

固体電解型センサー

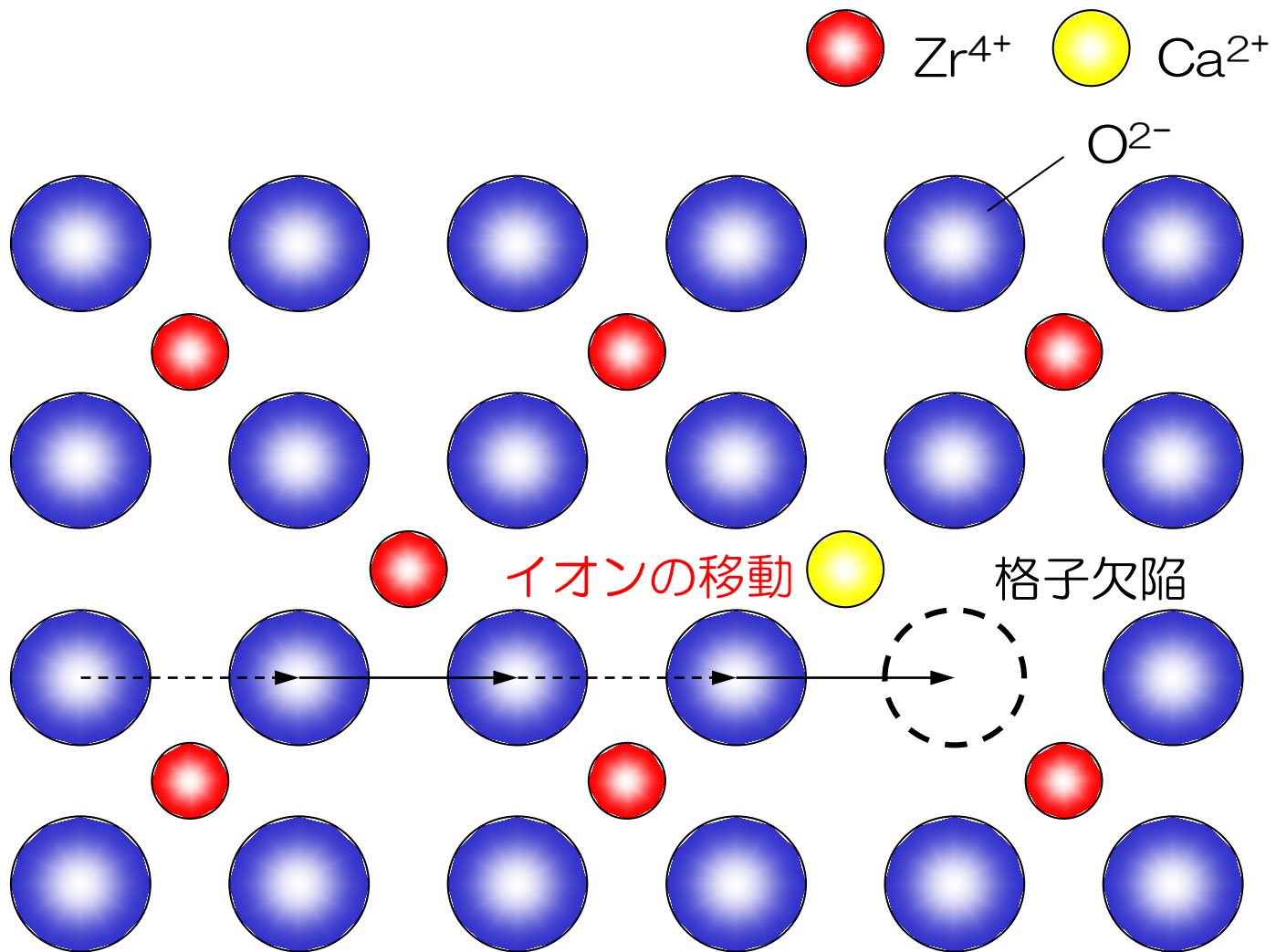
代表的な固体電解質

| 陰イオン | 固体電解質 |
|----------|--|
| O^{2-} | ZrO ₂ doped with CaO, Y ₂ O ₃ , MgO etc. CeO doped with G ₂ O ₃ , Y ₂ O ₃ etc. |
| F^{-} | LaF ₃ doped with SrF ₂ Pb _{1-x} Bi _x F _{2+x} , PbF ₂ , CaF ₂ |
| Cl^{-} | PbCl ₂ , SnCl ₂ , CsPbCl ₂ , CsSnCl ₂ |
| Br^{-} | PbBr ₂ , CsPbBr ₃ |

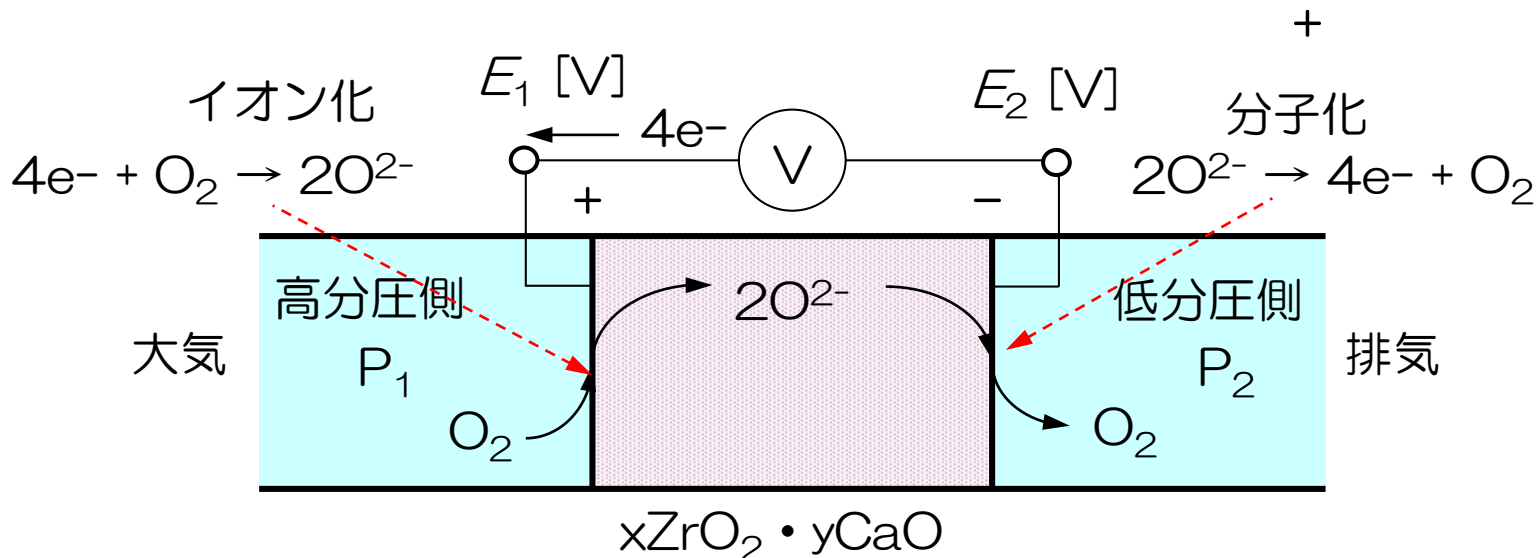
代表的な固体電解質

| 陽イオン | 固体電解質 |
|------------------------------|--|
| H ⁺ | ZrO(H ₂ PO ₄) ₂ · 3.6H ₂ O, H ₃ Mo ₁₂ PO ₄₀ · 30H ₂ O, H ₂ UO ₂ PO ₄ · 4H ₂ O |
| Li ⁺ | Li ₃ N, Li-Al ₂ O ₃ , Li ₅ AlO ₄ |
| Na ⁺ | Na ₂ O-Al ₂ O ₃ , Na ₃ Zr ₂ PSi ₂ O ₁₂ |
| K ⁺ | K-Al ₂ O ₃ , K _{1.6} Al _{0.8} Ti _{7.2} O ₁₆ |
| NH ₄ ⁺ | NH ₄ ⁺ -Al ₂ O ₃ |
| Cu ⁺ | Pb ₄ Cu ₁₆ I ₇ Cl ₁₃ , Cu ₂ HgI ₄ , CuI |
| Ag ⁺ | α AgI, RbAg ₄ I ₅ , Ag-Al ₂ O ₃ , AgBr |
| Ca ²⁺ | CaS |

固体電解質の原理



酸素ガスセンサーの起電力

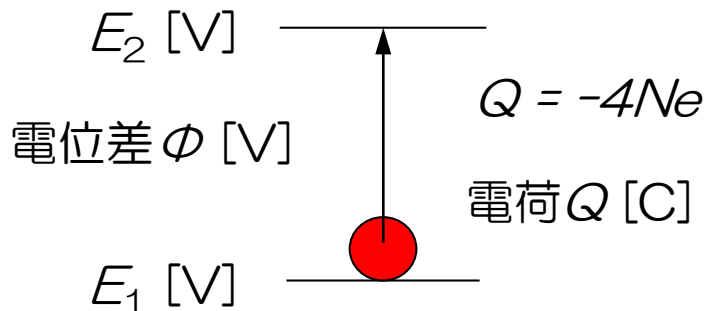


(1) 電気エネルギー E_e

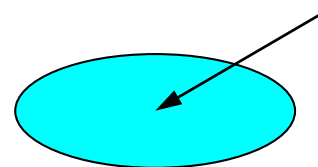
$$E_e = Q\phi \text{ [CV = J]} \quad (1)$$

(2) 化学エネルギー E_c

$$E_c = \Delta G = RT \ln P_2/P_1 \text{ [J]} \quad (2)$$



化学ポテンシャル
 $G = G^\circ + RT \ln W$



酸素センサーの起電力

(3) 電気エネルギー = 化学エネルギー

$$E_e = E_c \quad (3)$$

$$n = 4$$

$$Q = -nNe = -4F$$



$$-4F\Phi = RT \ln P_2/P_1$$

$$\Phi = (RT/4F) \ln P_1/P_2$$

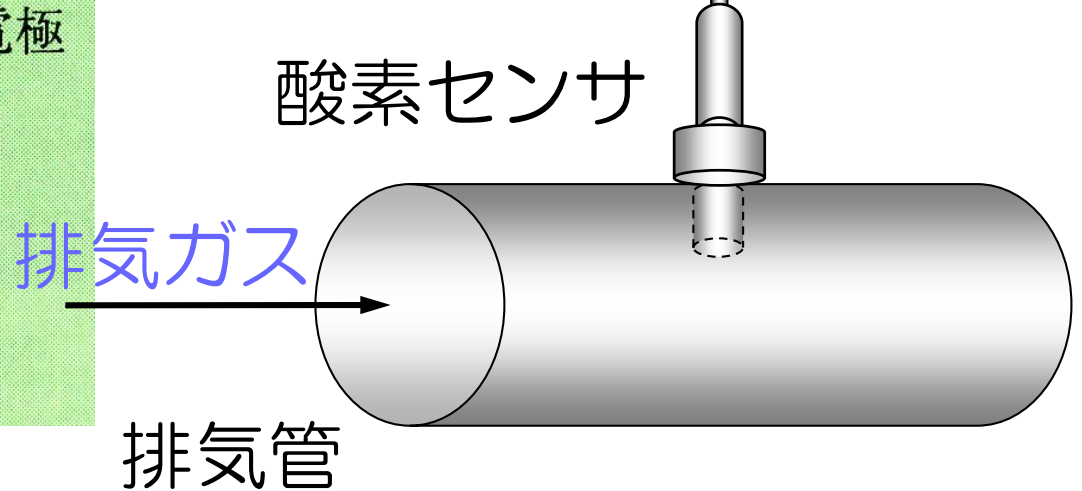
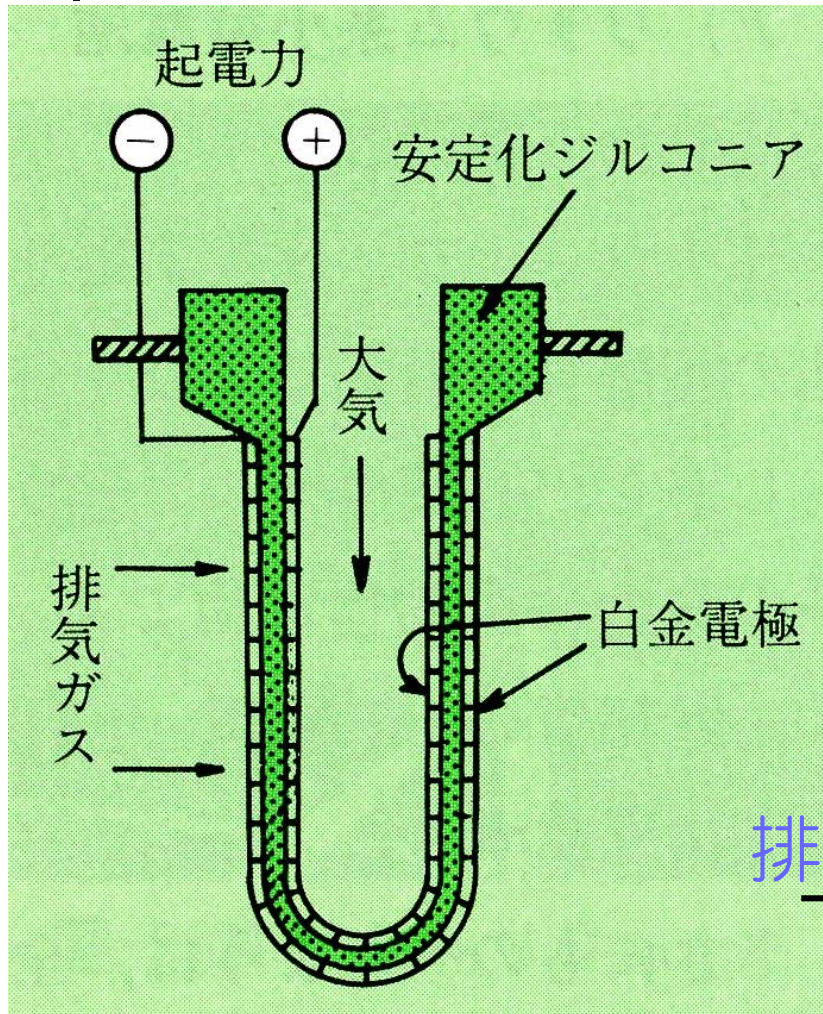
N : アボガドロ定数

n : 酸素1分子に対して
関与する電子数

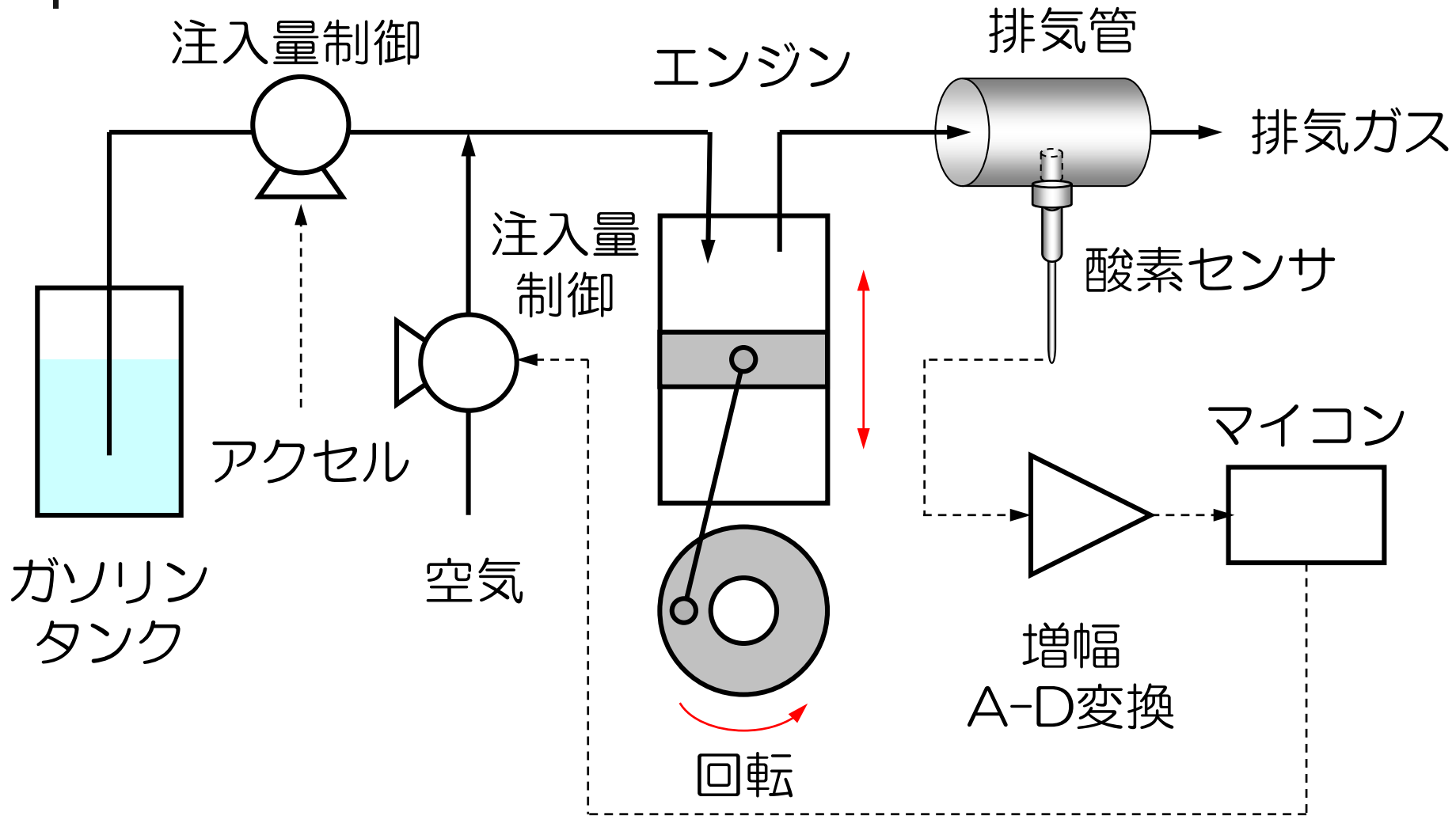
e : 電子の電荷

F : ファラデー定数

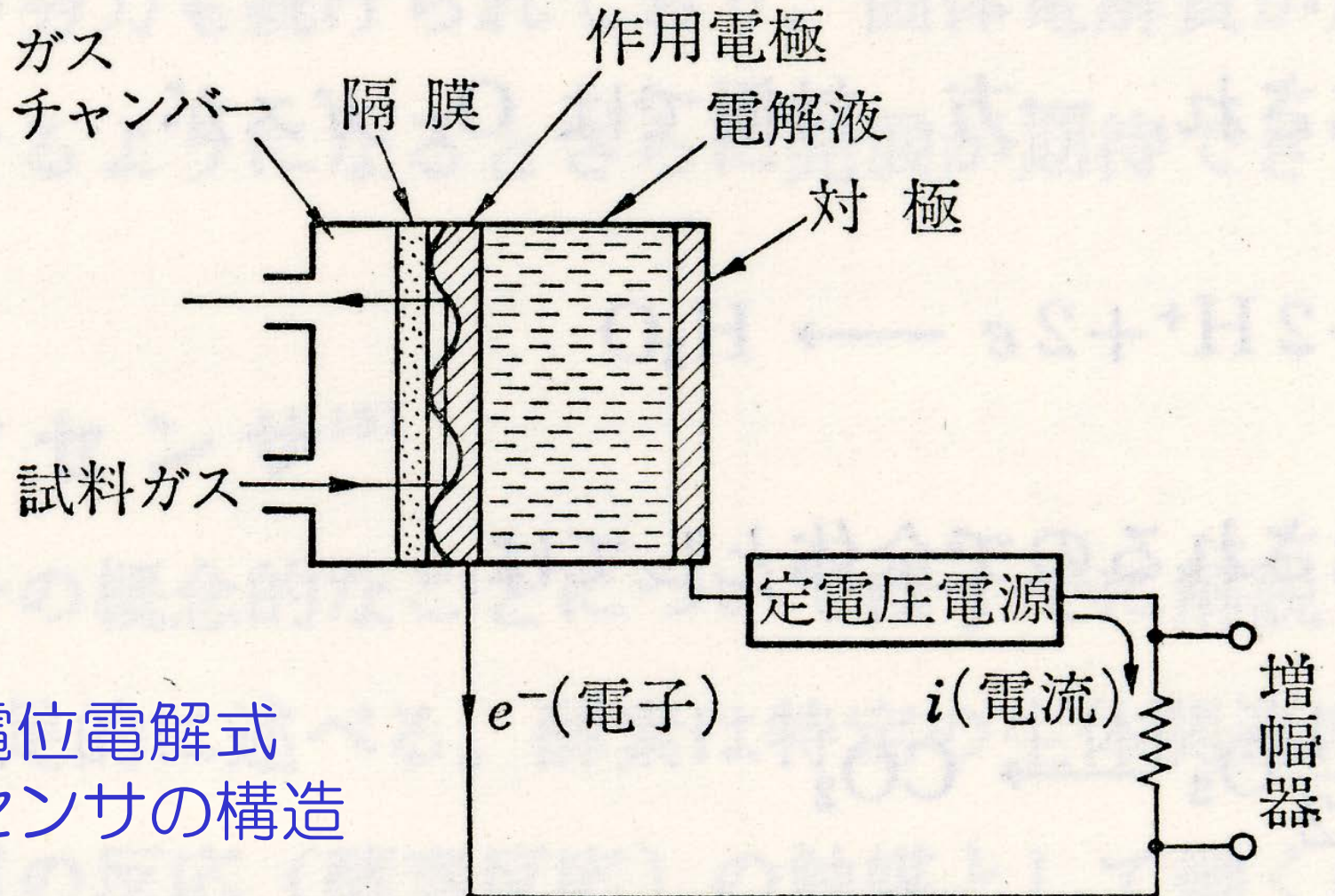
排気ガス中の酸素測定



エンジンの空気/燃料の最適制御



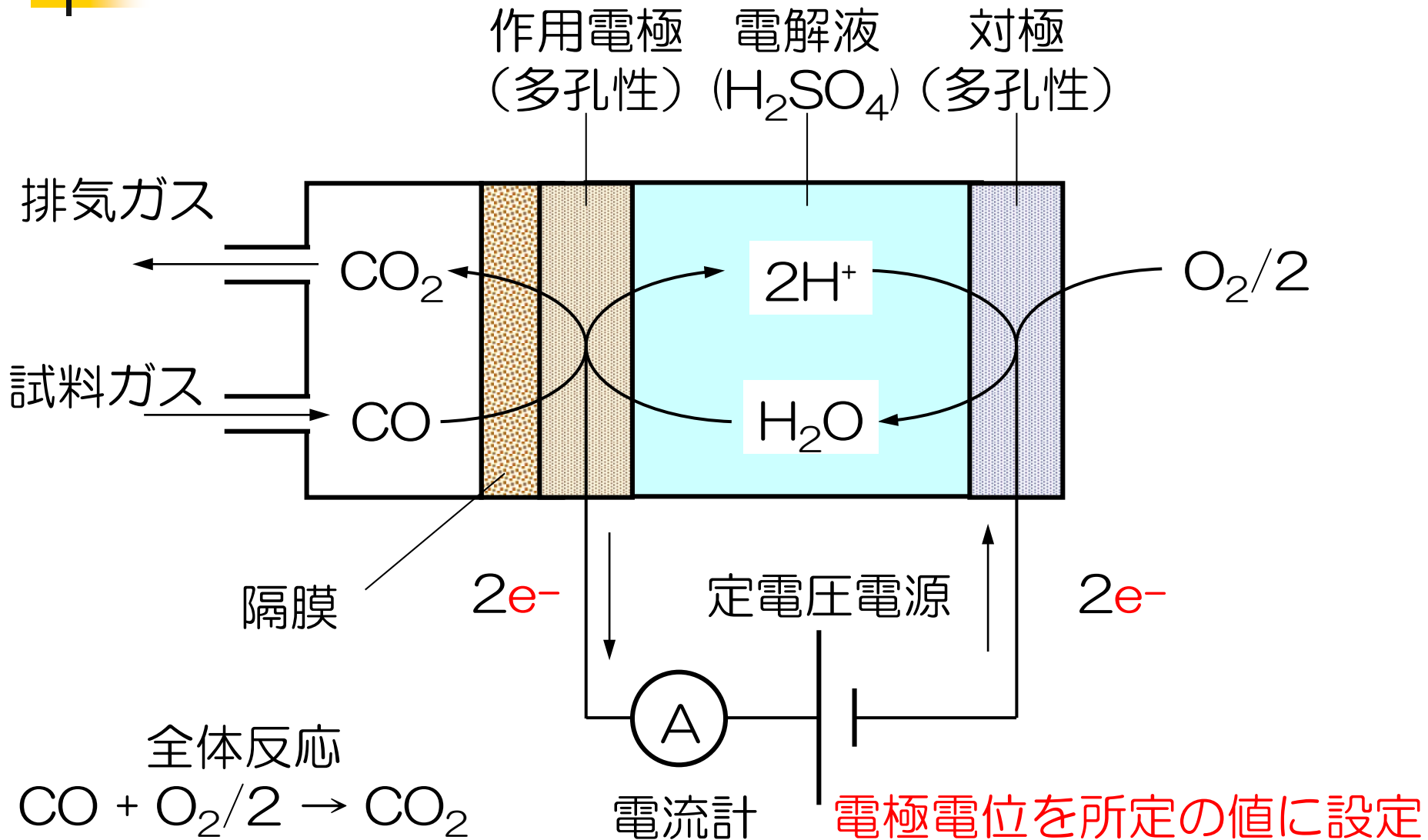
電気化学式ガスセンサー



定電位電解式
ガスセンサーの構造

定電位電解式ガスセンサの原理

～一酸化炭素センサの例～

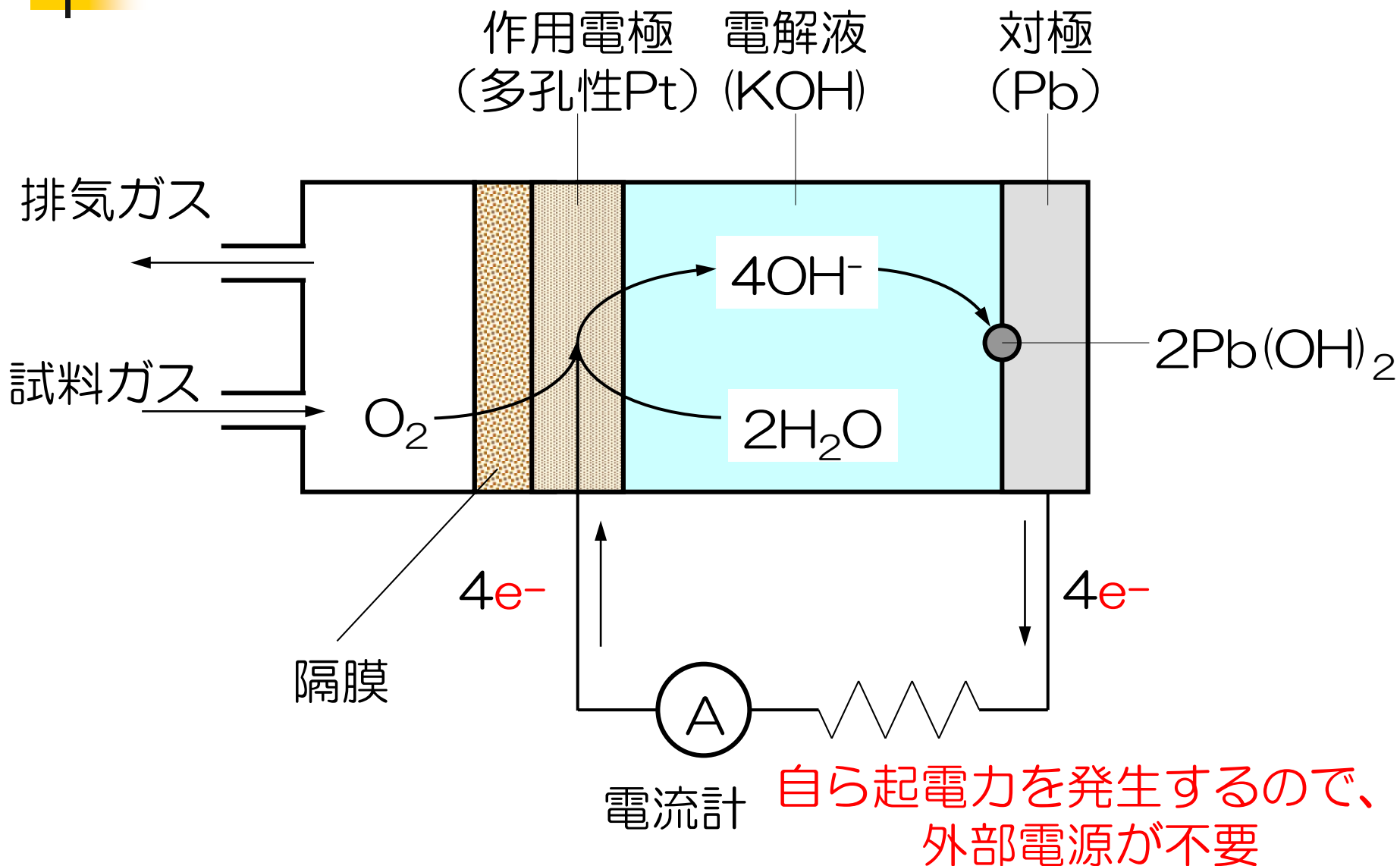


酸化還元電位と電位の設定

| ガス名 | 反 応 式 | 酸化還元電位 |
|-----------------|---|---------|
| CO | $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 e^-$ | -0.12 V |
| SO ₂ | $\text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}^+ + 2 e^-$ | +0.17 V |
| NO ₂ | $\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NO}_3^- + 2 \text{H}^+ + e^-$ | +0.80 V |
| NO | $\text{NO} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NO}_3^- + 4 \text{H}^+ + 3 e^-$ | +0.96 V |
| NO | $\text{NO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NO}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 e^-$ | +1.02 V |
| O ₂ | $\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 e^- \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O}$ | +1.23 V |

ガルバノ電池式ガスセンサの原理

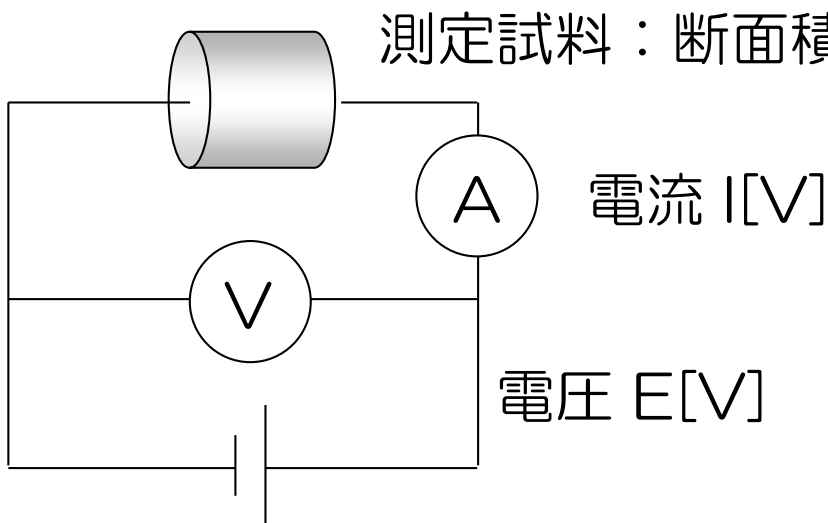
～酸素センサの例～



固体電解質

電気の導体

| 材料 | 導電媒体 | 説明 |
|-----|----------|--------------------|
| 金属 | 電子 e^- | 自由電子 e^- の移動 |
| 半導体 | 電子 e^- | 伝導帯中の電子 e^- の移動 |
| | 正孔 h^+ | 荷電子帯中の正孔 h^+ の移動 |
| 電解質 | イオン | イオンの移動 |



ρ : 導電率

$$I[\text{A}] = E[\text{V}] / R[\Omega]$$

$$1/R[\Omega] =$$

$$\rho [1/\Omega\text{cm}] A[\text{cm}^2] / L[\text{cm}]$$

$$1/\Omega \equiv \text{S}$$