

# 原子力の明るい希望、未知の解明に挑戦する

座談会

早稲田大学大学院共同原子力専攻のみなさん

原子力の社会受容性の改善が見えず、原則40年運転が打ち出され、「可能な限り原子力依存度を低減していく」という方針も変わらない。そんな逆風下で、あえて原子力を志向する若者たちの真意を聞いた。

## — 原子力を志望した動機 —

**山路** 早速、当専攻に進学した動機から聞かせてもらえたらと思います。教員としても興味があるところでは、落合君、福田君、楊君、レガラドさんの順番でお願いします。

**落合** もともと環境問題やエネルギー問題に興味がありましたので、工学の立場からそうしたものに貢献できないだろうか、ということから早稲田大学先進理工学部で応用物理学を学びました。学部3年の時に原子力の技術を大まかに説明してくれる授業があり、原子力の技術的な

面白さを知るとともに、これならば所期の目的が適うのではないかと思いい、共同原子力専攻に進学しました。

**福田** 僕は落合君よりもさらに理学到に近い、量子力学とか素粒子物理学を主に学んでいました。そのうちに、そのようなミクロスケールの現代物理に近い内容で社会に貢献する方法はないかと考えることが多くなり、原子力は確立されたエンジニアリング分野であると同時に、量子力学のような現代物理学を常に活かさねばならないという意味で、高い専門性が求められる学問であることに気が付きました。これこそ自分の物理学科での経験を活かして、社会に貢献できる専門分野ではないかと思いい、原

子力の道を志して当専攻に進学しました。

**楊** 中国の西安交通大学（陝西省西安市）で電気工程という専門を学んでから、日本の留学先として大木研究室に所属しました。大木研には電気・電子と原子力、この二つの専攻があります。僕は、原子力はどういうものなのか知りたいと思っていたので、こちらを選びました。

**山路** どうして中国ではなくて日本で学ぼうと思ったの？

**楊** 他所の国も見てみたいという思いが強く、たまたまそれが日本だったということです。

**山路** では、レガラドさん。



▲左から落合君、レガラドさん、山路先生、楊君、福田君

**レガラド** 福島事故以来、ずっと考えていた疑問に対する答えが、ここで学べば得られるかもしれない、それが進学の動機です。

福島事故が起きた時は中学2年生でした。水素爆発とかメルトダウンとか、テレビで盛んに言っていて、よく分からないけれど、危ないじゃないかと思いました。それで中学生なりに調べてみると、過去にもチェルノブイリ事故や東海村JCO臨界事故が起きていることや、原子力発電のざつくりとした仕組みはわかったのですが、でもそうした事故が過去にもあったのに、どうして原子力を使って、また事故を起こしてしまったのか、原子力はそもそも人間が扱えるものなのか、という疑問が生まれました。そして学部4年の研究室選びの時に、より原子力について学べる研究室があることを知り、ここに進むしかないと思いました。

## — それぞれの研究テーマ —

**山路** 次に伺いたいのは「みなさんの研究テーマ」です。レガラドさん、お願いします。

**レガラド** 福島第一原発3号機の事故進展解析が研究テーマです。溶け

落ちてしまった燃料が压力容器の下のほうに分布しているものと予想されるわけですが、廃炉のためには分布している内部の様子を把握しなければいけません。

現場では、ロボットカメラを使った調査などが行われていますが、それだけで溶け落ちた燃料の全容が分かるわけではありません。どんなふうに燃料が溶けていき、何処で下に落ちたのかという事故進展解析の結果と、現地調査で得られた結果を持ち寄ることで、より正確に内部の状況が推定できるのではないかと思います。

**山路** なかなか難しいテーマですね。簡単に言うと、航空機事故の後、フライトレコーダーのブラックボックスを回収して、それをデータ解析して、どういう事故が起きて、どうしてそうなったのかを読み解いていく、そういうシミュレーションの原子力版、ということですか。

**E** 福島第一原発の廃止措置の完了までは30〜40年かかると言われています。事故進展の解析コードがもっと精緻化されて、炉内の状況がより正確に分かってくれば、この期間が大幅に短縮されることになるのですか。

よね。

**落合** 題材としては、そうですね。僕が所属している師岡研究室は、原子炉熱流動という分野を扱っています。原子力発電所も原子力の力で水を沸騰させてタービンを回すので、熱の循環が重要になってくるのですが、その中で僕が担当しているのは、使用済燃料プールです。

福島では全電源が喪失する事故に至りましたから、当然、使用済燃料プールで冷却に使用するポンプも停止してしまいました。使用済燃料からも、炉内の燃料に比べれば小さいですが崩壊熱が発生し続けますから、放っておけば熱で水が蒸発してしまいます。最悪の場合は、福島でも使用済燃料プール中の燃料が露出し、プラント状況をより困難なものにした可能性があります。

そのようなことも踏まえて今後は、新しい炉などに安全対策を施していく過程では、動的な機器や電源を必要としない受動的な安全設備の果たす役割が大きくなると思います。そこで使用済燃料プールを、電源を用いなくても冷却し続けられるようなシステムについて研究しています。

**山路** どうしてそういうテーマをや

ろうと思ったのですか。

**落合** 先輩がやっていたテーマを引き継いだのですが、そもそも早稲田の原子力は他の大学と勝手が違います。例えば共同でやっている東京都市大学ですと、学部1年の頃から原子力安全の講義があるので、原子力に対する基本的な技術的知識や安全の知識を得た上で、研究室に配属されて研究テーマを選びます。

ところが、早稲田の場合、物理をやっていた者がいきなり学部3年の終わりに研究室に配属されて、学部4年から研究テーマを選ぶこととなります。そうした原子力に関する知識があまり深くない状態で選ぶという、現状もありました。正直、自分の中でもイメージがしやすいような研究テーマを選びました。

**山路** 福田君はテーマがガラッと変わりますよね。

**福田** そうですね。僕の研究テーマは福島事故とは直接は関わっていません。原子力発電の大きな課題である、放射性廃棄物に関する研究をしています。炉心から取り出した燃料をそのまま高レベル放射性廃棄物として地層に処分してしまうと、その毒性が何万年〜何十万年のオーダーで続くと言われています。しか

**レガラド** 炉内の状況が正確に分かれれば、燃料デブリの取り出しに取り掛かれると思いますが、取り出しに使われる工法や技術は開発途上の段階にあります。そもそも炉内の状況がすぐに分かるかと言うと、必要な情報を集めるには、まだまだ時間が掛かると思います。

そういう面では原子力は安全面とか廃止措置とか、与えられた課題を解決するというところでは分からないことが多過ぎて、一般の人とか非原子力分野の人たちが不安に思うのは当然だと思います。

ただ私がそうした人たちに望むことは、原子力についてイメージだけで語るのではなくて、ざつくりとした仕組みでもいいから学んでもらいたい、ということですか。

また私も含めて原子力分野にいる人たちには、彼らの不安を取り除くような技術に関する情報や事故の解決にどう取り組んでいるかという情報を、もつと分かりやすく発信して、理解してもらおうように努める責任があると思います。

**山路** 落合君も直接、福島というわけではないけれど、少し近い分野だ



▲休日サイエンス？トリックアートに興じるレガラドさん

し、高レベル放射性廃棄物の中から特定の核種だけを抜いてあげると、その毒性の続く期間とか、毒性のレベルが格段に下がるとも言われています。その特別な核種というのが、マイナーアクチノイド(MA)というウランなどよりも重い核種です。

MAを高レベル放射性廃棄物の中から抜いてしまい、別の炉心に入れて、中性子を当てて壊したり、別の核種にしたりするMA変換という技術が今、研究開発されているところです。

一般的には、MA変換用の原子炉にはナトリウム炉のような、炉内中性子のスピードが速かったり、中性子が多い炉が考えられています。例えば、もんじゅの事故があったりして、必ずしも、ナトリウム炉がすぐにくさん導入されるのが予想できない現状にあります。

また山路研究室では、超臨界圧軽水冷却炉という新型炉の研究をしています。その新型炉は現行の軽水炉と比較して高温・高圧まで水を変化させるので、熱効率がいいというメリットがあるので、中性子のスピードがあるのに加えて、中性子のスピードが速く、ナトリウム炉に似ているという側面があります。今もよく使っている軽水炉の技術をベ-

スにMA変換ができないか、ということに研究の意義があると思っています。

**山路** 楊君はちよつと違うテーマですよね。

**楊** 主に、原子力発電所の環境におけるケーブルの絶縁材の経年劣化に関する研究をやっています。絶縁材を放射線や熱などで劣化させて、電気特性とか熱特性を分析するという、材料の劣化メカニズムを解明する研究です。

**山路** たぶん普通の人には、ケーブルの劣化と原子力はいったい何の関係があるのか、すぐにはピンとこないのではないかと思います。

**楊** 原子炉にあるケーブルの数は膨大なので、もしも原子炉の寿命が尽きる前に、ケーブルの絶縁材の寿命が尽きると、それを交換する事業が異常にむずかしいのです。ですから、あらかじめケーブルの寿命を原子炉よりも長くしたいということになります。

**山路** 当専攻での研究は、中国でやってきた勉強と繋がっていますか。

**楊** 学部4年生の時にエポキシ樹脂の研究をやっていたから、繋がりがありません。



A E Aでインターンをさせていただく機会に恵まれました。そこでいろんな国の方々と話をしたり、実際に仕事をしてみたりして、原子力は日本だけのものではないし、発電だけに限ったものではなくて、いろんな技術だったり、いろんな国で使われるものであることを改めて知りました。

仮に、日本が完全に原子力を止めたとしても、英語がしゃべれたら他の国でもやってみるかな、というプラクティカルな部分がつですね。

もう一つは、原子力への依存度を減らしていくということ、原子力の研究をしながら思っています。

例えば、ドイツは原子力からフェーズアウトしていくと言いますが、カールスルーエ工科大学の原子力研究は欧州のトップクラスです。そういうものを見てみると、不安はあるものの、この道を進んでも大丈夫だろうと思えるところがあります。



▲山歩きでリフレッシュ。楊くん

— 今後の原子力に思うこと —

**山路** 楊君はもうすぐ卒業ですが、その後は中国に戻るのですか。

**楊** いちおう就職先は決まりました。原子力とはあまり関係のないところですが。中国はいま、原子力プラントは2018年のデータによると、38基が運転、18基が建設中です。

**レガラド** 今後、再稼働とか新增設では安全対策の設備をどんどん付けていくことになって、ダウンサイジングというより、むしろ見た目にもサイズアップして、物々しくなっていくわけですね。それが安全のために必要な設備であるということ、ちゃんとみなさんが分かってくれば、見た目が大きくなってもイメージが悪くなることはないと思います。

それで「今後の原子力に思うこと」ですが、やはり自分の進路を考えた時に、やはり成長分野で働きたいという気持ちがあります。そういう面から考えると、今後、原子力発電がもつと今までよりも使われていくかという点、私はそんなことはないだろうと思っています。

ただ廃炉とか、福島事故の解決という面では、今後は仕事が増えていくと思っています。ですから、もしも原子力分野に進むのであれば、廃炉に関わるには興味を持っています。廃炉作業は生産性は無いかもしれないけれど、必ずやらなくてはならないことです。

**福田** 原子力を志す人たちの中で言えば、廃炉分野は人気があります。JAEAのリクルーティングでは、

廃炉分野が人気だと伺いました。福島で起きたことは世界でも初めてのことで、そういうところにタックルしたいという人は多いと聞きます。福島事故の後に原子力の道に進んだ人たちは、もしかすると20〜30年前に原子力の道に進んだ人たちとは、まったく別のモチベーションを持って、この産業を志そうとしているのではないか、という気がしています。

**楊** 廃炉には生産性がないという話ですが、僕はそうは思いません。一つには、新しい土地がつくれることです。そこにずっと置いたままだと土地が使えない。だから廃炉にして新しく土地を使うという意味で生産性がある。

**山路** ここは大事なところであり、

日本は原子炉を建てる技術はすごく進んでいるのですが、廃炉にする技術はまだ何処の国もしっかりと確立しているわけではありません。ちゃんと廃炉ができるよということを示すことで、では新しい発電所をつくっても大丈夫だね、という安心感

結論から言うと、中国でも世間の人たちから受け入れてもらうために、原子炉はどんどん小さくなると思います。小型炉が主流になるかもしれない。いま一般の人たちが原子炉を嫌っている理由は、主に二つあると思います。一つは、原子炉の安全です。もう一つは、核廃棄物の処理です。

どんなに原子力発電のシステムが安全になっても、それが100%の安全になることは未来永劫あり得ません。過酷事故を起こして、それが周囲に影響をおよぼす可能性を完全にゼロにすることはできません。わずかではあっても過酷事故を起こす可能性が残り、それは容認できるものではない、という考え方に立つと、事故が起こった時の影響を市民が許容できる範囲にまで下げるべきです。そうだとすれば、大きな発電所よりも小さな発電所のほうがよいのではないか、という考え方を僕は持っています。

**山路** いま発電プラントの考え方は、過酷事故が起きたとしても、発電所の敷地外の住民が避難しなくても済む、そういうプラントにすることはできないか、という話はありません。

最後に言い残したことがあれば、お願いします。

**落合** 重電メーカーの原子力事業部にインターンに行った時に感じたことです。原子力の人材が少なくなると、福島という流れはあるのですが、福島の事故を中学や高校の時に経験した学生が今、就職時期を迎えています。意外とイメージよりは、原子力産業は人気があると僕は感じています。それこそバックグラウンドが原子力専攻の学生は半分以下で、原子力専攻がもともと少ないと

すが、小型にして炉内にある核燃料を少なくするというのは、分かりやすいと言えれば分かりやすいと思います。ただ、それでも影響度を限りなくゼロにしろという要求は残るのでしようね。

**楊** そこは社会としては、合理的な最適値を求めるのではないのでしょうか。

**福田** 僕も「小型炉という選択」にある意味で賛成する部分があります。核燃料の装荷量を少なくすることで被害が小さくなるという定量的、科学的な話もそうですが、それと同時に、「原子力が小さくなれば安心する」という気持ちの問題もあると思います。

原発の周囲で暮らす人にとって、過酷事故が起きた時に出てくる放射能の量がどれくらいで、確率的リスクがどれくらいか、それが必ずしも一番重要なではなくて、直感的に重要なのは、バカでかいものよりも小さいほうがいいかな、というフィーリングではないかと思っています。

**楊** 例えば、猫か虎のどちらかを飼うとします。猫を飼えばどんなに暴れても、飼い主が殺されることはありません。でも、虎を飼った場合はそんなわけにはいきません。

に繋がるのだと思います。廃炉という言葉の響きが良くないのかもしれない。最後に言い残したことがあれば、お願いします。

**落合** 重電メーカーの原子力事業部にインターンに行った時に感じたことです。原子力の人材が少なくなると、福島という流れはあるのですが、福島の事故を中学や高校の時に経験した学生が今、就職時期を迎えています。意外とイメージよりは、原子力産業は人気があると僕は感じています。それこそバックグラウンドが原子力専攻の学生は半分以下で、原子力専攻がもともと少ないと

**E** どうもありがとうございました。



▲インターン先のIAEAの同僚とクリスマスを祝う福田くん