

科学の 峰々

99

取材日：2018年12月12日
東京科学機器協会会議室

京都大学工学研究科教授・工学博士

まえ かずひろ

前一廣先生に聞く

環境プロセス工学と化学工学が切り拓く 20世紀型工業社会からのパラダイムシフト

下

聞き手：南 明則	日本科学機器協会 広報副委員長
高橋 秀雄	〃 広報副委員長
西岡 光利	〃 広報委員
梅垣 喜通	〃 編集長
岡田 康弘	〃 事務局長

(取材・撮影・編集協力：クリエイティブ・レイ(株) 安井久雄)

前一廣先生のプロフィール



学
教授

1980年 3月 京都大学工学部化学工学科卒
1982年 3月 京都大学大学院工学研究科化学工学専攻修士課程修了
1982年 4月 株式会社神戸製鋼所入社、化学校術研究所研究員
1986年10月 京都大学工学部助手
1992年 5月 京都大学論文博士(工学)学位取得
1994年 3月 京都大学工学部助教授
2001年 2月 京都大学工学研究科教授(化学工学専攻)～現在に至る
2008年10月～ 京都大学教育研究評議員(併任)
2011年 3月
2014年 4月～ 公益社団法人 化学工学会 会長
2016年 4月
2018年10月～ 京都大学産官学連携本部副本部長(併任)

〈現在の研究分野〉

マイクロ反応工学／環境プロセス工学／バイオマス転換工学

〈受賞〉

- 日本エネルギー学会論文賞3回(1992年・2002年・2006年)
- 日本エネルギー学会進歩賞(1994年)
- 第7回国際マイクロ反応工学会議(IMRET7)
- ベストポスター賞(2003年)
- 化学工学会研究賞(2008年)
- (財)日本油脂会館 優秀論文賞(2012年)
- 日本エネルギー学会 学会賞(2014年)
- 粉体工学会論文賞(2017年)



産学官との連携

AIとIoTの活用により
攻めの姿勢で問題解決を

—前号では、大型プラントで発展してきた化学産業が、今や小さな工場・モバイルの工場などになりうるその進化を、先生が開発したマイクロリアクターなどの技術革新がもたらしている、という話を伺いましたが、そこにはAIやIoTも組み合わされてくるのでしょうか。

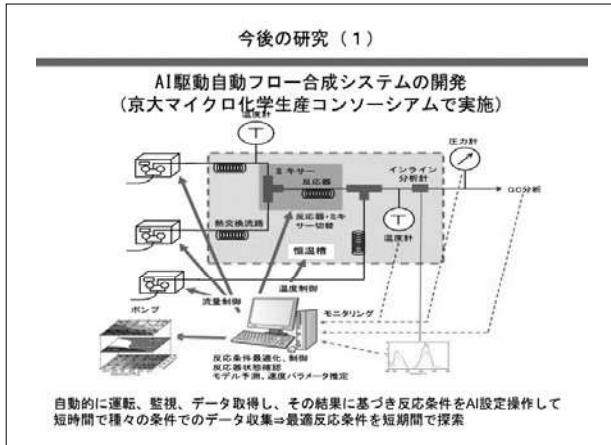
前 これからのモノづくりを含む化
学工業の重要なキーワードは、AI、
IoT、炭素循環も含めた新エネル
ギーです。

勘違いをしてはいけないことは、AIやIoTはあくまで手段です。意義がはき違えられてAIやIoTを使うことが目的になってしまっていることをしばしば目にしますが、あくまで目的達成のために使うツールのひとつです。

それを踏まえたうえで、これから
の生産システムを考えると、科学
機器メーカーの方々にも大きく関わ
ることですが“末端の機器はとにかく
シンプルに”ということが必須にな
ります。

というのは、技術革新のスピードはすごく早いので、たとえ最先端技術を組み込んだ機械を導入しても、数年もすれば使いものにならなくなります。最先端のコンピューター制御などと言っても数年もすれば時代遅れです。だから末端の機器は“単純に加熱する”など、もっとシンプルにして、その制御は“クラウドからの通信で行う”ことを考えないといけません。つまりシステムの

頭と体を切り離す考え方です。頭の方をクラウドにして常に最新に更新して行けるシステム、それを通信でつなないだシンプルな末端機器が生産ラインで稼働するという仕組みです。



—全体のシステムを見下ろしたうえでの科学機器開発が必要なわけですね。

前 その点は企業の垣根を越えて、科学機器協会のような団体が中心となって、業界全体でコンセプトを作り上げていくことも大切だと思います。

またAIやIoTはジェンダーの問題解決にも寄与します。女性のパート労働者や体に障がいがある方でも化学プラントで働くようになる、そんなジェンダーフリーの作業環境がIoTを使うことで実現可能になるのです。

今、ジェンダーの問題は現実的な生産効率などにあまり言及されないまま、女性や障がいがある方の雇用率を論じたりすることが多くあります。それだけではポジティブな解決法と言うには不十分だと感じます。そうした方々が他の社員と同じ生産効率をあげる仕組みをAIやIoTを使って作ることが必要であり、またそれは可能なことなのです。

どんな人でも、熟練の知識がないパートタイマーの方でも、ボタン

ひとつで簡単にオペレーション出来る生産システムや化学プラントをIoTで作りあげるということです。

これは決して大げさな発想ではありません。例として自動車の自動運転技術を思い出してください。どんな人でも道路を安全に自動操縦、自動制御で走る技術が実用化を視野に入れてどんどん進化しています。それを考えると、その場から移動しない“自動運転の工場”は必ず出来るのです。

これが従来からのパラダイムシフトということなのです。

現在の社会が抱える課題を「守り」ではなく「攻め」の姿勢で解決していく、AIとIoTはその可能性を広げてくれるわけで、その手段として活用していかないといけません。

— そうした新しいシステムには、エネルギーもこれまでとは違う考え方が必要なわけですね。

前 そうです。“オール電化、CO₂フリー”そのうえで“全自動運転”的な化学工場というものが十分可能だと思います。

産学官との連携

更に化学工業と環境の問題を考えるうえで、プラスチックのリサイクルは非常にゆゆしき問題です。

リサイクルを進める課題としては、対応出来る科学技術の開発もちろんですが、その前に制度設計が大切です。リサイクルというのは消費者を通して戻ってくるものなので、消費者が積極的に行いたくなるインセンティブを社会として作ることが大切です。つまり社会学的な要素と融合した技術開発ということになります。

もうひとつ違う考え方をすると、プラスチックの生産時に廃棄に対応する技術を組み込む発想もあります。例えばプラスチック内のある物質の濃度が一定に達すると、埋め込んだマイクロカプセルから触媒が飛び出して、環境に負担をかけないように分解するといったような考え方です。プラスチックは日本国内のみでなく世界中に流通するものですので、廃棄物が自然環境にダメージを与えないようにするには、そうした考え方も検討が必要だと思います。

また100年単位で未来のことを考えると、日本国内でプラスチックを減容化させてストックしておくことで、200～300年先には資源に活用できると個人的には思っています。なかなかそこまで先のことを真剣に考えててくれる機関はないのですが、解決の考え方には色々なアプローチがあると思います。

— こうした「攻めの問題解決」は、他の分野でも制限を設けなく色々な方面から検討がなされるべきでしょうね。

前 これだけの科学技術がある、またAIやIoTがここまで発展してきたからこそ、さまざまな問題の解決手段は色々あると思います。

例えば、IoT機器は身に着けるウェアラブルのものも出現し、障がいがある方の身体活動をサポートするものなどが知られてきています。ウェアラブルの場合は電源の調達が大きな問題ですが、生体電源、つまり体から電源が獲得できないかといったことも研究されています。

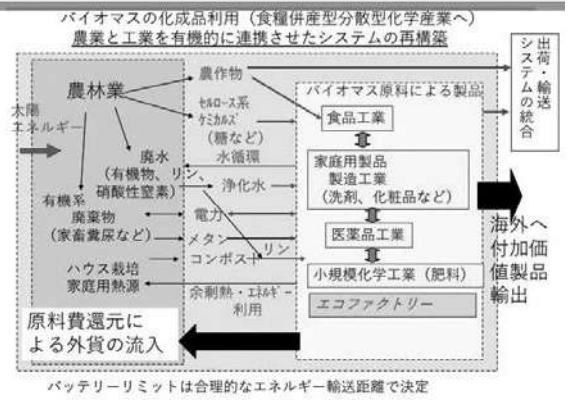
またもっと進化して、BMI=ブレイン・マシン・インターフェイスのIoT技術は必ず広まっていくと思います。これは「一人一人の脳波を使ったIoT」です。

分かりやすい例を言うと、脳波がパスワードになるのです。今、色々なパスワードを皆さん使っていると思いますが、脳波は一人一人違つて絶対に同じものは出来ないです。ある音楽を聞いた時に出る脳波は、その人固有のものが出来ます。その脳波をキャッチして、ロックされたものが開く、といった具合です。つまりこのパスワードは誰にも盗めないのです。

BMIが進むと両手が開くので、IoTを使ってさらに複雑なことが出来ていくと可能性がさらに広がります。

また少し話が飛びますが、娯楽の面でもIoTを使ったVRが広がっています。これまでと違う価値を生んでいるのはご存知の通りです。もっと広がると思っていて、VRメガネをかけてヨーロッパ旅行といったプランが旅行代理店から出てくるのも遠いことではないと思います。

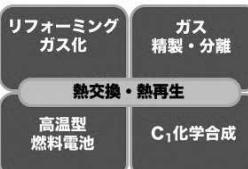
今後の研究（2）



今後の研究（3）

電力／化成品原料のコプロダクションシステム開発

炭素資源を燃やすことなく発電し、CO₂を出さず(あるいは他からCO₂を取り込み、その代わりに地上で安全に長期間貯蔵でき、基幹化成品として使える二次資源をつくりだすことを、再生可能エネルギー・資源に頼らずに実現するシステムを提案する。



従来のスケールアップによって高効率化する技術とは異なるスケールアウト技術の統合体

モジュール化が必須
・改質器/SOFC一体型マイクロリアクターモジュール
・膜分離モジュール
・合成ガス転換マイクロリアクターモジュール

産学官との連携

IoTの話ついでに申し上げると、私自身のお葬式は皆さんに動画を配信して、よろしければちょっと手を合わせて…くらいに思っています。忙しい中、私の葬儀に足を運んでいただくのは時間がもったいなく、申しわけないです。バーチャルの時代というのは、そういうことだと思います。

そして社会的なことで言うと、もつとIoTを“攻め”に用いるべきだと思うのは「防災」です。これまでには災害が発生することが前提で、その時に人を守るためのアプローチばかり考えられてきました。

しかし日本国内で地震や天災は頻繁に起きていて、世界を見ても同様の状況があります。地球温暖化の問題とも関係して、従来の海流の動きや季節風の動きも昔とは変化してきている、伴って気象も変化してきている、という状況があるわけです。例年、自然災害によるダメージは世界規模で相当なものとなっています。その解決は、起きた後でなく、起きる前に防ぐ「減災対策」に取り組むべきと考えています。

—AI、IoT時代の科学の可能性は無限にあるだけに、人がどうそれを扱っていくのか、ということが問題になりそうですね。

前 地球環境問題、人類の問題と話が大きくなると、多様な考え方があるわけなのですが、ひとつ言えることは「あと戻りが出来ない」ということです。産業革命の前に戻ろうといつても、タイムスリップのボタンを押して戻すことは出来ないわけです。

これまでにも人類で危機とされたことはあり、食糧危機をアンモニアの開発で危機を脱した、あるいは疫病の危機にペニシリンの開発で対応出来たなどの事柄を経験してきました。

そうした中で豊かさを享受してきたのですが、悲しいかな、ある意味地球上に存在するものを使い尽くしているわけです。それを生んでしまったのは科学なのですが、その問題を解決するのも、科学以外のオプションがない、ということは言えると思います。

人類の発展は、科学技術とコミュニケーションでもたらされてきました。ですから解決にもそれが必須のものであることは間違ひありません。2015年国連サミット加盟国の全会一致でSDGsが採択されたことは大きな成果だと思います。

そしてもうひとつ、さまざまな現代の問題を「地球の大問題」と考えることは、おこがましい考え方かもしれないとも思います。

人類よりはるかに長く存在している地球上では人類の問題は大したことがないかもしれません。

技術が日進月歩だからこそ人材育成の大切に尽きる

—先生は産官学連携のプロジェクトにも多く携わっておられます。その連携の中で、学問と社会や産業界のつながりのあり方をどのように感じていますか。

前 これまで色々な企業の技術指導なども含め、延べ30社前後の

プロジェクトに携わって16～17の事業化や新商品に成功した事はありますが、個人的な目標としては在職21年になるので21個は行おうと思っています。

しかしそうした実用化や新商品を作ることよりも、産官学や産学の連携プロジェクトが最も大切なのは、そのことを通して人材育成が出来ることに尽きると思います。先ほども話ましたが、どんな新しい技術を創り出しても、今の時代は数年後には陳腐化する宿命にあるのです。ですので、モノや技術を作ること自体よりも、それを生み出す発想を持つ人材を創り出すことが大切なのです。

私は大学の研究というのは社会に貢献していくこそ価値があると思っていますが、その貢献が一番出来るのは、新商品を創り出すことよりも、何より人材育成という面にあると思います。

私の夢や思考の原点は町工場の長屋で育まれた

—先生のお話からは、科学分野にとどまらない広い視野からとらえた「哲学」のようなものを感じます。こうした思考の原点を教えていただけますでしょうか。

前 哲学のようなものとおっしゃいましたが、私に限らず、しっかりと物事に取り組んでいるとそれは自ずとついてくるのだと思います。研究者もひたむきに研究しているうちに哲学が出てくるのではないでしょうか。

産学官との連携

私自身のことを振り返ると、中学生の頃は考古学を志向していました。「邪馬台国は畿内にある」ということを証明して自分が論争に終止符を打つのだ!という情熱に燃えて、大学の先生について万葉集をひもときながら山道を歩き、独学で古語を勉強して日本書紀を読んでいたのです。

今思うと、分からることは自分で学び、自己研鑽して答えを出そうとする研究の基本姿勢は、中学生の時に培われたように思います。

—考古学ということは、そもそも文系の学間に興味をお持ちだったのですね。

前 中学生までは文系に興味がありました。しかし父親の猛反対で理系に転向しました。父親は鋳物工場、といっても本当に小さな町工場を営んでいました。その父に「うちはその日暮らしの町工場なんだから、頼むから考古学はやめてくれ」と言われたのです。

私は大阪生まれで、生まれた当時は長屋の三畳一間です。大阪の中でも結構ディープなところで、銭湯に行くと立派なものを背中に馴染んだ方々をあたり前のように目にしていましたよ(笑)。

とした零細の町工場でしたので、不景気の時の暮らしは結構きついものでした。1ヶ月ご飯にゴマ塩だけかけて食べることもありました。あまりにひどいので、見かねた長屋のおばちゃんが食べさせてくれました、そういう時代でした。そんな体験があるのでどんな環境でも

生きていける自信はありますよ(笑)。

父は、私が高校生で大学受験の勉強をしていても「勉強しないで行ける大学はないのか?」と言っていました。父の工場を手伝いながら高校に通っていたわけですが、父親としては、勉強するより工場を手伝ってくれ、という思いだったわけです。

—そんな少年時代であったとは驚くばかりです。考古学から理系に進路を変える中で、今の研究につながる出来事はあったのでしょうか。

前 考古学の夢を諦めざるをえなくなったら、一冊の本がきっかけで新しい目標を見つけました。実は公益社団法人・化学工学協会が出した本だったのです。理系といっても何をすべきかと書店でいろいろな分野の専門書を見ている中で、「ケミカルエンジニアリングのすすめ」という本に出会い、プラントエンジニアリングの道に進もうと決意しました。

それまでの考古学の夢を捨てて選んだ道なので、絶対に自分自身が納得できるようにしないといけないという思いはずっとありました。

ただ、高校で何を一番勉強させられたかというと、実は倫理社会なのです。大阪の天王寺高校で同級生にサッカーの岡田武史・元監督がいました。その理系のクラスにいても、倫理社会を徹底的にやらされるわけです。受験対策の勉強なんて全然しない。その中で、デカルト、ニーチェ、カントといった哲学をはじめ人文系のことをものすごく教育されました。それも教えられる

というより、長い期間をかけて、自分で調べてレポートを提出するような教わり方でした。

—普通で言う理系の範囲に、限定されない教育だったのですね。日本の理科教育についても伺いたいと思います。お話を聞いていますと“理科”に限定しての質問自体がふさわしくないように感じました。

前 思っていることを察していただいたいようです。まずは、理科教育ということでなく何でもよいので「学ぶことに興味を持てるか」ということがものすごく大切だと思います。

その興味にもつながりますが、実体験しながら学ぶということが重要です。実体験というのは、学ぶことがビジュアルとして目に見えるか、ということを含みます。やはり中学生、高校生の理科で実験が少なくなっていることは非常に問題があるように思います。実験だけでなく、企業の工場見学であってもよいのですが、社会にあるものがどんな仕組みで出来ているかを目にするだけで、興味が湧き、教えられたことがスムーズに知識につながっていくわけです。勉強というのは机上のことだけではないですよね。そういう機会を作つてあげることは大切だと思います。

そして理系・文系と分けた教育システムは、好ましくないと思います。理系の知識を扱うにしても全て常識が動かないといけません。そのためには人文の知識がないと判断できないのです。

産学官との連携

今の時代は、皆がスマートフォン、パソコンに親しんでいるわけですから、10回に1回はインターネットで興味を持ったことを自力で調べさせてみるということなども良いと思います。ウィキペディアではダメですよ。自力で発見していくということです。

理科教育のことを掘り下げる、理論を教えるといつても「理科ってこういうところに、こういう時に役に立つのだ、使えるのだ」ということを伝えることに重点を置くと、もっと若者への興味が浸透していくと思います。物理にしても化学にしても、きちんと使うことで世の中のものすごく役に立つということを、具体例とつなげながら伝えることが重要だと感じます。

若者にとって、今の時代はかつてないビッグチャンス

一中高生、さらには科学研究の次代を担う若い人材に向け、伝えたいことを教えていただけますか。

前 中高生の方々は特に「好きなことやってください」と申し上げたいです。そのうえで人さまに迷惑かけないことは心に刻んで欲しいです。とにかく興味を持って自分の好きなことを突き詰めていけば、道は開けると思います。

私は若いころ異端児と言われてきて、先輩の先生方をずっと困らせてきたにもかかわらず、随分可愛がっていただきました。歴史を振り返っても、新しいことは必ず異端から始まるのです。異端がやがてマジヨリティになってきたときに新しいもの

科学の発展で起きた問題の解決法は、やはり科学の中にあります。“攻めの問題解決”は多方面で可能なのです。



が社会実装できてくるわけです。

その推進力はやはり若い力です。多少のむちゃはいいから、若い力で思い切ってやってみたらどうかということが最大のメッセージです。

そして世間では若い世代は元気がない、など色々と言う人もいますが「若い人々にとって今はかつてないビッグチャンスだ!」と言いたいです。というのは、昔は年功序列があたりまえでした。でも今は、年齢は関係ないです。自分がしっかりとやれば年齢を飛び越えて、リターンを得られる時代なのです。そういうポジティブな考えを持って、目標に向かっていって欲しいと思います。

最後に、科学機器メーカーへのご要望やご意見はございますか。

前 さまざまなことが進化する中でも「物事を計測する」ことは全ての基本となるもので、これからも非常に重要なことは間違いないわけです。ですので科学機器が求められる場はこれからも限りなくあります。

大学で若い人材を教育している立場からの希望は、科学機器にどこかアナログ空間的な感覚を残して欲しいと思っています。実験や

分析では、複数の計器を俯瞰して見ながらオペレーションをして、その中で異常があるとか正常に進んでいるとかを分析するのですが、デジタル制御だと人の直観力を失わせると思っています。人が見て「おかしい」とか「これは何だろう」という感覚は必要だと思います。

どういうことかというと、データが重要なのは当然なのですが“データの目利き”を養成することが大切なのです。

そして、新しい発見や分析は、既存の分析器で出来ないからこそ“新しい”ものになるので、そういったところは、研究者と科学機器メーカーと協力しながらやっていくことも大切だと思います。

最後にひとつ付け加えますと、科学機器はこれから絶対必要なのですから、業界も前途洋々なはずです。それは申し上げたいです！

—前先生のポジティブな思考、姿勢に元気をいただきました。

次号「科学の萌芽」は、引き続き名古屋大学大学院 環境学研究科 横山 智 先生に「納豆の起源」についてお話を伺います。