

1. 日本において、インボード側コイルケースの第1号機製作完了

量子科学技術研究開発機構(量研)は、日本が調達責任を有するITER向けトロイダル磁場(TF)コイルの製作を進めている。TFコイルケースは、中に巻線部を格納して巨大な電磁力を支持するコの字断面の主構造物と、巻線部格納後にプラズマ側から被せるカバー・プレートで構成される。また、1号機のコイルケースは、インボードとアウトボードに分けて、それぞれ、三菱重工及び現代重工が分担して製作を進めている。

コイルケース用の材料には、6万トンにも及ぶ巨大な電磁力が加わるため、運転温度の4Kでも良好な靱性を満足した上で、非常に高い強度が要求されている。このため、4Kで1,000MPaの耐力及び180MPa√mの靱性を担保するように、特別に開発したステンレス鋼(JJ1)を高応力部に使用している他、窒素含有量を0.2%程度まで高めた高強度のフルオーステナイト(316LN)ステンレス鋼を使用している。その上ほぼ全てが極厚材であることから、これまでに製造経験のない大型鍛造材料の開発、製造を進め、2014年4月から、コイル容器の製作に着手した。

TFコイルケースは、長さ16mにも及ぶ巨大な構造物であり、上記の材料を溶接で組み上げ、機械加工で仕上げている。コイルケースは、10mを超える大型構造物であるにもかかわらず、1mm以下の公差が要求されており、通常の大型溶接構造物で超高精度と言える溶接変形量の公差(約1/1000)に比べても、1ケタ以上上回る高精度の要求となっている。これに対して、溶接部は最大200mmを超える極厚のものとなり、溶接変形の制御が大きな課題であった。インボードの製作では、溶接変形を測定しながら、溶接変形を打ち消すように、表裏面から溶接を行うことで、この課題を解決することに成功した。

また、大型構造物用の高精度機械加工機の使用に加え、加工時の構造物の温度変化による熱収縮の影響も制御しながら、機械加工を実施することで、最終製品として、



図1 インボード側コイルケースの第1号機、三菱重工から現代重工への出荷準備完了。

1mm以下の公差も達成している。

以上のようなチャレンジングな要求を満足させるために、量研、製作メーカー、ITER機構が一丸となって最大限の努力を行い、インボード側コイルケースの第1号機の完成に漕ぎつけた。その最終検査として、インボード部主構造物とカバープレートの仮組試験を実施し、14m以上の溶接開先において、±0.3mmの厳しい公差を達成できていることを確認した。加えて、仮組試験では、約半日で主構造物とカバープレートを組上げることができている。

この第1号機のインボード側コイルケースは、今後、同号機のアウトボード側を量研との契約の下で製作している現代重工にて、アウトボード側コイルケースとの仮組試験を実施し、巻線部の製作とコイルケースとの一体化を担当する欧州にインボード、アウトボード共に送付される予定である(図1)。2017年7月21日に、インボード側コイルケースは、三菱重工から現代重工に向けて出荷された。

2. ITER NBTF用高電圧電源機器の最終輸送便がイタリアに向けて出港

ITER中性粒子入射装置(NBI)で要求される高出力負イオンビーム加速を確実にするため、イタリア・パドバにNB実機試験施設(NBTF)を建設中である。量研は、NBTFに必要な1MV高電圧電源機器の製作を2012年から開始し、2015年8月からNBTFサイトに向けて機器を順次搬出し、現地での据付工事を進めてきた。この度、すべての機器を完成し、最終輸送便が8月1日に日立港を出港した(図2)。

NBIはITERにおける主要なプラズマ加熱装置であり、エネルギー1MeV、ビーム電流40A、連続出力時間1時間の性能が求められる。これは、既存のNBI機器に比べてビームエネルギー、電流がそれぞれ2倍、出力時間が360倍となる高い要求性能である。そこでITER実機に先立ち、実機と同一性能を有するNBTFをイタリア・パド



図2 NBTF用高電圧電源機器最終輸送便の出港(茨城県日立市の日立港にて)。

バのコンサルツィオ RFX 研究所 (以下, RFX 研) 内に建設中である。

量研は, 2012年, NBTF用直流1MV高電圧電源機器の製作に関して ITER 機構と調達取決めを締結し, 同年, 製作契約を締結 (受注者: (株) 日立製作所) して機器の製作を開始した。本機器は, 全長が100mにも達する大規模なものであり, 直流1MVを発生する直流発生器, 直流出力からリップルを除去する直流フィルター, 接地側から直流1MVの電位上の負イオン生成部に電力を供給するための1次-2次巻線間で直流1MVを絶縁する1MV絶縁変圧器, 3つの電源伝送ライン, 絶縁ガス中の電力導体・配管を真空中に絶縁導入する高電圧ブッシングなど, 多数の機器で構成されている。量研は, 完成した機器を段階的に輸送し据付けを行うために工程調整を図り, 全体工程の遵守と機器の保管期間・場所の最小化に努めた。また, 事前にイタリア国内の陸送ルートの調査を実施して輸送制限寸法を割り出した結果, 多数の機器を分割して輸送せざるを得ないことがわかったが, 現地での再組立て作業の増加は, 作業エラーや塵埃混入など, 機器の性能に関わるリスクの増加につながるため, 対策として, 分割数をできるだけ減らし, さらに機器筐体内の内包機器を外さずに運べるよう輸送姿を工夫した。また, 現地での再組立てにあたっては, 製作メーカーの協力を得て再組立要領書を用意し, 量研の現地駐在員 (常時2名) による管理体制の下, RFX 研の契約業者作業員約20名とともに作業を進めた。このようにして, これまで計5便の輸送を完遂し, 全体の9割の機器の据付けが完了している。

今回, 第6便となる最終便では, 本年3月までに完成した伝送ラインの一部, 本電源機器の動作試験時に使用する模擬負荷抵抗, 直流1.3MV出力の試験用電源等を積載し, 8月1日に日立港からイタリア・マルゲラ港に向けて出港した。これにより約5年にわたり製作してきた NBTF 用高電圧電源機器の出荷が完了した。

今後は, 今回出荷した機器が10月初旬にNBTFサイトに搬入されて据付けられ, 2018年度中に日本調達機器の試験検査を完了させる予定である。

3. 第13回日韓核融合研究協力における合同主調整役会合を那珂核融合研究所にて開催

第13回日韓核融合研究協力における合同主調整役会合 (13th Joint Coordinators' Meeting, JCM13) が, 2017年7月6日に量研那珂核融合研究所で開催された。日本からは文部科学省, 量研, 核融合科学研究所から16名, 韓国からは未来創造科学部 (MSIP), 韓国国立核融合研究所 (NFRI), 全北大学から9名, 合計25名が参加した (図3)。

この会合では, 両国の核融合研究開発に関する報告がそれぞれ行われ, 引き続いて, 2016年度の核融合分野における研究協力 (ITER 技術協力, KSTAR 協力, 人材育成) の実績が報告され, さらに, 2017年度の両国の研究協力の作業計画が提案され, 承認された。両国の核融合研究における主調整役である松浦重和文科省研究開発戦略官とイム・チェグウォン韓国未来創造科学部課長補佐が会議録に署名を行い, 会合が成功裏に閉会した。次回の会合は2018年に韓国で開催されることとなった。

会合後, 出席者は, 那珂研にて建設中の JT-60SA (大型超伝導トカマク装置) の見学を行い, また見学後, NFRI と量研の機関間協力で実施した ITER ソレノイドコイル用超伝導撚線の性能評価に関する協力が成功裏に完了したことに対して, 量研那珂核融合研究所 栗原研一所長から NFRI のキム・キマン所長へ感謝楯が手渡された。

本会合により両国の核融合研究協力の進展のみならず, 研究者間の友好的な関係を確認することができた。今年度も引き続き, 両国における核融合研究協力が友好的に進められていく。

4. 第4回日中韓 ITER 国内機関技術会合の開催

日本, 中国, 韓国による第4回日中韓 ITER 国内機関技術会合が, 中国科学技術部雲南省局の支援を受けて2017年8月2~4日に中国雲南省昆明市の世紀金源大飯店で開催された。会議には各国の政府関係者を含め, 日本から9名, 中国から37名, 韓国から11名の57名が参加した (図4)。この会議では, ITER のための調達機器の設計・製作に関する最新の状況の報告と技術課題に関する議論

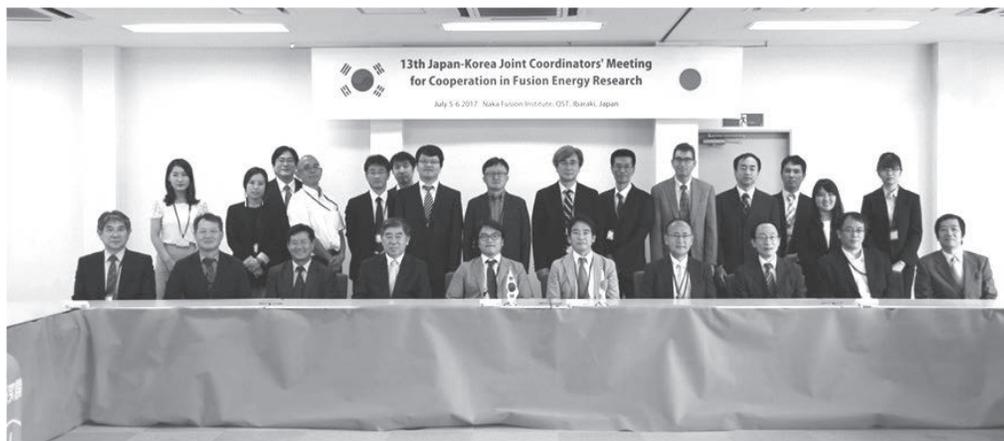


図3 JCM13出席者による記念撮影。



図4 第4回日中韓ITER国内機関技術会合の参加者。



図5 ITER説明会での解説及び実験の様子。

や調達活動に関する共通課題についての議論が行われた。

会合では、各国政府関係者の式辞の後、最初のセッションでは各国の国内機関から機器の調達状況が報告された。いずれの国内機関も着実に調達活動を進めていることを確認した。

引き続き、ブランケットとダイバータ技術、テスト・ブランケット・モジュール (TBM) 技術、超伝導導体とコイル技術、構造物の製作技術、計測装置技術、電源技術、ITER調達に関わる課題に関する7つのセッションが行われ、それぞれのセッションで各国内機関から進捗報告があり議論を行った。

本会合により、最近の良好事例や今後の円滑な調達を進めるための提案を取りまとめるとともに、ITER計画の成功に向けた東アジア3カ国の国内機関間の協力の重要性や、ITER機器調達に係る技術協力を引き続き推進していくことを確認した。

5. ITER計画及びITER機構職員募集説明会の実施

量研は ITER 国内機関として、核融合エネルギーと ITER 計画への理解、ITER 機構への職員応募を促進する

ための広報活動を行っている。

8月10日には東芝未来科学館、8月18日には三菱みなとみらい技術館にて「イーターってなに？」と題して核融合やITERに関する解説及び実験を行った(図5)。今回の説明会では、太陽観察や超伝導、真空、人工ダイヤモンドに関する実験を行った。真空実験では、大気圧の存在を実証する実験や真空中と大気中の物の変化を比べる実験を行い、ITERの核融合は真空中で核融合反応を起こすことを説明した。参加された方々には、各実験を体験していただき、実験を通してITERの技術を知っていただいた。実験の最後には、小学生を中心とした参加者との質疑応答を行い、太陽に関する質問を受け、核融合や当研究所が行う研究開発を多くの方に知っていただき、併せてITER計画についてもご理解をいただいた。

今後もこのような広報活動を通して、核融合エネルギーやITERを幅広い分野の方々にアピールをして、理解を深めていただけるよう活動を続けていく。

(量子科学技術研究開発機構

核融合エネルギー研究開発部門)