

高温工学試験研究炉HTTRを用いた  
1次ヘリウム冷却材中不純物の  
能動的制御技術の開発

Development of Active Control Technology for Impurities  
in Coolant Helium using High Temperature Engineering Test Reactor (HTTR)

濱本 真平 根本 隆弘 関田 健司 齋藤 賢司

Shimpei HAMAMOTO, Takahiro NEMOTO, Kenji SEKITA and Kenji SAITO

原子力科学研究部門  
大洗研究開発センター  
高温工学試験研究炉部

Department of HTTR  
Oarai Research and Development Center  
Sector of Nuclear Science Research

March 2016

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。  
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。  
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp>)  
より発信されています。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究連携成果展開部 研究成果管理課  
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方2番地4  
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.  
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to  
Institutional Repository Section,  
Intellectual Resources Management and R&D Collaboration Department,  
Japan Atomic Energy Agency.  
2-4 Shirakata, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan  
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2016

## 高温工学試験研究炉 HTTR を用いた 1 次ヘリウム冷却材中不純物の 能動的制御技術の開発

日本原子力研究開発機構 原子力科学研究部門 大洗研究開発センター 高温工学試験研究炉部

濱本 真平、根本 隆弘、関田 健司、齋藤 賢司

(2015 年 12 月 14 日 受理)

高温ガス炉で使用される 1 次ヘリウムに含まれる化学的不純物の組成に依存して起こる脱炭現象は、炭化物の析出によって強化された合金に著しい強度低下を起こす。そのため、高温工学試験研究炉 (HTTR) の 1 次ヘリウム純化設備は、不純物の発生速度を予測して 1 次ヘリウム純化設備の容量を設定することで、浸炭性雰囲気形成されるように設計されている。これまでに、HTTR の運転中の 1 次ヘリウム中の雰囲気は、浸炭性が形成されていることが確認されているが、実用高温ガス炉では長期間の運転するため、運転期間中に不純物の発生速度が変化することを考慮しなければならない。

変化する不純物発生速度に対する一つの対策として、1 次ヘリウム純化設備の能力を運転中に制御し、除去速度を制御する方法がある。脱炭性を浸炭性に改善するためには、 $H_2$  と  $CO$  の濃度を増加させることが有効であり、そのためには HTTR の 1 次ヘリウム純化設備のうち、酸化銅反応筒 (CuOT) の除去効率を下げることで可能となる。そこで、CuOT の効率を明らかにするため、HTTR の既設の 1 次ヘリウム純化設備に  $H_2$  と  $CO$  の混合ガスを注入し、CuOT の効率の温度依存性及び不純物濃度依存性を測定する実験を行った。実験の結果、CuOT の温度を  $110\sim 50^\circ C$  に調整すれば、 $H_2$  の除去量を低減できること、また CuOT の温度制御が原子炉の 1 次冷却系に影響しないことを明らかにした。これらの結果から、実用高温ガス炉で任意の不純物環境を形成する方法として、1 次ヘリウム純化設備の除去効率を制御する技術を実機に適用できることを明らかにした。

**Development of Active Control Technology for Impurities in Coolant Helium  
using High Temperature Engineering Test Reactor (HTTR)**

Shimpei HAMAMOTO, Takahiro NEMOTO, Kenji SEKITA and Kenji SAITO

Department of HTTR, Oarai Research and Development Center  
Sector of Nuclear Science Research  
Japan Atomic Energy Agency  
Oarai-machi, Higashiibaraki-gun, Ibaraki-ken

(Received December 14, 2015)

The decarburization may take place depending on the chemical impurity composition in helium gas used as the primary coolant in High-Temperature Gas-cooled Reactors (HTGRs), and the alloy strengthened by carbides will experience a significant reduction in strength upon the decarburization. The ability to remove impurities by a helium purification system was designed according to the predicted generation rate of impurities so as to make the coolant become the carburizing atmosphere. It has been confirmed that the coolant becomes the carburizing atmosphere during the operation period of the High Temperature engineering Test Reactor (HTTR). However, it is necessary to consider changes of generation rates of impurities since lifetime of commercial reactor is longer than the life of the HTTR.

To avoid the influence of the change of generation rate, the control of removal efficiency of impurity in the helium purification system was considered in this study. To reform the decarburizing into the carburizing atmosphere, it is effective to increase the H<sub>2</sub> and CO concentration in the coolant helium. By controlling the efficiency of the Copper Oxide Trap (CuOT), it is possible to increase the H<sub>2</sub> and CO concentrations. Therefore, an experiment was carried out by injecting the gas mixture of H<sub>2</sub> and CO into the existing purification system of HTTR to investigate the dependencies of temperature and impurity concentration on the removal efficiency of CuOT.

As a result, the applicability of removal efficiency control of CuOT was verified to improve the decarburizing atmosphere for the actual HTGR system.

Keywords: HTTR, HTGR, Removal Efficiency Control, Helium Purification System

目 次

1. 序論	1
2. 不純物の制御方法の概念	2
3. 酸化銅反応筒の温度制御方法の成立性	2
3.1 実験方法	2
3.2 実験結果	3
3.3 温度制御成立性の評価	3
4. 酸化銅反応筒の転化率制御の成立性	4
4.1 実験方法	4
4.2 実験結果	5
4.3 転化率制御成立性の評価	5
5. 結論	7
謝辞	8
参考文献	8
付録 1 転化率制御実験の手順書	16

Contents

1. Introduction	1
2. Concept of impurity control method	2
3. Feasibility of temperature control of copper oxide bed	2
3.1 Experimental methodology	2
3.2 Result of experiment	3
3.3 Feasibility evaluation of temperature control	3
4. Feasibility of conversion rate control	4
4.1 Experimental methodology	4
4.2 Result of experiment	5
4.3 Feasibility evaluation of conversion rate control	5
5. Concluding remarks	7
Acknowledgements	8
References	8
Appendix 1 Experimental procedure of conversion rate control	16

This is a blank page.

## 1. 序論

本報告は、高温工学試験研究炉(HTTR)の1次ヘリウム純度管理技術の高度化のために行われた実験についてまとめたものである。高温ガス炉の1次ヘリウム中の不純物は、炉心部の黒鉛の酸化や、耐熱合金のクリープ強度を低下させるなど、さまざまな腐食作用をもつ。この不純物を管理する従来の手法は、不純物の発生速度を予測し、その予測に基づいて1次ヘリウム純化設備の容量を設定することで、耐熱合金の強度維持に優れていることがクリープ実験で確認されている不純物組成に各分子の濃度を維持することを狙いとしている。この管理手法が有効に機能するには、不純物の放出速度が共用期間中に一定であり、かつ不純物の除去速度も一定である必要がある。

我が国初の高温ガス炉であるHTTRにおいては、炉内で使われる3種類の黒鉛材と、断熱材の温度ごとの不純物放出特性が調べられ、それに基づき、1次ヘリウム純化設備の容量が決定された。この不純物の発生速度と除去速度がバランスした結果として、耐熱合金であるハステロイXRのクリープ強度維持に優れた浸炭性雰囲気を得られると考えていた。

ハステロイXRは、浸炭性雰囲気とは逆の脱炭性雰囲気の下で使用するとクリープ破断強度が3分の1に低下することが分かっているため、浸炭性雰囲気下で使用することが必須である[1][2]。これまでの研究によると、HTTRの1次ヘリウム中の化学的不純物は、腐食性の低い浸炭性雰囲気を示すと評価された[3]。しかしながら、設計時の想定と異なり、不純物の放出速度は運転時間の増加とともに減少し続けること、さらに高温運転(原子炉出口温度950℃)と定格運転(原子炉出口温度850℃)の違い、及び加圧水冷却器1基のみで除熱する単独運転と加圧水冷却器と中間熱交換器で除熱する並列運転の違いにより、不純物の組成が変化することが明らかとなった。耐熱合金の腐食すなわちクリープ強度の低下は、特定の不純物分子の濃度によるのではなく、不純物分子の組成に依存する。そのため、今後とも変化すると思われる不純物放出速度に対し、常に浸炭性雰囲気を維持しようとするれば、1次ヘリウム純化設備を能動的に制御して不純物の組成を任意の範囲に収める必要がある。

そこで、変化する不純物濃度に対し、従来から行われてきた不純物をできるだけ除去する単純除去方式を見直し、有用な不純物分子を注入するなどして能動的に環境を制御する研究が進められている[4]。本研究では、残すべき不純物は除去せず残しておくことで、耐熱合金の長寿命化に寄与する不純物組成を形成するため、1次ヘリウム純化設備の効率を能動的に制御する技術を開発することを目的とする。特に耐熱合金のクリープ強度維持のためには浸炭性雰囲気の形成に寄与する $H_2$ と $CO$ の濃度を増加させることが有効であることが分かっており[5]、これらを除去する酸化銅反応筒の制御性が重要である。そこで、HTTRの1次ヘリウム純化設備を用いて、制御性に関する2つの実験を行うこととした。はじめに、HTTRに既設の1次ヘリウム純化設備のうち、酸化銅反応筒の温度を制御する手法によって、1次ヘリウム純化設備のその他のトラップや、原子炉そのものに影響を及ぼさないか検証する。つぎに、酸化銅反応筒の温度を制御することで、実際に $H_2$ 及び $CO$ の除去量を制御できるかどうかを検証する。

## 2. 不純物の制御方法の概念

HTTRと1次ヘリウム純化設備の概略図を図1に示す。1次ヘリウム純化設備に導入される1次ヘリウムは、補助冷却器から抜き取られ、入口加熱器で290℃に加熱され、約280℃で酸化銅反応筒(CuOT)を通過する。ここで、H<sub>2</sub>及びCOはH<sub>2</sub>O及びCO<sub>2</sub>に変換される。その後、冷却器で約10℃に冷やされ、モレキュラーシーブトラップ(MST)に入る。MSTはH<sub>2</sub>OとCO<sub>2</sub>を吸着・除去する。最後に、液体窒素で冷却されたコールドチャコールトラップ(CCT)に通され、空気成分及びメタンを除去する。以上の3つのトラップを通った1次ヘリウムは、循環機により押し出され、原子炉容器のスタンドパイプと、補助冷却器の二箇所に分けて、戻される。

不純物分子のうち、H<sub>2</sub>とCOを除去しすぎること、脱炭性雰囲気へ近づいていると判断される場合は、CuOTをバイパスさせる、もしくは入口加熱器の設定温度を下げ、H<sub>2</sub>とCOの除去率を減らす手法が考えられる。ただしHTTRにはCuOTのバイパスラインがないため、取りえる手法は入口加熱器の温度制御のみである。入口加熱器の温度設定値を下げれば、酸化銅反応筒へ入るヘリウムの温度は下がり、H<sub>2</sub>とCOがH<sub>2</sub>OとCO<sub>2</sub>に変換される割合が減る。H<sub>2</sub>とCOは後流側のトラップで除去されないため、徐々に1次系中のH<sub>2</sub>、CO濃度を高めることができる。CuOTのH<sub>2</sub>とCOの転化率は温度ごとに異なり、CuOTの温度を下げた場合、最初に転化率が低下するのはH<sub>2</sub>である。この分子ごとの転化率の違いは、CuOTの中で使用している酸化銅触媒固有の特性によるものであるが、HTTRではすでに10年以上使用しているため、ピーカースケールで特性を評価しても実機のCuOTの特性とは異なる。よって実機の酸化銅反応筒の温度依存の転化率を測定することが必要となる。

## 3. 酸化銅反応筒の温度制御方法の成立性

### 3.1 実験方法

酸化銅反応筒の温度を調整するため、1次ヘリウム純化設備入口加熱器の制御可能性の検証実験を行う。この実験の目的は2つあり、1つは、入口加熱器の温度変動の原子炉に還流するヘリウム温度に対する影響を確認することを目的とする。もう1つは、入口加熱器の制御定数を変更し、温度の上昇および下降させた際に速やかに所定の温度に静定させられるか確認することを目的とする。温度測定箇所を図2に示す。

#### (1) 温度変動の影響確認

1次ヘリウム純化設備に導入される1次ヘリウムは、1次ヘリウム純化設備入口の加熱器で290℃に加熱され、約280℃でCuOTを通過する。この加熱器の制御目標温度を調整し、CuOTの酸化効率を変化させるため、オペレーターズステーション(OPS)で入口加熱器出口温度SV値を290℃から200℃の間で増減させた。具体的には、1次ヘリウム純化設備入口加熱器の出口温度制御を自動にした状態で、設定温度を(1)290℃から250℃、(2)250℃から200℃、(3)200℃から250℃、(4)250℃から290℃と、計4回変更した。制御設定値を変更する前後において、1次ヘリウム純化設備内で、図2に示す3か所で流量を、8か所で温度を記録し、加熱器出口温度T4の変動が、原子炉に戻るヘリウムの温度(T24、T26)に有意な変動を与えていないか確認する。



## (2) 制御定数の検証

既存の制御定数のままでは温度降下時の制御安定性が十分ではないと考えられるため、入口加熱器出口温度制御器に関する制御定数の変更をエンジニアリングステーション(ENS)から行った後、オペレーターズステーション(OPS)で入口加熱器出口温度 SV 値を 290°C から 250°C に変更し、酸化銅反応筒入口温度を制御した。変更する制御定数は、降温時の電力制御値の減少率であり、初期値  $3.37e+38$  [%出力/s] を  $0.001$  [%出力/s] に変更することで、降温時のアンダーシュートを緩和し、SV 値に対して速やかにプロセス値(PV)が追従することを期待する。

## 3.2 実験結果

### (1) 温度変動の影響確認

実験方法(1)の温度変更操作によって変化する入口加熱器出口温度と各部温度を図3に示す。図3に示すように出口温度を下げる方向に制御する場合は、電力制御値の減少率(降温時のヒータ電力の変化率)が大きいいため、最初に大きくアンダーシュートした後、ゆっくりとヒータ電力を上昇させるため、290°Cから制御目標温度を250°Cに変更した直後に70°Cまで下がり、その後ヒータ電力の上昇に時間がかかるため、250°Cに到達するまでに約13時間を要した。またヒータ電力の上昇率が小さいため、温度上昇操作時はオーバーシュートすることなく目標温度で静定した。また50°C上昇させるのに要する時間は約5時間であった。

一方、図4に示すように、入口加熱器の出口温度は大きく変動したものの、後流のトラップである冷却器出口温度(T14)、及び原子炉に戻るヘリウム温度(T24、T26)には、大きな変動がないことを確認した。

なお、入口加熱器の温度を変動させている間の1次ヘリウム純化設備内の各部PVは図5に示すとおり、CuOTの出口温度(T12)の変化はMST入口の冷却器で吸収されるため、MST、CCT、及び原子炉に戻るヘリウム温度に影響を与えないことを確認した。

### (2) 制御定数の検証

実験方法(2)の温度変更操作によって変化する入口加熱器出口温度とCuOT入口温度を図6に示す。

図6から分かるように、電力制御値の減少率を制限したことで、温度降下時のアンダーシュートがほぼ無くなっている。また昇温時と降温時のヒータ出力の変化率は同じであるにも関わらず、設定値変更から静定するまでに掛かる時間は降温時の方が短い。これは容器・配管からの放熱効果によるものと思われる。

## 3.3 温度制御成立性の評価

1次ヘリウム純化設備入口加熱器出口温度を290°Cから50°Cまで変更した際の各部の温度変動のうち、最大の変動が確認された箇所は、MST入口温度であり、変動幅は11°Cから7°Cまでの4°Cであった。MSTはH<sub>2</sub>OとCO<sub>2</sub>を吸着によって除去するトラップであり、十分な性能を発揮させるために約10°Cで運転している。よって7°C～11°Cで運転されている限り、MSTの性能に対して問題になることはない。1次ヘリウムの温度変化率の制限は35°C/h以下としているため、1次ヘリウム純化設備入口加

熱器出口温度操作に起因する1次ヘリウムの温度変化は、この1次ヘリウムの温度変化の制限値に抵触することはない。これらプロセス値は1次ヘリウムの圧力、温度が上昇した時も同様の振舞いをすると考えられることから、入口加熱器出口温度の操作が原子炉運転に与える影響はないと判断する。

なお、HTTRの既設の1次ヘリウム純化設備にCuOTをバイパスする配管を追設する場合、配管は入口加熱器の手前からCuOT出口に繋がるものとする。バイパスラインを利用した場合のCuOT前後のヘリウムの流れは、入口加熱器で加熱されたヘリウムと、入口加熱器に入らない室温のヘリウムが、CuOT出口で合流し、冷却器を経てMSTに入ることとなる。この場合、ヘリウムのCuOTの後段に与える温度影響は、「3.2 実験結果」で確認した温度変動範囲に収まると考えられるため、バイパスラインを利用した場合であっても、原子炉運転に影響することはないと考える。

#### 4. 酸化銅反応筒の転化率制御の成立性

CuOTの温度制御が問題なくできることが実証されたので、次に実機のCuOTの加熱温度に対するH<sub>2</sub>及びCOの転化性能を実験的に明らかにする。本実験は、安全のため、原子炉と1次ヘリウム純化設備をバルブで隔離して行うため、不純物の発生がない。そのため、H<sub>2</sub>とCOを含む標準ガスを1次ヘリウム純化設備に注入し、CuOTの加熱温度を変数としてトラップ前後の不純物濃度差及び不純物濃度推移を測定し、CuOTの転化率を測定する。

##### 4.1 実験方法

CuOTとMSTの性能評価を行うため、図7に示すように1次ヘリウム純化設備を原子炉1次冷却系統から隔離した閉ループを構成した。1次ヘリウム純化設備には、CuOTの再生のため、酸素を注入するラインが存在する。このラインを活用し、酸素ポンペを置くところを、Heポンペと混合比1:1のH<sub>2</sub>・CO混合ガスポンペに置き換え、さらに任意の流量で注入出来る機器を仮設した。H<sub>2</sub>とCOはMST出口側から注入され、ガスクロマトグラフ質量分析計(1)でCuOT入口濃度を、またガスクロマトグラフ質量分析計(2)でCuOT出口濃度を15分間隔で測定し、CuOTの転化率を求めた。CuOTの性能評価は、次式で表す転化率 $\eta$ を用いた。C<sub>IN</sub>、C<sub>OUT</sub>は混合ガスを導入してから、導入後に徐々に濃度が減少していく過程の計測値を用いた。

$$\eta = (C_{IN} - C_{OUT}) / C_{IN} \quad (1)$$

$\eta$ : 転化率

C<sub>IN</sub>: CuOT入口 H<sub>2</sub>(CO)濃度

C<sub>OUT</sub>: CuOT出口 H<sub>2</sub>(CO)濃度

なおHTTRに既設のガスクロマトグラフ質量分析計は、表示できる最小位桁、すなわち1digitは0.01[ppm]であり、HTTRの運転中の水素濃度が0.01~0.1ppmのオーダーと同等であるため、既設のガスクロマトグラフ質量分析計の出力値をそのまま用いて、運転中の濃度領域でCuOTの特性を評価することはできない。そこで、ガスクロマトグラフ質量分析計が出力する濃度を用いず、計器内部に保存されている質量スペクトルを用いて、表示できる最小位桁の制限を無くすこととした。こうすることで、

これまで 0.01ppm 以下の濃度がすべて 0.01ppm と表示されていたものを、2桁低い 0.0001ppm 程度まで測定できるようにし、このようにして得た測定値を本実験における CuOT の性能評価に用いた。

系統圧力、ヘリウム循環流量等の運転条件は表 1 の通りである。表 1 中の温度は、1 次純化入口加熱器出入口温度の 1 分毎の平均値である。また、圧力は 1 次純化入口加熱器入口圧力、流量は 1 次純化入口加熱器入口流量である。1 次ヘリウム純化設備のループ内の流量は、通常の原子炉運転時と同様に約 200kg/h、圧力は通常の運転条件に近い約 3.4MPa とした。950°C 運転時の不純物濃度の制限値が H<sub>2</sub> と CO に対して 3ppm となっているため、混合ガスの注入量は CuOT 入口で約 3ppm とするよう流量を調整(He 流量は 150cm<sup>3</sup>/min、混合ガス流量は 50cm<sup>3</sup>/min)した。混合ガスは、入口加熱器出口温度が安定したあとに注入を開始し、CuOT 入口で約 3ppm とした状態を 2 時間程度保った後、注入を停止し、1 次ヘリウム純化設備内の濃度が低下する様子を観測しつづけた。CuOT の加熱温度は、図 8 及び図 9 に示す HENDEL で測定された CuOT の H<sub>2</sub> 及び CO 転化率の温度特性を参考に、約 50°C から約 170°C の範囲で制御することとし、53°C、79°C、106°C、138°C、167°C の 5 か所で測定した。

#### 4.2 実験結果

53°C、79°C、106°C、138°C、167°C の 5 点で CuOT の H<sub>2</sub>、CO 転化率を測定した結果、138°C と 167°C では、CuOT 入口濃度に依存せず、常に 100% 近い転化率が得られたため、53°C、79°C 及び 106°C の転化率の温度依存性について、図 10 及び図 11 に示す。不純物の注入量は CuOT の入口で H<sub>2</sub>、CO それぞれ約 3ppm とするよう調整している。注入を停止した直後から 1 次ヘリウム純化設備内の不純物濃度は低下するため、それにしたがって CuOT 入口の H<sub>2</sub>、CO 濃度も低下する。そこで、3ppm から約 0.01ppm の範囲で変化する濃度に対する H<sub>2</sub>、CO の転化率の CuOT 入口濃度依存性を評価した。

図 10 の縦軸は H<sub>2</sub> 転化率、横軸は CuOT 入口の H<sub>2</sub> 濃度である。106°C 以下では CuOT 入口濃度に低下に伴って転化率も低下する現象がみられ、特に濃度依存性が顕著に表れたのは加熱温度が 53°C の時であり、CuOT 入口濃度が 0.02ppm の時の転化率は約 10% であった。HTTR の運転中の H<sub>2</sub> 濃度は低いときは 0.03ppm 程度であるが、この濃度であれば、図 10 が示すように、温度を約 110°C から約 50°C の範囲で制御することで、転化率を 90% から 10% の範囲で制御することができることが示された。転化率の低下傾向から推測して、さらに低い濃度では、10% 以下の転化率が得られるものと考えられる。なお、図 11 に示す CuOT の CO 転化率は、約 0.01ppm 以下で低くなることが示されたが、HTTR の CO 濃度は不純物の中で最も高く、通常 0.1ppm オーダーであるため、CuOT の濃度依存性を利用した CO 転化率の調整は出来ず、したがった実機の CO 濃度を制御することは出来ない。

#### 4.3 転化率制御成立性の評価

耐熱合金のクリープ強度維持の観点から、耐熱合金にとって浸炭性となるように、1 次ヘリウム中の化学的不純物の組成を形成する必要がある。そのために浸炭性雰囲気形成に有効な H<sub>2</sub> を 1 次ヘリウム純化設備で除去しすぎないようにするため、CuOT の H<sub>2</sub> 転化率を下げる技術が必要であり、本試験では、設計・シミュレーションの基礎となる CuOT の転化率の温度・濃度依存性を取得した。本試験の結果、約 50°C から約 110°C の範囲に CuOT の加熱温度を調整することで、H<sub>2</sub> の転化率を 90%～10%

の範囲で制御できることが明らかになった。

これまでの研究で、 $H_2$ 濃度が低くなった場合に脱炭性となりやすいことが示されており、CuOTの $H_2$ 転化率を約20%程度まで低下させることができれば、不純物分子間の平衡反応により、 $H_2$ の増加とともに、COと $H_2O$ が増加し、脱炭性を浸炭性に改善できることが分かっている。CuOTの温度制御は酸素分圧を大きく下げながら脱炭性を改善する制御方法として利用でき、本試験の結果は、CuOTのバイパス流量制御は酸素分圧を大きく下げることなく、脱炭性を改善する制御方法として実機に適用できることを示している。

## 5. 結論

耐熱合金のクリープ強度維持の観点から、耐熱合金にとって脱炭性雰囲気となった際に、1次ヘリウム中の化学的不純物の濃度を制御して浸炭性に移行させるために、1次ヘリウム純化設備のうちCuOTの温度を調整してH<sub>2</sub>転化率を下げることで、不純物分子間の平衡反応により、H<sub>2</sub>だけでなく、COとH<sub>2</sub>Oを増加させ、浸炭性雰囲気を形成する技術を開発するため、以下の事項を確認した。

- (1) 1次ヘリウム純化設備の入口加熱器の温度制御が後流側に影響を及ぼさないこと
- (2) 同加熱器の温度制御によりH<sub>2</sub>の濃度制御が可能であること

実験の結果、入口加熱器の温度制御は原子炉に還流するヘリウムの温度に有意な変動を与えず、かつ加熱器温度を約50℃～110℃の範囲で制御することにより、通常運転中の不純物濃度範囲(0.01ppm～0.1ppm)でH<sub>2</sub>の転化率を10～90%で制御できることを明らかにした。これにより、今後HTTRで不純物の発生速度が変化しつづけ、COの発生量低下等により脱炭性へと近づいた場合に、CuOTの温度調整により浸炭性を維持する技術が成立する見通しを得た。

また、本実験によりCuOTの温度制御がCOの転化率に影響しないことが明らかになったことで、CuOTを用いた化学ポテンシャルの制御方法として、2通りの方法が成立することが分かった。一つは、CuOTの温度制御により、H<sub>2</sub>濃度を上昇させる手法であり、もう一つは、CuOTをバイパスさせて、H<sub>2</sub>とCOの両方の濃度を同時に上昇させる手法である。H<sub>2</sub>濃度上昇は、大きく酸素分圧を下げながら、わずかずつ炭素活量を上げることができ、またH<sub>2</sub>とCOの両方の濃度上昇は、酸素分圧を大きく下げることなく、炭素活量を上げることができる。将来の実用高温ガス炉で、冷却材の化学ポテンシャルがどのように変化するかは不明であるが、変化の仕方に応じて、制御方法を選択できることが好ましい。よって、HTTRにはCuOTをバイパスするラインは無いが、将来の実用高温ガス炉ではHTTRの1次ヘリウム純化設備の構成をそのまま適用するのではなく、CuOTをバイパスするラインを設置し、CuOTの温度制御とバイパス流量制御の両方を、利用できるように設計するべきと考える。

## 謝 辞

本報告書をまとめるにあたり、貴重なご助言を頂いた 石原正博 高温工学試験研究炉部長、高田昌二 HTTR 技術課長に深く感謝いたします。

また、HTTR 運転管理課の方々には、通常運転時とは大きく異なる設備の操作を確実に実施していただくため、手順書の確認や実験のリハーサルを行っていただきました。関係者の注意深い検討と準備を積み重ねた結果、試験を成功裏に終えることができましたことを、感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 倉田有司, 小川豊, 中島甫, “高温ガス炉用 Ni 基耐熱合金のクリープ挙動に及ぼす脱炭性ヘリウム雰囲気の影響,” 鐵と鋼, vol. 74, no. 2, pp. 380–387, 1988.
- [2] 倉田有司, 小川豊, 中島甫, “高温ガス炉用 Ni 基耐熱合金のクリープ挙動に及ぼす浸炭性ヘリウム雰囲気の影響,” 鐵と鋼 日本鐵鋼協會々誌, vol. 74, no. 11, pp. 2185–2192, 1988.
- [3] 坂場成昭, 中川繁昭, 古澤孝之, 江森恒一, 橘幸男, “高温ガス炉 HTTR の冷却材中の化学的不純物特性,” 日本原子力学会和文論文誌 vol. 3, no. 4, pp. 388–395, 2004.
- [4] N. Sakaba, S. Hamamoto, and Y. Takeda, “R&D of lifetime extension for primary materials by active chemistry control for coolant helium: A study of chemical equilibrium in the HTGR core,” *Trans. Am. Nucl. Soc.*, vol. 97, pp. 678–680, 2007.
- [5] 濱本真平, 坂場成昭, 竹田陽一, “超高温ガス炉用耐熱合金の脱炭を抑制する冷却材の純度管理設備の効率制御方法の検討,” 日本原子力学会和文論文誌, vol. 9, no. 2, pp.174-182, 2010.

表 1 系統の運転条件

Date	温度 [°C]	圧力 [MPa]	流量 [kg/h]
2008/3/20 10:56 - 14:17	167	3.46	190
2008/3/21 10:24 - 13:37	138	3.42	189
2008/3/21 17:39 - 20:52	106	3.40	188
2008/3/22 10:04 - 13:20	79	3.37	187
2008/3/22 16:55 - 20:35	53	3.35	186



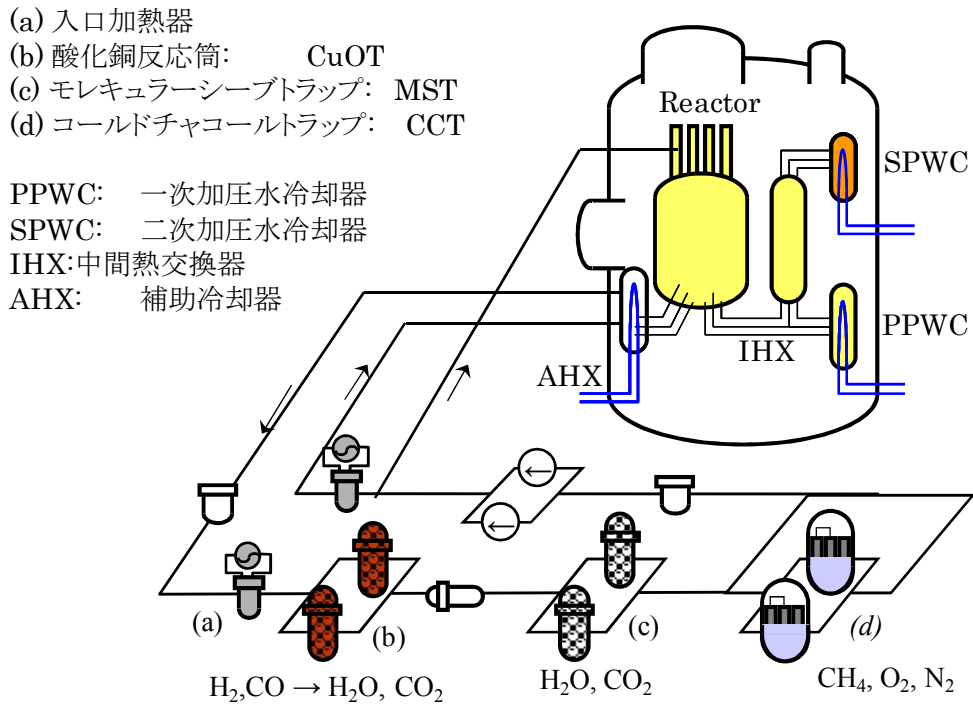


図1 HTTR と純化設備の概略図

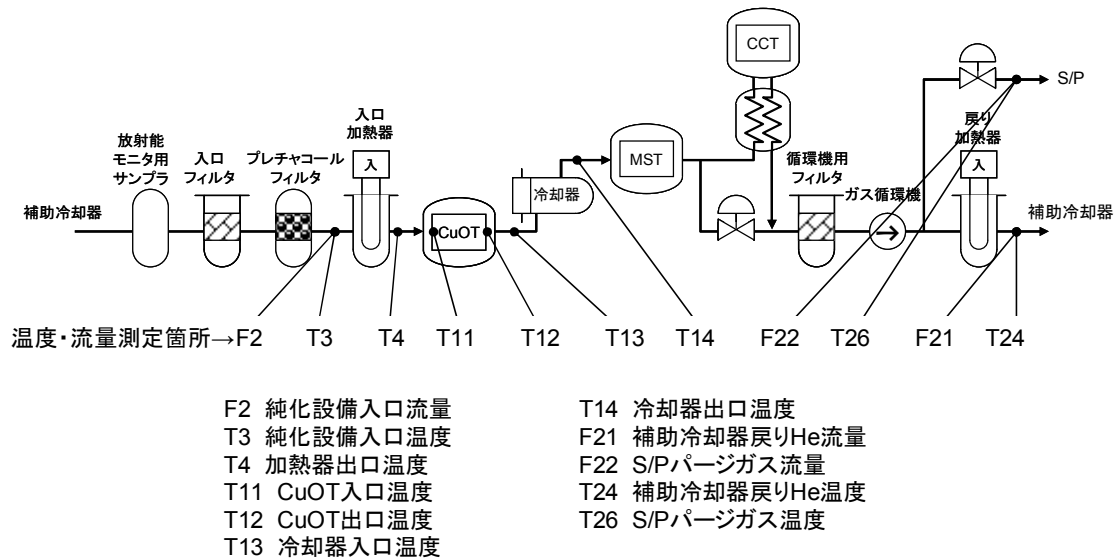


図2 温度測定箇所



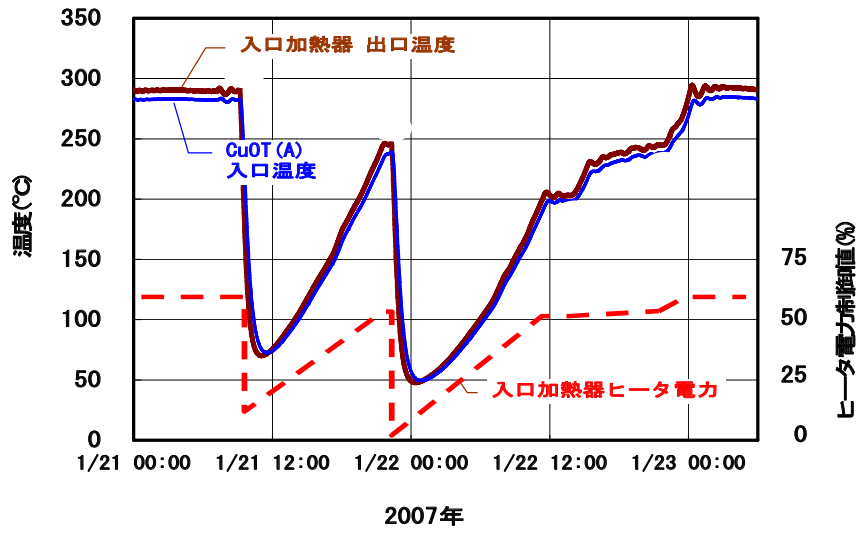


図3 1次純化設備入口加熱器の応答性確認結果

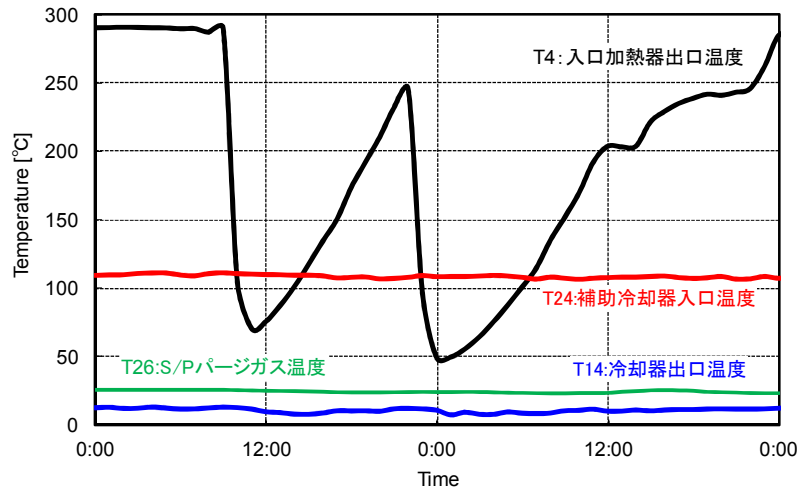


図4 1次ヘリウム純化設備入口加熱器温度変更の影響

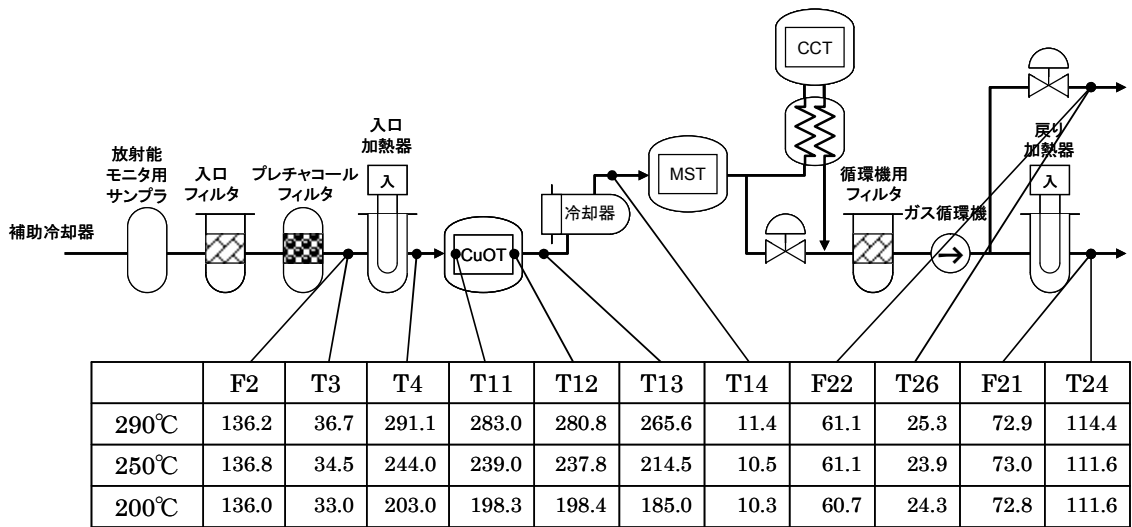


図5 加熱器出口温度を下げたときの純化設備内各部のプロセス値

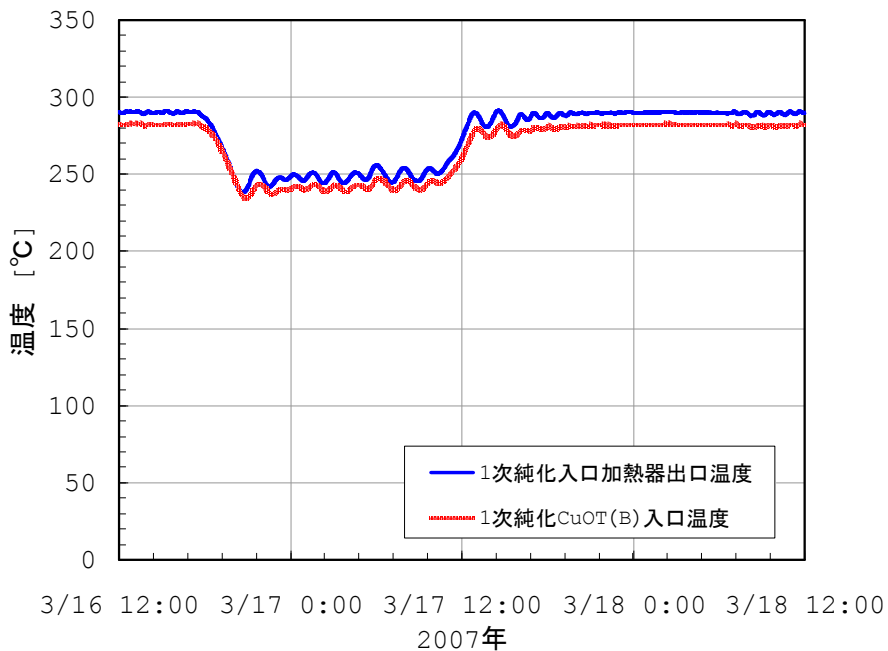


図6 制御定数変更後の1次ヘリウム純化設備入口加熱器の応答性確認

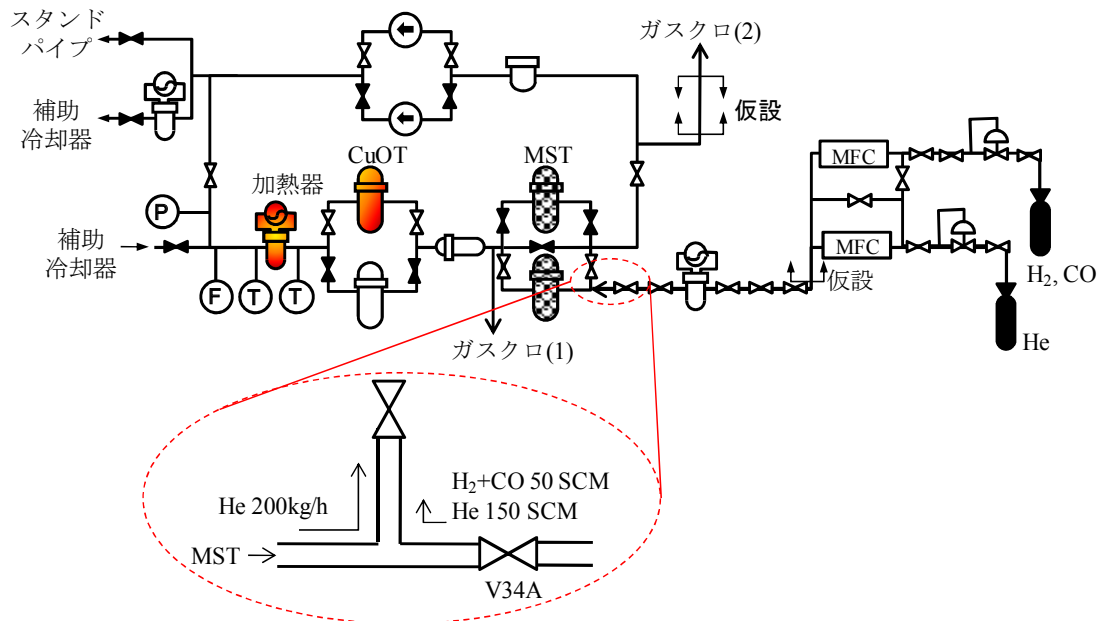


図7 1次ヘリウム純化設備性能評価作業の系統構成

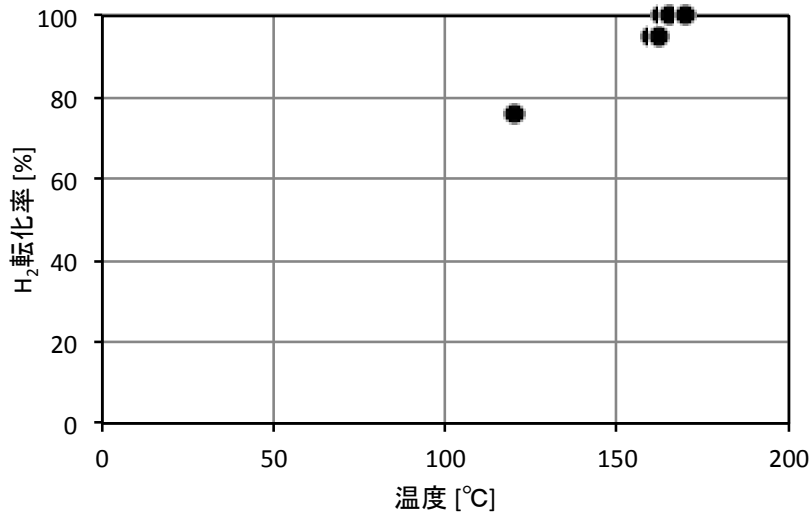


図8 HENDELのCuOTのH<sub>2</sub>転化率温度依存性

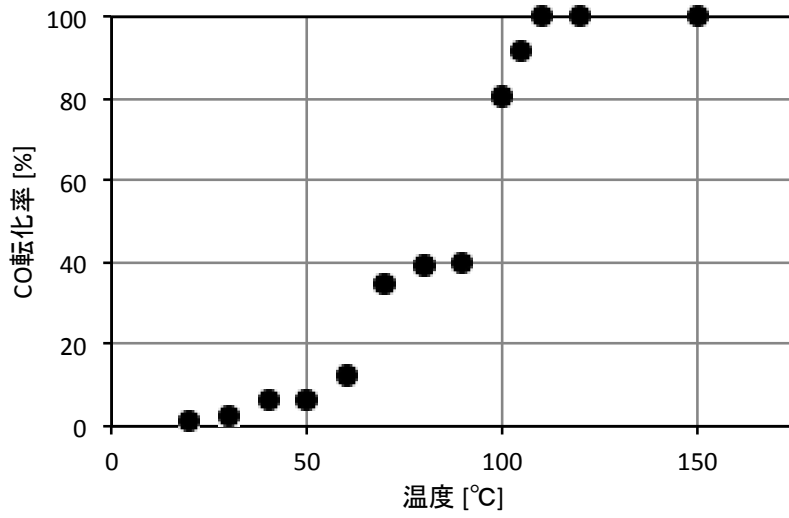


図9 HENDELのCuOTのCO転化率温度依存性

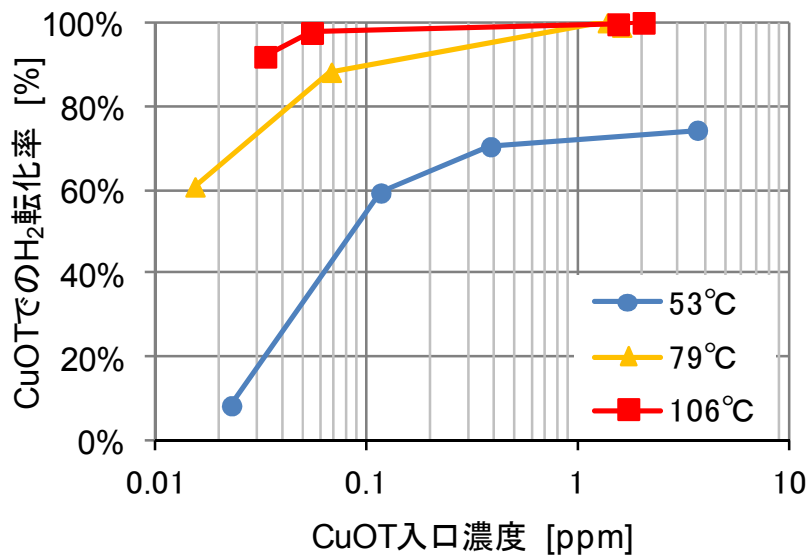


図10 CuOTのH<sub>2</sub>転化率の入口濃度依存性

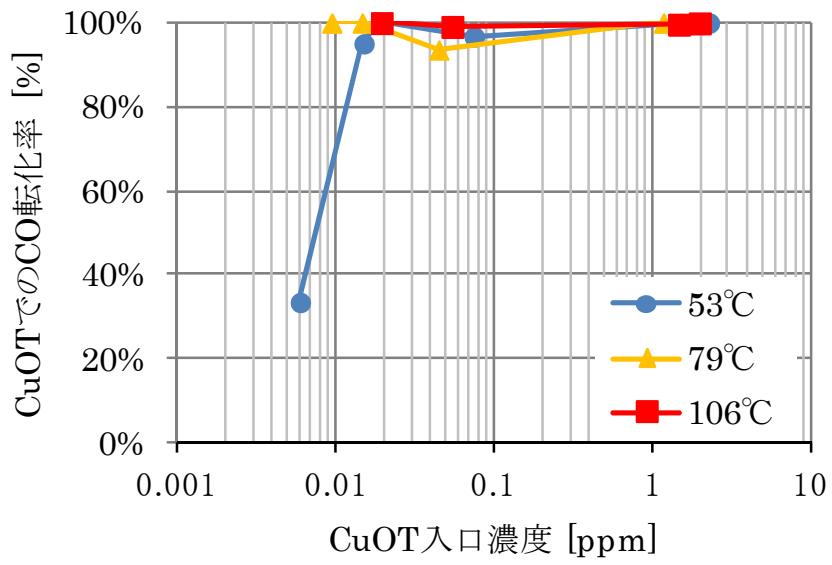


図 11 CuOT の CO 転化率の入口濃度依存性

This is a blank page.

付 録 1

転化率制御実験の手順書

This is a blank page.



改訂来歴	
改訂	H20.3.12
作成	H20.3.11

# HTTR1 次ヘリウム純化設備 性能確認作業実施要領書

HTTR 運転管理課

HTTR 技術課

承認	確認	作成		
HTTR 運転管理課	HTTR 技術課	HTTR 運転管理課 技術管理係	HTTR 運転管理課 冷却機器第一係	HTTR 技術課 燃料管理係

## 1. 本作業の目的

高温ガス炉に関する技術開発の一環として、1次系ヘリウムの純化能力を制御することにより原子炉運転中の化学的不純物濃度を炭素輸送抑制や耐熱金属保護に優れた環境に維持する純度管理技術の開発を進めている。

このためには、それぞれのトラップ性能と不純物濃度の関係を出来る限り正確に予測する必要があるが、現在のところ、酸化銅反応筒(CuOT)の加熱温度に対する H<sub>2</sub>・CO 除去性能、またモレキュラーシーブトラップ(MST)の H<sub>2</sub>O の除去性能の 2 点が明らかになっていない。

そこで、今後新しい純度管理技術の開発を進めていくにあたり、今回は酸化銅反応筒の性能確認を行うため、純化設備内に不純物を注入する装置を接続し、トラップ前後の不純物濃度差及び不純物濃度推移から酸化銅反応筒(CuOT)運転温度に対する H<sub>2</sub>・CO 除去性能を確認する。

## 2. 作業内容

トラップの性能確認を行う際は、図 1 に示すように純化設備を原子炉 1 次冷却系統から隔離し、純化設備内で閉じた系内でヘリウムを循環させる。この時の純化設備系統内の不純物濃度は次に示す式で表わされる。

$$(\text{発生速度}) - (\text{除去速度}) = (\text{不純物濃度})$$

よって不純物の発生量を任意に制御することでトラップの性能を確認する。

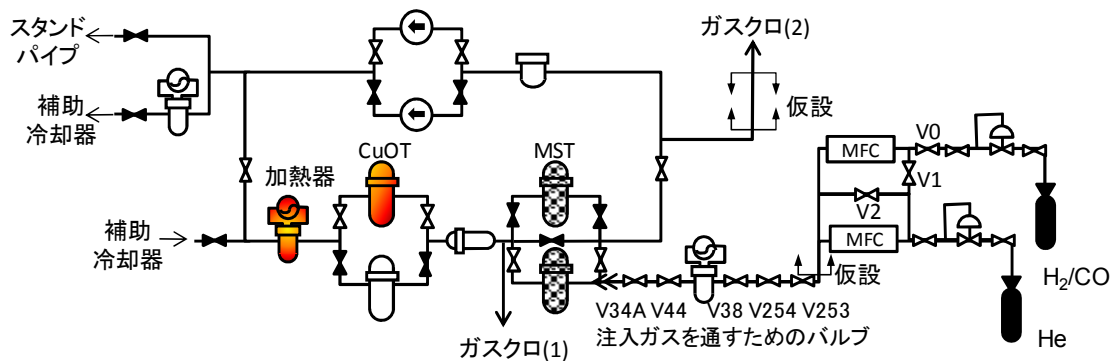


図 1 純化設備性能確認作業の系統構成

作業は以下に示すステップで行う。

- ① 起動前点検 + ヘリウム充填 (初期充填圧力 3.2MPa)
- ② ヘリウム循環 + 酸化銅反応筒の昇温 (230°C まで)  
V34A までの試験ガスの充填 (初期充填圧力 3.6MPa)
- ③ ヘリウム循環 + 酸化銅反応筒 (230°C) + 不純物注入
- ④ ヘリウム循環 + 酸化銅反応筒の段階的な降温 (110°C まで) + 不純物注入
- ⑤ 純度を確認してヘリウムを回収

本作業の系統の運転条件を表 1 に示す

表 1 系統の運転条件

1 3/14 金	2 3/15 土	3 3/16 日	4 3/17 月	5 3/18 火	6 3/19 水	7 3/20 木	8 3/21 金	9 3/22 土	10 3/23 日	11 3/24 月
全点検 起動前点検 圧張り		直開始								直終了
		循環機起 ヒータON	試験調圧調 230°C	230°C 降温 200°C	200°C 降温 170°C	170°C 降温 140°C	140°C 降温 110°C	110°C		He回収 循環機停止 ヒータOFF
		ガスクロ ON		注入	注入	注入	注入	注入 パージ		ガスクロ OFF

3. 体制

本作業は通常の保安体制にて実施する。実施体制を図 2 に示す。HTTR 運転管理課長は本作業を実施するにあたり、運転班と試験班の 2 班を設ける。また運転及び試験班員の作業・操作は運転班長の指示・確認の下に行う。

運転班は直勤務で 1 次ヘリウム純化設備を含む本体施設の運転を行い、試験班は純化設備の性能確認に必要な試験ガスの注入、サンプリング設備によるデータ収集、及び性能評価を行う。本体施設の起動・停止時操作に必要な人員を補助するため、本作業に用いる機器に精通した冷却機器第一係を運転員の補助に充てる。またサンプリング設備の操作に精通した技術管理係を試験班の補助に充てる。

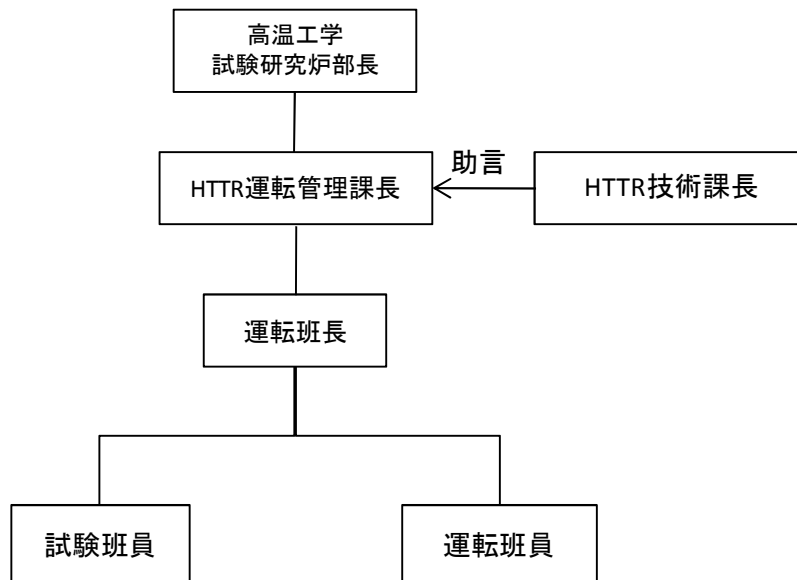


図 2 体制図

#### 4. 実施方法

本作業は「HTTR1 次ヘリウム純化設備トラップ性能確認手順書(別紙 1)」及び「HTTR1 次ヘリウム純化設備性能確認手順書 (1) CuOT 性能確認(別紙 2)」に従い実施する。

運転中の圧力変化が想定範囲から逸脱した場合、ヘリウムを充填・回収できる要領を「1 次ヘリウム純化設備等 運転中の He 充填要領書(別紙 3)」及び「1 次ヘリウム純化設備等 運転中の He 回収要領書(別紙 4)」に定める。各手順書の関係を図 3 に示す。

なお、各作業と担当班の関係は次のとおりである。

別紙 1・3・4 は運転班が実施する。別紙 2 の V34A 等本体施設側のバルブ・機器操作及び加熱器の温度変更は運転班が実施する。

試験班は別添 1 に示す H<sub>2</sub>/CO ボンベ元弁等の仮設機器の操作を行う。またサンプリング設備の操作を記す別添 2 から別添 5 については、試験班が実施する。

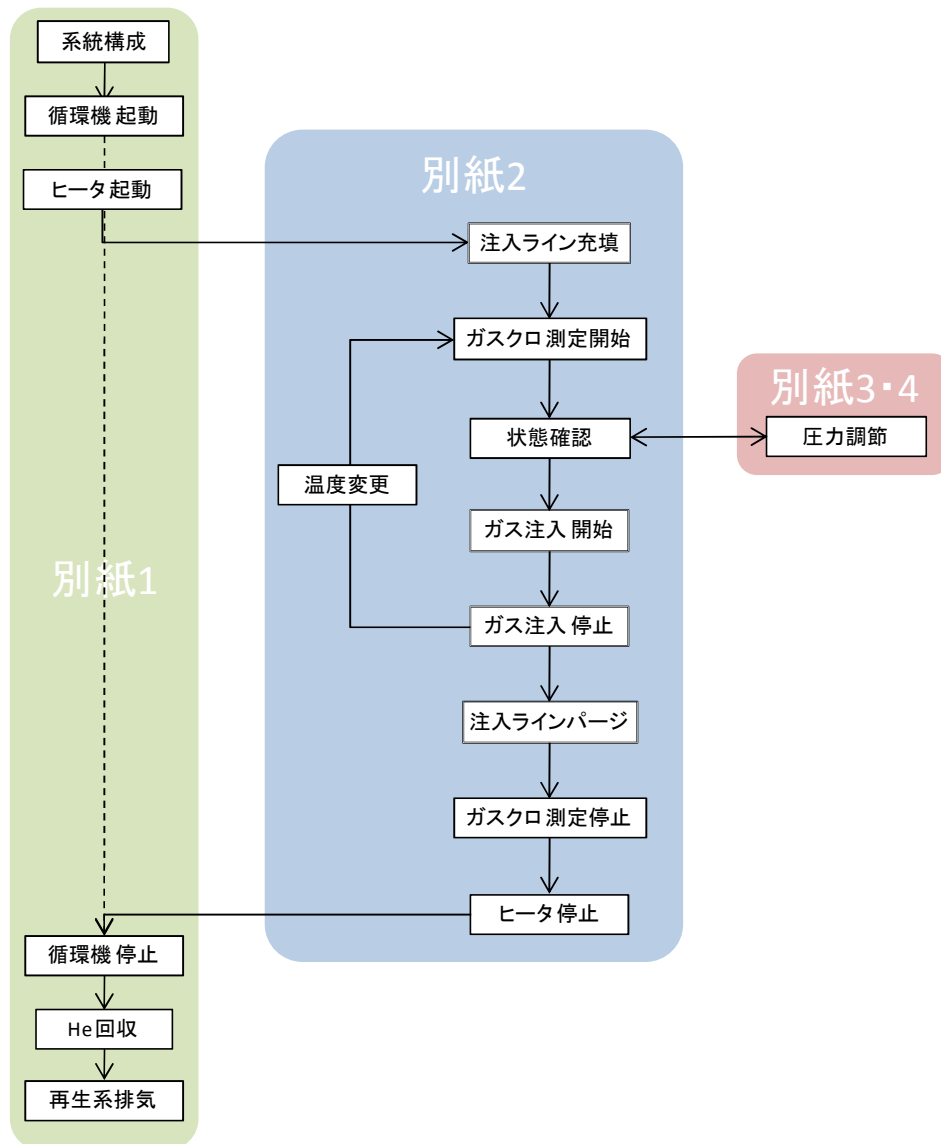


図 3 各作業で用いる手順書の関係

## 5. 安全確保

本作業は通常の純化設備点検をベースとして、試験ガスを酸素供給ラインから注入し、酸化銅反応筒の性能を確認するものである。したがって、純化設備本体の運転は既存の運転要領の範囲内で実施するので、新たに考慮すべき安全上の課題は発生しない。

酸素供給ラインを利用して、水素(可燃)と一酸化炭素(可燃&毒性)及びヘリウムの混合ガスである試験ガスを注入する。ガスの組成は、He 75%、試験ガス 25%である。したがって、試験ガスの漏えいに関する安全対策を講じる必要がある。

### 5.1 漏えいの防止

本作業では既設の酸素供給ラインに仮設配管を接続し、試験ガスを供給する。仮設配管はメカニカルジョイントで接続する。そこで、系統構成後、ヘリウムガスを充填、昇圧(4MPa)し、ジョイント部の漏えい試験(発泡検査)を行い、系統が健全であることを確認する。

### 5.2 漏えいの監視、及び検知

ガスボンベおよび仮設配管は図 4 に示す H124 室に設置する。H124 室にはガス漏えい検知器(H<sub>2</sub>用及び CO 用)を設置し、試験ガス供給時はH124 室の隣室(H125)に試験員が常駐して H124 室に設置したガス漏えい検知器を LAN カメラ経由で常時監視する。漏えい時には警報音及び警報ランプにて隣室に待機している試験員に漏えい発生を知らせる。

ガス漏えい検知器の警報設定値を以下の 2 段階とする。

- CO の第一段階警報濃度:25ppm (自主基準)
- CO の第二段階警報濃度:50ppm (CO のじょ限量<sup>1</sup> : 高圧ガス保安規則関連基準に準拠)
- H<sub>2</sub> の許容濃度:1% (爆発下限界濃度の 1/4 以下)

なお、純化設備の系統内不純物濃度は 2ppm 程度となるように試験ガスの流量を設定している。系統内不純物濃度は 1 次ヘリウムサンプリング設備により常時監視し、万一、何らかの異常により濃度が上昇し、100ppm 以上となった場合は、試験ガスの供給を停止する。

### 5.3 ガス漏えい時の対応

ガス漏えい検知器の警報が発報したら、室外から遮断弁 V0 を電氣的に閉止し、室内の濃度が警報設定値以下に低下するのを待って、H124 室に入出してボンベ元弁を閉止する。(図 1 参照)

また、V34A および V38 を制御室にて遠隔操作により閉止し、純化設備から不純物注入系統を切り離すとともに、試験ガス供給を中止する。これらの措置は、別添 6 に記し、運転班・試験班に周知する。

なお、ボンベ全量が瞬時に室内に吹出し、均一に空気と混合したときの室内の水素及び一酸化炭素の濃度はそれぞれ 0.7%になる。(H135 室を含むH124 室の容積 316m<sup>3</sup> に 2.3Nm<sup>3</sup>(=47ℓ\*98/1000\*50%)が均一に拡散したとする)水素の爆発下限界濃度は 4%、一酸化炭素の爆発下限界濃度は 12.5%であり、全量が漏えいしても爆発が発生することは考えられない。

<sup>1</sup> 「じょ限量」とは、一般の人が有害ガス等を含んだ環境のもとで中程度の作業を 1 日 8 時間行い、かつ長期間継続しても健康に障害を及ぼさない程度の有害ガス濃度の限界。

## 6. 作業終了時の He 回収

本作業による He 不純物濃度の変化が、HTTR の設備に影響を与えないよう、He 不純物濃度が 1ppm 以下であることを確認した後、He 回収を行う。判断基準を満足しない場合は、気体廃棄物廃棄施設を通して He を廃棄する。なお作業終了時に注入ラインに残った試験ガスは、ヘリウムガスによりページし、気体廃棄物廃棄施設に廃棄する。

参考:1 次ヘリウムとして使用しているヘリウムの含有不純物

水素:<1ppm

一酸化炭素:・ppm(測定値なし。)

酸素:<5ppm

メタン:<7ppm (炭化水素)

水分:<65DP(≒0.13ppm at 4MPa)

## 7. その他

### (1) 仮設不純物注入装置・仮設配管の保安規定上の取扱い

本作業では試験対象トラップの出入口から同時にヘリウムを採取し、不純物濃度を測定するため、サンプリング設備内で配管の取り回しを変更する。また、1 次純化設備の酸素注入装置に不純物注入装置を接続する。前記 2 点の既存設備の変更範囲は、設工認申請図に「申請範囲外」と明記されている。このことから本作業は設工認に抵触しない。

### (2) 使用圧力に関する事項

He の充填や減圧操作は原子炉運転のために通常行っている実績ある操作手順であるが、今回は隔離された純化設備内で行うという点で、インベントリが小さくなった効果が温度、圧力の制御にどう影響するかは不明確である。そのため、通常運転圧力 3.9MPa を超えないよう、1 次純化設備系統内の圧力は常温時の初期状態を 3.2MPa とする。また不純物注入装置の使用圧力は最高 3.9MPa までとする。

### (3) 試験ガス注入装置に関する取扱い

不用意な吸引による中毒の発生を防ぐため、試験ガスボンベの接続及び取り外し作業を行う際は、十分な換気を行う。不純物注入装置に試験ガスボンベを接続後、直ちに別系統から He を注入し、ラインの漏えいの有無を確認する。

水素及び一酸化炭素は 1 次純化設備の配管及び容器内で爆発が起きないように、配管内を He 置換した後、試験ガスの供給を行う。

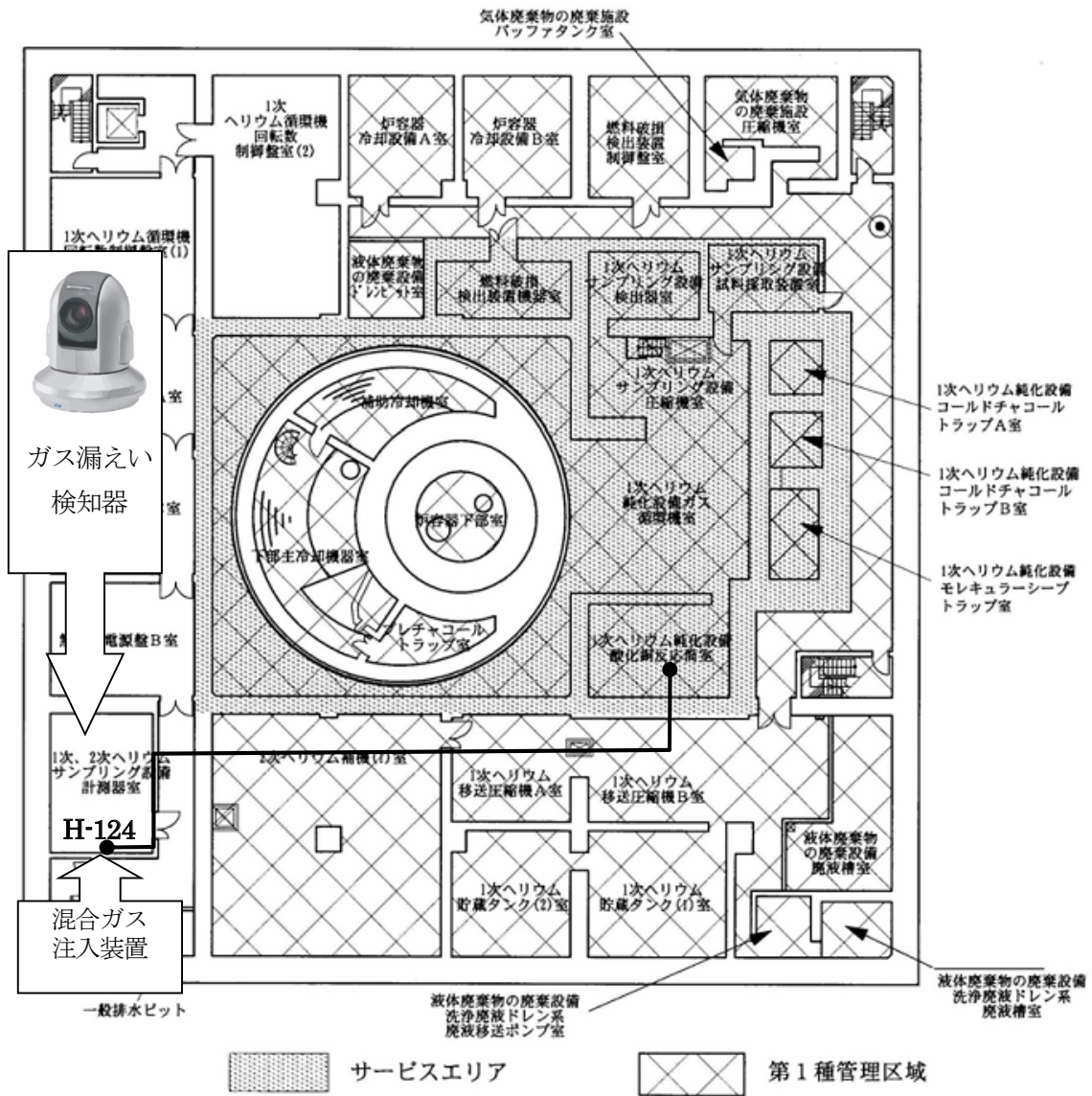


図4 不純物注入装置の設置場所



**HTTR1 次ヘリウム純化設備トラップ性能確認手順書**

開始日:平成 年 月 日 曜日

終了日:平成 年 月 日 曜日

担当: \_\_\_\_\_

課長	班長

No.	操作・確認項目	番号	場所	確認	備考
<b>1. ヘリウム充填作業</b>					
(1)	①全点検が終了していることを確認する。		N-115 等		
	②トラップは A を使用する。		CuOT-A MST-A CCT-A		
	③凝縮水ドレンの閉を確認する。	161V80 161V82	OPS		
	④1 次ヘリウム純化設備出入口流量差大ブロックを行うこと。	161DFS23A2 161DFS23B2	H-319 H-314		
(2)	<b>系統構成(系統隔離)</b>				
	①C/V・S/A 隔離弁の閉を確認する。	161VI2 161VI3 161VI5 161VI7	副 盤		
	②MST 出口弁の閉を確認する。	161V14A 161V14B	副 盤		
	③MST 入口弁の閉を確認する。	161V13A 161V13B	OPS		
	④CuOT 出口弁の閉を確認する。	161V12A 161V12B	OPS		
	⑤CuOT 入口弁の閉を確認する。	161V11A 161V11B	OPS		
	⑥CCT 入口弁の閉を確認する。	161V16A 161V16B	OPS		
	⑦CCT 出口弁の閉を確認する。	161V17A 161V17B	副 盤		
	⑧再生系ヘリウム供給弁の閉を確認する。	161V40	副 盤		
	⑨CCT、CuOT、MST 再生初期減圧弁の閉を確認する。	161V45 161V46	副 盤		
	⑩真空ポンプ入口弁及びバイパス弁の閉を確認する。	161V47 161V49	OPS		
	⑪酸素供給弁の閉を確認する。	161V38	副 盤		
⑫MST バイパス弁の閉を確認する。	161V15	OPS			



No.	操作・確認項目	番号	場所	確認	備考
	⑬燃料破損検出用ヘリウム供給弁の閉を確認する。	161V25A 161V25B	副盤		
	⑭1次ヘリウム排出遮断弁の閉を確認する。	163V73	副盤		
	⑮MST 入口サンプリング弁の閉を確認する。	161V63A 161V63B	副盤		
	⑯MST 出口サンプリング弁の閉を確認する。	161V65A 161V65B	副盤		
	⑰CuOT 再生入口弁の閉を確認する。	161V32A 161V32B	OPS		
	⑱CuOT 再生出口弁の閉を確認する。	161V31A 161V31B	OPS		
	⑲MST 再生入口弁の閉を確認する。	161V34A 161V34B	OPS		
	⑳MST 再生出口弁の閉を確認する。	161V35A 161V35B	OPS		
	㉑CCT 再生入口弁の閉を確認する。	161V37A 161V37B	OPS		
	㉒CCT 再生出口弁の閉を確認する。	161V36A 161V36B	OPS		
(3)	<b>再生系系統構成</b>				
	①再生系加熱器出入口弁の「閉」を確認する。	161V43 161V44	OPS		
	②再生系ガス循環機入口流量調整弁の開度を100%とする。	161VC41	OPS		
	③MST 再生入口弁を開とする。	161V34A 161V34B	OPS		
	④CuOT 再生入口弁を開とする。	161V32A 161V32B	OPS		
(4)	<b>サンプリング設備系統構成</b>				
	①1次サンプリングのガスクロ、水分計の弁操作を行う。 <b>(別添2を実施)</b>	ガスクロ 水分計	H-124		試験班にて実施
	②MST 入口サンプリング弁を開とする。	161V63A 161V63B	副盤		
	③MST 出口サンプリング弁を開とする。	161V65A 161V65B	副盤		
	④圧縮機入口弁を開とする。	165V14A 165V14B	OPS		

No.	操作・確認項目	番号	場所	確認	備考
	⑤圧縮機出口弁を開とする。	165V15A 165V15B	N-114		
	⑥1次ヘリウム純化戻り弁を開とする。	165V19 165V20	副盤		
(5)	<b>純化設備系統構成</b>				
	①ガス循環機入口弁を開とする。	161V22A 161V22B	副盤		
	②ガス循環機出口弁を開とする。	161V23A 161V23B	OPS		
	③ガス循環機入口調整弁の開度を100%とする。	161VC21	OPS		
	④CCTバイパス弁の開度を100%とする。	161VC1	OPS		
	⑤1次純化バイパス弁を開とする。	161V2	OPS		
	⑥MST出口弁を開とする。	161V14A 161V14B	副盤		
	⑦MST入口弁を開とする。	161V13A 161V13B	OPS		
	⑧CuOT出口弁を開とする。	161V12A 161V12B	OPS		
	⑨CuOT入口弁を開とする。	161V11A 161V11B	OPS		
	⑩CCT入口弁を開とする。	161V16A 161V16B	OPS		
	⑪CCT出口弁を開とする。	161V17A 161V17B	副盤		
(6)	<b>ヘリウム充填</b>				
	①1次ヘリウム貯蔵タンク圧力及び供給タンク圧力を記録する。	163P1A 163P1B 163P1C 163P1D 163P1E 163P1F 163P4	OPS	A _____ MPa B _____ C _____ D _____ E _____ F _____ P4 _____	ハードコピー
	② 系統の最終確認をする。 ・供給タンク→再生系(トラップ)→純化系→サンプリング設備までの手動弁・空気作動弁がHe充填を実施できる状態になっていること。		OPS		系統図で確認

No.	操作・確認項目	番号	場所	確認	備考
	③再生系ヘリウム供給弁を開とし、設定圧力(3.2)MPaになれば閉とする。	161V40	副盤	MPa	161P34 161P3 <u>注意:161P34の圧力を確認しながら設定圧力を超えないようサンプリング(165P1)と均圧するまで、He充填を数回行う。</u>
<b>供給タンクで設定圧力のHe充填ができない場合に161V40を「閉」後、④～⑥を実施</b>					
	④ヘリウム移送圧縮機入口止弁の閉を確認後、以下を実施。 1次貯蔵タンクA回収弁、移送切替弁A及び供給タンク供給弁を開とし、均圧させる。	163V5A 163V5B	K-122M		
		163V2 163V3 163V9	OPS		
	⑤1次貯蔵タンクA回収弁、移送切替弁A及び供給タンク供給弁を閉とする。	163V2 163V3 163V9	OPS		
	⑥再生系ヘリウム供給弁を開とし、設定圧力(3.2)MPaになれば閉とする。	161V40	副盤	MPa	161P34 161P3 <u>注意:161P34の圧力を確認しながら設定圧力を超えないようサンプリング(165P1)と均圧するまで、He充填を数回行う。</u>
	⑦1次ヘリウム貯蔵タンク圧力及び供給タンク圧力を記録する。	163P1A 163P1B 163P1C 163P1D 163P1E 163P1F 163P4	OPS	A _____ MPa B _____ C _____ D _____ E _____ F _____ P4 _____	ハードコピー 純化 再生 サンプリング 貯供
<b>2. 純化系ガス循環機及びサンプリング圧縮機の起動</b>					
(1)	<b>起動前系統構成(系統隔離)</b>				
	①CuOT再生出口弁の閉を確認する。	161V31A 161V31B	OPS		
	②CuOT再生入口弁を閉とする。	161V32A 161V32B	OPS		
	③MST再生出口弁の閉を確認する。	161V35A 161V35B	OPS		
	④MST再生入口弁を閉とする。	161V34A 161V34B	OPS		

No.	操作・確認項目	番号	場所	確認	備考
	⑤再生系加熱器出入口弁の閉を確認する。	161V43 161V44	OPS		
(2)	<b>純化設備系統構成</b>				
	①1 次純化設備バイパス弁の開を確認する。	161V2	OPS		
	②ガス循環機入口弁の開を確認する。	161V22A 161V22B	副 盤		
	③ガス循環機出口弁の開を確認する。	161V23A 161V23B	OPS		
	④CuOT 入口弁の開を確認する。	161V11A	OPS		
	⑤CuOT 出口弁の開を確認する。	161V12A	OPS		
	⑥MST 入口弁の開を確認する。	161V13A	OPS		
	⑦MST 出口弁の開を確認する。	161V14A	副 盤		
	⑧CCT 入口弁の開を確認する。	161V16A	OPS		
	⑨CCT 出口弁を「閉」とする。	161V17A	副 盤		
	⑩CuOT 入口弁を閉とする。	161V11B	OPS		
	⑪CuOT 出口弁を閉とする。	161V12B	OPS		
	⑫MST 入口弁を閉とする。	161V13B	OPS		
	⑬MST 出口弁を閉とする。	161V14B	副 盤		
	⑭CCT 入口弁を閉とする。	161V16B	OPS		
	⑮CCT 出口弁を閉とする。	161V17B	副 盤		
	⑯CCT バイパス弁の開度が 100%となっていることを確認する。	161VC1	OPS		
	⑰ガス循環機入口流量調節弁を開度 40%とする。	161VC21	OPS		
	⑱CuOT 差圧計均圧弁を「閉」とする。	DP161-12	N-177		養生タグの取外し
	⑲MST 差圧計均圧弁を「閉」とする。	DP161-13	N-177		養生タグの取外し
(3)	<b>サンプリング設備系統構成</b>				
	①圧縮機入口弁の開を確認する。	165V14A 165V14B	OPS		
	②圧縮機出口弁の開を確認する。	165V15A 165V15B	N-114		
	③MST 入口サンプリング弁の開を確認する。	161V63A 161V63B	副 盤		
	④MST 出口サンプリング弁の開を確認する。	161V65A 161V65B	副 盤		
	⑤1 次ヘリウム純化設備戻り弁の開を確認する。	165V19 165V20	副 盤		

No.	操作・確認項目	番号	場所	確認	備考
(4)	<b>冷水供給系の起動</b>				
	①膨張タンクの水位及び圧力を確認する。	161L52 161P53	OPS	<u>        </u> mm <u>        </u> MPa	
	②一般冷却水入口弁を開とする。	161V58B	OPS		
	③一般冷却水流量を確認する。	161FI151	K-122A	<u>        </u> m <sup>3</sup> /h	約 36m <sup>3</sup> /h
	④冷水戻り S/A 外隔離弁及び S/A 内止弁の開を確認する。	161VI52 161V51	副盤		
	⑤冷水装置冷水入口弁の閉を確認する。	161V53A 161V53B	OPS		
	⑥冷水ポンプ B 号機を起動する。	161P1B	OPS	:	
	⑦冷水ポンプ B 号機に異音、異臭及び異常な振動がないことを確認する。	161P1B	K-122B		
	⑧冷水ポンプ A 号機を自動とする。	161P1A	OPS		「A」点灯
	⑨冷水装置 B 号機を起動する。	161CU1B	OPS	:	
	⑩冷水装置 B 号機に異音、異臭及び異常な振動がないことを確認する。	161CU1B	K-122B		
	⑪冷水装置 A 号機を自動とする。	161CU1A	OPS		「A」点灯
	⑫冷水装置出口冷水圧力を確認する。	161P51	OPS	<u>        </u> MPa	0.98MPa 以下
	⑬冷水装置出口流量を確認する。	161F51	OPS	<u>        </u> m <sup>3</sup> /h	45～50m <sup>3</sup> /h
	⑭冷水装置出口温度の低下を確認する。	161T52	OPS		

No.	操作・確認項目	番号	場所	確認	備考
(5)	<b>ガス循環機B号機の起動</b>				
	①入口加熱器及び戻り加熱器の「切」を確認する。	161HX1 161HX3	OPS		
	②ガス循環機 A 号機が停止中であること及び圧力を確認する。	161B1A 161P3	OPS	_____ MPa	「M」点灯
	③系統の最終確認をする。 手動弁及び空気作動弁が、閉ループでガス循環機を起動できる状態になっていること。		OPS 等		系統図で確認
	④ガス循環機 B 号機を起動する。	161B1B	OPS	:	ハードコピー
	⑤ガス循環機 B に異音、異臭及び異常な振動がないことを確認する。	161B1B	OPS N-115		
	⑥ガス循環機 B 出入口弁の開を確認する。 CuOT 入口弁の開を確認する。	161V22B 161V23B 161V11A	副 盤 OPS		
	⑦入口加熱器入口流量を確認する。	161F2	OPS	_____ kg/h	
	⑧入口加熱器の SV 値を 230 とし、161TIC4 をマニュアルからオートにした後、切から入とする。	161HX1 161TIC4	OPS	SV: _____	「A」点灯
	⑨入口加熱器の MV 値が上昇することを確認する。	161TIC4	OPS	MV: _____	
(6)	<b>気体廃棄物廃棄施設圧縮機 B 号機の起動</b>				
	①B 処理系廃ガス受入弁の閉を確認する。	201V51～ V55	OPS		
	②減衰タンク圧力を確認する。	201P1A 201P1B	OPS	A: _____ MPa B: _____ MPa	
	③減衰タンク入口弁の閉を確認する。	201V5A 201V5B	OPS		
	④減衰タンク出口弁の閉を確認する。	201V6A 201V6B	OPS		
	⑤減衰タンク B 入口弁を開とする。	201V5B	OPS		
	⑥廃棄ヘリウム S/A 内止め弁を開とする。	165V42	OPS		
	⑦系統の最終確認をする。 バッファタンク→圧縮機→減衰タンクまでの手動弁及び空気作動弁が圧縮機を起動できる状態になっていること。		OPS 等		系統図で確認
	⑧圧縮機 B 号機を起動する。	201COM1B	OPS	:	
	⑨圧縮機 B に異音、異臭及び異常な振動がないことを確認する。	201COM1B	OPS K-106		
	⑩圧縮機 B 出口弁の開を確認する。	201V4B	OPS		
	⑪圧縮機 B 冷却水入口弁の開を確認する。	201V101B	OPS		
	⑫バッファタンクの圧力を確認する。	201P3	OPS	_____ kPa	-20～0kPa

No.	操作・確認項目	番号	場所	確認	備考
	⑬圧縮機 A の自動優先選択を行い、自動とする。	201COM1A	OPS		「A」点灯
	⑭1 次サンプリング廃ガス受入弁を開とする。	201V51	OPS		
(7)	<b>サンプリング圧縮機B号機の起動</b>				
	①圧縮機 A 号機が停止中であること及び圧力を確認する。	165CP1A 165P1	OPS	MPa	「M」点灯
	②システムの最終確認をする。 1次純化→圧縮機→1次純化までの手動弁・空気作動弁が圧縮機を起動できる状態になっていること。		OPS 等		系統図で確認
	③圧縮機 B 号機を起動する。	165CP1B	OPS	:	ハードコピー
	④圧縮機 B に異音、異臭及び異常な振動がないことを確認する。	165CP1B	OPS N-114		
	⑤1 次ヘリウム純化設備 戻りヘリウム流量を確認する。	165F1	OPS	kg/h	
<b>純化設備性能確認手順を実施。(別紙 2 へ進む)</b>					
(8)	<b>サンプリング圧縮機 B 号機の停止</b>				
	①圧縮機 B 号機を停止する。 停止後、入口弁の閉を確認する。	165CP1B 165V14B	OPS N-114	:	停止前 ハードコピー
(9)	<b>ガス循環機 B 号機の停止</b>				
	①ガス循環機 B 号機を停止する。 停止後、CuOT 入口弁の閉を確認後、 <b>早急</b> に CuOT 入口弁を開とする。 停止 20 秒後、ガス循環機出入口弁の閉を確認する。	161B1B 161V11A 161V22B 161V23B	OPS N-115 OPS 副 盤 OPS	:	ガス循環機停止操作・ CuOT 入口弁「開」操作 のそれぞれで OPS を使用 する。
(10)	<b>気体廃棄物廃棄施設圧縮機 B 号機の停止</b>				
	①純化設備ガス循環機、サンプリング設備圧縮機及びサンプリング計測器が停止していることを確認する。	161B1B 165CP1B サンプリング計測器	OPS		
	②廃棄ヘリウム S/A 内止め弁を閉とする。	165V42	OPS		
	③1 次サンプリング廃ガス受入弁を開とする。	201V51	OPS		
	④圧縮機 A 号機を手動とする。	201COM1A	OPS		「M」点灯
	⑤圧縮機 B 号機を停止する。	201COM1B	OPS K-106	:	
	⑥減衰タンク B 入口弁を閉とする。	201V5B	OPS		
	⑦圧縮機冷却水入口弁の閉を確認する。	201V101B	OPS		
	⑧減衰タンク圧力を確認する。	201P1A 201P1B	OPS	A: _____ MPa B: _____ MPa	

No.	操作・確認項目	番号	場所	確認	備考
(11)	冷水供給系の停止（継続してヘリウム回収作業を実施する場合、停止しない。）				
	①冷水装置 A 号機を手動とする。	161CU1A	OPS		「M」点灯
	②冷水装置 B 号機を停止する。	161CU1B	OPS	:	
	③冷水ポンプ B 号機を停止する。	161P1B	OPS	:	
	④冷水ポンプ A 号機を手動とする。	161P1A	OPS		「M」点灯
	⑤冷水装置冷水入口弁を開とする。	161V53A 161V53B	OPS		



No.	操作・確認項目	番号	場所	確認	備考
<b>3. ヘリウム回収作業</b>					
(1)	<b>再生系系統構成</b>				
	①冷水供給系が運転中であること。	161P1B 161CU1B	OPS K-122B		P51: _____ MPa F51: _____ m <sup>3</sup> /h T52: _____ °C
	②再生系加熱器出入口弁を閉とする。	161V43 161V44	OPS		
	③再生系ガス循環機入口流量調整弁の開度が 100%となっていることを確認する。	161VC41	OPS		
	④CuOT 再生入口弁の閉を確認する。	161V32A 161V32B	OPS		
	⑤CuOT 再生出口弁の閉を確認する。	161V31A 161V31B	OPS		
	⑥MST 再生入口弁の閉を確認する。	161V34A 161V34B	OPS		
⑦MST 再生出口弁の閉を確認する。	161V35A 161V35B	OPS			
(2)	<b>サンプリング設備系統構成</b>				
	①1 次サンプリングのガスクロ、水分計の弁操作を行う。 <u>(別添 3 を実施)</u>	ガスクロ 水分計	H-124		試験班にて実施
	②MST 入口サンプリング弁の開を確認する。	161V63A 161V63B	副 盤		
	③MST 出口サンプリング弁の開を確認する。	161V65A 161V65B	副 盤		
	④圧縮機入口弁を開とする。	165V14A 165V14B	OPS		
	⑤圧縮機出口弁の開を確認する。	165V15A 165V15B	N-115		
⑥1 次ヘリウム純化戻り弁の開を確認する。	165V19 165V20	副 盤			
(3)	<b>純化設備系統構成</b>				
	①ガス循環機入口弁を開とする。	161V22A 161V22B	副 盤		
	②ガス循環機出口弁を開とする。	161V23A 161V23B	OPS		
	③CCT バイパス弁の開度が 100%となっていることを確認する。	161VC1	OPS		
④1 次純化バイパス弁の開を確認する。	161V2	OPS			

No.	操作・確認項目	番号	場所	確認	備考
	⑤MST 出口弁を開とする。	161V14A 161V14B	副 盤		
	⑥MST 入口弁を開とする。	161V13A 161V13B	OPS		
	⑦CuOT 出口弁を開とする。	161V12A 161V12B	OPS		
	⑧CuOT 入口弁を開とする。	161V11A 161V11B	OPS		
	⑨CCT 入口弁を開とする。	161V16A 161V16B	OPS		
	⑩CCT 出口弁を開とする。	161V17A 161V17B	副 盤		
(4)	<b>貯蔵供給設備系統構成</b>				
	①燃料取扱設備ヘリウム供給弁の閉を確認する。	163V11	OPS		
	②1 次ヘリウム供給タンク供給弁の閉を確認する。	163V9	OPS		
	③ヘリウム移送圧縮機戻り弁の開度 0%を確認する。	163VC52	OPS		
	④ヘリウム移送圧縮機入口弁の開を確認する。	163V5A 163V5B	K-122M		
	⑤ヘリウム移送圧縮機出口弁の閉を確認する。	163V7A 163V7B	OPS		
	⑥1 次ヘリウム貯蔵タンク回収弁の閉を確認する。	163V2	OPS		
	⑦1 次ヘリウム移送切替弁の閉を確認する。	163V57	OPS		
	⑧1 次ヘリウム貯蔵タンク出入口弁の閉を確認する。	163V56、1B ~1F	OPS		
	⑨ヘリウムガス廃棄ライン止弁の閉を確認する。	163V59	K-120M		
(5)	<b>ヘリウム回収(ヘリウム移送圧縮機 A 号機 起動)</b>				
	①1 次ヘリウム貯蔵タンク圧力及び供給タンク圧力を記録する。	163P1A 163P1B 163P1C 163P1D 163P1E 163P1F 163P4	OPS	A _____ MPa B _____ C _____ D _____ E _____ F _____ P4 _____	ハードコピー

No.	操作・確認項目	番号	場所	確認	備考
	②1次ヘリウム圧縮貯蔵弁を開とする。	163V21	OPS		
	③1次ヘリウム貯蔵タンク出入口弁を開とする。	163V56、1B ～1F	OPS		
	④1次ヘリウム排出遮断弁を開とする。	163V73	副盤		
	⑤1次ヘリウム排出弁を開とする。	163V18	主盤		
	⑥1次ヘリウム移送切替弁を開とする。	163V3	OPS		
	⑦設備操作モードスイッチ 「 <u>排出</u> 」を選択する。		OPS		
	⑧ <u>システムの最終確認をする。</u> ・1次サンプリング設備→1次He純化設備→圧縮機→貯蔵タンクまでがHe回収できる状態になっていること。		OPS等		系統図で確認
	⑨圧縮機出口弁の作動確認を実施する。	163V7A	OPS		
	⑩ヘリウム移送圧縮機Aを起動する。	163COM1A	OPS	:	ハードコピー
	⑪163PIC24S1、PIC24S2を「A」とする。	PIC24S1 PIC24S2	OPS		
	⑫受入ラインオリフィスバイパス止弁を調整開とする。	163V20	N-178		163F2:30kg/hを超えないこと
(6)	<b>ヘリウム回収終了</b>				
	①目標圧力(161P3:約0.1MPa)に到達したら、ヘリウム移送圧縮機A号機を停止する。 停止後、圧縮機出口弁及び圧縮貯蔵弁の閉を確認する。	163COM1A  163V7A 163V21	OPS	:	161P3:0.1MPa
	②受入ラインオリフィスバイパス止弁を閉とする。	163V20	N-178		
	③1次ヘリウム貯蔵タンク出入口弁を閉とする。	163V56、 1B～1F	OPS		
	④1次ヘリウム排出弁を閉とする。	163V18	主盤		
	⑤1次ヘリウム排出遮断弁を閉とする。	163V73	副盤		
	⑥1次ヘリウム移送切替弁を閉とする。	163V3	OPS		
	⑦1次ヘリウム貯蔵タンク圧力及び供給タンク圧力を記録する。	163P1A 163P1B 163P1C 163P1D 163P1E 163P1F 163P4	OPS	A _____ MPa B _____ C _____ D _____ E _____ F _____ P4 _____	ハードコピー

No.	操作・確認項目	番号	場所	確認	備考
(7)	<b>冷水供給系の停止（継続して再生系ヘリウム排出を実施する場合、停止しない。）</b>				
	①冷水装置 A 号機を手動とする。	161CU1A	OPS		「M」点灯
	②冷水装置 B 号機を停止する。	161CU1B	OPS	:	
	③冷水ポンプ B 号機を停止する。	161P1B	OPS	:	
	④冷水ポンプ A 号機を手動とする。	161P1A	OPS		「M」点灯
	⑤冷水装置冷水入口弁を開とする。	161V53A 161V53B	OPS		
(8)	<b>機器・トラップ類の系統隔離</b>				
	①再生系加熱器出入口弁を閉とする。	161V43 161V44	OPS		
	②MST 入口サンプリング弁を閉とする。	161V63A 161V63B	副 盤		
	③MST 出口サンプリング弁を閉とする。	161V65A 161V65B	副 盤		
	④CuOT 再生入口弁の閉を確認する。	161V32A 161V32B	OPS		
	⑤CuOT 再生出口弁の閉を確認する。	161V31A 161V31B	OPS		
	⑥MST 再生入口弁の閉を確認する。	161V34A 161V34B	OPS		
	⑦MST 再生出口弁の閉を確認する。	161V35A 161V35B	OPS		
	⑧MST 出口弁を閉とする。	161V14A 161V14B	副 盤		
	⑨MST 入口弁を閉とする。	161V13A 161V13B	OPS		
	⑩CuOT 出口弁を閉とする。	161V12A 161V12B	OPS		
	⑪CuOT 入口弁を閉とする。	161V11A 161V11B	OPS		
	⑫CCT 入口弁を閉とする。	161V16A 161V16B	OPS		
	⑬CCT 出口弁を閉とする。	161V17A 161V17B	副 盤		
	⑭ガス循環機入口弁を閉とする。	161V22A 161V22B	副 盤		
	⑮ガス循環機出口弁を閉とする。	161V23A 161V23B	OPS		

No.	操作・確認項目	番号	場所	確認	備考
	⑩圧縮機入口弁の開を確認する。	165V14A 165V14B	OPS		
	⑪圧縮機出口弁の開を確認する。	165V15A 165V15B	N-114		
	⑫MST 入口サンプリング弁の開を確認する。	161V63A 161V63B	副 盤		
	⑬MST 出口サンプリング弁の開を確認する。	161V65A 161V65B	副 盤		
	⑭1 次ヘリウム純化設備戻り弁の開を確認する。	165V19 165V20	副 盤		ハードコピー 純化 再生 サンプリング 貯供
	⑮ヘリウム移送圧縮機入口弁を閉とする。	163V5A 163V5B	K-122M		
	⑯必要に応じて、1 次ヘリウム純化設備出入口流量差大ブロックの解除を行うこと。	161DFS23A2 161DFS23B2	H-319 H-314	:	
	⑰サンプリング設備及び純化設備の圧力が均圧後、1 次サンプリング設備のガスクロ・水分計の弁復旧を行う。(別添 5)	ガスクロ 水分計	H-124		試験班にて実施

No.	操作・確認項目	番号	場所	確認	備考
<b>4. 再生系ヘリウム排気</b>					
(1)	<b>再生系 系統構成</b>				
	①真空ポンプ入口弁の閉を確認する。	161V47	OPS		
	②真空ポンプ出口弁の閉を確認する。	161V48	OPS		
	③真空ポンプバイパス弁の閉を確認する。	161V49	OPS		
	④再生系ガス循環機入口流量調整弁の開度が 100%となっていることを確認する。	161VC41	OPS		
	⑤MST 再生入口弁を開とする。	161V34A	OPS		
	⑥MST 再生出口弁を開とする。	161V35A	OPS		
	⑦再生系加熱器出入口弁を開とする。	161V43 161V44	OPS		
(2)	<b>気廃 系統構成</b>				
	①B 処理系廃ガス受入弁の閉を確認する。	201V51～ V55	OPS		
	②減衰タンク入口弁の閉を確認する。	201V5A 201V5B	OPS		
	③減衰タンク出口弁の閉を確認する。	201V6A 201V6B	OPS		
	④減衰タンク圧力を確認する。	201P1A 201P1B	OPS	A: _____ MPa B: _____ MPa	
	⑤減衰タンク B 入口弁を開とする。	201V5B	OPS		
	⑥1次ヘリウム純化設備廃ガス受入れ S/A 隔離弁を開とする。	201V52	OPS		
(3)	<b>ヘリウム排出開始</b>				
	①冷水供給系が運転中であること。	161P1B 161CU1B			P51: _____ MPa F51: _____ m <sup>3</sup> /h T52: _____ °C
	② <u>系統の最終確認をする。</u> ・1次 He 純化設備→気廃の圧縮機→減衰タンクまでが He 排出を実施できる状態になっていること。		OPS 等		系統図で確認
	③圧縮機 B 号機を起動する。	201COM1B	OPS	:	
	④圧縮機 B に異音、異臭及び異常な振動がないことを確認する。	201COM1B	OPS K-106		
	⑤圧縮機 B 出口弁の開を確認する。	201V4B	OPS		
	⑥圧縮機 B 冷却水入口弁の開を確認する。	201V101B	OPS		

No.	操作・確認項目	番号	場所	確認	備考
	⑦バフアタンの圧力を確認する。	201P3	OPS	_____ kPa	-20~0kPa
	⑧圧縮機 A の自動優先選択を行い、自動とする。	201COM1A	OPS		「A」点灯
	⑨真空ポンプバイパス弁を開とする。	161V49	OPS		
	⑩再生系圧力が 15kPa 以下となれば、真空ポンプバイパス弁を閉とする。	161P31B 161V49	OPS	_____ kPa	
	⑪真空ポンプ入口弁を開とする。	161V47	OPS		
	⑫真空ポンプ出口弁を開とする。	161V48	OPS		
	⑬真空ポンプを起動する。	161VP1	OPS	:	
(4)	<b>ヘリウム排出終了</b>				
	①真空ポンプ入口圧力 1.3kPa にて5分経過後、真空ポンプ入口弁を閉とする。	161P33B 161V47	OPS	_____ Pa	
	②真空ポンプを停止する。	161VP1	OPS	:	
	③1次ヘリウム純化設備廃ガス受入れ S/A 隔離弁を閉とする。	201V52	OPS		
	④真空ポンプ出口弁を閉とする。	161V48	OPS		
	⑤真空ポンプバイパス弁の閉を確認する。	161V49	OPS		
	⑥再生系の負圧を解消するため、MST 再生出口弁を開とする。	161V35B	OPS		
	⑦MST 再生入口弁を閉とする。	161V34A	OPS	<u>P34:</u> _____	161P34 正圧確認
	⑧MST 再生出口弁を閉とする。	161V35A	OPS		
	⑨再生系加熱器出入口弁を閉とする。	161V43 161V44	OPS		
	⑩CuOT 差圧計均圧弁を開とする。	OP161-12	N-177		養生タグの取付け
	⑪MST 差圧計均圧弁を開とする。	OP161-13	N-177		養生タグの取付け
(5)	<b>気体廃棄物廃棄施設圧縮機 B 号機の停止</b>				
	①純化設備ガス循環機、サンプリング設備圧縮機及びサンプリング計測器が停止していることを確認する。	161B1B 165CP1B <small>サンプリング計測器</small>	OPS		
	②B 処理系廃ガス受入弁の閉を確認する。	201V51~ V55	OPS		
	③圧縮機 A 号機を手動とする。	201COM1A	OPS		「M」点灯
	④圧縮機 B 号機を停止する。	201COM1B	OPS K-106	:	
	⑤減衰タンク B 入口弁を閉とする。	201V5B	OPS		
	⑥圧縮機冷却水入口弁の閉を確認する。	201V101B	OPS		
	⑦減衰タンク圧力を確認する。	201P1A 201P1B	OPS	A: _____ MPa B: _____ MPa	
	⑧減衰タンクの「減衰タンク B タイマー状態」を「減衰開始」とする。		OPS		

No.	操作・確認項目	番号	場所	確認	備考
(6)	<b>冷水供給系の停止</b>				
	①冷水装置 A 号機を手動とする。	161CU1A	OPS		「M」点灯
	②冷水装置 B 号機を停止する。	161CU1B	OPS	:	
	③冷水ポンプ B 号機を停止する。	161P1B	OPS	:	
	④冷水ポンプ A 号機を手動とする。	161P1A	OPS		「M」点灯
	⑤冷水装置冷水入口弁を開とする。	161V53A 161V53B	OPS		



HTTR1 次ヘリウム純化設備性能確認手順書

(1) CuOT 性能確認

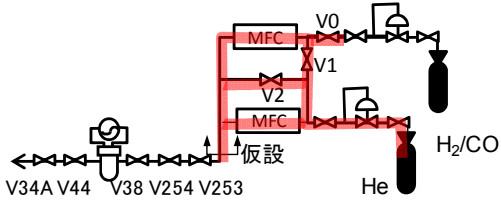
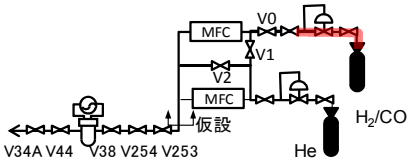
開始日:平成 年 月 日 曜日

終了日:平成 年 月 日 曜日

担当者: \_\_\_\_\_

課長	班長

No.	操作・確認項目	番号	場所	担当	確認
<b>1.注入ラインへの He 及び H<sub>2</sub>/CO ガス充填 ※(1)から(3)は直勤務開始前に完了していること</b>					
(1)	<b>漏えい検知器・漏えい対策の確認</b>				
	電気設備室系換気空調設備の H124 室排気ダンパと、H181 室の給気ダンパを閉じる。		H-124 H-181	試	
	H181 室の排気ダンパを全開とする。		H-181	試	
	H181 室の局所排気設備 2 基を起動する。		H-181	試	
	漏えい検知器の動作確認を行う。		H-124	試	
	LAN カメラの映像と音声を、制御室で確認する。		制御室	試	
(2)	<b>系統構成</b>				
	①CuOT 再生入口弁の閉を確認する。	161V32A 161V32B	OPS	試・運	
	②MST 再生入口弁の閉を確認する。	161V34A 161V34B	OPS	試・運	
	③CCT 再生入口弁の閉を確認する。	161V37A 161V37B	OPS	試・運	
	④再生系加熱器出入口弁の閉を確認する。	161V43 161V44	OPS	試・運	
	⑤1 次系酸素供給弁及び酸素ガス供給ライン絞り弁の閉を確認する。	161V38 161V254	OPS H-124	試・運	
	⑥酸素ガス供給圧力計元弁の閉を確認する。	161V253	H-124	試	
	⑦2 次系酸素供給弁及び酸素ガス供給ライン絞り弁の閉を確認する。	162V39 162V107	OPS K-180	試・運	
	⑧注入装置バイパス弁「V1、V2」及び試験ガス遮断弁「V0」の閉を確認する。	V1・V2 V0	H-124	試	
	⑨He ガス及び H <sub>2</sub> /CO ガスのボンベ元弁、レギュレータをフリー（閉）、レギュレータ出口弁及びマスフローコントローラ（以下 MFC）の閉を確認する。		H-124	試	
(3)	<b>漏れ確認及びガス置換</b>				
	①He ボンベ元弁を開とし、He ガスレギュレータ 2 次側を 3.9MPa に調整する。		H-124	試	
	②注入装置バイパス弁「V1、V2」及び H <sub>2</sub> /CO ガス遮断弁「V0」を開とする。	V1・V2 V0	H-124	試	

No.	操作・確認項目	番号	場所	担当	確認
	③He ガスレギュレータ出口弁を徐々に開とし、He ガスを充填する。		H-124	試	
	④3.9MPa にて、発泡液により He ガス注入ラインのリークチェックを行い、下図の太線の範囲でリークがないことを確認する。 	161PI131	H-124	試	
	⑤He ボンベ元弁を閉、He ガスレギュレータ 2 次側を閉にする。		H-124	試	
	⑥供給圧力計元弁、供給ライン絞り弁及び酸素供給弁を開とし、He ガスを減圧する。	161V253 161V254 161V38	H-124 OPS	試・運	
	供給圧力計元弁、供給ライン絞り弁及び酸素供給弁を閉とする。注入装置バイパス弁「V1、V2」、H <sub>2</sub> /CO ガス遮断弁「V0」を閉とする。	161V253 161V254 161V38 V1・V2 V0	OPS H-124	試・運	
	⑦He ガスレギュレータ出口弁を閉とする。		H-124	試	
	⑧H <sub>2</sub> /CO ガス元弁を開と H <sub>2</sub> /CO ガスボンベレギュレータ 2 次側を 3.9MPa に調整する。		H-124	試	
	⑨3.9MPa にて、発泡液により H <sub>2</sub> /CO ガス注入ラインのリークチェックを行い、下図の太線の範囲でリークがないことを確認する。 		H-124	試	
	⑩H <sub>2</sub> /CO ガスレギュレータ出口弁を閉とする。		H-124	試	
	⑪注入装置バイパス弁「V1・V2・V0」、供給圧力計元弁、供給ライン絞り弁及び酸素供給弁を開とし、H <sub>2</sub> /CO ガスを減圧させ、閉とする。	V1・V2・V0 161V253 161V254 161V38	H-124 OPS	試	
	⑫H181 室の局所排気設備 2 基を停止する。		H-124	試	
(4)	<b>He 及び H<sub>2</sub>/CO ガス充填</b>				
	①別紙 1 の(1)から(3)が完了していることを確認する。		制御室	運	

No.	操作・確認項目	番号	場所	担当	確認																																												
	②H181 室の局所排気設備 2 基を起動する。		H-124	試																																													
	③161V44 の閉を確認する。161V38、161V254、161V253、V2 を開とする。	161V44 161V38 161V254 161V253 V2	OPS H-124	試・運																																													
	④He ポンベ元弁を開、He ガスレギュレータ 2 次側を 3.9MPa にする。		H-124	試																																													
	⑤He ガスレギュレータ出口弁を開とし、He ガスが <u>0.3MPa に到達</u> したら、閉とする。	161PI131	H-124	試																																													
	⑥V1、V0 を開とする。	V1、V0	H-124	試																																													
	⑦H <sub>2</sub> /CO ガスポンベ元弁を開、H <sub>2</sub> /CO ガスレギュレータ 2 次側を 3.9MPa にする。		H-124	試																																													
	⑧H <sub>2</sub> /CO ガスレギュレータ出口弁を徐々に開とし、He ガス(0.3MPa)に試験ガスを混合し <u>0.4MPa</u> に到達したら、閉とする。	161PI131	H-124	試	_____MPa																																												
<u>上記③から⑥を繰り返し、目標充填圧力(3.6MPa)に到達するまで、以下の表に従い、ガス充填を実施する。</u>																																																	
		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2">He ガス</th> <th colspan="2">H<sub>2</sub>/CO ガス</th> </tr> <tr> <th>161PI131 圧力 (MPa)</th> <th>確認</th> <th>161PI131 圧力 (MPa)</th> <th>確認</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.3</td><td></td><td>0.4</td><td></td></tr> <tr><td>0.7</td><td></td><td>0.8</td><td></td></tr> <tr><td>1.1</td><td></td><td>1.2</td><td></td></tr> <tr><td>1.5</td><td></td><td>1.6</td><td></td></tr> <tr><td>1.9</td><td></td><td>2.0</td><td></td></tr> <tr><td>2.3</td><td></td><td>2.4</td><td></td></tr> <tr><td>2.7</td><td></td><td>2.8</td><td></td></tr> <tr><td>3.1</td><td></td><td>3.2</td><td></td></tr> <tr><td>3.5</td><td></td><td>3.6</td><td></td></tr> </tbody> </table>				He ガス		H <sub>2</sub> /CO ガス		161PI131 圧力 (MPa)	確認	161PI131 圧力 (MPa)	確認	0.3		0.4		0.7		0.8		1.1		1.2		1.5		1.6		1.9		2.0		2.3		2.4		2.7		2.8		3.1		3.2		3.5		3.6	
He ガス		H <sub>2</sub> /CO ガス																																															
161PI131 圧力 (MPa)	確認	161PI131 圧力 (MPa)	確認																																														
0.3		0.4																																															
0.7		0.8																																															
1.1		1.2																																															
1.5		1.6																																															
1.9		2.0																																															
2.3		2.4																																															
2.7		2.8																																															
3.1		3.2																																															
3.5		3.6																																															
	⑨再生系加熱器出口弁を開とする。	161V44	OPS	試・運																																													
	⑩1 次純化供給圧力計にてガス注入ラインと均圧したことを確認する。	161P34	OPS	試・運	_____MPa																																												
(5)	<b>系統復旧</b>																																																
	①再生系加熱器出口弁を開とする。	161V44	OPS	試・運																																													
	②1 次酸素供給弁及び酸素ガス供給ライン絞り弁を閉とする。	161V38 161V254	OPS H-124	試・運																																													
	③酸素ガス供給圧力計元弁の閉を確認する。	161V253	H-124	試																																													
	④注入装置バイパス弁「V1、V2」及び H <sub>2</sub> /CO ガス	V1・V2・V0	H-124	試																																													

No.	操作・確認項目	番号	場所	担当	確認
	遮断弁「V0」の閉を確認する。				
	⑤He ガス、H <sub>2</sub> /CO ガスポンベ元弁、レギュレータ(フリー)、レギュレータ出口弁及びマスフローコントローラ(以下MFC)の閉を確認する。 H181 室の局所排気設備 2 基を停止する。		H-124	試	
<b>2.条件調整</b>					
(1)	<b>条件調整</b>				
	①1 次純化設備系統内の流量、圧力及び温度が安定していることを確認する。	161F2 161P3 161T12	OPS	試・運	_____ kg/h _____ MPa _____ °C
	② 入口加熱器の入を確認する。ENS で161TM4S7(RLIM)の DWN 定数の SET 値(BL06)を「3.37e+38」から「0.001」に変更し、OPS での表 1 試験条件表に記されたヒータ SV 値を入力する。※3/17 は本操作(②)を実施せず、③に進む。	(G4) LOOP:8SH EET:4  161TIC4	OPS	試・運	SV 値: _____ °C
	③ガスクロで系統内不純物濃度を測定するため、別添 4「1次ヘリウム純化設備性能確認(計測器による測定手順)」のうち No.1~15 を実施する。		OPS H-124	試・運	
	④酸化銅反応筒(A)出口温度が SV 値±約 10°C の範囲で安定していることを確認する。	161T12A	OPS	試・運	_____ °C
	⑤1 次純化設備系統内の圧力が表 1 試験条件表に定める圧力(±0.1 MPa)であることを確認する。圧力が 0.1MPa 以上低い場合は別紙 3 の充填作業を行い、また圧力が 0.1MPa 以上高い場合は別紙 4 の回収作業を行う。	161PI131  161P3	H-124  OPS	試  運	_____ MPa  _____ MPa
	⑥1 次純化設備系統内の流量が 180±20 kg/h であれば「3.ガス注入作業」に進む。流量が 180±20 kg/h でないときは流量調節弁で調整する。	161F2 161VC21	OPS	試・運	_____ kg/h _____ %
	⑦1 次純化設備系統内の流量、圧力及び温度を記録する。	161F2 161P3 161T12	OPS	試・運	_____ kg/h _____ MPa _____ °C
<b>3.ガスの注入</b>					
(1)	<b>ガス注入開始</b>				
	①H181 室の局所排気設備 2 基を起動する。		H-124	試	
	②He ガス及び H <sub>2</sub> /CO ガスポンベ元弁を開とし、レ		H-124	試	

No.	操作・確認項目	番号	場所	担当	確認
	ギュレータを調整し、2次側圧力を 3.9MPa に調整する。				
	③レギュレータ出口弁を開とする。		H-124	試	
	④H <sub>2</sub> /CO ガス遮断弁「V0」を開とする。	V0	H-124	試	
	④酸素ガス供給圧力計元弁を開とする。	161V253	H-124	試	
	⑤酸素ガス供給ライン絞り弁を全開とする。	161V254	H-124	試	
	⑥ガス注入ラインの MFC の設定値を He ガス側 150SCM、H <sub>2</sub> /CO ガス側 50SCM に設定する。		H-124	試	SV 値: _____
	⑦ガスクロによる実ガス測定が可能であることを確認する。		制御室	試	
	⑧酸素ガス供給弁及び再生系加熱器出口弁を開とする。	161V38 161V44	OPS	試・運	
	⑨ガスクロの実ガス測定結果を OPS にて確認し、CuOT 入口 (=MST 出口) の各不純物濃度が約 1 ppm 以下であることを確認する。		OPS H-124	試・運	
	⑩MST 再生入口弁を開とする。	161V34A	OPS	試・運	
	⑪ガス注入後、ガスクロの実ガス測定を 5 回行う。実ガス測定終了後「(2) ガス注入終了」へ進む。ただし(1回あたり約 15 分)OPS のガスクロ出力を確認し、測定期間中に CuOT 入口 (= MST 出口) の CO 濃度が 100ppm を超えた場合は、V34A を閉として注入を中止し、(2)②へ進む。	161V34A	OPS H-124	試・運	
(2)	<b>ガス注入終了</b>				
	①MST 再生入口弁を閉とする。	161V34A	OPS	試・運	
	②再生系加熱器出口弁を閉とする。	161V44	OPS	試・運	
	③酸素供給弁及び酸素ガス供給ライン絞り弁を閉とする。	161V38 161V254	OPS H-124	試・運	
	④酸素ガス供給圧力計元弁の閉を確認する。	161V253	H-124	試	
	⑤注入装置バイパス弁「V1,V2」の閉を確認する。	V1・V2	H-124	試	
	⑥MFC の閉を確認する。		H-124	試	
	⑦H <sub>2</sub> /CO ガス遮断弁を閉とする。	V0	H-124	試	
	⑧レギュレータ出口弁を閉とする。		H-124	試	
	⑨He ガス、試験ガスレギュレータをフリー(閉)及びボンベ元弁を閉とする。H181 室の局所排気設備 2 基を停止する。		H-124	試	
	⑩ガスクロの実ガス測定結果を OPS で確認し、CuOT 入口 (=MST 出口) の各不純物濃度が約 1ppm 以下になったことを確認する。ガス注入終了後 3 時間で 1ppm 以下にならない場合は、入口加		OPS	試・運	

No.	操作・確認項目	番号	場所	担当	確認
	熱器 SV 値を+30 して「4. 試験ガスパージ」に進む。				
	①性能確認作業を継続する場合は温度変更のため 2.(1)に戻る。作業を継続せずしない場合は「4 試験ガスパージ」へ進む。		OPS	試・運	
<b>4.試験ガスのパージ</b>					
(1)	<b>系統構成</b>				
	①試験ガスボンベ元弁の閉を確認する。		H-124	試	
	②He ボンベ元弁を開とし、He ボンベレギュレータ 2 次側を 3.9MPa に調整する。		H-124	試	
	③注入装置バイパス弁「2」を開とする。		H124	試	
	④酸素ガス供給圧力計元弁を開とする。	161V253	H-124	試	
	⑤酸素ガス供給ライン絞り弁を開とする。	161V254	H-124	試	
	⑥酸素ガス供給弁を開とする。	161V38	OPS	試・運	
	⑦再生系加熱器出口弁を開とする。	161V44	OPS	試・運	
	⑧MST 再生入口弁を開とし、再生系充填 He 供給圧力を確認する。	161V34A 161P34	H-124 OPS	試・運	_____ MPa
(2)	<b>He ガスの注入</b>				
	①レギュレータ出口弁を徐々に開とし、He ガスを 6m <sup>3</sup> 注入する。		H-124 OPS	試・運	_____ MPa
	②ガスクロの実ガス測定結果を OPS で確認し、CuOT 入口 (=MST 出口) の各不純物濃度が約 1ppm 以下になったことを確認する。		OPS	試・運	
	③1次純化設備入口加熱器のヒータ SV 値をゼロ、オートからマニュアルとし、入→切とする。また ENS で 161TM4S7 の D 定数の SET 値を「0.001」から「3.37e+38」に変更する。	161TIC4  (G4) LOOP:8SH EET:4	OPS	試・運	SV 値: _____
	④ガスクロにて系統内不純物濃度測定を終了するため、別添4「1 次ヘリウム純化設備性能確認(計測器による測定手順)」のうち No.16・17 を実施する。		OPS	試・運	
(3)	<b>系統復旧</b>				
	①MST 再生入口弁を閉とする。	161V34A	OPS	試・運	
	②再生系加熱器出口弁を閉とする。	161V44	OPS	試・運	
	③酸素供給弁及び酸素ガス供給ライン絞り弁を閉とする。	161V38 161V254	OPS H-124	運 試	
	④酸素ガス供給圧力計元弁の閉を確認する。	161V253	H-124	試	
	⑤注入装置バイパス弁「1、2」を閉とする。		H-124	試	
	⑥MFC を閉とする。		H-124	試	

No.	操作・確認項目	番号	場所	担当	確認
	⑦試験ガス遮断弁を閉とする。		H-124	試	
	⑧レギュレータ出口弁を閉とする。		H-124	試	
	⑨He ガス、試験ガスレギュレータをフリー(閉)及びポンベ元弁を閉とする。		H-124	試	
圧縮機等を停止するため、別紙 1 の 2(8)に戻る。					

表 1 試験条件表

	加熱器出口温度 SV 値	1 次純化圧力[MPa] 161P3
3/16 日	0 → 230	3.20 → 3.59
3/17 月	-	-
3/18 火	230 → 200	3.59 → 3.53
3/19 水	200 → 170	3.53 → 3.48
3/20 木	170 → 140	3.48 → 3.42
3/21 金	140 → 110	3.42 → 3.37
3/22 土	-	-
3/23 日	-	-
3/24 月	110 → 0	3.37 → 3.20

1 次ヘリウム純化設備等 運転中の He 充填要領書

開始日:平成 年 月 日 曜日

終了日:平成 年 月 日 曜日

担当: \_\_\_\_\_

課長	班長

No.	操作・確認項目	番号	場所	確認	備考
(1)	<b>&lt;系統構成&gt;</b>				
	①充填目標圧力を確認する。			_____ MPa	
	②入口加熱器入口圧力を確認する。	161P3	OPS	_____ MPa	
	③1 次ヘリウム貯蔵タンク圧力及び供給タンク圧力を記録する。	163P1A 163P1B 163P1C 163P1D 163P1E 163P1F 163P4	OPS	A _____ MPa B _____ C _____ D _____ E _____ F _____ P4 _____	ハードコピー
	④1次ヘリウム供給バイパス弁の閉を確認する。	163V17	K-122M		
	⑤1次ヘリウム供給止め弁の開とする。	163V72	K-122M		
	⑥S/A 隔離弁を開とする。	161VI7	副盤		
1 次ヘリウム供給タンク圧力 > 4.0MPa 時; (2)へ進む。					
1 次ヘリウム供給タンク圧力 ≤ 4.0MPa 時; (3)へ進む。					
(2)	<b>&lt;供給タンクからの He 充填&gt;</b>				
	①1次ヘリウム供給流量計をリセットとする。	163FQ1	OPS		
	②1次ヘリウム供給流量計を流量積算とする。	163FQ1	OPS		
	③1次ヘリウム供給遮断弁を開とする。	163V15	副盤		
	④1次ヘリウム供給弁を開とする。	163V16	主盤		161P3 監視 目標圧力 _____ MPa
	⑤1 次ヘリウム供給タンク圧力が約 3.7MPa に到達したことを確認する。	163P4	OPS	_____ MPa	
	⑥入口加熱器入口圧力を確認する。	161P3	OPS	_____ MPa	
	⑦1 次ヘリウム供給弁を閉とする。	163V16	主盤		
	⑧1次ヘリウム供給遮断弁を閉とする。	163V15	副盤		



No.	操作・確認項目	番号	場所	確認	備考
(3)	<b>&lt;貯蔵タンクからの He 充填&gt;</b>				
	<b>(2) &lt;供給タンクからの He 充填&gt;から継続の場合は③へ進む。</b>				
	①1次ヘリウム供給流量計をリセットとする。	163FQ1	OPS		
	②1次ヘリウム供給流量計を流量積算とする。	163FQ1	OPS		
	③設備操作モードスイッチ「充填」を選択する。		OPS		
	④1次ヘリウム供給タンク供給弁を開とする。	163V9	OPS		
	⑤1次ヘリウム貯蔵タンク出入口弁を開とする。	163V1B～1F	OPS		
	⑥1次ヘリウム移送切替弁を開とする。	163V57	OPS		
	⑦1次ヘリウム供給弁の閉「N」を確認する。	163V16	主盤		
	⑧1次ヘリウム供給タンク圧力の約3.7MPa以上を確認する。	163P4	OPS	_____MPa	
	⑨1次ヘリウム供給タンク圧力制御器の設定値(SV)を4.4MPaとする。	163PIC4	OPS	SV値:_____	
	⑩ヘリウム移送圧縮機内戻り弁を自動とする。	VC51A,B	OPS		「A」点灯
	⑪ヘリウム移送圧縮機(B)を自動とする。	163COM1B	OPS		「A」点灯
	⑫ヘリウム移送圧縮機出口弁の作動検査を実施する。	163V7A 163V7B	OPS K-122	<input type="checkbox"/> 開 <input type="checkbox"/> 閉 <input type="checkbox"/> 開 <input type="checkbox"/> 閉	
	⑬系統の最終確認をする。 ・1次 He 純化設備→ヘリウム移送圧縮機→供給タンクまでの手動弁・空気作動弁が運転を実施できる状態になっていること。	OPS 等			系統図で確認
	⑭ヘリウム移送圧縮機(A)を起動する。	163COM1A	OPS	:	ハードコピー
	⑮163PIC24S1、PIC24S2を「手動」とする。	PIC24S1 PIC24S2	OPS		「M」点灯
	⑯ヘリウム移送圧縮機戻り弁の開度0%を確認する。	163VC52	OPS		
	⑰1次ヘリウム供給タンクの圧力が約4.4MPaに到達したことを確認する。	163P4	OPS		

No.	操作・確認項目	番号	場所	確認	備考
	⑮1次ヘリウム供給弁の開を確認する。	163V16	主盤		
	⑯1次ヘリウム供給遮断弁を開とする。	163V15	副盤		
(4)	<b>&lt;He 充填圧力到達&gt;</b>				
	①充填圧力に到達したことを確認する。	161P3	OPS	_____ MPa	
	②1次ヘリウム供給遮断弁を閉とする。	163V15	副盤		
(5)	<b>&lt;He 再充填作業&gt;</b>				
	①1次ヘリウム供給弁遮断弁を開とし、充填圧力( _____ MPa)になれば「閉」とする。	163V15 161P3	副盤 OPS		別紙2 試験条件表参照
(6)	<b>&lt;He 充填終了(ヘリウム移送圧縮機の停止)&gt;</b>				
	①1次ヘリウム供給遮断弁を閉とする。	163V15	副盤		
	②1次ヘリウム供給弁の開「引ロック」とする。	163V16	主盤		
	③S/A 隔離弁を閉とする。	161VI7	副盤		
	④ヘリウム移送圧縮機(A)を停止する。	163COM1A	OPS	:	ハードコピー
	⑤ヘリウム移送圧縮機(B)の停止を確認する。	163COM1B	OPS		
	⑥1次ヘリウム移送切替弁を閉とする。	163V57	OPS		
	⑦1次ヘリウム貯蔵タンク出入口弁を閉とする。	163V1B~ 1F	OPS		
	⑧1次ヘリウム貯蔵タンク圧力及び供給タンク圧力を記録する。	163P1A 163P1B 163P1C 163P1D 163P1E 163P1F 163P4	OPS	A _____ MPa B _____ C _____ D _____ E _____ F _____ P4 _____	ハードコピー
(7)	性能確認作業に戻るため、別紙2の2.(1)④に戻る。				

1次ヘリウム純化設備等 運転中の He 回収要領書

開始日:平成 年 月 日 曜日

終了日:平成 年 月 日 曜日

担当者: \_\_\_\_\_

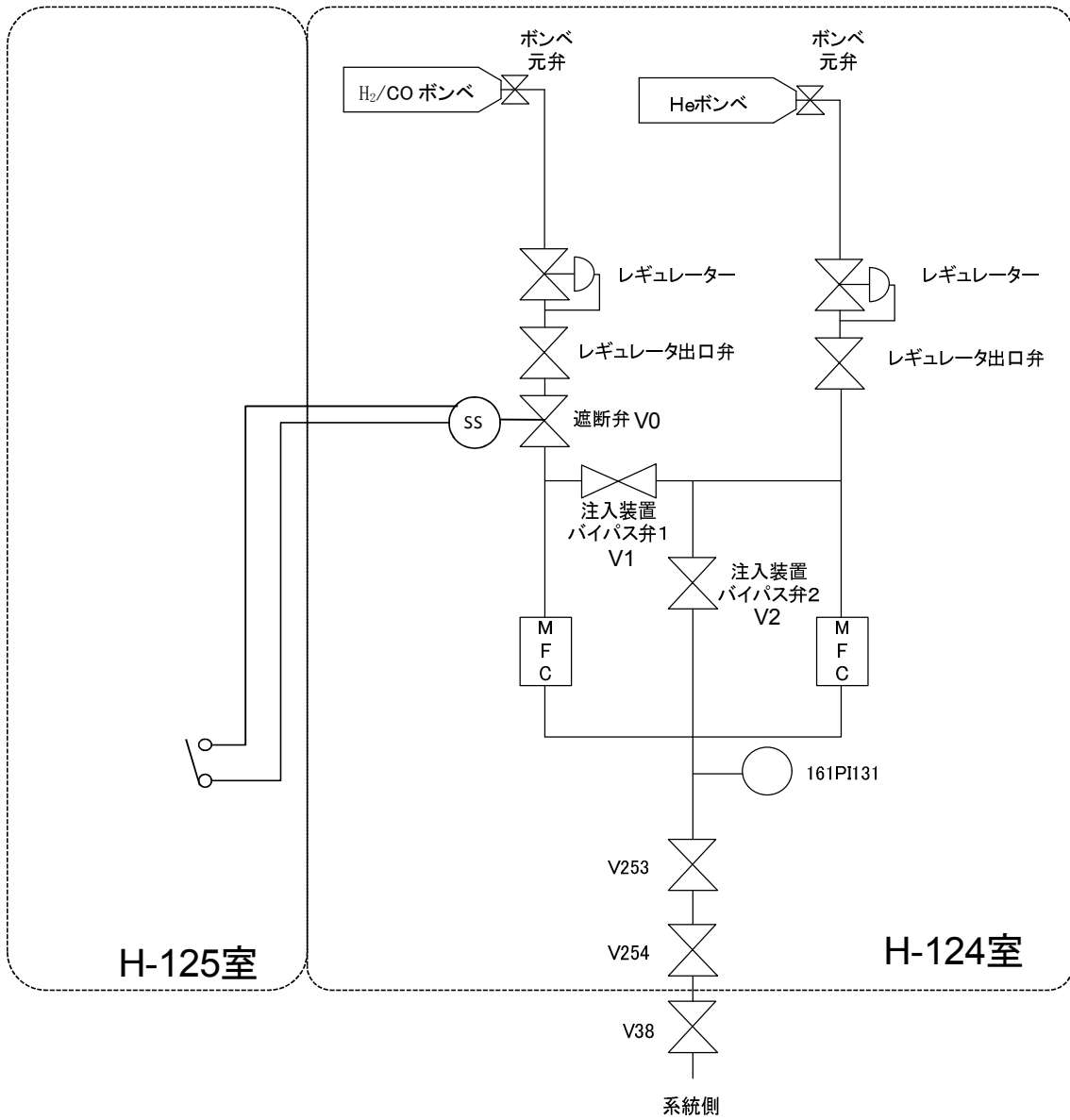
課長	班長

No.	操作・確認項目	番号	場所	確認	備考
(1)	<b>&lt;回収前準備&gt;</b>				
	①回収目標圧力を確認する。			_____ MPa	
	②入口加熱器入口圧力を確認する。	161P3	OPS	_____ MPa	
	③1次ヘリウム貯蔵タンク圧力及び供給タンク圧力を記録する。	163P1A 163P1B 163P1C 163P1D 163P1E 163P1F 163P4	OPS	A _____ MPa B _____ MPa C _____ MPa D _____ MPa E _____ MPa F _____ MPa P4 _____ MPa	ハードコピー
	④1次ヘリウム供給流量計の流量積算を確認する。	163FQ1	OPS	_____ kg	
	⑤1次ヘリウム排出流量計の流量積算を確認する。	163FQ2	OPS	_____ kg	
	⑥1次ヘリウム供給流量計をリセットとする。	163FQ1	OPS		
	⑦1次ヘリウム排出流量計をリセットとする。	163FQ2	OPS		
	⑧1次ヘリウム排出流量計を流量積算とする。	163FQ2	OPS		
(2)	<b>&lt;1次ヘリウム純化設備 CCT 系統構成&gt;</b>				
	①CCT 出口弁を開とする。	161V17A	副盤		
	②CCT バイパス弁の開度を調整開とし、入口流量、入口加熱器入口流量の比率を約 1:4 とする。	161F11 161F2	OPS	_____ kg/h _____ kg/h	161F11→1 161F2→4
	③「MV 値」を確認する。	161VC1	OPS	_____ %	
(3)	<b>&lt;He 回収&gt;</b>				
	①燃料取扱設備ヘリウム供給弁の閉を確認する。	163V11	OPS		
	②1次ヘリウム貯蔵タンク回収弁の閉を確認する。	163V2	OPS		

No.	操作・確認項目	番号	場所	確認	備考
	③1次ヘリウム移送切替弁の閉を確認する。	163V57	OPS		
	④1次ヘリウム貯蔵タンク出入口弁の開とする。	163V1B～1F	OPS		
	⑤1次ヘリウム移送切替弁を開とする。	163V3	OPS		
	⑥設備操作モードスイッチ「 <u>排出</u> 」を選択する。		OPS		
	⑦ヘリウム移送圧縮機出口弁の作動確認を実施する。	163V7A 163V7B	OPS	<input type="checkbox"/> 開 <input type="checkbox"/> 閉 <input type="checkbox"/> 開 <input type="checkbox"/> 閉	
	⑧系統の最終確認をする。 ・1次 He 純化設備→ヘリウム移送圧縮機→貯蔵タンクまでの手動弁・空気作動弁が運転を実施できる状態になっていること。		OPS等		系統図で確認
	⑨ヘリウム移送圧縮機(B)を「自動」とする。	163COM1B	OPS		「A」点灯
	⑩ヘリウム移送圧縮機(A)を起動する。	163COM1A	OPS	:	ハードコピー
	⑪1次ヘリウム排出遮断弁を開とする。	163V73	副盤		
	⑫1ヘリウム排出弁を開とする。	163V18	主盤		161P3 監視
	⑬163PIC24S1を「自動」とする。	163PIC24S1	OPS		「A」点灯
	⑭ヘリウム移送圧縮機内戻り弁の開度を0%とする。	163VC51A	OPS		
(4)	<b>&lt;He回収圧力到達(ヘリウム移送圧縮機の停止)&gt;</b>				
	①回収圧力に到達したことを確認する。	161P3	OPS	_____MPa	
	②ヘリウム移送圧縮機(B)を停止「手動」とする。	163COM1B	OPS		「M」点灯
	③ヘリウム移送圧縮機(A)を停止する。	163COM1A	OPS	:	ハードコピー
	④1次ヘリウム排出弁を閉とする。	163V18	主盤		
	⑤1次ヘリウム排出遮断弁を閉とする。	163V73	副盤		

No.	操作・確認項目	番号	場所	確認	備考
	⑥1次ヘリウム移送切替弁を閉とする。	163V3	OPS		
	⑦1次ヘリウム排出流量計の流量積算を確認する。	163FQ2	OPS		
	⑧1次ヘリウム排出流量計をリセットとする。	163FQ2	OPS		
	⑨1次ヘリウム貯蔵タンク出入口弁を閉とする。	163V1B～ 1F	OPS		
	⑩1次ヘリウム貯蔵タンク圧力及び供給タンク圧力を記録する。	163P1A 163P1B 163P1C 163P1D 163P1E 163P1F 163P4	OPS	<u>A</u> MPa <u>B</u> MPa <u>C</u> MPa <u>D</u> MPa <u>E</u> MPa <u>F</u> MPa <u>P4</u> MPa	ハードコピー
(5)	性能確認作業に戻るため、別紙2の2.(1)④に戻る。				

別添 1



別添 2

1 次ヘリウムサンプリング設備 ヘリウム充填前系統構成点検表

開始日:平成 年 月 日 曜日 時 分

終了日:平成 年 月 日 曜日 時 分

担当者: \_\_\_\_\_

課長	班長

No	内容	場所	確認	備考
1	隔離弁が「閉」となっていることを確認する。 ( 165VI3、165VI4、165VI5、165VI6、 165VI7、165VI8、165VI9、165VI10、 165VI13、165VI14、165VI15、165VI16)	OPS 副盤		
2	サンプリング弁が「閉」であることを確認する。 ( 133V21 ~ V25、161V61、161V67A、 161V67B、161V69A、161V69B)	OPS 副盤		
3	廃棄ヘリウムサービスエリア内止め弁 165V42 が「閉」であることを確認する。	OPS		
4	気体廃棄物の廃棄施設 サンプリング設備廃 ガス受入弁 201V51 が「閉」であることを確認す る。	OPS		
5	1 次 He サンプリング設備現場制御盤のタッチパネル において 165VAE1 画面を選択し、51D、 51F、71 を開とする。	H-124		
6	1 次 He サンプリング設備現場制御盤のタッチパネル において 165VME1 画面を選択し、54D、 54F、74 を開とする。	H-124		
7	制御盤面の調節計(フロー流量)MC2 の MV 値 を 100%に設定する。	H-124		変更前 _____%
8	制御盤面の調節計(フロー流量)MC6 の MV 値 を 100%に設定する。	H-124		変更前 _____%

別添 3

1 次ヘリウムサンプリング設備 ヘリウム回収前系統構成点検表

開始日:平成 年 月 日 曜日 時 分

終了日:平成 年 月 日 曜日 時 分

担当者: \_\_\_\_\_

課長	班長

No	内容	場所	確認	備考
1	隔離弁が「閉」となっていることを確認する。 ( 165VI3、165VI4、165VI5、165VI6、 165VI7、165VI8、165VI9、165VI10、 165VI13、165VI14、165VI15、165VI16)	OPS 副盤		
2	サンプリング弁が「閉」であることを確認する。 ( 133V21 ~ V25、161V61、161V67A、 161V67B、161V69A、161V69B)	OPS 副盤		
3	気体廃棄物の廃棄施設 サンプリング設備廃 ガス受入弁 201V51 を「閉」とする。	OPS		
4	廃棄ヘリウムサービスエリア内止め弁 165V42 を「閉」とする。	OPS		
5	1 次 He サンプリング設備現場制御盤のタッチパネル において 165VAE1 画面を選択し、51D、 51F、71 を開とする。	H-124		
6	1 次 He サンプリング設備現場制御盤のタッチパネル において 165VME1 画面を選択し、54D、 54F、74 を開とする。	H-124		
7	制御盤面の調節計(フロー流量)MC2 の MV 値 を 100%に設定する。	H-124		変更前 _____%
8	制御盤面の調節計(フロー流量)MC6 の MV 値 を 100%に設定する。	H-124		変更前 _____%



1次ヘリウム純化設備性能確認(計測器による測定手順)

開始日:平成 年 月 日 曜日 時 分

終了日:平成 年 月 日 曜日 時 分

担当者: \_\_\_\_\_

課長	班長

No	内容	場所	確認	備考
1	廃棄ヘリウムサービスエリア内止め弁 165V42を「開」とする。	OPS		
2	気体廃棄物の廃棄施設 サンプリング設備廃ガス受入弁 201V51を「開」とする。	OPS		
3	気体廃棄物の廃棄施設の圧縮機起動確認後、GC/MS 切換装置において 165V120 を「開」とした後、165V122 を「閉」とする。	N-110		
4	気体廃棄物の廃棄施設の圧縮機起動確認後、GC/MS 切換装置において 165V121 を「開」とした後、165V123 を「閉」とする。	N-110		
5	気体廃棄物の廃棄施設の圧縮機起動確認後、GC/MS 切換装置において 165V117 を「開」とした後、165V118 及び 165V119 を「閉」とする。	N-110		
6	現場制御盤のタッチパネル(165VAE1)において V51F を「閉」とした後、V51D 及び V71 を「開」とし計測前ブロー操作を実施する。	H-124	___ : ___	
7	現場制御盤のタッチパネル(165VME1)において V54D を「閉」とした後、V54F 及び V74 を「開」とし計測前ブロー操作を実施する。	H-124	___ : ___	
8	制御盤面の調節計(フロー流量)MC2 の MV 値を65%に設定する。	H-124		
9	制御盤面の調節計(フロー流量)MC6 の MV 値を65%に設定する。	H-124		
10	現場制御盤のタッチパネル(165VRE1)において V52D、V62 を「開」とし計測器へ導入する。	H-124	___ : ___	MC3 の MV 値が65%であること。
11	No.6 のブロー開始60分後、現場制御盤のタッチパネル(165VAE1)において V61 を「開」としサ	H-124	___ : ___	

	ンプリングガスを計測器へ導入する。			
12	No.7 のブロー開始85分後、現場制御盤のタッチパネル(165VME1)において V64 を「開」としサンプリングガスを計測器へ導入する。	H-124	___ : ___	
13	データ収録処理システムにおいて 165AE1 及び 165AE2 の制御状態が「REMOTE」であることを確認する。	中制		
14	No.11 の計測器導入30分経過後、データ収録処理システムにおいて 165AE1 を「測定開始」とする。	中制	___ : ___	
15	No.12 の計測器導入30分経過後、データ収録処理システムにおいて 165AE2 を「測定開始」とする。	中制	___ : ___	

以下の操作は試験終了後に実施する。

ただし、He回収を継続して実施する場合は No.18～20は実施しない。

16	データ取得終了後、データ収録処理システムにおいて 165AE1 を「測定停止」とする。	中制	___ : ___	
17	データ取得終了後、データ収録処理システムにおいて 165AE2 を「測定停止」とする。	中制	___ : ___	
18	現場制御盤のタッチパネル(165VAE1)において V51D、V71、V61 を「閉」とする。	H-124	___ : ___	
19	現場制御盤のタッチパネル(165VAE1)において V54F、V74、V64 を「閉」とする。	H-124	___ : ___	
20	現場制御盤のタッチパネル(165VRE1)において V52D 及び V62 を「閉」とする。	H-124	___ : ___	

1 次ヘリウムサンプリング設備 He 回収作業終了時系統構成点検表

開始日:平成 年 月 日 曜日 時 分

終了日:平成 年 月 日 曜日 時 分

担当者: \_\_\_\_\_

課長	班長

No	内容	場所	確認	備考
1	圧縮機入口弁 165V14A、14B を閉とする。	OPS		
2	圧縮機出口弁 165V15A、15B を閉とする。	N-114		
3	MST 入口サンプリング弁 161V63A、V63B を閉とする。	副盤		
4	MST 出口サンプリング弁 161V65A、V65B を閉とする。	副盤		
5	1 次ヘリウム純化戻り弁 165V19、V20 を閉とする。	副盤		
6	1 次サンプリング設備現場制御盤のタッチパネルにおいて 165VAE1 画面を選択し、51D、51F、71 を「閉」とする。	H-124		
7	1 次サンプリング設備現場制御盤のタッチパネルにおいて 165VME1 画面を選択し、54D、54F、74 を「閉」とする。	H-124		
8	制御盤面の調節計(ブロー流量)MC2 の MV 値を 65%に設定する。	H-124		
9	制御盤面の調節計(ブロー流量)MC6 の MV 値を 65%に設定する。	H-124		
10	隔離弁が「閉」となっていることを確認する。 ( 165VI3、165VI4、165VI5、165VI6、165VI7、165VI8、165VI9、165VI10、165VI13、165VI14、165VI15、165VI16)	OPS 副盤		
11	サンプリング弁が「閉」であることを確認する。 ( 133V21 ~ V25、161V61、161V67A、161V67B、161V69A、161V69B)	OPS 副盤		
12	廃棄ヘリウムサービスエリア内止め弁 165V42 が「閉」であることを確認する。	OPS		
13	気体廃棄物の廃棄施設 サンプリング設備廃ガス受入弁 201V51 が「閉」であることを確認する。	OPS		
14	GC/MS 切換装置において 165V122 を「開」とした後、165V120 を「閉」とする。	N-110		
15	GC/MS 切換装置において 165V123 を「開」とした後、165V121 を「閉」とする。	N-110		

## ガス検知器作動時の措置要領

本書は1次ヘリウム純化設備性能確認作業時に使用するCO/H<sub>2</sub>混合ガスに起因する異常時対応要領をまとめたものである。

Iは、運転員に周知する注意事項である。

IIは、ガス漏えい検知器作動時の措置要領である。

### I 注意事項

1. 試験ガスをH124室に設置している期間中は、H124室及びH135室に常時滞在しない。

### II ガス漏えい検知器作動時の措置要領

1. ガス漏えい検知器の警報設定値は、COガス25ppm（第1段階：警報音が低音で断続）及び50ppm（第2段階：警報音が低音と高音の連続）、並びに、H<sub>2</sub>ガス1%である。
2. COガス25ppm又はH<sub>2</sub>ガス1%の警報が発報したら、V0の試験ガス遮断弁を閉止する。
3. 発見者は運転班長へ「漏えい検知器の作動」を連絡する。運転班長は「漏えい検知器の作動」をHTTR運転管理課長に連絡するとともに、一斉放送にて「H124室及びH135室への立ち入り制限」を通報する。
4. HTTR運転管理課長はHTTR技術課長と協議を行い、必要に応じて施設管理統括者へ連絡し、作業中止を運転班長に命じる。
5. LANカメラにて室内のガス濃度を監視し、濃度が十分低下したら、H124室に入室して、試験ガスのボンベ元弁、レギュレータ（フリー）、レギュレータ出口弁及びマスフローコントローラを閉止する。入室に際しては、可搬式ガス検知器を携帯する。

# 国際単位系 (SI)

表1. SI基本単位

基本量	SI基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質량	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI組立単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m <sup>2</sup>
体積	立方メートル	m <sup>3</sup>
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s <sup>2</sup>
波数	毎メートル	m <sup>-1</sup>
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m <sup>3</sup>
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m <sup>2</sup>
比体積	立方メートル毎キログラム	m <sup>3</sup> /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m <sup>2</sup>
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 <sup>(a)</sup> , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m <sup>3</sup>
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m <sup>3</sup>
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m <sup>2</sup>
屈折率 <sup>(b)</sup>	(数字の)	1
比透磁率 <sup>(b)</sup>	(数字の)	1

(a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) ともよばれる。  
 (b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン <sup>(b)</sup>	rad	1 <sup>(b)</sup>	m/m
立体角	ステラジアン <sup>(b)</sup>	sr <sup>(c)</sup>	1 <sup>(b)</sup>	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
周波数	ヘルツ <sup>(d)</sup>	Hz		s <sup>-1</sup>
力	ニュートン	N		m kg s <sup>-2</sup>
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m <sup>2</sup>	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-2</sup>
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup>
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup>
電荷, 電気量	クーロン	C		s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup>
静電容量	ファラド	F	C/V	m <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>4</sup> A <sup>2</sup>
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup> A <sup>-2</sup>
コンダクタンス	ジーメン	S	A/V	m <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>3</sup> A <sup>2</sup>
磁束	ウェーバ	Wb	Vs	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup>
磁束密度	テスラ	T	Wb/m <sup>2</sup>	kg s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup>
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> A <sup>-2</sup>
セルシウス温度	セルシウス度 <sup>(e)</sup>	°C		K
光照射量	ルーメン	lm	cd sr <sup>(c)</sup>	cd
放射線量	グレイ	Gy	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
放射性核種の放射能 <sup>(f)</sup>	ベクレル <sup>(d)</sup>	Bq		s <sup>-1</sup>
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト <sup>(g)</sup>	Sv	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
酸素活性化	カタール	kat		s <sup>-1</sup> mol

(a) SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。  
 (b) ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明示されない。  
 (c) 測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。  
 (d) ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。  
 (e) セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の間は同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。  
 (f) 放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。  
 (g) 単位シーベルト (PV, 2002, 70, 205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

表4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI組立単位		
	名称	記号	SI基本単位による表し方
粘力のモーメント	パスカル秒	Pa s	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-1</sup>
表面張力	ニュートンメートル	N m	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup>
角速度	ニュートン毎メートル	N/m	kg s <sup>-2</sup>
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s	m m <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> = s <sup>-1</sup>
熱流密度, 放射照度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s <sup>2</sup>	m m <sup>-1</sup> s <sup>-2</sup> = s <sup>-2</sup>
熱容量, エントロピー	ワット毎平方メートル	W/m <sup>2</sup>	kg s <sup>-3</sup>
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>
比エネルギー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>
熱伝導率	ジュール毎キログラム	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
体積エネルギー	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s <sup>-3</sup> K <sup>-1</sup>
電界の強さ	ジュール毎立方メートル	J/m <sup>3</sup>	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-2</sup>
電荷密度	ジュール毎立方メートル	V/m	m kg s <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup>
電表面電荷	クーロン毎立方メートル	C/m <sup>3</sup>	m <sup>-3</sup> s A
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>	m <sup>-2</sup> s A
誘電率	クーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>	m <sup>-2</sup> s A
透磁率	ファラド毎メートル	F/m	m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>4</sup> A <sup>2</sup>
モルエネルギー	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s <sup>-2</sup> A <sup>-2</sup>
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル	J/mol	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> mol <sup>-1</sup>
照射線量 (X線及びγ線)	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> mol <sup>-1</sup>
吸収線量率	クーロン毎キログラム	C/kg	kg <sup>-1</sup> s A
放射線強度	グレイ毎秒	Gy/s	m <sup>2</sup> s <sup>-3</sup>
放射輝度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m <sup>4</sup> m <sup>-2</sup> kg s <sup>-3</sup> = m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup>
酵素活性濃度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m <sup>2</sup> sr)	m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> kg s <sup>-3</sup> = kg s <sup>-3</sup>
	カタール毎立方メートル	kat/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> mol

表5. SI接頭語

乗数	名称	記号	乗数	名称	記号
10 <sup>24</sup>	ヨタ	Y	10 <sup>1</sup>	デシ	d
10 <sup>21</sup>	ゼタ	Z	10 <sup>2</sup>	センチ	c
10 <sup>18</sup>	エクサ	E	10 <sup>3</sup>	ミリ	m
10 <sup>15</sup>	ペタ	P	10 <sup>6</sup>	マイクロ	μ
10 <sup>12</sup>	テラ	T	10 <sup>9</sup>	ナノ	n
10 <sup>9</sup>	ギガ	G	10 <sup>12</sup>	ピコ	p
10 <sup>6</sup>	メガ	M	10 <sup>-15</sup>	フェムト	f
10 <sup>3</sup>	キロ	k	10 <sup>-18</sup>	アト	a
10 <sup>2</sup>	ヘクト	h	10 <sup>-21</sup>	ゼプト	z
10 <sup>1</sup>	デカ	da	10 <sup>-24</sup>	ヨクト	y

表6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI単位による値
分	min	1 min=60 s
時	h	1 h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	'	1'=(1/60)°=(π/10 800) rad
秒	"	1"=(1/60)'=(π/648 000) rad
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm <sup>2</sup> =10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>
リットル	L, l	1 L=1 l=1 dm <sup>3</sup> =10 <sup>3</sup> cm <sup>3</sup> =10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
トン	t	1 t=10 <sup>3</sup> kg

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI単位で表される数値
電子ボルト	eV	1 eV=1.602 176 53(14)×10 <sup>-19</sup> J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10 <sup>-27</sup> kg
統一原子質量単位	u	1 u=1 Da
天文単位	ua	1 ua=1.495 978 706 91(6)×10 <sup>11</sup> m

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1MPa=100 kPa=10 <sup>5</sup> Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg=133.322Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10 <sup>-10</sup> m
海里	M	1 M=1852m
バイン	b	1 b=100fm <sup>2</sup> =(10 <sup>12</sup> cm <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> =10 <sup>-28</sup> m <sup>2</sup>
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的関係は、 対数量の定義に依存。
ベレル	B	
デシベル	dB	

表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI単位で表される数値
エルグ	erg	1 erg=10 <sup>-7</sup> J
ダイン	dyn	1 dyn=10 <sup>-5</sup> N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm <sup>-2</sup> =0.1Pa s
ストークス	St	1 St=1cm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> =10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>
スチルブ	sb	1 sb=1cd cm <sup>-2</sup> =10 <sup>4</sup> cd m <sup>-2</sup>
フオト	ph	1 ph=1cd sr cm <sup>-2</sup> =10 <sup>4</sup> lx
ガリ	Gal	1 Gal=1cm s <sup>-2</sup> =10 <sup>-2</sup> ms <sup>-2</sup>
マクスウェル	Mx	1 Mx=1 G cm <sup>2</sup> =10 <sup>-8</sup> Wb
ガウス	G	1 G=1Mx cm <sup>-2</sup> =10 <sup>-4</sup> T
エルステッド <sup>(a)</sup>	Oe	1 Oe <sub>e</sub> =(10 <sup>3</sup> /4π)A m <sup>-1</sup>

(a) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「△」は対応関係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI単位で表される数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 <sup>10</sup> Bq
レントゲン	R	1 R=2.58×10 <sup>-4</sup> C/kg
ラド	rad	1 rad=1cGy=10 <sup>-2</sup> Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 <sup>-2</sup> Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 <sup>-9</sup> T
フェルミ	f	1 フェルミ=1 fm=10 <sup>-15</sup> m
メートル系カラット		1 メートル系カラット=0.2 g=2×10 <sup>-4</sup> kg
トル	Torr	1 Torr=(101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm=101 325 Pa
カロリ	cal	1 cal=4.1858J (「15°C」カロリ), 4.1868J (「IT」カロリ), 4.184J (「熱化学」カロリ)
マイクロ	μ	1 μ=1μm=10 <sup>-6</sup> m

