高純度 Ti 電極の表面処理法と真空中絶縁耐力高度化に関する研究

Effect of surface treatments of Ti electrodes on electrical breakdown strength in vacuum

プロジェクト代表者：小林信一（理工学研究科・教授）

The head of project : Shinichi Kobayashi

(Graduate School of Science and Engineering)

1．まえがき

従来から，Ti は高い真空中絶縁破壊耐力を有する電極材料として知られている．それに加え，高い耐食性を有し，完全非磁性，低残留放射能，軽量，高電気抵抗であることから，Ti を加速器のビームダクトに利用することが考えられている．

これまでに，Ti 電極について，プロジェクト代表者の研究室で真空中の絶縁破壊特性について基礎的な研究を行っており．Ti の表面状態が大きな影響を及ぼすことを見出して来ている．しかし，これまでの研究は実用を視野に入れたものではなく，また必ずしも表面状態との関係を系統的に調査したものではなかった．

そこで，今回，高エネルギー加速器研究機構の研究者と協力して，加速器への応用を視野に，Ti の表面処理と真空中絶縁破壊耐力との関係を調べることを目的として．このプロジェクトを立ち上げた．

2．真空中の絶縁破壊と Ti 電極

真空中の絶縁破壊には，図 1 に示されるように，電極表面での多くの素過程が関係している．そして，その一つ一つの素過程のいずれもが絶縁破壊開始の原因となり得る．しかし，それらの素過程を正確に把握することは困難なため，絶縁破壊特性を予測することが極めて難しい．絶縁破壊特性が，ギャップ長，気体の種類・圧力が決まれば，絶縁破壊電圧が決定できる気体の絶縁破壊現象と大きく異なっており，信頼性の高い絶縁設計を行う上で障害となっている．

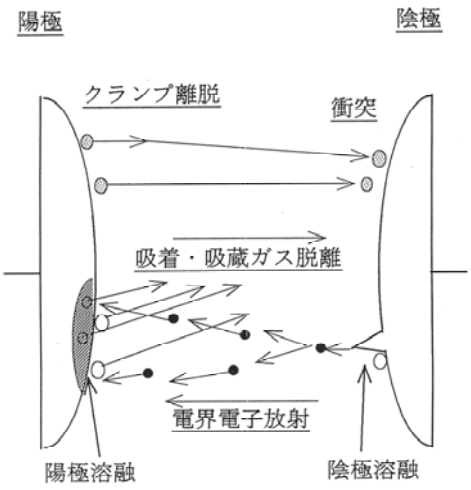


図 1　真空ギャップの絶縁破壊に関係する素過程

このような状況の中でも，これまでの経験から一定の法則性が認められており，Ti は高い絶縁破壊電圧を有する材料とされてきた．その理由として，融点が高いこと，ガス放出が少ないことなどが挙げられている．近年になって，Ti 表面に良好な酸化皮膜が形成され不働化されるとガス放出が低減されることが報告された．このような表面を有する Ti 電極は高い真空中絶縁破壊特性を有すると考えられ，実際期待通りの結果が得られた．同時に，このとき

に酸化処理を施す前の電極表面の機械加工法も影響を及ぼすことが見出され，機械加工から含めた表面処理過程の把握が必要との結論に達した．そこで，本プロジェクトにより，機械加工まで含めた Ti 電極表面処理法が真空中の絶縁破壊特性に及ぼす影響を包括的に調べる研究を開始することとした．

3. Ti 電極の準備と保存

真空絶縁破壊試験用に，さまざまな処理過程を経て注意深く製作されたチタン電極は貴重なものであり，絶縁破壊特性は電極表面状態の影響を受けるので，まず，電極保管用の真空デシケータと，そのデシケータを排気するドライポンプ，その他関連の真空用部品を用意し，真空環境や窒素中で試料電極を保管することができるようにした．

4. 予備実験

絶縁破壊特性の評価法について，真空ギャップに特有な現象であるコンディショニング効果（真空中の処理により絶縁破壊電圧が向上する現象）の特性に着目した．すなわち，繰り返し絶縁破壊によるコンディショニング過程の初期段階で，絶縁破壊には至らないがかなり大きなパルス状電流が観測されることから，このパルス状電流の発生経過を調べることで絶縁破壊特性を評価することができると考え，無酸素銅電極を用いてパルス状電流と電極表面状態との関係を調べ，その成果を本年 3 月に開催された電気学会全国大会において発表した（下記 6）．図 2 に無酸素銅電極を用いて行われた実験で得られたパルス状電流波形の例を示す．

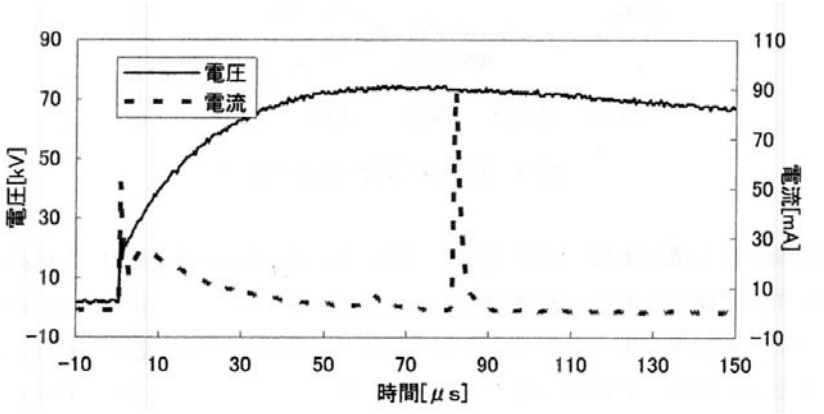


図 2　予備実験として無酸素銅電極を用いて行われた実験で得られたパルス状電流波形の例

また，現在，絶縁破壊試験洋真空容器に付設されている X 線光電子分光装置（XPS）の性能が，今回の研究目的のためには不十分であるので，その改良のための調査・設計を開始した．

5. あとがき

さまざまな処理過程を経て注意深く製作された貴重なチタン電極に対して効率的な実験が行えるように，実験体制の整備と，評価法の確立を行うことができた．

平成 19 年度には，実際に真空中絶縁破壊実験が行えるよう準備を進めている．

6. 本プロジェクトの研究内容に関係した発表

川田将司，山納　康，小林信一，齊藤芳男，「真空中のパルス状電流によるコンディショニング後の電極表面状態と電子放出特性」，平成19年電気学会全国大会講演論文集　1-088，PP. 107-108，2007