

# ESD対策技術ワークショップ

静電気管理に必要な静電気測定方法(2017)

春日電機(株) 営業技術部  
鈴木 輝夫

# ESDCのための静電気管理に必要な帯電電位と電荷量 測定管理方法

## 1. 電子産業分野での静電気測定の特徴

〔測定対象物〕

- ・絶縁物と導体が混在している部品、製品→誘導帯電現象
- ・小さい部品→測定エリアが小さい測定器
- ・低い電圧 →数ボルトの電圧を正確に測定できる測定器
- ・小さな電荷量
- ・測定個所が膨大



従来の静電気測定器、測定方法では、工程で発生している。

静電気トラブルの発生危険性を十分に把握することができない。

## 2. 静電気管理のための測定方法(提案)

- 1) 専用測定器を使用する。→再現性がある測定を行うため。
- 2) 静電気量(Q)は、 $Q=C \times V$ であることを意識した測定を行うこと。
- 3) 管理のための測定は、測定箇所、測定方法を決めて行う。
- 4) 多方面測定の実施: 表面電位(分布)、電荷量, 静電気放電等を同時に測定し、総合的な現象の理解が重要である。

### 3. 静電気の工程管理用測定器

#### ① 小エリア用表面電位計

- ・表面電位、あるいは電位分布を測定する。

#### ② 人体電位測定器

- ・作業中の人体電位の変化や最大値を測定する。→  
帯電した作業者はデバイスを(直接・誘導)帯電させる。  
のみならず、人体帯電に起因して帯電した工具等から  
デバイスへ静電気放電を発生する危険性がある。

③クーロンメータ(接触方式, ファラディケージ方式)

- ・接触方式のクーロンメータ :

CDMIによるデバイスの静電気破壊に寄与する  
放電電荷量を測定する。

- ・ファラディケージ方式のクーロンメータ :

被測定物体の全電荷量測定を測定する。

④EMIロケータ:

- ・工程中の静電気放電発生場所を発見する。→  
静電気破壊・劣化の発生場所を把握する。

## ⑤抵抗計

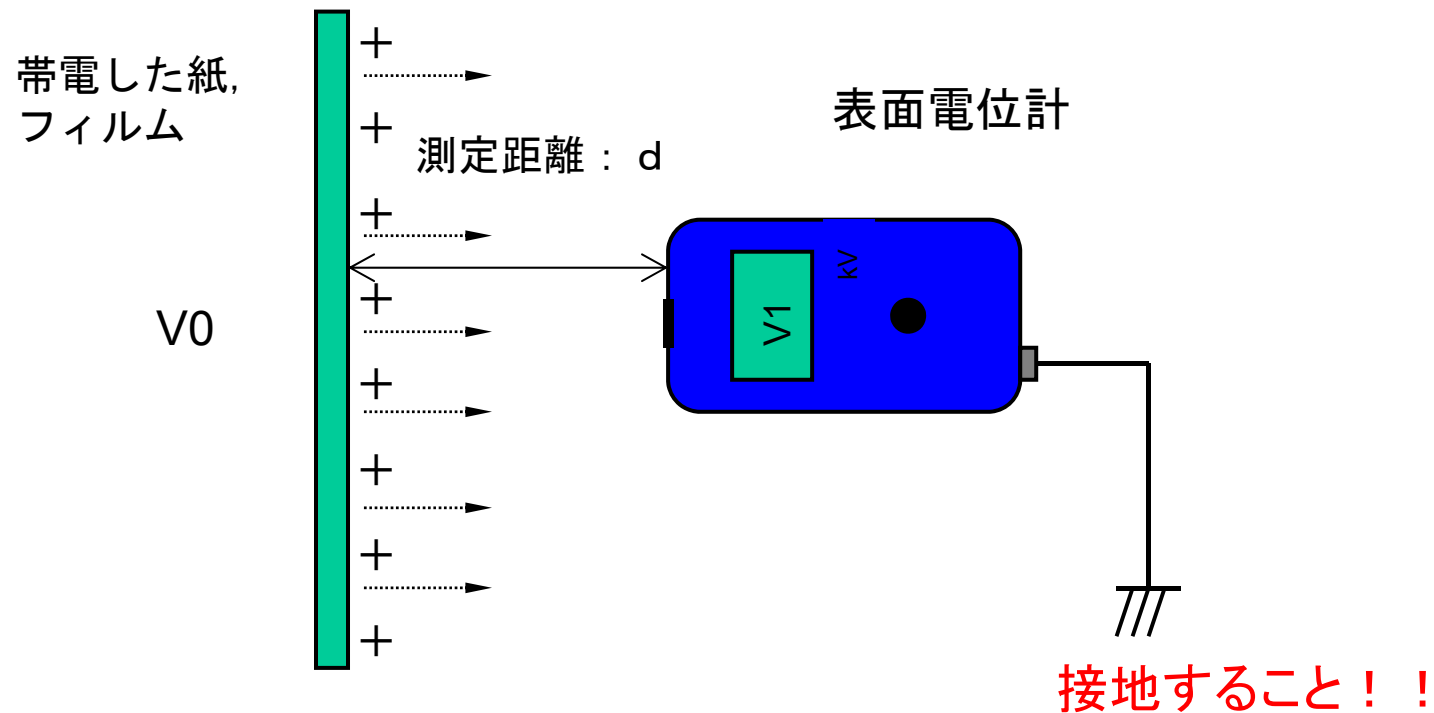
- ・静電気対策用品の抵抗を測定する。

→管理電圧の低電圧化に伴い、低い測定電圧(10V、100V)  
で測定する。

# 表面電位計(非接触式)の測定

小型で軽量である。

測定対象: 導体でも不導体でも測定可能である。



# 一般産業用表面電位計 (KSD-1000/2000)



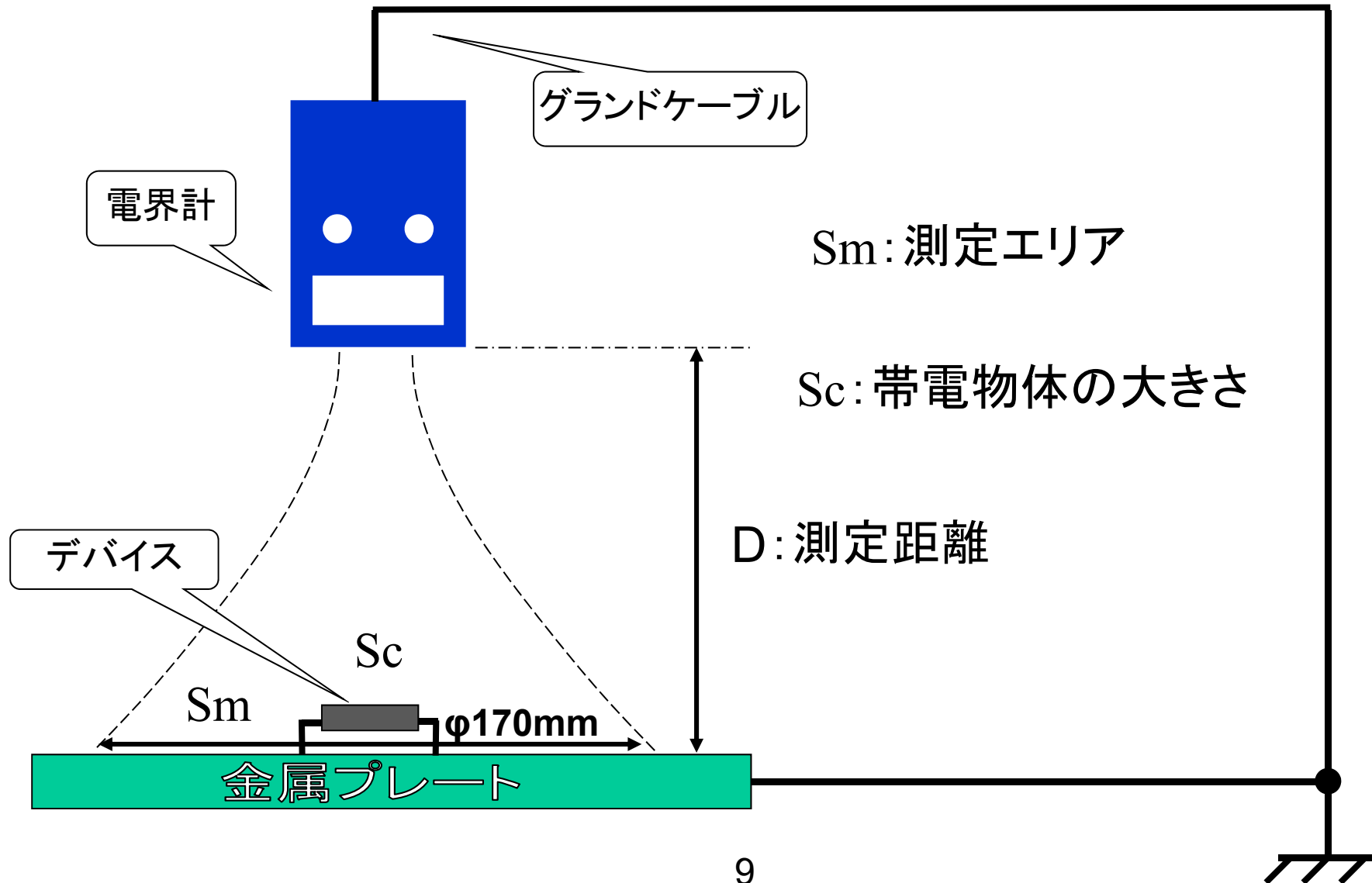
KSD-1000



KSD-2000

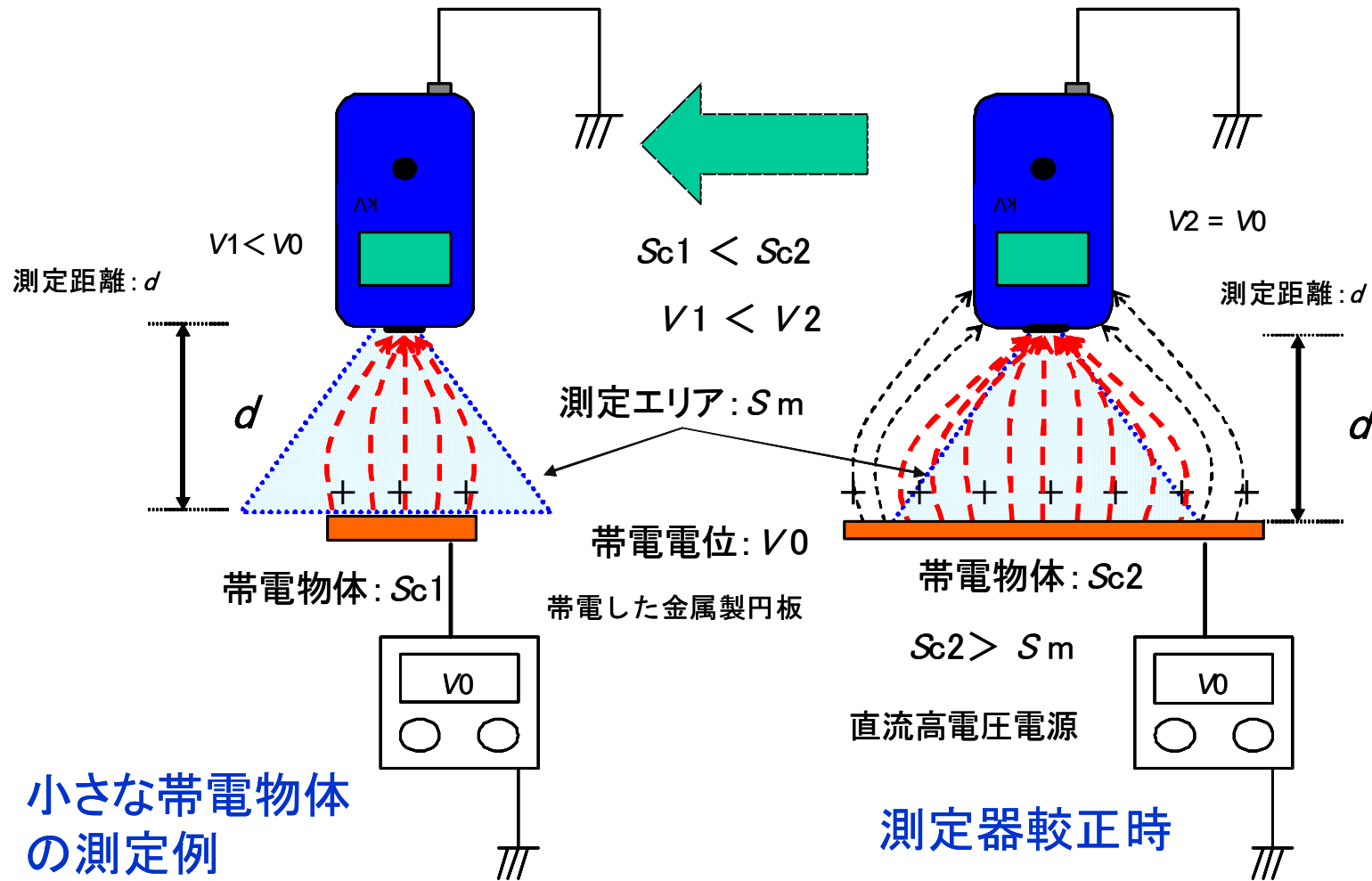


# 測定対象が小さいものの表面電位測定

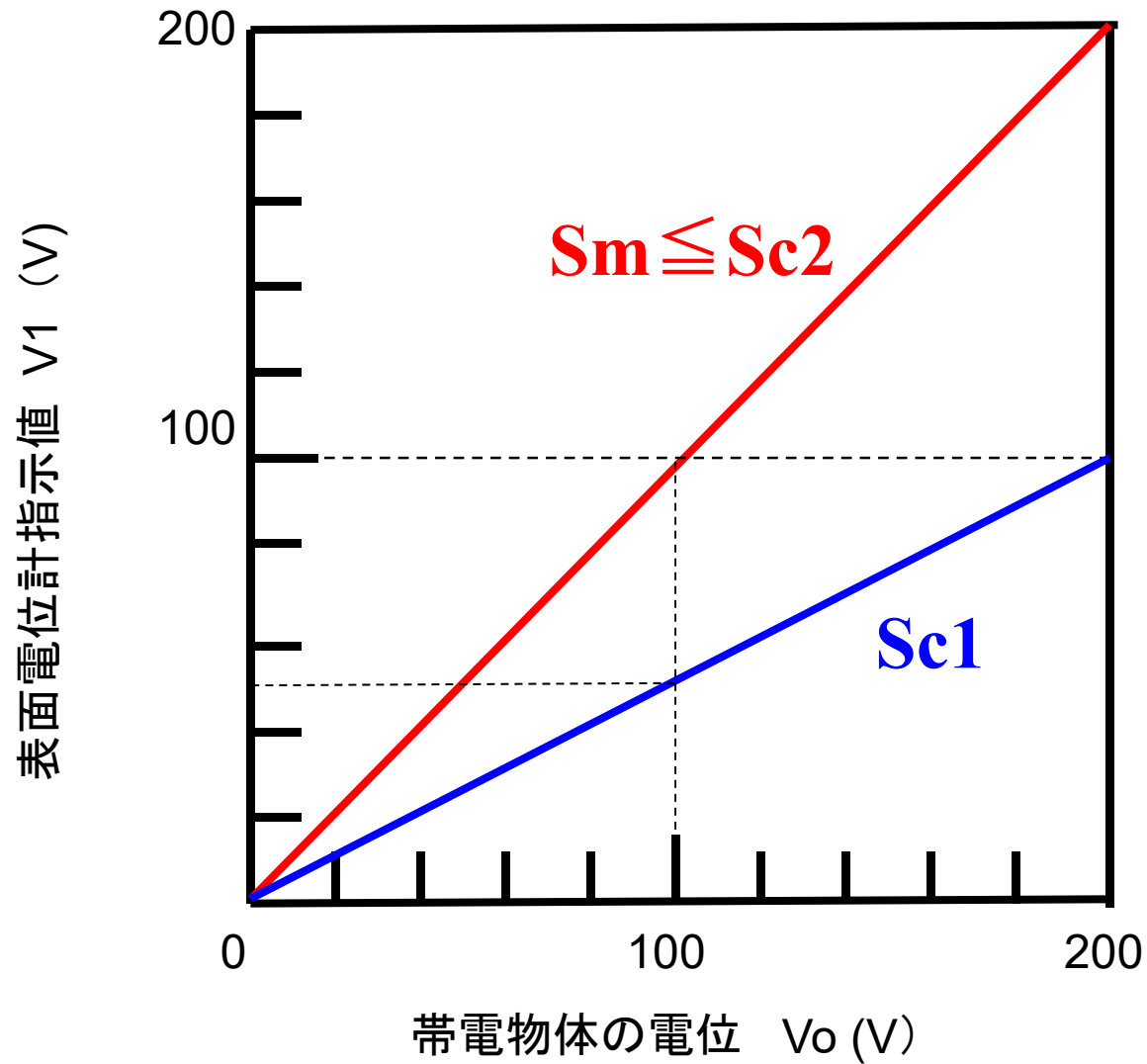


# 大きさの異なる同じ電位の帯電物体の電位測定

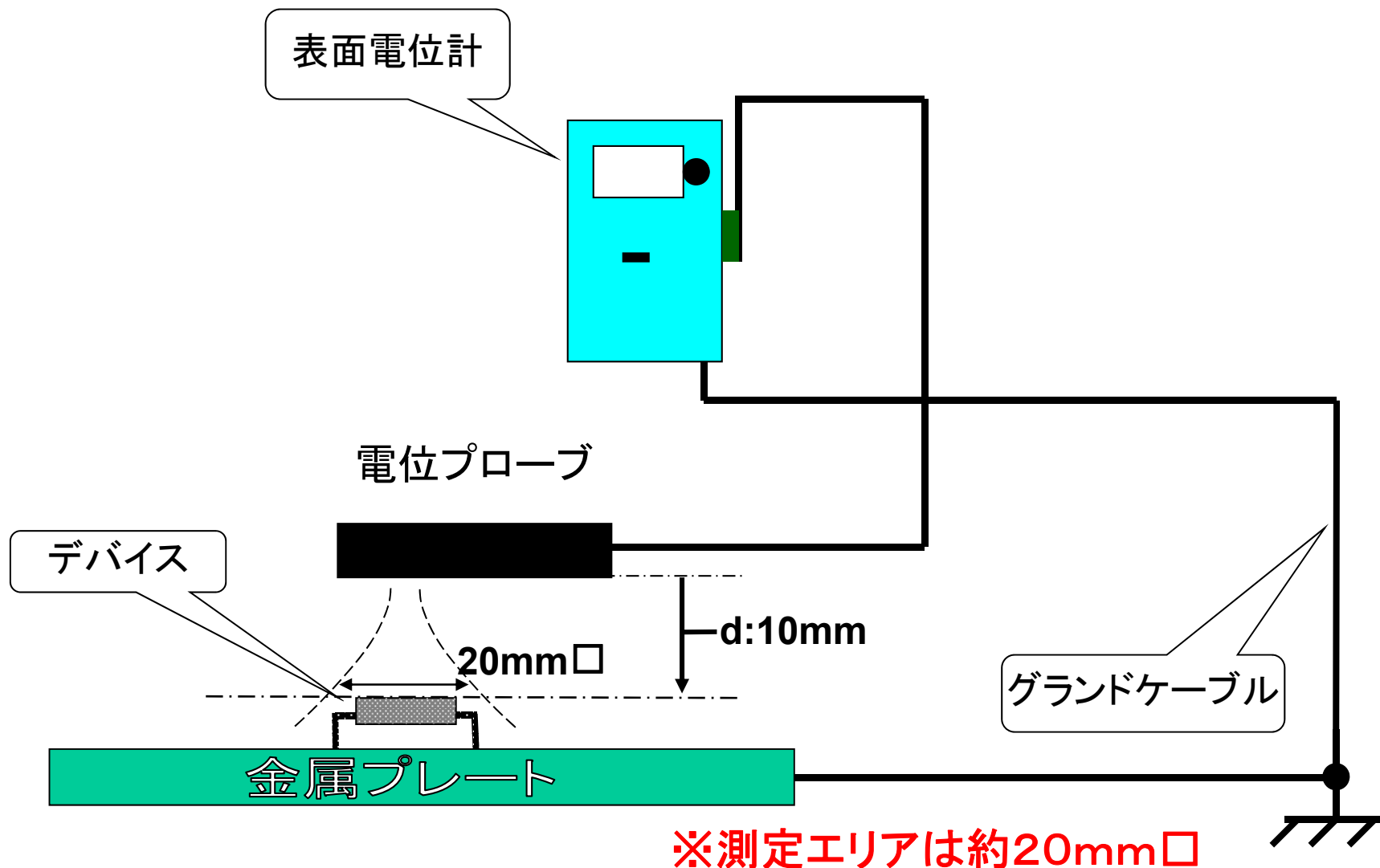
帯電物体の大きさと指示値との関係？



# 帯電物体の大きさの指示値への影響



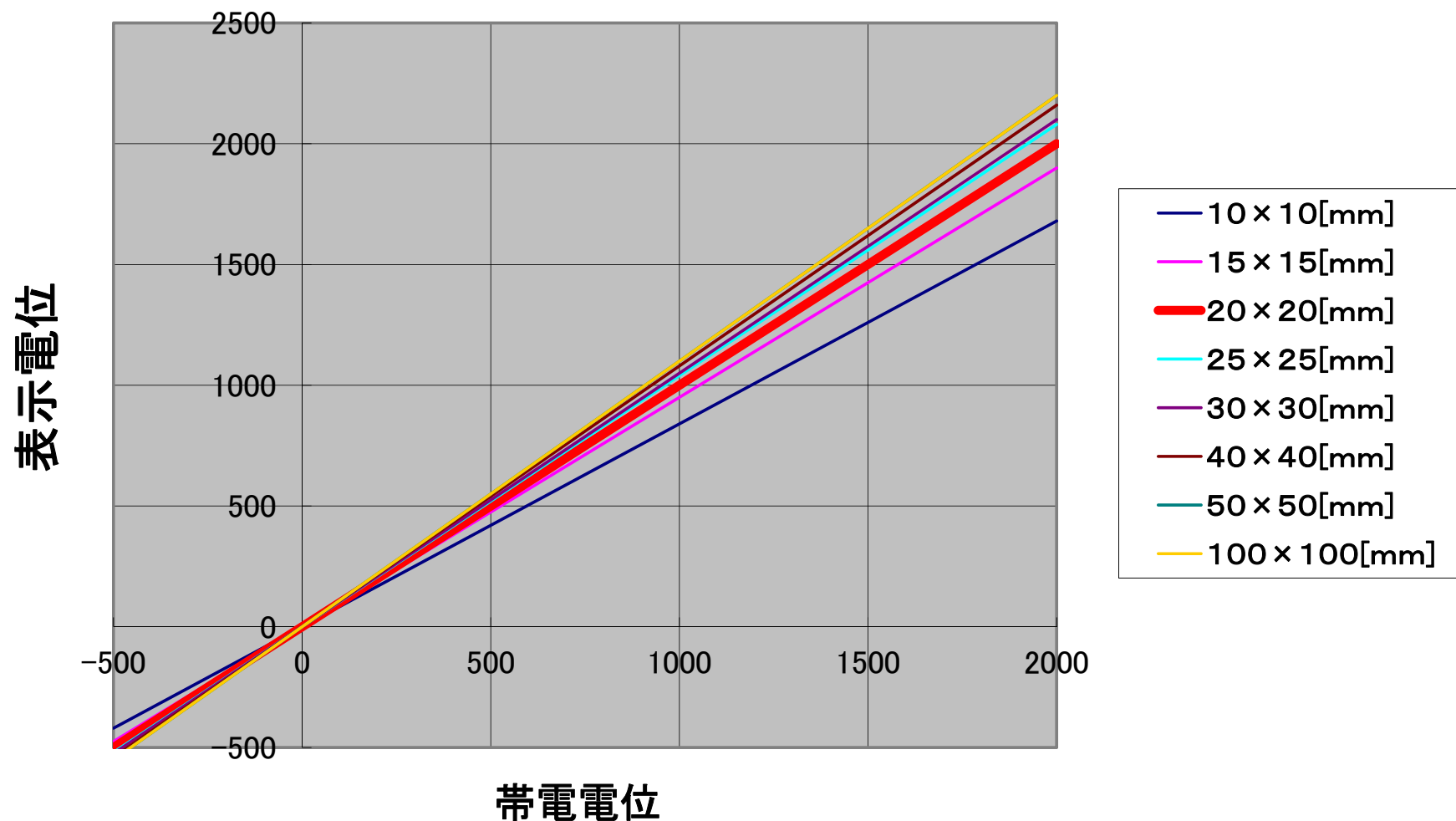
# 測定対象が小さいものの表面電位測定



## 小エリア静電気測定器 (KSD-3000)



# 帯電物体の大きさの違いによる測定誤差



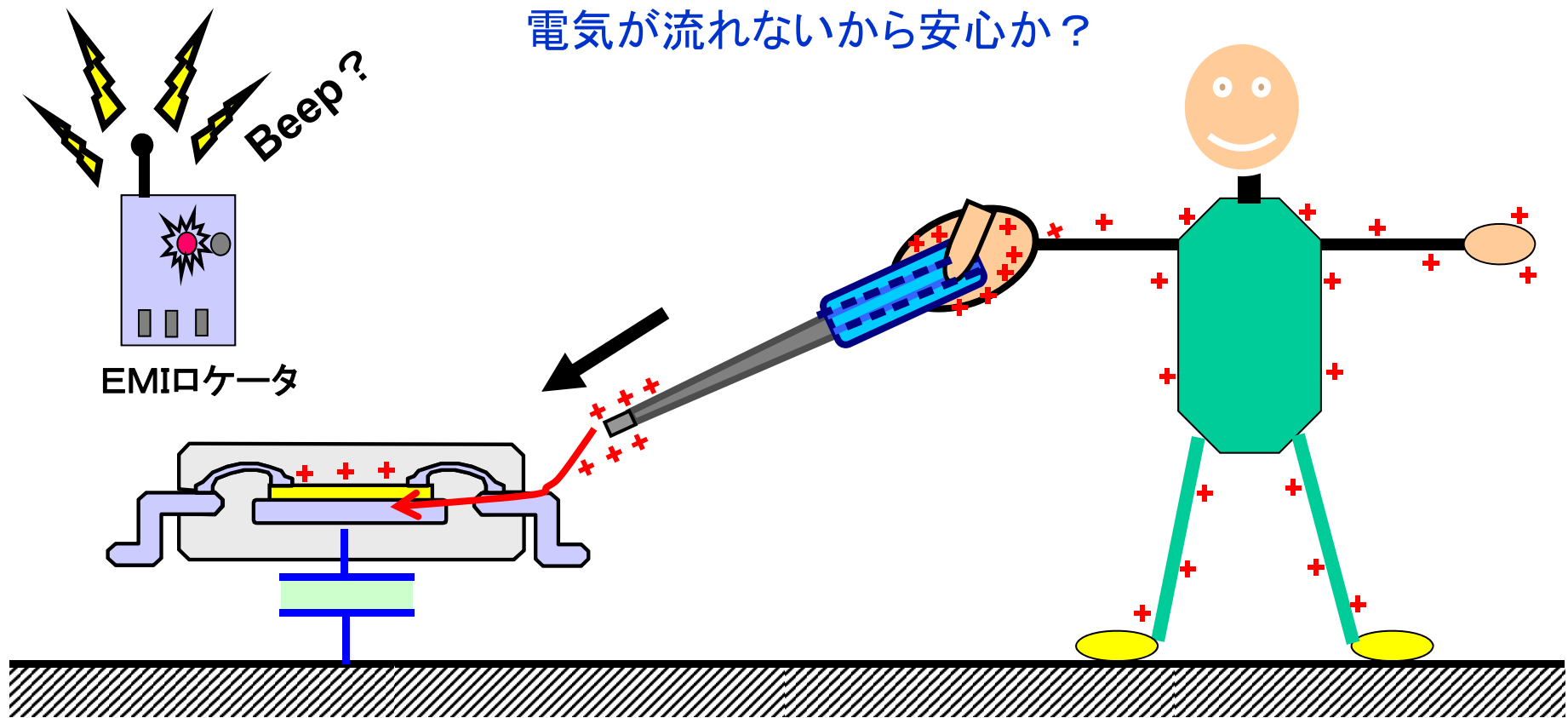
条件:使用測定器 KSD-3000  
基準測定距離 10[mm]  
基準帯電板 20×20[mm]

# 帯電した作業者が絶縁性グリップのドライバーを持ったときの放電

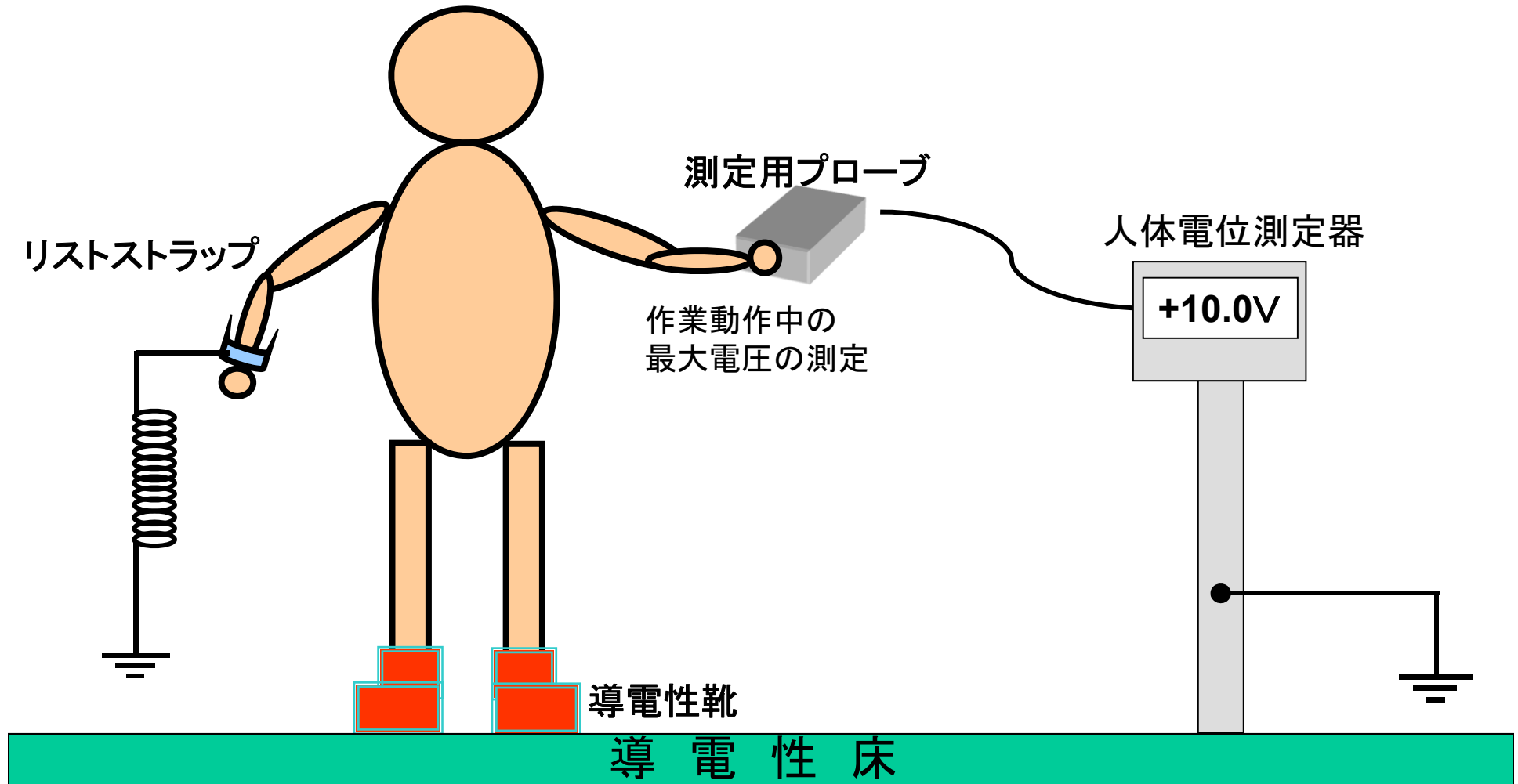
工具の先端が絶縁されていたら？



電気が流れないから安心か？



# 作業者の帯電電位の測定例





# 人体電位測定器 (KSD-4000/4001)



KSD-4000



KSD-4100

# 静電気測定の見点

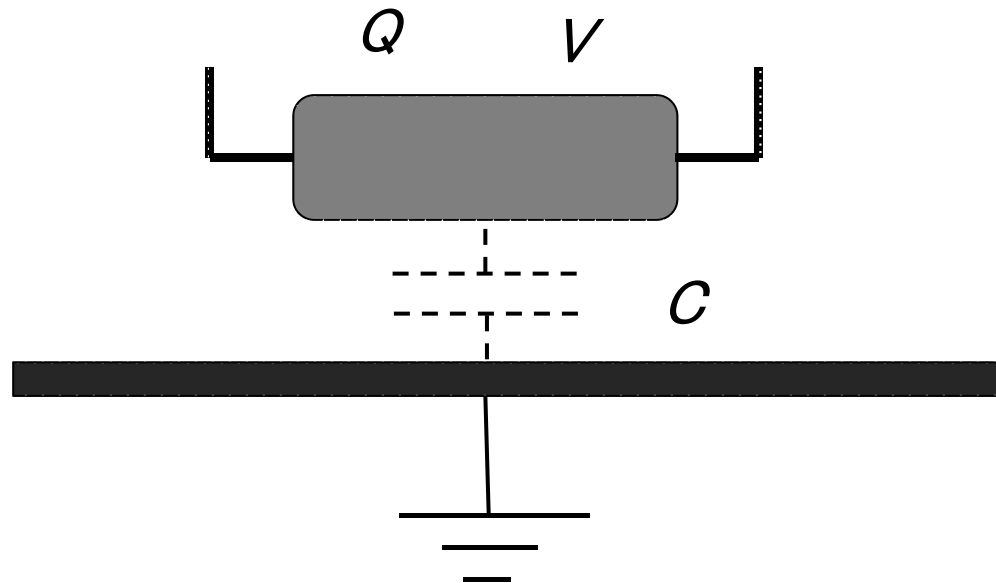
帯電電荷量  $Q$  が一定でも帯電電位  $V$  が異なる

$$Q = C \times V$$

$Q$ : 帯電電荷量    $C$ : デバイスキャパシタンス    $V$ : 帯電電位



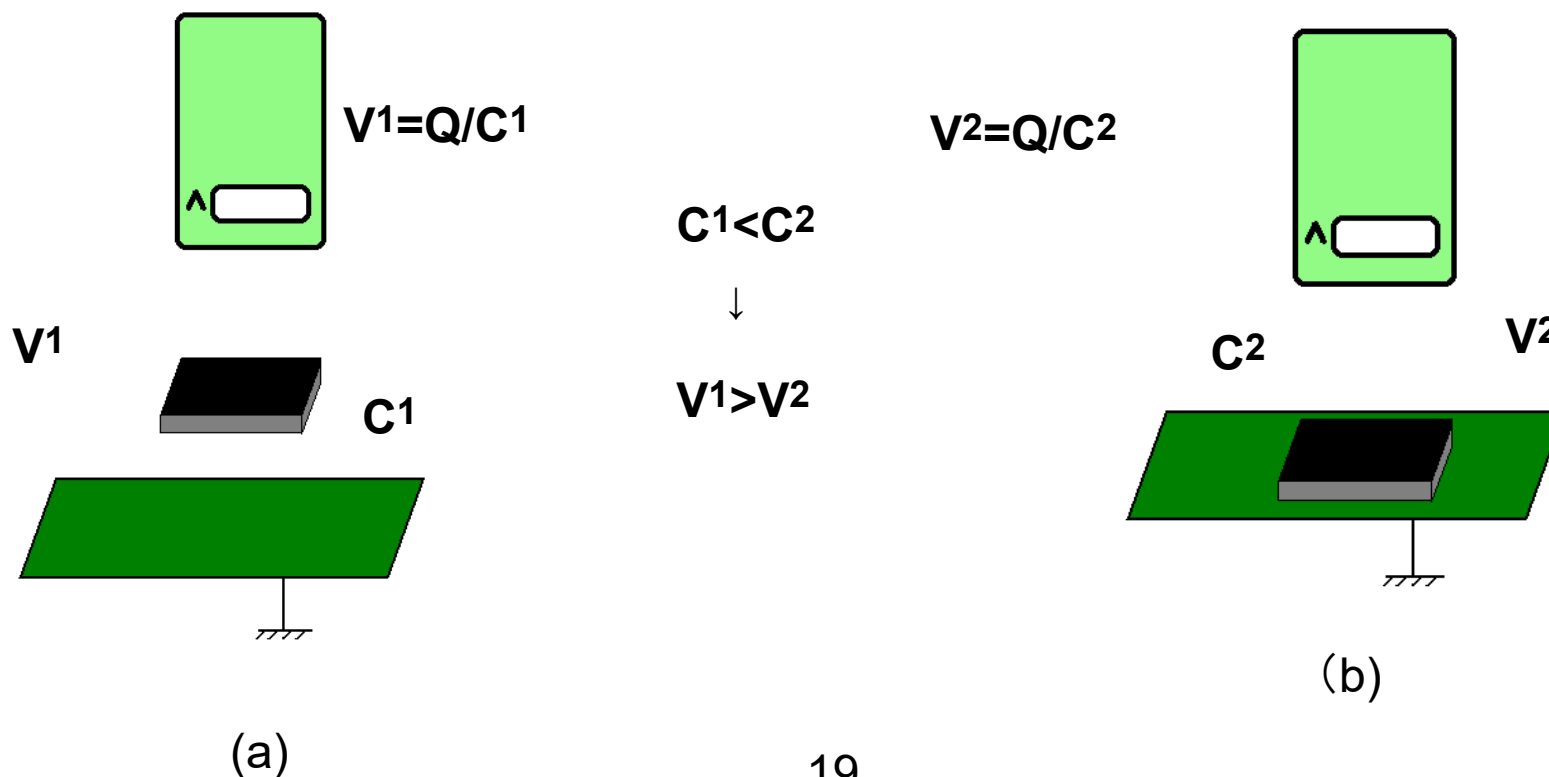
$$V = Q / C$$



# 帯電物体の電位値の変化

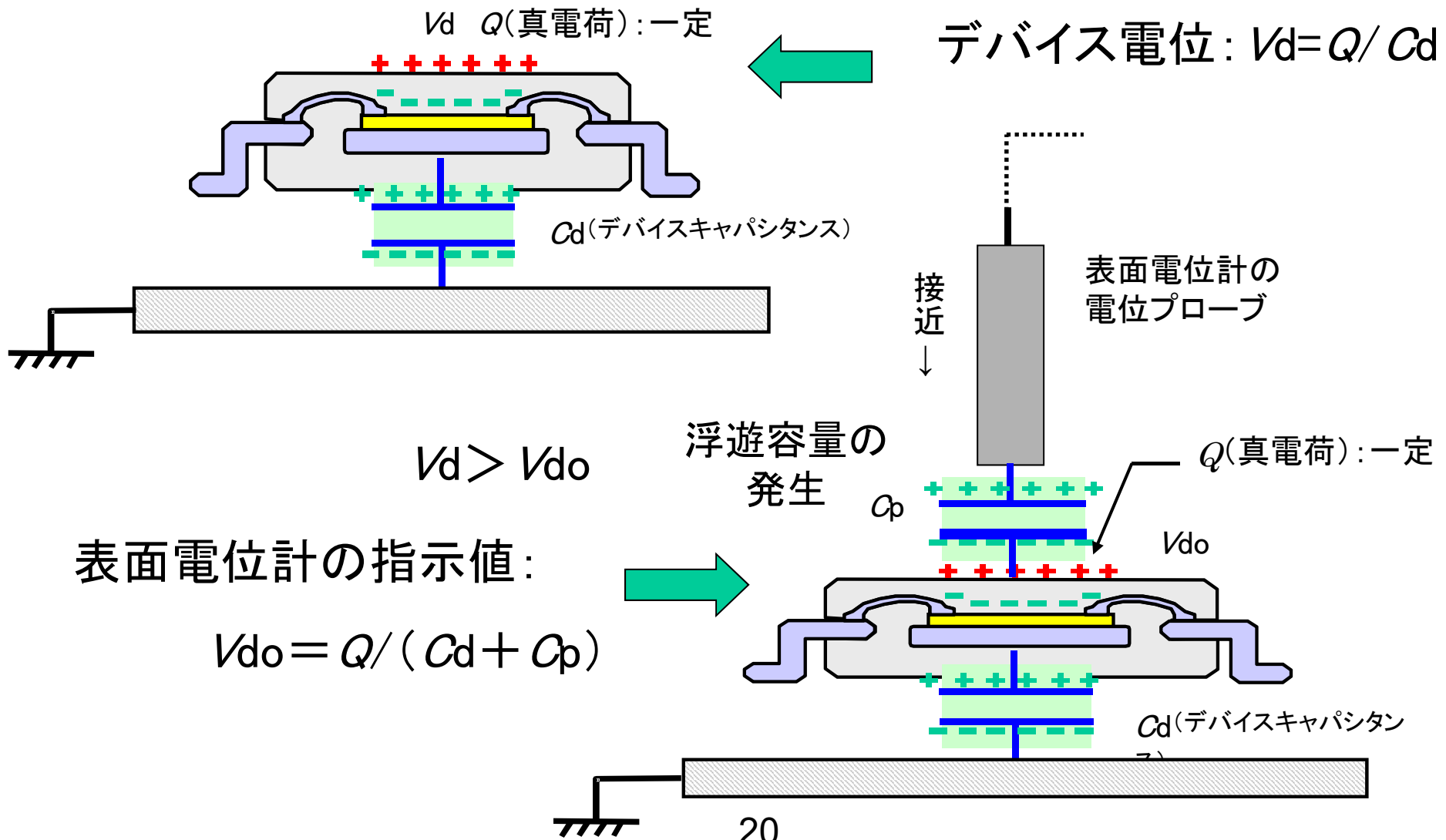
帯電物体の電位は、接地体からの距離で変わる。

- 帯電物体の静電容量(帯電物体が絶縁物の場合は、みかけの静電容量)を考慮する必要がある。  
帯電量(Q)が一定でも帯電物体の静電容量(C1)が変わる(C1 → C2)と、帯電電圧(V1)も変化する(V1 → V2)。



# 表面電位計による指示値の変化

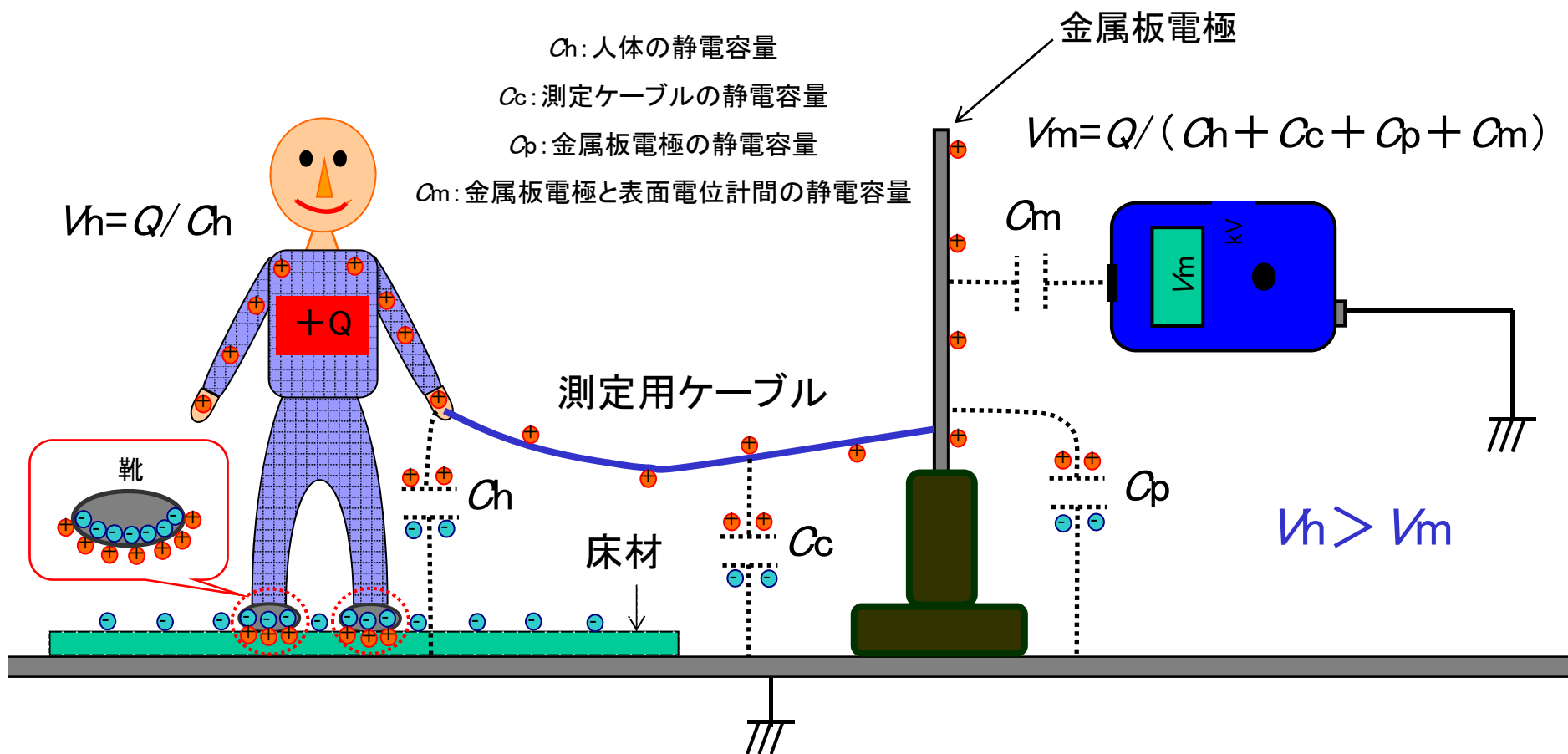
## 測定器による帯電電位の変化



# 表面電位計での電位測定時の測定系の浮遊容量の影響

## 測定器による帯電電位の変化

### ストロール法による人体帯電電位の測定



ESD管理のための測定は、電荷量（ $Q$ ）、電位（ $V$ ）、  
静電容量（ $C$ ）の関係を意識して行う

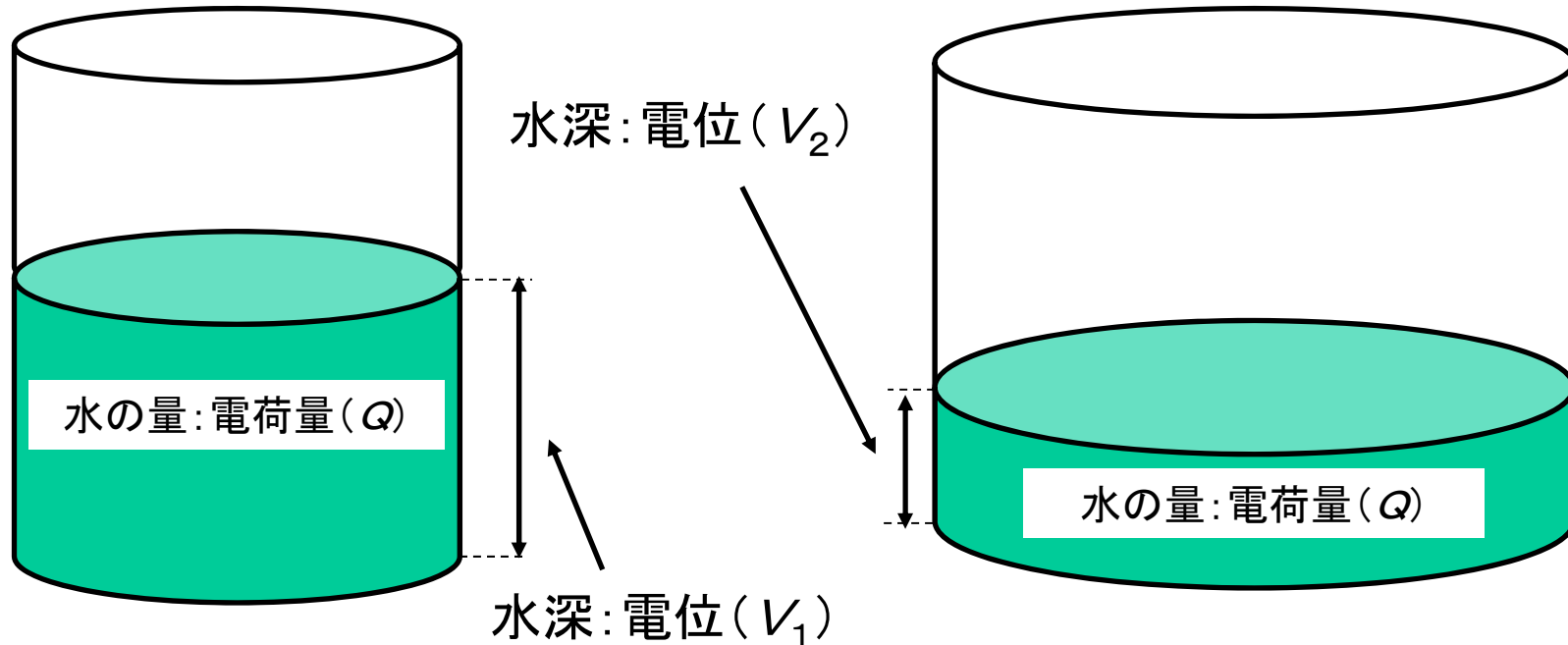
$$Q = C \times V$$

容器1の面積：  
静電容量（ $C_1$ ）

水の量：電荷量（ $Q$ ）

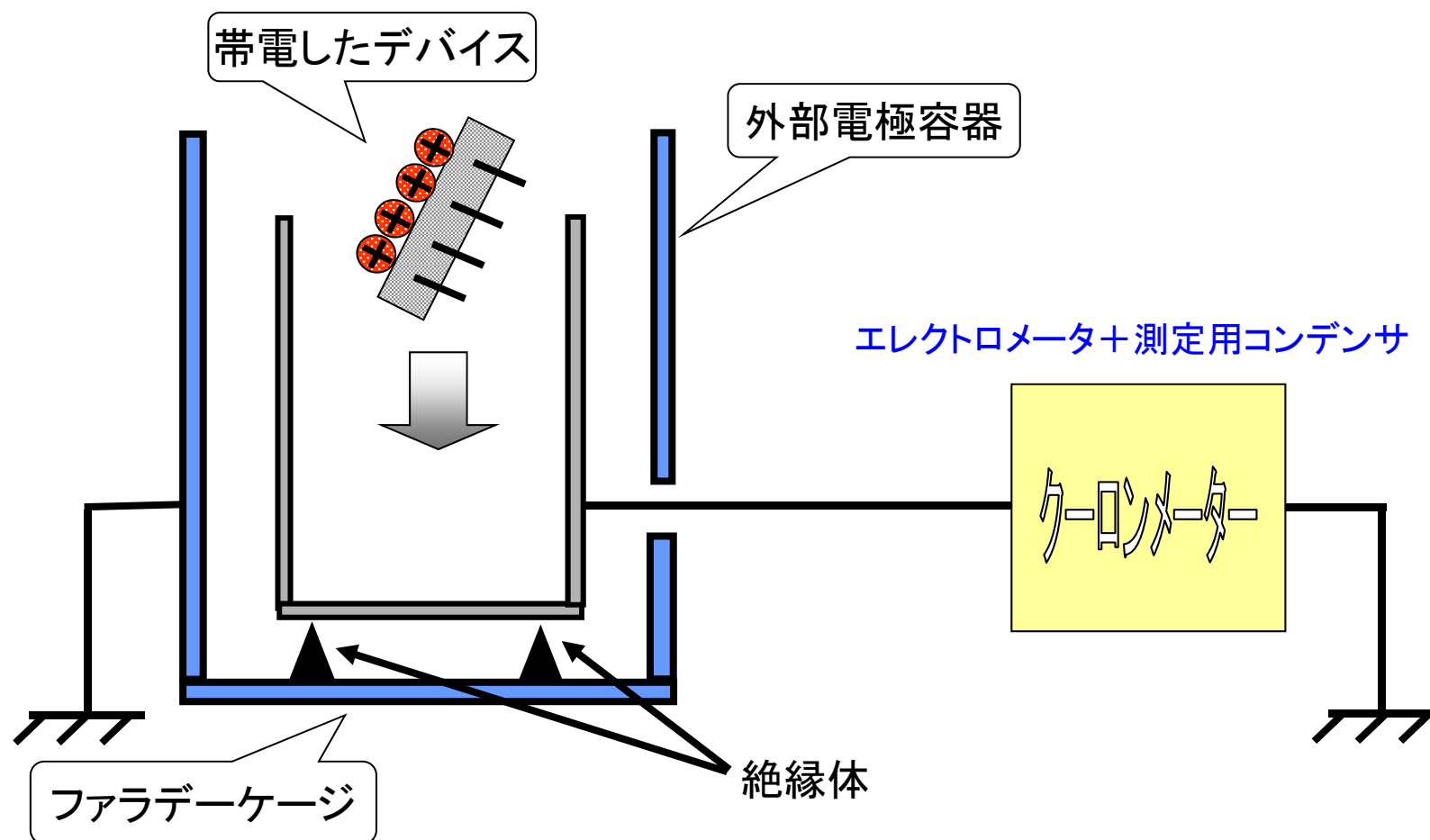
静電容量（ $C_1$ ） < 静電容量（ $C_2$ ）

容器2の面積：  
静電容量（ $C_2$ ）



$$Q / C_1 = V_1 > V_2 = Q / C_2$$

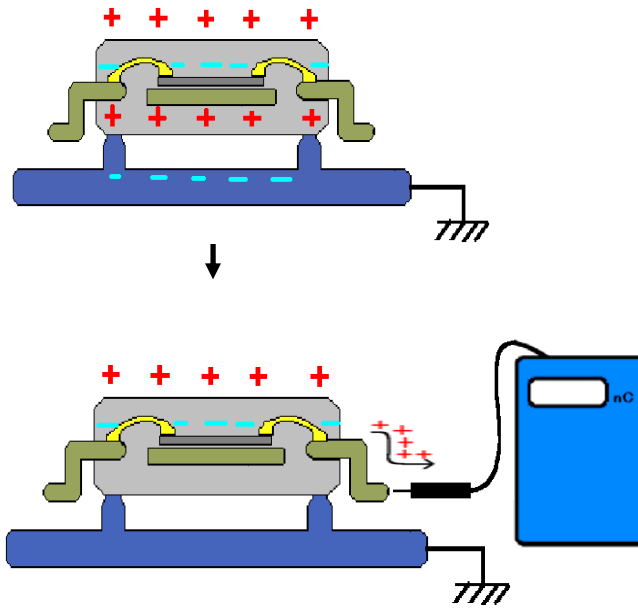
# 電荷量の測定例（ファラデーケージ）



測定対象：液体、粉体、金属板、紙、フィルム、布、...

# 動電荷量測定

## 接触タイプ電荷量測定器



静電気破壊時に放電電荷量として  
流れ出る内部の導体部分にたまって  
いる電荷量を測定する



## クーロンメータ(NK-1001A/1002A)



# CDM

クーロンメータ

帯電したデバイス

$Q_d$

導体の接地は、帯電させないために必要である。→ 火花放電防止

$V_d$

$C_e \gg C_d$

$r_e \doteq 0\Omega$

デバイス破壊

$C_d$

接地金属板

$C_e$

$V_e=0$

$r_e$

等価回路

スイッチ

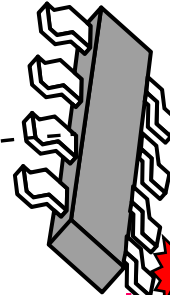
$Q_d$  +++++

$C_d$

$C_e$

$r_e$

$V_d$



火花放電

$C_d$

(1)

(2)

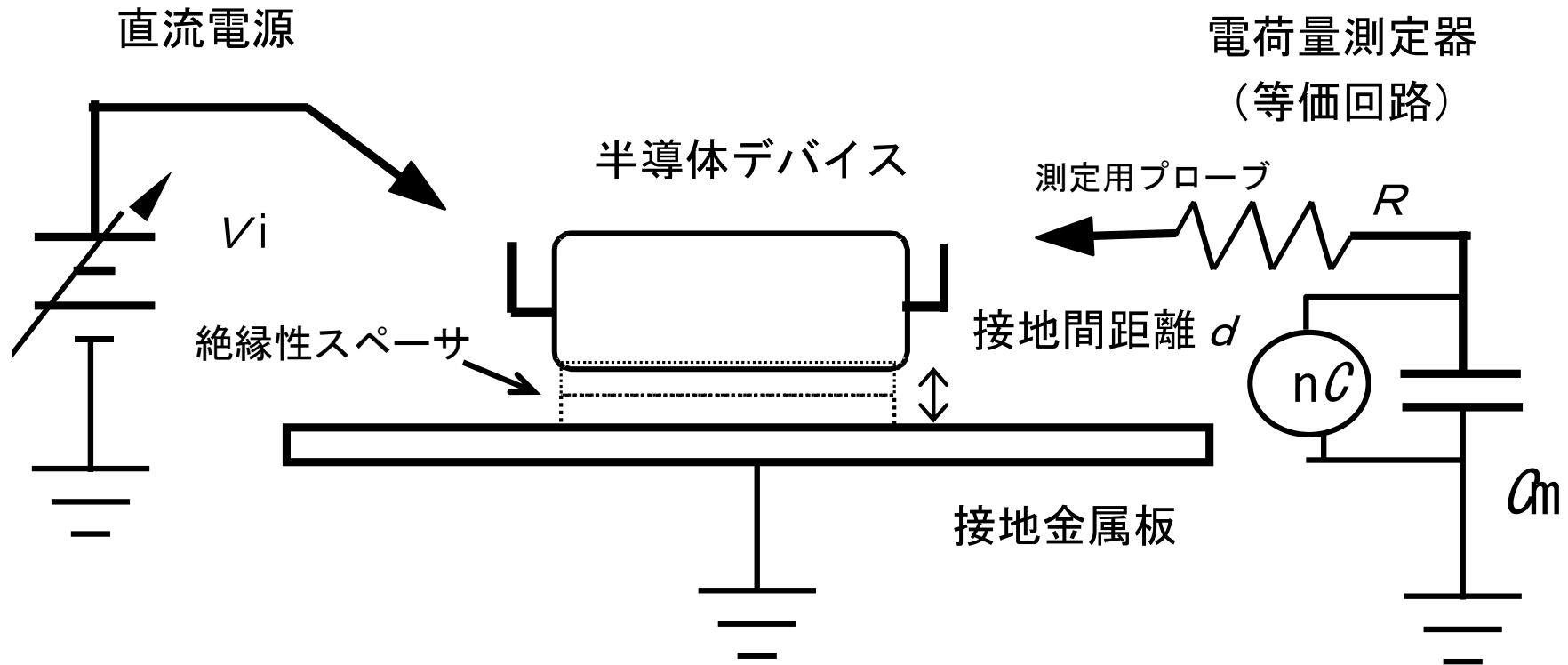
$C_e$

$V_e=Q_d/C_e$

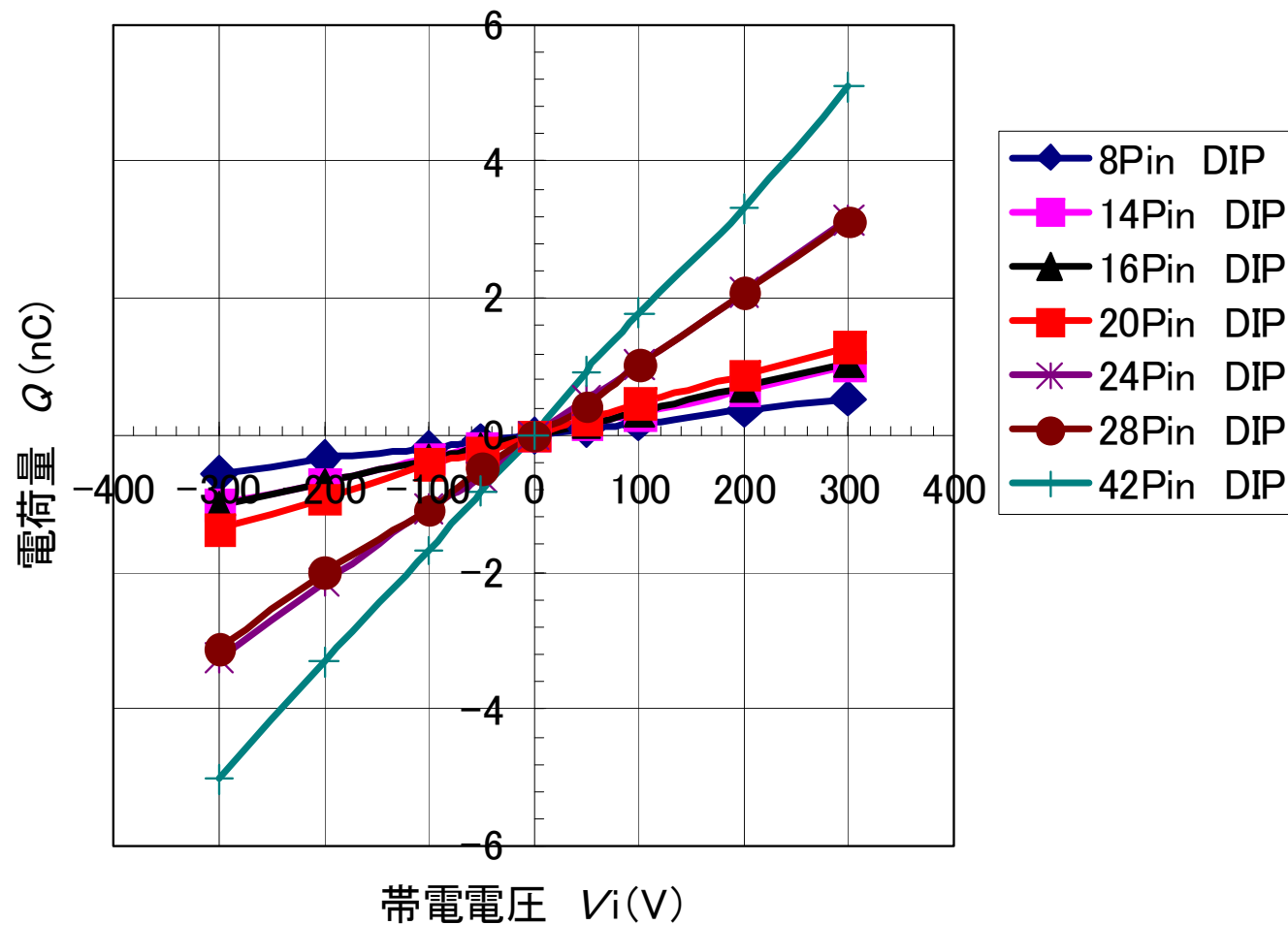
$r_e$



# 帯電電位が一定でも帯電電荷量が異なる



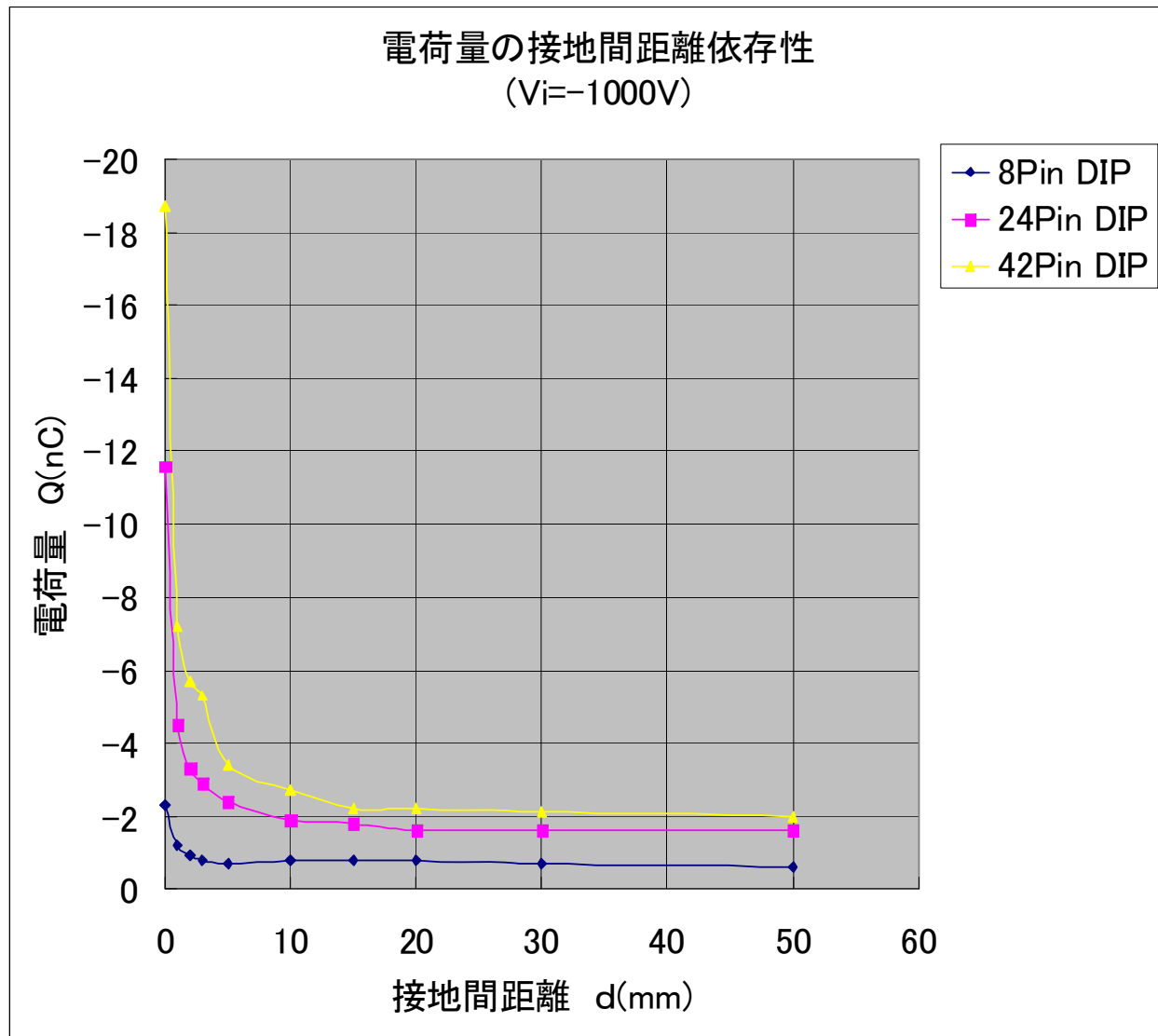
# 帯電電位と電荷量の関係



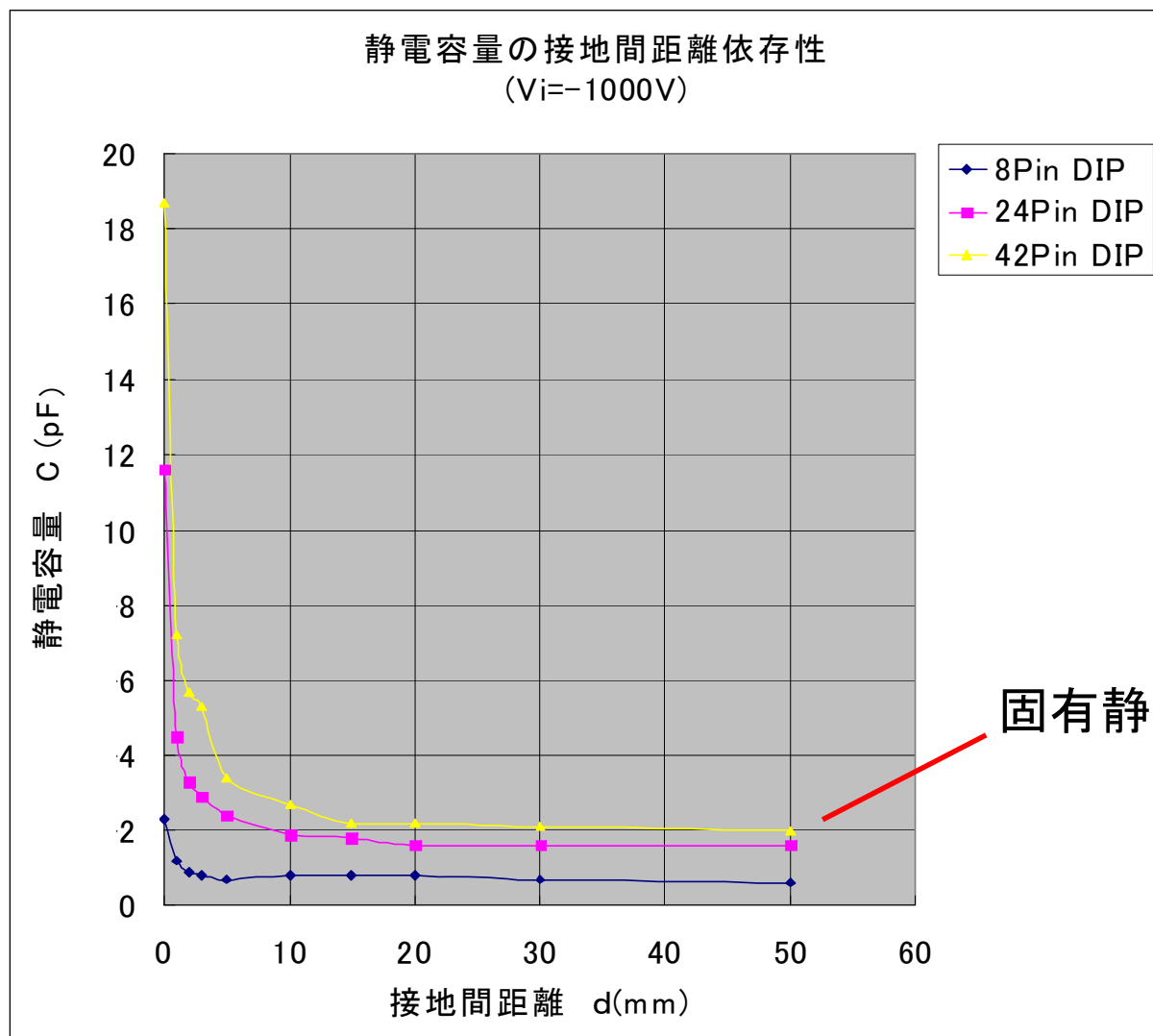
$$C_{42} = 1.8 \times 10^{-9} / 100 = 18 \times 10^{-12} = 18 \text{ pF}$$

$$C_{28} = 1.0 \times 10^{-9} / 100 = 10 \times 10^{-12} = 10 \text{ pF}$$

# 電荷量の接地間距離による変化



# デバイスキャパシタンスの設置距離による変化



帯電電荷量 :  $Q = C \times V$

デバイスチャパシタンス :  $C = Q / V$

放電エネルギー :  $W = C \times V^2 / 2 = \underline{Q \times V / 2}$

帯電電荷量が一定の場合の放電エネルギーは、デバイスキャパシタンスが固有静電容量のときに最大値となります。

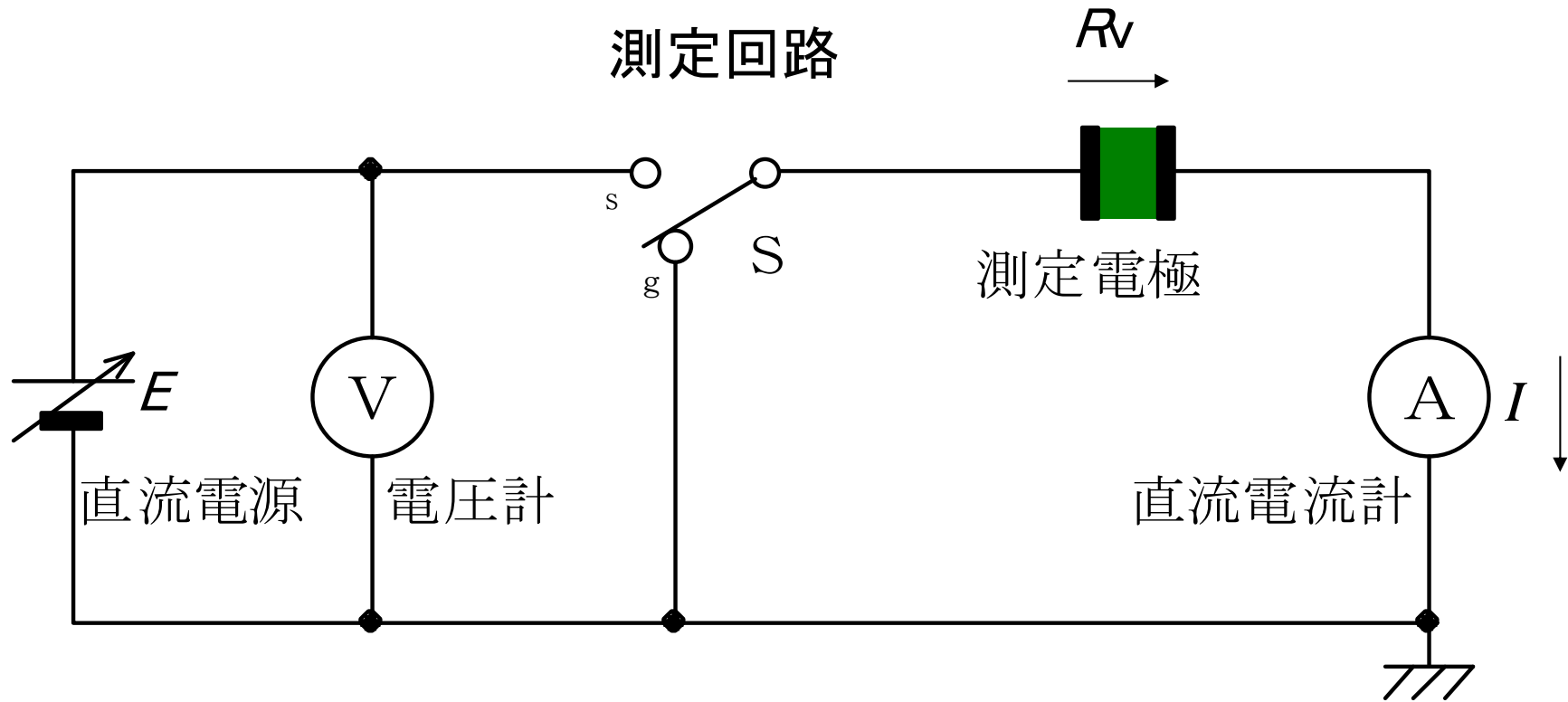
# 抵抗の測定

抵抗の測定電圧は、工程の管理電圧以下の値とする。

例えば、工程の管理電圧が10Vの場合、抵抗の測定電圧は、10V以下の値とする。ただし、測定電圧は、予めESDコーディネータが検討して決めた値とすること。



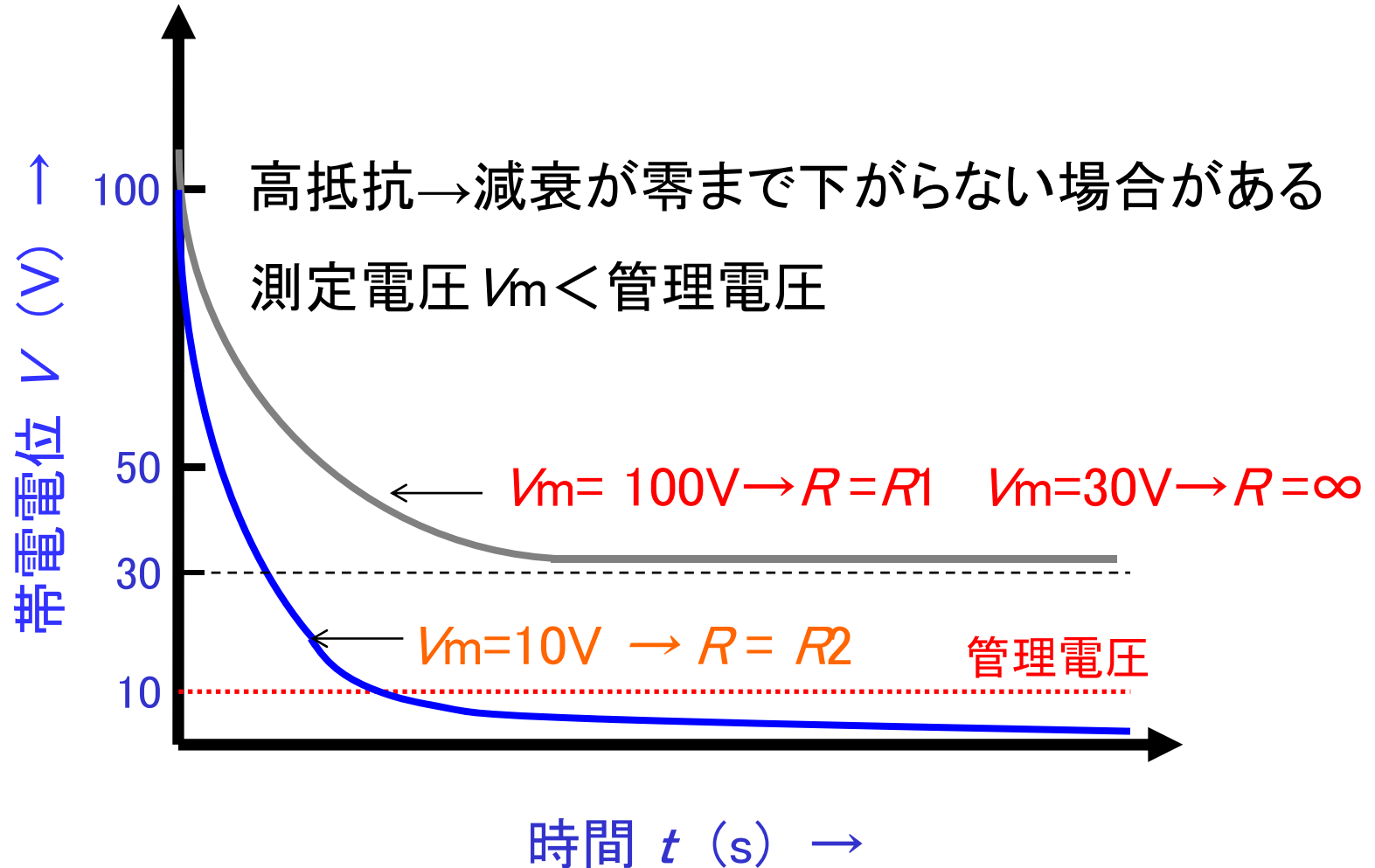
# 電圧電流計法による高抵抗測定回路



高抵抗  $R_v = E/I$

$E_1 > E_2 \rightarrow I_1 > I_2 \rightarrow R_{v1} < R_{v2}$  (オームの法則が成り立たない)

# 漏洩抵抗値の電圧依存性



## まとめ

電子産業でのESD管理は、益々難しくなりつつありますので、以下の事項を踏まえて行って下さい。

- ・静電気現象の理解が必要である。
- ・「RCJS」を用いたESD対策を基本に、さらに低電位での対策を行い、その対策の効果を計測管理する。
- ・対策と計測管理には、「 $Q=C \times V$ 」の関係を考慮する必要がある。