

經濟論叢

第111卷 第4号

轉換点に立つルール重工業……………大野英二	1
プロダクト・サイクル論と対外直接投資……………藤原貞雄	27
社会資本研究の一視角……………加藤一郎	48
フォード・システムの生産力構造……………塩見治人	69

昭和48年4月

京 都 大 学 經 済 學 會

フォード・システムの生産力構造

——フォード経営における大量生産体制の成立過程(2)——

塩 見 治 人

I ハイランド・パーク工場段階 (1909年～)

フォード社は、1908年4月にT型車を発表し、同年10月から販売を開始した。当時、フォード社はT型のみならずR型、S型をも製造していたのであるが、売行きはT型車が圧倒的であった。1909年をむかえて、フォード社の製造する自動車シャシーはT型のみに限定することが声明され、ここに画期的な「単一製品の原則」という製品の単純化の究極の状態が確立した。この原則は、以後のフォード社における生産力構造の発展をささえる一般的前提となった。

さて、これと前後して有名なハイランド・パーク工場 (Highland Park Plant) の建設がはじめられた。すでに1907年、フォードの社長就任直後に、デトロイト北郊の約60エーカーの土地が62,000ドルで購入され¹⁾、1908年に建設着工、1909年にはT型車(ツアリング型)の価格を100ドル値上げして建設資金を捻出し、ミシガン州最大といわれる4階建の主工場および発電所が約25万ドルの工費で完成²⁾、翌1910年からハイランド・パーク工場が操業を開始した。さらに同年5月には鑄造工場が追加され、フォード社ではじめてのシリンダー鑄物がつくられた。一方、ふるいピケット・アヴィニュー工場は、その機械設備をしだいに新工場に移して、ついに1911年夏に売却された。ハイランド・パーク工場は、操業開始時1910年には、工場全体が完成する1914～15年にくらべると、まだ1/4程度の装備しかもっていなかったが³⁾、それでも工作機械を3,728台をそ

1) Arnold, H. L., Ford Methods and the Ford Shops, I, in *The Engineering Magazine* (以下 E. M. と略す), April 1914, p. 21.

2) Nevins, A., *Ford, the Times, the Man, the Company*, 1954, p. 452.

3) Nevins, A., *op. cit.*, pp. 452-453.

なえ日産100台以上の生産能力をもっていた⁴⁾。

その後、ハイランド・パーク工場には、1911年6月に574,529ドルで買収したカイク工場(J. R. Keim Mills)からプレス加工設備が移され、1912年夏から13年初頭にかけて、熱処理工場を追加し、また鑄造工場の大拡充が実施されて当時世界最大といわれる巨大な近代的鑄造工場が完成した。ここにフォード社は、鑄造→機械加工→部分組立→最終組立を結合した今日の自動車工場にみられるような自動車の一貫生産体制を確立した。なお、1914～15年に、6階建の新工場2棟があいついで完成し、60エーカーある工場敷地は工場建物でうめつくされることとなった。

こうして、完成姿態をとった1914～15年頃のハイランド・パーク工場は、工作機械約15,000台⁵⁾、労働者15,000人以上の規模をもち⁶⁾、T型車日産最高1,212台(8時間1シフト)の生産能力⁷⁾をしめした。また、この間の設備投資総額は、1914年2月までに、建物・タンクその他付属施設が3,575,000ドル、内部の機械設備が約2,800,000ドルに達した⁸⁾。

ところで、このハイランド・パーク工場は、T型車一車種のみをつくる自動車の一貫生産体制工場ではあったが、自動車の全構成部品をつくったわけではない。T型車は、ボルト、ナットなどもふくめて約5,000の部品から組立られていたが、このうち車体はハイランド・パーク工場に車体工場をもってはいたが外部の車体メーカー5社に依存せねばならなかったし、鍛造品とベアリングは100%外部から購入した。外注品は、このほかタイヤ、キャブレーター、クッション、ファン・ベルト、電装品など多数にのぼった⁹⁾。このことは、フォード社の一貫生産体制の限界性というよりも、むしろ自立的な諸構成部品をた

4) Nevins, A., *op. cit.*, p. 457. なお、フォード社の技師ソレンセンは、1911年までにT型車の日産能力は200台になったと述べている。(Sorensen, C. E., *My Forty Years with Ford*, 1956, 福島正雄訳「自動車王フォード」153ページ)。

5) Nevins, A., *op. cit.*, p. 456.

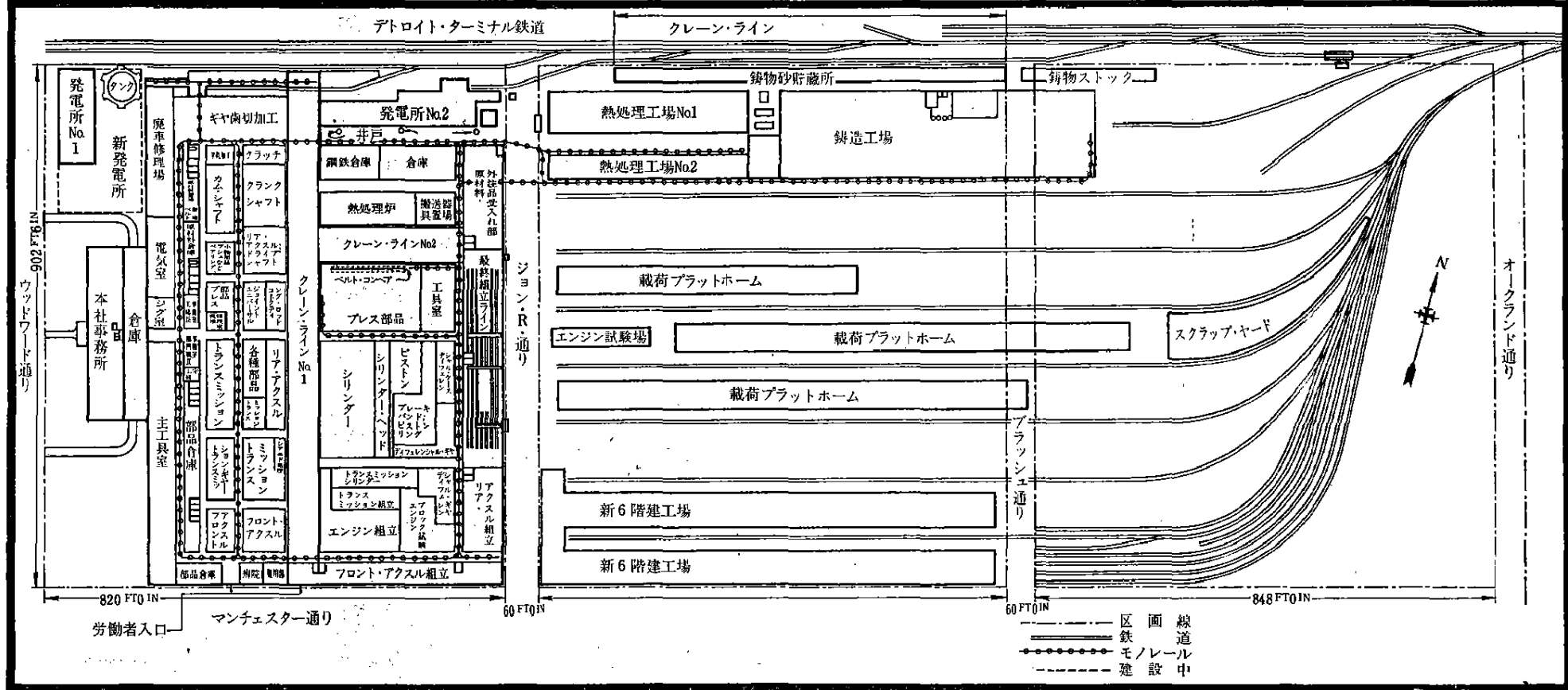
6) Arnold, H. L., *op. cit.*, I, p. 1.

7) Arnold, H. L., *op. cit.*, V, in *E. M.*, Aug. 1914, p. 680.

8) Arnold, H. L., *op. cit.*, I, in *E. M.*, April 1914, p. 23.

9) Arnold, H. L., *op. cit.*, I, in *E. M.*, April 1914, p. 25.

表1 ハイランド・パーク工場のレイアウト (1914年2月20日)



備考 Arnold, H. L. op. cit., in E. M. April, 1914, p. 20 より作成。ただし工場レイアウトは、建物の1階のみが示されている。なお建内部の小区画は「部門」(department)をせしめ、たんに部品名のみものは機械加工部門または部品名の後に組立を付与したものは組立部門をさす。たとえば、リア・アクセルはリア・アクセル機械加工部門またはリア・アクセル組立はリア・アクセル組立部門である。

んに機械的に組合せて製品をつくる総合産業としての機械工業一般のもつ独自性に帰因するものである。事実、今日の自動車一貫生産工場といえども、この点ではフォード社の域を一步もでるものではない。

わたしは、完成姿態をとったハイランド・パーク工場の内部構造を工程の順序にしたがって説明していく。

1 部門構成とレイアウト

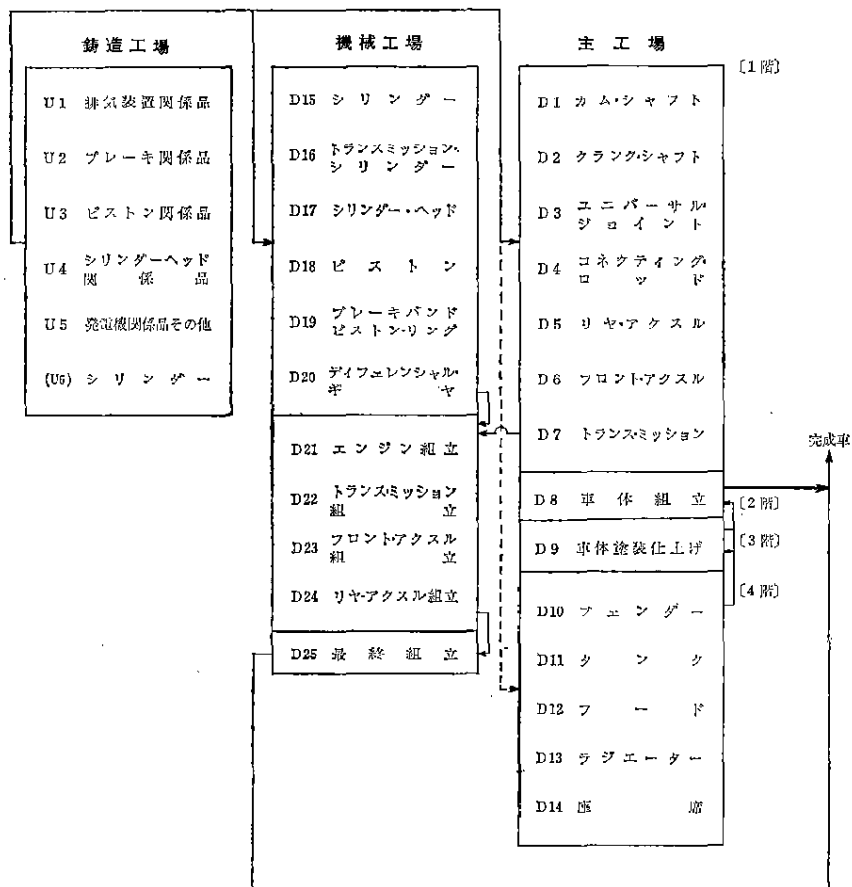
1914年におけるハイランド・パーク工場の工場レイアウトは、表1のとおりである。

工場敷地の東北隅からデトロイト・ターミナル鉄道(Detroit Terminal Railroad)の引込線が放射状に分岐し、そのうち工場北面を走る引込線は、クレーンを装備した鋳物砂置場に導かれる。この背後に巨大な鋳造工場(建物面積約200×200フィート)と2つの熱処理工場が、順に東から西へ並んでいる。熱処理工場の西端から、今度は南北に、鋸歯屋根単層型の機械工場(建物面積840×140フィート)と当時ミシガン州最大の建物といわれた4階建の主工場(建物面積865×75フィート)の2棟の工場が並列する。以上の工場敷地のL字型をなす一画が、15年頃に完成する2棟の6階建新工場の追加以前のハイランド・パーク工場の骨格を形成していた。

つぎに、これらの工場の内部にたち入ると、それらは数多く複雑に区分別けられていて(compartmentalization)、この一区分が機械工場では「部門」(department)また鋳造工場では「ユニット」(unite)とよばれる要素単位を形成している。部門、ユニット形成の主要なものをしめせば、おおよそ表2のとおりである。

これからもわかるとおり、ハイランド・パーク工場を構成する要素単位である部門、ユニットは、現格化されたT型車部品のそれぞれの品種にしたがって形成されている。こうして、おのおの部門、ユニットは、一品種に特殊化した専用施設になっている。フォードは、この部門数がピケット・アヴィニュー工場段階の18から、ハイランド・パーク工場に移って頭初150また1922年に500

表2 ハイランド・パーク工場の「部門」「ユニット」編成



備考 Nevins, A., *op. cit.*, pp. 455-456; Arnold, H. L., *op. cit.*, in *E. M.*, Jan. 1915, pp. 541-542 より作成。Dは「部門」、Uは「ユニット」をあらわし、それに数字を付して、「部門」・「ユニット」を示す記号とし本稿の説明にもちいる。

へと増大したことをのべている¹⁰⁾。この事実、(1)フォード社の内製部品の種類の増大をしめすとともに、(2)工場の内部組織における品種別作業組織とライン生産の方向への進展・整備を反映するものである。フォードは、この「部門それ自体が1つの小工場である」とのべている¹¹⁾。このことは部門の内部構造をみることによって明らかとなろうが、まずもって、フォード経営における大量生産体制の成立過程は、うえにのべた2方向から数多くの品種別部門の形成過程をとめない、そのことが生産単位の規模を巨大化したことを確認しておきたい。

最後に、こうして成立した品種別部門の編成・関係の問題にうつる。T型車1台の重量は1,450ポンドであり、構成部品数は約5,000個であった。かりに、日産1,000台として、1日に1,450,000ポンド、5,000,000個もの加工対象が、広大なハイランド・パーク工場のなかの各工程・各部門の間を一度だけでなく何度も移動しながら、完成車となっていく¹²⁾。この機械工業に固有の加工対象の多様さとぼう大な数量によって、大量生産体制のもとでは、工場内搬送の問題が、原価低減のための一つの中心的課題として登場した¹³⁾。ハイランド・パーク工場では、この課題に(1)レイアウトの整備による搬送距離の短縮、(2)搬送作業の機械化、という2つの方向で解決が試みられている。部門間搬送について、この問題をみれば、加工対象の流れは鑄造工場からはじまる。6つのユニットで鑄造された各種粗形品はモノレールをつかって熱処理工場に移され、ここから再びモノレールで、エンジン部品関係の機械加工をおこなう機械戦場の各部門(D15~D20)およびシャシー部品関係の機械加工をおこなう主工場の各部門(D1~D7)に運びこまれる。ここで機械加工をおわった部品は、部門間をとりまくモノレールやベルト・ラインまた小型トラックやトレーラーで部分組立を

10) Ford, H., *My Life and Work*, 1922, p. 85.

11) Ford, H., *op. cit.*, p. 83.

12) Arnold, H. L., *op. cit.*, I, in *E. M.*, April 1914, p. 23.

13) フォードの賃金支払名簿には1914年5月に1,285人の運搬労働者を記載していた。彼らは部品や資材のたんなる運搬作業に従事していた(Arnold, H. L., *op. cit.*, II, in *E. M.*, May 1914, pp. 184-185)。

おこなう各部門 (D21~D24) に移され、さらに最終組立をおこなう部門 (D25) でシャシーが完成する。一方、鑄造工場の粗形品の一部や外注品はクレーンで主工場4階に運びあげられ、エレベーターで3階さらに2階の車体組立部門 (D8~9) に運ばれ車体が完成する。この車体がシュートで地上におろされ、この地点で自走してきたシャシーに組付けられて完成車となる。こうして、それぞれの品種別部門は、加工対象の2つの大きな流れにしたがって合理的に配置され、しかも各部門を結びつける各種搬送手段 (モノレール、クレーン、ベルト・ライン、エレベーター、トレーラー、トラック) は全体を一個の有料的統合体へと仕上げている。

2 粗形材工程

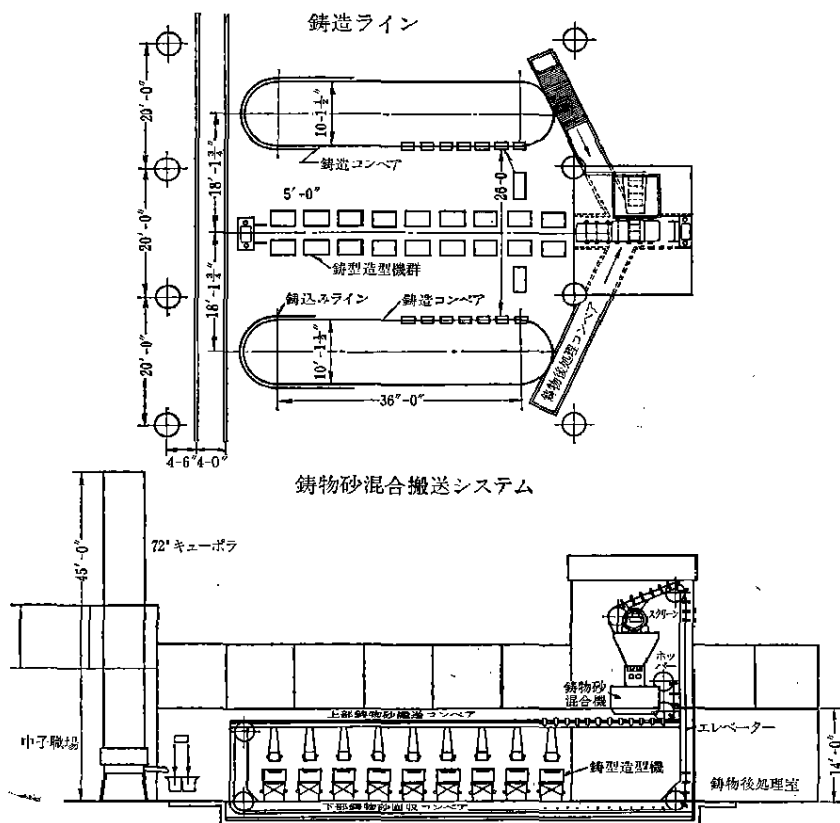
ハイランド・パーク工場は、巨大な鑄造工場、2つの熱処理工場をもっている。

鑄造工場 1910年5月、はじめてシリンドー鑄物をつくった頃の鑄造工場は、当時の一般の鑄造工場となんら変るところはなく、手工的熟練作業が支配的であり、またシュベルヤー輪車で鑄物砂を運ぶといった肉体的労働を残していた。1912~13年における鑄造工場の大変革は、鑄物砂混合 (sand mixing) → 鑄型製作 (molding) → 鑄型組立 (setting) → 鑄込み (pouring) → 鑄物後処理の工程におこった。すなわち、これら諸工程が各種コンベアで結合され、同期化されて連続進行作業をおこなう品種別鑄造ラインが形成された¹⁴⁾。フォード社では、この鑄造ラインを「ユニット」とよんでいるが、それは表3のような設備から構成されている。

(1) 鑄物砂混合・搬送システム まず砂置場の砂は、エレベーター・コンベアでポッパーにあげられ、ポッパーから鑄物砂混合機に投入され鑄物砂になると、天井を走るコンベアで各鑄型造型機の上にあるポッパーまではこばれる。このホッパーからシュートを通して、原型 (pattern) の置かれた鑄型造型機に

14) ハイランド・パーク工場の鑄造工場については、Arnold, H. L., *op. cit.*, X-The Foundries, in *E. M.*, Jan. 1915 に詳しい。また Ford, H., *op. cit.*, pp. 87-88 参照。

表3 鋳造工場における「ユニット」(1914年2月25日)



備考 Arnold, H. L., op. cit., X, in : E. M., Jan. 1915 p. 532 より作成。

注入されて鋳物砂は圧縮されて鋳型 (mold) となる。余った鋳物砂は床を走るコンベアで回収され再びホッパーにもどる。これがユニークな鋳物砂混合・搬送システム (sand-handling-and-mixing endless-chain-circuit) であり、肉体的労働を必要とする砂の搬送や熟練のいる鋳物砂混合作業が機械化された¹⁵⁾。

(2) 鋳型造型設備 鋳型の上型 (cope) と下型 (drag) をつくる18台の鋳型造型

15) Arnold, H. L., op. cit., X, in E. M., Jan. 1915, pp. 528-529.

機の協業編成である。

(3) 鑄造コンベア・システム 各ユニットは2本の鑄造コンベア (endless-chain driven mold carrier) をそなえている。でき上った鑄型は、この鑄造コンベアにはこぼれ、上型と下型が組合され、中子 (core) が組み込まれ、重しが載せられ、こうして組立られた鑄型はコンベアの先端でキューボラからモノレール・コンベアではこぼれた「湯」を鑄込まれ、ここでコンベアは反転して他方の側をもどり、この間に冷却される¹⁶⁾。

(4) 後処理コンベア 鑄造コンベアからおろされた鑄物の型ばらし、型ばり落しなど後処理と検査がおこなわれる¹⁷⁾。

ハイランド・パーク工場の鑄造工場には、このようなユニットが U1~U6 まで品種別に6存在する (表2)¹⁸⁾。1ユニットの設備投資額は15,000ドルといわれ¹⁹⁾、鑄造ラインの総額は9万ドルにも達する。鑄造工場は、一日2シフト操業で192トンの鉄と1,906トンの砂を使用した。また、日産能力は、シリンダー鑄物1,300個とそれに相応する各種粗形品であった²⁰⁾。

なお、鑄造工場には、そのほか、鑄造ラインをささえる、キューボラ職場、中子乾燥炉や連続式中子炉をそなえ品種別作業組織をとる中子職場、金型原型の製作と修理をおこなう万能性のつよい原型職場などをそなえていた。

熱処理工場 焼入、焼戻、焼準などの作業を加えて金属材料に所要の性質をあたえる熱処理工場は、おもに加熱炉と水槽・油槽よりなりたっている。ハイランド・パーク工場では従来のバッチ式加熱炉のほかに連続式加熱炉も設置されていた。このことは同時に、熱処理が品種別に編成されることを意味する。

3 機械加工工程

鑄造工程で生産された粗形材である鑄物を部品に仕上げるハイランド・パーク工場の機械加工工程は、部品の種類によって数多くの品種別部門を成立させ

16), 17) Arnold, H. L., op. cit., X, in *E. M.*, Jan. 1915, pp. 531-534.

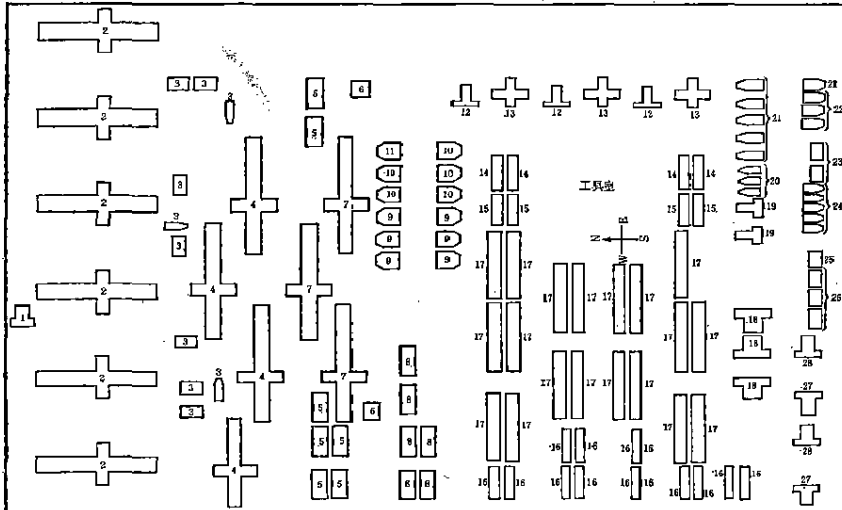
18) Arnold, H. L., op. cit., X, in *E. M.*, Jan. 1915, pp. 541-542.

19) Arnold, H. L., op. cit., X, in *E. M.*, Jan. 1915, p. 533.

20) Arnold, H. L., op. cit., X, in *E. M.*, Jan. 1915, p. 540.

ていた(表2)²¹⁾。これらの機械加工部門のうち、エンジンの主要部品であるエンジン・ブロックの機械加工をおこなう「シリンダー仕上加工部門」を代表例としてとりあげ、説明する。シリンダー仕上加工部門は、表4のような設備によって構成されている。

表4 シリンダー仕上加工部門の機械レイアウト



備考 Arnold, H. L., op. cit., III, in *E. M.*, June 1914, p. 342 より作成。なお数字(1~28)は工程をしめし工程1→工程28へとすむ。

エンジン・ブロックの機械加工工程は28工程に分割されており²²⁾、手作業はまったく排除されている²³⁾。各工程は専用工作機械によって、おこなわれる。たとえば、工程5はエンジン・ブロックの4つのシリンダーを同時に粗中ぐり

21) ハイランド・パーク工場の機械加工工程については、Arnold, H. L., op. cit., III, VI, VII, XI, XII, in *E. M.* に詳しい。エンジン・ブロック (III, June 1914), フロント・アクスル (VI, Sept. 1914), 整流子 (VII, Oct. 1914), クランク・シャフト, ピストン (XI, Feb. 1915), 小部品 (XII, March 1915) などの機械加工の様子がうかがえる。また Ford, H., op. cit., pp. 89-90 参照。

22) Arnold, H. L., op. cit., III, How the Work in Ford Factories actually done, in *E. M.*, June 1914, p. 339.

23) Ford, H., op. cit., pp. 89-90.

する多軸中ぐり盤、工程13は同時に15の穴を穿孔する多軸ボール盤、工程18は同時に4方向から45の穴を穿孔する多軸ボール盤、工程19は同時に2方向から14の穴を穿孔する多軸ボール盤、工程27は同時に2方向からネジ穴をあけるネジ立て盤、工程28は同時に3方向から24のネジ穴をあけるネジ立て盤である。また工程1, 6, 26はフォード社の工具工場で開発製造された特殊工作機械である²⁴⁾。こうして、各工程は専用機を中心に、特別の取付具、ジグ、刃具をもちいて作業がおこなわれ、機械工は取付→始動→停止→取はずしという簡単で標準化された同一作業をくりかえす。機械工は、たんに機械の補助者の地位を占めるにすぎない。エンジン・ブロック鋳物は、この28工程を約45分で通過して機械加工をおわるが、1日8時間1シフトで1,000個の生産能力をもち専用機による高度な機械化によって、この工程のオシヤカは約0.5%におさえることができた²⁵⁾。

アーノルド(H. L. Arnold)は、このシリンダー仕上加工部門を単一製品の原則の確立によって可能となった「ひじょうに偉大な原価低減の一実例」としてとらえ、エンジン・ブロック1個の機械加工原価を見積っている。それによると、労務費は機械工の日賃金8時間5ドルより分当たり約1セント、また刃具維持費と間接費をそれぞれ分当たり1セントとみて、分当たり職場原価(per minute shop cost)を3セントと推定し、 $3\text{セント} \times 45\text{分} = 1.35\text{ドル}$ をエンジン・ブロック機械加工原価としている²⁶⁾。

さて、エンジン・ブロック機械加工部門は、各種専用機は分計116台である。この116台が全28工程に一定の数的比率を創造することによって、エンジン・ブロック機械加工の全工程を通して手作業を排除した客観的な機械の分業による協業体制が成立している。個々の機械は、部分機械として28工程中の一部分工程を担当するのであり、各部分機械はすべて同時に稼動し、つぎの部分機械にその原料を提供する関係で結合している。加工対象は、客観的に確定したル

24) Arnold, H. L., op. cit., III, in *E. M.*, June 1914, pp. 341-347.

25) Arnold, H. L., op. cit., III, in *E. M.*, June 1914, p. 339.

26) Arnold, H. L., op. cit., III, in *E. M.*, June 1914, pp. 347-348.

ートを一定の流れを形成して、各工程を移行していく。こうして116台の専用機群は一個の巨大な結合作業機体系として、エンジン・ブロック機械加工ラインという自立的な生産単位となる。

ところで、この機械加工ラインは、全28工程が連続的になればなるほど、ますます完全なものとなっていくのであるが、この点ではエンジン・ブロック機械加工ラインは十分なものとはいえない。レイアウト図(表4)をみればわかるとおり、機械は工程順に並んでいるとはいえ、各工程間にはかならずしも加工対象が最短距離を移動するように密接していない。レイアウトにおけるこの種の未整備状況は、当時の部門内搬送、機械から機械への加工対象の搬送方式とも関連している。すなわち、当時のハイランド・パーク工場の機械加工工程においては、機械的搬送手段がなく、機械加工をおえて機械から取りはずされた品物は箱やカンに入れて、つぎの機械へとはこばれるのが普通であった²⁷⁾。このため、多くの運搬労働者を必要としたし、また作業量の増加とともに仕掛品を積んでおく床面積をますます多く必要とした。こうして、加工対象の部門内搬送の機械化とレイアウトの再整備は、機械加工工程の重大な課題となっていたのである。エンジン・ブロック機械加工ラインは、機械体系が全体の連続化を確保する客観的な機構を欠いていたのであり、作業の展開のうえに客観的な時間的強制進行性が付与されていないという意味で、品種別機械体系ではあっても、コンベア・システムではなかった。

さて、エンジン・ブロック仕上加工部門で説明したような機械加工ラインによるライン生産は、クランク・シャフト、ピストン、フロント・アクスルの部門など、あらゆる部門に成立している。たとえば、「フロント・アクスル部品仕上加工部門」は、レイアウトの点でより整然とし、構成部品15種についてそれぞれ直線的な機械加工ラインが合計15本成立している²⁸⁾。

27) Arnold, H. L. op. cit., II-The Stock System and Employment Method, in *E. M.*, May 1914, pp. 185-186.

28) Arnold, H. L. op. cit., VI-Machining and Assembling the Front Axle, in *E. M.*, Sept. 1914, pp. 871-875.

1914年にはいると、500台以上の機械の移動や置きかえによるレイアウトの改善とともに、機械的搬送手段の導入が展開された。機械と機械を結ぶ搬送装置にはつぎのようなものが採用されていった。

重力滑台 (gravity work-slide) 加工をおわった品物をつぎの機械へおとす滑台装置。座金の機械加工は、1台のプレス機と2台の旋盤をつかい3人の作業労働者によっておこなわれるが、この装置を設置することによって、1日8時間800個の生産量を1,100個に、すなわち37.5%の能率向上を達成した。また、ピストンの穿孔作業は、4台のボール盤と4人の作業労働者でおこなわれるが、この装置によって、補助労働者である2人の運搬人を排除した²⁹⁾。

重力ローラー軌道 (gravity roll-way) ローラー軌道をもつ滑台で、ゆるい傾斜でも品物をおとすことができる。フランジ付スリーブ管やフライ・ホイールその他多くの機械加工に装備された。もっとも、目ざましい事例は、フライ・ホイールの機械加工ラインへの適用である。この加工ラインは全長120フィート、27台の機械、18人の作業労働者(一部は1台以上の機械につく)と2人の運搬人によって、1日8時間に350個のフライ・ホイールを生産していたが、全工程にこの装置を設置することによって、460個に増大し、労務費を33⅓%以下に減少させることができたという³⁰⁾。

手押し滑り軌道 (hand-moved slide-way) 加工のおわった品物を軌道にのせて手で押してつぎの機械でおくる装置。アルミニウム鋳物であるトランスミッション・ケースカバーの機械加工ライン(フライス加工、塵孔、リーマ通し、ねじ立てをふくむ)は20工程よりなるが、以前ののべ594時間労働で1,000個の生産量を、生産方法はかえずこの装置を導入しただけで、1日8時間33人の作業労働者すなわちのべ264時間労働で1,200個に増大させた³¹⁾。

コンベア・ベルト (endless-belt conveyor) 動力駆動のコンベア・ベルトの、機械加工工程への導入は、ラジエーター、フェンダーの職場とプレス工程に3本みられたが、これは機械加工をおえた品物を次の組立工程へ運搬するためのものであった。機械工場において、ベルト・コンベアはまだ機械と機械を結びつける手段とはなっていない³²⁾。

29) Arnold, H. L., op. cit., IX-Conveyors, Work-Slides, Roll-Ways and Bushings Job in *E. M.*, Dec. 1914, pp. 341-342.

30) Arnold, H. L., op. cit., IX, in *E. M.*, Dec. 1914 pp. 342-345.

31) Arnold, H. L., op. cit., IX, in *E. M.*, Dec. 1914, pp. 345-346.

32) Arnold, H. L., op. cit., IX, in *E. M.*, Dec. 1914, pp. 347-349.

そのほか、部門内の運搬や荷の揚げ下ろしにチェーン・エレベーター (endless chain elevator) やシュート (chute) も使われていた³³⁾。

以上のように、機械工場では、次第に各種の機械的搬送手段が、機械と機械とを結合しはじめていたが、それはまだ端初的なものにすぎなかったといえる。

3 組立工程

ハイランド・パーク工場の組立工程において、1913～14年に画期的な技術的革新が実現した。すなわち、この工程へのコンベア・システム (conveyor system) の導入によって、従来の台上静止組立 (stationary assembly or bench fitting) は、移動組立ライン (moving assembly line) へ質的な転化をとげた。この転化は、たんにフォード社にとってばかりでなく機械工業一般の歴史的な転換点を意味したから、普通フォードにおける大量生産体制をのべるとき、すべてをこの移動組立ラインに解消させるほど象徴的な存在となっている。組立工程における移動組立ラインはつぎのような過程をへて確立していった³⁴⁾。

フライ・ホイール・マグネート³⁵⁾

1913年おそらく、機械工業における最初の移動組立ラインとして歴史的な重要性をもつ記念碑的組立ラインが完成した。

〔従来方式〕 台上で熟練組立工によるワンマン組立 (one-man assembly) がおこなわれていた。組立工は、それぞれ 1人 1日 9時間に 35～40個を組立てた。工数 (one man's time=組立工 1人 1個当り所要時間) は約20分である。

〔1913年 5月 1日〕 従来のワンマン組立の作業を、29工程に分割し、29人の組立工によって構成される移動組立ラインが設置された。この組立ラインは、1時間当り132個、1日 9時間で、1,188個の生産能力をしめした。工数は、13分10秒であり、ワンマン組立にくらべ約7分短縮された。

〔1914年 3月 1日〕 フォード社の労働時間の1日 8時間制が確立した日、チェーン駆

33) Arnold, H. L., op. cit., IX, in *E. M.* Dec. 1914, p. 349.

34) ハイランド・パーク工場の組立工程については Arnold, H. L., op. cit., IV, V, VI, XIII, in *E. M.* に詳しい。ピストン、フライ・ホイール・マグネート、エンジンの部分組立ライン (IV, July 1914), ジャーキーの最終組立ライン (V, Aug. 1914) フロント・アクスル (VI, Sept. 1914) 車体 (XIII, April 1915) などの組立の様子がうかがえる。また Ford, H., op. cit., pp. 80-84, 88-89 参照。

35) Arnold, H. L., op. cit., IV, in *E. M.*, July 1914, pp. 521-523; Ford, H., op. cit., p. 81.

動の高架式組立ラインが新たに設置された。この組立ラインには18人の組立工がつき、1日8時間に1,175個の生産能力をしめした。工数は約7分に短縮した。

その後この組立ラインは、コンベアを速度を分速5フィートから3フィート8インチにおとし、組立工を4人へらして14人とする修正がおこなわれて1日8時間で生産量は1,335個に増大した。工数は5分となり、ワンマン組立にくらべて1/2に短縮した。

フロント・アクスル³⁶⁾

〔1913年1月1日〕 従来方式は、長い組立台に、各自の万力をもった有能な熟練組立工125人がならび、ワンマン組立により、全体で1日9時間に450個を生産した。工数は、2時間30分である。

〔1914年1月1日〕 90人の組立工で1日8時間に650個を生産した。改善点は不明。工数は1時間6 1/2分に短縮した。

〔1914年6月1日〕 移動組立ラインを導入。組立ラインは44人の組立工で構成され、1日8時間に800個を生産した。工数は約26 1/2分となった。

トランスミッション・ケース³⁷⁾

〔従来方式〕 ワンマン組立によって組立工1人1日9時間で20～30個を生産した。工数は18分である。

〔1913年6月〕 ワンマン組立の作業を23工程に分割し、23人の組立工が重力滑台にならんで、おのおのが1工程を分担する組立ラインが設置された。この組立ラインは1日8時間に1,200個の生産量をしめした。工数は9分12秒で、従来方式にくらべて1/2に短縮した。

ピストン³⁸⁾

〔従来方式〕 14人の組立工がワンマン組立をおこなう組立台が2台あった。各組立工は1日9時間で175個を生産した。工数は3分5秒である。

〔現在方式〕 従来のワンマン組立の作業を6工程に分割、組立台の中央に重力滑台を通し、6人の組立工と1人の検査工よりなる組立ラインが設置された。この組立ラインの最高生産能力は1日8時間で2,600個を記録した。工数は77 1/2秒となり約1/3に短縮した。

エンジン³⁹⁾

〔1913年10月〕 台上組立により、1,100人の組立工が1日9時間で1,000台を生産した。

36) Arnold, H. L., op. cit., VI, in *E. M.*, Sept. 1914, pp. 878-885.

37) Arnold, H. L., op. cit., IV, in *E. M.*, July 1914, pp. 524-525.

38) Arnold, H. L., op. cit., IV, in *E. M.*, July 1914, pp. 514-521; Ford, H., op. cit., p. 88.

39) Arnold, H. L., op. cit., IV, in *E. M.*, July 1914, pp. 525-532; Ford, H., op. cit., pp. 83-84.

静止組立ステーションの数は不明であるが、ワンマン組立ではなく組作業であったと思われる。工数は594分（9時間56分）である。

〔1914年5月8日〕 1913年11月に全工程を組立ライン化する試みがなされたというが、詳しいことは不明である。その後、改善がなされて、手押し滑り軌道を全工程に備えたエンジン組立ライン（複数）が完成した。これは、いわゆるタクト・システム（tact system）である。この組立ラインにより、472人の組立工が1日8時間で1,000台を生産した。工数は237分52秒（3時間57分52秒）に短縮した。なお、「最初の組立ライン」と題するリストでは1本のエンジン組立ラインは84工程、102人の組立工より構成されている。

以上のべた、組立ラインは、部分組立工程に属するものであり、つぎに説明する総組立工程の最終組立ライン（final assembly line）に対して、組立支線（sub or feeding assembly line）の位置をしめる。

シャシー総組立⁴⁰⁾

完成車を製造する自動車の最終工程への移動組立法の導入は、1913年の夏に実験段階に入り、1914年春に確立した。

〔1913年8月までの従来方式〕 1地点に各種部品をもちよって静止組立法がおこなわれていた。ハイラント・パーク工場では全長600フィートの床面を2列に、おのおの12フィートごとに50ヶ所、合計100ヶ所の静止組立ステーションをもっていた。この総組立工場は、500人の組立工と100人の部品運搬人によって、合計600人構成された。各ステーション当り組立工5人、部品運搬人1人の組作業となる。工数は14時間であった。〔1913年8月〕 この月おなじ静止組立法ではあるが、250人の組立工、80人の部品運搬人、合計330人によって、1日9時間で26日間に6,182台が生産された記録が残っている。この場合、工数は12時間28分である。

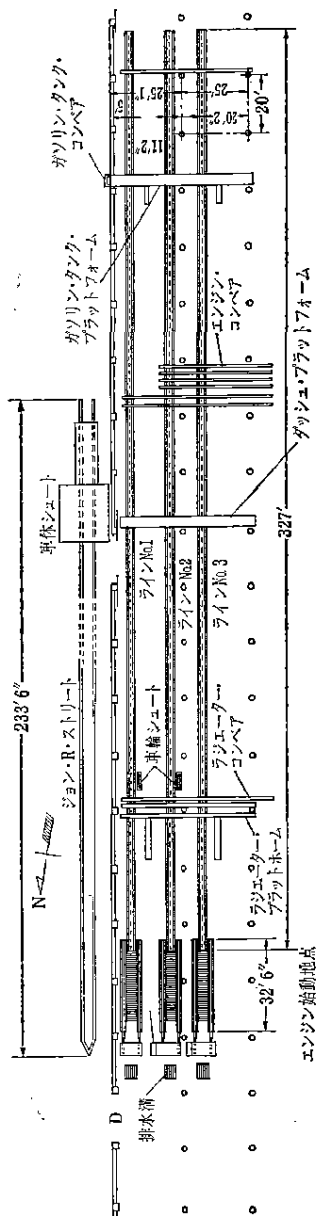
〔1913年8月の実験〕 組立台にロープをつけ、これを巻上げ機で牽引する全長250フィートの移動組立ラインの実験がおこなわれた。この組立台と一しょに6人の組立工がついて歩きながら部品を組付けてシャシーを完成する。この方式によって工数は、5時間50分に短縮した。

〔1913年10月7日〕 全長150フィートの移動組立ラインを設置し、部品を組立ラインの適当な地点にならべて置くことにより部品供給人を排除し、140人の組立工によって、1日9時間に435台を生産した。工数は、2時間57分に短縮した。

〔1913年12月1日〕 移動組立ラインを全長300フィートに延長し、組立工を177人にふ

40) Arnold, H. L., op. cit., V, in *E. M.*, Aug. 1914, pp. 672-692; Ford, H., op. cit., pp. 81-83.

表5 シャシー組立ライン



備考 Arnold, H. L., op. cit., in E. M., Aug. 1914, p. 672; Chahdler Jr., A. D., *Giant Enterprise*, 1914, p. 44 より作成。
 シャシーの組立作業は、工場の南端（図右端）から始められ、順次工程を遡って北端（左端）へ移動してゆく。3本のラインの頭上にはガソリンタンク取付台、エンジン取付台、泥よけ部品取付台、ラジエーター取付台などが設置され、またそれらに部品を送る自動移動シャシー・ホイスト・レールが装備されている。北端で組立をおえたシャシーは自走してDを通過してジョーンR通り

やすことによって、1日9時間に606台に産量が増大した。工数は2時間38分である。

〔1913年12月30日〕作業完了と同時に手で押してつぎの工程におくるタクト・システムの組立ライン2本と組立工191人によって、1日9時間に642台を生産した。工数は2時間40分である。

〔1914年1月14日〕1本の組立ラインにチェーン駆動装置を導入し、良好な成果をあげた。

〔1914年1月19日〕4本の組立ラインを設置、うち1本のみがチェーン駆動式。

〔1914年2月27日〕チェーン駆動式高架移動組立ラインを3本設置。

〔1914年4月30日〕これら3本の組立ラインで1日8時間1,212台という最高記録をつくった。工数は1時間33分に短縮した。なおこの組立ライン1本は45工程組立工74人で構成されている。また組立ライン3本のレイアウト図は表5のとおりである。

こうして、ハイランド・パーク工場の組立工程は、部品加工工程の品種別の鋳造ライン・機械加工ラインに相当する、各種部品の専用組立ライン・総組立ラインが、つぎつぎと設置されてゆき、ほぼ1914年の前半に、移動組立法によるライン生産が確立したと思われる⁴¹⁾。ところで、この移動組立ラインによる生産は、組立作業の機械化を意味するものではない。それは、静止ワンマン組立に典型的にみられた熟練を要する組立作業を、多くの単純な作業単位に分割して、それらを空間的に併存する継起的な作業連鎖に客観化することによって成立する。そして、この継起的な部分作業の連鎖へ加工対象を運ぶ機械的搬送手段は、連鎖を構成する諸部分作業を同期化し連鎖全体に強制進行性をあたえる。本来たんなる搬送手段にすぎないコンベア・ベルトの中心的意義は、この点にある⁴²⁾。これによって、組立工は依然として手作業ではあったが単純なしかも作業自体が客観的に強制された部分作業を反復することになり、組立作業は「機械的化」⁴³⁾した。この移動組立ライン成立によって、組立工程は品種別部品製作ラインからなる部品製作工程と照応できる技術的基礎を獲得した。

II リバー・ルージュ工場段階 (1919年へ)

ハイランド・パーク工場が完成するとともに、フォード社は、一方で、販売網を整備し各地にノックダウン工場を配置することによって大量販売体制を整備するとともに、他方で、自動車製造のための原料産業部門に進出することによって、しだいに壮大な産業複合体(industrial complex)にたつ巨大企業に成長していった。その全体像については別稿で説明したところである⁴⁴⁾。ところで、この時期に建設されたリバー・ルージュ工場(River Rouge Plant)は、当初もはや拡張の余地のなくなったハイランド・パーク工場にかわる新部品生産工場を当時の第一次大戦を反映した原料高を克服するため製鉄業をも併設してつくる

41) Sorensen, C. E., *op. cit.*, 福島訳157ページ。

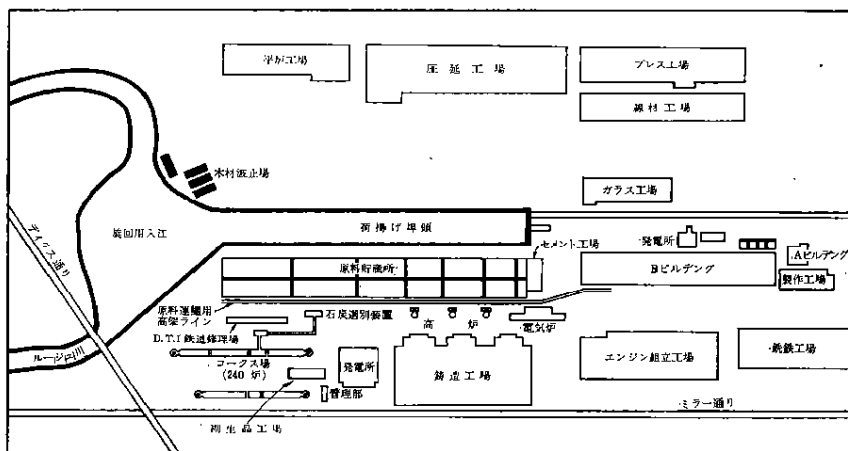
42) 薄利重雄『流れ作業組織の理論』(昭和21年)第2章参照。

43) 薄利重雄『経営管理総論(第二新訂版)』(昭和40年)143ページ。

44) 拙稿、フォード経営の全体像、「経済論叢」第109巻第2号。

という考想のもとに着手された⁴⁵⁾。1915年に約2,000エーカーの土地を購入、翌年から着工されたが、大戦中は、軍用艦イグル・ボート (Eagl boat) の建造にあてられ、のちに車体とトラクターの組立工場となったB工場 (B building) だけであった。自動車工場としての拡充は戦後にはじまり、20年代に入って本格的な操業にはいり、1925年頃に完成姿態をとった。完成したリバー・ルージュ工場は、工場土地面積1,115.12エーカー、建物面積159.62エーカーであり、23の主要棟をふくめ93棟の建物がたち、約75,000人の労働者を収容していた⁴⁶⁾。おもなプラントは、日産500トンの能力をもつ高炉3基を中心に電気炉工場・平炉工場・圧延工場・線材工場よりなる鉄鋼一貫製鉄所、ハイランド・パーク工場の約8倍の能力をもつ鑄造工場、T型車とトラクター部品を加工する機械工場、T型車の車体工場、トラクター組立工場、副生品工場、セメント工場、ガラス工場、発電所などより構成されている。リバー・ルージュ工場のレイア

表6 リバー・ルージュ工場のレイアウト図 (1926年9月)

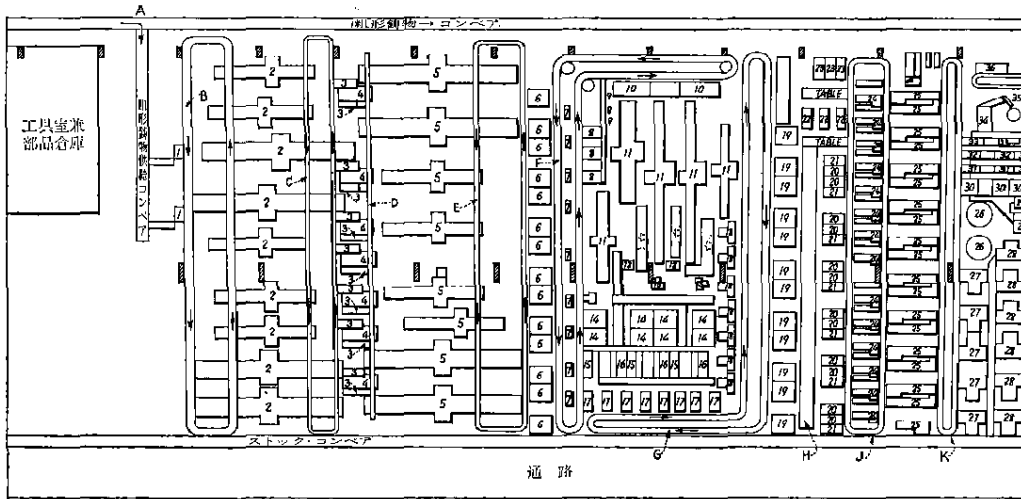


備考 Nevins, A. & Hill, F. E., *op. cit.*, p. 215 より作成。

45) Nevins, A. & Hill, F. E., *Ford Expansion and Challenge 1915-1933*, 1957, p. 201, なお, Sorensen, C. E., *op. cit.*, 福島訳第12章参照。

46) Nevins, A. & Hill, F. E., *op. cit.*, pp. 292-293. なお, Sorensen, C. E., *op. cit.*, 福島訳第13章参照。

表7 シリンダー仕上加工工場のレイアウト



備考 Van Deventer, J. H., op. cit., in *I. M.*, June 1923, p. 361 より作成。なお、数字 (1~43) は工程をしるし、数字28へとすすむ。また、ローマ字 (A~O) は、15本のコンベアをしめす。

ウトは表6のとおりである。

ところで、個々の工場の内部構造に関するかぎり、ハイランド・パーク工場とリバー・ルージュ工場との間に質的段階的な違いは基本的に認められない⁴⁷⁾。強いてあげれば、リバー・ルージュ工場はレイアウトがより整然とし、工程の分割がより深化し、機械的搬送手段の導入がより拡充し、これによって個々の工場内部および各工場間の連続化がより進展していることにみいだされよう。たとえば、さきにのべたT型車のシリンダー仕上加工工程は、リバー・ルージュ工場では、表7にみられるように整備されたものとなっている。

リバー・ルージュ工場のシリンダー加工ラインは、ハイランド・パーク工場にくらべて、工程数で28から43へ、機械台数で116から236へと増大し、工程の再分割がすすみ、機械体系が緻密化している。こうして、一部の工程では1人の労働者が2台の機械をうけもつような事態もおこっている⁴⁸⁾。しかし、もっとも著しい相違点は、加工対象が最短距離をすすむように整然とされた機械のレイアウトと、これらの機械の間を結ぶコンベア・ベルトの設置である。このコンベア・ベルトによって全工程が同期化し連続化をますます完全なものへと仕上げるが、逆に連続化の達成にはますます工程間の正確な数的比例性を要求することとなって機械の台数を増加させる。こうして機械体系をますます完全なものへと仕上げる工程の細分割と同期化の方向は、機械体系の規模を拡大していった。

さて、この加工ラインの1工程の平均作業時間(tact)は1分以下であり、シリンダーは全工程を1時間以内で通過したという。また、この加工ラインの1日8時間の生産量は、3,036個であった⁴⁹⁾。

以上のような、ライン生産の緻密化という側面をふくみながら、リバー・ルージュ工場は、ハイランド・パーク工場の量的拡大の側面でもとらえることがで

47) リバー・ルージュ工場については、Van Deventer, J. H., *Ford Principles and Practice at River Rouge*, I-XIII, in *Industrial Management* (以下 *I. M.* と略す) Sept. 1922~Sept. 1923 に詳しい。

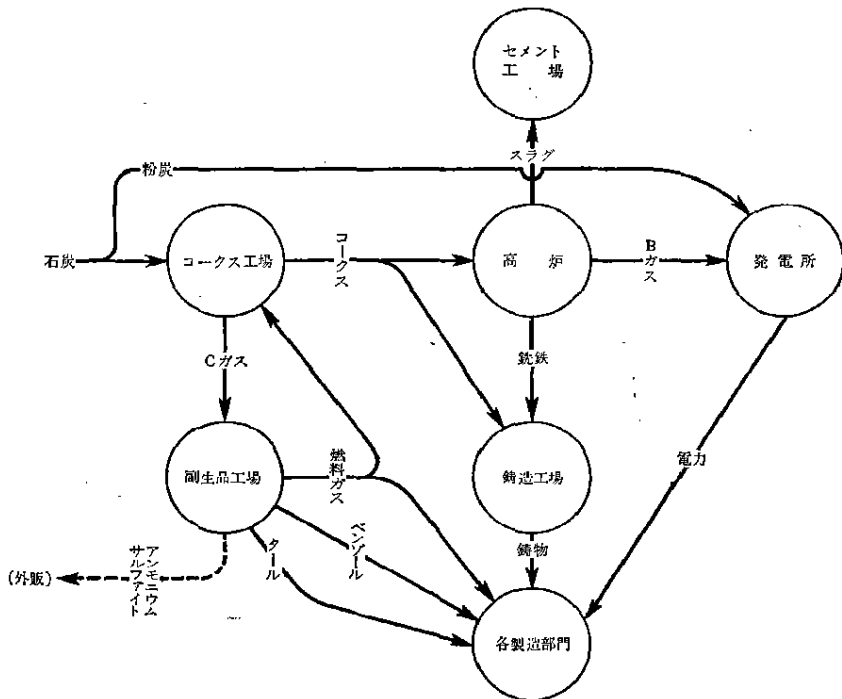
48) Van Deventer, J. H., op. cit., X, in *I. M.*, June 1923, pp. 361-367.

49) Van Deventer, J. H., op. cit., X, in *I. M.*, June 1923, p. 363.

きる。それは、たとえば、鑄造工場における鑄物日産192トンから1,500トンへ、T型シリンダー1,200個から4,000個への増大⁵⁰⁾、またシリンダー機械加工における1,000個から3,036個にせめられている。

むしろ、リバー・ルージュ工場のもっとも大きな特色は、銑鋼一貫製鉄所の建設による機械工業と鉄鋼業の垂直的統合であり、これを基軸とした副産品・スクラップの総合的利用のための生産技術体系の確立にもとめられる。たとえばリバー・ルージュ工場における、石炭の完全利用体系は、表8のとおりであ

表8 リバー・ルージュ工場における石炭の完全利用体系



備考 Van Deventer, J. H., op. cit., in *I. M.*, Oct. 1922, p. 195 より作成。

50) Van Deventer, J. H., op. cit., V, in *I. M.*, Jan. 1923, p. 1.

り、これは、大量生産による原料の大量・集中使用によって、はじめて可能となる。

こうして、石炭の完全利用のため派生的プラントが成立するとともに、それらが相互間の原料・電力・燃料の供給関係によってリバー・ルージュ工場という生産統合体にびったりと組み込まれている⁵¹⁾。そのほか、木材・切削くずなども回収されて完全利用された。

III フォード大量生産体制の歴史的位置

以上、わたしは、フォード社における大量生産体制の成立過程を、生産力構造の発展に焦点をしばって説明してきた。生産力構造の発展過程は、つぎの2側面でとらえることができる。

(1) まず、それは工程の外延的拡大の過程であった。フォード社の事業は自動車の最終組立工程を掌握してはじめられ、組立工程→機械加工工程→鋳造工程→原料産業と遡及してゆく上向的垂直的統合 (vertical integrations) の過程であり、それがそのままフォード社のプラント発展の4段階マック・アヴィニユー工場段階→ピケット・アヴィニユー工場・ベルヴェー・アヴィニユー工場段階→ハイランド・パーク工場段階→リバー・ルージュ工場段階に照応している。

後工程がその原料を供給する関係にたつ前工程を結合する基本的な要因は、後工程における生産量の増大である。すなわち、後工程の巨大な生産量は、1) 前工程の規模を規模の経済性 (scale merit) の大部分が獲得できるまでに引上げ、コストの節約を可能にするばかりでなく、2) なによりも、前工程からの規則的な給供の確保を要求する⁵²⁾。こうして、機械工業における大量生産体制は、労働過程の技術的性格からして、少くとも部品の製作工程 (鋳造→機械加工) と組立工程 (部分組立→最終組立) との結合からなる一貫生産体制を生産単位とする。

51) Van Deventer, J. H., op. cit., II-IV in *I. M.*, Oct. 1922~Jan. 1923.

52) Maxcy, G., & Silberston, A., *The Motor Industry*, 1959, (今野源八郎, 吉永芳史訳「自動車工業論」28ページおよび174ページ注9)参照。マクシー・シルバーストンは自動車工業における垂直的インテグレーションの動機に「直接なコストの節約」とともに「規則的な供給の確保」を認めている。これは、大量生産そのものから発生する要請である。

(2) つぎに、それは工場の内部構造の質的変化の過程であった。フォード社の発展は、経営の特殊化・生産の標準化の過程であった。製品の単純化・部品の規格化による加工対象の種類の限定は、数多くの進行工業を総合するといった性格をもつ機械工業の労働過程を整理し簡略化し、その前提のうゑに専用機、専用ジグ・取付具といった生産手段の特殊化がはじめて可能となる。こうして、大量生産される部品製作の機械体系はラインとよばれる部品ごとの専用機械体系に分化し、部品製作工程は数多くの部品製作ラインの結合体に発展する。そして、この品種別部品製作ラインによってつくられる部品の特性＝互換性が、組立工程においてすり合せ作業 (fitting) を排除したたんなる組立作業 (assembly) を成立させ、これが静止組立作業を解体して移動組立ラインが現実する技術的基礎となる。フォード社における移動組立ラインの成立によって、部品製作工程と組立工程の間の技術的ギャップは克服され、自動車製造の全工程にライン生産が確立した。フォード社における品種別部門数の増加、ピケット・アヴィニュー工場段階18部門→ハイランド・パーク工場段階150部門→500部門は、この過程を反映している。また、機械的搬送手段の導入によるライン生産の連続性の深化は、工程の再分割と数的比例性の精緻化を必要とし、ラインは複雑化し規模を巨大化する。エンジン・ブロック機械加工ラインの、ベルヴェー・アヴィニュー工場段階5工程・工作機械5台→ハイランド・パーク工場段階28工程・116台→リバー・ルージュ工場段階43工程・236台は、この事実を表現している。こうして、機械工業の大量生産体制は、荘大な品種別生産ラインの結合体が生産単位となる。

フォード・システムによばれるT型車大量生産体制の成立過程は、同時に、機械工業の生産力構造の発展過程を「純粹培養的」にたどって、うゑにのべた(1)(2)の側面の統合として、機械工業の生産単位を飛躍的に巨大化する過程であった。ハイランド・パーク工場の一貫生産体制は、品種別鑄造ライン→品種別機械加工ライン→品種別部分組立ライン→3本の最終組立ラインを骨格とする異種工場群からなる結合工場であり、いわゆる機械コンビナートとして規定さ

れる。また、つぎのリバー・ルージュ工場は、さらに製鉄コンビナートを内包しているのであり、複合的結合工場ないしコンビネーテッド・コンビナートとしてのより巨大な産業複合体 (industrial complex) として位置づけられる。

さて、フォード・システムの生産力構造の意義は、すでに19世紀アメリカ機械工業における互換性部品生産方式とともに成立した品種別部品製作ラインを自動車工業の部品製作工程に積極的に導入するとともに、新しく開発した移動組立ラインによって組立工程を変革し、全工程を機械的搬送手段をもつライン生産の統合体に仕上げたことにある。そして、これが、ビック・スリー体制といわれるアメリカ自動車工業の寡合構造を定置させる生産力的基礎となった。

今日、機械加工工程に、トランスフェーマシンが広範に導入され、取付→始動→停止→取はずしなどの機械操作は機械加工ラインに吸収され、機械のオペレーターを排除するデトロイト・オートメーションが展開された。また、ジグ・取付具をとりかえることによって大量生産ラインを製品差別化に対応させるラインのモディフィケーションもすすんでいる。しかしながら、フォード社の大量生産体制は、「単一製品の原則」のもとにT型車生産に専門化したものであり、また全工程におけるライン生産は労働者の作業を単純化し標準化したとはいえ労働者を排除するものではなかった。こうして、今日の到達点からみれば、一定の限界性を認めざるをえない。だが、このことを確定するためにもこうした大量生産体制の労働過程のうえにたつ新しい賃労働・資本関係の分析にすまなければならない。それは別稿にゆずる。