

ISSN 1023-284X

昭和30年6月23日 第3種郵便物認可 (毎月1回1日発行) 平成20年11月1日発行 No.656

# 航空技術

会報 AVIATION ENGINEERING

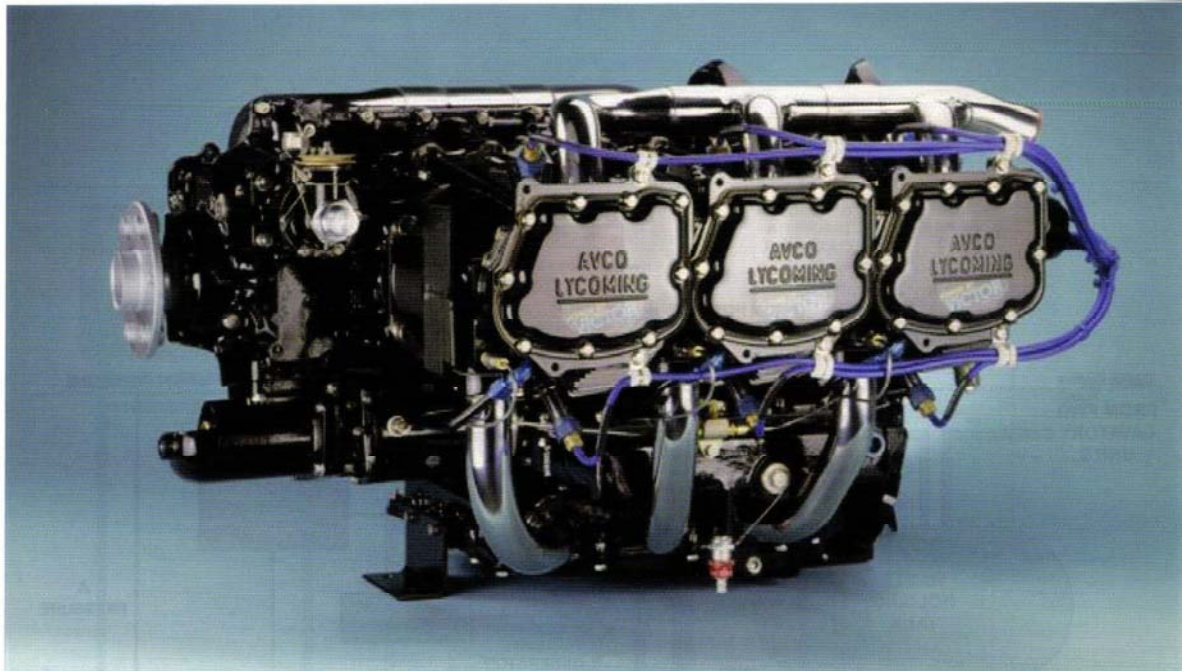
2009 11

エアタトゥー (RIAT) 2009 を見て  
ピクターエンジン改修サービスの概要



社団法人 日本航空技術協会





## 大阪航空および 米国ビクター・アビエーション社で 行っているエンジン改修サービス概要

小東 勤\*

### 1. はじめに

弊社は、平成15年米国カリフォルニア州にあるビクター・アビエーション社（世界で唯一のFAA（米国連邦航空局）認定工場：2009年7月30日現在）と日本総代理店契約を締結し、航空機用チューンアップ・エンジンの輸入を開始致しました。その後、レシプロエンジンの航空機ユーザーのお客様から色々なお声を頂き、代理店活動を通じて、お客様のお手伝いをさせて頂いています。この度、エンジン改修サービスの概要をここにご紹介できることを感謝致します。

### 2. ビクター・エンジンの素晴らしさ

技術的な根拠は後に述べる事にしまして、何が素晴らしいかと申しますと、一般にタイムアップが来たエンジンをエンジン・メーカーや他のサー

ビス工場に依頼するよりも、ビクター・アビエーションに「ブラック・エディションⅡ」（\*商品名）としてオーバーホールを依頼すると、以下の6つの利点を有して仕上がるからです。①パワーアップ、②高効率、③長寿命、④低振動、⑤部品の防錆、⑥値打ちが高くなる。ことです。

これらは、まとめて述べますと、バラツキのあるエンジン・メーカーの交差内に於ける各部品の「バランス取り」を含めて本来の性能を徹底的に引き出すからです。仕上がりの外観は、写真2（Engine OH Black Edition Ⅱ）です。

尚、当該サービス処置をした後も、定格・シリアルナンバー・型番等は変更ありません。又ビクター・アビエーションから完成品に同梱されて、輸出耐空証明書（FAA Form8130-4）が発行されてきます。日本に輸入してから特別な検査を必要としませんが、整備士が確認すればOKです。

\* Tsutomu Kohigashi

大阪航空株式会社 国際事業部 部長代理

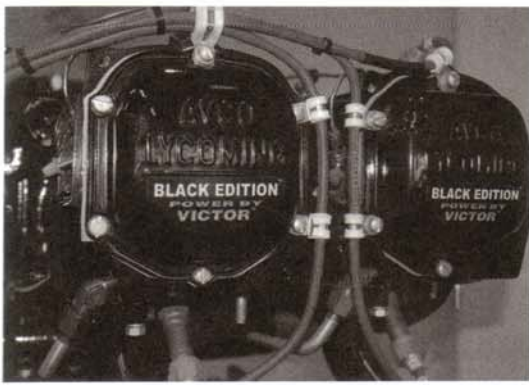


写真2 Engine OH Black Edition II

### 3. パワーアップ

エンジン内部の構成部品のバランスが取れていない時に生じるカウンター・バランス・フォースを相殺することで、無駄に消費される馬力を低減することが出来、エンジンの推力を増やすことが出来ます。又、全てのシリンダーが等しい力でピストンを駆動させるために、シリンダーの配置換えを行います。

これは、航空機エンジンの利用馬力を決定する上で非常に大切です。全てのシリンダーが正しく配置されることは、信頼性とスムーズな出力特性を生み出すために重要なのです。(写真3 シリンダーヘッド参照)

シリンダーが造られる時は、まずモールドからアルミニウム製のシリンダーヘッドが鋳造されま

すが、ある一つのシリンダーと別のシリンダーの間に製品としてのばらつきがあることは明らかです。この結果、エンジンは一つのシリンダーで異なった圧縮比を持ち、このような状態はシリンダーごとに異なった燃料消費量、作動温度が発生する原因となります。結果的に運転中のエンジンは、シリンダーごとの負荷が等しくなく、エンジンの信頼性と出力に大きな影響が出てしまいます。ビクター・アビエーションの技術者は、オリジナルのNEWシリンダーの理論上の圧縮レベルをシリンダー内に液体を満たすことにより測定します。容量を判断し、ピストンの配置換え試験を行います。シリンダーの試験後、それを装着する前に理論上の燃焼室バランスを一致させます。この行程によって全出力、加速、エンジンの信頼性は改善され、最大の性能を引き出すことができます。更に、バルブ機構もエンジンの最大出力にきわめて重要な機構であります。(写真4 バルブのガタ測定を参照)。

バルブが全開又は全閉状態となる瞬間のバルブとロッカーアームの接する角度は、バルブの正しい作動とエンジン性能にとって大変重要な要因になります。ビクター・アビエーションでは、バルブが作動範囲内の中間位置にある時のバルブ側の荷重を最小にさせるよう機械で調整を行います。



写真3 シリンダーヘッド



写真4 バルブのガタ測定



#### 4. 高効率 (写真5 クランクシャフト)

ピストン、ピストン・ピン、ピストンリングそしてピン・プラグといった往復運動する部品は質量を揃えられます。往復運動する部品の質量を整えることにより、エンジンがプロペラへ、より多くの出力を伝えることを可能にします。そして内部で摺動する部品の摩擦を減らし、エンジンはより効率的になります。(写真6 シリンダーホーニングを参照)。

ビクター・エンジンは、往復運動する部品の質量について、1グラム単位でバランス取りされています。個々の部品を加工するだけでなく、部品を組み合わせた時のバランスを調整します。私た



写真5 クランクシャフト



写真6 シリンダーホーニング



写真7 オシロスコープ

ちがバランス取りを行う時、左右対向側の往復運動の質量が1グラム以内でバランスされているだけでなく、エンジンのフロントとリア側の質量も又同じ方法でバランスされているのです。エンジン・メーカーから出荷されるエンジンのピストンには、最大10g以上の質量差が許されており、長い間誰もこの許容値に疑問を持ちませんでした。彼らは、ロッドとバランスされたピストンを取付けることでエンジンはバランスされているのだ、と主張します。しかしながらそれだけでは不十分です。なぜなら、一本のシリンダー内のバランスを考えるだけでは、他のシリンダーとのバランスを無視していることになってしまいます。このバランス取りの作業を行う為には、非常に精巧な設備を必要とします(写真7 オシロスコープを参照)。

そして特に訓練された作業者が修正を行う必要があります。それを実施しているのがビクター・アビエーションなのです。

#### 5. 長寿命

エンジンの寿命を延ばす為に、ビクター・アビエーションは機械でクランクシャフトの直径を精密に調整します。クランクケース又は他の動いているエンジン部品に発生する不適切なストレスを取り除き、エンジンのメイン・ベアリングの「はめ合い」も正確かつ均一になるため、各ベアリング部位で適切な油圧が得られ、エンジンの寿命が伸びるわけです。

より長い寿命、フリクションの減少のため、最

高の品質管理で精巧なラッピング（すり合わせ）

及びボーリング装置を使ってエンジンクランクケースを機械仕上げしています。機械仕上げが完了した後、クランクケースの寿命を長くする為「ノーマライジング（Normalizing）」と呼ばれる特別な応力除去プロセスを実施します。クランクケースにはアノダイズ（アルミ部材に行う表面処理加工）を行い、最後に帯電粉塗装を施します（写真8 パーカーライジングを参照）。

又、エンジンの寿命を改善する為に、内部パーツにも特別な表面加工を施します。この特別な潤滑性のある黒いコーティングは、フリクションと腐食を減らす為のエッチングで、さまざまな鋼製エンジン内部パーツに使用できます。FAA 認定のこの行程は、「ブラック・エディションII」のために用意されたもので、内部部品は可能な限りの最高の潤滑を受けることができます。パーカーライジングで部品をエッチングすると、エンジンの最初の試運転を行う時にも良好な潤滑ができるようになります。これはTBO（タイム・ビトゥイン・オーバーホール）到達までのエンジンのポテンシャルを判断する上で最も重要な要因の内の1つです。又パーカーライジングは、化学反応により防食皮膜を形成して部品の寿命を伸ばします。現在ではこのプロセスは自動車、オートバイ、高性能エンジンを利用したビジネスを通じて幅広く用いられております。

## 6. 低振動

エンジンの製造過程でしばしば見つかる、クランクシャフト、カウンター・ウエイト、コネクティング・ロッド、ピストン・ピン等の質量のばらつきや、オルタネーター駆動部、ターボの軸等の不具合は、個々に修正されたとしても、その後全体が組み合わされた状態でバランスが取れるとは限りません。エンジンは多くの部品がうまく調和して駆動している状態かを検証する必要があります。3軸のピエゾ素子のアクセロメーターと全領域周波数分析振動計の利用で、振動の周波数帯や振幅をプロットする事が出来ます。この試験はエンジンの負荷をリアルタイムで的確に知る為に行なわれます。振動の方向、強さ、周波数を分析することによって、エンジン内のどの部分が原因となって振動が発生しているのかが判明します。ビクター・アビエーションの専門技術者はエンジンの内部振動レベルをモニターし測定することが出来ます。全領域周波数分析振動計は、実際にプロペラと補機を取付けてフルロードでエンジンを運転する為にデザインされたモバイル機器です。エンジンの試験行程は一般的に2日間を要します。この器具は、スコット・クロスフィールド氏（X-15 ロケットのパイロットで推進技術者）の技術的支援とともにビクター・スローン氏（ビクター・アビエーション社社長）によって考案されました。（写真9 ビクター社長を参照）。

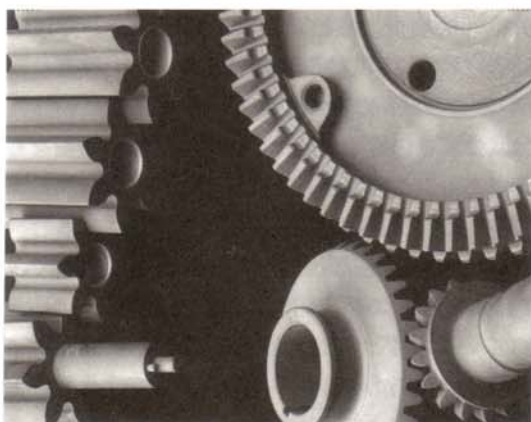


写真8 パーカーライジング



写真9 ビクター社長



適切な品質管理保証のためこのような先端の測定器を使用している会社はビクター・アビエーションの他にありません(2009年7月31日現在)。

## 7. 部品の防錆 (パウダーコート)

(写真10 パウダーコート用粉末を参照)。米国航空局 FAA が認定したこのユニークなドライ・コーティング・プロセスは、ビクター・アビエーションが所有権を持っています。そして、私たちの(塗装面が長持ちする)エンジン品質をあらゆる高標になっています。

メーカーで組立てられたエンジンには、腐食からの保護が多少なされているか、あるいは腐食に対して全く無防備です。そして実際のところ、クランクケースは短期間で酸化腐食にさらされます。こうした状況から、ビクター氏はおお客様のエンジンへの投資を守る為、ユニークなプロセスを開発しました。パウダーコートは、ドライコーティングの一種です。静電気を帯電させた特別な樹脂と顔料が、クランクケースやコンポーネントにスプレーされます。エンジンのパワーセクションは、最初に組立てられてトルクがかけられ、機械加工された表面はパウダーコートがからないように全てマスキングを施します。まずエンジンは、クランクケース材料内部の水素のガス胞からアルミニウム部品を守る為、余熱をかけます。アッセンブリーのガスを抜いた後、エンジンはパウダーコート行程に向かいます。エンジン・ブロックが陰極にセットされ、陽極にセットされたパウダー



写真10 パウダーコート用粉末

コート粒子が飛ばされます。パウダーを散布したあとで、パワーセクション全体は保存処理を受ける為にオープンに入れられます。オープンではパウダーが溶けて、クランクケースの多孔質な表面に染み込み、全ての空包はシールされるのです。付着したパウダーが溶解してクランクケースの多孔質表面の間隔をシールすることにより、表面が腐食から保護されてクランクケース・クラックのような表面の疲労を減らします。エンジンはその後再度分解されて最終組立ての準備に入ります。エンジンの多くの外部部品もまた手作業で準備し、パウダーコートを施します。

パウダーコーティングは、金属表面の腐食や劣化を防止するだけでなく、見た目が美しく、金属表面がスムーズに仕上がることによって、エンジンからの熱の分散を助けます。“ブラック・エディション”の色が黒であることも重要な意味を持っています。なぜなら、黒は熱の分散を助けるからです。自動車メーカーは、まさにこの理由のため黒い色ですべてエンジン・ラジエーターを仕上げています。パウダーコートは、エンジンの外観を美しくするだけでなく、ビクター・アビエーションで公約している品質の証であり、それぞれの“ブラック・エディション”は最高の品質を誇り長寿をまっとうできることを証明しているのです。

## 8. 受入検査

すべての新品部品が製造時の基準を満たしていることを確認する為、入手した部品は、硬さ試験、寸法検査、顕微鏡による外観検査、非破壊検査(写真11 非破壊検査でクラックの検査を参照)、等の厳正な受入検査を行います。この行程はエンジンの寿命と全体の品質にとって重要なものであり、これによって長期にわたりトラブルの発生しない、最高の品質が保証されます。この検査は FAA の資格を持つ者により軸の双方向で欠陥を探知するため、円形の双方向と縦方向の磁気についてマグナフラックスを行い、試験されます。それ以外のクランクシャフト等のような部品は、超音波による表面層の検査がなされます。これは、表面の粗い場合の特別な検査で応力が残っ



写真 11 非破壊検査でクラックの検査

た部品であるかどうかを表面層の検査によって判定するものです。その他のクランクケース、吸気系統、ハウジング、そしてオイル・クーラーのような磁気部品でない部品は、ザイグロ、浸透探傷 X 線検査といった複雑な検査を行います。オイル・クーラーは潤滑の障害や冷却の問題となる内部汚染物について X 線検査がされます。

技術者の使うマイクロメータ、デプス・ゲージ、その他の精密な寸法測定検査機器、そしてトルク測定装置は、常に校正されています。これらの機器は、外部の FAA が承認した試験機器工場において定期的に証明を受けています。これは、現在航空エンジン業界で実施可能な、もっとも高い技術標準です。エンジン・オーバーホール依頼を受けてエンジンを受け入れた後、同様の検査が終了すると、お客様に連絡が入り、エンジンの内部の状態についてのインスペクション・レポートが提出されます。もし、この時点までに何らかの問題が発見された場合は、その問題箇所のデジタル・イメージをお渡しします。そしてその写真を元に電子メールで打合せを行うこともあります。

私たちはいつでもお客様が工場にいらっしゃるのを大歓迎します。そして検査過程でのパーツのレビューを推奨いたします。これは多くの場合、パイロットの技量の違いがどのようにエンジン内部の部品の寿命に影響するかという点でパイロットの教育に有効です。

## 9. 完成検査

エンジンの完成検査にも、精密な手順が適用されます。ビクター・アビエーションでは世界でただ一台の、最先端技術のエンジン・テスト装置を持っています。(写真 12 エンジン・テスト装置を参照)。このテスト装置はエンジンに水ブレーキ動力計を接続することなくエンジンのリアルタイムの推力を含め、エンジン・オペレーティング・パラメータの全てを測定し、記録します。一般には、水ブレーキで動くダイナモメータを航空機のエンジンの完成検査に用いますが、私たちは速度不足が発生した場合にエンジン・ベアリング及びクランクケースに負担がかかりエンジン内部潤滑に問題が起こりうるリスクを発生させないために、あえてビクター・アビエーションが独自で考案したテスト装置を使用しています。完成したエンジンは油圧制御の架台に乗せられます。架台はトルクにより関節が屈曲できるようになっていて、エンジンの実際の牽引力を記録します。テストされるエンジンにプロペラ、排気系統と補機を組み合わせることで、エンジンは実際の航空機に装着された時と同じ運転状態になります。テスト中は、潤滑系統に特別な塗料を塗布します。この塗料を使用すると、キャノピー（操縦席の上の天蓋）を閉じブラック・ライトで照らせば、エンジンからオイルリークが強調して示されるので、問題箇所の検知が確実になります。テストでは、ピエゾ電気式の 3 軸アクセルロメーターを取付けて使用します。ビクター・アビエーションの技術専門者はエンジンの内部振動レベルをモニター

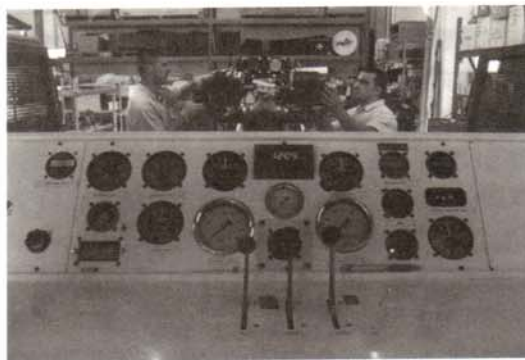


写真 12 エンジン・テスト装置



し測定することができます。

第6章の低振動でも述べました、全領域周波数分析振動計を完成検査でも用いて、エンジンの運転速度と異なった速度で動く部品を検知します。これは、私たちが相対的なコンピュータ・オーバーレイを行い、部品が“リアルタイムでのバランス・リミット”を超過した振動パターンが発生してないか判断する為にとても大切な分析なのです。

## 10. 値打ちが高くなる

ビクター・アビエーションが、これまでの航空機エンジン業界にエンジン・メーカーの新造エンジンよりも高度な基準を導入したため、今では多くのエンジン・ショップやオリジナルのエンジン・メーカーでさえ、私たちが開発した方法をコピーしようとしています。ビクター・アビエーションは業界の品質規格を刷新しており、常にそれらの模倣者の1歩先にいることに誇りを持っています。他の航空エンジン・サプライヤーは、ビクター・エンジンの付加価値、その高い品質と性能、世界的なカスタマー・サポートによって私たちが手にした高い評価と競合することができません。また、1977年以來ずっと、私たちのエンジンの信頼を裏切ることなく世界の中のお客様と空を駆けています。私たちは、エンジンに高い性能と優れたスムーズさを提供するだけでなく、次のような付加価値をも与えます。フィールド・オーバーホールやファクトリー・ビルドのエンジンは、購入後すぐにその評価額が平均40%～50%程度下がります。しかし、ビクター・エンジンの“ブラック・エディションⅡ”は100%価値が上がるのを航空機の販売店や査定をする人が認めています。アメリカの航空ショーや「エアークラフト・ブルーブック・ダイジェスト」(米国のインターネット情報会社)でも評価されています。

## 11. 将来に向けて

ビクター・アビエーションは、日々技術革新に取り組んでいます。現在、エンジンの冷却効果を最大にするための「低温処理試験」に取り組んでいます。(写真13 低温処理試験を参照)



写真13 低温処理試験

これは、オーバーホールをしたエンジンを液体窒素の華氏マイナス-300度の低温下で試験をするものです。その名を“リミテッド・エディションⅡ”と呼んでいます。先の“ブラック・エディションⅡ”よりも“ランク”が上の仕上げになります。

また、タービンエンジンのオーバーホールにも取り組んでいます。これは、部品強度をより堅牢にする「等方向仕上げ」及び、エンジンの冷却効果を最大にする「極低温仕上げ」を行います。機会があれば、どこかで又これらの技術紹介をさせて頂ければ幸いです。