

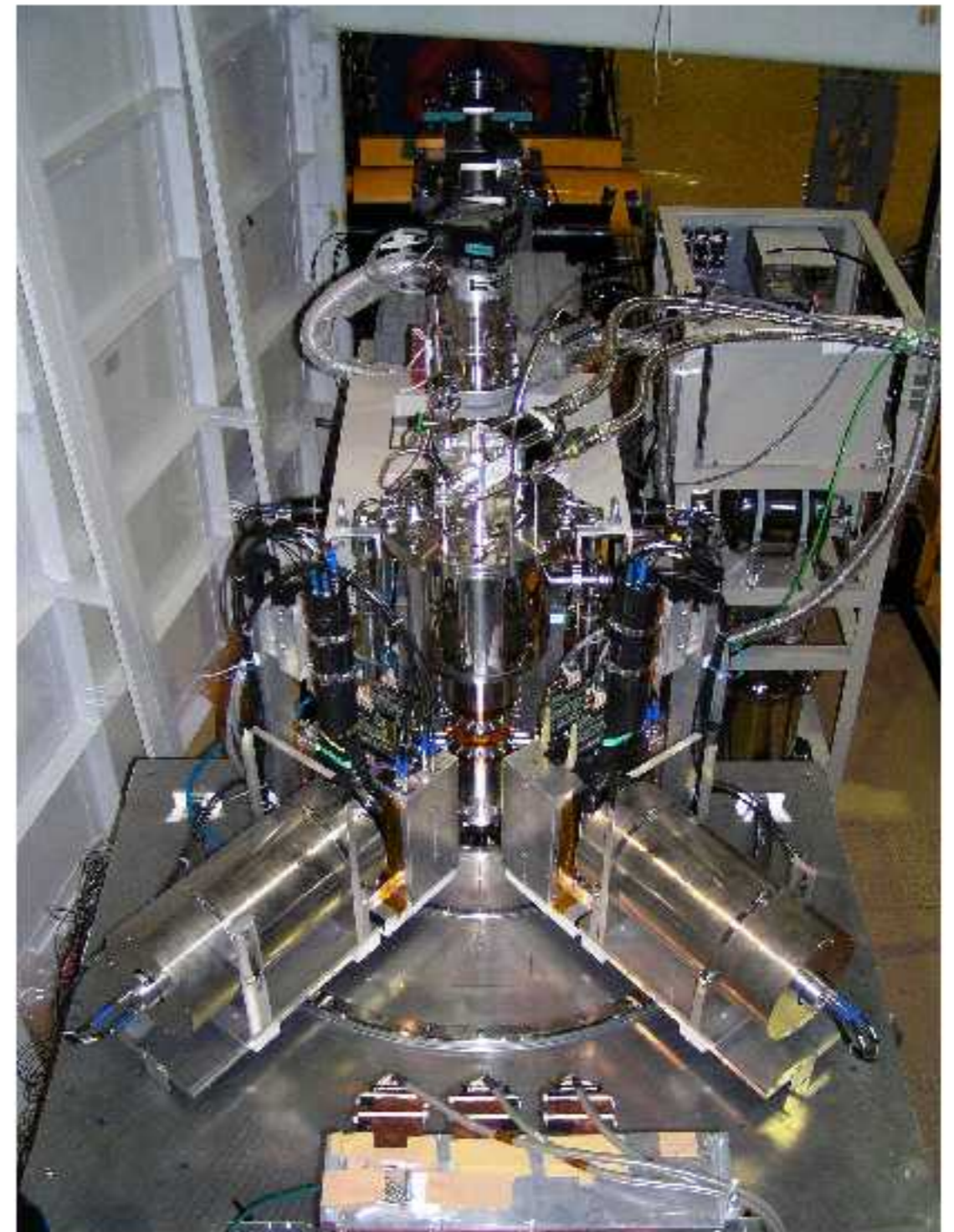
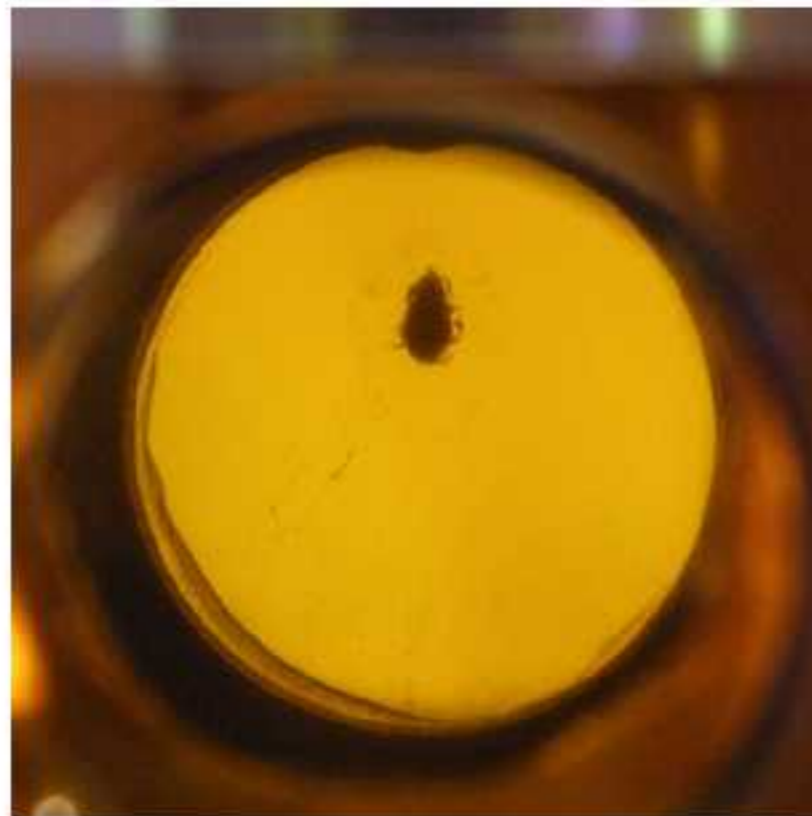
逆運動学を用いた $(p, 2p)$ 反応実験における 固体水素標的の運用

東北大理

大関和貴 小林俊雄 大津秀暁
奥田貴志 渡辺極之 関陽子
松田洋平 篠原督和 直井由紀
三木俊也

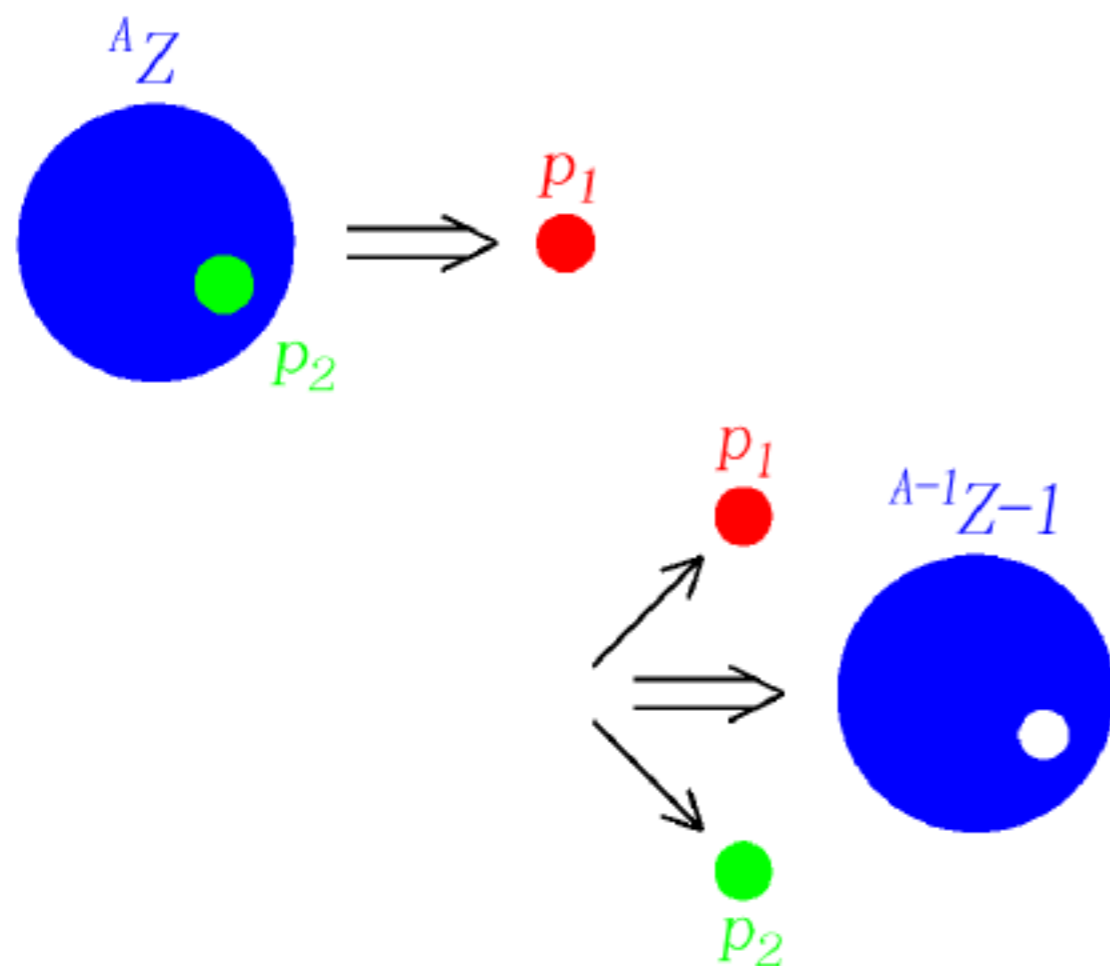
高工研
阪大RCNP
放医研

石元茂 鈴木祥仁
高橋豊
高田栄一



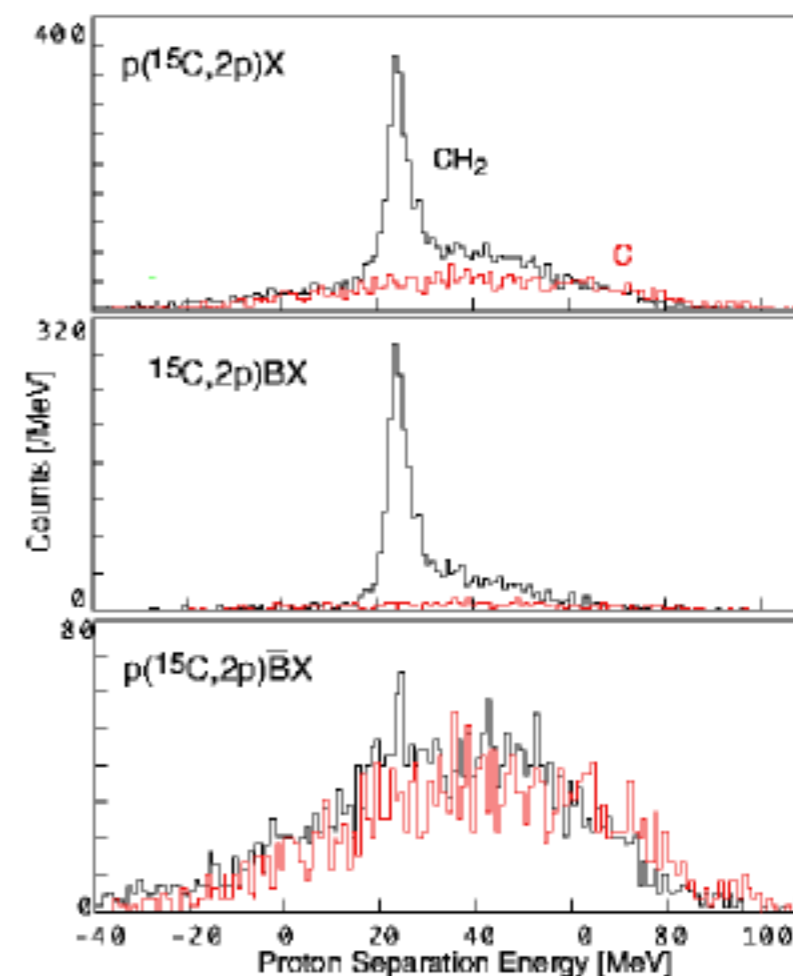
導入の動機

逆運動学を用いた $(p, 2p)$ ノックアウト反応
不安定核中の核子の単一粒子軌道の観測



- これまでは CH_2 標的を使用
- C 標的での測定
→ CH_2 中の C の寄与を引き算

陽子分離エネルギーが大きいと...



C による寄与が大部分
 S/N が悪い

高 S/N 比と厚さの一様性を実現する標的として固体水素標的を導入

冷凍装置

住友重機 極低温冷凍装置 SRDKシリーズ

■ RDK-415E (4KGM冷凍機)

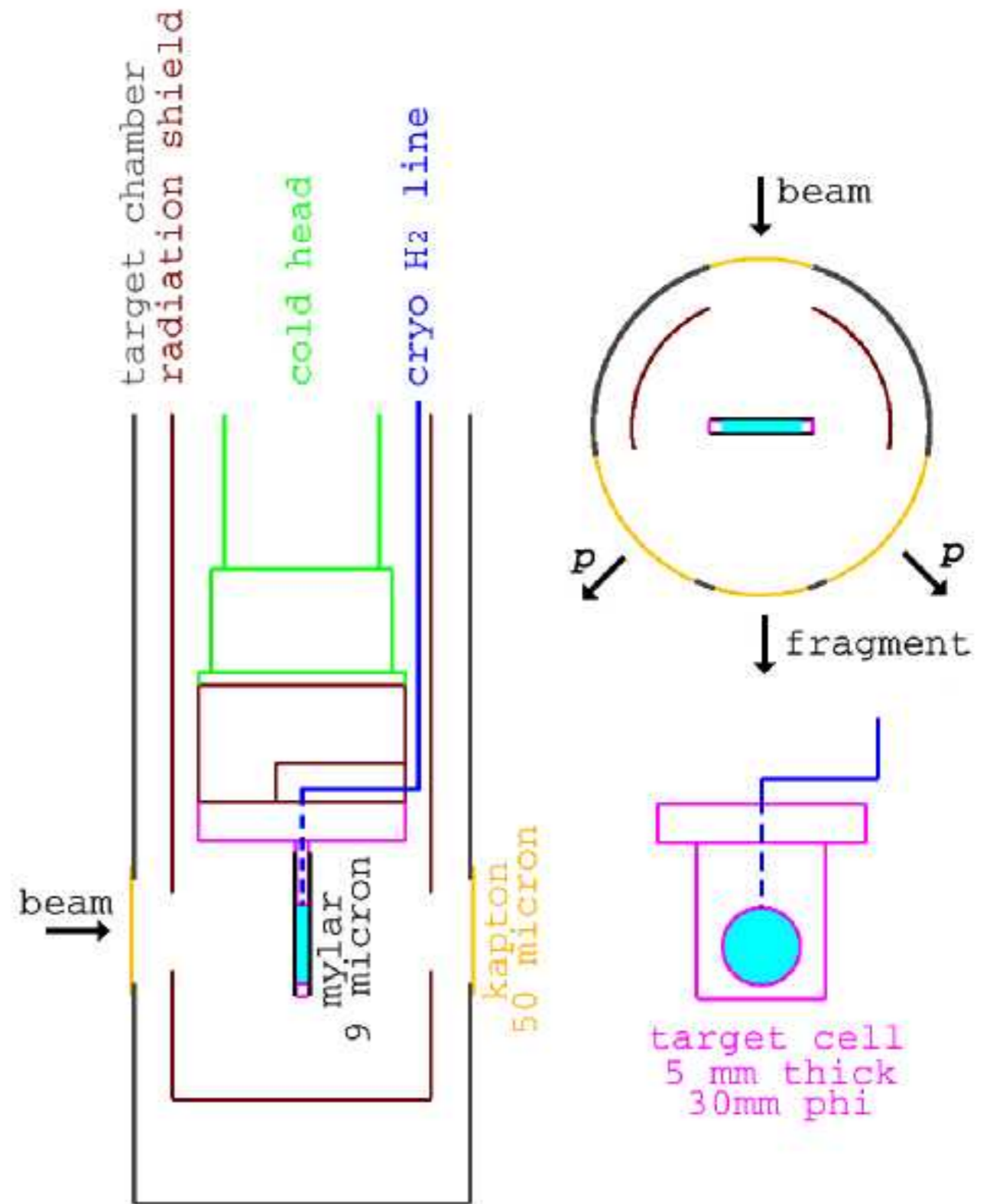
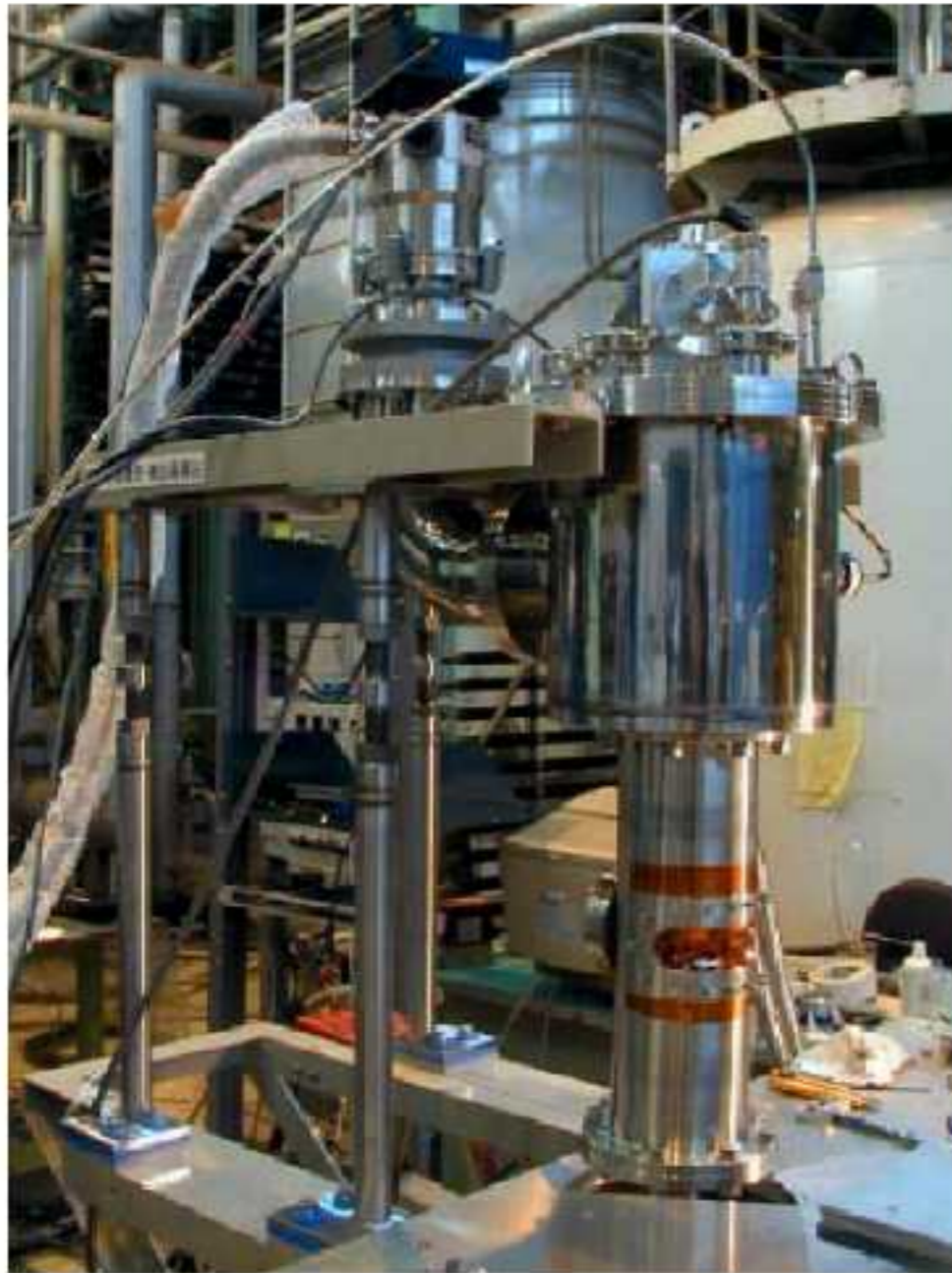
- 二段式GMサイクル
- 冷凍能力(50/60 Hz)…一段 35/45 W at 50 K
二段 1.5/1.5 W at 4.2 K
- 寸法…幅 152 mm×長さ 294 mm×高さ 567 mm
- 重量…約17.6 kg

■ CSW-71C (水冷式圧縮機ユニット)

- 外形寸法…幅 450 mm×長さ 500 mm×高さ 684 mm
- ヘリウムガス圧力 封入圧力…1.60-1.65 MPa at 20 °C
運転圧力…2.10-2.30 MPa
- 要求電源仕様 入力電圧…AC 200 V/50,60 Hz, 3相
定格電流…25 A
必要電源容量…9 kVA
- 重量…約117 kg



ターゲットチェンバー



ターゲットセル

- 低酸素銅
- 穴径 30 mm ϕ 厚さ 5 mm (CH₂ 3.3 mm相当)
- 両面 9 μm^t マイラー (接着剤 STYCAST1266)
- Pt-Co抵抗温度計



ターゲットセル

0.0434 g/cm²

$E_{loss} = 0.0868$ MeV

for $Z = 1$ M.I.

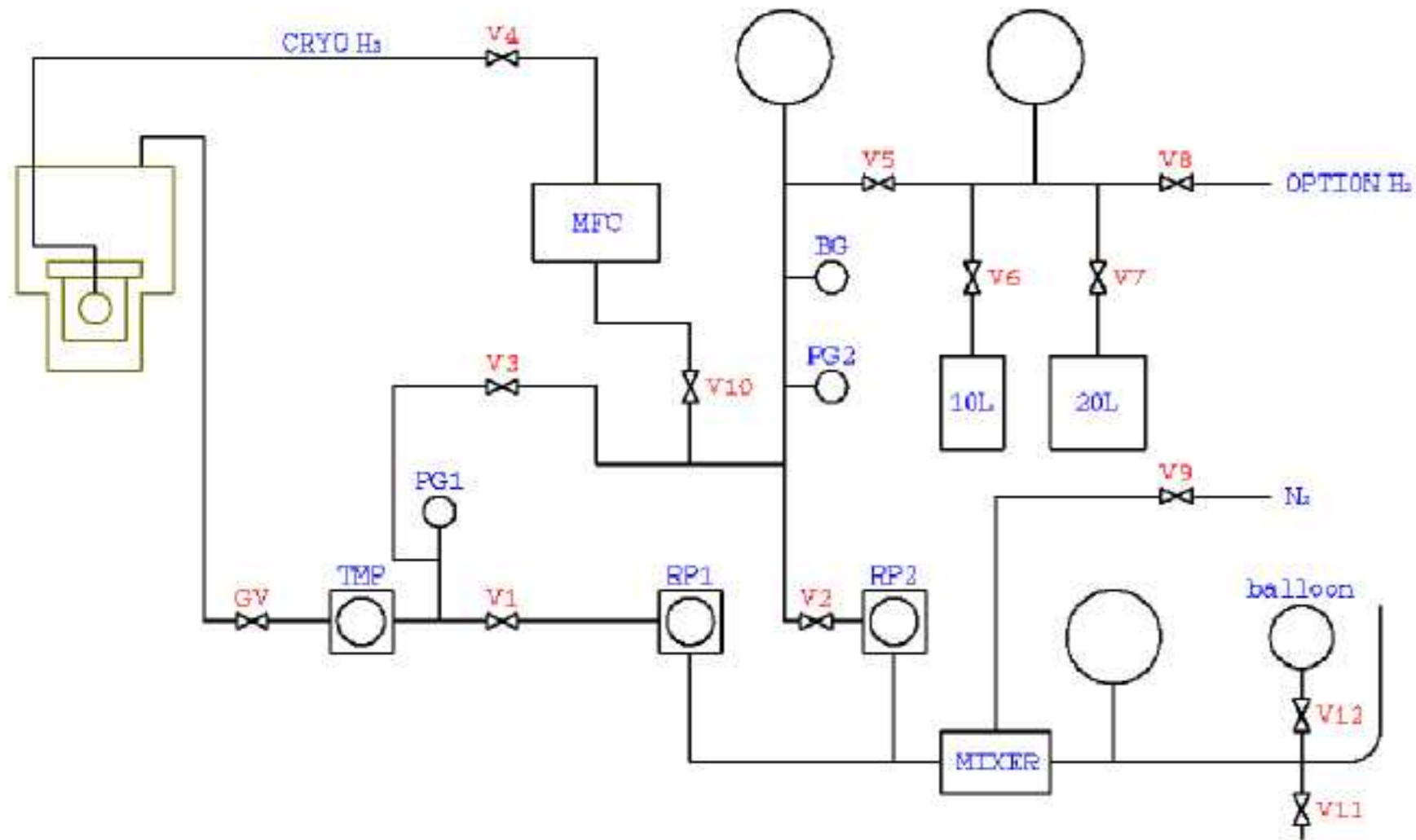


冷凍機へ取付



熱シールド

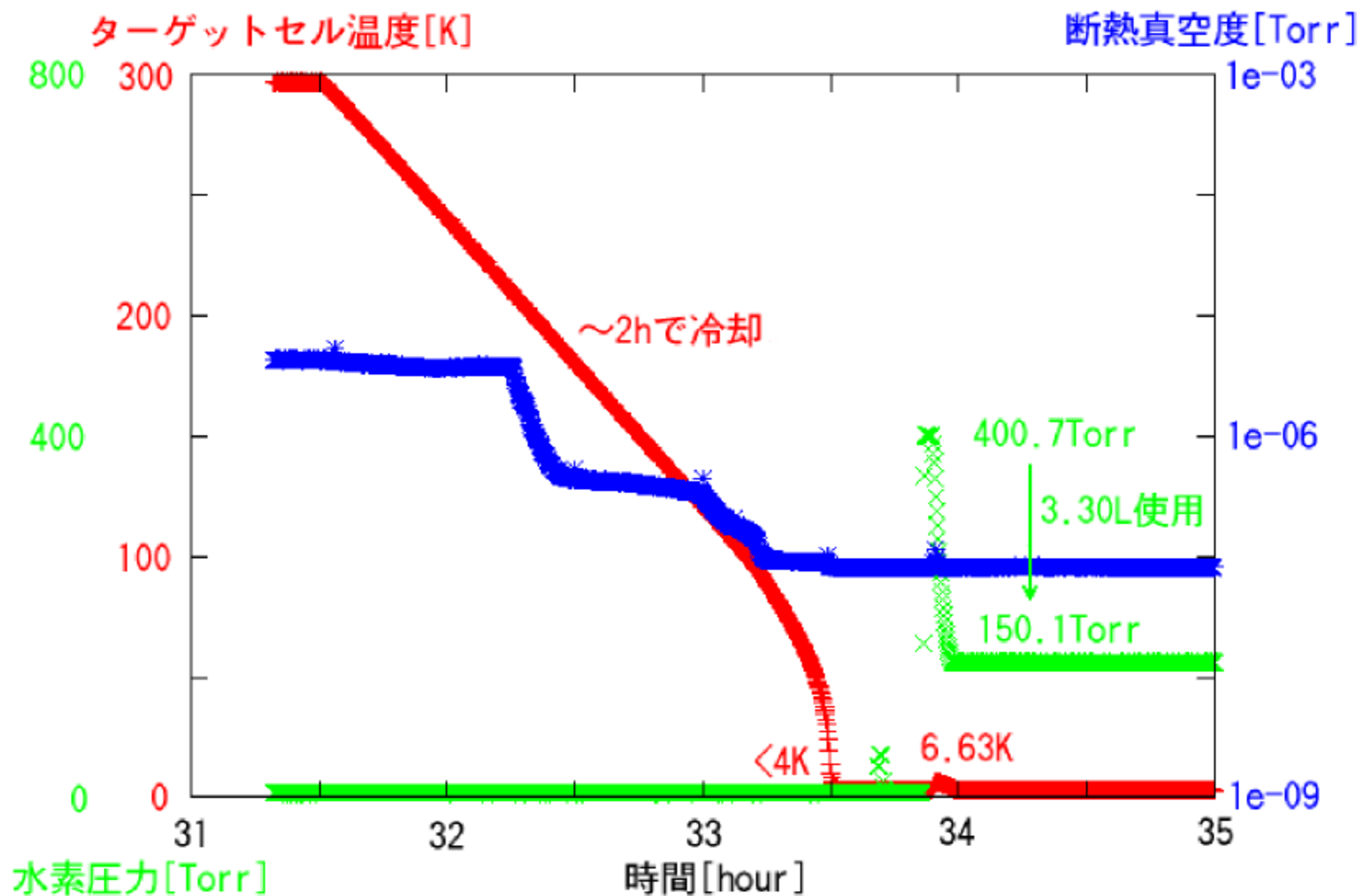
ガスフロー系



操作パネル

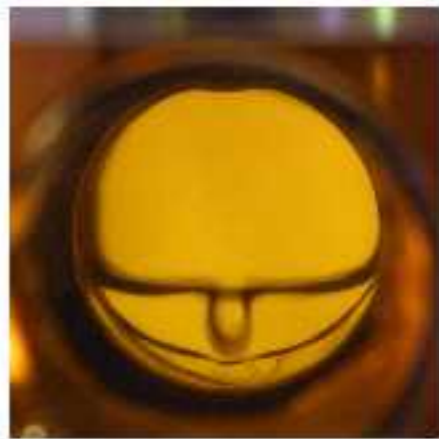


状態モニタ



- 固体水素作成後は実験終了(約110 h後)まで安定

固体水素標の作成

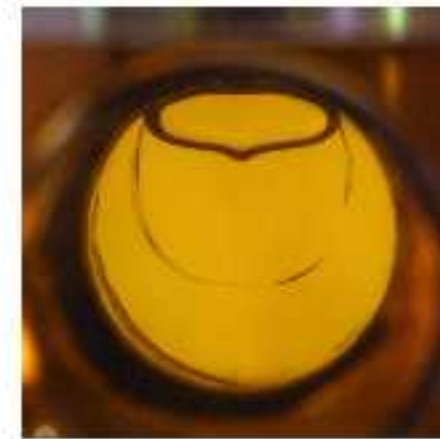


23 sec

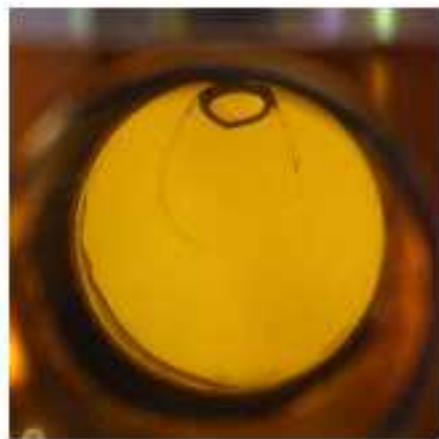
液体/固体



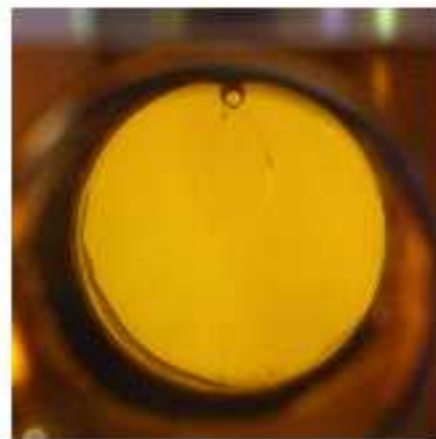
85 sec



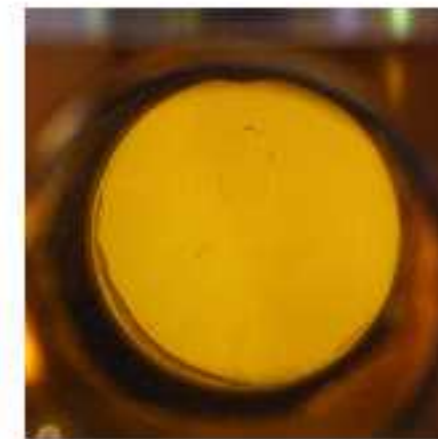
167 sec



221 sec



255 sec



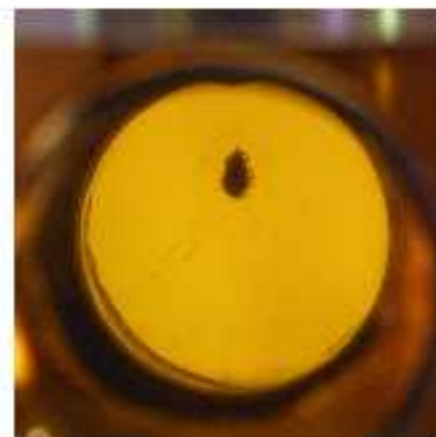
267 sec

流量0



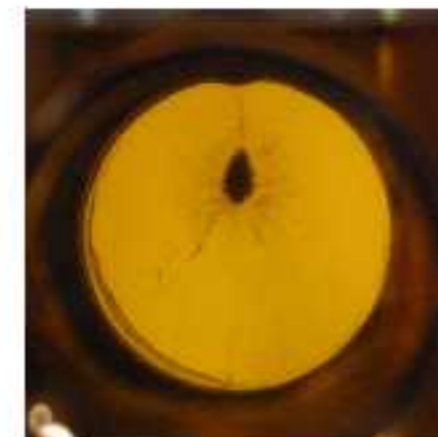
277 sec

"す"



315 sec

完成

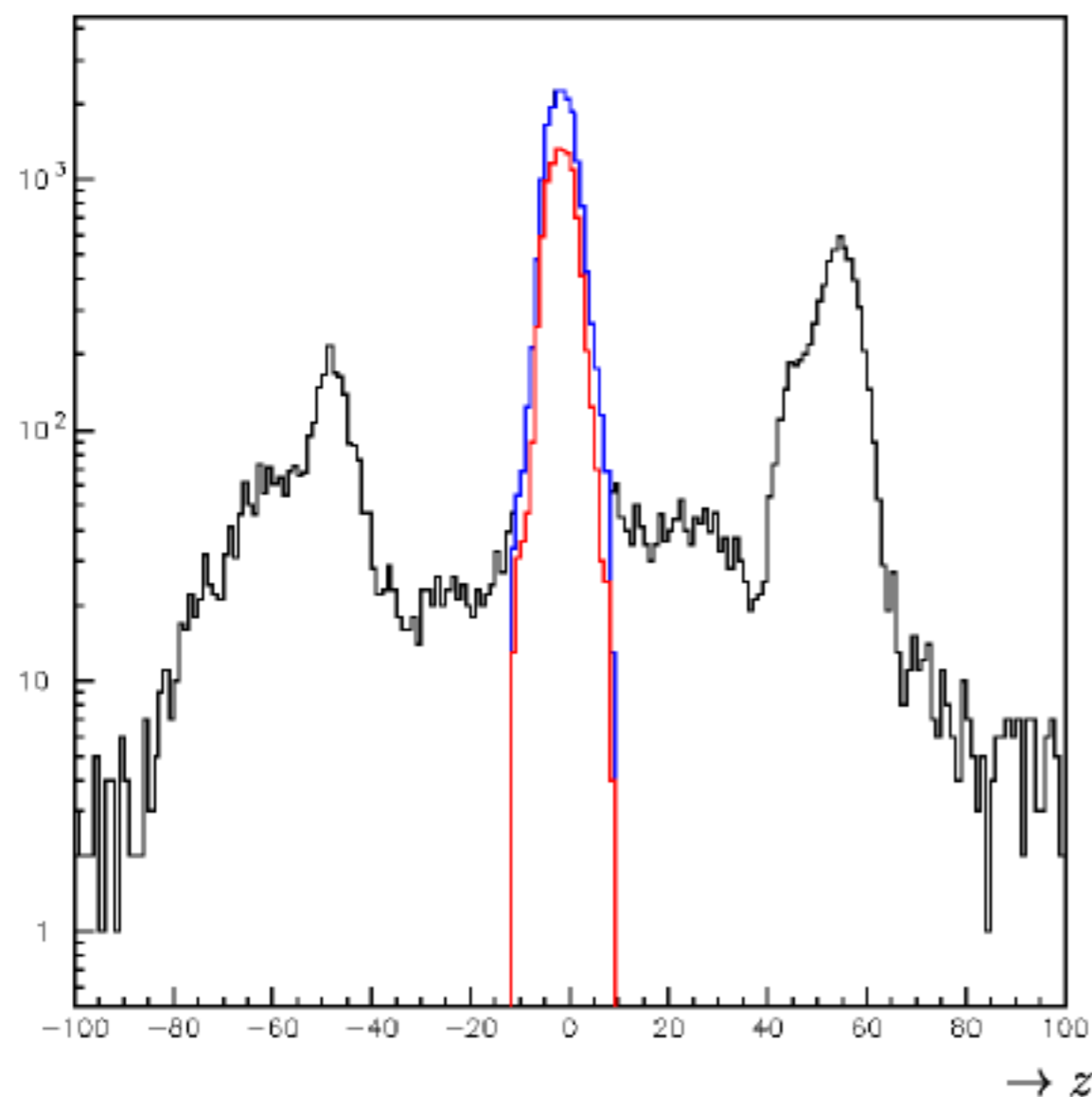


6 hour

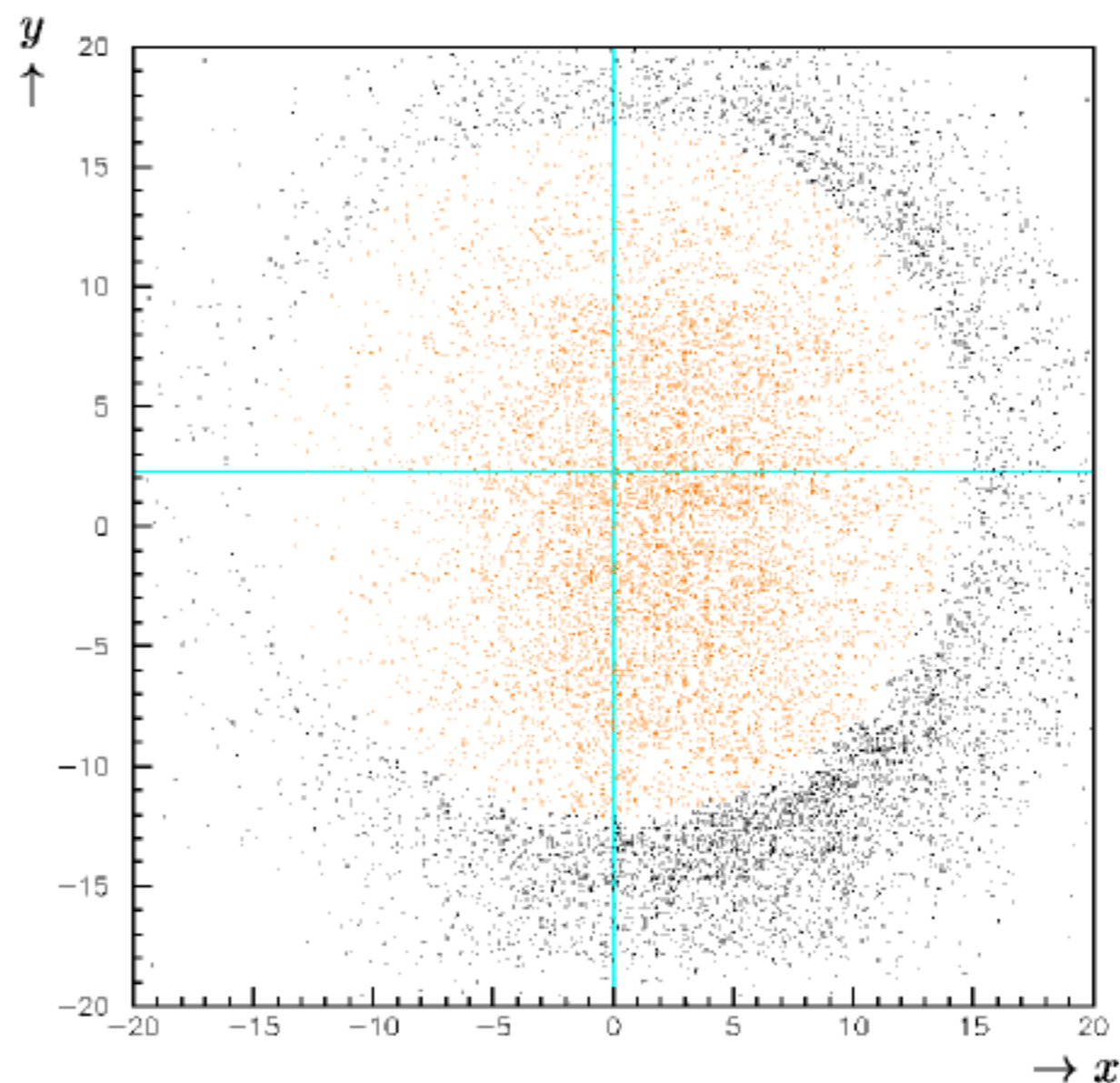
反応点の解析

250 MeV/A ^{15}C @ HIMAC

ビーム方向の反応位置



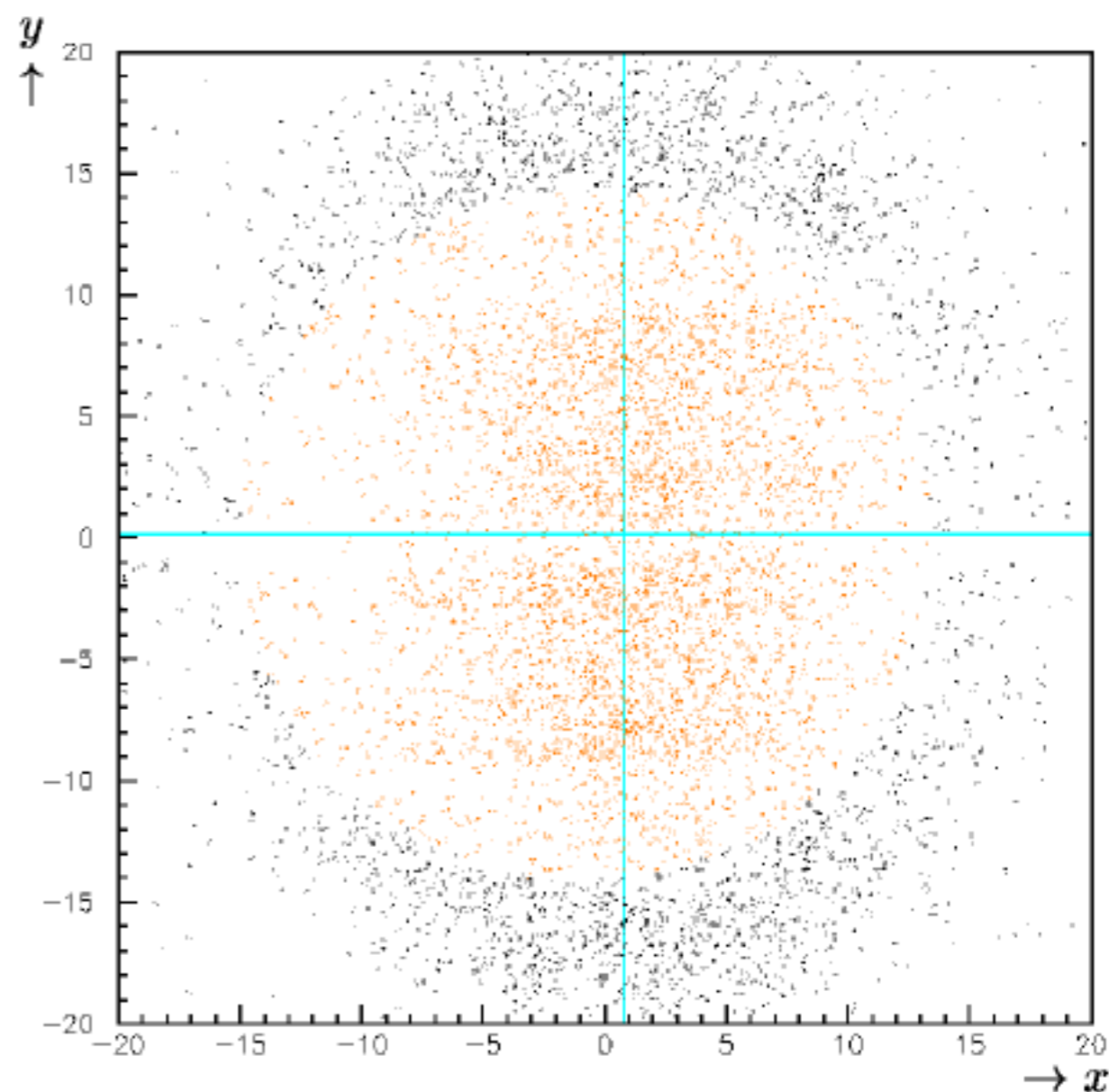
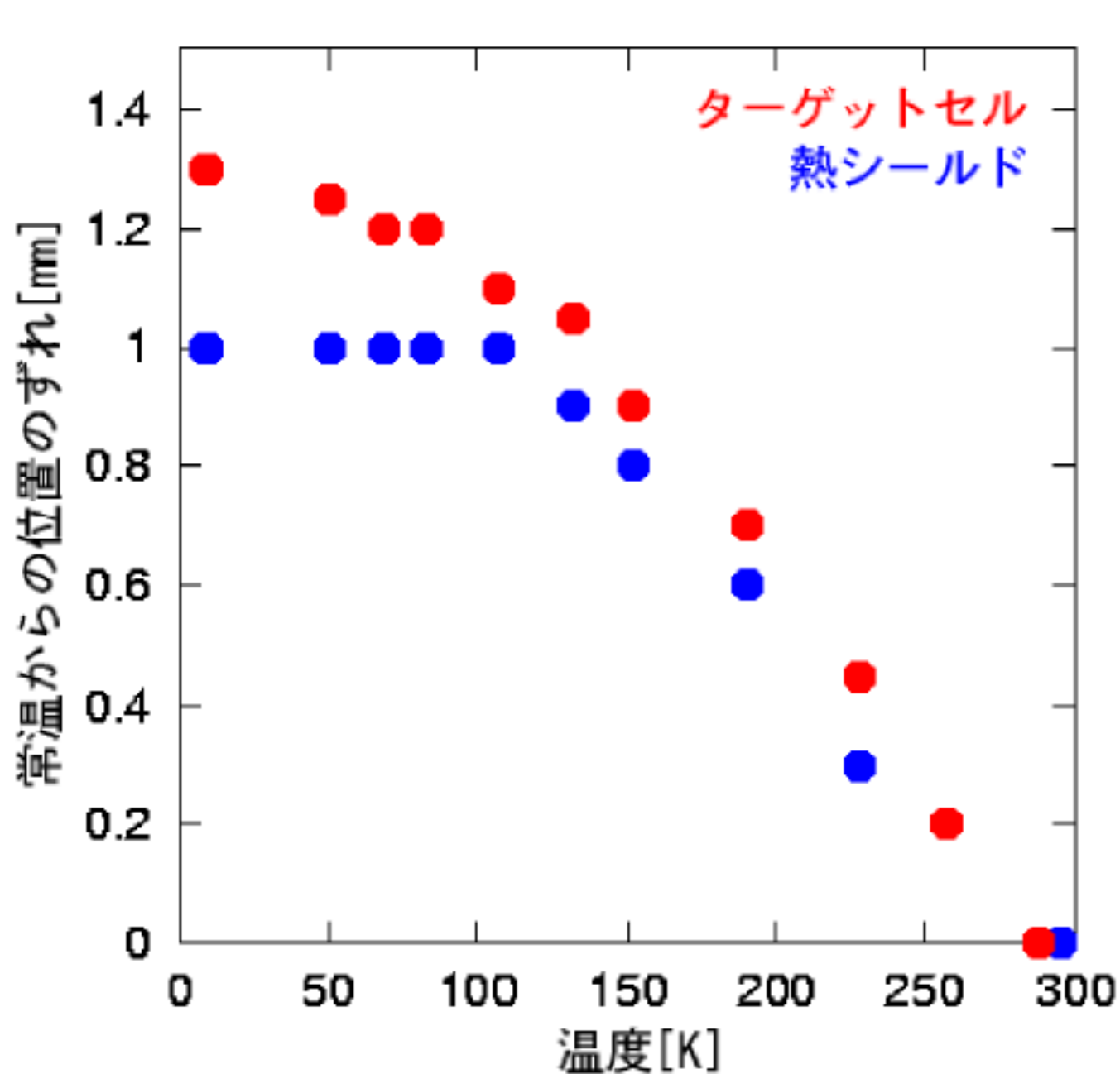
ターゲットセル上の反応位置



- 固体水素領域でのイベントを選ぶことが可能
- ビームのすそがCuに当たっている → 穴径を大きく
- ターゲットセル中心がビームラインより高い → 熱収縮によるずれ

熱収縮による位置のずれ

熱収縮による位置のずれを考慮する必要がある

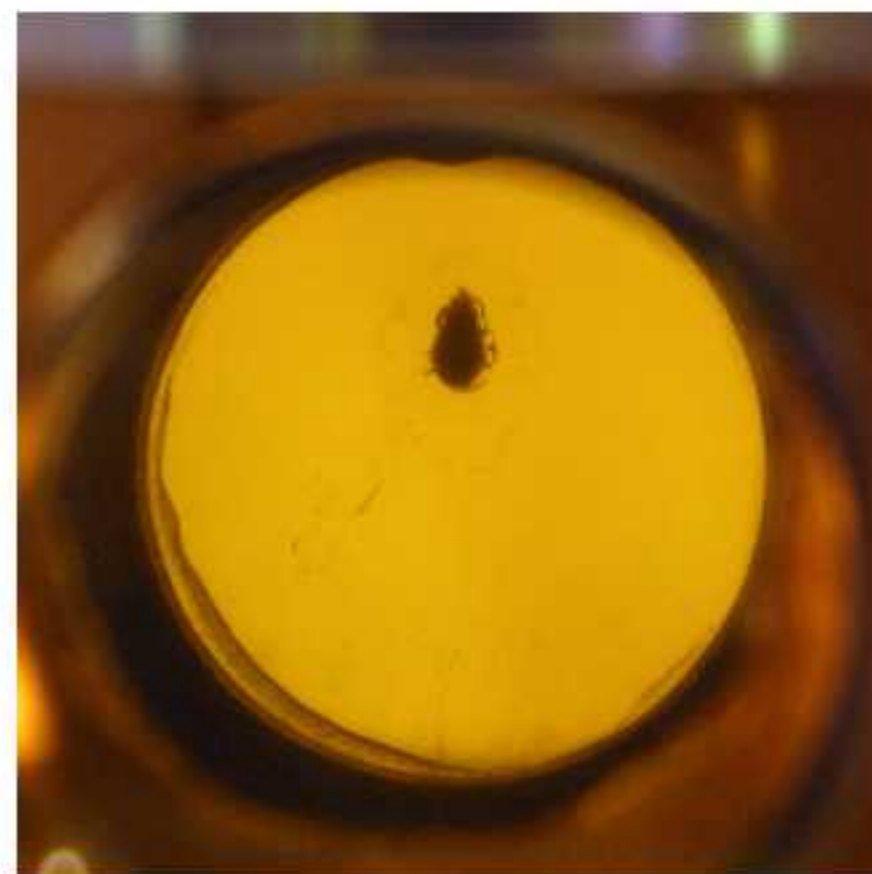


ターゲット中心がビームラインの高さと一致するように追加工

膜の膨らみ

- セル容積 $15^2\pi \times 5 = 3.53 \text{ cm}^3$
 - 固体水素作成に使用した水素 3.30 L (気体, 1 atm)
 - 水素の密度
 - 気体...0.0898 mg/cm³
 - 液体...0.0710 g/cm³
 - 固体...0.0868 g/cm³
- ↓
- 固体水素体積 3.42 cm^3 セル容積と3%で一致
- 液体水素の蒸気圧 60 Torr (14 K)

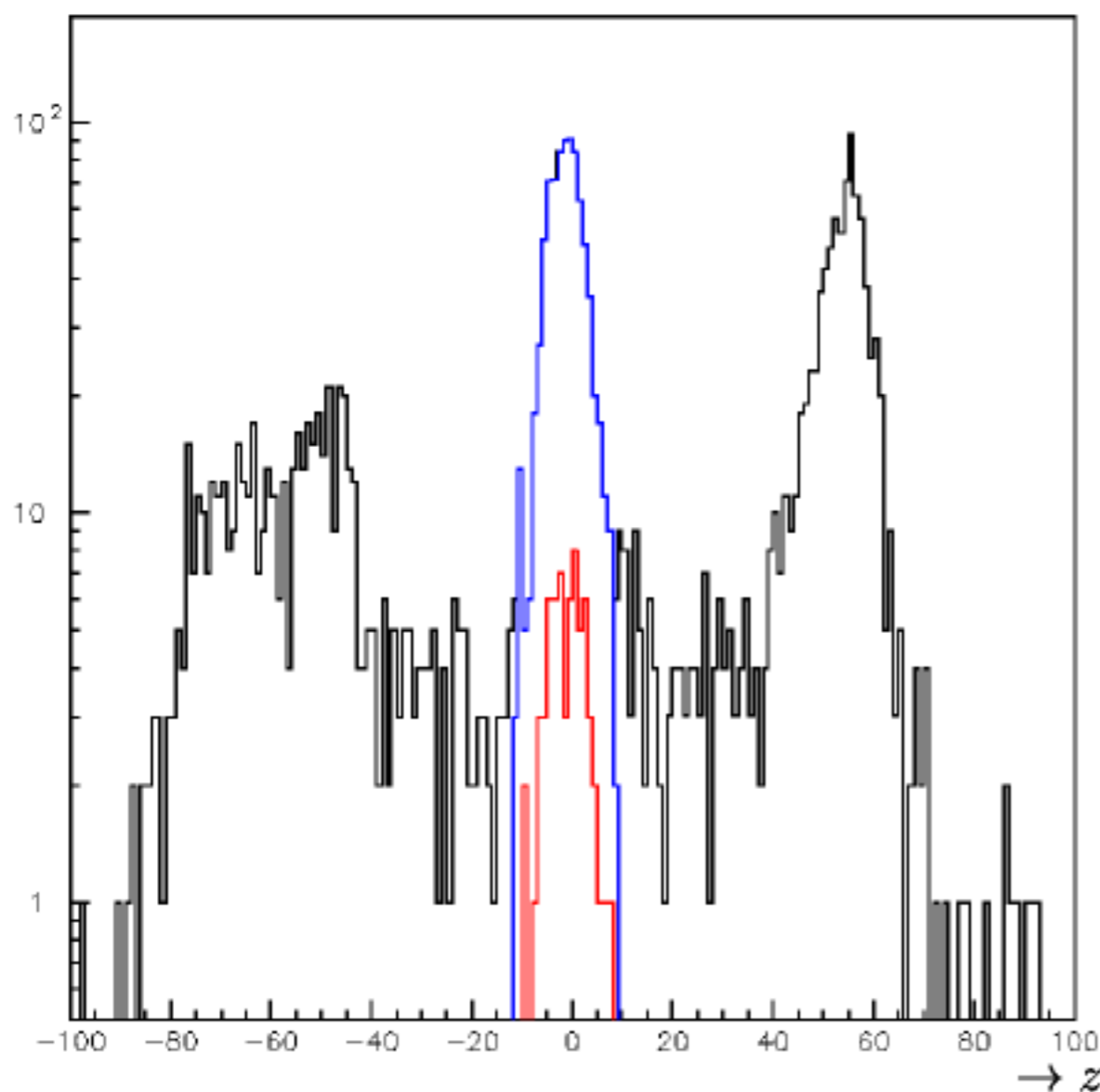
膜の顕著な膨らみはない？



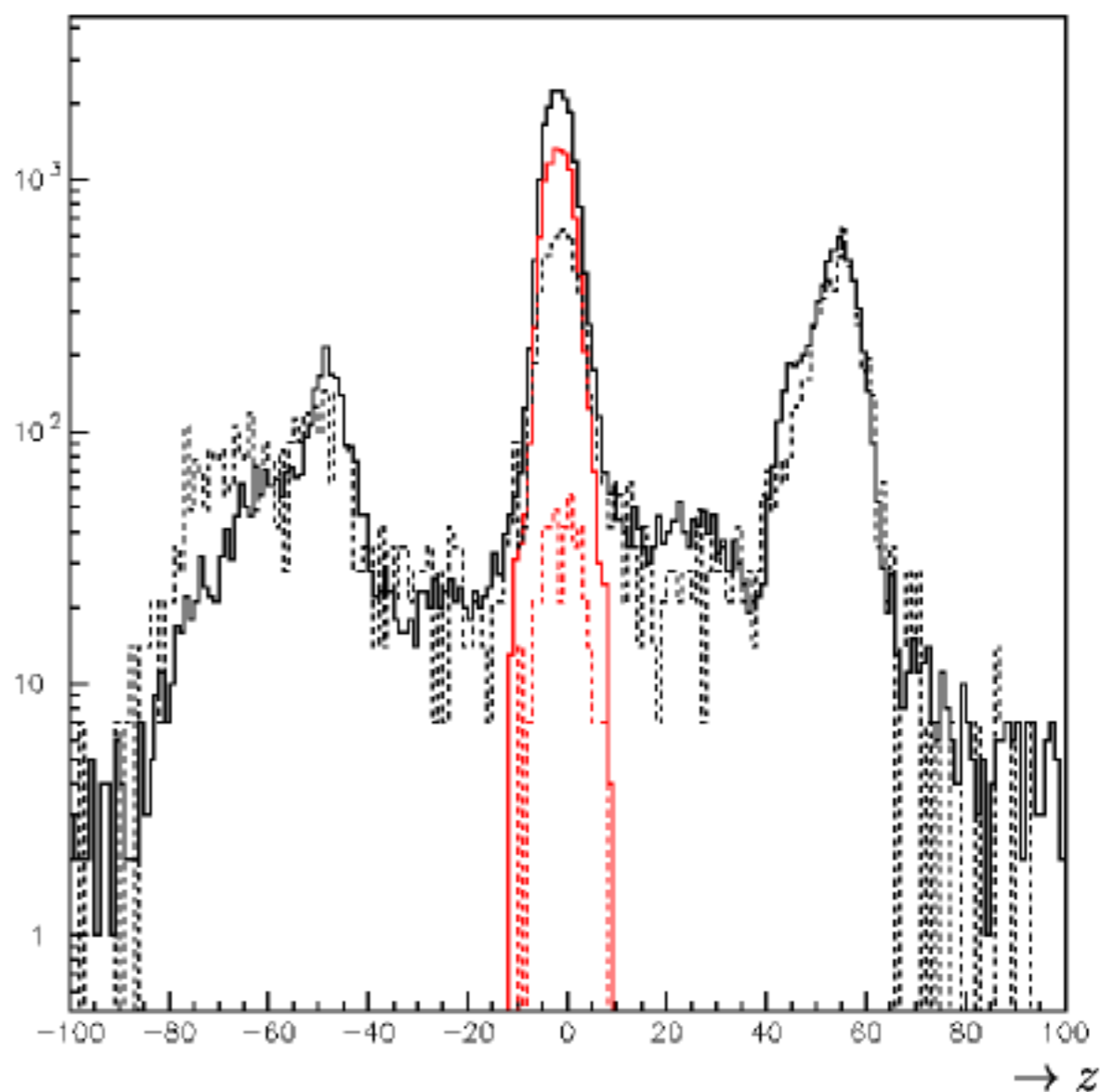
バックグラウンドの測定

膜のみでの測定

ビーム方向の反応位置



ビーム量でスケールして比較



■ $9 \mu\text{m}^t$ マイラー $\times 2$ $S/N \sim 20$

まとめと課題

■ まとめ

- 逆運動学を用いた実験において、
高 S/N 比と厚さの一様性を実現する標的として固体水素標的を導入
- 固体水素作成後は極めて安定した運転が可能
- 標的の厚さは一様
- 熱収縮によるターゲット位置の変化に注意
- 密度の低い領域("す")ができしまう

■ 課題

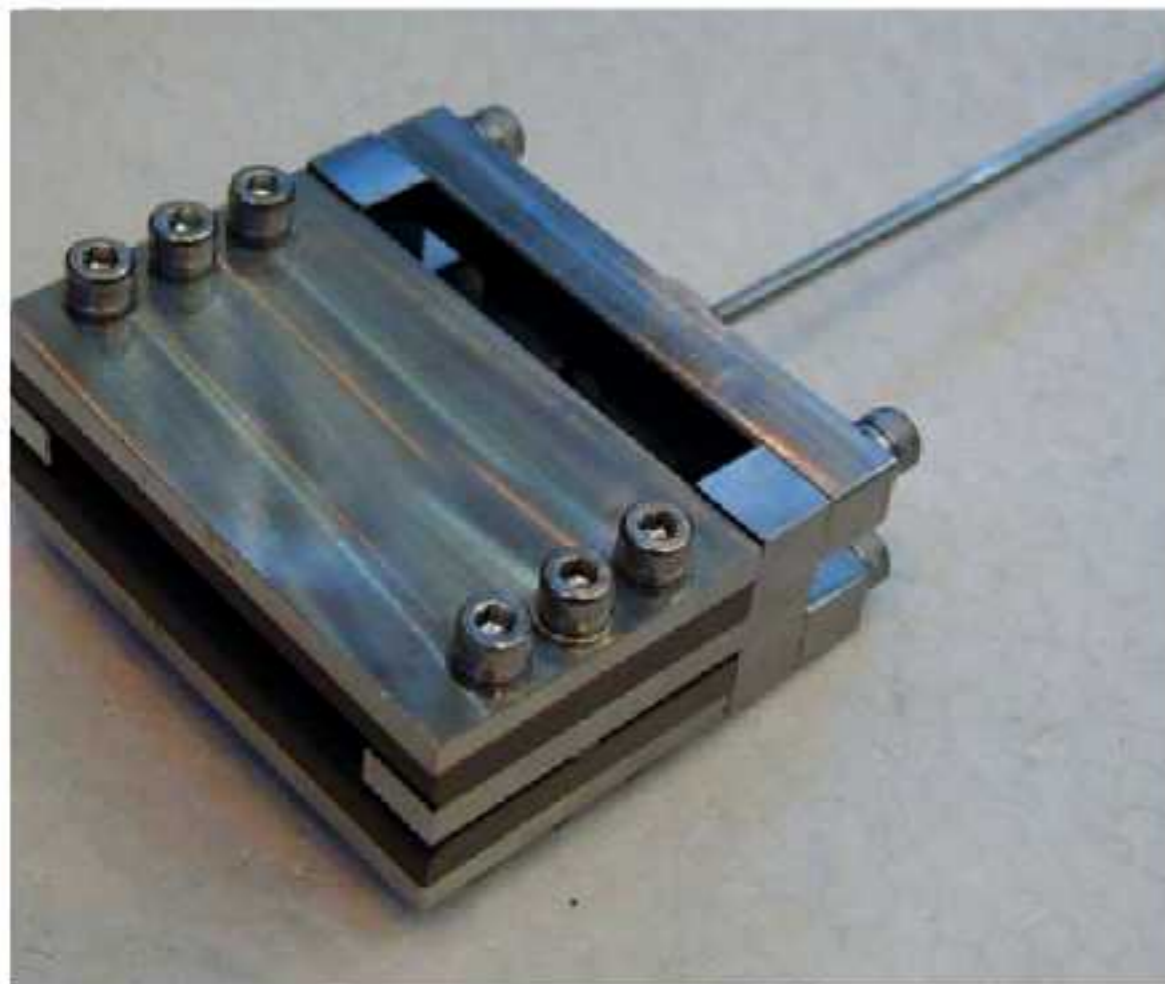
- ターゲットセルの穴径を大きくする
- 密度の低い領域が(中心付近に)できないようにする

涙型ターゲットセル

- Cuに当たるビームの量を減らす
- "す"の位置をビーム中心から遠ざける

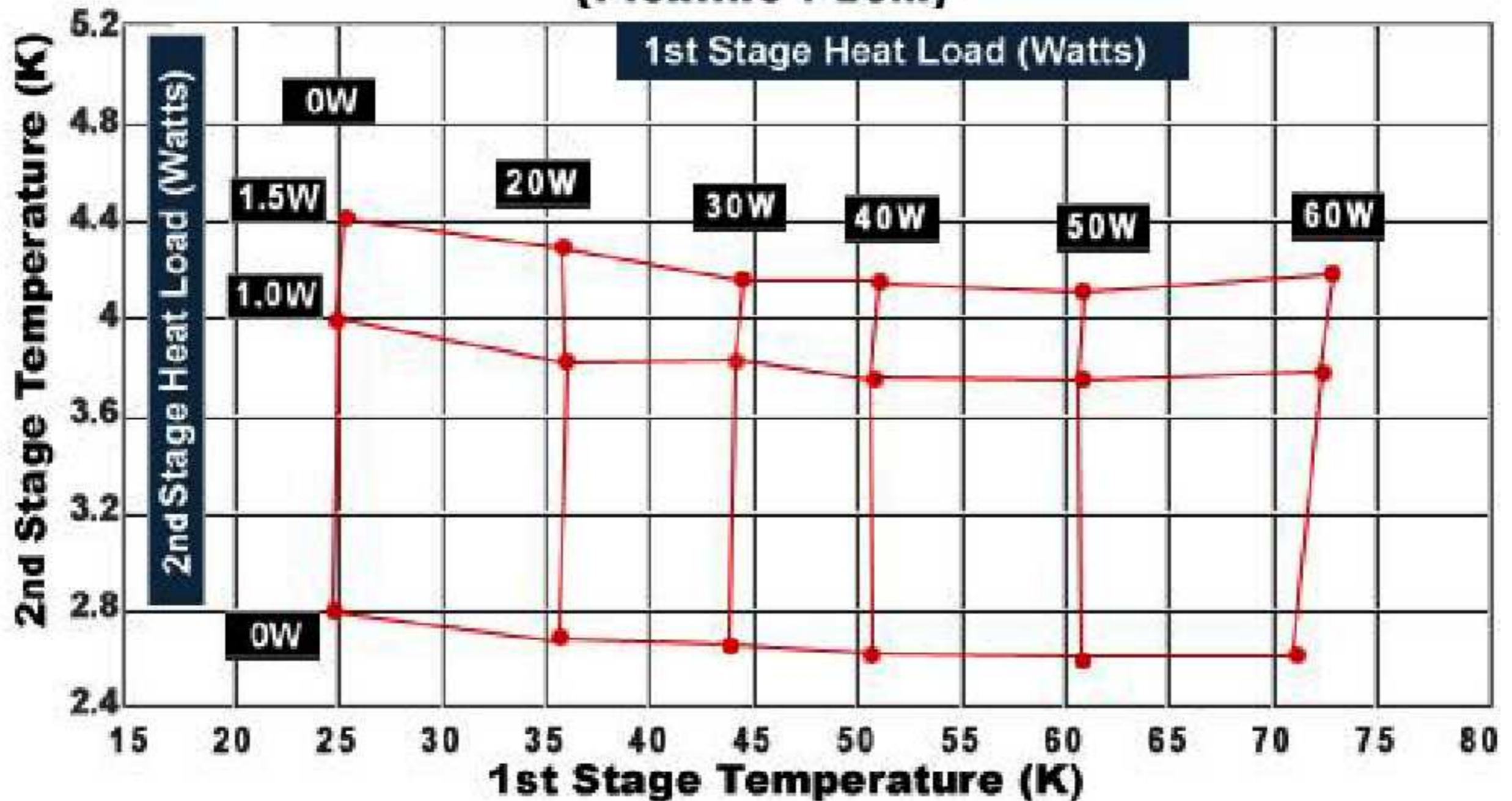


ターゲットおさえ



ロードマップ

RDK 415 Typical Load Map (50Hz)
(Flexline : 20m)



S/N , yield

CH₂

solid hydrogen

イベント数の比 $\frac{\#EV(H)}{\#EV(C)} \sim 2$

→
約10倍

$\frac{\#EV(H)}{\#EV(C)} \sim 20$

陽子数の比 $\frac{N(H)}{N(C)} = 2$

→
約100倍

$\frac{N(H)}{N(C)} = 240$

厚さの比 $\frac{\text{thickness}(H)}{\text{thickness}(C)} = \frac{1}{6}$

→
約100倍

$\frac{\text{thickness}(H)}{\text{thickness}(C)} = 18$

収量
0.1 g/cm²
N(H)=0.86×10²²

→
約3倍

0.0434 g/cm²
N(H)=2.61×10²²