

原型炉マグネットのための導体／コイル試験装置の検討
Study on a test facility for conductors and coils for DEMO magnets

今川信作
Shinsaku Imagawa

自然科学研究機構核融合科学研究所，総研大
NIFS NINS, The Graduate University for Advanced Studies

原型炉トロイダル磁場 (TF) コイルは，最大経験磁場14 T，導体電流値83 kAが想定されている。ITERのTFコイルの11.8 T，68 kAよりも各々が1.2倍程度に高くなっており，電磁力は1.5倍であることから，ITERの製作経験に基づいたケーブル・イン・コンジット (CIC) 導体が適用可能であるかを実規模導体試験で早期に確認する必要がある。また，絶縁物の応力もITERよりも高くなると予想され，特に，ラジアルプレートを採用しない場合のTFコイルではさらに高くなると予想され，実使用条件での性能実証試験が必須と考えられる。これらの試験を実施するための試験装置の概念設計を検討した。

TFコイルは内周側で磁場が高く，内周側に向かう電磁力が生じるため，導体間およびコイル支持構造物とコイル間の絶縁物に高い応力が発生する。TFコイル内のトロイダル磁場は径方向に線形分布なので，一様磁場空間においては，半分の導体数で同じ積算電磁力となる。原型炉TFコイルの径方向の厚さは1.1 m程度となっているので，その半分の0.55 m幅の試験コイルを想定する。また，CIC導体の臨界電流等の測定においては，一様磁場の範囲が最終撚りピッチよりも長いことが求められる。ITERのTF導体の最終撚りピッチは0.45 m程度であるが，原型炉では長くなると予想されることから，試験装置の一様磁場空間は0.6 mを設計値とした。

導体／コイル試験装置の概念図を図1に示す。試験装置の外部磁場コイルは2分割 (スプリットコイル) とし，導体自己磁場を考慮して中心磁場強度は13.5 Tを設計値とした。電磁力が大きいためCIC導体を採用することを想定すると，コイル平均電流密度は，25 A/mm²程度が目安となる。試験空間の幅を0.10 m，コイル内径を0.7 mに固定し，コイルの長さLを変えた場合の最大経験磁場と超伝導線の必要体積を図2a, b)に示す。超伝導線の体積は，簡単のため，最大経験磁場における臨界電流が運転電流の2倍とな

るNb₃Sn-CIC導体を全コイルに使用するととして計算した。この計算方法で超伝導線が最小となる，コイル長0.686 m，コイル外径2.0 mを選定した場合の蓄積磁気エネルギーは111 MJとなり，CSモデルコイル (640 MJ) の1/5程度の規模となる。

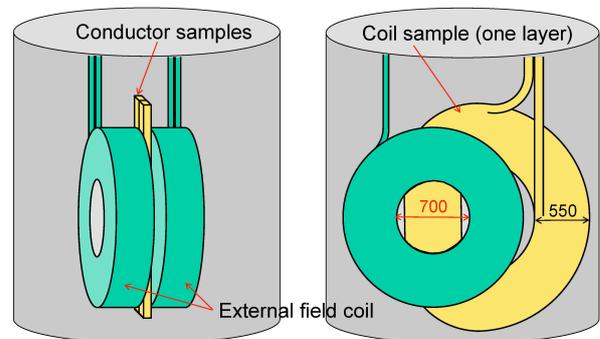


Fig. 1. Concept of a test facility for conductors and coils for DEMO magnets.

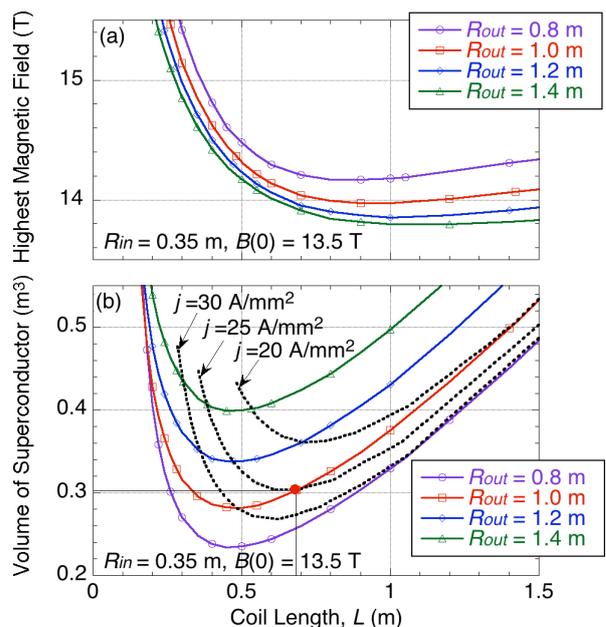


Fig. 2. Parameter study on the highest magnetic field (a) and volume of superconductor (b) of the external field coil of the test facility.