

ホットセルに格納可能な小型RI排ガス貯留装置の開発

阿保 憲史，野矢 洋一，東川 桂，安井 博宣，久下 裕司

北海道大学アイソトープ総合センター



背景・目的

PET(Positron Emission Tomography)核医学診断は、短半減期核種(^{18}F , ^{11}C など)を標識した専用のPET薬剤を被験者に投与し、その体内動態を専用カメラで可視化する手法である。PET薬剤の製造過程では有機溶媒留去等にて**RI含有ガス**が生じる。当ガスは**RI排ガス貯留装置**に一時貯留し、核種の減衰を経て安全管理下で大気放出される。RI排ガス貯留装置は1.5 m四方の大きさを有し、通常はサイクロトロン の附属装置として遮蔽に特化したサイクロトロン室に導入される。今回、我々はサイクロトロンを有しない施設においてもPET薬剤合成の環境構築を可能とすべく、遮蔽容器(ホットセル)に格納可能な小型RI排ガス貯留装置を開発したので報告する。

RI排ガス貯留装置 概要

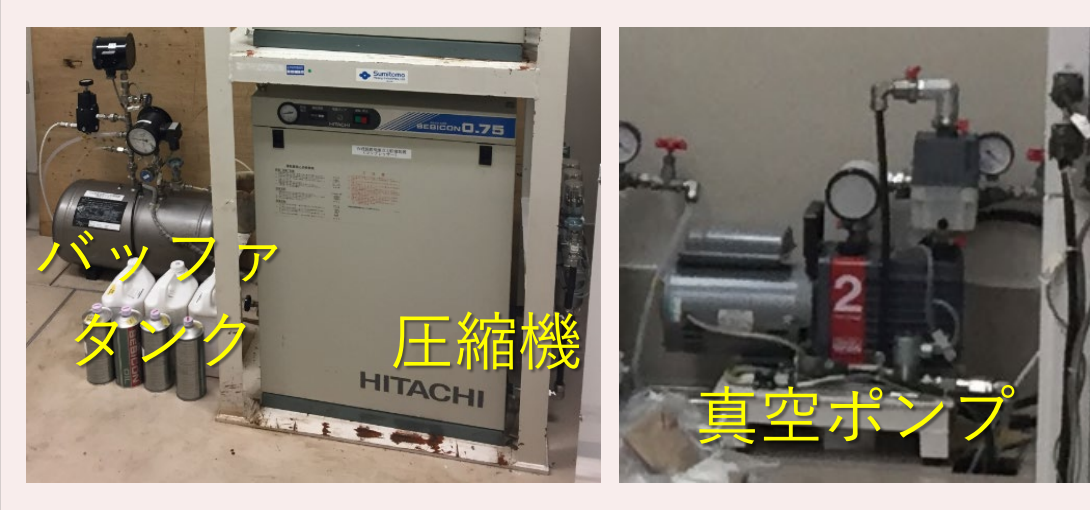
本装置は空気圧縮機，バッファタンク，真空ポンプ，圧力計，および電磁弁で構成される。RI含有ガスは陰圧であるバッファタンクに導入され、タンク圧力が-50 kPa → -25 kPaとなった時点で空気圧縮機が起動し-50 kPaまで吸引圧縮する。上記動作を繰返し、RIガスを最終的に空気圧縮機に貯留する。RI減衰後、放出弁を開けて大気開放する。また、薬剤合成の工程に応じて強陰圧系(〜 -100 kPa)、弱陰圧系(〜 -30 kPa)を使い分ける。

サイクロトロン → 薬剤合成装置 → 専用PET薬剤 → 核医学(PET)診断

^{18}F -FDG, ^{18}F -FMISO...

RI含有排ガス

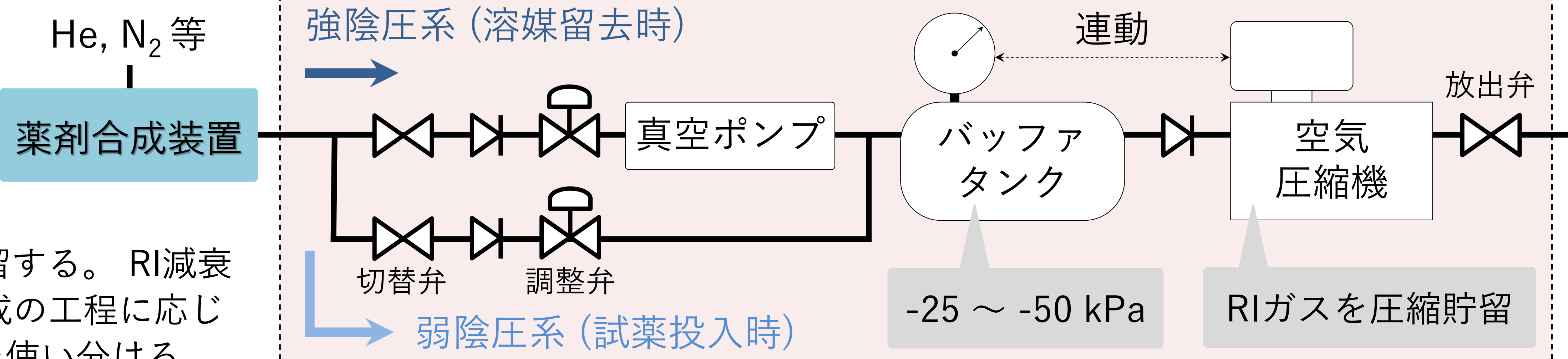
RI排ガス貯留装置
(複数機器の総称)



- サイクロトロン室に分散配置される例が多い
- 一体型のガス貯留装置は市販されていない
- 本装置がなければPET薬剤合成は実質困難

PET薬剤の合成環境をより簡便に構築できるように
一体型の小型RI排ガス貯留装置の開発が必要

RI排ガス貯留装置 (本検討の製作範囲)



設計・実装・機能試験

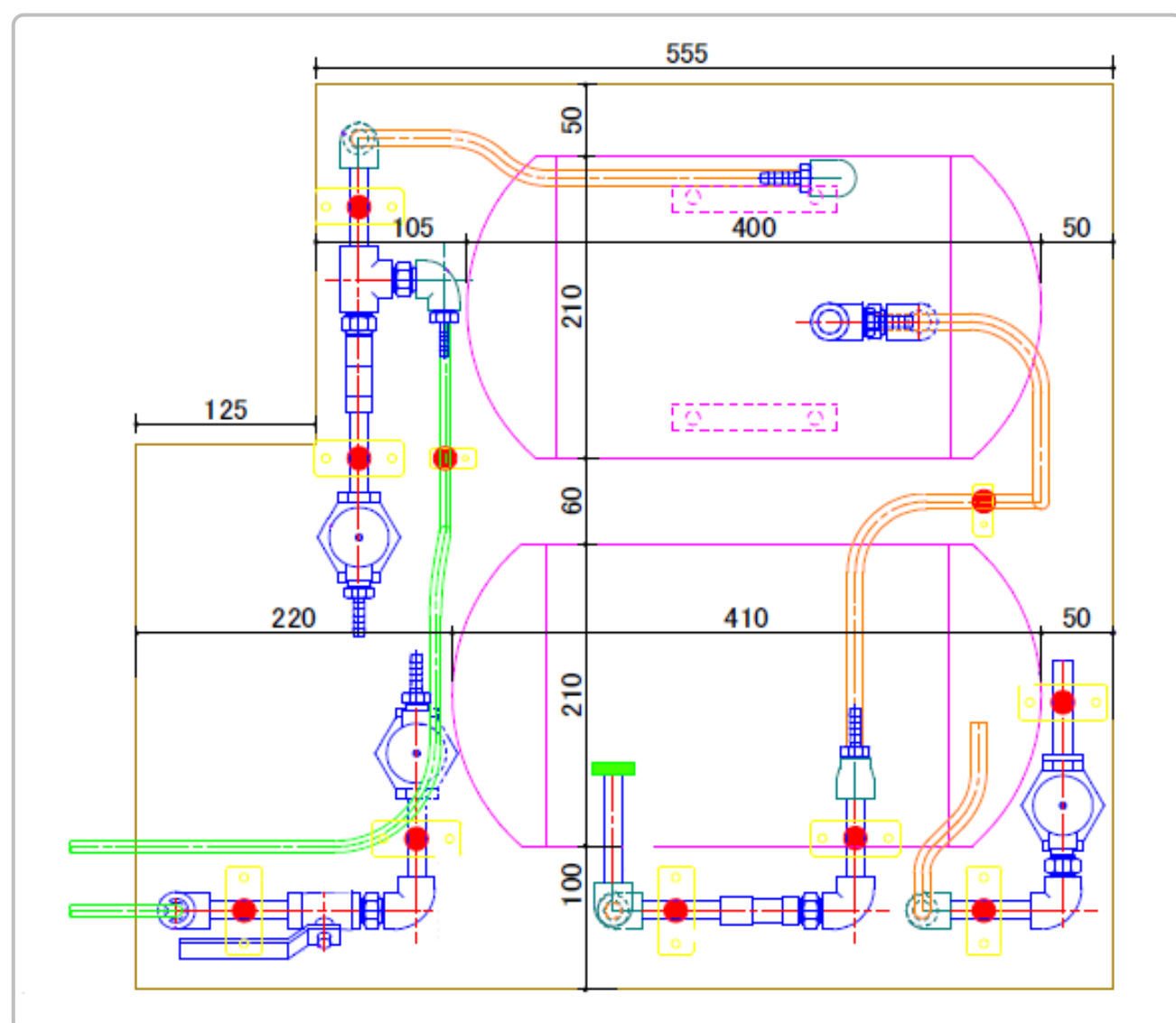
① 装置仕様の決定、およびデータ化によるシミュレーション

設計に必要な各仕様は、装置に求める性能と物理的制限(市販機器サイズ、ホットセルサイズ)などを勘案して決定した。仕様決定後、配管サイズや配置などをCADデータ化(一部外部委託)し、それを基に立体シミュレーションモデルによる装置サイズの妥当性を確認した。

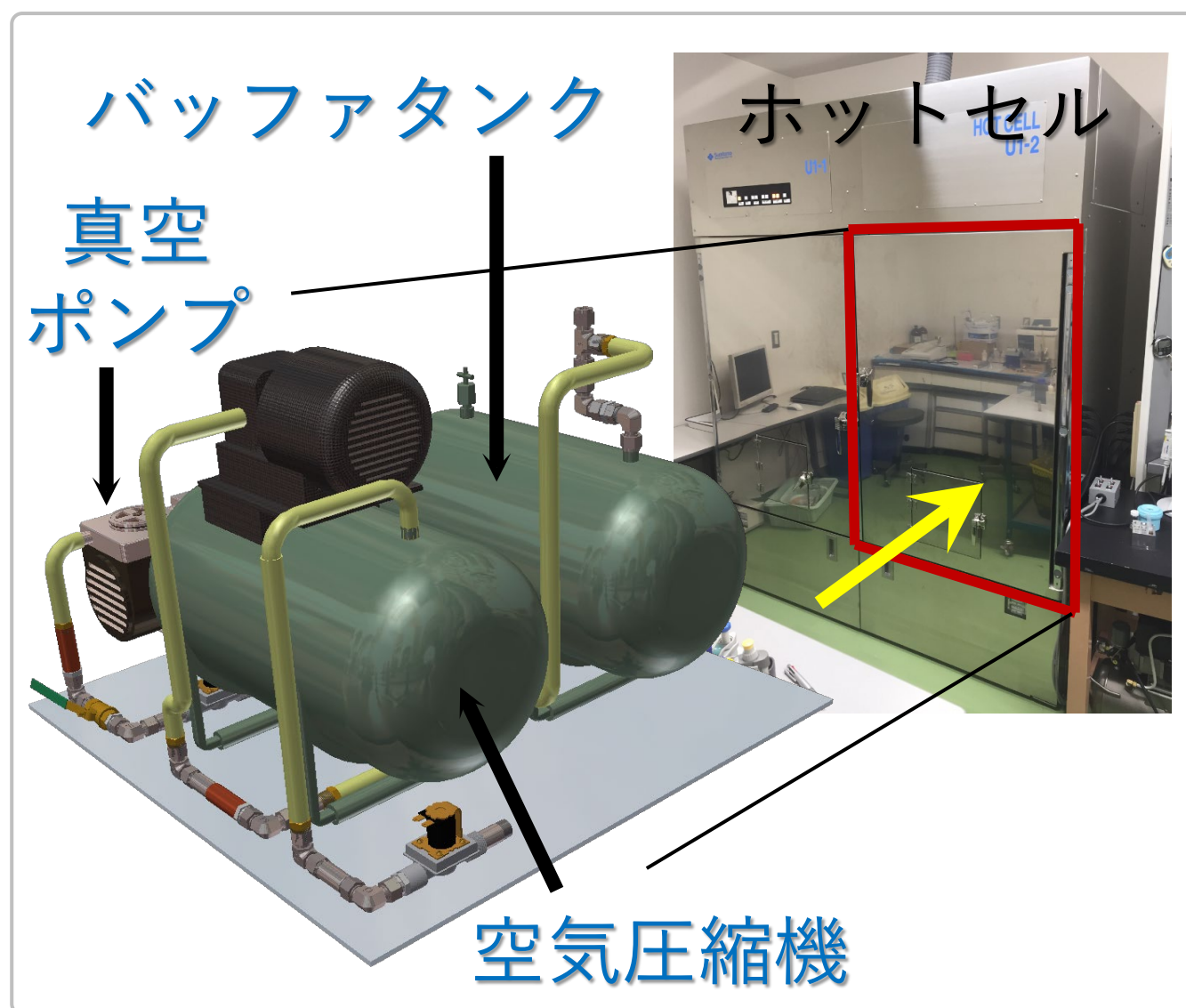
装置仕様の決定

検討した仕様	設定値	設定根拠
RI排ガス量	100 L	合成装置からのRI排ガス量の実績値
バッファタンク容量	12 L	RI排ガス流入量 1 L/minの一時貯蔵に必要な容量
圧縮機容量	12 L	RI排ガス量 100 Lの圧縮貯蔵に必要な容量
真空ポンプ容量	-100 kPa	合成装置内の反応容器の陰圧に必要な圧力
装置の平面サイズ	65 × 56 cm	遮蔽設備(ホットセル)の空間の範囲内

細部仕様の決定 (CAD)

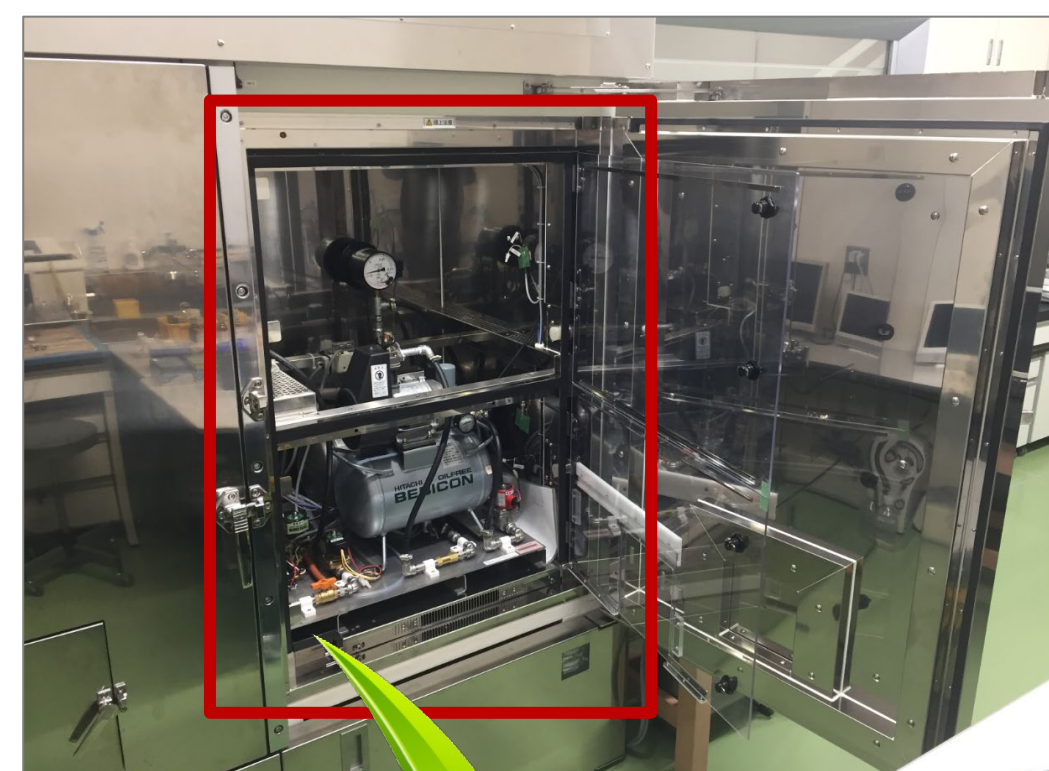


装置サイズの妥当性確認



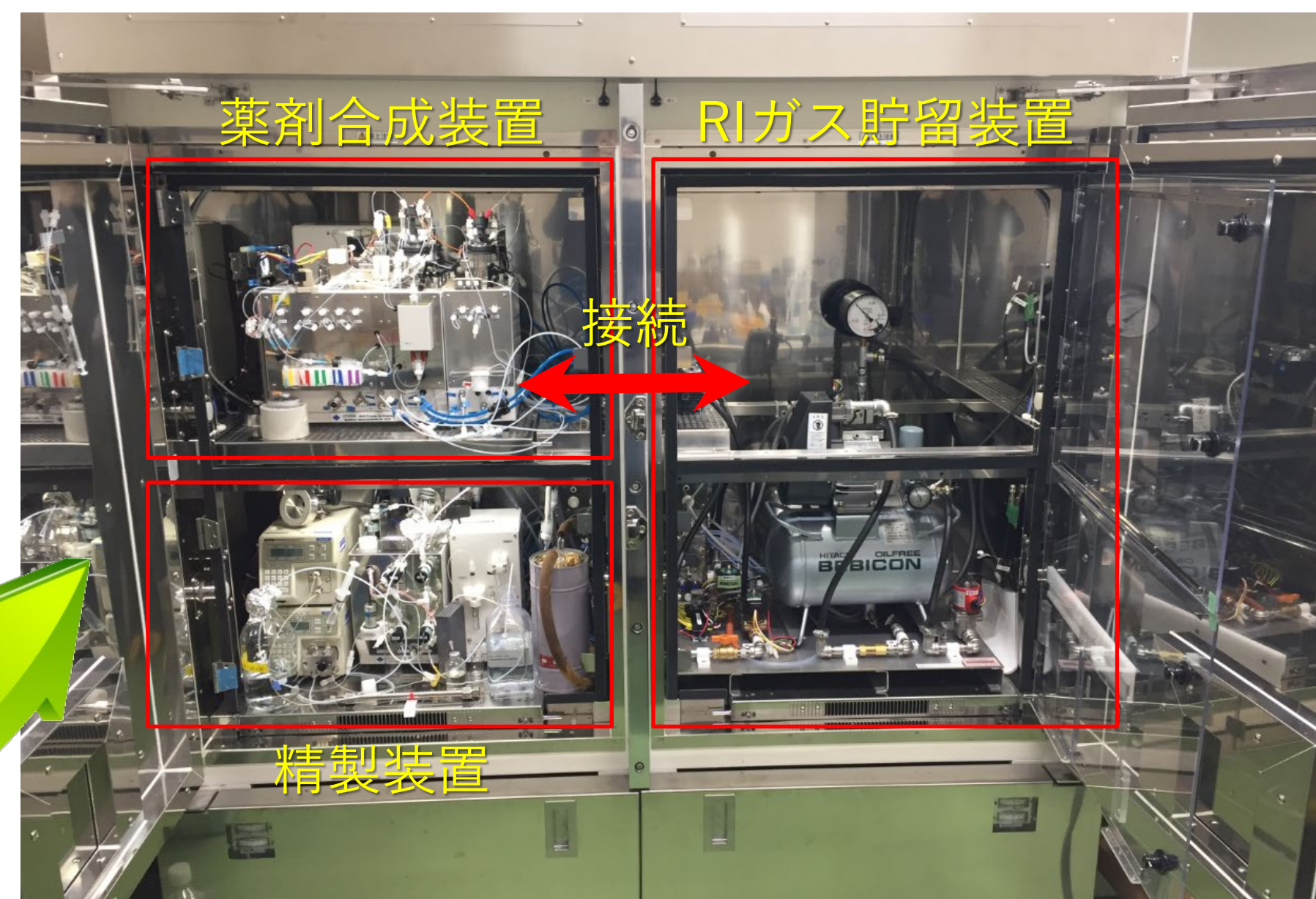
② 実装・機能試験

実装後 概観



機器、配管、電装部品等を購入し組立てを実施(一部外部委託)。本件起案から完成まで約3ヶ月を要した。装置制御用手元スイッチはホットセル外に有線で設置した。

薬剤合成装置と接続・機能試験



装置をホットセル内に実装後、単体機能試験、およびPET薬剤合成装置と接続し放射性核種 ^{18}F を用いた合成試験を実施した。PET薬剤は想定通りに合成できることを確認した。真空ポンプによる陰圧の程度は強陰圧系：-90 kPa、弱陰圧系：-25~-35 kPaであり、ほぼ設計通りであった。空気圧縮機によるRIガスの吸引圧縮動作、起動頻度は良好であった。空気圧縮機動作によるホットセル全体の振動を懸念していたが、問題となるほどの振動は生じなかった。

製作における問題点とその対応

様々な制約と装置の必要性能を検討し、本質を損なわず両立できる最大限の方法を模索した。

要素	問題点	対応
装置サイズ	・装置の小型化と大容量化は相反関係 ・理想の性能、サイズを有する市販品の選定が難航 ・本検討で小型化を達成しても依然サイズが大きい	・設置可能でかつ最大性能を有する市販品を選定 ・機器業者等への直接相談など ・RIガスの貯留方式による安全管理方法の限界。管理方法を抜本的に見直し更なる小型化が必要
予算	・自動化、高性能化を優先すると予算超過	・使用者の負担と利便性を勘案し一部手動制御化 ・既に保有する部品等を転用
配管の配置	・平面的に配置すると収納サイズを超過	・立体的な配置に配慮して配管の冗長化を防止
機器の接続	・市販品は単体使用の想定なので拡張性なし	・接続部品を特注して他機器との接続を可能に
装置の柔軟性	・一度設置すると移設が大変 ・収納先(ホットセル)に穴加工等ができない	・1枚のステンレス板に配管や機器を配置

まとめ

PET薬剤合成に必要な不可欠な「RI排ガス貯留装置」を自作し、ホットセル内に格納可能なサイズまでの小型化を達成した。装置の陰圧制御、電磁弁制御、RIガスの圧縮動作などは設計通りの性能を有していた。また、本装置と自動合成装置を連動させ、 ^{18}F 標識薬剤が実際に合成できることを確認した。現在、本装置は当センターのPET薬剤合成研究にて日常的に利用され、RI利用研究における安全性の確保に役立てられている。