

# 静電気測定技術と注意点

春日電機株式会社 営業技術部

鈴木 輝夫

# 化学工場での静電気の着火事故例



\* 静電気の測定の目的：  
静電気の帯電状態を可視化するためである。

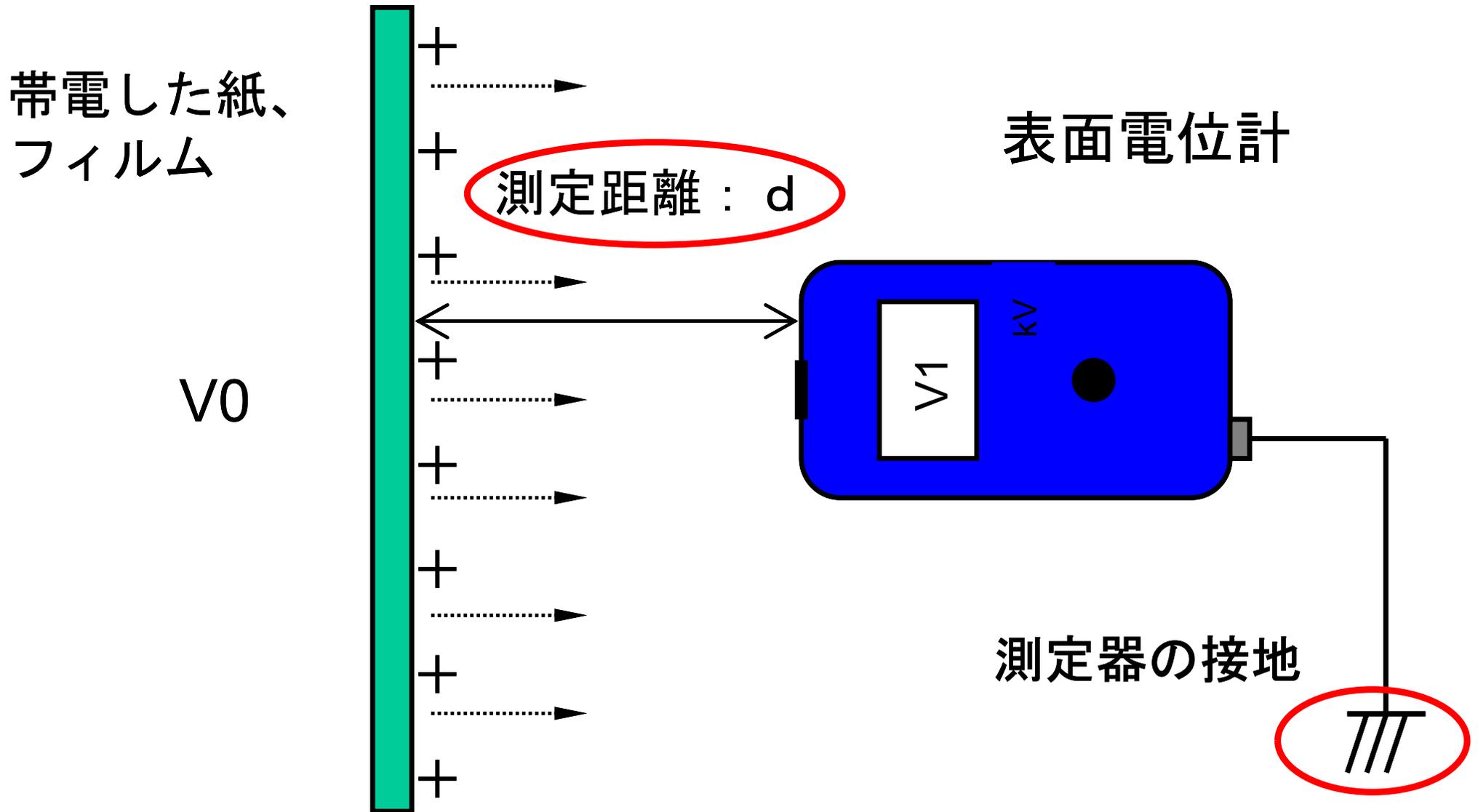
\* 主な測定項目：

- ・ 電位 ○
- ・ 電界
- ・ 電荷量 ○
- ・ 電流
- ・ 抵抗
- ・ (対地間)静電容量 ○

○印のついた測定項目について説明します。

# 1. 電位の測定と注意点

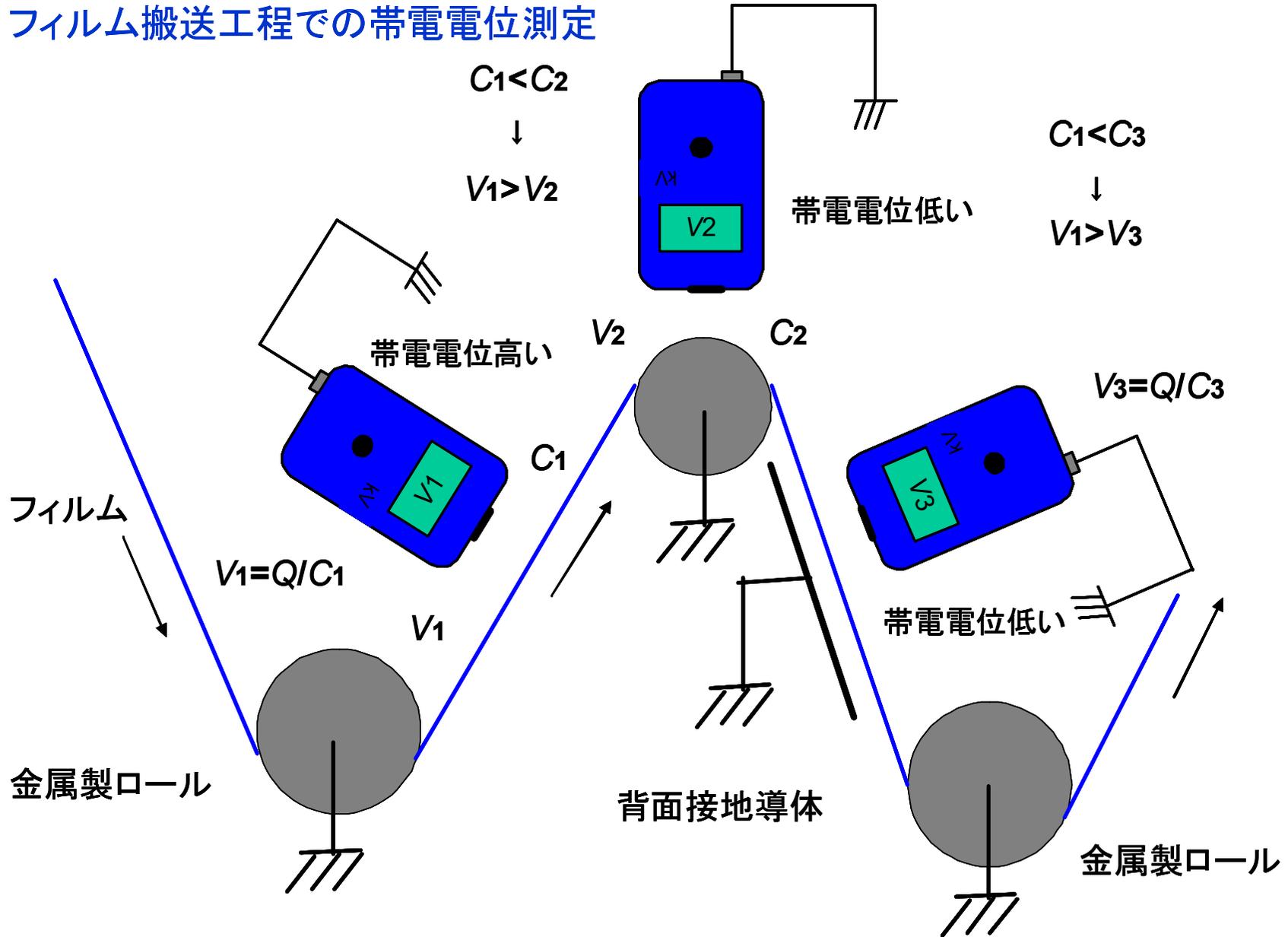
電位測定



表面電位計の帯電電位測定例

# 電位測定

## フィルム搬送工程での帯電電位測定



フィルム搬送行程での帯電電位測定例

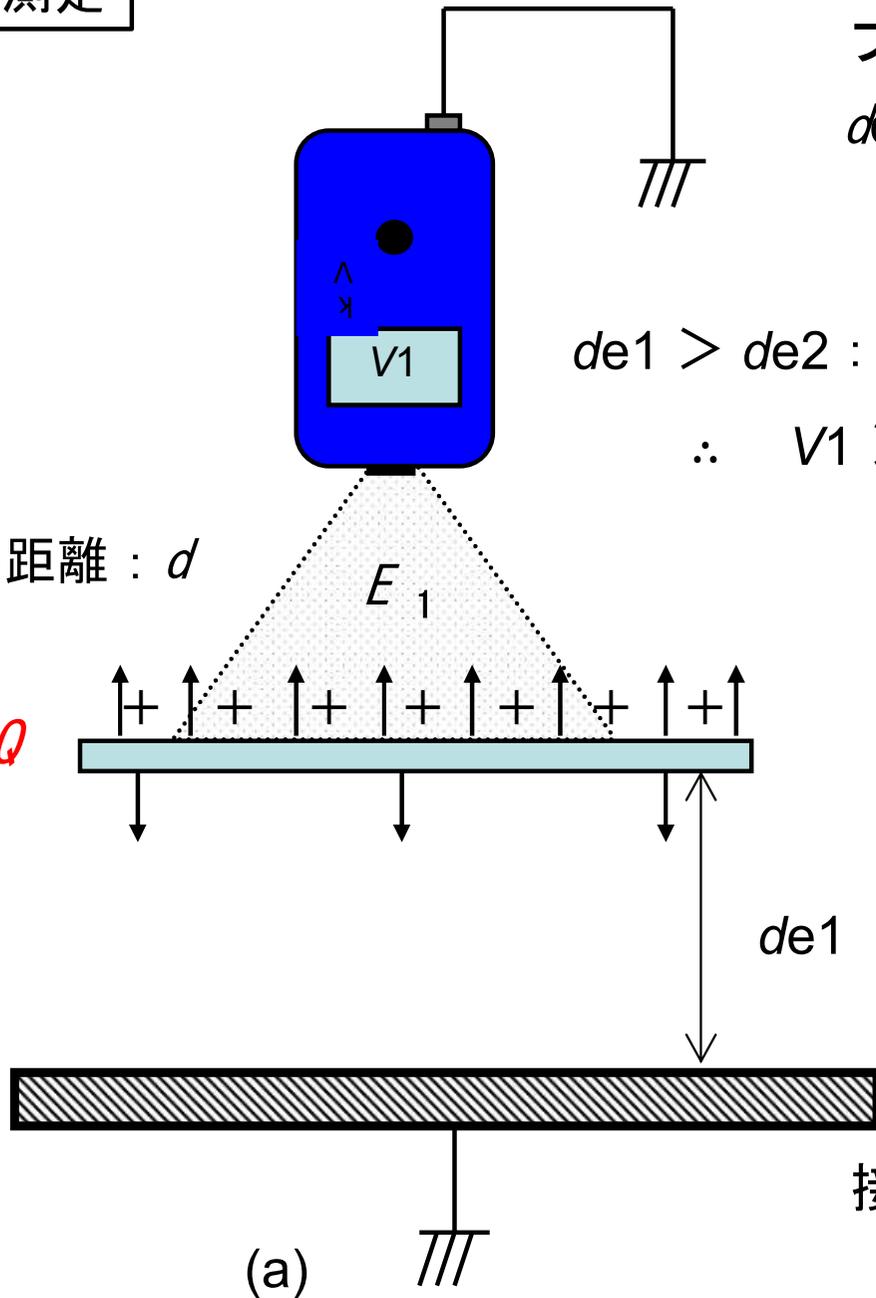
電位測定

フィルムScの帯電電荷量： $Q$  (C)一定  
 $d_e$ ：フィルムと接地体間距離

$$d_{e1} > d_{e2} : E_1 > E_2$$
$$\therefore V_1 > V_2$$

測定距離： $d$

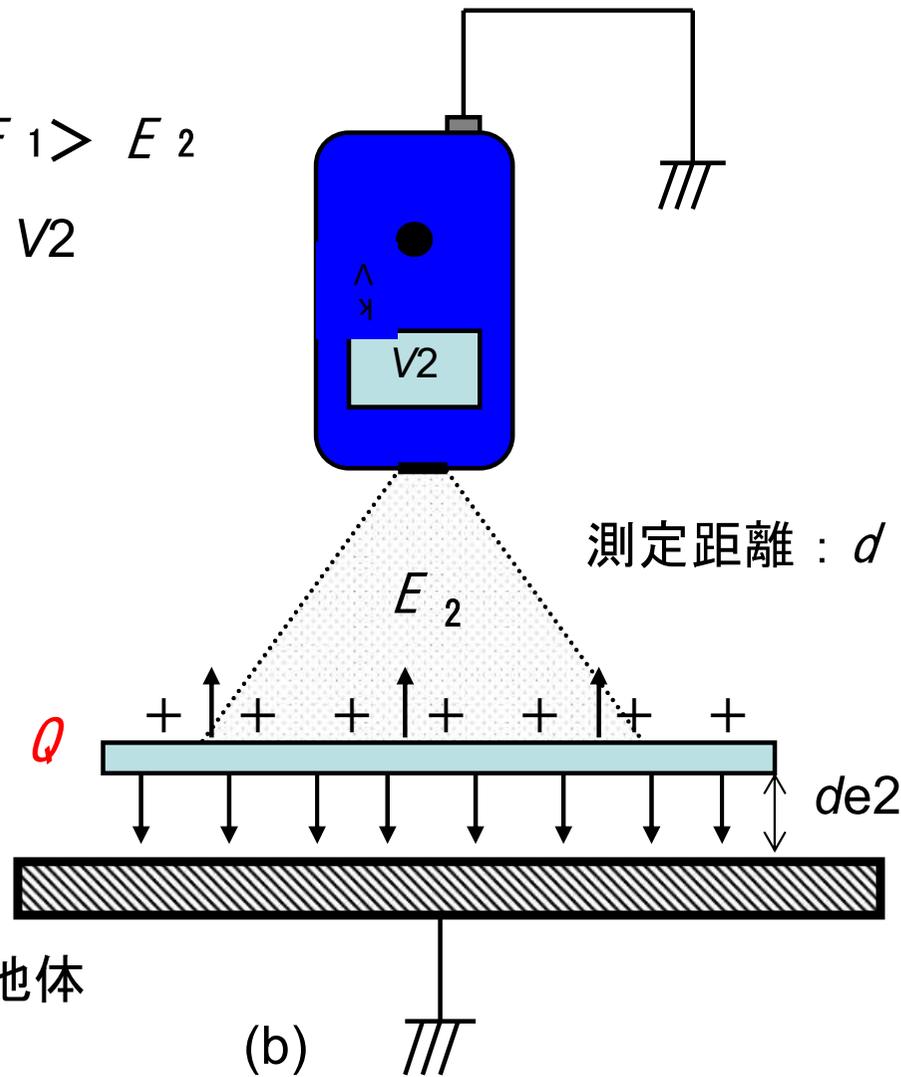
$Q$



(a)

測定距離： $d$

$Q$



(b)

接地体

帯電物体の帯電電位と接地間距離の関係

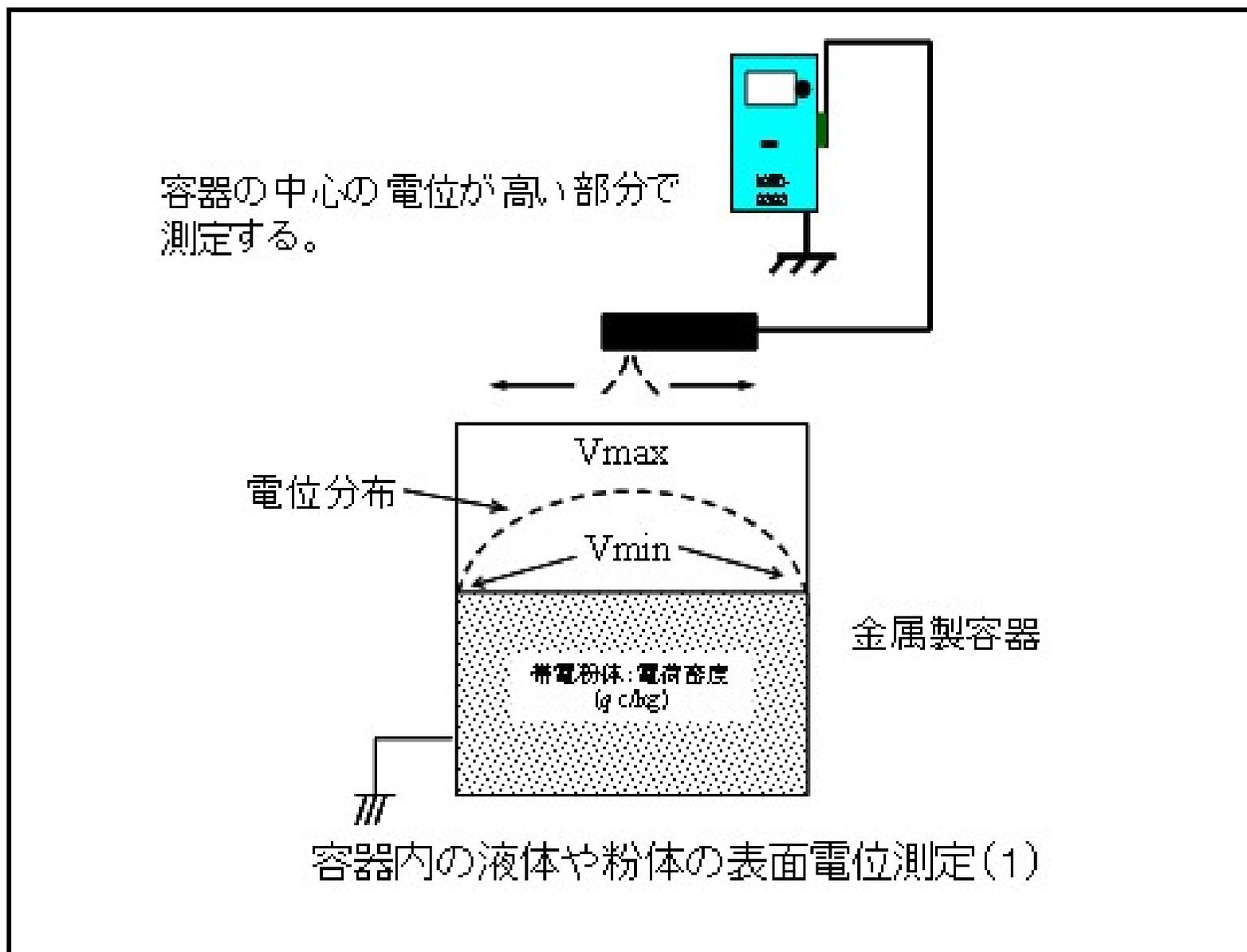
# 爆発・火災防止のための不導体の帯電量の管理指標 (=危険場所での管理指標)

一般の放電（コロナ放電、ブラシ放電）による着火爆発の防止の指標

可燃性物質の最小着火エネルギー (mJ)	帯電電位の指標 (kV)	表面電荷密度の指標 ( $\mu\text{C}/\text{m}^2$ )
0.1以下	1以下	1以下
0.1～1	5以下	3以下
1～10	10以下	7以下
10以上	10以下	10以下

引用：静電気安全指針（1988）

# 電位測定



\*静電気安全管理のための測定では、容器の中心の電位 ( $V_{max}$ ) を測定する。

# 電位測定

電荷密度が同じでも測定する量を変えると帯電電位は同じにならない。

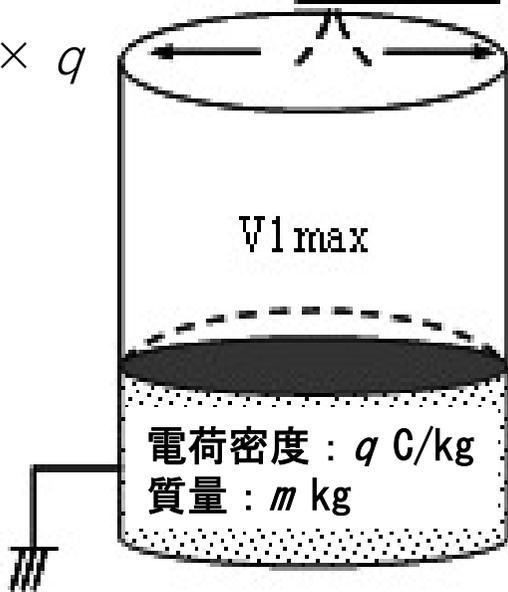
$$V1_{max} < V2_{max}$$



測定する量を同じにして測定すること。

液体・粉体量が異なる場合

$$Q1 = m \times q$$



$V1_{max}$

電荷密度 :  $q$  C/kg  
質量 :  $m$  kg

$$V1_{max} < V2_{max}$$

$$Q1 < Q2$$

$$m \text{ kg} < n \text{ kg}$$

$$Q2 = n \times q$$



$V2_{max}$

電荷密度 :  $q$  C/kg  
質量 :  $n$  kg

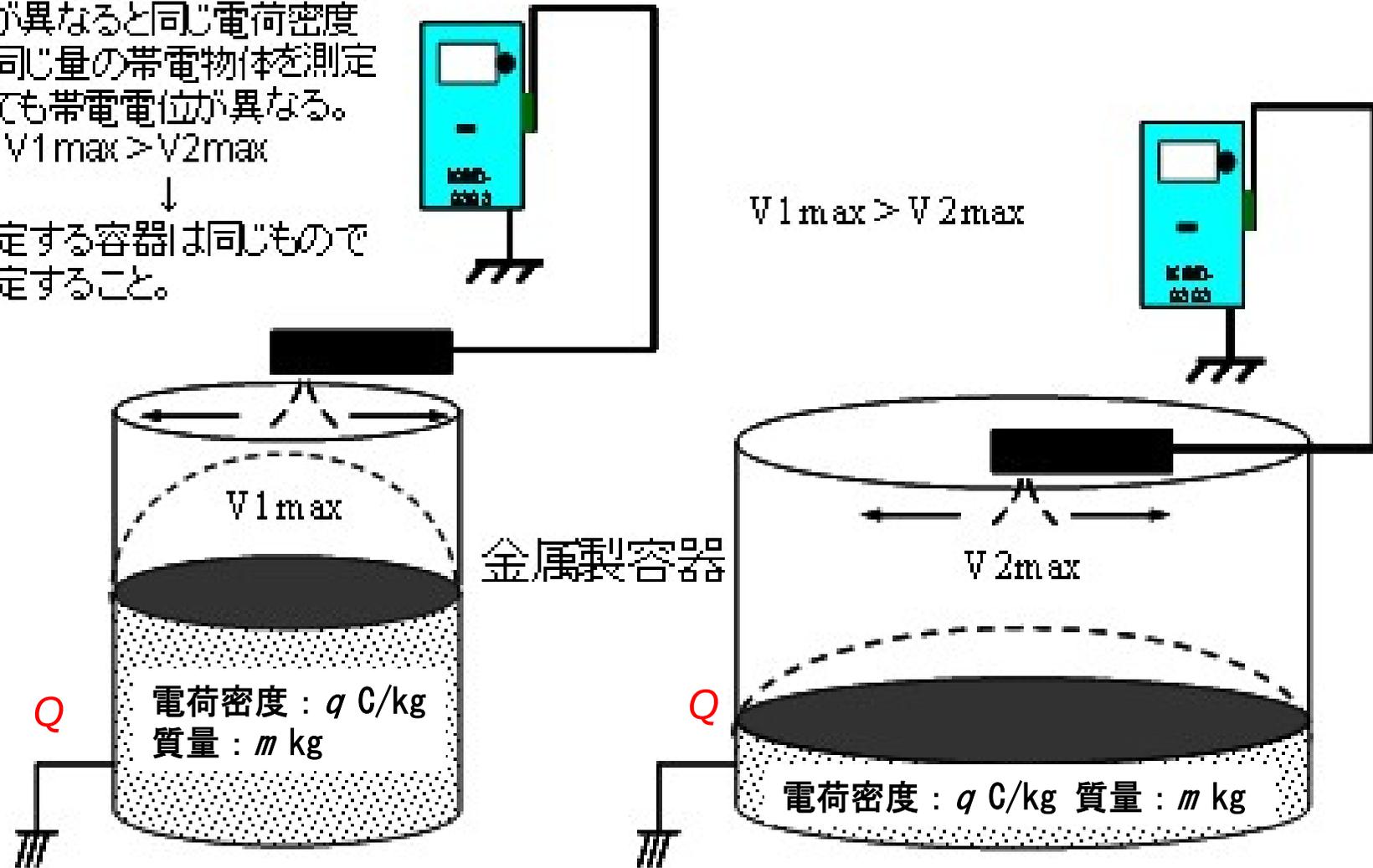
容器内の液体や粉体の表面電位測定(2)

## 容器の大きさが異なる場合

測定に使用する容器の大きさが異なると同じ電荷密度で同じ量の帯電物体を測定しても帯電電位が異なる。

$$V1_{max} > V2_{max}$$

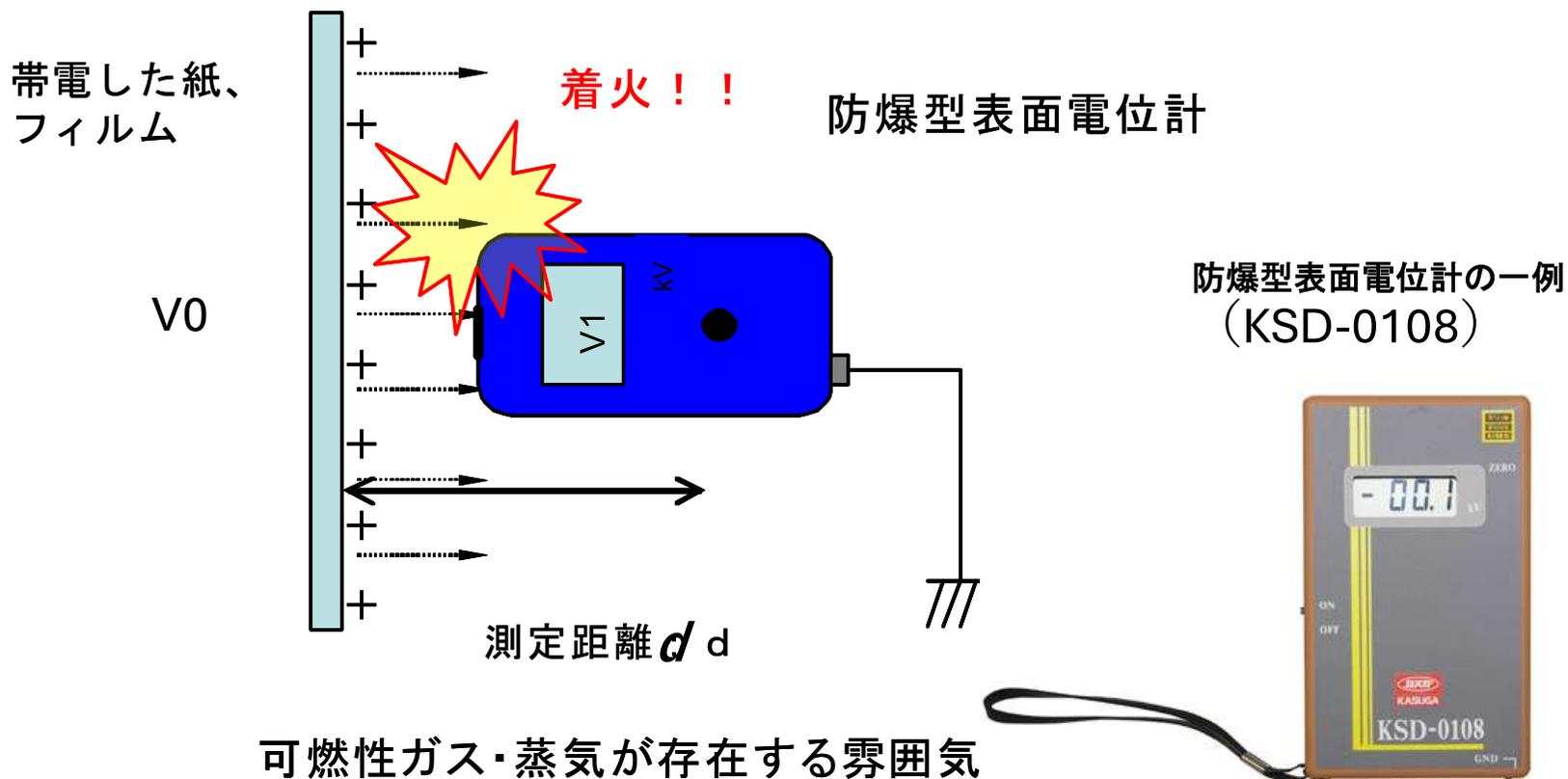
↓  
測定する容器は同じもので測定すること。



容器内の液体や粉体の表面電位測定(3)

# 防爆型静電気測定器の使用上の注意

## 帯電した紙やフィルムの電位測定



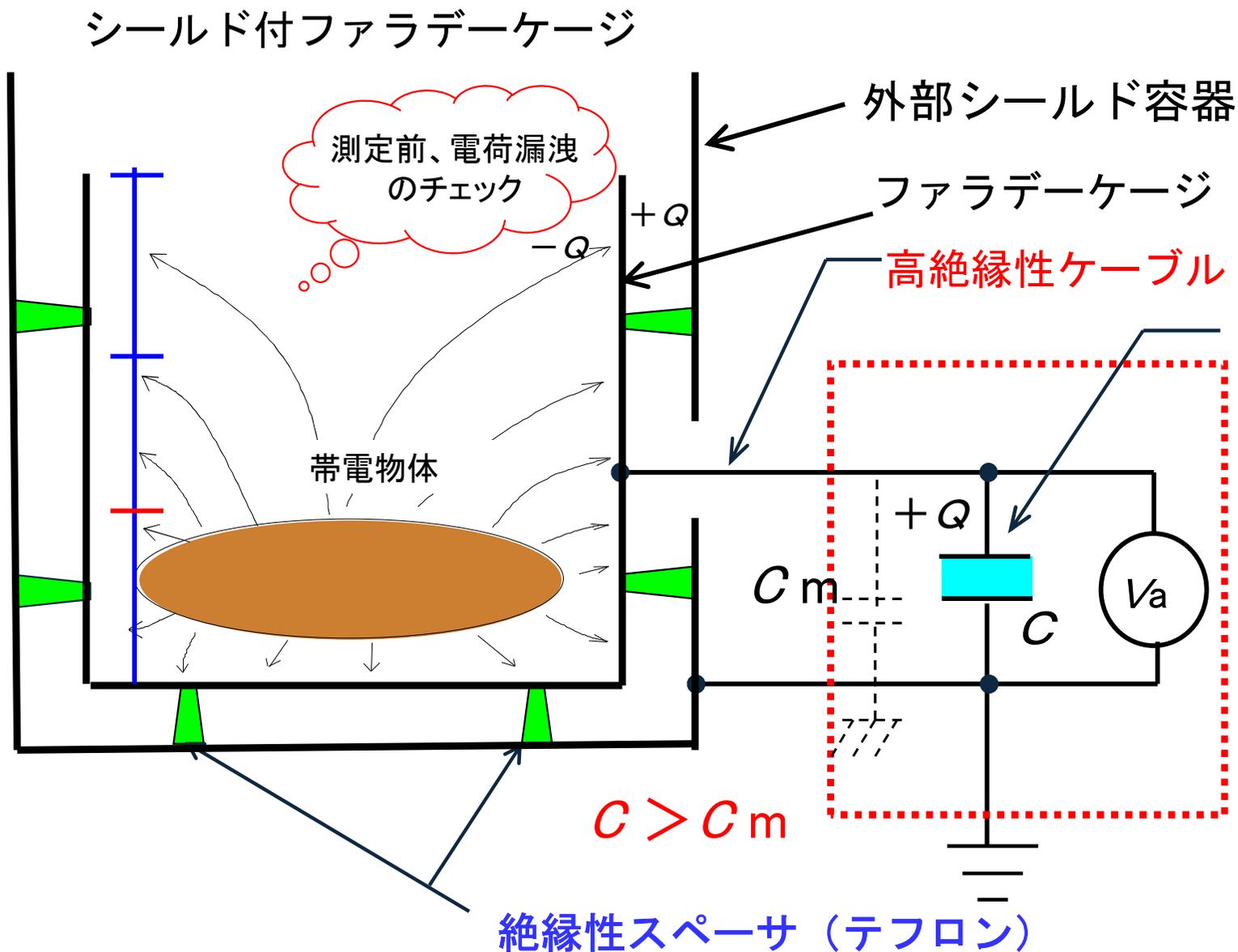
\* 危険場所での測定では、帯電物体と測定器間での静電気放電の発生を防止するため、測定器を帯電物体から離れた位置からゆっくりと測定器の指示値を見ながら測定距離まで近づけて値を読むようにすること。もし、測定器を帯電物体に接近する途中で測定器の指示値が「不導体の帯電量の管理指標」の値を越えた場合は、測定を中止して直ちに対策を実施すること。

## 2. 電荷量の測定と注意点

# ファラデーケージでの電荷量測定



ファラデーケージ (KQ-1400)

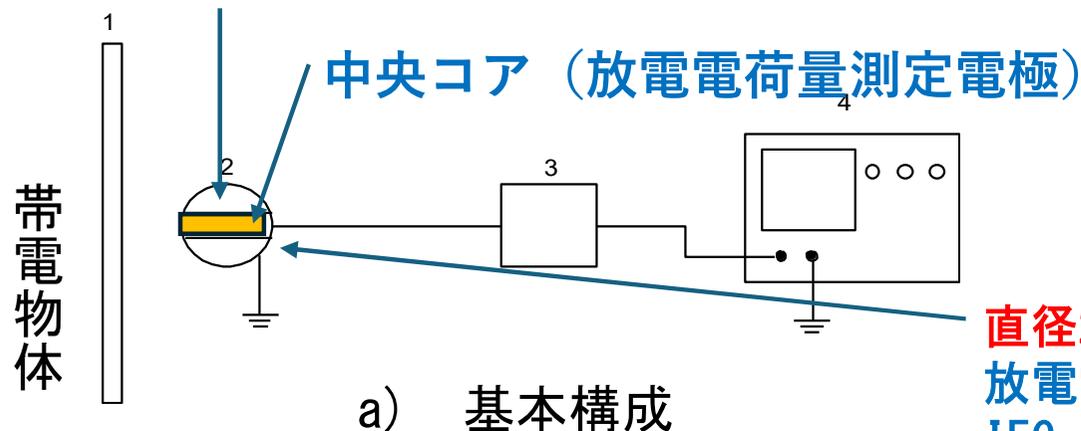


\* 帯電物体は、ファラデーケージの高さの3分の1内に収まる容積とすること。

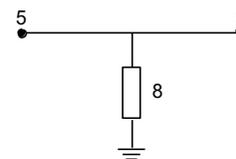
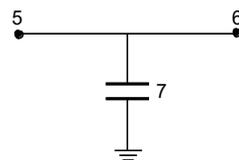
## 2.1 放電電荷量の測定と注意点

## 静電気放電の放電電荷量測定方法の例

外殻部分（電極上に誘起された電荷の影響を回避するため）



直径25（±5）mmの球状電極は、放電電荷の測定用として、IEC 60079-32-2およびIEC 80079-36で規定されている。

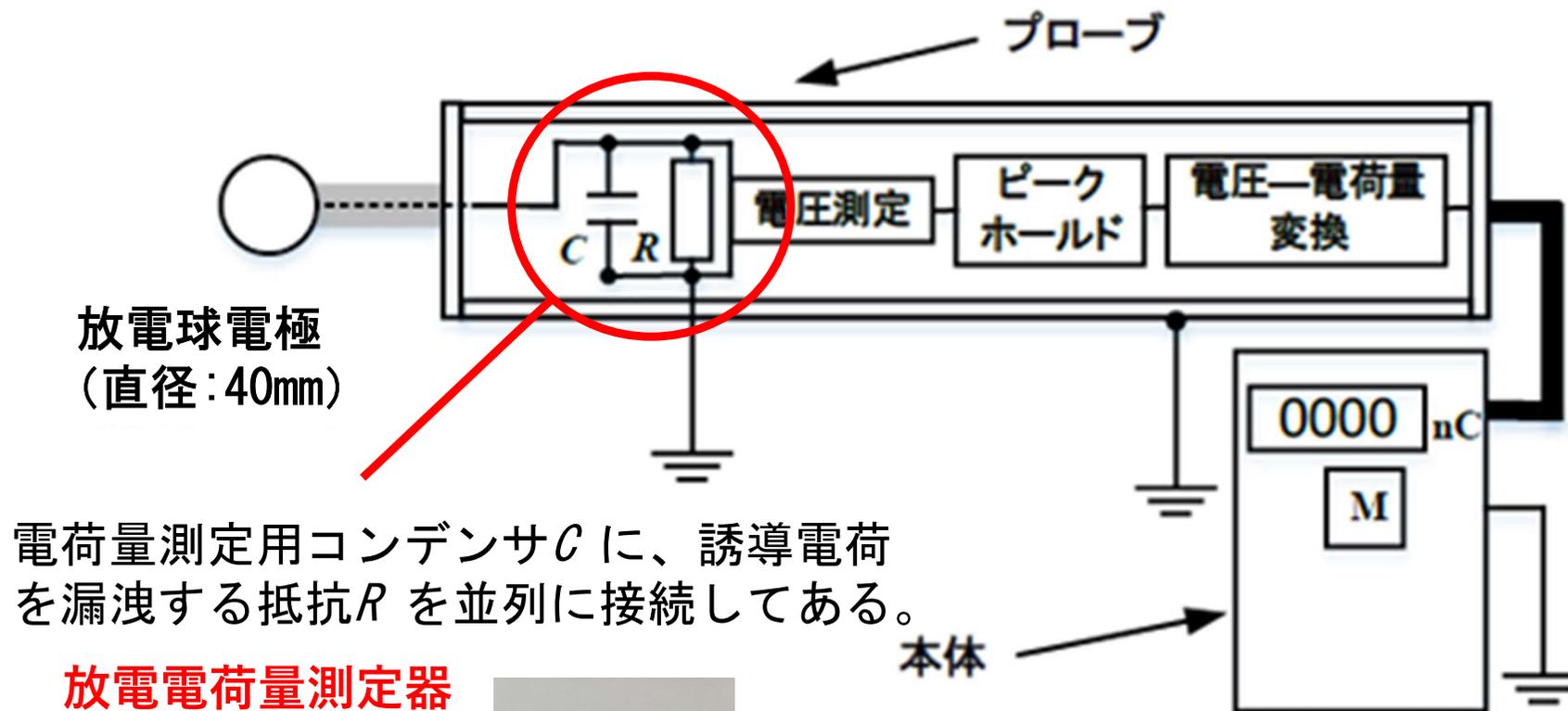


## 記号

- 1 帯電物体又は表面      2 球形の、2つの部品構成の放電電極（ $D = 30\text{mm}$ ）  
 3 測定回路      4 デジタルオシロスコープ（例：1 GHz帯域幅）  
 5 電極への接続      6 オシロスコープへの接続  
 7 静電容量（例：20 nF）      8 抵抗（例：0.25  $\Omega$ ）

\* 7の静電容量は、ポリプロピレンフィルムコンデンサを使用する。  
 8の抵抗は、金属皮膜抵抗などを使用する。

# 新型放電電荷量測定器



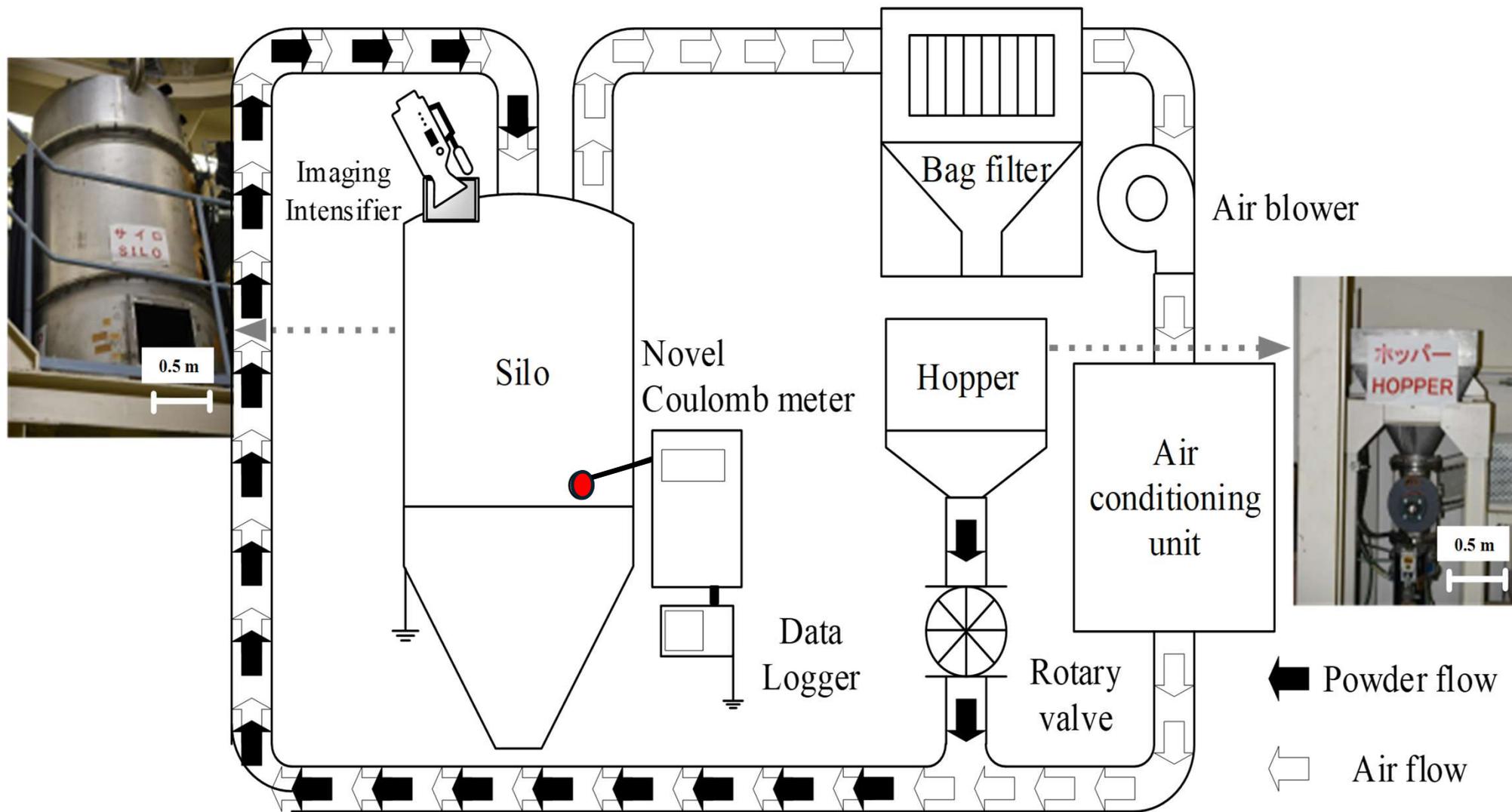
## 放電電荷量測定器



放電球電極

### \* 仕様

- ・  $R = 100\text{K}\Omega$ 、 $C = 1000\text{nF}$ 、 $\tau = 0.1\text{s}$
- ・ ピークホールド間隔：2ms毎
- ・ 放電電荷量の測定範囲： $\sim 10000\text{nC}$

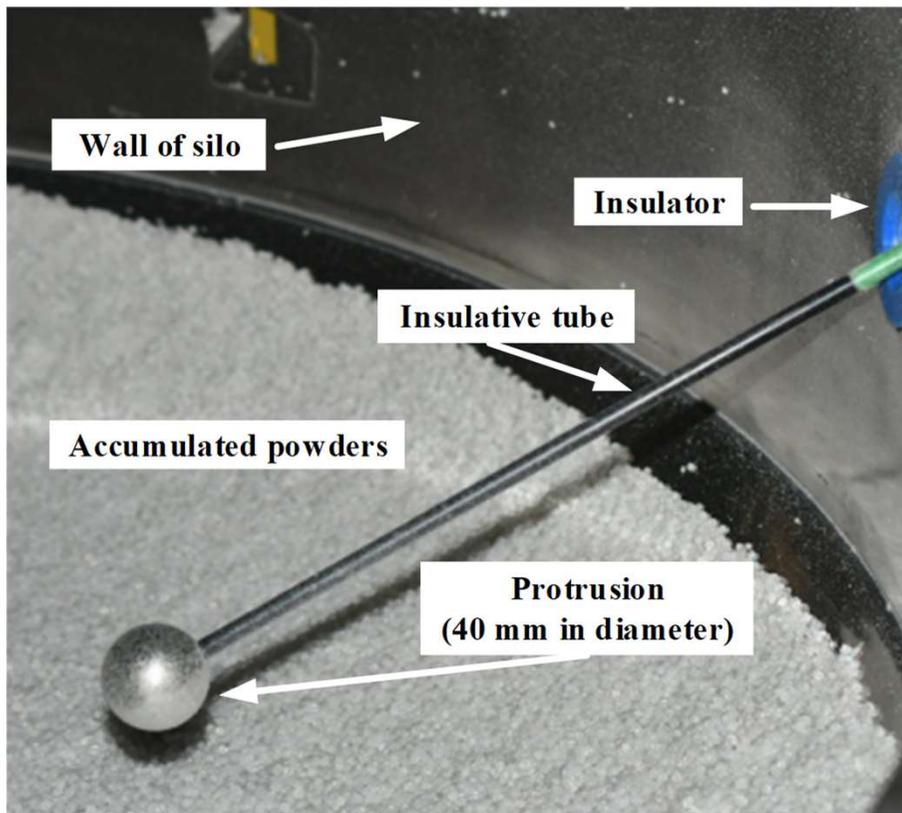


圧送ブロワの風量：10m<sup>3</sup>/min  
 装置内の空気の温湿度：30 ± 5°C、30 ± 5%

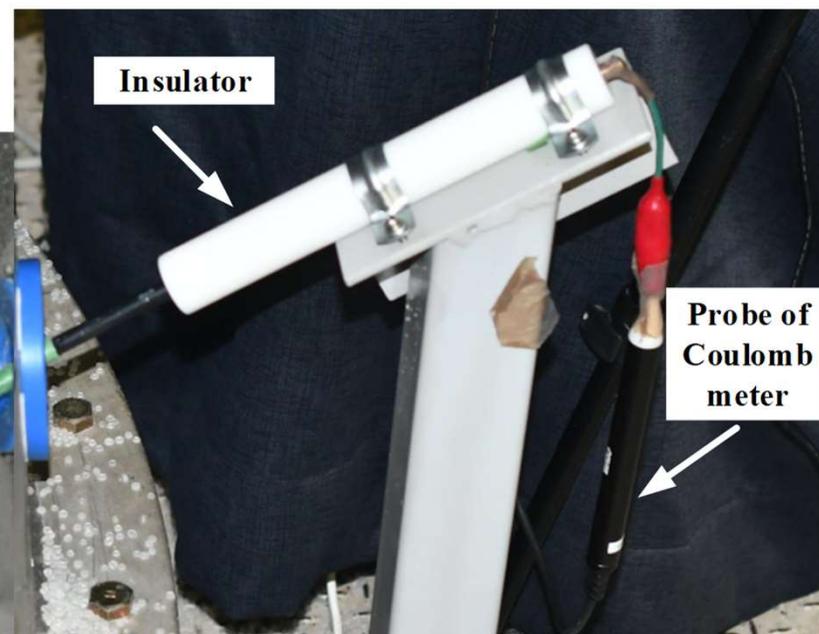
ペレットの供給量：0.68kg/s  
 最大800kgまでサイロに充填

粉体空気輸送設備の概要

# 電荷量測定



Inside silo

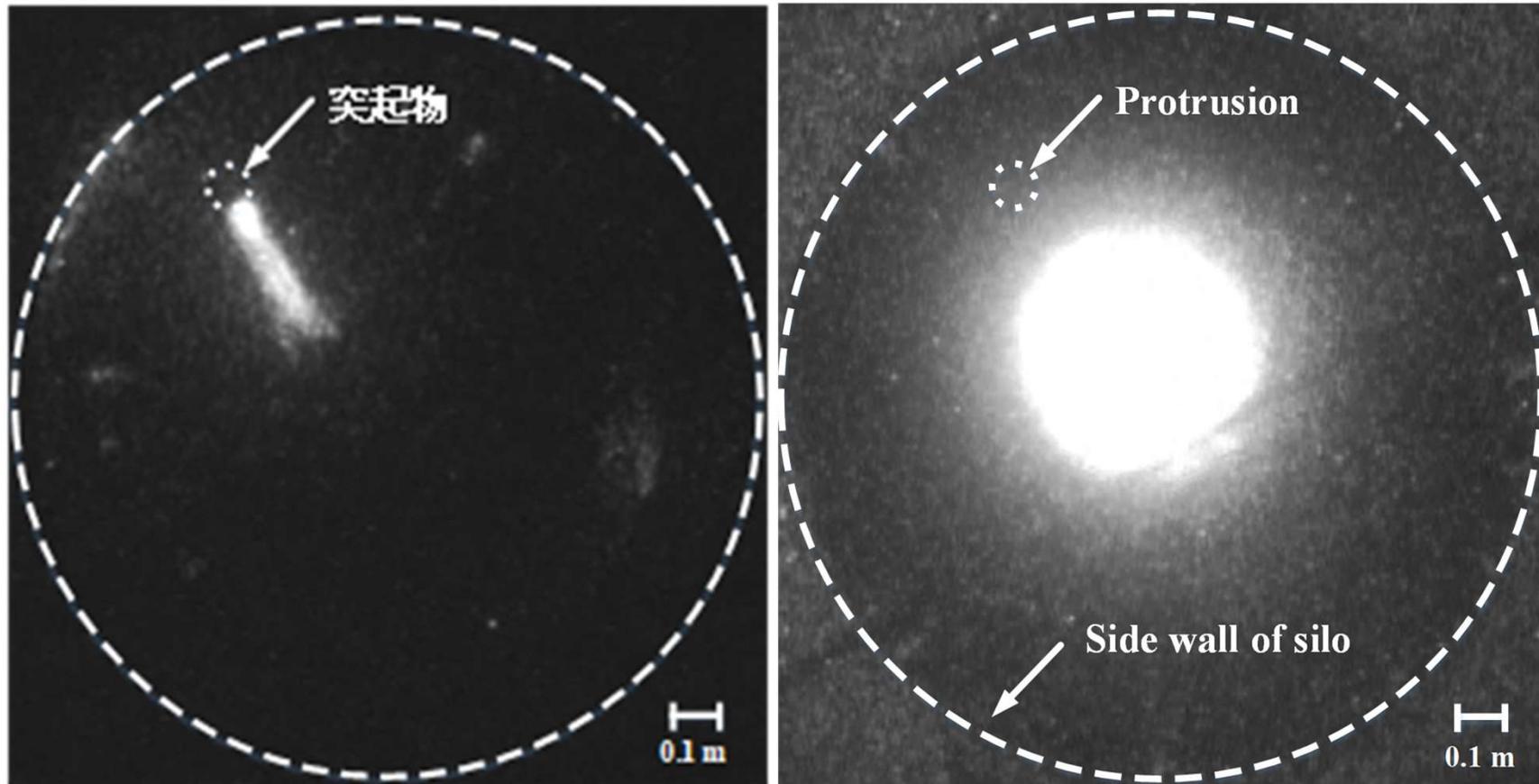


100 mm

Outside silo



ポリプロピレンペレット



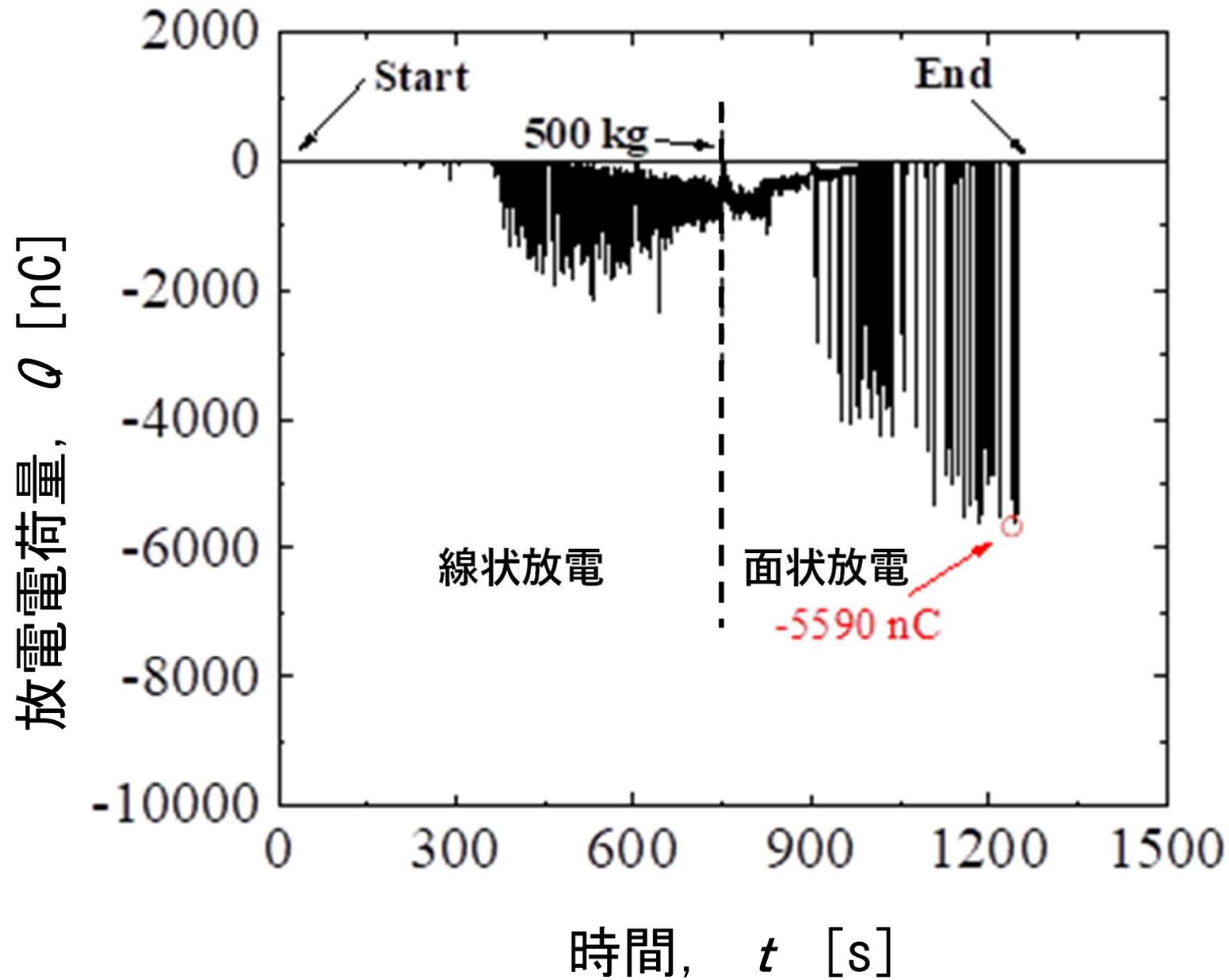
線状放電

面状放電

(a) Straight type electrostatic discharge (b) Broad type electrostatic discharge

Electrostatic discharges generated from protrusion inside silo.

# 電荷量測定



粉体試料をおよそ100 kgずつ計800 kg程度まで、流量0.68 kg/sで空気輸送サイロに投入した。

体連続投粉入過程で突起物から発生した静電気放電の電荷量 $Q$

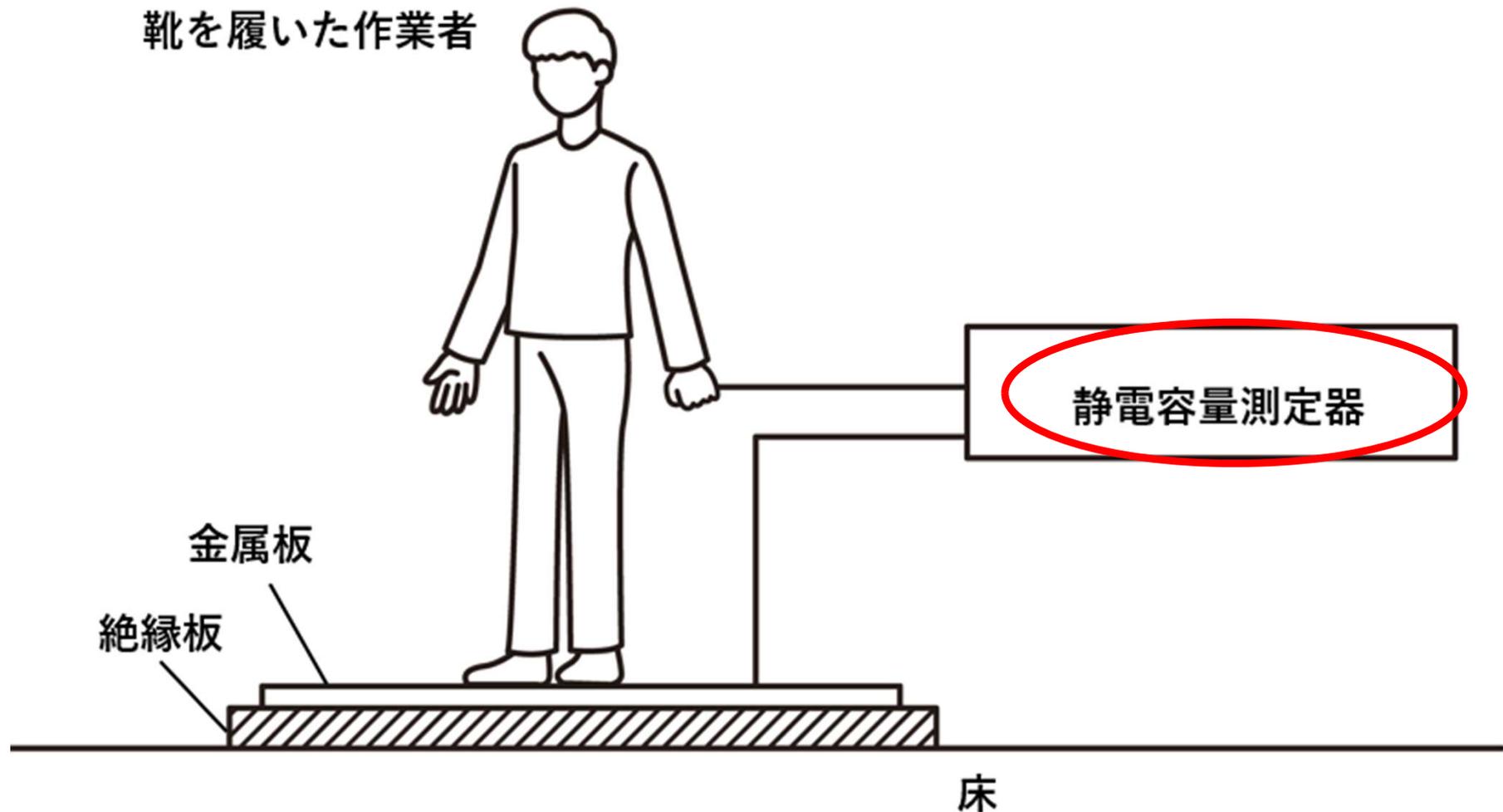
## 放電電荷量によるブラシ放電の着火危険性の評価

\* 放電電荷量を測定することで、ブラシ放電の着火危険性の評価ができる。

- ・60 nC : 爆発グループI (Mining) 、またはIIA (Zone 1、Zone 2)
- ・25 nC : 爆発グループIIA (Zone0) 、またはIIB (Zone 1、Zone 2)
- ・10 nC : 爆発グループIIB (Zone0) 、またはIIC (Zone 1、Zone 2)

### 3. 静電容量の測定と注意点

# 静電容量の測定例



\*静電気の静電容量の測定では、対地間静電容量が測定できる測定器が必要となる。  
静電容量測定器を用いない測定方法を知っておく必要がある。

# 電荷分割方式による静電容量の測定方法

静電容量  $C_1$  は既知、静電容量  $C_2$  が未知とする。既知の静電容量  $C_1$  に電圧  $V_1$  を印加し、静電容量  $C_1$  を帯電させる。未知の静電容量  $C_2$  の電圧  $V_2=0$  とする。この状態で、 $C_1$  と  $C_2$  を接続し、均衡した電圧  $V_3$  を測定すると、

$C_1$  に蓄えられている電荷  $Q_1$  は以下に等しい。

$$Q_1 = C_1 \times V_1$$

$C_2$  に蓄えられている電荷  $Q_2$  をゼロとする。以下に等しい。

$$Q_2 = C_2 \times \underline{0 \text{ ボルト}} = \underline{0 \text{ クーロン}}$$

$C_1$  と  $C_2$  を結合すると、2つのコンデンサの電圧が  $V_3$  になったとすると、全電荷量  $Q$  は、

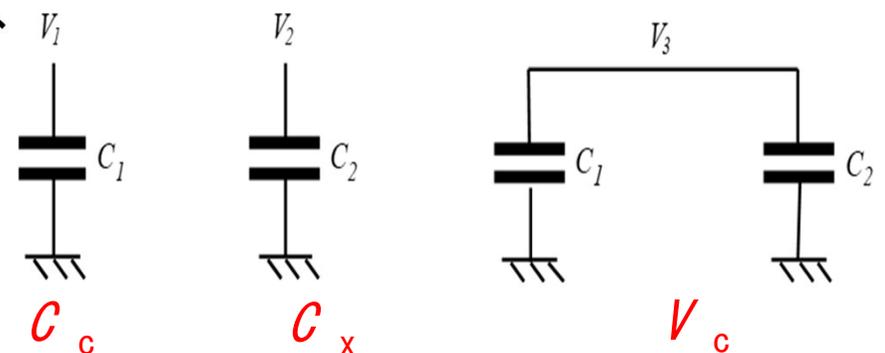
$$Q = Q_1 + Q_2 = Q_1 = (C_1 + C_2) \times V_3$$

となる。したがって、未知の（静電）容量  $C_2$  は、

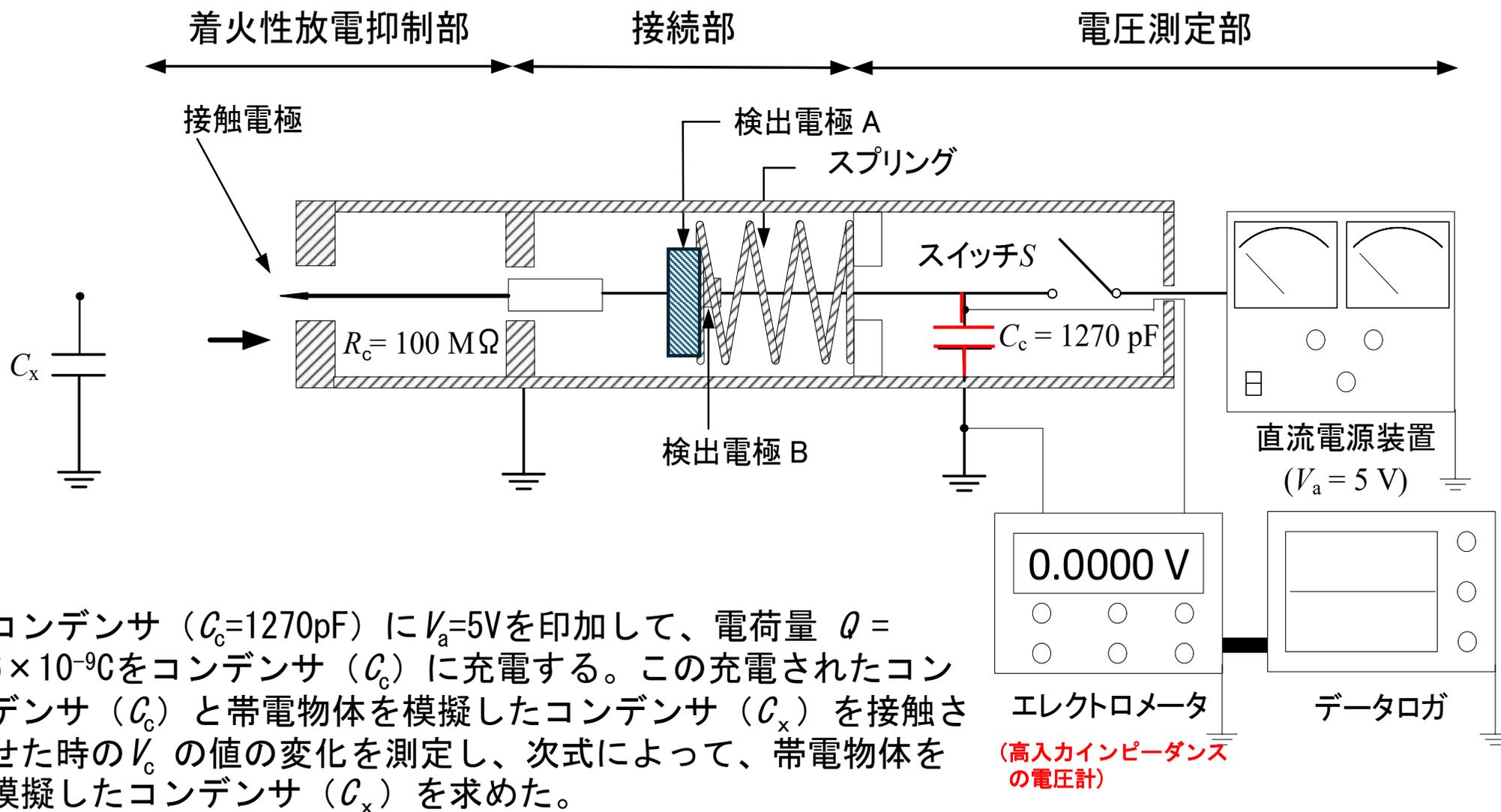
$$C_2 = C_1 \times (V_1 - V_3) / V_3$$

から求められる。

\*  $C_1$  : ポリプロピレンフィルムコンデンサを使用すること



# 簡易型静電容量測定器の構成

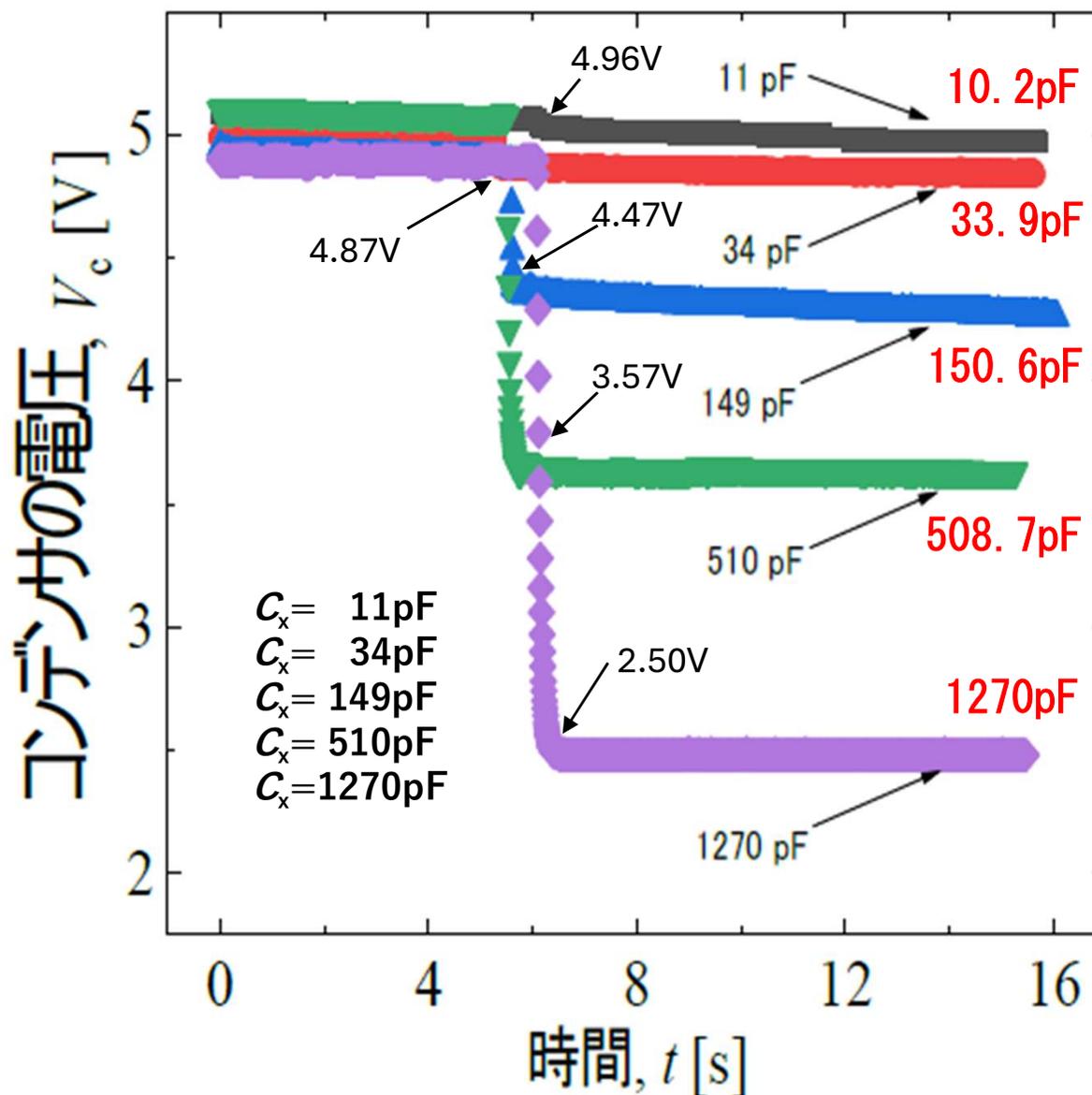


帯電物体を模擬したポリプロピレンフィルムコンデンサの静電容量  $C_x = 11, 34, 149, 510, 1270 \text{ pF}$  (実測値) を用いた。

\*  $C_c$  : ポリプロピレンフィルムコンデンサを使用すること

# 簡易型静電容量測定器での静電容量測定結果(1)

被測定コンデンサの静電容量 ( $C_x$ ) と測定用コンデンサの電位 ( $V_c$ ) の関係



$$V_c = \frac{V_a C_c}{C_c + C_x}$$

$$V_a = 5V$$

$$C_c = 1270pF$$



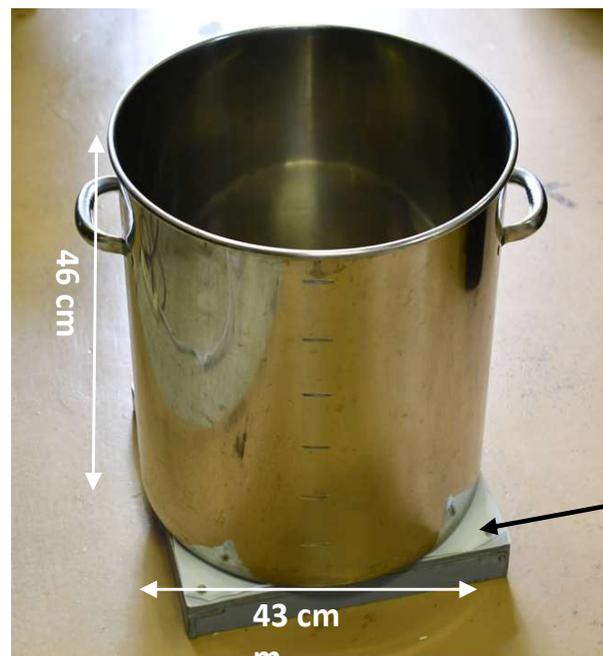
$$C_x = \frac{(V_a - V_c) C_c}{V_c}$$

# 簡易型静電容量測定器での静電容量の測定結果(2) (人体と金属製容器)



テフロンシート

人体の静電容量



テフロンシート

金属容器の静電容量

人体と金属容器の静電容量

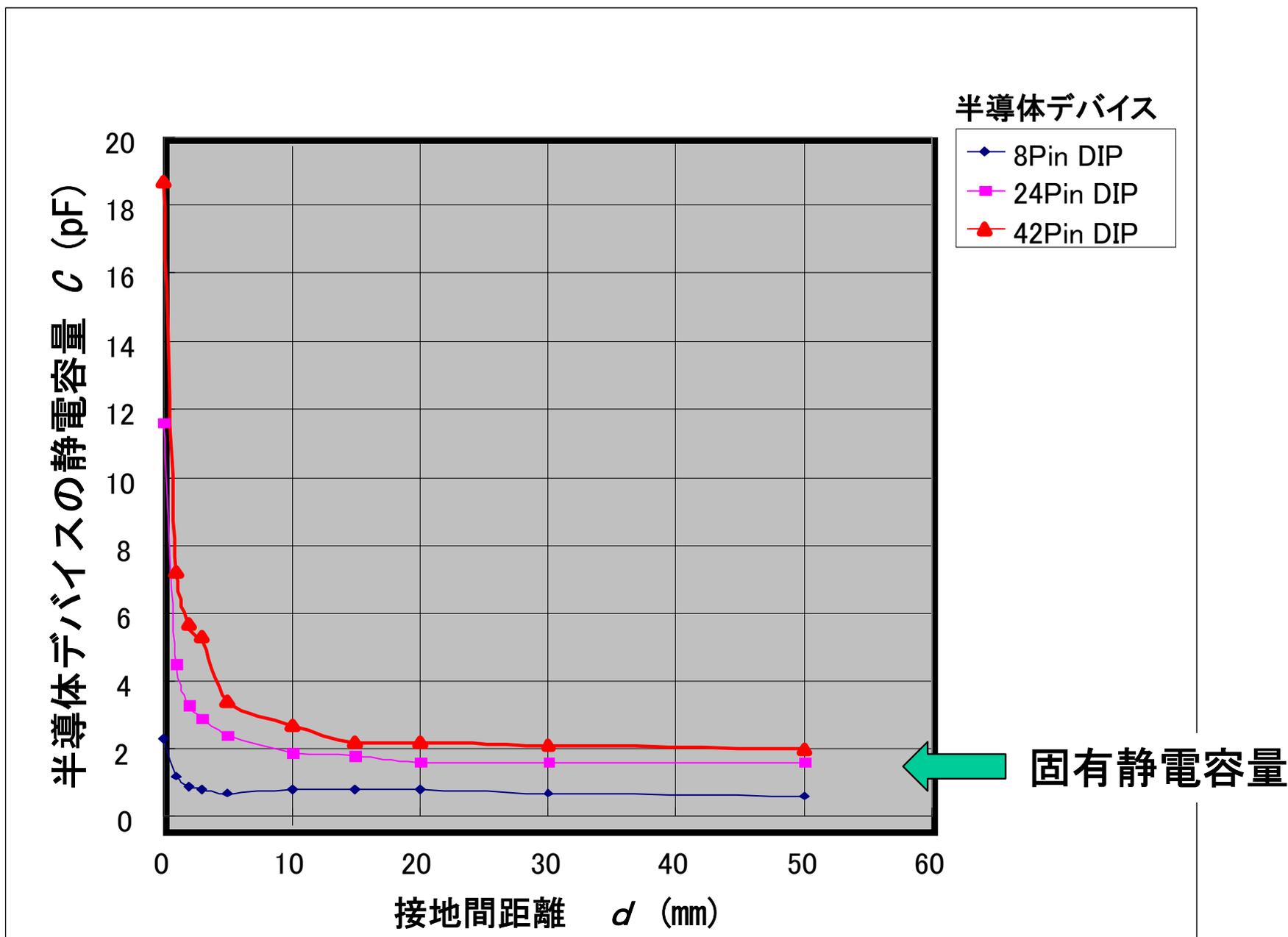
	人体	金属容器
	$C_x$ [pF]	
実測値	119	74
LCRメータによる実測値	110	68

5回測定してその平均値を算出した。

LCRメータ (Model 4332A LCR Meter, Agilent Technologies) での測定結果と比較

➡ ほぼ同じ値になり、電荷分割方式の静電容量測定

# 静電容量の接地間距離による変化の一例



\* 接地体から十分離れた物体の静電容量は、固有の静電容量になる。!!

# 静電気の発生と湿度との関係

発生源	帯電電圧	
	10～20%の時	65～90%の時
カーペットの上を歩いている人	35000v	1500v
ビニールタイル張りの床を歩いている人	12000v	250v
ベンチで働いている人	6000v	100v
プラスチックカバー	7000v	600v
ベンチから持ち上げられたポリ袋	20000v	1200v
発泡ポリウレタンが詰められた椅子	18000v	1500v

MIL. HDBK 263より引用

※静電気測定時の測定環境の温度と湿度を測定値に併記すること!!