

歐米に於ける鍛工業の最近の發達に就て

堀岡 米吉*

RECENT DEVELOPMENT OF FORGING INDUSTRY IN EUROPE AND AMERICA.

Yonekichi Horioka

SYNOPSIS:— The recent development in forging, stamp-forging, etc, in Europe and America is reported.

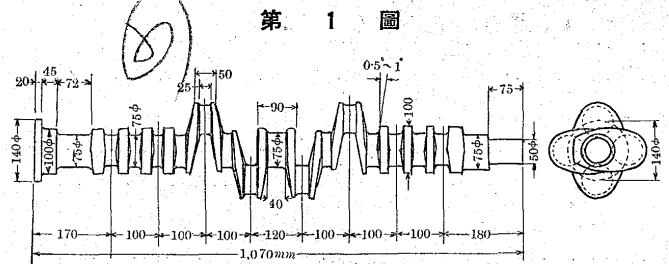
最近の鍛工場

従來鍛工場は騒音振動が激しく、熱氣あり、汚れ勝で、作業者が粗暴と言ふ譯か、鑄物工場と共に兎角工場の隅の方の位置に設けられ勝であつた。最も嫌はれる振動に對しては、加熱爐の下部にスプリングの緩衝装置も爲し耐火機の崩れを防ぐものまで出た程であるが、最近の鍛造機並に附屬設備の進歩により、振動は極度に防止され、殆んど振動しないものも出來、各機の製造能力が老大になつたので、米國の如き賃銀が高いにも拘らず一個當の工賃は *invisible* となつた。然かも精度は高く出來、製品検査規格も一段と厳しくなり、職場の作業研究に伴ひ整理整頓は一層よくなり、明るく氣持よき工場となりつゝある。従て鍛工場の位置も隅から中央へと進出して來た傾向である。一例を言ふとロンドン郊外にあるフォード工場は數萬坪一棟の建物内に材料倉庫、鑄造工場、鍛造工場、機械工場、組立工場、試運轉検査工場等が一所に設けられ、鑄造以外は間仕切も無く、而も鍛造工場は建物の中央にあり、一方の隣は材料、一方は機械、一方は組立、試運轉、又一方は検査及塗裝と言ふ具合に工程順に配置され、流れ作業本位になつてゐる。その鍛造機は鍛造ロール 鍛造プレス コイニングプレス 補正プレス ホットソー ホットミーリング等である、爐は重油 ガス 電氣 を使用して居る。それで澤山の見學者も一寸氣の付かぬ程靜かに作業が行はれてゐる、各國の鍛造協會等でも理想的鍛工場の配置に就て詮議し、之を發表して居るが、彼等は工場の入口の近くの材料倉庫又は材料置場に續けて、入口より中央部迄の間に同工場を配置し、流れ作業本位に爲して居る。流れ作業と言ふも多數の新設工場には *Conveyer* を局部的に使用して居るが極めて少く、殆ど *Lot Bin* を使つてゐる。この

方が従來の *Conveyer system* と比較して管理上からも、作業上からも便利で經濟の様に思はれる。

近來 *Double Swage Hammer* や鍛造プレス類、鍛造ロール類に依る鍛造が各國共多く採用されて各所で見掛けられた。中でも獨逸製鋼 *Remscheid* の工場では $4,000 \text{ kg/m}$ より $35,000 \text{ kg/m}$ の *Double Swage Hammer* を他の鍛造機と共に多數使用して居る。丁度 16 t *Drop Hammer* と $35,000 \text{ kg/m}$ *D. S. H.* と同時に同一のクランクシャフトを作つて居たので *Workdown* をよく比較することが出來た。

次に多量生産に於ける、研究榮のする話をすると、ピュイック自動車工場のクランクシャフトの鍛造の一例であるが、それは第1圖の如き八氣筒用と其外に六氣筒用のもの



を作つて居る。 5.5 t *D. H.* と 300 t *Trimming Press*, $4''\sim 5''$ の *Up-setter* 等にて 1 時間に 75 個位の割合で製造してゐる。その材料は *Ni·Cr* 鋼の角丸 110 mm 角材で作つてゐる。其の加熱材の一端を鋏で掴みスタンピングするのであるから其の材料の一端の $70\sim 90 \text{ mm}$ 位は掴代となり、鍛造後夫れを切取るのである。従來其の切端は他に使用するに適當なものなく、屑として居たが、一技師が其の掴代の長さを少し長くして、切斷後 *Segment Roll* にて伸ばし之をスタンプしてカムシャフトを作つた。斯様にすることに依り 1 個當り 18 仙の利益となる目安の基に最初計畫したのであつたが、實際にやつて見ると 1 個當り 32 仙も利益となつた。カムシャフトもクランクシャフト

* 東京鍛工所

20

とも自動車1臺分各1個だけのものであるが、1ヶ年2~3,000,000臺(米國全體では1ヶ月最高600,000臺である)にも達するので、これだけでも結局1ヶ年600,000弗から1,000,000弗の利益を得て居る。斯様な例は其のオスチン、獨のオペル、米のフォード、シボレー、ダッチ、クライスラー、プリマス其他でも相當あつた。多量生産となると一寸の考案も相當大な結果を得て居るので研究榮がするし、益々部品價格の低下による需要増加と文化の普及に貢献することを痛切に感じた。

尙 Coining, Drop Forging 其他スタンピング等にて作た鍛造品は補正するために、其儘又は清掃後之をなるべく酸化せしめぬ様に加熱し、又は材料により常温で Maximum Press 又は Calibrating Press と云ふ Toggle Press にて補正する。それで 0.1~0.25 mm位の精度の正確な寸法で、綺麗な肌になし相當複雑な形状のものも多量生産で得られ、鍛造の儘にて使用出来るものも相當あつた。従て機械切削仕上をするにしても、その仕上代を極く少くして、機械切削能力を高めて居る。近來斯かる粗材を目指して Machine Tool は設計され、使用されて居るので尙一段と能率を擧げて居る。

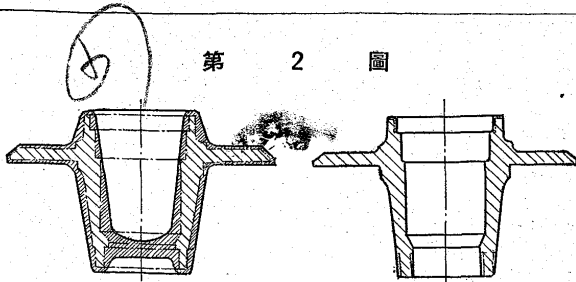
依て自動車、航空機、兵器等の迅速多量生産は斯かる粗材を製造する設備の方が、貯藏するよりも、切削仕上機を増すよりも、遙かに經濟的であるし、其他色々の點に於ても良い。殊に兵器に於て一層其特長を著しく感じる。それで各國共に平和生産に、又戦時生産に備へるためか多數準備せられつゝある様に見受けられた。又鍛工業の立場から感じられる事であるが、材料の豊富であつて高賃銀の米國と、物資の少い獨逸とを比較すると、一般機械工業と同様に前者が材料の節約よりも工賃の節約、即ち作業能率の増加に力を注いでゐるに對して、後者に於ては、材料の節約に極度に細かく、科學的である事が著しく注目せられるのである。兩者共既に新設備を相當にし、着々生産増加をなしつゝあつた。英國では少數の新設工場の外は著しきものを感ぜなかつた。併し一流の工場に於ては舊式の設備であつても、作業指導票又は指示命令票に頗る確實に、極端な位確實的に作業者が作業して居たが、これは又製品の上に確實性のある特長を表はして居る様である。指導、命令する技師 管理者も彼の地の空氣では保守的に感じられたが中々熱心であつた。晝夜兼行で作業を續け新設改造中の工場の多いのには時局柄相當注意を惹いた。各國から其の

粹を集めつゝ、研究も進められ非常に努力して居る様であるから、之又近く相當に面目を改めるであらう。僅かの期間であつたが歐米70餘個所の鍛造工場を見て廻り、研究や意見の交換をやつたもので、變形速度と材質、加熱温度と材質、平均加熱、酸化防止、仕上後の歪、熱處理による歪、精密鍛造や迅速鍛造と鍛造機 鍛造治具及それらの今後の趨勢、作業研究、熔體直接鍛造、研究所や學校等に於ける研究、指導振 等興味あるものゝ中の二三を紹介する。その前に順序として先づ Forging の意味と目的を明かにして置きたい。

本會では鍛鍊又は鍛造、機械學會では火造、海軍では鍛鍊及び鍛造、陸軍では鍛冶、鍛鍊、鐵道では鍛冶又は火造、資源局では火造と云ふ語を夫々に用ひられて居るが、元來鍛鍊とは金屬類(中には非金屬もある)の鑄塊を塑性状態に於て、粗大結晶を破壊し、結晶を伸ばし或は細かくし靱性を増すことであり、鍛造とは鍛鍊をなしつゝ永久變形を起させ所要の形状に成形することである。Smith を火造、又は鍛冶と云ひ、從來普通には小物に多く用ひられ、大物には鍛造とか、鍛の字を材質の前に附し鍛鋼、鍛鐵等と質的に區別するに用ひられて居るが、Forging とは鍛鍊、鍛造(火造又は鍛冶、壓延、壓出、引拔等を含む)、熱處理及之に附隨したものを總括した意味に廣く考へられ、又使用されて居るので鍛工と言ふ語を用ひる。

其の鍛工の目的はと云ふと、

1. 強度の増加——合理的塑性變形と各種の加工處理に依る。
2. 永久變形を起し所要形状寸度にし切削費を省く——鍛工の進歩により、機械切削費は益々省略せられ、機械工場の能率は幾何學級數的に激増しつゝあり、亦寸度の正確度の高まるによつて、一部又は全然機械加工を省略される、依て自動車、航空機、兵器等の多量生産部品には鍛造其儘で使用される部分が頗る多くなつてゐる。
3. 材料の節約と重量の輕減——切削省略による切削屑の節約と強度増加に依る設計寸度の減少による重量の輕減等 30~200%位の節約の例が多數ある、第2圖參照。
4. 作業者は樂に、迅速多量に、製品は正確に——機械設備の改良進歩並に作業研究により、無理と無駄が省かれ合理的運轉操作が次第によくなつて來た。



第 2 圖

従来の鍛造品で仕上代が相当ある

最近の鍛造品で正確に出来る爲切削部分が非常に少ない

5. 精密度——内部組織を合理的所要状態にし、内外の諸缺陷を除き、表面綺麗にして、寸度が頗る正確に出来る様になった。製品の大さに依て多少は異なるが、大體小物で0.1mm位、大物で0.3~0.4mm位のallowanceの程度まで出来る様になった、然も複雑なる形状にても割合平易に速く作り得られるので、多量生産が行はれて居る。第2圖は從來優れた鍛造品とされて居たものと最近の鍛造品の一例を示すものである。斜線に示す如く切削するのであるから、切削費と材料の相異が如何に甚しいかが理解されるであらう。

斯様な鍛工の目的や使命があるので、益々研究され、時間と共に進歩しつゝある。特に最近の斯界の發達著しい歐米に鑑みて、本邦の資源を顧れば頗る憂愁的な貧弱な状態であるから、之を補ふに先づ前記の目的に沿ふ様に爲し、材料の節約を爲し、その不足を補ふと共に、機械加工能率を増加させ機械工業の發達に對して大に貢献せねばならない、それには鍛工業の發達はこの際特に急務であるを痛切に感ずる次第である。

機械工場の能率は工作機や工具治具の改良と相俟て素材の改善が影響することは、亦頗る大いのである。それで多量生産の爲に必要な Machine Tool の不足は精度高き素材を供給する優秀なる設備を爲すことに依て、之を補ひ得られるのみならず、前記の如く却て切削加工機を増設するよりも遙に經濟的になるであらう。その例は米、獨に於てこの數年間機械工場の能率を年々 2~30%~數10%も増加させて居るところが相當あるのを見ても分る。例へば自動車のクランクシャフト、ステヤリングナツクル其他の製品で抜勾配 0.5°~1°、寸度 0.1~0.25mm の allowance のものが次々に出現して居る。クランクシャフトのメタル部に清掃した儘にて仕上グラインダーをかけられ、他は殆んど仕上しないで使用出來て居る、37年型ビュイックや、38年型パツカードのナツクル、レバードラック

リング、コネクティングロッド等がそれである。

鍛 工 作 業

鍛造品が工業的に多く利用されて居ることは勿論のこと、一般民衆の目に觸れる電車とか、自動車とか、一般家庭などの各方面に利用されて居るので、SchmidenとかForging 又は Stamping と云ふ言葉が一般に割合普及され、よく知られて居る様であつた。又電氣業者が旅行の感想に、電氣の使用量で其の國の文化の程度が窺れると云ひ、自動車業者は自動車數で、電話業者は電話數でと云ふ具合に夫々の専門の立場からの感想をよく聞くのであるが、鍛造業者から見れば、やはり鍛造品が如何によく利用されて居るかによつて機械工業なり鐵工業の程度が窺れる様に思はれた。鍛冶と云へば世間的であるが、鍛工とか鍛造又は火造或はスタンプとか云ふ語は通りがよくない上に誤解され易いし、専門の人でも、よく混同せられ勝であるので、几帳面な獨逸人や米人の學者や技師の考へを綜合して纏めてみると大體次の様になる。

Hammering	槌打鍛鍊又鍛造(槌打壓……とも云ふ)	
Pressing	壓縮鍛鍊又は鍛造	
Rolling	壓延鍛鍊又は壓延	
Drawing	引拔	
Extruding	壓出	
鍛工方法 (Forging)	Stamp Forging	型壓鍛造
	型壓鍛造 又は	Up-Setting 据込み
	Stamping	Drop Forging 落下槌型鍛造
	型壓込み、	Die Pressing 型壓縮
	Die Forging	Die Swaging 型据る
	型鍛造	Press Drawing 壓縮絞り
	等とも云ふ。	Hammer Drawing 槌搾り
Special Forging	Massec Rolling 廻轉型壓挾	
其 他	Segment Rolling 廻轉弧型壓挾	
	其 他	

次に鍛造の作業を分類的に羅列すると次の如くなる。

Forging Operation 鍛造作業	Drawing Down	伸ばし
	Spreading	延ばし
	Swaging	据へ
	Up-Setting	据込み
	Bending	曲げ
	Setting Down	セギリ
	Shearing	剪斷
	Cutting off	切取
	Punching	孔抜
	Boring	穿孔
	Twisting	振り
	Reducing	絞り
	Drawing	搾り
	Expanding	擴げ
	Rolling	ロール
	Extruding	壓出
Drawing	引拔	
Stamping	型壓込み	
Welding	鍛接、熔接	

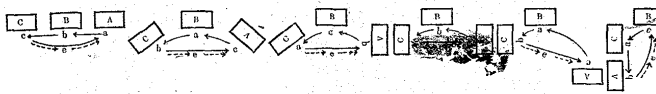
之等の作業を尙分析して研究して居る。又之等の作業を材

料の温度、粘性、形状等により、變形速度を變へねばならぬため、

靜壓作業、緩壓作業、迅速壓作業

等に分つ、これ等の作業を訓練するには筆者は金屬の鍛鍊鍛造温度に於ける粘性と近似の試験用材を以て教室に於て訓練し、次に現場と平行して訓練し割合早く養成出來たが、歐米では最初より現場に於て大體次の如くする傾向である。熟練工一名に助手として不熟練工を一名乃至數名付けて、第3圖の如くABCの機械設備に對して、abcの

第3圖 鍛造機の配置の種類と互換性作業の移動圖



Aは加熱爐 Bは主鍛造機類 Cは張取プレス、又は補正機、屈曲機、ホットソー等の各種主鍛造機に夫々所屬さるべき補助鍛造機類 a, b, c.....は作業者

如く作業者を配し、矢の方向に一作業或は數回作業後に移動し、各自が順次に次々とABC.....の作業をして行く、abc.....の内の一名を熟練工としABC.....の作業を指導し、注意しつつ自からも作業をなして居る。斯様な組の數組乃至數拾組に對して組長又は職長が居り、之は各組の作業に注意し、見廻りしたり、適度に指導して居り、又機械設備の故障の早期發見により修理の爲の休止時間を極度に少なくする事にも努めて居る。斯様にして日程工程の計畫遂行には相當の苦心の跡が覗はれる。であるから少數の職工が突然休む様な場合にも豫定計畫に支障が少ない様であつた。尙大物作業又は高速度製造等の場合の如く短時間で疲勞する作業には餘分に作業者を配置し、順次に一廻轉毎にその位置に於て交互に一寸宛又は適度に休憩さす。その休憩時間は短かいが度々であるので疲勞が少ない様であつた。斯様な互換性式作業は單調性からも救はれるし、又疲勞研究學者も推薦して居たし、經營も勞働も樂そうであつた。特に老大な生産の場合、或は連日一種のもののみ扱ふ専門的又は半専門的の作業には概して素人工にて間に合ふ様な設備として居る。その例は鐵道用スパイキ、コーチスクリウ等、自動車用にてはフロントアクスル、リヤアクスル、ギヤ類、又一般にはリベット、スクリュ一等であるが、治具、工具の磨耗、狂ひ、製品中間検査等の爲見廻、點見等には別に専門を置かねばならないが、生産量の増加と共に斯様な傾向は次第に多くなりつゝある様であつた。

次に鍛造工程は次の様な状態である。

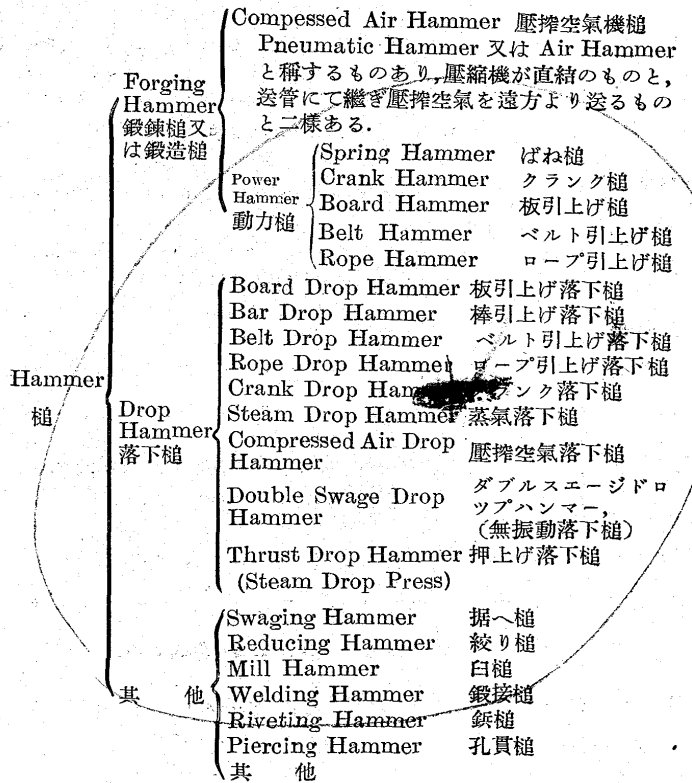
- | | | |
|-------------------------|---|---------------------|
| I 材料倉庫. | ↓ | V 検査. |
| II 材料切斷又は剪斷. | ↓ | VI 修正. |
| III 加熱爐. | ↓ | VII 熱處理. |
| IV 鍛造機. ハンマー, プレス, ロール. | ↓ | VIII 修正, 補正. |
| 補正機, 中間清掃, 中間検査, 其他. | ↓ | IX 清掃, 酸洗又はサンドブラスト等 |
| | ↓ | X 仕上鍛造検査. |
| | ↓ | XI 倉庫入, 發送. |

鍛工機械

次に鍛造機の重なるものを大別すると

鍛造機 ハンマー プレス ロール 其他

即伸ばし及延ばしにはロールが經濟的であり、薄物、厚物、補正等にて緩速度變形するものにはプレス、中厚物で迅速變形を必要とするもの又は變形量を少しづつせねばならぬもので迅速を要する場合及非常に大なものでない場合には割合經濟的になる點に於てはハンマーをと云ふ具合に夫々に特長を有するので、このハンマー プレ



註 構造により Single Flame, Double Flame, Open-Flont, Open-Side, 手動桿, 自動桿式及高速度式等あり、ピストンのあるものではロッドの徑が大きくラム(Ram)にガイドの無いものとロッドが小さくラムにガイドのあるものがあるが、使用上には大物小物各種雜多は作業には前者が便利であるがラムの振れと無理に依りロッドの破損が大きい。最近ではロッドを最大限度に大きくして蒸氣又は空氣の消費量を少くすると共に前記の缺點を補ふものも出來た。

ス ロールの三特長を組合せて利用するのが最も経済的である。依てハンマープレスロールに就て現在廣く使用されて又漸次利用を高めつゝあるものを参考に分類的に羅列して見る。

- Power Press 動力プレス
 - Crank Press 単複或は數個式
クランクプレス
 - Eccentric Press 偏心軸プレス
 - Toggle Press 肘桿強力プレス
- 註 構造により
 - Open-Flont, Open-Side, Single Flame, Double Flame
 - Four Column, Horizontal
 - Automatic-Feed
 - Inclinable Gang Press 等あり。
- 用途により
 - Stamping Press
 - Coining Press
 - Forging Press
 - Calibrating Press
 - Straightening Press
 - Bending Press
 - Trimming Press
 - Drawing Press
 - Shearing
- Rolling Dies あり
- Friction Press 又は
フリクションプレス
 - Friction Screw-Spindle Press 摩擦プレス
 - Friction Roller Screw Press
 - Vincent Friction Press 摩擦引上プレス
- Hydraulic Press 水圧機
 - Pure Hydraulic Press 水圧プレス
 - Steam-Hydraulic Press 蒸氣増圧力水圧プレス
 - Air-Hydraulic Press 壓搾空気増圧力水圧プレス
- 註 構造により
 - Vertical Press,
 - Horizontal Press,
 - Vertical-Horizontal Press,
 - Intensifier 付又は Accumulator 付
- 作業により
 - Forging Press
 - Stamping Press
 - Piercing Press
 - Extruding Press
 - Drawing Press
 - Bending Press
 - Circular Press
 - Balling Press 等あり
- 其他のプレス類
 - Up-Setting Machine 据込機
 - Bolldozer ブルドザー
 - Shearing Press 剪斷機
 - Cutting and Punching Press 切斷又は孔貫プレス
 - Special Forging Press 特殊鍛造プレス

Sheet Roll Mill
Wire Roll Mill
Bloom Roll Mill
Pipe Roll Mill

- Roll ロール
 - Forging Roll 鍛造ロール
 - Drawing Roll 伸ばしロール
 - Spreading Roll 延ばしロール
 - Tire Roll Mill タイヤロール
 - Segment Roll 弧形ロール
 - Bending Roll 曲げロール
 - Gradint Roll 勾配ロール
 - Rounding Roll 丸めロール
 - Straightening Roll 矯正ロール
 - Reducing Roll 絞りロール
 - Expanding Roll 擴げロール
 - Swaging Roll 据べロール
 - Flanging Roll 鋸ロール
 - Moulding Roll (Forming Roll) 成形ロール
 - Wiring Roll ワイヤリングロール
 - Balling Mill 成球ロールミル
 - (Rotary Cutting Machine 廻轉切斷機)
 - (Rotary Shearing Machine 廻轉剪斷機)
 - 其他
 - Direct Roll 鑄鍛直接ロール
 - C. W. Hazlett System Direct Roll (外接式)
 - 村上式(外接式)製鋼用直接ロール
 - 堀岡式(内接式)
- 熔體金屬を連続的に鍛鍊用材に製造する装置である。

- 其他の鍛造機
 - Bending Machine 屈曲機
 - Drawing Machine 引拔機
 - Balling Machine 成球機
 - Thread Forming(Rolling) Machine ねじ付機
 - Shank Reducing Machine 段付け機
 - Rotary-Slide Reducing Machine 縮付絞り機
 - Folding Machine 折疊機
 - Twisting Machine 捩り機
 - Cutting Machine 切斷機
 - Hot-Saw Machine 熱材鋸機
 - Hot-Milling Machine 熱材フライス
 - Electric Direct Heating-Upsetting Machine

以上の如き鍛造機に於て、鍛造品の重量が 100t ~ 200t 位の大物になると一層加熱回数を少なくする爲迅速に作業せねばならぬが相當日数を要するものもある。多量生産のものは大體 150kg 以下のものが多い、斯様な製品を鍛造機一臺に於て製造する量の例を示すと大體次の様である。

名 稱	鍛 造 機		1 時間製造量
	種類	容 量	
自動車用コネクティングロッド (フオード)	(D.H)	0.5t ~ 0.75t	120 ~ 140 個
200mm ギヤーリング(フオード)	(D.H)	1t ~ 1.25t	120 ~ 140 個
航空機用コネクティングロッド (アビエーション)	(D.H)	1t ~ 1.25t	100 ~ 130 個
ホキルハブ(ダッヂ)	(D.H)	1.5t ~ 2t	100 ~ 120 個
フロントアクスル(クライスラー)	(D.H)	2t ~ 2.5t	100 ~ 120 個
フロントアクスル(ピュイック)	(D.H)	2.5t ~ 3t	80 ~ 90 個
フロントアクスル(シボレー)	(D.H)	"	80 ~ 100 個
六氣筒クランクシャフト (ピュイック)	(D.H)	4.5t ~ 5t	50 ~ 60 個
" (オペル)	(D.H.又はD.S.H)	" (又ハ 8,000 ~ 9,000kg/m)	"
航空機傾斜加減用プロペラーハブ (")	"	" (又ハ ")	45 ~ 50 個
18 吋用管フランヂ	(D.H)	5.5t ~ 6t	40 ~ 50 個
六氣筒クランクシャフト (シボレー)	"	"	40 ~ 50 個

八氣筒クランクシャフト(ピュイック)	"	7.5t ~ 8t	70 ~ 75 個
"	"	5.5t ~ 6t	65 ~ 75 個
"	"	7.5t ~ 8t	75 ~ 85 個
デーゼルエンジン六氣筒クランクシャフト(1.8m長サ)	(D.H. 又は D.S.H.)	15t (又は 30,000 ~ 36,000kg/m)	20 ~ 30 個
航空機プロペラー	"	"	25 ~ 35 個
コネクティングロッド(フォード) 補正	(T. P.)	1,500t	200 ~ 300 個
170mmφ×400mmLシリンダー Ni-Cr-Mo Steel	(H. P.)	1,500t	140 ~ 170 個
フロントアクスル(フォード)	(T. P.)	3,000t	250 ~ 300 個
リヤアクスル(オペル)	(F. R.)	750mm.	150 ~ 200 個
" (フォード)	(U. M.)	500t	200 ~ 250 個

註 D. H. は Drop Hammer.
 D. S. H. は Double Swage Hammer.
 H. P. は Hydraulic Press.
 U. H. は Up-Setting Machine.
 T. P. は Toggle Press.
 F. R. は Segment Forging Roll

又鍛造機の容量であるが、Up-Setter は米國では材料の最大徑を以てし、獨逸では壓力を以て示す。ハンマーも各社夫々の形式の設計に依て製造せられて居る。大體 Ram, Flame, Anvil, Piston, Cylinder valve 等が主なものであるが、容量にも大差があるから次にその比較をして見る。例を各社の 1t のものに就き示す。大略この割合にて設計されて居るから、他はそれによつて計算すれば出る。

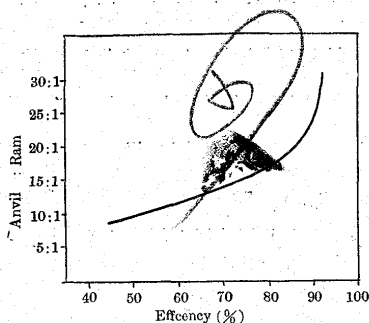
會社名	W. P. R	A÷W.P.R	アンビルの材質
(獨) Banning A. G.	1t	15	鑄鋼又は鑄鐵
(〃) Eumuco A. G.	※0.75t	15~20	鑄鋼
(〃) Beche & Grohs.	1t	15~20 (D.S.H.はkg/mで示す)	2,000 kg/m
(〃) Kieserling & Albrecht	1t	15	鑄鐵又は鑄鋼
(英) B. & S. Massy Ltd.	1t	15	"
(〃) Brett's P. L. Co.	1t	15	"
(米) Erie Foundry Co.	1.125t	20	鑄鋼(又は稀に鑄鐵)
(〃) Chambersburg E. Co.	1.05t	25	鑄鐵
(〃) Billings & Spencer Co.	1t	15	"

註 W. P. R はピストンとラムの合計實際重量、但しピストン無きものはラムのみの重量、米國は lb にて示し、ton を以て示す様に言へば 2,000 lb を 1 ton とする。

A÷W. P. R はアンビルの重量 A を W. P. R. の倍数にて示すものである。※印の Eumuco のラムとピストンが公稱 1t に對して 0.75t しかないのは、容量の 25% 迄の金型を附すので、金型を含めた計算で機構が設計してあるので、合理的であらうが他との比較にはそのことを辨へて居らねばならない。

又アンビルの形状重量が能率に影響する點が非常に大い、第4圖はその重量と能率との關係を示したものである。最近ではアンビルはラムの 25 倍を標準としてあるので、近隣に振動をあまり傳へないようであつた。10 倍乃至 15 倍位のもの、その附近一帯を振動さすため、エネルギー

第 4 圖



をそれに消費さし不經濟で又不愉快であり尙他の作業や機械設備等にも悪影響するところが大きい様である。

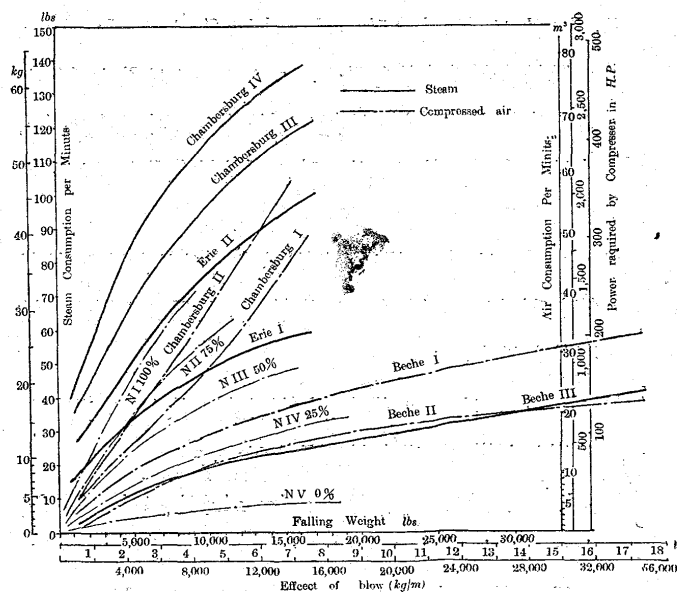
又アンビルには型其他治具工具を直接に取付けしないで、ラ

ムと同様に Ni·Cr の鍛鋼材にて作た口金 (Shoe) を焼入、焼戻してグラインド仕上をなし、アンビルに嵌込み、一方は兩勾配、一方は矢にて堅く取付けるので、アンビルが鑄鐵にても相當永く使用されて居る。この口金が割れた場合、之が堅く取付けられて居るから一寸氣付難い、それで割れた儘使用して居ると、鑄鐵アンビルをも遂に割てしまふ、如何に大なものでも大概割れる様で、その例を屢々聞いて居るから、作業者は特にこの事に注意せねばならない。

次に鍛造機の所要馬力、蒸氣或は空氣消費量等を示す。先づドロップハンマーから示すと第5圖の如くなる。圖中に於て

20x24 = 6.72

第 5 圖

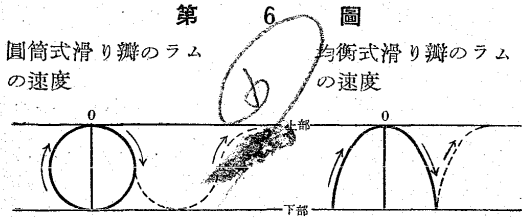


Chambersburg I は Chambersburg E. Co. の 均衡滑り瓣

Chambersburg II は舊來の圓筒滑り弁の各容量に於ける平均壓搾空氣消費量を示す。

Chambersburg III は均衡滑り瓣

Chambersburg IV は圓筒滑り瓣の各容量に於ける平均蒸氣消費量を示す、舊來の圓筒式に對して新しき均衡式の滑り瓣の特長は圖示の如き消費量の差の少いのみならず、ラムの運動を第6圖の如くし、落下速度と上昇速度とが下部に於て頗る早くなつて居



る。斯かる操作を強弱緩急に任意に行ひ得るため、抜勾配は少く、寸度は正確なる型鍛造品を能率よく作り得られる特長がある。

Erie I は Erie Foundry Co. のものにて圓筒式滑り瓣であるが極く上手に操作を續けた場合のもの平均蒸氣消費量、

Erie II は粗雑に操作し作業を續けた場合の平均蒸氣消費量を示す。I と II の差が非常に大であるから、この消費觀念を作業者に充分呑込まして、上手に作業指導をせねばならない。又 Erie と Chambersburg との消費量の差の開きは機構のみならず運轉作業廻數にある。

Beche I は Beche 社の Double Swage Hammer の壓搾空氣消費量を示す。ストロークは最大 80 なるも容量大なるものは毎分平均 6~7, 中は 10~15, 小は 25~30 位で、その時の平均消費量を示したものである。

Beche II は I の場合の壓搾空氣を使用前提餘熱等を利用して 160°C に豫熱して使用する場合の消費量を示す。

Beche III は I の場合の壓搾空氣の代りに、蒸氣を使用した場合の蒸氣消費量を示す。

N~I, II, III, IV, V National Electric Light Association に於て計算し、測定して發表された各種の Forging Hammer や Drop Hammer 等の平均壓搾空氣消費量を示すものである。I は 100% に運轉した場合、II は 75%, III は 50%, IV は 25% の夫々の運轉状態に於ける消費量であつて、V は 0% 運轉であつて、運轉準備維持に要する量を示す。

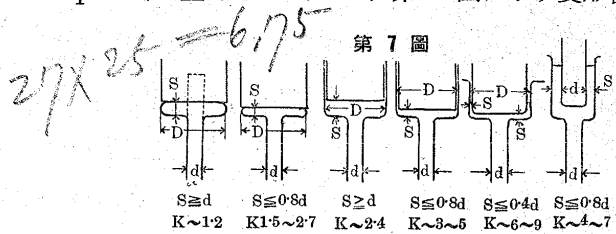
圖中壓搾空氣量の目盛の所に、それに相當する空氣壓縮機の所要馬力を示して置いた。又ハンマー容量の所に工率を示して置いたが、これは Beche の Double Swag のものを示すのであるが、他のハンマーの工率も大體之に近いもので設計されて居るので一所に記載したのである。

尙其他のハンマー プレス ロール等に就て記載する豫定であつたが規定紙數を超過するので次の機會にする。

Up-Setter に就ても各製造會社により、各特長を持ち、同一容量のものにて所要馬力も 40% も異なるものがある。容量は前にも記載した如く、米國と獨逸では異なるが、次の式に依て決める。

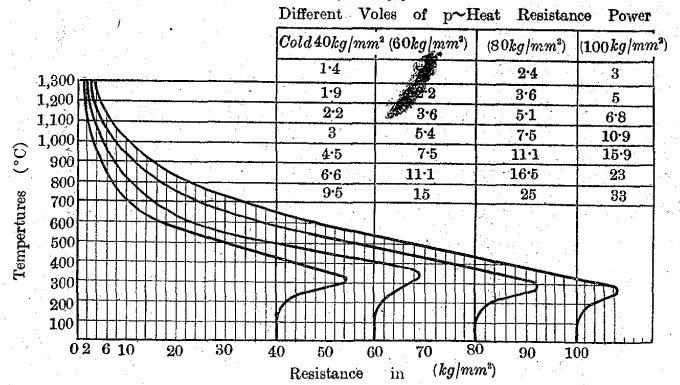
$$P = \frac{\pi D^2}{4} \cdot p \cdot K$$

p は所要壓力を示し、D は第 7 圖に示す變形後の直径



S ≧ d S ≦ 0.8d S ≧ d S ≦ 0.8d S ≦ 0.4d S ≦ 0.8d
K ~ 1.2 K1 ~ 5 ~ 2.7 K ~ 2.4 K ~ 3 ~ 5 K ~ 6 ~ 9 K ~ 4 ~ 7

第 8 圖



を示す P は第 8 圖に示すが如く材料の強さと鍛造温度に依て決める。例へば常温で 60kg/mm² の材料が 1,000°C に於ては 5kg/mm² となり、p は 5.4 となる。

K は第 7 圖に於て S と d との関係にて決まるので、各々の變形状態圖の下に記載の實驗數値に依ること。

蒸氣と壓搾空氣の比較

各種鍛造機中蒸氣や壓搾空氣の使用されるものが多數あるので、蒸氣と空氣と何れが經濟的で、又作業上便利であるかと、よく問題になるので、こゝに二三の例を示さう。兩者何れにも一長一短があるが、既設新設の大工場に於ては石炭其他の燃料の購入の點が考へられて適當の位置に設置されて居る關係もあらうが、蒸氣の方が割に多い。それ

並 24

は鍛工場の外の設備との併設又は併用によつて非常に經濟的となるからである。それに排氣を相當利用して居る。例へば低壓タービンを運轉させ、それで發電機を廻すとか、燃料油や水又は送風管の空氣壓搾空氣などを豫熱する等種々利用されて居るから經濟的である。然るに製品の需要本位の位置に設立される傾向のある中小工場に於ては壓搾空氣の方が割に多い。それは石炭其他の燃料費と電力費との差額、工賃、作業時間、潤滑油の費用、修理費、排氣の利用、最初の設備費、管理上の便等に依り一概には云へぬが、場合によつては空氣の方が非常に經濟的にもなり、又管理上、作業上の便利の爲に空氣を採用してゐる。それで從來蒸氣を使用してゐた所で、ボイラーを空氣壓搾機に態々變へたものも多數あつた。又之を運轉するには同期電動機を用ふるのが普通であるが、場合によつてはディーゼルエンジンにて運轉して居る所もあつた。蒸氣と空氣と交互に併用して居た所もあつた。蒸氣用を空氣用に變へるにはパッキング類、潤滑油等を變へて使用出来るが、作業上蒸氣と空氣とはエンロピーが異なるので作業者が運轉なし難い場合がある時は一寸癖に手入を要する。尙充分な事を云へばバルブ、ピストン、ピストンリング等の間隙は高温の蒸氣と低温の空氣とでは當然手入を行はねばならない。又工率から云ふと送排氣口も加減せねばならない。蒸氣と空氣の兩者の特長を羅列比較して見ると次の如くなる。

壓搾空氣の有利なる點

1. シリンダー内に於ける復水損失が蒸氣の如く 10~20% の損失があるが如き事がない。又復水の水滴が作業物、作業臺等に落下する虞がない。濕氣が甚しい時には空氣の場合でも多少は水がある事があるが、之は簡単に取れる。
2. 送管内に於て復水損失が蒸氣の如く 5~10% にも達するが如き事がない。
3. パッキングの取替費が蒸氣に比較して 1/2~1/5 位となる。
4. 潤滑油の消費は、蒸氣に比較して 50~75% も經濟になる。
5. 従て簡単に潤滑油を入れる事が出来、各部によくまはり、溫度が低い事と相俟て、ピストン、シリンダーの磨耗が少く、維持費、修繕費が蒸氣に比較して 50% も減少となる。

6. 工率は、蒸氣に比較して大い。空氣の場合の壓力が 90~100 lbs/in²; 6.3~7 At が、蒸氣の壓力では 100~110 lbs/in², 7~7.7 At の場合に略相當する。
7. 使用前後蒸氣の如く、シリンダー部の溫度を上げる爲や、復水を除く爲にウオーミングアップをする必要なく、時間的にも消費蒸氣の點からも經濟的である。
8. 作業中中間々々又は手待ちの間、蒸氣の如く、シリンダーの溫度を下げぬためにアイドリングする必要がない。其ために蒸氣を 15~40% も消費するが如き事なく、従て磨耗は一層少くなる。
9. 時間的に損失がないから生産は蒸氣の場合に比較して増加する。
10. 蒸氣の如く送管、排氣により作業場を温め又濕度を高めることがないから氣持よく作業をなし得る。
11. 排氣管の代りにサイレンサーを附し消音して靜かに換氣をよくする事が出来る。
12. 操作が樂に出来得るのみならず、原動機の荷重の加負に對する加減が、蒸氣に比して樂であるから、人的にも機械的にも經濟的である。
13. 蒸氣發生の如く始業に時間を要せず。管理上非常に樂である。
14. 鍛造機の近くに於て餘熱を利用し 160°C 位に壓搾空氣を豫熱して膨脹さすと約 35% 位の節約となる。
15. 排氣を利用し工具、型等の掃除に使用出来る。
16. 同期電動機にて空氣壓縮機を運轉するので電力費を低下し、又ディーゼルエンジンによる運轉にて一層運轉費を低下する。

蒸氣の有利なる點

1. 排氣を利用し附屬工場、關聯せる工場、其他の屋内の空氣を温め、乾燥季には濕度を與へるとか、湯を沸し、燃料油、送風等の豫熱を行ふ。(排氣のみならず爐の餘熱等にて重油と送風を豫熱する事に依り 10~20% の燃料節約が出来る。)
2. 排氣を利用し低壓タービンを廻し、それに連接した發電機にて發電する裝置に利用する(大工場にて實施せられて居る。)
3. 石炭其他の燃料の供給價格にもよるが概して低廉なり。
4. ボイラー其他附隨設備は空氣壓縮機や壓縮發生熱を冷

却する冷却器使用直前に豫熱して經濟的にするための豫熱器，空氣溜槽及電氣的其他の發動機等の空氣壓縮設備に比較して設備費は少くて済む。

5. 又他の動力用，加熱用，冬季煖房用等の蒸氣使用の設備と併用或は併設して設置すれば一層經濟的となる。
6. 工具，型などを掃除しつつ温めるものに利用出来る。排氣を利用すれば一層經濟である。又送氣管其他の接続部分の遺漏發見が易い。(但し空氣の場合の如く直に修理出来ないから，塞止後冷却する迄待ねばならぬ。)

次に空氣の方が經濟的になった場合と，蒸氣の方が經濟的になった場合との二つの實例を擧げる。

Chrysler Cop. にて壓搾空氣の方が次に示す如く蒸氣より遙かに經濟となつたので蒸氣設備を空氣設備に変更した。その工場にはハンマーを次の様に設置して居た。

1,000	lbs	(0.45t)	ハンマー	1	臺
1,500	"	(0.65t)	"	1	"
2,000	"	(0.9t)	"	7	"
2,500	"	(1.12t)	"	6	"
3,000	"	(1.34t)	"	6	"
4,000	"	(1.8t)	"	3	"
5,000	"	(2.25t)	"	2	"
6,000	"	(2.7t)	"	4	"
+ 8,000	"	(3.6t)	"	1	"
計	103,500	lbs	(46t)	ハンマー	31 臺

	蒸氣の場合	壓搾空氣の場合
1ヶ年蒸氣の費用	74,016.00 弗	—
1ヶ年間の工賃	21,000.00 "	7,200.00 弗
1ヶ年間潤滑油費	4,500.00 "	2,000.00 "
1ヶ年間の電力費	—	49,920.95 "
1ヶ年間の維持費	+36,000.00 "	+12,000.00 "
1ヶ年間の總費用	135,516.00 弗	71,120.95 弗
135,516.00 弗 - 71,120.95 弗 =	64,395.05 弗	

壓搾空氣の方が電力を購ひて1ヶ年 64,395.05 弗の利益となる。

次に蒸氣の方が經濟的であると云ふ例であるが，これは Norfolk Navy Yard である。そこでは 600 lbs (0.27t) から 6,000 lbs (2.7t)迄のハンマーを多數有して居る。そこにては蒸氣の 1,000 lbs の原價が 0.28 弗より 0.30 弗である。又ハンマー容量 100 lbs に就き1時間平均 34 lbs を使用して居るから 100 lbs のハンマー容量に對して1時間の運轉費は

$$\frac{34 \times 0.30}{1,000} = 0.0102 \text{ 弗となる。}$$

之を壓搾空氣にするとハンマー容量 100 lbs に就き1分間に 16 ft³ となり，1,000 ft³ の空氣は 0.04 弗となる爲

$$\frac{0.04 \times 16 \times 60}{1,000} = 0.0384 \text{ 弗となり，}$$

蒸氣の場合と壓搾空氣の場合とは直接運轉費は空氣の方が3倍にもなるから，維持費，潤滑油費，等を考慮しても蒸氣の方が經濟的であるとされて居る。

但しこの計算は少し疑問となる點は蒸氣と空氣の消費量であるから次に前例と同様のハンマーに就て計算してみる。

ハンマー容量	1分間の蒸氣消費量	臺數	蒸氣消費量計	1分間の空氣消費量	臺數	空氣消費量計
1,000 lbs	34 lbs	× 1	= 34 lbs	180 ft ³	× 1	= 180 ft ³
1,500 "	38 "	× 1	= 38 "	220 "	× 1	= 220 "
2,000 "	43 "	× 7	= 301 "	250 "	× 7	= 1,750 "
2,500 "	47 "	× 6	= 282 "	300 "	× 6	= 1,800 "
3,000 "	51 "	× 6	= 306 "	340 "	× 6	= 2,040 "
4,000 "	59 "	× 3	= 177 "	430 "	× 3	= 1,290 "
5,000 "	66 "	× 2	= 132 "	520 "	× 2	= 1,540 "
6,000 "	73 "	× 4	= 292 "	610 "	× 4	= 2,440 "
8,000 "	85 "	× 1	= 85 "	810 "	× 1	= 810 "
			+			+
1 分間平均蒸氣消費量合計			1,647 lbs	1 分間平均空氣消費量合計		12,070 ft ³
			× 60			× 60
1 時間平均蒸氣消費量合計			98,820 lbs	1 時間平均空氣消費量合計		724,800 ft ³

從て蒸氣は前例に依て 1,000 lbs の蒸氣 0.28~0.30 弗とすれば

$$\frac{98,820 \times 0.28 \sim 0.30}{1,000} = 27.669 \text{ 弗} \sim 29.646 \text{ 弗}$$

蒸氣による1時間の平均運轉費は 27.669 弗~29.646 弗となる。

空氣の場合も前例に依り 1,000 ft³ の空氣は 0.04 弗となり，

$$\frac{724,800 \times 0.04}{1,000} = 28.968 \text{ 弗}$$

空氣による1時間の平均運轉費は 28.968 弗となる。斯くなれば潤滑油費，工賃，維持費等にて遙に差を生ずることになるが，又蒸氣の排氣を利用すれば，その方が經濟的になる。然し建設費は空氣の方が 1.5 倍より 3 倍多くかかる例がある。

以上の外 Hydraulic Press, Toggle Press, Friction Press, Drawing Press, Forging Hammer, Forging Roll, 加熱爐，熱處理等を記述する豫定であつたが，結論中の項目に簡単に記す。

結 論

1. ハンマー，プレス共益々容量が大きくなりつつあり。鑄塊の寸法とハンマー，プレスの比較が色々云はれて居

るが、次の如き状態で作業して居る様であった。

鑄塊寸法	ハンマー	プレス
180 mm	1~1.5t	200t
300	1.5~2	300
350	2.5~3	400
400	3~3.5	500
450	3.5~4	600
500	4.5~5	800
600	5.5~6	1,000
750	7~8	1,200~1,500
1,200		2,000~3,000
1,500		3,000~4,000
1,800		5,000~10,000

2. 鍛造操作は樂になりつつあるが、寸法許容限界が非常に小くなりつつある。それで治具、型等は製作に益々注意して、正確にせねばならなくなった。
3. 鋼、特殊鋼、輕合金、銅合金等の鍛錬鍛造用材は益々吟味されて、良くなりつつあり。又良いものが出来る様になった。中には材料の良、否判定を顯微鏡的結論で決め、其他の試験は省いて居た（獨逸フォード、オペル等）所もある。
4. 型鍛造機は益々大きくなった、容量は各製造所共同でないから一々計算をせねば比較出来ない。型の 1,800 mm × 800 mm × 700 mm と云ふ様なもので作業する様になった。小な製品は 2 個又は數個を集團彫した型を用ひる様になった。
5. 従て型彫機は自動式で益々精度高くなりつつあり、又

大型になって來た。

6. 型の熱處理は型彫以前に行ふ。各型材には Flow Line や熱處理等の結果型彫面を指定した刻印を附すのが普通である。それで型彫後の圧ひなく直に鍛造検査を行ふ。
 7. 爐の燃料は輕合金は電氣が多く、鋼には英國では重油石炭、獨逸では瓦斯が多く、米國では重油が多く使用されて居たが、重油爐の過剰空気を少くする爲め、ガスと重油を併用し、酸化を防ぐものも相當あつた。又直徑 50 mm 以下の小物鋼材には直接電氣抵抗に依る加熱方法が行はれて居た。加熱に就ては酸化防止とユニフォームヒートが色々研究されてゐた。
 8. 型鍛造工場には小型ロールが大概設られ、適材寸にするに用ひられる。米國の如き多量生産では材料を製鐵所より購入するに、希望通に串團子型にも出来るから作業が樂に出来る。
 9. 建物は明るく、換氣をよくするため、ベンチレーターの大型のものを多數付け又、下部に窓を附し開閉さす装置が行はれて居る。
- 終りに臨み本論文を發表するに方り御助言並に校閲を辱うした東京帝國大學教授工學博士三島徳七先生に深く感謝をする。
- （昭和 13 年 7 月 12 日脱稿）