

躍

季刊 [やく]
2013 December | 第20号
関西電力株式会社

特集 ● 「鼎談」基軸を探る

日本の技術力と エネルギーを考える

原丈人／山口彰／大場恭子

躍 季刊 [やく] 2013 December | Number 20

関西電力株式会社



季刊 [やく]
2013 December | 第20号
関西電力株式会社

03

「鼎談」基軸を探る

日本の技術力とエネルギーを考える

原文人／山口 彰／大場恭子

20

オピニオン

エネルギー技術への視点

技術と文明

「技術は常に革新し、文明を進化させる」池谷裕二

ロボット技術

「現場配備で鍛え上げ、経験値を高める」田所 諭

新型原子炉

「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

蓄電技術

「電池が拓く未来へ、課題は低コスト・長寿命化」辰巳国昭

省エネ技術

「ローで稼いでハイに挑む、勝てるパワエレ戦略を」舟木 剛

31

でんきSTORY

「江ノ電が止まった日」福島敦子

33

エコリッツ紀行

世界の原子力を支える日本のものづくり技術

——日本製鋼所室蘭製作所を訪ねて 結城未来

43

世界はいま——

ブラジルのエネルギー政策 アンドレ・ラーゴ

49

かんでんFOCUS

需給コントロールの「技」 米満英二

日本の技術力と エネルギーを考える

技術革新は経済成長の原動力であり、社会のパラダイムシフトを引き起こす力も持っている。しかし近年日本はその国際競争力が低下。一方、現代社会の機能維持に不可欠なエネルギーを見ても、資源小国日本のエネルギー制約はますます厳しさを増し、経済成長の足枷になりかねない状況を呈している。新しいエネルギー基本計画も策定されるなか、「技術大国日本」の復活に向け、今、改めて日本の技術とエネルギーを考えたい。



原 丈人 経済財政諮問会議専門調査会会長代理

山口 彰 大阪大学大学院教授

大場恭子 東京工業大学特任准教授

異質なものの融合と起業家精神が重要だが、
平和ボケの日本はリスクを取らない

原 きょうは日本の技術力とエネルギーについて考えます。今、日本は技術革新が低迷し、技術立国の凋落、国際競争力の低下が言われていますが、私の実感からお話しすると、一九七九年にスタンフォード大学ビジネススクールに入ったとき、同学年に創業者が大勢いた。

ステイブ・ジョブズ*がアップルコンピュータをつくったのが七六年。まだ創業三年の小さな会社で、将来は何万人の会社にするぞと夢を語っていた。それを聴いているのは、マイクロソフトのCEOになったステイブ・バルマー*やサン・マイクロシステムズを創業したスコット・マクネリ*。みんな同級生。ベンチャーが興った時代です。

スタンフォードはCOE*、卓越した研究拠点。カリフォルニアの特徴は、文化的背景が違う人たちが集まるところです。かつて東部からヨーロッパアンが幌馬車に乗って来て、終着点が西海岸だった。太平洋を越えてアジア人が着き、南からはメキシコ、スペイン人、北からロシア人が来た。多様な人々が出会ったメルティングポイントがサンフランシスコ。同じ集まるなら、文化的な背景や考え方が違うほうが新しい発明・発見が生まれる。だからヨーロッパアン一色の東海岸より、西海岸のサンフランシスコ。異質なものの融合こそ新しいものが生まれる原点です。

そういう必要条件に対し、十分条件は起業家精神。リスクを取って無から有をつくりだす精神。これを徹底的に教えると、スタンフォードの優秀な学生は、大企業でなく、

設立三年以内に従業員数五〇人以下の会社に入りたがる。

今、日本もリスクを取らないとだめになってきた。かつて日本が伸びていた時代は、米国発の新技術を導入し、いかに効率よく安く大量生産をして輸出するかという時代。追いかけているときの日本は、技術革新の効率が非常に良かった。目標が明確で、ムダな資金も使わずに済む。でも追いついた以上は新しい挑戦。革新技術だけでなく、事業化のしくみや資金の流れをつくり上げないといけない。

日本がだめになった理由は、一言で言う「平和ボケ」。危機意識がない。私が考古学研究でエルサルバドルに行ったときは内戦状態。ゲリラにつくか政府軍につくか。自分で判断をして、自分の身は自分で守る。また、ジャングルを行くとあちこちに毒蛇がいる。十分な血清もないから、噛まれたら死ぬ。噛まれないよう、どう身を守るか。そういう訓練を日本の若い人たちはしていない。年配者は戦争を経験したし、ハングリー精神を持っていたと思いますが、それがなくなってきたのも大きな要因でしょう。

成功体験 技術力への過信がブレイクスルーを阻む

原 山口さんは現状をどう見ていますか？

山口 日本で政策文書などをつくるるとき、必ず「技術力に優れた」という枕言葉が出てきます。だけど、技術ってそんなに簡単に維持できるものじゃない。例えば日本の原子力技術は今も世界トップクラスと言われるが、確実に他の国もキャッチアップしてきている。その危機感がないし、技術維持への覚悟を持っていない。これが一つ、新しい技術のブレイクスルーが出ていない理由だと思います。

アメリカは、コンピュータ技術が現れた時代と、人々が

スタンフォード大学 ©alamy/PPS



国境を超えて動ける時代になったことが、西海岸で相俟って花開いた。実は七〇年代八〇年代は、日本でも多様なエネルギー技術が実用化に向けて動き始めていた。太陽光発電はサンシャイン計画*があり、原子力も高速増殖炉や新型軽水炉を動かし始めた。ところが太陽光も以後四〇年経って、未だに発電効率は上がっていない。技術開発には時間がかかるのに、しぶとく続ける力が弱まっている。

もう一つ、アメリカ、特にカリフォルニアは人種の坩堝で、八〇年代にホワイトじゃない人たちが五〇%を超えた。日本は今、福島第一原子力発電所で事故処理をやっている、あれも一つの技術チャレンジですが、そういう場に外国人がほとんどいない。事故前まで日本では原子力技術への過信があった。自分たちの技術力を信じるあまり、他を見ることなく一方向で技術を磨く。しかし新しい技術へのチャレンジは、違う方向から物事を見ること。だから技術に過信があると、それが却って新しい側面を切り拓くときの障害になる。閉じた社会で自分たちの技術力でやっていけた時代と、逆にブレイクスルーを求められる時代、その変化に適応できず問題が露呈しているように思います。

リスクがないことを良しとする価値観が
誰もリスクを取らない国にした

原 なるほどね。大場さんのお話も聞かせてください。

大場 日本社会は、リスクがあることが当たり前でそれをいかに少なくするかではなく、リスクがあることはいけないという価値観で成り立っているように思います。そのため、マスコミや一般の方は、「リスク」をきちんと語ってこなかった。平和ボケも、戦争に負けて終結した日を「敗

ステイブ・ジョブズ
(1955～2011)

ステイブ・ウォズニアツ
クラと共に、パーソナル
コンピュータで世界初の成功
を取めたアップル社の共同
創業者。九七～一一年CE
O（最高経営責任者）。

ステイブ・バルマー
(1956～)

ハーバード大学卒、スタン
フォード大学経営大学院中
退。二〇〇〇～一三年マイ
クロソフト社CEO。

スコット・マクネリ
(1954～)

ハーバード大学卒、スタン
フォード大学経営大学院修
了。八二年サン・マイクロ
システムズ創業（共同創業
者の一人）、八四年～〇六
年CEO。

COE

(Center of excellence)

優秀な頭脳と最先端の設備
環境を持ち、世界的に評価
される研究拠点のこと。

サンシャイン計画

石油危機直後の一九七四年
から二〇〇〇年まで行われ
た新エネルギー技術開発計
画。太陽、地熱、石炭、水
素エネルギーという四技術
分野で研究開発が行われた。

戦記念日」ではなく「終戦記念日」としたこと、戦争を知らない世代は、ただ平和になってよかった、とは思わない。戦争を体験した方が戦後日本を盛り上げてきましたが、その後が維持できなくなっているんですね。

リスクはゼロでないといけないとしてしまうと何が起きるか。技術を扱っている者から見れば、リスクは必ずあります。でも、それがオープンにならない。すると技術者自らがリスクはないと信じてしまい、技術力があると錯覚する。結果、技術は成熟しておらずリスクが潜んでいるにもかかわらず、大丈夫という過信が生まれてしまうんです。原子力に関して言えば、より安全を高めようという努力がなされなかったことにつながります。

今、リスクコミュニケーションが非常に重要になっています。事故の後、放射線の人体への影響などがそのテーマになっていますが、エネルギーだって、各発電方法にはすべてリスクがあります。それが明らかにされず、風力や太陽光はリスクゼロ、原子力はリスクの固まりみたいな感じで議論が進んでいるところがある。すると一般の方の中には、リスクがあるものはだめだね、自然エネルギーで行こうと思ってしまう人が出てくる。

日本人のリスクの捉え方の拙さと、危機意識のなさ、平和ボケは、国そのものにも言えるように思います。事故の翌年、国は二〇三〇年の原子力比率^{*}として、ゼロ・一五％・二〇〇二五％という三つのシナリオを提示しましたが、十分にリスク情報を出さないまま選ばせるわけです。誰かがきちんとリスクを明示して、自らもリスクを取るという態度を示さない限り、エネルギー政策は決められないと思います。

役人に訊くと、理屈はわかるが規則なんだ、規則を破るようなリスクは取れないんだと。

山口 目標設定が日本は下手だというのは、まさにその。ルールは目標のためにあるのに、ルールのために目標をねじ曲げることが頻繁に起きている。

楽だからと規則に従っているうちに、新しいチャレンジが怖くてできなくなる

大場 でも、本当に日本人って、重箱の隅をつつくようなことが多い。それによりさらにみんながリスクを口にしなくなる。

私は父が満州育ちなんです。その上、外資系に長く勤めてもいたので、ちょっと日本人っぽくない。幼い頃から、よくファーストプライオリティは何だと訊かれました。一番大切なのは何だ、何が目的なのか、目的のためには周りに何を言われようがすぐにもすべきことがあるだろうと。そう小さい頃から言われていたので、今、大学などで不可解な規則の多さに戸惑ってしまうことは少なくありません。これでは目的は達成できないと感じたりします。

山口 放射線防護に、ALARA (As Low As Reasonably Achievable)、合理的に達成できる限り低くという概念があります。もともとの発想は、ある目的を達成するための幾つもある方法のなかで、最も実現性のある方法を選ぶというところ。ところが、達成できる限り低くというところ、日本人は非常に強迫観念を持つ。これもあれもやらなきゃと、身動きがとれなくなる。それを救ってくれるのが規則。規則に従っていれば、そういう心配はしなくていい。だけど、新しい技術チャレンジはルールのないもの。規則に従うだ

ルールは目標のためにあるのに、ルールのために目標をねじ曲げる

原 リスクといえば、福島第一の事故の原因について、一

体責任は誰がとるべきか。どう思われます？

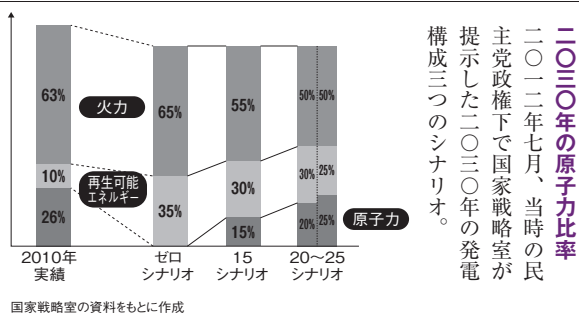
大場 私は国だと思っています。

山口 国民ですね。というのは、日本人は目標設定が下手なんです。例えばアメリカ人がベンチャーをめざすのは、金持ちになりたいとか、有名になりたいとか。自分で目標設定をするがゆえにリスクを取る。日本人は平穩無事であることをめざすから、リスクを取る理由がない。多分これ、日本人共通。福島で言えば、事故を起こさないことを目標にしていた。本来、安全規制の目的は公衆を守ることですが、発電所を守るだけの規制でしかなかった。今の汚染水処理も、ちょっとした構造上の心配があったことで誰もリスクを取れないままずるずる来て、状況が悪化した。国民全体で何が一番大切かという目標設定、認識の共有ができていないので、なかなか小さなリスクを取りにいけない。それが、私が国民も責任を共有すべきと考える理由です。

原 リスクを取りにくいという話で思い出しましたが、あるノーベル賞学者が、国からの研究予算でアメリカから准教授を呼ぼうと旅費規定を見たら、片道二八万円もかかる。長期滞在だから片道でいいが、八万円で買える往復切符にすれば、半分使わなくても二〇万円節約できる。ところが文科省はその申請を受け付けてくれない。何度かやりとりして、先生が始末書を書くことでようやく安い往復切符の使用が許可されたが、片道分の使用だからと四万円しか承認されなかったということです。



原 丈人 はら じょうじ
DEFTA PARTNERSグループ会長；内閣府本府参与兼経済財政諮問会議専門調査会会長代理；アライアンス・フォーラム財団（国連経済社会理事会特別協議資格承認非政府機関）代表理事
慶應義塾大学在学時から27歳まで中米考古学研究。渡米しスタンフォード大学院在学中シリコンバレー初の光ファイバー事業に成功（81年工学修士）。84年デフタ・パートナーズを創業し、米英イスラエルの革新的な技術を持つベンチャー企業への出資と経営を行う。世界第2位ソフトのポーランド、インテルと合併したOPLUS、サイバーセキュリティ大手フォートネットなどを会長、社外取締役としてゼロから立ち上げた。05年からアジア、アフリカで情報インフラ整備、栄養改善事業に取り組む。国連政府間機関特命全権大使、財務省参与など日欧米の公職歴任。著書『増補21世紀の国富論』など。
<http://www.allianceforum.org/>



けでは、新しいものに対し臆病になって動けなくなる。

日本人と比べて外国人の発想が柔軟なのは、自分たちはリソースも能力も限られているから、多様な選択肢の中で一番合理的なものを選んだと。自分で選んで生き抜いていくトレーニングが日本人にはできていない。

原 福島事故で、アメリカ側が、日本がとるであろうと想定し対策を考えたのは、原子炉を納入したGEへの責任追及、東電からPL法（製造物責任法）に基づく損害賠償の請求です。ところが政府事故調も東電事故調も国会事故調も全部、責任は東電か国が国民。日本の問題だと。だけど、これはアメリカに対してものを言うチャンスを逃したに過ぎない。なぜ言わないのか。国際社会では、日本がGEも責任の一端を担っていると言わないことを不思議に思う人が大勢いる。

裁判になればGEは負けるはずですが、実は日本は訴えることができない。六二年に施行された日本の原子力損害賠償法*には、原子力発電所事故が起きた場合、プラントメーカーは免責だとある。こんな不平等条約があるなんて驚きでしたが、それなら事故被害者による株主代表訴訟をアメリカで起こすなど方法はある。何か起きたとき、自力で闘って、損害を与えた会社から資金をもぎ取ってくるような胆力のある経営者がいれば、違ってくる。

ぬるま湯に浸かつて「能ある鷹は爪をなくす」

大場 先ほど私は、事故の責任は国にあると言いましたが、それは単に国というよりも、トップ。就いている職位の責任を果たさないあるいは果たし切れていない方が多かったと思うのです。例えば事故が起きたときに、当時の原子力

安全委員長は非常に社会から叩かれましたが、もし安全委員会が叩かれる立場であれば、歴代の委員長はどうなのか。その他のトップに立つ方は、きちんと役割を果たしていたのか。

一方、東京電力の責任もあるとは思いますが、ただ彼らは法律違反をしていたわけではない。規制を守っていたにもかかわらず事故が起きているのです。津波の予測などが、保守的な評価や都合のよい解釈をしていた側面はありますが、東京電力にすべての責任があるかのような意見はおかしいですし、そもそも無理があると思います。

国民と答えなかったのは、かつて放射線教育をなくした*のが国であるからです。原子力発電を推進するなか、放射線教育をやめた。それが今の福島の風評被害を生んでいる遠因にもなっているのです、やはり私は国民よりも、国というか、トップに立つ者の責任を問いたいですね。リスクを受け入れる、覚悟を持った真のリーダーがいない。

原 大会社とか安定した組織にいと、どんなに頭がよくても、危機が起きない平和な状態が長く続くと、「能ある鷹は爪を隠す」が「爪をなくす」になる。だから危機に対応する訓練をしないとイケない。トップには、一番リスクの高い仕事をして、失敗して、その失敗処理をこなした人間を選ぶとか。加点主義の方針をとらないと、日本企業の将来は危うくなります。

高度成長で後追いのときは、リスクを取らなくても良かった。でも一旦日本が世界のトップに躍り出た九〇年代頃からは、リスクを取って失敗しながら試行錯誤する姿勢が求められたのに、長い間それをしなかったのです。

原子力損害賠償法

原子力発電、原子燃料製造、再処理など原子力施設の運転中に発生した事故により原子力損害を受けた被害者を救済するため、六一年制定、六二年施行。天災や社会的動乱の場合を除いて、原子力事業者以外の者は損害賠償の責任がなく、製造物責任法の規定も適用しないとされている。

放射線教育の削除

七七年学習指導要領から削除され、〇八年の改訂で復活。中学理科では二年度から、高校理科では三年度から完全実施。



日本には技術革新に不可欠な

リスクを許容する土壌と自由度がない

原 では次に技術革新を生むしくみ、どう思われます？

山口 今は、一昔前に比べると技術革新がやりにくい。技術革新は挑戦をしてリスクを取らないとできないが、消去法の世界になっていて、リスクを取りにくいんです。

例えばエネルギーで言えば、原子力は安全性が心配、太陽光は安定性に欠ける、風力は送電が大変、石油は環境に悪いと、それぞれのエネルギー源の悪口を言い合って引つ張り下ろしをしている。本来、安いエネルギーの安定的な確保が目標なら、それぞれのいいところを引つ張り上げ、組み合わせていけばいい。いいところを持ち上げるのは、逆に悪いところも併せて飲み込むことなので、リスクを取ることにもなるし、新しい技術革新も生まれます。

大場 技術革新には、リスクを許容する土壌と、自由度が必要です。その両方が今の日本には欠けている。基本的にリスクを認めないという前提だから、自由度もない。例えば大学で何か新しいことをしようとしたときの、書類申請の煩雑さ。これでは幾らアイデアがあっても途中で投げ出してしまいう方も少なくないように思います。成功することを条件とするようなお金のつけ方は、成果報告が成功の報告でなければならず、時に誇張した表現につながることもあります。これでは、次の検討（研究）も続きません。海のものか山のものかわからないが、この目的のためには必要だから挑戦しようということが難しい社会になっていると思います。

米国発の金融資本主義、短期利益の追求が

実用化に向かう技術革新を阻害する

原 技術革新、大学や国立の研究所で行われる基礎科学・基礎技術の革新と、その後、産業化段階の技術革新と二つあるでしょう。これ、どちらをどう考えればいいですか。

山口 それぞれで革新があるんですね。例えば遺伝子組み換え、iPS細胞もそうですが、新しい研究成果には倫理問題が出てくる。特に産業化というフェイズに入り、ステークホルダーがたくさん関わってくると、悪いところを指摘する声も増えてくる。ここが不十分じゃないか、ここが心配だと。ですから産業化の発想がうまく技術革新につながらない部分を何とかするほうが重要性は高い。

原 そうですね。国の予算で研究する大学や国立研究機関と、実用化に至る民間のベンチャー資金では、質が違う。アメリカは基礎研究の資金は潤沢です。でも、その成果物を使って事業化する民間長期資金は少ない——理由は、短期リターンを求める民間資金がほとんどになったから。要するに会社は株主のものという考え方。株主・投資家がリターンを求めるわけですが、それは一〇年かけるより五年、三年より三年、三年より一年、今日投資して明日と。ROE^{*}、株主のリターンをいかに短期に追求するかが米国企業にとっては最も重要です。長期の研究開発を株主は許しません。だから企業の中央研究所は全部廃止売却されてしまった。企業が金融商品化されてしまい、ヘッジファンドなどが米国経済を支配する。だから、発明・発見はアカデミックでは起きるが、実用化段階での技術革新は起きにくくなっている。

やまぐち あきら
 山 彰
 大阪大学大学院工学研究科環境・エネルギー工学専攻教授（原子炉工学・システム安全工学）
 1957年島根県生まれ。東京大学工学部卒、同大学院工学系研究科原子力工学専攻博士課程修了。動力炉・核燃料開発事業団（現・日本原子力研究開発機構）大洗工学センター、核燃料サイクル開発機構（同）で高速炉の熱流動、安全、リスク評価など研究。2005年より現職。原子力規制委員会発電用軽水型原子炉の新安全基準に関する検討チーム委員、日本原子力学会「原子力安全」調査専門委員会技術分析分科会メンバー、同「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」特別専門委員会主査なども務めた。
<http://www.see.eng.osaka-u.ac.jp/seeqe/seeqe/homepage/>



この短期的な利益追求が米国経済の大きな問題。また、この考え方を世界に拡げているのがウォールストリート。だからヨーロッパでも一時、ダイムラー・ベンツがクライスラーを買収し米国型経営になった結果、いい自動車がつくられなくなった。日本でも二〇〇〇年頃から中長期の安全投資を削ってでもROEを上げるといふ流れが拡がった。今、私が考えているのは、こういう経済運営下での技術革新の意義。今回もアベノミクスで金融緩和、第一の矢は放たれて日銀が量的緩和をどんどん進め、第二の矢で財政出動を行っています。これだけでは財政赤字が膨れ上がり元の本阿弥。技術革新は第三の矢の成長戦略を考えたとき絶対必要。技術革新で、無から有を生み出し新しい産業を興し雇用をつくる。これを中長期で進めることを経済メカニズムに組み込まない限り、国の将来は見込めない。

バブルをつくって潰す米国型経済運営か？
 実体経済をつくっていく日本型か？

山口 ただ、ROEの追求は、企業にとっては目標が明確で、いいと思うんです。問題は、企業がそうした場合、技術革新はどこが担うのか。私の知っている限りでは、アメリカは国立研究所を二つのやり方でうまく活用している。一つは技術革新の場、もう一つは研究のコーディネートを行う場。利益を追求する企業と、技術革新を行う組織・制度がバランスするのが健全な姿で、アメリカは確かに株価を上げることに熱心ですが、技術革新についても考えている国じゃないか。お金を回さないと研究開発はできません。原 利益を追求するのはいいけど、それは研究開発に金を回すためじゃない。米国の定義だと、「株主のため」に利

ROE
 (Return On Equity)
 株主資本（＝自己資本）利益率。「当期純利益÷自己資本×100」で求められる。

益を追求します。だからアメリカの会社は、景気が悪くなると従業員をカットする。そのとき必ず経営者はボーナスをもらう。これ、正しいですか？

山口 難しい質問ですね。レイオフされた従業員のセーフティネットがどの程度あるかによって、そのやり方が正当化されるかどうか、判断が分かれるんじゃないか。

原 例えば、〇八年アメリカンエアラインが航空機不況で三四〇億円の従業員給料カットを断行し、経営陣は二〇〇億円のボーナスを受け取った。これ、私はともでもないと思います。でも米国流の資本主義では、会社は株主のものであり、従業員の給料は会社の負債。それを切れば業績が良くなるので、経営陣にボーナスを払うのは当たり前だと主張します。これはゼロサムゲーム。百人が各自一万円を賭けてジャンケンゲームをすれば、五分で勝負がついて、一人の勝者が百万円、残りは全員敗者でゼロ、中間はないのがゼロサムゲームです。やればやるほど富の二極分化が起き、実際、中産階級の実質賃金は下がっている。私はこういう社会をいいとは思わない。会社は株主ばかりで成り立っているわけじゃない。従業員がいて、お客さんや取引先がいて、地域社会があり、地球全体を見る。会社が利益を上げるのは、全体に還元するため。そのリターンのほとんどが株主に回る構造は、すごくいびつです。

最近米国は景気が回復してきたというが、これは実質賃金が上がって個人消費が伸びたわけじゃない。資産効果といって株や土地が上がっているから消費が増えているだけです。

産業が新たな価値を創造することで社会を豊かにするという、実体経済重視の日本と異なり、アメリカはいわば金融主導の仮想経済で経済運営をすることが中心となりました。土地や株を上げてバブルをつくれば景気がいいし、バブルを潰すと景気が悪いという景気循環の国になりました。金融主導の景気循環メカニズムは、会社は株主のものだと考える人たちによってつくられたものです。そしてコーポレートガバナンス^{*}、減損会計^{*}や時価会計^{*}などのシステムもすべて彼らに都合良くつくられています。ここでは技術革新は関係ないし、バブルをつくっては潰すから非常に不安定。そしてやればやるほどトップは太り、貧しい人が増える。日本の強みは、中産階級がしっかりしていて、上層階級はほとんどいない。でもアメリカほどひどい低所得層も少ないので、途上国から見たら日本はお手本ですね。

現在の日米間経済交渉の要は、バブルをつくって潰す米国のルールと実体経済をつくる日本のルールの勝負です。この意味でT P Pと並んで行われている日米並行協議^{*}に注目してください。協議項目に株主重視がありますが、もし株主重視が規定され日米間の国際法となれば、憲法第九八条第二項^{*}の定めにより、わが国の会社法など関連国内法は修正されてしまいます。先に述べたアメリカンエアラインのような事態が起きたとき、従業員が給与削減される一方で経営者と株主が利益を得るのが当たり前というおかしい国になります。

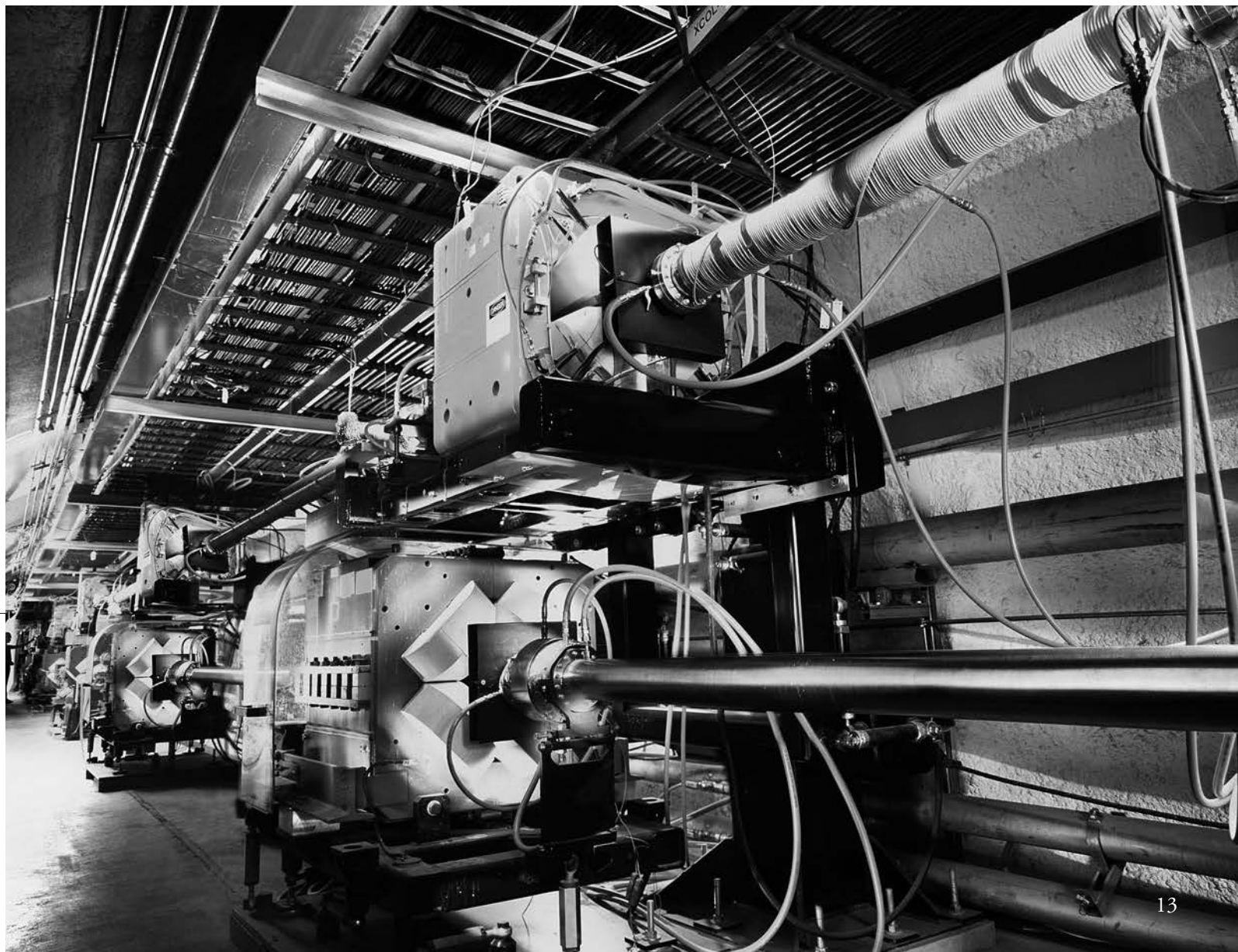
所得税一〇%分の投資で

国民一人ひとりが技術革新のパトロンになる

山口 技術革新には膨大な資金も必要で、それに合った経済のしくみを考える必要があります。

今のお話で、日本がキャッチアップしつつある段階はと

膨大な資金も必要とする技術革新（写真は、原子核や素粒子の実験などに用いられる線型加速器） ©Superstock/PPS



もなく、これから新しいものを出そうとすると、みんな中産階級のような状況がいいのか、あるいは何か新しいものに取り組むための、もっとドラスティックなくみを採り入れなければいけないのか。少なくとも今、日本の技術革新のアプローチは、必ずしも成功していない。

それはどこに問題があるかというと、アメリカなら大金持ちがいて、大規模な研究開発に投資をする。例えば、ビル・ゲイツはテラパワー^{*}という会社をつくって原子力を手がけようとしている。日本は技術革新のために少ししくみをいじらないといけないんじゃないか。

原 米国は一部の巨万の富を持つ人たちが新しい技術革新にチャレンジする例が目立ちますが、実際は大金持ちほど保守的。節税対象になる慈善活動等々にお金を使って、社会的地位を築くのが一般的な行動パターンです。

人為的に革新的な技術開発に資金を導入するには、例えば所得税の一〇%分だけ、自分で好きな技術に投資すれば、所得税を払ったとみなすようにすればいい。また今は会社がベンチャーに投資をしても、減損会計ルールのもとでは五年間成果ゼロなら特別損失を計上しないといけない。企業はこんな時限爆弾を抱えたくないから、投資しない。だからベンチャーに投資する場合は、初めから損失として控除させるようにすれば、彼らにとっては節税にもなる。個人や企業が自分の思い入れのある分野に投資する制度は、欧米にもない。

山口 すると、かつてアメリカのベンチャーがパトロンを求めて、自分のプランを説明して回る形になりますよね。

原 なりますね。この制度を使えば、貧困層の多いアメリカより日本のほうがはるかに新しい技術の事業化が進む。

コーポレートガバナンス
(Corporate Governance)
企業統治。経営者が株主利益の最大化をめざし企業経営を行っているかを監視するしくみ。

減損会計
資産の収益性が低下して投資額の回収が見込めなくなった場合、当該資産の帳簿価額にその価値の下落を反映させる会計手法。

時価会計
一部金融資産を期末時点の時価で再評価する会計手法。
日米並行協議
T P P（環太平洋パートナーシップ）の交渉と並行して進めている日米二国間協議。

憲法第九八条第二項
国際法規の遵守を規定した項。国際法・条約の効力は国内法として受容され、国内法より上位と定められている、と解されている。

テラパワー
マイクロソフト社の共同創業者・会長であるビル・ゲイツ（1965〜）がオーナーになっている次世代型原子炉の研究開発を行う企業。

山口 例えば今、高速増殖炉もんじゅが建設費六〇〇億円かけて動かず、維持費で毎年百数十億かかることが批判されています。ああいうのはどうご覧になりますか。

原 この原理を使って民間でやればいい。国には頼らない。

山口 将来のエネルギー安定供給を考えれば年間百数十億円の維持費は決して多くはないはずなのに、その意味合いが理解されない。パトロンのような形で、まさにこの技術こそというものに対して、税制優遇などの形で一般から投資を募り、技術革新を促すしくみはぜひつくっていただきたい。

大場 そうですね。今の高速増殖炉の話も、もし個人投資ができればどんないいことがあるかを私はちよつと違う視点で見えていました。現在は国がそこにお金をつけていることがまず批判対象になっているわけですが、それを個人が投資する、必要だと思う個人からお金が集まったのであれば、そもそも批判対象にならない。これはいいしくみだなと。

もう一つは、高速増殖炉の研究者は、今まで国ばかり向いていた。その人たちがお金を集めなくちゃいけないので社会を向く。自分たちの技術がどれくらい夢のある技術かを技術者自ら語るわけですね。国に金をくれと言うのは全く違いますから、社会が非常に大きく動くしくみだと思います。

エネルギー技術の役割と方向性は？

安定供給とコストを基本に安全性と環境性も考え、多様なカードを持つておく

原 既に話も出ていますが、最後のテーマはエネルギー技

えないといけない。そこを、より多くの方が理解できるようにするにはどうするかがキーかなと思っています。

山口 実は二〇〇〇年代は、世界各地で大停電が起きた時期なんです。カリフォルニア、ニューヨーク、イタリア……。今、原子力がなくても電気は足りるという議論がよくなされますが、それは違う。蛇口を捻れば水が出るように、コンセントに差し込めばいつでも電気が来る生活に慣れているが、それこそ平和ボケというか、電気ボケ。今は電気が足りないから意識されているが、普段からエネルギーにきちんと思いをめぐらせるような、子供の頃からのエネルギー教育、原子力に関する教育や議論の場が必要です。

大場 電力会社は赤字を出しながら安定供給を守ろうとしているんですね。原子力発電所に対しても対策をとっている。そういうなかで電気料金を値上げする。原子力代替の火力燃料を膨大に輸入しているからお金がかかるわけですが、それが理解されない社会というのは、何かしくみが必要だろうと感じます。

山口 混乱しているのは、電気料金の値上げも、原子力を動かす動かしなないという枠組みで語られる。本当は、再生可能エネルギーのコストや火力燃料の調達、いろいろコストに絡む話があるのに、原子力だけに集中して、○か×か、白か黒かという議論になりがち。エネルギー技術は原子力も省エネや再エネも含め、次の世代のために多様なオプションを用意するものだという説明をしていく必要がある。

貴重な資源としての使用済燃料
再処理路線を堅持し、革新技術を探る

原 もう一つ聞きたいのは、使用済燃料の処理の問題、こ

術。さあ、どうします？

山口 エネルギーについては一二年の討論型世論調査で、安定供給とコスト、安全性、地球温暖化防止、四つのうちどれを一番重視するか質問したが、それは全くおかしい話。日本は資源がない国です。事故前に民主党政権が掲げたように原子力比率を約五〇％にし、設備利用率を約九〇％にするなどして、やつと自給率が三十数％になる。それが脱原子力をやろうとしているドイツ並みの数字。だから日本はエネルギーを安く安定して供給することを最重点にすべきなんです。安全性は確かに重要ですが、安全性だけ追求しても安定供給ができるわけではない。資源のない日本は、国力維持のため原子力も再エネも幅広く技術開発をして、カードをたくさん持つておくことこそ重要です。

大場 私はエネルギー技術を支える社会をどうつくるかに興味があります。今は原子力発電所が止まっているので、どうしても運転員の方々は士気が下がってしまっています。電力会社にとって一番重要な価値は、安定供給なんですね。私自身は今、世界にある多様なエネルギー技術のなかで、ある程度安く安定した電気を届けるため原子力発電は必要だと思う。将来、違う技術が出てくるでしょうが、今はそう思います。

エネルギーがないからこそ、七二年前、日本はアメリカに戦争を吹っつけたんです。エネルギーは戦争にもつながる大事なものだという認識を国民一人ひとりが持てる社会をどうつくっていくか。先の四つの選択肢は全部大切。安く安定したエネルギーが必要ですが、誰もが不幸にならないよう安全の問題や地球環境の問題も考える。省エネルギーも重要で、今生きている人だけでなく世代公平性も考



大場 恭子 おおば きょうこ
東京工業大学グローバル原子力安全・セキュリティ・エージェンツ教育院特任准教授（原子力社会学・科学技術倫理）
1973年神奈川県生まれ。多摩大学経営情報学部卒、慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科修了。東京大学文学部行動文化学科社会学専攻および同大学院工学系研究科システム量子工学専攻に研究生として所属。エネルギー問題や原子力と社会との関係について研究。2002年金沢工業大学科学技術応用倫理研究所研究員、12年より現職。日本原子力学会倫理委員会委員長、電気学会技術者倫理委員会委員なども務める。共著『実践のための技術倫理—責任あるコーポレート・ガバナンスのために』『技術者倫理』など。
<http://www.nr.titech.ac.jp/u-atom/>

討論型世論調査
二〇一二年八月、エネルギー・環境戦略を決定するために実施した国民的議論の一つとしての調査。二日間の「討論フォーラム」を挟む、①電話世論調査②討論前アンケート③討論後アンケートの合計三回実施し、熟慮された意見の推移をまとめるというもの。

れはどう考えておられます？

山口 使用済燃料は、将来そこからプルトニウムを取り出して、また燃料として使う可能性もあるわけです。今、批判的なのは高レベル放射性廃棄物の処分場がないこと。もともと原子力を始めたとき、廃棄物問題をどう捉えていたかという、他のエネルギー源に比べ、原子力によって出てくる高レベル廃棄物の量は決して管理できないほど大量ではなく、処理が非常に大変だというものでもない。技術によって長期間管理できる。ゆえに、高レベル廃棄物の問題は原子力をやりながら考えて、まず脱石油を政策としてしっかりやろうと。そういう位置づけだった。

使用済燃料は、再処理をすれば新しい燃料になる。あるいは分離変換技術*が実現すれば、ほかの貴重な金属を取り出して利用できる可能性がある。ですから、使用済燃料は魔物のようなゴミでどんどん溜まるという見方は違う。もともと原子力技術は数十年、百年オーダーの世界なので、廃棄物問題はもう少し長いスケールでじっくり考えてもらいたい。

大場 使用済燃料はこのまま埋めるのか、再処理に回すのか、二つの方法が議論されていますが、どちらが望ましいか、国民に聞いてもいい。今後、技術がどうなるかわからないから、取り出し可能な形で貯留しておこうとか、このまま埋めてしまうやり方も含め、技術革新への国民の投資のしくみができればいいと思います。

山口 基本的には日本の国情、エネルギー資源制約から考えると、再処理というオプションは決して捨てるべきではなく、使用済燃料はいつでも再処理できる形にしておく。将来、再処理の技術革新が起れば、それを使った違う処

いうアプローチで、若い人の研究意欲を高め、科学技術が活性化していくのがあります。

世界の現実を目を向けながら ベンチャーを巻き込んだエネルギー開発を

原 あと、大場さんが言われたコストの件。八兆円以上もの貿易赤字の半分が火力燃料輸入です。だから、これは消費者が選ぶように持っていく。これだけ輸入すれば電気代は高くなる。一方、絶対安心なものはないが、より安全な原子力もあり、原子力利用の割合によって電気料金の水準が変わってくるので、最適な水準を消費者に選んでもらう。

そして新しいエネルギー技術開発は、やっぱりベンチャーにやらせないとね。大会社は意思決定に時間がかかるが、わが社なんか私と社長ですぐ決まる。年齢だけでなくメンタリテイの若い人たちが新技術に挑戦していけば、より安全な原子力も早く安く開発できる。研究開発予算も、私なら五〇〇億円あれば一〇〇億円ずつ五社に分散して競争させる。余った開発費は半分あげる。そうしたら効率的に使う。余ったお金をあげるという発想、あまりないでしょう。

山口 日本は余ったら全部召し上げられます。（笑）

原 そういうのを变えるんですよ。結果としてそのほうが個人の能力を活性化させて、いいものをつくる。

それから、アメリカの石油会社なんかも、なるべく日本が脱原発の方向に行ってくれば、また儲かると……。

大場 ははは。（笑）

原 いや、ほんと。アメリカの石油会社は、反原発のNGOに寄付しようとか思ってる。昔、米大手石油会社が国内

分方法の可能性もあるので、いろんなやり方を残しつつ、技術はしっかり維持していかないといけない。

溶融塩炉など第四世代原子炉や小型モジュール炉、 より安全性・経済性を高めた炉の研究が進む

原 再処理技術はとても重要だし、アメリカも日本に期待しています。新しい発想を持つ若い人たちに資金を提供し助成していく流れをつくるべきですね。

同時にエネルギーの多様性は重要です。原子力に関しては全部すぐやめるべきという意見もありますが、これは現実的じゃない。もちろん廃炉にすべき炉は廃炉にするが、はるかに安全な新しい原子炉の開発も進んでいる。オークリッジの研究所*などでトリウムとか他の原子力発電技術の研究もある。溶融塩炉*など新型炉の可能性はどうか。

山口 今は第四世代原子炉*。日本で言えばナトリウム冷却の高速増殖炉など、六つの炉の概念が国際プロジェクトとして研究されている。溶融塩炉もその一つで、なかなか技術的なハードルは高いが、非常に安全性が高いとされており、ブレイクスルーをめざし研究の継続が望まれます。

事故の後、原子炉のニーズも多様になっていて、アメリカでは小型モジュール炉*が脚光を浴びている。日本の場合、今まではコストメリットを考えて大型化を志向していたが、これからの社会に合った原子力システムのあり方が、改めて問われる時代に入ってきた。

多様な新型炉に対し適正な技術開発投資が必要で、問題は、その投資をどうするか。例えば溶融塩炉のファンがいて、俺はこの炉に賭けるとか、ビル・ゲイツのようにTWR*、進行波炉というコンセプトに賭けるのも面白い。そう

分離変換技術
放射性廃棄物処理・処分の負担軽減及び資源の有効利用のために、高レベル放射性廃棄物に含まれる白金族など稀少で有用な元素や放射性核種を、その半減期や利用目的に応じて分離するとともに、長寿命核種を短寿命核種あるいは安定な核種に変換する技術。

オークリッジ国立研究所
アメリカエネルギー省管轄下の科学技術に関する研究所。一九四三年原爆開発のマンハッタンプロジェクトで創設され、戦後は原子力平和利用研究の中心的な役割を果たす。

トリウム溶融塩炉
トリウムを燃料に、溶融塩を一次冷却材として使用する新型原子炉。燃料交換なしで連続運転できる。

第四世代原子炉

米エネルギー省が二〇三〇年頃の実用化をめざして二〇〇〇年に提唱した次世代の原子炉概念。燃料の効率の利用、廃棄物最小化、核拡散抵抗性の確保等エネルギー源としての持続可能性、炉心損傷頻度の飛躍的低減や敷地外緊急時対応の必要性排除など安全性・信頼性の向上、他のエネルギー源とも競合できる高い経済性の目標を満たすもの。超臨界圧軽水冷却炉、ナトリウム冷却高速炉、鉛合金冷却高速炉、超高温ガス炉、ガス冷却高速炉、溶融塩炉の六概念について、日米など国際的枠組みで研究が進んでいる。

（本誌25～26ページも参照）
小型モジュール炉
（**SMR=Small Modular Reactors**）
出力が数万～数十万kWと小さい原子炉。工場で製造でき、複数並べることで発電量増大もできる。

TWR
（**Traveling Wave Reactors**）
燃料に劣化ウラン、冷却材に金属ナトリウムを使用する新型原子炉。六〇年以上かけて燃料の燃焼領域が徐々に移動（進行）することから「進行波炉」という。

高速増殖炉もんじゅ ©森田敏隆/PPS



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・専門家の意見を聞いた――

石油会社と競合したとき、環境保護団体に寄付して国内石油会社の採掘場で環境破壊だと騒がせて、ライバル会社を潰した。だから日本も世界でどういう競争が行われているかをよく研究した上で、対抗していくことが重要です。

一日百億、産油国に回るカネを研究開発に回し、日本の固有事情に基づいたエネルギー政策を

原 最後に一言ずつ何かあれば。

山口 今日のテーマは技術力とエネルギーですが、エネルギーは日本の弱点で、技術力は、低下したとはいえ日本の長所です。例えば今、火力燃料費で三・八兆円、一日百億円ずつ外国にお金が流れている。それが研究開発に回れば、相当なもの。エネルギーのオプションを広く持つことこそ日本の将来に対する保険になるという発想で、技術開発を進めていく。

やっぱり根っこは国民のマインドです。国民がエネルギー技術をこれからどう育て、どう使っていくか。その目的、目標を理解して共有しない限り、エネルギーの問題は解決しない。目的を共有することに力を注ぎたいですね。

大場 私は、原さんからアメリカのお話などをお聞きして非常に楽しかったのですが、今日のタイトルにある「日本の」ということが重要だと考えています。今、いろいろなものがグローバル化していますが、エネルギー政策にグローバルスタンダードなんてない。それぞれの国によって違うわけです。中国は今、原子力を進めている。エネルギー自給率が一〇〇%を切ったことに危機感を持ったわけですね。日本なんて原子力を除くと僅か四%しかない。

エネルギーの状況は各国違って、ドイツがどうだと

いう話を当てはめること自体がそもそも間違い。日本として安定供給を望むなら、どういうエネルギーが必要か。エネルギー政策は各国独自のものだということをまずきちんと理解する。幸い日本は技術力がある。日本の強みをどう生かしながら、日本のエネルギーをどう考えるか。国民一人ひとりが真摯に考えられるようになればと思います。

原 そのとおりですね。日本人の持つ独自の技術力をもつと活性化させて海外にも出していく。使用済燃料の問題がなくなるような新しい原子力発電技術も進めればいい。再処理技術が完成すれば、日本の原子力技術はさらに厚みを増す。再生可能エネルギーでは、日本は火山国だから地熱発電がいい。稼動率も太陽光発電一二%に対し、地熱は八〇%。日本に向いている上に、日本メーカーが世界シェア七割を占めている。こういう技術をもつと強化させていけばいい。

エネルギーミックスのあるべき姿は時代とともに変わるけど、そのとき使えるオプションの技術をしっかりと持つ。あらゆるものに必ず失敗はあるが、それを乗り越えて研究開発を継続し、実用化に結びつけることが重要です。

自然を真似た科学技術も進むなか、太陽では核融合反応が安定して起きている。人類のためにそうしたものを安全な形で手に入りたい――科学技術のスピリットを絶やすべきではありません。**澤**

(二〇一三年十一月八日実施) 編集／田窪由美子



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研究科准教授

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る。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、やむにやまれ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るようになった。

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だけだが、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に関わりがって」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

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っ

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拔群だ。大人一日二〇〇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、素晴らしく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つつ、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。

【曜】

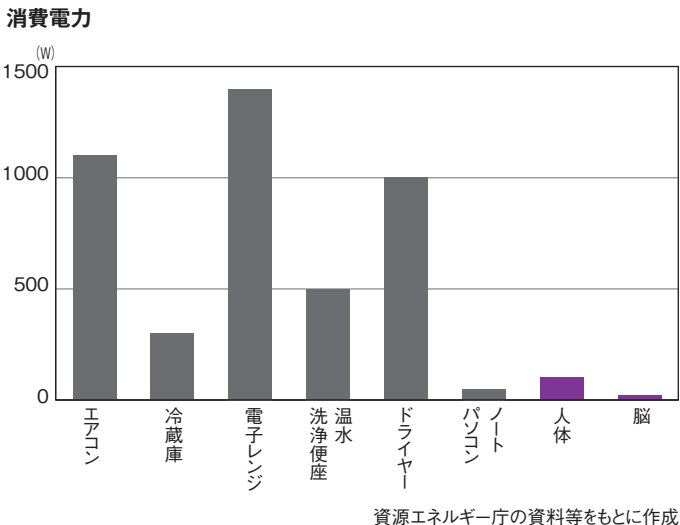
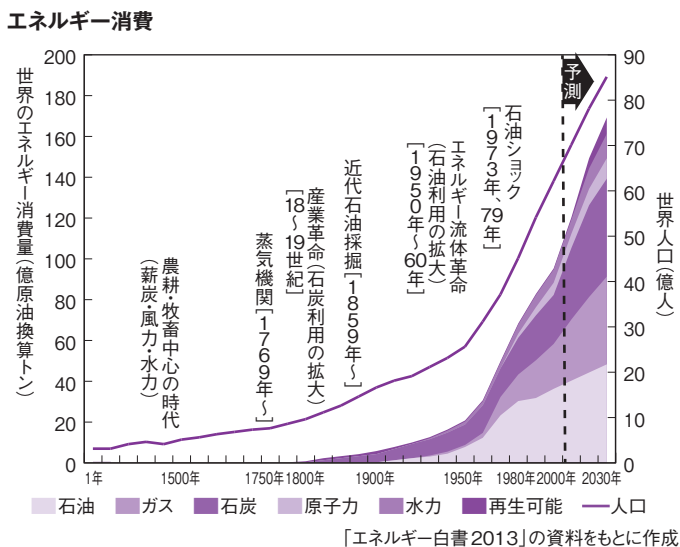
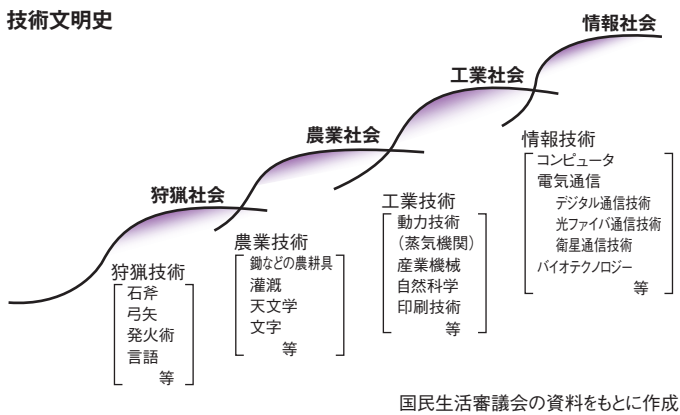
も言われた。見知ったものに親和感を抱き、

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＝暴走する悪」

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



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>

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

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。



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イスの改良、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半面、「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。

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。

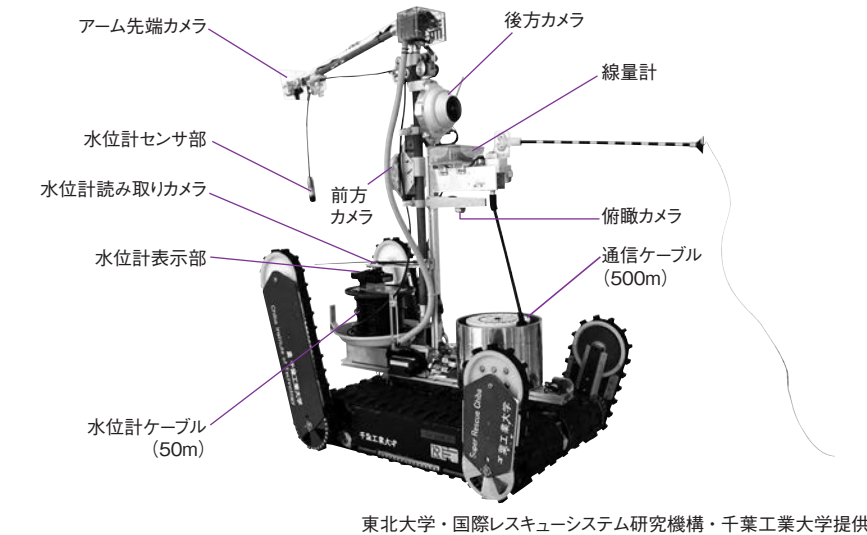
私の提案は、各プラントの日常点検にロボットを活用していくことだ。人間が行うほうが効率の良い作業にも「敢えて使う」ことで、より多くの現場スタッフが操作実務を身につけられる。ロボットにできることできないことも明確になり、評価を開発現場にフィードバックすることで改良を重ね、さらに性能を高めていくことができる。

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。 躍

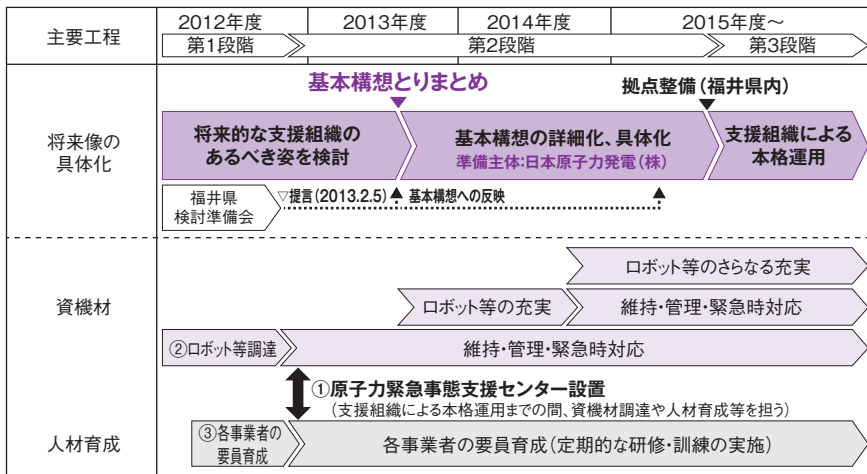
エネルギー技術への視点

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



電気事業連合会の資料をもとに作成

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号機などはいち段階改良したA(advanced)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や東芝傘下の米ウェスチングハウスのAP1000など、いわゆる「第三世代プラス炉」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。

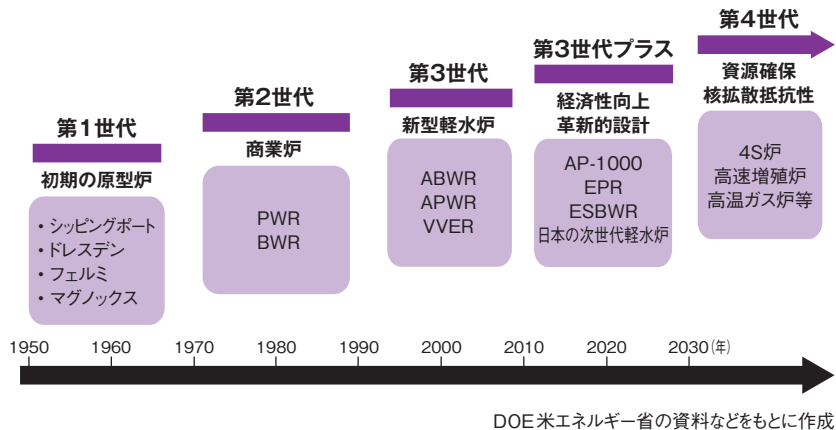
とはいえ、航空機や自動車がこの五〇年間に安全性を大いに高めてきたのに対し、原子力はさほど変わっていないようにも見える。しかし実は自動車のアンチロックブレーキや接近検知機能のような安全システムは、原子力では初期の頃から備えている。異常があれば最初の一〇分間は運転員が介在しなくても自動で原子炉が止まり、冷却系が働いて燃料破損に至らない基本設計は商用炉開発段階からのもの。信頼性(故障発生防止)、安全

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

エネルギー技術への視点

原子炉開発の進化



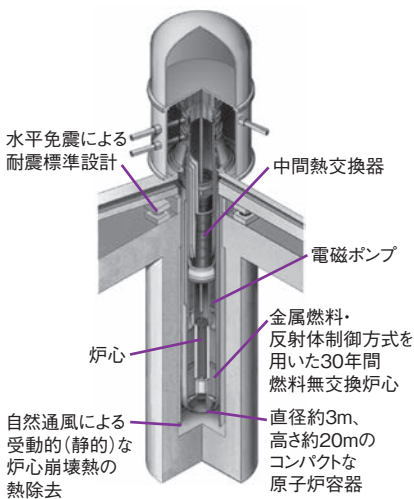
日本の「次世代軽水炉」——6つのコアコンセプト

- 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

八〇年だから、二一世紀中のFBRの出番はなくなる。資源小国日本にとってウラン資源の枯渇が懸念されるわけだが、一方で現在の技術レベルで一世紀先に動かすFBR開発を進めることに意味があるのかという声もある。一旦研究を止めてもいいのではないかと。しかし研究の中断は技術喪失につながる。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、注目されている再エネだが、出力変動が大きいため大量に電力系統に組み込むのは問題が大きく、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。

次に再エネの出力不安定性をカバーし電力系統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りたい。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がつ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。

【曜】

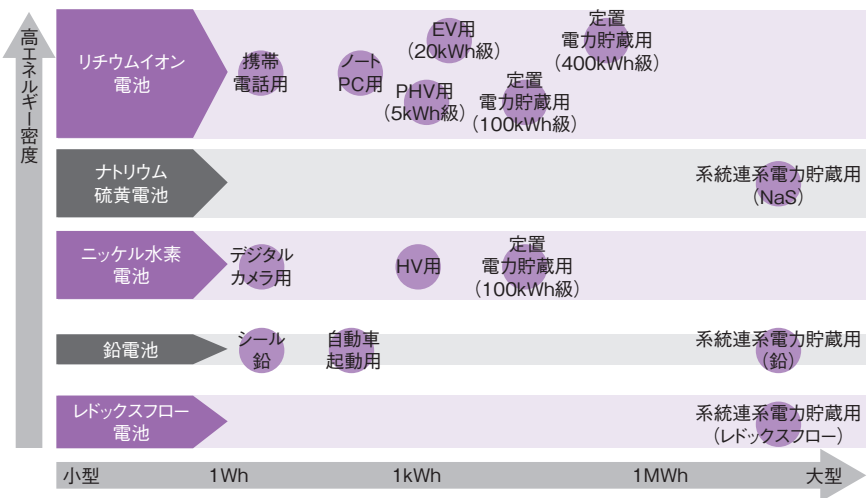
エネルギー技術への視点

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	熔融塩
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、「パワエレ」(パワエレレクトロニクス)——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え、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

パワージェン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、パワージェン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。

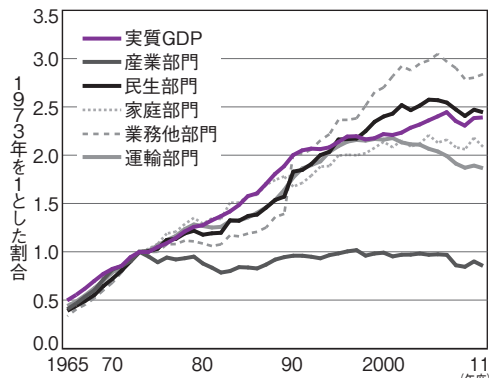
ただ、日本メーカーも政府もハイエンドの技術開発には熱心だが、ローエンド商品で市場シェアを確保することには積極的でないよ

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「高性能」に固執しすぎると、ガラケーならぬガラパゴス・パワ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。

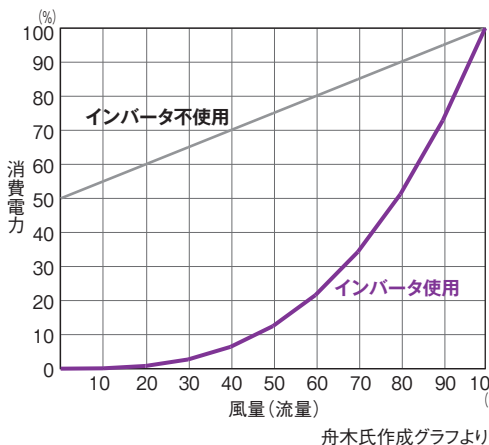
エネルギー技術への視点

エネルギー消費の変化

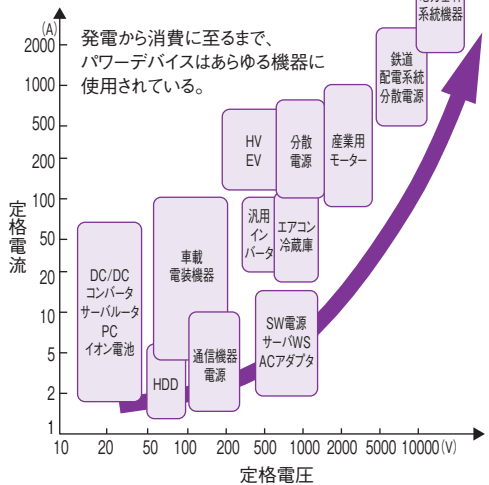


資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」、内閣府「国民経済計算」、日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」をもとに作成

インバータ化の効果



パワーデバイスの用途



* 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

江ノ電が止まった日

福島敦子 ジャーナリスト

一日三時間、全く電気を使えない。それがどれほど大変なことか、東日本大震災後の計画停電で痛感した。停電のタイムスケジュールをチェックし、家事の段取りをする。冷蔵庫の生ものを保冷箱に移し、停電時間が過ぎるとまた戻す。電灯が点かないなかでの調理は思った以上に大変で、工事現場で使うようなヘッドライトをつけてキッチンに立った。停電中はトイレの水も流れず、これも電気で動いていたのかと、止まって初めて意識した。

鎌倉に住んでいるが、市民の足・江ノ電も一時期、動かなかった。仕事へ行くため仕方なくタクシーを呼ぶにも、停電中はGPSが使えないから配車できないという。信号機も消え、外で買い物や食事をする人もなく、商店街から人が消えた。電気を使えないと、家庭生活も仕事もままならない。それを思い知らされた二週間だった。

あれを機に、人々の節電への意識はずいぶん変わった。企業を取材していても、こまめな消灯はもちろん、できるだけ自然光を利用したり、残業する人が一カ所に集まってそっだけ灯りをつけるなど、さまざまな工夫が見られるようになった。街で、オフィスで、家庭で、あらゆる場で「もつと電気を大切にしよう」という流れができたのは、とてもいいことだ。

当時は、駅もデパートも照明は最低限。最初は暗さに驚いたけど、慣れると不都合はない。安全や快適性を損なわない程度に省エネすることは、考えてみれば当たり前。だけど時間の経過とともに、その意識が薄れている気もする。震災時の教訓を忘れては

でんき * S T O R Y

ならない。

夜も明るい東京に比べ、鎌倉では星がきれに見える。寺社も多く、ある夜のイベントでは灯籠の灯りに読経の音が流れ、まるで鎌倉時代にタイムスリップしたかのような神秘的な感覚を味わった。夜には夜の、闇には闇の美しさがある。

自宅では間接照明を採り入れている。但しそれは節電への義務感というよりも、時間帯によって生活空間を演出する楽しさから。日本人はもともと自然を楽しむ暮らし方に長けている。震災後、計画停電では土鍋が注目された。ご飯を炊くのに少し不便かも知れないが、おこげができて意外においしかったりする。そのような昔ながらの生活道具も、不便と感じるか、楽しさを見出せるかで意識は変わる。電気のありがたみに感謝し、大切に使う一方で、電気を使いすぎない暮らしの楽しみ方も見出したい。

とはいえ、電気がなければ、ビジネスも家庭生活も機能しない。災害の多いこの国で、どんなときにも電気が安定的に供給されることが、いかに大変で、かつ大切なことか。二週間の計画停電で、それは身に沁みた。電気の安定供給は社会の基盤だ。今後も途切れることなく電気を届けてもらえることを期待したい。

躍



ふくしま あつこ
ジャーナリスト
津田塾大学学芸学部卒。NHK、TBS、テレビ東京で報道番組・経済番組のキャスターを担当。これまでに500人を超える経営者を取材。ヒューリック社外取締役。パナソニックの経営アドバイザーを7年に亘り務めた。著書『愛が企業を繁栄させる』など。
<http://www.atsuko-fukushima.com/>



©Takaaki Motohashi/gettyimages

世界の原子力を支える 日本のものづくり技術 — 日本製鋼所室蘭製作所を訪ねて

灯リナビゲーター

結城未来

「アメリカ、フランス、中国、そして……んん？
どこの国だろう？」。雪の足音が感じられる冷たい風の中、私は北海道・室蘭市のある企業の前にいた。玄関脇で翻る国旗を見つめると、「ああ、あれはブルネイの国旗ですね。来客があるたびに掲げているんです。自国の国旗を見つけると、お客さまは喜んでくださるんですよ」と、日本製鋼所室蘭製作所の広報担当課長・高田聖司さん。この会社では、七〇カ国もの国旗を常備。どの国の来客にも対応できるようにしているのだそうだ。



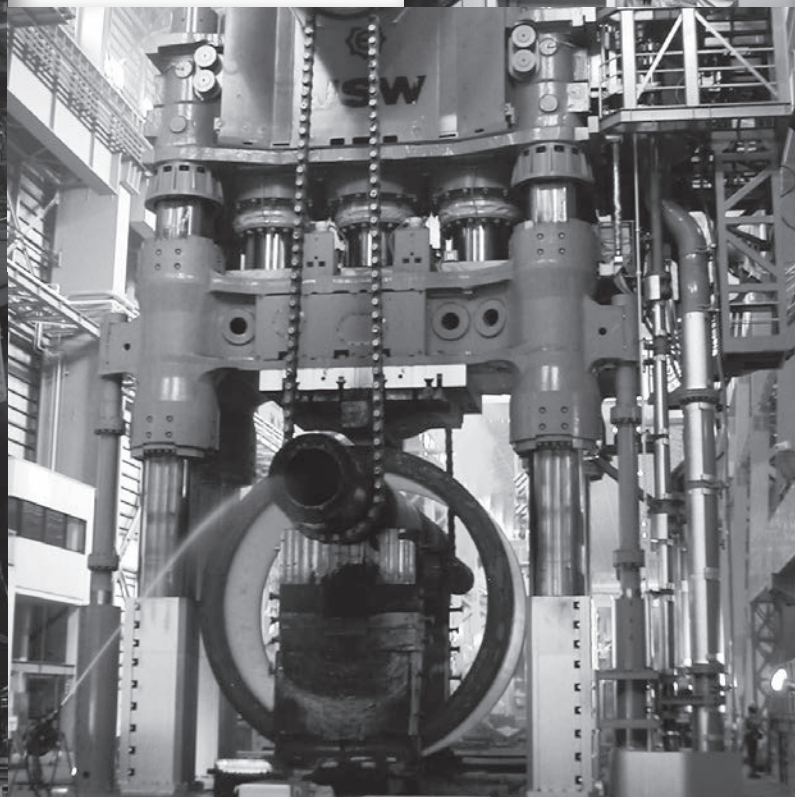
▶水圧プレスの1/25縮尺模型。
1940年のドイツ製10000t水圧プレス(左)を、
2003年リニューアルして新たに設計・製造した
14000t水圧プレス(右)

◀機械任せでなく、人が動かす



▲工場内に設けられた看板からも
心意気が伝わってくる

▲14000t水圧プレスによる600t鋼塊の
荒押し鍛錬作業
(提供:日本製鋼所室蘭製作所)



▲5階建てのビルほどの高さがある「14000t油圧プレス」による
原子炉圧力容器のリング鍛錬作業。この油圧プレスも自社で設計・製造
(提供:日本製鋼所室蘭製作所)



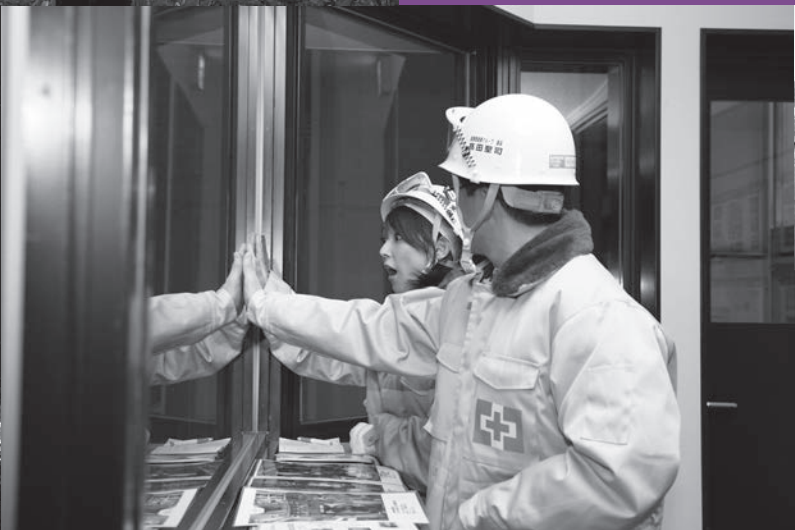
◀広大な敷地に20棟の工場が建ち並ぶ
日鋼室蘭製作所を望む丘にて

▶日鋼室蘭製作所の玄関前に
掲げられた各国の国旗

日本製鋼所は、1907(明治40)年室蘭で創業。当時、国策として兵器の
国産化が急務とされたことから、軍需工場として発展、戦後は民需転換し
た。61年イギリスから導入した日本初の原子力発電所東海1号機の圧力
容器用輸入銅板が検査で不適合となり、日鋼室蘭が急速代替品製造を頼
まれた。その品質が評価されて以来、原子炉などエネルギー関連部材の製
造に携わっている。なお日本製鋼所は室蘭の他、広島(産業機械/防衛機
器)、横浜(IT関連製品)にも製作所を設けている。



▲世界最大級、600t鋼塊
(提供:日本製鋼所室蘭製作所)



▲敷地内の工場間の移動は
マイクロバスを使う

原子力用部材製造、世界シェア・トップ

新千歳空港から車で約一時間二〇分。北海道の南西部
にある室蘭市は面積八〇・六五km²、人口約九万人。古く
から「鉄の町」として栄えてきた土地だ。

その室蘭に一九〇七(明治四〇)年から根づいている
のが、この日本製鋼所。敷地面積約一一二万m²(三四万
坪)、東京ドーム二四個分もの広大な敷地の中には、工
場建屋二〇棟、事務所二棟、関連施設三棟が建ち並び、
周囲にも社員寮や社宅が点在している。

工場では、原子力や火力、水力、石油精製など、エネ
ルギー関連部材の製造を行う。なかでも原子力発電用部
材の製造では世界シェア・トップを誇る。風力発電のブ
レード(羽根)を日本で唯一つくっている企業でもある。
その技術力の高さには内外からの評判が高い。海外向
けの取引は間接取引を含めると七割以上。世界中から見
学者を含めた来客が常に絶えないようだ。

真っ赤に燃える巨大な鉄の塊

「ちょうど良いタイミングだ。急ぎましょう」

高田さんに促されて移動したのが、とある建屋の前だ。
「ここですよ」。高田さんが指し示す窓から中をのぞく
と、目の中に真っ赤な火の玉が飛びこんできた。

なんだろう? この巨大な塊は。口と目が大きく開

きっぱなしになる。私は伝え手であるのに、恥ずかしい
ことに表現方法が思いつかない。ただただ圧倒される。

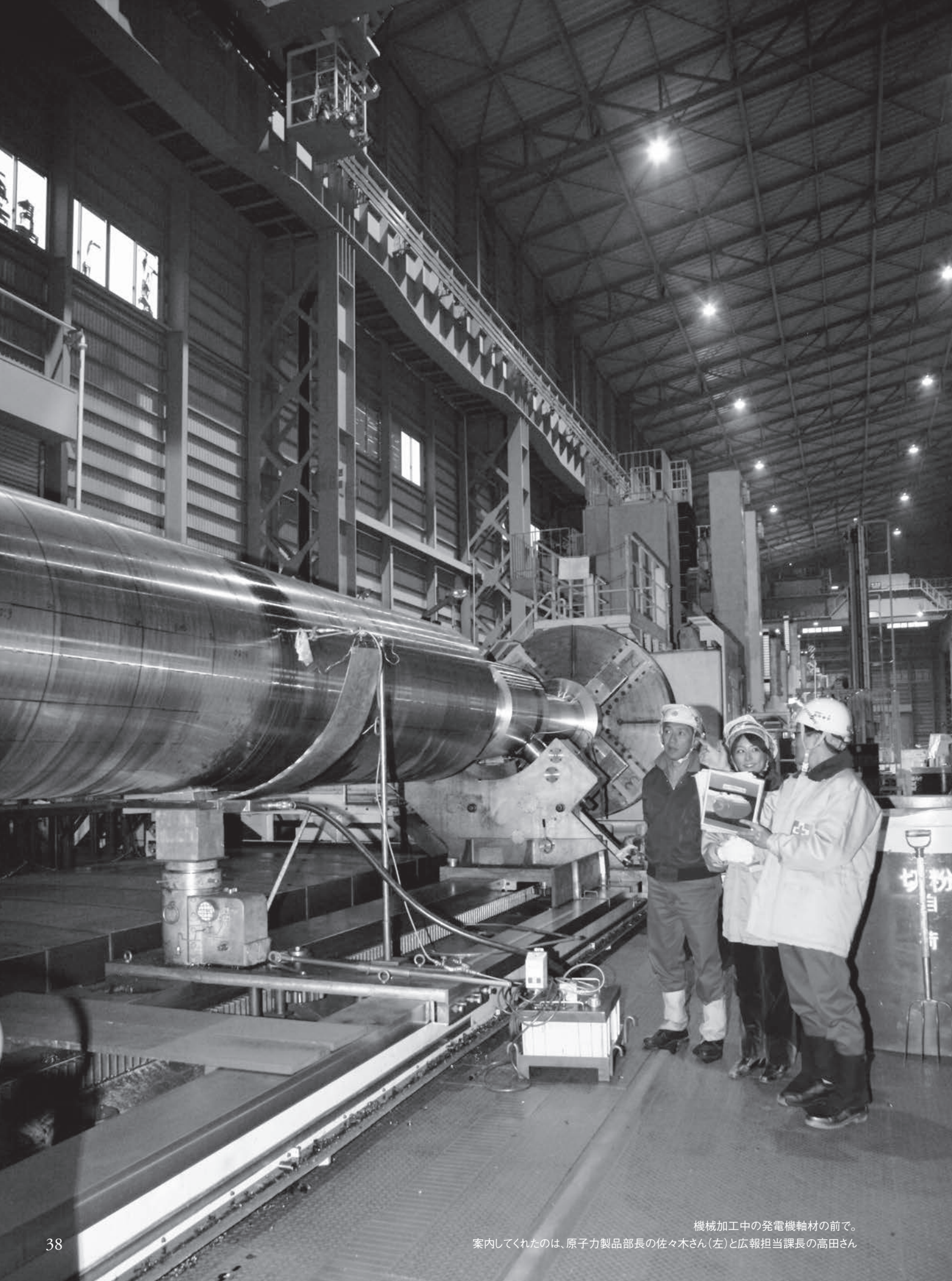
そのまま建屋内へ。ジリジリと焼けつくような熱気が
一気に体中を包む。

赤い塊の正体は、原子炉圧力容器部材(リング)の赤
ちゃんだ。加熱炉で一二五〇℃もの高温で真っ赤に熱せ
られた二五〇トンの鋼塊(鉄の塊)が、高さ一七・六m
もの一四〇〇トン油圧プレスで圧力をかけられ形を変
えていく(鍛錬作業)。真っ赤な鋼塊の表面では、パチ
パチと火花のように鉄の成分が燃え散っている。

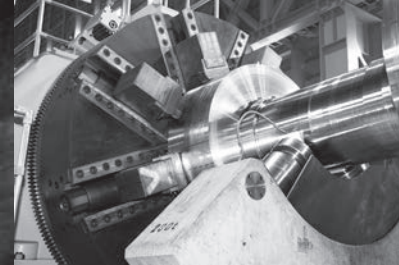
鍛錬工場は天井高約四〇m・横幅約四五m・全長
三五・三七五m。東京タワーの高さよりも細長く広が
るこの大きな建屋内で、巨大な鉄の塊がその姿を少しず
つ変えていく。場所もつくられるものも全てが巨大。ま
るで巨人の工場を見学しているような迫力と感動だ。

人の技術や経験に基づいた「勘」

周囲に目をやる余裕が出てくると、巨大な鋼塊の影で
コマメに動き回る青いヘルメットの姿に気づいた。その
小さな人影は手をあげたり横に振ったり不思議な動きを
しながら、真っ赤な塊の周辺を忍者さながらに素早く動
き回っている。「あれはコンダクターですね。この作業
の親方です」と、高田さん。工程を入念に確認しながら、
あらゆる方向からクレーンなどの機械操縦者に細かく指
示を出しているのだそうだ。どんなに機械の性能が進化



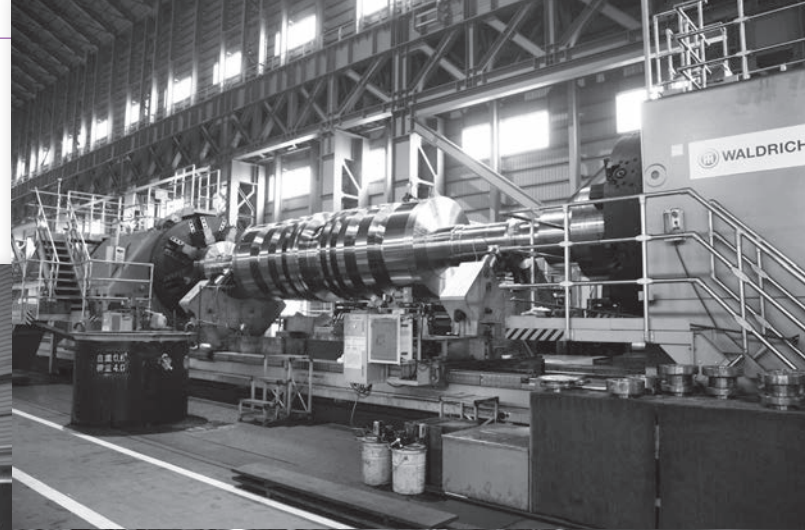
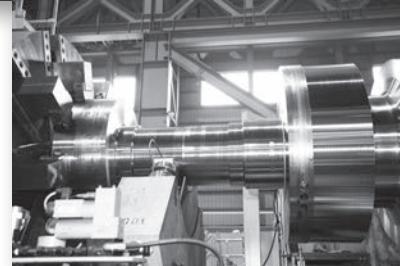
機械加工中の発電機軸材の前で。
案内してくれたのは、原子力製品部長の佐々木さん(左)と広報担当課長の高田さん



▶400t超大型旋盤で機械加工される
タービンロータシャフト(発電機の回転軸)



▲リサイクルに回される鉄屑



▲高田さんの後ろに見えるのは、機械加工中の一体型低圧タービンロータシャフト

しても、全てを機械任せにするわけではない。人の技術や経験に基づいた「勘」が重要な役割を果たしているのだ。見学スペースのガラスを触ると、暖かい。離れたガラス越しでも熱が伝わるのだから、すぐそばにいる作業員たちはさぞかし辛いことだろう。

「彼らは、塩をなめながら作業をしているんですよ。スタートすると途中では抜けれませんから、昼食もとらずトイレにも行かずに何時間も作業を続けるんです」と、原子力製品部長の佐々木友治さん。

オンリーワンの品質と安全性

「でもこれは、まだ小さい方です。六七〇トン、もっとすごい。直径が約四・五mもあります。この鍛錬作業を見た時には『迫力満点!』これが世界トップレベルの技術だ。こんな部材をうちの会社でつくっているのか」と、感動しましたよ。高田さんは振り返る。

鉄の塊・鋼塊は、あらゆる製品の元になる。他国でつくれるのは二五〇トン程度。日本製鋼所でつくる六七〇トンの鋼塊は、世界最大だ。

鋼塊が大きいほど、継ぎ目のない一体型の部材をつくりやすい。一体型は、①容器の構造健全性の向上 ②容器の製造時間の短縮 ③運転期間を通して定期検査の容易化による運転効率向上と検査員の被曝量軽減 など、メリットが大きい。

但し、大きくなるほど鋼塊の質を保つのも難しくなる。



▶日本製鋼所は日本で唯一、風力発電のブレード(羽根)を製造

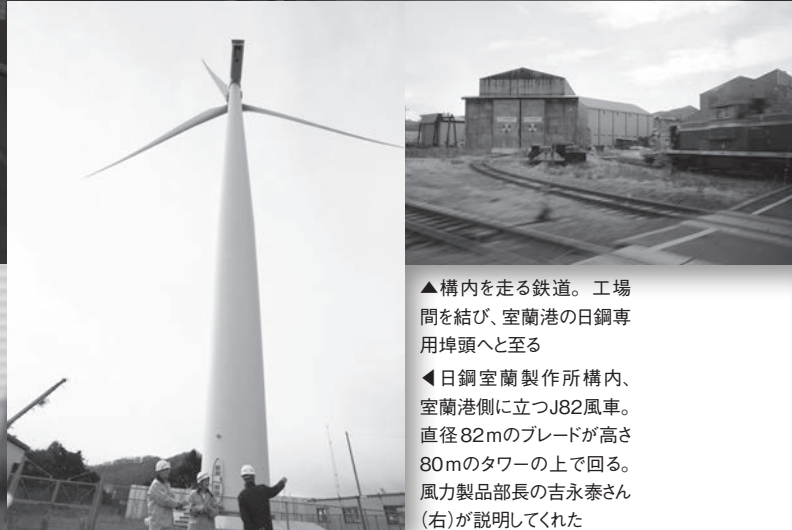
▼関連会社J-win社長の新庄浩幸さん(中央)と工場長の佐藤幸雄さんに案内いただく



▲総務部長の柴田基行さん



▲日鋼室蘭製作所副所長の中村毅さん

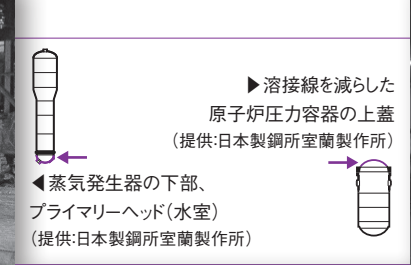


▲構内を走る鉄道。工場間を結び、室蘭港の日鋼専用埠頭へと至る

◀日鋼室蘭製作所構内、室蘭港側に立つJ82風車。直径82mのブレードが高さ80mのタワーの上で回る。風力製品部長の吉永泰さん(右)が説明してくれた



▲原子炉压力容器用の一体型上部胴(提供:日本製鋼所室蘭製作所)



▶溶接線を減らした原子炉压力容器の上蓋(提供:日本製鋼所室蘭製作所)

◀蒸気発生器の下部、プライマリーヘッド(水室)(提供:日本製鋼所室蘭製作所)

原子力発電所では、その安全性・信頼性向上のため高品質鋼材を必要とし、とりわけ原子炉の心臓部・压力容器などは作業要員の被曝低減のため、溶接線削減、つまり継ぎ目のないものが望ましい。日鋼室蘭製作所は、超大型鋼塊を鍛える高度な鍛錬技術や熱処理技術による高品質な大型化・一体化鍛鋼品に定評があり、ここでしか製造できないオンリーワン製品が多い。関西電力はじめ国内の電力会社の原子炉や蒸気発生器はもちろん、EPRやAP1000など第3世代プラス炉にも導入されている。



▲蒸気発生器の上蓋(提供:日本製鋼所室蘭製作所)



特に厄介なのが、液体から固体に変わる際に発生する気泡の存在。丁寧な圧力をかけてこの気泡をつぶしていかねければ欠陥品になってしまうのだ。そこで、製造途中で気泡や穴、傷などの有無をチェックする作業も行われる。身体検査さながらに超音波をあてて、内部の欠陥を探るのだ(超音波探傷)。

驚くことに、この工場で作られたものには欠陥品がほとんどゼロだという。この品質の高さが、世界からの信頼を勝ち取り、原子力発電所や火力発電所の安全面をも支えているとされる所以だ。

「今回の鍛錬作業は少々難しいんですよ。シンプルな筒状をつくるのは比較的容易です。でも、これは円錐形。少しずつ裾が広がるように計算しながらつくらなきゃいけない」と、佐々木さん。中国などの他国の技術力の進歩は、めざましい。だが、日本製鋼所をつくるこういった繊細で複雑な形は他がマネできないのだという。

「これがないと原子力発電所が建たないというような、オンリーワンの技術も多い。ですから、常にうちに優先的に発注がかかるんです」。高田さんは誇らしげに語る。世界に誇る技術は、他国の追随をも許さないのだ。

「機能美」と「技術力」

この敷地内では、他にもさまざまな種類の巨大な部材がつくられている。工場を回ると、製造された製品の「機能美」とその「技術力」に幾度となく驚かされる。

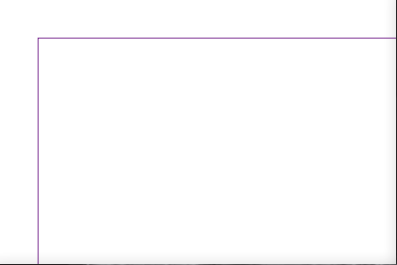
例えば、風力発電のブレード。長さ40mもの白い羽根が、日本刀さながらに美しいカーブを描く。なめらかな表面と二・三mmという薄さ、さらに同じ重量と長さの三枚の羽根がキッチリと揃えられているのだ。さもないれば、風を受けた時の騒音や回転の仕方に関わるという。火力発電や原子力発電用の「タービンロータシャフト(発電機の回転軸)」の姿も見事だ。ハチミツを絡め取る棒のようなその姿はピカピカに磨き上げられ、間近で見ると実に美しい。一つの芸術作品のようだ。よく見ると真ん中に穴が空いている。

「これを見るたびに、『うちの会社では戦艦「ながと」や「むつ」の大砲をつくっていたんだ。この形に大砲の技術が生かされているんだなあ』と思って、感慨深いですよ」と、高田さんは目を細めて見つめる。

日本製鋼所は明治末期、大砲の砲身や防弾鋼板などの兵器をつくる民間最大の軍需工場として誕生した。終戦後、その技術を平和産業へ転換。こうした製品に生かされているのだ。

技術技能伝承の「はがね塾」

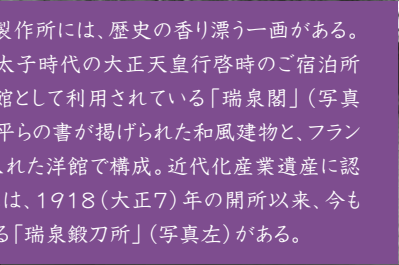
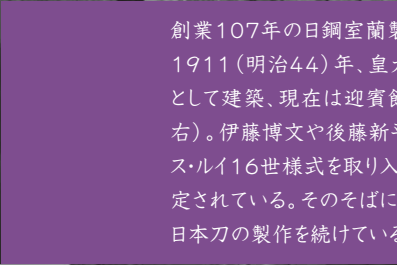
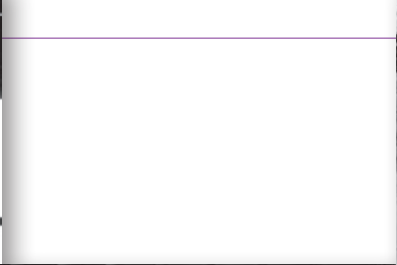
これだけの技術力を誇っていても、この会社を取り巻く環境は常に安泰とは言えない。例えば、原子力発電所。二〇〇七年以降の世界的な「原子カルネサンス」で一気に追い風の気運が高まったのを受け、新しい工場を建て増したところ、一一年三月の東日本大震災だ。受注の落



▲鉄の町・室蘭の工場夜景



▲瑞泉鍛刀所では、日鋼室蘭のものづくり・鍛錬技術のルーツとも言える作刀が行われていた



◀赤レンガの建物は、かつての火力発電所

▼瑞泉閣



▲伊藤博文の書

ち込みに加えて、電気代の値上げも容赦なく襲いかかる。そのため、一三年五月から従業員の約七割が毎月二日程度の休みを余儀なくされた。さらに休日を土日↓日月へと変更することで、電気代の調整も試みられている。この「耐えなければならない時代」に突入しても、変わらずに大切にしていることがある。技術の伝承だ。例えば一〇年から技術技能伝承のための研修「はがね塾」をスタート。新人や中堅社員向けに、実習や座学を行っている。講師には現場の監督職や国家試験（技能検定特級）を取得したベテランOBなど会社内の人材を活用。技術力と同時に、社員の精神面や横のつながりの強化にも力を入れているのだ。

ものづくりの原点、匠の技と心意気

「でも、究極の伝承といえば、ここでしょうね」。最後に高田さんに案内されたのは、鍛刀所だ。作業所には職人（刀匠）が二人。一人は加熱し真っ赤になった鉄を叩いて形を整えている。見覚えのある光景だ。そうだ！最初に見た原子力部材の鍛錬作業だ。大きさこそ違え、真っ赤に燃える鉄の塊が職人の手で形を変えていく。鉄の表面では、工場で見た巨大な鋼塊と同様に小さな火花が美しく燃えあがっている。その横では、刀の研磨作業が行われていた。持たせてもらうと、ズッシリと重い。しかし、ゆるやかな曲線や緻密な厚みといった繊細な仕事ぶりは、風力発電のブレードとも重なる。

「そうなんです。これが我が社の原点なんです」と、高田さん。日本製鋼所では、一九一八（大正七）年から刀匠が作刀を続け、美術品として販売もしているのだ。決して利益が出るものではない。それでも、工場で作られている巨大な部材製造の原点「ものづくり魂」と「技術技能伝承」のために、維持し続けているのだそうだ。

どんなにハイスペックな機械が導入されても、最終的には「人」の経験と技術が高品質なものづくりを左右する。そして、それが「人」の安心と安全につながっていく。そのためには、常に原点にかえて、「人」の手による「ものづくりの大切さ」を忘れてはならないのだ。

消してはならない「ニッポンのものづくり」の火。匠の技と心意気は、確かにここ、室蘭で燃え続けている。



結城 未来 ゆうき みく

灯りナビゲーター：フリーアナウンサー

東京都生まれ。フリーアナウンサーとして、多数のテレビ番組の司会やレポーター、CMなどで活躍。またインテリアコーディネーター、色彩コーディネーター、照明コンサルタントなどの資格を生かし、灯りナビゲーターとして照明の大切さを提唱。環境省ウェブサイト「節電ACTION!」などにも登場。著書『頭がよくなる照明術』『人を動かす照明術』『照明リフォームでお部屋の模様替え』など。新潟大学非常勤講師も務める。

<http://yukimiku.jp/>

ブラジルのエネルギー政策

二〇一四年のサッカーW杯、一六年のリオデジャネイロ五輪とビッグイベントの開催控え、世界の注目を集めるブラジル。BRICsの一面として経済成長を続け、国民生活も年々向上するなか、エネルギー消費は拡大の一途を辿っている。その需要はどう賄っているのか、今後の課題や展望は？――。東京・青山のブラジル大使館を訪ね、話を聞いた。

多様性に満ちた資源の宝庫

「ブラジルのエネルギー政策は非常に独特です。多様で豊富な国内の天然資源を生かした政策ですから、他の国が我々と同様の政策を採用できるわけではありません」

開口一番、少し誇らしげにそう語ったのは、今年一〇月着任したアンドレ・アランニャ・コヘーア・ド・ラーゴ駐日ブラジル大使。本国では外務省エネルギー局長を務め、二〇一二年六月に開催された「国連持続可能な開発会議（リオ＋20）」では主席交渉官として各国との交渉にあたるなど、エネルギー政策の専門家だ。

アラスカを除くアメリカより広く、赤道を跨いで南北に広がるブラジルの国土は、南米大陸の約半分を占め、アルゼンチン、パラグアイ、ボリビアなど南米一〇カ国と国境



イグアスの滝 ©Alexandre Marchetti/Itaipu Binacional

を接している。熱帯林が広がるアマゾン流域、起伏に富んだブラジル高原など、自然環境に恵まれたブラジルは、豊富な資源にも恵まれている。世界の今後五〇〇年分の需要を満たすといわれる鉄鉱石をはじめ、ボーキサイト、マンガン、ニッケルといった鉱物資源、そして高品質のウラン鉱床もある。

少ないとされていた化石燃料も、〇八年プレサル深海油田が発見され、またシェールガスの大きな埋蔵量も確認されるなど、石油・ガスは近い将来、自給率がほぼ一〇〇％になると見込まれている。

「三つの持続可能」を叶える水力

資源の少ない日本からすれば羨ましいほどの資源に恵まれたブラジルだが、「数あるエネルギー源の中でも最も重視しているのは現在も将来も水力だ」とラーゴ大使は言う。

「エネルギーを選択する際には、経済・社会・環境の『三つの持続可能性』を考慮する必要があります。例えば石炭は経済的・社会的な持続可能性は高いが、環境面では



アンドレ・アランニャ・コヘーア・ド・ラーゴ駐日ブラジル大使



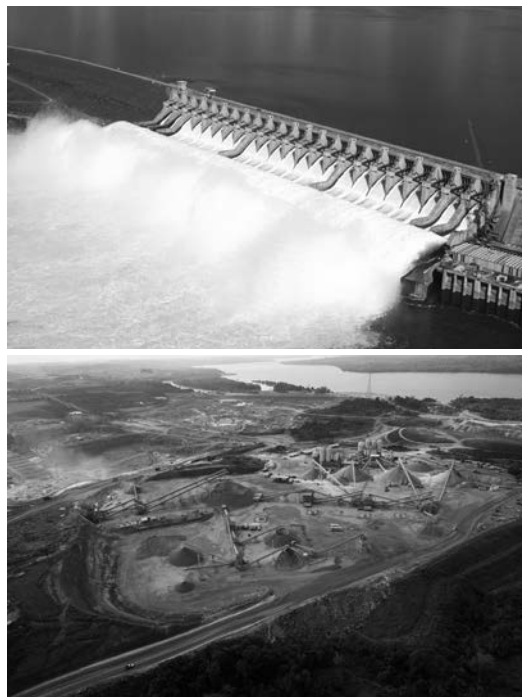
イタイプ水力発電所 ©Alexandre Marchetti/Itaipu Binacional

持続可能とは言いにくい。太陽光は環境的・社会的には持続可能ながら、経済的な持続可能性は証明されていない。しかし水力なら三つとも持続可能です」

流量世界一のアマゾンなど豊富な水資源を持つブラジルは、中国の三峡を凌ぐ世界第一位の発電電力量・約九八三億kW（二〇一二年実績）を誇るイタイプ発電所（パラグアイとの共同開発。出力一四〇〇万kW）をはじめ、大規模な水力開発プロジェクトを次々と推進。結果、水力の比率は総発電電力量の約八〇％を占めており、エネルギー自給率の向上や温室効果ガスの排出削減に大きく寄与している。



セアラ州の風力発電 ©Fotografia Eletrobrás



上／トカンチス川に建設されたツクルイダム
©Fotografia Eletrobrás
下／建設中のペロモンテ水力発電所
©Regina Santos/Norte Energia

世界はいま——BRAZIL

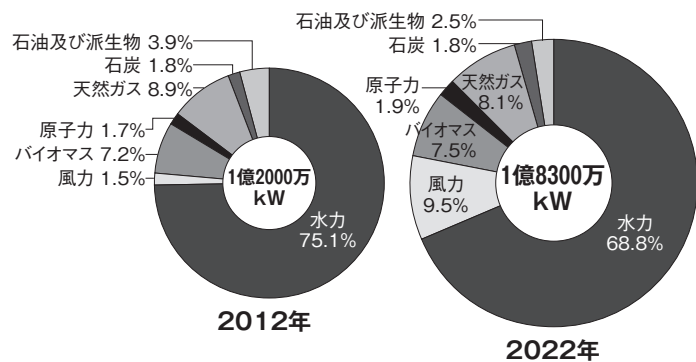
但し水力にも弱点がある。一つは降雨量の多寡に発電量が左右されるため、供給が不安定になりがちなことだ。○一年には渇水による電力危機に見舞われ、一〇カ月にわたって一五〜三五％の節電義務が課されたし、一二年には再び水不足で供給力が低下した。

もう一つの懸念材料は、大規模開発による生態系への影響だ。ブラジルでも水力発電のポテンシャルが高いアマゾン流域は同時に稀少な野生動植物の生息地でもあり、開発に否定的な意見も多い。

「初期に建設された発電所の中には、発電量の割に『水瓶』が大きすぎて、環境破壊につながった例もありました。大規模水力のイメージが悪くなってしまったわけですが、今は環境への影響を最小限に抑えるため、専有面積がより少なく、水深の浅いダムをつくる技術を開発しました」

その見地から現在、ブラジル北東部のアマゾン川支流で、流れ込み式の採用により貯水池の面積を縮小できるペロモンテ発電所の建設が進んでいる。出力一二〇万kW、完成すれば世界第三位の水力発電所となるそうだ。

ブラジルの電源別設備構成比



出所: PDE 2022 (www.epe.gov.br/PDEE/24102013_2.pdf)

一〇年で発電設備容量を一・五倍に

ブラジルが電源開発を急ぐのは、経済成長に電力供給が追いつかず電力不足に陥ることを避けるためだ。

国の貧困撲滅への取り組みが成果を挙げ、近年、約二億人の人口のうち約四〇〇万人が貧困層と言われるクラスDから中間所得層であるクラスC（世帯月収約七万〜三三万円）へと移行。中間層は一億人を突破し、電力需要は大幅な伸びを示している。

〇七年、鉱山エネルギー省（MME）は二〇三〇年までの「国家エネルギー計画」を策定したが、既に需要の伸びが予想を上回り、上方修正を余儀なくされている。

ラゴ大使は「まず必要なのはエネルギー効率の改善であり、この分野では日本から多くを学ばなくてはいけない」と言いながら、「現在の大きな課題は、できるだけ短期間にエネルギー供給量を増やすことだ」と明言する。

目標達成のためMMEが一三年一〇月に策定した「エネルギー拡張一〇年計画」によれば、二二年までの一〇年間で発電設備容量を、現在の一億二〇〇万kWから一億八三〇〇万kWへ約一・五倍に増やす。なかでも風力は現在の一八〇万kWから一七五〇万kWへ一〇倍も増やす計画だ。



サンタカタリーナ州の太陽光発電 ©Fotografia Eletrobrás

新戦力としての風力

拡大計画が始まる風力。一二年の発電電力量はまだ全体の一％未満だが、それでも一一年からの一年間で倍近くに伸びている。

「五年前まで風力は経済的に持続可能でないと見られていましたが、入札制度の導入で低価格化が進んだ結果、十分リーズナブルな発電が可能になりました」とラゴ大使。

実際、ブラジルにおける風力の発電単価は既に天然ガス火力を下回り、世界一安いとも言われている。このため、あまりに急激な価格低下を危ぶむ声もあるようだが、広大な国土には風力に適した地域が多いのも事実。日本企業の風力投資も増えているそうだ。

一方、太陽光はまだ小規模。灼熱のサンバの国ということで太陽光のイメージがあったが、力を入れているのはむしろ風力。しかも補助金を出しているわけではなく、入札。最低価格をつけた事業者が発電を担う形で、まさに市場経済のもとでペイしているのだという。

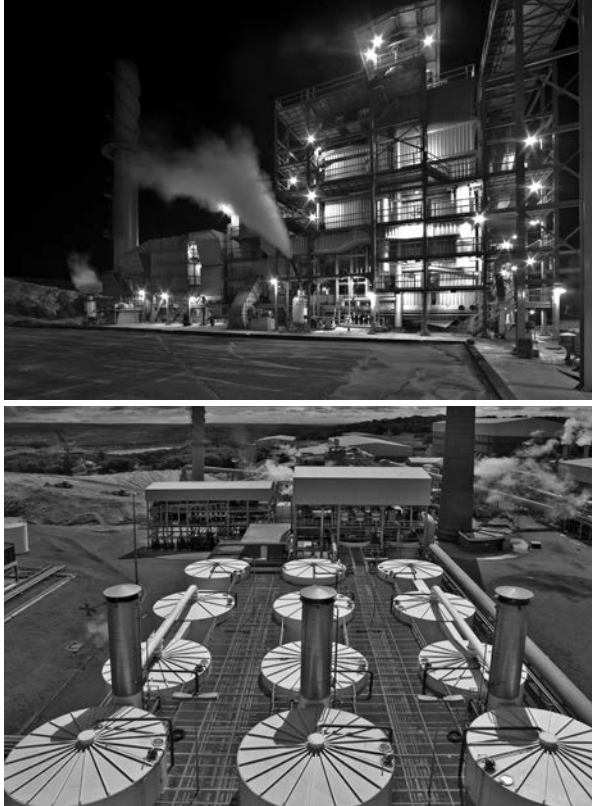
石油危機を教訓に磨いたバイオ技術

電力需要の増加に対し、風力の一〇倍増に加え、大半は水力増強で対応するが、火力も増やす見込みだ。とはいえここでも環境性は重視する。とりわけブラジルで特徴的なのはバイオマス発電だ。

「七三年の石油危機で一番大きな影響を受けたのは、おそらく日本とブラジルでしょう。このとき日本は主に電力が影響を被って原子力に向かい、ブラジルは輸送への影響が大きかった」とラーゴ大使は言う。

一九五〇年代、ブラジルは工業化政策の一環として、鉄道ではなく自動車・バス・トラックといった道路輸送を優先。結果、ガソリンの消費が増え、石油危機で甚大な影響を被った。

ブラジルはこれを教訓に、ガソリン代替としてサトウキビを原料とする燃料用エタノールの開発を推進。サトウキ



上／エタノール工場では砂糖とエタノールを製造。バイオマス発電により工場の電気も賄っている
©Cortesia UNICA/Foto Tadeu Fessel
下／エタノール貯蔵
©Cortesia UNICA/Foto Tadeu Fessel

を占めるに過ぎない。

リオデジャネイロ市の西、約一五〇kmの海岸沿いに位置するアングラ原子力発電所は、八五年に1号機（出力六五・七万kW）、〇一年に2号機（同一三〇・五万kW）が運転を開始。現在、一八年の運転をめざし、3号機（同一四〇・五万kW）の建設が進んでいる。

二〇二二年までの計画として具体化しているのはこの3号機だけだそうだが、それにしても、これだけの資源大国でありながら僅かとはいえ原子力をも推進する理由は何か。ラーゴ大使に問うと、「もちろん気候変動に影響を与えないという利点もありますが」と前置きしたうえで、「私たちは状況に応じて利用可能なあらゆるソリューションを備える必要があるからです」と明快な答えが返ってきた。ブラジルの国土には膨大なウラン資源も埋蔵されている。このリソースを使わない手はない、手放すことはないのだと。

ブラジルほどの資源大国でさえ、あらゆるリソースの活用を視野に入れている。

先頃、ブラジルは「国家エネルギー計画二〇五〇」の作成に着手した。経済成長を続ける資源大国がどのような長期計画を描くのか——「エネルギーは国にとって極めて重要なテーマ。私自身、本国で手がけていたので個人的にも非常に関心がある」。ラーゴ大使はそう言って話を結んだ。資源小国日本がその国情にあったエネルギー政策を描くかどうか、世界が見ていることを強く感じた瞬間だった。

取材・編集／田窪由美子

アングラ原子力発電所。手前が建設中の3号機、奥左が2号機、右が1号機 ©Acervo Eletronuclear



世界はいま——BRAZIL

上／全国システムオペレーションセンターの管制室
©Arquivo ONS
下／送電鉄塔
©Fotografia Eletrobrás



ビからのエタノール生産は食料不足を招くとの指摘もあるが、最新の工場では砂糖・エタノールのどちらも生産でき、生産後の絞りかすは肥料としてリサイクルされるほか、バイオマス発電の燃料として使われ、工場の電力も賄っている。さらに余剰分は電力会社へ売電されており、年間に売電される電力は一二一億kWh——ブラジル全体の電力需要の約二%を担うに至っている。

「サトウキビ産業は、一六世紀に生まれたブラジルで最初の産業です。それだけに前近代的なイメージを持たれがちですが、現在は非常に高度で洗練された技術によるエタノール産業に生まれ変わっています」とラーゴ大使は胸を張る。

そして原子力も。 あらゆるリソースを手放さない

一方、日本が石油危機で脱石油として舵を切った原子力は、ブラジルでは現在二基、総発電電力量の僅か二・七%

需給コントロールの「技」

原子力ゼロで迎えた冬——
しかしいつもどおり途切れることなく電気は届いている。
その舞台裏はどうなっているのか？
安定供給を支える中央給電指令所の所長に訊いた。



米満英二 関西電力 中央給電指令所長

●中央給電指令所の役割と需給調整の意義
——電気が足りないといわれるが、停電することなく電気は届いている。中央給電指令所がその調整を行っているのか？

お客さまに安定して電気をお届けするには、発電から送配電に至る電気の流れを総合的にコントロールすることが必要になる。つまり、電気の使用量と発電量のバランスを保つ「需給運用」と、電気の流れる道筋を守る「系統運用」が両輪となって初めて安定供給が実現する。

この需給運用を担うのが中央給電指令所（中給）だ。中給では、需給計画や発電機の運用計画などのオフライン業務を担当する日勤所員と、五人一班の五班三交替制でオンラインの需給調整を担当する当直員——総勢五五人の陣容で、関西一三五一万口のお客さまが使用する電気を、二四時間三六五日監視し、需給バランスの調整を行っている。

一方、系統運用を担うのは基幹系統給電所（基幹給）。送電線に流れる電気の量を、こちらにも二四時間体制で監視し、広域停電防止などを考慮した最適な送電系統を構成するとともに電圧を適正に保つ役割を担っている。

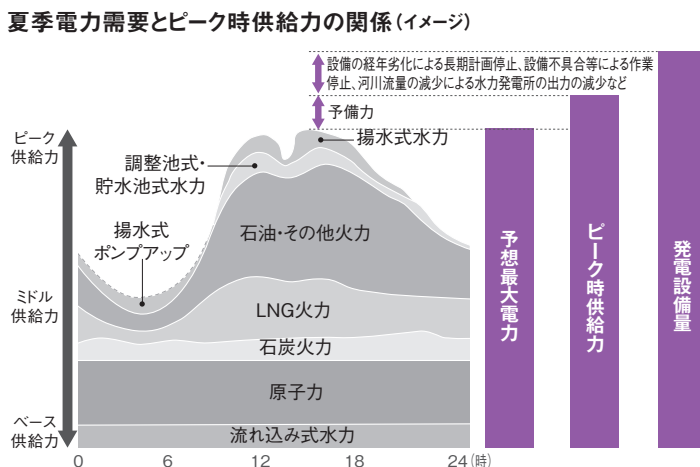
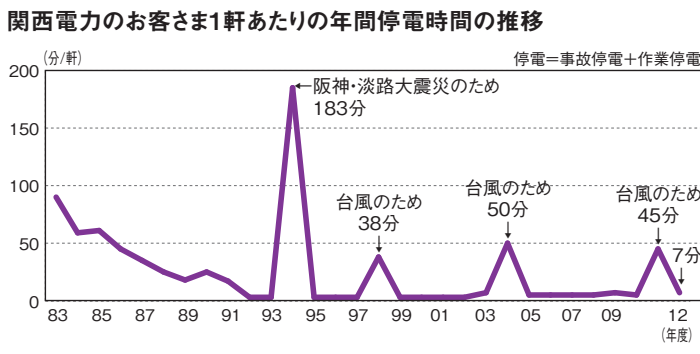
安定供給への責任が重いだけに、中給と基幹給は地理的に離れた大阪と京都に分散配置し、万一どちらかでシステムダウンが起きても相互にバックアップできるシステムを構築している。

場合がある。また、半導体工場では、○・何秒という瞬時の電圧低下でも操業が停止してしまう場合もある。もちろん求められる品質は千差万別だが、電気はお客さまごとに品質を変えるわけにはいかない。だから高品質の電気を必要とするお客さまのニーズにお応えしていく必要がある。

●時々刻々の需給調整
——需給調整といっても、この冬は供給予備率が三％とギリギリの状態だそうだが？

供給予備率、つまり最大電力需要に対する供給可能電力量の余裕割合が三％というのは本当に最低限。電気の使用量はプラスマイナス三％程度の間で刻々と変動するため、その調整分しかない、ということだ。

突然の発電機トラブル、水力の場合は異常出水や渇水で供給力がダウンすることがあるし、気温の僅かな変動でも電力需要が急増することがある。種々のリスクに備え、本来は七～八％の予備率が必要とされている。



中央給電指令所



——となると、まずは**需要想定が大事**？
それがスタート点だ。基本的に一年の電気の使用量は、夏は冷房、冬は暖房によって増加する。冬的一天で見ると、比較的気温が高くなる昼間に比べ、気温が低くなる朝と夕方以降の使用量が多くなる。だから天候、気温などの気象データをもとに、過去の需要実績、季節、曜日、イベントの有無など、さまざまな要因を加味して最大需要を想定。さらに各時間帯の電気の使用量を想定する。年間、月間、週間、翌日、と徐々に精度を上げていく。

——その**想定をもとに当日の需給調整に臨む**？

当日は、時々刻々変化する電気の使用量に合わせて発電量を調整し、周波数を六〇Hzに保つとともに、できるだけ安い電気をお届けするため、発電単価の安い発電機から動かすようにしている。これらを行うのがAFC（自動周波数制御装置）やELD（経済負荷配分装置）といった装置で、運転中の出力調整の大部分は自動でできるようになっている。

しかし発電機の起動・停止のタイミング判断は、人間が行う。刻々の状況変化に対し、数々の判断要素があり、答えは一つとは限らない。現状や先行き、さまざまな状況を想定して総合的に判断するのはやはり人間。当直員の技能・技術力にかかっている。とりわけ発電所トラブルなど緊急を要する場合、当直員は自らの判断

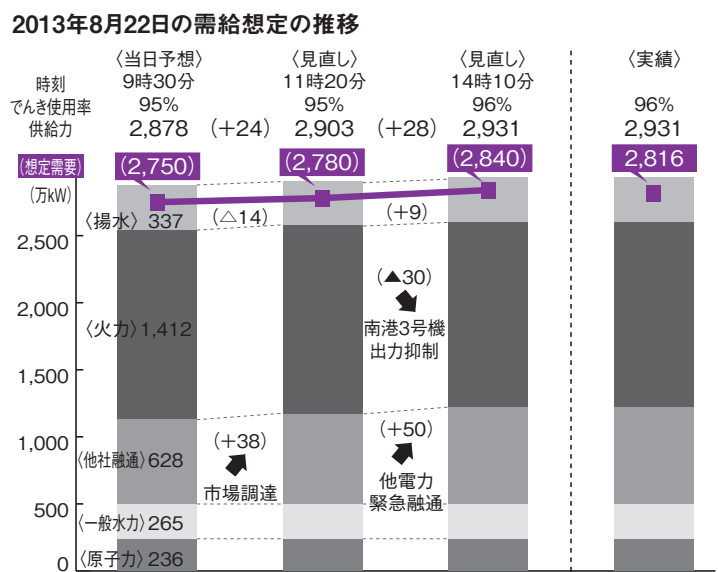
南港の復旧見通しが立たないなか、このままでは必要最低限の予備力も確保できなくなると判断。最後の手段として他の電力会社に緊急応援融通を要請した。実はこの日は関西だけでなく、西日本全体で需給が逼迫していたが、幸い、中部、北陸、中国、四国の各社から計五〇万kWを融通していただき、何とか最低限の予備率は確保できた。結局この日の最大電力は、東日本大震災以降の記録を塗り替える二八一六万kW。でんき使用率も公表を始めて以来最も厳しい九六％に達した。

に基づき、各発電所に対し電話で起動・停止の指令を出したり、自らタッチパネルに数値を入力して出力調整を行っている。

●**需給逼迫、綱渡りの夏の舞台裏**

——**一三年夏は猛暑でかなり需給が逼迫したようだ**が、どう対応したのか？

最も厳しい状況となったのは、大阪で一六日間連続の猛暑日を記録した八月二二日。この日は朝から気温と電力需要が上振れし、前日段階での予想最大電力二七一〇万kWに対し、午前九時半に二七五〇万kW、一一時二〇分に二七八〇



で厳しさを痛感した。

——**緊急調達した電気は高かったのでは？**

電力会社間の緊急応援融通は予め値段が決まっているが、市場から調達するときはその時々の市場価格。当日の卸電力取引所価格は、五三・五〇円／kW^{*}で、通常の平均単価一六・八七円／kW^{*}と比べると、三倍以上割高。これは市場原理だから仕方ない。我々としては必要な供給力を確保するのが最優先だと考えている。

●**原子力ゼロで迎える冬への備え**

——**猛暑の夏を終え、この冬は厳冬の見通しだが、どう臨むのか？**

この冬の需給見通しは、需要が最大電力二五七六万kW、供給力は二六五五万kWと、先ほども話したとおり予備率は三％だ。原子力が動かず、安いベース電源がないなかで、お客さまに節電いただくことを需要想定に織り込むとともに、供給力面では他電力からの融通にも期待せざるを得ない現状は、安定供給を使命とする者としては歯がゆい限りだ。とにかく今ある電源で、最大限経済性も追求しつつ安定供給に努めたい。

——**供給力不足のなかでは落雷・豪雪などにによる送電系統トラブルには、より気をつけないといけない？**

もちろん。危険が予想されるエリアの送電線



編集後記

イノベーションに関する国際競争力ランキングで、日本は2007年の4位から12年には25位に急落。ハイテク産業のシェアは、中国が1995年の3%から2010年19%に急伸する一方で、日本は27%から13%にまで低下したそうです(13年6月閣議決定された「科学技術イノベーション総合戦略」より)。

経済成長の原動力となる日本の技術力はどうなっているのか、現代社会の機能維持に不可欠なエネルギーに関する技術はどうか?——今号は「日本の技術力とエネルギー」をテーマに、「鼎談」では原丈人さん、山口彰さん、大場恭子さんを迎えて議論いただくとともに、続く「オピニオン」では、技術と文明、ロボット技術、新型原子炉、蓄電技術、省エネ技術という5つの分野で、5人の識者・専門家にエネルギー技術への視点を提示いただきました。そして「エコルーツ紀行」では、実際のものづくりの現場へ。結城未来さんと北海道室蘭に「世界の原子力を支える日本のものづくり技術」を訪ねました。

また「世界はいま」では、2014年サッカーW杯開催で注目されているブラジルのエネルギー政策を取材しました。

経済成長で電気が足りないブラジルとは理由が異なりますが、同じように電気が不足気味の日本。「かんでんFOCUS」では電力安定供給を支える需給コントロールについて訊きました。厳冬。とはいえ、ここでもう一段自らを鍛えれば新しい季節を迎えられる。そう信じ、新しい『躍』をお届けします。

躍

題字 森 詳介(関西電力株式会社 取締役会長)

『躍』(やく)という誌名は、皆さまとともに「躍進」「飛躍」していきたい、また皆さまにとって「心躍る」広報誌でありたい、との思いを込めて名づけました。

『躍』の内容はホームページでもご覧いただけます。

<http://www.kepco.co.jp/yaku/>

発行●関西電力株式会社 広報室
 発行人／保田 亨 編集人／渡辺俊一
 〒530-8270 大阪市北区中之島3丁目6番16号 電話06-7501-0240
 企画／編集●株式会社エム・シー・アンド・ビー

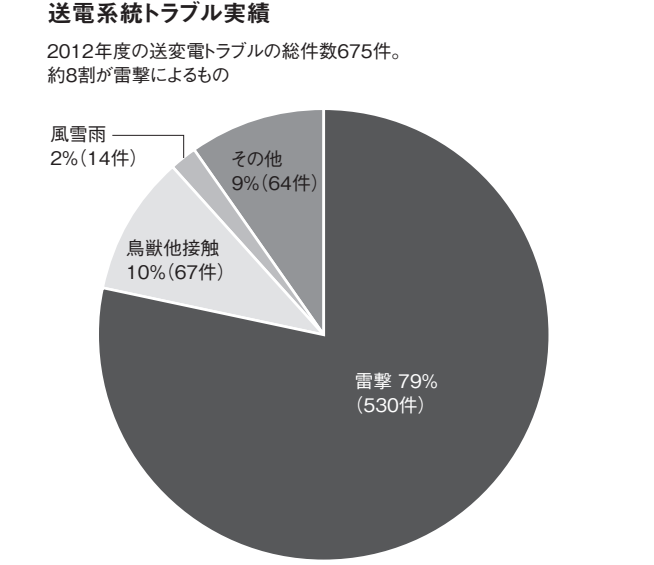
今号の取材は2013年11月20日までに実施したものです。

に流れる電気の量を抑制したり、送電ルートを迂回させるなど、大規模停電の未然防止や迅速な復旧による停電時間の最小化に努め、発電所や設備保守担当箇所はもとより系統運用を担う基幹給と支店・支社給電制御所、そして中給が一体となって対応していく。

——**不測の事態に備えた訓練も実施している?**
 我々は緊急時にいかに迅速・的確に対応するかが問われており、いざという時にやるべきことがしっかりとできる訓練に力を入れている。他電力との緊急応援融通の調整など平常時とは異なる業務が緊急時には次々と出てくる。対応を間違えたり後手に回ると大規模停電につながりかねない。

だから中給では、大規模事故時の復旧スキルを習得やチームワーク向上のため、シミュレータを用いて年間およそ六〇日、一九〇ケースに及ぶ多様な事故復旧訓練を実施。復旧操作の基本動作を身につける単純なケースから、過酷事故を想定した複雑なケースまで、どんな不測の事態が起きても迅速・的確な復旧対応ができるよう備えている。

中央給電指令所シミュレータ室での訓練



●**今後の課題と抱負**
 ——**再生可能エネルギーの導入や発送電分離など、需給調整に変化をもたらすような動きが進んでいるが、対策は?**
 太陽光や風力は気象条件によって出力が大きく変動するため、大量導入が進めば、周波数の乱れや余剰電力の発生を引き起こす可能性がある。既存電源と異なり、エネルギー源が「自然」だから柔軟な出力調整ができないため、リアルタイムでの出力把握や事前の出力予測が重要になる。関西電力は、これら出力把握や予測の技術開発に取り組みと同時に、蓄電池を活用した需給制御技術の開発にも取り組んでいる。

また発送電分離については、中長期的な電源確保や事故時の復旧など、一貫体制のもとで維持してきた安定供給を損なうことのないよう、分離を補完するルールやしくみを整備していく必要があると考える。我々も実務を担ってきた者として、これまで培った知見を活かし課題解決に努めたい。



中央給電指令所シミュレータ室での訓練

——**最後に今後の抱負は?**

私は担当者の頃からおよそ一四年間、系統運用・需給調整に携わってきたが、電力自由化の進展による新電力の参入や卸電力取引所の開設など、需給調整業務もいろいろと様変わりしている。

今後も電力システム改革で大きな変化が予想されるが、喫緊の課題は、原子力の再稼動が不透明な状況においても、お客さまに安定して電気をお届けしていくために、自社電源に加え卸電力取引所なども最大限活用して、供給力の確保に努めること。引き続き需要動向や電源トラブルなどにも細心の注意を払い、安全・安定供給の達成に向けて、強い使命感を持って取り組んでいきたい。

躍

