

# 有機廃水を燃料とする微生物燃料電池の 特性及び超音波による機能向上に関する 研究

李正龍

姚 璐

劉 紅, LH64@buaa.edu.cn

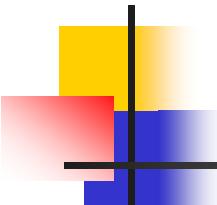
北京航空航天大学環境工学系



# 報告内容

---

- 1.本研究の背景
- 2.実験材料及び方法
- 3.電池特性
- 4.電池性能に影響を及ぼす因子の考察
- 5.超音波処理による微生物燃料電池の性能向上
- 6.結論



# 1.本研究の背景

---

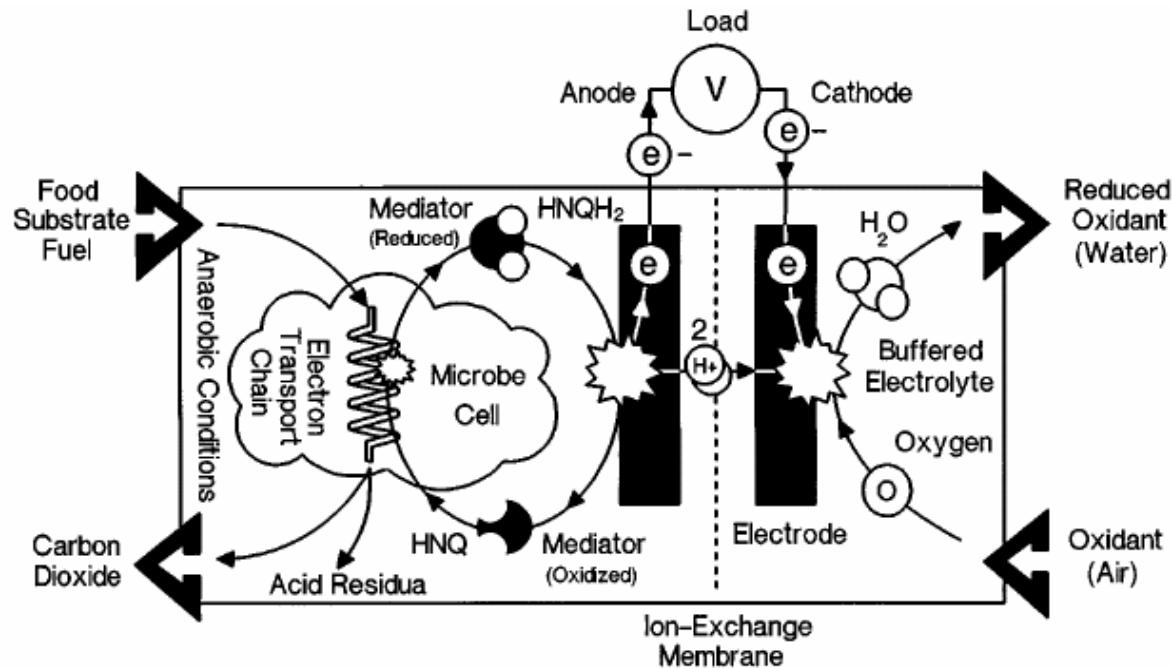
◆宇宙ステーション、月基地における有機廃棄物の処理問題、エネルギー問題

- 有機廃棄物をエネルギーに変換する
- 米NASAの重点研究課題になっている

◆環境汚染とエネルギー危機

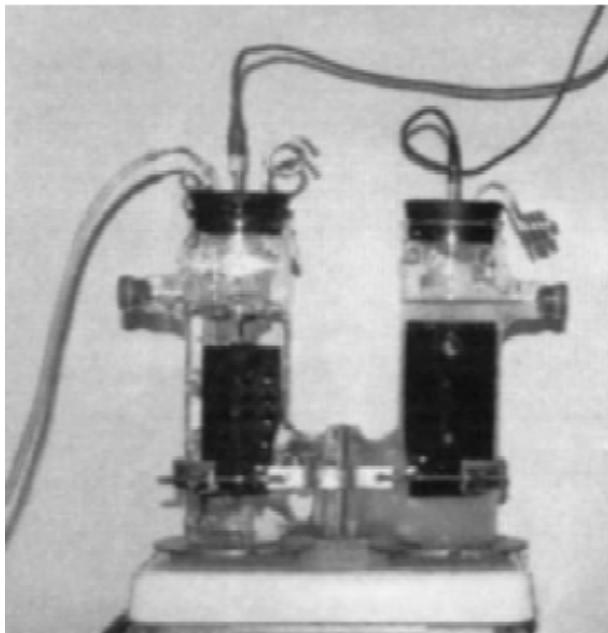
- 有機廃棄物処理、同時発電、環境汚染問題の解決
- 高品質電気エネルギーの生成、エネルギー危機の緩和

# 微生物燃料電池の仕組み

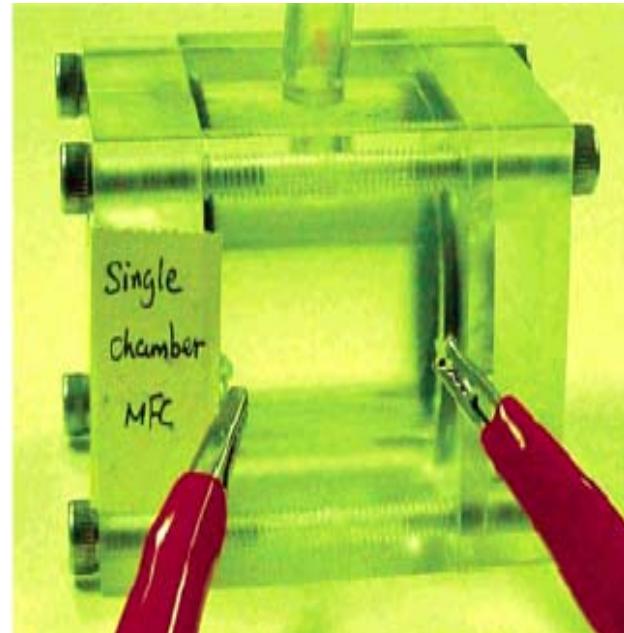


微生物燃料電池(microbial fuel cells, MFCs)——微生物の酵素により、有機物質中の化学エネルギーを電気エネルギーに変換する装置。

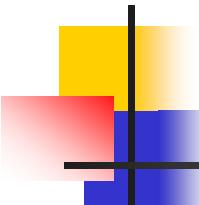
# 微生物燃料電池の設計形式



二つチャン  
バー形式



一つチャン  
バー形式



## 微生物燃料電池に用いられる燃料の種類

- 用いられる燃料: グルコース、酢酸塩、乳酸塩、セミグラクトース、マンノース、フラクトース、有機廃水。
- 酢酸塩を燃料とするとき、微生物の電気化学活性を高め、微生物フロラーを改善し、電極に良好な生物膜を形成させる。
- 本研究において、グルコースを有機廃水のモデルとした。

## 2. 実験材料及び方法——実験機器



外形寸法: 25.5cm × 11.4cm × 24.7cm

有効容積: 1515mL

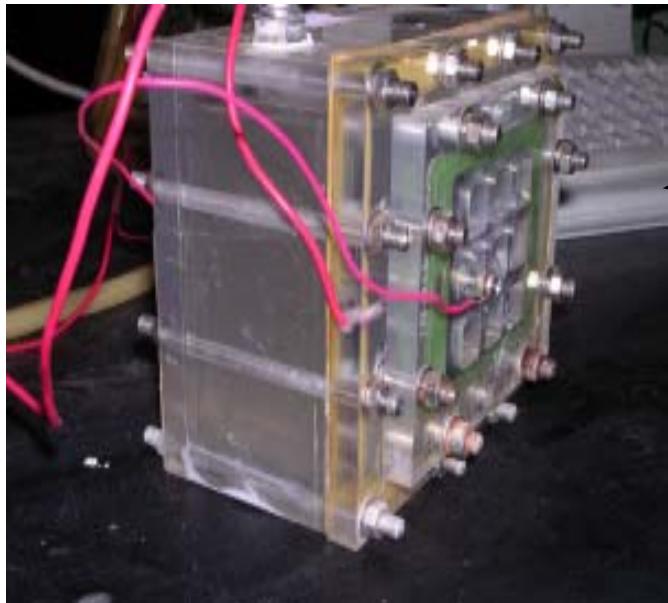
有効電極面積: 160cm<sup>2</sup>

電極材料: 40% 碳載铂电极

素子交換膜面積: 160cm<sup>2</sup>

素子交換膜材料: Nafion膜

特性研究に用いられた微生物燃料電池



外形寸法: 5cm × 10cm × 8.5cm

有効容積: 450mL

有効電極面積: 25cm<sup>2</sup>

電極材料: 40% 碳載铂电极

素子交換膜面積: 25cm<sup>2</sup>

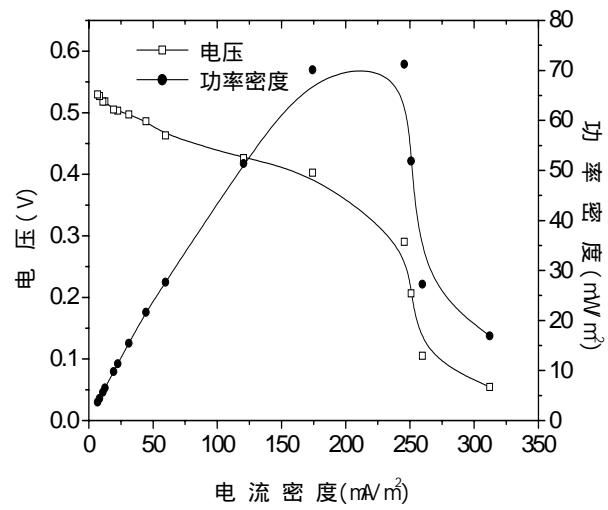
素子交換膜面積: Nafion膜

## 比較研究に用いられた微生物燃料電池

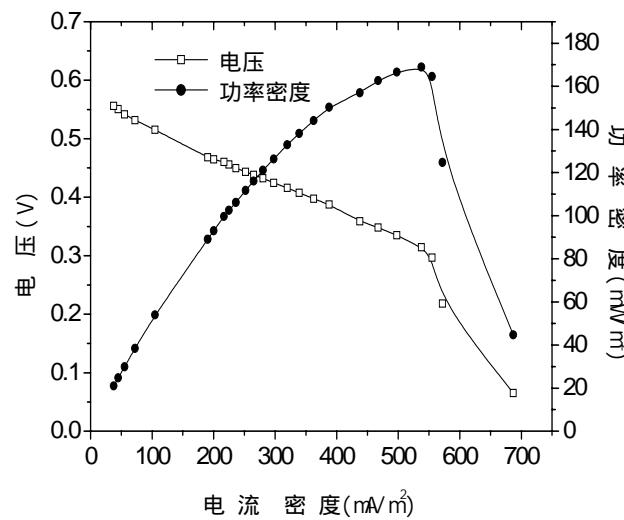
# 実験材料と方法——測定項目

項目番号	項目名称	測定方法	測定頻度
1	電圧	データローグ	3min
2	COD	汚水COD迅速測定器	需要に応じる
3	温度	温度プローブ	0.5h
4	pH値	pHプローブ	0.5h
5	酸化還元電位	酸化還元電位プローブ	0.5h

### 3. 電池特性——電池の特性曲線



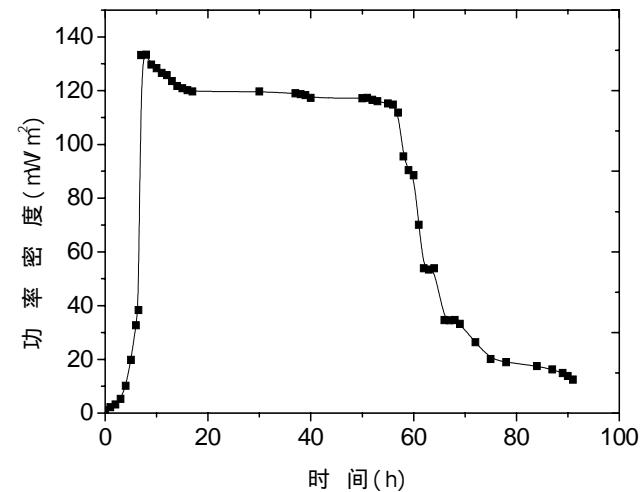
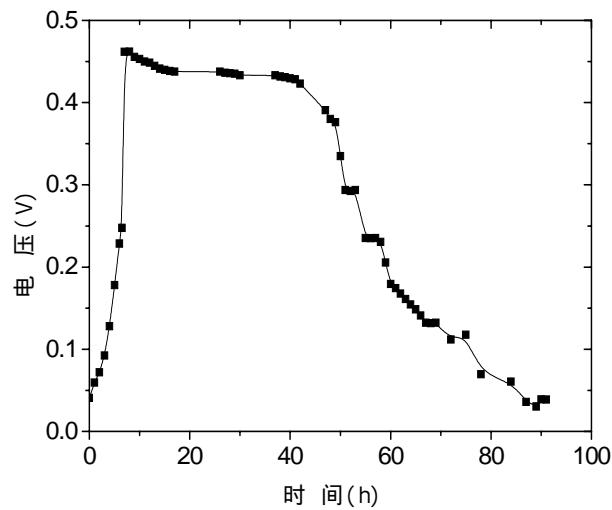
(a) 特性研究に用いられた微生物燃料電池



(b) 特性研究に用いられた微生物燃料電池

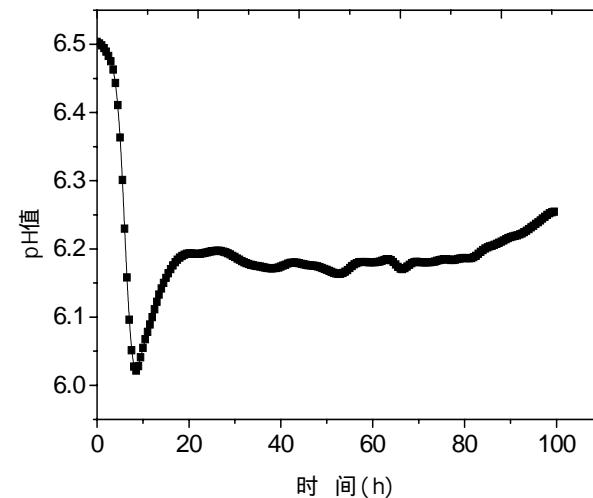
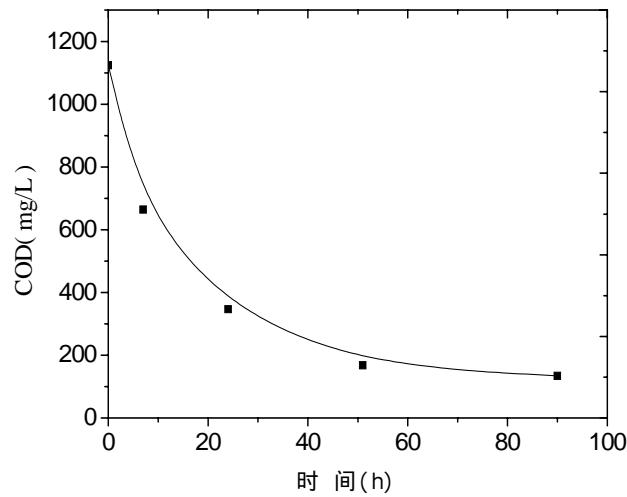
微生物燃料電池性能曲線

## —バッテリ運転:エネルギー生成の経時変化



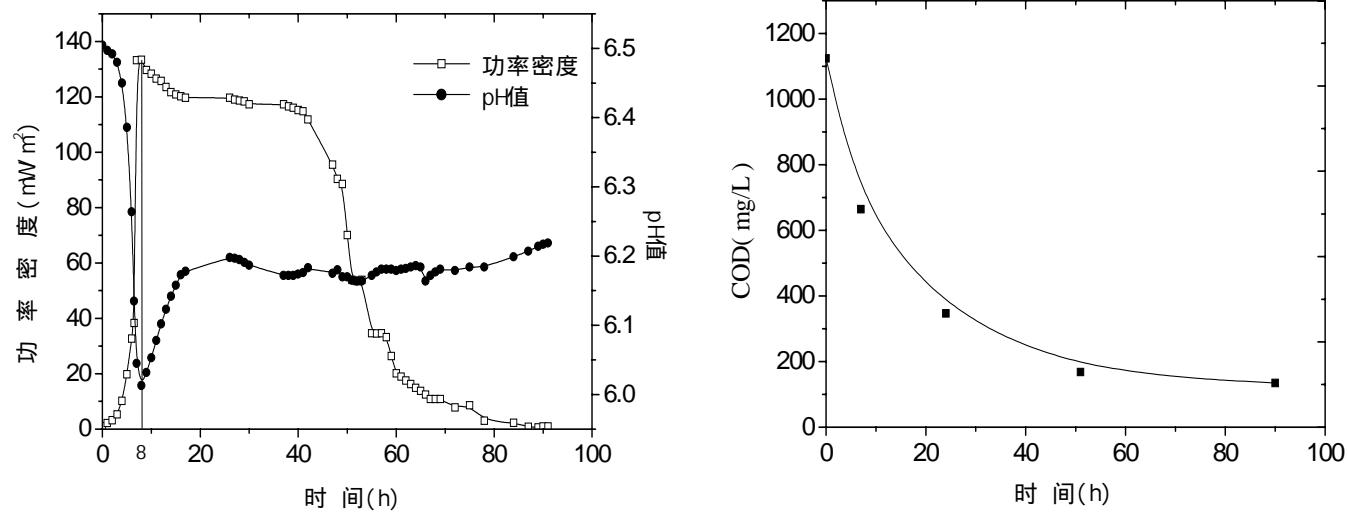
バッテリ運転における電池の電圧とパワー密度の経時変化

## ——バッチ運転: CODとpH値の経時変化



バッチ運転におけるCODとpH値の経時変化

# ——バッチ運転: 仕事密度、pH値及びCODの関係



バッチ運転におけるパワー密度、pH値及びCODの関係図

## 4. 電池性能に影響を及ぼす因子の考察

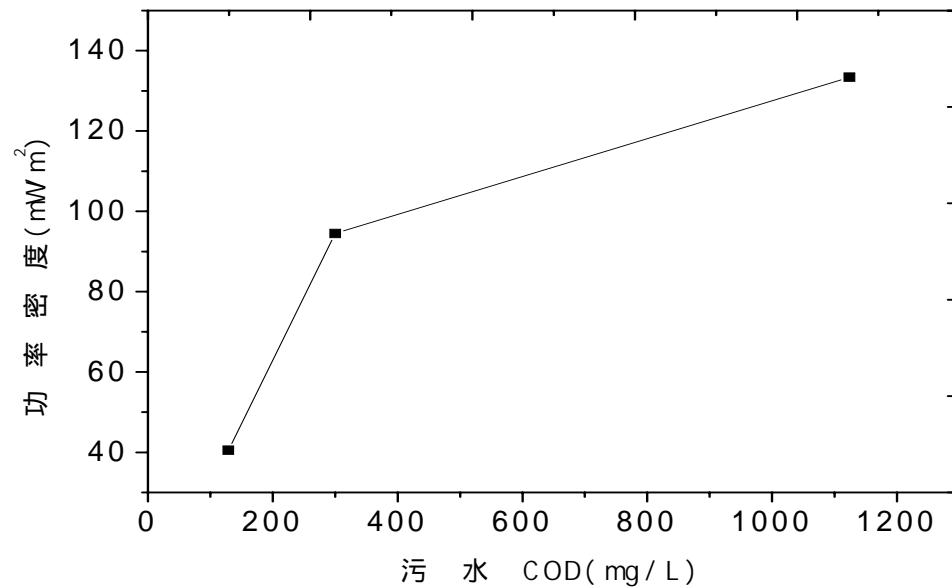
### 4.1 電池の構造設計の影響

大きいと小さい電池の構造設計パラメーター及びエネルギー生産能力の比較

	有効膜面積 (cm <sup>2</sup> )	単位電極面積ごとの有効容積 (cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> )	電圧 (V)	出力パワー (mW)	パワー密度 (mW/m <sup>2</sup> )
小さい電池	25	18	0.228	0.26	104
大きい電池	160	4.7	0.3888	1.5	94.5

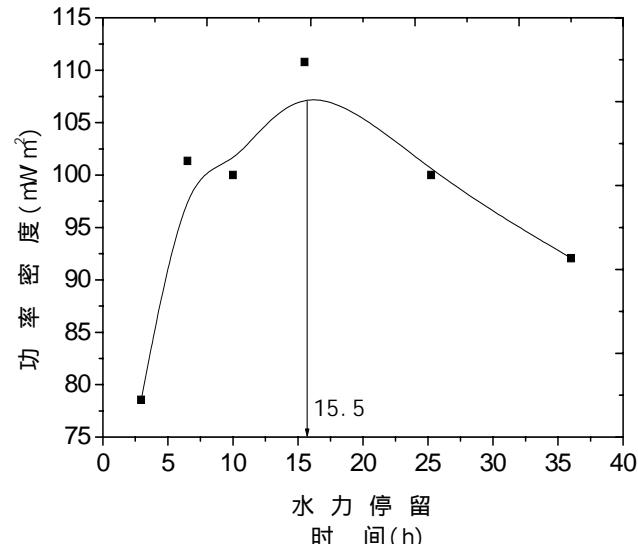
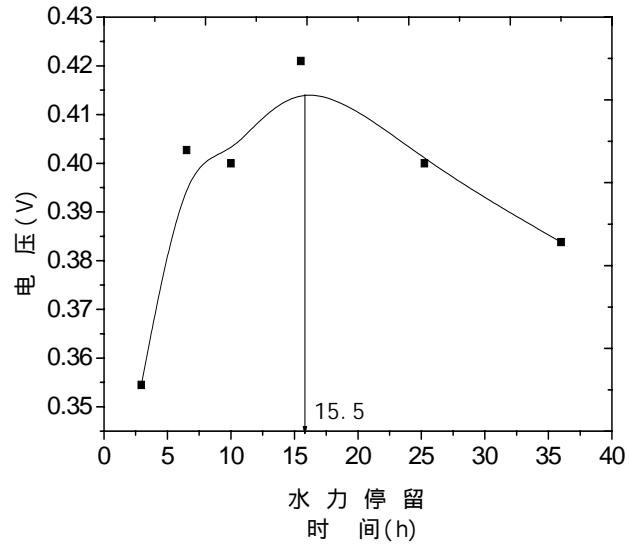
- 電圧と出力パワーが有効膜面積の増加に従い、増加した
- パワー密度が単位電極面積ごとの有効容積の増加に従い、増加した

## 4.2 汚水中のCOD濃度がエネルギー生成能 力に及ぼす影響



異なるCOD濃度の汚水のエネルギー生成

## 4.3 電池中の汚水のHRTがエネルギー生成に及ぼす影響

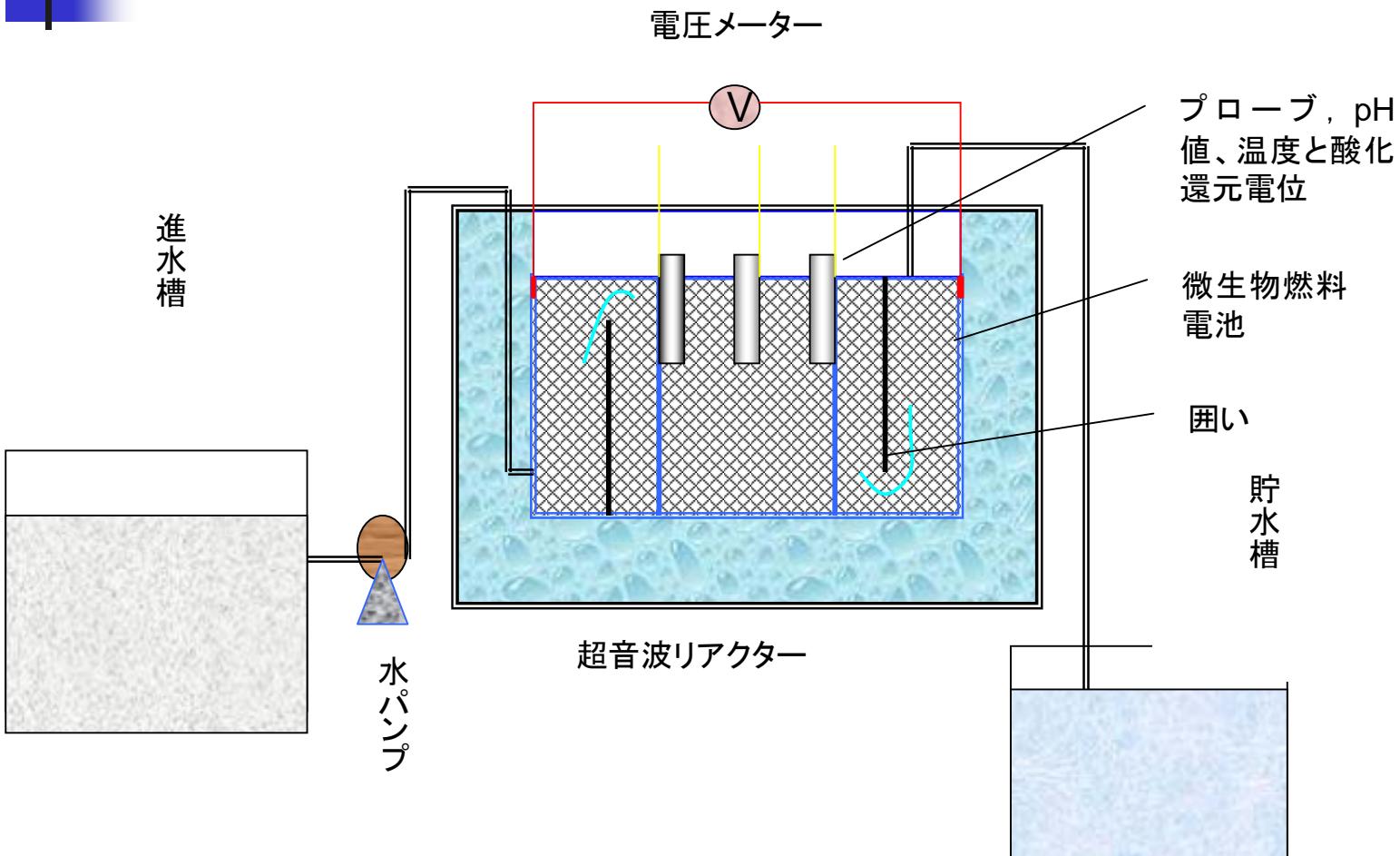


電圧、パワー密度と水力停留時間の関係

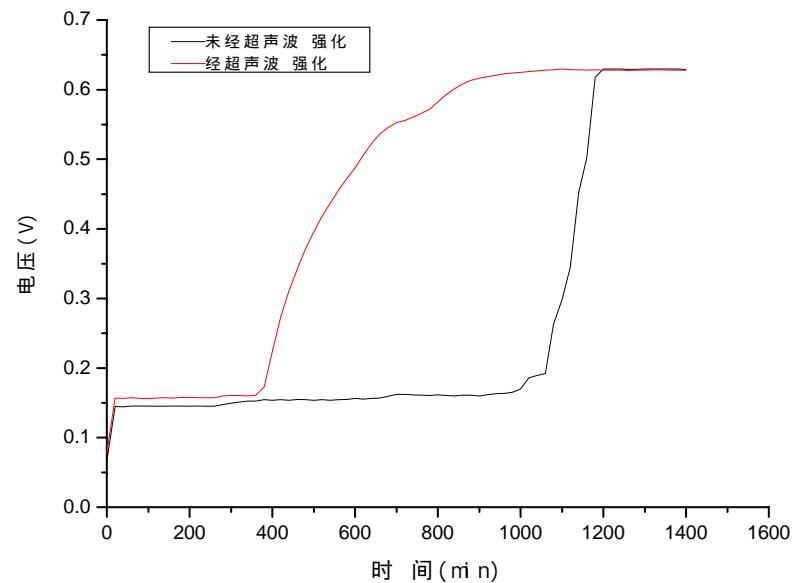
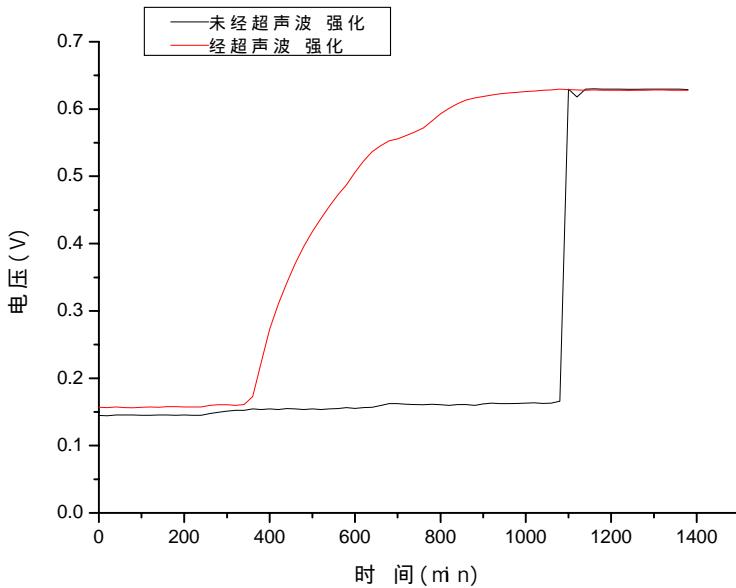
## 5.超音波による微生物燃料電池の性能向上

- 微生物燃料電池中の電子伝達速度は電位パテンシャル差、組み換えエネルギー、そしてドナーとリセプターの間の距離により決定され、生物燃料電池の出力パワー密度を決める主な因子は電子伝達に関する過程である。
- 即ち、生物系の遅い電子伝達速度は生物燃料電池を制限するところである
- 低強度超音波は以下のことができる：
  - 基質分子の間の相互作用の促進、反応物の進入と生成物の酵素活性中心から離れることの強化、酵素活性の向上、細胞膜の透過性を変えること、物質輸送の促進、有用物質生成の促進、細胞の新陳代謝率の向上、細胞成長の加速、細胞の吸収能力の促進など
- よって、低強度超音波により微生物燃料電池を強化でき、反応効果を観察してみた。

# 超音波強化リアクターの略図



# 超音波強化後電池の電気生成特性の比較



- 図に示した通り：強化された汚泥と強化されてない汚泥と比べ、電気生成能力の差異が顕著である。
- 数回の繰り返し実験により、超音波処理が汚泥の抗衝撃負荷能力を強める効果があること、反応物の消耗速度を快速させること、そして強化された汚泥が長期にわたってより良好な活性をもっていることなどが分かった。

## 6.結論

### 性能曲線の分析により:

電圧は電流密度の増加に従って減少した

電流密度の増加に従い、パワー密度が最初に増加し、その後、減少した

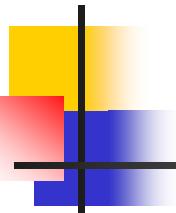
### ■ 微生物燃料電池のバッチ運転において:

電圧と生成エネルギーが最初に増加し、後で減少した。

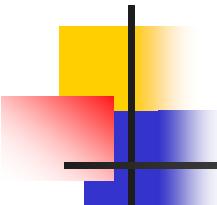
pH値が最初に減少し、後で徐々に増加した

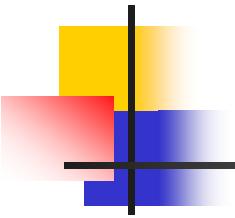
pH値が一番低いとき、電圧とエネルギー生成の最大値が現れた

汚水のCODがずっと減少し、減少速度が遅くなった。



- 電圧と輸出パワーが有効膜面積の増加に従い、増加した
- パワー密度が単位電極面積ごとの有効面積の増加に従い、増加した
- 本実験の条件下、電池の電気生成がCODの増加につれ、上昇した、
- 水力停留時間の変化により、電池のエネルギー生成がピーク値が現れ、水力停留時間が15.5hである時、電池のパワー密度が最大になり、 $110.8\text{mW/m}^2$ に達した

- 
- 低強度超音波強化微生物燃料電池：  
汚泥の抗衝撃負荷能力の向上  
反応物の分解速度の加速  
汚泥の活性の長期保持



ありがとうございました！