Osaka University Knowledge Archive

Title	直線状大電流放電におけるプラズマの研究
Author(s)	西口, 公之
Citation	大阪大学, 1961, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/28338
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

【9】

氏　名・(本籍)	西口公之（にしぐちきみゆき）
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 203 号
学位授与の日付	昭和36年3月23日
学位授与の要件	工学研究科溶接工学専攻 学位規則第5条第1項該当
学位論文題目	**直線状大電流放電におけるプラズマの研究**
論文審査委員	(主査) 教授 安藤 弘平　(副査) 教授 岡田 実　教授 山村 豊

論文内容の要旨

ピンチ型プラズマ発生装置として効果的な成果の得られるコンデンサ・バンクによる直線状大電流放電装置を建設した。この装置によって，直線状放電プラズマの基礎的な挙動を工学的見地より究明した。

この種の直線状大電流放電においては，プラズマの加熱のみならず，コンデンサの蓄積エネルギの効果的な利用の上から，放電回路の寄生インダクタンスを低減せしめて電流増加率の高い大電流を得ることが必要である。研究の始めに当っては，40個の進相用コンデンサの並列接続によって，20kW-sec（許容充電電圧：15kV，コンデンサ容量：160μF）のパルス放電装置を組立て，放電回路特に回路の寄生インダクタンスの低減に関する実験的研究を行った。そして放電回路の改良研究の結果，同軸漏斗状の集電板および放電管と同軸円筒状の帰線回路を採用し，全放電回路のインダクタンスを0.07μHにまで減少せしめ得て，最大放電電流瞬時値500kAを得た。

上記放電回路に関する研究結果を基として，100台のパルス放電用単位コンデンサよりなる100kW-sec（許容充電電圧：100kV，コンデンサ容量：20μF）の直線状大電流放電装置を建設した。放電回路，放電管，ガス供給並びに排気系などに関する実験的研究を進めて装置の特性を明らかにし，重水素ガス中の放電において，最大放電電流瞬時値1100kAを得た。更にこの種の重水素プラズマにおいて，中性子および硬X線の放射を認めた。

この100kW-sec の直線状大電流放電装置によって，重水素，窒素およびアルゴンガス中放電を行い，高速度流し写真，静止写真（シャッター開放写真）および放電電流などの測定からプラズマ挙動の特性を追求した。

放電管部の帰線回路の配置とピンチしたプラズマ柱の占める位置並びにその形状との関係を系統的に調べ，直線状放電プラズマの形成に帰線回路の配置が重大な影響を与えることを見出した。そして帰線回路と放電管とが完全な同軸円筒状でない場合においても，帰線の除去された部分が円周の¼以下であれば放

電管軸附近に直線状にピンチしたプラズマ柱が形成される結果を得た。これには帰線回路の開いた部分の両側の element に著しい表皮電流が流れていることが可成り役立っている。また直線状放電プラズマのピンチ過程に関し，特に放電管壁部でのプラズマ円筒の生成，ピンチ時の放電管全域に渡る発光現象および多重円筒形プラズマの形成などの特性を求めた。即ち絶縁破壊に引続いて形成されるプラズマ円筒は，電極の形状および帰線回路の配置如何に拘わらず，放電管壁部のみであり，これには沿面放電を起しやすいことと共に，電流の表皮効果が主要な役割をなしていることが判明した。かかるプラズマ円筒がピンチする時，放電管全域に渡る発光現象を生ずる。ピンチしたプラズマ柱に第2，3のプラズマ円筒が衝突する時にも同様な発光現象を生ずる。これはピンチ時にプラズマから放射される紫外線，X線などによって，残留中性粒子が励起されるためであると考えている。また第1のプラズマ柱が存在するのに拘わらず，放電管壁部で次々にプラズマ円筒が形成され収縮して行く現象がある。放電電流の増加時にはプラズマ柱のインダクタンスの急増に起因する放電管電圧の上昇により，また放電電流の零位相附近では高い放電管電圧によって絶縁破壊を起し易くなっているが，ピンチ時の中性粒子の励起に助けられて，低い管電圧でも容易に絶縁破壊を起し，インダクタンスの小さい放電管壁部にプラズマ円筒を生成するのである。更に放電管軸附近にピンチしたプラズマ柱は放電回路電流が零さらには逆位相になっても崩壊し去らないことが多い。これは大きなインダクタンスを有するピンチしたプラズマ柱に蓄えられた電磁エネルギが徐々に放出されるため，放電回路電流の方向が逆になっても，このプラズマ柱を流れる電流がもとと同じ方向に減少しながらも流れ続けているからであることが判明した。

上記の如き研究結果は超高温プラズマ発生装置の開拓に基礎資料を提供するものであり，また大電流放電によって得られた研究成果は放電工学の発展に直結するものである。

論文の審査結果の要旨

本論文は熱核融合反応に関連のある超高温プラズマの研究の前提として，コンデンサの荷電を放電管を通じて放電する際に生ずる瞬間的大電流プラズマの挙動を観察考究した成果で，5章より成っている。

第1章は緒論で，核融合反応を目的とするとき，大電流による電磁力によるプラズマの閉じ込めには，その不安定性のため，短時間に大電流プラズマを形成せしめる必要のあることを述べ，著者はコンデンサ放電によって，この目的に沿うプラズマを作り，融合反応の研究の前提として，このようなプラズマの挙動について研究を進めたことを述べている。

第2章は著者をその一員とする研究グループによって建設された大阪大学枚方学舎における直線状大電流放電装置について述べたもので，20μF のコンデンサ（後に80μF に改造）によって100kW-sec のエネルギを蓄え，これを重水素，アルゴン，窒素を$5\times10^{-1}\sim10^{-3}$mmHgに充塡した径22cm，長さ50cmの放電管を通じて放電せしめる装置を完成するに至るまでの経過について述べている。放電管を除く他の部分の回路インダクタンスを0.08μHにして，瞬間最大電流1500kAを得ていることは，注目に値する所で，今後この種の装置を建設する場合のよい参考となると考えられる。

第3章はプラズマの挙動を観察するための写真撮影法を述べ，あわせて，放電管の帰線の配置とプラズ

マの運動との関係について研究した結果について述べている。写真としては，シャッターを開放したままでプラズマを写した静止写真と，回転鏡によってプラズマ像を最高4 mm/μsec の速さでフィルム上を走らせるようにした流しカメラによるものとを得，それぞれ2方向から写したこれらの写真によってプラズマの運動を判定している。

この写真撮影のため放電管電流の帰線はこれを放電管の全周に設けることは困難であるので，帰線の種々なる配置について実験を行っている。その結果，帰線を1ケ所に集中して設けると，プラズマは放電管内において初めは近接効果のため帰線に近い部分に生じ，その後帰線の作る電磁力によって反対側の壁の方へ押しやられること，および周辺のうち90° だけ帰線を取除いた場合には幸いにしてプラズマは中心軸附近に集中することを見出している。なお著者はこの場合の帰線導体群中の電流分布を実測して，帰線電流の作る磁界を計算し，プラズマにおよぼす電磁力について考察している。

第4章はこの論文の重要部を占めるもので，放電管内のプラズマの挙動について観察し，二三の問題については，すこぶるこれを明瞭にしている。

先ず第1節では放電の開始は必ず外周のガラス管壁から始まることを明らかにしている。これは沿面放電として知られている事実を想い起さしめるが，いわゆる近接効果のため放電管内の帰線に近い部分としての外周管壁を流れることがさらに有力な原因である。この推定を確めるため著者は帰線が中心軸を通るような特殊な放電管を作成し，このような放電管では内側管壁附近からプラズマが生成することを確めている。また中心軸に銅などの導体をおいて上下の電極を短絡した場合についても観察し，少なからぬ電流が短絡導体以外の空間を流れることをロゴウスキー・コイルによって確めるとともに，外周管壁附近に短絡導体を設けない場合とほぼ同様のプラズマが生成することを観察している。

第2節では管壁に発生したプラズマが電磁力によって中心軸に向って収縮してピンチするまでの時間について調査している。コンデンサの充電々圧，ガスの種類，充塡圧力を変えて計測し，これを Leontovich の与えた式による計算値と比較している。ピンチ時間が放電周期の ¼を超える場合には，もとより Leontovich の式の適用は問題であるが，大体の時間を予測するにはこの式が役立つと著者は述べている。

第3節は多重円筒の発生に関連したもので，プラズマのピンチ時に管の全域に亘って認められる発光現象については著者はピンチ部にX線，紫外線などが発生するための励起現象であろうと想像している。この発光を機縁として中心部のピンチしたプラズマ芯とは別に，管壁部に第2のプラズマ円筒が発生するが，著者は Borzunov の述べる所とは異なり，ピンチ時の位相に無関係にこの発生が認められることを述べている。また中心部にロゴウスキー・コイルを設けてその電流を測定し，ピンチ時にはこの電流が急増するのみならず，外部回路電流が逆転する位相になっても前と同じ方向に流れ続けることを明らかにし，これは中心部の大なる自己インダクタンスのためであると論じ，また中心部に銅などの短絡導体を設けた場合の現象が導体のない場合と似ていることを実験的に明らかにして，プラズマ芯と第2プラズマ円筒の生成，持続に関する挙動を充分明らかにした。

第5章は結論であって，上に考察した所を融合反応と考え合せるとピンチしたプラズマ芯が外部回路電流の逆転後も，しばらく流れ続けることは，超高温プラズマを永く保持することに示唆を与え，初めの放電ならびに第2プラズマ円筒が管壁附近に生ずることは管壁からの不純物の混入の危険を意味することを

指摘している。

このように著者の提出論文は放電工学，大電流プラズマ工学について幾多の資料を提供し，プラズマ観測方法とともにプラズマの挙動について一二の新しい事実を明らかにし，将来の核融合反応の研究にも注目すべき示唆を与えている。これらの点から見て，本論文は博士論文として価値あるものと認める。