資料 9

2008 年 4 月 17 日
日本環境安全事業株式会社
北海道事業所

真空加熱分離エリアでの潤滑油漏れに係わる原因と対策について

平成２０年４月１日に発生した真空加熱装置の真空ポンプのステンレス製フレキシブルチューブから潤滑油が漏れた原因の究明とその対策が終了しましたので報告します。

１．漏れ箇所の特定

フレキシブルチューブの漏れた原因を究明する為に、4月2日に現場から取り外し、4月5日に外部調査機関に持ち込み検査を行いました。
検査は以下の手順で行いました。

1） 外観観察 ・・・ マクロ観察
2） 非破壊検査（カラーチェック） ・・・ 漏洩箇所の特定
3） 気密（エア漏れ）テスト ・・・ 漏洩箇所の特定
4） 損傷部断面外観観察 ・・・ 漏洩原因の特定
5） 損傷部断面ミクロ観察 ・・・ 漏洩原因の特定

検査結果の概要

1） 外観観察の結果
当該フレキシブルチューブの真空ポンプ側フランジ（以下、A側）と接続配管側フランジ（以下、B側）は軸芯がずれた状態で据え付けられており、取り外したフレキシブルチューブはS字に曲がったままの状態でした。（P．4 写真1参照）

2） カラーチェックの結果
当該フレキシブルチューブはフランジ接続型であり、フレキシブルチューブ（ステンレス製のジャバラとブレードで構成されている）とフランジ部はラップジョイントで接続されているが、ラップジョイント継ぎ手表面に欠陥は認めらませんでした。（P．4 写真2参照）

3） エア漏れテストの結果
フレキシブルチューブの両端を差し蓋で塞ぎ、水没させ、エアにて漏れテストを実施したところ、A側から気泡が出てきた。フレキシブルチューブ（ジャバラとブレード）とラップジョイントの境界から気泡が発生しているように見えました。（P．5 写真3参照）

4） 損傷部断面外観観察の結果
エア漏れテスト後に、損傷箇所を探す為に、フレキシブルチューブ（ジャバラとブレード）とラップジョイントとの接合（隅肉溶接）部を研削し、カラーチェックを行ったところ、割れのインディケーション（しるし）が認められました。（P．5 写真4参照）

5） 損傷部断面ミクロ観察の結果
当該部を更に詳しく観察したところ、A側ブレードとジャバラを接合している内面溶接ビードとラップジョイントの突合せ部が離れており、漏れを起こした亀裂であることが確定されました。さらに、漏れが発生していなかったB側の溶接部に亀裂の進展が見られた事からも、当該部が漏れの発生箇所である事が確認されました。（P．6 写真5、6参照）

2．溶接部損傷の原因の検証

当該フレキシブルチューブは、据付レベルの差により発生する荷重からの縁切りと、回転機（真空ポンプ）振動からの縁切りを目的に、潤滑油ラインに設置されていました。
フレキシブルチューブは、その取り付け状態が適正であれば、機能（荷重や振動との縁切り）を果たすもので、その取り付け寸法（面間長や変位量）を確認しました。

漏れた当該フレキシブルチューブと同じように設置されている第1～第5真空加熱炉真空ポンプ用潤滑油ラインのフレキシブルチューブに関しても、取り付け状態を測定しました。
結果を表－1に示します。

表－1　真空加熱エリア真空ポンプ潤滑油ラインフレキシブルチューブ取り付け寸法測定結果

15A フレキシブルチューブ	状況	設計 面間長	許容 面間長	許容 軸直角方向 変位量	実測値 面間長	実測値 軸直角方向 変位量	総合評価
第1炉用	－	150	150～154.5	3	151.2	3	○
第2炉用	－	150	150～154.5	3	150.2	8 x	×
第3炉用	－	150	150～154.5	3	151.2	3	○
第4炉用	**洩れ**	150	150～154.5	3	**145.2 x**	4 x	×
第5炉用	－	150	150～154.5	3	**141.2 x**	10 x	×

単位　mm

当該フレキシブルチューブは、サイズ15Aで面間長が150mmで設計されていましたが、上記の通り面間長が設計長より短い状態で取付けられており、変位量も僅かですが許容値を外れていました。

第 4 炉用フレキシブルチューブが損傷した原因としては、1項で述べた外部検査機関による解析結果と表－1に示す測定結果のうち取り付け状態において面間長が設計より短くなっていた点より、
・フレキシブルチューブ自体が軸方向に圧縮された状態となって、本来のジャバラが持つ振動を吸収する機能が阻害され、
・通常は掛からない過度な圧縮/曲げ応力が、フレキシブルチューブ溶接部に発生しており、
・真空ポンプによる振動の影響を受け、繰り返し応力が発生し、損傷に至ったもの、
と確定できました。（P．7真空加熱真空ポンプフレキシブルチューブ補足説明資料参照）

その他に、要因として考えていた項目については、以下のような事由により除外できるものと考えます。

1）当該真空ポンプ自体の振動はJIS許容値内で、フレキシブルチューブが適性に取り付けられていれば、問題とならない範囲でした。

2）当初の漏れ確認は、メーカ工場出荷時及び、取り付け後に気密テストを行っており、特に異常は無く適合していました。

3）腐食については、2項の外部検査機関による内表面観察の結果、認められませんでした。

3．漏洩防止対策工事

1）改善の内容
真空加熱エリア真空ポンプ潤滑油ラインフレキシブルチューブは、面間長を150mmから300mmに変更しました。

2） 改善内容の技術的根拠

必要取り付け精度の確保がより容易なように面間長を３００mmと長くすることとしました。長くする事により、取り付け上の変位量を２７mmと大きく取れ、取り付け状態による応力や運転状態（振動）による影響をより小さくすることが可能となり、安全性が増したものと考えます。
また、据付後に検査を実施し、面間長、及び軸直角方向変位量が許容値内に有ることを確認しました。

4．水平展開

フレキシブルチューブは、その面間長、材質、メーカ型番等により、其々の取り付け基準がありますので、水平展開として、取り付け状態（面間長、芯ズレ）を確認致しました。

点検の対象は、以下に示すラインに設置されているフレキシブルチューブとしました。

① 今回漏れた第４真空加熱炉真空ポンプ廻りと第 1,2,3,5 真空加熱炉真空ポンプ廻りの該当フレキシブルチューブ
点検結果：対象 20 箇所、内 17 箇所に不適合が発見されました。
対策として、一炉当り１５０mmのフレキシブルチューブ２箇所を３００mmに、１５０mmが２箇所使われていたところを１箇所にまとめ１２５０mmのフレキシブルチューブ１箇所に変更しました。
（1炉当り４箇所×5 炉＝20 箇所のフレキを1炉当り 3 箇所×5 炉＝15 箇所に変更しました。）

② PCB 油が含まれるラインで回転機（特に真空ポンプ）による振動が伝わる可能性があるフレキシブルチューブ

点検結果：対象 77 箇所全て適合していました。

③ PCB 油が含まれるラインで取り付け許容値が比較的小さく、取り付け長さの短い（長さ１５０mm以下）フレキシブルチューブ

点検結果：対象８箇所全て適合していました。

上記に加えて、消防届出危険物ラインに設置のフレキシブルチューブについて、以下を実施しました。

④ 回転機（特に真空ポンプ）による振動が伝わる可能性があるフレキシブルチューブ、および
面間長 300mm 未満のフレキシブルチューブ（回転機の振動は伝わらないが、取付許容値の比較的小さいもの）
取付寸法（面間長、芯ズレ）を計測して確認しました。

点検結果：対象 35 箇所全て適合していました。

⑤ 面間長 300mm 以上のフレキシブルチューブ（回転機の振動が伝わらず、取付許容値の比較的大きいもの）
取付状況、漏れが無いか、異常な変形が無いか等を目視点検で確認しました。

点検結果：対象 306 箇所全て適合していました。

写真1　供試材外観

写真2　外側溶接部カラーチェック　A側

写真3　エア漏れ試験結果　(A側から気泡発生)

写真4　外部溶接ビード除去後カラーチェック結果

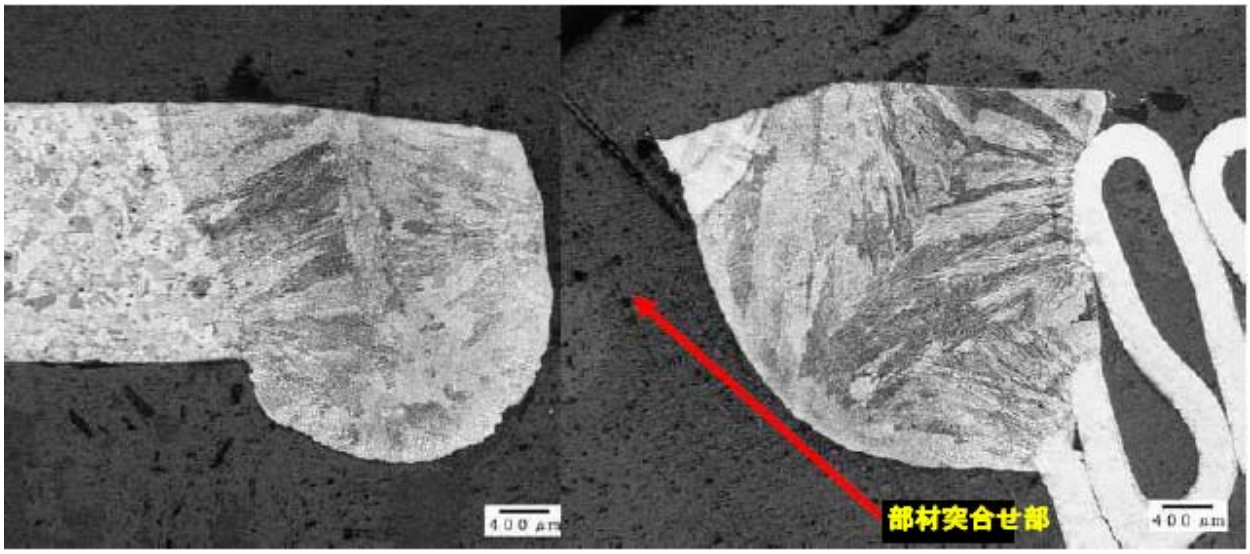


写真5　フランジA側の内面溶接部断面ミクロ観察

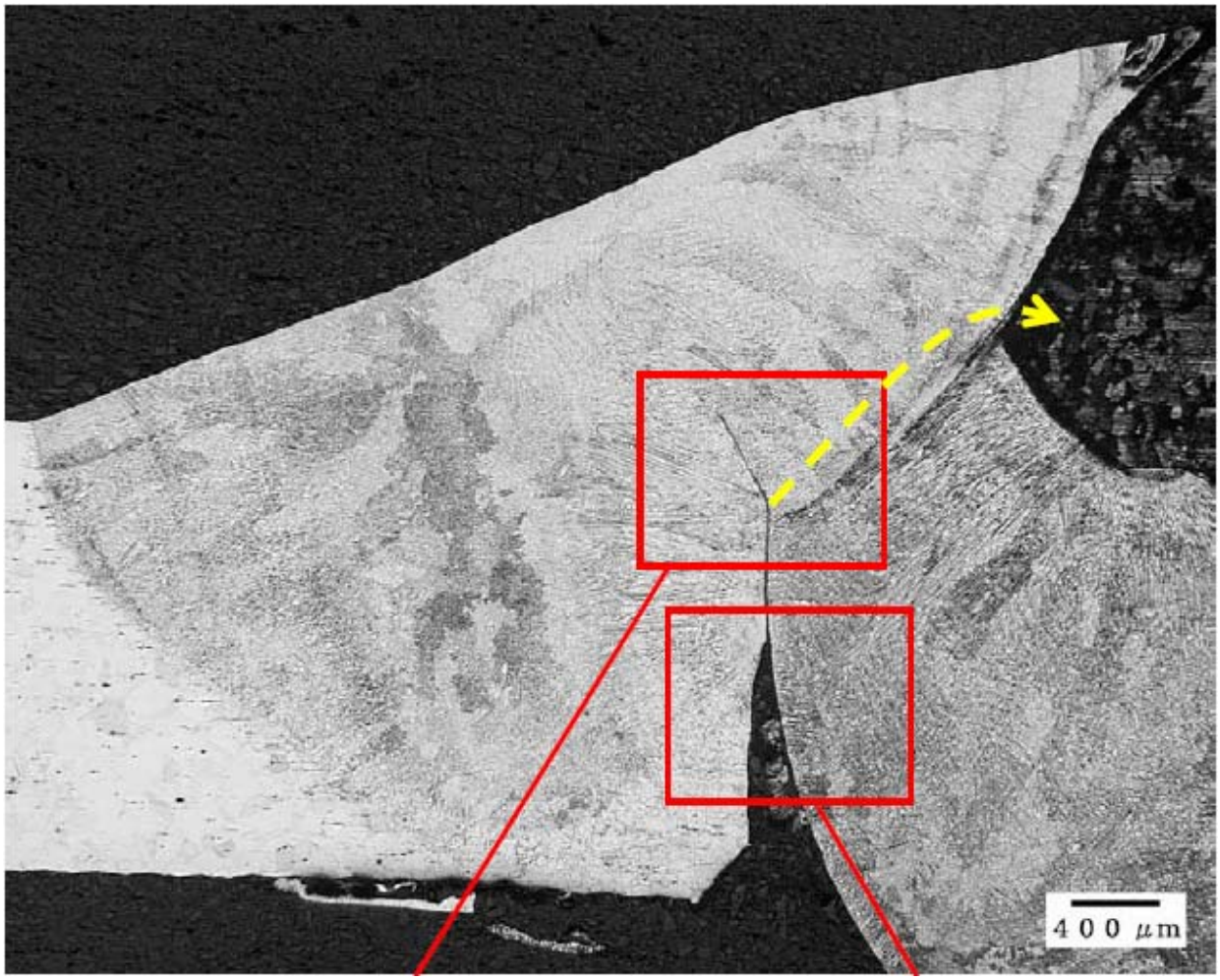
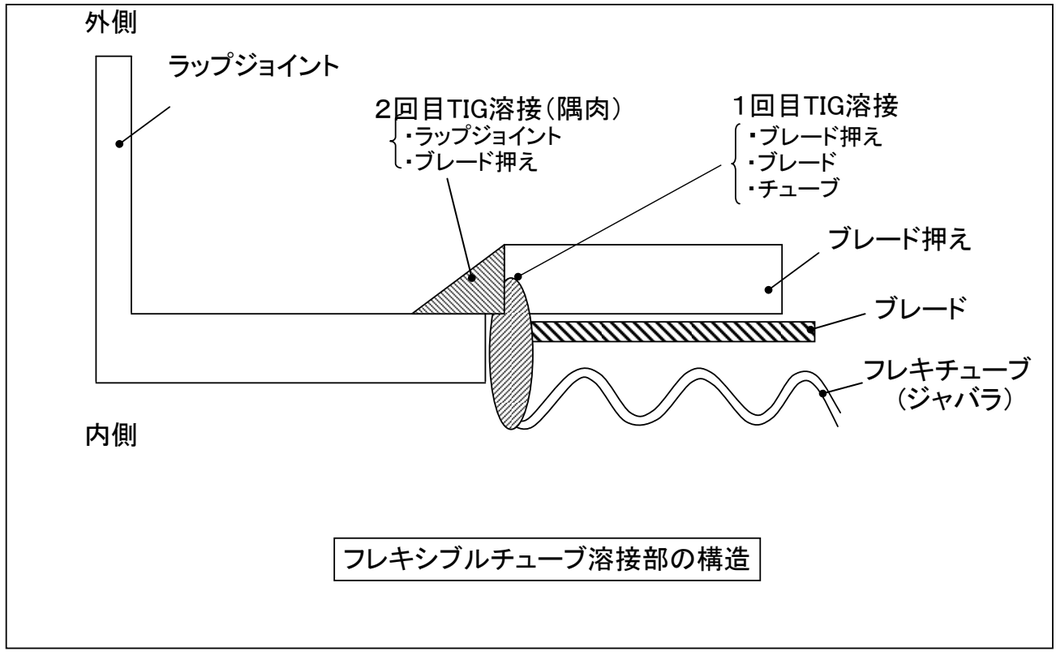
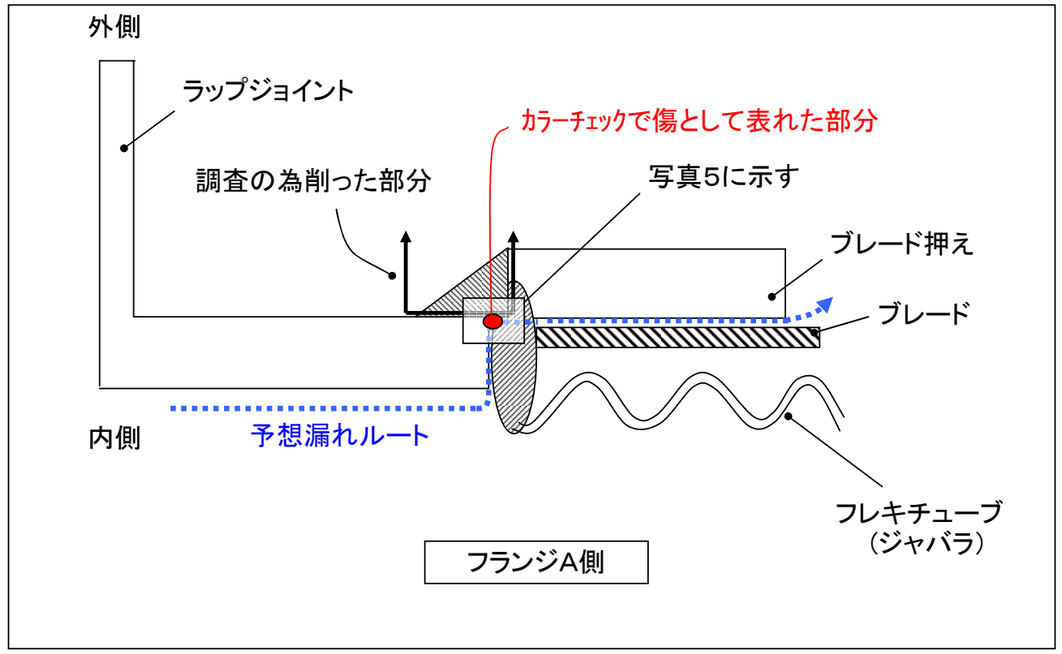


写真6　フランジB側の内面溶接部断面ミクロ観察

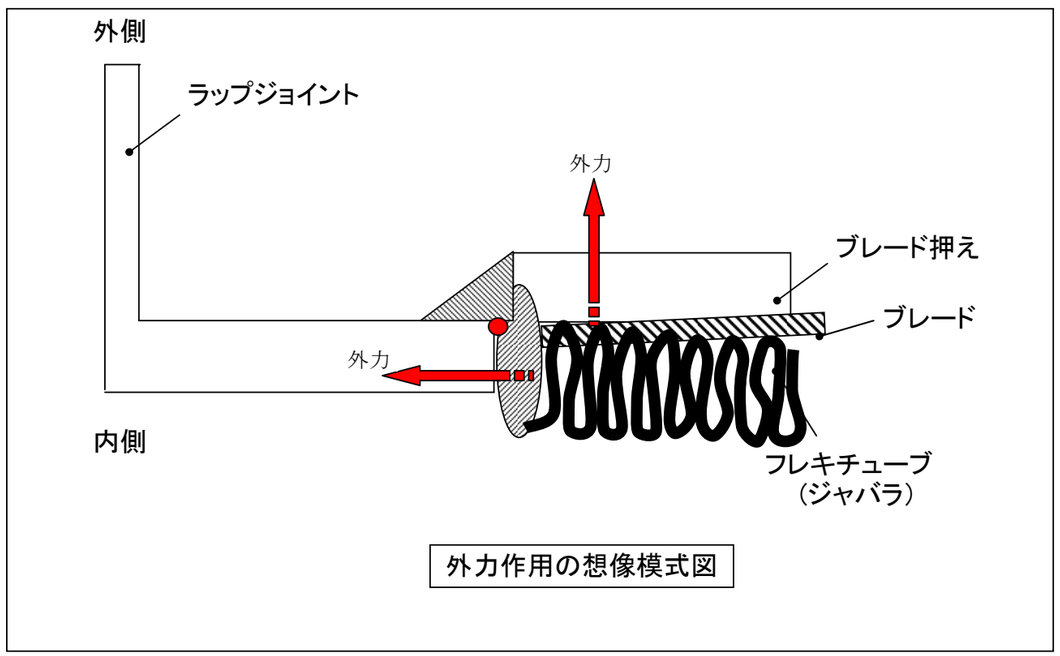
真空加熱真空ポンプフレキシブルチューブ補足説明資料



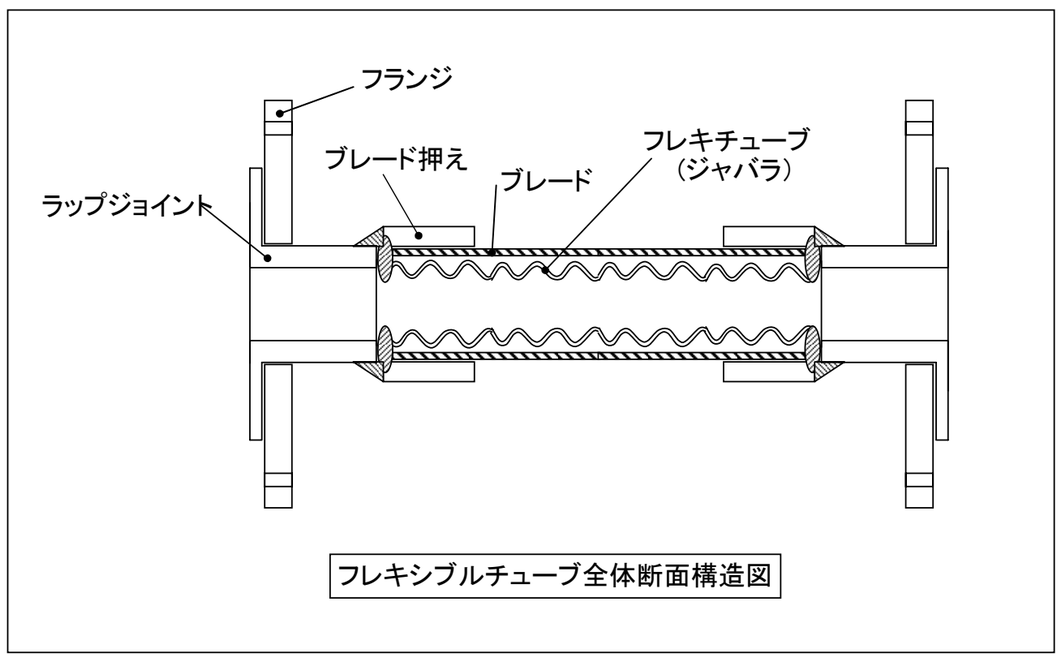
フレキシブルチューブ溶接部の構造



フランジA側



外力作用の想像模式図



フレキシブルチューブ全体断面構造図

Japan Environmental Safety Corporation
日本環境安全事業株式会社

News Release
平成 20 年 4 月 3 日

真空加熱エリアでの潤滑油漏れについて

平成20年4月1日22時30分頃、当社北海道PCB廃棄物処理施設3階にある真空加熱装置の真空ポンプの潤滑油がステンレス製フレキシブルチューブから漏れているのが発見され、直ちに関連の設備を停止し漏洩を止めました。
漏洩した潤滑油は、真空ポンプを運転するためのものであり、PCBはほとんど含まれておりません。PCBの施設外への放出や作業者への影響はありません。

1. 北海道PCB廃棄物処理施設は、現在、操業を開始する前の段階で、操業に向けてPCB廃棄物を用いた試運転を行っており、4月1日には真空加熱分離設備、真空超音波洗浄設備、蒸留・排気処理設備等の試運転を実施していました。

2. 真空加熱装置は、気圧が低い状態で処理物からPCBを蒸発させて分離する設備です。平成 20 年4月1日22時30分頃、この装置の空気圧を下げるための真空ポンプの潤滑油抜き出し用のフレキシブルチューブから潤滑油が漏れているのを発見し、直ちに関連の設備を停止し漏洩を止めました。漏洩した潤滑油は約 1～2リットルで、拭き取り回収しました。漏れた油を分析した結果、PCBはほとんど含まれておりませんでした。

3. 真空ポンプからの排気ガスや真空加熱装置が設置されたエリアの換気は、それぞれ排気処理装置を通った後、活性炭を通して外部に排気されています。

4. この活性炭の手前で測定した結果では、PCBは検出されていません。また、施設内の空気中のPCB濃度にも異常ありません。

5. 事業所では、真空加熱分離設備の試運転を止めて潤滑油が漏れた原因を究明し、操業を開始するまでの間に、適切な再発防止措置を講じるとともに、類似箇所の点検を行う予定です。

＜連絡先＞
日本環境安全事業株式会社北海道事業所
所長　油井　理　(0143 - 22 - 3111)
安全対策室長　中尾　修一　(　同上　)