

冷却水流量の改善における作業報告

永田, 貴大
九州大学応用力学研究所

<https://doi.org/10.15017/7375863>

出版情報 : 九州大学応用力学研究所技術室 技術室報告. 7, pp.11-13, 2025-07. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University

バージョン :

権利関係 :



冷却水流量の改善における作業報告

永田 貴大

要 旨

高温プラズマ理工学研究センターでは、球状トカマク装置 QUEST を用いて核融合発電を目指したプラズマ実験を行っている。本センターには冷却水設備が備わっており、実験中に除熱しなければならない装置や機器には、水冷での除熱が可能である。水冷での除熱を必要とする装置などには「必要流量」が指定されているが、試験時の測定で流量が指定値に満たなかった。そこで、冷却水システムに対する改善作業を実施したので、その内容について報告する。

キーワード

冷却水 流量 圧力損失

1. はじめに

高温プラズマ理工学研究センターの冷却水設備には、循環水を冷却させるクーリングタワー・熱交換器、除熱が必要な装置や機器に冷却水を通水させるポンプおよびモータなどが備わっており、使用する装置・機器によって4種類の冷却水システムに分類される。

プラズマ加熱装置である 8.56GHz クライストロン装置の DC ブレーク部 (図 1 赤丸) やテーパー部 (図 1 青丸) には、「ECH 系」と呼ばれる冷却水システムの一部が用いられている。各部には、それぞれ 8 口の通水口 (in および out 各 4 口) があり、8 口に分岐された in 側および out 側のヘッダー (内径 27.6mm) にシフレックスチューブ (内径 9.56mm) を用いて接続されていた (図 2)。通水試験時に各部の流量を測定した結果、指定値に満たなかったため、改善作業を実施した。

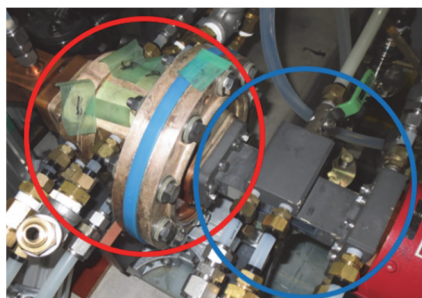


図 1 「DC ブレーク部」「テーパー部」全体図

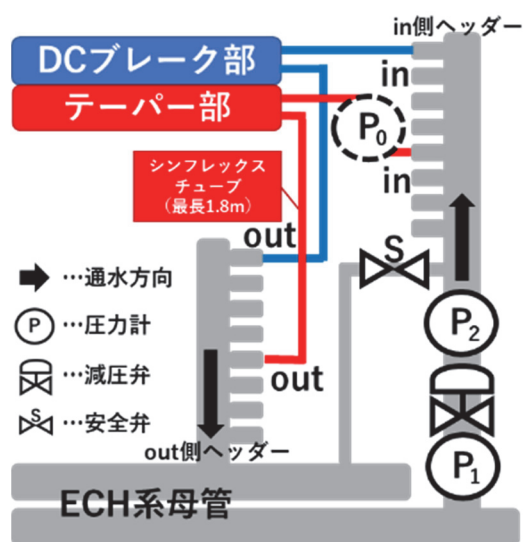


図 2 各部の通水口およびヘッダーの接続図

2. 流量の指定値および現状値

仕様書からテーパー部の流量の指定値は 15L/min であったが、DC ブレーク部に関しては記載がなかった。しかし、各部は直結した構造であるため、DC ブレーク部の指定値も 15L/min 以上であれば支障がないと推測した。

そこで、KEYENCE 製クランプオン式流量センサ (FD-Q シリーズ) を用いて、各部 4 個ある out 側通水口 (A~D) 付近のシフレックスチューブ内の最大流量を測定した。結果、全て指定値を満たしていなかった (表 1)。

表 1 各部の最大流量

	最大流量 (L/min)			
	A	B	C	D
DCブレーク部	7.90	7.70	7.75	8.37
テーパー部	8.00	7.70	7.00	7.40

一般的に、配管径や流体の粘度などが一定であると仮定すると、圧力を上昇させると流量が増加する。そのため、各部で流量不足の原因となっている圧力損失の改善および圧力の上昇を試みた。

3. 改善作業（圧力損失）

in 側および out 側のヘッダーと各部の接続には、最長 1.8m のシンフレックスチューブを用いているため、内径差による圧力損失の発生が推測された。そこで、最大流量の低いテーパー部「C」の in 側シンフレックスチューブに圧力計（図 1「P₀」）を設置し、in 側ヘッダーの圧力計（図 1「P₂」）と比較して圧力損失を測定した。結果、「P₀」では 0.2MPa、「P₂」では 0.35MPa が最大圧力であり、シンフレックスチューブを使用することで 0.15MPa の圧力損失が発生していた。

3-1. ヘッダーの延長

シンフレックスチューブの使用を最小限に抑えるため、溶接式管継手（内径 27.6mm）を用いて、in 側および out 側のヘッダーを各部付近まで延長させた（図 3）。延長したヘッダーを純水で洗浄し、通水試験にて漏水がないことを確認した後、シンフレックスチューブを用いて各部に接続させた。その際、シンフレックスチューブの長さは、最長 0.3m であった。



図 3 延長したヘッダーの一部

3-2. 改善結果（圧力損失）

延長したヘッダーを設置後、「P₀」「P₂」の圧力を再測定した。結果、「P₀」では 0.26MPa、「P₂」では 0.35MPa が最大圧力であり、圧力損失を 0.09MPa まで軽減した。

次に、テーパー部「C」の流量を再計測した結果、9.43L/min であった。表 1 に示した最大流量（7.00L/min）より、2.43L/min の流量上昇であったが、指定値には満たなかった。

4. 改善作業（圧力の上昇）

in 側ヘッダーには、「P₁」「P₂」の圧力計の他に、減圧弁および安全弁も備わっている（図 2 参照）。減圧弁には、所定の圧力値範囲があり（範囲内であれば調整可能）、設定した圧力を維持させる。また、安全弁には所定の圧力値があり、超えると自動的に弁を開放して out 側に放出させる。

該当箇所には、テーパー部の最大圧力条件の 0.6MPa に適合するため、所定の圧力値範囲 0.2 ~ 0.35MPa の減圧弁および所定の圧力値 0.35MPa の安全弁が備わっていた。前章の測定時、「P₁」の最大圧力 0.8MPa を計測しており、「P₁」と「P₂」（0.35MPa）間の最大圧力差は、0.45MPa であった。これは、両弁の設定された圧力値によって降圧されたものであると考え、より圧力値の高い減圧弁および安全弁を交換することで「P₂」の圧力の上昇を試みた。

4-1. 減圧弁・安全弁の交換

各部の最大圧力条件（0.6MPa）付近まで圧力を調整できる、所定の圧力値範囲 0.35~0.7MPa の減圧弁を選定した。また、各部が過圧状態（0.61MPa 以上）になるのを防ぐため、所定の圧力値 0.51MPa の安全弁を選定し、両弁を交換した（図 4）。



図 4 交換後の減圧弁(左)・安全弁(右)

4-2. 改善結果（圧力の上昇）

両弁を交換後、減圧弁の圧力調整を最大にして「P₀」「P₂」の圧力を再測定したが、交換前と圧力に変化はなかった。そのため、「P₁」「P₂」間の圧力差は、減圧弁および安全弁による降圧ではなく、圧力損失によるものであると考えられた。

5. おわりに

内径差による圧力損失を in 側および out 側のヘッダーの交換前後で比べると、0.15MPa から 0.09MPa まで圧力を軽減（0.06MPa）させた。圧力損失の軽減により、流量を 7.00L/min から 9.43L/min まで上昇（2.43L/min）させることができたが、指定値（15L/min）を満たさなかった。そのため、in 側ヘッダーに備わった減圧弁および安全弁をより圧力値の高いものと交換することで、「P₂」の圧力の上昇を試みたが、改善されなかった。

今後、各部の必要流量を満たすには、「P₁」から

「P₂」の配管経路内で圧力損失（0.45MPa）している原因を追究し、改善していかなければならない。また、ECH 系冷却水システムには、「DC ブレーク部」「テーパ部」のみではなく、「導波管部」「アイソレータ部」などの通水箇所がある。本改善作業によって、他の通水箇所の流量に影響を及ぼす可能性があり、都度、確認しなければならない。

参考文献

[1] 「定常動作大電力高周波クライストロン管一式」向け 提案仕様書（CPI 社製クライストロン仕様書）

謝辞

冷却水流量を改善する上で、助言やサポートを頂いた 8.56GHz クライストロン装置に関する職員・学生の皆様にお礼申し上げます。