

3. ハイパワーテスト

インプットカップラーのハイパワーテストにあたり、Figure 3 のように2組のインプットカップラーと結合導波管を組み合わせて1セットとし、6セットを組立てた。組立はゴミの侵入を防止するためにclass10のクリーンルーム内で行った。組立後、ドアノブ型同軸導波管変換器を取り付け、1.3GHzにおける透過と反射を測定し、ハイパワーテストスタンドへ移動し、インプットカップラー内部の真空引きをした(cold-window と warm-window それぞれに排気装置を準備)。その後、ヒーターを用いてインプットカップラーおよび結合導波管をベーキング(120℃、約 65 時間)、高周波電力の供給導波管ラインへの接続を行った[2]。Figure 4 に準備完了後を示す。ラインへの接続後、warm-window にアークセンサー、外表面①~⑫の位置に温度センサーを取り付け、各種測定ケーブルを接続した。

ハイパワーテストのパルス運転での試験条件をTable 1 に示す。始めは短いパルス幅の10μsec から開始し、最大パワー (Pf Max) まで慎重に徐々に上げる。目標値に達したら約 1 時間キープした後、ゆっくりとパワーを下げ、約 20kW 間隔で各種測定値を記録した。パルス幅は 10、30、100、500、1500μsec と段階的に広げる。

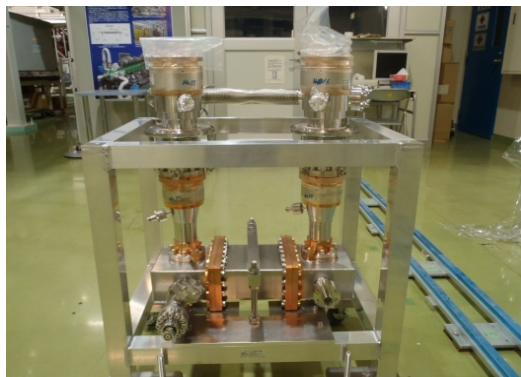


Figure 3: Assembly for high power test.

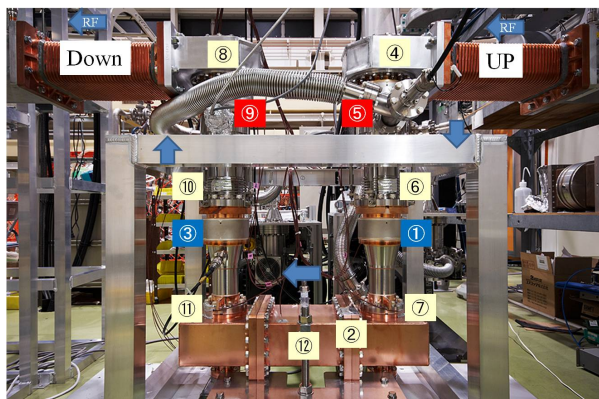


Figure 4: Set-up of high power test-stand.

Table 1: Conditioning Results of High Power Tests

Pulse width[μsec]	10	30	100	500	1500
Repetition rate [Hz]	5				
Frequency [MHz]	1300				
Pf Max [kW]	1200			800	

6 セット 12 台においてハイパワーテストを行い、すべてのインプットカップラーで仕様を満たす性能を確認することができた。1 セット当たりの試験時間は約 80 時間で、そのうちパルス幅 10μsec における時間が全体の大部分を占めることが分かった。これは、初期エージング時には、インプットカップラー内の真空度が放出電子、アークの発生、温度上昇により悪化してから回復するまでのコンディショニング時間が 10μsec のときがもっとも時間を要したためである。パルス幅を広げた場合も 10μsec と同様の傾向で真空度は悪化するが、10μsec より時間はかからなかった。各セットの最大パワー到達時間合計 (net.) と net.および Pf MAX のキープ、各種測定すべての試験時間合計 (total) を Figure 5 に、パルス幅ごとの最大パワー到達時間の一例 (インプットカップラーNo.23 と No.24) を Figure 6 に示す。

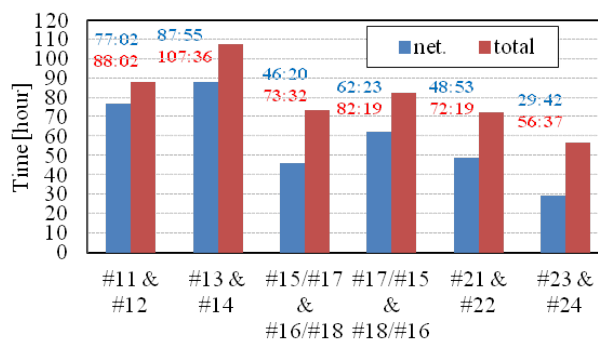


Figure 5: Conditioning times of six pairs of STF2 input couplers.

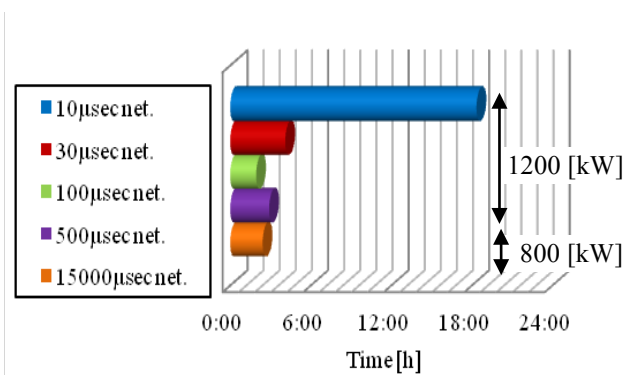


Figure 6: Conditioning times of No.23 and No.24 input couplers.

パルス幅 1500 μ sec で RF パワーにおける真空とエレクトロン検出信号の一例を Figure 7 に、真空度とアーク検出信号の一例を Figure 8 に示す。エレクトロン検出信号は、RF パワーが高くなるに従い上昇し、400kW 前後の領域で高くなり、真空度も悪化する。その後、ややエレクトロンは低くなり真空度も下がる傾向にあることが分かった。アーク検出信号では RF パワーが高くなるに従って上昇し 400kW 前後で最大になる。ただ、真空度は悪化したままである。これは、インプットカップラーの高周波表面での温度上昇によるものである。

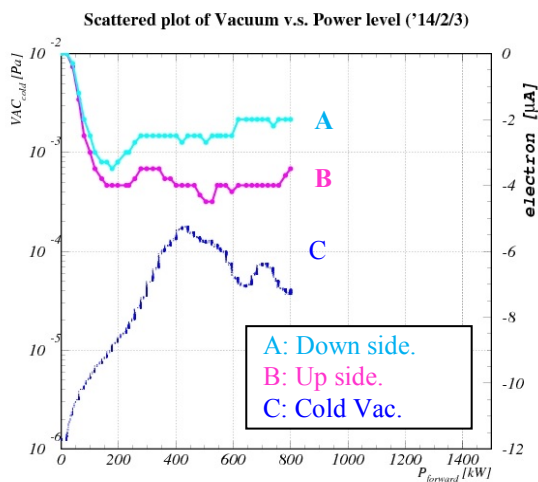


Figure 7: Vacuum pressure (C) and electron activities (A and B) as a function of RF power in No.23 and No.24 input couplers.

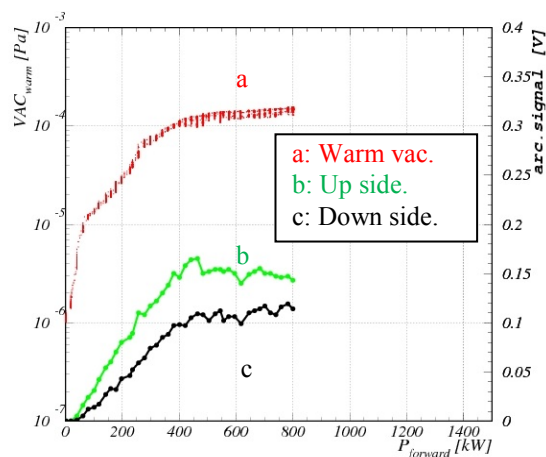


Figure 8: Vacuum pressure (a) and intensities of two arc-sensors (b and c) as a function of RF power in No.23 and No.24 input couplers.

パルス幅 1500 μ sec における外表面の温度変化を Figure 9 に示す。試験開始直後から温度上昇がみられる。冷却を行わず試験した場合、温度がかなり高く上昇した。これをうけて、温度上昇が大きい箇所へ送風機による冷却を行った。その結果、温度上昇

はみられたものの約 40 $^{\circ}$ C で抑えることができ、送風機による冷却効果がみられた。以後、温度上昇がみられるときは送風機による冷却を行うようにした。

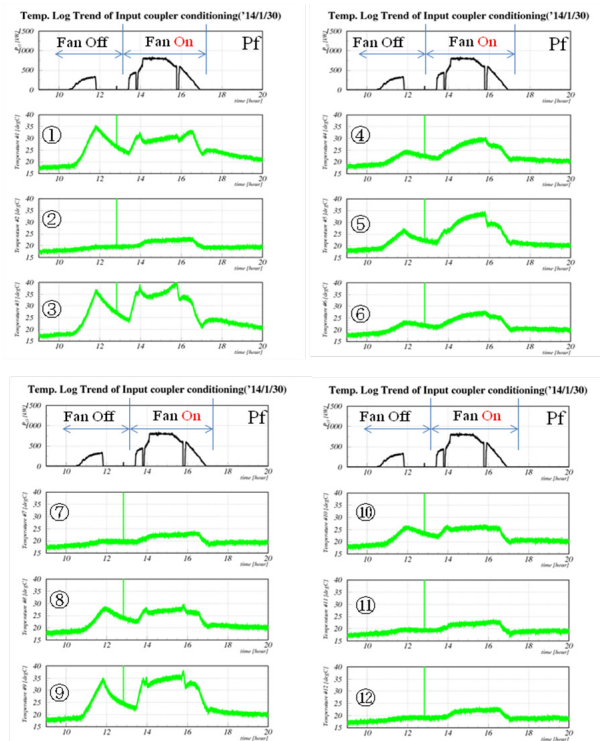


Figure 9: Temperature rises as a function of RF power in No.23 and No.24 input couplers.

4. まとめ

STF2 クライオモジュールで使用する 12 機のインプットカップラーにおいて大電力試験を行い、すべてのインプットカップラーで性能を満たす結果が得られた。1 セットの試験時間は約 80 時間でそのうちパルス幅 10 μ sec が大部分を占め、このときに慎重に時間をかけて試験することが非常に重要であることが分かった。試験中は、エレクトロンやアークの発生、温度上昇などによりインプットカップラー内部の真空度が悪化する。特に 400kW 前後に大きく悪化するパワー領域あり、エレクトロンやアーク発生も強くなるため慎重にパワーを入力していくことが大切である。また、インプットカップラーの温度がかなり高くなる（内部にセラミック窓がある）位置に対して冷却を行うことも必要である。送風機で風を表面に当てて冷却した場合、最大パワーでキープしているときで約 40 $^{\circ}$ C に抑えることができた。試験後インプットカップラーは STF2 クライオモジュールへの組込みが行われた。

参考文献

- [1] 加古永治 “ILC 用超伝導空洞の開発”, 低温工学 48(2013) 415-425
- [2] 今田信一、他 “STF2 クライオモジュール用インプットカップラーの組立工程”, 本学会