturing licence sold to Murata for small prismatic supercapacitors
- 2009 Natingate Malaysia added to expand supercapacitor manufacturing capacity
- 2011 Automotive Stop-Start solution developed, leading to 1500F and 6000F prismatic cells, Micro-Hybrid and 48V modules demonstrated
- 2017 Supercapacitor IP licence agreement signed with AVX
- 2018 Manufacturing licence sold to TDK for small prismatic supercapacitors
- 2019 Supercapacitor IP licence agreement signed with CDE
- 2020 Acquires Murata's supercapacitor production lines to produce Murata's three supercapacitor families and serve its customers from Sydney

CAP-XX Product Roadmap



2002 Small Prismatic

2013 Large Prismatic



2015 Large Module 12V to 48V



2017 Cylindrical



2020 DMF/DMT

パワーエレクトロニクスの基礎(2)

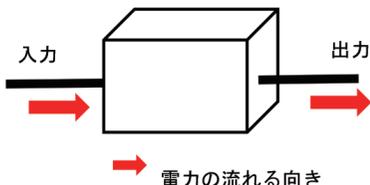
前号の解説シリーズでは、キャパシタを応用するにあたって必要な技術であります。パワーエレクトロニクス(以下パワーエレと略します)基礎(1)(パワー半導体デバイス)について解説しました。今回はパワーエレ装置、機器について解説します。

パワーエレ装置・機器の入力と出力

パワーエレ装置・機器は交流の入力を直流の出力に、直流の入力を交流の出力等に変換するものです。

ここで大事なことは装置・機器のどちらが入力で、どちらが出力なのか? です。パワーエレ装置・機器の入力と出力は図1に示すように定義されています。

パワーエレ装置の分類



入力: 通常の動作で電力(電流)の流れ込む側
出力: 通常の動作で電力(電流)の流れ出す側

図1 装置の入力と出力

電気学会の電気専門用語集Z06(パワーエレクトロニクス)で定義されています

入力	出力	装置の名称		別の名称(よく使われる名称)
		日本語	英語	
		電力変換器	Power converter	コンバータ
直流	交流	直流変換装置	d.c. converter	DC-DCコンバータ
		直接直流変換装置	direct d.c. Converter	
		直流チョッパ	d.c. chopper	
		間接直流変換装置	Indirect d.c. converter	
交流	直流	順変換装置	rectifier	整流器
直流	交流	逆変換装置	inverter	インバータ
交流	交流	交流変換装置	a.c. converter	AC-ACコンバータ
		直接交流変換装置	direct a.c. converter	
		間接交流変換装置	indirect a.c. converter	
		周波数変換装置		
		サイクロコンバータ	cyclo converter	
		マトリックスコンバータ	matrix converter	

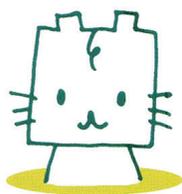
表1 パワーエレ装置の一覧

パワーエレ装置の一覧を表1に示します。表1に説明しました各パワーエレ装置について次に説明します。

順変換装置

入力が交流、出力が直流の変換装置が順変換装置です。通称「整流器」と呼ばれています。

この整流器は変換装置の中で最も多く使われています。その理由は、商用電源



してる?

～猫でもわかる? わかりやすい～

連載
第14回

電気二重層キャパシタ 解説シリーズ

キャパシタフォーラム 個人会員 木下 繁則

が交流であることと直流を電源とする電機品（例えば、インバータ（インバータについては後述します。）が家電用や産業用で多く使われていることからです。代表的な整流器を表2に示します。

表2の回路の半導体素子については会報誌前号の解説シリーズを参照ください。同表でZCの整流器は最も安価な装置で洗濯機やエアコンなど身近な家電製品に多く使われています。またZCの整流器のスイッチで示した半導体素子はGTOサイリスタやGTR（会報誌前号参照）が使

NO.	回路構成 (単相の例)	回路方式	DC電圧 可変	回生 動作	主な事例
1		ダイオードブリッジ	×	×	エアコン
2		PWM制御整流器	△	○	新幹線電車

×: 不可 ○: 可能 △: 可能(可変範囲に制約あり)

表2 代表的な整流器

われています。この整流器は新幹線電車に使われ活躍しています。

直流変換装置

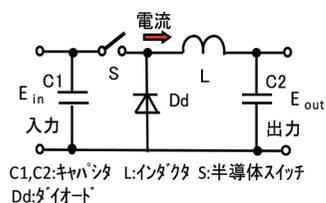
直流を直流に変換する装置で、入力と出力とが直接電氣的に繋がっている装置が直接直流変換装置、変圧器などで絶縁して繋がっている装置が間接直流変換装置です。直接直流変換装置を通称「チョッパ」と呼んでいます。

以下チョッパについて説明します。

(1) 単方向降圧チョッパ

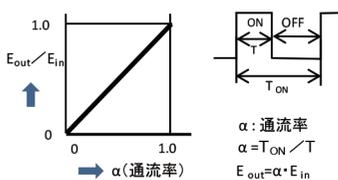
降圧チョッパは入力より低い電圧に変換することから名付けられたものです。また電流が一方（例えば入力から出力方向のみしか流れない）ものを単方向型、両方向に流せる物を双方向型といいます。単方向型の回路構成、制御と特性を図2に示します。

出力電圧は半導体スイッチSのオン時



C1,C2:キャパシタ L:インダクタ S:半導体スイッチ Dd:ダイオード

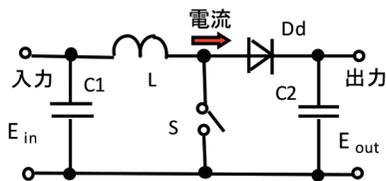
(a) 回路構成



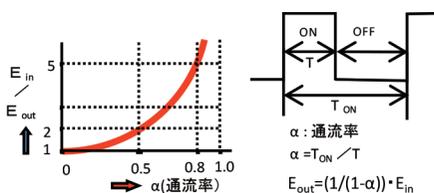
(b) 制御と特性

図2 単方向降圧チョッパ

(a)は回路構成、(b)は制御と特性をそれぞれ示しています。出力電圧は降圧チョッパと同じく通流率 α を変えることによって制御されます。通流率 α がゼ



(a) 回路構成



(b) 制御と特性

図3 単方向昇圧チョッパ

間とオフ時間の比率（通流率 α ）を変えることによって制御されます。出力電圧は(b)に示すように通流率 α に比例した特性になります。通流率 α がゼロで出力電圧はゼロ、通流率 α が1.0で出力電圧が入力電圧と同じになります。

(2) 単方向昇圧チョッパ

昇圧チョッパは入力より高い電圧に変換することから名付けられたものです。また電流が一方（例えば入力から出力方向のみしか流れない）ものを単方向型、両方向に流せる物を双方向型といいます。単方向型の回路構成、制御と特性を図3

口で出力電圧は入力電圧と同じとなります。出力電圧は (b) に示すように通流率 a に対して指数関数的に大きくなる特性になります。理論的には a が1で出力電圧が無限大になります。

(3) 双方向チョップ

双方向チョップは入力側からも、出力側からも電流を流せるチョップで図2の回路と図3の回路を合成した回路で、図

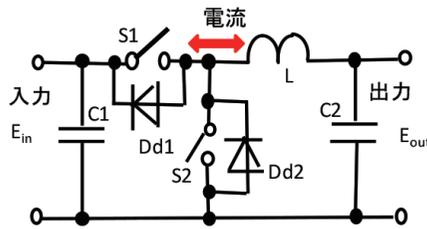


図4 双方向降圧チョップ

4にその回路を示します。

(4) 間接型直流変換装置

前述のチョップは入力と出力とが電気的に絶縁されていないのに対し、変換装置内の変圧器で絶縁した変換装置です。

図5に回路構成を示します。

入力側変換装置のインバータで交流に変換し、出力側の整流器で直流に変換する。変圧器を小さくするため、インバータは

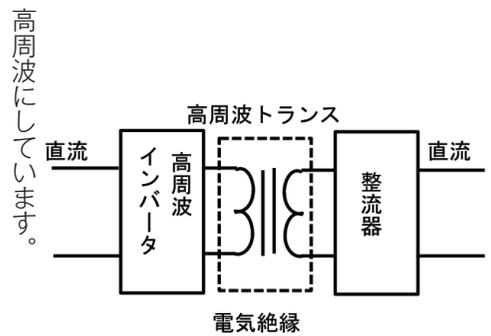


図5 間接型直流変換装置

逆変換装置

直流の入力を交流の出力に変換する装置です。前述の順変換装置の入力と出力が逆になっているのでこの様に呼ばれています。この変換装置は通称インバータと呼ばれています。インバータはモータの可変速駆動用や非常用交流電源用に使われていますので整流器と同じく色々な分野で使われています。

(1) インバータの方式

インバータの直流電源の種類によって電流型インバータと電圧型インバータに大別されます。

電流型インバータ

インバータの直流電源が電流型である場合に使われるインバータです。このインバータは後述の電圧型インバータ

が実用化される前に広く使われたインバータです。

電圧型インバータ

インバータの直流電源が電圧型である場合に使われるインバータです。現在はこの電圧型インバータが主流になっています。

(2) インバータの種類

インバータは大別して次に示す二つのインバータがあります。

CVCFインバータ

このインバータは交流出力の電圧と周波数が一定なインバータです。CVCFは Constant Voltage Constant Frequency の略です。

VVFIインバータ

このインバータは交流出力の電圧と周波数が可変できるインバータです。VVFIは Variable Voltage Variable Frequency の略です。

(3) 代表的なVVFIインバータの動作

代表的なインバータとして電気自動車や電車で採用されていますインバータを例に説明します。

回路構成を図6の (a) に、モータの電圧波形を (b) に示します。

モータの電圧は直流電圧 E_d の幅 (Tp) の異なったパルス状波形の電圧です。赤

破線で示した波形はパルス状波形の平均値を表したものです。この平均値が正弦波になるように各パルスの幅を制御します。

このパルス幅を変えて制御することをPWM制御といいます。PWMはPulse Width Modulation（パルス幅変調）の

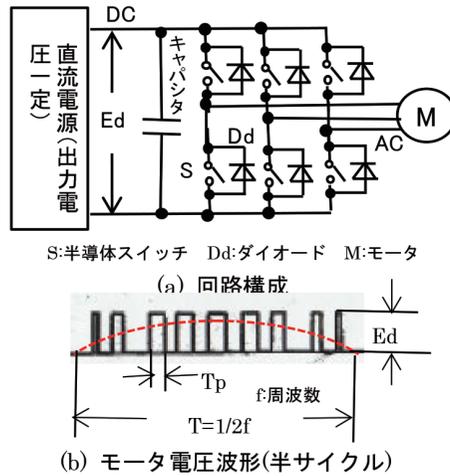


図6 PWM制御インバータ

略です。

PWM制御VVVFインバータによるモータ駆動の動作を図7に示します。

回転数が0から N_1 までは全界磁運転と呼ばれる運転域で周波数と電圧、電力は回転数に比例して増加し、モータトルクと電流は一定の特性です。①の運転点の電圧波形は図7(b)の①の波形となります。PWM制御は回転数 N_1 で終わり、 N_1 から高速域は弱界磁運転と呼ばれる運転域で波形は(b)の②に示すような矩

形波となります。この運転域では、電力、電流が一定でトルクは回転数に反比例の

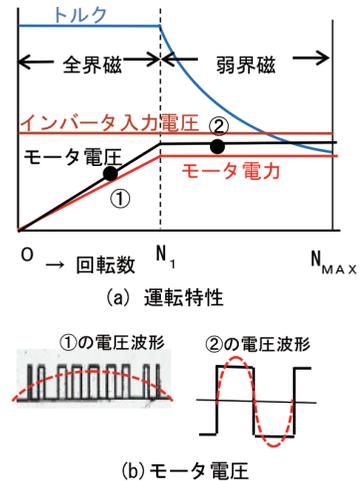


図7 モータの可変速駆動

特性となります。

交流変換装置

(1) サイクロンコンバータ

交流入力から交流出力に直接変換する装置です。ここではモータを駆動する3相サイクロンコンバータについて説明します。回路構成と電圧波形を図8に示します。

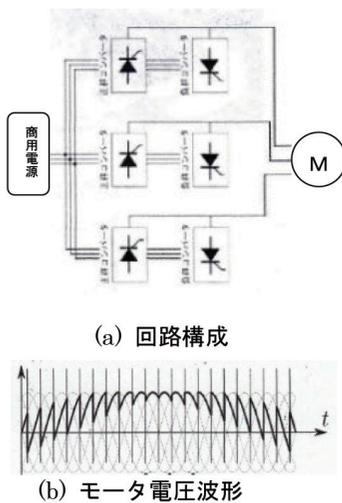


図8 サイクロンコンバータ

回路は同図(a)に示すようにサイリスタブリッジ6組で構成されます。(b)の出力電圧波形で太い実線の波形は半サイクルの出力電圧波形で、細かく脈動している波形は電源電圧の波形の一部です。サイクロンコンバータは出力周波数を電源周波数より高く出来ない特性です。整流器とインバータとの組み合わせた間接型変換装置は電源周波数より出力周波数を高めることが出来ませんがシステムが複雑になります。

(2) マトリックスコンバータ

直接交流変換装置で出力周波数を電源周波数より高められる変換装置です。回路構成を図9

に示します。同図に示すようにスイッチSをマトリックス状に構成したことからこの名前が付けられています。近年実用化された変換装置で今後普及が期待されています。

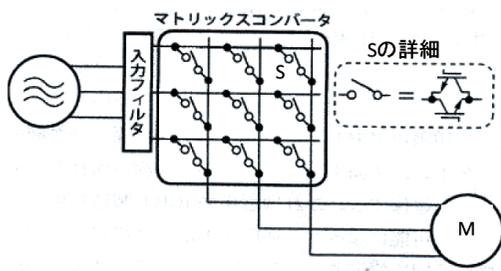


図9 マトリックスコンバータ

2019年度活動報告

[2019年度年次大会]

2019年5月17日東京大学柏の葉キャンパス駅前サテライトで総会及び技術セミナーとして下表の講演が行われた。

①Arther D.Little Japan Tokyo 有木俊博様	①各国のEV戦略	⑤東京大学 須田義大様	⑤東京大学モビリティ・イノベーション連携研究機構 UTmobl の設立と自動運転の現状
②国立研究開発法人 NEDO 中原裕司様	②画期的省エネルギーに向けた NEDOの取り組みについて	⑥パーソルR&D (株) 藤井勝仁様	⑥自動車に必要とされる サイバーセキュリティ
③東京大学 松本真由美様	③オアフ島における再エネ拡大への 調査報告	⑦東京農工大 直井勝彦様	⑦スーパーレドックスキャパシタと 気候変動ー太陽光・再生可能エネルギーの有効活用
④東京工業大学 宮本智之様	④動き始めた光無線給電 最新動向と展開に向けた課題	⑧東京大学 藤本博志様	⑧走行中給電に対応した第2世代ワイヤレスインホイールモータの開発

〔定例フォーラム〕 定例フォーラムは下表のように計6回開催された。

①個人会員 木下繫則様 ②東芝インフラシステムズ (株) 水谷麻美様	①第4回エネルギーと電力基礎講 ②大規模電力貯蔵システムの開発・ 運用事例	③国立研究開発法人 物質・材料研究機構 唐 捷様	③グラフェンおよびグラフェン スーパーキャパシタの最新技術
①個人会員 木下繫則様 ②日置電機 (株) 高橋哲也様	①第3回エネルギーと電力基礎講座 ②電気計測器と電池の計測方法	③リケンテクノス (株) 大谷寛文様	③次世代モビリティにおける軽量 化、オンリーワン機能の実現をフ ィルムで創造
①個人会員 木下繫則様 ②個人会員 吉澤徳子様	①第2回エネルギーと電力基礎講座 ②炭素材料開発の観点から見たキャ パシタの可能性	③堀・藤本研究室 布施空由様	③モータースポーツと 車両運動制御 ー全輪独立駆動EVの可能性ー
①リコー (株) 岸和人様 ②堀会長・ リコー (株) 岸和人様・ (株) IHI 検査計測 真島 隆司様・ 個人会員 佐々木正和様	①アンケート結果のまとめ ②中国フォーラム報告	③大崎技術 コンサルタント 大崎隆久様	③高入出力リチウムイオン電池 (SCiB) の開発と事業化
①個人会員 木下繫則様 ②日産アーク (株) 穂場亨様	①エネルギーと電力の基礎講座 ②材料分析のこれから	③森本技術士事務所 森本剛様	③キャパシタのこれまでの歩みと 今後の期待
①個人会員 木下繫則様	①エンジニアから一言 ー技術者の心構えー	②個人会員佐久間一浩様 (株) IHI 検査計測 真島隆司様	②2019.6.23 中・日燃料 電池セミナーに参加して

INFORMATION

—事務局から—

2019年度の海外交流は中国でした。会長、副会長、青木様、真島様などのご尽力と人脈でLICやEDLCの最新製造工場、なかなか見学の難しい一汽・トヨタ技術開発センターと中国自動車技術研究センター、上海交通大学と河北工業大学との交流などキャパシタフォーラムならではの貴重な海外交流でした。詳細は本会報P30佐々木様の報告をご覧ください。

2019年度から法人会費が改訂され、おかげさまで今年度収支はほぼ均衡いたしました。ご協力に感謝申し上げます。繰り返しになりますが、法人会員は複数の方の参加が可能です。是非多くの方に参加いただきフォーラム活動をもりあげてください。

企画、運営に関してアンケート調査を実施いたしました。会報編集、年次大会講演テーマ選定などに反映しています。これも繰り返しになりますが、運営が企画委員の方へ頼りがちです。こちらにも積極的な参加をお願いしたいと思います。

会員増のためにフォーラムへのお試し参加を歓迎しています。関心をお持ちの方がおられましたらお問い合わせください。ご協力をお願いします。

この会報をご覧になった方でキャパシタフォーラムに関心をもたれた方下記の事務局アドレスまでメールをください。詳しい資料をお送りいたします。

会員企業（2020年4月時点）

(株)IH検査計測
旭化成(株)
大塚化学(株)、
川崎化成工業(株)
菊水電子工業(株)
CAP-XX (Australia) Pty Ltd(キャベックス)
クラレ(株)
(株)小松製作所
(株)サンクメタル
サンケン電気(株)
JMエナジー(株)
スペースリンク(株)
積水化学工業(株)
(株)センチュリーアークス
太陽誘電(株)
(株)豊田中央研究所
日本ケミコン(株)
パーソルR&D(株)
日置電機(株)
(株)プラズマイオンアシスト
(株)マテリアルイノベーションつくば
三菱製紙(株)
三菱電機(株)
UDトラックス(株)
リケンテクノス(株)
リコー株式会社
(個人会員26名)

編集後記

- 「技術は進歩する！」
- 今の世の中、髭をそるのにカミソリとシェーバーを使うのとどちらが多いのでしょうか
 - 話は一応髭をそる男に限らせてもらいます。
 - 最近はなんだかややこしいので。
 - 私の父は明治生まれでももちろん安全カミソリと呼んでいた1枚刃のカミソリでした。
 - 私は何時からかセイコーのシェーバーを使っていたのですが、品川駅前でかわい女性からジレットの2枚刃のカミソリをもらい使ってみると良く剃れてなかなか剃り跡も気持ちよく販促は成功。その後父が来てこれを使ってこれは良いとすぐ購入。ところが息子が使っていたのは3枚刃。この切れ味は2枚と段違い。
 - それから私は3枚刃です。5枚刃もありますが値段と切れ味を勘案して今も3枚刃です。