

日立の ITER プロジェクトへの取り組み Approach to ITER project of Hitachi

山崎 寛人 田中 滋 河上 浩幸 八田 万幸樹 門脇 慎
市村 智 高橋 暁史 山口耕平 浅野 克彦

Hiroto Yamasaki, Shigeru Tanaka, Hiroyuki Kawakami, Masaki Hachida, Makoto Kadowaki,
Satoshi Ichimura, Akeshi Takahashi, Kohei Yamaguchi, Katsuhiko Asano

株式会社 日立製作所
Hitachi, Ltd.

花田 磨砂也 渡邊 和弘 柏木 美恵子 戸張 博之 大楽 正幸 梅田 尚孝 山中 晴彦
阿部 宏幸 前島 哲也 照沼 勇斗 関則和 椎名 大介 近藤 達夫

Hanada Masaya, Watanabe Kazuhiro, Kashiwagi Mieko, Tobari Hiroyuki, Dairaku Masayuki,
Umeda Naotaka, Yamanaka Haruhiko, Hiroyuki Abe, Maejima Tetsuya, Terunuma Yuuto,
Sekki Norikazu, Shiina Daisuke, Kondo Tatsuo

独立行政法人 日本原子力研究開発機構
Japan Atomic Energy Agency

1. はじめに

核融合炉用の中性粒子入射装置の開発のために、原子力機構は1981年にJT-60のN-NBI (Negative-ion-based -Neutral Beam Injector) システムの開発に着手した。日立は1995年に JT-60用負イオンNBIシステムを製作した。この経験と実績を踏まえ、2012年にITER NBIの中核機器である加速電源の一部を受注し、現在、製作に向けた開発及び設計を原子力機構と実施している。本稿では、ITER NB電源の性能を概観するとともに、電源機器の要素技術開発結果について報告する。

2. ITER NBIシステムの電源供給システム

フランスに設置される ITER NBI とは別に性能評価用として同一機 1 台がイタリアパドバの NBTF (Neutral Beam Test Facility) として先行して設置される。

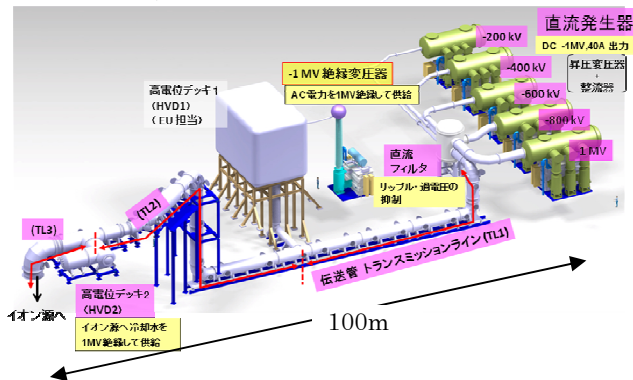


Fig.1 Power supply system in ITER NBTF

Fig.1にNBTFのNBI電源システムの概要を示す。直流発生器にて1MVに昇圧された直流は、直流フィルタ、伝送管 (TL1, TL2, TL3) を経てイオン源に送られる。直流フィルタおよび伝送管内は0.6MPa(abs)のSF₆ガスで充填され絶縁される。また、高電位デッキ1 (HVD1) よりイオン源に電力を供給するための導体がTLに導入され、TL2, TL3を経てイオン源に送られる。加えて高電位デッキ2 (HVD2) よりイオン源用の冷却水とガス供給管がTL に導入される。また、絶縁変圧器はDC -1MV環境下に配置されたイオン源用電源に対地絶縁して電力を供給するための変圧器である。Fig.1のうち、高電位デッキ1を除く機器が日本国内機関 (JADA) の所掌機器であり、その一部を日立が受注した。

Table 1にJT-60およびITERのビーム源の基本仕様を示す。

Table 1 Basic specification of the beam sources for the JT-60 and ITER

項目	JT-60	ITER
エネルギー	500keV	1MeV
ビーム電流	22A	40A
パルス長	10s	3600s

ITERでは従来の500kVに対して2倍の電圧であるDC 1MVの絶縁耐圧が必要である。HVD 1 やHVD2から供給されるRF導波管、各

種ケーブルや配管など複数の導体をSF₆ガスで絶縁されたTL(Φ2.5m x 6m程度のタンク)内部に配置し、確実にDC 1MVの絶縁を持たせて送電する絶縁構造の確立が技術課題のひとつである。

3. R&Dの成果

ITER NB電源を実現するために、JADAのR&D計画に協力して以下3項目の研究開発を実施した。

3.1 絶縁変圧器

絶縁変圧器は一次巻線～二次巻線間が直流DC -1MVの絶縁を有する特殊な変圧器であり、二次側出力は三相+中性点の四芯導体を一括して絶縁し大気中へ引出す構造が必要である。二次引出しブッシングにはドロリードタイプのブッシングを採用し、碍子性ブッシングにFRP絶縁管を組合せ、内部にSF₆ガスを充填したコンポジットブッシングを新たに開発し適用した。Fig.2に試験体鳥瞰図を示す。

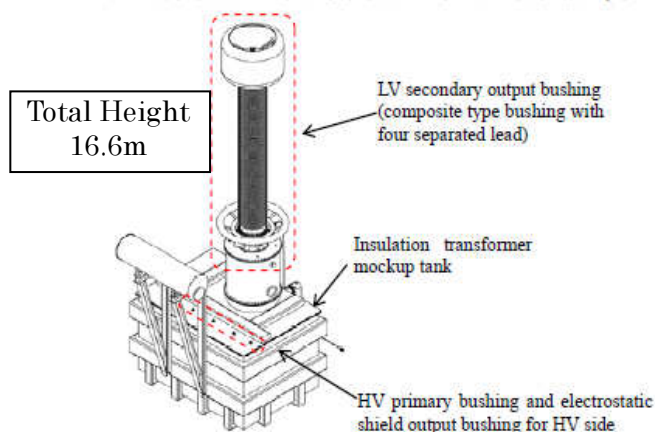


Fig.2 Configuration of insulation transformer mockup

また直流電圧の高電圧化に対応するためには油浸絶縁物の物量を増やすとともに組合せに配慮して電圧分担を平準化して電界緩和を行う必要があるため、**油浸絶縁物の導電率非線形性及び異方性を考慮した異方性非線形直流電界解析**を実施し詳細な構造を検討した。

さらに実機仕様相当の試験体を設計・製作し直流耐電圧試験により直流長時間絶縁構造の妥当性を確認し、ITERで要求される性能をすべて満たした。Table 2に試験結果を示す。

3.2 ウォーターチョーク用セラミック管

-1MVに絶縁した純水(冷却水)をイオン源

Table 2 Result of withstand voltage test

試験電圧	絶縁耐電圧試験	結果
直流	-1200kV×60分	異常なく耐えた。
	-1060kV×5時間	異常なく耐えた。
交流	919kV×60秒	異常なく耐えた。

に供給するためHVD2内にウォーターチョーク(絶縁管)が設置される必要がある。SF₆ガス絶縁のHVD2タンク内部に設置する寸法上及び製作上の制約から長さ500mmの絶縁管1本で印加電圧DC 110kV、水圧2MPaに耐え得る構造が必要である。セラミック管と金属フランジとの接合構造が課題であったが、メタライズしたセラミック表面とのロウ付け部に荷重をかけない構造を検討・製作し構造検証を行った。また、耐電圧試験により1本あたり110kVの耐電圧を確認し要求仕様を満足することを確認した。Fig.3に試験体を示す。

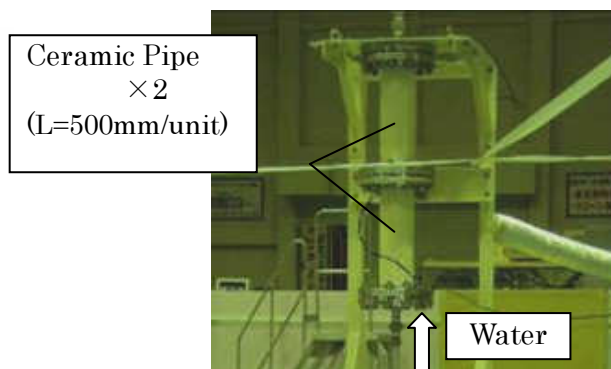


Fig.3 Test piece of water choke

3.3 多極ブッシングの耐電圧性能評価

ITERではTLの伝送管内に0.6MPa(abs)のSF₆ガス中に最大DC -1MV電位の導体を設置するが、端部には圧力隔壁(ブッシング)が設置される。また、ブッシングは導体が貫通する絶縁導入部でもあるため絶縁性能も要求される。直径1.8mの実機90%モデルのアルミナ粉末充填型エポキシ製ブッシングを作成し、1170kV(実機1300kV相当)の耐電圧性能を確認した。

4. おわりに

今後も原子力機構と協力しながら技術課題の解決に向け取組み、2015年度のイタリアパドバのNBTFへの納入に向けて機器の製作を進めていく予定である。