



第17回東海フォーラム



J-PARC加速器の真空技術を活用した省エネ・省スペースな 超高真空ポンプの開発

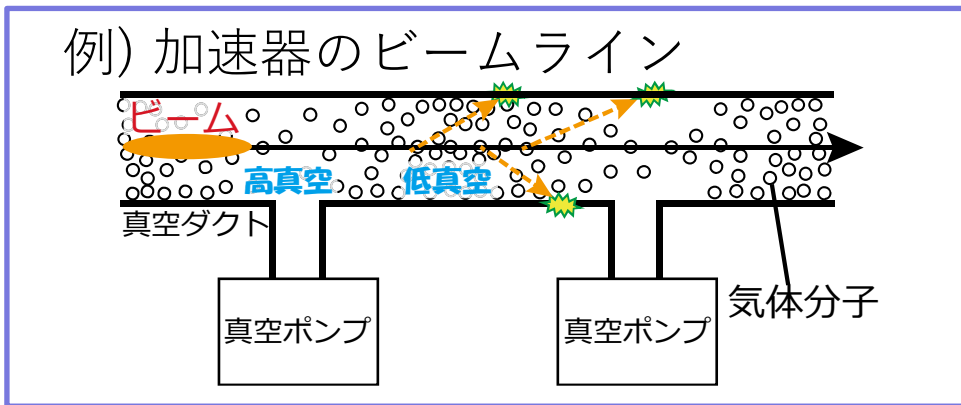
J-PARCセンター・加速器ディビジョン

加速器第三セクション

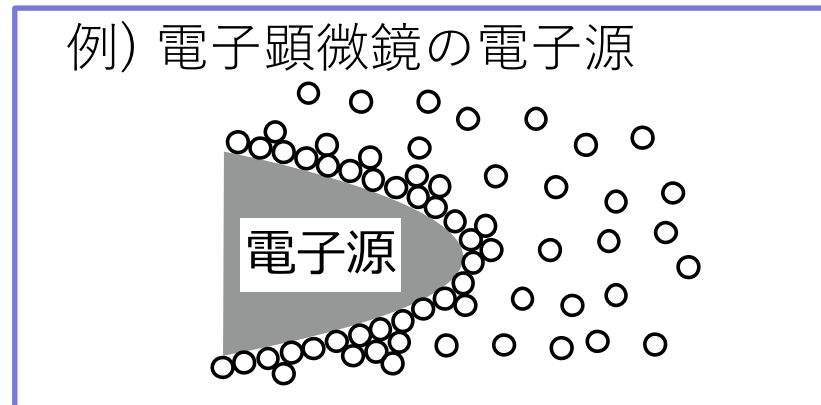
神谷 潤一郎

[分野・装置]	次世代高度化	課題
[加速器] J-PARC等	ビーム大強度化	低ビームロス
[分析装置] 電子顕微鏡など	高分解能化	長時間安定
[半導体プロセス]	ウェハ大型化	ウルトラクリーン真空 (UCV)の必要性

「超高真空」がカギとなる



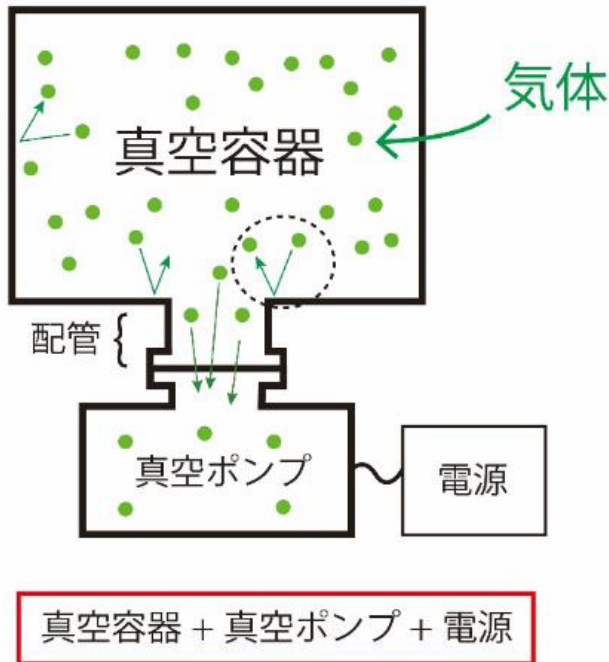
ビームと気体との衝突→ビームの損失



表面への気体吸着→分解能不安定

➡ 性能高度化には非常に低い圧力(超高真空)にすることが重要

従来の真空装置



真空=気体が稀薄な状態

- 通常、真空は真空ポンプにより気体を排気して作る
- 真空の維持には、真空ポンプの連続運転が必要

超高真空 (10^{-6} パスカル: およそ1000億分の1気圧という超稀薄状態)の実現
→ 真空ポンプの大型化

□消費電力大

□設置スペース大

持続可能な性能向上が困難



“大強度”陽子ビームの内訳 (3GeVシンクロトロンから出力の場合)

出力ビーム強度

$$1 \text{ MW} = \underbrace{[3 \text{ GeV}]}_{\text{陽子のエネルギー}} \times \underbrace{[8.3 \times 10^{13} \text{ 個}]}_{\text{1回に取出す陽子の個数}} \times \underbrace{[25 \text{ Hz}]}_{\text{1秒当たりの取出し回数}}$$

陽子のエネルギー

高エネルギー

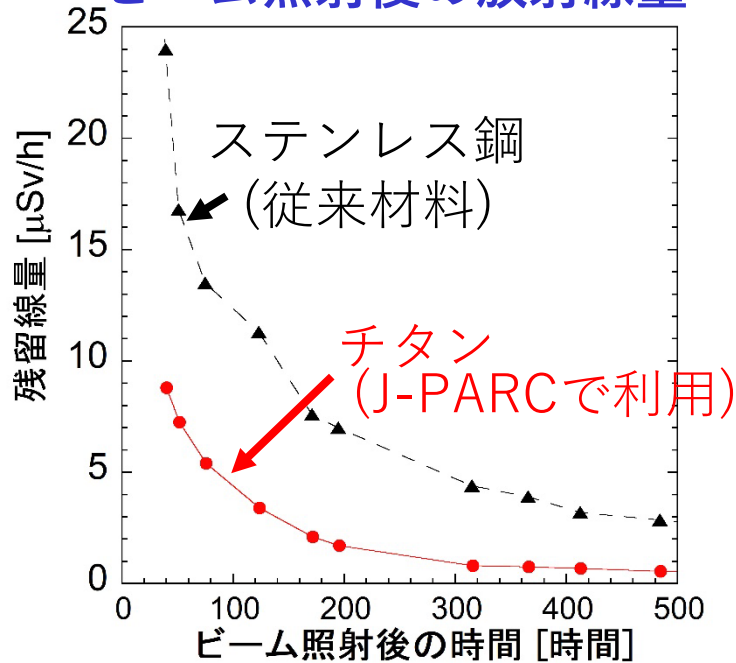
1回に取出す陽子の個数

大量の陽子

1秒当たりの取出し回数

➡ 小さな割合のビームロスでも加速器の装置の放射化が問題となる

ビーム照射後の放射線量

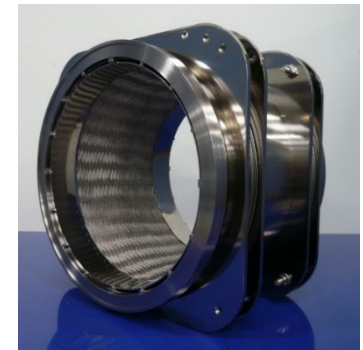


チタンは放射化が少ない材料

チタンは真空中への放出ガスが少ない、超高真空に適した材料



J-PARC加速器では、チタン製の真空容器、ベローズなどを開発・利用



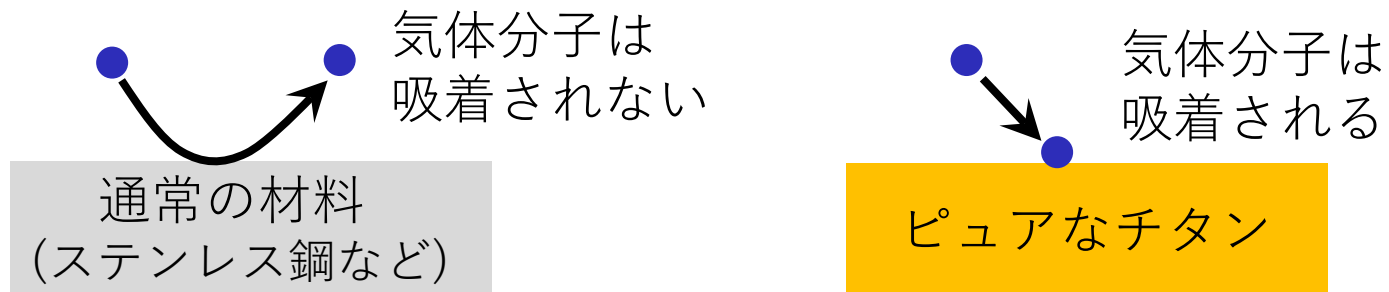
J-PARC加速器で使用しているチタン製真空容器とベローズの例



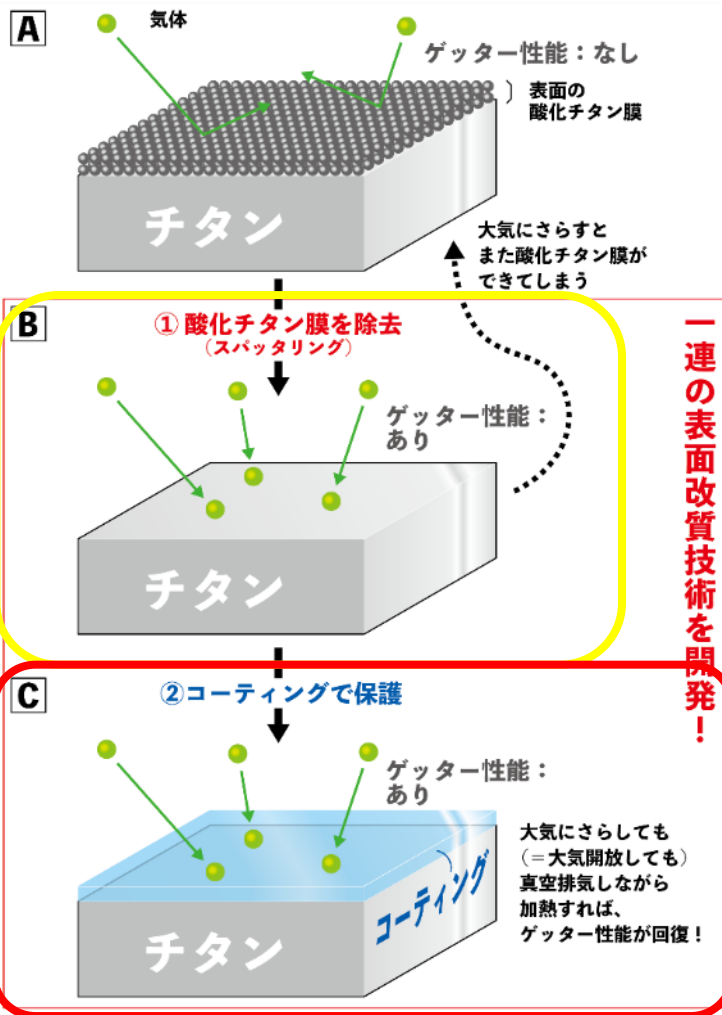
チタン製のビームパイプ

J-PARC加速器のビームライン

- チタンのもう一つの特徴である、気体を吸着・吸収する性能(ゲッター性能)に着目した



- しかし通常、チタン表面は酸化膜に覆われているためゲッター性能はない
- そこで、チタンの表面改質をして、真空容器自体を超高真空ゲッターポンプとして機能させる開発を行った



①真空中で、酸化チタン膜を除去してゲッター性能を持たせる(B図)

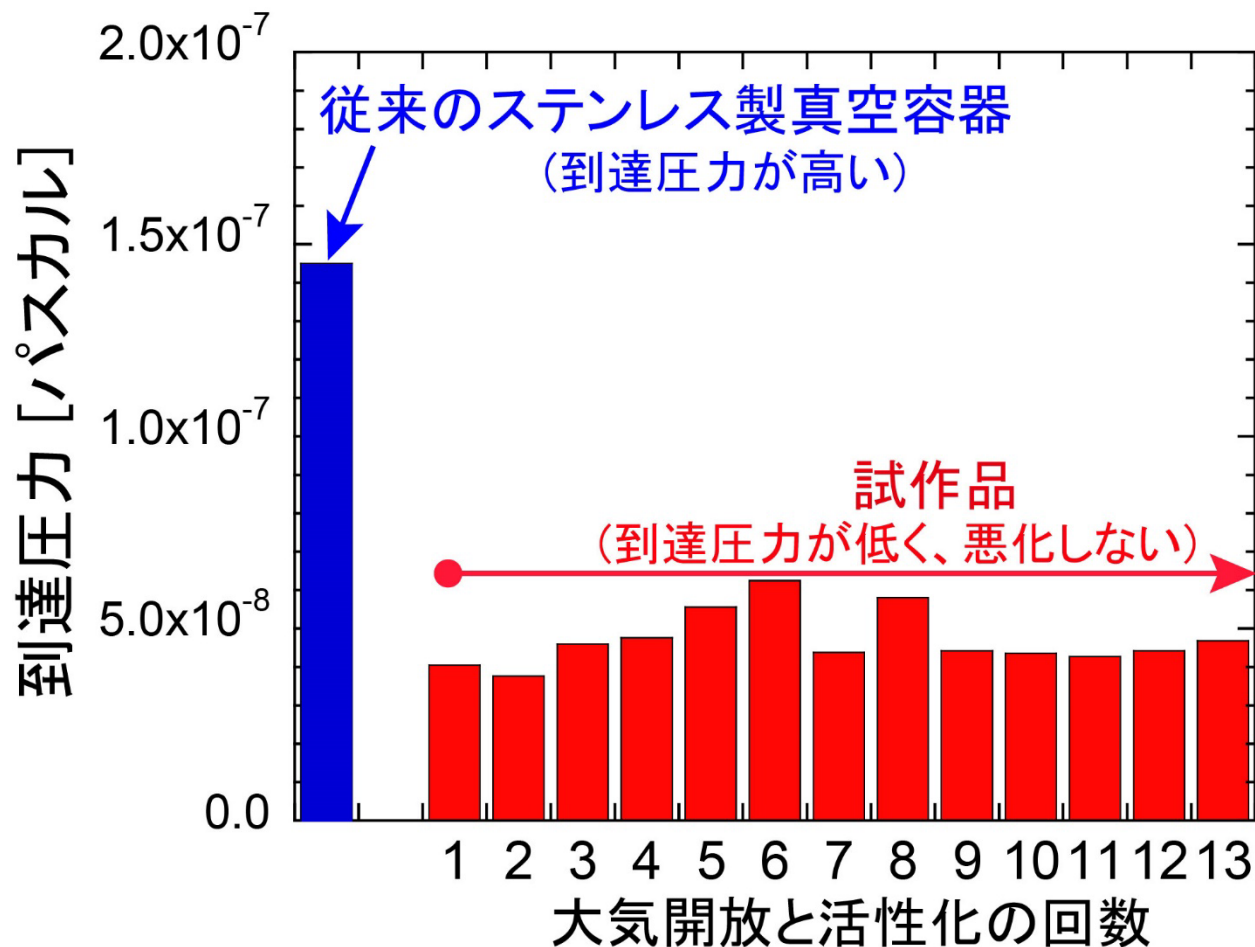
しかし、これでは大気にさらすとまた酸化チタン膜が表面を覆ってしまう(A図)。そこで、

②チタンを保護するためのコーティングを実施した(C図)。

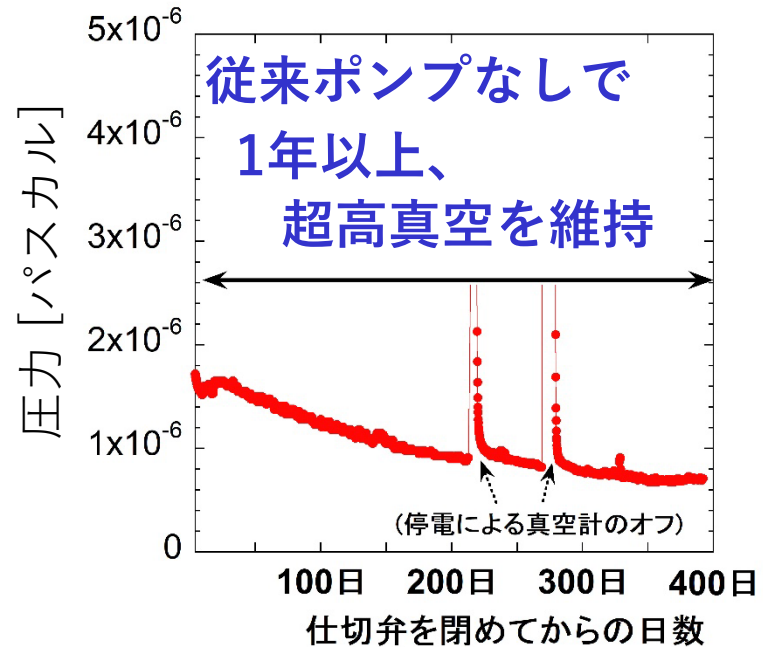
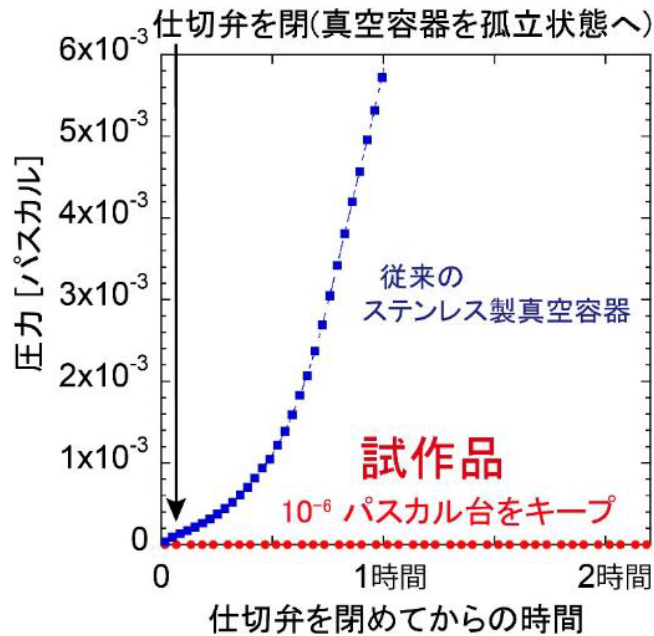
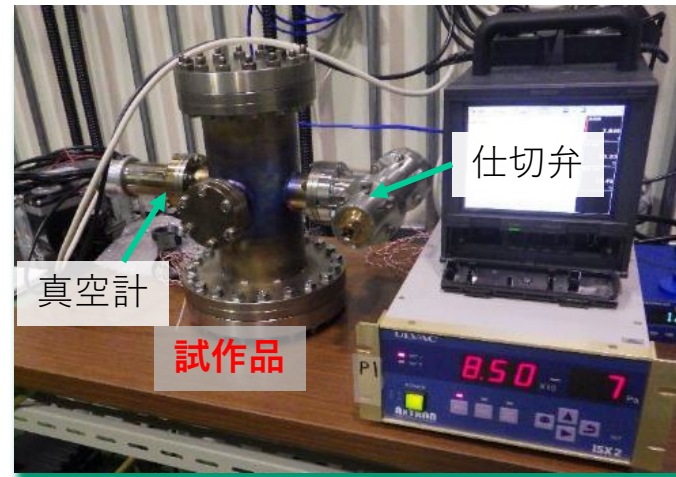
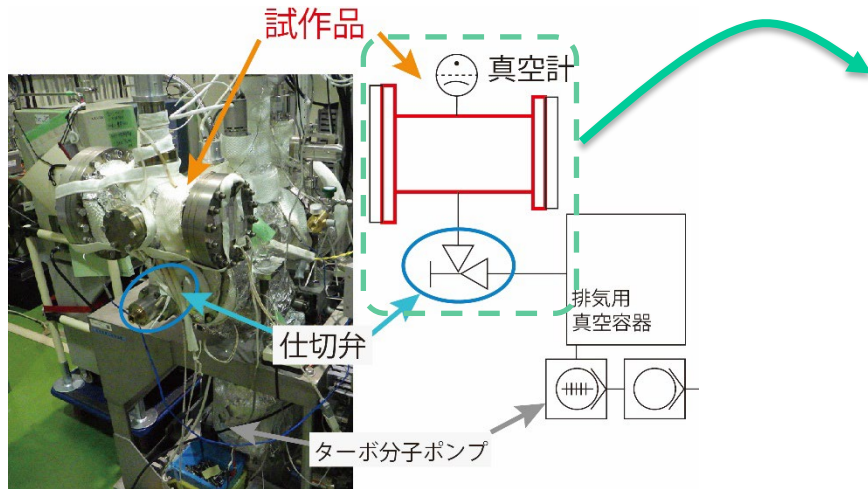
- 本技術で特許を取得(特許第7195504号)
- 2022年9月にプレスリリース
- 超高真空メーカーとライセンス契約手続き中

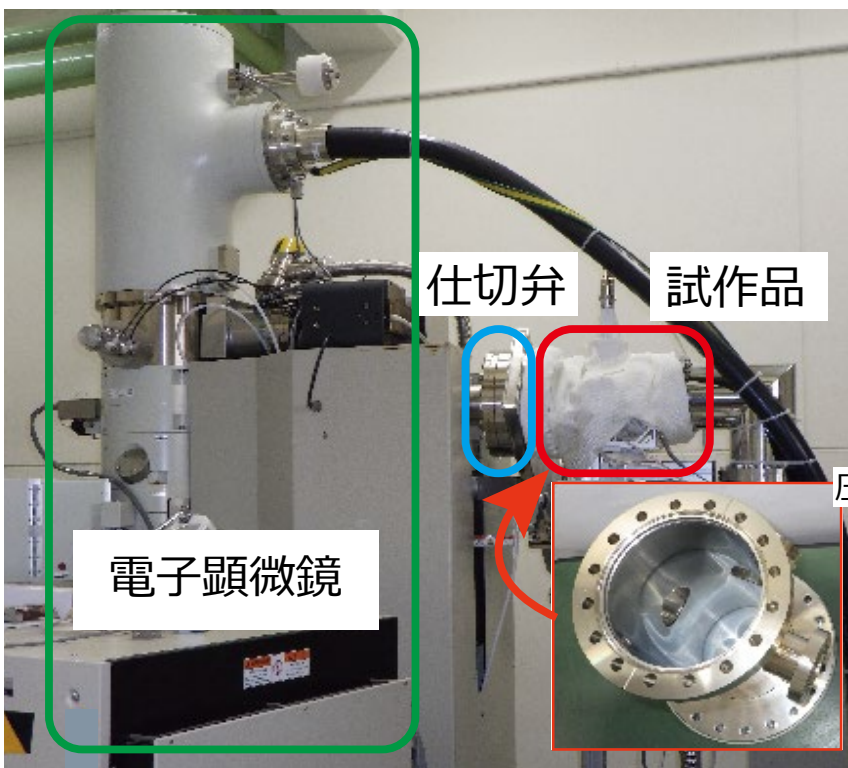


試作品



試作品で従来の真空容器よりも低い到達圧力(=良い真空)を得た。
また、大気開放を繰り返しても低い到達圧力を維持した。





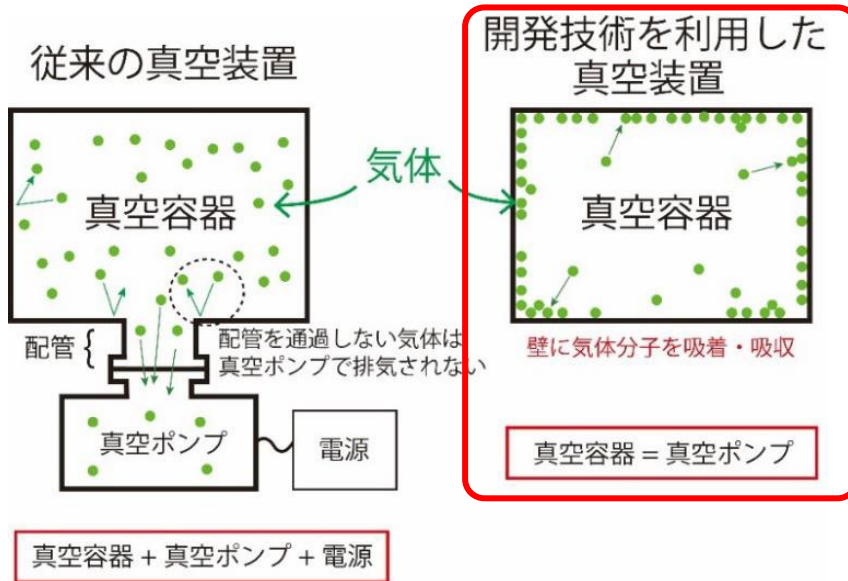
試料交換後の圧力
仕切弁が閉まった
状態



仕切弁を開け、試作品
と接続した直後

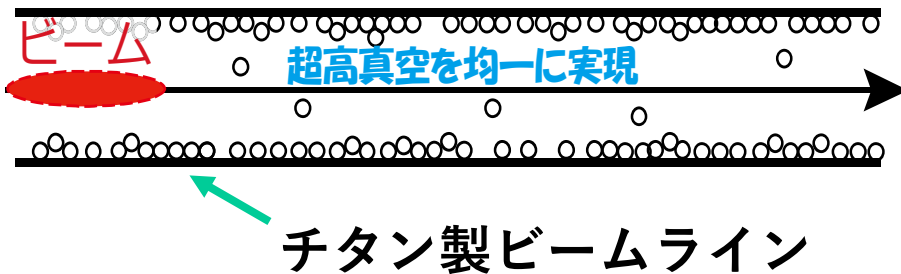
試料交換～測定的时间短縮

→多くの試料を分析する場合に利点



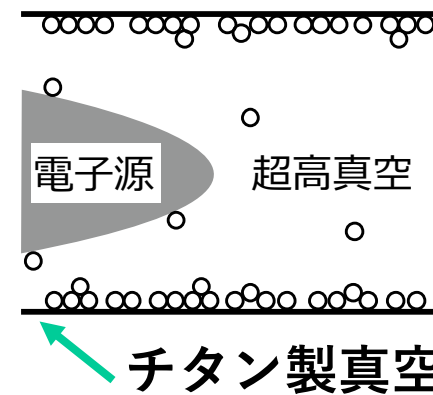
既存真空ポンプの、
駆動電力削減
設置スペース削減

例) 加速器のビームライン



均一な超高真空の実現
 → **ビーム大強度化の実現**
 既存ポンプ台数の削減

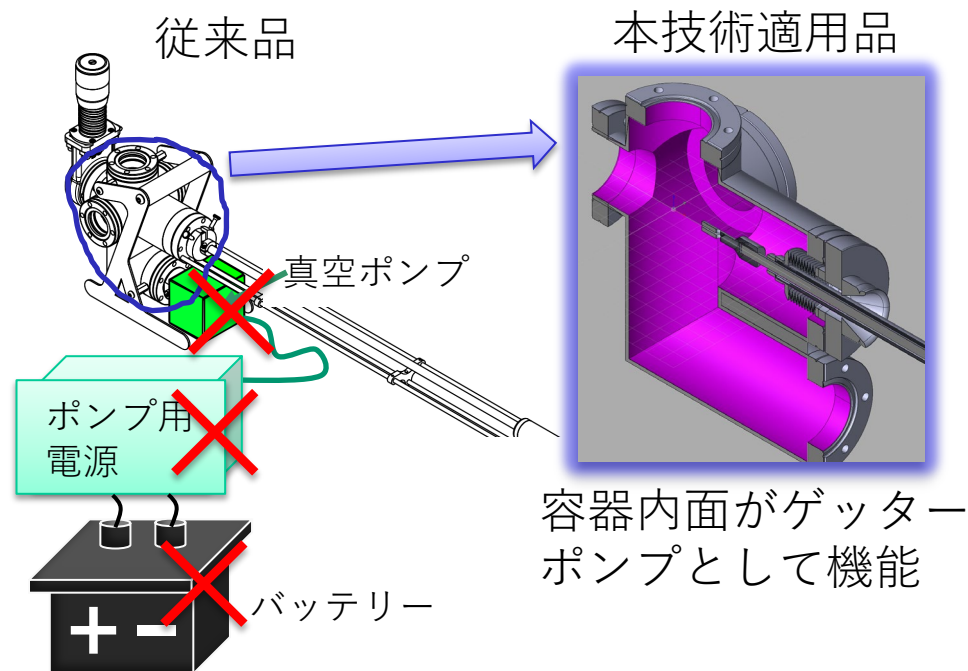
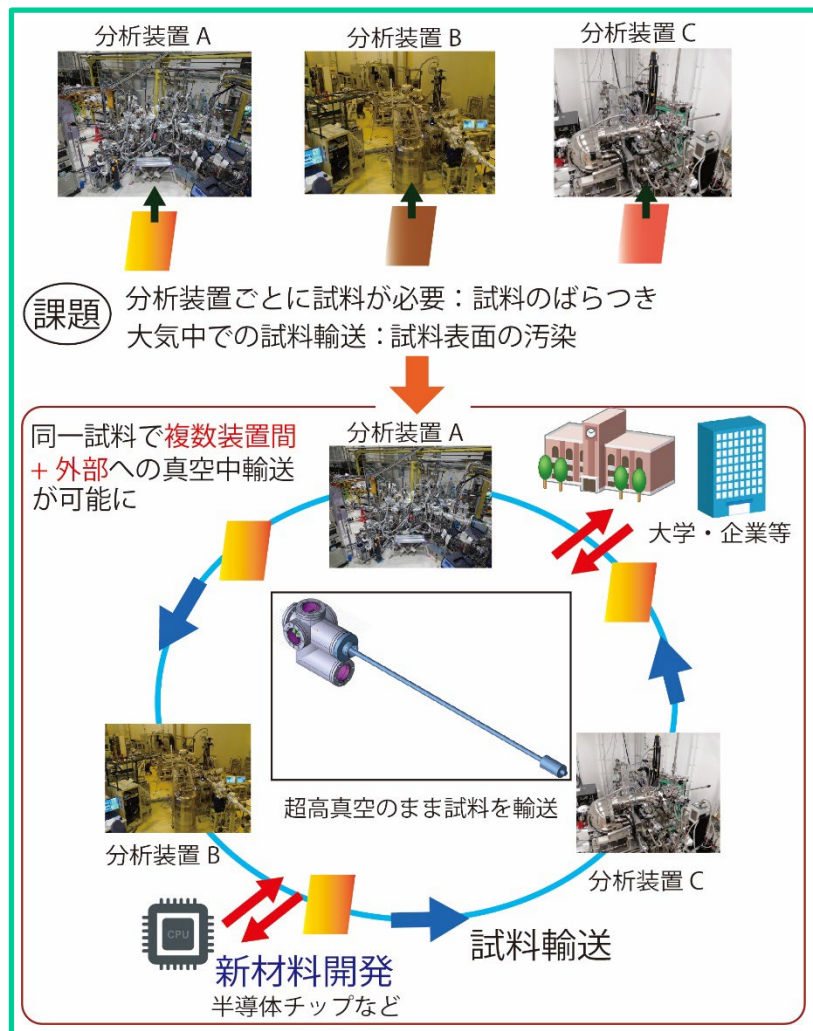
例) 電子顕微鏡の電子源



電子源への気体吸着低減
 → **長期安定化の実現**

半導体チップ開発のノンストップ化

超高真空トランスファーケース
外部機関との試料授受が可能



軽量・コンパクト
電源不要で超高真空を維持

バッテリーが規制される空輸も可能に

“物質科学研究センター(播磨：
SPring-8)と共同で開発中”

J-PARCでの実績を活かしチタン製真空容器自体を 超高真空ポンプとして活用する技術を開発

- ◆ 長期間の超高真空維持や電子顕微鏡の真空性能の向上を実証し、社会実装へ大きく前進
- ◆ 加速器や分析装置の高度化の課題を解決できる技術
- ◆ 超高真空を必要とする、半導体など成長産業の開発プロセスに必要な装置へ展開を目指す