

▷ TTS

ターボテクノエンジニアリング

ターボリペアのスペシャリストが語る

「壊れ方」と「治し方」

ターボテクノエンジニアリング(TTS)は、あらゆるタイプのターボチャージャー(T/C)を取り扱う。その仕事は「壊れたT/Cの再生」であり、分解・洗浄から再組み立て・検査までの全工程を社内で行なう。同社の再生工場をひとつお見学すると「T/Cのトラブル」が見えてくる。

TEXT & PHOTO: 牧野茂雄 (Shigeo MAKINO) PHOTO: 山上博也 (Hiroya YAMAGAMI)

工業製品である以上、どんなパーツもある確率での故障という宿命を背負っている。ターボチャージャー(以下=T/C)も故障と無縁ではない。しかし、直すことはできる。T/Cのリビルド(再生)を専門に行なうターボテクノサービスグループ(TTS)のターボテクノエンジニアリング(埼玉県桶川市)で、不具合が出たT/Cの修理現場をひとつお見学させていただいた。そこは「直す」と書くよりも「治す」という表現のほうが似合うターボの病院だった。

下の写真はT/Cリビルドの終段、組み立て前の検査である。タービンホイールとコンプレッサーホイールをつなぐシャフト部分を覆うベアリングハウジングを手に持ち、タービンホイール側に圧搾空気を流すと、ヒューンという音とともにタービンが回る。その軸は反対側のコンプレッサーホイールとつながっているからコンプレッサーも回り出す。回転の上昇に連れて、





ターボテクノエンジニアリング
代表取締役

井上勇之助
Yunosuke INOUE



ターボテクノサービス
販売促進部

伊東秀訓
Hidenori ITOH



アルミ製コンプレッサーホイールが真っぶたつに割れた例。高速回転すると遠心力が働き全体が膨張する。停止すれば収縮する。これを繰り返すうちに内部の金属組織が疲労し、限界に達すると爆発する。対策として近年はシャフト穴が貫通していないタイプが出てきた。

まるでサイレンのような音が出る。

「この外側にタービンハウジングとコンプレッサーハウジングがかぶさりますから、運転中にはこんなに大きな音は聞こえませんが、それぞれに固有の音があります。こうして手で持って回すと、たとえばシャフト内に小さなゴミが混入していたり組み立てが正確でなかったりすれば、必ず余分な振動が出て手に伝わります。それを見るための工程です」

触診だ。手で雑振動を感じたりや耳に濁った音を感じたりしなければ、空気の流れとなるハウジングをかぶせてボルトを締める。

「このコンプレッサーホイールは新品です。ほかの部品はできるだけ再生するのですが、性能を保証するため鍛造アルミ材からの削り出し品を使います」

西社長が言う。もともとのコンプレッサーホイールが鍛造品だったT/Cも、リビルド品では切削加工品に交換する。切削のほうが耐久性や強度、剛性に優れるためだ。「オリジナルを超える」ことが西社長の方針である。

T/Cユニットは高価であり、補修パーツとして購入すると車種によっては50万円にもなる。だからリビルドの需要がある。7~8年前にTTSを訪れたときには、軽自動車用T/Cが多かったが、現在は商用車ディーゼル用T/Cが全



耐熱合金で作られているタービンホイールは、さすがに真っぶたつに割れることはないが、このように翼の先端がちぎれたり変形したりするトラブルがVG(可変ジオメトリー)T/Cで起きる。翼の枚数だけ周囲にスリットがあるため、排気脈動と翼の共振点が一致する過回転域で激しい共振を起こし、翼の先端がちぎれて飛んでいく。



TTSホールディングス
代表取締役CEO

西和己
Kazumi NISHI

体の約7割を占めるという。

「2005年頃に中小型トラック、10年ごろからは大型トラックとバスが過給ディーゼルに切り替わりました。トラックは走行距離や使用期間が長いですから、T/C導入初期のクルマにトラブルが発生する時期になりました。いろいろなT/Cが入ってきますよ」

西社長は、同社がリビルドT/Cを販売した相手先から送られてくる「エンジンから取り外したT/C」を見せてくれた。リビルドT/Cを販売した場合は、取り外したもとのT/Cを必ず引き取るそうだ。引き取ったT/Cを分解・整備し再生するのだ。引き取り品がなければ次にリビルドする素材がない。

「T/Cの状態を見れば、何が原因でこうなったか、壊れ方がだいたいわかります。引き取ったT/Cは汚れを落としながら入念に分解し、どのような状態だったかの情報を送り主に伝えます。

これがそのチェックシートです」

数十項目におよぶ詳細なチェックシートだった。分解を担当したスタッフの所見も記入されている。T/Cを取り外して分解し、内部まで点検しなければ、どのような不具合だったのかは正確にわからない。原因がわからなければ対策は取れない。送り主にT/Cの状態を正確に伝え、トラブル軽減に役立ててもらおうのだ。

「T/Cを交換してもエンジンの調子が悪いという例があるのです。とくに商用車用のターボディーゼルです。従来の半分くらいまでエンジン排気量を減らしてT/Cに仕事をさせ、しかも排気を後処理してPM(微粒子状物質)を除去しています。何か不具合があって診断機をつなぐと、たとえT/Cが正常でVG(可変ジオメトリー)のアクチュエーターだけが故障している場合でもエラーコードは『T/C不良』になります。つまり、このときにT/Cを交換して

リビルド品との交換で届くターボ

TTSが供給するリビルド品は、何かトラブルがあってエンジンから取り外されたユニットがベースになる。リビルド品を購入した顧客から送られてきたT/Cは、まず受け入れ検査でおおまかな状況が記録される。当然、破損しているものもあり、破損の状況もチェックされる。最初のクオリティゲートである。



受け入れ検査が終わると、ターボの型番と搭載車種、ユーザー名などが書かれたタグが取り付けられる。基礎的な情報だが、ユーザーの使い方を想像できるため分解作業に役立つという。



慎重に、再利用を考えて分解

長年の使用で部品同士は固着しており、タガネを差し込んでハンマーで叩かなければボルトも外れない状態だ。この工程では、部品を傷つけないよう慎重に分解作業が行なわれる。同時にチェックシートにT/Cの状態を記入していく。作業台正面の壁面に整然と並べられた工具類はT/Cの分解に特化したものばかりであり、これも興味深い。

力任せにハンマーで叩いてはいけない。様子を見ながらの作業である。T/Cの分解になれたフタッフは、みるみるうちに部品を取り外していく。ものの数分でベアリングハウジングだけになる。



もあまり意味がないのです。大元の原因を対策しないとイケません」

現在の過給ダウンサイジングT/Cは、昔とはトラブルの傾向が違うのだろうか。

「国産乗用車にT/Cが出回り始めたころは、T/Cの温度が高い状態でエンジンを切るホットシャットダウンによって燃料中のカーボン（炭素）成分があちこちに付着し、オイルの劣化を招き、最終的にT/Cベアリングのトラブルに至るといった事例がたくさんありました。水冷化によってこの現象はほぼなくなりましたが、現在はブローバイガスの循環によるオイル吸い込みが問題のひとつです。ブローバイを大気開放せずT/Cの手前で吸わせているので、ディーゼル用VGターボのベーンなど可動部分やアクチュエーターにカーボンが付着し、最終的に電気系トラブルになる例です」

機構が複雑になり可動部分が多くなると、それだけトラブルの確率も増える。これはすべての機械に当てはまることだ。

「VG特有のトラブルはT/Cの過回転（オーバーラン）です。VGの可動ノズル部分や、そこに連結されている部品が固着してくるとベーンの動きが鈍くなります。エンジン回転が上昇してもベーンが開かず、排気エネルギーが大きくなりT/Cの回転数がどんどん上昇し、しまいには過回転になります。VGでは翼の数だけ周囲にスリットがあり、そこに排気脈動が生じます。規定内の回転数なら問題ないのですが、過回転域で排気脈動と翼の共振周波数が合ってしまうとタービンホイールの翼が共振し、先端がちぎれて吹っ飛んでしまうことがあります。高サイクル疲労破壊です。初期のVGターボには回転センサーがなかったため、このトラブルが結構ありました。現在はタービンがオーバーランないように回転センサーで監視するようになりました」

翼がちぎれて破損してしまったタービンホイールを見せてもらった。インコネルやGRMといった耐熱合金でできているタービンホイー

ルも、想定外の振動ではひとたまりもないのだろう。粘土細工かと思えるほど翼のあちこちがちぎれていた。

「コンプレッサーホイールもバーストするんですよ」と西社長は、今度は真っぶたつに割れたコンプレッサーを見せてくれた。

「これもVGに多いトラブルです。通常のT/Cに比べてVGターボは回転数の変動と回転・停止の繰り返しが多いので、アルミ製のコンプレッサーホイールは遠心力にさらされるうちに内部の金属組織が疲労し、最終的には疲労破壊を起こします。ひどい場合は、このように割れます。ですから我われは、鍛造アルミから翼を削り出した丈夫なコンプレッサーホイールをリビルド品に取り付けているのです」

訊けばこの丈夫な交換部品は「5軸の切削加工機で削り出す」という。これは外注である。さまざまなT/Cのリビルドを行なうなかで、コンプレッサーホイールの強度と剛性を高める必要性を感じたようだ。

とことん汚れを落とす

表面にオイルがこびり付き、それが高温で焼け、赤茶色に変色しているベアリングハウジング。真っ黒になったタービンハウジング。ものと素材がわからなくらいに変色したウェストゲートを開け閉めするアクチュエーター。これらはみな何工程かに分けて洗浄され、リビルドに耐えられる状態まで徹底的に掃除される。



脱脂を行ない、酸で赤錆を落とし、アルカリで黒錆を落とす。ちょうどいい温度になるようバットにはヒーターが差し込まれる。釜で焼いたあとは洗浄作業が格段に楽になるという。



だいたいの汚れを落としてから高圧洗浄を行なう。ここまでの工程でほとんどの汚れは落ちるが、しつこい汚れが残っている場合はガラス、ジルコニア、アルミナなどを用いたブラスト処理が行なわれる。

分解した部品はこの釜に入れ、ゆっくり600℃まで加熱し、再びゆっくり温度を下げるという1サイクル6時間の加熱を行なう。釜から出ると、ハウジングに付着している層状の汚れが面白いくらい手で落とせるようになる。



欠損や変形は元どおりに修復

洗浄を終えると形状の検査が行なわれ、欠落している部分があれば修復を行なう。右の3つ並んだハウジングは右が欠落あり、中央が補修用コマ（当然同じ材質）を圧入したところ、それを切削して元の状態に復元したものが左。左のベアリングハウジングも同様で、再使用に耐えられる状態に修復される。タービン/コンプレッサーの翼が飛散してズタズタになったハウジングも元どおりになる。



「中小型トラック、2～4トン級のディーゼルT/Cには、また別のトラブルがあります。大型トラックは長距離巡行が多いのでDPF（ディーゼル・パーティキュレート・フィルター）にたまったPMは定常走行時にリジェネレーション（再生）できますが、中小型は市街地走行が多く定常走行がほとんどないので、なかなか再生する機会がないのです。しかし、どんどんPMをDPF内に堆積させるわけにはいかないので、あるところで燃料を余分に吹いてDPF内のPMを燃やす必要があります」

ディーゼル乗用車もそうだが、DPF再生しても差し支えないような一定速度での巡行を車載コンピューターは探す。だから高速道路に入っただけでDPF再生が始まることが多い。

「再生の機会がなくても、どうしてもなくなる前に再生が始まります。上死点後に燃料を噴いて未燃成分をDPFへ送るのですが、過渡域での再生は燃料成分がエンジンオイルに混ざりやすいのです。燃料が混ざるとオイルが希釈さ

れます。これがT/Cのベアリングトラブルを引き起こします。最近の過給ディーゼルのオイルレベルゲージは『H』よりさらに上に目印がありますが、これを超えたらオイル交換が必須という目安です」

だからDPF専用の燃料インジェクターを持つディーゼルが増えているのだろう。排ガス規制が厳しくなりCO₂規制も厳しくなった。圧縮着火と相性がいい過給に排ガス後処理系を組み合わせる対策しようというのが現在のディーゼル車だが、そこには意外な落とし穴もあったということだ。

「路線バスは車庫を出る前にDPFを再生させています。旅客輸送ですから、走行中のトラブルは絶対に避けたいのです」

T/Cがオイルを吸い込んだ例も見せてもらった。高熱にさらされているT/Cだから、オイル中の炭素成分はすすになってハウジングにこびり付く。たとえば、この黒い塊がこぼれ落ちてDPF内にたまったらどうなるだろう。

「何かの拍子でそこに火が着けばDPFが壊れます。オイルがらみのT/Cトラブルでは、その昔はインタークーラーにオイルが溜まり、何かの拍子で着火するという現象がありました。ガソリンエンジンならかぶるだけですが、ディーゼルだと着火してしまうのですよ。一度火が着くと、オイルがどんどん入ってきてエンジンを切っても燃え続けることがあります。エンジンを切ると、今度はオーバーランです」

たしかに高温の排気とオイルがあり、T/Cそのものも高温になる。排気量1.5ℓ程度の乗用車用ガソリンT/Cとはまったく違う世界がそこにはあるのだろう。しかも、大型ディーゼルはどんどん複雑になってきた。中小型はすでに2ステージT/Cだが、これも大型車に入ってくるだろう。かつては排気量24ℓの自然吸気ディーゼルで走らせていたトラックが現在は12ℓ過給、将来は8ℓ過給だろうか。

「我われがT/Cに関する知見を積み重ね、新しいT/Cが出てきてもトラブルが起きそうな場

所を予測できるようにならないといけないうので。さまざまなT/Cのリビルドを経験したことでウィークポイントはだんだんわかってきました。独自に試験機も開発してきました。回収したT/Cを見れば、エンジン側の様子や使われ方も推測できるようになりました。たとえば、我が社のリビルドT/Cを装着したお客さんから『煙が出た』と言われたら、もともとのターボで油漏れがあったことを伝えておけば、リビルド品が原因ではないということを理解してもらえます」

そう言われて、分解した回収T/Cについてのチェックシートを思い出した。部品ごとに分解時の様子を書き記し、何か所見があればそれも

書き込む。健康診断記録のようなものだ。そして、そこからリビルド作業が始まる。

西社長に「壊れ方」をうかがい、その知識をもとに「治し方」を見学した。工程ごとの作業内容は井上代表取締役が説明してくれた。分解に始まり、部品ごと汚れ具合ごとの洗浄、部品ごとの補修、組み立て、検査という流れは以前見学したときと同じだったが、21世紀型の精密なターボがリビルドの主流になっていた。いずれVWやBMWなどの乗用車用T/Cもリビルドの対象になるだろう。そうしたモデルのT/Cはまだ少ないようだ。

見たことのないT/Cがあった。タービンホイールの外周にベーンが並ぶVGなのだが、

ベーンは固定されている。

「UDトラックのT/Cです。ハウジングにスリットが切っており、センターハウジングに上下可動式のヨークが入っています。ヨークの高さを変えてタービンに入る排気をコントロールする方式です。英・フォルセット製で、UDトラックのT/Cトラブルはすべてわが社が担当しています。トラブルのデータは我われから直接フォルセットへ送っています」

具体的なリビルド手順は写真を追っていただくとして、ひさしぶりに訪れたTTSのロビルド工場は以前にも増して興味深かった。それだけ世の中にT/Cが普及したということだ。当然、仕事は忙しくなっている。

必要な部品をそろえる

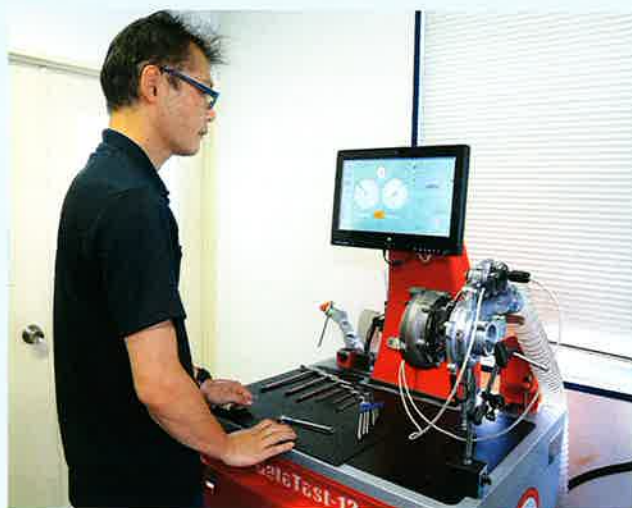
すべての部品が洗浄され、ひとつのT/Cユニットを構成する部品がすべて集められ、これから組み立て作業に入る。当然、破損が激しかった部品はTTSオリジナルの新品部品と交換されるが、もとの部品と素材・形状はまったく同じである。外観からはわからないが、T/Cは意外に部品点数が多い。それにしても、これがあの赤茶けた部品だったとは想像し難い。



タービンホイールが欠損している場合も新品に交換される。翼の先端がわずかに欠損しているような状態でもリビルド品に使われることはない。同じような径でもT/Cの種類ごとに微妙に形状が違う。翼に記入されているのはT/Cの型番である。

組み立てと検査～出荷

完全に組み上がってからはできない検査は、組み立てと並行して行なわれる。下の写真はVGノズルのクリアランステストの風景。このアクチュエーターは電動であるため擬似信号を入れて作動を確認する。モニター上に示されるアローアンスの範囲は非常に狭いが、この個体ではちょうど中間に指針が止まった。TTSでのリビルド品の精度は、T/Cメーカー製とまったく変わらない。むしろ「純正よりも高精度」と言って差し支えないだろう。



← ベアリングハウジングにタービンホイールが付いたシャフトを差し込んでいる光景。ここはクリーンルームであり、組み立て前に部品をオイル洗浄する。

→ タービンホイールをシャフトに取り付けた状態で単体バランスを自動で取り、コンプレッサーが取り付けられた状態でも回転バランスを見る。



古いタイプのディーゼル用VGは、ベーンを動かすアクチュエーターをエアシリンダーで行なっている。この中にもオイルが入り込んでシールが摩耗する場合がありますためシールを交換。



タービンホイール単体でのバランス取りを行なう装置。この手の機械は三菱重工などT/Cメーカーでは必ず目にする。重量バランスはタービンホイール裏側の肉を削って行なう。



バランス取りが行なわれた軽自動車用のタービンホイール。このように裏側を削るか、オモテ面トップのボルト部分を削るか、場所は限られている。TTSでは裏面だけで調整するそうで、この写真のようにわずかに削る。



VGのベーンを動かすためのリングは、この部品で駆動される。ここも摩耗や固着しやすいため、TTSでは交換部品を製造している。ベーンが指示通りに動かないとトラブルの元になるからこういう部品の精度が高い。



クランクケースから出たブローバイガスは、このオイルセパレーターでガスとオイルに分離されるが、このフィルターの目詰まりが原因でT/Cが故障するケースは後を絶たない。定期的に交換すべき部品だ。



これがUDトラックス専用のVGターボ。タービンホイール周にあるベーンは固定されていて、この外側にヨークがあり、それが上下に動く。TTSでの検査は英・フォルセット社が製造時に行なっている検査と同じであり、極めて高精度である。

これだけ大きさが違う

大型トラック用、中小型用、軽自動車用を比較すると、このような大きさ違いがある。当然、大型用は重量もある。これらはすべてリビルド品であり、それぞれに厳しい使用環境にさらされ、再びTTSに帰ってくる個体もある。それにしても、ここにあるT/Cが、あの赤茶けた故障品だったとは思えない仕上がりが。ものすごく手のかかる工程を経ている、新品のT/Cユニットを買うよりはるかに安価だ。

TTS社内でのT/C部品切削。NC機にプログラムを入れ、全自動で削る。製造の最小ロットが「1個」であるところがリビルド品である。それぞれの工作機械にはいろいろなT/Cのデータが入っている。リビルドとは、ここまで手をかけたものなのである。



5軸マシンにデータを入力し、ツールとワークの両方を動かしてコンプレッサーホイールを削る。これはTTSの見本であり翼と翼の間に削り痕が見える。翼そのものは綺麗に表面に化粧を施して削り痕を消している。切削コンプレッサーなら完全に疲労破壊してしまうことがなく、近年はとみに切削加工T/Cが増えた。現在は数分で終わるそうだ。