



株式会社トヨタコンポン研究所
TOYOTA KONPON RESEARCH INSTITUTE INC.

〒451-0051
愛知県名古屋市西区則武新町4丁目1番35号
トヨタ産業技術記念館内



株式会社トヨタコンポン研究所ウェブサイト
<https://konpon.toyota>

TOYOTA KONPON RESEARCH INSTITUTE INC.

株式会社トヨタコンポン研究所
アニュアルレポート 2022

豊田章一郎 代表取締役と クラスター研究

追悼

2023年2月14日 コンボン研究所設立から特別な思いをもって見守ってくださった豊田章一郎代表取締役が亡くなりました。コンボン研のメンバーは、それぞれ仕事をしているさなかにwebから流れてきたニュースで知り、しばらく仕事の手を止めそれぞれの思いに浸りました。

コンボン研は、人類の持続的発展に貢献するため、科学・技術・社会に関する必要な研究の方向を根本的に考えることを目的とし、トヨタグループ各社が共同して、豊田喜一郎の誕生日に合わせて1996年の6月11日に設立されました。いうまでもなく、豊田英二さんと章一郎さんが中心となって設立の議論にかかわられました。

ちょうどそのころ、コンボン研の初代所長でもあった佐田登志夫先生や小柴昌俊先生、朽津耕三先生の紹介により近藤保先生と章一郎さんの出会いがありました。近藤先生は、東京大学でクラスター科学の研究を立ち上げ、作る見るといった基本的な技術開発を完成したばかりでしたが、クラスター研究においては世界の最先端を走っていました。

クラスターとは、当時超微粒子と呼ばれたものよりさらに一桁サイズが小さく、原子や分子が数個から数千個集まったものです。このクラスターを構成する原子や分子の数を操ることで、それまでの材料には無い新しい特性を生み出すことができ、さらに材料・物質のコンボンの理解につながるとの期待があり、まさにコンボン研究所が研究主導すべき対象でした。

翌1997年にはお弟子さんとともども豊田工業大学に移籍された近藤先生に委託する形で、クラスター科学の基礎研究がスタートしました。そして世界中の研究者との頻繁な交流を意図して、成田空港からアクセスのよい千葉県市川市に小さいながらも充実した研究室が建設され、東東京研究室と命名されました。ここに、近藤先生とお弟子さん、コンボン研の研究者も集い、必要な設備を手造りしながらの研究が始まりました。そして4年後の2000年には、近藤先生と若手研究者4名がノーベルシンポジウムで招待講演を行い、さらに2004年には近藤先生が世界的に権威のあるフンボルト賞を受賞されるなど、東東京研究室は基礎研究の活気に満ちていました。

章一郎さんは、この東東京研究室がお好きでした。よくふらっと来られては、近藤先生や若い研究者と実験装置の前で楽し気に議論を交わされました。時には本質をついた質問でたじたじになった経験は、東東京研究室のだれにもある思い出です。そして、研究室からお帰りになるときはいつもきまってニコニコされていました。研究室で章一郎さんと触れ合った方々の言葉を一部ですが紹介します。

「クラスター研究に関する章一郎さんとのやりとりの中で最も印象に残っているのは、分子模型を前にして原子の間をつないでいる棒を指して、これは何だ？分子の中にこんな棒が本当にあるのか？と我々を問い詰めておられたことです。そこに、名誉会長の科学者としての探究心を感じたのは、自分だけではなかっただろうと思います。」九州大学大学院理学研究院長 寺嶋亨。

「コンボン研では、クラスター研究のために、十分な時間と空間と機会を与えて戴きました。これ以上の研究環境を用意するのは今でも難しく、改めて章一郎さんの研究へ思ひの深さを感じます。」東京大学総合文化研究科長・教養学部長 真船文隆。

「章一郎さんが研究室をご見学になるときはいつも、私たち研究員が気おくれすることなく説明できる雰囲気を作って戴きました。近藤先生、章一郎さんのお二人に育てて戴いたんだと感謝しています。」学習院大学理学部化学科教授 河野淳也。

「一緒に実験するという夢のような計画もありました。研究がたまたまなく好きどころが我々との大きな共通点であり、親しみを感じてきました。」豊田工業大学 受託客員教授 市橋正彦。

「章一郎さんは、実験の大好きな近藤先生に葉巻(作業着)を着て実験したい、とよくおっしゃっていました。近藤先生は、好奇心旺盛な章一郎さんに、ノーベル賞候補の佐藤勝彦先生をはじめ、多くの個別レクチャーを企画開催されました。お二人の相互理解と信頼の深さが見て取れました。」豊田工業大学 受託客員教授 安松久登。

さて、設立以来、東東京研究室は意図したとおり、この領域のメ

ジャーな国際交流の場となり、日本をはじめ世界中の研究者が年間数十組も訪れ、時にはセミナー、時には滞在して共同研究が行われました。章一郎さんは、超ご多忙の身でありながらご都合の合うときには東東京研究室でセミナーに参加され世界の最先端を肌で感じることも大切にされていました。

特に、コンボン研が主催して3回にわたって行ったGRIシンポジウムは、クラスター領域におけるソルバー会議ともいえる国際会議です。第一回から欠かさず参加され、会議では臆することなく専門家に質問され、科学に対する好奇心を持ち続けられたその背中を後進に見せてくださいました。

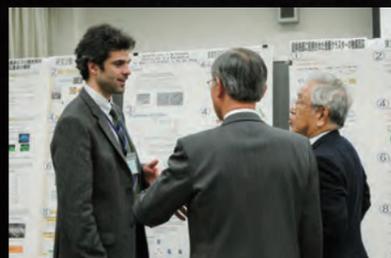
東東京研究室は、章一郎さんの期待に応えるべく、現象発見やメカニズム解明などの基礎領域において年間数十件の論文や発表で情報発信してこの領域の発展に貢献してきました。一方、応用面ではトヨタ自動車の排ガス浄化触媒の開発に貢献することができました。また東東京研究室からは、東京大学や九州大学をはじめとする大学に教員として自ら巣立っていったり、関係大学から預かった学生さんを社会に送りだしたりと、人材育成の面でも章一郎さんから期待された任を果たすことができたのではないかと思います。

これらのトヨタグループ内外への貢献をもって2023年3月でクラスター科学の研究を終了し、東東京研究室もその役割を終えました。コンボン研究所は、設立当時の科学・技術からは想像もできないほど深く広く進展している現状と、さらに加速して行くことを見据え新しい体制と切り口をもって引き続き人類の持続的発展に貢献できる研究を進めていきます。コンボン研究所設立から、力を注いで戴いた章一郎さんからは、しっかり頼む、と静かに激をとばして戴いているように思われます。章一郎さんが大切にされたコンボン研究所の設立趣旨とこれまで見せて戴いた研究に対する姿を忘れることなく、今後の活動を進めていくことを決意するとともに、ご冥福をお祈りいたします。

長谷川 順・菊池 昇



コンボン研東京研究室開所式



研究会



名誉会長ラポター



GRI2 シンポジウム 近藤先生と



GRI3 シンポジウムのポスターセッション



GRI3 シンポジウム

次の時代を見据え、新たな進化のときを迎えた 「トヨタコンポン研究所」

株式会社コンポン研究所は、1996年トヨタ自動車を創業した豊田喜一郎の誕生日である6月11日に設立されました。21世紀の研究は、科学技術や産業の発展に焦点をあてたそれまでの研究から視点を移し、人類の生存・幸せや地球の永続などの根本を考える時期が来たという想いととも歩みを始めました。人類や地球を包含する生命体や宇宙にまで視野を広げ、より多くの研究者とつながるため、グローバルに認知されているトヨタの名前をつけトヨタコンポン研究所と社名を変え再出発します。

ミッション

何を研究するかを研究する

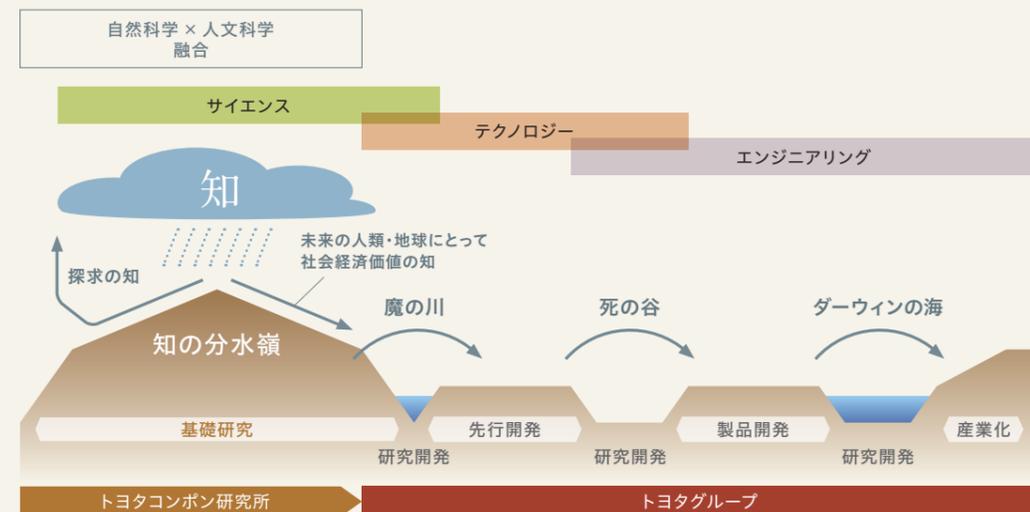
設立の想いを継承し、 これからの時代に 応じてミッションを実現するために

設立から27年が過ぎた今、科学技術はさらに進歩し、トヨタグループの事業も自動車からモビリティへ、社会システムやカーボンニュートラルへの対応など、人と地球への配慮が事業の要件となっています。社会全体が大きな変化のときを迎えている今こそ、設立の趣旨である「何を研究するかを研究する研究所」の役割がますます重要になっており、その役割を果たすために、私たちトヨタコンポン研究所も大きく進化しようとしています。



ビジョン

トヨタグループにおける「知の分水嶺」を担う



ビジョンを実現する3本柱

これから研究する
テーマの探索・探査

サイエンスへの関心を高め、
科学リテラシーを磨く

多様な研究者とつながる
人材の育成

SPECIAL TALK

代表取締役所長

菊池 昇

代表取締役

内山田 竹志

取締役

渡部 浩康

人類の未来を見据える、トヨタコンポン研究所が描く夢。



1996年の創設から27年。

世の中の状況が大きく変化した今、担う役割を「知の分水嶺」へと進化を始めたトヨタコンポン研究所。

「知の分水嶺」としてのあり方、その先に期待する姿とは。3人のトップが語る。

内山田 コンポ研究創設の1996年は、ちょうど私がプリウスを開発していた時期でした。「ものごとの根本まで遡って、これからの人類のために何を研究すべきかを研究しなさい」との目的で創設されたわけですが、当時のことは覚えていませんか？

菊池 当時、私は米国の大学の研究者でしたが、コンポ研究の立ち上げに尽力し後に所長となられた井上恵太氏からお話を伺う中で、「これから社会システムのなことをやるんだ」と伺いました。リサイクルにしても、循環経済だった江戸時代にまで立ち返って考えるとどうですか。トヨタってそういうことを考える会社なんだと驚きました。

渡部 私はその時期、生産技術者として北米に赴任していました。記事で読んだ「人類の生存や幸せ、地球の永続のために何をすべきかを考えて一歩を踏み出すことを、豊田英二氏と豊田章一郎氏が決断された」という内容と、コンポ研究所という名称が、強烈に印象に残りました。

内山田 その人類の将来のために、非常に先鋭的な「クラスター科学」の研究を、自前の実験設備を用意して立ち上げました。水素にしても鉄にしても、原子はいくつ集まっても同じ特性だと思っていたのが、クラスターは個数が増えていくと、比例ではなく突然変異のように特性が変わる。そこに着目して「なぜそうなるか」、あるいはより特性を引き出すために「クラスターとはどういうものか」を調べる研究が進むと、使い道が広がるわけです。現にトヨタグループの自動車用触媒に応用されています。

菊池 クラスターという言葉すら一般的ではない時代に、クラスターに焦点を当てたのは斬新でした。単に外から新しい科学を学ぶだけでなく、それをもとに未来を見て、同時に根本を探究するという想いは、設立から25年以上が経った今も変わっていませんね。

TAKESHI UCHIYAMADA



内山田 変わらない創設の想いを実現するために、我々は何をすべきかを見直す時にきたのも事実です。そもそもコンポ研究所の役割は、「この研究をやることに意味がある」と周囲に対して発信すること。そして意味がある研究と分かれば、豊田中央研究所やトヨタグループ各社に後を託して、次のテーマを探索することです。しかし豊田中央研究所やトヨタグループ各社、大学などの研究レベルが上がった今、そのやり方を進化させる必要があります。

渡部 トヨタコンポ研究所が未来に向けてやるべきことを、関係者一同で議論して、3つの大きな柱を策定しました。「これから研究するテーマの探索・探査」「サイエンスへの関心を高め、科学リテラシーを磨く」「多様な研究者とつながる人材の育成」というものです。これらを実現する具体策の一つが「場づくり」です。我々は小さな研究所なので、多くの研究者の方々がつながって新しいものを一緒に作っていく、さらに、社会実装に向けて研究を多くの方々へ引き継いでいただく必要があります。未来の社会づくりに携わる人たちが、サイエンスでつながる場をつくるのが、我々の次のステップだと意識しています。

内山田 場づくりはまさに我々が今すべきことです。例えばトヨタ自動車が、すべての人の移動の自由を実現する「モビリティカンパニー」への変革を始めたのを受けて、グループ各社も、交通や物流の社会システム全体を考え始めています。これまでは次の研究開発テーマを探る際、過去の延長線上で「将来何が必要になるか」と考えてきましたが、今後はゴールの方から考えるが必要になってくるでしょう。そうすると我々は、サイエンスが社会実装に至る過程の最上流である「知の分水嶺」と言われる山の向こうで、科学者が真理を追究している中から、「世の中のために実用化を目指した方がいい」と

世の中の課題は単一ではない
だから異分野が集う「場」が必要

NOBORU KIKUCHI



いう研究を見つけて、山のこちら側へ引っ張ってくる必要がある。その先には「魔の川」「死の谷」「ダーウィンの海」と呼ばれる研究開発フェーズが次々と待ち受けるわけですが、最初にサイエンスの世界から引っ張り出すことが、我々の創設の精神「何を研究するかを研究する」ことであるわけです。そういうExplorer(冒険者)的な存在であるためにすべきことの一つが、場づくりということです。

菊池 原子が複数集まるクラスターが突然、格段に違う性質を見せるように、A、B、C...と複数の研究が集まると、1+1が2ではなくなるようなものではないでしょうか。原子と違って、研究者は同じ人間はいませんが(笑)。今のように、世の中の課題が単一ではなく、ものすごく多様化している中では、異分野が集まり知恵が融合したところから、解決につながる新しい見方が生まれるのではないかと思います。

内山田 それが大事なんです。日本では学会内で深め合う活動は盛んですが、異分野の研究者と一緒に新しい研究をやるといのは、やはり海外の方が進んでいる。我々はそういうことをやっていきたい。

菊池 もう一つ重要なのが科学リテラシーです。かつての日本は「科学技術立国」と言われ、誰もが科学への興味を持っていた。ところが今は、あまりにも科学や技術が進展して情報過多になったために、研究者以外の人たちは、意外とサイエンス的な見方をできなくなった気がします。科学技術の知識をどう使うか、それが人や環境に対してどう影響を与えるのかといったことを、人々が理解できるよう科学リテラシーを高める活動も、トヨタのようなリーディング企業が率先して行う必要があると思っています。

内山田 おっしゃる通り、3本の柱の一つであり、最もベースとなるのが科学リテラシーです。

新たな「知」を発掘し社会へつなぐ
トヨタコンポ研究所モデルを確立したい



HIROYASU WATANABE



渡部 その3本の柱を強固なものにしていくためには、我々トヨタコンポ研究所がアカデミアとしっかり繋がって、サイエンスのレベルを高めることが必要だとも思っています。

内山田 それには我々が最先端の研究者の方たちと会話できるよう、「何を研究するか」のリサーチをする研究コーディネーターのレベルアップに取り組む必要があります。例えば、豊田中央研究所やトヨタグループ各社の中堅研究開発職のみなさんにトヨタコンポ研究所へ外向してもらって、研究コーディネーターとして幅広いネットワークを築きながら、サイエンス領域のリサーチを体得してもらおう。その経験を生かして、各社に戻って研究の企画や推進をする。そういった好循環を、トヨタコンポ研究所とグループ各社の間で作っていきたくと思っています。

菊池 アカデミアの研究者のみなさんの手助けもしたいですね。日本には「タコの足の動力学が、ディープラーニングよりもいい答えを推論できるかも」といった、とても独創的な研究をしている人もいます。ところが、それをなかなか社会の価値につなげられない。非常にもったいないことです。トヨタコンポ研究所が関わることで、そういう研究者の背中を押す、あるいは

プロデュースやプロモートを行い、素晴らしいアイデアを社会に受け取ってもらえるようにできると思っています。研究者の視点を広げることや、研究領域を発展させることにもつながれば嬉しいです。

内山田 そうやって複数の研究者をカップリングして、ある分野をさらに深めるか、まったく新しいことを研究するかの探査を、我々が委託研究としてやらせていただく。その中から社会実装に結びつきそうなものは、受け手を探して渡していく。既存のトヨタグループの事業以外にも、社会のために将来やらなければならないテーマがいくつか出てくるのではないかと、とてもワクワクしています。すぐに世界へとはいませんが、まずは日本でしっかり「トヨタコンポ研究所モデル」と言われる研究の形を作り上げ、手応えを得るまでやり上げたいですね。

探索プログラム

アカデミアと協働して
これから研究するテーマを創出。
その仕組みを構築し、進化させていく。

トヨタコンポ研究では、これから研究すべきテーマを創り出すための新たな仕組みづくりにチャレンジしています。

■ 研究テーマ創出の骨子

山脈からどの山にするのか？

- ・ 広大な研究分野を見渡し、学際的・先端的な未踏の「山(研究テーマ)」を見出す活動
- ・ 期間:1年間
- ・ 採用者数:最大30名

探索

探査

その山に鉱脈はあるか？

- ・ 探索で見出された研究テーマについて、検証・評価・見直し・見定めを行う活動
- ・ 期間:最大3年間 費用:4000万円/件・年
- ・ 探査件数:年間最大6件

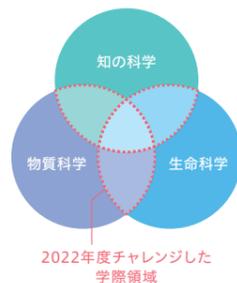
研究テーマの探索・探査には、広い見識・深い専門性・多様な観点が必要とされ、研究者一人の能力に頼った活動には限界があります。探索では、最先端研究を推進する研究者を多分野より招聘し、議論を通して多くの視点で未踏の研究テーマを見出す活動を行います。探査では、探索で見出されたテーマの真価を検証する委託研究を推進します。

探索プログラム(2022年度)

学界で活躍する多分野の研究者を研究アドバイザーとして招聘し、最先端の研究成果を起点とした学際テーマを議論するプログラムを推進しています。研究アドバイザーらをつなぐ研究コーディネーターの役割をトヨタコンポ研究所の研究員が担います。

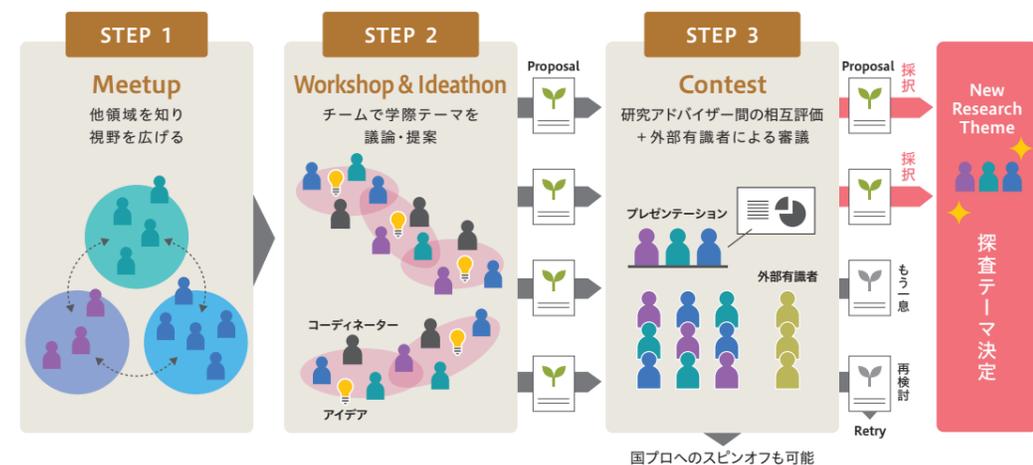
■ 3つの領域を融合した未踏の学際領域から、研究テーマ創出にチャレンジ

学界で進展する科学領域は広いため、2022年度は他の研究領域を礎として支える「知の科学(数理学+情報学)」、生命・自然界の営みを掘り下げ知見を得る「生命科学」、社会で役立つ技術につながる「物質科学」の3つを探索領域と定め、アカデミアの各科学領域から研究アドバイザーを選びました。研究アドバイザーには、公開情報を主とした調査結果及び大学ポスト長経験者等からの推薦情報を元に、今後活躍が期待される研究者を招聘しました。



■ 探索から探査に至るステップ

異分野の研究者による学際融合テーマを創成するため、研究者間の出会いの場となるミートアップ、議論をスタートさせるきっかけとなるワークショップ、テーマの方向性について相互に意見を交わすアイデアソン、研究の面白さを評価するコンテストにステップを分け、推進しています。



石黒 祥生
東京大学
大学院情報学環
准教授

畑中 美穂
慶應義塾大学
理工学部 化学科
准教授

藤島 皓介
東京工業大学
地球生命研究所
准教授

小坂 優
東京大学
先端科学技術研究センター
准教授

小林 徹也
東京大学
生産技術研究所
准教授

磯村 朋子
名古屋大学
大学院情報学研究所
心理・認知科学専攻
准教授

永野 惇
龍谷大学
農学部
植物生命科学科
教授

星野 歩子
東京工業大学
生命理工学院
准教授

武田 直也
関西学院大学
生命環境学部
准教授

研究コーディネーターからの呼びかけに賛同した9名の研究アドバイザー

※所属・役職は研究アドバイザー就任時の情報です

STEP 1 Meetup

自己紹介・現在の研究テーマの紹介・チャレンジしてみたい研究テーマを語っていただく出会いの場(全3回)
最先端成果を足掛かりとし、新たな学際研究テーマの種を見つけることが狙い。

STEP 2 Workshop & Ideathon

- 第1回 ワークショップ トヨタ産業技術記念館ホールA(名古屋)
トヨタグループ創業の地であるトヨタ産業技術記念館で開催。研究アドバイザー9名全員が参加。持ち寄った学際研究テーマの種をもとに、活発な議論が展開された。
- コラボレーションワーク On-Line
ハイルマイヤーの質問に準拠し、テーマを言語化する。
- アイデアソン On-Line
互いのテーマを発表・相互に意見交換を行うことで、更に明確化するべき項目を顕在化させる。
- 第2回 ワークショップ ミッドランドホール(名古屋)
コンテストに向け、アイデアソンで明確になった項目を洗練化。



STEP 3 Contest

- コンテスト エントリー: ホワイトペーパー + プレゼンテーションビデオ の提出
審査: 研究アドバイザー間の相互評価 + 外部有識者による審議

結果 「未踏探索の原理と限界」他1テーマを採択
採択されたテーマは、2023年度より「探査」研究を開始。

2023年度の展望

■ 探索領域の拡大

2022年度は対象領域を3科学領域と据えて推進しましたが、自然科学と人文科学を含めて総合的に物事を考えるべく、2023年度は人文科学を加え、より総合的・根本的にテーマを探索できる場を目指します。

■ 子育て世代への支援

研究アドバイザーの多くが子育て世代でもあります。保育園のお迎え時間に合わせ、議論を切り上げてワークショップを早退されるケースがありました。2023年度はワークショップ会場に臨時託児所を併設し、お子様と一緒にご参加いただけるプログラムを目指します。

コンポン研究所講演会

根本的かつスケールの大きな知に触れ 高い視座を得る場を提供する。

トヨタコンポン研究所は、新たな価値を生み出す可能性のある「知」をトヨタグループ各社へ橋渡しをする役割を持った研究機関です。そして、橋渡しされた各社に所属する方々が新たな「知」に関心を持ち理解するための基盤を醸成する=科学リテラシーを高めることも重要な役割の一つです。その活動の一環として、「コンポン研究所講演会」をスタートさせました。

全体を見渡し、長い時間軸で考えることに重点を置いた講演会

講演会が対象とする領域は「物質科学」「知の科学(数理学+情報学)」「生命科学」です。その内容は「特定分野を対象とした深く狭い」ものではなく、「全体を見渡し」「長い時間軸で考える」ことに重点を置いています。トヨタグループ各社の幅広い方々が、講演会を通して、新たな視点、広い視野、高い視座を獲得することを目指します。

■ 新たな試みにふさわしい「地球惑星科学」をテーマに選定

第1回講演会では「物質科学」の研究開発において、これまで馴染みの薄かった「地球惑星科学」を取り上げました。トヨタグループが今直面する「カーボンニュートラル」「地球資源」「極限材料設計」といった課題の根本を、私たちの足下にある「地球」というシステムに立ち戻って考える機会としました。



講師
廣瀬 敬 教授(専門:高圧地球科学)
東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻
東京工業大学 WPI*地球生命研究所初代所長
*WPI:世界トップレベル研究拠点

■ 一般向け著作の例

- 『地球を掘りすすむと何があるか』
KAWADE夢新書、2022年
- 『地球の中身—何があるのか、何が起きているのか』
講談社ブルーバックス、2022年
- 『できたての地球—生命誕生の条件』
岩波科学ライブラリー、2015年



廣瀬 敬/著
講談社

■ 2022年度の活動報告

地球から考える — 私たちはどこから来て、どこに向かうのか —

オンサイト+オンラインのハイブリット方式で実施

第1回 プレートテクトニクスと地球内部の物質循環

8月30日(火) 13:30~15:30
トヨタ産業技術記念館 ホールA

カーボンニュートラルと密接に関わる地球システム全体の物質循環

かつては大気の主成分だったCO₂が、現在わずか0.04%まで激減した原因は何でしょうか。大気の大変動を解く鍵は、プレートテクトニクス(地球表層を覆うプレートの運動理論)にあります。プレートの運動は、私たちに身近な地震や火山活動、大陸成長の原因になるだけでなく、地球表層の物質を深部へと輸送する働きも持っています。本講演では、地球というひとつのシステムの中でのプレートテクトニクスの役割、プレート運動がもたらした地球の進化(初期地球の大気の主成分であった二酸化炭素の除去など)について解説いただきました。

参加登録者数: 644名

〈受講者の声〉

- 断片的に知っていることを、全体システムとして大変わかりやすく説明いただいた。
- CO₂の固定に、プレートテクトニクスが関係していることが驚きであった。

第2回 地球の鉄とコア

10月12日(水) 13:30~15:30
豊田理化学研究所 井口記念ホール(豊田理研懇話会共催)

地球に存在する資源の分布と由来、超高压下で実現する物質創生

さまざまな材料を設計・合成・加工する術を手に入れた私たちは、材料の全貌を理解しているといえるでしょうか。例えば、酸素・マグネシウム・ケイ素に次ぐ地球の主要元素である鉄は、地球のどこに、どのような状態で存在するのでしょうか。また、生物による光合成の開始が、鉄鉱石の形成にどのような役割を果たしたのでしょうか。今世紀に発見された電気・熱伝導性に富むポストペロブスカイト構造相は、どのような環境条件下で形成したのでしょうか。本講演では、このような問いを交えながら、地球に宿る材料のポテンシャルに迫りました。

参加登録者数: 738名

〈受講者の声〉

- 地表と地中深くで、構成元素(資源)比が異なるメカニズムを学んだ。
- スケールの大きい講演でワクワクした。うるう秒発生の原因が、最下部マン틀の電気を通す結晶構造に起因するとは、予想もなかった。

第3回 地球の誕生と進化

11月23日(水・祝) 13:30~15:30
トヨタ産業技術記念館 ホールA(一般公開)

気候や生命の鍵となる「水」、通信に大きく影響を及ぼす「磁場」の生成

地球は「ジャイアントインパクト」「マグマオーシャン」といった大イベントを経てきたとされています。この大イベントの証拠は地球のどこに残されているのでしょうか。あるいは、水惑星・地球はどれだけの水を持っており、それは今どこにあるのでしょうか。火星と異なり地球の磁場や海はこれまでどうやって維持されてきたのでしょうか。本講演では、これら「過去から現在に至る地球」の疑問に答える最新の研究成果を紹介し、「未来の地球」がどう進化する可能性を秘めているかについて解説いただきました。

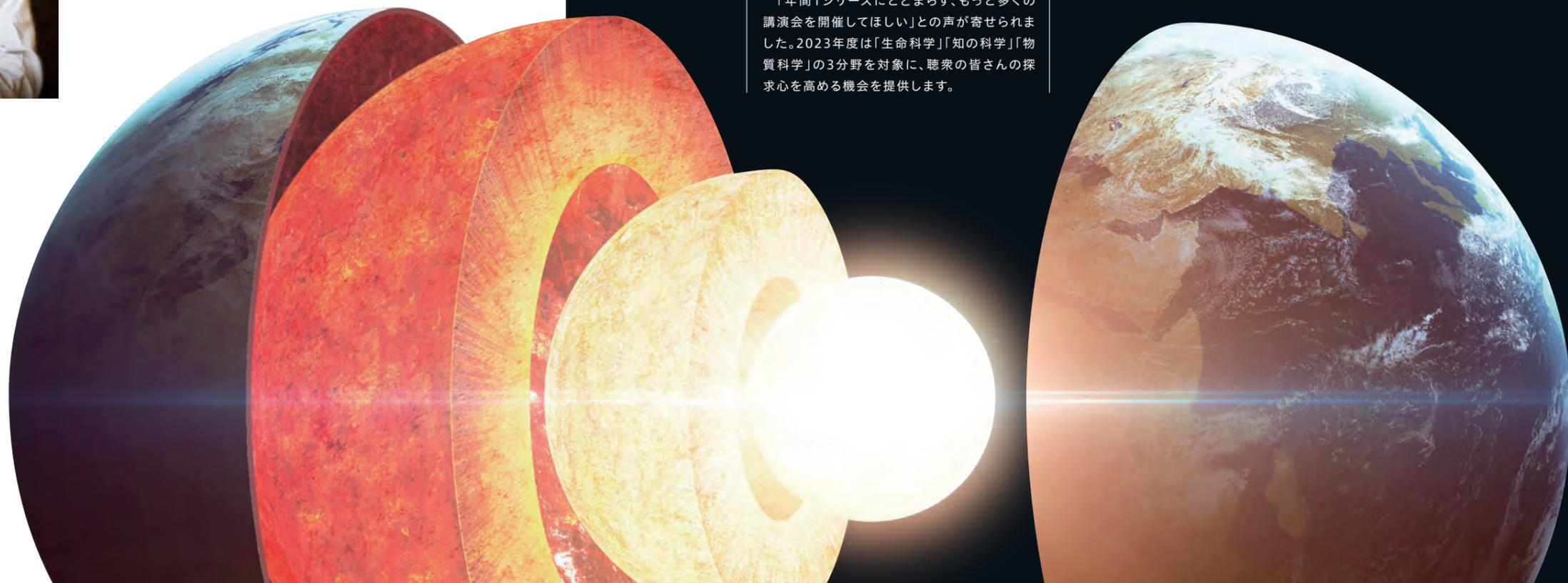
参加登録者数: 579名

〈受講者の声〉

- 火星・金星との比較を通して、地球は稀有な存在であり、絶妙なバランスの下に成り立っていることを改めて認識した。
- 私たちが、自分たちの足元(地球)についていかに知らないか、を知ることができた。

■ 2023年度の展望

「年間1シリーズにとどまらず、もっと多くの講演会を開催してほしい」との声が寄せられました。2023年度は「生命科学」「知の科学」「物質科学」の3分野を対象に、聴衆の皆さんの探求心を高める機会を提供します。



クラスター科学の基礎研究

創設直後のコンボン研究所が白羽の矢を立てた新たな概念の研究分野「クラスター科学」。

クラスター科学は、1980年代初頭、分子構造研究において実験の妨げとなる存在「分子会合体」に着目したことに端を発する研究分野です。当時研究が進んでいた10~100nmの「超微粒子」に比べて1桁小さいこの分子会合体が、現在で言うクラスター。その特性や検出・測定方法に関する、クラスター科学研究を進める上での基盤となる研究が進められ、1990年代後半には、さらなるメカニズムの解明と応用への期待が醸成され始めました。時を同じくして設立された、「何を研究するかを研究する」コンボン研究所にとって、最初に取り組みべき研究分野として、これ以上のものはありません。日本のクラスター科学研究の基盤を築いた第一人者・近藤保教授の豊田工業大学赴任を機に、豊田工業大学クラスター研究室と一体となった「東京研究室」を設置し、研究がスタートしました。

「学術」と「産業応用」の両面に貢献した研究成果

1997~2022年度の26年間にわたって続けられたクラスター研究。現象の本質に迫る学術面と、社会の産業に役立つ応用面の、両面からアプローチし、多くの成果を挙げています。

「学術面」の成果 (1997~2022年度在籍者による)

論文、総説	受賞	特許	学会発表
395 件	7 件	28 件	1000 件

書籍	国際会議発表	国内学会発表	学会主催・企画
8 冊	382 件	595 件	23 件

海外来訪者	国内来訪者	海外セミナー	国内セミナー
213 件	374 件	47 件	84 件

物理学大辞典編集委員会/編、牧 二郎 編集委員長 丸善出版	日本化学会 丸善出版	「触媒活用大事典」編集委員会/編 工業調査会	近藤保・市橋正彦/共著 裳華房	近藤保・真船文隆/共著 裳華房	佃 達哉/著 サイエンス社	近藤保/編、小谷正博・幸田清一郎・染田清彦/著 東京化学同人	菅野 暁・近藤保・茅 幸二/編 講談社サイエンティフィク
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧

「産業応用面」の成果

2002年、トヨタ自動車先端材料技術部と自動車触媒用クラスター研究プロジェクトを発足。クラスターサイズ(原子数)が触媒性能に与える効果を解明しました。その知見を適用した排ガス触媒が、2014年より車両への搭載が始まり、触媒に使用する貴金属の割合を大幅に減らす効果を挙げました。さらに、2020年6月にはゼオライト細孔に固定したクラスター触媒の技術を移管しました。

未来への橋渡し

コンボン研究所の成果には、高度な人材の輩出という側面もあります。東京研究所に在籍した研究者は、現在も東京大学や九州大学をはじめ、日本を代表する大学や企業の研究所で、「学術」「産業応用」両面からクラスター科学の分野をリードする研究を継続しています。また、インターンシップの受け入れや学位取得サポートによる人材育成も実施しました。

コンボン研究所から巣立った主な研究者

- 九州大学 大学院理学研究院長 寺 嵩 亨教授
- 東京大学 総合文化研究科長・教養学部長 真船 文隆教授
- 学習院大学 理学部化学科 河野 淳也教授

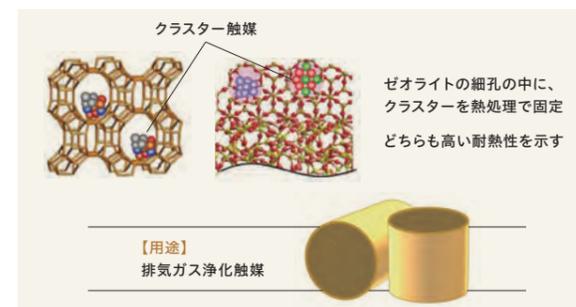
コンボン研究所から生まれた【注目】の成果

固体表面へのクラスター固定手法の確立【応用研究】

実験におけるクラスターの生成・反応は真空中に浮かせた状態で行いますが、クラスターを実社会に応用するには真空中から取り出す必要があります。しかしクラスターは体積に対して表面積が大きいため、表面エネルギーを減少させて安定しようとする原子・分子の性質により、すぐに凝集して塊(バルク)になってしまいます。凝集を防いでクラスターのサイズと性質を維持するため、固体表面に担持して安定化する2通りの手法を確立しました。

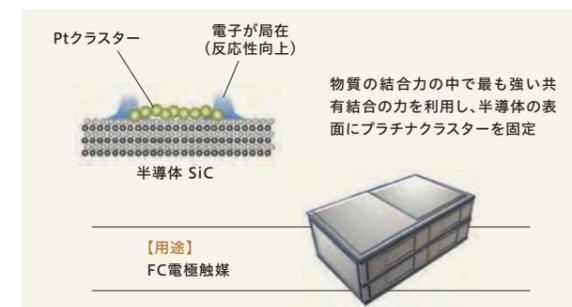
■ゼオライト固定触媒

ゼオライト細孔内の酸点という負の電荷をもつ点に正に帯電したクラスターを電気的に固定したのち熱処理により結合を強化。



■半導体固定触媒

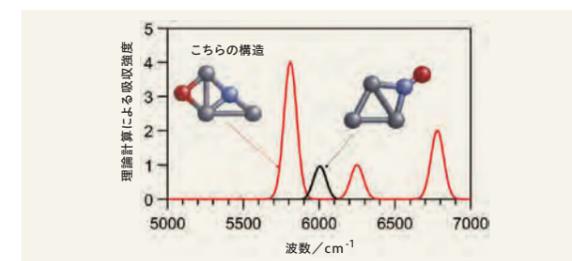
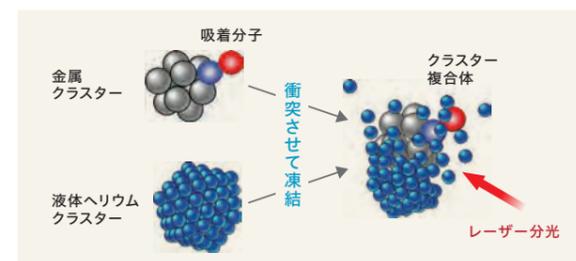
半導体として使われるシリコン(Si)や炭化ケイ素(SiC)の中のSiが持つ白金(Pt)と強く結合する性質を利用して固定。



化学反応途中にあるクラスターの構造の光学的観察【基礎研究】

クラスターと分子が結合して「複合クラスター」となる化学反応の、途中段階における構造を解析する手法を開発。コバルトクラスターと一酸化窒素(NO)分子の反応の遷移状態を、光学的に観察しました。解析手法は、まずサイズ(原子数)の異なる金属コバルトクラスターにNO分子を吸着させ、ヘリウムクラスターを衝突させて凍結。さまざまな波長(エネルギー)のレーザー光を照射して、どの波長の光を吸収するかを実験的に測定します。

一方で、量子化学の理論計算によって、どの構造の場合にどのエネルギー準位の光を吸収するかを導出。実験結果を理論計算値と比較し、構造を特定します。実験の結果、コバルト原子3個から成る「コバルト3量体クラスター」が、自らの構造を変えてNOの吸着反応を起こしていることを明らかにしました。この観察手法を、さまざまな化学反応の中間状態の理解に適用することで、触媒設計への応用が期待できます。



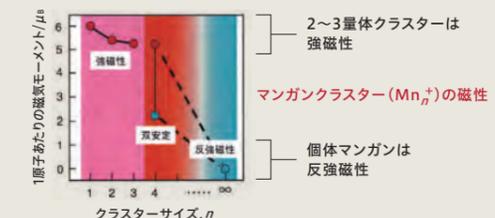
「クラスター」とは

物質はすべて原子から成ります。クラスターとは、その原子が数個~1000個程度集まった、直径1nm以下の超微粒子です。クラスターは、安定して存在する分子とも、目に見える大きさの塊(バルク)とも異なる物性を発揮します。特に数個の原子から成る小さなクラスターでは、わずかに1個の違いで磁性の有無が変わるなど、急激な特性の変化が起きるのが特徴です。

■原子とクラスターの違い



■数と反応性のグラフ



01

収穫量を高める養液栽培手法を確立し
薬用植物の養液栽培の有効性も発見

植物利用促進の研究

実施期間：2012年～2022年
研究代表者：小松康彦(2012～2017)、松田雅敏(2012～2021)、堀川真弘(2018～2020)、近藤聡(2021～2022)
共同研究者：南澤究(東北大学教授、2012～2021)、佐藤修正(東北大学教授、2020～2021)、明石良(宮崎大学教授、2012～2021)

植物利用促進の研究は、食糧増産を念頭に収量向上を目指し、これまで食糧として重要なダイズを中心に取り組んできました。収量向上のため、養液栽培、共生菌(エンテロバクター菌)及びマメ科植物で根の成長が旺盛な「スーパールート」に着目して研究を行い、養液栽培では、株あたり収量10倍以上の大幅な向上、共生菌接種では、収量20%程度の向上が見られました。

2022年は、ダイズの養液栽培に加えて、養液栽培による薬用植物など他植物での栽培検討を行いました。カラスビシャク(半夏:ハンゲ)を試験対象の薬用植物とし、養液栽培による地下部(根茎)及び地上部

(むかご)の重量と生薬成分(アラビノース)について評価しました。地下部重量、地上部重量とも養液での栽培が水のみでの栽培より効果が高く、また養液での栽培では、培地としてハイドロポール(人口の土)、軽石の効果が土より高くなりました。大まかに計算すると、ハイドロポールを用いた養液での栽培は、土壌栽培に比べて、地下部重量で約70倍、生薬成分で約50倍でした。ダイズに適用してきた養液栽培は、薬用植物にも有効であることが分かりました。



→ アウトリーチ活動

土壌栽培でダイズの収量向上に効果のあった共生菌(エンテロバクター菌)接種手法は、トヨタ自動車(株)アグリバイオ事業部に紹介・技術移管を完了しました。

02

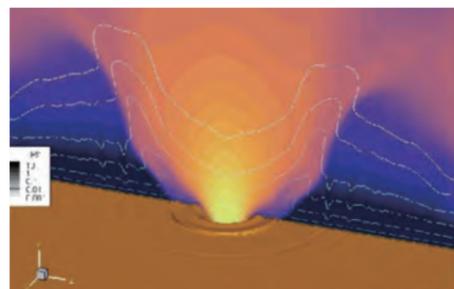
光と物質の相互作用を解き明かす

光科学の基礎研究

実施期間：小型高出力レーザー 2007年～2021年、レーザーによる新物質創成 2014年～2022年
研究代表者：井上龍夫(2007～2022)
共同研究者：小型高出力レーザー 平等拓範(分子科学研究所特任教授、2007～2021)、佐藤 庸一(分子科学研究所、2007～2021)
レーザーによる新物質創成 兒玉了祐(大阪大学教授、2014～2022)、尾崎典雅(大阪大学准教授、2014～2022)

真空中強い光を当てると物質と反物質が生まれることから分かるように、光と物質の相互作用を解き明かすことは、この世界の物質を理解し、新しい物質を作り出すことにつながります。そのため、より強くて質の良い光を追求するとともに、既存の光を使った新物質創成の研究を進めてきました。強くて質の良い光=ハイパワーレーザーを得るには、いかに蓄えたエネルギーを効率よく放出できるかにかかっています。そのため、エネルギーを蓄え放出する元素として最も効率の高いイッテルビウムを、高エネルギーに耐える強く

て透明な多結晶セラミックに閉じ込めました。さらに個々の結晶の向きを揃えることで、単位体積当たり世界最高の強さを持つ既存の材料に対し、1000倍の強さを実現しました。一方、既存のレーザーでも、極めて短い時間にパワーを集中することで高いエネルギーが得られ、物質表面に当てると地球内部の圧力やそれ以上の超高压が発生し、物質を構成する原子と原子の距離を縮めることができます。例えば半導体シリコンは金属シリコンへ、黒鉛のような炭素がダイヤモンドになることを見出すことができました。



レーザーによる金属表面の変形のシミュレーション

→ アウトリーチ活動

多結晶セラミック材料を配向する特殊な磁場を生み出す装置を設計・製作し、特許を取得。また超高压を発生させ、その中で変化する物質のミクロ構造を測定する特殊な手法も確立しました。今後は、この技術を物質科学領域のテーマ探索に発展させていきます。

03

感情と行動のメカニズムを解明し
未来の「人の心と人間らしさ」を守る

人間・社会の研究

実施期間：2015年～2022年
研究代表者：奥村暢郎(2015～2016)、山本和彦(2017～2022)
共同研究者：乾敏郎(追手門学院大学教授、2015～2019)、渡邊克巳(早稲田大学教授、2015～2022)、坂上雅道(玉川大学教授、2020～2022)

人間の精神状態を常に健全な状態に維持することや、将来の人工知能を含む社会システムや新商品に反映される脳科学の方向性を探ることなどを狙い、人間・社会について多面的に研究を進めてきました。これまで実施してきた代表的な研究例としては、まず、身体と脳の両面から感情の発生メカニズムの解明を行う中で、生理状態や内臓の感覚が、島という脳部位で、感情と統合されて意思決定に関与している可能性がわかってきました。次に、人間のあらゆる行動が、脳で作られる予測と感覚で得た表

との差を最小にしようとし、そこに好奇心や報酬への誘因が加わって行動を決定づけるという理論での数理モデル化研究を進めました。また、人間の意見・行動に対する他者の意見の影響の研究を行ってきた結果、人間は他者の意見を受け入れない傾向がありますが、利他的な多数意見が意見・行動を誘導しやすいことが判明しました。さらに、ヒトが自分の利益を失っても他人が利益を得ることに協力する傾向について、機能のおよび演繹のという2つの意思決定システムによると考え研究を進めました。

→ アウトリーチ活動

人間・社会の研究の活用を目的に、Scientific Reports(Proselves depend more on model-based than model-free learning in a non-social probabilistic state-transition task)、書籍(①感情とはそもそも何なのか。ミネルヴァ書房、2018 ②脳の大統一理論。岩波書店、2020)などで公表しました。本研究で得た知見はトヨタ自動車(株)および(株)豊田中央研究所に継承しました。



04

実効性のある災害対策の追求と、
地震予測につながる先行現象の解明に挑む

減災・地球科学の研究

実施期間：減災 2012年～2021年、地球科学 2014年～2022年
研究代表者：井澤博之(2012～2014)、奥村暢郎(2015～2016)、近藤 斎(2017～2022)
共同研究者：福和伸夫(名古屋大学教授2012～2021)、金田義行(海洋開発研究機構プロジェクトリーダー2012～2014)、榎本祐嗣(信州大学特任教授2015～2022)、長尾年恭(東海大学教授2016～2022)、山中千尋(大阪大学准教授2017～2022)、古河裕之(レーザー技術総合研究所研究員2016～2022)

減災・地球科学の研究は、2012年から南海トラフの巨大地震に備えて被害想定と復旧見込みを行う減災を名古屋大学及び海洋開発研究機構と、2014年から事前の避難や設備停止を行うことでの被害軽減を目的として地震のメカニズム解明を行う地球科学を信州大学、東海大学、大阪大学、レーザー技術総合研究所と開始しました。減災研究では、地球シミュレータを用いた、巨大地震の被害想定及びその効率的な復旧スケジュールのシミュレーションによる検証と、メンバーを限定した非公開の勉強会である

「本音の会」の開催による、参加事業者同士の非公開の情報交換で、現実的な被害の把握と、災害対策見直しを推進させました。地球科学研究は、共同研究先以外の研究者も交えた「先行現象研究会」を立ち上げ、地震にかかわるとされている色々な現象について、地震との関係の有無の検証とそのメカニズム解明を進めました。その結果、電磁気現象が有望であることは明確になりましたが、単独の現象での地震予測は難しく、複数の現象を組み合わせた確率予測が必須であることがわかりました。

→ アウトリーチ活動

減災研究は、非公開の「本音の会」を、情報を公開して取り組みを協議する「産業防災研究会」(あい・なごや強靱化共創センター主催)に引き継ぐ活動を2021年に行いました。地震の先行現象研究は、多くの研究者にも興味を持ってもらうため、2022年度は論文発表や啓発書籍の発行に注力し研究を行いました。



① 福和伸夫/著 時事通信社
② 長尾年恭/著 ビジネス社
③ 榎本祐嗣/編著、株式会社トヨタコンパソ研究所/監修 丸善出版

05

地球と共生する新たな知見を得る
植物の共生メカニズムの解析から

植物における共生のメカニズム解析(根粒菌・菌根菌)

実施期間：2022年～2023年(予定)
研究代表者：近藤聡
共同研究者：武田直也(関西学院大学教授、2022～2023)、赤松明(関西学院大学助教、2022～2023)、永野淳(慶應義塾大学特任教授、2022～2023)、前田太郎(慶應義塾大学特任助教、2022～2023)

現代の化学肥料(窒素、リン)の大量投入による環境・エネルギー問題の解決には、自然界の共生(根粒菌：窒素供給、菌根菌：リン供給)をうまく利用することが考えられます。

これまでに重要な共生遺伝子は同定・解析されていますが、対象が根などの器官レベルで、まだまだ共生のメカニズムは未知の部分が多いのが現状です。本研究では、対象を細胞・組織レベルとし、網羅的に遺伝子の量(RNA)を解析することにより、共生のメカニズムに加えて、マメ科植物以外への根粒共生(窒素)、菌根共生による根(地下)のネットワーク(細胞間コミュニケーション)に関する知見を得ることも目指します。

2022年は、ミヤコグサ共生根(菌根)の1細胞解析の前段階として、モデル植物であるシロイヌナズナ(葉)の1細胞解析に取り組みました。葉細胞中から7タイプの細胞グループを見だし、師部細胞、ミロシン細胞、S細胞の同定に成功しました。結果は、Plant Cell Physiol. 64(2):234-247(2023) doi:10.1093/pcp/pcac167.に発表しました。

2023年は、細胞の精製条件を検討の上、ミヤコグサ共生根の1細胞解析にトライします。



→ 今後の展開

2022年は、シロイヌナズナ(葉)の1細胞(プロトプラスト)単離条件を参考に、ミヤコグサ共生根のプロトプラスト単離条件を確立しました。2023年は、細胞の精製条件を検討の上、ミヤコグサ共生根の1細胞解析にトライします。

06

物質・生命・知の科学と光科学の融合が生み出す「新しい可能性」を探索

光から見た最先端科学

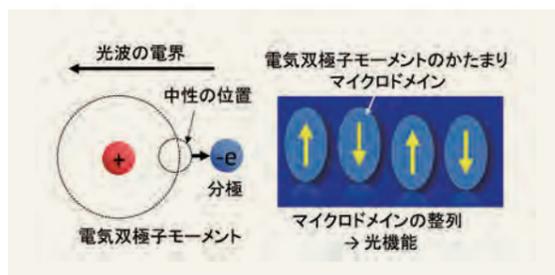
実施期間：2022年～2023年(予定)
研究代表者：長谷川順
共同研究者：平等拓範(分子科学研究所特任教授、2022～2023)

光は宇宙誕生から存在し、古代ギリシア時代にはなぜ物を見ることができるのか、近代では光は波なのか粒子なのか、常に科学の先端にありました。この光という切り口で、物質科学、生命科学、知の科学の最先端技術、トピックを調査し、取り組むべきテーマのヒントを見出すべく、調査研究を2年計画で進めています。1年目の2022年度は、研究代表者の個人ネットワーク、国際会議、その他文献をソースとして幅広く情報収集を行い、それぞれの領域で光に対する次のような期待があることがわかりました。

- 「物質科学」
 - ・レーザー核融合の研究を加速するための、小型高出力レーザー材料。
- 「生命科学」
 - ・振動方向を自在に制御できるレーザー光を用いた、生体のたんぱく質分子が全て特定の光学異性体からなる謎の解明。
 - ・神経細胞のホログラフィック光に対する刺激応答の研究による、痛みの解明や治療。
- 「知の科学」
 - ・位相を揃えたコヒーレンス光と波長変換材を利用した、ノイズの多い赤外領域の光検出。
 - ・光の量子的干渉を利用した、微弱な光信号の検出。

→ 今後の展開

2023年度は、多数の光子との間で起こる相互作用に着目し、どのような領域でテーマ探索すればよいか、現状と見通しについて調査を進め調査研究を完了する予定です。



07

人類を救う新規抗生物質の合成と
情報科学を使った分子設計に挑戦

高度バイオマス利用・創薬

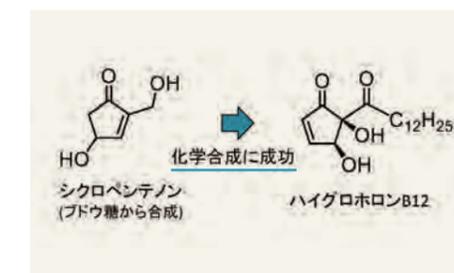
実施期間：2019年～2022年
研究代表者：長谷川順
共同研究者：笠井均(東北大学多元物質科学研究所教授、2019～2022)

抗生物質が効かない薬剤耐性菌による死者数は、2050年にはガン抜いて年間1000万人に達するといわれており、新薬開発は喫緊の課題の一つです。ぬめりきのご類に含まれるハイグロホロンB(HB)という分子は新薬としての可能性を持ちますが、ごく微量しか採取できません。我々は、糖から作った原材料であるシクロペンテノンから合成する独自の経路を確立し世界で初めてHBを化学合成することに成功しました。国立感染症研究所の協力を得てHBの試験を実施し、既存の抗生物質以上の効果を確認することができました。さらにHBを発展

させた未知の新薬を開発するため、機械学習の有効性について探索研究を行いました。鍵となるのは、分子の構造をコンピュータが認識できる記号すなわち記述子に置き換えることであり、分子の枝分かれ部分を特定する簡潔な記述子を提案しました。抗菌効果の実験データを持つ分子12,000種の構造をこの記述子に変換して機械学習を行い、その結果をもとに抗生物質として着目されていなかった分子の中より2種の候補を抽出しました。これらの分子の抗菌効果を実験で確認し、効率的な新薬発見の可能性を明らかにしました。

→ アウトリーチ活動

新しい抗生物質の化学合成法については、特許出願した上で論文で公開しました。機械学習による設計手法についても方法の有効性を確認できましたので、広くこの分野の発展に役立てるために論文で公開し本研究を完了しました。



Researchers Column



前取締役 長谷川 順

先人から託されたバトンに、感謝と新たな希望を乗せて走り続ける

1996年、トヨタグループの先端を走るべくコンボン研究所は立ち上がりました。当時の資料を見ると、グループのトップだけでなくアカデミアへもアドバイスを請い、何をテーマにするか喧々譁々議論がなされたようです。そしてコンボン研究所のメンバーは所長をはじめ全員が、何をやらたいか、誰とやらたいか、自ら足で情報を集めたと聞いています。これまでのテーマを見てみると新電池、水素エネルギー、燃料合成、江戸時代から見る完全リサイクル、地球環境保全、微生物、植物利用、物質創成、クラスターなど現在もなお社会の主要課題であり、先輩方の目利きの力を感じます。これらのテーマは、クラスター科学、植物利用、光科学、人間・社会、減災・地球科学の5つのテーマに集約されてきましたが、担当者が代わるにつれて何とかモノにしようという思いへと変わり、トヨタ自動車への技術移管をはじめ、学会での発表、論文、書籍の出版などを通してグループ外へも発信することができました。そして、これらのテーマを完了して、再び新たなテーマを模索する段階に移行することができました。これもコンボン研究所の在り方を議論していただいた皆様、テーマを立ち上げ我々に引き継いでくださった先輩方、真摯に協力していただいたアカデミアの皆様、共に研究に励んだ仲間達のおかげであると、深く感謝いたします。

トヨタコンポン研究所とアカデミアの 人と情報がつながるICTインフラで 新しい研究のプロデュースを支える

アカデミアと協業し、新しい「知」を生み出す役割を担うトヨタコンポン研究所の所員にとって、自社のデータだけでなく様々なアカデミアに所属する人・情報と、必要な時につながり、交流ができる環境が必要不可欠です。従来より更にセキュリティリスクを抑えるゼロトラストを導入し、いつでもどこでもストレスなくアクセスできる「クラウド環境」「高速環境」を整えました。



有機的なコミュニケーションを誘発する フリーアドレス・オフィス

在宅勤務、フレックスタイム制度など多様で柔軟な働き方の中、当社時には、よりクリエイティブな時間を過ごせるように、限られた空間の中に「活発に議論をする」「何気なくアイデアを話す」「静かに集中する」それぞれの場を作り、自席を決めないフリーアドレスを採用しています。研究コーディネーターが未来について語り合う。社外のお客様が気軽に立ち寄って相談や雑談ができる。情報が集まり発想が広がる場づくりを今後も進めていきます。

会社名	株式会社トヨタコンポン研究所
設立	1996年6月11日
資本金	1億円
拠点	名古屋市西区 トヨタ産業技術記念館内
代表取締役	内山田 竹志
代表取締役所長	菊池 昇
取締役	豊田 鐵郎 若林 宏之 大下 守人 井上 博文 渡部 浩康
監査役	高尾 尚史 武田 浩嵩
事業内容	1. 将来社会予測に関する研究、調査ならびに技術情報の提供 2. 人文社会科学、自然科学と、それに基づく総合技術の研究、試験、調査 3. 科学技術の開発、利用およびその効果と影響に関する研究、試験、調査 4. 諸国、諸行政機関、諸団体、あるいは諸研究機関と、それぞれ相互に受委託または共同して行う研究、試験、調査ならびに研究者および技術者の養成と訓練
株主	トヨタ自動車株式会社 株式会社豊田自動織機 株式会社アイシン 株式会社デンソー 株式会社豊田中央研究所 愛知製鋼株式会社 株式会社ジェイテクト トヨタ車体株式会社 豊田通商株式会社 トヨタ紡織株式会社 トヨタ自動車東日本株式会社 豊田合成株式会社
沿革	1996年6月 名古屋市西区、トヨタ産業技術記念館内にコンポン研究所を設立 1997年5月 千葉県市川市、豊田工大クラスター研究室内に東東京研究室(ラボ)を開設 2023年3月 東東京研究室(ラボ)を閉鎖 2023年7月 世界トップの多様な研究者が集う研究所を目指し、社名を「トヨタコンポン研究所」へ変更

編集後記

アニュアルレポート2022をお読みいただき、ありがとうございます。このたび初めてのアニュアルレポートを発行し、今までの取り組み、また新しい取り組みをご紹介させていただきました。今後もより多くの方々に当研究所を知っていただくとともに、志をともにする仲間を広く募り、時代に合わせた研究に取り組んでまいります。

