

セメントキルンコットレルの異常現象について

友 安 秀 夫
島 崎 巖

Abnormal Phenomenon of Cottrell's Dust Collector in the Cement Kiln

Hideo Tomoyasu
Iwao Shimazaki

1. The Aim of the Experiments In the operation of the Cottrell's dust collector in the wet method long kiln by the automatic constant current system, the phenomenon of back discharge occurs three times a year reducing to a marked degree the efficiency of the dust collector. Researches were made in the physical and chemical properties of dust, therefore, in search of the causes for such a phenomenon.

2. Results of the Experiments The following are the summary of the results of the experiments which are also shown in the accompanying tables and figures.

- a. Dust containing larger amount of SiO_2 and CaO has a higher electric resistance in proportion.
- b. The dust of clay, soft silicious stone and limestone have a higher electric resistance.
- c. An addition of CaO to dust up to 0-20% causes lowering of electric resistance of the dust, but the addition of more than 20% produces a reverse effect, i. e. increases the electric resistance.
- d. An addition of sulphuric acid to dust causes an increase in the electric resistance of the dust.
- e. Dust with a higher electric resistance has a larger amount of hygroscopic water and liable to cause back discharges.
- f. Dust when dried has electric resistance 10 times of that of undried dust.
- g. Dust with a higher electric resistance has a larger amount of hygroscopic water, fairly large amount of loss and also much SO_3 .

3. Conclusions From the above results, it is clear that the dust producing the back discharge is caused by the sulphur content in the fuel. In the investigation of the fuel in this case showed that sulphur content was less than 3% in every case, but the calorific value of the fuel was found to be low with much ash content.

These findings seems to indicate that there may be some accelerator in low calory coal which changes SO_2 to SO_3 . Further studies of this phase will be undertaken by the authors.

1. ま え が き

湿式ロングキルンのコットレルは処理ガス量に余裕があり、かつ自動定電流方式により運転しているので、電圧と電流の関係を調査しやすい。そこでこのコットレルに、ほかのガスを混合、または通煙してみたところ、いろいろな異常現象を経験した。

以下にこれらの現象、原因、対策について述べる。

2. コットレルの異常現象について

コットレルの異常現象を分類すると、

- (a) 仕様条件と異なった条件により運転しているため
- (b) 休転中の点検ならびに整備が不十分なため
- (c) ガスならびにダストの性状が変わったための3つに分類できる。

そこでこれらの現象、原因、対策についてまとめると表1のとおりである。

表 1

	異常現象	分類	原因	対策
①	二次電圧の割合にmAが少ない場合。	(a)	キルン入りダスト量の増加。	仕様条件になるようコットレル設備を改造, または増室する。
		(a)	処理ガス量の増加。	
		(a)	含じん量の多いガスの混合。	
		(b)	つち打ち装置不良のため, 集じん極または放電極にダストが異常付着したとき。	各区ごとに手動つち打ちを行ない, かつ, つち打ち装置を点検修理する。
②	二次電圧の割合にmAが異常増加した場合。	(b)	特高絶縁がいし(碍子)の絶縁不良。	がいし部分の清掃ならびに乾燥を十分行なう。
		(c)	ダストの電気抵抗の増加。	ダストの性状を調査する。
		(c)	コットレル室内のガス露点の上昇。	燃料について調査する。
③	mAが減少し, 低電圧でもスパークする。	(a)	含じん量がとくに多い場合。	ダストの粒子組成を調査し, あるいは粒子のみ前処理する。
④	連続的なスパーク放電が起こり不安定で, 多少電圧を下げると異常がとまる。	(b)	ホッパー内, 集じん室側壁, がいし類, 放電極, 重錘用グリットなどにダストが異常滞積したとき。	各室ごとに荷電して事故個所を確認してこれを取り除く。
		(b)	がいし類が破損しているとき。	
		(b)	電極の一部に異物が引掛っているとき。	
⑤	電圧を上昇するとある値まではmAが流れないが, ある値に達すると突然mAが流れ出す。	(b)	電気抵抗の高い物質で, 放電極が被覆されたとき。	低電圧で運転すると, このような現象になるから, 低電圧運転をしないこと。
		(c)	燃料中のイオウ分の影響により放電極ならびに集じん極表面に硫酸化合物などの絶縁性被膜を形成したとき。	燃料の選定に十分注意する。
		(b)	休転中の保守不良によって放電極ならびに集じん極表面に絶縁性被膜を形成したとき。	アンチスラグペイントを塗装して腐食ならびに被膜の形成を防止する。
⑥	空気負荷試験では異常が認められなかったが, 通煙して荷電すると, 周期的あるいは非周期的にせん(閃)絡が起こり, 電圧がかけられない。	(b)	放電線のわい(歪)曲。	放電線の取り替え。
		(b)	重錘がグリット上でダストのため固着し, 重錘作用がきかないとき。	重錘を清掃し, アンチスラグペイントを塗装する。
		(b)	放電線の断線, または重錘の定位離脱。	作業終了後, 内部点検を厳重に行なう。
		(b)	ガス偏流がはなはだしいため, 放電線の振動が強制されるとき。	出入口煙道ダストの異常滞積の除去, ならびにガス整流板の調整。

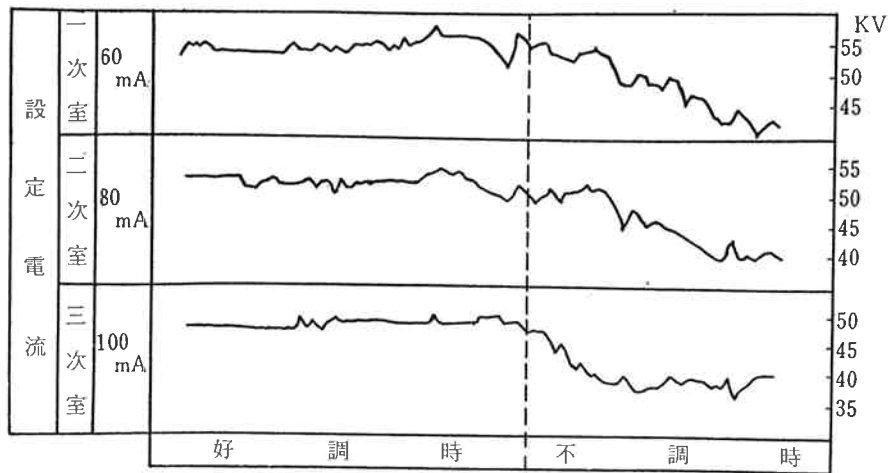


図 1 二次電圧の変化

このうち、(a)、(b)については改造、あるいは点検ならびに整備を十分行なえば防止できる。しかし(c)についてはその原因ならびに対策が見いだしがたいので、ダストの電気抵抗について調査した。

3. ダストの電気抵抗について

一般的に乾式集じん機においては集じんの難易を以下のように判断している。

(1) $10^4\text{cm-}\Omega$ 以下のダストは集じんが困難：－

このようなダストは電気抵抗が非常に小さいため、集じん極に接触するとダスト自身の電荷は急速に消去され、遂に集じん極の極上に帯電されて静電的に反ばつされ、ガス中にふたたび散り、集じん室出口に逸散してしまう。

(2) $10^4\sim 10^{10}\text{cm-}\Omega$ のダストは、集じんしやすい：－

このようなダストは集じん極に接触すると、ダスト自身の電荷は急速に失なわれることがないので、静電的に吸着され集合体となって落下する。

(3) $10^{10}\text{cm-}\Omega$ 以上のダストはもっとも集じんが困難：－

このような高抵抗のダストは集じん極に接触すると、ダスト自身の電荷はなかなか失なわれないため、集じん極上に滞積し、正コロナ放電を発生し負帯電粒子を中和したり、火花せん(閃)絡を起こしたりするのでコロナ放電がいちじるしく増加し、逆放電現象を起こす。

4. 逆放電現象時の状況

逆放電現象前は表2のように二次電流の割合に二次電圧が上昇し、せん絡現象がひんばんに起こる。

表 2 二次電圧と電気抵抗の関係

	排ガス温度 °C	付着水分 %	電気抵抗		二次電圧			集じん量 kg/h	備考
			未乾燥	乾燥	一次室	二次室	三次室		
			cm-Ω	cm-Ω	kV	kV	kV		
1	181	2.10	25.3×10^8	100.55×10^8	42	41	39	670	各室二次電流は 一次室 60mA 二次室 80mA 三次室 100mA で自動定電流方式により 運転。
2	187	0.72	0.18×10^8	24×10^8	48	43	41	780	
3	185	0.22	0.04×10^8	0.88×10^8	52	52	51	914	
4	185	0.24	0.08×10^8	0.83×10^8	53	51	50	1,090	
5	186	0.23	0.06×10^8	0.58×10^8	54	53	52	1,436	
6	186	0.21	0.08×10^8	0.60×10^8	54	53	52	1,484	
7	183	0.21	0.08×10^8	0.65×10^8	52	50	50	1,137	
8	183	0.16	0.07×10^8	0.65×10^8	53	51	51	1,199	
9	184	0.15	0.06×10^8	0.95×10^8	53	51	51	1,246	
10	184	0.13	0.04×10^8	0.53×10^8	53	51	51	1,181	
11	182	0.16	0.06×10^8	0.70×10^8	53	51	51	1,192	
12	180	0.10	0.04×10^8	0.73×10^8	52	51	51	1,027	

セメントキルンコットレルの異常現象について

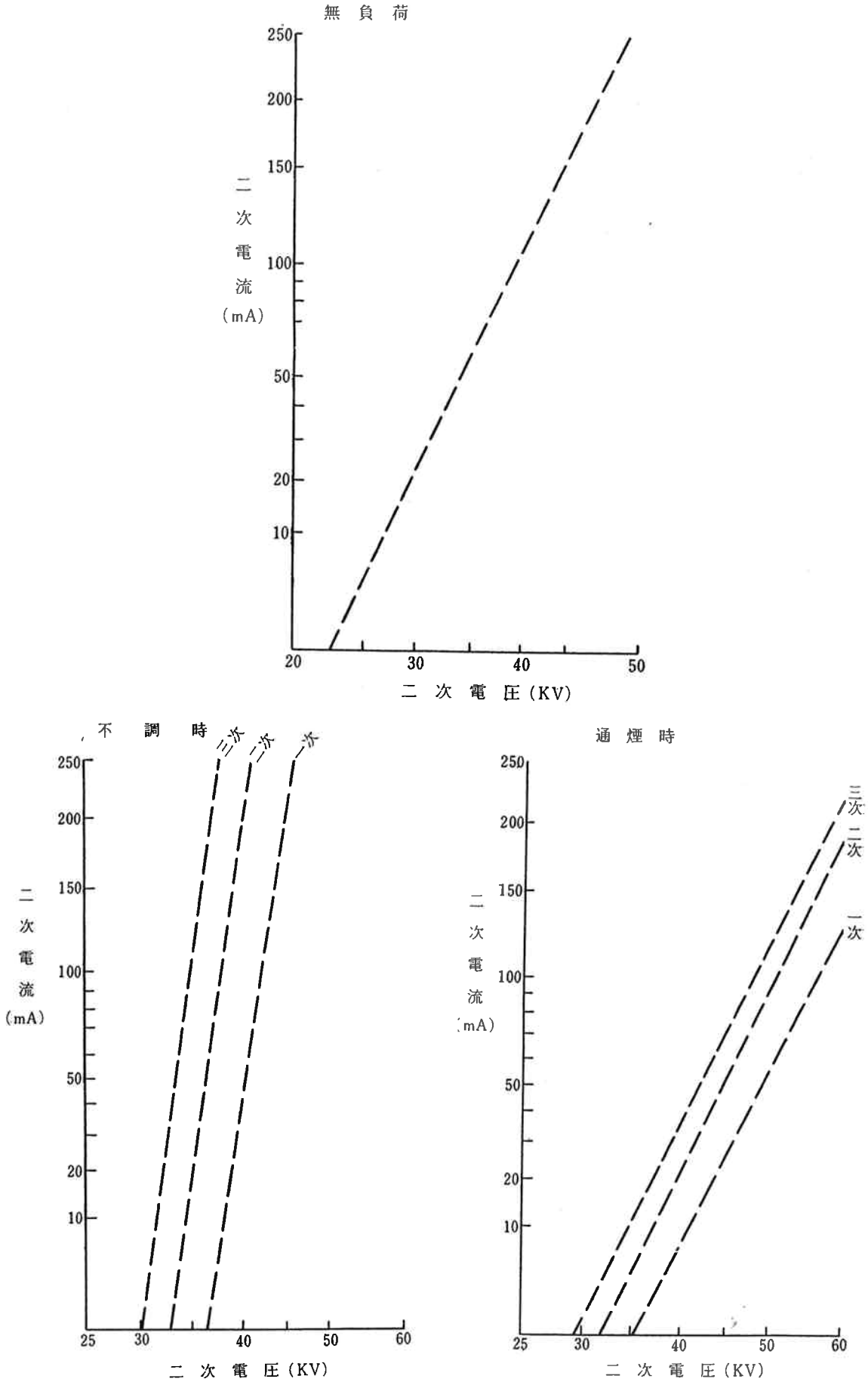


図 2 二次電圧と二次電流の関係

セメントキルンコットレルの異常現象について

表 3 ダスト化学成分と電気抵抗

	Loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	付着水分	cm-Ω
不調時	28.16	11.90	4.35	1.87	42.72	1.14	5.84	2.10	100.55×10 ⁸
	27.95	12.71	4.60	1.99	43.12	1.15	4.78	0.72	24×10 ⁸
	26.64	14.00	4.65	1.67	44.86	1.12	4.21	0.35	13.4×10 ⁸
好付着調ダスト時	26.65	14.14	4.43	1.99	42.19	1.06	3.95	0.21	0.60×10 ⁸
	26.28	14.81	4.66	1.88	42.74	1.01	3.19	0.13	0.53×10 ⁸
	26.45	14.56	4.08	2.51	46.65	1.04	1.80	0.16	0.70×10 ⁸
不付着調ダスト時	26.61	13.42	5.42	5.90	36.79	1.04	10.93		
	26.74	12.78	5.39	4.33	36.52	1.01	13.54		
	28.26	12.74	5.50	4.82	34.61	1.00	12.75		

逆放電現象を起こすと、

(1) 二次電圧と二次電流の関係は図1 図2のようになり、表2のように集じん量は減少し、煙突からの飛散ダストは多くなる。

(2) 荷電を停止すると、輸送機で排出できないほど、集じん板に付着していたダストが落下する。

(3) このときのダストを分析すると、表3のように付着水分が非常に多く電気抵抗が高い。

5. 電気抵抗と関係ある因子について

(1) ダスト成分割りの電気抵抗について

電気抵抗はダスト成分の割合によって変化すると考えられるので、和光純薬を使用してダスト成分別の電気抵抗を測定した。その結果は図3 のとおりで、SiO₂, CaO がとくに高く、CaCO₃, Fe₂O₃, Na₂SO₄, Al₂O₃ の順に低い。

(2) 原料別ダストの電気抵抗について

原料別ダストの混合割合によって変化すると考えられるので、原料別に試験ミルで粉砕し測定してみると、図4のように無定形のSiO₂を多く含む粘土、軟ケイ石がとくに高く、石灰石、石炭灰、セメント、セッコウの順に低い。

(3) ダストに CaO を添加した場合の電気抵抗について

ダストは CaO を一番多く含むので、CaO の割合によって電気抵抗が変化すると考えられるのでダストにCaO を添加して実測してみると、図5 のように0~20%までは減少傾向を示し20%以上は逆に増加する。

これはダスト中の水分がCaO と化合しCa(OH)₂となるためではないかと思う。

(4) ダストの化学成分と電気抵抗について

電気抵抗の高いダストは、電気抵抗の高いSiO₂, CaOを多く含むのではないかと考え、その化学成分を調査してみた。

表 4 化学成分と電気抵抗の関係

	Loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	cm-Ω	
半湿式	①	17.08	18.64	7.24	2.36	45.26	1.28	1.26×10 ⁸
	②	16.70	16.50	5.91	1.87	49.66	1.20	0.64×10 ⁸
	③	20.92	16.16	4.48	2.36	49.53	1.15	0.70×10 ⁸
	④	21.83	16.96	5.99	1.97	46.46	1.25	7.05×10 ⁸
	⑤	22.04	14.76	4.85	1.87	49.26	1.04	0.90×10 ⁸
	⑥	23.70	15.78	5.71	1.97	45.52	1.18	7.97×10 ⁸
湿式	①	26.28	13.81	4.66	1.88	42.74	1.01	0.53×10 ⁸
	②	26.64	14.00	4.65	1.67	44.86	1.12	13.44×10 ⁸
	③	26.65	14.14	4.43	1.99	42.19	1.06	0.60×10 ⁸
	④	27.95	14.71	4.60	1.99	43.12	1.15	24 ×10 ⁸
	⑤	28.16	11.90	4.35	1.87	42.72	1.14	100.5 ×10 ⁸

その結果は表4のように、あまり関係がないようである。

(5) 粉末度と電気抵抗の関係

以上、実験では電気抵抗を高くするような原因はつかめないで、ダストの比表面積との関係を実測してみた。その結果では比表面積とあまり関係がないようである。しかし文献には、粉末度のあらいものほど電気抵抗が高いと述べられているので、もっとあらいダ

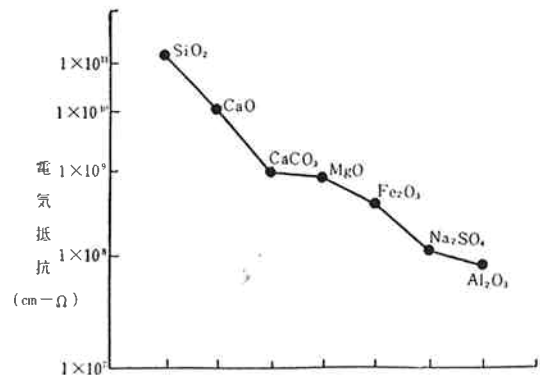


図3 ダスト成分割り電気抵抗

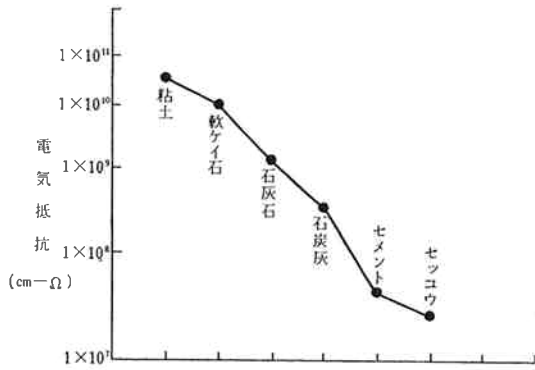


図4 原料別ダストの電気抵抗

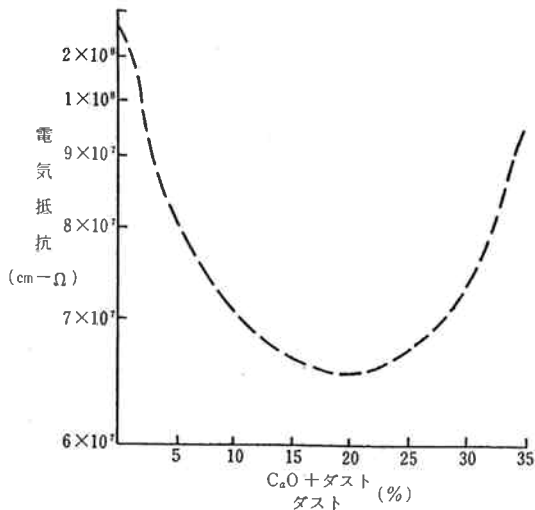


図5 CaO 添加量と電気抵抗

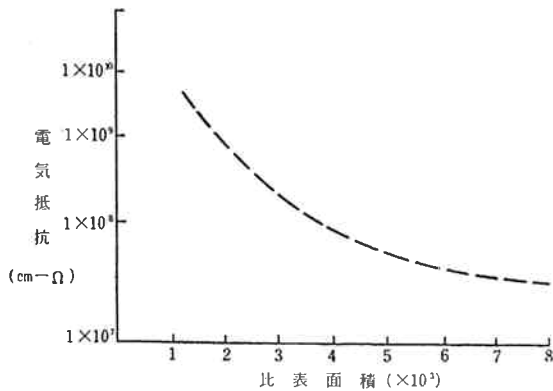


図6 粉末度と電気抵抗

ダストを採取し実測してみると、図6のように、3,000以下になると急激に増加する。このことは非常に細かい粒度のものが混入すると、ダストの空げきが大きくなるためと思う。

(6) ガス温度と電気抵抗の関係

ダスト層の表面は水分を吸着して導電層を形成しているため、10⁸cm-Ω以下の電気抵抗を有しているが、温度が高くなるとこの水分は粒子の表面からだんだん分離し、図7のように見掛け電気抵抗は140°Cで10¹³cm-Ωあるいはそれ以上の高抵抗になる。

温度がさらに増加すると、ダストは半導体となり、300°Cくらいで10⁸cm-Ωと急激に低下する。

(7) ダストの付着水分と電気抵抗の関係

ダストの電気抵抗は付着水分によって変化することが考えられるので、採取したダストを未乾燥と乾燥したものについて測定すると、表5のように乾燥時の方が20倍~30倍くらい高くなる。

(8) 排ガス中のH₂Oとダスト中の付着水分の関係

排ガス中のH₂Oの異なるキルンより採取したダストについて付着水分を測定すると、表6のようにH₂Oの多いキルンの方が付着水分も多く電気抵抗も低い。しかし乾燥すると同じくらいの電気抵抗になる。

したがって、電気抵抗の高いダストの場合は付着水分を測定し、付着水分が少なければ蒸気または水を吹

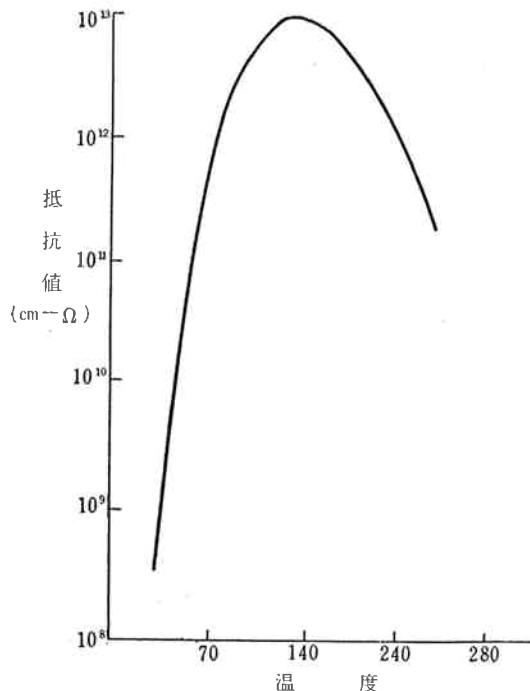


図7 温度と電気抵抗の関係

(窯業協会誌、昭34、9)

表5 ダスト付着水分と電気抵抗

試料番号	1	2	3	4	5	6	平均	
付着水分	0.14	0.10	0.16	0.10	0.15	0.16	0.14	
電気抵抗	未乾燥	0.038 × 10 ⁸	0.045 × 10 ⁸	0.06 × 10 ⁸	0.04 × 10 ⁸	0.06 × 10 ⁸	0.07 × 10 ⁸	0.052 × 10 ⁸
	乾燥	1.30 × 10 ⁸	1.05 × 10 ⁸	1.70 × 10 ⁸	0.95 × 10 ⁸	1.80 × 10 ⁸	1.40 × 10 ⁸	1.37 × 10 ⁸

セメントキルンコットレルの異常現象について

表6 排ガス中の H₂O とダスト付着水分

試料番号		1	2	3	4	5	6	平均	
湿式キルン	付着水分	0.14	0.10	0.16	0.13	0.15	0.16	0.14	H ₂ O
	乾燥 cm-Ω	1.30×10 ⁸	1.05×10 ⁸	1.70×10 ⁸	0.95×10 ⁸	1.80×10 ⁸	1.40×10 ⁸	1.37×10 ⁸	35%
半湿式キルン	付着水分	0	0.02	0.01	0.03	0.09	0.03	0.033	H ₂ O
	乾燥 cm-Ω	0.78×10 ⁸	3.42×10 ⁸	1.26×10 ⁸	0.64×10 ⁸	0.70×10 ⁸	0.90×10 ⁸	1.28×10 ⁸	20%

き込んで、ダストの付着水分を多くして電気抵抗を下げ、集じんしやすくすることが必要である。

(9) 電気抵抗の高いダスト付着水分について

付着水分が少ないほど電気抵抗は高くなると考えられるので、逆放電現象前後のダストを採取し付着水分を測定すると、表5のように非常に多く、しかも SO₃が多い。このことは燃料中に含まれるイオウ分が燃焼によって SO₃ となり、そのうちの一部はさらに硫酸蒸気となってコットレルに入る結果、コットレル室内の露点は高くなり、集じん板の付着ダストは硫酸蒸気を吸収し、絶縁性の高い硫酸化合物を生成するため電気抵抗は増加するものと考えられる。(図8参照)

(10) ダストに硫酸を添加した場合の電気抵抗について

付着水分が多くても電気抵抗の高い理由としては、硫酸化合物の影響によると考えられるので、ダストに硫酸を添加してみると、図9のように0~5%までは添加量を増すにしたがって電気抵抗は増加する。

以上をまとめるとつぎのとおりである。

- (1) ダスト成分割合がとくに大きく変化しない限り、電気抵抗は変わらない。
- (2) ダストの粒子がとくにあらかならない限り、電気抵抗は変わらない。
- (3) ガスの温度は電気抵抗を変える因子である。
- (4) 排ガス中の H₂O はダストの付着水分と関係があり、電気抵抗を変える因子である。
- (5) 付着水分がとくに多いダストは SO₃ も多く、電気抵抗も高いため逆放電現象を起こす。

以上の結果より判断すると、逆放電現象を起こしたときのダストは、燃料中のイオウ分によることが明らかなので、このときの燃料を調査してみると、イオウ分はいずれも3%以下となるが、発熱量はとくに低く(6,500 kcal/kg以下)、灰分が多い。

以上2つのことより、発熱量の低い石炭中には SO₂-SO₃ にするような促進剤が存在するのではないかと思う。

6. む す び

以上、電気集じん機の取り扱い上起こる異常現象について述べたが、セメント工場で使用するいろいろの

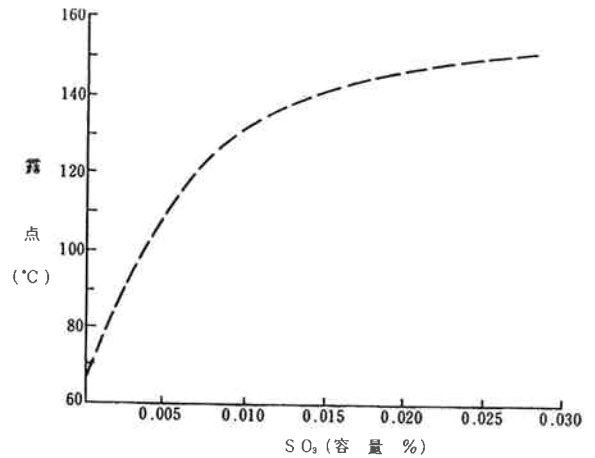


図8 排ガス中の SO₃ と露点 (火力発電, 昭34.11)

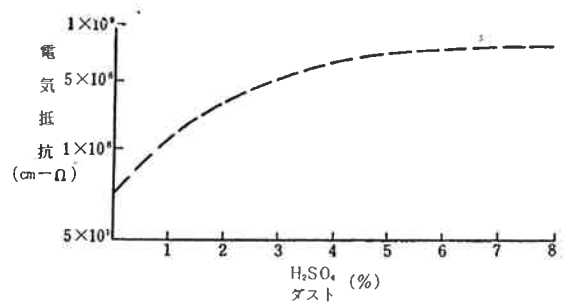


図9 硫酸添加量と電気抵抗

ダスト集じん用コットレルを、より有効に運転される上に役立てば幸いと思う。

文 献

- 1) 日本機械学会誌 第62巻 第481号
- 2) 日立評論 第39巻 第12号
- 3) 日立評論 第40巻 第7号
- 4) 窯業協会誌 (1959)(9)(67)
- 5) 中国熱管理 (1961)(1)
- 6) 火力発電 昭和34.11月号
- 7) 第5回粉体工業研究講習会テキスト (33.11.6) P.87.
- 8) 第6回粉体工学研究講習会テキスト (34.11.6) P.75.