

Title	三菱内燃機・三菱航空機のV及びW型ガソリン航空発 動機(5/6): ルノー, イスパノ・スイザ, ユンカース, 93 式, W型
Author	坂上 茂樹
Citation	経済学雑誌, 113 卷 3 号, p.42-82.
Issue Date	2012-12
ISSN	0451-6281
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	Publisher
Publisher	大阪市立大学経済学会
Description	
DOI	

Placed on: Osaka City University

三菱内燃機・三菱航空機の V 及び W 型ガソリン航空発動機 ($\frac{5}{6}$)

——ルノー、イスパノ・スイザ、ユンカース、93 式、W 型——

坂 上 茂 樹

目 次

はじめに	6. 三菱イスパノ 450 馬力発動機の改良モデル (以上 (3))
1. 力学的諸前提	7. 三菱イスパノ 650 馬力発動機
2. 習作——ルノー 70 馬力	8. 三菱ユンカース「ユ式一型」800 馬力発動機 (以上 (4))
3. 300 馬力型までの三菱イスパノ 90° V 型 8 気筒発動機	9. 93 式 700 馬力発動機 I 型
1) 220 馬力型まで (以上 (1))	10. 93 式 700 馬力発動機後期型
2) 300 馬力型	11. W 型……三菱 470 馬力、海軍 91 式及び欧 州系発動機
4. 三菱イスパノ 300 馬力発動機の整備と運用 (以上 (2))	おわりに (以上本号)
5. 三菱イスパノ 60° V 型 12 気筒 450 馬力発 動機一型	補 論：90° V8 型発動機用クランク軸の進化

9. 93 式 700 馬力発動機 I 型

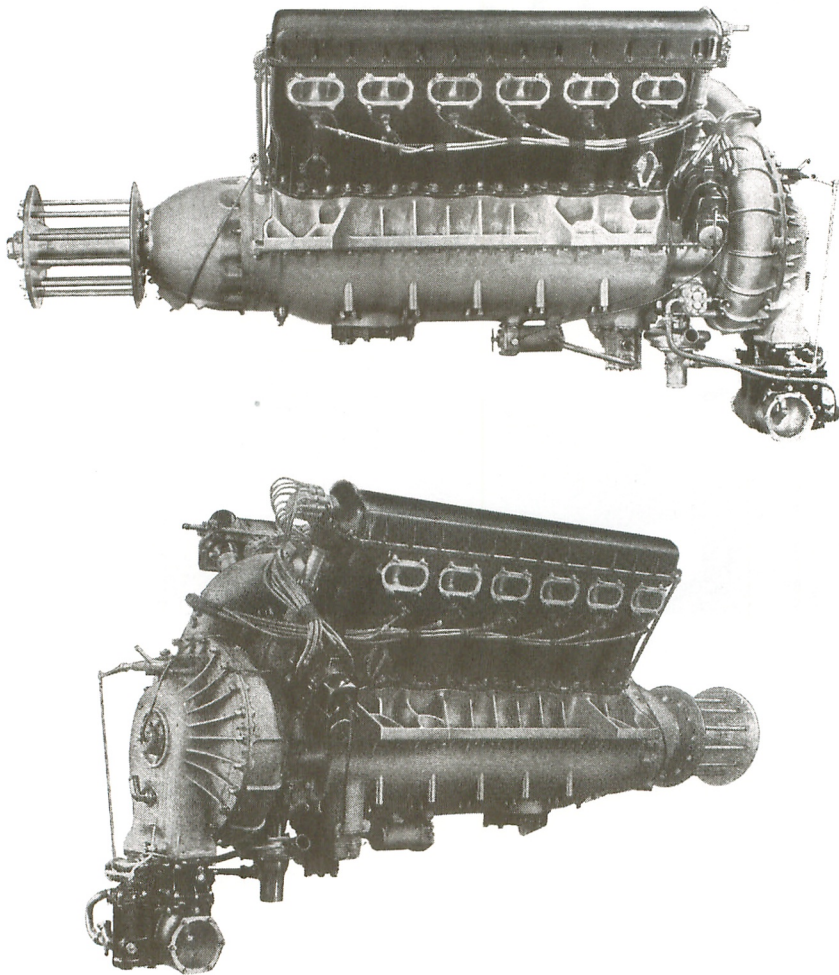
後に“ハ2”なる陸軍制式呼称を割当てられる 93 式 700 馬力発動機は総計 365 基製造された。これは数字的には海軍機で不評を買った前作、三菱イスパノ 650 馬力型の 271 基を $\frac{1}{3}$ ほど上回る実績である。しかし、この数字にはウラがあった。93 式 700 馬力は陸軍の双発機=93 式重爆撃機に搭載されたからである。

1936 年の製造打ち切りまでに 118 機製造された 93 式重爆撃機はユンカース K37 型¹⁾ の設計を範としつつ大型化した機体であったが、当初は発動機国産化が間に合わず、「ユ式一型」も陸軍の覚え目出度からぬ故か、結局、試作 1 号機には Rolls-Royce の *Buzzard* 発動機 (825 HP/2000

1) 三菱が 1931 年 2 月、独自に 1 機を参考輸入 (発動機：Bristol Jupiter 450 HP)、翌年 1 月、国民の献金で陸軍に買い上げられ“愛国第 1 号”となり、満州事変勃発を機に旧満州でその能力を発揮したことで知られる。

rpm.) が搭載された。93式700馬力が搭載されたのは2号機からである。本機はユンカース伝来の波板外皮の空気抵抗ゆえに最大速度235 km/hという鈍足を託った機体であるが、最大1600 kgの爆弾を搭載し、上昇限度5000 m、航続時間8.5時間は当時の我国にあっては一応（少なくとも爆弾等裁量の面において）進歩的な側面をも有するスペックではあった²⁾。

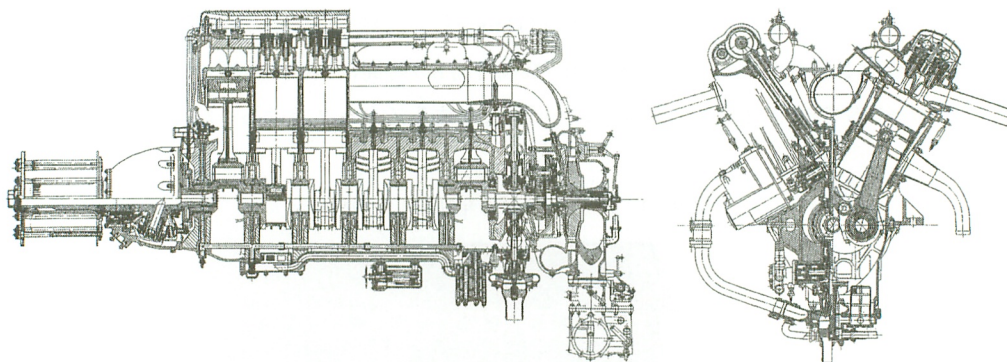
図9-1 93式700馬力発動機I型の外観



三菱航空機（株）『昭和九年二月 九三式七〇〇馬力発動機説明書』より。

2) 日本航空協会『日本航空史』昭和前期編, 43～44頁, 参照。もっとも、この飛行機の性能諸元については別の値も残されている。因みに、同時代の陸軍内部資料である『昭和十四年六月 現用飛行機主要諸元一覧表』に拠れば93式重爆撃機の主要諸元は、乗員4名、搭載量1,724 kg、全備重量8,080 kg、旋回機銃3（弾丸2,900）、爆弾搭載量：最大1,500 kg・標準1,000 kg、無線・写真設備有り、高度3,000 mにおける水平最大速度220 km/h、巡航速度170 km/h、上昇限度4,000 m、3,000 mまで14分、航続時間6時間、揮発油搭載量：最大2,820 l・標準1,780 l、同消費率290 l/h、潤滑油搭載量：最大180 l・ノ

図9-2 93式700馬力発動機I型の全体図



三菱航空機（株）『昭和九年二月 九三式七〇〇馬力発動機説明書』附図第一図。

図9-3 93式重爆撃機（キ-1）



機械学会『機械工学年鑑 昭和10年版』92頁，第65図。

この93式700馬力発動機は三菱イスパノ650馬力発動機を基礎とするものであったとは言え、ユニカーズ系をも含む三菱の経験を統合した同社製水冷V型12気筒航空発動機の総決算であると同時に航空発動機技術が革新されて行く時代の劈頭に立つ過渡期の発動機でもあった。“主任”技師が後に“金星”開発プロジェクトにおいて減速装置設計を分担させられた辻猛三技師であったことも時代の変わり目を象徴しているようである³⁾。

93式700馬力発動機の概要は60°12V，ユニカーズL88と同様にDOHC・4弁式。サイズと

∖標準106l，同消費率20l/h，発動機寿命1,000時間，機体寿命1,200時間，であった。

横森は本機について「けっして成功策とはいいがたく，実用性も悪く，性能も最大速度220km/h，上昇時間3000mまで14分と，当時の水準からしても一流とはいえなかった」（『太平洋戦争 日本陸軍機』93頁）と述べている。陸軍のデータと突き合わせるに，総合評価としてはこちらに軍配が挙げられるであろう。

3) “主任”技師の件は深尾前掲「金星」に拠る。『往事茫茫』第一巻，267頁。

ε はイスパノ 650 馬力を踏襲し 150×170 mm, $\varepsilon=6.2$ であったが, クランク軸の7倍に増速される直径 260 mm のインペラを持つ遠心式過給機が新たに装備された。これに応じて燃料として航空三号揮発油に容積比 0.08% の四エチル鉛を混合した高オクタンガソリンが用いられた。三菱発動機としては 93 式 700 馬力が恐らく四エチル鉛添加ガソリン本格的適用の嚆矢であったと思われる。正規馬力における燃料消費率は 225 g/PS-h であった。

もっとも, 正規馬力の定義は後述の通り些か面倒であり, また三菱航空機株式会社『昭和九年二月 九三式七〇〇馬力発動機説明書』では出力の表示に仏馬力 (PS) と英馬力 (HP) とが混用されている。そうした革新性の反面, 潤滑油としては未だにカストル油が用いられた。潤滑油圧力は 3.5 kg/cm² を標準とし, 消費率は 8 g/PS-h であった。減速装置・減速比はイスパノ 650 馬力と同じくファルマン・0.621。

性能要目を見れば, 正規回転数 2000 rpm., 正規出力 700 PS, 正規予圧力 -15 mmHg とある。これは地上での出力である⁴⁾。

また, 最大回転数 2300 rpm., 最大出力 890 PS, 最大予圧力 80 mmHg とあるが, これは離陸時以外の低空飛行中における 5 分間許容値を意味する⁵⁾。

また, 一時的最大回転数 2300 rpm., 一時的最大馬力 940 PS, 一時的最大予圧力 125 mmHg とある。これは離昇馬力の謂いであり, 離陸上昇時, こちらも 5 分間のみ許容されるフルパワーであった⁶⁾。

これ以外に標準高度が 2000 m, 正規高度出力が 740 PS と定義されている。これはブースト圧 -15 mmHg にほぼ相当する値である⁷⁾。

最大標準高度 1400 m, 最大高度出力 930 PS というワケの判らぬ値も定義されている。これはブースト圧 80 mmHg における数字である⁸⁾。

クランク軸の許容回転数は 2400 rpm. であった。これはダイブ時のような低負荷状態での許容値である⁹⁾。

補機回りに目を転ずれば, 気化器はストロンバーグ NA-U10J 型 (2 バレル, 1 段ベンチュリー) を 1 個, マグネトーはシンチラ GN-12D 型ないし国産電機 AS12 型を 2 個装備していた。未だこの時点では三菱電機側の体制が出来上がっていなかったのであろう。点火栓は KLG F-15 ない

4) 三菱航空機 (株)『昭和九年二月 九三式七〇〇馬力発動機説明書』2 頁では単位が「瓦毎平方糎」となっているが, 正しくは -15 mmHg (-20 g/cm²) である。過給しているのに負圧になっているのは過給機の上流に位置する気化器の絞り弁が全開になっていないため発動機の吸入負圧に過給が追いつかない状態にあるからである。以下, ブースト圧の表示は mmHg に統一する。

5) 同書, 42 頁に拠る。もっとも, そこでは最大出力 900 PS/2300 rpm. とも記されている。

6) 同上。

7) 後掲の「高空性能曲線」を参照。

8) 同上。

9) 同書, 42 頁に拠る。

しボッシュ DM130-S20 を各気筒 2 本備えていた。始動装置は圧縮空気式であった。これは双発機への搭載を前提したためであろう。

発動機重量は単に 660.0 kg と表記されており、プロペラボス金具は 18.6 kg。全長・全高・全幅は 2208×1163×752 mm であった。

次に 93 式 700 馬力発動機の「高空性能曲線」を掲げておこう。

過給発動機においては地上付近で絞り弁全開運転を続けると気筒温度が過昇し異常爆発を生じて発動機躯体に損傷を来すため、全開時間は離陸時の短時間に限られる。離昇後は絞り弁をやや閉じ、上昇に連れて徐開し、吸気圧力を発動機の構造が耐える許容値一杯に維持して行く。

過給と絞り弁徐開に依って許容ブースト圧が保たれる範囲では気圧低下に伴う排出ガス及びピストン裏面への背圧減少のため、絞り弁全開点まで高度上昇と共に出力は漸増する。

この右上り曲線のピークにおける高度を全開ないし定格高度、この際の出力を定格（公称）出力と称する。更に高度が増せば気圧低下と共に出力は減退して行く。

右下がりの実線 3 本はそれぞれ 1800, 2000, 2300 rpm. における全開性能曲線である。高度上昇・気圧低下と共に出力は減退している。破線部、折れ線部については追って説明する。右上がりの破線群は等ブースト圧曲線である。こちらも高度と共に低下している。

上に見た正規回転数 2000 rpm., 正規出力 700 PS, 正規予圧力 -15 mmHg という値は右上がりのブースト圧曲線の最下断、-15 mmHg 曲線の y 切片である。ここから高度上昇による気圧低下を補い、-15 mmHg のブースト圧を維持しつつ絞り弁開度を増して上昇を続けて行けば標準高度 2000 m にて 740 PS と定義された正規高度出力にほぼ行き当たる。そして恐らく、装備されていた固定ピッチプロペラはこの回転数に最適化されていたのであろう。

また、ブースト圧 80 mmHg 曲線の y 切片が離陸時以外の低空飛行中における 5 分間許容値 = 890 PS/300 rpm. である。ここからブースト圧を維持しつつ、高度 1400 m まで上昇すれば、そこが最大標準高度 1400 m にて最大高度出力 930 PS の地点である。

同じく、ブースト圧 125 mmHg 曲線の y 切片が離昇馬力、940 PS/2300 rpm. である。ここからこのブースト圧を維持して全開運転を続けて行けば 1000 m にて 975 PS/2300 rpm. に到るが、飛行中の最大出力は 900 PS/2300 rpm. と指示されていたから、このような遣い方はテスト時以外、なされない。

各部の構造を見れば、クランク室は Y 合金・クランク軸芯で上下二分の鑄造品。1～6 番主軸受は鋼製裏金付ホワイトメタル、7 番は円筒コロ軸受。2～5 番はイスパノ同様の外気空冷式。

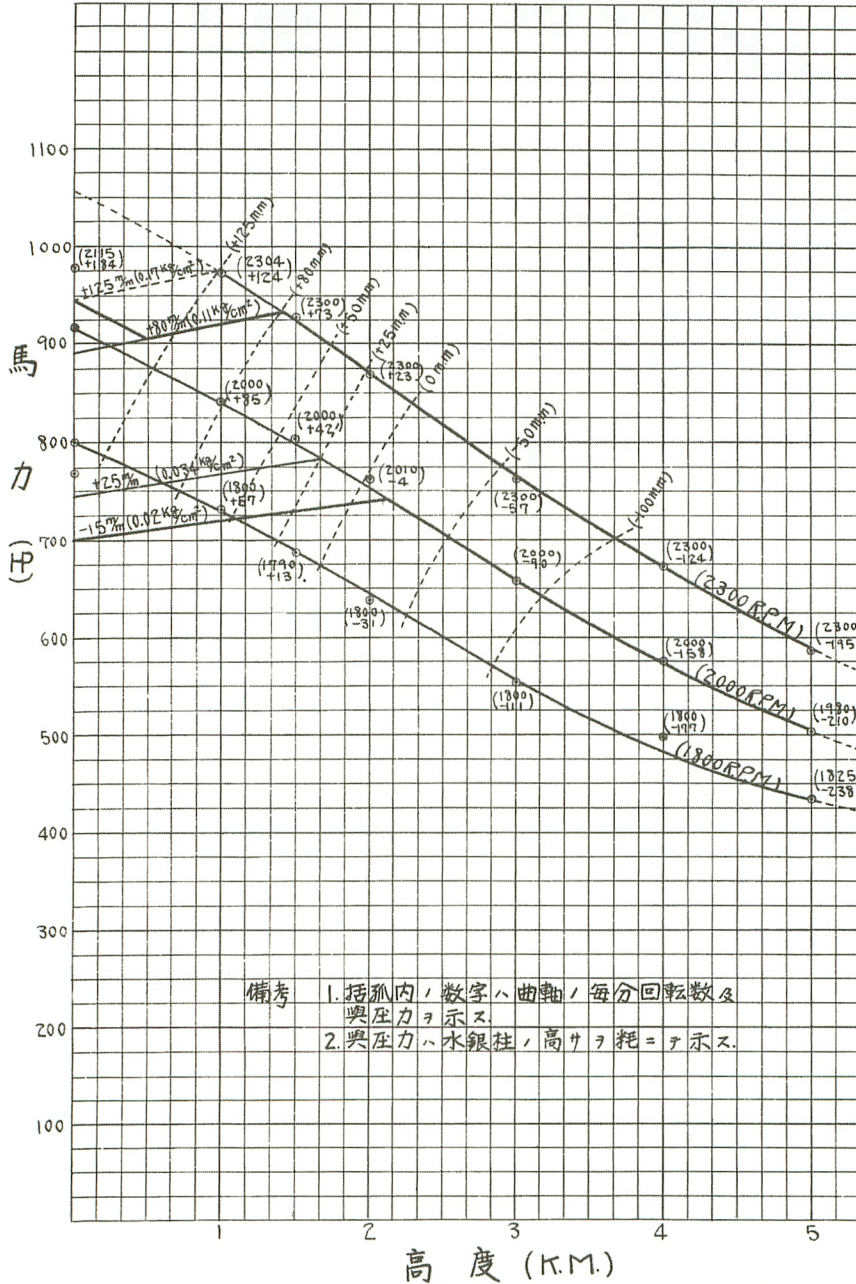
写真や図、特に写真からは主軸受の担持体をなすクランク室隔壁に丹念に立てられたリブの存在を強調しようとする意図が窺われる。このクランク室のリブについて深尾は次のように回想している。

……ここで鑄物の構造に関する重要な発見を述べる。各国の発動機の比較研究のとき、

図9-4 93式700馬力発動機高空性能曲線

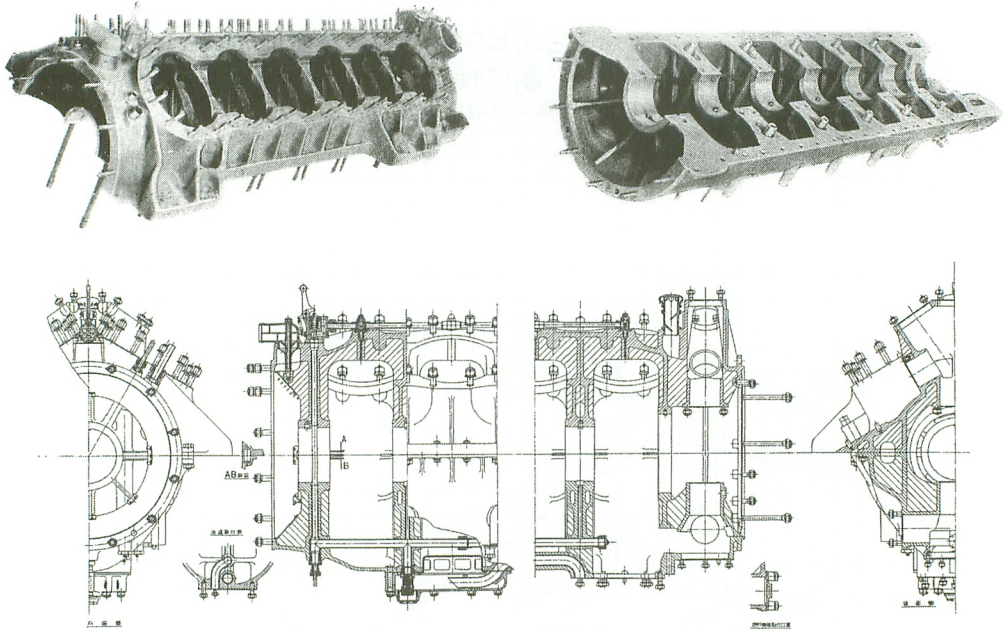
九三式七〇〇馬力發動機
高空性能曲線

(昭和八年12月21~22日、於陸軍航空本技研部)



三菱航空機 (株) 『昭和九年二月 九三式七〇〇馬力發動機説明書』 より。

図9-5 93式700馬力発動機のクランク室



同書6頁，第一図及び附図第五図。

欧州ではイスパノ社，米国ではライト社の鋳物には，リブの非常に少ないことを発見した。航空発動機の鋳物は軽合金で肉薄だから，剛性を良くするためにリブをつけるのはごく普通の構造であるが，良く考えるとリブにはその目的から言っても当然応力が集中するので，先ずその末端からクラックが発生することになる。故にリブをつけなくてむしろその附近の厚さを増した方がよい。又見た目にはこの方があざやかで，さすがにイスパノ社やライト社は見上げたものである。金星にはこのアイデアを取り入れたことはもちろんである¹⁰⁾。

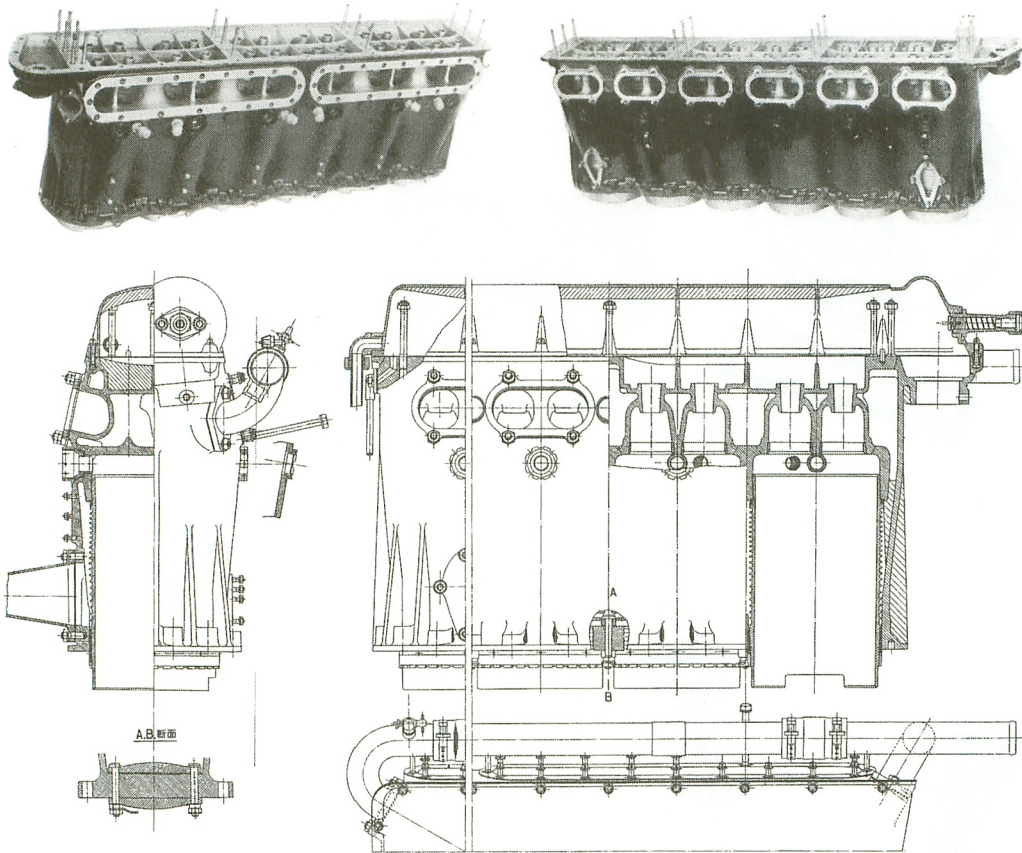
この“重要な発見”は深尾の機械屋としての感性の鋭さのみならず，イスパノと93式300馬力とを通じて三菱が得た正負の経験から導き出された経験的命題であったと考えられる。また，深尾がイスパノ及びイスパノ系発動機の技術に関して肯定的な評価を述べているのはこの下りだけである。

気筒は特殊鋼材第四種＝構造用中炭素鋼製の円筒で上方約30mmに切られたネジによって気筒ブロックに焼嵌・ねじ込み固定される湿式ライナ。冷却水との接触部にはCd^{めっき}鍍金が施されていた。上部には緊塞環を，下部には5段のゴム製緊塞環を配し，密封性が確保された¹¹⁾。

10) 『深尾淳二 技術回想七十年』118～119頁。『往事茫茫』第一巻，275頁にも同様の記述が見られる。

11) 小川清二『航空発動機工学』94，95頁間に折込まれた第5表はこの93式700馬力発動機の使用鋼材についてまとめたデータであると高い確度で推定される。但し，同表においては鋼材規格呼称に

図9-6 93式700馬力発動機の気筒ブロック



三菱航空機(株)『昭和九年二月九三式七〇〇馬力発動機説明書』8頁, 第二図及び附図第六図。
写真左が吸気側。

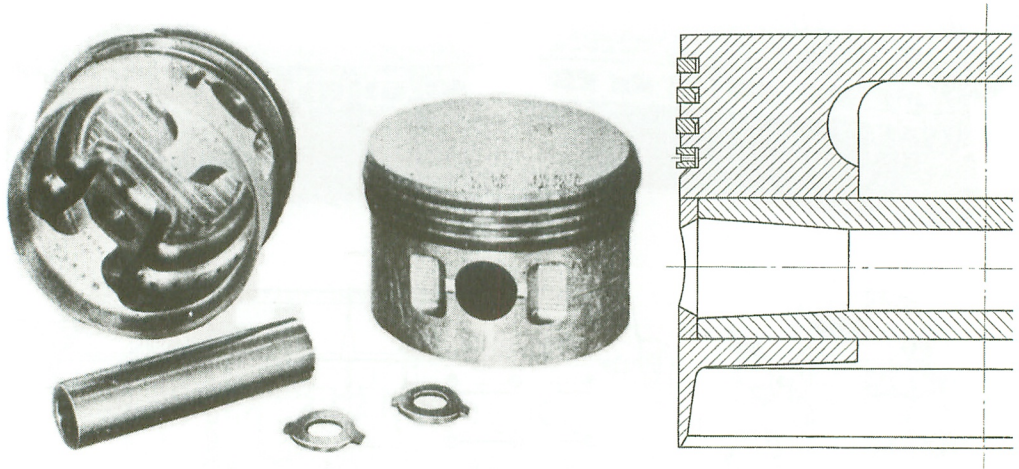
気筒ブロックは三号Al合金で外部は黒エナメル塗装されていた。気筒頭部には特殊鋼材第四十四種(Cr: 0.7 ~ 1.5%, Ni: 3.0 ~ 4.0%)製の弁座環が焼嵌されていた。但し, その打ち替えは「製造所ニ依頼スルヲ要ス」とある。

ピストンは二号Al合金製鍛造品。上部は真円, 下部はピン方向に短軸を有する楕円に加工されていた。油リングの底にはボス部を除きほぼ全周に亘って断熱のためのスリットが切られていたから, “slit-skirt piston”の一種ということになる。

連桿は副連桿式で, 特殊鋼材第四十四種製で, 鋼管製油路が跡付けされている。これによりピストンピン及びピストン内面への給油がなされた。主連桿は右バンクに用いられた。クランクピン軸受は鋼製裏金にホワイトメタルを鑄込んだもの。ピストンピン軸受, 副連桿リストピ

↘ 関しては一切触れられていない。

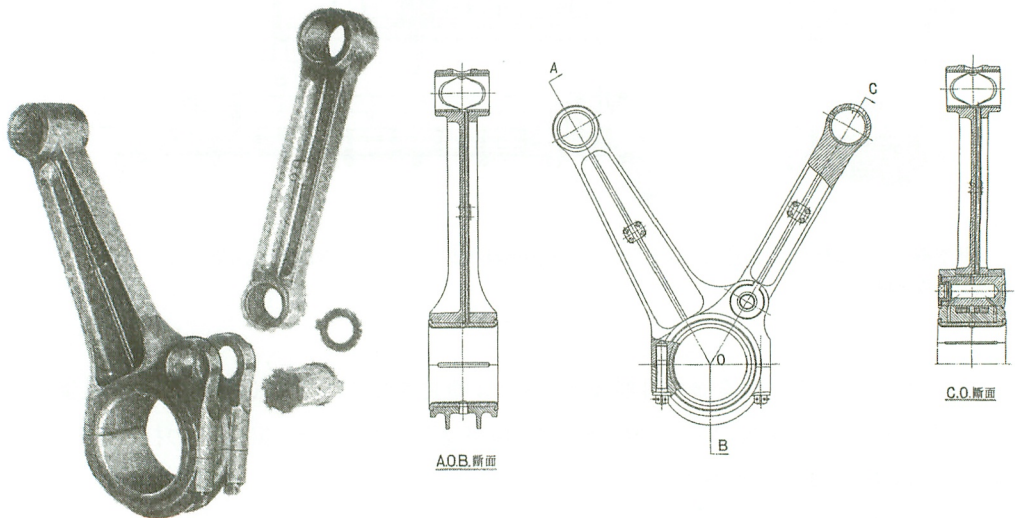
図9-7 93式700馬力発動機のピストン



同書, 10頁, 第三図及び附図第七図。

2, 3番リングは油切り性を顧慮して内側上部が斜めにカットされている。

図9-8 93式700馬力発動機の連桿



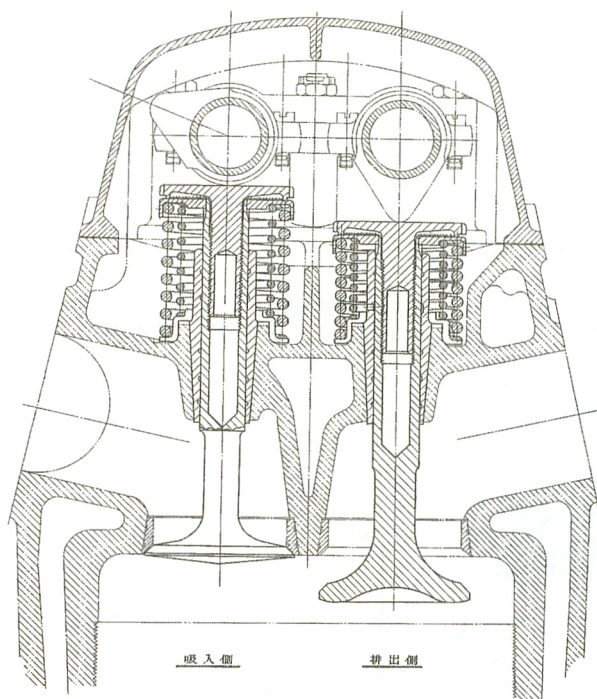
同書, 11頁, 第四図及び附図第十図。

ン軸受は何れも燐青銅鑄造品第一種製ブシュ。

クランク軸も連桿と同じく特殊鋼材第四十四種製。設計的にはイスパノ650馬力等と変わらない。

吸気弁には「ユ式一型」の排気弁に用いられたと同じ特殊鋼材第六十三種が奢られていた。排気弁の材料は特殊鋼材第六十一種とあるから、新しく規格化された幾分高グレードの耐熱鋼

図9-9 93式700馬力発動機の吸排気弁回り



同書、附図第十図。

が用いられたのであろう。これらの弁及び特殊鋳造品第二種製の弁案内の設計はイスパノと同工であったが、弁バネは弁当たり2本、弁隙間は2mmであった。

「ユ式一型」のそれと同じ特殊鋼材第二十二種=構造用低炭素鋼で造られたカム軸の基本構造はイスパノと同様であったが、カム表面及びジャーナル部には浸炭焼入を施すと明記されている。カムカバーはMg合金製。弁開閉時期はイスパノ650馬力と同一(オーバーラップ20°)であった。その調整手口はイスパノ発動機群におけると基本的に同じであったと思われるが、何故か資料は「縦軸」中央嵌合部の差し替えによる1/2歯微進退には触れていない。

弁開閉時期についてこの資料84頁においては：

吸気弁啓開 10° BTDC

吸気弁閉塞 60° ABDC

排気弁啓開 60° BBDC

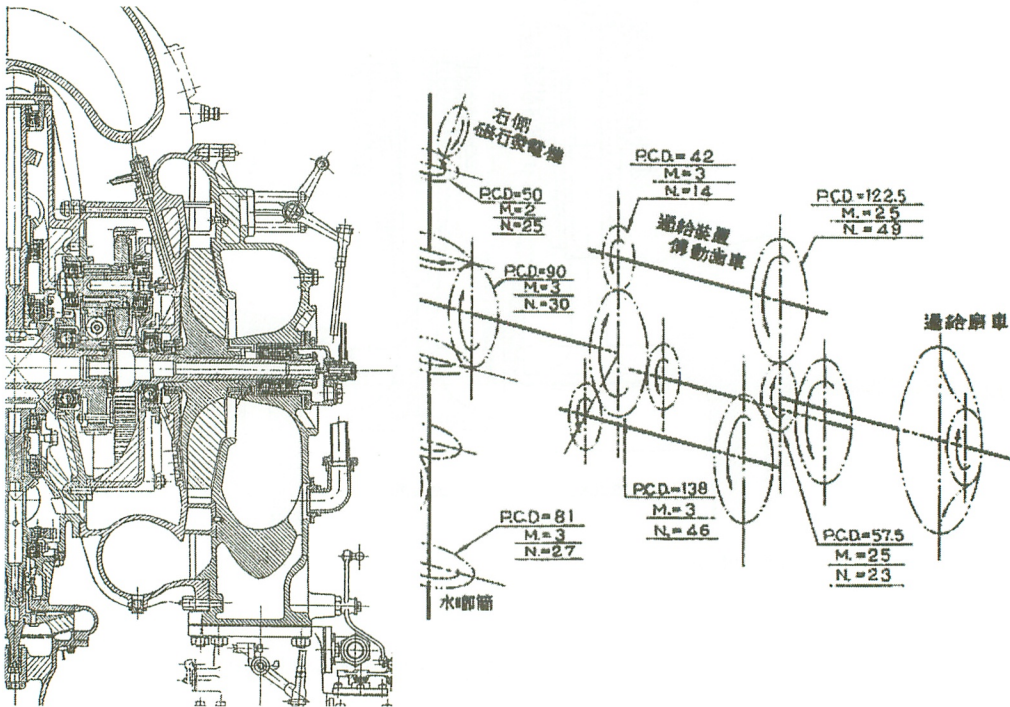
排気弁閉塞 20° ABDC

などという数値を掲げており、陸軍航空本部、昭和十二年六月『九三式七〇〇馬力発動機(三型)説明書』51頁にもこれと全く同じ値が臆面も無く掲げられている。しかし、排気弁閉塞時期は明らかに20° ATDCの誤りである。

過給機は扇車室，後蓋がAl 合金鋳造品 C，扇車が一号 Al 合金鍛造品製であった。増速装置には遊星歯車仕掛が使用された。

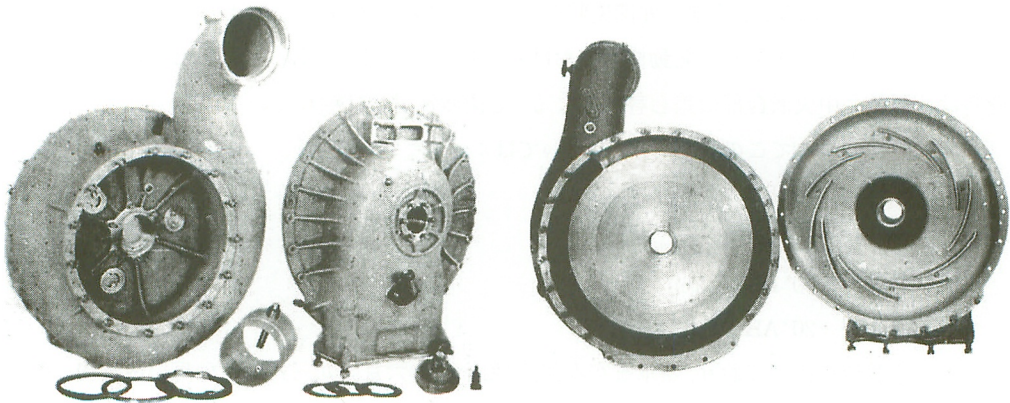
以上を除けば 93 式発動機の構造要目にイスパノ 650 馬力と比べて殊更目新しい点は無い。

図 9-10 93 式 700 馬力発動機の過給機と駆動系



同書，附図第一図（部分），附図第四図（部分）。

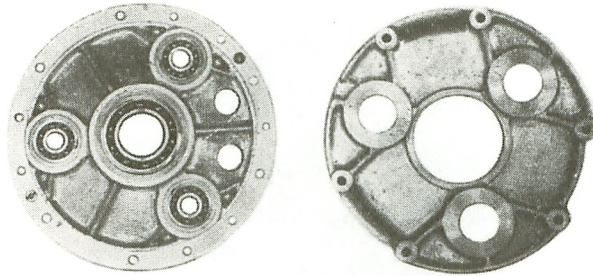
図 9-11 93 式 700 馬力発動機過給機の扇車室及び後蓋



同書，20 頁，第十三図，21 頁，第十四図。

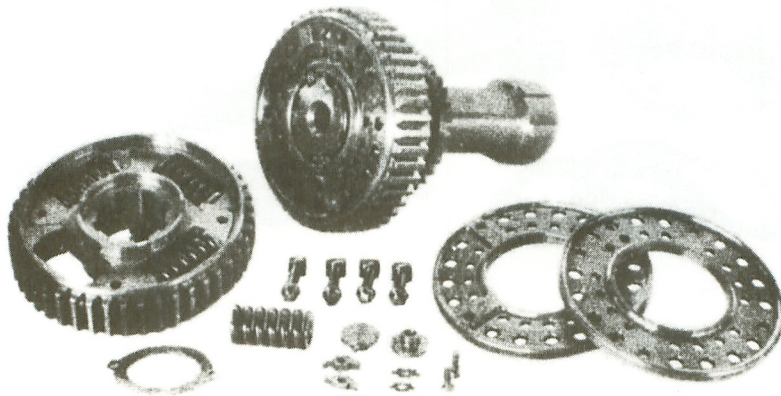
後蓋の下部に気化器が取付られる。

図9-12 93式700馬力発動機過給機の歯輪室



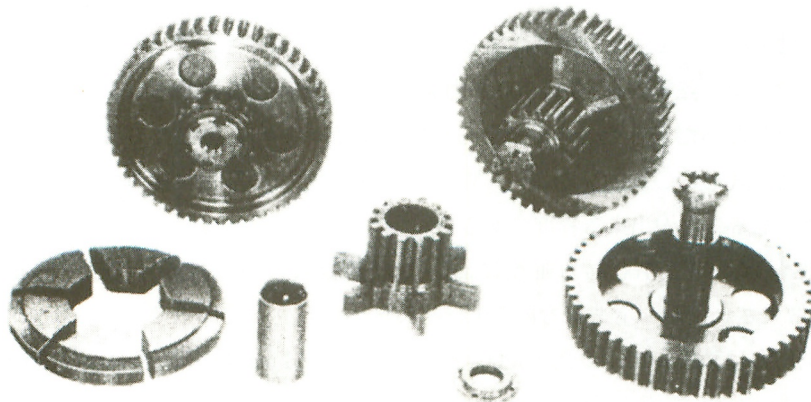
同書, 17頁, 第九図。

図9-13 93式700馬力発動機過給機の起動歯輪



同書, 18頁, 第十図。
振り振動吸収装置が組込まれている。

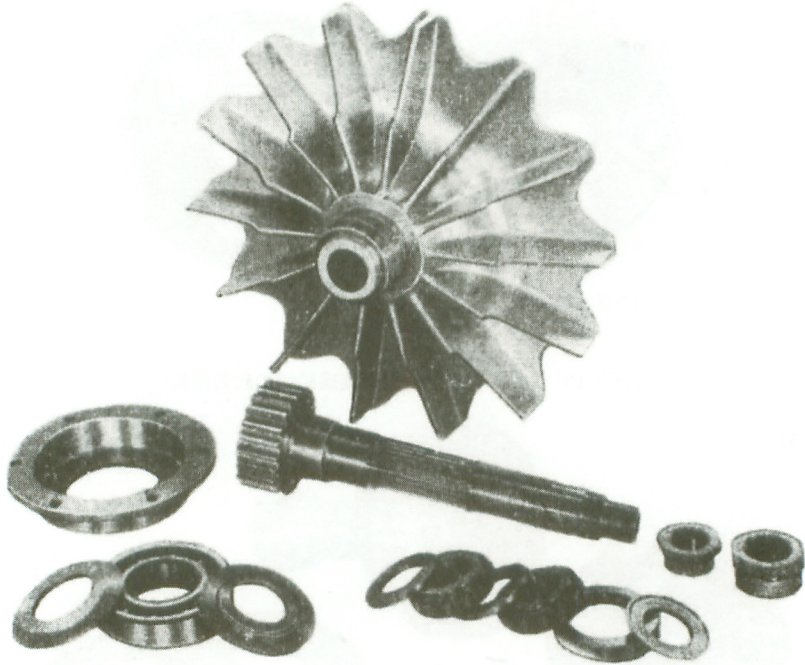
図9-14 93式700馬力発動機過給機の2段遊星歯車



同書, 18頁, 第十一図。

内蔵された6つの摩擦片に作用する遠心力がトルクを伝える摩擦力の源となる。発動機回転数の急変時にはこの摩擦クラッチがトルクリミッタとして作用する。

図9-15 93式700馬力発動機過給機の扇車及び扇車軸



同書、19頁、第十二図。

10. 93式700馬力発動機後期型

93式重爆撃機キ1は1000馬力から最終的には1300馬力級の三菱“金星”発動機を2基搭載した96式陸上攻撃機と比べても全備重量にして500kgほど上回る重い機体であった。これに低馬力発動機を組合せれば当然の帰結として鈍重な飛行機が生れざるを得ない。

三菱は当然ながら陸軍から93式700馬力発動機の性能向上を求められた。そこで様々な改良の手が打たれたのだが、その詳細は明らかではなく、我々は1937年6月に発行された陸軍航空本部『九三式七〇〇馬力発動機（三型）説明書』や若干の写真に拠ってそのあらましを飛び飛びに窺い知ることが出来る程度である¹²⁾。

同書に拠れば、93式700馬力Ⅲ型においては過給機の扇車径がⅠ型より5mm大きな265mmに増大され、かつ増速比も同7.0から7.98へと目立って向上せしめられている。その結果、正規出力は地上にて720馬力/2000rpm。(過給圧+61mmHg)、予圧高度2100mにて800馬力/2000rpm.へと微増した。最大出力としては地上にて810馬力/2300rpm。(過給圧

12) 軍事技術史家、柿賢一氏より画像データ提供を受けた。

+84 mmHg) などという著しく低い値が掲げられている。恐らくこれは継続時間に関してI型の場合とは異なった定義が用いられているからであろう。予圧高度2400 mにて900馬力という最大出力はI型より若干増した数値となっている。この変更が陸軍の圧力、三菱の面子、何れに多く困っているのかは知る由もないが、無過給のイスパノ650馬力すら持て余し、93式700馬力I型でも問題無しとしなかった状況下にさしたる勝算も無かったであろうに、かかる過給圧増大策が講じられたこと自体、共感を得られるべき策とは言えぬであろう。

寸法、重量にも若干の差が見られ、重量はI型の660.0 kgから565 kgへと激減せしめられている。但し、測定状態が示されておらず、何とも判断のしようがない。

但し、構造、材料面ではクランク室がMg合金鋳物に改められている。相変わらずリブだらけの造りであった点は深尾を満足させる設計ではなかった筈であるが、Alの比重2.70に対してMgのそれは1.74であるからMg合金化は軽量化要因の有力分子ではあったであろう。

1～6番主軸受はI型の鋼製裏金付ホワイトメタルから特殊青銅鋳物第三種を内面に熔着したメタルへと変更され、気筒ブロック取付スタッドは33本から42本へと大幅に増数された。特殊青銅鋳物第三種の正体については不明ながら、かような部位に用いられたのであるから鉛青銅の類であったと想われる。ともかく、クランク室本体剛性の問題とも絡んで主軸受は93式700馬力におけるトラブルのタネの一つをなしていたと見られる。

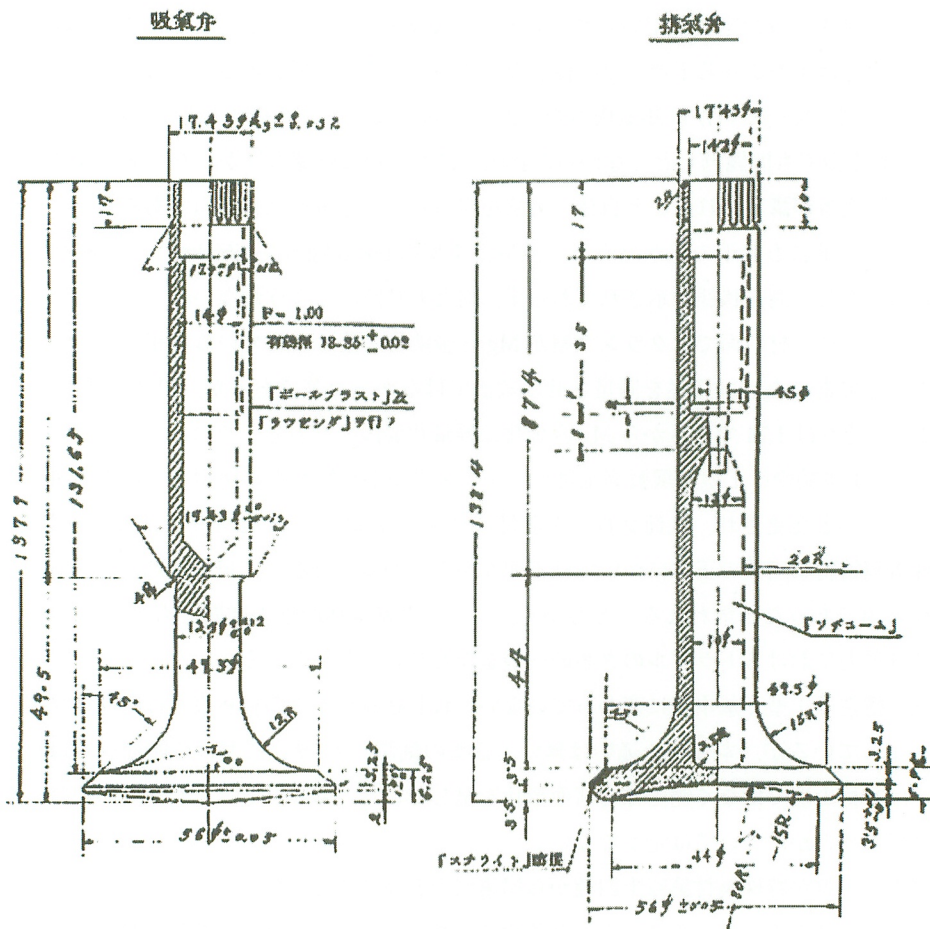
気筒構造はI型と基本的に変わっていない。ねじ込みライナの材料表示は特殊鋼材第四十二種となっているが、本質的な違いは無い。Ⅲ型の気筒(ライナ)における頭部へのねじ込み用ネジは対称山形ではなく鋸歯様の断面形状を呈していた。もっとも、それが何時の時点からのモノであるのかについては定かでない。

連桿は材料が特殊鋼材第四十四種から同第四十五種に変更された。また、クランクピン軸受はホワイトメタルからケルメットへと強化された。クランク軸材料も特殊鋼材第四十五種から同第四十七種へと(恐らく)格上げされた。主軸受の耐久性にはクランク軸側の因子も影響するから、クランク軸の強化はクランク室側の剛性アップと“セット物の改良”と言える。僅かな性能向上にこれまで対策して臨んだのはオリジナルのクランク室、クランク軸、親・子メタルがそもそも役不足であったからであると想われる。

吸排気弁は大きく変更されており、吸気弁材料が特殊鋼材第六十三種から同第四十四種へと“格下げ”された代わりに排気弁は同じ第六十一種ながら、“ソジウム”ないし“ソヂューム”即ちNa封入中空冷却弁に変更されており、フェイス面にはステライト盛が施された。これらの変更点には排気弁の過熱に悩まされた状況が浮き彫りにされている。

また、弁案内材料もI型の坩堝鋳鉄から燐青銅に改められた。これは焼付防止のためであろう。弁座環の材料は特殊鋼材第四十四種と明記されているが、これは変更されたというワケではなかったであろう。その交換はメーカー等、特殊工場に委ねるべしとの御託宣はここでも継承されていた。

図 10-1 93 式 700 馬力Ⅲ型の吸排気弁



陸軍航空本部『九三式七〇〇馬力発動機（三型）説明書』附図第十九。
「ソヂユーム」、「ステライト」の文字が読み取れよう。

減速装置は起動傘歯車の歯数が60、固定傘歯車の歯数が36に改められ、減速比は0.621から $60/(36+60)=0.625$ になった。なお、序ながら補機関係に眼を遣ると気化器は三菱の内製品となりマグネトーは国産電機の製品のみとなっていた。点火栓も国産品が用いられたようである。

しかし、この程度の強化策を盛り込んだ対策品では性能上幾許の進歩も得られなかったらしい。出力の絶対値については冒頭に述べた通りであるが、燃料・潤滑油消費率については如何であったのか？

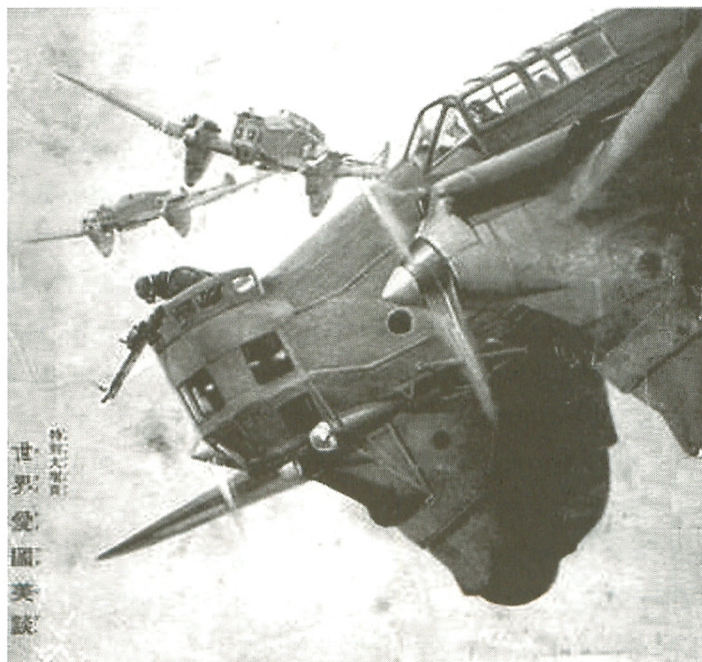
Ⅲ型には過給発動機用揮発油として当時各国で規格化されていた四エチル鉛添加、87オクタン燃料の一つである陸軍呼称“航空87揮発油”なるものを供するように指定されていた。

1940年頃のデータではあるが、87オクタンの揮発油についてはアメリカだけでも陸海軍、発動機メーカー、航空会社によって6つの規格が制定され、世界では12ばかりの規格が生きていた。そのほとんどはCFRモーター法と称する測定法に拠ったが、四エチル鉛の最大添加率はベースガソリンの性状差のため0.13～0.90 cc/l (0.013～0.090 vol%) とマチマチであったが、日本陸軍の“航空87揮発油”のそれは0.85 cc/l (0.085 vol%) であった¹³⁾。

それ故、このⅢ型はⅠ型より多少、美味しいメシを食わせて貰っていた可能性がある。潤滑油の方は相も変わらぬカストル油であったが、規定圧力は3.6 kg/cm²へと微増せしめられていた。それで、結局のところ、Ⅲ型の燃料・潤滑油消費率はそれぞれ250 g/PS-h、10 g/PS-hという値であった。これはⅠ型と比べても全く感心出来ない成績であり、前者など過給圧増大に要した動力損失がそれによって得られた出力増分を食潰してなお余りあったからに他ならず、後者は潤滑不良を潤滑油の浪費によって対策しようとした姿勢の現れに他ならない。

最終的に陸軍が三菱に試みさせたのは機体(発動機ナセル)空力特性の改善を併せた速度向上策であった。フルカバーされた固定脚が嫌が上にも目立つキ-1改への設計変更においては

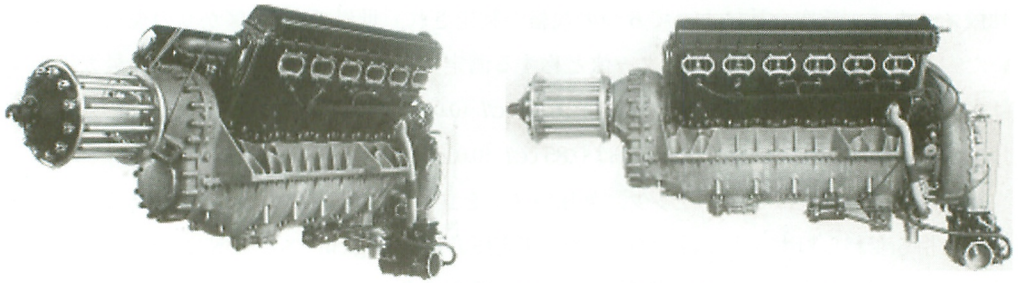
図 10-2 93式重爆撃機最終型



『飛行機畫報』講談社絵本51, 1938年, 表紙。
絵は村上松次郎による。

13) 日本航空学会『航空工学便覧』1940年, 510頁, 第10表, 秋田『自動車及航空機燃料』194・195頁間折込, 第61表, 参照。

図 10-3 93 式 700 馬力発動機Ⅳ型



柿賢一氏より提供を受けた。これらの写真の来歴については不明である。左の写真は松岡『みつびし航空エンジン物語』36頁上の写真と同じであるが、松岡がその下に掲げている写真はファルマン減速装置を装備したⅢ型以前の93式700馬力発動機であり、実に不適当な組合せと言わざるを得ない。

プロペラ軸々芯が主翼々弦線にまで引き下げられると共に、発動機側でもこれに対応すべく減速装置がファルマンから平歯車式へと置換えられた。このため、クランク室上半部の設計が大幅に改められねばならなかった。こうしてプロペラ軸々芯に対するクランク軸高さも引下げられ、ナセルに収容された発動機ユニットの抗力係数切下げが図られた¹⁴⁾。

この対策型が恐らく93式700馬力発動機Ⅳ型と称されるモノである。Ⅳ型についての図や解説、単体ないし搭載状態におけるキ-1改の性能に係わるデータは筆者にして未見であり、僅かに写真数枚の存在を知るのみである¹⁵⁾。

ともかく、Ⅳ型が道楽に終わったか否かは別として、これ位のことで発動機の馬力不足を補うことは出来なかったのであろう。結局、93式700馬力発動機を搭載した93式重爆撃機は機体・発動機共に「最初から不評」を託ち、結局「ほとんど物の役に立たず」仕舞いであった。

とりわけ馬力不足で片初飛行もままならぬこの発動機には故障が頻発、三菱はその対策と改修、更に上に紹介したような大改造にまで追われた。その結果、93式700馬力発動機はごく短期間にⅠ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ型の出現を見たのであるが、それらは遂に奏効せず仕舞いに終わった。

深尾は93式700馬力とその生産現場を巡る1933年当時の状況について：

三菱は仏国イスパノ社の水冷発動機のライセンスとしてその四五〇馬力六五〇馬力を海軍に、陸軍にはそれをモディファイした九三式七〇〇馬力を作っていたが、ピストンが焼付く、軸受が焼ける、排気弁が折損する、潤滑油の消費が多いというような事故が頻発して、海軍では使用停止になるというように手の付けられない状態であった。この状態にかかわらず設計と現場が不和で、例えば現場は図面通り作ればよいとて協力しない、わず

14) かような点は写真類からは掴み難い。小川利彦前掲『日本航空機大図鑑』中巻、20～21頁（93式重爆撃機Ⅱ型=キ-1改）と24～25頁（93式重爆撃機=キ-1）とを対照されたい。

15) もっとも、先に引用した最大速度235 km/hなるスペックがこのキ-1改のモノであるという可能性が無いわけではない。

かに材料試験の石沢命知君が中をとりもっていたのが実情で現場は工師長まかせであった。このような時には当事者と監督官の関係も悪くなるので【三菱航空機名古屋製作所】所長副長がもっぱら応待これ努めるといった態度がはなはだしく官の軽侮を招いたようであった。

と述べている¹⁶⁾。

何となく情況が伝わって来る面白い記述ではあるが、少し注意して読めば粗雑極まる書きっぷりが鼻につく。先ず、「四五〇馬力六五〇馬力を海軍に」という記述が誤りである点が指摘されねばならない。既に見た通り、300馬力同様450馬力も陸海両軍に納入されて来た。次に、93式700馬力は三菱イスパノ650馬力を「モディファイした」ものといった程度の作品ではなかった。DOHC・4弁化は未だしも、三菱が実際に製造した水冷発動機としては初めて過給を実施し、四エチル鉛入りガソリンを焚いた発動機であった。

第三にこの引用文で深尾は「ピストンが焼付く、軸受が焼ける、排気弁が折損する、潤滑油の消費が多いというような事故が頻発し」という状況説明が如何なる発動機に係わるものなのか判然とさせぬまま「海軍では使用停止になる」というように手の付けられない状態であった」と言い切っている。

650馬力が89艦上攻撃機で散々な壊れ方を見せ海軍側の不興を買った点については先に深尾らの回想を引いておいたから、前後二つの引用を重ね合わせれば「ピストンが焼付く、軸受が焼ける、排気弁が折損する、潤滑油の消費が多い」との記述は93式に係わるものと解釈するのが合理的である。しかしその直後に「海軍では使用停止になる」と来るとあってはまるで千鳥足である。

それにしても、潤滑油の消費過多が果して「事故」に数え挙げられるべきものなのか否かは疑問ではある。「ピストンが焼付く」のであれば常々オイル上がりのような情況が出来していたとも思われぬ。だとすれば、「潤滑油の消費が多」かったというのは余程、何処からか性質の悪い、事故に類するような漏れ方が観察されていたのであろうか？

結局、突き放した言い方をすればOHC2弁・無過給の650馬力でさえマトモに出来ない状況下でDOHC4弁・700馬力級の過給発動機を構想したこと自体、壮途にあらざして暴挙であった。三菱航空機名古屋発動機製作所長として空冷か水冷かを巡る果てしない論争を避けるため、水冷を言わば飼殺しに処した深尾が戦後指摘すべきであったのはこの点である。

一方、横森は93式重爆撃機について：

性能も実用性も悪くて失敗作とってよく、本機の不成功が日本重爆のその後に大きな影響を与えた……

とも断じている¹⁷⁾。

16) 深尾淳二技術回想七十年刊行会『深尾淳二技術回想七十年』1979年、101～102頁、より。

17) 「」内引用と合せ、航空情報別冊『太平洋戦争 日本陸軍機』80、211頁、より。

93式重爆撃機は同じく三菱が、ユンカース K37 を徒に拡大することなく素直に国産化した93式双（発）軽爆撃機（中島飛行機製空冷星型発動機“壽式450馬力”→“94式550馬力”搭載）に速度や運動性の面で格段に劣った¹⁸⁾。このため後者が1939年まで製造され、第一線退役後も大陸で連絡機に、内地で爆撃練習機にと永らく活躍を続けたのとは対照的に'36ないし'37年の製造打ち切り後、早々と廃棄された。それは不評の元凶たる93式700馬力発動機と共に本邦航空史上極めてマイナーな存在、端的に言えばこの国から本格的な重爆撃機による戦略爆撃という思想を迫出した歴史的駄作に終わった¹⁹⁾。

重爆撃機とは如何にも大袈裟な名称であったが、陸軍省前掲『陸軍航空本部兵器研究方針』に拠れば重爆撃機は後に単なる爆撃機と改称された。そしてこれには93式重爆撃機と比べれば遥かに軽目の性格付けがなされていた。「主トシテ敵飛行場に在ル飛行機竝諸施設ノ破壊ニ用フ」,「爆撃能力大ニシテ相当ノ自衛火力ヲ有シ特に速度ヲ大ナラシム」,「行動半径ハ標準爆弾量ヲ携行セルトキ少クトモ六〇〇軒トシ尚行動ノ爲約一時間ノ余裕ヲ存シ爆弾ヲ携行セサルトキ約一、〇〇〇軒トス」,「爆弾搭載量七五〇軒ヲ以テ標準トシ五〇軒以下ノ弾種ニ在リテモ爲シ得ル限り搭載効率ヲ大ナラシム。但シ行動半径五〇〇軒以下ナル時ハ所要ニ応シ弾量ヲ一、〇〇〇軒増加シ得シム」,「常用高度二、〇〇〇米乃至四、〇〇〇米トス。但シ自衛上更ニ一層高

18) 後にこの軽爆撃機なるカテゴリーは“襲撃機”へと改称された。陸軍省前掲『陸軍航空本部兵器研究方針』に拠ればこれは「主トシテ敵飛行場に在ル飛行機竝大ナル威力ヲ要セサル諸施設ノ破壊ニ用」いられる水平及び急降下爆撃が可能な機体であった。

因みに好評を博した“93式双軽爆撃機”の主要諸元を前掲『昭和十四年六月 現用飛行機主要諸元一覧表』に拾えば（【】内93式重爆）、乗員3【4】名、搭載量1,295【1,724】kg、全備重量4,484【8,080】kg、旋回機銃2（弾丸1,900）【3（2,900）】、爆弾搭載量：最大500【1,500】kg・標準300【1,000】kg、無線・写真設備有り【同】、高度3,000mにおける水平最大速度250【220】km/h、巡航速度200【170】km/h、上昇限度7,000【4,000】m、3,000mまで9分50秒【14分】、航続時間6【6】時間、揮発油搭載量：最大1,474【2,820】l・標準1,027【1,780】l、同消費率230【290】l/h、潤滑油搭載量：最大100【180】l・標準67【106】l、同消費率15【20】l/h、発動機寿命1,000【同】時間、機体寿命1,200【同】時間、であった。重爆撃機の方は確かに大飯喰らいの鈍足で上昇力も極度に劣っていた。発動機寿命が同等であったと言われても俄に信じ難いが、運動性の差がこれ程とあっては現場で嫌われても致し方無かろう。

19) 93式重爆撃機及び93式700馬力発動機についての松岡久光の記述は上に指摘された箇所以外でも混乱を呈している。『みつびし飛行機物語』アテネ書房、改訂重版、2002年、においてキ-1の試作1号機と表記された336頁の写真（本稿図8-3と同じ原版から焼かれたモノらしい）の表記には疑問が残る。発動機についての突っ込んだ記述はなされていないものの、平歯車式減速装置搭載の*Buzzard*ならプロペラ軸の位置がかように高くなるのは余りにも不自然である。因みに、松岡は『みつびし航空エンジン物語』35頁では同じ写真を何故か単に「九三式重爆撃機」として掲げている。

また、松岡は『三菱航空エンジン史』三樹書房、2005年、28～31頁でも93式700馬力発動機と93式重爆撃機について触れているが、30頁の写真はファルマン減速装置付き＝Ⅲ型以前の93式700馬力発動機であり、31頁の写真は平歯車式減速装置付き93式700馬力発動機Ⅳ型を装備した93式重爆撃機改＝キ-1改＝『みつびし飛行機物語』338頁に「九三式Ⅱ型重爆撃機キ1」とある図であり、両者に対応関係は無い。

空ニ於テ行動シ得シム」などとある他、500 kgの爆弾搭載量で「一五吉爆弾ヲモ爲シ得ル限り多数搭載セシム」運用法についての言及さえなされていた。アメリカ流の1t爆弾で戦略爆撃などといった世界とは無縁なハナシであった。

他方、発動機技術史固有の側面に眼を遣れば、ソ連邦においてクリスティー戦車由来のイスパノV型12気筒発動機がDOHCディーゼル化され、名機T34戦車の発動機となったという夙に聞えた事実が存在している²⁰⁾。これを顧るに、93式700馬力発動機の失敗を掉尾としてイスパノ→(ユ式一型)→93式という三菱水冷V型12気筒航空発動機の系譜が断たれた事実は、単に航空発動機界に止まらず、また、ひとり三菱のみならず、この国において大形高速ディーゼルが十全に発展を遂げ得なかつた苦汁の歴史への一結節点をもなしているのである。

11. W型……三菱470馬力、海軍91式及び欧州製発動機

1) 三菱470馬力発動機

三菱470馬力発動機(60°12W-140×170mm:ストロークは650馬力型に同じ)は1924年に只の1基だけ製造された。その製造年代からして当然、この発動機は常識的にイスパノの派生物と考えられ勝ちである。実際、松岡は「三菱イスパノ470馬力(W型)」などと表記している²¹⁾。

他方、『日本航空学術史(1910-1945)』などはこれを単に「三菱470HP」と表記している。何れがより適当な表記なのであろうか？

当時の三菱がイスパノの影響下に在ったことは間違いの無い事実であり、当時、イスパノがW型発動機の開発を行っていたこともまた事実である。Lageに拠れば、イスパノが新たなV及びW型発動機開発に手を染めたのはフランス航空技術局(Service Technique de l'Aéronautique)の勲奨に拠るものであった。イスパノは年来の奨めに応じて1923年、V及びW型12気筒発動機の開発に着手した²²⁾。

1924年、フランス航空サロンに新型発動機Type50 12-G(60°12W-140×150mm, 450HP/1800rpm, 重量375kg), Type51 12-H(90°12V-140×150mm, 450HP, 重量420kg), Type52 12-J(60°12V-120×150mm, 350HP, 重量305kg)が展示された。本節の行論にとって肝心要となるW型発動機の詳細はLageの著書に拠っても遺憾ながら不明である。しかし、恐らくそれはV型8気筒を素直に3列化したモノであったと推定される²³⁾。

20) 大井上博翻訳編纂(代表)『戦車工学』山海堂、1943年、巻末附表4、鈴木孝『エンジンのロマン』プレジデント社、1988年、226～234頁、参照

21) 松岡『みつびし航空エンジン物語』330頁、2. 三菱製作発動機一覧表(水冷式・1)を見よ。同『三菱航空エンジン史』には本発動機に関する一片の言及すら見当たらない。

22) cf. Lage, Hispano Suiza in Aeronautics, pp. 104～105.

23) cf. *ibid.*, p. 109 Figure 2-29.

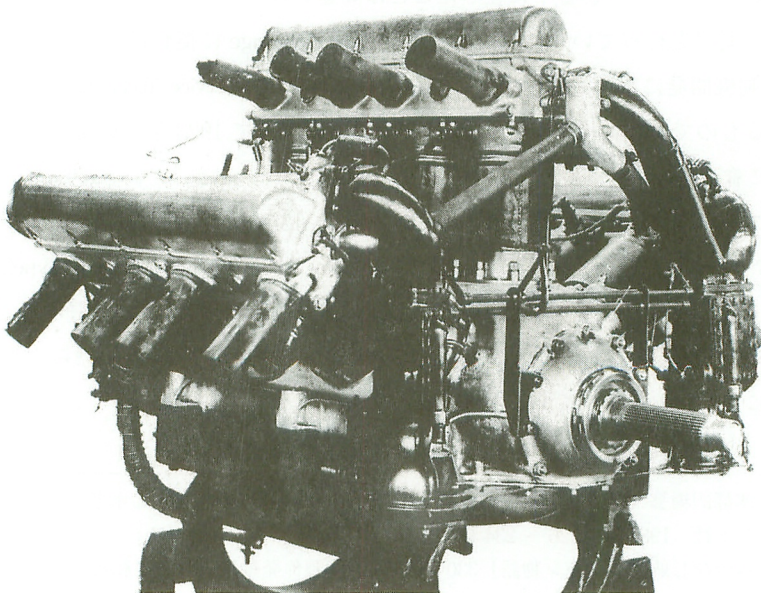
W型12気筒発動機には従前、イスパノには逆火^{バックファイヤ}を怖れる余り忌避されて来た吸排気弁のオーバーラップ(20°)が初導入され、弁リフトも10mmから13mmに増大せしめられていた。 ϵ も従前の4.7が放棄され、5.3, 5.56, 6.1のバージョンがテストされた。

この50時間余りのテストはローマ万国航空会議で制定された既述の規程に則って実施されたが、供試発動機はこのテストに先立って80時間の運転を行っていた。テストの結果、 $\epsilon=5.3$ バージョンの発動機(12-Ga)の出力を450 HP/1800 rpm. と公称することが是認された。実測されたその最大出力は506 HPであった。また、500 HP型と認定された6.1バージョン(12-Gb)は582 HP/2000 rpm. の最大出力を記録した。

1924年12月、A. Bonnet 搭乗のBernard-SIMB機は448 km/hという速度記録を樹立した。その発動機Typr50 12-Gbは600 HP/2150 rpm. を記録した。

W型というレイアウトのメリットは発動機全長が短いため同一出力のV型発動機に比べて上例の如く重量が大幅に軽減される点にある。デメリットは前面投影面積が大きくなり、機体搭載時の空気抵抗を増し、排気管の取り回しも厄介となること、更に単発機においてはパイロットの視界が阻害されることにあった。実のところ、4気筒を三つ寄せ集めたW型は振動の点で理論的には余り面白いモノではなかったが、W型は90°V型8気筒発動機と気筒回りをユニット毎共用可能であったという点は確かにそのメリットではあった。

図 11-1 三菱 470 馬力発動機の外観

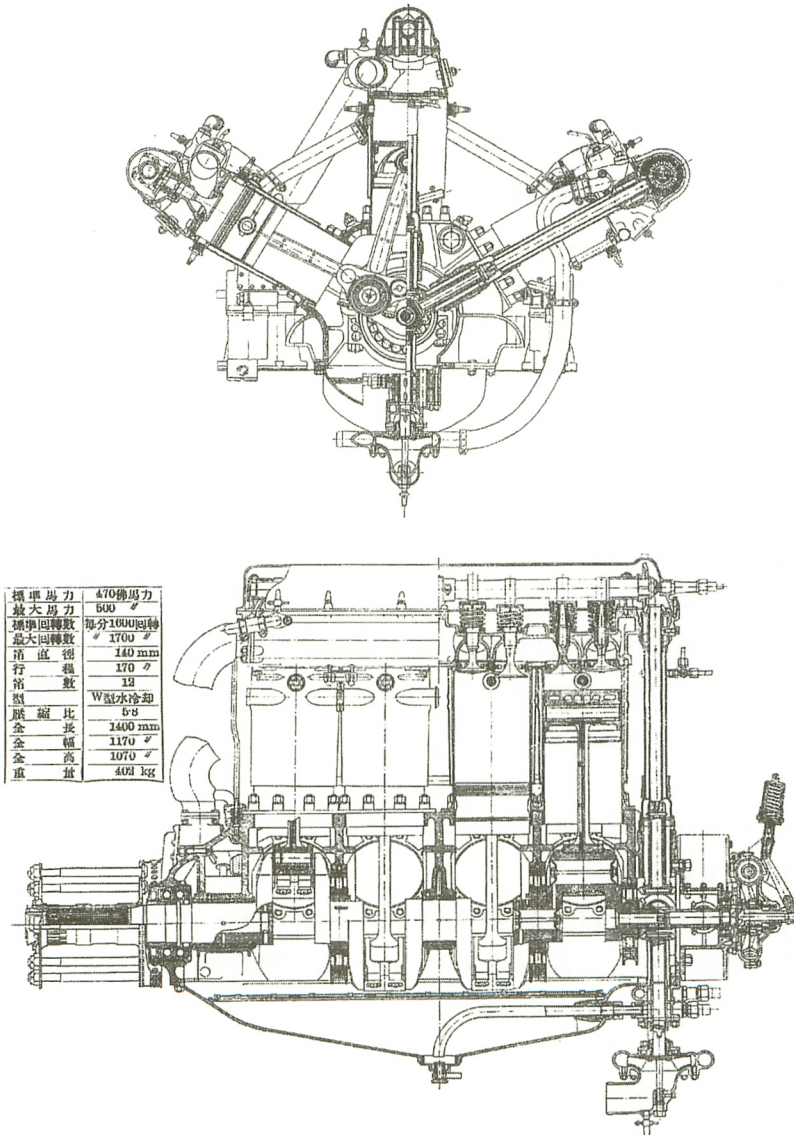


三菱内燃機株式會社名古屋製作所製 四百七十七馬力發動機
當時の繪業書。

ともかく、デビューこそ華々しかったイスパノ W 型発動機ではあったが、量産軌道に乗ったのは並行して開発されていた 60° V 型 12 気筒系列の発動機であった²⁴⁾。

そこで件の三菱 470 馬力発動機を眺めてみることにしよう。三菱はこの出来立てのイスパノ W 型 12 気筒発動機を逸早く導入したのであろうか？結論は実にはっきりとした文献的根拠故

図 11-2 三菱 470 馬力発動機断面図



小川清二「四百七十馬力新航空発動機に就て」より。

24) cf. *ibid.*, pp. 108 ~ 110.

に決定的に“否”である²⁵⁾。

実際、写真や図に観る三菱 470 馬力発動機の気筒は鋼板製水套を溶接後付けした頭部一体型鋼製気筒以外の何物でもない。ここで水套の溶接こそは Marc Birkigt が最も忌み嫌った工法であったという事実が想起されて然るべきであろう。そしてこの同時代においては標準的であった溶接水套付きの気筒にカム軸室下半部を兼ねる軽合金製吸排気弁室がボルト結合され、その上からカム軸室上半部を兼ねるカムカバーが被せられているのである。

妙なのは図のように 2, 4 番主軸受の幅が矢鱈に狭く、3 番、即ち中央主軸受の幅がこれを埋合せるかのように広い。この非イスパノ的設計の理屈については直ぐ後で明らかになるが、そもそもかような設計となった理由については現時点では、不明とせざるを得ない。

総じて、これら如何なる点においても三菱 470 馬力発動機とイスパノ発動機との間に類似性、相同性は無い。ギヤによるカム軸駆動の OHC などという点は列型航空発動機の常であり、何等そのルーツを窺わせる情報とはならない。

小川に拠れば、本発動機の開発とその技術的特徴を巡る要点は次の通りである。

計画着手は 1923 年 1 月。同年 12 月より工事着手。'24 年 7 月に試作完成、22 日に試運転。28 日に第 8 回の運転で 495 馬力/1600 回転をマーク。これは標準大気状態においては 529 馬力、燃料消費率 220 g/PS-h に相当する性能であった。しかし、その後の第 1 回分解検査では排気弁の変形が発覚、全点、対策品に交換された。

8 月 21 日午後、第 14 回の試運転にて約 450 馬力/1500 回転にて 3 時間連続運転。24 日午前には同じ負荷で 5 時間連続運転に成功した。

9 月 30 日、準備運転の後、10 月 1 日、フランスの規程に準拠した 50 時間の耐久試験に入ったが、運転時間 3 時間余で中央第 1 気筒のピストンピン止めネジが折損しピストン、気筒、弁を損傷したため、第 1 回耐久試験は失敗に終わった。

ピストンピンを浮動式に改めた試作機ではあったが、12 月 9 日の試運転は右バンク、第 3 気筒排気弁の過熱に因り中止。このため、排気弁の再設変が行われると共に吸排気弁座も燃焼室に突出していた設計から鋼製気筒頭部に環状の土手を設け、そこに嵌入して燃焼室側に突出させない方式へと変更された。

1925 年 4 月より本発動機の工事が再開され、3 時間の準備運転(累計運転時間 41 時間 53 分)の後、4 月 14 日より 18 日の間、名古屋製作所にて第 2 回 50 時間耐久試験が実施された。試験は発動機にファンブレーキを取付けて実施され、燃料としては日本石油航空機用二号揮発油 80%、八幡製鉄所製ベンゾール 20% (重量比) の混合物。潤滑油はカストル油。点火栓は K.L.G. (英)。

試験は正規出力で 30 分、次に 90% 正規出力で 4 時間、正規出力で 28 分間、最後の 2 分間を全力でという 5 時間コースを 1 時間休憩を挟んで 2 回×4 日間、最終日には同じパターンを

25) 小川清二「四百七十馬力新航空発動機に就て」『機械学会誌』第 29 巻 第 500 号、1926 年 1 月。

休憩なしで2クルー 10時間で総計 50 時間コース, 実運転時間は 51 時間 4 分であった。運転中, 中央最後部気筒水套のパイプ溶接部に微小クラックが発見されたが, クラックの両端に小孔を明け, 上から鑢付けして運転は継続された。

それぞれの運転条件に対応する出板として次のような値が掲げられている。

表 11-1 50 時間耐久試験成績

	正規出力	90% 正規出力	全力
クランク軸回転数	1601	1551	1642
仏馬力	465	423	505
燃料消費率	0.206	0.205	0.215

同上論文より。

4 月 20 日より分解検査が始まった。4 箇所の排気弁案内に線条痕が認められた他, 吸気弁には相当量のカーボンデポジットが見出され, 主軸受・クランクピン軸受メタルに微小亀裂が散見され, 最前部クランクピン軸受には焼けの兆候が観察された。

小川は総運転時間 93 時間の後に観察された「此の程度の損傷は現在の航空発動機では免る可からざる所でありまして, 我田引水の誇りがあるかも知れませんが實に見事な成績であつたと信じて居ります」と述べている。

小川が臆面も無く掲げた Napier “Lion” との要目比較は次の通りである。

表 11-2 三菱 470 馬力と Napier “Lion” との要目比較

	三菱 470 馬力	Napier “Lion”
正規出力 HP	470	450
クランク軸回転数 rpm.	1600	2000
プロペラ軸回転数 rpm.	1600	1318
気筒数, 配置	12W	12W
気筒径 mm	140	139.7
行程 mm	170	130.2
圧縮比	5.8	5.8
全長 mm	1400	1560
全幅 mm	1170	1063
全高 mm	1070	916
重量 (潤滑油を含まず) kg	402	412
比重量 kg/HP	0.855	0.916
燃料消費率 kg/HP-h	0.220	0.230

同上論文より。

三菱 470 馬力の方が高い性能を有しているようにも見えるが、これは「兎角故障の原因となり易い」減速装置を排し、直結式としたために実現した“軽量化”のお蔭である。実用上、総合推進効率の比較では逆の数値が現れたであろう。また、やがて触れられる通り、Napier “Lion” がその後大幅な出力向上を果している事実にも照らしても、かようなスペック比較に大した意味は無い。

小川は「此の小成に安んぜず更に研究を重ね改良を加へて怠らず世界の進歩に先んずる覚悟を持つて居ります……」と述べているが、それは実現を伴わぬ宣言に終わった。

次に、本発動機の主要部分の構造瞥見を試みよう。気筒は上述の通り単独・頭部一体型で半硬鋼から「切り出し」たもの。その上に Al 製の 4 気筒一体「ジャケット」が 4 本のボルトで固定されているが、吸排気各 1 個の弁座も両者の固定・密着に一役買わされていた。胴部外周には鋼板溶接式の水套が巻き付けられている。

吸気弁は Ni 鋼製、朝顔型、排気弁は“Stainless steel”製で茸型、その隙間調整機構ならびに動弁機構はイスパノと同じであった。カム軸は体炭素鋼肌焼。

ピストンは平頭の Al 鋳物で圧縮リング 3 本、油リング 1 本、ピストンピンは NiCr 鋼肌焼で浮動式であるが両端には Al 製キャップが嵌込まれていた。

連桿は中央主連桿・左右副連桿という一般的な方式で NiCr 鋼 I 断面。側面にピストンピン潤滑用油管を後付け。リストピン、ピストンピン軸受は燐青銅製ブシュ、クランクピン軸受はホワイトメタルであつたらしい。

クランク軸は 180° 5 主軸受。推力軸受は発動機を推進式・牽引式の何れにでも使用出来るように設計されていた。問題の主軸受であるが、幅広の第 1、第 3 主軸受はメタルで嫌に狭い第 2、第 4、5 主軸受には発動機全長短縮のためと称して円筒コロ軸受が使用されていた。全長を短縮したければ総コロ軸受で良かりしものを、実に珍妙な屁理屈である。

クランク室は Al 合金鋳物、上下二分割。上半部はハンガー主軸受を支え、発動機マウントもこれに設けられており、下半部は単なるオイルパンをなした。

点火は勿論、二重点火で B.T.H. の 12 気筒マグネトーが 2 台、装備された。気化器は Napier Claudel Hobson 型 1 バレル (右バンク)、2 バレル (中央・左バンク) 各 1 基。潤滑はドライサンプで油ポンプは送り・戻し共ギヤポンプ。規定油圧 5 kg/cm^2 。

開発に際してはイスパノ 450 馬力 V 型、同 W 型、イスパノ 350・300・220・180 馬力、Rolls-Royce 650 馬力、同 350 馬力、Napier “Lion”、Lorraine 370 馬力、B.M.W. 185 馬力等、同時代の著名発動機が参考に供された。最重要参照事項は各部軸受の負荷であり、各発動機の指圧線図が得られぬため、小川らは R. Devillers の式： $(7\rho - 2) \text{ kg/cm}^2$ (ρ = 圧縮比) を用いて最高圧力を予測するなどの方法により各種計算を行い、各軸受の面圧を弾き出す一方、周速と絡めてそれぞれの軸受の負荷を勘案した他、主運動部の応力を計算した。

三菱 470 馬力発動機はイスパノを含む欧州の動向に倣った開発成果ではあつたようである。

しかし、決してそれはイスパノのライセンス生産品などではなかった。その設計がイスパノ倣いであったワケでもない。三菱470馬力発動機は全くそれだけの存在に終始した。

その後、三菱は同じW型の海軍91式発動機などを受託製造している。これは海軍が三菱の窮状を救うため、敢えて外注に出してくれたがための受託製造であった。繰り返しになるが、事ほど左様に93式は惨憺たる状況を呈していたワケである。

次に、三菱470馬力発動機の参考となったであろう欧州製多列型航空発動機の発展をW型という点に絞って縦覧してみたい。その試みを通じて例えば海軍91式のルーツやW型発動機の発展、とりわけDOHC4弁式化の流れを窺い、翻って三菱における93式開発の背景をヨリ広く知ることが出来よう。また、その過程を通じて三菱・小川470馬力のルーツを勘繰る際のヒントとなりそうな設計も見出されよう。もっとも、現時点において、それが飽くまでも想像の域を超えぬ“発見”に終るであろう点については覚悟してかかるべきである。

2) Lorraine de Dietrich

Lorraine de Dietrichの起源はド・ディートリヒ男爵なる人物によって創立されたLa Société Lorraine de Dietrich de Luneville (1764年創立?)にあった。アルサス支社とロレーヌ支社とが存在したが、両社の相互関係は次第に希薄化し、遂には解消へと到つたらしい。

Lorraine de Dietrichは鉄道用品メーカーとして知られた他、20世紀初頭にはイタリアの自動車・発動機メーカー、Isotta-Fraschini社の筆頭株主でもあった²⁶⁾。

航空発動機の開発着手は1915年で、2気筒一体のメルセデス型気筒構造の習得に直列機関を少なくとも2基、試作した後、1917年8月にV型8気筒、275馬力発動機を完成させた。次いでこれをW型12気筒に組んだ発動機が製作された。単純計算すれば412.5馬力となる。

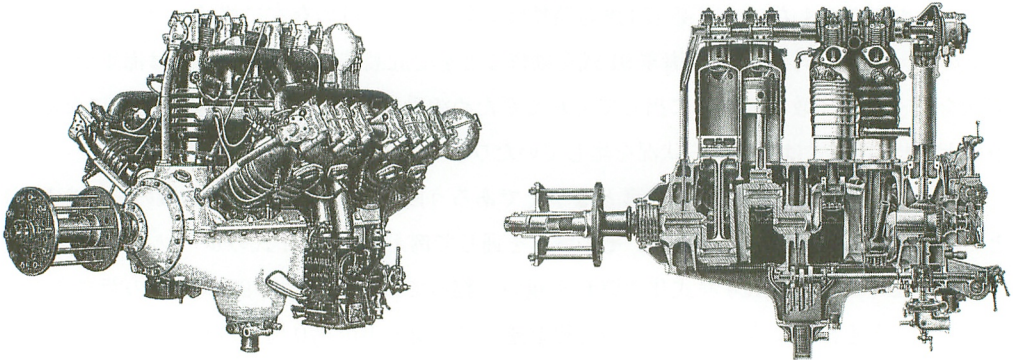
1923年には60°12W-120×180mmのサイズを有するV型400馬力、翌年にはW型450馬力発動機がそれぞれ投入された。その後、主として同系のV型及びW型発動機が開発製造された。このV型発動機は第一次大戦末期に登場し、フランスにおける最優秀発動機と称され、戦闘機、偵察機に搭載された375馬力型の改良版であった²⁷⁾。

26) アルサス支社については不詳。他社の特許に基いた“サイクルカー”の生産から自動車に参入、20世紀初頭、Ettore Bugattiの協力を得て*de Dietrich-Bugatti*車を製造したことは確かであるらしい。

些か余談めくが、ブガッティの方はその後、Gasmotorenfabrik Deutz等を経て独立、イソタ車に似た作品で成功し高級車メーカーとして独自の地歩を築いた。彼が第一次大戦中に開発にしくじった航空発動機を転用して戦後、超高級車*Royal*を開発、不況の煽りでサッパリ売れなかった同車のエンジンを捌くため、192km/hの記録を叩き出した高速ガソリン動車を開発、こちらは1952年のブガッティ社倒産を他所に1958年までフランス国鉄で活躍した。以上の一件は鉄道史家や自動車史家には良く知られた挿話である。ブガッティ高速ガソリン動車については朝倉希一『鉄道車輛』(下)、春秋社、1936年、303～306頁、参照。

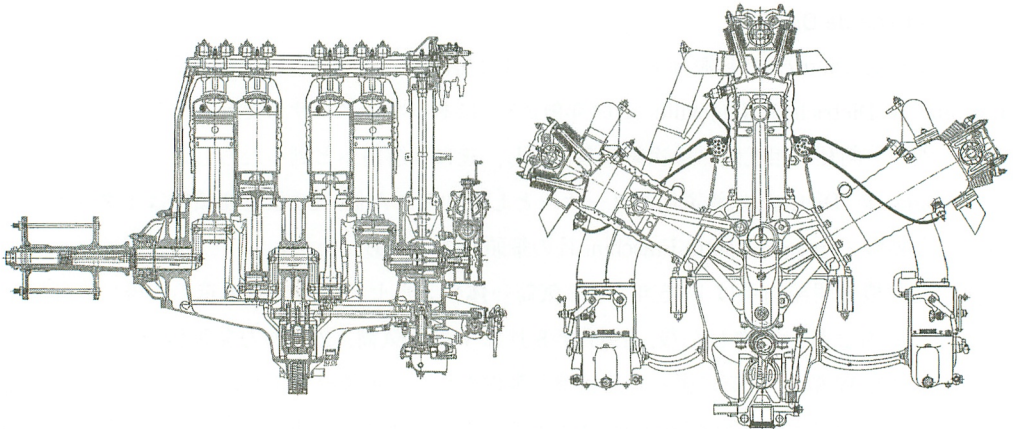
27) ローレンV型12気筒400馬力発動機は朝日新聞社の訪欧飛行用ブレゲー19A2機“初風”、“東風”のパワープラントであったため、その選定、慣熟運転、訪欧飛行時の情況、終了後の分解検査報告に

図 11 - 3 Lorraine de Dietrich 450 PS 発動機写真図



内丸最一郎『内燃機関』（後編），丸善，1931年，816頁，第723図，818～819頁間，第725図。

図 11 - 4 Lorraine de Dietrich 450 PS 発動機断面図



内丸同上書，818～819頁間，第726，727図。

横断面図に関しては W. Thoeiz, W. Haeder, *Flugmotoren in Leicht- und Schwerölbauart*. Berlin 1931, Tafel 112 もほぼ同じ。

W型450馬力発動機の方は戦後，新たに開発されたモデルであったが，世界的に好評を博したようで，我国においてもV型と共に中島飛行機でライセンス生産された。W型450馬力は愛知時計電機でも製造されている。

これを時系列で追えば，1923年，日本海軍はローレンのV型400馬力発動機が開発されるや直ちにその製造権を導入，広工廠より技術陣を派遣し，1924年8月，同工廠にて初号機を完成。1928年までにこの発動機は90基製作された。これに続いて本家の新製品を模倣したよ

ㄨついて豊富な情報が容易に瞥見可能である。岡野養之助編纂『訪欧大飛行誌』朝日新聞社，1926年，参照。総計千頁余の大冊である。

うな減速機付450馬力型が開発され、こちらは1934年までに220基が製作された²⁸⁾。

中島飛行機は1924年にローレンW型450馬力の製造件を購入、ローレンからの技師派遣と海軍からの人材移籍を受け、V型を習作とし、1927年、W型(450HP/1850rpm., 485HP/1900rpm.)の国産化を果たした。中島でのローレンW型450馬力の製造は1929年まで、総生産基数は120基余りであった²⁹⁾。

愛知時計電機はその後を受けて1930年からローレンW型450馬力のライセンス生産に入ったが、最早時代遅れの発動機となった同型の愛知における総生産基数は52基に止まった³⁰⁾。

ローレン発動機は1921年から輸入が開始されたかのFarman“F-60”爆撃機の後期=発動機換装型(陸軍, 仏, 複葉, 丁式2型, 12V), 1925年のBreguet“19B2”軽爆撃機(陸軍, 仏, 一葉半, 12W→中島で国産化), Rohrbach“R-1, R-2, R-3”飛行艇(海軍, 独, 単葉, 12V), Breguet“19A2B”水偵(海軍, 仏, 一葉半, 12W), Breguet“19A2改”連絡機(朝日新聞社“初風”, “東風”, 一葉半, 12V), 1926年から輸入が始まったPotez“25A2”偵察機(陸軍, 一葉半, 12W)に搭載されていた他, 14式水偵(12W, 320機), 15式飛行艇(12W, 65機)のパワープラントとしても用いられた。

ローレンW型発動機は日本でも現役の航空発動機として重用されたから、資料的にも他のW型発動機に比べれば恵まれている。陸軍航空本部技術部前掲『航空発動機ノ現況ノ概要並将来ノ豫想』の「附表第一」及び陸軍の『發同機取扱法特別教育実施報告』からローレン450馬力146型の特性数値, 構造的特徴を拾えば:

ボア×ストローク: 120×180mm, $\epsilon=6.0$, 燃料はガソリン70%, ベンゾール30%混合物。出力は正規450PS/1850rpm., 最大469PS/1870rpm.で, 正規出力時の燃料消費率は220g/PS-h。

寸法は1344×1138×1210mm(長×高×幅)。重量は377.474kg(附属品無し。アセチレン混合ガス分配式の始動装置13.521kg込みの発動機全重量390.995kg)³¹⁾, プロペラハブ重量13.600kg, であった。

気化器は2個装備され, 左側が2バレルのゼニス60DJで右側は1バレルの同60J。共にベンチュリー径は45φ。これらに続く吸気管は銅製でエナメル塗装されていた。燃料ポンプはA.M.が2個。

点火装置は勿論2系統で, マグネトーはS.E.V. H12を2個。最大進角30°。油ポンプはエキセン駆動の3ブランチ並列ポンプで, 中央の太い1本がリターン, 左右の細い2本がデリバリー。規定油圧は2.5~3.0kg/cm²。その堅牢性と組立調整に熟練を要するという理由から通

28) 迫田巖編『旧海軍工廠 第十一海軍航空廠 沿革小史』私家版, 1993年, 9~10頁, 参照。ローレンV型12気筒発動機のクランク軸折損を巡る呉工廠製鋼部と広工廠との間のトラブル, 呉工廠の撤退, 呉工廠製鋼部・同造機部への再委託, 空技廠材料部や住友金属工業における独自の技術導入に到る経過概要については生産技術協会『旧海軍技術資料 第1編』(1), 1970年, 266頁, 参照。

29) 中川良一・水谷総太郎『中島飛行機エンジン史』増補新訂版, 酣燈社, 1987年, 22~27頁, 参照。

30) 愛知時計電機(株)『愛知時計電機85年史』1984年, 159頁, 『日本航空学術史』433頁, 参照。

31) 内丸前掲書820~821頁にはアセチレン混合ガス分配式とは異なる, 手動空気圧縮機とガソリン注射ポンプとを組合せたViet Starterが図解・解説されている。

常の発動機整備においてはこの油ポンプには手をつけぬようにと指示されていた。

主要構造面に眼を遣れば、ピストンはAl合金平頭鋳物で、リングは圧縮が5本(大1, 小4)、45°カットのその合口はイスパノ発動機と同様、側圧・反側圧側に交互振り分けされた。油リングはピン下に1本。

主連桿はH断面で中心間距離310.3mm。大端軸受冠は6本のボルトで固定された。同軸受はホワイトメタル。副連桿は中空円筒断面で中心間距離254mm。

その構造的特色の一つは図示されている通り溶接水套付き鋼製独立気筒に見出されるが、最も変っているのはその鋼製気筒が単独削り出し後、2個溶接一体化されており、水套はこのユニット化されたペア気筒に被せられた造りとなっているという点である。左右バンクに用いられる気筒ユニットには互換性が与えられていたが、中央バンク用のそれは水管配置の関係で中央バンクにしか取り付けられなかった。吸排気ポートはこの気筒本体に溶接される。流路の形状が異なるとは言え、ポート径は吸気の56.3φに対して排気57.0φと、排気側がやや大きくなっていた。

各気筒ユニットは下部フランジにおいて14本のスタッドでクランク室に固定される。この際、スペース的に苦しい気筒ユニット溶接結合部には8φボルトが、それ以外には10φボルトが使用された。かくまですることによりペア気筒の相互間隔を切り詰め、直下の中間主軸受を省略した旧態然たる3ベアリング式4スロー釣合錘無し、しかもZ型(逆傾斜付き)ウェブなどという航空発動機にあるまじき奇天烈極まるクランク軸設計が成立せしめられたワケである。クランクウェブの厚さは主軸受前後では31.3mmであったが、如何にもひねくれた変形を来しそうな件の中間主軸受省略部では61mmも取られていた³²⁾。

因みに、クランク軸の重量を比較すれば、同じ4スローのイスパノ300馬力の33.160kg、6スローのイスパノ450馬力の49.43kgに対してローレンW型のそれは41.200kgであったから、対出力比で見れば確かに軽かったとは言えよう。

なお、図10-4の縦断面図、最後部気筒の所からも読み取れるように、このクランク軸のピン内部にはクランクアーム半径方向に管が立てられていた。これは遠心力によってピン中空部

32) 気筒のユニット化と主軸受の省略は先行機種であるローレンV型発動機においても実施されていたものと想われる。

R. Devillers/林 守雄・徳江 徳訳『内燃機関』上巻、コロナ社、1937年、「第21章クランク軸(静力学の部)」では燃焼ガス圧によってクランク軸内に作用する半径及び接線方向の応力が検討されており、2個のクランクピンを結合する厚いクランクウェブを有する、即ち、主軸受数が気筒数 n に対して $n/2+1$ であるようなクランク軸が主たる題材として選ばれており、538頁、第42表には「多数のクランク軸に就て確かめた結果」としてこのタイプのクランク軸と $n+1$ 個の主軸受を持つクランク軸とにおいて作用する平均ならびに最大許容応力の値がまとめられている。当然ながら、そこでは中間主軸受の省略によって大きな応力がピン、ウェブ、ジャーナルに作用する事態が示されている。当時、自動車用機関においては未だこの手のクランク軸が多用されていた。

から主連桿大端軸受に油が送られる際、比重の大きな不純物を外側に寄せ、上澄みの部分のみを選択的に送ろうとする仕掛けであった。

クランク室は一般的な半割であったが、クランク軸と同様の比較に供せば、イスパノ 300 馬力の 48.900 kg、同 450 馬力の 75.87 kg に対してローレンは立派に 75.300 kg あったから、中間主軸受と隔壁を二つずつ省略したくせに決して軽く仕上がってなどいなかった。もっとも、これなどはイスパノより 30 mm 長いストローク故に大柄な構造物とならざるを得なかったからであろう。

弁機構はイスパノと似た歯車伝動式 SOHC、2 弁式であったが、玉軸受によって支持された縦軸は 1 本通りモノであり、弁開閉時期の調整に際して縦軸継手という要素が絡むことは排除されていたから、イスパノよりはシンプルな仕掛けが構成されていたことになる。その反面、吸排気弁には 30° の挟み角が与えられており、ローラー付の揺腕を介して駆動された。このローラーには軸受として青銅製ブシュが用いられ、カム軸軸受としては AI 製メタルが使用されていた。

弁開閉時期は：

吸気弁啓開	3.5° ATDC
吸気弁閉塞	48° ABDC
排気弁啓開	49.5° BBDC
排気弁閉塞	5.5° ATDC

という値であった。雀の涙ほどのオーバーラップはあるものの、吸気弁啓開時期が遅く、古色蒼然たるバルブタイミングではある³³⁾。

ガンストンに拠れば、1926 年までにローレンは従来の鋼製気筒に水套を溶接後付けした気筒構造を鋼製ライナねじ込み型の軽合金鑄造ブロックに置換し、動弁機構を DOHC に進化させた。この機に乗じて主軸受省略の如き姑息な設計も放擲されたが、それは大抵の場合、平軸受とコロ軸受の併用という三菱 470 馬力同様の姑息な設計であった³⁴⁾。

1928 年からは過給を導入、愛知時計電機で 1930 年から '32 年にかけて 2 基試作された V 型 600 馬力ローレン発動機は恐らくこの仲間であったと想われるが、ローレンは更に 1937 年、1200 馬力を狙う V 型 12 気筒発動機まで開発した。しかし、この年の 8 月、同社は法律に基きフランス空軍省によって創立された国有企業 Société Nationale de Construction de Moteurs に改組され、1940 年にはその甲斐も無く閉鎖に到った³⁵⁾。

33) 旧世代のローレン W 型 450 馬力発動機の構造的特色についてごく簡単どころは内丸『内燃機関』後編、815～822 頁、を参照されたい。

34) 1932 年に開発された“Pétrel”のクランク室はこの特徴を示しており、4 番（中央）と 7 番（最後部）主軸受の幅が極端に狭いように見える。ドヴィレール前掲『内燃機関』上巻、428 頁、第 169 図、参照。

35) 宮本『列国航空発動機要目集』19 頁、Gunston『世界の航空エンジン ①レシプロ編』130～133 頁、参照。

3) 海軍 91 式発動機

海軍広工廠におけるローレン発動機の製造については上述の通りであるが、その発展型について同じ資料は1928年、實吉金郎技師により450馬力型を増強した¹⁴十四式550馬力発動機が開発された、この発動機には鑄造気筒ブロックが採用された、としている³⁶⁾。

しかし、十四式とは大正14(1925)年制式化の謂いであるからこの記述には矛盾がある。實吉自身は彼の設計になる量産発動機として1930年の40°W型18気筒=90式800HP(145×160mm)と1931年の60°W型12気筒=91式500HP(135×160mm)を挙げている他、7機種(W型4、V型1、倒立空冷V型1、星型1)の試作発動機の要目を掲げている³⁷⁾。

90式とは皇紀2590(西暦1930)年の謂いであるから實吉の説には矛盾が無い。但し、91式は当初の500HP型を“Ⅰ型”、引き続き開発された600HP型を“Ⅱ型”と称する。それら試作、実用発動機群の構造詳細については遺憾ながらV・W型はローレン系であろうというだけで不明である。製造基数についても正確な数字は見当たらない。これはそれらが左程にマイナーな存在であったという事実の証明でもある³⁸⁾。

90式発動機は89式飛行艇(双発、複葉、17機)に搭載された。91式の搭載機種は92式艦攻(複葉、129機)、90式3号水偵(複葉、17機?)、94式水偵Ⅰ型後期(複葉、183機?)、96式水偵(複葉飛行艇、15機)、98式水偵(複葉、単発飛行艇、17機)、9試中攻(双発単葉、11機、96陸攻の原形)、それに47機造られた91式1号飛行艇(双発、単葉)の内の何機か、といった協役達に限られた。かつて三菱に91式の生産を取らせて委託した海軍広工廠はやがて三菱の“金星”、“火星”及び中島“譽”の製造拠点に転換された。

4) Napier “Lion”

1908年、David Napierによって創業された印刷機製造会社D. Napier & Son Ltd. はやがて自

36) 迫田前掲『広海軍工廠 第十一海軍航空廠 沿革小史』14頁、参照。

37) 『日本航空学術史』124～125頁、参照。試作発動機の内、40°18Wの900馬力型は1934年、94式900HPとして制式化されるが、製造基数は僅かであったらしい。

實吉は1920年、東京帝大機械卒、海軍技師、ドイツ留学を経て1927年、呉海軍工廠航空機部員、'35年、海軍航空技術廠発動機部員、'41年、東京帝大教授・航空研究所員、'47年、小松製作所技術部長。その後、ビクターオート(株)常務取締役、相模工業顧問を歴任。

ビクターオートは米軍車修理から出発し、一時期、井関農機向けディーゼル機関を製造していた会社。ビクターオート時代に實吉はAnderas Stihl(独)が1954年に開発したばかりの2サイクル空冷直噴・クランク室掃気型排気弁付ユニフロー小形単筒ディーゼルの導入に尽力したが、商品としては本家共々成功作とはならなかった。山海堂『熟機関大系月報』第2号、第7号、1956年、参照。

相模工業は陸軍相模造兵廠(現・アメリカ陸軍相模総合補給廠)内に1949年、創設された小松製作所相模作業所を母体として1951年に発足した米軍の重機・工兵機器修理会社。

38) 『日本航空学術史』407頁、第4.1表、参照。なお、Gunstonの“Lion”→広工廠91式説は全くの誤りである。World Encyclopedia of Aero Engines. 5th. ed., 2006, p. 99. ditto. 3rd. ed. 1995に基く邦訳『世界の航空エンジン①レシプロ編』105頁、参照。

動車製造に手を染め、第一次大戦下、航空発動機製造の受託を機に斯界参入を果たした。

1916年、二代目 Montague と主任技師 A.J. Rowledge は斬新な設計の発動機の開発に着手した。その成果である W 型発動機 “Lion” (60° 12W-139.7×130.2) は '17 年 4 月、試運転に成功した。新型発動機 “Lion” は DOHC ダイレクトアタック 4 弁式の減速型発動機であった。気筒は頭部一体独立型で胴部には溶接水套を備え、頭部は 4 気筒一体の軽合金製ブロック (水套・弁室・カム軸室) がボルトオンされている。主軸受は全て円筒コロ軸受で 1～4 番は内輪両ツバ・外輪ツバ無し、5 番は内輪片ツバ+ツバ輪・外輪両ツバ型であった³⁹⁾。

“Lion” は日本でも用いられたから、陸軍航空本部技術部前掲『航空発動機ノ現況ノ概要並将来ノ豫想』の「附表第一」から、上記以外のもこの発動機に係わるデータをかなり詳しく拾うことが出来る。陸軍で使用され、以下に掲げるデータは “Lion” 5 型のそれである。

出力は正規 450 HP/2000 rpm., 最大 500 HP/2200 rpm.。ボア×ストロークは 139.69×130.17 mm で、 $\epsilon=5.8$, 減速比 0.659。燃料はガソリン 80%, ベンゾール 20% の混合物で、正規出力時の燃料消費率 219 g/HP-h。寸法は 1554×983.7×1046 mm (長×高×幅)。重量は 425.8 kg。ローレンと比べてかなり太目に見えるのは “Lion” が減速装置付発動機だからである。

ピストンは Al 合金製平頭でリングは圧縮、油、各 2 本。吸排気ポート径は共に 40.5 ϕ 。主連桿は H 断面で中心間距離 249.25 mm。クランクピン軸受はホワイトメタル、ピストンピン軸受は砲金ブシュ。副連桿も H 断面で中心間距離 190 mm。

クランク軸は正統な 5 軸受方式であるが、その重量は 41.00 kg と、ローレンの 3 軸受型より却って軽く仕上がっており、クランク室重量も 66.6 kg であったからイスパノ 300 馬力と同 450 馬力の中間程度で、ローレン W 型のそれより 8.7 kg も軽い。この数値だけからでも “Lion” が如何に巧く軽量構造にまとめ上げられた発動機であったかが窺い知れよう。

気化器は「ネピヤ クローデル ホブソン」とあり、3 種が用いられていたらしい。1 バレル型と 2 バレル型の併用はローレンと同じである。ベンチュリー径は 42 ϕ 。マグネトーは B.T.H. AV.12E を 2 個使用し、2 本の点火栓を作動させた。最大進角は吸気弁側が 45°, 排気弁側は 40° と異なっていた。油ポンプはローレンとは異なり、シンプルな歯車式であった。

弁開閉時期は：

- 吸気弁啓開 10° ATDC
- 吸気弁閉塞 51°15' ABDC
- 排気弁啓開 48° BBDC
- 排気弁閉塞 10°44' ATDC

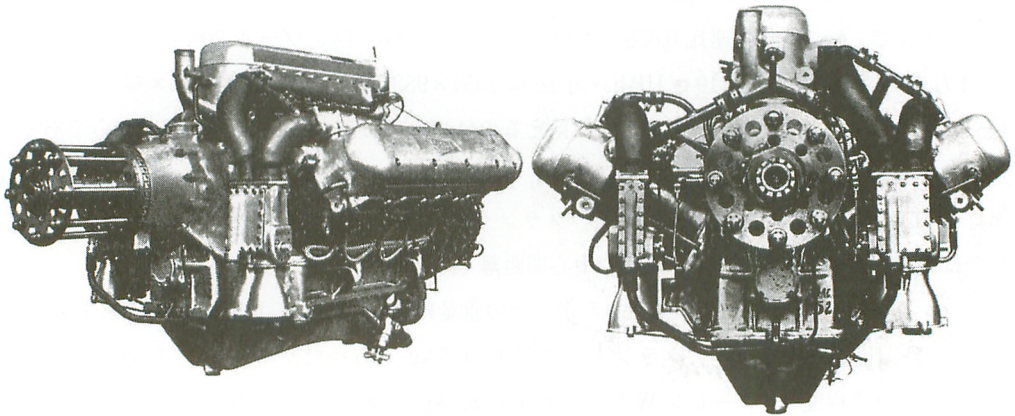
と指定されていた。矢鱈に細かい、実行不可能な数字が掲げられているが、それらは同時に後

39) “Lion” については Ricardo, *op.cit.* の他、日本飛行学校『飛行機発動機学講義』407～412 頁、内丸『内燃機関』(後編)、822～824 頁、参照。

の性能向上への余地を窺わせる値ともなっている。

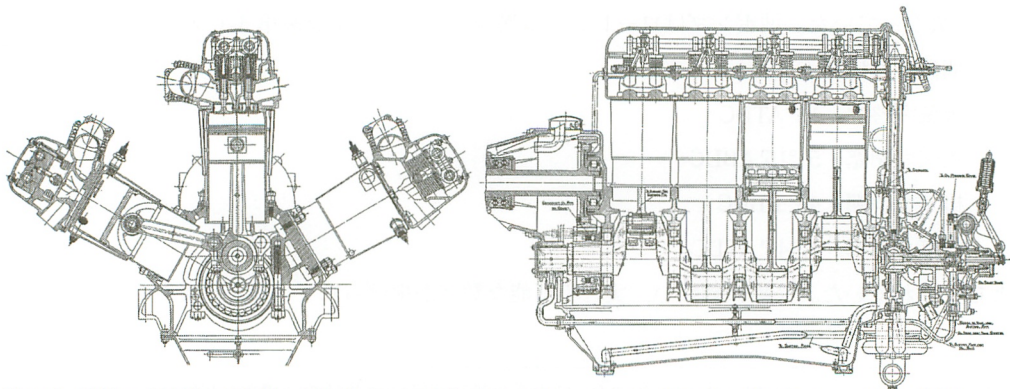
このショートストローク・高回転型発動機は試作段階で 450 HP/2000 rpm. の出力をマークし、後には量産型“Lion”でさえその出力は 570 HP/2585 rpm. に達した。Supermarine 複葉機に搭載された競技用“Lion”^{レーシング}は 1922 年の Schneider Trophy 速度競技の勝利をイギリスにもたらした。1927 年、Supermarine S5 単葉機に搭載された“Lion” Series VII B は 875 HP を発揮、再び Schneider Trophy 優勝発動機に輝いた。やがて競技用“Lion”は Rolls-Royce 発動機に押され、消えて行ったが、それでも晩年には良く 1400 HP/3900 rpm. といった動力性能を発揮、小川の比較など嘲笑うかの如くその高い潜在的資質を証明した。

図 11-5 Napier “Lion” の外観



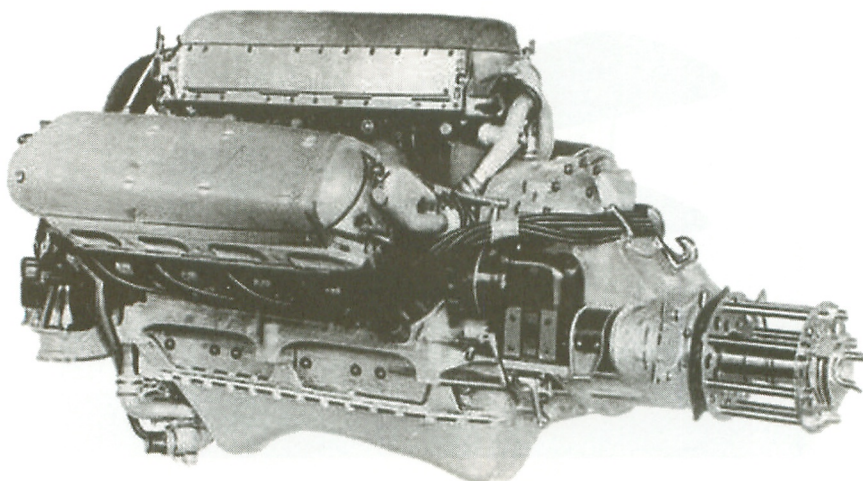
H.R. Ricardo, *The Internal-Combustion Engine Vol. I High-Speed Engines*. London, 1923. p. 295 Fig. 157, p. 296 Fig. 158. ditto, *The High-Speed Internal-Combustion Engine*. London and Glasgow, 1935. p. 315 Fig. 186, p. 316 Fig. 316 も同じ。この背面写真を写真図化したものが内丸「内燃機関」(後編) 822 頁、第 732 図である。

図 11-6 Napier “Lion” の断面図



Ricardo, 1923. p. 314 Fig. 178, Fig. 179 (facing p. 314). ditto, 1935. p. 334 Fig. 207, Fig. 206 (facing p. 334) も同じ。内丸同上書 824 ~ 825 頁間の第 733, 734 図はこれを元にしたモノである。

図 11-7 競技用発動機“Lion” Series VII B



J., Naylor & E., Ower, *Aviation of To-Day*, Pl.105 (facing to p.381).

後方に過給機。減速装置は2段階でプロペラ軸はクランク軸と同芯に位置しているようである。

しかし、会社はその後の改良や新規開発に熱意や正鵠を欠き、同社は航空発動機メーカーとしてマイナーな地位に甘んじざるを得なかった。主任設計者ロウリッジが会社幹部の姿勢に嫌気がさして1921年に会社と決別、“Chief Assistant”の肩書でRolls-Royce社へと移籍、爾後、RRの航空発動機が飛躍の発展を遂げた経緯については前稿でも触れておいた通り斯界では広く知られた事実である⁴⁰⁾。

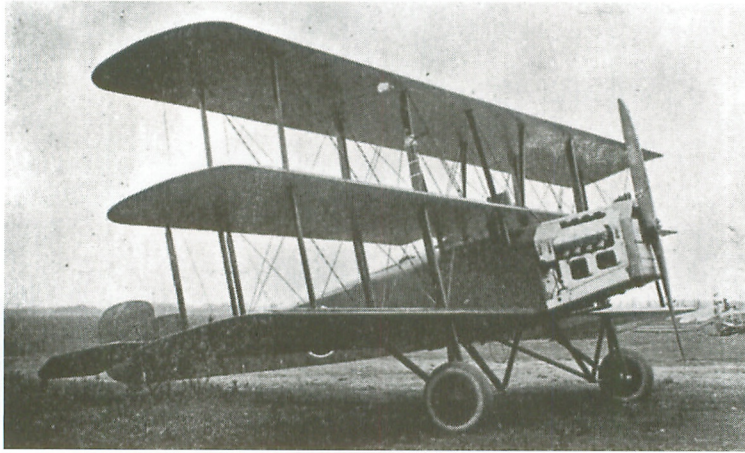
やがてジェットエンジンの時代を迎え、Napierもターボシャフト・エンジンへの参入を試みたが、1962年にその航空発動機部門はRRの子会社となって自立性を喪失した⁴¹⁾。

“Lion”は1921年に輸入されたBlackburn “Swift”艦上攻撃機(英, 複葉), 1922年輸入のVickers “Viking”水陸両用飛行艇(同), 1925年輸入のFairey “Pintail”水陸両用偵察機(同), 1926年輸入のFocke “C-5C”軽爆撃機(陸軍, 蘭, 複葉), 1927年のSupermarine “Southampton”飛行艇(英, 複葉)に搭載されていた他, 1922~’23年に三菱が製造した十式艦上攻撃機にも採用された。本機は海軍唯一の三葉機であったが, 当然ながら機体整備が面倒なため20機製造されただけに止まり, イスパノ450馬力発動機搭載の13式艦上攻撃機に途を譲った。

40) 前掲拙稿「Rolls Royce 初代 *Eagle* 航空発動機の戦後改良に見る動力技術進歩の内部構造」参照。

41) Gunston『世界の航空エンジン ①レシプロ編』155~158頁, 『同② ガスタービン編』127~129頁(原書では分冊化せず, pp.147~150), 参照。なお, 非航空発動機部門は大形機関用排気ガスタービン過給機メーカー, Napier Turbochargersとなっており, こちらは今も健在である。

図 11-8 “Lion” 搭載の三菱製、十式艦上攻撃機



『最新科学図鑑 (7) 機械時代 (下)』156 頁, 第六十九図。

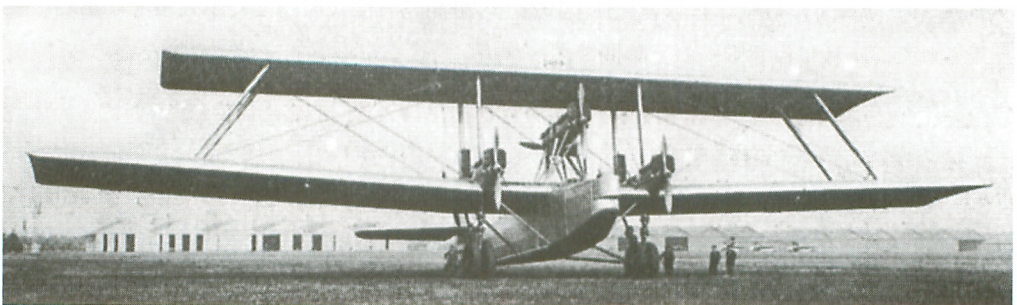
5) Isotta-Fraschini “Asso1000”

かつて高級車メーカーとして盛名を轟かせたミラノの Isotta-Fraschini (伊) は 1898 年に創業された。自動車製造に乗り出したのは 1902 年であった。1907 年, 件の Lorraine de Dietrich に買収されたが, この関係は 3~4 年で解消されたらしい。買収の経緯に関する E. ブガッティの役回りについては諸説在って定かではない。

航空発動機開発着手は 1910 年頃であり, 第一次大戦中, 同社は 5 千基近い, 主として直列 6 気筒の航空発動機を供給した。1920 年には “Asso” (Ace) の名を冠された新系列発動機の投入が開始された。

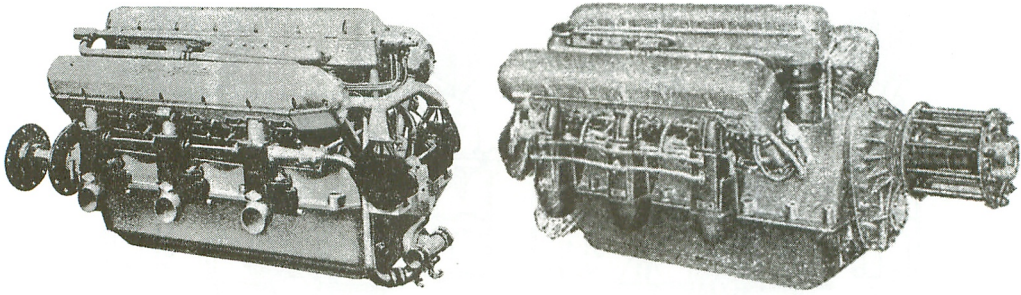
図は “Asso 1000” の背中合せ 2 機ユニットを 3 基 = 合計 6 基を搭載した Caproni 90PB 超重爆撃機である。

図 11-9 Caproni CA-90PB 超重爆撃機



『最新科学図鑑 (7) 機械時代 (下)』131 頁, 第三十二図。
全備重量 35 t, 搭載量 20 t, 翼幅 46.6 m, 最大速度 220 km/h。

図 11 - 10 Isotta-Fraschini “Asso1000” 発動機二葉



左:川崎造船所飛行機工場『九五〇馬力「ベアードモーア、サイクロン」航空発動機 新型一〇〇〇馬力「イソッタ、フラシニ」航空発動機』(『フリユグ、ボツヘ誌』抜粋), 1928年9月, より。

右:大日本工業学会編纂(富塚清監修)『航空発動機』1942年, 32頁, 第24図。但し, 同書の実例写真中, 本機のみ発動機名称不記載。それでも本発動機は高年式のイソタ“Asso 1000”と見做されよう。その根拠はアングルを異にする左の古い“Asso 1000”発動機との強い類似性, 無過給正立の40°(らしき)W型という構成, 次に見る“Asso 500”との類似性に求められる。溶接水套を有する気筒構造についてはこの写真の方が良く分る。

Isotta-Fraschini “Asso1000” (DOHC 4弁式 40° 18W-150×180 mm) は 1928 年に開発された。主要諸元は $\epsilon = 5.3$ で 1000 PS/1700 rpm., 900 PS/1600 rpm. [後の資料には 1100/1700, 900/1450], 全負荷最小燃料消費率 220 g/HP-h, プロペラハブ込み重量 803 kg であった。

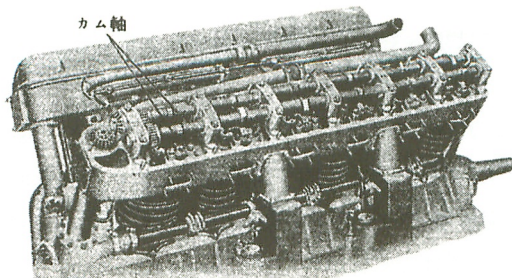
“Asso1000” は W 型ながら開発年次の新しさからか気筒列の挟み角が 40° と小さく垢抜けした印象を与える発動機である。同じ挟み角は同年代のイスパノにも採用例を見る。

イソタの同系発動機として DOHC 60° V 型 4 弁式 12 気筒直結の “Asso 500” なる作品が存在したが, “Asso 1000” はその発展モデルであった。

イソタ発動機に関する図解は極めて乏しい。以下に掲げるのも “Asso 500” らしき発動機の図である。“Asso 500” をベースとして “Asso 1000” が開発された状況については本図と『昭和造船史 第 1 巻』678 頁, 第 16 図との比較により読み取って頂きたい。

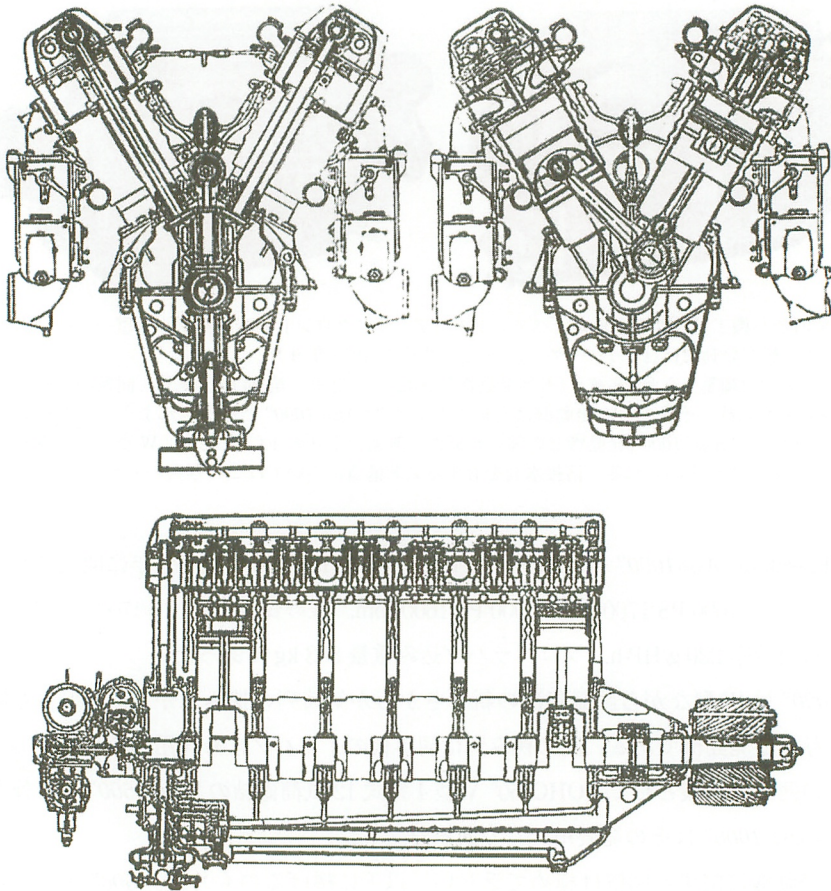
小川に拠れば, イソタ発動機の特徴は頭部一体型の鋼製独立気筒に各列毎に全気筒群一体の

図 11 - 11 Isotta-Fraschini “Asso 500” 発動機



神藏信雄『初級航空発動機』工業図書, 1938年, 83頁, 第93図。

図 11 - 12 Isotta-Fraschini “Asso 500” らしき発動機



小川清二『航空発動機』中巻, 10 ~ 11 頁 224 ~ 225 図。同『航空発動機工学』116 ~ 117 頁, 第 73, 74 図も同じ。

軽合金製吸排気孔・冷却水通路付きカム軸室をボルトオンする構造にあった。冷却性を確保するためには気筒頭部とカム軸室下面との密着が重要で、各列気筒は正確にクランク室に取付けられた後、頭面の高さを揃えるため同時に研削仕上げを受け、更にラッピングの上、完全な密着が確認されるまでキサゲ作業により修正が施された。独立気筒を共通のヘッドブロックに取り付ける体の発動機においては須らくこの密着と高さ合せが重要となる。

また、本発動機が件の 50 時間試験に合格した直後のレポートである川崎造船所飛行機工場前掲資料に拠れば、“Asso 1000” のクランク室にはエレクトロン (Mg 合金) が、連桿には「高級 T 鋼」が採用されていた。後者に謂う “T” はタングステンの旧表記であったかと想われる。連桿構造は “Asso 500” の発展型そのもので中央列が主連桿、左右バンクは副連桿になっていた。もともと、これは W 型としてはごく普通の型式である。

1935 年、自動車販売の不振を託つイソタは倒産に至った。ムッソリーニ政府は 1927 年に創

業したミラノの航空機製造会社、Caproniによる工場買収を指示、以後、航空発動機、船用機関の製造がイソタの主な事業となった。戦後、自動車事業への再進出が試みられたものの結局果せず、1950年、その歴史に終止符が打たれた。

イソタ発動機は我国の航空界に直接的接点を一つも持たぬままに終わった。しかし、第二次世界大戦中、日本海軍は“*Asso 1000*”に逆転減速機と始動電動機を組付けた発動機を高速魚雷艇用71号6型内燃機関として三菱川崎をキーに各社、各工廠で部品を分担製造させ、総計340基を調達した。三菱では川崎の他、長崎、神戸、横浜、茨城がこれに係わっているが、流石に名古屋（航空機）はその埒外に在った。これは旧式化した航空発動機の船用転換という些か月並みな事例の一つであった⁴²⁾。

欧州系W型発動機に係わる以上の概観から三菱470馬力発動機は“ヨーロッパにおけるW型発動機流行を承け、なおかつ日本に影響を及ぼしていたローレンを直接の参考にしつつ開発されたものの、その3軸受方式まで模倣する度胸が途中で失せてしまったためコロ軸受を動員した5軸受化に走ると共に弁室・カム軸室から成る気筒頭部ブロックにイスパノ流の密閉構造を採り入れてその近代性を強調した作品”と見做され得るであろう。

おわりに

空冷星型発動機が気筒頭冷却に呻吟していた頃、水冷列型航空発動機は唯一実現可能な大出力航空発動機として玉座を謳歌した。リバティーは旧弊な構造の中に大胆な生産技術を振り入れ、頑丈な発動機として仕上げられた。ロールス・ロイスは耐久性を兼備した高性能発動機として存在感を顕し、後年その優位性は益々明らかとなった。これに対して往年の名スプリンター＝イスパノ・スイザを特徴付けたのはしばしば危うくデリケートな構造であった。

幾々見て来た通り三菱イスパノ系発動機はその正統デッドコピーではなく、あくまでも三菱化されたイスパノであった。ユ式一型にしてもこの点は同断である。遺憾ながらそれらに加えられた換骨奪胎策が大して奏効したようには思えない。そもそも、ユ式一型など、航空発動機が^{すべか}須らく歯車の重畳をなしたとは言え、G38の通称に負けず劣らず立派な“オバケ”でしかなかった。こんなモノに係わった三菱の経験は内燃機関工学のテキスト編纂と技術史的資料の積み上げには著しい貢献を為したが、それが真つ当な航空発動機技術の苗床となり得たとは考え難い。せいぜい反面教師に終わったことであろう。

イスパノ導入から展開期の技術的リーダー、小川清二は深尾が名古屋製作所に転じた翌年の

42) 日本造船学会『昭和造船史』第1巻、原書房、1977年、678頁、第16図、679頁、第18表、681～682頁、横山寿「丸子工場の建設から川崎工場の創業まで」三菱自動車工業(株)東京自動車製作所『ふそうの歩み』1977年、136～139頁、今村好信『日本魚雷艇物語』光人社、2003年、79～104頁、簡単には拙著『ディーゼル技術史の曲り角』信山社、1993年、192頁、参照。

1934年に三菱航空機を辞し、旅順工科大学教授に任官された。その年の6月、深尾は新生・三菱重工業の発動機部長として“金星”に結実する空冷発動機の開発を独自に、即ち陸海軍の影響を遮断した所で開始すべしとの大号令を発することになる。

イスパノ導入のフィクサー、伊東久米蔵は1922年の三菱退社から15年後の1937年6月、Douglas DC3旅客機の国産化（海軍、零式輸送機）を担う昭和飛行機の設立に関係した。三菱内部にはライヴァル設立に係わった伊東への恩給支給打切りを建議する幹部もあったが、一理事の判断で打切り話は沙汰閣となった。そしてこの時、伊東は小川を旅順工大から引抜き、昭和飛行機は小川を発動機部長として迎えた。昭和飛行機はまた、長岡高工機械工学科卒業後、愛知時計電機発動機部設計課に職を得、社命でMIT航空学科に学び発動機研究修士学位を取得した後、復職していた神蔵信雄を招聘、設計主任の地位に就かせた。

DC3は昭和飛行機で430機製造され、海軍零式輸送機として大活躍することになるのだが、DC3なら発動機は空冷星型である。アメリカの2大メーカーでも実地に学んだ神蔵にとってDC3国産化の使命を担う昭和は良き新天地となり得たであろうが、'39年9月、突然の病魔に愛娘を奪われた小川その人が捲土重来を期すべき場とは必ずしもなり得なかったように想えてならない⁴³⁾。

然るに、事態の推移は一層苛酷であった。生産設備の手配が思うに任せず海軍の信を失った昭和飛行機は1940年12月、通信大臣に発動機製造事業許可の返上願を提出、発動機部が廃止に到ったからである。既にその2年前、伊東は他界していた。昭和飛行機内に然るべき居所を失った小川は翌'41年、昭和飛行機を退社、陸軍航空技術研究所嘱託の肩書を得たものの、さして活躍することのないまま現役技術者生活を終えた。未だ若かった神蔵は中島飛行機に発動機組立運転工場長の職を得た。

戦後、小川は1949年、日本大学理工学部発足に際し機械工学科主任として招かれ、'52年4月の“もくせい号”墜落事故の事故調査委員会メンバーにも名を連ねた。'62年から同学科主任は栗野誠一に代替わりしているから、小川はこの時に教育界からも引退したのであろう。神蔵は戦後、東海自動車工業、日立重機、宮田製作所と渡り歩き、宮田ではオートバイ開発関係の役職に就いた⁴⁴⁾。

43) 小川清二『小川百合子追悼 白百合』私家版、1940年。

44) 伊東については吉村新作「枯老の声」『神戸三菱内燃機五十三年史』213～225頁の225頁、中川岩太郎「伊東久米蔵さん（初代常務）の思い出」『往事茫茫』第一巻、3～8頁、参照。

小川の経歴については小川清二『航空発動機雑録（一）』山海堂理工学論叢（10）、1943年、『高空高速飛行の動力』山海堂理工学論叢（56）、1944年、の著者紹介に拠る。

神蔵については神蔵『航空発動機の設計』工業図書、1936年、「自序」、『高速ガソリンエンジン』丸善、1960年、「著者の略歴」に拠る。

昭和飛行機関係の資料としては昭和飛行機工業（株）『昭和飛行機四十年史』1977年、11、45～46頁、参照。もっとも、同書11頁に小川が三菱から昭和に引き抜かれたように記述されているのは誤り

技術者の個人史を離れてより広い技術史的見地に立ち帰って観るに、機械工業のレベル一般の問題とイスパノやユンカース、そして三菱の設計・工作技術に固有のそれとの間に厳密な線引を与えることは凡そ不可能な業である。当時、本家イスパノを含め多くの製造家の側にこの種のデリケートな機械の性能を向上させつつ健全な作品として仕上げる力量が十全に備わってはいなかった。それは確かな事実であるが、この国においてはイスパノ 300 馬力発動機が連桿大端（クランクピン）軸受の割れに悩まされていたまさにその時、^{それぞれ}夫々の鋼材規格を金科玉条と恃む陸海軍はこの発動機の主・副連桿に異なる材料使用法を指定していた。かような行為は技術習得期の民間会社を無益に掣肘するだけの愚行に他ならなかった。

出来不出来は別として戦時の航空発動機などというモノが耐久性を最優先して造られる訳などないという常識以前の事柄を弁えた上で述べれば、往事の大出力水冷列型航空発動機、とりわけイスパノ・スイザは長期間の運用や広域的な配備を主眼に据えて開発された発動機ではなかった。従ってそのスプリント性能重視の思想には合理性があった。欧州大戦における戦闘機の発祥やその歴史を背負ったヨーロッパ的な戦闘機開発・用兵思想として戦闘機は概ね迎撃戦闘機に類するモノであり、攻める側に回った場合においても、それは迎撃戦闘機に毛の生えた程度の存在であった。競速機として名を馳せたニューポール系戦闘機などはその典型的応用例であった。

しかし、そのスプリント性能を支えた水冷航空発動機群も肝心の瞬発力向上にそれを短時間でも安定的に持続させる構造技術の裏付けを充分得られぬ内に著しく性能を向上させて来る空冷星型発動機群を前に劣勢を託って行った。イスパノ自身がグノーム・ローン空冷 2 重星型航空発動機の下請け生産に転じた経緯については既に述べた通りである⁴⁵⁾。

自主開発からイスパノ・スイザのライセンス生産に転じたカーチス・ライト（マーチン）が空冷星型のホワールウインドで起死回生に成功し、イスパノがこれを逆導入した件、ライトがホワールウインドをサイクロンに発展させ、P&W とアメリカ航空発動機界の天下を二分した件もまた、繰返されるまでもない事実である。

動力技術面における性能の向上と構造技術面における信頼性の低下の狭間で苦しんだイスパノ・スイザ（及びアメリカではカーチス）の水冷 60° V 型 12 気筒航空発動機は、一言で評すれば、凝り過ぎ、の作品であった。さればこそ、それは時代をリードする側から時代に取り残される存在へと急速に転落せねばならなかった。

ガンストンの指摘が正しいとすれば、イスパノ・スイザなどは隅肉 R の不足といった時の人智の及ばざる一見極めて些末なポイントに足元を^{すく}掬われたということになるが、そうした落とし穴を自ら掘るような体質が原初から備わっていたと見るのが相当であろう。

ゝである。

45) 拙稿「回転気筒空冷星型発動機の盛衰（中）」『LEMA』, No. 479, 2005 年, 参照。

これに対してロールス・ロイスは量産航空発動機に関する限り、イスパノと同じ水冷 60° V 型 12 気筒で一貫して押し通し、立ち上り期には際どい状況に陥りつつも、良く窮地を脱しその頂点を極めた⁴⁶⁾。

また、世界で唯一の実用的航空ディーゼルを完成させたメーカーたるユンカースもダイムラー・ベンツ (DB601) と共に先次大戦期、ドイツを代表する 60° 倒立 V 型 12 気筒発動機 (Jumo210 及び 211) 開発に卓抜な技術力を発揮している。

以上を別格としても、一般論として正立・倒立を問わず 60° V 型 12 気筒なる基本構成の素性それ自体が優れていたことは明らかである。イスパノ・スイザ系 Mikulin 航空発動機やイスパノの後裔にして三菱 93 式 700 馬力の異母兄弟たる T34 形戦車用直噴ディーゼル機関といったソ連における成功例についても再度、念押ししておきたい。

共に空冷星型に合理的の逃げ道を見出し、程度は異なれ夫々の成功を掴んだイスパノ・スイザと三菱は、如何に糊塗しようとも、この基本的素性に優れた技術をソ連程度にさえ発展・開花せしめられなかったのである。察するに、この事実は日本が上記の通り迎撃戦闘機用発動機たるべき遺伝子を持つイスパノ系発動機を艦戦や艦攻、重爆撃機に漫然と遣い回した事態、翻っては大馬力迎撃戦闘機なる分野がわが国航空技術史上一貫して後進領域をなした事実、大形高速ディーゼル開発の頓挫等々と共に固有の産業技術史的問題をなしている。

技術体系の形成に係わるかような欠点の本質を抉り出し細部を穿つ作業はこの国における技術の行く末を案ずる^{よすが}縁となるばかりでなく、史上稀なる好戦国家として開国この方近隣諸国侵略に血眼となり、揚句の果てに貧乏徒弟^{まみ}の分際で師匠達に刃を向けるという奇態を演じ、一敗地に塗れたこの国の愚かさを自問するための必修科目となるであろう。

46) 再び前掲拙稿「Rolls Royce 初代 *Eagle* 航空発動機の戦後改良に見る動力技術進歩の内部構造」の参照を乞う。