

原型炉TFコイル導体および導体配列の概念設計検討  
**Conceptual Design of TF-Coil Conductor and Its Winding layout  
 for Fusion Demo Reactor**

伊藤保之<sup>1</sup>, 宇藤裕康<sup>2,3</sup>, 坂本宜照<sup>2,3</sup>, 日渡良爾<sup>2,3</sup>, 原型炉設計合同特別チーム<sup>3</sup>  
 Yasuyuki ITOH<sup>1</sup>, Hiroyasu UTOH<sup>2,3</sup>, Yoshiteru SAKAMOTO<sup>2,3</sup>, Ryoji HIWATARI<sup>2,3</sup>,  
 Joint Special Design Team for Fusion DEMO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>福井工大, <sup>2</sup>量研機構, <sup>3</sup>原型炉設計合同特別チーム

<sup>1</sup>Fukui Univ. of Technol. <sup>2,3</sup>QST, <sup>3</sup>Joint Special Design Team for Fusion DEMO

1. はじめに

原型炉設計合同特別チームが検討している炉概念において、トロイダル磁場(TF)コイルの自己インダクタンスLはITERの2.5倍程度となる。このためクエンチ等の異常時にITERと同様の放電スキームや放電時定数 $\tau_c$ を採用して高速放電を行おうとすると巻線間絶縁電圧 $\propto L/\tau_c$ の大幅増大が不可避となることから、TFコイルの信頼性の低下が懸念される。本報ではクエンチ解析で得られた導体温度制限を満たす放電時定数 $\tau_c$ と共に、TFコイルの絶縁電圧を低減できる高速放電スキームを提示する。

2. TFコイル主要諸元

表1に本検討に用いた原型炉TFコイルの主要諸元を示す(コイル電流中心幅~12m, 高さ~16m)。

3. クエンチ解析

ラジアルプレート(RP)を含めて超電導導体(長さ~750m)の1次元クエンチ解析を行った。主要な熱源はクエンチした導体(Cu)のJoule熱と、高速放電時にRPに発生する渦電流損失である。図1に高速放電時定数 $\tau_c$ をパラメータとして各部のピーク温度およびHe圧力の推移を示す。同図によれば、導体ジャケット温度を上限値150K以下にするために $\tau_c < 30s$ が要求される。因みに $\tau_c = 25s$ で放電させると、ITERの2.5倍のターン絶縁電圧(~720V)が発生することになる。

4. 高速放電スキーム

TFコイルを電氣的に2分割し、異常コイルが含まれる側のみ的高速放電を考える。分割したコイルの巻数は1/2, 自己インダクタンスは概ね1/4になるので、理想的には巻線間絶縁電圧が1/2になると期待される。しかしながら、異常となった分割TFコイル(導体電流値 $I_1$ )のみに抵抗 $R_1$ を接続して放電させると、磁束が正常コイル側に乗り移ってその導体電流値 $I_2$ を増大さ

せるため、正常コイルにも初期に抵抗( $R_2$ )を接続して磁束の一部を消費させる必要がある。図2に放電スキームを示す。ここで $I_0$ は分割しないTFコイルの放電電流値である。解析結果より、本方法で40%程度の電圧低下を見込めることが判った。

表 1 原型炉 TF コイル諸元

Item	Demo	ITER
Number of TFCs	16	18
Number of conductors per coil	192	134
$B_T$ at plasma center (T)	6.0	5.3
Peak magnetic field strength (T)	13.9	11.8
Stored magnetic energy (GJ)	152	41
Coil current (kA)	83.2	68
Cable diameter (mm)	50.4	39.7
Inductance (H)	44.0	17.3

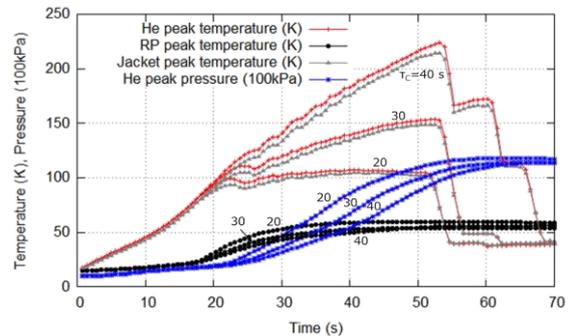


図 1 クエンチ解析結果

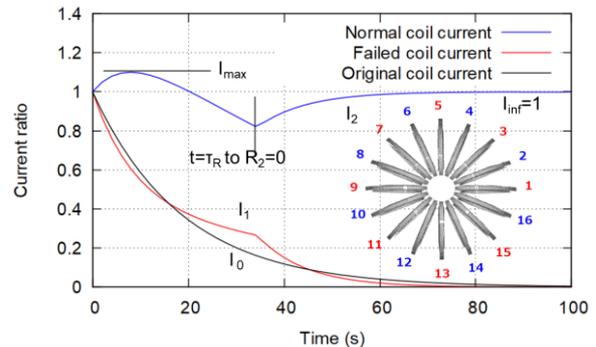


図 2 TF コイルの高速放電スキーム

5. まとめ

原型炉TFコイルの高速放電のために電氣的な2分割の必要性とその効果について記述した。