

# Buda ガソリン機関について

坂上 茂樹

<b>Relation</b>	Lema. 543; 66-79.
<b>Issue Date</b>	2021-04
<b>Type</b>	Preprint
<b>Textversion</b>	Author
<b>Rights</b>	この原稿は「私的使用」にかぎり利用できます。その他の利用には、著作権者の事前の許可が必要です。 For personal use only. No other uses without permission.

Placed on: Osaka City University Repository

# Buda ガソリン機関について

On the Buda Gasoline Engines

坂上茂樹

はじめに

1. 鉄道機材メーカーとしての Buda と内燃機関
2. 初期の 4 気筒 Buda ガソリン機関
3. 1930 年頃までの Buda ガソリン機関
4. “Hivelo” 系 Buda ガソリン機関

むすびにかえて

## はじめに

The Buda Company(米)は 1881 年、シカゴ市近郊に設立され、鉄道関係の機械器具製造を主たる事業としたメーカーである。同社による内燃機関製造の歴史は 1910 年にまで遡及するが、早くも'30 年頃、その製品ラインアップは単気筒から 2, 4, 6, 8 気筒への展開を見せ、12~150 馬力のレンジをカバーするに至っていた。

もっとも、それらは乗用車機関のような需要喚起、製品差別化のための新機軸や過剰技術とは無縁なトラック、舟艇、軌道モーターカー、産業動力など向けの堅実な実用一点張りの 4 サイクル・ガソリン機関ばかりであったから、社会的な注目度や内燃機関工学文献における露出度といった点においては'30 年代以降も今一つの存在として終始した。

翻って、わが国との係わりという角度から観れば、この会社の製品は地方鉄道向け鉄道車両に対して相当な係わりを持った他、国産大形自動車工業との間にも看過され得ぬ接点を持たされる格好になっていた。以下においては、同社製ガソリン機関の整備マニュアルを和訳した同時代資料などに依拠しつつ、一部の鉄道内燃車両史マニアによってその名称と断片的史実ならびにスペックが語られるだけの存在となって久しいブダ製ガソリン機関の歴史と技術的内容を掘起してみたい。

---

<sup>1</sup> 訳者不明『ガソリン、エンヂン 取扱ひと修繕上の話』合資会社電通社、1929 年 12 月、参照。現物には“株式会社アンドリュウス商會 大阪工業部”と“京城驛前 辰巳商事株式会社”のゴム印が押されている。

なお、従前、ブダ機関についてのある程度まとまった邦語文献としては本稿でも参照する神戸製鋼所技師長 永井 博による「車輛用機関」(三木吉平・大井上 博・永井 博『自動車用機関・車輛用機関』共立社 内燃機関工学講座、第 10 巻、1936 年、所収)の中の記述を除けば、拙著『日本のディーゼル自動車』(日本経済評論社、1988 年)での言及を挙げ得るに過ぎない。

## 1. 鉄道機材メーカーとしての Buda と内燃機関

図 1 はこの資料に掲げられたブダ社の輸入代理店、アンドリュース商會が掲げたブダの鉄道機材に関する広告である。上段左右にジャーナル・ジャッキと軌道モーターカー用鋳鋼車輪が見える。下段の軌道モーターカーには空冷 2 気筒機関が使用されていたとある。やや遅れて類似の製品が国産化されている事蹟に鑑みれば、恐らく、振動特性と艱装性に優れた水平対向 2 気筒機関が搭載されていたのでなかろうか？<sup>2</sup>

図 1 Buda の鉄道機材





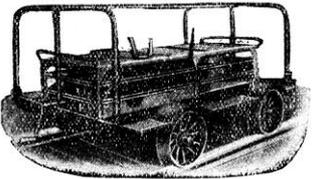
ブ  
ダ  
各種  
鐵  
工  
道  
用  
工  
具



ボール・ベヤリング・ジャーナル・チャ  
ツキ特殊構造を有して取扱ひ易く頑丈  
を極む、五十、三十五、及二十五噸各種

ブダホキールは特殊鋼鐵製堅  
牢無比、モーターカー車輪と  
して最も理想的なるものとす

○各種チャッキ  
○機関車其他用  
レフリース  
○トラック・ドリル  
其他各種



○高級ツツリン發動機  
○ツール・グラインダー  
○レール・ペンダー  
○安全閉扉扉

モーターカー二氣筒空氣冷却式十二乃至十四馬力ブダ  
エンジン附至極經濟的且堅牢、五十人乗迄各種あり。  
——<詳細御照會を乞ふ>——

The Buda Company  
東洋總代理店  
株式會社 **アンドリュース商會**  
創立明治二十七年  
本社 東京市芝區芝公園五號地二ノ五  
大阪支店 大阪市西區江戸堀南通三ノ一八  
名古屋・小倉・札幌・臺北・京城・大連・紐育

『ガソリン、エンジン 取扱ひと修繕上の話』裏表紙裏、より。

図 2 は鉄道車両主機としてのブダ・ガソリン機関採用例を掲げた輸入代理店の広告であるが、様々な鉄道機材や土木機械類の名も添えられている。車両はともにわが国のモノで、

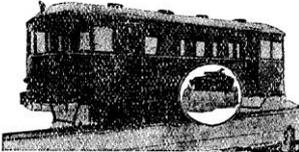
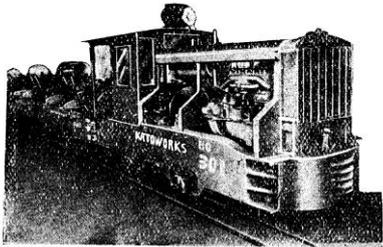
<sup>2</sup> 拙稿「発動機製造(株)の水平対向空冷 2 気筒ガソリン機関群」(『LEMA』誌掲載の後、リポジトリ掲載予定→IRDB)、参照。

301号と記された豆機関車の方は加藤製作所の製品である。この広告の謂うところは誇張ではなかった。そもそも、本邦地方鉄道における内燃車両の嚆矢は1923年3月に投入された銚子鐵道の豆機関車(自重7.11t)で、主機はブダ BTU 型ガソリン機関(55HP/1000rpm)であった。内燃動車の鼻祖も'25年12月、栃尾鐵道の2軸ガソリン動車(自重2.54t)とされており、機関は奇しくもブダの小形機種(20.4HP/1000rpm)であった<sup>3</sup>。

図2 鉄道車両用動力としての Buda ガソリン機関



**頑丈なるブダ・エンジン**は各種動力として益々廣く利用せられて居ります

<ul style="list-style-type: none"> <li>Air Compressors</li> <li>Rock Crushers</li> <li>Welding Sets</li> <li>Road Rollers</li> <li>Turn Tables</li> <li>Drag Lines</li> <li>Ditchers</li> <li>Loaders</li> <li>Shovels</li> <li>Cranes</li> </ul>	 <p>ブダ・エンジン装置のガソリン客車</p>	
 <p>ブダ・エンジン装置のロコモータブ</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Road Sweepers</li> <li>Lighting Sets</li> <li>Drilling Rigs</li> <li>Locomotives</li> <li>Cable Ways</li> <li>Excavators</li> <li>Dredges</li> <li>Bridges</li> <li>Pumps</li> <li>Mixers</li> <li>Hoists</li> </ul>	

—〈詳細御照會を乞ふ〉—

**The Buda Company**

**東洋總代理店**

株式會社 **アンドリウス商會**

創立明治二十七年

本社 東京市芝區芝公園五號地二ノ五

大阪支店 大阪市西區江戸堀南通三ノ一八

名古屋・小倉・札幌・臺北・京城・大連・紐育

『ガソリン、エンジン 取扱ひと修繕上の話』表表紙裏、より。  
 動車の機関は恐らく BA-6 型。江戸堀は江戸堀の誤植。

地方鉄道、軌道向け内燃車両の製造は地場メーカーないしその亜種による場合と加藤製作所や日本車輛製造のごとき鐵道省指定工場による場合とに分たれたが、いずれにおいて

<sup>3</sup> 永井 博「車輛用機関」304 頁、参照。

もパワー・ユニットに関しては適当な輸入モノを調達して済ませる格好が採られていた。地方鉄道向けガソリン動車には Ford A 型, Waukesha 6-SRL 型といった乗用車用, 商用車用機関が最も多数, 使用され, 次いで Ford T 型, ブダ KTU, 同 BTU, BA-6, DW-6, Waukesha 6-RB, 同 6-MS, 6-XK, Continental E-603 といったアメリカ勢がその名を連ねていた<sup>4</sup>。

この内から 1935 年 4 月現在において本邦地方鉄道の車両に装備されていた Buda ガソリン機関を表 1 に示す。

表 1 1935 年 4 月現在, 本邦地方鉄道車両に装備の Buda ガソリン機関諸機種

型 式	気筒数	D	S	総排気量 L	標準出力/回転数 HP/rpm	最大出力/回転数 HPrpm
?	4	88.9	127.0	3.15	20.4/1000	?
H-199	4	95.3	114.3	3.25	26/1000	55.5/2800
H-298	6	95.3	114.3	4.88	38/1000	80.5/2800
DW6	6	95.3	127.0	5.42	37/1000	73/2400
WTU	4	95.3	130.2	3.71	26/1000	36.5/1800
KTU	4	101.6	133.4	4.33	29/1000	43/2000
BA-6	6	104.8	130.2	6.74	47.5/1000	83/2100
ETU	4	108.0	139.7	5.12	32.5/1000	49/1900
GL-6	6	114.3	152.4	9.38	69/1000	?
BTU	4	127.0	165.1	8.37	55/1000	61/1400

永井「車輛用機関」334~336 頁, 第 3 表からの抜粋に 348~349 頁, 第 7 表の要素を追加<sup>5</sup>。

寸法表記の小数点は揃え, 総排気量はミスが多いので計算し直した。

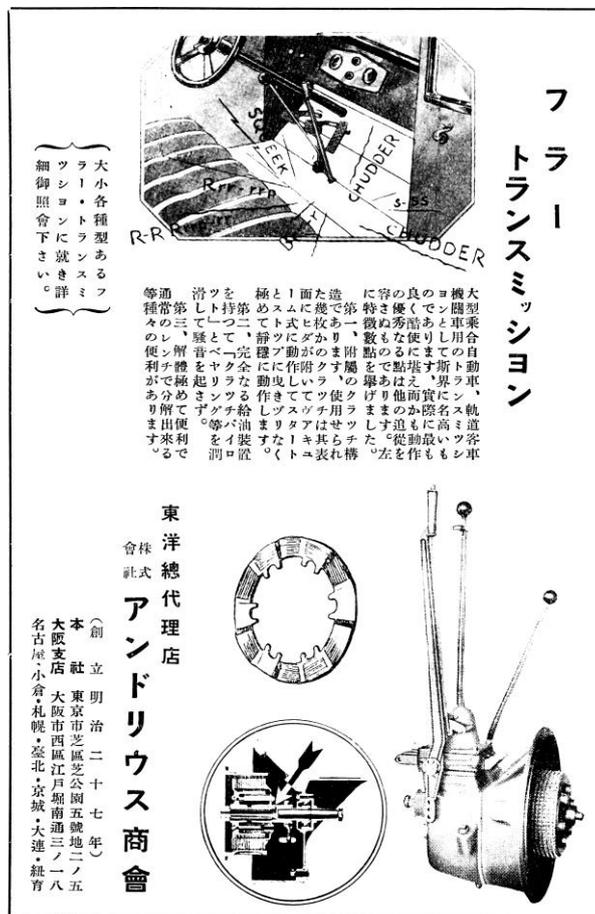
クラッチ, 変速機と一体化されたフォードのパワー・ユニットはそのままガソリン動車に流用され得たが, 独立エンジンメーカーであるウォークシャの製品は通例, Long や Borg & Beck のクラッチと Cotta(常時噛合式変速機のパイオニア)の変速機との組合せで, ブダの製品は同じく Fuller の動力伝達ユニットとの組合せで使用された。

図 3 は同じ輸入代理店によるフラー製動力伝達ユニットの広告である。乾式多板クラッチと恐らくは 4F 変速機との組合せであろう。一般論として鉄道内燃車両には駆動車軸に逆転機が取り付けられ, 前後対称の走行性が確保されるため, 変速機にリバースはない。ちなみに, フラーは今も Eaton Fuller として斯界に健在である。

<sup>4</sup> 秋山正八「内燃機動客車に就て」『機械學會誌』第 34 卷 第 170 號, 1931 年 6 月, 永井「車輛用機関」333 頁, 参照。秋山は鐵道省工作局長から日本車輛へと天下った技術者。ヨリ小形のガソリン動車には Ford T 型のユニットが多用された。

<sup>5</sup> 表 1 中, 相対的に短いストロークと 2800rpm という高い最高回転数で際立つ H-199 と H-298 とは後述される “Hivelo” 系の機種である。

図3 Buda ガソリン機関とペアで多用された Fuller の動力伝達ユニット

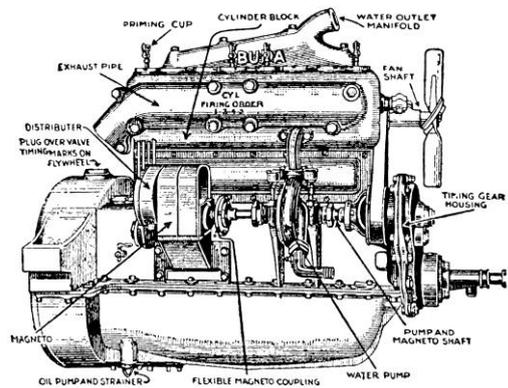
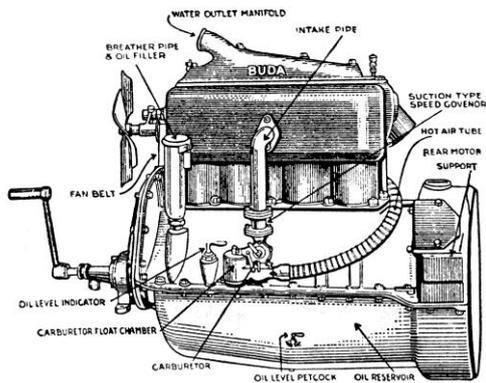


『ガソリン、エンジン 取扱ひと修繕上の話』目次の裏, より.

## 2. 初期の 4 気筒 Buda ガソリン機関

管見の限りにおいて最も旧型と思しきブダ機関は図4のようなSV4気筒機関である. ハイテンション・コードが煩わしかったからか, 同図は点火栓ごと取外された状態で描かれたようである. 気筒頭上の PRIMING CUP はその旧さの証しであり, 1910 年代のモノかと推定される. 出典文献によれば, 本機のサイズは  $4\frac{1}{2} \times 6.0$ in.(114.3×152.4mm, 6.24L)とかなり大柄で, 出力は 52HP/950~1000rpm であった. 始動はハンドクランキングで, 点火はインパルス・スタータ装備・自動進角機構付きの Eisemann マグネトーに, 回転数制御は McCann ないし Pierce 调速機によっていた. 図に付された説明語句からすれば後者は一種のニューマチック・ガバナないし吸入負圧リミッタであったらしい. 本機搭載トラックの速度は 9~17mph(14.5~27.4km/h)という誠にのどかなレベルにあった.

図4 初期の 4 気筒 Buda ガソリン機関

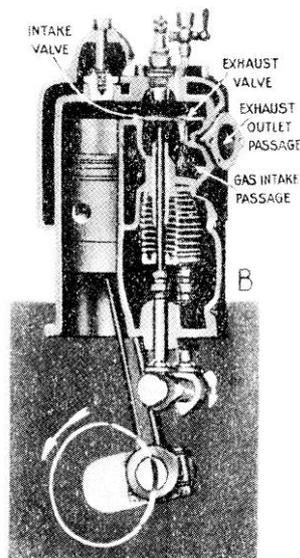


*Dyke's Automobile and Gasoline Engine Encyclopedia*. 15th. ed., Third Run—Revised, Second Printing. Chicago, 1930, *ditto*. 17th. ed., Chicago, 1935, p.38 Fig.18, p.39 Fig.19.

出典文献による紹介は以上に止まっているが、実のところ、本機はまったく奇妙な基本構造を特徴とする機関であった。図 4 より、第 1 に、本機はマグネト側にカム軸を 1 本だけ持つ SV, L ヘッド機関であったと観られるにも拘らず、気化器はあたかも OHV クロスフロー機関におけるように排気マニフォールドの反対側に取付けられていた。第 2 に、気筒頭頂部に観えているウォーター・アウトレットを戴く“ $\angle$ ”型の稜線上には気筒軸の延長上と思しき位置に 4 本の取付けボルトが並ぶというワケの解らぬ配置となっていた。

この特異点を理解するカギの一つは図 5 にある。同図は構造解説を目的として掲げられたモノではなく、4 サイクルの作動原理解説のための部分カット図であり、その程度であればモデルが最旧型機関であっても十分、事足りたワケであろう。引用は其中でも比較的写りのよい圧縮行程を示す 1 コマを選んだ。

図 5 Buda ガソリン機関のマニュアルに用いられた旧世代機関



『ガソリン、エンジン 取扱ひと修繕上の話』9 頁，第五圖。

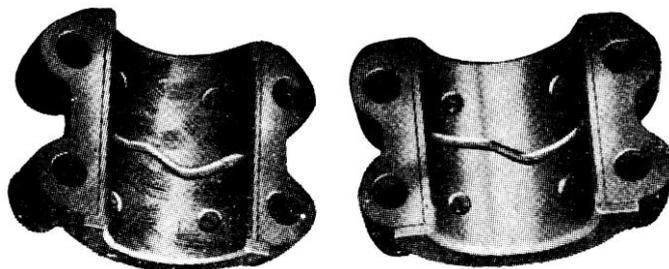
続いて、第 1 の特異点については給気マニフォールドに相当する GAS INTAKE PASSAGE は定石に倣って排気マニフォールド直下部・内側寄りに設けられており、気化器からの長い吸気管が 2, 3 番気筒の間を通過して反対側へと通じていたと知れる。当時のガソリンでは冷間時、排気との熱交換によってその気化を促進してやるのが不可欠であったから、これはその限りにおいては当然の処置と言えた。

第 2 点に関して、本機関における気筒の基本構造はウォーター・ジャケット付きの頭部一体式であり、件の“ $\angle$ ”型はその上に被せられるだけの別体部品をなしていた。かの 4 本ボルトは気筒頭取付けボルト群の一部をなしていたワケでは全然なく、単にこの“ $\angle$ ”型をボルトオンするための存在でしかなかった。これなら燃焼室の天井に間接的に根を下ろしていても格別、問題は生じなかったであろう。ただし、燃焼室の冷え過ぎは疑われて然るべきである。蛇足ながら、プライミング・カップとは至言で、当該位置に設けられたのでは、これにコンプレッション・コックの役割を兼任させることなど到底できない。本機の燃焼室は単純な扁平形状であった。Ricardo Head は 1919 年頃に開発されているが、これについては後ほど詳しく取上げる。

本機の型式称号については今のところ不明とせざるを得ないが、これと *D, S* を同じくする GL-6 型なる SV, 6 気筒機関(9.42L, 69HP/1000rpm)が存在したから、本機の型式称号は GL-4 型であったのかも知れない<sup>6</sup>。

旧世代のブダ機関は当然、スプラッシュ潤滑によっていた。油溝付き軸受メタルが取付けられたスプラッシュ給油時代のブダ 4 気筒機関用クランクピン軸受冠を図 6 に示す。左側は摩耗痕が観察された個体例である。4 本の軸受冠取付けボルトを用いるのがブダ 4 気筒ガソリン機関の伝統であった。ネジ止めされたメタルはブロンズ製で、給油装置が健全で正しい運転が行われておれば「ベアリングの寿命は殆んど永久的と云われても差支えない程永年の使用に堪える」モノであった。メタルの連桿あるいは軸受冠との密着は丁寧な摺合わせによって確保された。

図 6 スプラッシュ給油時代のブダ 4 気筒機関の連桿大端軸受



『ガソリン、エンジン 取扱ひと修繕上の話』40 頁, 第三十八圖, 42 頁, 第四十一圖の右.

<sup>6</sup> 例えば、永井「車輛用機関」334 頁, 参照.

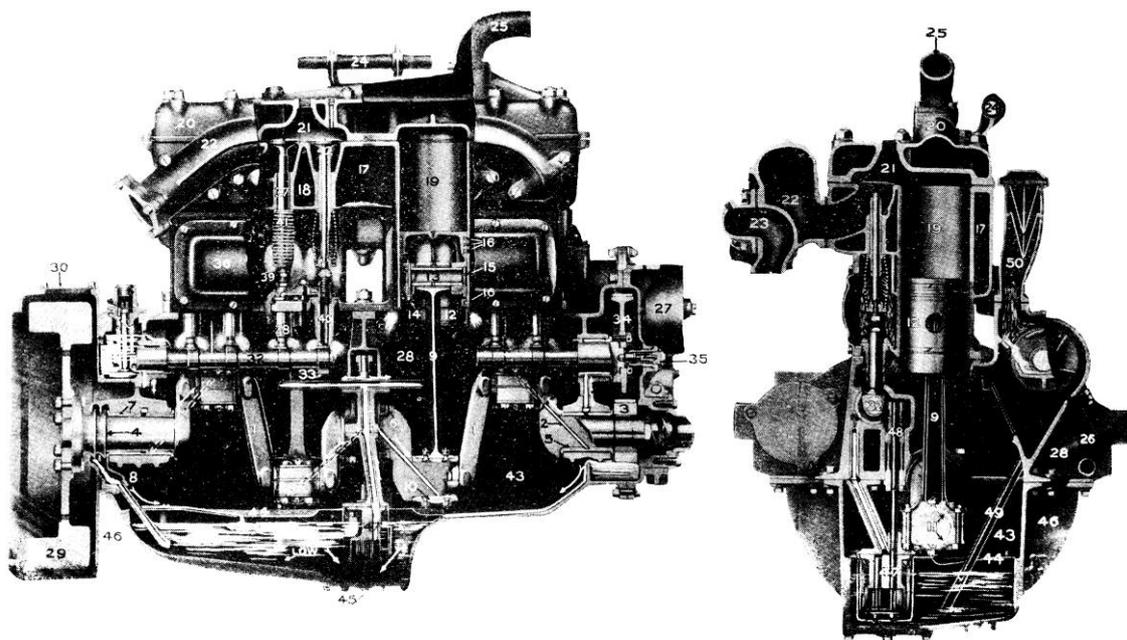
### 3. 1930年頃までの Buda ガソリン機関

#### 1) 4気筒機関

1910年代の内に、ブダ4気筒ガソリン機関の気筒構造は分離式気筒頭方式へと変更されたい。気化器は排気マニフォールド下の給気マニフォールドにぶら下げられるようになった。しかし、その時点においてもなお、燃焼室はリカード化されていなかった。吸気マニフォールドには内部に滞留したガソリンが気筒内に流下して潤滑油を希釈せることがないように形状が付与されていた。図7はこの世代のブダ4気筒機関である。弁バネに樽型のコイルスプリングを用いるのもブダの古い手法であった。

弁バネのリテナは一对のスプリットカラーを抱く一般的な構造のものであった。主軸受は相変わらず3軸受式で気筒ブロックはクランク室上半部と別体となっていた。

図7 扁平燃焼室付き分離式気筒頭と強制循環給油系統を有するブダ4気筒ガソリン機関

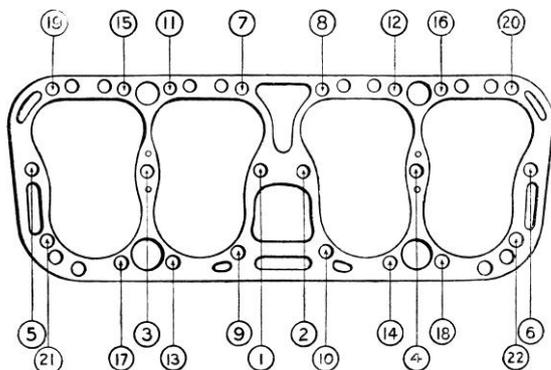


『ガソリン、エンジン 取扱ひと修繕上の話』4頁，第一圖。

ブダがいつまでかような燃焼室形状に拘泥したのかについては不明である。ネット上に、扁平ドーム状の燃焼室を戴く1920年のブダ機関に係わる図が見受けられるが、その燃焼室は作図法が正則であるなら純正のリカードではなく、後掲図13のごときその亜流であった可能性が高い。この点については6気筒機関を取上げるところでやや詳しく論ずる。図8は型式不詳の4気筒機関のヘッドガスケットで、数字はボルトの締付け順序を示す。中間主軸受の所で間延びしたシリンダピッチが観取されよう。往時はそこに吸気管が通されていた

たワケである。また、この部分の気筒間すき間は機関を吊る際にロープを掛けるのにも好適であった。

図 8 Buda 4 気筒ガソリン機関のヘッドガスケット



『ガソリン、エンジン 取扱ひと修繕上の話』 50 頁，第五十二圖。

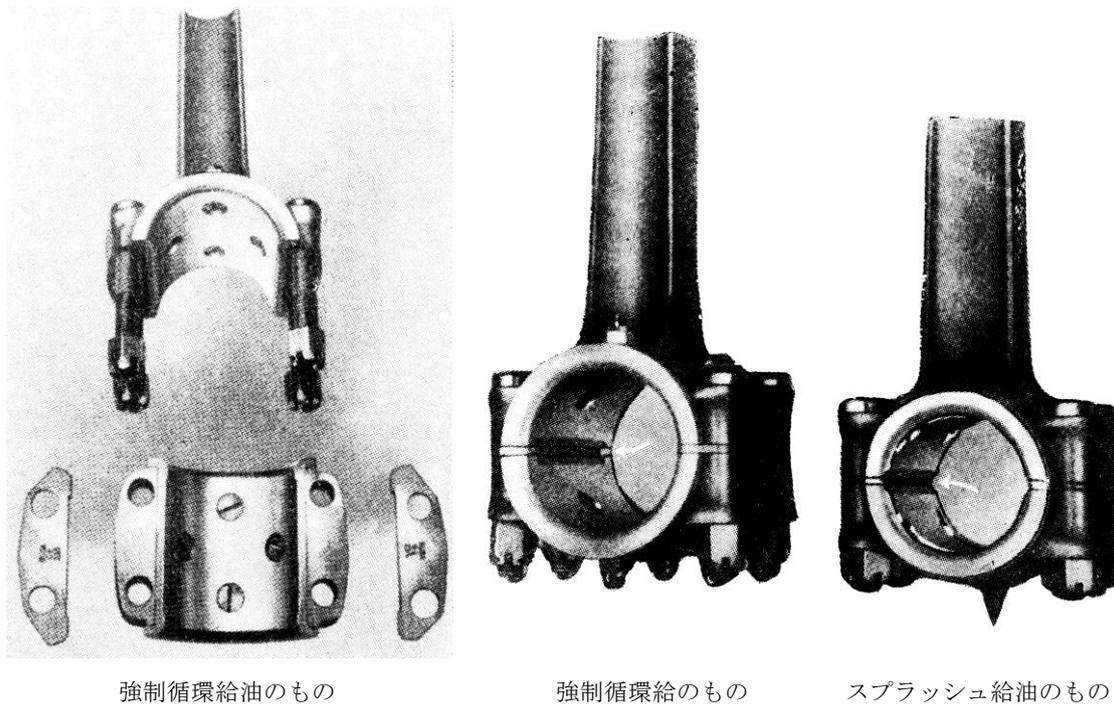
4 気筒機関のピストンピンはボスに対して緩い締り嵌めとなっており，両端外側にリタイナー・リングが与えられ，かつ，ピンはボスにセット・スクリューで固定された。ピストンリング材料について出典文献には「特殊アロイスチールで作られてあり」と記されているが，特種鋳鉄あたりが正解であろう。リング配置はトップランドに圧縮 3 本，スカートにオイルリング 1 本であった。オイルリングの断面形状は単純な矩形に描かれている。

ブダ・ガソリン機関はその耐久性を担保するため，弁を『出来るだけ長く「シート」に接触せしめて，而もエンジンの正確なる運動を妨げざる様構造されて居』り，吸排気弁はともに運転時間の  $\frac{2}{3}$  以上，吸気弁に至っては  $\frac{7}{10}$  も着座している設計となっていた。それだけ低速向きの弁開閉時期が設定されていたワケである。4 気筒機関のカム軸は当初，base circle clearance が  $\frac{3}{1000}$  in.(0.08mm)に設定されていたが，熱膨張と騒音への対策からか，後に  $\frac{10}{1000}$  in.(0.25mm)へと拡大された。後述の 6 気筒機関のカムはこの新スペックに統一されていた。もっとも，新旧間の  $\frac{7}{1000}$  in.の差は弁開閉時期には何ら影響を与えていない。

強制循環給油時代となつてからのブダ 4 気筒機関の連桿大端軸受は図 9 左に示される。同右はスプラッシュ給油時代の連桿大端部と強制循環給油時代のそれとの組立形姿を比較したものである。前者においてはブロンズメタル合せ面に挟み込まれるシムにはクランクピンとの間に大きなすき間が設定され，潤滑油の積極的な溢れ出し・飛散を促す構えとなつていた。

後者においてはシム両端部に突起が設けられ，これとクランクピンとの間に軸受のラジアルすき間に等しいクリアランスが確保されることで油を摺動面内に留め，オイル上りを防ぐと同時に油ポンプに過大な吐出し量を要求しないスタイルとなつていた。油圧の標準は 1000rpm にてゲージ圧 15lbs./in.<sup>2</sup>(1.05kg/cm<sup>2</sup>)と至って低かつた。

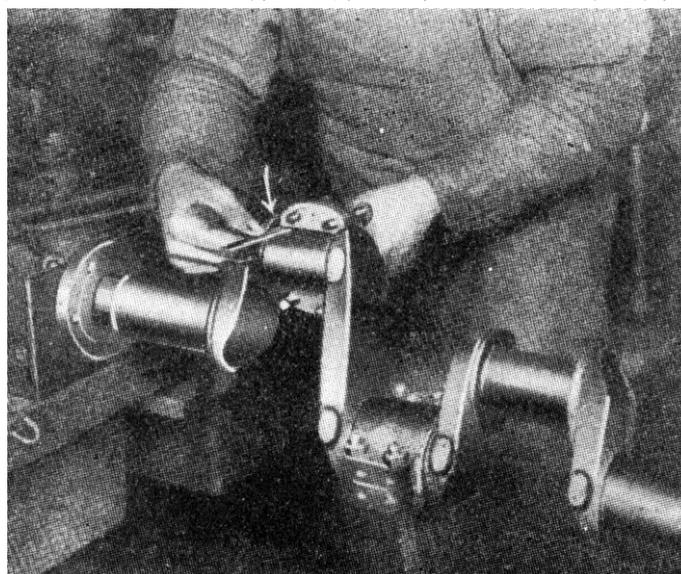
図9 ブダ4気筒機関の連桿大端軸受



『ガソリン、エンジン 取扱ひと修繕上の話』41頁，第三十九圖，42頁，第四十一圖。

図10は強制循環給油式ブダ4気筒機関における連桿大端部シム両側のラジアルすき間0.002in.(0.05mm)をシクネスゲージにて確認している状況を示す。すき間が過大である場合にはシムに「プラスチックを挿入」するとあるが、その仕様については不明である。

図10 シクネスゲージによる連桿大端部シム規定ラジアルすき間の確認状況

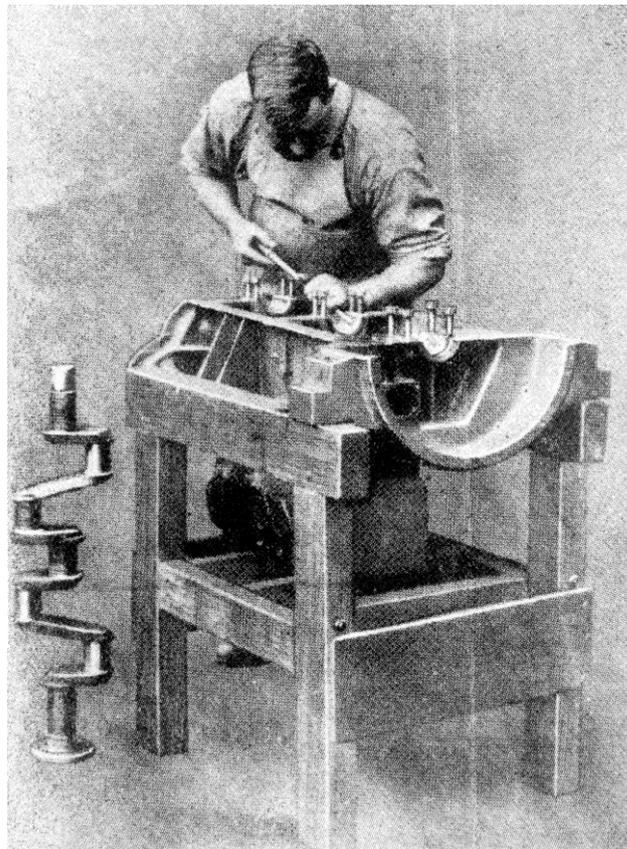


『ガソリン、エンジン 取扱ひと修繕上の話』39頁，第三十七圖。

なお、本来、シムの厚みによって制御されるべき普通の意味におけるクランクピン軸受すき間の管理はシムに突当るメタル端面にバビットないしブロンズの板をハンダ付けし、0.002in.のラジアルすき間が得られるまで仮組みしてはこの継足し部をヤスリ掛けするという作業の繰返しによって果された。連桿や軸受冠を削る重作業を通じて軸受すき間が確保されることは一切なかったが、シムの厚さ自体に細かな変化を付けて体系化するという一般的な所作も行われなかったようである。

主軸受の構造や整備要領もクランクピン軸受と全く同様であった。図 11 には 4 気筒機関のクランク室上半部と気筒ブロックとの結合体を倒立させた状態で主軸受内面の摺合せを行う様子が示されている。元々のキャプションは「メインベアリングを掃除する圖」とあるから、実態は軟らかい材で磨く程度であったと考えて良からう。

図 11 4 気筒機関の主軸受摺合せ作業



『ガソリン、エンジン 取扱ひと修繕上の話』 46 頁，第四十七圖。

表 2 は'20 年代末期におけるブダ 4 気筒ガソリン機関のサイズ分布を示す。510.5in.<sup>3</sup>(8.4 L)の 4 気筒機関というのもちょっとした驚きであるが、これら 11 機種が同時期にすべてラインナップされていたとは思えない。

表2 '20年代末期におけるブダ4気筒ガソリン機関のD, S(in.), 排気量(in.<sup>3</sup>)分布

		S in.				
		5 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	5 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	6	6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
D in.	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	197.2	202.0	—	—	—
	3 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	211.6	—	—	—	—
	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	226.4	231.9	—	—	—
	4	—	—	276.5	—	—
	4 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	—	—	312.0	340.4	—
	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	—	—	—	381.7	—
	4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	—	—	—	—	460.7
	5	—	—	—	—	510.5

『ガソリン、エンジン 取扱ひと修繕上の話』52頁, 第五十三圖.

## 2) 6気筒機関

続いて, '20年代以降の作に属すると思しきブダ6気筒ガソリン機関の具体的諸型式へと眼を転じよう. それらの燃焼室にはリカードないしその亜流のごとき形状が採用されていた. そこで先ず, SV・Lヘッドのリカード燃焼室について一通りのことを押えておく<sup>7</sup>.

燃焼室構成要素の中で最も高温になるのは排気弁頭である. 従って, 温度だけからすれば点火栓は排気弁近傍に置くことが有利となる. しかし, 気筒頭の両サイドに吸排気弁を振り分けるSV・Tヘッドにおいては部分負荷運転時の着火性確保のため, 点火栓は通常, 吸気弁の直上に置かれねばならなかった. かくすれば, 着火核と最高温部との距離は最大となるがゆえに, 高負荷運転時にはガソリンのオクタン価の低さも手伝ってデトネーションが招来されがちとなっていた. かくて, Tヘッド機関の最大出力は抑制され, 極度に大きなSV比とも相まち, その熱効率はごく低位にとどまった.

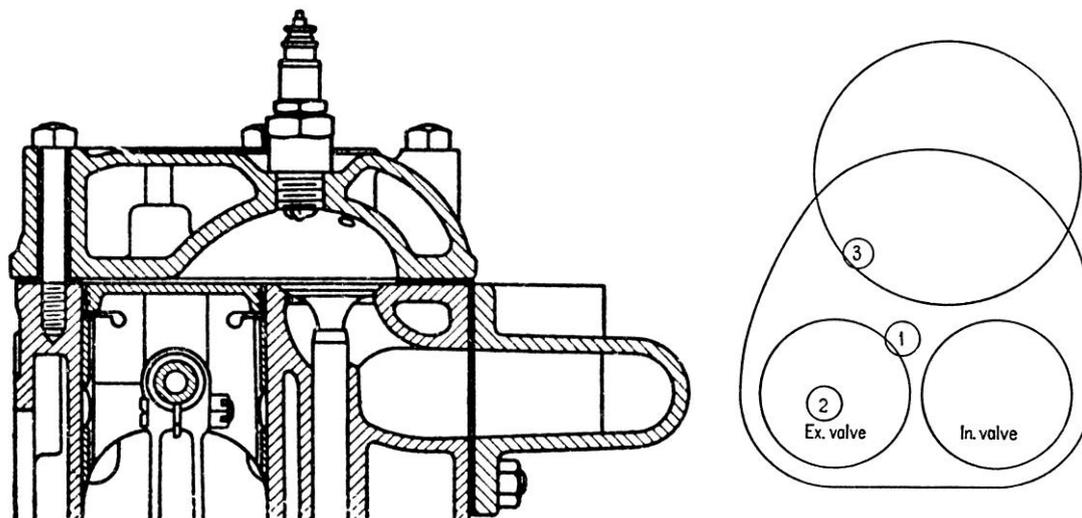
Tヘッドの改良型をなす前掲図5のような扁平燃焼室を与えられたSV・Lヘッドにおいては吸気の流動が一過的で混合気のある部分は燃焼室天井壁面に粘着・拘束され, 着火核の生成後も燃焼場から受け取る熱を壁面に与えてしまうため着火→擬似定容燃焼に参加することができず, 膨張行程での後燃えを生じたり未燃焼のまま排出されたりしてしまう. この部分の比率は混合気の8~12%とまで見積もられていた. このため, 扁平燃焼室を与えられたSV・Lヘッドにおける出力ならびに熱効率改善効果は今一步の水準にとどまった.

図12に観るリカード燃焼室においてはピストンが上死点に達した際, その頂面々積の約半分は厚さ $\frac{1}{16}$  in.(1.6mm)程度のすき間, つまりスキッシュ・エリアとなる. ここからの強いスキッシュによりバルブ・ポケットを有する主燃焼室内には激しいタンブルが生成され

<sup>7</sup> cf., P.M., Heldt, *High-Speed Combustion Engines*. N.Y., 1939, 1941, pp.69~71.

る。天井壁面付近に滞留する混合気はこれによって剥ぎ取られ、渦の中で攪拌されることで混合気全体の燃焼が促進され、出力、熱効率は改善される。

図 12 SV・L ヘッドの Ricardo 燃焼室



P,M., Heldt, *High-Speed Combustion Engines*. p.69 Fig.4, p.71 Fig.5.

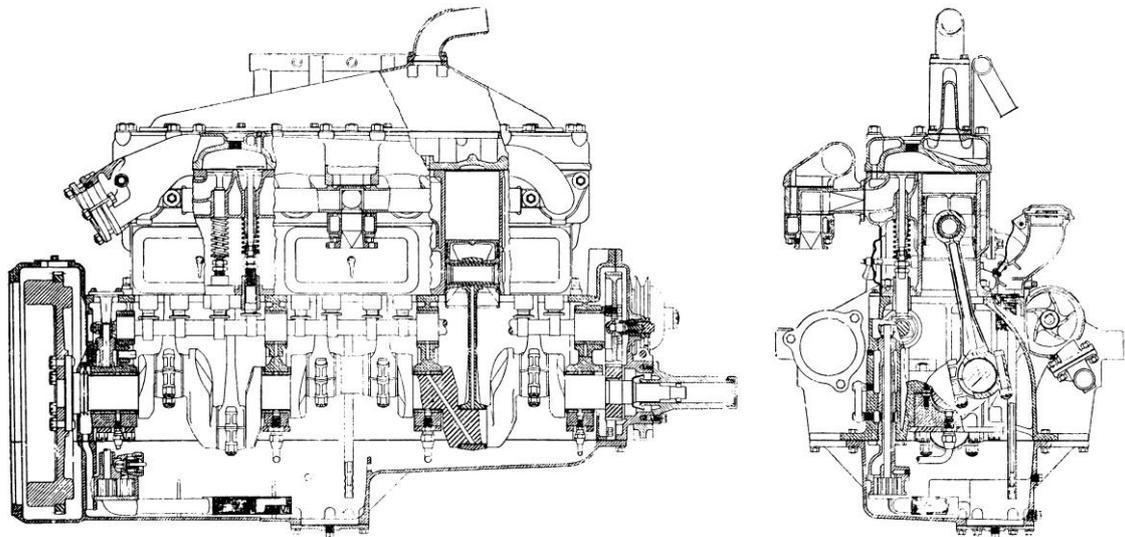
また、リカードによれば、リカード・ヘッドにおいて出力と効率が最良となる点火栓位置は吸排気弁の中間からやや排気弁ならびに気筒軸寄ったところ、図 12 右の①にあり、次善の位置は同②の排気弁直上であった。最適位置①は火炎伝播距離の不均等を生じない主燃焼空間の中心にもほぼ相当した。

ちなみに、ブダのライヴァルであった Waukesha Motor Co.はリカードとの間に正規の契約を結んでおり、リカード・ヘッドの採用によって出力向上と燃費低減、速度増大と加速レスポンス・始動性・暖機性の向上、低級ガソリン使用時におけるノックやデトネーションの排除が達成されたと主張している<sup>8</sup>。

図 13 は相対的に大排気量のブダ 6 気筒ガソリン機関で BUS(6 - 4×5<sup>1</sup>/<sub>8</sub> : 6.3L), BA-6(6 - 4<sup>1</sup>/<sub>8</sub>×5<sup>1</sup>/<sub>8</sub> : 6.7L), GL-6(6 - 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub>×6 : 9.4L), GF-6(6 - 4<sup>3</sup>/<sub>4</sub>×6 : 10.5L)がこれに属する。図そのものは *S/D* 比から GL-6 を示している可能性が高いように想われる。これら大排気量 6 気筒機関の燃焼室にはリカード垂流的な、スキッシュ・エリアの取り方がやや小さく、主燃焼室ドームのプロフィールも似て非なるモノが採用されていた。点火栓位置は吸排気弁の中間、気筒軸寄りに設定されていた。こちらはリカード自身の研究成果を素直に反映した設計かと窺える。

図 13 Buda 6 気筒ガソリン機関 BUS, BA-6, GL-6, GF-6 型の基本構造

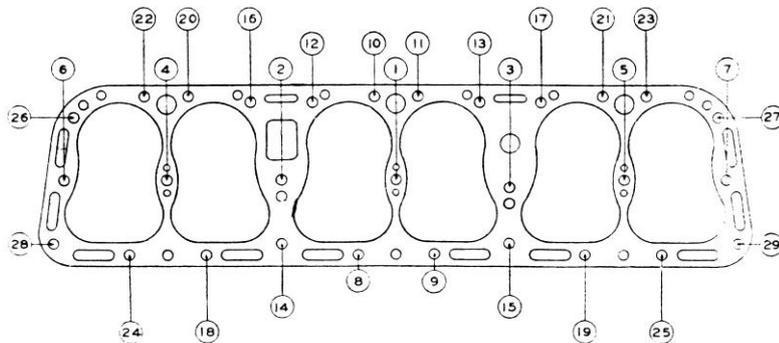
<sup>8</sup> cf., *Dyke's Automobile and Gasoline Engine Encyclopedia*. 17th. ed., p.806.



『ガソリン、エンジン 取扱ひと修繕上の話』 4 頁，第一圖。

図 14 は型式不詳のブダ 6 気筒ガソリン機関のヘッドガスケットを示す。数字は 4 気筒の場合と同様，ボルトの締付け順序である。中間主軸受の配置がシリンダピッチに反映されている。ロープを掛けられるようなすき間はなかったから，吊下げは気筒頭に専用金具を取付けて行われた。

図 14 Buda 6 気筒ガソリン機関のヘッドガスケット



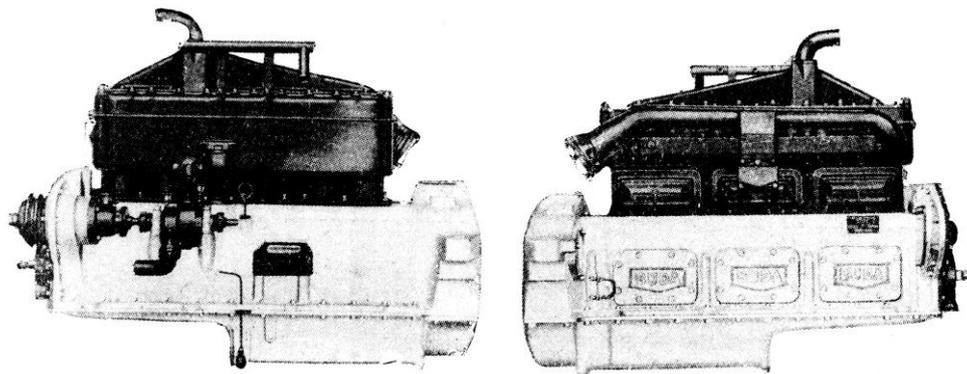
『ガソリン、エンジン 取扱ひと修繕上の話』 50 頁，第五十三圖。

ブダ 6 気筒ガソリン機関ピストンピンはピンボスに対してきつめの締り嵌めとなっていたようで，その拘束は左右のリテイナー・リングのみによっていた。リング配置は 4 気筒機関と同じであった。

6 気筒機関の潤滑は強制循環給油方式に帰一され，主軸受は 4 個ながら，後掲図 17 のモノとは異なり，連桿には小端部へと至る油孔が穿孔されており，ヘヴィー・デューティーな設計となっていた。連桿大端部のキャップ・ボルトは 2 本方式へと改められ，子メタルの取

付けネジは廃止された。6気筒機関における油圧の標準は 1000rpm にてゲージ圧 30lbs./in.<sup>2</sup>(2.11kg/cm<sup>2</sup>)と4気筒の2倍に指定されていた。図15は本邦地方鉄道界に大きな足跡を残したBA-6型の外観写真である。これを素直に観ればクランク室は軽合金鋳物であったようである。

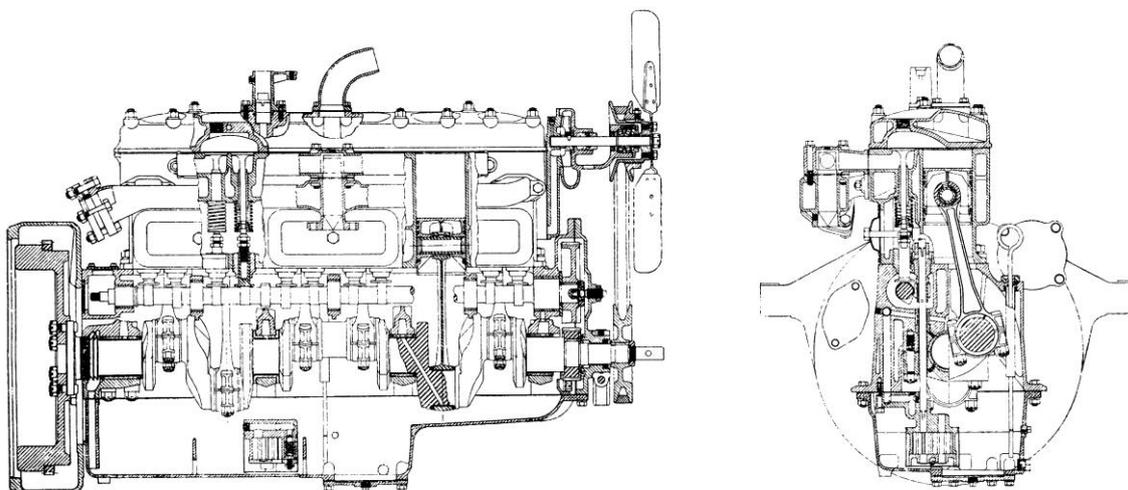
図15 BA-6型の外観写真



永井「車輛用機関」350頁，第38圖。

図16はBUS・BA-6・GL-6・GF-6などより若干，小ぶりのブダ6気筒ガソリン機関，HS-6(6-3<sup>3</sup>/<sub>8</sub>×4<sup>1</sup>/<sub>2</sub>:4.0L)，DS-6(6-3<sup>5</sup>/<sub>8</sub>×5:5.1L)，DW-6(6-3<sup>3</sup>/<sub>4</sub>×5:5.4L)型の基本構造を示す。この図自体はS/D比からDW-6と見做すことも可であるが，HS-6のS/D比も同一のため特定はできない。このグループの総合的特徴は端的に言えばコンパクト化，スマート化にあった。

図16 Buda 6気筒ガソリン機関HS-6，DS-6，DW-6型の基本構造



『ガソリン、エンジン 取扱ひと修繕上の話』5頁，第二圖。

また、その燃焼室には純正リカードが採用されており、この間、ライセンス導入があったかと想われる。

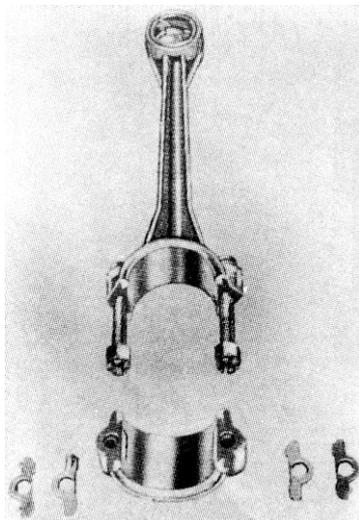
ただし、燃焼室はリカードそのものとなったが、ブダ HS-6・DS-6・DW-6 型機関の点火栓配置は通常、最適視される位置から移され、次善と思しき排気弁直上部にシフトせしめられていた<sup>9</sup>。

しかも、燃焼室ドーム天井付近の断面は肉厚の矩形をなしており、天井面も平らであった。これらのことは明らかに 2 重点火システムのオプション設定を狙った設計の帰結である。

また、ブダの 6 気筒ガソリン機関には釣合錘付きのクランク軸が与えられる場合もあった。恐らく、それは高回転の使用条件に適させたオプションとして設定されていたと考えられる。ブダは自動車メーカーのような量産会社ではなかったから、この種の用途適応はお手のものであったらしい。

標準仕様のブダ HS-6・DS-6・DW-6 型機関は BUS・BA-6・GL-6・GF-6 型に比して連桿を貫く油孔の省略(図 17)や冷却ファン軸受ハウジングと一体化されファンベルトにより駆動される水ポンプ Assey の採用(→タイミング・ギヤの簡素化: 図 18)など、かなりの軽構化の痕が際立つ作品となっていた。冷却ファン軸受自体もハイカラな正面組合せの円錐コロ軸受となっていた。もっとも、高速ないしヘヴィー・デューティー仕様の場合には油孔を持つ連桿が奢<sup>おご</sup>られることが普通であったと観てよからう。

図 17 Buda 6 気筒ガソリン機関の油孔を持たない連桿

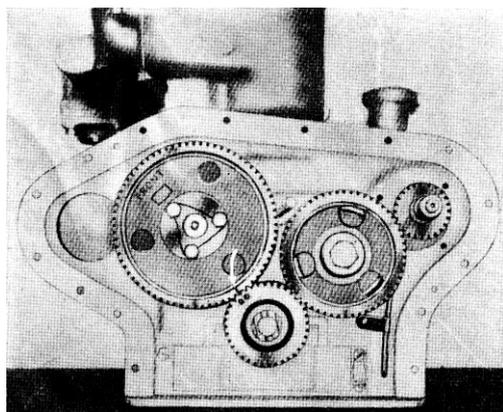
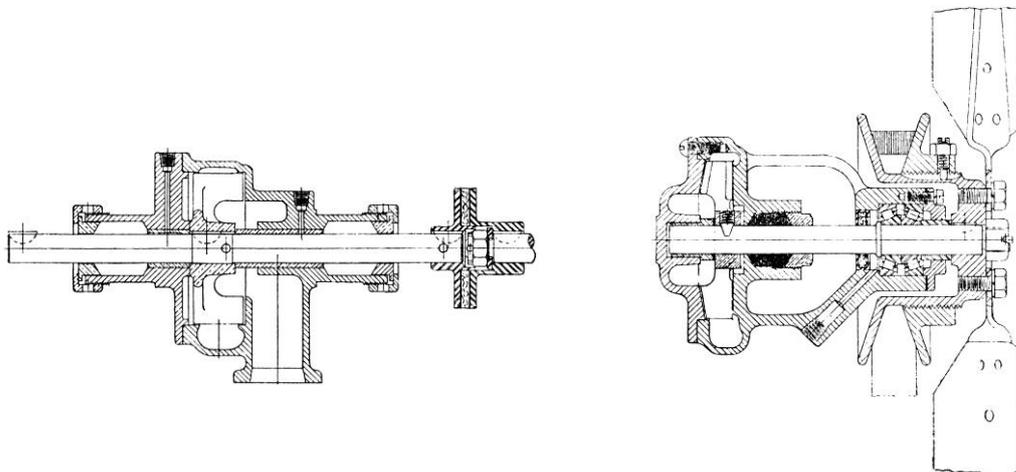


『ガソリン、エンジン 取扱ひと修繕上の話』41 頁，第四十圖。

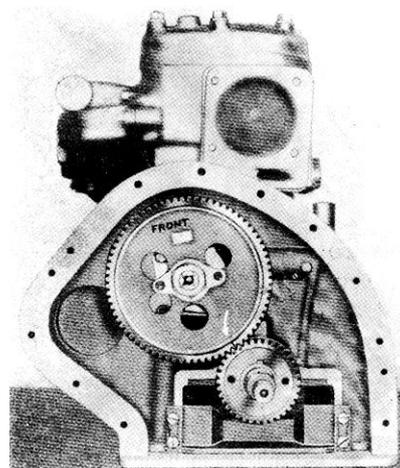
シムは厚みの異なるモノが複数，用意されていたようである。

<sup>9</sup> もっとも、その高温保持に有利な点火栓の排気弁直上配置は例外的事象ではなかった。L ヘッドの点火栓配置としてこればかりを例示した図も観られる。cf., V.,L., Maleev, *Internal Combustion Engines*. 2nd. ed., N.Y. et al., 1945, p.169 Fig.8-20.

図 18 BUS・BA-6・GL-6・GF-6 型と HS-6・DS-6・DW-6 型との水ポンプ回り



BUS・BA-6・GL-6・GF-6 型



HS-6・DS-6・DW-6 型

『ガソリン、エンジン 取扱ひと修繕上の話』33 頁 第三十一圖，34 頁 第三十二圖，35 頁 第三十四圖，第三十五圖。

左下，右端が水ポンプ駆動歯車。矢印はいずれもタイミング合せマークを示す。

ブダ・ガソリン機関の運用に際しては，その能力を従前に発揮させるため，「高級のガソリンと油」を使用することが推奨されていた。また，市販の補修剤“ラヂエーターセメント”や弁の摺合わせ道具等の使用も控えるよう指示されていた。

1 年間にサービス・ステーションに持込まれた機関の故障を原因別に順序付ければ，点火栓の故障を筆頭に，冷却装置の支障，補機類(ガバナ，気化器，点火装置)の調節不良が大部分を占め，以下，不良な油の使用，タペット調整の不履行と続いた。

この時代までのブダ・ガソリン機関における主要項目保守回帰は水ポンプ軸受給脂が毎日，オイル交換・電装品ならびに冷却ファン軸受の給油・気化器内濾網清掃・ネジ類の締付けは1週間ないし 500 マイルごと，以上に加え，タペットすき間調整を 1000 マイルごと，

気筒頭取外しによるカーボン除去・弁摺合わせ・オイルパン取外し/清掃を伴うオイル交換を 5000 マイルごとに実施し、フル・オーバーホールを 1 年ごとに励行すべしと指定されていた。オイルパン内清掃に洗い油として灯油を用いることは厳禁されており、軽油の使用が求められていた。

表 3 に 1928 年時点においてアメリカのトラックに搭載されていたブダ機関の顔ぶれを掲げておく。

表 3 1928 年時点においてアメリカのトラックに搭載されていたブダ機関

型 式	気筒数 $Z - D \times S$ (in.)	$D \times S$ (mm)	総排気量(in. <sup>3</sup> )	同 L	備 考
ABU-I	4 - $4 \times 5\frac{1}{2}$	101.6×139.7	276	4.52	
BA-6	6 - $4\frac{1}{8} \times 5\frac{1}{8}$	104.8×130.2	410	6.72	
BBU	4 - $5 \times 6\frac{1}{2}$	127.0×165.1	510	8.36	BTU の誤りか?
BTU	4 - $5 \times 6\frac{1}{2}$	127.0×165.1	510	8.36	
BUS	6 - $4 \times 5\frac{1}{8}$	101.6×130.2	386	6.33	
DS-6	6 - $3\frac{3}{8} \times 5$	92.1×127.0	310	5.08	
DW-6	6 - $3\frac{3}{4} \times 5$	95.3×127.0	331	5.42	
EBU-I	4 - $4\frac{1}{4} \times 5\frac{1}{2}$	108.0×139.7	312	5.11	
ETU	4 - $4\frac{1}{4} \times 5\frac{1}{2}$	108.0×139.7	312	5.11	
GL-6	6 - $4\frac{1}{2} \times 6$	114.3×152.4	573	9.39	
HS-6	6 - $3\frac{3}{8} \times 4\frac{1}{2}$	85.7×114.3	242	3.97	
HS-6A	6 - $3\frac{3}{8} \times 4\frac{1}{2}$	85.7×114.3	242	3.97	
KBU	4 - $4 \times 5\frac{1}{4}$	101.6×133.4	264	4.33	
KBU-I	4 - $4 \times 5\frac{1}{4}$	101.6×133.4	264	4.33	
KTU	4 - $4 \times 5\frac{1}{4}$	101.6×133.4	264	4.33	
WTJ	4 - $3\frac{3}{4} \times 5\frac{1}{8}$	95.3×130.2	226	3.70	WTU の誤りか?
WTU	4 - $3\frac{3}{4} \times 5\frac{1}{8}$	95.3×130.2	226	3.70	
YBU	4 - $4\frac{1}{2} \times 6$	114.3×152.4	382	6.26	
YBU-I	4 - $4\frac{1}{2} \times 6$	114.3×152.4	382	6.26	
YTU	4 - $4\frac{1}{2} \times 6$	114.3×152.4	382	6.26	

cf., *Dyke's Automobile and Gasoline Engine Encyclopedia*. 15th. ed., Third Run—Revised, Second Printing. pp.965~975.

他に HS なる機種名も見受けるが HS-6 と同定。p.996~997 掲載の農業用トラクター一覧表には YTU 相当機関 1 機種の採用例を見る。出典文献は  $D$  と  $Z$  で決まる N.A.C.C.馬力のみを表示のため出力は省略。

戦前期日本がブダ機関と係わりを持った最大の局面は上述のとおり地方鉄道車両にあった。表 4 は各種客車列車，すなわち単行ディーゼル動車列車，単行ガソリン動車列車，電気

機関車牽引客車列車，蒸気機関車牽引客車列車の運転経費比較を示す。動力はいずれも 35 馬力に統一ないし換算されている。「譯者」が冒頭：

某著名車輛會社技師が専念比較研究の結果作成されたもので極めて信頼し得べきものと信ずる，<sup>したが</sup>随って斯道研究の爲めには適當なる参考材料ともなるであらう，比較表を掲載し得た事も深く感謝する次第である。

と大見栄を切った比較データがこれである。

表 4 35HP のディーゼル動車，ガソリン動車，電機牽引客車，蒸機牽引客車の経済性

備 考	費 轉 運				特 別 設 備	種 類	
	内			割 合			總 計
	人 件 費	全燃 日負 五時 轉間 料ニ テ費	消 燃 費 量 料				
蒸氣機関車ニアリテハ運轉中止中モ相當ノ石炭ヲ要スルモ之ヲ見込マス修繕費ノ點ヨリ考フ ル時ハ耐火力ハガソリン機關最下位ニアリ其他ハ殆ンド四敵ス	(運轉手一人月額金八 十八圓トシテ日額)	(錢重油一合一錢トシテ) 二、二七〇	重油 四升五合五夕 (一時間ニ付キ)	一、一〇〇	四、九三〇	ディーゼル客車 (三十五馬力ディーゼル 機關使用)	
	(同 上)	(ガソリン一合三錢トシテ) 六、三〇〇	ガソリン 四升二合 (同上)	一、八〇〇	八、九六〇	ガソリン客車 (三十五馬力ガソリン 機關使用)	
	(同 上)	(キロワット時 五錢トシテ) 六、五〇〇	電力 二六キロワット (同上)	一、九〇〇	九、一六〇	電氣機關車 (三十五馬力モーター 使用)	
	(運轉手一人火夫一人 月額金百四十五圓ト シテ日額)	(石炭一錢一厘トシテ) 一、五〇〇	石炭 二百十封度 (同上)	三、三〇〇	一六、三五〇	蒸氣機關車 (七噸車、五馬力チ 噸ト假定シテ)	

『ガソリン、エンジン 取扱ひと修繕上の話』 54 頁 第九。

しかしながら、重油とガソリンとの燃料消費量を見較べればガソリンの方が 7.7%も少なくなっている。比重を考慮すればこの比はさらに拡大することになるのであつて、幾ら出来の悪い当時の高速ディーゼルを前提しての計算とは言え、凡そ理解に苦しむ数字と言わざるを得ない。一方、燃料単価を見れば、ガソリンは重油の 3 倍もしている。これはこれで貴

重な歴史的データではある。なお、燃料費の総額は上の不可解な 1 時間当り消費量と燃料単価とを反映する概数として計算はほぼ合っている。

「割合」欄の数値も意図不明である。「圓」などという単位の記入も不用意である。仮に、総計欄の値をディーゼルを 1000 として換算すれば、ガソリンは 1817、電機は 1858、蒸機は 3316 となる。

#### 4. “Hivelo”系 Buda ガソリン機関

続いてブダ・ガソリン機関の第 3 世代に眼を転じよう。旧世代のブダ・ガソリン機関はわが国の鉄道業や鉄道車両工業界に相当な影響を及ぼしたが、'30 年より投入が開始された第 3 世代に属するブダ・ガソリン機関の方はこの国の自動車工業界にも一定の反響を見出すこととなった。

本邦自動車工業の草分けの一つであり、いすゞ自動車と日野自動車工業のルーツに係わる東京瓦斯電気工業(通称“瓦斯電”)自動車部 OB の安藤喜三は 1931 年頃に開発された瓦斯電“ちよだ”S 型機関の「モデルはブダ社(米)のハエベロエンジンですが、これはあまり調子のよいものではありませんでした。ところが試作してみると仕様書どおりの馬力が出たので案外早く試作することができました」と述べている<sup>10</sup>。

コピーして「仕様書どおりの馬力」を出してくれたほどのエンジンに対して文句を垂れる無作法は如何なものかと思われる。その上、「ハエベロ」なる表記に至っては到底、承服させられる類のモノではないのであるが……。

とまれ、'20 年代までのブダ機関はすでに観て来たとおりの低速寄りの設計となっており、4 気筒は 3 主軸受、6 気筒は 4 主軸受方式となっていた。吸排気弁とりわけ排気弁の冷却などもクランク角を以て表されるその着座時間の長さ依存せしめられているような有様であった。

かかる実態と、そこからの脱却を高回転高出力化に求める技術進化の自然な流れと来るべきディーゼル化の趨勢とを想えば、*S/D* 比の切下げ、クランク軸の増径、主軸受のフル・ベアリング化+潤滑システムの強化、バルブタイミングの高速化、冷却系の増強を柱とする高速化、つまり High Velocity 化がブダの狙うところであったろう状況は推測に難くない。つまり、「ハエベロ」ならぬ“Hivelo”が一連の新世代ブダ・ガソリン機関その正体であったというのが安藤的表現のマズさに係わる種明かしとなる。

また、従前の大排気量、中排気量の諸型式との係わりにおいて述べれば、上記に加え、連桿を貫く油孔に代表される BUS・BA-6・GL-6・GF-6 型のヘヴィー・デューティーさと HS-

---

<sup>10</sup> 安藤喜三「自動車技術の開拓に挺身したガス電自動車部」(1966 年 6 月 6 日口述)、自動車工業振興会『自動車史料シリーズ(2) 日本自動車工業史口述記録集』1975 年、所収(引用は 46 頁、より)。

6・DS-6・DW-6型にある程度近いコンパクトさとを兼ねさせつつ高速化を果たしたものが、“Hivelo”系であったという風にも表現することができる。

表5にサイズの近い新旧2機種の中排気量機関の諸元と主運動部関係寸法比較を示す。残念なのは今のところ“Hivelo”系機関の弁開閉時期に係わるデータを見出し得ていないことである。

表5 Buda “Hivelo”系 H-298型と第2世代DW-6型との諸元，主運動部関係寸法比較

	H-298	DW-6		H-298	DW-6
Z	6	6	主軸受径 mm	76.2	63.5
D mm	95.25	95.25	前部主軸受長さ mm	38.1	66.68
S mm	114.30	127.0	中央主軸受長さ mm	50.8	44.45
総排気量 L	4.27	4.75	後部主軸受長さ mm	53.9	73.03
標準出力 HP/1000rpm	38	37	中間主軸受長さ mm	26.9	-
最大出力 HP/rpm	80.5/2800	73/2400	連桿中進間距離 mm	241.3	273.05
最大トルク kg-m/rpm	27.7/1200	27.7/1000	ピストン高さ mm	95.24	111.12
クランクピン径 mm	73.9	63.5	ピストンピン径 mm	28.5	24.93
クランクピン軸受長さ mm	41.2	47.63	ピストンピン軸受長さ mm	77.78	24.93
主軸受数	7	4	機関全長 mm	1010.4	935.0

永井「車輛用機関」348~349頁，第7表より抜粋。

高速型への転生を遂げた“Hivelo”系ブダ・ガソリン機関には in.<sup>3</sup>表記の総排気量を示す三桁数字の前に H を冠した型式称号を持つ機種ばかりではなく，J や K，L を冠された機種にも展開した。その結果，“Hivelo”系は最小モデル H-173 から最大モデル L-525 まで，総排気量にして 2.83L から 8.60L まで，総計 1 ダースばかりの大所帯となり，旧世代と同様，江湖の信頼を獲得して行った<sup>11</sup>。

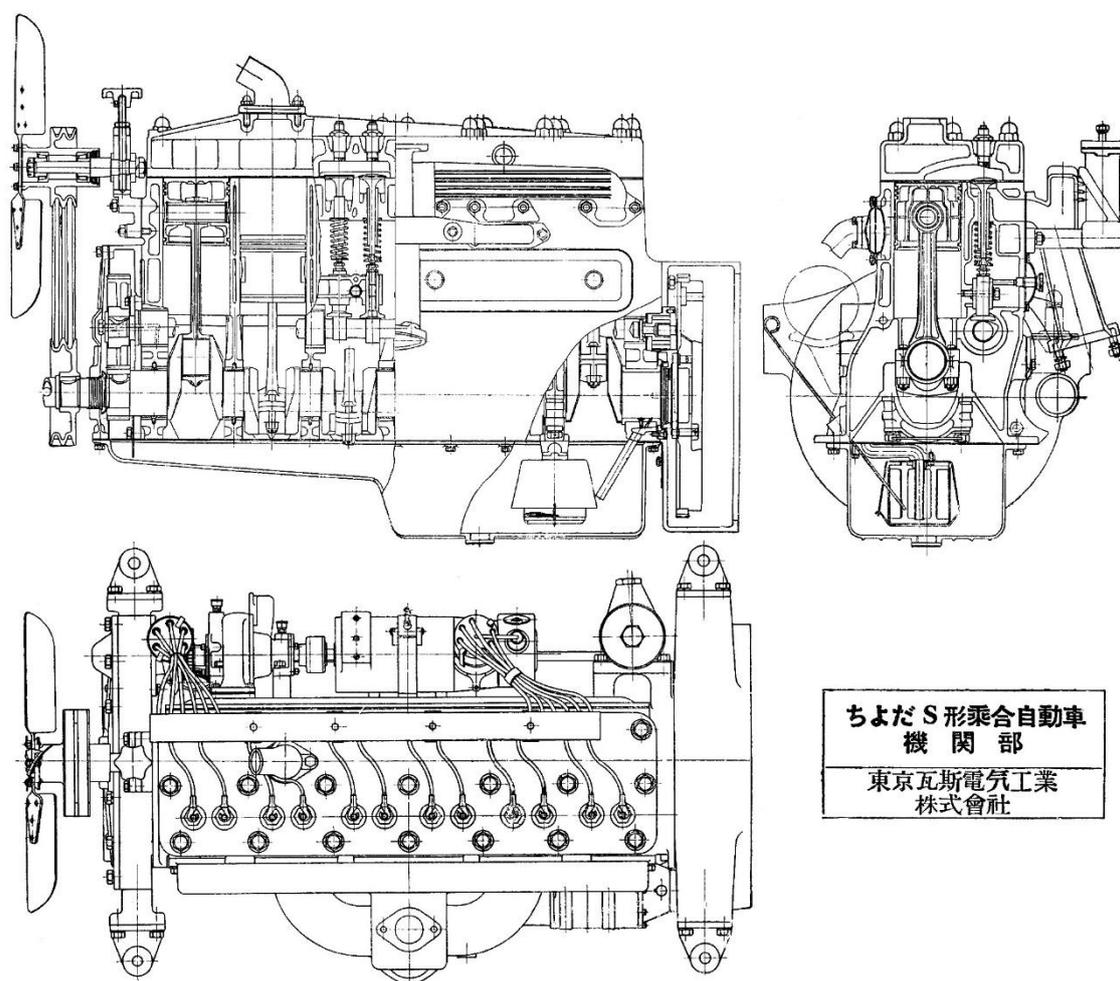
主軸受のフル・ベアリング化を最大の特徴とするブダの“Hivelo”系機関についてはアメリカ発のネット情報が数多，閲覧可能となっており，K-428 型を装備した Koehring 304 型クローラ・クレーン/ショベルの整備マニュアルなどといった資料も覗き見ることが可能となっている<sup>12</sup>。

11 「ハエベロ」を“ちよだ”S型に近いサイズを有する K-393 型(6-106.4×120.7mm, 6.43L)ないし K-428 型(6-111.1×120.7mm, 7.02L)の愛称として限定的に解釈した拙稿「三菱“ふそう”の原点、TU6 型ガソリン機関とその周辺」(『LEMA』誌掲載の後，リポジット登録予定→IRDB)の記述は訂正されなければならない。

12 アメリカ陸軍省，TM5-1168. Google Books 他。

ただ、遺憾なことに“Hivelo”系機関の組立図に類するモノにはお目にかかれていない。よって、ここでは“Hivelo”の分身，“ちよだ”S型機関(6L-110×120mm, 6.84L)のそれを図19として掲げることでお茶を濁すことにしたい。ピストンリングは上部に圧縮が3本でオイルリングはスカートリングとなっているが、これは“Hivelo”系に倣った設計である。連桿を貫く油孔や釣合錘を欠いたクランク軸もオリジナルと同様であった。2重点火方式については上にも示唆しておいたように、元々、オリジナルにおいてもオプションな設定としてあったと考えられる。

図19 Buda “Hivelo”系ガソリン機関の分身，“ちよだ”S型機関の組立図



日本機械學會『改訂 国産機械図集』改訂版，1937年，132頁，より。

1935年時点においてアメリカのトラックに搭載されていたブダ機関の顔ぶれを表6に掲げておく。4気筒機関は退場し、大排気量の4主軸受式GF-6, GL-6といった古武士格2機種を除けば“Hivelo”系への代替が完結していた。最下段の1機種は新たに加わったLanova空気室式ディーゼル，もちろん7軸受式である。

表 6 1935 年時点においてアメリカのトラックに搭載されていたブダ機関

型 式	Z · D × S (in.)	D × S (mm)	総排気量(in. <sup>3</sup> )	同 L	最大出力/回転数 HP/rpm
GF-6	6 · 4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> × 6	120.7 × 152.4	638	10.45	126/1850
GL-6	6 · 4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> × 6	114.3 × 152.4	573	9.39	114/1900
H-298	6 · 3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> × 4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	95.3 × 114.3	298	4.88	80/2800
K-325	6 · 3 <sup>13</sup> / <sub>16</sub> × 4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	96.8 × 120.7	325	5.33	77/2100
K-369	6 · 4 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> × 4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	103.2 × 120.7	369	6.05	99/2800
K-393	6 · 4 <sup>3</sup> / <sub>16</sub> × 4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	106.4 × 120.7	393	6.44	103/2600
K-428	6 · 4 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> × 4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	111.1 × 120.7	428	7.01	107/2600*
K-468	6 · 4 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> × 5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	108.0 × 139.7	468	7.67	108/2200
L-525	6 · 4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> × 5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	108.0 × 139.7	525	8.60	111/2400
D6-415	6 · 4 × 5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	101.6 × 139.7	415	6.80	93/2000

cf., *Dyke's Automobile and Gasoline Engine Encyclopedia*. 17th. ed., pp.965~973.

\* 105/2400 と表記された箇所あり.

最下段のラノーファ空気室式ディーゼルは後刻, 6LD 415 と改称.

## むすびにかえて

ブダは'30年代, MAN(ドイツ)の横吹き直噴高速ディーゼル機関のライセンス生産を行い, 次いで Lanova 空気室式高速ディーゼルをもラインナップした. それらは大成には至らなかったようであるが, 戦後, ブダは通常構造の直噴高速ディーゼルの自主開発に成功している<sup>13</sup>.

1953年, ブダは有力農機・建機メーカー, Allis-Chalmers Manufacturing Company(米: 現・Allis-Chalmers Energy および AGCO)に買収され, そのディーゼル事業部となった. それはアメリカにおける産業動力用ガソリン機関時代の終焉を象徴する展開でもあった<sup>14</sup>.

1970年前後には建機技術で AC と提携関係にあった神戸製鋼所の系列会社, 神鋼造機が神鋼・AC ホイールローダの動力としてブダの流れを汲む AC ディーゼル機関のライセンス生産に乗り出している. しかし, この事業はほどなく頓挫を来し, ブダの血脈とこの国との接点はまたしても面への拡がりを持ち得ぬままに潰え去った<sup>15</sup>.

<sup>13</sup> 永井「車輛用機関」347, 392~393頁, 門馬孝吉『最新 高速ディーゼル機関』自動車工学社, 1937年, 319~320頁, 大井上 博『高速ディーゼル機関』山海堂, 1940年, 172頁, 中島桂太郎『機関』山海堂 自動車工学講座2, 1956年, 巻末附表1, 参照.

<sup>14</sup> 舟艇協会『造船要覧 1959年版』同協会出版部, 1959年, 所収の各国ディーゼル機関一覧表に AC 社 Buda Division なる表記が見られる.

<sup>15</sup> 簡単には拙著『ディーゼル技術史の曲り角』信山社, 1993年, 174, 180頁, 参照.