

超高真空技術をあらゆる産業へ応用できる 省エネゲッターポンプ

日本原子力研究開発機構

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 セクションリーダー

神谷 潤一郎



(イメージキャラクター)
ゲッターポンプの“ゲタポン”

2024年6月4日

2003年 原子力機構入社

入社以来、J-PARC加速器(特に真空関係機器、システム)の建設、運転、保守、開発に従事

2009-2010 欧州原子核研究機構 CERN(スイス)駐在

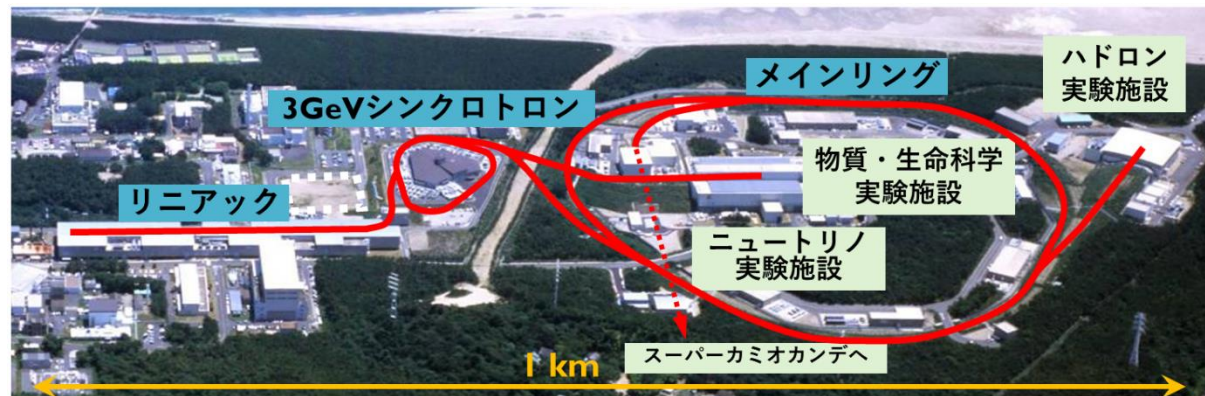
現在の業務テーマ、研究テーマ

加速器真空システムの安定化・高度化

新しい真空技術の開発

加速ビームによる真空の現象の研究、など

加速器の真空技術、真空現象を研究しています。

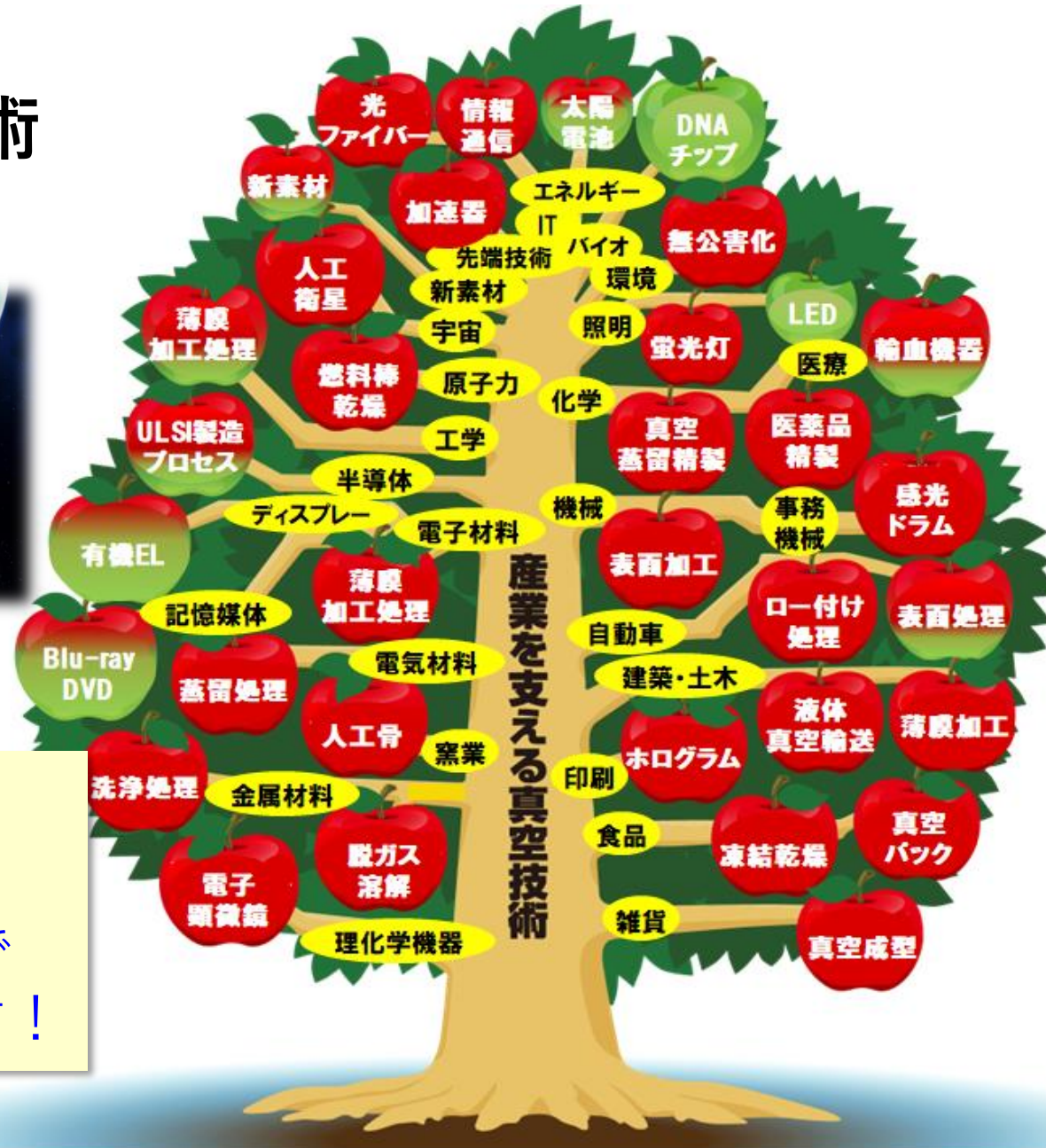


大強度陽子加速器施設: J-PARC



J-PARC加速器のビームライン
(チタン製のビームパイプやベローズ)

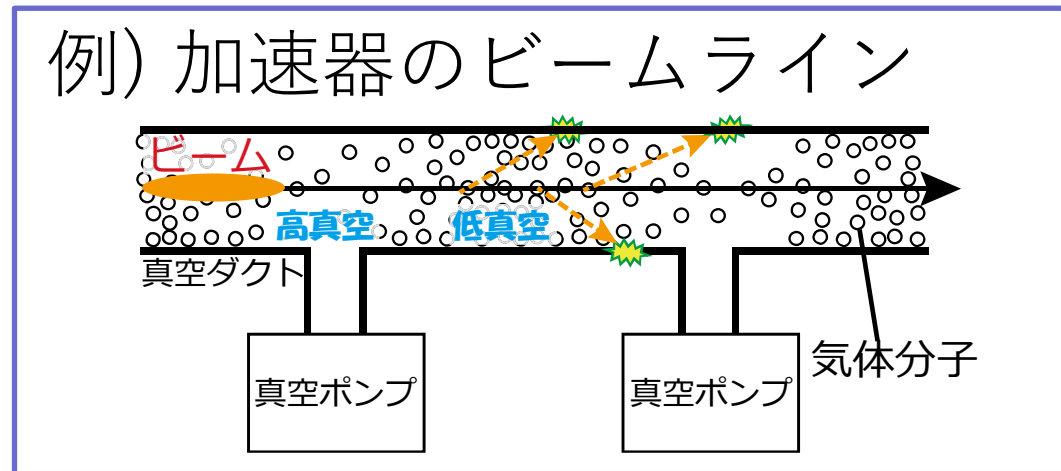
真空はあらゆる産業を 支える技術



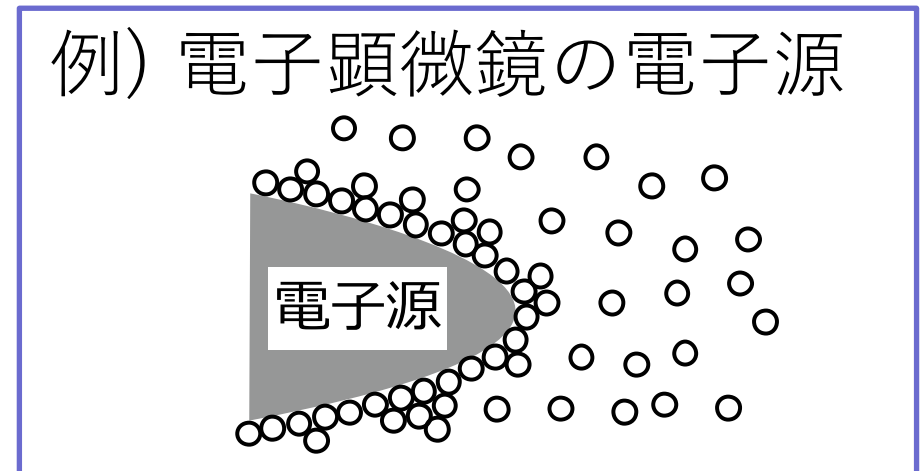
無電源・無振動
省スペース・軽量
真空ダクト型ゲッターポンプで
サステナブルな社会に貢献します！

| [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

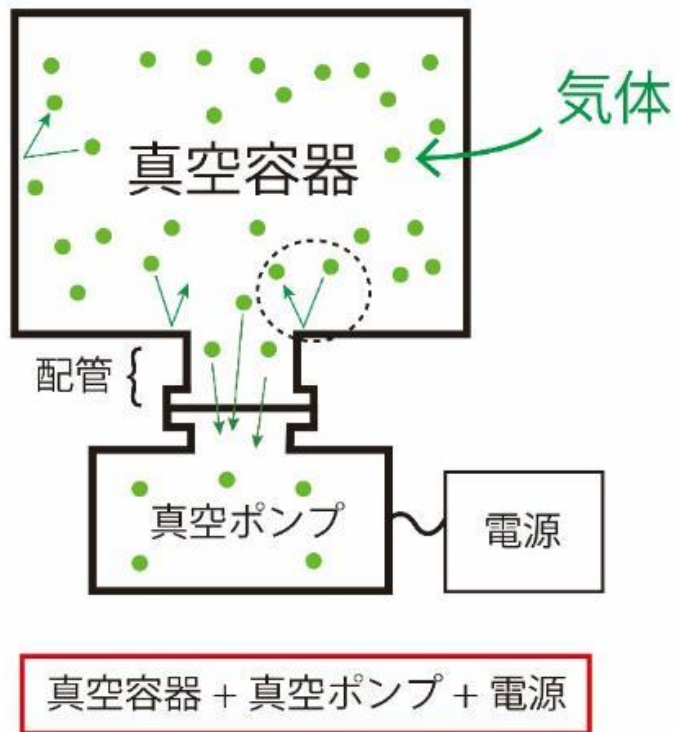


表面への気体吸着→分解能不安定



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

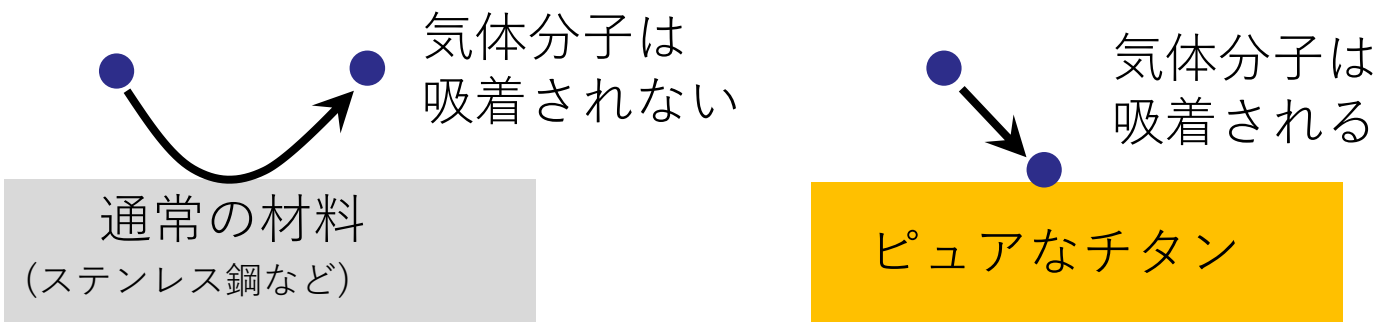
持続可能な性能向上が困難

- チタンは加速器で用いられる超高真空材料(低放射化のため)

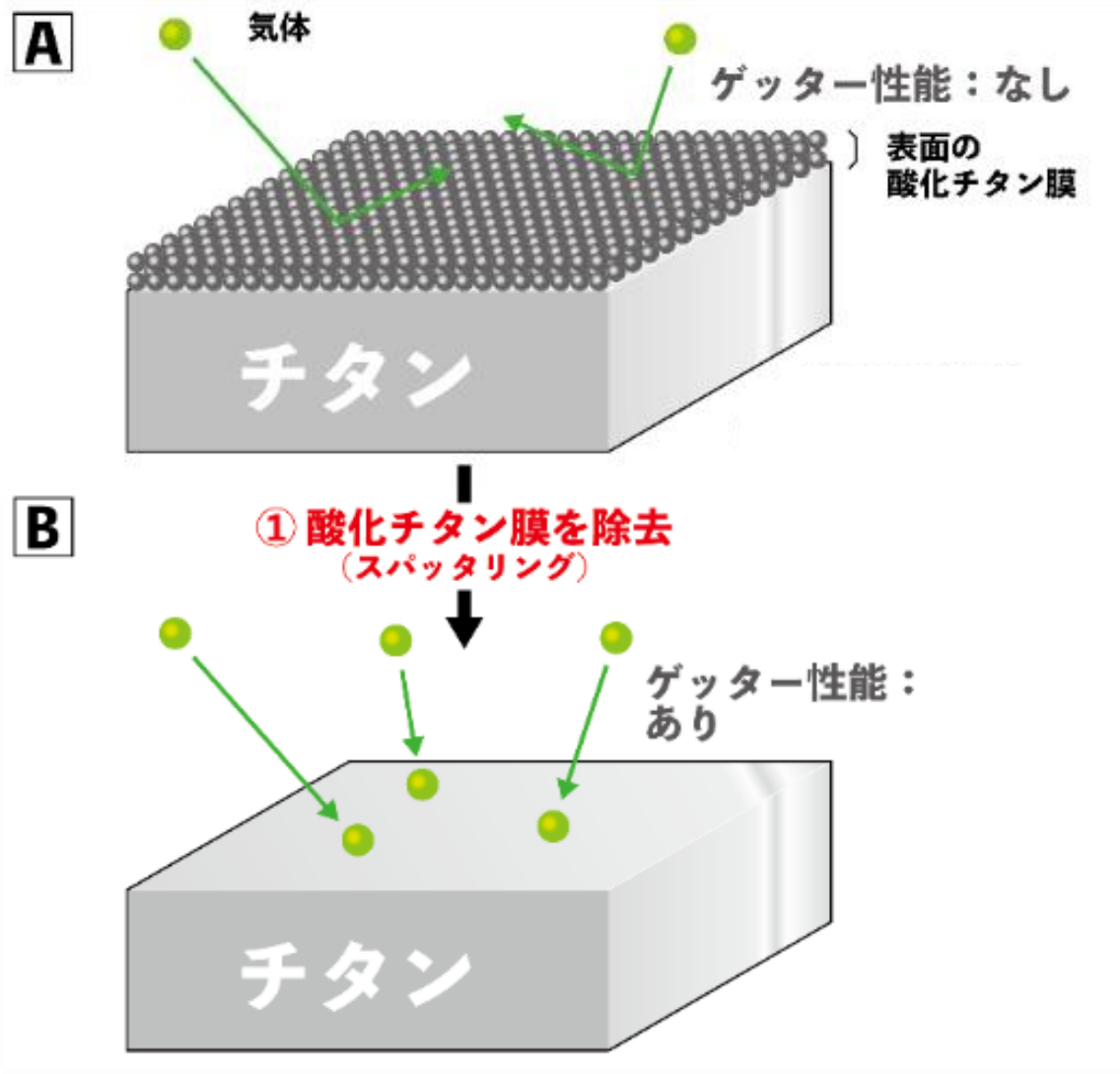


J-PARC加速器のビームライン
(**チタン製**のビームパイプやベローズ)

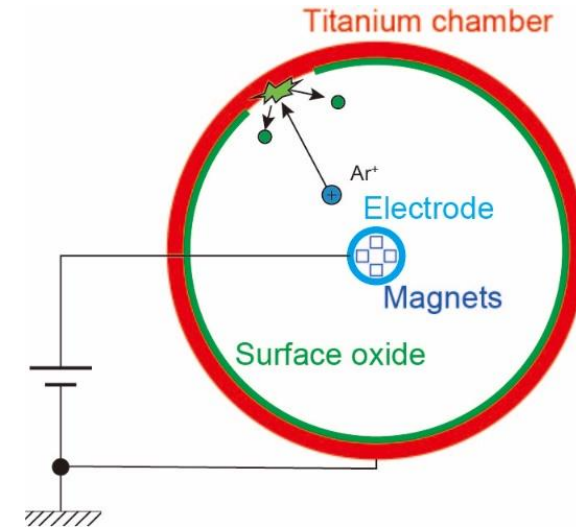
- チタンのもう一つの特性である、気体を吸着・吸収する性能(**ゲッター性能**)に着目した



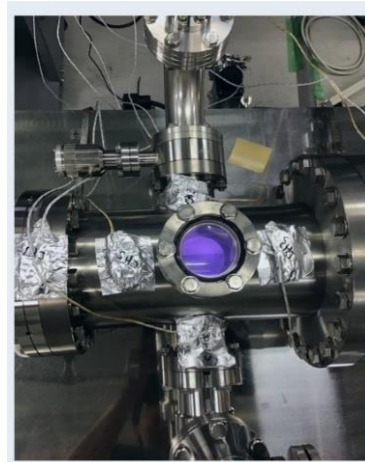
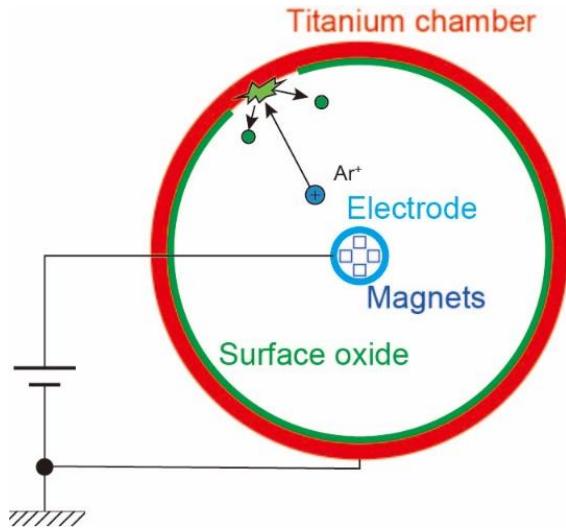
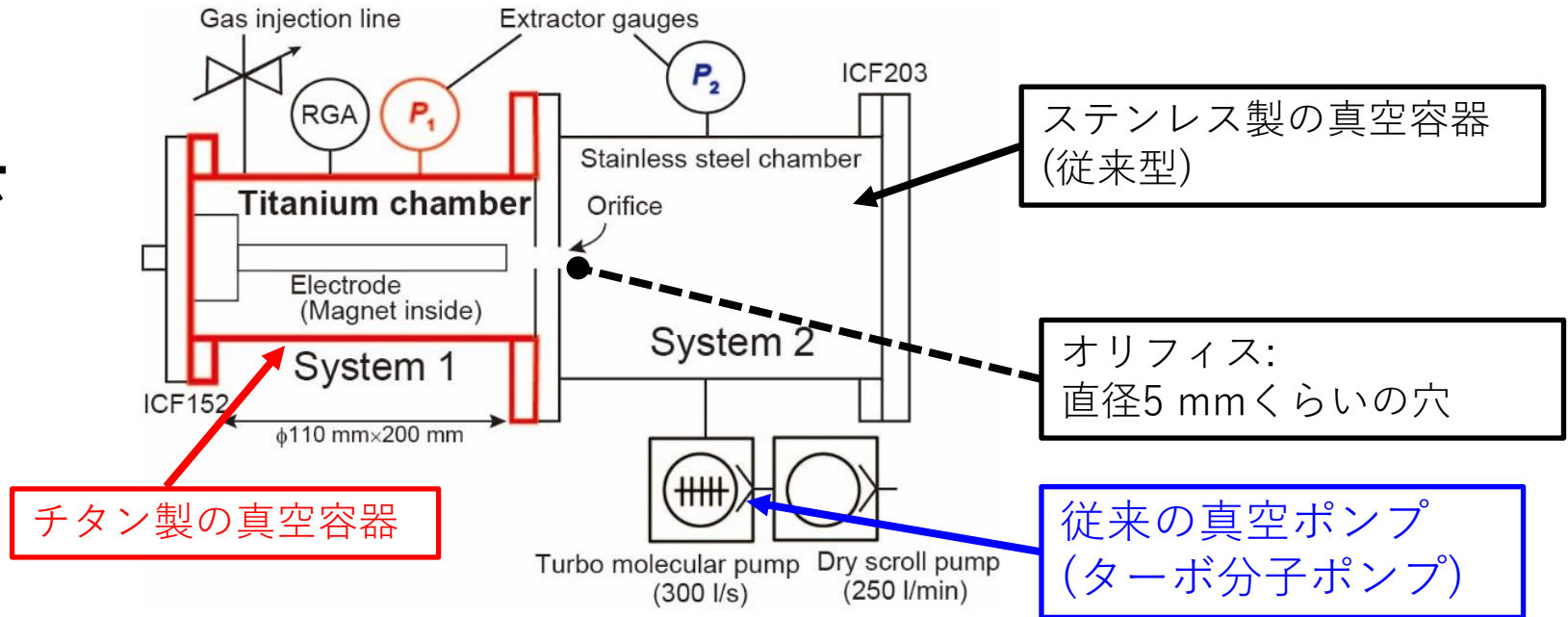
- 通常、チタン表面は酸化膜に覆われているためゲッター性能はない
- そこで、チタンの表面改質をして、真空容器自体を超高真空ゲッターポンプとして機能させる開発を行った



真空中で、酸化チタン膜を除去してゲッター性能(気体吸着性能)を持たせる(B図)



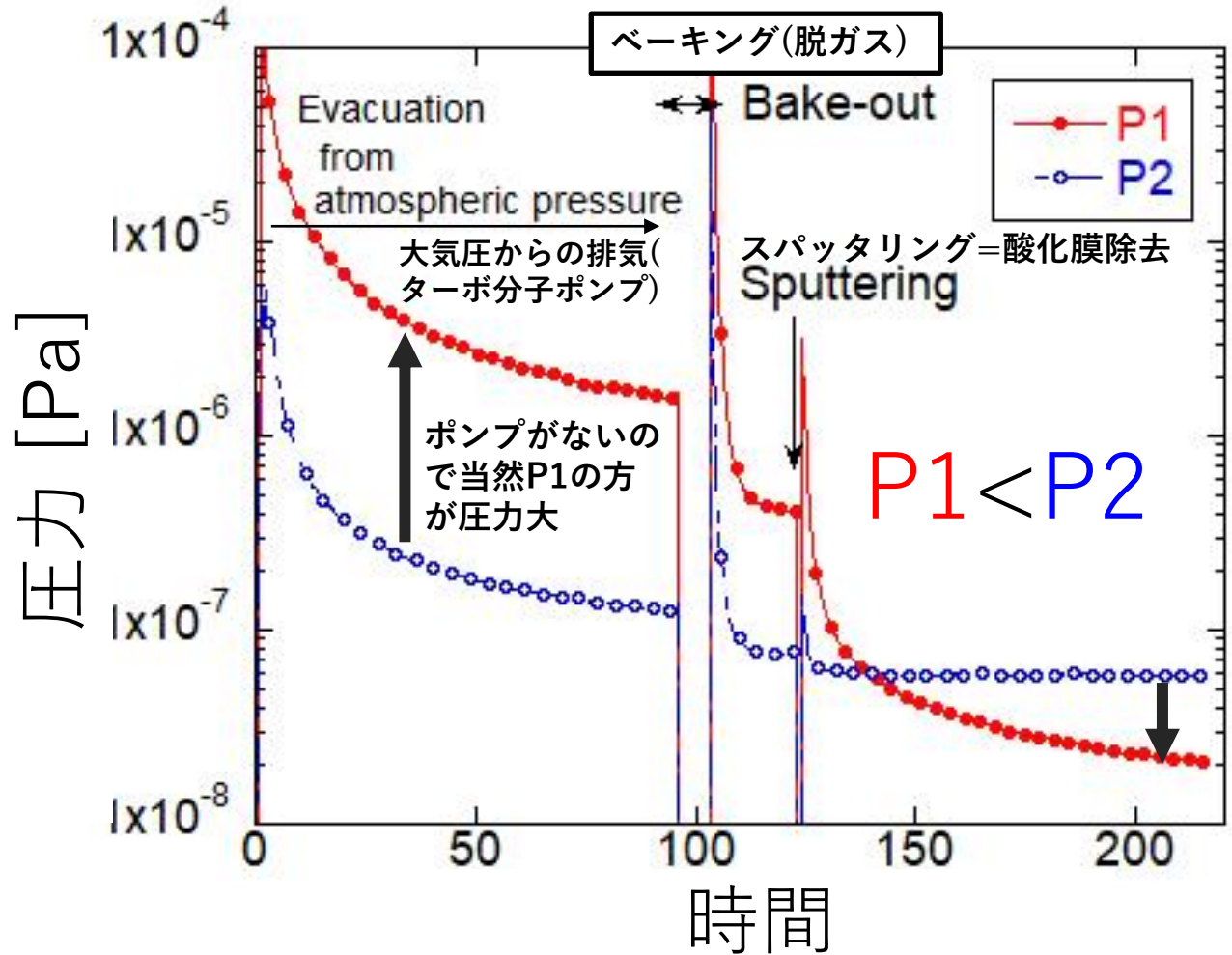
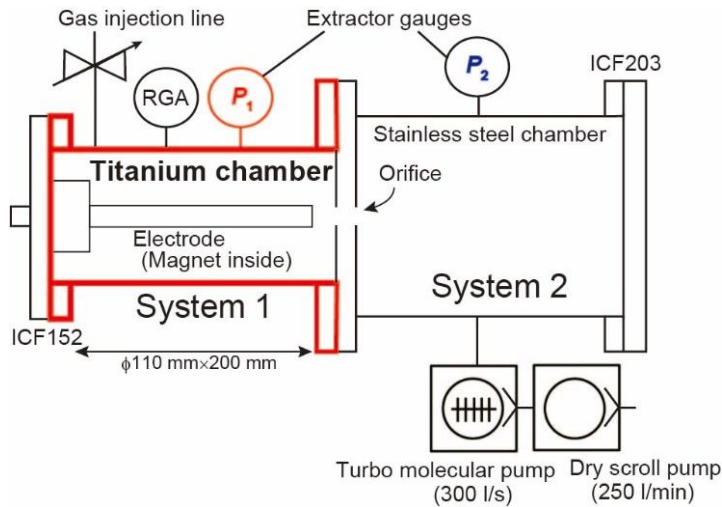
表面チタン酸化膜の除去



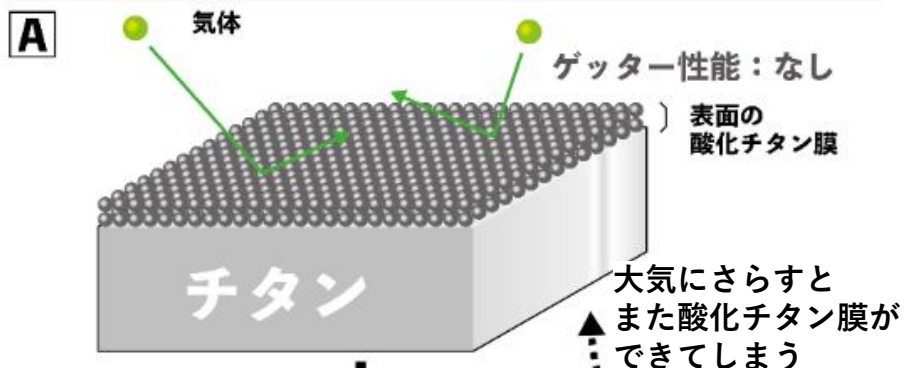
- System1=チタン製真空容器+電極
- System2=ステンレス製真空容器 +ターボ分子ポンプ

スパッタリングによるチタン表面酸化膜の除去

表面チタン 酸化膜の除去



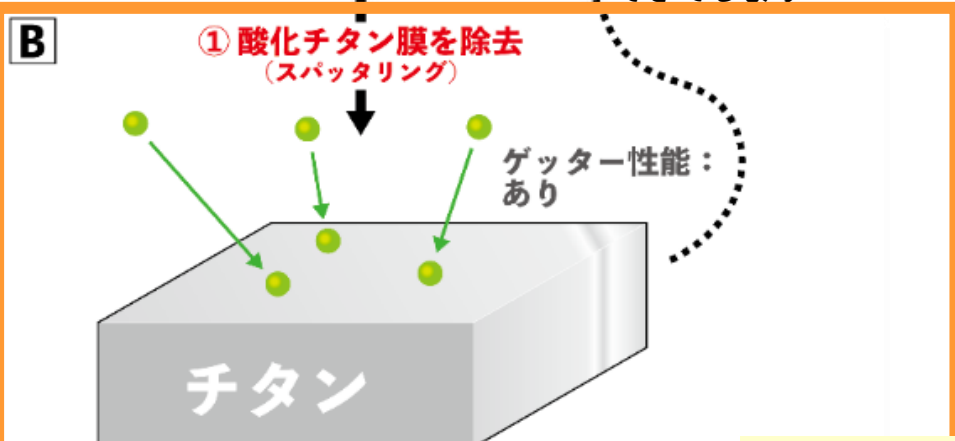
スパッタリングによって、System1の圧力のほうが良くなった
→Tiチェンバーをゲッターポンプとすることに成功



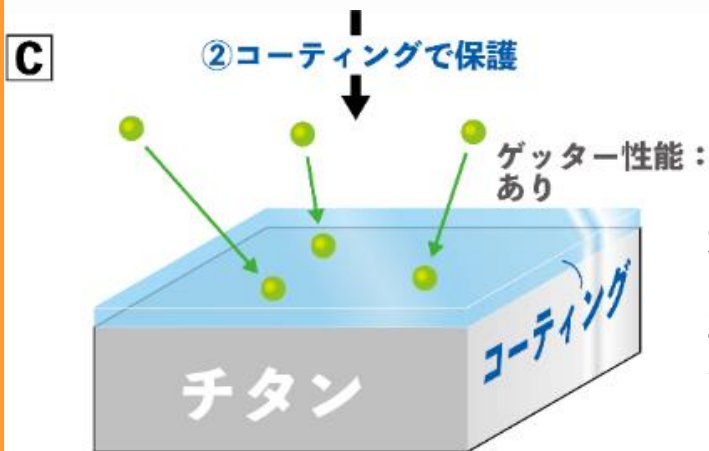
真空中で、酸化チタン膜を除去してGetter性能(気体吸着性能)を持たせる(B図)

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)

チタンを保護するためのコーティングを実施(C図)



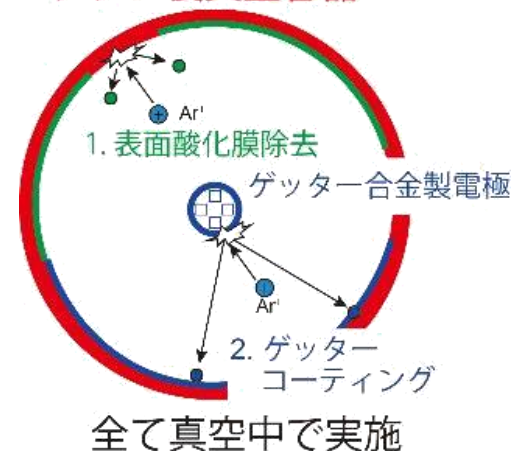
一連の表面改質技術を開発!



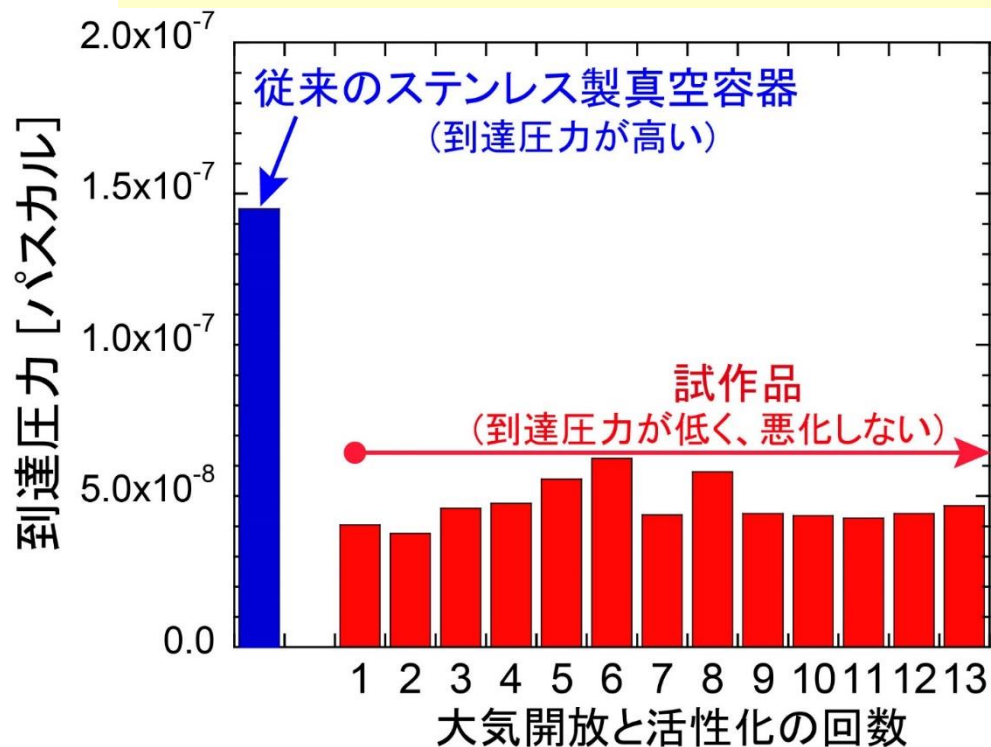
大気にさらしても (=大気開放しても) 真空排気しながら加熱すれば、Getter性能が回復!

活性化
といいます

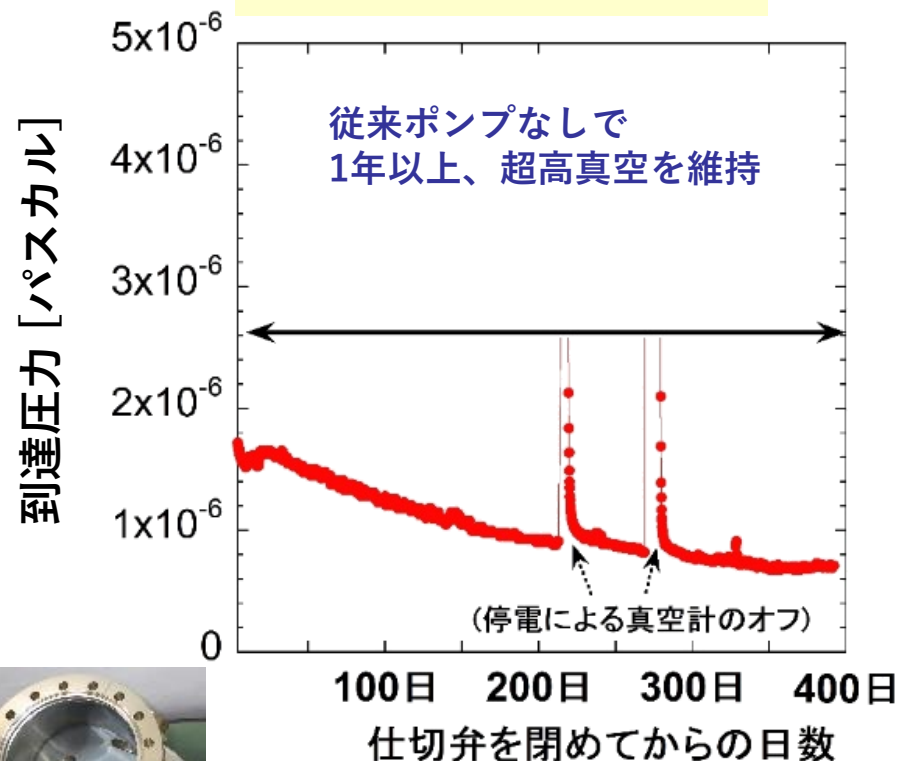
チタン製真空容器



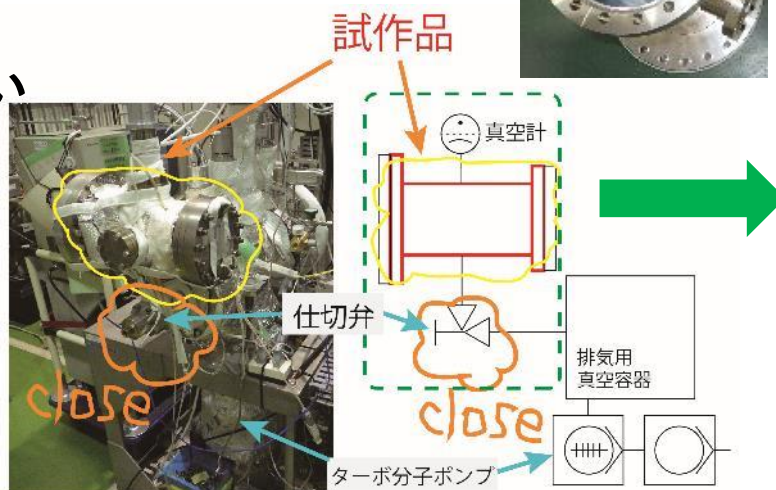
繰り返し利用でも高性能維持



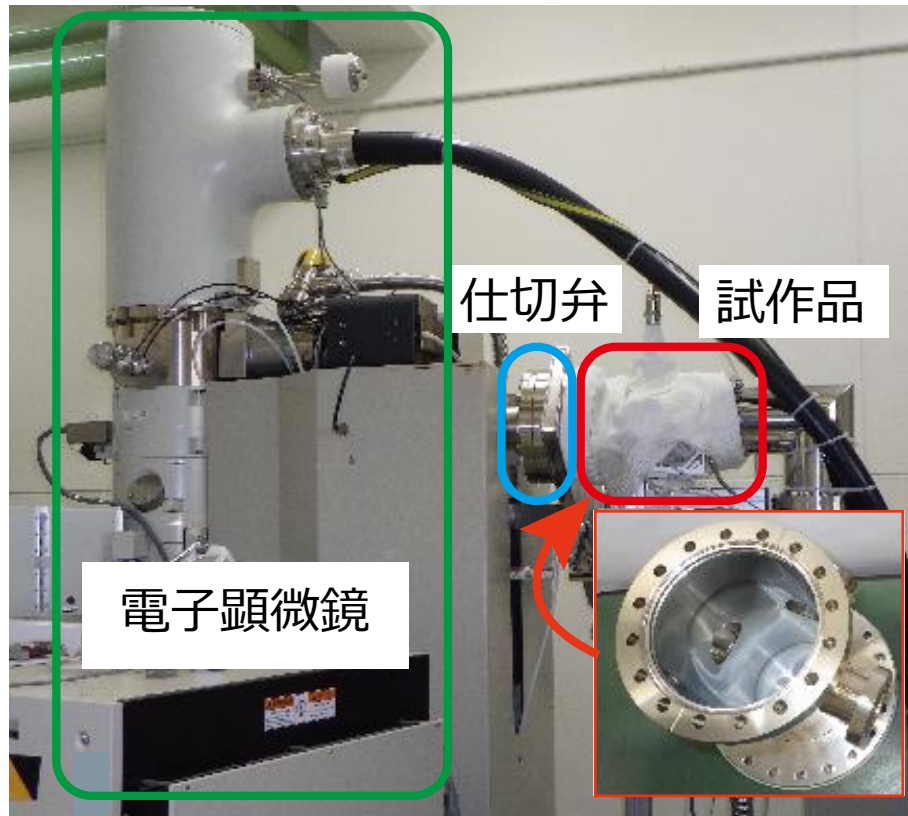
長期間耐久性



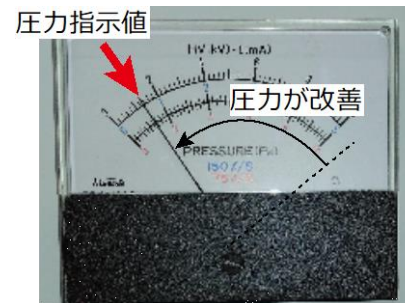
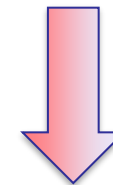
試作品で従来の真空容器よりも低い到達圧力(=良い真空)を得た。大気開放を繰り返しても低い到達圧力を維持した。



電子顕微鏡への実装例（実証試験結果）



試料交換後の圧力
(圧力が悪化)



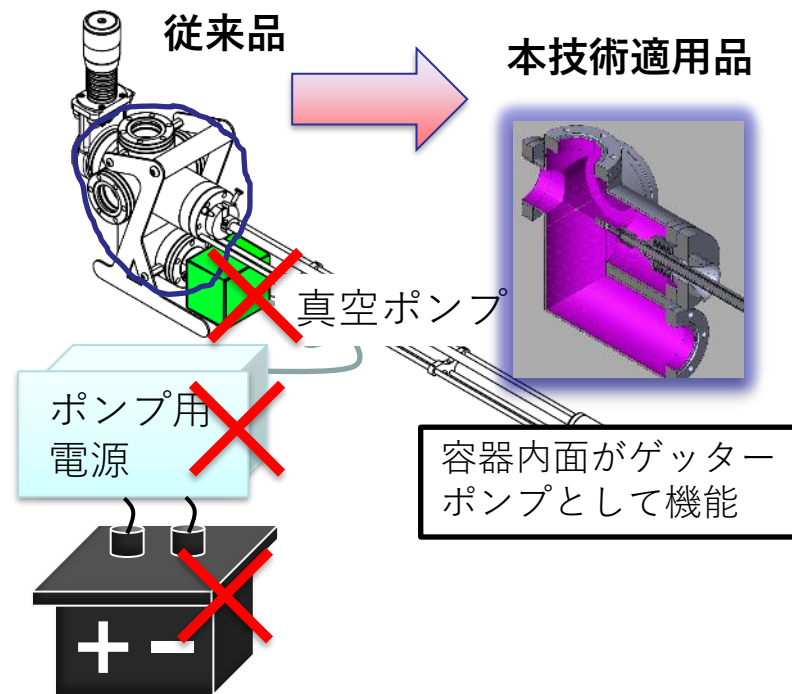
仕切弁を開け、試作品
と接続した直後
(即座に圧力が回復)

試料交換後もすぐに測定できる圧力へ回復できることを実証
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

真空容器自体が高性能超高真空ポンプとなることを実証
→産業装置の省エネ、省スペース化へ

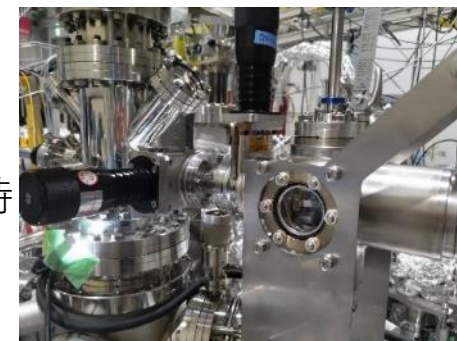
ノーバッテリー超高真空トランスファーケース

SOCIETY 5.0を担う半導体サンプルの分析装置間の真空中輸送を可能にする製品



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

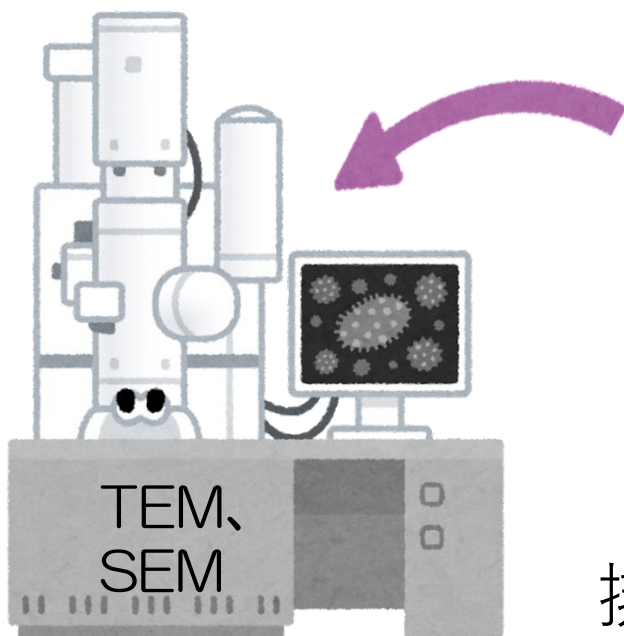


SPring-8 JAEAビームライン
への実装試験

板形状型ゲッターポンプ

電子顕微鏡の高度化、既存分析装置の超高真空化を可能にする製品

自由な形状にカットできるので、既存の真空容器に入れるだけで超高真空化が可能

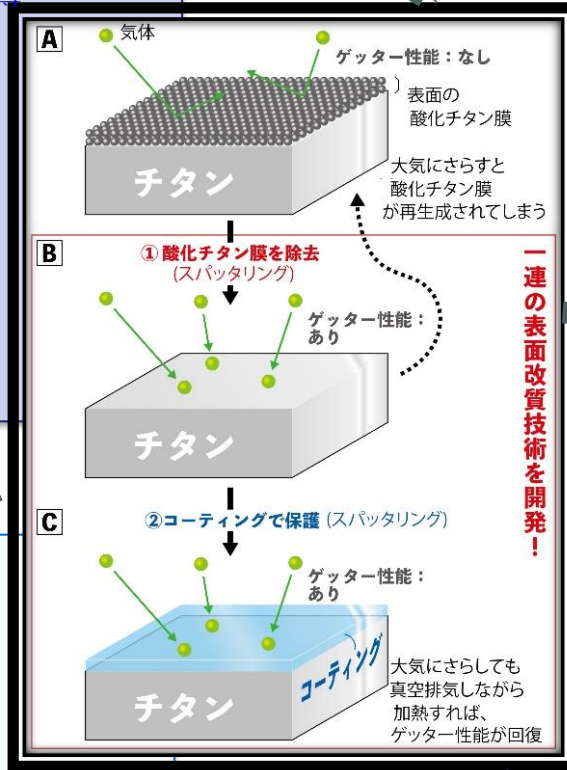


排気速度：1000 L/s以上!
(20cm × 30cm)

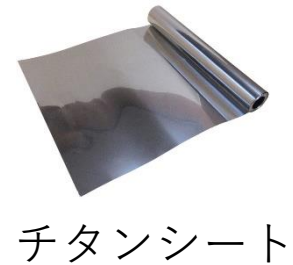
材料開発のプラットフォームの展開
新分野、異業種、産業界との連携



安全管理の向上による未踏材料の分析
放射性(燃料デブリ等)・毒性物質の持つ
潜在的魅力の発掘



汎用製品→多様分野でのベネフィット
真空高性能化、運転コスト・電力削減



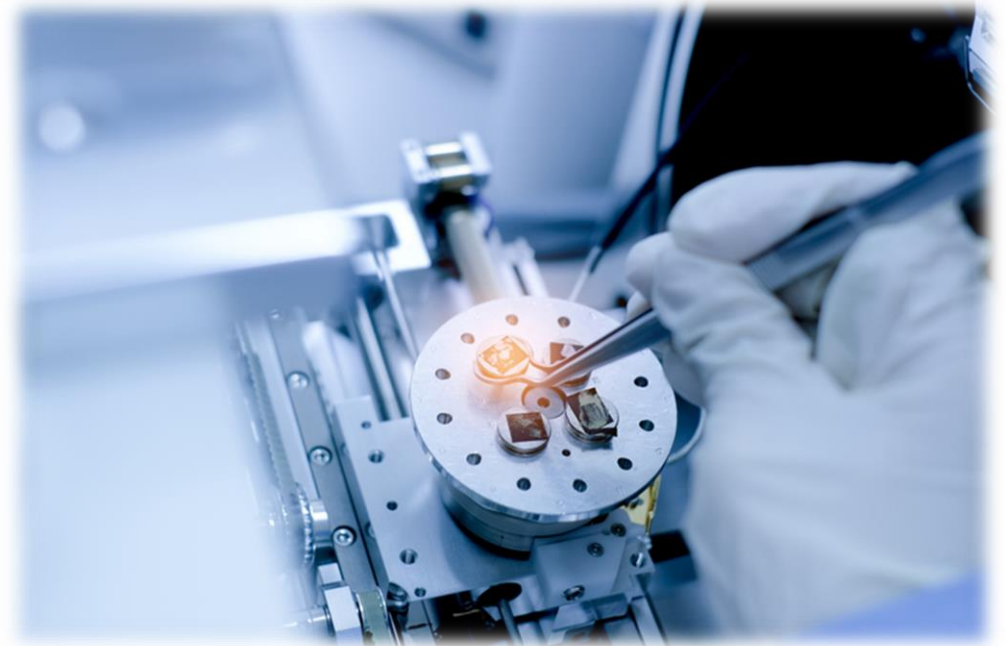
成長産業への展開
ミニマルファブ装置間のチ
ップ輸送装置へ適用



電源、バッテリー不要で空輸可能
真空産業界の輸送課題を解決し、
世界規模での材料イノベーション



- 産業応用に向けた共同研究や外部資金を共同で取得可能な企業との共同研究・開発を希望
- 超高真空容器の製造・販売が可能な企業、応用展開が可能な企業との連携を希望
(特に、トランスファーケース、板形状型Getterポンプを製造・販売可能な企業との連携を希望)
- 新しい真空技術の研究・開発が可能な企業との連携を希望





発明の名称：真空部品、これを用いた真空排気方法
特許番号：特許第7195504号
出願人：原子力機構
発明者：神谷 潤一郎

発明の名称：真空排気方法
特許番号：特許第7446640号
出願人：原子力機構
発明者：神谷 潤一郎

- 実施許諾契約：1件
- 企業との共同研究：多数
- ビジネスコンテスト
第7回茨城テックグランプリ 最優秀賞受賞
チーム名：ゲタポン
省エネ、省スペース！超高真空ゲッターポンプ



日本原子力研究開発機構

研究開発推進部

e-mail : seika.riyou@jaea.go.jp

真空技術や真空の現象に魅了されて研究を続けてきました

加速器から生まれた新しい真空技術の可能性が、広がる将来を夢見ています

長年かかわってきた真空技術をあらゆる産業へ！