



独立行政法人労働者健康安全機構  
労働安全衛生総合研究所

# 液体の帯電

電気安全研究グループ  
主任研究員 遠藤 雄大

# 液体の静電気帯電

## 液体の静電気帯電における電荷は？

液体中に存在する陽イオン（正に帯電）、陰イオン（負に帯電）

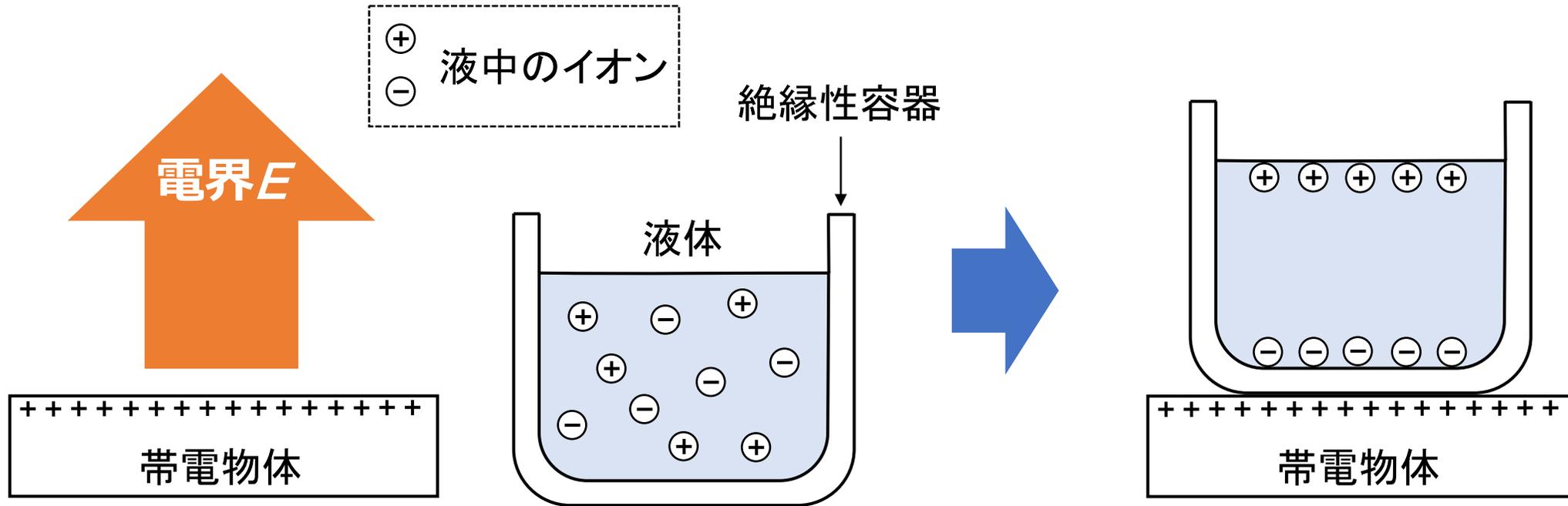
## 液体の静電気帯電はなぜ起こる？

外部からの力により、陽イオン、陰イオンの分布に偏りが生じるため

## どのように偏りが起こる？

- ① 外部からの電界の作用（誘導帯電）
- ② 他の物体（液体、固体、気体）との接触界面に形成される電気二重層の形成および相対的な移動（流動帯電、噴出帯電、沈降・浮上帯電、攪拌帯電、分裂帯電）

# 液体の静電気帯電の種類①



## 誘導帯電

金属で起こるものと同様  
導電率の高い液体ほど顕著に起こる

# 液体の静電気帯電の種類②

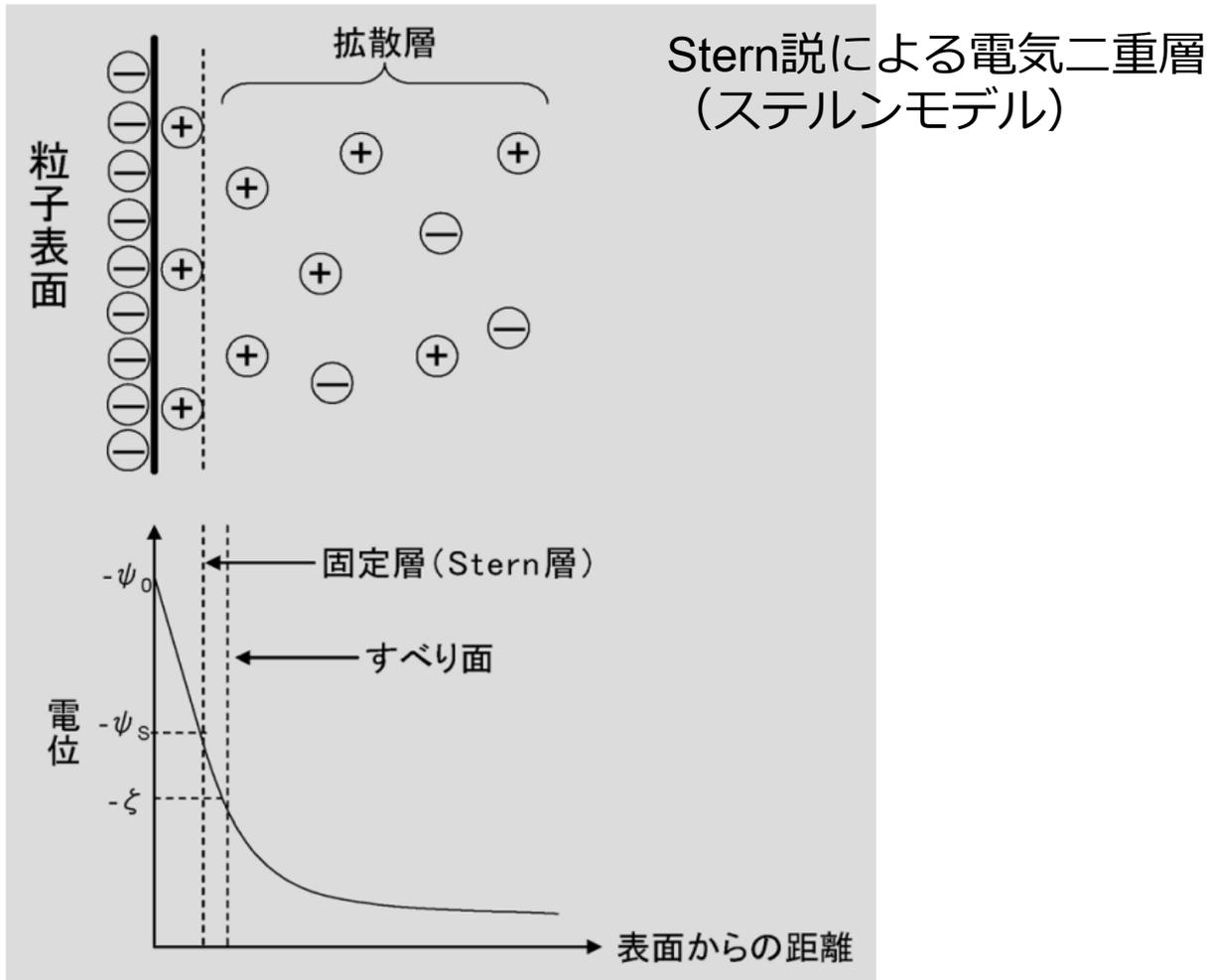
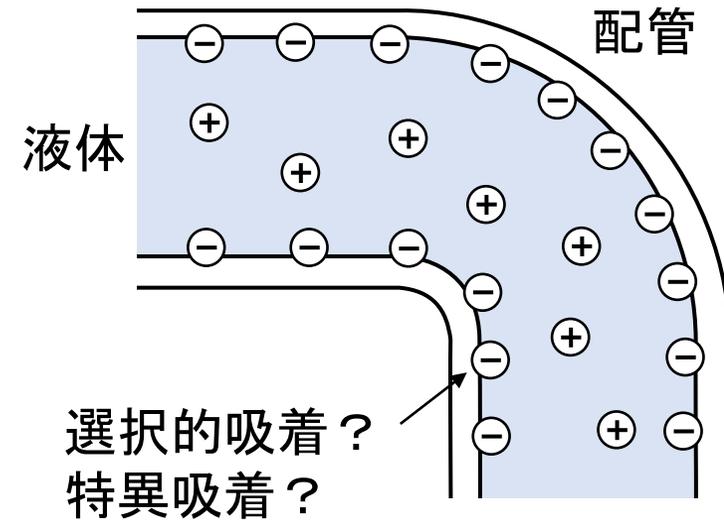


図1 イオンの分布と電位

出典：東亜合成グループ研究年報

[https://www.toagosei.co.jp/develop/theses/detail/pdf/no14\\_07.pdf](https://www.toagosei.co.jp/develop/theses/detail/pdf/no14_07.pdf)



## 流動帯電 (金属製配管の場合\*)

$10^{-9}$  S/m程度以下の絶縁性液体

$10^{-11}$  S/mでピーク？

\*絶縁性配管ではより導電率の高い液体も帯電する可能性がある

# 流動帯電と流速の関係

金属製パイプ内を液体が流動する時に発生する電流*i*[A]の経験式のひとつ  
(=時間あたりの電荷発生量[C/s])

$$i = 3.7 \times 10^{-6} d^2 v^2 \left[ 1 - \exp\left(-\frac{l}{v\tau}\right) \right]$$

←内面が荒いパイプでは $25 \times 10^{-6}$

流動帯電しない中・高導電率液体および、  
異物の混入、絶縁性パイプは対象外

*d* : パイプ内径[m]

*v* : 流速 [m/s]

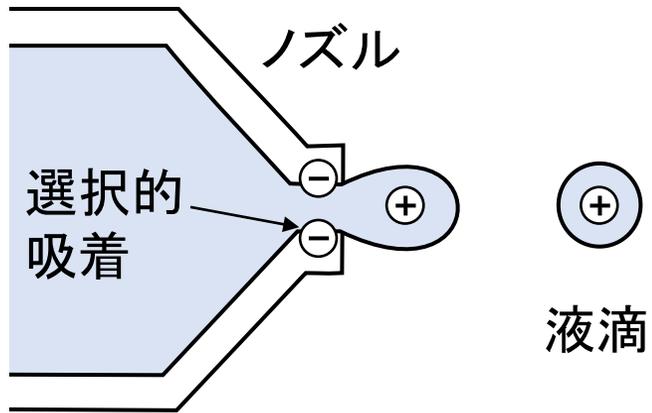
*l* : パイプの長さ[m]

*τ* : 液体の電荷緩和時間[s]

(= $\epsilon/\sigma$ 、 $\epsilon$  : 誘電率、 $\sigma$  : 導電率)

*v*は特に*i*に大きく影響するので、流速制限が重要！

# 液体の静電気帯電の種類②

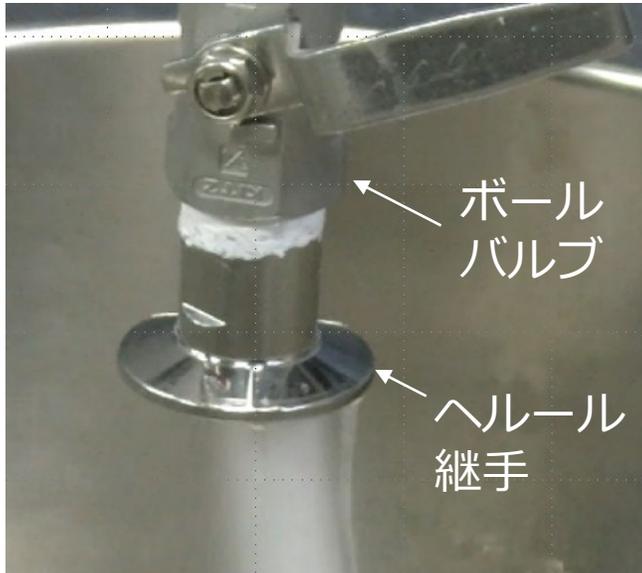


## 噴出（噴霧）帯電

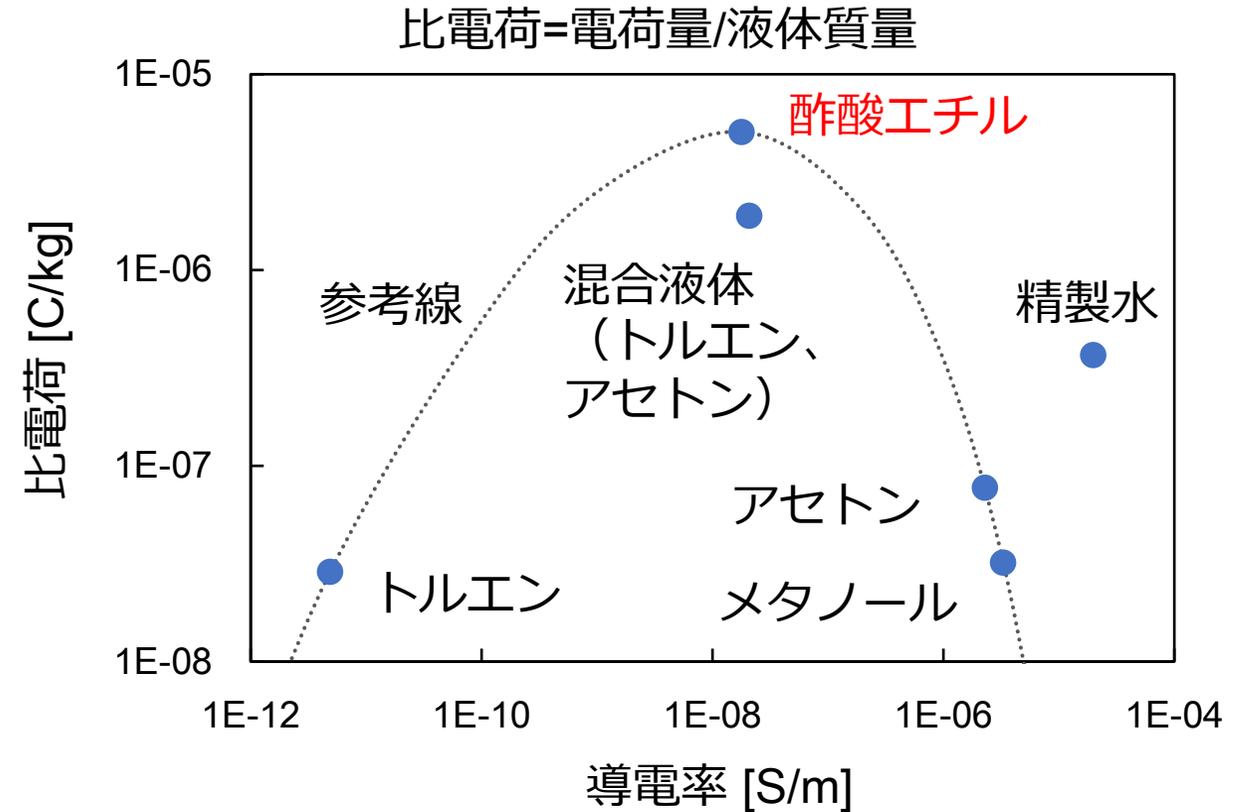
10<sup>-10</sup> S/m程度以上  
導電性液体も強く帯電

# 研究例：ボールバルブからの噴出帯電\*

\*遠藤雄大, 山隈瑞樹, 安全工学, vol.56, no.5, pp.362-373 (2017)



SUS製ボールバルブからの噴出



- 導電率 $10^{-8}$  S/m前後に帯電のピークを確認
- 酢酸エチルが強く帯電

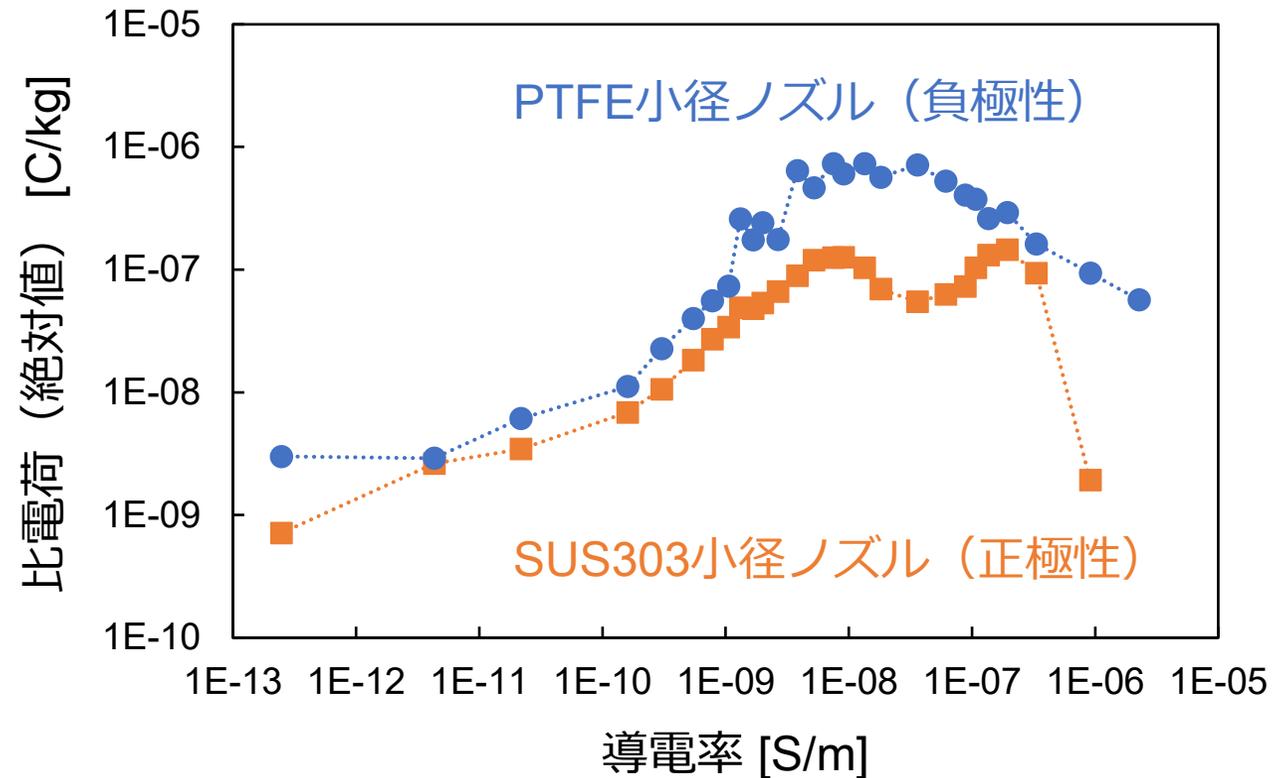
# 研究例：噴出帯電量と導電率の関係\*

\*遠藤雄大, 安全工学, vol.59, no.3,  
pp.175-183 (2020)

液体試料：ミネラルスピリット＋導電性添加剤

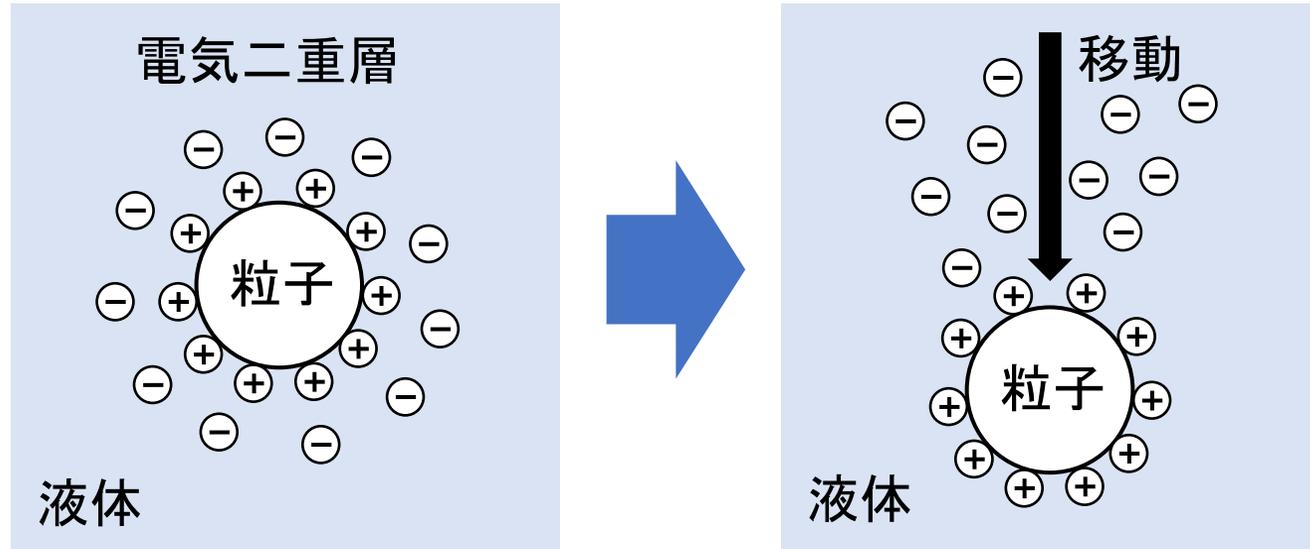


1流体ノズル (SUS、PTFE製)



- 導電率 $10^{-9} \sim 10^{-7}$  S/m で大きく帯電
- PTFEノズルの方が大きく帯電

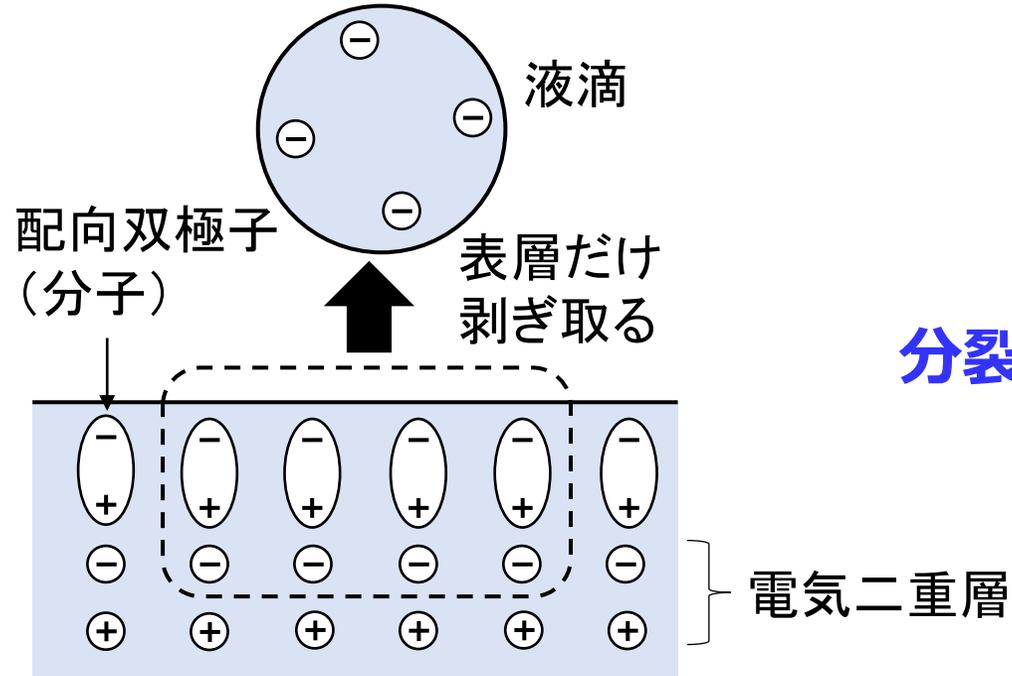
# 液体の静電気帯電の種類②



## 沈降・浮上・攪拌帯電

$10^{-9}$  S/m程度以下の絶縁性液体

# 液体の静電気帯電の種類②



## 分裂帯電 (レナード効果)

水などの極性液体

**ありがとうございました**