

# BMW 九型及び Curtiss D-12 發動機の 冷却水及び滑油放熱量

嘱 託 西 脇 仁 一  
嘱 託 高 月 龍 男  
雇 川 口 恒 夫

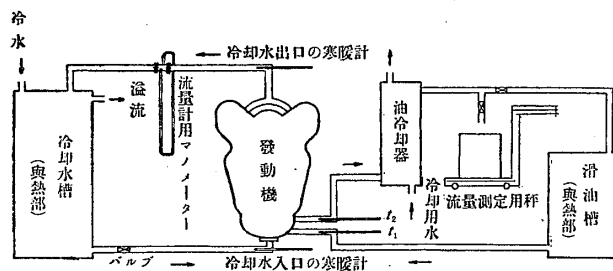
## 1. 緒 言

航空用冷却器の設計に當り、必要缺くべからざる數値であり乍ら今まで餘り調査されず、等閑に附せられてゐたのは發動機の冷却水放熱量である。一般に發動機の氣筒壁から冷却水へ傳達される熱量(冷却水放熱量)は氣筒の構造、使用金屬材料の種類、回轉數、壓縮比、燃料の性質、冷却水溫度等により影響をうける事は理論上も推定し得らるゝ事であり又實驗的に研究した報告も尠からず發表されてゐる。<sup>(1)</sup>従つて個々の型式毎に冷却水放熱量を測定して置かねばならぬ。滑油放熱量についても全く同様でこれは殊に發動機の構造と共に著しく變るものである。

如上の見地から標題に示した様に BMW 九型及び Curtiss D-12 の兩發動機に就きその冷却水放熱量及び滑油放熱量を測定した。前者は高月囑託と共同して發動機運轉室で、後者は渡部囑託に御願ひして低壓實驗室で實驗した。

## 2. 實 驗 装 置

第1圖は實驗裝置の概略を圖示したもので冷却水槽に注ぐ冷たい水の流量を加減する事により發動機へ供給される冷却水の溫度を出来る丈一定に保つ、冷却水の發動機出入口部には寒暖計(Curtiss 發動機の場合には熱電對)を設け、冷却水の流量はノルム・デューゼ(Curtiss

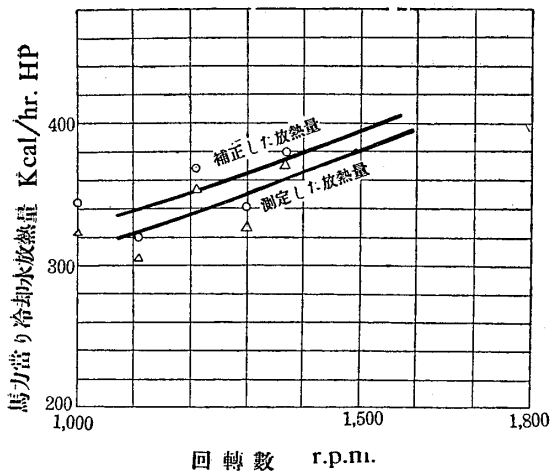


第1圖 實體裝置

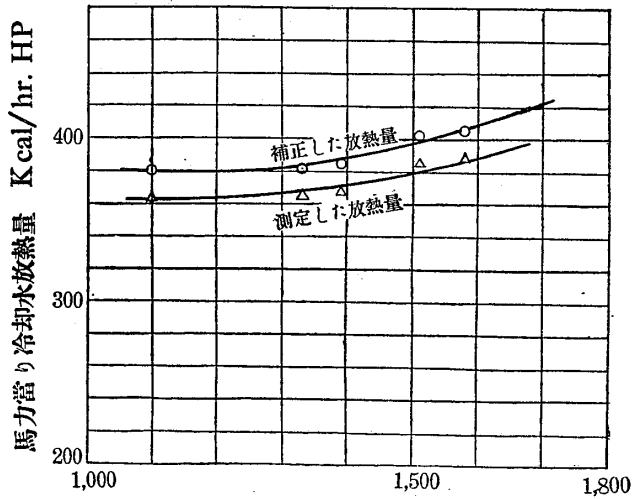
發動機の場合はベンチュリ)を用ひて測定した。滑油放熱量の測定方法も略々同じで滑油槽出口の溫度を一定にするため滑油冷却器へ通ずる冷却用水の流量を加減し、滑油の流量は圖示の様に秤とストップ・ウォッチ(B.M.W. 發動機の場合)により測定した。

(1) N. Champsaur; Congrès international de mécanique générale, (1930) 348~357 頁. N. Champsaur; Publications scientifiques et techniques du ministère de l'air, No. 17 (1932). E. Drucker: ZVDI (1933) 912-913 頁. Pülz: Kühlung und Kühler für Flugmotoren. H. Weidinger: ZFM 20 卷 (1931) 541-546 頁. E. Hecker: ZVDI (1930) 477 頁. G. W. Frank: SAEJ 25 卷 (1929) 329-343 頁. Oestrich: ZFM 24 卷 (1933) 188-192 頁等。

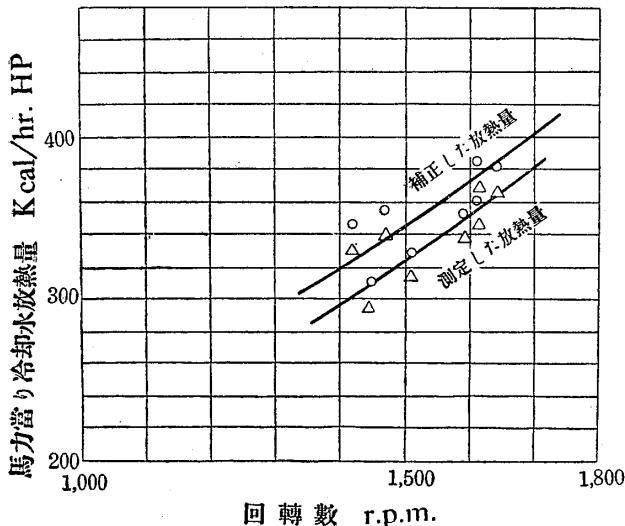
3. B.M.W. 九型發動機の冷却水放熱量



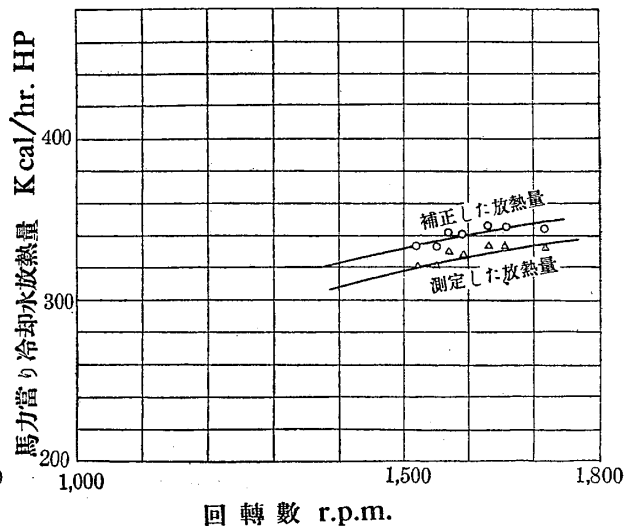
第2圖 i 絞り弁開度 30°



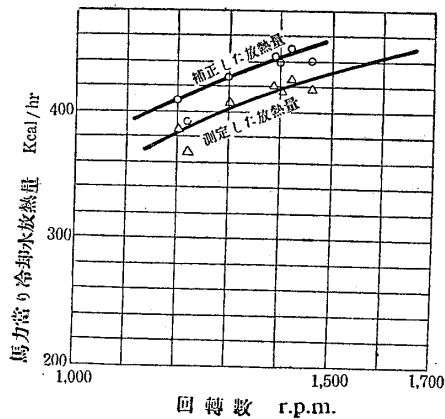
第2圖 ii 絞り弁開度 30°



第2圖 iii 絞り弁開度 35°



第2圖 iv 絞り弁開度 40°



第2圖 v 絞り弁開度 25°

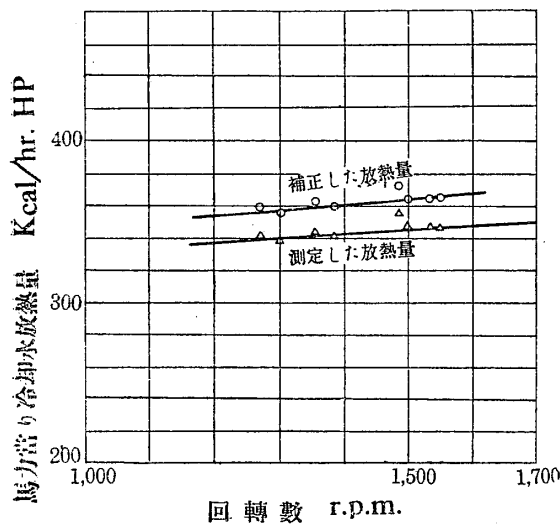
第2圖 B. M. W. 九型發動機の冷却水放熱量と回転数との関係 (ベンゾール 70, ガソリンの 30 場合)

実験には燃料として

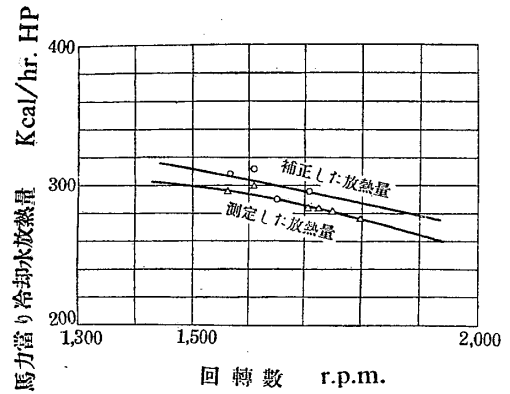
- a. ペンゾール 70, ガソリン 30 (航空 3 號)
- b. 航研研究所永井所員作製 B 燃料

の 2 種を使用し, 氣化器の絞り弁開度を一定にした場合につき回轉數と出力, 冷却水放熱量, 滑油放熱量等との關係を調べた。

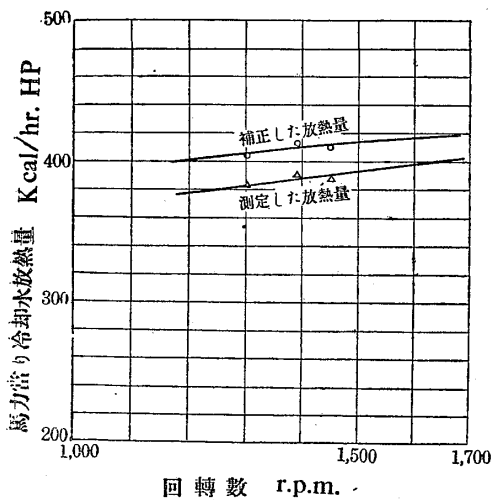
第 1~5 表及び第 6~9 表は a 及び b 燃料を使用した場合の實驗結果を示し, 第 2 及び 3 圖は此等實驗結果をプロットしたもの, 第 4 及び 5 圖は第 2 及び 3 圖から内 (又は外) 挿法により一定回轉數に於ける冷却水放熱量と軸馬力との關係を示したものである。



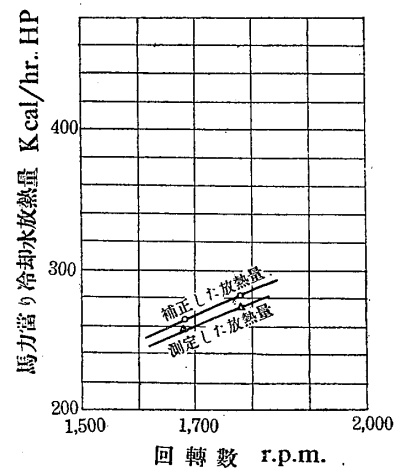
第 3 圖 vi 絞り弁開度 30°



第 3 圖 vii 絞り弁開度 40°

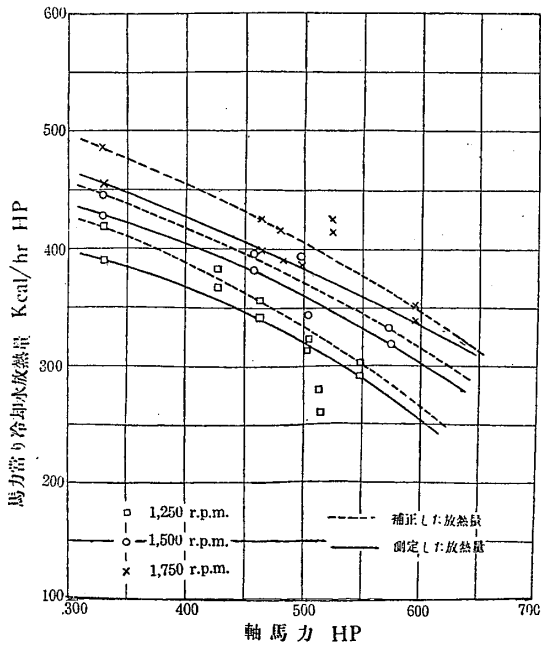


第 3 圖 viii 絞り弁開度 25°

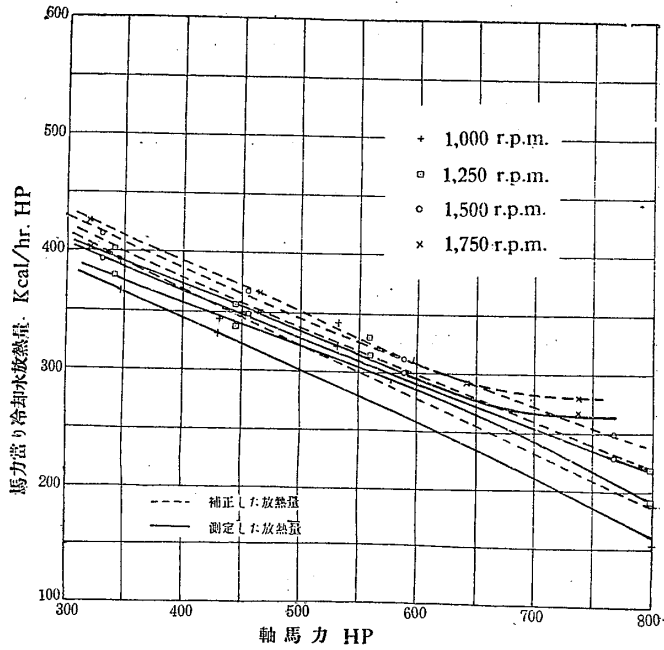


第 3 圖 ix 絞り閉開度 全開

第 3 圖 B. M. W 九型發動機の冷却水放熱量と回轉數との關係 (航研永井所員作製 B 燃料の場合)



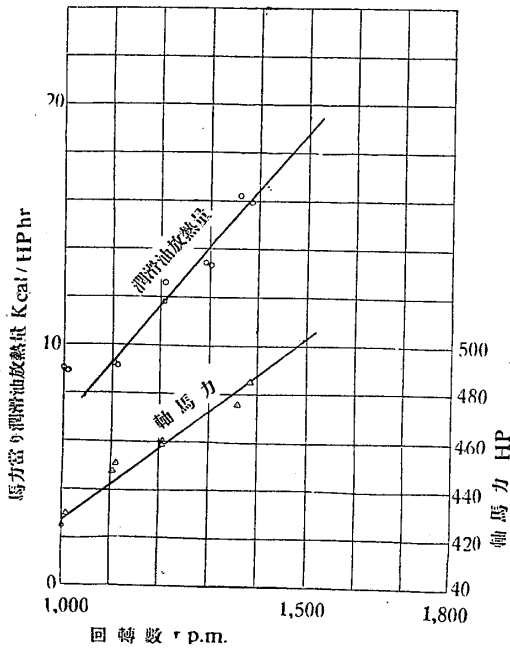
第 4 圖 B. M. W. 九型發動機の冷却水放熱量と軸馬力との関係 (ベンゾール 70, ガソリン 30 の場合)



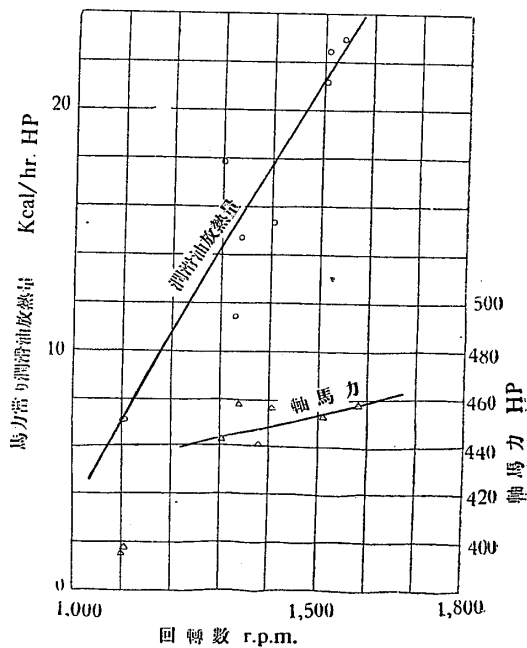
第 5 圖 B. M. W. 九型發動機の冷却水放熱量と軸馬力との関係 (航研永井所員作製 B 燃料の場合)

4. B.M.W. 九型發動機の滑油放熱量

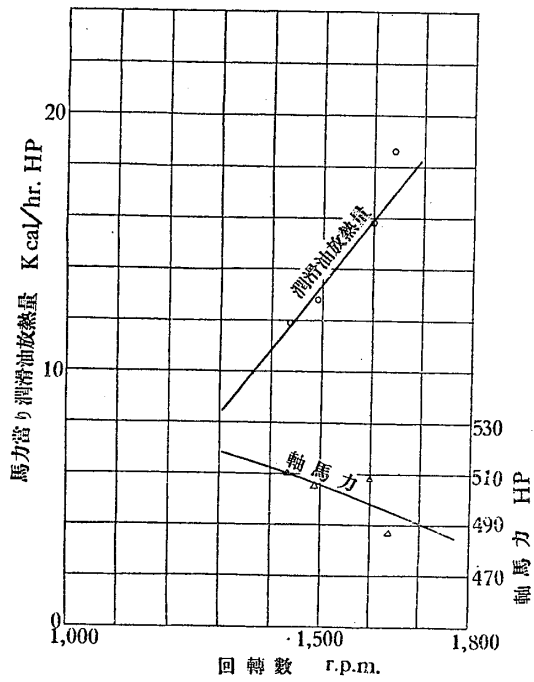
冷却水の場合と同様滑油についても行つた実験の結果は第 1~5 表及び第 6~9 表に示してある。第 6 及び 7 圖は此等実験結果をプロットしたもの、第 8 及び 9 圖は第 6 及び 7 圖から内 (又は外) 挿法により一定回轉數に於ける潤滑油放熱量と軸馬力との關係を示したものである。



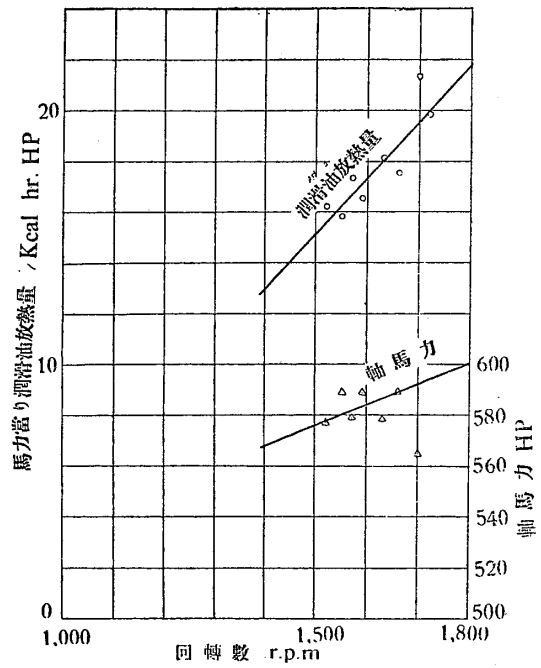
第 6 圖 i 絞り瓣開度 30°



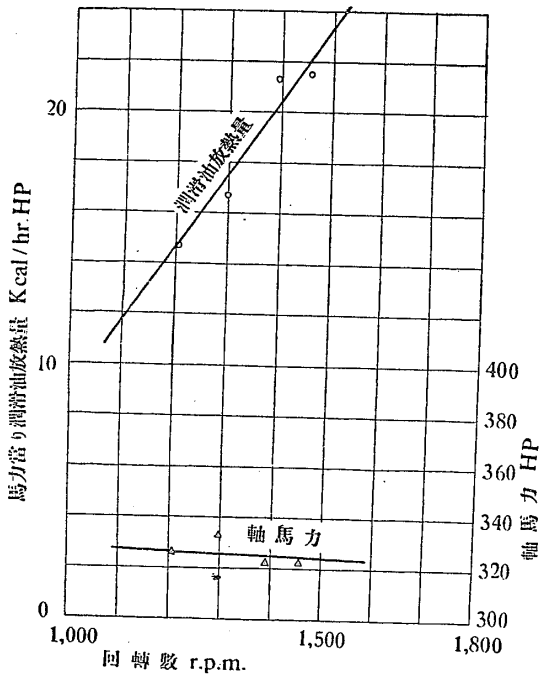
第 6 圖 ii 絞り瓣開度 30°



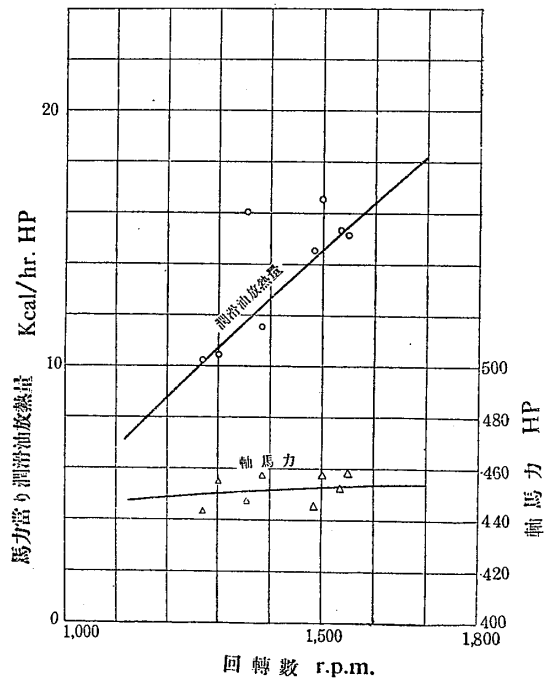
第6圖 iii 絞り弁開度 35°



第6圖 iv 絞り弁開度 40°

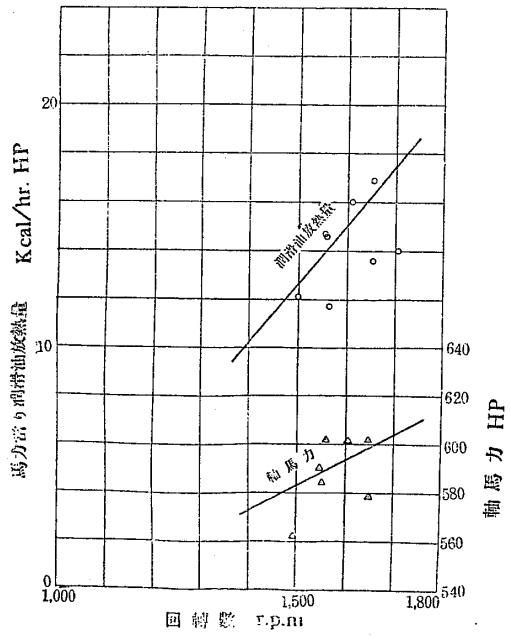


第6圖 v 絞り弁開度 25°

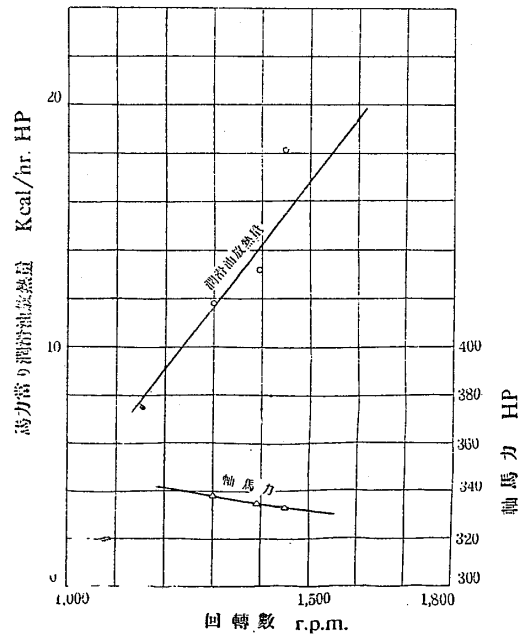


第7圖 vi 絞り弁開度 30°

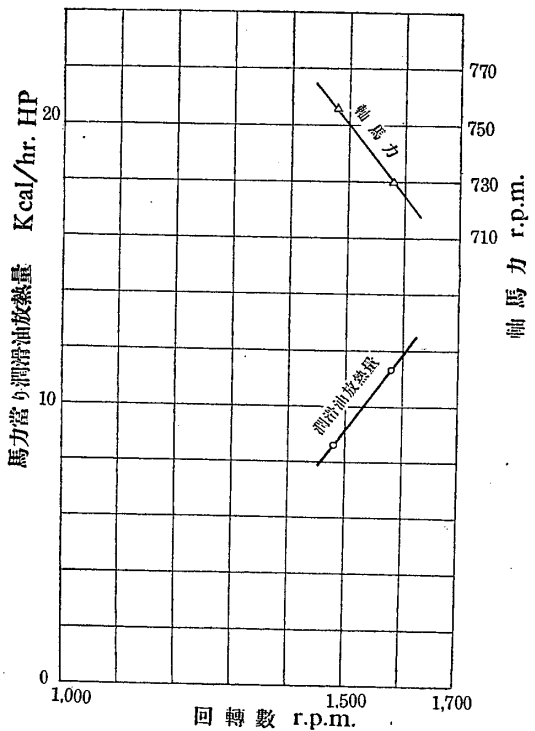
第6圖 B.M.W.九型發動機の滑放熱量と回転数との関係(ベンゾール70,ガソリン30の場合)



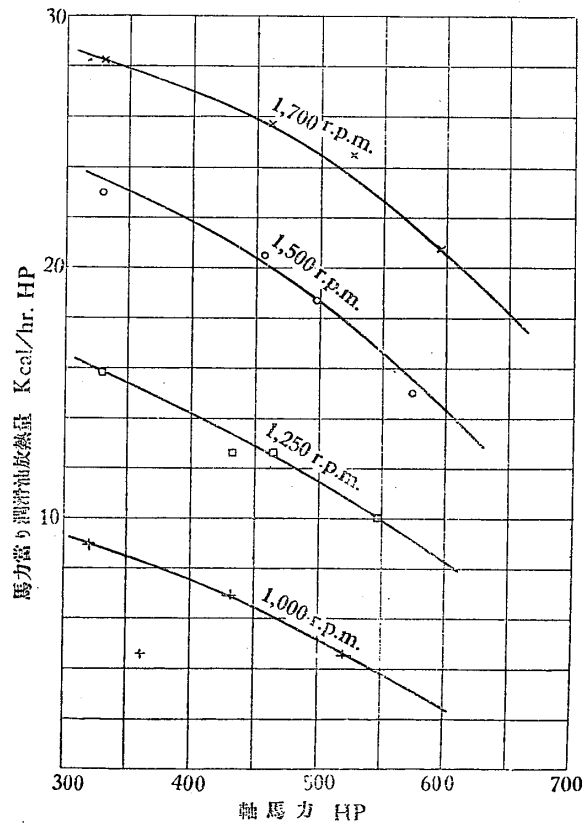
第7圖 vii 絞り瓣開度 40°



第7圖 viii 絞り瓣開度 25°



第7圖 ix 絞り閉開度 全開



第8圖

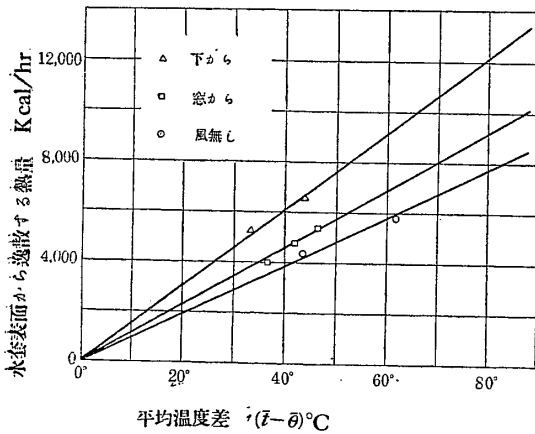
第7圖 B. M. W. 九型發動機の滑油放熱量と回転数との關係 (航研永井所員作製B燃料の場合)

第8圖 B. M. W. 九型發動機の滑油放熱量と軸馬力との關係 (ベンゾール70, ガソリン30の場合)

5. 水套の表面から逸散する熱量

第3又は4節で述べた実験に於て i-viii までの実験はすべて送風機により發動機クランク室の下方から冷風を吹きつけて排気瓦斯が室外へ逃げる様にした爲水套の表面から相当量の熱が大氣中に逸散する筈である。この熱量丈實驗結果に對し補正する必要があるから、發動機水套部へ温水を流通せしめて發動機出入口部に於ける温度差及び流量からこの熱量を求めた。第10圖は實驗結果をプロットしたもので「風無し」とは送風機の運轉を中止した場合、「下より」とは上記の様にクランク室の下方から送風した場合、「窓より」とは運轉室の窓から冷風を發動機に向け吹きつけた場合（實驗第 ix 番）を示してゐる。

第2~5圖に於て點線はこの水套表面から逸散する熱量丈加へて補正した場合を表してゐる。

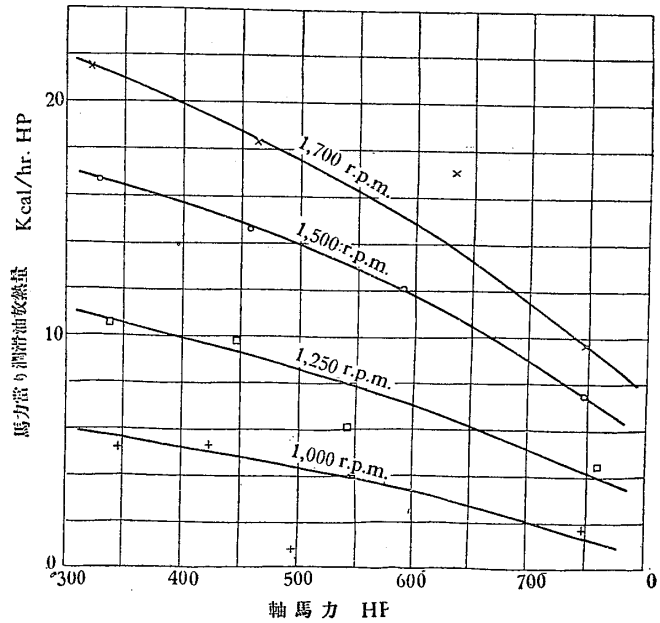


第10圖 B.M.W. 九型發動機の水套表面から逸散する熱量

第4~5圖に示す様に馬力當り冷却水放熱量は軸馬力が増す程減少する。これは燃料混合比、氣筒壁に於ける熱傳達の機構を考へれば想像し得る事柄である。第2~3圖からも分かる様に同じ絞り瓣開度一定の場合には大体に於て回轉數が増す程馬力當り冷却水放熱量は減少する。又 B 燃料（オクタン價 93）の様に燃料のオクタン價の高いものほどオクタン價の小さ

7. 結 語

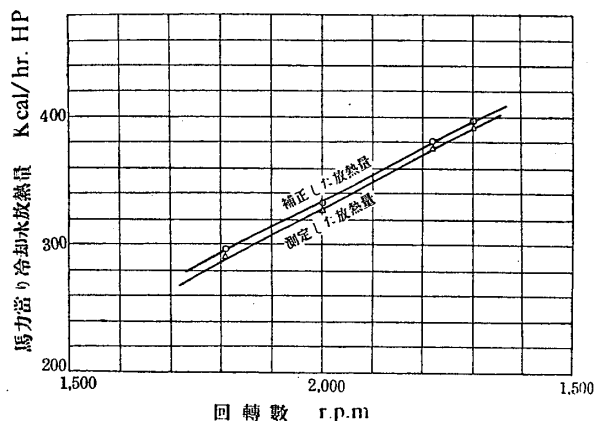
第4~5圖に示す様に馬力當り冷却水放熱量は軸馬力が増す程減少する。これは燃料混合比、氣筒壁に於ける熱傳達の機構を考へれば想像し得る事柄である。第2~3圖からも分かる様に同じ絞り瓣開度一定の場合には大体に於て回轉數が増す程馬力當り冷却水放熱量は減少する。又 B 燃料（オクタン價 93）の様に燃料のオクタン價の高いものほどオクタン價の小さ



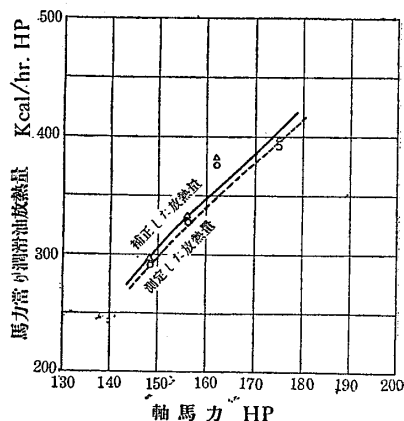
第9圖 B.M.W. 九型發動機の滑油放熱量と軸馬力との關係（航研永井所員作製B燃料の場合）

6. Curtiss D-12 發動機の冷却水熱量

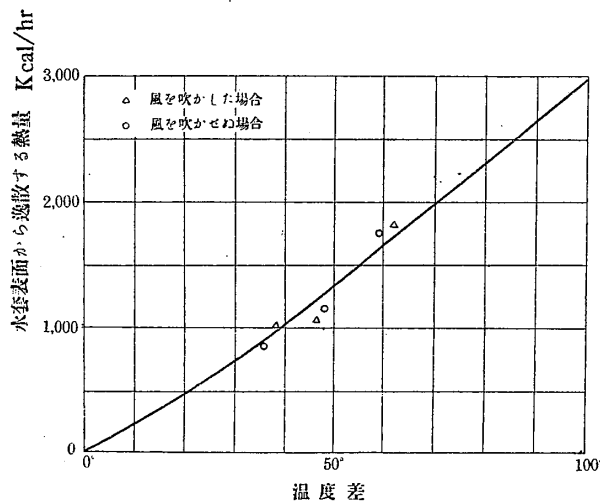
B.M.W. 九型發動機の場合と同様 Curtiss D-12發動機に就いてもその冷却水熱量及び滑油放熱量を測定したが、測定装置を低壓室内に収めねばならぬ關係上滑油放熱量の測定は巧く行かなかつた。第10表は冷却水熱量の測定結果を示し、第11圖は冷却水熱量と回轉數との關係を、第12圖は冷却水熱量と軸馬力との關係をプロットしたものである。第13圖は水套表面より逸散する熱量を測定した結果を示し、風を吹かした場合は發動機上方に設けた吸入管により低壓實驗室内の空氣を吸収した場合で風を吹かさぬ場合はこの空氣排出を行はぬ場合を示してゐる。



第 11 圖 Curtiss D-12 發動機の冷却水熱量と回轉數との關係



第 12 圖 Curtiss D-12 發動機の冷却水熱量と軸馬力との關係



第 13 圖 Curtiss D-12 發動機の水套表面から逸散する熱量

い燃料（ベンゾール 70，ガソリン 30 の燃料はオクタン價約 88）に比し馬力當り冷却水放熱量が小となる點は Champsaur の行つた實驗結果と全く同じ傾向を呈してゐる。滑油放熱量に關しても冷却水の場合と全く同様の傾向を表し、回轉數が減少する程馬力當り滑油放熱量の減する度合は水の場合よりも更に顯著である。

この種の問題に關する實驗データは發動機の側から云へば大した意味を有するものではないが、航空機設計者から兎角問題となる冷却器の抵抗、大さ等を考究する上に於て相當に重要な價値を備へてゐる。従つて今後共機會を得れば實驗して行き度い考へである。筆を擱くに當り本實驗の遂行を許された田中先生、並びに面倒な願ひを快く容れて實驗して下された渡部囑託に厚く御禮申し上げます。



第 1 表 B.M.W. 九型發動機につきベンゾール 70, ガソリン 30 の燃料を使用した實驗結果

實驗月日 昭和 10 年 11 月 4 日 燃料 Benzol 70, Gasoline (航空 3 號) 30  
大氣壓 766.2 mm 水銀柱 絞り 瓣開度 30°

回轉荷重軸馬力 kg r.p.m.	冷却水	潤滑油				平均溫度差 $\bar{t}-\theta$ °C	補正 $q'/HP$ kcal/hrHP	補正した冷却水放熱量 $\frac{q_1}{HP} + \frac{q'}{HP}$ kcal/hrHP
		入口溫度 °C	出口溫度 °C	入口溫度 °C	出口溫度 °C			
1010	入口溫度 64.1 出口溫度 77.1 溫度差 13.0 流量 10590 kg/hr 放熱量 $q_1$ kcal/hr 138000	入口溫度 49.1 出口溫度 61.0 溫度差 12.9 流量 551 kg/hr	入口溫度 51.7 出口溫度 64.7 溫度差 13.0 流量 586 kg/hr	入口溫度 38.1 出口溫度 61.0 溫度差 22.9 流量 437 kg/hr	入口溫度 40.3 出口溫度 64.5 溫度差 24.2 流量 528 kg/hr	57.6	20	343
1112	入口溫度 53.5 出口溫度 66.0 溫度差 12.5 流量 10950 kg/hr 放熱量 $q_1$ kcal/hr 137000	入口溫度 51.7 出口溫度 64.7 溫度差 13.0 流量 586 kg/hr	入口溫度 38.1 出口溫度 61.0 溫度差 22.9 流量 437 kg/hr	入口溫度 40.3 出口溫度 64.5 溫度差 24.2 流量 528 kg/hr	入口溫度 33.3 出口溫度 66.0 溫度差 32.7 流量 486 kg/hr	45.9	15	320
1206	入口溫度 55.9 出口溫度 69.9 溫度差 14.0 流量 11540 kg/hr 放熱量 $q_1$ kcal/hr 162000	入口溫度 38.1 出口溫度 61.0 溫度差 22.9 流量 437 kg/hr	入口溫度 40.3 出口溫度 64.5 溫度差 24.2 流量 528 kg/hr	入口溫度 33.3 出口溫度 66.0 溫度差 32.7 流量 486 kg/hr	入口溫度 13.4 出口溫度 14.1 溫度差 0.7 流量 7300 kcal/hr	49.1	16	369
1292	入口溫度 55.6 出口溫度 68.9 溫度差 13.3 流量 12670 kg/hr 放熱量 $q_1$ kcal/hr 169000	入口溫度 33.3 出口溫度 66.0 溫度差 32.7 流量 486 kg/hr	入口溫度 13.4 出口溫度 14.1 溫度差 0.7 流量 7300 kcal/hr	入口溫度 15.9 出口溫度 15.9 溫度差 0 流量 7700 kcal/hr	入口溫度 14.1 出口溫度 14.1 溫度差 0 流量 7200 kcal/hr	48.2	14	341
1385	入口溫度 54.8 出口溫度 68.3 溫度差 13.5 流量 13180 kg/hr 放熱量 $q_1$ kcal/hr 178000	入口溫度 15.9 出口溫度 15.9 溫度差 0 流量 7700 kcal/hr	入口溫度 14.1 出口溫度 14.1 溫度差 0 流量 7200 kcal/hr	入口溫度 15.9 出口溫度 15.9 溫度差 0 流量 7700 kcal/hr	入口溫度 15.9 出口溫度 15.9 溫度差 0 流量 7700 kcal/hr	47.5	15	380

第 2 表 B.M.W. 九型發動機につきベンゾール 70, ガソリン 30 の燃料を使用した實驗結果

實驗月日 昭和 10 年 11 月 12 日 燃料 Benzol 70, Gasoline (航空 3 號) 30  
大氣壓 758.8 mm 水銀柱 絞り 瓣開度 30°

回轉荷重軸馬力 kg r.p.m.	冷却水	潤滑油				平均溫度差 $\bar{t}-\theta$ °C	補正 $q'/HP$ kcal/hrHP	補正した冷却水放熱量 $\frac{q_1}{HP} + \frac{q'}{HP}$ kcal/hrHP
		入口溫度 °C	出口溫度 °C	入口溫度 °C	出口溫度 °C			
1105	入口溫度 54.6 出口溫度 67.8 溫度差 13.2 流量 10900 kg/hr 放熱量 $q_1$ kcal/hr 144000	入口溫度 58.8 出口溫度 67.0 溫度差 8.2 流量 628 kg/hr	入口溫度 59.0 出口溫度 68.0 溫度差 9.0 流量 568 kg/hr	入口溫度 55.5 出口溫度 67.7 溫度差 12.2 流量 763 kg/hr	入口溫度 40.2 出口溫度 65.5 溫度差 25.3 流量 586 kg/hr	47.2	18	381
1100	入口溫度 56.5 出口溫度 69.4 溫度差 12.9 流量 12700 kg/hr 放熱量 $q_1$ kcal/hr 146000	入口溫度 46.9 出口溫度 67.5 溫度差 20.6 流量 592 kg/hr	入口溫度 37.7 出口溫度 69.0 溫度差 31.3 流量 600 kg/hr	入口溫度 42.6 出口溫度 72.1 溫度差 29.5 流量 659 kg/hr	入口溫度 22.9 出口溫度 22.9 溫度差 0 流量 10480 kcal/hr	47.4	17	382
1340	入口溫度 57.3 出口溫度 69.7 溫度差 12.4 流量 13300 kg/hr 放熱量 $q_1$ kcal/hr 165000	入口溫度 37.7 出口溫度 69.0 溫度差 31.3 流量 600 kg/hr	入口溫度 42.6 出口溫度 72.1 溫度差 29.5 流量 659 kg/hr	入口溫度 22.9 出口溫度 22.9 溫度差 0 流量 10480 kcal/hr	入口溫度 22.9 出口溫度 22.9 溫度差 0 流量 10480 kcal/hr	49.4	17	385
1304	入口溫度 57.5 出口溫度 69.4 溫度差 11.9 流量 14700 kg/hr 放熱量 $q_1$ kcal/hr 175000	入口溫度 46.9 出口溫度 67.5 溫度差 20.6 流量 592 kg/hr	入口溫度 37.7 出口溫度 69.0 溫度差 31.3 流量 600 kg/hr	入口溫度 42.6 出口溫度 72.1 溫度差 29.5 流量 659 kg/hr	入口溫度 22.9 出口溫度 22.9 溫度差 0 流量 10480 kcal/hr	49.6	17	403
1405	入口溫度 58.0 出口溫度 69.4 溫度差 11.4 流量 15600 kg/hr 放熱量 $q_1$ kcal/hr 178000	入口溫度 46.9 出口溫度 67.5 溫度差 20.6 流量 592 kg/hr	入口溫度 37.7 出口溫度 69.0 溫度差 31.3 流量 600 kg/hr	入口溫度 42.6 出口溫度 72.1 溫度差 29.5 流量 659 kg/hr	入口溫度 22.9 出口溫度 22.9 溫度差 0 流量 10480 kcal/hr	50.1	17	406
1380	入口溫度 58.0 出口溫度 69.4 溫度差 11.4 流量 15600 kg/hr 放熱量 $q_1$ kcal/hr 178000	入口溫度 46.9 出口溫度 67.5 溫度差 20.6 流量 592 kg/hr	入口溫度 37.7 出口溫度 69.0 溫度差 31.3 流量 600 kg/hr	入口溫度 42.6 出口溫度 72.1 溫度差 29.5 流量 659 kg/hr	入口溫度 22.9 出口溫度 22.9 溫度差 0 流量 10480 kcal/hr	50.1	17	403
1510	入口溫度 58.0 出口溫度 69.4 溫度差 11.4 流量 15600 kg/hr 放熱量 $q_1$ kcal/hr 178000	入口溫度 46.9 出口溫度 67.5 溫度差 20.6 流量 592 kg/hr	入口溫度 37.7 出口溫度 69.0 溫度差 31.3 流量 600 kg/hr	入口溫度 42.6 出口溫度 72.1 溫度差 29.5 流量 659 kg/hr	入口溫度 22.9 出口溫度 22.9 溫度差 0 流量 10480 kcal/hr	50.1	17	403
1580	入口溫度 58.0 出口溫度 69.4 溫度差 11.4 流量 15600 kg/hr 放熱量 $q_1$ kcal/hr 178000	入口溫度 46.9 出口溫度 67.5 溫度差 20.6 流量 592 kg/hr	入口溫度 37.7 出口溫度 69.0 溫度差 31.3 流量 600 kg/hr	入口溫度 42.6 出口溫度 72.1 溫度差 29.5 流量 659 kg/hr	入口溫度 22.9 出口溫度 22.9 溫度差 0 流量 10480 kcal/hr	50.6	17	406

第3表 B.M.W. 九型發動機につきベンゾール70, ガソリン30の燃料を使用した實驗結果  
 實驗月日 昭和10年11月14日 燃料 Benzol 70, Gasoline (航空3號) 30  
 大氣壓 767.7 mm 水銀柱 絞り瓣開き角 35°

回轉 r.p.m.	轉荷 kg	軸馬力 B.H.P.	冷			却			水			潤滑油			室溫 $\bar{\theta}$ °C	平均 溫度差 $\bar{t}-\theta$ °C	補 水套表面 から逃げる 熱量 $q'$ kcal/hr	正 $q/HP$ kcal/hrHP	補正した冷 却水放熱量 $\frac{q_1 + q'}{HP}$ kcal/hrHP
			入口 溫度 °C	出口 溫度 °C	口 溫度 °C	溫度差 °C	流量 kg/hr	放熱量 $q_1$ kcal/hr	馬力 當り 放熱量 kcal/hrHP	入口 溫度 °C	出口 溫度 °C	口 溫度 °C	溫度差 °C	流量 kg/hr					
1446	180	521	62.1	73.1	11.0	14000	154000	296	62.4	20.9	540	6100	11.9	15.0	52.6	8000	15	311	
1420	177.5	504	54.1	66.2	12.1	13800	167000	332	68.4	20.0	600	6480	12.8	15.1	45.1	6860	14	346	
1510	170	512	57.4	68.8	11.4	14600	161000	315	71.4	23.1	648	8080	15.8	15.0	46.4	7050	14	361	
1472	170	501	56.0	67.9	11.9	14400	171000	342	71.8	24.8	672	9020	18.6	14.7	46.2	702	15	382	
1610	160	516	55.7	67.1	11.4	15700	179000	347	77.2	37.5	594	12000	21.3	14.9	46.2	702	15	385	
1590	157.5	501	56.8	67.7	10.9	15600	170000	339											
1638	150	492	55.3	66.5	11.2	16200	181000	368											
1638	147.5	483	55.5	66.5	11.0	16200	178000	367											
1614	147.5	477	55.6	66.6	11.0	16000	176000	370											

第4表 B.M.W. 九型發動機につきベンゾール70, ガソリン30の燃料を使用した實驗結果  
 實驗月日 昭和10年11月15日 燃料 Benzol 70, Gasoline (航空3號) 30  
 大氣壓 763.4 mm 水銀柱 絞り瓣開度 40°

回轉 r.p.m.	轉荷 kg	軸馬力 B.H.P.	冷			却			水			潤滑油			室溫 $\bar{\theta}$ °C	平均 溫度差 $\bar{t}-\theta$ °C	補 水套表面 から逃げる 熱量 $q'$ kcal/hr	正 $q/HP$ kcal/hrHP	補正した冷 却水放熱量 $\frac{q_1 + q'}{HP}$ kcal/hrHP
			入口 溫度 °C	出口 溫度 °C	口 溫度 °C	溫度差 °C	流量 kg/hr	放熱量 $q_1$ kcal/hr	馬力 當り 放熱量 kcal/hrHP	入口 溫度 °C	出口 溫度 °C	口 溫度 °C	溫度差 °C	流量 kg/hr					
1550	190	589	58.5	70.8	12.3	15400	189000	321	67.1	28.1	598	9080	15.4	17.8	46.9	7130	12	333	
1592	185	589	56.7	69.0	12.3	15700	193000	328	68.8	31.8	565	9600	16.5	18.1	44.8	6810	12	340	
1570	177.5	579	56.8	68.8	12.0	15500	191000	330	70.6	34.2	542	10000	17.3	18.1	44.7	6790	12	342	
1656	177.5	589	56.8	68.8	12.0	16300	196000	333	73.7	37.1	515	10300	17.5	18.1	44.6	6780	12	345	
1630	177.5	578	57.8	69.4	11.6	16050	193000	334	74.8	37.3	520	10500	18.1	18.2	45.4	6900	12	346	
1718	172.5	593	57.8	69.4	11.6	17000	197000	332	76.7	38.3	567	11700	19.8	18.2	45.1	6860	12	344	
1700	166	565	56.6	66.6	11.0	16800	195000	345	77.2	37.5	594	12000	21.3	18.5	45.1	6860	12	357	

第 5 表 B.M.W. 九型發動機につきベンゾール 70, ガソリン 30 の燃料を使用した実験結果  
 実験月日 昭和 10 年 11 月 18 日 燃料 Benzol 70, Gasoline (航空 3 號) 30  
 大氣壓 766.0 mm 水銀柱 絞り開度 25°

回轉 r.p.m.	轉荷 kg	軸馬力 B.H.P.	冷 却 水			潤 滑 油			室溫 $\bar{\theta}$ °C	平均 溫度差 $\bar{t}-\theta$ °C	補 正		補正した冷 却水放熱量 $\frac{q_1}{FP} + \frac{q'}{FP}$ kcal/hrFP				
			入口 溫度 °C	出口 溫度 °C	入口 溫度 °C	出口 溫度 °C	流量 kg/hr	溫度差 °C			流量 kg/hr	溫度差 °C		水套表面 から逃げ る熱量 $q'$ kcal/hr	$q/FP$ kcal/hrFP		
1220	135	329	61.0	71.1	10.1	11980	121000	368	51.9	65.9	14.0	636	4810	14.7	8150	25	393
1202	135	324	55.4	65.9	10.5	11910	125000	386	54.2	69.4	15.2	670	5500	16.7	7330	23	409
1304	127	332	56.9	67.3	10.4	12930	134000	405	54.2	69.4	15.2	670	5500	16.7	7540	23	428
1300	126	327	57.4	67.7	10.3	12830	132000	404	54.2	69.4	15.2	670	5500	16.7	7600	23	427
1402	117.5	329	57.2	67.1	9.9	13820	137000	416	48.1	67.1	19.0	676	6940	21.3	7570	23	439
1386	116	322	57.2	67.1	9.9	13700	136000	421	51.0	69.5	18.5	712	7120	21.5	7690	24	445
1460	113	330	57.6	67.2	9.6	14400	138000	418	51.9	70.1	18.2	699	6870	22.7	7810	24	442
1422	107.5	303	57.4	66.6	9.2	14000	129000	425	51.9	70.1	18.2	699	6870	22.7	7780	26	451

第 6 表 B.M.W. 九型發動機につき B 燃料を使用した実験結果  
 実験月日 昭和 10 年 11 月 20 日 燃料 永井所員作製 B 燃料 大氣壓 760.1 mm 水銀柱 絞り開度 30°

回轉 r.p.m.	轉荷 kg	軸馬力 B.H.P.	冷 却 水			潤 滑 油			室溫 $\bar{\theta}$ °C	平均 溫度差 $\bar{t}-\theta$ °C	補 正		補正した冷 却水放熱量 $\frac{q_1}{FP} + \frac{q'}{FP}$ kcal/hrFP				
			入口 溫度 °C	出口 溫度 °C	入口 溫度 °C	出口 溫度 °C	流量 kg/hr	溫度差 °C			流量 kg/hr	溫度差 °C		水套表面 から逃げ る熱量 $q'$ kcal/hr	$q/FP$ kcal/hrFP		
1300	190	455	55.5	68.0	12.5	12120	154000	338	57.4	43.6	13.8	633	4720	10.4	7650	17.1	355
1270	185	443	55.3	68.0	12.7	11940	151000	341	58.2	44.8	13.4	625	4523	10.2	7620	17.2	358
1385	175	457	56.1	68.3	12.2	12900	156000	341	60.5	46.5	14.0	693	5239	11.5	8100	17.7	359
1355	165	447	56.7	68.8	12.1	12720	154000	344	59.2	39.5	19.7	673	7159	16.0	8380	18.7	363
1500	152.5	457	57.4	68.8	11.4	13920	159000	347	60.0	35.4	24.5	583	7713	16.5	7800	17.1	364
1485	150	445	57.8	69.1	11.3	13820	158000	355	61.5	33.6	27.9	432	6510	14.5	7870	17.7	373
1550	148	458	57.6	68.7	11.0	14320	159000	347	63.8	30.6	33.2	382	6848	15.1	7810	17.1	364
1534	147.5	452	57.7	68.8	11.1	14230	157000	347	65.9	28.8	37.1	350	6912	15.3	7850	17.1	364

第 7 表 B.M.W. 九型發動機につき B 燃料を使用した實驗結果  
 實驗月日 昭和 10 年 11 月 21 日 燃料 永井所員作製 B 燃料 大氣壓 769.2 mm 水銀柱 絞り 瓣開度 40°

回轉荷重軸馬力 r.p.m. kg	冷却水			潤滑油			室溫 $\bar{\theta}$ °C	平均溫度差 $\bar{t}-\theta$ °C	補正		補正した冷却水放熱量 $\frac{q_1}{FP} + \frac{q'}{FP}$ kcal/hrFP
	入口溫度 °C	出口溫度 °C	流量 kg/hr	入口溫度 °C	出口溫度 °C	流量 kg/hr			外套表面から逃げたる熱量 $q'$ kcal/hr	正 $q/FP$ kcal/hrFP	
1565	57.9	69.8	15570	42.3	64.3	609	14.1	49.7	7620	12.3	308
1610	57.6	69.3	15690	40.6	67.0	685	13.6	49.85	7640	12.5	313
1654	57.7	69.2	15100	42.0	67.6	610	≧	≧	≧	12.3	292
1706	58.4	69.6	16630	42.2	68.9	616	≧	50.0	7690	12.1	296

第 8 表 B.M.W. 九型發動機につき B 燃料を使用した實驗結果  
 實驗月日 昭和 10 年 11 月 22 日 燃料 永井所員作製 B 燃料 大氣壓 766 mm 水銀柱 絞り 瓣開度 25°

回轉荷重軸馬力 r.p.m. kg	冷却水			潤滑油			室溫 $\bar{\theta}$ °C	平均溫度差 $\bar{t}-\theta$ °C	補正		補正した冷却水放熱量 $\frac{q_1}{FP} + \frac{q'}{FP}$ kcal/hrFP
	入口溫度 °C	出口溫度 °C	流量 kg/hr	入口溫度 °C	出口溫度 °C	流量 kg/hr			正 $q/FP$ kcal/hrFP	補	
1300	56.6	66.7	12760	47.8	59.0	656	13.3	48.4	7400	21.9	405
1390	57.8	67.3	13770	52.8	64.3	713	13.0	49.6	7600	22.7	314
1450	57.6	66.7	14190	45.4	61.8	681	13.2	49.0	7480	22.4	410

第 9 表 B.M.W. 九型發動機につき B 燃料を使用した實驗結果  
 實驗月日 昭和 10 年 12 月 6 日 燃料 永井所員作製 B 燃料  
 大氣壓 761.0 mm 水銀柱 絞り 瓣開度 全開

回轉 r.p.m.	荷重 kg	冷却水				滑油				平均 溫度差 $\bar{i}-\theta$ °C	補正 水套表面 から逃げる 熱量 $q'$ kcal/hr	正 $q'/HP$ kcal/hrHP	補正した冷 却水放熱量 $\frac{q_1 + q'}{HP}$ kcal/hrHP			
		入口 溫度 °C	出口 溫度 °C	入口 溫度 °C	出口 溫度 °C	流量 kg/hr	溫度差 °C	流量 kg/hr	溫度差 °C							
1680	225	57.3	69.2	11.9	16320	194200	257	64.0	82.0	18.0	667	6480	8.6	5520	7.3	264
1780	205	56.9	68.4	11.5	17320	199200	273	61.2	83.5	22.3	687	8270	11.3	5480	7.5	281

第 10 表 Curtiss D-12 發動機の冷却水放熱量  
 實驗月日 昭和 9 年 7 月 燃料 航空 3 號ガソリン 4: ペンゾール I (體積比) 絞り 瓣開度 全開

日	大氣壓 mmHg	回轉數 r.p.m.	軸馬力 B.H.P.	冷却水				水				燃料 消費率 gr/HP	冷却水 平均溫度 $\bar{i}$ °C	平均 溫度差 $\bar{i}-\theta$ °C	補正 水套の表 面から逃 げる熱量 $q'$ kcal/hr	正 $q'/HP$ kcal/hrHP	補正した冷 却水放熱量 $\frac{q_1 + q'}{HP}$ kcal/hrHP
				入口溫度 °C	出口溫度 °C	流量 m <sup>3</sup> /sec	放熱量 $q_1$ kcal/hr	軸馬力當 り放熱量 $\frac{q_1}{HP}$ kcal/hrHP	望の溫度 $\theta$ °C								
18日	754.3	1810	148.3	62.0	68.0	.122	43100	291	29	259	64.0	35.0	900	6	297		
18日	754.3	2000	156.5	62.5	69.0	.135	51200	327	30	308	65.75	35.75	940	6	333		
19日	758.3	2220	162.1	62.2	69.0	.152	60950	376	28.5	331	65.6	37.1	970	6	382		
19日	758.3	2300	174.8	61.3	68.7	.157	68550	392	30	338	65.0	35.0	900	5	397		