

新型転換炉ふげん発電所の定期検査状況について (再循環ポンプB号機の試運転時における不具合の原因と対策)

このことについて、核燃料サイクル開発機構から下記のとおり連絡を受けた。

記

新型転換炉ふげん発電所（新型転換炉原型炉；定格出力16.5万kW）は、平成11年1月8日から第15回定期検査を行っており、原子炉冷却材再循環ポンプ（全4台）のうち、B・D号機の分解点検終了後の4月3日、5日にポンプの試運転を実施したところ、再循環ポンプB号機のシール水注入系で「B-熱遮蔽差圧高」警報が発信した。

試運転時のパラメータ等を調査した結果、警報が発信した要因として、ポンプに注入されているシール水の原子炉冷却材側への流れが、試運転時に正常でなかったと推定されたため、当該ポンプを再度分解点検し詳細調査を行うこととした。なお、本事象による環境への放射能の影響はない。

[平成11年4月7日記者発表済]

再循環ポンプB号機の分解点検および工場での再現試験の結果、試運転時における不具合の原因および対策については、以下のとおりである。

1. 調査結果

- ・ポンプ内部の外観点検の結果、主軸に取り付けられているスリーブ（保護筒）と、本体（ポンプケーシング）側にあるフローティングリングおよびラビリンス部とが接触したと推定される摺動傷がそれぞれに認められた。
- ・ポンプ内部で線状の金属片や金属粉が認められたが、成分分析等の結果から、スリーブがラビリンス部との接触により削れたものと推定された。
- ・ポンプ組立時、フローティングリングおよびラビリンス部は熱遮蔽装置に組み込まれた後、ポンプ本体に設置される。このため、熱遮蔽装置へのフローティングリングの取付状態を確認したところ、フローティングリングが僅かに傾いて同装置に取り付けられていたことを確認した。また、内部の寸法測定の結果、同装置と本体との間には組み込む際の若干の隙間余裕があり、この隙間が偏った場合、フローティングリングおよびラビリンス部が主軸と接触する可能性があることが判った。

- ・工場での再現試験の結果、フローティングリングが僅かに傾き、かつ熱遮蔽装置が主軸に対して僅かにずれた状態で本体側に組み込まれた場合、今回と同様に差圧上昇および摺動痕等が再現することを確認した。また、フローティングリングを取り付ける際には、トルク管理にてボルトを締め付けているが、同リング下部にあるガスケットへの押し付け状態の差により、僅かに傾いて取り付けられる可能性があることが判った。

2. 原因推定

今定期検査における当該ポンプの分解点検後の組立作業において、フローティングリングを組み込む際トルク管理を行っていたが、下部にあるガスケットへの押し付け状態の差等により僅かに傾いた状態で熱遮蔽装置に組み込まれた。また、熱遮蔽装置を本体に組み込む際に、厳密な隙間管理を行っていなかったことから、同装置が主軸に対して僅かにずれた状態で本体に組み込まれた。

以上の状態でポンプを起動したため、フローティングリングとスリーブの接触による振動の発生および当該部の温度上昇により、シール水の流路抵抗が増加し、熱遮蔽装置差圧高の警報が発信したものと推定された。

3. 対策

- 1) 摺動傷が認められたフローティングリングおよびスリーブ等を新品と取り替える。
- 2) 今後のポンプ組立作業にあたっては、作業要領書に以下の点を明確に記載し、サイクル機構職員立会のもと確実に実施することとした。
 - ・フローティングリングを熱遮蔽装置に取り付ける際には、従来のトルク管理に加え、隙間ゲージ等を用いて傾きがないことを確認する。
 - ・熱遮蔽装置を本体に組み込む際には、専用治具を用いて隙間確認を行う。

4. その他

今後、当該ポンプの組立作業等を行った後、7月下旬頃に発電を再開する予定である。

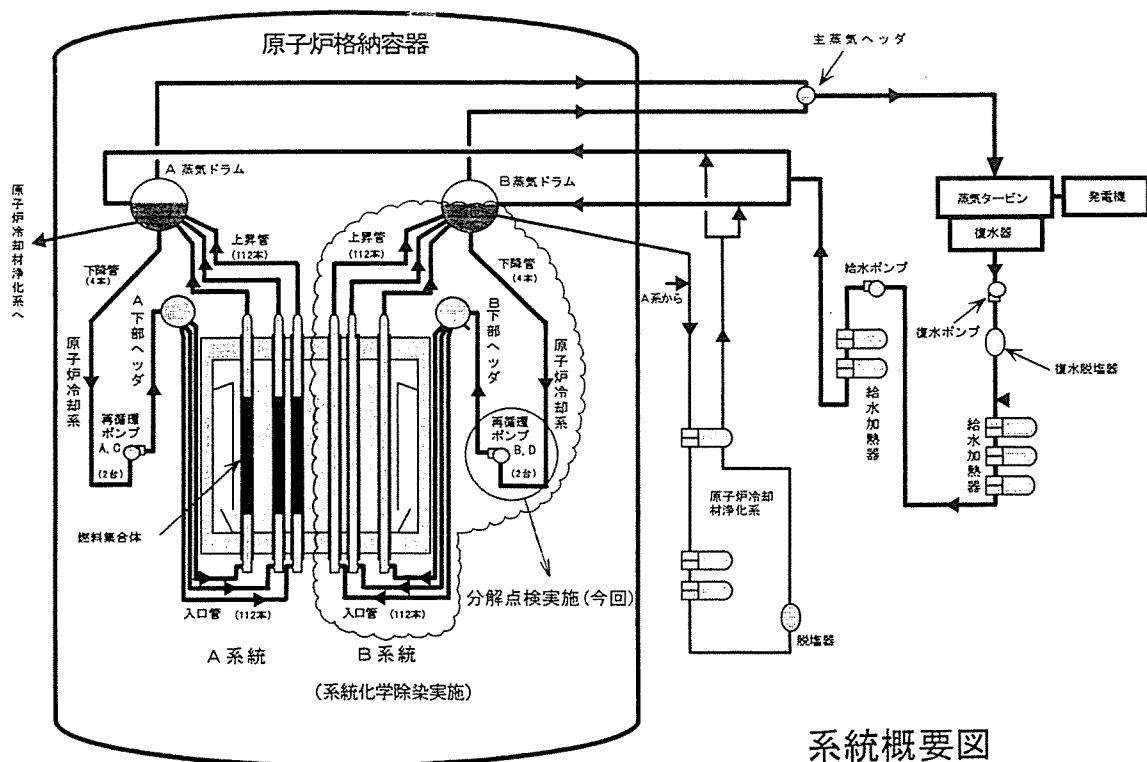
(注) ポンプ熱遮蔽装置：原子炉冷却材の熱からポンプの軸受やシール部を保護するための冷却装置。

シール水注入系：ポンプ内を流れる原子炉冷却材がポンプ軸にそって外部に流れ出るのを防ぐため、専用のシール水を注入する系統。

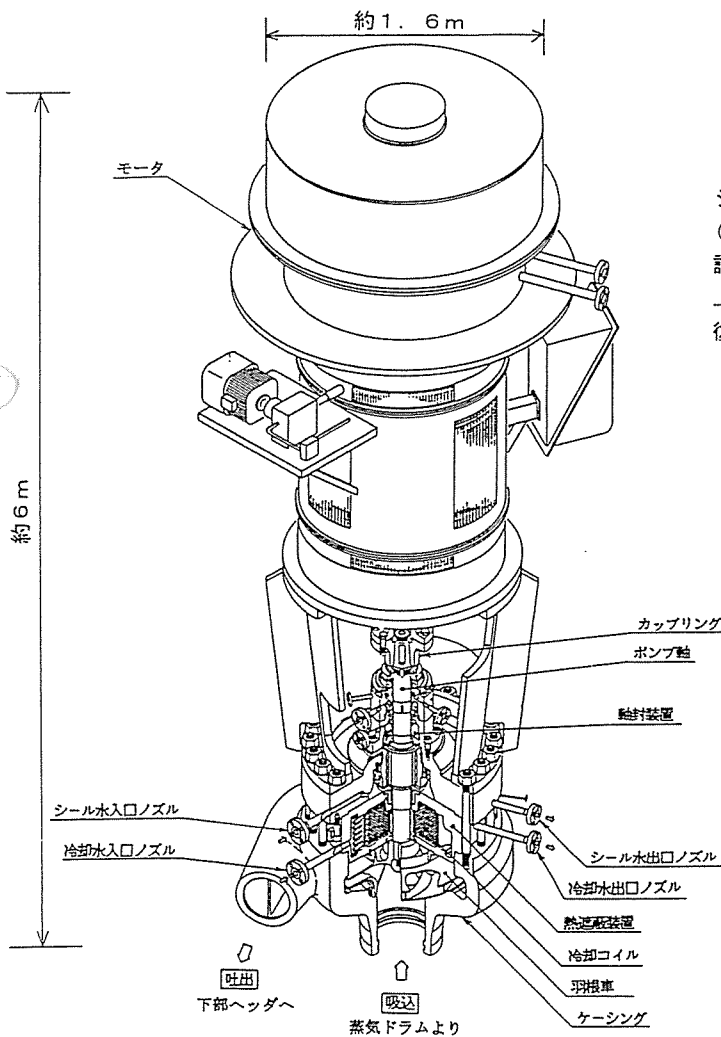
「B-熱遮蔽差圧高」：B-再循環ポンプに注入されたシール水が、熱遮蔽装置とポンプ軸の間隙を通過する前後の差圧が高いことを示す警報。

フローティングリング：ポンプ起動時、シール水の差圧を調整するリング。

ラビリンス部：シール水の注入がなくなった場合でも、原子炉冷却材が上部に流れ出ないように多段の山溝構造で流路抵抗を持たせているもの。



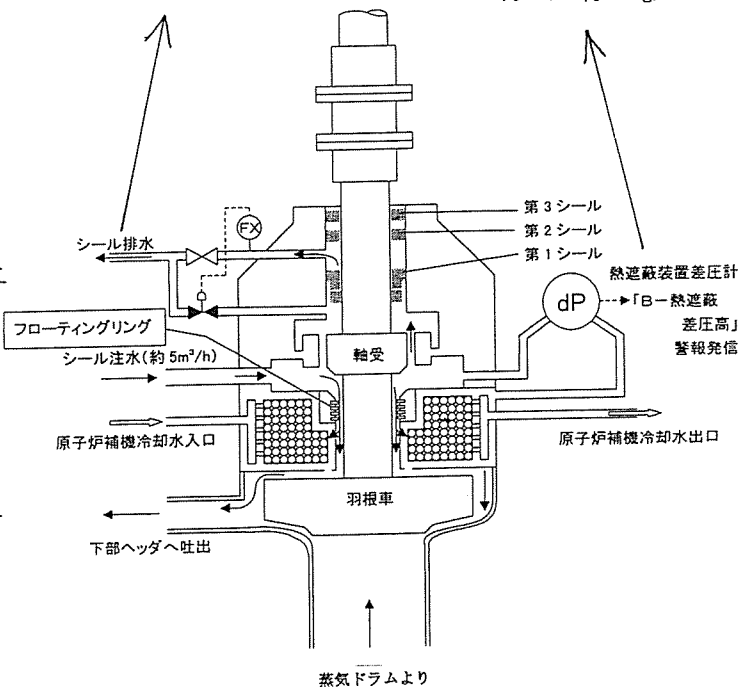
系統概要図



再循環ポンプ構造図

シール排水流量
(通常約 0.1~0.2m³/h のところ
試運転時、約 0.3~0.4m³/h まで
上昇。ポンプ停止後は通常値に
復帰した。)

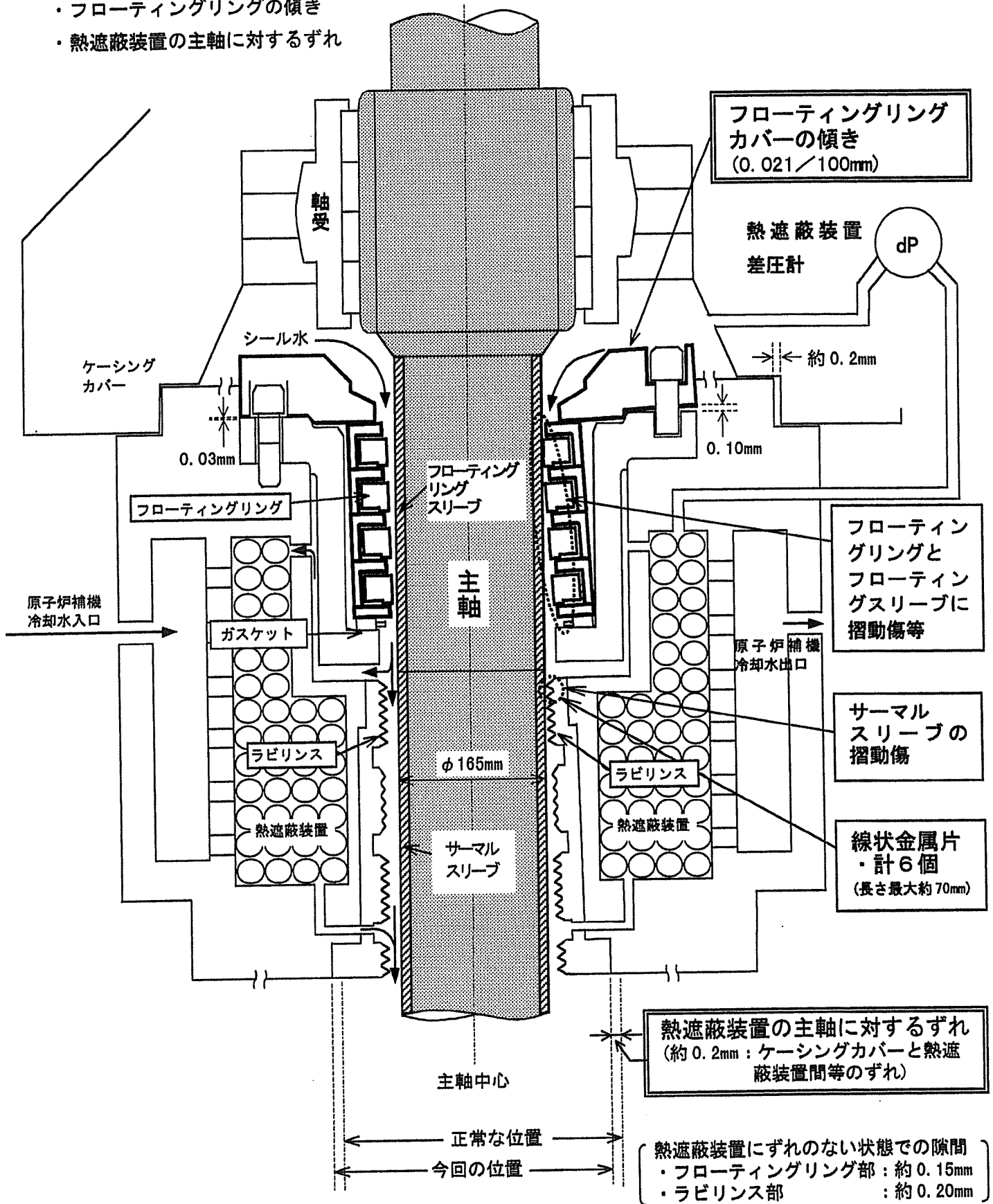
熱遮蔽装置差圧
通常値: 約 20kg/cm²
警報値: 40kg/cm²
4 月 3 日: 約 68kg/cm²
4 月 5 日: 約 66kg/cm²



再循環ポンプ断面図

<今回の事象の発生要因>

- ・フローティングリングの傾き
- ・熱遮蔽装置の主軸に対するずれ



再循環ポンプ不具合 発生状況

新型転換炉ふげんの再循環ポンプにおける熱遮蔽装置差圧の上昇について（報告）

平成11年5月31日
科学技術庁原子力安全局
原子炉規制課

核燃料サイクル開発機構新型転換炉ふげん発電所において、平成11年4月7日に発生した再循環ポンプの不具合について、原因究明及び同調査に関する確認実験が行われ、以下の内容が報告された。

行政庁としては、不具合発生の原因の考察及び再発防止対策は妥当なものと判断する。

1. 不具合の内容

(1) 差圧上昇発生時の状況

定期検査の一環として再循環ポンプの分解点検（4台のうち2台）を行った後の試験運転（4台）で、分解点検を行った再循環ポンプ1台において、冷却水の漏えい防止及びポンプ上部への冷却水の流入防止のために注水されている水（シール水）の注入部とポンプ下部との圧力差（熱遮蔽装置差圧）が大きくなったことを示す警報が発信した。（警報設定値 40kg/cm^2 に対し約 68kg/cm^2 ）

警報発生時のポンプの状況に関するデータを得るため再度試験運転を行ったが、同じ状況が再現され、以下のことが判明した。

- ①再循環ポンプ動作中に異音が発生した。
- ②ポンプ動力を停止した後の主軸の空転時間が通常時の1/3であった。
- ③試運転後の主軸の回転トルクを計測した結果、回転前に比べ約3倍高かった。

(2) 分解調査の結果

原因調査のため、当該再循環ポンプの分解調査を行った結果、以下のことが判明した。

- ①シール水をポンプ上方へ行き易くするためポンプ下方側の流路を狭めている装置（フローティングリング）部において、ポンプの主軸の周りに取り付けられたカバー（主軸スリーブ）表面、フローティングリング表面及び同リング受けとの接触面、フローティングリングの固定ピン等に接触傷が認められた。
- ②主軸スリーブの下方にある主軸周りのカバー（サーマルスリーブ）表面に円周方向の切削傷及び接触傷があり、それらの間隔はポンプ内円筒の表面の凹凸（ラビリンス）の間隔に対応するものであった。
- ③ラビリンスの上部にくぼみ状の圧痕があった。
- ④線状金属片（6個、合計約 0.5g ）及び金属粉（約 0.04g ）がラビリンスの谷部等から発見回収された。
- ⑤フローティングリングの取り付けが主軸に対して傾いていた。（長さ 100mm に対して高さ約 0.021mm の傾き）
- ⑥フローティングリング部を片側に押し当てて隙間を測定したところ、水平方向に約 0.2mm ずれることがわかった。

2. 原因究明

(1) フローティングリングと主軸の接触傷について

フローティングリングと主軸の接触傷の発生する要因としては、①シール水流

路へ異物が混入することによる異物とポンプ部品との接触、②主軸とフローティングリング部の軸のずれが考えられる。①については、ポンプ起動前と停止後の熱遮蔽装置差圧の状況、主軸スリーブ等の傷の状況等からみて、異物の混入に起因した可能性は極めて小さい。②については、(a)主軸が傾いている場合、(b)フローティングリング部がずれている場合とが考えられる。前者については、主軸の取り付けは軸受け部、モータとの接続部で隙間測定を行い、傾きに対する管理を行っているため可能性は極めて小さい。一方、後者に関しては、主軸に比べ、組立時のずれに対する管理の徹底は緩い面があり、前述のようにフローティングリングが主軸に対して傾いていた。

分解調査時に判明したフローティングリングの傾き及び水平方向へのずれ(偏芯)について検討した結果、傾いた状態のみでは主軸の接触は生じないが、一定量のずれがあった場合にはフローティングリングと主軸が接触することがわかった。

フローティングリングが主軸スリーブに傾いて接触した状態でポンプが回転することにより、フローティングリングに回転力とともに上下方向の力が加わり、その結果、フローティングリングが複雑に振動し、頻繁に主軸とフローティングリングが接触した。その結果、主軸スリーブ、フローティングリング及びリング受け等に見られた傷を生成したと推定している。

また、フローティングリングと接触して主軸に荷重がかかった場合について解析したところ、サーマルスリーブとラビリンスが接触することがわかった。なお、回収した線状金属片は全量で約0.54gであり、サーマルスリーブの切削傷から推定した重量約0.65gとほぼ同等であったことからみて、金属片による原子炉への影響はない。

(2) 熱遮蔽装置差圧の上昇について

ポンプの回転に伴いフローティングリングが複雑に振動したことにより、シール水が軸の周方向へ迂回して流れ、その結果、流動抵抗が大きくなったことから差圧が上昇すると推定している。

(3) 異音、回転トルク増大等について

①試験運転の際に判明した異音の発生、トルクの上昇及び空転時間の減少についても主軸スリーブとフローティングリングが接触することで正常時より抵抗が大きくなり発生することが説明できる。

②ラビリンスのくぼみ状の圧痕については、相対するサーマルスリーブ外周面に相当する傷等が無く、ラビリンスは長期間使用していることから、今回のトラブルとは関係ないものと判断された。

3. 対策

今回のトラブルはポンプ組み立て時の部品のずれに起因していると考えられることから、以下のような対策を採ることとする。

①再循環ポンプの組立時にはサイクル機構の担当職員を立ち合わせ、フローティングリング部の組立における偏芯を0.11mm以下とするよう管理すること、傾きについては組み合わせ部の隙間管理を行い、傾きを長さ100mmに対し0.003mm以下となるよう管理をすることを作業要領書に規定することとする。

②当該再循環ポンプについては、傷の認められた部品を新品と交換する。

③他の再循環ポンプについては、今回の試運転で正常な状態であったことから、問題は無いものと判断する。次回定期検査で分解点検を行うポンプについては、偏芯と傾きのデータを取りつつ分解を行う。

新型転換炉ふげん発電所 B再循環ポンプ試運転時における
熱遮蔽差圧の上昇について（原因の調査結果及び対策）

I 経 緯

1. 発生日時

平成11年4月7日(水) 9時00分(B再循環ポンプ 分解点検を行うことを判断した時)

2. 状 況

新型転換炉ふげん発電所は、平成11年1月8日より第15回定期検査を開始し、2月20日からB再循環ポンプの分解点検を実施していた。

4月3日16時頃、B及びD再循環ポンプ分解点検後の約10秒間の試運転のため、A、B、C、D再循環ポンプを4台同時に起動したところ、「B-熱遮蔽差圧高」（設定値40kg/cm²）、の警報が発信した。また、4月5日19時39分に再度、再循環ポンプ4台同時の試運転を行ったところ、同様に「B-熱遮蔽差圧高」の警報が発信した。

発生時の状況から以下のことが確認されている。

- (1) ポンプ起動と同時に熱遮蔽差圧は、4月5日のポンプ起動前の約21kg/cm²からポンプ起動と同時に上昇し、約66kg/cm²まで上昇した後、ポンプ停止に伴いほぼ元の差圧に復帰した。また、シール注水流量及びシール排水流量が、熱遮蔽差圧上昇に連動して減少及び増加した。これらの変化は4月3日の場合とほぼ同じであった。
- (2) B再循環ポンプのスイッチを「停止」にしてから軸の回転が止まるまでの時間（空転時間）が正常値の約1/3であった。
- (3) ポンプ起動前のターニングトルクは正常値であったが、試運転直後は許容値以内ではあるもののポンプ起動前の値に比べて約2～3倍に増加していた。
- (4) 試運転時において、B再循環ポンプから異音が発生していた。

3. B再循環ポンプの分解点検結果

熱遮蔽差圧が上昇した原因を調べるため、4月8日から10日にかけて、B再循環ポンプの分解調査を行った。その結果、以下の事が判明した。なお、下記の(1)の各部品及び(2)のサーマルスリーブは、今回の第15回定期検査において新品と交換したものである。

- (1) フローティングリング部の以下の全ての部品に摺動痕等の傷及び変形が確認された。
 - ① フローティングリング内周面になし地状の摺動痕、金属光沢、斑模様及び凹凸が見られ、それに相対する回転軸のスリーブ外周面に摺動痕が見られた。
 - ② フローティングリングとそれに相対するリング受け又は座金の接触面のほぼ全面に接触痕が認められた。
 - ③ フローティングリング合いピンの先端部が変形し、リング受けの合いピン溝も変形して広くなっていた。
- (2) サーマルスリーブのモータ側上端部外周面の、熱遮蔽装置内円筒ラビリンスの上から2山に相対する箇所に、円周方向の切削傷が確認された。
- (3) 内円筒ラビリンスのモータ側上端部の1～5山目にかけてくぼみ状の圧痕が認められたが、これ以外には特に異常は認められなかった。

- (4) 線状の金属片 6 個合計約 0.5g(太さ 1mm 以下、最長のもので長さ約 8cm)と金属粉約 0.04g が、熱遮蔽装置内円筒ラビリンスの谷部等から発見・回収された。

[既 報]

II.原因の調査結果と対策

1. B再循環ポンプの分解時における寸法計測結果

B再循環ポンプの主要部の組み立て状況の調査として寸法測定を行った結果、フローティングリングが取り付けられている箱(フローティングリング箱)の蓋(フローティングリングカバー)が水平に対して傾いて(長さ 100mm 当たり高さ 0.021mm)いたことが判った。このため、フローティングリングカバーにより押さえられているフローティングリングについても、主軸に対して同じ傾きを持っていたと考えられる。

また、フローティングリング箱が取り付けられた熱遮蔽装置をポンプ本体カバー(ケーシングカバー)に設置する際のはめ合い部がずれて組み立てられるかを確認するため、熱遮蔽装置をケーシングカバーに押し当てて隙間を測定したところ約 0.2mm あり、フローティングリングが主軸に対してずれた状態(偏芯)で組み立てられた可能性があることが判明した。

2. 原因の調査結果

当該事象発生時に確認された特異な事項のうち、熱遮蔽差圧高に至る要因とプロセスを実証試験等を行って解明するとともに、ポンプ分解点検等により確認された他の事項がこれとどのように関連するかについて検討を行った。以下にその結果を示す。

(1) 熱遮蔽差圧高(差圧上昇、シール注水流量減少、シール排水流量増加)について

熱遮蔽差圧上昇、シール注水流量減少については、フローティングリングとフローティングリングスリーブ間のシール水の流動抵抗の増加が原因と考えられ、シール排水流量の増加は、熱遮蔽差圧の増加に連動してシール注水圧力が増加したことにより生じたものと考えられる。また、B再循環ポンプの運転時間が短いにも係らず、フローティングリング部やサーマルスリーブに摺動痕や切削傷が見られたことから、ポンプ運転時に回転側が静止側の部品に通常よりも頻繁に接触していたことが推定される。

このことから、熱遮蔽差圧の上昇が発生する要因としては、主軸の傾き、フローティングリングの傾き、熱遮蔽装置の主軸に対する偏芯、異物の介在が考えられ、これらについて計算や試験等により検討を行った。その結果、以下を確認した。

- ① ポンプ組み立て時には、調整器具を用いて厳密に傾きの管理を行っており、またポンプの運転時には主軸が軸受け中心に沿うように回転するため、主軸の傾きは考えられない。
- ② 今回の分解点検時における寸法計測において判明した、主軸に対するフローティングリングの傾きだけでは主軸とフローティングリングの隙間の方が大きいため主軸とフローティングリングは接触しないが、熱遮蔽装置の主軸に対する偏芯は主軸との隙間よりも大きいため接触することとなる。

この状態において、ポンプを起動した場合のフローティングリングの挙動を推定すると以下のようなになる。

- i. 主軸の回転方向に力が伝わり、フローティングリングは回転しようとする。
- ii. しかし、フローティングリングは、リング受けにて合いピンによって回転を抑制されて

いるため、合いピン及び合いピン溝の変形に至る。

- iii. 合いピン部では、フローティングリングを円周方向に回転させようとする力と合いピンをピン溝方向(半径方向)に移動させようとする力とが作用する。
 - iv. この時、フローティングリングが予め傾きを持って主軸に接触している場合、主軸の回転力の上下方向の分力によってフローティングリングは上下(振動)する。
 - v. この上下振動によって生じた傾きによって、主軸とフローティングリング間を流れるシール水は周方向へ迂回するように流れるため当該部の流路長さが増加することとなり、流動抵抗が増加して熱遮蔽差圧が高くなる。
 - vi. また、この時、合いピンを移動させようとする力が、合いピンとリング受けとの摩擦力以上になると合いピンはピン溝に沿った方向に移動し、フローティングリングを回転させようとする力は減少する。これと同時に、上下したフローティングリングの傾きも初期の状態に戻る。
 - vii. 元の状態に戻ったフローティングリングは、再び主軸と接触して円周方向に回転させようとする力を受ける。
 - viii. ポンプ運転中は、上述した i. ~ vii. の状態を繰り返し振動を継続する。
 - ix. また、上記の振動によって生じた傾きの程度によって、フローティングリング部で生じる差圧が決まってくるものと考えられることから、フローティングリングの初期の傾きが大きいほど振動も大きくなることから、差圧発生に至るものと考えられる。
- ③ 実機と同様のフローティングリング部、シール注水配管を組み込んだ再循環ポンプの模擬試験装置を製作し、上記の傾き及び偏芯をパラメータとして変化させて試運転と同様にモータを回し、差圧上昇の再現性について調べた。この結果、長さ100mm当たり高さ0.021mmの傾きに加えて、偏芯が0.16mmの場合には再現せずに偏芯が0.18mm以上の場合には実機と同様の差圧上昇が再現した。このことから、熱遮蔽差圧上昇の要因はこれらの傾きと偏芯が複合して作用したものであり、実機においては長さ100mm当たり高さ約0.021mmの傾きに加えて0.16mmを超える偏芯があったものと推定される。
- ④ フローティングリング部のシール水が流れる流路に、ポンプの分解組立て時または運転時に異物が混入して流路を狭めた場合、ポンプ運転時だけでなく停止時にも熱遮蔽差圧が上昇すると考えられるが、実機では、ポンプ停止時は差圧が正常であること及びシール水ラインにはフィルターが設置されていること並びにポンプの分解点検時にはサーマルスリーブから切削された金属片等以外に異物の痕跡が認められなかったことから、異物の介在が熱遮蔽差圧上昇の要因ではないと考えられる。

以上のことから、熱遮蔽差圧の上昇は、ポンプ組立時にフローティングリングが主軸に対して傾いていたこと及び偏芯していたことが複合して作用し、発生したものと考えられる。また、熱遮蔽差圧上昇以外の不具合と当該原因との関連については、次項のように説明される。

(2) サーマルスリーブの切削傷及び金属片について

サーマルスリーブ全面に認められた傷は、内円筒ラビリンスの山の位置に相対しており、またその間隔も等しかったことから、サーマルスリーブの傷はラビリンスとの接触によって生じたものと判断される。このうち特に大きなサーマルスリーブ外周面上端部の切削傷の発生要因につい

て検討するために、異物の有無と押し付け荷重をパラメータとした切削傷生成試験を実施した。その結果、異物が存在する場合は小さい異物はすぐに摩滅してしまうことが判った。また異物がない場合でも、主軸の振れ回りにより強い荷重が内円筒ラビリンスとの接触面に付加された場合は、サーマルスリーブに実機と同様の切削傷が生成されることを確認した。また、実機においては、サーマルスリーブとラビリンスの隙間は小さいため大きい異物は侵入できず、ポンプ点検時にも外部からの大きな異物は認められていないことから、サーマルスリーブ外周面の傷の発生原因とはならない。

すなわち当該切削傷は、(1)に記載の偏芯及び傾きがあったことから、ポンプ運転時に主軸がフローティングリングに頻繁に接触したために振れ回りが大きくなり、サーマルスリーブが内円筒ラビリンスに強く押し付けられたことにより切削されたものと考えられる。これは、解析でも偏芯によってフローティングリングが接触して主軸に荷重がかけられた場合にサーマルスリーブとラビリンスが接触することを確認した。

また、ポンプ分解点検時に回収された金属片等は、サーマルスリーブが切削されて生成されたものであることを、化学・重量分析により確認した。サーマルスリーブの切削傷の体積から求めた切削金属重量は約0.65gであり、回収された金属片と金属粉の合計重量約0.54gと同等であることが判明した。このことから、切削された金属の多くは回収されたが、残りは原子炉冷却系統へ移行後、4月8日のポンプ分解のための水抜きの際に、冷却水とともに系外へ排出されたものと考えられる。なお、これらの金属粉は、ラビリンス部の隙間（最大約0.5mm）以下の微細なもので、冷却水中の不溶性不純物の管理基準に比べてごくわずかであることから、冷却系統内に残留したとしても原子炉への影響はないものと考えられる。

(3) ポンプの空転が短時間であったことについて

(1)に記載の偏芯及び傾きがあったことから、ポンプの主軸側とケーシング側が接触していたことが原因であると考えられ、上記(2)のサーマルスリーブ切削傷生成に必要な荷重からフローティングリング部での接触による摺動抵抗を求め、それらを基にポンプの空転時間を計算したところ、実機と同等の時間に短縮されることを確認した。

(4) ポンプ停止直後のターニングトルクの増加について

(1)に記載の偏芯及び傾きがあったことから、ポンプ運転時にフローティングリングスリーブがフローティングリングに頻繁に接触摺動し、摩擦熱による熱膨張差から隙間が減少してポンプ停止後も完全に元の隙間の状態に戻っていなかったことが原因であると考えられ、実機のフローティングリング部を模擬した再現試験においても差圧上昇した場合には回転駆動トルクが増加することを確認した。

(5) 異音発生について

(1)に記載の偏芯及び傾きがあったことから、ポンプ運転時にフローティングリングスリーブがフローティングリングに頻繁に接触し、フローティングリングが振動したことから、異音が発生したものと推定され、実機のフローティングリング部を模擬した再現試験においても、差圧上昇と同時に異音が発生することを確認した。

(6) 内円筒ラビリンス圧痕について

・当該圧痕は、組み立て時に異物が混入した痕跡がないことや、組み立て後に異物が混入するこ

とは当該部の設計隙間から考えられないこと、更に、切削傷生成試験における異物噛み込みの試験でラビリンスに圧痕が生じるような現象は見られなかったことから、当該事象発生との関連はないものと推定される。なお、試験用のラビリンスにアイボルトを当て、金槌で打撃したところ、良く似た形状の打痕が生成したことより、内円筒ラビリンスの圧痕は、丸みのある工具等の先端が当たった痕跡と考えられる。

3. 原因

以上のことから、熱遮蔽差圧上昇は、今回の定期検査におけるポンプ組立時にフローティングリングカバーがフローティングリング箱に対して傾いていたとともに、熱遮蔽装置がポンプ主軸の中心に対して偏芯して設置されていたことが原因となり引き起こされたものと判断する。これによってポンプ試運転の際にフローティングリングスリーブがフローティングリングに頻繁に接触摺動し、フローティングリングの傾きが増大したことによりシール水の流路が長くなり、流動抵抗が増加して熱遮蔽差圧高を生じさせた。また、この接触摺動により生じた摩擦熱により当該部が膨張し、シール水の流路面積の減少を生じさせ、前述の流動抵抗の増加と複合して作用した結果、熱遮蔽差圧を更に上昇させた。

4. 対策

今回の事象の発生原因は、「組み立て時のフローティングリングに、主軸に対する傾きと偏芯が生じていたこと」に起因したものであることから、再発防止対策としては「偏芯」及び「傾き」を抑制することとする。なお今後は、以下の偏芯及び傾きの管理、並びにサイクル機構担当職員の立会いによる確認について作業要領書に規定し、組み立て時の作業管理の徹底を図る。

(1) 偏芯の管理

従来、熱遮蔽装置の設置にあたっては、はめ込み組立てを行っており特別の偏芯管理は実施していなかったが、はめ合い部での寸法上の芯ずれを考慮すると、主軸に対する偏芯が生じる。

ここで、当該ポンプ組立て時の芯出の位置は、以下のはめ合い部の寸法で決定される。

- ① ケーシングカバーと軸受けハウジング (直径隙間：0.10mm 以下)
- ② ケーシングカバーと熱遮蔽装置上部フランジ (直径隙間：0.338mm 以下)
- ③ 熱遮蔽装置上部フランジとフローティングリング箱 (直径隙間：0.073mm 以下)

そこで今後は、直径隙間が最も大きい②のはめ合い部の同芯度を向上させるため、熱遮蔽装置をケーシングカバーへ組み込む際に施工上管理可能な値として0.05mmの精度で調整器具を用いて作業を行うこととする。これによって、フローティングリングの主軸に対する偏芯は、0.11mm 以下となる。

(2) 傾きの管理

従来、フローティングリングカバーの取り付けにあたっては、特別な傾きの管理は行っていなかったが、ガスケットの偏った潰れを考慮すると傾きが生じる。そのため、今後は、フローティングリングカバーをフローティングリング箱に取り付ける際の隙間のばらつきが0.01mm 以下となるように管理する。これによって、フローティングリングの主軸に対する傾きは、長さ100mm 当たり高さ0.003mm 以下となる。

(3) 分解点検時の記録に係る要領書の改善

性能に影響しないような傷であっても、打痕等異常なものが認められた場合には、記録を残す旨を要領書に記すこととする。

(4) B号機の措置

分解点検により摺動痕等が見られた部品を新品と交換する。また、ポンプの組立に際しては、前述した対策に基づいて実施する。

(5) A、C、D号機の措置

今回分解点検を行ったD号機については、すでに組み立てられた状態で問題なく試運転が実施されていることより、ポンプ組み立てについては健全に行われているものと判断される。また、A、C号機については、今回分解点検を行っておらず、従来 of 運転状態においても異常が見られていないことから、これらについても組み立て上の問題は無いものと判断される。

なお、今後の措置として次回A、C号機を分解点検する際に、偏芯と傾きに関する今回調査項目を計測することとする。

以 上

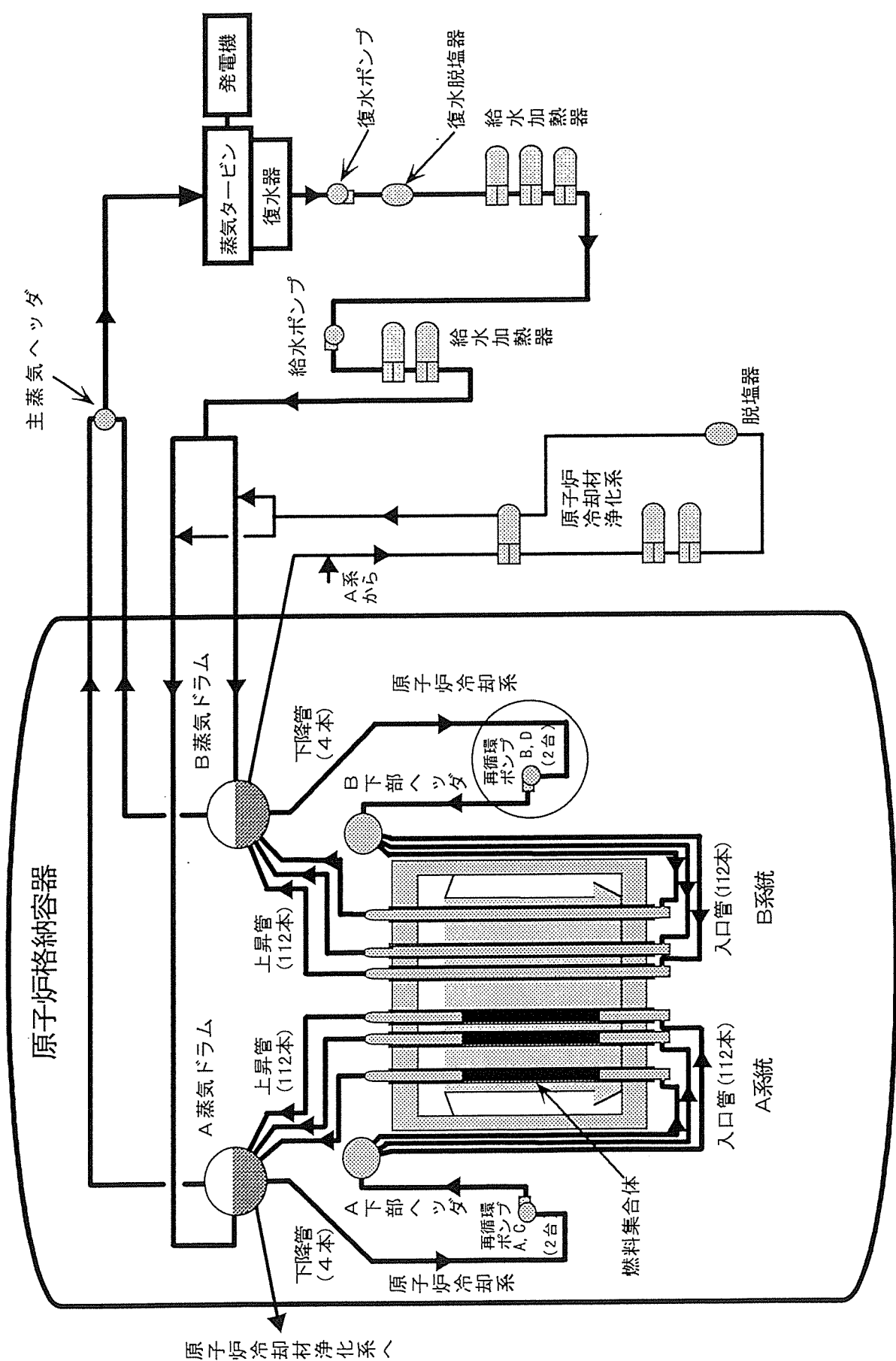


図 1 原子炉再循環系統図

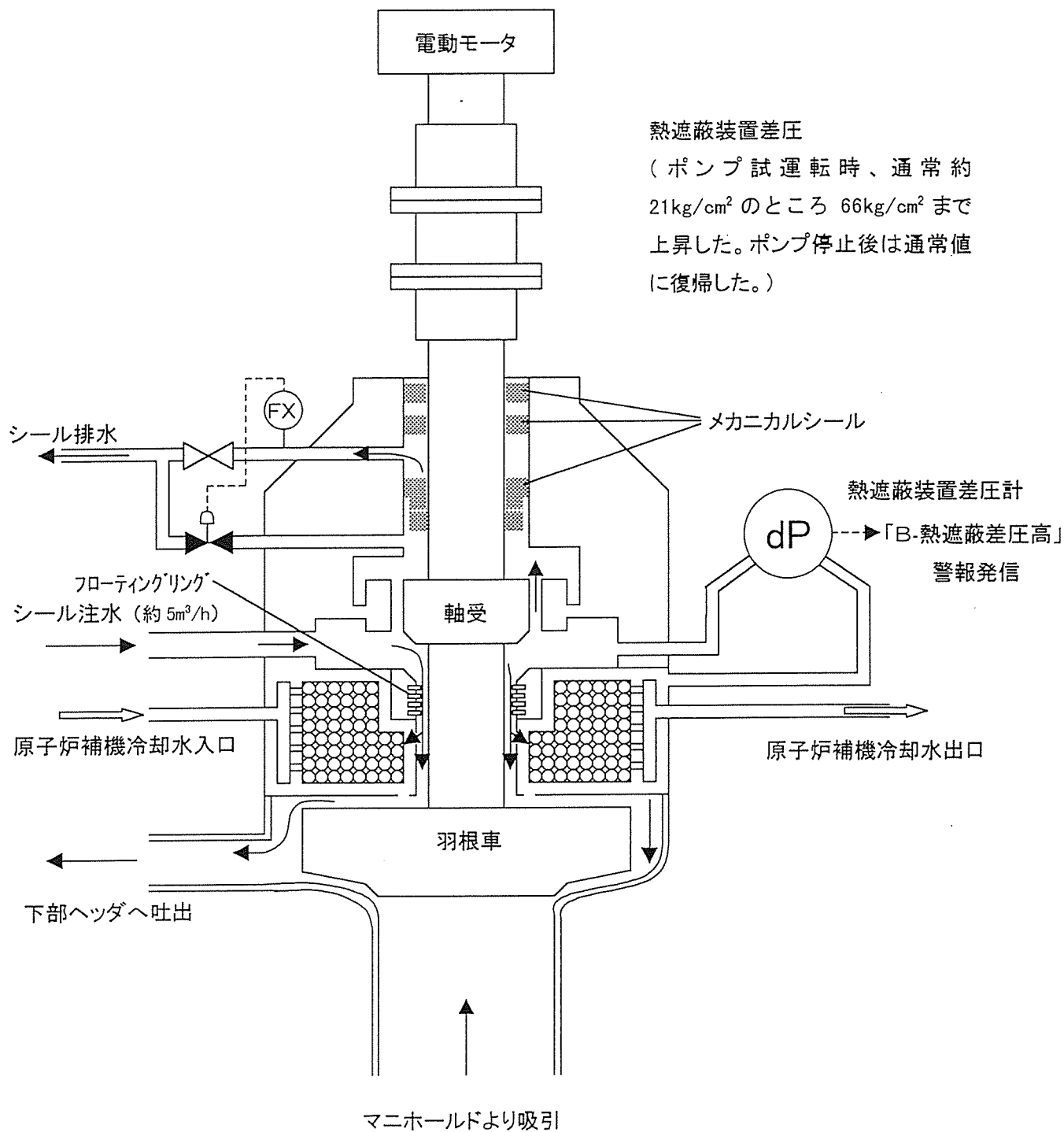


図2 再循環ポンプ断面

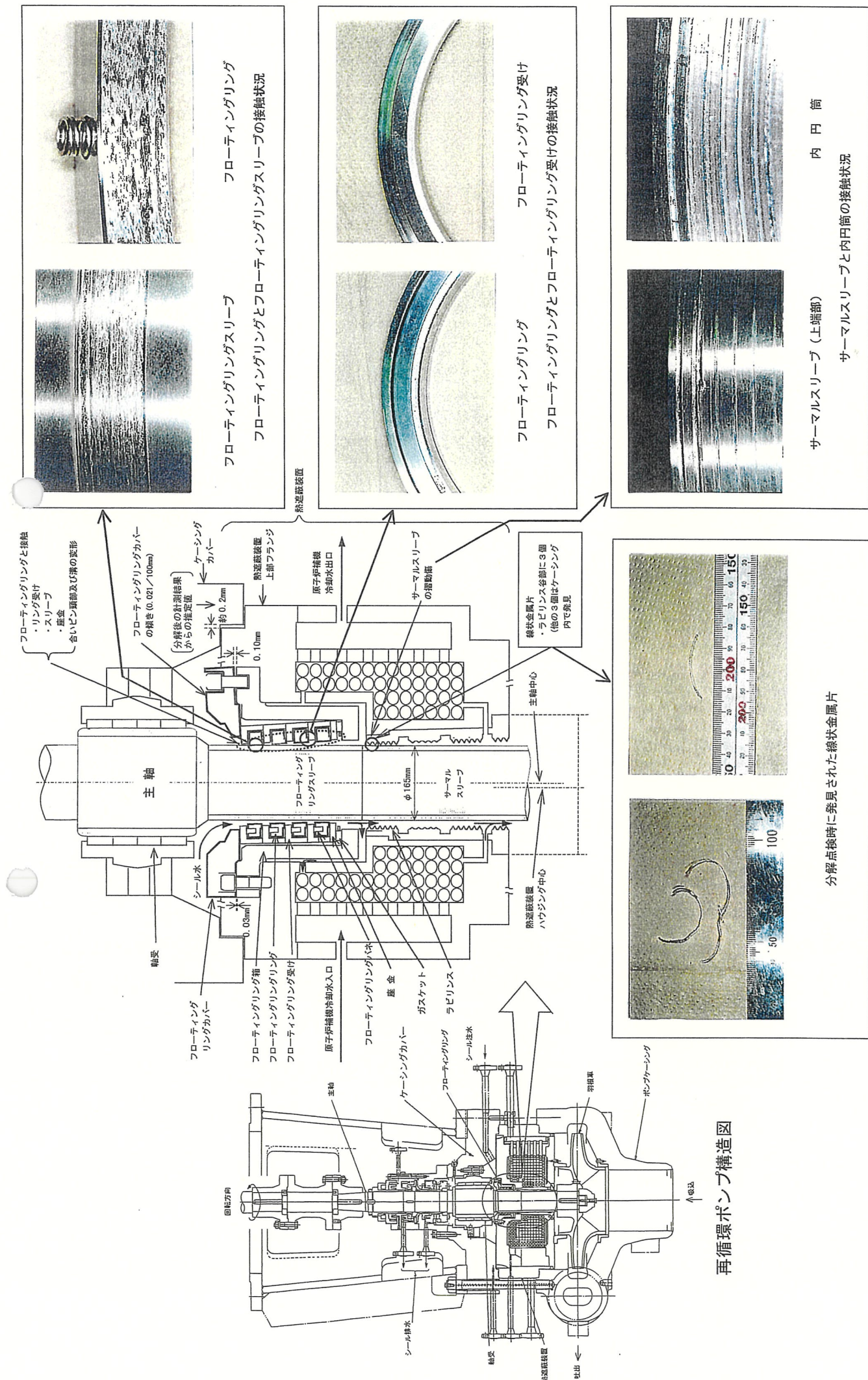


図3 再循環ポンプの分解点検における確認事項

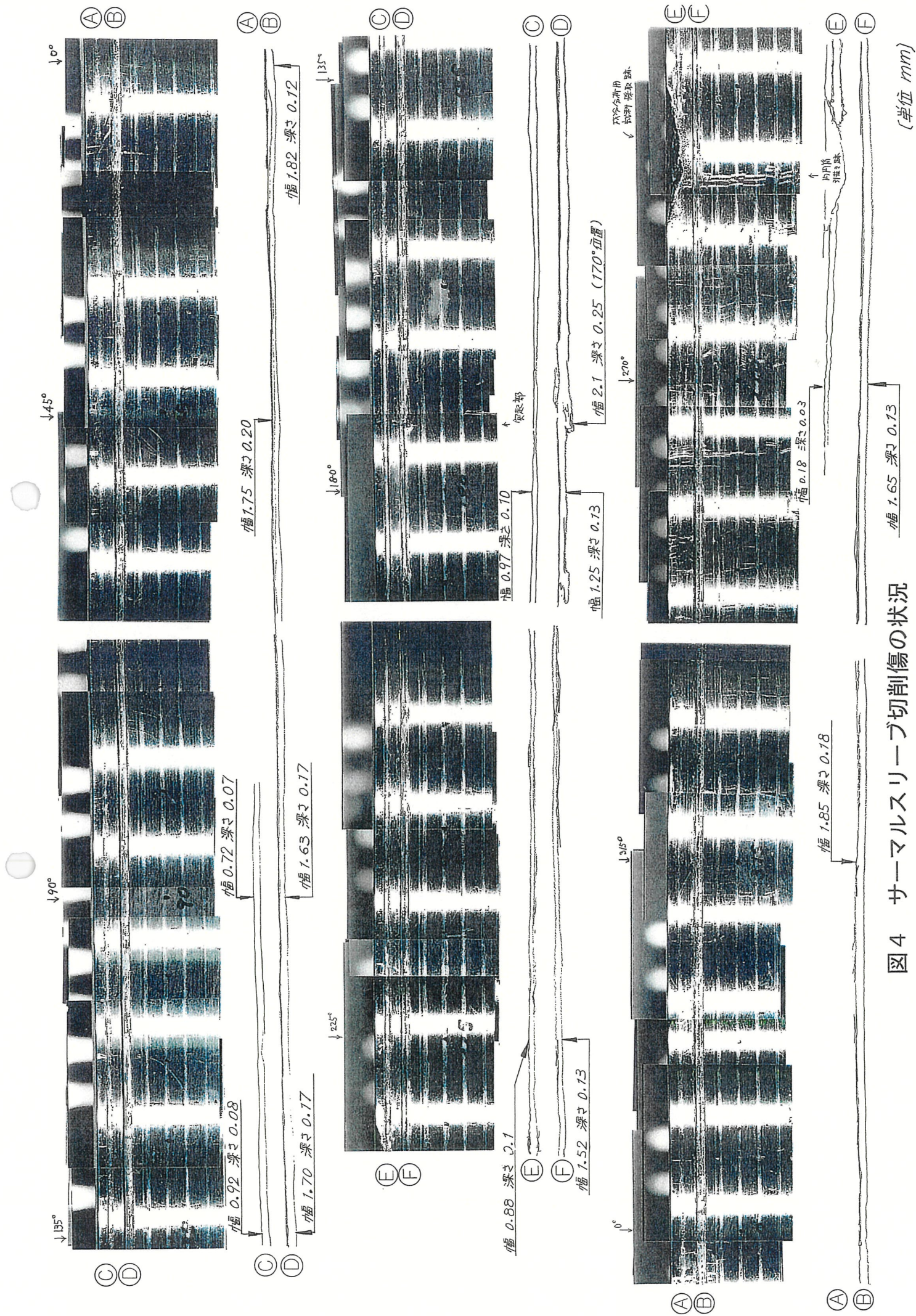


図4 サーマルスリーブ切削傷の状況

(単位 mm)

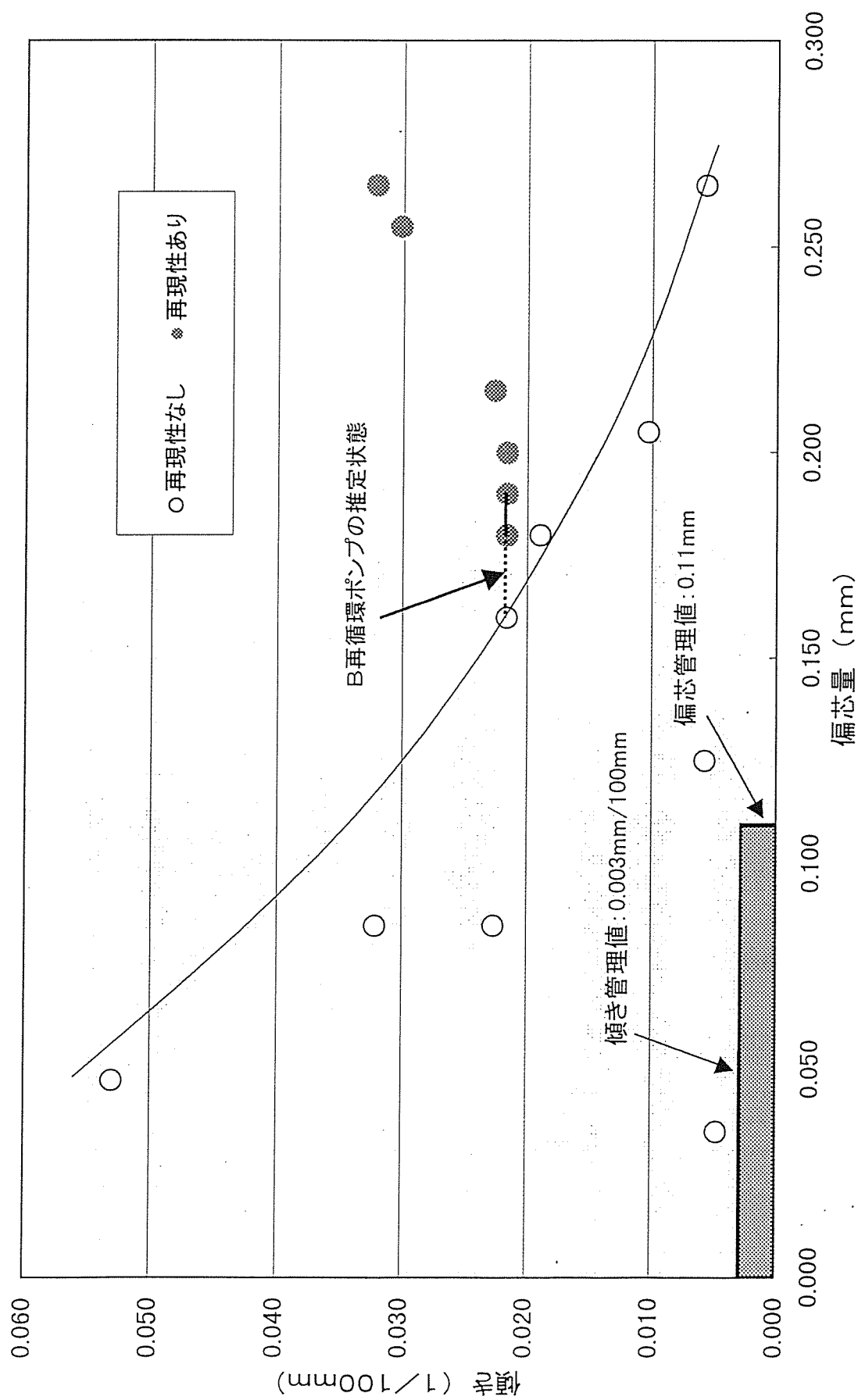


図5 熱遮蔽差圧上昇挙動の再現試験結果まとめ