



反水素分光実験ASACUSA(CUSP)の概要

22nd ICEPP Symposium

松舘拓也

東京大学 総合文化 松田研究室

Menu

1. ASACUSA CUSP 実験
2. 反水素原子分光の流れ
3. 反水素原子合成数の増加に向けて



[About CERN](#)[Students & Educators](#)[Scientists](#)[CERN people](#)

ASACUSA 実験

- ASACUSA (**A**tomic **S**pectroscopy **A**nd **C**ollisions **U**sing **S**low **A**ntiprotons)
- CUSP :
 - 反水素原子の基底状態超微細構造の測定を目指す



SCHEMATIC DRAWING OF
Antihydrogen-producing cusp
and antihydrogen detector (gold)

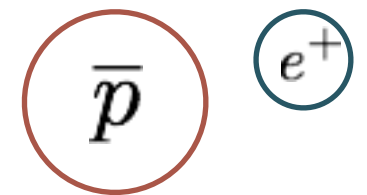
USA, 30/01/2014 10:00

sitions, sextupole magnet (red/grey).

[back](#)

反水素研究の意義

- ★ CPT対称性のテストにおいて反水素原子は良いプローブ
 - CPT対称性を仮定するならば、水素原子と反水素原子の持つ物理量は全く同じになる
 - わずかでも差があれば強い意味を持つ結果になる
 - 反水素原子とすることで、原子スペクトルなどの原子物理の手法が使える

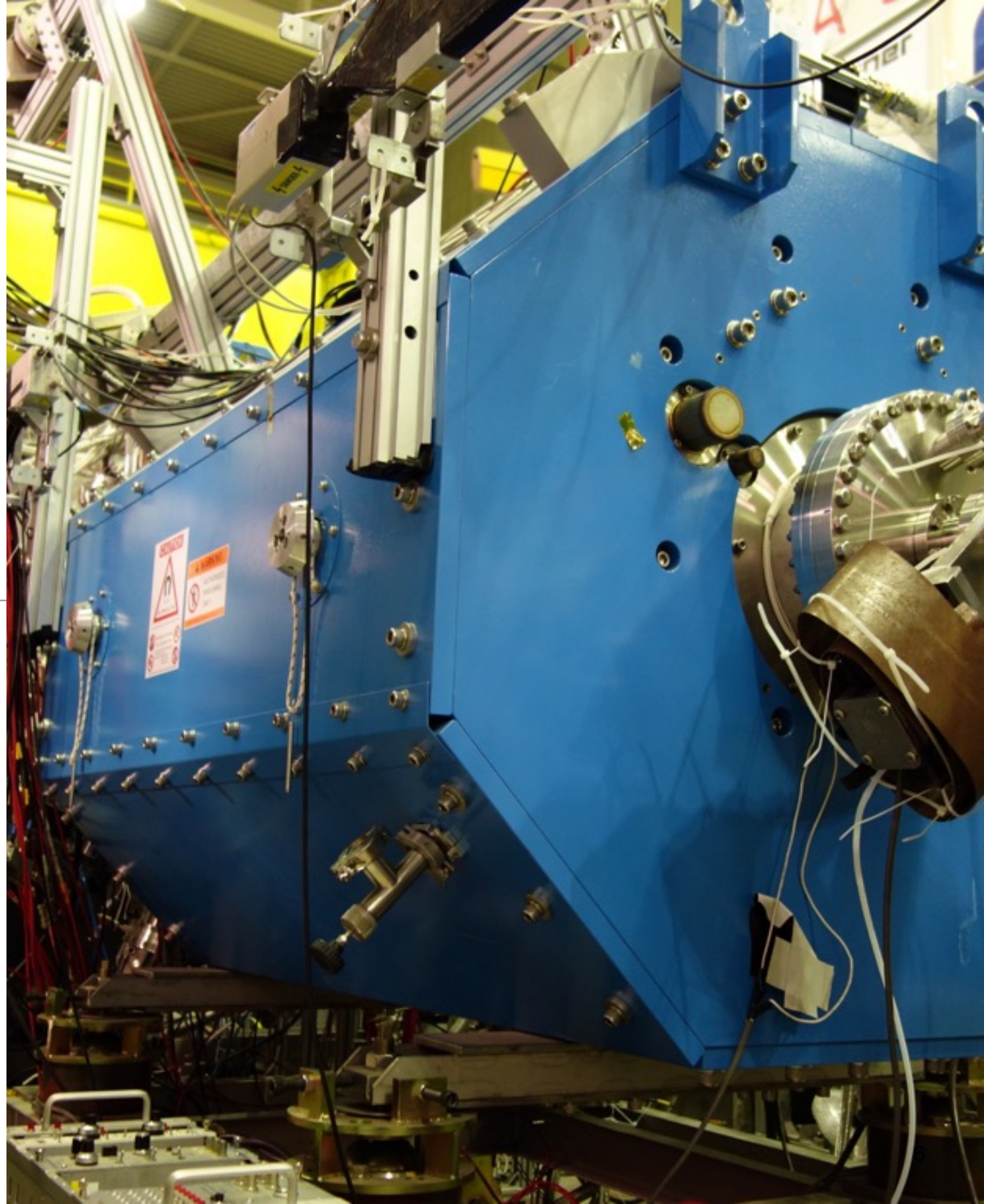


反水素原子の分光実験

★ 反水素原子の超微細構造

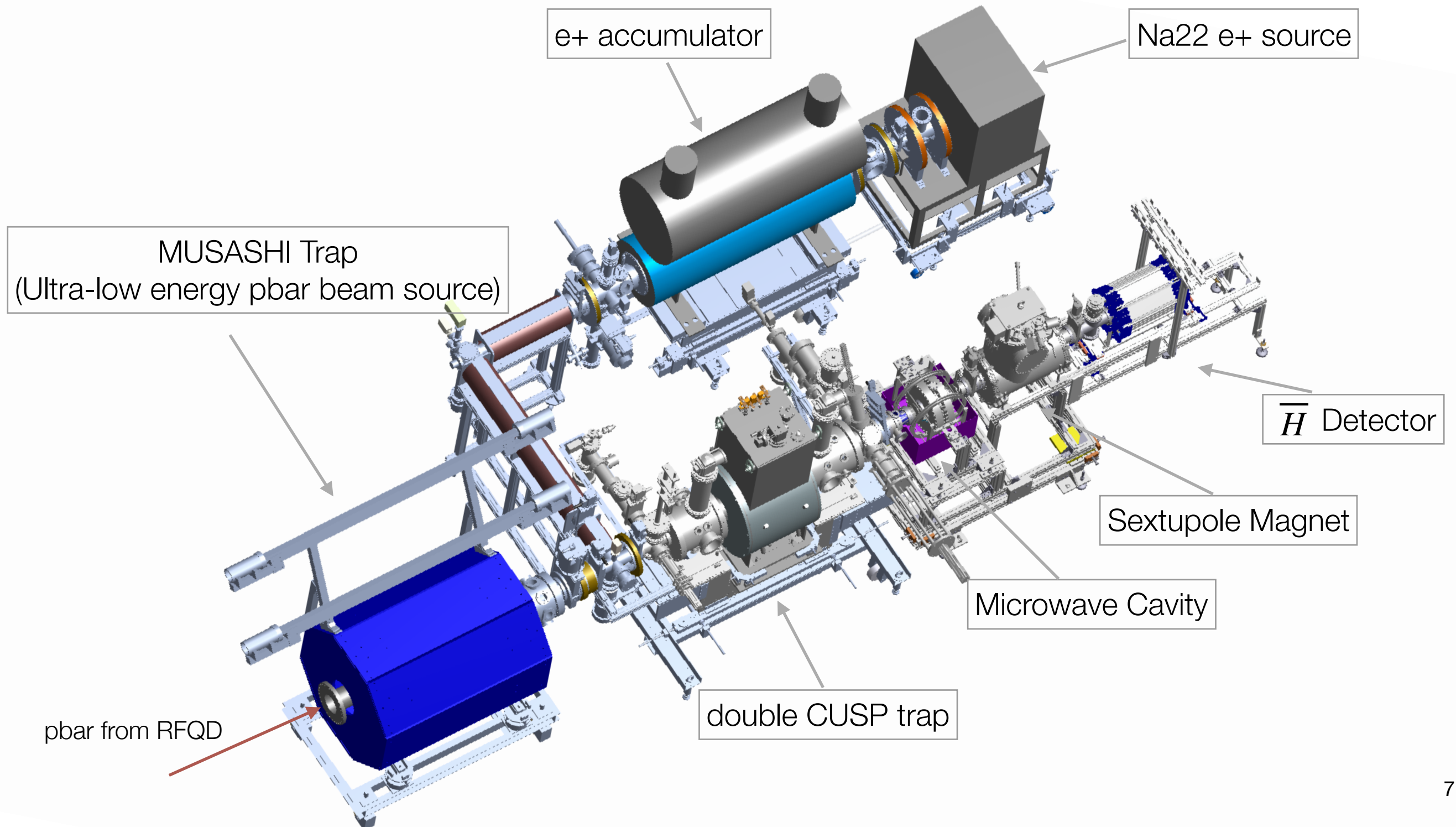
- ・ 反水素原子の超微細構造をより高い相対精度で測ることで、反陽子の磁気双極子モーメントの決定に貢献
- ・ 超微細構造から、反陽子内部の構造まで含めてCPTの検証が可能
- ・ CPT対称性の破れの探索においては、1S-2S遷移よりも超微細遷移の方がより敏感であるという予想

2. 反水素原子分光の流れ

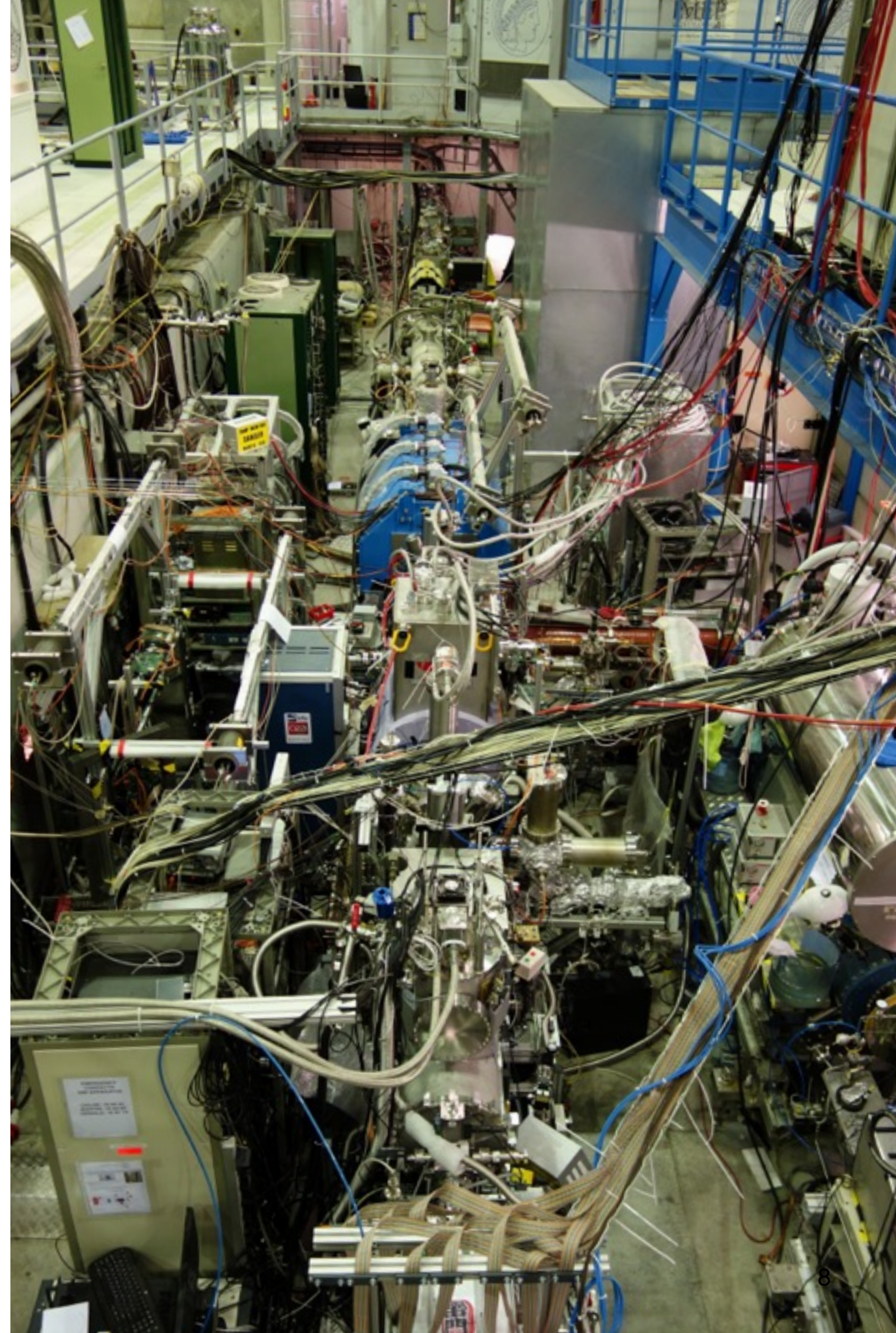


写真：超低速反陽子蓄積器 MUSASHI

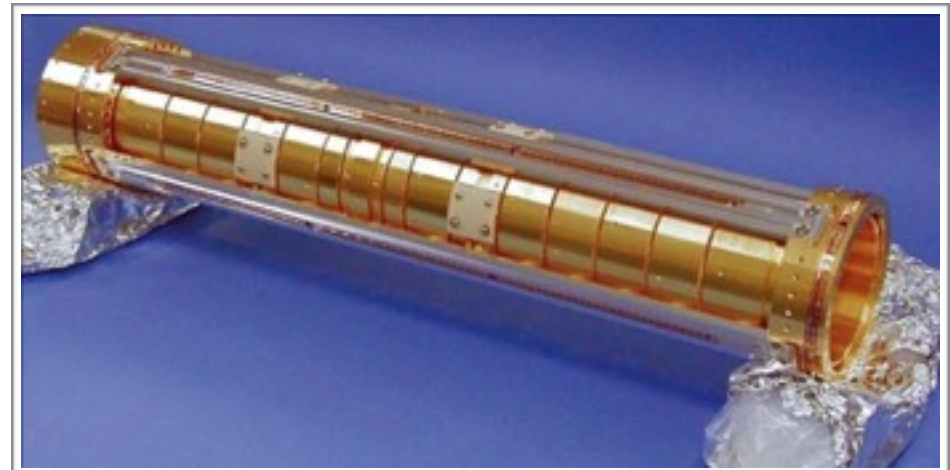
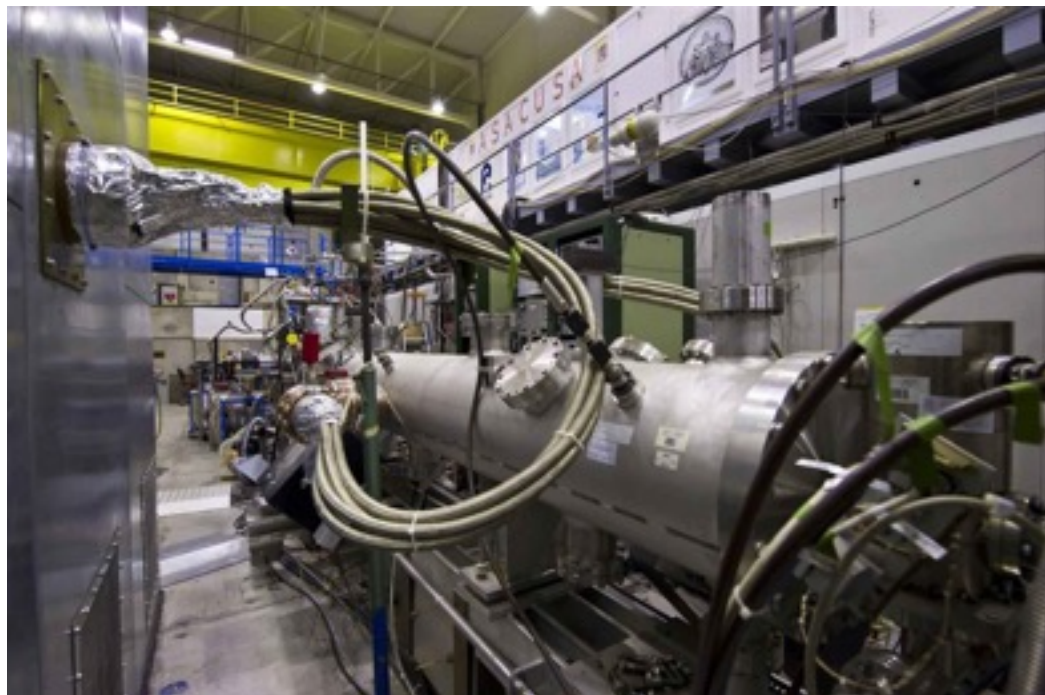
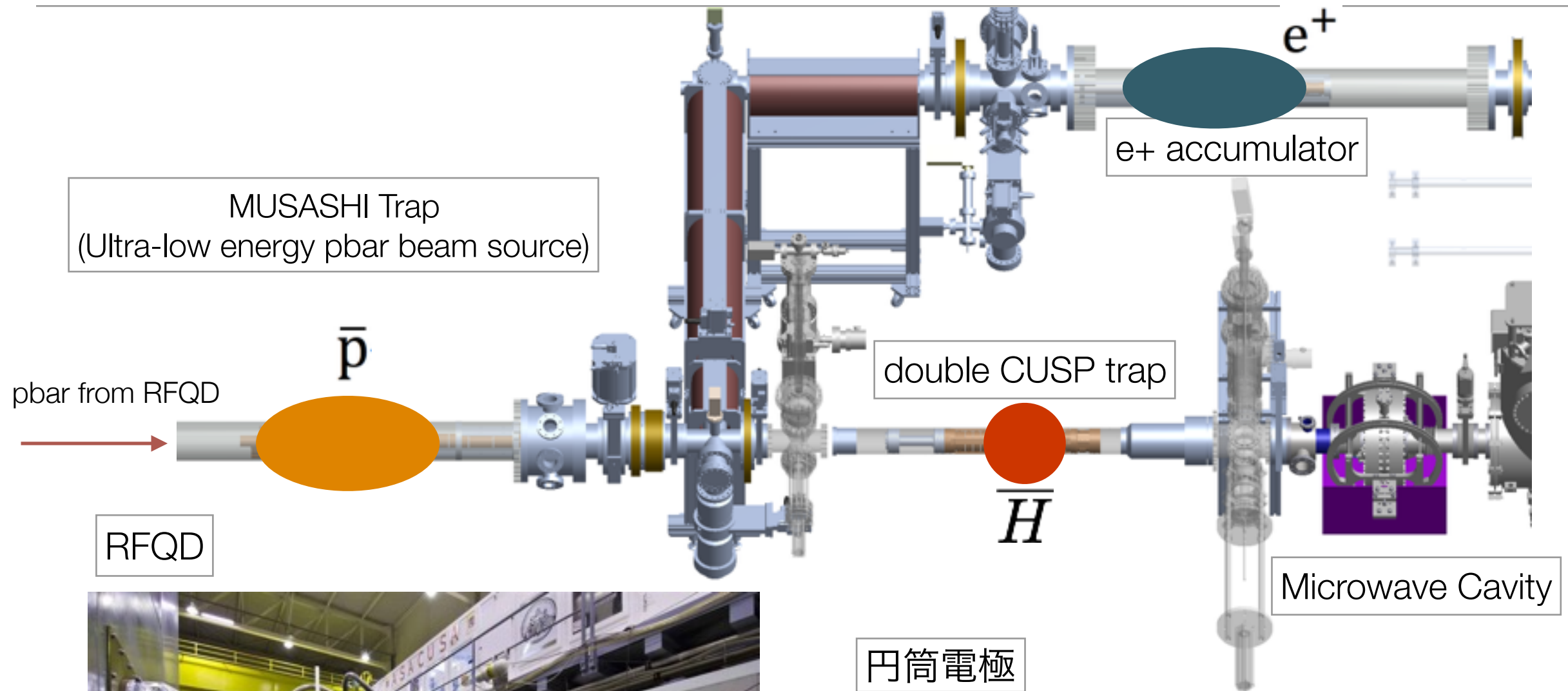
反水素合成の流れ



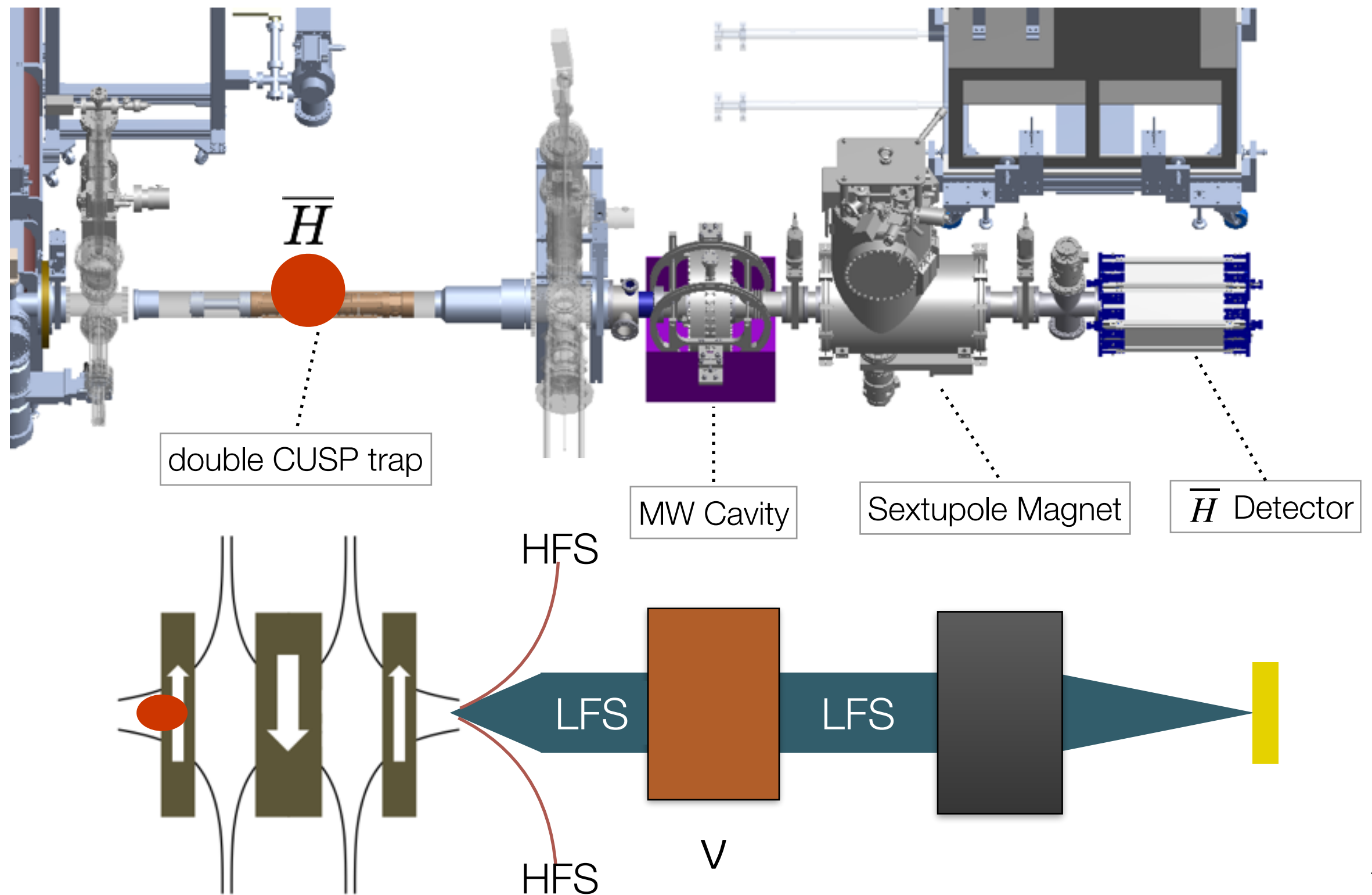
実験装置



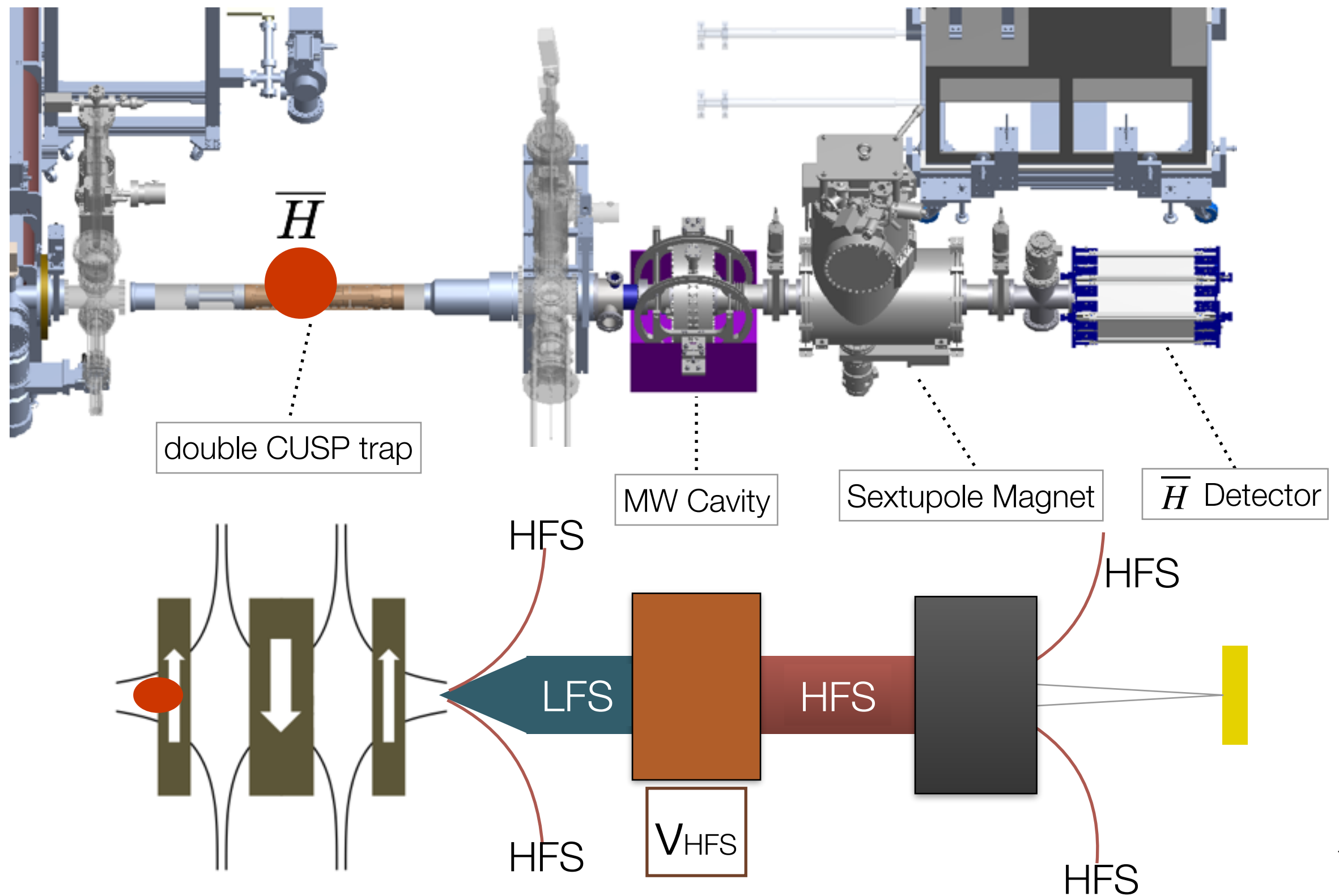
反水素合成の流れ



反水素分光の流れ

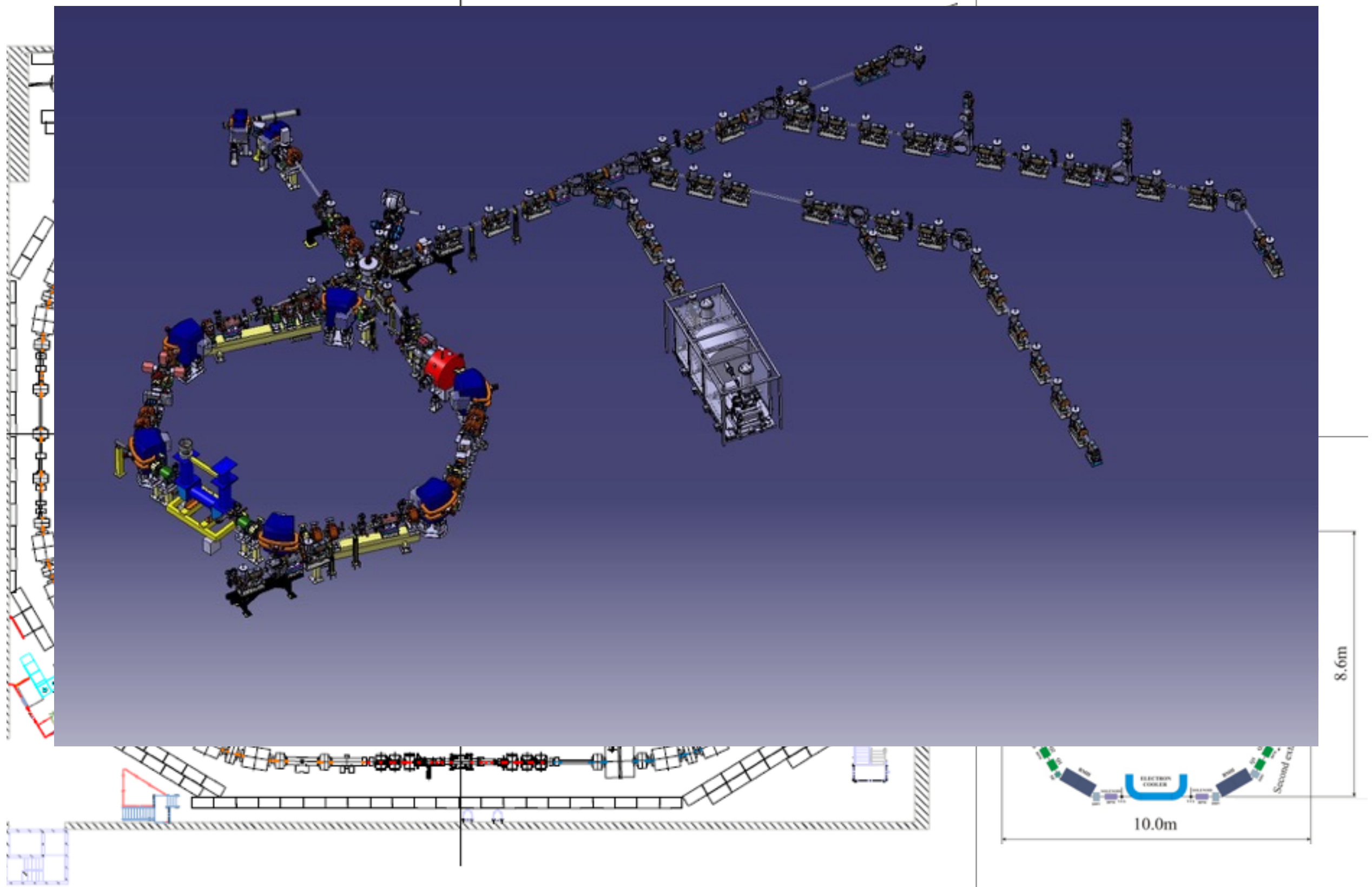


反水素分光の流れ



反水素合成数の増加を目指して

- ◆ 2014年、反水素原子の引き出し数(2.7m下流)は 20 /hour
(Nature Commun. **5** (2014) 3089)
 - ・ 分光実験を行う上では、さらなる反水素原子数が必要
- ❖ 反応に関わる反陽子の面から..
 - ・ MUSASHIからCUSPトラップへの輸送を改善する
 - ・ MUSASHIに貯める反陽子を増やす
 - ➡ ADから供給される反陽子の使用効率を上げる



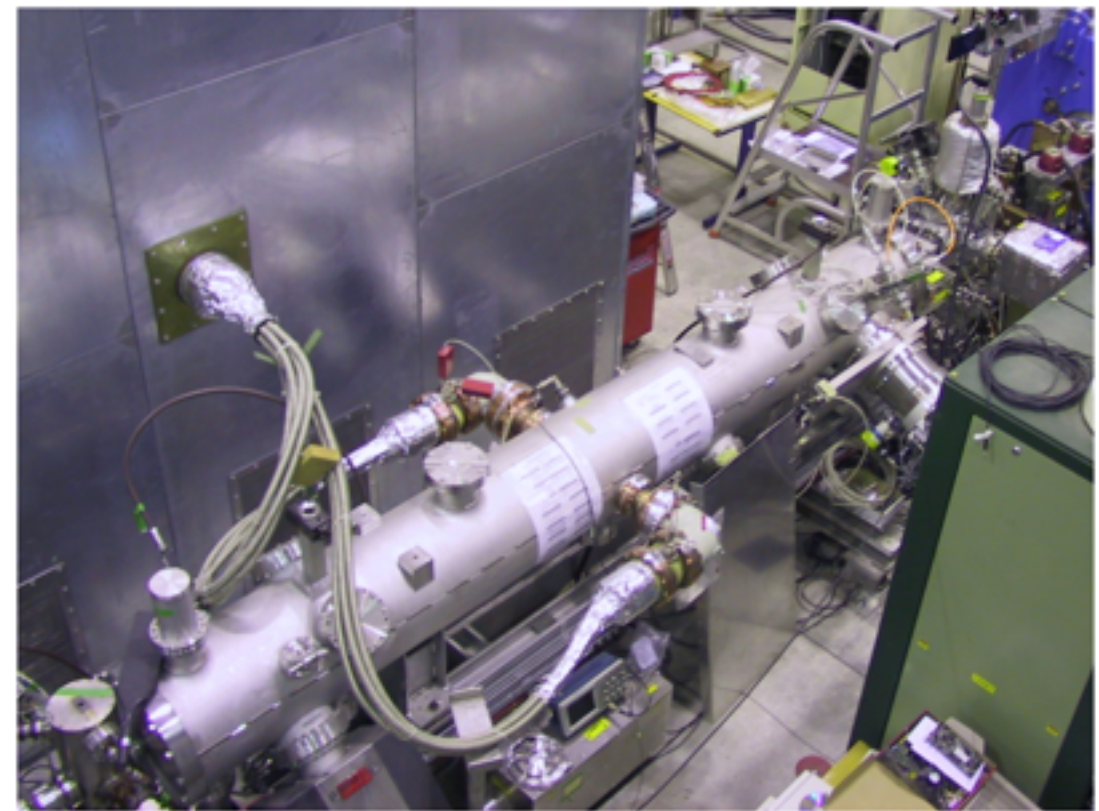
超低速反陽子(ELENA)リング

100 keV反陽子を各AD実験に配分、2017年度中に完成予定

ELENAからの100keV反陽子を使えば...

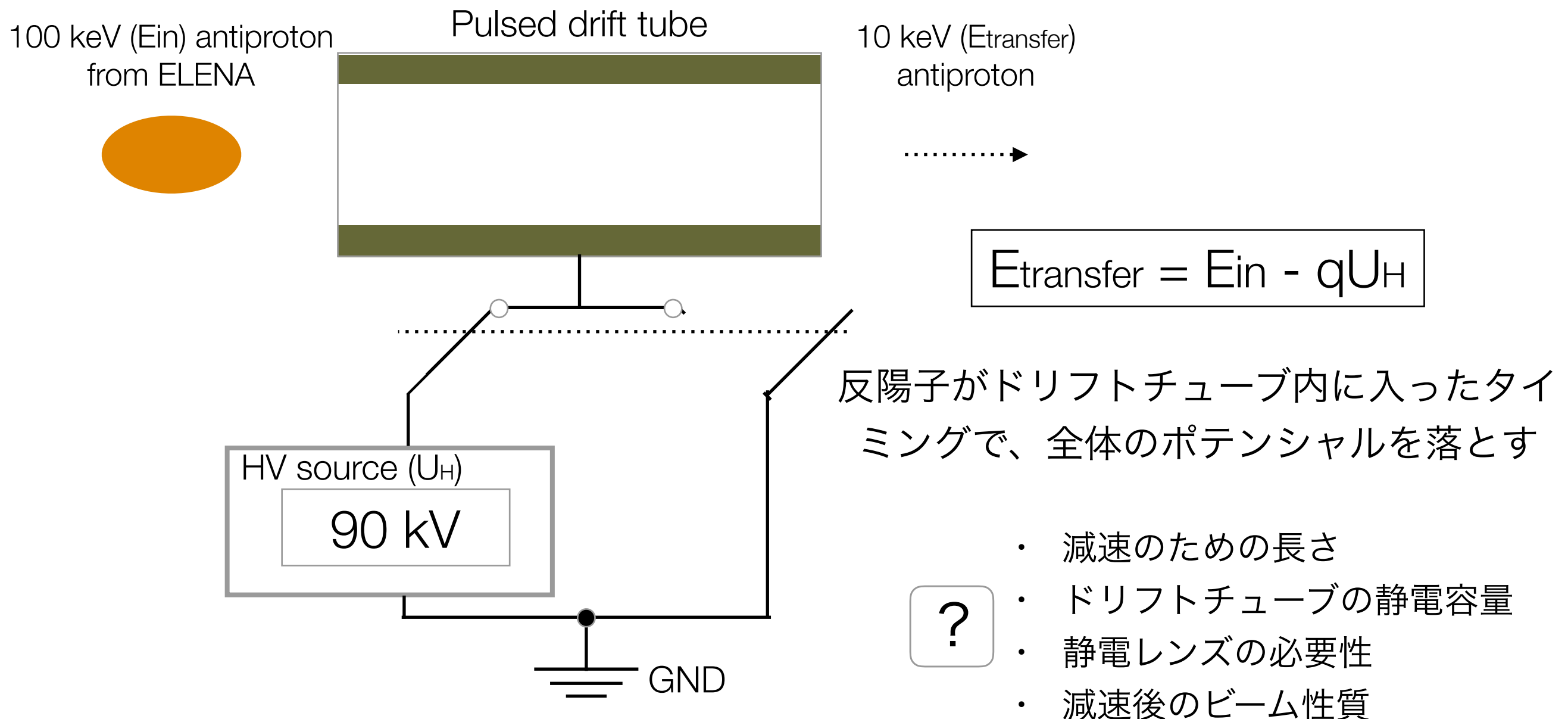
- 現在は反陽子をトラップさせる際に10keV程度までさらに減速
 - ビームプロファイルモニタを兼ねた減速膜を使用
 - 60%~70%の反陽子は減速膜で消滅
- ELENAからの100keVの反陽子が供給されることで、全長5 mのRFQDが不要となる
 - 代わりに新たな減速器を設置可能
 - ◉ 減速膜を使わずに10 keVの性質の良いビームを用意できれば、ほぼ全ての反陽子を使用できる

RFQD



新たな減速器

ドリフトチューブ型減速器

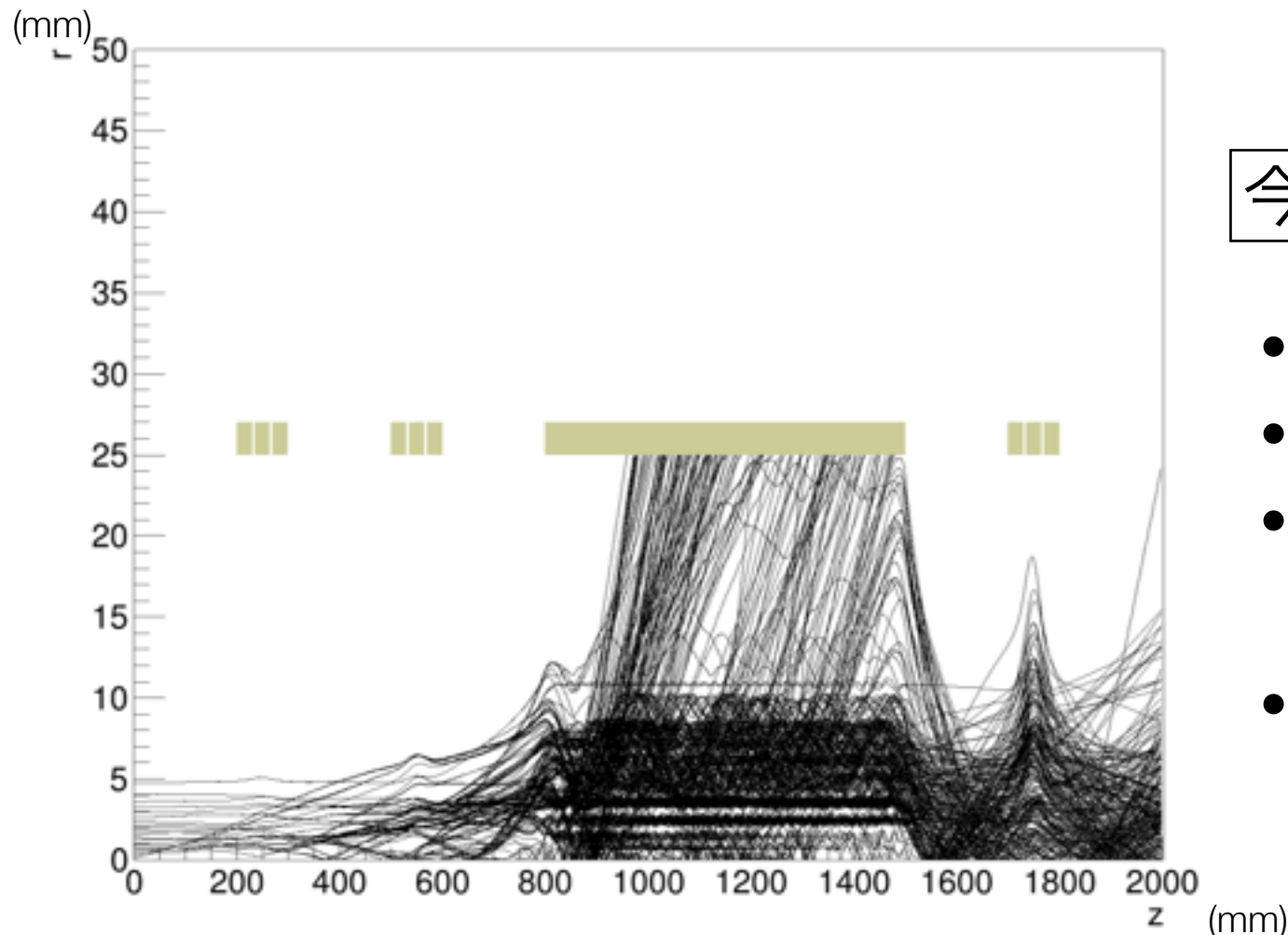


ドリフトチューブ型減速器の検討

有限要素法を用いた電磁界解析・軌道計算

- ・ 解析ソフト : Tricomp (二次元解析)
- ・ ELENAから供給される予定のビームパラメータから反陽子初期分布を決定、軌道計算
 - ・ 加速器ビーム光学計算ソフト(CERN MAD-X)で初期分布を決定

静電レンズ(Einzel lens)×3+ドリフトチューブ



ドリフトチューブ : -95 kV (固定)

静電レンズ : -20 kV, -40 kV, -80 kV

今後の課題

- ・ 計算結果の妥当性の検討
- ・ 計算の自動化及び並列化
- ・ 最適解を探索するアルゴリズムを実装 (シンプレックス法)
- ・ モーメントムの分布の変化などを計算・改善



Thank you for your attention.