

ロシア製SDTL型空洞の大電力試験

山本 顕義^{A)}、中村有夫^{B)}、栄 久晴^{B)}、萬代 新一^{B)}、金子 七三雄^{A)}

石川島播磨重工業株式会社

^{A)}技術開発本部電子機器開発部

〒135-8732 東京都江東区豊洲3-1-15

^{B)}原子力事業部開発プラント設計部

〒235-8501 横浜市磯子区新中原町1

概要

ロシアINRと共同開発した432MHzの加速空洞に大電力を投入する試験を行った。この空洞はHIPによりタンク外壁のSUSと内側のCuを接合している。HIPでSUS-Cuを接合することで、良好なRF特性、熱伝導性、強度を兼ねそろえることを目的としている。今回、京都大学科学研究所殿のクライストロンを借用する機会を得て空洞に大電力のコンディショニングを試みた。最終的にはピーク電力で1MW以上まで投入した。またピーク電力250kW時に1%のDutyで連続運転を行い、安定している事を確認している。

1. はじめに

HIP (Hot Isostatic Press : 熱間等方圧加圧) は不活性ガスを用いて、数千度、数千気圧を被処理体に加える技術である。このため高い静的等方圧力と高温の相乗作用により、結晶の塑性変形と原子の拡散が同時進行する。1950年代に核燃料要素集合体を接合するために考案されたHIPは、現在では、焼結、接合、内部欠陥除去などに広く利用されている。加速器への適用にはINRで実績がある。これを導入し、製作した試験空洞を写真1に示す。

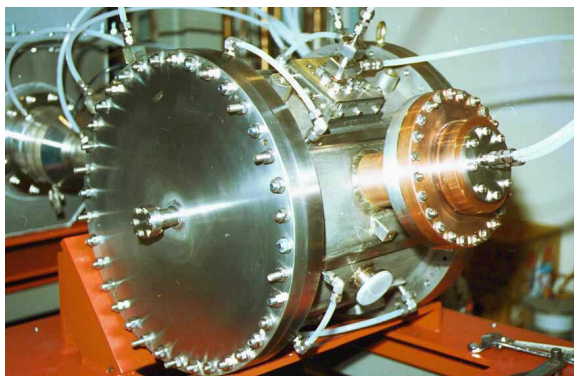


写真1 : 432MHz RF空洞

2. 試験装置

試験は平成13年2月に装置の組み立てを開始し、

同年4月までの3ヶ月間にマシンタイムをいただき実施した。試験装置を写真2に示す。



写真2 : 試験装置 (サーキュレーター、導波管、カップラーおよびRF空洞)

2.1 試験システム

試験時には空洞温度、真空圧力およびRF電力を測定している。表1に目標としたRF諸量を示す。

表1

Drive Frequency	432.2±0.2MHz
RF Power (Max)	1.25MW
Pulse Length (Max)	60 μs
Repetition Rate (Max)	180 pps

表2にRF空洞各部に流した冷却水量を示す。これらの値は設計値の1/2~1/3である。ただし、設計時に想定しているDutyは3%であり、今回は1%が最大であるので問題は発生しなかった。

表2：冷却水量

端板	4 l/s
タンク	3.5 l/s
ドリフトチューブ	4 l/s
カプラー	1.7 l/s

2.2 試験状況

試験は前述のとおり、温度、真空度を観測しながら、投入電力を増加させていった。このときの測定系を図1に示す。試験開始時はマルチパクタリングに起因すると考えられるRFの反射が生じていた。この時のRF波形を図2に示す。この時のピークRF電力は数から十数kWである。この状況で約20時間投入を続けたが、改善が見られなかった。このため、約100kWまでRF電力を増加させたところ数分で反射はなくなった。図3に600kW時のRF波形を示す。その後ピークの増加と平行して進め、表3の値まで試験を続けた。表3の値は放射線の量によって制限される上限の値であった。ここまでのRF電力のピーク値およびDutyの履歴を図4に示す。また、最大Dutyである1%時で200kWを連続して投入したときの空洞温度および真空度の変化を図5に示す。

表3：Duty 毎最大投入電力

繰り返し pps	Duty %	Peak MW	Average KW
1.125	0.006	1.2	0.072
90	0.5	0.4	2
180	1	0.25	2.5

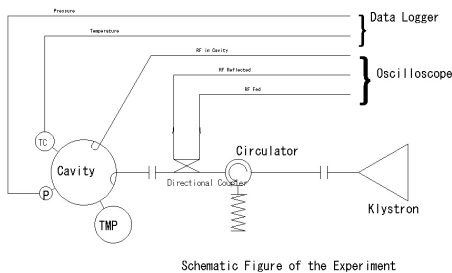


図1：測定系

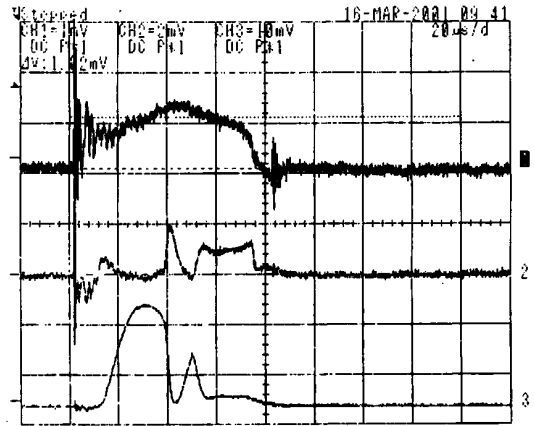


図2：電力投入初期のRF波形
ch1 進行波 (方向性結合器Pf出力)
ch2 反射波 (方向性結合器Pr出力)
ch3 タンクループモニター出力

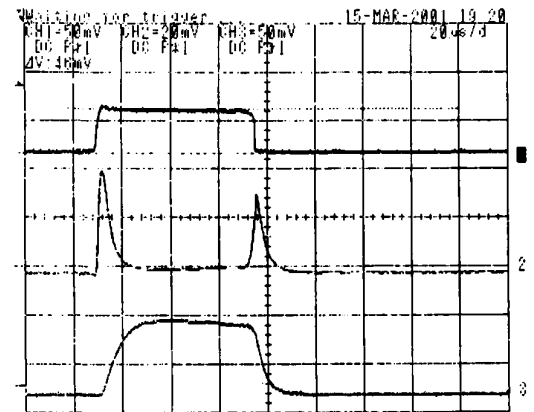


図3：600kW投入時のRF波形
ch1 進行波 (方向性結合器Pf出力)
ch2 反射波 (方向性結合器Pr出力)
ch3 タンクループモニター出力

3.4 まとめ

HIPによるRF空洞に大電力の投入を試み、短時間で目標を大きく上回ることができた。これはHIPによる接合を含め、空洞の製作が順調に推移したことを示している。

謝辞

本試験の実施にあたり
高エネルギー加速器研究機構：
山崎教授、内藤助教授

京都大学化学研究所：

野田教授、岩下助教授、白井助手、頓宮技官の皆様には、機器の借用を始め多大なご指導・ご助力をいただきました。ここに感謝いたします。

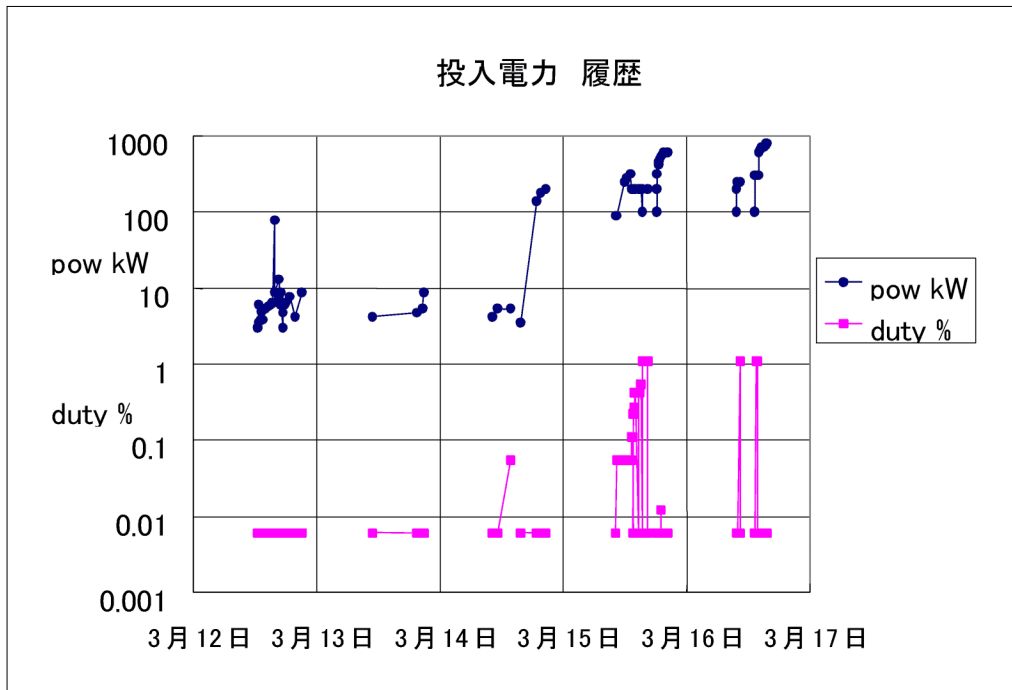


図4：電力投入履歴 上段ピークRF電力、下段Duty Factor

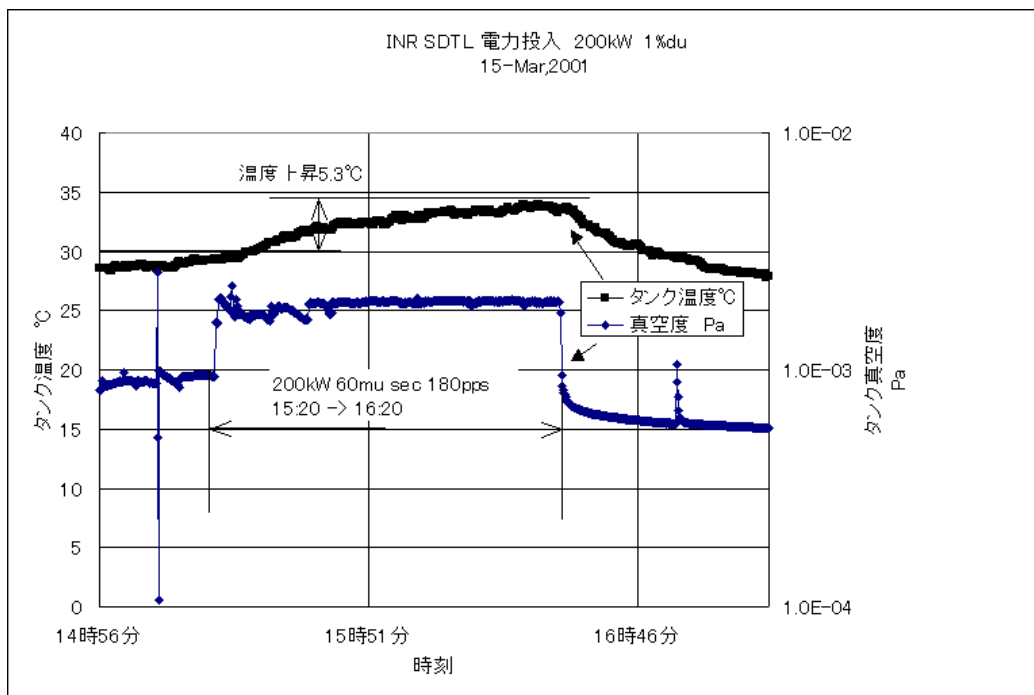


図5：1%Duty連続運転時の温度、真空度変化