

風 水 力 機 械 40 年 の 歩 み

The Progress of Aero and Hydraulic Machines in the Past 40 Years

菰 田 広 利*

Hirotoshi Komoda

内 容 梗 概

風水力機械は日立製作所機械部門がその創業のときから鉱山用として他社に卒先して国産化をはかった製品であり、日立製作所の発展とともにその種類と用途を広め常に業界の先駆者となっている。

その当初においてすでに舶来品に匹敵する国産第一号として誇るに足る大形高性能のものを生産し、ついで鉱山用から灌漑治水用一般工業用として販路をひろめ特殊要求に適する機種の新製とその適用を工夫し、さらに一般産業界の発展とともに標準化と量産化とにより龐大な要求を消化し業界の要望にこたえた。

戦後は産業復興に追随して戦前を凌駕する高性能高速小形機の生産を各機種に試みるとともに各種工業の特殊な用途に適する製品を製作しつつあり、将来とも風水力機械の普遍性に徴し無尽の進展が期待される。

1. 緒 言

ここで風水力機械というのはいわゆる産業機械に限定してのポンプ、送風機、圧縮機であり、風車、水車タービンは含まない。

日立製作所における風水力機械の製作は巻上機その他の鉱山機械とともに久原鉱業所日立鉱山の工作係時代に始められ、1907年同所が鉱山用諸機械製作のため付帯事業として東京市佃島に東京佃島製作所を設立したときそこに移り社内需要 40%、社外需要 60% がもくろまれた。東京佃島製作所は 1912 年久原鉱業株式会社創立とともに同社佃島製作所となり、1916 年には規模拡大のため現在の亀戸工場の地に新設移転し、1918 年には同社の電機製品製作所たる日立製作所と合併して同社日立製作所亀戸工場となり、この年日立評論が創刊された。さらに 1920 年日立製作所独立とともに株式会社日立製作所亀戸工場となる幾多の変遷をみたが、風水力機械はほかの機械電機両製品と同じく国内生産の先導役をつとめて現在に至っている。

2. 日立評論創刊の 1918 年までの歩み

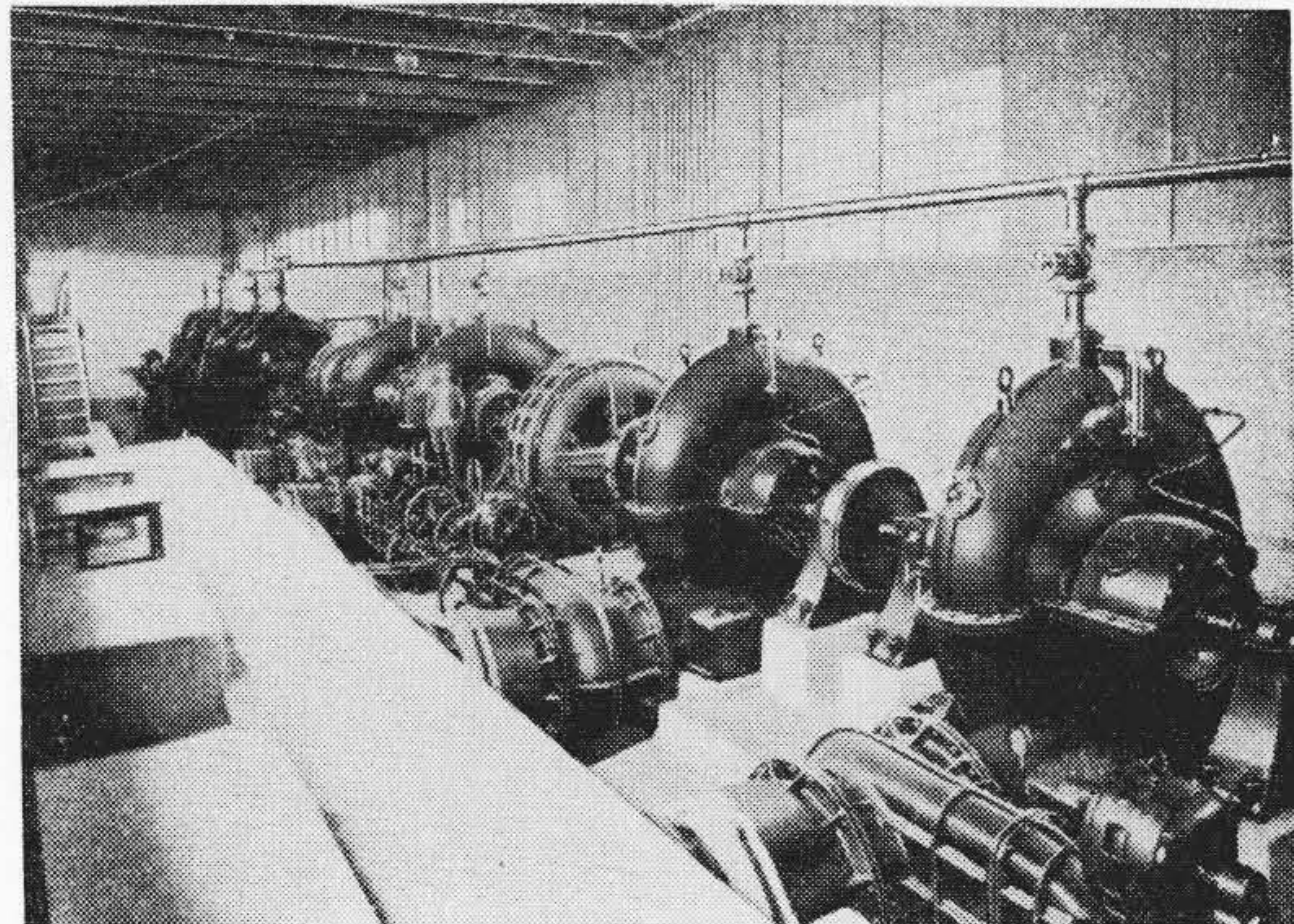
この期間はわずかな設計資料と貧弱な工作機械を駆使してポンプ、送風機、圧縮機の工業的製品に国産第 1 号機を生産し外国品依存を極力避けるよう業界にその範を垂れ幸い所期の目的を達して国産品の実用化へ途を開き将来の発展を期したといえる。

2.1 ポンプ

1909 年に製作された 152mm 3 段タービンポンプ $2.27 \text{ m}^3/\text{min}$ 92 m 80 PS は高揚程ポンプとして国産第 1 号である。ついで 1917 年には茨城採炭に 127 mm 7 段 $1.42 \text{ m}^3/\text{min}$ 305 m 200 PS を納入、続いて翌 1918 年

には古河鉱業に 178mm 7 段 $2.83 \text{ m}^3/\text{min}$ 357 m 400 PS を納入したが本機は揚程とともに動力においても当時わが国の記録品であり 1 段あたり 51m の揚程も当時では驚くべきものであった。なお前 2 者が輪切組合わせ形 (GM) であるのに後者は二つ割円筒形 (SM) であり、この 2 様式は現在もまだ使用されており、軸方向推力の平衡には平衡板が採用されていた。堅軸のものとして 102 mm 4 段シンキングポンプ $1 \text{ m}^3/\text{min}$ 110 m 45 PS も製作された。

単段ポンプとしては 1911 年 203 mm からみ用ポンプ $4.8 \text{ m}^3/\text{min}$ 23 m 50 PS を、1912 年硬鉛製 203 mm 揚酸ポンプを製作したのに引続き、1915 年茨城県伊讃美原記念揚水耕地整理組合に 560 mm 両吸込渦巻ポンプ $74 \text{ m}^3/\text{min}$ 実揚程 9.1 m 140 PS 2 台を納入して農地用ポンプ製作の先駆者となり、1918 年には長井戸沼耕地整理組合納の 915 mm 両吸込渦巻ポンプ $86 \text{ m}^3/\text{min}$ 3.5 m 8 台、480 mm 両吸込ポンプ $21.7 \text{ m}^3/\text{min}$ 4.9 m 2 台が完成、前者は 300 PS、後者は 100 PS の電動機がポンプ 2



第 1 図 長井戸沼耕地整理組合ポンプ場

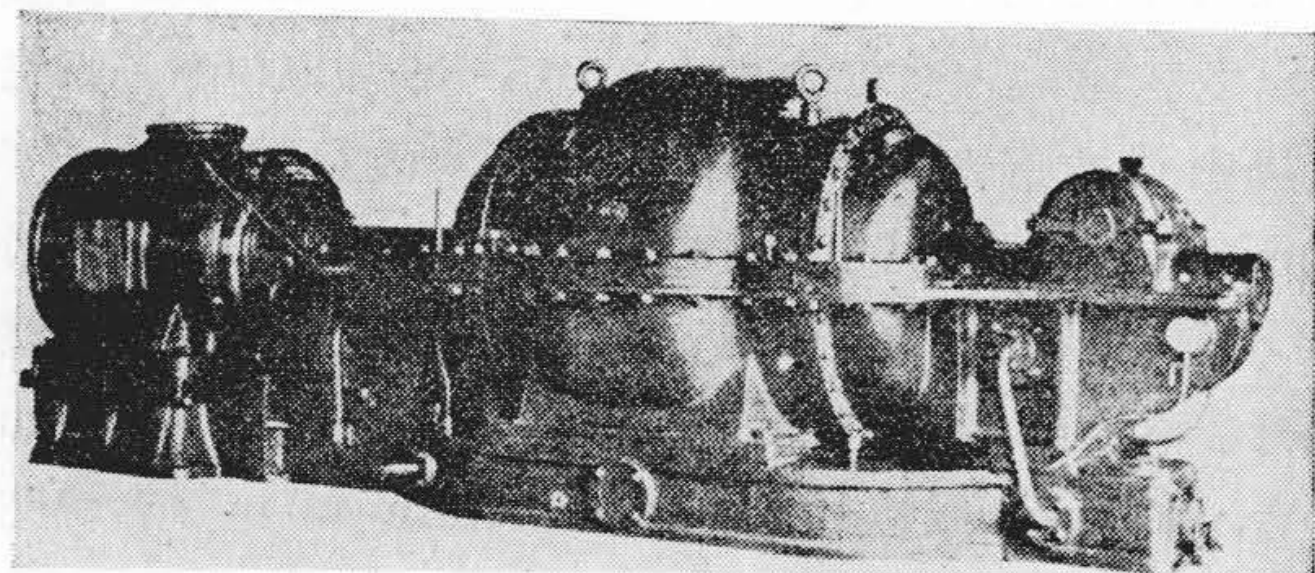
* 日立製作所本社

台につき1台ずつ付属しているので総動力 1,300 PS の大ポンプ場である。前者は干拓排水用で後者が灌漑用であり、長井戸沼を干拓して沃野を作る大事業であって、その実施は1919~1924の6年間に行われた。次の地方民謡はこの事業の雄大さを物語ってあますところがない。

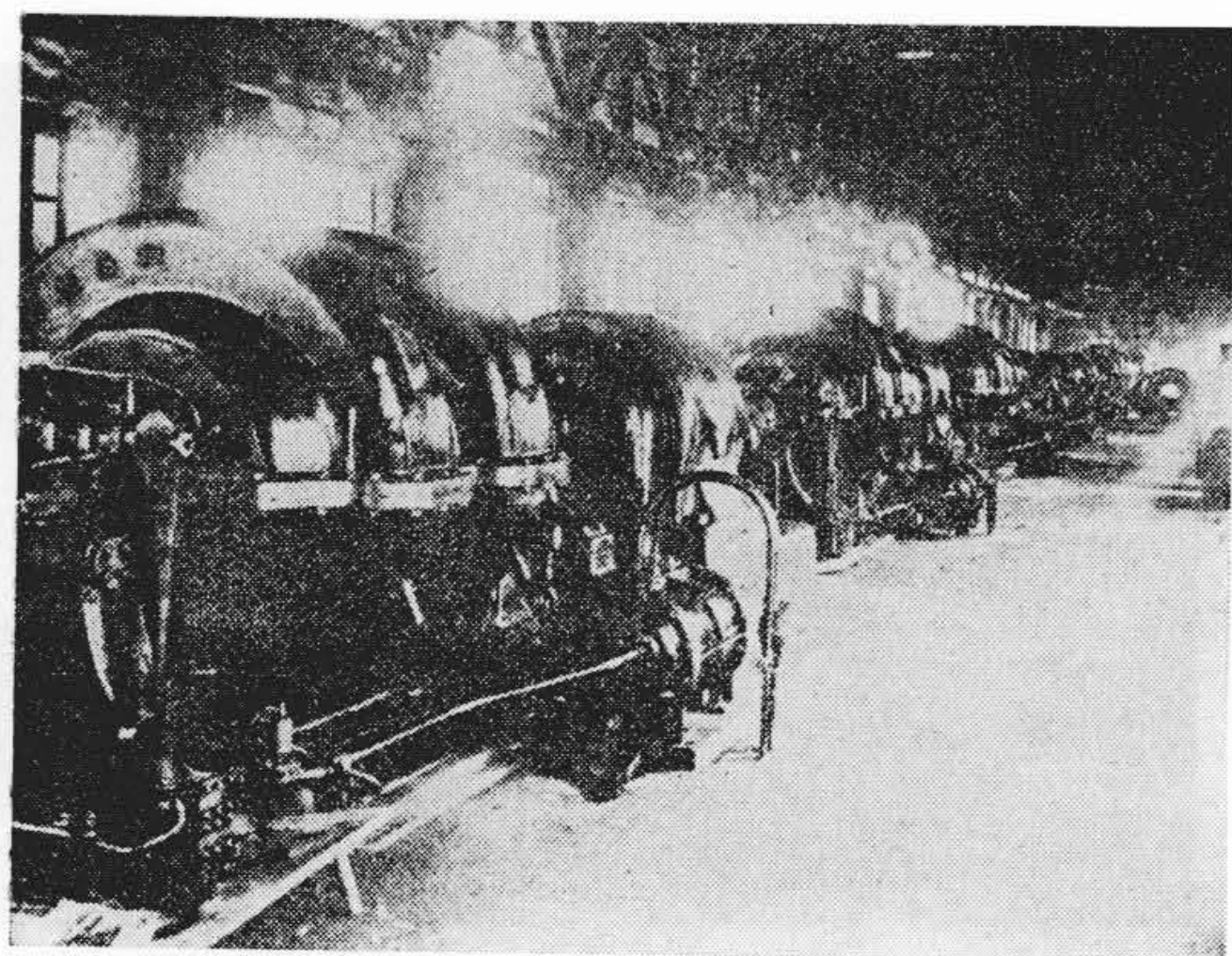
「見たか聞いたか長井戸沼の耕地整理の大事業、沼地の干拓 800 余町東西 2,000 の排水路、5里と3町にまたがって排水機械や入場の樋管、送る電力下小橋」。当時すでに 52mm サンドポンプ 0.23 m³/min 9.1 m (スラリーにて) 7 PS が製作されたことも付記に値する。なお遠心ポンプのほかにプランジャーポンプも製作され 3 連式 50 PS 440 m が 1914 年に完成した。

2.2 送風機

比較的高圧のブロワと低圧のファンとがある。1908年三菱鉱業佐渡鉱山に納入した渦巻送風機は後者の国産第1号機であり 167 m³/min 311 mmAq 40 PS である。1910 年日立鉱山用として製作した 275 PS ターボブロワは前者の国産第1号機であり当時として驚嘆に値するものである。同鉱山では 1909 年転炉送風用としてパルソン式ターボブロワ 85 m³/min 1.055 kg/cm² 275 PS を輸入したが不具合で困惑していたところ、同年藤田鉱業小坂鉱山が BBC 社から日本への最初の輸出品として購入したラトー式ターボブロワが好成績であるのを聞き、それを参考にして設計製作したいきさつのあるもので、102m³/min 0.844 kg/cm² 275PS でありランナ外径



第2図 国産第1号275 PS ターボブロワ



第3図 日立鉱山送風機室の偉観

700 mm したがって周速 128 m/s で6段である。本機は最初の製品にもかかわらず好成績であったので1台の追加をみたほか、同鉱山用の12台 5,400 PS のターボブロワのうち、発注ずみの1台のみ BBC 製とし、その他の全部を日立製作所製で充当し満足な操業が得られた。1918年における日立鉱山送風機室の偉観は次のとおりである。

日立製 600 PS 241 m³/min 0.84 kg/cm²

4段2台 (1915, 1918年)

日立製 600 PS 1,130 m³/min 0.14 kg/cm²

1段3台 (1913, 1915, 1916年)

日立製 500 PS 1,275 m³/min 0.1055 kg/cm²

1段1台 (1914年)

日立製 300 PS 705 m³/min 0.1055 kg/cm²

1段1台 (1911年)

日立製 275 PS 102 m³/min 0.84 kg/cm²

6段2台 (1910, 1915年)

日立製 275 PS 592 m³/min 0.1055 kg/cm²

1段2台 (1916, 1917年)

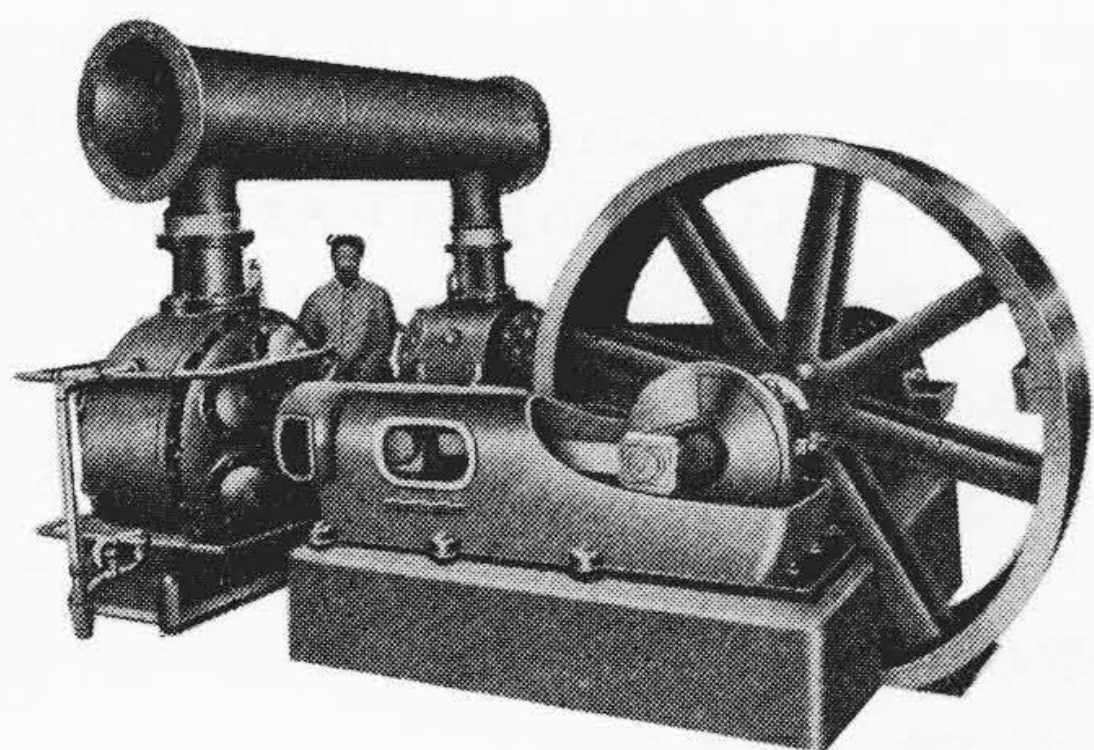
BBC製 500 PS 705 m³/min 0.211 kg/cm²

1台 (1912年)

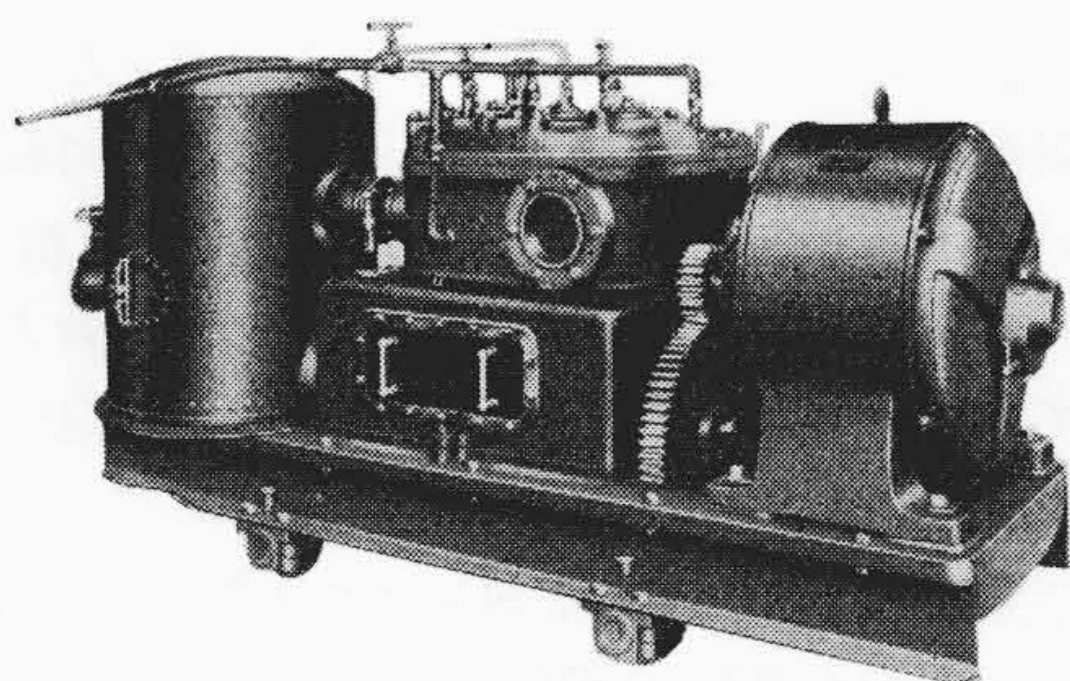
0.84 kg/cm² のものがベツセマー転炉送風用でほかは熔鉱炉送風用である。この経験は日立鉱山佐賀関製煉所創立用はもちろん八幡製鉄所、大日本鉱業隅田川製鉄所などの国内需要に、また本溪湖煤鉄公司などの海外需要にもこたえ、1918年までに計42台 10,075 PS の送風機生産があげられ国内製作者として独走の感があった。当時のブロワの構造は現在と大差ないが、ランナの羽根がカーブしておらず出口角約60度で立っており、枚数もやや多く、鋼板製のガイドベーンがありその数が非常に多いのが目だつ程度である。またラビリンス部はなかなかしゃれており現在の高級ブロワ用に近いことが目を引く。風量が多い場合両吸込ランナを3個も軸上並列に置いた構造など現在はみられぬものがあり設計の苦心がしのばれる。

2.3 圧縮機

1911 年日立鉱山へ納入した横形2段 100 PS 往復動圧縮機が国産第1号圧縮機であり圧力 7 kg/cm² 気筒径低圧側 406 mm 高圧側 254 mm 衝程 457 mm 115 rpm デスプレースメント 13.6 m³/min で吸気閉塞アンロードをもち気筒冷却はせずベルト掛運転である。現在のものと大差は認められないがピストン速度 1.75 m/s であることが著しい相異である。1916 年には同所に 400 PS 7 kg/cm² 実風量 58 m³/min のものを納めた、気筒径 711 mm 462 mm 衝程 533 mm 175 rpm で中間冷却器をもちクリアランス付加アンロードで容量調整をしており、その後この形が久しく採用された。ただベルト掛の



第4図 日立鉱山 400 PS 圧縮機



第5図 40 PS 可搬式縦形圧縮機

点がやや現在と違うだけである。

当時すでに 40 PS 縦形 2 段可搬式のもの、15 PS 真空ポンプなども製作されておりその後の発展への基礎が築かれた。

3. 日立評論発刊の 1918 年から 1936 年までの歩み

日立評論発刊後 1 箇年余で株式会社日立製作所が独立し、風水力機械は外国品模倣から日本人の製品として日本人の技術による研究と考案とが加味され、将来への量産時代準備ともいべき歩みで、製品の各種需要への適応性と製品用途の拡大とがなされ、かつ数種の新製品の誕生がみられた。

3.1 ポンプ

ポンプについては亀戸工場における生産時代逐年記録が更新されたが次にその主なものを列記して進歩の跡をたどろう。

1919 年成清鉱業納 178 mm 2 段シンキングポンプ 2 台はこの種ポンプとして大動力で 75 PS。

1921 年磐城炭硯納 305 mm 2 段両吸込ポンプ 2 台はこの種ポンプとして大馬力で 400 PS。

1924 年大阪市水道部納 760 mm 両吸込渦巻ポンプ 2 台は水道用として大馬力で 250 PS。

1925 年江戸川水道組合納 406 mm 両吸込タービンポンプ 4 台は上記を更新して 300 PS で効率 85.9% の好記録を示した。本機は 5 台の所要台数に対しズルザー社より

1 台輸入し、残り 4 台を日立製作所に発注したもので、従来水道用ポンプは最大揚程の可及的低いことと所定揚程の水量が使用されるなどの性能上の要求があり、外国製に限るとまでいわれていたものであるが、製作納入の結果は最大揚程では日立 56.1 m ズルザー 57.3 m、所定の揚程 48.8 m では日立 $21 \text{ m}^3/\text{min}$ ズルザー $20.2 \text{ m}^3/\text{min}$ であり、なお軸受の温度上昇も水冷方式でズルザー 27~30°C であり日立は 22°C にとどまったので日立の分は水冷却をやめることにし 33~35°C で安全に運転できることが確かめられ、すべての点で国産品の優秀を示すことができ国産品への需要家の信頼を高くしたことは幸いであった。

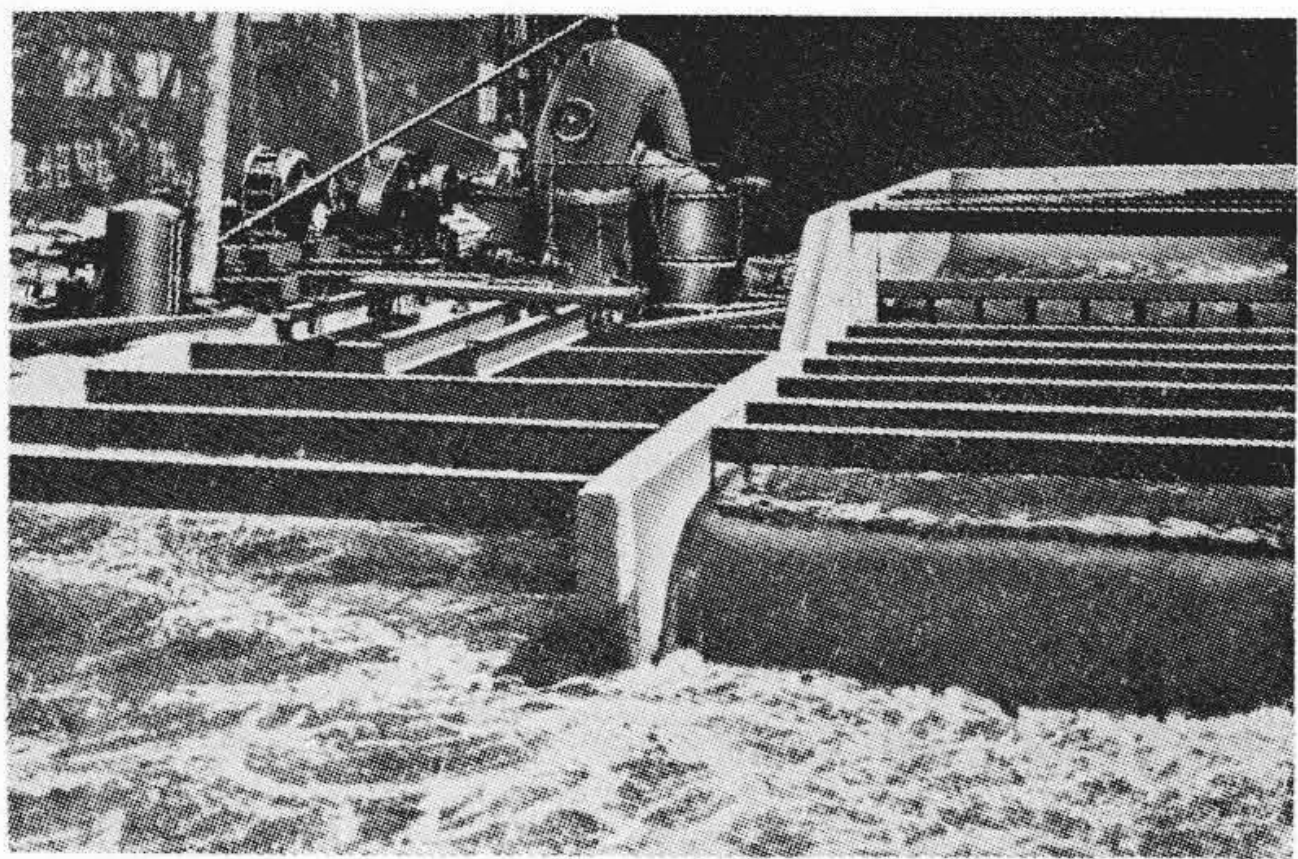
1926 年高松市役所納深井戸ポンプはわが国最初の深井戸ポンプであり水量 11,500 石、井戸径 305 mm 井戸深 18.3 m が与えられた仕様で、ポンプは縦形 8 段で $1.25 \text{ m}^3/\text{min}$ 12.4 m 12.5 PS として製作された。運転成績良好であり翌年さらに 15,000 石、20,000 石のものが追加納入された。

1926 年には新潟県石山村にわが国最初のプロペラポンプが 2 台納入された。吐出口径 750 mm 渦巻ケーシングをもった形で $50 \text{ m}^3/\text{min}$ 1.4 m 27.5 PS ベルト掛運転である。なお日立製作所亀戸工場内には水力タービン実験用として 600 mm スパイラル形（渦巻ケーシングをもったもの）100 PS 電動機直結のプロペラポンプとポンプ性能試験用として 300 mm ベンド形（現在の普通プロペラポンプの形状）7.5 PS プロペラポンプがあり、前者が効率 78%、後者が 80.6% を出しており将来への進歩を示していた。

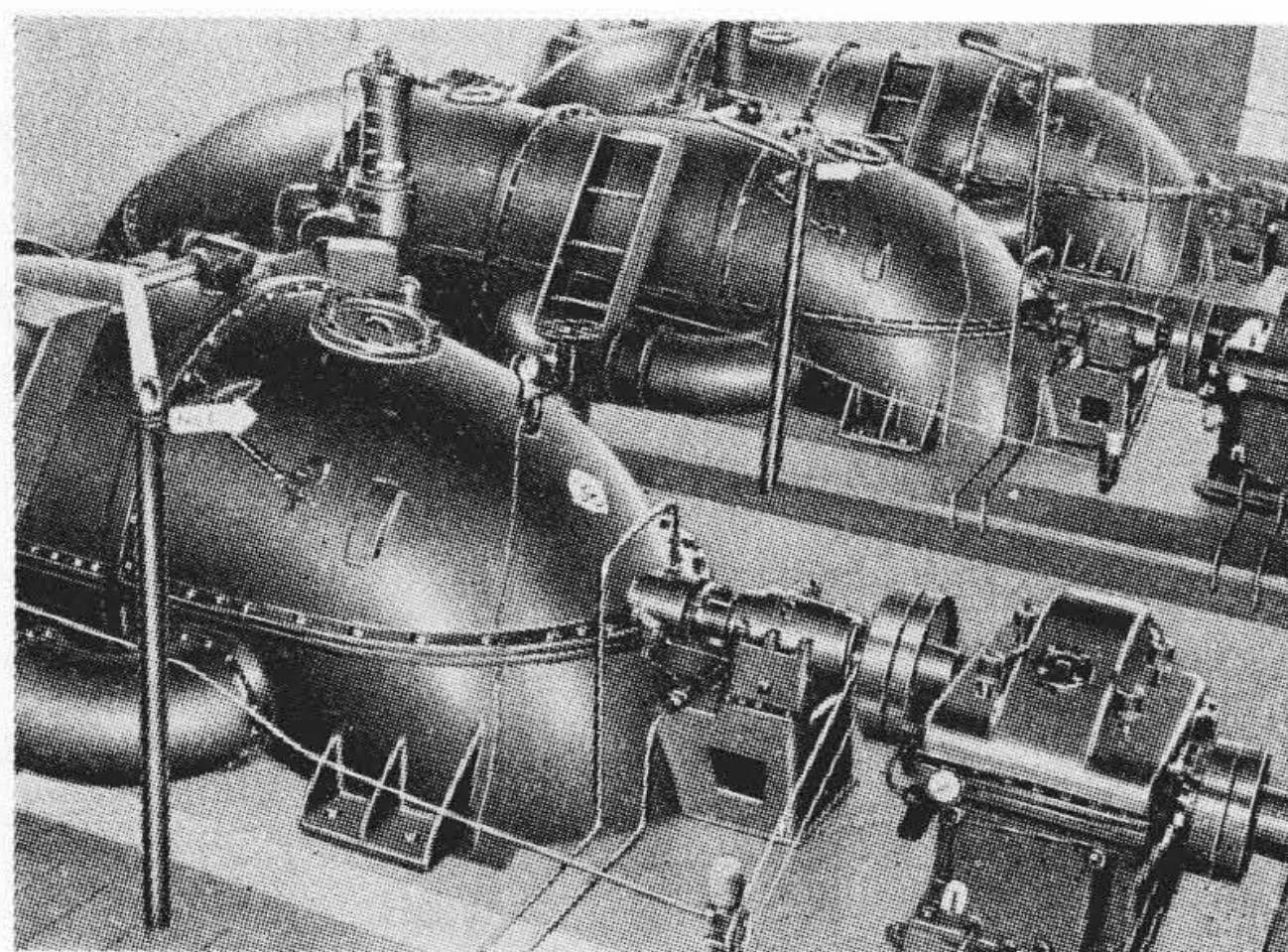
1927 年撫順炭硯に 203 mm 7 段タービンポンプ 5 台 $38.2 \text{ m}^3/\text{min}$ 366 m 460 PS を納入したが同所で内地品を初めて採用したものである点注目してよい。国産ポンプの海外進出は 1918 年奉天製煉所に 178 mm タービンポンプ 2 台が輸出されたのを初めとし、南満洲鉄道株式会社に 1919 年 152 mm 2 段および 127 mm タービンポンプ各 2 台、1920 年 178 mm 4 段 150 PS および 152 mm 2 段 80 PS 2 台、1922 年 254 mm 3 段 150 PS タービンポンプが納入されていたが高揚程大馬力のものまで外国品を排して日立製品が納入されたことが喜ばしい。

1928 年最大測定水量 $250 \text{ m}^3/\text{min}$ の長 21.5 m 幅 11 m 深 3 m のポンプ性能試験用ピット新設され、東信電気小諸発電所に 1,020 mm 両吸込渦巻ポンプ 2 台 $127.5 \text{ m}^3/\text{min}$ 19.4 m が水路補水用として納入されたがこの種のものとして大馬力の記録品である。

同年愛知県戸田川排水組合に納めた 1,370 mm 両吸込渦巻ポンプ 2 台 $153 \text{ m}^3/\text{min}$ 1.9 m 100 PS は電動機から歯車掛にして大口径であり効率 88% であった。同年茨城県本新島村納 685 mm 横軸歯車掛、新潟県河原前村



第6図 新設ピットにおけるポンプ性能試験



第7図 飯沼川排水場プロペラポンプ

納 508 mm 縦軸歯車掛両吸込渦巻ポンプはいずれも効率 88~89% であり、同年南満洲鉄道安東県住宅地下水排除用 560 mm ポンプ 7 台効率 90.5% に達し保証効率 84% をはるかに上回り面目を施した。

1930 年八幡製鉄に 203 mm 8 段ボイラ給水ポンプ 3 台を納入した。220 m³/min 36 kg/cm 100°C 500 PS で当時の記録品であった。

1931 年南満洲鉄道に 250 mm 7 段タービンポンプを納入したが鉱山用として揚程 500m, 1,200 PS の記録的のものである。

固定翼プロペラポンプは 1935 年茨城県飯沼川排水場に口径 1,500 mm 320 PS 水量 285 m³/min のもの 3 台を、可動翼プロペラポンプでは 1931 年愛知県蟹江排水場に口径 1,300 mm 100 PS のもの 2 台を納入したのが目だつ。

斜流ポンプは 1933 年吸込口径 300 mm で軸と 30 度角度に翼形を配列した 4 枚羽根のものが完成、9 m³/min 水量 2.5 m 揚程で 79% 効率が得られたことは 1934 年本誌上に発表されており、斜流ポンプ生産への基礎が築かれた。1935 年名古屋市役所千年ポンプ場に 600 mm 70 PS 400 mm 30 PS 各 1 台の斜流ポンプが納入され、わが国斜流ポンプの魁けとなった。

1933 年ソビエト共和国に 150 mm 50 PS, 200 mm 100 PS のサンドポンプ 53 台を輸出したことも特筆に値する。スラリーで 3.1 m³/min 20 m と 8.3 m³/min 27.5 m で 6 極誘導電動機直結、材質白鉄である。

1934 年東洋高圧工業に動力回収装置付ガス洗滌ポンプとして 300 mm 3 段 S M 形タービンポンプ 800 PS 6 台を納入したこともこの種のものの国産第 1 号であり、その後多数の製作をみた。

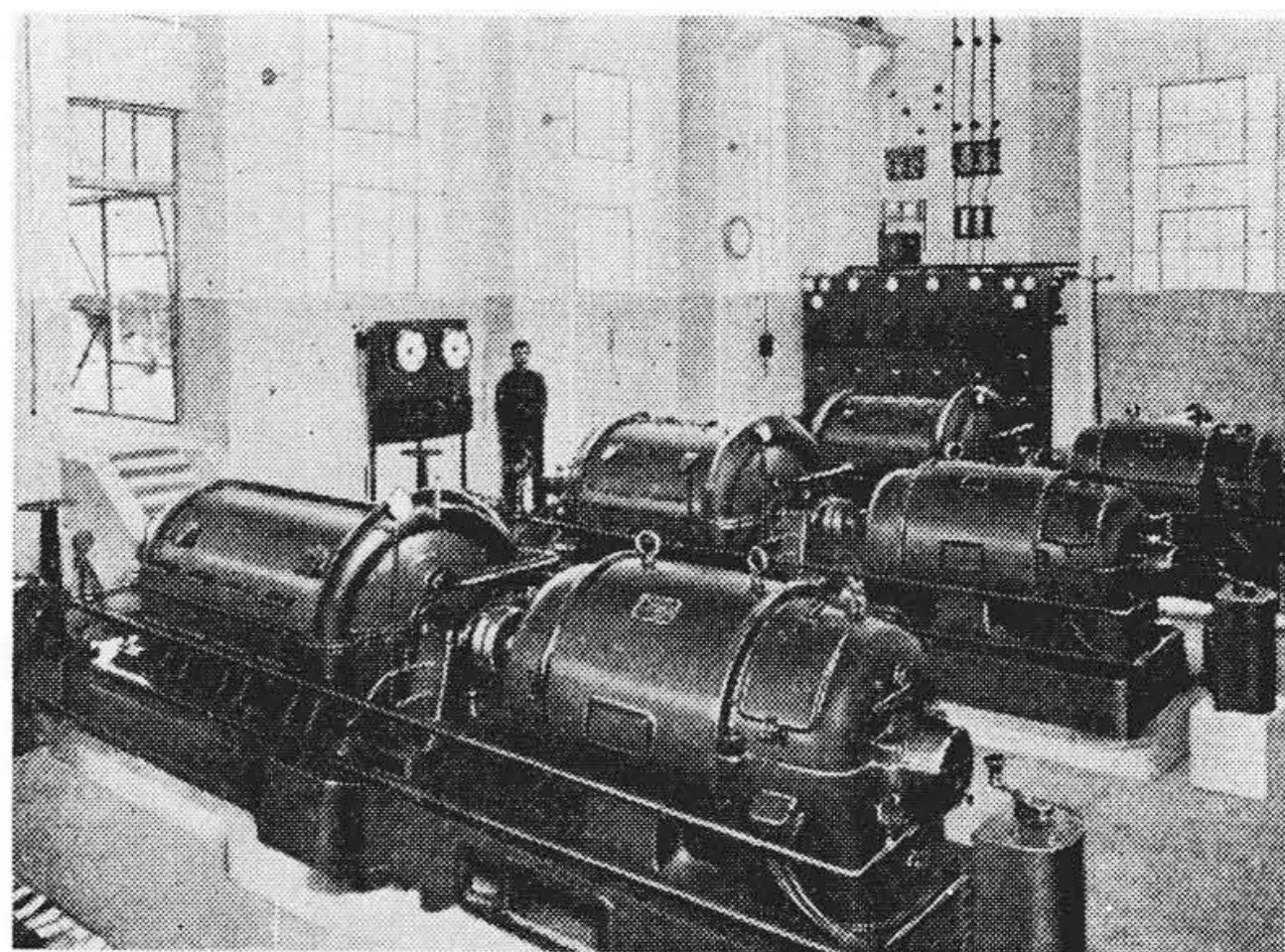
3.2 送風機 (ターボブロワ)

1919 年電気化学工業に納入した 230 mm 10 段ターボブロワは 57 m³/min 1.055 kg/cm² 200 PS 3,500 rpm 電動機直結であり現在では珍しい外套冷却となっているが電動機との連合効率 60% を出しており比回転度の割に低いことを考えると当時としては相当の成績である。なお試験方法としては現在の空気圧縮機試験方式に準拠しており、タンクとノズルによる風量測定であり信頼してよい。

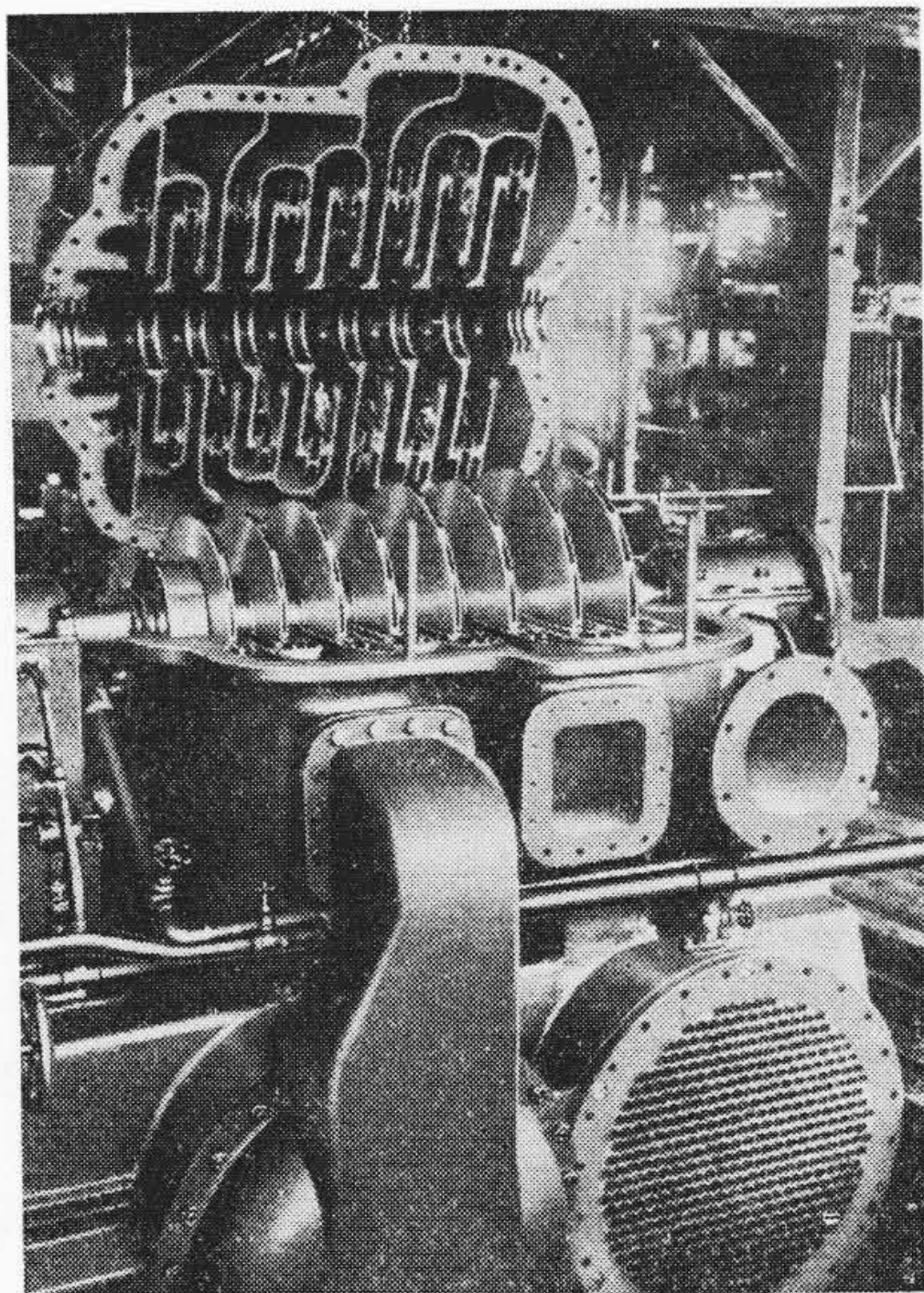
1920 年東京硫酸に納入した SO₂ ガス用 250 mm 8 段ブロワは 50 m³/min 吸込 -1,630 mmAq 吐出 3,000 mmAq で 125 PS 電動機直結で瓦斯漏洩とともに外気中の水分滲入を嫌うため軸封に苦心が払われている。

1926 年逓信省中央電信局に納入した 200 mm 12 段 23.5 m³/min 吸込 -140 mmAq 吐出 8,490 mmAq のターボブロワ 3 台、68 m³/min 吸込 -7,260 mmAq 吐出 210 mmAq のターボエキゾースタ 2 台は電報のキャリアによる局間伝達に送出吸引用として用いられたもので従来は往復動式に限られていたものを日本での最初の試みとして脈動のないターボ式が採用されたのであるが 30 余年を経た現在なお好運転を続けている。

1931 年日本窒素興南工場に納入した口径吸込 250 mm 吐出 150 mm 8 段ターボブロワは 30°C の炭酸ガスを大気圧からゲージ 5 気圧に上昇するもので圧縮比 6 でありわが国最初のターボ圧縮機である。600 PS 1,765 rpm の電動機から増速歯車によって 7,450 rpm で運転された。



第8図 中央電信局気送管電動室

第9図 日本窒素 5 kg/cm² ターボ圧縮機内部

ケーシングの外套冷却を廃して中間冷却器を採用したこと、ランナ羽根自身から挽出したピン頭でランナ側板に取り付ける「むかで式」を初めて実施したこと、ガイドベーン断面形状を流線形にしたことなど数多の新考案が施され、なお炭酸ガスの軸封部からの損失を防ぐためカーボンパッキングと軸端に取り付けた軸封用小ブロワをもっている。

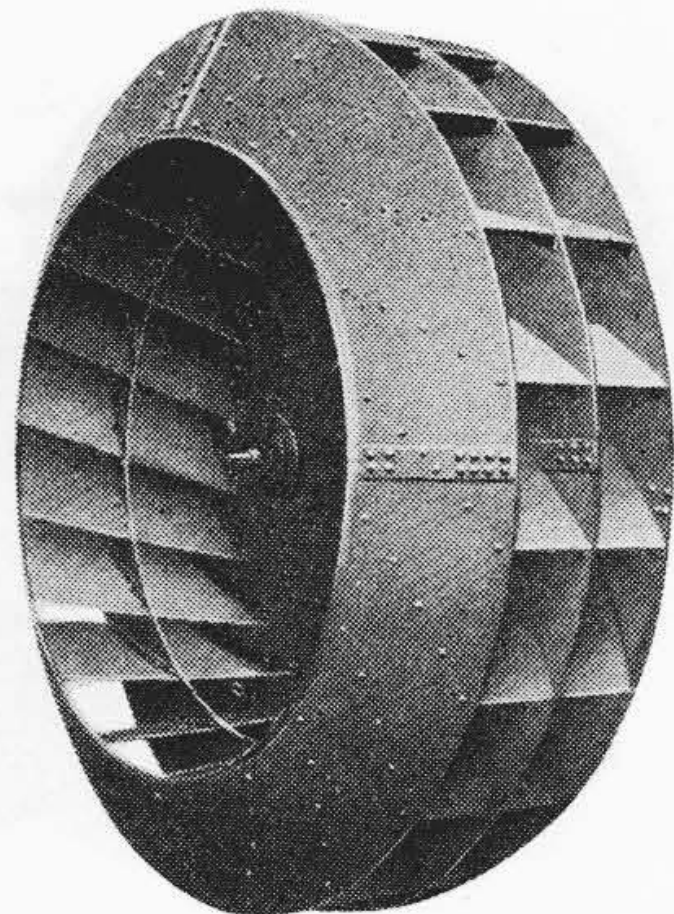
同年航空研究所に納入した口径吸込 250 mm 吐出 180 mm 7段ターボエキゾースタは航空エンジンの高空状態における実験用で吸込絶対 200 mmHG であり圧縮比 3.8 であるが高真空のターボ式での記録品である。吸込 267 m³/min 50°C の大気で 350 PS 航空用エンジン 1,700 rpm から歯車により 6,580 rpm に増速運転された。現在は風洞実験用として健在である。

1932 年冷媒メチレンクロライドによる 25 t ターボ冷凍機が完成したことも注目される。冷媒の詳細の性質が知られておらず設計の仕様と食い違ったり軸封の困難さを痛感したり冷媒が油に溶解して問題を起したなど予想しないこともあったが、その経験を生かし翌年阪急百貨店の地階冷房用として 100 t ターボ冷凍機の完成を見た。

1936 年日本窒素に口径 400/250 mm 8 段 2 ケーシングのターボブロワ 184 m³/min 4.8 kg/cm² 1,500 PS の記録品を出した。

3.3 送風機（ファン）

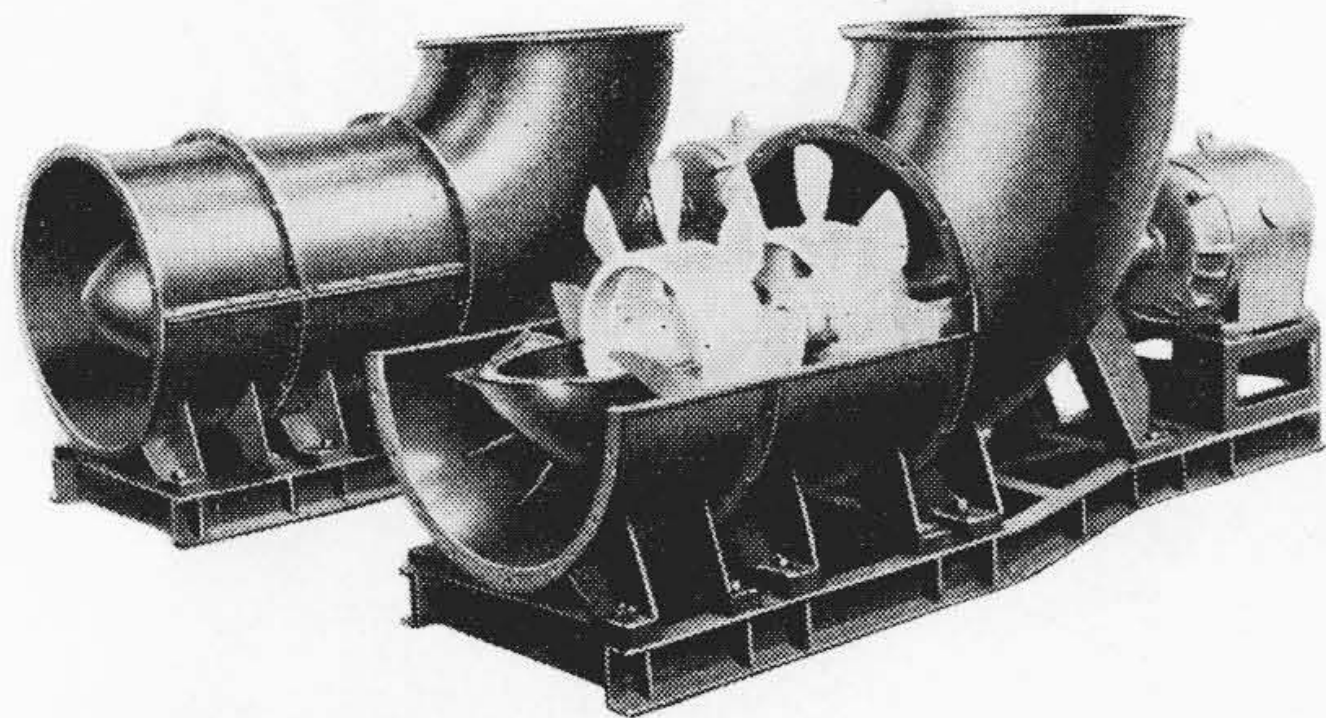
従来ファンは前向きの径方向に短かい多数の羽根をもった多翼送風機と径方向の比較的少数羽根をもったプレートファンに限られていたが、1928 年三菱航空機名古屋



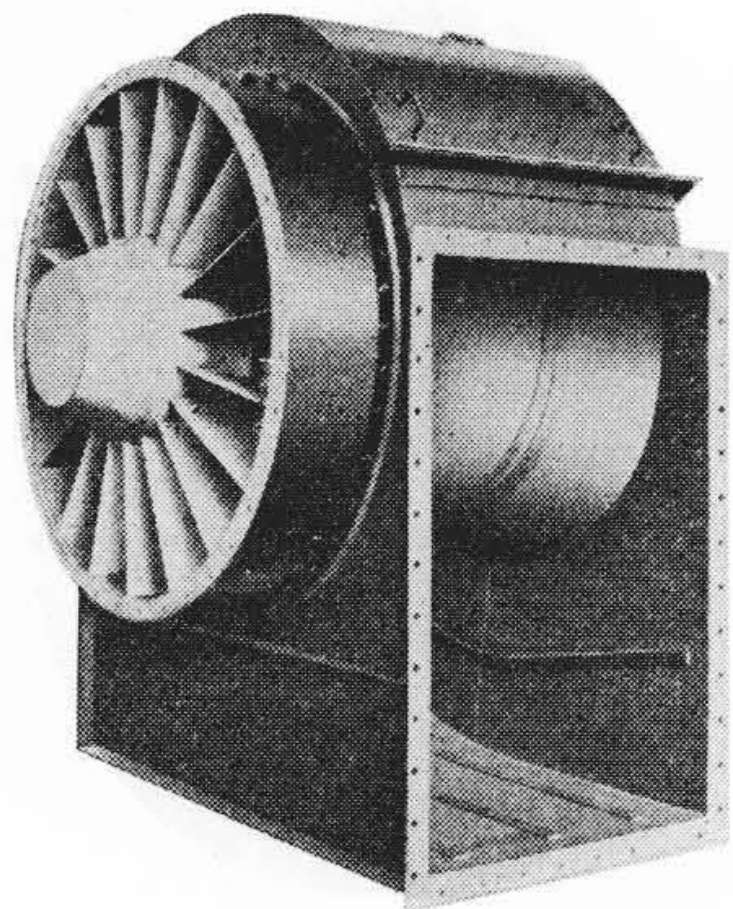
第10図 国産第1号ターボファンランナ

工場が航空エンジン試験用として 2,550 m³/min 380 mm Aq のファンの製作を依頼してきた際、多翼送風機では高圧にすぎるしプレートファンでは性能上遺憾の点があるのでターボブロワと同等の設計をすることとし同年10月国産第1号ターボファンの完成をみた。両吸込でランナ径 1,820 mm 幅 178 mm×2 出口角 44°30' の後向き羽根 16 枚を持っており 350 PS 875 rpm 電動機直結である。当時外国製品には A. B. C. の後向き羽根をもったターボベーンファンと称するものなどがあったが国産にはなかった。その名称もターボブロワに相当するファンという意味でターボファンとし、効率が良く性能も好ましいので同年中に磐城セメントへ1台、翌年汽車製造会社へ1台と風圧 100 mmAq, 以上の場合に推奨して多数納入し高効率のため多翼送風機に取ってかわる基をつくった。

軸流ファンの製作は当初有圧ディスクファンの名で製作され効率も低く低圧に限られていた。1927年米国造船協会懸賞論文中の白眉として発表されたシュミット氏の論文にならって試作したり、従来のモーメント理論から飛行機翼理論に切替えたりして1930年ようやく最高効率 71% のものが口径 450 mm の割合小形のものが得られた。仕様は 203 m³/min 43.4 mmAq 3,460 rpm であり、設計点は 150 m³/min 60 mmAq でその点の効率は 69.2%



第11図 曲管形(BP)2段プロペラファン

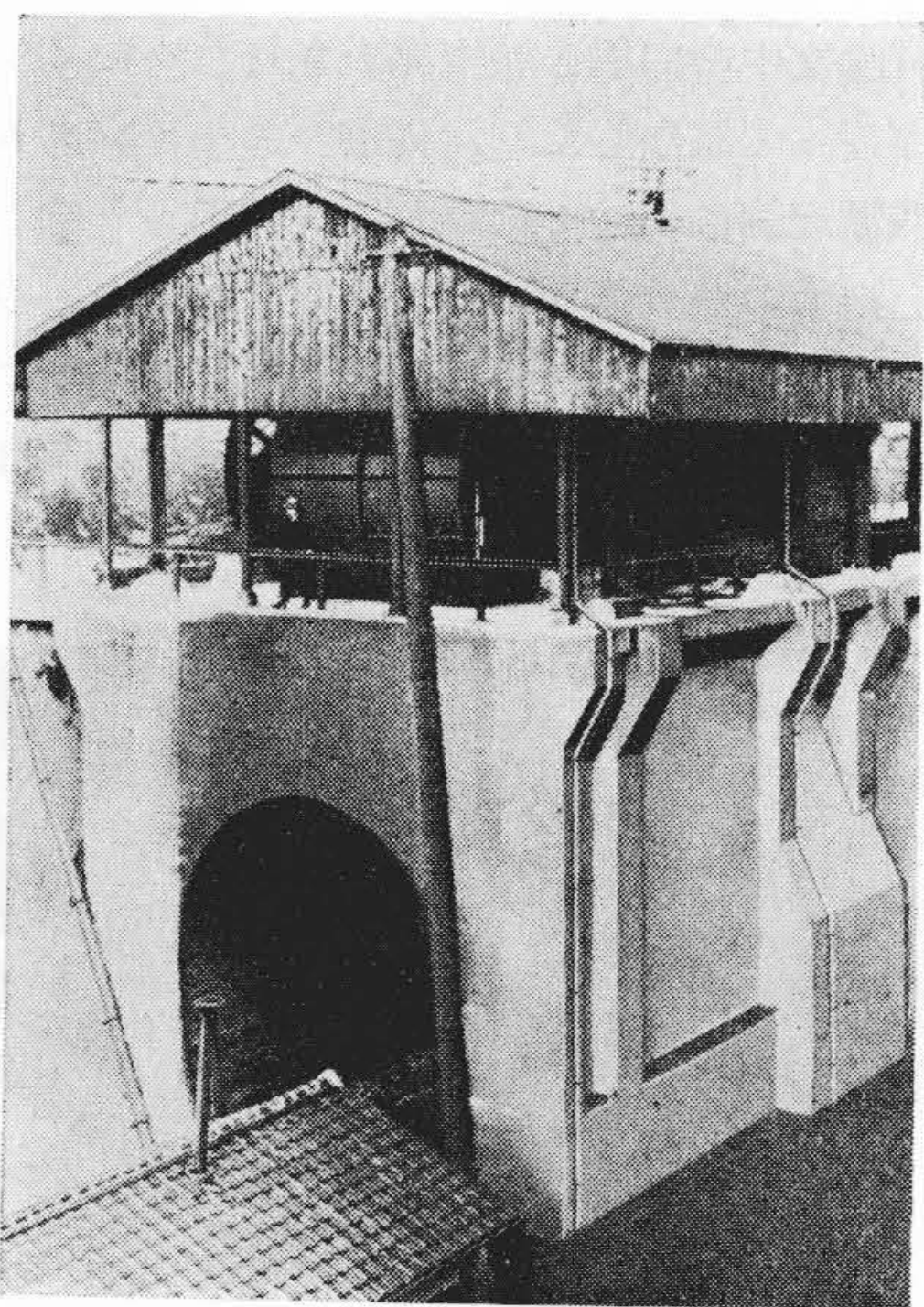


第 12 図 渦巻形 (S P) プロペラファン

である。設計はボス比 0.35, 外径においてピッチコード比 2.94, 羽根厚 $1/12$ の河田翼 4 枚が使用された。

プロペラファンは海軍艦船用として採用され従来のシロコ形マルチベーン形(いずれも多翼形)に代って軽量小形高速であるためまず艦内通風用として 1931 年以後多数製作されたが騒音 55 フォン以下との指定が厳しく当時初めての試みである 2 段にしたり羽根 2~6 枚に種々変えたり,あるいは羽根の積み方を径方向にせず前向き後向きにするなど苦心を払ったが 60 フォン以下にするのがようやくであった。なお風圧は 40~115 mmAq である。ついで 1933 年艦用重油専焼罐の強圧通風用の風圧 300~350 mmAq のものの試作を命ぜられたが口径 950mm 風量 $1,500 \text{ m}^3/\text{min}$ 羽根 4 枚 3,000rpm で 200PS 堅軸モータに直結されたものである。

工場用としてのプロペラファンも数多く製作されたが、当時は直管形 (A P), 曲管形 (B P) のほかに渦巻



第 13 図 トンネル排煙ファン現場

室をもった S P 形も製作された。

1927 年大阪鉄道局にランナ径 2,950 mm 150 PS の多翼送風機を納入したが、これは逢坂山トンネル排煙用で列車通過後なるべく速かに排煙して次の列車の機関車乗務員を保護するため、トンネル開口近くに内方に斜めに噴出するように設けられた馬蹄形ノズルに送風するものでサカード式と呼ばれ、わが国初の試みであった。成績が良好なので 1929~1930 年に大阪鉄道局東山トンネル、名古屋鉄道局深沢、小仏、冠着、柳ヶ瀬など各トンネル用として排煙ファンは日立製作所独占の形となった。小仏トンネル用のものはランナ径 2,750 mm $5,400 \text{ m}^3/\text{min}$ 全圧 111mmAq 250 rpm で 300 PS ジーゼル機関駆動の多翼送風機であるが、後の 2 者はターボファンで柳ヶ瀬のはランナ径 3,350mm 150PS, 冠着のはランナ径 3,200mm 280 PS である。

プレートファンとしては 1933 年日東セメント納ランナ径 2,100 mm $3,500 \text{ m}^3/\text{min}$ 200 mmAq 300 PS 以下各セメント工場に 300 PS だけでも 10 数台を納める活況を呈した。

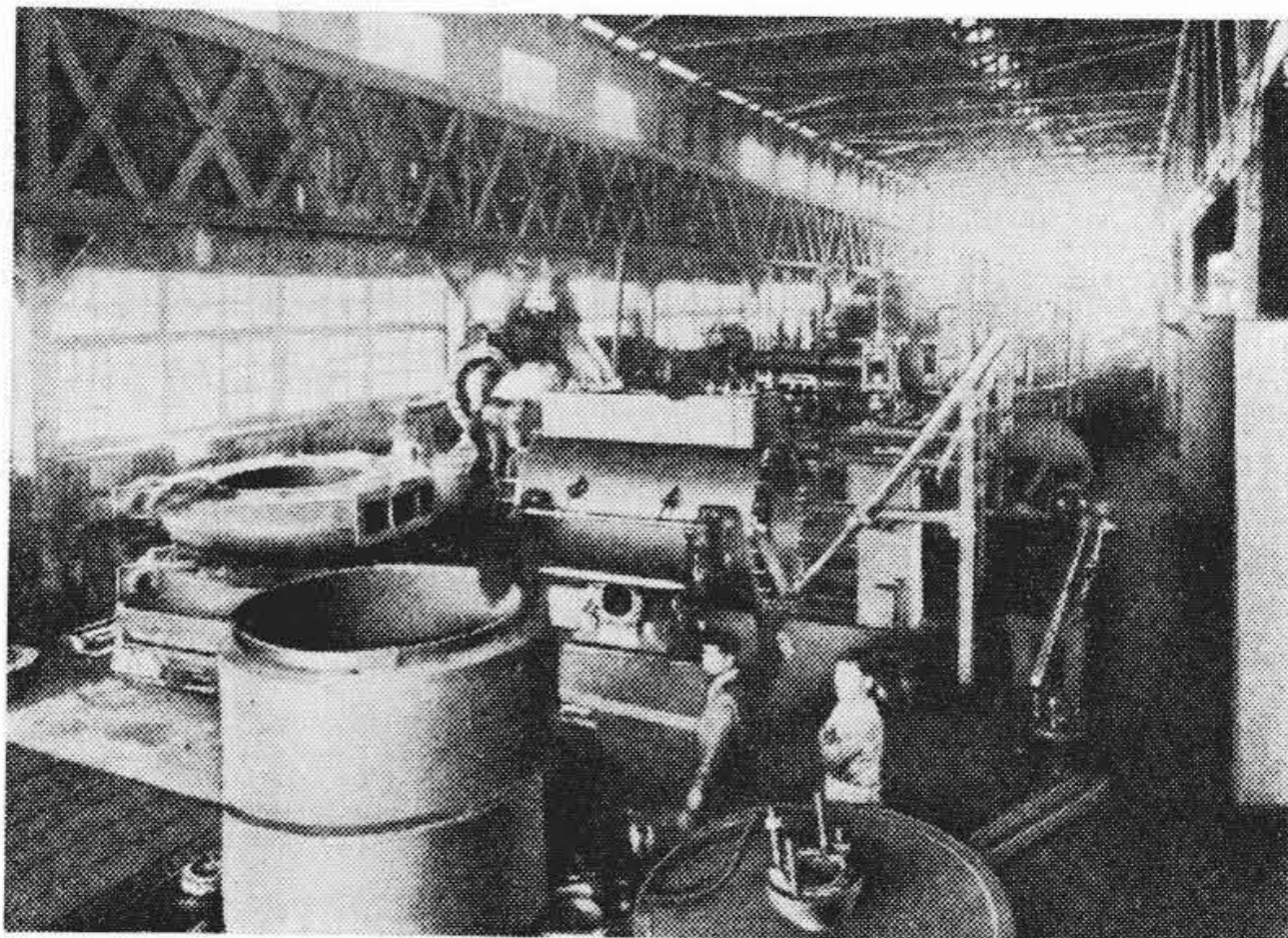
3.4 圧縮機

1919 年八幡製鉄所の前身である東洋製鉄に 400 PS ブローイングエンジンを高炉送風用として納入した。気筒径 1,350 mm 行程 1,000 mm の巨大なもので当時工場にいた全熟練工を総動員し半箇年にわたり隔日徹夜作業をして完成させたといわれ、風量 $252 \text{ m}^3/\text{min}$ 圧力 $1 \text{ kg}/\text{cm}^2 \text{ G}$ であり国産最大のものである。

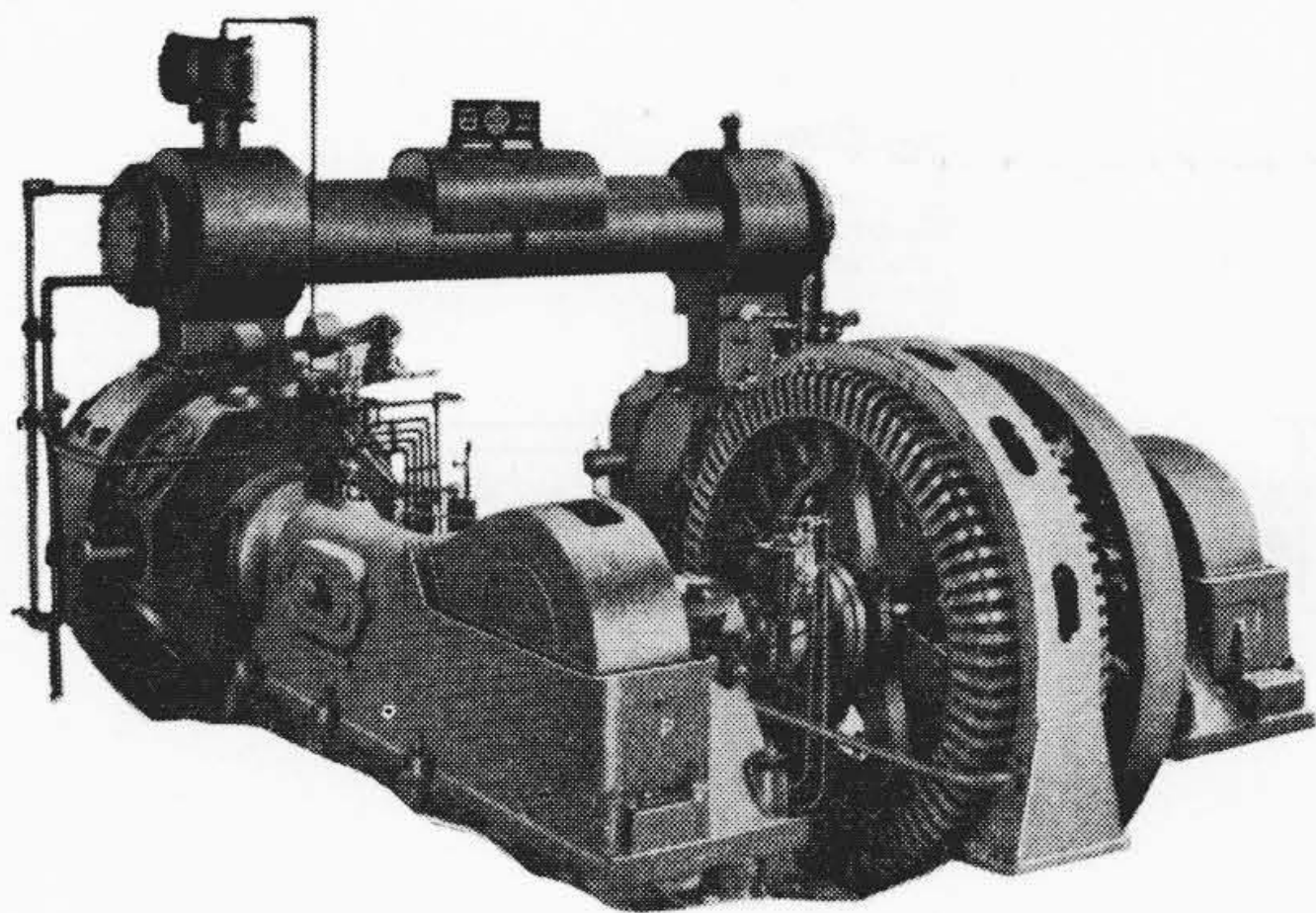
1920 年佐世保海軍工廠に 250 PS 堅形復動段付 2 気筒 2 段圧縮 VTR₂ 形圧縮機 3 台を納入し、同形 3 気筒 VTR₃ 形 325 PS を 1927 年八幡製鉄に納入している。

1931~1933 年鯛生金山に堅形復動高低圧気筒並立 VTC 形 350~325 PS 計 4 台を納入したが、これがその後製作された 400 PS 横形復動高低圧気筒並置 HTC 形の基礎となった。

この 400 PS HTC 形は 1933 年三菱鉱業明延鉱山に納



第 14 図 400 PS ブローイングエンジン組立



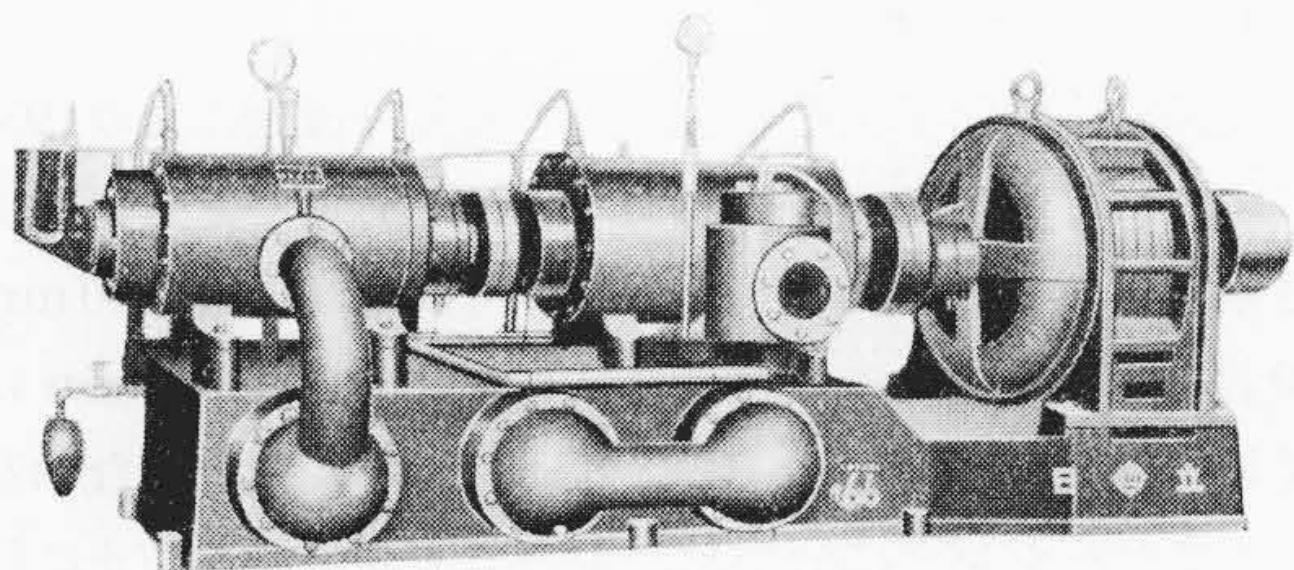
第 15 図 400 PS HTC 圧縮機

入されて以来永く標準となって戦後バランス形出現まで数百台が製作された。気筒径低圧 660 mm, 高圧 415 mm 行程 405 mm 257 rpm であり, 1916年国産最初の 400PS 圧縮機製作のときピストン速さが 40% 増となっている点が注目される。なおこの圧縮機が初めて同期電動機に直結された。

1934 年 38 mm×38 mm アンモニヤ圧縮機の製作に成功し, 翌1935年178 mm×178 mm, 1937 年には 305 mm×305 mm と各大さのアンモニヤ圧縮機を製作して製氷冷凍方面に寄与した。

1930 年 30 PS 回転圧縮機が完成, 空気弁のないこと, 機体が小さく軽量でしかも振動や音響がきわめて少ないことなど幾多の利点が喜ばれて翌 1931 年日本鋳業に 270 PS のものを納入してから飛躍的に生産が増加, 1932 年 70 台 計, 5,200 PS, 54,000 m³/h, 1933 年 82 台 計, 9,200PS, 78,000m³/h と増し 1934 年には 100台 10,000PS を突破, 1936 年には 300 PS だけで 13 台を数えるに至った。なお 1935 年には宇部セメントに 375 PS 回転圧縮機 2 台が納入され国産記録品として現在なおセメント運送船上にあってセメントの荷役用として活躍している。

往復動圧縮機および回転圧縮機は同様な構造で真空ポンプとしても製作され, 代表的なものとして 1933 年浅野セメント納 125 PS 2 台, 真空度 95% ディスプレースメント 82.5 m³/min 横形往復動のもの, 1932 年日本窒素納 130 PS 1 台真空度 60% ディスプレースメント



第 16 図 回 転 圧 縮 機

81 m³/min のものがある。

4. 1937 年から終戦の 1945 年までの歩み

工業界全般の好況に伴い風水力機械の需要も生産を上回りかねない状態になり, 多量生産が強く要求されるに至ったので製品の標準化が懸命に企画され, 標準以外の設計製作品にもその部分品はできる限り画一化されるようになった。したがって差しつかえない限り性能を犠牲にして量産をはかった点のあったことも否定できない。まもなく戦時に入ってからには原材料の制限不足などで能力ぎりぎりのものを製作したこともやむを得なかった。

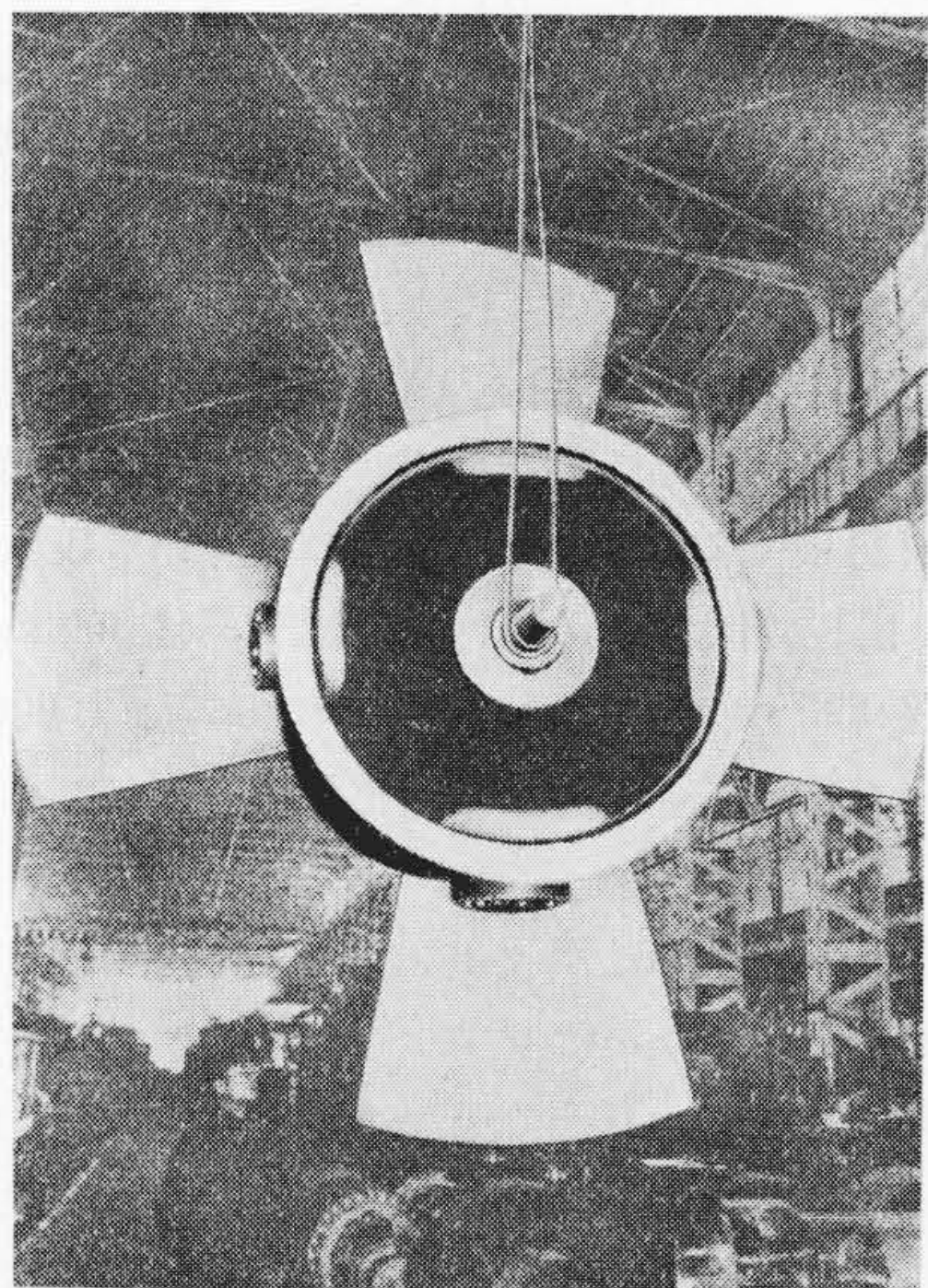
4.1 ポンプ

鋳工業の発達と耕地整理の進展に伴って最高年間生産総馬力100,000 PS に及び, 東洋一を誇った最大測定水量 400 m³/min 電力容量 2,000 kW 50~ 60~ 両用のポンプ試験設備も狭隘を感じる状態であった。

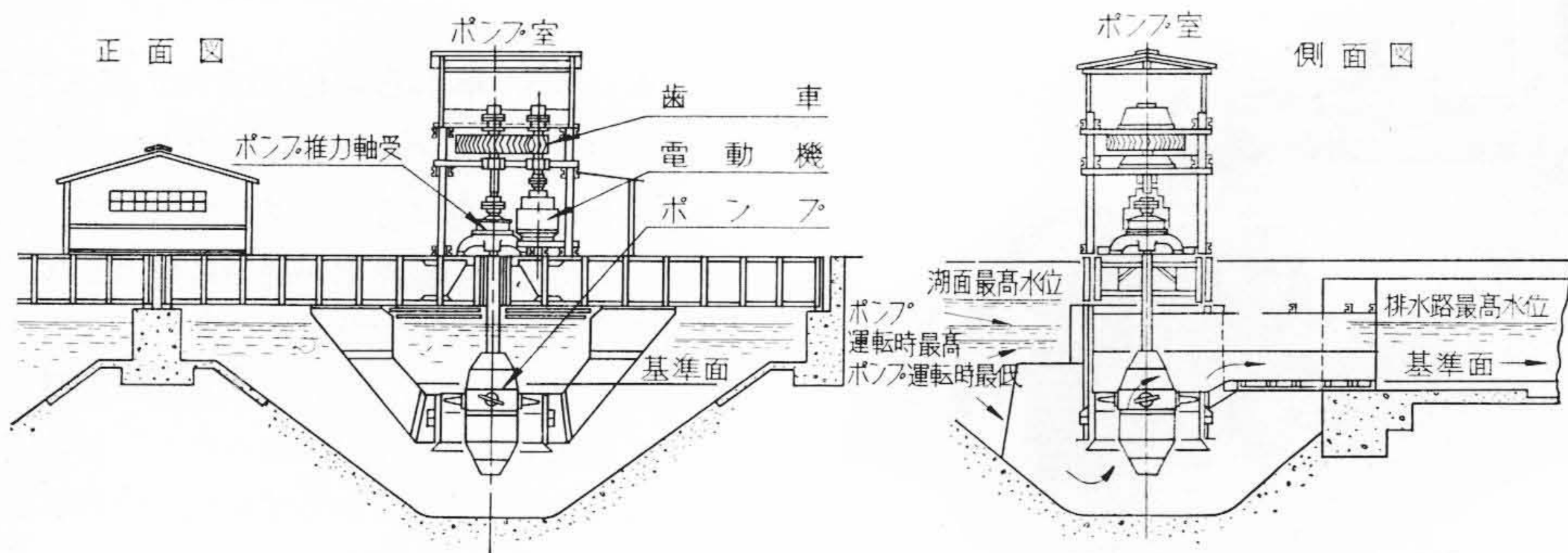
炭砒の主排水ポンプの効率が採炭原価に影響するところの多いのにかんがみその向上に努めてきたが, 1937 年古河鋳業納 700 PS 2 台は82%, 日本製鉄納 800 PS 2 台は80%を得たことは満足すべき成績といえる。

同年海軍用として製作した 2,200 PS の 2 段ポンプは揚程 700~800 m であり, 一段あたりの揚程が高い点で世界屈指のものである。

1939 年東京電灯猪苗代電力所に納めた口径 4,150 mm 固定翼プロペラポンプは湯水時における電力補充のため猪苗代湖の水を汲出し湖面を揚水低下して下流流域数箇所の発電所に出力増加をはかるもので揚水量 1,700m³/min 800 PS 2 台であり回転部スラスト荷重が 40 t をこえる龍大なものである。固定翼プロペラポンプ



第 17 図 猪苗代電力所4,150 mm プロペラポンプランナ



第 18 図 猪苗代電力所ポンプ作動説明図

としては口径、揚水量、で今もなお記録品であり当時は東洋一を誇った本機がわずか4箇月で完成納入されたことは特筆すべきである。

同年新潟電力に 1,200 mm 600 PS 固定翼プロペラポンプを納入したが揚程 9.7 m は記録的のものであり、なお水車の水量調整用であるので正常水量の 50% まで過負荷なく調節できる特殊のもので効率 85% を得た。

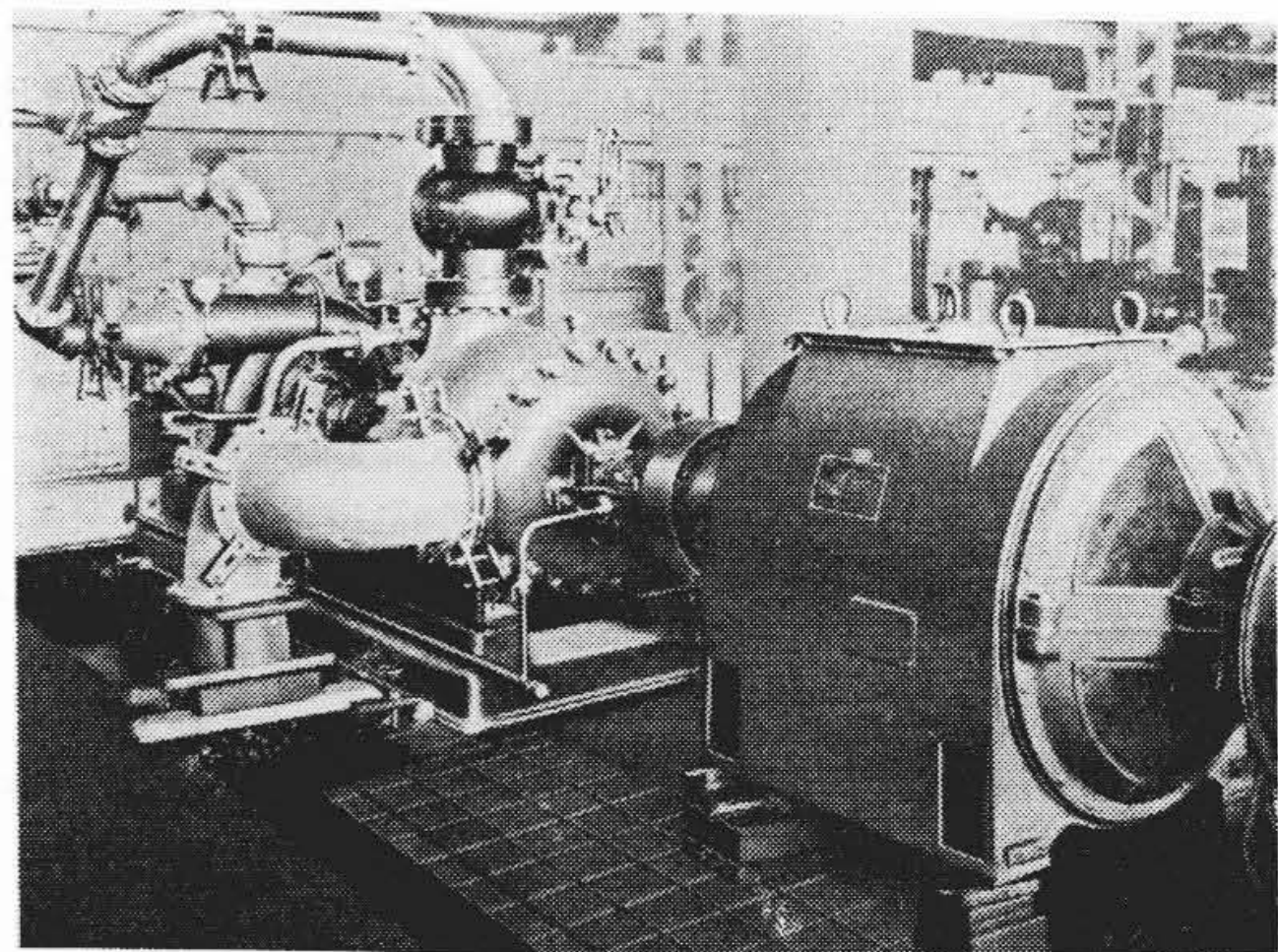
同年日本製鉄納 200 mm 4 段 1,100 PS ボイラ給水ポンプ 2 台は吐出圧 63 kg/cm^2 給水温 100°C で国産記録品である。

1940 年南満洲鉄道に納めた 250 mm 8 段揚程 550 m 1,250 PS 円筒ケーシング形ポンプ 7 台は既設 1,200 PS 500 m ポンプの実績良好なため受注したもので土砂含有量が特に多く耐摩耗に特別の考慮が払われている。

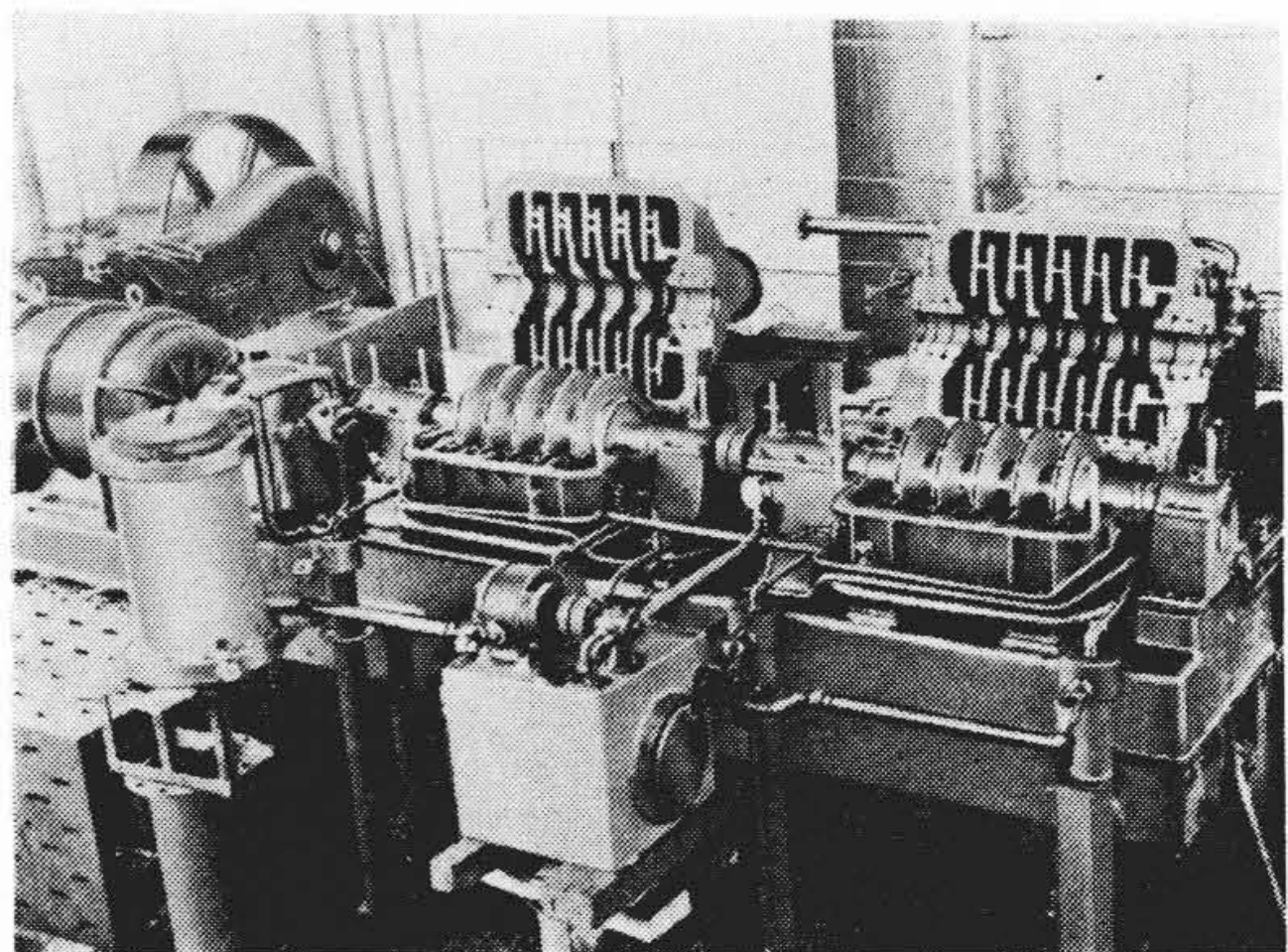
同年渦巻ポンプの揚程をタービンポンプに匹敵して高めるための研究が完成、その成果の一端を示せば揚程 80 m 3,000 rpm のものでは吸込揚程 2~4 m ではキャビテーション現象などの有害な現象が起らずポンプ効率 80~85% を得られることがわかり、従来製作された 500~1,000 PS 級の高揚程のものへの系統的な結論が得られた。なお単段羽根車で 550 m 程度の揚程が得られることも確かめられ将来製作の基礎を作った。

1942 年朝鮮窒素へ 2 台、1943 年華北窒素へ 3 台の記録的大馬力の動力回収装置付ガス洗滌ポンプを納入したことは特記してよい。ポンプ部は 300 mm 3 段水量 $13.3 \text{ m}^3/\text{min}$ 揚程 360 m 1,785 rpm, 回収部は 300 mm 2 段有効落差 290 m のフランス水車で回収動力 600 PS であり、同一軸上に 1,600 PS の電動機をもっており現在なお記録品である。

斜流形 SP ポンプは渦巻ポンプとプロペラポンプの利点を合せた点もあり特にプロペラポンプではやや困難な揚程の場合、しかもその揚程が変化する場合には最適でドック排水用その他に賞用され、本期間に 37 台の製作をみたが、代表的のものは 1943 年川崎重工業納 1,000 mm 縦形斜流 (SP) ポンプで $150 \text{ m}^3/\text{min}$ 11.5 m



第 19 図 朝鮮窒素 1,600 PS ガス洗滌ポンプ

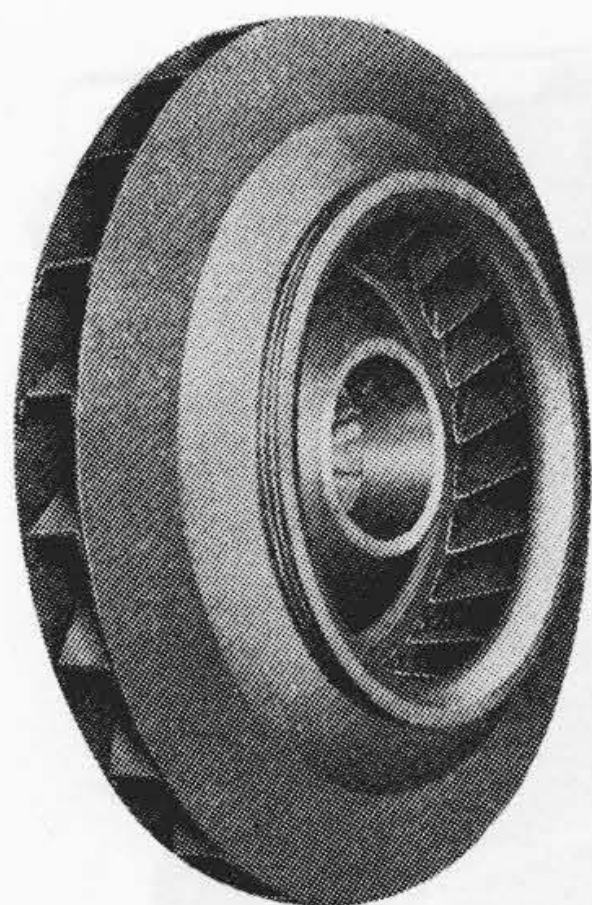


第 20 図 昭和肥料 10 段 2 ケーシングブロワ

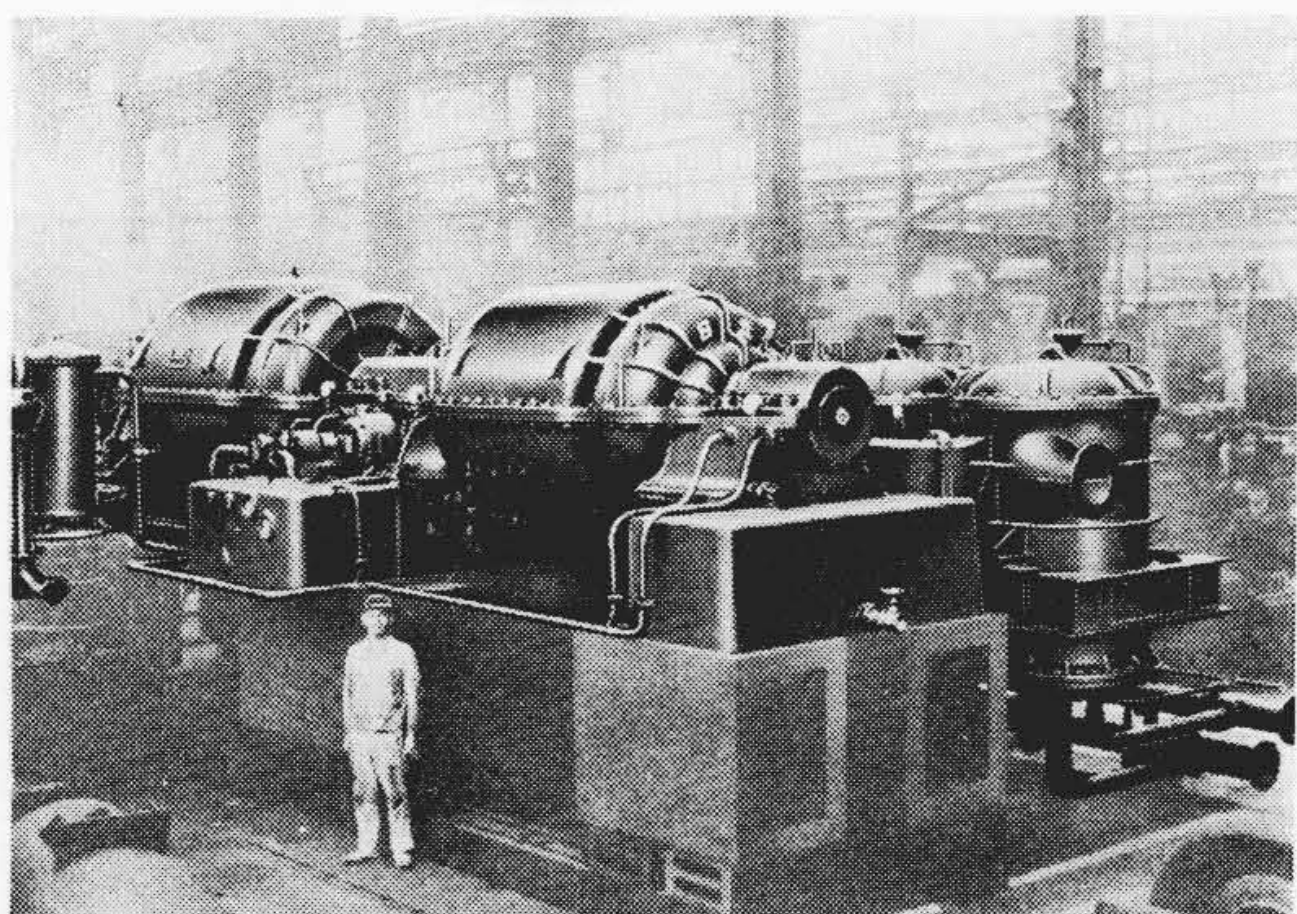
550 PS モータ直結である。

4.2 送 風 機

製鉄鉱山化学工業その他からの需要の激増により 1937 年すでに月産 100 台、総馬力 4,500 PS をこえる状態で逐年上昇の一途をたどった。1937 年昭和肥料納 200 mm 10 段 220 PS アンモニアガスブロワは風量 $51 \text{ m}^3/\text{min}$ に対し吐出圧 $1.07 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ で 8,150 rpm に増速しなお高低圧 2 ケーシングに分かれたものでガスの漏洩防止に深甚の注意が払われている。同年東北セメント納 550 PS



第 21 図 日本製鉄
4,500 PS ブロワ
ランナ



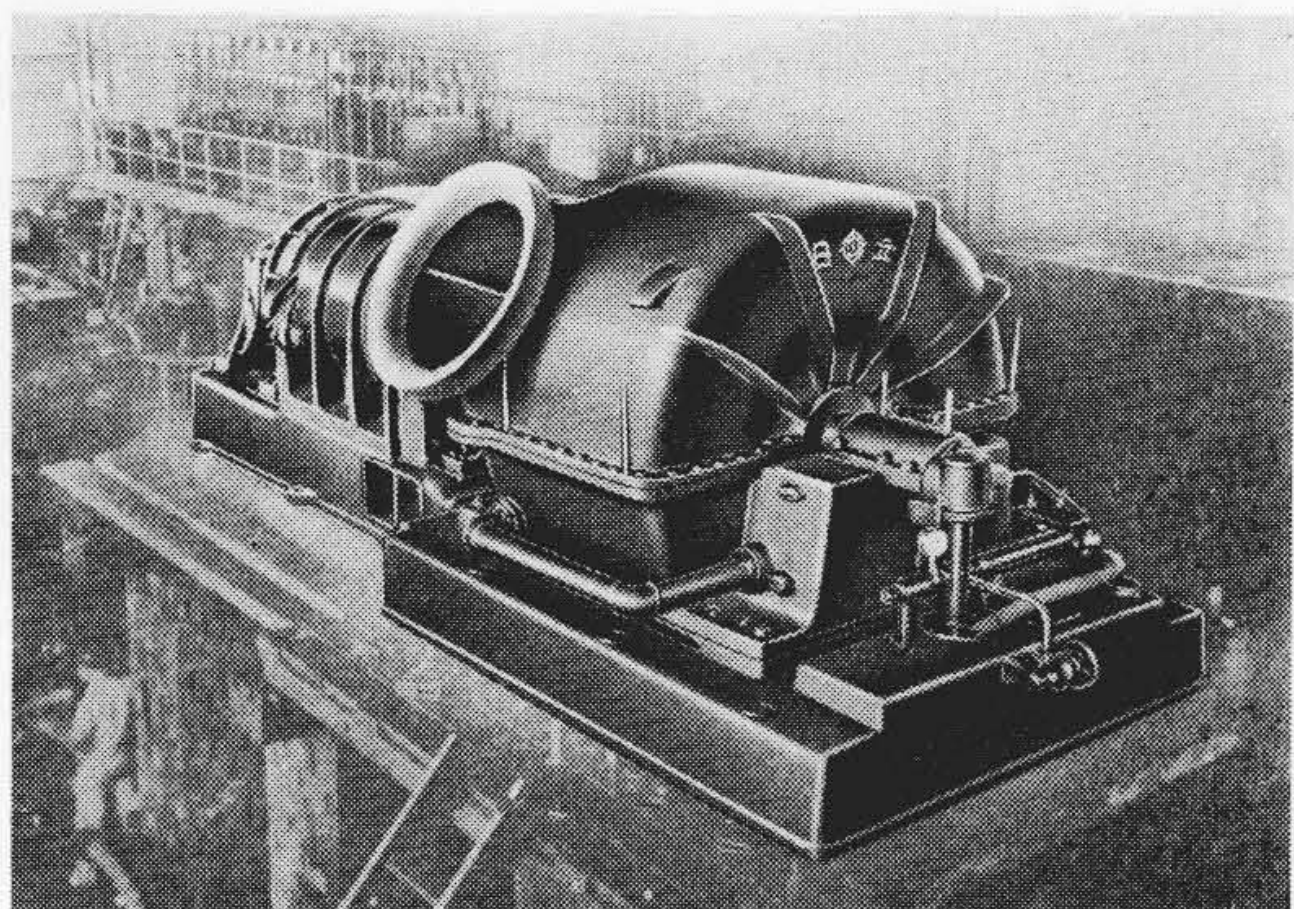
第 22 図 日本窒素 5,000 PS ブロワ

プレートファンは風量 $4,000 \text{ m}^3/\text{min}$ 350 mmAq で馬力風量の記録的のものである。

1938 年日本製鉄釜石の 970 mm 3 段 4,500 PS 電動高炉ブロワ、同戸畑の 800 mm 4 段 3,800 PS タービン動高炉ブロワに続き、1941 年中山製鋼所の $1,000 \text{ mm}$ 3 段 5,000 PS 電動高炉ブロワの完成をみた。いずれも国産として記録的なもので製作には特別の考慮が払われ、ランナは特殊鋼の鍛造品で軸との嵌合は焼嵌めを採用、推力軸承はミッチェル式、軸接手は内歯式歯車接手を使用、定風量定風圧サージング防止の自動調整にはアスカニアとの技術タイアップによるなど現在のこの種ブロワとほとんど同様な方式がとられている。

1940 年日本窒素納 $600 \text{ mm}/250 \text{ mm}$ 9×2 段 4,000 PS ブロワ 4 台はリンデクレンケル酸素分離装置用であり、風量 $418 \text{ m}^3/\text{min}$ 吐出圧 $6 \text{ kg}/\text{cm}^2$ で高低圧 2 ケーシングよりなり縦形中間冷却器 6 個を片側に併置したほかは現在製作のものと同様な設計であり当時の原材料に制限の厳しい品不足であった時代に完成したことは偉業である。

1940 年三菱鉱業崎戸鉱業所に $14,000 \text{ m}^3/\text{min}$ 1,500 PS ターボファンを、1941 年三井鉱山三池鉱業所に $22,000 \text{ m}^3/\text{min}$ 3,200 PS ターボファンを納入したが東洋の記録品である。後者はランナ径 $3,770 \text{ mm}$ 507 rpm で風圧



第 23 図 海軍技術研究所 1,000 PS ターボブロワ

380 mmAq である。軸の全長 8.5 m 、重量 9 t に及び地上全高約 6 m 、全長約 16 m 、全幅約 21 m の偉容をもち、当初は風量 $19,000 \text{ m}^3/\text{min}$ 2,300 PS 電動機に直結され通風量の増大とともに 3,200 PS の電動機と取り換えるごとく設計されている。ターボファンの風圧の記録品は 1938 年小倉製鋼納 400 PS 568 mmAq のものがある。

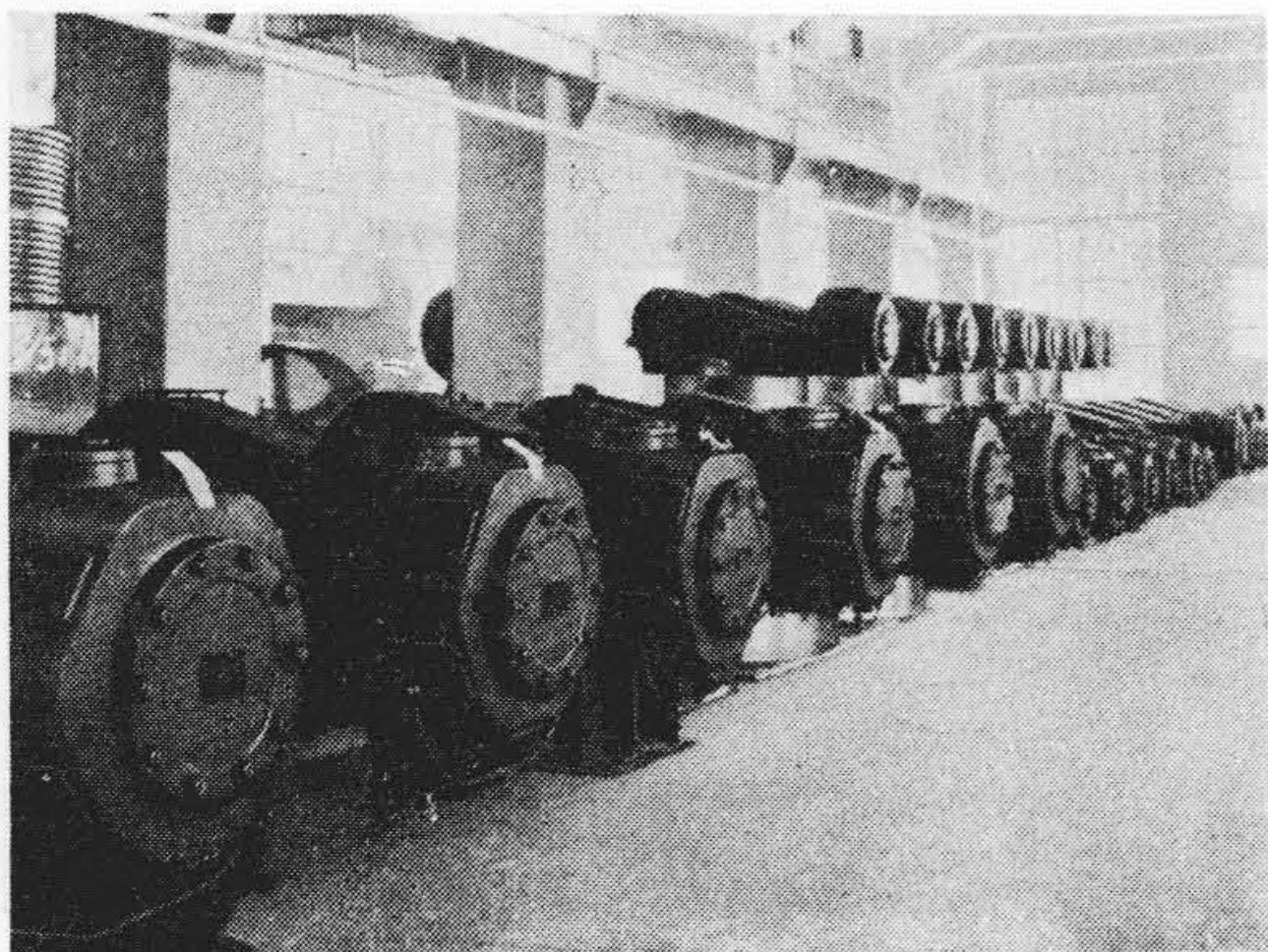
特殊用途のものとしては 1938 年海軍技術研究所に納めた $600 \text{ mm}/550 \text{ mm}$ 6 段 1,050 PS、 $800 \text{ mm}/650 \text{ mm}$ 2 段 1,000 PS、 $700 \text{ mm}/650 \text{ mm}$ 2 段 500 PS 各 1 台のブロワで圧力比はそれぞれ 2.3, 1.26, 1.23 で真空用増圧用いずれにも使用されるものでこれらをバルブ切替により単独直列などに使用して各種の風洞実験に使用できるもので、戦後荒廃していたのを本年修理手入して新しい風洞実験その他に使用されるはずである。1942 年には陸軍航空研究所納 750 mm $1,450 \text{ mm}$ 9 段 1,000 PS ターボエキゾースタを製作した。 $5,000 \text{ rpm}$ 吸込 78% の真空である。なお 1944 年日立工場にも前記と同様な 1,200 PS ターボエキゾースタを納入した。

1942 年船用ボイラファンとして $1,500 \text{ m}^3/\text{min}$ 450 mmAq 250 PS 3,200 rpm のプロペラファンを製作した。

陸軍航空技術研究所の要請で設計製作した $4,500 \text{ mm}$ 3 段 3,500 PS プロペラファンが現地運転を待たず破壊されたことや、北海道人造石油での合成ガス圧縮用として製作中であった $650 \text{ mm}/300 \text{ mm}$ 22 段 7,600 PS $4,500 \text{ rpm}$ ターボ圧縮機が終戦のため製作中止となったのは遺憾であった。

4.3 圧 縮 機

一般工業界の活況に対処し往復式あるいは回転式は各その特長を生かして用途に適応させて製作し 1936 年すでに月産 70 台、総馬力 8,000 PS ピストンディスプレイメント $65,000 \text{ m}^3/\text{h}$ をこえ、5 年後にはその 5 倍をこえた。なかでも汎用の 50~100 PS 往復動横形一段 HSD 形



第24図 亀戸工場におけるHSD形圧縮機の量産

圧縮機の需要は龍大な量に達したため、政府の要望にこたえて日立 HSD 形圧縮機の設計図面が公開され、国内業者はこれによって圧縮機量産に努め日立製作所も大增産を行った。

往復動圧縮機はさきに完成した 400 PS 標準 HTC 形に準拠し 1937 年三菱鉱業大夕張鉱業所および東邦炭硯弥生鉱業所に 500 PS を納入した。気筒径低圧 770 mm 高圧 480 mm 行程 450 mm 200 rpm 7 kg/cm^2 である。ついで北海道炭硯汽船に 600 PS 3 台、気筒径低圧 840 mm 高圧 530 mm 行程 530 mm 176.5 rpm 7 kg/cm^2 を納入した。400 PS と同様高低圧気筒を左右に並置して中間冷却器を両者に跨らせ同期電動機軸をクランク軸と共用にしたもので効率ほぼ 90% に達した。5 段調整の気筒間隙付加弁で負荷の激変に自動的に対処する構造である。いずれも標準形でその後多数製作された。

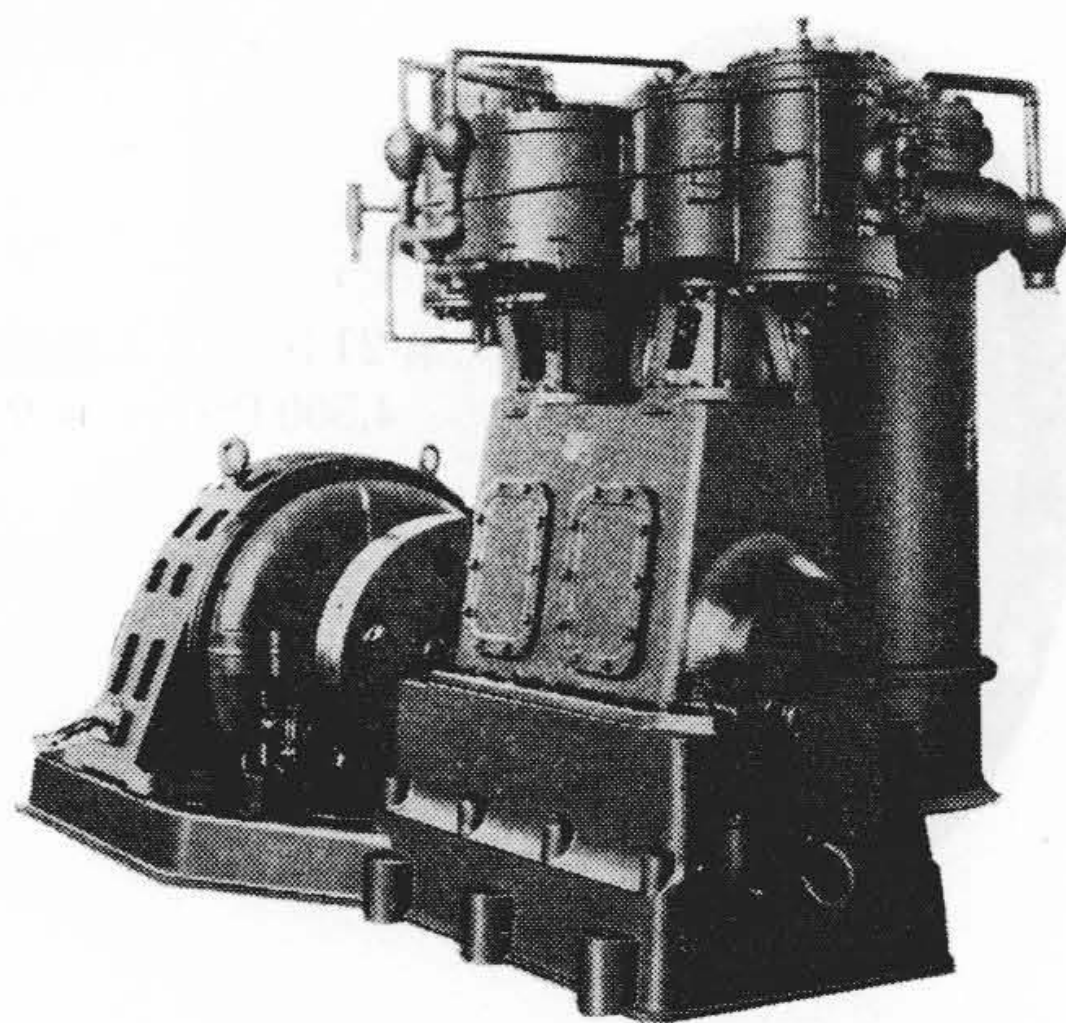
1939 年には九州炭硯崎戸鉱業所に 800 PS HTC 形圧縮機を納入したが、わが国最大記録品で構造は前記と同様で気筒径低圧 940 mm 高圧 590 mm 行程 600 mm 150 rpm 7 kg/cm^2 である。

1938 年世紀の大工事として知られている関門国道トンネル開鑿における湧水防止用として低圧気筒 2 個を併置したもので気筒径 550 mm 行程 400 mm 250 rpm 圧力は 3.5 kg/cm^2 であるがジスプレースメント $94 \text{ m}^3/\text{min}$ 400 PS 2 台を納入した。

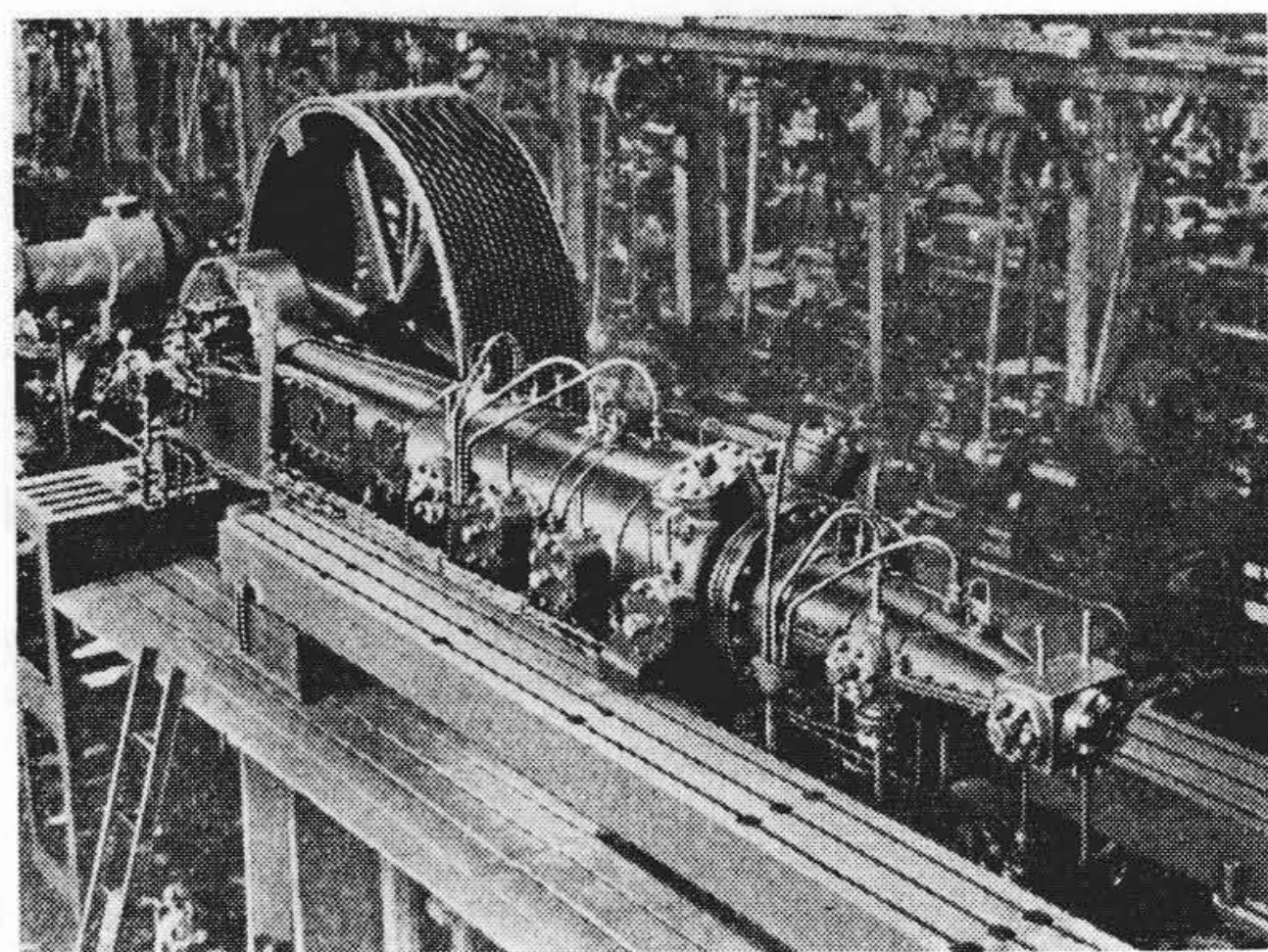
振動も少なく床面の狭小な縦形 2 段圧縮機 250 PS を三菱長崎造船所に、また 300 PS を自家用として製作した。

1939 年昭和肥料に 300 気圧高圧ガス圧縮機を納入し、高圧圧縮機生産への手掛りを作った。5 段圧縮で気筒径は各 460, 345, 185, 100, 50 mm で行程 400 mm 130 rpm 250 PS 電動機から V ロープ掛運転のものである。同時に吸入圧 280 kg/cm^2 吐出圧 300 kg/cm^2 のガス循環ポンプも完成した。

1941~1943 年 5,000 PS 高圧 H_2 ガス圧縮機が日本窒素へ 3 台、北海道人造石油へ 1 台納入された。吐出圧



第25図 三菱長崎造船 250 PS 縦形圧縮機



第26図 昭和肥料 300 気圧ガス圧縮機

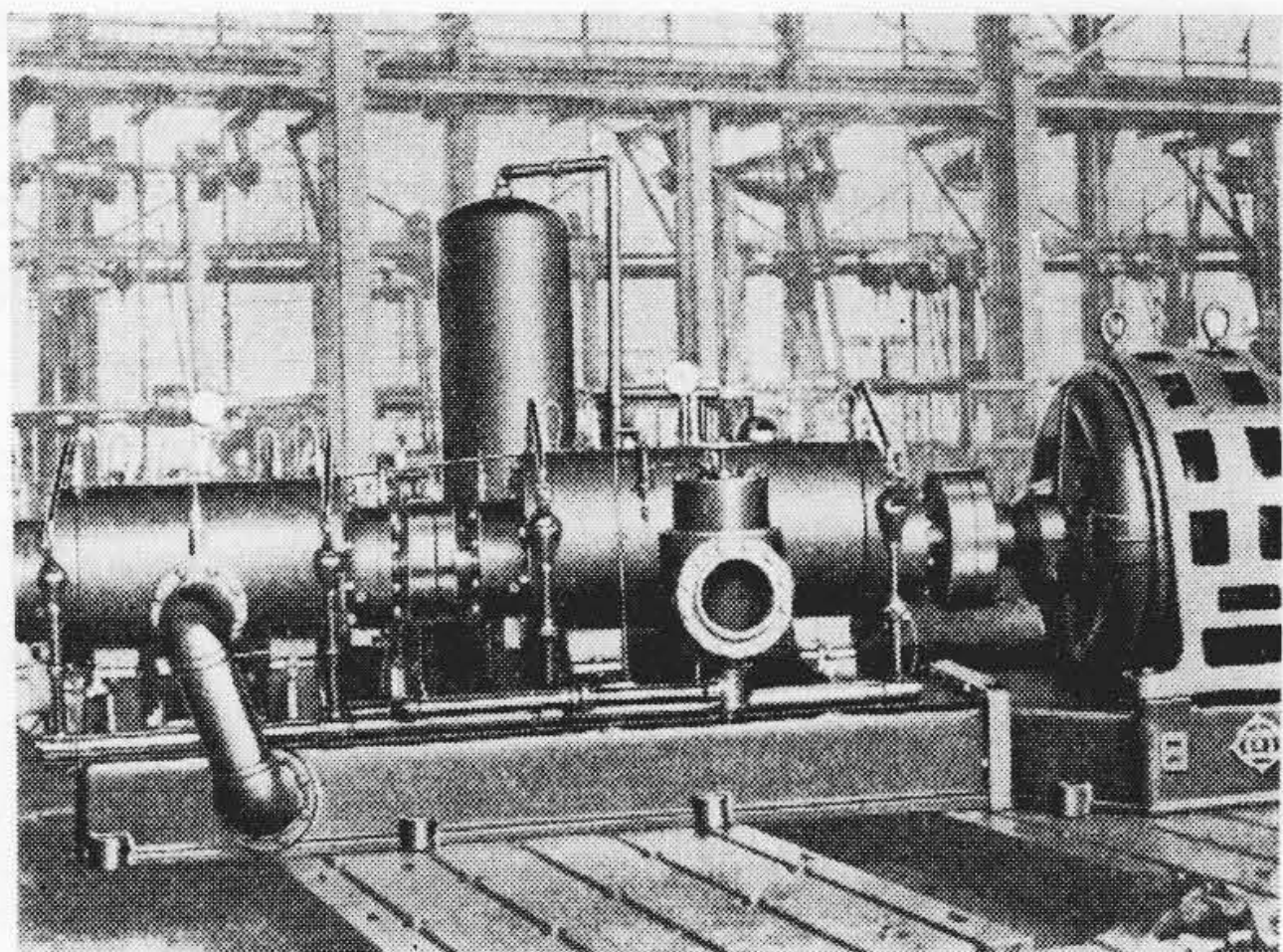
240 kg/cm^2 5 段圧縮で容量 $13,000 \text{ m}^3/\text{h}$ 128.5 rpm で横置串形 2 列各気筒を 2 列に並置し同期電動機を中央にクランク軸と軸受を共通にして直結運転される。1943 年には東海硫安納 300 kg/cm^2 6 段圧縮 1,800 PS 3 台を、1944 年には 2,400 PS 2 台を製作、前者は H_2N_2 混合ガス用、後者 H_2 ガス用である。かくて 100 kg/cm^2 以上の高圧ガス圧縮機 192 台がこの期間に製作されたことは偉とすべきである。

回転圧縮機および真空ポンプは 30~300 PS のものが 1937 年には 180 台を突破したが、1942 年には 300 台をこえる生産をなし国内随一のメーカーであることを実証した。

1938 年に製作した 100 PS 液封形回転真空ポンプは最大風量 $50 \text{ m}^3/\text{min}$ 最高真空 7.9% 280 rpm であるがこの種内地製品の記録品である。なお 1941 年には 125 PS 最大風量 $65 \text{ m}^3/\text{min}$ 最高真空 72% のもの 6 台を製作し記録を更新した。

5. 終戦後現在までの歩み

終戦後の再建に際してはまず標準品の量産をもってこ



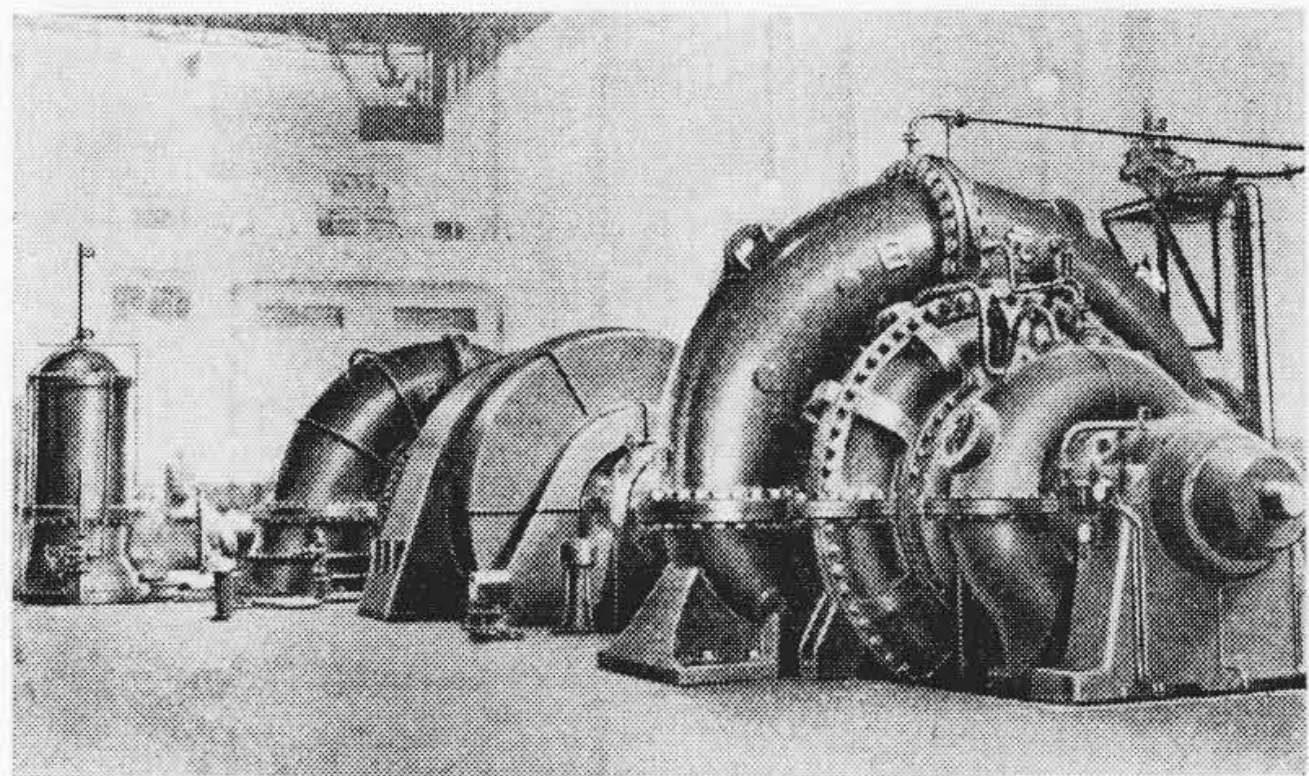
第 27 図 300 PS 回 転 圧 縮 機

れに寄与し、続いての産業復興に対しては数十年の経験を生かすとともに戦時中の空虚を満たすための研究に精進し戦前を凌駕する高性能および特殊需要に適する新形製品を続々製作して平和産業の発展に貢献しつつある。

5.1 ポンプ

1945年10月食糧増産を目標としての農地開発用に100, 150, 300 mm の渦巻ポンプおよび 500, 800 mm の軸流ポンプの量産、ついで石炭増産を目指しての炭硯復活用に各種GM形タービンポンプの量産をしたのに始まり、1947年ころからはこれらポンプも標準品から個々の状況に合致したものが製作されるに至り各種産業の復興に従って各種用途へと広げられたが数年間は戦前の製作記録を追記製作されるにとどまった。

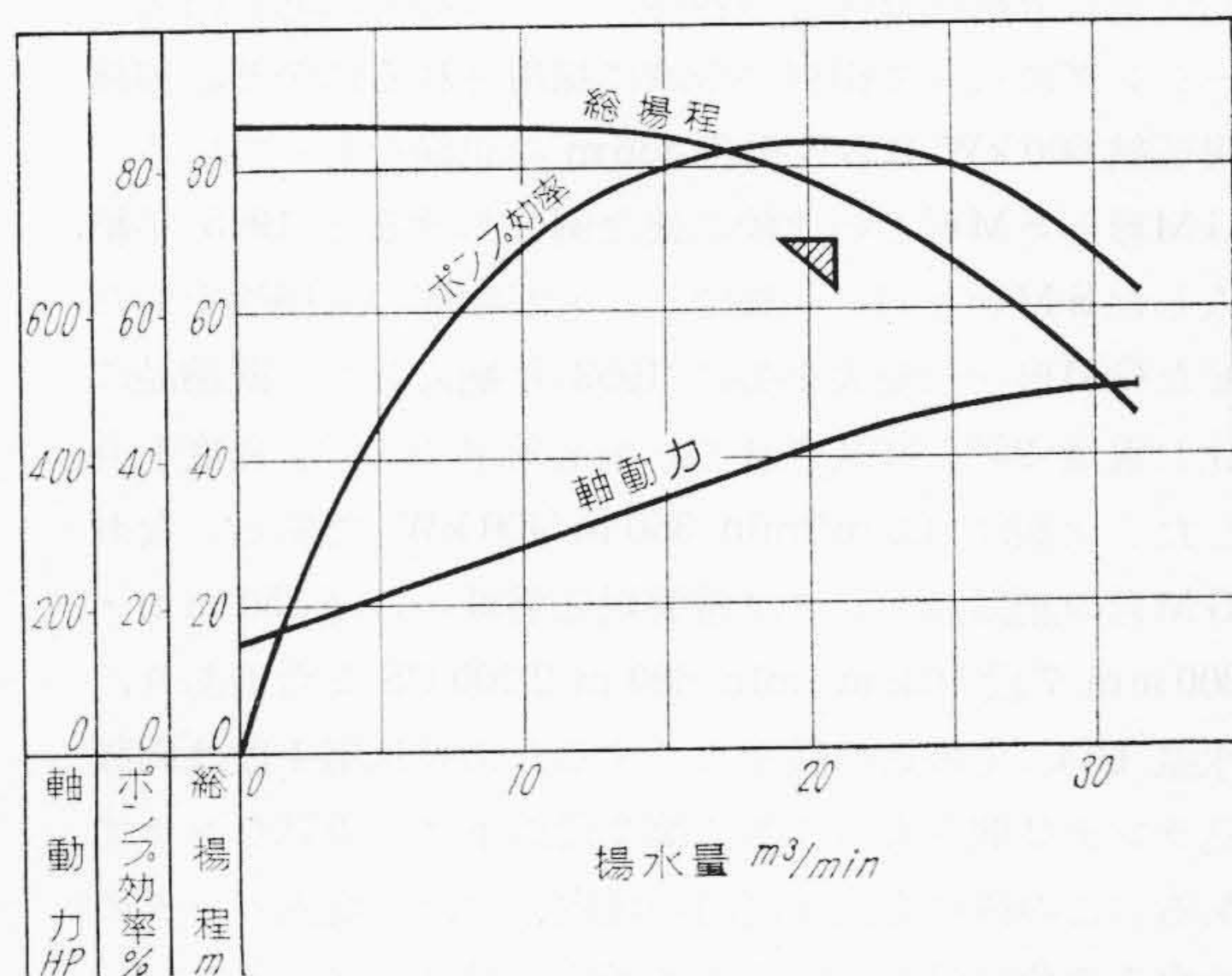
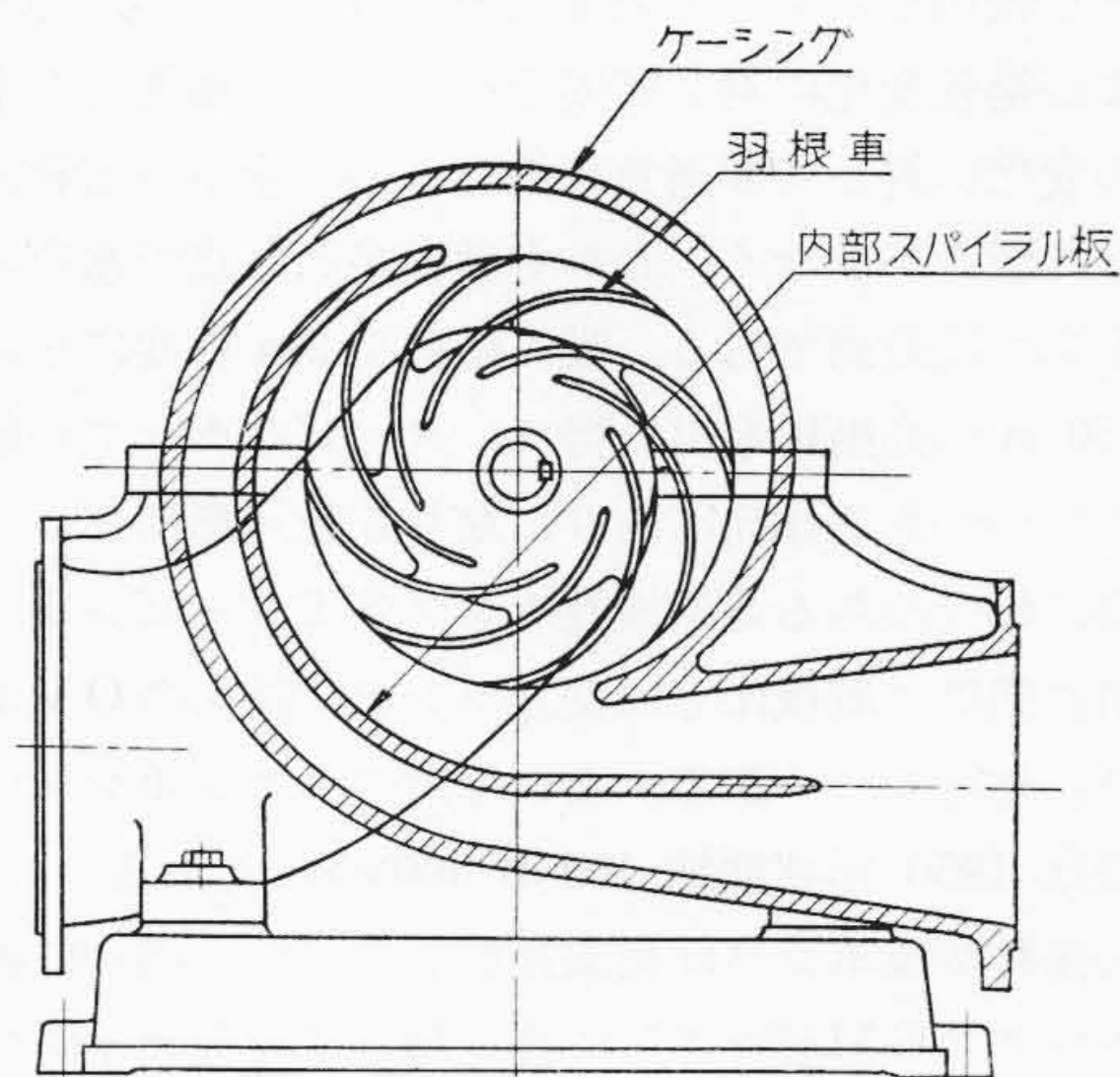
1952年沼沢沼揚水発電所用ポンプの完成をみたが所要動力 21,000 kW であり2段で揚程 211m であり揚水発電所として日本に初めて計画されたもので世界的にも記録的大きさのものである。用途は東北電力が豊水期および軽負荷時における余剰電力を利用して本ポンプにより貯水池に揚水して渇水期および尖頭負荷時の発電容量を増すことを企てたもので電力事情改善の新方式といえる。ポンプは口径 1,500 mm 横軸両吸込2段基準水量 $7.9\text{ m}^3/\text{s}$ 基準総揚程 211m であるが製作に先立ち6種のモデルポンプを作成して、性能の相互比較をすると



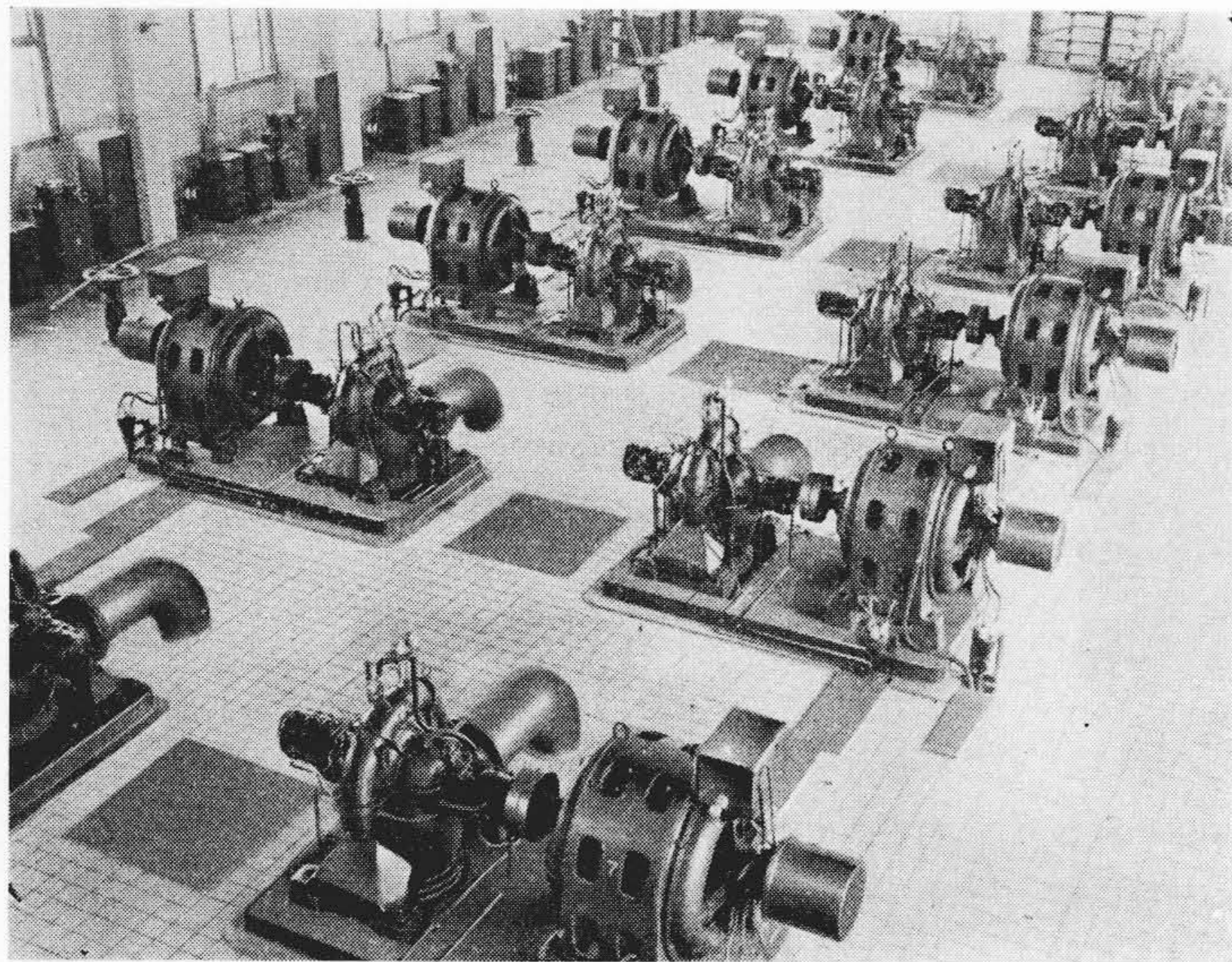
第 28 図 沼沢沼揚水発電所 21,000kW ポンプ

もに、正常運転のポンプが突然動力を遮断された後に起りうる正転逆流、逆転逆流などの完全性能を求め、なお吐出弁のモデルによる弁の特性とあわせて水槌作用防止に最も効果ある弁の制御などをもあわせ考慮するなどいまだ前例なき大規模なモデル試験を経て製作された。据付試運転後も各種試験を行い吐出弁の自動操作機構をさらに改善して動力遮断後 14 秒で吐出弁を全閉してしかも最大圧力上昇を 118% にとどめ逆回転の最大値もわずか 7.2% という好成績を得て逆流による損失水量を極小ならしめた。

単段の高揚程にはタービンポンプというのが従来の考え方であであったが、ガイドベンをもつことが耐久保守上の難点でもあり、そのほか渦巻ポンプが好ましいこともあるので、戦時中にも東辺道開発納450 mm ϕ 両吸込渦巻ポンプ $27\text{ m}^3/\text{min}$ 72m 700PS のごとき高揚程のものなど数種を製作したが、1952年には東洋高圧大牟田工場に揚程 100m の記録品を納入した。二重ポリュートケーシ



第 29 図 高揚程渦巻ポンプの構造と性能



第 30 図 水道用高揚程渦巻ポンプ

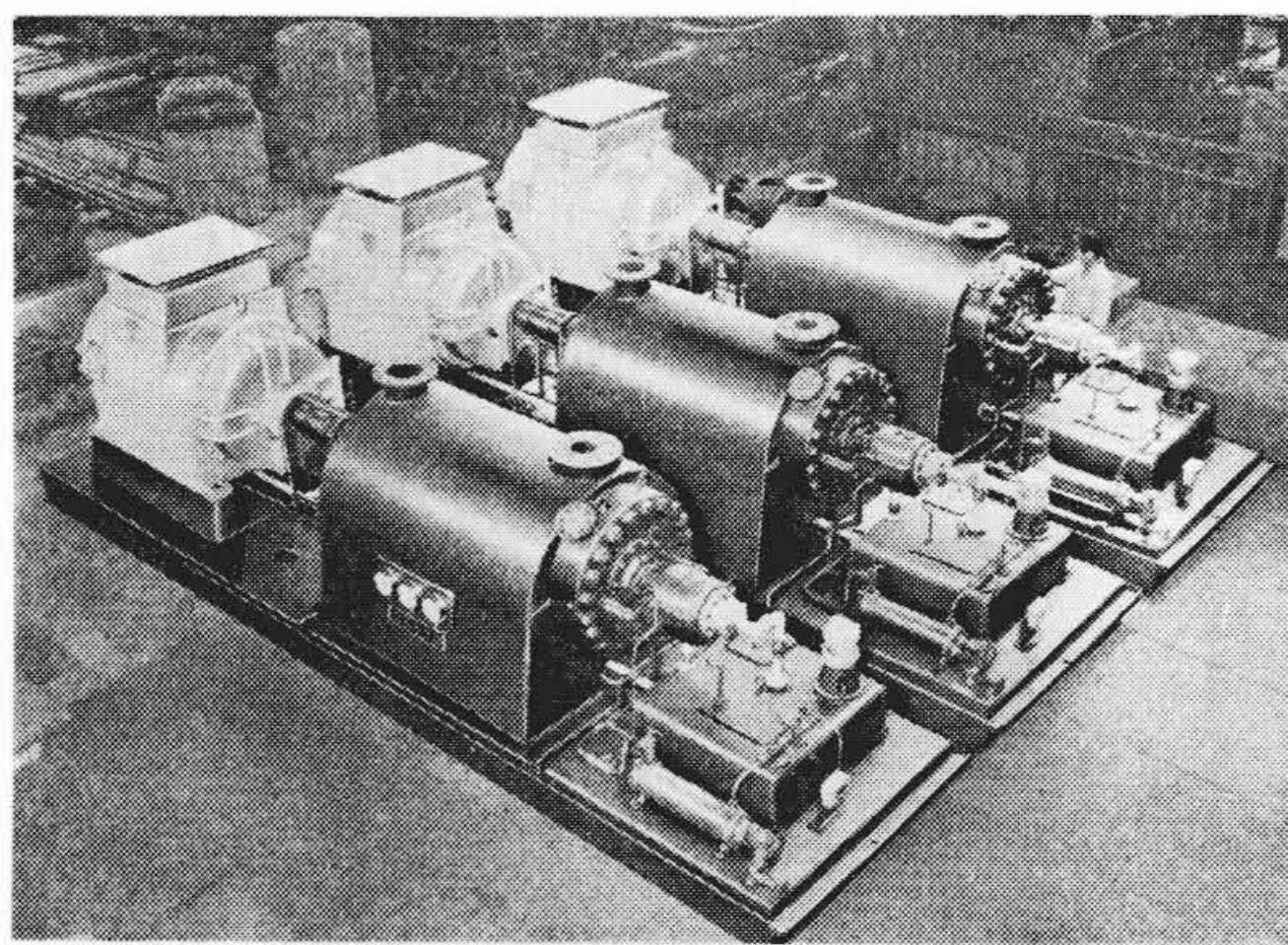
ングを使用したもので完全な下降特性をもち、並列運転および揚程変化に対して安全性を増し、軸動力が水量揚程の変化に対して非過負荷性をもち、水量の広範囲にわたって騒音が少なく、しかも効率が高い点で水道用ポンプとしては最適である。吸入揚程を 2m 程度に止めうれば 150 m の高揚程も出し得て、タービンポンプの領域を狭くしつつある傾向にあり、なお片吸込形にあっては吸込側に軸受のある S V 渦巻ポンプ S T タービンポンプは次第に簡単で取扱保守に便なランナ片持ちの O V 渦巻ポンプに移行しつつある。なお単段タービンポンプの揚程記録は 1950 年朝鮮納 100 m 400 kW である。

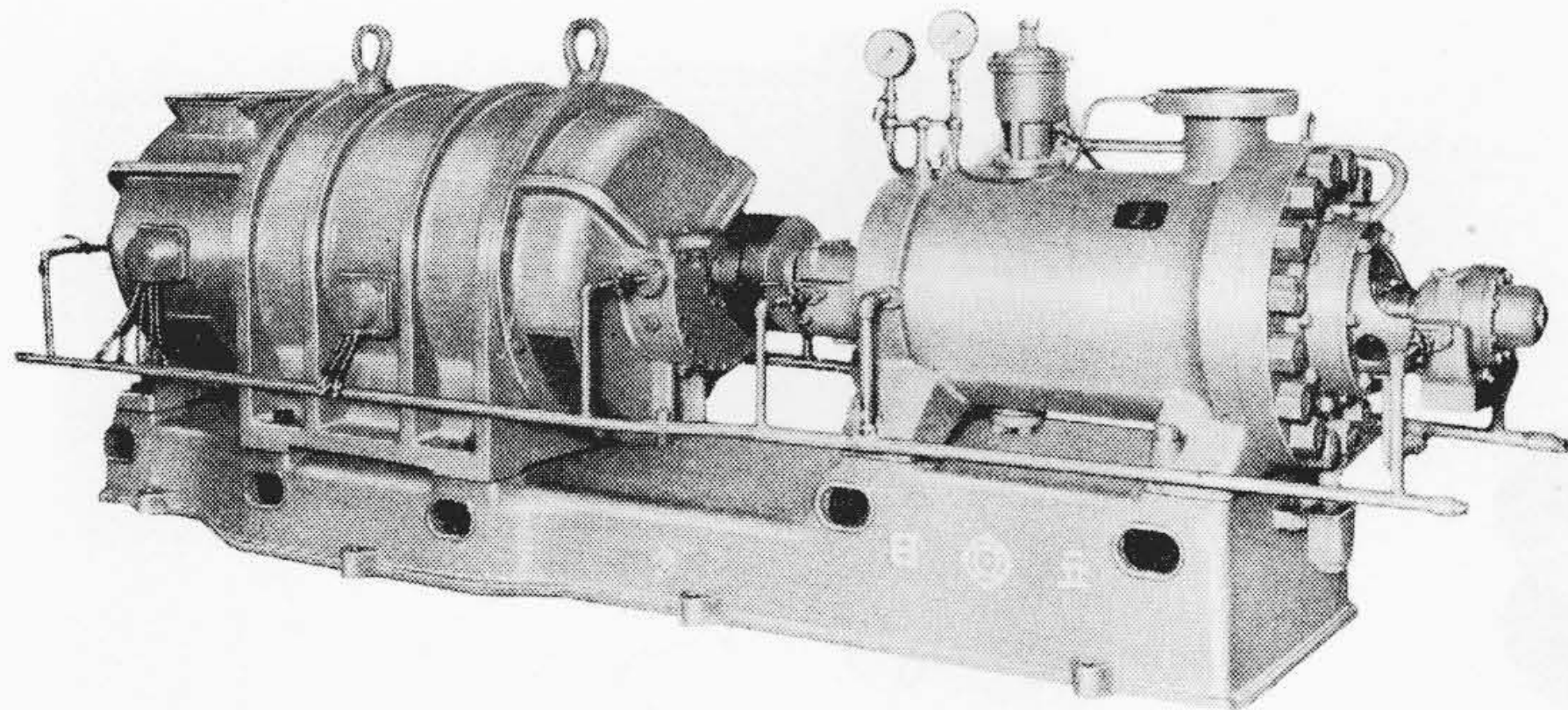
高揚程多段ポンプは従来比較的高くない場合に輪切ケーシングの GM 形をさらに高い場合に円筒ケーシングの SM 形をという慣例であったが、輪切ケーシング形の構造簡単と分解組立保守の容易などから必要に応じ円筒ケーシングに代って揚程の全域に採用されるに至り、神林炭鉱納 600 kW 2 台は揚程 836 m の記録をもっている。GM 形と SM 形との比較に便な例をあげると 1945 年納入した SM 形と同一仕様でしかも回転部の互換性をもたせた GM 形を三菱大夕張に 1953 年納入した。既納品に比し重量 25% 軽減されてしかも効率 3~5% 程度上昇した。仕様は $4.2 \text{ m}^3/\text{min}$ 360 m 400 kW である。なお GM 形の記録品としては常磐炭鉱磐城の口径 350 mm $\times$ 300 mm 7 段 $10.2 \text{ m}^3/\text{min}$ 680 m 2,200 PS 2 台であり、水温 60°C で吸込状態をよくするため吸込第 1 段は両吸込ランナ 2 個をもってあて第 2 段以下は片吸込ランナである。この種の方式は高温の坑内水のほか坑内バックの排水その他に対応してもよく所定の吸込を保ちうる。

1951 年北海道電力江別 P. S. に納入した給水ポンプが

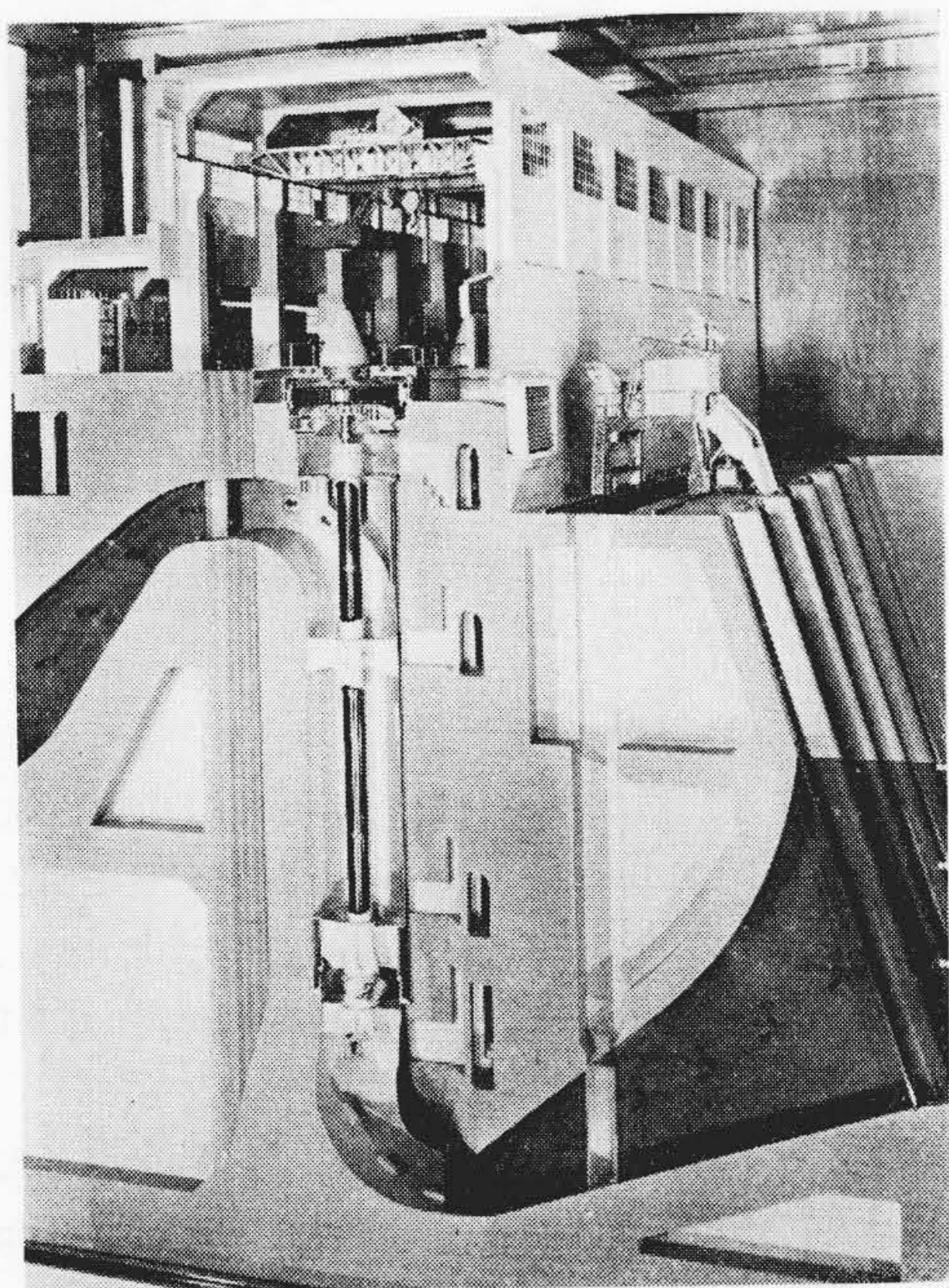
バーレル形の最初である。1955 年東京電力新東京に $125 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$ 水温 142°C 1,000 kW のものを納入するに及び、その本格的段階に入った。特長として高温高圧に対して堅牢なバーレル形二重ケーシングであること。自由に膨脹を許すよう外ケーシングがベースにピンおよびキー止めであること、内ケーシングは輪切形で遊動自在に取り付けられていることなどであるが、ボイラ給水のように寡小水量運転を行うための完全下降特性をもたせるためには従来は渦巻ポンプを使用するのが常で、多段渦巻ポンプが生れたわけでもあったが、これと同等な性能がタービンポンプでも得られるに至った本ポンプも多段タービンポンプである。最高効率に対応する水量揚程を 100% とすれば、単一ボリュートまたは二重ボリュートにしランナの出口角を 18 度程度にし羽根数が 6~7 枚なら、水量 50% で揚程 115%, 水量 0 で 120% になり、このくらいがボイラ給水用として最適といわれている。この形のボイラ給水用として 34 台を製作、目下東京電力品川 P. S. 用内部ケーシング輪切バーレル形 200 mm $\times$ 150 mm 11 段ボイラ給水タービンポンプ 3 台を製作中であり、仕様は 228 T/時 $163 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$ 水温 154°C 1,600 kW で水量、吐出圧、水温、動力ともに最高記録品である。

1952 年三菱鋼材深川工場に納入したのがデスケーリングポンプの最初であるが、1954 年富士製鉄釜石に納入したものは吐出 $71 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$ であり、内部ケーシング輪切形のバーレル形を採用した。その後内部ケーシングを水平 2 ツ割形にしたのも製作、吐出圧記録は東都製鋼東京工場の $121 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$ であり、記録品としては富士鉄室蘭

第 31 図 東京電力新東京バーレル形 1,000 kW
ボイラ給水ポンプ



第 32 図 富士製鉄室蘭製鉄所パーレル形 1,400 kW デスケーリングポンプ



第 33 図 東パキスタン政府納 2,800kW プロペラポンプ

製鉄所の300 mm × 200 mm 7 段内部ケーシング水平 2 ツ割のパーレル形の渦巻ポンプで、5.7 m³/min 1,400 kW である。

低揚程ポンプとしては軸流ポンプ斜流ポンプが戦前の需要を復活したが、可動翼 K P 形プロペラポンプの記録品 3 台が東パキスタンのガンジスコバダック灌漑計画用として輸出することになったのは特筆に値する。ランナ径 2,800 mm 縦軸 200 rpm 揚水量 1,700 m³/min 揚程 8 m 動力 2,800 kW で、特長として単段として揚程の割合高いこと、吐出水路をサイフォン形にしてその破壊により逆流防止にあてるなどが大容量とともにあげられる。模型実験値を換算して窮屈な水路を含めての総合効率 84% が得られた。

斜流ポンプでは大水量のものとして 1956 年農林省印幡沼手賀沼干拓用手賀排水場口径 1,700 mm 斜流ポンプ

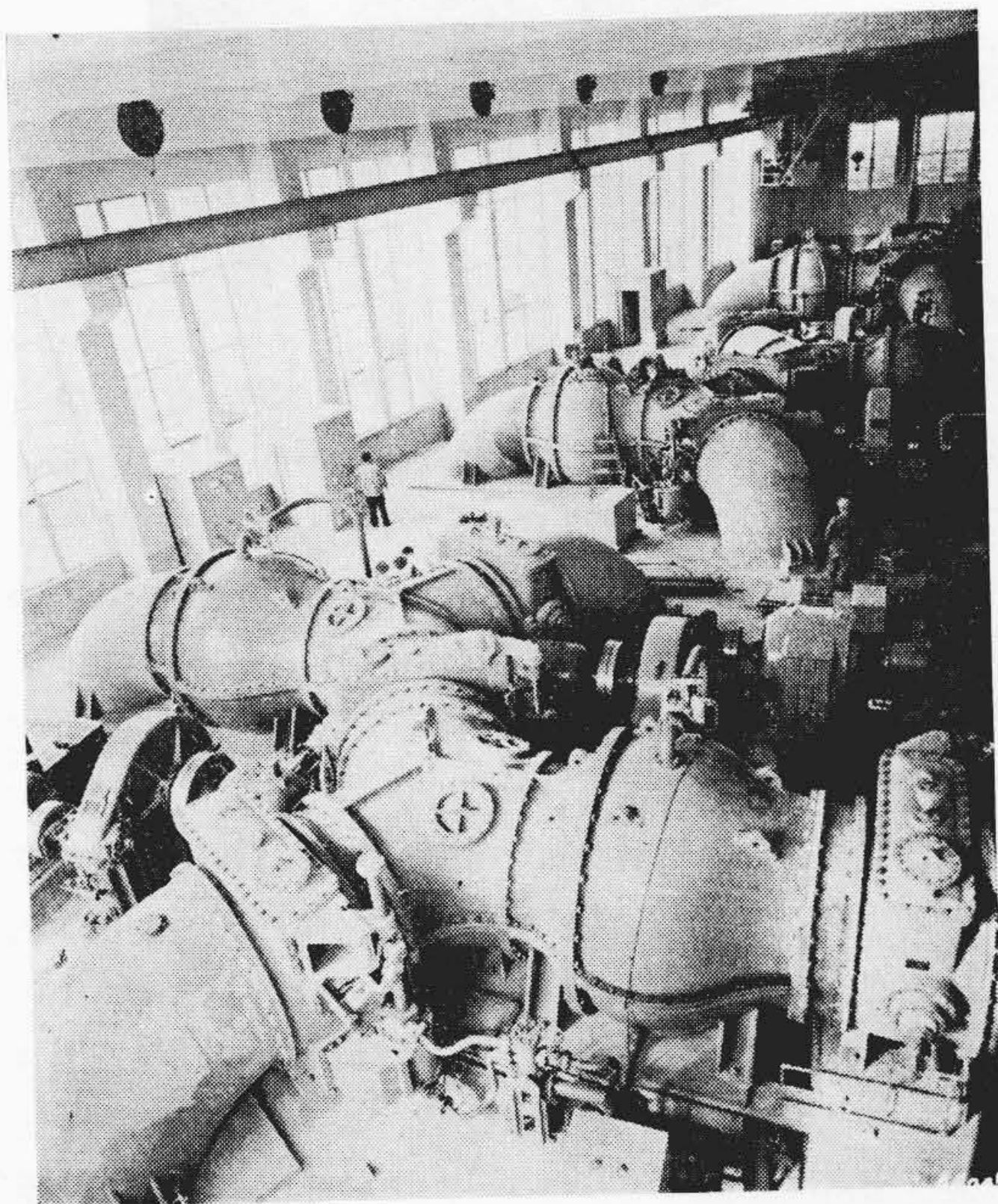
6 台がある。実揚程 0~9 m に変化するので 3 組の直並列切替によって動力消費の節約を行うがその主弁は仕切弁として気密遮断をするとともに停電時の逆流によって自動閉鎖するようになっているほか、一人制御の自動式が取り入れられている。効率の実測の結果単独 88% 直列 87% であり水量 400 m³/min で最大、なお火力発電所の凝結器冷却用として縦形の斜流ポンプが採用され、口径 1,000 mm 揚程

20 m 程度のものも多数製作された。

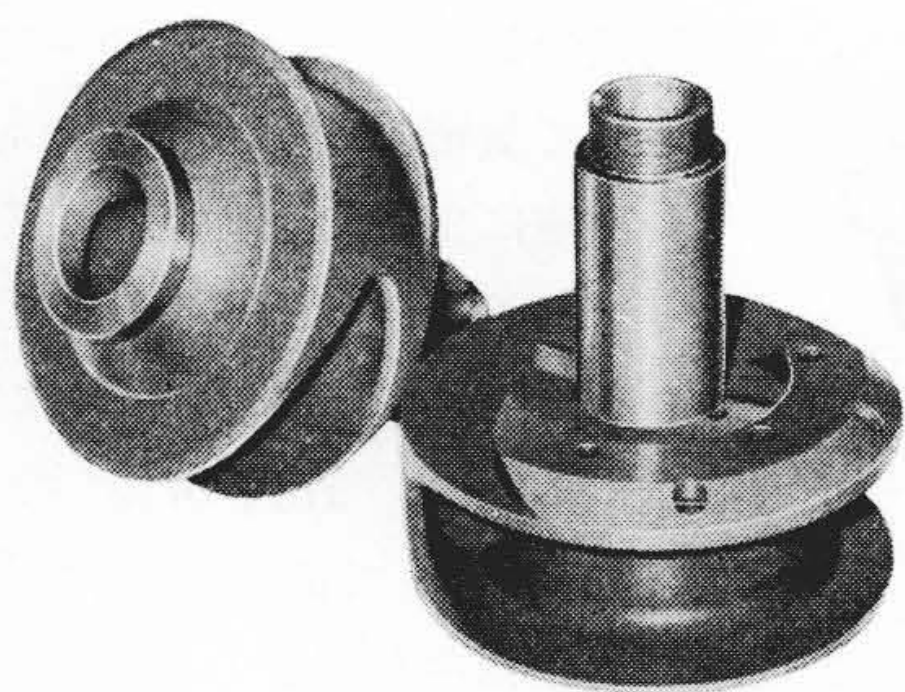
特殊ポンプとしては 1956 年ブレードレスポンプを創製した。ランナの通路が吸込管を延長折曲げてランナ円板上にはわせたようなもので、ノンクログポンプの代表といっても寡言ではなく、石炭汚泥サンドなどの輸送に好適であり、100 mm 口径のものでは石炭水力輸送用には重量濃度 46% 最大粒子 40 mm、泥炭地の客土用には重量濃度 40% を越えるものまで輸送できる。港湾その他の浚渫または土地造成用として使用されるドレジャ船が大形化され、これに使用されるドレジャポンプも大形となり 1957 年完成した八幡製鉄 3,000 PS ドレジャポンプはわが国最大のもので八幡港浚渫にその偉力を発揮している。

5.2 送 風 機

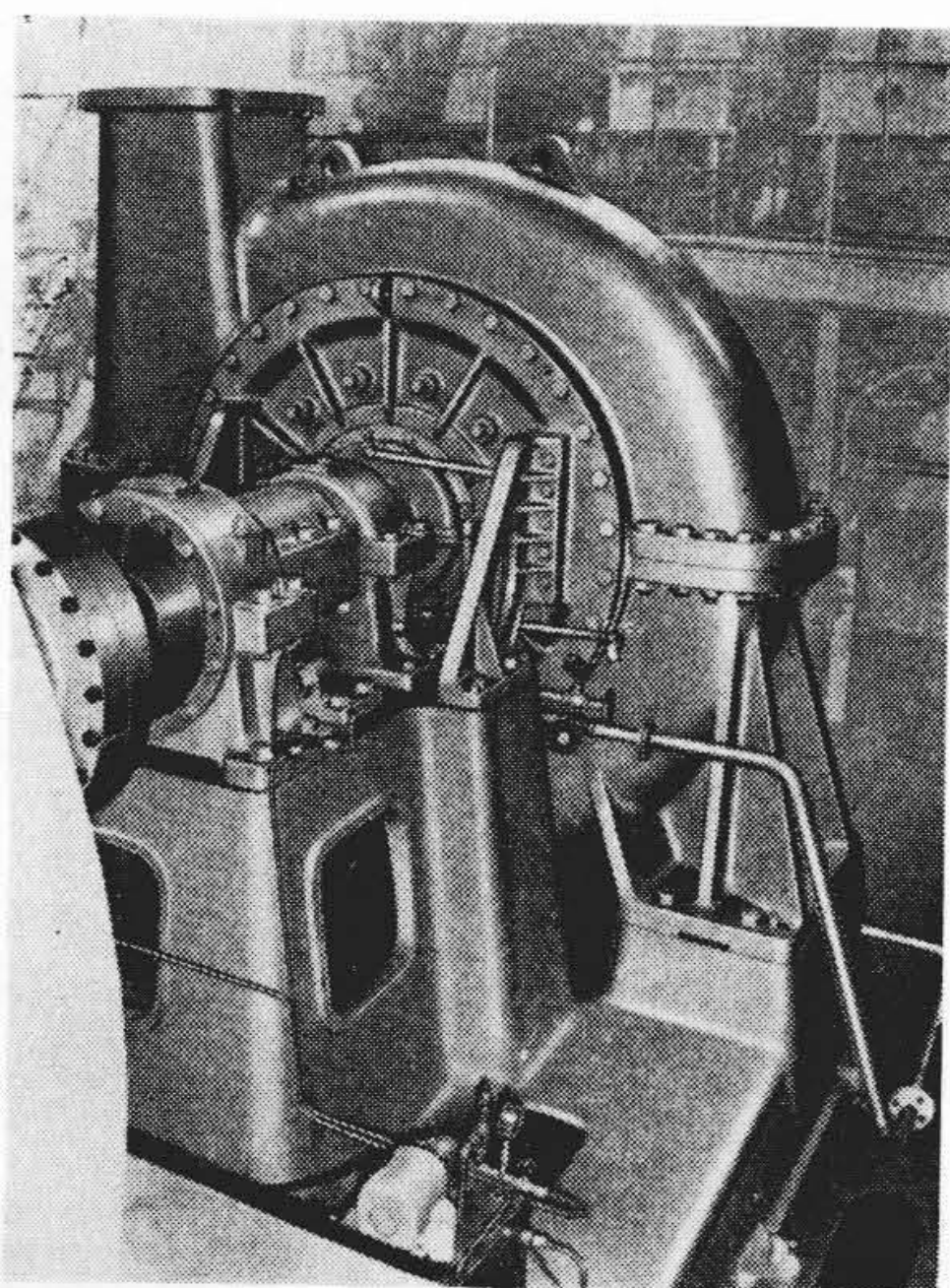
戦後まず石炭増産のための炭畝用通風機と食糧増産のための硫安製造用ブロワなどに始まり、各種産業の勃興



第 34 図 手賀沼排水場 1,700 mm 550 kW 斜流ポンプ



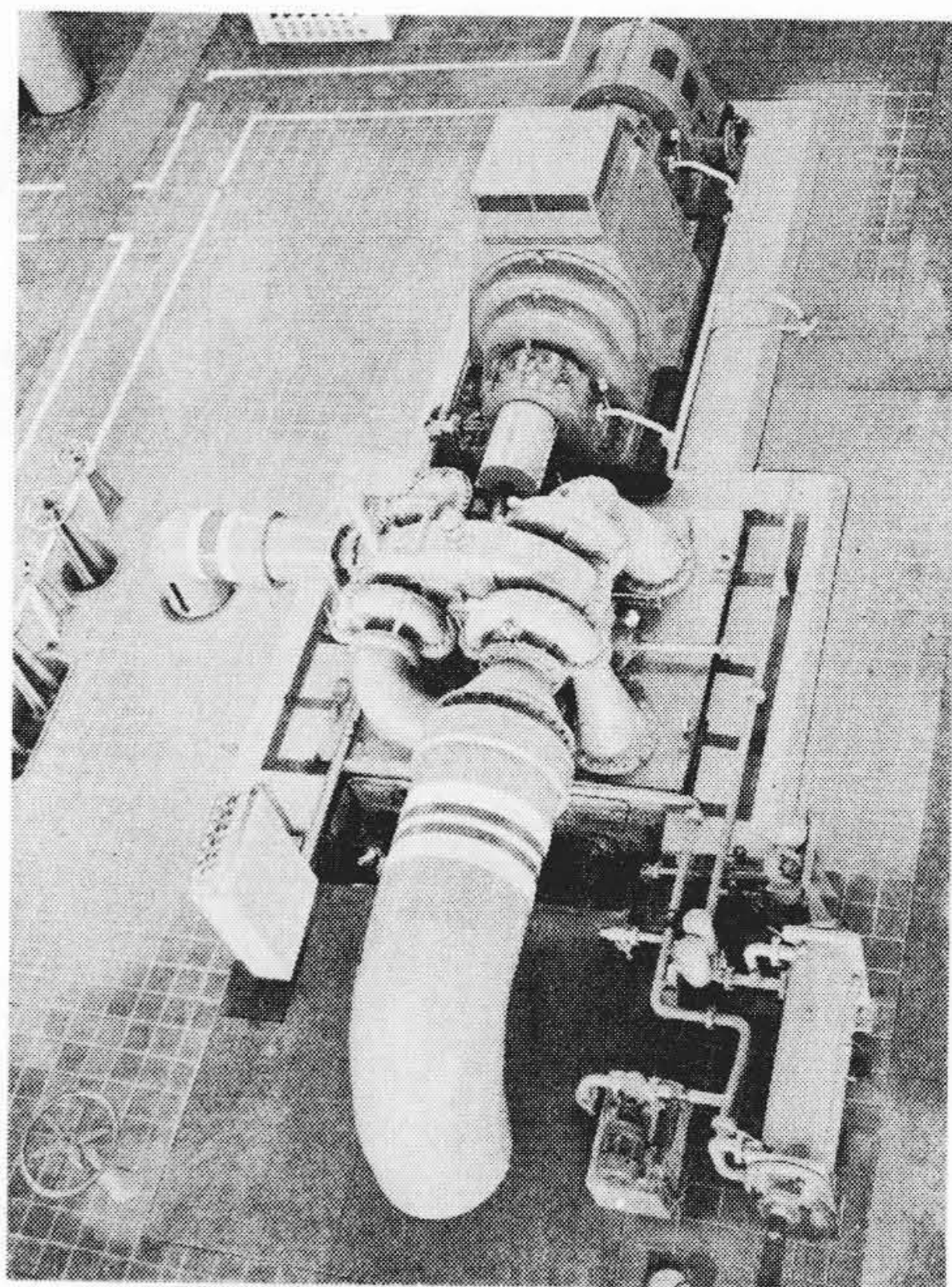
第35図 ブレードレスポンランナ



第36図 3,000 PS ドレジャポンプ

に応じてその需要を増し、性能の改善につとめて効率を高めるとともに小形高速化を目指し、業界の先達たらんことを期している。

1952年日本化学工業中川工場納250mm 3段 125 PS の SO_2 ブロワは小形高速化の一つであり 7,000 rpm に歯車増速されているが、1957年には中山製鋼所納200mm $\times$ 130mm 2段 200 PS 18,000 rpm の O_2 ブロワがある。さらに 1955 年別府化学納低圧空気分離装置用の原料空気圧縮ブロワとしての4段ブロワはわが国最初の新しい試みの形式であって、モータ軸に直結されたギヤの両側に各1個ピニオンが置かれ、それぞれの両軸端にスパイラルケーシングをもった片吸込ランナが片持されている。空気はそのおのおののランナの吐出口から中間冷却器を経て次の段に入る形式で内部効率 90~86% の単



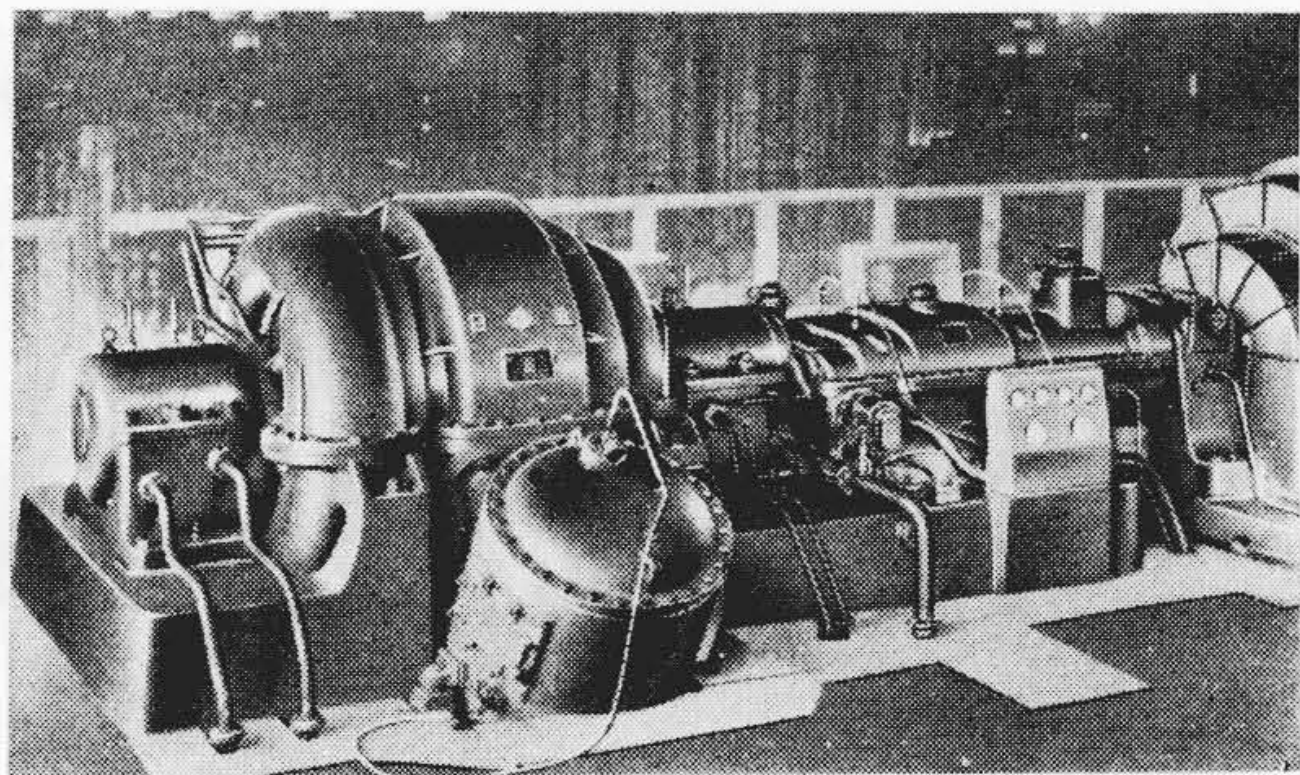
第37図 別府化学 1,400 PS 高速4段ブロワ

段ブロワの集積であり世界の最高水準というべき性能をもっている。仕様は 360mm $\times$ 160mm 4段 11,030~15,000 rpm で 1,400 PS 175m³/min 4.8kg/cm²G である。この形式のものはつづいて中山製鋼所に 1,700 PS を、日本鉱業に 1,300 PS を、さらに秋田石油化学にも 2,100 PS を納め他社の追随を許さない。

酸素発生装置 (TOプラント) 用としては上記形式のものほかに、5段ランナをもつ 4,000 PS 7,500 rpm ターボ圧縮機が八幡製鉄に 2台、別府化学に 1台 1958 年納入された。2個の中間冷却器をもち3個の渦巻ケーシングをもった高効率大容量のものである。

都市がガス圧送ブロワの進出は目ざましいものがあり、東京瓦斯千住鶴見両工場には1953年すでに 2,200 PS 1.7 kg/cm²G 2台、2,200 PS 2 kg/cm²G、1,800 PS 1.7 kg/cm²G が 6,000 rpm で運転されていたが、1956 年には吐出圧 9.5 kg/cm²G の高圧輸送が都市ガスの需要増加に伴って要求され、まず 2,100 PS ターボブロワにより 1.8 kg/cm²G まで昇圧し、さらに 2,500 PS バランス形往復動圧縮機により 9.5 kg/cm²G まで圧縮するターボブロワと往復動圧縮機併用するわが国最初の大容量高圧ガス圧送装置3組を納入、翌 1957 年さらに各2組の追加納入をみた。ブロワは 467 Nm³/min 1.82 kg/cm²G 空気に対し比重 0.62 で 6,000 rpm である。

高速 17,000 rpm 単段ブロワで圧力比 2、内部効率 92% が得られたことは目ざましい研究の成果として特筆に値するものである。

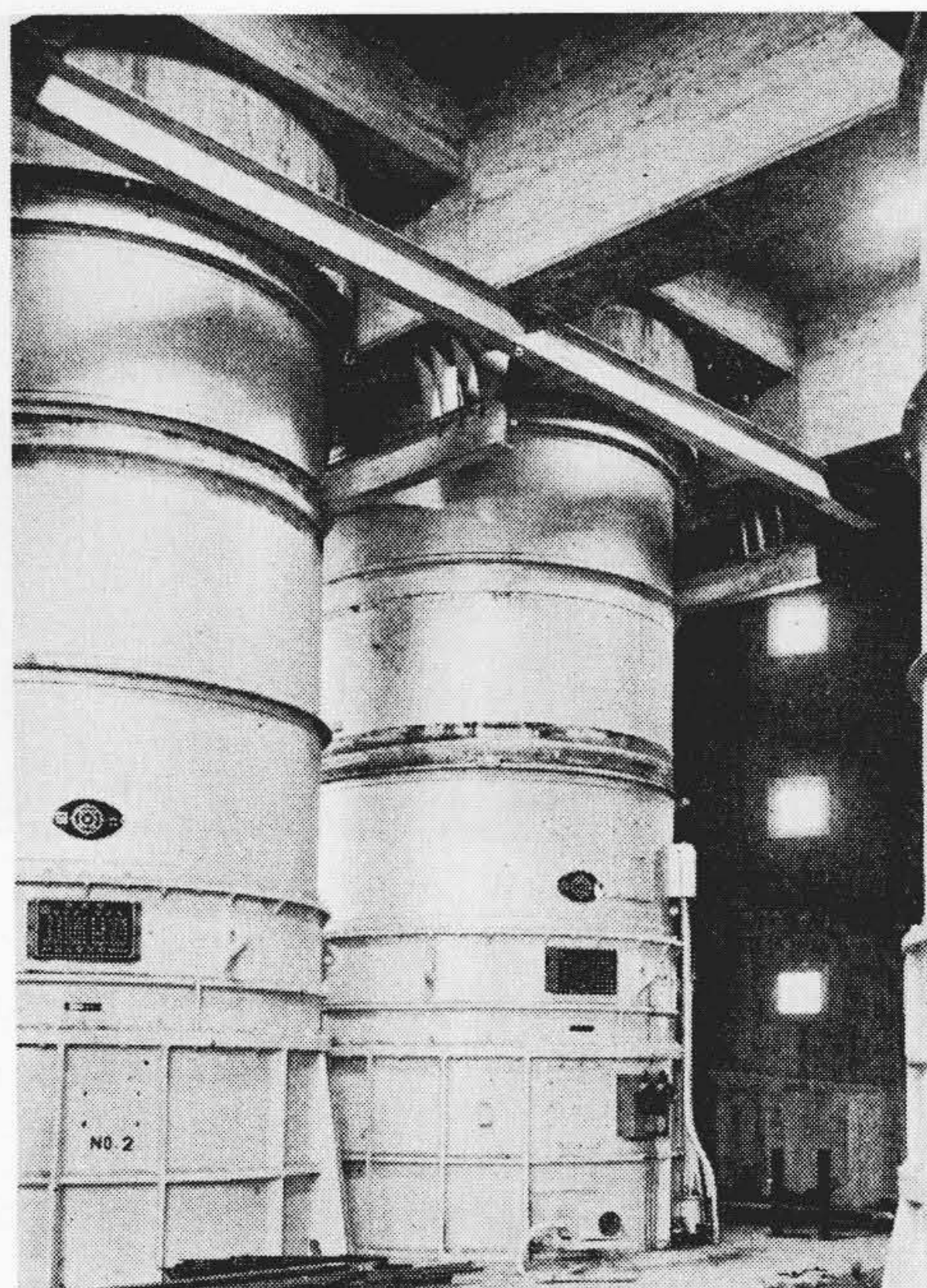


第 38 図 東京瓦斯 2,200 PS 都市ガスブロワ

低圧のターボファン、プレートファン、多翼送風機においても性能の改善がなされて、効率もターボファン 75% プレートファン 72% 多翼送風機 70%に達するものが完成し外国一流品と比肩しうるに至った。また外形も従来のものより小形となし得、1958年東京電力新東京 PS 第 3 号罐用ボイラファンでは従来のものに比較し形態で 10~15% 小さく効率では 8~10% 上昇した。なお従来の水冷式に代えて空冷式軸受を考案し冷却水供給の必要もなく保守運転が容易になるなどの改良もなされた。

軸流送風機はその高い効率と取り付けの簡単などの理由でターボファンの領域に進出してきたが、その設計内容についてもほかの機種に比べて異常の進歩を遂げ、翼列実験などの成績を取り入れて性能の把握が確実となるとともに高い流量係数圧力係数をうるような企図が行われるなど目ざましい発展がみられている。低圧のものでは1954~1958年にわたって製作された関門国道トンネル換気装置があり、4 堅坑に送排風機各 3 台が据付けられて、通過自動車によって発生されるCOガスを一定%以下に保つよう自動的に風量が調整されるものである。直径 3,000 mm 堅軸単段プロペラファンであるがランナブレード角度が運転のまま自由に調節できる点はわが国における最初の試みである。炭鉱排風用プロペラファンで運転をとめてブレード角度をいっせいに調節するものも他社でやっていなかった方式であるが、それを運転中いっせいにしかも国産唯一の CO メータによって自動的に制御した点特筆に値しよう。

高圧軸流送風機では 1954 年試験用ガスタービンのための 2,410 kW のものを製作したが、1958 年航空技術研究所の各種実験用空気源としての 5,000 PS 軸流圧縮機の完成をみた。口径 800mm/500mm 9 段 6,120 rpm で空気流量 25 kg/s 全圧圧力比 3.1 であり、フローパターンは信頼のできる自由渦流形を採用し翼形は翼列実験により既知の翼形を補正して性能



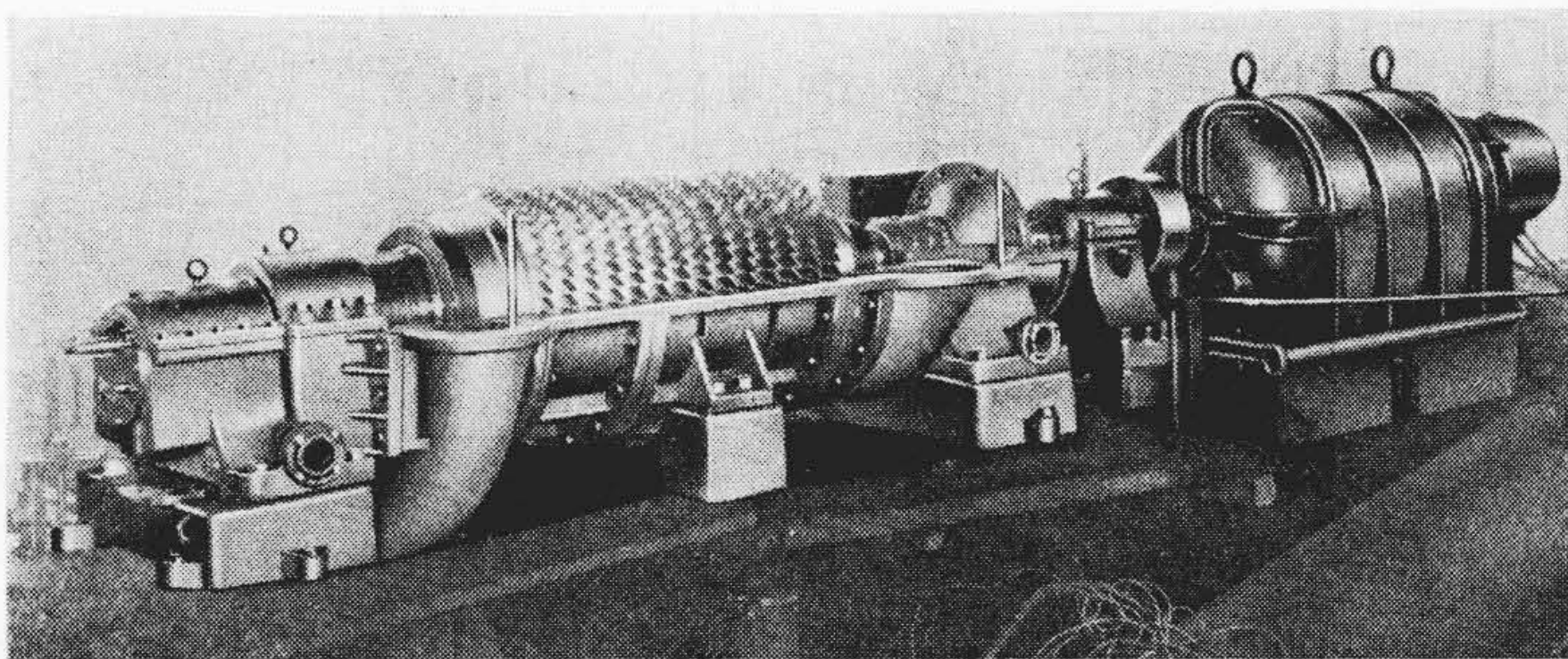
第 39 図 3,000 mm 関門国道トンネル換気プロペラファン

の改善をはかるなど特別の考慮が払われている。内部効率も設計の予定を上回る値を示した騒音も割合に少ない。

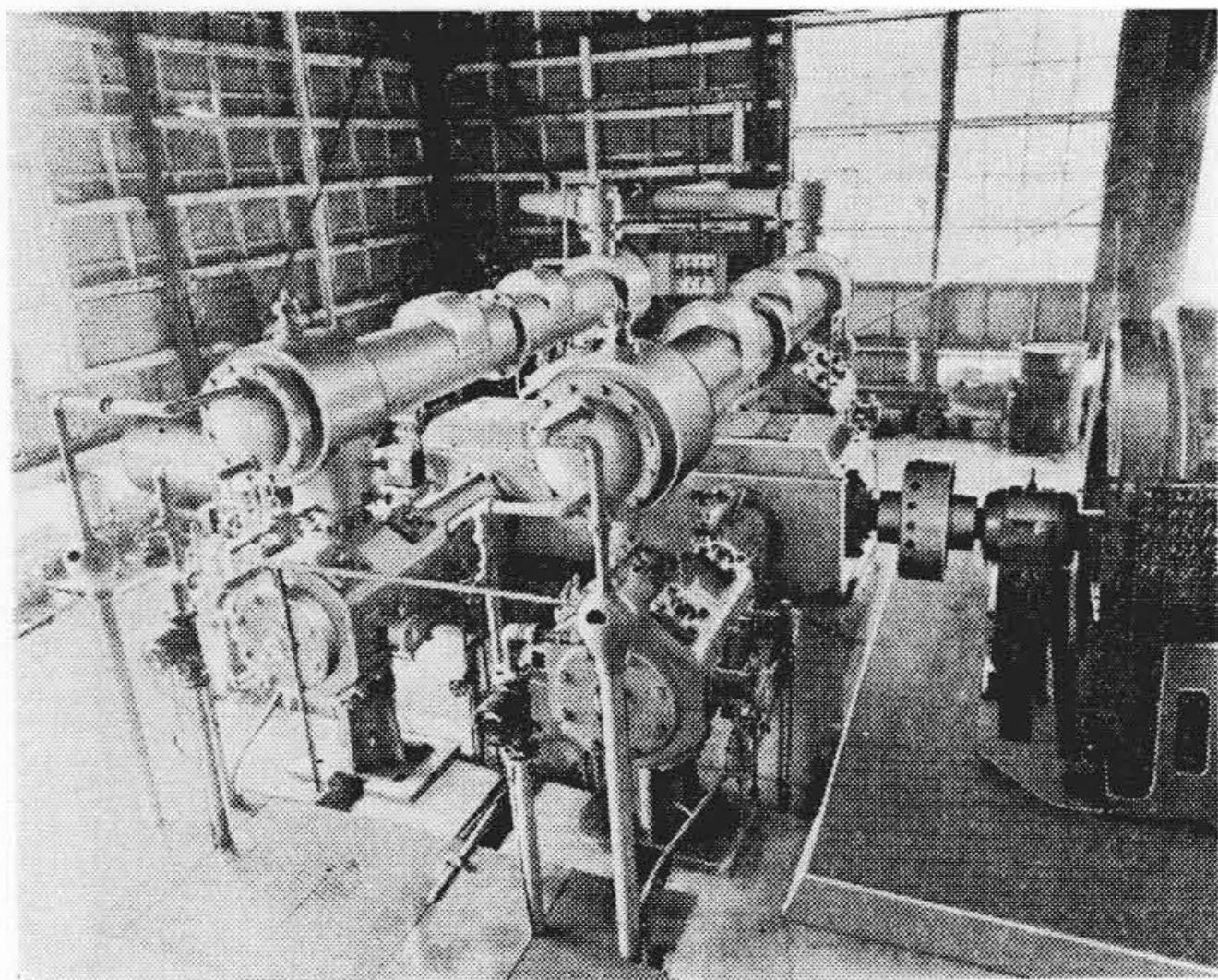
5.3 圧 縮 機

戦後まず炭鉱に増炭への動力源として 1949 年までに 7 kg/cm^2 の 200~600 PS 圧縮機 119 台を製作し、空気緩衝弁の採用などの質的改良も加えられた。ついで化学工業用、製鋼用などその製作を拡大したが 1953 年日産化学工業に 2,600 PS 高圧ガス圧縮機を納入した。並列横串形 6 段で容量は低圧段にて $7,500 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 、高圧段にて $4,350 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 吐出圧第 3 段 12~14 kg/cm^2 、第 6 段 280~300 kg/cm^2 であり気筒径 1,050, 675, 600, 410, 220, 125 mm, 行程 700mm, 回転 150rpm 同期電動機直結である。断熱効率 75.5% 全効率 71.3 で容量調整は間隙容積付加弁とバイパス弁とを併用し動力の節約をはかった。

1954年わが国における第 1 号バランス形圧縮機を製作



第 40 図 2,410 kW 軸流コンプレッサ

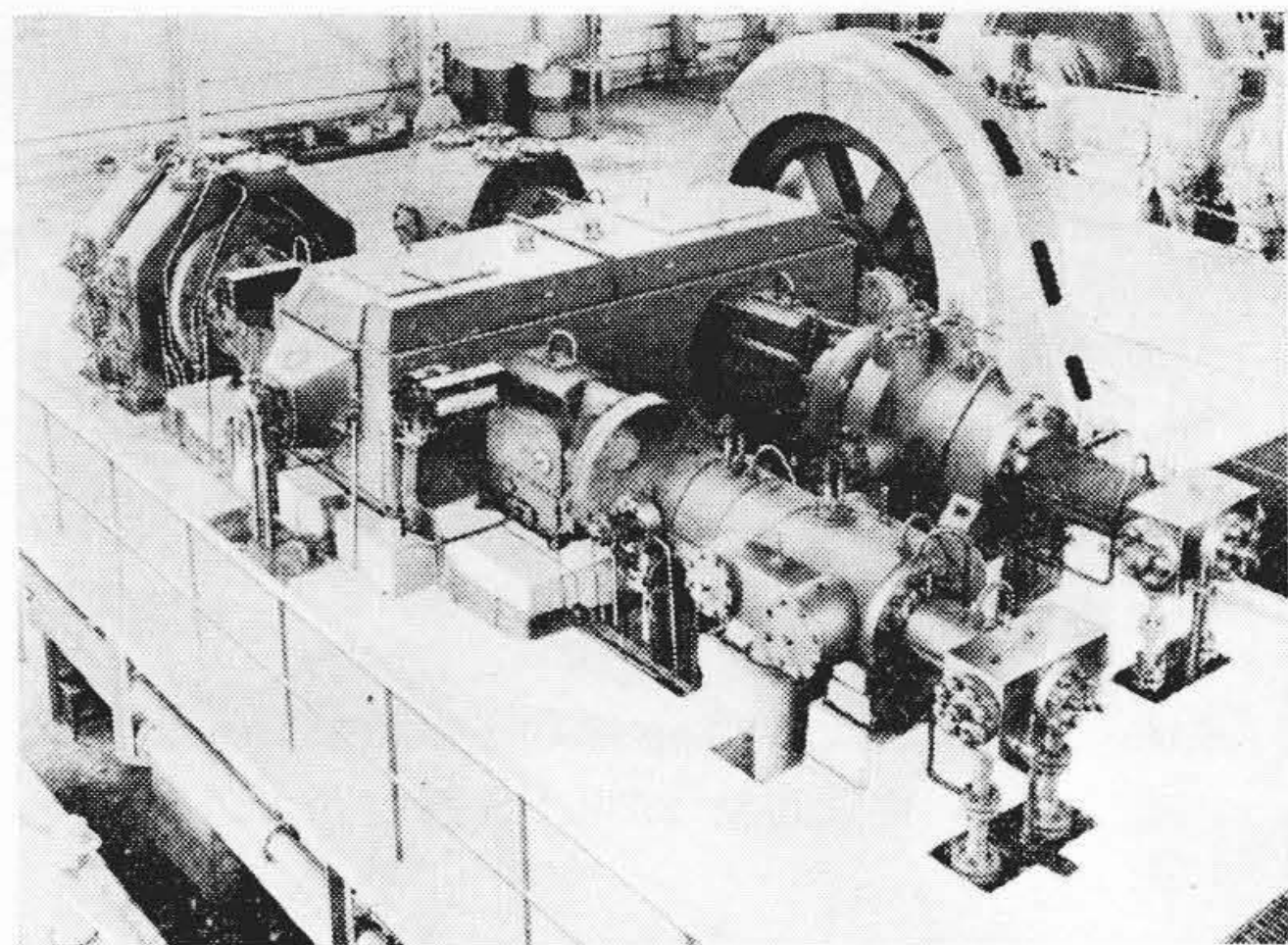
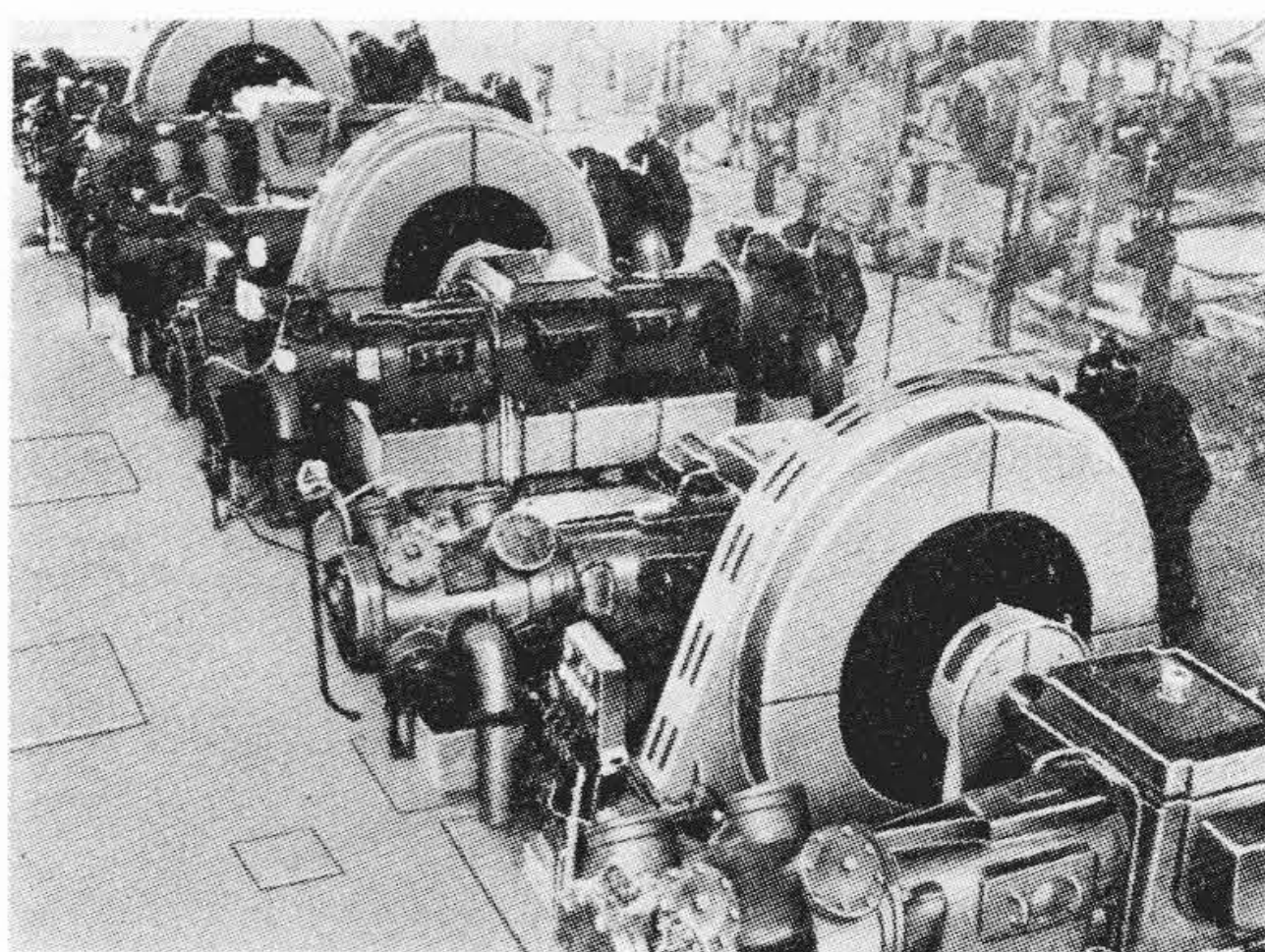


第 41 図 450 kW バランス形圧縮機

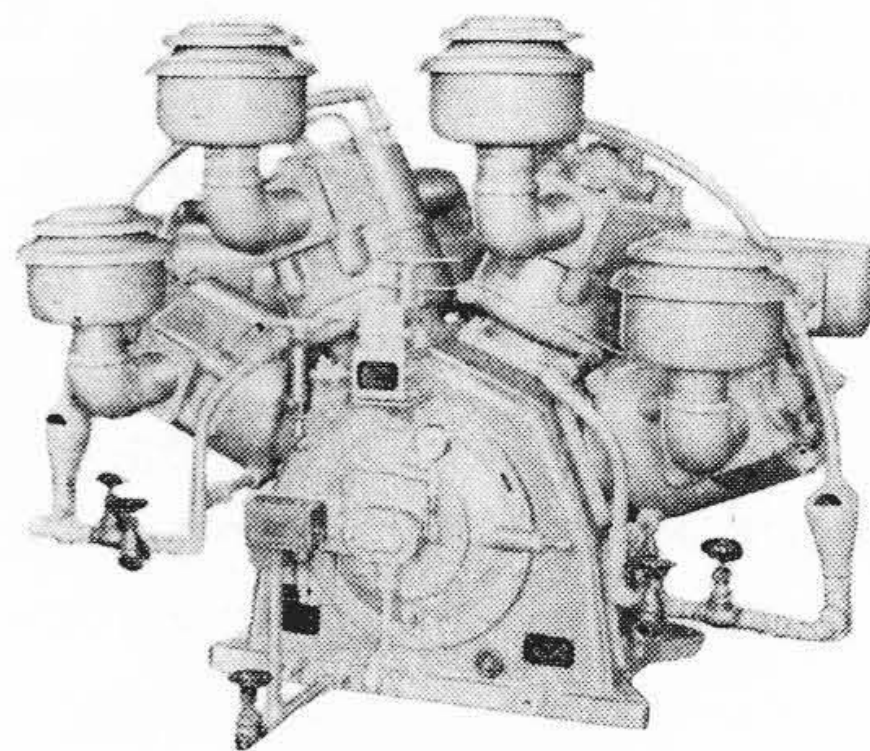
し高速小形化への先鞭をつけた。日鉄鉱業釜石鉱業所納 450 kW バランス形圧縮機がそれであり、低圧側 530 mm 高圧側 330 mm の気筒が対向（180 度の位相差）して置かれた 2 組が 90 度の位相差で取り付けられているので上下方向水平方向の往復質量と回転質量との慣性力が完全に釣合っており、ただ対向している気筒が構造上正しく軸と直角に置けぬためのわずかな偶力が働くだけである。そのため高速にしても振動がきわめて少ないので基礎が小さく軽く従来の豎形にまさり、しかも取扱保守に便となった。その後 200 PS 以上の圧縮機はすべて数十年来の高低圧 2 気筒併列の HTC 形からバランス形に移行し、翌 1955 年末には B 形が 30 台 20,000 PS をこえるに至った。高速のためには気筒配列のほかバルブの改良注油装置の確実など万全の考慮を払われてその耐久と運転の安全を期している。

バランス形は 1955 年昭和電工納 1,100 PS 5 段圧縮、吐出圧力 200 kg/cm²G CO₂ ガス圧縮機にも採用、高圧バランス形でわが国第 1 号機として誕生した。本機はバランス形であるばかりでなく容量調整を油圧式にして連続無段階遠隔操作ができるようにしたなど新技術が取り入れられ、翌 1956 年には別府化学工業にアンモニア合成用として 3,200 PS、7 段で 310 kg/cm² に 10,000 m³/h のガスを圧縮するバランス形を製作、同年東京ガス豊州工場に都市ガス高圧圧送用として 2,100 PS ターボ圧縮機で圧縮した瓦斯を 1.8 kg/cm² から 9.5 kg/cm²G まで昇圧 2,500 PS バランス形 3 台も製作さらに 2 台を追加完成した。

1955 年横形バランス形の誕生に呼応し汎用 10~100 PS の圧縮機も従来の 300~600 rpm から 1,000 rpm 以上に高速化し 90° V 形、60° W 形、45° X 形の 3 種の気筒配列とし空気緩衝弁を使いテーパローラにするなどの改善により小形軽量化し従来の据付面積の 60% ですみ据付とともに保守取り扱いに便になった。

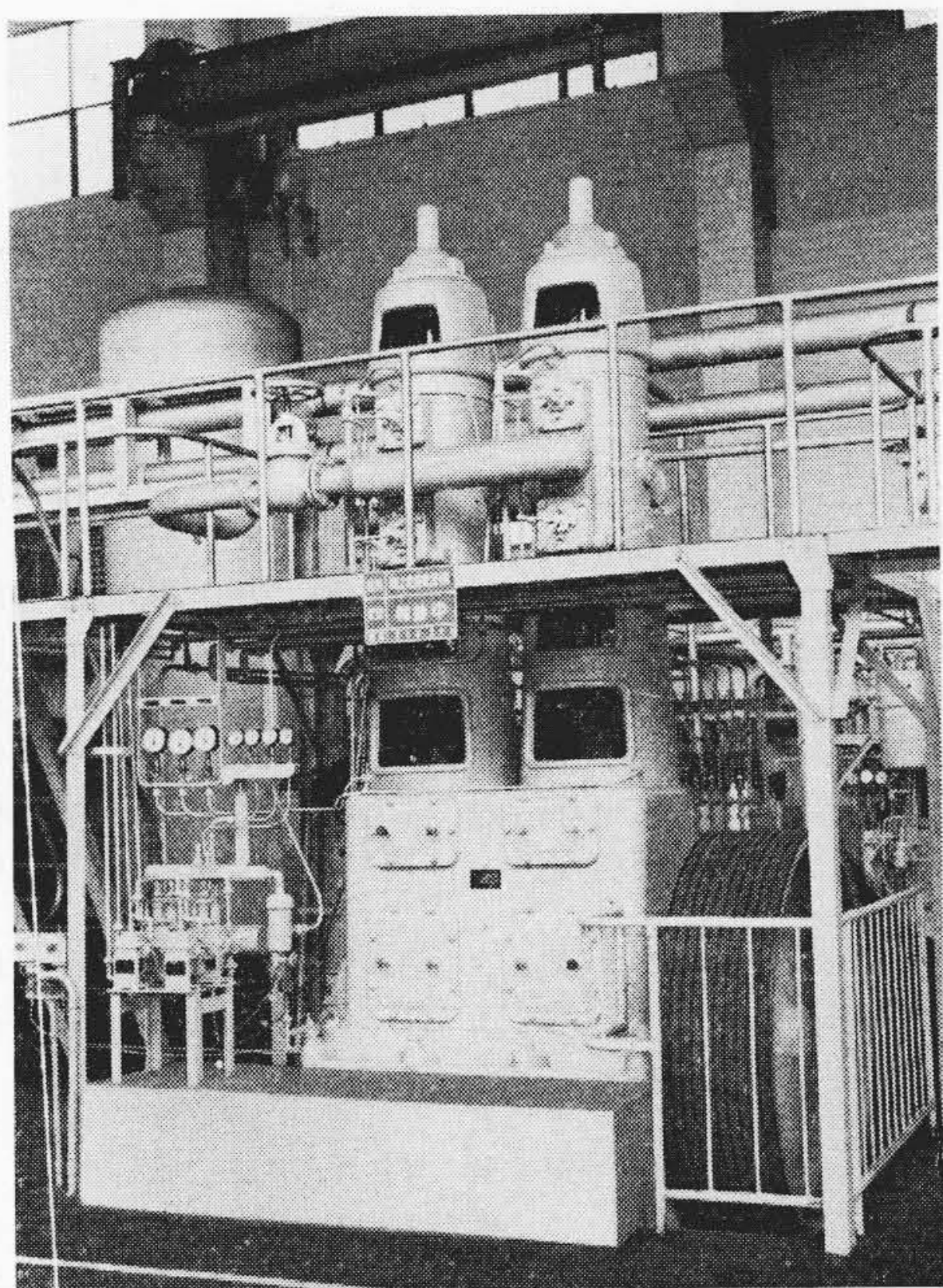
第 42 図 別府化学 3,200 PS 310 kg/cm² ガス圧縮機

第 43 図 東京ガス 2,500 PS バランス形ガス圧縮機



第 44 図 100 PS 高速多気筒 VHC 圧縮機

油を含むことを嫌う気体の圧縮機としては油の代りに水、グリセリンなどほかの潤滑剤を注入する場合もあるが全然注入を要さない無給油圧縮機が必要である。1954 年日立製作所茂原工場にカーボンリング式無給油圧縮機 2 台を納入した。横形でピストンは 2 個のカーボン製ライダリングによって気筒面を摺動しカーボン製ピストンリングで気密が保たれており、グランドパッキングもカーボンパッキングが使用された。7 kg/cm²G 20 PS である。その後同種のもの 50 余台が製作されたが日本石油化学納実風量 58.7 m³/min 220 PS の H₂ ガス圧縮機は

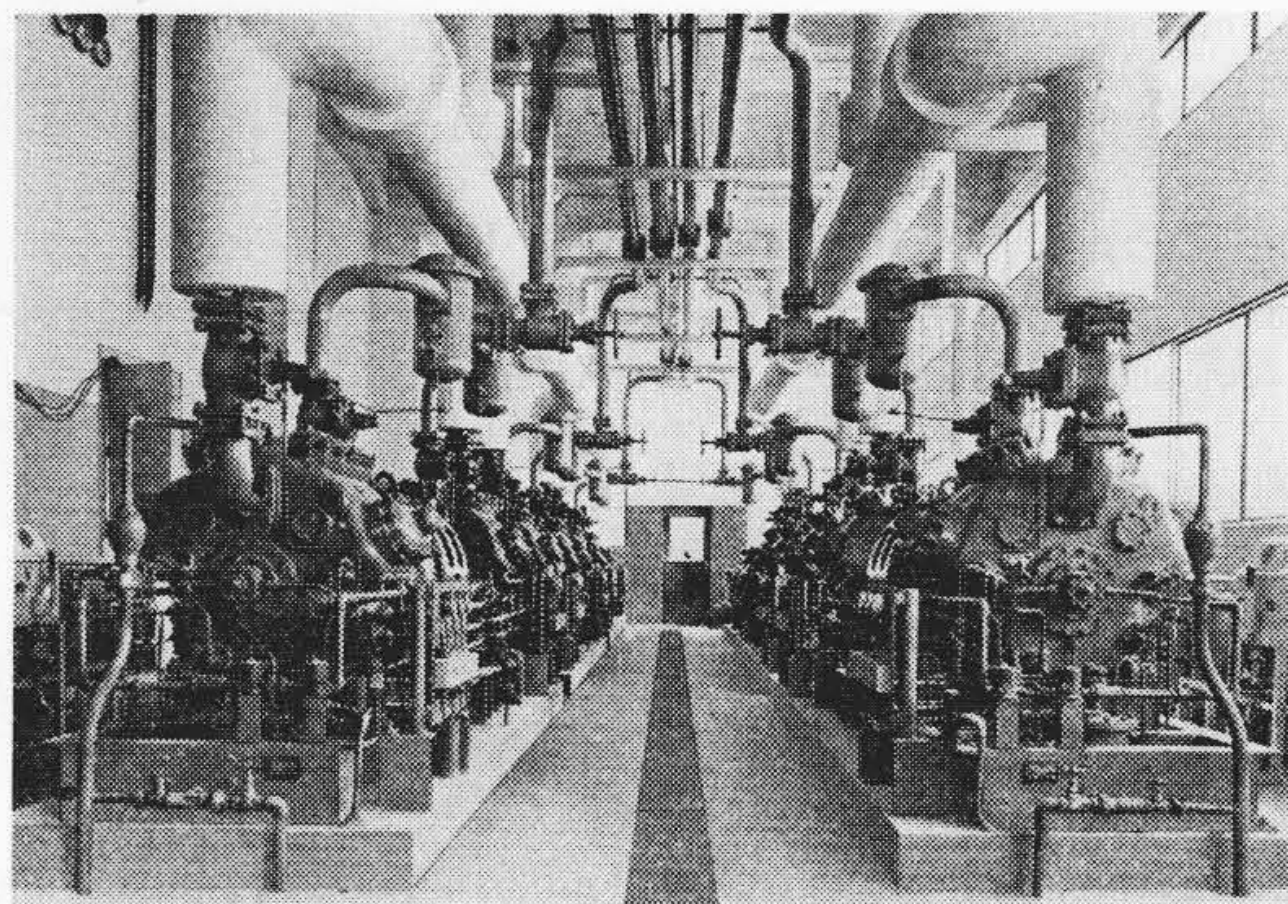
第 45 図 中山製鋼所ラビリンス式 O_2 ガス圧縮機

バランス形でもあり代表的のものといえる。カーボンリング式でないものにラビリンス式がありピストン周辺とグランドパッキングをラビリンスによって気密にしたもので1955年別府化学工業に N_2 ガス用 $7\frac{1}{2}$ PS のものを納入し、1957年中山製鋼所に O_2 ガス用 130 PS のもの3台を納入したがピストン周囲に清水を噴吐させてガスの漏洩を僅小にして容積効率を高めるとともにガスを冷却させてシリンダピストンの熱変形防止し長期運転を安全ならしめた。

従来の回転圧縮機は往復圧縮機の高速小形化と取扱容易とにより置換えられるに至り、化学工業用その他のあまり高圧でない特殊の用途に限られるに至った。新らしく日立独特の合成樹脂ブレードをもちシリンダ内に多量の潤滑油を循環噴射してブレード潤滑と摺動面からの空気漏洩防止および空気冷却を兼ねしめた油鋼回転圧縮機を1956年完成、可搬式用として進出している。

そのほか、アンモニヤメタノールなどの合成用循環ポンプ、合成燃料用真空ポンプ、各用途のルーツブロワ、ガス工業用ルーツメータ、液封形回転真空ポンプなど工業生産への原動力としての寄与は大きい。

なお1951年にはアンモニヤ圧縮機の記録品として $350\text{ mm} \times 350\text{ mm}$ 2気筒 250 PS 同期電動機直結のものを日本レイヨン岡崎工場に納入、塩化ビニールガス冷却用ブライン冷却用に使用されているが、この種冷凍用圧縮機にも高速小形化が1953年以来実施され HMC 形として気筒径 115 mm および 170 mm 気筒数 2~16 のものがアンモニヤ用フロン用として多数製作された。気

第 46 図 水戸冷蔵 150 PS 170 mm 8 気筒
アンモニヤ冷凍機

筒径 170 mm 8 気筒のものは $350\text{ mm} \times 350\text{ mm}$ 2 気筒 堅形の従来のアンモニヤ圧縮機とほぼ同一の容量が出し得、圧縮機効率が 10% 以上も良好で小形軽量、振動騒音ともにきわめて小さく全自動運転可能という利点があり、将来堅形 2 気筒の旧形に置換えられる状態にある。ターボ冷凍機も1955年増速ギヤ内蔵形を製作、ランナの配置と増速ギヤの設置に苦心を払い、軽量小形となるとともに軸封装置およびカップリングは低速側軸のみとなり据付心出し簡単取扱容易になるなどの特長があり、その後この形を採用して多数納入したが、1958年大手町建物用 530 冷凍噸 3 台が製作された。

6. 結 言

風水力機械 40 年の歩みを顧るとき、相当大容量のものが設計製作に対する資料がととのわな初期において製作され、その効率もまた驚異に値するものがあったことは特記されよう。その試験設備も1918年には送風機圧縮機に対して現在の JIS に準じたものをもち、正確を欠くように思われがちな風量測定にタンク、ノズルを揃えている。ポンプについてはウエアによる水量測定がされている。

1937年以後の量産時代には製品全体に対しまたその部品に対し、標準化が性能を一部犠牲にしてまで極端に行われ、戦争の深刻化とともに材料不足を反映して軍当局が当時口癖にいった三年もてばよいといった極端な一時の用途に間に合えばよいといったような限界の設計のものがさえ製作された。

戦後年とともに確実な道程を歩み諸外国の著しく進歩した考え方や設計製作の資料を参考にし一躍世界水準へと懸命な努力を続け、すでに各種製品につきほぼこの水準に達して業界の先駆者の一人となっている。高速小形化が一つの命題であり、用途に最適な設計製作が他の一つの命題であり、材料の上での進歩と相まって将来への発展が期待されよう。

日立製作所社員社外寄稿一覧表

(昭和33年7月受付分)

寄稿先	題 目	執筆者所属	執 筆 者
日本冷凍協会	日立キャビネット型エアーコンディショナーおよびウインド型エアーコンディショナー	本社	松本 丘
日本技術士会	電 動 工 具	本社	笠原 浅太郎
科学新興社	日本放射線高分子研究協会納 60° Co γ 線照射装置	本社	牧野 安夫
電波新聞社	電気冷蔵庫の故障診断とその修理方法	本社	茂呂 栄助
技術情報出版社	エレクトロニクスという名と国産技術	本社	橋本 真吉
ルック・ジャパン社	PBX Crossbar Telephone Switchboard	本社	小川 直明
工業資料社	U 23 型 シ ョ ー ベ ル	本社	山口 美樹
電力社	サイクロンファネスによる低品位炭燃焼について	日立工場	岸 秀茂
日本運搬合理化研究所	日立 ECC 型 カーブドコンベヤについて	日立工場	亀井 茂樹
日本産業機械工業会	スクレーパホイストについて	日立工場	小谷 政雄
高分子学会	フェノールノボラックの硬化反応に関する研究第5報硬化樹脂中に含まれる窒素量について	多賀工場	横山 亮次
アグネ出版社	キューボラの材料装入装置と秤量装置について	多賀工場	松本 誠夫
小峰工業技術KK	小型モートル製作工程の自動化	多賀工場	安藤 恒夫
日本冷凍協会	電気冷蔵庫について	栃木工場	高橋 豊吉
自動制御研究会	相関型サーボアナライザー	戸塚工場	高不 破瀬
日刊工業新聞社	ITV 同期信号発生器用磁気鉄心分周器	戸塚工場	岡崎 彰一
テレビ技術社	テレビ受像機に関する最近の発明	戸塚工場	ビデオコントロールについて
自動制御研究会	直 流 増 幅 回 路	中央研究所	阿部善右エ門
電気通信学会	接 点 の 接 触 能 率	中央研究所	武谷 良興
電気通信学会	パラメترون計算機 HIPAC-1 について	中央研究所	萱島 昇正
日本放射性同位元素協会	1. 新しいプロトアクチニウム定量法	中央研究所	高島 井川
日本金属学会	2. 放 射 滴 定 抽 出	中央研究所	北川 則公
電気通信学会	リンタングステン酸法による鉄鋼中のバナジウムの吸光度定量	中央研究所	柴田 波川
日本機械学会	電気接点材料の寿命試験	中央研究所	南歌 前田
高分子学会	平 歯 車 の 動 荷 重	中央研究所	鴨井 内田
オーム社	ポリエチレンの構造とその変換	中央研究所	竹戸 久忠
粉末冶金技術協会	デジタルの表示法(補遺)	日立研究所	小添飯 大
原子炉金属材料研究委員会	鉄粉の焼結過程に対する二、三の考察	日立研究所	白南 倉野
日本通商振興協会	燃料被覆加工の研究	本社	佐々木 芳幸
兼 六 社	新機種紹介 液体成分計・ガス成分計・比重密度計・流量計・調節計	(日本テレビ)社	辻 引 史郎
日本産業機械工業会	12,000 Mc 帯 テレビ 中 継 装 置	本社	綿島 木谷
化学資料社	最近の巻上機	本社	大細 松芳
オーム社	電気集塵装置について	本社	
醗酵協会	原子力グループ紹介 TAIC	本社	
硫酸協会	日立流量計	本社	
日本食品協会	防蝕形電動機について	本社	
鉄道電化協会	冷凍機と冷蔵庫について	本社	
	静止ス イ ッ チ (無接点リレー)	本社	