

ストーカーボイラにおけるコールシュートの諸問題

河原 誠 二*

Coal Chute and Coal Segregation of Stoker Boiler

By Seiji Kawahara

Hitachi Research Laboratory, Hitachi, Ltd.

Abstract

The efficiency of the stoker boiler largely depends upon the uniform combustion of coal on the grate, and if the combustion causes disturbance in the lateral direction of the stoker, the cause can in many cases be traced to the irregular composition of grading of coal. And this may be further ascribed to something careless practice in this industry that the coal feeding equipment such as coal chute would be admitted into use if they could have proved themselves in feeding the coal without interruption by choking. The writer's investigation using the model, carried out separately with each part of the coal feeding system, revealed that the change in the grading composition of the coal tended to occur inside the coal chute, and the observation of the movement of coal inside a model chute showed that the segregation of the rough grading coal was caused in a certain condition inside the chute. As a result, it was known that the situation could be saved if the layer of coal inside the chute were made to fall uniformly, in a line or in the shape of concentric circle, and for this end the thickness of the chute should be made thin in the center part and thick in both ends. Based on this idea, various types of model chutes were experimented for their efficiency. Also, the writer discloses that the conical chute has better characteristics than the plain chute, it cannot develop its fullest value without due consideration with regards to the shape of cross section of it.

〔I〕 緒 言

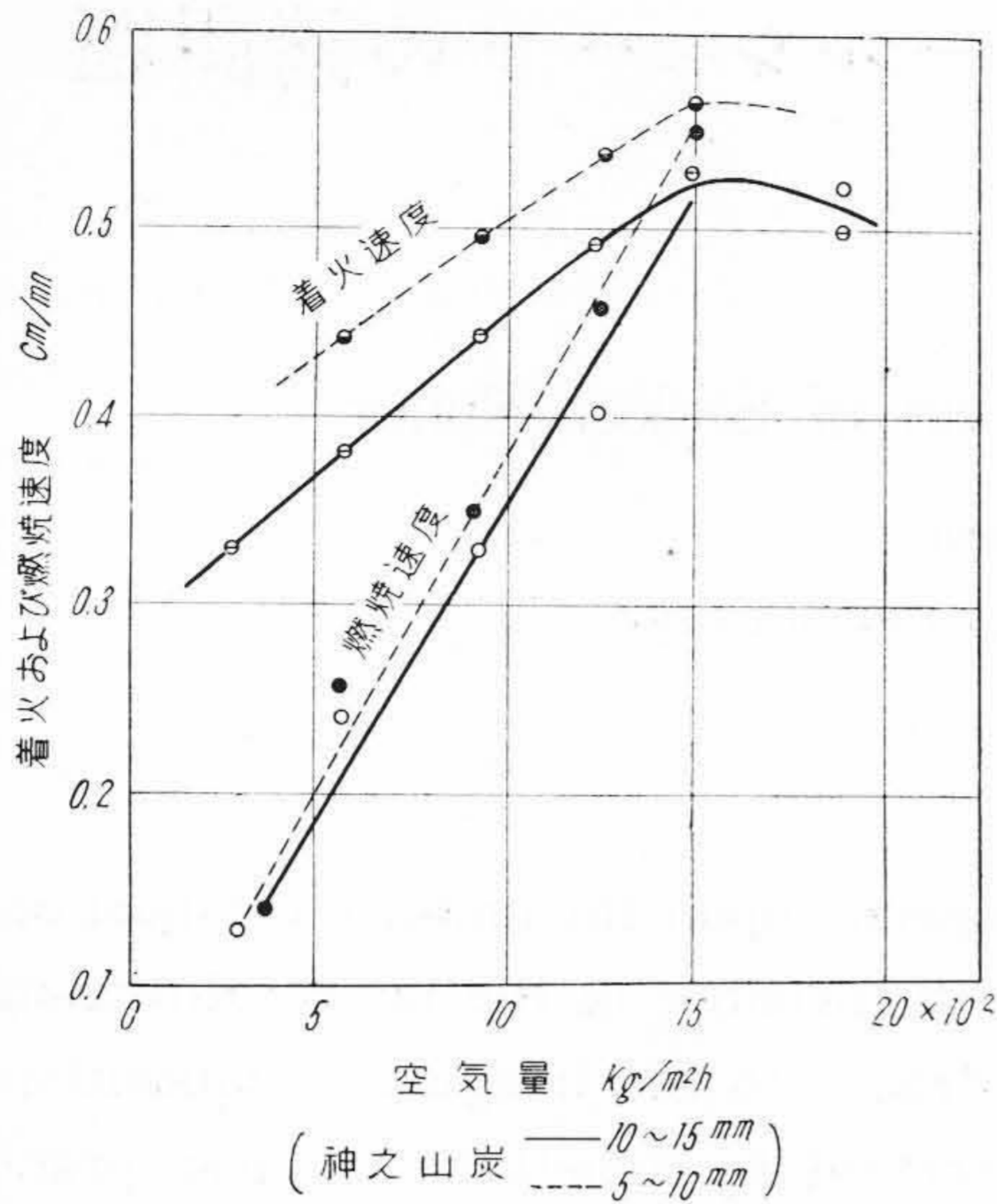
ストーカーボイラでの理想的な燃焼状況はストーカー末端で炭層全部が一様に燃え切ることである。しかし完全にこのような状態に保つことはむつかしく、ストーカー末端附近には燃焼完了線の凹凸ができる。早く燃え切つて灰のみが存在する部分からは有効に利用されない過剰空気が侵入し、一方これを防ぐためにこの灰の部分ができるだけ火床上に残らないようにすると、他のまだ完全に燃え切っていない炭層が、そのままアッシュピットに落ちて未燃損失を増大せしめる。これらの現象に対してはストーカーの構造が影響するところが大きくそれだけにその設計には苦心を要することとなる。しか

しこれ以外にもいろいろの原因がある。運転方法ももちろんその一つであるが、コールホッパ、コールシュートならびにコールゲートにより火床上に構成される炭層の状況が大きな影響をおよぼす。これらは通常たゞ石炭を運べばよいという程度に軽視されがちであるが、場合によつてはストーカーの構造以上の支配力をもつこともある。これらの点につき以下コールシュートを主として、二、三検討した結果を述べよう。

〔II〕 燃焼速度と空気量および炭層の通気抵抗

火床上の燃焼のむらは燃焼速度の不均一によるものであり、燃焼速度は空気の供給割合に強く影響されることはよく知られている⁽¹⁾⁽²⁾。たとえば田中氏⁽²⁾は、固定火格子上の炭層について実験している。その結果の一例が

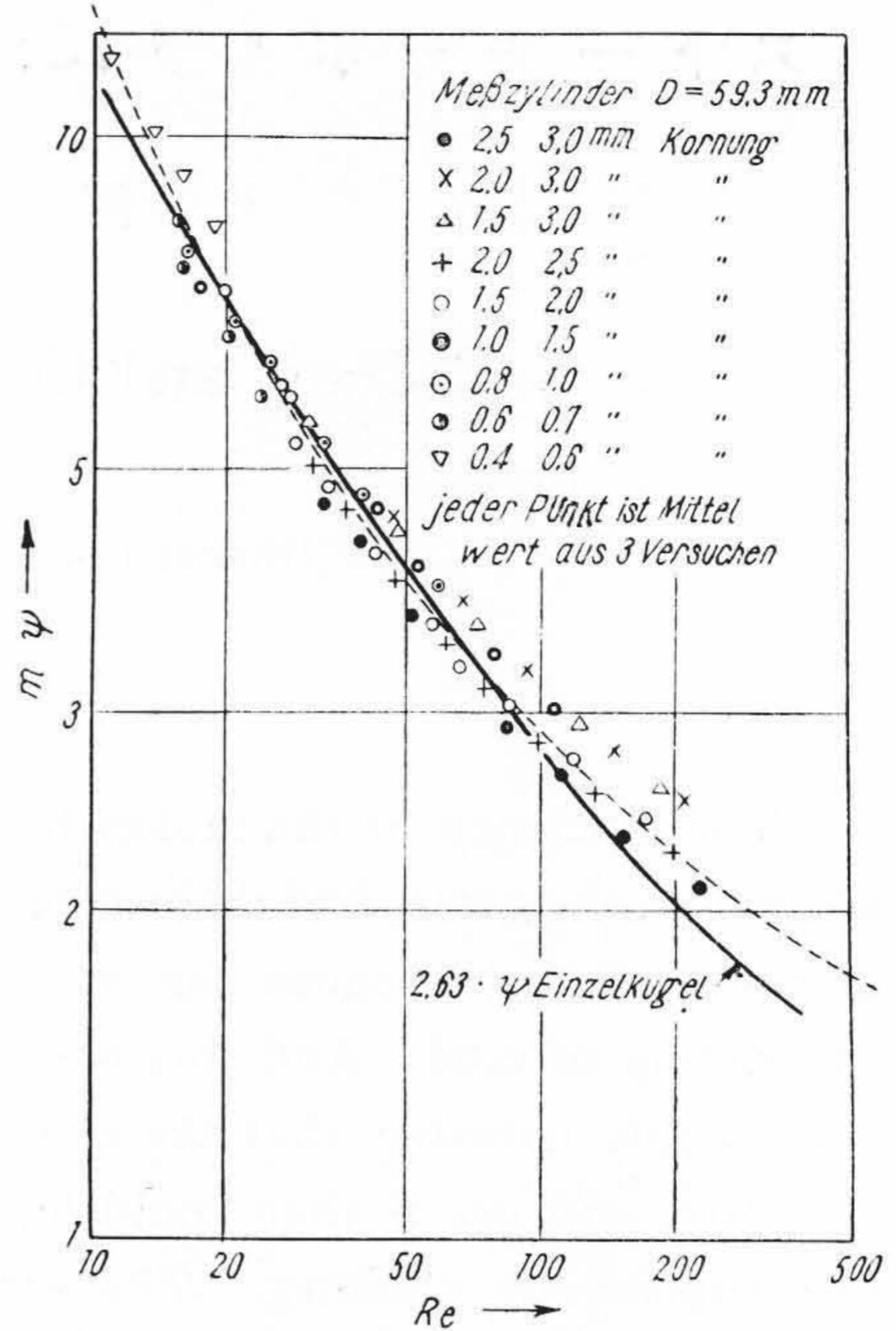
* 日立製作所日立研究所



第 1 図 空気量および石炭粒径と着火ならびに燃焼速度との関係 (田中氏による)
 Fig. 1. Ignition- and Combustion Rate vs. Air Flow and Coal Particle Size (By Tanaka)

第 1 図であるが、下方から供給する空気量の増加に対しある限界の空気量までは着火速度および燃焼速度がほぼ直線的に増大することを示している。そしてある範囲に整粒した 2 種類の粒径のものゝ比較では、着火速度は細粒の方が大きい、燃焼速度ではほとんど差がない。この結果を移床ストーカーに適用すると、火床上幅の方向に炭層の粒度構成が異なつても、下方からの一次空気の供給量が一樣であれば、粒径による着火速度のちがいのためにコールゲート出口からの着火の距離ならびに燃焼面が火床表面に到達する位置は異なるけれども全体として燃え切る位置には大差がなくなる。実際にストーカーに供給される石炭は整粒されたものではなく大小入りまじつて平均として粒度に差があるということになるが傾向はいずれも上記のごときのものであろう。

さて一次空気は空気予熱器から風道を経てストーカーサイドで動かされるダンパーを通り風函に入つてストーカー下に供給される。燃焼の進行状況に応じて適正な空気の供給を行うべきことはもちろんでこれはストーカー送り方向についてはサイドダンパーで各風函内の圧力を加減することにより可能である。しかしストーカーの幅の方向には風函がこの方向に配置されているために調節がきかない。幅の方向には同じ風圧がかかることになる。したがつて、火床ならびに炭層の通気抵抗が一樣でなければ通過空気量は不均一となり、燃焼速度に差を生じて燃焼のむらを起すことになる。ストーカーの構造が良



第 2 図 炭層の通気抵抗係数 (Fehling による)

Fig. 2. Coefficient of Air Flow Resistance Through Coal Layer (By Fehling)

ければ火床の抵抗は一樣であり、またこの抵抗は割合に小さいから主として影響するのは炭層の抵抗になる。

整粒された炭層の通気抵抗は Fehling⁽³⁾ がつぎの式によつて説明している。

$$\Delta P = m \cdot \phi_k \frac{w^2}{2g} \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{1}{\epsilon^4} \dots \dots \dots (1)$$

ΔP は圧力降下、 w は炭層の全空気通過面積について考えた見かけの空気速度、 L は炭層の厚さ、 d は炭粒の大きさ、 ϵ は炭層の空隙率、 g は重力の加速度である。また $m\phi_k$ は抵抗係数で、粒径には無関係に第 2 図のごとく w および d について考えた Re 数の函数である。通常の条件では Re 数が 10 位までが多いがこの範囲では第 2 図から (1) 式はつぎのようになる。

$$\Delta P = k \cdot \epsilon^{-4} \cdot L \cdot d^{-1.86} \cdot w^{1.14} \dots \dots \dots (2)$$

または

$$w = k' \cdot \epsilon^{3.5} \cdot L^{-0.88} \cdot d^{1.63} \cdot \Delta P^{0.88} \dots \dots \dots (3)$$

(3) 式によつて一定風圧がストーカー下にかゝつてい炭層を構成する粒度が異なる場合に、それに応じて一次空気の通過量がちがってくる様子が想像できる。実際にはストーカーに給炭されるものは整粒されていない切込炭であるから上記よりもつと複雑なものになり細粒の影響ははなはだしくなる⁽⁴⁾。また一方炭層の抵抗は燃焼によつても変り、整粒炭層ではある程度燃焼が進んだと

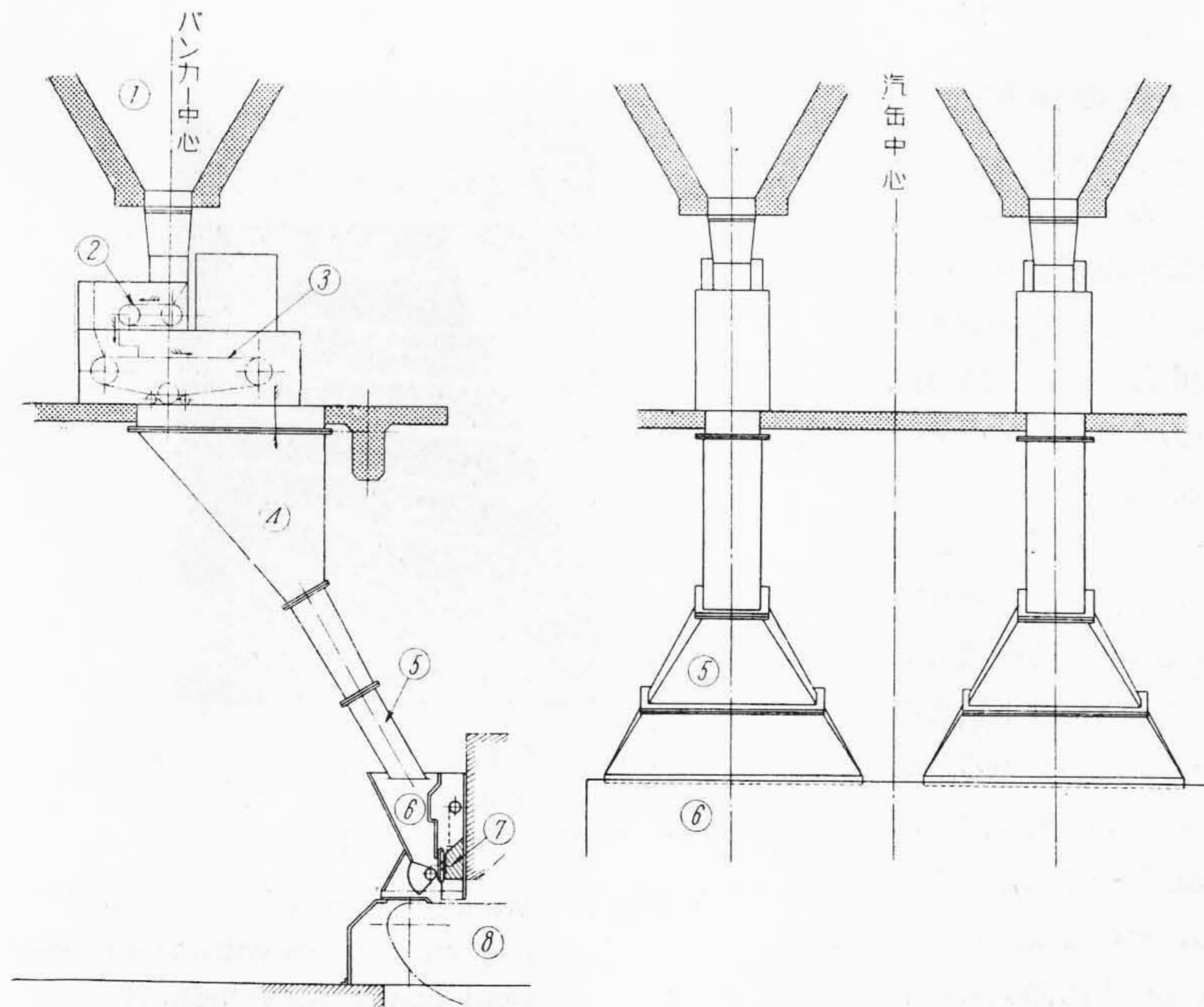
ここで最大の通気抵抗を示すこともある。このような場合には比較的粗粒のところでは最初通気抵抗が低く空気が多く通り燃焼速度を早めても、燃焼の進行によつて通気抵抗が高くなり、空気量したがつて燃焼速度も下り相殺されて細粒のところとそうちがわなくなることも考えられる。しかし切込炭では一般に燃焼の進行とともに抵抗が下るから粒径による燃焼速度の差はそのまま現われることになる(2)。

以上によつて一様な燃焼状況すなわち一様な燃焼速度をえるためには炭層の粒度構成の均一性が重要なことをあきらかにした。なお(1)~(3)式からわかるように空隙率 ϵ の影響も大きい。しかしこれも粒度構成が一様になればある程度一様になると考えられるので結局は粒度分布の均一さが燃焼のむらを引き起こさないための条件である。

〔III〕 給炭系統中の粒度の変化

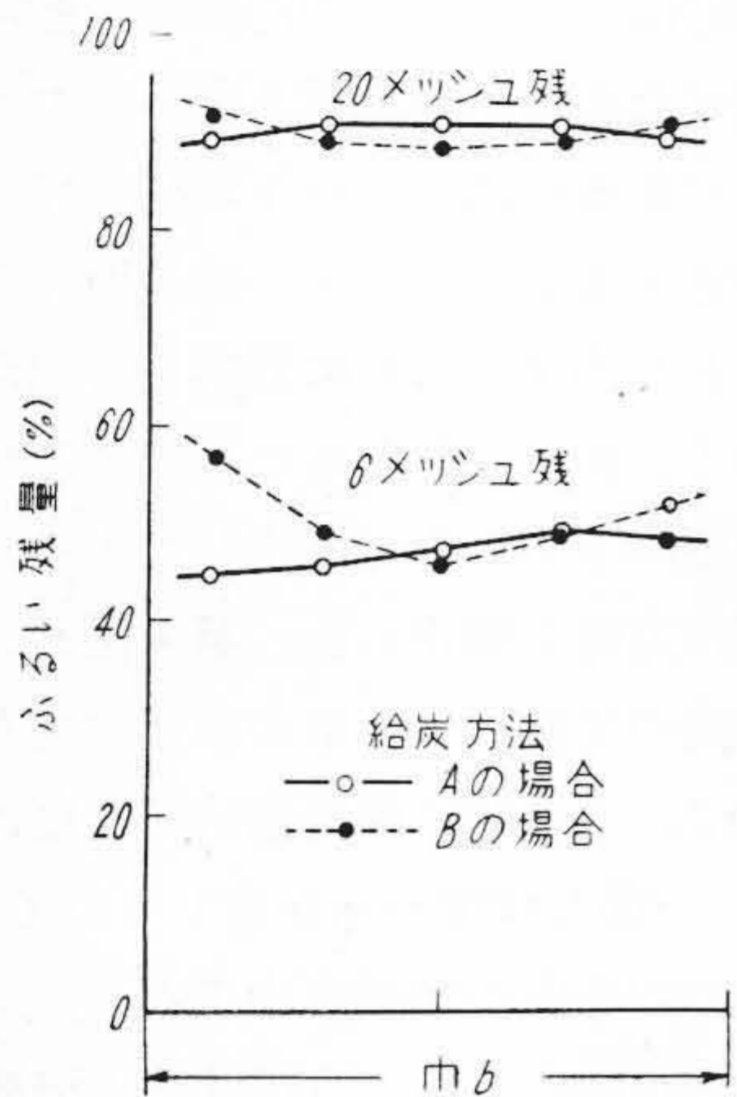
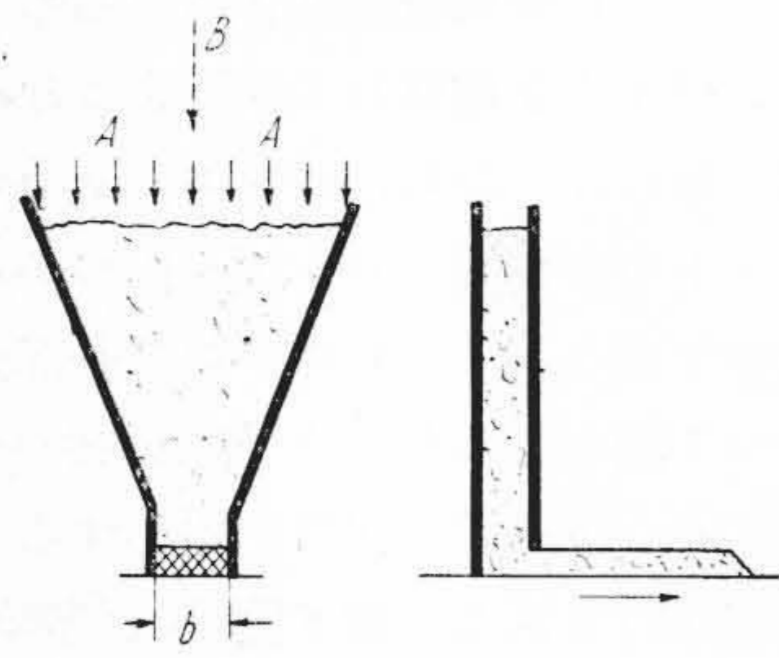
第3図はストーカーボイラにおける給炭系統の一例である。貯炭場からバンカー①に送り込まれた石炭は秤量機②③、コールシュートホッパ④からシュート⑤によつてストーカーの幅全体に広げられ、ストーカーコールホッパ⑥、コールゲート⑦によつて一定厚さの炭層としてストーカー上に供給される。石炭が貯炭場においてよく混合された状態にありそのままこの給炭系統を通つて来るならばストーカー上でも幅の方向に一様な粒度構成の炭層となつていなければならない。ストーカー上で一様

でないとすれば途中どこかに粒度構成を変化させるものがあるはずである。コンベヤ上を運ばれてゆくような場合にこれが起るとは考えられないから、バンカーあるいはホッパーおよびシュート中の移動、バンカー出口からの落下の際などに起るのであろう。これについて各部分を独立に模型実験によつて調べてみた。まず秤量機のベルトでかきとられてゆくバンカー①の出口に対応するものゝ結果が第4図(次頁参照)である。第5図(次頁参照)はシュート⑤の入口すなわちシュートホッパ内の運動の結果を、第6図(次頁参照)はシュート⑤の内部の流動による状態をその下部で調べたものに対応する。いずれもよく混合した粉炭をホッパあるいはシュートに満してから下方のストーカーに対応するシュートを一定速度で引き出し石炭を一定量づゝとり出す。これに対応して上部からは石炭を補給してゆく。最初入れたものが出つくして十分定常状態になつた後に下方からとり出したものゝ粒度の構成を各出口の幅の方向で測定した。第4図および第5図のごとく下方に向つて絞られた形の容器内を石炭が降下してゆくものでは、その間に粒度構成の変化は起らず、出口においてほぼ一様な粒度分布を有している。たゞしこの場合でも上部での石炭の供給を中央の一点から落下させて炭層の上表面が山になるようにすると破線のごとく多少粒度の変化が起つてゐる。しかし著しい変化は第6図からあきらかなようにシュートを石炭が通過する間に起つていて、これが結局むらな燃焼を起す最大の原因となつてゐることが認められる。

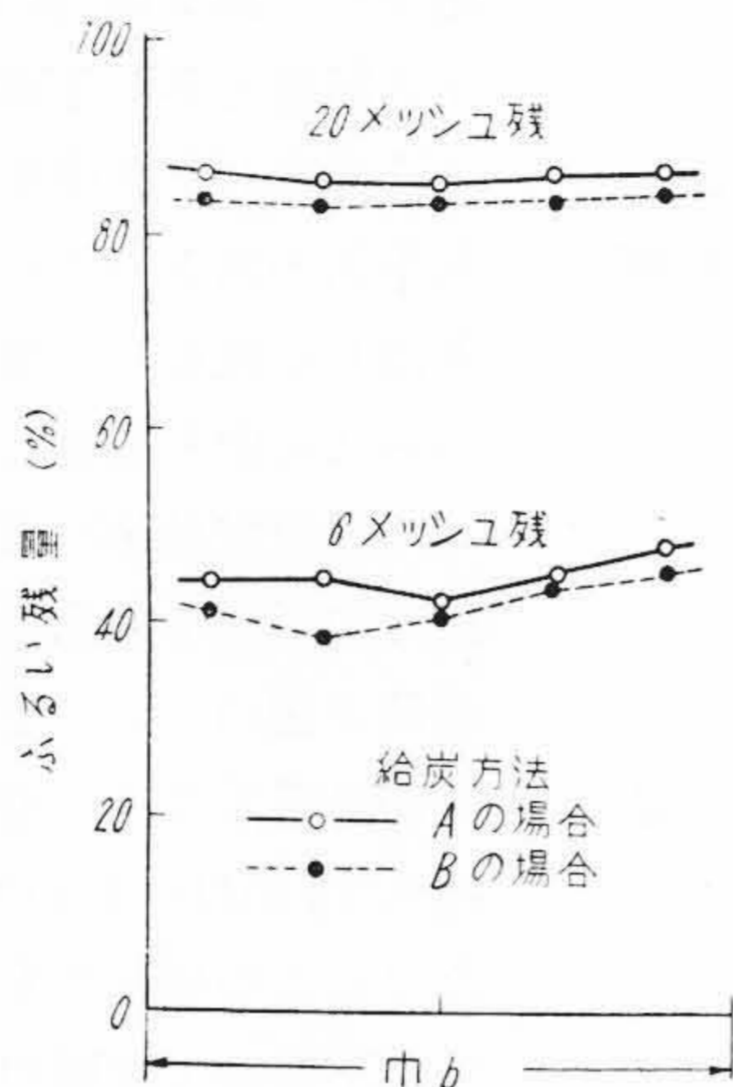
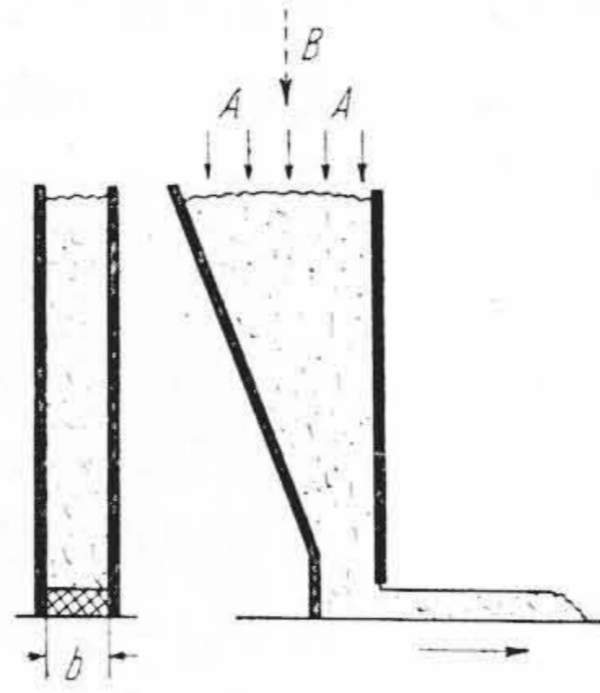


第3図
ストーカーボイラにおける給炭系統の一例

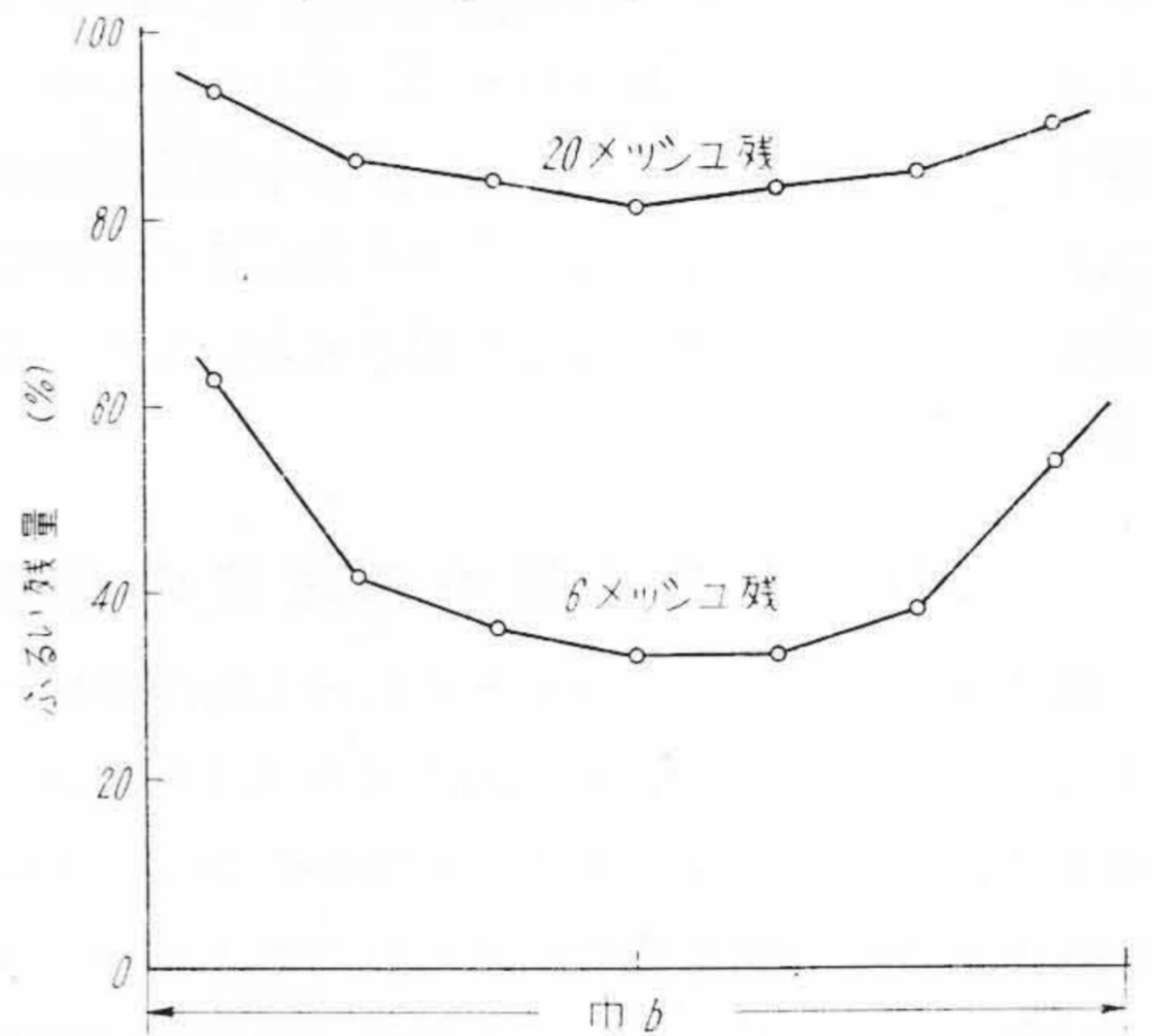
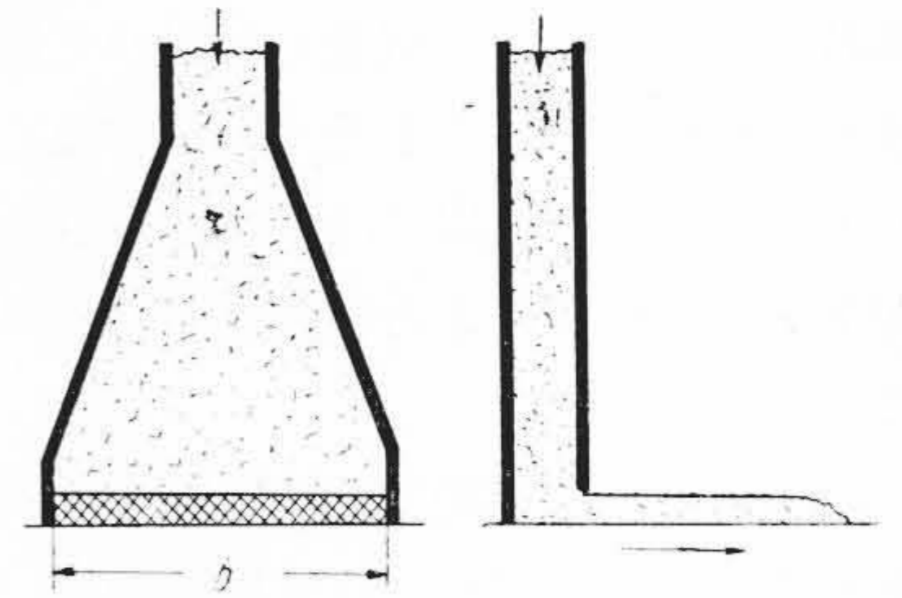
Fig. 3.
Example of Coal Feeding of Stoker Boiler



第 4 図 模型コールバンカー出口における石炭の粒度分布の分布
Fig. 4. Coal Size Distributions at the Model Coal Bunker Exit



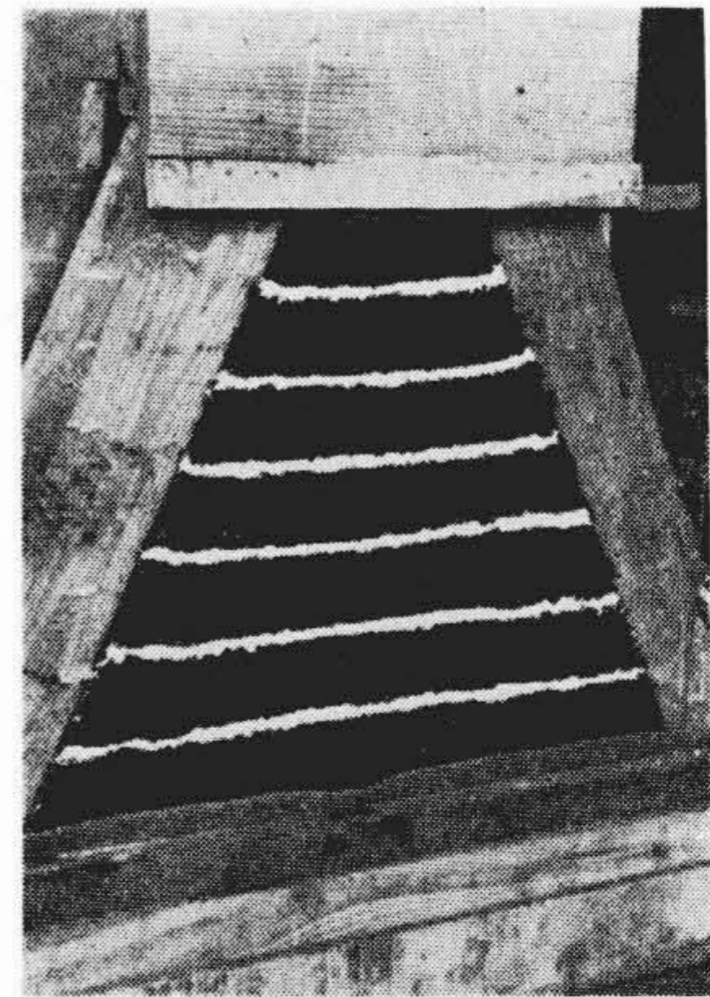
第 5 図 模型コールシュートホッパー出口における石炭の粒度分布
Fig. 5. Coal Size Distributions at the Model Coal Chute Hopper Exit



第 6 図 模型プレーンコールシュート出口における石炭の粒度分布
Fig. 6. Coal Size Distribution at the Model Plain Coal Chute Exit

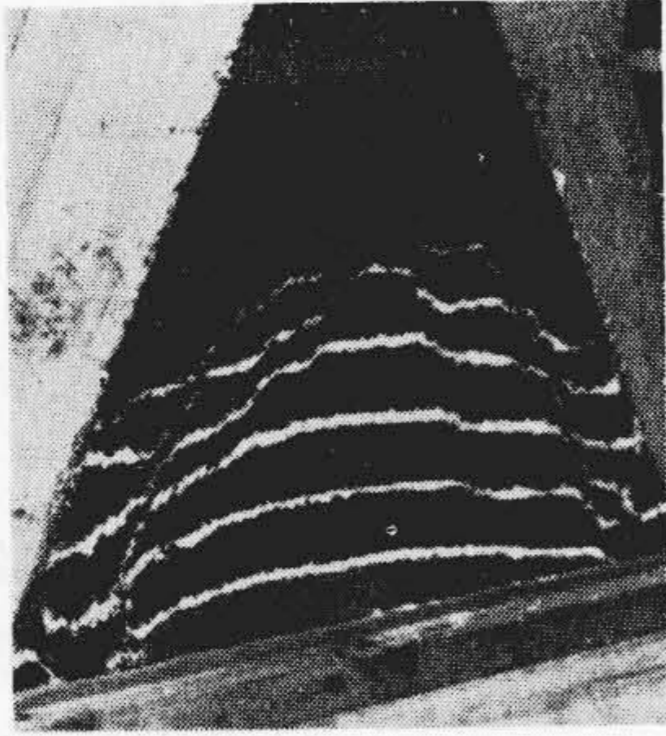
〔IV〕 シュートの中の石炭の運動

一様な粒度分布をえるためのシュートを考えるためにはまずシュート内部の石炭の運動状況を知る必要がある。第 7 図はこのための厚さ一様な簡単な模型シュートで形状をある実物シュートとほぼ相似にし、片面をガラス張りにしたものに石炭を入れ、途中数箇所に目印の白い粉をはさんだものである。その下方にコールゲートに対応するある高さの隙間をつくり床の上にシートをしいてストーカーに代用してある。シートを一定速度でひき出すと、その上に一定厚みの炭層がとり出され、それに対応してシュート内の石炭は沈下してゆく。その状況が第 8 図である。図によつて中央部と両端とに沈下状況の著しいちがいがあり、断層ができていることがわかる。シュートの出口からは上に述べたように同じ炭層の厚さ、同じシートのひき出し速度で、すなわち一様な体積の石炭がとり出されているのであるから、そのとり出し速度が過大でない限り液体では一様にシュート内部でも沈下してゆくはずである。あるいは上部から圧力で押し出す



第 7 図 模型コールシュートによる運動状況の観察 (最初の状況)

Fig. 7. Model Plain Coal Chute for the Observation of Coal Layer Movement (Initial State)



第8図 模型コールシュートにおける運動状況の観察 (流出途中)

Fig. 8. Coal Layer Descending in the Model Plain Coal Chute

型式の運動ならばやはりほぼ一様に下ると思われる。しかるに粉粒体の運動に対しては、いわゆる水頭 (Head) という概念はなり立たず、ある値以上では高さは底面に およぼす圧力には無関係である⁽⁵⁾。すなわち押し出す という運動ではない。まずシートによつて一定量の石炭が 最下部からとり出されると必然的にそこに空所を生じ、これを補うためにその真上のある部分の石炭が落下する。そこにまた空所を生じこれを補つてそのまた上の小部分が落下してくる。これがその動き方で、いわば吸出すという形に近い。

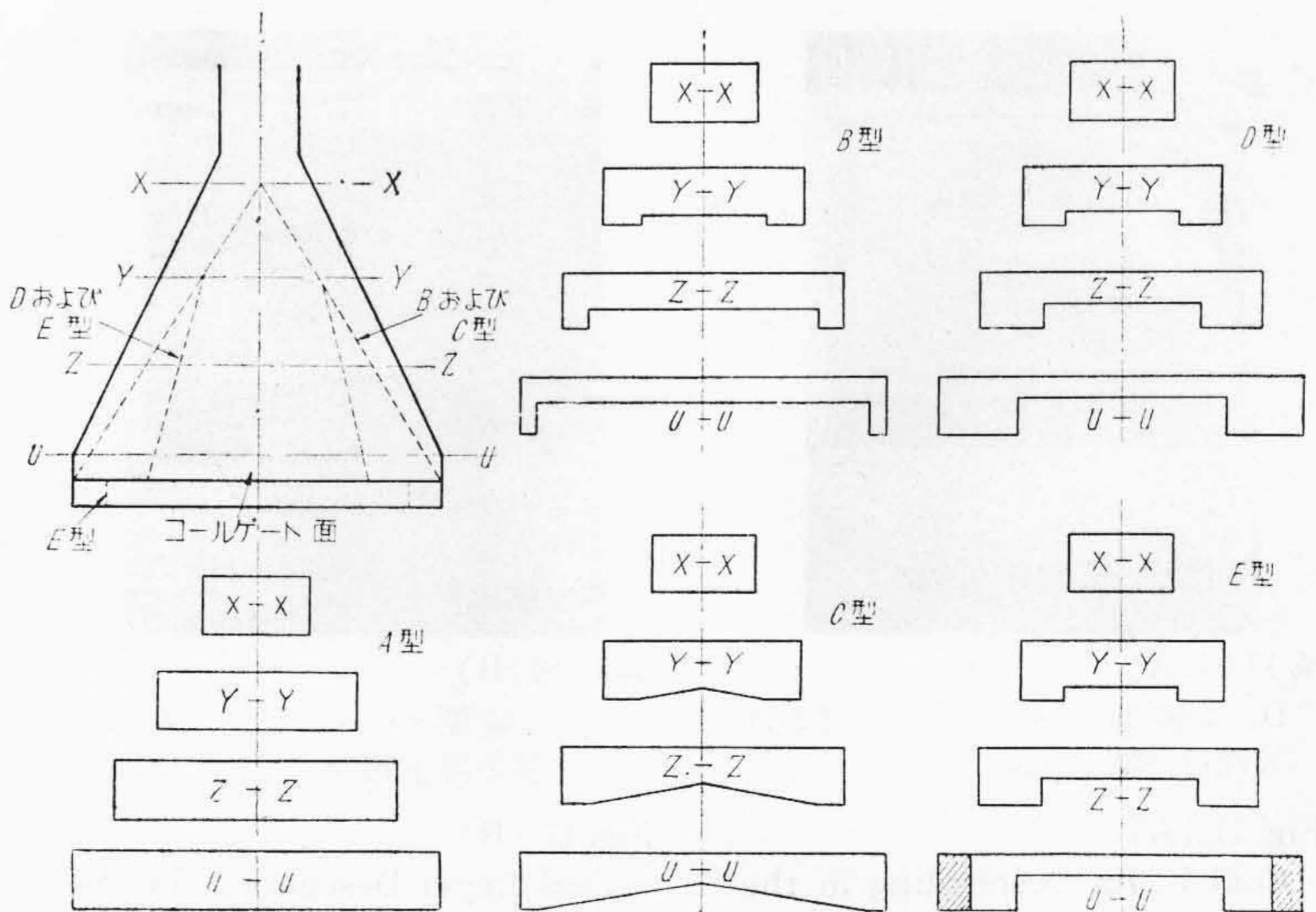
さてシュートの場合、中央部はこの運動に対しシュート入口からその上方のシュートホップまで真直ぐ炭層がつまれているからこの運動がなり立つ。しかるに端の方は斜になつたシュートの側壁によつて限られているからある量の炭層が落下流出してできた空所にはその直上からもはや補給が行われない。必然的にその横の部分からダラダラとくずれて斜に転げ落ちてくるもので補われる

ということになる。これがこの模型実験から観察された結果である。

ある高さから粉粒体を落下させて床の上に円錐形の堆積物を作るとき、つぎつぎに落下してゆく粉粒体はその山の表面を転り落ち、あるいはそこに留まつて山を大きくしてゆくが、比較的粗いものが転り落ちて裾の方に集ることをよく経験する。この現象と上記のシュート内部の運動とを関連させると、シュートによつて粒度構成の変化の起る原因が想像される。要は斜面を転り落ちるといふ形の運動を避ければよいということであり、**第7図**のごとき平行炭層がそのまま平行に、あるいはシュート入口を中心とした同心円の形で沈下してゆけばよい。

〔V〕 シュートの形状と粒度分布

前章の結論はシュートの断面形状を適当に作れば実現できる。**第6図**はシュートの厚さが一樣なものであつたが、これをプレーンシュートと称する。これでの運動状況が**第8図**であつた。シュート下方からは前述のようにその幅全体にわたつて一樣な体積の石炭がとり出されるのであるがシュート内部の端の方はつぎつぎにさらにその外側の部分にも石炭を補給しなければならぬために、中央部よりも多く沈下する。したがつて中央部がそれと等しいように落下させればよい。これには中央部のシュートの厚さを薄くしてやれば、一樣な体積の移動に対し炭層の沈下高さが大きくなるわけである。このような考えから**第9図**のごとき断面の簡単な模型シュートを作り、それぞれの寸法をいろいろに変えて実験した。その結果の一例を**第10図**(次頁参照)に示す。A型すなわち厚さ一樣のプレーンシュートに比べて次第に粒度分布がよ



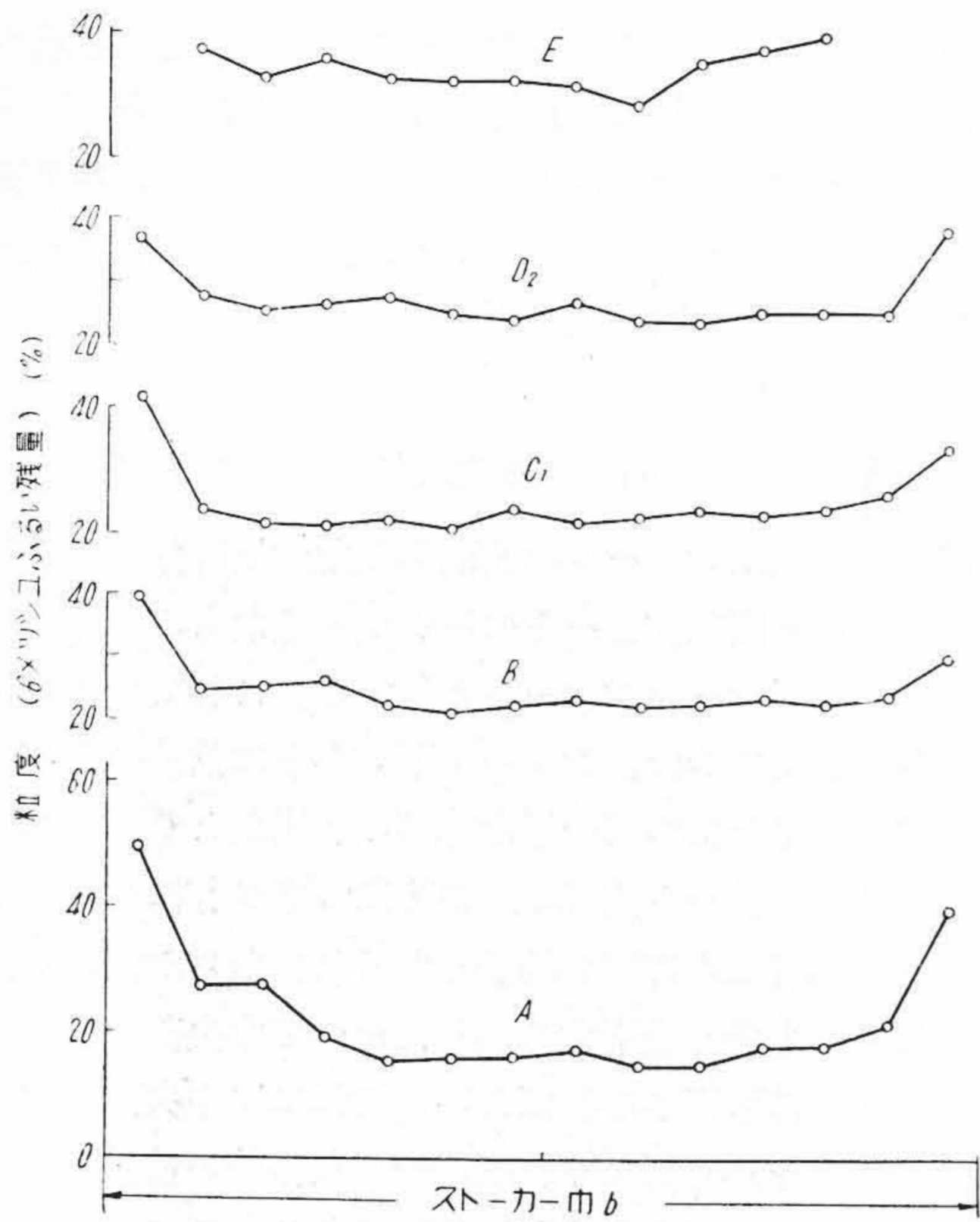
第9図 断面形状を変えた各種模型コールシュート

Fig. 9. Model Coal Chutes, Having Various Cross-section

くなつていくことがわかる。たとえば D_2 型の場合の炭層の沈下状況を示すと第 11 図 A, B のごとくである。シュート上部に入れた白線が炭層の沈下に伴つて図のように途中まではシュート入口を中心とした円の形で下ってくる。しかしそれより下方では直線状となつていく。粒度分布のより良好な E 型の場合には第 12 図のように下

方まで円弧の形で下つていく。いずれも第 8 図に比べるとはるかに良い沈下状況である。粒度分布はまだ両端に若干不十分な点がある。これはモデルシュートがごく簡単なもので第 9 図のように直線で構成され角のところに死角ができてきたためであつて適当に隅をとつて構成すればさらに改良されることであろう。

なお E 型というものはシュート下部の取出口を両端からある長さだけふさいだものに相当する。前章に述べたような粉粒体の運動の特性から両端のシュート側壁に沿つて降下する流れにおいては、どうしても側壁との間に多少の空隙を生じることになり、これが粗粒の分離に悪い影響をおよぼすのでこれを止めるためであつた。簡単にいえば第 10 図の中央部の平坦なところだけを生かすということに対応するが、たゞ単純に両端をある程度ふさげばいいというのではなく、その長さによつては効果がないことが少なくない。またこの方法はストーカー幅よりも長いシュートを要するのであるから 1 台のボイラに 1 台のストーカーの場合には採用しうるが、2 台のストーカーを併列に設備する場合にはその境界のところでは構成できない欠点がある。しかし同様な考え方はもう一步シュート断面形状を工夫することによつて達成できよう。

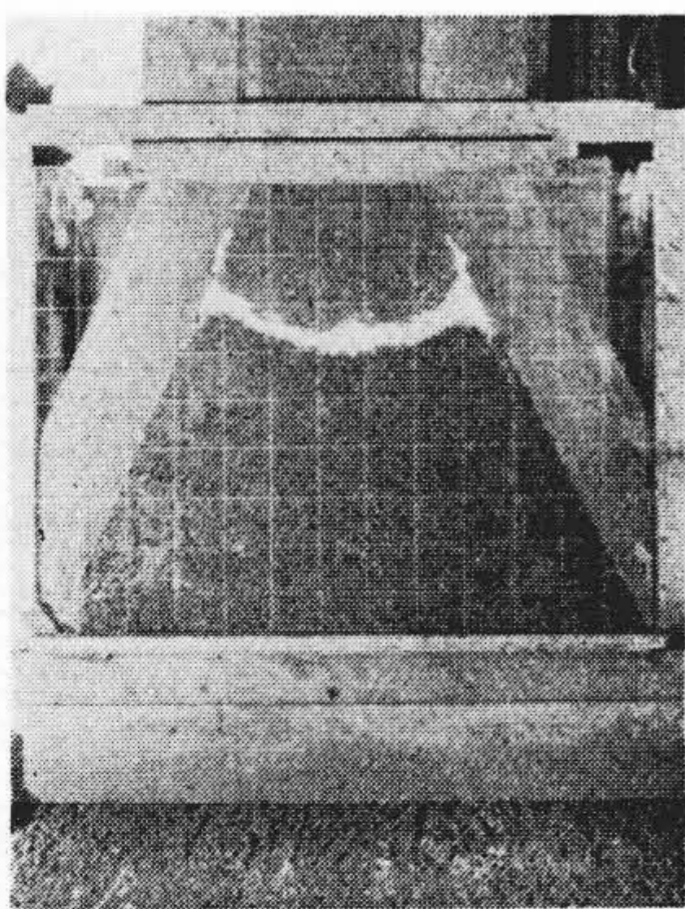


第 10 図 第 9 図の模型コールシュート出口の石炭の粒度分布

Fig. 10. Coal Size Distributions at the Exit of the Model Coal Chutes (From of chutes are shown in Fig. 9)

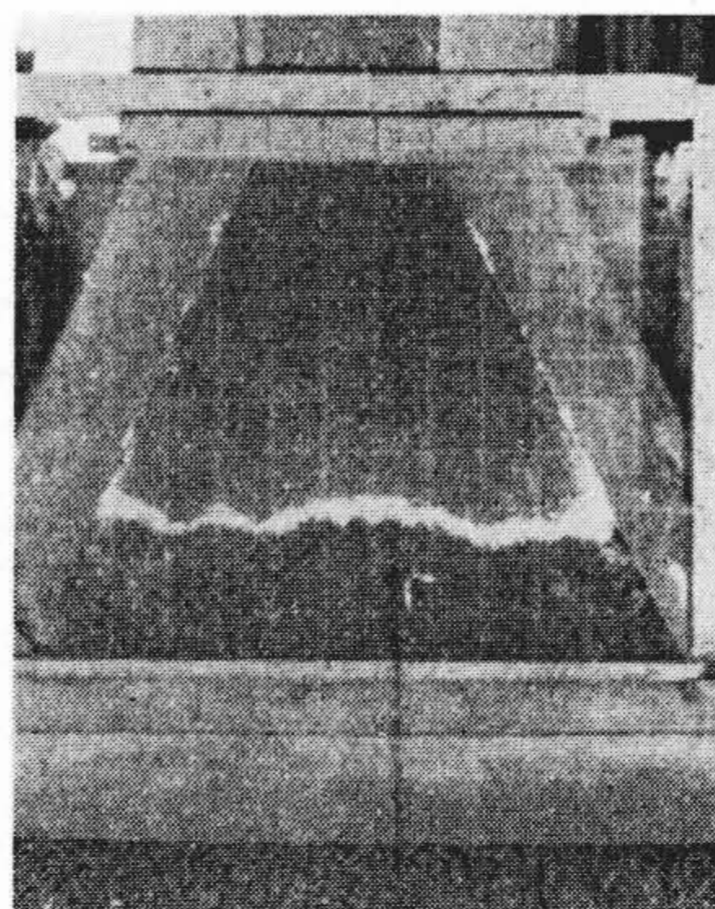
〔VI〕 コニカルシュート

粒度構成の変化を起さないようなコールシュートとしてコニカルシュートなるものがある⁽⁶⁾⁽⁷⁾。一点から石炭を傾斜平面に沿つて落下せしめると、落下口の直下に落ちて裾の方にあまり広がらない。これを円錐の頂点から落せば各母線に沿つて平等に広がつて落ちるといふ考えから成り立つものである。シュートとしては第 13 図のよ



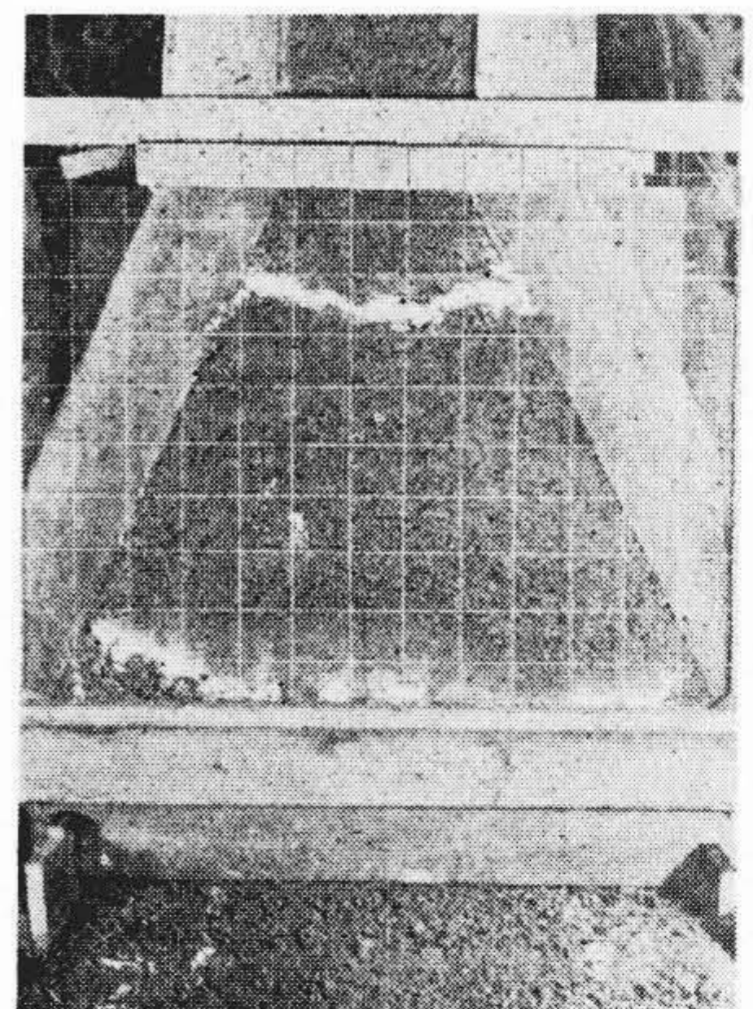
第 11 図(A) D_2 型模型コールシュートにおける炭層の降下状況

Fig. 11. (A) Coal Layer Descending in the D_2 -Type Model Coal Chute



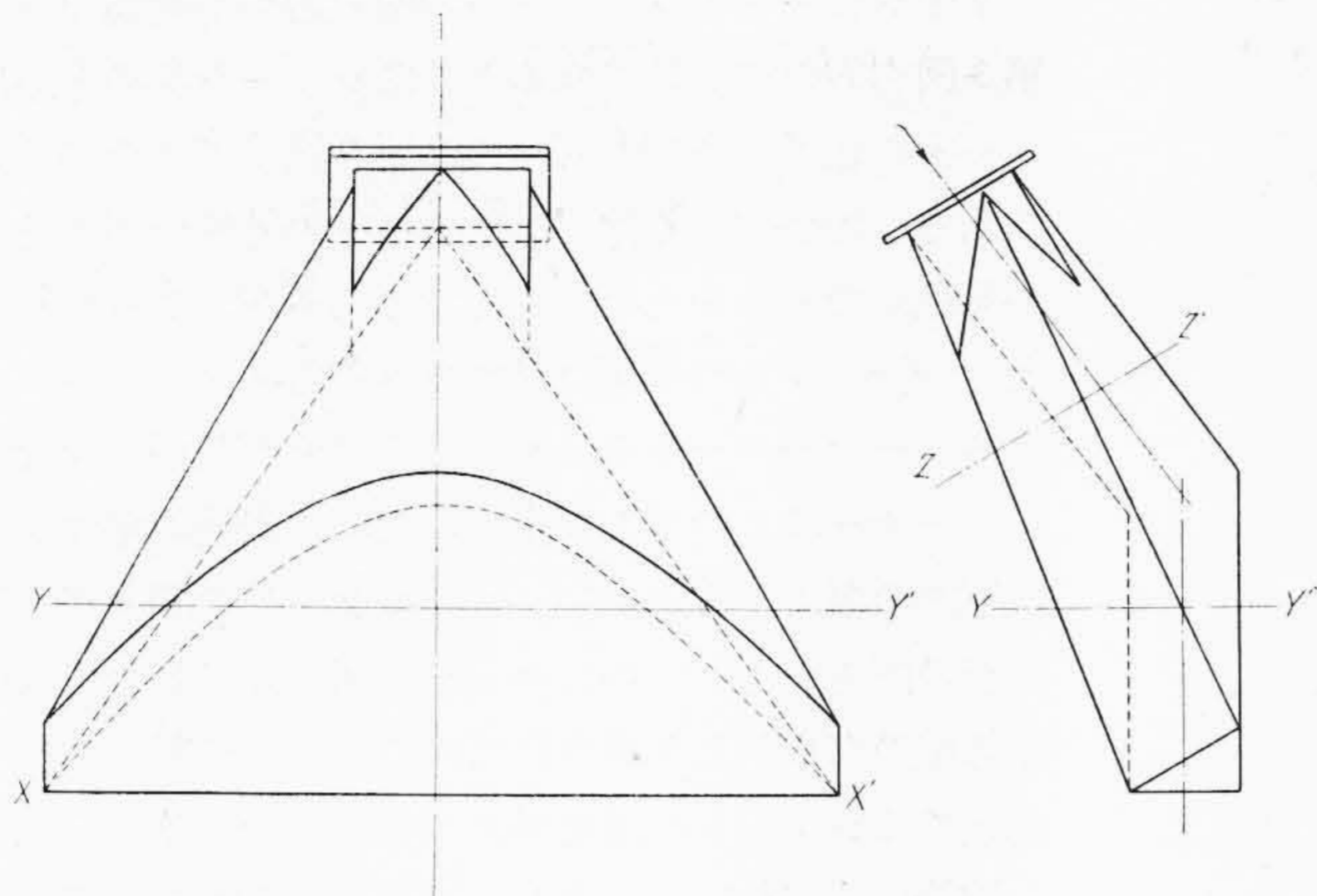
第 11 図(B) D_2 型模型コールシュートにおける炭層の降下状況

Fig. 11. (B) Coal Layer Descending in the D_2 -Type Model Coal Chute



第 12 図 E 型模型コールシュートにおける炭層の降下状況

Fig. 12. Coal Layer Descending in the E-Type Model Coal Chute



第13図 模型コニカルシュート

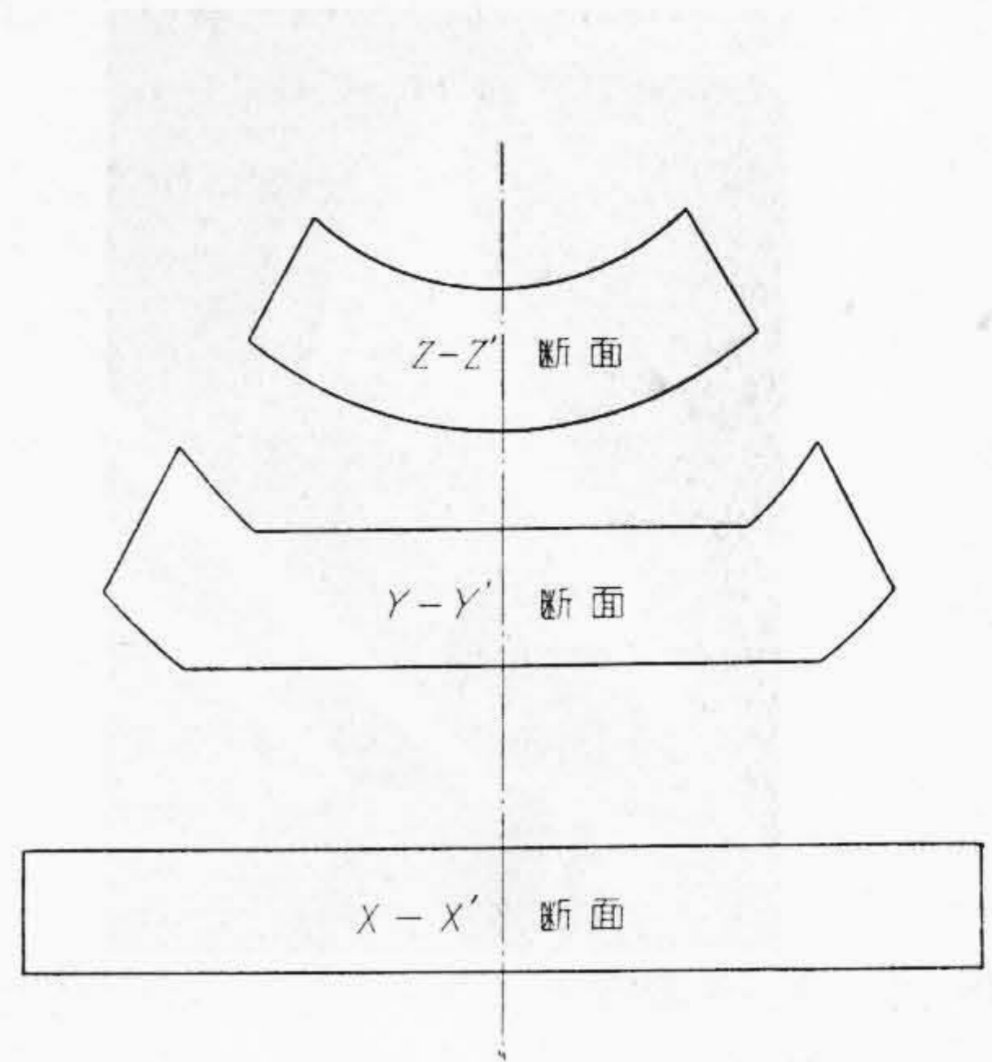
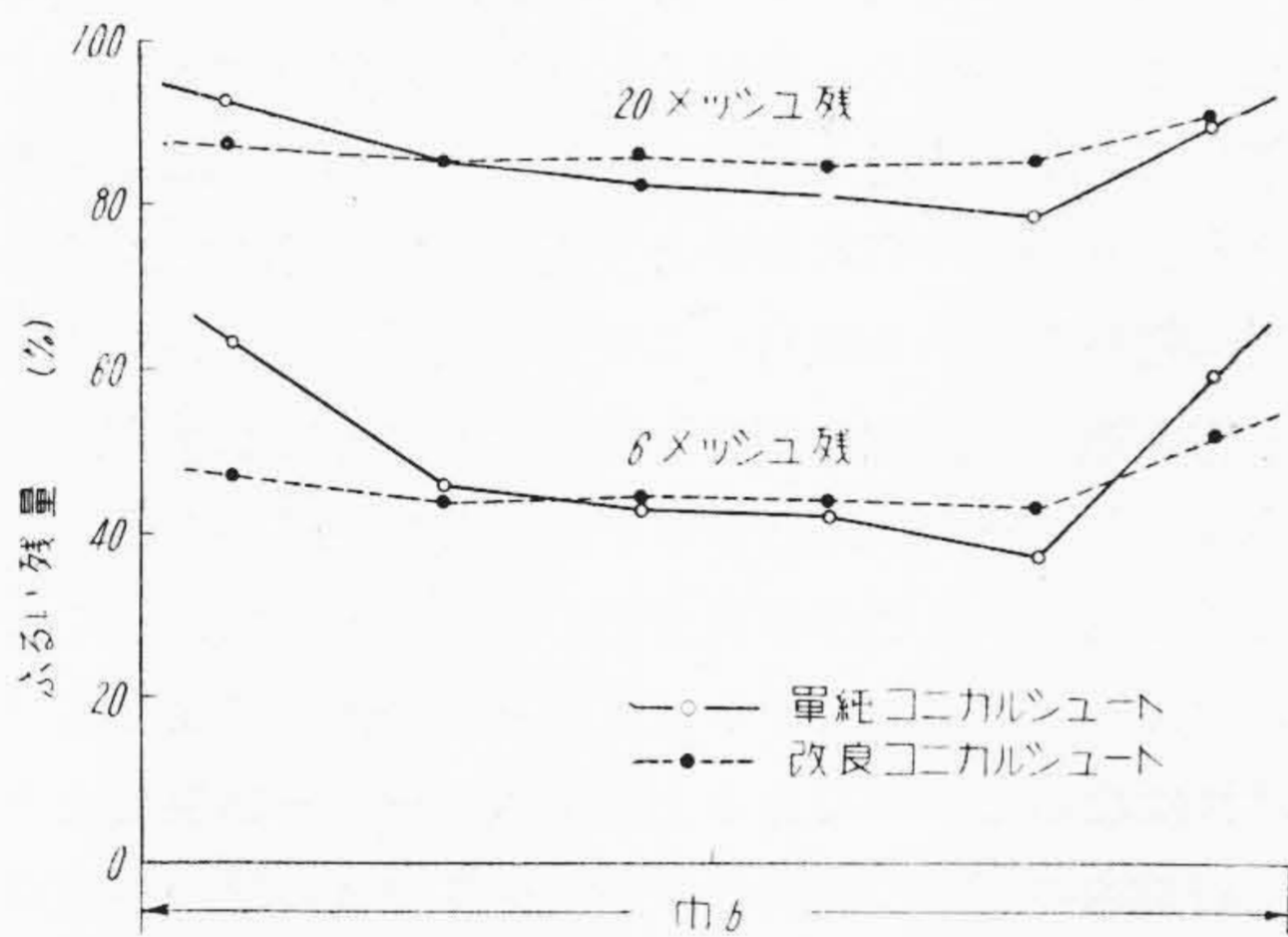


Fig.13. Model Conical Coal Chute

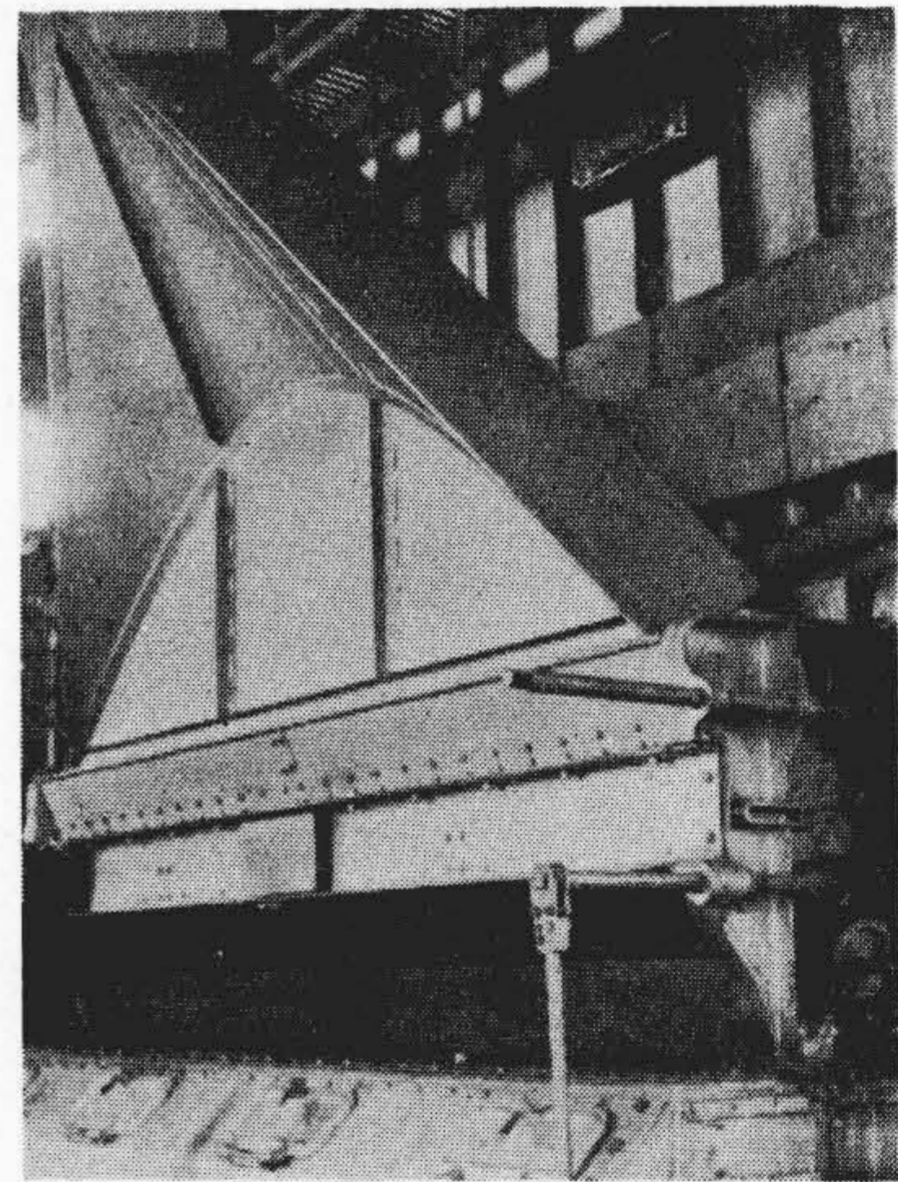


第14図 模型コニカルシュート出口の石炭の粒度分布

Fig.14. Coal Size Distributions at the Exit of Model Conical Coal Chutes

うに上半分が円錐の一部をなし下半部はこれを垂直面で切りとつた形となる。これについても模型シュートによつて確かめてみた。その結果が第14図の実線である。第6図と比較するとかなり粒度の変化は少ないが、完全とはいえない。これに対して前章と同様な考え方を適用し断面形状を変化せしめて、中央部のシュートの厚さを薄く、両端を厚く改造したものの実測例を示すと第14図の破線のようになる。実線の場合よりも改良された分布をしていることがわかる。コニカルシュートはプレーンシュートに比して確かに良い性能をもっているが、それだけでは不十分であつてやはり断面形状に考慮を払わなければならないということである。

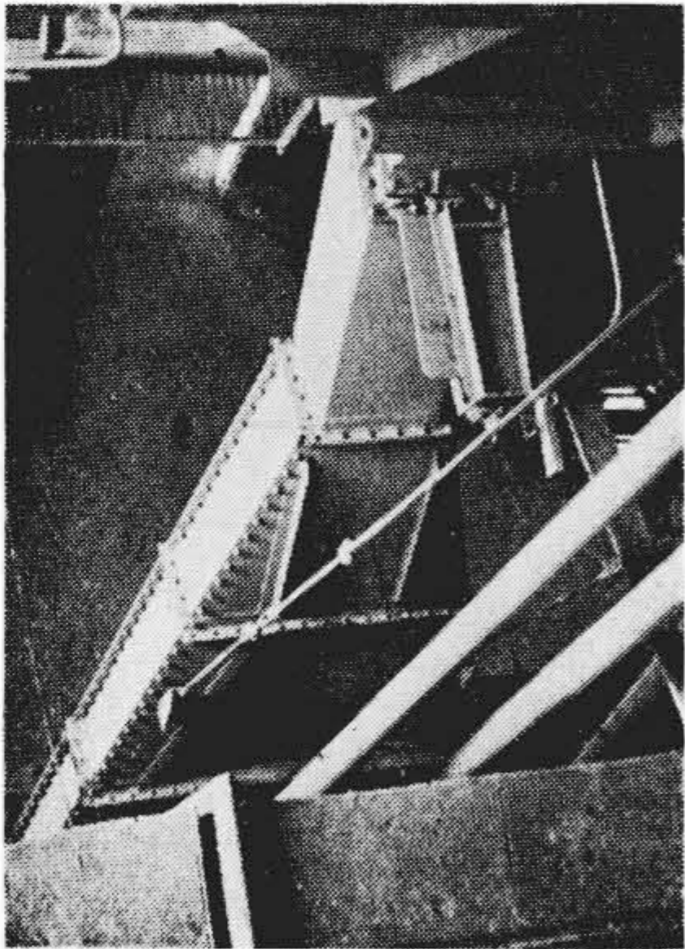
断面形状に考慮を払つてあれば前章に述べたごときプレーンシュートの改良型でも、コニカルシュートのそれでも性能としては大差はない。いずれを選択するかはシュート取付のためのボイラおよびコールバンカーすなわ



第15図 K製紙会社納ボイラに取付けられた改良型コニカルシュート

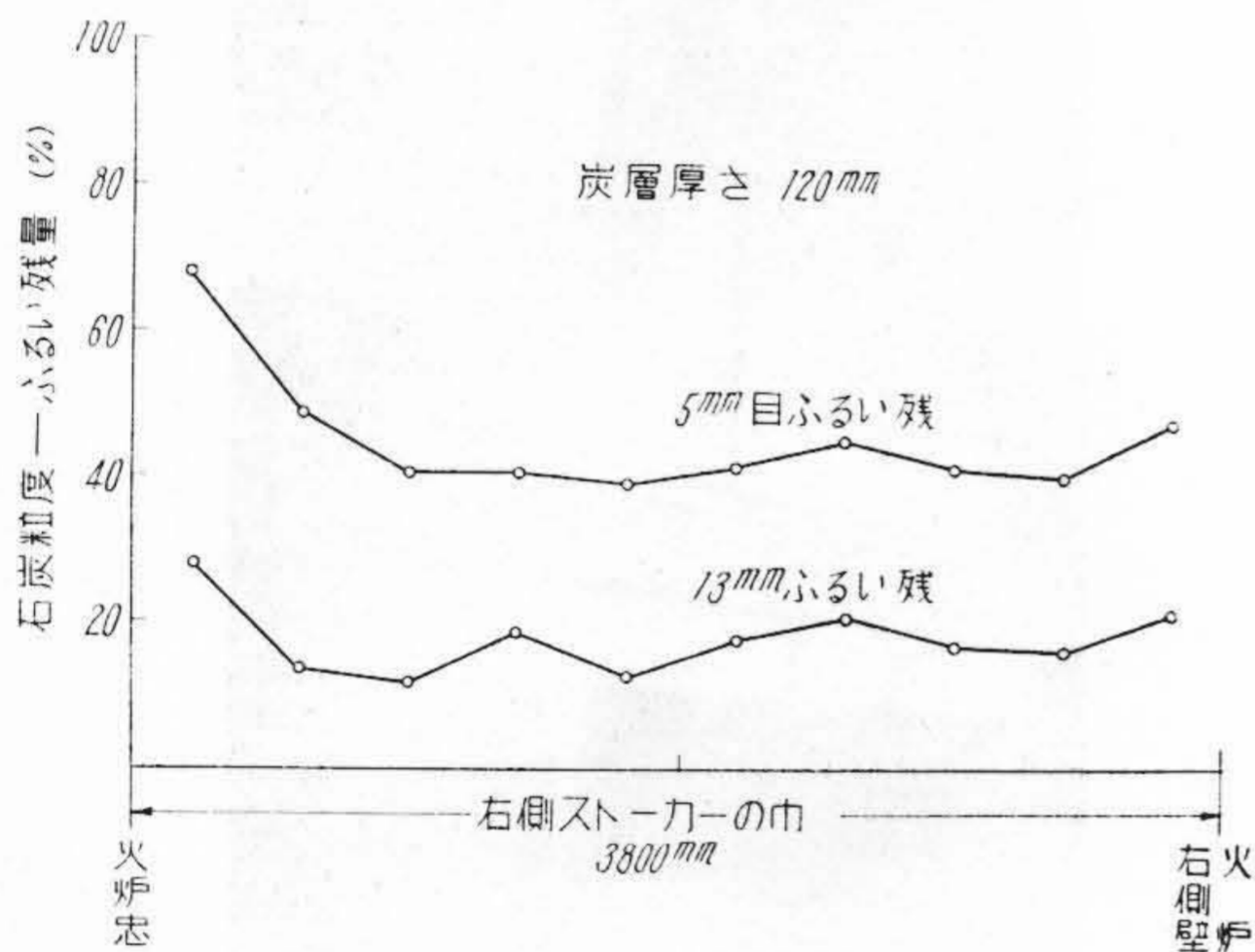
Fig.15. Improved Conical Coal Chute

ち建屋との配置の関係から決まる。前章に述べた実験はすべてシュートを垂直に立てた場合であつた。シュートが傾くとその性能は変つて来て、断面形状の変化にもう一段の工夫が必要になる。第9図の基本形においても中央部の薄くするのを傾斜した上面でとるか、裏面の方でとるか、あるいは隅の部分の処理など傾斜に応じて選定せねばならない。これらのことは煩雑になるため本文では省略するが結果として良い性能をえることはできる。しかし一応シュートの傾斜がある程度以上に緩かな場合にはコニカルシュート方式によるのが、その上半部の傾斜がさらに緩かにはなるけれども安全であるかもしれない。第15図はK製紙会社に納入したボイラにとりつけた改良型コニカルシュート、第16図(次頁参照)はT発電所ボイラに取付けた改良プレーンシュートである。またS発電所ボイラの改良型コニカルシュートについて実測し



第 16 図 T 発電所ボイラに取付けた改良型プレーンシュート(ボイラ前部歩道の最上部から見下したもの)

Fig. 16. Improved-Plain Coal Chute of T. P.S. Boiler (Looking down from the Top Gallery of Boiler Front)



第 17 図 S 発電所ボイラ右側ストーカ—上の石炭の粒度分布(改良コニカルシュート)

Fig. 17. Coal Size Distribution on Right Side Stoker of S. P.S. Boiler (By Improved-Conical Coal Chute)

た粒度分布の一例を示すと第17図のごとくであつた。火炉中心の方の左端が少し粗いが、他の部分は比較的一様で改良型シュートの性能をよく發揮している。左端の粗いのは、ボイラ室建屋の関係からバンカー中心とシュート中心とを一致させることができずかなりの偏心があつたための影響である。このようなことも軽視できないことは次章に述べる。

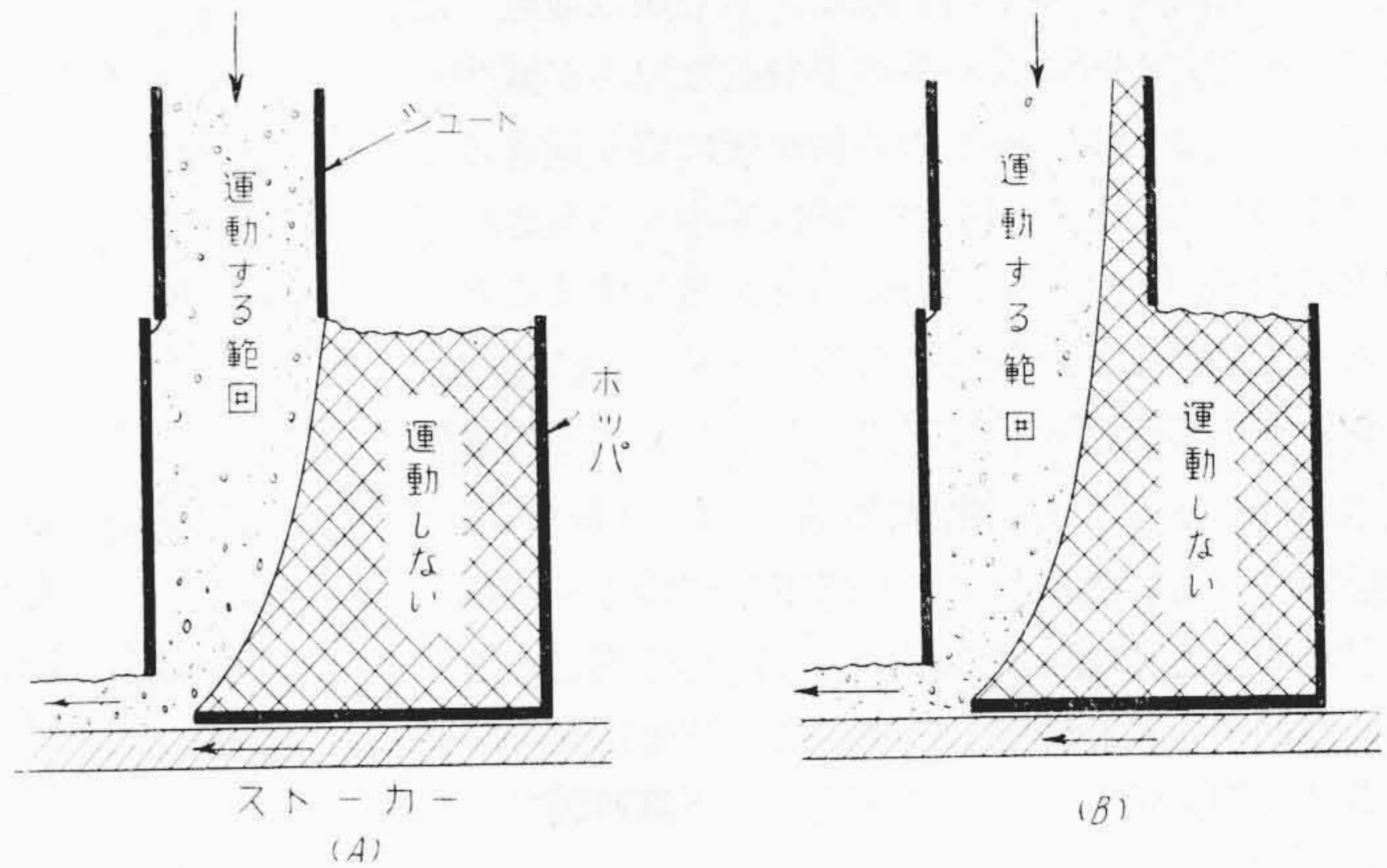
〔VII〕その他の諸問題

(1) ストーカーコ—ルホ—パとの関係

以上のごとくコ—ルシュートの断面形状を適当に選定して良い性能のものとなしえても、これと組合わされるコ—ルホ—パとの関係が適正でないとその効果は發揮できない。

まずシュート下端とホ—パの幅の遊隙が問題である。第3図右方の正面図でみるようにシュート⑤の下端はホ—パ⑥に相当な隙間をもつてはまり込んでいるのが通例である。板金細工で作つたシュートの寸法の誤差その他を見込んでやむをえないことではあるが、これが粒度構成を一様にするのに悪い影響を与える。ストーカーの幅はストーカーコ—ルホ—パの幅にほぼ等しい。すなわちストーカーによつてとり出されてゆく炭層の幅はシュート下端の幅よりも大きい。コ—ルゲートの開きが一定で炭層の厚さが等しいからホ—パの幅全体にわたつて一様な体積の石炭がとり出されてゆく。これに対しホ—パの両端ではシュートの端を外れているのであるから上部から補給の途がない。いきおいシュート両端の部分がこれを補わなければならないから、その負担が増加する。〔IV〕章に述べたようにシュート両端の斜の側壁で限られたところは一様な石炭量のとり出しに対してさえ早く降下して空所を生じる傾向にある。これがさらに中央部よりもより多くの石炭量を取り出されてゆくのであるから斜に転がり落ちる傾向をますます助長し、ひいては粒度分布を悪くし粗粒の割合を多くすることはあきらかであろう。シュート下端とホ—パ内壁との間隙が左右不揃いである場合には当然粒度分布の偏りも起すことになる。シュートの幅はできるだけホ—パ—ぱいにまで広げなければならないのである。通常ストーカー燃焼ではその左右両端の部分の燃焼が早い火炉側壁との間の一次空気のシーリングが難しく、空気量が多くなるためである。また前記の実験結果からわかるように粗粒の割合が多いせいでもある。これに対してこの部分の炭層だけを厚くする方法が往々にして行われる。炭層を厚くして通気抵抗を高くし、また燃焼すべき石炭量が多くなるので燃焼完了に時間がかゝり他の部分と平衡するようになるとのねらいである。しかしこのようにコ—ルゲートの両端のみを余計に切り欠いて炭層を厚くすれば、ストーカー送り速度は他の部分も同様であるから、結局両端のみは多くの石炭量をコ—ルホ—パから引出すことになり、この影響はもちろんシュートにおよんでくる。上記のシュートとホ—パとの間隙の関係と同様にシュート両端の負担を増すことになるから粒度分布を悪くし、せつかく炭層を厚くした効果を相殺することになりかねない。実施するとすれば十分検討の上で行うべきである。

つぎにシュートのストーカーコ—ルホ—パに対する前後の位置も問題となる。実際の配置は第3図左方の側面図で示されるようなものが多い。この関係を簡略化して実験した結果を第18図に示した。粉粒体が容器に満されその底の孔から流出するとき、その孔の周縁から出発する曲線で限られその孔の上方に形成される漏斗状の部分

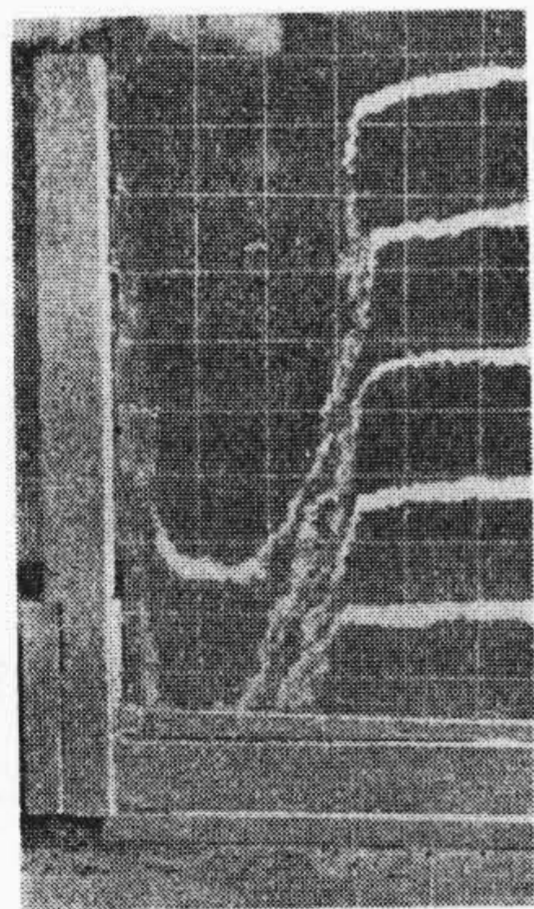
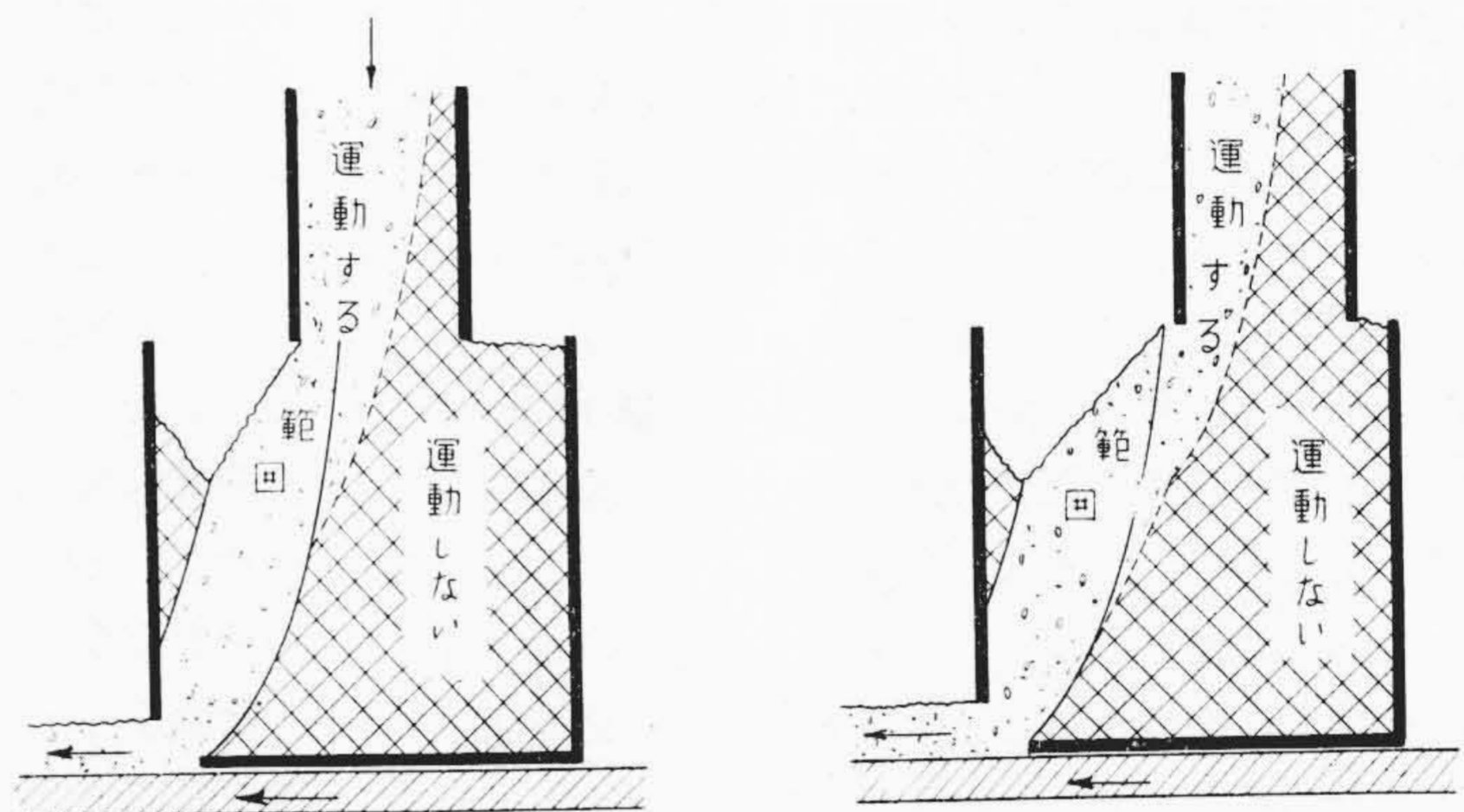


第18図

シュートおよびストーカーコールホッパ内の石炭の運動状況の模型実験

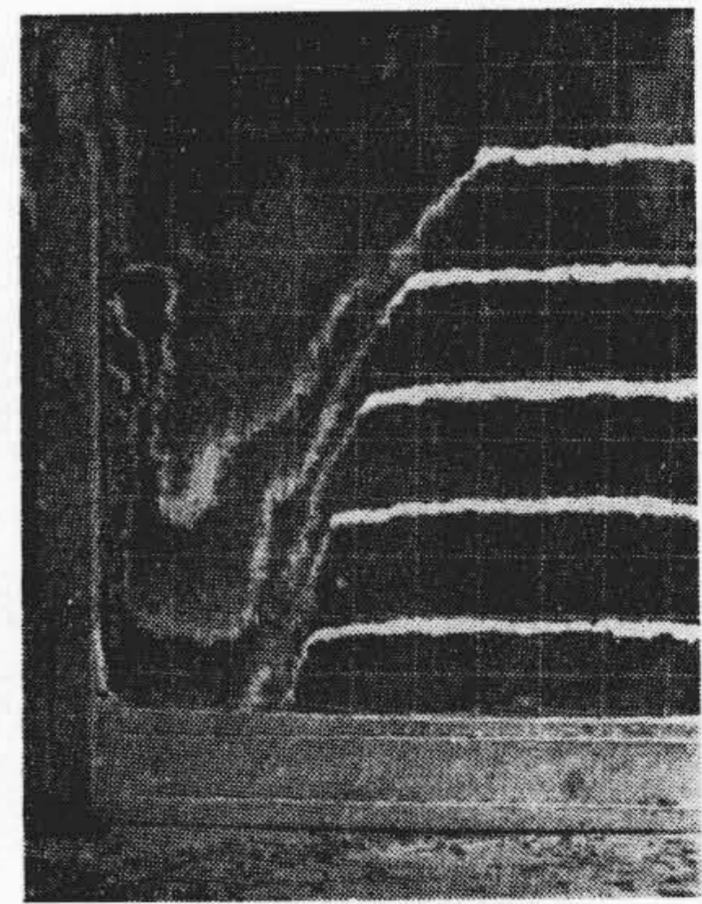
Fig. 18.

Movement of Coal in the Model Coal Chute and Stoker Coal Hopper



第19図 ストーカーコールホッパ内の炭層の降下状況 (シュートが運動範囲内にある場合)

Fig. 19. Coal Layer Descending in the Model Stoker Coal Hopper (Coal Chute Exit Stands in the Coal Moving Zone)



第20図 ストーカーコールホッパ内の炭層の降下状況 (シュートが後方に位置している場合)

Fig. 20. Coal Layer Descending in the Model Stoker Coal Hopper (Coal Chute Exit Stands Back Side of the Coal Moving Zone)

のみが流出運動に関与することが知られている⁽⁸⁾⁽⁹⁾。この曲線は粉粒体の種類によつてほぼ一定している。ストーカーコールホッパからストーカーによつて石炭が引き出されてゆく場合も同様であつて第18図の実線がこれに対応する。これはホッパの底のストーカー面に開口する距離を変えてもそれに応じてほぼ平行に移動するに過ぎ

ない。そこでシュート下端が第18図(A)のごとくこの運動範囲に一致するか、またはその範囲以内にあるようにシュートの厚さおよび位置が選ばれてあれば一応問題はない。もしシュートの厚さが大で運動範囲以上になると(B)のようになる。固有の運動範囲境界線はシュート内

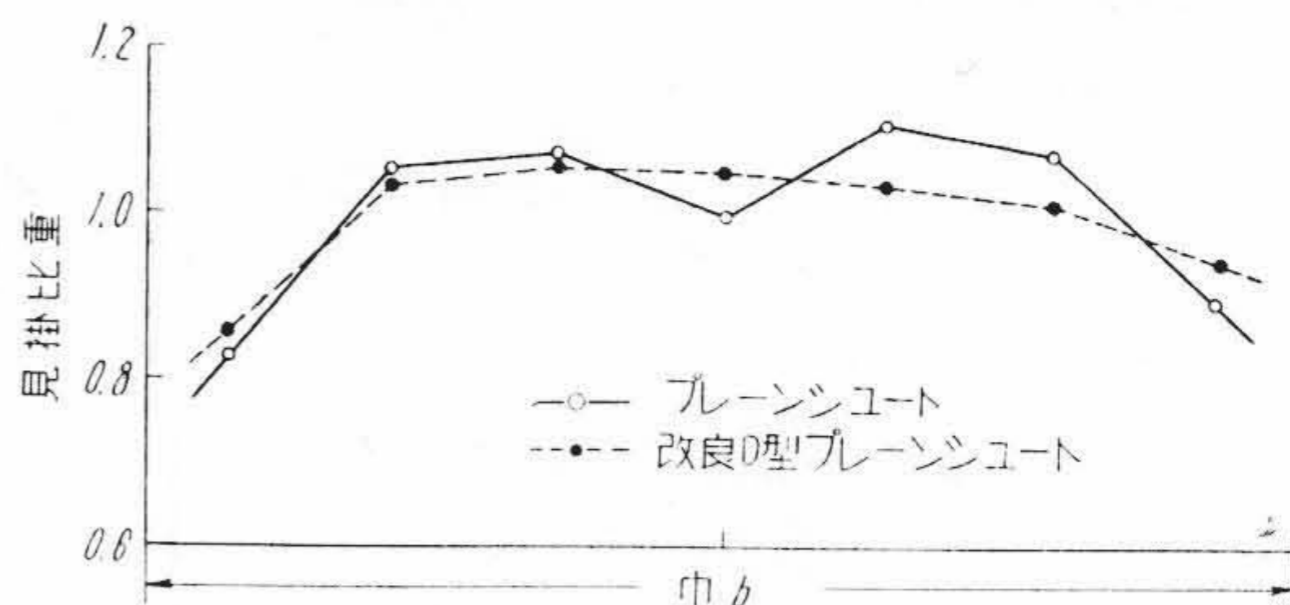
部に延びて、結局シュートの後部にある石炭は運動しないことになりそれだけシュートの実質的な厚さが減少したことになる。またシュートの位置が後に寄り過ぎると(C)および(D)のごとく固有の曲線は途中から乱されて曲ることになるがシュートの有効厚さが減少することは同様である。このような状況になると〔V〕章に述べたようにシュートの断面形状に工夫をこらしてもその効果は減殺されてしまう。また第18図(A)および(B)の場合には運動部分の炭層はほぼ平行に降下してゆくが、(C)および(D)のごとき場合には斜に転げ落ちる形となる。炭層中に最初白い粉をはさんで線を作り運動状況を観察した写真の一例を示したのが第19図および第20図でそれぞれ上記の二つの場合に対応する。後者の場合にはシュートにおけると同様な粒度構成の変化を起しうる。たゞしこれはストーカー上で幅の方向にではなく炭層内の上下の層の間に起ることになる。比較的粗粒が炭層表面に多くなるということから、下方からの一次空気流によつて細粒がふきとばされてフライアッシュを多くすることを防いで良いという見方もできるが、むしろ第1図に示されたように着火速度が粗粒では小さいという点からあまり望ましいものといえないであろう。

以上のごとき点からみてシュートはできるだけ前方すなわち火炉寄りに配置することが望ましいことになる。シュートを後方に配置せざるをえない場合にはストーカーコールホップの構造に工夫をして固有の運動境界線を2段にひろげることが可能であるが、これについては省略する。

(2) 空隙率の問題

(1), (2)および(3)式によれば炭層の通気抵抗および通過空気量は空隙率にも大きく影響される。空隙率は石炭のつまり方すなわち炭層の見掛比重で考えることができる。第21図は第6図および第10図(D)の粒度分布曲線を求めた際に測定したストーカー上の幅の方向における見掛比重の分布である。この種の測定はあまり正確には行い難いが、数回の実験での平均値を示した。一応傾向はあきらかになつている。両者の間であまり著しい差があるとはいえないが、やはり断面形状を変化させて粒度分布がほぼ一様なD型の方が見掛比重も大体一様になつている。

シュート中央部はシュート全体の高さおよびその上につらなるホップ中にある石炭の自重をうけるからその底では圧縮され見掛比重が高く、両端はシュートの傾斜した側壁に限られているからそうでなく見掛比重は小さいと考えられ勝ちである。図の結果も一応そう判断されないこともない。しかし粉粒体の特性として、充填された容器の底におよぼす圧力は、充填深さがある値以上では



第21図 模型コールシュート出口における炭層の見掛比重の分布の一例

Fig. 21. Examples of Apparent Sp. Weight of Coal at the Model Coal Chutes Exit, Plain and D- Plain Type

それにはほぼ無関係であることが知られている⁽⁹⁾。したがつて図の見掛比重の変化は石炭の自重による圧力そのものゝ影響とはいえない。〔IV〕章に説明したような粒度の変化が起つて粗粒の分離されてゆく運動条件が影響していると考えられる。粗粒が分離されるために起るものでそれが起らないようになれば見掛比重もほぼ一様なものになりうるのであろう。粒径そのものと見掛比重との関係もあり、粒径の粗いものが見掛比重は小さいといわれている⁽¹⁰⁾。この点からも粒度分布を一様にするのが見掛比重を一様にするためにも有効であろう。

なおまだ十分説明しうるまでには到っていないが、容器の底につけたスリットから粒体を自由落下で流出させ、スリット断面にわたつて重量流出速度を調べると、壁の近くは当然であろうが、中心部も流出速度が低く、壁からある距離の点で流出速度最大となる現象がある⁽¹¹⁾。コールシュートおよびストーカーの組合せによる石炭の流出は等体積流出でこの流出条件とは異なるが、流出速度に差を起させるようなある条件が同様に見掛比重に作用するのではないかと考えられる。

〔VIII〕 結 言

ストーカーボイラの効率をよくするためにはストーカー末端でちょうど全部の炭層が一様に燃え切るようにしなければならない。燃焼のむらは燃焼速度のちがひによつて起るが、これは空気供給量の不均一が原因であり、そして根本原因は石炭の粒度構成が一様でないことにある。

石炭がバンカーからストーカーに到る給炭系統中で粒度構成が変化するのは主としてコールシュート中で起ることを模型実験で確めた。ついでコールシュート中で粒度構成の変化する状況をガラス張り模型シュートにより観察し、シュートの厚さを幅の方向に変化させればよいことを知つた。その結果各種断面形状を有する模型シュートを作り実験を行い、粒度分布をほぼ一様になしうる

ことを確めた。なおこれ以外にも注意すべき二、三の点について述べた。

以上の結果を適用してすでに数箇所のボイラに本型式のコールシュートを製作納入しているが、いずれも良好な成績を取めている。

本研究は限られた期間内に急いで行つたもので顧るとまだ不備の点が多い。今後機会あるごとになお一段の研究を行いたいと考えるが、とかく軽視されがちなこの種給炭系統の部品に対しボイラ使用者側においても十分の関心を払つていたゞきたく、本研究が一つの参考ともなれば幸である。

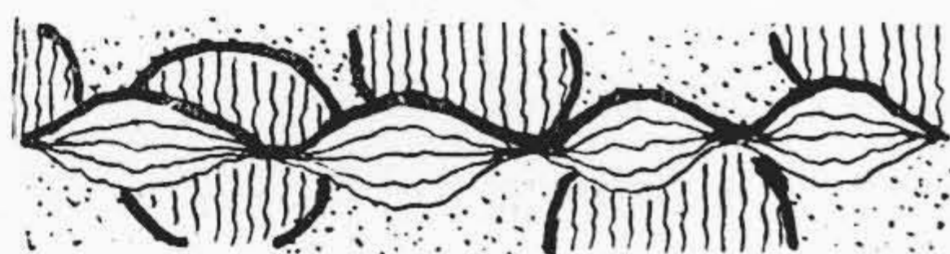
なお本文には述べなかつたが実験は主として気乾炭について行つてある。湿分を含む石炭では模型シュート中の粗粒の分離は、その程度がやゞ少い。しかし逆にコールバンカー中の石炭の流出状況は複雑なものになつてゐることを発電所の実際の状況から観察した。これらの点からも問題はまだ残されていることを感じる。また、この種の問題の解決には粉粒体の運動特性があきらかにされることが必要で、この方面の研究の進歩をも待望する次第である。

本研究に御指導、御激励を賜つた日立製作所日立研

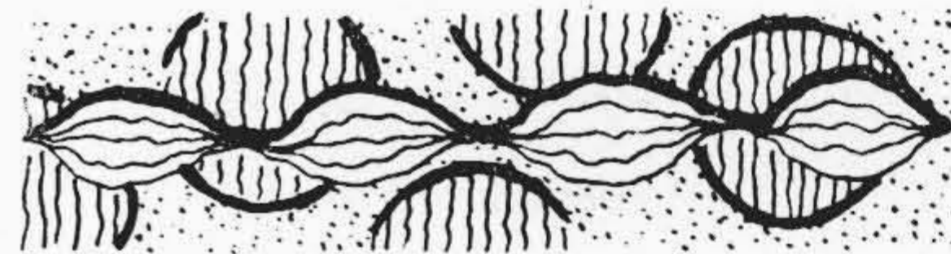
究所兼先所長、バブ日立三代技術部長、絶大な御協力をいたゞいた日立工場大津武氏、当研究室の山本富雄君その他の方々に厚く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) E.P. Carman and W.T. Reid: Tr. A.S.M.E. 67 425-437 (1945)
- (2) 田中他3: 機学誌 55 401 407-411 (昭 27-6)
- (3) W. Gumz: Kurzes Handbuch der Brennstoffund Fenerungstechnik Zweite Aufl. 41 Springer-Verlag 1953
- (4) 同上 S. 42-43
- (5) 例えば 古城: 化学工学 18 4 206 (1954)
- (6) A.J. Stock: Mech. Engng. 66 8 523-528 (1944)
- (7) National Electric Light Association Report of the Primemovers Commitee [I] (3) (1929)
- (8) 河原: 日立評論々文集 1 2, 62 (1948)
- (9) 杉浦: 応用物理 19 1 7 (昭 25)
- (10) (3) に同じ S. 180
- (11) 河原: ダストコントロール懇談会資料 No. 5 (昭 27-10)



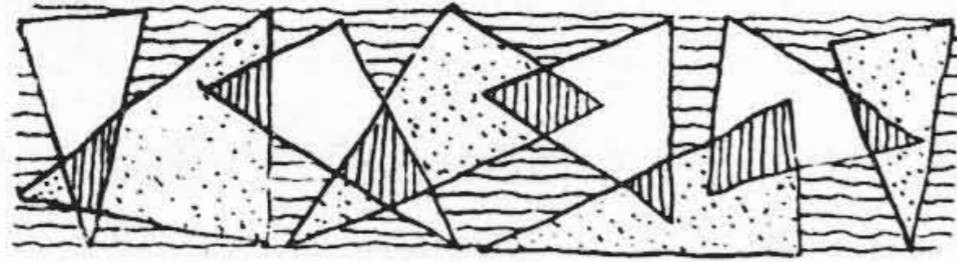
特 許 と 新 案



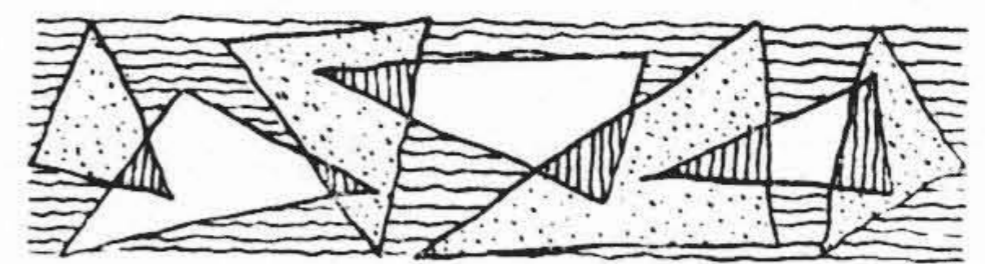
最近登録された日立製作所の特許および実用新案 (その 1)

区 別	登録番号	名 称	工場別	氏 名	登録年月日
特 許	207988	中空管内面静电塗装装置	日立工場	{ 橋本清隆 中村純之助 越前谷定義	29. 9. 17
"	208008	回転駆動安全装置	日立工場	{ 泉千吉郎 豊田隆太郎 伊藤政一	"
"	208010	磁気増幅器補正装置	日立工場	今尾 隆	"
"	208014	不銹鋼鑄造材のガス切断方法	日立工場	北見喜次	"
"	208018	変圧器の静电遮蔽装置	日立工場	栗田健太郎	"
"	208019	機関着火装置	日立工場	田中貞之助	"
"	208020	機関着火装置	日立工場	田中貞之助	"
特 許	208031	電気接触部	日立工場	安藤卓郎	29. 9. 17

(第 12 頁へ続く)



特許と新案



最近登録された日立製作所の特許および実用新案

(その2)

(第11頁より続く)

区別	登録番号	名称	工場別	氏名	登録年月日
特許	208032	碍子型遮断器	日立工場	安藤卓郎	29. 9. 17
"	207989	巻上機の自動運転用把手装置	亀有工場	渋谷英寅	"
"	207990	巻上機の運転把手装置	亀有工場	渋谷英寅	"
"	207991	巻上機の速度制御装置	亀有工場	渋谷英寅	"
"	208013	固体粒子のポンプによる遠距離輸送装置	亀有工場	寺田進	"
"	208026	3回り(みめぐり)多段ポンプ	亀有工場	寺田進	"
"	208030	巻上機の自動精密停止装置	亀有工場	{ 渋谷英寅 若森俊郎	"
"	208015	紡糸電動機	多賀工場	{ 大岡宏郎 吉田金太郎	"
"	208021	機関着火装置	多賀工場	宮崎達三郎	"
"	208023	機関着火装置	多賀工場	{ 宮崎達三郎 飯島登	"
"	208024	機関着火装置	多賀工場	{ 大屋三郎 宮崎達三郎	"
"	208025	検鏡試料切削装置	多賀工場	{ 黒羽逸平 桜井恒文	"
"	208029	放電灯の起動補助装置	亀戸工場	鬼頭国忠	"
"	208033	蛍光灯の点灯補助装置	亀戸工場	鬼頭国忠	"
"	208034	蛍光灯の点灯補助装置	亀戸工場	鬼頭国忠	"
"	208009	周波数強制転換装置	戸塚工場	{ 植田瑞穂 中谷信夫	"
"	208012	多数加入式無線電話および搬送電話における選択呼出電話方式	戸塚工場	東長年	"
"	208011	中空同軸ケーブル製造法	日立電線工場	{ 水田徳五郎 須田武揚	"
"	208016	鑄造機械化設備	桑名工場	{ 宇津本巖功 森本	"
"	208017	鑄型輸送装置	桑名工場	{ 宇津本巖功 森本	"
"	208007	電気機器のワニス絶縁処理方法	中央研究所	{ 河合麟次郎 近直司	"
"	208022	熱的負性抵抗体	中央研究所	二木久夫	"
"	208027	蛍光放電管ならびに類似装置の寿命判定法	中央研究所	{ 中村純之助 嶋原文七 高橋正弘	"
特許	208028	蛍光放電管ならびに類似装置の老衰度測定方法	中央研究所 本社	{ 日野西義輝 中村純之助 嶋原文七	29. 9. 17

(第30頁へ続く)