



高専における イオン液体研究ネットワーク活動 ～～ 燃料電池研究へのチャレンジ ～～

- イオン液体とは？
- イオン液体の応用展開
- 高専におけるイオン液体研究ネットワーク



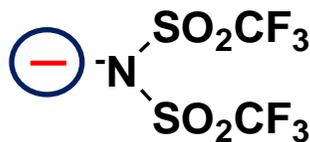
「イオン液体 (Ionic Liquids)」とは？

100°C以下で、液体の状態を保っている“塩(えん)”
イオンだけから成る液体

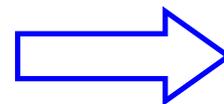


陽イオン
(カチオン)
(EMI)

+



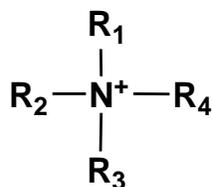
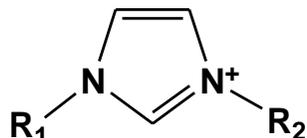
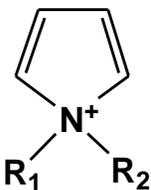
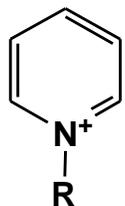
陰イオン
(アニオン)
(TFSA)



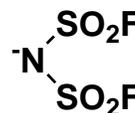
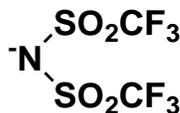
イオン液体

(EMI-TFSA, 融点: -15°C)

典型的なカチオン



典型的なアニオン



(※) 食塩 (Na⁺ Cl⁻):

融点 約800°C

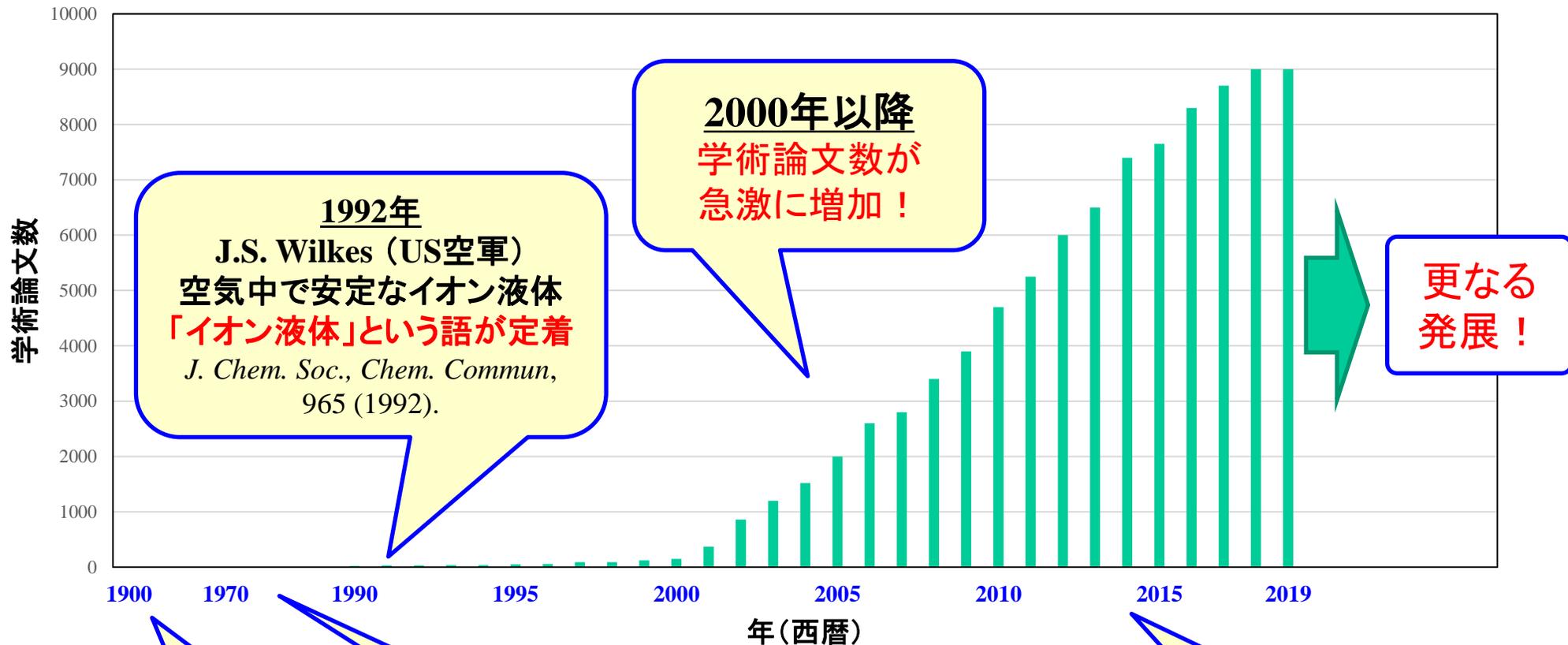
→ × イオン液体

○ イオン結晶



イオン種の豊富な組み合わせ(デザイナー溶媒)

イオン液体の黎明と発展



1992年
J.S. Wilkes (US空軍)
空气中で安定なイオン液体
「イオン液体」という語が定着
J. Chem. Soc., Chem. Commun,
965 (1992).

2000年以降
学术论文数が
急激に増加！

更なる
発展！

1914年
P. Walden (ロシア)
最初のイオン液体
(硝酸エチルアンモニウム)

1970年代～1980年代
R. Osteryoungら
(NY州立大, コロラド州立大)
電気化学的基礎研究の開始
(AlCl_4 アニオン系)

2014年頃
高校教科書「基礎化学」
にてイオン液体が紹介
(啓林館)

J.S. Wilkes, *Green Chem.*, **4**, 73 (2002).

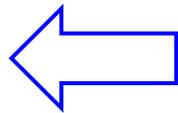
イオン液体の特徴

- ☆ イオン伝導性 → 電解質, イオン伝導体!
- ☆ 広い液状温度範囲
(融点 \sim 400 $^{\circ}$ C) → 水系ではカバーできない
温度領域でも使用可能!
- ☆ 難揮発性, 難燃性 → デバイスの耐久性・安全性!
真空下でも使用可能!
- ☆ 高い熱安定性 (<400 $^{\circ}$ C) → デバイスの耐久性!
- ☆ 高い電気化学安定性 (<6V) → デバイスの耐電圧性!
- ☆ 特異な溶解性 → 有機・無機物質、ガス、
金属イオン、ポリマーなど
高い相溶性、混和性!
- ☆ 有機イオン種から成る → 目的に応じた化学構造設計や
合成を行える!

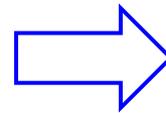


イオン液体の特徴を活かした多彩な応用展開

バイオマスの分離回収
 (セルロース, キチン・キトサン, タンパク質など)
医薬, DDS, 抗菌剤

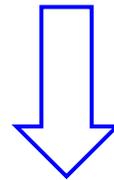


バイオ、
医療

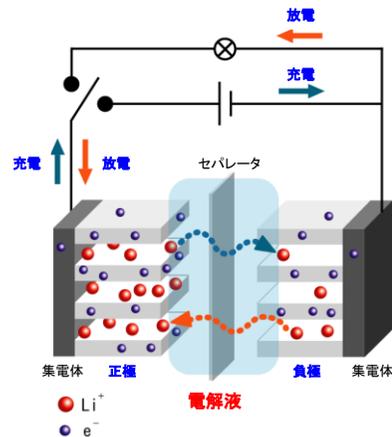


化学工業
工学

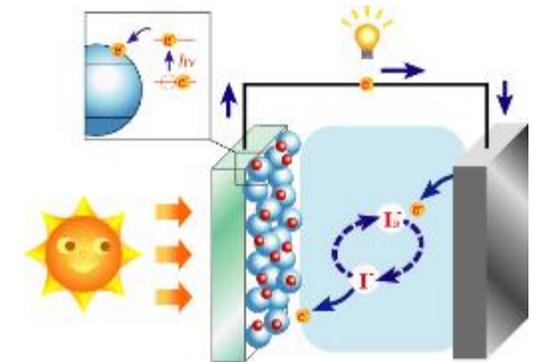
有機反応プロセス
 炭酸ガス吸収, 石油精製
 潤滑油, 熱媒・冷媒
高分子添加剤



電気化学

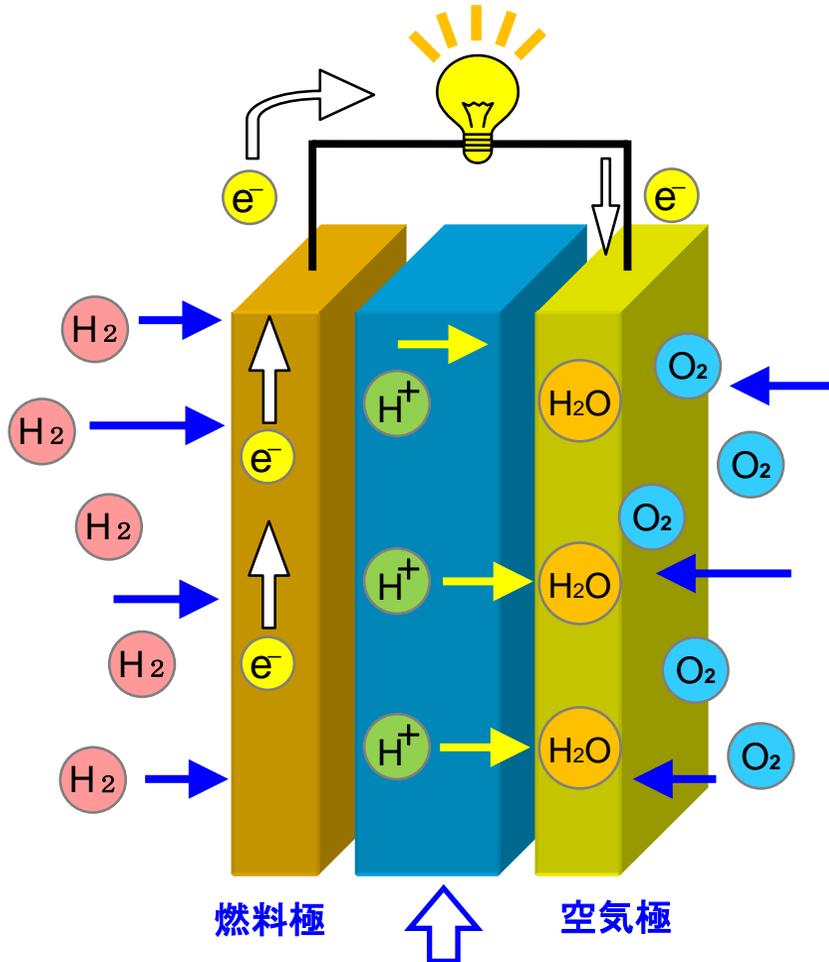


- 高機能電解質**
- ・リチウム二次電池
 - ・電気二重層キャパシタ
 - ・色素増感太陽電池
 - ・固体高分子型燃料電池
 - ・電気化学アクチュエータ
 - ・金属電析, 電解重合, など

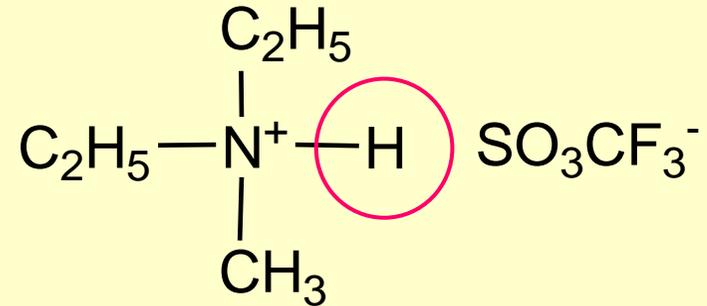


イオン液体の燃料電池への応用

PEFCの電解質膜に適用



ナフイオン電解質膜



DEMA-OTf

プロトン伝導性イオン液体
+
スルホン酸化ポリイミド系
(中温域, 無加湿型)

横浜国立大学 渡邊正義 先生

S. -Y. Lee, et al, *J. Am. Chem. Soc.*, 132, 9764 (2010).



新たな高専間連携：イオン液体ネットワーク(2018～)

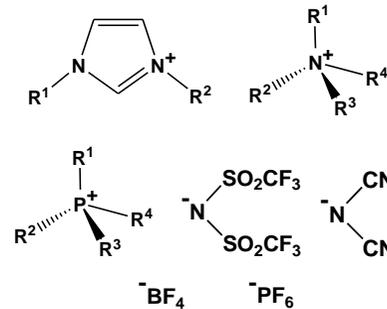
イオン液体 (Ionic Liquids)

特徴

難揮発性・難燃性
高い熱安定性(～400℃)
イオン伝導性
特異な溶解性

イオン種の化学構造や
組合わせをデザイン可能！
(デザイナー溶媒)

常温で液体の有機塩(常温溶融塩)
イオンのみからなる液体材料



応用検討例

反応・抽出溶媒
電解質(電池等)
潤滑油
高分子添加剤, etc.

実用化・実装の事例は
まだまだ少ない！

「イオン液体」をキー・マテリアルとした、
新たな境界領域の研究・開拓、実用化・実装への展開

イオン液体を専門としない、
異分野の高専教員も集合

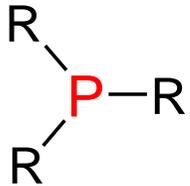
イオン液体のみに拘らない、
高専の強みを活かした技術展開

高専のスケール
メリットを活かす！



和歌山高専でのイオン液体開発

イオン液体
合成



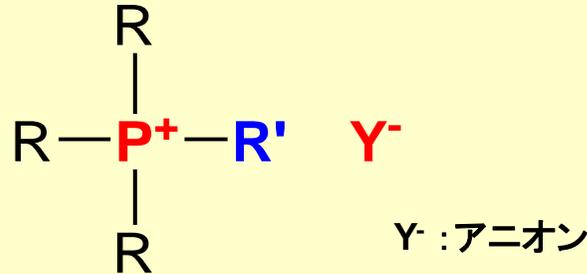
- ① 四級化
- ② アニオン交換

出発原料
(三級アルキル
ホスフィン)

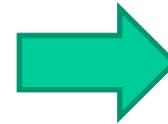


日本化学工業株式会社

中心にリン(P)原子を有する
「ホスホニウムイオン液体」



特長
高い電気伝導性, 高い熱安定性



豊富なラインナップ

試薬も販売
されています!

主要な連携先(高専以外)

- ・ 大阪大学 菅原武 先生
- ・ 神戸大学 谷篤史 先生
- ・ UT Knoxville, Prof. Sangoro
- ・ 横浜国立大学 松宮正彦 先生
- ・ 大阪大学 桑畑進 先生
津田哲哉 先生



精密有機合成装置

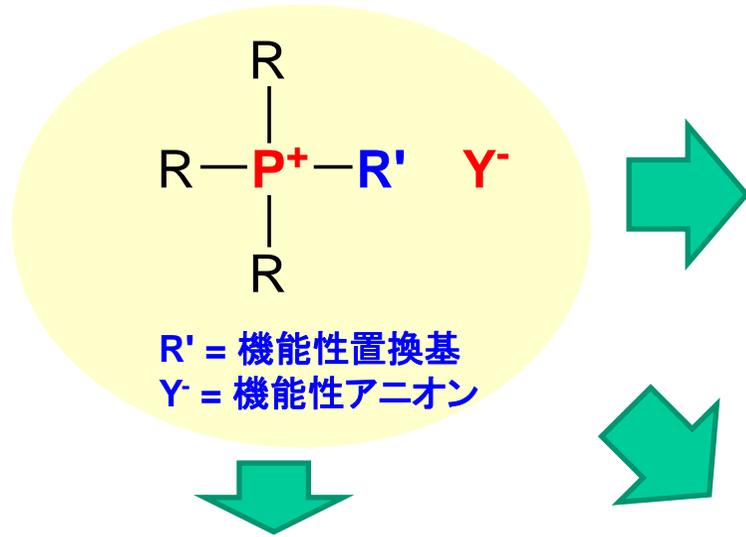


元気な学生達とスタッフ

応用展開

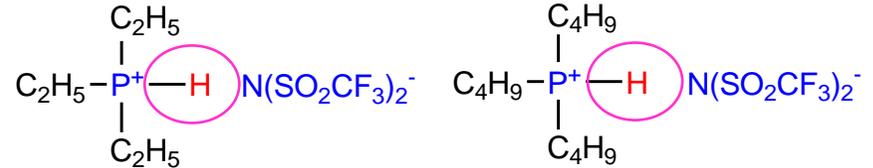
- 燃料電池触媒
- 二次電池電解質
- 湿式太陽電池電解質
- 有機半導体材料
- 蓄冷材料(ハイドレート)
- バイオセンサー
- エネルギー教育

高機能型ホスホニウムイオン液体の開発(事例紹介)



“プロトン型”ホスホニウムイオン液体

アンモニウム型よりも高い熱安定性



$\text{P}_{222\text{H}}\text{-TFSA}$

融点: -8°C

粘度: $40 \text{ mPa s (} 25^\circ\text{C)}$

導電率: $7.4 \text{ mScm}^{-1} (25^\circ\text{C})$

$\text{P}_{444\text{H}}\text{-TFSA}$

融点: 16°C

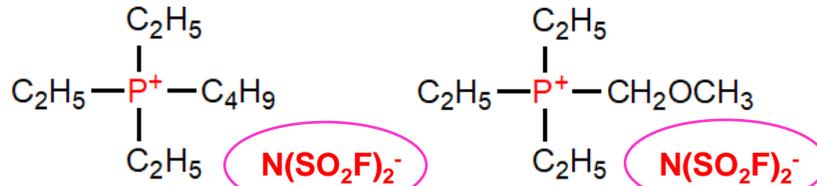
粘度: $75 \text{ mPa s (} 25^\circ\text{C)}$

導電率: $1.5 \text{ mScm}^{-1} (25^\circ\text{C})$

K. Tsunashima, et al, *Electrochemistry*, **80**, 904 (2012).

“FSAアニオン型”ホスホニウムイオン液体

高い導電性・低い粘性



$\text{P}_{2224}\text{-FSA}$

融点: -16°C

粘度: $62 \text{ mPa s (} 25^\circ\text{C)}$

導電率: $4.5 \text{ mScm}^{-1} (25^\circ\text{C})$

$\text{P}_{222(101)}\text{-FSA}$

融点: -14°C

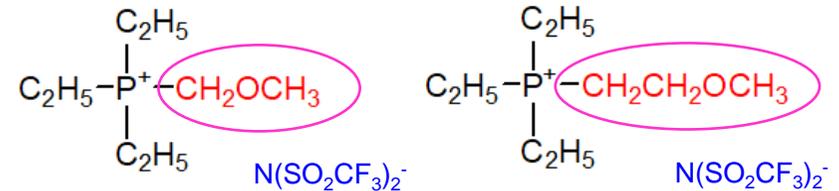
粘度: $29 \text{ mPa s (} 25^\circ\text{C)}$

導電率: $8.9 \text{ mScm}^{-1} (25^\circ\text{C})$

K. Tsunashima, et al, *Electrochem. Commun.*, **13**, 178 (2011).

“酸素導入型”ホスホニウムイオン液体

高い導電性・低い粘性, 溶解性・配位性の向上



$\text{P}_{222(101)}\text{-TFSA}$

融点: 14°C

粘度: $35 \text{ mPa s (} 25^\circ\text{C)}$

導電率: $4.4 \text{ mScm}^{-1} (25^\circ\text{C})$

$\text{P}_{222(201)}\text{-TFSA}$

融点: 10°C

粘度: $44 \text{ mPa s (} 25^\circ\text{C)}$

導電率: $3.6 \text{ mScm}^{-1} (25^\circ\text{C})$

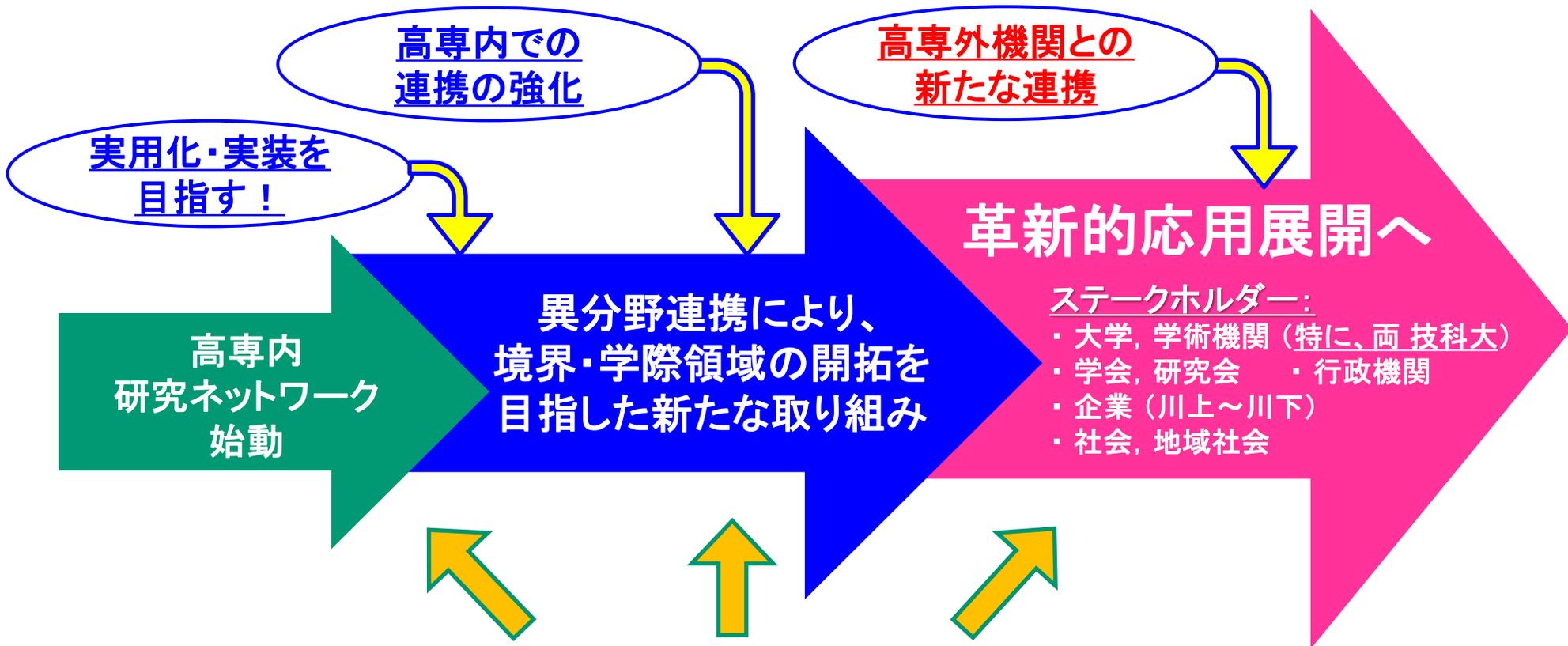
K. Tsunashima, et al, *Electrochem. Commun.*, **9**, 2353 (2007).

網島, 溶融塩および高温化学, **57**, 67 (2014).

燃料電池向けの新たなイオン液体のデザインとカスタム合成

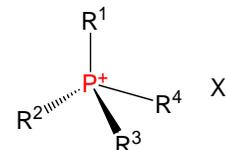
高専発イオン液体ネットワークの今後の姿

革新的応用展開に踏み込む、新たなプロジェクト展開



イオン液体の設計・カスタム合成
物性解析・性能評価

 NIT-W Ionic Liquid Laboratory



ホスホニウムイオン液体

国立高等専門学校機構
工業高等専門学校



Thank you for your kind attention!!

和歌山県御坊市，煙樹ヶ浜