

# 【ワークショップ】 課題共有フォーラム2021

## 「燃料電池解析技術への 産業界ニーズと期待」

**第1部：長井 康貴**（豊田中央研究所）

**第2部：干鯛 将一**（東芝エネルギーシステムズ）

東芝エネルギーシステムズ(株)、(株)豊田中央研究所、  
トヨタ自動車(株)、パナソニック(株)、(株)本田技術研究所

## 第3回 FC-Cubicオープンシンポジウム

2月2日開催  
J-PARC(中性子)特集

**J-PARC** : Japan Proton Accelerator  
Research Complex  
世界最高クラスの大強度陽子加速器施設



## 第4回 FC-Cubicオープンシンポジウム

今回 : 4月20日開催  
SPring-8(放射光)特集

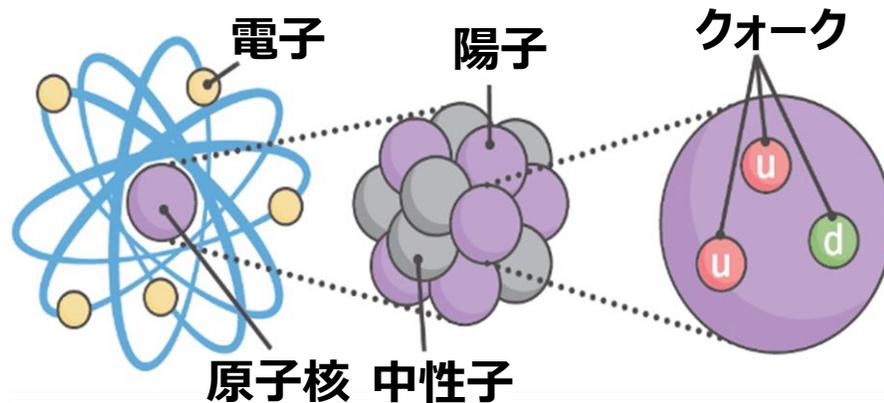
**SPring-8** : Super Photon ring-8 GeV  
(80億電子ボルト)  
世界最大の大型放射光施設



燃料電池業界 : 量子ビーム(中性子/放射光)を用いた高度基盤解析技術に期待

## 量子ビーム

**粒子**と**波**の**性質**をあわせ持つ  
電子、陽子、中性子、光子など  
の集団が同じ方向になす**ビーム**状流れ



その他：

レーザー イオン  
放射光 重粒子  
ミュオン

燃料電池：

放射光X線

中性子

特徴：非破壊で、部品・材料内部の構造・状態を可視化

# 世界の主な量子ビーム施設

4/21

企業が利用した主な研究施設



施設ごとに特徴を持った量子ビーム施設が世界に



兵庫県(佐用郡)



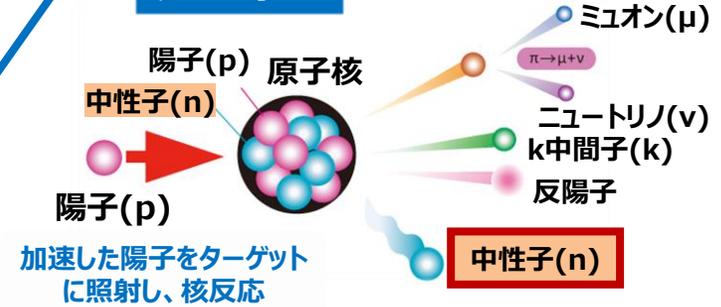
茨城県(東海村)

## 発生原理



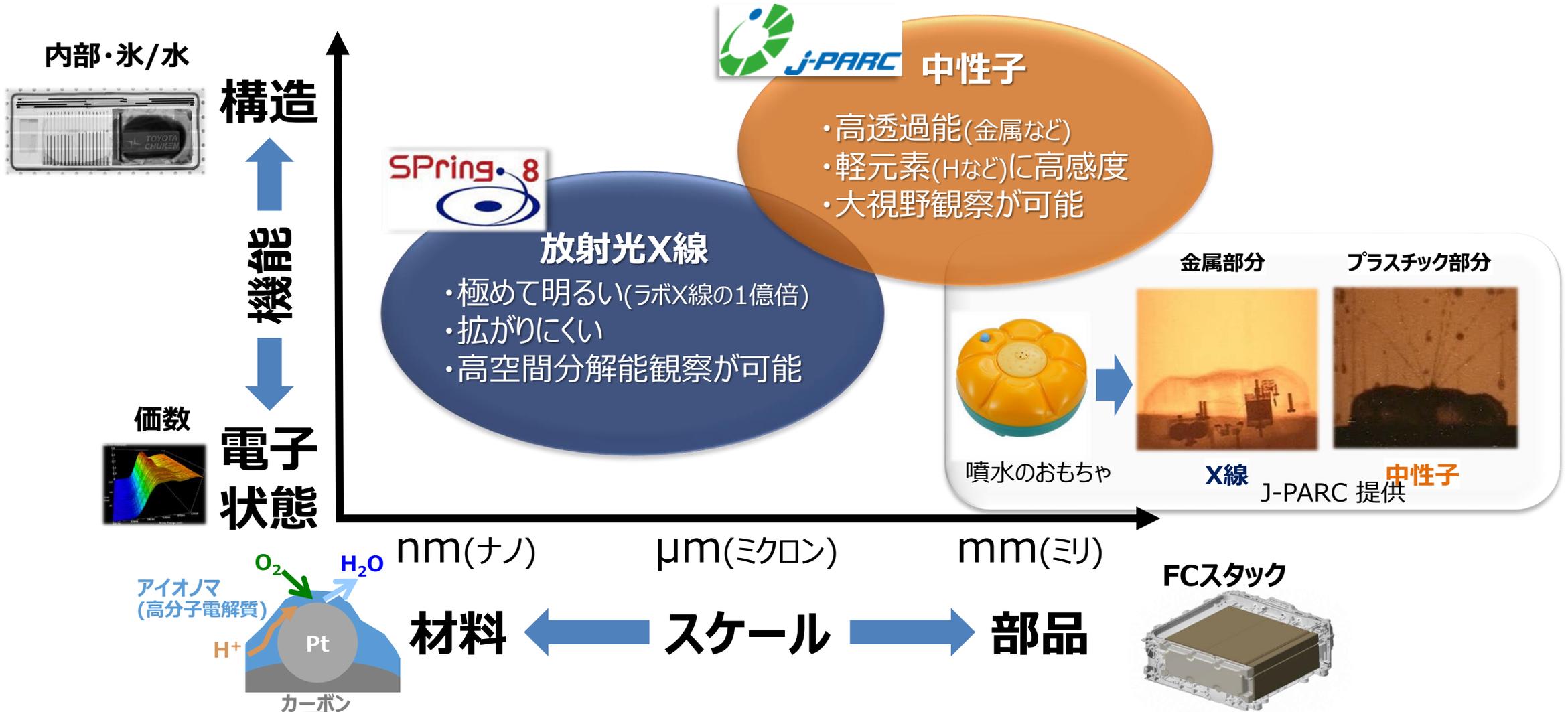
放射光X線

## 発生原理



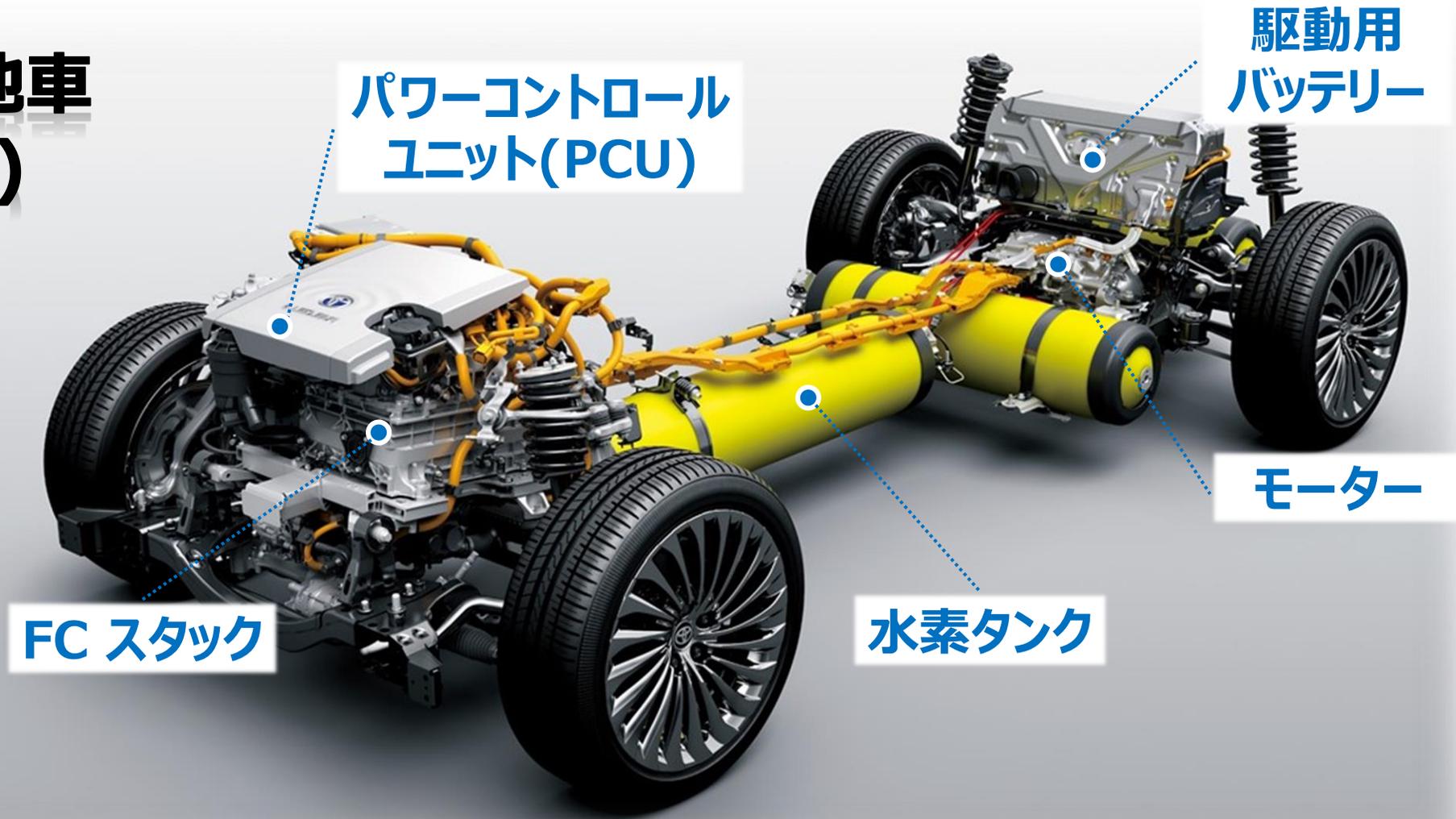
中性子

日本：世界トップクラスの量子ビーム研究施設



**材料～部品までの機能(構造・組成・電子状態)を可視化**

## 燃料電池車 (FCV)



FCスタック、水素タンク、主要な電動化部品の開発に活用

## 新型MIRAIの開発を支えた放射光解析 ～燃料電池内で生成したミクロの水を視える化～

研究・開発機関：(株)豊田中央研究所、(株)SOKEN、トヨタ自動車(株)



**SOKEN**

**TOYOTA**

燃料電池自動車  
新型MIRAI



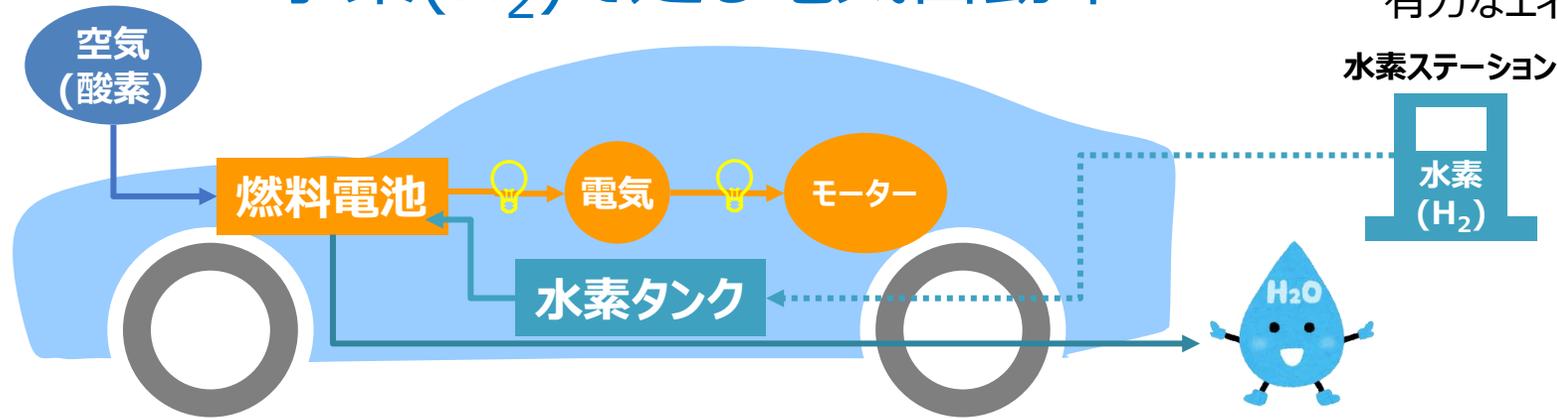
**新型MIRAI**

2020年12月に販売された第2世代の燃料電池車です。  
初代MIRAIは、世界初の量産型市販燃料電池車として2014年末に販売されました。

## 燃料電池自動車とは

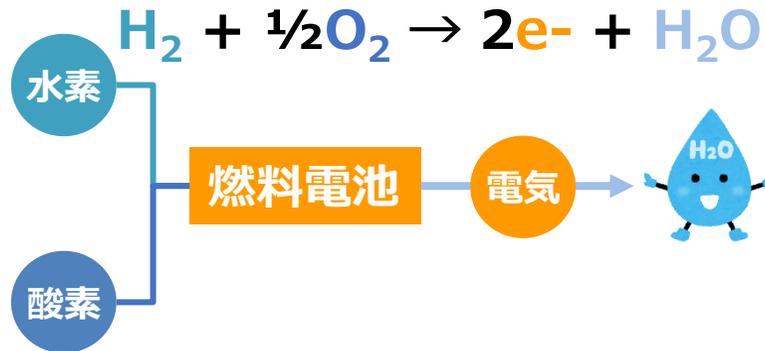
### 水素(H<sub>2</sub>)で走る電気自動車

水素は環境に優しい将来の  
有力なエネルギー



排出されるのは水(H<sub>2</sub>O)のみ

### 燃料電池とは



水素と酸素の単純な化学反応により電気を生み出す発電装置

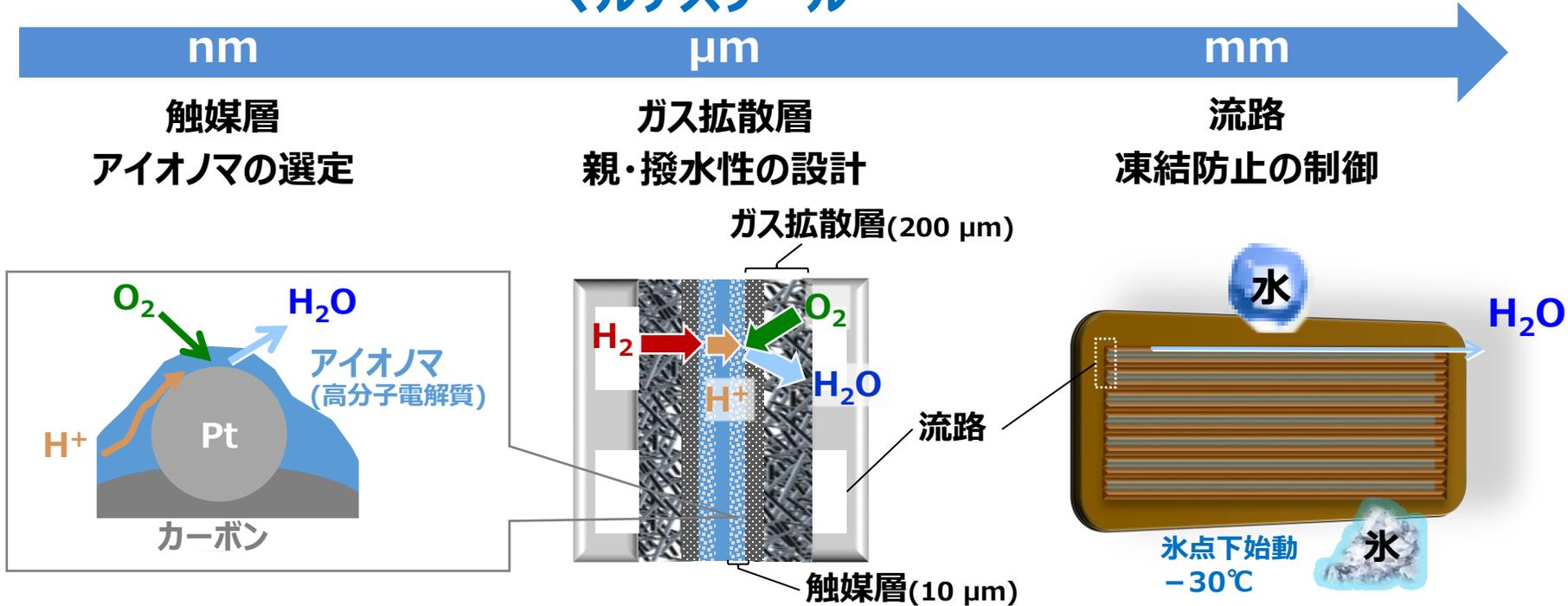
**【高出力化】適切な水の管理が重要 (氷点下～冷間～高温での湯き)**

# FC内の水 : SPring-8×J-PARC

10/21

## マルチスケール

H<sub>2</sub>Oの流れ



ねらい

排水性とガス拡散性の両立による高出力化  
ナノ～ミリまでの適切な水(氷)管理

アプローチ 量子ビームである中性子と放射光X線による解析

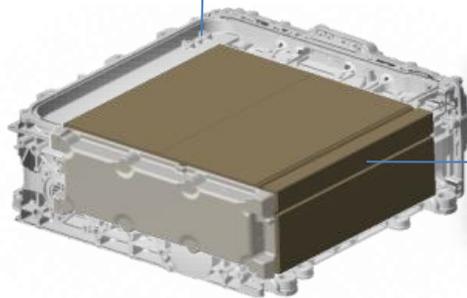


# 新型MIRAI 絞り流路セパレーター

## 新型MIRAIの 燃料電池システム



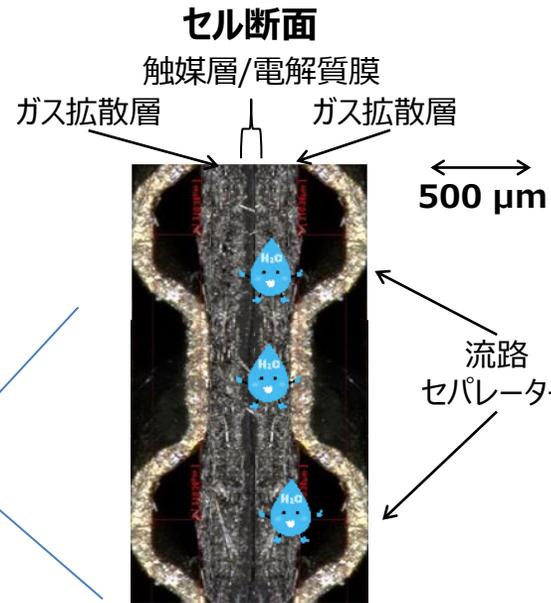
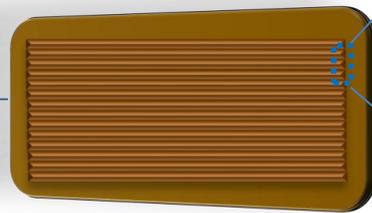
### 燃料電池スタック



330枚のセルを積層  
(24L、128 kW)

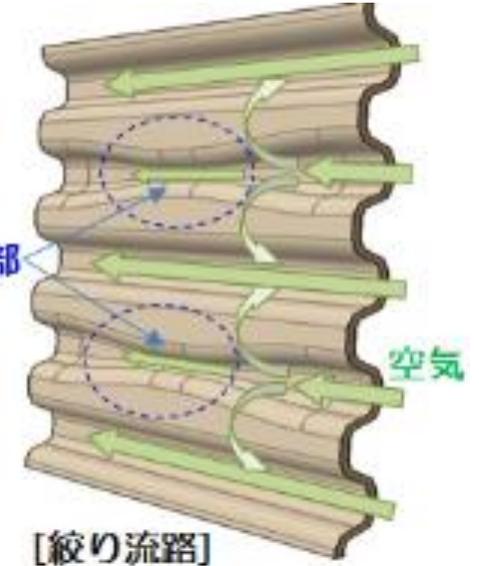
コンパクト化/高出力化

### 一枚のセル



セルを壊さずにミクロの水を  
直接“視たい”

### カソードセパレーター



【目的】SPring-8の世界最高性能の放射光X線を使って、  
水の排出とガス拡散を促進する絞り流路形状による高出力化を検証

# SPring-8 豊田ビームライン

13/21



豊田ビームライン実験棟  
2009年より稼働

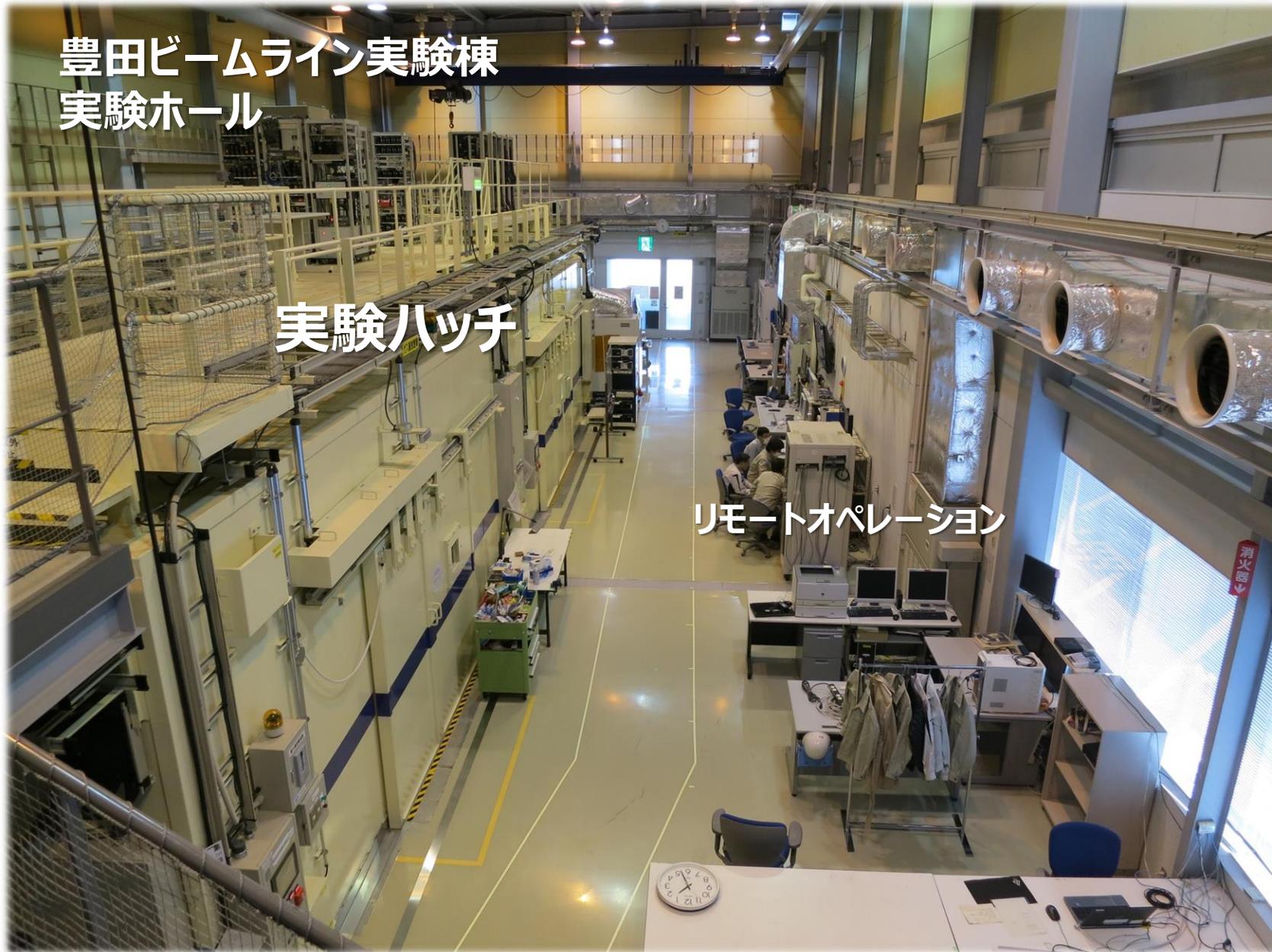
ガスボンベ庫

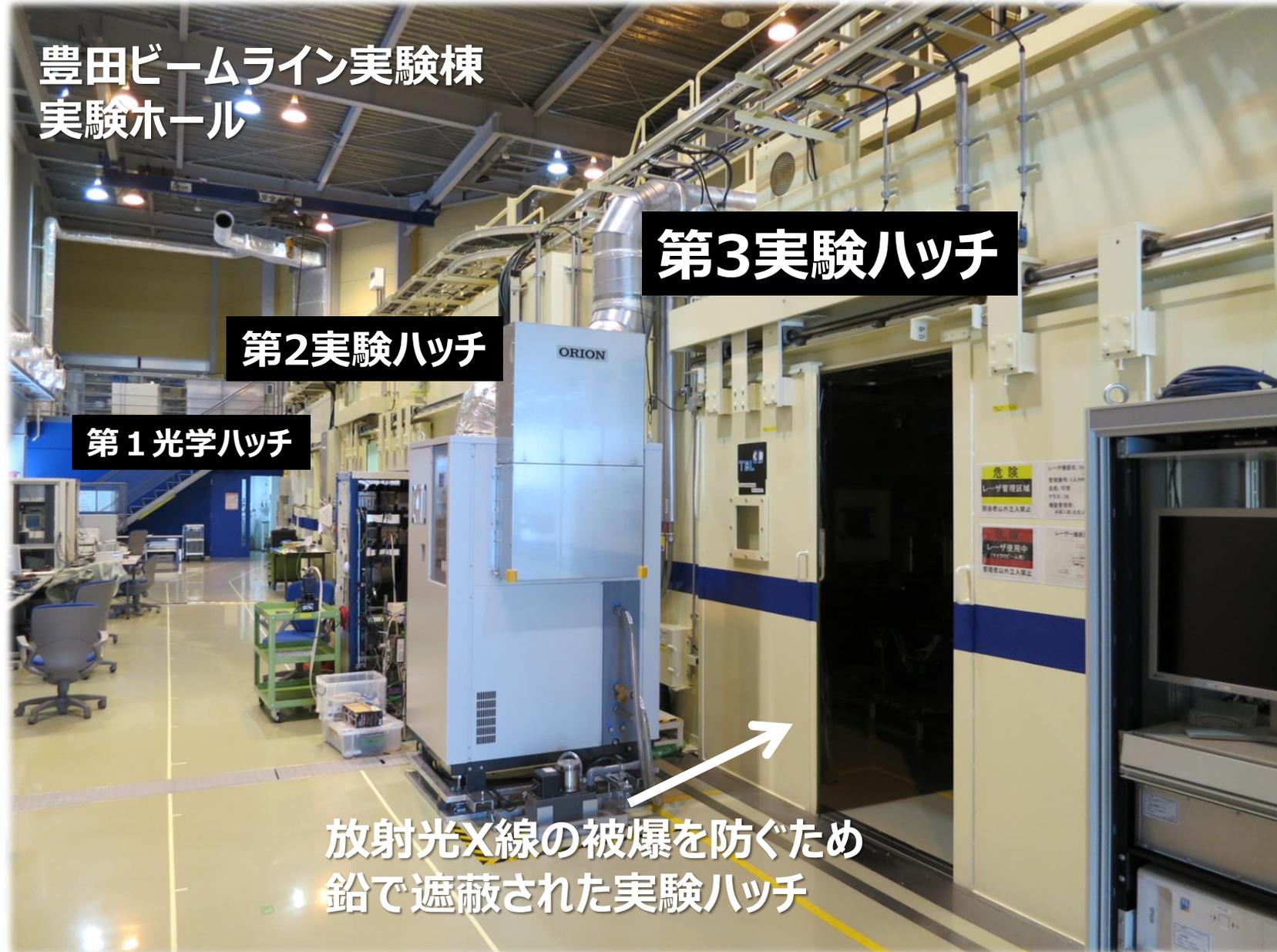
豊田中央研究所が設置・運営する専用ビームライン

豊田ビームライン実験棟  
実験ホール

実験ハッチ

リモートオペレーション





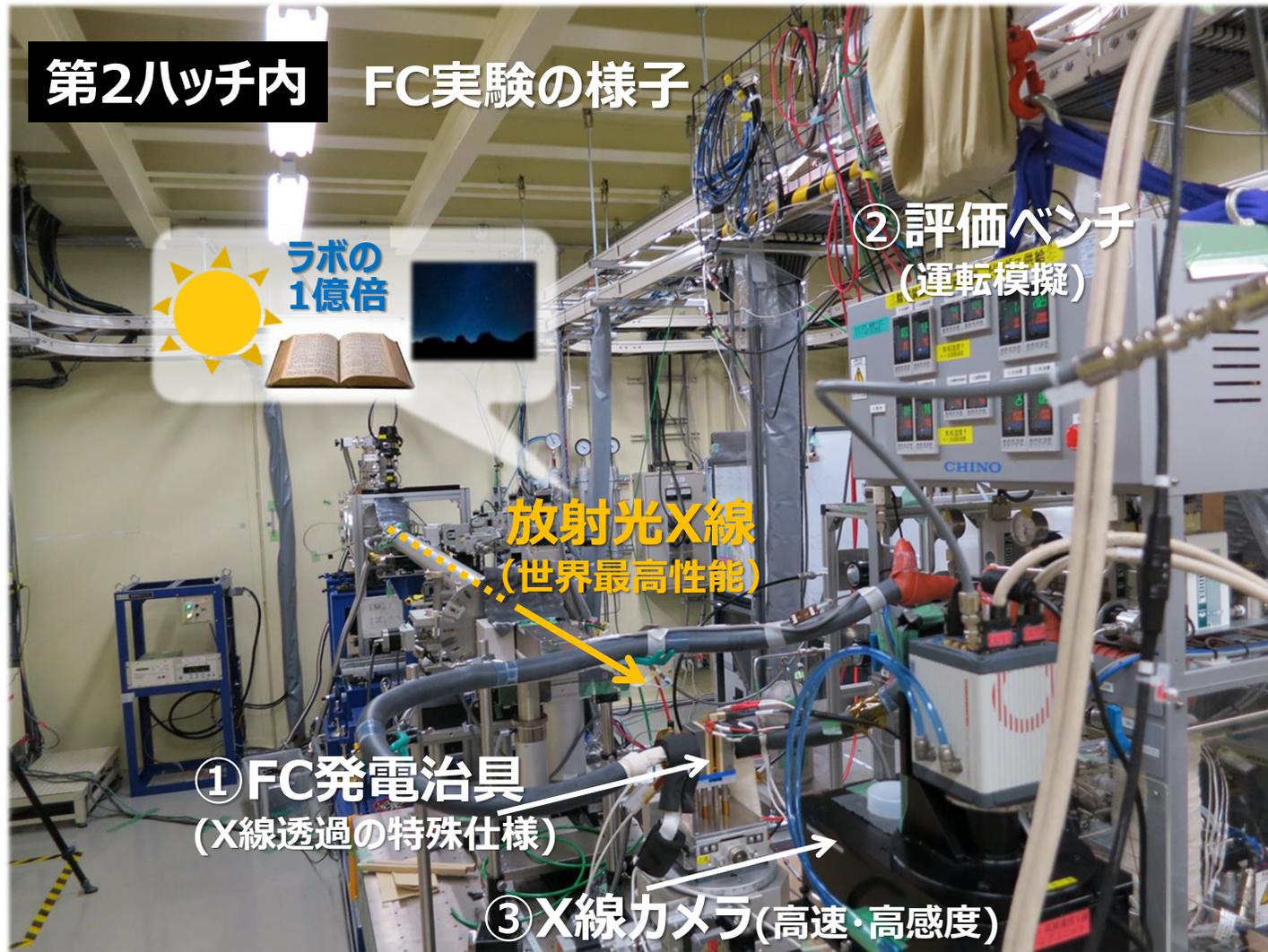
豊田ビームライン実験棟  
実験ホール

第3実験ハッチ

第2実験ハッチ

第1 光学ハッチ

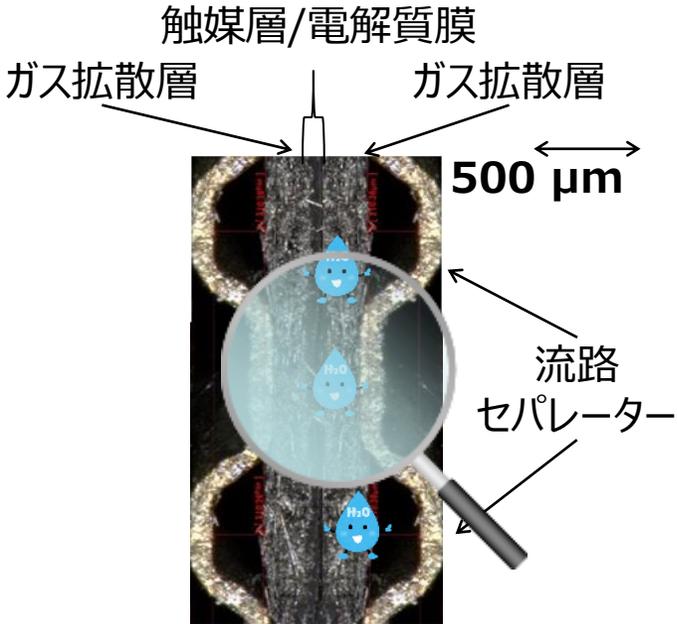
放射光X線の被爆を防ぐため  
鉛で遮蔽された実験ハッチ



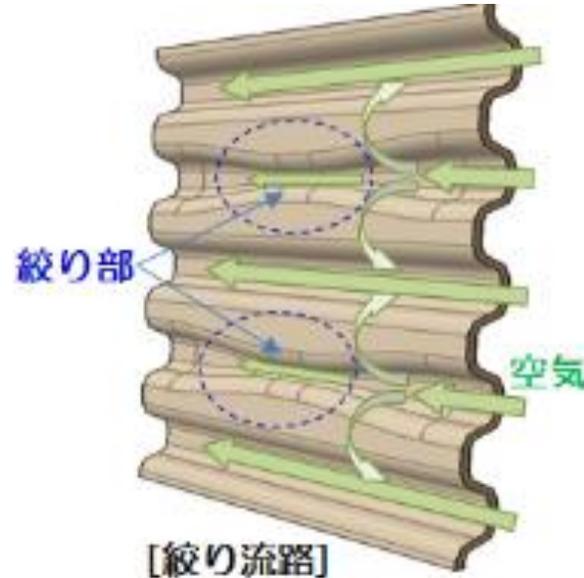
放射光X線ラジオグラフィー法により、燃料電池内で発電により生成したミクロの水の挙動を高速かつ定量的に可視化する技術を構築

# 絞り流路による高出力化を検証

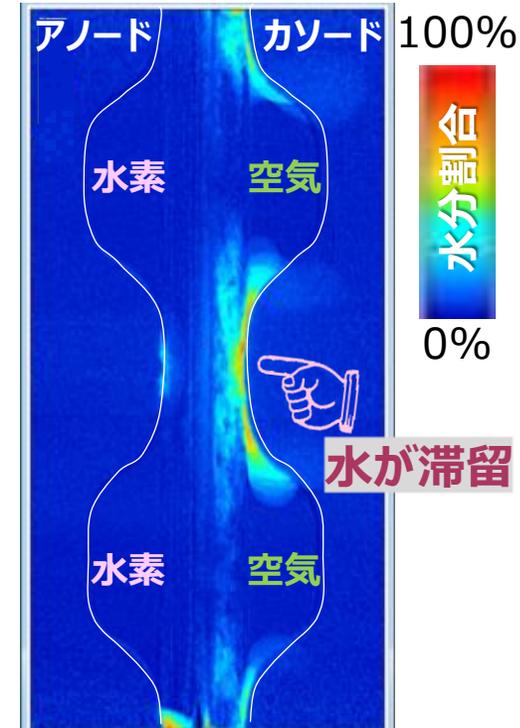
## セル断面



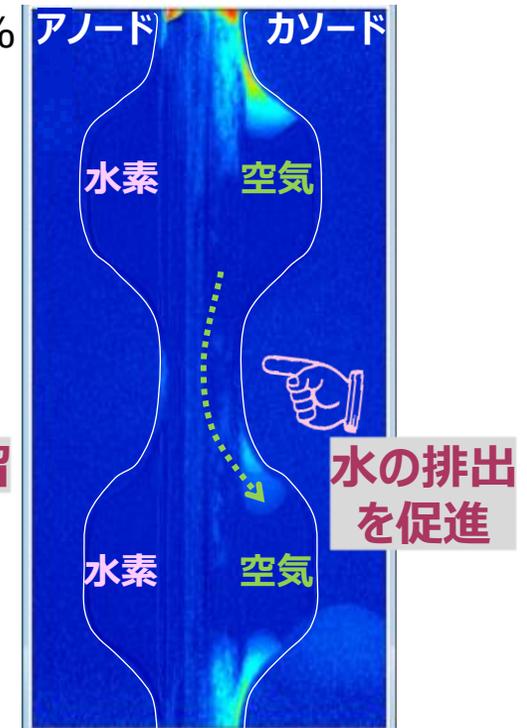
## 新型MIRAIの絞り流路



## 絞り流路無し



## 絞り流路有り



500 μm

供給した空気が滞留した水を押し出して水の排出を促進し、触媒への空気の供給が増えることで発電性能が向上

流路セパレーター、およびガス拡散層の設計に活用

- 放射光X線を用いて、**燃料電池**の発電により生成した**ミクロの水**を高速かつ定量的に**可視化**する技術を構築
- **自動車用**燃料電池の**高出力化**を促進しする、複雑な**水の挙動**を解明
- **新型MIRAI**の高性能燃料電池スタックの開発に活用

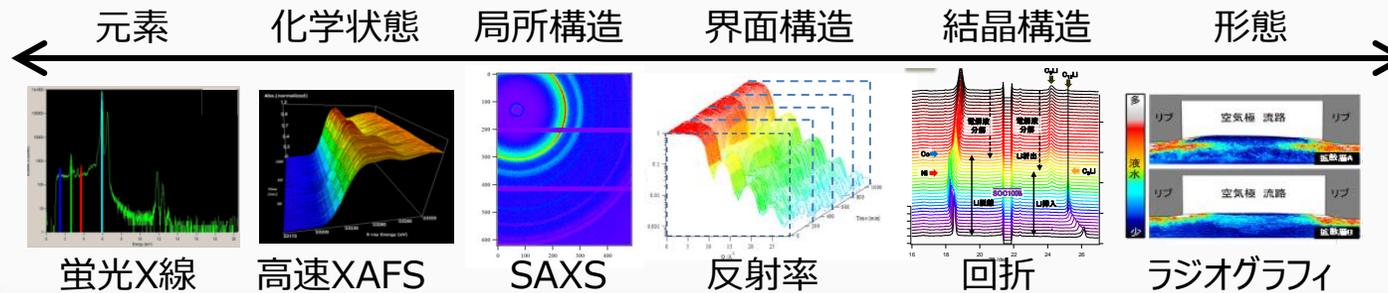
研究・開発機関：(株)豊田中央研究所、(株)SOKEN、トヨタ自動車(株)

燃料電池内のミクロの水を“見える化”し、制御することで高性能化

今回の活用事例は、放射光X線計測技術の一つであるラジオグラフィー  
SPring-8（放射光）、さらにはSACLA（X線自由電子レーザー）に期待

東芝エネルギーシステムズ(株)、(株)豊田中央研究所、  
トヨタ自動車(株)、パナソニック(株)、(株)本田技術研究所

## 1. オペランド解析技術



## 2. 非破壊 3D構造解析技術

