

特集「グリーントライボロジー」特別座談会

トライボロジーが拓く低炭素社会 第3回

トライボロジーに求められる分野・セクターを超えた総力の結集



開催日：2012年3月16日
 会場：機械振興会館（東京）
 出席者：坂本修一 文部科学省 ナノテクノロジー・材料開発推進室長
 森田清三 日本表面科学会会長（大阪大学教授）
 岡島博司 トヨタ自動車(株) 技術統括部 主幹
 熊田喜生 日本トライボロジー学会会長（大豊工業(株)技術顧問）
 益子正文 日本トライボロジー学会副会長（東京工業大学教授）
 コーディネーター
 足立幸志 （東北大学教授）

「場」設定の難しさと可能性，さらにはその場の開放性と，あるところからの情報の秘匿性に関するマネジメントの必要性，出席者からは現実論としてより具体的な討論が始まる．場を作ることは新しいトライボロジストの育成にもつながるテーマとなった．

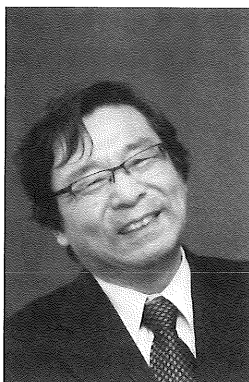
足立 実際には問題がいろいろあり，そのような開かれた，議論をする場を作るというのは益子先生がおっしゃられるように大学人だけでは難しいかと．ですが何らかの制度，何らかの場づくりは非常に重要かと思います．森田先生，いかがでしょうか．

A Round Table Talk : Green Tribology

Tribology-Pioneered Low-Carbon Society (Part 3)

Collective Resources Beyond Field and Sector

大学人の興味の幅を オープンに、広く



森田氏

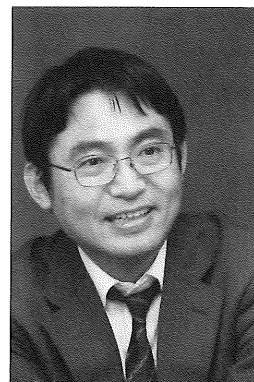
森田 場づくりとは違う話になるのかもしれませんが、分析評価の人たちってというのは、ある困ったことが会社から持ち込まれたときに『こうなっていました』と返すのが日本のやり方なんです。ある半導体の人から聞いたのですが、アメリカの分析評価の人から、お宅のプロセスを総合的に評価して、それで歩留まりを1%上げたら報酬を幾らくれますかと申し込みをされたことがあると言うんです。つまり分析評価というより基礎のところから見て全体の実業みたいなものをコーディネートする、あるいは評価して良くするところまで彼らは興味を持っているんですね。やっぱり日本人は、私も大学にいて忸怩たるものがあるんですけど、興味の幅が非常に狭い。もうちょっとオープンマインドで広いものに興味を持ってほしい。もっとオープンにディスカッションしなければならない。

でもそのときにも一つ引かなかったのは何かというと、プロセスを総合的に評価するためにはプロセスを全部見せてください、となるわけです。が、プロセスなんか見せられませんよと(笑)。要するに手の内を全部さらけ出してくださいということなんです。それはよっぽどの信頼がないとできない。

研究のマネジメント 開放かつクローズドに

坂本 それは非常に重要な政策問題で、我々も取り組みつつあります。まずオープンにディスカッションするという大切さ。それで実際コミュニケーションして課題が特定されて、じゃ取り組んでみようとなる。本当は離れているところでもコラボレーションというのは可能ですが、本当は一箇所に集まってやるほうがいい。少なくとも若い方は一箇所に集まって、やる。コミュニケーションした結果、実践してみる。その成果、途中で情報発信して、もっと広い学会の中で議論される。

学問分野を超えただけではなくて、セクターをも超えて産学官で議論を経てきた課題を実際に取り組んでみるんです。拠点があって、その拠点が、学会も一つだけではなくて、いろんな関連する学会に常に情報発信し、それぞれの学会の関心を集めて、議論してもらおう。これは面白そうだ、こんなアプローチもあるんじゃないかというのが出てきたら、またそれを議論して実践する場に取り込んでいく。そうすると流動性が必要になってきますね。新しい課題を持ち込んでくるのは人ですから、人が入ってこなきゃいけない。そういう開放性というか流動性を持った一箇所に集まれる拠点と、その拠点を軸にした学会連携。そういう仕組みができないかと、そう我々は考えています。少なくとも国の直轄プロジェクトがあってもいいと思っています。特にナノテクノロジー分野です。産業界からも期待の大きいこの分野は、サイエンスは非常に大事であるというアピール、それは産業界の技術改革につながる可能性のある分野です。学会がそれぞれの専門領域を超えて議論する。議論するだけではなくて課題が実践されると。そういう仕組みを作ることがたぶん国直轄プロジェクトの非常に重要な部分じゃないかなと。



坂本氏

ここで我々がもう一つ問題になると思うのは、開かれた場というのは成果公開の原則が貫かれなけれ

ばならない。でもそこからもっと先の技術課題についてはクローズドでなければならないと思うんです。

オープン、成果公開をする研究活動、ここでは学生さんもどんどん入ってきてくれると思います。でもクローズドでは非常に厳しい情報管理が必要になってくるだろうと思います。

そこをどうやって大学が、あるいは研究機関が、きちっと仕切りをつけて双方マネジメントできるか。このマネジメント力も問われているのです。このマネジメント力が出てくると、たぶん産業界の研究課題は大学、研究機関にどんどん持ち込まれてくるはずですよ。

岡島 持ち込みます (笑)。

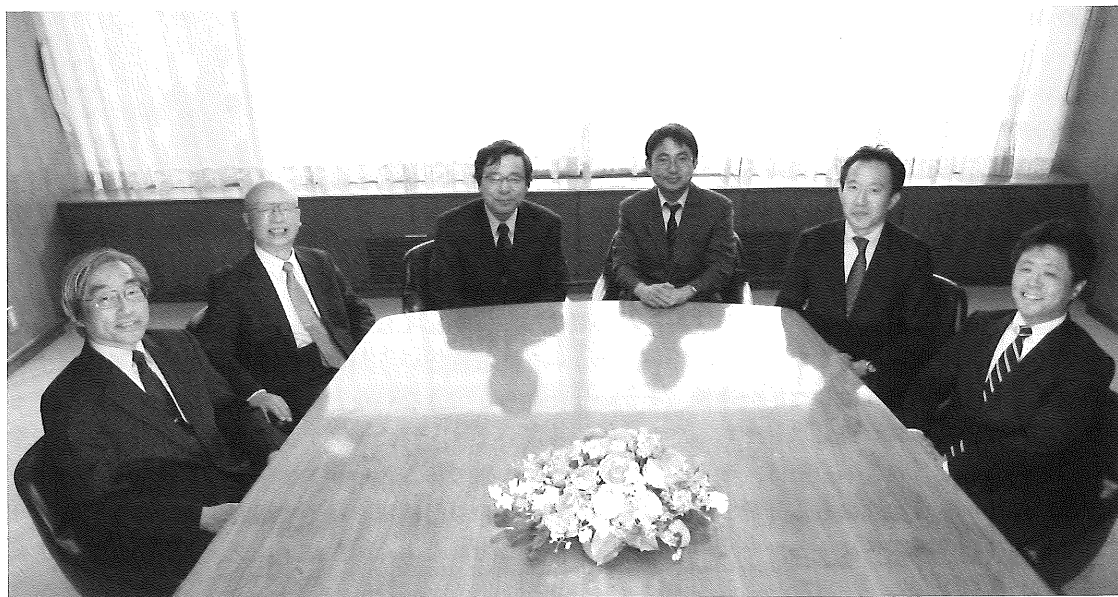
拠点の例として

坂本 これを言うと怒られる方も多いと思いますが、日本の大学はそこが非常に未熟です。アメリカには、有名なニューヨーク州立大学のアルバニーという半導体研究の一大拠点があります。あるいはベルギーのアイメック (IMEC) という拠点。ここではオープンとクローズドの研究の場を大学、研究機関が主体となってがっちり押さえているんです。そのマネジメントをどうやっているかは、我々も分析できていないです。少なくともそのモデルは日本にはまだない。そういうところに日本の企業がどんどん投資しているんですよ。

そのパートナーシップを日本では是非作りたい。それが我々文科省の願いです。一緒に大学や研究機関の先生たちと作りたい。

森田 アメリカの場合は軍があって、学会と結びついているところがあるんですね。ここはすべての学会員にオープンだけど、この部分はアメリカ国籍の人以外には公開しない、というところがあるんです。

そういうところが会社との関係でも生きてくるし、守秘義務というものがしっかりしているし、逆にギブアンドテイクについても成立している。日本の場合だと昔は会社の人が菓子折り一つ持ってきたらなんでも喋ってくれたというのがあったんです。それを聞いて会社に帰ってレポート書いたりしたとかありました。トライボロジー学会というのはもともと特許などに密接に関係してきましたから、その点



手前、左から益子副会長、熊田会長、森田氏、坂本氏、岡島氏、足立氏

しっかりしていたと思いますけれど、ですが基礎の部分の先生はそのへんは弱いし、はっきり認識もしていない。逆に会社の人からすれば利用はできるけれども信頼できないというのかな、そういうところはあります。

坂本 ここはぜひ、文科省としては、大学・研究機関が産業界と一緒に産学共同研究の場を作っていかなければならないということを言っていきたいと思います。どちらかだけではできないと思います。本当に重要な技術課題に密接に関係していくという分野こそ、まさにそういうマネジメントを効かせた研究システムというのを、お作りいただく領域なのかなと思うんです。

オープン・クローズドマネジメント



岡島氏

岡島 まさにその通りだと思います。先ほど不具合の話とかりコールの話をしましたけれども、本当に社内だけで原因究明と対策が迅速に立てられますかということ、やはり難しいときもあります。この学会のこういうところで、あるいはそういう拠点のところで調べれば原因が分かるということだったら、それは持っていきます。ただし、非常にセンシティブな情報なので、機密には大変注意を要すると。ただそれによって解決が早くなるということであれば、我々はぜひ活用したいです。

足立 今までとは全然違う拠点のあり方、学会のあり方を指向していかないといけないし、それをすることによって、これからの発展が大いに期待されますね。

お話が尽きませんが、もう一つ大切なテーマについてお話をうかがいたく思います。最終的にもものづくりをするのは人であるということを考えますと、やはり人材育成は新しいトライボロジーを志向するためには不可欠な要素だと思います。将来のトライボロジーを創る人材をいかに育成するかという問題は新しいトライボロジーを考えるうえで、非常に重要かと思います。大学における育成、企業における育成とそれぞれの面から、まず益子先生いかがでしょうか。これからの人材育成にはどのような視点を入れていくべきだと思いますか。また、先ほどのマネジメント能力をも持つ人材を育成するために、どのようなところが課題になり、どんな作戦がありえるか、そのような視点からご意見がございましたら。

益子 逆に教えて欲しいぐらいです（笑）。

いま、大学の教育ではゼネラリスト（他分野での知識・能力を持つ人）を作る、というところになんか舵を切られていますよね。スペシフィック（特定の、詳細な）な研究者であってはいけなと、それはその通りなんです。でもそれがかなり高じていて、それぞれ、トライボロジーだけではなく、いろいろなところで専門家が育てていない。それが技術伝承に非常に支障をきたしているのは事実です。そこをどうやっていくかというのが我々大学人に突きつけられている問題だと思います。残念ながらここで解は言えないのですけれど。

ゼネラリストを作るという思考は間違っていない。短期間の中で専門家かつ将来マネージャーになれる人材をどうやって育てるかというのは、単に私のフィールドの弟子を作るのではないのです。将来のマネージャーを育てて



益子副会長

いくというのをね、やっぱりやらなくてはいけない。

その中でも、トライボロジーに興味を持つというのは残念ながら一発ではいかないですよ。その前段階として、リスクがあってもチャレンジする人間というのをまず育てる。プラスそれが理系への興味につなげる、ということまで掘り下げないと、そういうチャレンジングな人間を育てるということをやまずやって、そのあとトライボロジーにどう向けさせるか、それは学会としてもいろいろやっていけばいいんです。

大学生になってから、こっちに目を向けさせようとするのはちょっと遅いんですね。やっぱりもうちょっと子供のときから、理科は面白いというのを育てたい。実は今の子供は理科が好きなんです。そういう理科が好きで小学生ぐらいの子供が、育っていくと現実的になっていく。その理由は何かという親なんです。親が自分の子供にチャレンジさせない。安定志向になっているんです。

ごめんなさい、ちょっと回答になっていませんでした。

若者のやる気・興味 新しい研究アプローチ

坂本 益子先生が指摘された教育の問題はその通りだと思います。我々行政ももっと力を入れにやいかんかと思っておりますのは、それぞれのご家庭で親御さんと子供たち、大学に入っていきような若い方に、やっぱり興味とかやる気とかを引き出すためにはどうするかということなのです。いろいろな視点があると思いますが、少なくとも私どもは、これは非常に社会的に、あるいは国家的に重要な課題なんだ、これが克服できれば世の中変わる、これにぜひ取り組んでみないか、と若い人に訴えたい。先ほど産業界とアカデミアのコミュニケーションと言いましたけれど、我々行政も、大学の先生方も、これは国家としてやらにゃならん課題なんだと、これはすごい大きな問題なんだとアピールする。それに入ってこないか、参加してくれないかと呼びかける。できるだけ具体的に、抽象論じゃなくて、ナノテク、材料は重要ではなく、もっと具体的にトライボロジーは重要なんだと、レアメタル代替材料が重要だと。

学問として、サイエンスとしてもこれは非常に面白いよと。これは行政も伝えますが、常に大学の先生は伝えていただきたいんです。ここで、森田先生がおっしゃっていたように、個々の分野、領域に閉じこもっていたのでは問題の捉え方に限界があると思っています。これは元素戦略を検討していたときに東工大の先生がよく言われたんですが、旧態依然とした学会で若い人が育つはずがないと。なぜか。絶対面白いと思わないから。どういうことかということ、ものすごいでかい山がある。しっかりとした伝統を持つ学会で、若い人にとって、その大きな山の上に石ころを一個乗つけることがどれだけ面白いんだ、だったら若い人はほかのところに行くよ、ということなんです。

これは元素戦略のことなのですが、ちょっと見方を変えると、先ほどの材料組成と理論解析と構造解析の融合ということですが、学問分野の再構成をして課題を解決するというのが今求められている、やらなければいけない。アプローチを変えたら全然違うサイエンスが生まれる、研究が生まれるという時代になってきた。そういう形で若者に新しいアプローチをやってみないかと言いたい。既存の分野、領域に新しい視点を加える。そこに少しでもプロGRESS（進歩、発達、発展）があったら、それをアカデミアと、産業界も評価してあげてほしいのです。

既存の分野、領域に沿ったらそれなりに成果が出るでしょう。新しいアプローチではなかなか出ないかもしれないけれども、ちょっとでも出たら評価してあげる。そういう仕組みを作る。これは今まで100年ぐらい取り組まれているけれども世界で誰もやってない。オレは新しいことやってるんだ。東工大の先生は、そういう人材が古い学会の中で出てこなければダメだというんです。それを先生は『下克上』と呼んでいるんですが（笑）。下克上を起こすようなプロジェクトにしなければだめだと元素戦略

についてはおっしゃっているんですよ。

トライボロジーについても、アカデミアの先生方には課題解決というのは単に技術課題のために、学術的関心を抑えて技術課題の解決に貢献してくれというのではなくて、課題解決というのは新しい切り口を生み出す、そういうためのものであると捉えていただきたいと思っています。それは産業界にとっても課題解決につながり、かつサイエンスの発展にもつながるという点で同じです。

岡島 その通りだと思いますね。優秀なサイエンティストというのは、その殻の中でしか生きられないんじゃないなくて、モチベーションを与えてあげられれば、ちゃんとエンジニアリングに橋渡しをすることってできるはずですよ。別にゼネラリストじゃなくてもいいんです。二足のわらじでもいい。融合することで別の視点という場を与えてあげる。あるいはモチベーション、それをやることで得られるものが大きいとか。そういうチャンスを作ってあげる。それが重要なんです。

既成概念をどう破るか

益子 先ほど僕が言ったゼネラリストというのは単語がちょっと違うかもしれませんね。ですがしっかりとした分野を守ろうとすることと、境界領域を育てようとするのが必ずしもうまくいかないんです。きっちりとした分野、領域をやれと文科省も言います。例えば僕は化学工学科ですけども、化学工学というのは、キッチリとした教育カリキュラムを構築して、工学の教育というものはこういうものと教えます。おそらく機械、電気も同じことを言われていると思います。そういうものをしっかり明示したうえで教育をなさいと。そういうのを突き詰めて考えれば考えるほど、境界領域の教育というのはなくなるんですよ、当然。

でもそれじゃダメなんですよ。中心部分を維持しつつどうやって境界領域に活性を見出すかというのは、なかなか難しいんですよ。

もう一つだけ。

例えばトライボロジー学科みたいなものを作っちゃいけないんです、絶対。いろいろな分野、領域の中に、かならずトライボロジストがいるようにしたい。それを上手く、大学だけでいうならば、文部科学省に誘導して欲しいんですね。トライボロジーをやっている人がいろいろな学科や専攻に必ずいる。材料にいる機械にいる化学にいる、物理にいるっていうのをまず作って頂ければ、トライボロジー学会としては、そういう人を集めて、今お話の出た、集まって話し合う場にする。

今までの学会の反省を込めて言うならば、研究発表会はやったことの発表です。だけどそうじゃなくて、何をしましょうよという発表の場を作るのもいいかなと思うのです。

坂本 大事なことですね。

益子 それはまだ大学だけではできないので、先駆けて学会がそういう場を作っていくというのはありえると思うのです。

坂本 実は先ほど申しました拠点形成と学会連携との組み合わせというのは、元素戦略でもやろうとしていまして、先日応用物理学会で元素戦略の話を見せていただいたのですが、物理、化学、応用物理、金属、セラミックス、鉄鋼、磁気学の七つの学会、協会で元素戦略をテーマに年次大会などの中でシンポジウムをやっていたいただいています。この3月、4月連続してやっていただくんです。

今まさにお話いただいたように、そこでの元素戦略の議論は、何が行われているじゃなくて、何をやるかということです。自分たちの学問分野でこの切り口でなにが生み出せるかということを議論して

いただく場を作り始めているのです。トライボロジーもこれ、できるといいですね。

元素戦略のようにテーマを決めて いろいろな分野・学会がやること

足立 そうですね、私、司会なので意見を言う立場ではないのですが(笑)、元素戦略というのは国家プロジェクトとして成り立っていて、その中にいろいろな学会が存在しています。トライボロジーというのは一つの学会という位置づけではなくて、極端に言うと元素戦略と同じようなチームですよ。カテゴリーとして科学とか表面科学とかと同じように、と考えると、トライボロジーで学会ができてしまったことが良くなかったのかもしれない。



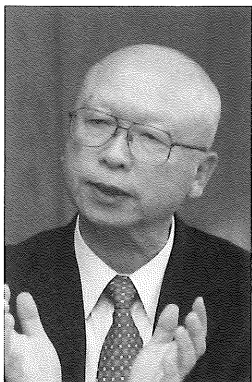
足立氏

森田 いやいや、そんなことないですよ。

足立 もうちょっと続けさせてください。トライボロジーというのはもっと国家戦略的な位置づけに置かれるようなものかと思ったのです。結果的にそれを学会で作りに上げていくことが大事なのかと。今学会と申しましたけど、作り上げていくのはいろんな分野にトライボロジーが入っていくという形。たとえば機械だけではなくて化学にトライボロジーが入っていて然るべき、物理に入っていて然るべき、そういうふうになっていくことが、人が増えてトライボロジーの裾野が広がっていくということ。そんなふうにトライボロジーが進んで行けたらいいのではないかなと思ったのです。

いろいろな学会のやること 企業の場合

熊田 いま学会とか大学のお話がありましたが、企業も全く一緒です。ある大きな自動車会社の場合、ある有名な副社長さんなのですが、彼がトライボロジーの重要性を分かって、材料開発の部署、設計の部署、開発の部署にそういう専門家を置いているんですよ。そういう会社は確かにあるんですけど、そうじゃない会社も結構ありましてね。我々が学会として企業にアプローチする場合でも、どの人にアプローチしたらいいのかということさえもはっきり分からない企業があるほどです。これは企業の経営の話になるものですから、我々どうこういうことは大変難しいんですが、そういうふうにトライボロジーを広げていけたらいいというのは学会としての我々の望みです。そうできればいろんな話題も課題も我々に見えてくるということもあるでしょうし。



熊田会長

足立 まだまだお話はたくさんあると思います。が、締めに入らせて頂ければと思います。今日、いろいろなトライボロジーの意義、グリーンイノベーションというところからスタートして、もっと新しいトライボロジーはどうなるべきかという点では、大学も変わらなければいけない、異分野融合をする場を持たなければならない、それを広い視野で見られる人材を育てなければならないなど、たくさんのお話をいただきました。トライボロジー学会の思いというのもあったと思います。トライボロジーはグリーンイノベーションとしても非常に重要だと我々は思っているのですが、森田先生と坂本さんの方からトライボロジーへの期待、今後のかかわり方についてお話いただければと思います。

森田先生、表面科学会とのコラボレートも含めて最後にお話いただけますか。

トライボロジーへの期待

省エネルギー

森田 やはりトライボロジーの行き着く先は省エネルギーだと思います。いろんな意味でエネルギーのロス部分を少なくして欲しい。そういうことをすることで、同時に実は環境問題、地球温暖化を含めた問題の解決にもつながると期待しています。

トライボロジーというのは大昔の特許制度が始まったころ、いえ、その前のピラミッドを造ったころからの本当に古い学問の一つです。だけど古いにもかかわらず、まだ解決しきれていない大きな問題もあります。そろそろ、それに取り組む時期に来たと思います。それに必要な技術、例えば大型の計算機とか道具立ては揃いつつあるかなと。この時期に新しい突破口を開くことができれば、日本の新しい大きな柱になるという気がします。日本の特徴としては先進国の行き着く先の一つは、トライボロジーに新しい突破口を見つけるというのがあると思います。どうすればいいかということ議論する場、あるいは知恵を出し合えるような場というところが必要かと思います。

足立 ありがとうございます。坂本さんいかがでしょうか。

坂本 熊田さんからトライボロジーという言葉が1966年にイギリスで、というお話がありました。原油が削減できるというメッセージと共に発せられて注目を集めた。この状況というのは、全然変わってないというか、ますます大きくなっていると感じました。震災の後ですけれども、科学技術・学術審議会のナノテク材料委員会が審議をさせていただいたとき、ある先生から言われたことがあります。前のオイルショックのときに、世界のエコノミストは、もう日本はダメだと言っていた。今まで大量エネルギーの消費、石油を消費して重工業を発展させてきた日本はダメになるんじゃないかと。ですが日本は見事に石油代替、あるいは省エネルギーで乗り切った。オイルショックを経つても経済成長を成し遂げた。その日本が今この震災に遭い、電力供給の不安定化というのは非常に厳しいですけれども、いまこそさらに乗り越えていかなければいかん。日本はできると。そのためのナノテクノロジー材料なんだとおっしゃった。でなければいかんと。いや、本当にありがたい言葉をいただいたなと思ったんです。そういう意味でこのトライボロジーはまさにそのど真ん中にあるわけです。ぜひ、『産業は学問の道場である』という言葉トライボロジーで実践していただいて、それは大きな技術課題の解決に貢献する、新しいサイエンス、そして新しい人材を生み出していただく、そういう場になっていただきたい。我々もそういったことを後押しするような施策というのを考えていきたいと、あるいは立ち上げていきたいと思っています。ぜひご協力をお願いしたいと思っています。

足立 大変貴重なご意見をいただきました。ありがとうございます。

出席者プロフィール（各回共通）

坂本 修一（文部科学省 ナノテクノロジー・材料開発推進室室長）

現在の所属：文部科学省研究開発局 研究開発戦略官（核融合・原子力国際協力担当）

マサチューセッツ工科大学大学院原子力工学科修士課程修了、京都大学博士（エネルギー科学）。専門は原子炉物理学、エネルギー政策学

平成4年旧科学技術庁入庁。最近の所属は、文部科学省研究開発局宇宙利用推進室長、地球・環境科学技術推進室長、大臣官房会計課予算企画調整官、総務課副長

森田 清三 (日本表面科学会・会長, 大阪大学教授)

現在の所属: 大阪大学産業科学研究科・産業科学ナノテクノロジーセンター

大阪大学大学院理学研究科修士課程物理学専攻 修了, 大阪大学大学院理学研究科博士課程物理学専攻 修了,

東北大学助手 (電気通信研究所), 東北大学助教授 (電気通信研究所), 岩手大学教授 (工学部電子工学科), 広島大学教授 (理学部物理学科), 大阪大学教授 (大学院工学研究科電気電子情報工学専攻) を経て大阪大学特任教授 (産業科学研究所産業科学ナノテクノロジーセンター)

主な研究・開発: 高性能原子間力顕微鏡の開発と応用

岡島 博司 (トヨタ自動車・技術統括部・主幹)

現在の所属: トヨタ自動車(株) 技術統括部 主査 担当部長

平成 3 年 3 月 名古屋工業大学大学院工学系研究科物質工学専攻博士前期課程 修了

平成 3 年 4 月 トヨタ自動車(株)入社

平成 3 年 10 月 材料技術部 エンジン, トランスミッション用金属材料の開発

平成 14 年 1 月 材料技術部 HV モータ用磁性材料の開発

平成 16 年 1 月 技術統括部 先端研究の戦略・マネジメントに従事

主な研究・開発: 専門は環境・エネルギー材料, 磁石, 蓄電池など

熊田 喜生 (日本トライボロジー学会・会長, 大豊工業(株)・技術顧問)

現在の所属: 大豊工業(株)・技術顧問

名古屋大学大学院工学研究科応用物理学教室 修士課程修了 (1972 年 3 月) の後, 大豊工業(株)にて研究開発に従事, 2010 年 6 月に専務取締役を退職, 工学博士 (1997 年, 東京大学)

主な研究・開発: エンジン用すべり軸受の解析, 材料開発, 設計ほか, しゅう動部品・材料の開発

益子 正文 教授 (日本トライボロジー学会・副会長, 東京工業大学)

現在の所属: 東京工業大学大学院理工学研究科化学工学専攻 教授

東京工業大学大学院理工学研究科博士課程修了,

主な研究・開発: 潤滑油・潤滑剤の物理化学, 境界潤滑機構, 宇宙環境用潤滑剤, etc

コーディネーター

足立 幸志 (東北大学大学院工学研究科 教授)

現在の所属: 東北大学大学院工学研究科 ナノメカニクス専攻 ナノ界面制御工学分野 教授

主な研究・開発: 新機能表面の設計と創成及びその評価システムの開発, 低環境負荷型スマートトライボシステムの開発

企画

澤江 義則 (九州大学)

小林 将人 (日本精工(株))

写真

桜井 健雄