

身の回りの振動エネルギーを 利用した触媒反応システム

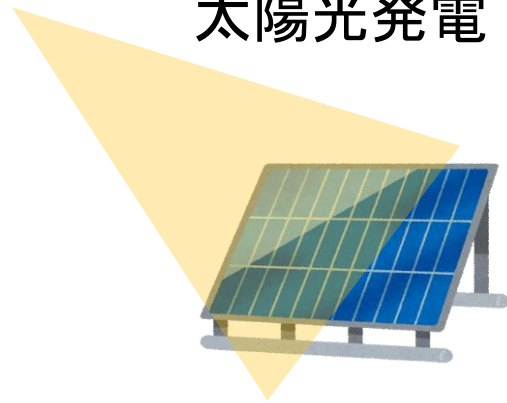
東京都立大学 大学院理学研究科 化学専攻
教授 山添 誠司

2023年10月20日

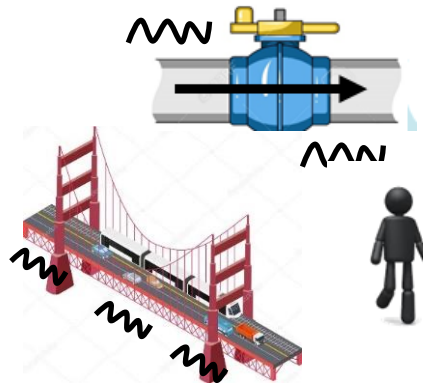
未利用エネルギー「振動エネルギー」

持続可能な社会実現に向けた自然・未利用エネルギーの有効利用技術の確立

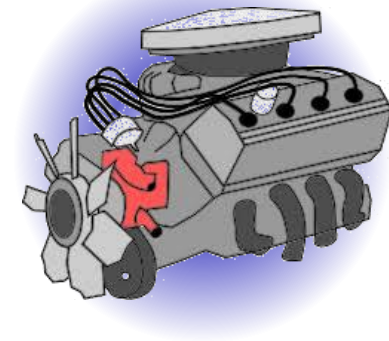
太陽光発電



振動発電



熱(地熱, 廃熱)発電



エネルギー密度

100 mW/cm²

1 mW/cm²

0.1 mW/cm²

変換効率

10-20%

80-90%以上

約10%

(電気-機械結合定数(単結晶))

定常性

○
(日中, 晴天のみ)

◎
(天候等に左右されない)

◎

発生電位

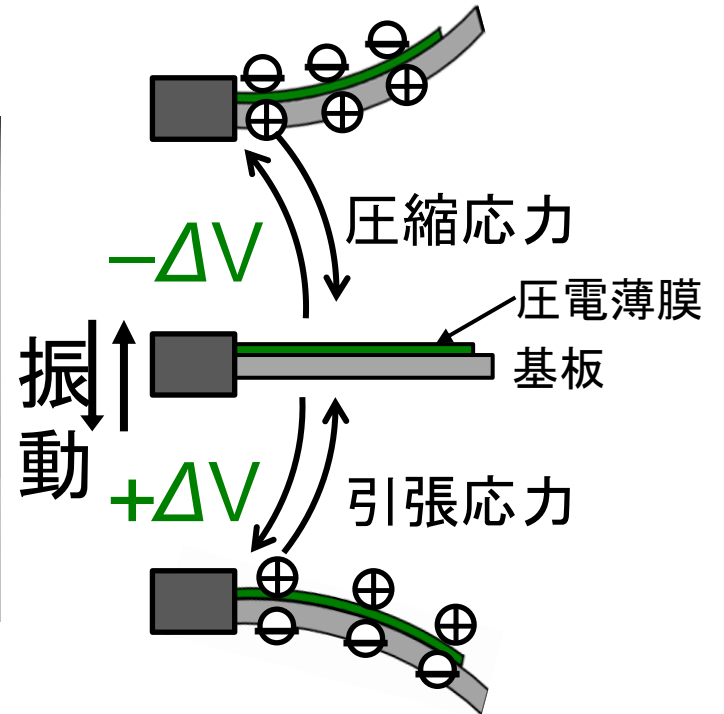
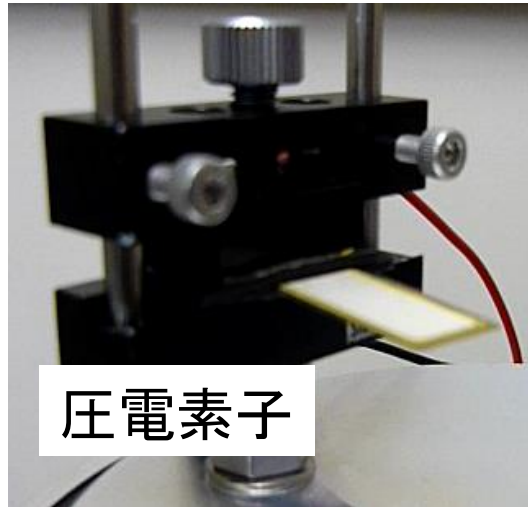
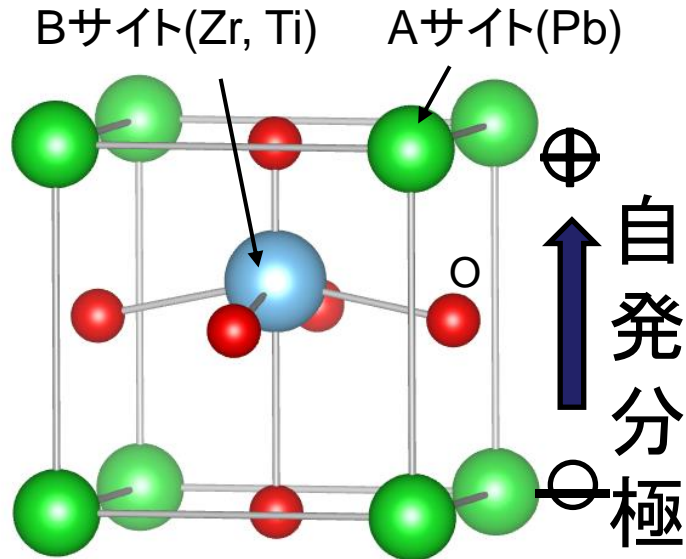
1.0-1.2 V

数~数十 V
(共振を利用)

10-100 mV

圧電材料と振動による電位発生

圧電・強誘電材料 $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.5}\text{Ti}_{0.5})\text{O}_3$ (PZT)



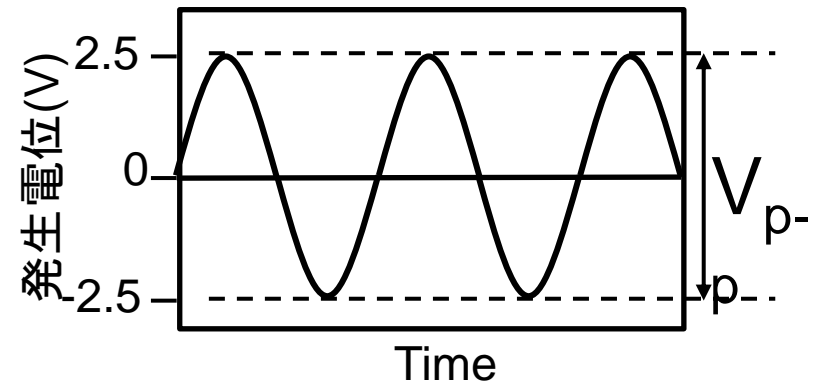
電気エネルギー \leftrightarrow 機械エネルギー相互変換

発生する電気エネルギーの特徴

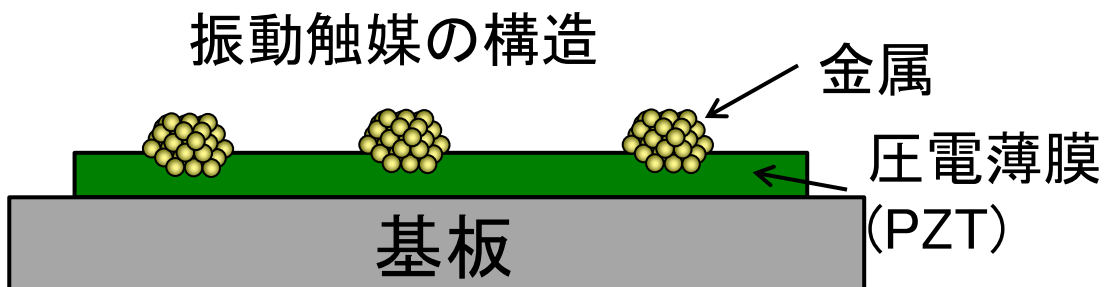
- ・共振により高電位(2 V以上)が発生.
- ・電位は発生するが、電子は取り出せない.

⇒ 高い電位を活かした触媒系開発

共振振動による発生電位

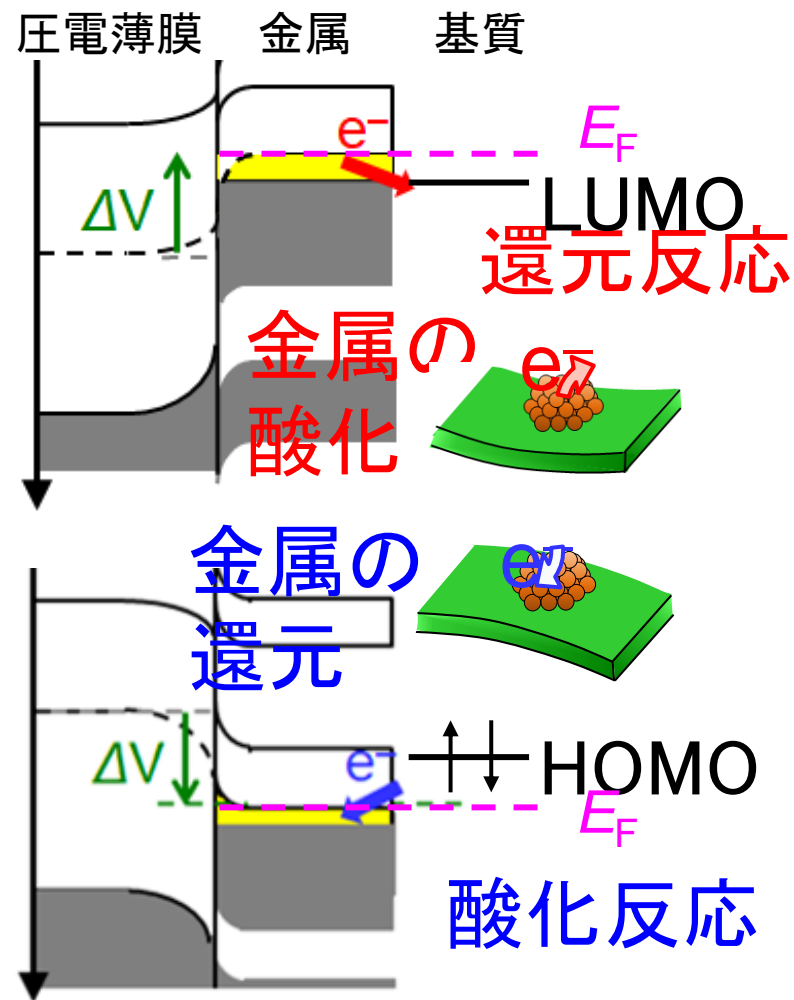
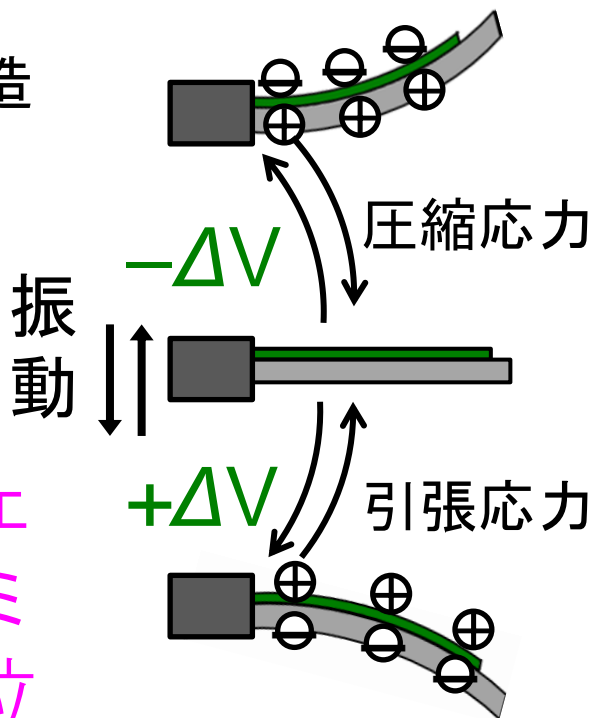
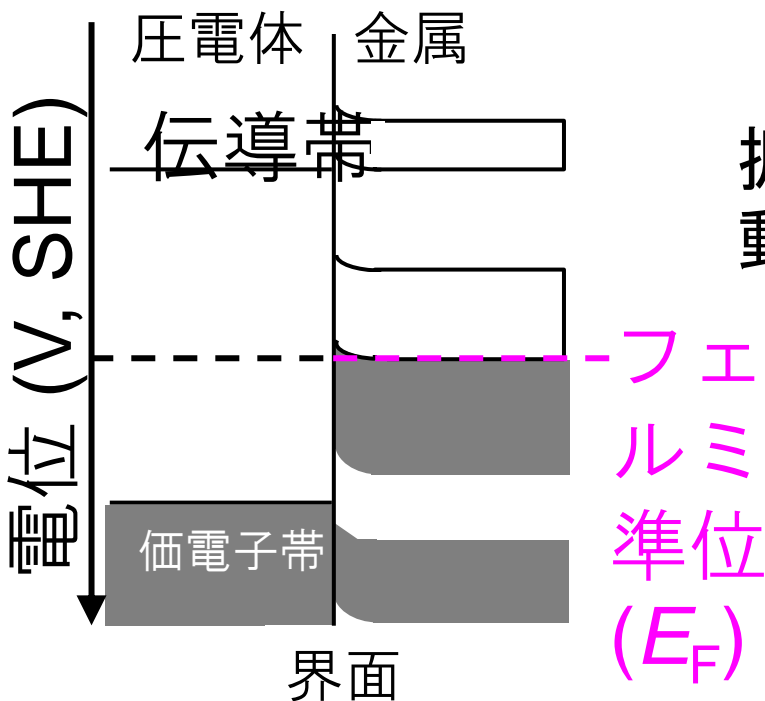


振動触媒 (Vibro-catalyst)

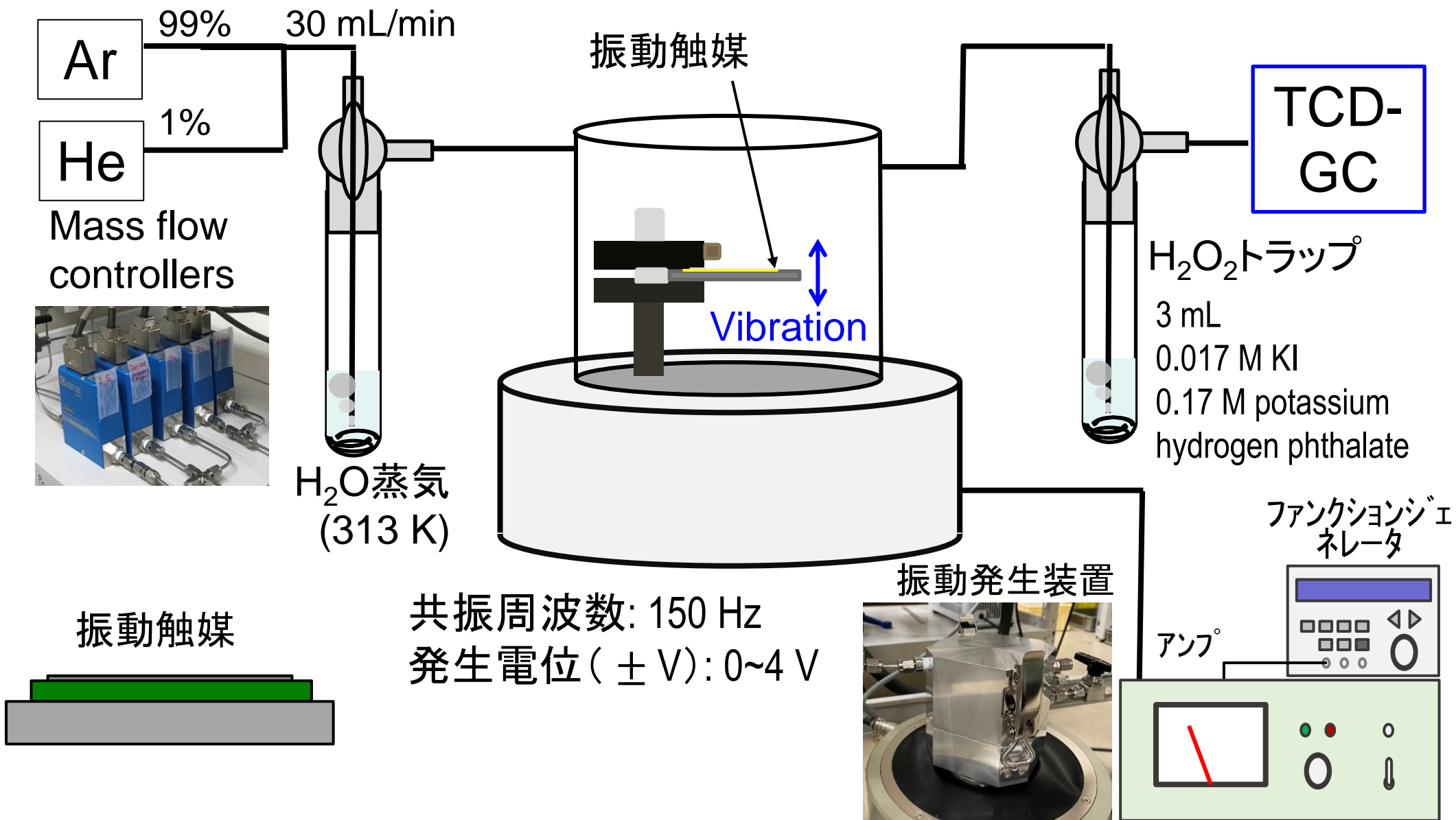


発生電位によるフェルミ準位
・電子移動の制御

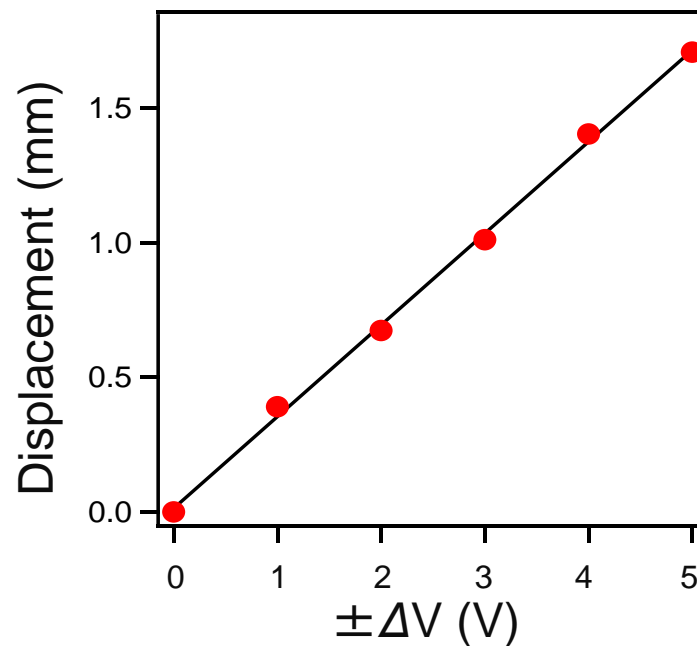
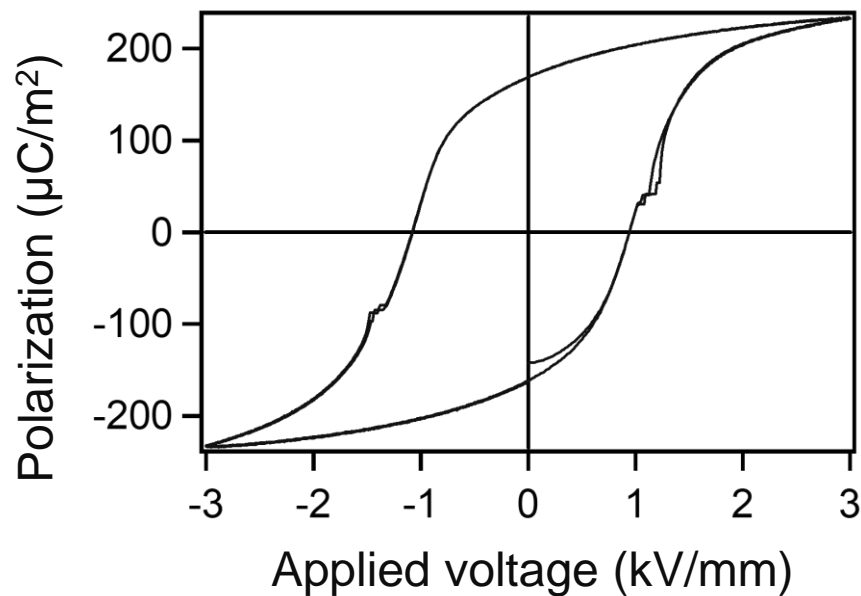
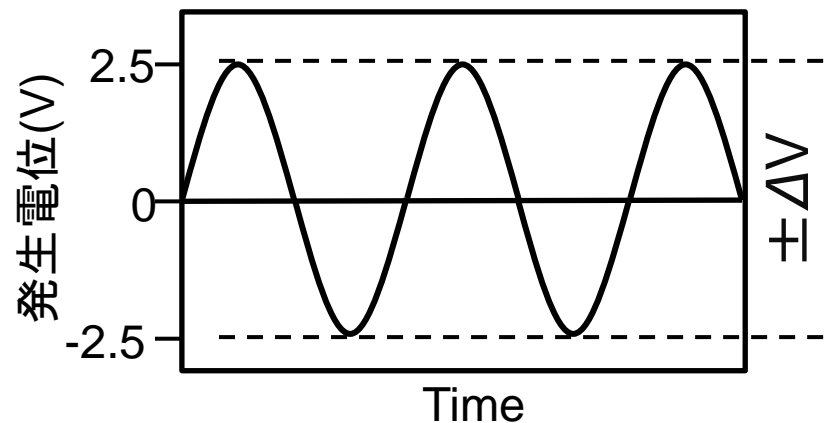
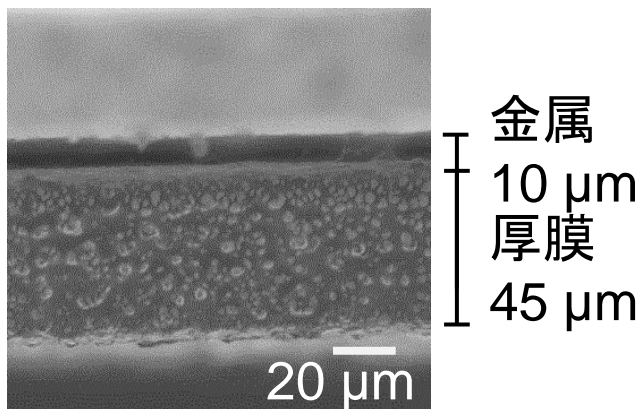
振動触媒の電子(バンド)構造



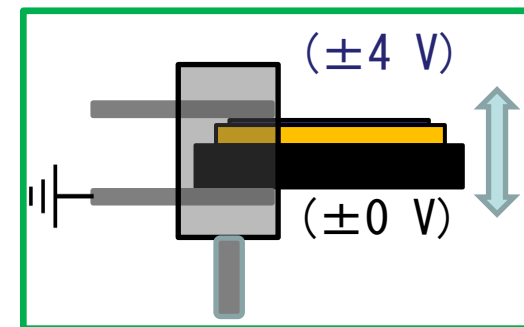
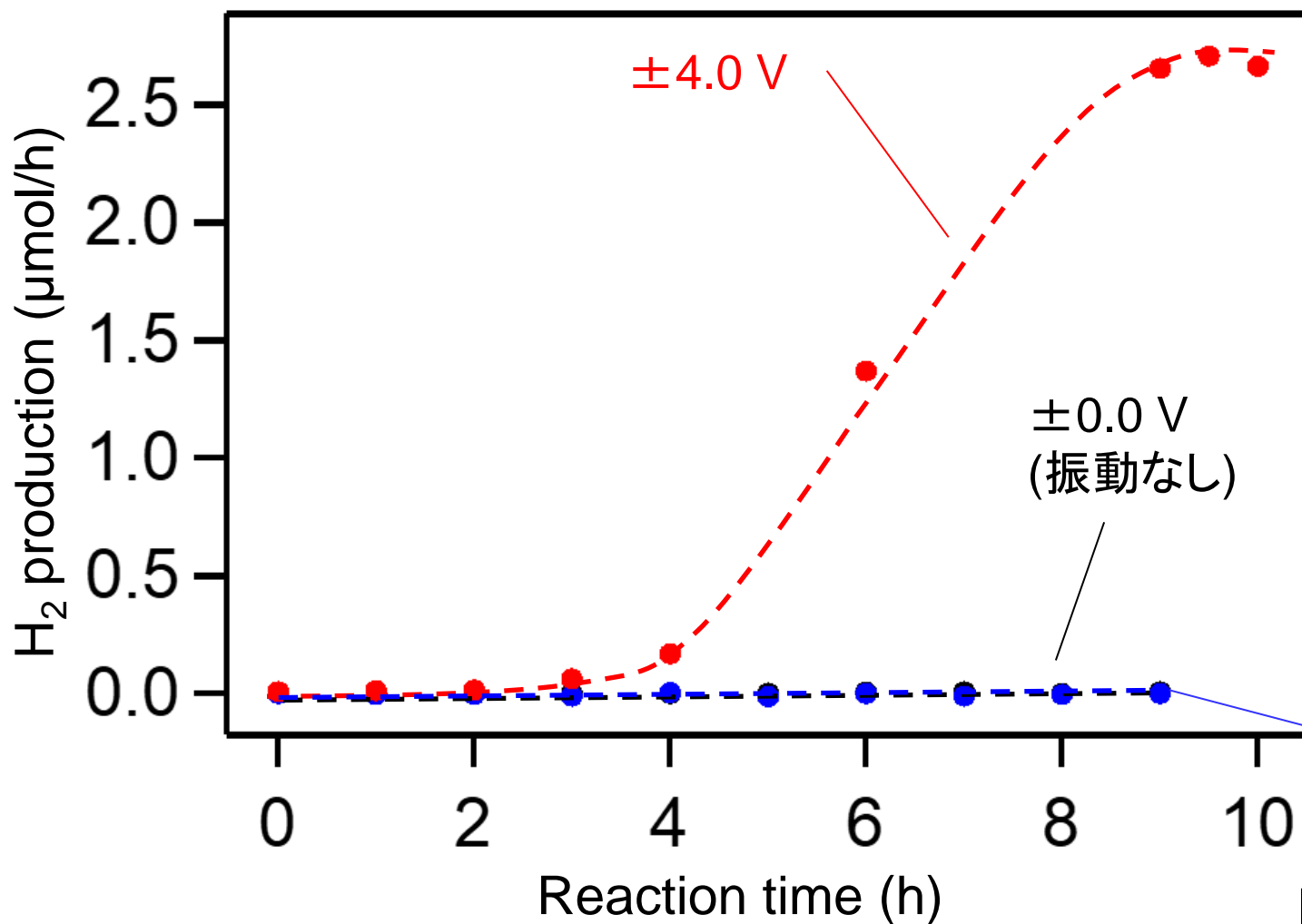
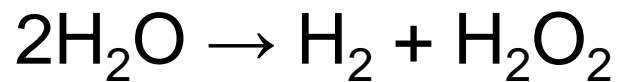
振動触媒反応装置 (ガス流通系)



振動触媒



共振振動によるH₂O分解反応：経時変化

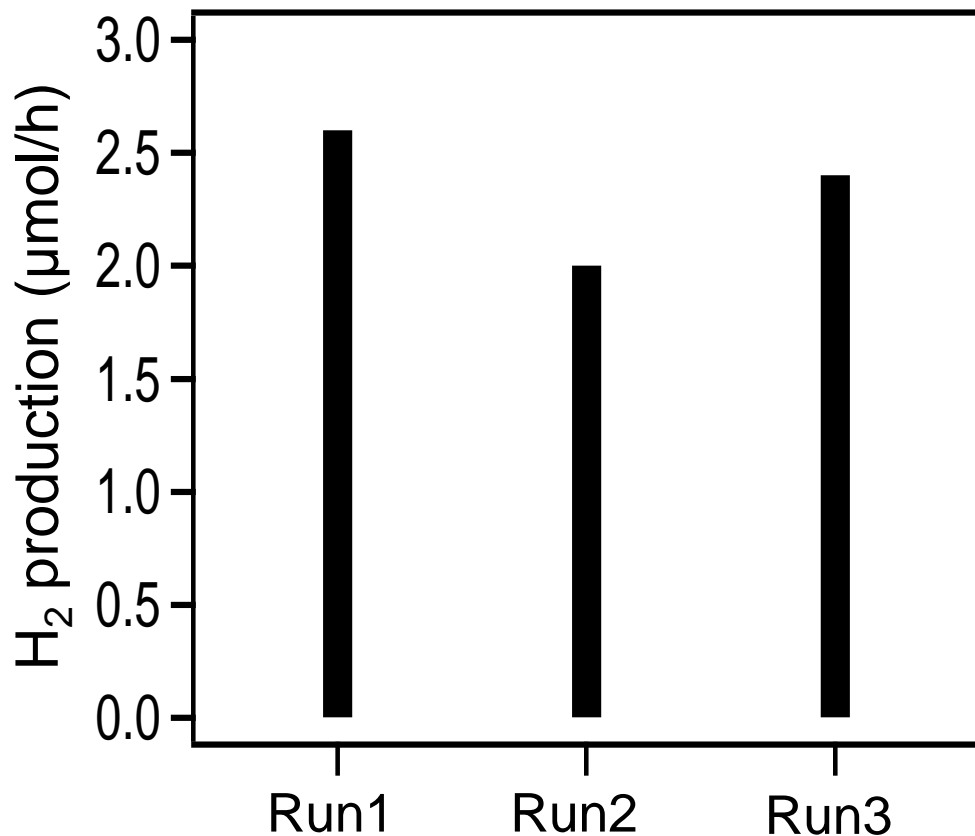


SUSのみ
150 Hz

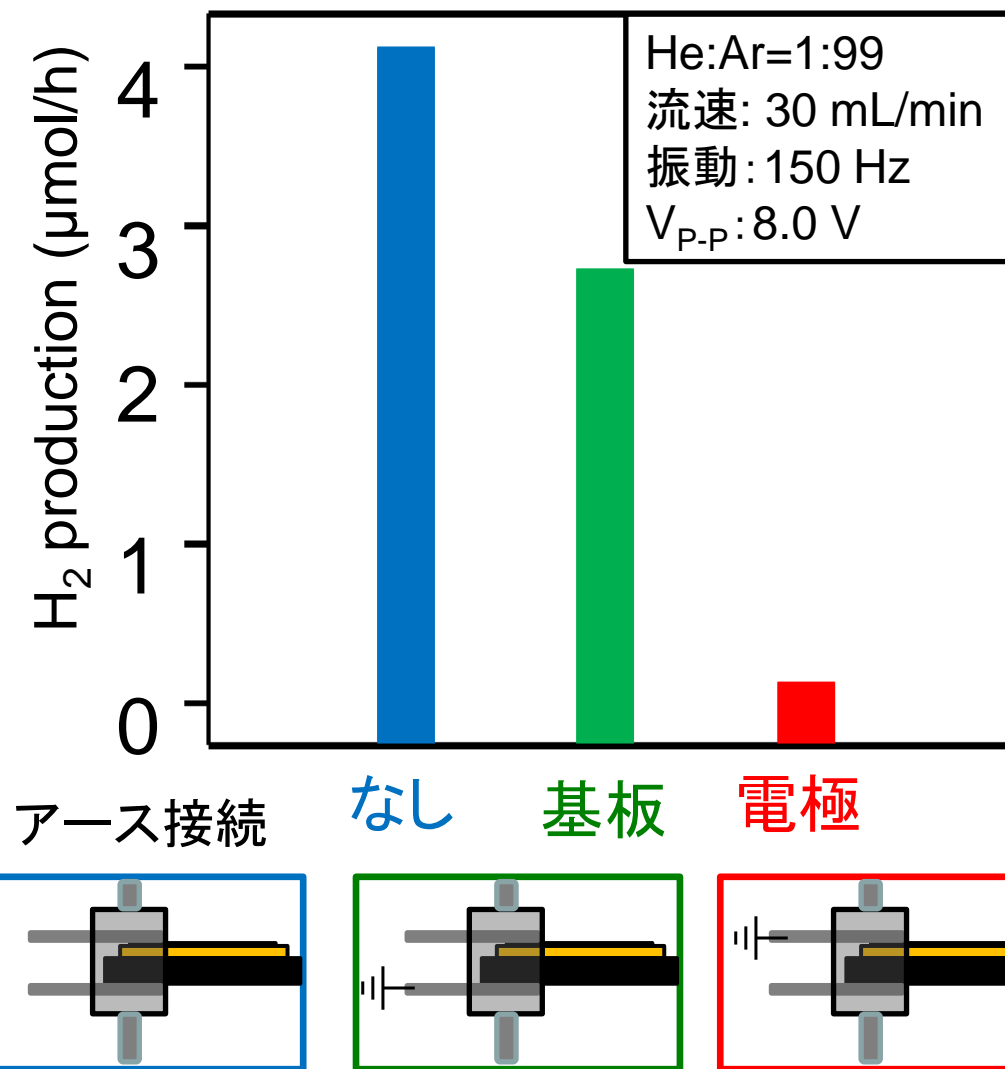
H₂O₂: 0.10 μmol

共振振動によるH₂O分解反応：再現性

再現性の確認

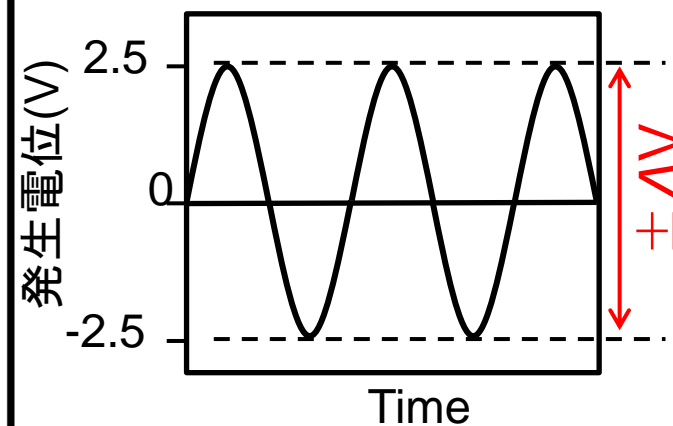
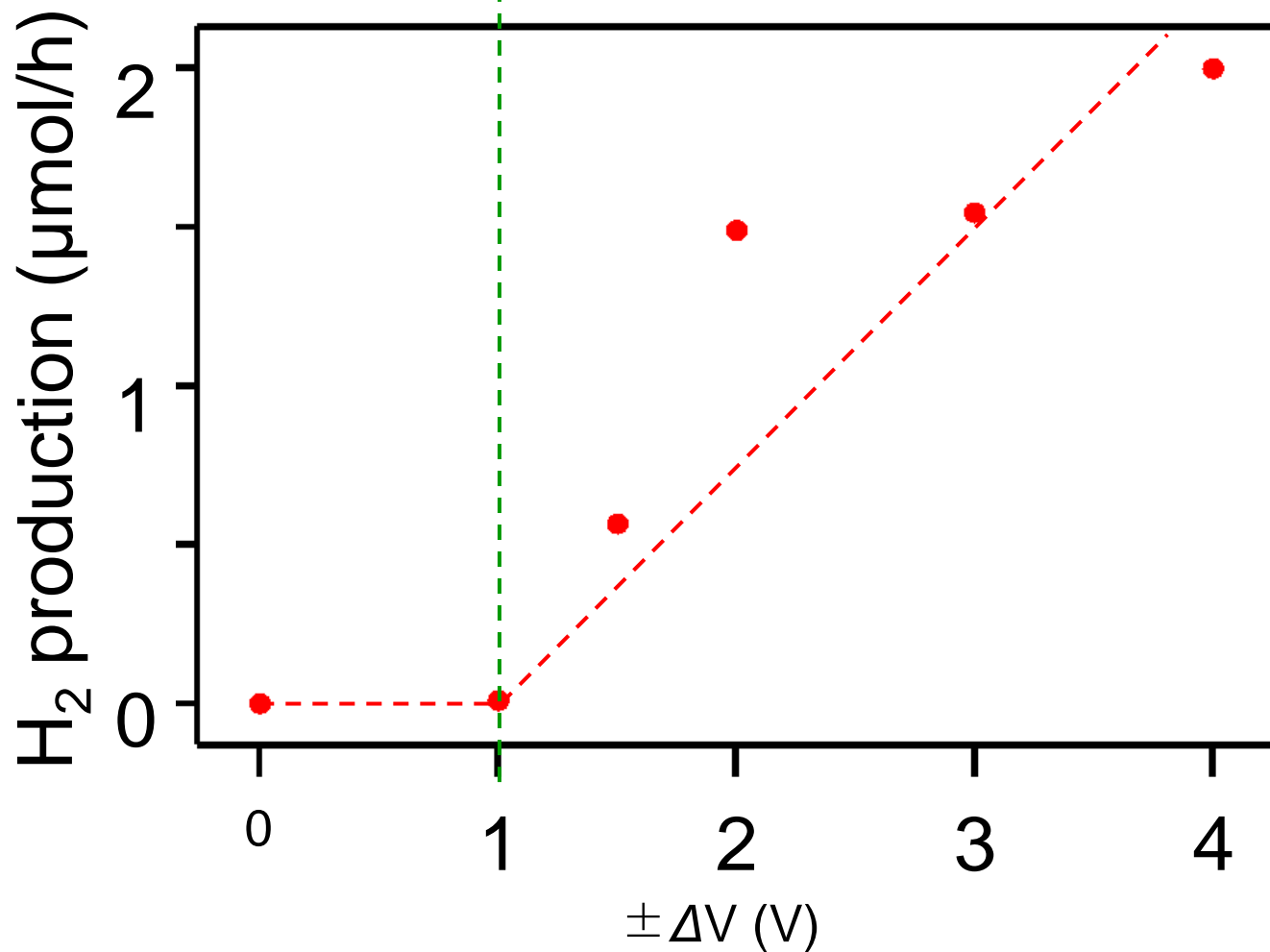


アース接続が活性に及ぼす効果

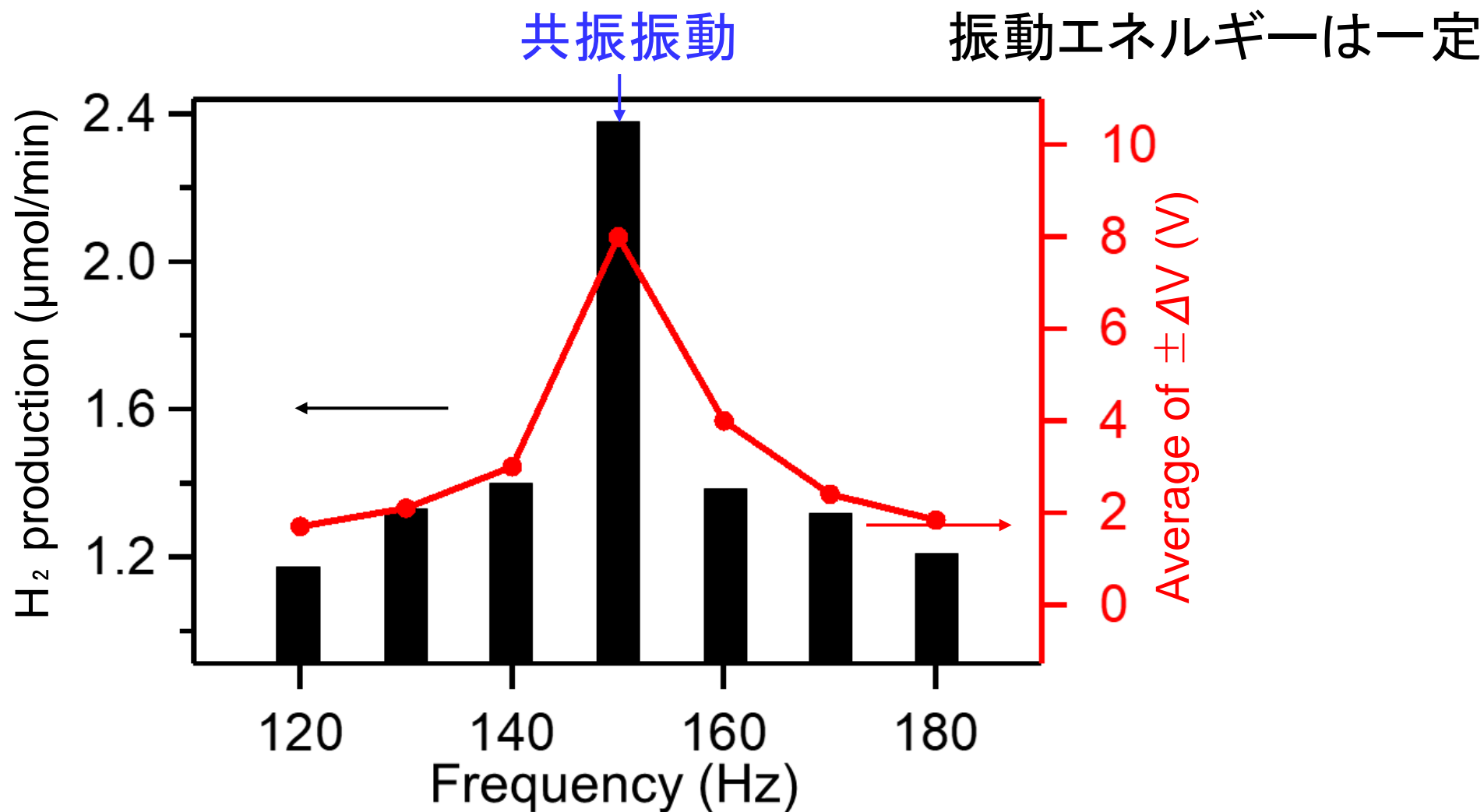


共振振動によるH₂O分解反応：電位依存性

ΔV が ± 1 Vより大きいと反応



振動によるH₂O分解反応：振動数依存性



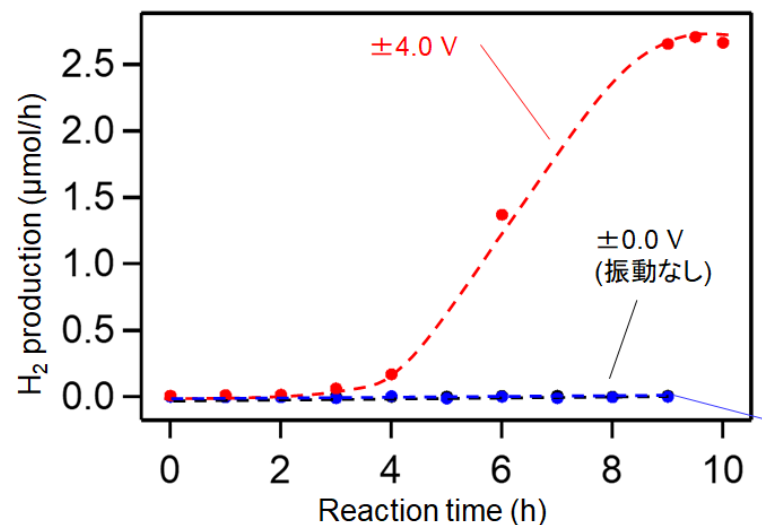
共振振動で高い活性

他の研究との比較

本研究

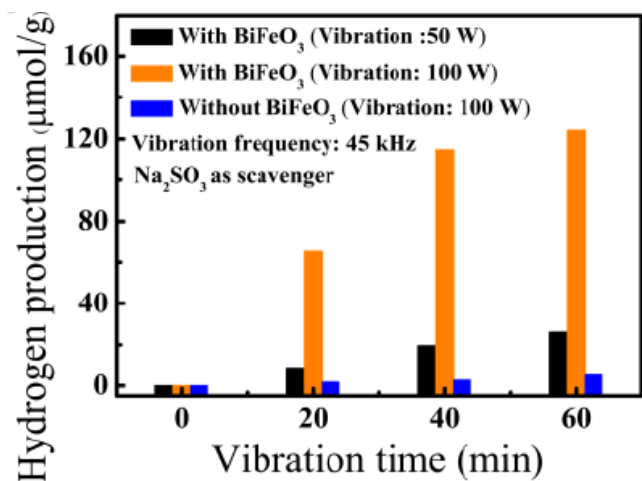


H_2 : $33 \mu\text{mol g}^{-1}\text{h}^{-1}$
(TOF: 714 h^{-1})



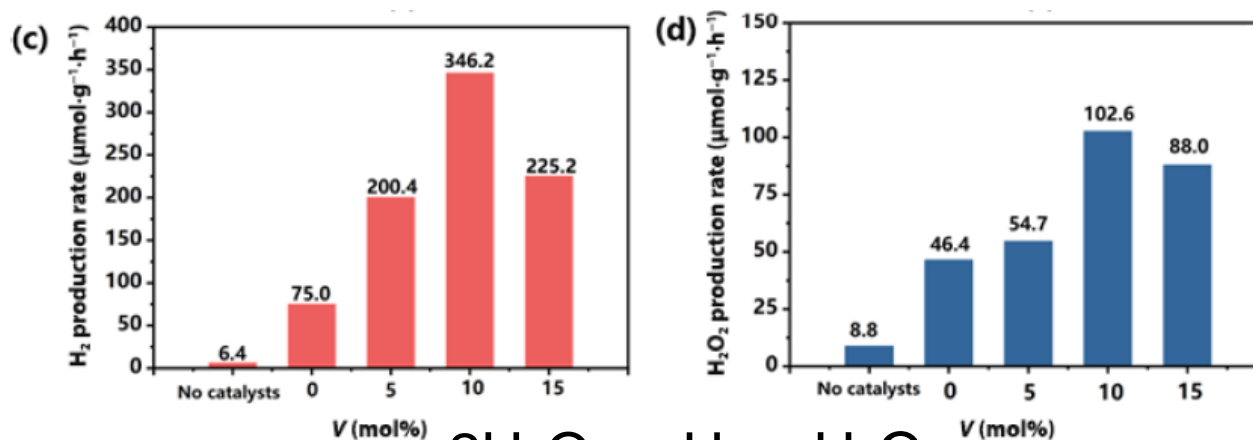
超音波による水中での反応

BiFeO_3 45 kHz $120 \mu\text{mol g}^{-1}\text{h}^{-1}$



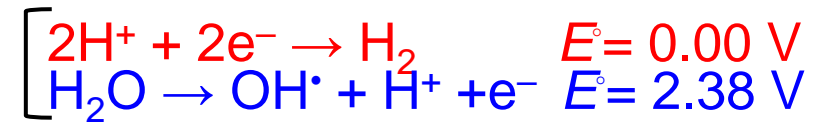
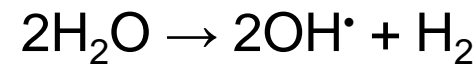
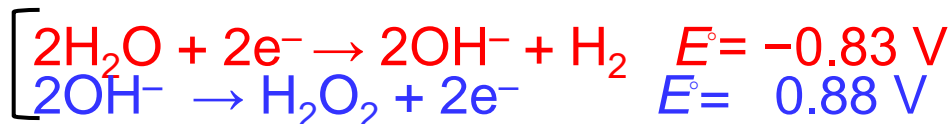
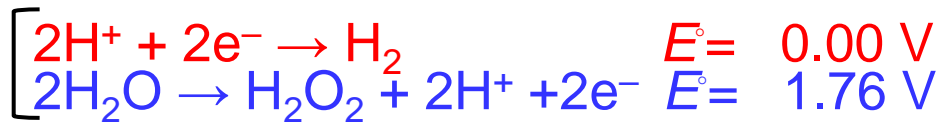
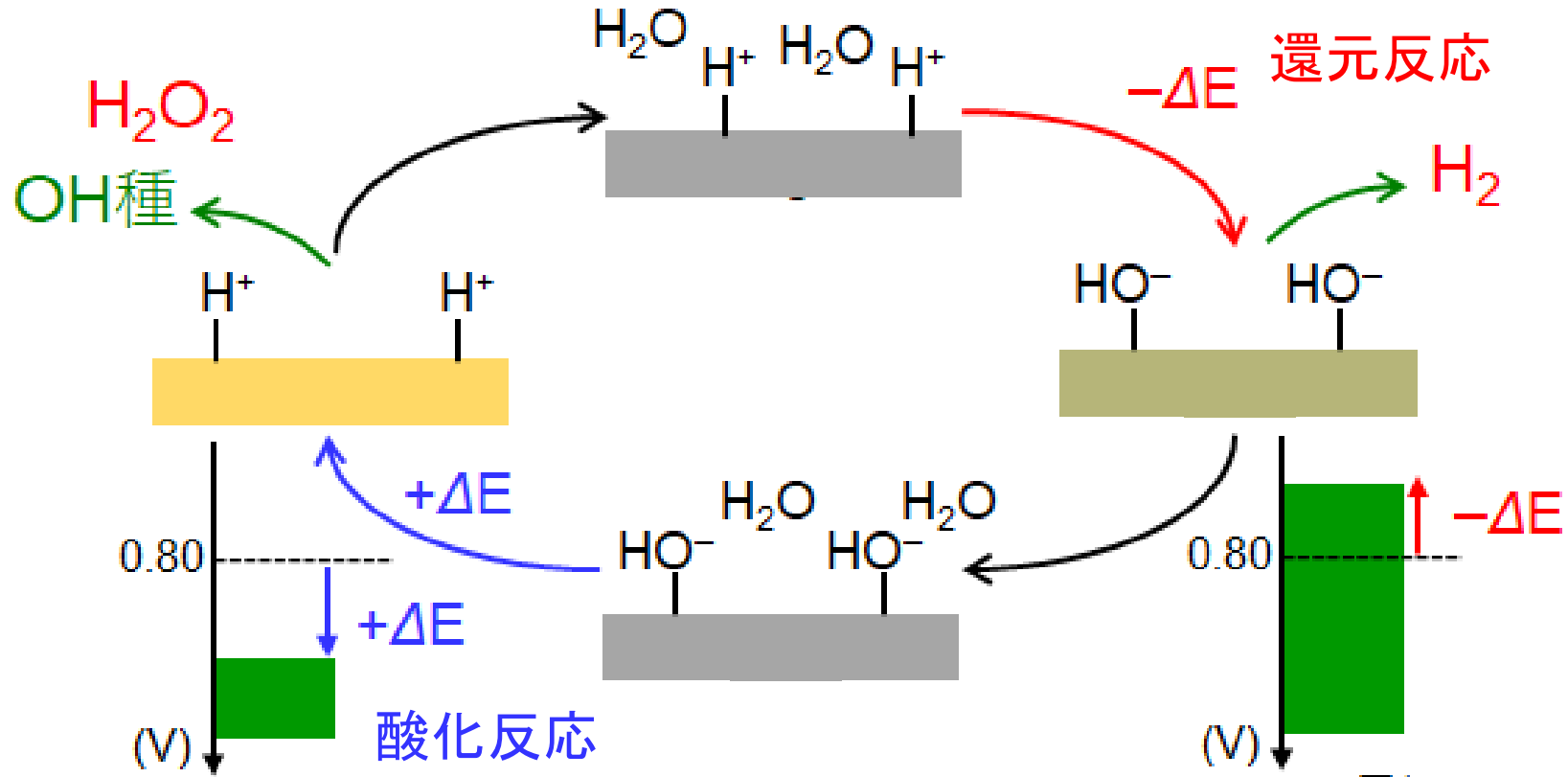
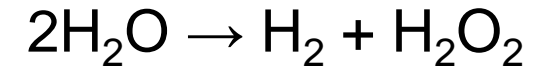
H. You *et al.*, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **58**, 11779 (2019).

$\text{Na}(\text{V},\text{Nb})\text{O}_3$ 68 kHz $346 \mu\text{mol g}^{-1}\text{h}^{-1}$ ($3.1 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$)



H. You *et al.*, *Nano Res.*, **15**, 7986 (2022).

推定される反応機構



従来技術とその問題点

既に振動を用いた反応として、超音波やアキュエーターを用いた水分解反応の例はあるが、
エネルギー利用効率が低い
発生する水素量が少ない
等の問題があり、広く利用されるまでには至っていない。

新技術の特徴・従来技術との比較

- 従来技術の問題点であった、エネルギー利用効率を改良することに成功した（約30倍）。
- 共振現象を利用することで流通系でも水素生成を確認することが出来た。
- 高周波振動を必要とせず、身の回りで発生する振動を利用することができる。

想定される用途

- 水からの水素生成
水道、川、ダム、橋、電車の走行等の未利用の振動を使った水素製造
- 下水道や空気中の有害物質の自動浄化
- 発声する過酸化水素を用いた微生物の分解
(水質改善、殺菌応用)

実用化に向けた課題

- 現在、ギ酸や水の分解ができるか、他にも適用可能な反応系があると考えている。
- 今後、新しい触媒を設計し、より高活性な触媒を開発する。
- 実用化に向けて、システムや触媒の形状の設計が必要。

企業への期待

- 高活性な振動触媒の開発を一緒にして欲しい。
- 振動触媒反応系のより高効率なシステム開発を一緒にして欲しい。
- 実用化の可能性のある反応系や応用先をお持ちの企業様。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 水素発生装置、及び水素発生方法
- 出願番号 : 特願2022-140690
- 出願人 : 東京都公立大学法人
- 発明者 : 山添誠司, 吉川聡一, 宇野太喜

産学連携の経歴

- 2018年-2019年 分析系の企業と共同研究実施
- 2019年-2023年 材料系の企業と共同研究実施
- 2021年-2023年 化学・システム系の企業と共同研究実施

お問い合わせ先

東京都立大学 総合研究推進機構 URAライン

TEL 042-677-2202

E-mail ragroup@jmj.tmu.ac.jp

問合せフォームはこちらから



※東京都公立大学法人・産学公連携センターのWebサイトです
https://www.tokyo-sangaku.jp/sangaku_works/sangaku_info/