信州大学
SHINSHU UNIVERSITY

海水由来電解水電池を用いた
再生可能エネルギーの貯蔵・循環

信州大学　工学部　電子情報システム工学科
准教授　山本　明旦定

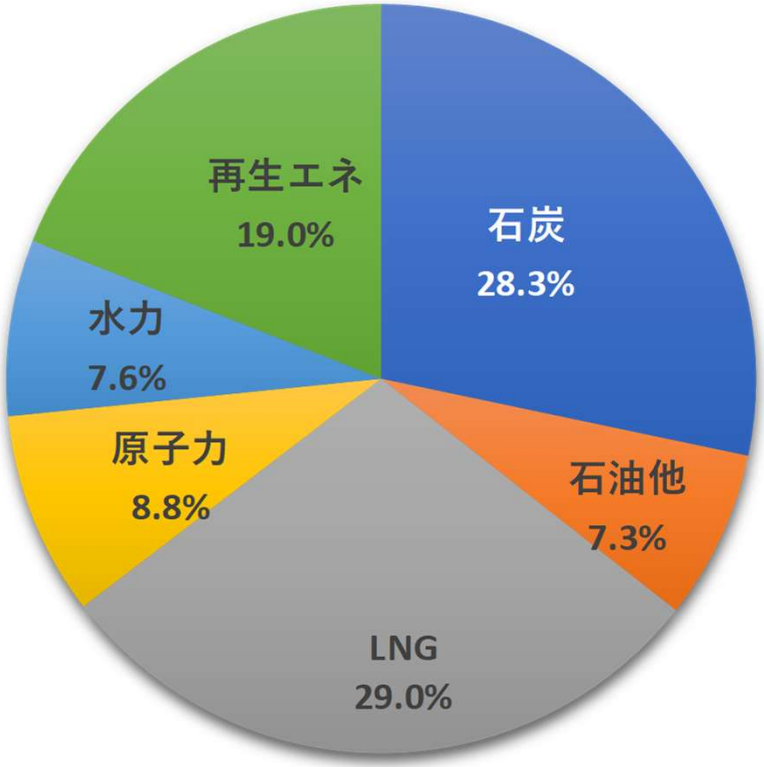
2026年8月6日

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

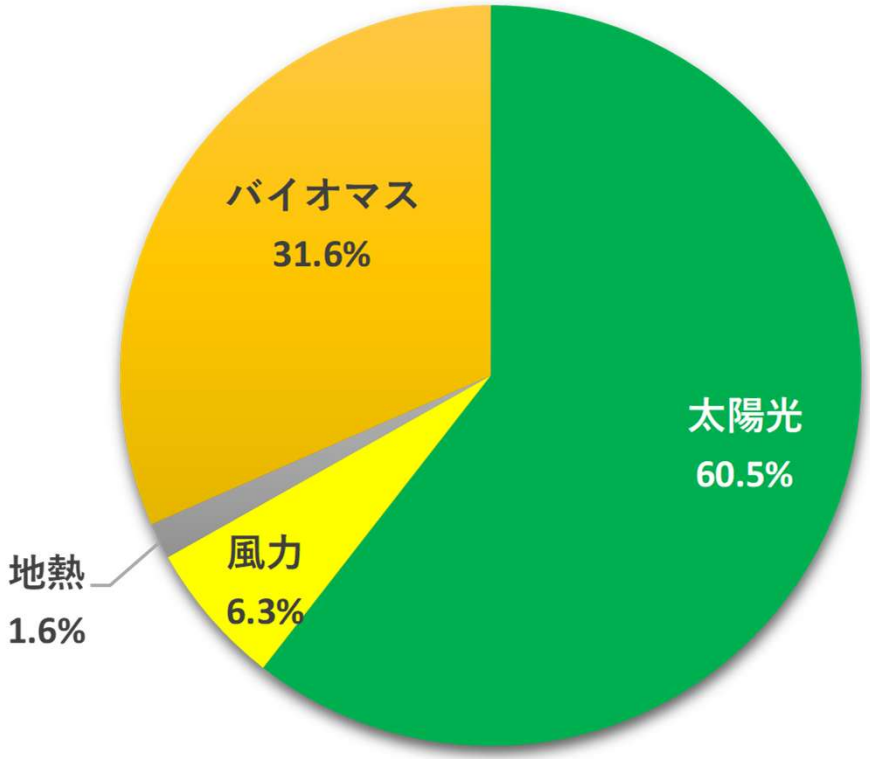
信州大学 SHINSHU UNIVERSITY

背景：日本の電源構成(2024年度)

電源全体の構成



再生可能エネルギーの内訳



水力と再生可能エネルギーの構成割合がまだ4分の1程度
風力と太陽光が再生可能エネルギーの3分の2程度

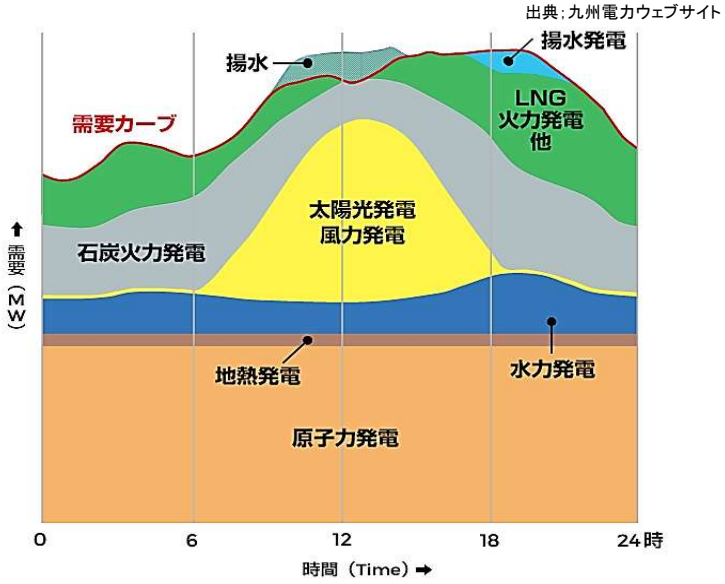
出典：資源エネルギー庁；環境エネルギー政策研究所

信州大学 SHINSHU UNIVERSITY

背景：再生可能エネルギー電源の課題

- 太陽光や風力発電などは天候に左右し発電量が不安定
- 蓄電容量に制約があり、大規模の貯蔵が難しい
- 耐久性と導入コストのバランス
- 設置場所の制約
- 太陽電池の場合、資源の制約がある

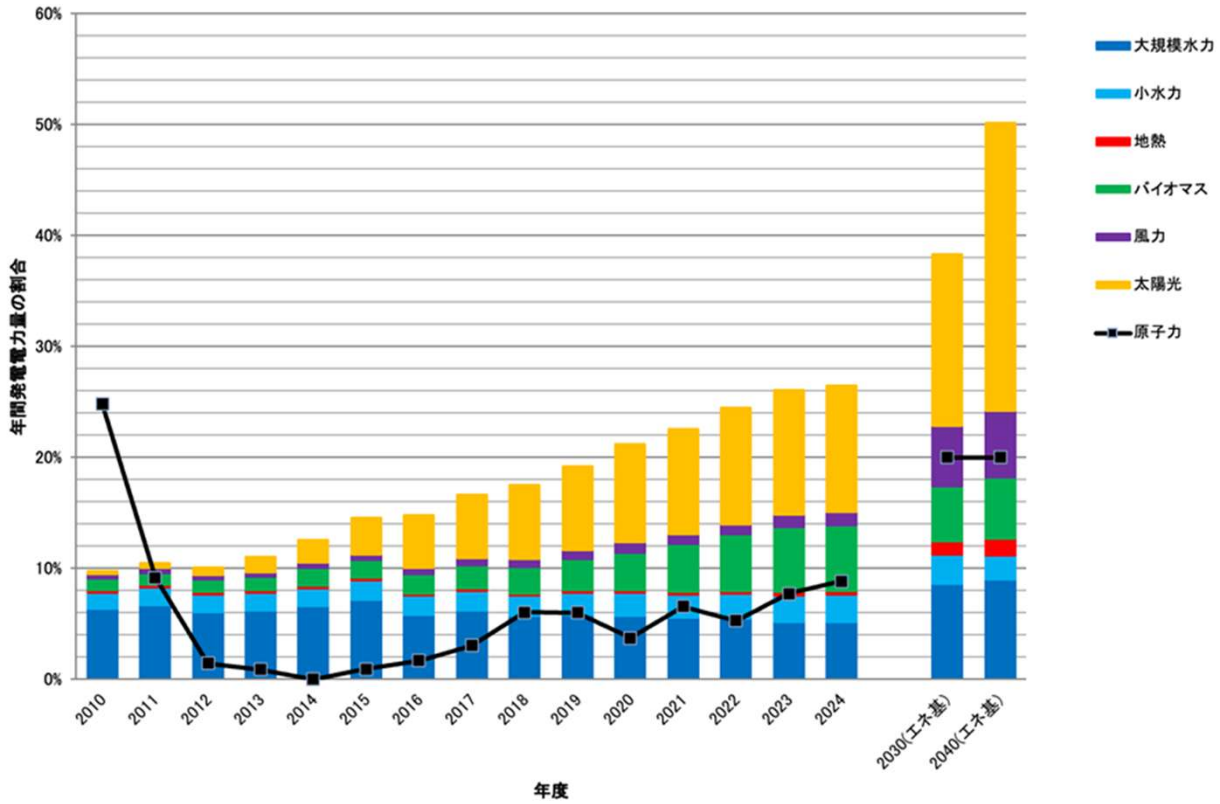
出典：九州電力ウェブサイト



不安定な太陽光、風力発電の発電量が増えるにつれて、エネルギーのベストミックスを実現することが難しくなった

持続可能な大規模の蓄電システムの導入が必要

出典：資源エネルギー庁；環境エネルギー政策研究所



日本国内での自然エネルギーおよび原子力の発電量の割合のトレンド

新技術説明会 New Technology Presentation Meetings!

信州大学
SHINSHU UNIVERSITY

従来技術とその問題：蓄電技術の現状

電池の種類	起電力（V）	エネルギー密度（Wh/kg）	特徴	課題
Pb電池	2	~35	安価、広く普及	有害物質含有
Liイオン電池	**3.6**	~150	高密度、軽量	資源制約
Ni-MH電池	1.2	~75	熱暴走が起きにくい	自己放電が大きい
Ni-Cd電池	1.2	~55	長寿命	有害物質含有
Na-S電池	2	~200	大容量	高温動作、安全性
水素燃料電池	1.23	**~2×10^3**	高密度、高効率	安全性、資源制約
Redoxフォロー電池	1.26	~30	長寿命、大容量	コスト、資源制約
電気二重層キャパシタ	3.5	~10	高速充放電	低容量、自己放電

安全性と経済性に優れた持続可能な大規模の貯蔵に展開できるシステムが求められる

日本の再生可能エネルギー発電量は年間約270 TWh

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

信州大学 SHINSHU UNIVERSITY

従来技術とその問題：蓄電技術の現状

エネルギー保存方式	特徴	課題
揚水	水の位置エネルギーとして貯蔵 長寿命・低コスト、超大規模	立地制約（すでに飽和）
フライホイル	回転運動でエネルギー保存 高速応答	長時間蓄電には不向き
圧縮空気	空気を圧縮し地下等に貯蔵 大規模・長時間貯蔵	低効率、立地制約
蓄熱	蒸気・溶融塩などの媒体に熱として保存 安価	低効率、長時間保存には不向き
超伝導磁気エネルギー	電流として直接保存 長寿命、高耐久、大電力の充放電が可能	冷却が必要、高コスト、資源制約

安全性と経済性に優れた持続可能な大規模の貯蔵に展開できるシステムが求められる

日本の再生可能エネルギー発電量は年間約270 TWh

信州大学 SHINSHU UNIVERSITY

従来技術とその問題:
従来の電解水電池について

(i) 室温における単一中和セルの反応出力電圧

$V_N = V_{膜} + RT/(nF)(pH_{塩基性水} - pH_{酸性水})$

室温においてRT/nF＝59.2 mV

室温でpH差が10の時、最大起電力が0.6 V程度

(ii) 塩基性電解水側の反応

$4OH^- \Rightarrow 2H_2O + 4e^- + O_2$ (酸素、電子の生成)

(iii) 酸性電解水側の反応

$4H^+ + O_2 + 4e^- \Rightarrow 2H_2O$ (酸素、電子の消費)

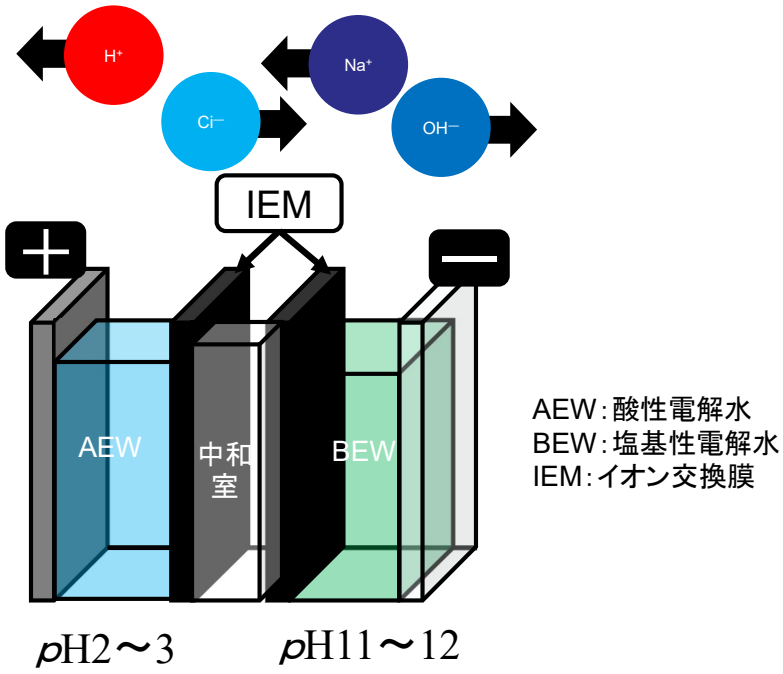
(iv) 中和室近辺の反応

$Na^+ + Cl^- = NaCl$ (電荷均衡の維持)

(v) 反応の正味

$H^+ + OH^- + Na^+ + Cl^- \Rightarrow H_2O + NaCl$

(ΔG^o＝-79.9 kJ/mol)



AEW：酸性電解水
BEW：塩基性電解水
IEM：イオン交換膜

外部経路が存在するとき、電解水間のイオン濃度差により、中和反応が自発的に進行する。

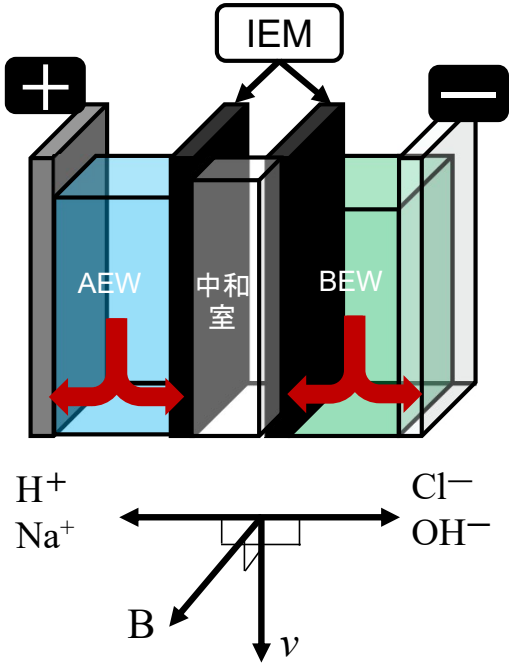
中和反応の持続性に課題があった

新技術説明会 New Technology Presentation Meetings!

信州大学 SHINSHU UNIVERSITY

新技術の特徴・従来技術との比較
ローレンツ力による起電力の増強効果

- 電圧　$V_L = vBQR/(R+r)$ [V]
- 電流　$I_L = S\sigma vB(1-R/(R+r))$ [A]
  - ◆ v = 流速
  - ◆ B = 磁束密度
  - ◆ R = 負荷抵抗
  - ◆ r = 内部抵抗
  - ◆ Q = 磁場中に移動するイオン数
  - ◆ S = 電極の面積
  - ◆ σ = 電解水の導電率
  - ◆ IEM = イオン交換膜
  - ◆ AEW = 酸性電解水
  - ◆ BEW = 塩基性電解水



$\mathbf{F = qv \times B}$

磁場中に流れる陽イオンと陰イオンが
ローレンツ力によって分離される

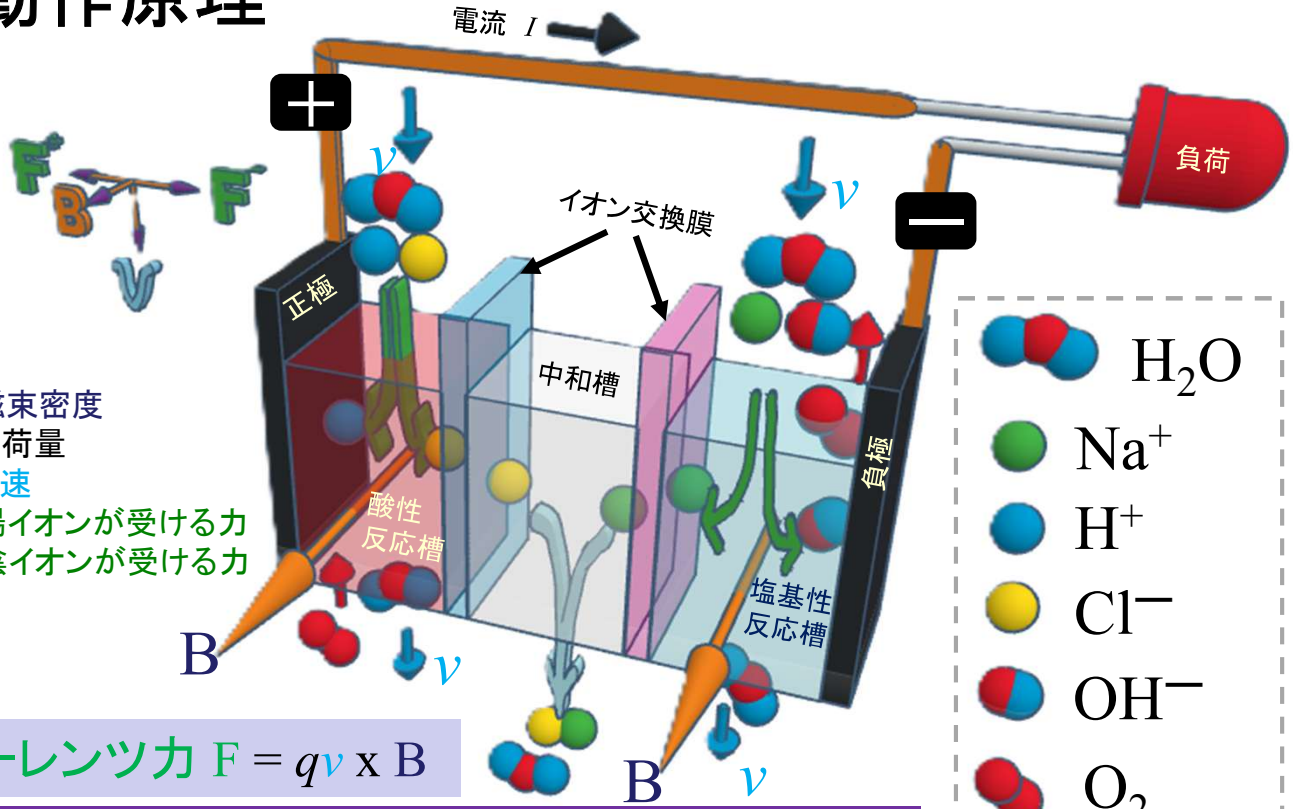
中和反応の持続性向上に期待

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

信州大学 SHINSHU UNIVERSITY

新技術の特徴･従来技術との比較

動作原理



電解水電池における中和反応

$H^+ + O_2 + e^- + OH^- + Na^+ + Cl^- \Rightarrow H_2O + NaCl + O_2 + e^-$

- 大きな起電力を作り出せる
- 電池の出力を電解水流量や磁場強度で制御できる。
- ローレンツ力補助によって電解水の位置エネルギーと中和反応から電気に効率よく変換できる。
- 資源制約のない海水由来電解水を安全なエネルギー貯蔵媒体として活用できる。

電池全体の起電力　$V_T = V_L$（ローレンツ力）$+ V_N$（中和反応）

新技術説明会 New Technology Presentation Meetings!

信州大学
SHINSHU UNIVERSITY

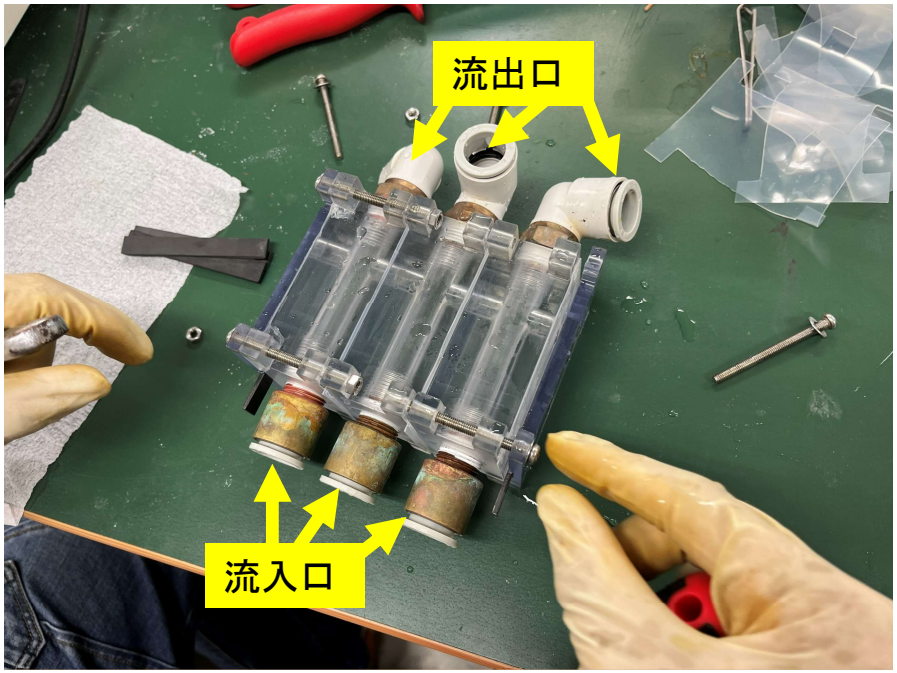
新技術の特徴･従来技術との比較

- 海水由来電解水を用いているため、資源制約を受けない新エネルギー貯蔵システムとして展開が可能
- 電池の出力を電解水流量や磁場強度で制御できるため、需要に応じた柔軟な出力調整が可能
- 温室効果ガスの放出が一切ないため、持続可能な環境調和型エネルギー貯蔵が可能な電源

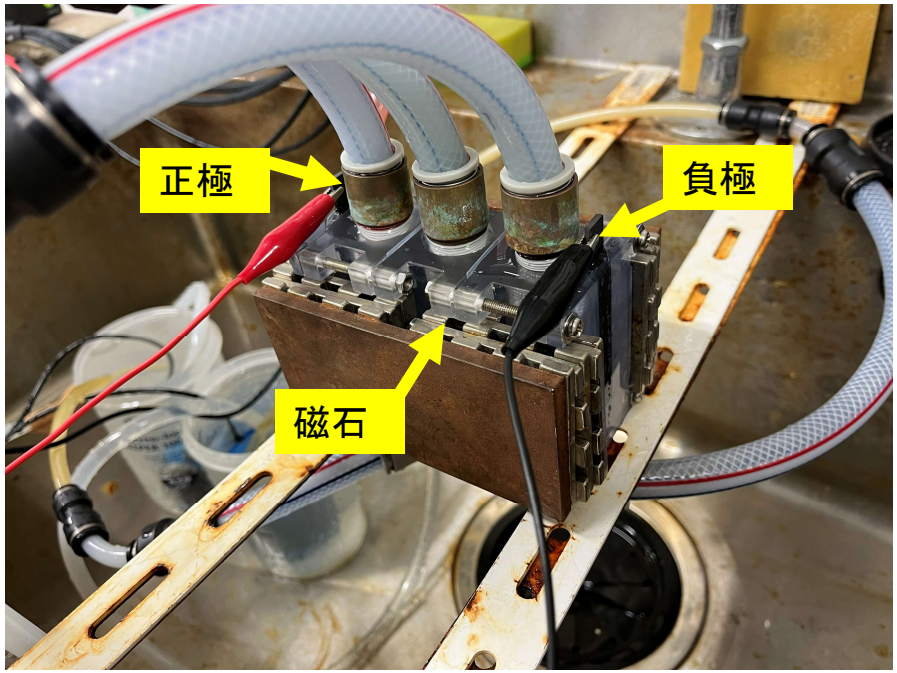
信州大学
SHINSHU UNIVERSITY

新技術の特徴・従来技術との比較

試作セルの様子



磁石を設置する前の試作電池

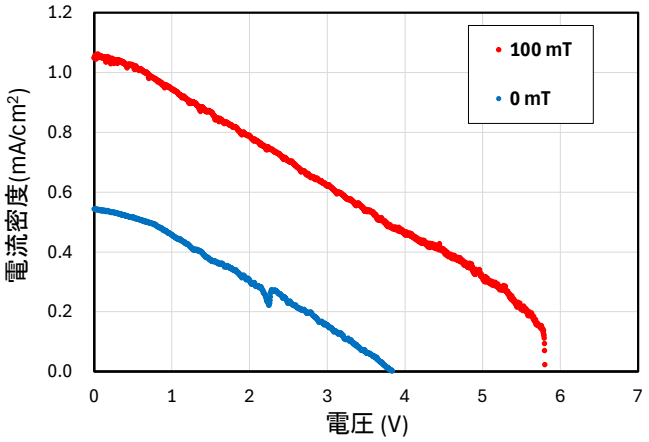


組み立てた試作電池の様子

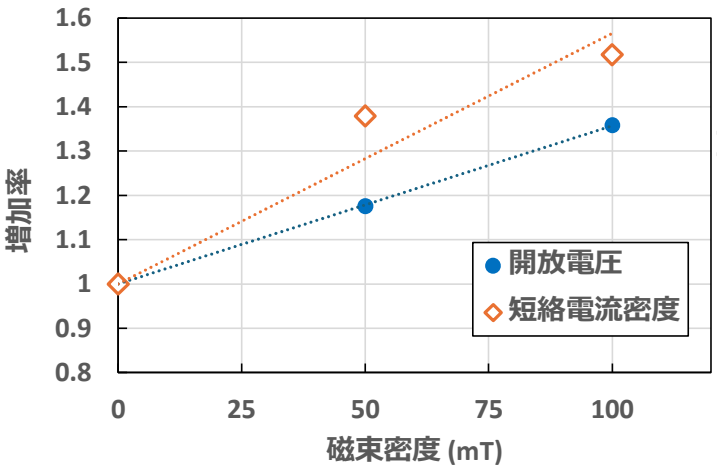
信州大学 SHINSHU UNIVERSITY

新技術の特徴・従来技術との比較

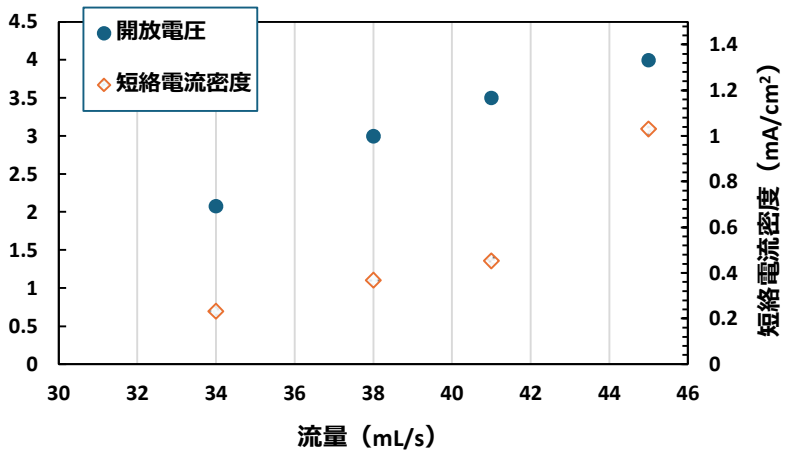
*I-V*特性の比較（流量44.4 ml/s）



磁束密度依存性（流量44.4 ml/s）



流量依存性（磁束密度50 mT）

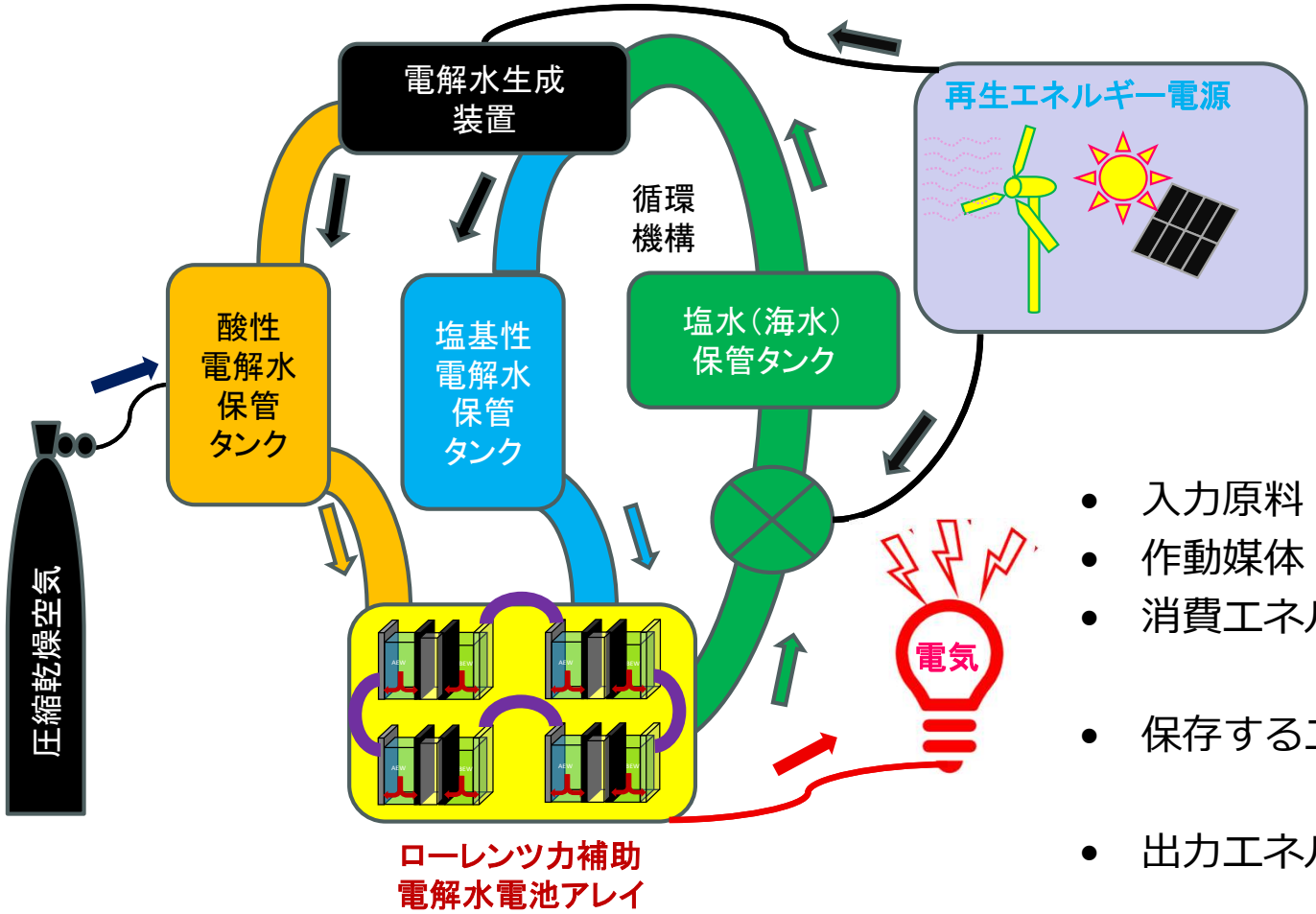


- 流動式電解水電池において、ローレンツ力補助により特性が向上し、単一セルにおいて世界記録級である<u>約5.8Vの開放電圧</u>を実現した
- 流量と磁束密度で出力を調整可能である

信州大学
SHINSHU UNIVERSITY

想定される用途

海水を用いたエネルギー貯蔵・循環システム全体の概略



- 入力原料： **海水、空気（酸素）**
- 作動媒体： **海水由来電解水**
- 消費エネルギー形態：
  太陽光、風力、水力
- 保存するエネルギー形態：
  位置エネルギー、化学エネルギー
- 出力エネルギー形態：
  直流電気エネルギー

信州大学
SHINSHU UNIVERSITY

想定される用途

- 太陽光・風力など再生エネルギー発電システムの安定化
- 余剰電力の貯蔵
- 水力発電・揚水発電の高効率化
- 船舶用電源の高効率化
- 水素ステーションの高効率化

信州大学
SHINSHU UNIVERSITY

想定される用途

太陽光・風力など再生エネルギー発電システムの安定化・貯蔵



信州大学
SHINSHU UNIVERSITY

想定される用途

原子力発電の非常用電源・余剰電力貯蔵システム



信州大学
SHINSHU UNIVERSITY

想定される用途

水力発電・揚水発電の高効率化



信州大学
SHINSHU UNIVERSITY

想定される用途

船舶用電源の高効率化



本イメージは生成AIで作成しています

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

信州大学
SHINSHU UNIVERSITY

実用化に向けた課題

- 内部抵抗を軽減するために最適なイオン交換膜の開発が重要である。
- 反応律速である酸性電解水中の溶存酸素濃度の調整機構を最適化する必要がある。
- 現在、小容量セルのみで検証しており、実用的な規模への展開や実際の海水を用いたシステム全体の有効性を検証する必要がある。
- 既存電力システムとの整合性の検証が必要である。

信州大学
SHINSHU UNIVERSITY

社会実装への道筋

時期	取り組む課題や明らかにしたい原理等	社会実装への取り組みについて
基礎研究	・電池の基本構造を確立させ、電池特性を支配する主要な要因を明らかにした。	
現在	・単一セルにおいて大きな起電力（5.8 V）を実現した。	
1年後	・内部抵抗の軽減が重要であり、反応律速に関わる全ての要素の解明し、最適なイオン交換膜の開発、電池構造の最適化を行い、理論限界値を明らかにする。 ・実際の海水を用いて、実用性の検証を進める。	A-STEP産学共同（育成型）（JST）へ協力希望の企業と共同申請
5年後	・既存発電システムとの整合性や大規模化に関わる問題の検証（イオン交換膜の劣化メカニズムなどシステム寿命を決定する要因の解明）を実施する。	NEDOの社会課題解決枠フェーズBの基盤研究に協力希望の企業と共同申請
10年後	・太陽光・風力など再生可能エネルギー発電所の大規模な貯蔵・循環システムとして試験導入を実施し、性能、安定性などを検証する。	協力企業と共同開発を進め、本システムの社会実装を実現

信州大学
SHINSHU UNIVERSITY

企業への期待

- 電解水製造装置メーカ、イオン交換膜メーカ、太陽光発電システム、風力発電システム、水力発電、船舶機器、電力事業などに関連する企業との共同研究・開発を希望する。

- 本技術の導入によって持続可能な次世代電力システムを構築し、化石燃料依存度の軽減を実現させたい。

信州大学
SHINSHU UNIVERSITY

企業への貢献、PRポイント

- 本技術によって、海水由来電解水の位置エネルギーと化学エネルギーから電気エネルギーへの変換が可能になるため、資源制約を受けることなく再生可能エネルギーの大規模貯蔵を実現できる。
- 太陽光、風力、水力など再生可能な発電システムのさらなる普及に貢献できるため、低炭素社会の実現に貢献できる。
- 太陽光、風力、水力など再生可能エネルギー源における本発明の導入にあたっての技術指導

信州大学
SHINSHU UNIVERSITY

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称　：電解水電池、環境調和型
  再生可能エネルギー貯蔵・循環システム
- 出願番号　：特願2026-042394
- 出願人　：信州大学
- 発明者　：山本明旦定、曽根原誠、山下純平

信州大学
SHINSHU UNIVERSITY

産学連携の経歴

- 2024年-2027年　科研費基盤研究C
- 2019年-2020年　合同会社ベルトン・トウトク・テクノロジーと共同研究実施
- 2016年-2018年　科研費若手B
- 2011年-2013年　科研費若手B

信州大学
SHINSHU UNIVERSITY

お問い合わせ先

株式会社信州TLO

TEL　0268－25－5181

e-mail　info@shinshu-tlo.co.jp

https://shinshu-tlo.co.jp/technology/