

平成20年5月16日
独立行政法人
日本原子力研究開発機構
敦賀本部

高速増殖原型炉もんじゅナトリウム漏えい検出器不具合の

原因究明及び再発防止対策（復旧に係るもの）について

高速増殖原型炉もんじゅ（定格出力 28.0 万 kW）は、ナトリウム漏えい対策等の改造工事及びその後の工事確認試験を完了し、平成 19 年 8 月 31 日よりプラント確認試験を実施しています。プラント確認試験の実施状況は、141 項目中 77 項目が終了しています。

平成 20 年 3 月 26 日に 1 次メンテナンス冷却系ナトリウム漏えい警報が発報しました。その後、当該漏えい検出器を含め、接触型漏えい検出器の一部を点検したところ、電極に曲がりの見られるもの、計画と異なった挿入長さで据え付けられているものもありました。

これらに関し、地元自治体からの要請及び原子力安全・保安院からの指示に基づき、「もんじゅ」の全てのナトリウム漏えい検出器の施工状況等について、構造等を踏まえて計画的に点検を行なうこととし、点検計画を策定し、原子力安全・保安院に提出し、地元自治体に報告いたしました。

（平成 20 年 4 月 14 日お知らせ済）

その後、当該検出器を始めとした点検を進めてきましたが、ナトリウム漏えい検出器不具合の復旧に係る原因究明及び再発防止対策についてとりまとめ、本日、原子力安全・保安院及び地元自治体に提出いたしましたので、お知らせいたします。

添付；

- ・高速増殖原型炉もんじゅナトリウム漏えい検出器不具合の原因究明及び再発防止対策（復旧に係るもの）概要
- ・高速増殖原型炉もんじゅナトリウム漏えい検出器不具合の原因究明及び再発防止対策（復旧に係るもの）

高速増殖原型炉もんじゅナトリウム漏えい検出器不具合の原因究明
及び再発防止対策（復旧に係るもの）
概 要

1. はじめに

平成 20 年 3 月 26 日 23 時 07 分、1 次系 B ループの主冷却系配管室（R-303B）（窒素雰囲気）において、1 次メンテナンス冷却系の原子炉容器入口 1 次止め弁（430MV5B）に取り付けられているナトリウム漏えい検出器の警報が発報したが、現場調査の結果、ナトリウム漏えいが無いことを確認した。

その後、当該検出器を始めとした点検を進めてきたが、その復旧に係る原因究明及び再発防止対策についてとりまとめた。

2. 接触型ナトリウム漏えい検出器の調査状況

2. 1 再現性確認の調査

今回の警報発報について、モックアップ装置による調査を実施し、警報が発報したナトリウム漏えい検出器と同様の現象が起こり得ることや、検出器電極部に同様の傷、検出器先端部に同様の磨耗が生じることを確認した。

2. 2 シーラント型 CLD 点検状況（平成 20 年 5 月 15 日現在）

シーラント型 CLD（警報が発報した CLD のようにシーラントで挿入長さを決め取り付ける CLD）については、158 個の点検が終了している。そのうち挿入位置のズレ、先端電極部の曲がり、シーラントの緩みのいずれかの不具合があったものが 97 個あった。

158 個のうち、70 個に挿入位置のズレが認められた。そのうちシースの挿入不足が 11 個、過挿入が 59 個あった。また、158 個のうち先端の電極部が曲がっているものが 24 個、158 個のうちシーラントの緩み（押しネジを外した状態で動くもの）があったものが 45 個あった。158 個全てについて、導通・絶縁確認により検出機能が確保されていることを確認した。（添付資料－1）

2. 3 シーラント型 CLD の製作、施工管理について

CLD の施工手順を添付資料－2 に示す。CLD の製作、施工管理に係る調査から、工場においてはシーラントの固定位置を記録していなかったこと、また、現地では、シーラントがずれていることを確認する具体的な方法を定めておらず、その記録を残していなかったことがわかった。CLD 製作メーカーがコンプレッションフィッティング取扱説明書にて定めていた締付量（1/4～1/2 回転）のうち 1/4

回転では、押しネジを外した状態では一部のシーラントが動くことが判明した。
また、現地における再取り付けの手順がなく及び記録もなされていなかった。

3. 原因

(1) 誤警報発生 の 推定原因

誤警報発生原因の調査の結果、CLDを弁に取り付ける際、シーラントの取付不良により、シーラントが工場での取付位置からずれ、CLDが過挿入となった。そのため、シース先端が弁棒に当たり電極の変形が発生した。この状態から弁の開閉に伴う弁棒の動きによりシース先端部が磨耗し、電極と弁棒が電氣的に接触したことにより、警報発報に至ったと推定した。

(2) CLDが過挿入となったことに対する推定原因

1) 工場で押しネジを締め付けたが、押しネジを外した状態ではシーラントが十分に固定されておらず、現地において押しネジを外してCLDを取り付けた際にシーラントが動き、CLDが過挿入となった。

2) CLDを現地で取り付ける時、シーラントが固定されていることを確認(記録)する手順が定められていなかったこと及びシーラント固定位置を示すケガキ線が確認できる箇所になかったことからシーラントがずれ、CLDが過挿入になったことを認識できなかった。

(3) 電極部の曲がりの推定原因

電極部の曲がりの原因は、CLDの過挿入による弁棒との接触、CLD取付時におけるコンプレッションフィッティング本体挿入口との接触、CLD取扱時の周辺構造物との接触と推定した。

4. シーラント型CLDの対策・復旧

今回のシーラント型CLDに対する不具合は、シーラントの固定位置がずれたことによるため、点検のために引き抜いたシーラント型CLDの復旧に際しては、次に示すとおりCLDの確実な固定を行うとともに、締付量とズレ防止の管理を適切に行うこととする。なお、シーラント型CLDの復旧に際しては、取り外したシースは新しいものに取り替えることとする。

(1) CLDの確実な固定(添付資料-3)

CLDを確実に固定するために、シーラントに相当する部分が十分な保持力を持つまで、締め付けることとする。また、工場で確実にシーラントを取り付け、現場取付を行うために、そのような再取り付けの運用が明確になっている固定法を用いることとする。

スウェーჯロックは再取り付けの運用及び十分な保持力を持つ締付量が明確になっており、CLDを確実に固定することができる方法であることから、シーラント型CLDの復旧に際しては現行のシーラント型に替えてスウェーჯロックを用い、CLDを確実に固定することとする。

(2) 締め付け量の管理・記録

シーラントが十分に固定されていないものがあつたことに対しては、フェルールの取り付けに際し、十分な保持力を有する締付量で行うこととし、それを確認するために締付量の記録を残すこととする。

(3) ズレ防止の管理・記録

シーラントの固定位置にズレが発生したことに対しては、工場でフェールールを取り付ける際に、取付位置がわかるようにケガキ線を残すこととする。現地取付時も、ケガキ線を基にフェルールの位置が固定位置からずれていないことを確認するとともに、記録を残すこととする。

5. CLDの復旧状態の確認

スウェージロックを用いたCLD復旧状態については、国の使用前検査で確認を受ける。

6. その他

- (1) 再発防止対策については、これまでの調査及び高速増殖原型炉もんじゅナトリウム漏えい検出器に関する点検計画書（平成20年4月14日付20原機(も)061）による点検結果を踏まえ実施するとともに、施工管理に係わる対策について適切な処置を行う。
- (2) 根本的な原因分析と施工管理上の問題を検討し、これに基づき必要な水平展開を図る。

以 上

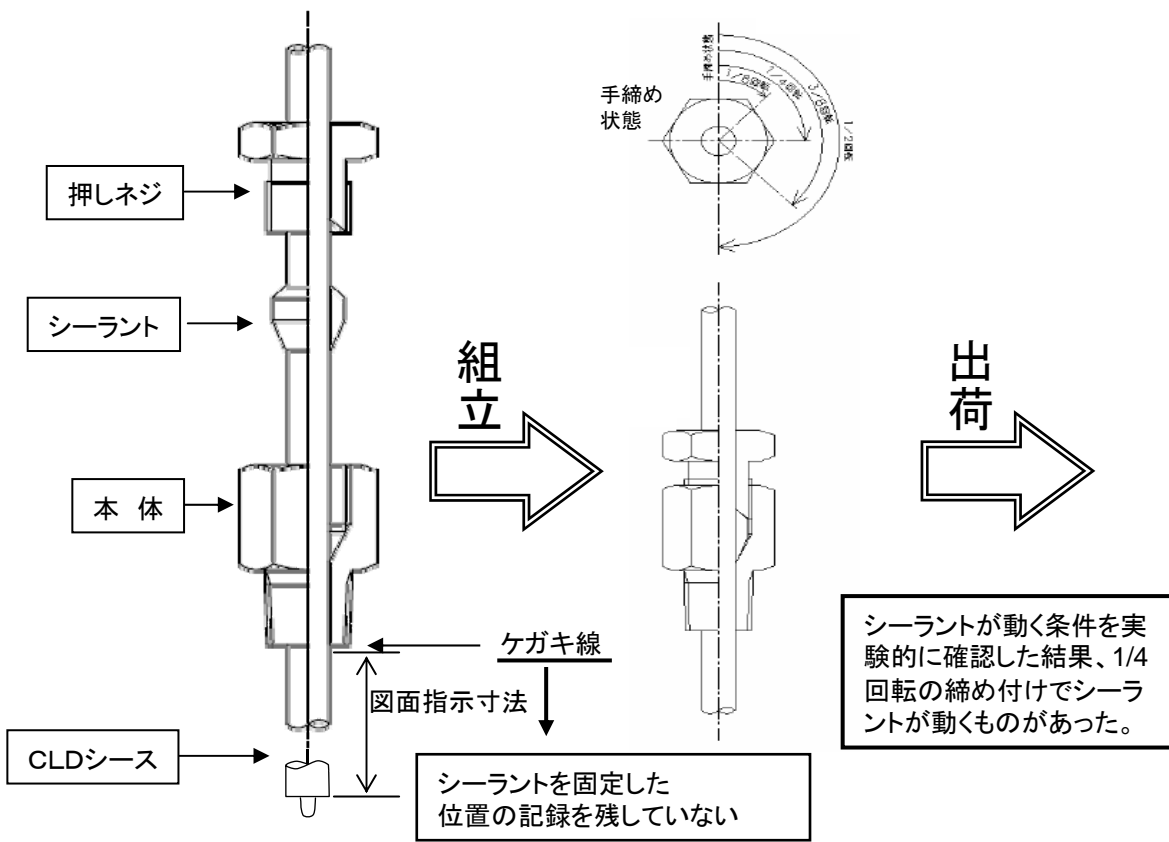
シーラント型CLD点検状況

(平成20年5月15日現在)

| CLD取付箇所 | | 点検個数 | 導通・ 絶縁不良 | 電極 曲がり | 全CLDのシース挿入長評価 (158個) | | | 電極曲がり有りのシース挿入長評価 (24個) | | | シーラント 緩み調査 | 曲がり電極の 傷の有無 | |
|--------------------------------------|-----------------------------|------|-------------|-----------|-------------------------|-------------|-----|---------------------------|-------------|-----|---------------|----------------|----|
| | | | | | 一側 (挿入不 足) | 十側 (過挿入) | 公差内 | 一側 (挿入不 足) | 十側 (過挿入) | 公差内 | | 傷有 | 傷無 |
| Bループ関連室弁 (当該品と同角度) (430MV5B含む) | 1次系 | 5 | 0 | 4 | 2 | 3 | 0 | 1 | 3 | 0 | 1 | 4 | 0 |
| | Bループ関連室弁 (当該品と異なる角 度) | 13 | 0 | 4 | 0 | 9 | 4 | 0 | 4 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| Bループ関連室弁 (水平) | 1次系 | 41 | 0 | 3 | 4 | 11 | 26 | 0 | 1 | 2 | 6 | 1 | 2 |
| | 2次系 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Bループ関連室 機器・配管 | 1次系 | 37 | 0 | 6 | 2 | 10 | 25 | 0 | 4 | 2 | 12 | 1 | 5 |
| | 2次系 | 4 | 0 | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Bループ関連室 小計 | 1次系 | 96 | 0 | 17 | 8 | 33 | 55 | 1 | 12 | 4 | 19 | 10 | 7 |
| | 2次系 | 5 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 |
| Bループ関連室 以外の 弁・機器・配管 | 1次系 | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | 2次系 | 53 | 0 | 6 | 3 | 20 | 30 | 0 | 4 | 2 | 23 | 0 | 6 |
| 合 計 | 1次系 | 100 | 0 | 17 | 8 | 34 | 58 | 1 | 12 | 4 | 20 | 10 | 7 |
| | 2次系 | 58 | 0 | 7 | 3 | 25 | 30 | 0 | 5 | 2 | 25 | 0 | 7 |
| | | 158 | 0 | 24 | 11 | 59 | 88 | 1 | 17 | 6 | 45 | 10 | 14 |

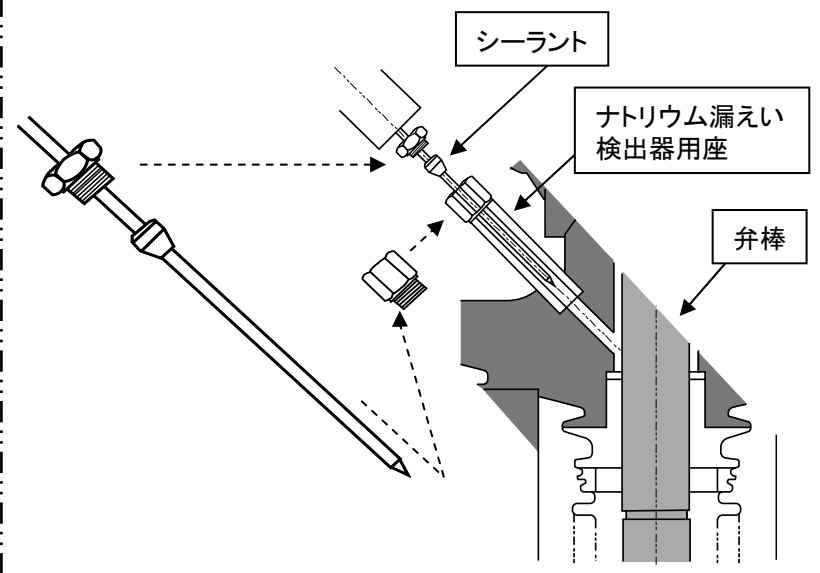
工場

- ①CLDシースに図面指示寸法のケガキ線を入れる
- ②CLDシースにコンプレッションフィッティング(押しネジ, シーラント, 本体)を差し込む
- ③本体をケガキに合わせ, 押しネジで仮締めする
- ④シース先端～本体までの寸法確認
- ⑤押しネジをスパナにて1/4～1/2 回転締め付ける (社内資料)
- ⑥シース先端～本体までの寸法確認
- ⑦ケガキ線を拭き取り洗浄する



現地

- ①押しネジを緩めて本体と押しネジを分離する
- ②本体を弁側取付座にねじ込む
- ③CLDを先端から本体に当たるまで挿入する
- ④押しネジをスパナにて増し締めする



シーラントの固定位置がずれていないことを確認する管理をしていない。

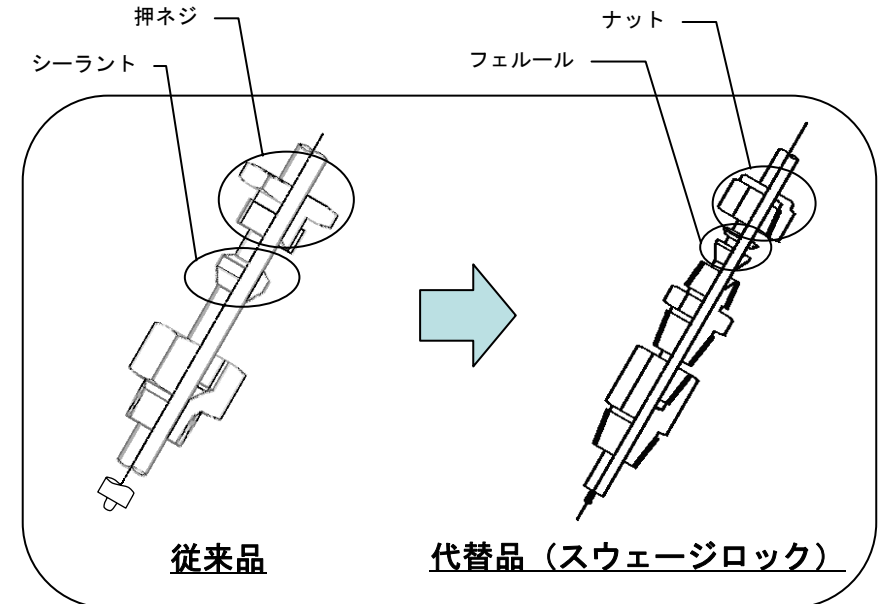
現行シーラント型CLDの施工手順

◇コンプレッションフィッティングにより、CLDの挿入位置を適切に管理する為の対策

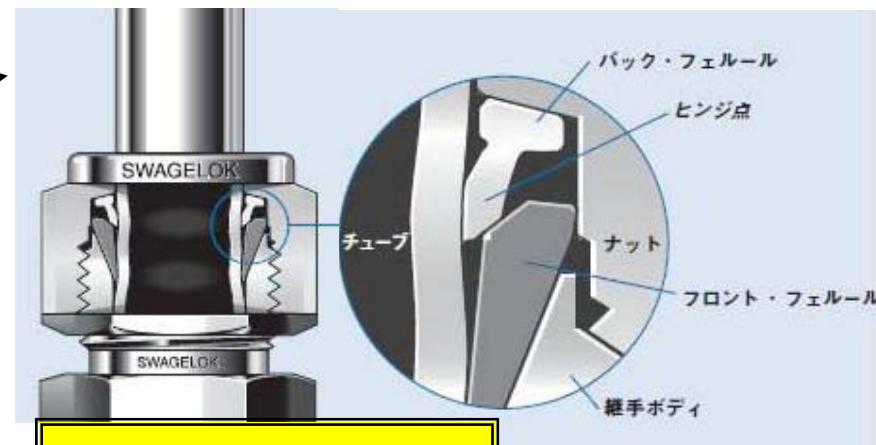
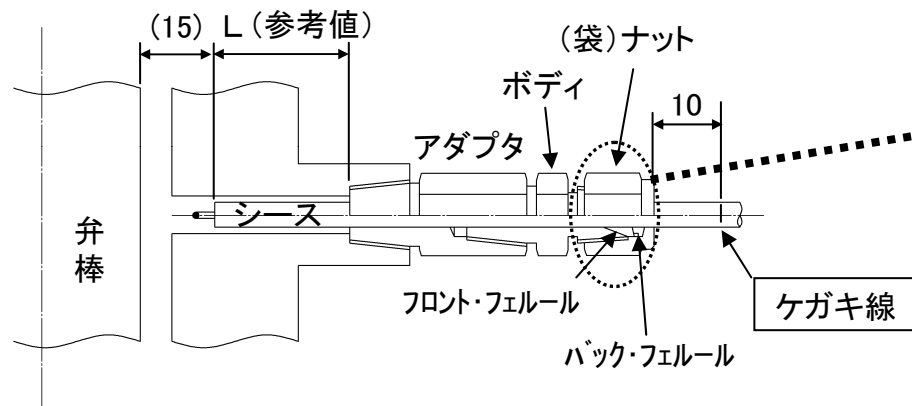
| 問題点 | 対策 |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 取扱説明書で「初回取り付け」、「再取り付け」が明確になっていなかった。 | <ul style="list-style-type: none"> スウェージロックは取扱説明書で「初回取り付け」、「再取り付け」が明記されている。 |
| <ul style="list-style-type: none"> 取扱説明書の管理値(1/4～1/2回転)の内1/4回転で締め付けた後、押ネジを外すとシーラントが緩む場合があった。 | <ul style="list-style-type: none"> 3/4回転で締め付けた後、ナットを外した状態でもフェルールに十分な保持力がある。(約490N/判定98N以上) |
| <ul style="list-style-type: none"> 取扱説明書で再取り付けの管理が不十分だった。 | <ul style="list-style-type: none"> 再取り付けの締付量(1/16～1/8回転:メーカー確認値)は初回及び2回の合計値を超えない管理とする。 |
| <ul style="list-style-type: none"> ズレ防止の為の管理・記録がなされておらず、締め付けについての管理・記録も不十分であった。 | <ul style="list-style-type: none"> ズレの有無を確認する為のマーキングを入れて管理し、その結果を記録する。 回転量を確認する為のマーキングを入れて管理し、その結果を記録する。 |

[コンプレッションフィッティング]

- シーラントを締め付ける事で、シースに固定し、CLD等計装品を固定する方法。
- シーラントはメーカーにより呼称が変わり、スウェージロックではフェルールという。



代替品（スウェージロック）の施工手順



工場の施工手順

- ① スウェージロックのボディとアダプタを締め付け、廻り止め溶接を実施する。
- ② ボディ、フロント・フェルール、バック・フェルール、(袋)ナットを仮組立てする。
- ③ シースを挿入して、参考値「L」に調整後、締め付ける。
- ④ ナット締め付位置をマーキングする。
- ⑤ ナットを3/4回転まで締め付け、マーキングする。
- ⑥ 現地チェック用のケガキ線を入れる。

現地の施工手順

- ① ボディを漏えい検出対象機器に取り付ける。
- ② 電極をボディに接触させないように注意して、シースを挿入する。
- ① マーキング位置(3/4回転)まで締め付ける。
- ② (袋)ナットを工場締め付位置より1/16～1/8回転増し締めを行う。
- ③ ケガキ線によりシース挿入深さを確認し、記録する。

高速増殖原型炉もんじゅナトリウム漏えい検出器不具合の原因究明 及び再発防止対策（復旧に係るもの）

1. はじめに

平成 20 年 3 月 26 日 23 時 07 分、1 次系 B ループの主冷却系配管室（R-303B）（窒素雰囲気）において、1 次メンテナンス冷却系の原子炉容器入口 1 次止め弁（430MV5B）に取り付けられているナトリウム漏えい検出器の警報が発報し、翌 27 日 1 時 13 分にリセットした。3 月 28 日 22 時 48 分に再度、当該検出器の警報が発報し、23 時 17 分にリセットした。

警報の発報原因を確認するため、1 次メンテナンス冷却系のドレンを 3 月 28 日 23 時 35 分に開始し、翌 29 日 1 時 29 分に終了した。4 月 1 日、現場調査の結果、ナトリウム漏えいが無いことを確認した。

その後、当該検出器を始めとした点検を進めてきたが、その復旧に係る原因究明及び再発防止対策についてとりまとめた。

2. 接触型ナトリウム漏えい検出器の調査状況

2. 1 ナトリウム漏えいの検出・監視等を行う設備（参考－1、－2）

「もんじゅ」で使用しているナトリウム漏えい検出器には接触型、ガスサンプリング型がある。

接触型ナトリウム漏えい検出器（以下「CLD」という。）は、検出器の電極間あるいは電極とアース間に漏えいナトリウムが付着すると電氣的に短絡し、これにより漏えいを検出する仕組みである。ナトリウムを内包する弁のベローズからの漏えいまたは機器、配管からの漏えいを監視する。

ガスサンプリング型ナトリウム漏えい検出設備は、ナトリウムを内包する機器配管と保温層間の雰囲気や、それらの機器が設置されている部屋の雰囲気を、サンプリング配管により検出器に導き、ナトリウムが漏えいした場合には、サンプリングガス中にナトリウムエアロゾルが含まれるので、これを検出するという仕組みである。ガスサンプリング型ナトリウム漏えい検出設備の種類には、ナトリウムイオン化式検出器（以下「SID」という。）、差圧式検出器（以下「DPD」という。）、放射線イオン化式検出器（以下「RID」という。）がある。

また、保温層の外側に漏えいするナトリウムを監視する設備として空気雰囲気セルモニタがある。

その他、ナトリウム漏えい確認が可能な設備としてナトリウム液面計、温度計等がある。

2. 2 警報が発報したCLDの調査状況

警報が発報したCLDに対し、以下の点検を行った。

(1) 取付状態での外観点検

CLDケーブル取付端子部の緩みによる誤動作の有無を確認するため、CLD取付状態にてケーブルを揺さぶり再現性調査を実施したが、異常は見られなかった。また、CLD取付状態での外観検査を実施したが、打痕、付着物、汚れは見られなかった。

(2) CLD単品絶縁抵抗測定

絶縁抵抗低下に伴う誤動作の有無を確認するため、ケーブル解線後、CLD単品の絶縁抵抗測定を実施したところ、絶縁抵抗値は40MΩ以上であり、異常は見られなかった。

(3) CLD先端部目視点検

電極とシース又は外部との接触に伴う誤動作の有無を確認するため、引き抜いたCLDの先端部を外観目視点検したところ、電極が変形していることが確認された。また、シース端部で弁棒との擦れによると思われる磨耗が認められた。シース端部には灰色の物質が付着していた。(添付資料-1)

(4) 異物確認

異物については、以下のとおり確認した。(添付資料-2)

- ① 弁内部から回収した黒色粒状の物質について成分分析をした結果、グラウンドパッキンの材料として使用されているグラファイト(導電性)であることを確認した。
- ② CLD挿入孔内に残留していた樹脂状の物質について、導通検査を実施した結果、導電性の物質でないことを確認した。その後、成分分析をした結果、シールテープ片であることを確認した。
- ③ CLDシース端部に付着していた灰色の物質は成分分析の結果、シース内部の絶縁材と同じ酸化マグネシウムであった。
- ④ CLDのシース表面について、核種分析を実施したが、ナトリウムは検出されなかった。

(5) CLD挿入孔内観察

CLD挿入孔内をファイバースコープで観察したところ、弁棒の表面に擦れ痕が確認された。(添付資料-3)

(6) CLD外面浸透探傷試験

CLDシース損傷による地絡に伴う誤動作の有無を確認するため、シース部について浸透探傷試験を実施したが、有意な損傷は認められなかった。

(7) 寸法測定

C L D 取付不良に伴う短絡による誤動作の有無を確認するため、以下のとおり寸法測定を実施した。(添付資料-4)

- ① C L D シース部の挿入長さを測定したところ 80.5mm であり、参考値 67mm に対し 13.5mm 長いことが確認された。
- ② C L D の弁体挿入部を実測したところ参考値 75mm に対し 76mm であった。

(8) シース表面目視点検

C L D のシース表面を目視観察したところ、位置決め金具(以下「シーラント」という。)近傍に約 8mm (13mm-5mm=8mm) の範囲で、全周方向の傷が認められた。この傷の両端については、シーラントのカシメ痕と考えられる。この他にも全周方向の傷が認められたが、この傷は C L D シースをウェルに挿入した時の接触痕と推定した。また、軸方向の傷が認められたが、この傷にはまだ光沢があったことから C L D シース引抜き時のコンプレッションフィッティング本体との接触痕と推定した。(添付資料-5)

2. 3 再現性確認の調査 (添付資料-6)

今回の警報発報について、以下のモックアップ装置による調査を実施した。

(1) 過挿入モックアップ試験

過挿入モックアップ装置を用いて模擬 C L D を過挿入させ、電極が弁棒に接触し変形し、更にシースが接触するまで押し付けた場合に、電極が弁棒から離れた状態になり得るかどうかの確認を行った。

その結果、電極は弁棒により変形し、電極と弁棒間には約 0.1mm の隙間が発生して電極と弁棒間の導通が発生しない状況が起こり得ることを確認した。

(2) C L D 電極部傷調査

過挿入モックアップ試験により模擬 C L D 電極部には、警報が発報した実機 C L D の電極部と同様な傷がついていた。

(3) シース端磨耗モックアップ試験

警報が発報した C L D のシース磨耗幅は 1.6mm であり、運転実績調査から当該弁の動作回数は約 130 回である。シース端磨耗モックアップ装置により、シース端部が弁棒に押し付けられた状態で 100 回の弁棒ストローク動作を行った結果、シースに幅 1.62mm、0.1mm の浮き上がりに相当する磨耗が生じることを確認した。

(4) 不安定現象モックアップ試験

模擬 C L D 及び警報が発報した C L D を用いて、電極と弁棒が僅かに接触する状態にしたところ、微妙な位置変化により完全導通と不完全導通の間の不安定状態となることを確認した。また、グラファイト粉を電極部にふりかけると、接触抵抗が変動することを確認した。

2. 4 シーラント型CLD点検状況（平成20年5月15日現在）

シーラント型CLD（警報が発報したCLDのようにシーラントで挿入長さを決め取り付けるCLD）については、158個の点検が終了している。そのうち挿入位置のズレ、先端電極部の曲がり、シーラントの緩みのいずれかの不具合があったものが97個あった。

158個のうち、70個に挿入位置のズレが認められた。そのうちシースの挿入不足が11個、過挿入が59個あった。また、158個のうち先端の電極部が曲がっているものが24個、158個のうちシーラントの緩み（押しネジを外した状態で動くもの）があったものが45個あった。158個全てについて、導通・絶縁確認により検出機能が確保されていることを確認した。（添付資料－7、－8）

2. 5 シーラント型CLDの製作、施工管理について

CLD取付時における製作・施工管理体系を添付資料－9に、CLDの施工手順を添付資料－10に示す。また、元請メーカ、CLD製作施工メーカに対するCLD取付けにおける製作・施工管理に係る調査結果を添付資料－11に、シーラントの位置決め固定に係る調査結果を添付資料－12に示す。

この調査から、工場においてはシーラントの固定位置を記録していなかったこと、また、現地ではシーラントがずれていることを確認する具体的な方法を定めておらず、その記録を残していなかったことがわかった。CLD製作メーカがコンプレッションフィッティング取扱説明書にて定めていた締付量(1/4～1/2回転)のうち1/4回転では、押しネジを外した状態では一部のシーラントが動くことが判明した。また、現地における再取り付けの手順がなく及び記録もなされていなかった。

3. 原因

(1) 事実関係

- ① 警報が発報したCLDの状況を確認した結果、先端電極が弁棒に接触するまで挿入され、弁棒との擦れによるシース端部の磨耗が認められた。
- ② モックアップ装置等を使った再現性確認を行った結果、過挿入による電極の曲がり、シースが弁棒と接触した後における電極－弁棒間の隙間、シース部の磨耗進展状況が、警報が発生したCLDと同様に再現されることを確認した。また電極と弁棒が、僅かに接触する状態にしたところ、微妙な位置変化により完全導通と不完全導通の間の不安定状態となることを確認した。
- ③ 警報が発報したCLDのシース表面点検を行った結果、シーラントのカシメ痕、シース挿入時及び引き抜き時の接触痕、ケガキ跡が確認された。
- ④ 点検が終了した158個のCLDうち、70個に挿入位置のズレが認められた。
（内59個が過挿入、11個が挿入不足）

- ⑤ また、158 個のうち、押しネジを外した状態でシーラントが動くものが、45 個認められた。
- ⑥ 建設当時使用された取扱説明書には、押しネジ締付量が 1/4～1/2 回転であるという記載があったが、工場において、この範囲で締め付けられた記録はない。
- ⑦ また、1/4～1/2 回転の押しネジ締付量においては、押しネジを付けた状態では十分な保持力があるが、押しネジを外した状態では、1/4 回転の押しネジ締付量の場合、一部のシーラントが動いた。また、現地における再取り付けに関する手順や記録が明確になっていなかった。
- ⑧ C L Dのシーラント位置に関する記録及び現地取付時におけるシーラントのズレに関する具体的確認方法が定められていなかった。

(2) 推定原因

① 誤警報発生 の推定原因 (添付資料-13)

誤警報発生原因の調査の結果、C L Dを弁に取り付ける際、シーラントの取付不良により、シーラントが工場での取付位置からずれ、C L Dが過挿入となった。そのため、C L Dのシース先端が弁棒に当たり、シース先端の電極の変形が発生した。この時、電極は弁棒と離れ、シース先端が弁棒と接触していたが、弁の開閉に伴う弁棒の動きによりシース先端部が磨耗し、電極と弁棒が電氣的に接触したことにより、警報発報に至ったと推定した。

② C L Dが過挿入となったことに対する推定原因 (添付資料-14)

1) 工場で押しネジを締め付けたが、押しネジを外した状態ではシーラントが十分に固定されておらず、現地において押しネジを外してC L Dを取り付けた際にシーラントが動き、C L Dが過挿入となった。

2) C L Dを現地で取り付ける時、シーラントが固定されていることを確認(記録)する手順が定められていなかったこと及びシーラント固定位置を示すケガキ線が確認できる箇所になかったことからシーラントがずれ、C L Dが過挿入になったことを認識できなかった。

③ 電極部の曲がりの推定原因

電極部の曲がりの原因は、C L Dの過挿入による弁棒との接触、C L D取付時におけるコンプレッションフィッティング本体挿入口との接触、C L D取扱時の周辺構造物との接触と推定した。

4. シーラント型C L Dの対策・復旧

今回のシーラント型C L Dに対する不具合は、シーラントの固定位置がずれたことによるため、点検のために引き抜いたシーラント型C L Dの復旧に際しては、次に示すとおりC L Dの確実な固定を行うとともに、締付量とズレ防止の管理を適切に行うこととする。なお、シーラント型C L Dの復旧に際しては、取り外したシースは新しいものに取り替えることとする。

(1) CLDの確実な固定（添付資料-15、-16）

CLDを確実に固定するために、シーラントに相当する部分が十分な保持力を持つまで、締め付けることとする。また、工場で確実にシーラントを取り付け、現地取付を行うために、そのような再取り付けの運用が明確になっている固定法を用いることとする。

スウェージロックは、ナットによって2個のフェルール（シーラントに相当する部品：フロントフェルール、バックフェルール）を継手ボディとの間に挟み込んで締め付けることにより固定する配管継手である。スウェージロックは取扱説明書で初回取り付け、再取り付けが明記されており、3/4回転で締め付けた後、ナットを外した状態でもフェルールに十分な保持力（約490N、試験判定値98N以上）がある。再締付量は1/16～1/8回転とし、3回目以降は初回取り付け（3/4回転）及び再取り付け（1/16～1/8回転）の合計値（3/4+1/8回転）を超えない管理としている。

このように、スウェージロックは再取り付けの運用及び十分な保持力を持つ締付量が明確になっており、CLDを確実に固定することができる方法であることから、シーラント型CLDの復旧に際しては現行のシーラント型に替えスウェージロックを用い、CLDを確実に固定することとする。

(2) 締付量の管理・記録

シーラントが十分に固定されていないものがあつたことに対しては、フェールの取り付けに際し、十分な保持力を有する締付量で行うこととし、それを確認するために締付量の記録を残すこととする。

(3) ズレ防止の管理・記録

シーラントの固定位置にズレが発生したことに対しては、工場でフェールを取り付ける際に、取付位置がわかるようにケガキ線を残すこととする。現地取付時も、ケガキ線を基にフェールの位置が固定位置からずれていないことを確認するとともに、記録を残すこととする。

(4) その他の改善事項

これまでのシーラント型CLDの点検の過程で見つかった施工上改善すべき事項についても、以下のとおり改善を図る。（添付資料-17）

① コンプレッションフィッティング本体の締付管理

2次系のシーラント型CLDの点検時、コンプレッションフィッティング本体の取り付けが、締付不足であるものがあつた。復旧作業においてコンプレッションフィッティング本体（スウェージロックではボディが取り付けられているアダプタ）の取り付けに際しては、適切なトルク（8.8N・m～10.8N・m、目標値：9.8N・m）で締め付けることとする。

② CLDウエルの締付管理

1次系のシーラント型CLDの点検時、CLDウエルがシースと接触しているものがあつた。これは、CLDウエルを取り付ける際、締付トルクが過大と

なり、CLDウェルのネジ先端が塑性変形したことによるものと考えられる。復旧作業においてCLDウェルの取り付けに際しては、適切なトルク（8.8N・m～10.8N・m、目標値：9.8N・m）で締め付けることとする。

③ CLDウェルの曲がり防止

1次系、2次系のCLDウェルに曲がっているものあることが確認された。曲がりは、差込ねじ部のもので発生していた。

復旧作業においてはCLDウェルに外力を加えないよう注意し、保温復旧前に外観検査を行い、曲がりがないことを確認する。曲がったウェルは新しく製作するものとし、復旧後は外力をかけないよう注意喚起することを目的とした注意銘板などを設置する。

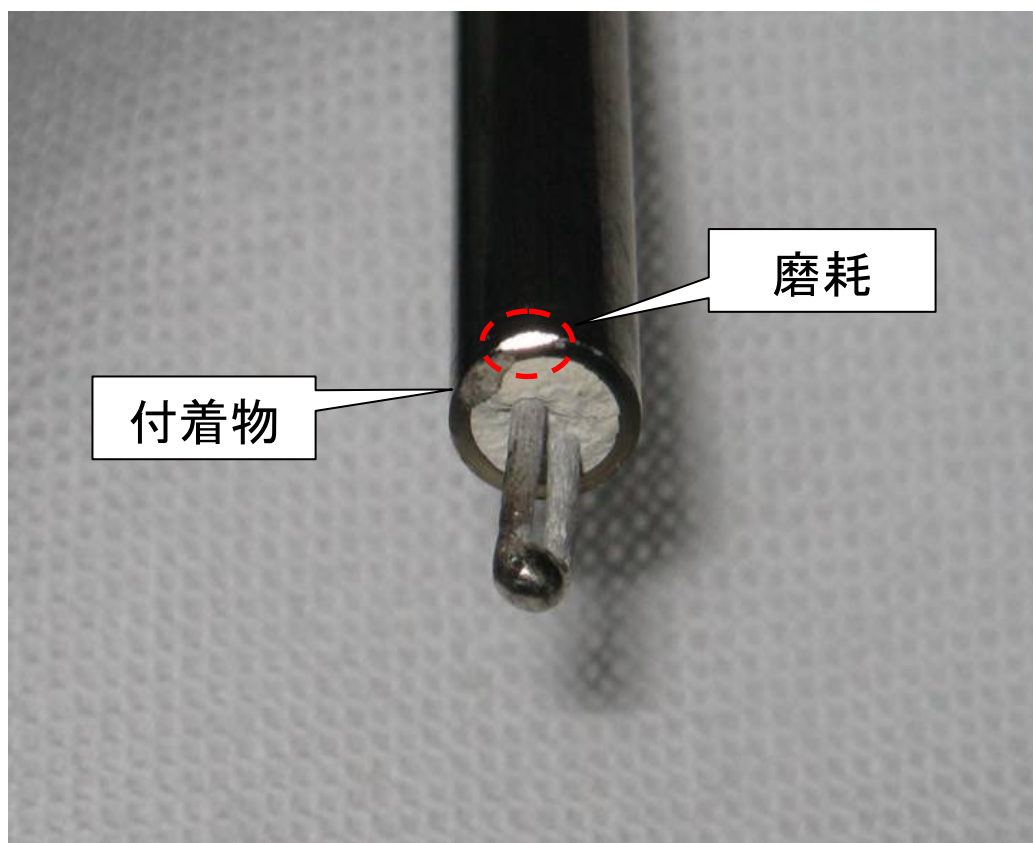
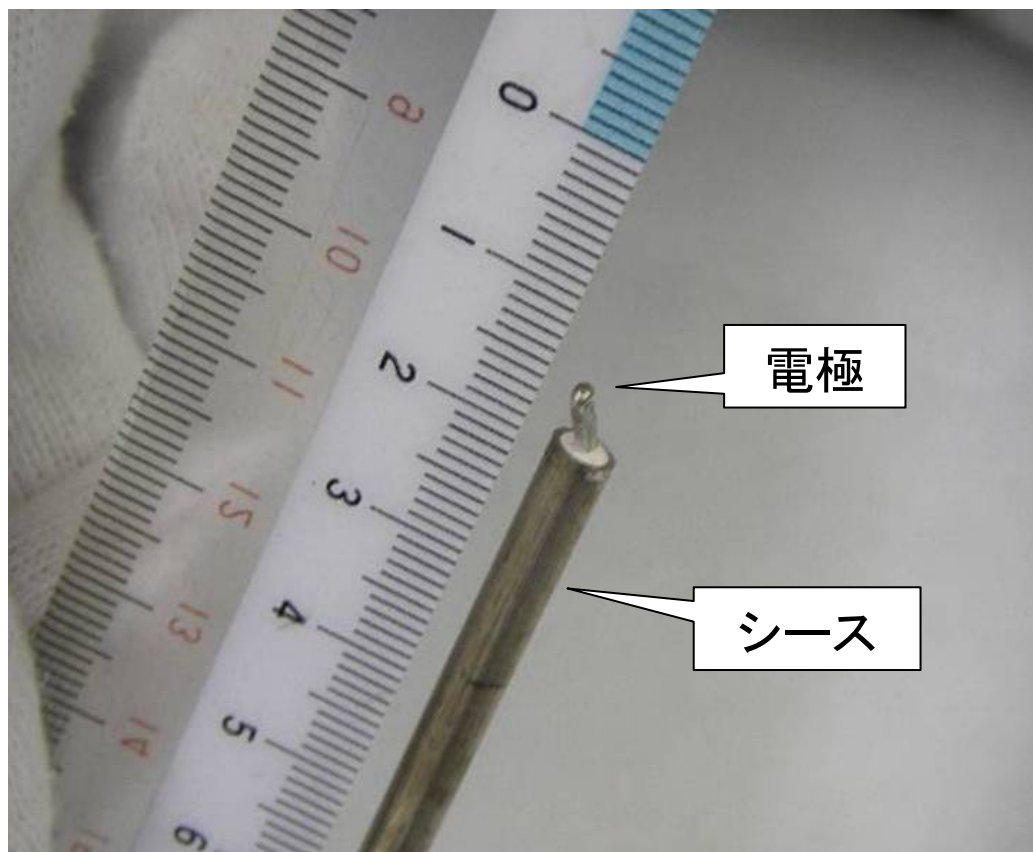
5. CLDの復旧状態の確認

スウェーヂロックを用いたCLD復旧状態については、国の使用前検査で確認を受ける。

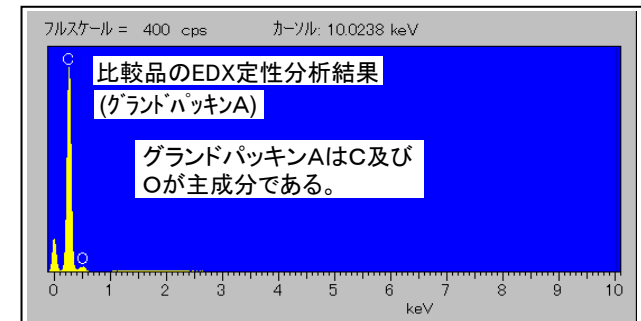
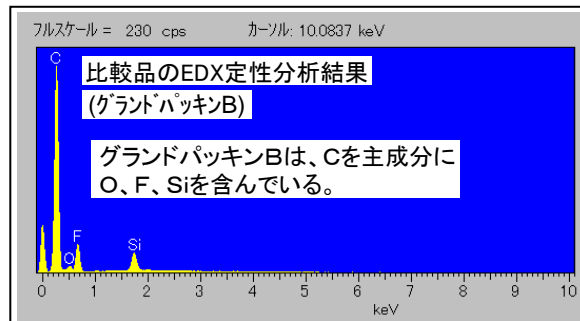
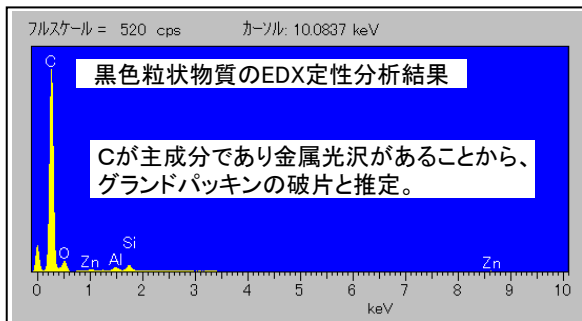
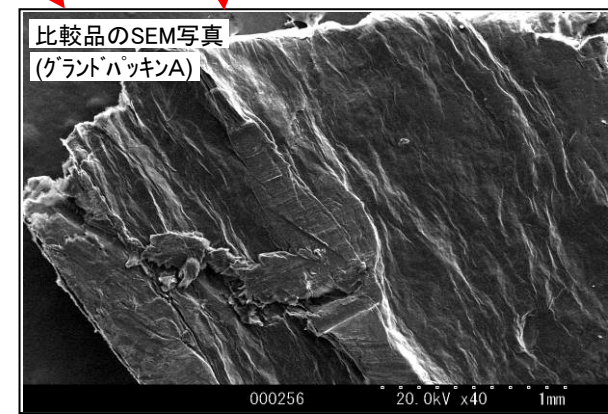
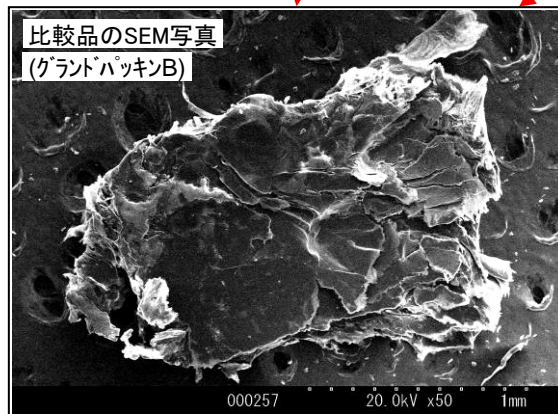
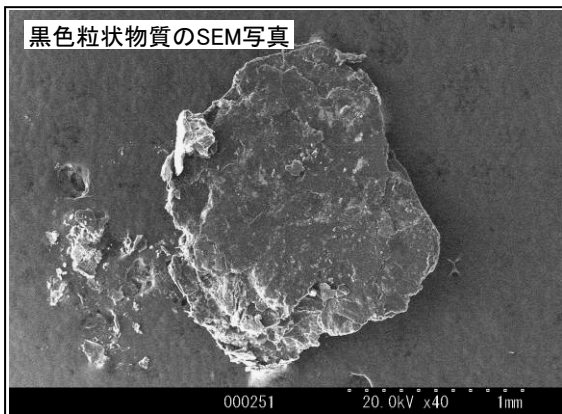
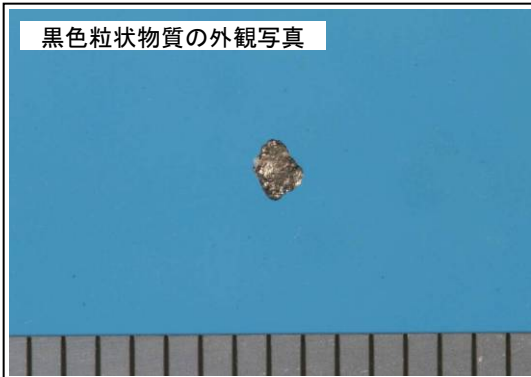
6. その他

- (1) 再発防止対策については、これまでの調査及び高速増殖原型炉もんじゅナトリウム漏えい検出器に関する点検計画書（平成20年4月14日付20原機(も)061）による点検結果を踏まえ実施するとともに、施工管理に係わる対策について適切な処置を行う。
- (2) 根本的な原因分析と施工管理上の問題を検討し、これに基づき必要な水平展開を図る。

以 上



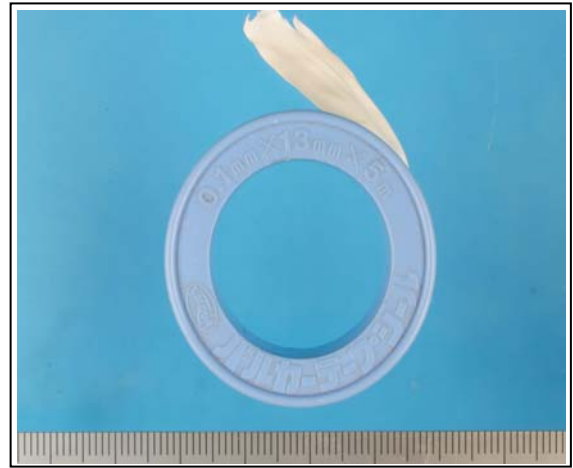
430MV5BのCLD先端部目視点検結果



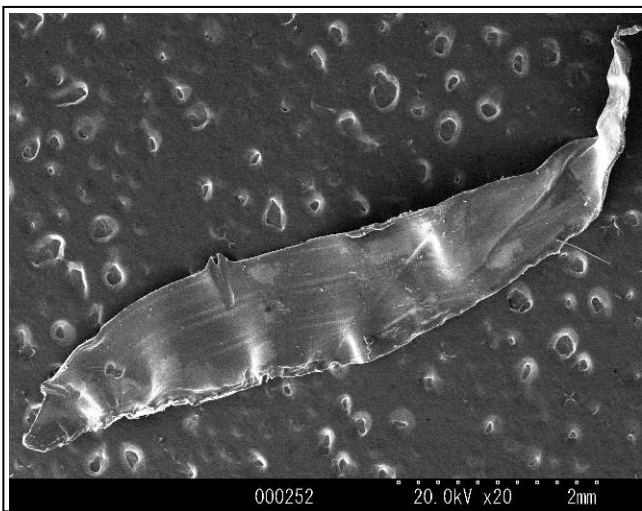
430MV5Bにおける異物確認結果
(黒色粒状の物質とグランドパッキン比較品の外観、走査型電子顕微鏡(SEM)観察及びエネルギー分散型蛍光X線分析(EDX)定性分析)



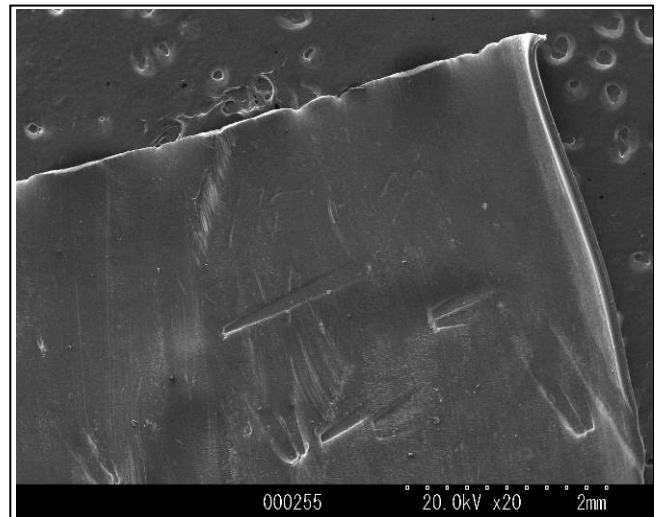
樹脂状物質の外観写真



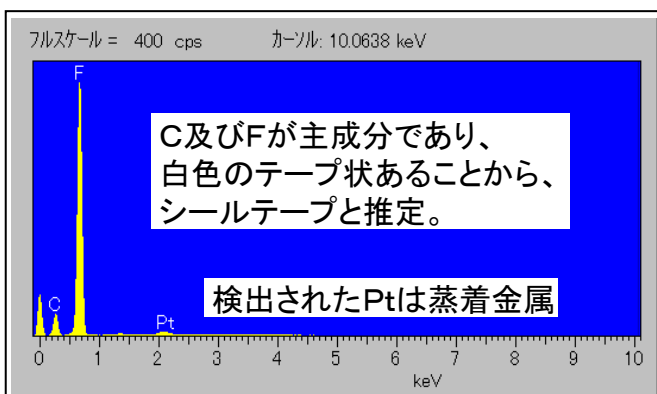
比較品の外観写真
(シールテープ)



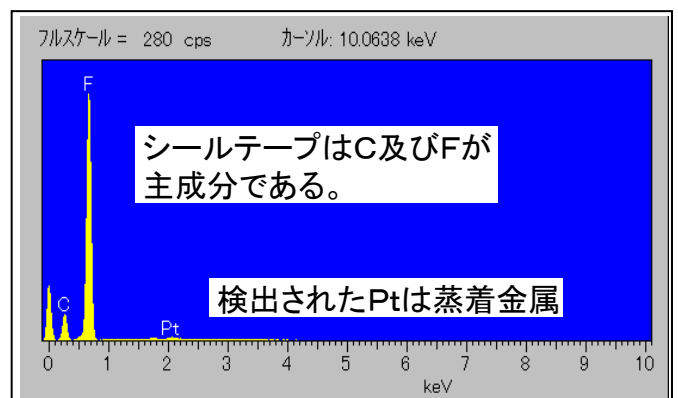
樹脂状物質のSEM写真



比較品のSEM写真
(シールテープ)



樹脂状物質のEDX定性分析結果



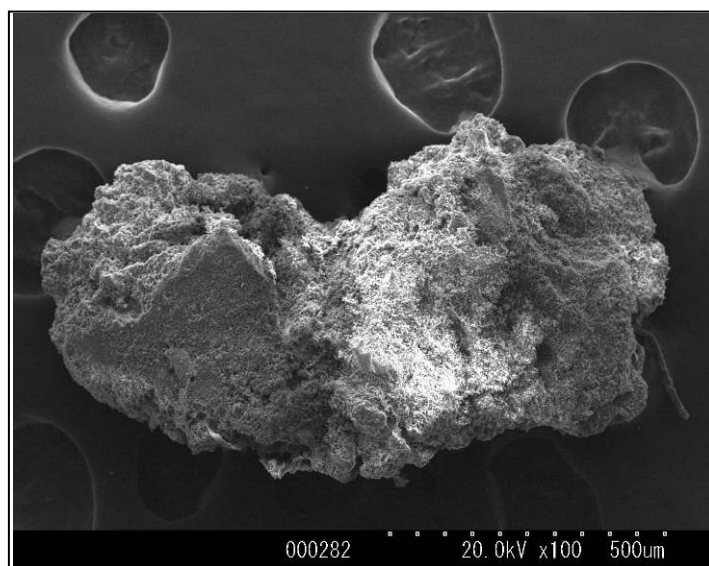
比較品のEDX定性分析結果
(シールテープ)

430MV5Bにおける異物確認結果

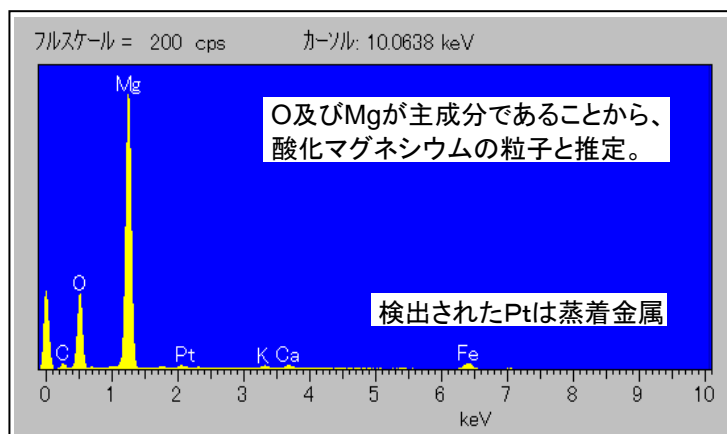
(樹脂状物質とシールテープ比較品の外観、走査型電子顕微鏡(SEM)観察及びエネルギー分散型蛍光X線分析(EDX)定性分析)



灰色付着物の外観写真

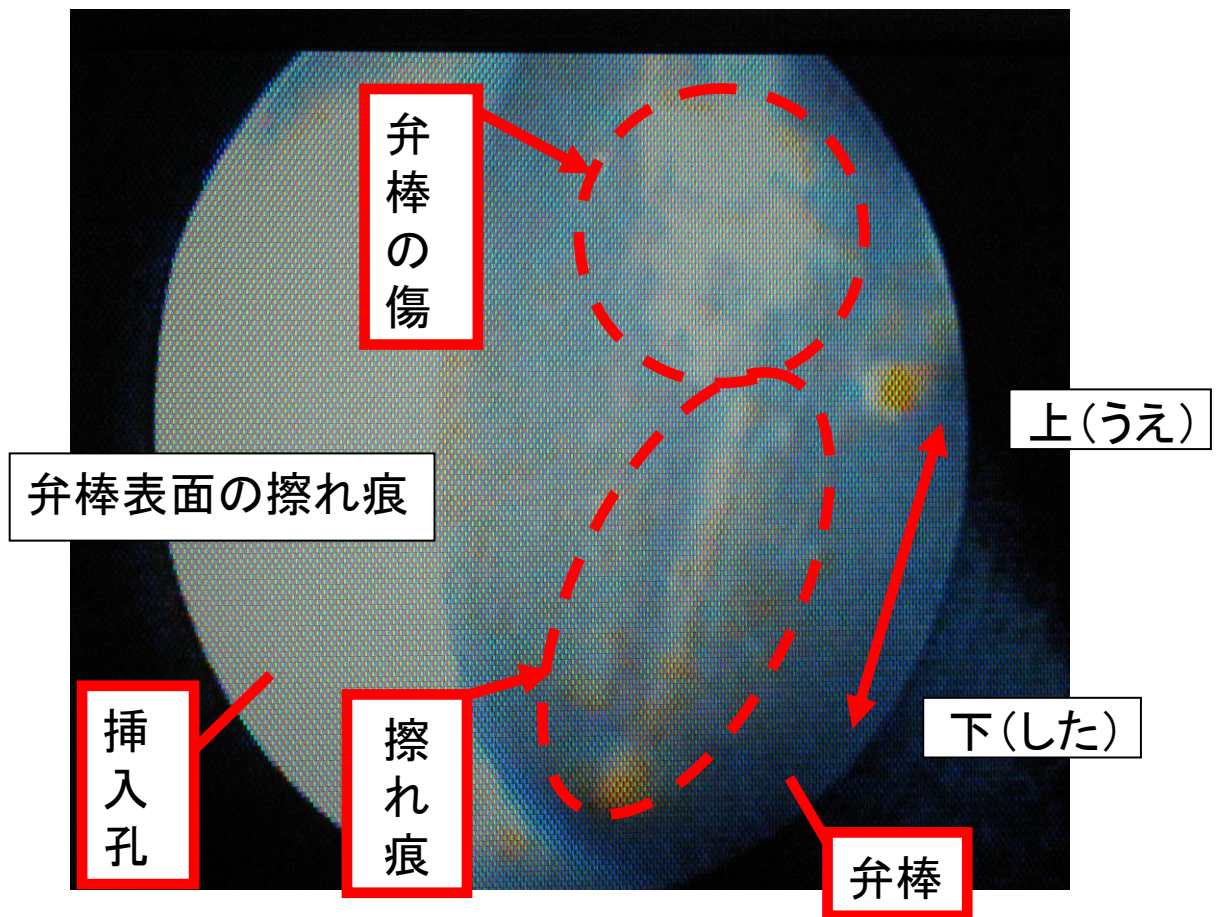


灰色付着物のSEM写真

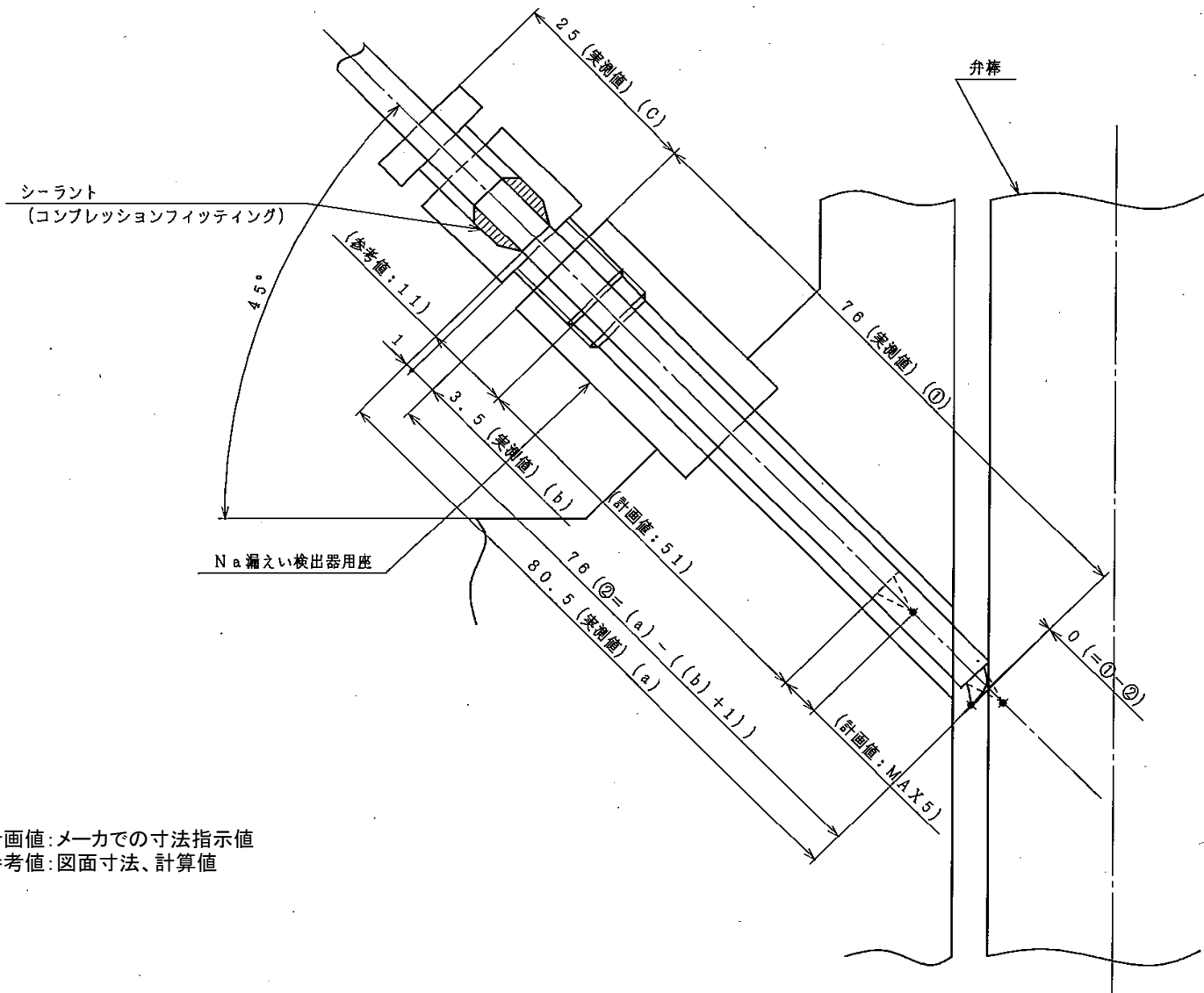


灰色付着物のEDX定性分析結果

430MV5Bにおける異物確認結果
(CLDシース端部の灰色付着物外観、走査型電子顕微鏡(SEM)観察
及びエネルギー分散型蛍光X線分析(EDX)定性分析)

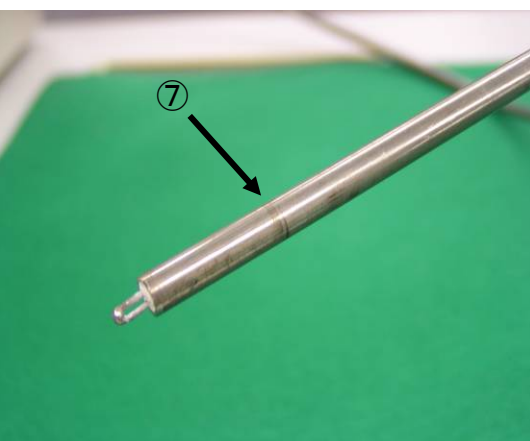
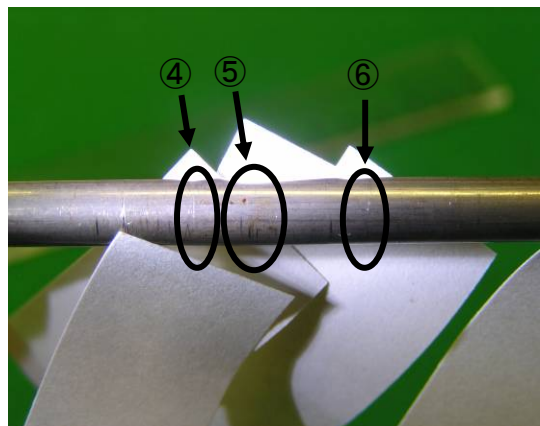
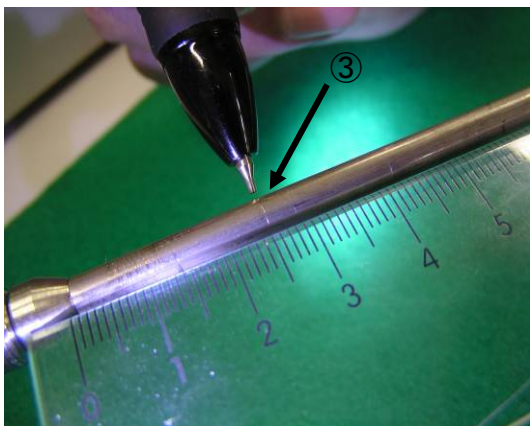
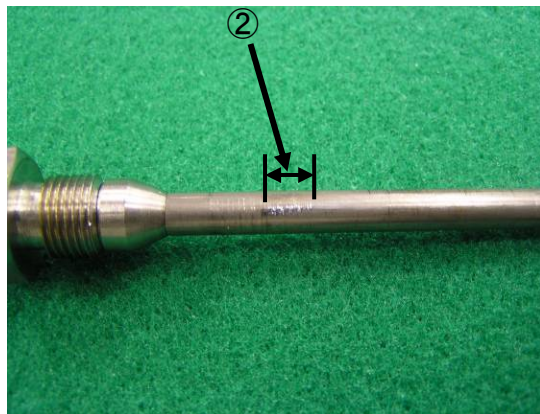
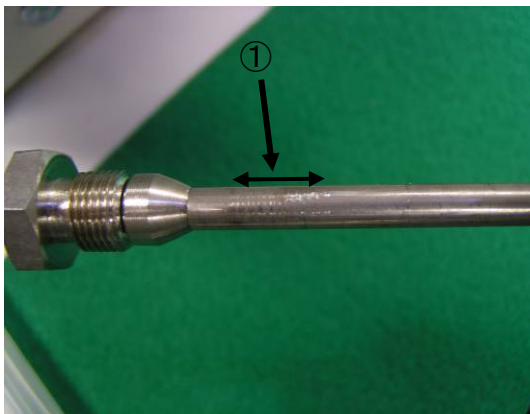
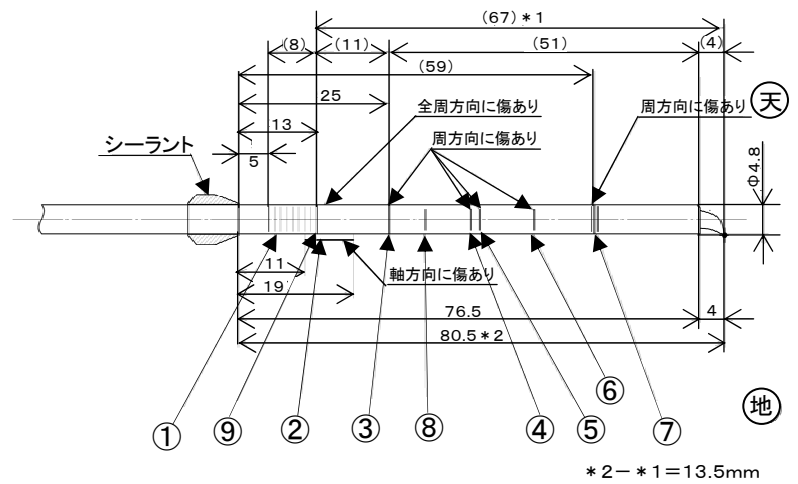
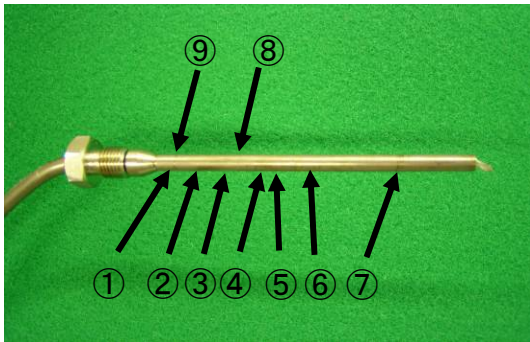


430MV5BのCLD挿入孔内観察状況(ファイバースコープ)



- ・計測値: メーカーでの寸法指示値
- ・参考値: 図面寸法、計算値

430MV5B寸法測定結果



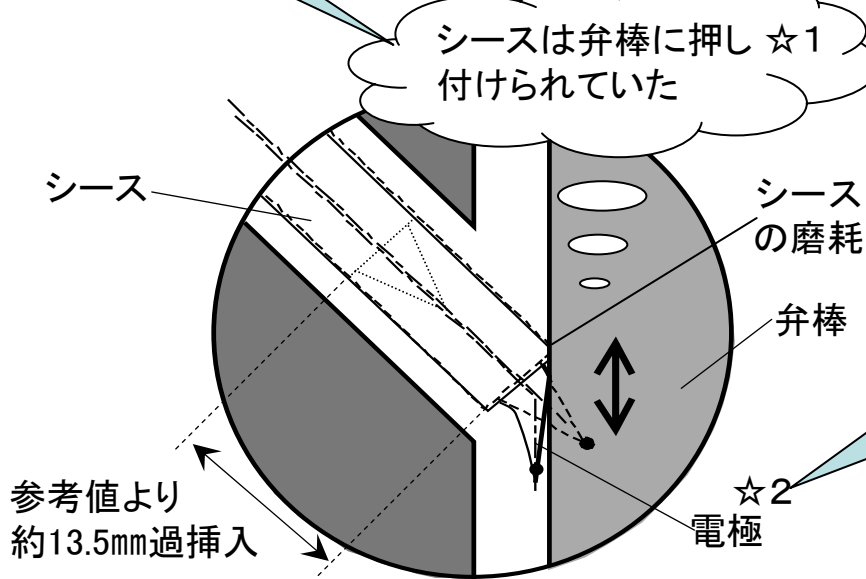
【430MV5Bシース表面キズ評価】
 ①、⑨: シーラント端のカシメ痕
 ②: CLDシース引き抜き時のコンプレッション
 フィッティング本体との接触痕
 ③: ケガキ跡
 ④~⑧: シースをウェルに挿入した時の
 接触痕

430MV5BのCLDシース表面目視点検結果

☆1 過挿入モックアップ試験

45度の角度で過挿入したところ、はじめに電極が弁棒に接触し変形した後、シース上端が弁棒と接触し、電極と弁棒が約0.1mmの隙間がある状態となった。

<原因推定>



☆2 CLD電極部 傷調査

模擬CLDの電極部には、警報が発報した実機CLDの電極部と同様な傷がついていた。

弁開閉操作：約130回

弁棒との擦れにより当たっていたシース上端が磨耗したため、離れていた電極が接触した。☆3

H3年3月頃～H20年3月26日

・警報発生・停止(ON/OFF) ☆4

☆:モックアップ再現確認項目

☆4 不安定現象モックアップ試験

電極と弁棒が僅かに接触すると導通が不安定な状況になる。

振動やグラファイト粉などの外乱により接触抵抗が変動する。

☆3 シース端磨耗モックアップ試験

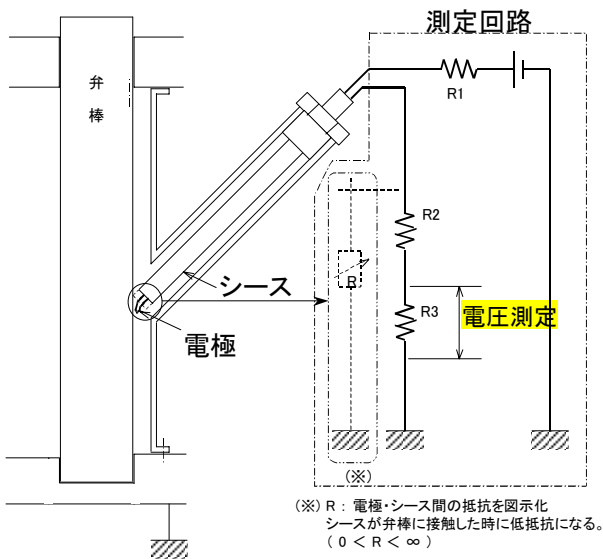
100回の弁棒ストローク動作を行った結果、0.1mmの浮き上がりに対応する磨耗が発生した。

CLDモックアップによる再現性調査



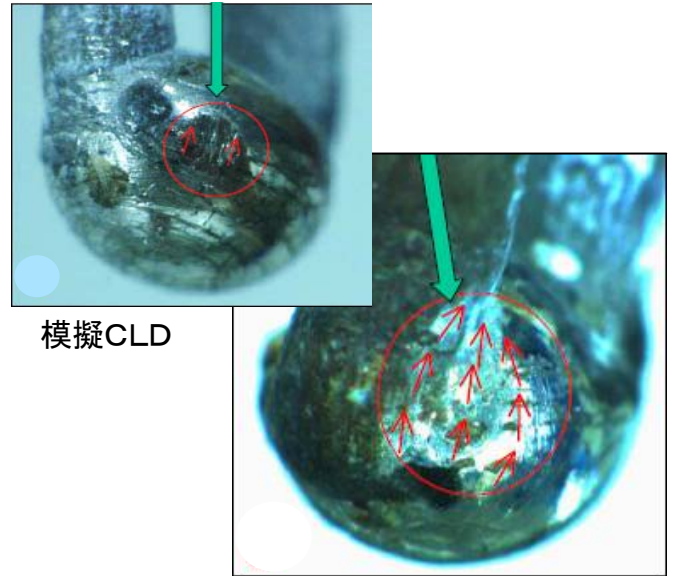
- ・電極が弁棒に接触し変形
- ・固定後、電極～弁棒間の導通なし
- ・電極～弁棒間に0.1mm程度の隙間が発生し得る

☆1 過挿入モックアップ試験



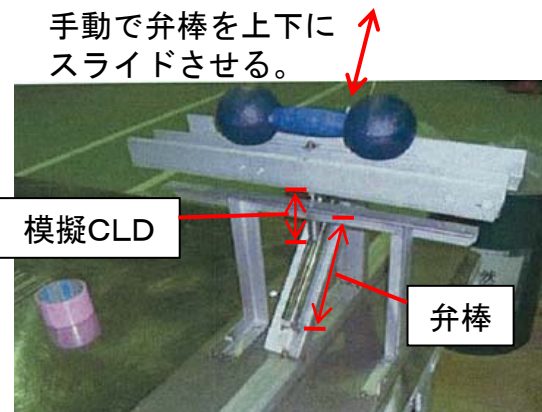
- ・電極と弁棒が僅かに接触すると導通が不安定な状況になる。
- ・振動やグラファイト粉などの外乱により接触抵抗が変動する。

☆4 不安定現象モックアップ試験



- ・電極と弁棒が接触する際にできる傷の付き方が同様である。

☆2 CLD電極部傷調査



100回の摺動後



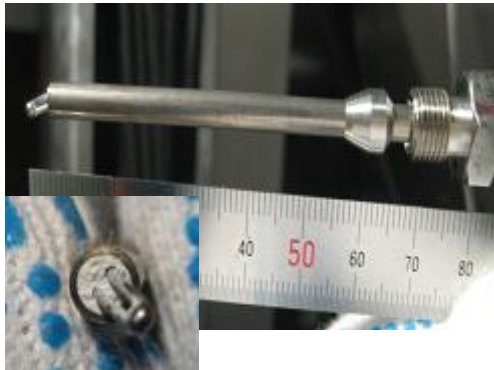
☆3 シース端磨耗モックアップ試験

CLDモックアップ試験の結果

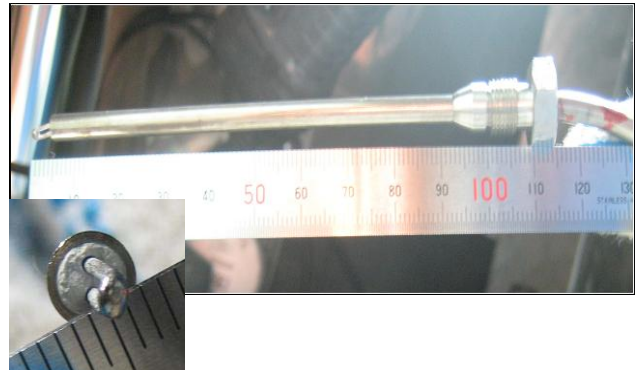
シーラント型CLD点検状況

(平成20年5月15日現在)

| CLD取付箇所 | | 点検個数 | 導通・ 絶縁不良 | 電極 曲がり | 全CLDのシース挿入長評価 (158個) | | | 電極曲がり有りのシース挿入長評価 (24個) | | | シーラント 緩み調査 | 曲がり電極の 傷の有無 | |
|--------------------------------------|-----------------------------|------|-------------|-----------|-------------------------|-------------|-----|---------------------------|-------------|-----|---------------|----------------|----|
| | | | | | 一側 (挿入不 足) | 十側 (過挿入) | 公差内 | 一側 (挿入不 足) | 十側 (過挿入) | 公差内 | | 傷有 | 傷無 |
| Bループ関連室弁 (当該品と同角度) (430MV5B含む) | 1次系 | 5 | 0 | 4 | 2 | 3 | 0 | 1 | 3 | 0 | 1 | 4 | 0 |
| | Bループ関連室弁 (当該品と異なる角 度) | 13 | 0 | 4 | 0 | 9 | 4 | 0 | 4 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| Bループ関連室弁 (水平) | 1次系 | 41 | 0 | 3 | 4 | 11 | 26 | 0 | 1 | 2 | 6 | 1 | 2 |
| | 2次系 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Bループ関連室 機器・配管 | 1次系 | 37 | 0 | 6 | 2 | 10 | 25 | 0 | 4 | 2 | 12 | 1 | 5 |
| | 2次系 | 4 | 0 | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Bループ関連室 小計 | 1次系 | 96 | 0 | 17 | 8 | 33 | 55 | 1 | 12 | 4 | 19 | 10 | 7 |
| | 2次系 | 5 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 |
| Bループ関連室 以外の 弁・機器・配管 | 1次系 | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | 2次系 | 53 | 0 | 6 | 3 | 20 | 30 | 0 | 4 | 2 | 23 | 0 | 6 |
| 合 計 | 1次系 | 100 | 0 | 17 | 8 | 34 | 58 | 1 | 12 | 4 | 20 | 10 | 7 |
| | 2次系 | 58 | 0 | 7 | 3 | 25 | 30 | 0 | 5 | 2 | 25 | 0 | 7 |
| | | 158 | 0 | 24 | 11 | 59 | 88 | 1 | 17 | 6 | 45 | 10 | 14 |



430MV1(電極:曲がりあり)



430MV2(電極:曲がりあり)



430MV4(電極:曲がりあり)



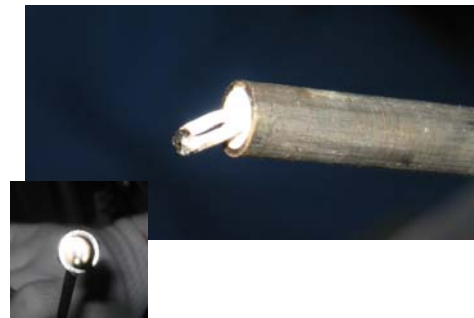
430MV5A(電極:曲がりなし)

当該品と同角度のCLD

シーラント型CLDの調査状況



140MV12B(電極:曲がりあり)



130V4A(電極:曲がりあり)



130V3B(電極:曲がりあり)

当該品と異なる角度のCLD



140V14(電極:曲がりあり)

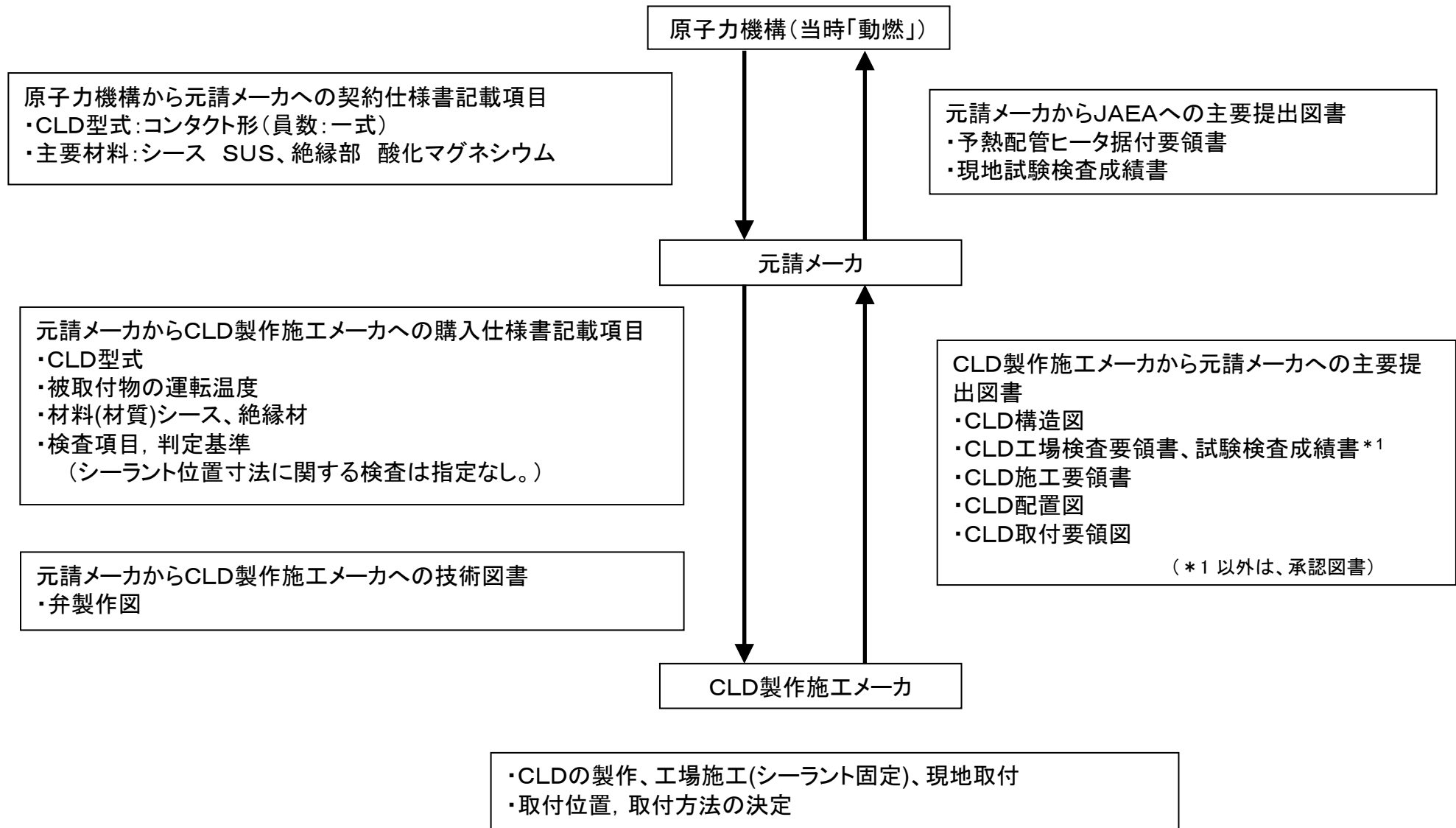


430MV9(電極:曲がりあり)

水平挿入のCLD

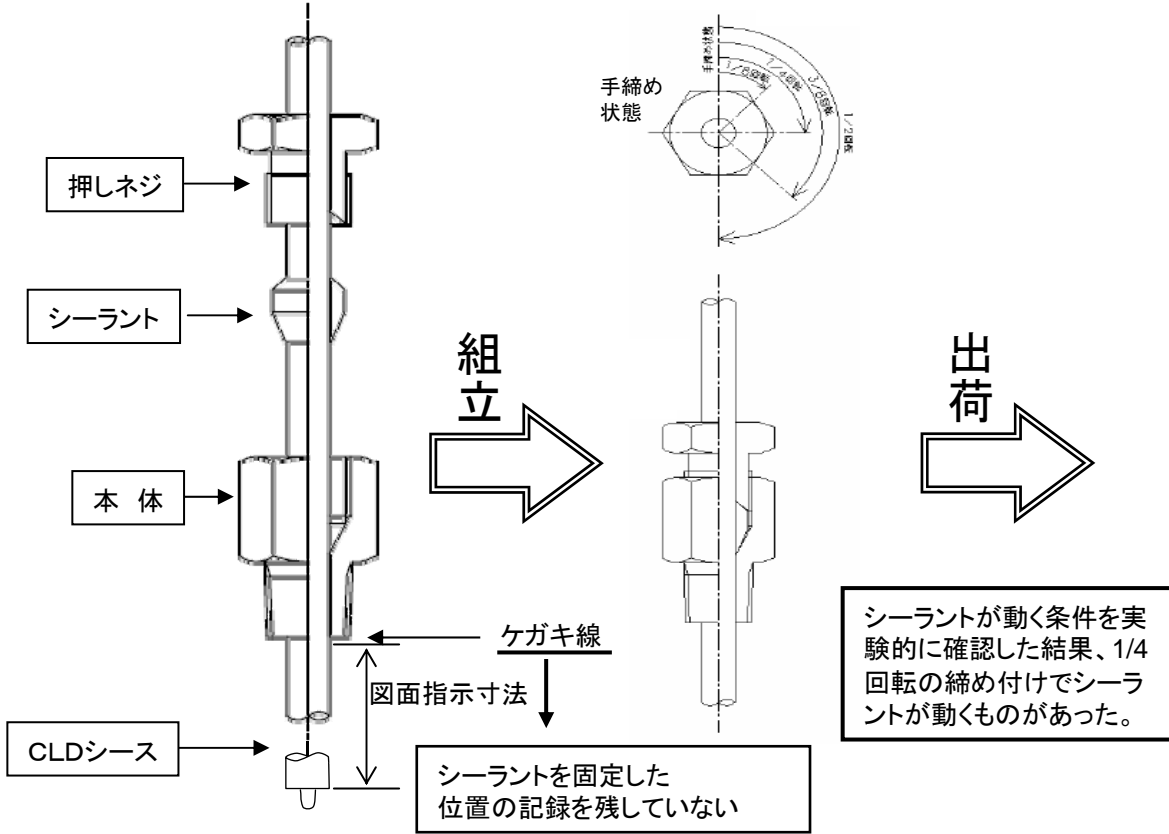
シーラント型CLDの調査状況

CLD取付時における製作・施工管理体系の概要



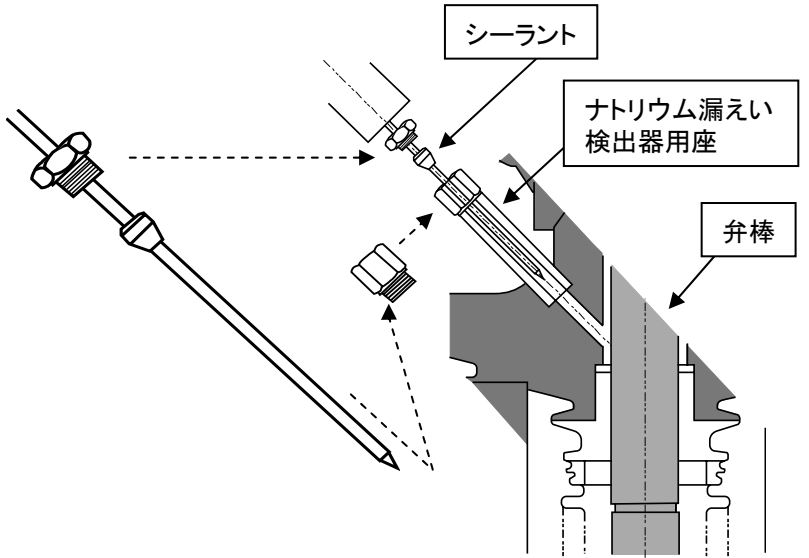
工場

- ①CLDシースに図面指示寸法のケガキ線を入れる
- ②CLDシースにコンプレッションフィッティング(押しネジ, シーラント, 本体)を差し込む
- ③本体をケガキに合わせ, 押しネジで仮締めする
- ④シース先端～本体までの寸法確認
- ⑤押しネジをスパナにて1/4～1/2 回転締め付ける (社内資料)
- ⑥シース先端～本体までの寸法確認
- ⑦ケガキ線を拭き取り洗浄する



現地

- ①押しネジを緩めて本体と押しネジを分離する
- ②本体を弁側取付座にねじ込む
- ③CLDを先端から本体に当たるまで挿入する
- ④押しネジをスパナにて増し締めする



シーラントの固定位置がずれていないことを確認する管理をしていない。

現行シーラント型CLDの施工手順

CLD取付時における製作・施工管理に係る調査結果

| | 文書類 | 調査で確認した事項 |
|---------------|--|---|
| 原子力機構 (動燃) | ①原子力機構(当時「動燃」)から元請メーカーへの契約仕様書 CLD型式、員数、主要材料等 | CLD取付方法、具体的位置についての記載なし。 |
| | ②元請メーカーのCLD製作施工メーカーへの購入仕様書 ・試験・検査項目と判定基準 ・材質、運転温度等CLD仕様 ③元請メーカーの取付要領書 「CFのシーラントは工場側で固定していくので現地ではシーラント位置をずらさないように注意する。」と記載。 | CLD取付方法、具体的位置についての記載なし。 シーラントの位置が変わらないことについて、管理がなされていない。 |
| 元請メーカー | ④試験検査成績書(現地検査) ・外観表面の有害な欠陥 ・サポート及びボルトのゆるみ等 | 検出器の挿入寸法、締付量に関する検査記録はなし。 |
| | ⑤仕様書(作業指示:工場締め付け用) ・CLDコンプレッションフィッティング取付位置リスト ・取扱説明書(聞き取り) ⑥CLD施工要領書 「CFで固定しコネクタサポートにボルト、ナットで固定する。」「シーラントはあらかじめ工場で締め付けてある。」と記載。 ⑦試験検査成績書(工場検査) CLDの寸法については、シース外径、シース長を記録し、判定「良」としている。 ⑧仕様書(作業指示:現地工사용) CF取付位置リスト ・取扱説明書 | 工場での固定は、工事部門の依頼による。 システム設計部門は上記依頼に基づき、単体設計部門を經由して製造部門に工場取り付けと取付位置を指示している。 当該取扱説明書には、初回取り付け、再取り付けについての明確な記載なし。 シーラントの位置が変わらないことについて、管理がなされていない。 CF取り付けに係る検査及び記録はない。 システム設計部門の依頼により発行。 単体設計部門は上記依頼に基づき工事部門に取り付けリストと取扱説明書にて指示。 |
| CLD製作施工メーカー | | |

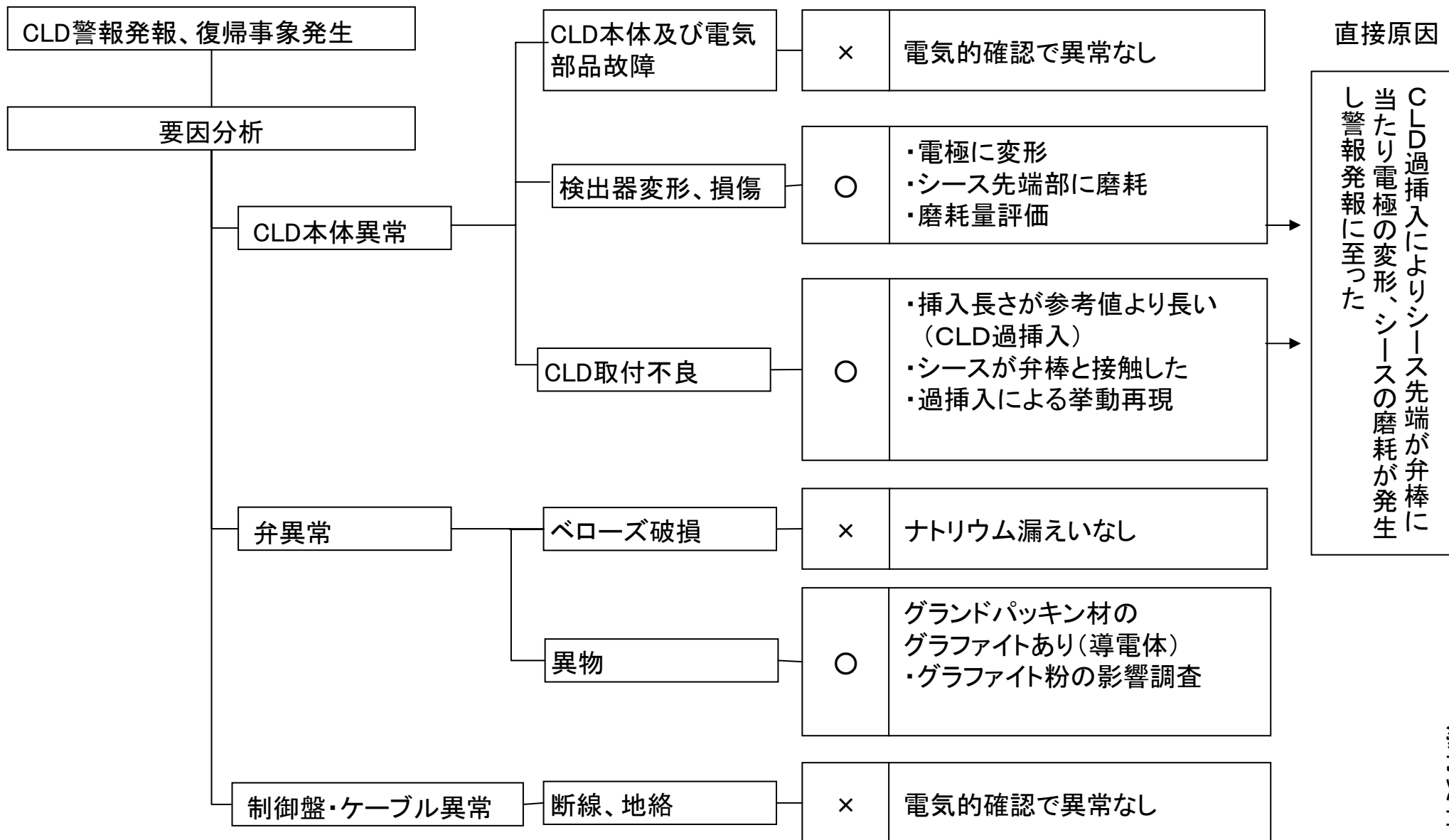
CF : コンプレッションフィッティング

シーラントの位置決め固定に係る調査結果

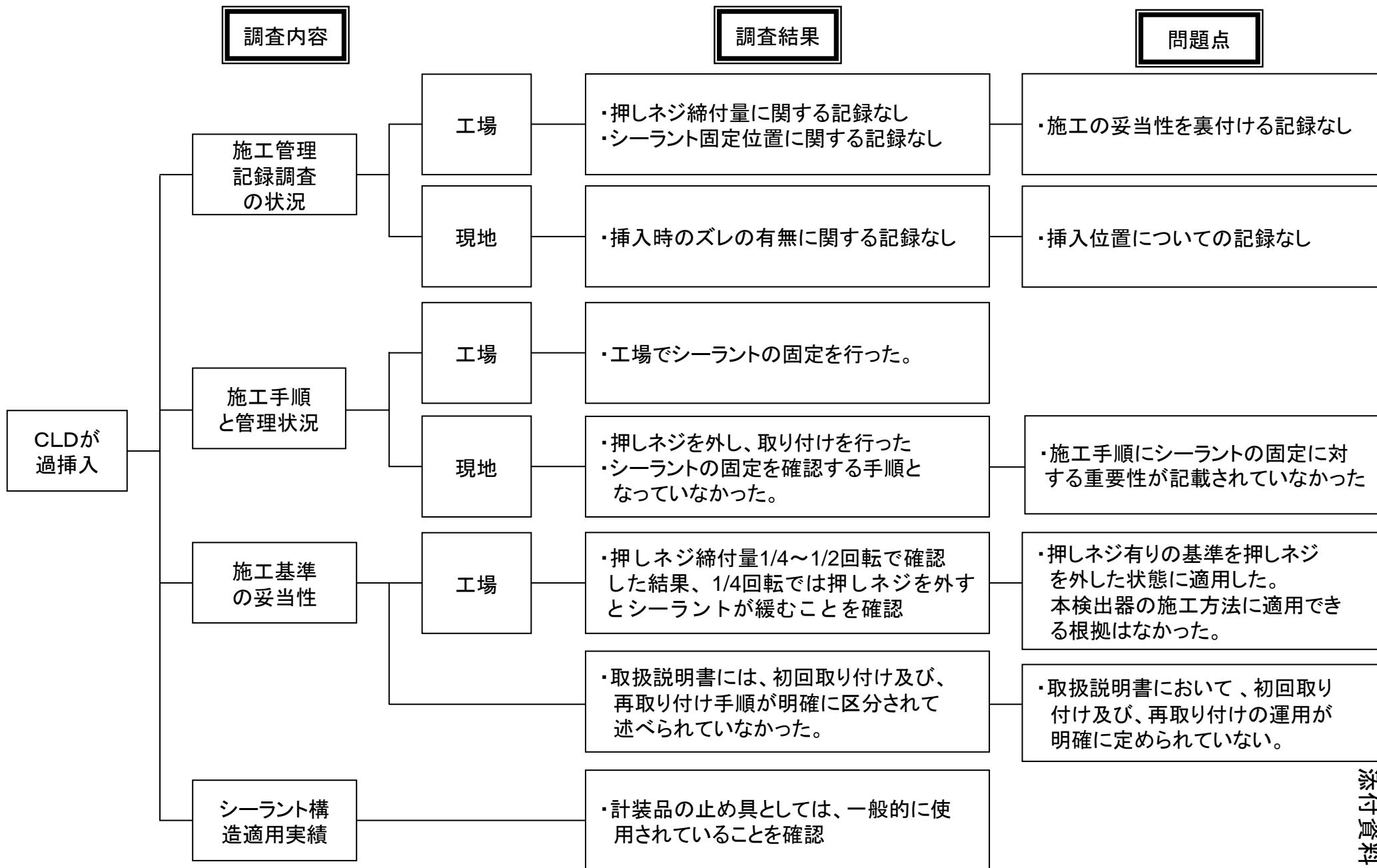
| | 経緯等 () 番号は伝達順を示す | 調査で確認した事項 |
|---------------------------|--|--|
| 元請メーカー | <p>① 弁構造図をCLD製作施工メーカーに送付</p> | 挿入深さ、固定方法についての要求はなかった。 |
| CLD製作施工メーカー (設計部門) | <p>② CLD構造図に基づきCFによる取付方法選定</p> <p>④ 弁構造図に基づき挿入量を決定 【事実】仕様書により作業指示 【聞き取り】取扱説明書に基づき締め付け</p> <p>⑤ CLD施工要領書</p> | 当該コンプレッションフィッティングの取扱説明書では、初回取り付け、再取り付けの運用が明確なものではなかった。 |
| CLD製作施工メーカー (製作部門) (工事部門) | <p>③ 工場締め付を依頼 (工事部門)</p> <p>⑥ 仕様書及び取扱説明書により指示 【事実】仕様書により作業指示 【聞き取り】取扱説明書に基づき締め付け1/4～1/2回転の締め付けでシーラントの締め付けを実施。(製作部門)</p> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px;"> <p>【手順*】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・CLDシー스에 図面指示寸法をケガキ線でマーキングする。 ・シーラントを指し込み、押しネジと本体で締め付けて固定する。 ・図面指示寸法であることを確認した上で押しネジと本体を取外す。 ・再度、シーラントを押しネジと本体によりかるく手じめして、現地に出荷する。 <p>*ヒアリングによる</p> </div> | 押しネジ締め付状態で、十分な保持力があると考えていたが、押しネジをはずすと、当該締め付量では、シーラントが動く場合があった。 |
| CLD製作施工メーカー (工事部門) | <p>⑦ 下記手順により取り付け</p> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px;"> <p>【手順*】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・押しネジを緩めて、本体と押しネジを分離する。 ・本体を弁側取付座にねじ込む ・CLDを先端からコンプレッションフィッティング本体に当るまで挿入する ・押しネジをスパナにて増し締めする ・施工後、検査をする </div> | <p>工場でのどのような締め付管理がなされたかを示す図書はなし。(聞き取り)</p> <p>要領書に取り付けの手順が明記されていない。</p> <p>シーラントの固定位置を確認しなかった。</p> |

CF : コンプレッションフィッティング

原因究明（誤警報発生原因の調査）



原因究明（施工状況の調査）

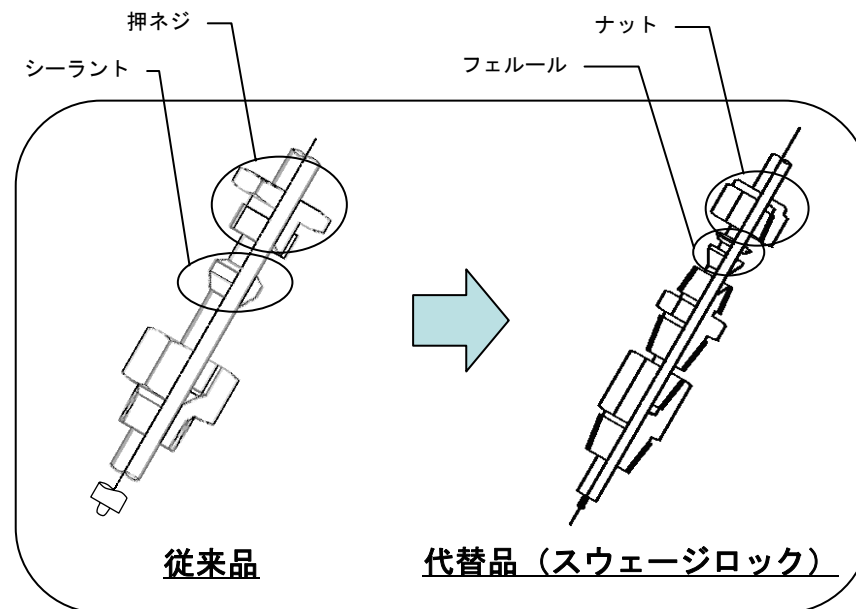


◇コンプレッションフィッティングにより、CLDの挿入位置を適切に管理する為の対策

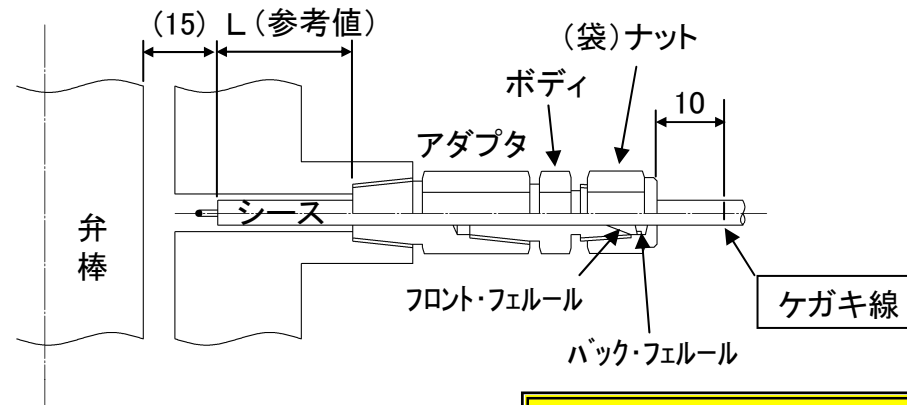
| 問題点 | 対策 |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 取扱説明書で「初回取り付け」、「再取り付け」が明確になっていなかった。 | <ul style="list-style-type: none"> スウェージロックは取扱説明書で「初回取り付け」、「再取り付け」が明記されている。 |
| <ul style="list-style-type: none"> 取扱説明書の管理値(1/4～1/2回転)の内1/4回転で締め付けた後、押ネジを外すとシーラントが緩む場合があった。 | <ul style="list-style-type: none"> 3/4回転で締め付けた後、ナットを外した状態でもフェルールに十分な保持力がある。(約490N/判定98N以上) |
| <ul style="list-style-type: none"> 取扱説明書で再取り付けの管理が不十分だった。 | <ul style="list-style-type: none"> 再取り付けの締付量(1/16～1/8回転:メーカー確認値)は初回及び2回の合計値を超えない管理とする。 |
| <ul style="list-style-type: none"> ズレ防止の為の管理・記録がなされておらず、締め付けについての管理・記録も不十分であった。 | <ul style="list-style-type: none"> ズレの有無を確認する為のマーキングを入れて管理し、その結果を記録する。 回転量を確認する為のマーキングを入れて管理し、その結果を記録する。 |

[コンプレッションフィッティング]

- シーラントを締め付ける事で、シースに固定し、CLD等計装品を固定する方法。
- シーラントはメーカーにより呼称が変わり、スウェージロックではフェルールという。



代替品（スウェージロック）の施工手順

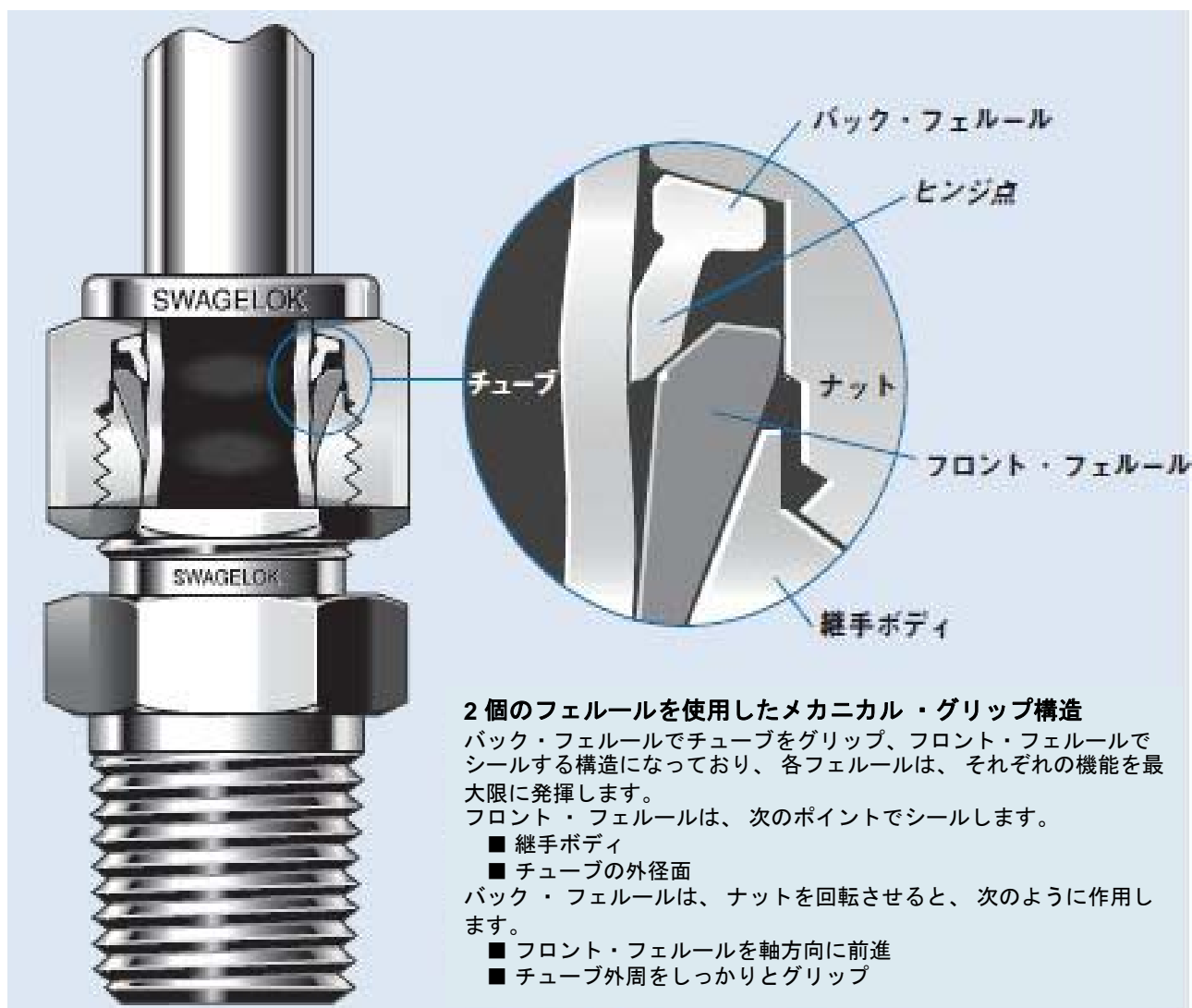


工場の施工手順

- ① スウェージロックのボディとアダプタを締め付け、廻り止め溶接を実施する。
- ② ボディ、フロント・フェルール、バック・フェルール、(袋)ナットを仮組立てする。
- ③ シースを挿入して、参考値「L」に調整後、締め付ける。
- ④ ナット締め付位置をマーキングする。
- ⑤ ナットを3/4回転まで締め付け、マーキングする。
- ⑥ 現地チェック用のケガキ線を入れる。

現地の施工手順

- ① ボディを漏えい検出対象機器に取り付ける。
- ② 電極をボディに接触させないように注意して、シースを挿入する。
- ① マーキング位置(3/4回転)まで締め付ける。
- ② (袋)ナットを工場締め付位置より1/16～1/8回転増し締めを行う。
- ③ ケガキ線によりシース挿入深さを確認し、記録する。



スウェージロックの構造

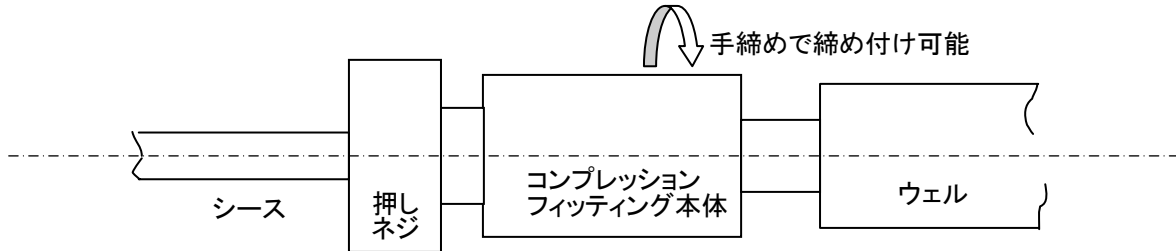
(Swagelok® チューブ継手製品カタログから抜粋)

スウェージロックの締付管理値の確認

| 初回取り付け | | 再取り付け |
|--|-------|---|
| 管理値 | 3/4回転 | 1/16回転～1/8回転 |
| テスト | 3/4回転 | 3/4回転 + 1/8回転 ^{*1} → ゆるめ → 1/8回転 ^{*1} (くりかえし6回) (*1と同じ位置) |
| <ul style="list-style-type: none"> フェルールのみの状態での固定力は、いずれも490N以上有り (判定基準:98N以上) | | <ul style="list-style-type: none"> 6回目まですべてナット取付状態での固定力は、いずれも490N以上有り (判定基準:98N以上) 断面観察によりシースに対し異常な食い込みをしていないことを確認した。 |

① コンプレッションフィッティング本体の締付管理

2次系のシーラント型CLDのうち、コンプレッションフィッティング本体を手締めで締付可能なものが1個あった。



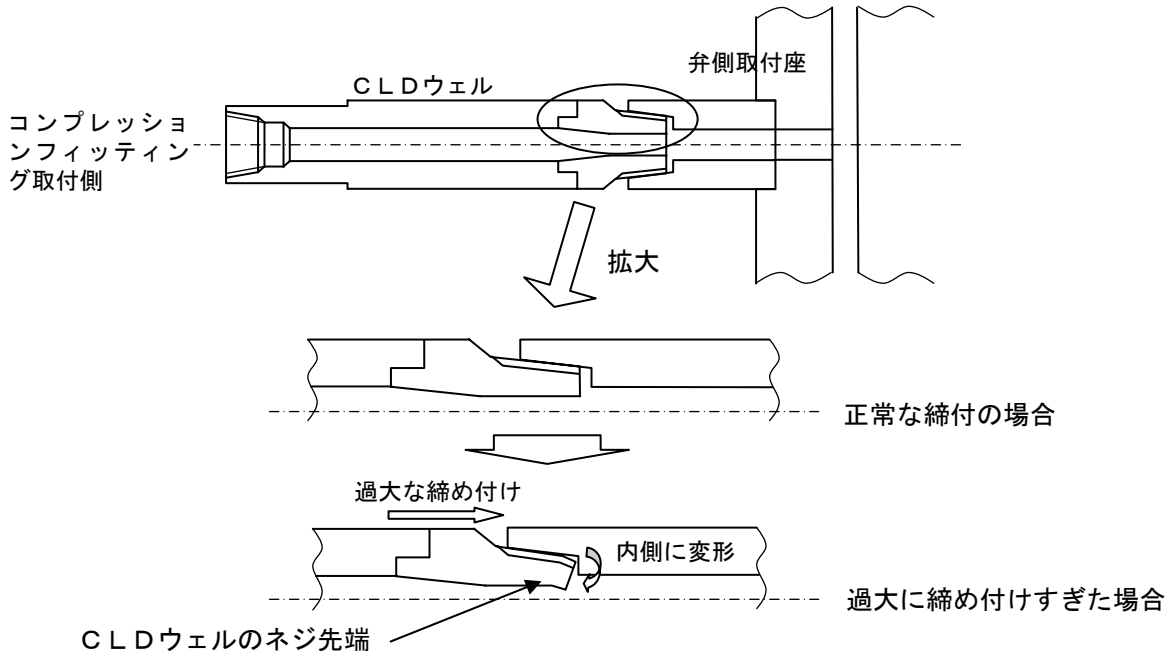
コンプレッションフィッティング本体の締付不足



コンプレッションフィッティング本体の取り付けに際しては、適切なトルク(8.8N・m~10.8N・m、目標値:9.8N・m)で締め付ける。

② CLDウェルの締付管理

1次系のシーラント型CLDのうち、シース引き抜き時にシースがCLDウェル内表面と接触し、こすれた跡が確認されたものが1個あった。



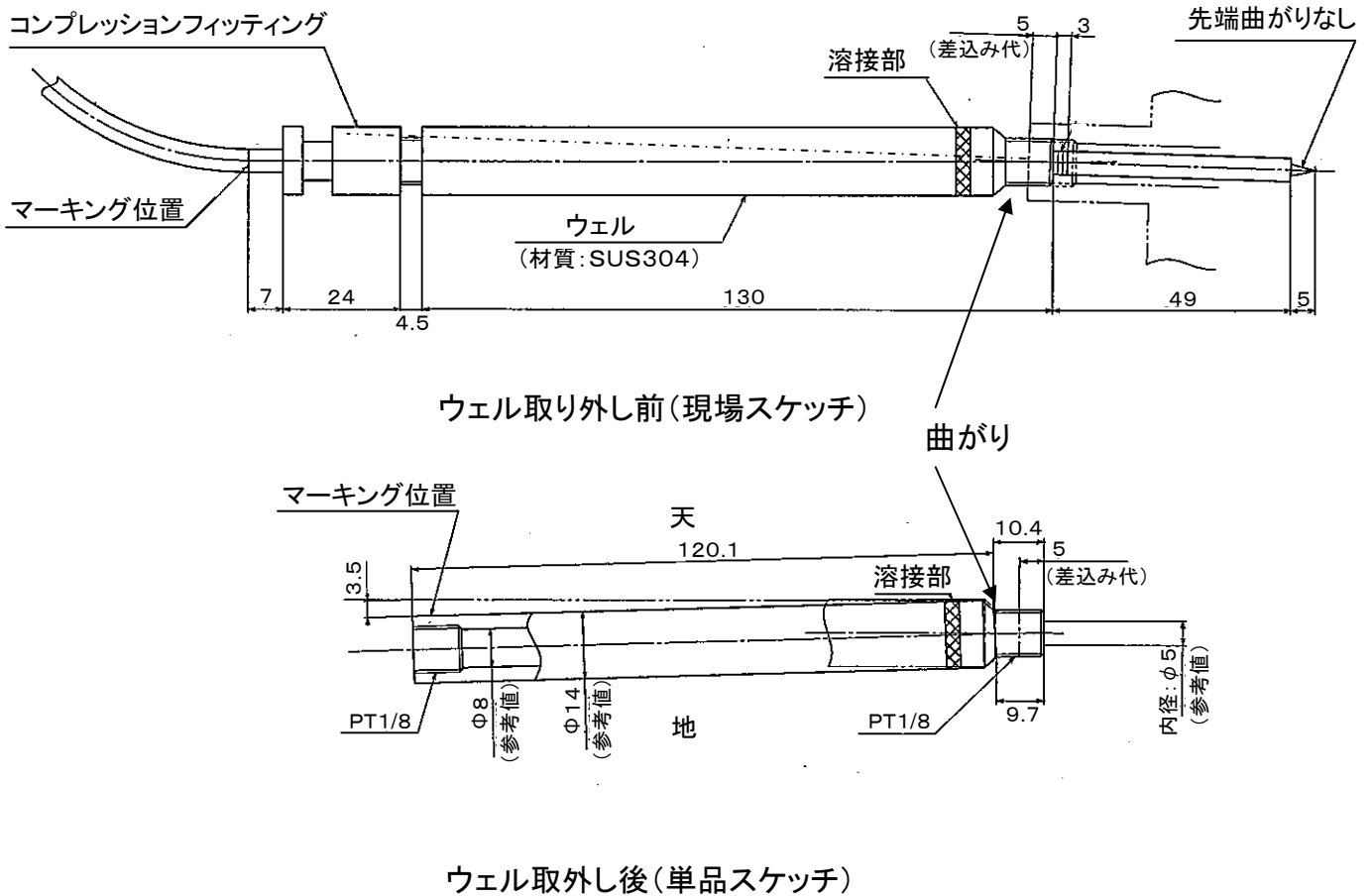
CLDウェルを弁に取り付ける際、締付トルクが過大となり、CLDウェルのネジ先端が塑性変形し、CLDウェル内表面と接触



CLDウェルの取り付けに際しては、適切なトルク(8.8N・m~10.8N・m、目標値:9.8N・m)で締め付ける。

③ CLDウエルの曲がり防止

130V20の例



押しねじを緩めてもシースの引抜きができないため、CLDウエルを弁から取外すため保温材を解体したところ、ウエルが曲がっているものが1次系及び2次系のCLDで合計9個確認された。曲がりは、差込ねじ部のもとで発生していた。



復旧作業においてはCLDウエルに外力を加えないよう注意し、保温復旧前に外観検査を行い、曲がりがないことを確認する。曲がったウエルは新しく作成するものとし、復旧後は外力をかけないよう注意喚起することを目的とした注意銘板などを設置する。

ナトリウム漏えい検出器について

もんじゅで使用しているナトリウム漏えい検出器には接触型とガスサンプリング型がある。ガスサンプリング型ナトリウム漏えい検出設備は、ナトリウムを内包する機器、配管と保温層間の雰囲気や、それらの機器が設置されている部屋の雰囲気を、サンプリング配管により検出器に導き、ナトリウムが漏えいした場合には、サンプリングガス中にナトリウムエアロゾルが含まれ、これを検出する仕組みである。ガスサンプリング型ナトリウム漏えい検出設備の種類には、SID、DPD、RIDがある。

(1)CLD(Contact Leak Detector)：接触型ナトリウム漏えい検出器

検出器の電極間、あるいは電極－アース間に漏えいナトリウムが付着すると、電氣的に短絡し、これにより漏えいを検出する仕組みである。ナトリウムを内包する弁のベローズからの漏えいを、また機器、配管からの漏えいを監視する。

(注) シーラント型 CLD

先端の電極部を含む CLD シースをナトリウム漏えい検出対象である弁、配管、機器の保温材内部等に差し込んで CLD さや管等に固定する際に、コンプレッションフィッティングを用いることがある。本計画書では、位置決め金具(シーラント)の位置によって挿入長さが決まる構造となっているものを特にシーラント型 CLD と称して、位置決め金具の位置以外によって挿入長さが決まる構造のものと区別している。

(2)ガスサンプリング型漏えい検出器

①SID(Sodium Ionization Detector)：ナトリウムイオン化式検出器

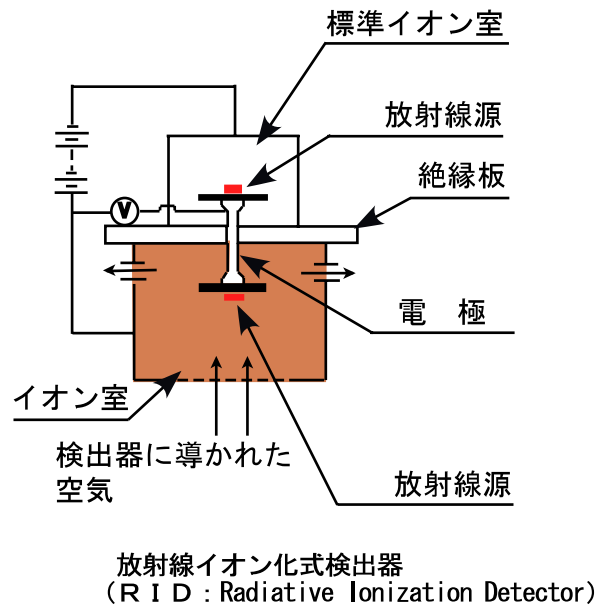
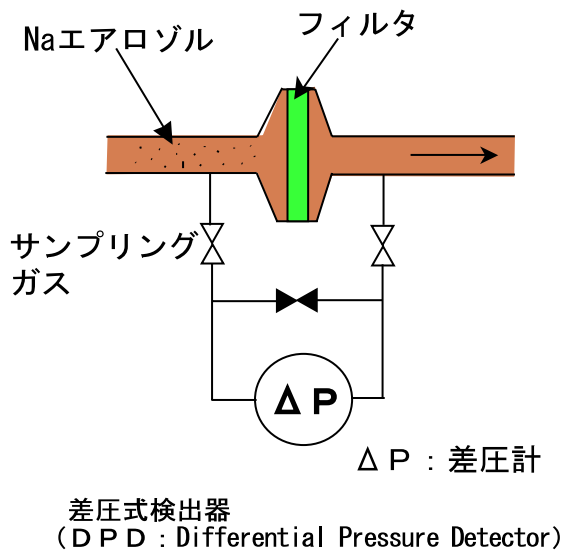
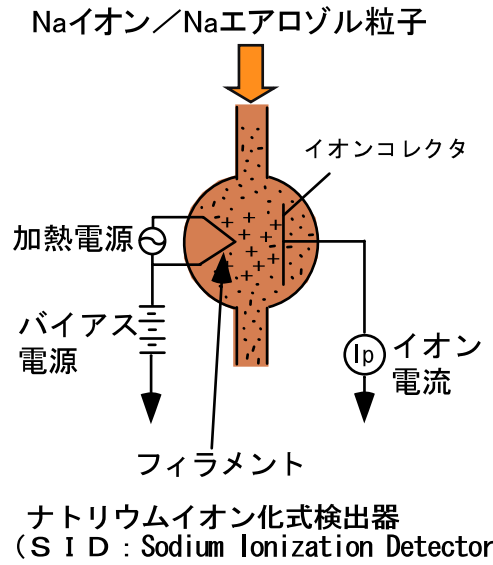
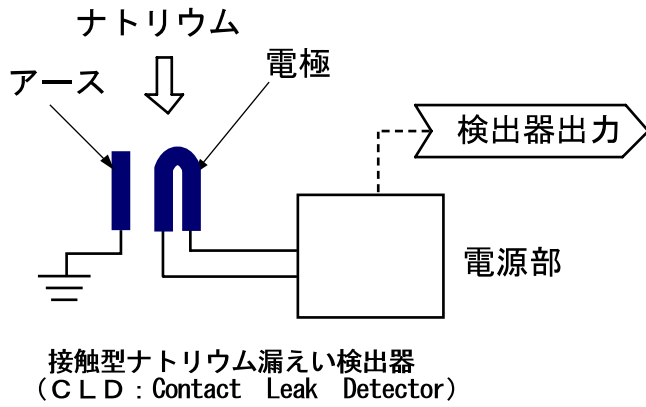
検出部にフィラメントがあり、サンプリングガスを加熱して、ナトリウムが漏えいした場合に、ナトリウムエアロゾルを電離イオン化させ、電極間に流れるイオン電流の変化により漏えいを検出する仕組みである。窒素雰囲気の原子炉容器廻り1次系(1次メンテナンス冷却系を含む)に設置している。

②DPD(Differential Pressure Detector)：差圧式検出器

検出部にフィルタがあり、ナトリウムが漏えいした場合に、ナトリウムエアロゾルがサンプリングガスに含まれるため、フィルタに付着してフィルタの前後差圧が増加し、これにより漏えいを検出する仕組みである。

③RID(Radiative Ionization Detector)：放射線イオン化式検出器

煙検出式火災検知器を応用したものである。検出部にアメリシウムを内蔵し、サンプリングガス(空気)を電離イオン化させており、ナトリウムエアロゾルがサンプリングガスに含まれると、電極間の電圧変化により漏えいを検出する仕組みである。2次系に設置している。



接触型ナトリウム漏えい検出器の設置概略図

