

# エネルギー技術 への視点

「Japan as No.1」と讃えられたのは、もう35年も前。

近年、日本の技術力には陰りが見られ、3.11以降は科学技術への信頼も揺らぐなか、  
現代社会を支えるエネルギーに関する技術は今、どうなっているのか？ 今後の展望は？

技術と文明、ロボット技術、新型原子炉、蓄電技術、省エネ技術など、  
多様な角度から識者・専門家の意見を聴いた——

# 技術は常に革新し、文明を進化させる

池谷裕二 東京大学大学院薬学専攻准教授

古代文明を育んだ農業技術。しかし、それは狩りより楽になるための技術として登場したわけじゃない。狩猟採集時代は一日三時間程度で済んだ労働が、農業が始まるとより長時間労働になり、身長は縮み短命になっていく。農業は夢の革新技術ではなかった。古代、インドネシアの大規模な火山爆発による気候変動で狩猟採集では食料にありつけず、やむにやまねず始めたに過ぎない。

「必要は発明の母」。科学技術にはそういう面がある。

羅針盤や蒸気機関など人類史を塗り替えた発明は、過去幾つかあったが、私は最大の発明は「文字」だと考える。喋る言葉はすぐに消え、記憶は不正確。その不自由さを補うべく発明されたのが文字であり、文字として記録することで人は時間と空間を手懐けた。百

年後二百年後でも読めるし、離れた人とのコミュニケーションも可能になった。文字に匹敵する技術革新は「インターネット」。膨大な情報が電子化され、世界中で瞬時に共有できようになった。

もちろん失ったものもある。文字の発明で失ったのは記憶力。脳の記憶に頼る必要がなくなったからだが、おそらく当時の大人たちは「最近の若いモンは文字なんか頼りやがって」と苦言を呈したのではないか。パソコンやインターネットの普及で、私たちはその文字すら忘れつつあると警鐘を鳴らす人もいるが、覚えておく必要がなくなれば忘れるのは当たり前。憂うことはない。

どんな発明や技術にも、ネガティブな反応はつきものだ。電子レンジが登場したときは電波が飛んで危ないとか料理が下手になると



いけがや ゆうじ  
東京大学大学院薬学系研究科准教授  
1970年静岡県生まれ。東京大学薬学部卒、同大学院薬学研究科博士課程修了。東京大学薬学部助手、講師を経て、2007年より現職。02~05年コロンビア大学客員研究員。脳の可塑性を探究する傍ら、脳科学に関する一般向けの著作を執筆。著書『記憶力を強くする』『海馬』『進化しすぎた脳』『脳はなにかと言いつつ』『脳には妙なクセがある』『単純な脳、複雑な「私」』など。  
<http://gaya.jp/ikegaya.htm>

も言われた。見知ったものに親和感を抱き、目新しいもの、よくわからないものに不安を感じるの、生き残るための動物的本能であり、否定してはいけない。

脳科学的に言えば、長く接しているものを正しいと認識するのが脳のクセ。例えばシマウマは、白地に黒い縞があると私たちは見ているが、アフリカの人々は黒地に白縞と見る。自らの肌の色と同様、黒地がベースになるわけだ。正しさは相対的であり、脳にとっては馴染みがあるかどうか。この意味で、正しいかどうかは、好き嫌いに言い換えられる。

馴染みがない、嫌いだからと技術革新に蓋をするのはもったいない。技術革新に賛成の人・反対の人がいて、アクセルとブレーキのバランスが取れるとは思いますが、福島第一原子力発電所事故の後、「科学技術は暴走する悪」

であり、原子力はその権化だと決めつけるような風潮には、やや違和感を覚えた。

人は失敗を糧にできる。「プロとはその道のあらゆる失敗を経験した者」という言葉もあるように、失敗がわからないと成功の意味もわからない。例えば「ラ」の音だけを聞かせて育てたネズミは、「ラ」の音には敏感に反応するが他の音は認識できない。「ラ」を正確に判断するには他の音も知っておく必要がある。その意味で失敗は重要だ。ただし、不可避の失敗か否か。その線引きが人によ

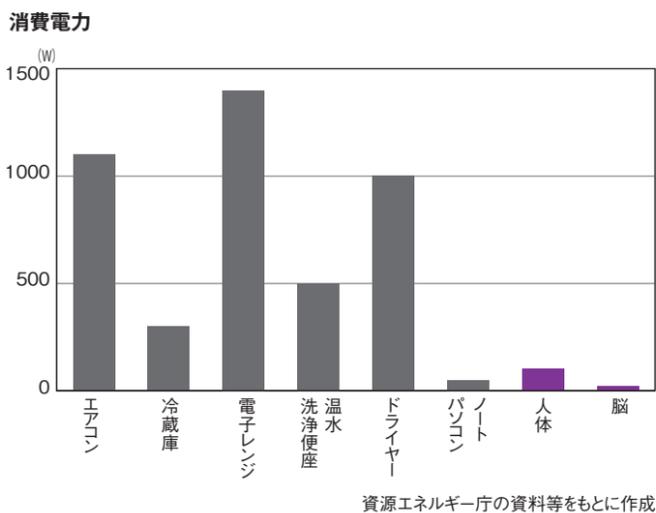
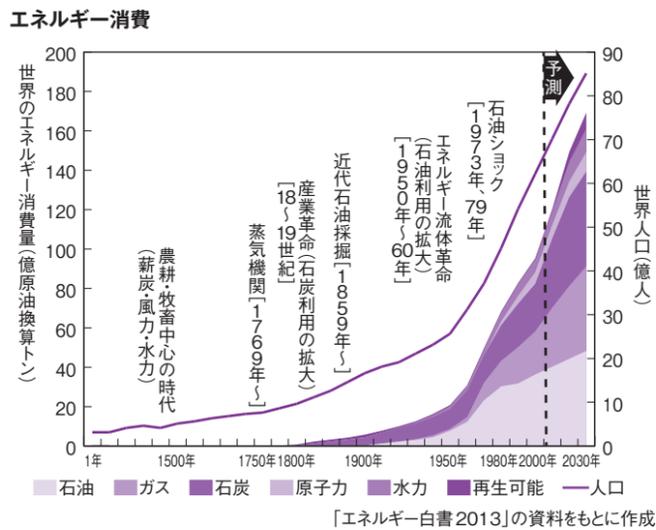
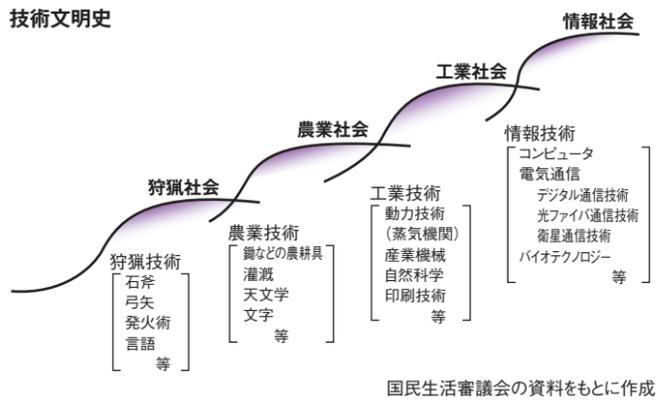
て異なるため、意見が分かれてしまうのだ。

人類がいつまでも大量のエネルギーを使い続けるとは限らない。エネルギー消費という点で、人体の消費エネルギーの少なさは抜群だ。大人一日二〇〇〇キロカロリーというのは、ワット数で言えば約一〇〇W。脳だけなら二〇W程度と、素晴らしいエネルギー効率がいい。脳に比べると今のコンピュータは効率が悪いし、現代社会ではエコカーをつくるにもリニアを走らせるにも膨大なエネルギーが必要だ。しかし将来は材料技術革新などに

より、ほんの少しのエネルギーで賄えるようになり、何世紀か後の子供たちは「昔はこんなにエネルギーを使っていたのか。非効率な時代だったんだな」と思うかもしれない。

技術は常に革新する。長い歴史で見れば、蒸気機関が電気に置き換わったように、原子力もやがては何か別の技術に代替される日も来るだろう。そんな遠い未来も視野に入れたら、今、必要なものを選んでいく。文明はそうやって進化していくものだと考える。 [要]

## エネルギー技術への視点



\* power (W) = energy (J) ÷ times (S)  
1cal = 4.2J  
人体の消費エネルギー = (2000kcal × 4.2J) ÷ (24h × 60m × 60s)  
= 97.2J/s = 約100W  
なお脳のエネルギー消費は400kcal/日

# 現場配備で鍛え上げ、 経験値を高める

**田所 諭** 東北大学大学院情報科学研究科教授

地震、土砂崩れなどの被災地で人命救助の一翼を担い、プラント事故など過酷な現場では人に代わって作業を遂行する――。

こうした「レスキューロボット」の研究を始めたのは、一九九五年の阪神大震災がきっかけだった。当時、神戸大学にいて震災被害を目の当たりにした私は、ロボット大国と言われる日本で地震災害対応のロボット研究はほとんど行われていないことに気づき、研究を開始。二〇〇二年には国のプロジェクトの一環としてレスキューロボット研究が本格スタートし、自立走行型の探査ロボット「Kenafケナフ」や、その後継機として実用性を高めた「Quinceクインス」などを開発してきた。

しかし、東京電力福島第一原子力発電所事故で、建屋内の探査ロボットとして最初に投入されたのは、米メーカーの「PackBotパッ

クボット」だった。このため日本のロボット技術に疑問の声が上がったが、技術的には何ら遜色はない。足りなかったのは「実戦配備」の実績だ。軍事ロボットとしてアフガニスタンに四〇〇〇台も投入され、爆発物処理や危険地帯の偵察などフィールドで鍛えられたパックボットが即戦力として投入されたのは、ある意味当然の話。だから事故現場へのロボット投入は非常にありがたかったが、その運動性能に対し一抹の不安も抱いた。

原子炉建屋内には急勾配の階段も多く、水素爆発で瓦礫も散乱しているはず。パックボットではムリではないか――それができるのは我々のクインスをおいて他にない。瓦礫が散乱する被災現場での使用を想定して開発しただけに、不整地や急勾配での運動性能はパックボット以上。ただ投入にあたっては信



たどころ さとし  
東北大学大学院情報科学研究科教授  
1960年愛媛県生まれ。東京大学工学系大学院精密機械工学専攻修士課程修了。工学博士。神戸大学工学部情報知能工学科助教授を経て、2005年より現職。専門は人間-ロボット情報学。99年ロボカップレスキュー創設、02年NPO法人国際レスキューシステム研究機構設立・会長。著書・共著「ロボット制御の実際」「ロボカップレスキュー緊急大規模災害救助への挑戦」など。  
<http://www.rm.is.tohoku.ac.jp/>  
<http://www.rescuesystem.org/IRSwb/home.html>

頼性や耐久性向上、ヒューマンインターフェースの改良、また分厚いコンクリートで遮られ無線通信が使えない建屋内では有線方式に変更する必要もあった。そして一一年六月に投入されたクインス1号機が線量測定、写真撮影などに成功。翌一二年には2号機、3号機も投入され、建屋内の探査に貢献している。クインスが一定の成果を挙げたことを開発者の一人として誇りに思う反面、「もっと実戦で使う機会があれば」と強く思う。

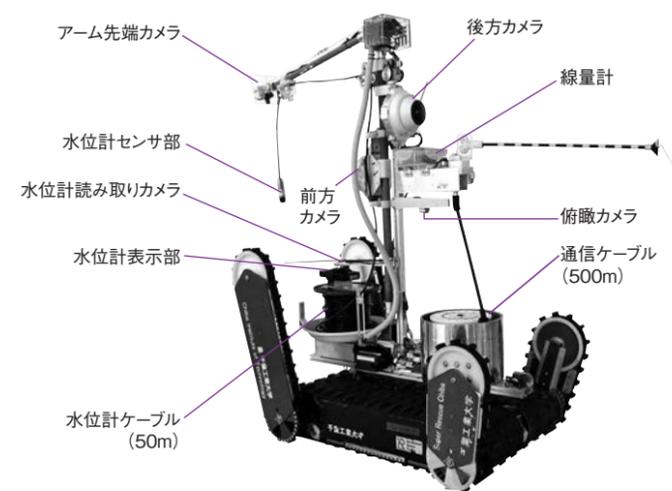
建屋内への投入は米国製に後れを取ったが、屋外では国産技術による無人化施工（遠隔操作）の建設機械が瓦礫撤去等に活躍。九〇年の雲仙普賢岳噴火を機に開発された無人化施工ロボットは、その後多くの災害現場で復旧作業を行いながら綿々と改良を重ねた結果、福島の現場への迅速な投入につながった。

原子力分野でロボットの実用化が進まなかったのは、原子力の安全神話にも一因がある。事故が起きない前提ならレスキューロボットは不要であり、自分がかけた魔法に自らかかってしまったようなものだ。しかし3・11で神話は崩壊した。原子力発電所は数あるプラントの中でも世界一安全に配慮した

システムだと考えるが、一〇〇%安全なシステムなどない。壊れない機械はなく、失敗しない作業もない。それが技術の常識であり、常識に従った備えはしないといけない。予期せぬ事態が起きたとき、歯止めをかける手段としてレスキューロボットは有効だと確信する。

## エネルギー技術への視点

福島第一原子力発電所緊急災害対応用Quince1号機



東北大学・国際レスキューシステム研究機構・千葉工業大学提供

原子力緊急事態支援組織 整備スケジュール

主要工程	2012年度 第1段階	2013年度 第2段階	2014年度 第2段階	2015年度～ 第3段階
将来像の具体化	将来的な支援組織のあるべき姿を検討 福井県検討準備会	基本構想のとりまとめ 基本構想の詳細化、具体化 準備主体:日本原子力発電(株) 提言(2013.2.5) ▲ 基本構想への反映	拠点整備(福井県内)	支援組織による本格運用
資機材	②ロボット等調達	ロボット等の充実	維持・管理・緊急時対応	ロボット等のさらなる充実 維持・管理・緊急時対応
人材育成	③各事業者の要員育成	①原子力緊急事態支援センター設置 (支援組織による本格運用までの間、資機材調達や人材育成等を担う)	各事業者の要員育成(定期的な研修・訓練の実施)	

電気事業連合会の資料をもとに作成

電気事業連合会は一五年度福井県内に「原子力緊急事態支援組織」を設立することを決め、一三年一月から敦賀市内でレスキューロボットの操作訓練を始めている。こうした取り組みは非常に重要だが、厳しい現場で確実に仕事をを行うエキスパートの育成には、訓練だけでは限界がある。

私の提案は、各プラントの日常点検にロボットを活用していくことだ。人間が行うほうが効率の良い作業にも「敢えて使う」ことで、より多くの現場スタッフが操作実務を身につけられる。ロボットにできることできないことも明確になり、評価を開発現場にフィードバックすることで改良を重ね、さらに性能を高めていくことができる。

日本のレスキューロボットは、よちよち歩きの子供のようなものだが、ロボット技術はまさに日進月歩。子供を育てるつもりで、ユーザーが発電所の現場で協力しながら技術を鍛え上げ、経験値を高めていってほしい。「実戦配備」で「ロボットにできること」を増やしていけば、技術が高まり、真の意味で安全性が向上し、世界中の人たちが安心して暮らせる条件を整備することができる。

より安全な原子力へ、技術力を活用し改良を積み重ねていくことで安全をつくり込んでいく。それが今、最も重要だと考える。

# 新型炉開発をテコに、より高い安全をめざした原子力技術の維持・向上を

植田伸幸 電力中央研究所原子力技術研究所研究参事



うえだ のぶゆき  
電力中央研究所原子力技術研究所研究参事  
1958年秋田県生まれ。東京大学大学院工学系研究科原子力工学専門課程博士課程修了。工学博士。電力中央研究所原子力技術研究所新型炉領域リーダー、副所長を経て、現職。論文「第4世代原子炉とアメリカの原子力エネルギー開発プログラム」「分散型電源としての超小型安全炉」「1万kW超小型高速炉(4S炉)の受動安全特性」など。日本原子力学会「第4世代ナトリウム冷却高速炉の安全設計クライテリア」特別専門委員会委員なども務め、現在、原子力安全推進協会(JANSI) 出向。  
<http://criepi.denken.or.jp/jp/nuclear/>

原子力は人間には制御不能なエネルギーだから、撤退すべきだ——福島第一原子力発電所事故以降、こうした声は跡を絶たない。

しかし原子炉は新しくなるにつれ、安全性を確実に高めてきた。例えば一九九〇年代に運転を開始した大飯3・4号機や玄海3・4号機などは国産技術による設計改良を施したものだし、柏崎刈羽6・7号機や建設計画のある敦賀3・4号機などはもう一段改良したA(advance)BWRやAPWRと呼ばれる炉だ。

世界に目をやると、仏アレバ社のEPRや東芝傘下の米ウエスチングハウスのAP1000など、いわゆる「第三世代プラス」の建設が進んでいるほか、中国や韓国も自主開発の新型炉の建設や輸出に邁進。いずれも大型化によるスケールメリットで建設コストを削減するとともに、安全性を徹底的に

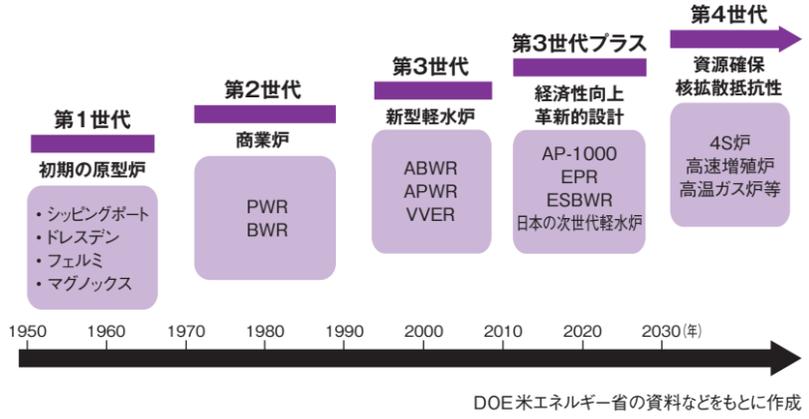
追求。例えばEPRは格納容器を二重構造にし、容器底部には炉心溶融に備えた「コアキャッチャー」を設置するなどシビアアクシデント(SA)を想定した設計、AP1000は自然原理で原子炉が自ら「止まる・冷える」という「静的安全システム」を装備している。

とはいえ、航空機や自動車がこの五〇年間に安全性を大いに高めてきたのに対し、原子力はさほど変わっていないようにも見える。しかし実は自動車のアンチロックブレーキや接近検知機能のような安全システムは、原子力では初期の頃から備えている。異常があれば最初の一〇分間は運転員が介在しなくても自動で原子炉が止まり、冷却系が働いて燃料破損に至らない基本設計は商用炉開発段階からのもの。信頼性(故障発生防止)、安全

計を進めてきた出力一万〜五万kWの超小型ナトリウム冷却高速炉「4S(Super-Safe, Small and Simple)」がある。静的安全機能を備え、三〇年間燃料交換不要。離島など送電インフラの整備が難しい地域の分散型電源や、熱供給・海水淡水化などの多目的炉としても期待できる。ビル・ゲイツが手がけようとしている小型炉は、4Sをベースにしたものだ。

さまざまな出力、炉型の新型炉が開発されているが、日本では既存炉の再稼働さえままならない。事故以前は今の軽水炉のリプレイス時期に合わせ、二〇三〇年、遅くとも五〇年にはFBRを商用化しようとしていた。ところがその原型炉であるもんじゅが動かない。仮に今後、APWRやABWRへのリプレイスが進むとすれば、これらの炉の寿命は六〇

## 原子炉開発の進化



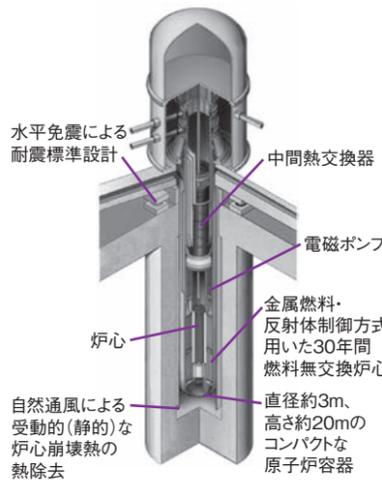
### 日本の「次世代軽水炉」——6つのコアコンセプト

- 1 世界初の濃縮度5%超燃料を用いた原子炉系の開発による、使用済燃料の大幅削減と世界最高の稼働率実現
- 2 斬新な建設技術の採用による、建設工期の大幅短縮
- 3 稼働率と安全性を同時に向上させる、世界最先端のプラントデジタル化技術
- 4 パンプ系、アクティブ系の最適組み合わせによる、世界最高水準の安全性・経済性の同時実現
- 5 プラント寿命80年とメンテナンス時の被曝線量の大幅低減をめざした、新材料と水化学の融合
- 6 免震技術の採用による、立地条件によらない標準化プラントの実現

エネルギー総合工学研究所の資料をもとに作成

### 超小型ナトリウム冷却高速炉「4S」

原子炉構造  
可動部を持たない機器による信頼性向上



画像提供:電力中央研究所

戦後七年間、GHQに研究・製造を禁止された日本の航空機産業は、六〇年以上経た今も中断の傷を癒せずにいる。原子力で同じ轍を踏んではならない。今後、日本が一定割合の原子力を持ち続けるなら技術維持は不可欠だ。日本は発電所の運転・保守経験、メーカーの設計製造、大学・研究機関の技術開発、いずれも世界のトップランナーだが、それらが有機的に一体化して新しいことに立ち向かう形にはなっていない。中国や韓国が国を挙げて新型炉開発や世界戦略に取り組んでいるのに対し、そこが弱い。

日本でも原子力黎明期にはプラントの隅々まで知り尽くした技術者が多かったが、今は担当分野が細分化され、「マイプラント意識」が希薄化しているようにも感じる。七〇年の大阪万博に「原子の灯」を送ろうと、電力会社もメーカーも研究者も一丸となって取り組んだ黎明期に学び、世界最高水準の安全な原子炉を日本から発信することを望みたい。

# 電池が拓く未来へ、課題は低コスト・長寿命化

辰巳国昭

産業技術総合研究所ユビキタスエネルギー研究部門副研究部門長



たつみ くにあき

産業技術総合研究所 関西センター  
ユビキタスエネルギー研究部門  
副研究部門長  
1962年愛知県生まれ。京都大学工学部卒、同大学院工学研究科分子工学専攻修士課程修了。工学博士。工技院大阪工業技術試験所（現産総研）技官、ニューサンシャイン計画推進本部研究開発官付、資源エネルギー庁新エネルギー対策課課長補佐などを経て、現職。リチウムイオン電池の電極材料開発などに携わり、NEDO革新型蓄電池先端科学基礎研究事業材料革新GLとして電極材料の高度化技術開発を担当。国際リチウム電池会議学術委員。  
<http://unit.aist.go.jp/ubiqen/>

一九八五年に登場した、重さ3kg・ひと抱えもあるショルダータイプの電話機は、九九年には六〇gにまで軽量・コンパクト化——コミュニケーションに変革をもたらした携帯電話の進化を支えたのが、蓄電技術だ。

電気を貯えて使う「蓄電技術」は、日本にとって二つの大きな意義がある。

一つは、再生可能エネルギーの普及支援や、モビリティ用の電源として社会を変える力を持つ技術だということ。東日本大震災以降、注目されている再生エネだが、出力変動が大きいため、蓄電池と組み合わせることで安定利用が可能になる。また震災を機に、非常用電源としての役割や、電力需給逼迫時のピークカット・シフト対策用途にも期待が寄せられている。

もう一つは、世界トップレベルの日本の蓄電技術を守り伸ばすことが、日本産業の国際競争力強化につながるという点だ。

日本には多様な蓄電池開発の実績がある。主に車両用の「鉛電池」、カメラやハイブリッド車用の「ニッケル水素電池」、携帯電話やノートPC、EV（電気自動車）など幅広い用途の「リチウムイオン電池」、主に電力貯蔵用の「ナトリウム硫黄（NaS）電池」や「レドックスフロー電池」など、日本はこれらすべての蓄電池技術で世界最先端かつトップクラスの水準にある。

もちろん世界でも開発競争が加速しており、例えばリチウムイオン電池は、九〇年代には日本メーカーが市場をほぼ独占していたが、二〇〇〇年代以降、韓国メーカーの猛追を受け、遂に一年、携帯電話など民生小型用市

（ブリッド車）への期待が高まっている。これを追い風に、ロードマップでは二〇年までに

電池性能を二倍に、三〇年には五倍に上げることをめざしている。現在のリチウムイオン電池では一充電の走行距離はPHVで二〇km強、EVで一〇〇〜二〇〇km。電池性能が二倍になればPHVは六〇km、五倍になればE

Vは五〇〇km超走れるようになる。

次に再生エネの出力不安定性をカバーし電力システムの安定化を図るための「系統連系用」とユーザー側で分散型電源として使う「定置用」の蓄電池開発。国内はもとより諸外国への輸出も狙っているが、課題はコストと長寿命化（耐用年数）だ。

場で首位の座を奪われた。またアメリカ、ドイツ、中国などは特に電動車両用の電池開発に力を入れており、今後ますます競争は熾烈化すると見られる。

こうしたことから経産省は一二年七月、日本がめざすべき技術開発の方向性をまとめた「蓄電池戦略」を発表。二〇二〇年における世界全体の市場規模を二〇兆円と予測し、うち五割を日本が獲得する目標を掲げた（現在は約五兆円市場で日本シェア一八％）。これを受け、NEDOが「技術開発ロードマップ」をまとめるなど、取り組みは活発化している。

技術開発のターゲットは、まず「電動車両用」。震災時、ガソリン車は給油所の損壊などの影響を被ったが、電気の復旧は比較的早かったため、EVやPHV（プラグインハイ

現状の製造コストを含めた四あたりのコストは、NaS電池約四万円、鉛電池約五万円、ニッケル水素電池約一〇万円、リチウムイオン電池約二〇万円。二万円程度のコストレベルをめざしているが、車両用と異なり電力貯蔵用はインバータの値段を含めたコストダウンが必要だから、容易ではない。

また耐用年数も、三〜五年で買い替える車なら六〜一〇年程度の保証でいいが、電力貯蔵用はせめて系統用で二〇年、ユーザー側の定置用で一五年はないと、十分な経済性は発揮できない。

既存技術の熟度を上げて課題をクリアする方法もあるが、従来とは全く異なる発想の革新的蓄電池開発も視野に入れたい。特に系統用は、電子機器用や車両用と異なり、小型軽量といった特性は必ずしも重要ではない。大型で重くても、信頼性さえあればとにかく安い蓄電池開発をめざすのも一つの方向だ。

今後、電力システム改革の方向性によって、蓄電池に求められる条件は変わってくる。電力会社と我々電池開発者ももっとキャッチボールをしていけば、技術開発のスピードも上がる。細かな制御のしやすさから、電力駆動化がますます進むなか、蓄電技術で新しい「電化社会」を拓きたい。

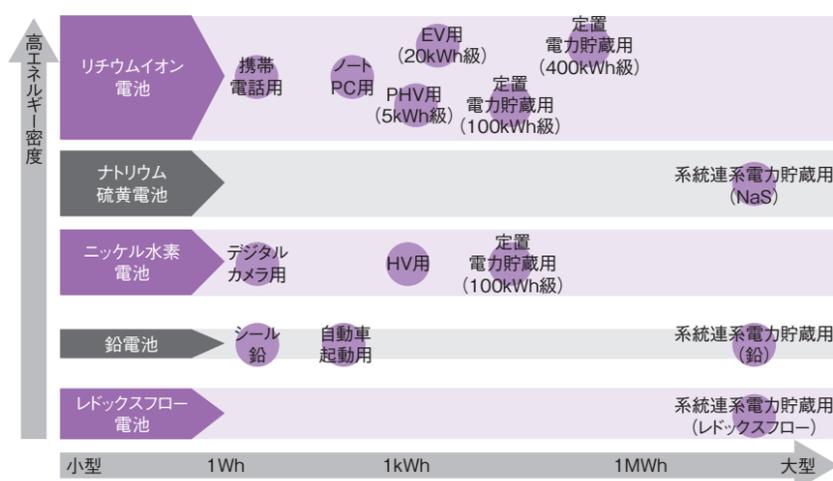
## エネルギー技術への視点

各種蓄電池の比較

電池の種類	鉛	ニッケル水素	リチウムイオン	NaS (ナトリウム硫黄)	レドックス フロー	溶融塩
コンパクト化 (エネルギー密度Wh/kg)	× 35	△ 60	◎ 200	○ 130	× 10	◎ 290
コスト(円/kWh)	5万円	10万円	20万円	4万円	評価中	評価中
大容量化	○ ~MW級	○ ~MW級	○ 通常1MW級まで	◎ MW級以上	◎ MW級以上	評価中
充電状態の 正確な計測・監視	△	△	△	△	◎	△
安全性	○	○	△	△	◎	◎
資源	○	△	○	◎	△	◎
運転時における 加温の必要性	なし	なし	なし	有り (≥300℃)	なし	有り (≥50℃)
寿命(サイクル数)	17年 3,150回	5~7年 2,000回	6~10年 3,500回	15年 4,500回	6~10年 制限なし	評価中

経済産業省「蓄電池戦略」の資料をもとに作成

蓄電池の技術体系



「産業技術総合研究所」の資料をもとに作成

# ローで稼いでハイに挑む、 勝てるパワーエレ戦略を

舟木 剛 大阪大学大学院工学研究科教授



ふなき つよし  
大阪大学大学院工学研究科  
電気電子情報工学専攻教授  
(制御工学/パワーシステム)  
1969年生まれ。大阪大学工学部卒、  
同大学院工学研究科電気工学専攻博  
士後期課程中退。工学博士。大阪大  
学講師、京都大学准教授などを経て、  
08年より現職。電力・エネルギーや  
交通・物流等の社会インフラ・シス  
テムのあり方をシステムと構成要素  
(電力・エネルギー変換素子・蓄電  
素子・スイッチングデバイス等)の  
両面から検討。地球規模の課題と  
なっている環境・エネルギー問題の  
解決をめざしている。  
<http://ps.eei.eng.osaka-u.ac.jp/jp/>

国際的にも定評がある日本の省エネルギー技術。とりわけ産業部門は四〇年前のオイルショック以降、GDPを伸ばしながらもエネルギー消費はほぼ横這い。運輸部門も二〇〇〇年以降は低下傾向を見せている。一方、家庭・業務という民生部門は快適志向や二四時間化の進展で消費は伸び続けている。東日本大震災以降、節電が叫ばれるなか、注目されているのが、「パワーエレ(パワーエレクトロニクス)」——文字どおり、パワー(電力)をエレクトロニクス(電子)で制御する技術だ。パワーデバイスと呼ばれる電力用半導体を用い、電圧や電流、直流・交流の周波数を効率的に変換・制御することで電力ロスを低減できるのが特長だ。エアコンを例にとれば、コンプレッサーのON・OFFで動作させた従来型に比べ、インバータエアコ

ンはきめ細かな運転制御が可能ならぬ、ON・OFF時のロスもないため、消費電力を約六〇〜四〇%も削減できる。節電に機器の取替が効果的、といわれる所以だ。

省エネ大国日本では、改正省エネ法でエアコンや冷蔵庫などの家電機器や自動車等にトップランナー方式\*を採用したこともあり、ここ一〇年ほどで家庭用などライフサイクルの短い機器はパワーエレ化が進んできた。他方、減価償却に一五年二〇年かかる産業機器は今後、普及が期待できる。例えば工場のポンプ動力を可変速のインバータモーターで制御すればロスはぐんと減る。設備の更新サイクルに併せて導入していけば省エネにつながる。また、交通機関も電化率の高い日本ではパワーエレ化が進んでいる。鉄道車両では、一九八〇年代から各地の私鉄や地下鉄で、新

幹線も「300系のぞみ」からインバータを採用。回生ブレーキで回収した電力を架線に戻し、別の電車の走行に使えるようになってくる。

より一層の省エネに向けてパワーデバイスの進化も著しい。現在はシリコン(Si)でできたものが主流だが、より材料物性に優れたシリコンカーバイド(SiC)、窒化ガリウム(GaN)、ダイヤモンドなどを用いた革新的パワーデバイスの開発が進んでいる。なかでもSiCはポストSiの最有力とされ、既に一部エアコンに搭載されているほか、鉄道車両などへの試験導入も始まっている。さらに活用を期待されるのが電力系統。Siの約一〇倍の耐電圧を有するSiCは、超高压から低圧まで一気に降圧することも可能なため、電力変換損失の低減や低コスト化が見込まれる。また革新的

パワーデバイスにより大きく変わるのは制御性の向上だ。建設機械の電動化に用いられれば振動・騒音を抑制でき、都市土木や夜間工事のニーズに応えられる。

但し、これらSiCなど革新的デバイスを用いた「ハイエンド・パワーエレ」を、技術の確立しているSi半導体を用いた比較的安価な「ローエンド・パワーエレ」からの置き換えとして導入しても、省エネ効果は今のところ限定的だ。ローエンド・パワーエレの導入で省エネ率は六〇〜四〇%と劇的に改善するが、ローエンドとハイエンドの差は僅か数%。ローエンドを使えない場合の導入なら効果は大きい、コストがまだかなり割高だから、パワーデバイスだけでなく周辺技術も含めたコストパ

フォーマンスの改善が課題だ。

一方、海外に目を向ければ、途上国だけでなく欧米でも、未だハイエンドどころかローエンド・パワーエレすら行き渡っていないのが現状だ。例えばエアコンの場合、日本製はほぼ一〇〇%インバータ式だが、諸外国での普及率はヨーロッパ先進国で三割前後、アジアなどの途上国では一割に満たない国も多い。ローエンド・パワーエレの競争力を高め、こうした国々に普及させていけば、地球規模での省エネ効果も高いし、日本の産業力強化にも有効なはずだ。

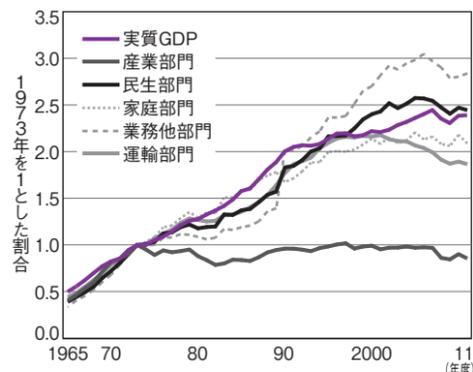
ただ、日本メーカーも政府もハイエンドの技術開発には熱心だが、ローエンド商品で市場シェアを確保することには積極的でないよ

うに見える。例えばドイツの半導体メーカーは量産化によるコストダウンで市場獲得を狙っているが、日本メーカーでは私の知る限り、そうした動きは見られない。確かに日本は、技術水準は世界トップだが、あまり「高機能」に固執しすぎると、ガラケーならぬガラパゴス・パワーエレになりかねない。

半導体産業もかつては日本企業の独壇場だったが、韓国・台湾メーカーの低価格攻勢についていけず、市場を奪われてしまった。この二の舞にならないよう、パワーエレは、ローエンドでの収益構造を確立するとともにハイエンドに挑む——勝てる市場戦略を望みたい。

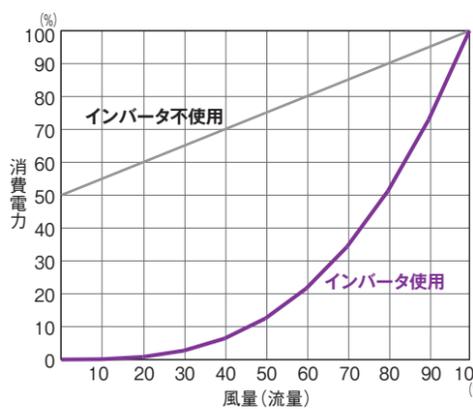
## エネルギー技術への視点

エネルギー消費の変化



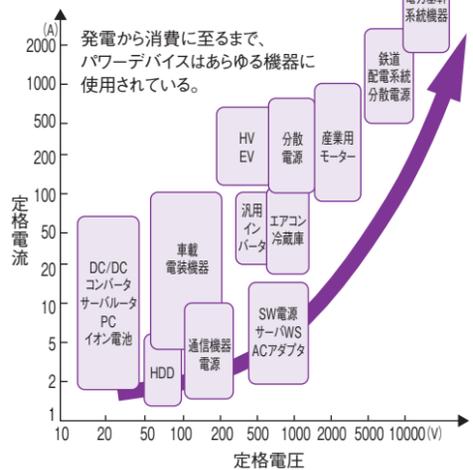
資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」、内閣府「国民経済計算」、日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」をもとに作成

インバータ化の効果



舟木氏作成グラフより

パワーデバイスの用途



「工業材料」誌の資料をもとに作成

\* トップランナー方式…特定機器の省エネ基準を、既に商品化されている機器のうち最も省エネ性能が優れている機器の性能以上に設定すること。99年の改正省エネ法より導入され、順次対象製品を拡大させている