

## ◆1段ターボ圧縮機の試運転時に発生した (API617規格)非同期成分の振動値NG

株式会社 神戸製鋼所 機械事業部門  
圧縮機事業部 回転機工場製造室 福知 孝平

## 神戸製鋼所の圧縮機

神戸製鋼所では、スクリュウ・ターボ・レシプロの3機種を生産  
→ **総合圧縮機メーカー！！**

スクリュウ式



中圧・中容量に適す

遠心式(ターボ:ギア内臓型)



大容量に適す

往復式(レシプロ)



高圧に適す

業務:ターボ圧縮機の製造係員

内容:工程立案&調整

【ケーシング耐圧、ロータバランス、圧縮機本体組立、配管、計装、試運転、出荷】  
試運転アレンジ&ベンチ調整および発生したトラブル解決等

★トラブル事例紹介:

試運転時発生した非同期成分がAPI617規格を満足せずNG

※客先より説明を求められたトラブル

### ◆プレゼン内容

- 対象機種 ①:1段型ターボ圧縮機  
②:試運転ベンチ説明(圧縮機の単体試運転、MOTOR、LO設備品)  
③:試運転ベンチ据付状態説明
- 発生した事象:(API617規格)非同期成分の振動値NG
- 原因推定:①振動因果マトリクス、過去のトラブルから原因洗い出し  
:②洗い出した項目の検討  
:③**機械構造等の再調査(後戻り)**
- 解析データ分析:振じり振動シミュレーション
- 対策&結果
- 教訓

### 対象機械①:1段ギア内臓型ターボ圧縮機(2台口)

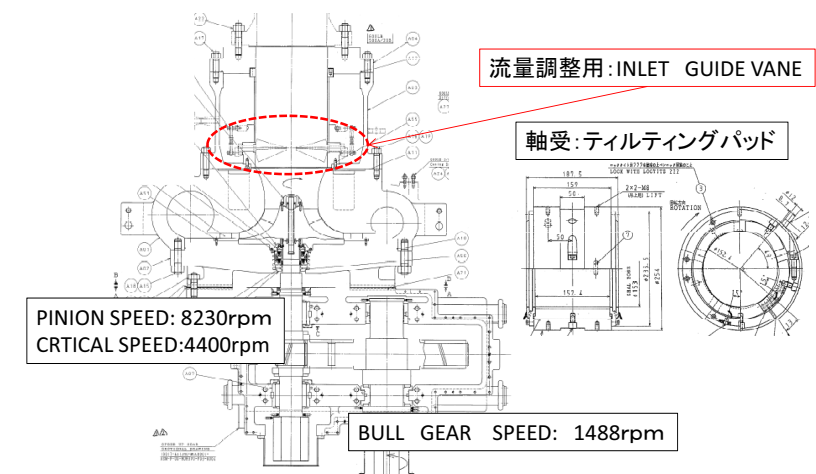
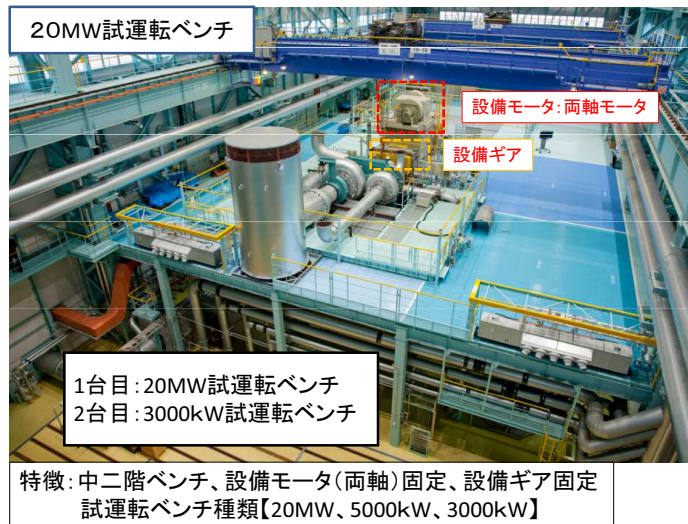
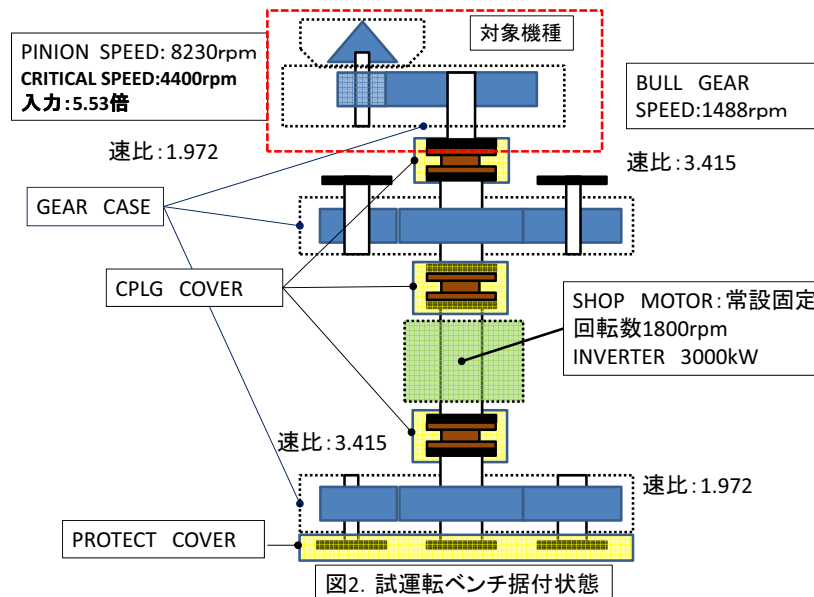


図1. 1段ギア内臓型ターボ圧縮機

## 対象機械②：KSLの試運転ベンチ説明



## 対象機械③：試運転ベンチ据付状態の模式図



## 発生した事象：非同期成分NG

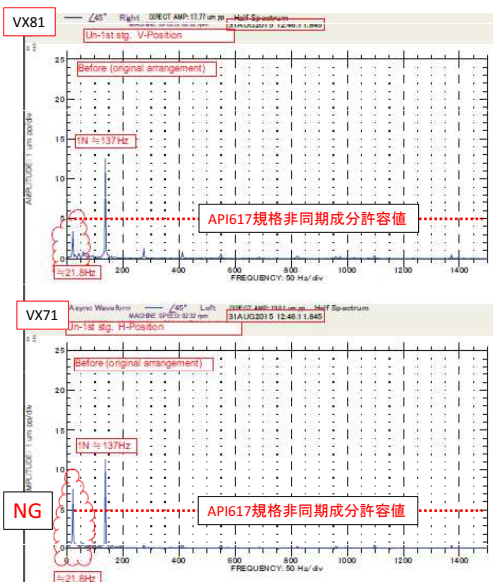
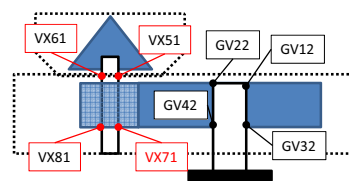


図3. 非同期成分発生

### ◆ 振動計取付位置: GE(Bently)



◆ API617規格: 振幅OA: 25.4μm  
非同期成分: 5μm以下OAの20%以下  
NG成分: 21.8Hz  
※BULL GEARの1N成分: 24.7Hz

結果: 非同期成分NG

## 原因推定①：振動因果マトリックスより原因洗い出し

原因	回転数成分						振動幅関係	変調	位相変動
	低回転数 (0.3~0.9)X	0.9X	1.0X (0.5~1.0)X	X	2X	3X			
ロータ異常	**		***						
据付不具合	**		(*)	**	**	*			
歯車			**	**	**	**	**	**	**
流体機械	***	**	***	*	*	*	***		**
ゆるみ、ガタ	**	**	**	*	*	*			**
不安定発生	**	**	**	*	*	*			**

故障の型	特性
1. 潤滑不良	潤滑不良
2. 軸受異常	軸受異常
3. 歯車異常	歯車異常
4. 流体機械異常	流体機械異常
5. 振動伝達	振動伝達
6. 共振	共振
7. 非同期成分	非同期成分
8. その他	その他

◆ 非同期成分に関連項目抽出: ①接触、②旋回失速、③ゆるみ&ガタ、④オイルホワール、⑤ブレード、シール不安定、⑥振り振動

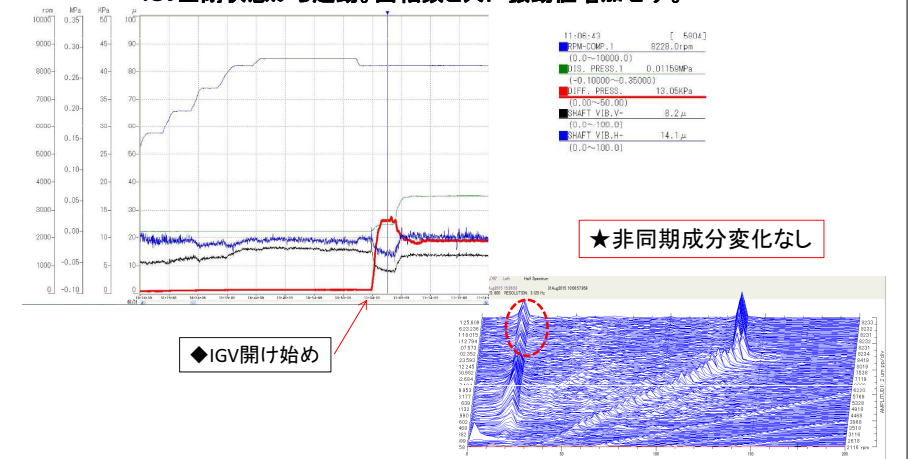
## 原因推定①：過去のトラブルより原因洗い出し

7. 振動計の組み合わせの違い、ノイズの影響  
: 振動計プローブ、延長ケーブル、プロキシミッターの組み合わせ間違い  
およびそのコネクタの緩みが原因  
※過去の検証: 15%程度の測定誤差有り。
8. アース線未接続によるノイズの影響
9. 配管からのもらい振動の影響
10. 他の機械からのもらい振動

## 原因推定②：洗い出した項目の検討①

◆要素因果マトリックスおよび過去の経験からの仮説:

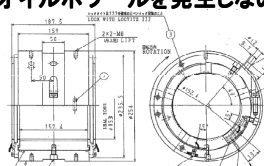
1. 接触: 組立隙間記録で問題ないことを確認した。  
また時間経過と共に位相の変化が見られない事から接触はないものと判断した。
2. 旋回失速: IGVの開度を変化(全閉⇒全開)させても非同期成分に変化観られず  
IGV全閉状態から起動。回転数と共に振動値増加せず。



## 原因推定②：洗い出した項目の検討②

◆要素因果マトリックスおよび過去の経験からの仮説:

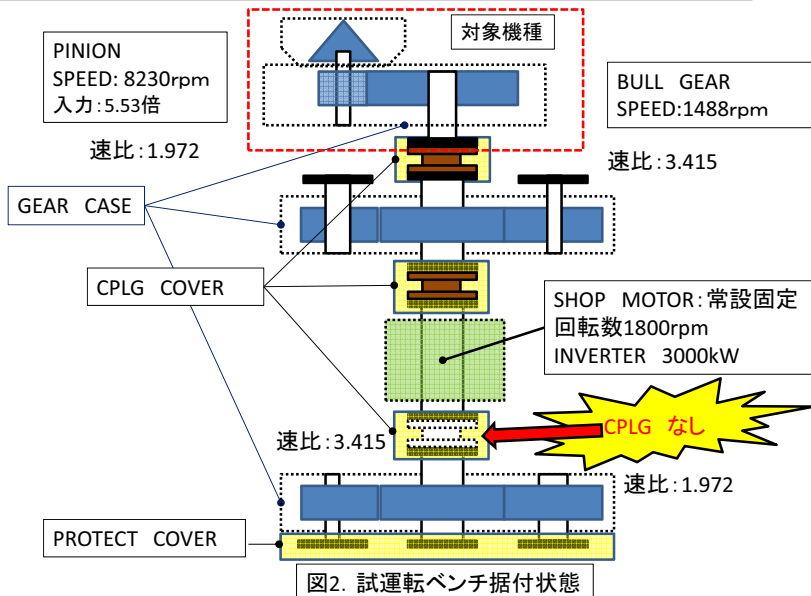
3. 緩み、ガタ: 分数調和振動発生していない。  
またボルトを締めなおしても非同期成分に変化観られず  
⇒主原因でなし。
4. オイルホワールの影響  
: 軸受けがティルティングパット(5枚)となっており、オイルホワールを発生しない。  
⇒分解したが固着しておらず主原因でなし。
5. ブレード、シール不安定: 荷荷を変更しても非同期成分に変化みられず。  
⇒主原因ではない



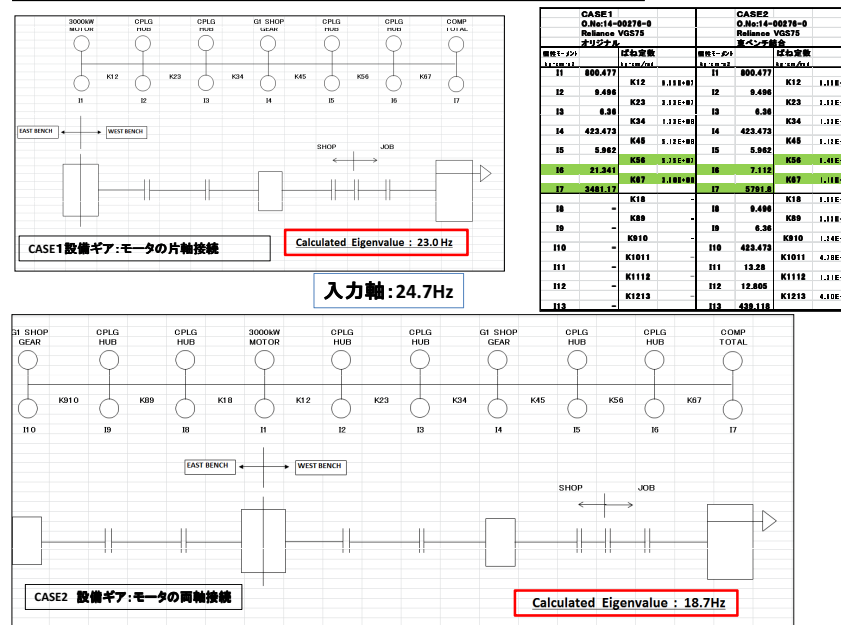
## 原因推定③：洗い出した項目の検討③

6. 振じり振動による影響:  
振じり振動解析により振じり振動周波数(18.7Hz)と回転周波数(24.7Hz)とが十分に離れていた  
為に主原因でないと判断した⇒後で発覚するが、この判断が問題あり。
  7. 振動計の組み合わせの違い&コネクタ部の緩み  
: 振動計の組み合わせをカタログNoにより確認したが正常の組み合わせで有る事判明  
またコネクタ部の緩みを確認したが問題なし⇒主原因ではない
  8. アース線未接続によるノイズの影響  
: アース線に接続し、再度測定したが、非同期成分の振動消えず  
⇒主原因ではない
  9. 配管からのもらい振動: サポート本数を増やしたが、非同期成分の振動消えず  
⇒主原因ではない
  10. 他の機械からのもらい振動:  
試運転棟にて今回対象機械以外停止している時間帯に運転を実施したが、非同期成分  
の振動消えず⇒主原因ではない
- 仮説で挙げた原因に主原因が見つからなかった為にベンチ状況を再調査した。  
⇒使用していない側の設備ギアが接続されていなかった事が判明した。

### 原因推定③：機械構造等の再調査



### 4. 解析・データ分析: 捩じり振動解析



### 5. 対策 & 結果: 設備ギア接続①

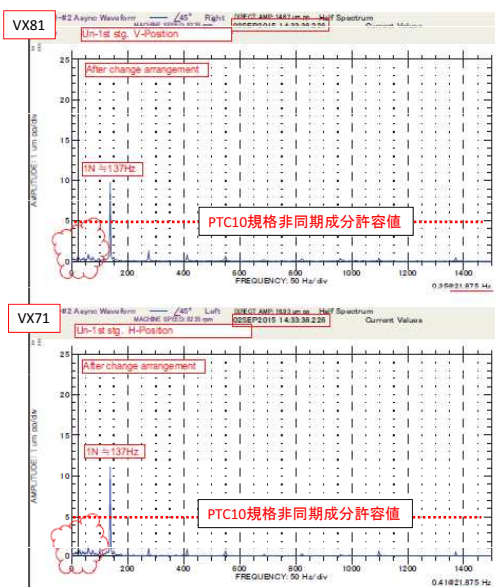
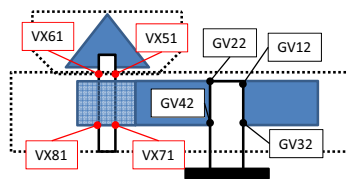


図4. 非同期成分発生

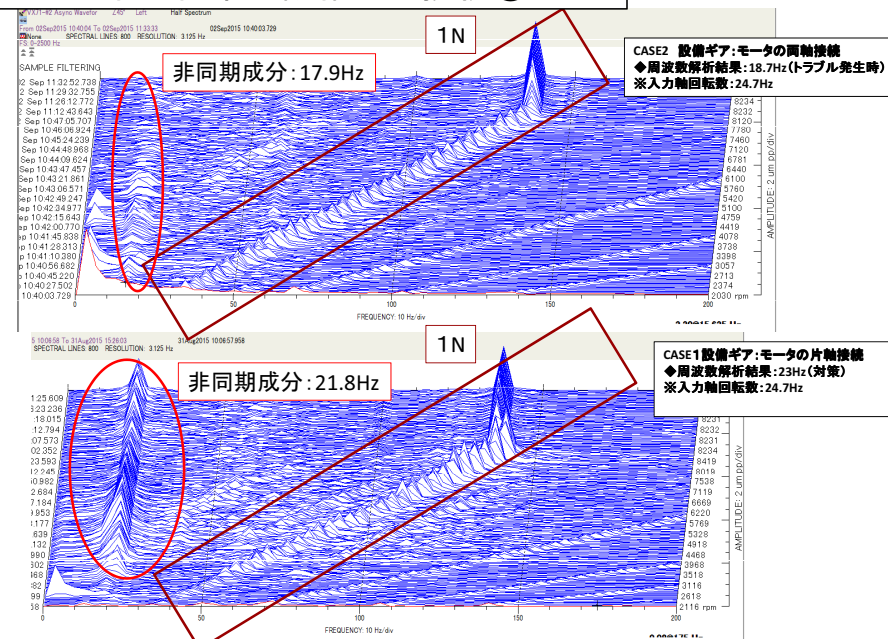
◆ 振動計取付位置: GE(Bently)



◆ PTC10規格: 振幅OA: 25.4μm  
非同期成分: 5μm以下OAの20%以下  
※ BULL GEARの1N成分: 24.7Hz

結果: 非同期成分問題なし

### 5. 対策 & 結果: 設備ギア接続②



## 6. 教訓:

・今回ベンチ改造工事の為設備ギアを移動させた。この情報をキャッチしていたが、工事が終了して設備ギアを据え付けて設備モータとのカップリング部にカバーが取り付けられた状態であった為接続された状態であると思い込んでしまった。  
この思い込みにより後戻りになり対策に時間を要してしまった為他のオーダの工程に影響を与えてしまった。

・今後の対応  
試運転ベンチの設備ギアが接続されているかどうかを確認する為試運転チェックシートにその項目を盛り込んだ。