

中島ハミルトン・スタンダード金属プロペラ：調整ピッチプロペラの先駆け

坂上 茂樹

Type	Article
Textversion	Author
Note	この資料の使用は、私的使用の目的にかぎります。 This article may be downloaded for personal use only.

Placed on: Osaka City University Repository

資料紹介

中島ハミルトン・スタンダード金属プロペラ

—— 調整ピッチプロペラの先駆け ——

Nakajima Hamilton-Standard metal propeller

—— Pioneer of the adjustable-pitch propellers ——

坂上茂樹

紹介にあたって

近代的なプロペラは飛行速度と回転速度とによって定まる合成対気速度、即ち空気の翼素流入角が 45° 付近の時、最大効率を発揮するよう設計される。翅(はね、ブレード)の取付角が一定の固定ピッチプロペラにおいてはある回転数・飛行速度——通常は巡航速度——時に最適な流入角が得られるピッチとなるように設計せざるを得ぬが、計算値と実機性能との間には必ず誤差が入り込む。このため、板厚 20mm 程度のマホガニーや胡桃^{くるみ}、トネリコ材等の積層・圧着品である木製プロペラの場合、その開発段階においては予めピッチを僅かに異にする個体を多数用意しておき、その中から最適なモノを選択するという誠^{まこと}に物入りにして厄介な所作を必要とした。その上、実用過程において木製プロペラは耐候性に欠ける嫌いがあった。

このため、'30 年代初頭に Standard Steel 社(米)による翅角、即ちピッチ角調整の容易な、翼厚の薄い(揚抗比=効率の高い)Al 合金製鍛造翅と特殊鋼製鍛造別体ハブとから構成される「調整ピッチプロペラ(adjustable-pitch propeller)」ないし「分離翅プロペラ(detachable-blade propeller)」の投入を契機として木製プロペラは一部を除き衰退の途を辿り始めた。木製の翅を持つ「調整ピッチプロペラ」というモノも造られはしたが、増大する発動機出力の吸収やジャイロ・モーメントの均斉化を目的とするプロペラの 3 翅化は 2 翅が最も造り易い木製プロペラに引導を渡す副次的要因ともなった。

Hamilton-Standard(スタンダード・スチールがプロペラ製造の Hamilton 社を合併)「調整ピッチプロペラ」の技術は中島飛行機を通じてわが国にも導入された。本稿は中島飛行機株式会社 東京工場 海軍航空本部承認『中島「ハミルトン・スタンダード」金属プロペラ 説明書』第二版(1932 年 7 月)に依拠しつつ、それ自体としては如何にも採るに足らぬ程度の存在にし見えぬ、しかし、掛け値なしに爾後の進化の原点となったこの「調整ピッチプロペラ」に係わる技術的内容について紹介する試みである¹。

¹ 日本産業技術史学会『日本産業技術史事典』思文閣出版、2007 年、245~247 頁所載の項目“プロペラ”，参照。執筆当時、この中島・ハミルトンスタンダード全金属プロペラに係わる一次資料を目にしていなかったが故に、本資料は当該項目に対する参考文献ともなる。

プロペラの問題一般については拙稿「ピストン航空発動機の進化」233~235 頁、木製プロペラ材については「近代ピアノ技術史における進歩と劣化の 200 年 — Vintage Steinway の世界 —」172~173, 175~177 頁にて言及しておいた。「三菱航空発動機技術史 I~III」においてもプロペラに係わる言及を折に触れて行っている(左記拙稿については何れも→IRDB)。

海軍航空本部承認

中島「ハミルトン・スタンダード」

金属プロペラ

説 明 書

第 二 版

中島飛行機株式会社

東京工場

大連工場 青銅製

版型は凡そ 224×152mm. 大連工場は日本航空輸送株式会社の整備拠点か？

中島「ハミルトン・スタンダード」

金屬プロペラ

説 明 書

昭和七年七月

中島飛行機株式會社

東京工場

挿 圖 表

	頁
第 一 圖 中島「ハミルトン・スタンダード」金屬プロペラ…	5
第 二 圖 轂詳細圖 ……	7
第 三 圖 翅角指示圖 ……	8
第 四 圖 三翅用「プロペラ」轂 ……	10
第 五 圖 プロペラ翅及轂組立圖…	13
第 六 圖 検査要具圖 ……	15
第 七 圖 釣合検査圖 ……	16
第 八 圖 翅角検査圖 ……	18
第 九 圖 軸心検査 ……	21
第 十 圖 轂の釣合検査 ……	22
第 十 一 圖 測角検査器圖 ……	24
第 十 二 圖 屈撓角曲線 ……	25
第 十 三 圖 翅腐蝕検査圖 ……	28

序 言

本書は中島「ハミルトン・スタンダード」金属「プロペラ」を使用する、当事者のために特に編輯せるものにして、本金属「プロペラ」の構造、取扱並に検査に関する注意要領を記載す。





第一圖 中島「ハミルトン・スタンダード」金属「プロペラ」

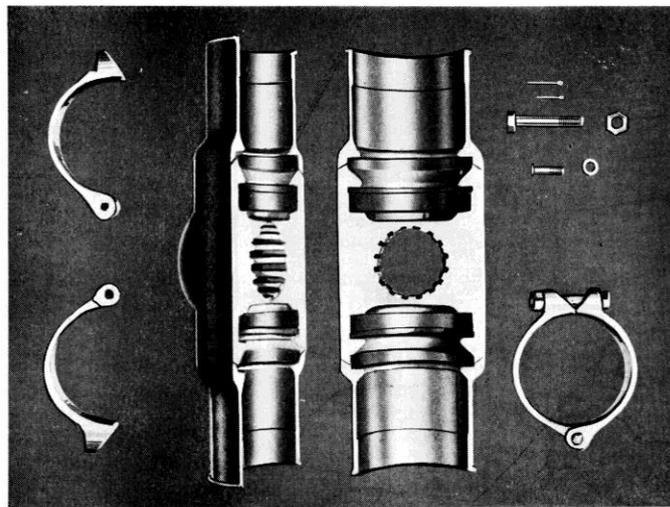
中島「ハミルトン・スタンダード」金属「プロペラ」

第一章 總 説

中島「ハミルトン・スタンダード・プロペラ」は組立式構造を有し地上に於て螺歩の調整を爲し得るを特長とし且つ翅の互換性を自由ならしむるを以て一翅損傷の場合と雖も其損傷翅の交換のみを以て済み従来使用し來れる木製「プロペラ」に比し命數を延長し、螺歩の變更を容易ならしめ尙ほ部品の補給をして經濟ならしむ。

構 造

本金属「プロペラ」は組立式にして、二分せられたる「プロペラ」轂、「プロペラ」翅及之等を緊締する二組の帶金及螺鉸母螺により構成せらる。



第二圖 轂詳細圖

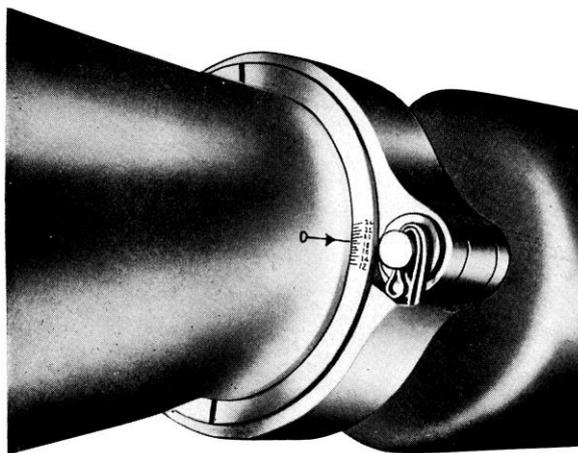
(7)

螺歩：ピッチ，轂：ハブ，螺桿：ボルト，母螺：ナット。

轂 「プロペラ」轂は型鍛錬特殊合金鋼材より成り、「プロペラ」翅の中心線に於て前、後兩半部に二分さる。兩半部は翼翅の根部段付部に嵌合する溝を有す。此の構造は「プロペラ」が組立てられ、使用せらるゝ際、翅の回轉によりて生ずる翅自體の遠心力の作用にて、翅の外方に飛散せんとするを確保するものなり。又轂の前半部の軸部前端内孔には、發動機へ裝著時に有用なる圓錐割鑲嵌合部と轂引拔螺鑲の嵌合螺絲を刻み、後半部は軸部後端内孔に發動機曲肱軸又は「プロペラ」軸嚙合溝に適合する嚙合溝を切削す。翅を嵌合する圓筒部端には薄き鏢を附し、轂前半部側の鑲には翅角度を定むる標識となる目盛を刻みあり。

轂は完成後「カドミウム」鍍金を施し防錆す。

翅 「プロペラ」翅は型鍛錬特殊「アルミニウム」合金にして、綿密なる熱處理を施し、當會社常備の親模範に合せ製作せられ、寸法、重量、釣合等に就ては嚴格なる検査を施し其の許容誤差を極少に保ち以て同型種の「プロペラ」翅の交換に際し支障なからしむ。



第三圖 翅角指示圖

(8)

轂(ハブ)材としては Ni-Mo 鋼が汎用された。圓錐割鑲：青銅製楔断面スプリット・カラー、螺鑲：中空ボルト，螺絲：ネジ(thread)，嚙合溝：スプライン(シャフト及びボス)。

なお、翅材は Al 合金から始まってジュラルミン(Mg 合金)が加わり、更には Al 合金ないし中空鍛鋼品の併用へと推移した。

「プロペラ」翅は第一圖金屬「プロペラ」圖の如き外觀を有し根部は段付の形狀をなし、轂に嵌合して確保せらる。本構造は幾多の實驗により安全率高き事を證せらる。翅の根部は矢印を附し之に對する轂の目盛と相俟つて翅角調整の便を計る。又翅の後面には小豆色の金屬塗料を塗布し、翅面の反射により操縦者の眼を幻惑せしめざらしむ。

緊縮用金具 「プロペラ」轂及翅を組付緊縮するに二組の帶金と螺釘、母螺を以てす。何れも特種合金鋼にして周到なる熱處理を施し製作せられ、防錆法として「カドミウム」鍍金をせり。

帶金は蝶番装置を有し、螺釘、母螺の六角部の下面は特殊構造により強固ならしむ。

金屬「プロペラ」の特徴

本「プロペラ」の特徴は既に總説の部に於て大略を述べたるも其の組立式構造特に螺歩變更の容易なることに因り、飛行機性能の改良を企圖し得。その主なるものを掲ぐれば次の如し。

1. 離陸に際し滑走距離を最少ならしむる爲翅角を變更し得ること。

離陸面積の狹隘なる土地に於て飛場せんとする如き場合には「プロペラ」翅の翅角を下げて發動機の回轉を増し、其の目的を達し得、此の際航空機の上空に於ける速度は低下するも不時着せる場合等に適要して有効なり。

2. 燃料經濟となる如く翅角を變更すること。

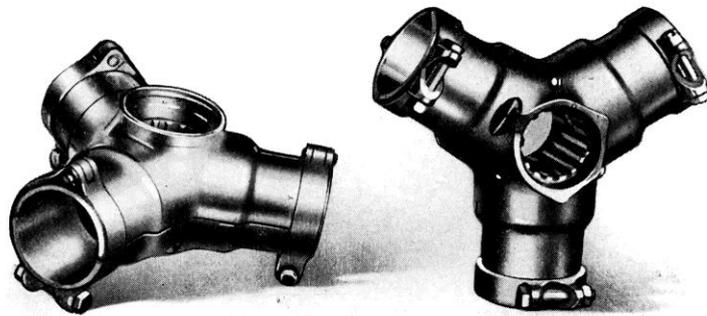
燃料經濟となる様に調整するには發動機を全開して「プロペラ」を低速で回轉すれば良し。即ち螺歩を上げて翅の角度を大にすれば可なり。

3. 高速度飛行に適する様螺歩を變更すること。

競走用等高速度で飛行する場合には上述の二項の調整に於ける螺歩の或る中間値を採用すれば可なり、但し之が決定は實際飛行試験をな

し、各螺歩に於て水平全開飛行をなし其の結果より最高速度のものを
選定するものとす。

4. 木製「プロペラ」に比較して重量、性能等に優秀なること。
5. 翹端一部の損傷も或る程度迄修理可能なること。
6. 靜的並に動的釣合は木製に比し遙に容易にして殆ど零に近き値を求
め得ること。



第四圖 三翹用「プロペラ」轂

此の外翹の製作検査に當り親模範を基準とすると、「プロペラ」翹が組
立式なることゝは相俟つて翹の互換性を極めて良好にし一翹が損傷せる
場合其損傷せる翹のみの交換を可能ならしむ。實際に於て「プロペラ」翹
の損傷が一翹に止まることの多きに鑑るとき此の利益たるや蓋し大なる
ものならん。

第二章 分解組立

分 解

本金屬「プロペラ」の分解は至極簡單にして、締付用帶金を緊縮する螺

鋸の母螺を廻止せる割栓を除去し、母螺を弛め外せば全部分離し得、此の際各翅の轂に対する組付位置の合番號、各帶金螺鋸母螺の各翅に対する合番號帶金の固定位置を指定せる帶金と轂との合矢印及轂接合位置を示す合印を検査し置く可し。

然し乍ら分解作業は、翅角度の變更、使用時數 100 時間後の検査或は特に點檢を要する場合等の外行はざるを宜しとす。

組立

組立順序

「プロペラ」を組立つるに當り、轂の接合面嵌合段付溝部及翅の段付部分轂へ接する部分は塵芥の附着し居らざる様注意して掃除し置く可し。

組立は次の順序に従ふ。

1. 「プロペラ」轂後半部を接合面を上にして適當なる臺上におく。
2. 「プロペラ」翅の根部に刻しある合番號を轂嵌合部外側に刻しある合番號に合せて取付く。
3. 残りの轂前半部を轂相互の合印*に合せて組付く可し。
4. 各「プロペラ」翅の番號に合せて各締付用帶金を轂に取付け、同じ合番號の螺鋸母螺にて軽く締付く。帶金は組立前に螺番部を檢するを要し、締付の際は轂との關係位置を矢印にて兩者に指定しあるを以て合致せしむるを要す。
5. 假締付けを終りたる後、各「プロペラ」翅を、其の根部に刻しある矢印と轂の目盛により指定角度に正確に合せ、翅をその尖端方向に引出しつつ、又帶金を翅の尖端方向に押しつゝ、螺鋸の母螺を緊縮し割栓にて固定廻止す。

組立注意

組立に際し合番號及合印は正確に合致せしむるを要す。又轂と翅の締

付に於て翅をその尖端の方向に引出しつゝ緊締するは、轂と翅の段付嵌合部の肩部接觸を十分にし些少の間隙をも残さざるためなり、その外帯金を翅の尖端方向に押し轂の鏝に接觸を充分ならしむることは帯金の位置を正確ならしむるためなり。而して之等は何れも「プロペラ」の釣合に影響するものなれば特に注意を要す。

「プロペラ」の翅角度を修正するには、帯金を弛め、翅を轂内に嵌めたる儘廻す。而して正確になる角度に合せるには「ゴム」又は革製槌を以て軽く叩きつゝ行ふ。轂鏝上の目盛は概略の翅度を示すものなれば正確に指定翅角度に合せるには定盤上にて翅角度検査器を使用して行ふを要す。

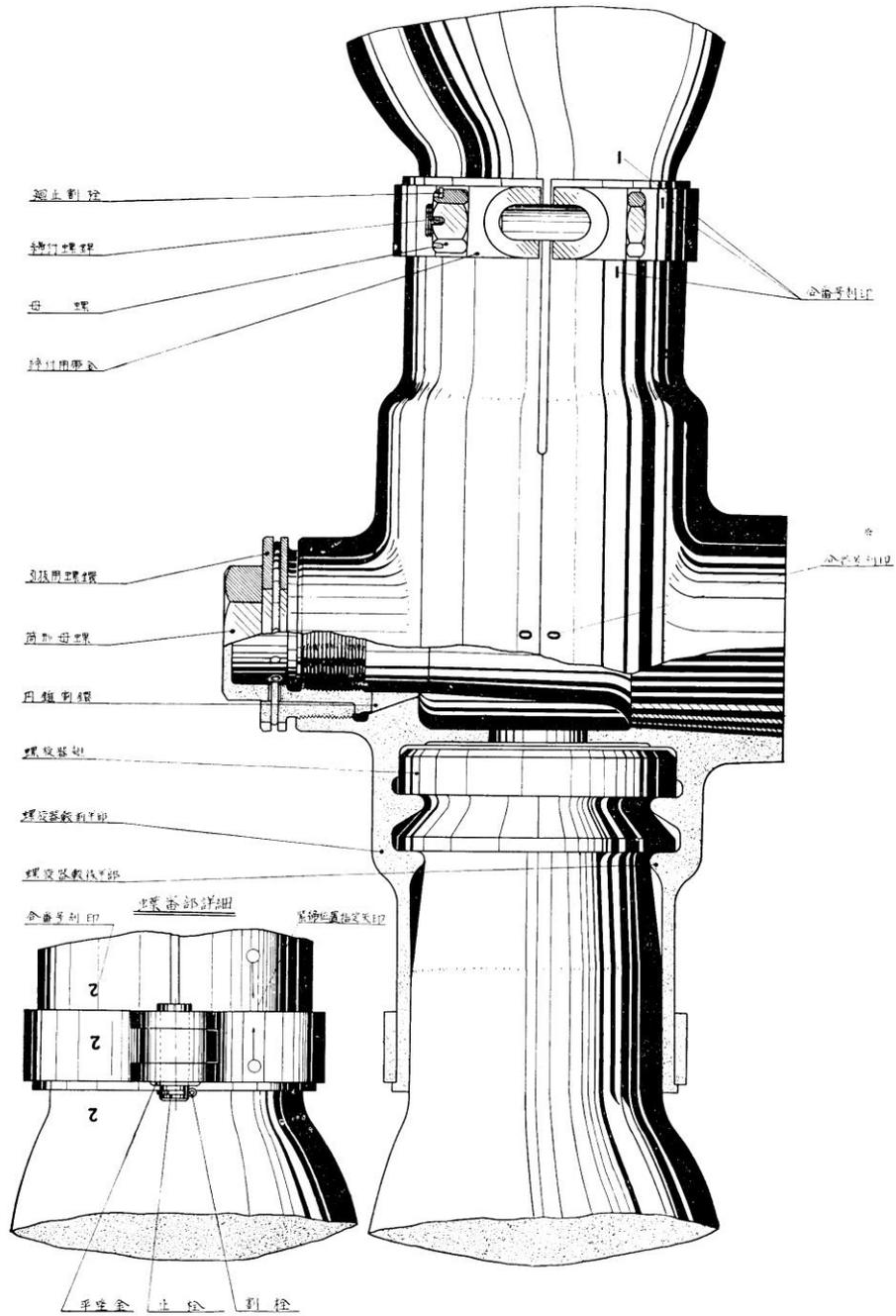
(翅角度検査の項参照)

轂合印*

右廻り用……………Ⓜ

左廻り用……………Ⓛ

但シ回轉方向ハ坐席ヨリミタルモノトス



第五圖 「プロペラ」翅及殼組立圖

第三章 發動機への装着

發動機への取付

「プロペラ」を發動機に取付くるに際し、轂並曲軸軸又は「プロペラ」軸の嵌合部に塵等の不着し居らざる様、又嚙合溝に傷等無きやう検査し損傷等あるときは修正す可し。

取付は次の順序に行ふ。

1. 曲軸軸又は「プロペラ」軸の嚙合溝等の接合面及軸尖端の螺絲部に「オイルダツグ」と「グレダツグ」の混合物（「オイルダツグ」3, 「グレダツグ」7の割合）を薄く平滑均等に塗附す。
2. 「プロペラ」を曲軸軸又は「プロペラ」軸の嚙合溝に轂を合せて組付く。
3. 「プロペラ」の引抜螺環嵌合螺絲部及圓錐割環の接觸部にも「オイルダツグ」と「グレダツグ」の混合物を塗布し燐青銅製圓錐割環を嵌合し筒型母螺にて締付く。
4. 筒型母螺の締付具合を検するため指定の廻螺器を用ひ重量2疋程の槌にて母螺の廻轉の停止するまで締付く。
5. 引抜用螺環を轂前端の螺絲に捻込み締付けその周囲の孔と筒型母螺の周囲の孔との合致せるものに廻止用環を挿入し、引抜用螺環六角部の溝に嵌合して筒型母螺を廻止固定す。

發動機より取外し

發動機より「プロペラ」を取外すには次の順序に行ふ。

1. 廻止用環を取外す。
2. 引抜用螺環を僅か弛むべし（一二次回轉弛むれば可なり）
3. 筒型母螺に指定廻螺器を使用して捻戻せば筒型母螺の鏝は引抜螺環を押して轂を押し出し「プロペラ」を取外すを得。

Oildag : 黒鉛を懸濁させた油, Gredag : 黒鉛とグリースとの混和物(山口文之助『潤滑剤及び潤滑法』改訂増補版, 山海堂, 1946年, 147~148頁, 参照). その塗布は組付を容易にすると共にフレッチング対策ともなる. フレッチングについては拙稿「鉄道車輛用ころがり軸受と台車の戦前・戦後史」(→IRDB), 参照. 筒型母螺: フランジ付き袋ナット, 廻螺器: スパナ, 廻止用環: 弓型ロッキングピン.

發動機へ装着せる「プロペラ」の翅角度修正

發動機へ装着の儘なる「プロペラ」の翅角度を修正せんとするには帶金を緊締せる螺釘の母螺の割栓を除き、母螺を軽く弛めて、載銜面に刻しある目盛に合せて翅根部の矢印を移動し修正す。此の際各翅の翅角度は何れも同一なるを要す。

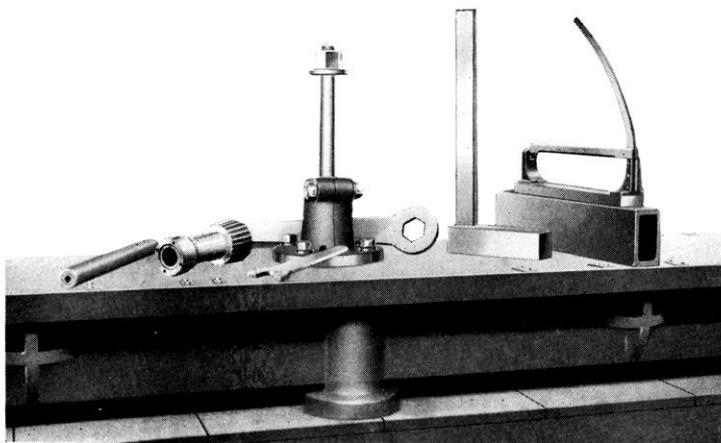
注 意 氣化器を全開し、發動機を全力にて運轉する場合に於ての一般的規則として、上述の運轉状態にて翅角度 1° の増減により毎分回轉數 60 回轉を示すものなり。

第四章 検査並諸注意

本金屬「プロペラ」の釣合法並に検査に關する諸注意に、使用者として通曉するは「プロペラ」の性能、安全率を高むる爲め緊要なる事なり。

釣合検査

「プロペラ」の釣合を完全ならしむる事は極めて重要なることなり。萬一不釣合なる儘運轉する時は、之に依つて生ずる震動は其の影響を發動



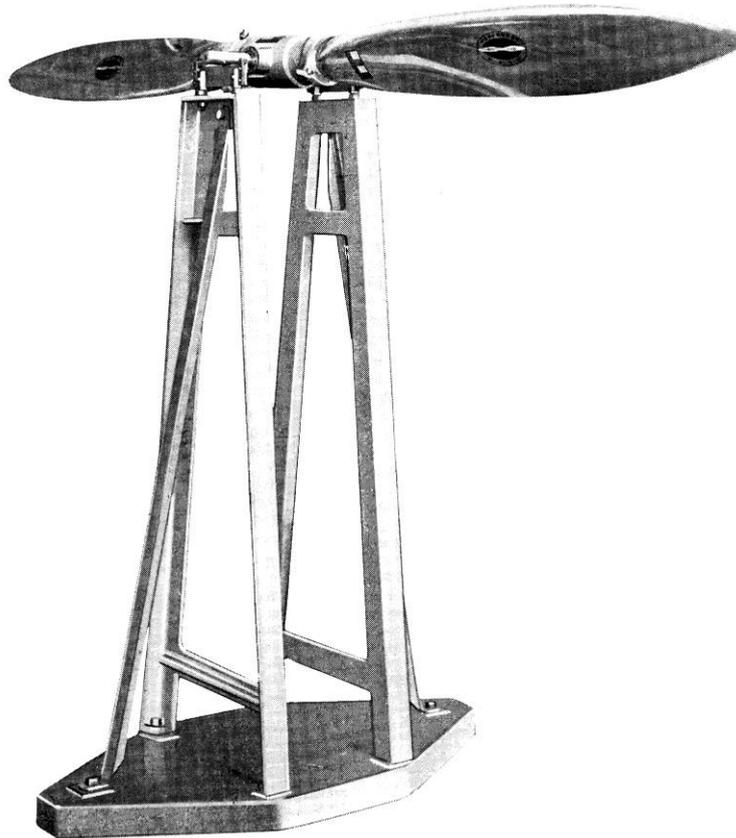
第六圖 検査要具圖

機並に飛行機に及ぼすに至る。

本金屬「プロペラ」の如く組立式「プロペラ」翅に於ては翅角度の調整を嚴密にせざれば、各翅の受くる荷重の不釣合より「プロペラ」の不釣合を生ず。當會社に於ては釣合検査法として下の如き方法を採用す。

1. 靜的釣合検査

- a. 横方向に於ける釣合検査
- b. 縦方向に於ける釣合検査
- c. 水平位置に於ける釣合検査



第七圖 釣合検査圖

2. 動的釣合検査

1. 静的釣合検査

a. 横方向に於ける釣合検査

横方向に於ける釣合検査は組立検査を終りたる金属「プロペラ」に検査用軸を組付、双形を有する釣合検査臺に水平に翅がある如く載す。此の際釣合完全なれば水平状態に停止す。萬一不釣合なる場合は重き側に回轉すべし。斯くの如く不釣合なるものは、輕き側の翅を取外し翅根部の中空部へ比重大なる金属片を挿入し調整す。

b. 縦方向に於ける釣合検査

横方向に於ける釣合検査を済せたる「プロペラ」は翅が垂直にある如く検査臺に架す。此の際、左右の翅の重心と回轉軸中心とが一直線上にある場合は「プロペラ」は垂直に靜止す可し。然らざる場合は締付用帶金を廻して修正す。

c. 水平位置の釣合検査（ギシヨルト、テストイングマシンに據る）

2. 動的釣合検査

本検査は力學上よりの試験に非ず、先づ「プロペラ」がその取付けられたる軸に垂直なるや否を検す、之がためには各翅の尖端が同一軌道上を通過するを要す、即ち一般に所謂「トラック」検査なり。輒に適當の軸を嵌合して回轉するか、又は發動機に取付けて回轉し、各翅端の通過位置を測る事に依り檢するを得べし。（許容量 ± 1.0 耗）

次は運轉検査にして實際發動機に裝著運轉の上震動の有無に依り檢す。若し運轉中震動を生ずれば動的釣合の不完全なるか、又は各翅の翅角度が同一ならざる爲に、各翅へ及ぼす荷重が異なるに起因す。而して此の翅角度の相違による影響は可なり大なり。當會社に於ては調整済の「プロペラ」の翅角度は $1/15^\circ$ 以内の誤差なる如く決定しあり。勿論飛行場に

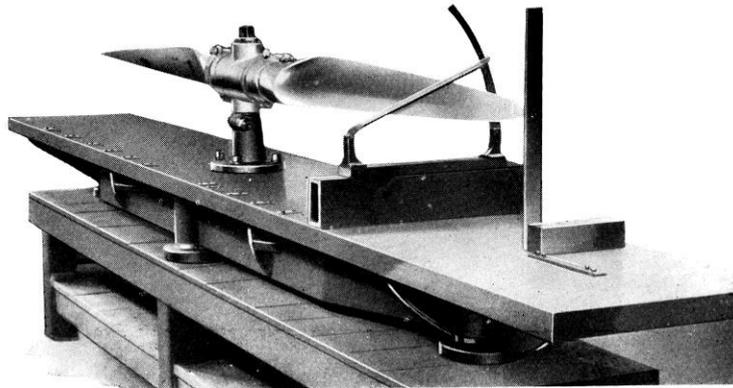
於て翅角度を變へる如き場合に於ては上述の如き正確度を豫期し難きも $2/10^{\circ}$ 以内程度の誤差に保つを要す。翅角度の決定法は次に述ぶ。

「プロペラ」翅の翅角度及攻撃角の検査

翅角度の検査

「プロペラ」轂鏝面に刻しある角度目盛は「プロペラ」翅の代表断面に於ける弦の角度を示す、代表断面とは「プロペラ」の徑7呎5吋(2.2606米)以上のものにおいて、轂軸心より42吋(1.0668米)半徑の點に於ける断面にして、徑7呎5吋(2.2606米)、若しくは之以下の「プロペラ」において、半徑30吋(0.762米)の點に於ける断面を言ふ。

翅角度を正確に測定検査するには「プロペラ」を検査軸に組付第八圖の



第八圖 翅角度検査圖

如く定盤上にて分度器と検査鉞とを用ひて上述の如き翅の位置にて検査す。但し標準型以外の「プロペラ」翅の場合には特に轂軸心よりの翅角度測定點を指定す。

攻撃角の検査

飛行機に裝著したる「プロペラ」翅の攻撃角を知らんと欲することは往

々にして生ず。而して之が簡單なる方法を述べれば次の如し。一般に「プロペラ」の攻撃角は氣化器全開又は最高速度に於て $1^{\circ}\sim 3^{\circ}$ の範圍内にあるを良しとす。

攻撃角を求むるには先づ飛行機^の速度 (哩/時) を「プロペラ」の毎分回轉數で除し 4 倍す可し。此の數値は代表斷面に於ける前進角の「正切」を表はす。従つて之に應ずる前進角度は三角函數表より求めらる。故に攻撃角を求むるには代表斷面の翅角度より前進角を減すれば可なり。

若し「プロペラ」の徑が 7 呎 5 吋 (2.2606 米) 以下の場合には半徑 30 吋 (0.792 米) の位置の角度の正切を求むるを要す。之を求むるには半徑 42 吋 (1.0668 米) の位置に於て得たる「正切」を $\frac{7}{5}$ 倍す。而して之に應ずる角度は三角函數表より見出し得可く、此の點に於ける翅角度と比較し攻撃角の値を得可し。

萬一攻撃角が 3° 以上なるときは一般に「プロペラ」の徑が過小なる事を示し、之が 1° 以下なるときは「プロペラ」の徑が過大なるを示す。勿論此の方法には例外あるを免れざるも使用者をして「プロペラ」が果して有効に使用され居るやの概念を得せしむるには簡便なる方法なり。

腐蝕法による「アルミニウム」合金翅の検査

「プロペラ」翅の疲勞に依る龜裂の有無を點檢するためには、使用時間 100 時間毎に苛性曹達腐蝕法により細密に検査するを良しとす。

此の腐蝕法を施行するときは龜裂の有無を検し得ると共に金屬面を清淨になし得る便あり、腐蝕法を實施するがためには次の溶液を準備するを要す。

a 苛性曹達溶液

水 1「ガロン」に付、工業用苛性曹達の 1 乃至 2「ポンド」を加ふ。然るときは 10 乃至 20% の水溶液を得。

前進角： $\frac{\text{飛行速度 } V}{\text{回轉速度 } \pi n D}$ の値は前進角，即ち合成対氣速度が翅回轉面となす角 θ の正切 (正接： $\tan \theta$) に當り，この値から θ が求まる。プロペラ徑 $D = 7\text{ft.}$ として $m, /_{\text{Sec}}$ で表記すれば， $(V \times 1600 \times 3600) / (\pi \times n \times 7 \times 0.3) \doteq 0.45 V /_{0.11n} \doteq 4.01 V /_n$ となる。翅取付角 - 前進角 = 迎え角である。

b. 硝酸溶液

水の5「ガロン」に付、工業用硝酸1「ガロン」を加ふ。然るときは20%の水溶液を得。

注意 苛性曹達及硝酸の溶液を容るには硝子又は陶器の容器を用ふべし。硝酸溶液を作る際は水に少量宛の硝酸を除々に加ふことを忘る可からず、此等の溶液を用ひ作業するときは常に「ゴム」手套を用ふべし。

塗料の除去

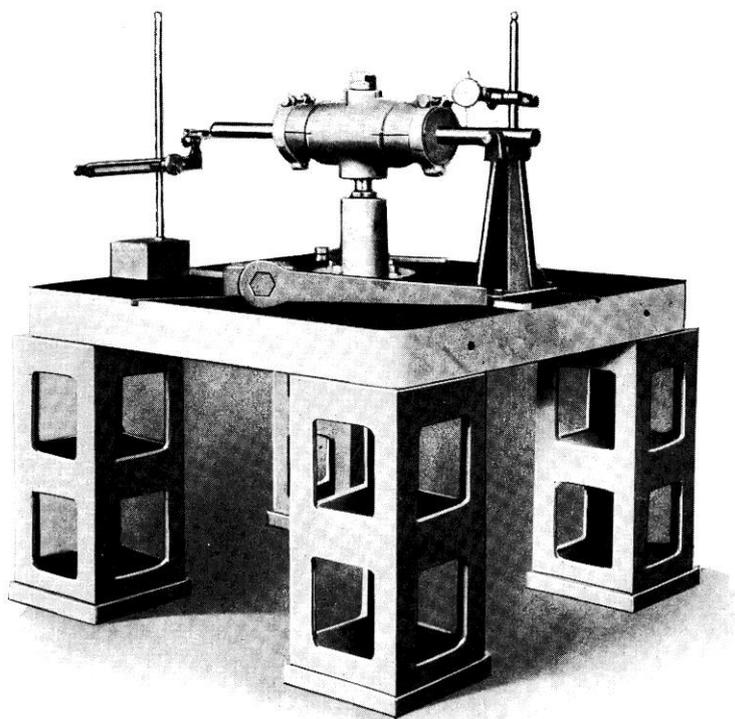
先づ「プロペラ」翅に塗粧しある金屬「プロペラ」用塗料を除去す。之がためには「アセトン」若くは「ベンゾール」を用ひ「ブラシ」又は布片にて拭掃す。但し此場合金屬表面に搔傷を付けざる如く注意す可く、決して「ワイヤブラシ」又は金屬「スクレパー」を用ふ可からず。

腐蝕法

検査すべき「プロペラ」の數少きときは次の方法による。苛性曹達溶液の少量を刷子又は帚にて「プロペラ」面に塗附す。便利なる帚は約2呎位の木杖の端に布片を巻付けたるものなり。「プロペラ」の全表面は苛性曹達溶液を用ひ充分黒色を呈するまで速に刷塗りす。續いて急ぎ水洗し、次で同様の方法により硝酸液を用ひ拭掃し表面を清潔にして黒色沈澱物のなきに至らしむ。此方法は所望の腐蝕度を得るまで反覆す。

腐蝕方法終れば「プロペラ」は詳細に點檢し、使用中に受けたる反覆内力の結果發生したる極微の毛狀龜裂の存在なきやを點檢すべし。若し翅長に直角なる龜裂を生じたるものは使用せざるを可とす。一般に此の種龜裂は初めは極小なるも使用時間の延長に従ひ増大す。

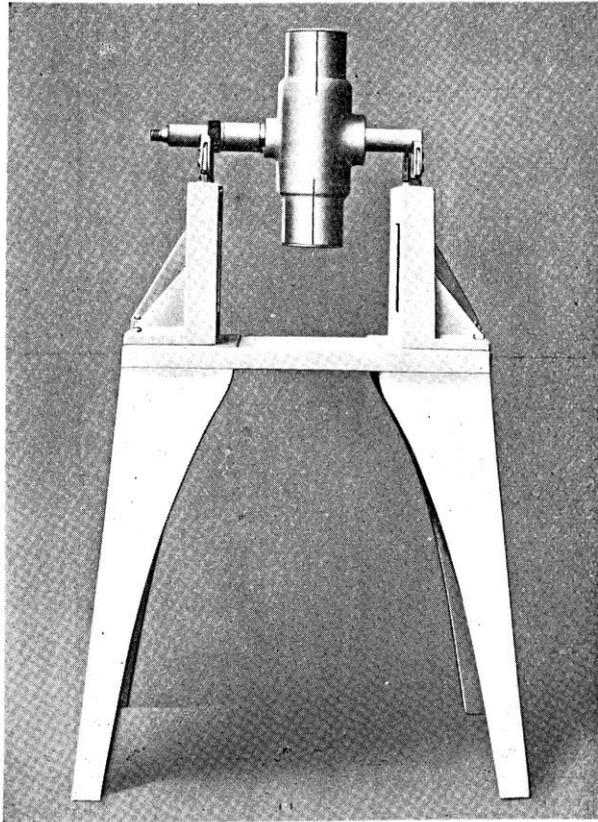
NaOH 水溶液の塗布により Al 合金の表面が「黒色を呈する」のは Al 合金の黒変化現象と呼ばれる化学変化であるが、その作用機序は複雑である。



第九圖 軸心検査

「プロペラ」轂の検査

「プロペラ」轂は緻密なる注意のもとに製作せられ、完成後「プロペラ」翅の軸心と轂軸心とが正しく直角なるやを検査し、尙轂自體の釣合を双形の釣合臺に載せて検査しあり。使用中に於ては長時間使用の結果材料の疲勞より生ずる微細なる裂疵の發生の有無を全體に亘り細密に検査し殊に翅との結合部分、緊締用帶金及同螺錐に就ては注意を拂ふべきものとす。



第十圖 穀の釣合検査

第五章 手入・修理並に使用注意

手 入

本「プロペラ」翅は光澤仕上を施しあるを以て一般の手入れには油を薄く塗布するのみにて充分なり。

「プロペラ」翅は「アルミニウム」合金材なれば水上機に装備されたるもの、如く含鹽空氣に逢ふときは表面に水酸化「アルミニウム」の薄膜を生ず。此のものは白色細粒状にして其自體は餘り有害ならざるも其の間接的媒劑としての作用を防止するため翅面は先づ乾きたる布片を以て好く拭去り、更に油布を以て拭掃するものとす。發動機より拔出したる廢油は之に用ふるに極めて適當にして、其中に含む遊離炭素は緩徐なる擦傷劑として働き、又油中の硫酸の痕跡は水酸化物の沈澱物を除去し、翅面に残る油膜は空氣の直接々觸を防ぐ可し。

日常の検査

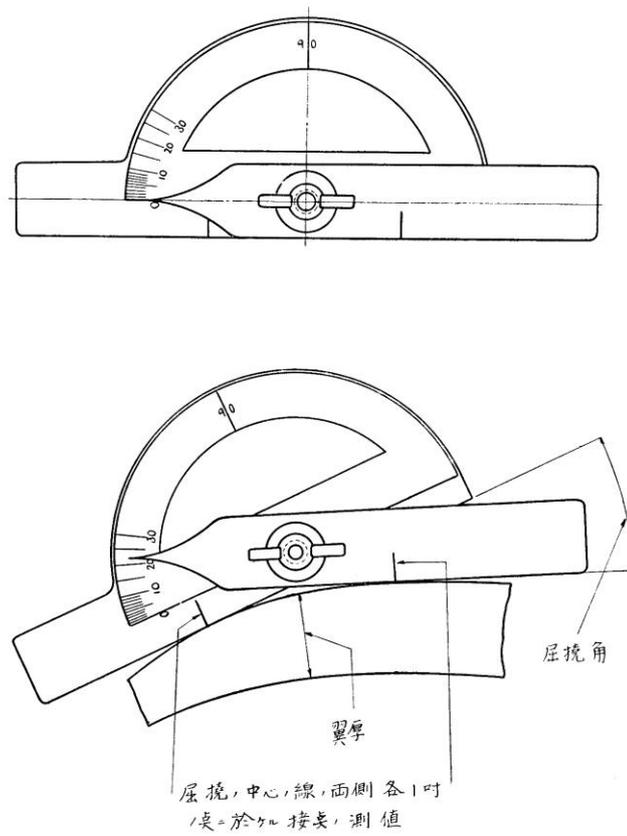
本金屬「プロペラ」使用上日常の注意として翅及轂組付状態を検査するは勿論なれども、翅及轂の表面を拭ひて擴大鏡にて表面の各部を綿密に點檢し、材料の疲勞より生じたる龜裂の有無を検するを宜しとす。之によりて危俱す可き小疵を發見せるときは局部的腐蝕により一層嚴密に検査するを要す。使用上差支へなきものは磨布又は眞鍮磨きにて磨き仕上げをなす。

修 理

本「プロペラ」は海水の飛沫中又は雨中の長時間運轉或は砂地滑走路の運轉の如き場合には、翅の前縁は損じて粗面となることある可し。其の損傷の程度輕き場合は磨布又は鑢紙を以て平滑ならしむるのみにて翅の効率を低下せしむることなく修理し得べし、且つ其の釣合も一般には感

知し得る程度には損せられざる可し。若し翅の損傷大にして鑿削修正を必要とするに至れば、再び釣合試験を行ふを要す。損傷大なる翅の前縁は翅型の断面となる如く丸味を保たしむ、但し潰れたる前縁は効率減少を免れず。

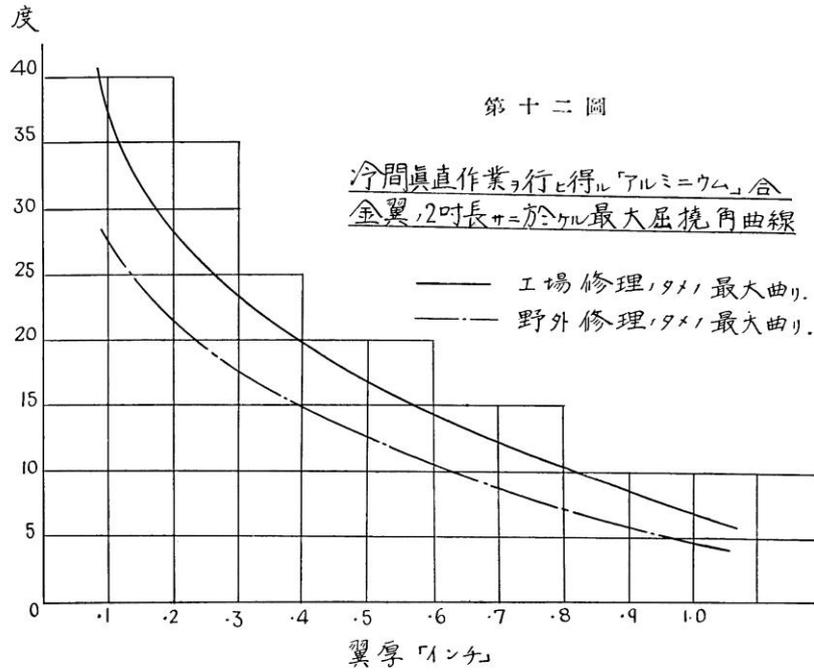
測角検査器圖



第十一圖

小事故のために曲り又は振れたる「アルミニウム」合金の「プロペラ」翅は修理修正の上再び使用することを得。若し其の量僅少なるときは設備

有る飛行場等に於ては之の冷間修正を行ひ得へきも其の量大なるに到れば熱処理を行ふを要し、之が爲め充分なる設備を必要とするに至る。



冷間真直作業を行ひ得る最大屈曲度は第十二圖に示すが如く如何なる場合と雖も此の範囲を超て冷間修正を行ふべからず、また本修正のため決して「トーチランプ」等を使用し局部的に加熱すべからず、若し之を犯すときは材料の折角の熱処理の効果を無効にし使用に當りては最も危険なればなり。

附 録

腐蝕法による「アルミニウム」合金翅検査法

(本文は第19頁以下記載の首題事項に就き)
(其實地作業を更に詳記せるものなり。)

「アルミニウム」合金「プロペラ」翅は其疲勞に依る龜裂の存在を點檢するため、各百時間飛行毎に本腐蝕検査法により細密に検査するを良しとす。其方法は大約次の三作業に分たる。

- (1) 準備作業
- (2) 腐蝕作業
- (3) 検査

(1) 準備作業

先づ表面に附着し居る油脂類塵埃等を洗油して拭ひ清淨にす。次で「プロペラ」に塗粧しある金屬「プロペラ」用塗料を除去す。之かためには該塗料の薄め液を用ひ「ブラシ」又は布片にて拭掃す。但し此場合表面に搔傷を付けざる様注意して、決して「ワイヤブラシ」又は金屬「スクレーパー」等を用ふべからず。

同薄め液は揮發性なれば使用せざるときは堅く栓を施し置くを要す。

備考 當社に於ては金屬「プロペラ」用塗料は海軍金屬「プロペラ」用塗料の假規格（昭和六年四月航本第五六五號）に據り藤倉工業株式會社（東京府荏原郡大崎町大字谷山五）より購入し居り、從て其塗粧除去には同社製薄め液を使用す。

(2) 腐蝕作業

検査すべき翅が多数にして設備の許す場合には備考に述ぶる方法に依るものとし、茲には検査すべき翅が少数なる場合の方法に就て述べん。

腐蝕作業に必要な材料

(a) 苛性曹達溶液

水1「ガロン」(約2升5合)に付、工業用苛性曹達1乃至2封度(32瓦乃至65瓦)の割合に加ふ。然るときは10乃至20%の水溶液を得。

(b) 硝酸溶液

水5「ガロン」に付、工業用硝酸1「ガロン」の割合に加ふ。然るときは20%の水溶液を得。

注意 苛性曹達及び硝酸の溶液を容るゝには硝子又は陶器の容器を用ふ可く、硝酸を混ずるときは常に水に静かに加へ、硝酸に水を加ふべからず。此等の溶液は衣服を損ずるを以て作業に際しては注意し、出来得れば「ゴム」手套を用ふるを良とす。

(c) 木製腐蝕臺及び拭掃臺 各1個

第13圖Aに示すものは便利なり。

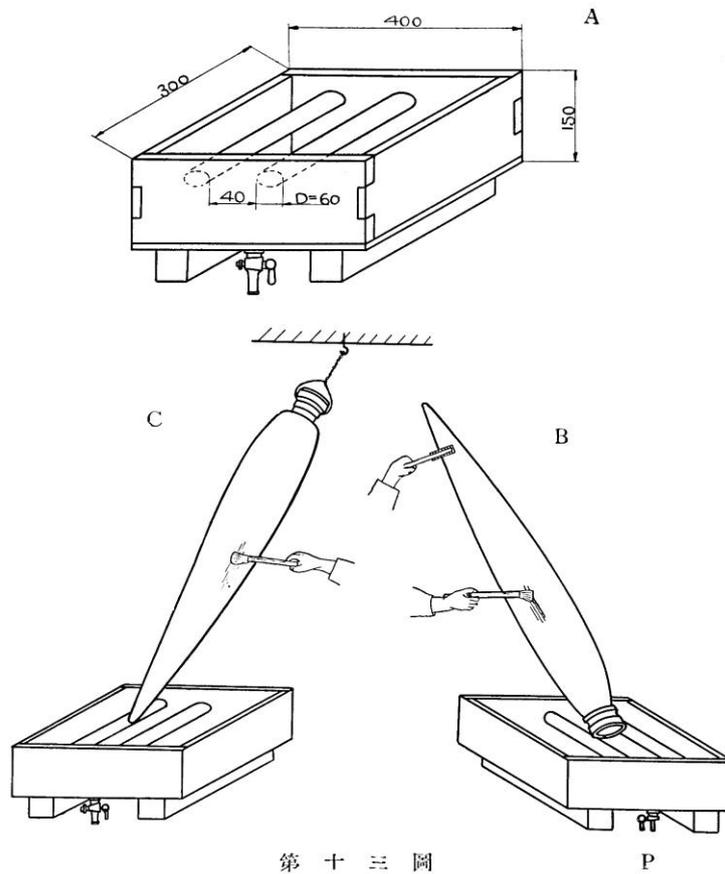
(d) 陶製容器 2個

普通壺型のものを用ひ、一個は苛性曹達用、一個は硝酸用と明記し置く。

(e) 腐蝕拭掃及び水洗用棒 3本

長さ1尺許りの木の棒の先端約半分を分厚く巻付けて用ひ、苛性曹達液腐蝕用、硝酸液拭掃用及び水洗用の三者を區別して準備す。

翅腐蝕検査圖



第十三圖

腐蝕作業法

前記準備作業を終れば翅は第 B 圖に示す如く (c) の腐蝕臺の上に斜に立て、又は第 C 圖に示す如く斜に吊して、(e) の腐蝕棒の一に前記(a) の苛性曹達液を充分に含ませたるものを以て翅の表面を拭ふ。此場合腐蝕棒は表面へ強く押付ることなく全面を一様に濕す如く軽く行ふことを必要とし、全面が一様に黒くなる迄幾度も繰すものとす。

而て片面宛行ふよりも両面同時に行ふ方均一に腐蝕され便利なり。
腐蝕の初暫くは殆んど變化なきも漸次表面は苛性曹達液に作用され
黒色を帯ふ。斯くして全體一樣に黒くなれば（苛性曹達液で濕らした
後の時間は約10分乃至15分間を要す）ホース又は適宜な方法により
充分水洗ひを行ふ。第B圖及び第C圖で腐蝕臺は苛性曹達液の滴れた
るものを受る役目をなし集れる液はPの栓より抜取つて再使用に供す
水洗ひ終れば今一個の木棒拭掃臺に移し（e）の拭捻棒に（b）の
硝酸溶液を含ませ表面を拭掃す。然るときは黒色の沈澱層は容易に拭
去られ、更に（e）の水洗用棒を用ひて充分に水洗ひすれば白く美麗
なる表面となり、疵、龜裂等は黒く鮮明に表る。斯くして表面の腐蝕
度を觀察し所望の腐蝕度を得る迄以上の作業を反覆す。

最後の水洗ひは特に注意して充分完全に行ふを要す。然らざるとき
は残留酸分のため翅の表面を損す。

備 考 検査すべき翅多數にして設備の許す場合には、腐蝕のため
には翅全體を浸漬し得可き苛性曹達液槽を設け、之に約10分間浸漬
するを便とす。又最後の水洗後熱湯槽に入れて洗ふときは酸分の除
去を完全にし且つ取出したる場合速かに乾燥する故此儘暫時放置す
るときは龜裂の部より滲がし疵の發見容易なり。

(3) 検査

腐蝕作業終れば翅の表面を詳細に視察し、使用間に受けたる反覆内
力の結果發生した極微の毛狀龜裂の存在なきやを充分點檢す。此際單
に肉眼視察するよりも擴大鏡を使用するを良とし、特にプロペラ検査
用の矩形の擴大鏡（倍率約4倍）を用ふれば便利なり。瑕疵の内、翅
長に直角なる龜裂は危險にして通常初めは極微なるも使用時間の延長
に従ひ増大する處あれば注意を要す。

後日譚

経済的観点からすれば、「調整ピッチプロペラ」はむしろ開発ツールたるに相応しく、一旦、最適ピッチが見出されてしまえば、それに準ずる「固定ピッチプロペラ」を調製してかかる方が得策であった。

それ故、解決されるべき真の問題は「固定ピッチプロペラ」の制約そのものに在った。広い速度・負荷域で良好なプロペラ効率を保つにはどうしても飛行速度と回転速度とによって変化する合成対気速度(空気の翼素流入角)に応じて飛行中、翅角を変化させ、一定の迎え角を担保してやる必要がある。これをある程度、実現したのが「可変ピッチプロペラ(variable pitch propeller)」であり、実用化の嚆矢は'33年の B-247 双発輸送機に採用されたハミルトン・スタンダード 2 段可変ピッチプロペラ(油圧式: 離昇時低ピッチ, 巡航時高ピッチ, 10° 可変)であった。

ハミルトン・スタンダードの 2 段可変ピッチプロペラはその後、ピッチを無段階に増減しつつ、回転数を一定に保つ「制御ピッチプロペラ(controllable pitch propeller)」ないし「定速プロペラ(constant-speed propeller)」へと進化した(20° 可変)。

更に、多発機の発動機故障時、当該発動機のプロペラが風車となって回転し、主翼等に危険な共振を生じたり発動機の損傷拡大や抵抗増加による航続距離低下を招く事態を防ぐため、同社は翅角を 70° まで可変とし、フルフェザー(翅角 90° = 気流と平行化)可能な *Hydromatic* 定速プロペラを開発し、その採用はアメリカにおいてはパワーダイヴ後にプロペラが過回転に陥ることを防ぎ突込み速度を向上させる目的で単発戦闘機にまで及び、Curtiss Wright, GM-Aeroproducts Division 等によってフルフェザー可能な定速プロペラが供給された。

なお、ハイドロマチック・プロペラの技術もまた、中島飛行機を通じてわが国に導入され、住友伸銅所、日本楽器がその製造に当る手筈となっていた。然しながら、戦時下、ハイドロマチック・プロペラの専用製造設備が対日禁輸品目に指定されたため、わが国はその代替物を VDM 式(独), Junkers 式(同), Piaggio 式(伊), Ratier 式(仏)等に求めざるを得なかった。ラチェ式より構造的に垢抜けしていたカーチス式についてはその導入はおろか部品としての輸出すら許可されなかった。

わが国は戦時下、導入された上記プロペラ技術に関して十分な成果を挙げられずに終わった。そこに見出されたのは航空発動機回りの技術一つを見渡しても、機構設計、材料、補機類は固より、航空ガソリンから航空発動機用潤滑油まで、欧米、とりわけ対米依存状況を色濃く呈しておきながら、大戦への誘導を画策する世界の支配層に踊らされるがままに、**思い違い**から**思い上り**、**置き去り**へという構図を描きつつ対米英開戦へと走った好戦的國家の末路に他ならない。

なお、第二次世界大戦最末期以降、アメリカにおいては着陸滑走距離短縮のため、翅のピッチを裏返す「逆ピッチプロペラ(reversible pitch or reversing propeller, braking airscrew)」が開発・実用化された。此処においてピストン航空発動機における「可変ピッチプロペラ」の進化はひとまずその極限を迎え、ターボ・プロップ時代へと引継がれることになる²。

² 「逆ピッチプロペラ」についても前掲拙稿「ピストン航空発動機の進化」, 参照。