

みくに 三國の夜の思い出 —大谷さんありがとう—

金子洋三郎
東京都立大学名誉教授

大谷俊介先生の追悼誌が編纂されるにあたって、きわめて個人的な NICE の思い出を綴って大谷先生の霊に献じたいと存じます。

思えば 1980 年も押しつまった 12 月 23 日の昼下がり、名古屋駅で新幹線に飛び乗った私たち NICE グループの一行は、米原駅で北陸本線に乗り換えて一路福井県の三國港へと向かいました。おりから雪が降り始め、その雪が琵琶湖の湖面に消えていくのを車窓に眺めながら、私は深い深い安堵の心地に浸っていました。

その年の 3 月、私は名古屋大学プラズマ研究所客員としての 3 年の任期を終了しました。しかし客員研究の看板として掲げた「裸イオンによる衝突実験 (NICE)」はまだその目標を達成できず、道半ばの状態でした。幸い岩井鶴二先生が引きつづき客員として NICE の代表を引き継いでくださったので、NICE プロジェクトはそのまま進行してはいました。しかし私としては“my mission was accomplished” と言って去れる状態ではなかったのです。

1. そもそも事の始め

1975 年頃のことです。名古屋大学プラズマ研究所の客員であった上智大学の鈴木洋先生から、先生がドイツの Keiserslautern 大学に招聘されて行かれるについて、後任の客員として私を推薦したいというお話があったのです。当時核融合研究の現場では、器壁から生ずる不純物の多価イオンが悪さをするために、プラズマ温度を核融合に必要なまで上げることはできないのではないかと悲観論が出はじめていました。鈴木先生は私にプラズマ研の客員になって、「多価イオンによる原子分子過程」の実験をして、核融合研究に貢献して欲しいとおっしゃいます。しかし私はプラズマの専門家ではないし、都立大の実験室はいまやフル稼働中で手は抜けません。加え

て私は 4 年後に控えた 1979 年の京都 ICPEAC には招致の段階から関わってきたので、その準備、手配でそれどころではありませんと固辞したのです。

それがとうとう口説き落とされてしまったのは、一説では四谷の鰻屋でご馳走になった白焼きの旨さにほだされて、ということになっていますが、本当は「客員助手には大谷さんを引き取ってくれたら有難い」という鈴木先生の一言が決め手であったのです。「そうか、大谷さんと一緒にやれるのか。それなら一つお引き受けしましょうか」。

それまでの原子分子データ収集の作業を通じて、私は大谷さんの力量と人柄には一目も二目も置いていたのです。

しかしこの話を実現するまでには、さらに私の知らないところで、プラズマ研所長の高山一男先生のご了承を得るための鈴木先生と大谷さんのご努力があったことは、鈴木先生の「大谷俊介氏のご逝去を悼む」に述べられています。

2. はじめは意気軒昂

話が決まって高山先生と「串八」のカウンターで飲んでいるとき、高山先生に「Physical Review Letters に載るような、他の誰もやっていないことをやってください」と言われて、私は「お受けする以上はもちろんそのつもりです。しかし私としてはベストな成果が出たら PRL より Journal of the Physical Society of Japan に載せたいです」と言って、居合わせた O 先生に「君そんなこと言っているのかい」とあとでたしなめられたものでした。思えば私も若かったのです。任期を 3 年と限ったのも 79 年の京都 ICPEAC までに成果を出して、80 年 3 月の高山先生のご定年に間に合わせたと思ったからでした。

客員が発令になる前年1976年の秋、京都 ICPEAC の主催団体となる原子衝突研究協会の発会式が東北大学の計測研で開かれた機会に、医学部の良稜会館でグループの第1回会合を開きました。準備はすでに大谷さんと大阪大学の岩井鶴二先生によって進められていて、まずスタッフはプラズマ研、阪大、都立大、九大を中心に若い研究者を集めることで決まりました。問題はイオン源を ECRIS 型にするか EBIS 型にするかでした。ECRIS は我々も経験して馴染みのあるイオン源です。それに対して EBIS は ECRIS より高い価数のイオンを作れること、そして ECRIS ではできない裸イオンを作れるという特徴がありますが、EBIS は加速器のイオン源用に開発されたものなので、原子衝突の実験に使われた例は未だありません。かなり突っ込んで議論した結果、われわれは EBIS 型でいくことに決まりました。困難はあるかもしれないが、裸イオンを使えば曖昧さなしに理論の検証ができるはずという点が何よりの魅力です。誰もやらないことをやるには、誰もやらない手法で勝負しなければならない。目標は決まった。まず裸イオンを作ることです。

ところで私は都立大学の教員で、身分は地方公務員です。地方公務員と国家公務員は互いに併任できないという制限があって、私はプラズマ研の併任教授ではなく、客員教授席非常勤講師として発令されました。しかし講座費もつき、助手もつきました。その助手が大谷さんだったわけです。そして有難いことに、併任教授だと旅費しか出ないのに、私には非常勤講師手当が、それも結構な額が出たので、大谷さんをお願いして学生さんの旅費の足しやグループの飲み代に使ってもらいました。大谷さんはそれを使って年に一度、一泊旅行を計画してくれました。

客員1年目の夏、長良川の共済組合の宿に泊まったときです。大谷さんに急かされて浴衣姿の私はかしまって挨拶し、「このプロジェクトを NICE と命名したい」と提案しました。一瞬皆さん呆気にとられた様子でしたが、「Naked Ion Collision Experiment」と言ったら、「いいな」「いいな」と賛成してくれました。「でも裸イオンができなかったらどうします?」「 Li^{3+} だって裸だよ!」。

まだ誰も本当の恐さを知らなかったのです。

実はこのネーミングは鈴木先生の ACE (Atomic Collision Experiment) プロジェクトになったもので、私の頭には始めからありました。プロジェクトの成果はネーミングとは関係ありませんが、その成果を世に問うときにネーミングの効果は小さくありません。後年、北欧の国際会議に招待された大谷さんから絵葉書をもって、座長が「Japan から来た NICE guy による NICE data の報告」と紹介してくれたとあるのを見て、私は「してやったり」とほくそ笑んだものです。

3. 悪戦苦闘

本格的な NICE の予備実験用の Proto NICE が搬入されたのが1977年10月10日で、これが所内での NICE グループのお披露目でもありました。高山先生はじめ大勢の所員の皆さんが祝ってくださいました

Proto NICE を使った予備実験の目的は、磁場を使って電子線を絞り高密度電子線をつくる技術の習得ですが、これがはじめから悪戦苦闘でした。陰極から出る電子がソレノイド端末の磁場に跳ね返されて中に打ち込めません。さんざん苦労した結果、岩井先生の精密な軌道解析がブレークスルーとなって、陰極を発した電子の99%をコレクターで捕集できるようになるまでに約1年かかりました。

これと並行して試作されていた、超伝導ソレノイドを内蔵する本格的な NICE が搬入されたのは翌78年12月25日です。この経験したことのない大型の装置をわずか1年半で設計、製作した大谷さんと都立大の小林さん、それに京和真空の猛烈な奮闘ぶりは今でも語り草です。

そしてグループの誰も経験したことのない液体ヘリウムの注入や、超伝導ソレノイドの砺磁も無事済んで、いよいよ裸イオンに見参と思いきや、話はそう簡単ではありません。そこそこの多価イオンはできても、肝心の裸イオンはできません。電子流密度が足りないのか。イオンの引き出し方が悪いのか。そうこうするうちに日はどんどん経っていきます。その頃私は京都 ICPEAC のための馴れない資金集めに苦闘の真最中で、ICPEAC の投稿期限も迫ってきました。さらに京都

ICPEAC のあとにはプラズマ研で「核融合プラズマ中の原子過程」という名古屋セミナーも予定されていて、委員長は早川幸夫先生。大谷さんも私も実行委員になっています。

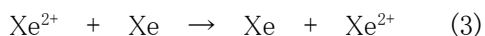
ついに私は当初の方針を変更して、裸イオンの生成を後回しにして、当面は比較的簡単にできると思われた多価イオンの対称電荷移行反応の実験をすることを提案しました。

4. まわり道

多価イオンの対称電荷移行反応とは



のような反応で、 $q = 1$ ならごくありふれた反応ですが、 $q > 2$ 以上での実験は非常に少ないのです。丁度その頃、都立大の研究室では



の反応断面積を 10eV 以下の領域で測定することに成功していました。そしてそれが1価イオンの対称電荷移行とよく似たエネルギー依存性を示し、かつ1価と2価の断面積の比がそれぞれのイオンの全生成エネルギーに反比例することがわかりました。このことは2価イオンの対称電荷移行も1価イオンのそれと同様 $u-g$ 共鳴振動で起こるということを強く示唆しています。理論的には理解しやすい結果ですが、2個の電子があたかも1個の電子であるかのようにA原子からBイオンに同時に飛び移るといった描像は、素朴な頭にはショックでした。この結果を PRL に投稿したところ、1ヶ月で掲載されました。PRL に投稿したのは、前述の高山先生とのやりとりが頭にあったからです。では同じことが3価以上でも起こるでしょうか？

結果はすぐ出ました。非常に少ないながら3価イオンでも、4価イオンでも起きています。少ない理由は多価イオンが複数の電子を捕獲する前に1電子捕獲で価数を減らしてしまう反応が競合的に起こり、そちらに反応が流れてしまうからだと考えられます。しかし4価イオンでも対称電荷移行が起きることを発見したのはこれが最初だというわけで、早速 PRL に投稿しましたが、見事にリジェクト。理由は多数回衝突の可能性を排除できないと。全くもったもなし指摘です。だがそれをチェックする時間的余裕はすでにありません。柳の下

の泥鰯に逃げられて、京都 ICPEAC では NICE の現状報告をするにとどまり、プラズマ研での名古屋セミナーではいたずらに馬鹿でかい NICE の図体に見学者を驚かせただけでした。

京都 ICPEAC は高柳和夫先生総指揮のもと、およそ日本の原子衝突関係者すべてが何らかのかたちで企画・運営に参加して、まさに「お・も・て・な・し」を40年前に体現したような大成功裡に終わりました。しかしそのあとは一種の虚脱状態に陥り、経理責任者の私がすべての業務を終えたのは年も明けてからでした。

かくして79年度は終わり、高山先生はご定年となり、私の任期も終わったのです。

5. あらためて挑戦

年度が変わってプラズマ研の所長は垣花秀武先生に替りました。有難いことに垣花先生をはじめとして所内のNICEプロジェクトに対するご理解は深く、客員の岩井先生を代表としてプロジェクトはそれまで通りに続行され、私は共同研究者として参加しました。

まずはともあれ、一敗地にまみれた多価イオンの対称電荷移行反応実験の後始末です。この実験が多数回衝突の結果ではないかというレプリーの指摘は、たとえば X^{q+} イオンが1回目の衝突で $X^{(q-1)+}$ になり、2回目の衝突で $X^{(q-2)+}$ になり、と続いた結果、中性の X 原子になったのではないかということです。大谷さんは中性原子の生成率と標的ガス圧の関係を精密に測定しました。そして2価イオンの場合は完全に標的ガス圧に比例するが、3価、4価の場合はガス圧の2乗、3乗に比例する分もあり、4価の場合はむしろその方が大きいことを確かめました。まことに恥ずかしいことでした。しかし大谷さんは注意深くその分を差し引くと1乗に比例する分もある、つまり1回の衝突で中性になるイオンもあることを確かめ、その断面積を決定しました。これは4価イオンの対称電荷移行断面積の最初の測定です。大谷さんはこれを10頁の論文に仕上げ、その筆頭著者を金子としてくれました。私は NICE プロジェクトを通じてメンバー全員が少なくとも1回は筆頭著者として論文を書く機会を持つことを方針としてきましたが、大谷さんにはもっと真面目な題材で筆頭著

者になってもらいたかったので、自分のミスリードの責任を取る意味も含めて、大谷さんの好意を有り難く受けました。

さて本番の裸イオンです。問題が真空度であることはわかっていました。真空が悪いと折角裸イオンができて残留ガスと衝突して電子を奪って衣を着てしまうのです。裸イオンが裸でいられるためには真空度は 10^{-10} Torr でなければなりません。しかし超伝導 NICE は超伝導ソレノイドを真空中に、しかも水平に吊るすという前代未聞の構造になっているので、ヘリウムの僅かな洩れを探すのは容易なことではないのです。

苦しい日々がつづいて 80 年も終わりに近づいた頃、大谷さんは恒例の忘年会を三國港^{みくに}の民宿とする計画をたててくれました。苦しい時でも楽しむ時には楽しもうというのが私のモットーではありますが、このときばかりは正直言って一寸しんどい気がしました。しかし大谷さんは苦しい時こそゲン直しと考えたかもしれません。親切に開高健の随筆「三國^{みくに}で越前がにを食う」までコピーして皆に配ってくれました。

6. 運命の日

そして運命の日 12 月 23 日が来ました。早朝、皆で宿舎を引き払って実験室に行ってみると、なんと真空度が上がって 10^{-9} Torr を割っているのではないですか。昨夜念のためにやった追い締めが効いたようです。しかし今日はどうしても昼の新幹線に乗らなくてはなりません。早速ビームを出して、 $^{18}\text{O}_2$ ガスを流して、スペクトルをとると、

「おっ！ 出たぞ！」。

「ホントか！」

「出た！ 出た！ O^{8+} だ！」。

「ようし、実験終了、装置シャットダウン開始、用のない人は出発準備！」。

大谷さんの手配で全員タクシーに分乗して慌ただしく名古屋駅に向かったのです。

三國港^{みくに}では夕日をバックにして甘えび漁の漁船がぞくぞくと帰って来て、水揚げするところでした。市場の床に落ちた甘えびをおばさんが気前よくくれて、「甘えびは漁れたては普通のえびと同じ色なんだけど、少し時間がたつと紅くなるん

だよ。だから水揚げのとき丁度いい色になるように、時間を見計らって帰ってくるんだ」と教えてくれました。

その夜の宿の膳には、大盛りの甘えびと一人一匹づつの越前がにです。お腹の大きな宿のお嫁さんがなにくれとなく面倒を見てくれます。面白いことに、かにを食うときは皆無口。ひたすらかにの身をせせり、甲羅酒もたらふく飲んで、敷き詰められた布団に寝転ぶと、だれ言うことなく戯れ句が出はじめました。

甘えびも 俺の顔みて 紅くなり のぶお
甘えびの 吸い方 妻に 教えられ つるじ
みな祝う 一糸まとわぬ 酸素見て カッパ
春や春 勝算われにあり かにを食う ねこ

あれだけ飲んだのになぜかまだ頭は冴えています。「だけどさ、あのスペクトル馬鹿に細くなかったかい」と私がつぶやくと、ガバと起き上がった奥野さんが「太さ 1 ミリとしてスパンが 30 センチくらいだから、」と、記録紙は置いてきてしまったのにあり合わせの紙でたちまち計算して「エネルギー幅は 1eV ないぞ」。「おっ！ それならイオン分光ができるじゃないか」とばかりに皆起き出して、エネルギー分析器ならお手の物の大谷さんが担当に決まります。

いよいよここから、無人の野をゆく NICE の快進撃が始まったのです。

大谷さんありがとう

NICE は私が経験した唯一の、そして素晴らしいプロジェクト研究でした。大谷さんは終始その中心にいて、Secretary General の役を果たされました。大谷さんなくして NICE は有り得ません。大谷さんの訃報に接して奥様にお電話をしたとき、私は涙が止まらず言葉になりませんでした。心からの哀悼と感謝の気持ちを込めて、この小文を綴らせていただきました。