

[付録 2] インタビュー 原子力開発の現場を歩んで

能澤正雄氏（財）高度情報科学技術研究機構

インタビュー「原子力開発の現場を歩んで」

- 高速炉開発、核融合方式評価、軽水炉安全研究、そして原子力船「むつ」 -

話し手 能澤正雄氏（財）高度情報科学技術研究機構

聴き手 ◆ 中井、平田

1999年1月13日 東海村

インタビューの趣旨

◆本日のインタビューは、神奈川科学アカデミー理事長の長倉先生が主宰しておられる プロジェクト「科学と社会」の活動の一環としてお願い致しました。

一つのケーススタディーとして、原子核科学の歴史を取り上げることになり、高エネルギー物理とともに、原子力、核融合について調べたいということになりました。先日、中井が「原子核科学の半世紀」をまとめたものをお送りしましたが、何人かの方にお話を伺ってポリッシュアップしたいと考えております。

原子核科学の発展を考える中で、高速炉周辺の話は特に教訓的なところが多いと思いますので、能澤さんにお話を伺いたいということになりました。というのは、日本で高速炉開発を一番最初に手掛けた方だし、一番情熱を燃やされた方である、そして「もんじゅ」事件について、残念な思いもされているのではないか、と思ったからです。また、核融合開発とか原子炉の安全性についても、能澤さんは大切な仕事を重ねて来られたことも良く存じあげております。

ここに、能澤さんがお書きになった想い出話（日本原子力学会誌, vol. 40, No. 8, p. 617, 1998）を持って来ましたが、日本の原子力開発について詳しいので、今日はこの線に沿ってお話を伺っていきたいと思います。能澤さんは、高速炉開発のあと、原子炉の安全性というものすごく大切なこともやっておられます。御自身では地味であまりやることなかったと書いておられますか・・・

能澤：軽水炉の安全性も、高速炉も、核融合も、それぞれ、外国の文献によく引用される論文があります。高温ガス炉についてはないんですけど・・・。そういう意味では非常にラッキーだと思います。安全性でも、そこにちょっと書いてあったような仕事は大変なお金を使っています。だけど、基本的な問題はこれで解決していく Nozawa-Tong-Meinander の日米独の三人で、解決してくれて、大変有り難いというペーパーがあるんですよ。

◆ 「私は専門家でないので良く説明してくれなければわからない」と言って外国の研究者とやりあったと、想い出話に書いておられますか、いかにも能澤さんらしく、原子核実験の分野の研究者共通の率直で飾らない姿勢が現れていると思いました。高速炉の話を聞こうと思っても動揺のその辺の人に聞くより、能澤さんに伺うのが一番良いと思ったわけです。

高速炉開発の目ざすもの

◆さて、私のおぼろげな記憶ですが、まだ私が原研にいた頃に原研副理事長の嵯峨根先生が石油の埋蔵量が思ったよりたくさんあって、原子力開発は少しペースダウンせざるを得ないと言つておられたことを覚えているんです。昭和30年代の中頃のことですが、埋蔵量を見直したっていうのは何年頃だったでしょうね。

能澤：埋蔵量というのはその時代の技術で採掘できる量ということですから、技術が進むと埋蔵量は増えるんですよね。それをたどつてきて、だいたい30年から50年というのは、いつもかわらないんですよ。技術の進歩と経済性もあります。その当時は30年と言われていました。ウランについても変わっています。今、日本で使っているのはほとんどがオーストラリア産です。オーストラリアにウランがあるとは誰も思っていなかつた。あそこは何でもほとんど露頭ですから、深い所を誰も探していなかつただけの話です。

◆ウランの量には限界があるから増殖しなければならないという理由で、最初高速炉開発の目的増殖炉だった。それが、ウランがもっとあるということが分かつたため、ブリーダー(増殖炉)からバーナー(燃焼炉)に移つていったわけですね。

能澤：いえ、まだ変わっていません。日本の現在の核燃料サイクルについて、原子力委員会が決めたことも、変更したとは言つていません。日本でやろうとしているプルサーマルも、プルトニウムを持ち過ぎると、核兵器を作ろうとしているのではないかという疑惑が出てくるために、核管理政策の立場から、手持ち量を減らしたいというのが原子力委員会の見解ですね。それは、テンポラリーであって、基本的には六ヶ所村の再処理工場を動かして高速炉でリサイクルし、ウランの潜在的な能力を全部引き出すという方針です。御承知のように、プルサーマルをやっても、3回くらいやると質量数の大きいアイソトープが増えてきてほとんど反応度がプラスにならない。つまり、ウラン239はいいけれど、ウラン240になると、ファースト・フィッシュョン(高速中性子による核分裂)はあっても、吸収もある、さらに、ウラン242になるとまた吸収が大きくなつて質量数の大きいアイソトープが増えるわけです。ところが、高速炉でやると、ファースト・フィッシュョンが大きいので、質量数の大きいアイソトープの増加が比較的少ないので、落ち着いた形で続くわけです。熱中性子炉でプルサーマルをやっても、2回か3回で終わりというのが常識です。

◆高速炉をブリーダーとして使う場合と、バーナーとして使う場合では何かが違つていたでしょう？

能澤：いえ、違いはありません。ブリーダーとして使うにはブランケットが必要です。しかし、一つにはブランケットのコストがかかるから、ブランケットをステンレスにしよう、ということです。それで、中性子を追い戻すだけにして、そこでウラン238を239に転換するのをやめるというのがあります。それをバーナーと称しています。

◆反応度に余裕がある、といった議論ですか？

能澤：ブランケットには軸方向のものと、円周方向のものがありますが、劣化ウランばかりでいくわけです、コストを下げようというのが、技術が確立すればブリーダーに切り替えるのは簡単です。今はバーナーだけで、技術を成熟したものにしようということです。

◆ブリーダーにするのかバーナーでとどめておくかは、経済性の問題ということですか？

能澤：はい、そうです。

◆能澤さんがやってこられたのは、あくまでブリーダーを目指したということですね。バーナーを目指した高速炉など、ナンセンスということですね。

能澤：バーナーを目指すなど、ナンセンスです。ゴールとしてバーナーを目指すなら高速炉をやる必要はない。天然にウラン 235 は 0.73% しかない、ウラン 238 は 239 に転換して使えるとよいわけですが、高速炉にすればそれを全部使えるわけです。普通にはウランの 50 倍とか 30 倍とか言われています。

例えば、軽水炉だけでいくとすればウランの埋增量から考えて 50 年から 100 年くらいですが、一気に 30 倍伸びるだけで 3000 年になるですから、当分心配しなくてもいい、という資源論はいまだに生きています。

実験物理学者による高速炉開発のアプローチ

◆高速炉の仕事には、武田先生がお呼びになったのでしょうか？

能澤：原研東海には指導者がいなくて、非常勤の研究室長がたくさんできていました。その非常勤室長をしておられた武田栄一先生から高速炉グループをスタートさせてくれという話がありました。

高速炉の概念は、もともとは E. フェルミが言い出したものです。それで最初にできたのが EBR1 です。それはアイダホの Argonne West にありました。EBR1 はボーイング(燃料棒の熱による彎曲)を起して熔けるという事故を起しました。中心は温度が高いので、燃料が中心に片寄って反応度があがってしまう。その後は、そんなことがおこらないよう注意して設計するようになりました。そんな時代でした。後でわかったことですが、能澤をつれていけと武田先生に薦めたのは伏見先生でした。

◆能澤さんは、もともとエンジニアリングのセンスと才能の高い方だったので、高速炉をやられたのは、まさに適材適所だったと思います。

能澤：もともと工業学校の出身ですから。大阪市立の都島工業学校でした。この学校では、1 年

から3年までは普通の中学校と同じことをやって、4年から6年は実地をやる。非常に特殊な教育をしていました。2年生から始まる実習で木型、鋳物、旋盤、ガス溶接、板金、週のうち7時間くらい実地がありました。面白い教育をしていました。卒業生には大学の実験物理の先生が多く、光学・レーザーの田幸さん、NMR・低温物理の益田さんなどが先輩です。私の家は鉄工所で、ものつくりのカンがはたらいて役に立ちました。

◆グループの人事は能澤さんが決定できたのでしょうか？

能澤：与えられた格好でやりました。たまたまい人が集まつた。ただ、人は育てかたではないでしょうか。

◆昭和32年の原研発足当初、原子核分野の人がみなそっぽを向いていたので能澤さんのような方が他には居られず、静かで上品な人が多過ぎたことに問題があったと思いますが。

能澤：そうだと思います。リーダー格の人が皆、ちょっと人格的に問題でした。selfishだった。問題をおこしたくないという感じ。余計なことをして、しんどいめに合いたくない。人の面倒を一生懸命見るということをしない。そんな人達でした。

FCA(高速炉臨界実験装置)

◆高速炉の仕事は、FCAの設計からはじまったわけですね？

能澤：あの頃は半均質炉は臨界実験装置ができつつあった。高速炉だけなにもなかつた。そこで、手始めに臨界実験装置を作りました。

◆高速炉の臨界実験装置では何がポイントだったのですか？

能澤：熱中性子炉の時は外国でいろいろできていましたが、高速炉ではそうではなかつたのです。高速炉の場合、炉が大きくなると濃縮度をかえないといけない。軽水炉では全部同じです。燃料棒、冷却材、減速材の組み合わせのユニットセルで決まってしまいます。高速炉の場合、炉の大きさ、中に入れるもの（酸化物燃料、炭化物燃料、金属燃料など）によって濃縮度も変わるし、いろいろな特性がかわるので臨界実験装置をもつてないと最適な設計ができません。熱中性子炉であればアルミとかジルカロイとか被覆管にそれ以外を使うとニュートロンエコノミーが悪くて、うつかりすると臨界にならない。高速炉では高濃縮を使うからそう言う問題はない。しかし、パラメータが多すぎるし、全部が分かっているわけではない。

◆あの頃、熱中性のクロスセクションはブロックヘブンで系統的・網羅的に測ったのがありました、高速中性子については、ほとんど測れていなかつたわけですね。

能澤：しかも、合うデータがなかった。アルゴンヌに留学したときでも、臨界質量の予測が 30% 以内でした。私にまかされた実験では予測値と実験値の差が 0.5% でしたが。

◆あの頃のことですが、予算のヒアリングで菊池先生に説明にあがった時、何でもデータを全部そろえてやろう、という感覚ではダメなんだ、ということを先生がおっしゃついて、もっとグローバルな捉え方が必要だとおっしゃったことがありました。その後いつまでも頭に残っています。

熱中性子炉の時は技術的な積み上げができましたが、次ぎに高速炉に進む時は、そんなやり方ではいけなかつたのではないか。それが高速炉を始められた時の大きな問題ではなかつたかと思っていますが、いかがでしょうか？

能澤：ですから、理論計算だけでは炉心の設計ができない。いろいろな材料を持ち込むにしても臨界実験装置を持っている必要がある。そのときの最大の問題点は 90% の濃縮ウランを手にいれるのが大変むずかしかつた。そのうちにアメリカが売ってくれるようになり、最初に 120 キロくらいの予算をもらって、FCA の臨界質量になってきました。

◆FCA というのは材質をいろいろ変えてみるようなこともできるようになつていていたのでしょうか？

能澤：そうです。それはアルゴンヌの真似をしました。構造安定性の問題があるわけで、肉厚 1 ミリで断面が四角いのステンレス管を積み上げるので、どの程度強度があるのか。ウランのメタルなど挿入すると比重が 1.9 ですから重いわけです。ナトリウムの入ったカンといろいろな酸化物をいろいろまぜて入れるわけです。アルゴンヌに行ったとき、すでにそういう試験がしてあつた。そのデータをもらって全部に本国に送りました。

◆冷却は？

能澤：FCA は冷却しません。500W くらいまでだと自然放熱で温度はあるていど上がっても一定になつていて、そのかわりナトリウムの成分を入れるためにナトリウムをステンレスの管に入れなければならない。

ナトリウム技術

◆そのころ、もうナトリウムと決めていたわけですか？

能澤：そうです。ドイツがヘリウム、ナトリウム、蒸気の 3 つの冷却材を平行してスタディーしたが、結局はナトリウム冷却に落ち着いたのです。

◆ナック (NaK) は？

能澤：液体だと常温にしたとき、かえってメンテナンスに問題があることがわかつっていました。ナトリウムは常温で固まるので、パイプを切ったときに楽でした。EPR 1 はナックでした。EPR2 をナトリウムにしたのはその理由でした。ナトリウムで直径 1.5cm くらいのパイプだと、冷やしておけばオープンしておいてももれてこない。融点は 98 度ですから。サンプルをとりだして、また、通せる。我々もそれを勉強していたので、はじめからナトリウムでいこうということになりました。

◆固体になると体積が減るので安全ということもあるわけですね。

能澤：それと、やわらかい。ビスマスの最大の欠点は固く、冷やすとくっついてステンレスが割れてしまいます。いま高速炉では、ナトリウムは燃える、というので鉛冷却がいいのではないかといわれています。ポンピングパワーは損ですけど、燃えないで、「もんじゅ」のようなことにはならないわけです。

◆その頃、ナトリウムの問題について、技術そのものはもう研究しなくてもいいくらいにつめられていたのでしょうか？

能澤：ベーシックデータはそろっていました。問題は、工学的にハンドリングできるかということでした。それは、日立製作所がやっていて、あとは機器のコンポーネントをどう扱うかということでしたが、これは実際作ってみて試験すればいいというわけです。

フランスでは、道具を作ってナトリウムコンポーネントを大々的にテストし、そのデータを使って本物を作るというので、当時は非常にうまくいっていました。ラプソディーという名前ですが、大きくするといろいろ問題が出てきました。その原因是、よくわからない不安定性にあって、反応度が急に下がります。ラプソディーは 20 メガワットで作り、あとで 40 メガワットにし、ずっと順調でした。その次ぎのフェニックスは 25 万キロの発電所でしたが、それが時々ぱっと反応度が下がる。原因がわからないということが起こりました。

EBR2 は 60 メガワット、6 万キロで発電していて、タンクタイプと称して 大きなタンクの中に炉心とポンプとか中間熱交換器など全部包含してしまって、非放射性の熱交換器を通して熱だけ外にとりだす。実は常陽の設計の時タンクタイプにするか、エンリコフェルミのように普通のループタイプにするか、大議論をやった。タンクタイプは遮蔽の問題があつて、2 次ナトリウムまで僅かに放射化してしまう。それがいやで、ループタイプにすることを主張しました。フェニックスもスーパーフェニックスもタンクタイプです。タンクタイプは 2 次ナトリウムの大きなタンクの中に炉心その他のいろいろなコンポーネントが入っていて、1 次ナトリウムがちょっとだけまわる。そのタンクの肉厚を経済性を考えて薄くしたが、それが不安定性の要因を作っているようです。軽水炉の BWR だと 70 気圧、PWR だと 160 気圧、温度 290 度 C から 350 度 C くらいで、頑丈な構造にする。高速炉の場合、高圧にしませんから、肉薄にできる。それが利点でもある。それが彼等の場合、不安定性をもつてゐるみたいでした。タンクタイプの欠点ではないかと思います。

再現性がなく、1年に1回くらいしか出ない。フェニックスでは5回くらい報告されています。これは大きくしたための問題でしたが、スーパーフェニックスは経済性の問題で中止になりました。安全側だが気持ちは悪いものです。ループタイプのドイツがうまくいいっていえば「もんじゅ」と協力してできたのに残念です。ロシアはずっとループタイプです。

世界の高速炉開発

◆各国の対応が違うのは何故でしょうか

能澤：一番早くやめたのはアメリカです。クリンチリバー計画で、オークリッジのそばに作る予定でした。カーター政権のときに、予算を使い過ぎるということで、カーターがストップをかけた。カーターは自分は原子力を知っているという意識があるので、よけいそうなったのでしょうか。民主党は大きなプロジェクトを潰すのが好きだ。1973-4年ころです。

その次がドイツです。カルカーの州政府がSPD(社会民主党)の勢力が強く、SPDが反対でした。シュミット首相は原子力に賛成だったが、やめたら全部反対にまわるだろうといわれていましたが、そのとおりになりました。原子力発電をもやめるといっています。その後、電力はフランスから買うのではないでしょうか。いま、オーストリアもイタリアも電力をフランスから買っています。ドイツ人はいい面でもありますが、極端に走り、研究でもとことん追い詰めます。またドイツは地方分権が強いので、州政府の反対でSNR300(Snelli neutronen Reactor)計画を、中央政府はどうにもできなかつた。ドイツがやればうまくいったでしょう。

イギリスはPFR(Prototype Fast Reactor)という20万キロのものをドーンレイの近くに作り、運転していましたが、蒸気発生がしょっちゅうトラブルを起こしました。高速炉とは関係ないところで事故をやっています。

◆70年代は反科学みたいのがあった時代ではないかと思いますが。イギリスは何でも簡単にとめちゃうお国柄ですね。

能澤：サッチャーの経済優先という要素もありました。PFRはこのとき止められました。定格出力の2/3で運転していたが、トラブルは多いし、コストもひきあわない、ということでやめたわけです。

◆北欧では、高速炉ははじめから手をつけなかつたのでしょうか？

能澤：やっています。アルゴンヌからの帰りにスエーデンの高速炉臨界実験装置を見に行きました。アルゴンヌで日系二世の加藤さんという人のところにいましたが、当時、日本の経済力はまだ弱い頃でした。スエーデンでやっているなら日本でもやれるだろう、ということで見に行つたわけです。加藤さんには、日本で高速炉開発をやるのは難しいだろう、完成品を買ってくればいいと言わっていました。

◆スエーデンは FCA どまりだったわけですね。

能澤：そうです。

◆能澤さんの想い出話に、周りの人達から「アメリカのまねをすればいいのに、何故こんな苦労をするのか」という批判を受けたと書いていらっしゃいますね。

能澤：「アメリカのまねをすればよい」というのではありません。原子力には電力会社の影響が大きいわけですが、日本の重電の習慣というのは「何から何まで自分で作れるわけがない。1号機は買ってくればいい、それから次第に自分の力で作るようにする」という考えが支配的です。軽水炉はそうでした。また、火力発電もそうだったということです。

◆その技術導入のポリシイは正しいと思いますね。

能澤：1960年ころから、日本では自分でも開発したいという気分がありました。産業界にもありました。高速炉は当分実用化できそうにない。日本が今から始めて、まだ国際競争に間に合うという気持でした。

原研から動燃の手に

◆動燃ができた時、外から見ていると、原研の原子炉開発の重点が高速炉から高温ガス炉に移され新しい原研が生まれたように感じましたが、大事な事業を動燃にとられたということでしょうか？

能澤：丹羽理事長は、実験炉については最後まで原研が主導権をもってやるというつもりでした。

◆JPDRが運転を始めた頃、原研労組がストライキをやったりして、原研が嫌われたのでしょうか？

能澤：そうだと思います。自民党には嫌われました。

◆原研の人は随分がっかりしたと思いますが。

能澤：私自身は動燃から呼ばれたが、天野副理事長に相談したら叱られました。天野さんは、一貫して、いい人は手離さないという方針でした。

原子燃料公社は、アメリカの政策が変わったことで意義が薄れた。どちらかつぶきなればならない状況で特殊法人になった。原研は自民党の評判が悪く大予算はつけられないので、動燃に事業を移した。

◆原燃や動燃に研究組織のようなものはあったのでしょうか？

能澤：原燃には研究組織はなかった。ただ、中には優れた人がいました。プルサーマルをやろうとしていた中村康治さんは、非常に優れていた人でした。しかし、全体としてはウランを供給する工場でした。そのことがアスファルト固化施設の火災爆発につながっています。下請けに全部やらせて、自分たちは工場運営をするという体質ができたからです。

◆発足当初、原研は人集めに努力した。そのとき、原燃の人達はさえなかった。

能澤：そういうのを母体にしたために、それが尾をひいていると思います。動燃ができたときには、原研から 60 人くらいが移った。高速炉設計室からも何人か行きました。「常陽」の設計の最後の段階でメーカーから 30 人くらい、助けにきてもらいました。原研もいれて 50 人くらいでやった。その時のメンバーが、メーカーに帰って「常陽」の建設を手伝いました。そういう所は陰になって、よく見えませんが大きく役立っていると思います。

原研の「常陽」から動燃の「もんじゅ」へ

◆その人たちは「もんじゅ」には繋がっていないのですか？

能澤：つながっていません。「常陽」はいわば原研勢がやりました。動燃はメーカーの人の出向が多かった。電力中研から来た三木良平さんとかが、原形炉 (Prototype) 計画の副本部長でした。その人にどうして「常陽」の経験をいれないのかと聞いたことがあります。「常陽」は実験炉である。「もんじゅ」は電気を起こすので、電力の経験をもっている人しかできない、という返答でした。公式にはそうですが、原研勢に対する一種の対抗意識があったと思います。ただ、そういうことを見過ごしていた理事長、副理事長がけしからんと思います。

「もんじゅ」をやる人が「常陽」を勉強していない。トラブルが起きたのはすべて「常陽」の設計からはずれた所でした。動燃の初代の理事長は中部電力の会長だった井上五郎さん、日立からいかれた清成さんが 2 代目、次ぎが通産官僚の瀬川さん、あとは関西電力、中部電力の副社長だったようなひとが理事長をやっていました。副理事長が核燃料と動力炉で二人いらしたが、東京電力の人とか、研究開発の経験のない人ばかりでした。

◆この問題は、原研で国産 1 号炉を作ったときにも似た問題がありました。メーカーのイニシアチブが強いので、原研がそれについて行かなければならぬ時がありました。天野さんが大変苦労しておられました。ほんとに立派な方で、国産 1 号炉を作ったのは天野さんであったといえると思います。

天野さんはもともとメーカーの人だから、うまくやれたのかも知れません。

能澤：今度、都甲さんが核燃料サイクル機構の理事長になられます。大学畠出身の理事長は初めてです。かつて動燃は、大山さんが東大の現職教授であったのにをやめさせて迎えながら、副理事長にもしなかった。こういう点、動燃はけしからんと思います。

◆SSC と良く似ていますね。

能澤：動燃 30 年史を送ってきたのでみると、「もんじゅ」が事故を起した時、私がその調査委員会の主査を頼まれたのに、名前がでていない。しばらくして誤植があったというので訂正通知がきましたが、私の名前を落としたことについて一言の挨拶もなく。文句をいうとあやまりに来ましたが、そういうことに気がつかないというのは組織の弱さです。非常識な面がある。それが、動燃の体質なのです。

◆科技庁にそういう体質があるように思います。文部省の官僚を見ると、きちんとしていて、さすがに歴史があるなという感じです。一方、科技庁の方が、一人一人がのびのびできて、大きな仕事ができるところはあるようです。

能澤：通産官僚より、科技庁のほうが、言うことを聞いてくれます。

能澤：やっと、都甲さんが理事長になって良かったと思います。「もんじゅ」の建設段階の理事長は科技庁で次官をしていた人で、8年も理事長をやらせておくというのは、科技庁の問題点です。官僚OB が理事長席にすわるというのはまずいと思います。

新生原研の原子力開発：「核融合」「高温ガス炉」「安全炉工学」

◆高温ガス炉は、動力炉が電力会社の手に移り高速炉は動燃にとられてしまった後、原研として特徴あることをやろうというので始めたものだと理解していますが、そうでしょうか？ これは出来上がったのでしょうか？

能澤：そうです。臨界になりました。大洗にあります。まだ出力上昇試験中だと思います。

◆これと半均質炉との関係は？

能澤：半均質炉の開発とは、あまり結びついていません。コーテッドパーティクルが基本単位で、1500 度くらいで焼いて酸化ウラン、または炭化ウランを高温分解炭素で包んで粒にしますが、それが大量生産できます。この時、いろいろな条件を変えると、強度がかわったり、シリコンカーバイドをつけたり、フィッショングロダクトを閉じ込めることができます。フリューダイズドベッドという方法でやるのですが、イギリスでコールダーホールをやった連中が開発しました。メタルでは高温にできないので、セラミックでやりたいということで、開発したものです。1mm くらいのを沢山あつめてグラファイトで固めて最小単位にします。半均質のアイデアはウランから飛程 7 ミクロンくらいで飛び出してくるのを最初につかまえてその再処理を楽にしようということでした。これはフィッショングロダクトをグラファイトに吸わせることが目的です。そのため、半均質にまぜる。高温にしたときに、核分裂生成物をどう閉じ込めるかという意味では全然アイデアがない。再処理コストはごくわずかであって、それにそんなに重点を置いたというのはちょ

っとおかしい。全然発想は違う。

◆そうするとこれをやりだしたのは、半均質炉をやっていた人達とは違うわけですね。

能澤：鉄鋼会社から高温ガス炉の熱を直接使って製鉄をするという要求があつて、その研究を始めてくれという要請があつたからです。ドイツが始めたようです。石炭がなくなったときの製鉄法を開発しようということでした。

◆原子炉の新しい使い方を開いたようなものですね？原子エネルギーを電力に換えないで直接用いるという発想は素晴らしいと思っていました。

能澤：そうですね。応用目的はその他にも高温を利用して水素を作る。電気を介さないでガスタービンも使え、総合熱効率が50%くらいになります。

◆国際的に見て、日本の位置はどんなものですか？

能澤：ドイツは30万キロの実験炉を作ったが、大きくすると球状燃料体の流れがうまくいかない。トラブルが重なるうちにやめてしまいました。いま、中国、南アフリカが関心をもっています。日本が最初になります。これがいいのは、炉心がグラファイトのセラミックですから炉心熔融が起こらない。フィッショングロダクトは出てきますが、熱容量が非常に大きいので、過渡状態がゆるやかで、安定性がいい。高温で熱をとりだすので効率が大変良い。などの特徴があります。

◆これは核融合と組み合わせると役に立つのではないでしょうか。

能澤：核融合でも実際に電力をとりだすところは高温ガス炉と同じ技術でやると言うアイディアもあります。

◆原研として、そういうねらいもあるわけですね。うまくいくといいですね。核融合でも、如何に熱を取り出すかという問題があると思いますが。

能澤：パルス運転なので、核融合は熱効率があがらない。プラズマ加熱の高率が低く30%がやっとでしょう。

◆ところで能澤さんは核融合計画についても、影響力の大きい仕事をなさっていますね。

能澤：私の仕事は評判が良くなかった。余計なことをしてくれたという人が沢山います。

◆Technical Assessmentのことですね。アメリカの政策の基礎になる論文を書かれたと知って驚きました。核融合のことは、もっぱらアメリカでなさっていたわけですね。

能澤：核融合については、ミシガン大学の先生が書いた教科書の最後のページをお見せしましょう。私の仕事を全部丸写ししたもので、能澤-Steinerと引用しています。私は、帰国するとき、Steinerが出版してくれたと思ったので、論文を置いてきました。この研究では、パラメーターに対する Sensitivity を調べ、いろいろな核融合の方法を比較・評価しました。そして、エネルギー的には、トカマクが最善と結論しました。この仕事を見て、米政府はミラーなどの計画を切ったわけです。

◆原研の JFT というのはトカマクではないのでしょうか。

能澤：JFT-3 はトカマクです。それ以前は違いますが。

JT-60 というのは、始め JFT-4 と名づけられるところでした。プラズマ体積が重要であるから名前に入れようと提案し、計算してもらったら 60 立方メートルという値でした、それが臨界になるのが昭和 60 年だというので JT-60 と言う名前に決まりました。

◆核融合の研究は専らアメリカでしていたのですね。

能澤：というか、高温ガス炉にあまり僕が文句ばかりいって、当時の副理事長に解任され、アメリカに移って核融合の研究をしました。

◆何故高温ガス炉が、いやだったのですか？

能澤：高温ガス炉そのものより、こんな連中とつきあつていられるかという気持になったからです。その後、核融合と軽水炉の安全性の研究ではそういうことはなかったのですよ。

◆こんな連中というのは、原研を作った時に集めた人たちですね。

能澤：そうです。核融合をやったのは 1 年 4 ヶ月だけですよ。その前は高温ガス炉をやりました。高温ガス炉は、新日鐵からのはたらきかけです。

◆新生原研ということですね。高温ガス炉と核融合、それに加速器ですね。最近、原子炉中心というのは世界的にもだんだん薄れてきて、加速器を用いた中性子のプロジェクトを始めたりしていますが。

能澤：原研も、基礎研究に力を入れています。伊達さんを呼ぶアイデアは更田さんが思いついたものです。

◆原子炉だけで頑張っていられないで、加速器をやろうという動きは感じていました。本来は原研は高温ガス炉などをやったほうがいいと思いますが。 加速器に重きを置き過ぎるのはどうかと思います。

能澤：伊達さんのところは加速器とあまり関係ない。中性子、ウランやその化合物などをもっと実の有るものにして役に立つことをしたい、ということです。

原子力船「むつ」問題の收拾

◆さて、最後に安全性に関するお仕事ですが、私は、能澤さんのお仕事の中で一番大切なところだと思っています。能澤さんの想い出話の中で御自身は地味な仕事であったと書いておられます

能澤：それより、その中で書かなかつたことに原子力船「むつ」のことがあります。私は理事としては技術担当でしたが、当時の船長に泣きつかれ地元説得を試みました。安全性研究の仕事をしていたし、当時の藤波理事長が菊池先生と海軍でのつながりがあって、菊地さんの弟子だということでこの難しい問題を担当する理事を頼めると考えたようです。「むつ」は技術的問題ではなく地元説得が主な仕事だったわけです。自民党からは期限が設定されていて、それを超えると廃船にするといわれていました。

最初に取り組んだのは、瑕疵担保が切れている問題でした。科学技術庁が頼んでも1年しかのばせないものを、メーカーに頼み込んで瑕疵担保の期限を5年のばしてもらいました。みんなが驚きましたが、人どうしの信頼関係が解決の鍵でした。

◆「むつ」の話は、まさに科学と社会の問題点だと思います。出発点で問題になったことは、大したことではなかったのに、馬鹿騒ぎをして大問題にしてしまった。原子力船の開発が止まってしまったわけですね。

能澤：当時の森山科学技術庁長官が、もうあと1週間待ってくれれば漁民達を説得すると言ったにもかかわらず、出港を強行することで、地元の県漁連の副会長を怒らせてしまったのが原因でした。毎月合わせて20回くらい通って説得に努力し、やっと気持の通う人間的な関係にたどり着き、4者胸底(科技庁、県当局、県漁連、原子力船開発事業団)で一切の船内廃棄物を陸揚げしないという条件で佐世保港から大湊港へ船を回航でしたが、これらの陸揚げを黙認してもらいました。これで廃材の陸揚げをして、蓋明け点検がきました。

◆何故、放射線に限って問題が必要以上に大きくなってしまうかということを考えると、やはり啓蒙活動の不足でしょうか？ 世間には、そんな不合理なこと、不条理なことがあるかと憤慨することが一杯あるわけですが、特に放射線が絡むと頑張れるというのもおかしなものですね。

能澤：放射線だけが特殊扱いですね。マスコミがそれに乘じて売らんかなという姿勢なので、そ

の要素が大きいと思いますね。

◆マスコミばかりでなく、当の原研職員でさえ悪乗りしていて、労組が原子炉の起動式にストライキをするというのも同じです。非科学的要素があまりに多いと思いますね。

能澤：しかし、今、原発が作れるのは世界の先進国の中で日本だけです。

◆「むつ」の成果というのは？

能澤：あの設計でよかったです。タービン直結です。電気は介在していません。これまでに 10 万キロくらいは航海しています。「むつ」の船長は非常にレスポンスが良くて、いい船だといっていました。

今、世界中どこも原子力船の開発から撤退しているのは、経済性の理由です。将来、例えば、潜水艇が深海の開拓に活躍するなど平和利用が広がる可能性は大きいと思いますが。「むつ」の成果はレポートになって残され、将来の役に立てばよいと思います。

「感想」 - インタビューを終えて

中 井

技術開発が物理学者の手を離れたとき

原子力に関わる開発は、先ず物理学者が始め、その途上で工学的技術として展開するという道程を歩んだ典型的なケースであろう。

原子炉を発明したのは、大物理学者フェルミである。その原点は、有名なフェルミの「たらい桶」の実験であった。中性子が発見されて間もなくローマ大学で始めた中性子と物質の相互作用の研究で、フェルミは相互作用が中性子の速度に反比例するということに気づき、たらい桶に入れた水で中性子を減速させて実験を始めた。やがてハーンとストラスマンが核分裂を発見し、連鎖反応によって核エネルギーを取り出す可能性がしめされると、フェルミは中性子の減速・拡散理論をたて原子炉を建造した。

原子炉には、醜い双子の兄弟がいた。原爆である。原爆も物理学者が作った。もしナチスの手で創られたら恐ろしいことになる、という恐怖感に導かれた物理学者達は原爆の製造に力を結集した。AINシュタイン、オッペンハイマーらの努力は純粋な動機に基づいていた。しかし、原爆が完成する過程のなかで、その技術は物理学者の手を離れていた。軍部や、政治家、或は社会の意識は、物理学者から離れていた。そして、もはや必要でなくなっているのに、広島・長崎に原爆が投下され、悲惨な事態を招いた。

わが国の高速炉開発について能澤さんのお話を伺っているうちに、ここにも、もう一つの例があると思った。

高速炉もフェルミが始めた。日本の高速炉開発は後発であったが、能澤さんが始められた。因みに能澤さんは、かつてフェルミのローマ大学に対抗して、大阪大学で中性子実験を始めた菊地研究室の一員であった。

能澤さんは原子核構造の研究を投げ捨てて原研に移り、若くて意欲的な仲間を集め、FCA の建設、実験炉「常陽」の設計を進められた。ここまで能澤さんのやり方は、都島工業高校、阪大菊地研で身に備わった実験物理学者としての素養が最大限に活かされたものである。ところが、ここで能澤さんが原研で

育てた高速炉開発グループは、その夢を動燃に奪われてしまう。

高速炉開発の夢を原研から奪った動燃は、次の「もんじゅ」の建設にかかる。そこで物理学者の手から離れた高速炉開発は、電力業界のやり方で進められる。

そのとき「常陽」までの原研で進められた技術開発が全く無視されたと聞いて驚くより、憤怒の感を抑えられない気持になった。電力業界のやり方による結果は、「もんじゅ」の事故である。事故そのものは大したことにならないで良かったが、それよりも高速炉開発に大きな停滞を招き、将来の展望を暗くしたことが許せない。能澤さんはよく我慢したものだと思った。

「物理帝国主義」と「研究ブローカー」

「常陽」までの技術開発と「もんじゅ」の建設における指導原理の違いは、技術開発における大きな問題を含んでいる。能沢さんがリードされた常陽までの道は、実験物理学者の典型的姿勢であった。菊池研究室の先輩はみなそうであったが、他人のすることには常に批判的で、どんな小さなことでも自分が納得するまで考える。そんな教育を私も受けた。この物理学者の姿勢は実験や教育に限らず、日常生活や社会活動においても發揮されている。学術会議の創設の過程や初期の活動の中にも、その姿勢が見える。それで桑原先生が「物理帝国主義」と言われたのであろう。何もかも自分でできると思っていて、何もかも自分でないと気持ちが悪い、物理学者のそういう気持ちを表すには「物理帝国主義」という言葉はみごとである。能沢さんのやり方には、そんなところが感じられる。

一方、インタビューで能沢さん自身も話しておられるが、電力会社に象徴される産業界は、そんな能率の悪い方法はとらない。他人を信じ、任せることろは任せるという合理主義が徹底しないと事業は成り立たない。原子力産業の出発点はまさにそうであった。外国の技術を最大限に学び、日本の産業界を育てた。ここで研究所の役割は、研究者の基本的姿勢とはかけ離れたものになっていた。私は原研にいた頃、しばしば、研究所のやっていることは「研究ブローカー」ではないかと感じた。いまでは、それは若気のいたりであることも良くわかった。研究ブローカーであっても日本の原子力開発に寄与できれば幸せであったと思いまして。

しかし、やはりこのブローカーの体質に問題があり、動燃の事故のもとになった。任せることは任せるという考えが、下請け依存の体質を作り、無責任な態勢を作った要素を無視してはならない。科学技術基本法によって開かれる新しい科学技術の展開にとって最も重要な教訓である。

科学の発展に対する社会の支持

能澤さんが、原子力船「むつ」の担当理事をひきうけてその敗戦処理に当たったことは知らなかつた。この問題に対する能澤さんの努力は大変なもので、とても紙面に書けないようなものであつた。ここでも、原子力船の開発に情熱を燃やした人達の夢と努力が、政治家や官僚のミスで無になつた姿が見られる。幸い能澤さんの努力で最悪の事態は避けられたが、日本の原子力船の建造は不可能に近い状態に陥つた。

インタビューの中で気づいたことであるが、将来、宇宙開発に対峙して海底開発が始まった時、原子力船はその重要な鍵を握る道具になることが予想される。その時のための準備ができる雰囲気ではない。

科学と社会の接点で生じるいろいろな不合理や不条理を考えると、純粋な科学者の夢を受け止め、人類に役立つものにする器量を持った社会を育てることが必要であると強く感じる。インタビューで学んだことは大きかつた。