

Title	戦時期航空機生産と代用鋼開発について(野口祐教授退任記念号)
Sub Title	A Survey on the Substitutions of Special Steels for Military Aircraft in Japan during The World WarII(In Honour of Professor Tasuku Noguchi)
Author	吉田, 正樹(Yoshida, Masaki)
Publisher	
Publication year	1992
Jtitle	三田商学研究 (Mita business review). Vol.35, No.1 (1992. 4) ,p.57- 66
JaLC DOI	
Abstract	資源不足の克服をはかって,日本政府は南方に軍事進出をするがその成果は海上輸送路の確保困難もあって思うようには行かなかった。そこで戦局打開を目指して1942年から国民経済を航空機生産に集中する政策がとられるが,原料問題はこの達成を不可能とするものであった。このため軍官民一体となって,部品原料の代用化を航空機増産の鍵と位置付け,開発実用を促進していった。本小稿は代用開発の中心とされた特殊鋼の代用化過程を分析し,その経済的また軍事的意義の考察を試みたものである。
Notes	
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00234698-19920425-04056139

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

戦時期航空機生産と代用鋼開発について

吉 田 正 樹

<要 約>

資源不足の克服をはかって、日本政府は南方に軍事進出をするがその成果は海上輸送路の確保困難もあって思うようには行かなかった。そこで戦局打開を目指して1942年から国民経済を航空機生産に集中する政策がとられるが、原料問題はこの達成を不可能とするものであった。このため軍官民一体となって、部品原料の代用化を航空機増産の鍵と位置付け、開発実用を促進していった。本小稿は代用開発の中心とされた特殊鋼の代用化過程を分析し、その経済的また軍事的意義の考察を試みたものである。

<キーワード>

軍需経済, 戦時経済, 航空機生産, 特殊鋼, 代用鋼, 物資動員, 鉱物資源

1

戦時経済における軍需生産活動の分析は、資料的な制約のなかで実態解明の努力が続けられてきている。基礎的拡充生産部門に対する軍需生産部門の不均衡発展、なかでも物資動員の圧倒的な部分を呑込んだ航空機増産については、USSBSによる報告があるとはいえ¹⁾、解明の残されたところが多い。高性能工作機械類の不足、部品加工から機体組立に従事する熟練労働力の不足、さらに生ゴムや航空機用特種金属類の原材料不足は、開戦前より重大な関心事であり、航空機生産の上でその改善は急務とされながら、戦局の推移は、結局、これを解決不可能として行ったのである。このようになかで敢えて航空機増産を図って、徴用工等による非熟練工の大量導入と、工作機械類の長時間酷使による総作業時間の延長が試みられた。また根本的解消にはならなかったが、これを一部、代用物に置き換えることによる原材料不足の補充が試みられた。

1) The United States, The National Archives 『United States Strategic Bombing Survey (USSBS)』 Washington, 1947. アメリカ戦略爆撃調査報告書。本調査報告はアメリカでの公開に続いて、1950年には正木千冬によって『日本戦争経済の崩壊』(日本評論社)の表題の下に翻訳刊行されている。しかしこの公開された調査報告は、内容的に一部を公開したものに過ぎず、多くの詳細な分析は未公開扱いであった。その後1973年までに順次、機密扱いが解除され、このなかに航空機生産について詳細な報告が含まれており、本小稿もこの最終報告書を用いた。

このような戦時期の代用物転換あるいは代用化促進のなかで、最も計画的、継続的に生産されたのが航空機用特殊鋼の代用物生産である。この代用鋼の経済的、軍事的意義を考察し、基礎的拡充生産部門の生産力縮小に対する航空機生産部門の対応と、その限界の一端を明らかにしていくことが小稿の課題である。代用鋼生産の数量把握はもはや不可能とはいえ、その原料全体を代用鋼に転換した航空機用部品は少なくないのであり、1944年夏まで継続された航空機増産を理解する上で一つの鍵となる。

2

1943年11月の軍需省発足の目的は、航空機増産体制の確立にあったといわれる。それまでの陸軍、海軍の各省が掌握していた生産権限を一元化し、資材の効率的配分を調整する機能が与えられた。こうした統一機関設置の背景には、開戦以来、増産傾向にあったとはいえ、各年度の航空機生産実績が計画機数を満たせなかった事情があった。兎も角、翌1944年、計画と実績の乖離は残されたにしても、航空機生産は増大を記録している。

表一 航空機及び発動機生産高の推移

	1941年			1942年			1943年			1944年			1945年		
	前半	後半	計	前半	後半	計	前半	後半	計	前半	後半	計	前半	後半	計
機体	2213	2875	5088	3822	5039	8861	6771	9922	16693	14088	14092	28180	9439	1807	11066
発動機	5499	6652	12151	8127	8872	16999	11989	16552	28541	24420	22106	46526	10549	1811	12360

資料：『USSBS』「製造企業別の月別航空機、発動機生産」pp.187～191より作成。

航空機増産の障害のひとつは陸軍と海軍間の主権争いといわれる。この弊害を軍需省設置はひとまず除去したのであるが、航空機産業を取り巻いた生産機械の不備、熟練工の不足さらに原材料の不足といった状況を何ら改善するには至らなかった。原料割当は各年度の物資動員計画の最大の重要事項であったけれども、予定数量のうち相当部分が実際には割り当てられず、航空機生産といえども例外にはなり得なかった。

ジュラルミン、生ゴム、普通鋼材さらに特殊鋼生産は予定数量に遠く及ばなかった。なかでも発動機用部品に使用される特殊鋼用鉍物資源の多くは、南方占有地から海上輸送に依存したため、連合軍の攻撃が激しくなり始めた1943年から次第に供給能力は低下していく。翌1944年には輸送路放棄により輸入途絶におちいった物資が多い。

海上路確保のために航空戦力の拡充を図りたい政府は、航空機材部品生産部門に過大な増産計画を押しつけるが、原料供給能力より見て最初から達成不可能な机上の計画に近かった。機体原料に使用される鉄鋼に関してみると、普通鋼生産はすでに1938年（生産実績515万トン）をピークとして縮

小生産過程を歩んでおり、1942年（生産実績410万トン）以降の計画予定量に対する生産実績の落ち込みは深刻で、これからみても航空機増産計画には最初から無理があった。とはいいながら1943年以降の危機的状況を深める戦局打開のために、物資動員は航空機と造船に集中していかざるをえなかった。なかでも航空機増産を近代戦の鍵とみた政府は1943年9月に4万機生産を目標として、これに必要な物資として軍需民需あわせて普通鋼500万トン、アルミニウム21万トン、特殊鋼100万トンの生産目標を掲げている。

翌1944年の生産と配分計画によれば、アルミニウム19.7万トンのうち17.8万トン、特殊鋼110万トンのうち99万トンを軍需関連に集中させ、とくにアルミニウムの全部及び特殊鋼の大部分は航空機生産に充当する決定を下している。その他の生産部門の原料割当を極端なまでに圧縮しており、航空機増産が戦時経済政策の全てといえる計画であった。

しかしすべてを集中した航空機増産の目標は達成されなかった。4万機増産計画が立案された時点（1943年当時）で観ると、国内の現有生産能力は陸海合計で年産1万7千—1万8千機程度（総理大臣答弁）が実態であった。しかも経済官僚によれば同年8月、既に「海上輸送は当初予定を下回り、物動の達成は全く困難となった…中略…国力の最低線に来たという我々の感じがした²⁾」状況のなかで、生産能力を一年内に220%以上に拡充するのが不可能であるのは、計画段階から予想されても不思議はなかった。

実際、政府の航空機増産要請は航空機部品製造の原料を十分に保障したものではなかった。とくに発動機部品に大量使用される特殊鋼は、海外に依存した鉱物資源不足の影響を直接受け、機体4万機用の発動機7万2千台分の供給には無理があった³⁾。一例として特殊鋼生産工場の安来工場に対する増産命令を見ると、発動機用特殊鋼鍛造品の1943年度の生産要求は、既存の月産47トン（主に陸軍用）から新たに121トン（海軍用）が加算された合計168トンに飛躍している。これに対して生産能力は月産約50トン前後が上限であり、既存能力の3倍強に達する過酷な要求である。しかし航空機増産目標が一挙に220%拡大した計画のもとでは、こうした増産命令は一般的でありかつ辞退は許されず、また生産責任は企業に負わされた。彼等にとって生産設備の増設以上に逼迫した問題が原料確保であった⁴⁾。

原料不足に対応した航空機産業の関心は1943年から1944年になると代用化の促進に集中するが、これは政府あるいは陸海軍が後押する軍官民一体となった動きとして徹底化されていった。代用化

2) 安藤良雄『太平洋戦争の経済史的研究』東京大学出版会、東京、1987. p.324.

3) 発動機は機体一機当り最小限1.8台が必要とされたが、最低水準を超えた年は1943年のみであった。なおUSSBSレポートによれば日本の航空機生産は次第に戦闘機に比重が移行し、開戦時の戦闘機24.8%、爆撃機30.6%が、1944年末には52.2%と19.1%というように機種構成は様変わりしている。これは複数の発動機を搭載した機種の激減であり、したがって発動機の子備水準を押え込んでいる。

4) 旧国産工業安来工場『安来工場史』草稿 1952, p.121.

は航空機部品のあらゆる部門に適応され、その中心となったのは発動機等に使用される特殊鋼であった⁵⁾。

代用物とはより大量に入手可能な原料に変換したり、製造工程において原料の含有割合を減少させて、大量生産化を促したものである。代用化の研究開発は原料不足が叫ばれた1940年から始まり、戦局の歩みとともに実用化を早めているが、特殊鋼は必要な資源取得が国内において困難であったことから、早くより開発対象とされた。参考までにアメリカが輸出禁止措置をとった後の、製鋼材料となる屑鉄に対する特殊鋼用各種合金類の国内価格を比較してみると、フェロタンクス

表一 特殊鋼材用鉱物資源の供給状況

(単位千トン)

	1941年	1942年	1943年	1944年	1945年	(資料)
マンガン鉱		71	89	67		注一 安藤『前掲書』
クロム鉱		30	12	25		—2 同上
ニッケル鉱		100	84	42		—3 同上
タングステン	1	1.2	1	0.7	0.2	—4 『本邦鉱業の趨勢』
モリブデン鉱	0.04	0.08	0.17	0.38	0.19	—5 同上
コバルト鉱			0.12	0.33	0.32	—6 (原鉱)『USSBS』
バナジウム鉱	—	—	—	—	—	—7 —

注一 半分をフィリピンに依存

—2 生産量は計画の90% (1943年), 同60% (1944年), フィリピンに依存

—3 1941年はずでに輸入途絶, このためニューカレドニア, セレベスに進出

—4 少量の国産, 南方開発も計画段階

—5 戦前はアメリカより輸入。1940年が最大で5078トンを入力, 翌年から途絶のため備蓄の食い潰し, 数値は満州からの輸入分

—6 大半をビルマに依存

—7 戦前はアメリカ, ペルーより輸入, 微量の備蓄の取り崩し

上記鉱石量はコバルト鉱の原鉱を除いて, 原鉱 (品位3~5%), 精鉱 (同7~9%) の区分は不明, なおマンガングン, クロム鉱, ニッケル鉱は南方物資としての実績量である。

5) これ以外で代用化の見られたのは, 機体材料のジュラルミン原料であるアルミニウムである。開戦前から政府が指導をして備蓄に努めた結果, 1945年の戦争終結時に至るまで原料不足を経験しないで済んだ工場も存在しているが (USSBS, #19), 全体としてボーキサイト不足によってアルミナ生産量は1943年を頂点に低下していった。ボーキサイト鉱の輸入が困難になると, 1943年には政府主導の下に, 主に満州, 朝鮮の植民地から採掘された礬土頁岩によるアルミナ製造をはかったが, 成果は微々たるものに終わった (日本科学技術史大系 p.432)。アルミニウムの一機当たり消費量は1943年の陸海軍試算は4.5トンと指定したが, 実際の消費重量は翌年に修正された様に5.5トン程度であった。この修正は機体増産要求に応える上でのアルミニウム必要量を更に増加させている。このため代用ジュラルミンといえる軽合金材が多数使用される結果となった。これはジュラルミン生産工程で生じた屑金の再熔製利用, 不純地金の実用化であり, なかでも破損機体等から回収したスクラップアルミニウムの利用が重点となり, 終戦時にはアルミ生産の80%はスクラップ再生が占めるに至った。しかしこうした代用が不純化という質的欠点を抱え込む結果となったのは不思議ではない。さらにジュラルミン特性を犠牲にしたのは, 合金材であったニッケルに代えたマンガングン利用であった。とはいいいながら代用アルミニウムの大量使用によって, 航空機生産が1944年まで維持されたのである。

テンが81倍、フェロモリブデンが54倍、フェロバナジウムが128倍、メタリックコバルトが106倍（1941年当時）であり、異常な高価格となって特殊鋼向け合金類の稀少性が反映されている。なお屑鉄を見てもアメリカの禁輸政策によって必要量確保が困難となっただけに、同じく戦前アメリカに全面依存していたニッケル、モリブデン、バナジウムの禁輸措置が国内の特殊鋼生産に与えた影響の大きさは言うまでもなかった。戦時期に於てはモリブデンやバナジウムはそれまでの備蓄に依存することとなった。

南方地域の占有の目的のひとつに上述した稀少鉱物資源とボーキサイトの確保があったが、鉱山経営による十分な生産力を得るには追加投資と多くの時間が必要であった。クロム鉱のように開発準備期間一数十か月一が与えられて、初めて産出見込みがたつものもあった。それでもバナジウム等は南方に期待できないため、備蓄を食い潰す以外に手立てはなかった。また期待されたタングステン鉱、錫鉱等の開発は間もなく困難と判断され放棄されたのが多い。

したがって南方進出による資源確保の改善見込みが後退して来ると、代用鋼開発が強調されることになる。既に1942年の早い時期に政府が、南方領有の限界と代用化による補完を強調するに至ったのは注目される⁶⁾。以後、物資動員計画の実現の上で代用化は積極的に位置づけられていく。

3

航空機機材の原料となる特殊鋼と軽合金は、前者が発動機、機体の骨組み、離着陸用脚足の部品原料として、後者は機体に利用されるが、なかでも主に発動機部品に使用される特殊鋼は、過酷な使用条件を満たすためにニッケル、モリブデン、クロム、コバルトまたタングステン、バナジウムといった稀少金属を用いる。連合軍の爆撃が開始される以前に既に原料備蓄の底をつき始めたコバルトは、1943年3月以降、含有を前提とした代用化は不可能となり、このコバルトを含有した特殊鋼の使用は順次放棄されていった。モリブデン、クロムも同様の過程に置かれており、シリコンクロム鋼は1944年の6月、シリコンクロムモリブデン鋼は11月、クロムモリブデン鋼が12月に生産中止に追い込まれている。こうした事実は稀少金属の含有量節約を進めるにしても限界があったことを示している。

原料金属の不足した特殊鋼は最終的に別の特殊鋼に代用されており、多くは低炭素鋼に置き換えられている。クランクシャフト、プロペラシャフト、さらにシリンダー本体に炭素鋼を使用したり、また排気用タービンに非ニッケル耐熱特殊鋼を使用する開発は、クロムやニッケル不足が作りだした苦肉の策といわれる。こうしたエンジンと駆動装置の主要部品における炭素鋼への完全転換は——その多くは実用段階の直前で終戦を迎えた——、最終段階の代用化であり、実際には原料

6) 安藤『前掲書』p.234.

表—3 航空機エンジンに使用された特殊鋼代用鋼の変遷—特殊鋼原料構成の変化—

正 規 特 殊 鋼	使 用 さ れ る エ ン ジ ン 箇 所	第 一 次 代 用 鋼	使 用 開 始 期	第 二 次 代 用 鋼	使 用 開 始 期	第 三 次 代 用 鋼	使 用 開 始 期
低ニッケル鋼	玉軸・ころ軸受け, ギア棒, 心棒 主ころ軸ホルダー プロペラシフト 用ナット ギア	クロム鋼	5/1943	—	—	—	—
		クロム—モリブデン鋼 クロム鋼	同上 同上	クロム—タンダステン鋼	12/1943	クロム—マンガン鋼(終戦により未使用)	
高ニッケル鋼	カム 補助ケーブ用ピン	クロム—モリブデン鋼	同上	クロム—タンダステン鋼	同上	クロム—マンガン鋼(終戦により未使用)	
		クロム—ニッケル—モリ ブデン鋼 クロム—ニッケル—マン ガン—モリブデン鋼	5/1943 同上	クロム—ニッケル—タン ダステン鋼 マンガン—クロム—ニッ ケル鋼	12/1943 同上	ニッケル—クロム鋼(使用開始期不明) 低炭素—マンガン—ニッケル—クロ ム鋼 (使用開始期不明)	
アルミニウム鋼	シリンダー胴 ナット, ボルト, 植込みボルト	アルミニウム—クロム鋼	12/1943	—	—	—	—
		クロム鋼 クロム—マンガン—モリ ブデン鋼	5/1943 同上	珪素—マンガン—クロム 鋼	12/1943	—	—
ニッケル—クロム— モリブデン鋼	ロッカー—アーム 連接棒 植込みボルト ウォッシュヤ— ピストンリング	クロム—マンガン—モリ ブデン鋼	5/1943	珪素—マンガン—クロム 鋼	12/1943	—	—
		高クロム—マンガン—モ リブデン鋼	同上	珪素—マンガン—クロム 鋼	同上	—	—
		クロム—マンガン—モリ ブデン鋼	同上	珪素—マンガン—クロム 鋼	同上	—	—
		低クロム—マンガン—モ リブデン鋼	同上	珪素—マンガン—クロム 鋼	同上	—	—
		高クロム—マンガン—モ リブデン鋼	同上	高クロム—ニッケル—タ ンダステン鋼	同上	マンガン—ニッケル—クロム鋼 12/1944	—
ニッケル—クロム— タンダステン鋼	クラクシシフト プッシュ軸	クロム—ニッケル—マン ガン—モリブデン鋼	12/1943	マンガン—クロム—ニッ ケル鋼	12/1943	低炭素—マンガン—ニッケル—クロ ム鋼 (終戦により未使用)	
		珪素—マンガン—クロム 管	12/1943	—	—	—	—
アルミニウム 合金 —5号 (アルミニウム— マンダグネシウム— ニッケル)	シリンダー—ヘッド	アルミニウム 合金—7 号 (アルミニウム—マン ダグネシウム—マンガン)	5/1943	—	—	—	—

資料 『USSBS』 「三菱重工業」 より作成

比率を変更したり、原料構成を組み替えた代用鋼が実用化の主流となっている。

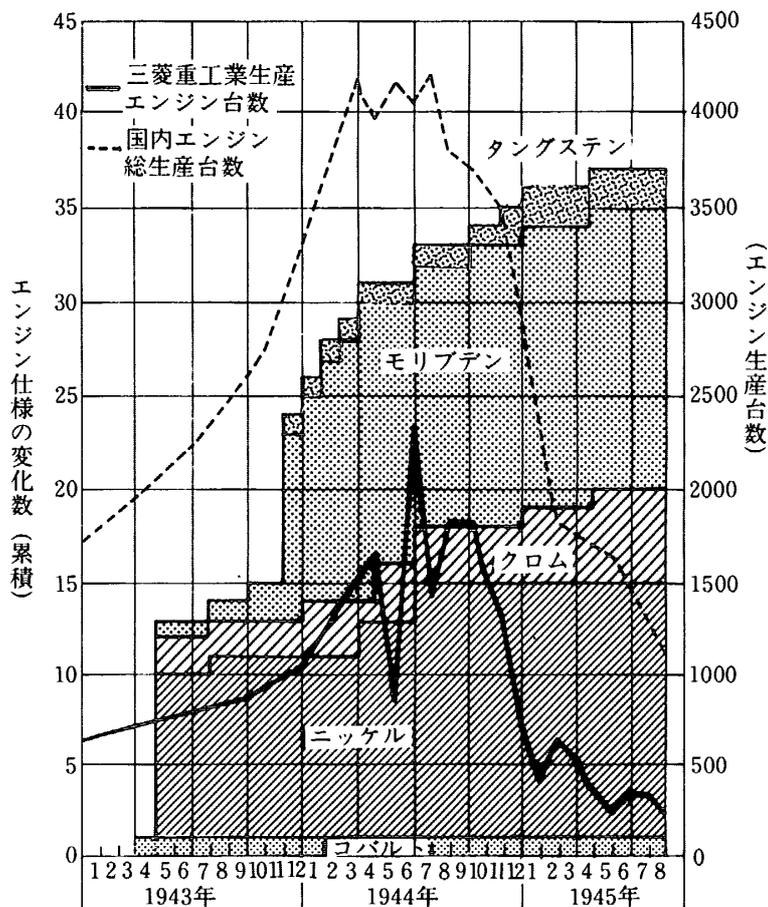
最大のエンジン生産メーカーであった三菱重工業の航空機部門に所属していた工場が生産した特殊鋼代用鋼の変遷を見ると、代用鋼の部品生産過程への投入は1943年の中頃から大部分の領域で進み始めている。だがこの程度の代用では十分とはいえず、翌年の航空機大增産計画を達成するため、第二次段階の代用鋼への転換が強く促されている。更に一部ではあるが第三次段階の代用鋼転換も行われ、また生産には至らなかったけれども、研究開発の進んでいた特殊鋼の多数存在したことが知られている。

ベアリング、ギア、カム、シリンダー、ピストンリング、クランクシャフトといった発動機部品規格の数度にわたる改訂のなかで特徴的なことは、第一次代用鋼に含まれていたモリブデンが第二次代用鋼以降は消滅してしまった事実と、ニッケル含有鋼の多くがこれを全く含まない代用鋼へ転換されていった事実であり、これに伴って第一次段階ではまだ守られていた特定部品の為には特定の代用鋼を使用するといった原則が大幅に後退して、第二次段階に至ると一つの代用鋼による多種部品への汎用的使用が一般化していったことである。この汎用的使用については後に検討するように、部品の質的問題あるいは航空機性能の低下問題を惹起せずにはおかなかった。

しかし代用化は各生産者の選択に任されたのではなく、その促進を政府から強く義務づけられ、航空機生産の関連産業はこれを拒絶し得なかった。例えば軍事機密扱いとして生産者に通達された海軍航空本部、陸軍航空本部および技術院の三者の手による『航本機密—航空機用特殊鋼暫定規格に関する件—』（1943年5月）、同じく『—モリブデン使用節減実施要領決定に関する件—』（1943年6月）他によって、各特殊鋼生産者—彼等は同時に部品生産者を兼ねた—は、これを実施しなければならなかった。最も不足した金属についての特殊鋼生産上の節減義務は、ニッケルが第一段階で4%第二段階では2%であり、クロムが両段階で2%ずつ、更に第三段階と第四段階で4%ずつと節減幅が拡大されて行った。同様に、モリブデンも第三段階までの削減が命令されたが、この段階はこれ以上の削減はモリブデンの特性を考慮すると全く意味がなくなる限界的水準であった。こうした削減は航空機産業の部品生産の全領域で義務づけられたのである⁷⁾。

ところが稀少金属の削減はこれで十分というわけにはゆかなかった。原料不足は政府の想定するところ以上に深刻であったことから、陸海軍の各航空本部や技術院による削減規格は生産者によっては最低目標とされ、この規格をより徹底化した独自の社内規格によって、特殊鋼生産を維持する生産者が見られるようになった。先に引用した三菱重工業では通達以上の代用鋼開発研究が存在しており、ニッケル含有量の変更は14回に及び、クロムは5回にわたる変更が行われた。モリブデンが15回の変更と最も多いのはその稀少性によるためであり、タングステンは2回の変更が加えられ

7) The United States, The National Archives 『前掲書』 p.91.



た。こうした金属含有量の変更とそれにより生じるエンジン仕様の変更を軍も追認し、発動機部品の生産段階に使用されていった。1944年の発動機増産の上で代用鋼の存在は大きな役割を演じたとみてよい。

4

特殊鋼と発動機部品の関係は細分化されており、モリブデンを含有したモリブデン鋼と呼称された特殊鋼だけでも、発動機部品に対応して10種以上が生産されていた。このように発動機性能の上で各部品は固有の特殊鋼を必要としたのであり、適材使用が部品品質や発動機性能の維持から不可欠とされたのは特に言を要しない。さらに或る代用特殊鋼を発動機部品に汎用的に使用すれば、その結果、発動機と航空機性能の低下が生じても何ら不思議はないのである。代用鋼使用は軍需生産の矛盾を象徴すると同時に、戦時経済の破綻を予告するものであった。最後にこの品質の問題に若干触れておくことにしたい。

稀少原料を節約する方法の一つは、鋼鉄製砲身とジュラルミン機体の接合箇所の覆いを省略したような使用部品の削減があった。ただ部品省略化は設計段階の問題であるため、資材節約としては限界があった。このため原料節約は記述したように、特殊鋼と軽合金の代用化に集中していったのであるが、材質欠陥を原因とした航空機性能の低下が1944年、つまり航空機増産が強調され、代用鋼転換が全面的に促進された時期に表面化して来るが、その多くは発動機部品と格納車輪関係といった代用特殊鋼を原料とした部品関係に発生している。

航空機用発動機はその性質上、高速度回転を過酷な条件の中にあっても維持しなければならない。また着地時の衝撃等から、車軸を含め車輪関係部品は強剛性を求められる。部品原料は高速度鋼、強靱鋼あるいは耐熱鋼を含めた高品質の特殊鋼が要求されたが、代用鋼はこれら正規特殊鋼と比較して品質的に著しく劣る事が多かった。材質劣化に起因した事故は相当の頻度で発生したため、生産拡大に躍起であった軍でさえも代用化に不安を抱かざるを得なかったといわれる。

1944年の公的会議において海軍航空本部は、タングステン節約鋼の材質に不信感を露骨に表明し、これを使用した際の不安を強く述べている⁸⁾。タングステン節約鋼に替わる代用特殊鋼が不足していたため、この使用は終戦まで続くが、こうした不安の背景には、代用鋼の多くが十分な研究開発をしないまま生産されていった事実がある。さらに完成機の発動機検査が殆ど形式化しており⁹⁾、不良部品の発見除去が困難であったという検査能力の低下が、一層代用鋼の欠点を増幅する結果となった。

かくして1944年11月4日、国内から配属先であるルソン島リンガエンに飛び立った新機80機のうち64機が飛行途中の発動機故障、燃料系統の不調さらに車軸用ギアの材質欠陥によって目的地に到達し得ないという悲劇的な事故が生まれた。また川崎航空機の一工場が1944年4月から45年4月にいたる1年間に、海軍から請負った857台の発動機修理のうち、半数以上に当たる457台はベアリング、クランクシャフト鋼材の材質不良による故障であった¹⁰⁾。さらに着陸用ギアの予備部品をみると、鋼材材質の欠陥及びこれとの複合的事故を含めて、1942年以降の予備品補充要求の推移は、1943年が対前年比40%増、1944年は同様に57%増、1945年は70%増という増加傾向が示され、部品消耗速度の上昇が顕著となっていった。

航空機増産に対する代用鋼使用の経済的意義を検討する際には、このような修理作業時間や部品交換といったコスト上昇に加えて、代用鋼を原料として部品を生産する際、加工作業の難度が上昇

8) 日本科学史学会編『日本科学技術史体系 第20巻 採鉱冶金技術』第一法規出版、東京、1965、p.431.

9) 完成機はエンジンテストとして、開戦時点では、陸軍が約7時間、海軍が9時間を発動機の検査時間に充てていた。特にエンジン回転数の安定検査は当初は厳重であった。しかし1944年夏よりガソリン不足から検査時間が3時間に短縮され、終戦間際には2時間にまで切り詰められてしまった。この結果、配属前に機体の不良箇所、不良部品を発見する余裕は全く無くなっている。

10) The United States, The National Archives『前掲書』p.99.

するといったマイナス面を考慮しておかねばならない。さらにもし飛行能力の低下，整備点検による待機状態，着陸装置性能に起因する機体破損といった諸現象が計算されるならば，代用鋼使用による航空機生産力の拡大は水増しにすぎず，むしろ軍事的には損失であったという見方も頷けない事ではない。