

## セメント用コットレルの運転成果

田中健太郎\* 和地 潔\*\*

The Performance of the New Electric Precipitators  
for Cement KilnsBy Kentarō Tanaka and Kiyoshi Wachi  
Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

## Abstract

Following the recent increasing activity of the cement industry, new installations of cement kilns are being planned and built in growing number and scale, which necessarily expedites the development of electric precipitation equipment. In these days, higher requirements on its performance make it necessary to improve the electrode plates in some way or other. In an effort to comply with this demand, Hitachi, Ltd. has superseded mortar electrode plates, which have hitherto been in use, by all-metal net dust collecting plates which are originally developed for the precipitator for high temperature gas industry. Hitachi's precipitator with this new electrode plates have succeeded in actual service to give excellent performance rather beyond the designer's expectation thus contributing much to the industry with its complete capacity in double purpose of the prevention of injury from smoke and the recovery of material. One record shows that a new precipitator collected 33 ton of cement dust a day showing 97% of dust collecting rate in handling 16% larger volume of gas than specified.

## 〔I〕 緒 言

コットレルに関しては日立製作所は 30 数年前より研究に製作に不断の努力を続けており、セメント用コットレルもすでに数十基納入し、セメント工業界に確固たる足跡を印して来た。同時にその性能改善に関しても相継いで各種の発明考案を実施して来たが、戦争中及び戦後はセメント用コットレルは殆ど製作されない状態であった。最近に至りセメント工業界の活況によるセメントキルンの増設と共にコットレルも続々計画されているが、その性能は従来よりも一段高級なものが要求されるようになった。

従つて従前の如き收塵電極板をモルタル板で構成した設計では永続的な高能率発揮に難点があるので、今回高温ガス用コットレルの如き金網製收塵電極板をセメントコットレルに始めて採用して見た結果、予想通りの高能率を発揮することが出来たので、その大要を紹介する。

\* \*\* 日立製作所日立工場

## 〔II〕 計 画 の 概 要

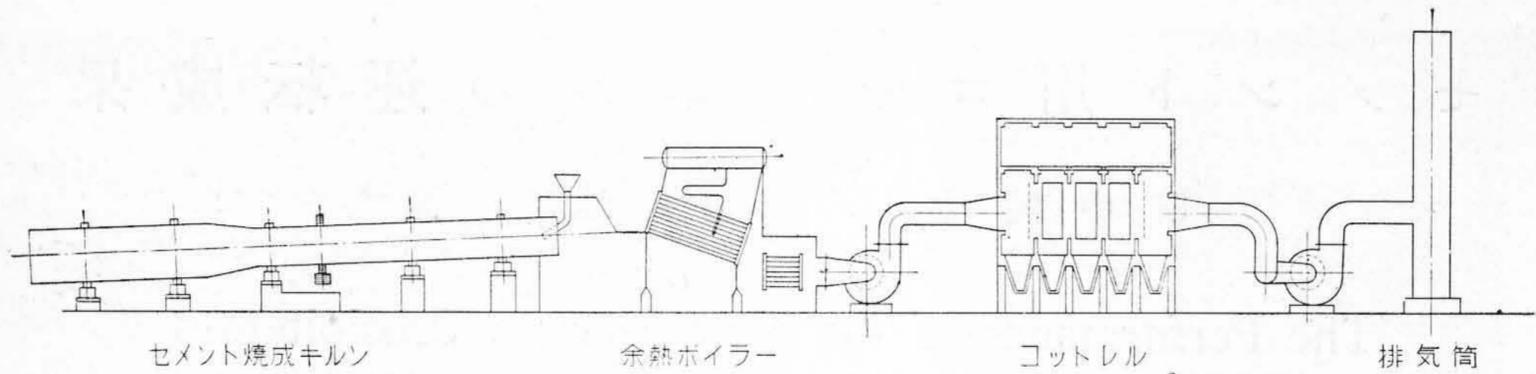
本装置は磐城セメント株式会社四倉工場に設置されたもので、同工場には既に大正 14 年納入の日立製コットレル第 1 号機が運転中であるが、昭和 26 年の増設に当り再び日立製コットレルが採用され、昭和 27 年 4 月完成納入したものである。

日立製コットレルはセメント焼成キルン (Rotary Kiln) から余熱ボイラーを通過したガスの中に含まれるセメントダストを收塵して原料として回収すると共に煙害を防止することを目的とするもので、その仕様は次の通りである。

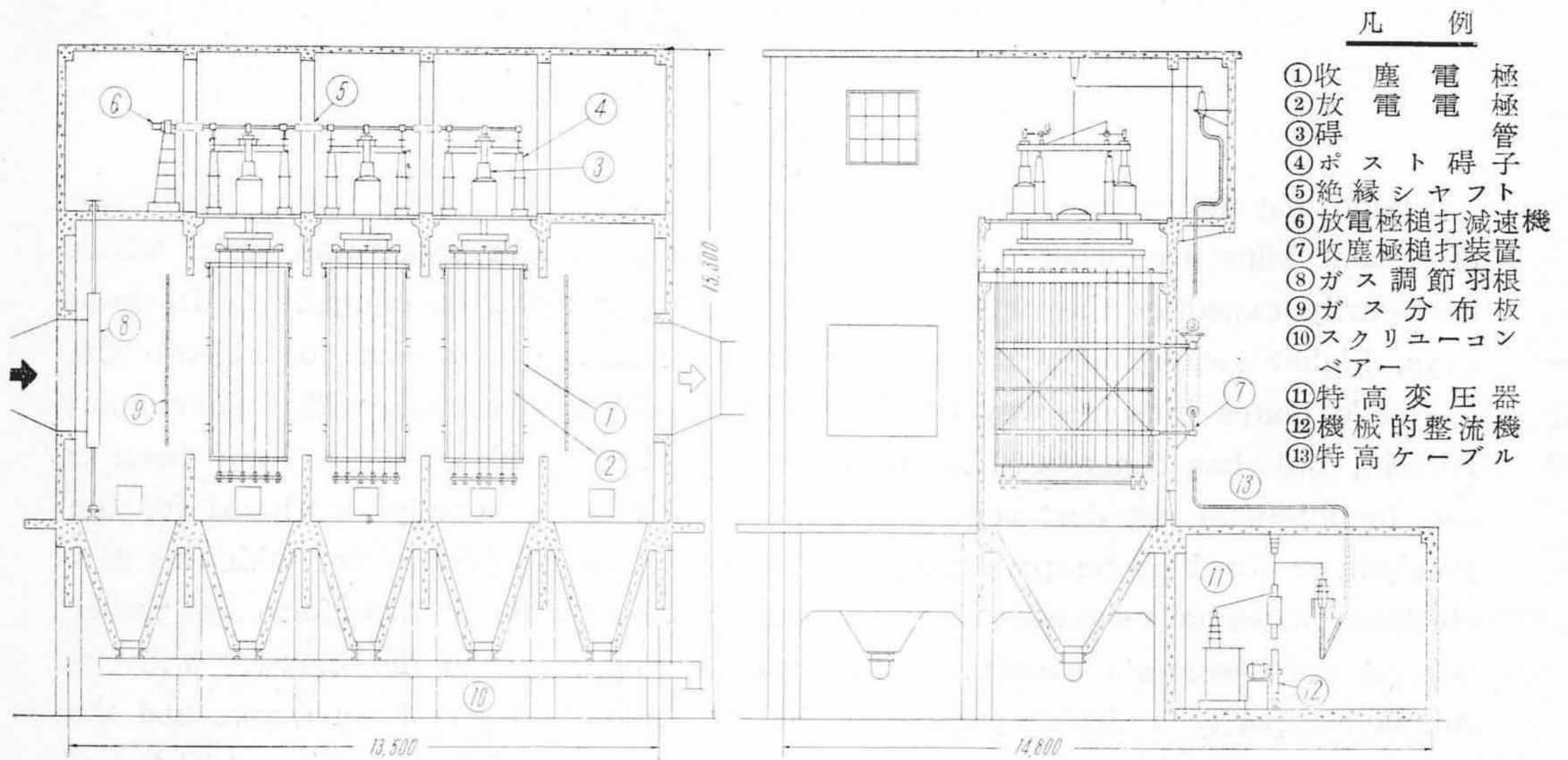
ガ ス 量..... 180,000 m<sup>3</sup>/hr (200°C)  
型 式..... CO-HN 23  
(コンクリート屋外型水平ガス流金網  
電極 2 室 3 段)

計画收塵率..... 95%以上

第 1 図は本装置の全体配置図、第 2 図は断面図、第 3



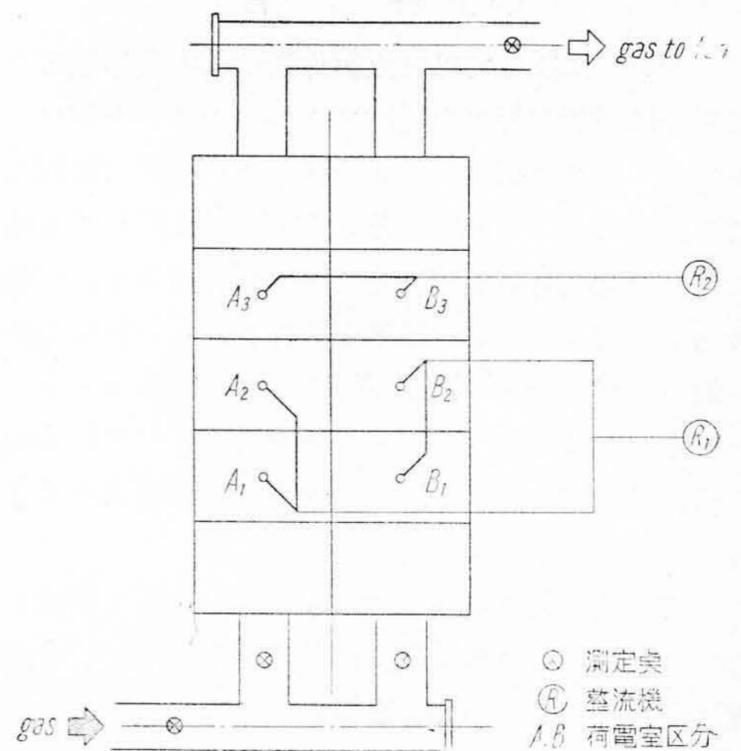
第1図 コットレル配置図  
Fig. 1. General Arrangement of Electric Precipitator



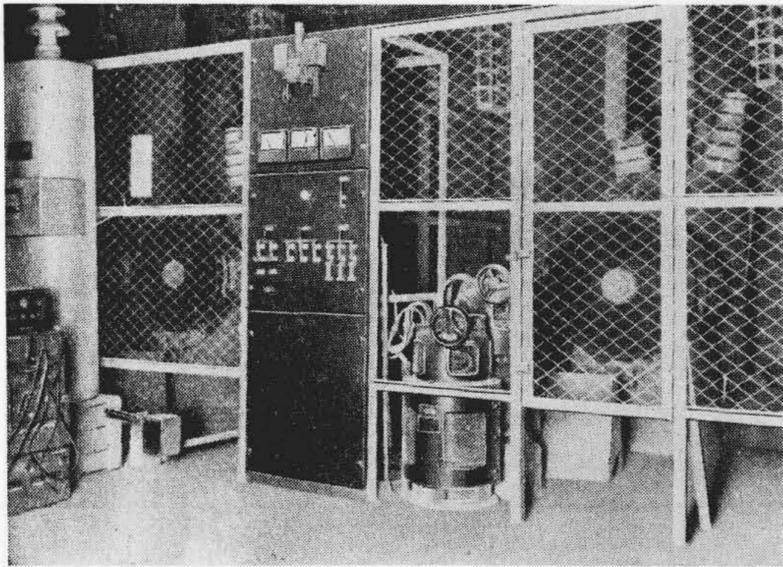
第2図 コットレル断面図  
Fig. 2. Sectional View of Electric Precipitator

図は説明図であり、コットレルは図に示す如く余热ボイラーの後方の煙道と排気筒との間に設置し、煙道を2列に分岐して2室の鉄筋コンクリート製收塵室を作り、この2室にそれぞれガスが平均に流入するよう、ガス流調節翼とガス分布板を取付けてあり、捕集したダストはコンクリート製ホッパー内に收容し、下部のホッパーバルブを開いてスクリーコンベヤーで取出すようになっている。第4図は收塵室の隣りに設置した電気室で2組の整流装置が収納されている。第5図はコットレル上部の槌打機構を示す。

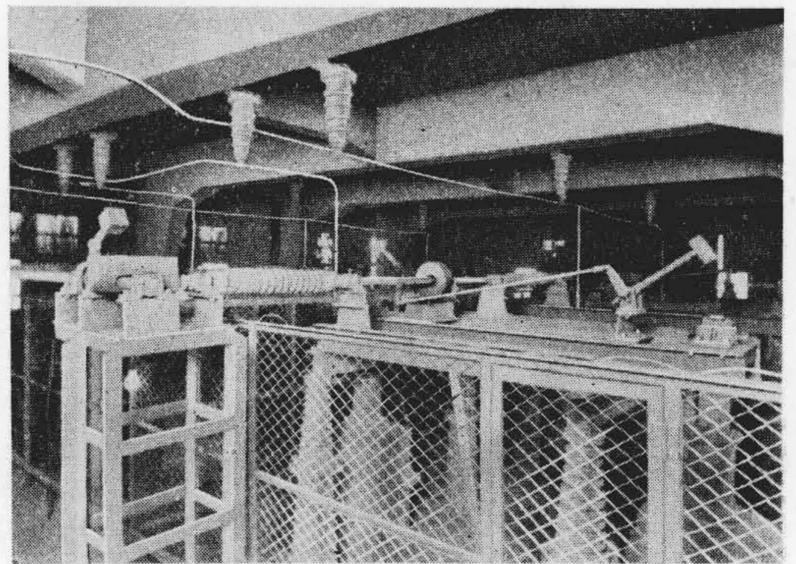
尙本コットレルの計画ガス量 180,000 m<sup>3</sup>/hr はキルン2基分の計画であるが、既設コットレルが約30年間の使用で老朽し、收塵率が低下していたので、これを補足するためその分のガスも一部吸引したので、ガス量は計画に対し約16%の過負荷となつたのであるが、收塵率は平均97%の高い値を維持することができた。第6図は荷電中のコットレルを示すもので、排煙は見分け難い程度であり、第7図の無荷電の場合と比較すればその効果の顕著なことが判る。



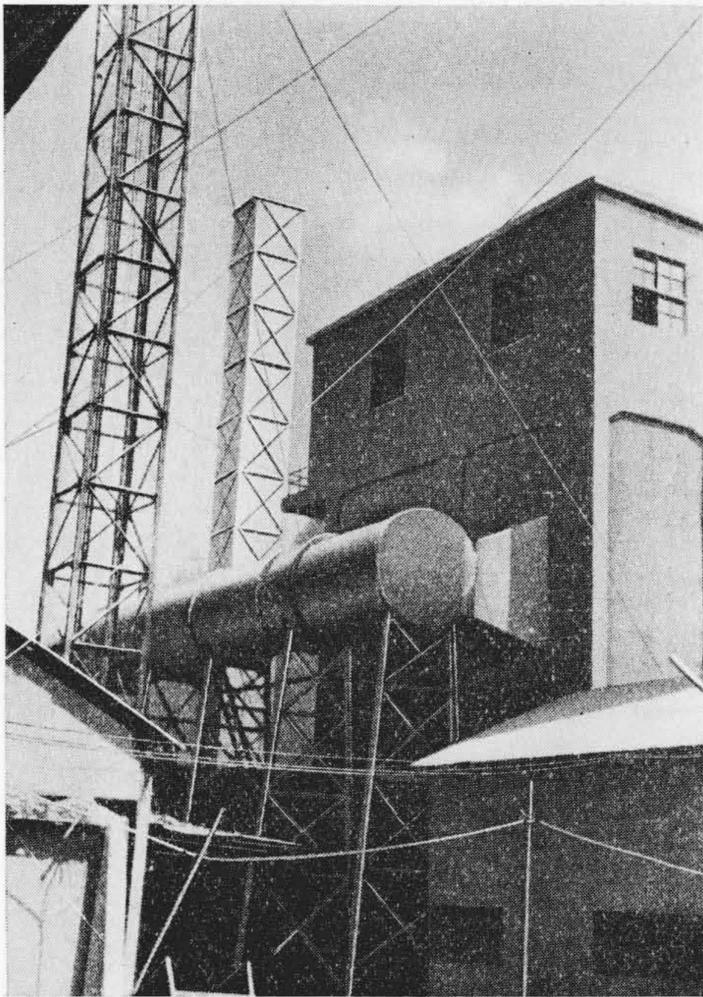
第3図 高圧配線図  
Fig. 3. Flow Diagram



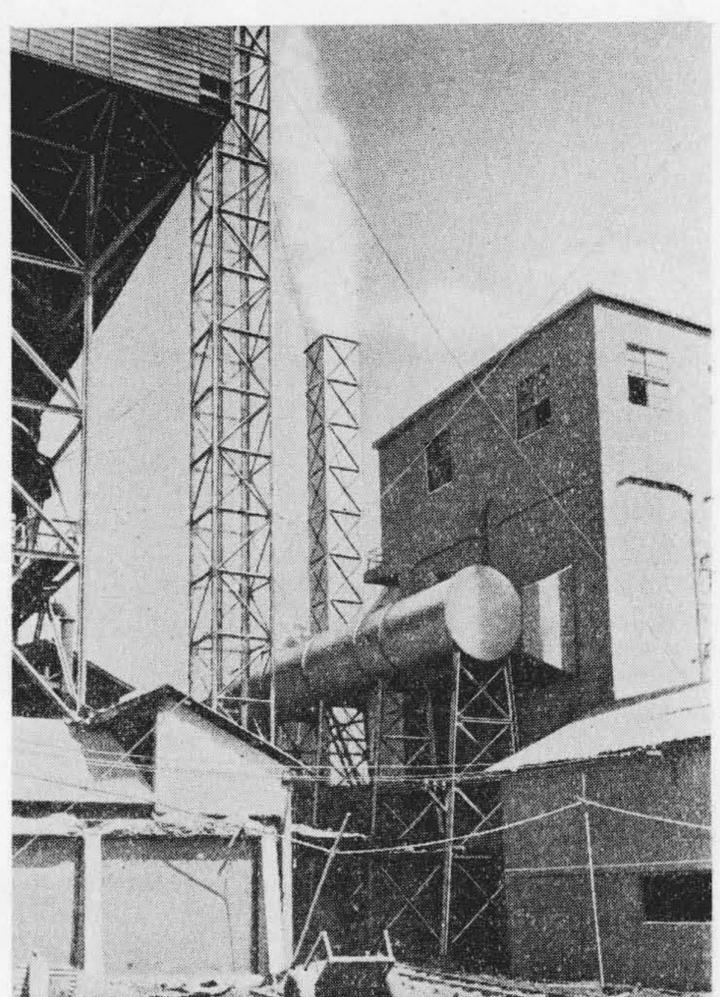
第4図 コットレル電気室  
Fig. 4. Rectifier of Electric Precipitator



第5図 コットレル室上部  
Fig. 5. Header Part of E. P. Room



第6図 コットレル荷電中の状態  
Fig. 6. View of Running Time of Cement E.P.



第7図 コットレル荷電停止中の状態  
Fig. 7. View of Stopping Time of Cement E.P.

〔III〕 能率試験

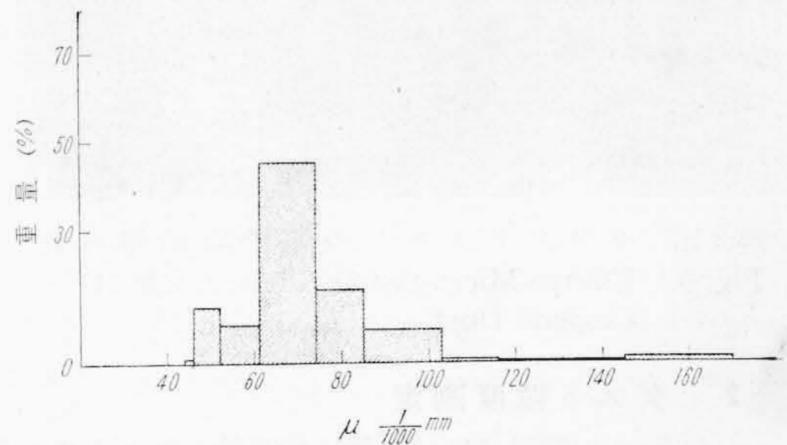
(1) ホツパーダストの分析

捕集されたダストの分析結果は第1表に示す通りで大体半焼原料であるが、特に  $SO_3$  成分の多いことは注目される。

第1表 ダスト分析表

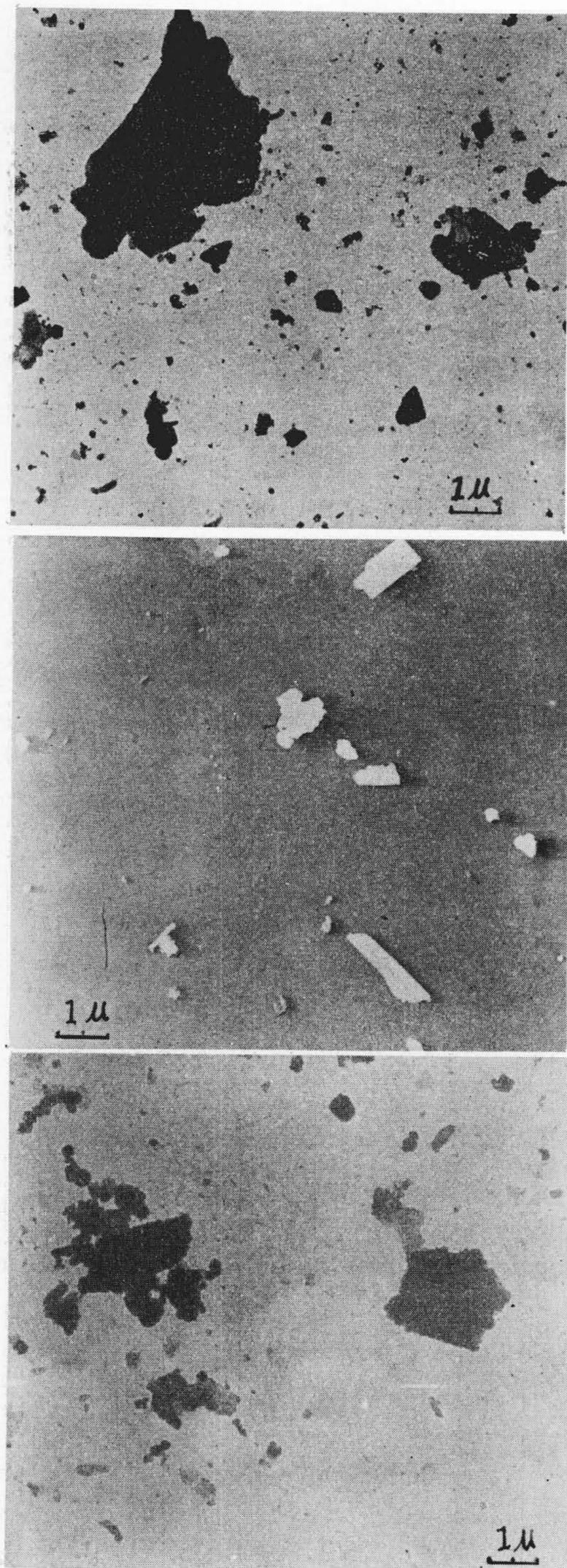
Table 1. Analysis of the Collected Dust

Ig Loss	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	Cao	Mgo	$SO_3$	Total
8.48	19.60	5.95	2.89	47.20	1.17	10.08	95.37



第8図 粒度分布図

Fig. 8. Distribution of Dust Size



第9図 セメントダストの電子顕微鏡写真  
Fig. 9. Electro-Micro-Scopic Photograph of Cement Dust

(2) ダスト粒度測定

コットレルの設計にはガス量、含塵量と共にダストの粒度分布を知ることが必要であるが、今各ホッパーの平均粒度を測定した結果を示すと第8図の通りであり、粒

度分布は 40~110μ に亘るが 60~80μ のものが最も多い。尙参考までに第一セクションに於ける捕集ダストの状態を電子顕微鏡で撮影したものを第9図に示す。

(3) キルンの焼出量

キルンの焼出量とコットレルのガス量とは不可分の関係にあるので試験続行中は極力原料投入量を一定に保つようにした。参考までに第2表に焼出量を示す。

第2表 クリンカー焼出量

Table 2. Clinker Production During the Test

キルン	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	平均	石炭
1号	8.24	8.76	7.51	8.24	8.04	7.78	8.50	8.16	
2号	7.84	7.64	8.63	7.58	7.51	7.05	8.31	7.79	349kg/t
3号	7.51	8.04	7.38	8.24	8.24	7.91	7.45	7.82	

(4) ガス流量の測定

ガス流量の測定は日本機械学会標準に準拠して施行した。但し入口側と出口側は別々に測定しこれを総合して平均値を求め漏洩空気率を決定したが、その値は約3%で大体良好である。試験中のガス流量の算定に必要なガス密度は第3表のガス成分から算定した値を使用した。尙ガス流量算定には次式を使用した。

$$V = \left[ 2gh \frac{\delta m}{\delta o} \cdot \frac{273 + Tg}{273} \cdot \frac{760}{Pa - P} \right]^{1/2} \times \frac{Vm}{Vi}$$

上記の式により平均流速 (m/sec) が得られ、従つて流量  $Q = VA \times 3,600 \text{ m}^3/\text{hr}$  となる。

但し  $\delta m$  = マノメータ液比重

$\delta o$  = ガス密度 (gr/cc)

$Tg$  = ガス温度 (°C)

$Pa$  = 大気圧 (mmHg)

$P$  = 煙道ガス静圧 (mmHg)

$h$  = マノメータ動圧指示 (mmWG)

$Vm$  = 平均流速 (m/sec)

$Vi$  = 測定点の動圧 (m/sec)

$A$  = 煙道の有効断面積 (m<sup>2</sup>)

第3表 ガス組成及びガス密度表  
(出口煙道に於ける平均値)

Table 3. Composition and Density of Flue Gas

日付	9/16	9/19	9/21
CO <sub>2</sub> (%)	15.0	15.2	14.3
O <sub>2</sub> (%)	10.1	10.4	10.1
CO (%)	0	0	0
N <sub>2</sub> (%)	74.9	74.4	75.6
Pa 大気圧 (mm/Hg)	760	760	760
Tg ガス温度 (°C)	197.5	219.0	198.0
$\delta o$ ガス密度 (gr/cc)	$1.3798 \times 10^{-3}$	—	$1.3446 \times 10^{-3}$

第4表 收塵率試験記録

Table 4. Test Data of the Efficiency Tests

測定 No.	単	10	11	12	13	14	15	16	17	
測定場所	位	入(左)	出口	入(左)	出口	入(右)	出口	入(右)	出口	
ガス温度	C°	218	—	222	—	221	—	223	—	
含塵密度	gr/m <sup>3</sup>	17.63	0.1535	11.30	0.0047	10.53	0.279	11.73	0.363	
收塵率	%	—	98.75	—	99.8	—	97.7	—	96.9	
条件	R <sub>1</sub> 整流機 250 V, 26 A, 68 mA, 43.5 kV R <sub>2</sub> 整流機 250 V, 20.5 A, 47.5 mA ガス量 210,000 m <sup>3</sup> /hr, 通風 3 mm 水柱, 大気圧 760 mmHg									

(5) 含塵量の測定

コットレルのガス入口と出口から同時にガスを吸引し、ガス中の微塵をダストチューブ内に捕集し、清浄ガスはガスメータを通つて排気し、ガスメータの読みと捕集された微塵の秤量値とから含塵密度を次式により算定した。その結果の一例を示したのが第4表である。

$$W_o = \frac{W \times 10^3}{q \frac{273 + T_m}{273} \frac{P_a + P_m}{760}} \text{ (gr/Nm}^3\text{)}$$

$W_o$  = NTP に換算されたガス 1 m<sup>3</sup> 中の含塵量 (gr)

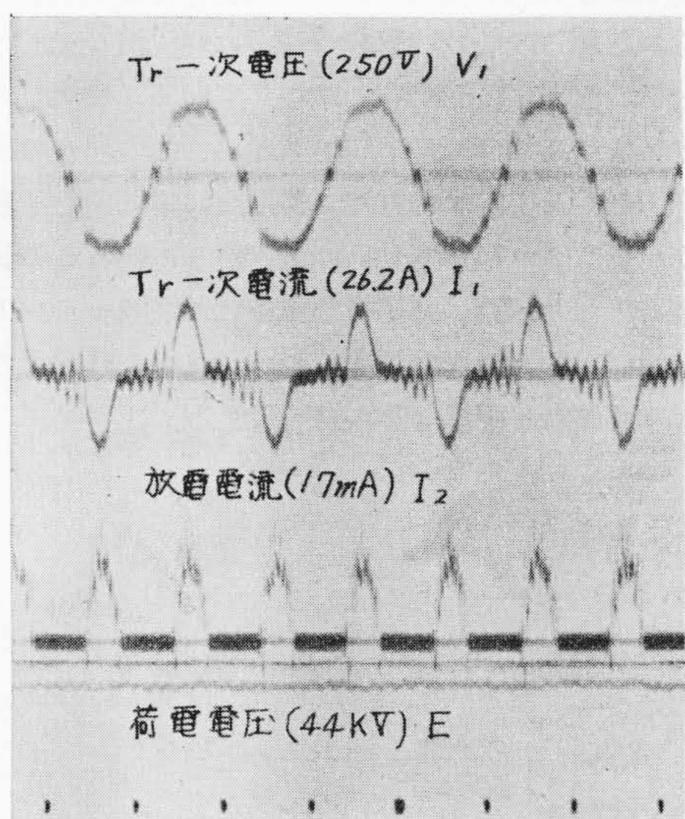
$q$  = ガスメータで読んだ排気量 (l)

$T_m$  = ガスメータで読んだ排気温度 (°C)

$P_a$  = 大気圧 (mmHg)

$P_m$  = ガスメータで読んだ排気圧 (mmHg)

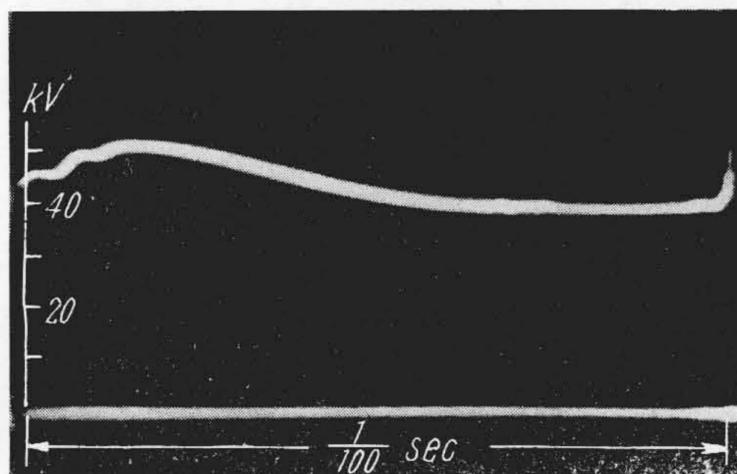
$W$  = ダスト重量 (gr)



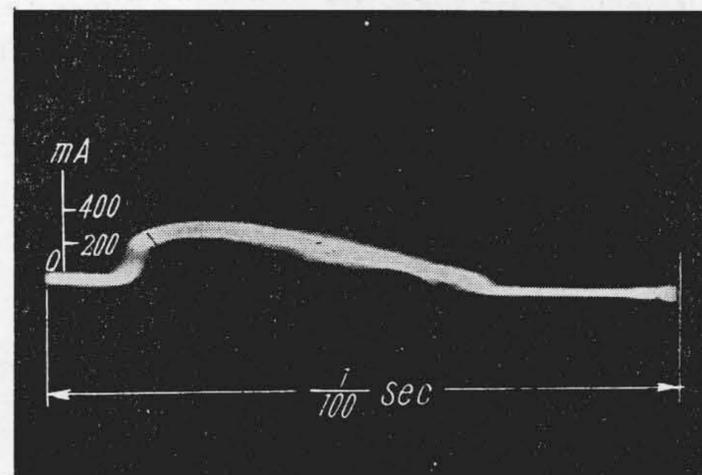
第10図 荷電状態の電磁オシログラム  
Fig. 10. Oscillograms of Voltage and Current at Charged State

(6) 電気試験

電気特性試験には電磁オシログラム、ブラウン管オシログラム、50 kV 静電圧計、コロナ電圧計等を使用して各種特性を測定した。第10図は電磁オシログラム第11図はブラウン管オシログラムの一例を示す。第11図①は整流電圧波形で最大 50,000 V を示している。②は整流電流波形で最大 336 mA を示しており、いずれも整流状態に異状ないことが判定される。第12図①は高周波電流計の指示と直流 mA 計の読みとの関係を示したもので、低電圧の場合は mA 計指示値に比して高周波電流計の指示が特に大きいことが判る。

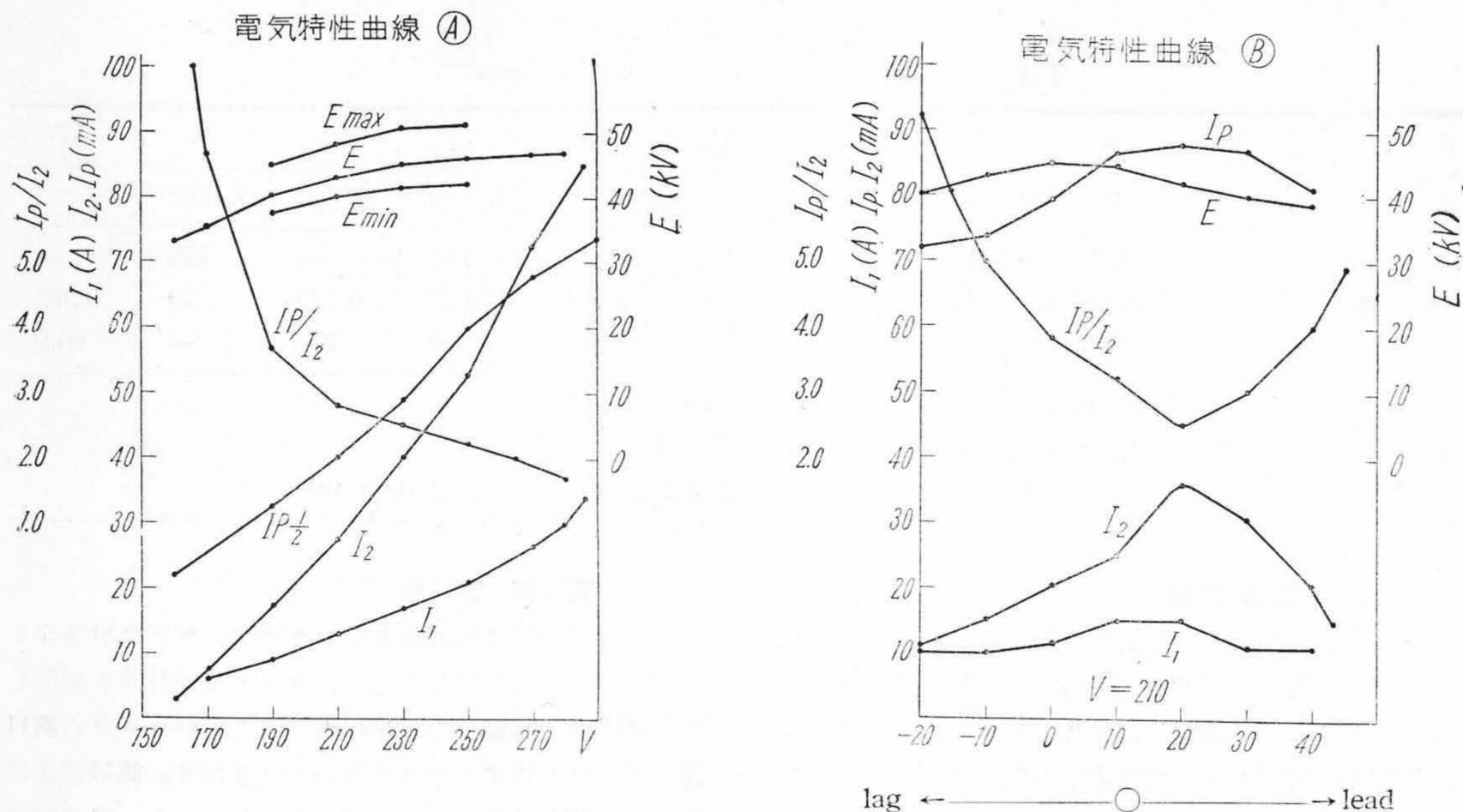


① 整流電圧波形



② 整流電流波形

第11図 荷電状態のブラウン管オシログラム  
Fig. 11. Brown Tube Oscillograms of Voltage and Current at Charged State



第 12 図 電 気 特 性 曲 線

- Ⓐ 一次電圧を変化した場合
- Ⓑ 位相角を変化した場合

Fig. 12. Characteristic Curve

- Ⓐ Primary Voltage Changed
- Ⓑ Phase Angle Changed

図中  $I_1$  = 変圧器一次電流 (A)  
 $I_2$  = 放電々流 (mA)  
 $IP^{1/2}$  = 高周波電流の半分量 (mA)  
 $E$  = 実効電圧平均値 (kV)  
 $IP/I_2$  = 放電々流に対する高周波電流の比  
 Ⓑ 図は移相角度のずれに依る変化を示す。

〔IV〕 結 言

以上の諸試験の結果を総合するとセメントダスト捕集用コットレルの收塵電極板として金網製收塵板を使用することは理論的にも実験的にも何等の不都合がなく、過

負荷時のガス温度の異常な上昇を考慮すると従前のモルタル板製收塵電極を使用するものよりも、かえつて安定かつ良好な收塵特性をもつことが知られる。即ちこの收塵器は 116% の過負荷試験に於ても良好な荷電状態が安定に保持されるので、收塵率 97% の好成績を示しており、一日の收塵量は約 33 t に達している。今後さらに 10% ガス量が増加される予定であるが、この場合の收塵率は約 96% と推定されるので実用上煙害問題を招致するような懸念はないと考えられる。終りに臨みこの試験の実施にあたり御懇切な御援助を戴いた磐城セメント四倉工場並びに日立製作所日立工場コットレル研究室の方々の御厚意に対し深甚なる謝意を表す。

