

# 高レベル放射性廃棄物の低減化・資源化で「人類最大の課題」の解決に挑戦する



## 藤田玲子 | Reiko FUJITA

博士[理学]

1982年、東京工業大学大学院総合理工学研究科博士課程修了

1983年、(株)東芝入社(原子力技術研究所)

2012年より、同電力システム社電力・社会システム技術開発センター首席技監

2014年より、日本原子力学会会長

2014年より、ImPACTプログラム・マネージャー

東日本大震災による福島第一原発事故で、大きな岐路に立たされた日本の原子力。長年にわたり、使用済み核燃料の再処理技術の研究開発に取り組んできた藤田玲子PMが目指すのは、高レベル放射性廃棄物を核変換によって低減化し、さらにレアメタルの回収による資源化という非連続イノベーション。核物理と原子力工学の融合を視野に入れながら、エネルギー問題、資源問題の解決に挑む。

### 子どもの頃から理科好き 父の助言で電気化学を専攻

子どもの頃は、周りの女の子が好きな人形遊びにはまるで興味がなかったという藤田PM。

「母の話では、ラジオの理科の番組をずっと座って聞いていたそうです。私自身は意識していませんでしたが、そういうところが理科系に進む原点だったのかなと思います」

論理的に考えることが好きで、文科系の授業よりも、数学が好きだったという。

「でも数学教師だった父からは、『数学でやっていけるほどの能力はないので、理科系の大学に行くなら、化学を選んだ方がいい』と言われました」

父の助言に従って、早稲田大学理工学部に進学した藤田PMは、電気化学を専攻する。

「理学部でも女子学生は有機化学を選ぶことが多く、電気化学のクラスでは女性は数パーセント以下でしたね。今はやりのリチウムイオンなどの電池ではなく、電気分解や電極反応の研究をしました」

学部を卒業してからは、東京工業大学の大学院に進む。

「大学院に入ってから分かったのですが、当時女性の技官や助手(現:助教)はいらっしゃっても、それ以上のポストとなると、ほとんどいらっしゃらない状態でした。私も将来は研究者ではなく、大学の非常勤講師になればいいと思っていました」

非常勤講師の職を得るためにも博士号は持っていた方がいいだろうと考え、博士課程に進み「電極反応を用いた光学異性体の反応」をテーマとして博士論文を書き上げた。

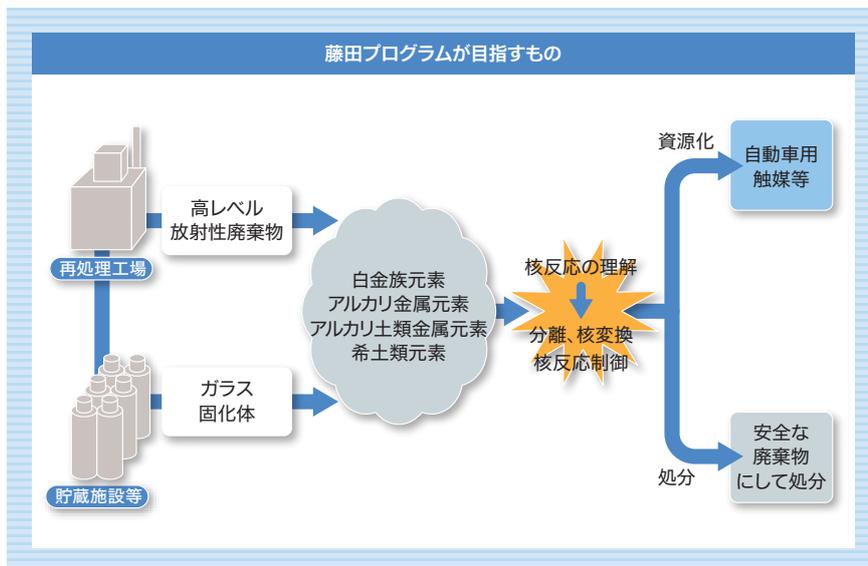
「審査教官からは、『国の税金を使って博士号を取った以上、このまま家庭に入ることは許されませんよ』と言われました」

### 東芝原子力技術研究所に就職 乾式再処理技術を研究

女性研究者の就職先はそう簡単に見つかる時代ではなかったが、知人の紹介で東芝に就職することができた。ちょうど同社が博士号を持つ女性を採用し始めた時期で、藤田PMは原子力技術研究所に配属された。

「当時は原子力発電所がどんどん作られていく時代で、東芝の原子力事業も好調でした」

原発が多くなれば、原発から発生す



る使用済み核燃料（放射性廃棄物）も多くなる。これらの処理が重要な課題となっていた。

「私は放射性的の金属廃棄物を除染して、放射性物質と金属部分に分離する研究に取り組みました。水溶液中で電気化学的な方法で処理を行う技術です」

自分が開発したシステムを現場で確認するために、浜岡原発に出向いたこともあったという、

1984年にアメリカのアルゴンヌ国立研究所が、使用済み核燃料の再処理について新しい乾式再処理技術を提案した。

「当時高速増殖炉の使用済み燃料の再処理は、六ヶ所再処理工場でも使われているPUREX法（プルトニウム-ウラン溶媒抽出）が一般的でしたが、プラントが非常に大きなものになってしまい、コスト高も問題になっていました。一方、乾式再処理技術は非常にシンプルなプロセスで処理できる上、原子炉と再処理プロセスを一体化できるというメリットがありました」

東芝としても、コストを安くできる再処理技術が今後必要になると判断し、電力中央研究所と共同で乾式再処理技術の研究をスタートさせた。

「この処理法は溶融塩中で電気分解

将来は大学の非常勤講師になれればいいと思っていました。

を行うものだったので、電気化学を専攻していた私にも声がかかって、プロジェクトに参加するようになりました」

藤田PMはこの分野で積極的な研究を進め、日本における乾式再処理技術の第一人者となっていく。

#### カザフスタンでのレアメタル回収事業化へのマネジメントを経験

藤田PMは原子力に関する研究開発以外にも、海外でのレアメタル回収事業にも携わった経験を持つ。

「2007年に、東芝がカザフスタン共和国でウラン鉱山の採掘権益を取得しました。ウラン以外にもビジネスにできそうなものがないかという話になり、レアメタル回収の可能性を探りました」

カザフスタンは世界屈指のウラン埋蔵量を誇る。ウランを硫酸溶液に溶解

して回収した後の残液（ウラン抽出尾液）の分析データを見ると、レアメタルが多く含まれていることが分かった。

「そこで私たちはレニウムというレアメタルを回収する計画を立てました」

藤田PMは年に4、5回のペースで現地に飛んだ。鉄道がないため、飛行機を降りてから、ひたすら車で600kmを移動するハードな行程だった。

「結局プラントの設計まではしたものの、採掘規模の問題で、商業ベースまでもっていくことはできませんでした。ウランの採掘量が数千トンくらいあれば、ビジネスになったのですが、東芝の鉱山ではそこまでの規模がなかったのです」

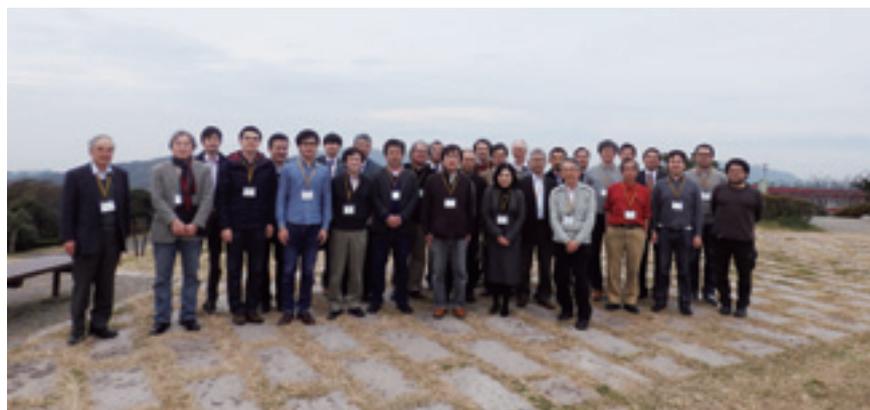
藤田PMにとっては残念な結果に終わったプロジェクトだったが、研究開発を事業化するためのマネジメントの経験を積めたことは、後のImPACTに活かせるものだった。

#### 東日本大震災と福島原発事故 原子力研究者としての思い

2011年3月11日の東日本大震災と、それに続く福島第一原発の事故により、日本の原子力業界は逆風にさらされることになる。

「一人の研究者として、非常に残念です。原子力業界がもっと多様な視点を持っていたら、多様な指摘ができ、それを受け入れる土壌があったなら防げていたのではないかと思います」

「原子カムラ」と呼ばれ、他の分野



▶湘南国際村での合宿[2015年12月10日]

の研究者等がなかなか入り込めない日本の原子力業界に特有の雰囲気の問題だったと藤田PMは考えている。

「個人的には、研究者がもっと良心に基づいて『これはおかしいのではないか』と意見を言える仕組みが必要ではなかったかと思います」

さらに今後については、研究者が事故前と同じような研究開発をしてはいけないと、藤田PMは強く主張する。

「事故を起こしてしまったからこそ、原子力の分野に対して、新しいアプローチが重要になります。異分野の研究者からの発想を取り入れ、従来からある研究に対する考え方であっても、おかしければ『これはおかしいのではないか』と意見をはっきり言えることが重要です。今までと同じ取り組みでいいんだと考えているなら間違いだと思います」

従来とは異なるコンセプトに基づく研究開発の取り組み、これこそが日本の原子力業界を再生する鍵になると、藤田PMは考える。そして藤田PMが挑むImPACTプログラムこそ、それに対するひとつの解答である。

### 高レベル放射性廃棄物を核変換によって低減・資源化

藤田PMがImPACTプログラムで掲げたテーマは「核変換による高レベル放射性廃棄物の大幅な低減化・資源化」である。原発の使用済み核燃料を



▶ 京都大学の臨界集合体実験装置を訪問  
[2016年1月26日]

再処理した後に発生する高レベル放射性廃棄物は、現在はガラス固化して、地下300m以下の深さに地層処分することになっている。しかし高レベル放射性廃棄物には非常に長い半減期の核種が含まれているため、最終処分場がなかなか決まらない社会的問題がある。

「日本だけでなく、フランス、アメリカなど世界各国で最終処分場が決まらない状態です」

例えばセレン79は半減期が30万年、セシウム135は230万年とされる。これらの長寿命核分裂生成物(LLFP)を地層処分したとしても、長期間にわたる保管への不安が払拭できず、後の世代に大きな負担を残すことになる。

「そこでLLFPを核変換技術によって、半減期の短い短寿命核種や安定核種に変えてしまうことで、高レベル放射性廃棄物が抱える問題をゼロにしようというプログラムです」

もうひとつが核変換によって高レベル放射性廃棄物から、レアメタルを回収し、資源化しようというプログラムである。

「カザフスタンでのレアメタル回収を経験したことが、このテーマを選んだ大きな理由です」

資源輸入国である日本にとって、レアメタルの確保は産業に直結する問題である。今回アドバイザーとして参加している東京大学の岡部徹教授はパラジウムの核変換が有望という見方をしているという。

「パラジウムは自動車の排気ガス浄化の際の触媒等に使われますが、ロシアと南アフリカでしか産出せず、国際情勢の変化により輸入が途絶えてしまう可能性があります。高レベル放射性廃棄物からパラジウムを回収することができれば、海外市場に左右されない量を確保できると思います」

現在は行き場のない高レベル放射性廃棄物が資源になるという発想は、ま



▶ RIビームファクトリーの中性子検出器  
[2015年10月23日]

さにImPACTが目指す非連続イノベーションである。もちろん技術的なハードルは高く、ハイリスクなのは間違いない。

「高レベル放射性廃棄物をTRU廃棄物のような中レベル放射性廃棄物にまで低減できれば、最終処分場も不要になるかもしれません。原子力が社会に対して役立つ成果を提示できるハイリターンも期待できます」

### 日本が世界に誇る核変換技術 核反応データの取得を目指す

プログラムを進める上で重要となるのが、核変換のプロセスを解き明かすこと。そこで活用されるのが、理化学研究所仁科加速器研究センターにあるRIビームファクトリー。現在世界最高性能の加速器として知られ、新元素「原子番号113」の発見にも大きく貢献した施設である。

「核変換の研究では、従来、再処理工場の高レベル実廃液から目的とする核種を回収して、ビームを当てる必要がありました。しかしRIビームファクトリーはウラン238のビームをベリリウムのターゲットに当てることで、原子炉

内の反応を加速器の中で起こすことが可能です」

この施設を利用して、世界初の核反応データを取得し、これを基に工学的検討にまで踏み込もうと藤田PMは考えている。

「RIビームファクトリーは、現在のところ加速エネルギーとビーム強度が世界一ですが、アメリカ、ドイツ、フランス、韓国で、さらに高性能な施設の建設が始まっています。それらに追いつかれる前に何としても成果を出したいですね」

また日本原子力研究開発機構の大強度陽子加速器施設J-PARKも活用する予定だ。核変換データの取得後は、バルクでの核変換反応のシミュレーションを行い、その核反応を制御する技術の研究を進めていく。有力な核反応経路が示されれば、それを実現する技術開発を行い、加速器を中心とした要素技術の開発と核変換システムの構築を目指すことになる。

実は核変換は、日本が世界に先行して行っていた研究であり、過去には「オメガ計画」という高レベル放射性廃棄物の減量化・低害化を目指したプロジェクトも存在した。

「LLFPの核変換に取り組んでいるのは世界でもImPACTのプログラムだけです。過去の研究を継承しつつ、実用化にこぎ着けたいと思います」

#### 核物理と原子力工学の融合 異分野同士の交流が生むもの

2014年に藤田PMは日本原子力学会の会長に就任し、福島以降の日本の原子力研究の舵取りを担う立場でもある。その人脈を活かし、ImPACTではまさにオールジャパン体制とも言うべき人材が集まっている。

「原子力工学の研究者だけに偏っては、これまでと同じになってしまいますから、できるだけ異分野の人材を集めたかった。加速器やレアメタルの専門家にも入ってもらって、多様な意見が

反映されるようにしたい」

そして今回、藤田PMが重要視しているのが、原子力工学と核物理の研究者の融合である。

「日本は原子力の技術開発の最初から、核物理と原子力工学の間に深い溝がありました。それは広島と長崎に原子爆弾を落とされた不幸な経緯によるもので、海外ではあり得ない状態です」

核物理＝理学の人はデータが取れば、すぐに実用化できると考えてしまう。一方、工学の人は最初から99.9%の目標値を求めてしまう。これでは話がかみ合わない。この両者の溝を克服するのは、なかなか難しいと藤田PMは理解している。

「最初はディスカッションをするのも大変でしたが、それは良いことなのだ」と割り切っています。それがないと原子力カムの雰囲気に戻ってしまいます。異なる意見を取り入れることが、これからの原子力分野には必要です」

プログラムの全体会議では、お互いがどんなことをやっているのかを報告し合うことで、自分が果たすべき役割が見えてくるようにしているという。

「プログラムに関わる全員が、高レベル放射性廃棄物を何とかしたいという思いは共有できています。原子力の問題に根本から向き合えば、やはりここを乗り越えていく必要があることが分かります」

日本のエネルギー基本計画でも原子力は基盤となる重要なベースロード電源と位置づけられている。藤田PMのプログラムは、今後も原子力を推進していく上で、重要な役割を担うも

のと言えるだろう。

#### 若い研究者を原子力研究へ 未来の人材を育てる大切さ

「福島以降、若い研究者が原子力分野に入りにくい状況が生まれています。優秀な若い研究者が他の分野を選んでしまったと聞くことが少なくありません。それが続いてしまうことを何としても避けたいので、魅力あるテーマの芽を提案して、若い研究者がそれを育てていくことが大切です」

幸いImPACTには、若い研究者が多く参加している。異分野の研究者もいるという。

「こうした人たちが原子カムの雰囲気を変えていってくれるはずだし、私は彼らの発言をサポートしていきたいと思います。いろんなディスカッションが生まれることで、新しく良いコンセプトが作られていくと思います」

コンセプトができれば、乗り越えるべき課題が見えてきて、そこから研究開発へとつながっていく。そうした良い循環をImPACTから作り出していきたいと藤田PMは考えている。

子育てと親の介護で、自分の時間を持つこともできない日々が続いていたという藤田PM。現在もPMとして忙しい日々が続いているが、わずかな空き時間を利用して、趣味のクラシック音楽鑑賞や美術館を訪れることでリフレッシュを図っているという。

異なる意見を取り入れる  
ことが、これからの  
原子力分野には必要です。



▶RIビームファクトリーの超電導リングサイクロトロン