

Japan?

It was neither a total discovery nor a sudden cultural shock, for I had made three short visits to Japan before, and we had been practicing judo together, learning for many years from two Japanese-American sensei from Hawaii. And we would often have a tall Kirin beer and sashimi or tonkatsu with our American Judo friends after a tough practice on Friday nights...

At work, the transition was easier for many reasons. English is the working language used (remarkably well) by all ITER participants, including the Japanese support staff, and the entire ITER Naka team is a very sharp yet friendly group. Personally, I already knew several US and EU colleagues from previous work on ITER and other projects, and I was already familiar with the rather specialized art of tokamak engineering, albeit in the ambient-to-elevated temperature range.

But making a new home was something much more serious than adapting to cryogenic temperatures (although a rainy April in Naka did feel rather cool compared with southern California). In a sense, it brought us back to the time when, just married, we drove across the USA with just a few trunks to start living in San Diego. The ride from Narita felt almost as long, but this time it was a JAERI driver that brought us to the hotel in downtown Mito. Right away, we realized that we had indeed regressed much further in time: we could not read anymore, let alone understand and talk to the people around us. Fortunately, they were always attentive and patient and made us feel welcome.

As we were settling into our brand new house, we began to discover our new environment with the help of our two Japanese ITER Local Coordinators. Most of the expatriate ITER members live in Naka town, in groups of houses supplied by JAERI, in a quiet area near the rice paddies, where small field of various crops are being replaced by residential houses and apartment buildings. We met our new colleagues, their families and some of their Japanese friends through various parties and activities organized by those who had arrived up to three years before us. Especially enjoyable have been the outdoor parties where everyone contributed to the food and drinks, the children played and we often danced and sang until late in the evening. These parties have really

allowed us to meet and get to know each other in a relaxed atmosphere and to develop a feeling of community although we come from many countries with different languages and customs. Contacts with our Japanese neighbors have always been friendly but often frustrating because of our inability to communicate beyond a few simple words.

However, looking back over the past two and a half years, we realized that we have made many new friends from Japan and other countries participating in the ITER project. Also, thanks to the enthusiasm and patience of our Japanese teacher, we have learned some rudiments of the Japanese language and we are gaining a better understanding of Japan, its people and their customs. Could it be that we are beginning to feel at home?

中性粒子入射装置

井上 多加志

Neutral Beam Group

(Plasma and Field Control Division)

私は一昨年の12月に開発現場（原研 NBI 加熱研究室）から引き抜かれ、以来 JCT の一員としてわずか1年あまり、ましてや JCT では珍しい「ヒラ」の研究員であり、最若手に属します。このような私がここで ITER についてお話しするというのは誠に恐悦至極ですが、負イオンを用いた NBI の研究開発に当初から携わってきた者の一人として、那珂サイトの NB 設計者の活動と現 ITER NBI 設計についてご紹介したいと思います。

ITER NBI の設計は EDA の開始に遅れること1年半、1994年5月から那珂 JCT においてスタートしました。以来、各極から設計者が集められ、現在はロシア1、EU2（うち一名客員設計者）、日本1の陣容で各極国内チームの支援のもと設計を行っています。専門別で見ると、イオン源・加速器物理と核解析、磁場・ビーム軌道解析、熱・構造設計、各1名で、元 JET の NB グループヘッドが客員設計者ながらご意見番となり、部長自らが統括するという布陣です。

JCT メンバーの仕事は上記の専門分野での設計のために、国内チームへの情報の提供と R&D・設計タスク結果の収集を行い、その成果を ITER NBI 設計へ反映させることです。国内チームはもっぱら要素技術開発・要素機器設計を行い、JCT はこの成果を NBI 設計さらには ITER 全体設計のなかに組み込んでいきます。JCT、国内チームの各担当者は緊密に連絡を取り合うのはもちろんのこと、JCT メンバーは他の JCT 部署の担当者とも議論を重ねて設計を行います。

ここでおもしろいのは、担当者間のいわば正式ルートと

内外情報

は別に、各 JCT メンバーが国別に情報ネットワークを持っており、それが活用されることです。たとえば、EU やロシアの JCT メンバーが新たな問題に直面して日本チームに相談したいとき、彼らは私のところへ来て「誰に相談するのが適当か？」に始まり、「いつ相談するのがよいか？」等々、「どう話を持ち出したらよいか？」といわれれば、事前に私が根回し、段取りをします。意外に外国人もコミュニケーションに神経を使っているものだ、と感じます。当然私も、会ったことのない他サイトの EU、ロシア、米国の JCT メンバーに問題を持ちかける際には、まずこのネットワークでのネゴシエーションをお願いします。このネゴがあるかないかで、往々にして対応の速度が違ったりします。

ITER における意志決定は所長によって行われる、いわゆる「トップダウン」方式であり、いかに早く所長の意向を取り入れた設計に着手するか、が設計の作業効率を高める上で重要になっています（日本でいうプロジェクト的とはいえないが）。これに乗り遅れるとあとあと設計の遅れとなってしまいます。この点でイタリア人ネットワークが情報の入手と伝達にすばやいのに驚かされます。設計変更の「噂」の段階で彼らはすでに確かな情報を得て変更案の検討を進めているといった具合です。ロシア人ネットワークも強力です。考えてみるとこのネットワークは一つの危機管理システムとしての機能もあるわけです。

ある朝、サンディエゴから所長の新決定を知らされる。これが自分の担当分野を直撃していたとします。すぐにサンディエゴに国際電話して詳細な情報を収集し、問題解決にとりかかります。そして夜までに一通りの検討を行って、ガルヒンサイト担当者に状況説明、当方の初期検討結果を伝えて家に帰る。寝ている間にガルヒンとサンディエゴで議論し、翌朝には最新の設計を入手してその後の検討を引き継いで行います。このように、ITER EDA は 3 サイトに分かれているがゆえ、時差を活用して一つの問題に対し集中して作業を進める、というケースが多々あります。一度このサイクルが始まると一応の解決を見るまで続きますので、文字どおり火の車で仕事に明け暮れることになります。

さて、ITER では加熱と電流駆動のために 3 基の NBI からビームエネルギー 1 MeV で 50 MW の中性ビームパワーが要求されています。この要求を満足するために、各 NBI に 1 基のビーム源（負イオン源+加速器）を用いる設計となっておりますが、その大きさは直径約 3m、高さ約 2m、ビーム引き出し面積 $0.9\text{m} \times 1.64\text{m}$ という巨大なもので、1 MeV、40 A の高エネルギー・大電流負イオンビームを発生します。私がこの世界に足を踏み入れた10数年前、A4 版程度の引き出し面積から 1 A の負イオンビームを生成するのに四苦八苦したことを考えると、この間の負イオン源の成長ぶりには驚くばかりです。

しかしながら、最近の JT-60 負イオン NBI の入射実験（360 keV 18.5 A H^- , 4.1 MW / イオン源）や日本および EU の MeV 級負イオン加速実験（975 keV H^- ）の進展を考えれば、いまや R&D のレベルは ITER NBI 用の実規模負イオン源を製作可能な段階に達していると考えます。現状の設計データベースに基づいて建設のあかつきには、ITER NBI は必ずや所定の性能を発揮しうるものと確信しております。

これほどの短期間に負イオン源性能が急成長を遂げた背景の一つとして、国際協力が挙げられます。NBI の世界でもこれまで国際協力が盛んに行われてきました。私も負イオン源を持って外国に行き、日本での性能を外国で検証するとともにその地の実験施設の特長を生かした計測器、加速器と組み合わせ、成果を協力先と共有するというようなことをやってきました。その結果、少なからず日本、米国、EU の NBI 研究機関の間では負イオン NBI に対する共通の理解を育むことができ、原子・分子物理から小型イオン源による負イオン基礎過程研究、大型負イオン源や関連技術開発まで（そして日本においては大学）をも含む NBI ソサエティ、負イオン源ソサエティというようなものが形成されてきたと思います。これまでの ITER NBI はさらに、負イオン研究の古株であるロシアも取り込んでソサエティの持つ知識と経験を活かし、ソサエティのコンセンサスが得られる設計を行ってきました。私のような若輩者でもこのような背景ゆえやっていけるようなものですが、今後とも JCT ネットワークを横糸に、NBI ソサエティを縦糸として ITER NBI 設計をさらに充実したものにしていく所存です。

いわく、「装置の巨大化」、「遠隔保守」、「トリチウム」、「中性子」、「放射化」、そして「安全性」。ITER を実現するためには、これまで経験しなかった多くの課題を解決しなければなりません。しかしながら ITER は現時点で、R&D、設計ともに進んでいる実現可能性の最も高い磁気核融合実験炉である点に変わりありません。

一方で現代は「不確実性の時代」ともいわれております。EDA で技術的裏付けを固め設計を進めてきた ITER も、たとえば国内では行財政改革や経済の停滞のなかにあつては、その建設は容易ではないと考えます。このような状況にあつて JCT は何をするべきか？ EDA 期間を 3 年延長し、各極から提案される候補地についてサイト依存設計を行う、との方針が打ち出されております。私はこれに加えて、運転のフレキシビリティを確保すること、また今後の政治・経済的動静、また技術の進歩に対応するために、現設計の設計根拠・設計統合の論理を整理して残すとともに、その過程を通して最適設計を行う必要があると考える次第です。