JAERI-Tech
2004-060

JP0450787

JRR-3冷中性子源装置（CNS）の運転・管理

2004年9月

鈴木　正年・羽沢　知也・石崎　洋一*・小原　道士*
稲田　勝利*・米川　光則*・脇田　広志*

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

本レポートは，日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。
入手の問合わせは，日本原子力研究所研究情報部研究情報課（〒319－1195 茨城県那珂郡東海村）あて，お申し越しください。なお，このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319－1195 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

This report is issued irregularly.
Inquiries about availability of the reports should be addressed to Research Information Division, Department of Intellectual Resources, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 〒319－1195, Japan.

©Japan Atomic Energy Research Institute, 2004

編集兼発行　日本原子力研究所

JAERI-Tech 2004-060

JRR－3冷中性子源装置(CNS)の運転・管理

日本原子力研究所東海研究所研究炉部
鈴木　正年・羽沢　知也・石崎　洋一*・小原　道士*・稲田　勝利*
米川　光則*・脇田　広志*

(2004年8月13日受理)

JRR－3冷中性子源装置(以下「CNS」という)は、研究用原子炉JRR－3の改造計画に伴って、利用性能向上の目的から設置された。原子炉で発生する中性子を冷中性子に変換する方法として熱中性子のなかに僅かに含まれている冷中性子を、フィルターを用いて選別、発生させる方法と、熱中性子を極低温の減速材中に通し、冷中性子に変換する方法とがある。CNSとしては、一般的に後者が採用されていて、極低温の減速材としてその多くが液体水素を用いるため、冷凍設備と組み合わされた装置となっている。JRR－3のCNSも液体水素を冷減速材として採用している。

CNSによって得られた冷中性子は、原子炉から中性子導管を介して中性子ビーム実験孔へと導き出され、中性子散乱のような中性子物理実験に使用されたり、物質内における原子や分子の動きを観測して、生体高分子などの動的挙動を調べる研究手段として利用されている。

JRR－3に設置されたCNSは、我が国においては最初の大型の冷中性子発生施設であり、その運転や保守管理はほとんど経験がなく、未知の分野も含まれていたため、故障や不具合に対して試行錯誤を繰り返さざるを得なかった面もあったが、それだけに貴重な財産でもあり、今後、研究用原子炉のみならず、大強度陽子加速器等にも設置されるCNSの運転管理にも参考になるものと考える。

本記録は、1989年の運転開始から2004年3月まで、JRR－3の共同利用運転にあわせて実施したCNSの運転実績と主な技術的事項をまとめたものである。

東海研究所　：〒319-1195　茨城県那珂郡東海村白方白根2-4
*放射線利用振興協会

JAERI-Tech 2004-060

Operation and Management Data for the JRR-3 CNS Facility

Masatoshi SUZUKI, Tomoya HAZAWA, Yoichi ISHIZAKI*, Michio OBARA*
Katsutoshi INADA*, Mitsunori YONEKAWA* and Hiroshi WAKITA*

Department of Research Reactor
Tokai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Tokai-mura,Naka-gun,Ibaraki-ken

(Received August 13,2004)

The cold neutron source (CNS) at JRR-3 was constructed for the purpose of improving the utilization performance of the reactor along the lines of upgrade program. There are two methods for extracting cold neutrons from a reactor, one is to filter a small fraction of cold neutrons in the Maxwellian spectrum of reactor neutrons while the other is to increase the fraction of cold neutron by inserting a cryogenic moderator. The latter is adopted as CNS facilities at almost all cases, and liquid hydrogen and its cooling system are equipped with a cold neutron source at many neutron facilities just like JRR-3.

Cold neutrons generated in a cold source are extracted through a neutron guide tube, and are utilized for the purpose of neutron beam experiments such as neutron scattering which study the structures of atoms and molecules in the materials and life science fields.

Because the CNS of JRR-3 reactor is the fist large scale CNS facility in Japan, it was almost inexperienced in operation and maintenance. Furthermore new problems were also faced in many cases. We could accumulated precious knowledge through a trial and error process, and they will help with the CNS of research reactors and pulsed neutron sources such as J-PARC.

This report summarizes the operation data and the main technical issues which were recorded in the whole operation period from commencement date in 1989 to March 2004.

Keywords:CNS, JRR-3,Guide Tube

* Radiation Application Development Association

目　次

1.　はじめに ---------- 1
2.　JRR－3CNS ---------- 2
2.1　CNSの概要 ---------- 2
2.2　各機器の機能 ---------- 4
2.3　CNSの安全対策 ---------- 7
3.　CNS特性試験 ---------- 8
3.1　放射線レベルの測定 ---------- 8
3.2　中性子束の測定 ---------- 10
3.3　冷中性子源利得(ゲイン)の測定 ---------- 13
3.4　制御特性の確認 ---------- 15
3.5　CNS最適運転条件の決定 ---------- 17
4.　故障・不具合(CNSが原因で原子炉を計画外停止させた故障・不具合) ---------- 21
4.1　コールドリーク(ケノール継手漏洩) ---------- 21
4.2　ヘリウム冷凍設備トリップ(1)(ヘリウム圧縮機冷却水流量低下) ---------- 31
4.3　ヘリウム冷凍設備トリップ(2)(ヘリウム圧縮機電圧降下) ---------- 38
4.4　ヘリウム系不純物混入 ---------- 45
5.　その他の故障・不具合 ---------- 61
5.1　真空断熱槽真空度低下 ---------- 61
5.2　膨張タービンベアリングガス漏洩 ---------- 75
5.3　真空断熱管真空度維持管理 ---------- 82
5.4　乾燥器ユニット露点改善 ---------- 85
5.5　減速材容器交換 ---------- 88
6.　まとめ ---------- 98
付録.　資料 ---------- 99

Contents

1. Introduction ---------- 1
2. JRR-3CNS ---------- 2
2.1 Outline of CNS ---------- 2
2.2 Cooling System ---------- 4
2.3 Safety Control ---------- 7
3. Characterization of CNS ---------- 8
3.1 Radioactive Level Measurment ---------- 8
3.2 Neutron Flux Measurment ---------- 10
3.3 Cold Neutron Gain Measurment ---------- 13
3.4 Characterization of Control System ---------- 15
3.5 The Most Suitable of Operation Mode ---------- 17
4. Trouble(Exert Influence on Reactor Operation) ---------- 21
4.1 Cold Leak ---------- 21
4.2 Trip of Cooling System(1) ---------- 31
4.3 Trip of Cooling System(2) ---------- 38
4.4 Trip of Cooling System(3) ---------- 45
5. Trouble (The Others) ---------- 61
5.1 Vacuum System Trouble ---------- 61
5.2 Expansion Turbine Trouble ---------- 75
5.3 Maintenance Vacuum System ---------- 82
5.4 Maintenance Drier Unit ---------- 85
5.5 Renew of Moderator Cell ---------- 88
6. Conclusion ---------- 98
Appendix. Date ---------- 99

1. はじめに

JRR－3冷中性子源装置(以下「CNS」という)は、1985(昭和60)年～1990(平成2)年に実施した研究用原子炉JRR－3の改造[1]に伴って、利用性能向上の目的から設置された。改造されたJRR－3は熱出力20MW、軽水減速冷却、重水反射体を用いたプール型研究用原子炉である。Fig.1.1にJRR－3建家平面図を示す。重水反射体で減速された熱中性子束と、CNSでさらに減速された冷中性子は、5本の中性子導管によってJRR－3原子炉に隣接して設置された実験利用棟まで導かれて、中性子散乱実験等を行う実験装置に供給されている。

本記録はJRR－3の共同利用運転にあわせて実施したCNSの運転開始から現在に至るまでの運転実績と主な技術的事項をまとめたものである。

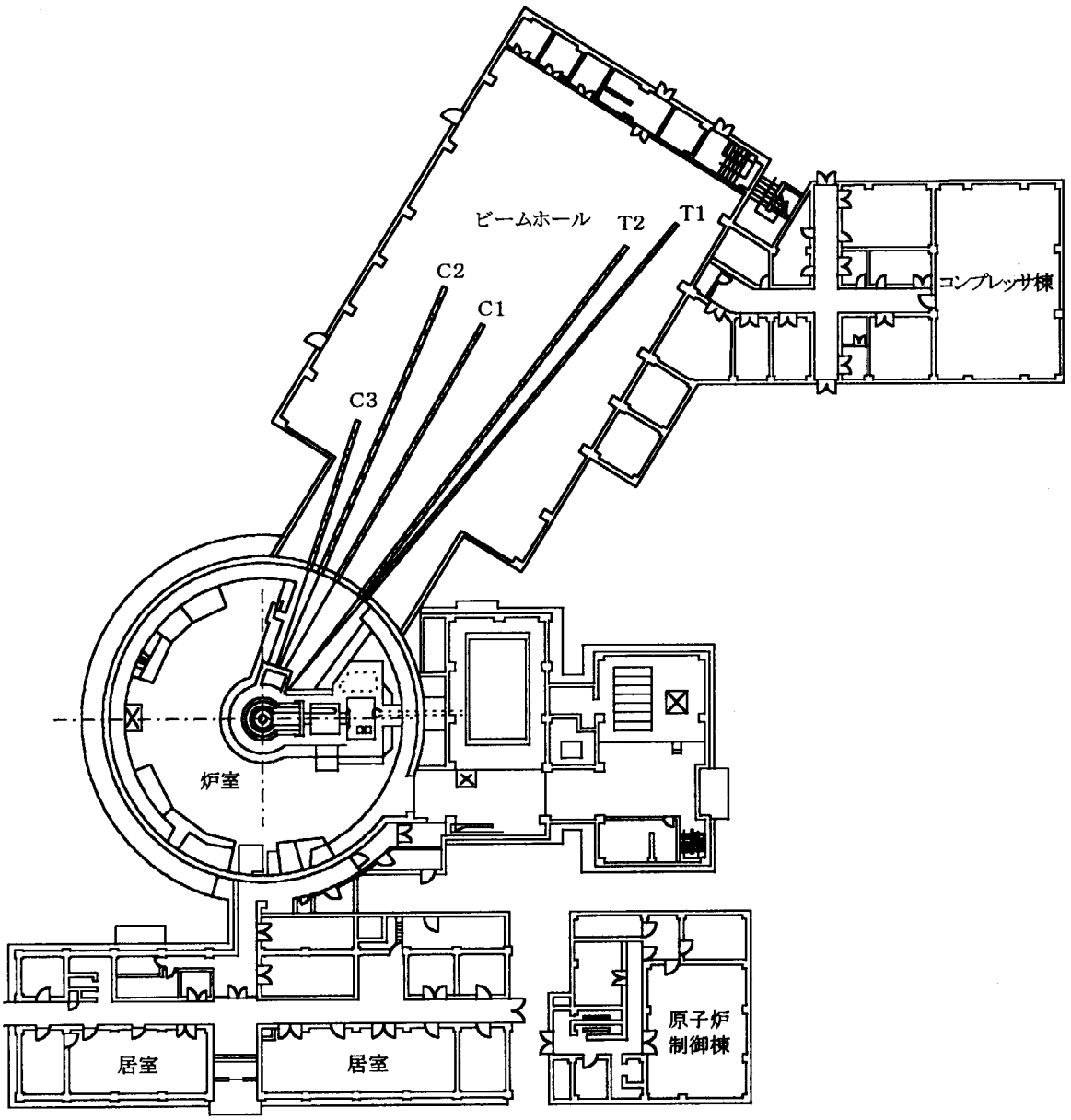


Fig.1.1 JRR－3建家平面図

2. JRR－3CNS

2. 1　CNSの概要

原子炉で発生した高速中性子は重水減速材タンク内で減速され熱中性子になるが、CNSはその熱中性子を液体水素減速材内を通過させてさらに減速し、長波長の冷中性子を生成する装置である。生成された冷中性子は、中性子散乱実験装置等に導かれて研究等に供される。Table2.1にCNSが冷中性子を供給している実験装置を示す。

Table 2.1 CNSから冷中性子を供給している実験装置(2004.3.31現在)

中性子導管ビームポート	装　置　名　称	担当課室等	備　　考
C1－1	高ｴﾈﾙｷﾞｰ分解能三軸型中性子分光器　(HER)	東京大学 物性研究所	高ｴﾈﾙｷﾞｰ分解能中性子散乱による固体物質の研究
C1－2	二次元位置測定小角散乱装置　(SANS-U)	東京大学 物性研究所	中性子小角散乱による物質の内部構造の研究
C1－3	超高分解能後方散乱装置 (ULS)	東京大学 物性研究所	後方散乱中性子による固体の高分解能分光
C2－1	冷中性子散乱実験ﾃﾞﾊﾞｲｽ開発装置　(LTAS)	ｽﾋﾟﾝｰ格子相関中性子散乱研究ｸﾞﾙｰﾌﾟ	中性子散乱による強相関電子系の研究
C2－2	中性子ｽﾋﾟﾝｴｺｰ分光器 (NSE)	東京大学 物性研究所	中性子ｽﾋﾟﾝｴｺｰ分光器を用いた高分子や複雑液体のｽﾛｰﾀﾞｲﾅﾐｯｸｽの研究
C2－3－1	冷中性子ﾗｼﾞｵｸﾞﾗﾌｨｰ装置　(CNRF)	研究炉利用課	中性子ﾗｼﾞｵｸﾞﾗﾌｨｰにおける開発研究
C2－3－2	即発ｶﾞﾝﾏ線分析装置 (PGA)	研究炉利用課	冷中性子による即発ｶﾞﾝﾏ線分析法の研究
C2－3－3	化学反応実験装置 (LCE)	超流動反応場研究ｸﾞﾙｰﾌﾟ	超流動反応場の原子・分子の研究
C2－3－4	TOF型中性子反射率計 (TOF)	研究炉利用課	多層膜ｽｰﾊﾟｰﾐﾗｰ・モノクロメータの開発研究
C2－3－5	中性子ラウエ回折装置 (LAUE)	研究炉利用課	中性子ラウエ回折装置の開発
C2－3－6	中性子寿命測定装置 (NLT)	研究炉利用課	中性子寿命の精密測定の開発
C2－3－7	ﾊﾟﾙｽ中性子機器開発装置 (CHOP)	中性子工学ｸﾞﾙｰﾌﾟ	ﾃﾞｨｽｸﾁｮｯﾊﾟｰによる中性子光学素子の評価
C3－1－1	高分解能ﾊﾟﾙｽ中性子分光器　(AGNES)	東京大学 物性研究所	冷中性子分光器AGNESを用い液体及び固体の中性子分光
C3－1－2	多層膜中性子干渉計／反射率計　(MINE)	東京大学 物性研究所	多層膜中性子干渉計・反射率計を用いた物性研究
C3－2	中性子小角散乱装置 (SANS-J)	ｽﾋﾟﾝｰ格子相関中性子散乱研究ｸﾞﾙｰﾌﾟ	中性子小角散乱による強相関電子系の研究

CNSは、ヘリウム冷凍設備とCNS本体設備で構成されている。このうち、ヘリウム冷凍設備は、約20Kの冷凍ヘリウムを生成する設備である。CNS本体設備は、コンデンサ、水素緩衝タンク、減速材容器等から構成され、ヘリウム冷凍設備から送られてくる冷凍ヘリウムを用い、水素ガスを冷却して液化し、減速材容器に貯留する設備である。CNS系統概略図を Fig.2.1 に示す。

(1)ヘリウム冷凍設備

ヘリウム冷凍設備は、ヘリウム圧縮機、熱交換器、低温精製器、膨張タービン、コントロールヒーター、ヘリウム貯槽、弁、配管等からなる。このうち熱交換器、低温精製器、膨張タービンは、真空断熱構造のコールドボックス内に設置している。

ヘリウム貯槽から供給された常温のヘリウムはヘリウム圧縮機で圧縮され、コールドボックス内の熱交換器へ流入する。熱交換器ではコンデンサ側から戻る低温のヘリウムにより、常温のヘリウムを約33Kまで冷却する。その後、低温精製器でヘリウム中の不純物(酸素、窒素)が取り除かれたヘリウムは膨張タービンへ流入し、断熱膨張により約19Kとなる。

約19Kの冷凍ヘリウムはコンデンサに流入し、水素ガスを冷却する。この際コントロールヒータは、減速材容器内の液体水素を一定量に保つため、水素圧力が一定(約1.2 kg/cm^2・abs)となるようにコンデンサへ流入する冷凍ヘリウムの温度を制御している。

コンデンサを出たヘリウムは熱交換器に入り、常温のヘリウムと熱交換を行いヘリウム圧縮機に流入する。

なお、ヘリウム圧縮機、膨張タービン、アフタークーラ及びオイルセパレータは並列設置されており、JRR－3の運転サイクル毎に交互に使用される。

(2)CNS本体設備

CNS本体設備は、コンデンサ、水素緩衝タンク、減速材容器等から構成され、ヘリウム冷凍設備から送られてくる冷凍ヘリウムを用い、水素ガスを冷却して液化し減速材容器に貯留する設備であり、主要な機器である水素緩衝タンク、コンデンサおよび減速材容器は原子炉プールに隣接しているサブプール内に設置され、万一、水素ガスの漏洩が発生した場合でも直ちに水素ガスが大気中に発散しないように措置されている。

ヘリウム冷凍設備で冷凍されたヘリウムガスはコンデンサ内で水素緩衝タンク内の水素ガスと熱交換を行って液体水素を生成する。液体水素は低温流路管を通して原子炉プールの重水タンクに設置されている減速材容器に流入する。原子炉で発生した高速中性子は重水タンクを通過して熱中性子に減速され、さらに液体水素が貯留されている減速材容器を通過して冷中性子に減速され、中性子導管を介して中性子回折装置等に供給される。減速材容器内の液体水素は核発熱等によって気化され、コンデンサに戻り、再び冷凍ヘリウムガスとの熱交換によって液化して減速材容器に流入する。このようなサイクルをサーモサイフォンと称する。

減速材容器に貯留する液体水素の圧力を一定に保持するために、原子炉の出力や冷却水温度の変化によって変動する液体水素の圧力(PI7105)を検知してコントロールヒータ(KH7502)の電力を加減してコンデンサ(KH7101)に導入するヘリウムガスの温度を調節している。

2.2 各機器の機能

Fig.2.1 およびFig.2.2をもとに各機器の機能の説明を行う。

機能の説明にあたって並列設置され、サイクル毎に交互に使用される機器(ヘリウム圧縮機、膨張タービン、アフタークーラおよびオイルセパレータ)については、それぞれ1号機を使用することとして、1号機のTAG.No.を表示している。

(1)ヘリウム圧縮機およびオイルセパレータ

ヘリウム貯槽(KT7502)から供給されたヘリウムガスはオイルを伴ってヘリウム圧縮機(KA7501)(油冷式スクリューヘリウム圧縮機)で圧縮され、1次オイルセパレータ(KF7501)で重力によりオイルを分離し、アフタークーラ(KX7501)で水で冷却された後、2～5次オイルセパレータ(KF7502～KF7505)でさらにオイル分を除去し、ダストフィルター(KF7506)を通過してコールドボックスに供給される。

ヘリウム圧縮機の吐出圧力はアフタークーラ出口圧力(PI7503)で検知され、バイパス弁(KV7502)の弁開度を調節して、吐出圧力を18.6kg/cm^2・G 、コールドボックス入口流量(FI7506)を約1350Nm^3/hに維持する。

(2)コールドボックス① 【熱交換器、低温精製器】

コールドボックス内に導入された常温のヘリウムガスは、直列に設置された4台の熱交換器(KX7502～KX7505)によって約28Kまで冷却され、低温精製器(KH7501)によって不純物ガス(酸素、窒素等)が吸着されて膨張タービン(KA7502)に導かれる。

(3)コールドボックス② 【膨張タービン】

熱交換器で約28Kに冷却されたヘリウムガスは、膨張タービンに導かれる。膨張タービン入口圧力(PI7518)は、膨張タービンの回転数の設定値に応じて調節される。膨張タービンは入口弁(KV7506)から供給されたヘリウムガスはタービンを回転させ、断熱膨張によって約19Kに冷却する。

(4)コールドボックス③ 【コンデンサ入口流量調整】

膨張タービンで約19Kに冷却された冷凍ヘリウムガスを、コンデンサ流量計(FI7523)で検知し、バイパス弁(KV7508)を調節して、コンデンサに1150Nm^3/h流入させている。

(5)CNS本体設備

コールドボックスから低温配管で原子炉室に導かれた約19Kの冷凍ヘリウムガスは、コンデンサ(KH7101)内で水素ガスと熱交換して液体水素を生成させて減速材容器に貯留する。液体水素の圧力(PI7105)を安定させるために、液体水素の圧力(PI7105)を検知してコントロールヒータ(KH7502)の電力を加減して、コンデンサ(KH7101)に導入するヘリウムガスの温度を調節している。

(6)低圧戻りライン

コンデンサで熱交換を終えたヘリウムガスは、熱交換器の戻りライン(低圧側・低温側)でコールドボックスに流入してくる高圧側(常温側)と熱交換をした後、ヘリウム圧縮機の入口側に戻る。この際、戻りのヘリウムガス圧力(PI7551)で検知した圧力が、1.56Kg/cm^2・G 以下であれば、払い出し弁(KV7552)が開いて、ヘリウム貯槽(KT7502)からヘリウムを系に補充し、1.64Kg/cm^2・G 以上なら取込弁(KV7549)が開いてヘリウム貯槽(KT7502)にヘリウムを戻して系内のヘリウム量を一定に保持している。

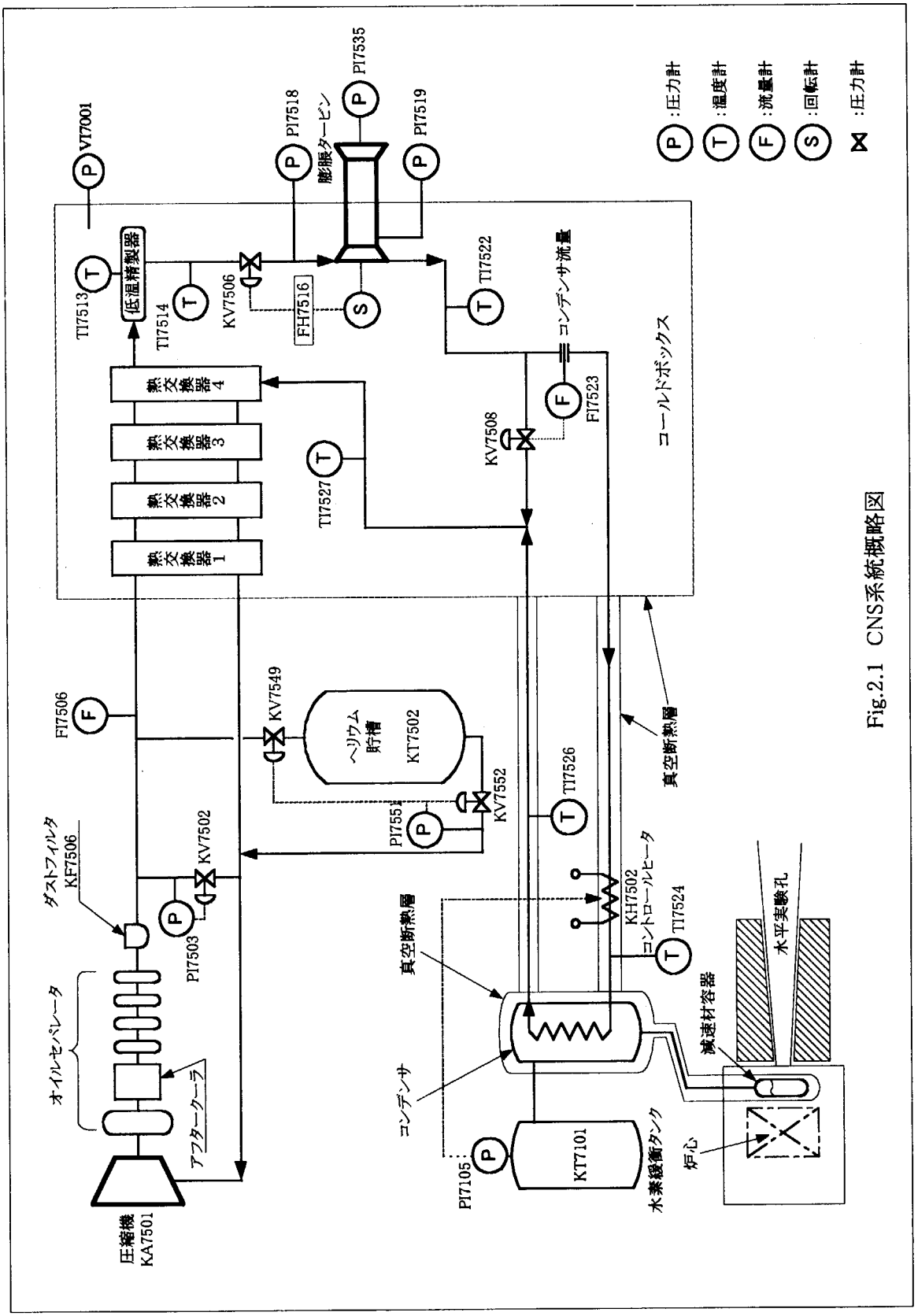


Fig.2.1 CNS系統概略図

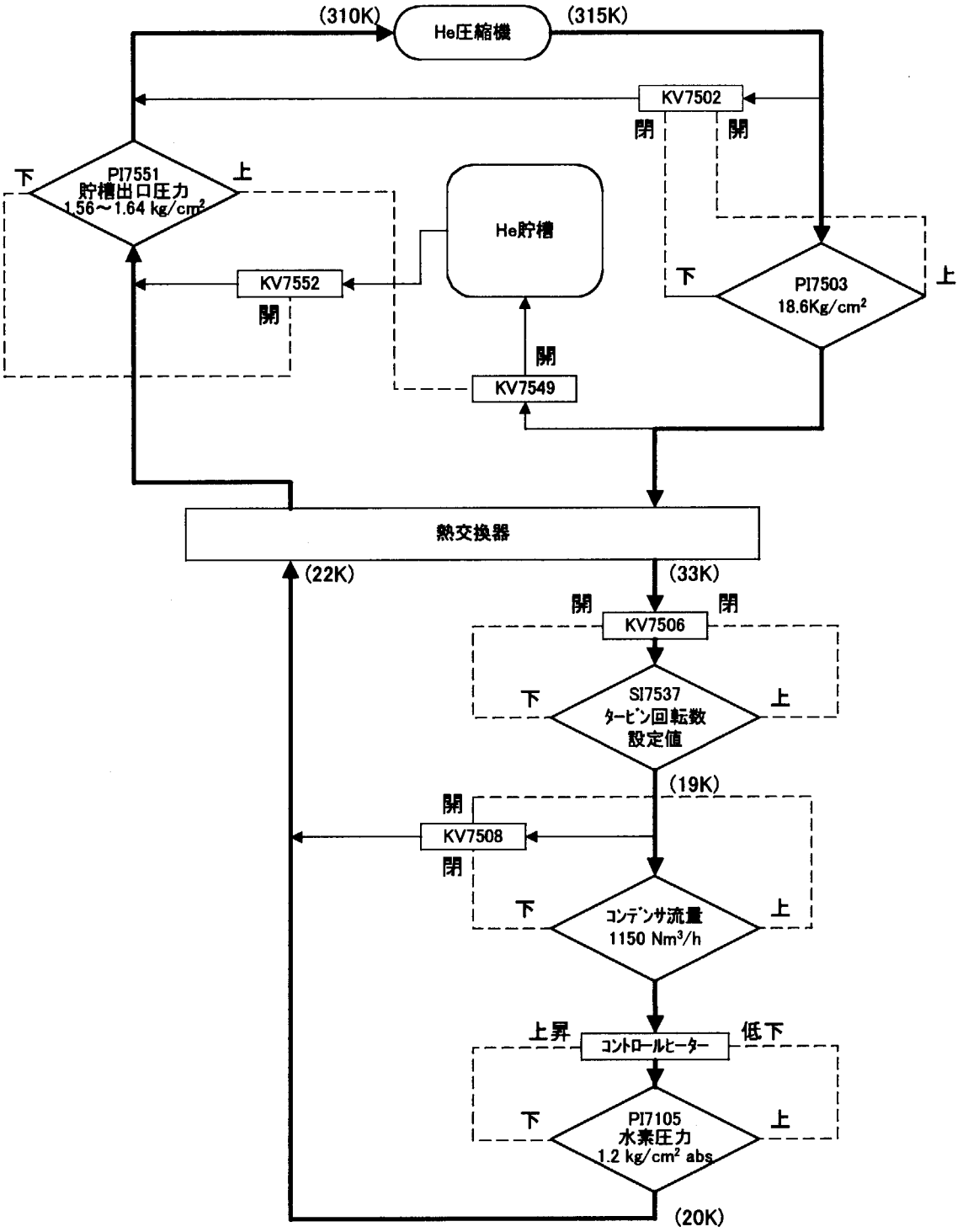


Fig.2.2　CNSヘリウム冷凍設備制御の概要

以上、各機器の機能を設備別に述べてきたが、Fig.2.2に示すように、CNSは極低温を扱う設備でありながら、各機器を制御するパラメータが、温度ではなく「圧力」や「流量」になっており、それらのプロセス値を適性に制御することで結果的にカッコ内で示したような安定した温度状態を維持している。

2. 3　CNSの安全対策

CNSは、原子炉が運転状態のときに、冷凍能力が喪失すると、水素系入熱により減速材容器中の液体水素が全量気化してしまい、容器の温度が上昇して容器を破損するおそれが生ずるのでこれを防止するために、容器中の液体水素が全量気化するときの水素圧力2.1kg/cm^2 ・abs に「水素圧力高高」を設定して、原子炉の安全保護系を機能させて原子炉を緊急停止するように設定されている。なお、この警報点は、「3. CNS特性試験」の「3. 5　CNS最適運転条件の決定」で述べるように、CNSを安定的に運転をするためには、水素充填圧力を当初設計時点で想定した2.1Kg/cm^2・absより3.6kg/cm^2 ・abs に上げた方がより安定した水素貯留量が得られることがわかり、運転では3.6kg/cm^2 ・absを採用している。したがって、現状のCNSでは、液体水素が全量気化する圧力は、3.6kg/cm^2 ・absであるが、警報設定点は安全側の2.1kg/cm^2 ・absとしている。

3. CNS特性試験

CNSは1990(平成2)年6月から9月にかけて特性試験運転を実施し、安定運転のためのデータ採取を行った。CNSの運転は我が国では初めての経験であることから、設計計算の結果と実際の運転データとを比較検証して、安定運転に必要な最適運転条件を決定するための各種パラメータを取得した。主な特性試験項目と得られた結果を以下に記す。

3.1 放射線レベルの測定

(1)試験目的及び試験方法

CNS及び中性子導管[3]に関連する設備において、原子炉運転中に線量率が高くなると予想される以下の地点の空間線量率を測定した。

イ)上部遮蔽体上面
ロ)サブプール上部
ハ)サブプール側面
ニ)ガイドトンネル上部表面
ホ)ガイドトンネル9C側側面
ヘ)ガイドトンネル8T側側面
ト)導管室側面
チ)ビームホール内中性子導管遮蔽体側面

中性子測定には中性子サーベイメータ、ガンマ線測定にはNaIシンチレーションサーベイメータ及び電離箱式サーベイメータを使用した。検出器の性能上、下記の値を各測定器の測定限界とした。また、ガンマ線線量率が1.0μSv/h未満の場合はNaIシンチレーションサーベイメータの値を、1.0μSv/h以上の場合は電離箱式サーベイメータの値を測定値とした。

①中性子サーベイメータ : 0.1μSv/h
②NaIシンチレーションサーベイメータ : 0.1μSv/h
③電離箱式サーベイメータ : 1.0μSv/h

(2) 試験条件と試験結果

測定は、臨界試験前(バックグランドの測定)原子炉出力上昇試験の各出力レベル(200kW、2MW、5MW、10MW、15MW、20MW)ごと及び最終試験時に行った。

Table 3.1 に測定箇所とそれぞれの位置における遮蔽設計の妥当性の基準となる基準線量率を、Table 3.2 に測定結果を示す。

原子炉定格出力時における各測定位置の線量率は基準線量率以下であった。

Table 3.1　線量率測定位置と基準線量率

No.	測　定　場　所	測　定　位　置	遮蔽区分	基準線量率 (μSv/h)
①	炉プール上部遮へい体上面	真空容器真上	Ⅲ	60
② ③	サブプール上部	コンデンサ直上 バッファータンク直上	Ⅱ	30
④	サブプール側面	プラグ表面	Ⅰ	6
⑤ ⑥	ガイドトンネル上部表面	原子炉側 実験利用棟側	Ⅱ	30
⑦ ⑧	ガイドトンネル9C側側面	原子炉側 実験利用棟側	Ⅰ	6
⑨	ガイドトンネル8T側側面	実験利用棟側	Ⅰ	6
⑩ ⑪	導管室側面	9C側外表面 8T側外表面	Ⅰ	6
⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯	ビームホール内中性子導管遮へい体表面	C1導管遮へい体外表面 C2導管遮へい体外表面 C3導管遮へい体外表面 T1導管遮へい体外表面 T2導管遮へい体外表面	Ⅰ	6

①～⑯は、導管室に最も近い鏡管ユニットに対する遮蔽体外表面とする。

Table 3.2　原子炉定格出力時における各測定点の放射線レベル

No.	中性子線量率 (μSv/h)	ガンマ線線量率 (μSv/h)	合計線量率 (μSv/h)	基準線量率 (μSv/h)
①	*	5.5	5.5	60
②	*	0.9	0.9	30
③	*	0.8	0.8	30
④	*	0.2	0.2	6
⑤	*	0.7	0.7	30
⑥	*	1.0	1.0	30
⑦	*	0.3	0.3	6
⑧	0.1	0.1	0.2	6
⑨	*	0.6	0.6	6
⑩	*	0.1	0.1	6
⑪	*	0.2	0.2	6
⑫	*	1.0	1.0	6
⑬	*	1.1	1.1	6
⑭	*	0.8	0.8	6
⑮	*	0.9	0.9	6
⑯	*	1.0	1.0	6

*:測定限界以下

3.2 中性子束の測定

(1) 試験目的及び試験方法

冷中性子導管及び熱中性子導管出口における中性子束及び中性子束分布を測定[3]することにより、中性子導管利用の基礎データを得る。

(2) 試験条件と試験結果

本試験では、中性子導管出口部断面上に金箔を置き、放射化した金箔の誘導放射能を測定することにより、すべての中性子導管出口における中性子束及び代表的な導管での中性子束分布を求めた。測定は、Table 3.3 に示す出力レベル時に行った。また、各導管での測定場所をFig.3.1に、導管端末の金箔貼付位置をFig.3.2 に示す。

Table 3.3 中性子束及び中性子束分布を測定した原子炉出力

中性子導管端末		C1－2	C2－3		C3－2	T1－4	T2－4
CNS運転状況		冷却	冷却	無冷却	冷却	－	－
原子炉出力	250kW		○				○
	2MW		○				○
	5MW		○				○
	10MW	○	○	◎	○	○	○
	15MW		○				○
	20MW		◎				◎
	最終試験		◎				◎

○：中性子束を測定（断面の中心位置）
◎：中性子束分布を測定

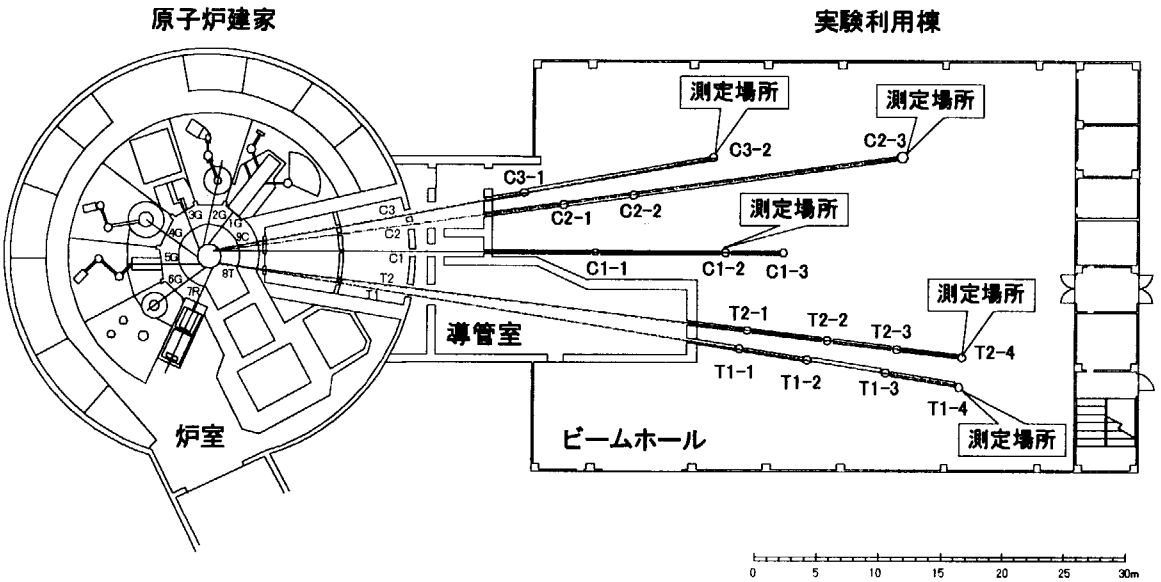


Fig.3.1 中性子束測定箇所

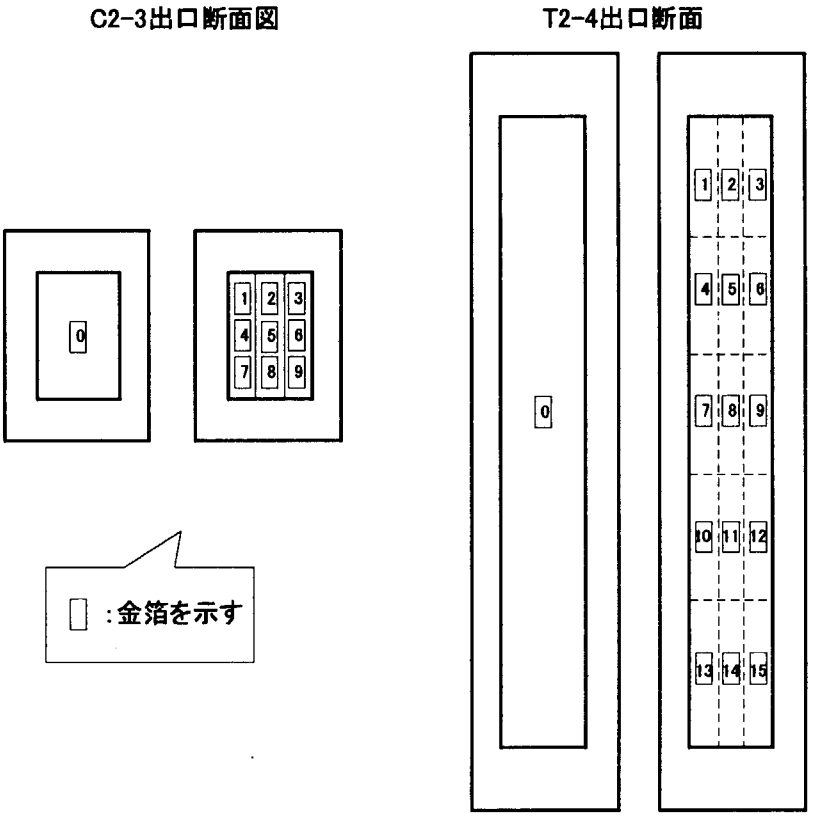


Fig.3.2 導管端末の金箔貼付位置

Table 3.4 に10MW時における各導管端末の中性子束を示す。測定した中性子束は、設計計算値と比較的良い一致を示した。Fig.3.3～Fig.3.7 にC2-3及びT1-4出口における中性子束分布測定結果を示す。また、Fig.3.8 に各出力レベルにおける中性子束測定結果を示す。

C2－3及びT1－4出口における中性子束分布の測定結果より、中性子導管出口断面における中性子束は、ほぼ均一に分布していることが確認された。

Table 3.4 10MW時における各導管端末の中性子束

中性子導管No.	中性子束(n/cm²・sec)(測定値)	中性子束(n/cm²・sec)(20MW換算)	設計値(n/cm²・sec)*)
C1－2	1.0×10^8	2.0×10^8	3.3×10^8
C2－3	1.0×10^8	2.0×10^8	2.8×10^8
C3－2	0.7×10^8	1.4×10^8	2.3×10^8
T1－4	0.6×10^8	1.2×10^8	2.1×10^8
T2－4	0.6×10^8	1.2×10^8	2.1×10^8

*):2次元輸送コードDOT-3.5を用いて計算したビームチューブ先端角度束に中性子導管収率計算コードNEUGT-NKKを用いて計算した収率を乗ずることにより求めた据付誤差がない場合の中性子束。鏡管ユニット間の隙間からの中性子束の漏洩、飛行経路上のアルミ板及び空気等による中性子の損失は考慮されている。

	1.9	2.0	1.9
外周側	2.0	2.0	1.9	内周側
	1.9	1.9	1.9

×10^8n/cm^2・sec

Fig.3.3 C2-3出口断面の中性子束分布 (20MW)

	1.8	1.9	1.7
外周側	2.1	1.9	1.9	内周側
	1.9	1.9	1.8

×10^8n/cm^2・sec

Fig.3.4 C2-3出口断面の中性子束分布 (20MW最終試験)

	0.8 (1.7)	0.9 (1.8)	1.0 (2.0)
外周側	0.9 (1.8)	1.0 (2.0)	1.1 (2.1)	内周側
	0.8 (1.7)	1.0 (2.0)	0.9 (1.8)

×10^7n/cm^2・sec

Fig.3.5 C2-3出口断面の中性子束分布 (10MW無冷却運転) カッコ内は20MW換算

	0.5	1.2	1.2
	0.4	1.1	1.2
外周側	0.6	1.2	1.3	内周側
	0.6	1.2	1.3
	0.6	1.3	1.3

×10^8n/cm^2・sec

Fig.3.6 T2-4出口断面の中性子束分布 (20MW)

	1.1	1.3	1.1
	1.1	1.1	1.1
外周側	1.1	1.3	1.2	内周側
	1.2	1.2	1.2
	1.2	1.3	1.3

×10^8n/cm^2・sec

Fig.3.7 T2-4出口断面の中性子束分布 (20MW最終試験)

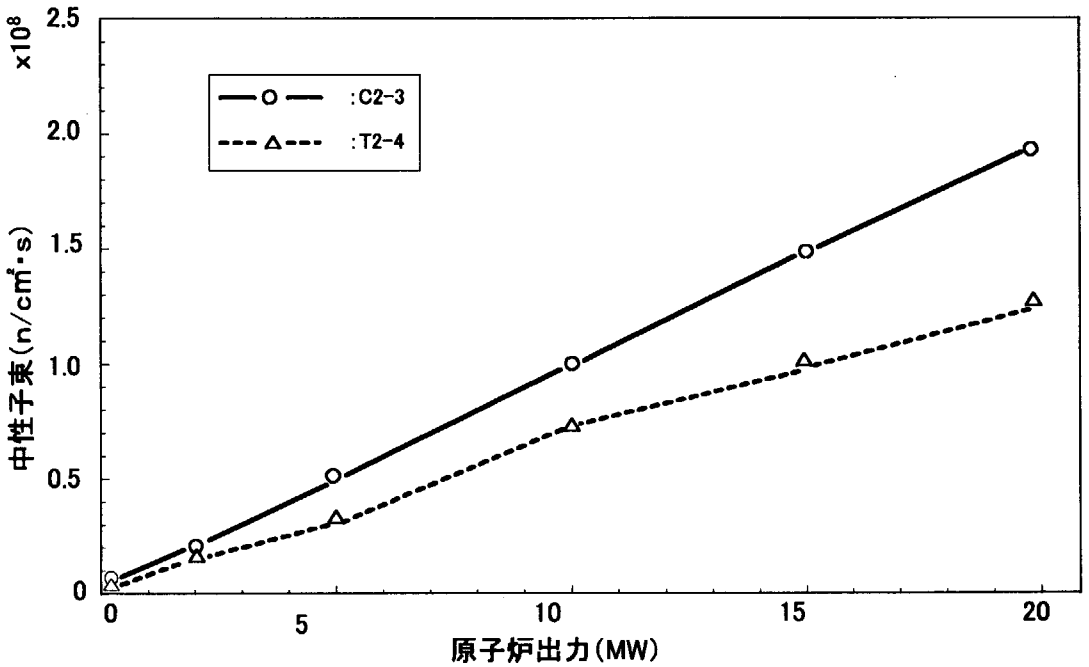


Fig.3.8　各出力における中性子束

3.3　冷中性子源利得(ゲイン)の測定

(1)試験目的及び試験方法

CNSの性能を評価する方法として、減速材容器に液体水素が貯留されていない状態(「無冷却運転」という)における中性子スペクトルと、減速材容器中に液体水素が貯留されている(「定常運転」という)状態における中性子スペクトルを測定し、定常運転時における4Åより長波長の中性子数を無冷却運転時の中性子数で除した値を冷中性子源利得(ゲイン)として求める。

(2)試験条件と試験結果

測定は、中性子導管端末(C2-3)で中性子飛行時間分析装置(TOF)を使用して両運転モード時の中性子スペクトルを測定し、冷中性子源利得を算出した。原子炉出力は、無冷却状態で減速材容器に過度なストレスを与えないように配慮して、定格出力の1/2の10MWとし、無冷却状態での運転時間は1時間とした。Fig.3.9 に冷却状態、Fig.3.10 に無冷却状態の中性子スペクトルを示し、Fig.3.11 に双方の比を冷中性子源利得として示した。これから4Åより長波長の冷中性子の利得が10以上あることがわかり、CNSは当初設計どおりの性能を十分発揮していることが確認された。

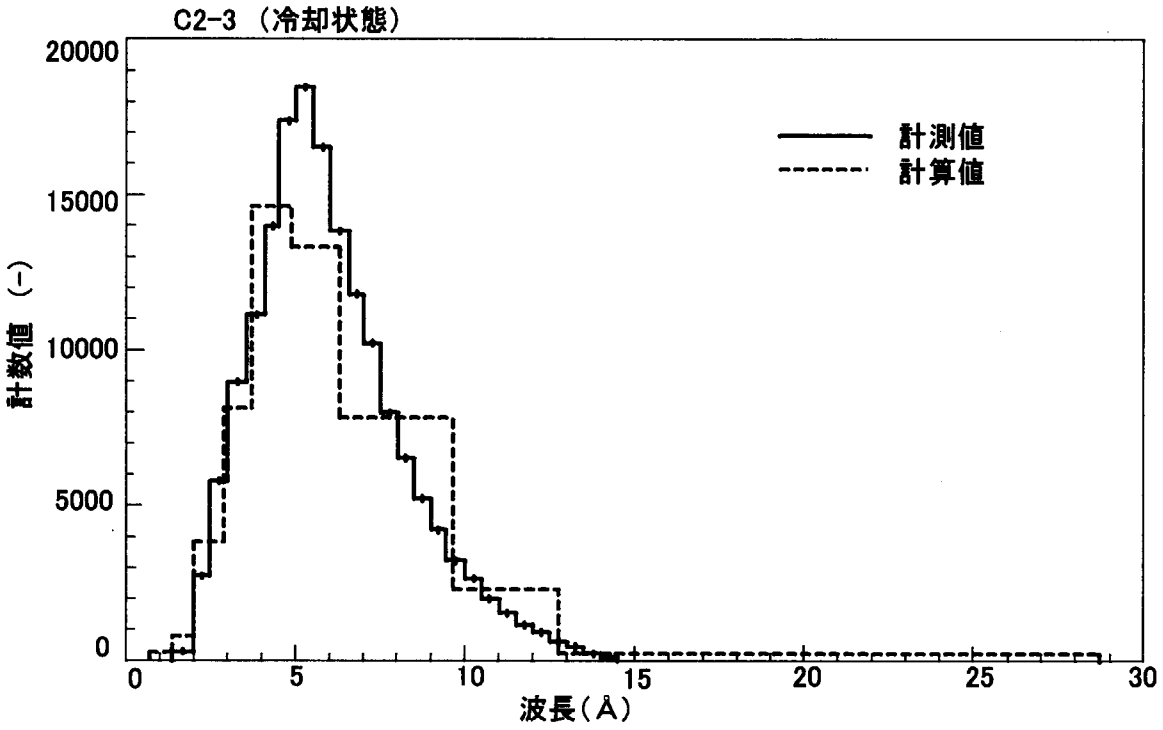


Fig.3.9 C2-3出口における中性子スペクトル

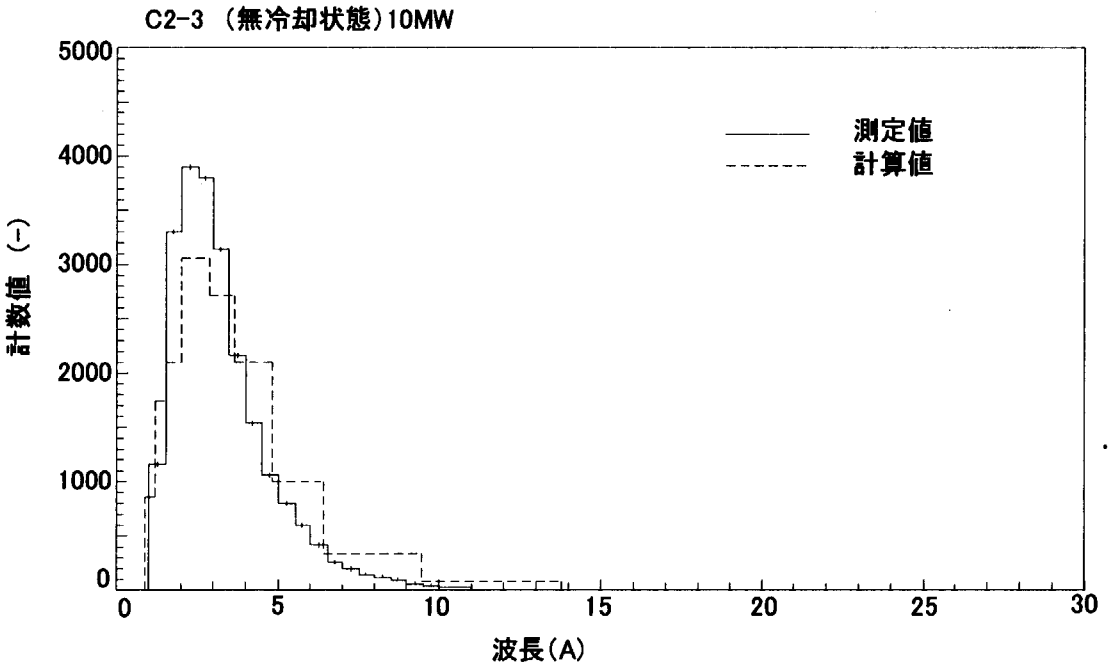


Fig.3.10 C2-3出口(無冷却状態)における中性子スペクトル

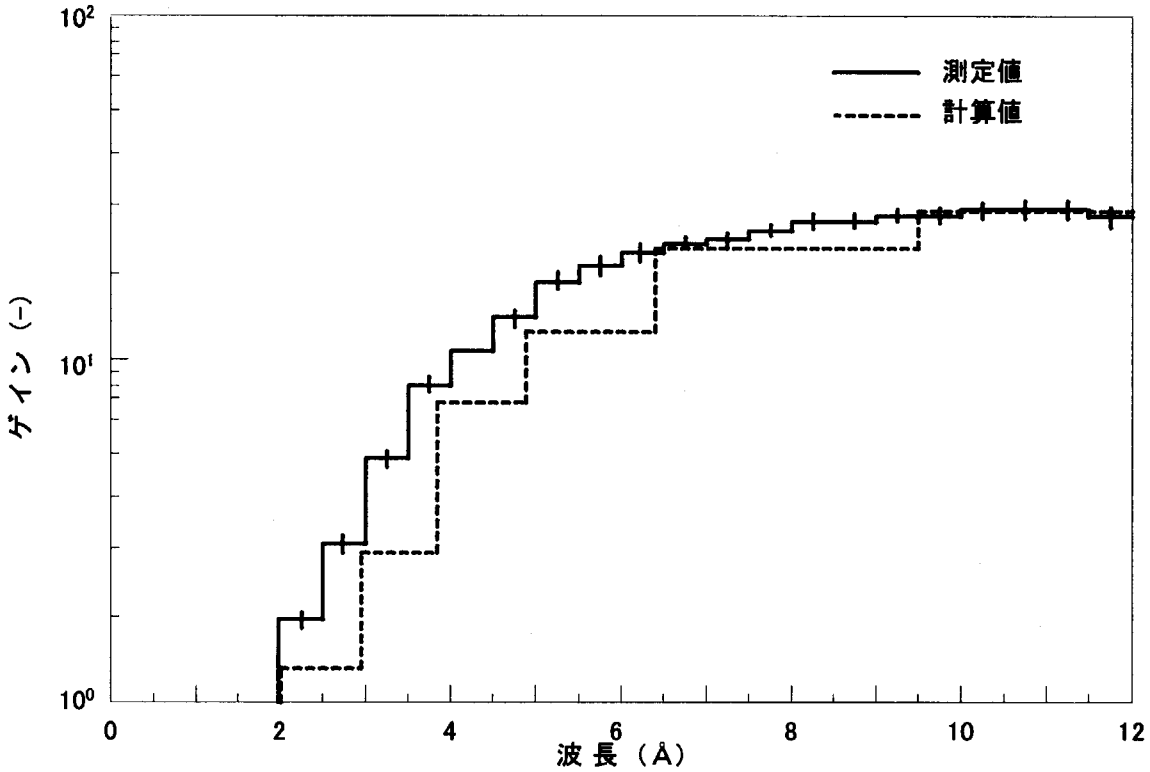


Fig.3.11 冷中性子源利得 (ゲイン)

3.4 制御特性の確認

(1)試験目的及び試験方法

CNS運転中における水素緩衝タンクの水素圧力(以下「運転圧力」という)測定を原子炉の出力変動に対する制御特性を確認する目的で行った。試験方法は、原子炉出力の変動に対し運転圧力を一定に保つためのコントロールヒータによる制御系が良好に作動することを確認するため、原子炉の出力上昇時、定常運転中及び停止時における運転圧力とヘリウム冷凍設備の主要なプロセス量を測定した。制御特性の目安は、

ア)原子炉出力上昇時及び停止時

i)運転圧力が上限警報値(1.5kg/cm^2 ・abs)に達しないこと。

ii)コンデンサ入口温度が14.2K以上であること。(水素固化防止)

イ)原子炉定常運転中

i)運転圧力の変動が±0.1kg/cm^{2}を越えないこと。

ii)膨張タービン出口温度の変動が±0.5Kを越えないこと。

iii)コンデンサ流量の変動が±5%を越えないこと。

iv)コンデンサ入口圧力の変動が±0.1kg/cm^{2}を越えないこと。

(2)試験条件と試験結果

制御系のPIDパラメータをTable 3.5 に示すように設定した。

これらの値は、原子炉運転にさきがけて実施した炉外作動試験において、減速材容器と外管に取り付けた電気ヒータにより原子炉の起動時、定常運転中及び停止時の核発熱による熱負荷の変化を

模擬して、運転圧力の変動による行き過ぎ量を小さく、設定値への回復時間及び振動の減衰時間を短くするようにパラメータサーベイして求めた値である。

Table 3.5　制御系のPIDパラメータ

	モードA	モードB	備　　考
比例帯　P(%)	50	30	運転圧力が設定値に対し、偏差0.1kg/cm²
積分時間I(sec)	40	60	以上になったときモードAからモードBに自
微分時間D(sec)	180	240	動切り替えする。

(注)：モードBは、原子炉起動時／停止時のように負荷変動が急激なときには、まず即応性を良くする比例動作と設定値への回復を早くするための積分動作を生かすように比例帯と積分時間を小さくしてある。この結果、偏差が±0.1kg/cm²　の範囲に入るモードAに切り替わり、今度は設定値への振動の減衰が早くなるように積分時間を長くしている。

それぞれの運転パターンによるプロセス量の変化をTable 3.6～Table 3.8 に示す。原子炉出力を200kWから20MWまで急激に上昇した場合でも運転圧力の最大値は1.36kg/cm² ・abs であり、原子炉出力上昇時に運転圧力が上限警報値に達することはなく、減速材容器中の液体水素がなくなるおそれはない。また、原子炉停止時にコンデンサ入口温度が14.2K以下になることはなく、水素固化のおそれはない。

以上のことから、コントロールヒータによる運転圧力の制御系は、原子炉の出力変動に対し、良好な制御性能を有することを確認した。

Table 3.6　原子炉出力上昇時のプロセス量

プロセス量		原子炉出力上昇時			
		停止→5MW	停止→10MW	停止→15MW	停止→20MW
運転圧力	初期値	1.20	1.20	1.20	1.20
(PI7105)	最大値	1.24	1.29	1.29	1.26
(kg/cm² abs)	最小値	1.19	1.19	1.18	1.19
コンデンサ入口温度	初期値	19.9	20.0	20.0	20.0
(TI7524) (K)	最大値	19.9	20.0	20.0	20.0
	最小値	19.9	19.4	19.0	18.8

Table 3.7　原子炉停止時のプロセス量

プロセス量		原子炉停止時			
		5MW→停止	10MW→停止	15MW→停止	20MW→停止
運転圧力	初期値	1.20	1.20	1.20	1.20
(PI7105)	最大値	1.21	1.24	1.21	1.22
(kg/cm² ・abs)	最小値	1.15	1.10	1.08	1.05
コンデンサ入口温度 (TI7524) (K)	初期値	19.5	19.4	19.0	18.7
	最大値	19.9	20.1	19.9	19.9
	最小値	19.5	19.4	19.0	18.7

Table 3.8　原子炉定常運転中のプロセス量

測定項目		原子炉出力				
		5MW	10MW	15MW	20MW	20MW (100Hr運転)
運転圧力 (PI7105) (kg/cm² ・abs)	定常値	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
	最大値	1.22	1.21	1.22	1.21	1.28
	最小値	1.19	1.20	1.19	1.19	1.17
膨張タービン入口温度 (TI7524) (K)	定常値	17.3	17.3	17.4	17.4	17.6*)
	最大値	17.4	17.3	17.6	17.6	17.8
	最小値	17.3	17.3	17.5	17.5	17.5
コンデンサ流量 (FI7523) (Nm³/hr)	定常値	1150	1150	1150	1150	1150
	最大値	1153	1150	1154	1150	1153
	最小値	1147	1147	1147	1148	1146
コンデンサ入口圧力 (PI7525) (kg/cm² ・abs)	定常値	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81
	最大値	1.82	1.82	1.85	1.82	1.83
	最小値	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80

*):膨張タービン出口温度が高くなっているのは、20MW、100時間運転のときに膨張タービン回転数を87.8 krpmから85.6krpmに下げたことによる。

3.5　CNS最適運転条件の決定

(1)試験目的及び試験方法

水素充填圧力及び運転中の水素圧力(運転圧力)と冷中性子源利得(ゲイン)の相関を調べ、冷中性子源利得が5以上で、かつ、安定する水素充填圧力及び運転圧力を求めるため、原子炉出力20MW運転時において、水素充填圧力2点及び各充填圧力に対して運転圧力を3点変えることにより、水素系内の液体水素量を約1.3 ～約1.8 の間で6点変え、各点で「3. 3　冷中性子源利得(ゲイン)の測定」で述べた試験方法で各3点測定し、系内液体水素量とゲインの関係及びゲインの安定性について調べ、ゲインが最適となる系内液体水素量を求めた。

上述の系内液体水素量の試験範囲は、Fig.3.12 に示すように炉外作動試験において、減速材容器中の液体水素の貯留状態をCf線源を用いた中性子減速法により測定した結果に基づき、安定した貯留が得られた範囲とした。注1)

注1):Fig.3.12 において、中性子計数率が安定しているとき(○印)、減速材容器中の液体水素の貯留量が安定していることを示す。

(2)試験条件と試験結果

試験条件をTable 3.9 に示す。

Table 3.9 試 験 条 件

原子炉熱出力 (MW)	水素充填圧力 (kg/cm²・abs)	運転圧力 (kg/cm²・abs)	系内液体水素量 (ℓ)
20	3.5	1.4	1.30
		1.2	1.44
		1.0	1.58
20	3.8	1.4	1.49
		1.2	1.63
		1.0	1.77

Table 3.10に系内液体水素量と中性子波長4Åでの冷中性子源利得(ゲイン)の関係を示す。系内液体水素量を変えても中性子スペクトルはほとんど同じであった。表からもわかるように冷中性子源利得(ゲイン)には有意な差はあらわれず、いずれの場合もゲインは約11であり、かつ、安定していた。したがって運転条件試験を行った範囲では特に優劣は認められなかった。

Table 3.10 運転条件の変化と冷中性子源利得(波長4Å)の測定結果

運転条件		系内液体水素量 (ℓ)	コンデンサ熱負荷 (W)	冷中性子源利得 (3回測定)
水素充填圧力 (kg/cm²・abs)	運転圧力 (kg/cm²・abs)			
3.5	1.4	約1.30	約430～約440	11.2 11.2 11.2
	1.2	約1.44	約440～約450	11.1 11.1 11.1
	1.0	約1.58	約440	11.0 11.1 11.0
3.8	1.4	約1.49	約440	11.3 11.2 11.3
	1.2	約1.63	約430～約450	10.9 11.2 11.3
	1.0	約1.77	約450	11.3 11.2 11.3

試験を行った運転条件の範囲内では、炉外作動試験の中性子減速法による中性子計数率の測定結果においても、入熱量が同じときには計数率がほぼ一定であったこと、今回試験においてもゲインが同じ値を示したことから、水素が安定な熱流動をしている場合には、減速材容器内の液体水素ボイド率は系内液体水素量には依らずほぼ一定であると推定される。減速材容器内のボイド率を

炉外作動試験結果から推定すると、Fig.3.13 よりコンデンサ熱交換量を450Wとして、約20%となる。以上のことから、運転条件は、下記の範囲であれば、冷中性子源利得(ゲイン)には有意の差は認められず、いずれの場合もゲインは中性子波長4Åにおいて約11で安定しており、最適運転条件として特に優劣がないことを確認した。

水素充填圧力 : 3.5～3.8kg/cm² ・abs
運転圧力 : 1.1～1.4kg/cm² ・abs
系内液体水素量: 約1.3～約1.8 ℓ

以上の結果からCNSの最適運転条件として、減速材容器内の液体水素の安定な貯留状態が確実に得られ、かつ、安全上から水素インベントリを少なくすることを考慮して、系内液体水素量を約1.5 ℓとする。運転圧力は設計計画値1.20kg/cm²・absとし、水素充填圧力は約3.6kg/cm²・absとする。

CNS運転条件		
水素充填圧力	:	約3.6 kg/cm² ・abs
運転圧力	:	1.2 kg/cm² ・abs
系内液体水素量	:	約1.5 ℓ

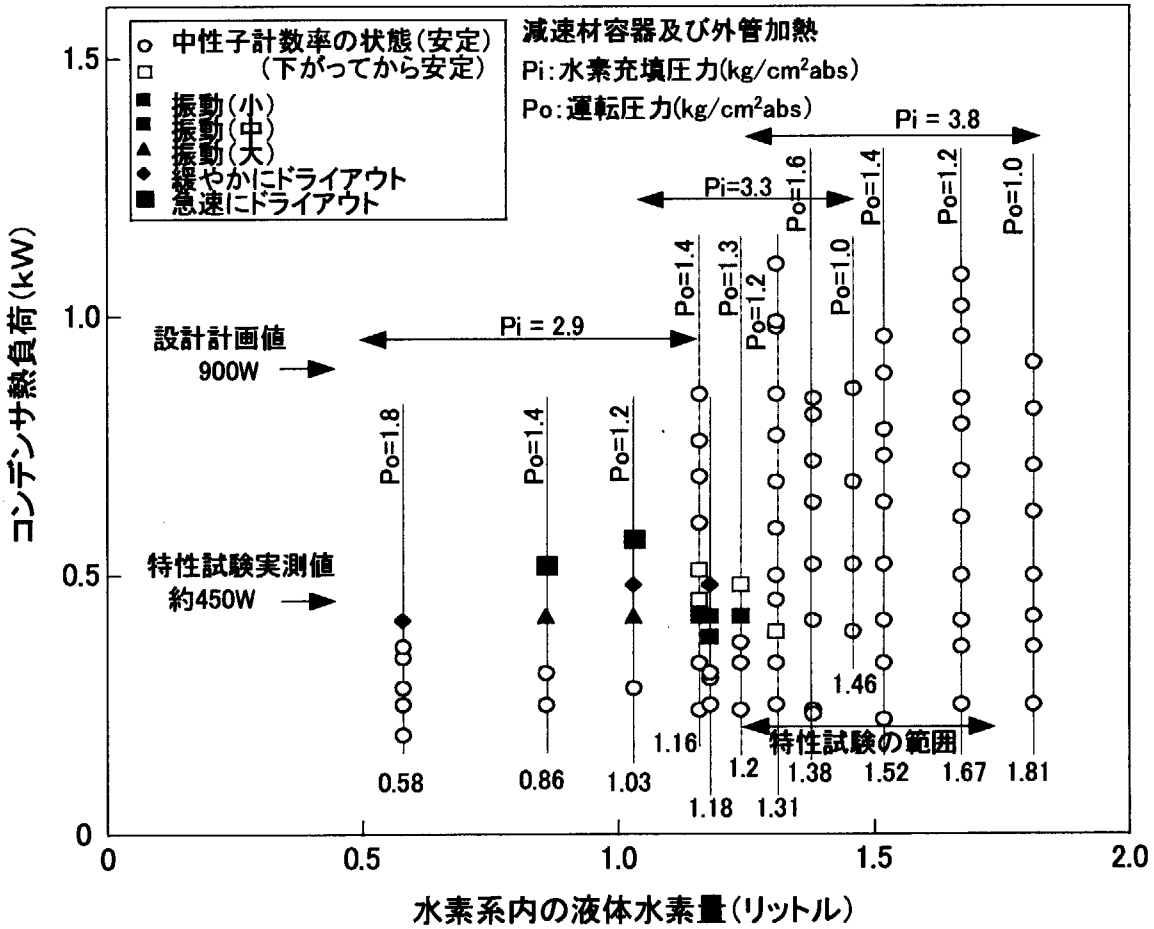


Fig.3.12 減速材容器中の液体水素貯留状態(炉外作動試験結果)

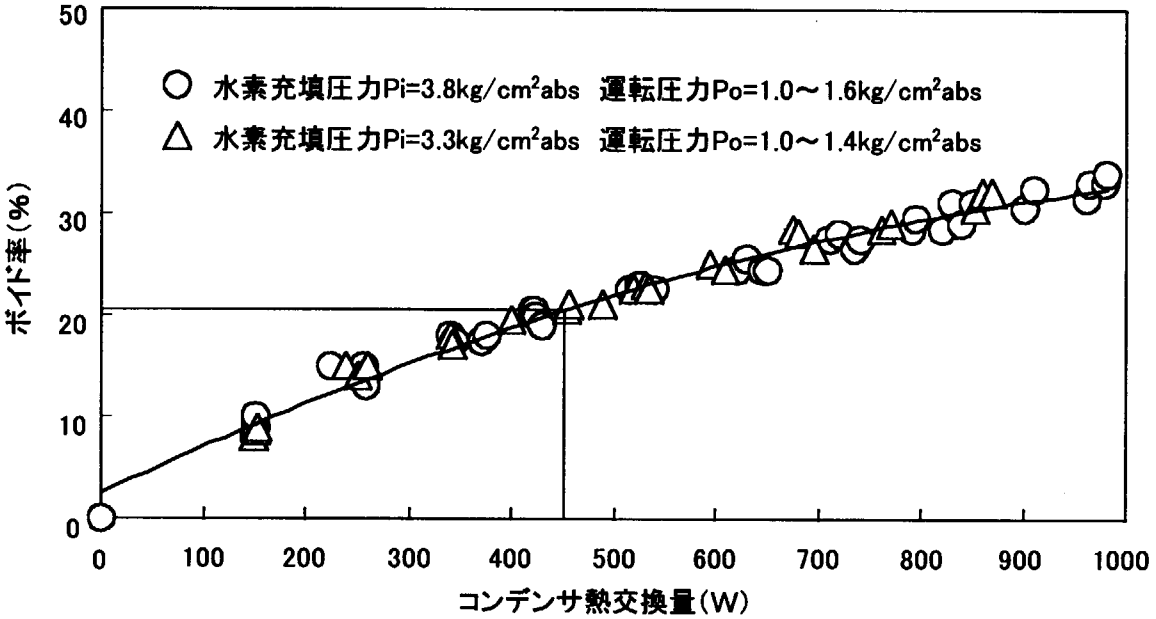


Fig.3.13 減速材容器中の液体水素ボイド率(炉外作動試験結果)

4. 故障・不具合

(CNSが原因で原子炉を計画外停止させた故障・不具合)

CNSの故障・不具合によって、液体水素圧力が原子炉の安全保護系に連動して緊急停止を引き起こしたり、またはその恐れがあると判断して原子炉の手動停止を要請した事象について、その発生状況、推定原因および対策について以下に記す。

4.1 コールドリーク(ケノール継手漏洩)

4.1.1 概要

(1)事象の概要

本事象は、CNSの減速材容器とコンデンサを接続しているケノール継手のコールドリークによって引き起こされた真空断熱槽への水素ガス漏洩である。水素ガスが真空断熱槽内に漏洩したため、真空断熱槽の真空劣化が進行して、交換熱量の増加と水素圧力の上昇につながった。

(2)発生日時:1996(平成8)年10月5日(土)11時32分

(3)発生状況

JRR－3原子炉は9月16日から10月11日までの予定で、定格出力20MWの共同利用運転(R3-08-03サイクル)を行っていた。

CNSは本運転サイクル当初からコンデンサ断熱槽の真空度低下が認められ、通常CNS定常運転中は停止しているコンデンサ断熱槽真空排気ポンプを起動させて、真空排気を行うことで真空度劣化を防止しようとした。また、冷中性子導管ユーザーから、冷中性子の計数値が前サイクルに比較して極端に少ないとの指摘があった。これらの原因究明を進めるとともに、真空断熱槽の真空度回復のための作業を運転と平行して行ったが、10月5日(土)10時40分頃からCNSのコンデンサ真空断熱槽圧力(VI7205)が上昇傾向を示した。真空度低下が進行すると、真空断熱槽への入熱が増加して液体水素の圧力が上昇し『実験設備異常』のスクラム信号により原子炉が自動停止するおそれがあることから原子炉の手動停止を要請し、11時32分にリバースにて手動停止した。

1) CNS運転の経過

コンデンサ断熱槽の真空排気作業経過を中心に、発生状況を時系列で記す。

9/15	08:28	「運転準備P.B」『ON』
	09:00	「運転P.B」 『ON』
		VI7204 2.6×10^{-4} Torr
	12:10	KV7201『閉』(コンデンサ断熱槽真空排気停止)
		VI7204 2.6×10^{-4} Torr
9/16	06:07	「原子炉起動可オペガイド発報」
		VI7204「H」および「HH」発報
	11:00	原子炉起動
9/17	10:10	KV7201「開」(コンデンサ断熱槽真空排気開始)
		VI7204 8.0×10^{-4} Torr

9/18　10:06　KV7201「閉」(コンデンサ断熱槽真空排気停止)
VI7204　7.9×10^{-4} Torr
15:13　KV7201「開」(コンデンサ断熱槽真空排気開始)
VI7204　8.1×10^{-4} Torr
9/19　10:10　KV7201「閉」(コンデンサ断熱槽真空排気停止)
VI7204　8.9×10^{-4} Torr
12:13　KV7201「開」(コンデンサ断熱槽真空排気開始)
VI7204　8.6×10^{-4} Torr
18:17　KV7201「閉」(コンデンサ断熱槽真空排気停止)
VI7204　9.0×10^{-4} Torr
20:04　KV7201「開」(コンデンサ断熱槽真空排気開始)
VI7204　9.2×10^{-4} Torr

以降、同様作業が約10日間継続される。

9/30　00:00　KV7201「閉」(コンデンサ断熱槽真空排気停止)
VI7204　1.6×10^{-3} Torr
04:01　KV7201「開」(コンデンサ断熱槽真空排気開始)
VI7204　1.7×10^{-3} Torr
08:00　KV7201「閉」(コンデンサ断熱槽真空排気停止)
VI7204　1.7×10^{-3} Torr
12:11　KV7201「開」(コンデンサ断熱槽真空排気開始)
VI7204　1.7×10^{-3} Torr
10/01　00:14　KV7201「閉」(コンデンサ断熱槽真空排気停止)
VI7204　1.8×10^{-3} Torr
04:00　KV7201「開」(コンデンサ断熱槽真空排気開始)
VI7204　1.8×10^{-3} Torr
08:00　KV7201「閉」(コンデンサ断熱槽真空排気停止)
VI7204　1.8×10^{-3} Torr

この作業を最後に、コンデンサ断熱槽真空排気作業は行わないこととした。

10/04　19:00　KV7201「開」(コンデンサ断熱槽真空排気開始)
VI7204　2.4×10^{-3} Torr
10/05　09:22　KV7201「閉」(コンデンサ断熱槽真空排気停止)
VI7204　5.5×10^{-3} Torr
10:34　VI7204の電源「OFF」になる。(真空度が劣化すると、検出端に悪影響を与える恐れがあるため自動的に電源が「OFF」になる。)
電源「OFF」直前のVI7204　7.4×10^{-3} Torr
10:38　原子炉出力を20MWから15MWに降下するよう要請。出力下降開始。

10:39　VI7205　6.7×10^{-3} Torr(低真空領域を表示する真空計)

10:42　原子炉出力15MWに到達。

11:21　原子炉出力を15MWから10MWに降下するよう要請。出力下降開始。

11:25　原子炉出力10MWに到達。

11:30　原子炉を手動停止するよう要請。手動リバース開始。

11:33　原子炉停止。

11:47　PI710AB,PI7106「H」発報。(水素圧力上昇警報(1.5kg/cm^2 ・abs)

11:48　CNS停止工程開始。

2)その他の関連事象(中性子モニタ計数値低下)

本運転サイクル開始直後から、冷中性子導管のユーザーから中性子の計数値が前サイクルに比較して少ないことが指摘され、水平実験孔のシャッターの開閉状態に不具合があることが考えられたが、シャッターは正常に作動していた。このことからも、減速材容器に液体水素が貯留されていない可能性が考えられた。ディスプレイの表示は、前サイクルと同様に約1,500cc貯留されているようになっているが、この表示は直接計測ではなく、計算機処理で計算された数値である。即ち、次式で示すとおり、初期充填した水素ガス圧力をもとに、運転中の水素圧力と温度のパラメータをもとに液体水素量を計算して、減速材容器内の液体水素貯留量を表示していることから、実際には生成された液体水素が、途中のケノール継手のジョイント部から漏洩して減速材容器内に貯留されなくても表示は約1,500cc貯留されているようになっていたのである。

さらに中性子導管途中に設置されている中性子モニタは、エネルギーの低い冷中性子を選択的に測定しているのではなく、全てのエネルギーの中性子数を総和として測定して表示しているために、通常の運転サイクルと差異がなく、エネルギーを選択して冷中性子成分を測定しているユーザーの指摘があるまで異常を発見できなかった。

(参考)液体水素量の演算式

$$V=210{,}609\times\frac{PV(PZY106)}{PV(TZY116)}-207{,}281\times\frac{PV(PI7105)}{PV(TX7116)}-218(cc)$$

PV(PZY106):初期水素充填圧力

PV(TZY116):サブプール水温度

PV(PI7105):運転時水素圧力　(PI7105)

PV(TX7116):運転時連絡管温度(TI7116)

(4)　原子炉への影響

手動停止して、残りの共同利用運転は中止のうえ、原因調査及び必要な修復を行った。 JRR－3原子炉は、CNSの修復作業および運転再開に必要な諸手続を終了した後、10月21日から開始する予定の共同利用運転(R3-08-04サイクル)を約1週間遅らせて11月1日から原子炉運転を再開した。

4.1.2 原因究明作業

(1)原因の推定と究明作業の経過

以上の経過からみて、本件事象の原因は以下のように推定された。

1)運転・管理状況からの原因推定

運転前後において真空圧力低下以外に次の状況が確認されている。

イ)平成8年度の定期自主検査で水素格納部の漏洩量は、2.8×10^{-5}Torr·ℓ/sであり、基準値(1.0×10^{-4}Torr·ℓ/s)を満足していた。Table4.1.1に 定期検査時の水素格納部漏洩検査の結果を示す。

Table4.1.1 水素格納部漏洩検査履歴(定期検査時)

実施年度	検査項目(部位)	判定基準(Torr·ℓ/s)	結果(Torr·ℓ/s)
平成3年度 (H3.9.27～10.15)	真空断熱部分 水素緩衝タンク窒素ガス槽 水素格納部	1×10^{-4} 1×10^{-2} 1×10^{-4}	3.82×10^{-7} 9.02×10^{-4} 6.20×10^{-5}
平成4年度 (H4.11.17,18)	真空断熱部分 水素緩衝タンク窒素ガス槽 水素格納部	同上	4.53×10^{-7} 9.02×10^{-4} 3.44×10^{-5}
平成5年度 (H6.2.14～16)	真空断熱部分 水素緩衝タンク窒素ガス槽 水素格納部	同上	0 6.77×10^{-4} 1.72×10^{-5}
平成6，7年度 (H7.4.3～5)	真空断熱部分 水素緩衝タンク窒素ガス槽 水素格納部	同上	0 5.64×10^{-4} 8.61×10^{-6}
平成8年度 (H8.8.14,15)	真空断熱部分 水素緩衝タンク窒素ガス槽 水素格納部	同上	1.40×10^{-5} 2.40×10^{-3} 2.80×10^{-5}

ロ)運転前後で水素圧力が0.35kg/cm^2(3.57kg/cm^2→3.22kg/cm^2)低下した。

ハ)運転後のコンデンサ真空断熱槽残留ガス分析の結果は水素が支配的(90%以上)であった。

ニ)冷やし込み完了時点(液体水素生成開始時点)での真空圧力の波形の振れ幅がこれまでより10倍程度大きい振れ方をしており、クライオスタットでのリークによく見られる波形の振れ方である。Fig.4.1.1 に液体水素生成時の真空圧力の変動を示す。

図からもわかるように、事象が発生した運転サイクルにおけるCNS冷やし込み運転時に、コンデンサ出口温度が約20Kに達し、液体水素の生成が開始される時点で、断熱槽の真空圧力が大きく変動している。

ホ)真空圧力の劣化速度が従来の運転時の傾向より大きく、水素の透過だけとは考えがたい。

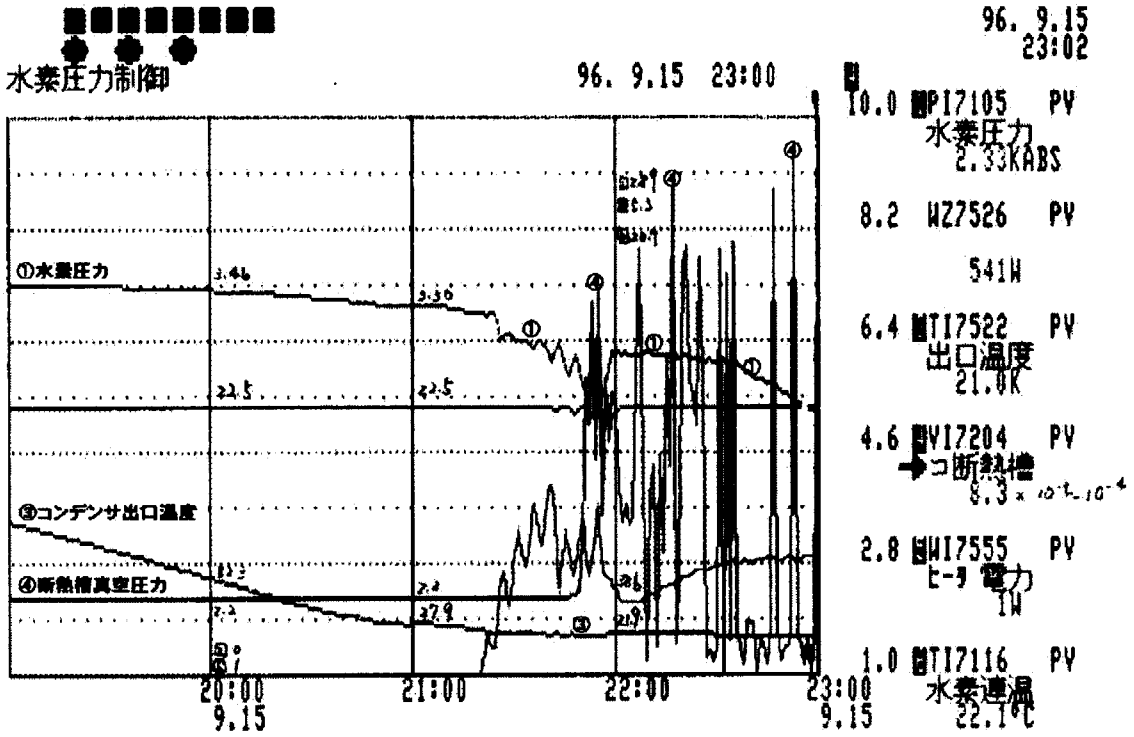


Fig.4.1.1　液体水素生成時の真空圧力の変動(事象発生時)
(液体水素生成時に断熱槽真空圧力の「暴れ現象」が大きい)

以上のことから、今回の事象は一般にコールドリークと呼ばれる現象であると考えられる。

中川[4]は、コールドリークについて、『明確な学術的な定義ではないが、「常温ではリークは認められないが(あるいは認め得るほどのリークはないが)、低温、極低温になると、かなり大きなリークがあることが認められる。これを常温に戻すとたいていの場合リークは消滅してしまう」というのが定説である。このようなリークはリーク箇所の認定、およびその補修が著しく困難である。』と述べている。今回の事象を詳細に検討するとまさに、中川の指摘どおりの事象がケノール継手部分で発生したと推定される。

Fig.4.1.2 にケノール継手の構造図を示す。

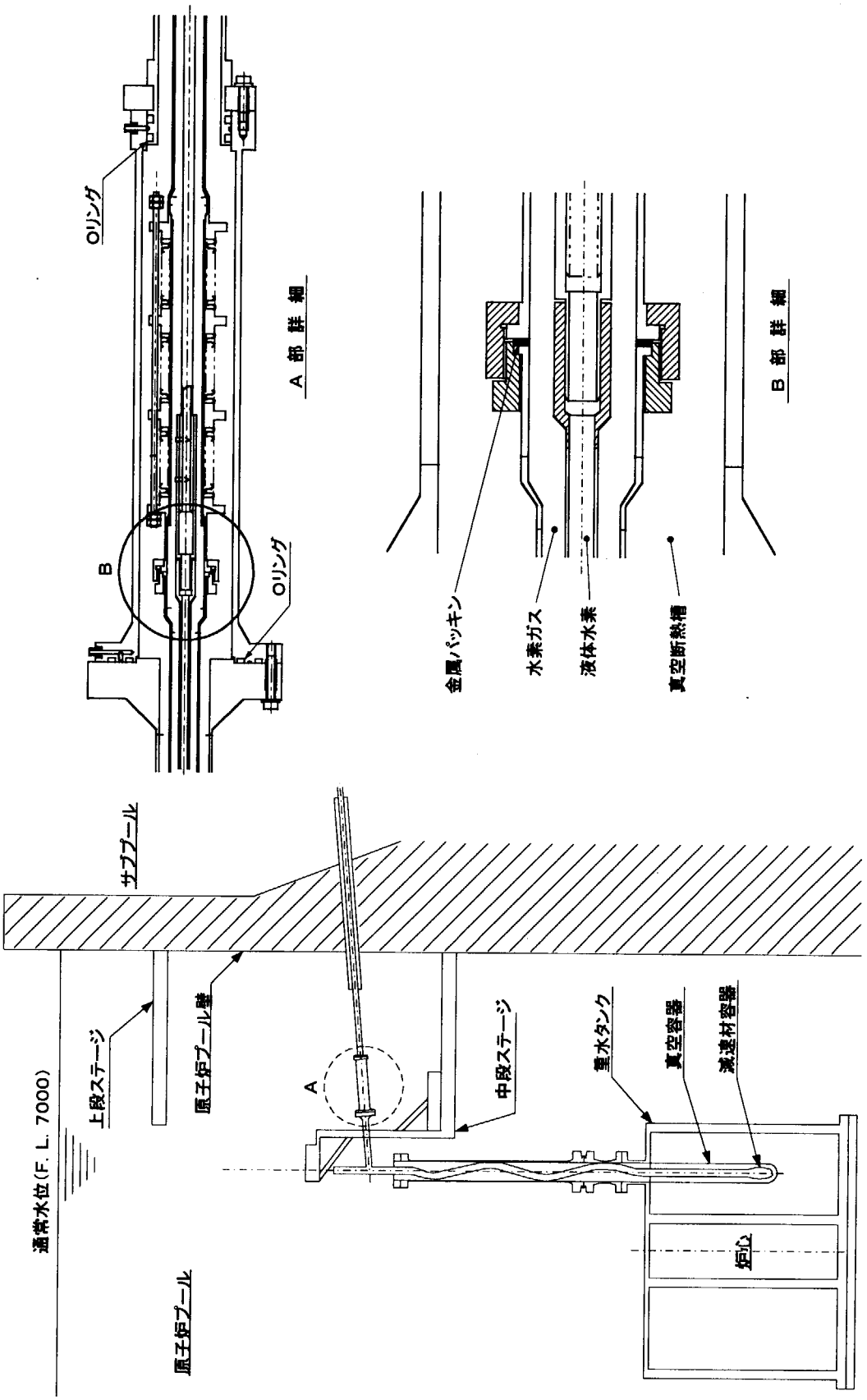


Fig.4.1.2 ケノール継手の位置と構造図

(2)ケノール継手点検作業

1)低温配管継手部開放点検

①点検作業

点検は、CNS製作メーカーである日本鋼管株式会社(NKK～JFEに改称)により概略次の手順で実施された。

イ)炉プール水位下げ(中段ステージまで)

ロ)作業場所養生(低温配管継手部付近線量当量率　15μSv/h)

ハ)外管継手部を開放し、ケノール継手、ベロー、断熱槽上部、断熱槽下部の4カ所について漏洩確認

ニ)内管ケノール継手部の締め付けトルク測定後開放し、アルミニウム製パッキンおよびOリングを交換

ホ)内管ケノール継手部を復旧し、内部からの漏洩確認

ヘ)外管継手部を復旧し、漏洩検知部の漏洩確認

ト)作業場所復旧

チ)炉プール水位復旧

②開放点検結果

前項の点検結果を以下に記す。

イ)　1)①ハ)項　漏洩試験:スニファー法で実施し、4カ所ともバックグラウンドであった。

ロ)　1)①ニ)項　締め付けトルク測定　16kg・m

ハ)　1)①ニ)項　アルミニウム製パッキンおよびOリングに微細な汚れがあり、詳細は別途調査。

ニ)　1)①ホ)項　締め付けトルク測定　15kg・m

ホ)　1)①ホ)項　漏洩試験:スニファー法で実施し、バックグラウンドであった。

ヘ)　1)①ヘ)項　漏洩試験:真空槽を加圧し、漏洩検知部の圧力上昇に変化がなかった。

上記の点検結果からは、明らかな異常は見あたらなかった。また、開放点検前に行った水素格納部の漏洩試験では漏洩率は2.8×10^{-5}Torr・ℓ/sであり、復旧後は5.0×10^{-6}Torr・ℓ/sで、いずれも基準値(1.0×10^{-4}Torr・ℓ/s)を満足していた。

2)復旧後の運転状況

低温配管継手部の復旧後、断熱槽の真空引きを連続7日行い、その間真空圧力改善のために窒素ガス充填を15回行った。断熱槽真空圧力は作業ごとに徐々に低下し、冷やし込み運転開始時の10月24日には4.1×10^{-4}Torrに到達した。

冷やし込み運転では従来みられた水素液化時の真空圧力の変動はなく、安定した状態で定常状態に到達し、断熱槽真空圧力は3.6×10^{-4}Torrまで低下した。引き続きR3-08-04サイクルの原子炉運転が11月1日に開始されたが、断熱槽真空圧力に変化はなく、11月16日の運転終了時には3.3×10^{-4}Torrまで低下した。11月24日からは第5サイクルの運転が開始されたが、断熱槽真空圧力の変動もなく徐々に下降傾向を示し、安定した運転が行われている。

①シール部品の表面観察

イ)Oリング

研究炉技術開発室にて拡大鏡による観察を行った。

i)Oリング仕様

軸部用　　ID 59.69×φ5.33 EP8517

フランジ用　ID 118　×φ5.33 EP8517　ID 88.27×φ5.33 EP8517

ii)結果

フランジ用Oリングにシール面を横切って異物のカミ込みとみられる微少な傷が見られた。

ロ)パッキン

材料応用光学研究室に依頼して、大洗研究所ホットラボの走査型電子顕微鏡により、観察を行った。

i)パッキン仕様

カップジョイント　　ID 30.5×ID 37.2 ×W 3.5　t:0.3 NF A5(1050A)

ii)結果

表面の当たり面が荒れており、腐食生成物様の形態がみられた。また、異物のカミ込みと見られる微少な傷も見られた。

② 類似施設運転経験からの見解

原因を推定する段階で今回のCNSの現象について、低温真空施設を扱っているJT－60第2実験室から次のような見解を得た。

糸くず状の傷、腐食等からは今回の現象は考えにくい。それよりも冷やし込み時の暴れ現象は、伸縮管に欠陥があるうえ可動部の動きを阻害する状況にあるためと思われる。また、伸縮管の反復疲労は運転サイクル数からは問題にならない。

以上の状況から、コンデンサ真空断熱槽の真空圧力の上昇原因は、低温環境下において水素格納部の水素が断熱槽へ漏れ込んだコールドリークによるものと推定された。

漏洩箇所として可能性の高い部位は、他の配管等が溶接構造になっていることから、Oリングと金属パッキンで接続されているケノール継手が考えられる。

4.1.3 原因

(1)配管継手部の不具合

上記の調査結果から、今回事象の原因は次によるものであった。

①配管継手部の開放点検後断熱槽真空圧力の上昇がなくなったことから、断熱槽真空圧力の上昇原因は、配管継手部の不具合により減速材である水素が断熱槽へ漏れ込んだために起きたものである。

②この配管継手の漏れは、運転当初は微少であり、設置時のケノール継手組み立てにおける不具合(異物のカミ込みと思われる)と継手部の冷やし込みによる異種金属(アルミニウムとステンレス鋼)の微少なずれが重なり発生したものである。

③この微少な漏れ部分および設置時の増し締めにより荒れたシール面にOリング部を通して漏れ込んだ水分が付着した。これにより、シール面の腐食が促進され、運転経過とともに減速材の真空槽への漏れ込みが拡大したものである。

4.1.4 今後の対策

再発防止のために、次の事項を実施していく。

(1)冷やし込み時の断熱槽真空圧力の変動(暴れ現象)の有無確認

断熱槽真空圧力が変動した場合は、減速材が断熱槽へ漏れている可能性が大きい。他の現象と考えあわせて早い時期に低温配管継手部の開放点検を行う。

(2)各サイクルごとの水素消費量の確認

運転開始時(冷やし込み前)の水素圧力を確認し、前サイクルと比較して0.05kg/cm^2 以上低下していたら有意な漏れがあると判断すべきである。

(3)低温配管継手部の定期点検

異常現象が起こらなくても、低温配管継手部の開放点検を5年に1回実施する。

4.1.5 まとめ

今回事象は、結論的には低温配管継手部のコールドリークが原因で引き起こされたのであるが、CNS運転側から見ると、断熱槽の真空圧力の低下は進行しているが、運転計器室のCRT画面では、減速材容器内に液体水素が通常と同程度の約1,500cc が貯留されているように表示されている。これは、液体水素貯留量の数値が直接計測した値ではなく、「4．1．1　概要」の「(3)　発生状況」の「2)　その他の関連事象(中性子モニタ計数値低下)」で述べたとおり、計算機処理されたものであったため、実際には液体水素が貯留されていないのに、通常と同程度の約1,500cc が貯留されているように表示されたのである。このために、コールドリークの特定が遅れたと思われる。今後は、断熱槽の真空度低下や、中性子モニタの数値の変化等を総合的に監視する必要がある。

今回事象で明らかになったことは、液体水素生成時の真空圧力の変動(暴れ現象)が、CNS運転開始以来程度の差はあるが、常に起こっていたので、運転員は『液体水素生成時に発生する通常の現象』と認識して「暴れ現象」がコールドリーク現象につながるものとして注目しなかったが、今回、ケノール継手を修復した結果「暴れ現象」が完全に解消されていることから、今後の運転においては、液体水素生成時の真空圧力の変動に着目することによりコールドリークを初期段階で発見することができることがわかった。

Fig.4.1.3 にCNS運転開始初期から事象発生前までの液体水素生成時の真空圧力の変動を示す。本図によると、事象発生時の真空圧力変動に比較すれば小さい変動ではあるが、液体水素生成時に断熱槽真空圧力の変動が確認できる。これに比較して、Fig.4.1.4 にケノール継手修復後の液体水素生成時の真空圧力の変動を示すが、液体水素生成時にもほとんど変動が見られない。このことから、CNSは運転開始当初から、ケノール継手接続部に若干の不具合があって、液体水素生成時に軽微なコールドリークが発生していたと考えられるが、今回事象のような急激かつ持続的な現象に進展せずに経過してきたと考えられる。

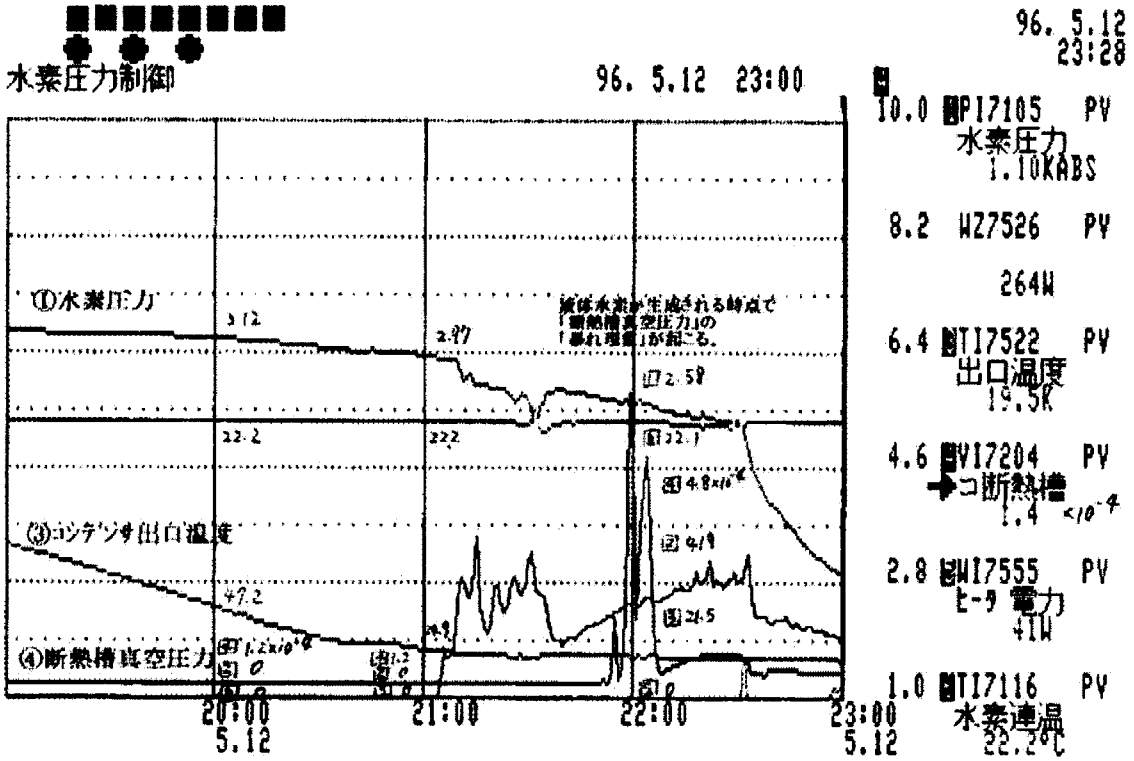


Fig.4.1.3　CNS運転開始初期～事象発生前までの液体水素生成時の真空圧力の変動
(液体水素生成時にも断熱槽真空圧力の「暴れ現象」がみられる)

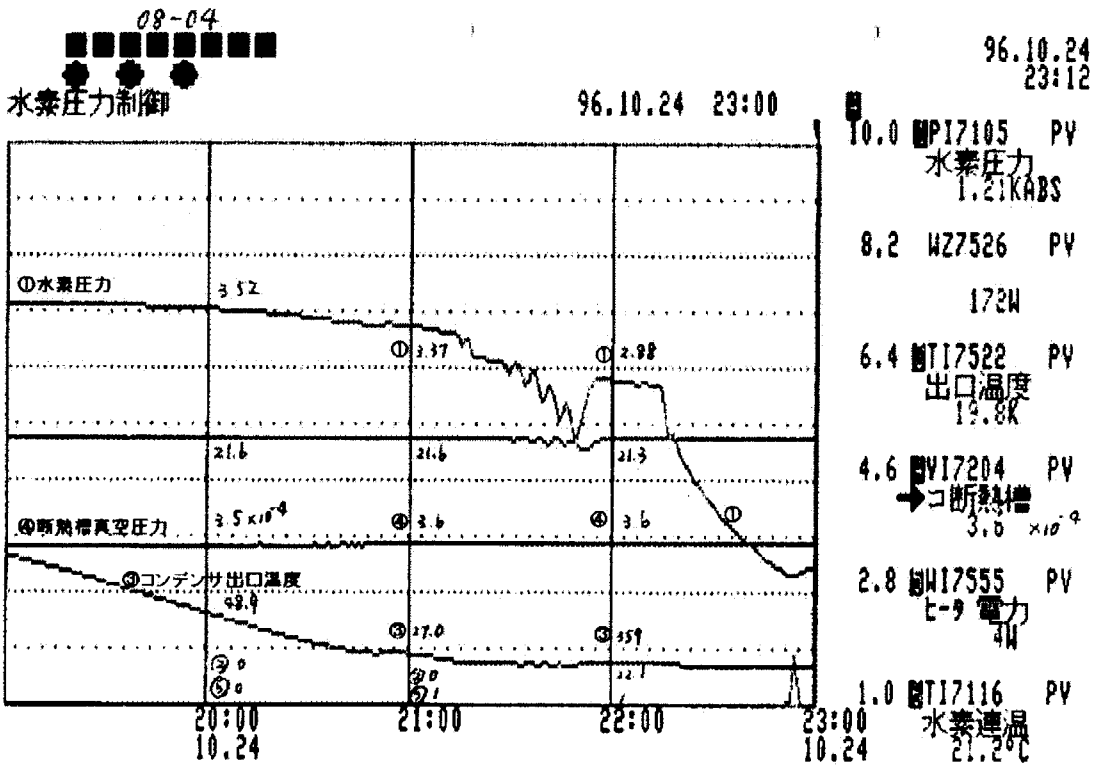


Fig.4.1.4　ケノール継手修復後の液体水素生成時の真空圧力の変動
(液体水素生成時にも断熱槽真空圧力の「暴れ現象」がない)

4.2 ヘリウム冷凍設備トリップ(1) (ヘリウム圧縮機冷却水流量低下)

4.2.1 概要

(1)事象の概要

CNSヘリウム冷凍設備のヘリウム圧縮機は、ヘリウムガスと油を混合した状態で圧縮する。系内を循環する油分はアフタークーラとオイルクーラで冷却水と熱交換して冷却されるが、この冷却水の流量が低下すると冷却不足になり、ヘリウム圧縮機を損傷する恐れがあると考えて、冷却水流量が53m^3/hr以下になるとヘリウム圧縮機をトリップさせるように設定されている。

今回事象は、CNS冷却塔のストレーナの目詰まりを洗浄するために、流路をバイパス側に変更した後にストレーナの洗浄を行い、洗浄終了後本来の流路に復帰する際に系内に混入した空気をオリフィス型流量検知器が瞬時の流量低下を検知してヘリウム圧縮機を自動停止させたものである。ヘリウム圧縮機の停止はCNS全系の冷凍能力の喪失となり、減速材である液体水素の気化を招いて原子炉安全保護系を作動させ、原子炉を自動停止させるに至ったものである。

(2)発生日時

1993(平成5)年5月17日(月)14時35分

(3)発生状況

JRR－3原子炉は5月10日から6月4日までの予定で、定格出力20MWの共同利用運転 (R3-05-01サイクル)を行っていた。

5月17日(月)14時35分、CNSヘリウム冷凍設備のヘリウム圧縮機冷却水流量低下(53m^3/hr)の信号によりヘリウム圧縮機が停止したためCNSの冷凍能力が喪失し、減速材容器内の液体水素が気化して『水素圧力高高』(2.1kg/cm^2 ・abs)が発報し、原子炉安全保護系の『実験利用設備異常』のスクラム信号により原子炉が自動停止した。

(4)原子炉への影響

5月17日(月)14時35分に『実験利用設備異常』のスクラム信号により原子炉を自動停止させた。その後次項に述べる推定原因の再現試験を行い、原因が特定されたので、5月19日(水)19時16分に原子炉を再起動し、23時17分に定格出力に達した。

4.2.2 原因究明作業

(1)原因の推定と究明作業の経過

1)推定原因

今回の事象は、ヘリウム圧縮機冷却塔(以下「CNS冷却塔」という)の冷却水出口に設置されているストレーナの目詰まり除去のために、ストレーナを洗浄して再び通水する際にストレーナ内部に残留していた空気が系内に混入してオリフィス型流量検知器が瞬間的な流量低下信号を検知したと推定される。

Fig.4.2.1 にCNS冷却塔のストレーナ洗浄作業手順図を示す。ストレーナは2台設置されているが、通常はNo.1ストレーナを使用している。No.2ストレーナはバイパス配管に設置されているため、No.1ストレーナを洗浄しているときに予備機として使用し、洗浄後はNo.1ストレーナに戻すようにしている。この作業中「(2)ストレーナの切り替え」の際に、洗浄後のストレーナに混入していた

空気が流量計に悪影響を及ぼしたと考えられた。

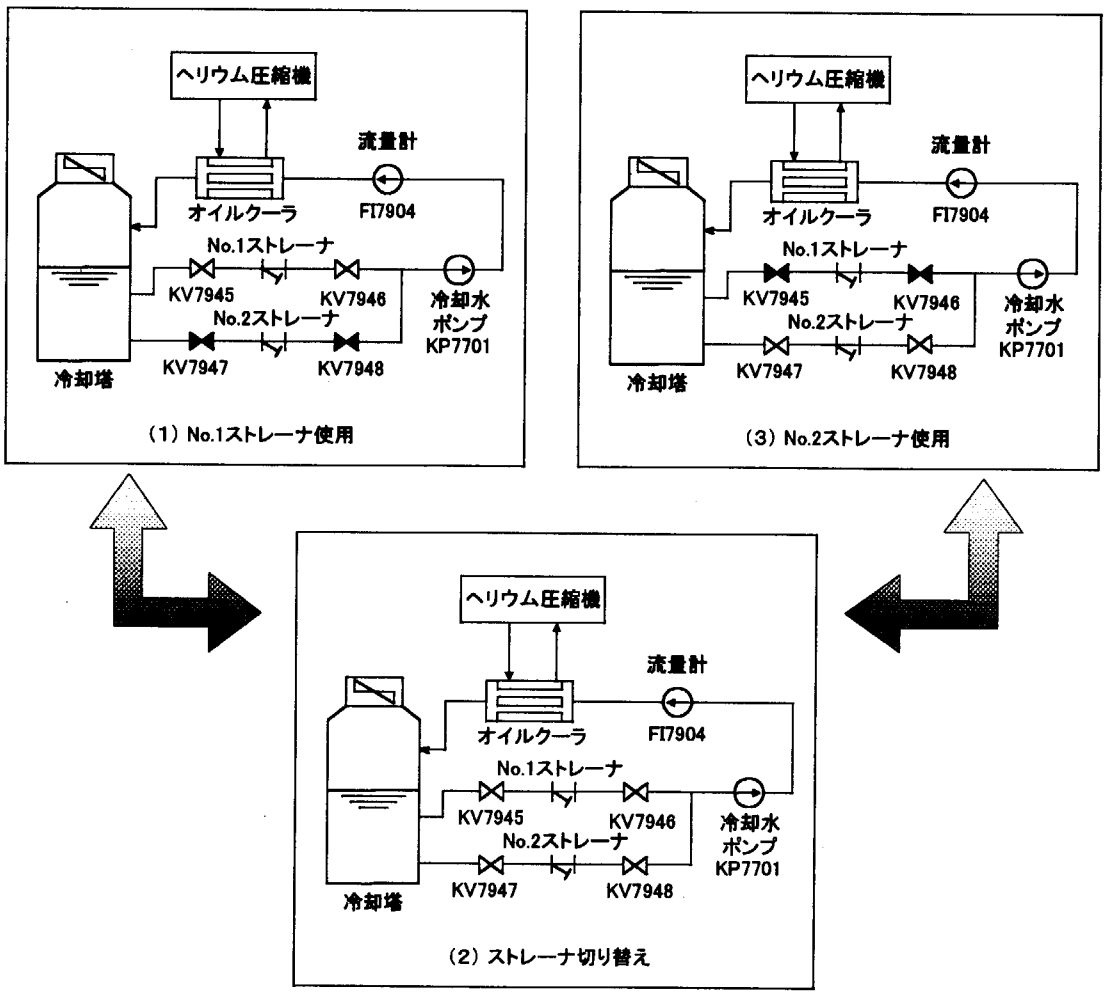


Fig.4.2.1 CNS冷却塔のストレーナ洗浄作業手順図

2)再現実験

1993(平成5)年5月17日に発生したJRR－3原子炉の計画外停止の原因として、CNS冷却塔のストレーナ交換時に系内に空気が混入して流量低下信号が発報したためであると推定された。流量低下は瞬時に回復していることから流量検知のため設置されているオリフィス型検知器の時定数設定が短かったためではないかと考えられ、点検するとともに再現実験を行った。

①現状の時定数確認

実験に先立ち、現在の時定数の値を確認した。時定数は1.4秒であった。

②単体試験

オリフィスの単体作動試験を実施して正常に作動していることを確認した。

③再現実験Ⅰ

時定数を1.4秒に設定して再現実験を行った。方法は以下のとおり。

◇1回目

(ⅰ)No.2ストレーナの前後のバルブ(KV7947,KV7948)を開き、No.1ストレーナの前後のバ

ルブ(KV7945,KV7946)を閉じる。

(ⅱ)No.1ストレーナを開放し、水抜きをおこなってフランジを閉じる。

(ⅲ)No.1ストレーナの前後のバルブをKV7945,KV7946の順に開け、流量の変化を観察する。

この結果、流量の瞬時低下は若干あったが、警報発報までには至らなかった。

◇2回目

(ⅰ)No.2ストレーナの前後のバルブ(KV7947,KV7948)を開き、No.1ストレーナの前後のバルブ(KV7945,KV7946)を閉じる。

(ⅱ)No.1ストレーナを開放し、水抜きをおこなってフランジを閉じる。

(ⅲ)No.1ストレーナの前後のバルブ(KV7945,KV7946)を同時に開け、流量の変化を観察する。

この結果、流量の瞬時低下がみられ、警報が発報した。

④再現実験Ⅱ

◇1回目

時定数を3.6秒に設定して再現実験を行った。方法は以下のとおり。

(ⅰ)No.2ストレーナの前後のバルブ(KV7947,KV7948)を開き、No.1ストレーナの前後のバルブ(KV7945,KV7946)を閉じる。

(ⅱ)No.1ストレーナを開放し、水抜きをおこなってフランジを閉じる。

(ⅲ)No.1ストレーナの前後のバルブ(KV7945,KV7946)を同時に開け、流量の変化を観察する。

この結果、流量の瞬時低下がみられ、警報が発報した。

⑤再現実験Ⅲ

時定数を6.2秒に設定して再現実験を行った。方法は以下のとおり。

◇1回目

(ⅰ)No.2ストレーナの前後のバルブ(KV7947,KV7948)を開き、No.1ストレーナの前後のバルブ(KV7945,KV7946)を閉じる。

(ⅱ)No.1ストレーナを開放し、水抜きをおこなってフランジを閉じる。

(ⅲ)No.1ストレーナの前後のバルブをKV7945,KV7946の順に開け、流量の変化を観察する。

この結果、流量の瞬時低下は若干あったが、警報発報までには至らなかった。

◇2回目

(ⅰ)No.2ストレーナの前後のバルブ(KV7947,KV7948)を開き、No.1ストレーナの前後のバルブ(KV7945,KV7946)を閉じる。

(ⅱ)No.1ストレーナを開放し、水抜きをおこなってフランジを閉じる。

(ⅲ)No.1ストレーナの前後のバルブ(KV7945,KV7946)を同時に開け、流量の変化を観察する。

この結果、流量の瞬時低下は若干あったが、警報発報までには至らなかった。

⑥流量追従実験

時定数6.2秒に設定して,No.2ストレーナの前後バルブ(KV7947,KV7948)を閉じ、No.1ストレーナのみに通水しながらKV7946を徐々に閉めながら流量の追従と警報の発報を確認した。

結果として、

(イ)53.4 m^3/hr で発報した。

(ロ)バルブを徐々に閉じながら流量計の変化を確認し、バルブの開度にあわせて流量が追従することを確認した。

Table4.2.1　再現実験の結果

流量計時定数	最低流量指示値	トリップ信号発報の有無
6. 2(sec)	55. 1(m^3/hr)	無
3. 6(sec)	48. 7(m^3/hr)	有
1. 4(sec)	51. 5(m^3/hr)	有

初　期　流　量　：　約67m^3/hr

トリップ信号設定値　：　53m^3/hr

4.2.3 原　因

以上のことから、本件事象の冷却水流量瞬時低下をもたらした原因は、当初の推定どおり、ヘリウム圧縮機冷却塔の冷却水出口に設置されているストレーナの目詰まり除去のためにストレーナを洗浄して再び通水する際に、ストレーナ内部に残留していた空気が系内に混入して発した瞬間的な流量低下信号を、オリフィス型流量検知器の時定数が、短く設定されていたことから、瞬時の流量変化を検知したことによるものであった。

4.2.4 再発防止のための対策

今回の事象を教訓に再発防止策を検討した。再発防止策として一般的に考慮される手順は、冷却水流量の瞬時低下現象が起こらないようにすることであろうが、本件の場合、次のことが考慮されなければならないことがわかった。すなわち、

(1)原子炉運転中、頻繁(1サイクル中に6回も－－Table4.2.2 参照)にストレーナ洗浄を実施しなければならないことの改善策検討。

(2)瞬時の流量低下も検知する時定数の冗長化の検討。

(3)ヘリウム圧縮機等の周辺機器保護と原子炉の安定運転との優位性の比較検討。

を検討することが必要であると考え、以下にそれぞれの検討結果と措置を記す。

1)冷却塔の改良

CNS冷却塔の冷却水は、ヘリウム圧縮機(油冷却スクリュー圧縮機)内部を循環する油を、アフタークーラおよびオイルクーラ(ともにシェルアンドチューブ型)で冷却する目的で設置されている。冷却水はアフタークーラおよびオイルクーラともに細管中を通過する構造になっていることから、一般の水対水の熱交換器より水管理に厳密さが要求され、CNS冷却塔出口およびクーラ入口にメッシュの細かいストレーナを設置しているが、設置場所の環境条件(平地に設置され、周囲が松林)松葉、松花粉および砂塵等が混入しやすくストレーナの目詰まりがしばしば発生してい

る。特に、5月から6月にかけての時期は、松花粉の飛散が多く、ストレーナの洗浄が日常化している。

Table4.2.2　ストレーナ洗浄実績

サイクルNo	期　　間	洗浄回数
R3-04-01	H.4・ 5/12～ 6/05	6回
R3-04-02	H.4・ 6/16～ 7/07	1回
R3-04-03	H.4・ 8/18～ 9/11	4回
R3-04-04	H.4・ 9/12～ 10/16	4回
R3-04-05	H.4・ 1/12～ 2/05	5回
R3-04-06	H.4・ 2/15～ 3/12	3回
R3-04-07	H.4・ 3/12～ 4/16	3回
R3-05-01(注1)	H.4・ 5/10～	5回

(注1)：R3-05-01は事象発生の5/17までの7日間の記録

以上のことから、冷却塔に松葉、松花粉および砂塵等が混入しにくい構造に改良する。具体的には冷却塔周囲の空気流入口(ルーバー)全面にメッシュの細かいフィルターを設置する。これにより冷却塔の空気流入量がフィルターの空気抵抗で従前より減少するので、排気ファンを強化する。

2)オリフィス型発信器の時定数変更

冷却水の流量を検知するオリフィス型発信器の時定数が1.2秒に設定されていたため、空気の混入に起因すると見られる瞬時の流量低下も検出し、『流量低低』の信号が検出された。この『流量低低』信号の発報が直ちにヘリウム圧縮機の自動停止に連動する設定になっていた。ストレーナ洗浄後、系内に混入した空気が全量流入した場合でも流量低下信号が発報しない時定数の検討を行った。

バルブ間の配管容量　125φ × 390 ＝ 4.8(ℓ)
ストレーナの容量　140φ × 200 ＝ 3.6(ℓ)
合計　7.8(ℓ)
通常流量　67m³/hr　= 18.6/sec
警報発報流量　53m³/hr　= 14.7/sec
差　3.9/sec
通過所要時間　(7.8／3.9)≒ 2sec　から

計算では2秒以上の時定数を持たせれば、空気の混入による警報発報は防止可能であるとの結果がでたが、再現実験では3.6秒で発報したこともあり、瞬時の流量低下では発報しなかった6.2秒を採用することとした。この理由として、

①時定数を遅くしても流量の追随性は確認された。

②本冷却系はヘリウム圧縮機のアフタークーラ等を冷却しており、瞬時の流量低下がヘリウム圧縮機の性能に影響を与えるほどの温度変化をもたらさないこと等から、空気混入等による瞬時の流量変化を検知するような時定数の設定は必要ない。

3)冷却水流量低下信号とヘリウム圧縮機自動停止の分離

冷却水流量低下により直ちにヘリウム圧縮機を停止させる設計思想は、機器保護の観点から設定されたと考えるが、この影響がCNS全停止～原子炉緊急停止につながることを考慮すれば保守的に過ぎるのではないか。

以上の問題点を改善する方法について検討した。

①冷却水流量低下にともなう各系の温度上昇

冷却水流量低下にともなう各系の温度上昇について検討した。CNS冷却塔は次にあげる装置の冷却のために冷却水を供給している。

(イ)ヘリウム圧縮機アフタークーラ

(ロ)ヘリウム圧縮機オイルクーラ

(ハ)膨張タービン

(ニ)油拡散ポンプ

(ホ)水ウォーマ

このうち、(ニ)、(ホ)は定常運転中は運転していないが、冷却塔の性能計算はこれらがすべて運転されている状態を考慮して計算し、必要流量を決定している。計算結果は次のとおり。

ヘリウム圧縮機アフタークーラ	冷却負荷	17,900 kcal/h	冷却水量	3.0	m^3/h
ヘリウム圧縮機オイルクーラ	却負荷	231,000 kcal/h	冷却水量	29.0	m^3/h
膨張タービン	冷却負荷	3,240 kcal/h	冷却水量	1.1	m^3/h
油拡散ポンプ	冷却負荷	1,040 kcal/h	冷却水量	0.4	m^3/h
水ウォーマ	冷却負荷	2,860 kcal/h	冷却水量	1.0	m^3/h

以上から冷却水総熱負荷は、

$$Q = 1.73(17,900+231,000)+3,240+1,040+2,860 = 437,740 \quad kcal/h$$

総冷却水量は

$$W = 2(3.0+29.0)+1.1+0.4+1.0 = 66.5 \ m^3/h$$

平均温度上昇は

$$\Delta T = \frac{Q}{1000W} = \frac{437,740}{66,500 \times 0.998} = 6.59 \ ℃$$

冷却水量が66.5 m^3/hm から 53.0 m^3/h に低下した場合の温度上昇

$$\Delta T = \frac{Q}{1000W} = \frac{437,740}{53,000 \times 0.998} = 8.28 \ ℃$$

$$8.28 - 6.59 = 1.69 \ ℃ \fallingdotseq 2.0 \ ℃$$

この温度上昇が各プロセス値に与える影響は、

ヘリウム圧縮機アフタークーラ出口温度　　通常運転時　40 ℃ →42 ℃

(警報発報点　48 ℃(H))

ヘリウム圧縮機オイルクーラ出口温度　　通常運転時　45 ℃ →47 ℃

(警報発報点　48 ℃(H)　75 ℃(HH))

膨張タービンブロア温度　　通常運転時 40～60 ℃→42～62 ℃

(警報発報点　100 ℃(H)　110 ℃(HH))

以上の検討から、冷却塔の冷却水量が 53.0 m^3/h に低下した場合でも、関連する系に与える影響は少ない。

②ヘリウム圧縮機保護の考え方について

冷却塔の冷却水流量が 53.0 m^3/h に低下した場合ヘリウム圧縮機を停止させる目的は「ヘリウム圧縮機等を損傷するおそれの防止」であるが、同様目的で設置されている「オイルポンプ出口(オイルクーラ出口)温度上昇」でヘリウム圧縮機を停止させるトリップ信号設定値(HH)が75 ℃((H)は65 ℃)に設定されていることからみてもきわめて保守的な設定といえる。ちなみに、オイルポンプ出口(オイルクーラ出口)温度上昇の警報設定点(HH)を75℃に設定した根拠は『オイルが所定の粘度以下となる温度』としている。同様の思想から「膨張タービンブロア温度上昇」(警報点110 ℃(HH)、100 ℃(H))が設けられている。これによってもヘリウム圧縮機の保護は可能である。

さらに、冷却水流量低下信号には、ヘリウム圧縮機を自動停止させる警報値(LL)は設置されているが、その前段階で運転員に警告を与える警報(L)信号が設置されていない。すなわち、運転員に冷却水流量低下の注意を喚起し、原因調査を促す「アラーム」信号無しに、いきなり原子炉の自動停止に連動する『ヘリウム圧縮機停止』をしてしまうのである。

以上のことから、以下の改善策を採用することとした。

(イ)ヘリウム圧縮機を自動停止させる「冷却塔流量低下信号」((LL)53.0 m^3/h)を運転員に注意を喚起し、原因調査を促す警告信号(L)に変更して、ヘリウム圧縮機自動停止に連動する信号を削除する。

(ロ)上記の措置を行っても、ヘリウム圧縮機の保護(自動停止)は、冷却水流量低下に連動させるより、「オイルポンプ出口温度上昇」((HH) 75 ℃、(H) 65 ℃)で対応可能である。さらに同様思想で設置されている「膨張タービンブロア圧力上昇」((HH) 110 ℃、(H) 100 ℃)でも対応しているので、安全性は確保できる。

4.3 ヘリウム冷凍設備トリップ(2)(ヘリウム圧縮機電圧降下)

4.3.1 概要

(1)事象の概要

本事象は、落雷等によって商用電源の電圧が降下して、ヘリウム圧縮機がトリップしたためにCNSが停止して水素圧力を上昇させて原子炉を停止させる事象であると、当初考えられていたが、調査を進めていく過程で、2回の事象ともに、ヘリウム圧縮機のトリップを引き起こすほどの電圧降下率ではないことが判明した。CNSのヘリウム圧縮機のトリップ警報設定点は、原子炉本体がトリップする電圧降下率より緩い値に設定されており、通常ならば原子炉本体が先行してトリップしなければならないが、両事象ともに原子炉本体はCNSのヘリウム冷凍設備のトリップによって水素圧力が上昇した『実験利用設備異常』警報によって緊急停止していた。このような状況から、落雷による電圧降下によってCNSのみがトリップした原因を究明する作業が進められた。

(2)発生日時　:　　1回目　1992(平成4)年9月4日(金)18時40分

　　2回目　1994(平成6)年8月4日(木)15時53分

(3)発生状況

上述したように、本事象は2回発生している。1回目は1992(平成4)年9月4日、2回目は1994(平成6)年8月4日に商用電源電圧降下に伴ってヘリウム圧縮機がトリップしてCNSが停止し、原子炉を緊急停止させた。

(4)原子炉への影響

原子炉を自動停止に至らしめた直接の原因が、落雷等の自然現象によるものであることが明白なことから、必要な行政庁への報告と設備の点検を実施して異常のないことを確認した後に、CNSを再起動し、CNSが定常状態になった後、原子炉の運転を再開した。第1回目が、9月6日(日)9時に、第2回目が8月6日(土)8時30分に原子炉を再起動した。

4.3.2 原因究明作業

(1)CNS主要機器の電圧降下対策

JRR－3原子炉施設は、瞬時停電が発生した場合、原子炉を自動停止させる設計にしている。具体的には『電圧降下が定格電圧の65%以下に達すると直ちに原子炉は自動停止する』としている。このような原因が明確な自動停止については、Xe等が蓄積する前に原子炉を再起動することにしている。CNSは、上述した原子炉の停止条件より安全な(具体的には『80%の電圧降下が0.3秒間以上継続した場合、ヘリウム圧縮機がトリップする。』)設計になっている。CNS構成機器のうち、瞬停が発生しても停止してはならない機器は以下に示す各機器であり、それぞれ原子炉の自動停止条件より緩やかに設計されている。

ヘリウム圧縮機

オイルポンプ

冷却水ポンプ

コントロールヒータ

制御盤

それらについて設計思想を述べると、

① ヘリウム圧縮機起動回路

電動機の発生トルクは、端子電圧の2乗に比例する。したがって、圧縮機を接続した端子電圧が低下すれば電動機は過負荷となり、電圧降下が大きいと拘束状態となって固定子巻線を焼損する。そのため、過電流保護に加えて、不足電圧継電器を設け、不足電圧時には、電動機回路を電源から遮断する必要がある。

設定は、定格電圧の73%以下が数秒間継続したときに作動するものとし、瞬間的な電圧降下には応動しないようにしている。

圧縮機の軸の強度は、定格トルクの120%程度で機械的に問題のないサイズを選定しており、その時の瞬停時間(短時間停電として)は0.5秒としている。

②オイルポンプ起動回路

オイルポンプの運転信号は、CNS計器室操作盤内のU系(無停電系統)回路に接続されたリレーにて自己保持されている。電磁接触器(MC)は「閉」を継続している。

もし、瞬停が発生しても、電圧回復時には直ちに運転を継続できる。また、給油差圧低下による圧縮機トリップ信号は0.8Kg/cm^{2}以下が3秒以上継続しないと発報しない。

③冷却水ポンプ起動回路

冷却水ポンプ起動回路の運転信号は低圧電動機起動盤内のC系(商用系)回路で自己保持されているだけであるため、開路時遅延リレーを設けている。このため、瞬停時にはリレーに内蔵されているコンデンサの放電電流にて1秒間内蔵接点をホールドして、その時間内の電源復帰については，MCを接続したままにして電動機が停止しないようにしている。また、冷却水流量低下による圧縮機トリップ信号は、冷却水ポンプ停止から1秒以上経過しないと発信されない。

④コントロールヒータ起動回路

コントロールヒータの運転信号は、CNS計器室操作盤内のU系(無停電)回路に接続されたリレーにて自己保持されているため、MCは「閉」を継続している。もし、瞬停が発生しても電圧回復時には直ちに運転を継続できる。

CNSの運転を継続するために必要な調整弁は、圧縮機バイパス弁、膨張タービン入口弁およびコンデンサバイパス弁である。これらの弁のフィードバック制御ループは、CNS計器室操作盤のU系(無停電)から給電している。

また、水素圧力によるコントロールヒータ制御ループは、中央制御室操作パネルのU系から給電している。

以上から、CNSは、電源回路および制御回路については1秒間程度の瞬時停電対策はとられている。

しかしヘリウム圧縮機の軸強度、電動機の過電流保護に対して、瞬停時間を0.5秒として設計しており、瞬停保証時間は0.5秒である。瞬停時間が0.5秒を超えた場合、圧縮機は0.95秒で完全停止する。電源復帰が0.5秒以降では、過電流保護により圧縮機はトリップする。

(2)原子炉に先行してCNSがトリップする原因について

8月4日に発生した事象について詳細な検討を行った。CNSのヘリウム圧縮機がトリップした15時

50分頃の電圧降下について東京電力に問い合わせた結果「電圧降下率は定格電圧の80%より少なく、持続時間も数十msec程度」との回答を得た。即ち、CNSヘリウム圧縮機のトリップ条件(降下率80%、継続時間0.3秒)より小さい値であった。またCNSのトリップ条件より厳しい(降下率65%の瞬停で直ちにスクラム)原子炉は1992(平成4)年9月4日、1994(平成6)年8月4日のいずれもトリップ信号は発報していない。即ち、両事象とも原子炉を停止に至らしめるような条件より緩やかな電圧降下によって引き起こされていたと考えなければならない。

原因究明のために1994(平成6)年8月4日の事象について、発生時のヒストリカル・プロセス・イベントを時系列的に整理してみた。

15:51	PI7551(ヘリウム貯槽出口圧力)	MAN(*1)からAUT(*2)に自動切換
15:51	FY7523(コンデンサ流量)	低 PV=920 NM3/H LO
15:51	PI7503(アフタークーラ出口圧力)	高
15:51	PI7503(アフタークーラ出口圧力)	高高
15:51	KA7501(No.1ヘリウム圧縮機)	重故障
15:51	KA7501(No.1ヘリウム圧縮機)	トリップ
15:52	PI710B(水素圧力Ⅱ)(B系)	高
15:52	PI710B(水素圧力Ⅰ)(A系)	高
15:52	PI710B(水素圧力Ⅱ)(B系)	高高
15:52	PI710B(水素圧力Ⅰ)(A系)	高高

(*1) MAN:マニュアル/バッチ制御

(*2) AUT:オート/自動制御(PID制御)

事象後、トリップ信号をリセットするために電源盤で確認したところ、トリップ信号が発報していない状態であることが確認された。このことから、ヘリウム圧縮機をトリップさせた条件が『降下率80%、継続時間0.3秒以上』ではなく、別の要因によるものではないかと考えられた。この観点から、原因の推定を行うこととした。ここで特に注目するのは次の2点である。

①なぜ、ヘリウム貯槽出口圧力(PI7551)の圧力指示調節計のモードが、MAN(バッチ制御)からAUT(PID制御)に切り替わったか?

②なぜ、AUTに切り替わったとき、吐出圧力が高くなるのか?

まず「①なぜ、ヘリウム貯槽出口圧力(PI7551)の圧力指示調節計のモードが、MAN(バッチ制御)からAUT(PID制御)に切り替わったか?」について検討した。Fig.4.3.1に示す「バッチ制御のロジック」から、バッチ制御フラグを解除する信号としては「タービン運転状態OFF」信号がある。この信号が発信したときMAN(バッチ制御)からAUTに切り替わる。

このことから「タービン運転状態OFF」信号の発生が原因ではないかと推定されるが、膨張タービン制御系の電源はFig.4.3.2に示すとおり、無停電電源装置が具備されており、商用電源給電中に、停電もしくは電圧降下が発生すると、バッテリーによりインバータ給電する。Fig.4.3.3に無停電電源装置の動作説明を示すとおり、この装置は「1)CNS主要機器の電圧降下対策」で記したヘリウム圧縮機、オイルポンプ、冷却水ポンプおよびコントロールヒータ等より重要機器であると考えて、瞬時の

停電でもバッテリーからの給電に切り替わるようになっており「タービン運転状態OFF」信号が最初の引き金になることは考えがたい。

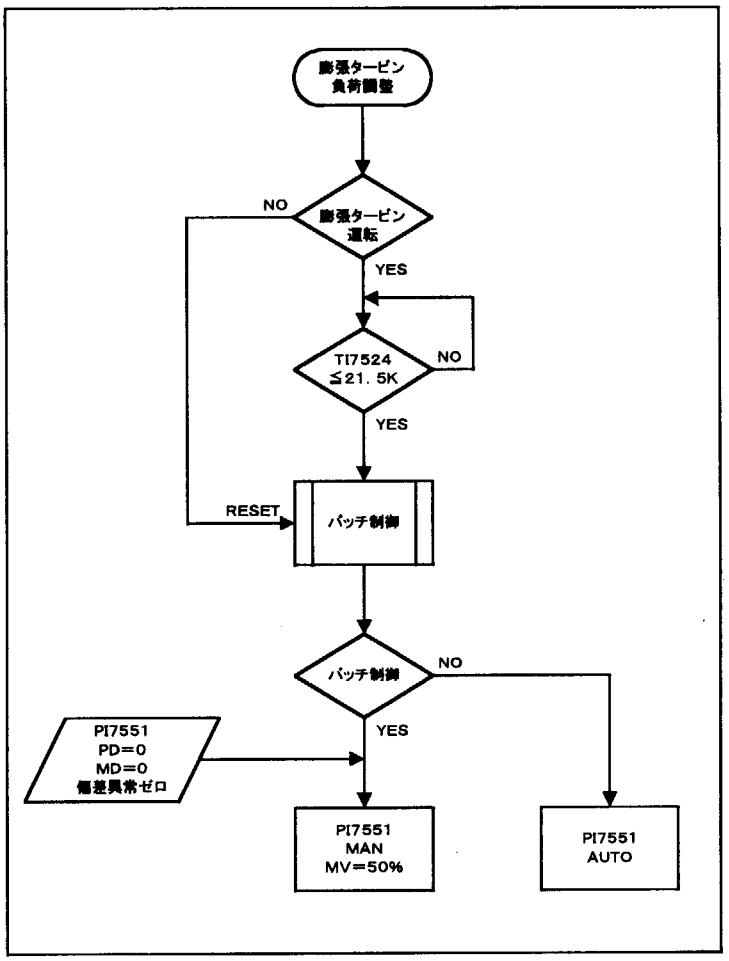


Fig.4.3.1 バッチ制御のロジック

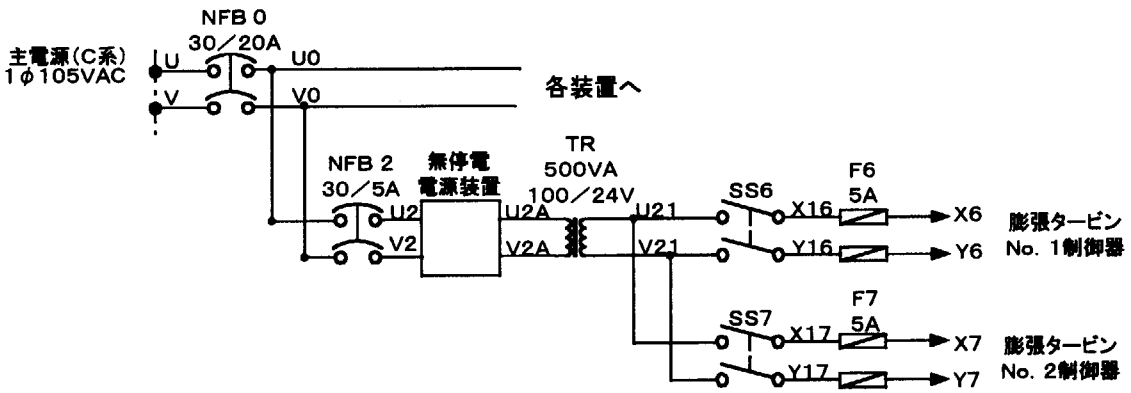


Fig.4.3.2 ヘリウム冷凍設備計器盤電源回路図(事象発生時)

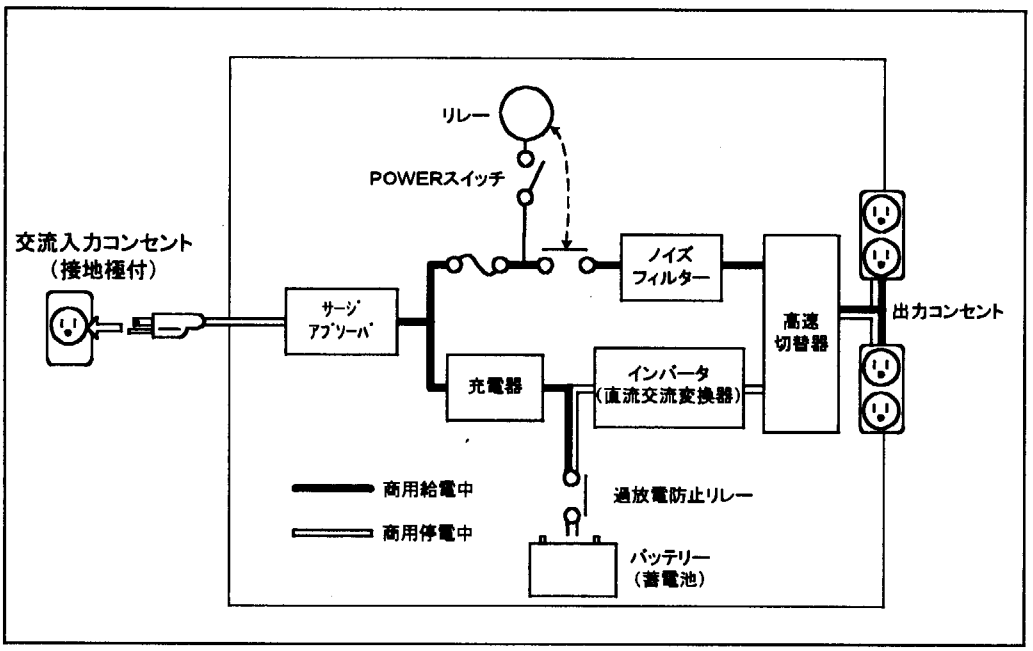


Fig.4.3.3　無停電電源装置動作説明

次に「②なぜ、AUTに切り替わったとき、吐出圧力が高くなるのか」について検討する。

ヘリウム貯槽出口圧力(PI7551)のAUTモードのSV値はヘリウム冷凍設備の「運転準備P.B」を押した時点で、1.60kg／cm² にセットされている。Fig.4.3.4の瞬停時の低圧ヘリウム圧力監視のトレンド(P209)によると、15時51分には1.58kg／cm²であり、この時点でAUTになると、ヘリウム貯槽出口圧力(PI7551)圧力を1.60kg／cm² にしようと貯槽出口弁は開度を大きくする。その結果、圧縮機のサ

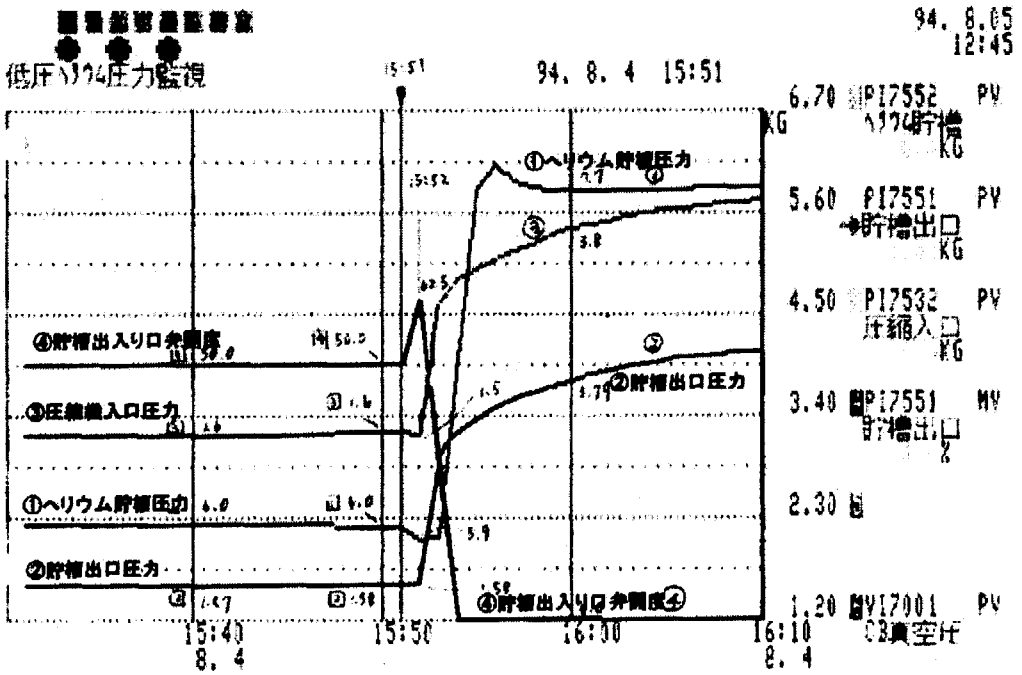


Fig.4.3.4　瞬停時の低圧ヘリウム圧力監視のトレンド(P209)

クション側にヘリウムガスが急に大量に供給されるため、吐出側の圧力も高くなり、バイパス弁による吐出圧力の調整が追随できなくなり、圧力が高高レベルに至ってしまい、圧縮機トリップ信号が発信することになったと考えられる。

(3)推定原因

以上検討してきた過程で、今回の事象は、『規模はヘリウム圧縮機をトリップさせるほどではなかったが、天井水銀灯が消灯する程度の電圧降下が発生した』と同時に、ヘリウム貯槽出口圧力(PI7551)がMANからAUTに自動切換され、アフタークーラ出口圧力(PI7503)高高が発報してNo.1ヘリウム圧縮機(KA7501)をトリップさせ、 水素圧力Ⅱ(PI710B)(B系)高高 、水素圧力Ⅰ(PI710A)(A系)高高により原子炉をスクラムさせたと考えざるを得ない。

ヘリウム貯槽出口圧力(PI7551)がMANからAUTに自動切換される条件は、「膨張タービン運転状態OFF」のみで、この事象を引き起こす要因として、膨張タービン制御器の無停電電源装置が何らかの原因で機能しなかったと推定した。これをフローに示すと、

①落雷による電圧降下

②膨張タービン制御器の無停電電源装置の高速切換器がインバータ側に切り替わる。

③バッテリーを電源とするインバータ(直流・交流変換器)が運転を開始して給電を続行する。

④バッテリーが所定の容量を放電するとインバータは自動停止し、給電を停止する。

⑤タービン入口弁(KV7506)の電磁弁「開」の状態信号(タービン運転状態信号)が無電圧で「OFF」となる。

⑥タービン制御器の「タービン運転OFF」信号をセンタムで受信、「バッチ制御フラグ」が解除される。

⑦ヘリウム貯槽出口圧力(PI7551)の圧力指示調整計のモードが、MAN(バッチ制御)からAUT(PID制御)に切り替わった。

⑧この時点で、ヘリウム貯槽出口圧力(PI7551)が1.58kg／cm^2 だったので、1.60kg／cm^2 にするようにPID制御が機能してヘリウム貯槽出口弁が急に開度を大きくした。

⑨ヘリウム圧縮機のサクション側にヘリウムガスが大量に供給された。

⑩吐出側の圧力も急に高くなった。

⑪バイパス弁による吐出圧力の調整が追随できなくなった。

⑫圧力が「高高」レベルに達した。

⑬ヘリウム圧縮機トリップ信号が発信した。

⑭ヘリウム圧縮機停止。

⑮水素圧力「高高」

⑯原子炉スクラム

4.3.3 原因の特定

(1)膨張タービン制御器の無停電電源装置の不具合

前項「4.3.2 (3)推定原因」の②～④の現象が発生すると、今回の事象に至るという推定を裏付けるために、膨張タービン制御器の健全性を確証した。

(2)確証実験

停電または電圧降下時に無停電電源装置の高速切換器がインバータ側に切り替わり、蓄電池側

から給電されるかどうかを確証するため、CNS停止時に無停電電源装置の電源プラグを抜いて(停電時と同じ状態にする)蓄電池側から給電されるか確認した。

バックアップが正常に行われれば、膨張タービン制御器前面パネルの「CPU正常」の赤色LEDが引き続き点灯し、バックアップしたことを示すブザの断続音が吹鳴する。

実験の結果、膨張タービン制御器前面パネルの「CPU正常」の赤色LEDが消灯した。またブザも吹鳴しなかった。

以上から、停電または電圧降下時に無停電電源装置に切り替わったものの、無停電電源装置が正常に機能しなかった結果「膨張タービンOFF」信号を発したものと確認された。

調査の結果、蓄電池の交換時期が、メーカー推奨の3年を大幅に超えていたことが判明した。また、無停電電源装置の設置場所が、点検・保守がきわめて困難な場所であることもわかった。

4.3.4 対策

今後かかるトラブルをなくすために、以下の対策を講じることとした。

(1)膨張タービン制御器に給電するラインを、従来の「C系」(商用電源)から無停電の「U系」に接続し直す。Fig.4.3.5に、ヘリウム冷凍設備計器盤電源回路図(対策後)を示す。

(2)無停電電源装置の設置場所を、現状の場所から点検・保守が容易な場所に移設する。

以上の対策の結果、落雷等による電圧降下や瞬時停電においても、CNSが原子炉本体に先行してトリップするような不具合は解消した。

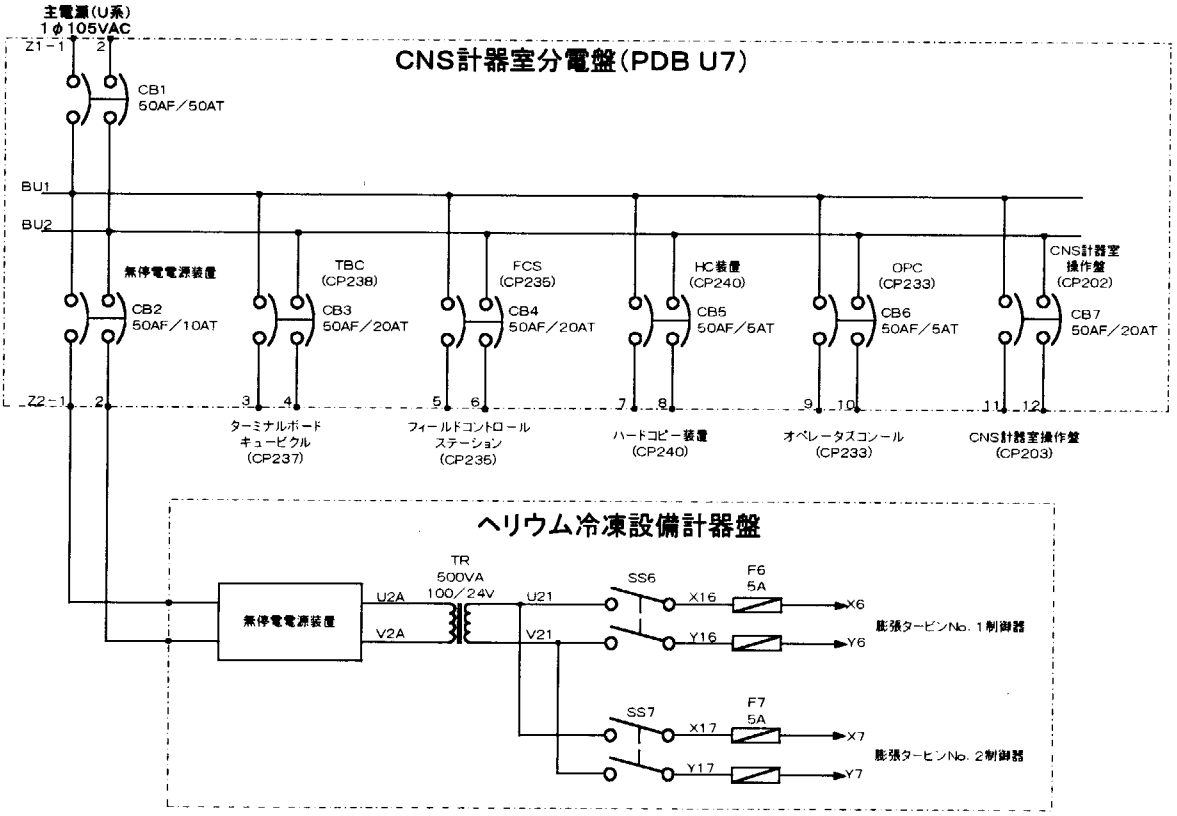


Fig.4.3.5 ヘリウム冷凍設備計器盤電源回路図(対策後)

4.4 ヘリウム系不純物混入

4.4.1 概要

(1)事象の概要

CNSは、1998(平成10)年8月5日にヘリウム冷凍設備の冷凍能力低下により液体水素圧力が上昇し、安全保護系「実験利用設備異常」の信号が作動して原子炉が自動停止した。その後の調査によりヘリウム冷凍設備が異常となった原因は、ヘリウムに混入した空気成分(酸素および窒素)の量が増加したため、系内でもっとも低温となる膨張タービン出口付近に固着し、膨張タービンの性能が低下して循環ヘリウム温度が上昇し、液体水素の温度を上昇させてガス化したためであることが判明した。

(2)発生日時

1998(平成10)年8月5日　17時33分

(3)ヘリウム冷凍設備異常事象の発生状況

1)原子炉の自動停止の状況

R3-10-04サイクル(7月13日運転開始、8月7日停止予定)の原子炉運転中、8月5日17時33分頃、CNSの水素圧力が上昇し、「水素圧力高」の警報信号(設定値 1.5kg/cm²・abs)が発報した。その直後、原子炉安全保護系「実験利用設備異常」の信号(設定値 2.1kg/cm²・abs)により、17時34分原子炉は自動停止した。

2)異常発生時のCNSの状況と水素圧力の変化

①発生直前

CNS　定常運転中で、特に機器操作等は行っていない。

原子炉　20MW定格熱出力で運転中

Fig.4.4.1に異常発生時の水素圧力の変化を示す。

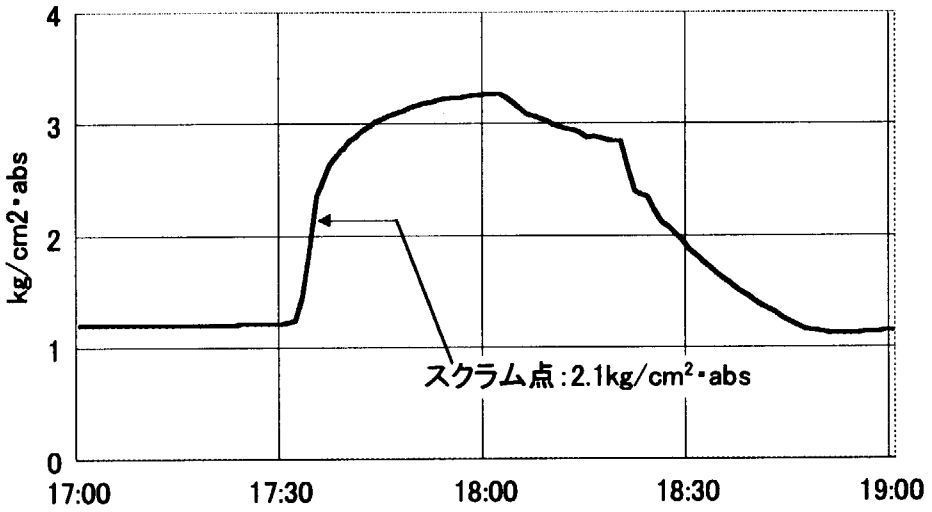


Fig.4.4.1 水素圧力変化

②発生時

17:33　水素圧力(PI7105)　通常値(1.2 kg/cm²·abs)から急激に上昇開始

17:33　水素圧力(PI7105)　設定値(1.5 kg/cm²·abs)「水素圧力高」警報発報後さらに上昇

17:34　水素圧力(PI7105)　設定値(2.1 kg/cm²·abs)「水素圧力高高」発報、安全保護系「実験利用設備異常」警報により原子炉自動停止、その後も水素圧力上昇

③発生後

18:02　水素圧力(PI7105)　3.26 kg/cm²·abs まで上昇して下降に転じる。

18:50　水素圧力(PI7105)　通常値(1.2 kg/cm²·abs)まで下降し、安定する。

CNSは、すべてのプロセス値が通常状態に復帰した。

(4)原子炉への影響

8月5日、水素圧力上昇により、原子炉を停止させたが、CNSの水素圧力は直後に正常に戻って運転が継続された。このような一時的現象だったため、原因究明は困難を極めた。運転データ等の解析によって原因の特定を開始したが、関係機関の指導により、再現実験が実施できなかったこと等から、了解を得たのが約2ヶ月後の11月11日であった。その後ヘリウム冷凍設備の洗浄作業等を実施して、試験運転で正常が確認されたのが2月18日であり、約6ヶ月間原子炉の運転を中止せざるを得なかった。

4.4.2 原因究明作業

(1)原因調査

今回の事象でCNSの水素圧力の上昇により、安全保護系「実験利用設備異常」が作動し、原子炉は停止した。しかし、水素圧力の上昇は一時的なものであり、事象発生後もCNSは継続運転され、約1時間20分後には正常な状態に復帰した。機器故障の物理的現象が全く想像できない状態から原因究明に着手することとなったため、その実行には困難性を極めた。原因究明は、先ずCNSの運転データの解析から開始したが、事象発生時におけるほとんどのデータの変化が激しかったため、データを整理し、通常運転データとの差違を摘出することとした。

検討結果から特に注目すべき項目は、

1)循環系ヘリウムのヘリウム貯槽への取込み弁、払出し弁(KV7549,7552)の作動。

2)熱交換器出口(PI7547)の圧力損失。

3)タービンホイール圧力(PI7519)の変動。

4)コントロールヒータ電力(WI7555)の変動。

5)CB入口流量(FI7506)およびコンデンサ入口流量(FI7523)の急激な変動、等であった。

①機械的故障の調査、検討

当初、上記1)(イ)「循環系ヘリウムのヘリウム貯槽への取込み弁、払出し弁(KV7549,7552)の作動。」に着目し、調査を行った。

ヘリウム取込み弁(KV7549)は、ヘリウムをヘリウム貯槽に取り込むための弁であり、払出し弁(KV7552)は、系内にヘリウム貯槽のヘリウムを供給するための弁である。いずれも圧縮機入口側の圧力を一定(1.56 kg/cm²·G～1.64 kg/cm²·G)に保ち、かつ、系内のヘリウム量を一定に保持するためのものである。

今回の事象でこれらの弁は、Fig4.4.2に示すとおり、頻繁な開閉動作が生じていた。これに関して、払出し弁の弁座の不具合が想定されたが、分解点検および弁座部パッキン等の調査を行ったところ、異常がなかったため、当該弁の不具合はないものと判断した。

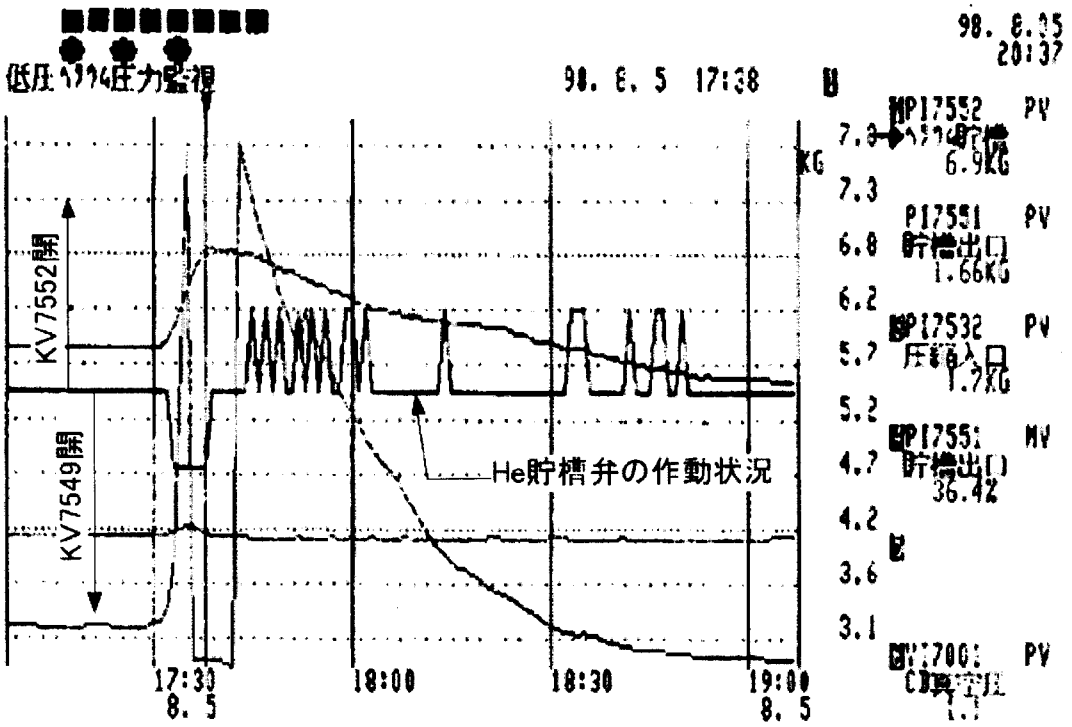


Fig.4.4.2 KV7549及びKV7552の動作状況

8月19日までの間の原因究明作業は、「一時的な機器故障に起因する原因究明」であったが、検討の結果、一時的にせよ機器故障はなかったとの結論を得た。

当初の原因究明は、故障した機器を特定するために実施したが、故障した機器が明確とならなかったため、機器故障以外の特殊な事象の発生を想定した原因究明を行うこととした。

② 不純物による影響の調査、検討

機器故障の調査と併行して、CNS納入メーカーを通して、冷凍機の専門メーカーの協力を得ることとした。その結果、ヘリウムガス中の不純物濃度の上昇が原因として想定できた。このことにより、上記1)(イ)～(ホ)については、不純物による影響であることが明らかとなった。

以下に調査・検討内容を示す。

(イ) 循環系ヘリウムのヘリウム貯槽への取込み弁、払出し弁(KV7549,7552)の作動

当該弁が作動した原因は、後述する不純物の蓄積により膨張タービンの性能低下が生じ、膨張タービン以降のヘリウム温度が上昇したためであった。循環しているヘリウムが一部で温度上昇し、熱膨張したヘリウムが圧縮機に流入して圧縮機入口圧力が上昇した。このためヘリウム貯槽への取込み、払出しを検知する圧力計(PI7551)の指示が上昇し、取込み弁(KV7549)が開となった。同時に圧縮機出口圧力は、圧縮機バイパス弁(KV7502)により一定(18.6 kg/cm^2・G)に保たれるため、圧縮機バイパス弁が開となり、圧縮機入口側の圧力はさら

に上昇した。このため、取込み弁(KV7549)が数分間開の状態を保持し、系内のヘリウムがヘリウム貯槽に取り込み過多となったため、十数回にわたり払出し弁(KV7552)が作動し、ヘリウム貯槽から系内へヘリウムが供給された。(Fig4.4.2を参照。併せて「2. JRR－3CNS」の Fig.2.1参照)

(ロ)熱交換器出口圧力損失

Fig4.4.3 に示すとおり、8月5日頃熱交換器出口のヘリウム圧力に急激な低下があった。この現象は、膨張タービン入口弁の開動作とほぼ一致した動作であった。これらの変化については、一定の圧力状態で弁が開となったため、その上流側の圧力が低下したものであった。

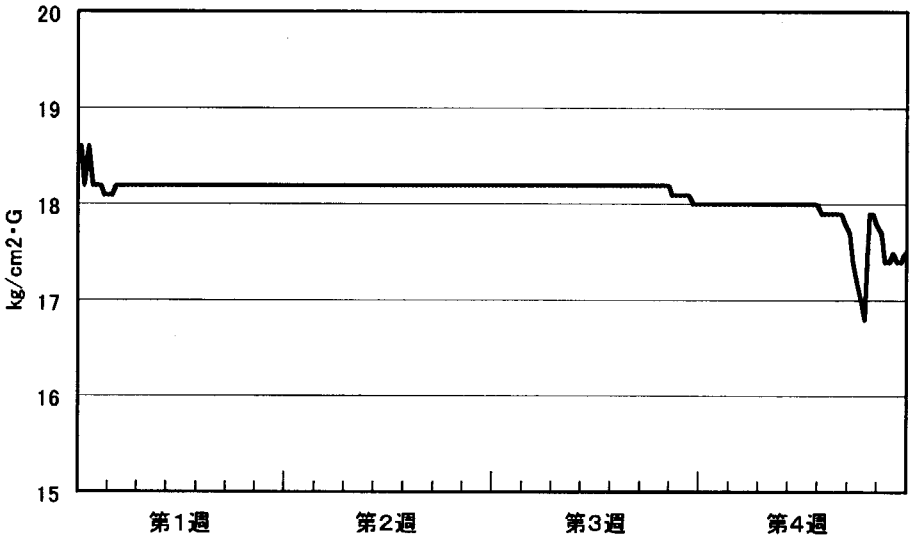


Fig4.4.3 熱交換器出口の圧力変化

膨張タービン入口弁が開となった原因は、膨張タービンインペラおよびその近傍にヘリウムに混入した不純物が固着して流路を狭め、膨張タービン回転数が低下したため、回転数をもとに戻すために生じたものであった。膨張タービン回転数は、膨張タービン入口弁の開閉を制御することにより一定に保っている。なお、関連する調査・検討内容を⑥に示す。

③タービンホイール圧力(PI7519)の変動。

Fig4.4.4に膨張タービンの概略図を示す。

タービンホイール圧力は、膨張タービンノズルとタービンインペラの中間の圧力を測定している。膨張タービンのインペラ及びケーシング等の低温部分に不純物が固着すると流路面積が減少し、ヘリウムの流れが阻害されるため、タービンホイール圧力の上昇を生じる。場合によっては、高速回転しているローターの平衡が保てず、破損に至る可能性もある。したがってタービンホイール圧力は、膨張タービンの健全性を確保する上で重要なプロセス値である。

本事象が発生するまでのタービンホイール圧力の変化をFig4.4.5に示す。

Fig4.4.5に示すとおり、タービンホイール圧力は、運転開始後、徐々に上昇しており、膨張タービンに微量の不純物が固着し、その固着量が徐々に増加したものと考えられる。

④コントロールヒータ電力(WX7555)の変動

コントロールヒータは、膨張タービンで冷やされた冷凍ヘリウムがコンデンサーに流入する前

に昇温し、コンデンサー内の水素圧力を一定に保っている。

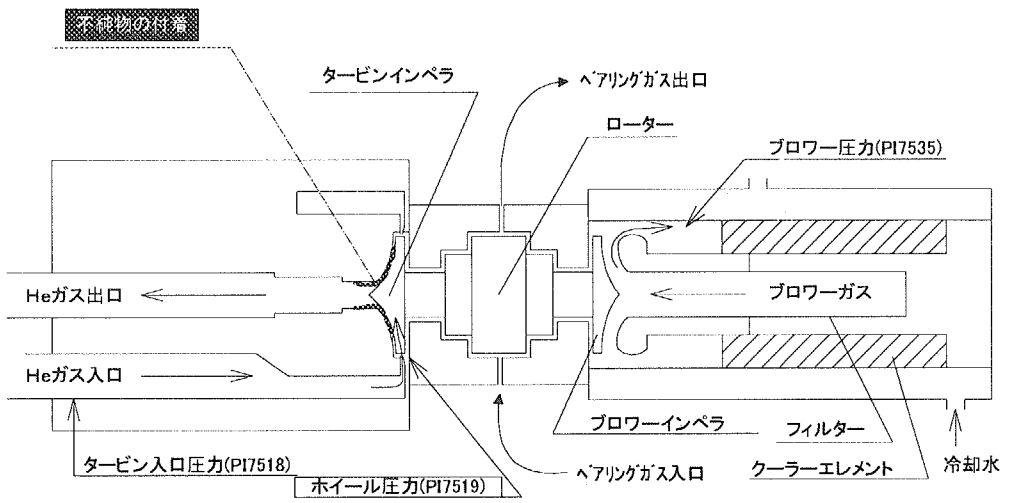


Fig.4.4.4 膨張タービン概略図

Fig4.4.6にコントロールヒータ電力の変化を示すが、コントロールヒータの電力に急激な低下と上昇があった。コントロールヒータ電力の低下は、コンデンサに流入する冷凍ヘリウム温度の急激な上昇を意味するものである。この現象は、膨張タービンおよびその近傍に不純物が固着し、膨張タービンの性能が低下してヘリウム温度が上昇したため、コンデンサに入るヘリウム温度を降下させようとしてコントロールヒータの電力が低下した事象であった。その後、ヘリウム温度の上昇に伴って不純物の固着がなくなり、膨張タービンの性能が回復したため、ヘリウム冷凍設備全体が

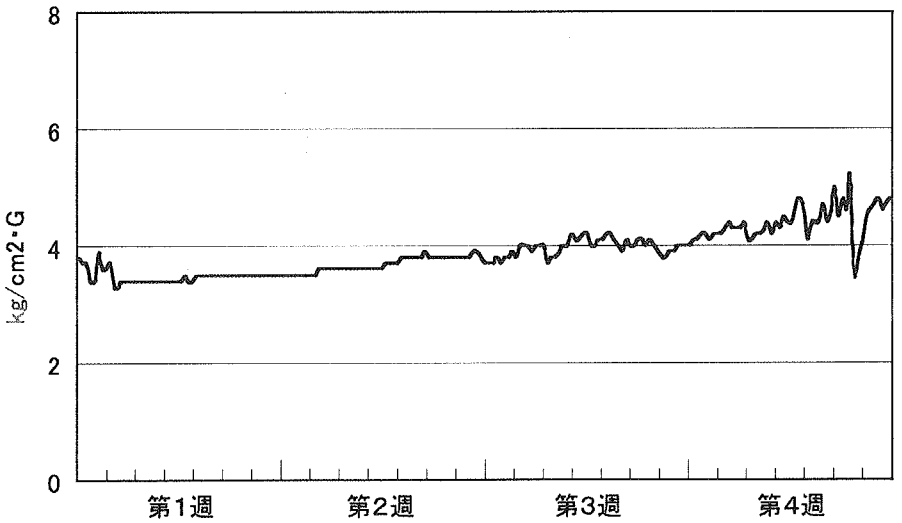


Fig4.4.5 膨張タービンホイール圧力(PI7519)の変化

通常の状態に復帰した。その結果、コントロールヒータの電力も通常値に回復した。

⑤4台の熱交換器出口の温度バランスの変化

4台の熱交換器は同性能の熱交換器を使用しており、熱交換器出口の温度分布は通常直線傾向を示す。JRR－3の熱交換器は1台当たり、約70Kの温度低下をもたらす性能を有している。しかし、不純物等の蓄積により熱交換器に異常が生ずると、温度分布に変化が現れる。

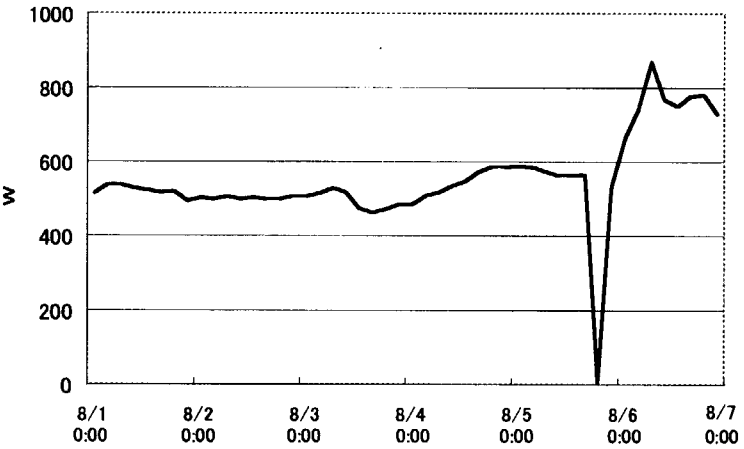


Fig4.4.6 コントロールヒータ電力の変化

Fig4.4.7は運転開始後、温度等が飽和に達した時点の温度分布である。第1熱交換器出口から第4熱交換器出口までの温度分布が直線を描いており、各々の熱交換器が正常に機能していることを示している。Fig4.4.8は、今回の事象発生前の温度分布であり、第2および第3熱交換器出口の温度に低下が見られた。これは第4熱交換器で膨張タービンへ向かうヘリウムとコンデンサからの戻りヘリウムの熱交換が十分に行われていないための影響であり、第4熱交換器に何らかの性能低下をもたらす要因が伺える。これは他ならぬ不純物による影響であると推定される。第4熱交換器の温度分布をみると入口側で約70K、出口側で約30Kを示しており、この温度付近で不純物の固化が発生したと考えられる。この温度は、酸素および窒素の固化温度と一致しており、系内に酸素や窒素（空気成分）が蓄積されたことを裏付けるものである。

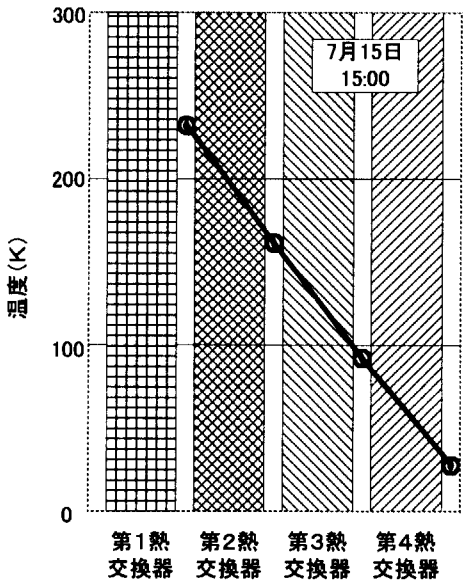


Fig.4.4.7 運転開始時の温度分布

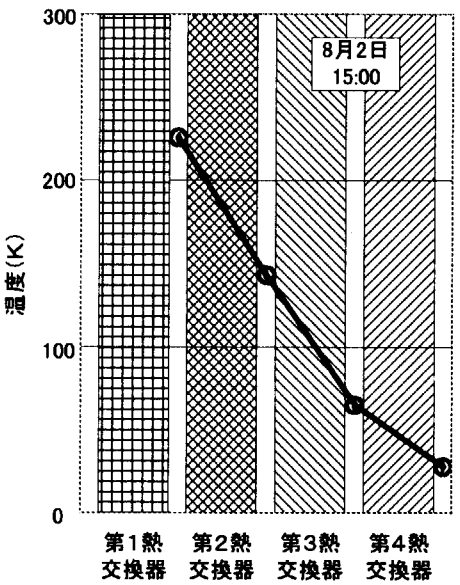


Fig.4.4.8 運転中期の温度分布

⑥コールドボックス入口ヘリウム流量(FI7506)およびコンデンサ入口ヘリウム流量(FI7523)の急激な変動

コールドボックス入口流量およびコンデンサ入口流量の変化をFig4.4.9に示す。

圧縮機出口ヘリウム圧力は、圧縮機バイパス弁(KV7502)により、一定に制御されている。また、膨張タービン入口弁は、膨張タービンに流入するヘリウム圧力を調整し、膨張タービン回転数を一定に制御している。これにより、通常時におけるコールドボックス入口ヘリウム流量は一定に保たれている。一方、コンデンサ流量は、膨張タービンを出たヘリウムの一部をコンデンサからの戻りラインへバイパスするコンデンサバイパス弁(KV7508)により一定に制御されている。

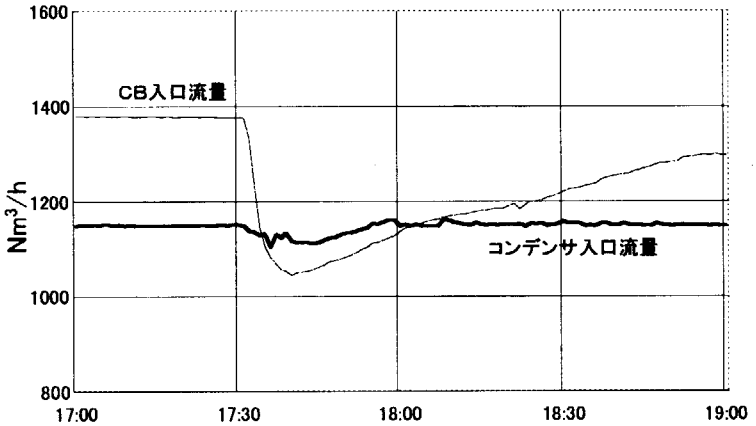


Fig4.4.9 CB流量及びコンデンサ流量の変化

コールドボックス入口ヘリウム流量およびコンデンサに流入するヘリウム流量が急激に低下した原因は、膨張タービン回転数が上昇したため、膨張タービンの回転数を一定(86.0 krpm～86.5 krpm)に保つために膨張タービン入口弁が閉方向に作動したためであった。

4.4.3 推定原因

原子炉の安全保護系「実験利用設備異常」の信号が作動したのは、CNS本体設備の水素圧力が上昇したためである。調査の結果、水素圧力が上昇した原因は、コンデンサに流入する冷凍ヘリウム温度の上昇および流量の低下が生じ、液体水素が気化したためであった。

以下に、その詳細を示す。

(1)不純物の混入

これまで、ヘリウム冷凍設備系内のヘリウムガスは、年1回の定期的な機器の開放点検時に、部分的なヘリウムの置換を行う程度で、全体の置換は行われていなかった。このため、ヘリウム貯槽内のヘリウムは不純物(空気成分)が徐々に蓄積され、その不純物が運転中に循環ヘリウムに供給された。

ヘリウム中の不純物は低温精製器により除去されるが、一般的に低温精製器の出入口における不純物濃度は比例関係を示す。今回ヘリウム中の不純物濃度の高いヘリウムがヘリウム貯槽から系内に供給されたため、低温精製器での除去が十分行われず、一部通過したものと考えられる。Fig4.4.10に示すとおり、R3-10-04サイクルにおける系内酸素濃度は上昇傾向を示していた。低温精製器を通過した不純物がヘリウム冷凍設備で最も低温となる膨張タービンに固着したと推定される。

(2)膨張タービンの性能低下

膨張タービン出口ヘリウム温度およびコンデンサ入口ヘリウム温度の変化をFig.4.4.11に示す。

膨張タービンはタービンインペラとブロワインペラが結合されており、回転数は約9万回転である。

このため、タービンインペラ部に不純物が固着すると回転体の平衡が悪化し、ベアリングの摩滅等の損傷を生じ、膨張タービンを破損する可能性がある。

今回の事象においては、不純物が膨張タービンに固着したため、膨張タービンの回転数に影響し、ヘリウムの断熱膨張性能が低下した。このため、ヘリウムの運動エネルギーのうち、膨張タービン内で消費される量が低下したため、膨張タービン出口のヘリウム温度が上昇し、これにともなってコンデンサ入口ヘリウム温度も上昇した。

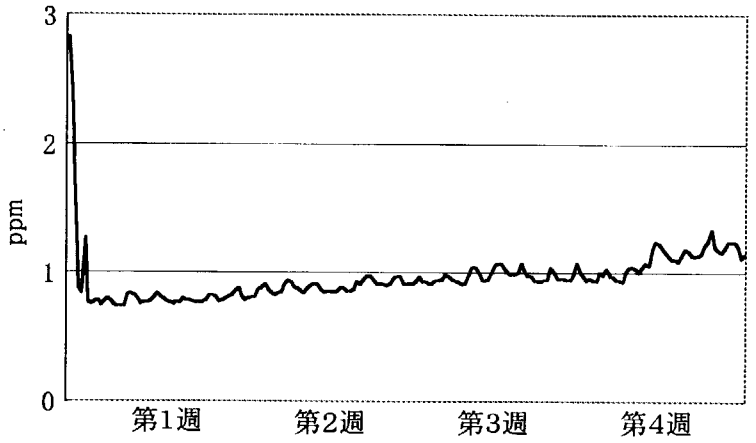


Fig4.4.10 系内の酸素濃度変化

(3)水素圧力の上昇

コンデンサに流入するヘリウムは、コンデンサ内の水素ガス圧力を一定に保つようコントロールヒータで制御しているが、膨張タービンの性能が著しく低下し、コンデンサ入口ヘリウム温度がコントロールヒータの制御範囲を逸脱する程上昇したため、液体水素の一部がガス化し、水素圧力は上昇した。

その結果、原子炉安全保護系の信号を発報し、原子炉を自動停止させた。

その後、膨張タービンに固着した不純物は、ヘリウム温度が上昇したことより離脱し、膨張タービンの性能が一時回復した。このため、原子炉停止約40分後にはヘリウム冷凍設備は通常の運転状態に戻っている。

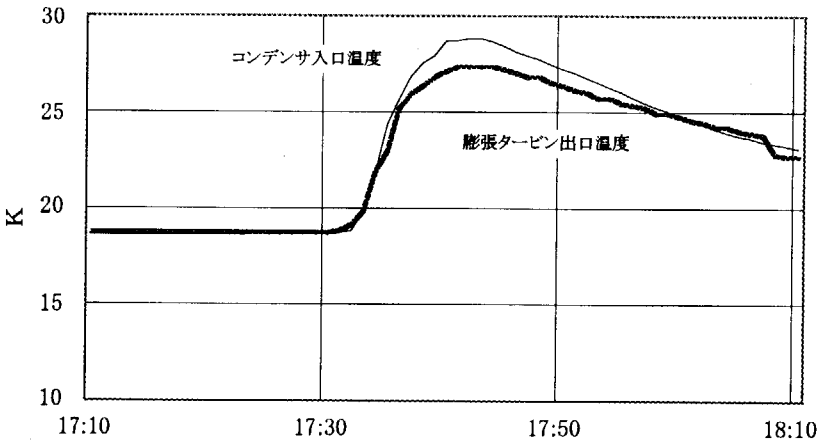


Fig.4.4.11 膨張タービン出口とコンデンサ入口の温度変化

4.4.4 対　策

(1)不純物の除去

本事象の原因となった不純物を系内から除去するため、日本エアリキードとも打ち合わせを行い、系内に混入蓄積した不純物を除去する対策として以下の方法を採用した。

①「停滞ガス」対策

配管系統図と現場配管形状等によりガスが停滞しそうな箇所を特定し、枝管まで十分真空度が得られるように、全系を6分割して真空排気を実施した。(圧縮機No1、圧縮機No2、膨張タービンNo1、膨張タービンNo2、低温配管、ヘリウム貯槽)また、膨張タービンのラビリンスシール部に蓄積した不純物に対しては、ブロア側、インペラ側の両方からの真空排気を実施した。

また、真空排気において漏れがある場合、反対に空気を取り込むことになるため、ヘリウムを充填後、酸素濃度を確認しながらヘリウムをブローする方法をとった。場合によっては真空排気を実施せず、ヘリウムブローのみで系内の不純物を除去できることも経験的に得られた。

②大容量タンク壁への吸着対策

大容量のタンク壁には、水分等の不純物が蓄積される。これを除去するために予圧器、第5次オイルセパレータにリボンヒータを巻き付け、約80℃まで加温しながら真空排気を実施した。

③活性炭への吸着対策

定期自主検査期間中、第5次オイルセパレータの活性炭の交換を実施した。交換するためには大気開放せざるを得ず、活性炭への水分等の吸着が懸念された。この対策として加温再生モード運転により、加温ヘリウムガスを循環して活性炭の再生を実施した。

④エジェクタ対策

CNS運転時の循環ヘリウム圧力は、大気圧より高くなるように設計されているため、系内に漏れ箇所があったとしても系外へ漏れ出る方向であり、系内へ吸い込むことは通常考えられない。しかし、低温配管のバイオネットジョイント部等は、エジェクタ効果による吸い込みの可能性を否定できないため、この箇所について徹底的にリークチェックを実施した。

⑤その他の漏れ対策

上記対策と併せて、系内の徹底的なリークチェックを実施した。

系内はヘリウムガスが充填されているため、真空法によるヘリウムリークチェックは限界がある。このため加圧法によるヘリウムリークチェックを実施した。特に膨張タービン廻り、酸素分析計ラインは重点的にリークチェックを実施し、漏れ箇所を特定した。

(2)再発防止対策

今回の事象で、水素圧力を上昇させ原子炉を自動停止させたが、この再発を防止するために以下の対策を行う。この5項目は、平成10年11月11日付けで科学技術庁長官に受理された「JRR－3原子炉施設の自動停止について(原因および対策)」に記載されたCNS運転再開にあたっての「対策」の内容である。

①CNSの運転再開に当たっては、ヘリウム冷凍設備のヘリウムを全量置換する。

②通常運転時、約3.4 kg/cm²・Gであるホイール圧力について、膨張タービンのベアリング部が接触して損傷する事象を防止する観点から設定した警報値8.3 kg/cm²・Gを、不純物の付着による膨張タービンの性能が低下して循環ヘリウムの温度が上昇することを防止する観点から、事象が発生した5.1 kg/cm²・Gより約1.0 kg/cm²・G低い 4.0 kg/cm²・Gに変更する。

③原子炉運転中にホイール圧力が4.0 kg/cm²・Gに達した場合は、ヘリウム冷凍設備を停止して、ヘリウムを全量置換する。

④今後、各運転サイクル毎にヘリウム貯槽のヘリウムの純度測定を行う。

⑤ヘリウム貯槽のヘリウムの不純物の濃度(酸素および窒素)については、今回の運転データの不純物濃度とホイール圧力の関係から10ppm以下に管理し、純度測定の結果10ppmを超える場合はヘリウムを全量置換する。

(3)万一の対策

「再発防止対策」をふまえて、今後の運転に際しては、定常運転終了後(通常土曜日)の翌週の月曜日にヘリウム純度測定を実施し、不純物(酸素および窒素)が10ppm以上であれば、直ちに置換作業を実施する。置換作業は2日程度を要するが、この作業は通常の運転準備作業と併行して行えることから、原子炉の運転計画を変更することなく、次サイクルの原子炉起動までには対応できると考えている。

ヘリウム置換作業方法は、以下のとおりである。

①真空排気によるヘリウム置換

ア. 系内を6ブロックに分割(ヘリウム貯槽、1号圧縮機系、2号圧縮機系、1号タービン系、2号タービン系、低温配管系)し、各系を真空排気する。真空排気の目安は、ゲージ圧力計の指示が-1 kg/cm²・Gを示してから10分程度の真空排気を実施する。

イ. 新規のヘリウムガスを封入する。封入圧力は以下のとおりである。

ヘリウム貯槽	4.0kg/cm²・G
1号および2号圧縮機系	5.0kg/cm²・G
1号および2号タービン系	5.0kg/cm²・G
低温配管系	1.5kg/cm²・G

ウ. ヘリウム貯槽の純度測定を行い不純物が除去されていることを確認する。

エ. ヘリウム純度が規定値以上である場合は、上記ア～ウを繰り返す。

②ヘリウムブローによる置換

ア. 系内を6ブロックに分割し、各々以下の順番で排気、封入を3回程度繰り返す。

ヘリウム貯槽
1号圧縮機系
2号圧縮機系
1号タービン系
2号タービン系
低温配管系

イ. ヘリウムの排気は、系内の圧力を0.3kg/cm²・G程度までとし、正圧の状態を保持すること。

ウ. ヘリウムの封入は、前項 4.4.4 (3) ① イ. ヘリウムの封入圧と同等であること。

エ. 各ブロックの酸素濃度を測定する。

オ. 酸素濃度が規定値以上(酸素成分で2ppm)である場合は、上記ア～エを繰り返す。

(4)恒久的な対応の検討

今回の事象を教訓として、酸素濃度やホイール圧力の監視を強化することは当然であるが、恒久的な対策として以下の項目を検討した。

①外部常温精製器の設置

JRR－3CNSは、コールドボックス内に低温精製器を有している。しかしコールドボックス内低

温精製器の場合は、装置自体を冷凍運転しない限り内部に取り込まれた不純物を除去することができない構造となっている。外部精製器は、装置を冷凍運転しなくても、ヘリウム中の不純物をある程度除去できる点で有利であると考えている。

②膨張タービン予備品の整備

本装置の膨張タービンはフランス製であり受注生産品のため、機器発注後約1年の納期が必要とされている。今回の事象では膨張タービンを損傷することが無かったが、場合によっては膨張タービンの損傷に至ることも懸念される。あらかじめ、膨張タービンを予備として所持することで、損傷時の復旧が早められることになると考えている。

③保守計画の見直し

今回の事象を教訓として、以下の事項について実施したいと考えている。

ア. 系内のヘリウムガスは、年1度の定期自主検査時全量を置換する。

イ. 酸素分析計の吸引ポンプの点検を、1回／年以上とする。

ウ. 系内の配管等を開放する場合は、従前以上に十分なヘリウム置換を実施する。

4.4.5 復旧作業の経過

(1)第1回置換作業

実施日時:11月10日～11月13日

作業内容:系内ヘリウムガス圧を約0.5kg/cm^2・G程度に減圧した後、99.9995%のヘリウムガスを補充する作業を、3回繰り返して実施した。

交換前酸素濃度(アフタークーラ出口)		酸素	3.0 ppm
		露点	-75 ℃
交換終了後	(貯槽)	酸素	0.1 ppm
		露点	-75 ℃

結果　:11月15日からCNSの冷却運転を開始したが、酸素濃度計の下降傾向が遅く、ホイール圧力も上昇した。このため、11月16日にCNSの運転を中止した。

運転中止後の酸素濃度(貯槽)		酸素	6.0 ppm
	(圧縮機2出口)	酸素	8.7 ppm
	(ﾀｰﾋﾞﾝ1号機)	酸素	9.2 ppm
	(ﾀｰﾋﾞﾝ2号機)	酸素	8.6 ppm

(2)第2回置換作業

実施日時:11月17日(10:15)～11月18日(23:00)

実施内容:ヘリウム冷凍設備を次の6ブロックに分割して、それぞれ真空引きを実施した後、99.9995%のヘリウムガスを封入した。すなわち、圧縮機1号機・圧縮機2号機・低温配管系統・貯槽・タービン1号機・タービン2号機である。

真空度は、10^{-1}Torrオーダーであった。

置換後の酸素濃度	(貯槽)	酸素	0.2 ppm
	(圧縮機1出口)	酸素	1.9 ppm
	(圧縮機2出口)	酸素	0.9 ppm

	(ﾀｰﾋﾞﾝ1号機)	酸素	1.1 ppm
	(ﾀｰﾋﾞﾝ2号機)	酸素	3.3 ppm

結果　:11月19日(02:22)CNSを再起動したが、結果は前回と同様であった。このためCNSを停止して、酸素濃度を測定した。

停止後の酸素濃度	(貯槽)	酸素	7.2 ppm
	(圧縮機1出口)	酸素	4.6 ppm
	(圧縮機2出口)	酸素	22.2 ppm
	(低温配管)	酸素	13.0 ppm
	(予圧器部分)	酸素	7.4 ppm
	(ﾀｰﾋﾞﾝ1号機)	酸素	18.0 ppm
	(ﾀｰﾋﾞﾝ2号機)	酸素	14.0 ppm

(3)第3回置換作業

実施日時:11月21日(10:00)～11月24日(09:00)

実施内容:ヘリウム冷凍設備を次の6ブロックに分割して、それぞれ真空引きを実施した後、99.9995%のヘリウムガスを封入した。すなわち、圧縮機1号機・圧縮機2号機・低温配管系統・貯槽・タービン1号機・タービン2号機である。

真空度は、10^{-3}Torrオーダーであった。但し、タービン1号機部分だけは、10^{-1}Torrオーダーまでしか引けなかった。

置換後の酸素濃度	(貯槽)	酸素	1.0 ppm
	(圧縮機2出口)	酸素	0.2 ppm
	(低温配管)	酸素	0.2 ppm
	(予圧器部分)	酸素	0.7 ppm
	(ﾀｰﾋﾞﾝ2号機)	酸素	1.2 ppm

結果　:11月25日、真空度が立たなかったタービン1号機を系から切り離してCNSを再々起動したが、結果は前回と同様であった。このためCNSを停止して、酸素濃度を測定した。

この結果、従来からの懸案事項であったタービン1号機のベアリングガス系統からの微少な漏洩が今回のトラブルに直接的な影響を及ぼしたものではないことが確認された。不純物汚染の原因は、他に求めなければならない。

停止後の酸素濃度	(貯槽)	酸素	16.0 ppm
	(圧縮機2出口)	酸素	14.0 ppm
	(低温配管)	酸素	17.0 ppm
	(予圧器部分)	酸素	13.0 ppm
	(ﾀｰﾋﾞﾝ1号機)	酸素	50.0 ppm(*1)
	(ﾀｰﾋﾞﾝ2号機)	酸素	20.0 ppm(*1)

(*1):測定位置をインペラ側に変更

タービンの酸素濃度が他に比して高濃度を示した。この原因として、これまでのタービン背面からの真空引きではラビリンス等が障害となってタービン前面側の不純物除去が不十分だったのではないかと考察される。したがって次回の置換作業はタービン前面から真空引きを行うこととする。

(4)第4回置換作業

実施日時:12月　7日～12月13日

実施内容:ヘリウム冷凍設備を次の6ブロックに分割して、それぞれ真空引きを実施した後、99.9995%のヘリウムガスを封入した。すなわち、圧縮機1号機・圧縮機2号機・低温配管系統・貯槽・タービン1号機・タービン2号機である。

この際、予圧器に関しては、約80℃に加温して真空引きを実施した。また、タービンに関しては前回までのブロア側(ベアリングガス配管)からの真空引きに変えて、インペラ側から実施した。

真空度は、10^{-3}Torrオーダーであった。但し、タービン1号機部分および貯槽は、10^{-1}Torrオーダーまでしか引けなかった。

置換後の酸素濃度	(貯槽)	酸素	0.2 ppm
	(圧縮機1出口)	酸素	0.2 ppm
	(圧縮機2出口)	酸素	0.2 ppm
	(低温配管)	酸素	0.9 ppm
	(予圧器部分)	酸素	0.3 ppm
	(ﾀｰﾋﾞﾝ1号機)	酸素	4.2 ppm(*1)
	(ﾀｰﾋﾞﾝ2号機)	酸素	0.2 ppm(*1)

(*1):測定位置をインペラ側に変更

結果　　:JRR－3原子炉およびCNSが定期自主検査に入ったために、CNSを運転した上での確認は現状ではできなかった。

(5)第5回置換作業

実施日時:12月14日～1月8日

実施内容:タービン1号機および2号機について、ベアリングガス入口弁とホイール圧力測定ポートおよび入口圧力測定ポート間において99.9995%のヘリウムガスで系統をブローした。この結果、タービン1号機・タービン2号機のそれぞれの測定ポートにおいて酸素濃度が0.2ppmとなった。

また、貯槽の酸素濃度の経時変化を確認するために12月22日に酸素濃度を測定した結果、第4回置換作業時と同様の0.2ppmであった。

この作業と併行してタービン1号機および2号機周辺と、酸素分析計廻りのヘリウム漏洩検査を行った。この結果、タービン1号機の入口フィルタの差圧検出を行う検出器のポート(PT7517)付近で3×10^{-6}Torr・l/sec程度の漏洩が確認されたのでこの箇所の増し締めを行い、漏洩が止まったことを確認した。その後、タービン1号機のベアリングガスの減少傾向を監視した結果、漏洩がないことが確認された。

酸素分析計については、ヘリウム漏洩検査を実施するとともに、酸素分析計の校正を実施した。この結果、ヘリウム漏洩検査においては顕著な漏洩は確認できなかった。酸素分析計については、ゼロガスでの確認作業が長時間を要するほどセルが不純物で汚染されていることが確認された。このため99.9995%のヘリウムガスでセルを洗浄する方法でゼロ点の確認を実施した。

1月11日以降、セルとダイヤフラムポンプの交換作業を実施した。

結果　　:全系確認運転

1月18日に乾燥運転モード運転を実施した。

循環の回路は、タービンの部分を除く主循環系で、タービンホイール側も初期は循環していたが、途中から弁が「閉」となった。交換したダイヤフラムポンプが設置されている酸素分析系のラインも循環した。

この結果、系に設置されている酸素分析計では、0.2ppmが維持された。また、仮設の酸素濃度計は、低温精製器出口の部分から分岐している圧力計のポートに接続して濃度変化を測定した。この濃度は、約0.4ppmまで低下した。(この地点は上述の第4回置換作業時に0.9ppm程度を示していた箇所であり、循環の結果希釈されたと考えられる。)

以上から、懸念されている酸素分析計ラインからの空気混入は解消されたものと判断できる。

(6)5次オイルセパレータ吸着剤交換・調整弁等の交換作業後処理

前記7-5の作業以降に、ヘリウム冷凍設備の定期自主検査として第5次オイルセパレータ(2機)の吸着剤(活性炭)交換作業および各種弁等の交換作業を実施したため、これらの作業によって開放された系のヘリウム置換作業を実施する目的で貯槽を除く全系について真空引きを実施した。特にオイルセパレータに関しては、活性炭の交換を実施したために交換した活性炭に残存している酸素等の不純物や水分を除去するために真空引きと併行してリボンヒータによる加温を実施した。

1月25日以降2回のヘリウム置換を行って、純度測定と露点の測定を実施し、圧縮機1、2号機のラインで測定した純度は、酸素0.5ppm程度、露点は-65℃であった。

(7)最終純度確認

2月10日までにすべての系統のヘリウム純度確認を実施した。

ヘリウム中の酸素濃度(貯槽)		酸素	0.5 ppm
	(圧縮機1出口)	酸素	0.8 ppm
	(圧縮機2出口)	酸素	0.8 ppm
	(低温配管)	酸素	0.8 ppm
	(ﾀｰﾋﾞﾝ1号機)	酸素	0.7 ppm(*1)
	(ﾀｰﾋﾞﾝ2号機)	酸素	0.6 ppm(*1)

(*1):測定位置をインペラ側に変更

(8)加温モードによる全系純度確認運転

2月12日にヘリウム冷凍設備全系の加温モードによる確認運転を実施した。このモードにより全系が攪拌されることになり、系内ヘリウムの純度が一様になる。この運転の結果、系内の酸素濃度計に変化がなければ運転中に系内に不純物の混入がないことが確認される。

全系運転後の不純物濃度測定の結果、系内の酸素濃度計が2ppm程度を指示した。この原因は100℃に加温された循環ヘリウムガスによってオイルセパレータに付着していた酸素ガスが溶出したと推定されるが、過去において具体的に実証するデータを確認していないこともあり、念のため次週からの試験運転に際して、再度全系のヘリウム置換を実施することとした。

(9)ヘリウムブローによるヘリウム置換作業

2月13日、全系をヘリウムガスでブローする方法で3回程度、置換作業を実施した。その結果は以下のとおりであった。

ヘリウム中の酸素濃度(貯槽)	酸素	0.5 ppm

(圧縮機1出口)	酸素	0.5 ppm
(圧縮機2出口)	酸素	0.3 ppm
(低温配管)	酸素	0.4 ppm
(ﾀｰﾋﾞﾝ1号機)	酸素	0.2 ppm(*1)
(ﾀｰﾋﾞﾝ2号機)	酸素	0.2 ppm(*1)

(*1):測定位置をインペラ側に変更

4.4.6 試験運転

2月15日からCNS全系の冷却運転を開始し、酸素濃度およびホイール圧力等を監視した。

10:00 CNS起動

13:04 タービン起動開始 酸素濃度計(DI7507)弁「開」

2月16日

10:00 連続運転中

酸素濃度計指示 0.1 ppm

ﾀｰﾋﾞﾝﾎｲｰﾙ圧力 3.3 kg/cm^2・G

2月17日

10:00 連続運転中

酸素濃度計指示 0.1 ppm

ﾀｰﾋﾞﾝﾎｲｰﾙ圧力 3.4 kg/cm^2・G

2月18日

10:00 連続運転中

酸素濃度計指示 0.1 ppm

ﾀｰﾋﾞﾝﾎｲｰﾙ圧力 3.4 kg/cm^2・G

2月18日

16:50 停止直前

酸素濃度計指示 0.1 ppm

ﾀｰﾋﾞﾝﾎｲｰﾙ圧力 3.4 kg/cm^2・G

4日間(約80時間)の連続運転を継続したが、酸素濃度計およびタービンホイール圧力に全く異常が見られず、その他のプロセス値も定常運転時と同様の値を示していることからCNSは正常に回復したことが確認された。

4.4.7 まとめ

2月15日から18日までのCNS連続運転の結果、8月5日のCNSトラブルに対する対策は終了し、正常に復旧したと判断した。

原子炉を停止させた原因は、CNS冷凍設備に蓄積した不純物(空気成分)が膨張タービンに固着し、性能を低下させたことに起因する。約10年間に相当量の不純物が細部にわたり蓄積していたものと推定される。このため、系内の真空排気およびヘリウムブローなどでも配管細部等から不純物が循環系に混入し、ヘリウム純度の上昇を妨げたのもと推定される。

今回の異常事象の原因究明および復旧作業が、8月5日の原子炉計画外停止以来約6ヶ月もの時日を費やした原因は、以下のとおりと考える。

(1)原因究明の困難性

原子炉を停止に至らしめた原因である「水素圧力上昇」という事象がCNSに関しては一時的なもので、原子炉を停止させた後もCNSは停止することなく正常に運転された。

即ち、CNSの運転が正常に推移したことから、CNSの構成機器の故障等の具体的現象で原因を特定することができない困難性があった。このため、原因の特定作業が、CNSを構成する機器のすべてを対象に点検することと、プロセス値をはじめとする運転データの解析を、事象発生から約1ヶ月を費やして行わなければならなかった。

(2)原因実証の困難性

約1ヶ月の原因究明作業の結果、CNSを構成する機器等の機械的故障は特定されず、すべてが正常であることが確認された一方で、プロセスデータの詳細な検討結果から、冷凍ヘリウムガス中に混入した不純物ガス(具体的には空気成分である酸素および窒素)が、膨張タービンインペラ部に付着して一時的に冷凍能力を低下させたことが原因であると推定することが、プロセスデータに現れた現象を矛盾なく立証できるとの結論を得たが、同様事象を具体的に再現するための再現実験を実施することについて関係機関の了解を得たのが、9月10日の第1回説明から約2ヶ月後の11月11日であった。

(3)ヘリウム置換作業の困難性

CNSを正常運転に復旧するためには、不純物ガスが混入したCNS全系のヘリウムガスを真空ポンプで排気して、純度の高いヘリウムガスと置換する作業が必要である。このために、9月段階から、ガス専門業者に大型真空排気装置を準備して待機させたが、関係機関のへの了解を得る作業が長期間にわたり、了解を得たのが2ヶ月後の11月11日になってしまい、待機を解かざるを得なかった。このため、ヘリウムガス置換作業は、手持ちの小型排気装置で実施せざるを得ず、ヘリウム冷凍設備の細部にまで真空排気が及ばず、全系が清浄になるのに時間を要したと考える。

今回事象から得られた教訓として、今後ヘリウムガスの純度管理を運転サイクル毎に実施する等、ヘリウム中の不純物管理を厳密に行うことで本件事象の再発は十分防止できること、また万一ヘリウム中の不純物濃度が上昇しても新たに購入した真空排気装置を用いれば、2日間程度でヘリウムガス置換作業が行えることを確認した。

5. その他の故障・不具合

前項ではCNSが主原因で原子炉を停止に至らしめた故障・不具合を述べたが、本項では原子炉運転を直接的に阻害するような故障・不具合ではないが、CNS運転管理の過程で発生した故障や不具合について、その発生状況、原因および対策について述べる。

以下に述べる故障・不具合は、CNSが大型研究炉に設置された我が国最初の設備であったことから、発生する現象のほとんどが最初の経験であり、類似事象を参考にすることができないという特殊性を有していた。したがって、個々の事象について原因を特定するまでに試行錯誤を重ねてきた。結果として原因はきわめて単純なものであったこともあるが、初めての経験として記録しておくことは意義があると考え以下に記する。

5.1 真空断熱槽真空度低下

5.1.1 概要

CNSの真空断熱槽(以下「断熱槽」という)は、冷凍ヘリウムガスと水素ガスを熱交換して液体水素を生成するコンデンサと、低温流路管を通して減速材容器に液体水素を貯留するクライオスタット全体を真空槽内に設置して外部からの入熱を遮断する機能を有している。

断熱槽の真空保持方法は、ロータリー型真空ポンプで1×10^{-4}～1×10^{-5}Torr程度まで真空引きを行った後、冷凍ヘリウムガスを冷源とするクライオポンプによって1×10^{-8}Torr程度まで真空度を上げている。

CNSは冷やし込み開始から液体水素生成までの過程で、断熱槽内の水分等の比較的高い温度で固着するガス分子が、クライオポンプのクライオパネル(銅板＋ステンレス鋼＋活性炭)に吸着されて真空度が10^{-5} ～10^{-6} オーダーになる。さらに冷却が進行して140K近辺で窒素ガス分子等が吸着されることにより、真空度がさらに上がり、10^{-7} オーダーになり、液体水素が生成される約20K近辺で水素ガス分子等を活性炭内に吸着させて高真空を保持する。

1989(平成1)年ごろの、CNSの運転開始初期段階では、真空ポンプおよびクライオポンプで構成される真空装置は正常に機能して、初期段階の真空度は1×10^{-7}Torr程度まで達していたが、Fig.5.1.1に示すようにCNS運転中の到達真空度が、運転開始時期から徐々に真空度が劣化してきた。これについて、製作メーカーからクライオポンプの性能劣化の原因は、クライオイポンプの活性炭に水分が吸着したのではないかとの見解があり、断熱槽の加熱や乾燥窒素ガスの封入等のクライオポンプの性能回復策を試みたが、真空度の抜本的な改善はみられなかった。断熱槽の真空度劣化対策は、CNS運転開始直後からの課題となり、CNSの長期停止期間にはクライオポンプの再生作業を実施したり、運転方法(特に停止時の脱ガス促進ための運転モード)の検討を行ったりしてきた。

以下に断熱槽の真空度劣化対策の経過を記す。

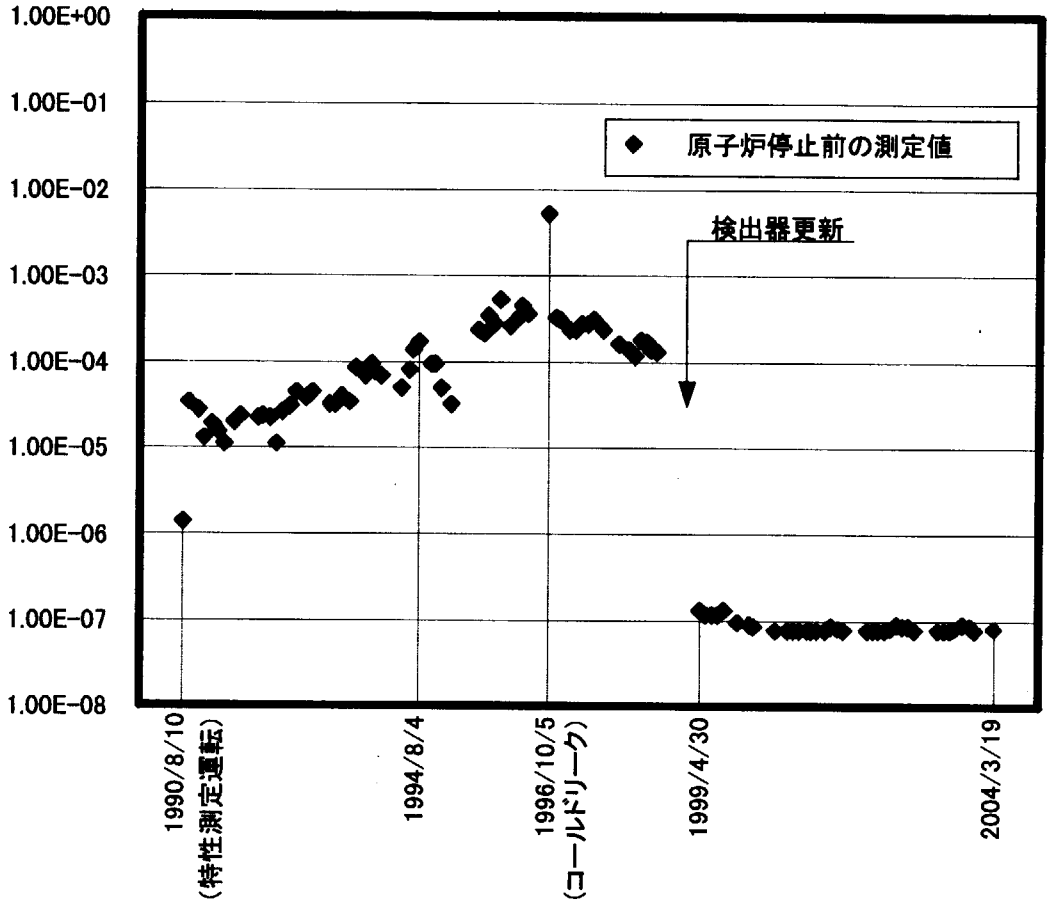


Fig.5.1.1 CNS運転中の真空断熱槽到達真空度

5.1.2 原因究明と対策

(1)クライオポンプ

クライオポンプの構造図をFig.5.1.2に示すが、ヘリウム冷凍設備から移送される冷凍ヘリウムはコンデンサに導入されるが、その前段の断熱槽内で、冷凍ヘリウム配管の周囲に取り付けられた銅製の熱シールド板とステンレス製の多孔板および活性炭からなるクライオポンプを冷却する。断熱槽内に残留していたガス分子は、冷却されたクライオポンプの構成材に吸着されるため、断熱槽内は高真空になる。CNSの運転が終了して、循環ヘリウムガスが暖められると、クライオポンプは常温に戻り吸着していたガス分子は分離される。

CNSは膨張タービン起動工程が開始される時点で、断熱槽のターボ分子ポンプによる真空排気を停止するが、この時点での真空度は1×10^{-5} Torrオーダーである。これ以降は冷やし込みの進行に伴ってクライオポンプによる真空排気となり 10^{-8} Torrオーダーになる。断熱槽の容積は、コンデンサ断熱槽と真空ポンプに接続される断熱ヘッダとの総和で約163 ℓ である。

(2)真空度劣化の推定原因

1)クライオポンプの性能低下

Table 5.1.1 で示すように、特性試験の前段階における断熱槽の真空度は、運転開始時(A)が7.9×10^{-4} Torrで、冷やし込みが進行して液体水素が生成され、原子炉運転開始時(B)では3.5×10^{-7} Torrに達する。約4週間の原子炉運転が終了した時点(C)でも1.4×10^{-6} Torrであり、クライオポンプが正常に作動していることがわかる。表中の(B)-(A)は真空ポンプで の真空排気を停止してから、CNSが冷やし込みを開始することにより、クライオポンプが作動して高真空になる量(以下「クライオ効果」という)である。特性試験の初期段階ではクライオ効果は-7.9×10^{-4} Torrであった。運転が進行するにしたがって、この数値は小さくなってはいるが、R3-04-02サイクルまではマイナスである。R3-04-03サイクルを境にクライオ効果の数値はゼロまたはプラスになっており、クライオ効果が機能しなくなっている。

クライオポンプの性能劣化の原因として考えられるのは、構成材料の活性炭に水分が大量に吸着したことが考えられた。このために活性炭の水分除去を主目的としたクライオポンプ再生を種々試みた。

2)クライオポンプ再生作業

再生作業は、活性炭に吸着している水分の除去であるから、加熱して真空ポンプで吸引する方法が効果的であると考えられるが、Fig.5.1.2のクライオポンプ構造図で見るように、クライオポンプが設置されている断熱槽は溶接構造であることと、CNSが極低温状態での使用は考慮しているが、高温状態での使用については、最高使用温度を50℃と想定した設計になっている。したがって過度な加熱で弁類や継手等に悪影響を及ぼさないようにしなければならないことから再生作業の方法も限定される。CNSで試みた種々のクライオポンプ再生方法について以下に記す。

ア)ヒータで外周を加熱する方法

・断熱槽に窒素ガスを封入して、外周をリボンヒータで加熱した後、真空ポンプで窒素ガスを排気する。(タイプ1)

・断熱槽を真空引きしながら、外周をリボンヒータで加熱する。(タイプ2)

イ)循環ヘリウムガスで内部から加熱する方法

・断熱槽を真空引きしながら、CNS冷却塔のファンの回転数を制御することにより 循環ヘリウムガスを加温する。(タイプ3)

・断熱槽内に窒素ガスを封入・排気しながら、CNS冷却塔のファンの回転数を制御することにより、循環ヘリウムガスを加温(タイプ4)

ウ)「手動全体加温モード」

・「手動全体加温モード」で循環ヘリウムを加温し、圧縮機停止後、直ちに真空排気を行う。(タイプ5)

・「手動全体加温モード」で循環ヘリウムを加温し、圧縮機停止後、窒素ガスを封入して真空排気を行う。封入・排気を繰り返す。(タイプ6)

エ)クライオポンプ再生装置の製作

・コンデンサのラプチャーディスクを取り外して、給排気ノズルを取り付け、熱風乾燥器で窒素ガスを加熱し「真空排気～吹き込み～放置～真空排気」を繰り返し行う。(タイプ7)

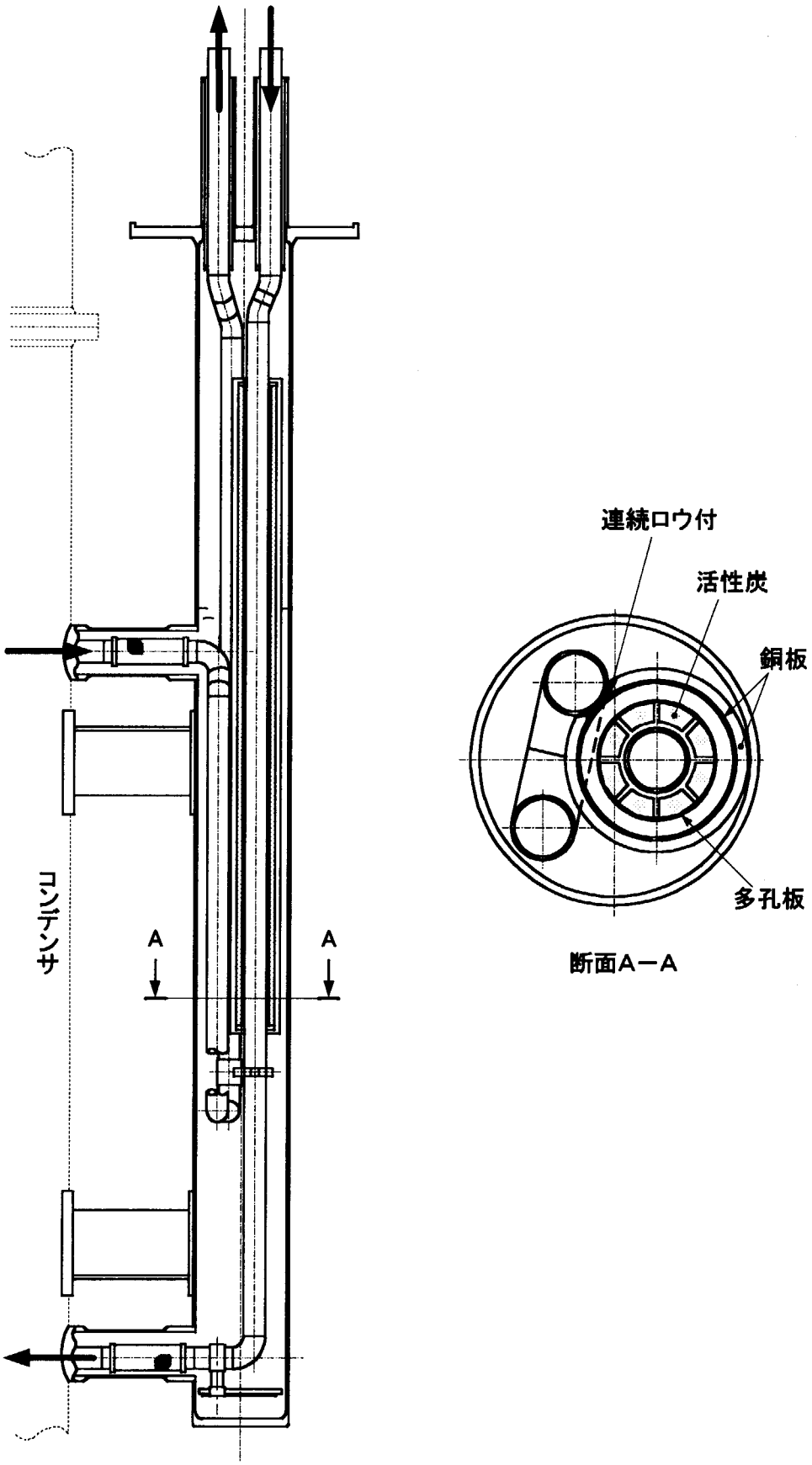


Fig.5.1.2　クライオポンプ構造図

オ)通常の運転パターンに再生作業を繰り込む

・CNSは運転停止時に冷凍ヘリウムを常温に戻すための全体加温工程が組み込まれているが、この工程をシーケンスホールドして6時間延長して、乾燥窒素ガスを封入し、3日後に真空排気する。(タイプ8)

3)再生作業の実績と考察

Table 5.1.1をもとに、クライオポンプ再生作業の実績と効果を考察する。

①初期段階～外周加温まで

特性試験運転(1)では、タービン起動直前まで真空ポンプで、7.9×10^{-4} Torrまで粗引きして、冷やし込み運転を行い、液体水素が生成された時点で、3.5×10^{-7} Torrに達している。クライオ効果は、-7.9×10^{-4} Torrであり、クライオポンプが正常に機能していると考えられるが、共同利用運転が始まったR3-02-01サイクルでは、真空ポンプ停止時点で3.6×10^{-5} Torr、液体水素生成時には、1.4×10^{-5} Torrになっていた。そこで、次の運転サイクル(R3-02-02)終了時に、リボンヒータで断熱槽周囲を120℃まで加温したまま高純度窒素ガスを封入し、約4時間加温を継続したあと、加温を中止して真空排気を行った。(タイプ1：Table5.1.1では、(*1)で表記している)その後も、比較的長期に原子炉の運転が休止する定期自主検査時に、リボンヒータで断熱槽周囲を60℃程度に加温し、加温状態で真空排気する（タイプ2：Table 5.1.1では、(*2)で表記している)方法で再生を試みたが、R3-04-04サイクルでは、クライオ効果がプラスになってしまった。その後もタイプ2の方法を試みたが、好転は見られなかった。

この方法は、断熱槽の外周を加温する方法のため、クライオポンプ本体を直接に加温していない。したがって、クライオポンプ本体がどの程度まで加温されているかはわからない状態であった。

②内部加温

前項で述べたようにリボンヒータで外周を加温する方法は、直接クライオポンプ本体を加温することが出来ないために、効果が上がらないのではないかと考え、直接的に加温する方法を検討した。即ち、弁またはフランジ等の一部を加工して、外部から断熱槽内に加温した窒素ガス等を流入させる方法である。しかしこの方法は、回路の検討や配管の設計・製作等に時日を要するため、この方法の検討と並行して当面現状設備で、より効果的な加温方法が検討された。具体的には、循環ヘリウムを加温することにより、ヘリウム配管に巻き付くように設置されているクライオポンプ本体を加温する方法である。循環ヘリウムガスの加温は、CNS冷却塔の冷却ファンの回転数を制御して、循環ヘリウムガスを50℃程度に加温して、加温しながら真空排気する方法（タイプ3：Table 5.1.1では、(*3)で表記している)である。この方法で再生作業を行った結果もクライオ効果がマイナスに転じることなく、効果はあまり見られなかった。

続いて試みた方法は、CNS冷却塔の冷却ファンの回転数を制御して、循環ヘリウムガスを50℃程度に加温して、加温しながら窒素ガス封入と真空排気を繰り返し行う方法（タイプ4：Table 5.1.1では、(*4)で表記している)である。タイプ3との相違は、加温する際に系内に窒素ガスを封入して、加温後窒素ガスを真空排気する点であるが、加温されて活性炭から分離された水分を窒素ガスをキャリアガスとして一緒に真空排気できるのではないかと考えたので

ある。この方法は効果的で、結果としてクライオ効果がマイナスに転じた。

このほか「手動全体加温モード」で、循環ヘリウムを加温した後、直ちに真空排気を行う方法（タイプ5：Table 5.1.1では、(*5)で表記している)と、窒素ガスを封入する方法（タイプ6：Table 5.1.1では、(*6)で表記している)も試みたが、みるべき効果は得られなかった。

③クライオポンプ再生装置

以降「循環ヘリウムの加温～窒素ガス封入～真空排気」を軸に機会あるごとに再生作業を実施して一定の効果をみたが、決定的な方法として系内に直接加温窒素ガスを封入する装置が完成したので、この方法は、Fig.5.1.3 に示すようなクライオポンプ再生装置（タイプ7：Table 5.1.1では、(*7)で表記している)を用いて、加温した窒素ガスを断熱槽内に封入して脱ガスを促進しようとするものである。この作業の効果をみるための次の運転サイクル(R3-08-03)で、「4．1　コールドリーク(ケノール継手漏洩)」で記した不具合が生じたため、効果を把握できないままに至った。

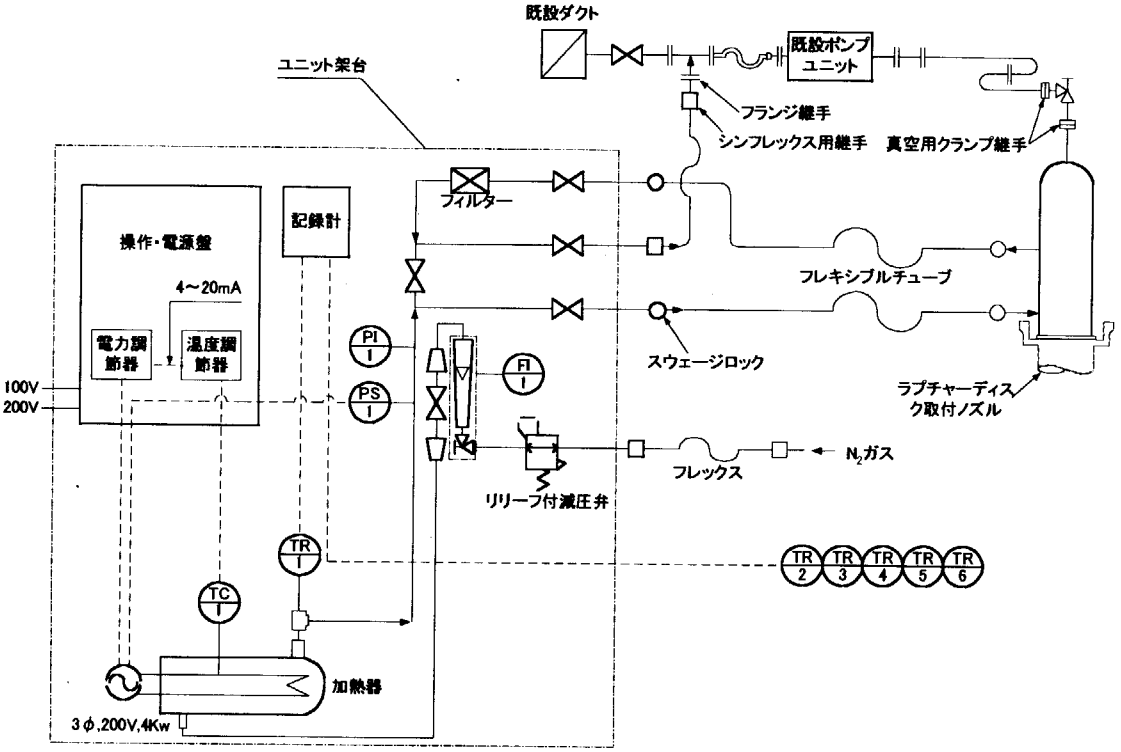


Fig.5.1.3 クライオポンプ再生装置

④運転パターンにクライオポンプ再生を組み込む

前述のクライオポンプ再生装置による再生作業を再び試みるには、長期に亘る停止期間が必要なため、CNSの運転パターンの停止工程時に「循環ヘリウムの加温～窒素ガス封入～真空排気」を組み込むことで効果を上げる方法を考えた。この方法はCNS停止時の加温工程にクライオポンプの再生を組み込む（タイプ8：Table 5.1.1では、(*8)で表記している)ことで、運転停止時の加温工程をシーケンスホールドして6時間程度延長し、乾燥窒素ガスを封入した後、数日後に真空排気するものであった。このことが効果的に作用しクライオ効果はマイナスに転じた。

4)断熱槽真空計の更新

1999(平成11)年3月に断熱槽の真空計(VI7204)のコントローラとペニングゲージを更新することになり、旧品(既設のコントローラとペニングゲージ)と新品のコントローラとペニングゲージの指示値を確認した。Table 5.1.2 に校正結果を示すとともに、比較のためのグラフを Fig.5.1.4に示す。

5.1.3 まとめ

CNSの運転管理にとって、真空度を維持することは、極低温状態を外気と遮断することであり、きわめて重要なものである。なかでもコンデンサ断熱槽の真空度維持は、液体水素が貯留されているクライオスタットと熱出力20MWの原子炉本体とを断熱しなければならない重要な構成部分である。この断熱槽の真空維持の重要な要素であるクライオポンプの性能劣化がCNS運転開始直後から始まったことから、クライオポンプの性能回復策はCNS運転管理の課題のひとつとなっていた。

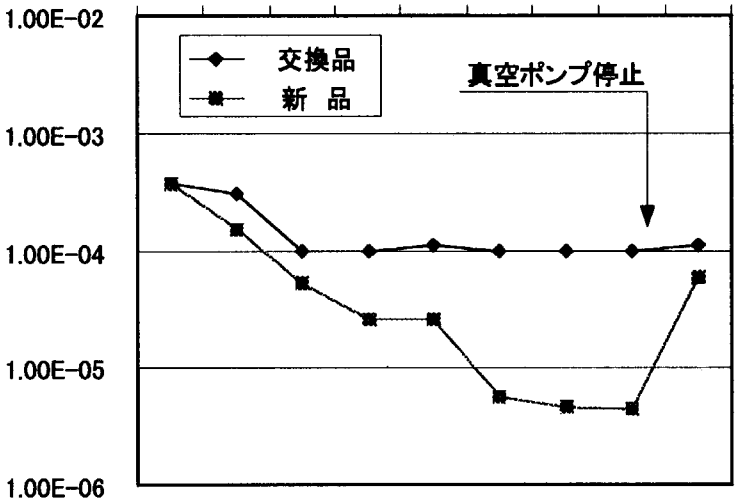


Fig.5.1.4 真空計の校正結果

クライオポンプの再生作業は上述したように、構成材料に固着した水分等のガス分子を加温により分離して、機械的真空ポンプ等で吸引する方法が最適な方法であるが、クライオポンプが設置されている場所が溶接構造の密封空間にあることと、CNS本体が高温に対応する設計思想になっていないことから、過度の加温が出来ないという条件下にあった。このような制約を考慮しながらいくつかの再生作業を試みた結果『加温した循環ヘリウムガスで、クライオポンプを加温して、吸着しているガス分子を分離する。分離したガス分子を乾燥窒素ガスとともに真空排気する。』方法が効果的であるとの結論を得たが、CNS設備の使用許可条件からくる制約(ほとんどの構成部品の最高使用温度が50℃)から完璧な効果を得るまでに至らなかった。

また、1999(平成11)年3月に断熱槽の真空計(VI7204)のコントローラとペニングゲージを更新することにより、真空度が飛躍的に向上したことから、真空計の劣化も断熱槽の真空度の測定値低下の一因と考えられるが、真空計の劣化がいつの時点から進行したのかは特定できなかった。

Table 5.1.1 コンデンサ真空断熱槽真空圧力(VI7204)の変化(1)(Torr)

サイクル番号	CNS起動前(A)	炉運転前(B)	炉停止前(C)	(B)-(A)	(C)-(B)
特性試験	07/28 16:00 7.9×10^{-4}	07/30 10:00 3.5×10^{-7}	08/10 16:00 1.4×10^{-6}	-7.9×10^{-4}	1.1×10^{-6}
特性試験	09/01 12:00 5.0×10^{-5}	09/03 12:00 1.1×10^{-6}	09/14 06:00 3.5×10^{-6}	-4.9×10^{-5}	2.4×10^{-6}
R3-02-01	11/0318:00 3.6×10^{-5}	11/05 09:00 1.4×10^{-5}	11/22 15:00 2.8×10^{-5}	-2.2×10^{-5}	1.4×10^{-5}
R3-02-02 (*1)	12/08 11:00 2.4×10^{-5}	12/10 09:00 9.4×10^{-6}	12/21 15:00 1.3×10^{-5}	-1.5×10^{-5}	3.6×10^{-6}
R3-02-03	01/26 10:00 1.5×10^{-5}	01/28 09:00 8.6×10^{-6}	02/22 15:00 1.9×10^{-5}	-6.4×10^{-6}	1.0×10^{-5}
R3-02-04	03/02 10:00 1.9×10^{-5}	03/04 09:00 8.7×10^{-6}	03/29 15:00 1.5×10^{-5}	-1.0×10^{-5}	6.3×10^{-6}
R3-03-01	04/06 10:00 2.0×10^{-4}	04/08 09:00 6.9×10^{-6}	05/03 15:00 1.1×10^{-5}	-1.9×10^{-4}	4.1×10^{-6}
R3-03-02	06/09 08:00 1.2×10^{-5}	06/10 09:00 9.7×10^{-6}	07/05 15:00 2.0×10^{-5}	-2.3×10^{-6}	1.0×10^{-5}
R3-03-03 (*2)	07/14 12:00 1.5×10^{-5}	07/15 09:00 1.2×10^{-5}	08/09 15:00 2.4×10^{-5}	-3.0×10^{-6}	1.2×10^{-5}
R3-03-04	10/27 09:00 1.5×10^{-5}	10/28 09:00 1.4×10^{-5}	11/15 12:00 2.2×10^{-5}	-1.5×10^{-5}	8.0×10^{-6}
R3-03-05	11/24 09:00 1.6×10^{-5}	11/25 09:00 1.2×10^{-6}	12/20 15:00 2.3×10^{-5}	-1.5×10^{-5}	2.2×10^{-5}
R3-03-06	01/12 09:00 1.6×10^{-5}	01/13 09:00 1.3×10^{-6}	02/07 15:00 2.2×10^{-5}	-1.5×10^{-5}	2.1×10^{-5}
R3-03-07	02/16 08:00 2.0×10^{-4}	02/17 09:00 6.9×10^{-6}	03/13 15:00 1.1×10^{-5}	-1.9×10^{-4}	4.1×10^{-6}
R3-03-08	03/23 09:00 1.9×10^{-5}	03/24 09:00 1.6×10^{-5}	04/17 15:00 2.6×10^{-5}	-3.0×10^{-6}	1.0×10^{-5}
R3-04-01	05/10 08:00 1.7×10^{-5}	05/11 09:00 1.5×10^{-5}	06/05 15:00 3.1×10^{-5}	-2.0×10^{-6}	1.6×10^{-5}
R3-04-02 (*2)	06/14 09:00 2.1×10^{-5}	06/15 09:00 2.0×10^{-5}	07/07 15:00 4.5×10^{-5}	-1.0×10^{-6}	2.5×10^{-5}
R3-04-03 (*9)	08/16 09:00 1.9×10^{-5} 09/05 08:22 6.7×10^{-5}	08/17 09:00 2.0×10^{-5} 09/06 09:00 2.6×10^{-5}	09/04 01:40 3.8×10^{-5} 09/11 15:00 3.1×10^{-5}	$+1.0\times10^{-6}$	1.1×10^{-5}

Table 5.1.1 コンデンサ真空断熱槽真空圧力(VI7204)の変化(2)(Torr)

サイクル番号	CNS起動前(A)	炉運転前(B)	炉停止前(C)	(B)-(A)	(C)-(B)
R3-04-04 (*2)	09/21 06:00 2.6×10^{-5}	09/22 09:00 2.6×10^{-5}	10/16 15:00 4.5×10^{-5}	0	1.9×10^{-5}
R3-04-05	01/10 09:00 1.6×10^{-5}	01/11 09:00 1.7×10^{-5}	02/05 15:00 3.3×10^{-5}	$+1.0\times10^{-6}$	1.6×10^{-5}
R3-04-06	02/14 09:00 2.1×10^{-5}	02/15 09:00 2.1×10^{-5}	03/12 15:00 3.3×10^{-5}	0	1.2×10^{-5}
R3-04-07 (*9)	03/21 09:00 2.3×10^{-5} 04/10 03:00 6.1×10^{-5}	03/22 09:00 2.4×10^{-5} 04/11 09:00 2.8×10^{-5}	04/09 14:04 4.1×10^{-5} 04/16 15:00 3.5×10^{-5}	$+1.0\times10^{-6}$	1.1×10^{-5}
R3-05-01 (*9)	05/09 09:00 2.4×10^{-5} 05/18 17:42 3.2×10^{-5}	05/10 09:00 2.7×10^{-5} 05/19 18:00 3.1×10^{-5}	05/17 14:35 3.5×10^{-5} 06/04 15:00 5.6×10^{-5}	$+3.0\times10^{-6}$	2.9×10^{-5}
R3-05-02 (*2)	06/13 09:00 3.5×10^{-5}	06/14 09:00 3.7×10^{-5}	07/09 15:00 8.3×10^{-5}	$+2.0\times10^{-6}$	4.6×10^{-5}
R3-05-03 (*3)(*10)	08/15 08:00 2.3×10^{-5}	08/16 09:00 2.6×10^{-5}	09/10 15:00 7.0×10^{-5}	$+3.0\times10^{-6}$	4.4×10^{-5}
R3-05-04	09/19 09:00 3.6×10^{-5}	09/20 09:00 4.0×10^{-5}	10/15 15:00 9.4×10^{-5}	$+4.0\times10^{-6}$	5.4×10^{-5}
R3-05-05 (*10)	10/24 07:00 5.2×10^{-5}	10/25 09:00 5.7×10^{-5}	11/19 15:00 7.6×10^{-5}	$+5.0\times10^{-6}$	1.9×10^{-5}
R3-05-06 (*4)	11/28 09:00 3.7×10^{-5}	11/29 09:00 3.8×10^{-5}	12/24 15:00 7.0×10^{-5}	$+1.0\times10^{-6}$	3.2×10^{-5}
R3-05-07	03/20 09:00 3.8×10^{-5}	03/21 09:00 2.6×10^{-5}	04/15 15:00 4.9×10^{-5}	-1.2×10^{-6}	2.3×10^{-5}
R3-06-01 (*10)	05/08 09:00 6.3×10^{-5}	05/10 09:00 3.7×10^{-5}	06/03 15:00 8.0×10^{-5}	-2.6×10^{-5}	4.3×10^{-5}
R3-06-02	06/12 09:00 7.1×10^{-5}	06/13 09:00 6.2×10^{-5}	07/08 15:00 1.4×10^{-4}	-9.0×10^{-6}	7.8×10^{-5}
R3-06-03 (*4) (*9)	07/17 09:00 7.8×10^{-5} 08/05 03:00 1.3×10^{-4}	07/18 09:00 7.3×10^{-5} 08/06 09:00 1.0×10^{-4}	08/04 15:00 1.7×10^{-4} 08/12 15:00 1.4×10^{-4}	-5.0×10^{-6}	6.7×10^{-5}

Table 5.1.1 コンデンサ真空断熱槽真空圧力(VI7204)の変化(3)(Torr)

サイクル番号	CNS起動前(A)	炉運転前(B)	炉停止前(C)	(B)-(A)	(C)-(B)
R3-06-04	09/18 06:00 6.3×10^{-5}	09/19 09:00 3.9×10^{-5}	10/14 15:00 9.7×10^{-5}	-2.4×10^{-5}	5.8×10^{-5}
R3-06-05 (*5)	10/23 08:00 8.2×10^{-5}	10/24 09:00 4.8×10^{-5}	11/17 16:45 9.5×10^{-5}	-3.4×10^{-5}	4.7×10^{-5}
R3-06-06 (*6)	11/27 09:00 6.8×10^{-5}	11/28 09:00 5.2×10^{-5}	12/22 15:00 5.0×10^{-5}	-1.6×10^{-5}	-2.0×10^{-6}
R3-06-07 (*6)	01/22 09:00 5.6×10^{-5}	01/23 09:00 3.0×10^{-5}	02/17 15:00 3.2×10^{-5}	-2.6×10^{-5}	2.0×10^{-6}
R3-07-01 (*6)	07/09 09:00 3.3×10^{-5}	07/10 09:00 5.6×10^{-5}	08/04 15:00 2.3×10^{-4}	$+2.3\times10^{-5}$	1.7×10^{-4}
R3-07-02 (*6)	08/16 09:00 8.3×10^{-5}	08/17 09:00 1.1×10^{-4}	09/08 15:00 2.1×10^{-4}	$+2.7\times10^{-5}$	1.0×10^{-4}
R3-07-03 (*6)	09/17 09:00 1.1×10^{-4}	09/18 09:00 1.5×10^{-4}	10/13 15:00 3.5×10^{-4}	$+4.0\times10^{-5}$	2.0×10^{-4}
R3-07-04 (*6)	10/23 17:30 1.6×10^{-4}	10/24 08:00 1.7×10^{-4}	11/17 15:00 2.8×10^{-4}	$+1.0\times10^{-5}$	1.1×10^{-4}
R3-07-05 (*8)	11/26 09:00 1.6×10^{-4}	11/27 09:00 2.3×10^{-4}	12/22 15:00 5.4×10^{-4}	$+7.0\times10^{-5}$	3.1×10^{-4}
R3-07-06 (*8)	01/21 09:00 8.3×10^{-5}	01/22 09:00 1.0×10^{-4}	02/16 15:00 2.6×10^{-4}	$+1.7\times10^{-5}$	1.6×10^{-4}
R3-07-07 (*8)	02/25 09:00 9.5×10^{-5}	02/26 09:00 1.2×10^{-4}	03/22 15:00 3.0×10^{-4}	$+2.5\times10^{-5}$	1.8×10^{-4}
R3-08-01 (*8)	03/31 09:00 1.0×10^{-4}	04/01 09:00 1.5×10^{-4}	04/26 15:00 4.5×10^{-4}	$+5.0\times10^{-5}$	3.0×10^{-4}
R3-08-02 (*7)	05/12 09:00 1.3×10^{-4}	05/13 09:00 1.5×10^{-4}	06/07 15:00 3.7×10^{-4}	$+5.0\times10^{-5}$	2.2×10^{-4}
R3-08-03 (*8)	09/15 09:00 2.6×10^{-4}	09/16 09:00 6.9×10^{-4}	10/05 09:00 5.2×10^{-3}	$+4.3\times10^{-4}$	4.5×10^{-3}
R3-08-04 (*8)	10/24 09:00 4.1×10^{-4}	10/25 09:00 3.6×10^{-4}	11/15 15:00 3.3×10^{-4}	-5.0×10^{-5}	-3.0×10^{-5}
R3-08-05	11/24 09:00 3.5×10^{-4}	11/25 09:00 3.1×10^{-4}	12/20 15:00 3.0×10^{-4}	-4.0×10^{-5}	-1.0×10^{-5}
R3-08-06	01/19 09:00 3.0×10^{-4}	01/20 09:00 2.8×10^{-4}	02/14 15:00 2.4×10^{-4}	-2.0×10^{-5}	-4.0×10^{-5}

Table 5.1.1 コンデンサ真空断熱槽真空圧力(VI7204)の変化(4)(Torr)

サイクル番号	CNS起動前(A)	炉運転前(B)	炉停止前(C)	(B)-(A)	(C)-(B)
R3-08-07	02/23 09:00 2.7×10^{-4}	02/24 09:00 2.5×10^{-4}	03/21 15:00 2.4×10^{-4}	-2.0×10^{-5}	-1.0×10^{-5}
R3-09-01	04/06 09:00 3.2×10^{-4}	04/07 09:00 3.0×10^{-4}	05/02 15:00 2.7×10^{-4}	-2.0×10^{-5}	-3.0×10^{-5}
R3-09-02	05/11 09:00 3.3×10^{-4}	05/12 09:00 3.1×10^{-4}	06/06 15:00 2.8×10^{-4}	-2.0×10^{-5}	-3.0×10^{-5}
R3-09-03	06/15 09:00 3.2×10^{-4}	06/16 09:00 3.0×10^{-4}	07/08 15:00 3.1×10^{-4}	-2.0×10^{-5}	1.0×10^{-5}
R3-09-04	08/17 09:00 2.8×10^{-4}	08/18 09:00 2.4×10^{-4}	09/12 15:00 2.3×10^{-4}	-4.0×10^{-5}	-1.0×10^{-5}
R3-09-05	11/24 09:00 1.6×10^{-4}	11/25 09:00 1.5×10^{-4}	12/19 15:00 1.6×10^{-4}	-1.0×10^{-5}	1.0×10^{-5}
R3-09-06	01/18 08:00 1.7×10^{-4}	01/19 09:00 1.6×10^{-4}	02/13 15:00 1.4×10^{-4}	-1.0×10^{-5}	-2.0×10^{-5}
R3-09-07	02/22 09:00 1.7×10^{-4}	02/23 09:00 1.4×10^{-4}	03/20 15:00 1.2×10^{-4}	-3.0×10^{-5}	-2.0×10^{-5}
R3-10-01	03/29 09:00 1.6×10^{-4}	03/30 09:00 2.3×10^{-4}	04/24 15:00 1.8×10^{-4}	$+7.0\times10^{-5}$	-5.0×10^{-5}
R3-10-02	05/06 09:00 1.6×10^{-4}	05/07 09:00 2.0×10^{-4}	05/29 15:00 1.7×10^{-4}	$+4.0\times10^{-5}$	-3.0×10^{-5}
R3-10-03	06/07 09:00 2.2×10^{-4}	06/08 09:00 1.3×10^{-4}	07/03 15:00 1.4×10^{-4}	-9.0×10^{-5}	1.0×10^{-5}
R3-10-04 (*10)	07/12 09:00 2.0×10^{-4}	07/13 09:00 1.5×10^{-4}	08/05 15:00 1.3×10^{-4}	-5.0×10^{-5}	-2.0×10^{-5}
R3-11-01	04/04 09:00 1.3×10^{-4}	04/05 09:00 7.5×10^{-8}	04/30 15:00 1.3×10^{-7}	-1.3×10^{-4}	5.5×10^{-8}
R3-11-02	05/09 09:00 4.5×10^{-4}	05/10 09:00 7.5×10^{-8}	06/04 15:00 1.2×10^{-7}	-4.5×10^{-4}	4.5×10^{-8}
R3-11-03	06/13 09:00 3.1×10^{-4}	06/14 09:00 7.5×10^{-8}	07/09 15:00 1.2×10^{-7}	-3.1×10^{-4}	4.5×10^{-8}
R3-11-04	07/18 09:00 3.1×10^{-4}	07/19 09:00 7.7×10^{-8}	08/03 15:00 1.2×10^{-7}	-2.3×10^{-4}	4.3×10^{-8}
R3-11-05	08/22 09:00 2.2×10^{-4}	08/23 09:00 8.5×10^{-8}	09/03 15:00 1.3×10^{-7}	-2.2×10^{-4}	5.3×10^{-8}

Table 5.1.1 コンデンサ真空断熱槽真空圧力(VI7204)の変化(5)(Torr)

サイクル番号	CNS起動前(A)	炉運転前(B)	炉停止前(C)	(B)-(A)	(C)-(B)
R3-11-06	11/21 09:00 6.2×10^{-5}	11/22 09:00 7.5×10^{-8}	12/17 15:00 9.4×10^{-8}	-6.2×10^{-5}	1.9×10^{-8}
R3-11-07	01/30 09:00 7.0×10^{-5}	01/31 09:00 7.5×10^{-8}	02/25 15:00 9.2×10^{-8}	-7.0×10^{-5}	1.7×10^{-8}
R3-11-08	03/02 09:00 9.9×10^{-5}	03/03 09:00 7.5×10^{-8}	03/28 15:00 8.7×10^{-8}	-7.0×10^{-5}	1.2×10^{-8}
R3-12-01	07/09 09:00 4.3×10^{-5}	07/10 09:00 7.5×10^{-8}	07/13 18:00 7.5×10^{-8}	-2.0×10^{-5}	-3.0×10^{-5}
R3-12-03	09/17 09:00 3.8×10^{-5}	09/18 09:00 7.5×10^{-8}	10/13 15:00 7.5×10^{-8}	-3.8×10^{-5}	0
R3-12-04 (*10)	10/22 09:00 3.5×10^{-5}	10/23 09:00 7.5×10^{-8}	11/17 15:00 7.5×10^{-8}	-3.5×10^{-5}	0
R3-12-05	11/26 09:00 4.3×10^{-5}	11/27 09:00 7.5×10^{-8}	12/22 15:00 7.5×10^{-8}	-4.3×10^{-5}	0
R3-12-06	01/14 09:00 3.2×10^{-5}	01/15 09:00 7.5×10^{-8}	02/09 15:00 7.5×10^{-8}	-3.2×10^{-5}	0
R3-12-07	02/18 09:00 4.5×10^{-5}	02/19 09:00 7.5×10^{-8}	03/16 15:00 7.5×10^{-8}	-4.5×10^{-5}	0
R3-13-01	03/25 09:00 3.8×10^{-5}	03/26 09:00 7.5×10^{-8}	04/20 15:00 7.5×10^{-8}	-3.8×10^{-5}	0
R3-13-02	05/06 09:00 2.7×10^{-5}	05/07 09:00 7.5×10^{-8}	06/01 15:00 7.5×10^{-8}	-2.7×10^{-5}	0
R3-13-03	06/10 09:00 3.9×10^{-5}	06/11 09:00 7.5×10^{-8}	07/06 15:00 8.3×10^{-8}	-3.9×10^{-5}	8.0×10^{-9}
R3-13-04	07/15 09:00 1.2×10^{-4}	07/16 09:00 7.5×10^{-8}	08/10 15:00 8.2×10^{-8}	-1.2×10^{-4}	7.0×10^{-9}
R3-13-05	08/26 09:00 4.6×10^{-5}	08/27 09:00 7.5×10^{-8}	09/20 15:00 7.8×10^{-8}	-4.6×10^{-5}	3.0×10^{-9}
R3-13-06	01/20 09:00 1.3×10^{-5}	01/21 09:00 7.5×10^{-8}	02/15 15:00 7.5×10^{-8}	-1.3×10^{-5}	0
R3-13-07	02/24 09:00 2.8×10^{-5}	02/25 09:00 7.5×10^{-8}	03/22 15:00 7.5×10^{-8}	-2.8×10^{-5}	0
R3-14-01	03/31 09:00 2.9×10^{-5}	04/01 09:00 7.5×10^{-8}	04/26 15:00 7.5×10^{-8}	-2.9×10^{-5}	0

Table 5.1.1 コンデンサ真空断熱槽真空圧力(VI7204)の変化(6)(Torr)

サイクル番号	CNS起動前(A)	炉運転前(B)	炉停止前(C)	(B)-(A)	(C)-(B)
R3-14-02	05/05 09:00 3.2×10^{-5}	05/06 09:00 7.5×10^{-8}	05/31 15:00 7.5×10^{-8}	-3.2×10^{-5}	0
R3-14-03	06/09 09:00 3.7×10^{-5}	06/10 09:00 7.5×10^{-8}	07/05 15:00 7.9×10^{-8}	-3.2×10^{-5}	4.0×10^{-9}
R3-14-04	07/14 09:00 3.5×10^{-5}	07/15 09:00 7.5×10^{-8}	08/09 15:00 9.0×10^{-8}	-3.5×10^{-5}	1.5×10^{-8}
R3-14-05	08/25 09:00 3.9×10^{-5}	08/26 09:00 7.6×10^{-8}	09/20 15:00 8.5×10^{-8}	-3.9×10^{-5}	9.0×10^{-9}
R3-14-06	09/29 09:00 4.3×10^{-5}	09/30 09:00 7.5×10^{-8}	10/25 15:00 8.4×10^{-8}	-4.3×10^{-5}	9.0×10^{-9}
R3-14-06	09/29 09:00 4.3×10^{-5}	09/30 09:00 7.5×10^{-8}	10/25 15:00 8.4×10^{-8}	-4.3×10^{-5}	9.0×10^{-9}
R3-14-07	11/03 09:00 3.3×10^{-5}	11/04 09:00 7.5×10^{-8}	11/29 15:00 7.5×10^{-8}	-3.5×10^{-5}	0
R3-15-01	03/30 09:00 2.3×10^{-5}	03/31 09:00 7.5×10^{-8}	04/25 15:00 7.5×10^{-8}	-2.3×10^{-5}	0
R3-15-02	05/04 09:00 2.8×10^{-5}	05/05 09:00 7.5×10^{-8}	05/30 15:00 7.5×10^{-8}	-2.8×10^{-5}	0
R3-15-03	06/08 09:00 3.4×10^{-5}	06/09 09:00 7.5×10^{-8}	07/14 15:00 7.5×10^{-8}	-3.4×10^{-5}	0
R3-15-04	07/13 09:00 3.8×10^{-5}	07/14 09:00 7.5×10^{-8}	08/08 15:00 8.1×10^{-8}	-3.8×10^{-5}	6.0×10^{-9}
R3-15-05	08/24 09:00 4.1×10^{-5}	08/25 09:00 7.5×10^{-8}	09/01 10:58 9.1×10^{-8}	-4.1×10^{-5}	1.6×10^{-8}
R3-15-06	10/12 09:00 2.4×10^{-5}	10/13 09:00 7.5×10^{-8}	10/23 15:00 8.5×10^{-8}	-2.4×10^{-5}	1.0×10^{-8}
R3-15-07	11/02 09:00 4.0×10^{-5}	11/03 09:00 7.5×10^{-8}	11/28 15:00 7.5×10^{-8}	-4.0×10^{-5}	0
R3-15-08	03/07 09:00 2.1×10^{-5}	03/08 09:00 7.5×10^{-8}	03/19 15:00 8.1×10^{-8}	-2.1×10^{-5}	6.0×10^{-9}

(*1):運転停止後の休止期間中に、断熱槽内に窒素ｶﾞｽを封入、外周をリボンヒータで加温後、真空排気
(*2):運転停止後の休止期間中に、断熱槽内を真空引きしながら、外周をリボンヒータで加温。
(*3):運転停止後の休止期間中に、断熱槽内を真空引きしながら、循環ヘリウムガスを加温
(*4):運転休止期間中に、断熱槽内に窒素ガスを封入・排気しながら、循環ヘリウムガスを加温
(*5):「手動全体加温モード」で循環ヘリウムを加温し、圧縮機停止後、直ちに真空排気

(*6):「手動全体加温モード」で循環ヘリウムを加温し、圧縮機停止後、窒素ガスを封入して真空排気を行う。封入・排気を繰り返す。
(*7):コンデンサのラプチャーディスクを取り外して、給排気ノズルを取り付け、熱風乾燥器で窒素ガスを加熱し「真空排気～吹き込み～放置～真空排気」を繰り返し行う。
(*8):運転停止時のシーケンスホールドを約6時間実施し、乾燥窒素ガスを封入し、3日後に真空排気する。
(*9):原子炉およびCNSが予定外停止したため、再起動。
(*10):原子炉のみが予定外停止して、再起動。CNSは運転継続。

Table 5.1.2 真空計(VI7204)校正結果(単位:Torr)

	時刻	交換品(使用済み真空計)	新品(校正済み真空計)
3	15:10	3.75×10^{-4}	3.75×10^{-4}
月	15:20	3.00×10^{-4}	1.50×10^{-4}
4	15:40	1.00×10^{-4}	5.25×10^{-5}
日	16:00	1.00×10^{-4}	2.60×10^{-5}
3	11:10	1.1×10^{-4}	2.6×10^{-5}
月	13:30	1.0×10^{-4}	5.6×10^{-6}
5	14:00	1.0×10^{-4}	4.6×10^{-6}
日	14:15	1.0×10^{-4}	4.4×10^{-6}
	14:50*)	1.1×10^{-4}	6.0×10^{-5}

*) 真空ポンプ停止5分後

この結果から、断熱槽真空計(VI7204)はいつの時点からか特定できないが、指示値が 1.0×10^{-4} Torr以下の値を示さなくなっていたと考えられる。

5. 2 膨張タービンベアリングガス漏洩

5.2.1 概 要

膨張タービンは、圧縮ヘリウムガスの断熱膨張によって寒冷を発生させ、CNS本体設備のコンデンサへ冷熱を供給するものである。膨張タービンは求心式タービンでタービン回転体と制動ブロア回転体が一体に結合され、その結合軸は供給されたベアリングガスにより浮遊し回転体がバランスを保って回転する。Fig.5.2.1に膨張タービンの構造概略図を示す。

また圧縮機の吐出ラインのヘリウムガスの一部がコールドボックス上流で分岐され、予圧器を介してベアリングガスとしてタービンに送られる。予圧器は、圧縮機またはタービンの非常停止時においても回転体の作動する間十分なベアリングガスを供給できる容量に設計されている。CNSは膨張タービンを2基保持しており、運転サイクルごとに交互に使用しているが、このうちNo.1膨張タービンが運転開始から7サイクル目の1991(平成3)年7月ごろからベアリングガスの圧力が徐々に低下(漏洩)するという現象が始まった。ベアリングガスは運転中常時供給されるので、CNSの運転には支障はないが、停止中には3日～4日の頻度で補給を行わなければならない。以来懸命の漏洩箇所探しを行うとともに、製作メーカーにも原因調査を依頼したが、原因の特定には至らなかった。ところが、2004(平成16)年の定期点検において、膨張タービンの回転数を検出する光ファイバーの取り付け金具を更新したことにより、ベアリングガスの漏洩が止まった。原因は、回転数の受光部となっている取り付け金具先端のプラスチック窓の接着不良ないしパッキンの不具合と考えられる。

5.2.2 経 過

(1)発生状況

1991(平成3)年7月15日(月)R3-03-03サイクル運転開始日に、No.1タービンのベアリングガス圧力が徐々に低下していることを発見した。(この運転サイクルではNo.2タービンを使用していた。使用機器がNo.1であれば、連続補給されるので低下は確認できない。)

このため、系統の弁の閉止確認、ヘリウムリークチェック等を実施した。7月16日、回転計(SI7537)の検出部の増し締めを行い、ヘリウムリークチェックを行った結果、明確な原因は特定できなかったが、圧力低下は止まった。しかし、2ヶ月半後の10月2日(水)No.1タービンのベアリングガス圧力が、0.1kg/cm^2 まで低下していたので、前回同様の対策を施したが圧力低下は止まらなかった。その後定期的に圧力監視を行ったが、結果的に3～4日の頻度でベアリングガスの補充を実施することとなった。以下に経過を記す。

'91(H3) 07/15 No.1タービンベアリングガス圧力低下。ガス補充 PI7539=1.7kg/cm^2

07/16 回転計検出部増し締め リークチェック PI7539=1.1kg/cm^2

(定期検査中で、露点改善のため「手動乾燥器再生モード運転」等を実施した。作業の経過については、「A. 1 CNS運転記録」参照。)

この間、リークが止まった。

10/02 再びリークを確認 PI7539=0.0kg/cm^2

10/02 ベアリングガス補充 PI7539=0.4kg/cm^2

以降、2004(平成16)年1月まで、リークチェックを実施したがリークが止まらず同様作業が続いた。

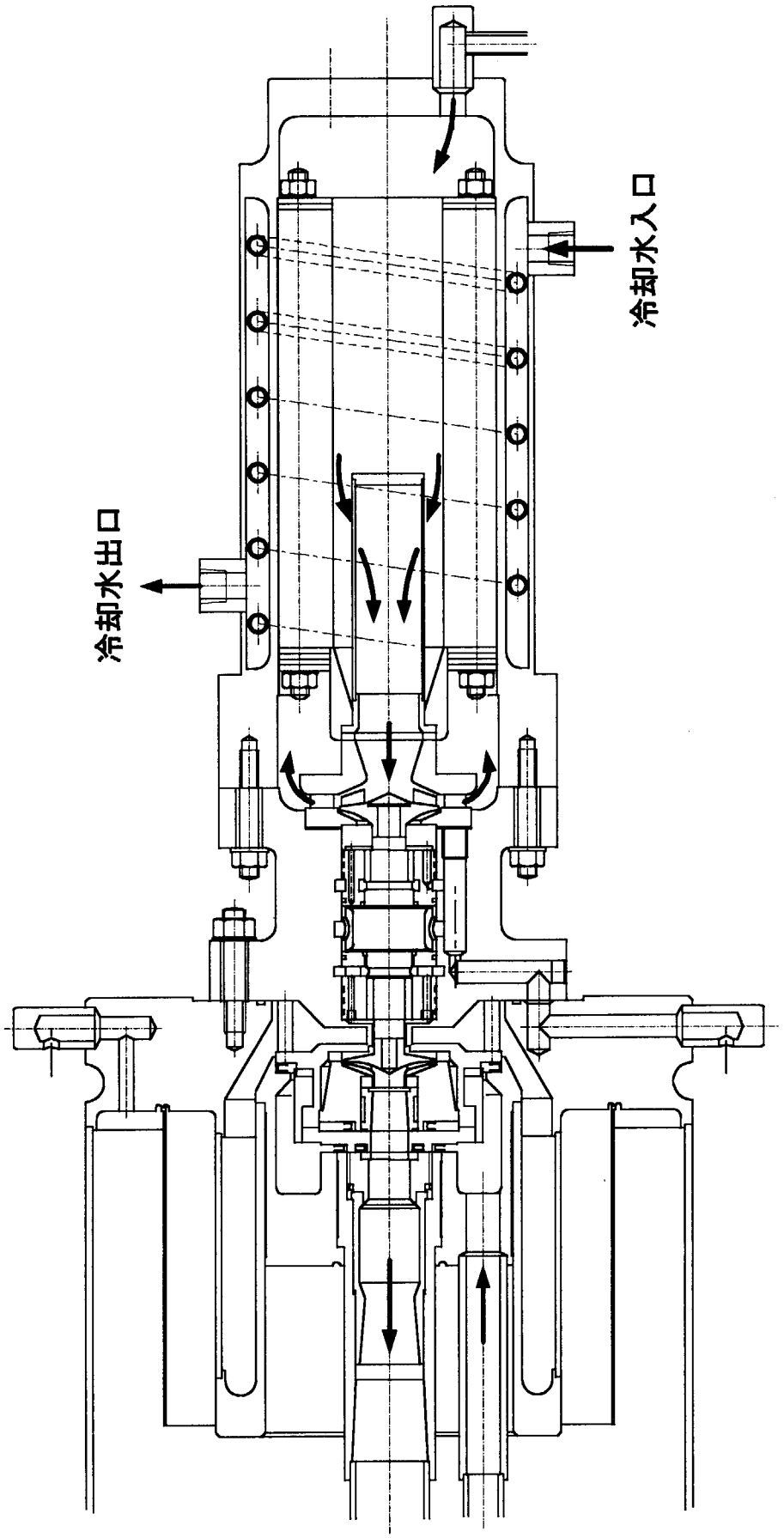


Fig.5.2.1 膨脹タービン構造図概略

5.2.3 原因究明作業

(1)原因究明作業の経過

前項で記したように、膨張タービンのベアリングガスは、CNS運転中は自動補給されるので運転に支障はないので、運転と平行して原因究明作業を行った。作業は、外部リークを想定しての、ヘリウムガスの漏洩検査と系内への内部リークを想定した検査であった。

外部リーク検査は、運転中および停止中にヘリウムガス漏洩検査を細部に亘って実施した。一方、内部リークに関しては、コールドボックス内への漏洩を想定して、真空度チェック等を実施した。これらの作業を、91年の発生以来03年まで、数次に亘って実施したが、有意の漏洩箇所を特定することは出来なかった。検査は、設置メーカーの関係者も参加して実施した。一例として、1995(平成7)年の定期検査時に製作メーカーが実施した検査の報告書を以下に記す。

膨張タービン廻り漏洩検査報告書

①経過

No.1タービンのベアリングガス圧力が自然低下する現象が2～3年続いており、大気圧になる前に圧張りを実施している。最近では圧力降下時間が速くなり、3日に一度の割合で圧張りを実施している。

また、この現象は停止期間および運転待機状態(No.2タービン運転中)で同様に起こっている。

最近の圧力降下時間:　3～4日で、0.6kg/cm² ――＞　0kg/cm²

②点検要領

1)No.1タービン廻りの各弁を閉とし、ベアリングガス圧力を約2kg/cm²　まで加圧。

2)関係各ラインの継手および溶接部を発泡剤とヘリウムリークデテクタによってリークチェックを行う。

3)コールドボックスの真空計(ピラニ)を生かして真空の変化を見る。

③点検結果

1)発泡剤による漏洩は認められない。

2)スニファー法による漏洩チェックで、次の箇所に微少な漏れを確認した。

・安全弁(KV7571)の放出側　:　8×10^{-6}　cc/sec

・軸出口ラインのコールドボックスフランジ部VCR　:　1.5×10^{-8}　cc/sec

・タービン出口バイパスラインのコールドボックスフランジ部VCR:極微量

3)コールドボックスの真空度:0.003Torrで、点検中では変化は認められなかった。

④点検後の考察

1)漏れ量を概算すると、1.15×10^{-2}cc/sec(0.6kg/cm²　－＞　0kg/cm²／3日)となり、今回確認できた漏れとは比較にならないものであり、他には漏洩を発見できないため外部漏洩は考えにくい。

2)タービン入口、出口のフランジ部からの漏れを考慮してコールドボックスの真空度を調査したが変化が見られないため、現時点では漏洩はないものと判断する。

以上のことから、外部漏洩だけでなく内部漏洩についても今後調査する必要があると思われます。

⑤今後の調査提案

今回の点検では漏洩箇所の発見が出来ませんでしたが、引き続き時間をかけて調査をしていただきたいと思います。

1)コールドボックスの真空度の変化

2)圧力発信器を含む漏洩確認(各元弁を閉にして監視する)

3)タービン以外の部分の圧力変化の監視(弁シート等による内部漏れ)

(2)ベアリングガス漏洩現象の復旧

上述したような究明作業を定期検査時およびCNS停止中に続けたが、改善には至らなかったが、定期検査中の2004(平成16)年1月24日ごろからガス圧低下が止まり、それまで3～4日ごとに実施していたベアリングガス補充作業の必要がなくなった。

このため、本年度定期検査中の作業について、膨張タービンに関連する作業を摘出してみた結果、膨張タービンの回転数を検知する光ファイバーの取り付け金具を更新する工事が1月23日に実施されていた。この取り付け金具更新の理由は、No.1タービンの取り付け金具から微少なリーク(1×10^{-4} Torr・ℓ／sec)があったためであった。

部品交換後は 1×10^{-7} Torr・ℓ／sec のレンジにおいてもリークが検知されなかった。

Fig.5.2.2 に光ファイバ取り付け金具の概略図を示す。

この金具は先端にプラスチックの窓があり、膨張タービンの回転軸で発するストロボ信号をセンサで受光してタービンの回転数を検出する構造になっている。この金具を交換したことによって、10年来続いていたベアリングガスの圧力低下(漏洩)が止まったと考えると、以下の推定原因が考えられる。

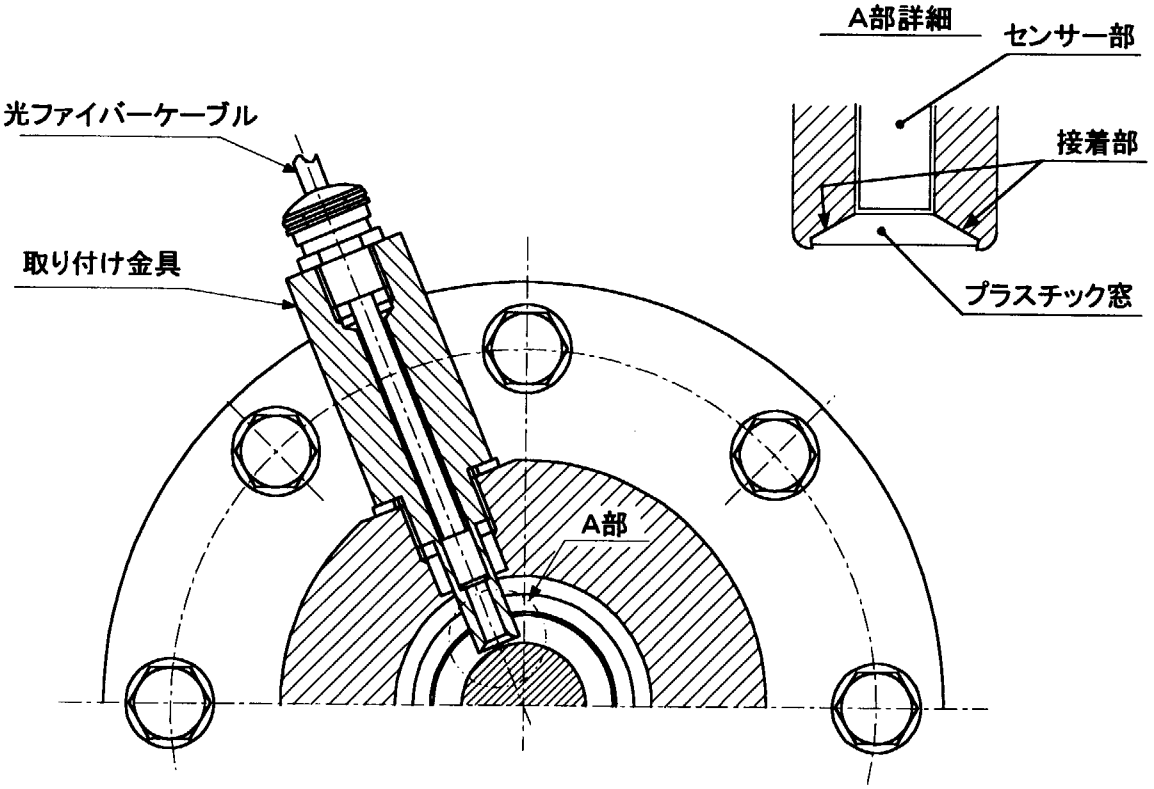


Fig.5.2.2 光ファイバ取り付け金具の概略図

(3)推定原因

以上のことから、ベアリングガス圧力低下(漏洩)に至る原因を推定してみる。

1)ベアリングガス圧力低下事象の発生から収束までを以下にまとめる。

①CNS設置当初は、2つのタービンともベアリングガスの漏洩はなかった。両機は交互に3サイクル(1サイクルは4週間運転)程度の運転を行ってきた。

②1991(平成3)年3月ごろからCNSにおいて、ヘリウムガス中の水分量が多くなり(露点を計測して−38℃以下にならないとタービン起動工程に入ることが出来ず、乾燥器再生モードになってヘリウムガス中の水分除去を行うことになる)一向に改善されない事象が発生した。このため、5月以降、再生ヒータ〜熱交換器〜乾燥器ラインにヘリウムガスの充填・放出作業を繰り返し実施したり、手動全体加温モード運転および手動乾燥器再生モード運転を繰り返し実施して露点改善を試みた。圧力低下が発見された時期は、この作業から2サイクル目のR3-03-03サイクルの開始直後である。(作業直後のR3-03-02サイクルのCNS運転は選択機器がNo.1タービンだったため、圧力低下が発生しても自動補給されるので漏洩は確認できない。)

③以来13年に亘って圧力低下は続き、3〜4日に1回のペースで補充作業を行ってきた。

④機会あるごとに、タービン廻りのヘリウムリークチェックを実施してきたが、顕著なリークは発見できなかった。コールドボックス側への漏れ込みも想定して、真空度の低下をチェックしたが有意な変化はなかった。

⑤2004(平成16)年1月23日(金)に実施した、膨張タービン回転計取り付け金具更新工事直後から、ベアリングガスの漏洩が確認されなくなった。

2)漏洩に至ったメカニズム

以上から、本事象の原因を次のように推定した。

①CNS設置当初から、2つのタービンともベアリングガスの漏洩はなかった。両機は交互に3サイクル(1サイクルは4週間運転)程度の運転を行ってきた。

②1991(平成3)年3月ごろから発生した、ヘリウムガス系の露点異常対策として、再生ヒータ〜熱交換器〜乾燥器ラインへのヘリウムガスの充填・放出作業、手動全体加温モード運転および手動乾燥器再生モード運転を繰り返し実施した。この作業で系内の水分を除去するため、仮設の真空ポンプによる真空引きを繰り返し行った結果、膨張タービン回転計取り付け金具先端部のプラスチック窓の接着部が一部剥離した。

③膨張タービン運転中はこの部分に12kg/cm^2 程度の圧力がかかるため、プラスチック窓は押される形になり漏洩しない。停止状態や運転待機状態のときは、圧力が 0.6〜1.0kg/cm^2 程度になるために一部剥離部分からヘリウムの漏洩が起こる。

3)懸命の漏洩箇所究明にも関わらず発見できなかった理由

当該取り付け金具周辺も含めて、数十回にも及ぶ漏洩箇所究明作業を実施していたにもかかわらず発見できずにいた理由について推定すると、

①運転圧力が高い方が顕著な漏洩が発見できると考え、タービン運転中にヘリウムリークチェックを実施すると、上記③で述べた理由で発見されない。メーカーによる漏洩検査時にも、加圧を行った結果漏洩が発見できなかった。

②漏洩したヘリウムガスが、光ファイバーケーブル内を通過して増幅器に至るため、取り付け金具周辺では検出されない。

③取り付け金具の設置場所が、空調ダクトの吹き出し口に近く、空気の流れが速い場所であったことからヘリウムガスが滞留しにくかった。

等が考えられる。

5.2.4 原因

(1)原因の検証

上述の推定原因を確証するために、交換した取り付け金具の観察を行った。Fig.5.2.3に取り付け金具のプラスチック製窓部の写真を示す。さらに、プラスチック窓側を密封した状態で、ヘリウムガスで約0.5kg/cm^2 加圧して反対側でリークチェックを行った結果、一号機用の取り付け金具からヘリウムガスの漏洩が確認されたが、同様の試験を行った二号機からは漏洩が確認されなかった。

さらに、前年度の定期検査でケーブルの取り替えを実施した作業員が「一号機の光ファイバーケーブルを折り曲げたときに『シュッ』という音を聞いた」と報告されていることとあわせると、前項 3)②の推測を裏付けることになった。

即ち、今回事象をまとめると、以下のような経過でベアリングガス圧低下が発生したと考えられる。

①露点の改善をはかる目的で頻繁に行った手動全体加温や真空引き作業等で、プラスチック窓の接着部の微少な剥離が生じた結果、ベアリングガス圧の低下(漏洩)が起こった。

②運転中は約12kg/cm^2 に加圧されているので、剥離部からの漏洩は少なく、むしろ停止中(約0.7kg/cm^2)の方が漏洩しやすい状態になった。

③漏洩したヘリウムガスは、取り付け金具の光ファイバーケーブル内部を通して増幅器に至ったため、金具周辺ではヘリウムガスの顕著な漏洩は検出されなかった。

④懸命の漏れ探しについても、加圧状態の方が発見しやすいと考えて、タービン運転中に行ったり、加圧して行ったりしたことが発見を困難にした。

5.2.5 まとめ

以上のことから、長期に亘ってCNS運転員を悩ませていた、原因不明のベアリングガス圧力低下事象は13年ぶりに解決に至った。今回事象の原因究明(リーク箇所の特定)作業は、定期検査等でCNSが停止中はもとより、運転中もヘリウムリークチェックを行った。しかし、それらの作業で共通していることは、対象機器を加圧状態にすれば漏洩が加速して発見しやすくなるであろうとの認識から、膨張タービン内部をヘリウムガスで加圧した状態にして漏洩検査を行ったことである。通常のヘリウムリークであれば、この方法が効果的であったが、今回事象の場合は逆効果であったと言える。したがって、今後のヘリウムガスの漏れ探し作業では、発見しやすくするためと考えて対象機器を過剰に加圧することなく、使用状態に近い状態を再現して行うことも重要であるとの教訓を得た。

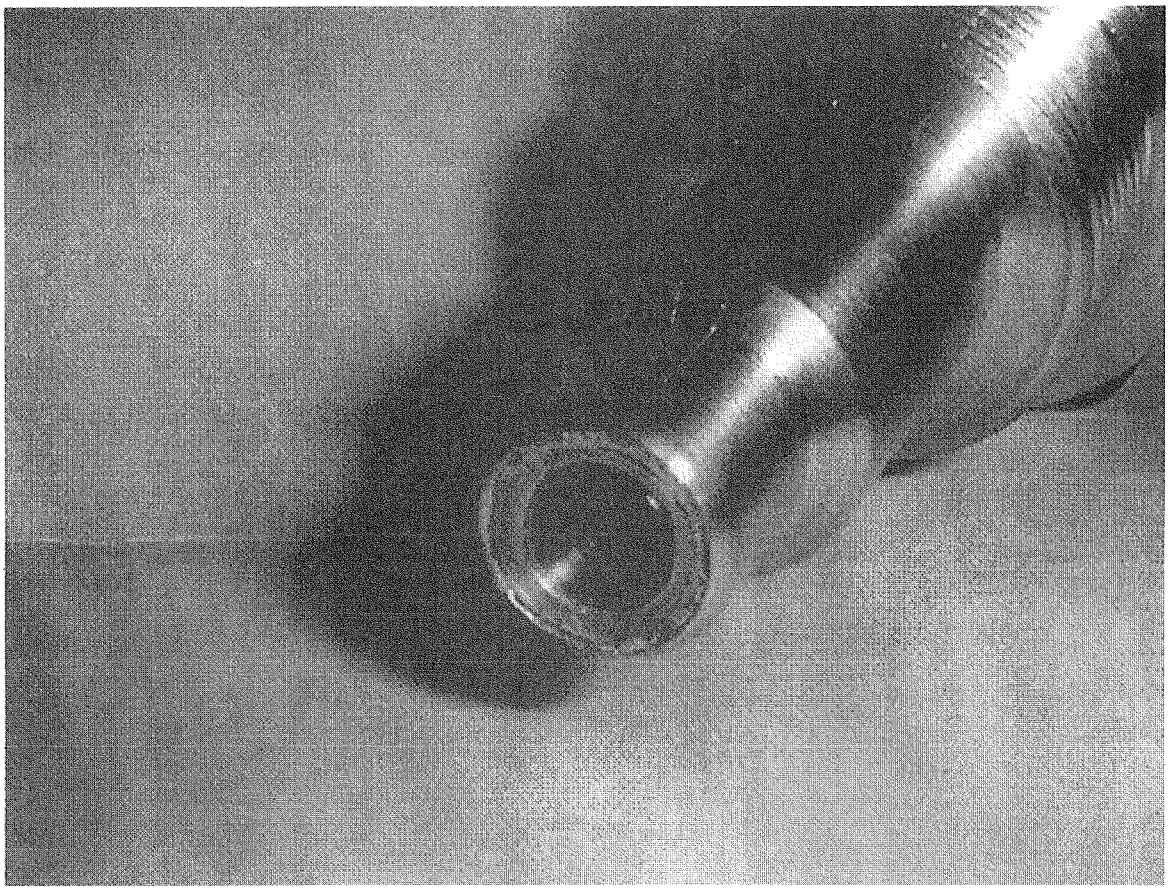


Fig.5.2.3 取り付け金具のプラスチック製窓部

5.3 真空断熱管真空度維持管理

5.3.1 概要

CNSは、JRR－3原子炉建家に隣接しているコンプレッサ棟に設置されているヘリウム冷凍設備で約20Kに冷却された冷凍ヘリウムガスを原子炉建家内に設置されているCNS本体設備のコンデンサに供給して、熱交換により液体水素を生成する装置である。コンプレッサ棟と原子炉建家の間は真空断熱した二重管を敷設して移送中に冷凍ヘリウムガスの温度が上がらないようにしている。真空断熱管の総延長は約200mになる。

CNSは、運転開始(『運転P.B』投入)から液体水素が生成される状態(『タービン定常フラグ確立』)まで約20時間を要し、本格運転が開始された1990(平成2)年当時はおおむねこの時間内に定常状態に到達していたが、1994(平成6)年7月のR3-06-03サイクルには、27時間を要するようになった。特に夏期の運転サイクルでは、通常の冷やし込みのモードでは原子炉の起動時間までに間に合わないことが予想されて、膨張タービンの回転数を上げて冷却速度を速める操作まで行わなければならない状態にまで至った。

これらの原因について検討した結果、冷凍ヘリウムガスを移送する真空断熱管の真空度が経年とともに徐々に劣化したことによるものではないかと推定して、真空断熱管の真空度を回復する措置を実施することとした。

CNSの真空断熱管の経路は、コンプレッサ棟およびビームホールの屋上を経由して原子炉建家に至り、再び同じ経路を経由してコンプレッサ棟に戻っている。このうち、約150mの屋上配管は夏期には炎天下にさらされる過酷な気象条件のため、真空度劣化は冷凍ヘリウムガスの温度上昇につながり、冷やし込み速度を遅らせることになる。

1995(平成7)年4月から約3ヶ月かけてすべての真空断熱管の真空引き作業を実施した。その結果、前年(1994(平成6)年)夏期の運転サイクル(R3-06-03サイクル ・ 7月17日運転開始)に、膨張タービンの回転数を手動で上げて冷却速度を速める措置を行ってもタービン定常フラグ確立まで約27時間を要していたが、真空断熱管の再真空引き作業を終了した後の運転サイクル(R3-07-01サイクル～1996(平成7)年7月9日運転開始)では、タービン定常フラグ確立までの所要時間が、通常の運転モードで約20時間に改善された。冬季に至っては、約18時間(R3-07-06サイクル ・ 1998(平成8)年1月21日運転開始)まで改善された。このためCNSでは、1995(平成7)年以降、原子炉が長期停止する定期検査期間に、真空断熱配管の再真空引き作業を毎年実施することとした。

5.3.2 再真空引き作業

真空断熱管の構造図を Fig. 5.3.1 に示すが、本体は長さ約3m、内管直径32mm、外管直径90mmの二重配管で、それぞれ伸縮継手と溶接で接続される構造である。二重管の外管は約1×10^{-4} Torrの真空度に保持されているが、経時変化で真空度が劣化することから、シールオフバルブにシールオフバルブオペレータを挿入することで再真空引きが出来る構造となっている。

再真空引き作業は、可搬型の小型真空ポンプを使用して、真空断熱配管のシールオフバルブにシールオフバルブオペレータを挿入して、1ユニットにつき、24時間を目安に真空引きを行った後、真空度を再度測定する手順でユニットすべてを再真空引きする。

作業場所がビームホール屋上、原子炉建家及びコンプレッサ棟等になるため、必要箇所に真空ポンプ用の電源コンセントを増設した。また、真空ポンプ等の再真空引き用の機材をビームホール屋上専用や原子炉建家内専用等複数用意することにより、機材を移動することで生じる時間的損失を少なくするとともに、高所への移動等の危険要素を少なくするようにした。

5.3.3 再真空引きの効果

真空断熱管の再真空引き作業を定期的に実施するようにして以来、CNSの冷やし込みに要する時間は、冬季、夏期に関わらず、タービン回転数の変更等を行うことなく、タービン定常フラグ確立まで約20時間で到達している。

以上の経験から、CNSでは1995(平成7)年以降、原子炉が長期に停止する定期検査時に、真空断熱管全数の再真空引きと、Oリング等の消耗品交換を毎年実施することとした。以来、CNSの冷やし込み時間は約20時間で一定している。

Table 5.3.1 に再真空引き作業の実績と、再真空引き後の真空度を示す。(再真空引き前の真空度は、シールオフバルブオペレータを挿入した時点で大気と同じ圧力になってしまうために測定が出来ない。)

Table 5.3.1 再真空引き作業の実績と到達真空度

回	実 施 期 間	対象基数	到達真空度(Torr)
①	'95(H. 7) 3.31 ～ '95(H. 7) 7. 7	全数	～ 3×10^{-6}
②	'96(H. 8) 6.20 ～ '96(H. 8) 8.20	全数	～ 5×10^{-5}
③	'97(H. 9) 7.23 ～ '97(H. 9)11. 7	全数	～ 4×10^{-5}
④	'98(H.10) 3.31 ～ '99(H.11) 4. 2	全数	～ 2×10^{-5}
⑤	'99(H.11)10.19 ～ '00(H.12) 6.12	全数	～ 1×10^{-5}
⑥	'00(H.13)10. 1 ～ '01(H.14) 1.18	全数	～ 3×10^{-6}
⑦	'01(H.14)12. 4 ～ '02(H.15) 2.27	全数	～ 6×10^{-6}
⑧	'02(H.15)12. 2 ～ '03(H.16) 2. 5	全数	～ 2×10^{-5}

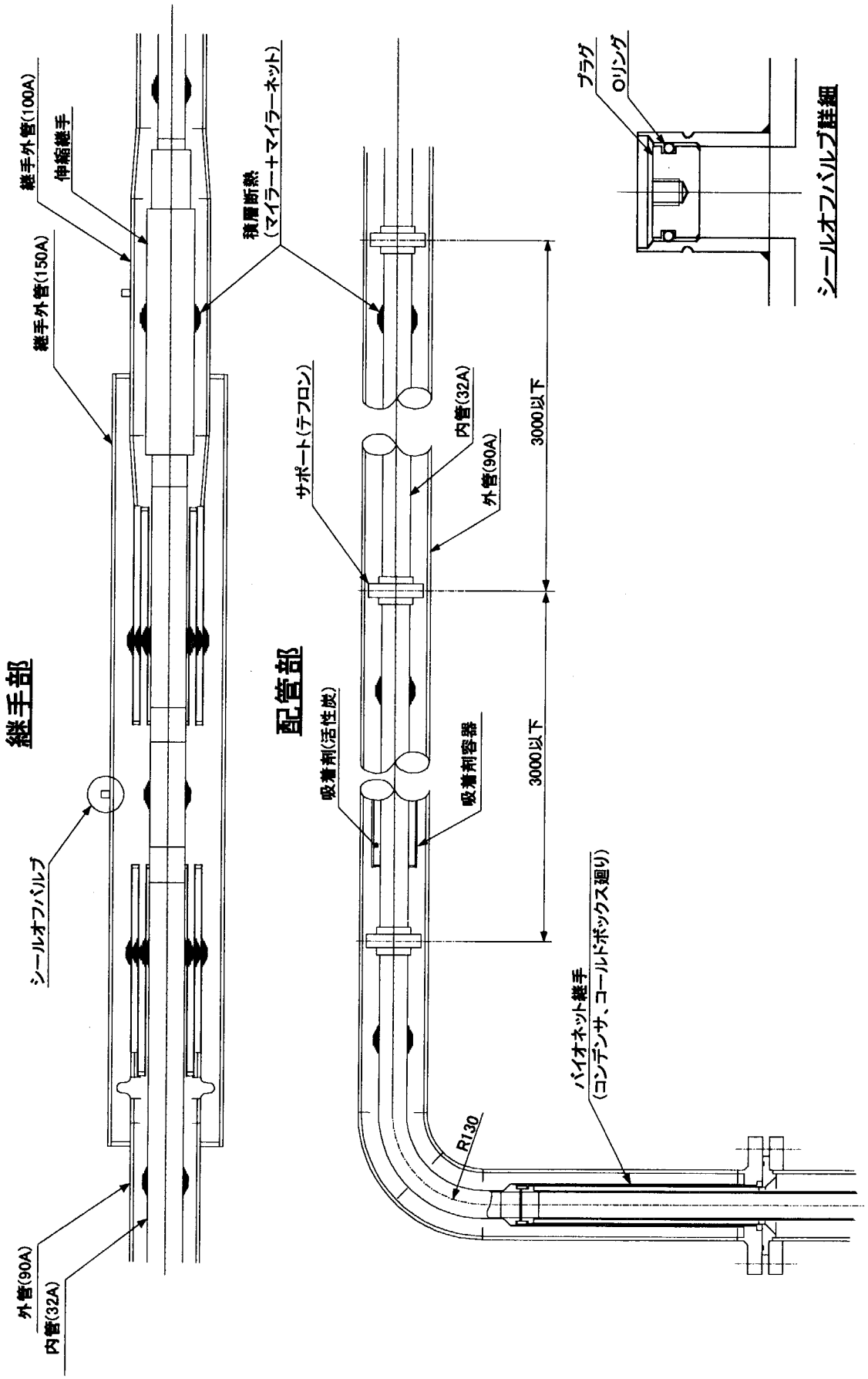


Fig.5.3.1 真空断熱管の構造図

5. 4 乾燥器ユニット露点改善

5.4.1 概要

CNSのヘリウム冷凍設備は圧縮機起動後、系内を循環するヘリウムガスの純度確認(ヘリウムガス純度確認モード運転)とヘリウムガスを乾燥する運転(ヘリウムガス乾燥モード運転)を行ってヘリウムガス中の水分測定を行い、それぞれが規定値以内になった状態で膨張タービンを起動するよう設定されている。これは、約20Kに冷却されるヘリウムガス中に酸素や水分が多く含有していると、系内の低温精製器では吸着しきれず、膨張タービンの入口部分のような狭隘な箇所で固化して正常な運転が阻害されるからである。

CNSでは、ヘリウムガス純度確認モード運転で酸素濃度が0.5%以上の場合、圧縮機を停止してヘリウムガスをパージし、新たなヘリウムガスを貯槽から供給することとしており、0.5%以下であれば、次のヘリウムガス乾燥モード運転に移行する。ヘリウムガス乾燥モード運転では、ヘリウムガス中の水分を計測し、露点が－38℃以下であれば、タービン起動工程に移行する。露点が－38℃以上の場合は、乾燥器再生モード運転に移行する。この工程は、ヘリウムガス中の水分が乾燥器に吸着して、乾燥器が飽和状態になった時に加温脱着によってゲルの再生を行うもので、再生ヒータで約100℃に加温した後、ヘリウムガス乾燥モード運転に戻るよう設定されている。

1990(平成2)年のCNS運転開始時から露点が－38℃を若干下回る程度の状態で運転が継続されていたが、運転開始の初期段階で系内の乾燥状態が不十分ではないかとの判断から、手動乾燥器再生モード運転等を実施して来たが、一向に改善されなかった。

結果的には、乾燥器にヘリウムガスを導入する調整弁(KV7528)の前段で水分が滞留するような配管を変更することで改善されることになった。以下に経過を記す。

5.4.2 経過

(1)発生状況と対策

1991(平成3)年3月30日(土)R3-02-04サイクル運転停止日の露点計(DI7549)指示が－24.6℃であった。原因として考えられるのは、冷凍ヘリウムガスを常温に戻すための乾燥器の前段に設置されている水ウォーマの水分が侵入することも考慮して、ヘリウムリークチェックを実施したが、水ウォーマの漏洩は確認されなかった。

つぎに、運転開始の初期段階で系内の乾燥状態が不十分ではないかとの判断から、系内を加温して乾燥させる目的で、手動乾燥器再生モード運転、手動全体加温モード運転を繰り返し実施した。また、再生ヒータ～熱交換器～乾燥器の系統にヘリウムガスを充填・放出を繰り返して系内の水分除去をはかったが、有意の改善は出来なかった。

(2)流路チェック

ヘリウムガスの流入経路で水分が滞留するような場所の有無を配管や弁の配置から実地に検証してみた。その結果、ヘリウムガスを水ウォーマに導入する流量調整弁(KV7528)でヘリウムガスの流量が絞られる過程でヘリウムガス中の水分が滞留することがわかった。Fig.5.4.1及びFig.5.4.2に示すように流量調整弁(KV7528)の当初の設置位置が配管の立ち上がり部分の最下部になっており、CNSの停止工程で冷凍ヘリウムガスを常温に加温する際、この部分に水分が滞留することがわかっ

た。ここで滞留した水分がヘリウムガスと一緒に水ウォーマを経過して露点計(DI7549)を通過するため、露点が常に高い状態になっていた。このため、既設の流量調整弁を撤去して、この部分を通過するヘリウムガスの流入を妨げないようにした上で、流量調整弁は乾燥器出口側に移設することにした。これにより、以降のCNS運転では、露点が下がらないという不具合はほぼ解消した。

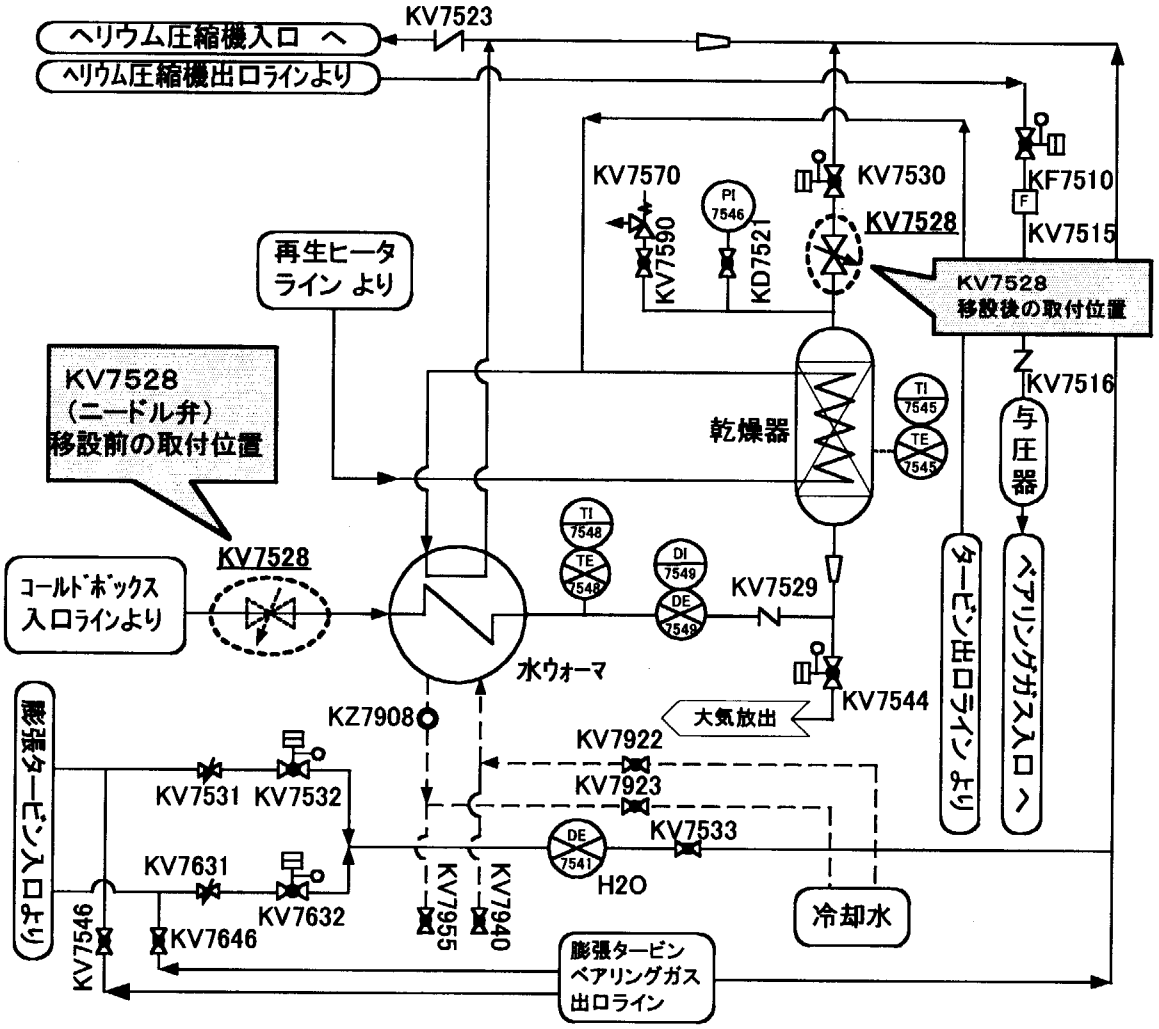


Fig. 5.4.1 KV7528(ニードル弁)移設　配管系統図

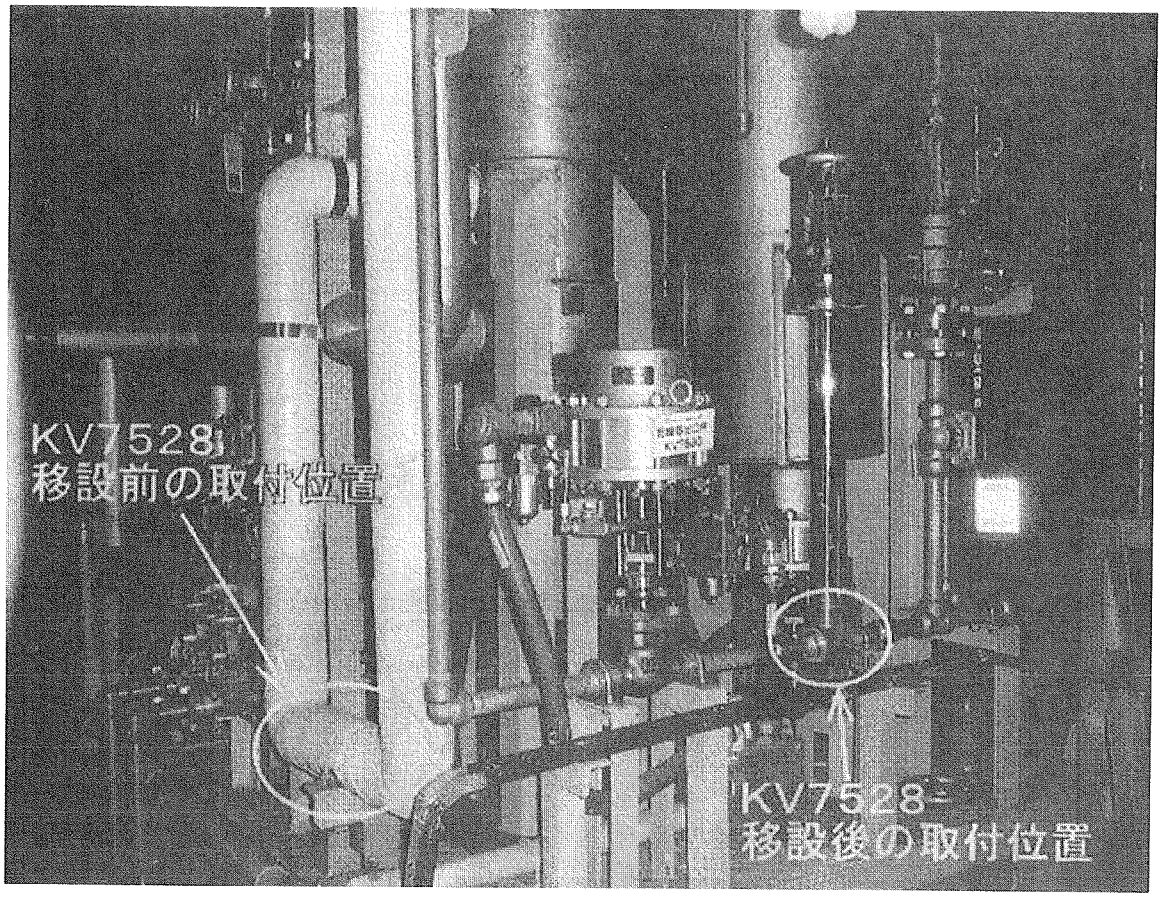


Fig. 5.4.2 KV7528(ニードル弁)移設写真

5.5 減速材容器交換

5.5.1 概要

CNSの減速材容器の使用材料は、オーステナイト系ステンレス鋼(SUH660)である。同材料が熱中性子の照射を受けると、主として次の2重反応によりヘリウムが生成され、材料内部に蓄積される。

$$^{58}Ni(n_{th}, \gamma)^{59}Ni$$

$$^{59}Ni(n_{th}, \alpha)^{56}Fe$$

ヘリウムが過度に生成されると、鋼材は粒界で脆性破壊を生じやすくなる。ヘリウム生成量が4000ppm(atoms)に達するまで照射すると脆性破壊が生じるという報告があり、JRR－3CNSに先行して製作されたオルフェ炉のCNSは1000ppm(atoms)をヘリウム生成量の上限値として交換時期を設定していることから、JRR－3CNSについてもこの値を目安として交換時期を検討した。

熱中性子照射量とヘリウム生成量の関係を、ニッケルからのヘリウム生成量として次式で計算した。

$$Y=N\cdot\sigma\gamma\cdot\sigma\alpha/\sigma a\cdot[\phi\cdot t-1/\sigma a\cdot\{1-\exp(-\sigma a\cdot\phi\cdot t)\}]$$

ここで、

Y	:	ヘリウム生成量	[ppm(atoms)]
N	:	材料中の^{58}Niの含有量	[ppm(atoms)]
$\sigma\gamma$	:	^{58}Ni(nth, γ)反応の断面積	[cm^2]
$\sigma\alpha$	:	^{59}Ni(nth, α)反応の断面積	[cm^2]
σa	:	^{59}Niの熱中性子吸収断面積	[cm^2]
ϕ	:	熱中性子束	[cm$^{-2}\cdot s^{-1}$]
t	:	実効運転時間	[s]

である。$\sigma\gamma$=4.6±0.3b 、$\sigma\alpha$=12.3±0.6b 、 σa=92±4b(出典:S.F.Mughabghab et.al.,Neutron Cross Section Volume 1, Neutron Resonance Parameters and Thermal Cross Sections,Academic Press,1981) を用いると、

中性子照射量が$\phi\cdot t$= 1.3×10^{22} cm^{-2} の場合のニッケルからのヘリウム生成量は

Y=550±60ppm(atoms)となる。

減速材容器材料には約10ppm(atoms)の^{10}Bが含まれる。減速材容器交換時までには ^{10}Bは ^{10}B(nth, α)反応によりすべてヘリウムに変わるので、ボロンからのヘリウム生成量は約10ppm(atoms)である。ニッケルからのヘリウム生成量とボロンからのヘリウム生成量を加えると

ヘリウム生成量計算値 :560±60ppm(atoms)が得られる。

JRR－3CNSに先行して運転されているフランスのオルフェ炉は、1980年12月に運転を開始し、実効全出力運転時間が1000日に達した1987年6月に2基のうち1基の減速材容器が交換された。取り出された減速材容器から採取された試験片の照射後試験報告(POST IRRADIATION EXAMINATION RESULT OF THE SFI COLD NEUTRON SOURCE MODERATOR CELL OF THE ORPHEE REACTOR IN SACLAY)がフランスのTECHNICATOME社からJRR－3CNSの製作メーカーであるNKK社に報告された。報告では、オルフェ炉減速材容器の炉心側から採取された5試料、その反対側から採取された2試料を用いてヘリウム生成量が測定された。試料は真空槽内で溶解され、放出ガスはガスクロマトグラフとマスクスペクトロメータを用いて分析された。材料中のヘリウム量測定値は、

炉心側　:　883± 43ppm(atoms)

反対側　:　527± 28ppm(atoms)　であった。

このことから計算による値の妥当性が確認された。

以上からJRR－3CNSの減速材容器の交換目安量を熱中性子照射量 1.3×10^{22} n/cm^2（高速中性子照射量で約2.0×10^{20} n/cm^2)とし、設計及び工事の方法の認可申請書に高速中性子の照射量が2.0×10^{20} n/cm^2 に達する以前に交換するよう記載されていることから、平成10年度に交換作業を実施した。

交換時期を特定した計算方法は以下のとおりである。

R3-09-06サイクル運転終了時の照射量:1.72×10^{20}n/cm^2

・減速材容器における高速中性子束値:1.64×10^{12}n/cm^2・sec

・R3-09-06サイクル運転終了時の累積出力量:580,997.3 MWH

$$\frac{580{,}997.3\ \mathrm{MWH}}{20\ \ \mathrm{MW}}\times3600\ \mathrm{sec/H}\ \times1.64\times10^{12}=\ 1.72\times10^{20}\ \mathrm{n/cm^2\cdot sec}$$

R3-09-07以降運転できるサイクル数　: 8 cy

・設工認記載の高速中性子照射量:2×10^{20}n/cm^2　(E＞0.1MeV)

・減速材容器における高速中性子束値:1.64×10^{12}n/cm^2・sec

・1サイクル当たりの出力量:11,670 MWH/cy

$$\frac{(2\times10^{20}\mathrm{n/cm^2}-1.72\times10^{20}\mathrm{n/cm^2})}{\dfrac{11{,}670\ \mathrm{MWH/cy}}{20\ \ \mathrm{MW}}\times\ 3600\ \mathrm{sec/h}\ \times\ 1.64\times10^{12}\mathrm{n/cm^2\cdot sec}}=\ 8.1\ \mathrm{cy}$$

以上の計算結果から、交換時期を平成10年度第6サイクル終了後として、交換準備を開始した。

5.5.2　交換準備作業

交換が対象の減速材容器はFig.5.5.1に示すが、CNSの設備構成から分類すると、CNS本体設備の内の「クライオスタット」と総称され、それぞれ減速材容器、低温流路管および水プラグ用単管で構成されている。減速材容器は、Fig.5.5.2に示すとおり、真空断熱管Ⅰ・Ⅳおよび外管に溶接されており、フランジによって真空断熱管Ⅱと接続される構造となっている。CNSでは、製作の時点で約3万時間運転後に備えて、交換用の減速材容器(真空断熱管Ⅰ・Ⅳおよび外管)を予備品として製作していたので、それを使用して交換作業を行うこととした。

(1)交換手順

交換作業の手順のうち、旧減速材容器等の取り出しと収納作業は、当初以下のように実施する予定で準備を開始した。Fig.5.5.3に作業手順を示すが、この手順で考慮したことは、フランスのオルフェ炉で先行して実施した交換作業の際、減速材容器表面に輻射率を向上させる目的で施したニッケル金属のコーティング(黒化処理)が剥離してプール水を汚染させたことから、洗浄保管容器を製作し、プール水と分離した容器内を水で浸して作業を実施する「水中取り出し」方式で行うことを検討した。本方式は、CNSの当初製作時に検討されたもので、設備とともに納入された取扱説明書に記載されているものである。即ち、

①減速材容器等を低温流路管継手部で切り離す。

②真空断熱槽部に注水し、枝管を切断する。

③水プラグ用単管に洗浄保管容器を取り付け、内部に注水する。

④減速材容器等を洗浄保管容器内に引き上げ、内部の水を濾過する。

⑤減速材容器等の入った洗浄保管容器を水プラグ用単管から切り離し、水中保管する。

⑥水プラグ用単管内の排水を行った上、乾燥窒素ガスで管内の水分を追い出す。

⑦予備の減速材容器等を水プラグ用単管内に挿入し、低温流路管継手部を接続する。

この方式で作業を進めると、作業期間が約60日要し、②③④及び⑥の作業で生じた汚染した水およびガスの処理も必要になる。放射線下での作業において作業時間の長短は作業員の被曝量にも影響を及ぼすことになるため、再検討を行った。

(2) 交換手順の再検討

上記の作業手順の「水中取り出し」方式を「乾式」方式が可能か否かの検討を行った。考慮すべき点は、取り出しおよび移動中に、黒化処理のためのニッケルコーティングが剥離してプール水を汚染させることを防止することであった。当初の方式では、剥離片がプール水を汚染する懸念はないが、剥離片の混入した水の処理が必要であり、このための濾過装置を設置しなければならない。濾過して捕集した剥離片の処分方法の検討は依然課題となる。再検討の結果『プール水内に剥離片を混入させずに、切断した減速材容器を真空容器から保管容器に移動する』方式を考慮すれば「乾式」方式が可能ではないかとの結論に達した。具体的には、

1) 減速材容器等を空中に露出した状態で、保管容器に収納する方法として、ITVで監視しながら遠隔操作で収納作業を行う。

このために、

①減速材容器等が空中に露出した場合の空間線量率を推定するため、真空断熱管下部の直上まで段階的に引き上げながら放射能測定を行った。この結果、約70Ciであった。

②保管容器への収納作業は、ITVを見ながらクレーンを運転することになるので、保管容器の挿入口にロート状のホッパーをつけて容易に挿入できるように改良した。

③作業は放射線被曝を軽減するために、現場から可能な限り離れた場所で、クレーン運転士と原研側指示者で実施し、他の作業員等は炉室から退室する。

2) 万一、剥離片が落下してもプール水を汚染させないように、移動経路はプール上を避けるコースとし、ビニールシート等で養生する。このために、

①炉プールの開口部を減速材容器が取り出せる部分だけにして、上部遮蔽体を閉める。

②クレーンの移動経路はビニールシートで養生する。

以上の検討の結果、交換作業の手順のうち、旧減速材容器等の取り出しと収納作業は、「乾式」方式で行うことで、作業時間の短縮、ひいては作業被曝の減少につながるとの結論に達した。以下に、交換作業の実際を述べる。

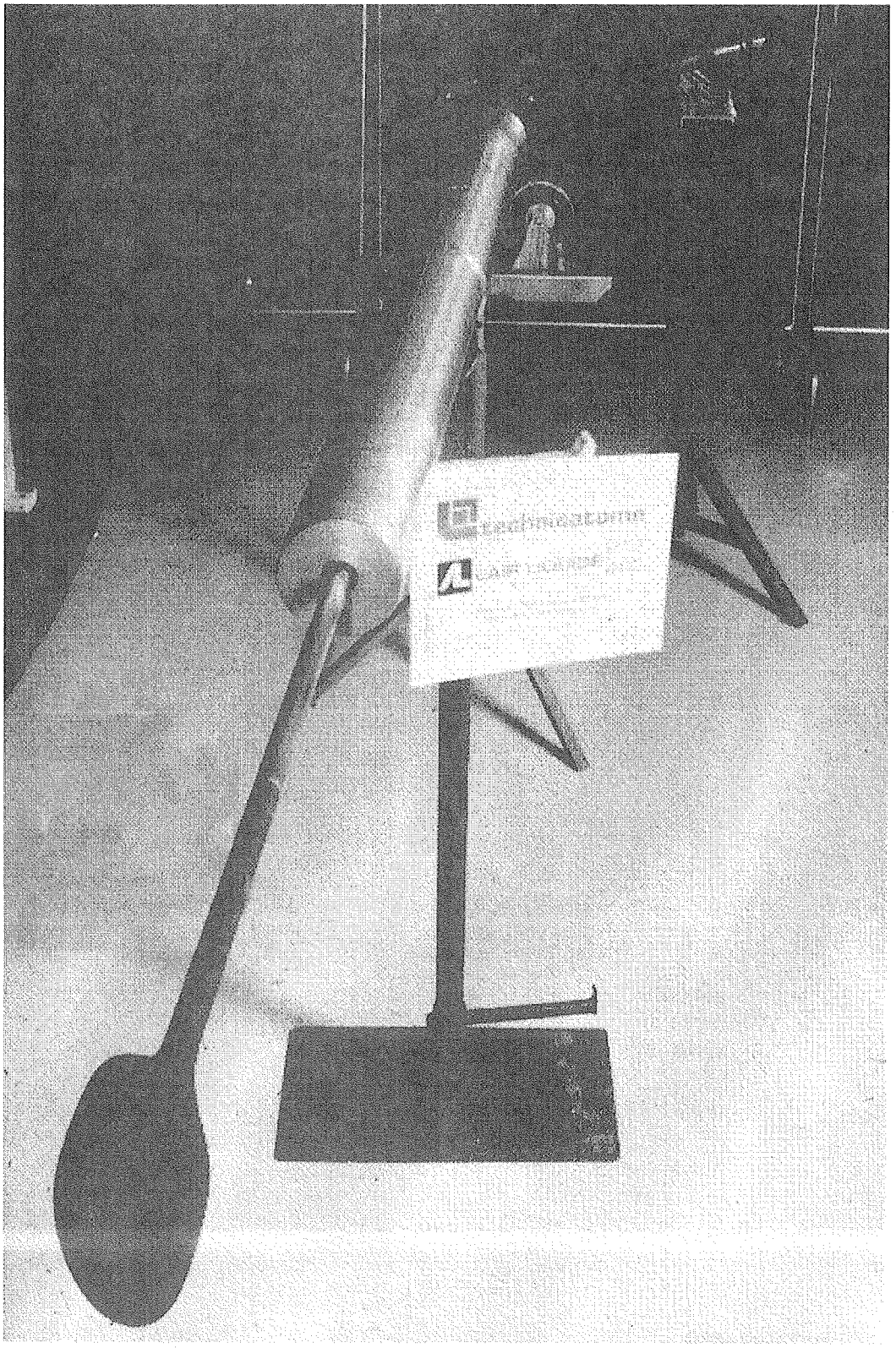


Fig.5.5.1　減速材容器

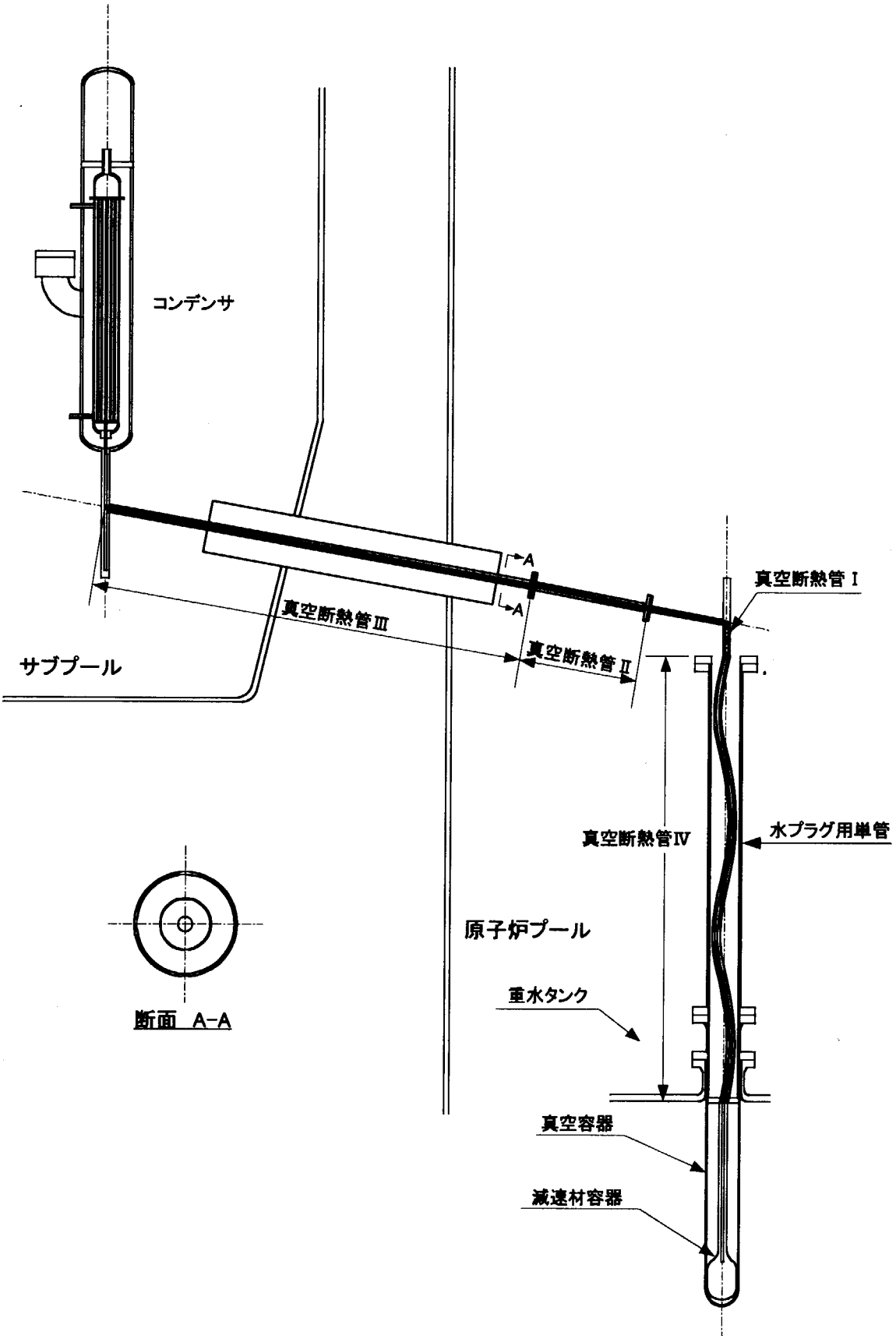


Fig.5.5.2 クライオスタット構造図

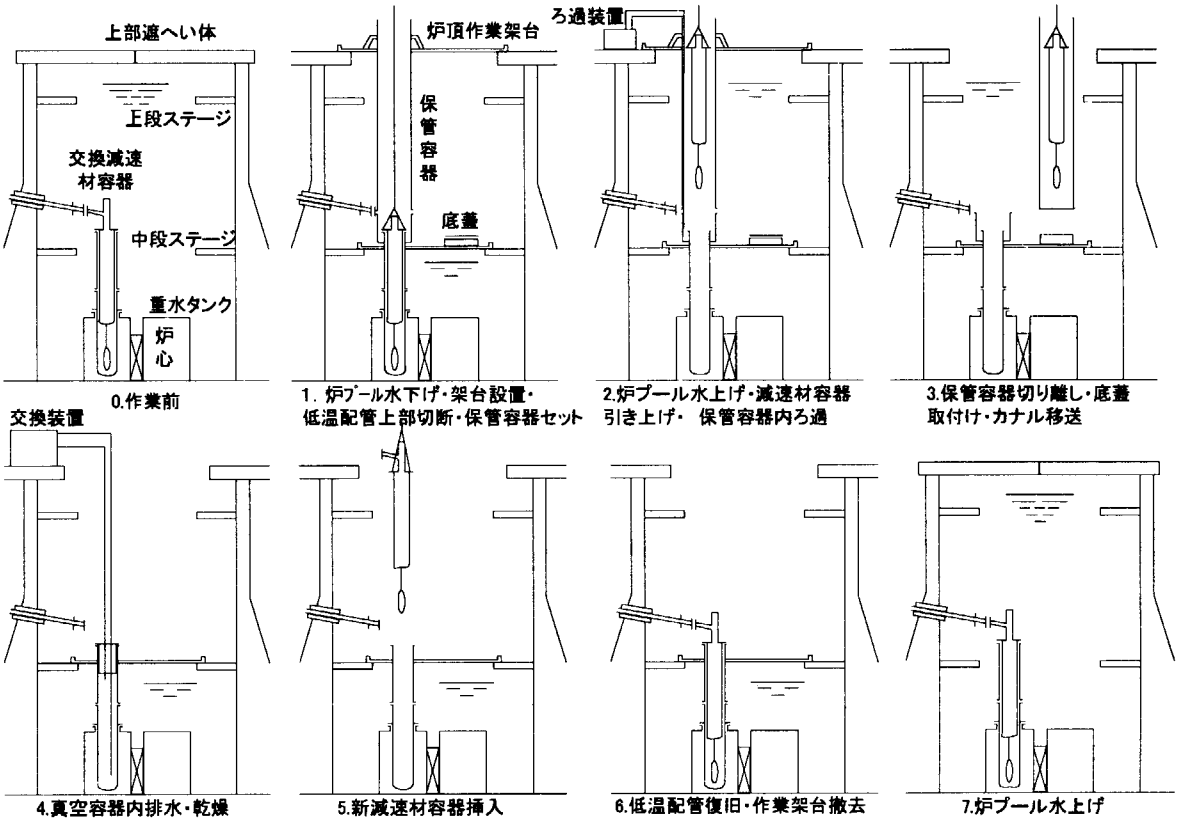


Fig.5.5.3 減速材容器交換作業手順図

5.5.3 交換作業

作業期間　1998(平成10)年12月18日～1999(平成11)年2月6日

作業実施の内容

(1)予備作業

①炉室外予備作業

・洗浄保管容器の改造

洗浄保管容器の使用目的が、旧減速材容器の保管容器に特定されたことから、必要な改造を行った。(以下「保管容器」と称する。)

具体的には、洗浄保管容器を約710mm切断して再溶接し、全長を4,150mmから3,440mmに短縮して、保管容器とする。

・3重管切断モックアップ

フランジ部分の3重管は、保管容器に収納する際に障害になるため、切断する必要があるが、プール上で作業するため、切り粉が生じない切断方法を検討しなければならない。このため、油圧カッターで圧切することとし、切断作業予定者が3重管を模擬して製作したテストピースを用いて切断訓練を実施した。

②炉室内予備作業

・器材の炉室内搬入

工事に必要な資機材をJRR-3原子炉建家のトラックドアおよびパーソナルドアから搬入した。

・グリーンハウスの設置

・炉心キャップの設置

炉心の開口部に、落下物対策用の炉心キャップを4本のSUSワイヤで吊り下ろして設置した。

・保管容器をプール水中に設置

保管容器の上蓋を開放して、クレーンでプール内に吊り下げた。ドラム缶用ハンドポンプでサイフォン現象を利用して、フランジ面から約67cm下の高さまでカナル水を保管容器に注水した。

その後、投入ホッパーを取り付け、ゲート可動範囲を避けた炉プールのゲート前位置に設置し、転倒防止ワイヤで固定した。

・中段ステージ作業足場の搬入取り付け

中段ステージでの作業エリア確保のために、酢酸ビニールシートで養生した仮設の作業足場をクレーンで吊り下ろし、ロープで付近のサポートに固定した。

・垂直照射設備等の除去

交換作業の障害となる垂直照射設備の一部撤去あるいは移動を行った。対象は、垂直照射設備の上部支持クランプ4基およびベース、下部支持クランプ2基、補助遮蔽体架台に固定されているSPND配管である。

・補助遮蔽体および同架台の撤去

補助遮蔽体は4本の固定ボルトをゆるめ、クレーンで吊って中段ステージに補助遮蔽体架台とともに仮置きした。

(2)低温流路管Ⅱの分離

①低温流路管Ⅱの分離

・低温流路管Ⅱの漏洩検知配管除去

真空断熱管Ⅱに接続している漏洩検知配管2本を、スパナを用いて下側を固定し、上部ユニオンを回してゆるめ取り外した。ジョイント部は湿った空気の流入を防止するためにビニール袋を被せ粘着テープで養生した。

・低温流路管Ⅱの分離

低温流路管と低温流路管Ⅱをつないでいるフランジのボルト6本を六角レンチでゆるめ、反対側の二つ割りフランジの固定ボルトを外し、スライド管をコンデンサ側に下げてケノール継手部を露出させた。このときスライド管のシール面保護のために、予めシール面と接触する配管の表面をマスキングテープで養生した。

・内管、外管の分離、養生

ケノール継手のユニオンを専用のスパナとトルクレンチを使用してゆるめた後、手で回して分離した。伸縮継手の3本のタイロッドを縮め、内管接続ピースをコンデンサ側に引き出し、支

持金具で固定した後、湿った空気の流入を防止するためにアルミ製閉止板を取り付けた。

②3重管の切断

切断箇所の下側に切粉落下防止の養生を施し、クレーンで油圧カッターを吊って炉内に下ろし、3重管を切断した。

切断箇所は紙テープで密封養生した。切り取った枝管は分岐部を切断して梱包後、廃棄物用のドラム缶に収納した。

③水プラグ用単管と真空断熱管の分離

水プラグ用単管と真空断熱管の締め付けナット(12本)をトルクレンチでゆるめて取り外した。真空断熱管のフランジにアイボルト2本を取り付け、スリングベルトをシャックルで取り付けた。減速材容器引き抜き時に過大な力が加わるのを防止するためにクレーンのフックに荷重計(1t)を取り付け、その下にチェンブロックを取り付けて、チェンブロックを手で巻き上げながら旧減速材容器を引き上げたが、ほとんど抵抗なく分離することができた。真空断熱管下部の直上まで引き上げた状態で放射能測定を行った結果、約70Ciであった。

(3)減速材容器の交換

①旧減速材容器の取り出し、収納

遠隔監視による旧減速材容器の引き抜き、移動および収納に必要なモニタカメラの設置、クレーンの停止位置のマーキング等を行い、炉室内にメーカー側のクレーン運転者1名と現場責任者1名、放管担当者および原研側担当者らを配置して、ITVのモニタ画面を見ながら旧減速材容器の空中移動を行った。作業時間は約9分間、炉室1階の最大線量当量率は2μSv/hrであった。ITV画面で見る限り黒化皮膜の剥離は認められなかった。クレーンの軌跡にも剥離片等の落下は確認できなかった。

②新減速材容器の取り付け

・新減速材容器を水プラグ用単管に挿入

真空断熱管フランジ部にアイボルトを取り付け、チェンブロックを介したクレーンで保管場所から吊り上げ、炉内に移動した。低温流路管フランジ部とチェンブロックのフックをロープで結び、新減速材容器を垂直に吊り下げた。水プラグ用単管フランジのOリング溝を清拭した後、窒素ガスでブローして新ヘリコフレックスを装着し、新減速材容器先端の黒化処理部位が管壁に接触しないよう注意しながら挿入した。

・新減速材容器と水プラグ用単管の固定

水プラグ用単管フランジ部のボルトを押し上げナットを手締めする。両フランジの間隙が0.39mm±0.10mmの範囲で均一になるように、トルクレンチを使用して締め込んだ。最終的なフランジの間隙は0.38mm、締め付けトルクは2,400kgf-cmであった。

(4)低温流路管Ⅱの復旧

①内管、外管の復旧

予め軸シール用ゴム製Oリング2本とフランジシール用Oリング2本を伸縮継手に通しておき、ケノール継手のシール面をアルコール洗浄、窒素ガスブローしてアルミカップジョイントを装着した。内管接続管を90度回転し、ロックを外して引き出して反対方向に90度回転してロックした。はじめ手でケノール継手のユニオンナットを締め、さらにトルクレンチで締め込んだ。(締め

付けトルク値 1,800kgf-cm)

②低温流路管Ⅱの復旧

スライド管を水プラグ用単管方向に移動し、2つ割れフランジを固定し、水プラグ用単管側フランジを接続した。

③漏洩検知配管の復旧

低温流路管2本と水プラグ用単管1本の漏洩検知配管のシール面をアルコール洗浄、窒素ガスブローを行い、それぞれに新規Oリングを装着した。ユニオンナットを手で軽く締め込み、その後スパナ2本を使用して固定側に過度な力が加わらないよう注意しながら締め込んだ。

漏洩検知配管の真空圧力の上昇度を測定し、バックグラウンドの真空圧力の上昇度と有意差がないことを確認した。さらに残留ガス分析を行って真空断熱槽側にヘリウムガスのリークがないことを確認した。

(5)復旧

以下の復旧作業を行った。

①補助遮蔽体の復旧

②SPND案内管の固定

③垂直照射設備の復旧

④中段ステージ作業足場の撤去

⑤グリーンハウスの撤去

⑥炉心キャップ撤去

5.5.4 まとめ

(1)作業期間、被曝線量および放射性廃棄物の減量化

本工事中、もっとも重要かつ緊張する作業工程は、旧減速材容器を真空容器から引き抜き、空中移動で保管容器に保管するまでの9分間であった。この間、スタッフが待機した炉室1階での空間線量当量率は2μSv/hrであり、工期を通しての作業員の被曝量は平均70μSv(総員26名・総被曝量1,893μSv)程度であった。

当初(1989(平成元)年)予測計算した減速材容器の放射化量の推定は、4,700Ciとされ、今回の実測値(約70Ci)の70倍であった。さらに、オルフェ炉の交換経験から黒化皮膜の剥離が懸念された。このため、最初の交換作業手順では、この2つの要素を考慮した「水中取り出し」方式が検討されることとなった。その後、実測値等を参考に再検討した結果、「乾式」方式で十分対応できるとの検討結果が得られたため、この方式で実施した。この結果、

・工事期間が水中方式で検討された工程より20日短縮の33日間となった。

・作業員被曝量が水中方式で検討された600μSv/人が70μSv/人に減少することができた。さらに両者の具体的な比較はないが、放射性廃棄物の発生量は飛躍的に減少された。

(2)黒化皮膜の剥離が確認されなかったことの考察

旧減速材容器の黒化皮膜剥離による炉プール水汚染が懸念されたが、ITVによる観察では、剥離はほとんど確認されなかった。この理由として考えられることは、JRR－3のCNS運転は、オルフェ炉のような無冷却運転を行っていない点があげられる。JRR－3の場合、「4. 故障・不具合」の「4. 1

コールドリーク(ケノール継手漏洩)」に記した事象で、約3週間事実上の無冷却運転を行っただけで、減速材容器に液体水素が充填されない状態での原子炉高出力運転をしなかったためではないかと推定される。オルフェ炉ではこの経験から減速材容器の材質をアルミニウム金属に変更したようであるが、今回工事からの所見では、現行材料のSUH660採用で問題はないと考えられる。

6. まとめ

CNSは、2004(平成16)年3月末現在で、総運転時間(ヘリウム冷凍設備運転時間)が、57,835時間に達してなお、JRR－3原子炉の共同利用運転に合わせて冷中性子供給を順調に継続している。一方、この間の原子炉本体運転時間は 54,117時間22分、積算出力量は1,020,283.9MWH であった。CNSで発生した冷中性子は、3本の中性子導管によってJRR－3原子炉に隣接して設置された実験利用棟まで導かれて、15基の実験装置に供給されている。従来の熱中性子より波長の長い冷中性子の安定供給は、物質構造の構造解析等の研究・開発に多少なりとも貢献できたと考える。

JRR－3CNSは我が国最初の大型の設備であることから、約15年間の運転の過程で、本稿でも述べたようなトラブルにも見舞われたが、製作メーカー各社はもとより、JRR－3関係者や研究所内の低温関係部門の研究者各位の助言をいただいて克服してきた。特に1998(平成10)年8月に発生したヘリウム系不純物混入事象(本稿「4.4　ヘリウム系不純物混入」参照)では、原因究明作業と関係機関にご理解いただくための説明等で約6ヶ月間原子炉を停止させたが、この際にも、製作メーカーであるJFE(株)及び日本エアリキッド(株)はもとより、原研内では、極低温設備や高真空設備を持つ核融合部門のグループ、所外では、京都大学原子炉実験所のCNS担当者らの協力やアドバイスを受けて原因究明及び復旧を行うことが出来た。本来であれば、ご協力、ご助言を賜った方々のお名前を列挙して謝意を表すべきと考えるが、あまりに多数の方々のお名前を列挙しなければならないため、割愛させていただいた。

中性子を使用して構造解析等を行う分野において、冷中性子の需要がますます多くなりつつある現在、大型研究用原子炉に設置された我が国唯一の設備としてJRR－3CNSの必要性は増している。原研においても大強度陽子加速器の建設に合わせて、大型の冷中性子源装置の設置が計画されているが、本稿で記したJRR－3CNSの経験が、これらの運転管理にも参考になると考える。

JRR－3CNSは、前述した1998(平成10)年のトラブル以降、CNSの不具合が原因で原子炉を停止させるような事象が発生することなく順調な運転を継続しているが、我が国唯一の大型冷中性子源装置として引き続きCNS関係者一丸となって、安定した冷中性子の供給のために、ますます順調な運転を行っていきたい。

参考文献

1) 一色正彦、高橋秀武、市川博喜、白井英次　:日本原子力学会誌 34. 108 (1992)
2) 鈴木正年、川端祐司、工藤三好、坂本正誠　:JAERI-M 90-079 (1990)
3) 鈴木正年、川端祐司、市川博喜　:JAERI-M 92-201 (1993)
4) 中川　洋　: 低温工学Vol. 17　No.4 p.55　(1982)

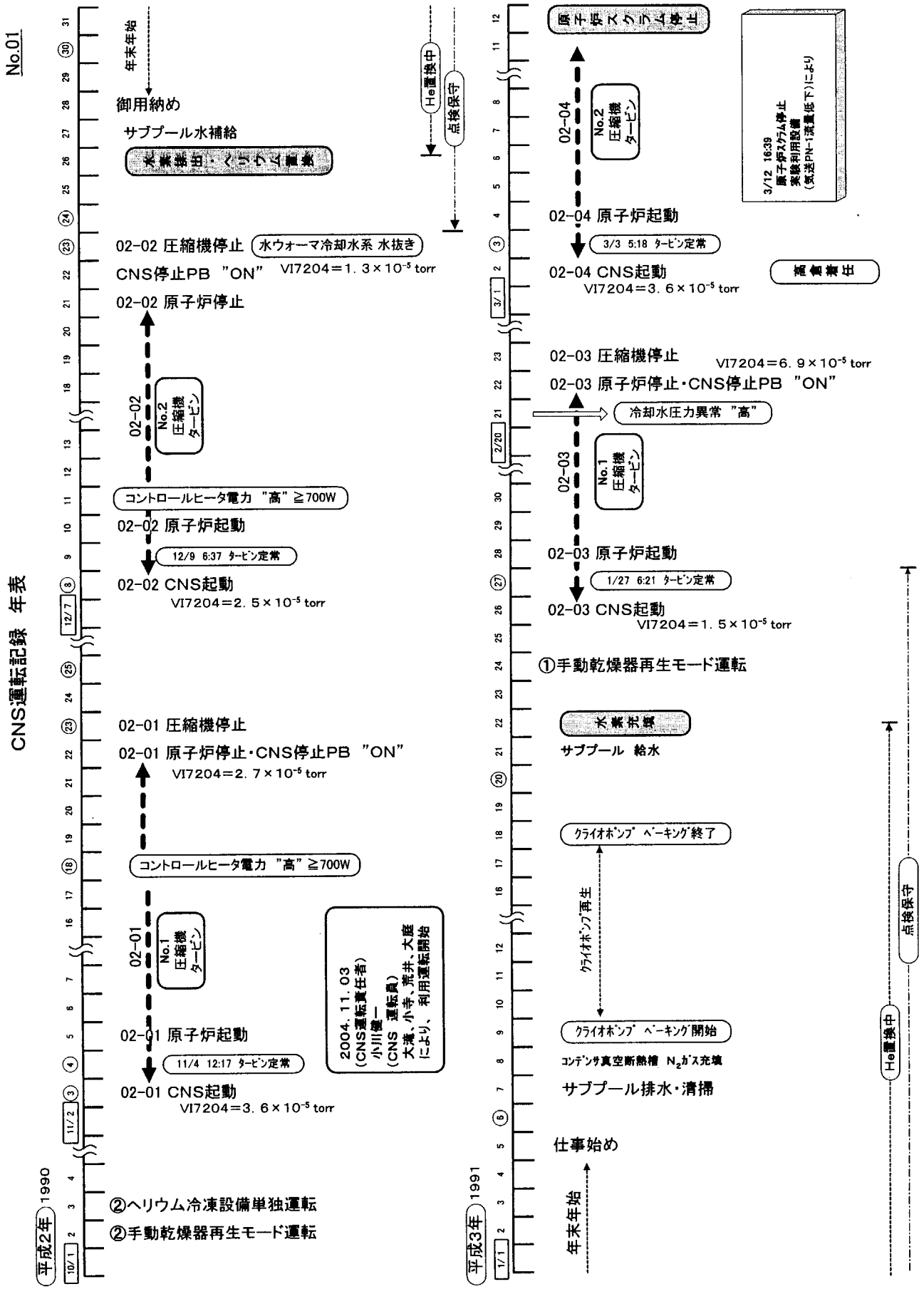
付録. 資料

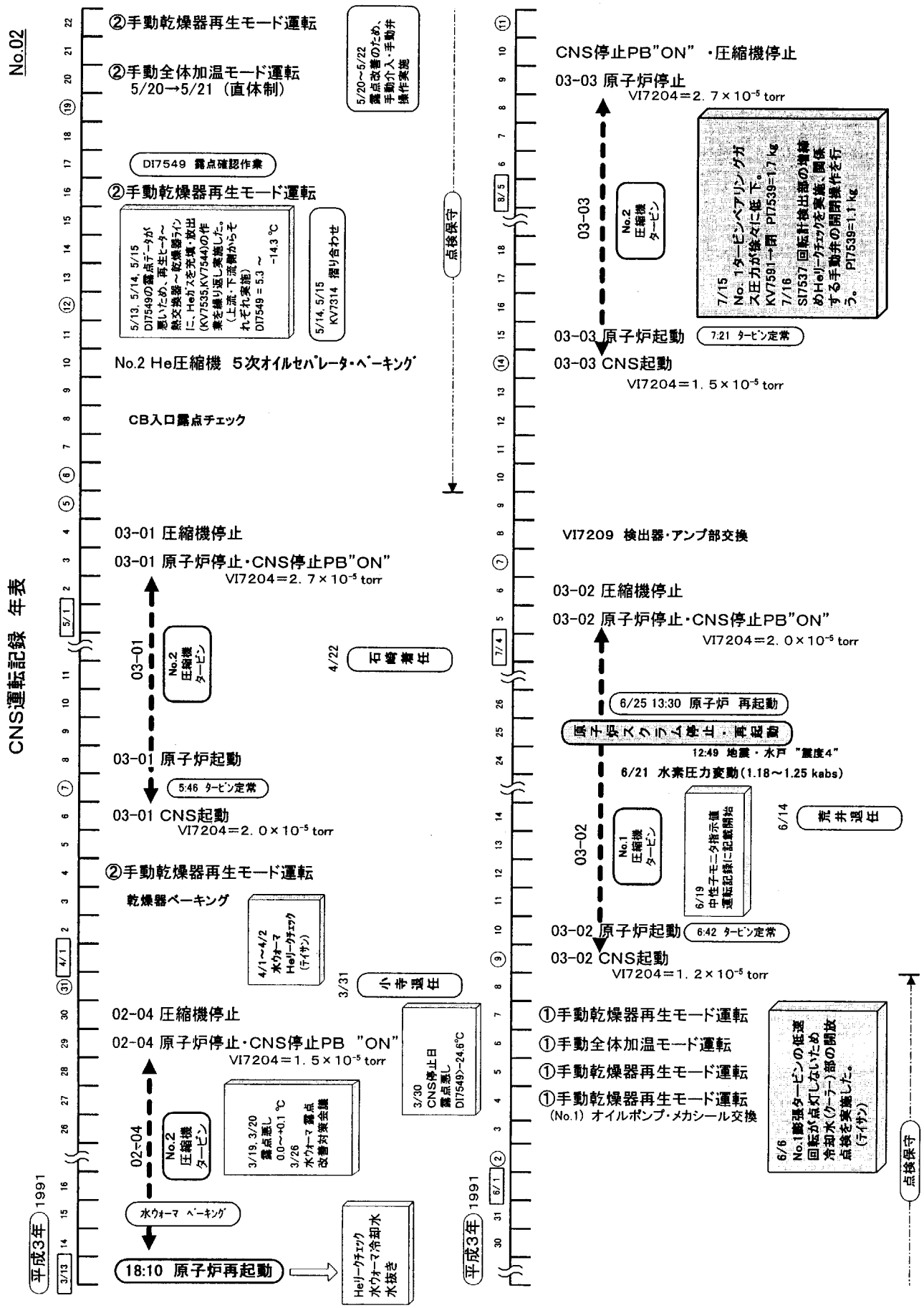
A.1 CNS運転記録 No. 01～No. 52

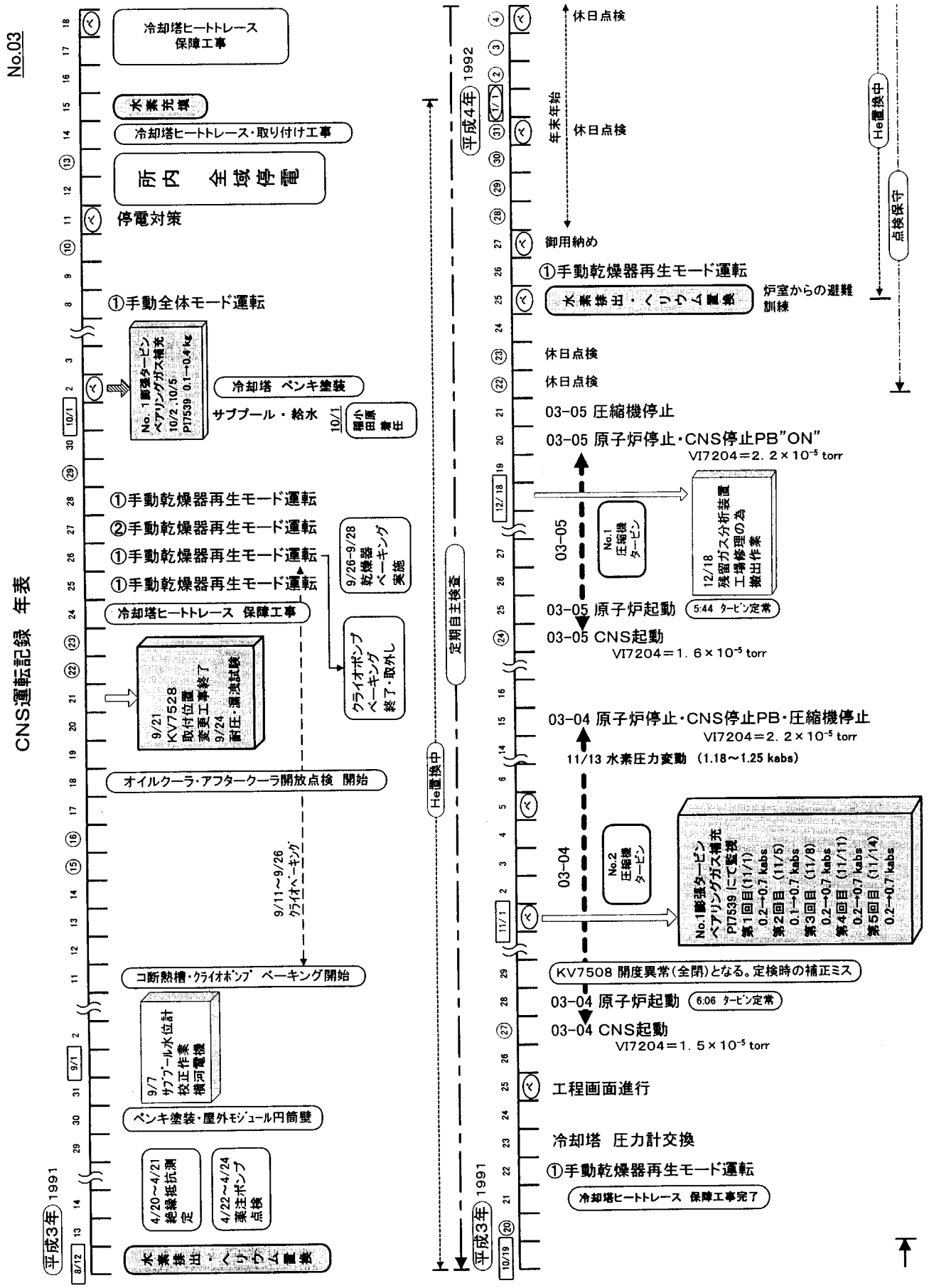
図中 略号説明

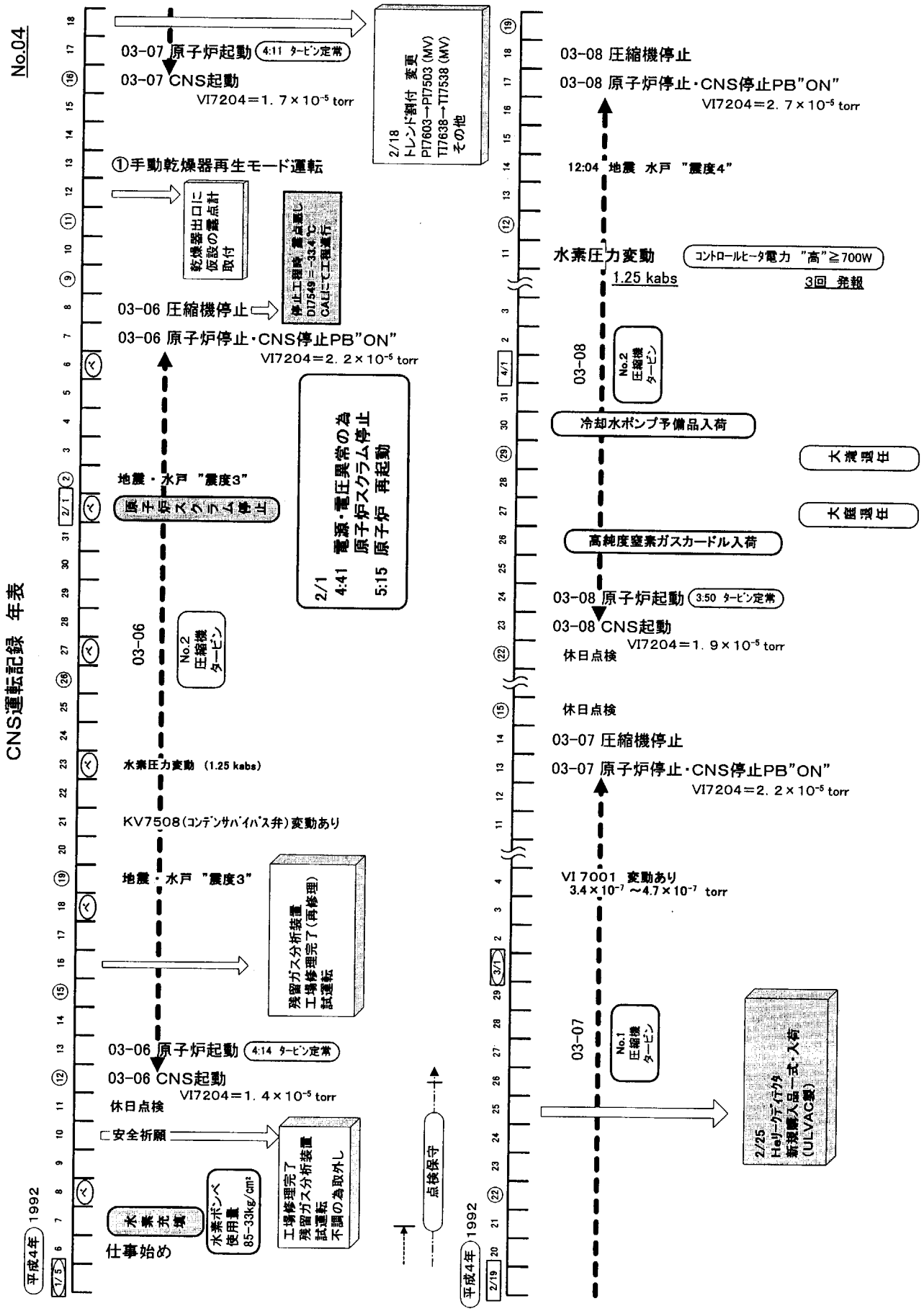
ベ	: 膨張ﾀｰﾋﾞﾝﾍﾞｱﾘﾝｸﾞｶﾞｽ補充
①	: 1号機
②	: 2号機
He置換中	: 水素緩衝ﾀﾝｸ水素格納部 ﾍﾘｳﾑ置換中
CB	: ｺｰﾙﾄﾞﾎﾞｯｸｽ
VI7204	: ｺﾝﾃﾞﾝｻ真空断熱槽真空圧力Ⅲ
VI7209	: 真空断熱用ﾍｯﾀﾞ真空圧力

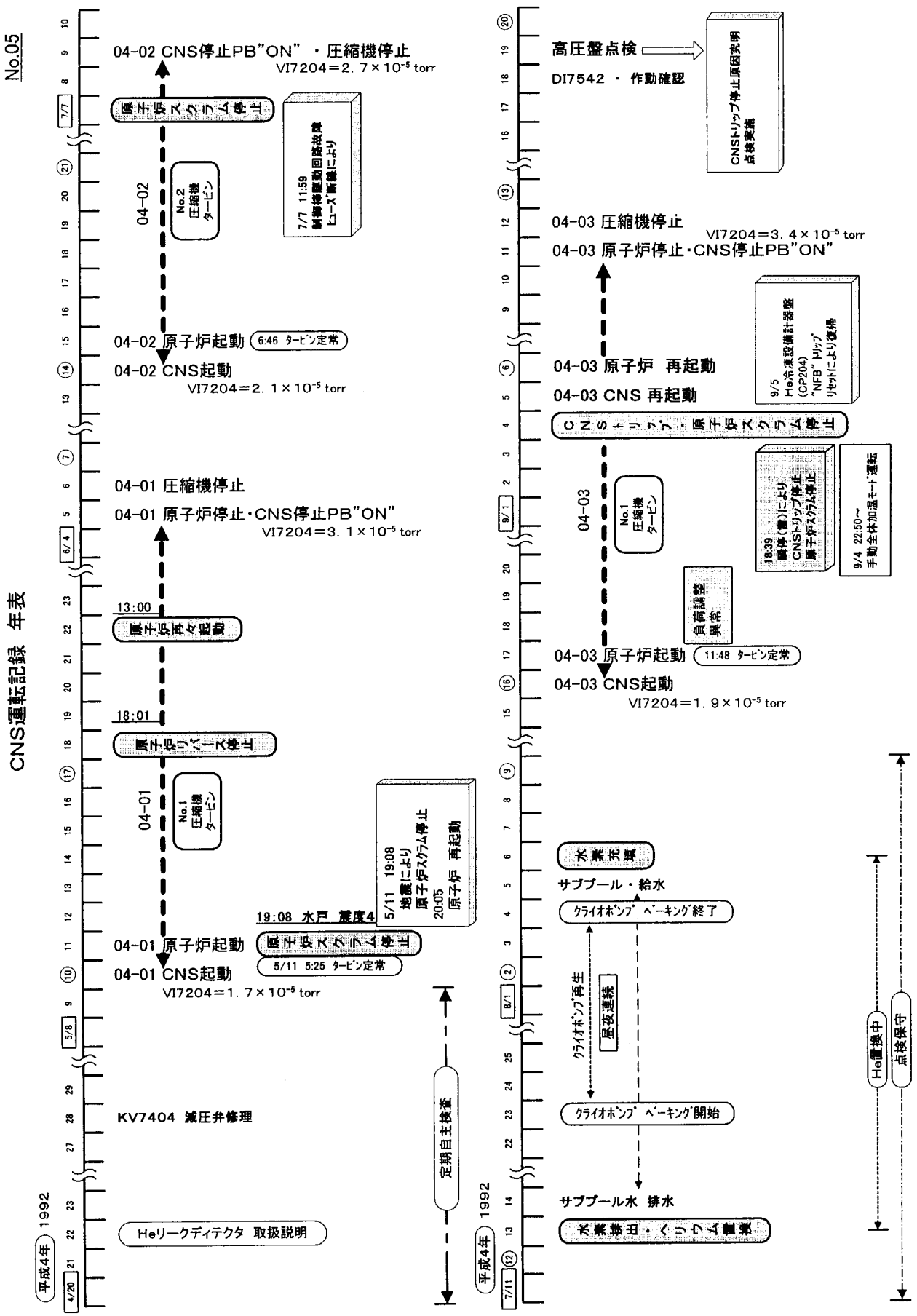
This is a blank page.

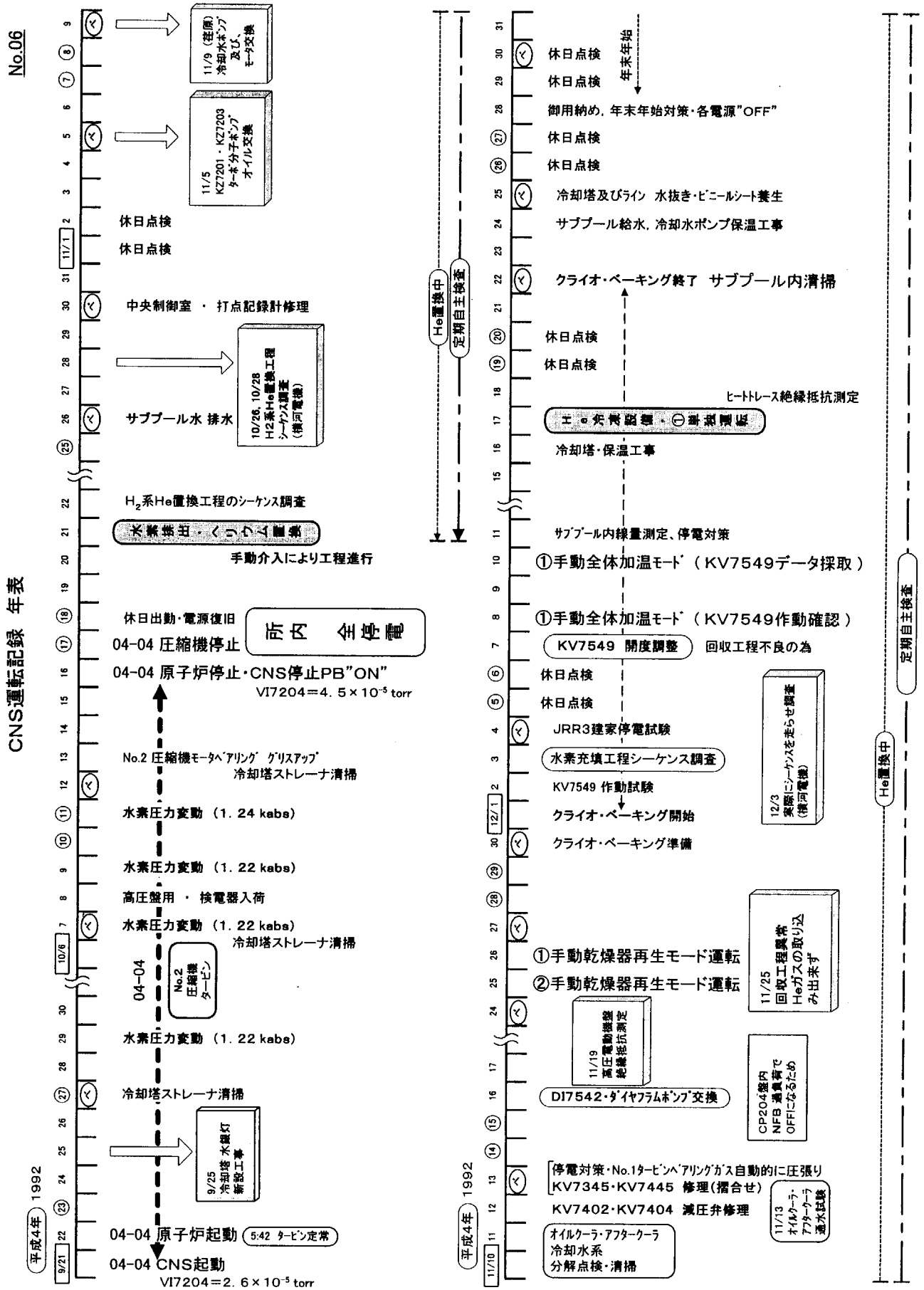

No.01
CNS運転記録 年表
平成2年 1990
年末年始
御用納め
サブプール水補給
水素抜出・くうかん置換
He置換中
点検保守
02-02 圧縮機停止
水ウォーマ冷却水系 水抜き
CNS停止PB "ON" VI7204＝1.3×10⁻⁵ torr
02-02 原子炉停止
02-02
No.2 圧縮機 タービン
コントロールヒータ電力 "高" ≧700W
02-02 原子炉起動
12/9 6:37 タービン定常
02-02 CNS起動
VI7204＝2.5×10⁻⁵ torr
02-01 圧縮機停止
02-01 原子炉停止・CNS停止PB "ON"
VI7204＝2.7×10⁻⁵ torr
コントロールヒータ電力 "高" ≧700W
02-01
No.1 圧縮機 タービン
2004.11.03
(CNS運転責任者)
小川健一
(CNS 運転員)
大滝、小寺、荒井、大庭
により、利用運転開始
02-01 原子炉起動
11/4 12:17 タービン定常
02-01 CNS起動
VI7204＝3.6×10⁻⁵ torr
②ヘリウム冷凍設備単独運転
②手動乾燥器再生モード運転
平成3年 1991
原子炉スクラム停止
02-04
No.2 圧縮機 タービン
3/12 16:39
原子炉スクラム停止
実験利用設備
(気送PN-1流量低下)により
02-04 原子炉起動
3/3 5:18 タービン定常
02-04 CNS起動
VI7204＝3.6×10⁻⁵ torr
運転責任
02-03 圧縮機停止
VI7204＝6.9×10⁻⁵ torr
02-03 原子炉停止・CNS停止PB "ON"
冷却水圧力異常 "高"
02-03
No.1 圧縮機 タービン
02-03 原子炉起動
1/27 6:21 タービン定常
02-03 CNS起動
VI7204＝1.5×10⁻⁵ torr
①手動乾燥器再生モード運転
水素充填
サブプール 給水
クライオポンプ ベーキング終了
クライオポンプ再生
クライオポンプ ベーキング開始
コンデンサ真空断熱槽 N₂ガス充填
サブプール排水・清掃
仕事始め
年末年始
He置換中
点検保守

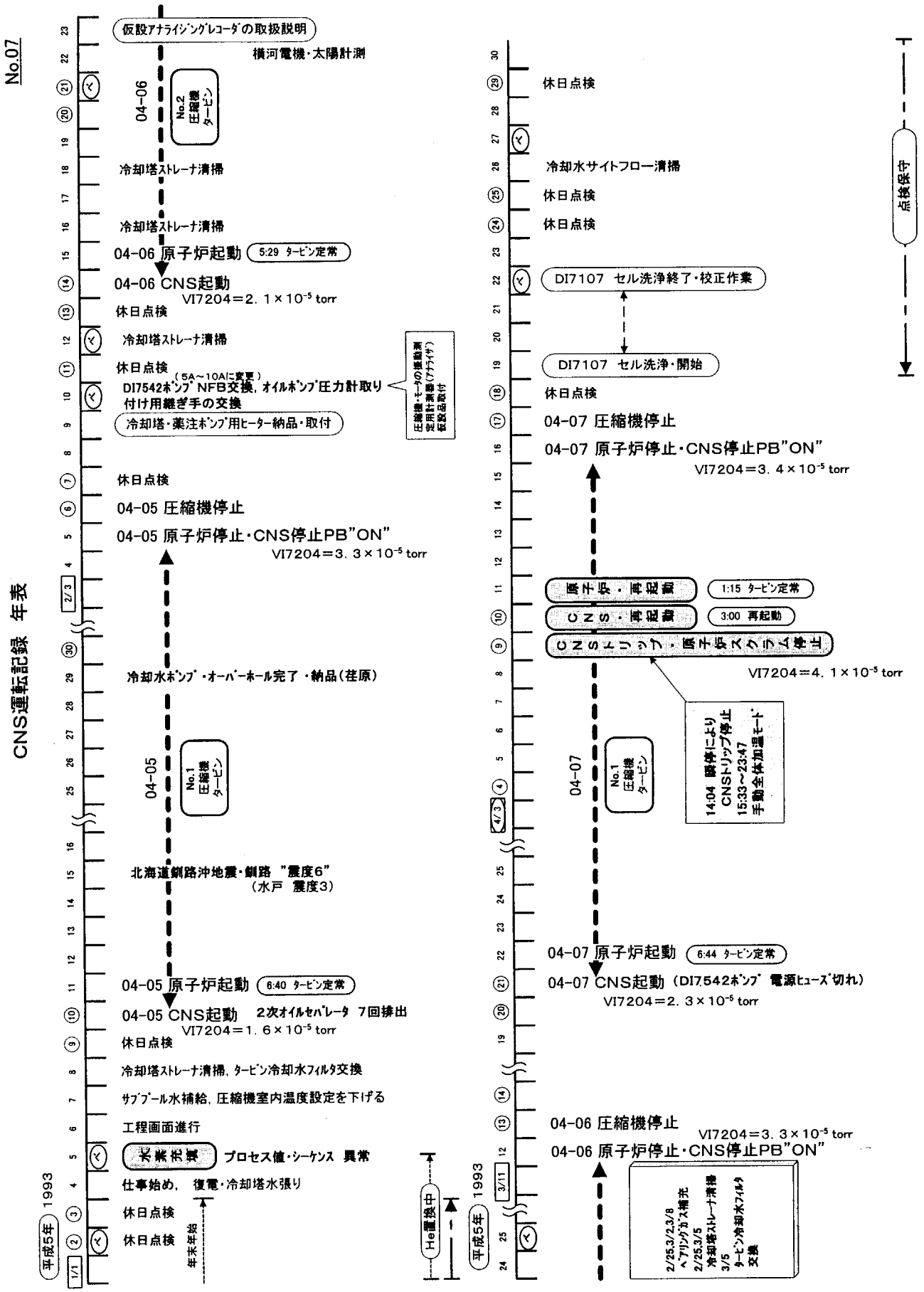

No.02
CNS運転記録 年表
平成3年 1991
②手動乾燥器再生モード運転
②手動全体加温モード運転
5/20→5/21（直体制）
5/20～5/22 露点改善のため、手動介入・手動弁操作実施
DI7549 露点確認作業
②手動乾燥器再生モード運転
5/13, 5/14, 5/15 DI7549の露点データが悪いため、再生ヒータ～熱交換器～乾燥器ラインに、He力スを充填・放出(KV7535,KV7544)の作業を繰り返し実施した。（上流・下流側からそれぞれ実施）DI7549 = 5.3 ～ -14.3 ℃
5/14, 5/15 KV7314 摺り合わせ
No.2 He圧縮機 5次オイルセパレータ・ベーキング
CB入口露点チェック
点検保守
03-01 圧縮機停止
03-01 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝2.7×10⁻⁵ torr
03-01
No.2 圧縮機 タービン
4/22 石崎着任
03-01 原子炉起動
5:46 タービン定常
03-01 CNS起動
VI7204＝2.0×10⁻⁵ torr
②手動乾燥器再生モード運転
乾燥器ベーキング
4/1～4/2 水ウォーマ Heリークチェック（ライザン）
3/31 小寺退任
02-04 圧縮機停止
02-04 原子炉停止・CNS停止PB "ON"
VI7204＝1.5×10⁻⁵ torr
3/30 CNS停止日 露点悪し DI7549>-24.6℃
02-04
No.2 圧縮機 タービン
3/19, 3/20 露点悪し 0.0～+0.1 ℃ 3/26 水ウォーマ 露点改善対策全議
水ウォーマ ベーキング
18:10 原子炉再起動
Heリークチェック 水ウォーマ冷却水水抜き
平成3年 1991
CNS停止PB"ON" ・圧縮機停止
03-03 原子炉停止
VI7204＝2.7×10⁻⁵ torr
03-03
No.2 圧縮機 タービン
7/15 No. 1タービンベアリングガス圧力が徐々に低下。KV7591→閉 PI7539=1.7 kg 7/16 SI7537 回転計検出部の増締めHeリークチェックを実施、関係する手動弁の開閉操作を行う。 PI7539=1.1 kg
03-03 原子炉起動
7:21 タービン定常
03-03 CNS起動
VI7204＝1.5×10⁻⁵ torr
VI7209 検出器・アンプ部交換
03-02 圧縮機停止
03-02 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝2.0×10⁻⁵ torr
6/25 13:30 原子炉 再起動
原子炉スクラム停止・再起動
12:49 地震・水戸 "震度4"
6/21 水素圧力変動(1.18～1.25 kabs)
03-02
No.1 圧縮機 タービン
6/19 中性子モニタ指示値 運転記録に記載開始
6/14 荒井退任
03-02 原子炉起動
6:42 タービン定常
03-02 CNS起動
VI7204＝1.2×10⁻⁵ torr
①手動乾燥器再生モード運転
①手動全体加温モード運転
①手動乾燥器再生モード運転
①手動乾燥器再生モード運転
(No.1) オイルポンプ・メカシール交換
6/6 No.1膨張タービンの低速回転が点灯しないため冷却水(ケーラー)部の開放点検を実施した。（ライザン）
点検保守

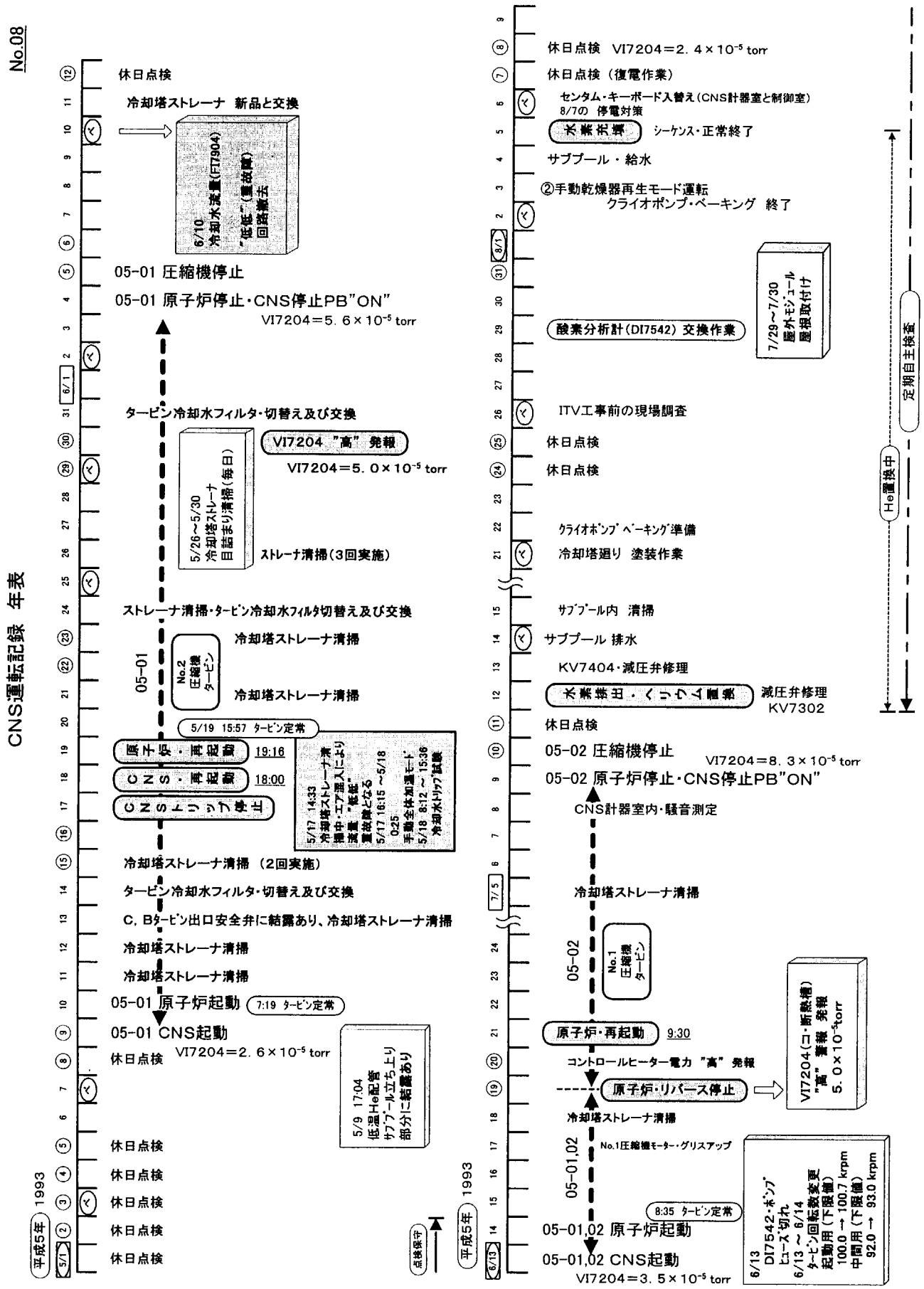

No.03
CNS運転記録 年表
平成3年 1991
平成4年 1992
冷却塔ヒートトレース 保障工事
水素充填
冷却塔ヒートトレース・取り付け工事
所内 全域停電
停電対策
①手動全体モード運転
No.1 蒸発タービン ベアリングガス補充 10/2 10/5 PI7539 0.1→0.4 kg
冷却塔 ペンキ塗装
サブプール・給水
10/1
①手動乾燥器再生モード運転
②手動乾燥器再生モード運転
①手動乾燥器再生モード運転
①手動乾燥器再生モード運転
9/26-9/28 乾燥器 ベーキング 実施
冷却塔ヒートトレース 保障工事
クライオポンプ ベーキング 終了・取外し
9/21 KV7528 取付位置 変更工事終了 9/24 耐圧・漏洩試験
オイルクーラ・アフタークーラ開放点検 開始
9/11～9/26 クライオベーキング
コ断熱槽・クライオポンプ ベーキング開始
9/7 サブプール水位計 校正作業 横河電機
ペンキ塗装・屋外モジュール円筒壁
4/20～4/21 絶縁抵抗測定
4/22～4/24 薬注ポンプ 点検
水素抜出・くりウム置換
He置換中
定期自主検査
休日点検
年末年始
休日点検
御用納め
①手動乾燥器再生モード運転
水素抜出・くりウム置換
炉室からの避難訓練
He置換中
点検保守
休日点検
休日点検
03-05 圧縮機停止
03-05 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝2.2×10⁻⁵ torr
12/18 残留ガス分析装置 工場修理の為 搬出作業
No.1 圧縮機 タービン
03-05
03-05 原子炉起動
5:44 タービン定常
03-05 CNS起動
VI7204＝1.6×10⁻⁵ torr
03-04 原子炉停止・CNS停止PB・圧縮機停止
VI7204＝2.2×10⁻⁵ torr
11/13 水素圧力変動 (1.18～1.25 kabs)
No.2 圧縮機 タービン
03-04
No.1蒸発タービン ベアリングガス補充 PI7539にて監視 第1回目(11/1) 0.2→0.7 kabs 第2回目 (11/5) 0.1→0.7 kabs 第3回目 (11/8) 0.2→0.7 kabs 第4回目 (11/11) 0.2→0.7 kabs 第5回目 (11/14) 0.2→0.7 kabs
KV7508 開度異常(全閉)となる。定検時の補正ミス
03-04 原子炉起動
6:06 タービン定常
03-04 CNS起動
VI7204＝1.5×10⁻⁵ torr
工程画面進行
冷却塔 圧力計交換
①手動乾燥器再生モード運転
冷却塔ヒートトレース 保障工事完了

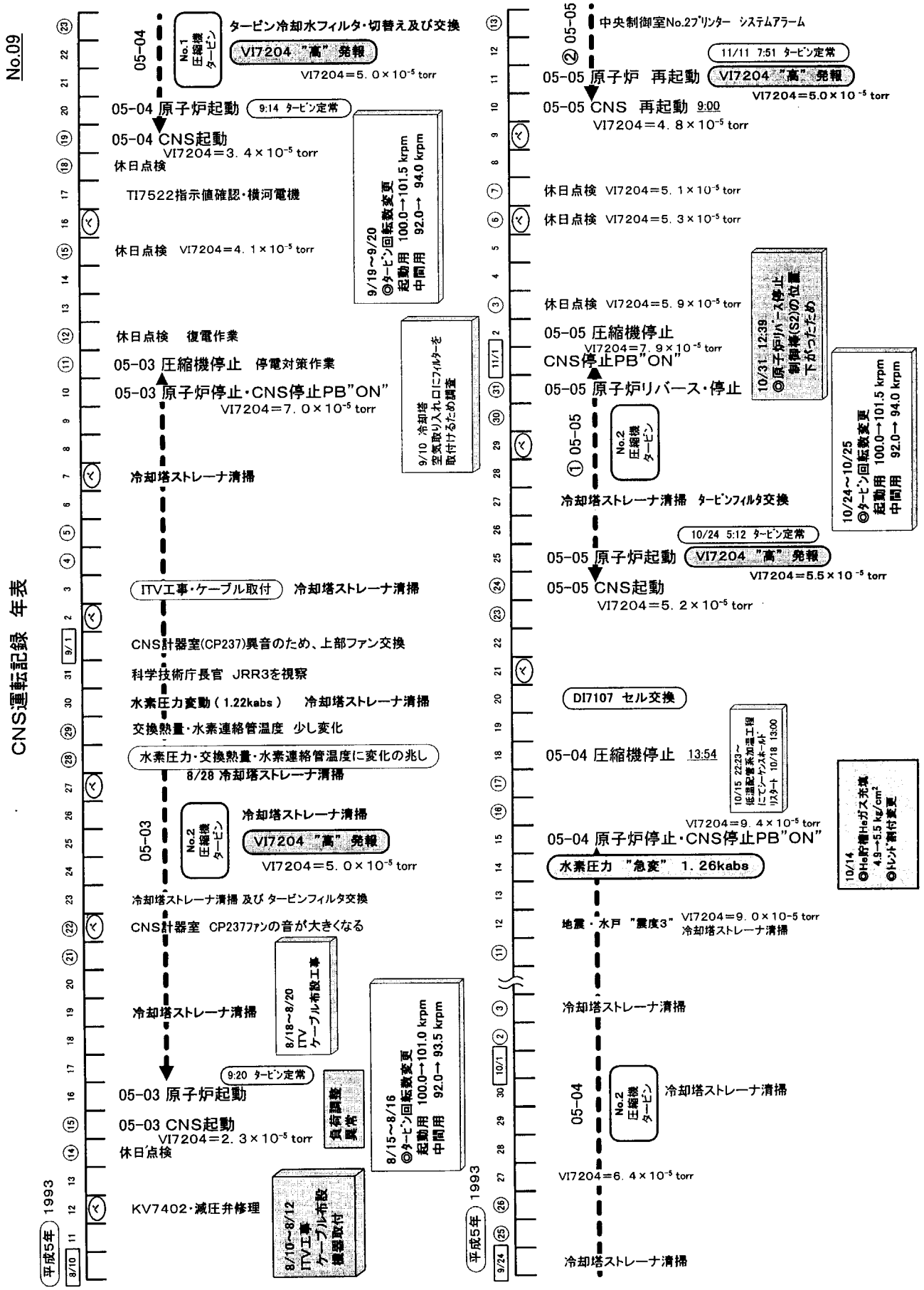

No.04
CNS運転記録 年表
平成4年 1992
1/5
仕事始め
水素充填
水素ボンベ使用量 85-33kg/cm²
□安全祈願
工場修理完了 残留ガス分析装置 試運転 不調の為取外し
03-06 CNS起動
VI7204＝1．4×10⁻⁵ torr
休日点検
03-06 原子炉起動 4:14 タービン定常
残留ガス分析装置 工場修理完了(再修理) 試運転
地震・水戸 "震度3"
KV7508(コンデンサバイパス弁)変動あり
水素圧力変動 (1.25 kabs)
03-06
No.2 圧縮機 タービン
2/1
原子炉スクラム停止
地震・水戸 "震度3"
2/1 4:41 電源・電圧異常の為 原子炉スクラム停止 5:15 原子炉 再起動
03-06 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝2．2×10⁻⁵ torr
03-06 圧縮機停止
停止工程表 露点測定 DI7549＝-33.4℃ CAEにて工程変行
乾燥器出口に仮設の露点計取付
①手動乾燥器再生モード運転
03-07 CNS起動
VI7204＝1．7×10⁻⁵ torr
03-07 原子炉起動 4:11 タービン定常
2/18 トレンド割付 変更 PI7603→PI7503 (MV) TI7638→TI7538 (MV) その他
点検保守
平成4年 1992
2/19
03-07 圧縮機停止
03-07 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝2．2×10⁻⁵ torr
休日点検
VI 7001 変動あり
3.4×10⁻⁷ ～4.7×10⁻⁷ torr
03-07
No.1 圧縮機 タービン
2/25 Heリークディテクタ 新規購入品一式・入荷 (ULVAC製)
休日点検
03-08 CNS起動
VI7204＝1．9×10⁻⁵ torr
03-08 原子炉起動 3:50 タービン定常
高純度窒素ガスカードル入荷
大潮退任
大臣退任
冷却水ポンプ予備品入荷
03-08
No.2 圧縮機 タービン
4/1
3回 発報
コントロールヒータ電力 "高"≧700W
水素圧力変動
1.25 kabs
12:04 地震 水戸 "震度4"
03-08 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝2．7×10⁻⁵ torr
03-08 圧縮機停止

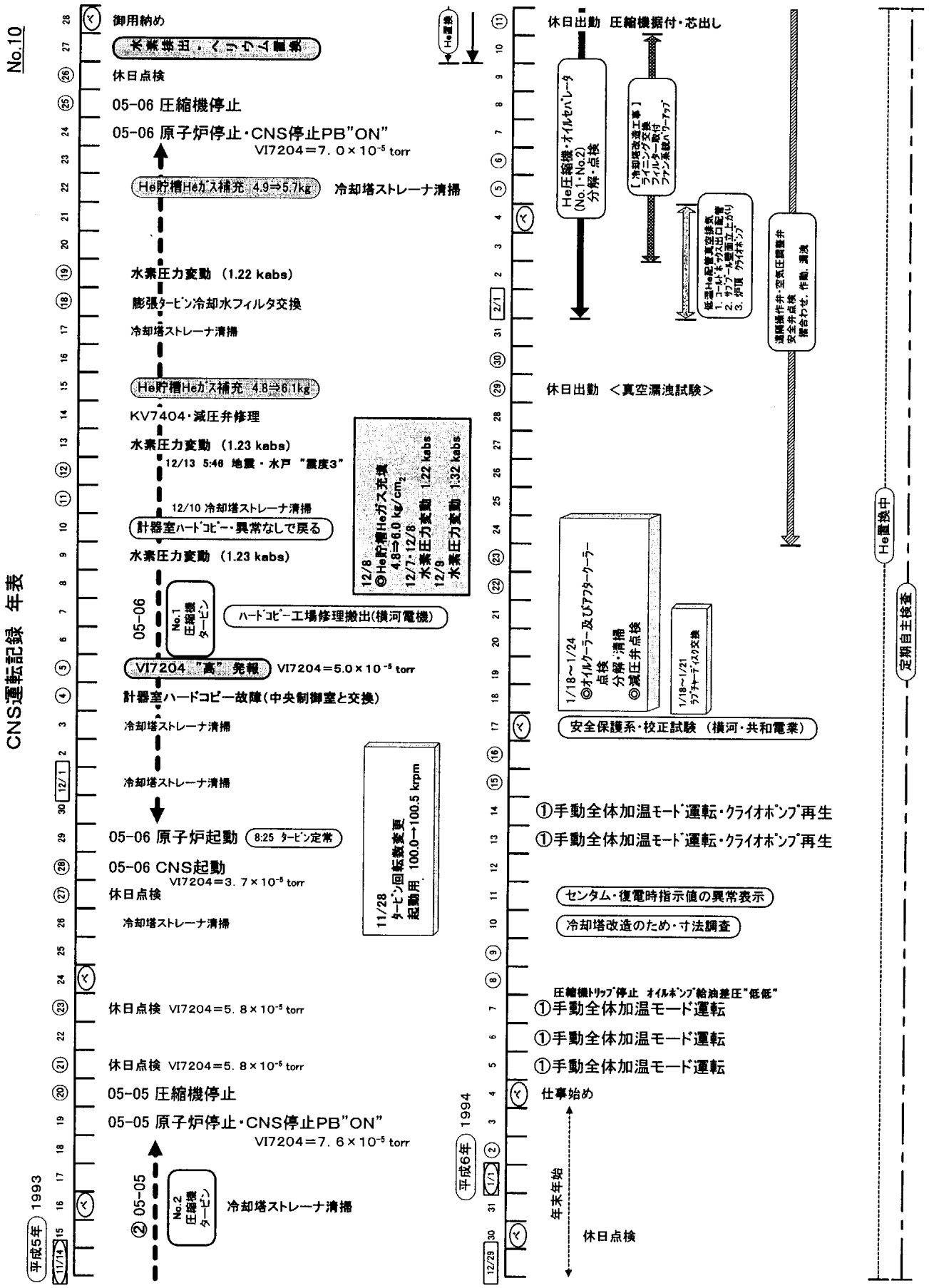

No.05
CNS運転記録 年表
04-02 CNS停止PB"ON" ・圧縮機停止
VI7204＝2. 7×10-5 torr
原子炉スクラム停止
04-02
No.2 圧縮機 タービン
7/7 11:59 制御棒駆動回路故障 ヒューズ断線により
04-02 原子炉起動
6:46 タービン定常
04-02 CNS起動
VI7204＝2. 1×10-5 torr
04-01 圧縮機停止
04-01 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝3. 1×10-5 torr
13:00
原子炉再々起動
18:01
原子炉リベース停止
04-01
No.1 圧縮機 タービン
5/11 19:08 地震により 原子炉スクラム停止 20:05 原子炉 再起動
19:08 水戸 震度4
04-01 原子炉起動
原子炉スクラム停止
5/11 5:25 タービン定常
04-01 CNS起動
VI7204＝1. 7×10-5 torr
KV7404 減圧弁修理
Heリークディテクタ 取扱説明
定期自主検査
高圧盤点検
DI7542 ・ 作動確認
CNSトリップ停止原因究明 点検実施
04-03 圧縮機停止
VI7204＝3. 4×10-5 torr
04-03 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
9/5 He冷凍設備計器盤 (CP204) "NFB" トリップ リセットにより復帰
04-03 原子炉 再起動
04-03 CNS 再起動
CNSトリップ・原子炉スクラム停止
04-03
No.1 圧縮機 タービン
18:39 瞬停(雷)により CNSトリップ停止 原子炉スクラム停止
9/4 22:50～ 手動全体加温モード運転
負荷調整 異常
04-03 原子炉起動
11:48 タービン定常
04-03 CNS起動
VI7204＝1. 9×10-5 torr
水素充填
サブプール・給水
クライオポンプ ベーキング終了
クライオポンプ再生
昼夜連続
クライオポンプ ベーキング開始
サブプール水 排水
水素排出・くりかえし置換
He置換中
点検保守
平成4年 1992
4/20
5/8
6/4
7/7
8/1
9/1
7/11

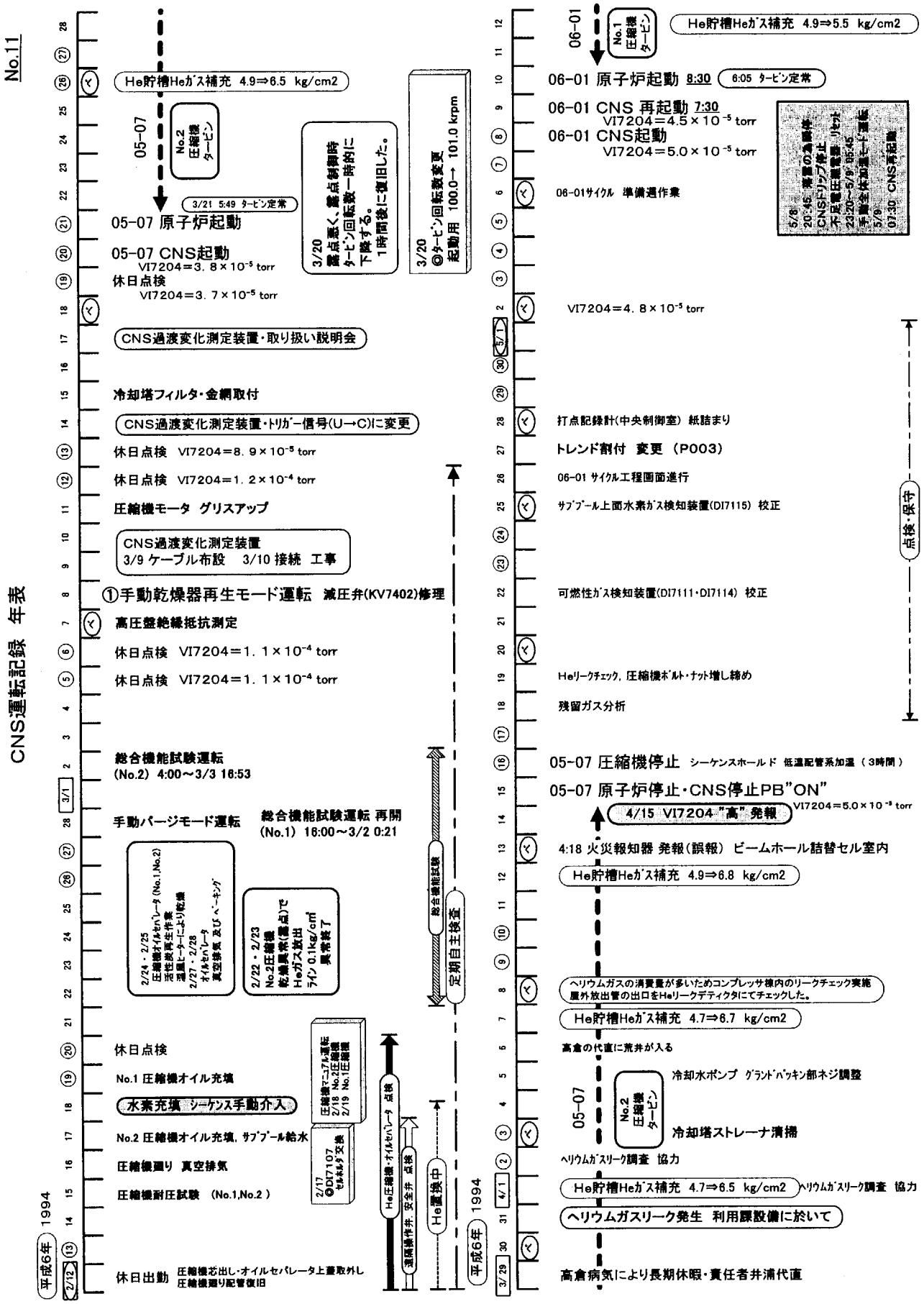

No.06
CNS運転記録 年表
平成4年 1992
9/21
10/6
11/1
11/10
12/1
11/9（住原）冷却水ポンプ及び、モータ交換
11/5 KZ7201・KZ7203 ターボ分子ポンプ オイル交換
休日点検
休日点検
中央制御室 ・ 打点記録計修理
サブプール水 排水
10/26, 10/28 H2系He置換工程 シーケンス調査（横河電機）
H2系He置換工程のシーケンス調査
水素抜出・くりかえし置換
手動介入により工程進行
休日出勤・電源復旧
所内 全停電
04-04 圧縮機停止
04-04 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝4.5×10-5 torr
No.2 圧縮機モータベアリング グリスアップ
冷却塔ストレーナ清掃
水素圧力変動（1.24 kabs）
水素圧力変動（1.22 kabs）
高圧盤用 ・ 検電器入荷
水素圧力変動（1.22 kabs）
冷却塔ストレーナ清掃
04-04
No.2 圧縮機 タービン
水素圧力変動（1.22 kabs）
冷却塔ストレーナ清掃
9/25 冷却塔 水銀灯 新設工事
04-04 原子炉起動
5:42 タービン定常
04-04 CNS起動
VI7204＝2.6×10-5 torr
He置換中
定期自主検査
年末年始
休日点検
休日点検
御用納め，年末年始対策・各電源"OFF"
休日点検
休日点検
冷却塔及びライン 水抜き・ビニールシート養生
サブプール給水，冷却水ポンプ保温工事
クライオ・ベーキング終了 サブプール内清掃
休日点検
休日点検
ヒートトレース絶縁抵抗測定
He炉常温・①常温置換
冷却塔・保温工事
サブプール内線量測定、停電対策
①手動全体加温モード（KV7549データ採取）
①手動全体加温モード（KV7549作動確認）
KV7549 開度調整
回収工程不良の為
休日点検
休日点検
JRR3建家停電試験
水素充填工程シーケンス調査
KV7549 作動試験
クライオ・ベーキング開始
クライオ・ベーキング準備
12/3 実際にシーケンスを走らせ調査（横河電機）
①手動乾燥器再生モード運転
②手動乾燥器再生モード運転
11/25 回収工程異常 Heガスの取り込み出来ず
11/19 高圧電動機器 絶縁抵抗測定
DI7542・ダイヤフラムポンプ交換
CP204盤内 NFB 過負荷で OFFになるため
停電対策・No.1タービンベアリングガス自動的に圧張り
KV7345・KV7445 修理（摺合せ）
KV7402・KV7404 減圧弁修理
11/13 オイルクーラ・アフタークーラ 通水試験
オイルクーラ・アフタークーラ 冷却水系 分解点検・清掃
He置換中
定期自主検査

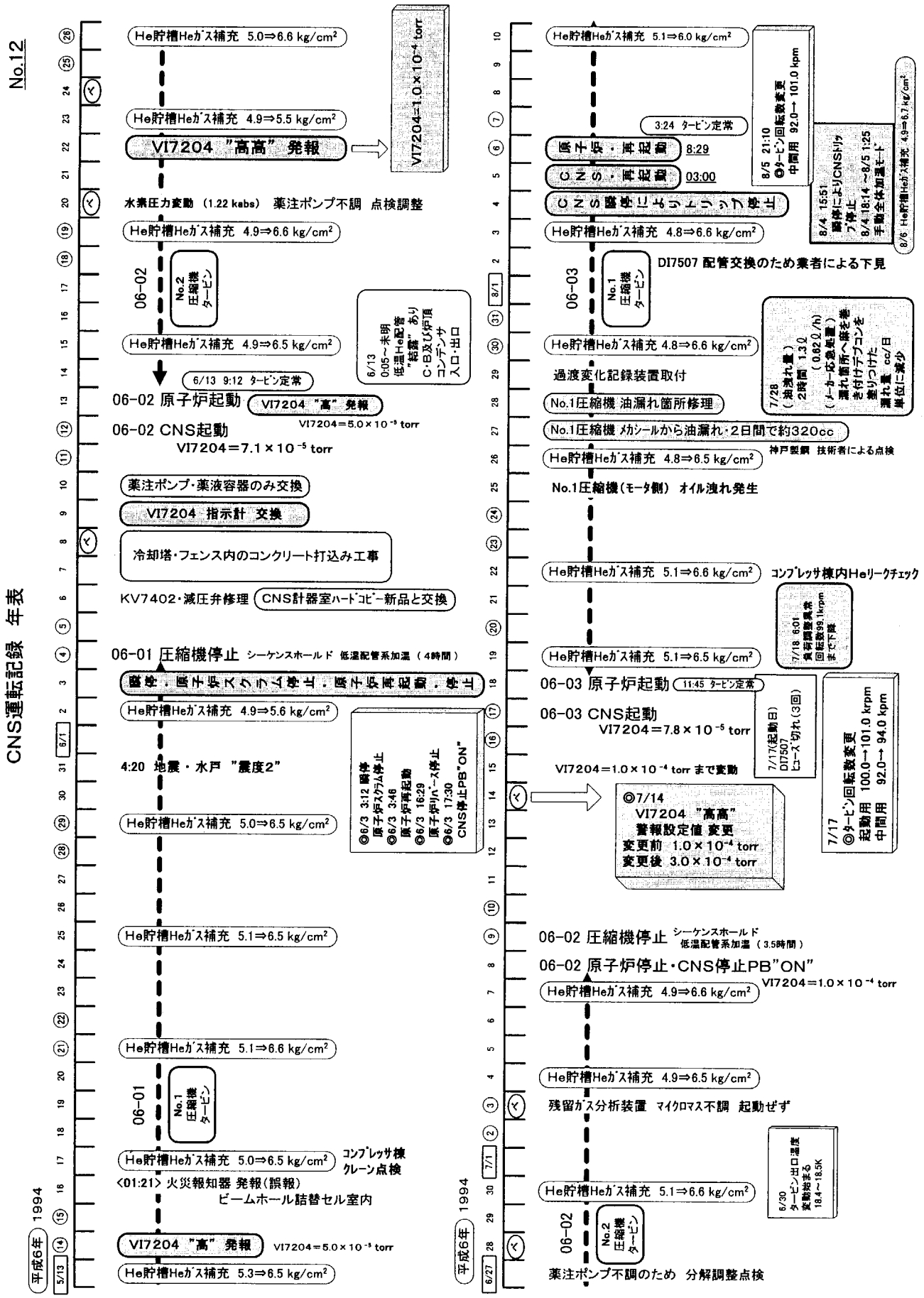

No.07
CNS運転記録 年表
平成5年 1993
仮設アナライジングレコーダの取扱説明
横河電機・太陽計測
04-06
No.2 圧縮機 タービン
冷却塔ストレーナ清掃
冷却塔ストレーナ清掃
04-06 原子炉起動
5:29 タービン定常
04-06 CNS起動
VI7204＝2．1×10⁻⁵ torr
休日点検
冷却塔ストレーナ清掃
休日点検
（5A～10Aに変更）
DI7542ポンプ NFB交換，オイルポンプ圧力計取り付け用継ぎ手の交換
冷却塔・薬注ポンプ用ヒーター納品・取付
圧縮機・モータの振動測定用計測器（ブラインゲ）転記品取付
休日点検
04-05 圧縮機停止
04-05 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝3．3×10⁻⁵ torr
2/3
冷却水ポンプ・オーバーホール完了・納品（荏原）
04-05
No.1 圧縮機 タービン
北海道釧路沖地震・釧路 "震度6"
（水戸 震度3）
04-05 原子炉起動
6:40 タービン定常
04-05 CNS起動 2次オイルセパレータ 7回排出
VI7204＝1．6×10⁻⁵ torr
休日点検
冷却塔ストレーナ清掃，タービン冷却水フィルタ交換
サププール水補給，圧縮機室内温度設定を下げる
工程画面進行
大晦日異
プロセス値・シーケンス 異常
仕事始め，復電・冷却塔水張り
休日点検
休日点検
年末年始
He置換中
3/11
休日点検
冷却水サイトフロー清掃
休日点検
休日点検
DI7107 セル洗浄終了・校正作業
DI7107 セル洗浄・開始
休日点検
04-07 圧縮機停止
04-07 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝3．4×10⁻⁵ torr
原子炉・再起動
1:15 タービン定常
CNSの・再起動
3:00 再起動
CNSのトリップ・原子炉スクラム停止
VI7204＝4．1×10⁻⁵ torr
14:04 瞬停により CNSトリップ停止 15:33～23:47 手動全体加温モード
04-07
No.1 圧縮機 タービン
4/3
04-07 原子炉起動
6:44 タービン定常
04-07 CNS起動（DI7542ポンプ 電源ヒューズ切れ）
VI7204＝2．3×10⁻⁵ torr
04-06 圧縮機停止
VI7204＝3．3×10⁻⁵ torr
04-06 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
2/25,3/2,3/8 ヘアリングガス補充
2/25,3/5 冷却塔ストレーナ清掃
3/5 タービン冷却水フィルタ交換
点検保守

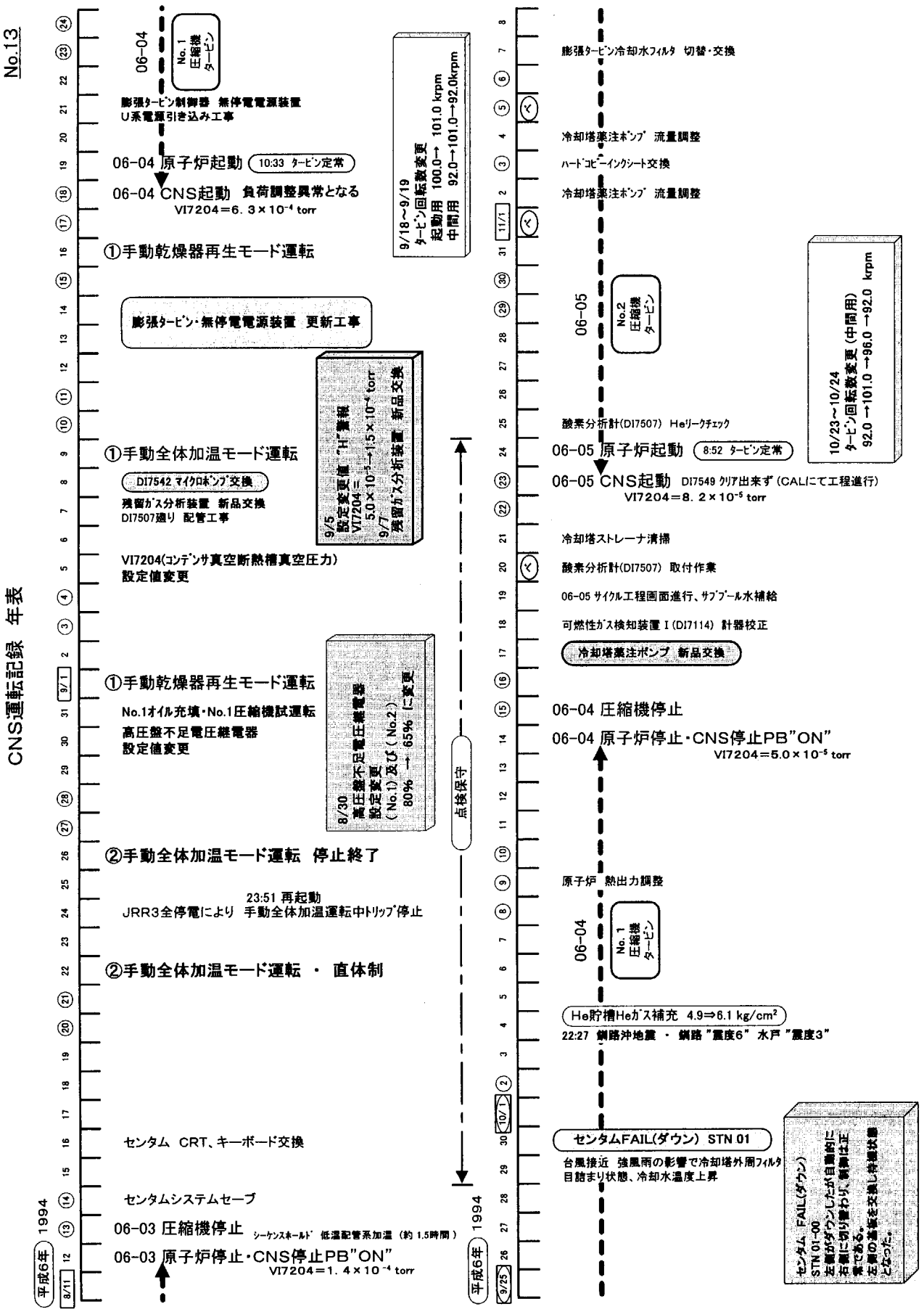

No.08
CNS運転記録 年表
平成5年 1993
休日点検
冷却塔ストレーナ 新品と交換
6/10 冷却水流量(FI7904) "低低" (重故障) 回路撤去
05-01 圧縮機停止
05-01 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204=5. 6×10-5 torr
タービン冷却水フィルタ・切替え及び交換
VI7204 "高" 発報
VI7204=5. 0×10-5 torr
5/26~5/30 冷却塔ストレーナ 目詰まり清掃(毎日)
ストレーナ清掃(3回実施)
ストレーナ清掃・タービン冷却水フィルタ切替え及び交換
冷却塔ストレーナ清掃
05-01
No.2 圧縮機 タービン
冷却塔ストレーナ清掃
5/19 15:57 タービン定常
原子炉・再起動 19:16
CNS・再起動 18:00
CNSトリップ停止
5/17 14:33 冷却塔ストレーナ清掃中・エア混入により 流量 "低低" 重故障となる 5/17 16:15 ~5/18 0:25 手動全体加温モード 5/18 8:12 ~ 15:36 冷却水トリップ試験
冷却塔ストレーナ清掃 (2回実施)
タービン冷却水フィルタ・切替え及び交換
C, Bタービン出口安全弁に結露あり、冷却塔ストレーナ清掃
冷却塔ストレーナ清掃
冷却塔ストレーナ清掃
05-01 原子炉起動 7:19 タービン定常
05-01 CNS起動
VI7204=2. 6×10-5 torr
5/9 17:04 低温He配管 サブプール立ち上り 部分に結露あり
休日点検
点検保守
平成5年 1993
休日点検 VI7204=2. 4×10-5 torr
休日点検 (復電作業)
センタム・キーボード入替え(CNS計器室と制御室)
8/7の 停電対策
水素充填 シーケンス・正常終了
サブプール・給水
②手動乾燥器再生モード運転
クライオポンプ・ベーキング 終了
酸素分析計(DI7542) 交換作業
7/29~7/30 屋外モジュール 屋根取付け
ITV工事前の現場調査
休日点検
休日点検
クライオポンプ ベーキング準備
冷却塔廻り 塗装作業
サブプール内 清掃
サブプール 排水
KV7404・減圧弁修理
水素供給・クリウム置換
減圧弁修理 KV7302
休日点検
05-02 圧縮機停止
VI7204=8. 3×10-5 torr
05-02 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
CNS計器室内・騒音測定
冷却塔ストレーナ清掃
05-02
No.1 圧縮機 タービン
原子炉・再起動 9:30
コントロールヒーター電力 "高" 発報
原子炉・リバース停止
VI7204(コ・断熱槽) "高" 警報 発報 5. 0×10-5torr
冷却塔ストレーナ清掃
No.1圧縮機モーター・グリスアップ
05-01,02
8:35 タービン定常
05-01,02 原子炉起動
05-01,02 CNS起動
VI7204=3. 5×10-5 torr
6/13 DI7542・ポンプ ヒューズ切れ 6/13 ~ 6/14 タービン回転数変更 起動用(下限値) 100.0 → 100.7 krpm 中間用(下限値) 92.0 → 93.0 krpm
He置換中
定期自主検査

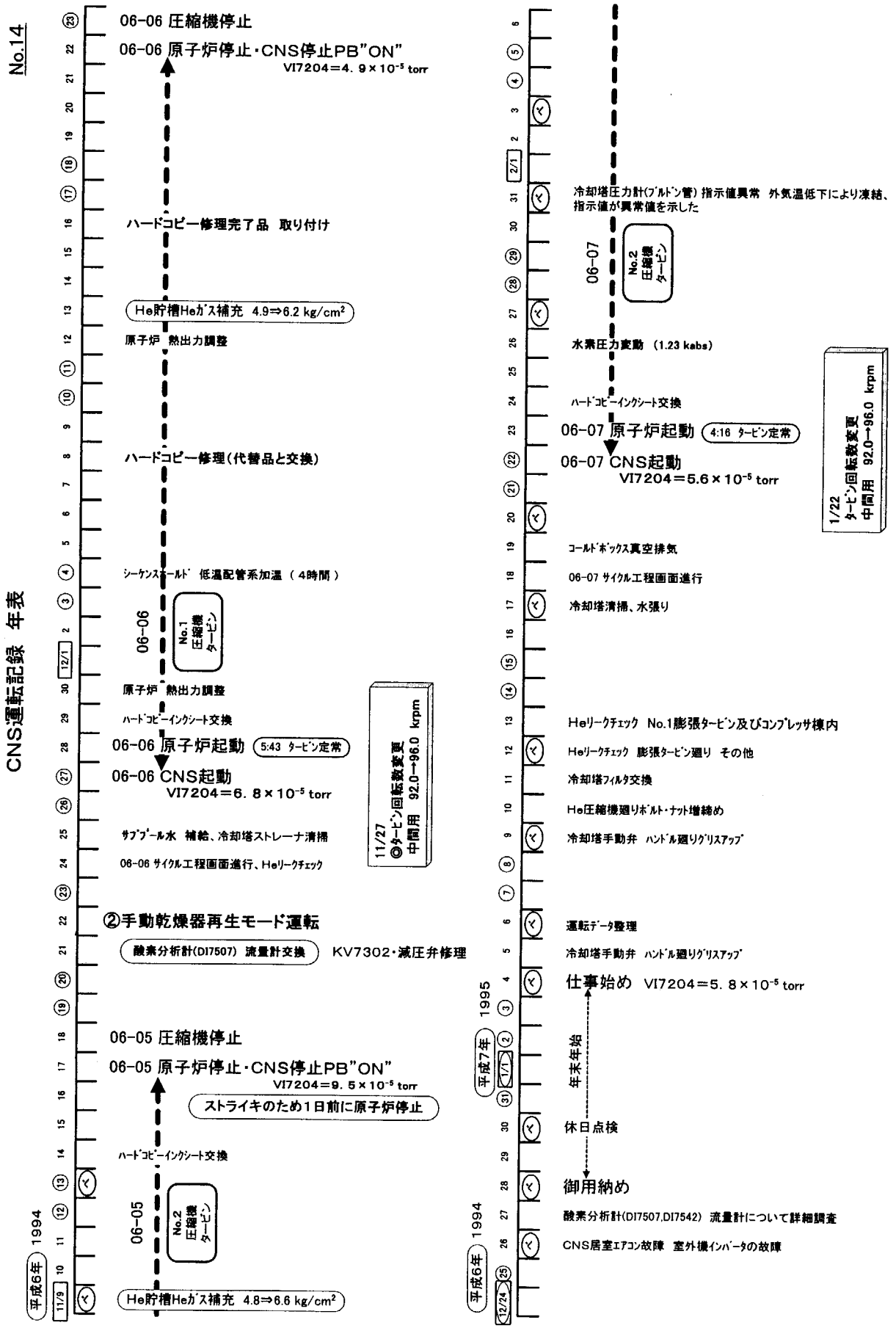

No.09
CNS運転記録 年表
平成5年 1993
8/10
05-04
No.1 圧縮機 タービン
タービン冷却水フィルタ・切替え及び交換
VI7204 "高" 発報
VI7204=5.0×10-5 torr
05-04 原子炉起動
9:14 タービン定常
05-04 CNS起動
VI7204=3.4×10-5 torr
休日点検
TI7522指示値確認・横河電機
休日点検 VI7204=4.1×10-5 torr
9/19~9/20
◎タービン回転数変更
起動用 100.0→101.5 krpm
中間用 92.0→ 94.0 krpm
休日点検 復電作業
05-03 圧縮機停止 停電対策作業
05-03 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204=7.0×10-5 torr
9/10 冷却塔
空気取り入れ口にフィルターを
取付けるため調査
冷却塔ストレーナ清掃
ITV工事・ケーブル取付
冷却塔ストレーナ清掃
CNS計器室(CP237)異音のため、上部ファン交換
科学技術庁長官 JRR3を視察
水素圧力変動(1.22kabs) 冷却塔ストレーナ清掃
交換熱量・水素連絡管温度 少し変化
水素圧力・交換熱量・水素連絡管温度に変化の兆し
8/28 冷却塔ストレーナ清掃
05-03
No.2 圧縮機 タービン
冷却塔ストレーナ清掃
VI7204 "高" 発報
VI7204=5.0×10-5 torr
冷却塔ストレーナ清掃 及び タービンフィルタ交換
CNS計器室 CP237ファンの音が大きくなる
冷却塔ストレーナ清掃
8/18~8/20
ITV
ケーブル布設工事
9:20 タービン定常
05-03 原子炉起動
負荷調整
異常
05-03 CNS起動
VI7204=2.3×10-5 torr
休日点検
8/15~8/16
◎タービン回転数変更
起動用 100.0→101.0 krpm
中間用 92.0→ 93.5 krpm
KV7402・減圧弁修理
8/10~8/12
ITV工事
ケーブル布設
機器取付
平成5年 1993
9/24
② 05-05
中央制御室No.2プリンター システムアラーム
11/11 7:51 タービン定常
05-05 原子炉 再起動
VI7204 "高" 発報
VI7204=5.0×10-5 torr
05-05 CNS 再起動 9:00
VI7204=4.8×10-5 torr
休日点検 VI7204=5.1×10-5 torr
休日点検 VI7204=5.3×10-5 torr
休日点検 VI7204=5.9×10-5 torr
05-05 圧縮機停止
VI7204=7.9×10-5 torr
CNS停止PB"ON"
05-05 原子炉リバース・停止
10/31 12:39
◎原子炉リバース停止
制御棒(S2)の位置
下がったため
① 05-05
No.2 圧縮機 タービン
冷却塔ストレーナ清掃 タービンフィルタ交換
10/24~10/25
◎タービン回転数変更
起動用 100.0→101.5 krpm
中間用 92.0→ 94.0 krpm
10/24 5:12 タービン定常
05-05 原子炉起動
VI7204 "高" 発報
VI7204=5.5×10-5 torr
05-05 CNS起動
VI7204=5.2×10-5 torr
DI7107 セル交換
05-04 圧縮機停止 13:54
10/15 22:23~
低温配管系加温工程
にてシーケンスホールド
リスタート 10/18 13:00
VI7204=9.4×10-5 torr
05-04 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
水素圧力 "急変" 1.26kabs
10/14
◎He貯槽Heガス充填
4.9→5.5 kg/cm2
◎トレンド割付変更
地震・水戸 "震度3" VI7204=9.0×10-5 torr
冷却塔ストレーナ清掃
冷却塔ストレーナ清掃
10/1
05-04
No.2 圧縮機 タービン
冷却塔ストレーナ清掃
VI7204=6.4×10-5 torr
冷却塔ストレーナ清掃

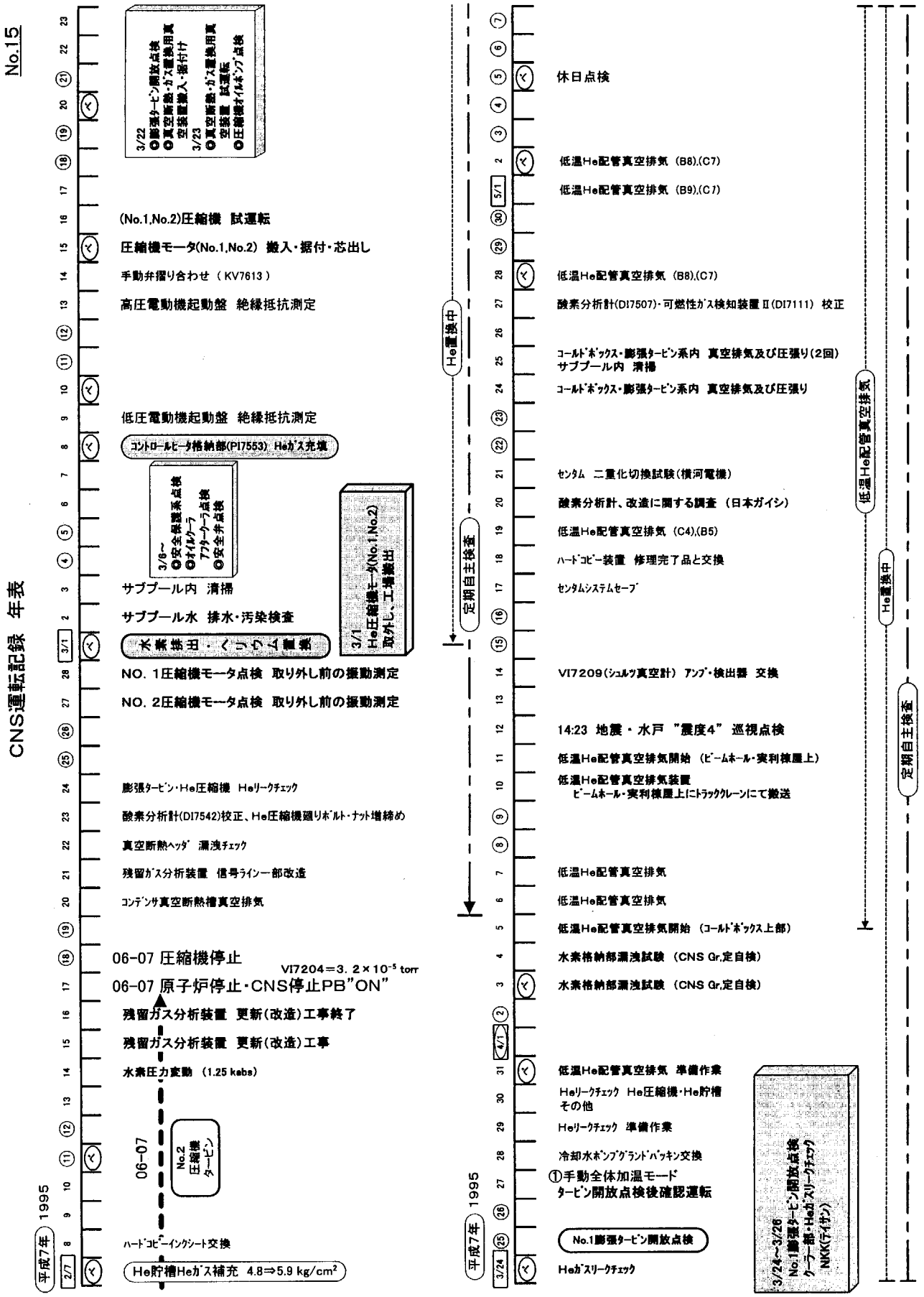

No.10
CNS運転記録 年表
平成5年 1993
11/14
御用納め
水素漏洩・くりウイ漏洩
休日点検
05-06 圧縮機停止
05-06 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝7.0×10⁻⁵ torr
He貯槽Heガス補充 4.9⇒5.7kg
冷却塔ストレーナ清掃
水素圧力変動 (1.22 kabs)
膨張タービン冷却水フィルタ交換
冷却塔ストレーナ清掃
He貯槽Heガス補充 4.8⇒6.1kg
KV7404・減圧弁修理
水素圧力変動 (1.23 kabs)
12/13 5:46 地震・水戸 "震度3"
12/10 冷却塔ストレーナ清掃
計器室ハードコピー・異常なしで戻る
水素圧力変動 (1.23 kabs)
05-06
No.1 圧縮機 タービン
ハードコピー工場修理搬出(横河電機)
VI7204 "高" 発報
VI7204＝5.0×10⁻⁵ torr
計器室ハードコピー故障(中央制御室と交換)
冷却塔ストレーナ清掃
12/1
冷却塔ストレーナ清掃
05-06 原子炉起動
8:25 タービン定常
05-06 CNS起動
VI7204＝3.7×10⁻⁵ torr
休日点検
冷却塔ストレーナ清掃
12/8
◎He貯槽Heガス充填
4.8⇒6.0 kg/cm²
12/7・12/8
水素圧力変動 1.22 kabs
12/9
水素圧力変動 1.32 kabs
11/28
タービン回転数変更
起動用 100.0→100.5 krpm
休日点検 VI7204＝5.8×10⁻⁵ torr
休日点検 VI7204＝5.8×10⁻⁵ torr
05-05 圧縮機停止
05-05 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝7.6×10⁻⁵ torr
② 05-05
No.2 圧縮機 タービン
冷却塔ストレーナ清掃
平成6年 1994
12/29
1/1
2/1
He置換
休日出動 圧縮機据付・芯出し
He圧縮機・オイルセパレータ (No.1・No.2) 分解・点検
【冷却塔改造工事】 ライニング交換 フィルター取付 ファン系統パワーアップ
低温He配管真空排気 1. コールドキャップ出口配管 2. サブプール壁面立上がり 3. 炉頂 クライオポンプ
漏洩検査・空気圧調整弁 安全弁点検 接合わせ、作動、漏洩
休日出動 <真空漏洩試験>
1/18～1/24
◎オイルクーラー及びアフタークーラー 点検 分解・清掃 ◎減圧弁点検
1/18～1/21
ラプチャーディスク交換
安全保護系・校正試験 (横河・共和電業)
①手動全体加温モード運転・クライオポンプ再生
①手動全体加温モード運転・クライオポンプ再生
センタム・復電時指示値の異常表示
冷却塔改造のため・寸法調査
圧縮機トリップ停止 オイルポンプ給油差圧"低低"
①手動全体加温モード運転
①手動全体加温モード運転
①手動全体加温モード運転
仕事始め
年末年始
休日点検
He置換中
定期自主検査

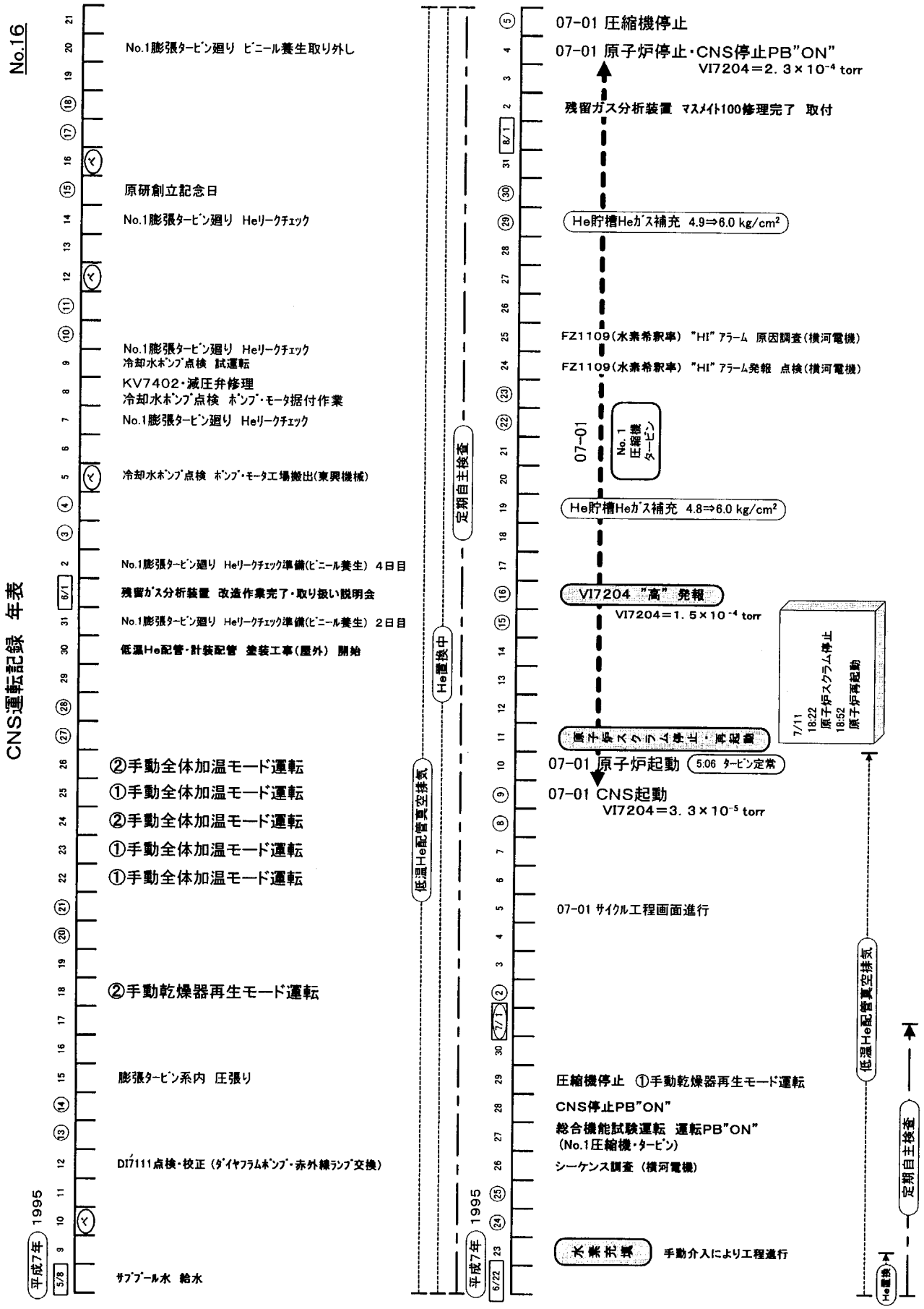

No.11
CNS運転記録 年表
平成6年 1994
He貯槽Heガス補充 4.9⇒6.5 kg/cm2
05-07
No.2 圧縮機 タービン
3/21 5:49 タービン定常
05-07 原子炉起動
05-07 CNS起動
VI7204＝3.8×10⁻⁵ torr
休日点検
VI7204＝3.7×10⁻⁵ torr
3/20 露点悪く、露点制御時 タービン回転数一時的に 下降する。 1時間後に復旧した。
3/20 ◎タービン回転数変更 起動用 100.0→ 101.0 krpm
CNS過渡変化測定装置・取り扱い説明会
冷却塔フィルタ・金網取付
CNS過渡変化測定装置・トリガー信号(U→C)に変更
休日点検 VI7204＝8.9×10⁻⁵ torr
休日点検 VI7204＝1.2×10⁻⁴ torr
圧縮機モータ グリスアップ
CNS過渡変化測定装置
3/9 ケーブル布設 3/10 接続 工事
①手動乾燥器再生モード運転 減圧弁(KV7402)修理
高圧盤絶縁抵抗測定
休日点検 VI7204＝1.1×10⁻⁴ torr
休日点検 VI7204＝1.1×10⁻⁴ torr
総合機能試験運転
(No.2) 4:00～3/3 16:53
手動パージモード運転
総合機能試験運転 再開
(No.1) 16:00～3/2 0:21
2/24・2/25 圧縮機オイルセパレータ(No.1,No.2) 活性炭再生作業 温風ヒーターにより乾燥
2/27・2/28 オイルセパレータ 真空排気 及びベーキング
2/22・2/23 No.2圧縮機 乾燥異常(露点)で Heガス放出 ライン0.1kg/cm² 異常終了
総合機能試験
定期自主検査
休日点検
No.1 圧縮機オイル充填
水素充填 シーケンス手動介入
No.2 圧縮機オイル充填, サブプール給水
圧縮機廻り 真空排気
圧縮機耐圧試験 (No.1,No.2)
圧縮機マニュアル運転 2/18 No.2圧縮機 2/19 No.1圧縮機
2/17 ◎DV7107 ゼルボルダ交換
He圧縮機・オイルセパレータ 点検
運転操作弁, 安全弁 点検
He置換中
休日出勤 圧縮機芯出し・オイルセパレータ上蓋取外し 圧縮機廻り配管復旧
平成6年 1994
06-01
No.1 圧縮機 タービン
He貯槽Heガス補充 4.9⇒5.5 kg/cm2
06-01 原子炉起動 8:30
6:05 タービン定常
06-01 CNS 再起動 7:30
VI7204＝4.5×10⁻⁵ torr
06-01 CNS起動
VI7204＝5.0×10⁻⁵ torr
5/6 20:45 異音の為停止 CNSポンプ停止 不足電圧電源 リセット 23:20～5/9 05:45 手動全体加温モード運転 5/9 07:30 CNS再起動
06-01サイクル 準備運作業
VI7204＝4.8×10⁻⁵ torr
打点記録計(中央制御室) 紙詰まり
トレンド割付 変更 (P003)
06-01 サイクル工程画面進行
サブプール上面水素ガス検知装置(DI7115) 校正
可燃性ガス検知装置(DI7111・DI7114) 校正
Heリークチェック, 圧縮機ボルト・ナット増し締め
残留ガス分析
点検・保守
05-07 圧縮機停止 シーケンスホールド 低温配管系加温 (3時間)
05-07 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
4/15 VI7204 "高" 発報
VI7204＝5.0×10⁻⁵ torr
4:18 火災報知器 発報(誤報) ビームホール詰替セル室内
He貯槽Heガス補充 4.9⇒6.8 kg/cm2
ヘリウムガスの消費量が多いためコンプレッサ線内のリークチェック実施 屋外放出管の出口をHeリークデティクタにてチェックした。
He貯槽Heガス補充 4.7⇒6.7 kg/cm2
高倉の代直に荒井が入る
05-07
No.2 圧縮機 タービン
冷却水ポンプ グランドパッキン部ネジ調整
冷却塔ストレーナ清掃
ヘリウムガスリーク調査 協力
He貯槽Heガス補充 4.7⇒6.5 kg/cm2
ヘリウムガスリーク調査 協力
ヘリウムガスリーク発生 利用課設備に於いて
高倉病気により長期休暇・責任者井浦代直

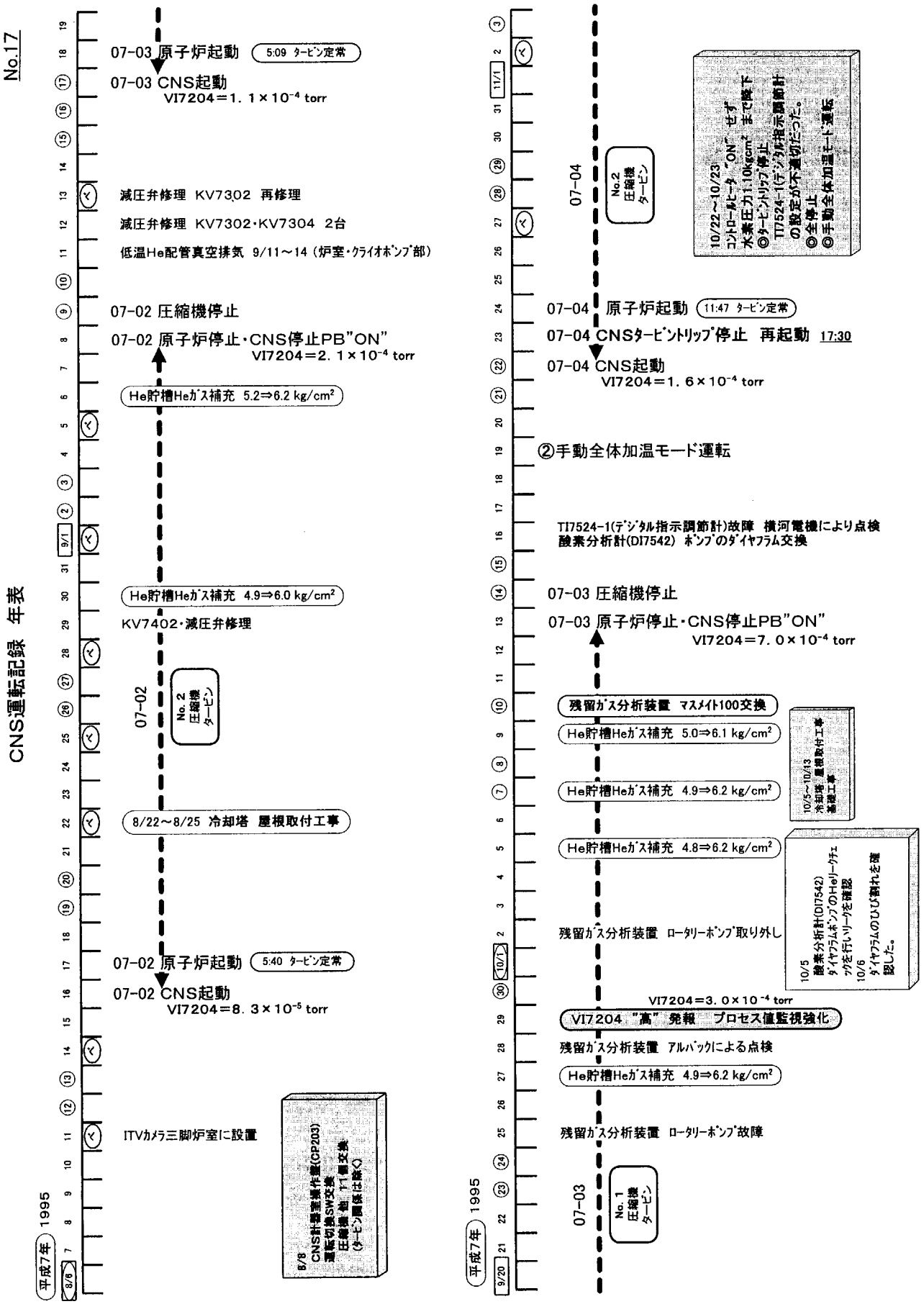

No.12
CNS運転記録 年表
平成6年 1994
He貯槽Heガス補充 5.0⇒6.6 kg/cm²
He貯槽Heガス補充 4.9⇒5.5 kg/cm²
VI7204 "高高" 発報
VI7204=1.0×10⁻⁴ torr
水素圧力変動 (1.22 kabs) 薬注ポンプ不調 点検調整
He貯槽Heガス補充 4.9⇒6.6 kg/cm²
06-02
No.2 圧縮機 タービン
He貯槽Heガス補充 4.9⇒6.5 kg/cm²
6/13 0:05～未明 低温He配管 "結露" あり C・B及び炉頂 コンデンサ 入口・出口
6/13 9:12 タービン定常
06-02 原子炉起動
VI7204 "高" 発報
VI7204=5.0×10⁻⁵ torr
06-02 CNS起動
VI7204=7.1×10⁻⁵ torr
薬注ポンプ・薬液容器のみ交換
VI7204 指示計 交換
冷却塔・フェンス内のコンクリート打込み工事
KV7402・減圧弁修理
CNS計器室ハードコピー新品と交換
06-01 圧縮機停止 シーケンスホールド 低温配管系加温 (4時間)
緊急・原子炉スクラム停止・原子炉再起動・停止
He貯槽Heガス補充 4.9⇒5.6 kg/cm²
4:20 地震・水戸 "震度2"
◎6/3 3:12 緊急 原子炉スクラム停止
◎6/3 3:46 原子炉再起動
◎6/3 16:29 原子炉リバース停止
◎6/3 17:30 CNS停止PB"ON"
He貯槽Heガス補充 5.0⇒6.5 kg/cm²
He貯槽Heガス補充 5.1⇒6.5 kg/cm²
He貯槽Heガス補充 5.1⇒6.6 kg/cm²
06-01
No.1 圧縮機 タービン
He貯槽Heガス補充 5.0⇒6.5 kg/cm²
コンプレッサ棟 クレーン点検
<01:21> 火災報知器 発報(誤報) ビームホール詰替セル室内
VI7204 "高" 発報
VI7204=5.0×10⁻⁵ torr
He貯槽Heガス補充 5.3⇒6.5 kg/cm²
平成6年 1994
He貯槽Heガス補充 5.1⇒6.0 kg/cm²
3:24 タービン定常
原子炉・再起動 8:29
CNS・再起動 03:00
CNS緊急によりスクラム停止
He貯槽Heガス補充 4.8⇒6.6 kg/cm²
8/5 21:10 ◎タービン回転数変更 中間用 92.0→101.0 kpm
8/4 15:51 緊急によりCNSトリップ停止
8/4 18:14～8/5 1:25 手動全体加温モード
8/5 He貯槽Heガス補充 4.9⇒6.7 kg/cm²
06-03
No.1 圧縮機 タービン
DI7507 配管交換のため業者による下見
He貯槽Heガス補充 4.8⇒6.6 kg/cm²
7/28 (油漏れ量) 2時間 1.3ℓ (0.62ℓ/h) (メーカー応急処置) 漏れ箇所へ保護巻き付けテフコンを塗りつけた 漏れ量 cc/日 単位に減少
過渡変化記録装置取付
No.1圧縮機 油漏れ箇所修理
No.1圧縮機 メカシールから油漏れ・2日間で約320cc
He貯槽Heガス補充 4.8⇒6.5 kg/cm²
神戸製鋼 技術者による点検
No.1圧縮機(モータ側) オイル洩れ発生
He貯槽Heガス補充 5.1⇒6.6 kg/cm²
コンプレッサ棟内Heリークチェック
7/18 6:01 負荷調整異常 回転数99.1krpm まで下降
He貯槽Heガス補充 5.1⇒6.5 kg/cm²
06-03 原子炉起動
11:45 タービン定常
06-03 CNS起動
VI7204=7.8×10⁻⁵ torr
7/17(起動日) DI7507 ヒューズ切れ(3回)
7/17 ◎タービン回転数変更 起動用 100.0→101.0 krpm 中間用 92.0→94.0 kpm
VI7204=1.0×10⁻⁴ torr まで変動
◎7/14 VI7204 "高高" 警報設定値 変更 変更前 1.0×10⁻⁴ torr 変更後 3.0×10⁻⁴ torr
06-02 圧縮機停止 シーケンスホールド 低温配管系加温 (3.5時間)
06-02 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204=1.0×10⁻⁴ torr
He貯槽Heガス補充 4.9⇒6.6 kg/cm²
He貯槽Heガス補充 4.9⇒6.5 kg/cm²
残留ガス分析装置 マイクロマス不調 起動せず
He貯槽Heガス補充 5.1⇒6.6 kg/cm²
5/30 タービン出口温度 変動始まる 18.4～18.5K
06-02
No.2 圧縮機 タービン
薬注ポンプ不調のため 分解調整点検

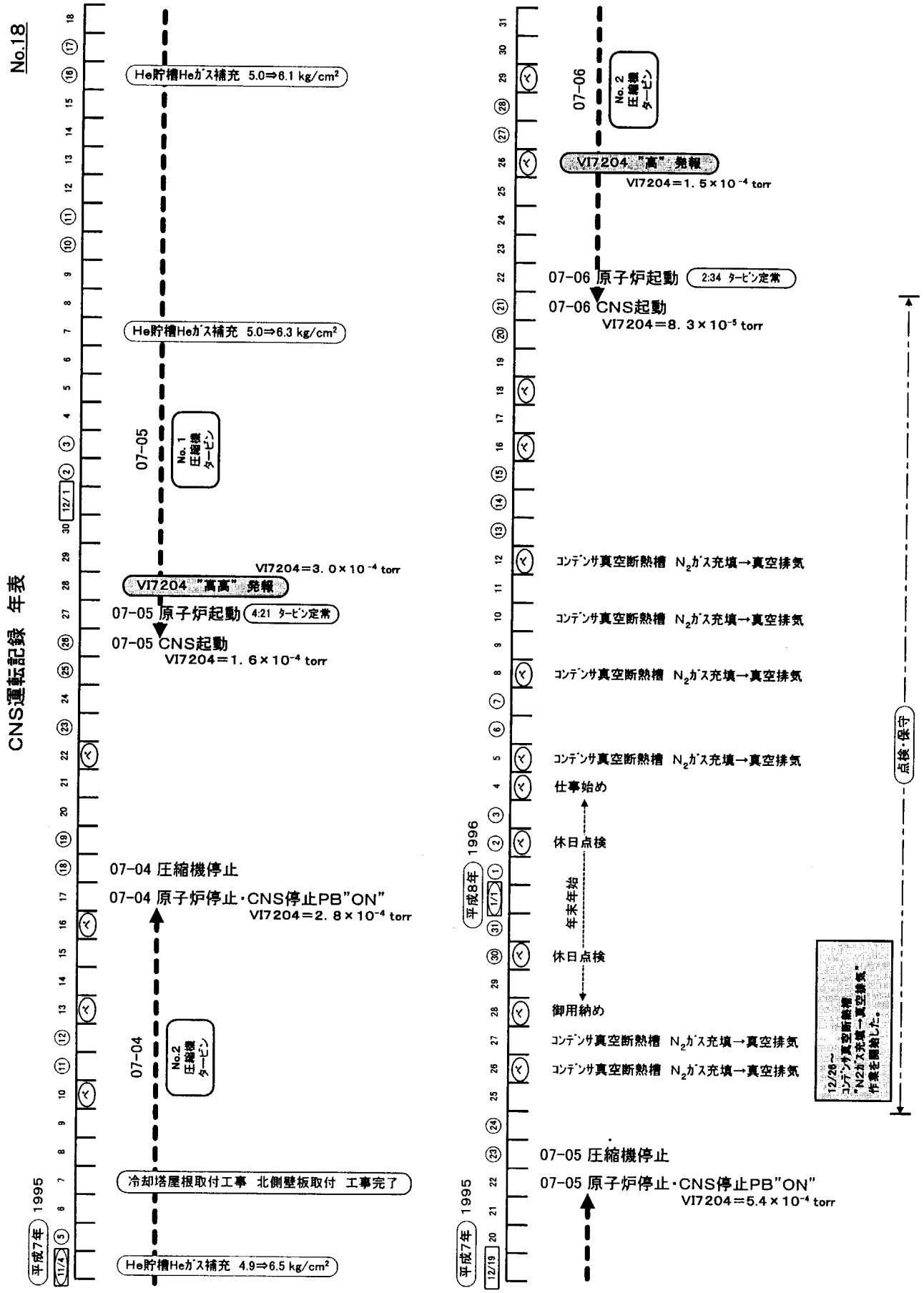

No.13
CNS運転記録 年表
平成6年 1994
8/11
06-04
No.1 圧縮機 タービン
膨張タービン制御器 無停電電源装置
U系電源引き込み工事
06-04 原子炉起動 10:33 タービン定常
06-04 CNS起動 負荷調整異常となる
VI7204＝6.3×10⁻⁴ torr
①手動乾燥器再生モード運転
膨張タービン・無停電電源装置 更新工事
①手動全体加温モード運転
DI7542 マイクロポンプ交換
残留ガス分析装置 新品交換
DI7507廻り 配管工事
VI7204(コンデンサ真空断熱槽真空圧力)
設定値変更
①手動乾燥器再生モード運転
No.1オイル充填・No.1圧縮機試運転
高圧盤不足電圧継電器
設定値変更
②手動全体加温モード運転 停止終了
23:51 再起動
JRR3全停電により 手動全体加温運転中トリップ停止
②手動全体加温モード運転 ・ 直体制
センタム CRT、キーボード交換
センタムシステムセーブ
06-03 圧縮機停止 シーケンスホールド 低温配管系加温 (約 1.5時間)
06-03 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝1.4×10⁻⁴ torr
9/18～9/19
タービン回転数変更
起動用 100.0→ 101.0 krpm
中間用 92.0→101.0→92.0krpm
9/5
設定変更値 "H"警報
VI7204＝ 5.0×10⁻³→1.5×10⁻⁴ torr
9/7
残留ガス分析装置 新品交換
8/30
高圧盤不足電圧継電器
設定変更
(No.1)及び(No.2)
80% → 65% に変更
点検保守
平成6年 1994
9/25
膨張タービン冷却水フィルタ 切替・交換
冷却塔薬注ポンプ 流量調整
ハードコピーインクシート交換
冷却塔薬注ポンプ 流量調整
06-05
No.2 圧縮機 タービン
10/23～10/24
タービン回転数変更(中間用)
92.0 →101.0 →96.0 →92.0 krpm
酸素分析計(DI7507) Heリークチェック
06-05 原子炉起動 8:52 タービン定常
06-05 CNS起動 DI7549 クリア出来ず(CALにて工程進行)
VI7204＝8.2×10⁻⁵ torr
冷却塔ストレーナ清掃
酸素分析計(DI7507) 取付作業
06-05 サイクル工程画面進行、サププール水補給
可燃性ガス検知装置 I (DI7114) 計器校正
冷却塔薬注ポンプ 新品交換
06-04 圧縮機停止
06-04 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝5.0×10⁻⁵ torr
原子炉 熱出力調整
06-04
No.1 圧縮機 タービン
He貯槽Heガス補充 4.9⇒6.1 kg/cm²
22:27 鋸路沖地震 ・ 鋸路"震度6" 水戸"震度3"
センタムFAIL(ダウン) STN 01
台風接近 強風雨の影響で冷却塔外周フィルタ
目詰まり状態、冷却水温度上昇
センタム FAIL(ダウン)
STN 01-00
左盤がダウンしたが自動的に
右盤に切り替わり、制御は正
常である。
左盤の基板を交換し作業状態
となった。

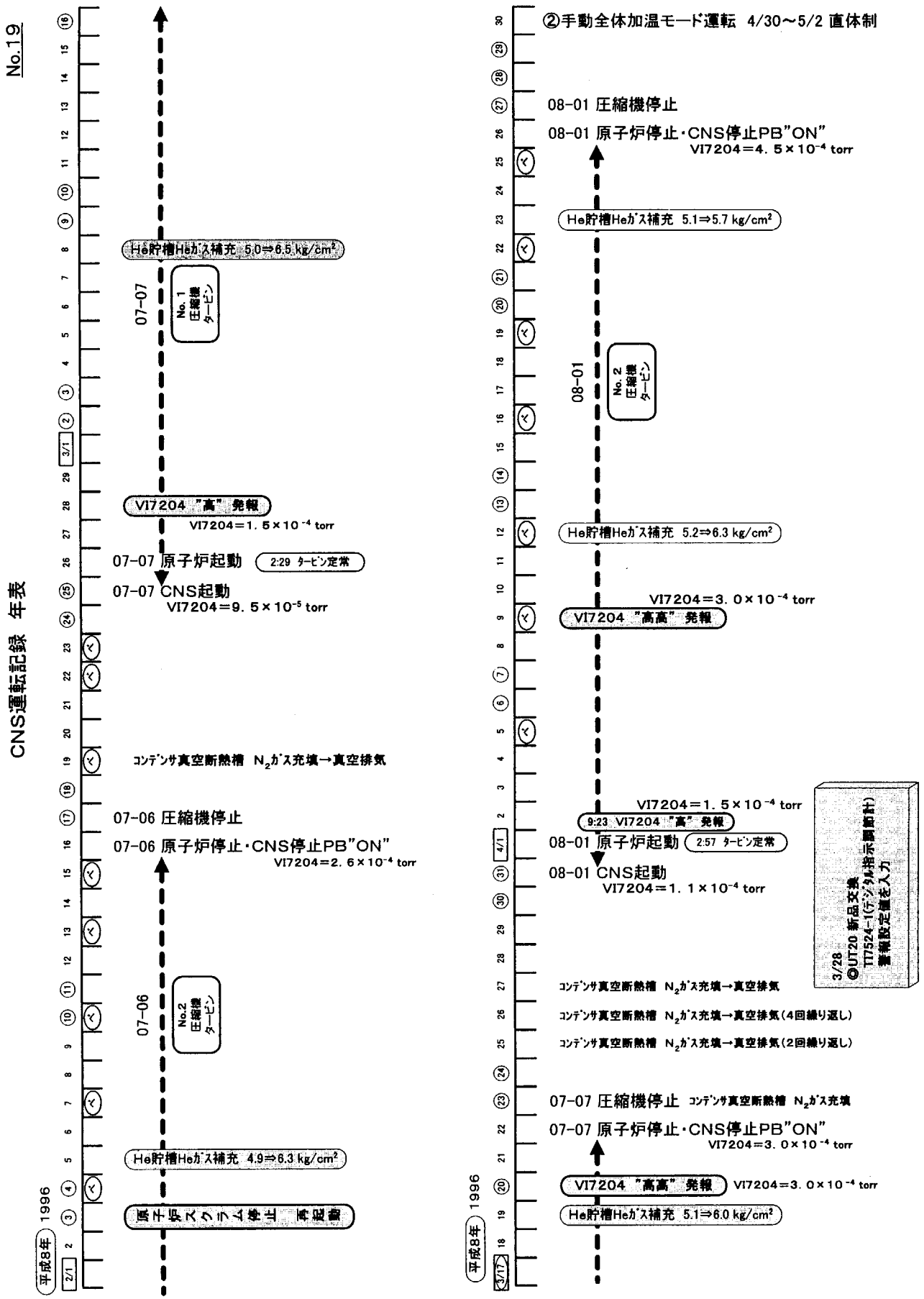

No.14
CNS運転記録 年表
06-06 圧縮機停止
06-06 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204=4. 9×10⁻⁵ torr
ハードコピー修理完了品 取り付け
He貯槽Heガス補充 4.9⇒6.2 kg/cm²
原子炉 熱出力調整
ハードコピー修理(代替品と交換)
シーケンスホールド 低温配管系加温 (4時間)
06-06
No.1 圧縮機 タービン
原子炉 熱出力調整
ハードコピーインクシート交換
06-06 原子炉起動 5:43 タービン定常
06-06 CNS起動
VI7204=6. 8×10⁻⁵ torr
サププール水 補給、冷却塔ストレーナ清掃
06-06 サイクル工程画面進行、Heリークチェック
11/27 ◎タービン回転数変更 中間用 92.0→96.0 krpm
②手動乾燥器再生モード運転
酸素分析計(DI7507) 流量計交換
KV7302・減圧弁修理
06-05 圧縮機停止
06-05 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204=9. 5×10⁻⁵ torr
ストライキのため1日前に原子炉停止
ハードコピーインクシート交換
06-05
No.2 圧縮機 タービン
He貯槽Heガス補充 4.8⇒6.6 kg/cm²
平成6年 1994
11/9
12/1
2/1
1/1
平成7年 1995
12/24
冷却塔圧力計(ブルドン管) 指示値異常 外気温低下により凍結、指示値が異常値を示した
06-07
No.2 圧縮機 タービン
水素圧力変動 (1.23 kabs)
ハードコピーインクシート交換
06-07 原子炉起動 4:16 タービン定常
06-07 CNS起動
VI7204=5.6×10⁻⁵ torr
1/22 タービン回転数変更 中間用 92.0→96.0 krpm
コールドボックス真空排気
06-07 サイクル工程画面進行
冷却塔清掃、水張り
Heリークチェック No.1膨張タービン及びコンプレッサ棟内
Heリークチェック 膨張タービン廻り その他
冷却塔フィルタ交換
He圧縮機廻りボルト・ナット増締め
冷却塔手動弁 ハンドル廻りグリスアップ
運転データ整理
冷却塔手動弁 ハンドル廻りグリスアップ
仕事始め VI7204=5. 8×10⁻⁵ torr
年末年始
休日点検
御用納め
酸素分析計(DI7507,DI7542) 流量計について詳細調査
CNS居室エアコン故障 室外機インバータの故障

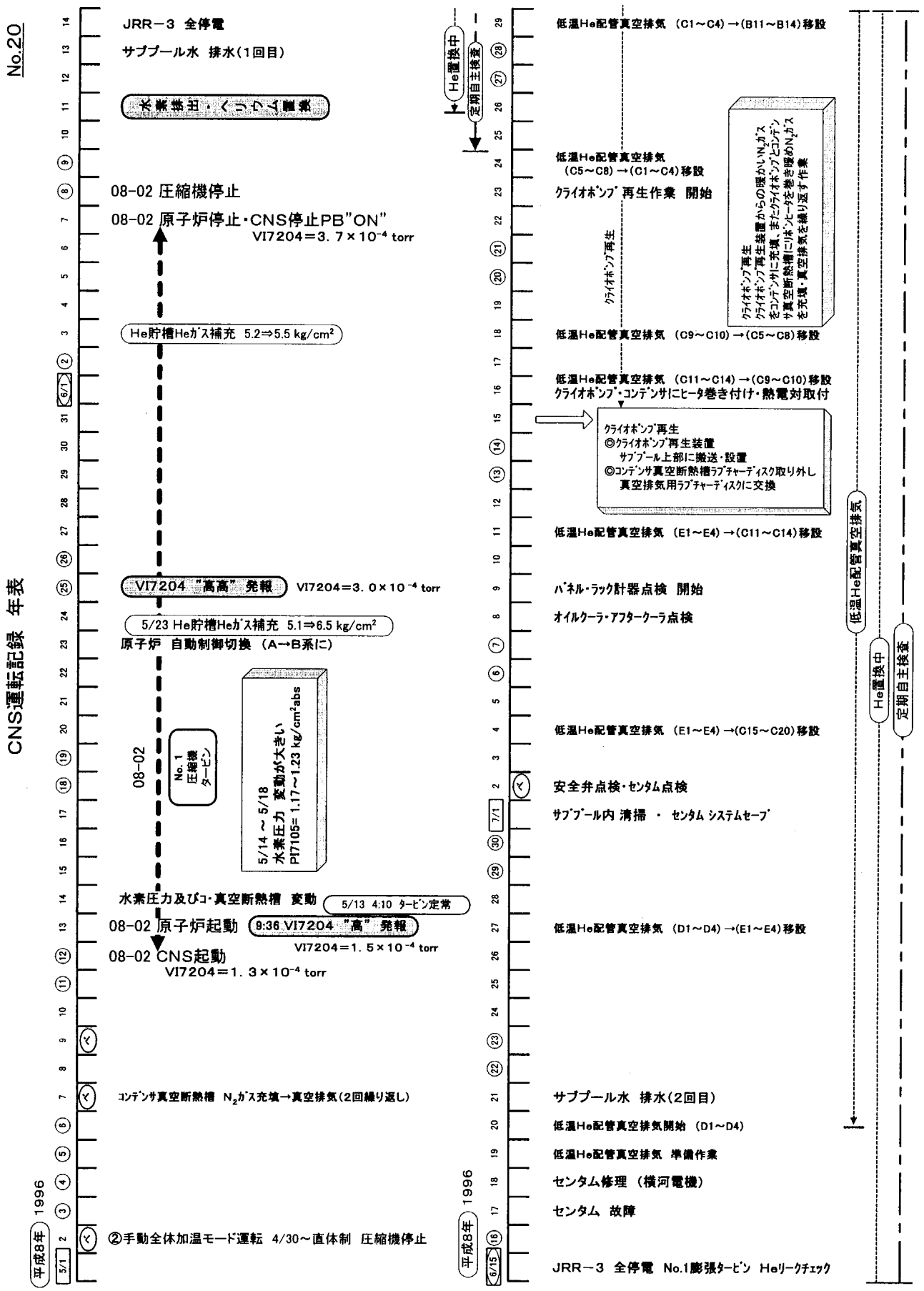

No.15
CNS運転記録 年表
平成7年 1995
3/22
●膨張タービン開放点検
●真空断熱・ガス置換用真空装置搬入・据付け
3/23
●真空断熱・ガス置換用真空装置 試運転
●圧縮機オイルポンプ点検
(No.1,No.2)圧縮機 試運転
圧縮機モータ(No.1,No.2) 搬入・据付・芯出し
手動弁摺り合わせ (KV7613)
高圧電動機起動盤 絶縁抵抗測定
低圧電動機起動盤 絶縁抵抗測定
コントロールヒータ格納部(PI7553) Heガス充填
3/6～
●安全保護系点検
●オイルクーラ
アフタークーラ点検
●安全弁点検
サブプール内 清掃
サブプール水 排水・汚染検査
水素排出・くりウム置換
3/1
He圧縮機モータ(No.1,No.2)
取外し、工場搬出
NO. 1圧縮機モータ点検 取り外し前の振動測定
NO. 2圧縮機モータ点検 取り外し前の振動測定
膨張タービン・He圧縮機 Heリークチェック
酸素分析計(DI7542)校正、He圧縮機廻りボルト・ナット増締め
真空断熱ヘッダ 漏洩チェック
残留ガス分析装置 信号ライン一部改造
コンデンサ真空断熱槽真空排気
06-07 圧縮機停止
VI7204=3.2×10⁻⁵ torr
06-07 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
残留ガス分析装置 更新(改造)工事終了
残留ガス分析装置 更新(改造)工事
水素圧力変動 (1.25 kabs)
06-07
No.2 圧縮機 タービン
ハードコピーインクシート交換
He貯槽Heガス補充 4.8⇒5.9 kg/cm²
He置換中
定期自主検査
休日点検
低温He配管真空排気 (B8),(C7)
低温He配管真空排気 (B9),(C7)
低温He配管真空排気 (B8),(C7)
酸素分析計(DI7507)・可燃性ガス検知装置Ⅱ(DI7111) 校正
コールドボックス・膨張タービン系内 真空排気及び圧張り(2回)
サブプール内 清掃
コールドボックス・膨張タービン系内 真空排気及び圧張り
センタム 二重化切換試験(横河電機)
酸素分析計、改造に関する調査 (日本ガイシ)
低温He配管真空排気 (C4),(B5)
ハードコピー装置 修理完了品と交換
センタムシステムセーブ
VI7209(シュルツ真空計) アンプ・検出器 交換
14:23 地震・水戸 "震度4" 巡視点検
低温He配管真空排気開始 (ビームホール・実利棟屋上)
低温He配管真空排気装置
ビームホール・実利棟屋上にトラッククレーンにて搬送
低温He配管真空排気
低温He配管真空排気
低温He配管真空排気開始 (コールドボックス上部)
水素格納部漏洩試験 (CNS Gr,定自検)
水素格納部漏洩試験 (CNS Gr,定自検)
低温He配管真空排気 準備作業
Heリークチェック He圧縮機・He貯槽
その他
Heリークチェック 準備作業
冷却水ポンプグランドパッキン交換
①手動全体加温モード
タービン開放点検後確認運転
No.1膨張タービン開放点検
Heガスリークチェック
3/24～3/26
No.1膨張タービン開放点検
クーラー部・Heガスリークチェック
NKK(アイサン)
低温He配管真空排気
He置換中
定期自主検査

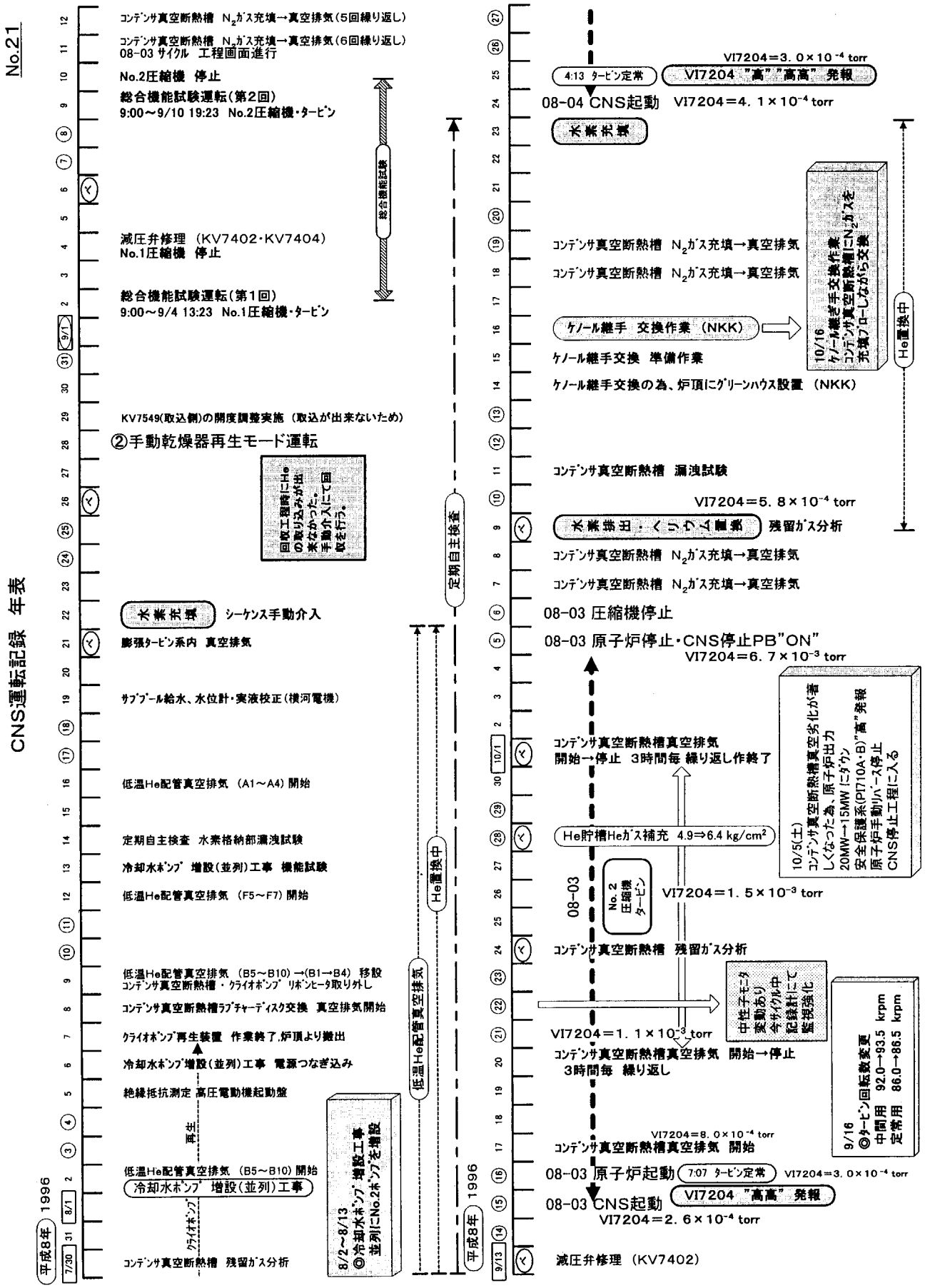

No.16
CNS運転記録 年表
平成7年 1995
5/8
6/1
6/22
7/1
8/1
No.1膨張タービン廻り ビニール養生取り外し
原研創立記念日
No.1膨張タービン廻り Heリークチェック
No.1膨張タービン廻り Heリークチェック
冷却水ポンプ点検 試運転
KV7402・減圧弁修理
冷却水ポンプ点検 ポンプ・モータ据付作業
No.1膨張タービン廻り Heリークチェック
冷却水ポンプ点検 ポンプ・モータ工場搬出(東興機械)
No.1膨張タービン廻り Heリークチェック準備(ビニール養生) 4日目
残留ガス分析装置 改造作業完了・取り扱い説明会
No.1膨張タービン廻り Heリークチェック準備(ビニール養生) 2日目
低温He配管・計装配管 塗装工事(屋外) 開始
②手動全体加温モード運転
①手動全体加温モード運転
②手動全体加温モード運転
①手動全体加温モード運転
①手動全体加温モード運転
②手動乾燥器再生モード運転
膨張タービン系内 圧張り
DI7111点検・校正(ダイヤフラムポンプ・赤外線ランプ交換)
サププール水 給水
低温He配管真空排気
He置換中
定期自主検査
07-01 圧縮機停止
07-01 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204=2.3×10⁻⁴ torr
残留ガス分析装置 マスメイト100修理完了 取付
He貯槽Heガス補充 4.9⇒6.0 kg/cm²
FZ1109(水素希釈率) "HI" アラーム 原因調査(横河電機)
FZ1109(水素希釈率) "HI" アラーム発報 点検(横河電機)
07-01
No.1 圧縮機 タービン
He貯槽Heガス補充 4.8⇒6.0 kg/cm²
VI7204 "高" 発報
VI7204=1.5×10⁻⁴ torr
7/11
18:22 原子炉スクラム停止
18:52 原子炉再起動
原子炉スクラム停止・再起動
07-01 原子炉起動
5:06 タービン定常
07-01 CNS起動
VI7204=3.3×10⁻⁵ torr
07-01 サイクル工程画面進行
圧縮機停止 ①手動乾燥器再生モード運転
CNS停止PB"ON"
総合機能試験運転 運転PB"ON"
(No.1圧縮機・タービン)
シーケンス調査 (横河電機)
水素充填
手動介入により工程進行
低温He配管真空排気
定期自主検査
He置換

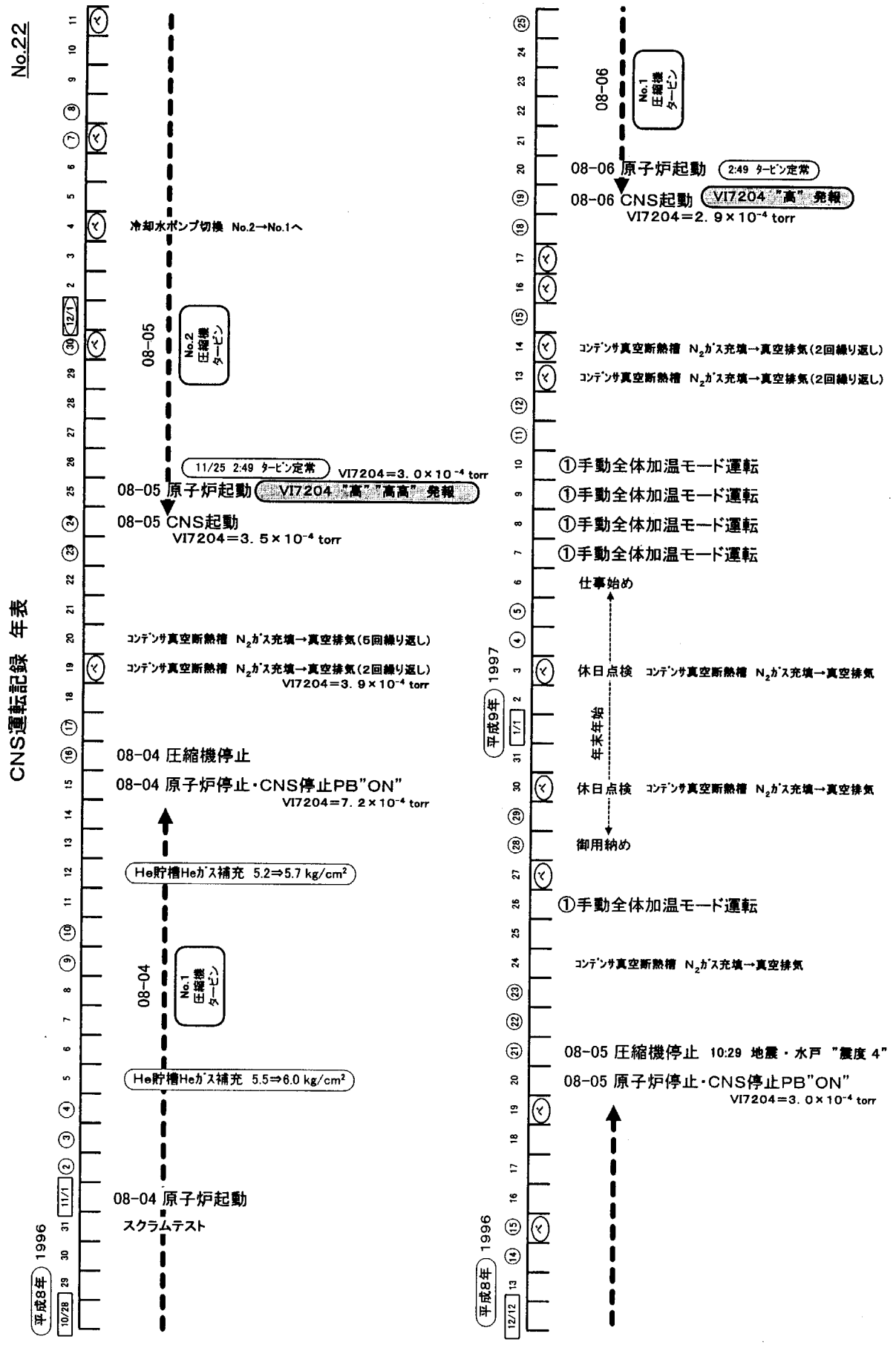

No.17
CNS運転記録 年表
平成7年 1995
07-03 原子炉起動 5:09 ﾀｰﾋﾞﾝ定常
07-03 CNS起動
VI7204＝1. 1×10⁻⁴ torr
減圧弁修理 KV7302 再修理
減圧弁修理 KV7302・KV7304 2台
低温He配管真空排気 9/11～14（炉室・ｸﾗｲｵﾎﾟﾝﾌﾟ部）
07-02 圧縮機停止
07-02 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝2. 1×10⁻⁴ torr
He貯槽Heｶﾞｽ補充 5.2⇒6.2 kg/cm²
He貯槽Heｶﾞｽ補充 4.9⇒6.0 kg/cm²
KV7402・減圧弁修理
07-02
No. 2 圧縮機 ﾀｰﾋﾞﾝ
8/22～8/25 冷却塔 屋根取付工事
07-02 原子炉起動 5:40 ﾀｰﾋﾞﾝ定常
07-02 CNS起動
VI7204＝8. 3×10⁻⁵ torr
ITVｶﾒﾗ三脚炉室に設置
8/8
CNS計導室操作盤(CP203)
運転切換SW交換
圧縮機 他 11番交換
(ﾀｰﾋﾞﾝ関係は除く)
07-04
No.2 圧縮機 ﾀｰﾋﾞﾝ
10/22～10/23
ｺﾝﾄﾛｰﾙﾋｰﾀｰ "ON" せず
水素圧力1.10kgcm² まで降下
◎ﾀｰﾋﾞﾝﾄﾘｯﾌﾟ停止
TI7524-1(ﾃﾞｼﾞﾀﾙ指示調節計)
の設定が不適切だった。
◎全停止
◎手動全体加温ﾓｰﾄﾞ運転
07-04 原子炉起動 11:47 ﾀｰﾋﾞﾝ定常
07-04 CNSﾀｰﾋﾞﾝﾄﾘｯﾌﾟ停止 再起動 17:30
07-04 CNS起動
VI7204＝1. 6×10⁻⁴ torr
②手動全体加温モード運転
TI7524-1(ﾃﾞｼﾞﾀﾙ指示調節計)故障 横河電機により点検
酸素分析計(DI7542) ﾎﾟﾝﾌﾟのﾀﾞｲﾔﾌﾗﾑ交換
07-03 圧縮機停止
07-03 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝7. 0×10⁻⁴ torr
残留ｶﾞｽ分析装置 ﾏｽﾒｲﾄ100交換
He貯槽Heｶﾞｽ補充 5.0⇒6.1 kg/cm²
He貯槽Heｶﾞｽ補充 4.9⇒6.2 kg/cm²
10/5～10/13
冷却塔 屋根取付工事
塗装工事
He貯槽Heｶﾞｽ補充 4.8⇒6.2 kg/cm²
10/5
酸素分析計(DI7542)
ﾀﾞｲﾔﾌﾗﾑﾎﾟﾝﾌﾟのHeﾘｰｸﾁｪｯｸを行いﾘｰｸを確認
10/6
ﾀﾞｲﾔﾌﾗﾑのひび割れを確認した。
残留ｶﾞｽ分析装置 ﾛｰﾀﾘｰﾎﾟﾝﾌﾟ取り外し
VI7204＝3. 0×10⁻⁴ torr
VI7204 "高" 発報 プロセス値監視強化
残留ｶﾞｽ分析装置 ｱﾙﾊﾞｯｸによる点検
He貯槽Heｶﾞｽ補充 4.9⇒6.2 kg/cm²
残留ｶﾞｽ分析装置 ﾛｰﾀﾘｰﾎﾟﾝﾌﾟ故障
07-03
No. 1 圧縮機 ﾀｰﾋﾞﾝ


No.18
CNS運転記録 年表
平成7年 1995
11/4
He貯槽Heガス補充 4.9⇒6.5 kg/cm²
冷却塔屋根取付工事 北側壁板取付 工事完了
07-04
No.2 圧縮機 タービン
07-04 圧縮機停止
07-04 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝2.8×10⁻⁴ torr
07-05 原子炉起動
4:21 タービン定常
07-05 CNS起動
VI7204＝1.6×10⁻⁴ torr
VI7204 "高高" 発報
VI7204＝3.0×10⁻⁴ torr
He貯槽Heガス補充 5.0⇒6.3 kg/cm²
07-05
No.1 圧縮機 タービン
He貯槽Heガス補充 5.0⇒6.1 kg/cm²
12/1
平成7年 1995
12/19
07-05 圧縮機停止
07-05 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝5.4×10⁻⁴ torr
コンデンサ真空断熱槽 N₂ガス充填→真空排気
仕事始め
休日点検
年末年始
御用納め
平成8年 1996
1/1
07-06
No.2 圧縮機 タービン
VI7204 "高" 発報
VI7204＝1.5×10⁻⁴ torr
07-06 原子炉起動
2:34 タービン定常
07-06 CNS起動
VI7204＝8.3×10⁻⁵ torr
12/26～
コンデンサ真空断熱槽
"N2ガス充填→真空排気"
作業を開始した。
点検・保守


No.19
CNS運転記録 年表
平成8年 1996
2/1
3/1
4/1
3/17
07-07
No. 1 圧縮機 タービン
He貯槽Heガス補充 5.0⇒6.5 kg/cm²
VI7204 "高" 発報
VI7204＝1. 5×10⁻⁴ torr
07-07 原子炉起動
2:29 タービン定常
07-07 CNS起動
VI7204＝9. 5×10⁻⁵ torr
コンデンサ真空断熱槽 N₂ガス充填→真空排気
07-06 圧縮機停止
07-06 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝2. 6×10⁻⁴ torr
07-06
No.2 圧縮機 タービン
He貯槽Heガス補充 4.9⇒6.3 kg/cm²
原子炉スクラム停止 事故書
②手動全体加温モード運転 4/30～5/2 直体制
08-01 圧縮機停止
08-01 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝4. 5×10⁻⁴ torr
He貯槽Heガス補充 5.1⇒5.7 kg/cm²
08-01
No. 2 圧縮機 タービン
He貯槽Heガス補充 5.2⇒6.3 kg/cm²
VI7204＝3. 0×10⁻⁴ torr
VI7204 "高高" 発報
VI7204＝1. 5×10⁻⁴ torr
9:23 VI7204 "高" 発報
08-01 原子炉起動
2:57 タービン定常
08-01 CNS起動
VI7204＝1. 1×10⁻⁴ torr
3/28 ⊗UT20 新品交換 TT7524-1(デジタル指示調節計) 警報設定値を入力
コンデンサ真空断熱槽 N₂ガス充填→真空排気
コンデンサ真空断熱槽 N₂ガス充填→真空排気(4回繰り返し)
コンデンサ真空断熱槽 N₂ガス充填→真空排気(2回繰り返し)
07-07 圧縮機停止 コンデンサ真空断熱槽 N₂ガス充填
07-07 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝3. 0×10⁻⁴ torr
VI7204 "高高" 発報 VI7204＝3. 0×10⁻⁴ torr
He貯槽Heガス補充 5.1⇒6.0 kg/cm²

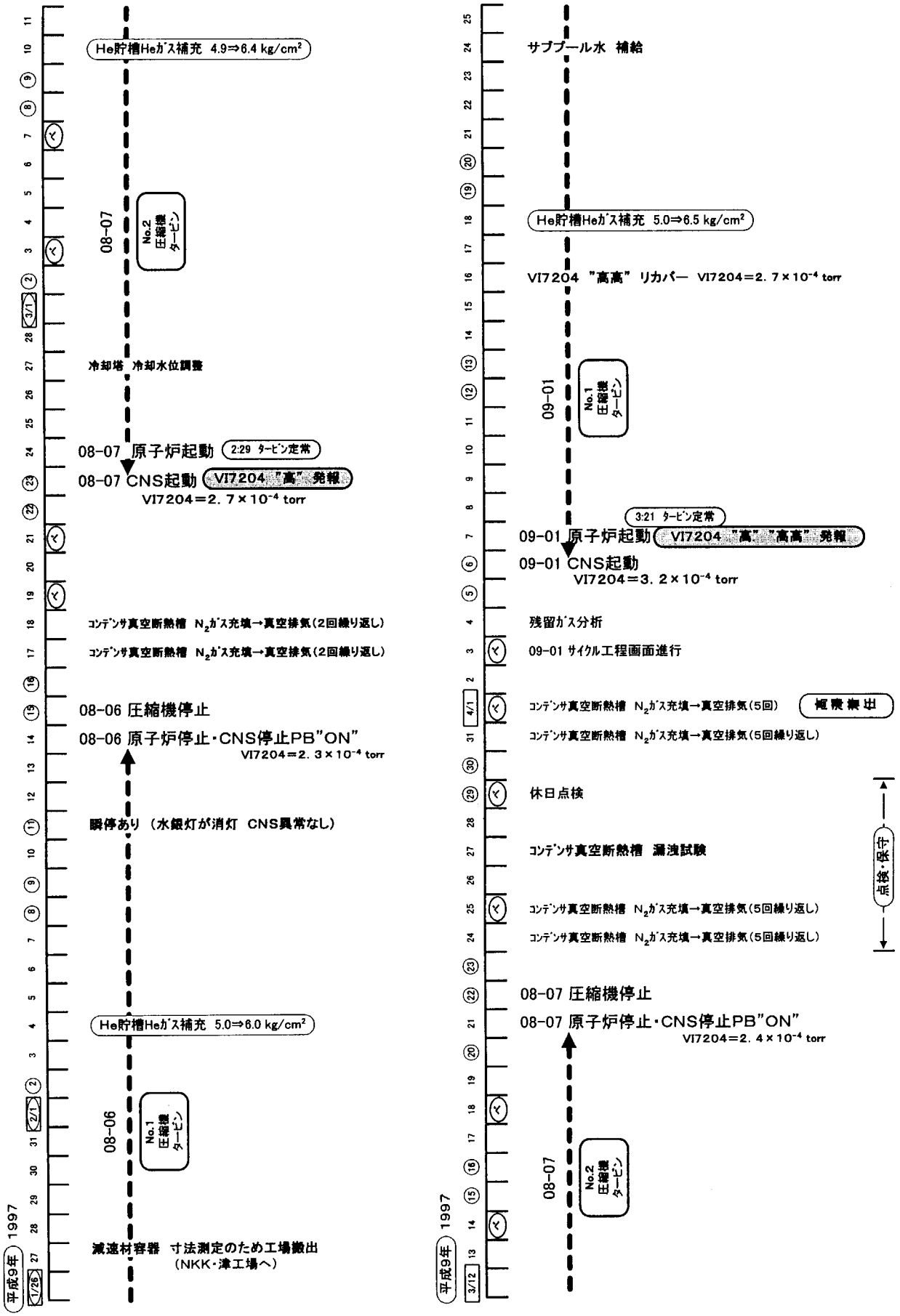

No.20
CNS運転記録 年表
平成8年 1996
JRR－3 全停電
サブプール水 排水(1回目)
水素排出・くうウム置換
08-02 圧縮機停止
08-02 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝3.7×10⁻⁴ torr
He貯槽Heガス補充 5.2⇒5.5 kg/cm²
VI7204 "高高" 発報
VI7204＝3.0×10⁻⁴ torr
5/23 He貯槽Heガス補充 5.1⇒6.5 kg/cm²
原子炉 自動制御切換 (A→B系に)
08-02
No.1 圧縮機 タービン
5/14 ～ 5/18 水素圧力 変動が大きい PI7105= 1.17～1.23 kg/cm²abs
水素圧力及びコ・真空断熱槽 変動
5/13 4:10 タービン定常
08-02 原子炉起動
9:36 VI7204 "高" 発報
VI7204＝1.5×10⁻⁴ torr
08-02 CNS起動
VI7204＝1.3×10⁻⁴ torr
コンデンサ真空断熱槽 N₂ガス充填→真空排気(2回繰り返し)
②手動全体加温モード運転 4/30～直体制 圧縮機停止
He置換中
定期自主検査
低温He配管真空排気 (C1～C4)→(B11～B14)移設
低温He配管真空排気 (C5～C8)→(C1～C4)移設
クライオポンプ再生作業 開始
クライオポンプ再生
クライオポンプ再生装置からの暖かいN₂ガスをコンデンサに充填、またクライオポンプとコンデンサ真空断熱槽にリボンヒータを巻き暖めN₂ガスを充填・真空排気を繰り返す作業
低温He配管真空排気 (C9～C10)→(C5～C8)移設
低温He配管真空排気 (C11～C14)→(C9～C10)移設
クライオポンプ・コンデンサにヒータ巻き付け・熱電対取付
クライオポンプ再生
◎クライオポンプ再生装置 サブプール上部に搬送・設置
◎コンデンサ真空断熱槽ラプチャーディスク取り外し 真空排気用ラプチャーディスクに交換
低温He配管真空排気 (E1～E4)→(C11～C14)移設
パネル・ラック計器点検 開始
オイルクーラ・アフタークーラ点検
低温He配管真空排気 (E1～E4)→(C15～C20)移設
安全弁点検・センタム点検
サブプール内 清掃 ・ センタム システムセーブ
低温He配管真空排気 (D1～D4)→(E1～E4)移設
サブプール水 排水(2回目)
低温He配管真空排気開始 (D1～D4)
低温He配管真空排気 準備作業
センタム修理 (横河電機)
センタム 故障
JRR－3 全停電 No.1膨張タービン Heリークチェック
低温He配管真空排気
He置換中
定期自主検査

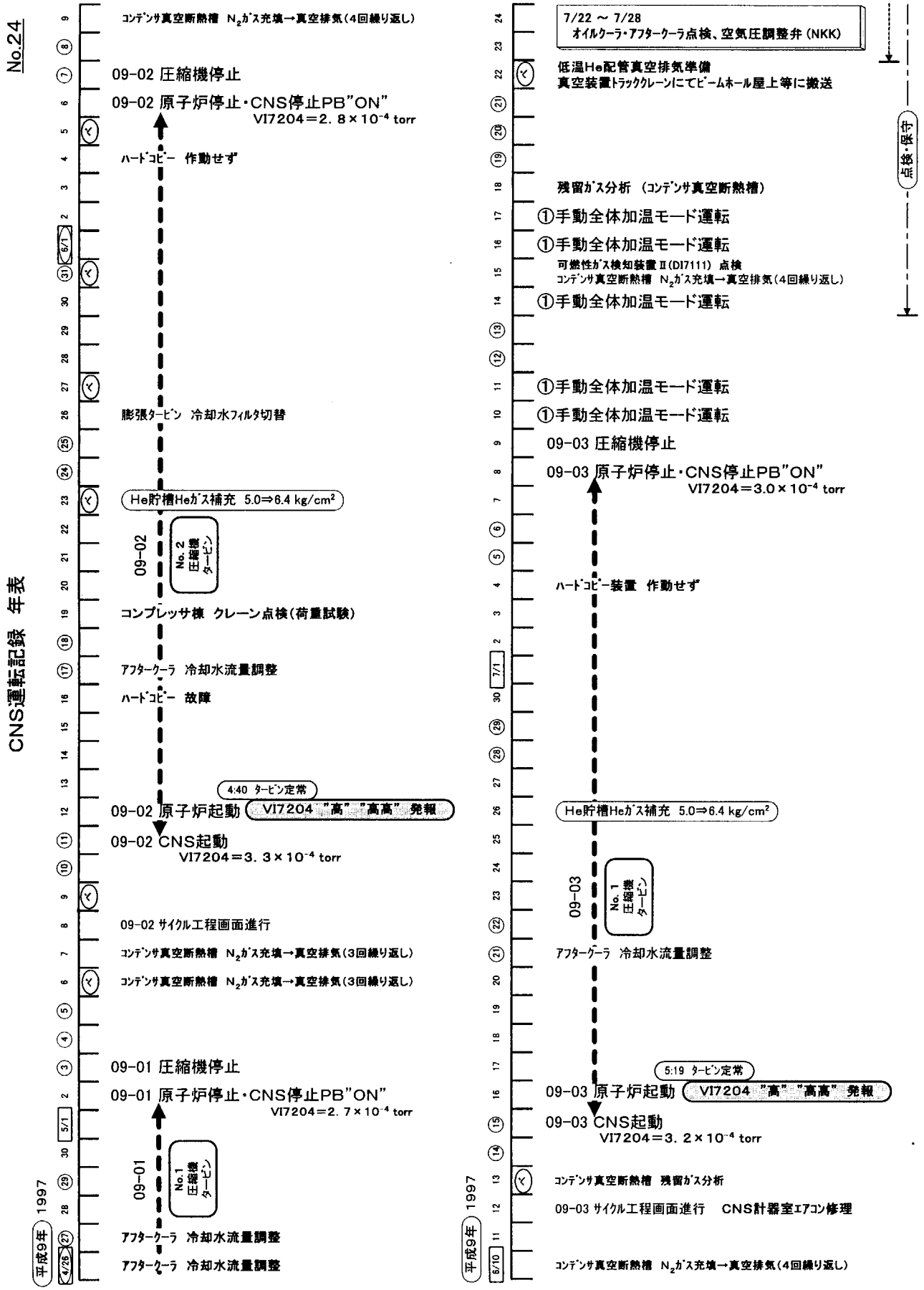

No.21
CNS運転記録 年表
コンデンサ真空断熱槽 N2ガス充填→真空排気(5回繰り返し)
コンデンサ真空断熱槽 N2ガス充填→真空排気(6回繰り返し)
08-03 サイクル 工程画面進行
No.2圧縮機 停止
総合機能試験運転(第2回)
9:00～9/10 19:23 No.2圧縮機・タービン
総合機能試験
減圧弁修理 (KV7402・KV7404)
No.1圧縮機 停止
総合機能試験運転(第1回)
9:00～9/4 13:23 No.1圧縮機・タービン
KV7549(取込側)の開度調整実施 (取込が出来ないため)
②手動乾燥器再生モード運転
回収工程時にHeの取り込みが出来なかった。手動介入にて回収を行う。
水素充填
シーケンス手動介入
膨張タービン系内 真空排気
サププール給水、水位計・実液校正(横河電機)
低温He配管真空排気 (A1～A4) 開始
定期自主検査 水素格納部漏洩試験
冷却水ポンプ 増設(並列)工事 機能試験
低温He配管真空排気 (F5～F7) 開始
低温He配管真空排気 (B5～B10)→(B1→B4) 移設
コンデンサ真空断熱槽・クライオポンプ リボンヒータ取り外し
コンデンサ真空断熱槽ラプチャーディスク交換 真空排気開始
クライオポンプ再生装置 作業終了,炉頂より搬出
冷却水ポンプ増設(並列)工事 電源つなぎ込み
絶縁抵抗測定 高圧電動機起動盤
再生
低温He配管真空排気 (B5～B10) 開始
冷却水ポンプ 増設(並列)工事
クライオポンプ
コンデンサ真空断熱槽 残留ガス分析
8/2～8/13
◎冷却水ポンプ増設工事
並列にNo.2ポンプを増設
低温He配管真空排気
He置換中
定期自主検査
平成8年 1996
7/30 31 8/1 2 3 4 ⑦ ⑧ 9 10 11 12
4:13 タービン定常
VI7204 "高""高高" 発報
VI7204=3.0×10⁻⁴ torr
08-04 CNS起動 VI7204=4.1×10⁻⁴ torr
水素充填
コンデンサ真空断熱槽 N2ガス充填→真空排気
コンデンサ真空断熱槽 N2ガス充填→真空排気
10/16
ケノール継ぎ手交換作業
コンデンサ真空断熱槽にN2ガスを充填フローしながら交換
ケノール継手 交換作業 (NKK)
ケノール継手交換 準備作業
ケノール継手交換の為、炉頂にグリーンハウス設置 (NKK)
He置換中
コンデンサ真空断熱槽 漏洩試験
VI7204=5.8×10⁻⁴ torr
水素抜出・くリウム置換
残留ガス分析
コンデンサ真空断熱槽 N2ガス充填→真空排気
コンデンサ真空断熱槽 N2ガス充填→真空排気
08-03 圧縮機停止
08-03 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204=6.7×10⁻³ torr
10/5(土)
コンデンサ真空断熱槽真空劣化が著しくなった為、原子炉出力20MW→15MWにダウン
安全保護系(PI710A・B)"高"発報
原子炉手動リバース停止
CNS停止工程に入る
コンデンサ真空断熱槽真空排気
開始→停止 3時間毎 繰り返し作終了
He貯槽Heガス補充 4.9⇒6.4 kg/cm²
08-03
No.2 圧縮機 タービン
VI7204=1.5×10⁻³ torr
コンデンサ真空断熱槽 残留ガス分析
中性子モニタ 変動あり 今サイクル中 記録計にて 監視強化
VI7204=1.1×10⁻³ torr
コンデンサ真空断熱槽真空排気 開始→停止
3時間毎 繰り返し
9/16
◎タービン回転数変更
中間用 92.0→93.5 krpm
定常用 86.0→86.5 krpm
VI7204=8.0×10⁻⁴ torr
コンデンサ真空断熱槽真空排気 開始
08-03 原子炉起動
7:07 タービン定常
VI7204=3.0×10⁻⁴ torr
VI7204 "高高" 発報
08-03 CNS起動
VI7204=2.6×10⁻⁴ torr
減圧弁修理 (KV7402)
平成8年 1996
9/13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27

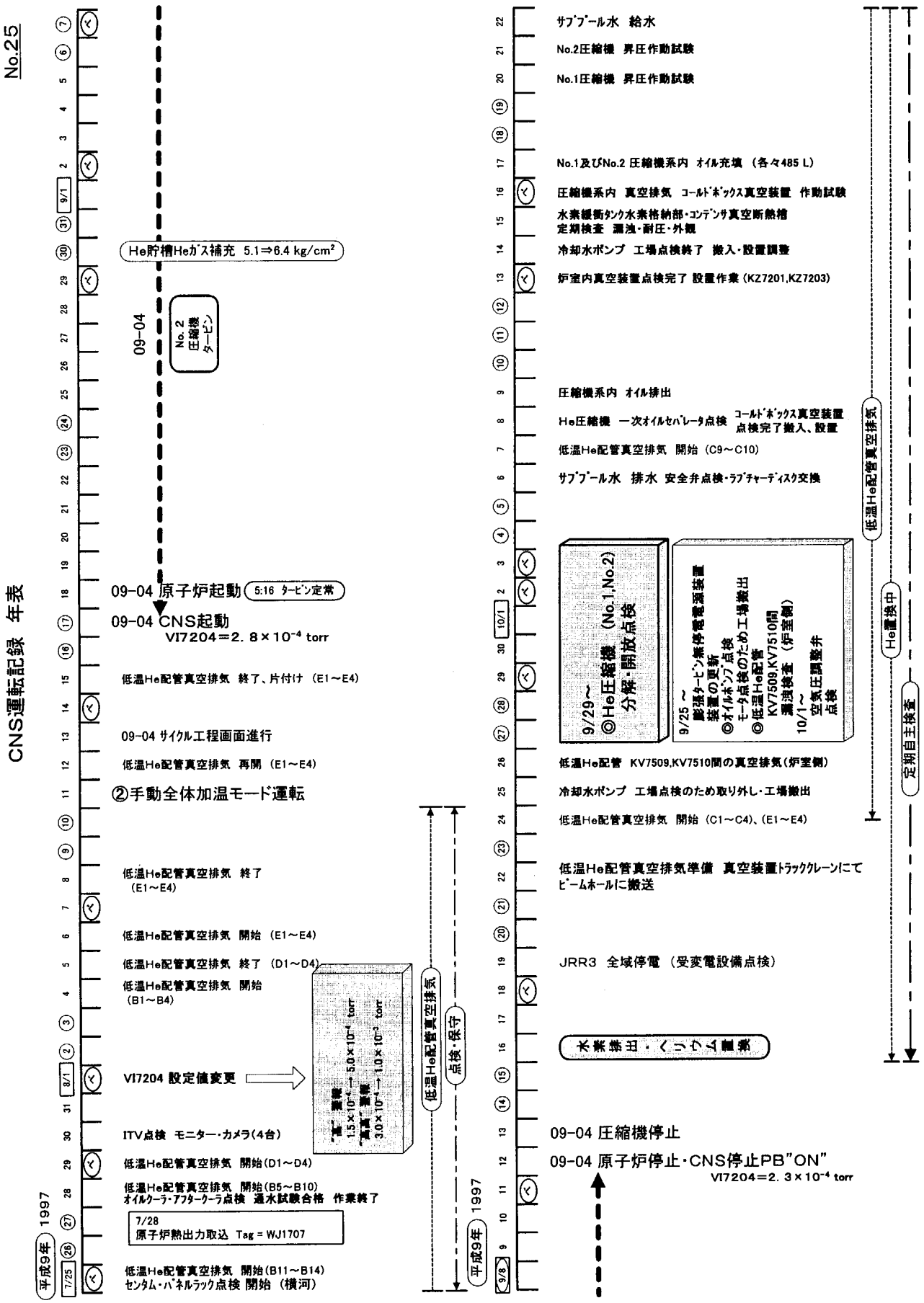

No.22
CNS運転記録 年表
平成8年 1996
10/28
11/1
08-04 原子炉起動
スクラムテスト
08-04
No.1 圧縮機 タービン
He貯槽Heガス補充 5.5⇒6.0 kg/cm²
He貯槽Heガス補充 5.2⇒5.7 kg/cm²
08-04 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204=7.2×10⁻⁴ torr
08-04 圧縮機停止
コンデンサ真空断熱槽 N₂ガス充填→真空排気(2回繰り返し)
コンデンサ真空断熱槽 N₂ガス充填→真空排気(5回繰り返し)
VI7204=3.9×10⁻⁴ torr
08-05 CNS起動
VI7204=3.5×10⁻⁴ torr
08-05 原子炉起動
VI7204 "高""高高" 発報
11/25 2:49 タービン定常
VI7204=3.0×10⁻⁴ torr
08-05
No.2 圧縮機 タービン
12/1
冷却水ポンプ切換 No.2→No.1へ
コンデンサ真空断熱槽 N₂ガス充填→真空排気(2回繰り返し)
コンデンサ真空断熱槽 N₂ガス充填→真空排気(2回繰り返し)
08-06 CNS起動
VI7204=2.9×10⁻⁴ torr
08-06 原子炉起動
VI7204 "高" 発報
2:49 タービン定常
08-06
No.1 圧縮機 タービン
①手動全体加温モード運転
①手動全体加温モード運転
①手動全体加温モード運転
①手動全体加温モード運転
仕事始め
休日点検 コンデンサ真空断熱槽 N₂ガス充填→真空排気
年末年始
休日点検 コンデンサ真空断熱槽 N₂ガス充填→真空排気
御用納め
平成9年 1997
1/1
①手動全体加温モード運転
コンデンサ真空断熱槽 N₂ガス充填→真空排気
08-05 圧縮機停止 10:29 地震・水戸 "震度 4"
08-05 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204=3.0×10⁻⁴ torr
平成8年 1996
12/12

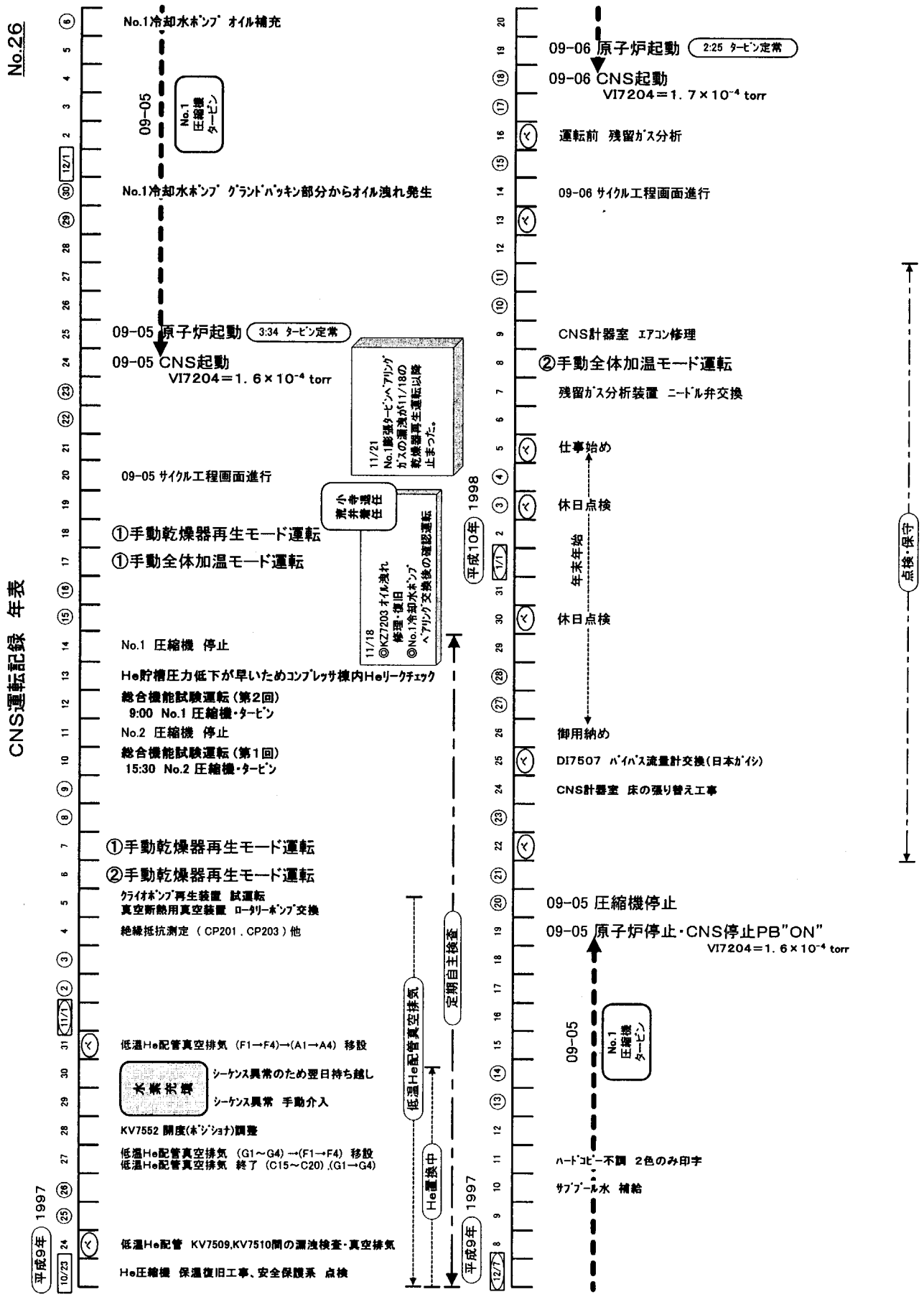
No.23

CNS運転記録 年表




No.24
CNS運転記録 年表
平成9年 1997
コンデンサ真空断熱槽 N2ガス充填→真空排気(4回繰り返し)
09-02 圧縮機停止
09-02 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204=2.8×10-4 torr
ハードコピー 作動せず
膨張タービン 冷却水フィルタ切替
He貯槽Heガス補充 5.0⇒6.4 kg/cm2
09-02
No.2 圧縮機 タービン
コンプレッサ棟 クレーン点検(荷重試験)
アフタークーラ 冷却水流量調整
ハードコピー 故障
4:40 タービン定常
09-02 原子炉起動 VI7204 "高" "高高" 発報
09-02 CNS起動
VI7204=3.3×10-4 torr
09-02 サイクル工程画面進行
コンデンサ真空断熱槽 N2ガス充填→真空排気(3回繰り返し)
コンデンサ真空断熱槽 N2ガス充填→真空排気(3回繰り返し)
09-01 圧縮機停止
09-01 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204=2.7×10-4 torr
09-01
No.1 圧縮機 タービン
アフタークーラ 冷却水流量調整
アフタークーラ 冷却水流量調整
7/22 ~ 7/28
オイルクーラ・アフタークーラ点検、空気圧調整弁 (NKK)
低温He配管真空排気準備
真空装置トラッククレーンにてビームホール屋上等に搬送
点検・保守
残留ガス分析 (コンデンサ真空断熱槽)
①手動全体加温モード運転
①手動全体加温モード運転
可燃性ガス検知装置Ⅱ(DI7111) 点検
コンデンサ真空断熱槽 N2ガス充填→真空排気(4回繰り返し)
①手動全体加温モード運転
①手動全体加温モード運転
①手動全体加温モード運転
09-03 圧縮機停止
09-03 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204=3.0×10-4 torr
ハードコピー装置 作動せず
He貯槽Heガス補充 5.0⇒6.4 kg/cm2
09-03
No.1 圧縮機 タービン
アフタークーラ 冷却水流量調整
5:19 タービン定常
09-03 原子炉起動 VI7204 "高" "高高" 発報
09-03 CNS起動
VI7204=3.2×10-4 torr
コンデンサ真空断熱槽 残留ガス分析
09-03 サイクル工程画面進行 CNS計器室エアコン修理
コンデンサ真空断熱槽 N2ガス充填→真空排気(4回繰り返し)


No.25
CNS運転記録 年表
平成9年 1997
7/25
9/1
8/1
9/8
10/1
He貯槽Heガス補充 5.1⇒6.4 kg/cm²
09-04
No.2 圧縮機 タービン
09-04 原子炉起動 5:16 タービン定常
09-04 CNS起動
VI7204＝2.8×10⁻⁴ torr
低温He配管真空排気 終了、片付け (E1～E4)
09-04 サイクル工程画面進行
低温He配管真空排気 再開 (E1～E4)
②手動全体加温モード運転
低温He配管真空排気 終了 (E1～E4)
低温He配管真空排気 開始 (E1～E4)
低温He配管真空排気 終了 (D1～D4)
低温He配管真空排気 開始 (B1～B4)
VI7204 設定値変更
"高"設定 1.5×10⁻⁴ → 5.0×10⁻⁴ torr
"高高"設定 3.0×10⁻⁴ → 1.0×10⁻³ torr
ITV点検 モニター・カメラ(4台)
低温He配管真空排気 開始(D1～D4)
低温He配管真空排気 開始(B5～B10)
オイルクーラ・アフタークーラ点検 通水試験合格 作業終了
7/28
原子炉熱出力取込 Tag = WJ1707
低温He配管真空排気 開始(B11～B14)
センタム・パネルラック点検 開始 (横河)
低温He配管真空排気
点検・保守
サププール水 給水
No.2圧縮機 昇圧作動試験
No.1圧縮機 昇圧作動試験
No.1及びNo.2 圧縮機系内 オイル充填 (各々485 L)
圧縮機系内 真空排気 コールドボックス真空装置 作動試験
水素緩衝タンク水素格納部・コンデンサ真空断熱槽
定期検査 漏洩・耐圧・外観
冷却水ポンプ 工場点検終了 搬入・設置調整
炉室内真空装置点検完了 設置作業 (KZ7201,KZ7203)
圧縮機系内 オイル排出
He圧縮機 一次オイルセパレータ点検 コールドボックス真空装置 点検完了搬入、設置
低温He配管真空排気 開始 (C9～C10)
サププール水 排水 安全弁点検・ラプチャーディスク交換
9/29～
◎He圧縮機 (No.1,No.2)
分解・開放点検
9/25～
膨張タービン無停電電源装置
装置の更新
◎オイルポンプ点検
モータ点検のため工場搬出
◎低温He配管
KV7509,KV7510間
漏洩検査 (炉室側)
10/1～
空気圧調整弁
点検
低温He配管 KV7509,KV7510間の真空排気(炉室側)
冷却水ポンプ 工場点検のため取り外し・工場搬出
低温He配管真空排気 開始 (C1～C4)、(E1～E4)
低温He配管真空排気準備 真空装置トラッククレーンにて
ビームホールに搬送
JRR3 全域停電 (受変電設備点検)
水素排出・くっかム直操
09-04 圧縮機停止
09-04 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝2.3×10⁻⁴ torr
低温He配管真空排気
He置換中
定期自主検査


No.26
CNS運転記録 年表
No.1冷却水ポンプ オイル補充
09-05
No.1 圧縮機 タービン
No.1冷却水ポンプ グランドパッキン部分からオイル洩れ発生
09-05 原子炉起動
3:34 タービン定常
09-05 CNS起動
VI7204＝1.6×10⁻⁴ torr
11/21 No.1圧縮タービンベアリングガスの漏洩が11/18の乾燥器再生運転以降止まった。
09-05 サイクル工程画面進行
流小非常停止 非常停止
①手動乾燥器再生モード運転
①手動全体加温モード運転
11/18 ◎KZ7203 オイル洩れ修理・復旧 ◎No.1冷却水ポンプベアリング交換後の確認運転
No.1 圧縮機 停止
He貯槽圧力低下が早いためコンプレッサ棟内Heリークチェック
総合機能試験運転（第2回）
9:00 No.1 圧縮機・タービン
No.2 圧縮機 停止
総合機能試験運転（第1回）
15:30 No.2 圧縮機・タービン
①手動乾燥器再生モード運転
②手動乾燥器再生モード運転
クライオポンプ再生装置 試運転
真空断熱用真空装置 ロータリーポンプ交換
絶縁抵抗測定（CP201，CP203）他
低温He配管真空排気 (F1→F4)→(A1→A4) 移設
大幅延期
シーケンス異常のため翌日持ち越し
シーケンス異常 手動介入
KV7552 開度(ポジショナ)調整
低温He配管真空排気 (G1～G4)→(F1→F4) 移設
低温He配管真空排気 終了 (C15～C20)，(G1→G4)
低温He配管 KV7509,KV7510間の漏洩検査・真空排気
He圧縮機 保温復旧工事、安全保護系 点検
平成9年 1997
平成10年 1998
低温He配管真空排気
He置換中
定期自主検査
09-06 原子炉起動
2:25 タービン定常
09-06 CNS起動
VI7204＝1.7×10⁻⁴ torr
運転前 残留ガス分析
09-06 サイクル工程画面進行
CNS計器室 エアコン修理
②手動全体加温モード運転
残留ガス分析装置 ニードル弁交換
仕事始め
休日点検
年末年始
休日点検
御用納め
DI7507 バイパス流量計交換(日本ガイシ)
CNS計器室 床の張り替え工事
点検・保守
09-05 圧縮機停止
09-05 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝1.6×10⁻⁴ torr
09-05
No.1 圧縮機 タービン
ハードコピー不調 2色のみ印字
サププール水 補給

No.27

CNS運転記録　年表

平成10年 1998

1/21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 2/1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 3/1 2 3 4 5 6

アフタークーラ　冷却水流量調整

09-06

No.2 圧縮機 タービン

ハードコピー不調　黄色のみ印字

ハードコピー不調　黄色のみ印字

09-06 原子炉停止・CNS停止PB"ON"

VI7204＝1．4×10^{-4} torr

サブプール水　補給

09-06 圧縮機停止

Heリークチェック・圧縮機廻りボルト・ナットの増し締め

放射線業務従事者の再教育訓練

09-07 サイクル工程画面進行　CNS計器室　センタムCRT交換

09-07

No.1 圧縮機 タービン

09-07 CNS起動

VI7204＝1．7×10^{-4} torr

09-07 原子炉起動　3:24 タービン定常

ハードコピー　インクシート交換

ハードコピー　インクシート交換

油回転ポンプ(KP7904)　修理完了との交換作業

サブプール水　補給

09-07

No.1 圧縮機 タービン

09-07 圧縮機停止

09-07 原子炉停止・CNS停止PB"ON"

VI7204＝1．2×10^{-4} torr

3/18 ～
No.1圧縮機スライド弁
MV値＝0.0％となり
XH7703 "IOP" 発報
調査の結果、原因はスライド抵抗器の断線と
判明

原子炉出力表示装置 取付工事（CNS計器室）

原子炉出力表示装置 取付工事　終了

No.1He圧縮機　スライド抵抗器交換作業・試運転

3/25
◎No.1He圧縮機スライド抵抗器の修理・交換
◎試運転

10-01 サイクル工程画面進行

10-01 原子炉起動　3:04 タービン定常

10-01 CNS起動

VI7204＝1．6×10^{-4} torr

3/29
VI7204 指示値不良
1.8～2.4×10^{-4} torr
を指示し不安定となる
4/1
横河電機の調査結果
検出器の不良が考えられる。

VI7204 指示値不良の原因調査（横河電機）　検出器の不良

10-01

No.2 圧縮機 タービン

コンプレッサ棟・天井クレーン定期検査（荷重試験）

17:45　地震・水戸　"震度 4"

19:07　地震・水戸　"震度 3"

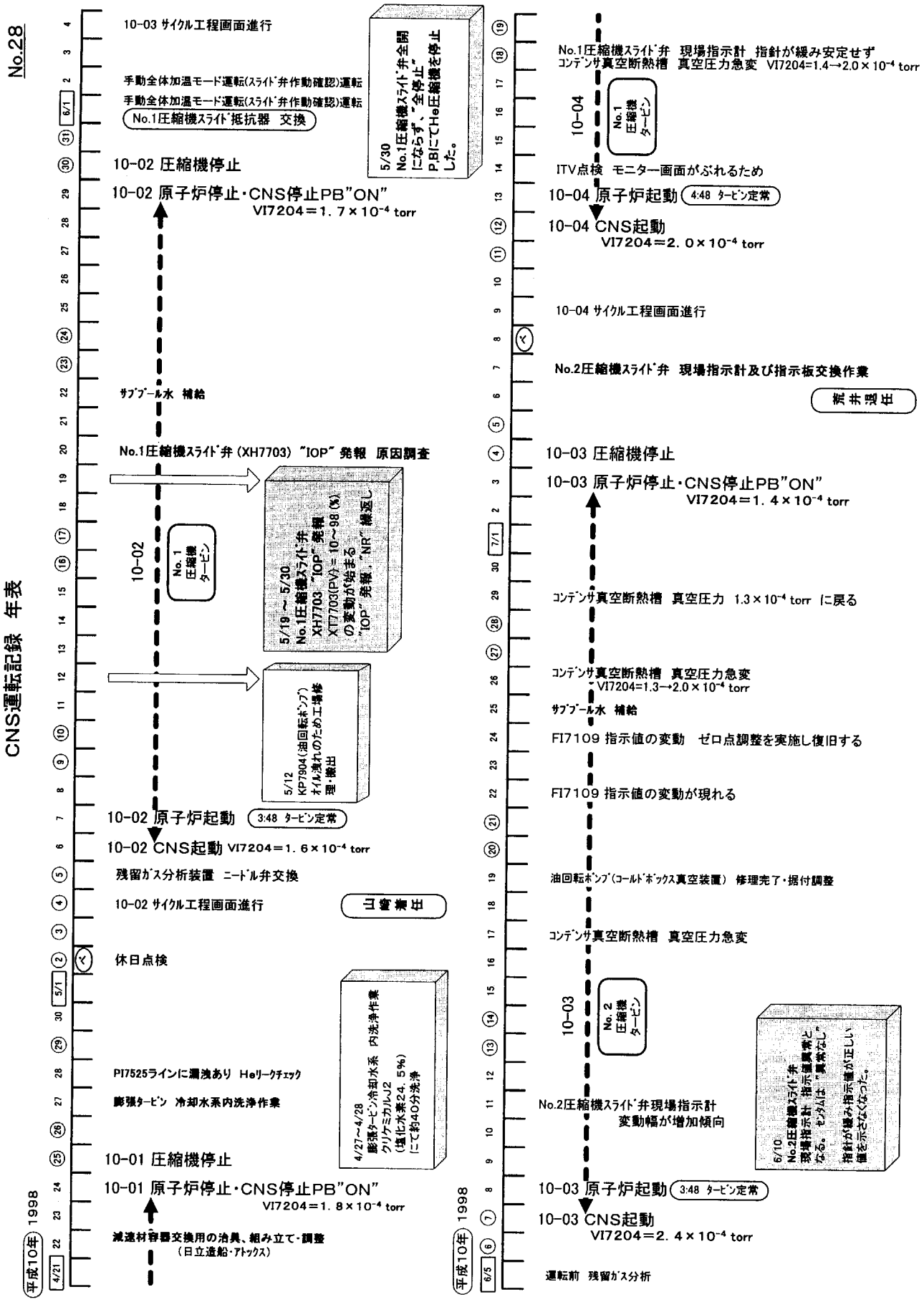
サブプール水　補給

VI7204(コンデンサ真空断熱槽真空圧力)　変動が少し現れた

平成10年 1998

3/7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

アフタークーラ　冷却水流量調整　13:46 地震・茨城南部　"震度3"


No.28
CNS運転記録 年表
平成10年 1998
10-03 サイクル工程画面進行
手動全体加温モード運転(スライド弁作動確認)運転
手動全体加温モード運転(スライド弁作動確認)運転
No.1圧縮機スライド抵抗器 交換
5/30 No.1圧縮機スライド弁全開にならず、"全停止" P.BにてHe圧縮機を停止した。
10-02 圧縮機停止
10-02 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝1.7×10⁻⁴ torr
サブプール水 補給
No.1圧縮機スライド弁(XH7703) "IOP" 発報 原因調査
10-02
No. 1 圧縮機 タービン
5/19 ～ 5/30 No.1圧縮機スライド弁 XH7703 "IOP" 発報 XT7703(PV)＝10～98(%) の変動が始まる "IOP" 発報、"NR" 繰返し
5/12 KP7904(油回転ポンプ) オイル漏れのため工場修理・搬出
10-02 原子炉起動 3:48 タービン定常
10-02 CNS起動 VI7204＝1.6×10⁻⁴ torr
残留ガス分析装置 ニードル弁交換
10-02 サイクル工程画面進行
山留責任
休日点検
PI7525ラインに漏洩あり Heリークチェック
膨張タービン 冷却水系内洗浄作業
4/27～4/28 膨張タービン冷却水系 内洗浄作業 クリアミカルJ2 (塩化水素24.5%) にて約40分洗浄
10-01 圧縮機停止
10-01 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝1.8×10⁻⁴ torr
減速材容器交換用の治具、組み立て・調整 (日立造船・アトックス)
No.1圧縮機スライド弁 現場指示計 指針が緩み安定せず
コンデンサ真空断熱槽 真空圧力急変 VI7204=1.4→2.0×10⁻⁴ torr
10-04
No.1 圧縮機 タービン
ITV点検 モニター画面がぶれるため
10-04 原子炉起動 4:48 タービン定常
10-04 CNS起動
VI7204＝2.0×10⁻⁴ torr
10-04 サイクル工程画面進行
No.2圧縮機スライド弁 現場指示計及び指示板交換作業
荒井現任
10-03 圧縮機停止
10-03 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝1.4×10⁻⁴ torr
コンデンサ真空断熱槽 真空圧力 1.3×10⁻⁴ torr に戻る
コンデンサ真空断熱槽 真空圧力急変
VI7204=1.3→2.0×10⁻⁴ torr
サブプール水 補給
FI7109 指示値の変動 ゼロ点調整を実施し復旧する
FI7109 指示値の変動が現れる
油回転ポンプ(コールドボックス真空装置) 修理完了・据付調整
コンデンサ真空断熱槽 真空圧力急変
10-03
No. 2 圧縮機 タービン
No.2圧縮機スライド弁現場指示計 変動幅が増加傾向
6/10 No.2圧縮機スライド弁 現場指示計 指示値異常となる。センタは"異常なし" 指針が緩み、指示値が正しい値を示さなくなった。
10-03 原子炉起動 3:48 タービン定常
10-03 CNS起動
VI7204＝2.4×10⁻⁴ torr
運転前 残留ガス分析

No.29

CNS運転記録 年表

平成10年 1998

7/20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 8/1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 9/1 2

Heリークチェック、原子炉スクラム時のデータ整理、漏洩検出部真空排気

Heリークチェック、原子炉スクラム時のデータ整理、漏洩検出部真空排気

Heリークチェック He冷凍設備機器(配管・フランジ等各機器)、Heリークチェックの養生作業、データ整理

Heリークチェック準備作業 He冷凍設備機器(配管・フランジ等各機器の養生)

酸素分析計校正(DI7507,DI7542)、圧縮機廻りボルト・ナットの増締め、Heリークチェック、工程面面進行

原子炉スクラム時のトレンド採取

原子炉スクラム時の状況調査・He貯槽内Heガスサンプリング分析を依頼・KV7549,KV7552ラインの真空排気・漏洩試験・Heガス充填

He貯槽にサンプリングラインを増設する。
KV8549,KV7552 テフロンシート交換後の作動試験

KV7549,KV7552テフロンシール交換 KV7302減圧弁修理

原子炉スクラム時の原因究明調査・データ採取

KV7302・減圧弁修理

原子炉スクラム時のデータ整理

VI7206 指示値異常のため調査

原子炉スクラム時の原因調査
打ち合わせ
No.2圧縮機スライド弁 現場指示計指針の取付作業
No.1圧縮機スライド弁 現場指示計指針の取付作業

10-04 圧縮機停止

10-04 CNS停止PB"ON"

原子炉スクラム停止・原因究明のため再現試験

原子炉 スクラム停止（水素圧力 "高高"）

10-04

No.1 圧縮機 タービン

コンデンサ真空断熱槽 真空圧力急変

7/31
◎水素圧力 及び コントロールモータ電力 指示値が異常変化を始めた。
WI7555で350 (W) となり正常な制御範囲を超えるところまで減下してしまった。
この為、原子炉出力を下げてもらうように要請をした。
◎膨張タービンの回転数変更(上昇)を7回に亘り実施した。
WI7555=86.0→89.5 krpm

8/5 17:34
◎原子炉 スクラム停止
PI7710A,PI7710B(水素圧力 "高高")により、原子炉 スクラム停止
◎18:01 PI7105=3.26 kg/cm² abs
まで上昇した。

10-05 準備週

点検・保守

平成10年 1998

9/3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 10/1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17

Heリークチェック、原子炉スクラム時のデータ整理

Heリークチェック、原子炉スクラム時のデータ整理

KV7509～KV7510(炉室側)Heガスリークチェック

KV7509～KV7510(炉室側)Heガス漏洩監視

低温He配管(炉室TI7526廻り)及び円筒壁・計装配管(PI7525)溶接部のHeリークチェック、KV7509～KV7510(炉室側)Heガスパージ後He充填
低温He配管(炉室TI7526廻り)及び円筒壁・計装配管(PI7525)変更工事箇所のHeリークチェック
低温He配管(炉室TI7526廻り)・計装配管(PI7525)変更工事箇所のHeリークチェック

低温He配管漏洩試験(TI7526廻り)、原子炉建家円筒壁～炉室側低温He配管真空排気

計装配管(PI7525)変更工事完了後のカラーチェック"合格"

低温He配管(炉室TI7526廻り)Oリング交換作業、計装配管変更工事、機材搬入(NKK)

DI7114,DI7115,DI7507,DI7542 計器校正

コンデンサ真空断熱槽・コールドボックス真空排気、データ整理

コンデンサ真空断熱槽・コールドボックス真空排気、Heリークテスト用ビニール養生撤去作業、データ整理
コンデンサ真空断熱槽・コールドボックス真空排気、Heリークテスト用ビニール養生撤去作業

コンデンサ真空断熱槽・コールドボックス真空排気、サブプール純水補給

コンデンサ真空断熱槽・漏洩検出部・コールドボックス真空排気、

He圧縮機廻り保温材取付作業、DI7111校正作業

No.1・No.2膨張タービン廻りHeリークテスト・成績書作成、He圧縮機廻りHeリークテスト
No.1・No.2膨張タービン廻りHeリークテスト、He圧縮機廻り保温材取り外し、天井クレーン点検用照明(2基)取付工事

原子炉スクラムじの原因調査、No.1・No.2膨張タービンHeリークテスト準備(フランジ・継ぎ手類ビニール養生)
原子炉スクラムに関する現状報告、No.1・No.2膨張タービンHeリークテスト準備(フランジ・継ぎ手類ビニール養生)

He貯槽Heガス置換用真空装置搬入(日本エアリキード)

低温He配管真空排気用図面作成、スクラム時のデータ整理

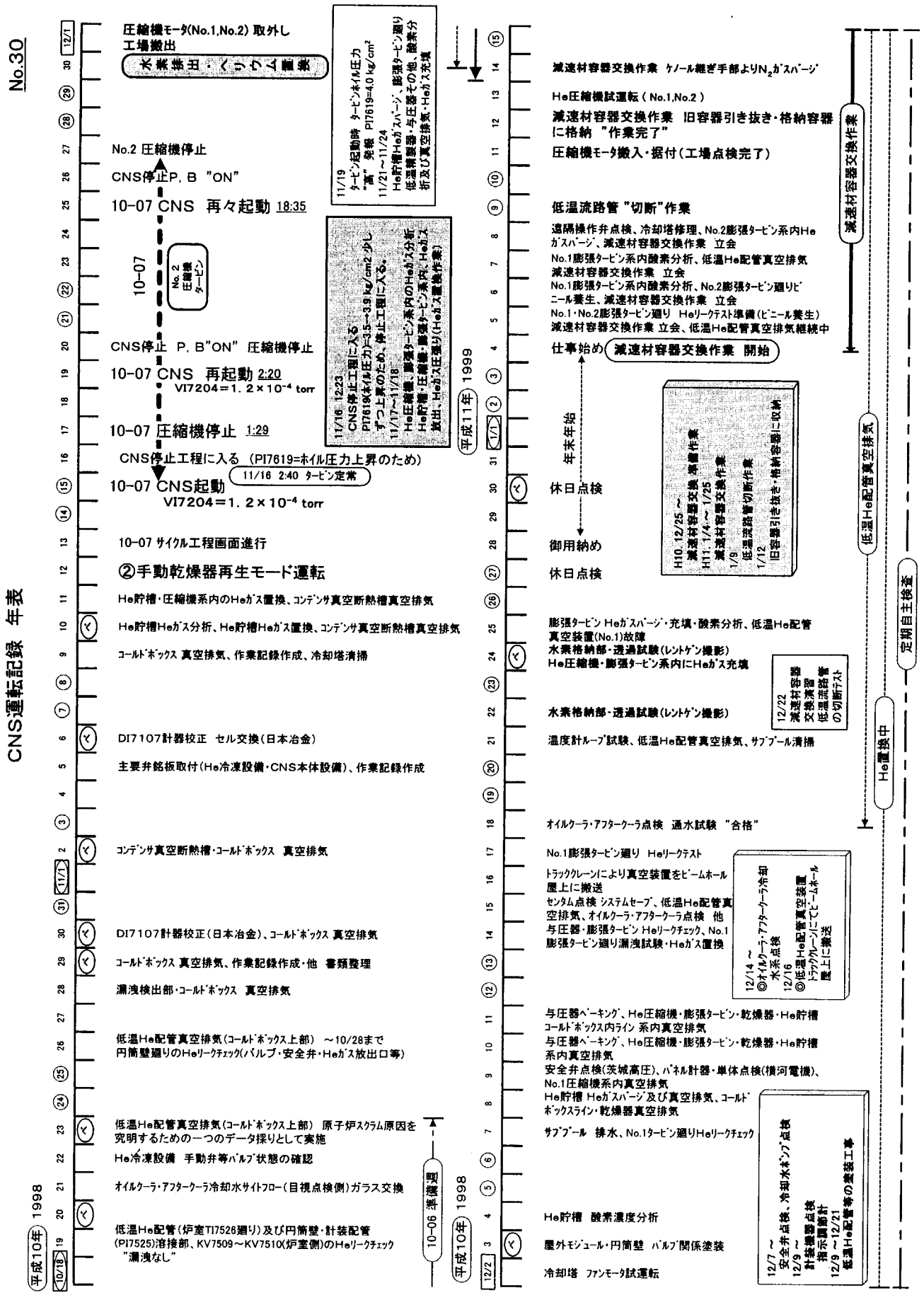
He貯槽Heガス置換資料作成、低温He配管真空排気用図面作成、スクラム時のデータ整理

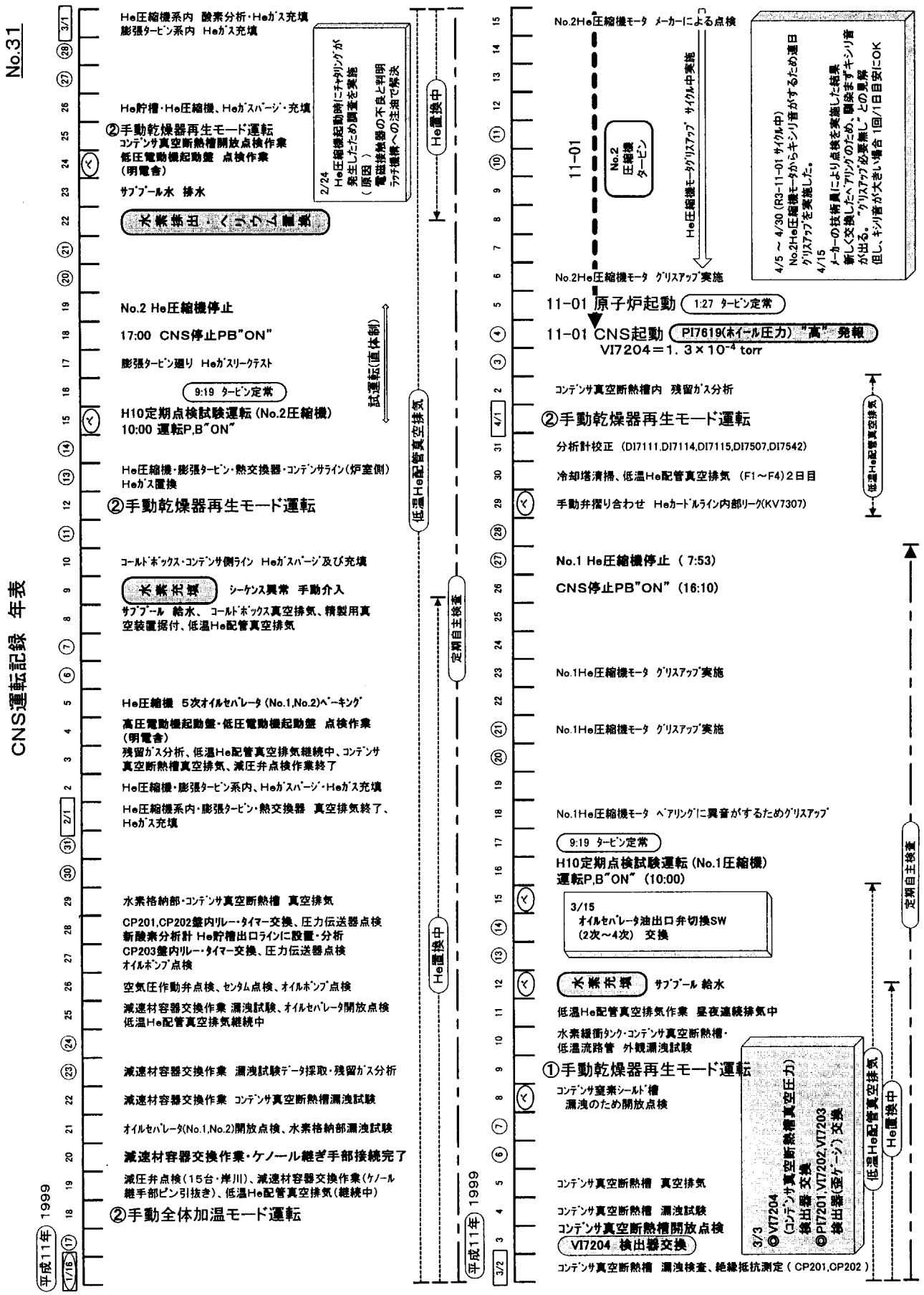
He貯槽Heガス置換資料作成、低温He配管ループ図作成、スクラム時のデータ整理

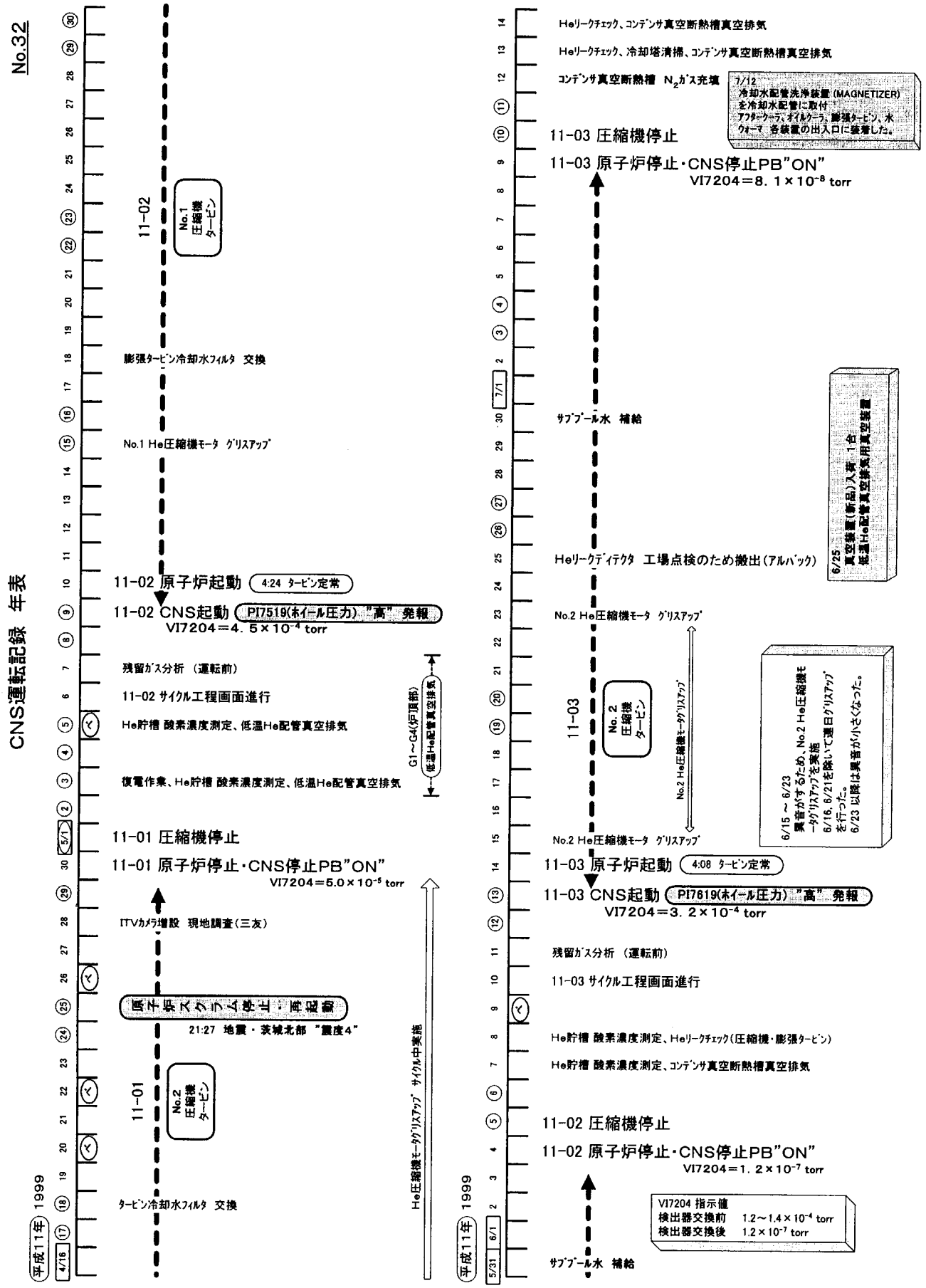
高純度Heガス置換準備作業、原子炉スクラム時の各種データ整理

10-06 準備週

10-05 準備週


No.30
CNS運転記録 年表
平成10年 1998
平成11年 1999
圧縮機モータ(No.1,No.2) 取外し
工場搬出
水素抜出・くりワイ輸送
No.2 圧縮機停止
CNS停止P, B "ON"
10-07 CNS 再々起動 18:35
10-07
No.2 圧縮機 タービン
CNS停止 P, B"ON" 圧縮機停止
10-07 CNS 再起動 2:20
VI7204＝1.2×10⁻⁴ torr
10-07 圧縮機停止 1:29
CNS停止工程に入る (PI7619=ホイル圧力上昇のため)
10-07 CNS起動
11/16 2:40 タービン定常
VI7204＝1.2×10⁻⁴ torr
10-07 サイクル工程画面進行
②手動乾燥器再生モード運転
He貯槽・圧縮機系内のHeガス置換、コンデンサ真空断熱槽真空排気
He貯槽Heガス分析、He貯槽Heガス置換、コンデンサ真空断熱槽真空排気
コールドボックス 真空排気、作業記録作成、冷却塔清掃
DI7107計器校正 セル交換(日本冶金)
主要弁銘板取付(He冷凍設備・CNS本体設備)、作業記録作成
コンデンサ真空断熱槽・コールドボックス 真空排気
DI7107計器校正(日本冶金)、コールドボックス 真空排気
コールドボックス 真空排気、作業記録作成・他 書類整理
漏洩検出部・コールドボックス 真空排気
低温He配管真空排気(コールドボックス上部) ～10/28まで
円筒壁廻りのHeリークチェック(バルブ・安全弁・Heガス放出口等)
低温He配管真空排気(コールドボックス上部) 原子炉スクラム原因を究明するための一つのデータ採りとして実施
He冷凍設備 手動弁等バルブ状態の確認
オイルクーラ・アフタークーラ冷却水サイトフロー(目視点検側)ガラス交換
低温He配管(炉室TI7526廻り)及び円筒壁・計装配管
(PI7525)溶接部、KV7509～KV7510(炉室側)のHeリークチェック
"漏洩なし"
10-06 準備週
11/19
タービン起動時 タービンオイル圧力
"高" 発報 PI7619=4.0 kg/cm²
11/21～11/24
He貯槽Heガスパージ、膨張タービン廻り
低温機器・与圧器その他、酸素分析及び真空排気・Heガス充填
11/16 12:23
CNS停止工程に入る
PI7619(オイル圧力)=3.5～3.9 kg/cm2 少しずつ上昇のため、停止工程に入る。
11/17～11/18
He圧縮機・膨張タービン系内のHeガス分析
He貯槽・圧縮機・膨張タービン系内・Heガス放出・Heガス置換作業)
12/2
冷却塔 ファンモータ試運転
屋外モジュール・円筒壁 バルブ関係塗装
He貯槽 酸素濃度分析
安全弁点検、冷却水ポンプ点検
12/7～
安全弁点検、冷却水ポンプ点検
12/9～
計装機器点検
指示調節計
12/9～12/21
低温He配管等の塗装工事
12/14～
◎オイルクーラ・アフタークーラ冷却水系点検
12/16
◎低温He配管真空装置
トラッククレーンにてビームホール屋上に搬送
12/22
減速材容器交換準備
低温流路管の切断テスト
H10. 12/25～
減速材容器交換 準備作業
H11. 1/4～1/25
減速材容器交換作業
1/9
低温流路管切断作業
1/12
旧容器引き抜き・格納容器に収納
オイルクーラ・アフタークーラ点検 通水試験 "合格"
No.1膨張タービン廻り Heリークテスト
トラッククレーンにより真空装置をビームホール屋上に搬送
センタム点検 システムセーブ、低温He配管真空排気、オイルクーラ・アフタークーラ点検 他
与圧器・膨張タービン Heリークチェック、No.1膨張タービン廻り漏洩試験・Heガス置換
与圧器ベーキング、He圧縮機・膨張タービン・乾燥器・He貯槽コールドボックス内ライン 系内真空排気
与圧器ベーキング、He圧縮機・膨張タービン・乾燥器・He貯槽系内真空排気
安全弁点検(茨城高圧)、パネル計器・単体点検(横河電機)、No.1圧縮機系内真空排気
He貯槽 Heガスパージ及び真空排気、コールドボックスライン・乾燥器真空排気
サブプール 排水、No.1タービン廻りHeリークチェック
水素格納部・透過試験(レントゲン撮影)
温度計ループ試験、低温He配管真空排気、サブプール清掃
水素格納部・透過試験(レントゲン撮影)
He圧縮機・膨張タービン系内にHeガス充填
膨張タービン Heガスパージ・充填・酸素分析、低温He配管真空装置(No.1)故障
休日点検
御用納め
休日点検
年末年始
仕事始め
減速材容器交換作業 開始
減速材容器交換作業 ケノール継ぎ手部よりN₂ガスパージ
He圧縮機試運転 (No.1,No.2)
減速材容器交換作業 旧容器引き抜き・格納容器に格納 "作業完了"
圧縮機モータ搬入・据付(工場点検完了)
低温流路管 "切断"作業
遠隔操作弁点検、冷却塔修理、No.2膨張タービン系内Heガスパージ、減速材容器交換作業 立会
No.1膨張タービン系内酸素分析、低温He配管真空排気
減速材容器交換作業 立会
No.1膨張タービン系内酸素分析、No.2膨張タービン廻りビニール養生、減速材容器交換作業 立会
No.1・No.2膨張タービン廻り Heリークテスト準備(ビニール養生)
減速材容器交換作業 立会、低温He配管真空排気継続中
減速材容器交換作業
低温He配管真空排気
He置換中
定期自主検査


No.31
CNS運転記録 年表
平成11年 1999
He圧縮機系内 酸素分析・Heガス充填
膨張タービン系内 Heガス充填
He貯槽・He圧縮機、Heガスパージ・充填
②手動乾燥器再生モード運転
コンデンサ真空断熱槽開放点検作業
低圧電動機起動盤 点検作業
(明電舎)
サププール水 排水
2/24
He圧縮機起動時にチャリングが発生したため調査を実施
(原因)
電磁接触器の不良と判明
ラッチ機構への注油で解決
He置換中
No.2 He圧縮機停止
17:00 CNS停止PB"ON"
膨張タービン廻り Heガスリークテスト
9:19 タービン定常
試運転(直体制)
H10定期点検試験運転(No.2圧縮機)
10:00 運転P,B"ON"
He圧縮機・膨張タービン・熱交換器・コンデンサライン(炉室側)
Heガス置換
②手動乾燥器再生モード運転
低温He配管真空排気
コールドボックス・コンデンサ側ライン Heガスパージ及び充填
シーケンス異常 手動介入
サププール 給水、コールドボックス真空排気、精製用真空装置据付、低温He配管真空排気
定期自主検査
He圧縮機 5次オイルセパレータ(No.1,No.2)ベーキング
高圧電動機起動盤・低圧電動機起動盤 点検作業
(明電舎)
残留ガス分析、低温He配管真空排気継続中、コンデンサ真空断熱槽真空排気、減圧弁点検作業終了
He圧縮機・膨張タービン系内、Heガスパージ・Heガス充填
He圧縮機系内・膨張タービン・熱交換器 真空排気終了、Heガス充填
水素格納部・コンデンサ真空断熱槽 真空排気
CP201,CP202盤内リレー・タイマー交換、圧力伝送器点検
新酸素分析計 He貯槽出口ラインに設置・分析
CP203盤内リレー・タイマー交換、圧力伝送器点検
オイルポンプ点検
空気圧作動弁点検、センタム点検、オイルポンプ点検
減速材容器交換作業 漏洩試験、オイルセパレータ開放点検
低温He配管真空排気継続中
減速材容器交換作業 漏洩試験データ採取・残留ガス分析
減速材容器交換作業 コンデンサ真空断熱槽漏洩試験
オイルセパレータ(No.1,No.2)開放点検、水素格納部漏洩試験
減速材容器交換作業・ケノール継ぎ手部接続完了
減圧弁点検(15台・岸川)、減速材容器交換作業(ケノール継手部ピン引抜き)、低温He配管真空排気(継続中)
②手動全体加温モード運転
No.2He圧縮機モータ メーカーによる点検
11-01
No.2 圧縮機 タービン
He圧縮機モータグリスアップ サイクル中実施
4/5 ～ 4/30 (R3-11-01 サイクル中)
No.2He圧縮機モータからキシリ音がするため連日グリスアップを実施した。
4/15
メーカーの技術員により点検を実施した結果新しく交換したベアリングのため、聞きなれないキシリ音が出る。"グリスアップ必要無し"との見解
但し、キシリ音が大きい場合 1回/1日目安にOK
No.2He圧縮機モータ グリスアップ実施
11-01 原子炉起動 1:27 タービン定常
11-01 CNS起動 PI7619(ホイール圧力) "高" 発報
VI7204＝1.3×10^{-4} torr
コンデンサ真空断熱槽内 残留ガス分析
②手動乾燥器再生モード運転
分析計校正 (DI7111,DI7114,DI7115,DI7507,DI7542)
冷却塔清掃、低温He配管真空排気 (F1～F4)2日目
手動弁摺り合わせ Heカードルライン内部リーク(KV7307)
低温He配管真空排気
No.1 He圧縮機停止 (7:53)
CNS停止PB"ON" (16:10)
No.1He圧縮機モータ グリスアップ実施
No.1He圧縮機モータ グリスアップ実施
No.1He圧縮機モータ ベアリングに異音がするためグリスアップ
9:19 タービン定常
H10定期点検試験運転(No.1圧縮機)
運転P,B"ON" (10:00)
3/15
オイルセパレータ油出口弁切換SW
(2次～4次) 交換
定期自主検査
サププール 給水
低温He配管真空排気作業 昼夜連続排気中
水素緩衝タンク・コンデンサ真空断熱槽・低温流路管 外観漏洩試験
①手動乾燥器再生モード運転
コンデンサ窒素シールド槽
漏洩のため開放点検
3/3
◎VI7204
(コンデンサ真空断熱槽真空圧力)
検出器 交換
◎PI7201,VI7202,VI7203
検出器(歪ゲージ) 交換
低温He配管真空排気
He置換中
コンデンサ真空断熱槽 真空排気
コンデンサ真空断熱槽 漏洩試験
コンデンサ真空断熱槽開放点検
VI7204 検出器交換
コンデンサ真空断熱槽 漏洩検査、絶縁抵抗測定(CP201,CP202)
平成11年 1999


No.32
CNS運転記録 年表
平成11年 1999
4/16
5/1
5/31
6/1
7/1
11-02
No.1 圧縮機 タービン
膨張タービン冷却水フィルタ 交換
No.1 He圧縮機モータ グリスアップ
11-02 原子炉起動 4:24 タービン定常
11-02 CNS起動 PI7519(ホイール圧力) "高" 発報
VI7204＝4.5×10⁻⁴ torr
残留ガス分析 (運転前)
11-02 サイクル工程画面進行
He貯槽 酸素濃度測定、低温He配管真空排気
復電作業、He貯槽 酸素濃度測定、低温He配管真空排気
G1～G4(炉頂部) 低温He配管真空排気
11-01 圧縮機停止
11-01 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝5.0×10⁻⁵ torr
ITVカメラ増設 現地調査(三友)
原子炉スクラム発生・緊急停止
21:27 地震・茨城北部 "震度4"
11-01
No.2 圧縮機 タービン
タービン冷却水フィルタ 交換
He圧縮機モータグリスアップ サイクル中実施
Heリークチェック、コンデンサ真空断熱槽真空排気
Heリークチェック、冷却塔清掃、コンデンサ真空断熱槽真空排気
コンデンサ真空断熱槽 N₂ガス充填
7/12 冷却水配管洗浄装置(MAGNETIZER)を冷却水配管に取付 アフタークーラ、オイルクーラ、膨張タービン、水ウォーマ 各装置の出入口に装着した。
11-03 圧縮機停止
11-03 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝8.1×10⁻⁸ torr
サブプール水 補給
6/25 真空装置(新品)入荷 1台 低温He配管真空排気用真空装置
Heリークディテクタ 工場点検のため搬出(アルバック)
No.2 He圧縮機モータ グリスアップ
11-03
No.2 圧縮機 タービン
No.2 He圧縮機モータグリスアップ
6/15～6/23 異音がするため、No.2 He圧縮機モータグリスアップを実施 6/16, 6/21を除いて連日グリスアップを行った。 6/23 以降は異音が小さくなった。
No.2 He圧縮機モータ グリスアップ
11-03 原子炉起動 4:08 タービン定常
11-03 CNS起動 PI7619(ホイール圧力) "高" 発報
VI7204＝3.2×10⁻⁴ torr
残留ガス分析 (運転前)
11-03 サイクル工程画面進行
He貯槽 酸素濃度測定、Heリークチェック(圧縮機・膨張タービン)
He貯槽 酸素濃度測定、コンデンサ真空断熱槽真空排気
11-02 圧縮機停止
11-02 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝1.2×10⁻⁷ torr
VI7204 指示値
検出器交換前 1.2～1.4×10⁻⁴ torr
検出器交換後 1.2×10⁻⁷ torr
サブプール水 補給

No.33

CNS運転記録 年表

平成11年 1999

7/15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 8/1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28

残留ｶﾞｽ分析 （運転前）

11-04 ｻｲｸﾙ工程画面進行

11-04 CNS起動
VI7204＝3．1×10^{-4} torr

11-04 原子炉起動 5:17 ﾀｰﾋﾞﾝ定常

7/21 No.2He圧縮機 3次ｵｲﾙｾﾊﾟﾚｰﾀ液位 "高高" 発報

冷却塔 外側ﾌｨﾙﾀｰ 交換（金網に）

膨張ﾀｰﾋﾞﾝ冷却水ﾌｨﾙﾀｰ交換

11-04 No.1 圧縮機 ﾀｰﾋﾞﾝ

水素圧力変動 （1.20～1.23 kabs）

ｻﾌﾟﾌﾟｰﾙ水 補給

11-04 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝8．7×10^{-8} torr

11-04 圧縮機停止

CNS居室（実験準備室VIb）の蛍光灯交換
（1灯のみ無停電用に交換）

ｺﾝﾃﾞﾝｻ真空断熱槽真空排気、冷却塔清掃

He貯槽Heｶﾞｽ 酸素濃度測定 （0.12 ppm）

11-05 ｻｲｸﾙ工程画面進行

残留ｶﾞｽ分析 （運転前）

11-05 CNS起動
VI7204＝2．2×10^{-4} torr

11-05 原子炉起動 5:45 ﾀｰﾋﾞﾝ定常

11-05 No.2 圧縮機 ﾀｰﾋﾞﾝ

He貯槽Heｶﾞｽ補充 5.2⇒6.3 kg/cm^2
ｻﾌﾟﾌﾟｰﾙ水 補給

8/22～8/23 He貯槽及び出口圧力が著しく低下するため調査
＜調査結果・処置＞
酸素分析計内部の漏洩と判明、酸素分析計ラインの手動弁を"閉"とした。漏洩が止まった。

平成11年 1999

8/29 30 31 9/1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 10/1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

11-05 No.2 圧縮機 ﾀｰﾋﾞﾝ

11-05 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝8．3×10^{-4} torr

11-05 圧縮機停止

ｺﾝﾃﾞﾝｻ真空断熱槽 N_2ｶﾞｽ充填

酸素分析計内部 Heﾘｰｸﾁｪｯｸ

水素ｶﾞｽ分析装置工場点検（撤出）
低温He配管真空排気 開始 炉頂(G1～G4)

9/8 膨張ﾀｰﾋﾞﾝ無停電電源装置点検 ﾊﾞｯﾃﾘｰ・冷却用ﾌｧﾝ交換 その他

コントロールヒータ制御盤点検 明電舎・富士電機

He冷凍設備計器盤内・酸素分析計内部
Heﾘｰｸﾁｪｯｸ

低温He配管真空排気 終了(G1→G4)

ｺｰﾙﾄﾞﾎﾞｯｸｽ真空装置点検、圧力調整弁点検
低温He配管真空排気 開始(F5→F7)

ｺｰﾙﾄﾞﾎﾞｯｸｽ真空装置点検、圧力調整弁点検、再生ﾋｰﾀ点検

Heﾘｰｸﾁｪｯｸ準備 He圧縮機廻りﾋﾞﾆｰﾙ養生

可燃性ｶﾞｽ検知装置Ⅱ(DI7111)点検 （理研計器・巴商会）

9/20 DI7542内部点検、セルの部分に塵があり漏洩の原因なっていた。
9/21 DI7542 ﾀﾞｲｱﾌﾗﾑﾎﾟﾝﾌﾟ交換

9/17 JRR-3 原子炉 ｼﾘｻｲﾄ燃料による "臨界" 達成

ｺﾝﾃﾞﾝｻ真空断熱槽真空排気 開始

ｺｰﾙﾄﾞﾎﾞｯｸｽ真空装置 電磁弁交換

ｺﾝﾃﾞﾝｻ真空断熱槽 真空排気停止・
N_2ｶﾞｽ充填 VI7204＝1．8×10^{-4} torr

外観・漏洩検査（定期点検）
低温He配管真空排気 開始(B5→B10)

低温He配管真空排気 終了(B5→B10)

ｺｰﾙﾄﾞﾎﾞｯｸｽ真空装置 精製用真空ﾎﾟﾝﾌﾟ設置

Heﾘｰｸﾁｪｯｸ 圧縮機室・ｺﾝﾌﾟﾚｯｻ棟内

Heﾘｰｸﾁｪｯｸ 圧縮機・He貯槽・ｺｰﾙﾄﾞﾎﾞｯｸｽ廻り
低温He配管真空排気 開始(B11→B14)

Heﾘｰｸﾁｪｯｸ準備 安全弁・ﾌﾗﾝｼﾞのﾋﾞﾆｰﾙ養生作業
低温He配管真空排気 開始(E1→E4)

サﾌﾟﾌﾟｰﾙ水 補給

Heﾘｰｸﾁｪｯｸ コールﾄﾞﾎﾞｯｸｽ・膨張ﾀｰﾋﾞﾝ廻り・その他

Heﾘｰｸﾁｪｯｸ コールﾄﾞﾎﾞｯｸｽ・膨張ﾀｰﾋﾞﾝ廻り・その他

外観・漏洩検査 機器・配管

10/12 ○再生ヒータ取付作業 新品の再生ヒータと交換する

再生ﾋｰﾀ 新品交換

低温He配管真空排気

定期自主検査

No.34

CNS運転記録 年表

平成11年 1999 10/13

コントロールヒータ 新品交換

コントロールヒータ格納部 Heガス充填・漏洩試験、DI7111 工場点検完了・取付
低温He配管真空排気
昼夜連続排気中 (C1→C4)、(D1→D4)

10/13 10/14 ◎コントロールヒータ交換 新品のコントロールヒータと交換する

4:16 タービン定常 No.2 圧縮機停止

総合機能試験運転 CNS起動(No.2)
VI7204＝1．4×10^{-4} torr

酸素分析計点検 DI7507(工場点検完了・再調整)日本ガイシ
Heガス入替え 膨張タービン廻り
センタム 閏年対応ソフトのシステム作動試験
コンデンサ真空断熱槽真空排気 開始、No.2 圧縮機 Heガス入替え作業、低温He配管真空排気 開始(C5～C8)

定期自主検査

低温He配管真空排気

①手動乾燥器再生モード運転

He貯槽Heガス置換 Heガスパージ・充填

②手動乾燥器再生モード運転

He貯槽Heガス置換 Heガスパージ・充填
低温He配管 排気中(C9→C10),(C15→C20)
減圧弁修理 KV7304, KV7402

11/1

コ・真空断熱槽真空排気、コールドボックス真空排気
低温He配管 排気中(C11→C14),(C15→C20)

低温He配管真空排気 終了(ポンプ・テスト片付け)

コ・真空断熱槽真空排気、工程画面進行、サブプール水補給

11/9 4:08 タービン定常

原子炉起動(シリサイド燃料特性試験)

シリサイド

No.1 圧縮機 タービン

CNS起動
VI7204＝5.0×10^{-5} torr
休日出勤 復電作業、コンデンサ真空断熱槽真空排気

圧縮機停止

原子炉停止・CNS停止PB"ON"

11-06

No.1 圧縮機 タービン

11-06 原子炉起動 3:19 タービン定常

11-06 CNS起動 PI7519(ホイール圧力) "高" 発報
VI7204＝6．3×10^{-5} torr

残留ガス分析 (運転前)

実験利用棟停電、復電作業

11-06 工程画面進行、サブプール水補給

減速材容器 格納容器にSFプールの水が混入し分析の為、約400ccサンプリング

コンデンサ真空断熱槽真空排気、He貯槽酸素濃度測定

平成12年 2000 1/1

センタム Y2K(2000年・閏年)対応 全て異常なし

センタム Y2K(2000年・閏年)対応

御用納め No.1タービンベアリングガス対策 KV7517 を"開"とする

センタム グラフィック割付追加

12/27 センタム・グラフィックパネル (P40) にTagを追加 (横河電機)

低温He配管真空排気 (A1～A4) 連続排気中

低温He配管真空排気 (A1～A4) 排気開始
スライド抵抗器交換後試運転
スライド抵抗器 交換作業
試運転(新品不良発生)

12/18 スライド抵抗器故障のため 圧縮機停止時に横河電機 技術者の助勢を受けた。
12/20 スライド抵抗器交換 500Ω可変抵抗器 断線のため
12/20, 12/21 スライド抵抗器交換 試運転

11-06 圧縮機停止

11-06 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝7．5×10^{-6} torr

ガス置換用ヘッダにN$_2$ガス充填 (圧力低下のため)

サブプール水 補給

11-06

No.1 圧縮機 タービン

12/1

12/2～12/3 No.1圧縮機スライド弁 XH7703 "IOP" が発報した 横河電機による原因調査実施 スライド抵抗器の接触不良と判明 応急処置を実施する事により "IOP" が出なくなる

平成11年 1999 11/27

薬注ポンプ 流量調整

上位計算機端末(パソコン) CNS居室に設置

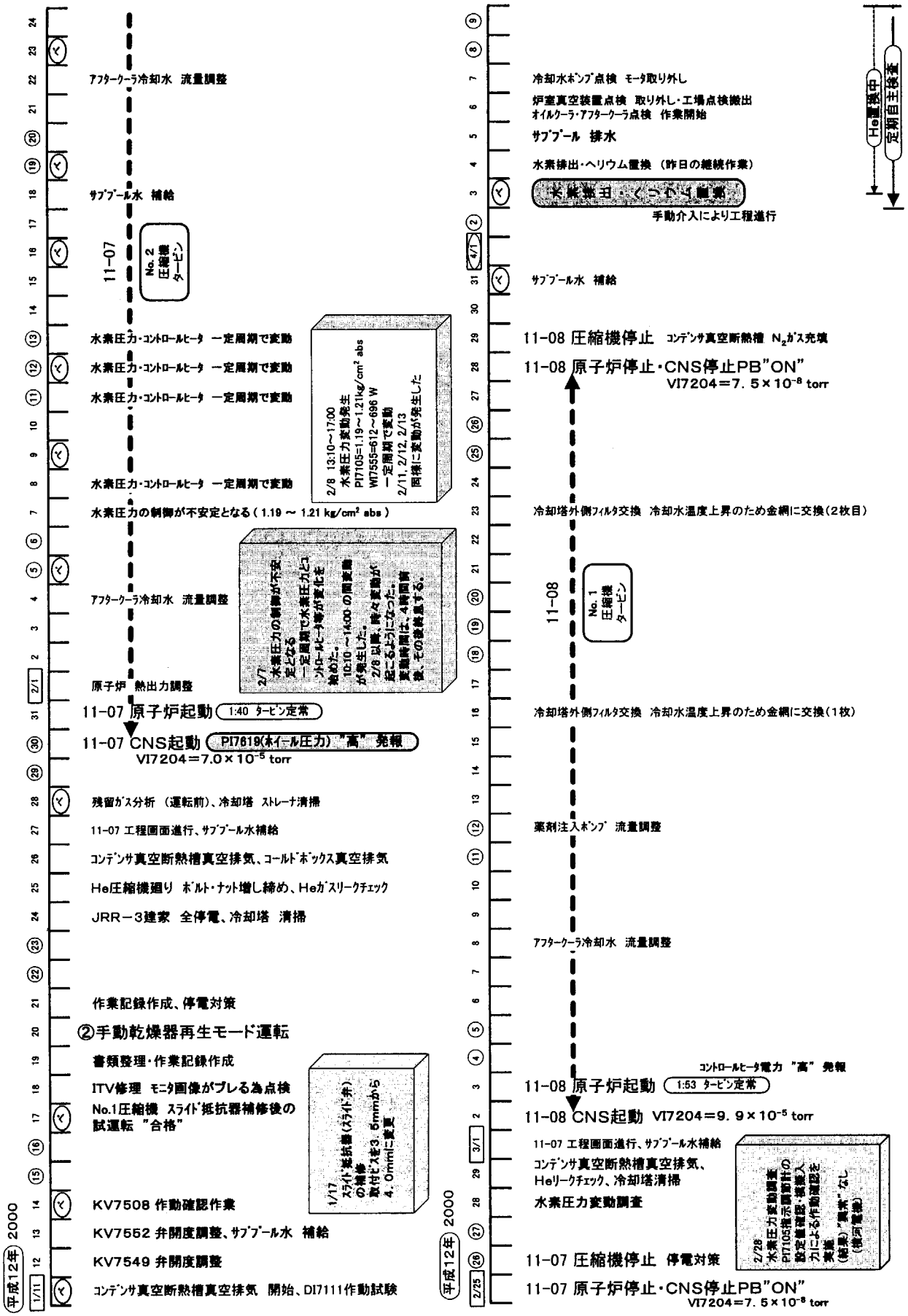
コンデンサ真空断熱槽 N$_2$ガス充填中、書類等の整理

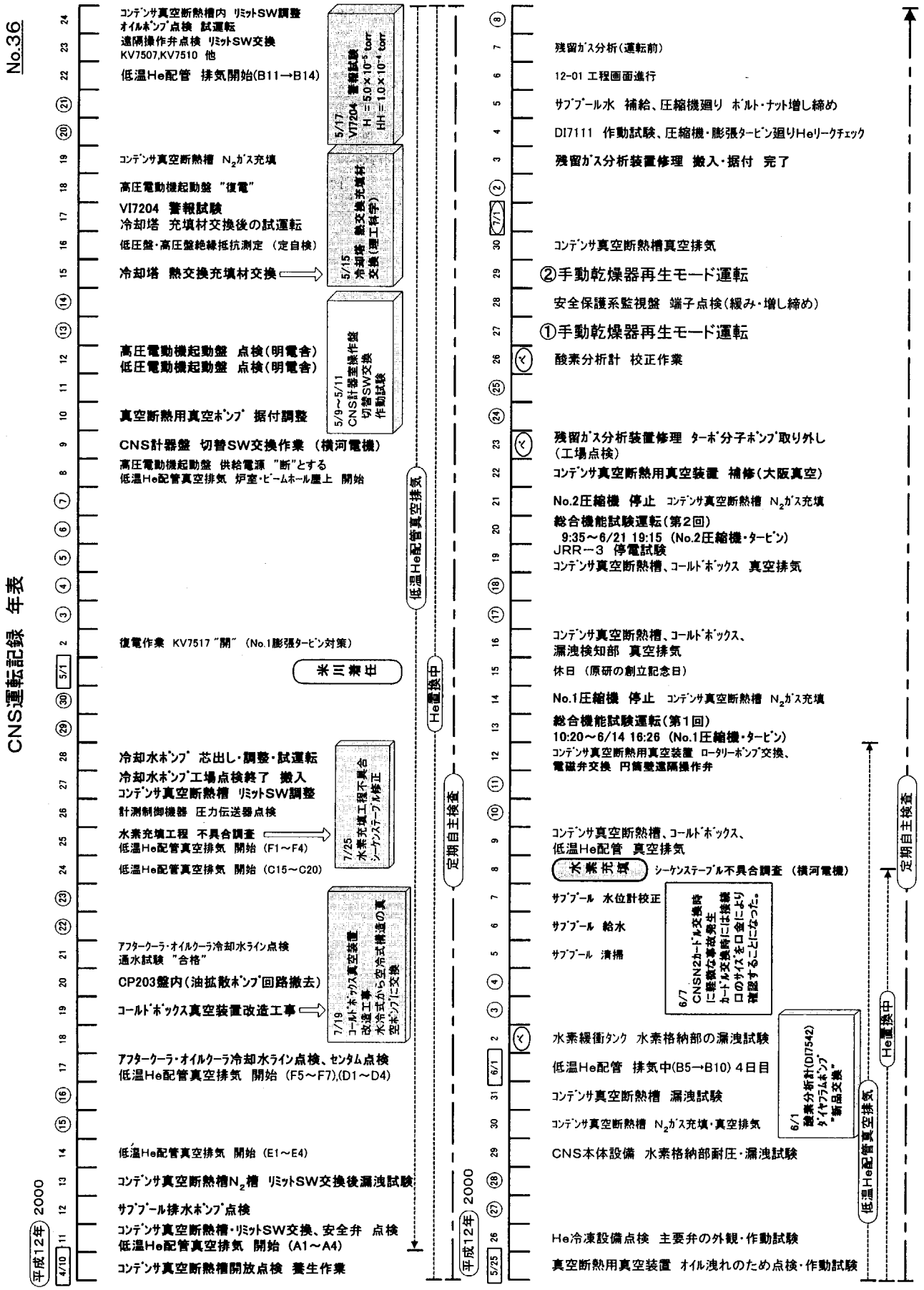
コンデンサ真空断熱槽 N$_2$ガス充填中

仕事始め

No.35

CNS運転記録 年表




No.36
CNS運転記録 年表
平成12年 2000
4/10
コンデンサ真空断熱槽内 リミットSW調整
オイルポンプ点検 試運転
遠隔操作弁点検 リミットSW交換
KV7507,KV7510 他
低温He配管 排気開始(B11→B14)
コンデンサ真空断熱槽 N2ガス充填
高圧電動機起動盤 "復電"
VI7204 警報試験
冷却塔 充填材交換後の試運転
低圧盤・高圧盤絶縁抵抗測定 (定自検)
冷却塔 熱交換充填材交換
高圧電動機起動盤 点検(明電舎)
低圧電動機起動盤 点検(明電舎)
真空断熱用真空ポンプ 据付調整
CNS計器盤 切替SW交換作業 (横河電機)
高圧電動機起動盤 供給電源 "断"とする
低温He配管真空排気 炉室・ビームホール屋上 開始
復電作業 KV7517 "開" (No.1膨張タービン対策)
米川着任
冷却水ポンプ 芯出し・調整・試運転
冷却水ポンプ工場点検終了 搬入
コンデンサ真空断熱槽 リミットSW調整
計測制御機器 圧力伝送器点検
水素充填工程 不具合調査
低温He配管真空排気 開始 (F1～F4)
低温He配管真空排気 開始 (C15～C20)
アフタークーラ・オイルクーラ冷却水ライン点検
通水試験 "合格"
CP203盤内(油拡散ポンプ回路撤去)
コールドボックス真空装置改造工事
アフタークーラ・オイルクーラ冷却水ライン点検、センタム点検
低温He配管真空排気 開始 (F5～F7),(D1～D4)
低温He配管真空排気 開始 (E1～E4)
コンデンサ真空断熱槽N2槽 リミットSW交換後漏洩試験
サププール排水ポンプ点検
コンデンサ真空断熱槽・リミットSW交換、安全弁 点検
低温He配管真空排気 開始 (A1～A4)
コンデンサ真空断熱槽開放点検 養生作業
5/17 VI7204 警報試験 H =5.0×10-5 torr HH =1.0×10-4 torr
5/15 冷却塔 熱交換充填材交換(理工科学)
5/9～5/11 CNS計器室操作盤 切替SW交換 作動試験
7/25 水素充填工程不具合 シーケンステープル修正
7/19 コールドボックス真空装置 改造工事 水冷式から空冷式構造の真空ポンプに交換
低温He配管真空排気
He置換中
定期自主検査
残留ガス分析(運転前)
12-01 工程画面進行
サププール水 補給、圧縮機廻り ボルト・ナット増し締め
DI7111 作動試験、圧縮機・膨張タービン廻りHeリークチェック
残留ガス分析装置修理 搬入・据付 完了
コンデンサ真空断熱槽真空排気
②手動乾燥器再生モード運転
安全保護系監視盤 端子点検(緩み・増し締め)
①手動乾燥器再生モード運転
酸素分析計 校正作業
残留ガス分析装置修理 ターボ分子ポンプ取り外し (工場点検)
コンデンサ真空断熱用真空装置 補修(大阪真空)
No.2圧縮機 停止 コンデンサ真空断熱槽 N2ガス充填
総合機能試験運転(第2回)
9:35～6/21 19:15 (No.2圧縮機・タービン)
JRR－3 停電試験
コンデンサ真空断熱槽、コールドボックス 真空排気
コンデンサ真空断熱槽、コールドボックス、
漏洩検知部 真空排気
休日 (原研の創立記念日)
No.1圧縮機 停止 コンデンサ真空断熱槽 N2ガス充填
総合機能試験運転(第1回)
10:20～6/14 16:26 (No.1圧縮機・タービン)
コンデンサ真空断熱用真空装置 ロータリーポンプ交換、
電磁弁交換 円筒整運隔操作弁
コンデンサ真空断熱槽、コールドボックス、
低温He配管 真空排気
水素充填 シーケンステープル不具合調査 (横河電機)
サププール 水位計校正
サププール 給水
サププール 清掃
6/7 CNSN2カードル交換時に軽微な事故発生 カードル交換時には接続口のサイズを口金により確認することになった。
水素緩衝タンク 水素格納部の漏洩試験
低温He配管 排気中(B5→B10) 4日目
コンデンサ真空断熱槽 漏洩試験
コンデンサ真空断熱槽 N2ガス充填・真空排気
CNS本体設備 水素格納部耐圧・漏洩試験
6/1 酸素分析計(DI7542) ダイヤフラムポンプ "新品交換"
He冷凍設備点検 主要弁の外観・作動試験
真空断熱用真空装置 オイル洩れのため点検・作動試験
5/25
低温He配管真空排気
He置換中
定期自主検査

No.37

CNS運転記録 年表

平成12年 2000

7/9
- 22 手動弁"開閉"状態チェック He圧縮機・膨張タービン廻り
- 21 コンデンサ真空断熱槽真空排気、コールドボックス真空排気
- 20
- 19
- 18 サププール水 補給、コンデンサ真空断熱槽N_2ガス充填
- 17 コンデンサ真空断熱槽真空排気、コールドボックス真空排気
- 16 データ・記録写真 その他、 整理
- 15 データ・記録写真 その他、 整理
- 14 CNS予備品・常備品 整理整頓
  コンデンサ真空断熱槽真空排気、コールドボックス真空排気
- 13
- 12
- 11 CNS予備品 整理
- 10 漏洩検出部 真空排気
- 9 サププール水 補給
- 8 残留ガス分析装置 修理完了品取付・試運転 (アルバック)
- 7 コールドボックス 真空排気
- 6
- 5
- 4 DI7507 計器校正
- 3 残留ガス分析装置 点検 (アルバック テクノ)
- 2 ガス置換真空装置 コントローラ部の修理品取付作業

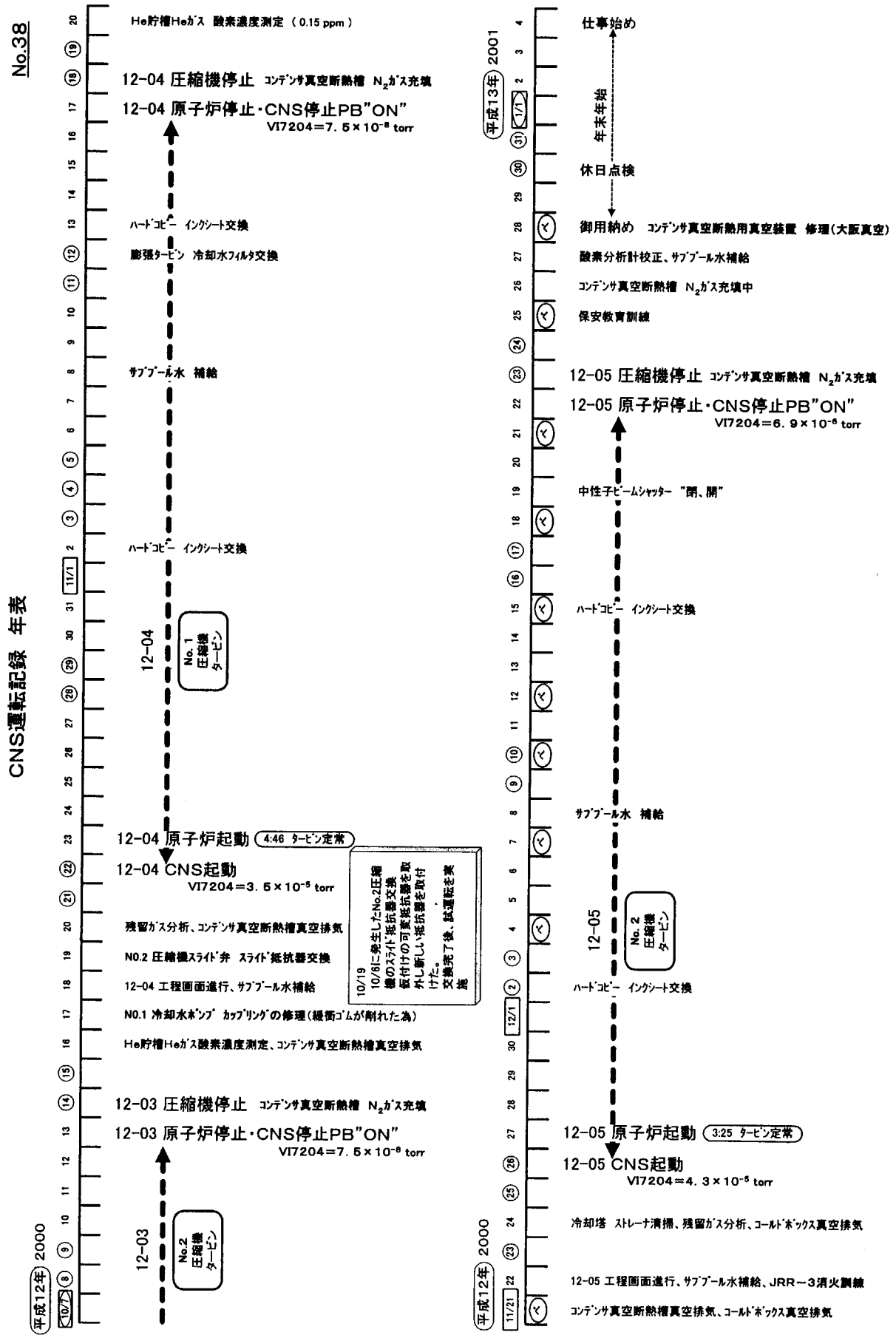
8/1
- 31 コンデンサ真空断熱槽真空排気、漏洩検出部真空排気
  コンデンサ真空断熱槽真空排気、コールドボックス真空排気
  VI7204＝5．9×10^{-4} torr
- 30
- 29
- 28 CNS機材室 整理・整頓、運転データ整理
- 27 CNS機材室 整理・整頓、運転データ整理
- 26 CNS機材室 整理・整頓
- 25 サププール水補給
- 24 コンデンサ真空断熱槽 N_2ガス充填中
- 23
- 22
- 21 3:39 地震発生 水戸 "震度5弱" 点検"異常なし"
- 20
- 19 コンデンサ真空断熱槽真空排気、コールドボックス真空排気
- 18 He貯槽Heガス酸素濃度測定
- 17 コンデンサ真空断熱用真空装置 不調のため
  ガス置換用真空装置と入れ替え
- 16
- 15
- 14 12-01 圧縮機停止 コンデンサ真空断熱槽 N_2ガス充填
- 13 可動コイル異常により原子炉停止・CNS停止PB"ON"
- 12 12-01 No.2 圧縮機 タービン
- 11 12-01 原子炉起動 (4:41 タービン定常)
- 10 12-01 CNS起動 VI7204＝4．3×10^{-5} torr

平成12年 2000

8/23
- 24 手動弁"開閉"状態チェック(CNS区画)
- 25 コンデンサ真空断熱槽真空排気、コールドボックス真空排気
- 26 手動弁"開閉"状態チェック(CNS区画)、コンデンサ真空断熱槽真空排気
- 27
- 28 残留ガス分析、冷却塔運転
- 29 ①手動全体加温モード運転
- 30 He貯槽Heガス酸素濃度測定
- 31 ②手動全体加温モード運転

9/1
- 2 地震対応 訓練
- 3
- 4 コンデンサ真空断熱槽真空排気、コールドボックス真空排気
- 5 コンデンサ真空断熱槽真空排気、コールドボックス真空排気、データ整理
- 6 コンデンサ真空断熱槽真空排気、コールドボックス真空排気、データ整理
- 7 コンデンサ真空断熱槽真空排気、コールドボックス真空排気、データ整理
- 8 コンデンサ真空断熱槽真空排気、コールドボックス真空排気、データ整理
- 9
- 10
- 11 He圧縮機廻りボルト・ナット増し締め
- 12 Heリークチェック、冷却塔清掃
- 13 12-03 サイクル 工程画面進行、漏洩検出部 真空排気
- 14 冷却塔ストレーナ 清掃、サププール水 補給 VI7204＝4．3×10^{-5} torr
- 15
- 16
- 17 12-03 CNS起動
  VI7204＝2．4×10^{-5} torr
- 18 12-03 原子炉起動 (6:04 タービン定常)
  VI7206 "H" 警報発報 (即リカバー)
- 19
- 20 ハードコピー インクシート交換
- 21
- 22 ビームシャッター開閉試験
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27 12-03 No.2 圧縮機 タービン
- 28
- 29
- 30 10/1
- 2
- 3 ハードコピー インクシート交換
- 4
- 5
- 6

10/6
No.2圧縮機スライド弁
XH7803:"IOP"警報
No.2圧縮機スライド抵抗器
は初めて、H10:6/10に
複数の値ハンが発生したが
スライド抵抗器については
今回が初めて
貴河電器に修理実績
スライド抵抗器断線の
為、仮に可変抵抗器
(500Ω)を取付けた。


No.38
CNS運転記録 年表
平成12年 2000
平成13年 2001
He貯槽Heガス 酸素濃度測定 (0.15 ppm)
12-04 圧縮機停止 コンデンサ真空断熱槽 N2ガス充填
12-04 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204=7.5×10-8 torr
ハードコピー インクシート交換
膨張タービン 冷却水フィルタ交換
サブプール水 補給
ハードコピー インクシート交換
12-04
No.1 圧縮機 タービン
12-04 原子炉起動 (4:46 タービン定常)
12-04 CNS起動
VI7204=3.5×10-5 torr
残留ガス分析、コンデンサ真空断熱槽真空排気
N0.2 圧縮機スライド弁 スライド抵抗器交換
12-04 工程画面進行、サブプール水補給
N0.1 冷却水ポンプ カップリングの修理(緩衝ゴムが削れた為)
He貯槽Heガス酸素濃度測定、コンデンサ真空断熱槽真空排気
10/19 10/6に発生したNo.2圧縮機のスライド抵抗器交換 仮付けの可変抵抗器を取外し新しい抵抗器を取付けた。交換完了後、試運転を実施
12-03 圧縮機停止 コンデンサ真空断熱槽 N2ガス充填
12-03 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204=7.5×10-8 torr
12-03
No.2 圧縮機 タービン
仕事始め
年末年始
休日点検
御用納め コンデンサ真空断熱用真空装置 修理(大阪真空)
酸素分析計校正、サブプール水補給
コンデンサ真空断熱槽 N2ガス充填中
保安教育訓練
12-05 圧縮機停止 コンデンサ真空断熱槽 N2ガス充填
12-05 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204=6.9×10-6 torr
中性子ビームシャッター "閉、開"
ハードコピー インクシート交換
サブプール水 補給
12-05
No.2 圧縮機 タービン
ハードコピー インクシート交換
12-05 原子炉起動 (3:25 タービン定常)
12-05 CNS起動
VI7204=4.3×10-5 torr
冷却塔 ストレーナ清掃、残留ガス分析、コールドボックス真空排気
12-05 工程画面進行、サブプール水補給、JRR-3消火訓練
コンデンサ真空断熱槽真空排気、コールドボックス真空排気

No.39

CNS運転記録 年表

平成13年 2001

12-07 CNS起動 PI7619 "H" 発報
VI7204＝4.5×10^{-5} torr

総合防災訓練、残留ガス分析

ダイヤフラムポンプ(DI7542)交換 (NKK)

12-07 サイクル 工程画面進行、サププール水補給

コンデンサ真空断熱槽真空排気、酸素分析計校正

12-06 圧縮機停止 コンデンサ真空断熱槽 N_2ガス充填

12-06 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝7.5×10^{-6} torr

打点記録計紙づまり 復旧作業

冷却塔ストレーナ清掃

PI7551(He貯槽出口)圧力低下が早くなる
(酸素分析計ライン出入口手動弁を"閉"とした)

ハードコピー インクシート交換

水素圧力微変動発生

12-06 No.1 圧縮機 タービン

1/23 水素圧力微変動発生 PI7105=1.20~1.21kg/cm^2 abs

冷却水ポンプ 軸受け部の冷却水流量調整

12-06 原子炉起動 (2:59 タービン定常)

12-06 CNS起動
VI7204＝3.2×10^{-5} torr

コンデンサ真空断熱槽真空排気、He圧縮機廻りボルト・ナット増し締め

冷却塔 薬液タンク交換作業

1/11 薬注装置 薬液槽薬品交換

12-06 サイクル 工程画面進行、サププール水補給

コンデンサ真空断熱槽真空排気、DI7111 作動試験

コンデンサ真空断熱槽真空排気
He圧縮機廻りボルト・ナット増し締め

(1/5) 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 (2/1)

13-01 No.1 圧縮機 タービン

13-01 原子炉起動 (3:38 タービン定常)

13-01 CNS起動
VI7204＝3.8×10^{-5} torr

残留ガス分析、その他

コントロールヒータ制御盤点検・作動試験

KV7302・減圧弁修理

3/22 コントロールヒータ制御盤 点検・作動試験 絶縁入力を加え作動試験を行ったが "異常" はなかった。 NKK2名、明電舎2名 富士電機 1名 横河電機 1名

復電作業、コンデンサ真空断熱槽真空排気、コールドボックス真空排気

12-07 圧縮機停止 コンデンサ真空断熱槽 N_2ガス充填 停電対策

12-07 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝6.2×10^{-7} torr

水素圧力微変動 原因調査
(NKK・明電舎)

3/7～3/16 一定周期で起こる水素圧力の微変動が発生 3/7 以降、毎日発生し3～4時間で終息する。 CNS停止日まで続いた。 3/14 原因調査を実施 (NKK・明電舎)

アフタークーラ冷却水 流量調整

ハードコピー インクシート交換

水素圧力微変動 (一定周期で変動)

サププール水 補給

ハードコピー インクシート交換

(3/1) 膨張タービン 冷却水フィルタ切替

12-07 No.2 圧縮機 タービン

水素圧力微変動 一定周期で変動を始めた

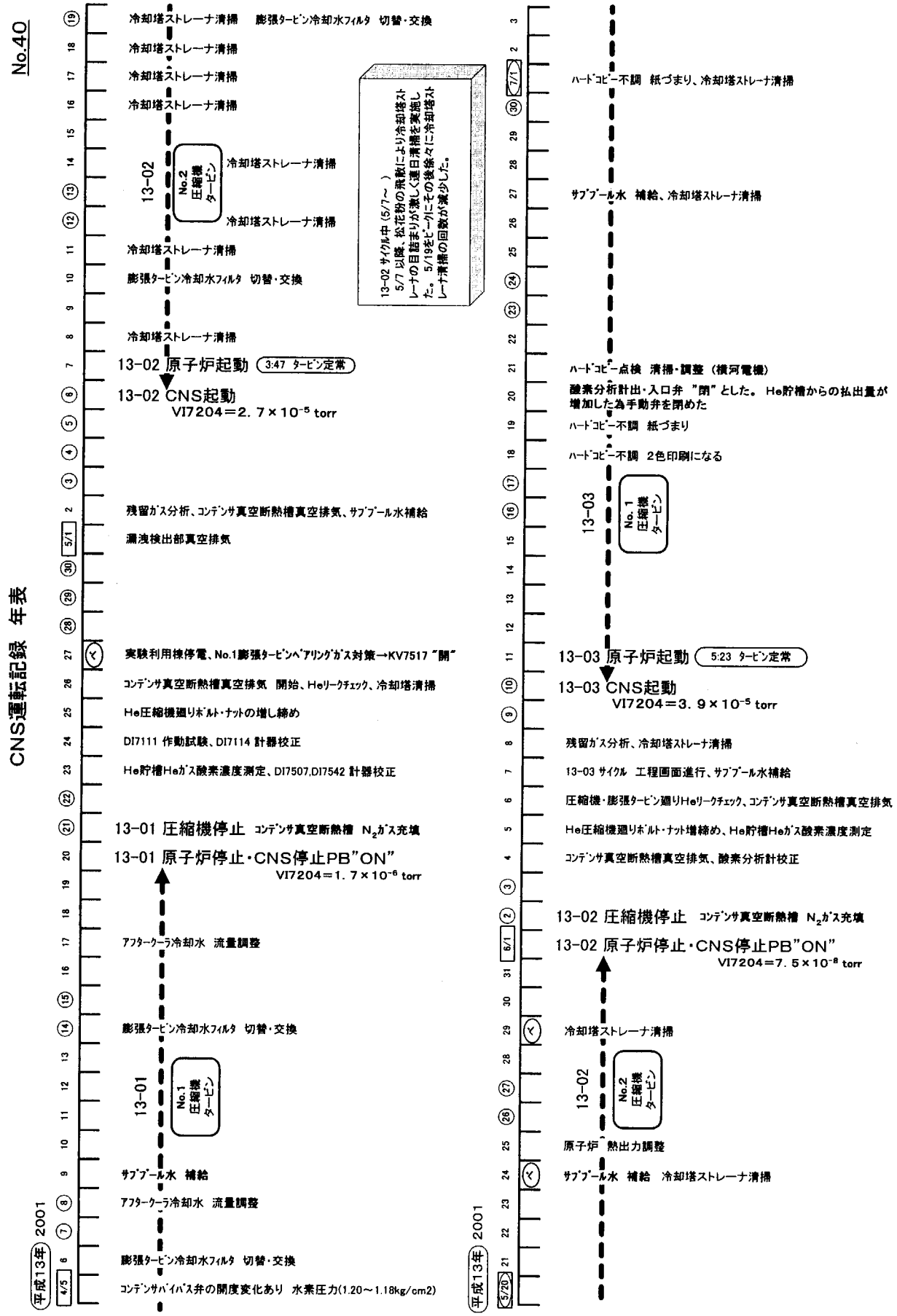
アフタークーラ冷却水 流量調整

2/22 水素圧力微変動が始まった。

12-07 原子炉起動 (1:59 タービン定常)

(2/19) 20 21 22 23 24 25 26 27 28 (3/1) 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 (4/1)

平成13年 2001


No.40
CNS運転記録 年表
平成13年 2001
4/5
5/1
5/20
6/1
7/1
冷却塔ストレーナ清掃
膨張タービン冷却水フィルタ 切替・交換
13-02
No.2 圧縮機 タービン
13-02 サイクル中 (5/7～)
5/7 以降、松花粉の飛散により冷却塔ストレーナの目詰まりが激しく連日清掃を実施した。 5/19をピークにその後徐々に冷却塔ストレーナ清掃の回数が減少した。
13-02 原子炉起動 3:47 タービン定常
13-02 CNS起動
VI7204＝2.7×10⁻⁵ torr
残留ガス分析、コンデンサ真空断熱槽真空排気、サププール水補給
漏洩検出部真空排気
実験利用棟停電、No.1膨張タービンベアリングガス対策→KV7517 "開"
コンデンサ真空断熱槽真空排気 開始、Heリークチェック、冷却塔清掃
He圧縮機廻りボルト・ナットの増し締め
DI7111 作動試験、DI7114 計器校正
He貯槽Heガス酸素濃度測定、DI7507,DI7542 計器校正
13-01 圧縮機停止 コンデンサ真空断熱槽 N₂ガス充填
13-01 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝1.7×10⁻⁶ torr
アフタークーラ冷却水 流量調整
13-01
No.1 圧縮機 タービン
サププール水 補給
ハードコピー不調 紙づまり、冷却塔ストレーナ清掃
サププール水 補給、冷却塔ストレーナ清掃
ハードコピー点検 清掃・調整 (横河電機)
酸素分析計出・入口弁 "閉" とした。 He貯槽からの払出量が増加した為手動弁を閉めた
ハードコピー不調 紙づまり
ハードコピー不調 2色印刷になる
13-03
No.1 圧縮機 タービン
13-03 原子炉起動 5:23 タービン定常
13-03 CNS起動
VI7204＝3.9×10⁻⁵ torr
残留ガス分析、冷却塔ストレーナ清掃
13-03 サイクル 工程画面進行、サププール水補給
圧縮機・膨張タービン廻りHeリークチェック、コンデンサ真空断熱槽真空排気
He圧縮機廻りボルト・ナット増締め、He貯槽Heガス酸素濃度測定
コンデンサ真空断熱槽真空排気、酸素分析計校正
13-02 圧縮機停止 コンデンサ真空断熱槽 N₂ガス充填
13-02 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝7.5×10⁻⁸ torr
冷却塔ストレーナ清掃
13-02
No.2 圧縮機 タービン
原子炉 熱出力調整
サププール水 補給 冷却塔ストレーナ清掃
コンデンサバイパス弁の開度変化あり 水素圧力(1.20～1.18kg/cm2)

No.41

CNS運転記録　年表

平成13年 2001

7/4

He貯槽Heガス酸素濃度測定

He貯槽Heガス酸素濃度測定

圧縮機・膨張タービン廻りHeリークチェック

He圧縮機廻りボルト・ナット増締め

打点記録計　記録用紙セット、運転トレンド採取

13-04 圧縮機停止　コンデンサ真空断熱槽　N_2ガス充填

13-04 原子炉停止・CNS停止PB"ON"

VI7204＝8.4×10^{-8} torr

冷却塔ストレーナ清掃

ハードコピー不調　紙詰まり(Paper Jam ERROR)

ハードコピー不調　紙詰まり(Paper Jam ERROR)

8/1

冷却塔ストレーナ清掃、膨張タービン冷却水フィルタ　切替・交換

水素圧力変動　(1.22 kabs)

冷却塔ストレーナ清掃

サブプール水　補給

冷却塔ストレーナ清掃

13-04

No. 2 圧縮機 タービン

水素圧力変動　(1.23 kabs)

冷却塔ストレーナ清掃

13-04 原子炉起動　9:23 タービン定常

13-04 CNS起動

VI7204＝5.1×10^{-5} torr

7/15 He圧縮機起動せず 横河電機により調査、シーケンスをインターフェイスして再起動した。 オイルポンプが起動しない為、圧縮機が起動できなかった。

残留ガス分析　(運転前)

13-04 工程画面進行、サブプール水補給

酸素分析計(DI7542)再点検、マイクロポンプのダイヤフラム再交換

DI7542マイクロポンプ　ダイヤフラム交換、膨張タービン廻りHeガス置換

可燃性ガス検知装置Ⅱ(DI7111)　作動試験、

13-03 圧縮機停止　コンデンサ真空断熱槽　N_2ガス充填

13-03 原子炉停止・CNS停止PB"ON"

VI7204＝8.3×10^{-8} torr

冷却塔ストレーナ清掃

平成13年 2001

8/18

低温He配管真空排気　開始　(A1～A4)

コールドボックス真空計(VI7001)　交換

ラプチャディスク点検、減圧弁点検

サブプール水　排水

水素排出・くらい雰囲気

13-05 圧縮機停止　コンデンサ真空断熱槽　N_2ガス充填

13-05 原子炉停止・CNS停止PB"ON"

VI7204＝5.0×10^{-5} torr

水素圧力微変動発生　(一定周期で変動)

13-05

No. 2 圧縮機 タービン

サブプール水　補給

ハードコピー　紙詰まり

膨張タービン冷却水フィルタ　切替・交換

水素圧力変動　(1.22 kabs)

防災訓練

冷却塔ストレーナ清掃

9/1

冷却塔ストレーナ清掃

ハードコピー　インクシート交換

冷却塔ストレーナ清掃

13-05 原子炉起動　5:49 タービン定常

13-05 CNS起動

VI7204＝4.6×10^{-5} torr

サブプール水　補給

冷却塔　清掃

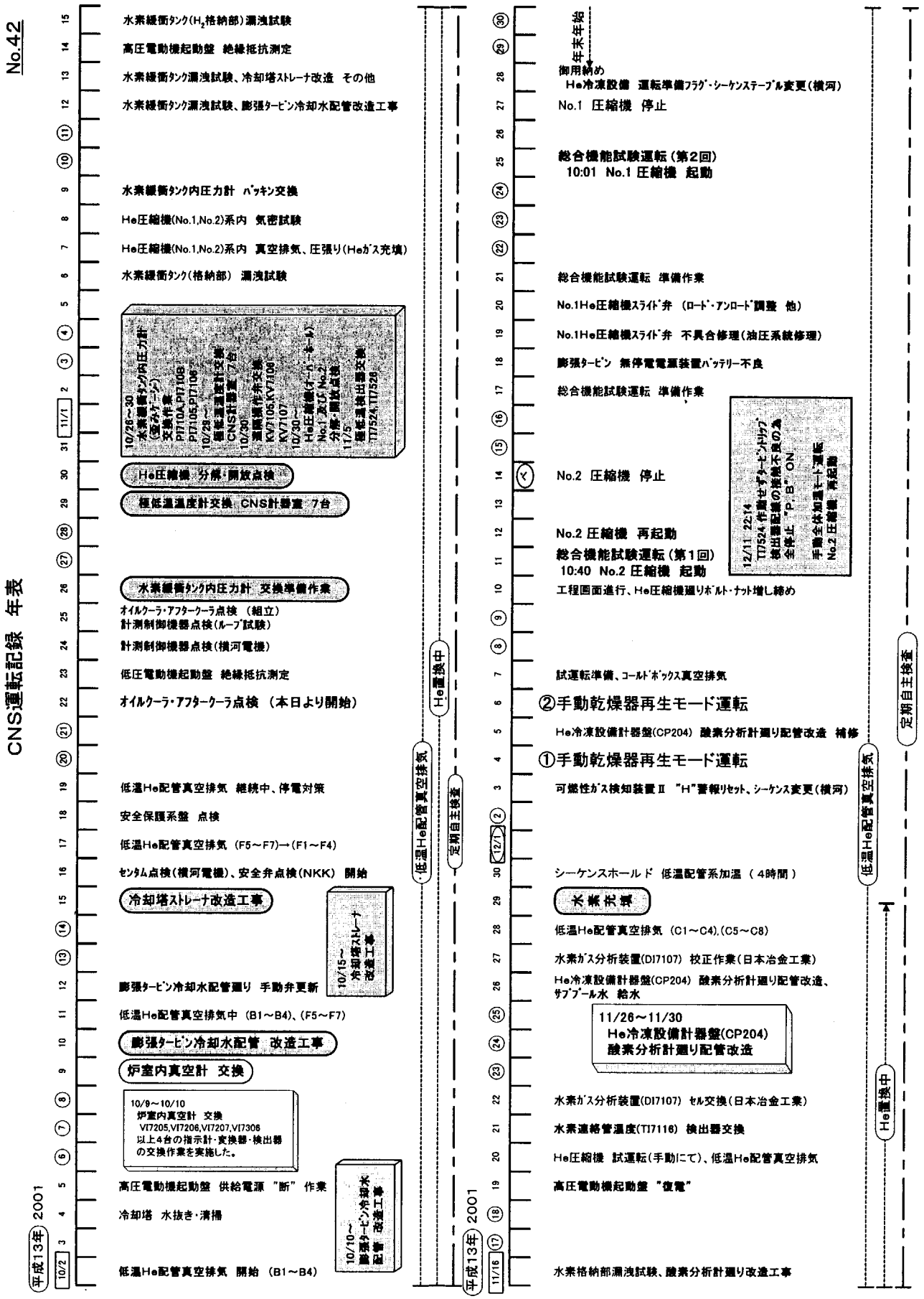
減圧弁修理　KV7402・KV7404、　DI7111 作動試験

減圧弁修理　KV7404

工程画面進行、コンデンサ真空断熱槽真空排気、酸素分析計校正

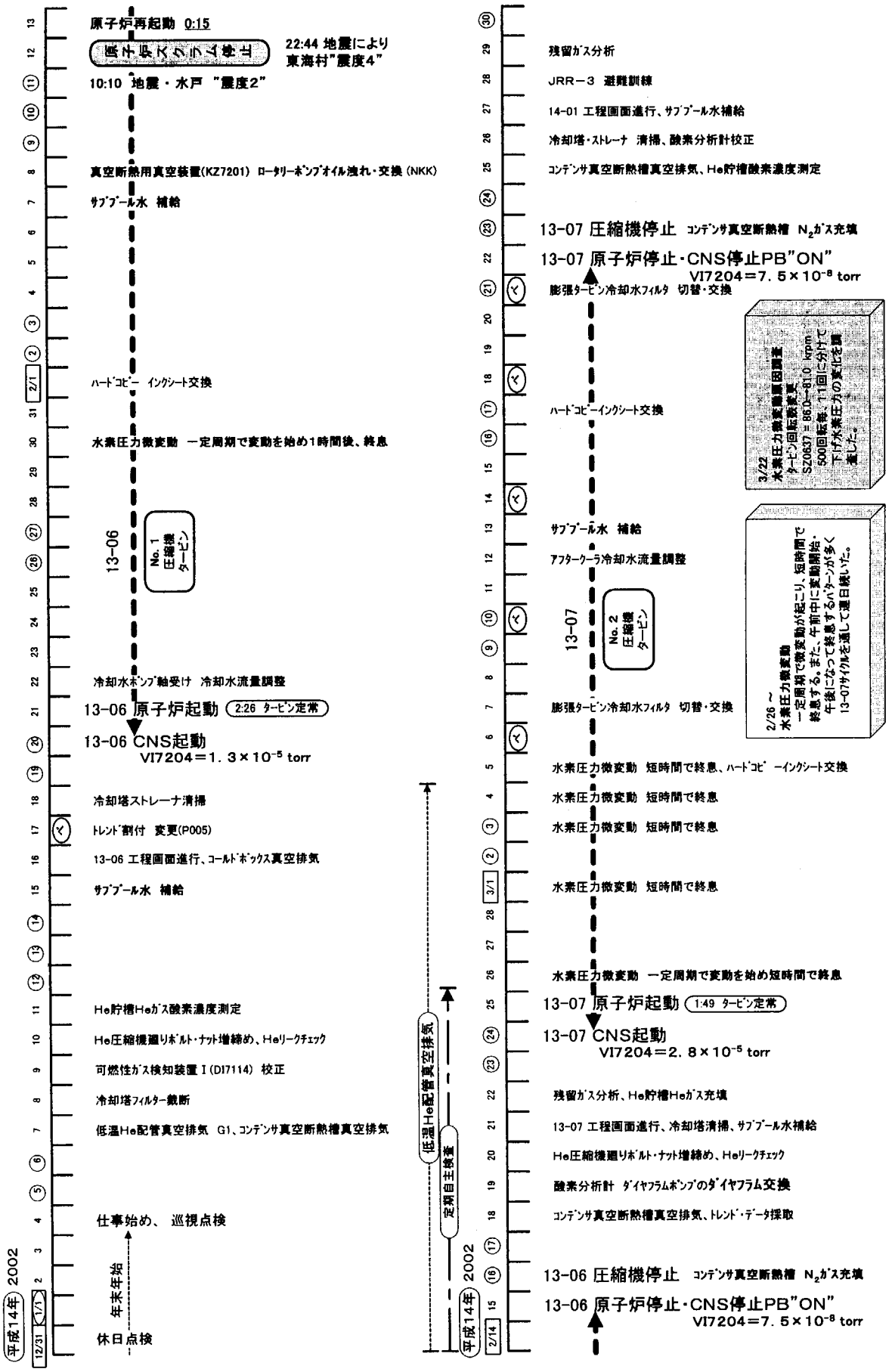
He置換中

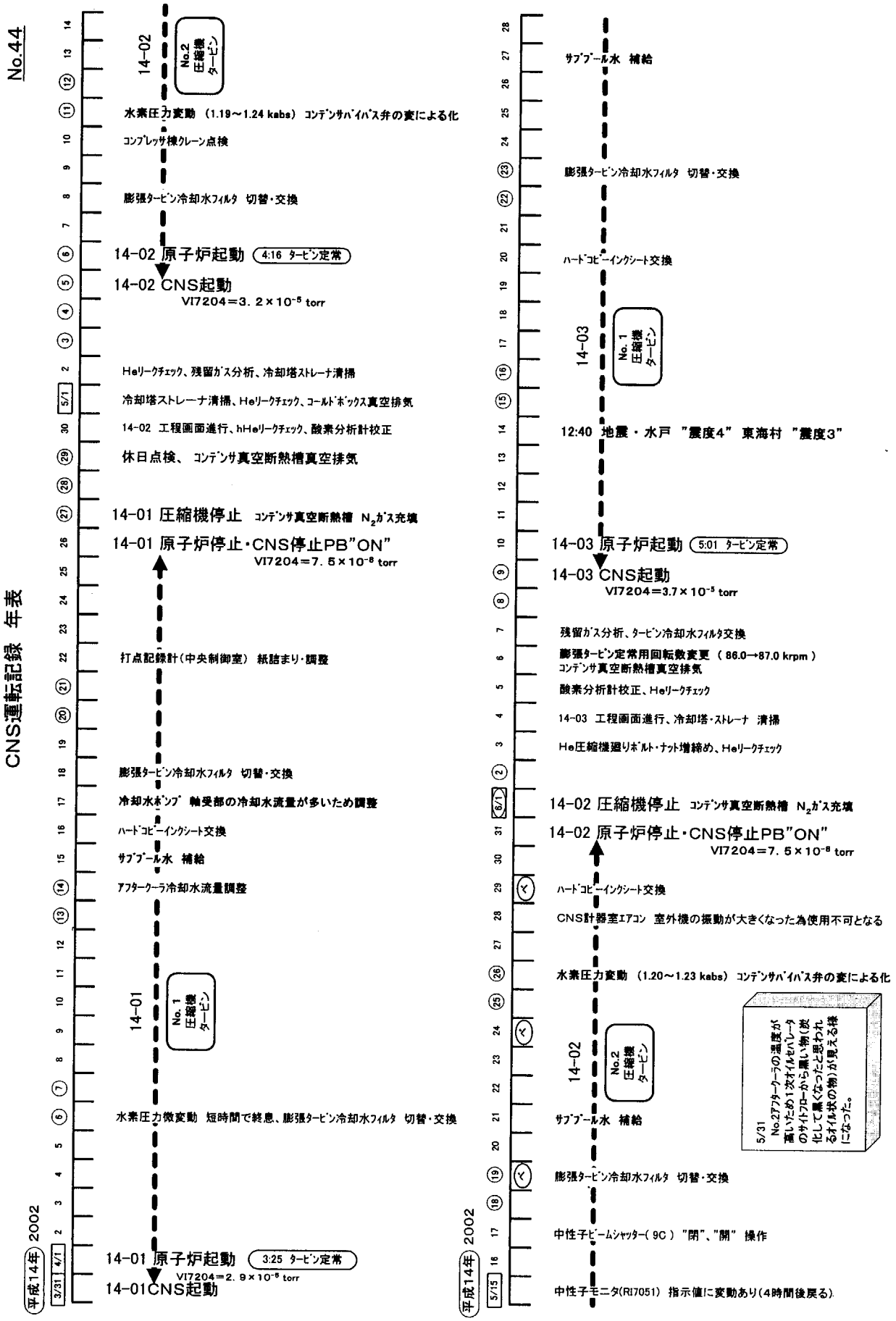
定期自主検査


No.42
CNS運転記録 年表
平成13年 2001
10/2
11/1
12/1
11/16
水素緩衝タンク(H2格納部)漏洩試験
高圧電動機起動盤 絶縁抵抗測定
水素緩衝タンク漏洩試験、冷却塔ストレーナ改造 その他
水素緩衝タンク漏洩試験、膨張タービン冷却水配管改造工事
水素緩衝タンク内圧力計 パッキン交換
He圧縮機(No.1,No.2)系内 気密試験
He圧縮機(No.1,No.2)系内 真空排気、圧張り(Heガス充填)
水素緩衝タンク(格納部) 漏洩試験
10/26～30 水素緩衝タンク内圧力計(変みゲージ)交換作業 PI7110A,PI7110B PI7105,PI7106 10/28～ 機能温度計交換 CNS計器室 7台 10/30 温度調化弁交換 KV7105,KV7106 KV7107 10/30～ He圧縮機(オーバーホール) No.1 及び No.2 分解・開放点検 11/5 温度温度検出器交換 TI7524,TI7529
He圧縮機 分解・開放点検
極低温温度計交換 CNS計器室 7台
水素緩衝タンク内圧力計 交換準備作業
オイルクーラ・アフタークーラ点検 (組立)
計測制御機器点検(ループ試験)
計測制御機器点検(横河電機)
低圧電動機起動盤 絶縁抵抗測定
オイルクーラ・アフタークーラ点検 (本日より開始)
低温He配管真空排気 継続中、停電対策
安全保護系盤 点検
低温He配管真空排気 (F5～F7)→(F1～F4)
センタム点検(横河電機)、安全弁点検(NKK) 開始
冷却塔ストレーナ改造工事
10/15～ 冷却塔ストレーナ改造工事
膨張タービン冷却水配管廻り 手動弁更新
低温He配管真空排気中 (B1～B4)、(F5～F7)
膨張タービン冷却水配管 改造工事
炉室内真空計 交換
10/9～10/10 炉室内真空計 交換 VI7205,VI7206,VI7207,VI7306 以上4台の指示計・変換器・検出器の交換作業を実施した。
高圧電動機起動盤 供給電源 "断" 作業
冷却塔 水抜き・清掃
10/10～ 膨張タービン冷却水配管 改造工事
低温He配管真空排気 開始 (B1～B4)
低温He配管真空排気
He置換中
定期自主検査
御用納め
年末年始
He冷凍設備 運転準備フラグ・シーケンステーブル変更(横河)
No.1 圧縮機 停止
総合機能試験運転(第2回)
10:01 No.1 圧縮機 起動
総合機能試験運転 準備作業
No.1He圧縮機スライド弁 (ロード・アンロード調整 他)
No.1He圧縮機スライド弁 不具合修理(油圧系統修理)
膨張タービン 無停電電源装置バッテリー不良
総合機能試験運転 準備作業
12/11 22:14 TI7524 作動せずタービントリップ 検出器配線の接続不良の為 全体止 "P.B" ON 手動全体加速モード運転 No.2 圧縮機 再起動
No.2 圧縮機 停止
No.2 圧縮機 再起動
総合機能試験運転(第1回)
10:40 No.2 圧縮機 起動
工程回面進行、He圧縮機廻りボルト・ナット増し締め
試運転準備、コールドボックス真空排気
②手動乾燥器再生モード運転
He冷凍設備計器盤(CP204) 酸素分析計廻り配管改造 補修
①手動乾燥器再生モード運転
可燃性ガス検知装置Ⅱ "H"警報リセット、シーケンス変更(横河)
シーケンスホールド 低温配管系加温 (4時間)
大晦日
低温He配管真空排気 (C1～C4),(C5～C8)
水素ガス分析装置(DI7107) 校正作業(日本冶金工業)
He冷凍設備計器盤(CP204) 酸素分析計廻り配管改造、サブプール水 給水
11/26～11/30 He冷凍設備計器盤(CP204) 酸素分析計廻り配管改造
水素ガス分析装置(DI7107) セル交換(日本冶金工業)
水素連絡管温度(TI7116) 検出器交換
He圧縮機 試運転(手動にて)、低温He配管真空排気
高圧電動機起動盤 "復電"
水素格納部漏洩試験、酸素分析計廻り改造工事
低温He配管真空排気
He置換中
定期自主検査

No.4-3

CNS運転記録　年表




No.44
CNS運転記録 年表
平成14年 2002
3/31 4/1
14-02
No.2 圧縮機 タービン
水素圧力変動 (1.19～1.24 kabs) コンデンサバイパス弁の変による化
コンプレッサ棟クレーン点検
膨張タービン冷却水フィルタ 切替・交換
14-02 原子炉起動 4:16 タービン定常
14-02 CNS起動
VI7204＝3.2×10⁻⁵ torr
Heリークチェック、残留ガス分析、冷却塔ストレーナ清掃
5/1
冷却塔ストレーナ清掃、Heリークチェック、コールドボックス真空排気
14-02 工程画面進行、hHeリークチェック、酸素分析計校正
休日点検、 コンデンサ真空断熱槽真空排気
14-01 圧縮機停止 コンデンサ真空断熱槽 N₂ガス充填
14-01 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝7.5×10⁻⁸ torr
打点記録計(中央制御室) 紙詰まり・調整
膨張タービン冷却水フィルタ 切替・交換
冷却水ポンプ 軸受部の冷却水流量が多いため調整
ハードコピーインクシート交換
サブプール水 補給
アフタークーラ冷却水流量調整
14-01
No.1 圧縮機 タービン
水素圧力微変動 短時間で終息、膨張タービン冷却水フィルタ 切替・交換
14-01 原子炉起動 3:25 タービン定常
VI7204＝2.9×10⁻⁶ torr
14-01CNS起動
平成14年 2002
5/15
サブプール水 補給
膨張タービン冷却水フィルタ 切替・交換
ハードコピーインクシート交換
14-03
No.1 圧縮機 タービン
12:40 地震・水戸 "震度4" 東海村 "震度3"
14-03 原子炉起動 5:01 タービン定常
14-03 CNS起動
VI7204＝3.7×10⁻⁵ torr
残留ガス分析、タービン冷却水フィルタ交換
膨張タービン定常用回転数変更 (86.0→87.0 krpm)
コンデンサ真空断熱槽真空排気
酸素分析計校正、Heリークチェック
14-03 工程画面進行、冷却塔・ストレーナ 清掃
He圧縮機廻りボルト・ナット増締め、Heリークチェック
6/1
14-02 圧縮機停止 コンデンサ真空断熱槽 N₂ガス充填
14-02 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝7.5×10⁻⁸ torr
ハードコピーインクシート交換
CNS計器室エアコン 室外機の振動が大きくなった為使用不可となる
水素圧力変動 (1.20～1.23 kabs) コンデンサバイパス弁の変による化
14-02
No.2 圧縮機 タービン
5/31
No.27アフタークーラの温度が高いため1次オイルセパレータのサイドフローから黒い物(炭化して黒くなったと思われるオイル状の物)が見える様になった。
サブプール水 補給
膨張タービン冷却水フィルタ 切替・交換
中性子ビームシャッター(9C) "閉"、"開" 操作
中性子モニタ(RI7051) 指示値に変動あり(4時間後戻る)

No.45

CNS運転記録 年表

平成14年 2002

8/29 30 7/1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 8/1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

14-03

No.1 圧縮機 タービン

ハードコピーインクシート交換、CNS計器室エアコン修理完了
(室外機ファンを金属からプラスチック製に交換)

14-03 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝7.5×10^{-8} torr

14-03 圧縮機停止 コンデンサ真空断熱槽 N_2ガス充填

He貯槽Heガス酸素濃度測定、He圧縮機廻りボルト・ナット増締め、Heリークチェック

14-03 サイクル工程画面進行、サブプール水補給

膨張タービン定常用回転数変更 (86.0→87.0 krpm) コンデンサ真空断熱槽真空排気

可燃性ガス検知装置Ⅱ(DI7111) 作動試験

残留ガス分析

酸素分析計出入口(手動)弁"閉" He貯槽の払出が多いため

He貯槽の払出しが安定する

水素圧力変動 コンデンサバイパス弁の変化による

ハードコピーインクシート交換

膨張タービン冷却水フィルタ 切替・交換

He圧縮機室 温度上昇(空調の冷凍能力低下と思われる)扉開とする

11:30 システムアラーム発報 センタム(STN'2 R"FAIL")

5:05 地震・水戸 "震度3"

水素圧力変動 コンデンサバイパス弁の変化による

14-04

No.2 圧縮機 タービン

7/23 11:30
センタム、ダウン(ブロン)
STN'2-00 R(右側)がダウンした。
自動的にL(左側)に切替わる)
横河電機により、ダウン原の基板の交換、点検を実施し右側復旧する
帰り原因は、不明故障の基板を持ち帰り原因を調査する。
※大強度陽子加速器施設の建屋工事の為、コンプレッサ類の振動がかなり大かった。この影響の可能性も?

標準ガスボンベ入荷 交換(8本)

サブプール水 補給

水素圧力変動 (1.22 kabs) 膨張タービン回転数の変化による

水素圧力変動 (1.22 kabs) コンデンサバイパス弁の変化による

14-04 圧縮機停止 コンデンサ真空断熱槽 N_2ガス充填

14-04 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝7.9×10^{-8} torr

He貯槽Heガス酸素濃度測定、He圧縮機廻りボルト・ナット増締め

14-04 CNS起動
VI7204＝3.5×10^{-8} torr

14-04 原子炉起動 (6:06 タービン定常)

平成14年 2002

8/13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 9/1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26

He貯槽Heガス酸素濃度測定

定時巡視点検

冷却塔薬液補充、冷却塔・ストレーナ 清掃

Heリークチェック

14-05 工程画面進行、酸素分析計校正(DI7507,DI7542)

酸素分析計マイクロポンプ ダイヤフラム交換、コールドボックス真空排気

ガス置換用真空装置(KZ7203) 点検 (NKK)

コンデンサ真空断熱槽真空排気、コールドボックス真空排気

残留ガス分析、冷却塔ストレーナ清掃

14-05 原子炉起動 (6:24 タービン定常)

CNS計器室エアコン Vベルト交換

酸素分析計出入口弁"閉" He貯槽払出しが多いため

水素圧力変動(1.24 kabs) コンデンサバイパス弁の変化による

冷却塔外側フィルター 金網タイプに交換(温度上昇のため)

冷却塔ストレーナ清掃

14-05

No.1 圧縮機 タービン

ハードコピーインクシート交換

打点記録計紙詰まり 調整にて復旧

膨張タービン冷却水フィルタ 切替・交換

ハードコピーインクシート交換

14-05 圧縮機停止 コンデンサ真空断熱槽 N_2ガス充填

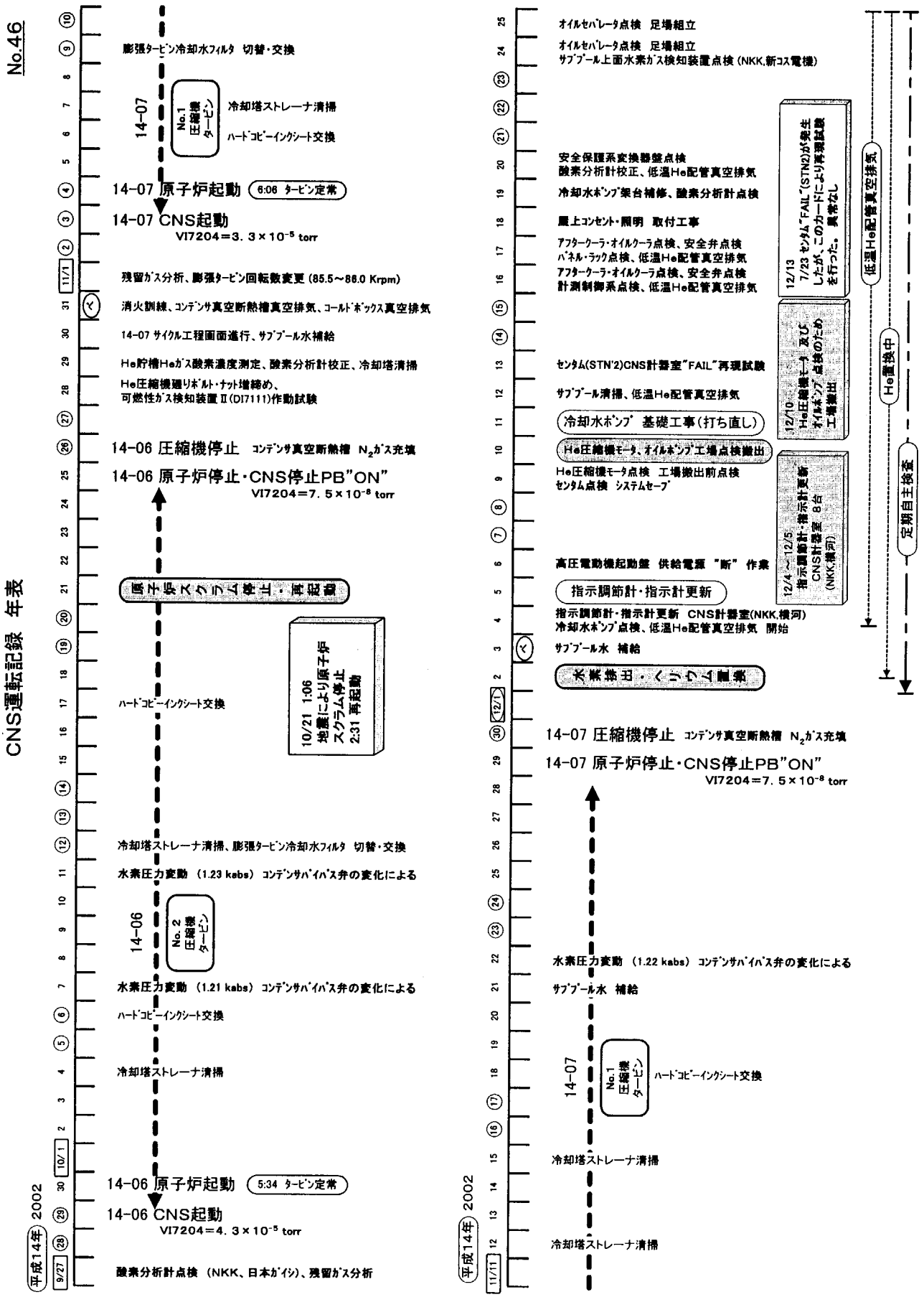
14-05 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝7.5×10^{-8} torr

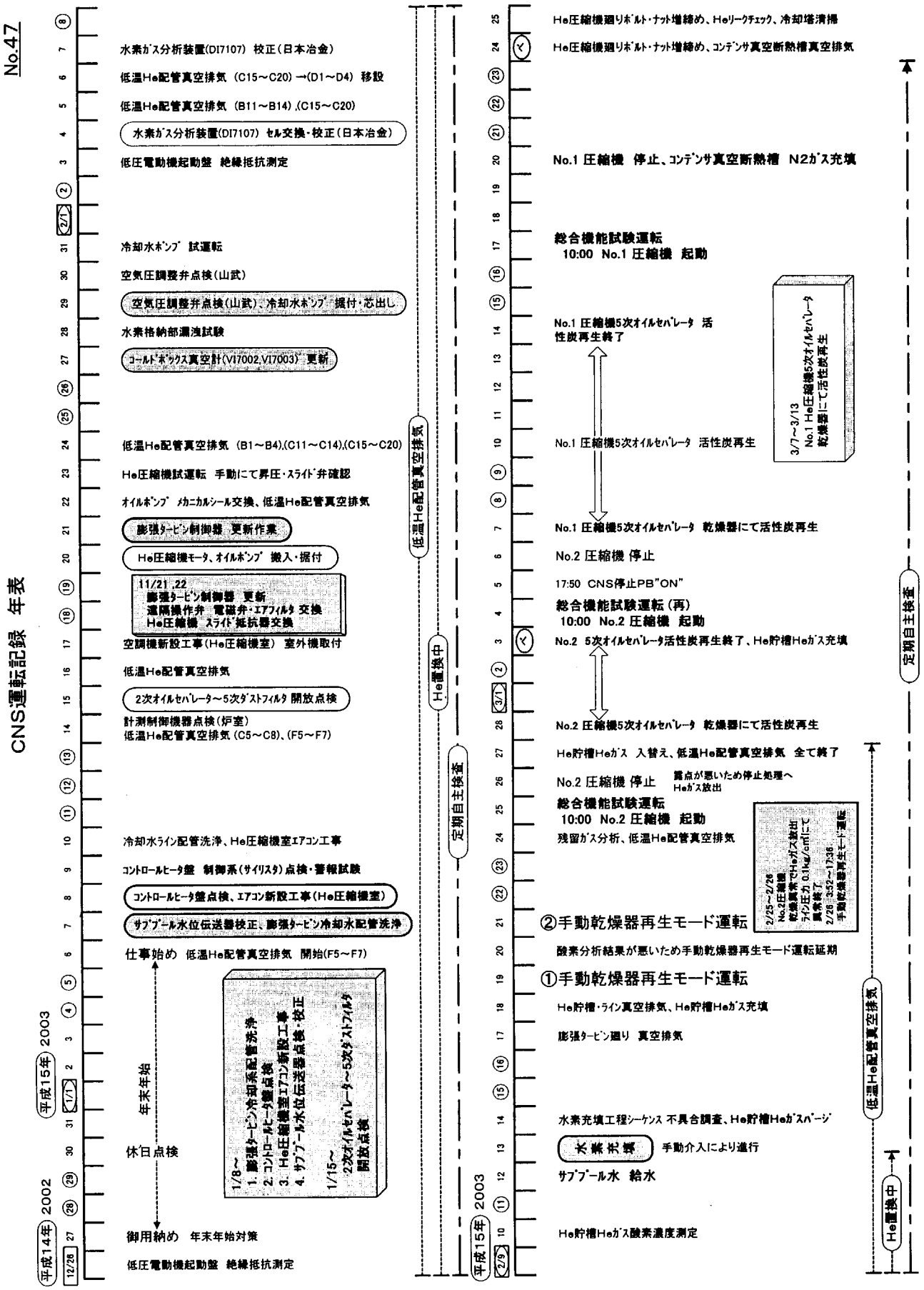
14-05 CNS起動
VI7204＝3.9×10^{-5} torr

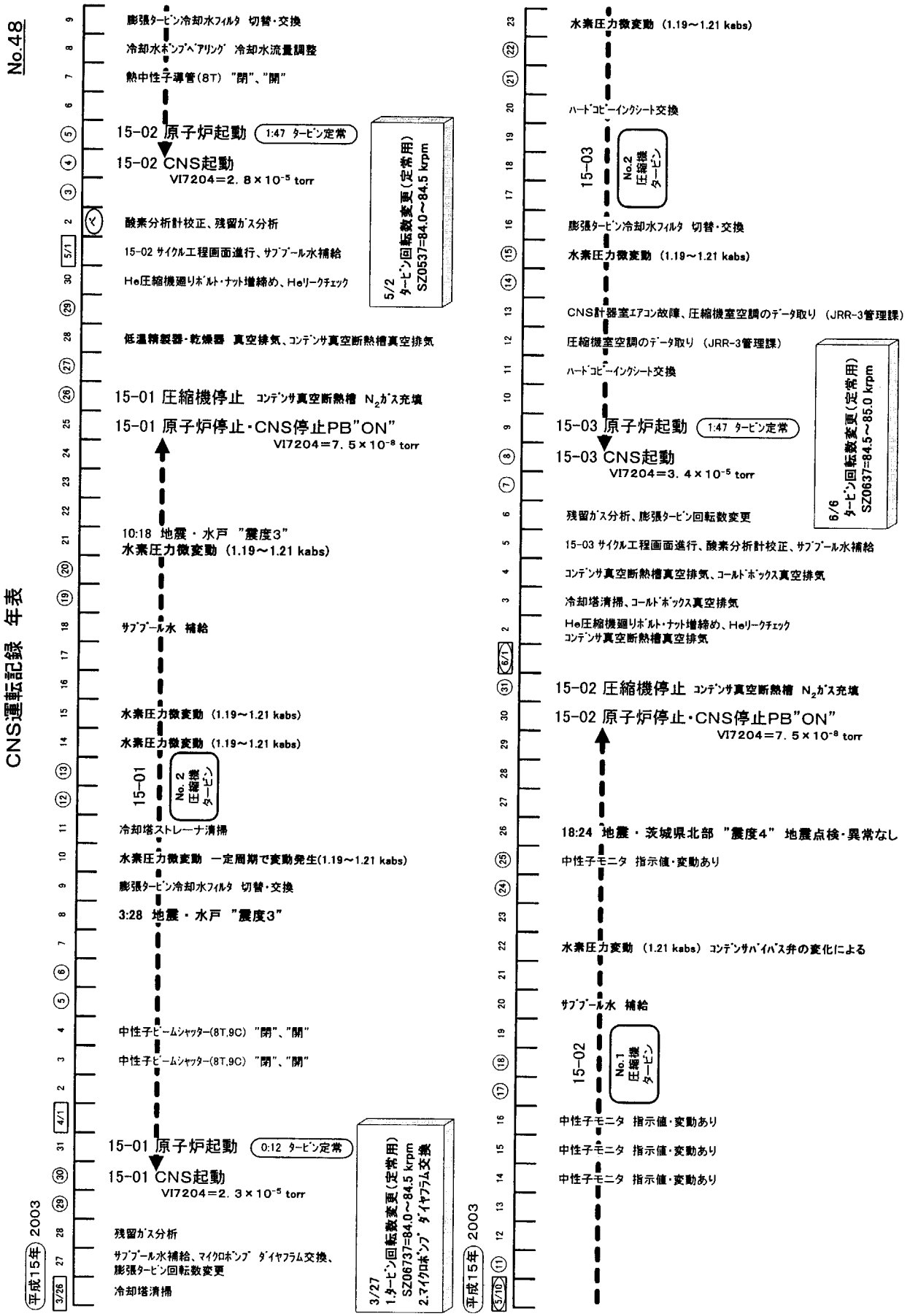
冷却塔・ストレーナ 清掃、He圧縮機廻りボルト・ナット増締め、Heリークチェック

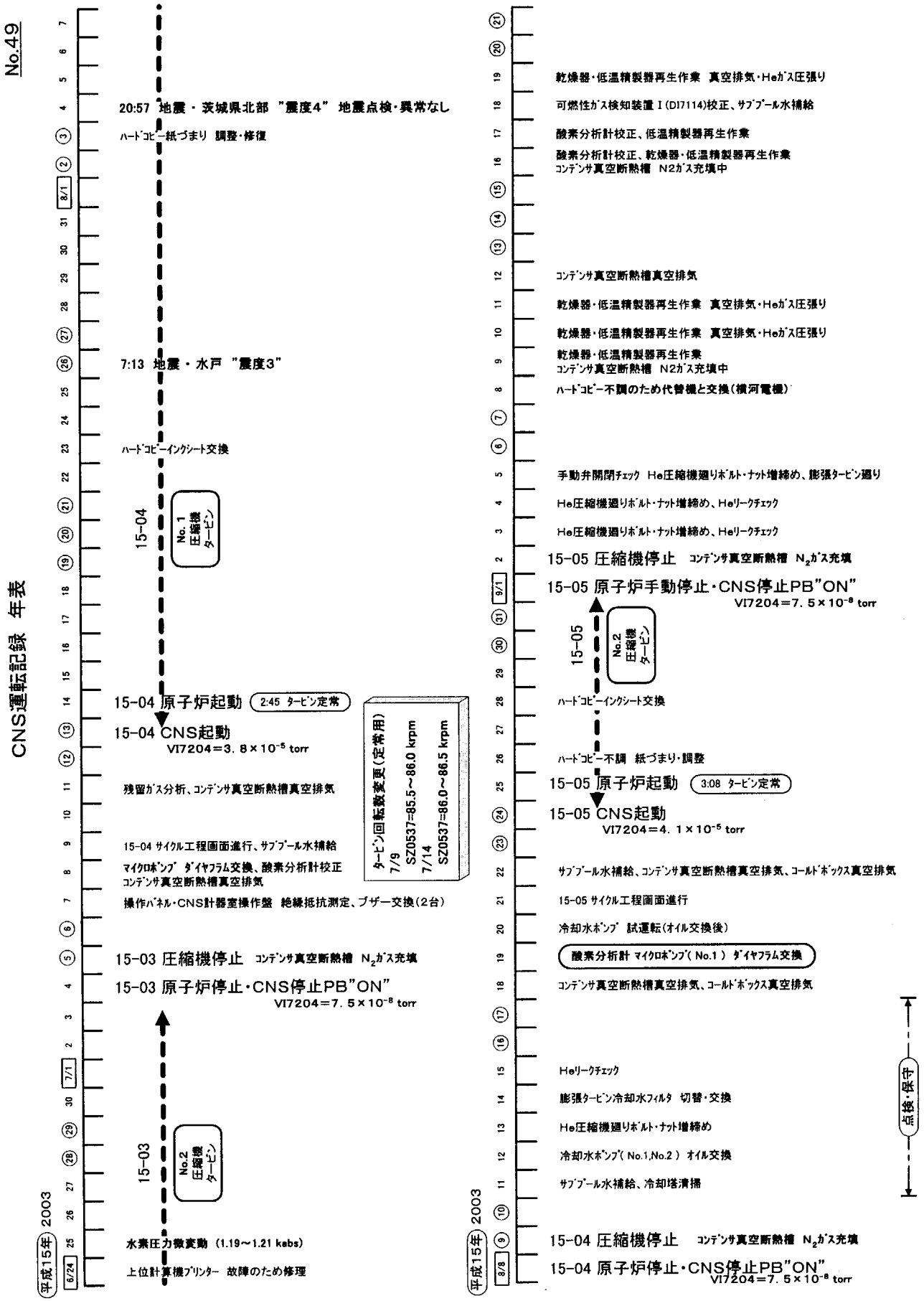
14-06 サイクル工程画面進行、サブプール水補給

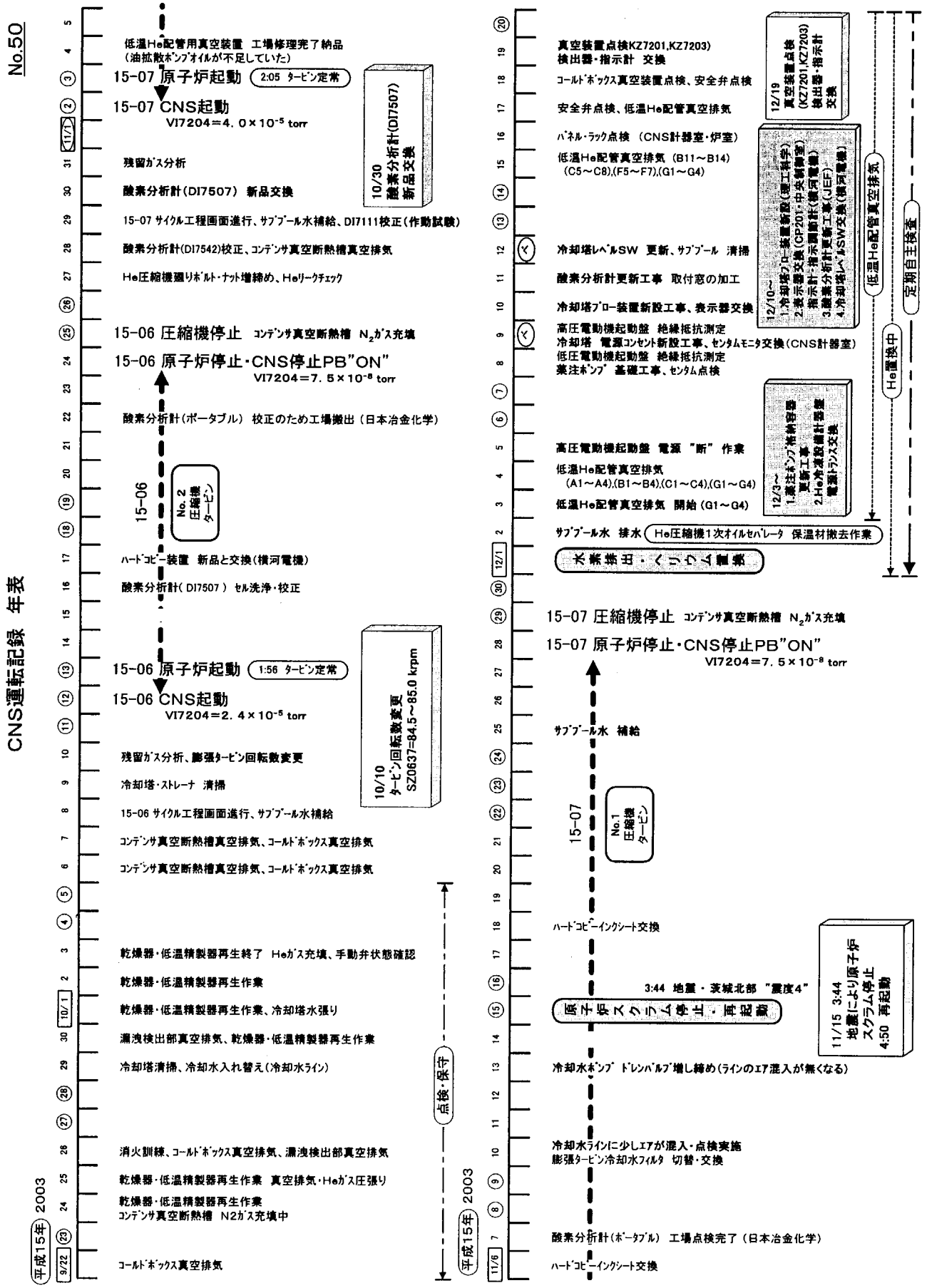
残留ガス分析 準備


No.46
CNS運転記録 年表
平成14年 2002
膨張タービン冷却水フィルタ 切替・交換
14-07
No.1 圧縮機 タービン
冷却塔ストレーナ清掃
ハードコピーインクシート交換
14-07 原子炉起動
6:06 タービン定常
14-07 CNS起動
VI7204＝3.3×10⁻⁵ torr
残留ガス分析、膨張タービン回転数変更 (85.5～86.0 Krpm)
消火訓練、コンデンサ真空断熱槽真空排気、コールドボックス真空排気
14-07 サイクル工程画面面進行、サププール水補給
He貯槽Heガス酸素濃度測定、酸素分析計校正、冷却塔清掃
He圧縮機廻りボルト・ナット増締め、
可燃性ガス検知装置Ⅱ(DI7111)作動試験
14-06 圧縮機停止 コンデンサ真空断熱槽 N₂ガス充填
14-06 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝7.5×10⁻⁸ torr
原子炉スクラム検出・感知器
10/21 1:06
地震により原子炉
スクラム停止
2:31 再起動
ハードコピーインクシート交換
冷却塔ストレーナ清掃、膨張タービン冷却水フィルタ 切替・交換
水素圧力変動 (1.23 kabs) コンデンサバイパス弁の変化による
14-06
No.2 圧縮機 タービン
水素圧力変動 (1.21 kabs) コンデンサバイパス弁の変化による
ハードコピーインクシート交換
冷却塔ストレーナ清掃
14-06 原子炉起動
5:34 タービン定常
14-06 CNS起動
VI7204＝4.3×10⁻⁵ torr
酸素分析計点検 (NKK、日本ガイシ)、残留ガス分析
オイルセパレータ点検 足場組立
オイルセパレータ点検 足場組立
サププール上面水素ガス検知装置点検 (NKK,新コス電機)
安全保護系変換器盤点検
酸素分析計校正、低温He配管真空排気
冷却水ポンプ架台補修、酸素分析計点検
屋上コンセント・照明 取付工事
アフタークーラ・オイルクーラ点検、安全弁点検
パネル・ラック点検、低温He配管真空排気
アフタークーラ・オイルクーラ点検、安全弁点検
計測制御系点検、低温He配管真空排気
12/13
7/23 センタム"FAIL"(STN2)が発生したが、このカードにより再現試験を行った。異常なし
センタム(STN'2)CNS計器室"FAIL"再現試験
サププール清掃、低温He配管真空排気
冷却水ポンプ 基礎工事(打ち直し)
He圧縮機モータ、オイルポンプ工場点検搬出
12/10
He圧縮機モータ 及び オイルポンプ 点検のため 工場搬出
He圧縮機モータ点検 工場搬出前点検
センタム点検 システムセーブ
12/4～12/5
指示調節計・指示計更新
CNS計器室 8台
(NKK,横河)
高圧電動機起動盤 供給電源 "断" 作業
指示調節計・指示計更新
指示調節計・指示計更新 CNS計器室(NKK,横河)
冷却水ポンプ点検、低温He配管真空排気 開始
サププール水 補給
水素排出・くりウム輸送
低温He配管真空排気
He置換中
定期自主検査
14-07 圧縮機停止 コンデンサ真空断熱槽 N₂ガス充填
14-07 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝7.5×10⁻⁸ torr
水素圧力変動 (1.22 kabs) コンデンサバイパス弁の変化による
サププール水 補給
14-07
No.1 圧縮機 タービン
ハードコピーインクシート交換
冷却塔ストレーナ清掃
冷却塔ストレーナ清掃


No.47
CNS運転記録 年表
平成14年 2002
平成15年 2003
12/26
1/1
2/1
3/1
2/9
水素ガス分析装置(DI7107) 校正(日本冶金)
低温He配管真空排気 (C15～C20) →(D1～D4) 移設
低温He配管真空排気 (B11～B14),(C15～C20)
水素ガス分析装置(DI7107) セル交換・校正(日本冶金)
低圧電動機起動盤 絶縁抵抗測定
冷却水ポンプ 試運転
空気圧調整弁点検(山武)
空気圧調整弁点検(山武) 冷却水ポンプ 据付・芯出し
水素格納部漏洩試験
コールドボックス真空計(VI7002,VI7003) 更新
低温He配管真空排気 (B1～B4),(C11～C14),(C15～C20)
He圧縮機試運転 手動にて昇圧・スライド弁確認
オイルポンプ メカニカルシール交換、低温He配管真空排気
膨張タービン制御盤 更新作業
He圧縮機モータ、オイルポンプ 搬入・据付
11/21,22
膨張タービン制御器 更新
遠隔操作弁 電磁弁・エアフィルタ 交換
He圧縮機 スライド抵抗器交換
空調機新設工事(He圧縮機室) 室外機取付
低温He配管真空排気
2次オイルセパレータ～5次ダストフィルタ 開放点検
計測制御機器点検(炉室)
低温He配管真空排気 (C5～C8),(F5～F7)
冷却水ライン配管洗浄、He圧縮機室エアコン工事
コントロールヒータ盤 制御系(サイリスタ)点検・警報試験
コントロールヒータ盤点検、エアコン新設工事(He圧縮機室)
サブプール水位伝送器校正、膨張タービン冷却水配管洗浄
仕事始め 低温He配管真空排気 開始(F5～F7)
年末年始
休日点検
1/8～
1. 膨張タービン冷却系配管洗浄
2. コントロールヒータ盤点検
3. He圧縮機室エアコン新設工事
4. サブプール水位伝送器点検・校正
1/15～
2次オイルセパレータ～5次ダストフィルタ
開放点検
御用納め 年末年始対策
低圧電動機起動盤 絶縁抵抗測定
低温He配管真空排気
He置換中
定期自主検査
He圧縮機廻りボルト・ナット増締め、Heリークチェック、冷却塔清掃
He圧縮機廻りボルト・ナット増締め、コンデンサ真空断熱槽真空排気
No.1 圧縮機 停止、コンデンサ真空断熱槽 N2ガス充填
総合機能試験運転
10:00 No.1 圧縮機 起動
No.1 圧縮機5次オイルセパレータ 活性炭再生終了
3/7～3/13
No.1 He圧縮機5次オイルセパレータ
乾燥器にて活性炭再生
No.1 圧縮機5次オイルセパレータ 活性炭再生
No.1 圧縮機5次オイルセパレータ 乾燥器にて活性炭再生
No.2 圧縮機 停止
17:50 CNS停止PB"ON"
総合機能試験運転(再)
10:00 No.2 圧縮機 起動
No.2 5次オイルセパレータ活性炭再生終了、He貯槽Heガス充填
No.2 圧縮機5次オイルセパレータ 乾燥器にて活性炭再生
He貯槽Heガス 入替え、低温He配管真空排気 全て終了
No.2 圧縮機 停止
露点が悪いため停止処理へ
Heガス放出
総合機能試験運転
10:00 No.2 圧縮機 起動
残留ガス分析、低温He配管真空排気
2/25～2/26
No.2圧縮機
乾燥器常でHeガス放出
ライン圧力 0.1kg/cm²にて
異常終了
2/26 3:52～17:38
手動乾燥器再生モード運転
②手動乾燥器再生モード運転
酸素分析結果が悪いため手動乾燥器再生モード運転延期
①手動乾燥器再生モード運転
He貯槽・ライン真空排気、He貯槽Heガス充填
膨張タービン廻り 真空排気
水素充填工程シーケンス 不具合調査、He貯槽Heガスパージ
水素充填
手動介入により進行
サブプール水 給水
He貯槽Heガス酸素濃度測定
低温He配管真空排気
He置換中
定期自主検査


No.48
CNS運転記録 年表
平成15年 2003
膨張タービン冷却水フィルタ 切替・交換
冷却水ポンプベアリング 冷却水流量調整
熱中性子導管(8T) "閉"、"開"
15-02 原子炉起動 1:47 タービン定常
15-02 CNS起動
VI7204=2.8×10-5 torr
5/2 タービン回転数変更(定常用) SZ0537=84.0~84.5 krpm
酸素分析計校正、残留ガス分析
15-02 サイクル工程画面進行、サププール水補給
He圧縮機廻りボルト・ナット増締め、Heリークチェック
低温精製器・乾燥器 真空排気、コンデンサ真空断熱槽真空排気
15-01 圧縮機停止 コンデンサ真空断熱槽 N2ガス充填
15-01 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204=7.5×10-8 torr
10:18 地震・水戸 "震度3"
水素圧力微変動 (1.19~1.21 kabs)
サププール水 補給
水素圧力微変動 (1.19~1.21 kabs)
水素圧力微変動 (1.19~1.21 kabs)
15-01 No.2 圧縮機 タービン
冷却塔ストレーナ清掃
水素圧力微変動 一定周期で変動発生(1.19~1.21 kabs)
膨張タービン冷却水フィルタ 切替・交換
3:28 地震・水戸 "震度3"
中性子ビームシャッター(8T,9C) "閉"、"開"
中性子ビームシャッター(8T,9C) "閉"、"開"
15-01 原子炉起動 0:12 タービン定常
15-01 CNS起動
VI7204=2.3×10-5 torr
3/27 1.タービン回転数変更(定常用) SZ06737=84.0~84.5 krpm 2.マイクロポンプ ダイヤフラム交換
残留ガス分析
サププール水補給、マイクロポンプ ダイヤフラム交換、膨張タービン回転数変更
冷却塔清掃
平成15年 2003
水素圧力微変動 (1.19~1.21 kabs)
ハードコピーインクシート交換
15-03 No.2 圧縮機 タービン
膨張タービン冷却水フィルタ 切替・交換
水素圧力微変動 (1.19~1.21 kabs)
CNS計器室エアコン故障、圧縮機室空調のデータ取り (JRR-3管理課)
圧縮機室空調のデータ取り (JRR-3管理課)
ハードコピーインクシート交換
15-03 原子炉起動 1:47 タービン定常
15-03 CNS起動
VI7204=3.4×10-5 torr
6/6 タービン回転数変更(定常用) SZ0637=84.5~85.0 krpm
残留ガス分析、膨張タービン回転数変更
15-03 サイクル工程画面進行、酸素分析計校正、サププール水補給
コンデンサ真空断熱槽真空排気、コールドボックス真空排気
冷却塔清掃、コールドボックス真空排気
He圧縮機廻りボルト・ナット増締め、Heリークチェック
コンデンサ真空断熱槽真空排気
15-02 圧縮機停止 コンデンサ真空断熱槽 N2ガス充填
15-02 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204=7.5×10-8 torr
18:24 地震・茨城県北部 "震度4" 地震点検・異常なし
中性子モニタ 指示値・変動あり
水素圧力変動 (1.21 kabs) コンデンサバイパス弁の変化による
サププール水 補給
15-02 No.1 圧縮機 タービン
中性子モニタ 指示値・変動あり
中性子モニタ 指示値・変動あり
中性子モニタ 指示値・変動あり


No.49
CNS運転記録 年表
平成15年 2003
6/24
7/1
8/1
8/8
20:57 地震・茨城県北部 "震度4" 地震点検・異常なし
ﾊｰﾄﾞｺﾋﾟｰ紙づまり 調整・修復
7:13 地震・水戸 "震度3"
ﾊｰﾄﾞｺﾋﾟｰｲﾝｸｼｰﾄ交換
15-04
No.1 圧縮機 ﾀｰﾋﾞﾝ
15-04 原子炉起動 2:45 ﾀｰﾋﾞﾝ定常
15-04 CNS起動
VI7204＝3.8×10-5 torr
残留ｶﾞｽ分析、ｺﾝﾃﾞﾝｻ真空断熱槽真空排気
15-04 ｻｲｸﾙ工程画面進行、ｻﾌﾟﾌﾟｰﾙ水補給
ﾏｲｸﾛﾎﾟﾝﾌﾟ ﾀﾞｲﾔﾌﾗﾑ交換、酸素分析計校正
ｺﾝﾃﾞﾝｻ真空断熱槽真空排気
操作ﾊﾟﾈﾙ・CNS計器室操作盤 絶縁抵抗測定、ﾌﾞｻﾞｰ交換(2台)
ﾀｰﾋﾞﾝ回転数変更(定常用)
7/9 SZ0537=85.5～86.0 krpm
7/14 SZ0537=86.0～86.5 krpm
15-03 圧縮機停止 ｺﾝﾃﾞﾝｻ真空断熱槽 N2ｶﾞｽ充填
15-03 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝7.5×10-8 torr
15-03
No.2 圧縮機 ﾀｰﾋﾞﾝ
水素圧力微変動 (1.19～1.21 kabs)
上位計算機ﾌﾟﾘﾝﾀｰ 故障のため修理
乾燥器・低温精製器再生作業 真空排気・Heｶﾞｽ圧張り
可燃性ｶﾞｽ検知装置Ⅰ(DI7114)校正、ｻﾌﾟﾌﾟｰﾙ水補給
酸素分析計校正、低温精製器再生作業
酸素分析計校正、乾燥器・低温精製器再生作業
ｺﾝﾃﾞﾝｻ真空断熱槽 N2ｶﾞｽ充填中
ｺﾝﾃﾞﾝｻ真空断熱槽真空排気
乾燥器・低温精製器再生作業 真空排気・Heｶﾞｽ圧張り
乾燥器・低温精製器再生作業 真空排気・Heｶﾞｽ圧張り
乾燥器・低温精製器再生作業
ｺﾝﾃﾞﾝｻ真空断熱槽 N2ｶﾞｽ充填中
ﾊｰﾄﾞｺﾋﾟｰ不調のため代替機と交換(横河電機)
手動弁開閉ﾁｪｯｸ He圧縮機廻りﾎﾞﾙﾄ・ﾅｯﾄ増締め、膨張ﾀｰﾋﾞﾝ廻り
He圧縮機廻りﾎﾞﾙﾄ・ﾅｯﾄ増締め、Heﾘｰｸﾁｪｯｸ
He圧縮機廻りﾎﾞﾙﾄ・ﾅｯﾄ増締め、Heﾘｰｸﾁｪｯｸ
15-05 圧縮機停止 ｺﾝﾃﾞﾝｻ真空断熱槽 N2ｶﾞｽ充填
15-05 原子炉手動停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝7.5×10-8 torr
15-05
No.2 圧縮機 ﾀｰﾋﾞﾝ
ﾊｰﾄﾞｺﾋﾟｰｲﾝｸｼｰﾄ交換
ﾊｰﾄﾞｺﾋﾟｰ不調 紙づまり・調整
15-05 原子炉起動 3:08 ﾀｰﾋﾞﾝ定常
15-05 CNS起動
VI7204＝4.1×10-5 torr
ｻﾌﾟﾌﾟｰﾙ水補給、ｺﾝﾃﾞﾝｻ真空断熱槽真空排気、ｺｰﾙﾄﾞﾎﾞｯｸｽ真空排気
15-05 ｻｲｸﾙ工程画面進行
冷却水ﾎﾟﾝﾌﾟ 試運転(ｵｲﾙ交換後)
酸素分析計 ﾏｲｸﾛﾎﾟﾝﾌﾟ(No.1) ﾀﾞｲﾔﾌﾗﾑ交換
ｺﾝﾃﾞﾝｻ真空断熱槽真空排気、ｺｰﾙﾄﾞﾎﾞｯｸｽ真空排気
Heﾘｰｸﾁｪｯｸ
膨張ﾀｰﾋﾞﾝ冷却水ﾌｨﾙﾀ 切替・交換
He圧縮機廻りﾎﾞﾙﾄ・ﾅｯﾄ増締め
冷却水ﾎﾟﾝﾌﾟ(No.1,No.2) ｵｲﾙ交換
ｻﾌﾟﾌﾟｰﾙ水補給、冷却塔清掃
点検・保守
15-04 圧縮機停止 ｺﾝﾃﾞﾝｻ真空断熱槽 N2ｶﾞｽ充填
15-04 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝7.5×10-8 torr


No.50
CNS運転記録 年表
平成15年 2003
9/22
10/1
11/1
11/6
12/1
低温He配管用真空装置 工場修理完了納品
(油拡散ポンプオイルが不足していた)
15-07 原子炉起動
2:05 タービン定常
15-07 CNS起動
VI7204=4.0×10-5 torr
残留ガス分析
酸素分析計(DI7507) 新品交換
10/30 酸素分析計(DI7507) 新品交換
15-07 サイクル工程画面進行、サププール水補給、DI7111校正(作動試験)
酸素分析計(DI7542)校正、コンデンサ真空断熱槽真空排気
He圧縮機廻りボルト・ナット増締め、Heリークチェック
15-06 圧縮機停止 コンデンサ真空断熱槽 N2ガス充填
15-06 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204=7.5×10-8 torr
酸素分析計(ポータブル) 校正のため工場搬出(日本冶金化学)
15-06
No.2 圧縮機 タービン
ハードコピー装置 新品と交換(横河電機)
酸素分析計(DI7507) セル洗浄・校正
15-06 原子炉起動
1:56 タービン定常
15-06 CNS起動
VI7204=2.4×10-5 torr
10/10 タービン回転数変更 SZ0637=84.5~85.0 krpm
残留ガス分析、膨張タービン回転数変更
冷却塔・ストレーナ 清掃
15-06 サイクル工程画面進行、サププール水補給
コンデンサ真空断熱槽真空排気、コールドボックス真空排気
コンデンサ真空断熱槽真空排気、コールドボックス真空排気
乾燥器・低温精製器再生終了 Heガス充填、手動弁状態確認
乾燥器・低温精製器再生作業
乾燥器・低温精製器再生作業、冷却塔水張り
漏洩検出部真空排気、乾燥器・低温精製器再生作業
冷却塔清掃、冷却水入れ替え(冷却水ライン)
点検・保守
消火訓練、コールドボックス真空排気、漏洩検出部真空排気
乾燥器・低温精製器再生作業 真空排気・Heガス圧張り
乾燥器・低温精製器再生作業
コンデンサ真空断熱槽 N2ガス充填中
コールドボックス真空排気
平成15年 2003
11/6
真空装置点検KZ7201,KZ7203)
検出器・指示計 交換
コールドボックス真空装置点検、安全弁点検
安全弁点検、低温He配管真空排気
パネル・ラック点検 (CNS計器室・炉室)
低温He配管真空排気 (B11~B14)
(C5~C8),(F5~F7),(G1~G4)
12/19 真空装置点検 (KZ7201,KZ7203) 検出器・指示計 交換
冷却塔レベルSW 更新、サププール 清掃
酸素分析計更新工事 取付窓の加工
冷却塔フロー装置新設工事、表示器交換
12/10~ 1.冷却塔フロー装置新設(建工科学) 2.表示器交換(GP201:中央制御室) 指示計・指示調節計(横河電機) 3.酸素分析計更新工事(JEF) 4.冷却塔レベルSW交換(横河電機)
高圧電動機起動盤 絶縁抵抗測定
冷却塔 電源コンセント新設工事、センタムモニタ交換(CNS計器室)
低圧電動機起動盤 絶縁抵抗測定
薬注ポンプ 基礎工事、センタム点検
高圧電動機起動盤 電源 "断" 作業
低温He配管真空排気
(A1~A4),(B1~B4),(C1~C4),(G1~G4)
低温He配管真空排気 開始(G1~G4)
12/3~ 1.薬注ポンプ格納容器 更新工事 2.He冷凍設備計器盤 電源トランス交換
サププール水 排水 He圧縮機1次オイルセパレータ 保温材撤去作業
水素抜出・くりウム輸送
低温He配管真空排気
He置換中
定期自主検査
15-07 圧縮機停止 コンデンサ真空断熱槽 N2ガス充填
15-07 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204=7.5×10-8 torr
サププール水 補給
15-07
No.1 圧縮機 タービン
ハードコピーインクシート交換
3:44 地震・茨城北部 "震度4"
原子炉スクラム停止・再起動
11/15 3:44 地震により原子炉スクラム停止 4:50 再起動
冷却水ポンプ ドレンバルブ増し締め(ラインのエア混入が無くなる)
冷却水ラインに少しエアが混入・点検実施
膨張タービン冷却水フィルタ 切替・交換
酸素分析計(ポータブル) 工場点検完了(日本冶金化学)
ハードコピーインクシート交換

No.51

CNS運転記録 年表

②手動乾燥器再生モード運転

手動弁状態確認、He圧縮機ライン圧張り

手動弁状態確認、低温He配管真空排気 継続中
冷却塔水槽 水漏れ補修

冷却塔水槽 水漏れ補修

冷却塔ファン 風量調整、
水槽水漏れ調査

水素充填

サブプール給水、冷却塔保温工事
He冷凍設備盤 流量計・電磁弁 交換

1/26
酸素分析計流量計交換
DI7507,DI7542
1/261/27
He冷凍設備盤内
電磁弁交換（6台）

空気圧調整弁 作動試験

膨張タービン回転数 検出部交換

水素緩衝タンク水素格納部 漏洩試験
空気圧調整弁点検（JFE）

水素緩衝タンク窒素槽 漏洩試験 他

CNS計器室エアコン 更新工事

減圧弁修理 （KV7404）

1/22～1/23
膨張タービン回転数
検出部交換

1/15
冷却塔点検
ファン、充填物 交換
1/19～1/29
エアコン更新工事
（CNS計器室）

冷却塔水槽 FRP補修
DI7107工場点検、アンプ部搬出

冷却塔 ファン・充填物交換

冷却水ポンプ試運転、遠隔操作弁電磁弁交換

遠隔操作弁 電磁弁交換 冷却水ポンプ モータ据付・調整

高圧電動機起動盤 電源復旧

1/7～1/9
水分計検出器 交換
DI7508,DI7541,DI7549

水素ガス分析装置 セル交換（日本冶金化学）

計測制御系点検 ループ試験（He冷凍設備）

水分計検出器 交換

低温He配管真空排気
（B5～B10),(C9～C10),(E1～E4),(F1～F4)

仕事始め

低温He配管真空排気 再開
（B5～B10),(C9～C10),(F1～F4)

年末年始

休日点検

御用納め

センタム点検 電源復旧

絶縁抵抗測定（炉室）、低温He配管真空排気

低温He配管真空排気
（B11～B14),(C5～C8),(F5～F7),(G1～G4)

平成15年 2003 12/21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 1/1 2 3 4 平成16年 2004

低温He配管真空排気

He置換中

定期自主検査

15-08 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204＝7.5×10^{-8} torr

ハードコピーイングシート交換

15-08

No.2 圧縮機 タービン

膨張タービン冷却水フィルタ 切替・交換

冷却塔ストレーナ清掃

中性子ビームシャッター "閉"、"開" 作業

12:40 地震・水戸 "震度3"

中性子ビームシャッター "閉"、"開" 作業

中性子ビームシャッター "閉"、"開" 作業

15-08 原子炉起動

15-08 CNS起動 23:37 タービン定常
VI7204＝2.1×10^{-5} torr

3/4
タービン回転数変更（定常用）
SZ0637=83.5～84.0 krpm

冷却塔清掃、膨張タービン冷却水フィルタ 切替・交換

残留ガス分析、サブプール水補給、He圧縮機廻りボルト・ナット増締め

放射線管理安全教育（再教育）、コンデンサ真空断熱槽真空排気

15-08 サイクル工程画面進行、可燃性ガス検知装置Ⅰ(DI7114)校正

記録用紙セット、巡視点検

サイトフロー点検、コンデンサ真空断熱槽真空排気

地震対策 転倒防止金具取付（居室・機材室・CNS計器室）

CNS区画操作盤ヒューズ切れ 経年劣化
（停電試験時に全負荷で電源復帰した為と推定される）

地震対策 転倒防止金具取付（居室・機材室・CNS計器室）

酸素分析計 マイクロポンプ（No.1） ダイヤフラム交換

総合機能試験 データ整理

No.2 圧縮機 停止

CNS停止PB"ON"

総合機能試験運転
10:00 No.2 圧縮機 起動

酸素分析計 逃がし弁交換（3台）

タービン回転数変更
2/9
SZ0537=84.5～85.0 krpm
2/16
SZ0637=83.5～84.0 krpm

コンデンサ真空断熱槽真空排気、
コールドボックス真空排気

No.1 圧縮機 停止

CNS停止PB"ON"

総合機能試験運転
10:00 No.1 圧縮機 起動

冷却塔ブロー装置 試運転、残留ガス分析
総合機能試験 工程画面進行、膨張タービン回転数変更

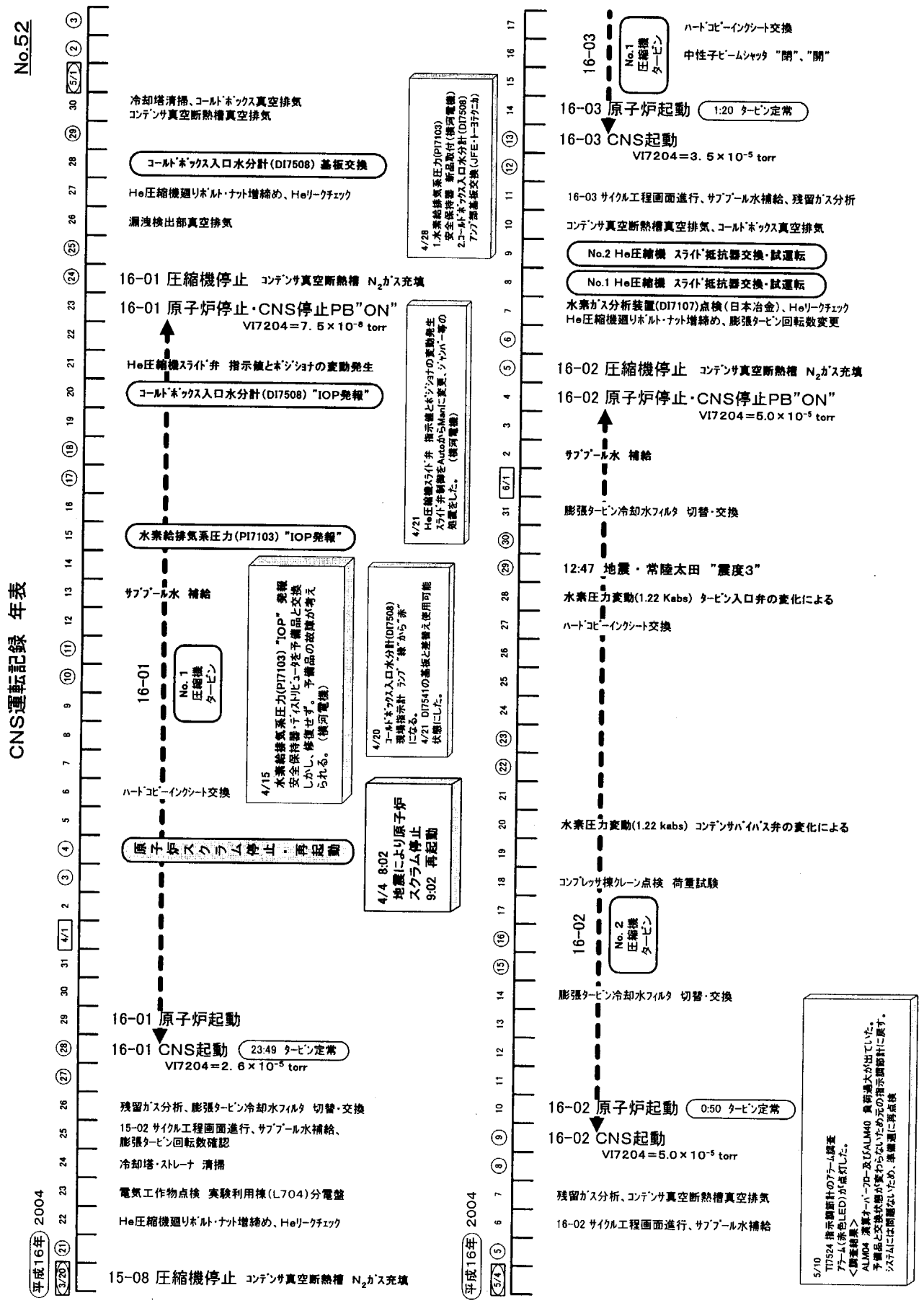
冷却水 ライン水張り、低温He配管真空装置 片付け作業

冷却水 ライン水入替え、低温He配管真空装置 片付け作業

①手動乾燥器再生モード運転

平成16年 2004 2/4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 3/1

定期自主検査


No.52
CNS運転記録 年表
平成16年 2004
3/20
4/1
5/1
6/1
5/4
冷却塔清掃、コールドボックス真空排気
コンデンサ真空断熱槽真空排気
コールドボックス入口水分計(DI7508) 基板交換
He圧縮機廻りボルト・ナット増締め、Heリークチェック
漏洩検出部真空排気
16-01 圧縮機停止 コンデンサ真空断熱槽 N2ガス充填
16-01 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204=7.5×10-6 torr
He圧縮機スライド弁 指示値とポジショナの変動発生
コールドボックス入口水分計(DI7508) "IOP発報"
水素給排気系圧力(PI7103) "IOP発報"
サププール水 補給
16-01
No. 1 圧縮機 タービン
ハードコピーインクシート交換
原子炉スクラム停止・再起動
16-01 原子炉起動
16-01 CNS起動 23:49 タービン定常
VI7204=2.6×10-5 torr
残留ガス分析、膨張タービン冷却水フィルタ 切替・交換
15-02 サイクル工程画面進行、サププール水補給、
膨張タービン回転数確認
冷却塔・ストレーナ 清掃
電気工作物点検 実験利用棟(L704)分電盤
He圧縮機廻りボルト・ナット増締め、Heリークチェック
15-08 圧縮機停止 コンデンサ真空断熱槽 N2ガス充填
4/28
1.水素給排気系圧力(PI7103)
安全保持器 新品取付(横河電機)
2.コールドボックス入口水分計(DI7508)
アンプ部基板交換(JFE・トーコテクニカ)
4/21
He圧縮機スライド弁 指示値とポジショナの変動発生
スライド弁制御をAutoからManに変更、ジャンパー等の
処置をした。(横河電機)
4/20
コールドボックス入口水分計(DI7508)
現場指示計 ランプ"緑"から"赤"
になる。
4/21 DI7541の基板と差替え使用可能
状態にした。
4/15
水素給排気系圧力(PI7103) "IOP" 発報
安全保持器・ディストリビュータを予備品と交換
しかし、修復せず。予備品の故障が考え
られる。(横河電機)
4/4 8:02
地震により原子炉
スクラム停止
9:02 再起動
16-03
No.1 圧縮機 タービン
ハードコピーインクシート交換
中性子ビームシャッタ "閉"、"開"
16-03 原子炉起動 1:20 タービン定常
16-03 CNS起動
VI7204=3.5×10-5 torr
16-03 サイクル工程画面進行、サププール水補給、残留ガス分析
コンデンサ真空断熱槽真空排気、コールドボックス真空排気
No.2 He圧縮機 スライド抵抗器交換・試運転
No.1 He圧縮機 スライド抵抗器交換・試運転
水素ガス分析装置(DI7107)点検(日本冶金)、Heリークチェック
He圧縮機廻りボルト・ナット増締め、膨張タービン回転数変更
16-02 圧縮機停止 コンデンサ真空断熱槽 N2ガス充填
16-02 原子炉停止・CNS停止PB"ON"
VI7204=5.0×10-5 torr
サププール水 補給
膨張タービン冷却水フィルタ 切替・交換
12:47 地震・常陸太田 "震度3"
水素圧力変動(1.22 Kabs) タービン入口弁の変化による
ハードコピーインクシート交換
水素圧力変動(1.22 kabs) コンデンサバイパス弁の変化による
コンプレッサ棟クレーン点検 荷重試験
16-02
No. 2 圧縮機 タービン
膨張タービン冷却水フィルタ 切替・交換
16-02 原子炉起動 0:50 タービン定常
16-02 CNS起動
VI7204=5.0×10-5 torr
残留ガス分析、コンデンサ真空断熱槽真空排気
16-02 サイクル工程画面進行、サププール水補給
5/10
TI7524 指示調節計のアラーム誤差
アラーム(赤色LED)が点灯した。
<調査結果>
ALM04 演算オーバーフロー及びALM40 負荷過大が出ていた。
予備品に交換状態が変わらないため元の指示調節計に戻す。
システムには問題ないため、準備運に再点検

A.2 CNS 年度別積算運転時間

CNS 年度別積算運転時間

年　度	運転サイクル数	縮機運転時間	膨張タービン運転時間
1990(H 2)年度	4	2, 181	2, 096
1991(H 3)年度	8	4, 980	4, 874
1992(H 4)年度	7	4, 406	4, 315
1993(H 5)年度	7	4, 324	4, 172
1994(H 6)年度	7	4, 446	4, 334
1995(H 7)年度	7	4, 438	4, 316
1996(H 8)年度	7	4, 286	4, 164
1997(H 9)年度	7	4, 431	4, 314
1998(H10)年度	4	2, 631	2, 520
1999(H11)年度	8	5, 346	5, 145
2000(H12)年度	7	3, 405	3, 289
2001(H13)年度	7	4, 462	4, 384
2002(H14)年度	7	4, 481	4, 408
2003(H15)年度	8	4, 018	3, 931
合計	95	57, 835	56, 262

This is a blank page.

国際単位系 (SI) と換算表

表 1　SI 基本単位および補助単位

量	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
物質量	モル	mol
光　度	カンデラ	cd
平面角	ラジアン	rad
立体角	ステラジアン	sr

表 2　SI と併用される単位

名　称	記　号
分，時，日	min，h，d
度，分，秒	°，′，″
リットル	l，L
トン	t
電子ボルト	eV
原子質量単位	u

$1\ \mathrm{eV} = 1.60218 \times 10^{-19}\ \mathrm{J}$

$1\ \mathrm{u} = 1.66054 \times 10^{-27}\ \mathrm{kg}$

表 5　SI 接頭語

倍数	接頭語	記　号
10^{18}	エクサ	E
10^{15}	ペタ	P
10^{12}	テラ	T
10^{9}	ギガ	G
10^{6}	メガ	M
10^{3}	キロ	k
10^{2}	ヘクト	h
10^{1}	デカ	da
10^{-1}	デシ	d
10^{-2}	センチ	c
10^{-3}	ミリ	m
10^{-6}	マイクロ	μ
10^{-9}	ナノ	n
10^{-12}	ピコ	p
10^{-15}	フェムト	f
10^{-18}	アト	a

表 3　固有の名称をもつ SI 組立単位

量	名　称	記号	他の SI 単位による表現
周波数	ヘルツ	Hz	s^{-1}
力	ニュートン	N	$m \cdot kg/s^2$
圧力，応力	パスカル	Pa	N/m^2
エネルギー，仕事，熱量	ジュール	J	N·m
工率，放射束	ワット	W	J/s
電気量，電荷	クーロン	C	A·s
電位，電圧，起電力	ボルト	V	W/A
静電容量	ファラド	F	C/V
電気抵抗	オーム	Ω	V/A
コンダクタンス	ジーメンス	S	A/V
磁束	ウェーバ	Wb	V·s
磁束密度	テスラ	T	Wb/m^2
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度	℃	
光束	ルーメン	lm	cd·sr
照度	ルクス	lx	lm/m^2
放射能	ベクレル	Bq	s^{-1}
吸収線量	グレイ	Gy	J/kg
線量当量	シーベルト	Sv	J/kg

表 4　SI と共に暫定的に維持される単位

名　称	記　号
オングストローム	Å
バーン	b
バール	bar
ガル	Gal
キュリー	Ci
レントゲン	R
ラド	rad
レム	rem

$1\ \text{Å} = 0.1\ \mathrm{nm} = 10^{-10}\ \mathrm{m}$

$1\ \mathrm{b} = 100\ \mathrm{fm}^2 = 10^{-28}\ \mathrm{m}^2$

$1\ \mathrm{bar} = 0.1\ \mathrm{MPa} = 10^5\ \mathrm{Pa}$

$1\ \mathrm{Gal} = 1\ \mathrm{cm/s}^2 = 10^{-2}\ \mathrm{m/s}^2$

$1\ \mathrm{Ci} = 3.7 \times 10^{10}\ \mathrm{Bq}$

$1\ \mathrm{R} = 2.58 \times 10^{-4}\ \mathrm{C/kg}$

$1\ \mathrm{rad} = 1\ \mathrm{cGy} = 10^{-2}\ \mathrm{Gy}$

$1\ \mathrm{rem} = 1\ \mathrm{cSv} = 10^{-2}\ \mathrm{Sv}$

（注）

1. 表 1 — 5 は「国際単位系」第 5 版，国際度量衡局 1985 年刊行による。ただし，1 eV および 1 u の値は CODATA の 1986 年推奨値によった。
2. 表 4 には海里，ノット，アール，ヘクタールも含まれているが日常の単位なのでここでは省略した。
3. bar は，JIS では流体の圧力を表わす場合に限り表 2 のカテゴリーに分類されている。
4. EC 閣僚理事会指令では bar，barn および「血圧の単位」mmHg を表 2 のカテゴリーに入れている。

換　算　表

力	N(=10^5dyn)	kgf	lbf
	1	0.101972	0.224809
	9.80665	1	2.20462
	4.44822	0.453592	1

粘　度　$1\ \mathrm{Pa \cdot s (N \cdot s/m^2)} = 10\ \mathrm{P}$（ポアズ）$(\mathrm{g/(cm \cdot s)})$

動粘度　$1\ \mathrm{m^2/s} = 10^4\ \mathrm{St}$（ストークス）$(\mathrm{cm^2/s})$

圧力	MPa(=10 bar)	kgf/cm²	atm	mmHg(Torr)	lbf/in²(psi)
	1	10.1972	9.86923	7.50062×10^3	145.038
	0.0980665	1	0.967841	735.559	14.2233
	0.101325	1.03323	1	760	14.6959
	1.33322×10^{-4}	1.35951×10^{-3}	1.31579×10^{-3}	1	1.93368×10^{-2}
	6.89476×10^{-3}	7.03070×10^{-2}	6.80460×10^{-2}	51.7149	1

エネルギー・仕事・熱量	J(=10^7 erg)	kgf·m	kW·h	cal(計量法)	Btu	ft·lbf	eV
	1	0.101972	2.77778×10^{-7}	0.238889	9.47813×10^{-4}	0.737562	6.24150×10^{18}
	9.80665	1	2.72407×10^{-6}	2.34270	9.29487×10^{-3}	7.23301	6.12082×10^{19}
	3.6×10^6	3.67098×10^5	1	8.59999×10^5	3412.13	2.65522×10^6	2.24694×10^{25}
	4.18605	0.426858	1.16279×10^{-6}	1	3.96759×10^{-3}	3.08747	2.61272×10^{19}
	1055.06	107.586	2.93072×10^{-4}	252.042	1	778.172	6.58515×10^{21}
	1.35582	0.138255	3.76616×10^{-7}	0.323890	1.28506×10^{-3}	1	8.46233×10^{18}
	1.60218×10^{-19}	1.63377×10^{-20}	4.45050×10^{-26}	3.82743×10^{-20}	1.51857×10^{-22}	1.18171×10^{-19}	1

1 cal = 4.18605 J（計量法）
= 4.184 J　（熱化学）
= 4.1855 J　（15 °C）
= 4.1868 J（国際蒸気表）

仕事率　1 PS（仏馬力）
= 75 kgf·m/s
= 735.499 W

放射能	Bq	Ci
	1	2.70270×10^{-11}
	3.7×10^{10}	1

吸収線量	Gy	rad
	1	100
	0.01	1

照射線量	C/kg	R
	1	3876
	2.58×10^{-4}	1

線量当量	Sv	rem
	1	100
	0.01	1

（86 年 12 月 26 日現在）

JRR-3冷中性子源装置（CNS）の運転・管理

R100
古紙配合率100%
白色度70%再生紙を使用しています。