

追悼

■トカマク一筋の研究者：伊藤智之先生を偲ぶ

中村一男（九州大学名誉教授）

「不整磁場と不純物を下げれば、トカマクプラズマのワンターン電圧は下がる！」これは全国の小型トカマクへの分り易いアドバイスである。その提唱者である九州大学名誉教授伊藤智之先生は2021年9月16日に逝去されました。

伊藤智之先生は日本のトカマクのメッカである名古屋大学工学部山本賢三研究室で博士号を取得され、日本原子力研究所でJFT-2（1972年稼働）を建設され、名古屋大学千種キャンパスにあるプラズマ研究所でJIPP T-II（1976年稼働）を建設され、その後九州大学応用力学研究所でTRIAM-1（1978年稼働）およびTRIAM-1M（1986年稼働）を建設された。トカマク一筋に一生を駆け抜けた日本のアルツィモビッチと呼んで尊敬すべき方である。

日本の小型トカマクはトカマク設計のバイブルであるJFT-2設計に関するJAERI-memoに基づいて設計され、トカマク実験のバイブルであるアルツィモビッチのレビューペーパー(Tokamak Devices, NF, 12 (1972) 215)に基づいて遂行された。しかし、小型トカマクのワンターン電圧は下がらなかった。不純物を下げる真空の設計が甘かったのである。ただし、バイトンOリングではなく銅ガasketのコンフラットフランジなどを採用した京都大学工学部のNOVA II トカマクのみはワンターン電圧が下がった。伊藤智之先生は真空の管理（真空表面処理、銅ガasket、ターボ分子ポンプ、リークテスト）をはじめ、すべてにおいて徹底していた。1976年当時プラズマ研究所は不夜城と呼ばれた。午後から出て来て朝帰る人が多かったからである。伊藤智之先生は朝早く出て来られ、中村は計算機センターにカードパンチを朝一で依頼するために早出したときにエレベータでよくお会いした。

その伊藤智之先生から九州大学でトカマクと一緒に造らないかと誘われた。博士論文は働きながら（給料をもらいながら）新しいトカマクで書けばよいとのことであった。名古屋大学工学部の奥田孝美研究室で博士号を3年で取得する見込みが立たず、このままではオーバードクターが避けられず（農家ではオーバードクターが許されなかったのだ）苦悩していた中村は翌日に行きますと回答した。

1977年九州大学に就職して最初の仕事はシーケンスと真空である。シーケンスは冷房装置の自動温度制御であった。真空はコンフラットフランジのためのトルクレンチの使い方とリークテストのための質量分析計の使い方を丁寧に教えて頂いた。TRIAM-1の設計では不整磁場を減らすコイル口出し部の設計と機械的な強度計算を指導していただいた。仕様書作成では真空容器の酸洗い、ビーズ表面処理など徹底していた。工場立会試験および現地組立では質量分析計を用いたリークテストが大いに役立った。

伊藤智之先生は中村より一年遅れで1978年に九州大



学応用力学研究所に着任された。当面は単身赴任のため、食事と銭湯へは毎日一緒した。お酒は飲まれなかったが夕食は居酒屋も含めて料亭で御馳走いただいた。銭湯は一緒にお湯につかり、背中を流し合いながら、トカマクの建設理論から建設戦略までを教えていただいた。同研究所の材料部門の栖原寿郎先生、材料力学部門の北島一徳先生に紹介いただいた。トカマク核融合炉では材料がネックになるとの先見の明で、吉田直亮先生が大阪大学から着任された。後に不純物制御観測装置の立上げをされた。

TRIAM-1の建設に入ると、休日無しで朝から晩までの作業が続いた。TRIAM-1の実験に入ると、大学院生の教育も兼ねて輪講の時間ができた。伊藤智之先生からは「Chapman and CowlingのThe Mathematical Theory of Non-Uniform Gasesを読むのがよい」が口癖であった。東井和夫先生がプラズマ研究所から着任されTRIAM-1の実験が精力的に進められた。博士課程の御手洗修さんは徹夜して磁気計測の準備をしながら、マイクロ波散乱の設計・製作・実験をして博士号を取得された。その後、カナダのサスカチュワン大学に就職されてSTOR-1トカマクの建設に従事された。平城直治先生はトムソン散乱計測を担当されて博士号を取得された。その後、九州工業大学情報工学部の立上げのため転出された。

同時にTRIAM-1Mの設計が始まっていた。超伝導コイルの設計では中村幸男先生が東京大学宇宙研究所から着任された。トカマク平衡コイルの設計では九州大学出身の菊池満先生が東京大学井上信幸研究室から着任された。トカマク平衡制御では名古屋大学出身の森山伸一先生が富士通研究所から博士課程に入学された。トカマクプラズマ計測では九州大学出身の永尾明博先生が着任され、データ処理は同じく九州大学出身の上瀧恵里子先生が担当した。プラズマ計測・データ処理に必要な電子回路の設計・製作は川崎昌二技官が担当した。

1986年6月27日、世界初のニオブ三錫製超伝導コイルを採用したTRIAM-1Mがファーストプラズマを点火した。超伝導コイルは液体ヘリウムで4Kに冷却されており、およそ40日後の8月4日早暁には、世界初の最大磁場11Tの発生に成功した。世界初の超伝導装置稼働後は、東京大学から藤田隆明先生が、純粋理論では伊藤早苗先生が核融合科学研究所から着任された。プラズマ・

壁相互作用では核融合科学研究所から坂本瑞樹先生が着任された。後に超伝導データベースを立ち上げられ、「電気の礎」への受賞へとつながった。レーザーでは核融合科学研究所から佐藤浩之助先生が着任された。このころ修士課程では波多江仰紀さん(現QST 上席研究員)、高尻雅之さん(現東海大学教授)、武智学さん(現QST 上席研究員)、李成洙さん(現KEK 助教)をはじめ、多数の学生が在籍していた。

上記の教官着任歴からすると核融合グループが多数から構成されているように見えるが、着任だけでなく転出もあり、現員数は約2研究室相当であった。伊藤智之先生のトカマク建設理論に惹かれて着任される人もあれば、一致団結・一点突破の実験計画とは相容れず、本人の希望する他の研究機関に移動を決心され一仕事貢献された後に転任された方もいた。伊藤智之先生の建設・実験の推進過程で学んだ教訓は「他人の嫌がることをせよ、他人のできないことをせよ」である。

1983年に箱崎キャンパスから筑紫キャンパスへ応用力学研究所が移転する際は新しい建物、部屋の設計にも積極的に関与された。新しい空間的にゆとりある研究環境が整備された。TRIAM-1Mの実験棟の設計では、施設、企業も含めて一致団結で取り組まれた。実験棟のため、床荷重、クレーン、受電共同溝、地下ピット、ヘリウム圧縮機室の防音、防火設備のみでなく、本体周りの鉄筋の材質から、配筋の絶縁まで入念に設計され、配筋作業中の絶縁抵抗試験の立会試験も自ら実施された。1984年の九州大学大学院総合理工学研究科高エネルギー物質科学専攻の立上げでは、新しい建物の部屋割りだけでなく、応用力学研究所から移動される基幹講座の研究予算が研究所の研究予算より不利にならないよう、協力講座が一致団結してサポートする体制を作り上げられた。

伊藤智之先生は九州大学のトカマクプロジェクトリーダーとして非常に厳しい人であった。大きな研究組織に勝つには「ナンバーワンになるよりオンリーワンになれ」であった。建設屋と言われるのを良しとせず、誰にもできていなかった「超伝導コイルと高周波電流駆動によるトカマクの長時間運転」に賭ける意気込み・推進方針は周りから協力こそあれ、誰も非難することはできなかった。

2年に一度開催されるIAEA主催核融合エネルギー国際会議における発表を目標・期限と定めて成果に向けて実験が遂行された。1986年の京都会議では超伝導トカマクにおけるファーストプラズマの成果が報告された。1988年のニース会議では低域混成波電流駆動による3分放電の成果が報告された。1990年のワシントン会議ではホール素子を採用した1時間以上の長時間運転の成果が報告された。さらに、プラズマ高性能化実験、センターソレノイドを全く使用しない電流駆動の実現を成し遂げた。

伊藤智之先生は中国やインドにおける核融合プロジェクト立上げにおける指南役を務められた。中国成都の核工業省西南物理研究所へは学術調査の一環として、中国語が話せる淳子夫人同伴で訪問された。数年後の1989年に九州大学応用力学研究所は西南物理研究所と学術交流協定を締結した。

1999年には中国合肥の中国科学院プラズマ物理研究所と同じく学術交流協定を締結した。合肥からは李建剛博士(後に所長)がアメリカ合衆国から帰国後に来訪し、伊藤智之先生の御自宅に招待された。さらに2001年にはインドのムンバイのプラズマ研究所と学術交流協定を締結した。これらをきっかけにして、九州大学のTRIAM-1M、中国科学院プラズマ物理研究所HT-7、インドのプラズマ研究所SST-1との超伝導トカマク共同研究が本格化した。

TRIAM-1Mプロジェクトを推進するに当たり、1987年に強磁場プラズマ・材料実験施設の設置が認められた際は、「研究」の文字が入っていないことを伊藤智之先生は後悔された。高周波電流駆動によるトカマクの長時間運転が成功した後の1997年に改組が認められた炉心理工学研究センターには「研究」の文字が入った。

繰返しになるが、伊藤智之先生はトカマクプロジェクトリーダーとして非常に厳しい人であった。家族の方にもたいへん厳しかったとお聞きしている。しかし、外の方に対しては、非常に丁寧に関わりを築く説明に徹しておられた。非常に気を使われる面もあったため、先生ご自身も長く胃潰瘍に悩まされていた。

伊藤智之先生は学内では大型研究プロジェクトを牽引するセンター長のかたわら、応用力学研究所長も務められた。学外ではプラズマ・核融合学会副会長を務められた。現在建設が進んでいる国際熱核融合実験炉ITERの設計時の委員としてニオブ三錫超伝導コイルの採用、ダブルパンケーキ巻線法などの採用に貢献された。建設予算半減の際に離れられたが、ITERのファーストプラズマを見たいとのことであった。

伊藤智之先生の最も印象に残られたシーンは、高周波電流駆動によるトカマクの長時間運転が成功した後の1990年のIAEAワシントン会議で、1時間放電の発表OHPの1枚をスクリーンに映し出した瞬間に会場から拍手が上がったときであったと聞いている。この感激は想像に余りある。ノーベル賞受賞候補者にノミネートされたのも理解できる。2001年3月の停年退官数年前の1997年に現員数が約4研究室相当に増設されたのも理解できる。同年には西日本文化賞(学術文化部門)を、停年退官後の2009年には科学技術分野の文部科学大臣表彰を受賞されている。

1982年度に始まったTRIAM-1Mの本体、建物、電源、計測設備、変電設備など概算要求の総額は126億円であった。その維持費は文部科学省認可施設(センター)の経常費として現在まで続いている。1997年の定員増により、伊藤智之先生の在任中に図子秀樹先生が京都大学から、花田和明先生が東京大学から着任され、その後の定常球状トカマクQUEST建設に引き継がれた。

伊藤智之先生は初代核融合発電所の所長になることが夢だと話をされていたことがある。世界の核融合炉研究のマイルストーンとなるいくつもの実験装置を手掛けられ、ITER設計にも携わられた先生。ITERの完成、ファーストプラズマにはもう少ししかかりそうですが、浄土から今後の世界の核融合炉開発の行く末を見守って下さい。

(原稿受付：2022年12月9日)