

先端基礎研究センターのあゆみと将来展望

——設立30周年を記念して——

センター長 高梨弘毅

Koki TAKANASHI (Director General, Advanced Science Research Center)



1 はじめに

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構先端基礎研究センターは、2023年に設立30周年を迎え、12月6～7日には記念式典および記念シンポジウムが開催されました。記念式典には高校生や一般市民を含む250名余の方々にご参加いただき、盛会裡に終えることができました。参加者の皆様に心より御礼申し上げます。また、当センターが30年にわたり継続することができたのは、センター職員の努力と関係者のご支援・ご協力の賜物であり、深く感謝いたします。

本稿では、記念式典での筆者の講演をもとに、当センターの設立から現在までの歩みをふり振り返り、今後のあり方についての考えをまとめてみたいと思います。

2 設立経緯と沿革

当センターは1993年に日本原子力研究開発機構(以下、

原子力機構と略)の前身である日本原子力研究所(以下、原研と略)に設置されました。その前年(1992年)には、原子力基礎分野の研究開発の転機にあたり、外部学識経験者を含む基礎研究推進委員会が発足し、原研の基礎研究のあり方について、以下のような提言がありました。

- 原子力研究開発の課題に対して原理、現象の根源に立ち返り、これを解明するという視点からの研究に力点を置く。
- 広い視野のもとに、一般の基礎科学との協調により、原子力の発展と同時に他の分野の開発を先導する研究等の発展を図る。

この提言が当センター設立の基礎であり、理念となりました。その後、核燃料サイクル開発機構との統合によって日本原子力研究開発機構ができる(2005年)など、いくつか重要な組織変革がありましたが、当センターの理念は今も変わっていないと考えています。

次に歴代センター長を示します。

1993年-1999年 伊達 宗行(大阪大学名誉教授)

1999年-2005年 安岡 弘志(東京大学名誉教授)

2005年-2010年 籾野 嘉彦(東京工業大学名誉教授)

2010年-2018年 前川 禎通(東北大学名誉教授)

2018年-2022年 岡 真(東京工業大学名誉教授)

2022年- 高梨 弘毅(東北大学名誉教授)

伊達宗行初代センター長から筆者に至るまで、全員日本の国立大学で研究・教育、加えて管理運営活動に長年携わってきた者が招かれ、センター長に就任しています。専門分野は物性物理学、材料科学から原子核物理学まで多岐にわたっています。筆者の場合、東北大学に36年間在籍し、磁性材料・スピントロニクスの研究をまいりました。また、東北大学に附置されている金属材料研究所の所長を6年間務めました。

なお、当センターの基礎を築かれた伊達宗行初代センター長は、残念ながら2023年2月に逝去されました。この場を借りて謹んで哀悼の意を表します。(本誌pp.30～31の追悼文をご参照ください。)

3 現在の目標と研究組織

現在の当センターの目標は以下のとおりです。

「機構ビジョンに掲げる『ニュークリア×リニューアブル』(原子力と再生可能エネルギーの融合)が拓く新しい未来の実現へ向けて、先端原子力科学分野の基礎研究を強化し、新原理・新現象の発見、新物質・材料の創製、革新的技術の創出などを目指す。

その中で、他分野との積極的な融合と原子力科学技術を通じたイノベーションを加速するとともに、国際的な競争力を高めることにより優秀な研究人材を集約し、原子力基礎科学分野におけるCOE(拠点)としての役割を確立する。」

この中で、私がセンター長になってから特に強調しているのは、「新物質・材料の創製」という部分であり、単なる物質に留まらず、実用を意識した材料の研究が重要であると考えています。

上記の目標の達成のために、基本方針として、

- 自由で独創的な発想による基礎科学研究力の強化
- 分野を超えた研究交流、基礎と応用の循環による原子力イノベーションの推進
- 国際的COEとして国内外との研究連携
- オープンで競争的な環境下での人材交流の促進

の4つを打ち出しています。この中で、「基礎と応用の循環」という部分は、私がセンター長に就任して加えた部分であり、単に基礎研究に留まらず、応用研究との積極的連携によって、基礎から応用へ、また応用から基礎へという好循環を作り出すことが、当センターの責務と考えています。

現在の研究組織を図1に示します。原子力先端核科学分



図1: 先端基礎研究センターの研究組織(2023年時点) 最新のものにはセンターのホームページをご参照下さい

野と原子力先端材料科学分野の大きく2つに区分され、各分野に3つ、合わせて6つのグループがあります。さらに、2つの分野をつなげる役割として、先端理論物理学研究グループがあり、合計7つの研究グループで構成されています。グループリーダー(GL)の多くは現在大学で活躍されている教授で、客員として招へいしています。先に述べたように、センター長も常に外部から招いていることを考えると、当センターは原子力機構の中で、外部の大学や研究機関との交流の窓口になっていることが分かります。なお、耐環境性機能材料科学研究グループは、私がセンター長に就任して、材料研究強化の一環として新しく立ち上げたグループです。

4 研究グループの変遷

本誌p.32に設立から2009年までの研究グループの変遷を示しています。各グループに関わる詳細の説明は割愛しますが、左側の大括りの分類にありますように、原子力機構(当時は原研)の方向性に沿って、3つの分野が重点化されています。それが、重元素科学、放射場科学、そして基礎原子科学です。(図では、現在の目で見ると、重元素科学は「重元素・超重元素科学」と「アクチノイド物性」に、放射場科学は「量子ビーム」と「生物と放射線」に細分化されています。また、基礎原子科学は「その他」としています。)これらの3つの重点分野のもとに、常に十数個のグループが活動していたことが分かります。

本誌p.33には2010年から現在までの研究グループの変遷を示しています。当初の3重点分野は残りつつも、グループの再編が進み、ハドロンの研究や、スピントロニクスの研究、ナノスケールから表面・界面に関する研究などが取り上げられ、また理論グループが独立し、現在の7グループ体制になりました。

5 統計データで見るセンターの歴史と現状

本節ではいくつかの統計データを見ながら、当センターの歩みをふり返ってみたいと思います。まず人員数の変遷を**本誌p.34 図A**に示します。設立後の約5年で増加し、それから現在までの25年はほぼコンスタントで、総数80～90名、定年制職員は50～60名という規模になっています。

本誌p.34 図Bには、研究予算の変遷を示します。1998年(H10年)頃のピーク期以降、運営費交付金(政府予算)にはかなりの減少が見られますが、現在は機構内の競争的資金や外部資金の獲得に努めており、全体額から見ればピーク期の半分近い予算は確保しています。

本誌p.34 図Cには、研究活動の指標である論文数を示しています。年によって上がり下がりはありますが、平均的に毎年約200報近くが査読付きの国際的ジャーナルに掲載され、定年制職員が50～60名の中で200報は悪い数値ではないと思います。言い換えれば、毎年200報以上の論文を発表していけるように努力するべきだと考えています。

6 設立から現在までの主要成果

本節では、設立から30年間の主要な研究成果を紹介します。当センターの研究成果は、主に4つのカテゴリーに分類されます。すなわち、(1)量子ビーム応用、特に中性子回折の利用、(2)原子核科学の発展に対する貢献、(3)アクチノイド物質科学の発展に対する主導的役割、そして(4)スピン流物理学の開拓です。それぞれについて、以下にもう少し詳しく述べます。

まず量子ビーム応用では、高感度中性子イメージングプレートの開発(1994年)により、糖質加水分解酵素リゾチームの全構造を決定した(1997年)ことが挙げられます。特にX線では難しい水素原子996個の立体的配置を明らかにしました。この成果は、当センター設立後最初の大きな成果として評価され、Nature系の雑誌の表紙を飾り、科学技術庁長官賞を始めとして多くの受賞に輝きました。

原子核科学の発展に対する貢献としては、まずタンデム加速器を使って多くの新しい同位体を合成してきたことが挙げられます。設立から2008年までの15年間で、10元素16核種の同位体を発見しました。このことは、原子核科学の歴史上、大きな貢献といえます。さらに、タンデム加速器と独自の計測法の組合せで、重元素の化学的性質の解明にも取り組んできました。ローレンシウムのイオン化ポテンシャルの測定に成功した(2015年)ことはNature誌の表紙を飾り、文部科

学大臣表彰をいただきました。J-PARCが稼働してからは、ハドロンに関わる物理学の研究でも大きな貢献をしています。ハドロンは陽子や中性子に代表される素粒子の種類ですが、核力メカニズムの解明を目指して、美濃(MINO)事象、続いて伊吹(IBUKI)事象と名付けられている、ハドロン間の相互作用に関わる重要な観測を行いました(2019年、2021年)。

アクチノイド物質科学の研究も、原子力機構の特徴を活かし、当センターが主導してきた分野です。アクチノイドとは、原子番号89番から103番までの元素で、ウランやプルトニウムを含みます。ウランやプルトニウムの核磁気共鳴信号の世界初観測(1998年、2012年)や、さまざまなアクチノイド化合物の磁性や超伝導の研究を行い、最近ではスピン3重項超伝導と呼ばれる、これまでの超伝導とは異なるメカニズムの超伝導を示すウラン化合物の純単結晶を育成し(2022年)、超伝導の常識を覆す研究成果を得ています。

スピントロニクスは現在大きな注目を集めている分野ですが、スピン流はその基礎となる概念です。スピンとは電子の自転運動のことを指しますが、電子の運動は電荷の流れである電流と同時にスピンの流れ、すなわちスピン流も生み出します。スピン流に関わる物理学に、当センターは独自の重要な貢献をしています。スピン流はさまざまな物理量と関係しますが、当センターではスピン流と力学運動とが関係していることを理論・実験ともに初めて明らかにし(2011年、2015年)、スピンメカニクスと呼ばれる分野を作り上げました。その応用として、液体金属の流れからスピン流を取り出し、それを電流に変換して発電するという、全く新しい発電法も提案・実証しています(2016年)。また、スピン流と熱流の関係にも着目し、スピン流を利用した新たな熱発電の研究にも取り組み、放射線に強い熱電変換素子を実現して(2020年)、現在放射性廃棄物の再利用による原子力電池への応用に挑戦しています。

加えて、表面界面科学研究の最近の成果として、グラフェンと呼ばれる炭素1原子層の物質を使い、水素の同位体分離が効率よく行えることを発見し(2022年)、産業界からも大きな注目を集めています。

7 社会実装と教育活動

当センターは基礎研究だけでなく、社会実装や教育活動においても重要な成果を挙げてきました。まず社会実装としては、エマルジョンフローの実用化が挙げられます。エマルジョンフローは溶媒抽出法の一つで、レアメタルの回収やリサイクルに応用できます。エマルジョンフローは、当センターというよりも原研で培われた技術と言いますが、最終的に当セ

ンターからベンチャー企業「エマルジョンフローテクノロジー」が独立・誕生した(2021年)ことは、特筆すべきことです。

次に教育活動ですが、当センターは核図表を用いた教育普及活動に取り組んでいます。核図表は、陽子数と中性子数を座標軸に取り、原子核の性質(安定性や崩壊モードなど)をまとめた図表であり、原子核の性質の全体像を理解することができます。原子力機構では、世界中の原子核崩壊データを収集し、核図表にまとめました。そして、この核図表を用いて、当センターは「宇宙の錬金術」や「ニホニウム」、「放射線」などをテーマに、2010年以降各地で講演活動を行っています。また、2020年にはクラウドファンディングを実施し、核図表を全国の高校や高専に配付しました。さらに、研究に関わることですが、核図表の中で、超重元素において原子核がきわめて安定化した「安定の島」と呼ばれる領域が存在するという予言も行っています。

8 萌芽研究開発制度と黎明研究制度

萌芽研究開発制度と黎明研究制度は、機構内競争的資金として代表的な2つの制度であり、歴史的に当センターが深く関わってきました。

萌芽研究開発制度は、革新的展開やイノベーション創出につながる可能性のある、自由かつ斬新で挑戦的な発想に基づく芽出的な研究・開発を支援する制度で、一般寄付金を財源として続けられています。現在は特に若手研究者・技術者を支援することによる人材育成に重点が置かれていますが、当センターは経営企画部および財務部と協力して本制度の運用を行い、評価委員長は常に当センターのセンター長が務めています。萌芽研究開発制度の採択研究者・技術者の多くが本制度をステップとして、後に科研費等の機構外の競争的資金にも応募し、獲得に成功しており、人材育成に重要な役割を果たしています。

黎明研究制度は、原子力科学分野における新しい研究

テーマの発掘を目的として、機構外(特に海外)研究者との共同研究を支援する制度です。当センター設立3年後の1996年に看板施策としてスタートし、当初は当センターの運営費交付金で運用していましたが、現在は理事長裁量経費により賄われています。黎明研究制度は、海外研究者をリーダーとする新たな研究グループの立ち上げにつながるなど、国際的な人材交流や新規な研究展開に大きく貢献しています。

9 原子力機構の方向性と当センターの研究活動

本節では、原子力機構の方向性と当センターの研究活動の関係について整理しておきたいと思います。先端基礎研究といっても当センターの研究テーマは何でも良いということではなく、原子力機構の方向性に沿い、最終的にはその目標達成に貢献するものでなければなりません。原子力機構では、第3節で述べたように、「『ニュークリア×リニューアブル』が拓く新しい未来」というビジョンのもと、Synergy(原子力エネルギーと再生可能エネルギーの相乗効果)、Sustainable(原子力を長期安定型エネルギー源とする)、Ubiquitous(原子力のさまざまな分野での活用)を3本の柱としています。

図2には、左段にその3つの柱を、中段にはそのために必要な技術の一部を示し、右段にはそれらの技術に対して当センターの各グループの研究がどの技術の発展に貢献するかをまとめています。この図から、各グループの研究が原子力機構の目標達成に必要な技術にどのようにコミットしているか、お分かりいただけると思います。

10 今後の運営方針

以上を踏まえ、本節では、当センターの今後の運営方針をまとめます。

まず従前とは変わらない基本的な運営方針として、「自由

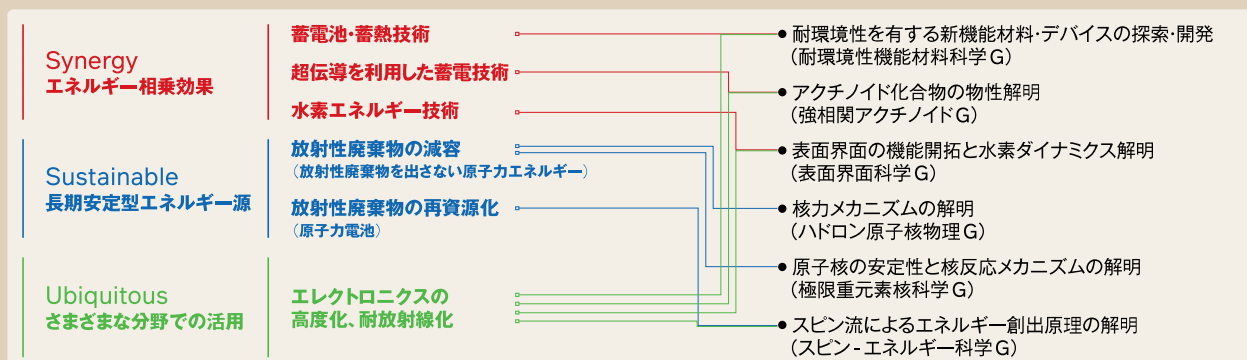


図2: JAEAの方向性と先端基礎研究センターの関係を示した図

で独創的な発想による多様なシーズ提供型研究の推進」ということが挙げられます。ただし、ここでいう「自由」の意味は、既存技術や概念にとらわれない自由な発想ということで、原子力機構の方向性に沿った研究を進めるということは前節に述べたとおりです。さらに、「けっして基礎研究だけに留まることなく、社会実装を目指したプロジェクト型研究にも積極的に関与していく」、そして当然のことながら「原子力機構の大型施設・特殊施設を積極的に活用する」ということも、運営方針として挙げられます。

組織・人事体制については、当センターは学術研究のトップ集団とすることを基本方針したいと思います。ここで敢えて「学術研究」を強調しているのは、けっして学術だけに留まっていた良いとは思いませんが、学術研究でトップを走る優秀な人材を集めることが、原子力機構の中での当センターのミッションだと考えているからです。また、グループ体制を柔軟に運用することが重要です。歴史的には、現在よりもグループ数は多く、状況に応じて離合集散を繰り返していました。今後も時宜を得た適切な運用に努め、さらにグループ間の連携も積極的に促進したいと考えています。また、優秀な若手がこれまで以上に活躍できるように、若手をリーダーとする小人数のチームを作ることも計画しています。それから、ダイバーシティの推進も喫緊の課題です。特に女性の研究者をもっと増やさなければいけません。筆者の在任中に女性のグループリーダーを登用することを目指します。

予算に関しては、現在は運営費交付金の増額は難しい状況ですので、機構内外の競争的資金の獲得に全力を投入し、ありとあらゆる機会を利用して研究資金の確保に努めるべきだと考えています。

情報発信や広報活動もきわめて重要です。質・量ともに充実した論文発表や国際会議での発表(特に招待講演)は研究者として当然のことですが、加えて国際会議やワークショップを当センターが主催して行うことも重要なことと考えています。そのために機構内競争的資金である黎明研究制度を積極的に活用することが期待されます。また、一般的なことですが、適切なプレス発表やパンフレット、ホームページの充実化にも日々取り組んでいきます。

11 基礎と応用——結びにかえて——

当センターでは、第3節に述べたように、筆者がセンター長に就任してから、「基礎と応用の循環」を基本方針の一つに掲げています。そこで最後に、基礎と応用ということについて、いくつかの先人たちの言葉から考察し、本稿の結びにか

えたいと思います。

まず、筆者が当センターのパンフレットの冒頭に引用している「真理とは役に立つものである」という言葉です。これは、日本におけるコンピュータサイエンスの草分け的存在だった高橋秀俊先生の言葉ですが、筆者は若い頃この言葉に出会い、強い感銘を受けました。さらに、統計物理学の泰斗である久保亮五先生は、対偶を取って「役に立たないものは真理ではない」と言い、さらに「基礎的研究ほど実用的なものはない」と喝破しています。根源を追求する基礎研究は、それだけ波及効果が大きく、さまざまなところで応用されるという意味であると筆者は理解しています。加えて、「応用、実用の用とは役に立つことであり、真理を求めるのが科学だとすれば、基礎とか応用とかいう区別はおおよそ意味がないことになる」ともおっしゃっています*。

それから、筆者にとって東北大学の先輩であり、アモルファス合金研究の開拓者として知られている増本健先生は、「基礎研究をしている人が、自分の研究は役に立たないというのはおかしい。どんな研究だって、何か必ず役に立つはずだ。」とかつてよくおっしゃっていたことを思い出します。さらに、日本における金属学の父であり、十大発明家の一人でもある本多光太郎先生が残された有名な言葉に、「産業は学問の道場なり」があります。学問の真価が問われるのは、産業においてであるという考えです。こういった言葉をまとめると、結局のところ、研究というものは必ず役に立つもので、言い換えれば、役に立たない研究は価値がない、ということになります。

一方で、マイケル・ファラデーに関わる有名な逸話があります。彼が電磁誘導の法則を発見したとき、一体何の役に立つのかと聞かれ、「生まれたての赤ん坊が何の役に立つのでしょうか」と答えたといわれています。これは、基礎研究というものこの位置付けを大変よく表していると思います。

このような偉大な先人たちの言葉の最後に、筆者の言葉を添えるのはまことに不遜なことですが、筆者は、学術というものにはたくさんの資源が眠る豊かな海のようなものだと思っています。その豊かな海から役に立つ資源を見出していくことが、当センターの役割であると考えています。

当センターは31年目を迎えますが、皆様におかれましては、今後ともご支援・ご協力のほど、よろしくお願い申し上げます。

* 高橋・久保両先生の言葉については、以下の文献を参照：
金子邦彦、「久保亮五先生『基礎と応用』」,日本物理学会誌,66(2011)142.