

第 41 期（2019 年度） 第 3 回講演会 開催報告

開催日時：2020 年 1 月 14 日（火） 16：00－17：30

開催場所：東京大学工学部 8 号館 B1 階 84 講義室

講 師：二ノ方 壽 ミラノ工科大学客員教授

演 題：イタリアの原子力事情と大学教育

参加者：約 30 名

講演内容：

- 昨年 11 月米国原子力学会(ANS)国際委員会会議で紹介された学会会員数変化が気になったのでまず報告したい。米国人以外の ANS 会員数を見ると、近年は韓国が日本を追い抜く状況にある。日本はこの 10 年近く 140 名前後で略一定の会員数を保っていたが、韓国はここ数年で大きく倍増した（2016 年 79 名→2019 年 143 名）。海外情報連絡会は ANS の日本支部。以前の連絡会会員の多くは ANS 会員でもあったと思う。若い原子力学会会員の皆様にはぜひ ANS に入会いただければ幸い。
- 本日はイタリアの原子力事情を紹介する。イタリアは G8 の中では唯一原子力発電に依存していない国であるが、原子力について非常に複雑な経緯を持っている。名目 GDP は世界で 8 位（日本の 45%）だが国民一人あたりの GDP は 28 位（日本は 27 位）であり、国民の経済的状況は日本と似通っていると認識している。第二次世界対戦直後は原子力の平和利用（基礎科学）に非常に力を入れたものの原子力発電を放棄している。そのイタリアにおける原子力工学の教育がどうなっているのかお話しする共に、日本のこれからの教育への示唆を述べたい。
- イタリアの報告の前に ANS の大会で報告された欧州の状況を簡単に紹介したい。FORATOM からの報告では、最近策定された EU 戦略（2018 年 11 月）の中で、原子力発電は 2050 年時点で約 15%程度残されることが明記されている。これを実現するためにチャレンジすべきこととして、①EU 域内の非原子力国の政策、②NIMBY、③再エネ 100%論、④BREXIT、⑤Public Perception、⑥Sustainable Finance がある。また、長期運転・寿命延長が重要なキーワードとなっている。この他、EU では特にタクソミー¹の動きに注意が必要である。

¹ 持続する EU グリーン経済が成立するために必要な気候変動緩和、環境保全など 6 つの達成目標を定義した（タクソミー）。ある方策がこの 6 目標の一つを達成すれば持続可能な方策と考えるが、残りの目標にマイナスに作用する場合は持続可能とは見做さない。その意味で反原子力団体は、処理処分が未解決ゆえに原子力利用はタクソミーのひとつである環境保全に資さないとして原子力利用反対の根拠としていることに留意すべきところである。原子力推進の立場としては、本タクソミー全てに当てはまる事を主張していく事が重要であろう。

- 仏からの報告では、仏は 2035 年までに原子力発電の割合を 50%とすることを決定しているが、原子力の寿命を考慮すると新規の EPR を入れていかないと実現が難しいとされている。マルチサイクルを少なくとも 2040 年までに実施すると共に再処理・再利用技術を産業化していこうとしており、高速炉体系が構築されるのは 21 世紀第二四半期になる旨報告されていた。
- イタリアについて。将来イタリアが原子力に復帰するかはわからない。歴史的に、イタリアは第二次世界大戦以降、原子力平和利用の先陣を切っていた。そこでは民間会社による開発研究から始まり、それに官が続いた形となった。研究炉は 14 基以上稼働し、現在も多くが稼働している。また、120MWt の Na 冷却ループ型高速実験炉 PEC が建設されたが、進捗率 75%の段階で中止となった。SIET という研究会社も 1983 年に設立され様々な研究開発を実施してきている。原子力発電所は過去に 4 か所稼働。1 か所は 1982 年、残りはチェルノブイリ事故の後に閉鎖が決まった。立地ごとに炉型が異なるのは各地域の当時の政情が理由だが、いずれも故障が多く、1962 年設立された電力公社 ENEL に所有者が移ったがうまくいかなかった。導入が早すぎたことも失敗の一因と考えられている。
- ENEL は表向き原子力推進の立場で計画を立てても実行力が伴わなかったり、70 年以降原発の新規発注を抑制する等積極的な推進策をしばらく採用しなかった。政治がついていけないままチェルノブイリ事故が起こってしまった。イタリアの科学技術力・科学リテラシーは高いが、反原子力の声は大きかった。1987 年の国民投票において、それまで整備してきた原子力開発を促進する一連の法律を廃止することを決定、政治はゼロ原子力に向かっていった。なお、本国民投票は原子力開発利用の是非そのものを国民の直接の判断に委ねたものではなく、既存法律の効力を問うものであることに注意されたい（これは原子力の放棄による国民生活への影響の是非を国民に委ねることには無理があると考えられているためと思われる）。
- 21 世紀に入り、ベルルスコーニ政権は当時の原子力エネルギー利用再開に傾く世論を背景に、1987 年の国民投票結果を覆えし原子力再開計画を許容する立法措置をとった。対峙する反原子力市民が求めた国民投票が 2011 年 6 月に予定されたが、不幸にして国民投票実施直前に福島第一原子力発電所（1F）事故が発生した。投票の結果は原子力の放棄の確認につながったが、その結果、現在イタリアの経済活動は停滞し、国力低下、失業率上昇、南北格差の拡大が加速されている。当時は政治家が票獲得のために世論のゼロ原子力指向を忖度したように見える。ただ、国民投票の結果は見直しがなされるべきであり、イタリアでは今述べたように実際に見直されてきている。未来永劫ではない。何でも国民投票にかければ良いというものではない。情緒的判断や感情で左右されてはならないし、票目当ての反原子力政治家にあおられて原子力を選挙や国民投票の争点にしてはならない。専門家は原子力について一般市民を教育する立場に立ってはい

けない。その代わり市民と共に考えて理解を得る事が重要。

- 勤務するミラノ工科大学には建築・デザイン学部がある。あまり世界に類を見ない事もあり、国際的にも人気がある。ある大学ランキングの理工学部門ではイタリアトップ、欧州で4位、かつ世界で20数位の大学。2013年以降、ほとんどの修士課程の授業は英語となった。標準的には19-23歳が学部在籍し、22歳から2年間修士、24歳から3年間博士課程となる。
- エネルギー工学部門は従来から存在したエネルギー工学科、原子力、電気、機械、化学、物質科学の各学科のエネルギー系が集まった部門。2008年大学改革の一環としてボビサキャンパスに設立された。教師陣330名。エネルギー教育の対象として段階的に5つの分野に特化した教育を実施している。従来の原子力工学科は市の中心に近いレオナルドキャンパスにあったが、2008年にボビサに移転してきた次第。ここ数年、原子力工学への入学・進学者が2010年前後の30名から60名前後に増加。外国人留学生の増加が主な要因だが国内で原子力を志望する学生自体も増えてきている。
- 1F事故以降、原子力教育・研究に予算を出す国は少ないが、2015年にイタリア政府は最新の放射線化学・物理・核医学等の実験研究等B18をミラノ工大ボビザキャンパスに建設。これが建設されてからその方面を希望する学生が増えた印象。我々の原子炉工学グループでは大学の実験ループをアウトソーシングして、SIETで実験できるようにしており、合理的・効果的と言われている。2017年から学生が大きく増えている。(2008年エネルギー工学部門ができた年。2011年1F事故。少し学生数減少。距離があるので大きな影響は見られなかった。)
- EU内高等教育機関交流を盛んにして教育の質を上げるErasmus計画に参加。1989年に確立したヨーロッパの単位互換制度ECTSを高等教育段階の学修量の指標とし、課程修了の要件とした。例えば修士号取得のためには2年間で合計3000時間で学ぶ学修量が要求されている。3つの履修コース(①原子力プラント、②原子力技術、③原子力システム・物理(プラズマ・核融合サービス))の中では③が人気。30~55%が博士課程に進学する。進学してから革新炉に関心を持つ学生が増えている。
- 就職状況は極めて良好。2割は外国就職。終了半年以内に100%就職している。受け入れ先の企業や研究所の評判も高い。優秀な学生と質の高い教育による相乗効果の結果であろう。原子力がつぶしがきく、というのが学生の認識とみられる。
- 総じて、エネルギー工学部門で学ぶ学生たちは基礎工学の延長線上に原子核工学があることをしっかりと捉えることができるようになったと考えている。理学・物理学系学生が、修士課程入学後に原子力に興味を持つことが多く、原子力プラントに関心を寄せて来る。これは教員の努力が関心を引きつけるのだろう。講義がポイント。教育第一。講義の中身に部門のチェック。学生との面談を常日頃から行う義務。研究の暇がない。
- 原子力工学の教育は1950年代後半から多くの大学で始められ、その間紆余曲折を経てほとんどが今まで生き延びてきている。原子力を学びたいという学生が存在する以上

予算をカットしないという文科省のバックアップのお陰であろう。卒業生の評判も高い。他方、イタリア国内に原子力産業という受け入れ先がないというねじれもあり、今後の原子力教育現場継続のためには自助努力が必要なことを自覚。

- 余談だが中国の大学とくに軍事研究を行っている大学と米国大学との間の交流が米政府により禁止となった余波で、中国と欧州大学の交流はこれまで以上に盛んとなっている。中国の原子力開発ペースは少しスローダウンの気配があるが最先端に行くことに変わりない。中国内の人材育成・供給が間に合っていない。海外からの協力が望まれている。その意味でミラノ工大エネルギー工学部門の原子力工学グループは西安交通大学、上海交通大学との間でダブルデグリープログラムを実施しようとしており、その成果に期待がかかる。
- イタリアは原子力に将来復帰できるのかという最初の問いに戻れば、個人的にはして欲しいと思うし、技術力はしっかりある。長期的には充分あり得ると思う。

【質疑応答】

Q 修士が増えているとのことだが、その 30%以上博士課程進学というのは驚き。博士課程の就職はどうなっているのか。

A 博士課程の修了生はあまり国内には仕事がないので米国等の海外に進む事が多い。ポストドク等もある。定員制度がないので来る者拒まずのところがある（欧州は定員の概念がない）。イタリア人学生の入学がとても多い。なぜイタリアに原子力学科があるのか不思議だったが、過去の原子力先進国だった頃の名残と、周辺国に原子力利用国が多いこともあり、原子力はイタリア人にとってそれほど遠い存在ではない。放射線や原子力技術への関心は高い。

（博士課程へ進む学生のキャリアパスが見えていること理由の一因ではないか、との指摘に対し）それも大いにあるが、彼らの多くに就職モラトリアムというものがあるようだ。親子関係の結びつきが非常に強く、親元を離れたくない学生は多い。そういったことも心理的にはあるのではないか。

Q 医療関連の学生も多いようだが、放射線治療についての就職はどうなっているか。

A わからない。だが重粒子線研究は多く進められている。ニーズは高いと思う。

Q 自分（質問者）は高速炉安全性を専門にしているが、日本の学生の高速炉の人气が低下しがち。今の若者に高速炉の魅力を伝えるにはどうしたらいいか。イタリアの学生のキャリアとしてどこに就職しているのか

A 日本は約 30 年前にも同じような課題を抱えていた。だが今の研究をやめれば将来的に何もなくなってしまうという意識があった。将来他国から買えば良いという考えもあるが、日本に人材がいなくなれば買っても稼働できない。継続していくことが一番だった。魅力を

訴える手段は難しいが、イタリアの学生は軽水炉がつまらない、とも考えている。そのため溶融塩高速炉や鉛冷却高速炉などのテーマなどに未知の技術を探求する魅力があるのだろう。夢を持たせることが重要である。高速炉にもまだまだ面白いテーマはたくさんあり、絶対に日本がやっていかなきゃいけない技術であると考えている。

高速炉関係の学生の就職先については、博士課程の鉛高速炉とかの人は隣国の研究所や米国やカナダから引きがある。数はそれほど多くないが。

Q 学生に使用済燃料問題は解決できる問題であると教えるためにはどうしたらいいか

A 処分は教えたことがない（補足：使用済み燃料は大気汚染の CO2 などに比べ絶対的に量的に小さく、管理できること、管理すれば健康被害リスクは絶対的に小さいこと、また高速炉による核変換技術の応用を強調したい）。昔よりも今の方が色々な情報に接する機会がある。学生のはやりには波がある。

Q イタリアでも大学に入れる学生は裕福層のみとの理解で良いか。教育費の問題はどうなっているのか。

A ある程度の収入がないと入学できない。他方で授業料は日本並み。米国ほど高くない。年間 6000€ くらいの授業料。生活費を考えると月 15, 6 万円はかかる。学生はアルバイトする時間ない。

パラサイトの学生はたくさんいる。イタリアの若者はあまり生活感がないように見える。学生ローンもあるが周りで利用している学生は見たことがない。アルバイトする学生はいるが、1 年とか長期の休学している。8 割程度が 2 年で卒業。10 年かけて卒業するような者もいる。

以上