

# レーザーアライメントシステムを活用した 回転機芯出し作業の品質向上・時間短縮と 技能伝承問題の解決策

(有)ティティエス 滝野 昌彦

## 1. はじめに

回転機の芯出し作業(シャフトアライメント)とは、モータとポンプなど二つ以上の機器で、動力軸からもう一方の軸に動力を伝達するため軸同士を結合する際、それぞれの回転軸の回転中心線が運転状態で同一線上に位置するように調整配置する作業のことであることは広く知られており、その作業は業種問わず回転機が存在する様々な生産現場で行われている。この芯出し作業で最も重要とされるのは、品質である。これは、回転機の寿命やMTBFに大きく影響するためであり、実際に芯出し作業に携わる技術者はもちろんのこと、回転機保全に携わる方全般で、その重要性は認識されている。しかしながら、一概に品質と言っても、その要求精度は設備の回転数・カップリングの種類などによって異なるものの、目標値に対して非常に高い精度を求められることが多い。その理由として、回転機における異常振動の発生は、軸受を含めた回転機部品に対して悪影響を及ぼす可能性が高く、回転機そのものの健全性を損なう恐れがあるためである。

しかし、ここで見落としがちであるのが、作業に関わる時間の重要性である。芯出し作業は回転機整備の最終工程であるため、作業時間の増減はメンテナンスコストへの影響だけでなく、「生産機会損失」へ直結する可能性もあり、本来であれば品質と同じレベルで捉えるべく重要なポイントである。

芯出し作業における確かな品質と作業時間の

短縮は、長い経験に基づいた熟練技術が必要とされる。日本の現場ではその熟練技術者が多数活躍していたが、近年多くの現場で課題として挙げられているベテラン技術者の引退、ベテランから若手への技能伝承は回転機の芯出し分野でも同様である。このような背景から、熟練の経験を必要とする部分を機械でカバーできるレーザーアライメントシステムの市場は確実に広がりをみせている。

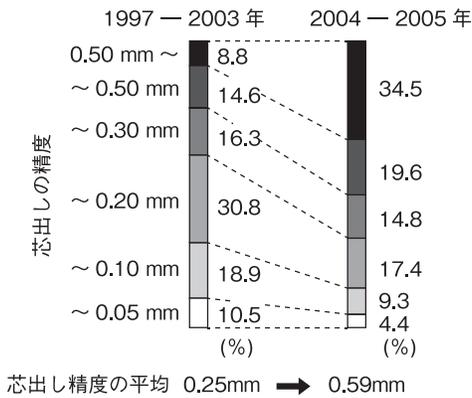
本稿では、芯出し技能の変遷と市場の変化、最新のレーザーアライメントシステム活用の重要性ならびにその国内での適用事例を紹介する。

## 2. 芯出し作業における現状の課題

近年、若手作業員による芯出し作業の品質低下と、作業時間の長さについての問題が顕在化してきている。これは、前述のように芯出し作業の技能伝承の難しさに起因すると考えられる。

芯出しの品質について、過去、プラントで稼働している735台の回転機の芯出し精度を調査したデータがある。1997～2003年に調査した465台の回転機では、一般的な芯出し許容値とされる0.05mm以内の精度に収まっているものは、全体の10.5%、0.1mm以内は、全体の29.4%を占めていた。0.5mm以上ズレが生じている悪い状態と言える設備は全体の8.8%のみであったが、2004～2005年にかけて調査した270台の回転機では、0.05mm以内の精度に収まっているものは全体の4.4%、0.1mm以内は全体の13.7

%と1997～2003年の調査に比べて半分以下、0.5 mm以上ずれている悪い状態と言える設備は、34.5%と逆に約4倍に増加していた（第1図）。



第1図 芯出し精度の変化

作業時間については、芯出し作業そのものの長さもさることながら、想定していた時間内に作業が終了しないという声が多数聞かれている。

特に、従来は定時内で完了していた作業が、残業をしても完了しないなど問題が顕在化してきている。

### 3. 芯出し作業における

#### ツール（測定器）の変化

これまで、一般的に回転機の芯出し作業を実施する際は、ダイヤルゲージが使用されてきた。通常使用されるダイヤルゲージは、1/100 mmまでの精度が測定可能であり、正しく使用することができれば高精度で測定できる測定器である。

しかしながら、前述の通り、芯出し作業の品質・作業時間における課題が顕在化している昨今の市場では、レーザーアライメントシステムの活用が拡がり、芯出し作業における様々な課題を補うことができる測定器として認識されている。

レーザーアライメントシステムは、芯出し作業を効率的にかつ経験が少なくても実施できるように欧州（ドイツ）で開発されたシステムで

ある。1980年代に、初めて欧米の市場に登場し、30年以上が経過した現在まで、精度・操作性共に常に改良が進んできた。ある意味、光学分野でもあるレーザーアライメントシステムの開発は、ドイツを中心とした欧州を主として進んでおり、現時点においても生産・開発メーカーは欧州のみに存在している。

日本市場においては、当社が1985年に1号機を市場へ投入して以降、暫くは目立った市場への拡がりはなかったものの、2000年代に入り飛躍的に市場での需要が高まっている。この現象は、前述のベテラン技術者の引退と技能伝承が背景にあると考えており、当社においては、2010年から2020年までの10年間で、年間販売台数は2倍に達しており、このことからレーザーアライメントシステムの必要性と共に、芯出し作業の技能伝承の難しさを表している。

### 4. レーザーアライメントシステム

システムは、レーザー発射器、レシーバ、プラケット（取り付け治具）、コントロールユニットなどで構成されている（写真1）。最新モデルはタッチパネル方式となっており、これまでのレーザーアライメントシステムと比較し、より直感的に操作できるように改良されている。

レーザー発射器とレシーバの距離は10mまで離れても測定が可能であるため、面間距離が長い場合でも、レーザー光はダイヤルゲージのよ



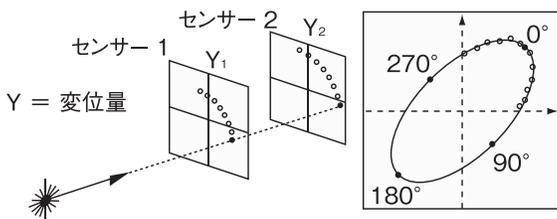
写真1 レーザーアライメントシステム

うな治具などのたわみがなく、高精度の測定が可能となる。また、測定中の振動や軸の回転のスムーズさなどもモニタリングされており、測定時の品質も定量的に確認できる。

#### 4-1 レーザーアライメントシステムの測定原理と要領

レーザー発射器を基準（固定）機側、レシーバを修正機側のカップリングまたは軸に取り付け軸を回転させる（共回し）。カップリングに仮ボルトを取り付け、同期させて回転することができれば、より容易にかつ品質良く測定することが可能となる。

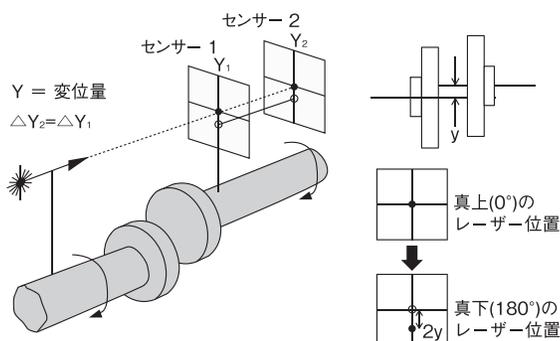
回転軸の芯がずれる、ミスアライメントが生じている場合、回転にともないレシーバ内部のレーザー受光位置が変化していく。レシーバ内部には二つの検出面（第2図）と回転角度を検出するための傾斜計が内蔵されており、それぞれのXY座標の変化を記録することで、1組のレーザー発射器とレシーバのみで、上下左右方向のオフセット（芯ずれ：回転軸心間の距離）とギャップ（面開き：回転軸の面間距離の差）を同時に測定・算出できる。



第2図 2面検出によるデータ測定

##### (1) オフセット（芯ずれ）の測定

レーザー発射器とレシーバを設置した軸を回転させた際に、面開きが無くオフセット（芯ずれ）のみが発生していると、検出面1（センサー1）と検出面2（センサー2）のレーザー検出座標（Y座標）が同じ量変化する。この変化量からオフセット量を求めることができる。仮に上下方向のオフセット（芯ずれ）量がyあった場合、真上（0時）から真下（6時）へ軸を回

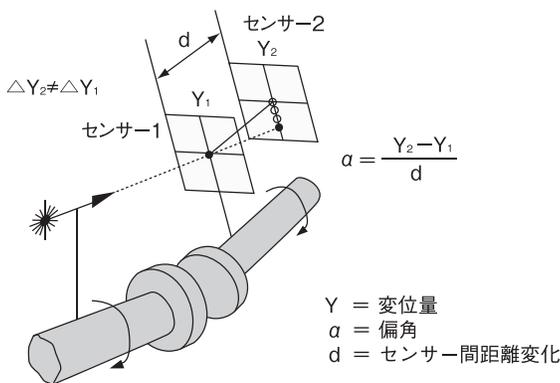


第3図 オフセット（芯ずれ）量の評価

転させると、レシーバはyの2倍の変化量（2y）を検出する（第3図）。

##### (2) ギャップ（面開き）量の測定

回転軸芯に角度ずれが生じていると、軸を回転させた際に、2枚の検出面（検出面1と検出面2）を通過するレーザーのY座標の変化量に差異が生じる。その差異の量から回転軸芯の交わる角度を算出することができる（第4図）。



第4図 ギャップ（面開き）量の評価

しかしながら、従来のダイヤルゲージなどの芯出しでは、角度の芯ずれはギャップ（面開き）で測定・評価されることが多かったため、レーザーアライメントシステムでも同様の表示が必要とされる。数値の変換は、カップリングのサイズ（直径）を入力することで、三角関数の計算から角度をギャップ量に変換し表示することができる。

## 4-2 レーザーアライメントシステムの機能

レーザーでの測定には共回しが必要であることを述べたが、大型の回転機など、同期させながら共回しができない場合などもある。その場合、設備の状態に応じて測定モードを選択することで様々な回転機での測定に対応することが可能となる（第1表）。

第1表 測定モード

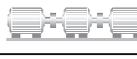
測定モードの種類	特長	カップリング状態
連続	カップリングを統合したまま軸を回転させて測定	結合
マルチポイント	レーザー発射機とレシーバを任意の角度で位置合わせて測定	結合/分離
固定点	45度毎の決められた角度で測定	結合/分離
パス	レーザーが検出面を通過する時に自動で測定	分離

さらに、長年使用されてきた設備では、ベースに歪みが生じており、設備のガタやモータ側の修正だけでは芯出しができないことがある。また、運転時に熱を持つ設備では、あらかじめ冷間時に運転状態を考慮してオフセットをつける必要があるものがある。レーザーアライメントシステムでは、そのような現場ならでの様々な状況や各種の回転機に対応できるよう、第2表に示すような機能が備わっている。

### 4-3 修正とデータ確認・保存

測定が完了すると、即座に測定値が表示され修正量（垂直方向：シムライナー量、水平方向：移動量）ならびに修正方向が表示される。横移動については、修正量の表示だけでなく、修正作業時の設備の移動量をリアルタイムにモニタリングすることができる。そのため作業者はコントロールユニットの画面で、脚のボルトを縮

第2表 レーザーアライメントシステムの機能

横型・縦型機械の芯出し	
機械列の芯出し	
脚のガタ(ソフトフット)の確認と修正	
基準機、固定脚の変更	
目標値設定と熱成長補正(オフセット芯出し)	
スベアサー軸やカルダン軸の設定と結果表示	
レシーバの測定範囲の拡大	
周囲の振動測定	

め終わるまで、常に正確に設備の移動量を把握しながら修正できるので、的確な修正が可能となり、品質の確保のみならず、修正作業の回数を減らすことから作業時間の改善にも繋がる。

また、レーザーアライメントシステムは、記録を全てデジタル保存できる。そのため、現場立ち会いによるその場での記録確認をなくし、待ち時間などのロスをなくしている事業所もでてきている。

ダイヤルゲージで測定した場合は客観的な記録を残すことは難しいため、立ち会いにて都度数値を確認することが一般的であったが、立ち会い者の都合と芯出し作業の進捗度合が必ずしも一致しないため、芯出し作業は完了しているにもかかわらず立ち会いによる最終確認ができず、作業者が長時間待たされることがあった。場合によっては、日を改めて立ち合い確認作業をすることも発生していた。立ち合い確認作業が先送りされた場合には、気温などの環境の変化によりダイヤルゲージの測定値が変化することもあり、再測定時に許容値を外れた場合は、再度芯出し修正が必要な場合もあった。

レーザーアライメントシステムでは、コントロールユニット内にデータを保存することができ、かつデータの改ざんはできない仕組みと

なっている。また、PDF形式でレポートを出力することもできるため、現地立ち合いによる確認作業を必要とせず、保存・出力された記録を確認することで、効率化が図れることから、芯出し作業全体の時間課題を解決する有効的な手段として用いられている。

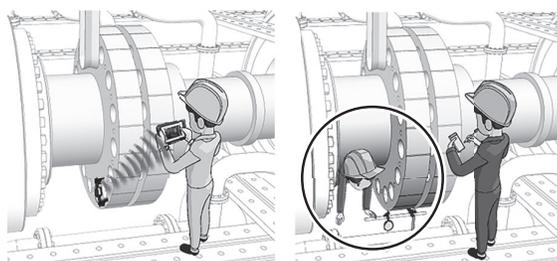
## 5. 実プラントへの適用・工期短縮事例

### 5-1 電力会社 発電主機への適用

発電効率の良いコンバインドサイクル発電を採用している発電所の定期整備において、工事期間の短縮を目的として、レーザーアライメントシステムが採用された。対象設備は、高圧蒸気タービンとガスタービン間、低圧蒸気タービンと発電機間の芯出し作業に適用された(第5図)。

従来のダイヤルゲージによる作業では、軸の真下である(180°側)などは十分にスペースがないため作業性が悪く数値の読み間違いなども発生する状態であった。レーザーアライメントシステムではレーザー発射器/レシーバとコントロールユニット間が無線通信であるため、無理のない体勢でコントロールユニットの画面を確認しながら測定できるため、ヒューマンエラー防止につながった(第6図)。

従来方法であるダイヤルゲージの芯出し作業では、高圧蒸気タービンとガスタービン間で1~2日の作業時間を要していたが、レーザーアライメントシステムによる芯出し作業では、作業時間は半日~1日に短縮することができた。また、低圧蒸気タービンと発電機間も同様で、作業時間を約1/2に短縮可能なことが確認された。



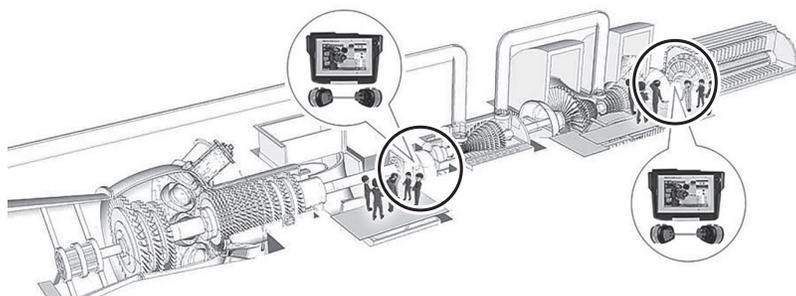
レーザーアライメントでの測定

ダイヤルゲージでの測定

第6図 測定状況の違い

レーザーアライメントシステムを導入することによって工期短縮できた要因としては以下が挙げられる。

- ① 測定精度が高く、信頼性の高いデータが取得できる。また、繰り返し精度も高い。
- ② 測定結果から、自動で修正量と修正方向を算出し、コントロールユニットの画面に表示してくれるため、すぐに修正作業に取り掛かることができる。
- ③ 薄いシムライナーを多数使用するとボルトの締め付け時に高さが変化し、再現性が低下しやすいが、上下方向の修正量はシミュレーション機能があり、手持ちのシムライナーの厚みに合わせて最適な組み合わせを決めることができ、修正回数を減らすことができる。
- ④ 左右方向の修正は、設備の移動量をリアルタイムでモニタリングできるムーブ機能があり、コントロールユニットを作業者の近くまで持って行き画面を見ながら横修正やボルトの締めつけ作業ができるので修正



第5図 レーザーアライメント適用箇所

回数を減らすことができる。

発電所の主機クラスの大型回転機は、1度の修正（シムライナーの調整や横移動）に多くの時間を要するため、修正回数を一回減らすことができるだけで大幅な時間短縮につなげることが可能となる。レーザーアライメントシステムによる芯出し作業では修正回数を少なくできるため、従来の1/2といった大幅な工期の短縮が可能となった。

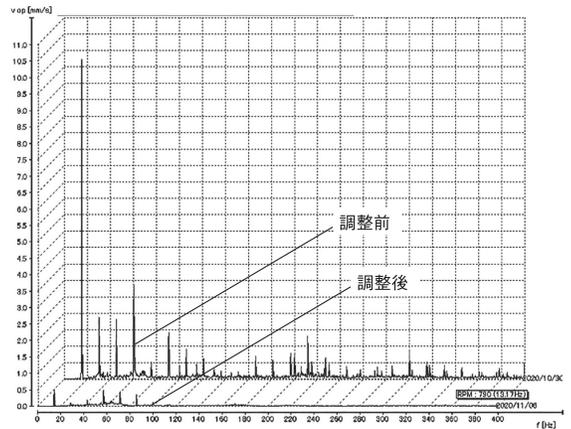
### 5-2 化学会社での取り組み事例

ある化学会社では、作業効率化の観点から新技術の動向を幅広く情報収集し、有効性が認められる技術については積極的に導入検討されている。その取り組みの一環として、レーザーアライメントシステムによる芯出し作業が導入された。これまでは、ダイヤルゲージを使用し、作業者の経験に頼っていたため、高品質な芯出しができず、突発故障を起こすこともあった。突発故障が発生し生産が停止すると数千万円/日の生産機会損失につながることになる。

ある設備で、稼働中に振動を測定したところ、ISOの判定基準で最も危険な“警告”の領域を示している設備が見つかった。振動の原因は芯出しに起因すると考えられたため、設備を停止させ、レーザーアライメントシステムを使用した芯出し作業を実施する計画が立てられたが、折しも作業当日の朝、設備停止直前にカップリングが破損する突発故障が発生してしまった。急遽、カップリング交換作業が実施され、芯出しには、レーザーアライメントシステムが使用された。その後、運転を再開して振動を測定したところ、振動値が1/10以下に低下したことが確認された（第7図）。レーザーアライメントにより芯出し精度が向上し、振動値をISOの判定基準で問題ないレベルまで低下させることができたため、今後は突発故障の撲滅や、設備の寿命延長が期待される。

## 6. おわりに

本稿で紹介した二つの事例では、レーザーア



第7図 レーザーアライメント前後での振動比較

ライメントシステムを実プラントに適用することで、大幅な作業時間短縮が期待できることが確認できた。

また、レーザーの直進性やデジタル化された測定は、ヒューマンエラーの防止や、測定データの品質向上に有効であり、より信頼性の高いデータの取得が可能となる。これらのデータを客観的に確認することは芯出し作業の品質を向上させる。このことから、品質のみを重視している昨今の芯出し作業において、作業時間短縮のメリットも享受できることが証明された事例でもある。

今後、技能が必要とされるメンテナンスの分野はますます人材の確保が難しくなるが、コストに直結する一定以上の品質と作業のスピードは更に求められることが想定されることから、技能をツールなどによって補い、効率化、標準化を図ることが必要になってくると考えられる。本稿が皆様の課題解決の一助になれば幸いである。

### 【問い合わせ先】

(有)ティティエス

URL : <https://www.tts-inspection.com/ja/>