

Science Academy of Tsukuba

SAT

No. 36

September 2019

<https://www.science-academy.jp/>

つくばの明日はSATがつくる



▷ 座談会

“海外からの研究者がみたつくば”

▷ SATフォーラム2019

2015年ノーベル物理学賞を受賞した梶田隆章東京大学宇宙線研究所長を迎えて

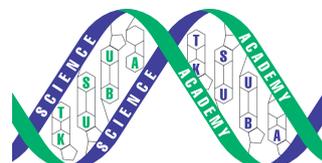
▷ つくば賞その後-13: 「微生物ストレス応答の先駆的研究とリボゾーム工学の創出」

▷ 科学の散歩道 「社会的課題の解決を求められる科学技術の方法論は？」

▷ つくば研究情報

「ギ酸からの高圧水素製造技術」

「木質バイオマスの利用技術開発で予想外に発見された新しいセシウム沈殿剤」



つくばサイエンス・アカデミー
SCIENCE ACADEMY of TSUKUBA

座談会 “海外からの研究者がみたつくば”

国立環境研究所 Shamil Maksyutov (シャミル マクシュートフ)

地球環境研究センター 衛星観測研究室 高度技能専門員

産業技術総合研究所 Paul Fons (ポール フォンス)

ナノエレクトロニクス研究部門 上級主任研究員

物質・材料研究機構 唐 捷

エネルギー・環境材料研究拠点 先進低次元ナノ材料グループ グループリーダー

(司会) SAT 会誌編集委員長 餌取章男



(左から 餌取(司会)、マクシュートフ氏、唐氏、フォンス氏)

日時：令和元年7月18日 午後1時30分から3時

場所：つくば国際会議場 館長室およびサロンレオ

司会：1 昨年は筑波大学に江崎玲於奈先生を招へいた経緯と、それを契機につくばサイエンス・アカデミー (SAT) がつくられることになった経過を振り返るというテーマで、招へいの当事者であり、SAT 設立の中心人物の一人でもあった村上和雄先生にインタビューして、研究学園都市発展の推移を振り返りました。

昨年につくばの未来を考えるということで、つくば市長をはじめとする若い方々につくばのこれからのあり方について縦横に放談していただきました。

今年は、つくばに長期間滞在し、研究生活を過ごされている海外からの研究者3人をお迎えして、日本での、そしてつくばでの研究や暮らしについてざっくばらんなお話をうかがい、これからのつくばの発展のために何らかのヒントを得たいと考えています。

ロシア、アメリカ、中国から日本にいらっしゃって、日本の生活にもすっかりなじんだ、そして日本語にも堪能な3人の方々です。

皆さん、宜しくお願いします。まず3人の方々の横顔を紹介していただきましょう。

§ 3 研究者の横顔

司会：まず、ロシアのマクシュートフ先生。

マクシュートフ：私はロシアで大学に行きました。Moscow Institute of Physics and Technology というところで、卒業してからは化学物理研究所 (Institute of Chemical Physics) で研究しました。外国に行ったのは、今までと違うシステムに興味があったこと、それにスパコンのような大きな施設のあるところを希望したからです。日本の環境研に来て、結局長く残ってしまっただけですが、それは研究用飛行機での観測や、現地での観測によるシベリアにおける温室効果ガスの排出と吸収とを研究するという面白いプロジェクトがあったからです。90年代は環境問題が深刻になってきて、温暖化の研究にひきつけられましたし、日本には研究者も沢山いたんです。最近では温室効果ガス観測衛星 GOSAT からのデータを使って地球上の温室効果ガス発生源と吸収源を推定する研究をしています。昨年、定年を迎えて室長を降りました。つくばにおける研究を発展させるために何をなすべきかを折にふれて考えていますので、今日は討論する良い機会と思います。

司会：先生の研究テーマと研究環境が大変良く一致したということですね。

マクシュートフ：私の興味と周りの環境、それに一緒に働いている世界クラスの研究者、それを大事にして長く続けたいという気持ちになったのです。

司会：それではフォンス先生。

フォンス：実は、私が日本に来たのは偶然な成り行きでした。アメリカで博士論文を書いている時、日本人の客員研究員が私の研究室にいたのですが、その人が筑波大学の教授として日本に帰国することになり、その研究室に学術振興会を通して招へいされたのです。筑波大学の新しい研究室は、当時、電総研（電子技術総合研究所）の設備を借りて使っていました。それが縁で1993年電総研の職員になったのです。霞ヶ関で面接したのが懐かしいですね。

電総研では楽しく勉強しました。アメリカとは雰囲気が大いぶ違いますが、当時の電総研は自由に研究テーマが選べました。例えば、“放射光”を勉強したいと思えば高分解能 X 線装置を導入して解析をすることができました。このように研究環境がすごく良かったです。共同研究者達とも友達になって、いろい

ろ新しい技術も自由に勉強できました。

私はアメリカと日本だけでしか経験がありませんし、しかもアメリカでは学生生活、日本では社会人としての生活なので比較するのは難しいですが、つくばは全体的に自由度があり、環境がいいです。しかも生活も結構しやすいです。

私の主な研究テーマは、電子メモリ用途向けの相変化材料と「グラフェンを超えた」遷移金属カルコゲン化合物です。X 線吸収分光法の専門家であり、シンクロトロン施設を広く使用しています。SPring-8 でも外来研究者となっています。さらに、密度汎関数理論を広範に使用して、新しい材料とそれに対応する電子構造を探索しています。

司会：では唐先生。

唐：私は中国の北京の出身です。子どもの時から清華大学のキャンパスで育ってきました。外国へ留学しようと考えていたのですが、日本に親しみを感じて、大阪大学に入りました。阪大でドクターを取ったのですが、その頃日本の国際政策が変わって日本でドクターをとった外国人が研究職の国家公務員に入れるようになりました。そこで当時の科学技術庁最初の外国人研究職職員に採用されたのです。最初の勤め先は金材研（金属材料技術研究所）で、当時の新居所長にはとても感謝しています。その後、金材研、物質・材料研究機構でずっと働いています。私の最初の研究は極限条件下での新物質・新機能の探索でした。現在の主な研究はナノ物質を使ったエネルギー機器などの材料の研究開発です。

§ 印象に残っていること、影響を受けた人

司会：今まで研究者としてやってこられて、こういう成果を上げたときに、ないしは研究をしたときのことが一番印象に残っているというようなことがあったら、それをご紹介いただきたいのと、それからもう一つ、日本人でも海外の方でも、どこの国の方でもいいんですが、強く影響を受けた方々についてお話しください。

フォンス：一番大きい影響を受けた研究者ですか。

司会：グループでも結構です。影響を受けた方がいらっしゃったら、教えてください。

唐：一番といっても、何人もいますよね。

司会：印象に残っている方でもいい。

唐：実は私は最初に大阪大学に来て、学生の生活を

サポートされていた日本人の小池夫妻の家で下宿しました。私はその夫婦2人のところでいろんなことを勉強できました。社会の認識とか、そして真面目に仕事をやるとか、自分の身の回りをよく片付けるとか、人と誠実に付き合うとか、いろいろ教えてもらえて、とても良かったんです。

大学院時代の先生では、まず藤田英一先生です。藤田先生は著名な物理学の先生であるとともに人間的にとっても素晴らしい方です。また、直接研究を指導していただいた遠藤将一先生は、口は達者ではありませんでしたが、心がよく通い合えるいい先生でした。

そして、金材研に入ったときに私がいた基礎物性部の皆さん、何でも教えてくれました。

1993年に入ったときの金材研の雰囲気はとてもいいと思いました。みんなチームワークを重んじる気持ちがとても強くて、お互いが協力しながら、いい成果を出すということでした。

最近、評価システムを導入することによって、人間関係がちょっと厳しくなっています。協力することが少なくなって個人主義の傾向になってしまったんですが、これはいいことかどうか、私にはちょっと分からないんですけど。

司会：マクシュートフ先生は環境学者として何か気になっている研究者とか、そういう人物はいらっしゃいますか。

マクシュートフ：何人かいるんだけど、唐さんと同じように、私が一番影響を受けているのは先輩の先生たちですね。ロシアでもそうだったし、日本に来てもしっかり私と一緒にグループにいた人たちです。



例えば私の助手でいた井上元さん。彼はもともと優秀な人で、東京大学を卒業して、難しい理論とかもやり、室内実験もいろいろやった人です。それから東北大学の有名な先生、中澤高清先生。そういう人が先輩になっていたということが非常に良かったなど。

そういう人から基礎の仕事の仕方とか、人とどう話すとかを学びました。

横浜にいた秋元肇先生（海洋研究開発機構）は学生やポストドクさんの育て方を教えてくれました。そういう先生たちの影響が一番大きいかなと思います。

司会：フォンス先生はどなたか尊敬していらっしゃる研究者とか科学者とかはいらっしゃいますか。

フォンス：もちろん……。私も電総研に入ったときにお二人と同じ経験をしました。みんなと一緒に仕事をする。同じグループの人を手伝って。別に「私の成果」「これは俺の成果」「自分の成果」ということは全くなくて、本当にいい環境だったんです。ただ、現在は評価システムの導入で違ってきています。



研究環境の変化

フォンス：評価システムが良くないですね。論文だけで評価するようになっていきます。何もしないのも良くないけれども、今のシステムは快適じゃないと思うんですよ。

司会：それは上からの締め付けが厳しくなっているということですか。

唐：評価主義ですので、出世したい人は一杯いるから、評価を得ることにのみ注力するんです。

司会：お話を伺っていると、とにかく今までの、少なくとも3人の先生がずっとやっていらしゃった研究環境というのは割と恵まれていて、うまくいっていた。むしろ最近になって、少し問題が生じてきているというような感じもしないでもない。

もしかすると、それは例えば日本の科学研究費というものが少しずつ抑えられていますよね。それを心配する日本人の研究者の方もかなり多いんですけど、それとも少し関係があるのかなという感じがするんですけどね。

唐：そうですね。私は先週のSATフォーラムでの梶田先生の話にとっても同意します。研究は論文数だけじゃないので。私たちがちょうど日本に来たとき、1980年代のときに日本は基礎研究の費用をいっぱい出して、基礎研究ができて、今それがノーベル賞などで評価されています。

最近は研究の深さと関係なくて論文数だけ追求する傾向があります。

フォンス：バブル時代には基礎研究が結構はやっていました。例えばNECの基礎研究所がつくばで始まっ

たんですけども、もう閉鎖するんですよ。

唐：そうですね。

フォンス：だから、方針として、日本の国としては、結局、基礎研究の価値を下げて、開発の優先度が高くなっているけど、傾向的には長期で見るとあんまり良くないと思うんです。それは心配の一つです。

唐：例えば昔は予算がなくても、研究できるのがすごく良い特徴だったんです。今はそれが難しくなっていますよね。何でも課金ですから…。

司会：マクシュートフ先生、いかがですか。基礎研究、開発研究という問題については何かお感じになっていらっしゃいますか？

マクシュートフ：どちらも大事なんですが、重要な研究は諦めずに進めるような環境はやっぱり欲しいですね。

例えば3年やって、うまくいかなかったら「いや、やめましょう」というやり方をすると、それまでの経験が無駄になる。次のテーマに移ったりすると、何年かたったら「それは諦めて悪かった」という話につながってしまうので、どこまで頑張ってどこで諦めるかということは、問題の中身を分かっている人が判断すべきですよ。

司会：そういう判断するところがどこであるかというのは大きな問題ですよ。

唐：そうそう。難しいです。

マクシュートフ：そう。だから、そういうところはやっぱり専門家にもうちょっと相談する。例えば大事なところでこういうことをやったほうがいいかということを、どこか偉い人が1人で判断するんじゃなくて、何か委員会をつくって、議論して、「じゃあ、こういうふうにはバランスを取りながらやりましょう」とか。

フォンス：過去10年ほどで、論文のレビュープロセスは悪化し、内容が派手な場合にのみ、論文は査読に送られる傾向にあります。これにより、論文の質が全体的に低下し、同時に、科学者は執筆された論文の数によって評価されるため、レポートが複数の論文に断片化されるようになったと思います。

唐：うん。最近では焦っているんですよ。短い期間で成果を出す。

§

つくばでの生活

司会：それじゃ、少しつくばでの生活の話に移りたいと思うんですけど、唐先生とマクシュートフ先生はつ

くばにお住まいになっていらっしゃいますか？

唐：そうです。

司会：フォンス先生は東京にいらっしゃいますか？

フォンス：二十数年つくばに住んでいました。

司会：つくばにも住んでいらっしゃったことがある？

フォンス：そう。最近5年間は東京です。

司会：つくばの生活はいかがですか。

唐：私は、つくばが大好きです。東京の中目黒に住んでいたんですけど、実際は生活が不便です。スーパーマーケットがない。遊ぶところが多くてとても良いんですけど、でも普段、毎日遊べないから。そして、つくばに来たら、緑も多いし、テニスなどスポーツがやりやすく、公園も多く、散歩が自由にできる。

足りないものは、百貨店です。以前あったんですけど、今はないので、それがあつたら良いと思います。研究するのと生活するのと両方ともすごく良いところですよ。

フォンス：私も同意見です。

唐：あと、人も優しい。

フォンス：ちょっと田舎の環境。お隣さんがすぐしゃべってくるんです。東京の場合は変な人もいるから、みんな始めはあまり話さないんですよ。つくばの場合は結構お隣さんがしゃべってくれて、友達になりやすいです。やはり会話が始まらないと仲良くなれないですから。



でも茨城の言葉はわかりません。ただの60キロですけど東京とはまるで違う言語…。本当にわからなかったんですよ。びっくりしました。日本のような小さな国で、60キロぐらい離れると、もう言語が別になると。

つくばは不思議な人口のミックスで、農家、農家、技術者、技術者、技術者、また農家、農家、農家のような街。田舎のところはまだ少し残っています。田舎の味が残っているから、その周りの環境がすごくい

いです。

唐：そうです。つくばの小学校、子どもの教育がとてもいいんです。子育てするにはつくばはとてもいいところですよ。保育園も遅くまで対応してくれていて。

§ 英語教育は問題

フォンス：だけど、それもつくばの欠点の一つでもあります。良いところと悪いところがあります。教育についてですが、日本の教育システムは外国語、特に英語をちゃんと教えていないんですよ。だから、例えば海外から来る人が数年間日本に滞在すると、子どもたちは英語が分からなくなってしまう。それは日本全体の問題ですけど。

つくばは他のところはすごくいいですけども、学校は英語と日本語の両方を学ぶ環境ではないです。うちの子には小学校6年から毎日東京まで通学してもらったんです。日本語と英語を同時に勉強できる環境が必要です。

唐：そうですね。これは日本の教育システムですよ。

アメリカの小学校では2カ国語をやるバイリンガルの学校があるんです。日本はないんです。バイリンガル教育のシステムを導入すれば、嬉しいと思います。

フォンス：多分、海外から来やすくなると思うんです。

唐：市長さんや筑波大学にこのことは是非提案してください。

司会：今の2人のご指摘はつくばにとって重要なことですよ。

唐：教育は未来につながりますので、何とか良い方法を考えてください。

司会：マクシュートフ先生、いかがですか。今の……。

マクシュートフ：私が初めて日本に来たときに英語をしゃべる人が少なく、私は日本語も分からないので、東京に行ったらどうすればいいかと考えたんですけど、やっぱり英語をよくしゃべるのは若い人。でも、まだ差があるんですね。私はドイツの大学生と1回会って、みんな、ガンガン英語をしゃべっているの、どうしてうまくしゃべれるかと聞いたんです。高校でも週5回、英語をやっているんですよ。毎日。日本はそこまでやっていないからまだ差がある。

でも、これはつくばの問題じゃなくて、日本全体の問題だと思うんですけど、

唐：でも、つくばは教育レベルが高いので、やればできると思いますね。

フォンス：つくばは日本の中で多分、一番国際化しているところですけども、教育は全く合っていないんです。教育全体は文科省が指定するとおりですけども、教えている英語は良くない。レベルが非常に低いんです。

唐：有利な条件を生かしていないような感じですよ。ボランティアの英語の先生を活用することなど考えればいいんですよ。

§ 女性の活用を

唐：私から見るともう一つあります。つくばは研究者が多いから、知識レベルが高い女性が多いんですよ。



この人たちは、日本の習慣とか文化で、1回結婚して、子どもを育てて、そのために仕事を辞めるんです。こういう女性たちの人材を再活用する必要があります。

マクシュートフ：再雇用？、就職？

唐：就職かな？例えば朝の9時から夕方3時までやっても、技術が優れているから研究所でよく役に立つんですよ。そこでつくば市の何とかシステムをつくって、女性が働きやすくなるための体制を整えたほうがいいと思います。

前、私はつくば市のスタートアップ政策会議のメンバーになっていました。私はもっと女性人材を活用していただきたいと申しました。

マクシュートフ：女性を活かすのは大切ですね。

唐：みんな教育をよく受けていますから。

マクシュートフ：平均以上です。

司会：つくばにたくさんの方が海外から来ていただくようにするためには、とにかくつくばの教育システムを改める必要がある、それと女性の活用というのは一つの大きな課題ですね。

§ つくばをどういう街にするか

司会：それから、若い人の声を聞くと、つくばの街というのは非常に静かな街だというんですね。

フォンス：それはそうですね。いいことだと思うんですけどね。

司会：だから、もう勉強したり、研究するのにはいいけれど、生活するには何か物足りないというんですよ。

マクシュートフ：何か足りない。

司会：だから、もっと刺激のあるヤバイ街にしないといけないというのが、若い人たちの主張だったんですけどね。それについてはどうですか。

フォンス：それは難しい。東京まで45分だけですよ。毎日通勤していますが、遠くないですよ。

唐：それはそこに行けばいいので。

司会：そうですね。先生は東京から通っていらっしゃるから。

フォンス：そうそう。だから、つくばが先端的な東京と同じことをまねする必要はないと思います。逆に無駄。ですから、逆に生活しやすくなるように、教育関係の問題を解決する方が大切です。そして、夫婦が二人ともちゃんと仕事できるように、その環境を整えるほうが、国際化にとって良いと思います。その2点が一番大事だと思うんですよ。

§ 研究・産業・国際都市に

マクシュートフ：そういう意味では、例えば夫婦が仕事を見つけることができるように、この田舎を変えないといけないんでしょうね。もっと会社が入ってくるとか、周りにね。東京まで行かなくて、柏の葉ぐらいでもいいような感じがするんだけど、仕事を増やさないとそういういい環境はできないかなと思います。テクノパークをつくったりするとか。大手会社が開発センターをつくれれば、仕事が増えるかなとも思うし…。

唐：つくばの研究業務員の女性のレベルは高いですよ。

フォンス：そうです。

マクシュートフ：つくばは神奈川県の藤沢や戸塚あたりのように、民間の技術開発センターが多い地域になればよいと思います。

司会：シリコンバレーなんかはとんでもない企業がいっぱい現れてくるというのが一つの特徴でしょう。

マクシュートフ：だから、茨城県とかつくば市がそこ

はちょっと引っ張ってくるような努力をすればいいかなと思います。

司会：そういうことはまだ足りないという感じ？

唐：そうです。ハイテクなのに、知識、教育レベルが高い人材がいっぱいいるのに、うまく使っていないような感じですよ。

フォンス：例えば夫婦が仕事を見つけやすくなるように、政府側および第三セクターの組織があれば、その情報が簡単に入手できることが大事です。多分、特に研究者の場合は英語が国際言語になっているから、それが用意できれば、第一歩になると思うんです。

教育のほうは独創力が必要かもしれません。つくばの学校が英語つまり国際化するために具体的にどうしたらいいかは分からないですが、何もしないのも良くないと思います。難しいというだけでは理由にならないです。

娘が西町という東京の麻布の学校まで通った理由は、日本語と英語、両方の授業があったからです。日本語の授業だけでなく日本の歴史を勉強する時間もありました。その環境はつくばにはないです。国際化の定義からすると、やはり日本語だけの教育は、日本人のためにでも良くないですよ。

唐：でも、日本人も英語が好きですので、英語の教育はみんな、ウエルカムだと思いますよ。

マクシュートフ：ただ、何かつくばだけより良くするのは、多分、そういう話もうまくいかないと思うんですよ。隣の街から異論がくる。「何でお金がつくばだけに行く」という。

フォンス：だけど、問題は問題ですね。

マクシュートフ：例えばそういう国際学校に努力するとかね。短い期間でも、優秀な外国の研究者は行きやすくなる。例えば7歳、8歳ぐらいの子どもがいて、アメリカの人は日本に行くかと思ったら、教育関係で行かない可能性があるんですね。だから、つくばでそういう国際学校があれば心配が少なくなるとか、そういうことも考えたほうがいい。

横浜、東京にはそういうのがあるのは、向こうはビジネスで来る人がいるので、お金が出やすい。

フォンス：補助金が会社から出るんですね。

マクシュートフ：だからつくばにも会社などがあつたほうがいいということになるんですね。

司会：できれば、つくばという街が世界標準の研究都市になってほしいわけですよ。研究都市だけではなくて、産業都市にも……。基礎研究をやるのも大事な



けれども、応用のほうで社会貢献にまで広がっていきな
きゃいけないという面もありますよね。

社会への発信という面は、まだつくばは遅れている
ような感じがするんです。

基礎研究ではかなりいい成果を上げていますよね。
皆さん方が一生懸命やっている。だけど、産業への
貢献ということになると、まだ必ずしもそんなに大き
な成果が現れているわけじゃないという感じがする。

§ 起業について

司会：アメリカにはシリコンバレーだとか、オランダ
にはフードバレーがありますよね。

マクシュートフ：オランダ？ ワーヘニンゲン大学と
かそういう？

司会：シリコンバレー、フードバレーに匹敵するよう
な産業都市になってくれればいいと思うんですが…。

唐：つくばはなる条件がありますよ。

マクシュートフ：日本のシリコンバレーは神奈川県で
しょう？ あるいは大阪周り。カリフォルニアに比べ
て、神奈川県はそういう意味では強い。

司会：つくばは日本のというか、世界のというか、何
になればいいかということなんですよ。

マクシュートフ：神奈川県にはなれないよ。

フォンス：シリコンバレーはまねしづらいですよ。法
律関係の違いもあります。日本のベンチャー企業は、
特許保護が難しく、お金がかかります。同時にベン
チャーキャピタルを獲得するのが難しいため、大企業
と競争することは困難です。特許関係も違うし、いろ
いろの違いがあるから、つくば単独でできることはあ
まりないと思うんですが。

シリコンバレーには投資資金がいっぱい集まりま

す。いいアイデアがあれば投資がありますが、つくば
だけでなく日本の場合はそれがあまりないですよ。

司会：それはないですよ。

フォンス：お金がないと、ベンチャー企業は発展しな
いですよ。小さいままで、あまり大きくなれません。
だから、難しい。

先日雑誌で読んだんですけども、例えばソフトバ
ンクの社長の孫正義ですが、彼はすごく大きなベン
チャーファンドを持っています。でも、日本の会社へ
の投資はゼロです。全部、海外です。理由は、海外
で金を動かせば、それに応えて利益をもたらしてくれ
るからです。彼はすごく賢いです。

私は研究者なので自分で起業した経験はありませ
ん。でも大学院生時代アメリカのベンチャー企業で仕
事をした経験があり、ちょっと知識はあります。そこ
から考えると日本にはいろいろな問題があって、つく
ば市単独で解決できるようなものはあまりないと思
います。

唐：実は私は今、NIMS 認定ベンチャーをやっている
んですが、本当に大変です。おっしゃったとおり、私
たちは研究の経験は十分あるんですけど、会社の経
営、企画する経験があまりないので、そういったこと
をしてくれる人を探そうと思っていたんですが、ど
こに探しに行けばいいとか、難しい。

§ 研究者をどう支援するか

司会：確かに研究者の方だけで、例えば起業を図る
とかアントレプレナーをやるとなると、やっぱりいろ
いろ問題があるようですね。マネジメントというのか
な。起業家をやっぱり逆に持ってこなきゃいけないと
いう面もあるらしいですね。



フォンス：研究者とマネージャー両方が必要です。

マクシュートフ：日本の小さい会社は管理しにくいと

いうふうに聞いているんですよ。

私なんか、去年退職したでしょう。退職してから何をするかというと、例えば研究所に残るか、あるいは自分の会社をつくるか。知り合いの研究者から聞いた話では、「自分の会社は面倒だよ。それより研究所に残って、大型プロジェクトを管理するのが良い」と。

だから、なぜかそういうベンチャーに優しい環境をまだ日本につくっていないから、広がっていないという状況になっている。自分でやっていないから何とも言えないけど、周りの人はそう思っているんですよ。

フォンス：これはシリコンバレーとのもう一つの違いですね。シリコンバレーにはいろいろな技術経験を持つ人がいますが、それだけじゃなくて管理経験を持つ人もいます。ビジネスモデルを持ち、ビジネスを育てる経験がたっぷりある人も必要です。日本の場合は、さっき言ったように片方だけです。

技術だけで小さい会社はつくれるけども、なかなか大きくならないんです。

唐：こちらのベンチャーは、実は企画・営業とか人材が欲しいんです。私は運が良く、筑波大学ベンチャー企業や日本のイノベーション政策に関わっておられる山海嘉之先生と知り合せて、CYBERDYNEからの出資も受けているんです。山海先生からいろいろとアドバイスをいただいて、とても感謝しています。またTCI（株つくば研究支援センター）もつくばのベンチャー企業を大変助けています。

フォンス：その通りですね。

唐：NIMS 認定ベンチャーとしては、研究所の場所を使います。借りることもできるんです。装置も使えるんです。だから、研究開発は問題ないんですが、でも、会社には企画とか営業があるんですよ。その辺の人を探さないと。そこはいろいろ難しいんです。

フォンス：研究者にはそういう暇はないですよ。営業など……。

唐：産総研はやっぱりサポートが良いと聞いたんですけど。

フォンス：多分、事務の力はあるまいと思うんです。だけど、場所を借りられる。装置も使える。けど、事務のほうは多分、会社の責任になる。ベンチャー企業が直面している大きな困難は、経験豊富な管理ス

タッフを見つけることだと思います。結局、政府から利用可能な資金がありますが、それらを使用できる制約は、シリコンバレーのベンチャーキャピタルファンドよりも厳しいです。

§ イノベーションシティをめぐって

司会：お話を伺っていると、やっぱりつくばをさらに発展させるためには、なるべく幅広くいろいろな人材をつくばに引っ張ってこなきゃいけないということのようですね。

マクシュートフ：ある人材もうまく使わねば。

司会：今まではいい研究者はつくばには来ているんだけど。これからはその先ですよ。

唐：うん。サイエンスシティはとても成功しているんですが、これからイノベーション。

マクシュートフ：イノベーションシティにするのは、もうちょっとつくば市でもそういうベンチャー、あるいは民間会社をつくりやすくするサポートが要るんですね。

CYBERDYNEのような大きな会社をサポートするんじゃなくて、もうちょっと小さいものも、誰でもできるように……。

フォンス：そういう意味では多分、つくば市がそういう会社の運営技術を分かっている人を紹介してくれれば良いと思うんですよ。インターネットで名前を見つけても、この人がいいかどうか分からないですから。だから、そういう落とし穴を避けるために、人を紹介してくれるサービスがあれば良いと思います。

唐：一応、ベンチャーとか企業をいろいろサポートするTCIという組織があるんですけど、まだまだ足りないですね。

司会：大変面白いお話をいろいろありがとうございました。先生方は今から5年後、10年後もつくばにいていただけますか。

唐：はい。私はつくばが大好きで、ずっといると思っています。

マクシュートフ：私もいるはずですね。

フォンス：私も。

SAT フォーラム2019

2019年7月12日(金)に、つくば国際会議場で開催

2015年ノーベル物理学賞を受賞した梶田隆章東京大学宇宙線研究所長を迎えて

SAT フォーラム 2019 は、2019年7月12日(金)午後、講演者に梶田隆章先生を迎え、「神岡の地下から見た日本の基礎科学研究」というテーマでつくば国際会議場大ホールにて開催された。梶田先生は、ニュートリノに質量があることを示すニュートリノ振動の発見により、2015年ノーベル物理学賞を受賞した。現在、東京大学卓越教授・特別荣誉教授、東京大学宇宙線研究所所長、次世代ニュートリノ科学連携研究機構長及び日本学術会議会員を務めている。参加者は555名で、うち高校生は175名の参加となった。講演の前に、つくばサイエンスアカデミーの江崎玲於奈会長の挨拶があった。

【江崎玲於奈会長の挨拶】



本日は、たくさんの方々に来場いただきましてありがとうございます。本日のSATフォーラムは東京大学宇宙線研究所長の梶田隆章先生にお願いしました。ノーベル賞は23人の日本人がもらってありますが、物理学が一番多く11人がもらっています。物理学は私のようにマテリアルサイエンスという分野と梶田さんのようなハイエナジー・フィジックスという大きく二つの分野に分かれます。日本は湯川先生が1949年にノーベル賞を受賞され、その分野にかなり多くの受賞者を輩出しました。

梶田先生の経歴を簡単に説明しますと、1959年に埼玉県松山市でお生まれになり、埼玉大学物理学部を卒業後、東京大学大学院に進まれて、小柴先生の研究室で学ばれました。東京大学の素粒子物理国際研究センターの助手、宇宙線研究所の助手、助教授、教授と一

貫して素粒子物理学の研究を続けてこられました。梶田先生はスーパーカミオカンデをお作りになって、素粒子ニュートリノの振動を測られた。振動とは質量に相当するわけですが、それまでニュートリノに質量がないという定説を覆されたということでノーベル物理学賞を受賞されました。

本日はニュートリノの歴史その他いろいろな面白いお話をさせていただけることになっております。それでは梶田先生、よろしくお祈りします。

【梶田隆章先生の講演】

演題「神岡の地下から見た日本の基礎科学研究」



ただいまご紹介いただきました東京大学宇宙線研究所の梶田でございます。本日は、神岡でのニュートリノ研究のお話をさせていただいて、それをベースに今の日本の科学研究について考えてみたいと思います。

ニュートリノについて

ニュートリノは素粒子の一種で、電子から電荷と質量をほとんど除いたような素粒子です。電荷がないということで地球くらいは簡単に突き抜けていくという特別な素粒子です。1950年代後半に初めてニュートリノが存在するということがわかりました。ニュートリノをどのようにして観測するのかということを説明したいと思います。ニュートリノが原子核にぶつくと、別の素粒子が飛び出てきます。例えば電子が飛び出てくる、あるいはミューオンという別な素粒子が飛び出てくる、ということが起こります。この電荷をもった素粒子が水中を走ると光が出ます。実際、神岡の実験

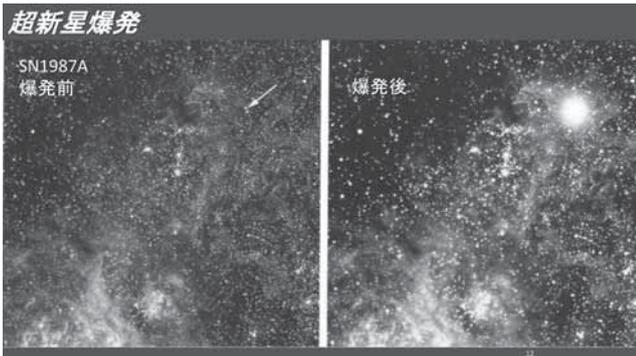


図1 超新星爆発を捉えた写真

では、その光を光検出器で捉えて、ニュートリノが反応したということを知るという仕組みになっています。

カミオカンデ

もともとカミオカンデを作ることになったきっかけは、実はニュートリノではなく、原子核の中にある陽子がだいたい 10^{30} 年で崩壊するという理論を確認するためでした。カミオカンデは、地下 1000 メートルに直径 16 メートル、高さ 16 メートルの水槽を作って水槽の内側に光検出器を敷き詰め、その中に 3000 トンのきれいな水を入れた装置です。上手くいくと 1 週間に 1 回とか 1 か月に 1 回くらいは陽子の崩壊が見つかると思っていたのですが、実験を始めてみると全然見つかりませんでした。しかし、この光検出器の性能が非常に良いということで、もう少し頑張って装置を改造して太陽からくるニュートリノを観測しようということを、小柴先生がおっしゃいました。割と早い段階からニュートリノを観測するというを目指したのです。

そうしたころ、我々の銀河の隣の大マゼラン星雲で超新星の爆発が観測されました。左側が爆発前、右側が爆発後で、明確に爆発後に、ものすごく明るい星が表れているのが分かります (図1)。カミオカンデは、その頃太陽ニュートリノが観測できるようになっていて、そのデータを見てみたら、ノイズでは考えられない信号が観察されました (図2)。小柴先生の引退の 1 か月と少し前でした。13 秒間にわずか 11 個の観測でしたが、重い星がその最後に自らの重力でつぶれる、超新星爆発の根本的なメカニズムを解明し、これによって小柴先生は 2002 年にノーベル物理学賞を受賞されました。その後、1989 年には狙っていた太陽ニュートリノも観測しています。

次は、少し違った観測について紹介したいと思います。これはカミオカンデで観測されたミュニュートリノ反応の典型的なパターンです (図3)。観測され

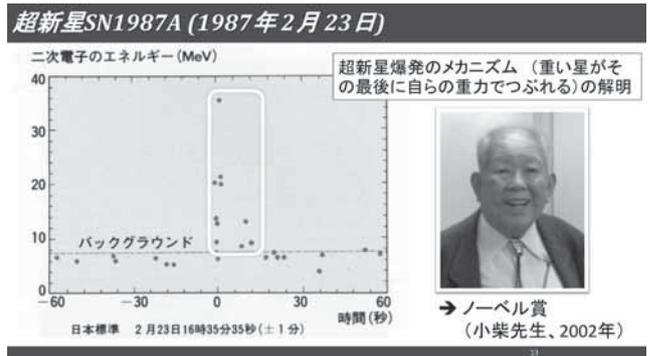


図2 超新星爆発の際に放出されたニュートリノを観測したデータ

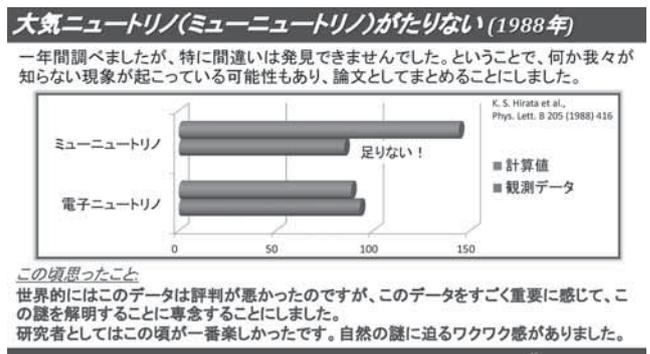


図3 ミュニュートリノ観測数と計算値の違い

るミュニュートリノが予想より随分少ないということが分かりました。このことを論文として報告しましたが、世界的には評判が悪くて、何か間違えているはずだというような、そういう議論が多くありました。何となく冷たい風を浴びていましたが、今思うと、研究者としてはこの頃が一番楽しかったと思います。なぜミュニュートリノが足りないのだろうという謎を解き明かすような、そういうワクワク感がありました。最初の頃から可能性の一つとして、もしかしたらニュートリノ振動が原因ではないかとは考えていました。ニュートリノ振動とは、ニュートリノが質量を持つと、飛んでいる間にそのタイプが変わるという現象です。ミュニュートリノがタウニュートリノに変わったりしているので、ミュニュートリノの観測数が少ないということが説明できるというわけです。

ニュートリノは宇宙線が地球の大気に衝突してできるので、この地球の大気のあらゆるところで作られています。その一部は我々の頭の上の大気からも来ています。そうするとニュートリノ振動する暇も無く測定器へ来てしまうので、上から来るものはミュニュートリノのまま来るのではないかと考えました。一方で、地球の反対でもニュートリノは作られています、それらは地球を通過してくる必要があります、ニュートリノ

振動しているかもしれません。もし観測されたニュートリノのうち、上向きの方が下向きのものより少なければ、ニュートリノ振動が起きていると言えるだろうと考えました。しかし、カミオカンデは、残念ながら明確な答えを出すには小さすぎて、もっと大きな測定器が必要だということが分かりました。それでスーパーカミオカンデが必要になったわけです。



スーパーカミオカンデとニュートリノ振動の発見

スーパーカミオカンデは今も現役の装置です。およそ直径 40 メートル、高さ 40 メートルの水槽の中に、5 万トンの非常にきれいな水を蓄えた装置です (図 4)。カミオカンデに比べると 20 倍ぐらいの大きさがあるので、およそ 20 倍のニュートリノのデータを集められます。この装置を使って、ニュートリノ研究が非常に大きく進歩しました。実験開始からおよそ 2 年たった時に、最初の大きい成果を報告しました。上から来たニュートリノの数は、予想とよく合うけど、地球の反対側から来たニュートリノ、つまり長距離飛んできたニュートリノは、予想の半分ぐらいだというわけです。これはまさにニュートリノ振動で予想されていたことでした。このデータをもって、世界の研究者がニュートリノ振動をしている、つまりニュートリノに小さい質量があるということを認めてくれました。

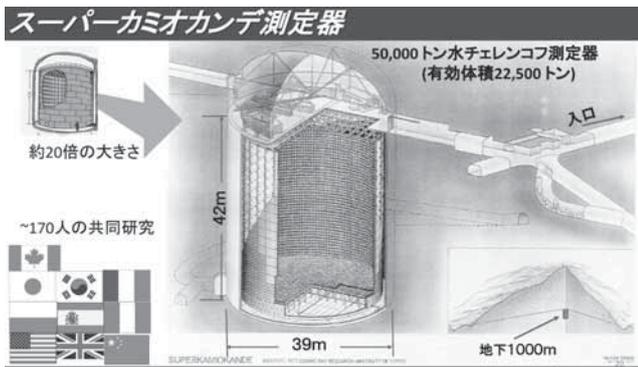


図 4 スーパーカミオカンデの概要

神岡での 30 年以上に及ぶニュートリノ研究では、本当に世界の研究をリードしてきました。多くの研究者がニュートリノのような基礎科学の研究に、それを通して自然を理解したいという情熱を持って取り組んでいます。また、それをサポートするような企業、社会があり、そしてスーパーカミオカンデプロジェクトは、長年にわたって、国からサポートをいただいています。

我が国の基礎科学・学術研究の現状と課題

このように神岡では成功しましたが、実を言うと、今の日本の科学研究が少し心配なので、研究者が何を心配しているかをお話したいと思います。2017 年 3 月 23 日のネイチャーインデックスに「The slow decline of Japanese research in 5 charts」という記事があります。これを裏付ける資料として、各国人口 100 万人あたりの論文数の推移を表しますが、2017 年で一番下にいるのが日本です。論文数は何によって決まるのかと考えますと、恐らく簡単には研究者の数、一人あたりの研究時間、それから研究資金も関係してくると思います。ただし研究資金は、単純に 2 倍にすれば論文数が 2 倍になるというようなものでもなくて、この点は研究資金の配分の仕方というのをうまく考える必要があります。例えば極端な例ですが、今まで 10 人に毎年 1 万円ずつ研究費を配っていたが、選択と集中で一人に 10 万円で、ほかの人はゼロにしようということをする、論文数は増えるかということ、確実に減ります。そういうことで研究資金の配り方というのは重要です。

論文の数を決める重要なものの一つは研究時間ですが、国立大学の法人化以降、大学の教員はいろいろと業務が増え、より忙しくなりました。基本的には研究者にきちんと研究時間を与えることが重要だということを示す、そういうデータがあります (図 5)。

最後に人材ということを考えてみると、運営費交付金の削減が重くのしかかっていて、期限を限って雇用

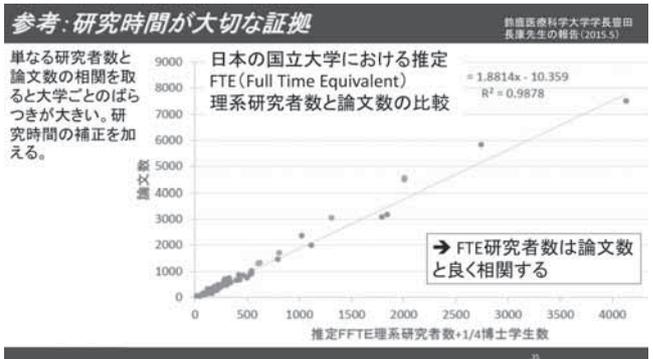


図 5 研究時間と論文数の関係

まとめ

- 神岡での研究は、長年に亘り国からのサポートをいただき研究を進め、超新星爆発のニュートリノを観測し超新星爆発のメカニズムを解明し、またニュートリノに小さい質量があることを発見できました。研究への支援に感謝しています。
- そのような研究を多くの日本人にも行ってもらい、日本から人類の知の地平線を広げるような研究で世界に貢献してほしいと願っています。
- 科学の発展のためには国の政策・サポートは不可欠です。しかし、国の政策が正しいとは限らないと思います。基礎科学の現場の私たちの思いを伝え、納得のできる制度に少しでも近づける必要があると思います。

図6 まとめ

される研究者が大幅に増えてしまいました。特に40歳以下ですごく増えてしまった結果、修士から直接博士課程に進学する学生数が、平成15年から28年までの十数年の間で、ほぼ半分になってしまいました。今、博士号取得者というのは研究だけでなく、社会の様々なところで重要な役割を果たす時代になっています。そもそも日本はこのように少ない博士の数で、かつ減少傾向で世界の中でやっていけるのかということを、社会として考える必要があると思います。

まとめ

我々は長年にわたり、国からのサポートをいただき研究を進め、超新星爆発のニュートリノの観測をしました。そしてそれは超新星爆発のメカニズムの解明につながりました。さらに、ニュートリノに小さい質量があることを発見しました。このような研究を多くの日本人、それも若い世代に行ってもらいたい。そして、日本から人類の知の地平線を広げるような、そういう研究で世界に貢献してほしいというふうに思っています (図6)。

【トークセッション】

トークセッションでは、つくばサイエンスアカデミー総務委員長の板東義雄の進行のもと、江崎会長と梶田



先生が対談を行った。

江崎 私ね、1988年にカミオカンデに行った時の写真があるのですが、それを映してもらうことはできますか？1988年は、先生は何をされていましたか？

梶田 (東京大学) 宇宙線研究所の助手をしていました。

江崎 その次をお願いします。これは扉にサインがしてあって、ストックホルム大学の教授で、ノーベル財団の理事をしていたエキスポン (Gösta Ekspong) という方を、ノーベル賞の選考に若干関係する方だったので、連れて行ったという歴史がございます。その際に、エキスポンが「Let's hope the next supernova neutrinos soon alive here」という言葉を書いておられます。

板東 ニュートリノの分野では、小柴先生が受賞し、そして梶田先生が受賞しました。同じような研究で2回もノーベル賞をもらうという例というのは他にありますか？

梶田 ニュートリノの例で言いますと、電子ニュートリノの発見でもらい、加速器を使ったニュートリノ実験という意味もありますけど、ミューニュートリノの発見でもノーベル賞受賞が出ています。あとは小柴先生と同じ時に太陽から来るニュートリノを最初に観測したレイ・デイビスが受賞しています。ニュートリノという粒子をキーワードにしたノーベル賞の受賞というのは何回かあります。

板東 そうすると、一番魅力的なテーマであるということでしょうかね、ノーベル賞。

梶田 一番ということはいえないとは思いますが、重要なテーマだと思います。

江崎 非常にミステリアスな粒子である。歴史的にも興味深い素粒子の一つじゃないかと私は思います。

【聴講者からの質疑に対する応答】

続いて会場からの質疑応答があった。

小野田真弓 (社会人) これから梶田先生が目指していきたいものというのを教えてください。

梶田 宇宙は全て物質でできていますけども、実は我々は理解できていない。ビッグバン後のものすごく熱い宇宙では、物質と反物質の粒子の数が、同じだけあったと考えられています。ところが冷えてみたら、物質だけが残っている。これを理解したい。今まで考えられてきた説はいろいろありますが、もしかしたらニュートリノの小さい質量の関係する物理が、この宇宙に物質が残ったということを理解する鍵になると考えています。そのため、ニュートリノ振動をもう少し深く調べてみるとか、あるいはニュートリノ自身の性

質を調べたい。ニュートリノは電荷が無いので、そうするとニュートリノと反ニュートリノって本当は同じじゃないのというような可能性があり、そういう性質をきちんと調べることで、もしかしたら宇宙の物質の起源の謎に迫れるのではないかと考えています。

浅野天海 (水海道一高) 論文の数からみて日本が下にあるから低下傾向にあるって書いてあったんですけど、逆に上位の国というのはどんな特徴がありますか？

梶田 基本的には簡単で、研究者に研究時間を十分に与える、かつ研究資金も与える。結構重要なことは、今の日本は、研究資金はすべて競争的に得なさいとしているんだけど、例えばスイスとかですと大学の研究者にはある一定の最低限の研究費があって、それで自由な研究をやって、芽が出たら競争的な資金を取りにいくとか、そういう研究者を支えるしっかりとした仕組みを国としてつくっている国が、圧倒的に強いと思います。

稲葉 周 (筑波大学) 日本で研究して良かったこと、逆に海外の研究者と共同研究して良かったと思っている点は何がありますか？

梶田 基本的に私は日本の研究施設をベースに実験、研究をしているのですが、そこに外国人の方が多く参加してくれるというのは、非常に大切なことだと思っています。国が違うとどうしても、いろんな物事に対する考え方も違いますし、またそういう考え方の違いから、新たな取り組みが研究グループ内でできたりもします。

山口愛菜 (北里大学) 日本より海外で研究をしたほうが研究資金という面から見てもいいのでしょうか？

江崎 スイスに CERN (欧州合同原子核研究機関) というのがありますけれども、国際的な設備というのは必要で、基礎研究の分野は国際的に協力します。ところが、応用研究、それを実用化するということになると、今度は国際的な競争が起こります。しかし、いずれにして国際的な経験をすることがサイエンスの分野では非常に重要です。私自身の例を取りますと、私がエサキダイオードというものを日本で発見したわけですが、その後 35 歳の時にアメリカのニューヨークに行き、その後はほとんど外国で研究をしました。ですから、国際的な協力によって、いろんな成果が出る。ここにおられる若い人もチャンスがあれば、外国で研究をし、いろんな人の考え方、あるいはやり方というものを勉強することが重要じゃないかと思っています。

梶田 私は海外での本格的な研究をやったことはない

ですけど、海外の大学などを訪問すると、いわゆる物理学での一流の大学などを訪問してみると、皆さんが常に何かしら新しいことを考えている、そういう非常にいい雰囲気があります。機会があれば外国での研究、新しい環境での研究というものを経験するというのは非常にいいことだと思います。

そのほか、3 名の方からの質問とそれに対する応答があった。**飯塚英雄 (社会人)**「暗黒物質・暗黒エネルギー研究の現状」、**小林 翼 (水海道一高)**「物理学者になるきっかけは？」および**青木 匠 (筑波大学)**「現在の小中高校教育に望むものは？」。これらへの回答は紙面の都合により省略した。

なお、今回の SAT フォーラム開催にあたり、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) から T2K 実験模型装置 (写真 1) の展示および東京大学宇宙線研究所から光電子増倍管 (写真 2) を借用した。また、浜松ホトニクス株式会社には光電子増倍管の運搬・取扱いに関し助言をいただくなどお世話になった。記して謝意を表す。

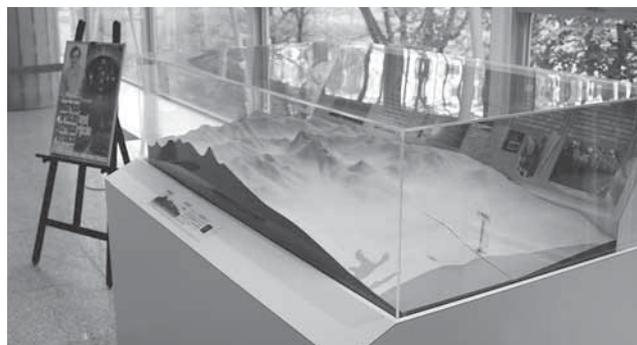


写真1 T2K 実験模型装置



写真2 光電子増倍管

(文責 編集委員 奥田 充)

つくば賞その後-13

「微生物ストレス応答の先駆的研究とリボゾーム工学の創出」

元農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所
生物機能解析ユニット長 越智 幸三

平成18年に、表記課題で第17回つくば賞を頂きました。この受賞で私どもの研究室は大いに活気づけられました。このたび編集部より「つくば賞その後」の執筆の機会を頂きましたので、受賞内容の概略とその後の発展について紹介致します。

1. はじめに

生き物は押しなべてストレスに対する絶妙な応答システムを持っていますが、単細胞生物であるバクテリアもその例外ではありません。丁度40年前に、ポストクとして米国NIHで枯草菌のストレス応答の研究を手がけましたが、幸運にも枯草菌の孢子形成は緊縮制御と呼ばれるストレス応答の結果であることを実証できました。当時、緊縮制御の研究は花盛りで、その中心的役割を果たすのがppGppとよばれるグアノシン4-リン酸であることも分かっていたのですが、この緊縮制御の生物学的な意味合いについては不明のままでした。私どもの成果は緊縮制御の生物学的意味合いを明らかにした初めてのものとなりました。この時以来、微生物のストレス応答に魅了され、帰国後は放線菌の抗生物質生産がこの緊縮制御の支配下にあることと、それに基づいて生産力増強技術を開発することもできました。これは緊縮制御という純学問対象を、実用性のある技術という側面に展開したことに意味があるといえます。微生物アラーム ppGpp はすべてのバクテリアが有していることは以前から知られていましたが、予想されるように、抗生物質生産に加えバイオフィーム形成、バイオルミネッセンス、コンピテンス、virulence, motility, persistence, symbiosis と、要するに主だったバクテリアの生命現象の大半にこの緊縮制御が関与していることが現在では分かっています。一方、私どもは ppGpp が植物の葉緑体にも存在することを発見しました。これは微生物における緊縮制御の応用性に鑑みれば、ppGpp による植物のストレス応答に着目した作物育種に応用展開できるのではないかと期待されます。また、理研とともに ppGpp の作用点についても X線解析で明らかにできました。これらの成果は、Cell, PNAS といった有力紙で発表されました。

微生物アラーム ppGpp は、アミノ酸が欠乏した時、

そのストレス応答としてリボゾーム上で瞬時に合成されます。そのようなことから、リボゾームとは長年親密な関係にありましたが、ある日、ポストクであった岡本晋氏が一枚の不思議なプレートを見せてくれました。そこに生えている放線菌は抗生物質を作る遺伝子は持っているものの、実際には作らない（つまり休眠状態にある）ことが良く知られているモデル放線菌でした。ところがこの株はどっさりと青色抗生物質を作っており、岡本氏に聞くとストレプトマイシン（以下ストマイ）耐性変異株であるとのこと。ストマイ耐性変異はその大半がリボゾームタンパク質 S12 に生じたものなので、とするとリボゾームの異常（翻訳）が休眠遺伝子を目覚めさせた（転写）ということになります。これは転写→翻訳というセントラルドグマに逆行するものであり [学問的意義]、さらにはリボゾームに変異を入れることによって休眠遺伝子が目覚めるのですから、普遍性さえ確認できれば育種とスクリーニングにおける強力な技術になりうるわけです [技術的意義]。時あたかも、多剤耐性菌がはびこっており、新型抗生物質の探索法が社会的にも強く望まれていました。そのような背景もあって、本課題は「リボゾーム工学の創出」というテーマで科技厅の大型プロジェクト“開放的融合研究”（25億円/5年）に折よく採択されました。5年間のプロジェクト期間を通じて様々な成果が得られましたが、一言で要約すれば、リボゾーム工学とは「リボゾームに特定の薬剤耐性変異を導入することにより、その細胞内生理を一変させる技術」ということになります。遺伝子覚醒のメカニズムについてもその概略を明らかにすることができ、リボゾームに特定の変異が入ることにより生育後期でのタンパク質合成が異常に活性化される（自然界ではこのようなことは決して起きません）ことが主因であることを明らかにできました。このような成果に対して、リボゾーム工学としては道半ばながらも多分そのポテンシャルを評価してくれてのことと思いますが、幸いにもつくば賞を頂くことができました。ポストクは多い時で30名を超えており、まさに蜂の巣をつついたような状態でしたが、そのころのメンバーの多くが現在では教授、准教授、研究室長などアカデミック分野で活躍してい

るのは私の自慢の種となっています。

2. 緊縮制御のその後

ppGpp は RNA ポリメラーゼに作用してその効果を発揮するので、であれば RNA ポリメラーゼ自身を改変してやればさらに大きな効果が得られるのではと想定し、リファンピシン耐性変異という簡便な方法で様々な変異型 RNA ポリメラーゼを作出しました。これは見事に的中し、半数近くの変異型が強力な抗生物質生産力アップと、さらには劇的な休眠遺伝子覚醒能を示しました。RNA ポリメラーゼは転写にかかわるので、この手法は転写工学とも呼べるものです。また、リボゾーム工学とは相乗的に作用し、実際これらの技術を使って休眠遺伝子を目覚めさせ、単離構造決定して新規抗生物質であることを実証しました。これは今後の抗生物質探索法にひとつの道をつけたものとして Nature に掲載され、新聞、NHK でも報道されました。さらに、バクテリアには単一の RNA ポリメラーゼがあるのみと教科書にも出ていますが、実は放線菌の一部には野生型と変異型を共有するものが存在することも発見しました。明らかに環境ストレスに対処するためであり、生命現象の妙に触れた思いでした。作物で遺伝子工学により変異型を共存させればどのような形質が表れてくるのか、想像するだけでも楽しくなります。

3. リボゾーム工学のその後

リボゾーム工学はその簡便さに最大の特徴があり、リボゾーム攻撃性の薬剤に対する耐性変異株を分離するだけの操作であり、それら耐性変異株の中には 10-30% という高頻度で目的とする高生産株あるいは休眠遺伝子覚醒株が出現してきます。そのため、土壌から分離した菌にも直ちにこの手法を適用できます。しかも、薬剤耐性変異を逐次的に導入すれば 8 段の育種さえも可能で、生産力は 180 倍にも増強されました。また、すでに高度に育種された工業生産株への適用も可能でした。この利便性ゆえに、リボゾーム工学と私どもの転写工学は現在世界で幅広く二次代謝増強と休眠遺伝子覚醒に利用されています。ごく最近の成果として、リボゾーム工学は抗生物質生産のようないわゆる二次代謝ばかりでなく、ブタノール生産、ビタミン B12 生産といった一次代謝の増強にも有効であることを示しました。さらに、休眠酵素遺伝子の覚醒にも極めて有効で、日本が酵素産業の盛んな国であることから、今後大いに活用されることを期待しています。

このように、リボゾーム工学は技術としては完成の域に達したといえますが、その研究過程で多くのミステリーに出くわすこととなりました。リボゾームはそ

れだけ奥の深い研究対象ということの表れといえますが、一つだけ紹介します。ストレプトマイシンは周知のようにワックスマン博士により戦後すぐに発見され、結核の治療になくはならない抗生物質です。この発見の直後には早くもストマイ耐性菌が見いだされ、高レベル耐性と低レベル耐性の 2 種類があることが明らかにされました。高レベル耐性は結核治療の上で重大なのでよく研究されましたが、反面、低レベル耐性は研究の難しさのため放置され、60 年間ミステリーのままでした。私どもは偶然この低レベル耐性の実態を明らかにすることができましたが、それはリボゾームの特定部位のメチル化を不能にするものでした。その結果、S-アデノシルメチオニン合成酵素の遺伝子が 30 倍以上に高発現してきます。つまり、ここでもセントラルドグマ（転写→翻訳）と逆行した現象が見られたわけです。この低レベル耐性変異は異常な高頻度で現れ、しかもこの変異がバックにあるとなぜか高レベル耐性変異がこれまた異常な頻度で出現してきます。つまり、結核治療にとっては踏んだり蹴ったりといった状態となります。そのため、この低レベル耐性変異は目下医学方面の研究者にも注目されることとなりました。不思議なことだらけですが、それだけに多くのひとの興味を引いたのか、ASM News や Science の編集者が“60 年来のミステリー解明がさらなるミステリーを呼び起こした”と題して巧緻な論評をしてくれました。ちなみに、この低レベル耐性変異は強力な休眠遺伝子覚醒能を示しますが、応用微生物学の範疇を超えて医学分野の人たちの役に立てるのはうれしい限りです。

4. さらなる研究の発展

10 年前のある日、先輩と酒を飲んでいると、“中国の希土類鉱山の近くの農家の人たちは、その泥をバケツでとってきて自分の畑にまいている。そうすると野菜が良く育つらしい。どうせアガリスクがガンに効くみたいなものだろうけどね”とのこと。しかし私には直感的にそれが真をついているように思えました。早速放線菌を使って実験してみると、まさに絵にかいたような結果が得られ、単に二次代謝能を上げるのみならず、多くの休眠遺伝子を強力に覚醒することを見出しました。周知のように希土類元素は中国でその 96% が採掘されており、磁石、電気自動車、テレビ、携帯電話など、現代工業に大切なものとなっています。これまで、鉄、亜鉛、銅、マンガンなどと違い、ランタンをはじめとする 17 種の希土類元素は生命現象とは関係のないものとされてきました。私どもの成果はその関係性を明確に示したものであり、遺伝子を転写レベ

ルで活性化することも明らかにしています。希土類元素はその名が示すとおり、土壤中の含量は極めて低く、土壌微生物はその進化の過程で希土類元素をストレスセンサーとして利用する術を獲得したのかもしれませんが。バイオテクノロジーに利用できる可能性は高く、将来“希土類生物学”といった新たな研究分野ができるのではないかと、大いに楽しみにしています。

休眠遺伝子を中心に述べてきましたが、放線菌に限らず生物には多くの休眠遺伝子があると考えられています。放線菌の抗生物質生産遺伝子はその典型で、実に8割が休眠状態にあることが現在では分かっています。これらの遺伝子は我々が思いつく様々なストレスを与えても容易に目覚めることはありません。しかし、数億年の進化を経たうえで、なおかつ遺伝子が存在するという事実は、ある特殊な環境やストレス条件下ではそれら遺伝子が目覚めて、菌にとって役立っているからである、と考える他ありません。その特殊環境やストレス条件とはどのようなものなのか、今後の研究に待つところです。ところで、そもそも抗生物質とはいったい何なのでしょう？もちろん、微生物にしてみれば人間様の薬としてお役に立てようと思って抗生物質を作っているのではないことは明らかです。私が学生の頃は、抗生物質は生産菌にとっては意味のない只の汗であるとか、周りの菌を殺して栄養源を独り占めするためであると習いました。ところが、ごく最近になって“抗生物質はじつは微生物同士がコミュニケーションを図るための「微生物の言葉」である”という考え方が提唱されてきています。リンコマイシンやクロラムフェニコールなど、リボゾーム攻撃性の抗生物質をごく微量添加してやると（病原菌を殺せる濃度の

1/100以下の低濃度)、添加された菌が持っている休眠遺伝子の多くが強力に目覚めてくるという私どもの最近の成果は、この概念の正当性を裏づけるものといえます。もちろんこの手法は、それが簡単明瞭であるだけに、今後の新規抗生物質の探索にも威力を発揮するでしょう。比較的高い濃度で用いれば病原菌を殺せるから薬として使えるというのは、まったく人間様の身勝手なやり方かもしれません。私は農芸化学の出身ですが、この学科では“まず実験せよ、そして面白いことを見つけよ”と習います。ここに述べた内容はいずれも学問と技術の両面に関わるものであり、また多くの不思議を堪能できたことは研究者として最高の喜びと思っています。

5. おわりに

最後になりましたが、授賞により私どもを元気づけて下さった財団理事長の江崎玲於奈先生、いくつもの大型プロジェクトを見守ってくださった先生方、そして一生懸命実験に励まれた多くのポスドク、研究員の方々にこの場を借りて心からお礼申し上げます。

参考文献

- 1) T.Hosaka *et al.*, *Nature Biotechnology*, **27**, 462-464 (2009).
- 2) K.Ochi and T.Hosaka, *Applied Microbiology and Biotechnology*, **97**, 87-98 (2013).
- 3) K.Ochi, *Journal of Antibiotics*, **70**, 25-40 (2017).
- 4) K.Funane *et al.*, *Journal of Bacteriology*, **200**, e00188-18 (2018).

著者略歴

越智 幸三 (おち こうぞう)

- 1971年 北海道大学農学部農芸化学科卒業
- 1976年 北海道大学農学研究科博士課程修了
- 1977年 米国ジョージタウン大学博士研究員
- 1979年 米国NIH 博士上級研究員
- 1983年 藤沢薬品工業（現アステラス製薬）入社
- 1992年 農水省食品総合研究所入所
- 1994年 食品総合研究所生物機能開発部研究室長
- 2010年 広島工業大学生命学部教授
- 2017年 広島工業大学定年退職
- 2017年～現在 愛媛の郷里にて晴耕雨読



科学の散歩道

「社会的課題の解決を求められる科学技術の方法論は？」

元国立環境研究所理事、東京大学名誉教授 安岡 善文

1. “ササラ型”と“タコツボ型”

今から60年ほど前、政治学者の丸山眞夫は著書「思想のあり方について」(1957年)の中で、文化や学問を“ササラ型”と“タコつぼ型”に類型化して、日本のそれが“タコつぼ型”であると表現しました。“ササラ”は、竹の先をいくつにも割った道具で、鍋などを洗う台所道具です。根が一つで先が枝分かれしている形状を、もともとギリシャ時代には共通の一つの学問分野であったものが、近代になって専門化、独立化して枝分かれした状況に譬えました。

実際、ヨーロッパでは、ギリシャ時代には哲学も天文学も音楽も美学も一つの学問として扱われていたようです。17世紀以降の科学技術の飛躍的な発展で、学問の細分化が起きて枝分かれすることになったものの、根が一つであった時代を共有していたために、今でも共通の根を忘れることはない、という論旨です。翻って日本では、近代科学技術が導入された19世紀には、ヨーロッパでは既に細分化が進行した段階にあったために、ササラの共通の根を切り捨てた状態、すなわち“タコツボ型”の状態で学問を取り入れてしまった、ということです。“タコツボ型”では共通の基盤や言語が無いために互いのコミュニケーションも容易ではない、とも記述しています。

社会の抱える課題が小さい時には、“ササラ型”の枝分かれした一つで、また“タコツボ型”の一つで、その課題が解決できたのだと思います。しかし、地球規模での温暖化や生物多様性の減少といった課題はあまりに複雑で一つの分野の学問で解決できるものではありません。自然科学や人文科学が総出で解決しなければならない課題といっても過言ではないでしょう。分かれてしまったササラの枝やタコツボを如何に束ねるか、現代の科学技術に問われた責務と言えます。

2. “知る科学”、“良くする科学”、そして“如何にあるべきかを考える科学”

丸山眞夫は、必ずしも自然科学を念頭に置いてこの考えを示した訳ではなく、勿論、地球規模での気候変動や化学物質による汚染、生物多様性の減少など、今日の我々を取り巻く社会的な課題を意識していた訳で

もありません。しかしながら、複雑で解決することの難しい課題(wicked problems)を目の前にすると、細分化された科学技術を再び束ねて課題の解決に向かうという姿勢の重要性を痛感せざるを得ません。

2014年に日本学術会議で報告「環境学の俯瞰」を作成した際に、環境を対象とした科学技術では、対象を“理解する(知る)こと”、“改善する(良くする)こと”、そして“如何にあるべきかを考えること”の3つの研究行為が必要であることを強調しました。それまでは、前者2つの研究行為を軸として環境科学技術を俯瞰し、構造化していましたが、それだけでは環境を持続的に維持することは難しい、という考えからでした。第三の研究行為“如何にあるべきかを考えること”は、丸山のいうササラの根元に戻ることに対応するのだと思います。報告では、環境教育や環境倫理、さらには環境哲学等をこの研究行為として取りあげています。

実際に地球の温暖化や気候変動研究の分野では、気候正義(climate justice)という言葉が使われ始めました。温暖化や気候変動を止めるために温室効果ガスの総排出量を抑えるとして、各国の排出量をどう配分するのか、事業分野別の排出量をどう分配するのか?先進国が多くを排出し、発展途上の国々の排出量を抑える、という不平等はあり得ません。業種によって排出量を優遇することも考えられません。その公平性をどう担保するのか、どう社会で納得のゆく解を導き出すのか、大変難しい問題です。ササラの根に戻った議論が必要でしょう。

3. “社会のための科学”、“社会における科学”

UNESCO(国連教育科学文化機関)とICSU(国際科学会議)の主催で開催された1999年の「世界科学会議」において“社会における科学、社会のための科学”を明記したブダペスト宣言(「科学と科学的知識の利用に関する世界宣言」)が採択されました。それまで科学の役割として明示されていた知識のための科学、平和のための科学、そして開発のための科学に加えて、社会との繋がりを明記する言葉が新たな科学の役割として加えられたのです。

17世紀からはじまった科学技術の著しい進展によっ

て、これまでに膨大な数の論文が発表され、多くの新たな知識が獲得されました。それらの成果により我々の生活が著しく改善してきたことも間違いありません。しかしながら一方で、今日においても、我々は多くの難しい課題を抱えています。地球規模での温暖化や生物多様性の減少などはその一例でしょう。これまでの科学技術に何が足りなかったのか、これらの社会的課題を解決するには新たに何を加えなければならないのか、科学技術はその答えを用意しなければなりません。

折しも日本においては科学技術協力プログラム SATREPS (Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development: 地球規模課題対応国際科学技術協力) が、そして国際学界では Future Earth (以下、FE) が開始されました。SATREPS は日本の JICA と JST が連携して、日本の持つ科学技術を発展途上の国々における社会的課題を解決するために活用し、社会に実装するための二国間プログラムです。また、FE は、社会の関与者 (ステークホルダーとも呼びます) を巻き込むことにより、地球規模での持続可能性の実現に取り組もうという ICSU 等により開始された国際科学技術プログラムです。

さらに、2015 年には国連において SDGs (持続可能な開発目標) が採択され、このプログラムに向けて科学技術に何ができるのか、STI for SDGs (Science, Technology and Innovation for SDGs) について国連で検討が始められています。SDGs は、科学技術分野に限ったプログラムではありませんが、その中で、科学技術 (STI) が大きな役割を果たすことが期待されています。

これら社会的課題を地球規模で解決するための科学技術プログラムが国内外においてほぼ同時期に開始されたことは決して偶然ではありません。“社会のための科学、社会における科学”を地球的規模で実践する必要性に迫られているという現実があるからだと思います。

<略歴>

1975 年東京大学大学院工学系研究科計数工学専攻博士課程修了、工学博士。国立環境研究所総合解析部総合評価研究室長、同地球環境研究センター総括研究管理官などを経て、1998 年東京大学生産技術研究所教授、2007 年国立環境研究所理事。2016-2018 年千葉大学環境リモートセンシング研究センター長、現在は、科学技術振興機構 (JST) 研究主幹、国際環境研究協会研究主監。

ササラの先、そしてタコツボを、社会を共通の軸として繋げる試みが始まったといえます。これまでも細分化された科学技術を繋げるための試みはなされてきました。学際的アプローチ (interdisciplinary approach) はその一つです。しかしながらこれはあくまでも学界内の連携を志向する動きでした。今は学界を越えて、社会と繋がることにより、細分化した学問を繋ぎ、社会の課題解決を行わなければならないようになってきました。FE の手法は社会との協働を研究計画段階から志向するという意味で超学際アプローチ (transdisciplinary approach) とも呼ばれます。

丸山眞夫が 60 年前に提起した“ササラ型”と“タコツボ”型の学問は、今、共通の根に立ち返って科学技術を統合化する動きと、社会的課題の解決に向かって社会とともに科学技術を繋げようとする両方の動きを加速しています。

4. 結びにかえて

地球規模での温暖化や生物多様性の減少への対応策を進めるうえで忘れてはならないことがあります。温室効果気体に関する初めての論文が発表されたのは 1861 年 (ジョン・ティンダル)、また生物多様性に関する最も基本的な著作「種の起源」が刊行されたのが 1859 年 (チャールズ・ダーウィン)、今からほぼ 150 年も前のことになります。初めの論文が出てから 100 年以上の間に多くの論文が出ましたが、これらのほとんどは新たな科学的知見 (“知ること”) を求めての成果でした。社会的な脅威と知るようになったのはさらに 50 年を必要としています。しかしながら、過去に得られたこれらの科学的な知見無くしては現代の wicked problems に取り組むことができないことも間違いありません。社会的な課題の解決と、基盤となる科学的知見の獲得は、持続可能な社会を実現するうえで車の両輪です。



つくば研究情報

「ギ酸からの高圧水素製造技術」

産業技術総合研究所 創エネルギー研究部門

エネルギー触媒技術グループ 上級主任研究員 姫田雄一郎

産業技術総合研究所 化学プロセス研究部門

マイクロ化学グループ 上級主任研究員 川波 肇

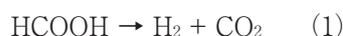
1. はじめに

時空間的に偏在する再生可能エネルギーを安定的・効率的に利用するため、安価・大規模にエネルギーを貯蔵・輸送できる技術開発が望まれている。すなわち、国内では再生可能エネルギーの余剰な電力の貯蔵および、太陽光発電や風力発電に適した中東砂漠地帯あるいは南米からのエネルギーの輸入を想定している。現在、エネルギーキャリアとして、アンモニア、メチルシクロヘキサン、液体水素の研究開発が行われているが、これらは発電所等での大規模利用を想定している。一方、燃料電池車に供給する高純度な高圧水素の安価・簡便な供給方法の開発も求められている。ギ酸は、4.4wt%、53 g/Lの水素を含んだ液体であり、簡便に高圧水素を供給できることから、近年、新たな水素キャリアとして注目されつつある。また、78%未満のギ酸水溶液は毒劇法および消防法の適用外となり、安全に水素を貯蔵できる特徴を持つ。本稿では、安価・簡便かつエネルギー効率よくギ酸から高品質な水素を発生できる触媒開発と、高圧水素供給技術について紹介する¹⁾。

2. ギ酸脱水素化触媒の開発

ギ酸からのガス発生には、脱水素化反応による水素と二酸化炭素 (CO₂) の発生 (式1) と、脱水反応により燃料電池触媒の劣化原因となる一酸化炭素 (CO) と水が発生 (式2) する2つの反応ルートがある。以前よりギ酸脱水素化触媒は知られていたが、有機添加物や200℃以上の高温条件が必要であり、脱水反応によるCOの副生が問題であった。筆者らは、イリジウム触媒が水中でギ酸を高効率・高選択的に脱水素化し、COを副生することなく水素を効率よく生成することを見出した。さらに、ギ酸キャリアの実用化を目指して、高い耐久性を示す触媒開発も進めている。現在、水素ガスを1ヶ月以上にわたって発生することに成功している。このように、ギ酸からの水素発生は、実用

化を目指して、より大容量の水素発生システムの構築が進められている。



3. 高圧水素発生と水素精製

燃料電池自動車へ供給される70 MPaの高圧水素は、一般に機械式コンプレッサーを用いて水素を圧縮している。しかし、多額の設備費と多くのエネルギーを必要とするコンプレッサーを用いたガス圧縮は、高圧水素のコストアップの主たる要因である。化学反応から高圧ガスを発生させるケミカルコンプレッサーは、機械式コンプレッサーと異なり駆動部を有しないため、新しい圧縮技術として期待されている。



図1 高圧水素発生装置

筆者らが開発した触媒を用いたギ酸脱水素化反応を密閉容器中で行うことで、ギ酸から生じるガスにより昇圧することがわかった。そこで、ガス分離装置を組み込んだ高圧水素発生装置を製作した(図1)。ギ酸水溶液を80℃に加温すると100 MPa以上の高圧ガスが発生できることを世界で唯一報告した。興味深いことに、100 MPaの高圧条件下でも85%のギ酸が転換された。熱力学的計算では、80℃でギ酸から225 MPaの

ガスが発生する。また、連続的にギ酸を供給することで、20 MPaの高圧ガスを連続的に50時間にわたって発生させることにも成功している。

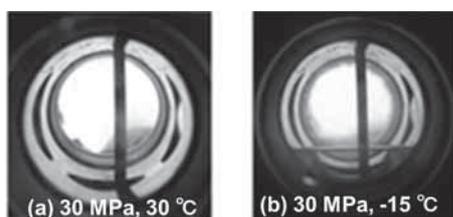


図2 水素と二酸化炭素が気液分離した様子
(a) 均一相状態 (b) 気液分離状態

一方、ギ酸から生成するガスにはCO₂が含まれているため、ガス分離が必要となる。筆者らは、高圧CO₂の冷却によりCO₂が液化する相変化を利用することで、水素ガスの濃縮を試みた。実際、発生する高圧ガスは均一相であるが(図2(a))、これを-15℃まで冷却すると、液相(液化CO₂)と気相の二相に分離した(図2(b))。これにより、気相は69mol%まで水素が濃縮されることを確認した。さらに、-51℃では85mol%まで水素を濃縮できた。このように、筆者らは簡便な高圧水素

の供給方法だけでなく、ガス分離の効果的な手法を示すことができた。

4. おわりに

高性能触媒開発および高圧反応プロセス技術により、化学エネルギーを圧力エネルギーとして取り出し、圧縮機を使わず、簡便に連続して高圧水素を供給できることを実証した。まだ、触媒耐久性、ガス精製など解決すべき課題が残されているが、水素ステーション等への高圧水素供給技術として研究開発を進めている。なお本研究の一部は、JST 戦略的創造研究推進事業「再生可能エネルギーからのエネルギーキャリアの製造とその利用のための革新的基盤技術の創出」の支援を受けて行われたものである。また、米国ブルックヘブン国立研究所の藤田恵津子博士との共同研究の成果である。

参考文献

- 1) JST News 2019年4月号「ギ酸の力で水素エネルギーを有効利用」

著者略歴

姫田雄一郎 (ひめだ ゆういちろう)

1988年 大阪大学理学部化学科 卒業
 1991年 大阪大学大学院理学研究科博士後期過程有機化学専攻退学
 1991年 通商産業省工業技術院(現(国研)産業技術総合研究所)に入所
 1994年 大阪大学大学院理学研究科より学術博士(理学)を取得
 2013年 科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業(CREST)研究代表者
 2019年 市村地球環境学術賞受賞
 国立研究開発法人産業技術総合研究所 創エネルギー研究部門
 エネルギー触媒技術グループ 上級主任研究員



川波 肇 (かわなみ はじめ)

1992年 東北大学理学部化学科 卒業
 1997年 東北大学大学院理学研究科より学術博士(理学)を取得
 1997年 近畿大学工学部応用化学科 助手
 2001年 産業技術総合研究所に入所
 2011年～東北大学大学院理学研究科 連携大学院教授
 2019年 市村地球環境学術賞受賞
 国立研究開発法人産業技術総合研究所 化学プロセス研究部門
 マイクロ化学グループ 上級主任研究員



つくば研究情報

「木質バイオマスの利用技術開発で 予想外に発見された新しいセシウム沈殿剤」

森林研究・整備機構 森林総合研究所
森林資源化学研究領域 主任研究員 大塚 祐一郎

1. 木の主要成分リグニンから工業原料を作る技術開発

木材は主に3つの主要成分、セルロース、ヘミセルロース、リグニンから構成される。このうち、木材の40～50%を占めるセルロースと15～25%を占めるヘミセルロースは、糖成分が連なった繊維状の成分であり、紙やパルプの原料、甘味料などとして利用されている。一方で木材の20～35%を占めるリグニンは、芳香族物質が複雑につながったポリフェノールであり、地球上で最大の芳香族バイオマス資源であるにもかかわらず、その構造の複雑さから高効率な利用方法は確立しておらず、製紙産業では燃料として焼却されることが多い。このリグニンの新しい利用法として、森林総研では化学的低分子化と組換え微生物発酵を組み合わせた新しいリグニンの利用システムを開発してきた。

リグニンは芳香族物質が様々な結合様式で複雑につながったものであり、化学的に低分子化しても様々な芳香族物質の混合物となってしまう。そのため、リグニンから得られる様々な芳香族物質をことごとく分解する土壌細菌の代謝経路を利用して、様々な芳香族物質から単一の2-ピロン-4,6-ジカルボン酸 (PDC) を生産する組換え微生物の開発および高効率なPDCの発酵生産方法を開発した (図1)^{1) 2)}。

図1に示すように、PDCはその分子構造に2つのカルボキシル基があるために、この部分を腕として様々なポリマーを合成することが可能である。すでにPDC

を原料にポリアミド、ポリエステル、ポリウレタン、エポキシ樹脂などの合成方法が確立しており、フィルムシートやスパンデックス様の伸縮性のあるポリウレタン、強力な金属接着剤などが開発されている^{3)~5)}。

2. 発酵試験で偶然発見されたPDCの意外な機能

リグニンから化学分解と組換え微生物発酵により製造されるPDCは様々な工業製品の原料となり得ることが明らかとなったが、実用化のためには低コストでの製造法の開発が必須である。そこで森林総研では発酵タンク内で、PDCをできるだけ高濃度に生産・蓄積する発酵条件の検討を行ってきた。ところが、発酵タンク内のPDC濃度が高くなると発酵条件によって発酵液中に大量の沈殿が生じるようになった。またこの沈殿は発酵液中のナトリウム (Na) 濃度が高い場合に起こることがわかり、PDCがNaと錯体を形成していることが示唆されていた。PDC-Na錯体の構造はX線結晶回折法により分析され、その結果PDC-Na錯体は2分子のPDCがカルボニルの位置でNaを挟むような形であることがわかり、PDCは非常に珍しいアルカリ金属キレーターとしての機能も持ち合わせていることが明らかとなった⁶⁾。

3. PDCはセシウムと選択的に錯体を形成する

I族のアルカリ金属には、原子番号順にリチウム (Li)、

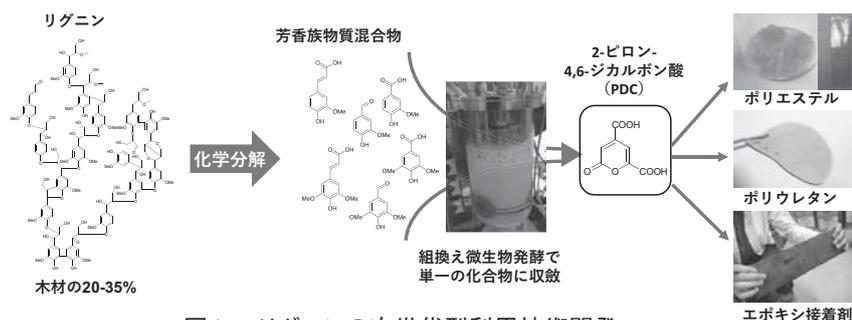


図1 リグニンの次世代型利用技術開発

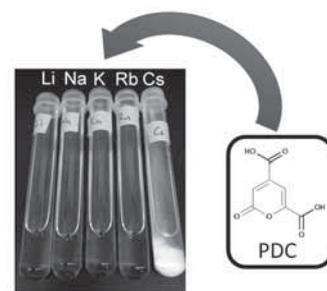


図2 各アルカリ金属とPDCの相互作用

ナトリウム (Na)、カリウム (K)、ルビジウム (Rb)、セシウム (Cs) がある。これらアルカリ金属と PDC の相互作用を検討したところ、PDC は Cs と特に反応性が高く、比較的低濃度でも錯体の結晶沈殿を乗じることが明らかとなった。図 2 にはそれぞれ 1% のアルカリ金属水溶液に 7% の PDC 水溶液を等量添加したときの様子を示している。この濃度では PDC が Cs とのみ錯体を形成し沈殿を生じる。また PDC 水溶液と Cs 水溶液のみを混合した場合は、水に溶けた Cs の 98% 以上を沈殿させることができるが、さらに Na が Cs の 10 倍モル共存した場合でも PDC と Cs は選択的に錯体を形成し、その約 90% が錯体沈殿となることが明らかとなった⁷⁾。

これらの結果は、PDC を用いることによって水溶液中に溶けた Cs を沈殿として除去できるだけでなく、Cs の他に性質の似たアルカリ金属が多量に混ざっている場合でも選択的に Cs を除去できることも示している。

また PDC と各アルカリ金属との錯体構造の解析を行ったところ、Li, Na, K, Rb, Cs と質量数に比例して PDC との相互作用点が多くなることがわかり、PDC はアルカリ金属の中で Cs と最も強く相互作用することがその錯体構造からも明らかにされた⁸⁾。

4. 放射性セシウム汚染水処理への可能性

森林総研で発見された PDC という新しいセシウム沈殿剤による除去方法は、従来の多孔性無機物であるゼオライトへの吸着による除去法やフェロシアン化鉄など格子状の分子構造に非特異的に捕捉して取り除く方法とは異なり、水溶液中に存在するセシウムを選択的に捕捉して錯体沈殿として除去することができる新しい方式のセシウム除去法といえる。また Na などのアルカリ金属が多く混在していても選択的に Cs を捕捉することができるため、例えば Na を多量に含む海

水中であっても Cs を効率よく除去できるシステムの構築が期待される。

2011 年 3 月の東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所の爆発事故は、8 年以上が経過した現在でも毎日大量の冷却水が投与され、大量の汚染水が発生している。現在は日々発生する汚染水を多核種除去装置 (ALPS) などにより浄化するシステムが稼働しているが、今後メルトダウンした核燃料を取り除くまでの何十年と続く問題に対処し続けるためには不測の事態に備えて選択肢をできるだけ多くすることが必要である。今回偶然見つかった PDC と Cs の錯体形成によるセシウムの選択的沈殿除去システムが、放射能汚染水の新たな浄化方法の一つの選択肢として見いだされた意義は大きいと考える。

引用文献

- 1) Y. Otsuka *et al.*, *Appl. Microb. Biotech.*, **71**, 608-614 (2006).
- 2) Y. Qian *et al.*, *Bioresources*, **11**, 6097-6109 (2016).
- 3) T. Michinobu *et al.*, *Polymer Journal*, **40**, 68-75 (2008).
- 4) T. Michinobu *et al.*, *Polymer Journal*, **41**, 843-848 (2009).
- 5) Y. Hasegawa *et al.*, *Journal of Fiber Science and Technology*, **65**, 359-362 (2009).
- 6) T. Michinobu *et al.*, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **80**(12), 2436-2442 2007.
- 7) K. Shikinaka *et al.*, *Journal of Nuclear Science and Technology*, **53**(9), 1256-1259 (2016).
- 8) M. Bitto *et al.*, *Waste and Biomass Valorization*, **10**(5), 1261-1265 (2019).

著者略歴

大塚祐一郎 (おおつか ゆういちろう)

博士 (農学)

2006 年 独立行政法人森林総合研究所 入所

2011 年 同 主任研究員

2017 年 国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所 主任研究員

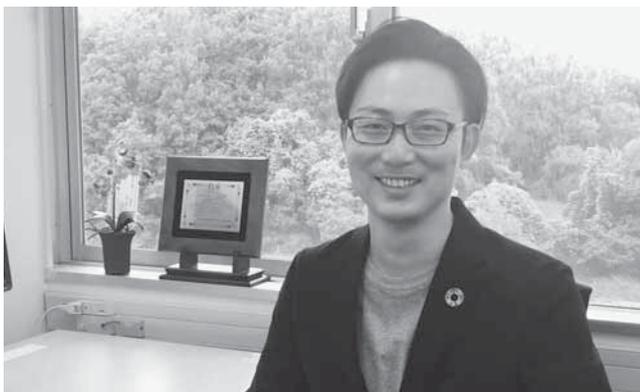


SAT活動報告

賛助会員企業訪問記 一抜粋(16)一

楽天株式会社 楽天技術研究所

2019年の関東地方は平年並みの6月7日に梅雨入りし、つくばはすぐに梅雨らしい日々となったのですが、その後梅雨の中休みが続きました。楽天株式会社の賛助会員訪問記インタビューに筑波大学と楽天株式会社との特別共同研究事業の研究拠点「未来店舗デザイン研究室」をつくばサイエンス・アカデミー (SAT) 渋尾 篤 (課長)、伊ヶ崎文和 (コーディネーター) が訪れた6月21日 (金) 午後も、そんな日でした。夏至を明日に控えていたものの、蒸し暑いこともなく過ごし



益子 宗様
(楽天技術研究所シニアマネージャー、
筑波大学芸術系教授)

やすい日でした。

今回の賛助会員訪問記インタビューでは、楽天株式会社 楽天技術研究所 益子 宗様 (シニアマネージャー、筑波大学芸術系 教授) にご協力いただきました。益子様には、これまでにつくばサイエンス・アカデミー (SAT) の会誌33号 (2018年3月31日発行) のつくば研究情報に「筑波大学と楽天による新しい店舗システムに関する教育研究一体型産学連携」と題して執筆いただき、その縁がきっかけとなり今回の訪問が実現いたしました。

賛助会員企業訪問記インタビューは、楽天株式会社と筑波大学との特別共同研究事業「未来店舗デザイン研究事業」でのこの3年間 (特別共同研究事業は2019年2月4日に開始。ここでは2016年11月からの「未来店舗デザイン研究室」での産学連携を含む3年間) の活動内容が中心です。産学連携の成果を紹介いただき、未来店舗のイメージについて伺いました。まだ3年弱しか経過していないにもかかわらず多くの成果が得られており、今後ますますの成果が期待できると確信しました。インタビューの詳細は以下のURLをご覧ください。

<https://www.science-academy.jp/visit/0049.html>

SATフォーラム2019開催報告

2015年のノーベル物理学賞受賞者の梶田隆章東京大学宇宙線研究所長をお招きし、SATフォーラム2019を開催いたしました。

開催日時 令和元年7月12日 (金)
15時～16時47分

会場 つくば国際会議場大ホール

参加者数 555名 (高校生175名)

「神岡の地下から見た日本の基礎科学研究」と題して、岐阜県飛騨高山市に設置された実験装置 (カミオカンデ、スーパーカミオカンデ) でニュートリノ振動を発見されるまでの研究成果および日本の基礎科学研

究の現状についてご講演いただきました。

講演後、板東総務委員長の進行で梶田先生、江崎会長とのトークセッション、会場質疑が行われました。昨年に引き続き講演終了後に回収した質問票の中から7名を指名し、梶田先生、江崎先生から回答していただきました。

313名のアンケート結果では、「とても参考になった」、「参考になった」合わせて95%でした。

梶田先生の講演内容に関しましては、本号に掲載されていますSATフォーラム2019をお読みください。

3月5日(火)

第20回 SAT 賛助会員交流会開催報告

第20回賛助会員交流会が下記の日時・会場で開催されました。

日時 2019年3月5日(火) 午後1時15分～6時45分

会場 つくば国際会議場 303室 および サロンレオ

今回は事業紹介いただきます育良精機(株)から、ものづくりの現場でカイゼンに努力し、成果のあった企業の講演を聞きたいとの要望が出されましたので、従来とは異なった賛助会員交流会となりました。参加者は28名でした。

賛助会員事業紹介

①ペンギンシステム株式会社

代表取締役社長 仁衡 琢磨様

「研究開発支援一筋37年～事業のご紹介、今思うこと～」

②育良精機株式会社

取締役開発事業部長 大槻 芳朗様

「開発型企業を目指して」

つくば研究者・茨城県経営者講演

①国立環境研究所 地球環境研究センター 気候モデリング・解析研究室 主席研究員 中島 英彰様

「つくばに来てはや21年、これまでの研究を振り返って」

②岡田鋳金株式会社 代表取締役社長 増田 武夫様

「茨城県から世界の製造業を支える事業構想」

また、**総合討論**では、以下の話題提供をお願いしました。

(公財)茨城県中小企業振興公社

プロジェクトマネージャー 中野 清蔵様

「最近の中小企業の動向と支援策について」

賛助会員交流会の概要に関しましては以下の URL をご覧ください。

<https://www.science-academy.jp/pdf/sanjo-20-houkoku.pdf>

8月8日(木)

第21回 SAT 賛助会員交流会開催報告

第21回賛助会員交流会が下記の日時・会場で開催されました。

日時 2019年8月8日(木)

午後1時30分～6時30分

会場 つくば国際会議場 303室 および サロンレオ

今回はつくばの研究者による研究紹介の一つとして、産総研技術移転ベンチャーを起業されました(株)SIJテクノロジーから、産総研での研究とベンチャー起業・業務内容について講演をいただきました。参加者は31名でした。

賛助会員事業紹介

①キッコーマン株式会社 研究開発本部 研究開発推進部
戦略グループ グループ長 阪上了一様

「キッコーマンの事業紹介」

②浜松ホトニクス株式会社 中央研究所

筑波研究センター長(理事) 伊藤博康様

「浜松ホトニクスの事業紹介」

つくば研究者講演

①産業技術総合研究所 触媒化学融合研究センター
官能基変換チーム 佐々木一憲様

「生物資源と触媒技術に基づく食・薬・材創生コンソーシアムにおける活動紹介」

②株式会社SIJテクノロジー

代表取締役社長 村田和広様

「スーパーインクジェット技術の実用化

～国研発ベンチャーによるとりくみ～」

賛助会員交流会の概要に関しましては以下の URL をご覧ください。

<https://www.science-academy.jp/pdf/sanjo-21-houkoku.pdf>

第7回 SAT サイエンス・カフェ開催報告

「リンゴとミカンの生活習慣病発症リスクの低減効果」

2019年2月15日(金)につくばエキスポセンター内のカフェレストラン「ほしまる☆カフェ」にて、第7回SATサイエンス・カフェが開催されました。今回の話題提供は、農研機構 食品研究部門食品機能評価ユニット長の庄司俊彦様から、「リンゴとミカンの生活習慣病発症リスクの低減効果」という演題で、リンゴの肥満予防効果とミカンの骨粗鬆症予防効果などに

ついて詳しい話を伺いました。参加者は20名で、企業関係者、大学・研究機関関係者、各種団体関係者、SAT関係者などでした。庄司様からの講演があった後、リンゴやミカンに含まれる機能性成分に関する質疑応答が活発に行われました。

詳しくは下記 URL をご覧ください。

<https://www.science-academy.jp/pdf/satcafe-7houkoku.pdf>

令和元年度総会・運営会議報告

つくばサイエンス・アカデミーの総会が、令和元年（2019年）6月14日（金）つくば国際会議場で開催されました。江崎会長挨拶の後、平成30年度事業報告及び決算報告、令和元年度事業計画及び収支予算案、役員の選任について議案提案され、すべての議案について全会一致で承認されました。つくばサイエンス・アカデミー役員は以下の通りです。なお、総会に先立って開催されました運営会議におきまして、特別会員（今回は一名）が承認されました。

つくばサイエンス・アカデミー役員名簿（令和元年8月1日）

◆会長

江崎玲於奈（一財）茨城県科学技術振興財団理事長・つくば国際会議場館長

◆副会長

岡田 雅年（国研）物質・材料研究機構名誉顧問
丸山 清明 元（国研）農業・食品産業技術総合研究機構理事

◆運営会議委員

五十嵐立青 つくば市長
石田 瑞穂（国研）産業技術総合研究所 / 防災科学技術研究所客員研究員
餌取 章男 京都先端科学大学客員教授 / 科学ジャーナリスト
大井川和彦 茨城県知事
☆大角 泰正（国研）宇宙航空研究開発機構筑波宇宙センター所長代理
大久保博之 茨城県商工会議所連合会会長
太田 敏子 筑波大学名誉教授
岡田 安弘 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構理事
☆岡本 和孝 株式会社日立製作所研究開発グループ材料イノベーションセンター長
鬼澤 邦夫 株式会社常陽銀行特別顧問
小幡 裕一（国研）理化学研究所バイオリソース研究センター特別顧問
貝沼 圭二（公社）大日本農会名誉会員
金山 敏彦（国研）産業技術総合研究所特別顧問
岸 輝雄 新構造材料技術研究組合理事長 / 東京大学名誉教授
久間 和生（国研）農業・食品産業技術総合研究機構理事長
久野美和子 電気通信大学客員教授 / 内閣府地域活性化伝道師
小玉喜三郎（国研）産業技術総合研究所特別顧問
佐藤 一彦（国研）産業技術総合研究所触媒化学融合研究センター長
関 正夫 関彰商事株式会社代表取締役会長
中鉢 良治（国研）産業技術総合研究所理事長
永田 恭介 筑波大学学長
中原 徹（公財）つくば科学万博記念財団理事長
中村 道治（国研）科学技術振興機構顧問
新山 哲（一財）茨城県科学技術振興財団専務理事
西川 和廣（国研）土木研究所理事長
西村 暹 筑波大学生命科学動物資源センター客員研究員
沼尻 博 沼尻産業株式会社代表取締役会長
橋本 和仁（国研）物質・材料研究機構理事長
林 純一 筑波大学名誉教授 / 生存ダイナミクス研究センター長
林 春男（国研）防災科学技術研究所理事長
板東 義雄（国研）物質・材料研究機構エグゼクティブ・アドバイザー
三木 幸信（国研）産業技術総合研究所副理事長兼つくばセンター長
三村 信男 茨城大学学長
村上 和雄（公財）国際科学振興財団理事 / 筑波大学名誉教授
渡辺 知保（国研）国立環境研究所理事長
☆新任 計 38 名（五十音順）

つくばサイエンス・アカデミー特別会員（令和元年6月14日）

河原 孝行（国研）森林研究・整備機構森林総合研究所企画部長

つくばサイエンス・アカデミー賛助会員一覧

(五十音順)

- あ** アステラス製薬株式会社 つくば研究センター
荒川化学工業株式会社 筑波研究所
家田化学薬品株式会社 筑波支店
育良精機株式会社
株式会社池田理化
一般社団法人茨城県経営者協会
茨城県信用組合
国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 筑波宇宙センター
株式会社エア・リキード・ラボラトリーズ
株式会社 S・Labo
オークラフロンティアホテルつくば
- か** 国立研究開発法人科学技術振興機構
カゴメ株式会社 イノベーション本部
株式会社カスミ
キッコーマン株式会社 研究開発本部
株式会社クラレ つくば研究センター
株式会社クレフ
公益財団法人国際科学振興財団
- さ** 株式会社 Scientific Language
株式会社 JTB 茨城南支店
株式会社常陽銀行
株式会社常陽産業研究所
関彰商事株式会社
株式会社セノン 茨城支社
- た** 大鵬薬品工業株式会社 研究本部(つくばエリア)
大陽日酸株式会社 つくば研究所
高橋興業株式会社
田中貴金属工業株式会社 筑波事業所
株式会社つくばエッセ
公益財団法人つくば科学万博記念財団
一般社団法人つくば観光コンベンション協会
株式会社筑波銀行
株式会社つくば研究支援センター
つくば国際会議場
株式会社つくば山水亭
つくば市
つくば市商工会
ツジ電子株式会社
テスコ株式会社
東京化成工業株式会社
戸田建設株式会社 技術研究所
- な** 日京テクノス株式会社
日清製粉株式会社 つくば穀物科学研究所
日本製鉄株式会社 鹿島製鉄所
日本ハム株式会社 中央研究所
日本エクシード株式会社
日本電気株式会社 筑波研究所
日本電子株式会社
- は** 浜松ホトニクス株式会社 中央研究所筑波研究センター
日立化成株式会社 先端技術研究開発センター
株式会社日立製作所 日立研究所
不二製油グループ本社株式会社
国立研究開発法人 物質・材料研究機構
ベンギンシステム株式会社
国立研究開発法人 防災科学技術研究所
- ま** 三菱ケミカル株式会社 研究推進部
水戸商工会議所
- や** 公益財団法人山田科学振興財団
- ら** 楽天株式会社 楽天技術研究所
理想科学工業株式会社 理想開発センター

(60 企業・団体)

2019年9月30日現在

編集委員

- 餌取章男 / つくばサイエンス・アカデミー総務委員 (編集委員長)
- 奥田 充 / 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
- 川添直輝 / 国立研究開発法人物質・材料研究機構
- 河野良治 / 国立大学法人筑波大学
- 五藤大輔 / 国立研究開発法人国立環境研究所
- 角田方衛 / 元科学技術庁金属材料技術研究所
- 東口 達 / 日本電気株式会社
- 松崎邦男 / 国立研究開発法人産業技術総合研究所

SAT 編集事務局

- 洪尾 篤 / つくばサイエンス・アカデミー事務局長
- 伊ヶ崎文和 / つくばサイエンス・アカデミーコーディネータ

表紙写真説明：上左：SATフォーラム2019 江崎玲於奈会長(左) 梶田隆章先生(右)

上右：SATフォーラム2019 梶田隆章先生

下：座談会

左より 餌取章男氏(司会)、マクシュートフ氏、唐 捷氏、フォンス氏

編集後記

関東は梅雨明けが遅く、明けると一気に暑い夏がやってきました。その暑さも夏休みが終わる頃には多少しのぎやすくなっていましたが、9月に入って台風15号の直撃を受けることとなりました。

会誌36号。座談会“海外からの研究者がみたつくば”では、つくばに長く生活しているマクシュートフ博士(ロシア出身。国立環境研)、フォンス博士(米国出身。産総研)そして唐 捷博士(中国出身。物材機構)の3名につくばについて語っていただきました。

SATフォーラム2019は、2015年ノーベル物理学賞受賞の梶田隆章東大宇宙線研究所長を迎えて「神岡の地下から見た日本の基礎科学研究」と題して、ニュートリノ振動を発見した経緯および現在日本の基礎科学研究の現状について講演いただきました。奥田充編集委員(農研機構)に取りまとめをお願いしました。

つくば賞その後-13は「微生物ストレス応答の先駆的研究とリボゾーム工学の創出」で受賞当時食品総合研究所に在職されていた越智幸三氏に、業績およびその後の大きな発展について執筆いただきました。研究の過

程で“多くの不思議を堪能できたことは研究者としての最高の喜び”と結ばれています。

科学の散歩道は元国立環境研理事の安岡善文氏にお願いしました。「社会的課題の解決を求められる科学技術の方法論は？」と題して、世界的に取り組まれている持続可能な社会を実現するうえで何が車の両輪になるべきかが説かれています。

つくば研究情報では産総研の姫田雄一郎氏・川波肇氏には「ギ酸からの高圧水素製造技術」を、森林総研の大塚祐一郎氏には「木質バイオマスの利用技術開発で予想外に発見された新しいセシウム沈殿剤」を執筆いただきました。今後は是非実用化してほしい研究成果です。

賛助会員企業訪問記は楽天株式会社 楽天技術研究所です。楽天と筑波大学との共同研究成果をSATのHPでご覧ください。

最後になりましたが、座談会参加者および執筆者の皆様様に厚く御礼申し上げます。

(伊ヶ崎記)

- 2 ●座談会
“海外からの研究者がみたつくば”
国立環境研究所 Shamil Maksyutov
産業技術総合研究所 Paul Fons
物質・材料研究機構 唐捷
- 10 ●SATフォーラム2019
2015年ノーベル物理学賞を受賞した梶田隆章東京大学宇宙線研究所長を迎えて
- 15 ●つくば賞その後-13 「微生物ストレス応答の先駆的研究とリボゾーム工学の創出」
元農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所
生物機能解析ユニット長 越智 幸三
- 18 ●科学の散歩道 「社会的課題の解決を求められる科学技術の方法論は？」
元国立環境研究所理事、東京大学名誉教授 安岡 善文
- 20 ●つくば研究情報
「ギ酸からの高圧水素製造技術」
産業技術総合研究所 創エネルギー研究部門
エネルギー触媒技術グループ 上級主任研究員 姫田雄一郎
産業技術総合研究所 化学プロセス研究部門
マイクロ化学グループ 上級主任研究員 川波 肇
「木質バイオマスの利用技術開発で予想外に発見された新しいセシウム沈殿剤」
森林研究・整備機構 森林総合研究所
森林資源化学研究領域 主任研究員 大塚祐一郎
- 24 ●SAT活動報告
賛助会員企業訪問記 - 抜粋(16) - 楽天株式会社 楽天技術研究所
SATフォーラム2019、第20回・第21回SAT賛助会員交流会、第7回SATサイエンス・カフェ
総会・運営会議 (役員および特別会員)
- 27 ●賛助会員一覧・編集委員 編集後記

SAT Science Academy of Tsukuba
つくばサイエンス・アカデミー[®]
発行：(一財)茨城県科学技術振興財団つくばサイエンス・アカデミー

事務局

<https://www.science-academy.jp/>

■(一財)茨城県科学技術振興財団つくばサイエンス・アカデミー

〒305-0032 つくば市竹園2-20-3 つくば国際会議場内

TEL:029-861-1206 FAX:029-861-1209 Email:academy@epochal.or.jp

発行日：2019年9月30日

発行人：江崎玲於奈

編集人：餌取章男