

排気経路の内部確認について

1 調査目的

破損した伸縮継手の破片については、D/G 運転中は排気ガスの流れがあるため排気管内に流入することは考え難いものの、排気経路内の内部確認を実施し、破片の有無を調査する。

2 調査方法

(1) 調査方法

排気経路における破片の有無を、ファイバースコープによる目視確認によって調査する。

- ・ 破損した伸縮継手取付部からの排気管上流／下流側の内部確認
- ・ A-No. 2/A-No. 7 シリンダの温度検出器取付用閉止栓からの内部確認
- ・ 過給機入口／出口の温度検出器取付用閉止栓からの内部確認

(2) 調査範囲

調査範囲を図 9-1, 9-2 に示す。



図 9-1 調査範囲(排気管側)

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

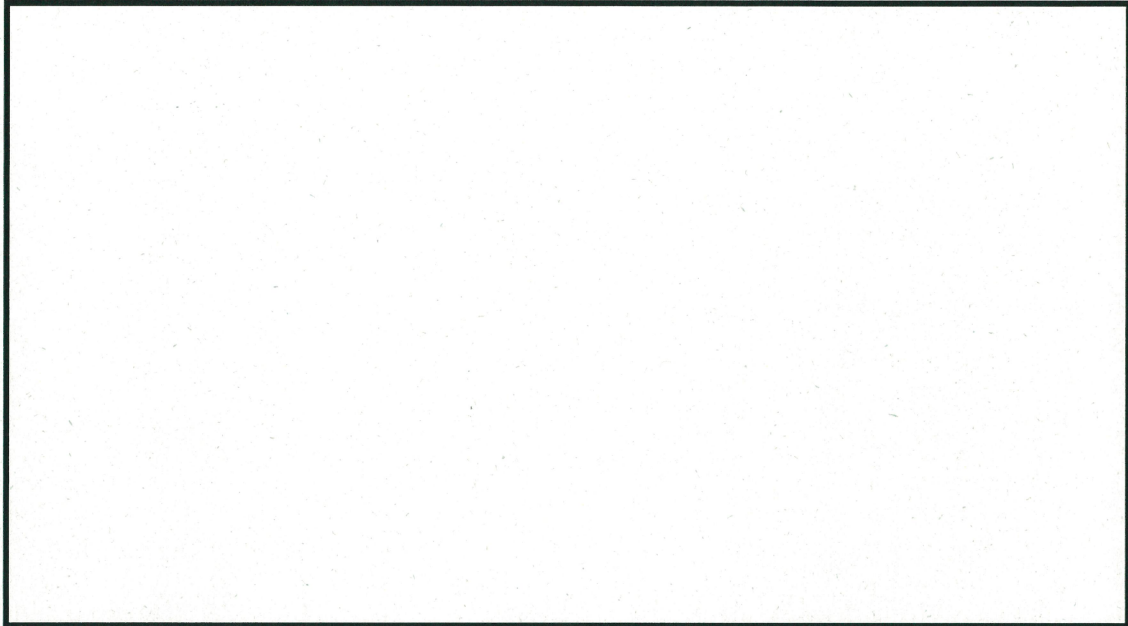


図 9-2 調査範囲(過給機側)

3 調査期間

平成 30 年 6 月 7 日(木)

4 調査結果

調査の結果、調査範囲に伸縮継手の破片は確認されなかった。

以 上

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

破損した伸縮継手の破片の回収について

1 回収目的

破損した伸縮継手の破片については、D/G 運転中は排気ガスの流れがあるため排気管内に流入することは考え難いものの、回収した破片と破損した伸縮継手の重量の合計と、新品(予備品)の伸縮継手の重量との比較を行うことにより、破片の回収状況を確認する。

2 回収方法

(1) 回収方法

破片の飛散が想定される範囲を目視で調査し、破片の回収を行う。

(2) 調査範囲

破片の飛散が想定される範囲(図 10-1, 10-2 参照)とする。

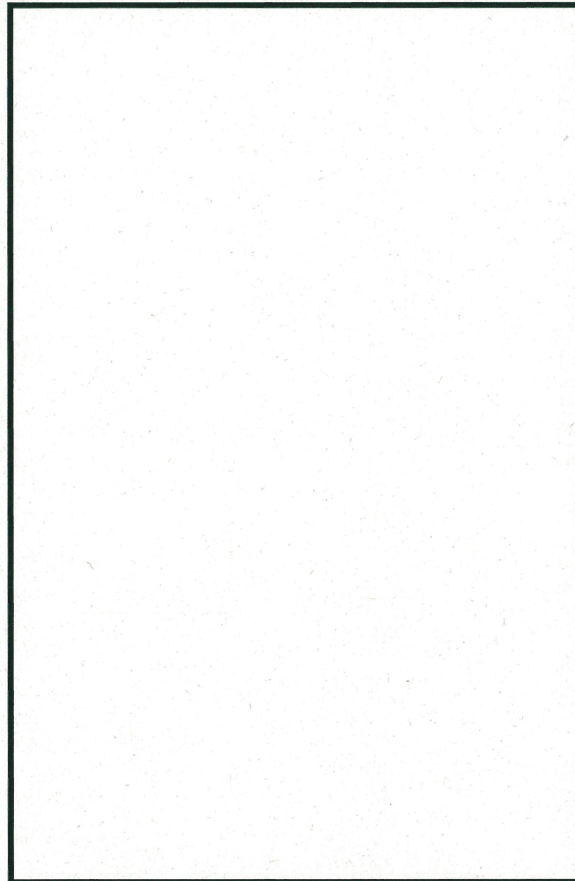


図 10-1 調査範囲(D/G(B)室内)

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

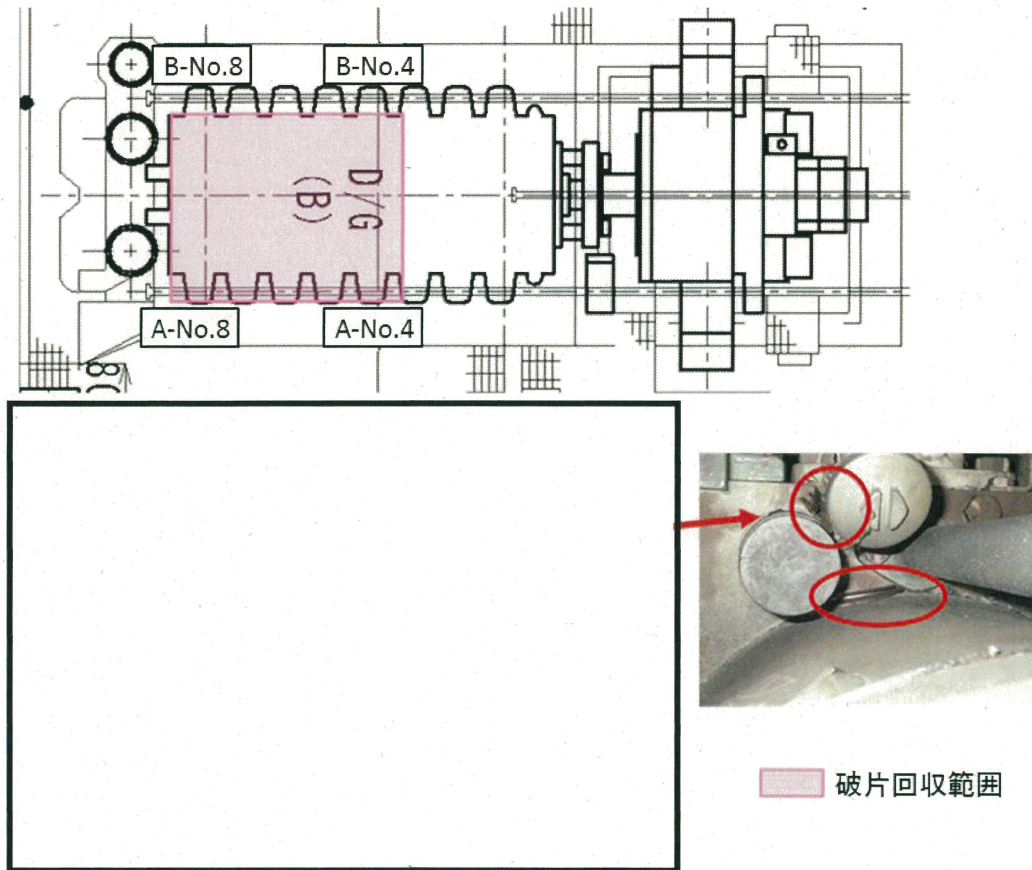


図 10-2 破片回収範囲(機関周辺)

3 回収期間

平成 30 年 6 月 5 日(火)～平成 30 年 6 月 6 日(水)

4 回収結果

伸縮継手の破片は、シリンダ A-No. 4～A-No. 8 及び B-No. 4～B-No. 8 の機関上部周辺に散乱していた。

回収物重量測定と新品(予備品)重量測定の結果を表 10-1, 10-2 に示す。結果、回収した破片と破損した伸縮継手の重量の合計と、新品(予備品)の伸縮継手の重量は同程度であった。

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

表 10-1 新品(予備品)重量測定

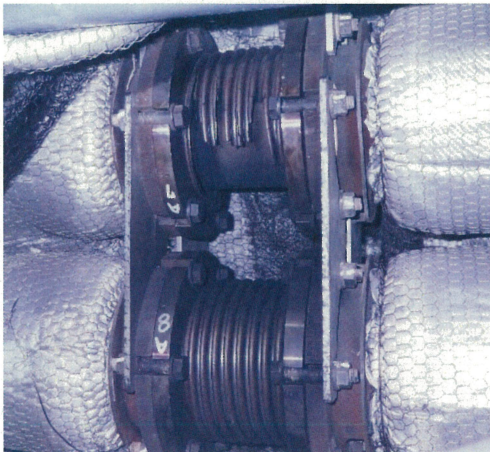
単位: kg

	予備品 A	予備品 B	予備品 C
重量	5.32	5.32	5.32

表 10-2 回収物重量測定

単位: kg

	破損した 伸縮継手	回収した 破片	合計
重量	5.20	0.13	5.33



破損した伸縮継手



回収した破片

以上

破損した伸縮継手以外の伸縮継手の確認について

1 点検目的

破損した伸縮継手以外の伸縮継手について、外観点検を実施し、健全性を確認する。

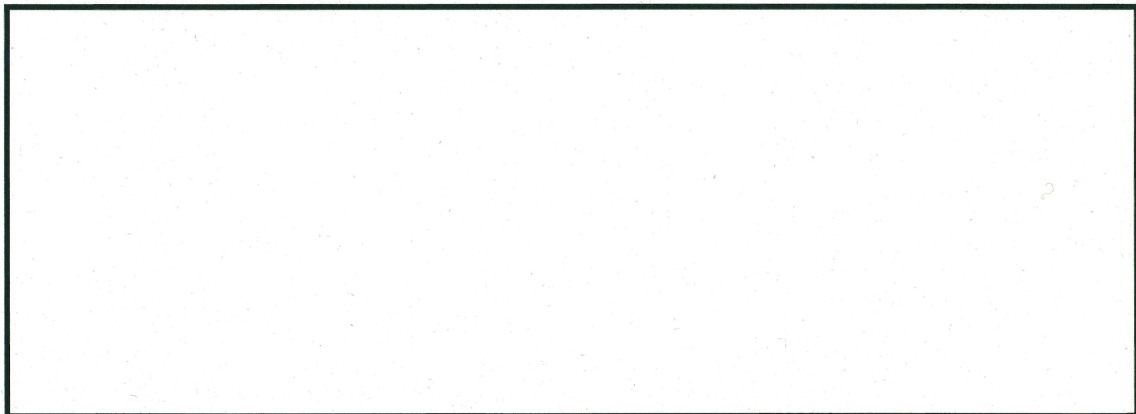
2 点検方法

(1) 点検方法

伸縮継手の外表面が外観点検できるよう伸縮継手周辺の保温材を取外して、停止時及び試運転時の外観点検を実施する。

(2) 点検範囲

D/G(B)の点検範囲を図 11-1 に示す。



(□ - ○と表し、□が左図数字、○が右図数字とする)

破損した伸縮継手以外の伸縮継手の個数: 23 個 (A 列側 11 個, B 列側 12 個)

図 11-1 外観点検範囲

3 点検期間

平成 30 年 6 月 6 日(水)～平成 30 年 6 月 8 日(金)

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

4 点検結果

点検の結果を表 11-1 に示す。点検範囲において健全性に影響を及ぼす欠陥はなかった。

表 11-1 外観点検結果

		点検結果			点検結果
A 列	1-1	良	B 列	5-1	良
	2-1	良		6-1	良
	2-2	良		6-2	良
	2-3	良		6-3	良
	3-1	良		7-1	良
	3-2	良		7-2	良
	3-3	良		7-3	良
	3-4	良		7-4	良
	4-1	良		8-1	良
	4-2	良		8-2	良
	4-3	良		8-3	良
	4-4	良		8-4	良

判定基準：機器の健全性に影響を及ぼす欠陥がないこと。

判定：合格

以 上

破損した伸縮継手取替後の各寸法測定結果について

1 調査目的

破損した伸縮継手取替後の伸縮継手の寸法測定を実施する。

2 調査方法

破損した伸縮継手取替後における以下の項目を実施する。

- ・ 全長測定
- ・ 段差(芯)測定
- ・ フランジ - 伸縮継手間隙測定

3 調査期間

平成 30 年 6 月 7 日(木)

調査結果

各寸法測定の結果，各測定値は判定基準内であることを確認した。

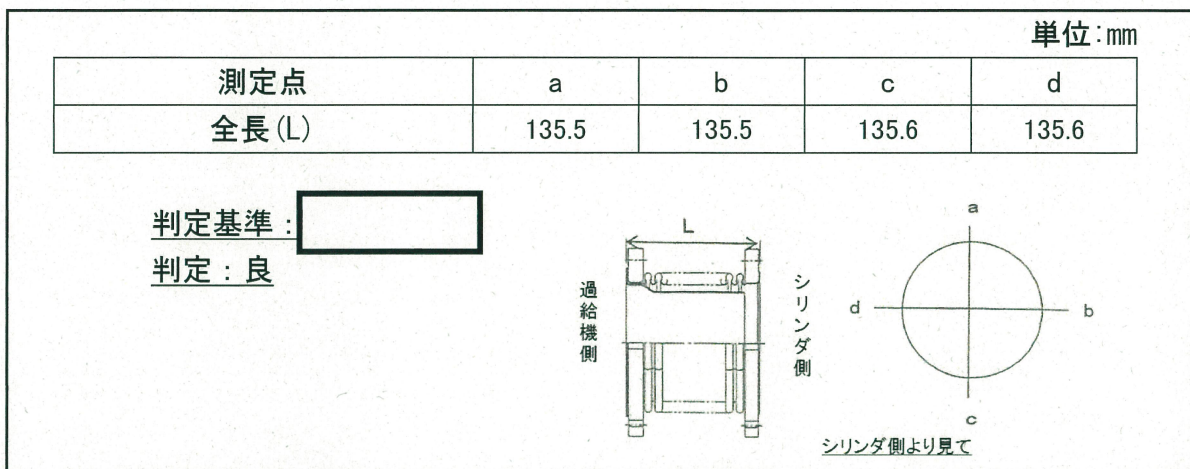


図 12-1 全長測定

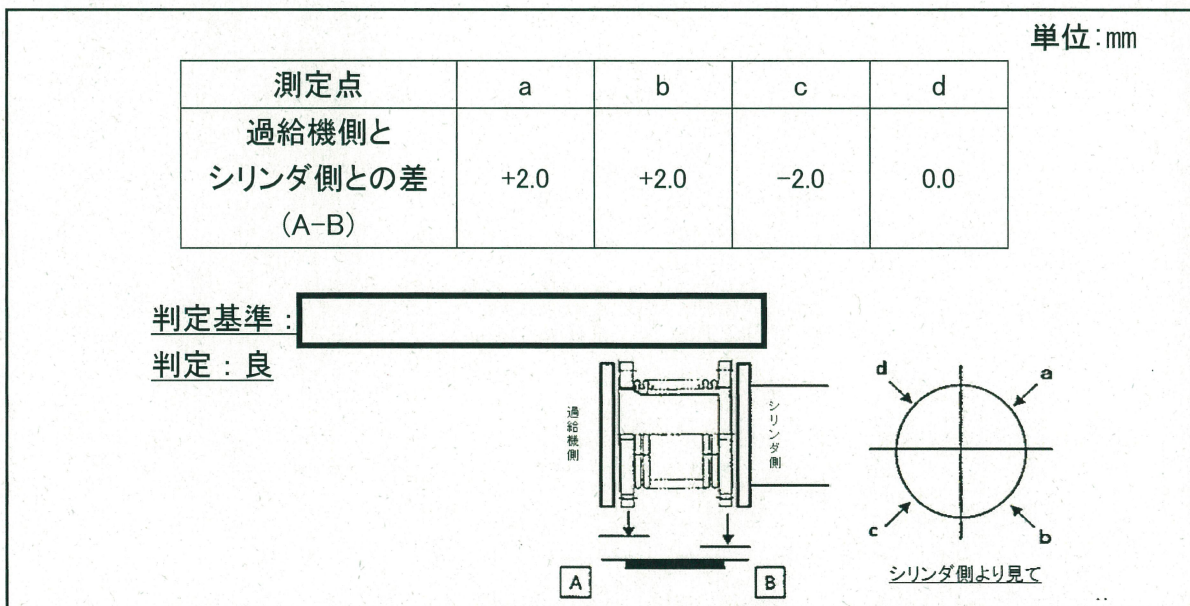


図 12-2 段差(芯)測定

本資料のうち，枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

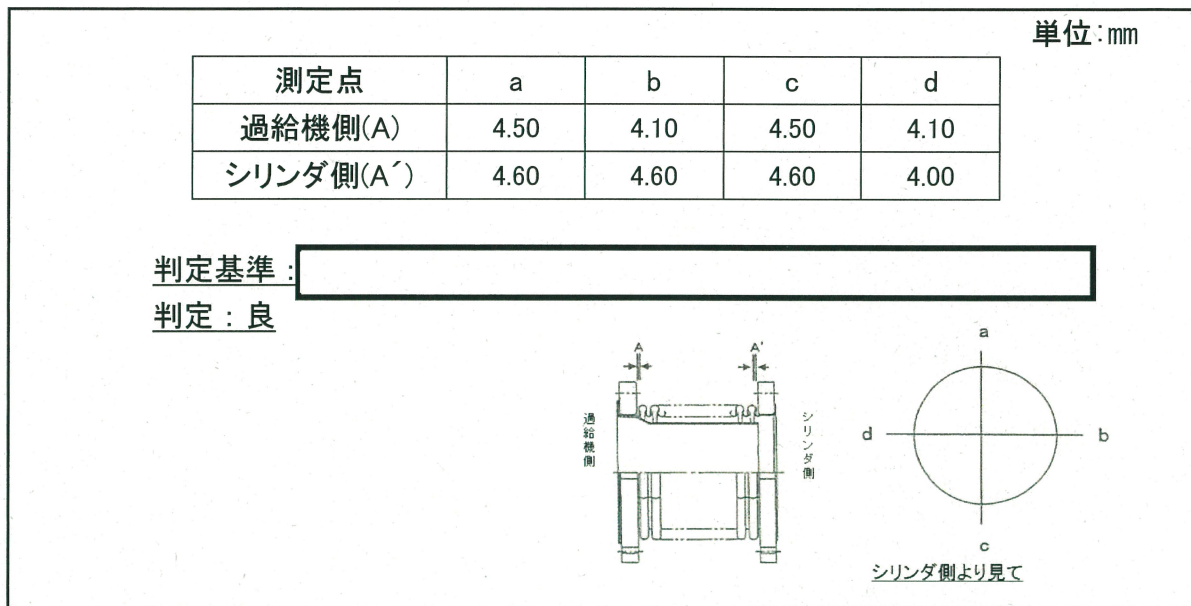


図 12-3 フランジ - 伸縮継手間隙測定

以上

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

試運転結果について

1 調査目的

試運転において、取替後の伸縮継手の熱伸びによる変形の有無及び機関の運転状態、並びに、試運転後の停止した状態における外観・寸法の確認を実施する。

2 調査方法

試運転における 100%負荷運転時及び試運転後停止時において、以下の調査を実施する。

(1) 100%負荷運転時

- (a) 機関運転性能記録(シリンダ部排気温度)
- (b) 伸縮継手の外観点検, 漏えい確認
- (c) 伸縮継手の熱による変形状況
- (d) 異音, 異臭確認

(2) 試運転後停止時

- (a) 伸縮継手の外観点検
- (b) 当該伸縮継手の寸法測定

3 調査期間

平成 30 年 6 月 7 日(木)～平成 30 年 6 月 8 日(金)

4 調査結果

(1) 100%負荷運転時

(a) 機関運転性能記録(シリンダ部排気温度)

機関運転性能記録におけるシリンダ部排気温度を表 13-1 に示す。調査の結果、過去の運転状態と比較して有意な差異はなく、判定基準以内であることを確認した。

表 13-1 シリンダ部排気温度

単位: °C

		100%負荷運転時 平成 30 年 6 月 8 日	至近の定期試験時 平成 30 年 5 月 11 日	至近の試運転時 平成 30 年 3 月 9 日
シリンダ部排気温度	A-No. 1	[Redacted]		
	A-No. 2			
	A-No. 3			
	A-No. 4			
	A-No. 5			
	A-No. 6			
	A-No. 7			
	A-No. 8			
	平均			

単位: °C

		100%負荷運転時 平成 30 年 6 月 8 日	至近の定期試験時 平成 30 年 5 月 11 日	至近の試運転時 平成 30 年 3 月 9 日
シリンダ部排気温度	B-No. 1	[Redacted]		
	B-No. 2			
	B-No. 3			
	B-No. 4			
	B-No. 5			
	B-No. 6			
	B-No. 7			
	B-No. 8			
	平均			

判定基準:

判定: 良

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

(b) 伸縮継手の外観点検，漏えい確認

当該伸縮継手を含む全ての伸縮継手の外観点検(高温により伸縮継手の前面のみ実施)及び漏えい確認を実施した。調査の結果，異常がないことを確認した。

(c) 伸縮継手の熱による変形状況

当該伸縮継手について写真による伸び量の確認を行った。試運転前の冷温時及び 100%負荷運転時における伸縮継手の外観を図 13-1 に示す。試運転前の冷温時における伸縮継手の長さは [] である。100%負荷運転時は高温であり接近しての測定ができないため，写真から伸縮継手の長さを推定した結果 [] であった。このため，伸縮差を [] と推定した。

またビデオ映像による振動状況を確認した。その結果，機関運転に伴う伸縮継手の振動は軽微であった。

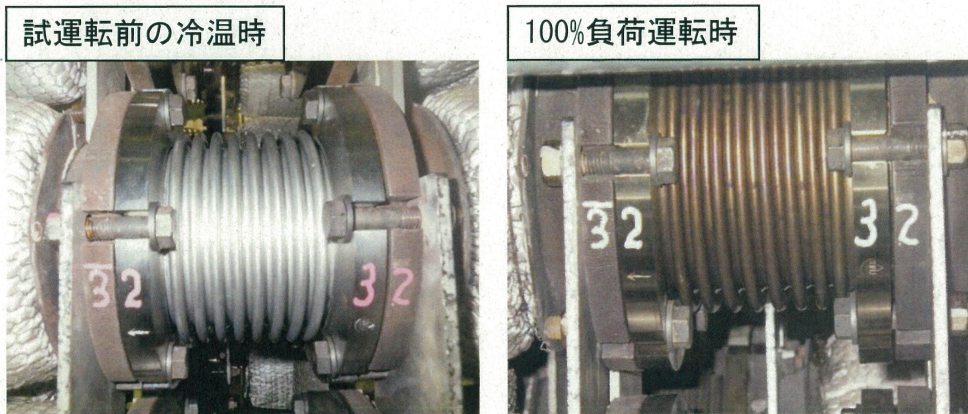


図 13-1 試運転前の冷温時及び 100%負荷運転時における伸縮継手外観

(d) 異音，異臭確認

当該伸縮継手を含む全ての伸縮継手及び機関全体の異音，異臭の確認を実施した。調査の結果，伸縮継手及び機関に関し，異音，異臭がないことを確認した。

本資料のうち，枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

(2) 試運転後停止時

(a) 伸縮継手の外観点検

当該伸縮継手を含む全ての伸縮継手の外観点検を実施した。調査の結果、異常がないことを確認した。

(b) 当該伸縮継手の寸法測定

当該伸縮継手について、各部位(全長, 段差(芯), フランジ - 伸縮継手間隙)の寸法測定を実施した。各部位(全長, 段差(芯), フランジ - 伸縮継手間隙)の寸法測定結果を図 13-2, 13-3, 13-4 に示す。

調査の結果, 全て判定基準値以内であることを確認した。

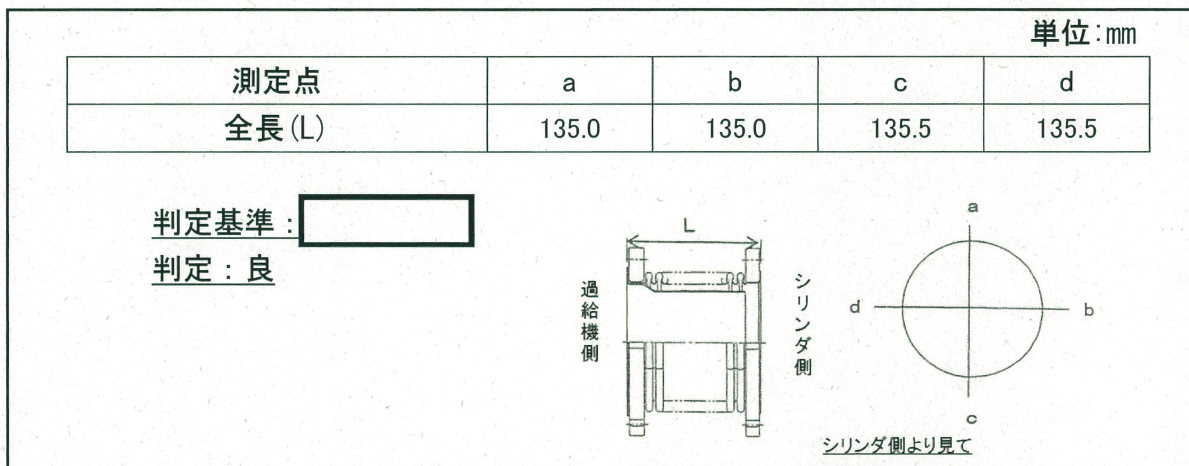


図 13-2 当該伸縮継手の全長測定

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

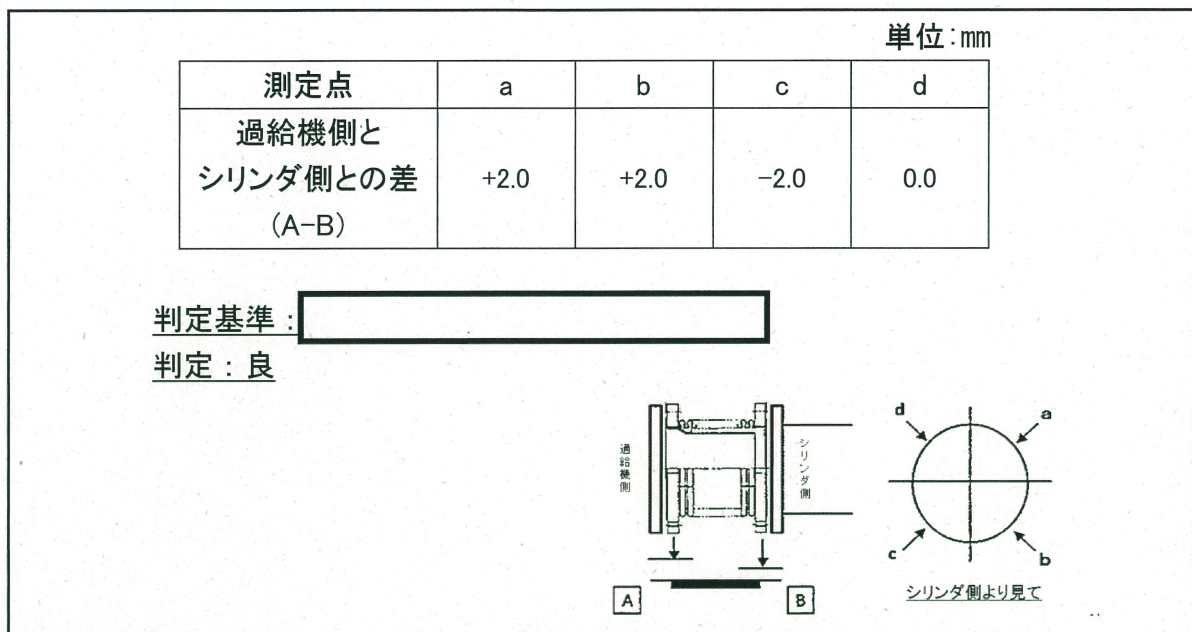


図 13-3 当該伸縮継手の段差(芯)測定

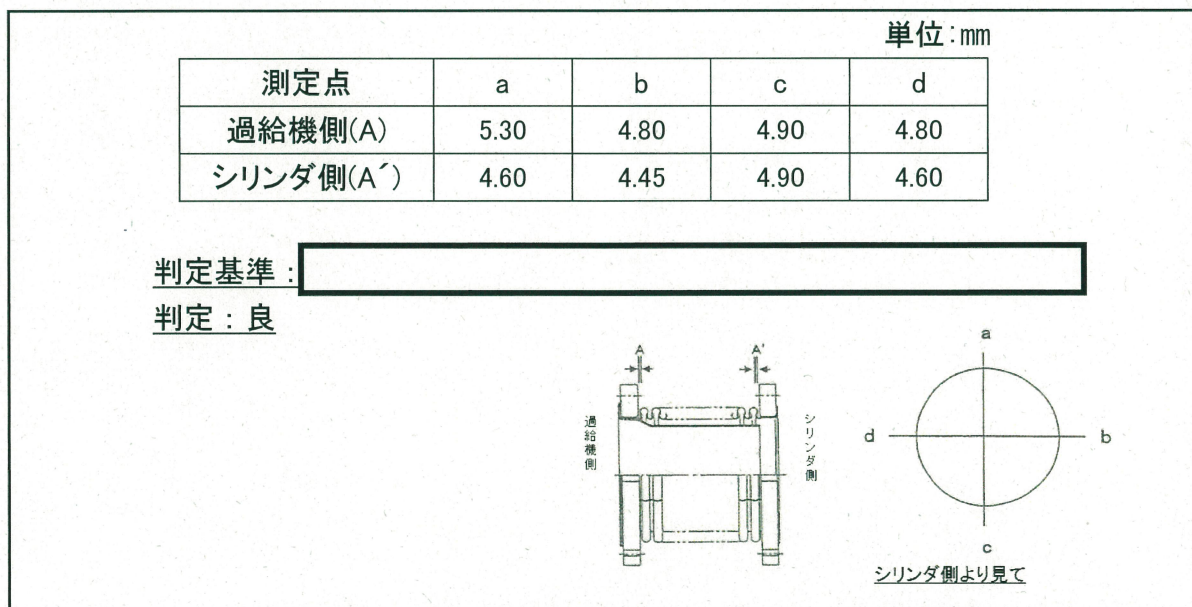
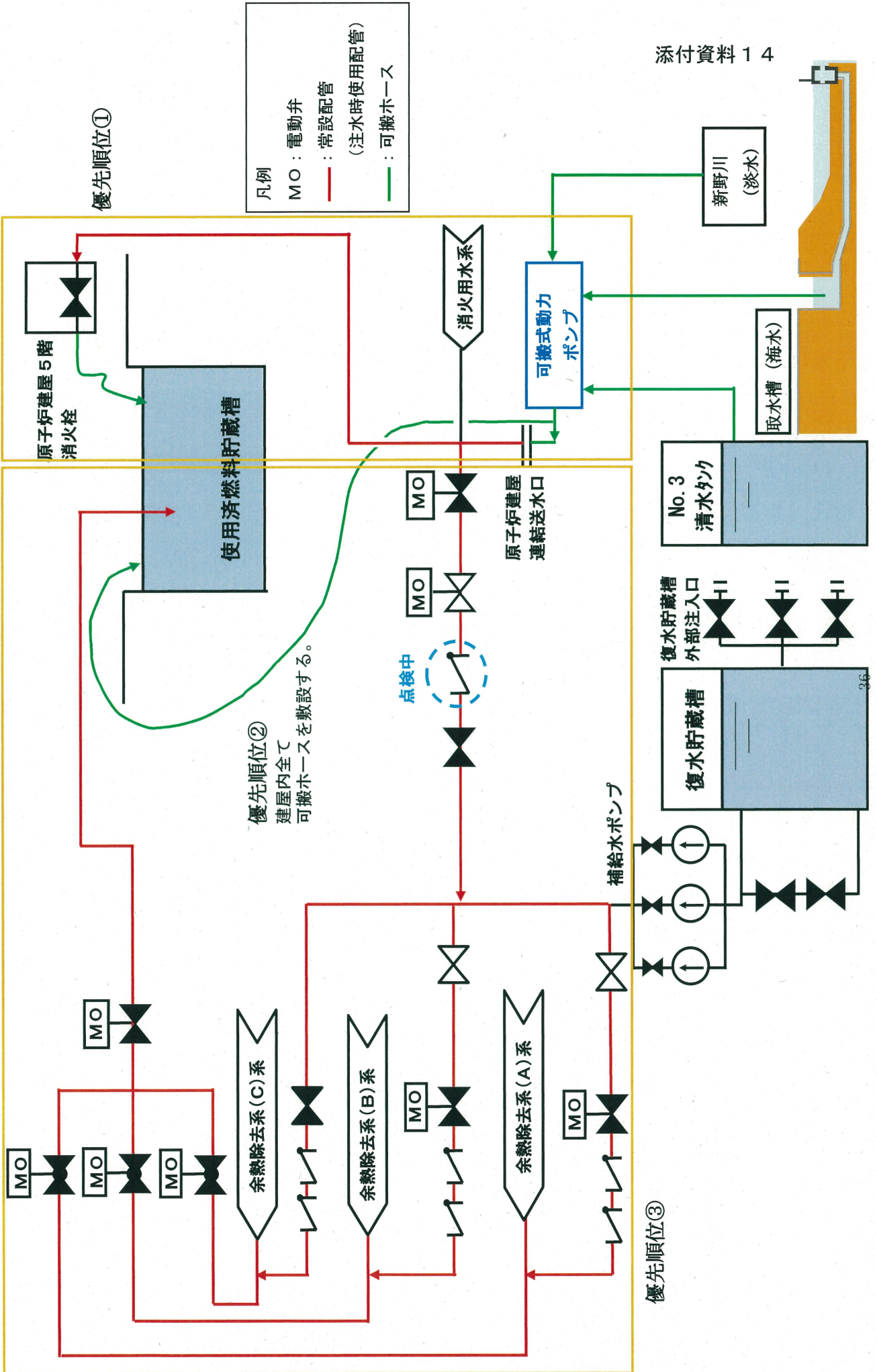


図 13-4 当該伸縮継手のフランジ - 伸縮継手間隙測定

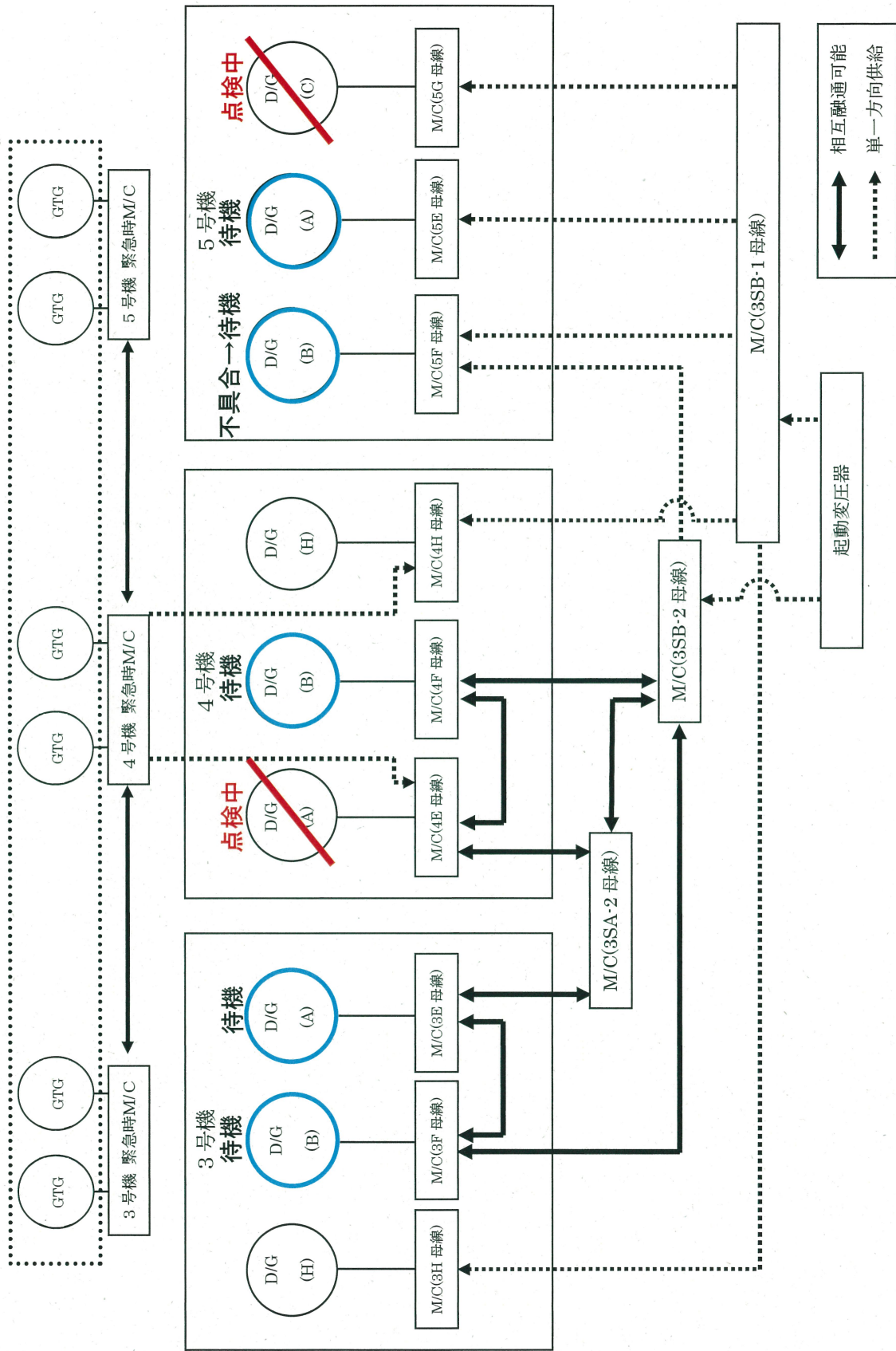
以上

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

全交流電源喪失時における代替注水手段について



D/B(B)の運転上の制限逸脱からの復帰について



事象	区分	要因			要因説明	確認項目	
		大分類	中分類	小分類			
排気管伸縮継手破損	設計面	強度不足	設計不良	構造強度の設計不良	設計的に強度が不足する場合、ベローズが破損する可能性がある。	<ul style="list-style-type: none"> ベローズおよび排気管の設計要件調査および検証を行う。 ベローズ使用材の想定使用環境下での材料特性を確認する。 	
	製作時	強度不足	材料不良	化学成分不良	材料不良が生じた場合、ベローズが破損する可能性がある。	<ul style="list-style-type: none"> ベローズ材質が設計通りの検定合格品であることを確認する。 破損した伸縮継手の成分分析、組織観察、硬さ測定を行う。 	
			製作不良	許容応力	伸縮継手の製作不良が生じた場合、許容応力を超え、ベローズが破損する可能性がある。	<ul style="list-style-type: none"> 破損した伸縮継手のベローズの製造記録を確認する。 破損した伸縮継手のベローズに対し、特殊な製造方法・工程がなされていないか確認する。 	
			溶接不良	溶接施工不良	溶接条件が溶接施工法通りでない場合、溶接欠陥が生じ、ベローズが破損する可能性がある。	<ul style="list-style-type: none"> 破損した伸縮継手製作時の検査記録を確認する。 溶接施工法の妥当性を確認する。 	
	施工時	外力	組立不良(ボルトの締付け不良)	過大応力の発生	フランジボルトの締付けが不足した場合、継手取付位置がずれることで過大な力が掛かり破損する可能性がある。	破損した伸縮継手施工時のフランジボルトの締結状況を確認する。	
			継手取付け方向誤り	内筒の取付け方向誤り	伸縮継手の取付け方向を誤った場合、内筒の取付け方向が逆となり、排気ガスが直接ベローズに当たり過大な力がかかり破損する可能性がある。	破損した伸縮継手の内筒の取付け方向を確認する。	
			芯ずれ	伸縮継手の芯ずれ	伸縮継手の芯にずれがあった場合、過大な力がかかり破損する可能性がある。	<ul style="list-style-type: none"> 破損した伸縮継手取付け時の芯ずれ量を確認する。 破損した伸縮継手取付け時のフランジ間面の平行度を確認する。 	
			ねじれ	ベローズのねじれ	ベローズがねじれていた場合、伸縮継手に過大な力がかかり破損する可能性がある。	破損した伸縮継手取付け時の取付け状態を確認する。	
			振動	排気管サポート拘束不良	排気管サポートの締付けボルトナットの締付け不良により、排気管の拘束がなくなった場合、機関運転時に排気管が振動し、ベローズに過大な振動が生じ破損する可能性がある。	排気管サポートの施工状況を確認する。	
			支持板取付ボルトの緩み	支持板取付ボルトの締付け不良により伸縮継手が振動した場合、ベローズに過大な振動が生じ破損する可能性がある。	破損した伸縮継手交換時の支持板ボルトの締結状況を確認する。		
	経年劣化	過大応力による延性破壊	腐食	流れ加速型腐食	ベローズに流れ加速型腐食が発生し損傷した場合、破損する可能性がある。	破損した伸縮継手のベローズの表面観察を行う。	
			腐食	すきま腐食、孔食	ベローズにすきま腐食、孔食が発生し損傷した場合、破損する可能性がある。	破損した伸縮継手のベローズの表面観察を行う。	
			腐食	応力腐食割れ	ベローズに応力腐食割れが発生し損傷した場合、破損する可能性がある。	破損した伸縮継手のベローズの表面観察および組織観察を行う。	
			腐食	硫化腐食	ベローズに硫化腐食が発生し損傷した場合、破損する可能性がある。	破損した伸縮継手のベローズの表面観察を行う。	
			材料劣化	脆化(熱時効)	割れ	ベローズに熱時効による脆化が発生し損傷した場合、破損する可能性がある。	破損した伸縮継手のベローズの硬さ測定および表面観察を行う。
	疲労	振動	クリープ	クリープ破損	ベローズにクリープが発生し損傷した場合、破損する可能性がある。	破損した伸縮継手のベローズの表面観察を行う。	
			機器・配管の振動	機器・配管の振動(動的機器からの振動伝播や圧力脈動)により、ベローズに疲労割れが発生し損傷した場合、破損する可能性がある。	<ul style="list-style-type: none"> 機関据付部の振動計測及び過去の計測結果との比較を行う。 破損した伸縮継手のベローズの破面観察を行う。 		
			排気管サポート拘束不良	排気管サポートの締付けボルトナットの運転中の緩みにより、排気管の拘束がなくなった場合、機関運転時に排気管が振動し、ベローズに過大な振動が生じ破損する可能性がある。	排気管サポートの施工状況を確認する。		
			支持板取付ボルトの緩み	支持板取付ボルトの運転中の緩みにより排気管が振動した場合、ベローズに過大な振動が生じ破損する可能性がある。	破損した伸縮継手交換時の支持板ボルトの締結状況を確認する。		
			熱疲労	熱疲労割れ	D/Gの起動、停止時の排気管の熱伸縮により、ベローズに熱疲労が蓄積し破損する可能性がある。	<ul style="list-style-type: none"> 機関運転時の排気温度が設計温度を下回っていることを確認する。 破損した伸縮継手のベローズの破面観察をする。 D/Gの起動、停止回数と設計上の寿命回数を比較する。 	
			外力	フランジとの接触	ベローズの側面部の接触摩擦	機関運転時に排気管の熱膨張またはクリープによりベローズ側面部とフランジ端面が接触した場合、ベローズが破損する可能性がある。	<ul style="list-style-type: none"> ベローズ側面部とフランジ端面との接触痕の有無を確認する。 据付時のベローズ側面部とフランジ端面のすきま寸法を確認する。
			外力	芯ずれ等	排気管の変形	機関運転時に想定以上の変形が排気管に生じた場合、伸縮継手が変形し、ベローズに過大な力がかかり破損する可能性がある。	排気管サポートの施工状況を確認する。
	その他	その他	打痕・傷	打痕・傷	ベローズに打痕・傷が生じていた場合、当該部を起点として破損する可能性がある。	<ul style="list-style-type: none"> 破損した伸縮継手取付け時の外観記録を確認する。 外観を確認することにより傷・打痕の有無を確認する。 	

*1 調査の進捗により、確認項目を変更する可能性がある。
 *2 破損した伸縮継手に関する品質保証活動及び保全活動の計画並びに実績の調査を行う

要因分析図に基づく調査目標スケジュール

区分	観点	平成30年6月	平成30年7月
調査	設計面	設計要件調査	設計要件検証
	製作時	製作記録確認	観察結果を踏まえた検証・考察
	施工時	損傷部の点検 当該据付時の点検記録確認	観察結果を踏まえた検証・考察
	経年劣化	当該品の観察・分析(表面観察・破面観察等) D/G運転履歴確認	点検要領・資機材準備
	その他	損傷部の点検 当該据付時の点検記録確認	D/G運転状態で の確認・点検
	特定	損傷部の点検 当該据付時の点検記録確認	原因の特定 ※原因特定後、対策の立案を行う。

本スケジュールについては、現状の見込みを示しており、進捗により適宜見直しを行う。