



サロン

## 韓国における核融合工学研究の紹介

### Fusion Engineering R&D in Korea

小田 卓司, HAN Jung-Hoon, HWANG Yong-Seok

ODA Takuji, HAN Jung-Hoon and HWANG Yong-Seok

ソウル国立大学原子力工学専攻

(原稿受付2016年9月7日)

日本にとって韓国は核融合研究開発に於ける重要な国際協力国の1つであり、研究開発および人材育成に関する協力が今後さらに進むことが期待されています。本稿では、韓国における核融合研究を広く周知するために、研究の歴史、研究体制、DEMO および発電炉に向けた研究の現状と計画を説明します。また、核融合炉工学研究で利用可能な大型施設について紹介します。加えて、日本と韓国における大学と研究環境に関する相違点を紹介します。

#### Keywords:

Korea, fusion engineering, DEMO, K-DEMO, HANARO, KOMAC, PAL, CARFRE

#### 1. はじめに

日本にとって、韓国は核融合研究開発における重要な国際協力国の1つであり、距離的にも文化的にも最も近い国です。両国ともに人口減少に伴う若手人材の不足という共通の問題を抱えています。そのため、これからは研究開発および人材育成に関する連携と協力がさらに進んでいくことが期待されています。本稿では、韓国における核融合研究の歴史と現状、そして将来計画を紹介することにより、韓国の核融合研究を広く周知します。両国間での新しい連携や協力が生まれる契機になりましたら幸いです。

本稿は、韓国の核融合炉研究におけるキーパーソンの1人であるソウル国立大学のYong-Seok Hwang教授とJung-Hoon Han博士から提供された資料、小田が同僚や知人から得た情報をもとに調べた資料、そして、小田のソウル国立大学での研究者生活の実体験をもとにして書かれています。以下では、まず2章で韓国の核融合エネルギー研究の体制と歴史を紹介します。3章では、ITER, DEMO, そして発電炉に向けた研究の現状と計画を説明し、4章では、それらの研究を実施する上で重要となる研究施設や研究センターを紹介します。ここでは、日本の研究者が設備の利用を検討できるような情報の提供を念頭に置いています。5章では、話題提供として、大学や研究費獲得における日本と韓国の違いを紹介します。実際に共同研究を行う際や研究者と連携する際の潤滑剤になることを期待しています。

韓国での炉心プラズマ研究は、KSTAR (Korea Superconducting Tokamak Advanced Research) を中心として力強く展開されています。日本との連携も広範に行われており、共同研究会を通じた情報の共有も比較的円滑です。

一方で、炉工学研究においては、個別分野での協力は実施されているものの、その広がりには狭く、他の分野の炉工学研究の状況を知る機会は少ないです。また、どのような研究施設が韓国にあり、それら施設でどのような研究を行えるかを知ることも難しいです。本稿では、そのような事項に対しても情報を提供できるように留意しています。

#### 2. 核融合エネルギー研究の歴史と体制

##### 2.1 歴史

韓国における核融合研究活動は、1970年代に小型プラズマ実験施設で開始されました。1968年に第3回IAEAプラズマ物理・制御核融合に関する国際会議で発表されたT-3の結果を受けて、世界的にトカマクの建設が進められ、日本で最初のトカマク装置JFT-2の運転開始(1972年)から遅れること数年、1970年代後半に韓国最初のトカマクSNUT-79がソウル国立大学に建造されました。その後、KAIST(韓国科学技術大学, Korea Advanced Institute of Science and Technology)のKAIST-Tokamak, KAERI(韓国原子力研究所, Korea Atomic Energy Research Institute)のKT-1などが続きました[1]。

そして、1995年に国家核融合研究開発基本計画が策定され、それに基づきKSTAR(Korean Superconducting Tokamak Advanced Research)トカマクの建設プロジェクト(1995-2007年)がスタートしました。KSTARの設計・建設には約30の原子力関連企業や重工業企業が参加しました。2003年6月にはITERプログラムに参加することが正式に決定されました。KSTARは2008年7月にファーストプラズマの生成を達成し、韓国の炉心プラズマ研究の核として重要な役割を担っています[1]。

Department of Nuclear Engineering, College of Engineering, Seoul National University, Seoul 151-742, South Korea

author's e-mail: oda@snu.ac.kr

2.2 体制

韓国の核融合研究は、2005年に設立された NFRI（国家核融合研究所, National Fusion Research Institute）を中心として、そこに KAERI や大学が加わることで展開されています。NFRI には、KSTAR の運転・運用やそれを使った実験を行う KSTAR 研究センター、DEMO 炉の設計やプラズマ物理・制御に関する先進技術開発を行う先進技術研究センター、農業利用などのプラズマ応用に関する研究を行うプラズマ技術研究センターがあります。韓国の ITER 国内機関 (domestic agency) である ITER Korea (KO-DA) も NFRI に所属しています。2015年現在、職員の総数は361人 (正規職員255人, 契約職員106人), その中には研究者が171人 (正規職員124人, 契約職員47人), 技術者が107人 (正規職員71人, 契約職員36人) 含まれています[2]。研究予算は、2010年以降、年間約1500~2000億ウォンで推移しており、そのほとんどが政府関連です。例えば、2015年の研究予算、約1670億ウォン (約167億円) の場合、政府出資金が約780億ウォン、政府関連の受託研究費が約880億ウォンを占めています[2]。

KAERI も様々な分野で NFRI と密に連携しながら核融合炉研究に携わっています。特に低放射化フェライト鋼などの材料開発、トリチウムを取り扱うための機器・技術開発、ブランケット開発などの炉工学技術の研究開発においては、重要な役割を担っています。これらに加えて、約25の大学が核融合プラズマの研究や材料研究をはじめとする炉工学研究に携わっており、基礎研究・挑戦的研究の実施や人材育成において貢献しています。

3. 発電炉実現へ向けての計画

3.1 核融合研究開発の基本計画

韓国における核融合研究開発の基本計画は、2007年3月に施行された「核融合エネルギー開発振興法」(Fusion Energy Development Promotion Act) [3] に従って策定されて

います (図1 [4,5])。2007年~2011年の第1期では第1次基本計画が策定され、核融合エネルギー開発基盤の構築を目指した研究開発が行われました。2012年~2021年の第2期では、実証炉の設計・運転に必要な核心技術を開発し、核融合エネルギー開発を先導する国の1つとなることを目指しています。そして2022年~2036年の第3期においては、実証炉を建築することを通して核融合プラントの製造に必要な技術力を獲得することが目標とされています。この基本計画に基づいて、2009年~2013年の5年間では合計7084億ウォン (約708億円) の研究費が投入されており (図2) [6], その内訳は、KSTAR 研究に1588億ウォン、ITER 共同研究に5205億ウォン、核融合基礎研究と人材育成事業に291億ウォンとなっています[6]。

第2期は前期と後期の2つに分けられており、現在は前期の2012年~2016年にあたり、第2次基本計画に基づいた研究が遂行されています。そこでは、以下の4点が推進戦略として掲げられています：① KSTAR 高性能プラズマを達成し、DEMO 基礎技術を開発すること；②核融合の基礎研究と人材育成を拡大すること；③国際協力を活性化し

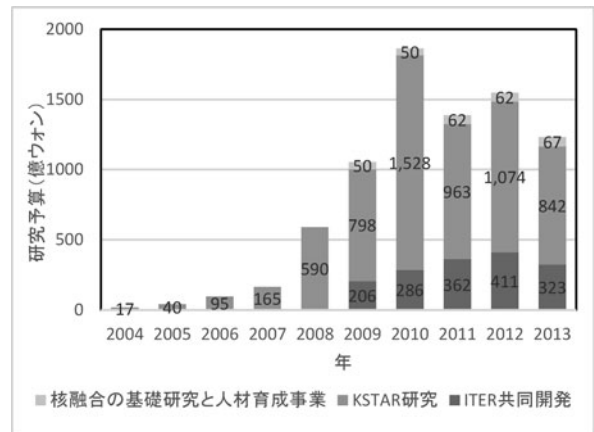


図2 韓国の核融合研究予算の推移[6].

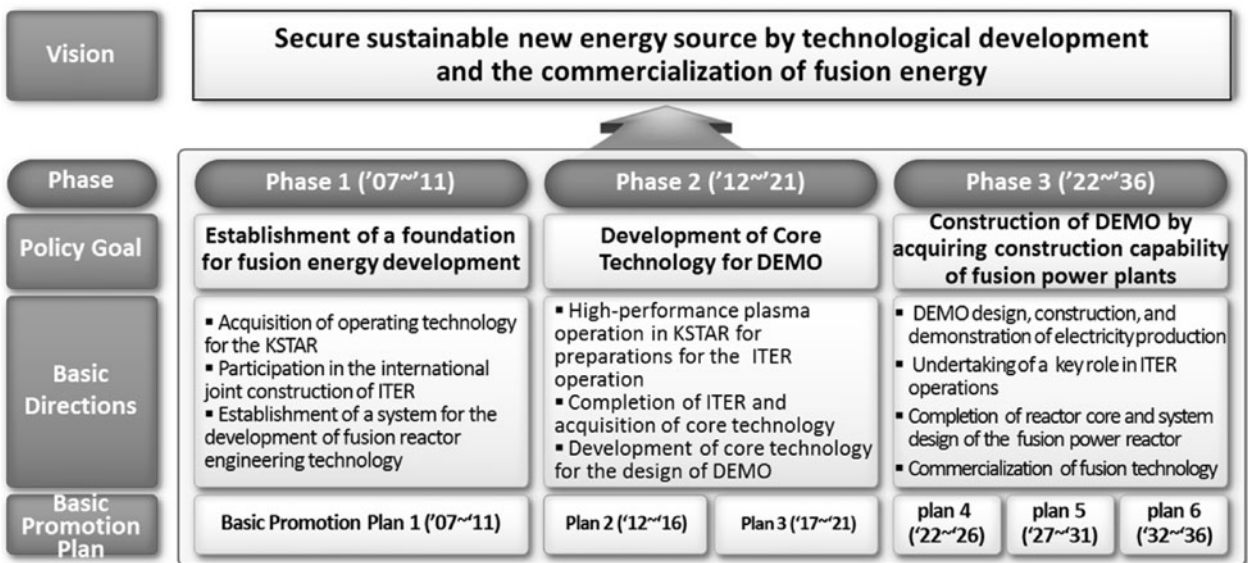


図1 核融合研究開発の基本計画[4,5].

ITER 建設事業で主導的な役割を担うこと；④核融合・プラズマ技術の事業化を促進し核融合エネルギー開発の社会受容性を向上させること。

後期の計画については、ITER 計画の遅れを反映した計画変更が検討されています。例えば、第2期の期間を当初計画から5年間延長して、DEMO 建設の時期を遅らせることなどが提案されています[5]。

3.2 ITER 調達に関する活動

韓国の ITER 関連活動は、NFRI に属する ITER Korea が担当しています。機器調達に関する分担割り当ては図3の通りです[7]。ITER Korea は品質管理部門、プロジェクト計画・管理部門、トカマク工学部門、そして、システム工学部門の4つの部門を有しています。トカマク工学部門とシステム工学部門の下には、各調達機器を担当する10チームが置かれています[7]。

例えばトリチウム貯蔵供給設備 (Tritium SDS) の調達においては、NFRI を核として、KAERI と韓国水力原子力発電株式会社 (Korea Hydro and Nuclear Power, KHNP) の中央研究所 (Central Research Institutes) を加えた3つの組織が中心となり、水素化物ベッドの作成、リスク分析、オペレーションシナリオの設計・評価などを行っています。これに加えて、現在、5つの大学と1つの企業が共同研究機関として参加し、関連する様々な基礎研究やシミュレーションプログラムの開発などを行っています[8]。

3.3 実証炉 K-DEMO に関する活動

近年、韓国では、実証炉 (K-DEMO) の概念設計に向けた活動が活発に行われています。K-DEMO の建設と運転は2段階で行われることが計画されています。第1段階では、発電 ( $Q_{eng} > 1$ ) とトリチウムサイクルの実証に加えて、機器・材料の試験施設としても利用します。第2段階

では、炉内機器をアップグレードして、500 MWe 規模の発電実証試験を行います[5, 9]。ITER とほぼ同じサイズの炉にすることで ITER で培われる工学経験を活かすこと、高ベータではなく高磁場を迫及すること、double null divertor を採用することなどが特徴的な設計です。

K-DEMO の炉は、磁場  $B_0 = 7.4$  T、主半径 = 6.8 m、小半径 = 2.1 m が計画されています。ブランケット冷却材には加圧水、トリチウム増殖材にはセラミックペブル ( $Li_4SiO_4$ )、増倍材には  $Be_{12}Ti$  ペブルの利用が考えられています。これら2つのペブルは混ぜて利用されます。MCNP を用いた中性子計算によると、グローバルなトリチウム増殖比 (Tritium Breeding Ratio, TBR) 1.05 以上の値が得られる設計になっています[10]。また、熱流体計算では、ブランケットの各部分の温度が材料の最高使用可能温度を下回る範囲で制御可能であることが確認されています[10]。

第2段階の運転時では、70% の高い稼働率 (availability) が目標とされているため、迅速なメンテナンスが必要になります。メンテナンスの高速化のためには、in-vessel コンポーネントのサイズを大きくし、コンポーネントの総数を減らすことが有効です。そのために、水平メンテナンスではなく垂直メンテナンス (vertical maintenance) を用いて、ブランケットをトロイダル方向に内側 (inboard) で16分割、外側 (outboard) で32分割する構造を採用することが考えられています[11]。

3.4 K-DEMO の実現と発電炉へ向けての計画

近年、K-DEMO の実現に向けた核融合炉工学研究の計画についても活発に議論されています。NFRI や大学が中心となって検討している計画では、以下の「3つの基礎技術」について、「7つのコア技術」の確立が必要と考えられており、それを支える「6つの基幹研究施設」の建設が構想

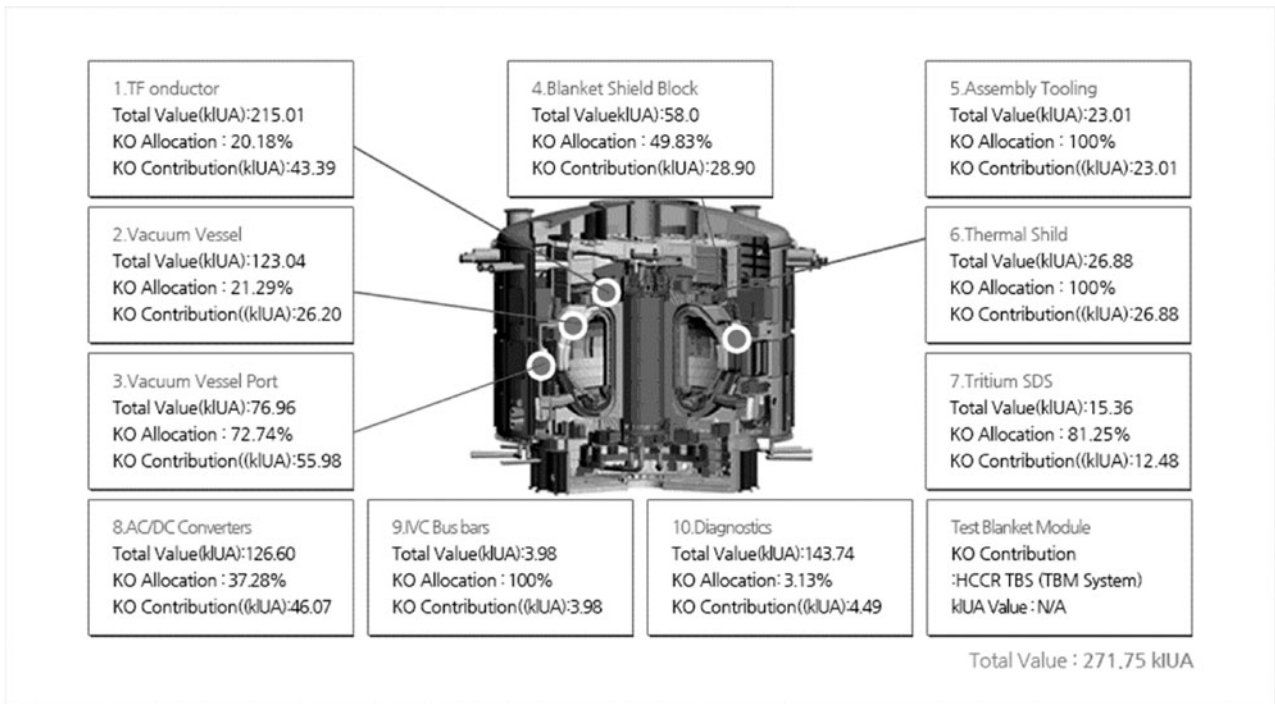


図3 韓国の ITER 調達の担当[7].

されています[4,5].

- ① 設計基礎技術：この中には、トカマクコアプラズマ技術、リアクターシステム統合技術、安全評価・ライセンス技術の3つのコア技術が含まれ、それを実現するための基幹研究施設として既存のKSTAR, ITERに加えて大規模シミュレーションセンターの建設が検討されています。
- ② 材料基礎技術：この中には核融合材料技術と超電導マグネット技術の2つのコア技術が含まれ、核融合材料開発センター、核融合中性子照射施設、超電導コイル試験施設の3つの基幹研究施設の建設が検討されています。
- ③ 機器・システム工学基礎技術：この中にはエネルギー変換システム技術と加熱・電流駆動装置およびプラズマ診断技術の2つのコア技術が含まれ、ブランケット試験施設とプラズマ材料相互作用試験施設の2つの基幹研究施設の建設が検討されています。

この計画を実現するためには、7年間にわたって、基幹研究施設建設費用1500億ウォンを含む約5000億ウォンの研究開発予算が必要であると見積もられており、その実現に向けた検討と働きかけが続けられています[5].

#### 4. 大型研究施設・研究センターの紹介

K-DEMOの開発では、KSTARや上記の新設施設に加えて、韓国内の既存の大型研究施設や研究センターも重要な役割を担います。以下では、炉工学研究で利用可能な施設を紹介し、いずれの施設も国際共同利用が可能です。

##### 4.1 研究炉 HANARO

HANARO (High flux Advanced Neutron Application Reactor) は大田市にあるKAERI付設の最大30 MWの出力をもつ多目的研究炉です。HANAROプロジェクトは1985年にスタートし、1995年に初臨界を迎えました。1996年に15 MWでの運転が開始され、2004年からは30 MWでの運転が行われています。近年の運転実績は平均して年間で150日、400 MWDです。燃料に $U_3Si-Al$  (Uは19.75%濃縮)、中性子吸収材にHf、冷却材に軽水、減速材に重水を利用しています。熱中性子のフラックスは最大で $5 \times 10^{14}$  n/cm<sup>2</sup>/sであり、研究用に7個の水平ポート、36個の垂直ポートが設けられています[10,11].

材料の照射試験で使われる照射孔では $6 \times 10^{10} \sim 2 \times 10^{14}$  n/cm<sup>2</sup>/sの高速中性子束 (>0.821 MeV)を得ることができ、目的に応じて使い分けできます。近年は、福島原発事故以降に増加した安全研究、核融合炉を含む先進システムで利用するための材料開発、スモールモジュラーリアクター研究などにより、材料照射試験の需要が高まっています[12].

照射試験に加えて、中性子非弾性散乱、中性子回析、中性子小角散乱(SANS)、中性子ラジオグラフィなどの中性子を利用した分析や、医療利用のための放射性同位体の生産、核反応を利用した材料の組成改質等にもHANAROは利用されています。海外の組織に所属する研究者も利用することができ、日本の研究者の利用実績もあります。通

常の共同利用の公募は、毎年2回(1月、7月頃)行われています[13].

##### 4.2 放射光施設 PAL

PAL (Pohang Accelerator Laboratory) は浦項市の浦項工科大学(POSTECH)のキャンパスにある第3世代放射光施設で、1995年に運用が開始されました。2009年には2.5 GeVから3 GeVへアップグレードプロジェクトがスタートし、アップグレードされた施設は2012年からPAL-IIとして運用されています。さらに、今年度から現在よりも100億倍明るい光が利用可能な第4世代放射光施設(PAL-XFEL, X-ray Free Electron Laser)の新設が進められており、韓国における材料科学、環境科学、生物、化学、物理の研究における基幹施設と言えます[14].

近年は毎年約1000件の利用があります(採択率は80%程度)。そのうち約1%が海外からの利用で、全体の利用の約90%が韓国内の大学の利用です。共同利用の募集は通常年3回(1月、5月、9月)行われています[15]. X線吸収微細構造(XAFS)分析、イメージング、光電子分光(PES)、リゾグラフィ、X線小角散乱(SAXS)、X線回折、X線散乱などの材料分析実験を、高分解能・高速に行うことができます[15].

##### 4.3 加速器施設 KOMAC

KOMAC (Korea Multi-purpose Accelerator Complex) はKAERIの一部門で慶州市にあり、原子力技術、ナノ技術、情報技術、エネルギー環境技術などの分野の研究開発にイオンビームを提供しています[16].

中心的な施設は100 MeVプロトン加速器で、2013年にユーザーへのサービスが開始されました。米国のSNS、日本のJ-PARKについて世界で3番目に建設された高エネルギープロトン加速器です。20 MeVと100 MeVの二つのビームラインを有しており、前者では3~20 MeV(最大照射エリア直径30 cm, 平均ビームカレント600 μA)、後者では20~100 MeV(最大照射エリア直径30 cm, 平均ビームカレント300 μA)のプロトンビームを得ることができます。それらを利用した原子力材料(核分裂/核融合)の照射損傷試験、ナノ粒子や半導体などの材料の製造・改質、放射線検出器の開発、Beなどのターゲットを利用した高速中性子の生成、核物理の研究などに用いることができます[16].

また、ガスをイオン源として利用してH, He, Xe, Nなどのイオンビームを生成できる3つのイオン加速器(ビームエネルギー20 keV~200 keV, ビーム電流1~20 mA, 最大照射エリア10 cm×10 cmおよび15 cm×10 cm)と、CoやFeなどの金属イオンビームを作成できる加速器(Co<sup>+</sup>の場合、ビームエネルギー150 keV, ビーム電流1 mA, 最大照射エリア10 cm×10 cm)も設置されています。加えて、2016年には1 MeVの静電加速器(1 MeV, 1 mAのH<sup>+</sup>ビーム等)と1.7 MeVのタンデム加速器(3.4 MeV, 10 μA)が新たに設置されることになっており、PIXE, RBS, ERDなどの材料分析も実施できるようになります[16]. 利用申請はKOMACのサイトから行うことができます[17].

#### 4.4 核融合炉工学研究センター

CARFRE (Center for Advanced Research in Fusion Reactor Engineering) はソウル国立大学に設置された核融合炉工学研究センターです。核融合炉の設計研究をリードする人材の育成、専門家の教育と国際協力研究の推進、核融合炉実証に必要なキー技術に関する国際的競争力の強化等を進めることを目的としています。韓国ではプラズマ研究に比べて炉工学研究は弱く、その中で本センターは炉工学研究にも力を入れている点に特徴があります。主に以下の4つの分野について研究が行われています。

- ① システム統合とコア技術の研究：プラズマ診断・制御技術の確立。アルファ粒子のプラズマ中での輸送現象の研究。長時間の連続運転を可能にするプラズマ制御技術の研究。核融合発電炉をデザインするために必要な核融合炉全体を包括的に分析可能なツールの開発。
- ② 核融合プラズマ基礎技術の開発：理論と実験の両面からのトカマクプラズマの物理的特徴の分析。それに基づくプラズマ・材料相互作用の研究。プラズマ性能の向上および機器の寿命向上。熱負荷や不純物生成を抑制することを目的としたダイバータや第一壁などの材料の物理的・化学的特性の研究。
- ③ 核融合エネルギー変換システムの研究：高効率に核融合エネルギーを電気に変換し安全なトリチウム燃料サイクルを実現することを目的とした、ブランケットとエネルギー変換システムのためのコア技術の開発。ブランケットにおける中性子挙動、熱エネルギーの発生とその除去、トリチウムの増殖と輸送、材料の照射損傷・放射化を予測する方法の研究。ブランケットの設計に必要な熱輸送とトリチウム漏洩に関するデータベースの構築。
- ④ 核融合・プラズマ研究におけるスピノフ技術の産業化：電力生産以外の目的での核融合関連技術やプラズマの産業利用の研究。

### 5. 話題提供：日本と韓国の違い

日本と韓国では大学や研究環境に共通点が多いですが、相違点もあります。以下ではその相違点についていくつか紹介します。

#### 5.1 大学教員に関する違い

韓国ではテニュアトラック制度が定着しており、助教 (Assistant Professor)、准教授 (Associate Professor)、教授 (Professor) の昇進規定が明文化されています。通常は、教授への昇進審査時にテニュア (終身雇用保障) の審査が行われます。昇進評価は、研究実績、教育実績、社会貢献実績 (学会活動等) 等を点数化した評価や、国内外のその分野の著名な研究者によるピアレビューによる評価などに基づいて行われます。その基準は大学の規則に明記されています。韓国で日本より早くにテニュアトラック制度が定着している背景には、多くの教員が海外 (特にアメリカ) で学位を取得していることがあるのではないかと思います。例えばソウル国立大学原子力工学専攻では、教授の約

半数がアメリカで学位を取得しています。

テニュアトラック制度のため、助教の段階で教授とほぼ同じ待遇を得られます。これは、テニュアトラック審査の際に、大学教員としての能力を適切に評価するためには、教授と同じ環境の中でどのような成果を残せるかを見ることが必要になるからだと思います。そのため、大半の助教は独立した研究室を運営しています。また、専攻や学部の会議にも、教授と同様の参加資格があり、様々な取り決めへの議決権もあります。また、講義負担も教授と同一です。

サバティカル (研究休暇) 制度も定着しています。6年の勤務後に1年、あるいは3年の勤務後に半年の研究休暇をとることができます。その期間中は講義負担は免除されます。ソウル国立大学では、ほとんどの教員が規定通りにサバティカルを利用できています。

#### 5.2 大学生・大学院生に関する違い

韓国では、大学生での成績が就職活動等において利用されるため、学生にとって良い成績をとることは重要になります。そのため、中間試験や期末試験の期間中には、図書館や大学内のカフェ、学生寮の食堂・ラウンジに深夜でもたくさんの学生が集まり勉強をしています。学生が真剣に良い成績を狙ってくるので、講義の内容だけでなく、成績評価においても教員側はしっかりと準備をして対応する必要があります。例えば、私が日本で大学生をしていた頃は試験の結果を返してもらった記憶がありませんが、韓国では基本的には学生に試験結果を開示します。その際、採点基準が曖昧だと学生から多くのクレームが届きます。

ただし、韓国の学生が日本の学生よりも積極的に授業参加するというわけでは必ずしもありません。授業では質問が出ないこともあるし、セミナーなどでは部屋の後ろの方から席が埋まることもよくあります。

卒論生や大学院生の研究室配属は、日本では比較的均等に各研究室に配属されることが多いと思いますが、韓国では配属先の選択は学生と教授の意思に任されています。そのため、研究室間で所属学生の数に大きな差があります。学生に来てもらうには良い講義をする必要があります。それは学生からの講義評価と並び、教員側の講義を改善する強いモチベーションになっています。

大学院生には基本的に給与を支払います。これは義務ではありませんが、国から推奨されており、また他の研究室で給与が支払われているため、給与を支給せずに学生を持つことは現実的には不可能です。給与の額は専攻・研究室によって異なりますが、ソウル国立大学の原子力工学専攻では修士課程で100~120万ウォン (約10~12万円)、博士課程で約160~180万ウォンぐらいが相場です。ソウル国立大学では工学系専攻の大学院の授業料が1年で約800万ウォンであり、物価は日本と韓国で大きくは変わらないので、博士課程では給与で授業料と生活費を全て賄えるぐらいの額になります。

韓国の男性には2年間の兵役義務があり、学生の大半は学部時代に兵役に行きます。学部にもよりますが、工学部では8割近くの学生が学部時代に兵役を完了するようです。そのため、女子学生は基本的に4年で修了する一方で、

男子学生の多くは6年在籍することになります。加えて、韓国では科学高校（サイエンスハイスクール）と呼ばれる理数科目に優れた才能を持つ学生を集めた高校があり、科学高校では多くの学生が2年に短縮して高校を卒業します。これらのために、学生間の年齢のばらつきが大きいです。また、大学院は日本と違い決まった年数で修了しない場合も多く、兵役の2年を加えると30歳を超える大学院生も多くいます。

### 5.3 研究費に関する違い

韓国研究財団(National Research Foundation of Korea, NRF)という日本の学術振興会や科学技術振興機構に相当する機関が研究助成を担当しています。科研費に相当する研究費や、原子力工学研究に特化した研究費等の公募があります。学生の給与の支払いが必要であるため、日本よりは個々の研究費の採択率は高く、額も少し大きいと思います。

核融合研究ではKSTARなどの大型予算を除き、大学に所属する研究者が核融合研究を行うための研究費を取得するには、①韓国の科研費を獲得する、②2章に記載した「核融合基礎研究と人材育成事業」に研究提案して選定される、③ITER関連研究をNFRIと共同研究する、の3つが主な方法になります。

一部の研究費を除けば、進捗状況の確認・評価のためのヒアリングが毎年あります。ヒアリングの結果に従ってプロジェクトが中断・縮小されたり、また事後評価の結果に従って次のプロジェクトの審査時にプラスあるいはマイナス評価が加えられます。提案の段階で定量的な評価指標(目標とする論文数、学会発表数、特許取得数など)を明示する必要があり、基本的に研究提案はそれらを勘案して審査され、採択後はその指標に従って評価されます。競争的な環境を作ろうとする意図が日本よりも強く感じられます。

## 6. まとめ

本稿では、韓国の核融合研究の紹介として、その研究の歴史、研究体制や、DEMO炉および発電炉の開発に向けた

計画を説明しました。また、日本の研究者も利用可能な大型研究施設・研究センターについて紹介しました。加えて、日本と韓国の大学や研究環境の違いについて紹介しました。この記事を通して、まだ韓国の研究者と交流がない方が韓国の核融合研究をより身近に感じ、韓国の研究者との交流や共同研究を進められることになれば幸いです。すでに交流や共同研究が行われている研究者にとりましても、より有意義な方向に交流・共同研究が進む一助となればうれしく思います。

### 参考文献

- [1] M. Kwon *et al.*, Nucl. Eng. Technol. 41, 455 (2009).
- [2] NFRI2015年報告書 (NFRI annual report 2015), NFRI, (2015).
- [3] Fusion Energy Development Promotion Act, [https://elaw.klri.re.kr/eng\\_service/lawView.do?lang=ENG&hseq=17310](https://elaw.klri.re.kr/eng_service/lawView.do?lang=ENG&hseq=17310)
- [4] NFRI website, <https://www.nfri.re.kr>.
- [5] Y.S. Hwang *et al.*, 12th International Symposium on Fusion Nuclear Technology (ISFNT-12), Jeju, Korea, (2015).
- [6] 핵융합실증로 (K-DEMO) 선형기술개발사업 기획 연구 (核融合実証炉先行技術開発事業計画の研究), NFRI, (2015).
- [7] ITER Korea website, <http://www.iterkorea.org/eng>
- [8] K.J. Jung *et al.*, to be published in Fusion Eng. Des. [doi: 10.1016/j.fusengdes.2016.08.014]
- [9] K. Kim *et al.*, Nucl. Fusion 55, 053027 (2015).
- [10] J.S. Park *et al.*, Fusion Eng. Des. 100, 159 (2015).
- [11] T. Brown *et al.*, Fusion Eng. Des. 109-111, 1091 (2016).
- [12] S.W. Yang *et al.*, EPJ Web of Conferences 106, 01004 (2016).
- [13] HANARO user portal site, <https://hanaro4u.kaeri.re.kr/main.do>
- [14] S.H. Nam *et al.*, Synchrotron Radiation News 26, 24 (2013).
- [15] PAL website, <http://pal.postech.ac.kr/paleng/>
- [16] KOMAC brochure, KAERI (2015).
- [17] KOMAC website, <https://komac.kaeri.re.kr:448/komaceng/main.do>



おだ たくじ  
小田卓司

ソウル国立大学原子力専攻助教。専門は原子力材料工学。研究では計算機シミュレーションを利用した材料の物性・挙動分析を用いて研究を実施。趣味は将棋、釣り、競馬。



Yong-Seok Hwang

ソウル国立大学原子力専攻教授。専門は核融合プラズマ工学。1986年にソウル国立大学で修士号、1992年にプリンストン大学で博士号を取得。



Jung-Hoon Han

ソウル国立大学原子力専攻研究教授。長年に亘り KSTAR プロジェクトや ITER での国際協力に従事。最近の興味は DEMO 炉や Fusion-Fission Hybrid 炉の研究開発およびその推進方法の立案。趣味は剣道。