

電解水生成装置の2次元数値解析

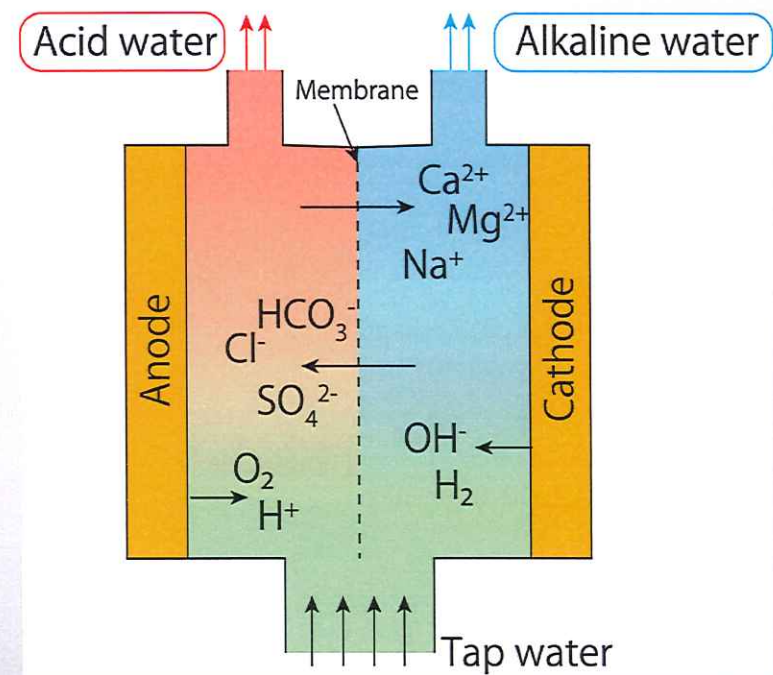
○兒玉学¹, 戸瀬義久², 奥村一彦², 平井秀一郎¹

1,東京工業大学 工学院 機械系

2,株式会社エナジックインターナショナル

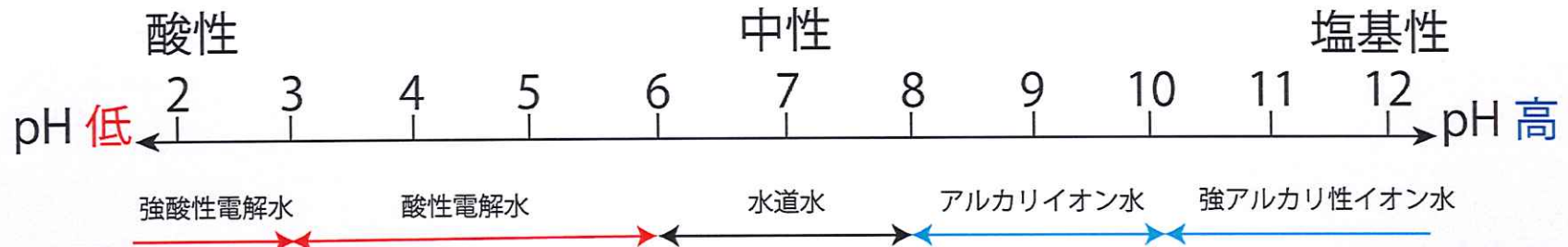
電解整水器

水道水を電気分解することで酸性水・塩基性水を製造



水道水と電力のみから酸性水と塩基性水を同時に製造

電解水生成装置の用途



• 酸性水

1. 食品

- ✓ 野菜洗浄
- ✓ 食器洗浄

2. 医療

- ✓ 手術, 透析器具洗浄
- ✓ 歯列矯正器具洗浄

• 塩基性水

1. 食品

- ✓ 野菜洗浄

2. 医療

- ✓ 胃腸症状改善
- ✓ 口腔内細菌抑制

水道水と電力から容易に作成可能, 薬品不使用による高い安全性

研究目的

電解整水器

1. 酸性水/塩基性水を簡便かつ安全に製造
2. 食品/医療分野において導入が進んでいる

課題＝長寿命化と小型化 ➡ 内部現象の解明

サイズ小：電極間距離 = 2~4mm

現象多：流体 + 電磁気 + 電気化学 + 化学

実験による検討困難 ➡ 数値解析による検討

研究目的①：流体-電磁気-電気化学-化学連成解析手法の開発

研究目的②：非定常二次元数値解析による電解水生成装置内現象の把握

解析手法の構築

- 流体

RE~100 → 非圧縮層流 + 輸送方程式(9イオン種)

$$\nabla \cdot \mathbf{u} = 0 \quad \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \nabla \cdot (\mathbf{u}\mathbf{u}) = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \nu \nabla^2 \mathbf{u} \quad \frac{\partial C_k}{\partial t} = -\nabla(J_k)$$

- 電磁気

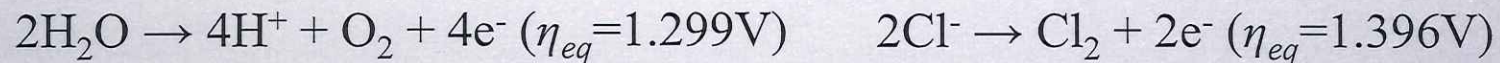
RE_M<<1 → 誘導磁場無定常MAXWELL方程式

$$\nabla \cdot \mathbf{i} = 0 \quad \nabla \times \mathbf{E} = 0$$

- 電気化学

電解槽・電池と同様 → NERNST-PLANK式 + BUTLER-VOLMER式

$$J_k = -D_k \nabla C_k - \frac{z_k F}{RT} D_k C_k \nabla \phi_e + \mathbf{u} \nabla C_k \quad i_{electrode} = i_0 \left[\frac{C_s^a}{C_0} \cdot \exp\left(\frac{\alpha_a F \eta}{RT}\right) - \frac{C_s^c}{C_0} \cdot \exp\left(\frac{\alpha_c F \eta}{RT}\right) \right]$$

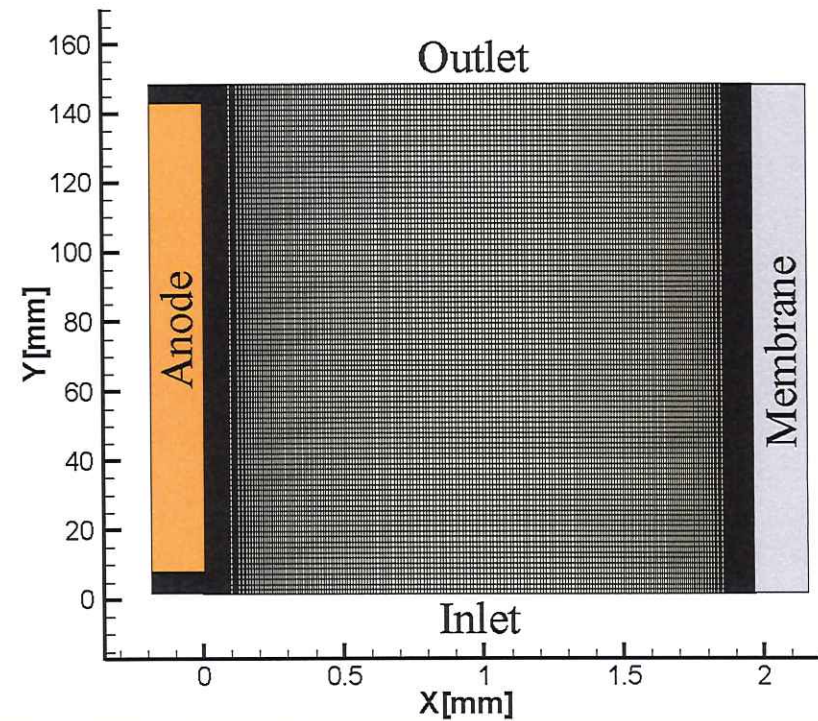
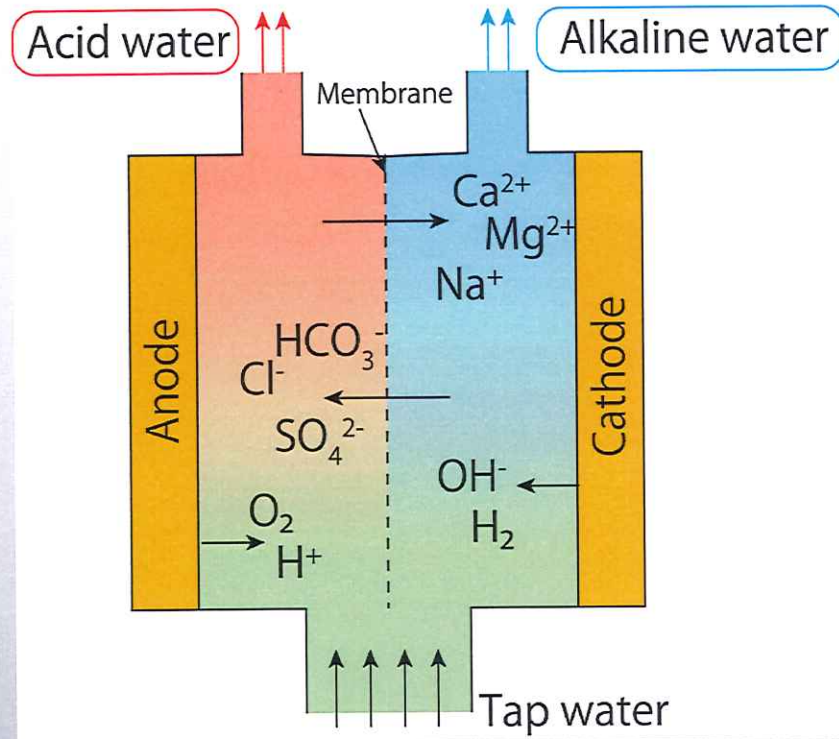


- 化学

弱酸弱塩基性イオンによる中和反応 $\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$ $\text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$

解析手法の構築

解析対象/境界条件



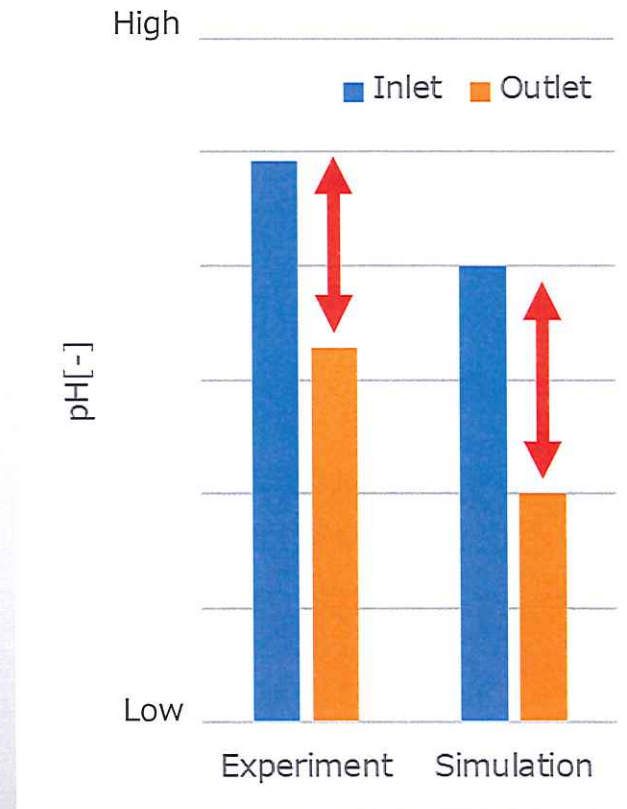
- 電極損耗の顕著なアノード側のみ解析
- アノード-セパレーター間電圧 = 14V
- 流入水：日本の代表的な水道水

解析結果の妥当性検証

電極間電流

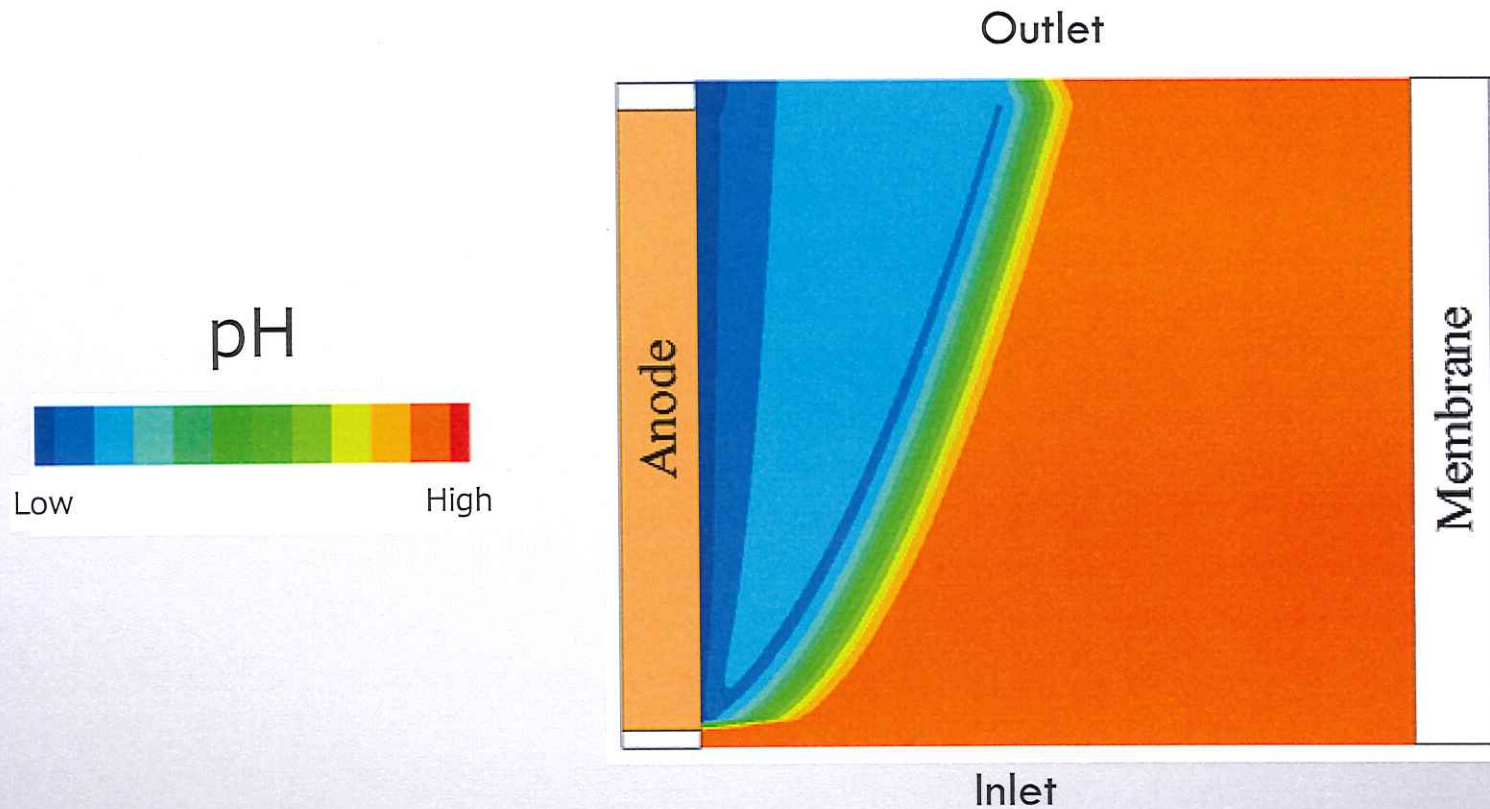


流入水と吐出水のpH



- 電極間電流, 流入-吐出間のPH差が実機と概ね一致

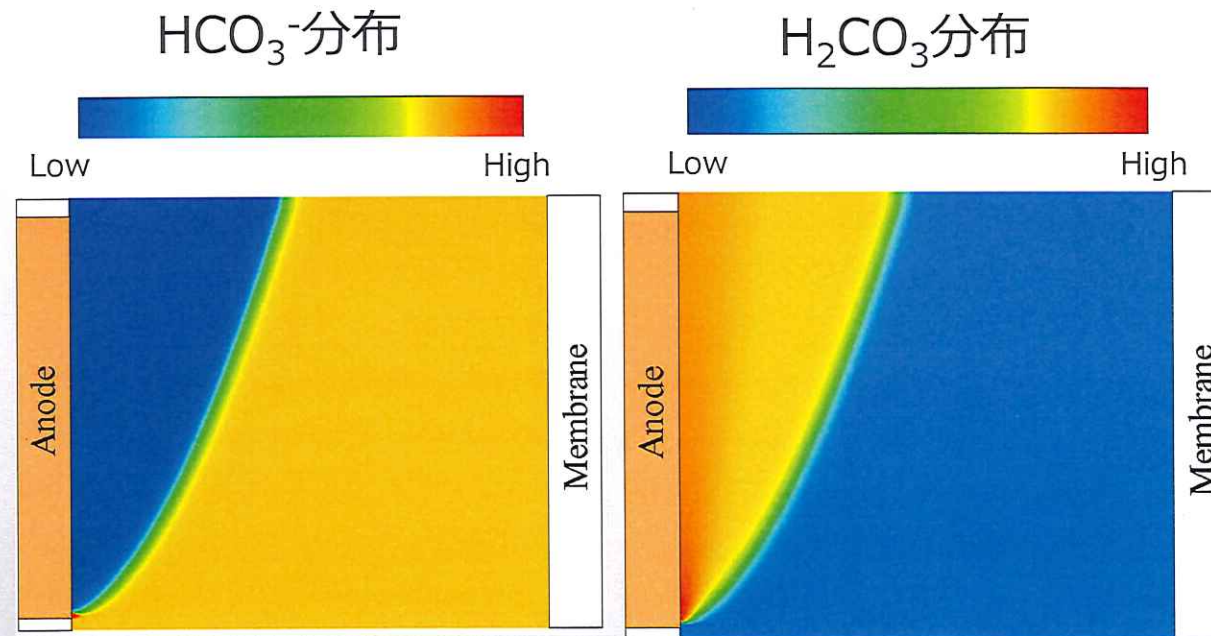
PH分布①



アノードにおける H^+ 生成によりpHの境界層が発生
★衝撃波に類似した不連続面が生成

PH分布②

不連続面の維持



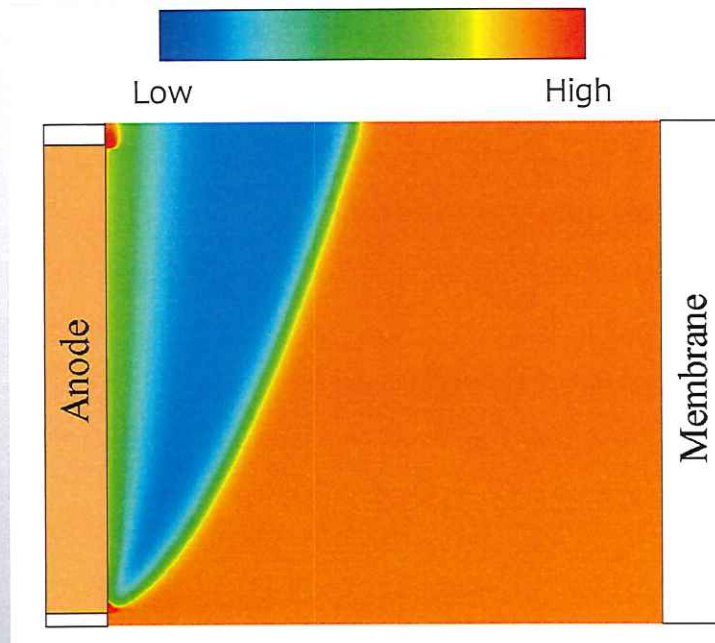
- ✓ 重炭酸イオン-水素イオン-炭酸間で平衡反応
- ✓ PH=5付近でPHの急峻な変化

⇒強酸OR中性のいずれかになる必要，不連続面維持

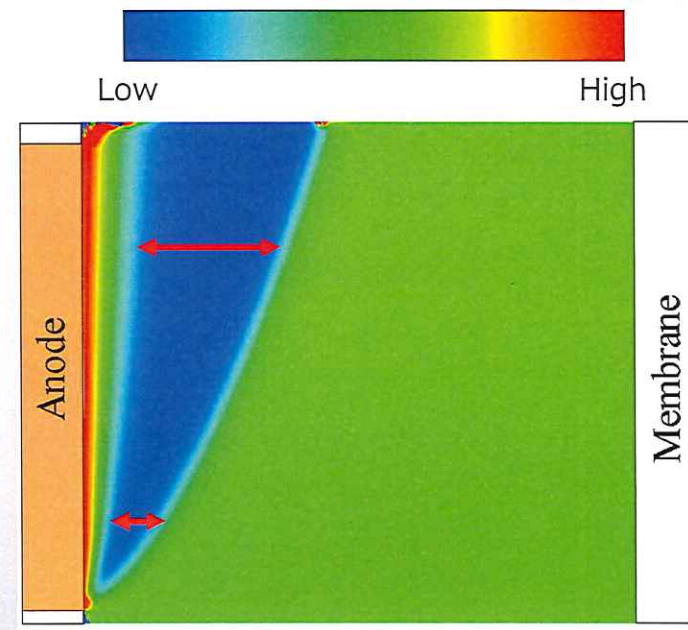
電流密度分布②

電流密度不均一の原因

総イオン分布



導電率分布



- 中和に低イオン量域が発生⇒低導電率
 - 上流⇒低導電率層薄⇒電流量大
 - 下流⇒低導電率層厚⇒電流量小

まとめ

電解水生成装置における内部現象の解明を目的として、流体-電気化学-電磁気を連成したモデル構築ならびに2次元数値解析を行い、本研究で構築した解析モデルにより、実機と概ね一致した解析結果が得られることが明らかとなった。

また、電極表面の電流密度は導電率の不均一性に起因して下流と比較して上流で高くなることが明らかとなった。