戦時期中島飛行機の航空エンジン事業

―― 三菱重工業との比較において ――

佐　藤　達　男

はじめに

第二次世界大戦は，航空機の戦いでもあった。日本の航空戦力を支えた航空機産業は1941年から1945年８月までに航空機69,888機，エンジン116,577台を生産し[1]，1945年４月には従事者数1,258千人を数える[2]巨大産業であった。敗戦で壊滅したが，これだけの生産設備と人員を擁し，巨額の国費が投入された航空機産業の遺産が，戦後にどのように継承され，産業復興にどのように生かされたのか，産業史の中では，これまであまり研究されてこなかった。研究の一例として，筆者は先に，戦前の日本軍機の特質が戦後の自動車開発にどのように継承されたかについて「小型・軽量」をキーワードに緒論的考察を試みた[3]が，肝心の戦後航空機産業については触れる余裕がなかった。産業史研究における筆者の課題を，「中島飛行機という航空機製造会社の設立から巨大化，解体，戦後の継承会社による航空機製造事業再建，自動車を主とする民需部門への進出という一連の流れの中で，戦前航空機産業の遺産継承がどのように，どの程度為され，日本の産業復興にどのような影響を持ったのか」に置くのはこうした理由による。

何故中島飛行機を研究対象とするのか。中島飛行機は，海軍士官であった中島知久平が1917年12月に「飛行機研究所」を群馬県太田町に設立したことに始まり，第二次世界大戦期の軍用機生産で急成長し，終戦時には機体組立工場４，エンジン製作工場４，研究工場２，機関銃装載工場１，分工場は121，全雇用数は225,000人（1945年２月）を超える[4]巨大軍需会社となっ

1）米国戦略爆撃調査団報告 The United States Strategic Bombing Survey（以下 USSBS）(1947) *The Japanese Aircraft Industry* p. 1 Table 1-1。翻訳は筆者による。

2）前掲 USSBS（1947）*The Japanese Aircraft Industry* p. 24 Table 2-3。

3）佐藤達男（2012）「戦前日本軍機の特質と戦後の自動車開発に関する一考察」『技術と文明』17(1), pp. 47-78。

4）USSBS（1947）*Nakajima Aircraft Company*, Table４および Table 6。尚，中島は1945年４月に第１軍需工廠に指定されている。

た。しかしその巨大さにも関わらず，株式のほぼ100％は中島一族で支配され[5]，創立者中島知久平の「ソロバンより品質だ，ソロバンは後でついてくる」という経営信条[6]が全社に徹底される，技術優先の特異な会社であった。敗戦で中島飛行機は富士産業と社名を変更の後，GHQ により解体され，12の第二会社の分離独立，そのうちの５社による富士重工業の設立(1953. 7) となるが，中島知久平の経営信条は，後継会社に色濃く残った。戦前の三菱重工業，川崎航空機，川西航空機，愛知航空機といった航空機製造各社は民需部門を併設していたが，中島飛行機は航空機製造専業であったこと，さらに GHQ との直接の交渉で解体された[7]こともあり，敗戦による事業断絶の影響はより大きかった。こうした点から，より困難な状況で技術継承が為されたと考えられるのである。

技術継承を考える場合には，事業主体である航空機体及び航空エンジンについて，中島飛行機時代の経営・技術の特質を明確にしておかねばならない。本稿ではまず，中島飛行機の特色がより強く現れていると考えられる戦時期[8]の航空エンジン事業をまず取り上げたい。さらに，中島飛行機単独の研究ではなく，機体及びエンジン生産で覇を競った三菱重工業[9]を比較対象とする。三菱重工業の航空機製造部門は，個人企業が出発点であった中島と異なり，既存の大企業の一部門として発足し，発展した。中島とは成立基盤の異なる三菱と対比することで中島の体質がより明確になると考えるからである。同様に，性能を競った米国エンジンメーカーとの比較も試みる。これらは下記に概観する，従来の研究になかった視点である。

中島飛行機に関しては，高橋泰隆氏の包括的研究[10]がある。高橋氏は中島飛行機の全体像を明らかにし，それを日本近代史あるいは日本資本主義発達史の上に位置づけを試みている。高橋氏は，中島の戦後への連続と断絶について，「中島の同族経営は断たれたが，富士重工業に

５）麻島昭一（1985)「戦時体制下の中島飛行機」『経営史学』20(3)，pp. 1–37，第14表。

６）経営の根本義は，良い品を造るにある。経営の才など必要としない。いかにソロバンをはじくことに妙をえても，製品が粗悪では工場は潰れてしまう。これはあらゆる製造業に通ずる鉄則であるが，分けても航空機製造業者にとりては，最も大切なことであると言わなければならない。常によい飛行機を造ることに営々とし，性能の優れたものを生産しておりさえすれば営利を無視しても，自然に大を為すようになる（渡部一英（1997)『日本の飛行機王　中島知久平』(光人社 NF 文庫）pp. 146–147)。

７）富士重工業株式会社社史編纂委員会（1984)『富士重工業三十年史』p. 55。富士産業は，４大財閥と共に持株会社の第１次指定を受けた。一般的に財閥解体は，持株会社整理委員会によって間接的に進められた。しかし富士産業は GHQ の「富士産業株式会社整理案に関する覚書」により GHQ との直接交渉で解体された。これは極めて異例のことであった。

８）戦時期は日中戦争開始から太平洋戦争終了まで，つまり1937年から1945年とする。本稿での分析の重点は前掲 USSBS により詳細なデータの得られる1941年から1945年である。

９）1941–1945年の生産高シェアで見ると，中島は機体の28.0％で第１位，エンジンの31.3％で第２位，三菱は機体の17.9％で第２位，エンジンでは35.6％で第１位，という戦前における二大航空機製造会社であった（USSBS (1947) *The Japanese Aircraft Industry* p. 20)。

10）高橋泰隆（1988)『中島飛行機の研究』(日本経済評論社)。

継承された人，技術，資本が戦後日本資本主義の工業化に大きな役割を果たした[11]」としているが，具体例を提示してはいない。

戦時体制下及び末期の中島飛行機の経営状況については麻島昭一氏の研究[12]がある。麻島氏は，経営史学の中核的な課題ともいうべき所有と経営の問題や，収支構造に焦点を当て，その実態を分析している。丹念に整理された財務関連のデータは貴重である。佐々木聡氏は，武蔵野製作所（エンジン工場）の事例を中心に，中島飛行機のエンジン生産の合理化努力について詳細な研究をしており[13]，本稿に関連して参考になる。

本稿の主題である，中島飛行機の航空エンジン事業に関しては，大河内暁男氏の研究[14]を挙げなければならない。大河内氏は戦間・戦中期における日本技術の水準と特徴を英国との対比で検出することを目的として，中島飛行機とロールス・ロイスのエンジン事業を対象に研究を行い，ロールス・ロイスが一つの形式のエンジン「マーリン」を熟成していったのに対し，「中島は次から次へと新しい種類のエンジンを開発して，機種変更の都度性能を段階的に引き上げるという方法をとっていた。しかも，ほとんどのエンジンは生産期間が短く，そのため量産に適した生産技術は容易につくり出せなかった[15]」と総括している。同じ日本の三菱重工業との比較ではどうなのであろうか，本稿で考察したい。

中島飛行機のエンジン設計者が著した開発史が３つある。関根隆一郎（1952）「中島飛行機発動機20年史」『航空情報』（酣燈社1952.7），中川良一，水谷総太郎（1985）『中島飛行機エンジン史　若い技術者集団の活躍』（酣燈社），岡本和理（2001）『エンジン設計のキーポイント[16]』である。いずれも資料的価値は高い。中川，水谷氏は中島のチャレンジ精神を肯定的に捉え，評価しているのに対し，岡本氏は「中島のエンジン技術に疑問を抱き続けてきた」と批判的であり，中島のエンジン技術像に新しい視点を提示している。

本稿では，まず中島飛行機および三菱重工業の航空エンジン開発史を概観，その競合関係を明らかにする。次いで中島エンジンの性能的位置づけを明らかにした後，中島のエンジン事業の実績を明らかにする。最後に，これらを踏まえて，中島のエンジン事業の特質を考察する。

11）同上 pp. 264-265。

12）前掲「戦時体制下の中島飛行機」及び麻島昭一（1985）「第２次大戦末期の中島飛行機」（『専修大学研究所報』第65号）。

13）佐々木聡（1992）「第２次世界大戦期の日本における生産システム合理化の試み―中島飛行機武蔵野製作所の事例を参考に―」『経営史学』（27)3 pp. 57-77。

14）大河内暁男（1993）「中島飛行機とロールス・ロイス―戦間・戦中期の技術開発と企業化―」（大河内暁男他『企業化活動と企業システム』，東京大学出版会）。

15）同上 pp. 277-278。

16）岡本和理（2001）『エンジン設計のキーポイント』(http://fgkai.web.fc2.com/olddays/okamoto012.html, 2001. 6)（2012. 4. 5アクセス）。

１．中島飛行機および三菱重工業における航空エンジン開発

1.1　中島飛行機におけるエンジン開発史[17)]

表１に中島飛行機における航空エンジンのライセンス導入，自主開発の経緯を年代順にまとめた。以下，**表１**を参照しつつ中島飛行機のエンジン開発状況をまとめる。

（１）ライセンス導入時代

中島飛行機は，1924年３月東京府豊玉郡井荻町上井草に土地3,800坪を取得しエンジン工場建設に着手，エンジン製造に乗り出した。三菱重工業より８年遅れのスタートであった。技術後進国の通常たどる道筋であるが，中島飛行機の航空エンジンも初期は外国からのライセンス導入に頼って発展した。

1924年５月，仏ローレン社のローレン水冷 W 型12気筒の製造権を取得した。1925年11月にはローレン社からの技術者３名の生産指導を受け，東京工場でローレンのライセンス生産を開始，1926年に試作が完了した。1927年４月に量産を開始し，1929年まで生産が続いた。次いで1924年12月，英ブリストル・ジュピター６型（空冷星形単列９気筒）の製造権を取得し，ブリストル社技師の指導を受けて1927年５月に試作に着手，1928年10月から生産を開始した。改良型の７型が1929年１月から，1931年１月からは９F 型が生産された。海軍正式兵器に採用され，各型併せて1934年までに約600台が製作されている。ジュピターの生産はその後の中島飛行機のエンジン開発に大きな影響を与えた。

ライセンス導入は続く。1928年３月，ローレン500馬力～900馬力水冷エンジン，12月には米ライト社ワールウィンド J 型，1929年12月には米プラット社ワスプ C 型及びホーネット A 型，1930年５月には英ブリストル・マーキュリー，更に1934年４月にはライト・サイクロン R-1820F（いずれも空冷星型単列９気筒），1935年１月仏ノーム・ローン社ミストラル・マジョール K14（空冷星型２列14気筒）の各製造権取得と，既に1926年には自主開発が始まっている中で，正に矢継ぎ早のライセンス導入であった。しかし，これらのエンジンは試作されることはなく，自主開発の参考資料用であった[18)]。

（２）自主開発への取り組み

ライセンス導入と併行して自主開発に取り組んだ。

まず水冷エンジンである。自主開発第一号は1926年12月に試作を開始した水冷 W 型18気筒，

17）本項における記述は特記以外，前掲『中島飛行機エンジン史　若い技術者集団の活躍』（以下『中島飛行機エンジン史』）中島飛行機エンジン史年表，中島飛行機エンジン一覧表及びビル・ガンストン著，見森昭＋川村忠男訳（1996）『世界の航空エンジン①レシプロ編』（グランプリ出版）pp. 149-155による。

18）前掲岡本和理（2001）『エンジン設計のキーポイント』6. 3. 3 中島星型エンジンの２系統。

表１　中島飛行機のライセンス導入および自主開発エンジン

ライセンス導入／設計開始年	エンジン名称（陸/海軍名称）	形　式	気筒（シリンダ）			離昇馬力 Hp	生産数（量産数）	生産期間
			数	内径 mm	行程 mm			
ライセンス導入								
1924	(仏) Lorraine450馬力	水冷Ｗ型	12	120	180	485	127	1927–1929
1925	(英) Bristol Jupitar	空冷星形単列	9	146	190	500–545	約600	1928–1934
1928	(仏) Lorraine500/900馬力	水冷Ｗ型	不明					契約のみ
	(米) Wright Wirlwind J-5	空冷星形単列	9	114	140	220		契約のみ
1929	(米) P&W Wasp C	空冷星形単列	9	146	146	600		契約のみ
	(米) P&W Hornet A	空冷星形単列	9	156	162	589		契約のみ
1930	(英) Bristol Mercury	空冷星形単列	9	146	165	612		契約のみ
1934	(米) Wright 1820F	空冷星形単列	9	156	174	890		契約のみ
1935	(仏) Gnome Rhone Mistral Major K14	空冷星型２列	14	146	165	996		契約のみ
自主開発								
1926	NWA	水冷Ｗ型	18	146	170			試作のみ
	NWA-G	水冷Ｗ型	18	146	170	1,100		試作のみ
1927	NAA	空冷星形単列	7	146	160			設計材料準備まで
	NAB	空冷星形単列	9	120	140			設計材料準備まで
	NAC	空冷星形単列	5	146	160			設計材料準備まで
	NAD	空冷星形単列	5	120	140			設計材料準備まで
1929	NAE	空冷星型単列	9	146	160	600**		試作のみ
	NAH（ハ１/寿）	空冷星型単列	9	146	160	570–710	約7,000	1931–1943
1930	NWB	水冷Ｖ型	12	135	140	650		試作のみ
1931	NAP（ハ８/光）	空冷星型単列	9	160	180	640–770	2,130	1934–1940
	HS（寿５型）	空冷星型単列	9	146	160	440***		試作のみ
1932	NAL（ハ５，41，109/－）	空冷星型２列	14	146	160	950–1,260	5,535	1937–1944
	NAF	空冷星型単列	9	160	160	685		試作のみ
	NWD	水冷Ｖ型	12	160	170	1,050		試作のみ
	NWB改	水冷Ｖ型	12	135	140	720		試作のみ
1933	NAM（ハ25，115/栄）	空冷星型２列	14	130	150	940–1,150	21,166	1939–1945
	NAZ	空冷星型単列	7	110	125	170		試作のみ
1935	NAR	空冷星型２列	18	140	160	1,200***		試作のみ
1937	NA1	空冷倒立Ｖ型	12	135	150	600***		試作のみ
1937	NAK（ハ103/護）	空冷星型２列	14	155	170	1,870	200	1941–1944
	NAT-1	液冷倒立Ｖ型*	12	100	120	700		試作のみ
	NAS	空冷星型単列	9	135	150	800		試作のみ
1938	NAU	空冷倒立Ｖ型	12	130	150	800		試作のみ
1939	NLF	液冷倒立Ｖ型	12	140	150	600**		試作のみ
	NWE	水冷Ｗ型	18	146	170	2,000		試作のみ
1940	NBA（ハ45/誉）	空冷星型２列	18	130	150	1,800–2,000	8,747	1942–1945
	NAN	空冷星型２列	18	150	180	2,500		試作のみ
1941	NLH-11	液冷倒立Ｗ型	18	146	170	2,100		試作のみ
1942	NBD	空冷星型２列	18	155	170	3,000		試作のみ
1943	NBH	空冷星型２列	18	146	160	2,450		試作のみ

注）網掛けは水冷／液冷エンジンを示す。
*ディーゼルである。　**高度公称出力。　***地上公称出力。
他社による転換生産数は，NAL（ハ−５）が三菱で1,851台，NAM（栄）が川崎航空機で6,681台，石川島で2,286台である。
出所）中川良一，水谷総太郎（1985）『中島飛行機エンジン史』（酣燈社）pp. 54–91，中島飛行機エンジン一覧表（1)(2)(3）から作成。

1,000馬力を目標のNWA[19]であった。1928年12月に試作１号機の組立を完了したが，初期運転のみ，改良型のNWA-Gも耐久運転までで1929年に打ち切られた。次いで，1930年11月，NWB（水冷Ｖ型12気筒）海軍７試水冷600馬力の設計開始を開始し，翌年12月に試作組立を完成，1932年６月に運転審査が開始されたが，耐久運転までで打ち切られた。改造型であるNWB改が1933年３月に完成し海軍８試水冷600馬力として審査を受けたが，これも1935年に不合格となった。

これより前1932年10月に海軍７試水冷900馬力の試作を受命し，NWD（水冷Ｖ型12気筒）として試作開始し，翌年６月に審査を受けたものの1935年には不合格となった。1937年には自社試作としてNAT-１（水冷倒立Ｖ型12気筒）対抗ピストン型ディーゼルの試作を完成させているが，性能運転までで打ち切りとなった。1939年４月，NLF（液冷倒立Ｖ型12気筒）海軍14試液冷700馬力の設計を開始したが，1940年に審査不合格となった。更に1939年12月，NWE（水冷Ｗ型18気筒）陸軍「ハ15」[20]の試作が完成したものの，耐久試験中に大破してしまった。最後に1941年11月，NLH-11（液冷倒立Ｗ型18気筒）陸軍試作「ハ39」試作が完成した。このエンジンは中島列型の決定版として登場したが故障で中断，最後の列型エンジンとなった。中島飛行機の水冷エンジンは結果としては１機種として成功しなかったことになる[21]。

空冷エンジンの開発に移る。空冷星型エンジンの自主開発は1927年から始まった。NAA（７気筒），NAB（９気筒），NAC（５気筒），NAD（５気筒）と相次いだがいずれも材料準備までで終わった。1931年にはNAE（９気筒）の試作が行われ性能運転にまでこぎ着けた。1932年から1933年にかけてNAF（９気筒）海軍７試空冷600馬力の試作，耐久運転，審査が実施されたが不合格となった。

これより前1929年12月にNAH（９気筒）の設計が開始され，わずか６ヶ月後の翌1930年６月に試作１号機の組立が完了した。国産第１号である。「ジュピターの土台にワスプ流の洗練

19）中島の社内呼称はアルファベットの３桁であった。１桁目は中島のN，２桁目のWは水冷（water cooled），Aは空冷（air cooled），Lは液冷（liquid cooled），３桁目は開発順にアルファベットが付された。

20）1932年以降，陸軍は国産発動機には，試作順に一貫した発動機番号（ハ番号）でハ１，ハ25，ハ115のように呼び，制式後は日本の紀元年号の末尾１～３桁の数字をとって，94式550馬力，100式1250馬力，２式1450馬力のように表示している（前掲『富士重工業三十年史』p. 52）。

21）水冷列型エンジンの部品で最も製造が困難なのは，浸炭焼き入れした６クランク（直列６，V12，W18シリンダ用）の長いクランク・シャフトである。戦時中ダイムラー・ベンツのDB600シリーズ（液冷倒立Ｖ型12気筒）を川崎航空機（陸軍），愛知航空機（海軍）がライセンス生産したが，部品供給が滞り生産遅れを生じた。佐貫亦男（1998）『発想の航空史―名機開発に賭けた人々』（朝日新聞社）p. 266には，1943年ドイツ滞在中にダイムラー・ベンツ・エンジンのクランク・シャフト製作が困難なので，調達して潜水艦で送れ，と依頼されたことが書かれている。「クルップのクランク軸製造会社を見学したら，巨大なハンマーで何のこともなく鍛造し，仕上げていた。日本ではこんな巨大なハンマーと工作機械が不足，或いは不良であった」。

を加えたエンジン[22]」と評され，ジュピターのジュから「寿」[23]と命名された。８月には海軍の耐久試験に合格した。1931年には「寿」２型が耐久運転に合格，12月には「寿」１型，２型が海軍正式兵器に採用された。1932年７月から量産が開始となり，最終の「寿」41型まで約7,000台が生産された。「寿」３型からはライト社のサイクロンの技術が取り入れられている。生産は1943年まで続いた。「寿」の成功で中島飛行機の発動機部門が日本の空冷星型エンジンのトップの地位を占めることとなった[24]。

1931年５月，陸軍の命令により NAP（９気筒）の設計を開始，翌年５月に試作第１号機組立が完了した。1933年４月には陸軍の審査に合格，1934年制式採用され「ハ８」となった。NAP はライト・サイクロンの技術を大幅に取り入れて改良され，1935年，海軍の８試空冷650馬力として審査に合格「光」と命名され1936年に兵器採用された。各型合計約2,100台が生産された。９気筒エンジンとしては他に1931年10月に戦闘機搭載を狙った HS「寿５型」の設計を開始，翌1932年10月に試作が完了して地上運転と飛行試験の併行審査を受けたが，1934年に不合格となった。

（３）２列14気筒，18気筒エンジンの開発

1933年５月，中島飛行機初の空冷星型２列14気筒エンジンである NAL の試作１号機が完成したが，初期の運転で不具合が発生したため，基本設計からやり直して1934年４月に２次試作を完了，陸軍の耐久運転に入り1937年に審査に合格，「ハ５」として制式採用となった。1937年から1944年まで約5,500台，三菱重工業でも1941年まで1,831台が生産された。

NAL の開発に若干遅れて1933年６月，NAM の設計が開始された。NAL より外径が110 mm も小さい1,150mm で，エンジンをコンパクトにしてほしいという軍の要求に沿ったものである。気筒内径を130mm と航空エンジンとしては比較的小さくすることで燃焼室がコンパクトになり燃焼が安定する上，動弁系や運動部品の取り回しが楽になり，ベアリングの負担を軽くできる利点があった。これを生かして回転数を上げ，圧縮比を高くすることで馬力をより引き出す工夫がされた。1936年３月海軍10試空冷600馬力として試作第１号機の組立を完了，６月には海軍の審査に合格した。間もなく NAM１型（「栄」11型）としてブースト，回転数，圧縮比を上げて1,000馬力を目指した。1937年には２速過給機付「栄」20型の設計が開始された。1939年10月，「栄」10型が海軍に正式採用された。零戦に搭載され，また陸軍にも採用されて一式戦「隼」に搭載されたことで，「栄」系の総生産数は川崎，石川島による転換生産を

22）前掲『中島飛行機エンジン史』p. 66。

23）海軍は，1930年以降は日本紀元年号の末尾二桁をとり90式，91式などと呼んだが，中島がジュピターの国産化に成功した発動機に「ジュ」をもじって，「寿」の文字を当て，「寿（ことぶき）」型と命名して以来，中島製は縁起のよい漢字一文字の光，栄，護，誉という名称を，三菱製には星の名の瑞星，金星，火星を，日立（元東京瓦斯電機）製には風で初風，天風，神風，愛知製に所在地名の熱田とつけるようになった（前掲『富士重工業三十年史』p. 52）。

24）前掲『中島飛行機エンジン史』p. 261。

含めて日本の航空エンジンでは最高の３万台に達した。

1937年から構想されたのがNAK「護」で，「光」の14気筒版であるが，「光」の内径160mmは大きすぎたとの反省から155mmとした。全体的に日本的な小細工を避けた余裕のあるエンジンとなっており，出力1,870馬力であった。1943年８月に海軍兵器に採用となった。1943年までで200台が生産されたが，後述の「誉」が制式化されたことで打ちきりとなった。

中島航空エンジンの最高到達点であるNBA「誉」（２列18気筒）は，1939年12月「栄」と同外径でこれを９気筒×２列とする発案がスタートであった。最終的に外径は「栄」より30mm大きい1,180mmとなったが，出力は1,800馬力でスタートしその後2,000馬力に増加させる設計であった。既に「栄」系で予備試験を実施し，ブースト圧，回転数の増加，吸入効率の向上，燃焼の改善等で1,400–1,500馬力を達成できる目途をつけていたものである。1940年初めに海軍に提案，当時世界でもこれに匹敵する小型大馬力エンジンはなく期待は大きく[25]，９月に海軍の試作命令が出た。開発は官民挙げての努力で記録破りの早さで進み，1941年６月には300時間の第１次耐久運転を完了した。1942年９月には海軍から「誉」と命名され生産に入った。試作時は順調であったものの，「誉」は開戦による燃料事情悪化のため，開発の前提である100オクタン価ガソリンを使用出来なくなったこと，および潤滑油の質低下による出力低下とシリンダ温度の異常上昇，コンロッド軸受けの過荷重による故障，プロペラ減速機軸受の焼損，吸排気ポート及び吸気系通路の鋳物形状不良による出力低下など，数多くのトラブルに見舞われ，対策に追われることになった。稼働率の悪さは最後までつきまとった。終戦までに約9,000台生産された。

「誉」がトラブル解決に困難を極めている間にも，他の大馬力エンジンの開発が続いていた。1940年，NAN（２列18気筒）「ハ107」試作に着手，1943年７月「富嶽」の発動機「ハ54」（４列36気筒，5,000馬力）の設計を開始，NBH（２列18気筒，2,450馬力）「ハ44」の試作開始などである。

1.2　三菱重工業におけるエンジン開発史

三菱重工業のエンジン開発の細部を述べることは本稿の主題ではないので，**表２**を参照しつつ本稿の展開に必要な事項をまとめる[26]。

機体製作から航空機事業を始めた中島飛行機とは異なり，三菱合資会社は1916年５月，神戸造船所内に内燃機課を設置し航空エンジンの製造から始めた。機体製作に進出したのは1921年

25）空技廠（海軍航空技術廠）の中でも，すばらしいという人と，できるとは考えられないという議論があった（前掲『中島飛行機エンジン史』p. 88）。

26）本稿における記述は特記以外，松岡久光（1996）『みつびし航空エンジン物語』（アテネ書房）pp. 11–186及びビル・ガンストン著，見森昭＋川村忠男訳（1996）『世界の航空エンジン①レシプロ編』（グランプリ出版）pp. 143–148による。

表２　三菱重工業のライセンス導入および自主開発エンジン

ライセンス導入／設計開始年	エンジン名称（陸/海軍名称）	形　式	気筒（シリンダ）			離昇馬力 Hp	生産数（量産数）	生産期間
			数	内径 mm	行程 mm			
ライセンス導入								
1917	(仏) 三菱イスパノ200馬力	水冷V型	8	120	130	200	154	1920–1926
*1920	(仏) 三菱イスパノ300馬力	水冷V型	8	140	150	300	710	1920–1931
*1925	(仏) 三菱イスパノ450馬力	水冷V型	12	140	150	600	439	1925–1935
1926	(英) Armstrong Sydley Mongoose 130馬力	空冷星型単列	5	127	140	162	52	1927–1931
1928	(独) Junkers L88	水冷V型	12	160	190	820	18	1932–1933
1931	(仏) 三菱イスパノ650馬力	水冷V型	12	150	170	800	271	1931–1935
1935	(米) P&W Hornet（明星）	空冷星型単列	9	156	162	800	107	1935–1939
自主開発								
1929	Ａ１	空冷星型２列	14	155	185	1,024		試作のみ
	Ａ３	空冷星型単列	9	160	175	680		試作のみ
*1929	Ａ２	空冷星型単列	9	127	140	338		試作のみ
1930	Ａ４	空冷星型２列	14	140	150	800–830	88	1931–1936
	Ａ５	空冷星型単列	9	145	150	475	212	1931–1935
*1935	Ａ９	空冷星型単列	9	140	159	550		試作のみ
1932	７試倒立300馬力	水冷	6	150	170	385		試作のみ
	Ｂ１	水冷Ｖ型	12	150	170	810	367	1932–1937
1933	Ｂ２	水冷Ｖ型	12	130	150	740		試作のみ
	Ａ７（震天）	空冷星型２列	14	140	160	920		試作のみ
	Ａ６（ハ６/震天改）	空冷星型２列	14	140	160	875–1,100		試作のみ
1934	Ｂ２改	水冷Ｖ型	12	130	150	740		試作のみ
	Ｂ３	水冷Ｖ型	12	160	170	900		試作のみ
*1936	Ｂ３改	水冷Ｖ型	12	160	170	1,100		試作のみ
*1937	Ｂ４	水冷	12	140	140	900		試作のみ
*1938	Ｂ５	水冷倒立Ｖ型	12	140	140	860		試作のみ
1935	Ａ８（ハ112/金星）	空冷星型２列	14	140	150	840–1,500	15,124	1936–1945
1936	A14（ハ26，102/瑞星）	空冷星型２列	14	140	130	850–1,080	12,795	1936–1944
1938	A10（ハ101，111/火星）	空冷星型２列	14	140	170	1,460–1,850	16,901	1938–1945
1939	A18（ハ214/MK10A）	空冷星型２列	18	150	170	1,900–2,500	2,860	1940–1945
1941	A20（ハ211/MK9A）	空冷星型２列	18	140	150	2,200	77	1941–1945
1943	A21（ハ50/－）	空冷星型２列	22	150	170	3,100		試作のみ

注１）網掛けは水冷エンジンを示す。*はライセンス導入年，設計開始年が明確でないため，試作年を示す。
注２）最初に製作したエンジンは1917年海軍から依頼を受けたルノーＶ型空冷８気筒70馬力である。
出所）松岡久光（1996）『みつびし航空エンジン物語』（アテネ書房）pp. 31–186，pp. 324–331 から作成。

である。最初にライセンス生産したのは1917年，当時最新鋭，高性能の仏イスパノ・スイザの水冷Ｖ型８気筒200馬力及び300馬力エンジンで，以降450馬力，650馬力と高馬力エンジンのライセンスを導入，以降1935年までに1,500台余が製作され[27]，「水冷の三菱」あるいは「イスパノの三菱」と呼ばれた[28]。しかし，エンジンの高馬力化，機体の運用方式の複雑化によりエンジンの使用条件が厳しくなり，原因究明の困難なトラブルが次第に増加してきた。1931年に

27）前掲『みつびし航空エンジン物語』p. 330 から算出。
28）前掲『みつびし航空エンジン物語』p. 22。

完成した高馬力の650馬力型ではピストン焼き付き，ロッド折損，排気弁焼損等のトラブルが相次いだ。排気弁は海軍考案の水銀冷却弁であったが漏れが多く，冷却効果も不十分であった。本エンジンの不評により三菱の発動機事業は次第に沈滞することになる。以降，水冷エンジンの自主開発が続くが，水冷式700馬力（社内呼称Ｂ１）を除きいずれも試作のみに終わった。Ｂ１は93式重爆に搭載されたがトラブルが続出し信頼性に欠けた。

空冷エンジンの自主開発は1929年のＡ１が最初である。以降1934年まで７種類の空冷エンジンが開発されたが，実戦機に採用されたのはＡ４，Ａ５エンジンのみであった。こうした三菱エンジンの窮状[29]を打破する契機になったのは1933年６月の長崎造船所深尾淳二氏の名古屋製作所への転任であった。1934年６月，三菱航空機は三菱重工業に合併され[30]，深尾氏は名古屋発動機の発動機部長となった。深尾氏が固めた新規エンジンの目標は，①航空発動機は性能，信頼性の優秀さと安価であることが，世界第一であらねばならぬ②外国の有力会社は水冷か空冷の一方だけを作っている。二兎を追うものは一兎も得ずであるから，我らも一方に決めねばならぬ③陸軍用，海軍用として発動機を区別すべきでない④陸海軍との合作では世界一というものは得られない。我々は他の掣肘を受けることなく独自に設計すべきである[31]，というものであった。そして深尾氏は社内製作エンジンを空冷一本に絞るという大転換を決意した。しかし，この方針は軍を刺激しないよう社内外に明らかにはされなかった。

新エンジンＡ８は1935年12月に本格開発が開始された。Ａ８初号機は1936年３月，試運転を完了した。試運転は順調であったが，軍の意向とは関係のない開発であること及び軍関係の他のエンジン開発への悪影響のため，軍との関係は悪化した。しかし審査試験の結果に満足した海軍は100台近い発注を行った。これが社内呼称Ａ８-a「金星」３型である。７月には抜本的な改良によりA-８c「金星」40型が誕生し，三菱航空エンジンの基礎が完全に固まった。

「金星」の技術を生かして小型機搭載用のA14「瑞星」，大型機搭載用のA10「火星」エンジンが開発された。「瑞星」は「金星」の気筒行程を130mmへ短縮し，「火星」は気筒内径を150mm，ストロークを170mmへ拡大したもので，いずれも２列14気筒である。「瑞星」11型は1936年１月に計画を開始，７月に１号機が完成した。「火星」は1938年２月に開発着手，９月に初号機が完成した。「金星」，「瑞星」，「火星」とも１万台以上生産され，陸海軍の主力機に搭載された。

三菱重工業は更に大馬力を目指し「火星」と「金星」を18気筒化したエンジンを開発してい

29）1929年から1934年にかけての６年間に，エンジン開発に当時の金額で数百万円を投入し，試作各種エンジンは10数種類，50台余，しかし基本型式として成功したものは皆無であった（前掲『みつびし航空エンジン物語』p. 51）。

30）合併は海軍航空本部と艦政本部の反対を押し切ってなされており軍の経営介入を防ぐ意味もあろう（疋田康行 (1977)「戦前日本航空機工業資本の蓄積過程」『一橋論叢』(77)6，p. 73）。

31）「深尾淳二技術回想70年」刊行会（1979）『深尾淳二　技術回想70年』pp. 103–104。

る。1940年８月に A18が完成した。無理をせず，余裕のある設計で，日本で最初に実用化された２列星型18気筒エンジンである。1941年には中島の「誉」エンジンに対抗すべく「金星」の18気筒化 A20の開発を開始し，1942年２月半ばに初号機の組立を完了，1943年６月には海軍の運転試験に合格した。しかし，時期があまりに遅く実戦機には搭載されなかった。

1.3　中島飛行機と三菱重工業の競合関係

第二次世界大戦で使用された中島飛行機，三菱重工業および比較のため戦争相手国米国の２大航空エンジンメーカーであった Pratt & Whitney 社（以下プラット社），Wright Aeronautical 社（以下ライト社）のエンジンのエンジン生産期間を**表３**に示した。

航空エンジンは機体側からの要求性能が高くなるのに対応して単列７気筒から９気筒，次いで２列14気筒，更に２列18気筒と気筒数と排気量，出力を増加させていった。第二次世界大戦期の主力機種に搭載されたのは単列９気筒以降である。プラット社の R-1340は1925年には既に量産に入っていて，太平洋戦争開始の1941年の時点では既に15年以上を経過していた。中島の NAH とライト社の R-1820は６年遅れて1931年に生産開始であるが，R-1820が馬力で中島 NAL の1.5倍であることを指摘しておかねばならない。三菱は単列エンジンでは成功しなかった。

２列14気筒エンジンでは，プラット社の R-1830が1932年に生産開始である。より大馬力の

表３　中島，三菱および米国主要航空エンジン生産期間（1930〜1945）

形　式	会　社　名	名称（陸海軍名称）	西暦19＊＊年
			30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45
単列９気筒	中島	NAH（ハ１/寿）	
	Pratt & Whitney	R-1340	
	Wright Aeronautical	R-1820	
２列14気筒	中島	NAL（ハ５，41，109/一）	
		NAM（ハ25，115/栄）	
		NAK（ハ103/護）	
	三菱	A８（ハ112/金星）	
		A14（ハ26，102/瑞星）	
		A10（ハ101，111/火星）	
	Pratt & Whitney	R-1830	
	Wright Aeronautical	R-2600	
２列18気筒	中島	NBA（ハ45/誉）	
	三菱	A18（ハ214/MK10A）	
	Pratt & Whitney	R-2800	
	Wright Aeronautical	R-3350	

注）網掛けは米国エンジンである。P&W R1340の生産開始は1925年である。米国エンジンは1945年以降も，ジェット時代到来の1950年代まで生産された。

出所）日本は，前出『中島飛行機エンジン史 若い技術者集団の活躍』中島飛行機エンジン一覧表 (1) (2) (3)，『みつびし航空エンジン物語』pp. 324–331 より作成。

米国は，*Jane's Fighting Aircraft of World war II* (Originally published by Jane's Publishing Company 1946/47), Victor Bingham (1998) *Major Piston Aero Engines of World Wor II* (Airlife Publishing), Graham White (1995) *Allied Aircraft Piston Engines* (Airlife Publishing), http://www.pw.utc.com/about_us/classic_engines.asp より作成。

ライト社 R-2600は５年遅れて1937年に生産が開始されている。日本では三菱の Ａ８「金星」，A14「瑞星」がライト社のそれより１年早く1936年に生産に入った。1938年に A10「火星」が生産に入っている。「火星」は R-2600とほぼ同時期，出力も同程度で世界水準であった。中島飛行機は14気筒では三菱重工業より遅れ，NAL が1937年，「栄」が1939年，「護」が1941年にそれぞれ生産に入っている。

２列18気筒エンジンでは，プラット社の R-2800が1939年から生産に入っている。ライト社の R-3350は1936年に開発が開始されたが，実用化に手間取り生産開始は1941年となった。三菱の A18は1940年から，中島の「誉」は1942年から生産された。以上のことからエンジン開発，生産ではプラット社が先行し，他社が追いかける図式がみえる。中島と三菱の関係では，９気筒では中島が先行，14気筒になって三菱が巻き返し，18気筒では「誉」の出現で再び中島が三菱に追いついたといえる。

次にエンジン選定での競合関係である。中島飛行機と三菱重工業は機体とエンジン双方を製造していたので，自社製の機体には自社製エンジンを搭載したいと考えるのは自然なことで競合関係にあった。ほぼ同時期，同馬力のエンジンが競合することになるが，それらは NAL (ハ５）とハ６（量産に至らず)，「栄」と「瑞星」，「護」と「金星」「火星」，「誉」と A20 (量産に至らず）という図式であった。

まず中島，三菱で競争試作となった陸軍97式重爆である。1936年12月に機体，エンジンとも試作機が完成し，機体はすんなり三菱に決定したが，問題はエンジンであった。中島試作機はハ５，三菱試作機はハ６（Ａ６震天改，「金星」の技術を適用）を搭載していたが，陸軍はハ５を採用した。この選定経緯には，謎があり[32]，両社の言い分も食い違っていた。三菱側の言い分は，「この結論に至った裏には，陸軍がもっていた暗黙のメーカー割り振りがあったことと，この時点でも海軍が「金星」実用化に熱心であった経緯から，「金星」を毛嫌いする空気が陸軍に残っていたのではなかろうか[33]」というものであった。一方中島側は，「「ハ５」は1935年から36年にかけて立川技研で「ハ６」と隣同士の運転台で，公式耐久運転をうけた。……立川技研での審査の間，中島には大きな故障はなかったが，三菱にはシリンダヘッドの焼きはめねじの逃げ溝から，ヘッドの鉢にすっぽりと亀裂が入り，ヘッド脱落寸前の大事故があったと聞いている[34]」とハ６の信頼性不足を示唆している。97式重爆は，1940年からのⅡ型では A10 (ハ101，火星）に換装している。当初のエンジン選定に難があった証左といえるかもしれない。

次に三菱開発の海軍零戦であるが，設計主任の堀越二郎氏は，できるだけ軽量小型の戦闘機として，競争試作に勝てるものを作ることを優先させるという観点から，試作機（12試艦戦）

32）荒川憲一（2011）『戦時経済体制の構想と展開―日本陸海軍の経済史的分析』（岩波書店）pp. 213-215。

33）前掲『みつびし航空エンジン物語』p. 90。

34）前掲『中島飛行機エンジン史』p. 191。

には大型の「金星」ではなく小型の「瑞星」を搭載した[35]。しかし，海軍は，「瑞星」よりほんのちょっとだけ大きいが，性能が勝っているという理由で[36]，海軍の審査試験に合格したばかりの中島「栄」を零戦に採用した。この決定には，三菱側は，「少しでも良いものをという曖昧な理由だけで，設計者側を十分納得させることのないまま，「栄」に押し切られてしまった。この以前からも発動機変更の話は三菱側に伝えられていたというが，何か割り切れないものが感じられる。……栄発動機自体は初期計画の段階では全く候補にも上がっていなかったものであった[37]」と大いに不満であった。しかし結果的には，零戦は第二次世界大戦を通して海軍の主力戦闘機として活躍したのであるから，海軍のエンジン選定は適切であったといえよう。

中島開発の艦攻「天山」は，当初は中島開発で当時最大出力の「護」を搭載した。しかし「護」は外径が大きく，重く，振動も多かった。中島を「誉」の生産に集中させるため，「護」は200基で生産中止になり，「天山12型」からは三菱の「火星」に換装された[38]。

最後にこれも三菱開発の海軍17試艦戦烈風のエンジン選定である。三菱は同社で新たに開発中の A20を搭載する計画であったが，海軍の意見は「三菱の A20は，形が大きく，しかも17試艦上戦闘機に間に合うか疑問である。中島の「誉」は，小型であるうえに性能も優れている[39]。その上，「誉」は陸上爆撃機 Y20（後の銀河）に使用する予定であり，実用化の見通しはこの方が確実である」というものであり，最終的に「誉」搭載となった。「この結論に至った経緯を推測すると，海軍空技廠が「誉」の開発には当初から深く関わってきており，A20が「誉」よりもやや後発エンジンであったことが響いていたとも考えられるが，指示された性能確保に苦慮するメーカーの領域にまで立ち入って，一方的とも思われる決定を下したことは，なんとしても理解に苦しむことである[40]」と三菱側は大変不満であった。しかし，「誉」搭載の烈風は性能不足で採用に至らず[41]，エンジンを A20に換装して試験しているうちに終戦となった。

表４に中島と三菱エンジンを搭載した機種を示す。小型機である戦闘機，攻撃機は中島エンジン，大型機である爆撃機は三菱エンジンと，結果的にはある程度棲み分けが出来ていたようにみえる。1939年の後，中島飛行機は戦闘機の生産に集中した[42] が，エンジンについても中島

35）堀越二郎（2003）『零戦の遺産　設計主務社が語る名機の素顔』光人社 NF 文庫 p. 66。
36）「瑞星」の離昇馬力は850馬力，「栄」は1,000馬力である。外径は各1,118mm 1,150mm である（表５参照)。
37）前掲『みつびし航空エンジン物語』pp. 103–108。
38）航空情報編（1955）『日本軍用機の全貌』（酣燈社）p. 135。
39）A20の外径は1,230mm，離昇馬力は2,200馬力，「誉は1,180mm，1,800–2,000馬力。
40）『みつびし航空エンジン物語』pp. 159–160。
41）「誉」の性能は量産では低下していた。設計者の中川良一氏は「エンジン馬力はかなり下がっていたのではないだろうか。多分，２割くらいは」と「誉」の馬力不足を認めている。(前間孝則（1993）『マンマシンの昭和伝説（上)』(講談社）p. 145（ページは文庫版)。
42）前掲 USSBS（1947）*Nakajima Aircraft Company* p. 17。

表４　中島および三菱エンジンの主要な搭載機種（第二次世界大戦期）

形式	会社名	名称（陸海軍名称）	戦闘機，攻撃機，偵察機	爆撃機，輸送機（民間機）
単列９気筒	中島	NAH（ハ１/寿）	96艦戦，**97式戦**	(中島 AT)
２列14気筒	中島	NAL（ハ５，41，109/－）	**２式戦**	97軽爆，**97式重爆**，**100式重爆**
		NAM（ハ25，115/栄）	**97式艦攻**，**零戦**，**１式戦**，月光	**99式双軽爆**
		NAK（ハ103/護）	天山11型	深山改
	三菱	A８（ハ112/金星）	５式戦，**零式水偵**，**100式司偵**，瑞雲	**96式陸攻**，97式飛行艇，零式輸送機
		A14（ハ26，102/瑞星）	零式観測機，97式司偵，100式司偵	
		A10（ハ101，111/火星）	雷電，**天山12型**，強風	**１式陸攻**，**97式重爆**，深山，２式大艇
２列18気筒	中島	NBA（ハ45/誉）	**４式戦**，**紫電改**，流星，彩雲，烈風（試作）	連山（試作のみ），**銀河**
	三菱	A18（ハ214/MK10A）		４式重爆
		A20（ハ211/MK９A）	烈風（試作）	

注）ゴシック太字体は1,000機以上量産された機種を示す。97式重爆は２型で NAL（ハ−５）から，より馬力の大きい火星に換装している。天山も12型では「護」から「火星」に換装している。
出所）表１，表２と同様である。

の方針は，戦闘機に最も向くようなエンジンの生産であった[43]。社史では，「主目標を戦闘機用においたのは，単に需要数が多く，量産による収益性が高い，という理由からだけではなかった。戦闘機用発動機は，小型，軽量，強馬力であるほか，飛行姿勢や重力の変化，急激な加減速に即応し，常に正常な運転状態を保持する高度な機能が要求される[44]」と技術者のチャレンジ精神を強調している。

２．中島航空エンジンの性能的位置づけ

性能は，同時期の競合相手との比較で初めて意味を持つものである。本項では，三菱重工業およびプラット社，ライト社との対比で戦時期中島エンジンの世界規模における性能的位置づけを明らかにする。

2.1　基本性能

エンジンの性能を評価する指標としては，まず絶対的な出力（馬力）がある。次いで効率を評価する指標として単位当たりの出力（排気量当たり馬力，正面面積当たり馬力，馬力当たり重量）を挙げることができる。**表５**に戦時期の中島および三菱エンジンの性能，諸元を比較した。米プラット社およびライト社のエンジンの性能，諸元を**表６**に示した。**図１**から**図４**までは各指標を分かり易いように図示したものである。以下の図で△は中島，□は三菱，■は米プラット社，▲はライト社を示す。

（１）離昇馬力

まず離昇馬力（**図１**）について単列９気筒→２列14気筒→２列18気筒という気筒数増加での

43）前掲『中島飛行機エンジン史』p. 81。
44）前掲『富士重工業三十年史』p. 18。

表５　戦時期中島，三菱の航空エンジン性能，諸元比較（実戦機に搭載された機種のみ）

形　式		単列９気筒	２列14気筒							
会 社 名		中島	中島						三菱	
社内略号		NAH	NAK	NAL			NAM		A８	
陸海軍名称		寿41型 ハ１乙	護11型 ハ103	ハ－５	ハ41	ハ109	栄11型 ハ25	栄21型 ハ115	金星３型	金星41型
シリンダ	内径　mm	146	155	146	146	146	130	130	140	140
	行程　mm	160	170	160	160	160	150	150	150	150
	行程容積　l	24.1	44.9	37.5	37.5	37.5	27.9	27.9	32.3	32.3
	圧縮比	6.7	6.5	6.7	6.9	6.7	7.2	7.2	6.0	6.6
離昇出力	馬力　hp	710	1,870	950	1,260	1,500	1,000	1,130	840	1,000
	回転数　rpm	2,600	2,600	2,200	2,500	2,650	2,550	2,750	2,350	2,500
	ブースト圧　mmHg	200	400	50	250	300	250	300	70	150
寸　法	直径　mm	1,295	1,380	1,260	1,260	1,260	1,150	1,150	1,218	1,218
乾燥重量　kg		435	870	625	630	720	530	590	544	560
リットル当たり馬力　hp/l		**29.5**	**41.6**	**25.3**	**33.6**	**40.0**	**35.8**	**40.5**	**26.0**	**30.9**
正面面積当たり馬力　hp/m²		**539**	**1,251**	**762**	**1,011**	**1,204**	**963**	**1,088**	**721**	**859**
馬力当たり重量　kg/hp		**0.61**	**0.47**	**0.66**	**0.50**	**0.48**	**0.53**	**0.52**	**0.65**	**0.56**

形　式		２列14気筒						２列18気筒		
会 社 名		三菱						中島		三菱
社内略号		A８		A14		A10		NBA		A18
陸海軍名称		金星51型	金星62型 ハ112－Ⅱ	瑞星11型	瑞星21型 ハ102	火星11型 ハ101	火星21型	誉11型 ハ45.11型	誉21型 ハ45.21型	MK10A ハ214
シリンダ	内径　mm	140	140	140	140	150	150	130	130	150
	行程　mm	150	150	139	139	170	170	150	150	170
	行程容積　l	32.3	32.3	28.0	28.0	42.1	42.1	35.8	35.8	54.1
	圧縮比	7.0	7.0	6.5	7.0	6.5	6.5	7.0	7.0	6.7
離昇出力	馬力　hp	1,300	1,500	850	1,080	1,530	1,850	1,800	2,000	2,500
	回転数　rpm	2,600	2,600	2,540	2,700	2,450	2,600	2,900	3,000	2,600
	ブースト圧　mmHg	330	500	160	270	270	450	400	500	600
寸　法	直径　mm	1,218	1,218	1,118	1,118	1,340	1,340	1,180	1,180	1,370
乾燥重量　kg		642	675	542	540	725	780	835	835	1,260
リットル当たり馬力　hp/l		**40.2**	**46.4**	**30.3**	**38.5**	**36.4**	**44.0**	**50.3**	**55.9**	**46.2**
正面面積当たり馬力　hp/m²		**1,116**	**1,288**	**866**	**1,101**	**1,085**	**1,312**	**1,647**	**1,830**	**1,697**
馬力当たり重量　kg/hp		**0.49**	**0.45**	**0.64**	**0.50**	**0.47**	**0.42**	**0.46**	**0.42**	**0.50**

出所）前掲『中島飛行機エンジン史 若い技術者集団の活躍』中島飛行機エンジン一覧表 (1)(2)(3)，『みつびし航空エンジン物語』pp. 324–331，日本航空学術史編集委員会編『日本航空学術史 (1910–1945)』（日本航空学術史編集委員会，丸善株式会社，1990年）附録第３表より作成。

表６　戦時期米国の主要航空エンジン性能，諸元比較

形　式		単列９気筒			２列14気筒			２列18気筒		
会 社 名		Pratt & Whitney	Wright Aeronautical		Pratt & Whitney	Wright Aeronautical		Pratt & Whitney		Wright Aeronautical
シリーズ		R-1340 Wasp	R-1820 Cyclone9		R-1830 Twin Wasp	R-2600 Cyclone14		R-2800 Double Wasp		R-3350 Cyclone18
番　号		SIHI	F52	G202A	S1C3-G	A２B	C14BA	－5	－54	
シリンダ	内径　mm	146	156	156	140	156	156	146	146	156
	行程　mm	146	174	174	140	160	160	152	152	160
	行程容積　l	22	29.88	29.88	30	42.7	42.7	45.96	45.96	54.56
	圧縮比	6.0	6.4	6.7	6.7	6.3	6.3	6.65	6.65	6.9
離昇出力	馬力　hp	600	890	1,200	1,200	1,600	1,700	1,850	2,100	2,200
	回転数　rpm	2,250	2,200	2,500	2,700	2,400	2,500	2,600	2,600	2,800
寸　法	直径　mm	1,314	1,378	1,378	1,222	1,397	1,397	1,342	1,342	1,420
乾燥重量　kg		392	454	595	652	878	900	1,070	1,070	1,212
リットル当たり馬力　hp/l		**27.3**	**29.8**	**40.2**	**40.0**	**37.5**	**39.8**	**40.3**	**45.7**	**40.3**
正面面積当たり馬力　hp/m²		**443**	**597**	**805**	**1,024**	**1,044**	**1,110**	**1,309**	**1,485**	**1,390**
馬力当たり重量　kg/hp		**0.65**	**0.51**	**0.50**	**0.54**	**0.55**	**0.53**	**0.58**	**0.51**	**0.55**

出所）前掲 *Jane's Fighting Aircraft of World war II* (Originally published by Jane's Publishing Company 1946/47)，Victor Bingham(1998) *Major Piston Aero Engines of World Wor II* (Airlife Publishing)，Graham White, *Allied Aircraft Piston Engines* (Airlife Publishing)，Pratt & Whitney http://www.pw.utc.com/about_us/classic_engines.asp より作成。

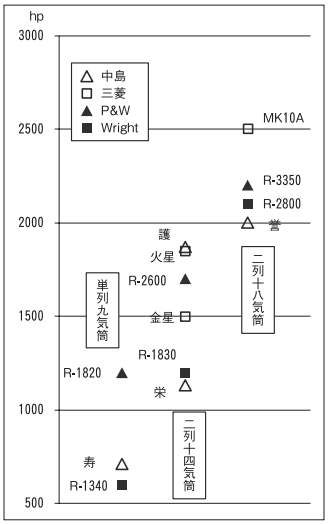


図１　離昇馬力

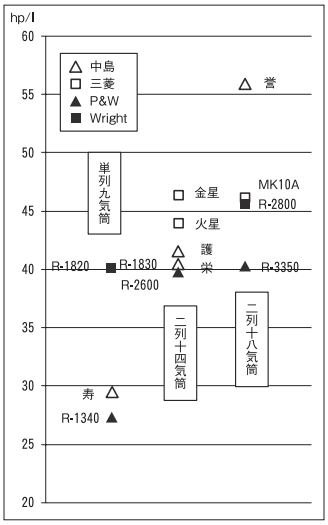


図２　排気量当たり馬力

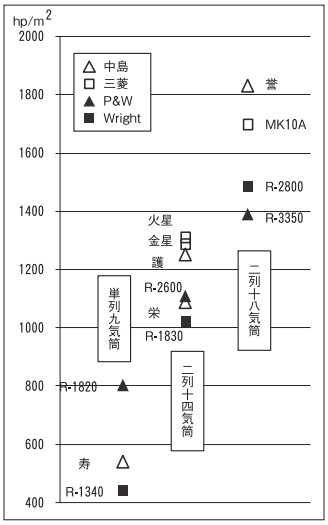


図３　正面面積当たり馬力

性能向上を検討する。各気筒数での最大出力[45]を示すと，中島エンジンは710馬力→950（1,870）馬力→1,800（2,000）馬力，三菱エンジンは９気筒での実戦機搭載はなく，14気筒から，840（1,850）馬力→2,500馬力である。プラット社は600馬力→1,200馬力→1,850（2,100）馬力，ライト社は890（1,200）馬力→1,600（1,700）馬力→2,200馬力である。14気筒エンジンでは，生産開始時期がプラット社に比し最大４年遅れではあるが，中島「護」，三菱「火星」が出力で米国追いつき，18気筒では，三菱は米国エンジンを凌ぐまでになっていた。こうした高馬力エンジンがありながら，何故日本軍主力戦闘機は「戦争末期まで1,000-1,200馬力の程度のエンジンを搭載していた[46]」かは，実用化時期の問題と日本軍の「小型（小外径）」へのこだわりといえるが，更なる考察が必要である。

（２）単位当たりの効率

まず排気量当たり馬力 hp/l（**図２**）である。中島は29.5→25.3（41.6）→50.3（55.9），三菱は26.0（46.4）→46.2，プラット社は27.3→40.0→40.3（45.7），ライト社は29.8（40.2）→37.5（39.8）→40.3となっている。中島の「誉」の55.9hp/l は群を抜いて高い値である。

次に正面面積当たり馬力 hp/m^2（**図３**）をみる。エンジンの正面面積は，特に戦闘機のような小型機では空気抵抗に影響が大きいので，日本軍はこれを小さくすることを重視した。正面面積に直接関係してくるのはエンジンの直径である。２列18気筒エンジンの直径を比較すると，中島の「誉」は僅か1,180mm である。三菱の A18は1,370mm，プラット社 R-2800が1,342 mm，ライト社 R-3350が1,420mm である。具体的な数値をみると，中島は539→762（1,251）

45）以下（ ）内は各機種シリーズの最大値である。

46）前掲「戦前日本軍機の特質と戦後の自動車開発に関する一考察」p. 52。

→1,647（1,830），三菱は721（1,312）→1,697，プラット社は443→1,024→1,309（1,485），ライト社は597（805）→1,044（1,110）→1,390，となっている。ここでも中島「誉」，三菱 MK 10A（A18）の数値の高さ（正面面積当たりの馬力が大きい）が目立つ。

最後に馬力当たり重量 kg/hp（**図４**）の比較である。中島は0.61→0.66（0.47）→0.46（0.42），三菱は0.65（0.42）→0.50，プラット社は0.65→0.54→0.58（0.51），ライト社は0.51（0.50）→0.55（0.53）→0.55となっている。中島「誉」は群を抜いて軽量である。

以上の考察から，中島，三菱のエンジンは，米国エンジンに比し小排気量，軽量で大馬力を発生させるという，小型化，軽量化に重点を置いた設計であったことがいえる。特に，中島エンジン技術の到達点といえる「誉」においてその特徴は顕著であった。これは，米国メーカーの技術が劣っていたということではなく，設計思想の違いと理解すべきである。米国は頑丈で信頼性を確保したエンジンを，頑丈な機体に搭載するだけの生産力があったのである。

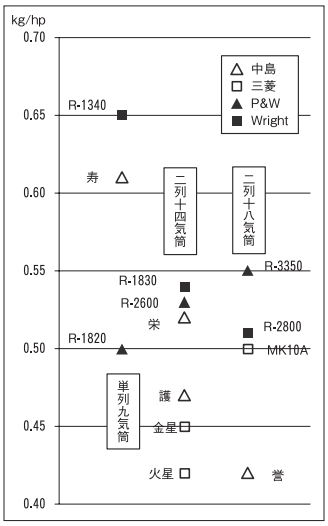


図４　馬力当たり重量

2.2　過給機技術

日本と米国エンジンの高空性能を比較したのが**図５**[47]である。米国エンジンに比しての，日本のエンジンの弱点の一つは，高度6,000m 以上の高空性能であった。

高度とともに空気密度が低下するのでエンジン出力は低下する。低下幅をできるだけ少なくするために航空エンジンには過給機[48]が装備されている。一段式過給機が有効なのは高度6,000m 程度まで，高度8,000m になると２段式スーパーチャージャー，更に10,000m になるとターボチャージャーが必要となる。**図５**でプラット社 R-2800とライト社 R-3350の出力が高度に対して一定とな

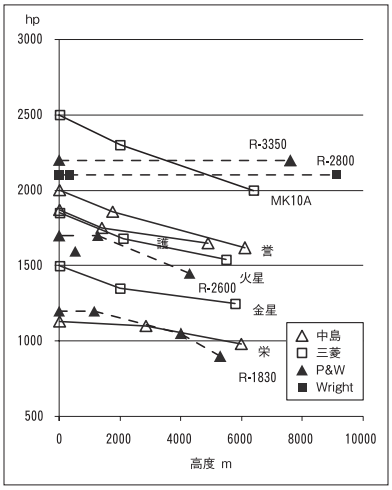


図５　高空性能比較

47）データ出所は表５，表６と同じ。

48）過給機にはエンジンの出力軸から歯車等で取り出した出力で圧縮機を作動させるスーパーチャージャーとエンジンの排気エネルギーを利用してタービンを駆動し圧縮機を作動させるターボチャージャー（排気タービンとも呼ばれる）がある。ターボチャージャーは過給機の必要馬力を排気エネルギーでまかなうので，特に高空では性能上有利である。しかし，高温の排気ガスによりタービンを駆動するので，耐熱材料を必要とする。

っているのは，ターボチャージャーを装備していた効果である。中島飛行機にはターボチャージャー技術はなく，石川島播磨タービン等に協力を依頼したが完成しなかったと[49]される。三菱重工業は自主開発に成功していた。こうした点からは，総合的な技術力では三菱が優位にあったといえる。

日本におけるターボチャージャーの研究は，陸軍が1927年頃に仏から購入したターボチャージャーを使用して厖大な地上及び空中試験を実施したことに始まる。この研究は続かなかったが，1937年に三菱重工業が研究を開始，1940年には軍の研究も再開した。三菱は陸軍，海軍より大幅に進んでおり，1942年末までに1,500馬力のル-302ターボチャージャー10台を製作した。1943年春には耐久試験に合格し，1944年春に量産を開始した。終戦までに250台が生産された。2,000馬力のル-303の量産は1944年末に開始され，終戦までに100台が生産された[50]。しかし，ターボチャージャーを実際に機体に搭載するには，給気冷却器による抵抗増，高温高圧の排気管系の取り回し，高々度でのシリンダ冷却等，艤装関係で解決困難な問題が多々発生した。

２段式スーパーチャージャーの研究は1937年に開始された。陸軍，三菱ともに仏 Falcon スーパーチャージャーを研究した。1939年に製作を完了したが，多数の金属的な問題が発生したため，研究は一時中断した。1941年にはターボチャージャーの研究が進んだため，２段式スーパーチャージャーは二次的なプロジェクトとされた。ロールス・ロイスのエンジンを使った実験も実施されたが，完璧には至らなかった[51]。戦争末期には試験的にターボチャージャー，２段式スーパーチャージャーを装備する機体もかなりあったものの，実用には至らなかった[52]。

2.3　耐久性および信頼性

航空エンジンで最も大切な性能は量産に入ってからの耐久性と信頼性そして整備性である。本来，数値を持って議論すべきことであるが，残念ながら管見の限りでは，エンジン単体についてこうしたデータを得ることができない[53]ので，定性的な記述であるが，中島と三菱エンジンに関する評価例をいくつか挙げ，両社を比較しておく。

荒川氏は，1940年，海軍と共同で行われた対中奥地戦略爆撃の時「海軍機（金星搭載の96陸攻（筆者注））は400時間の連続使用可能であったが，陸軍機（ハ５搭載の97式重爆（筆者注））

49）前掲『エンジン設計のキーポイント』11. 1「世界の航空エンジンに出会って」。

50）USSBS（1947）*Japanese Air Weapons and Tactics* p. 9。前掲『航空技術の全貌』（上）pp. 447-451 では日立，石川島航空もターボチャージャーを製作したとしている。

51）前掲 *Japanese Air Weapons and Tactics* p. 9。

52）キ-46，タイプⅣ（ル-302）（100式司令部偵察機），キ-83（ル-303），キ-74（ル-303），烈風（改良型）（ル-303）等。前掲 USSBS（1947）*The Japanese Aircraft Industry*, pp. 9-10。

53）エンジンを含む機体全体の稼働率についてもデータはあまりないが，例えば粟野誠一は，戦争末期の稼働率を30-40%であったと述べている。粟野誠一（1990）「エンジン」（日本航空学術史編集委員会編『日本航空学術史（1910-1945）』（丸善株式会社））。

は150時間でオーバーホールを要した」と，ハ５の信頼性に問題があったことを指摘している[54]。

中島「栄」に関しては，「性能は飛躍したが，このエンジンは甚だ蒲柳の質で振動問題とピストンや主接合連接棒軸受の焼損が頻発し，試作時代の零戦に対する整備上の労苦は大変なものであった。信頼性は金星４型と対照的[55]」という評価がある。

局地戦闘機「雷電」に搭載された三菱の「火星」では，「発動機出力が公称以下であることが明らかとなった。……発動機不調と猛烈な機体振動を生じ……発動機不調は長く尾を引いた……発動機関係の事故は後を絶たず[56]」という記述がみられる。

米軍は，中島「誉」については「驚くべき高性能であったので，陸軍及び海軍は競ってそのエンジンを購入した。……陸軍は最新型の４式戦に搭載した。しかし結果は，性能が予測を下回っただけでなく，深刻な整備上の問題を引き起こした。海軍もこのエンジンを最良の機体に搭載しようとしたが，同様の問題に直面した[57]」と述べている。「誉」を搭載した機体については他にも，陸軍の４式戦「疾風」で「量産になると油漏れをはじめとして不具合が続出し，また整備も極めて困難で，稼働率では隼に遙かに及ばなかった[58]」，海軍「銀河」では「量産「誉」の出力低下と故障の続出は……本機の整備を著しく遅らせた[59]」という記述がある。立川の陸軍航空技術研究所でエンジン審査を担当していた田中二郎氏は，「中島製は小型で性能は出るが，信頼性に欠ける。三菱製は信頼性は高かったが，図体がでかかった」と評しており[60]，以上を総括すると，中島エンジンの信頼性は三菱エンジンに及ばなかったものと考えられる。

エンジンの品質を確保するにはまず，開発時の軍による審査運転がある。審査に合格し量産に入って以降は，受領前に運転試験を実施する。設計上の問題に加えて，こうした運転時間が切り詰められたことで，品質確保に問題が出たものと考えられる。

審査運転では，1933年からは海軍は耐久試験を300時間要求，1937年には400時間弱に延長し，その後１年経過しないうちにこれを480時間に改正した。この中には非常に多くの離昇運転，130％の超高速運転を含み，合格はなかなか困難で，莫大な費用と期間を要した。しかし，1944年には全運転時間が120時間に緩和された[61]。

量産エンジンについては，開戦時には陸軍は５時間の１次運転，２時間の２次運転合計７時

54）前掲『戦時経済体制の構想と展開―日本陸海軍の経済史的分析』pp. 213–215。
55）岡村他（1976）『航空技術の全貌』（上）pp. 471–476。
56）前掲『日本軍用機の全貌』p. 123。
57）USSBS（1947）*Japanese Air Weapons and Tactics IV. Aircraft* pp. 8–9。
58）前掲『日本軍用機の全貌』p. 85。
59）前掲『日本軍用機の全貌』p. 147。
60）前掲『マンマシンの昭和伝説（上)』p. 187。
61）前掲『航空技術の全貌』（上）p. 443。

間を要求していたが，終戦時にはそれぞれ106分，70分の176分に短縮された。海軍は開戦時には７時間の１次運転，２時間の２次運転を要求していたが，1944年夏には要求を３時間に緩和した。内２時間が１次運転，１時間が２次運転であった。1945年６月，この要求は更に２時間11分に短縮された。試験要求緩和の最大の理由は航空ガソリンの極端な不足であった。この困難を克服するため，アルコール，メタノール入りの低品質ガソリン，水噴射システムが試験運転に使用されたが，これらは満足な結果が得られず，数多くの困難が生じた。テストセルの不足も試験時間短縮の理由であった。テストセルの不足は空襲と新しいテストセルを建設するための資材不足であった。更に，精密機械であるのに，小物部品の製作では，鋳物部品の寸法と一般品質の要求公差が緩められた。金属の調達が大変困難になったので，生産を継続するためにはマグナフラックス検査をする材料の傷の条件が緩和された[62]。

３．中島飛行機の航空エンジン事業

1941年から1945年の中島飛行機と三菱重工業のエンジン生産に関する数値をまとめて**表７**に示す。同表には，量的実績を示すものとして年別の工場床面積，総雇用人員，生産台数，総生産馬力，総生産重量を示した。1941年を基準とする各年の生産拡大の倍率も示した。さらに経営効率を示す指標として工場床面積当たり生産台数，雇用一人当たりの生産台数，生産馬力，生産重量，エンジンの特性を示す指標として平均馬力，平均重量，馬力当たり重量を示した。実績変化の状況は，主要なパラメータについて**図６**から**図14**まで月別変化を図示[63] してある。

3.1 生産実績

まず生産能力増強の状況を**図６**，**図７**に示す。中島のエンジン工場は，1938年５月に陸軍専用の武蔵野製作所が完成，1941年11月には海軍専用の多摩製作所が開設され，1943年10月に両製作所が統合され武蔵製作所となった。増産に対応するため1943年３月から大宮製作所，1944年11月から浜松製作所が稼働した。1941年を基準として，中島の工場床面積は1944年には3.0倍となった。同時期に三菱は2.46倍である。中島の雇用人数は多摩製作所の開設時に約１万人増加している。その後1943年３月まで800人/月ペースの増員であったが，その後は1945年１月のピークまで1,800人/月の増員ペースとなった。1941年比では1944年には6.01倍の大増員である。三菱は同期間に2.50倍で，中島に比べると増員ペースは緩やかである。

次に，**図８**生産実績である。中島，三菱とも月産台数は1942年末まで停滞したが，日本政府

62) この部分の記述は前掲 USSBS (1947) *15 The Japanese Aircraft Industry* pp. 90–91 の概略をまとめたものである。

63) 図11を除き，データの出所は表７と同じ。図11は前掲 USSBS (1947) *Nakajima Aircraft Company, LTD. Corporate Report NO.2* Appendix K から作成した。

表７　中島および三菱の航空エンジン事業経営実績

実　績	工場床面積 千 m²		雇用数　人月 (12ヶ月合計)		生産台数		総生産馬力　千馬力 (離昇馬力)		総生産重量　千 kg (乾燥重量)	
	中島	三菱	中島	三菱	中島	三菱	中島	三菱	中島	三菱
1941年	103	234	136,138	362,248	3,981	4,588	3,811	6,173	2,105	3,054
1942年	216	249	354,048	485,294	4,897	6,645	5,346	9,254	2,820	4,565
1943年	216	287	513,416	605,616	9,556	9,709	11,962	13,520	6,029	6,598
1944年	309	576	817,653	904,680	14,014	17,515	20,522	26,773	9,759	12,892
1945年	333	488	573,379	702,213	3,983	3,068	6,873	5,047	3,122	2,412
1941–1945合計	—	—	2,394,634	3,060,051	36,431	41,525	48,514	60,767	23,835	29,521
増加率	工場床面積増加率		雇用増加率		生産台数増加率		総生産馬力増加率		総生産重量増加率	
1941年＝1.00	中島	三菱	中島	三菱	中島	三菱	中島	三菱	中島	三菱
1941年	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1942年	2.10	1.06	2.60	1.34	1.23	1.45	1.40	1.50	1.34	1.49
1943年	2.10	1.23	3.77	1.67	2.40	2.12	3.14	2.19	2.86	2.16
1944年	3.00	2.46	6.01	2.50	3.52	3.82	5.38	4.34	4.64	4.22
1945年	3.23	2.09	4.21	1.94	1.00	0.67	1.80	0.82	1.48	0.79

生産効率	床面積当り生産台数 台/月・千 m²		１人当たり生産台数 台/人・月		１人当り生産馬力 hp/人・月		１人当り生産重量 kg/人・月	
	中島	三菱	中島	三菱	中島	三菱	中島	三菱
1941年	3.22	1.63	0.0292	0.0127	27.99	17.04	15.46	8.43
1942年	1.89	2.22	0.0138	0.0137	15.10	19.07	7.97	9.41
1943年	3.69	2.82	0.0186	0.0160	23.30	22.32	11.74	10.89
1944年	3.78	2.53	0.0171	0.0194	25.10	29.59	11.94	14.25
1945年	1.00	0.52	0.0069	0.0044	11.99	7.19	5.44	3.43
1941–1945平均	—	—	0.0152	0.0136	20.26	19.86	9.95	9.65

生産エンジンの特性 加重平均	平均馬力 hp/台		平均重量 kg/台		馬力当たり重量 kg/hp	
	中島	三菱	中島	三菱	中島	三菱
1941年	957	1,345	529	666	0.552	0.495
1942年	1,092	1,393	576	687	0.527	0.493
1943年	1,252	1,393	631	680	0.504	0.488
1944年	1,464	1,529	696	736	0.476	0.482
1945年	1,726	1,645	784	786	0.454	0.478
1941–1945平均	1,332	1,463	654	711	0.491	0.486

出所）総生産台数，総雇用数は前掲 USSBS（1947）*The Japanese Aircraft Industry* pp. 161–164 による。総生産馬力，総生産重量は，1941–1945年間の個別エンジンの生産台数及び個別エンジンの馬力，乾燥重量から筆者が計算した。他の数値はこれらデータから算出できる。

工場床面積及び個別エンジンの生産台数は USSBS（1947）*16 Mitsubishi Heavy Industries, LTD. Corporate Report No.1* Table 2 & Appendix Ⅰ及び *17 Nakajima Aircraft Company, LTD. Corporate Report NO.2* Table 3 & Appendix Ⅳ による。

個別エンジンの馬力，乾燥重量は前掲表５による。1945年は８月までである。

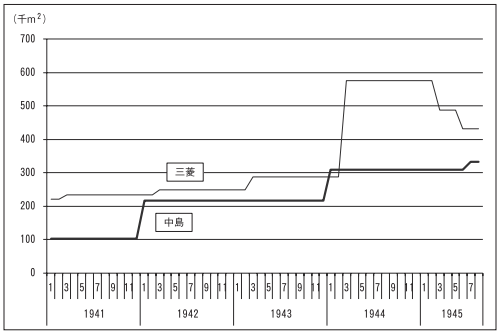


図６　エンジン工場床面積

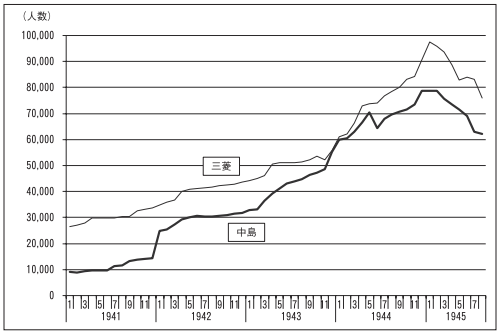


図７　エンジン工場月別雇用人数

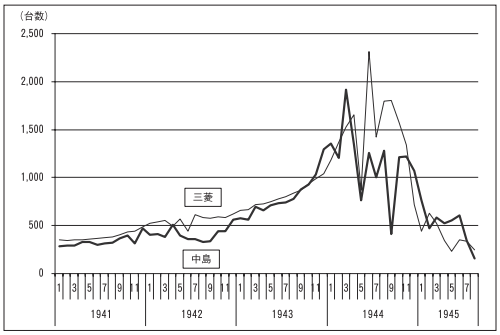


図８　エンジン月別生産台数

が1943年半ばになって航空機の非常増産計画を立案した[64]ことに対応して，急速な増産が始まる。1941年比で1944年は中島が3.52倍，三菱が3.82倍の増産である。月産で見ると，中島は1944年３月がピークで1,914台，三菱は1944年６月がピークで2,310台である。その後は生産が急減するとともに，月毎の変動が激しい。エンジン生産は，エンジン工場に対する米軍の空襲[65]が始まる1944年11月以前にピークを打っていたことがこの図から明確である。

生産台数にエンジンの出力を乗じた総生産馬力の増加について，年次で見ると，中島は1941年が3.8百万馬力，1944年が20.5百万馬力で5.4倍である。三菱の総生産馬力は1941年が6.2百万馬力，ピークの1944年が26.8百万馬力で4.3倍である。台数の伸びより総馬力の伸びが大きいのは，この間にエンジンの出力増大が図られたことを示している。米国と日本の生産力ギャップを確認するため，1941年から1945年までの５年間（米国は1945年のデータが無いので1940から1944年の５年間）の総生産馬力を比較すると，中島の4.8千万馬力，三菱の6.1千万馬力，に対しプラット社は46.8千万馬力，ライト社は33.9千万馬力[66]と，日米両社合計の比較では米国が日本の7.4倍の馬力を生産したことになる。1941年から1944年の総生産馬力の増加率をみると，プラット社が10.9倍，ライト社が6.9倍で，元々母数が大きい上に増加率も中島，三菱より相当に大きくなっている。

3.2　生産効率

工場床面積当たりの生産台数（**図９**）および一人当たりの生産台数（**図10**）で生産効率を考察する。中島飛行機の床面積千 m^2当たりの月産台数は，1941年11月は4.57台で三菱重工業の同一月の2.06台の２倍以上の効率であったが，1942年１月には1.85台に急減している。この低い効率は1942年末まで続き，1943年以降急速に回復した。生産ピークの1944年３月には6.19台を記録している。三菱は，1941年平均の1.63台から1944年２月の4.76台まで効率が2.9倍向上した。1944年末以降は中島，三菱とも効率が急低下している。総じて中島の方が工場面積当たりの生産台数が多く，工場がコンパクトであったといえる。

64）山崎志郎（1991）「太平洋戦争後半期における航空機増産政策」『土地制度史学』33(2)，p. 17。

65）アメリカ軍による航空機工場への最初の空襲は，1944年11月24日中島飛行機武蔵製作所に対するものであった（前掲『現代史資料39　太平洋戦争５』p. 1214）。

66）G. R. シモンソン編，前谷清・振津純雄共訳（1978）『アメリカ航空機産業発展史』（盛書房）p. 147参照書類１。

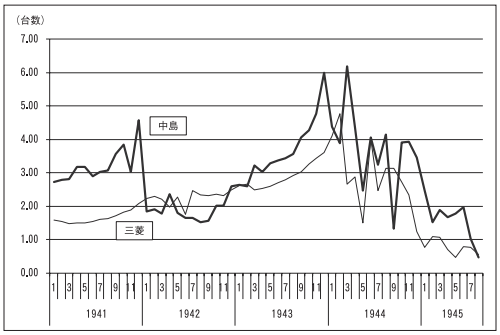


図９　工場床面積千 m² 当たり月別生産台数

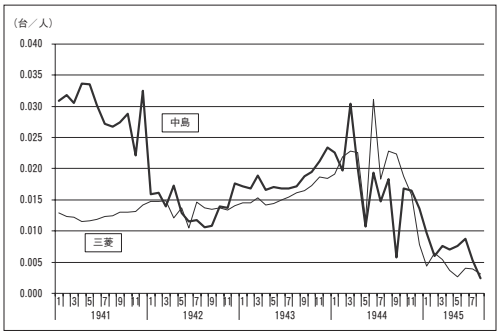


図10　１人当たり月別生産台数

次に，中島の一人当たりの月産台数である。1941年平均は0.029台であるが，1942年１月には0.016台に急減するという，工場床面積当たりと同様の変化が見られる。同時期の三菱は0.013台であるから，中島は最大２倍の効率である。以降徐々に効率は向上し，1944年３月のピークは0.030台になった。1942年から1944年の生産ピークまで，中島がやや高い状態で，両社ほぼ同様の漸増となっている。

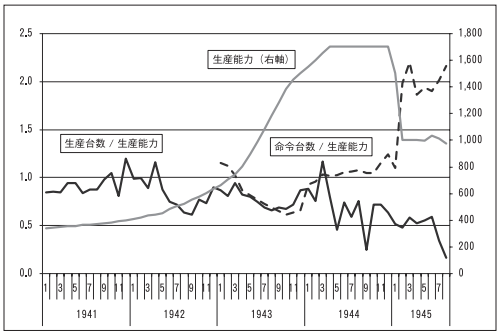


図11　中島の生産能力

ここで理解しにくいのは，中島の1941年11月以降の急激な落ち込みである。多摩製作所が開設され，工場面積が２倍に拡大し，人員も11月以降１万人も増員したにも関わらず生産が停滞し，1942年６月には減少すらしているのである。

効率低下への設備稼働率の影響を見るため，中島の生産能力の月別変化を**図11**に示した。工場床面積は1941年１月に２倍に増加したが，生産能力の増加は緩やかで，1943年３月以降になって顕著な増加である。これで効率の急低下は説明がつく。稼働率を生産台数/生産能力で見ると，1942年４月まではほぼ1.0であったのが，以降９月に0.6程度まで低下，以降若干回復するものの，1944年３月のピークを除き低下を続けている。図には軍の命令台数も示したが，1943年はほぼ命令台数を達成しているものの，1944年３月以降の生産台数との乖離は大きく，特に1945年に入ってからの命令台数は現実を無視したものといえる。

3.3　機種別生産台数と平均馬力・重量

表８は1941–1945における機種別の年産台数である。エンジン生産工場の標準的な「単位工場」とされる月産300台（年産3,600台）[67] に達した機種は，中島飛行機で２機種（「栄」，「誉」）

67）山本潔（1992）「戦時航空機生産についての一考察―“半流れ作業”方式について―」『社会科学研究』44(2)（東京大学社会科学研究紀要，東京大学社会科学研究所編）p. 15。

表８　中島と三菱の機種別生産台数（1941–1945）

	中島					三菱				
	NAH 寿	NAL	NAM 栄	NAK 護	NBA 誉	A８ 金星	A14 瑞星	A10 火星	A18 MK10A	A20 MK９A
離昇馬力	610–710	950– 1,260	940– 1,150	1,870	1,800 –2,000	840– 1,500	780– 1,080	1,460– 1,850	1,900– 2,500	2,200
1941年	1,330	654	2,118	－	－	1,375	1,436	1,671	－	－
1942年	731	654	3,330	20	12	2,071	1,826	2,711	32	3
1943年	－	1,915	6,992	173	419	2,328	3,490	3,782	101	4
1944年	－	1,068	7,431	19	5,496	4,737	4,140	6,556	280	2
1945年	－		833	－	3,150	1,219	1,451	953	710	41
1941–1945合計	2,061	4,291	20,704	212	9,077	11,730	12,343	15,673	1,123	50

注）NAL の生産は三菱での転換生産を含めると7,066台，NAM 栄の生産は川崎，石川島での転換生産を含めると30,133台である。A20 の生産台数は三菱のデータ（表２）と整合しない。
出所）USSBS（1947）*16 Mitsubishi Heavy Industries, LTD. Corporate Report No.1* Table 2 & Appendix I 及び *17 Nakajima Aircraft Company, LTD. Corporate Report NO. 2* Table 3 & Appendix N から作成。

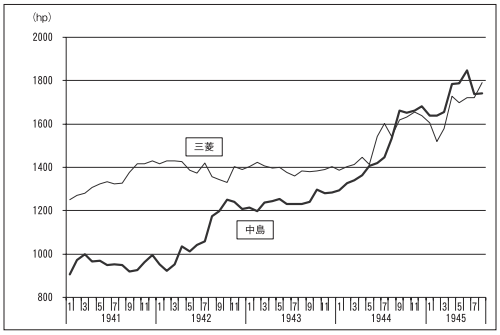


図12　生産エンジン平均馬力

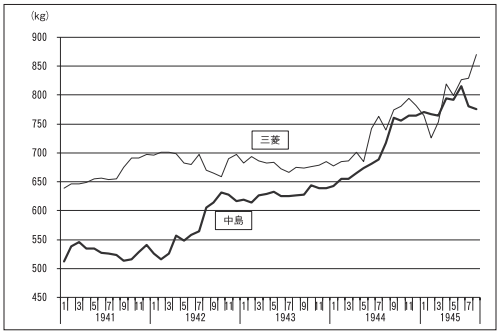


図13　生産エンジン平均重量

三菱重工業で３機種（「金星」，「瑞星」，「火星」），それも生産ピークの２年間のみであった。三菱が「金星」，「瑞星」，「火星」をほぼ均等に生産していたのに対して，中島では1944年は「栄」と「誉」，1945年は「誉」の生産に集中した。

最後に生産エンジンの平均馬力（hp）（**図12**），平均重量（kg）（**図13**），馬力当たり重量（kg/hp）（**図14**）の推移を分析しておく。中島飛行機は1943年までは1,000馬力級の「栄」が生産の主体であったが，2,000馬力級の「誉」の生産が1944年から軌道に乗ったことで急速に平均馬力が増大した。三菱重工業は1941年の段階で比較的大馬力の「金星」，「火星」の量産が進んでいたため，平均馬力の増大はなく，1944年になって2,500馬力級の A18（MK10A）の量産が進んだ効果で中島飛行機と同様の平均馬力増大となった。



図14　平均馬力当たり重量

平均馬力の増大に伴って平均重量も増加し1945年には中島，三菱とも780kg を超えるまでに

なった。エンジン効率の改善で，重量増加より馬力増加の割合が大きかった結果，平均馬力当たり重量は減少（性能は向上）した。中島の平均馬力当たり重量は「誉」の生産開始以降急減し，1944年半ば以降は三菱より小さくなった。

3.4　エンジン価格

表９および**図15，16**にエンジンの平均価格と馬力当たり単価を示す。中島飛行機は「中島飛行機の生産高と損益状況[68]」を用い，三菱重工業は1938年度から1945年度までの受注台数と受注価格[69]から計算した。馬力当たり単価は平均単価を**表７**の平均馬力で除して算出したものである。中島は生産高と記載され，三菱は受注価格で実際の生産実績ではないことから同一の基

表９　エンジン価格及び馬力単価

	中島飛行機				三菱重工業							
					陸軍向け				海軍向け			
	生産台数	生産高（千円）	平均価格（千円）	馬力単価（円/hp）	受注台数	代価（千円）	平均価格（千円）	馬力単価（円/hp）	受注台数	代価（千円）	平均価格（千円）	馬力単価（円/hp）
1938年度	1,548	35,339	22.8		277	7,784	28.1		1,029	27,789	27.0	
1939年度	2,538	60,001	23.6		1,105	28,414	25.7		1,437	37,647	26.2	
1940年度	3,144	84,146	26.8		1,983	58,801	29.7		2,253	64,152	28.5	
1941年度	3,931	128,142	32.6	34.1	2,765	83,438	30.2	22.4	3,025	93,520	30.9	23.0
1942年度	4,897	168,429	34.4	35.9	3,406	91,471	26.9	20.0	6,503	203,520	31.3	23.3
1943年度	9,556	360,295	37.7	39.4	6,404	160,348	25.0	18.6	9,776	195,053	20.0	14.8
1944年度	14,014	616,949	44.0	46.0	9,710	349,717	36.0	26.8	5,788	228,232	39.4	29.3
1945年度	3,983				3,442	154,447	44.9	33.3	1,965	75,611	38.5	28.6

注１）中島飛行機のデータは年度ではなく「年」である。従って三菱のデータとは３ヶ月のずれがある。
注２）三菱は受注台数であり，実際の生産台数ではない。終戦時には16,000台の未消化エンジンがあったとされる。
注３）中島の生産高は内部資料の表示であるが，概念は不明。売上高ではない（下記麻島論文 p. 6）。
出所）三菱は松岡久光『みつびし航空エンジン物語』pp. 307–312，中島は麻島昭一『戦時体制期の中島飛行機』第３表による。
中島の生産台数は表７による。馬力単価は表７の平均馬力から計算した。

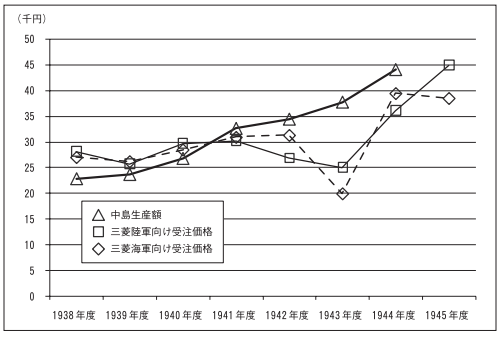


図15　平均単価

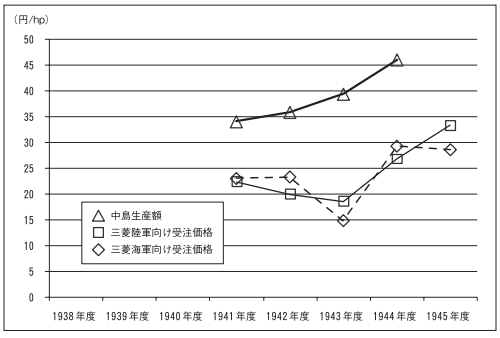


図16　馬力単価

68）前掲「戦時体制期の中島飛行機」表３。麻島昭一氏は「生産高」の定義は不明であるとしている。
69）前掲『みつびし航空エンジン物語』pp. 307–312。尚，「陸海軍とも会社の製造能力を超えた契約をしたため，終戦時には約16,000台の未消化エンジンがあった。」同書 p. 305。

準ではないことを前提に，比較を試みる。

まず平均単価であるが，中島飛行機の生産額単価は1938年の22.8千円からほぼ一定割合で上昇し，1944年には44.0千円になった。三菱の受注単価は1938年度から1943年度の間は25千円から30千円である。1944年度，1945年度は海軍向けが40千円近く，陸軍向けは45千円まで上昇している。1943年以降の急上昇が目立っている[70]。

中島飛行機の，生産額から計算した馬力単価は三菱重工業の受注価格から計算した馬力単価より高く，1941年の34円から1944年の46円まで毎年上昇している。三菱の場合1943年度までは漸減し，その後1945年まで増加している。最低値で1943年海軍向けの14.8円があるが，概ね20円以上，最高値で33.3円である[71]。以上の考察から，中島飛行機のエンジン価格は馬力単価も含めて，三菱重工業より高めであったと考えられる。

４．中島航空エンジン事業の特質

4.1　開発史の特徴

表１と**表２**を比較しつつ中島飛行機と三菱重工業の相違点を挙げると下記がいえる。

まずライセンス導入について，中島飛行機は1924年から1935年までに仏国，英国，米国から５社，９種類のライセンスを導入しているが，量産したのは僅かに２種類でしかなく，それ以外は設計参考用でしかなかった。しかも，1934年４月にはライト・サイクロンのライセンス契約をしながら，その技術習得に技術者を派遣したのは３年後の1937年３月，生産指導にライト社技術者を招いたのはさらに遅れて1939年１月になってからである。岡本氏は「中島のように多数の会社から多機種のライセンスを導入した例はない。中島では導入技術を完全にマスターすることなく，つぎつぎにその時点の高性能エンジンのライセンスを購入した。その結果，エンジン技術のキーポイントを学び得ないで高性能化に熱中した。これでは中島のエンジン設計技術は大学の卒業設計と言われても仕方のない状態であった[72]」と厳しく評価している。一方，三菱重工業は1917年から1935年までに４社７種類のライセンスを導入しているが，そのすべてを量産に結びつけている。きちんとビジネスに結びつけることを前提での導入である。

中島飛行機は1924年にエンジン事業に参加して２年後の1926年には自主開発を開始している。わずか２年ではライセンス導入技術を消化できなかったであろう。三菱重工業は1917年ライセ

70）林克也（1957）『日本軍事技術史』（青木書店）pp. 263–265 は1933年から1945年までの発動機１台当り陸軍では27,000円から46,000円（1.7倍），海軍では28,000円から39,000円（1.4倍）に上昇したとしているが，根拠は示していない。

71）前田裕子氏によれば（前掲『戦時航空機工業と生産技術形成』p. 182 注52）三菱の航空エンジンの平均製造原価は馬力当たり16円となっているので，毎年相当の利益を出していたと考えられる。

72）前掲「エンジン設計のキーポイント」あとがき。

ンス生産開始から1929年に自主開発を開始するまで12年をかけており，設計，生産技術を蓄積してからの自主開発である。堅実な取り組みといえる。

次いで中島飛行機の自主開発エンジンの種類の多さである。自主開発開始の1926年から最後の自主開発エンジンの設計開始の1943年までわずか17年の間に列型11機種（水冷９機種，空冷２機種），空冷星型15機種（設計準備に終わった４機種を除く）合計で26機種を数える。このうちで量産に入って実戦機に搭載された機種は空冷星型６機種にすぎない。開発成功率は６/26である[73]。水冷はすべて失敗である。形式も水冷列型Ｖ，Ｗ，空冷でも星型のほかに倒立列型Ｖがあり，多種多様である。開発政策が一貫していなかったといわざるをえない。三菱の自主開発エンジンは，水冷エンジンが８機種，空冷星型エンジンが14機種で合計22機種である。実戦機に搭載され成功したといえるのは，水冷１機種，空冷７機種であった。合計すると三菱の開発成功率は８/22となり，三菱の方が自主開発の成功率が高かった。

水冷エンジンへの取り組みについても，中島飛行機と三菱重工業では相違がある。陸海軍は液冷式エンジンを最後まで捨てきれなかったが[74]，軍の要求に対応して中島飛行機は水冷エンジンの開発を1941年まで続けた。三菱は1938年にＢ５を試作した以降は空冷星型に集中し，水冷エンジンの開発を行っていない。中島が，ここに至るまでモノにならない水冷エンジンの開発を続け，また短期間に多種類の空冷エンジンの開発を続けたのは，国策に順応することを優先する創業方針[75]と，資金調達の圧倒的部分が命令融資による日本興業銀行からの借り入れ[76]で，政府の意向が反映されやすかったことがあると考えられる。

4.2　設計上の特徴

前述の通り，中島飛行機は戦闘機用エンジンを目標としたため，小型・軽量にこだわり，小排気量で高出力を狙った。排気量を増やさずに出力を上げるには①過給機により吸入圧力を上げる②圧縮比を上げる③回転数を上げる，という方法がある。いずれも単位時間当たりの燃焼燃料量を増やして馬力増となるが，当然気筒温度の上昇を伴うので適切な冷却ができないと気筒温度の異常上昇，ピストンの焼き付きとなる。加えて③は軸受荷重の増大となり，軸受の焼き付き，寿命低下につながる。軽量化とは余肉を削ることであり，剛性，強度の余裕は低下する。更に小型化とは，形状を詰めることで，手が入りにくく整備性は低下する。すべてに都合の良い解はなく，設計上どの要因を重視するかということである。

73）関根氏は成功率を 6/23としている（前掲「中島飛行機発動機20年史」p. 30）が関根氏は1941年以降の３機種を除いているのでここでは26機種とした。

74）商工政策史刊行会（1976）『商工政策史　第18巻　機械工業（上）戦前編』（通商産業省）p. 429。

75）高橋泰隆（2011）「中島知久平と中島飛行機そしてスバル」『企業研究』（中央大学企業研究所）第20号 p. 84。

76）前掲『中島飛行機の研究』p. 106。

表５を見ると，中島及び三菱エンジンともブースト圧を上げて出力増を達成している点では，ほぼ同様である。回転数（rpm）を比較すると，中島「栄」は2,550–2,750，「誉」は2,900–3,000である。三菱「金星」は2,350–2600，火星は2,450–2600，A18が2,600である。米国プラット社，ライト社の回転数は2,200–2,600の範囲で，R–3350が例外的に高く2,800である。他社エンジンが2,600程度に抑えているに対して，「誉」の3,000は相当に高い数字である。圧縮比は，中島の「栄」が7.2，「誉」が7.0に対して，三菱「金星」は6.0–7.0，火星が6.5，A18は6.7である。プラット社，ライト社の圧縮比は6.0–6.7，ここでもR–3350のみ6.9と高めである。以上から，三菱は回転数，圧縮比とも常識的な範囲に収め，中島は他社範囲を外れる高さで，高出力を達成したことが判る。

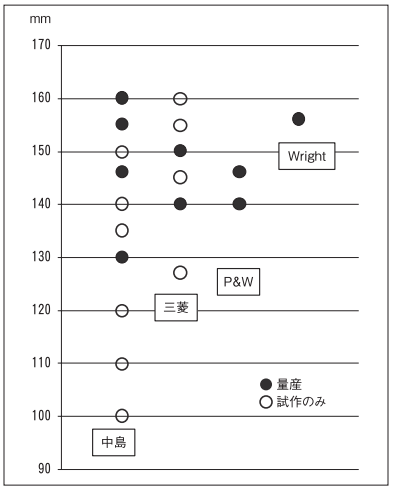


図17　気筒内径

エンジンは同一機種で改良により出力増大を図るのが常道であるが，中島のエンジンは当初から高い回転数，圧縮比を使用していたため，出力増加の発展性に乏しかったのも特徴である。「栄」は1,000→1,130馬力で13%，「誉」は1,800→2,000で11%に対し，三菱「金星」は840→1,500と78%，火星は1,530→1,850で21%の出力増加である。零戦が性能向上をあまり果たせなかったのは，搭載した「栄」の出力増強余地の乏しさによるところが大きい。

図17は各社が採用した気筒内径である。エンジンの機構部分で試行錯誤に頼る部分は，ピストンと気筒の耐久性とこれによって生まれる信頼性である。これを求めることは容易ではない[77]。したがって，実績を重視してプラット社の気筒内径は140mm，146mm の２種類，ライト社は156mm の１種類しか使用していない。生産性からも気筒内径とピストンの組合せを統一することは望ましいであろう。しかし，中島飛行機は小内径から大内径まで10種類もの気筒内径を試作し，戦時期の量産エンジンには４種類の内径（160mm，155mm，146mm，130mm）を採用している。代表的機種である「栄」「誉」は内径130mm で，航空エンジン用としては小さく，コンパクトなエンジンに出来る反面，能力向上の余地に乏しかったことは，既述の通りである。三菱は６種類試作したが，戦時期のエンジンでは140mm，150mm の２種類に統一している。

4.3　開発体制

エンジン事業が成功するか否かは企業の経営方針にもよるが，最も重要なのは，技術部門の

77）前掲『エンジン設計のキーポイント』6. 3. 13誉エンジン失敗の反省。

能力と指導体制である。成功した航空エンジンの開発は，開発の最初から第２次大戦終了まで一貫して同一チーフエンジニア・チーフデザイナー・開発チームによって行われていた。プラット社は F. B. Rentschler，G. J. Mead，ロールス・ロイス社は F. H. Royce と E. W. Hives，ブリストルは Roy Fedden などである[78]。中島飛行機のエンジン開発部門について大河内暁男氏は，「中島は確かに優れた設計技術者集団と巨大な工場と厖大なマンパワーを擁していた。しかしこれを企業組織として，技術と企業の論理を踏まえて運営する，いわば要の人物は果たしていたのであろうか，またそうした人物が活躍できる状況はあったのであろうか[79]」と指摘している。岡本氏によれば，設計部門に指揮者が不在であった事は中島飛行機の重大欠陥の一つであった[80]。海軍広工廠出身の関根隆一郎氏は経験豊富な技術者で NAH「寿」の設計を担当し，技師長になったが設計指導者の役割を果たした形跡はない。中島知久平は大学新卒の能力を過大評価し，直接指導したので先輩，経験者は手が出せず，実務経験に乏しい若い技術者の群雄割拠の形になり，設計部間の組織が出来ていなかった[81] のである。主力エンジン「誉」のトラブル対策のために他のプロジェクトを中止して技術者を集めるような組織的な活動はなく，最後まで根本的解決が出来なかったのに対して，米ライト社は R-3350の開発中の問題解決のため，陸軍の開発プロジェクトを中止して技術者を集めた[82]。中島飛行機の開発組織の欠陥を示す例といえよう。

1926年に東大を卒業した田中正利氏が入社，中島知久平は直ちに NWA の設計主任とした。田中氏はその後水冷，空冷６機種を担当したが１機種も成功しなかった。NWA「栄」の設計担当者小谷武雄氏，堤正利氏も大学新卒，改良型の20型，30型は中川良一氏でやはり大学新卒であった。これらは成功例で，中川氏は引き続き「誉」の設計を担当している。中川氏は中島の社風について，「全体に流れる自由な社風である。もちろん組織はあるのだが，組織の中でも自由に話し議論することである。こと技術の議論だと先輩も後輩もない，部長も課長もなく自由に議論する空気である。……明るいのびのびとした自由の空気の中で若い連中が競争と強調の中で思い切った努力を傾けた。しかもベテラン諸氏のこれを生かし支えた大きな力が組み合ったのである[83]」と，岡本氏の指摘する「群雄割拠」の中でも協力関係はあったと述べている。

「組織の三菱」といわれる三菱重工業のエンジン部門であるが，深尾淳二氏が長崎造船所から名古屋製作所に転任してきた1933年当時は，各エンジンの設計者は異なり，互いに何の連絡

78）前掲『世界の航空エンジン①レシプロ編』。
79）前掲「中島飛行機とロールス・ロイス」p. 278。
80）前掲『エンジン設計のキーポイント』12. 7. 6 R-3350の開発過程で発生した多数の重大問題。
81）前掲『エンジン設計のキーポイント』12. 中島エンジン技術の重大欠陥。
82）前掲『エンジン設計のキーポイント』12. 7. 6 R-3350の開発過程で発生した多数の重大問題。
83）前掲『中島飛行機エンジン史』pp. 261-263。

も取らずに思い思いの寸法，構造のものを勝手に採用していた[84]。既述の通り，深尾氏は新エンジンの方針を明確にし，自らが先頭に立って指揮することとした。技術者をエンジンの各主要部分に割り当てて設計を担当させ，職制を縦割りに変更，三菱重工業の総合力を発揮できる体制とした。「金星」以降の三菱エンジン事業の好転は，深尾氏のリーダーシップに負うところが大きいといえる。異文化で育った人物を改革のために投入できるというのは総合重工業故のメリットであったと考えられる。加えて，深尾氏は1889年生まれで1909年に三菱合資神戸造船所に入社しているので，1934年に発動機部長になった時は既に25年のキャリアがあった。エンジン設計は理論よりも試行錯誤による積み重ねの部分が大きいという点を考えると，若い設計者が責任を持った中島飛行機は，細かい部分での設計的な気配りについて三菱重工業に及ばなかったのではないかと考えられる。指揮者不在で設計担当者が次々変わった中島飛行機の場合[85]は設計思想の継承にも困難があったはずである。それが先に述べた，エンジンの信頼性の差につながったのではないかと考えられる。

4.4　生産管理

山本潔氏は「日本の航空機生産で中島飛行機が最も大規模で進んだ生産方式をとっていた[86]」と述べている。武蔵野製作所は，ベルト・コンベヤーを主体とする流れ作業システムを導入した最新工場であり[87]，３．２項生産効率の考察からも，これは正しいといえるであろう。

しかし，1943年10月に提出された第三回行政査察報告[88]で中島飛行機とその下請け企業は厳しい評価を受けている。一部を引用すると「現場を視察セル結果ハ果セル哉機械特ニ人ノ生産性ハ著シク低ク又幹部ノ現状把握充分ナラザルヲ看守セリ。……中島ノ従来採リ来タリタル放膽ナル擴充ハ之ヲ多トスルモソノ方法ハ餘リニモ放漫ナル傾アリ，而モ経営ノ規模ハ既ニ過飽和ノ状態ニアリ[89]」，中島の資金が入り，代表的な下請けである大宮航空については，「施設技術トモニ極メテ低調ニシテ能率不良，工員ノ一人当タリ生産ハ月二百円ニ満タズ，而モ近ク厖大ナル資本増加ヲ計画シアル，状況ナリ中島ニ特有ナル放漫経営ヲ如実ニ露呈セルモノ[90]」と断じている。次いで，第３回行政査察の約１年後，澁谷海軍中将（終戦時艦政本部長）が軍需

84）前掲『みつびし航空エンジン物語』p. 54。
85）中島の設計担当者は「権限が絶大で，設計仕様の最終決定に所属長も口出しできなかった」（前掲岡本和理『エンジン設計のキーポイント』）。
86）前掲「戦時航空機生産についての一考察―“半流れ作業”方式について―」p. 46。
87）前掲「第２次世界大戦機の日本における生産システム合理化の試み―中島飛行機武蔵野製作所の事例を参考に―」p. 61。
88）1943年３月制定された行政査察規定に基づいて1943年９月中旬より10月上旬にかけて航空機関係工場に対して実施されたものである。
89）安藤良雄（1955）「戦時日本航空工業に関する二つの資料」『経済学論集』23(2)，東大経済学会，p. 164。
90）前掲「戦時日本航空工業に関する二つの資料」p. 164。

省航空兵器総局の要望によって航空機関係の工場視察と指導を行い，その経過を1944年８月25日から11月まで４回にわたって航空兵器総局長官室で講演している。ここでも中島が攻撃対象になっている。中島飛行機は「三菱ナドトハ人的陣立ノ内容ニ於テ根本的ニ相違アリ三菱ガ組織的ナルニ反シ中島（愛知モ同様）ハ一種ノ『ムッソリニズム』トモ云フベキカ親分兒分ノ関係ニ於テ中島知久平氏ヲ中心トセル極端ナル情実人事ヲ以テ成立シ各工場トモソノ陣容モ管理法モ寧ロ町工場ノ著シク膨張シタルモノニ近キ観アルノミナラズ各工場トモイズレモ群雄割拠ノ観アリテ互ニ相協力スルスルノ気持チハ著シク希薄ナリ[91]」と。

中島飛行機が何故，これほど厳しい評価を受けねばならない状況であったのか。まず考えられるのは，行政査察で指摘された，無駄の多さである。原材料加工段階での歩留まりをみると三菱は航空機部門で61.6%，エンジン部門で60.8%に対し，中島の機体部門（小泉）は55%，発生屑の回収率は三菱エンジン部門で70%，中島機体部門で40%，材廃率，工廃率は三菱の５%に対して中島は12%であった。これをもって，山崎志郎氏は，「中島飛行機の経営の相対的な放漫さが窺える」としている[92]。さらに，行政査察では「太田，小泉，武蔵野，多摩ニ就キ製品歩留ヲ調査セルモ小泉ヲ除キ他ハ要領ヲ得ス」と報告されており[93]，三菱重工業に比し生産管理に杜撰な面があったと考えられる。

第二は，下請け業者への依存度の違いである。エンジン製造業者は24%を下請けに出した[94]が，中島は30%[95]で平均よりやや高かった。三菱のデータはないが，三菱は中島に比べて下請け業者を使用した程度が小さいとされる。実数では，武蔵工場が延べ19,800人の従業員，187の下請け業者を使用したのに対して，三菱のエンジン工場は，延べ14,100人の従業員，93の下請け業者である[96]。中島の場合は，町工場的な下請けへの依存が高かった[97]ことも，生産効率化という点では不利であったと考えられる。工場は最新ではあったが，総合的な生産システムでは効率的ではなかった。前節で考察した，中島飛行機のエンジン価格が三菱重工業より高かったのは，こうした点が相まっての結果であると考えられる。

おわりに

中島飛行機が1924年にエンジン事業に進出して1937年に日本が戦時体制に移行するまでわずか13年，米国との開戦までででも17年である。この短期間に世界水準の航空エンジンを開発しよ

91）前掲「戦時日本航空工業に関する二つの資料」p. 174。
92）山崎志郎（1991）「太平洋戦争後半期における航空機増産政策」『土地制度史学』33(2)，p. 30。
93）前掲「戦時日本航空工業に関する二つの資料」p. 166。
94）前掲 USSBS *Japanese Aircraft Industry* p. 28。
95）前掲『富士重工業三十年史』p. 28。
96）前掲 USSBS *Japanese Aircraft Industry* p. 30。
97）前掲『中島飛行機の研究』p. 96。

うとしたことが，前節でまとめた中島飛行機の航空エンジン事業の特質に現れているものと考えられる。三菱重工業がエンジン事業を開始したのが1916年であるから，中島は８年遅れのスタートである。ライト社は，ライト兄弟がエンジン開発を始めた1902年からの実績に裏付けられた技術蓄積があった。プラット社は1925年の設立であるが，設立者の F. B. Rentschler はライト社の社長を務めた技術者で，ライト社のチーフ・エンジニア，チーフ・デザイナーも同時にプラット社に移籍している[98]。エンジン設計のノウハウは技術者の頭脳にあるわけで，プラット社は設立時点で充分の技術蓄積があった。

中島飛行機は，拙速で少し無駄（開発成功率の低さ）はあったが，多種類のライセンス導入，多種類のエンジン開発を同時並行的に進めたことで「時間を買う」ことが出来た。結果が出てから次の開発に移るという，直列的な開発では，軍の要求に間に合わなかったであろう。関根氏は「かように低位の成功率では普通の営利本位の企業態では成り立つ余地がないのだが……[99]」と述べているが，それを可能にしたのは，中島一族が株式のほとんどを所有するという中島飛行機の閉鎖的経営と，営利を本位としない中島知久平の経営方針であったといえよう。

中島飛行機の技術開発のもう一つの特徴は，若い技術者の独創に任せたことである。「組織で動く」三菱重工業に対して，「人で動く」中島飛行機と対比できるであろう。「人で動く」場合は適材を得れば，素晴らしい結果を生む。「誉」の開発はその好例である。しかし若手技術者は，経験不足故に高性能のみを追いかけ，現実の生産技術，工場，下請け，資材の状況にきちんと目配りが出来ないという欠点がある。「組織で動く」場合はチェック機能が働くが，中島飛行機の場合はそうではなかった。量産に入ってからの「誉」のトラブルは，こうした，現実とは乖離した「高度で繊細な設計」によるところが大きいと思われる。しかし，あまりチェックが働きすぎると，独創的な製品が生まれないともいえる。日本陸海軍が必要とする戦闘機搭載用「小型・軽量」2,000馬力級エンジンを，戦争末期に何とか間に合わせたのは中島飛行機であった。「誉」がなければ，日本軍は最後まで1,000馬力級のエンジンで戦わざるを得なかったであろう。これは中島飛行機が成し遂げたこととして，評価しなければならないと考える。

創業からの事業で，日本第１位の規模であった航空機体事業はどのような特質を持っていたのか，エンジン事業と共通する部分，相違する部分はあったのか。中島の遺産の戦後への継承の考察には，次に機体事業についての検証が必要である。

参考文献

麻島昭一（1985）「戦時体制下の中島飛行機」『経営史学』20(3)，pp. 1–37。
麻島昭一（1985）「第２次大戦末期の中島飛行機」『専修大学研究所報』65。
荒川憲一（2011）『戦時経済体制の構想と展開―日本陸海軍の経済史的分析』（岩波書店）。

98）前掲『世界の航空エンジン①レシプロ編』p. 162。
99）前掲「中島飛行機発動機20年史」p. 30。

安藤良雄（1955)「戦時日本航空工業に関する二つの資料」『経済学論集』23(2)，東大経済学会 pp. 158-176。
大河内暁男（1993)「中島飛行機とロールス・ロイス―戦間・戦中期の技術開発と企業化―」(大河内暁男他『企業化活動と企業システム』，東京大学出版会)。
岡本和理（2001)『エンジン設計のキーポイント』(http://fgkai.web.fc2.com/olddays/okamoto012.html, 2001. 6)（2012. 4. 5アクセス)。
岡村純他編（1953)『航空技術の全貌』(上)（下)（原書房)。
ビル・ガンストン著，見森昭＋川村忠男訳（1996)『世界の航空エンジン①レシプロ編』(グランプリ出版)。
航空情報編（1955)『日本軍用機の全貌』(酣燈社)。
佐々木聡（1992)「第２次世界大戦期の日本における生産システム合理化の試み―中島飛行機武蔵野製作所の事例を参考に―」『経営史学』(27)3，pp. 57-77。
佐藤達男（2012)「戦前日本軍機の特質と戦後の自動車開発に関する一考察」『技術と文明』17(1)，pp. 47-78。
佐貫亦男（1998)『発想の航空史―名機開発に賭けた人々』(朝日新聞社)。
G.R.シモンソン編，前谷清・振津純雄共訳（1978)『アメリカ航空機産業発展史』(盛書房)。
商工政策史刊行会（1976)『商工政策史　第18巻　機械工業（上）戦前編』(通商産業省)。
関根隆一郎（1952)「中島飛行機発動機20年史」『航空情報』(酣燈社) 1952. 7。
高橋泰隆（1988)『中島飛行機の研究』(日本経済評論社)。
高橋泰隆（2011)「中島知久平と中島飛行機そしてスバル」『企業研究』(中央大学企業研究所)第20号。
富永謙吾編（1975)『現代史資料39　太平洋戦争５』(みすず書房)。
中川良一，水谷総太郎（1985)『中島飛行機エンジン史　若い技術者集団の活躍』(酣燈社)。
日本航空学術史編集委員会編（1990)『日本航空学術史（1910-1945)』(丸善株式会社)。
「深尾淳二技術回想70年」刊行会（1979)『深尾淳二　技術回想70年』。
林克也（1957)『日本軍事技術史』(青木書店)。
疋田康行 (1977)「戦前日本航空機工業資本の蓄積過程」『一橋論叢』(77)6，pp. 67-86。
富士重工業株式会社社史編纂委員会（1984)『富士重工業三十年史』(富士重工業株式会社)。
堀越二郎（2003)『零戦の遺産　設計主務社が語る名機の素顔』(光人社 NF 文庫)。
前田裕子（2001)『戦時航空機工業と生産技術形成：三菱航空エンジンと深尾淳二』(東京大学出版会)。
前間孝則（1993)『マンマシンの昭和伝説（上)』(講談社)。
松岡久光（1996)『みつびし航空エンジン物語』(アテネ書房)。
山崎志郎（1991)「太平洋戦争後半期における航空機増産政策」『土地制度史学』33(2)，pp.

16–34。
山本潔 (1992)「戦時航空機生産についての一考察 ― “半流れ作業” 方式について―」『社会科学研究』44 (2) (東京大学社会科学研究紀要，東京大学社会科学研究所編)。
渡部一英 (1997)『日本の飛行機王 中島知久平』(光人社 NF 文庫)。
Bingham, Victor (1996) *Major Piston Aeso Engines of World Won II* (Air life Publishing).
Jane's (1946/1947) *Jane's Fighting Aircraft of World War II* (Jane's Publishing Company, Reprinted 1989 by Bracken Books).
USSBS (1947) *15 The Japanese Aircraft Industry.*
USSBS (1947) *16 Mitsubishi Heavy Industries, LTD. Corporate Report No.1.*
USSBS (1947) *17 Nakajima Aircraft Company, LTD. Corporate Report NO.2.*
USSBS (1947) *63 Japanese Air Weapons and Tactics.*
White, Graham (1995) *Allied Aircraft Piston Engines of World War II* (Airlife Publishing).