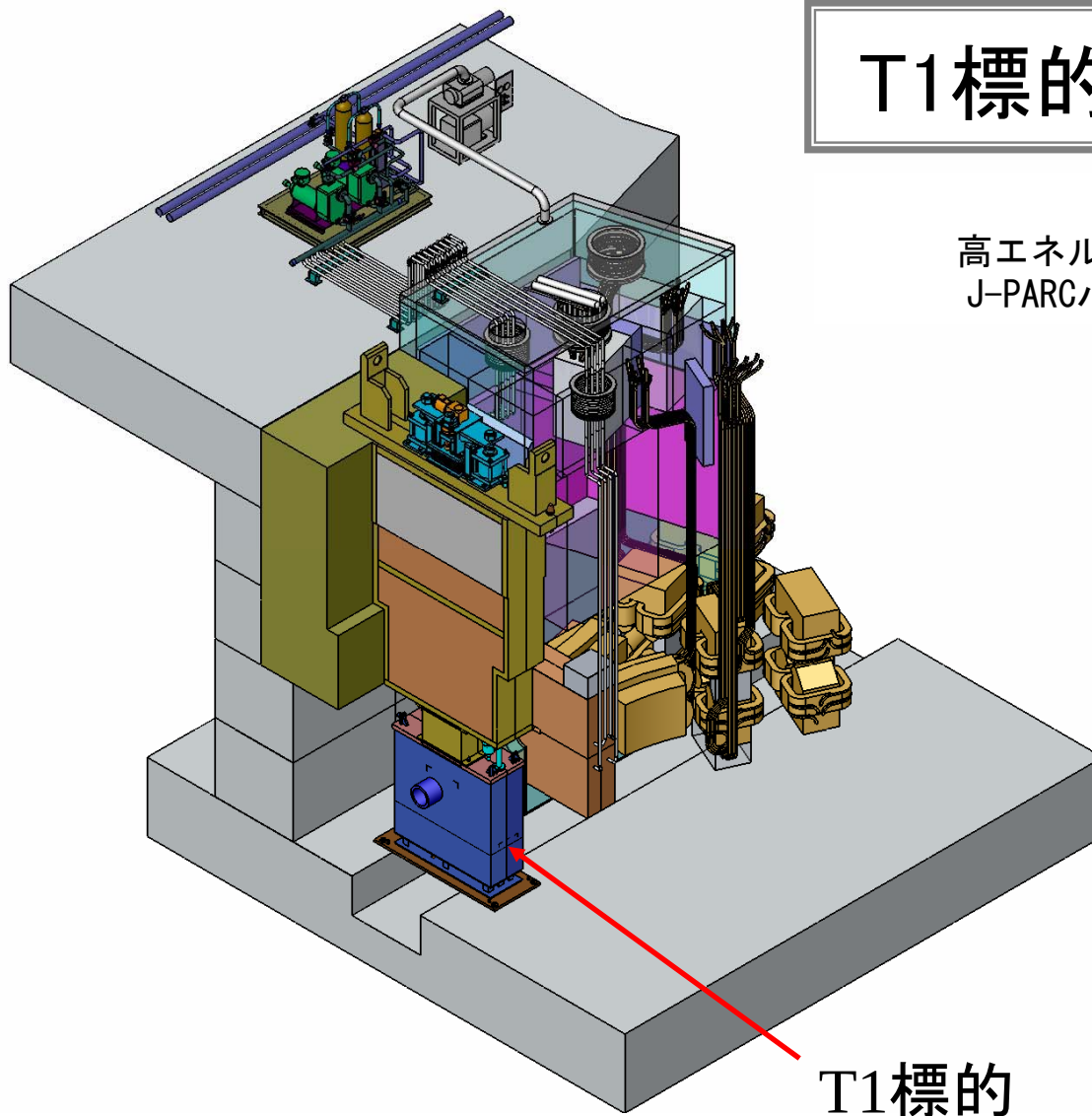


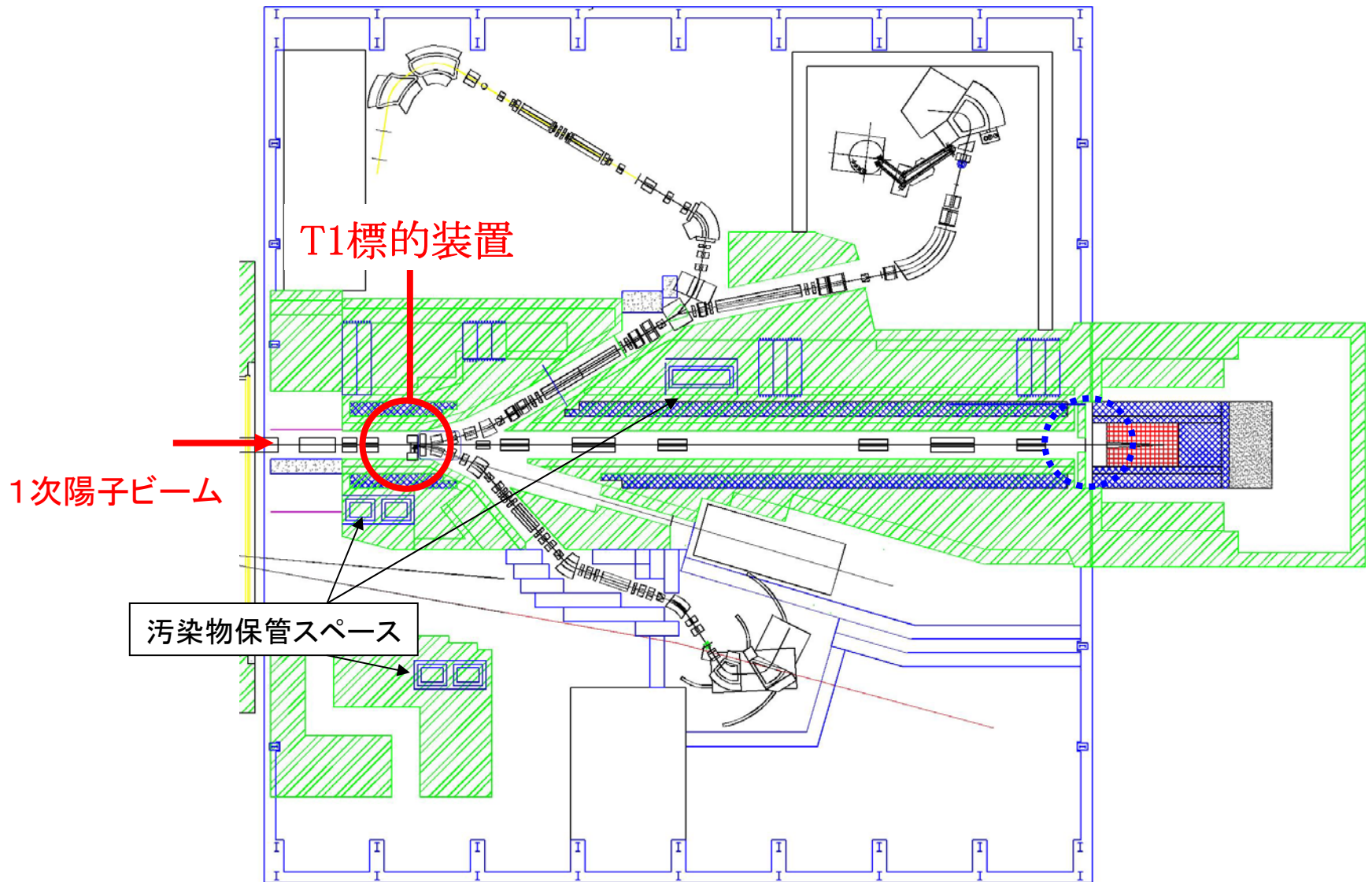
T1標的装置の現状

山野井豊
高エネルギー加速器研究機構
J-PARCハドロンビームラインG



T1標的

T1標的設置場所



R&D-2号機

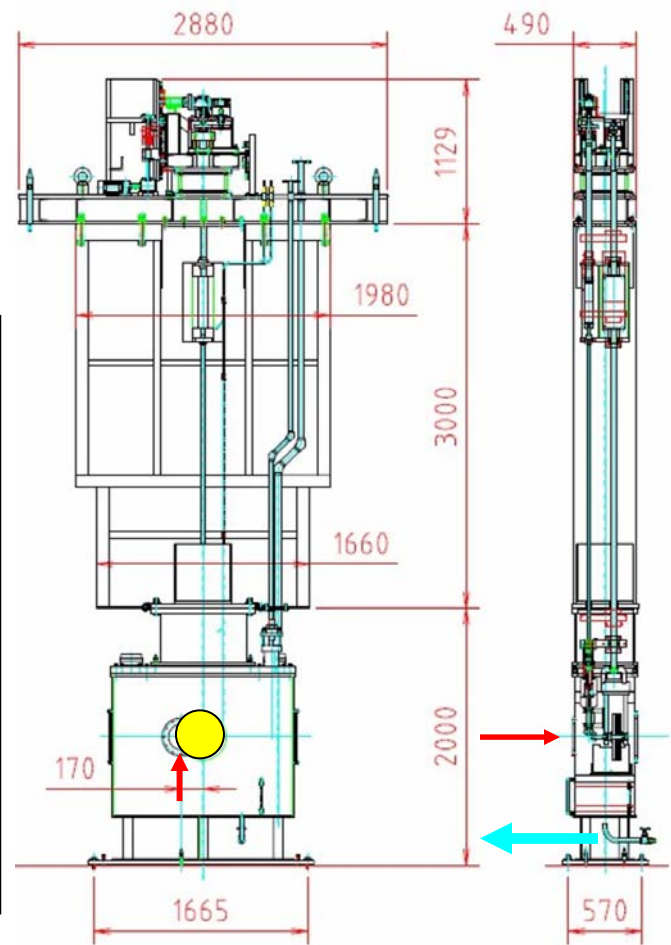
サービススペース

駆動昇降機構

遮蔽体

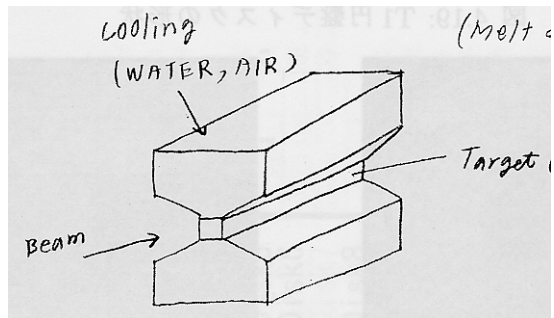
一次ビーム

汚染物保管スペース

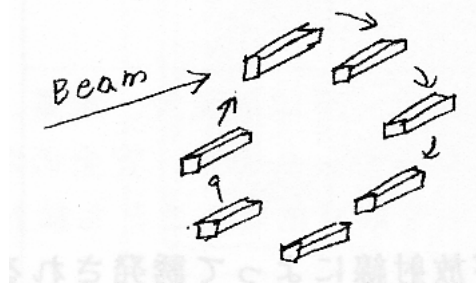


2007年5月現在

なぜ回したか

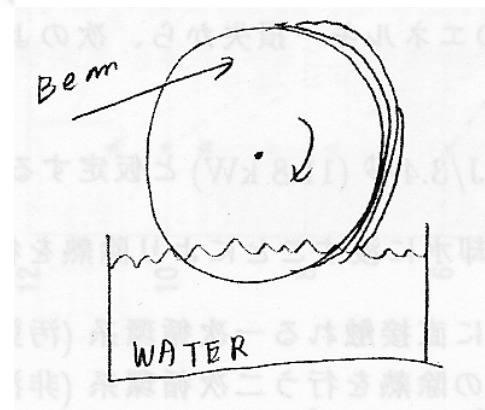


高速回転させて入射ビーム密度を小さく

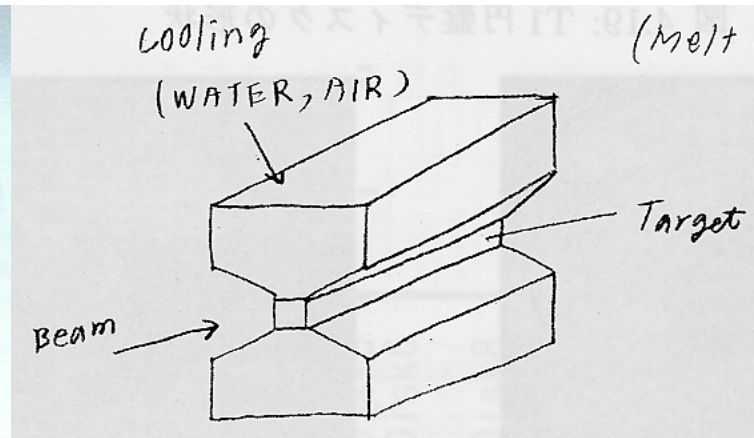
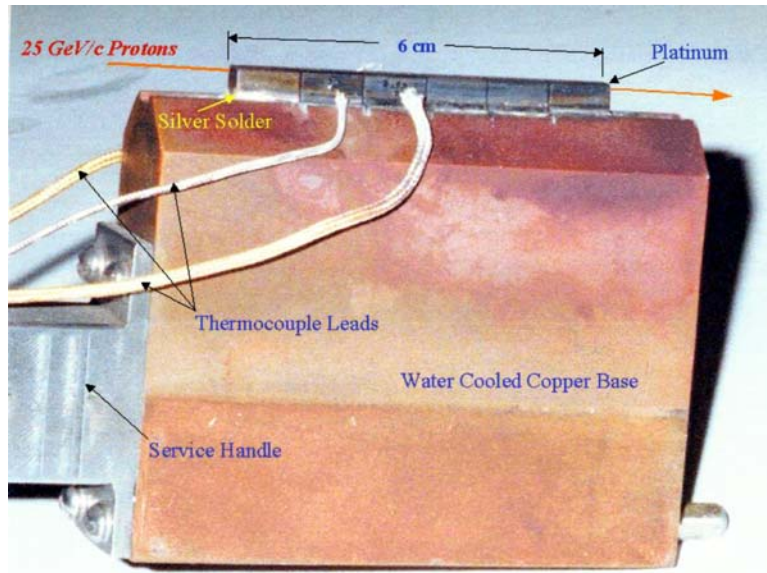


リボルバー式

- 円盤の直径、厚さ、回転速度
- 熱設計(除熱方法)
- 回転駆動方法
- 収納容器の構造(対ビームライン、コリメータ)
- 設置、廃棄のシナリオ



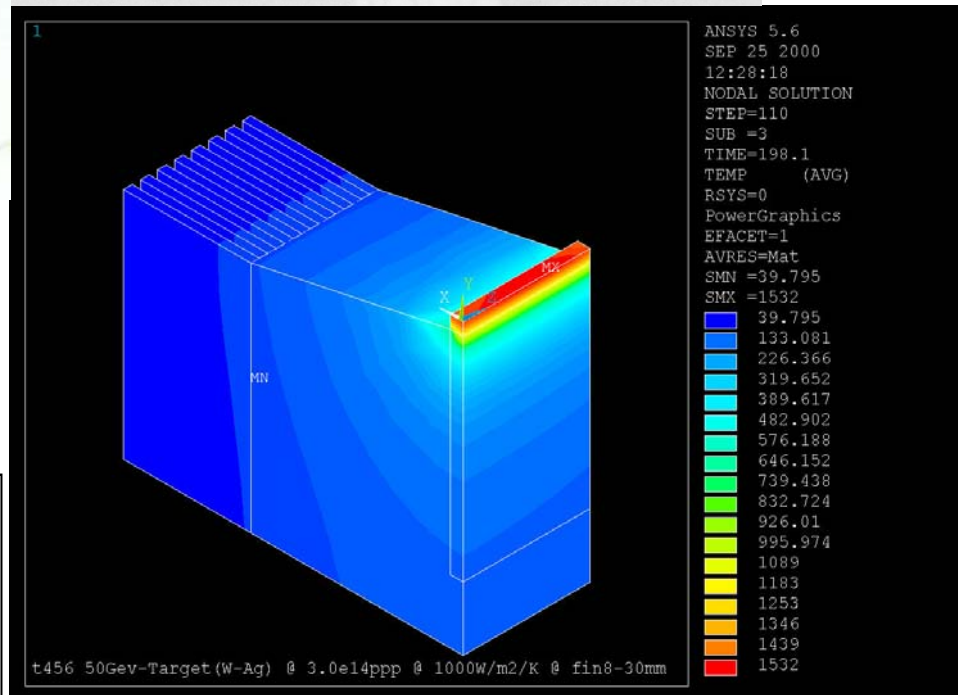
固定ターゲットだったら

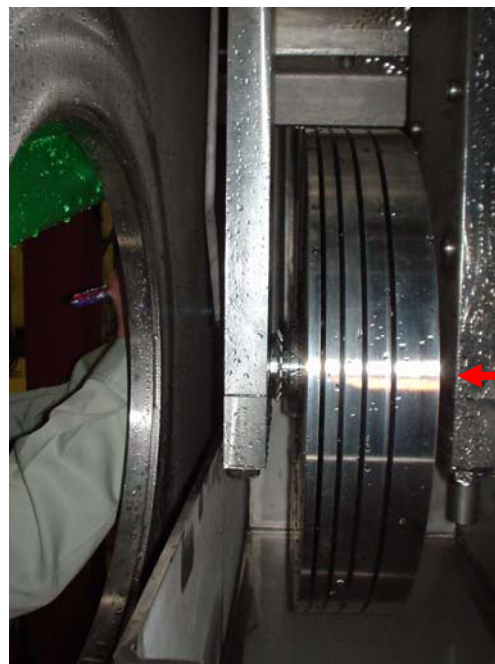
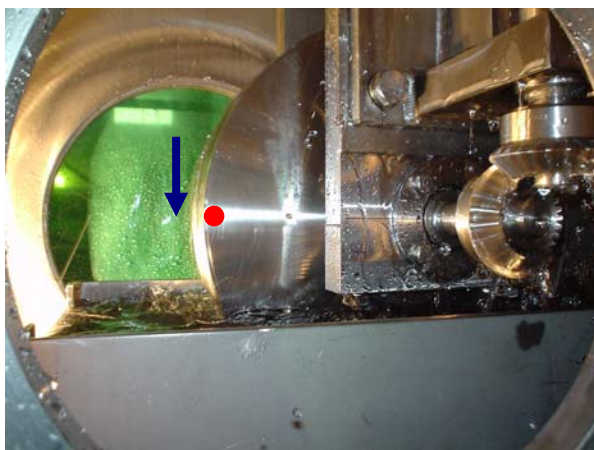


AGS 25GeV /c、15TP
Pt Target
331°C at end of beam
43.3°C at end of cycle

C Target 12-9-97

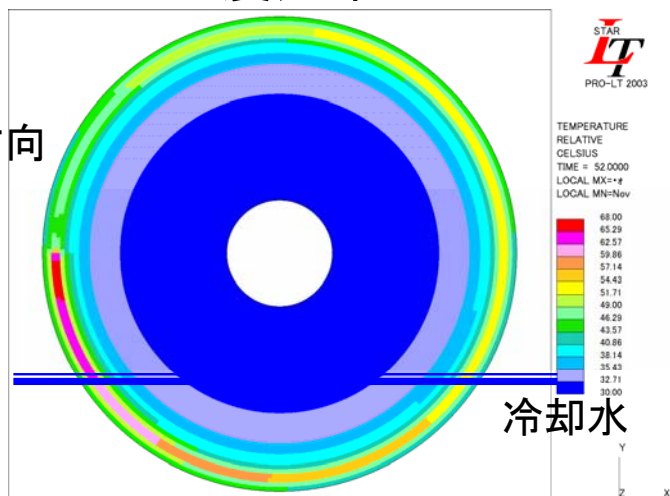
50GeV /c、330TP
W Target
1400°C at end of beam
180°C at end of cycle





温度分布

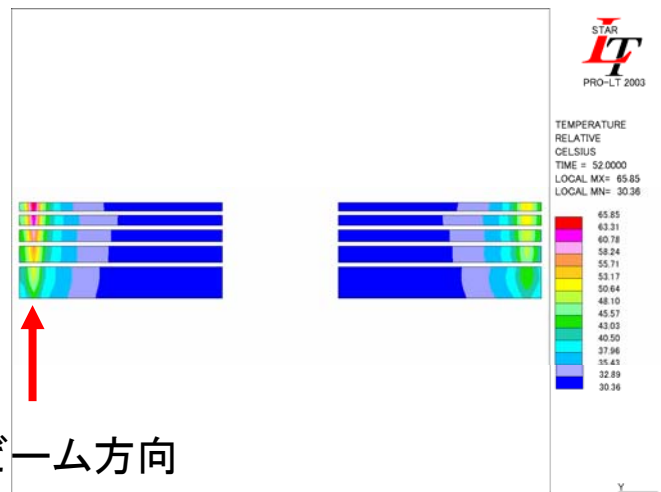
回転方向



温度分布

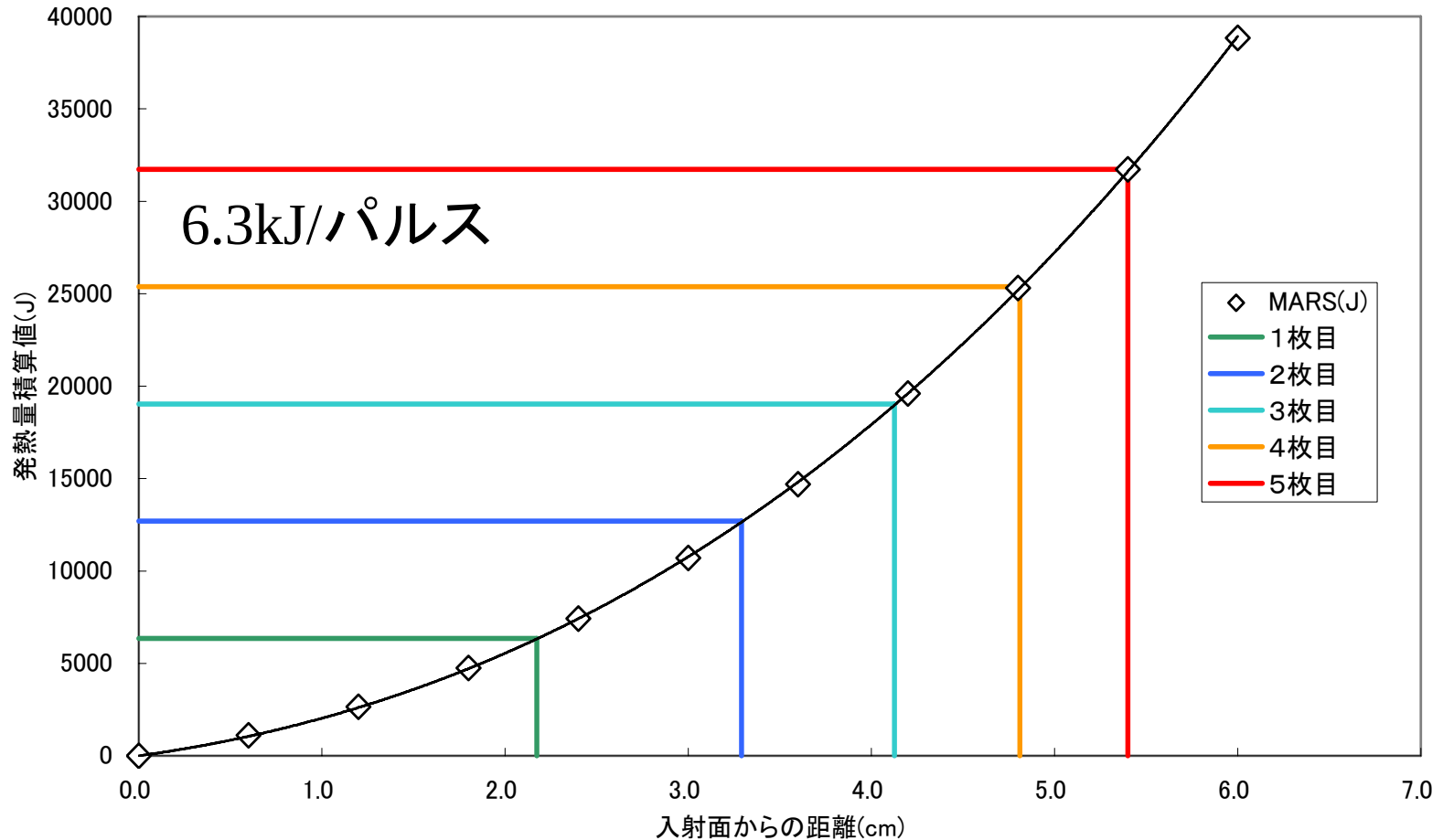
5枚目 ビーム下流側

最大66°C



34.2秒後(C10ビーム入射終了時)

ディスク5枚の等発熱分割



ディスク5枚の等発熱分割

非定常解析(断続熱負荷)

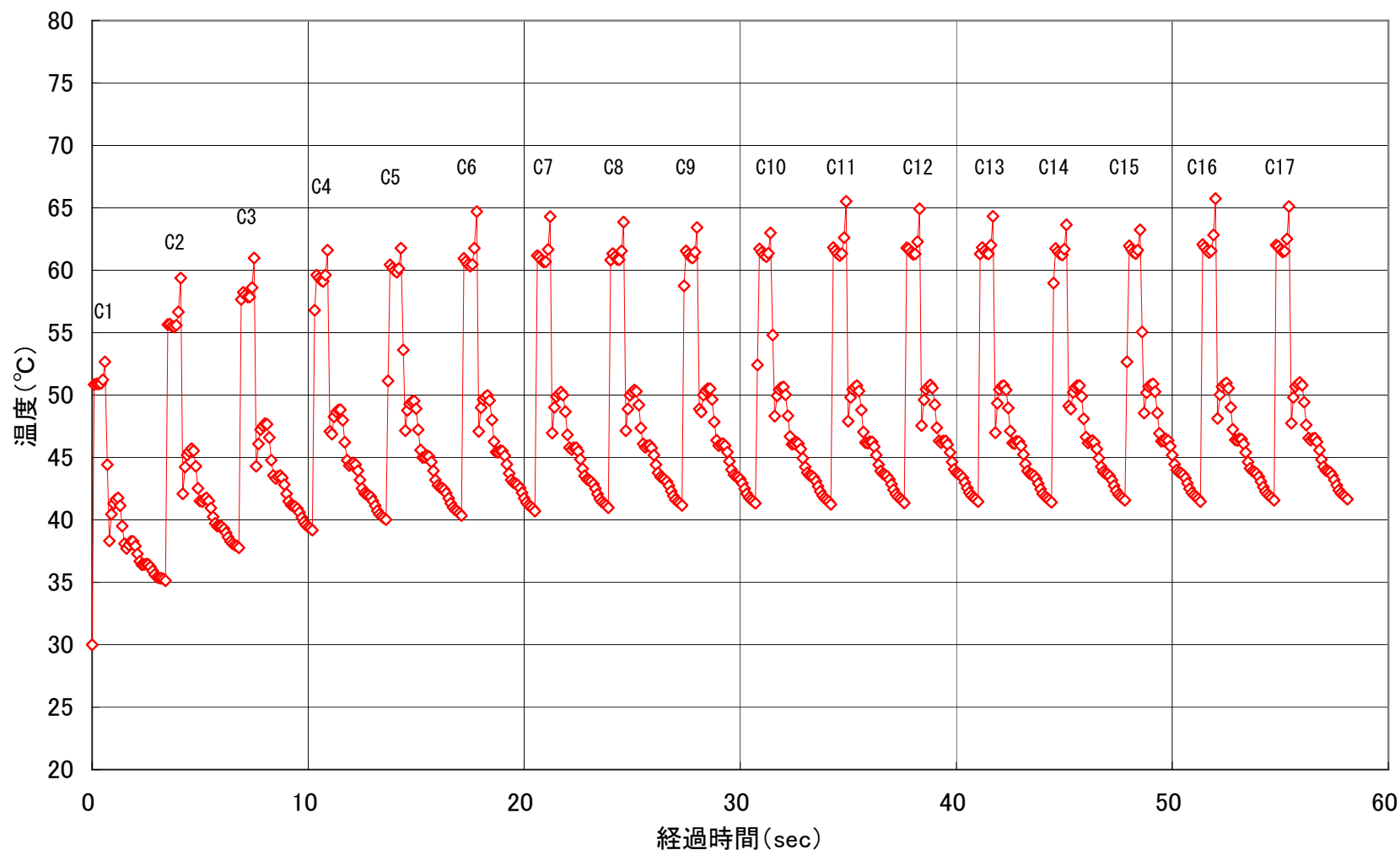
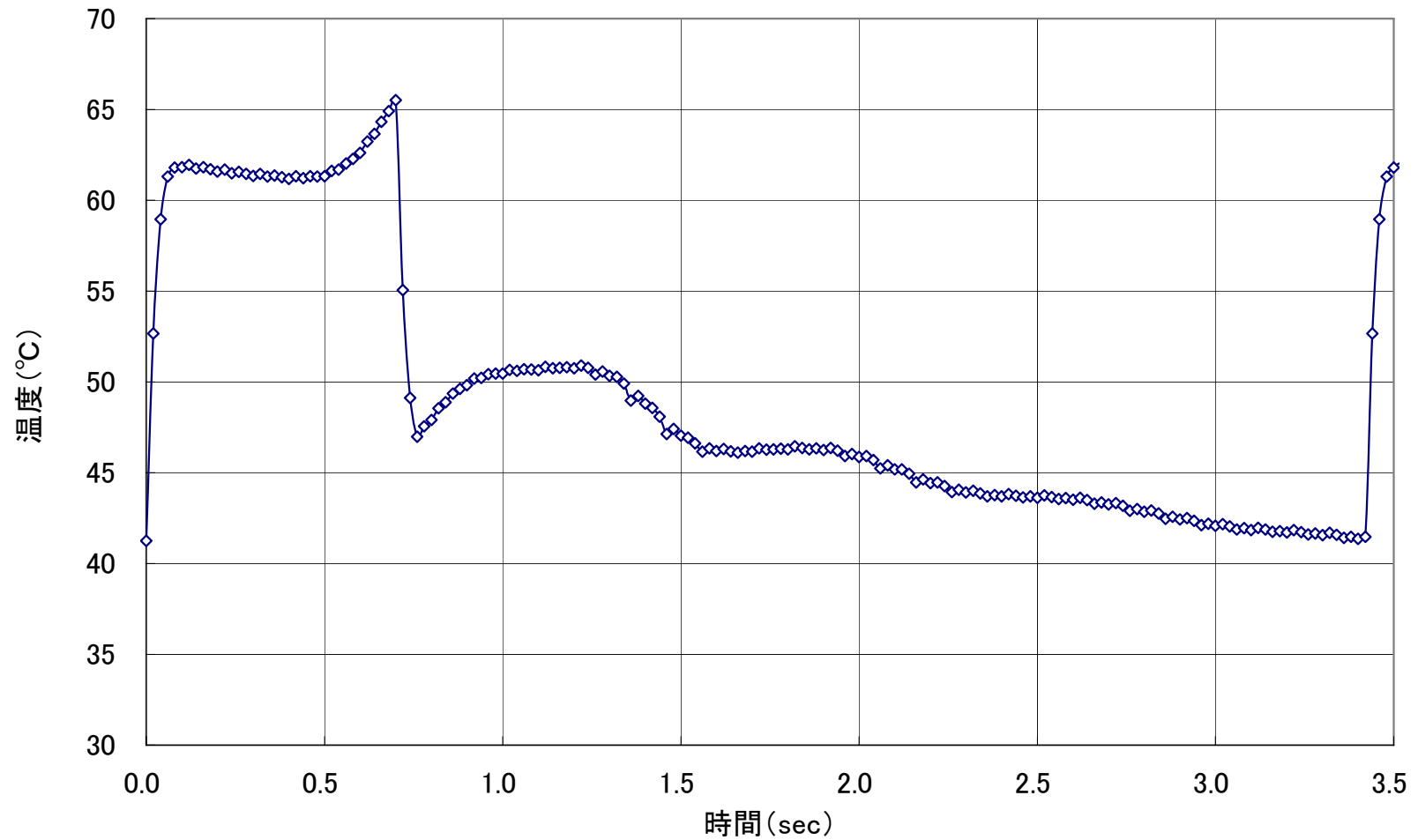


図 標的円盤ビームスポット部の温度(Niターゲット、Φ360mm、水没100mm、85rpm)

非定常解析(断続熱負荷)



図

平衡サイクル(C11~C16)中の温度変化

ターゲット本体

- 材質 低炭素ニッケル (JIS-H4551合金番号NW2201)
Ni:99.5%, C:<0.02%, Si:0.1, Mn:0.2, Cu:0.01, Fe:0.15
- 熱伝導率 67 W/m/K
Ag(420), Cu(390), Au(320), Fe(84), Pt(70), **Ni(67)**, SUS304(16.3), Inconel 625(9.8)
- 密度 8.88g/cm³
Pt(21.1), Au(19.3), Ag(10.5), Cu(8.9), **Ni(8.88)**, Inconel 625(8.44), SUS304(7.9), Fe(7.8)
- 耐食性 孔食、隙間腐食、応力腐食割れに強い、
還元性雰囲気、酸化性雰囲気ともに使用可能なこと
- ビーム時間幅0.7 sec, 間隔3.42 sec
- 回転数 85rpm (0.7sで1周する回転数)
- 直径 360mm (ビーム密度 10^{11} ppp・mm²←最高温度80以下・許容応力80MPa以下)
- 厚さ 21.7, 11.2, 8.3, 6.9, 5.9mm 計54mm (入射陽子と30%相互作用長)
- 3×10^{14} 個 (750kW) の30%損失、円盤自身には1枚6345J/パルス (2kW程度)

回転標的比較

		Fermilab	AGS g-2	HD hall-T1
Energy	GeV	120	24	50
入射陽子数	ppp	4.0E+12	6.0E+13	3.0E+14
取出し周期	sec	3	2	3.4
パルス幅	msec	1.6	231	700
Beam size on target	ϕ mm	0.28	3	3
円盤	material	Ni/rhenium	Ni-200	Ni-201
直径	mm	95	152.4	360
回転数	rpm	75	60	85
円盤厚さ	mm	70	6.35	21.7-5.9
円盤枚数		1	24	5
奥行き	mm	70	152.4	54
1周長	mm	298	463	1100
発熱長(Beamの当る長さ)	mm	70	107	1090
発熱長/全周	%	23.5%	23%	99%
Beam密度	protons/mm ²	2.0E+11	1.9E+11	9.2E+10
入射陽子による総発熱量	kJ/pulse	0.54	17.0	20.9
冷却方法		air	water	water
最大温度(ビーム軸上)	°C		88	66
平均温度	°C		42	43
Total energy	kJ	77	230	2400

T1標的一次冷却水の処理(トリチウム)

T1標的用一次冷却水のトリチウム濃度の見積り
MARSによる見積り

→ 11.2 kBq/cc/14d (滞留水量80Lとして)
cf. K2K電磁ホーン一次冷却水からの類推
→ 15.5 kBq/cc/14d

排水濃度30Bq/cc以下

トリチウム処理のシナリオ案

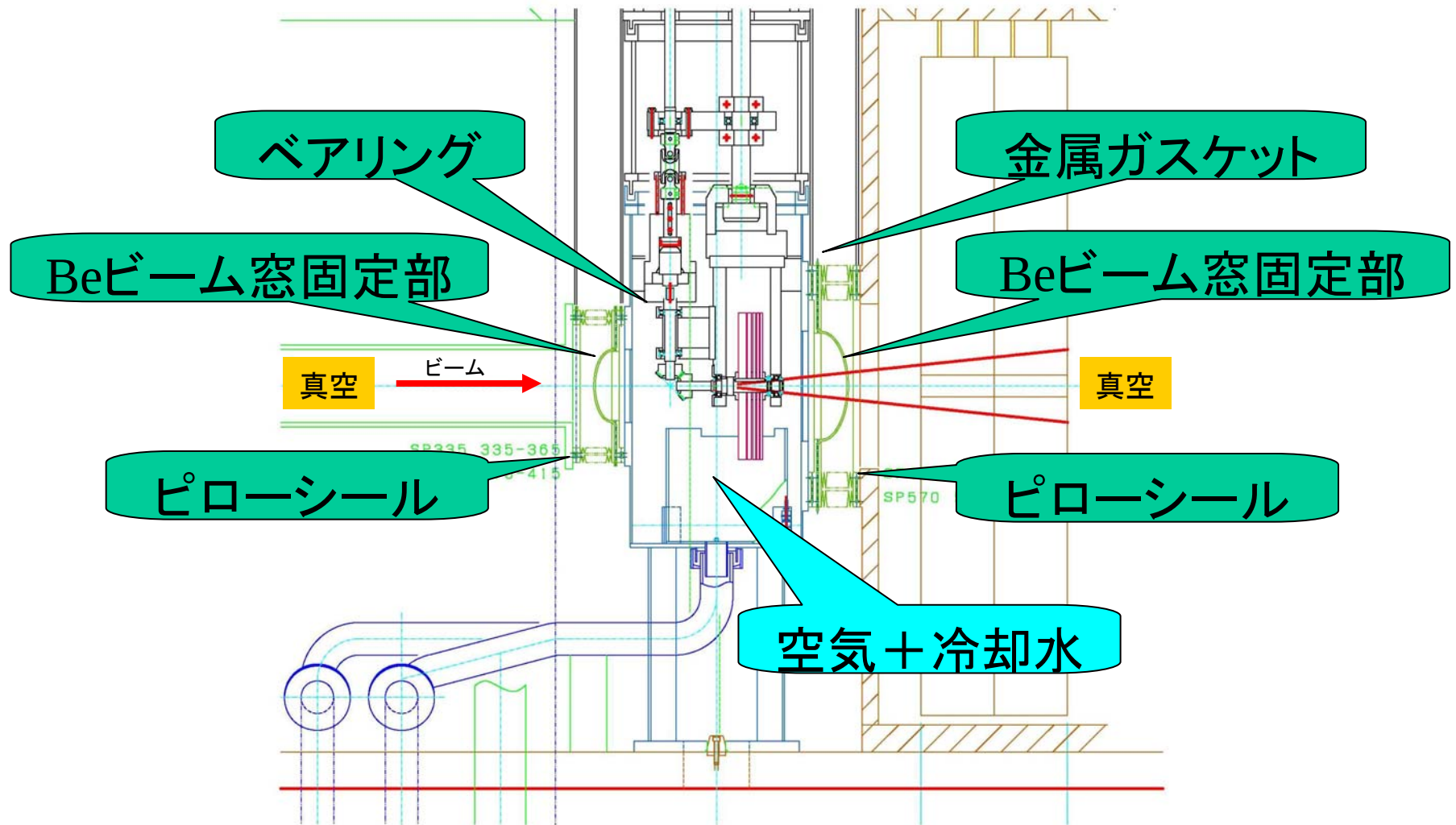
○3W毎に0.7m³の水で希釈して廃棄物処理

→この方式で10m³タンクに最大8t(10回)まで貯蔵可能
△3W毎に30m³の水で希釈して排水する。

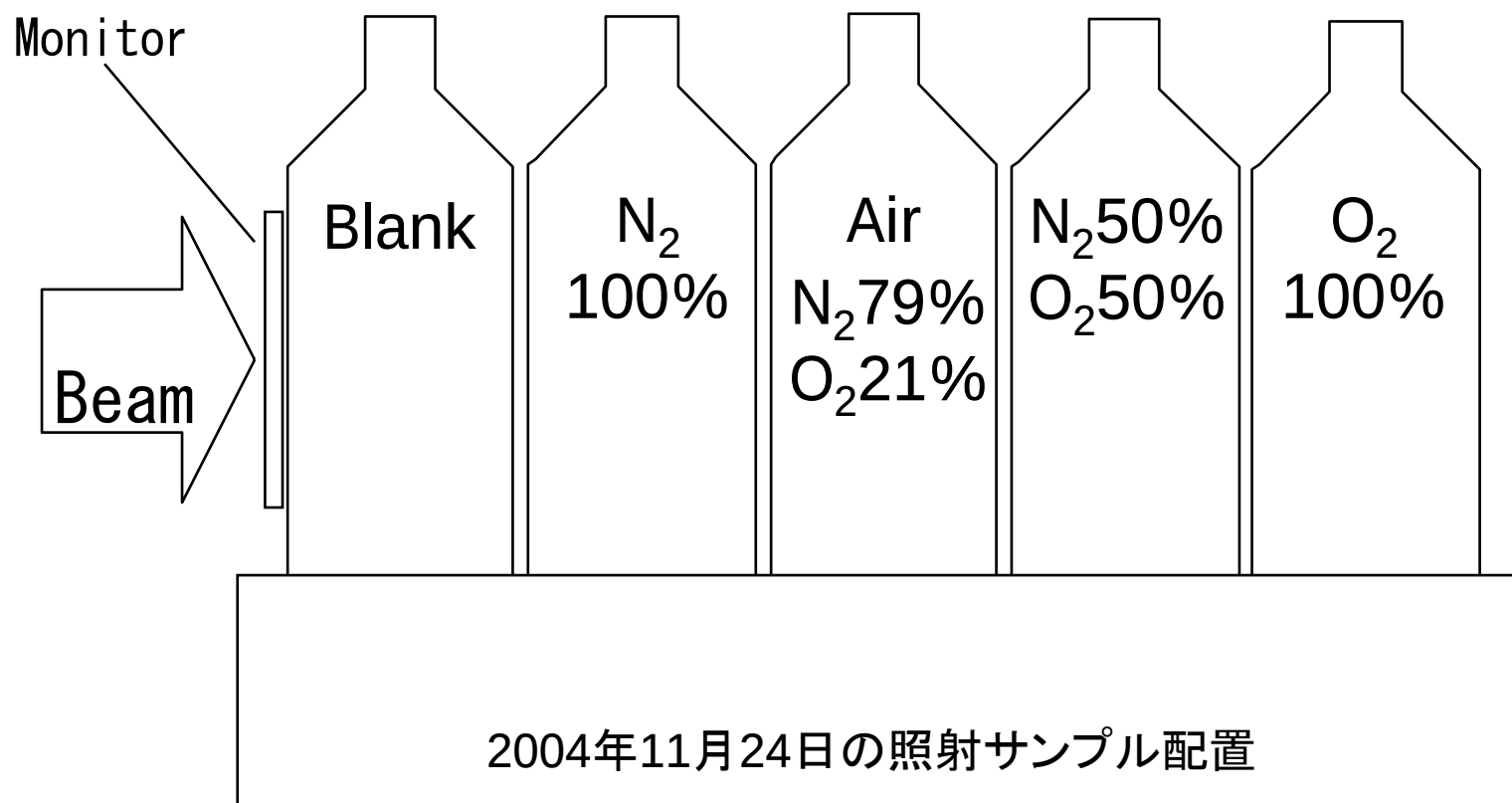
T1標的一次冷却水の処理(硝酸など)

- 装置内の空気から硝酸生成 21g/day
(260ppm/貯水量80L/day)
周辺機器の腐食
- イオン交換樹脂による除去
脱塩装置自身の廃棄(固体廃棄物2m³/年)
サービススペースでの保守作業
- 水素ガス4.7L/day
サービススペースでの停留、爆発

腐食損傷を受ける部品



HNO₃を減らすための模擬実験



測定結果(2004年11月24日)

照射試料	^3H 生成量(Bq)	HNO_3 生成量(ppm)
Blank	8.2	—
N_2 100%	1810	3.52
N_2 79% O_2 21%	1490	28.60
N_2 50% O_2 50%	1840	19.60
O_2 100%	1980	0.70

陽子数: 9.62×10^{16}

^3H 濃度には大きな違いはない、

HNO_3 は100% N_2 と100% O_2 では生成量が抑えられる。

(高橋一智 環境放射能研究会2005・3)

測定結果(2004年12月8日)

照射試料	^3H 生成量(Bq)	HNO_3 生成量(ppm)
空気	761	8.91
N_2 100%+水	1950	16.10
空気+水	2020	28.40
N_2 50% O_2 50% +水	2280	20.80
O_2 100%+水	2440	N.D.
空気(間接照射)	2	0.037

陽子数: 5.00×10^{16}

水が含まれる場合、ガス部分が100% N_2 でも HNO_3 生成量は増える、
安価な N_2 で充填したいが、水があると HNO_3 生成が抑制出来ない。

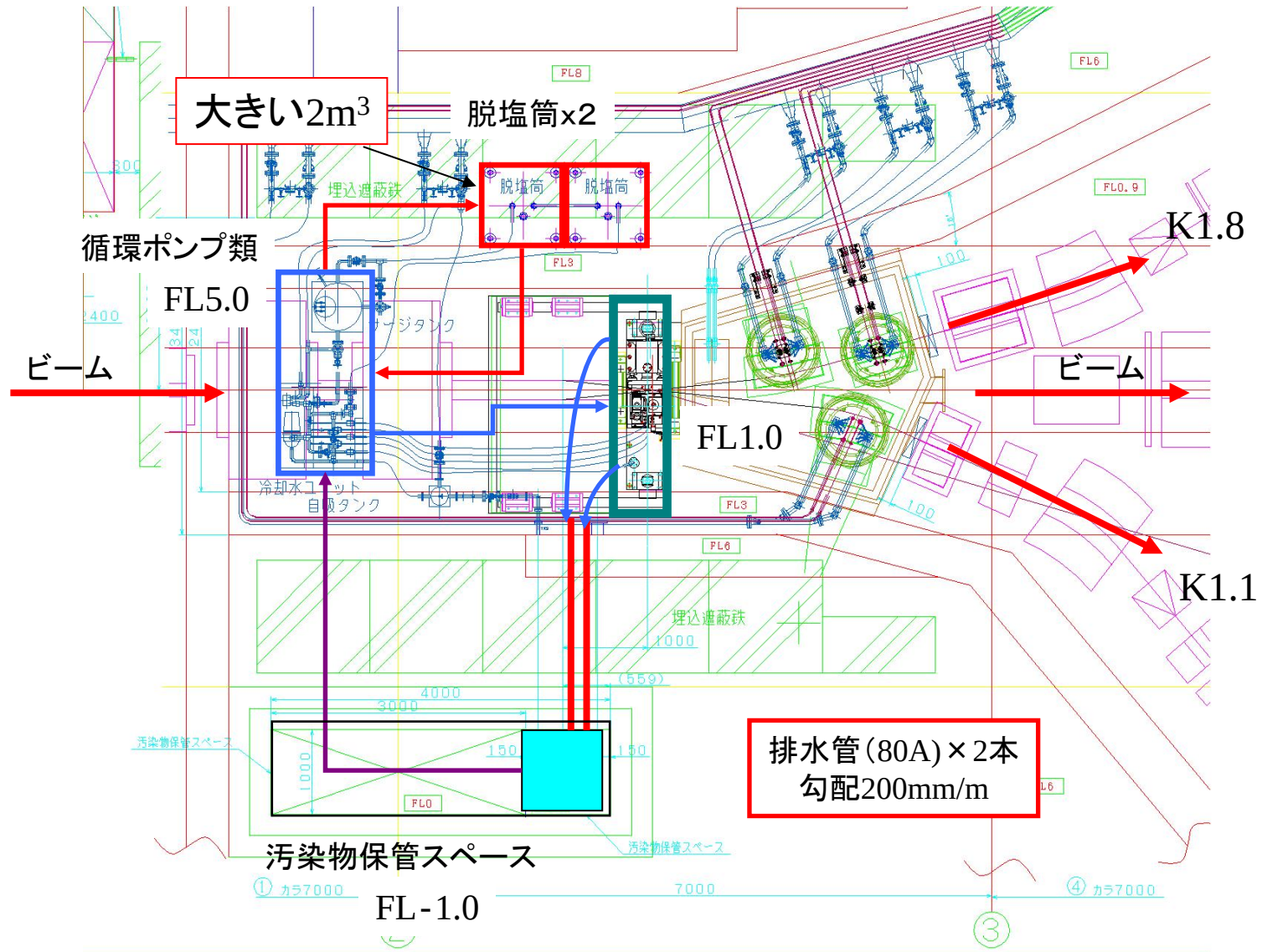
T1標的一次冷却水の処理(pH値など)

- 装置内の空気から硝酸生成 21g/day (260ppm/貯水量80L/day)

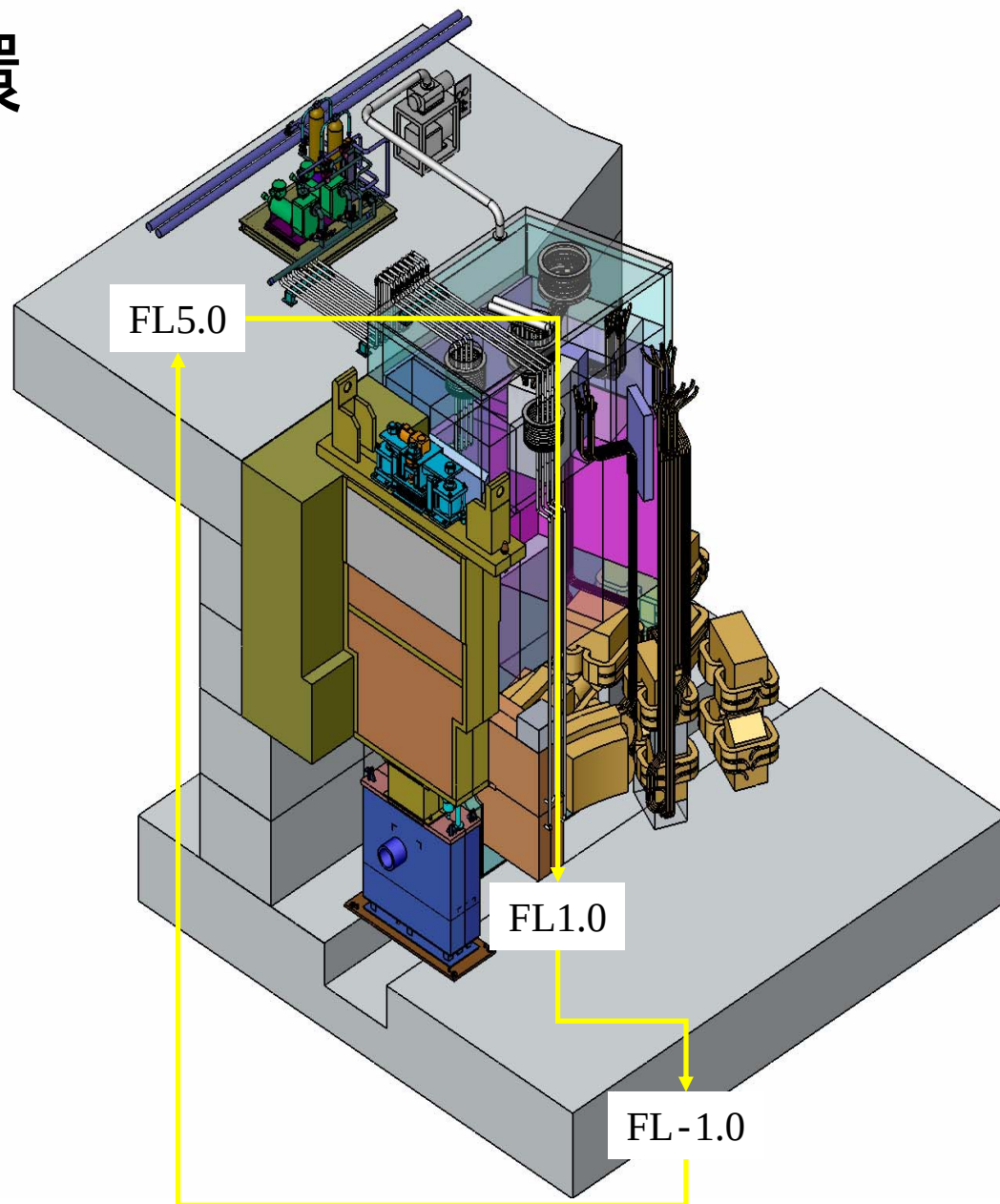
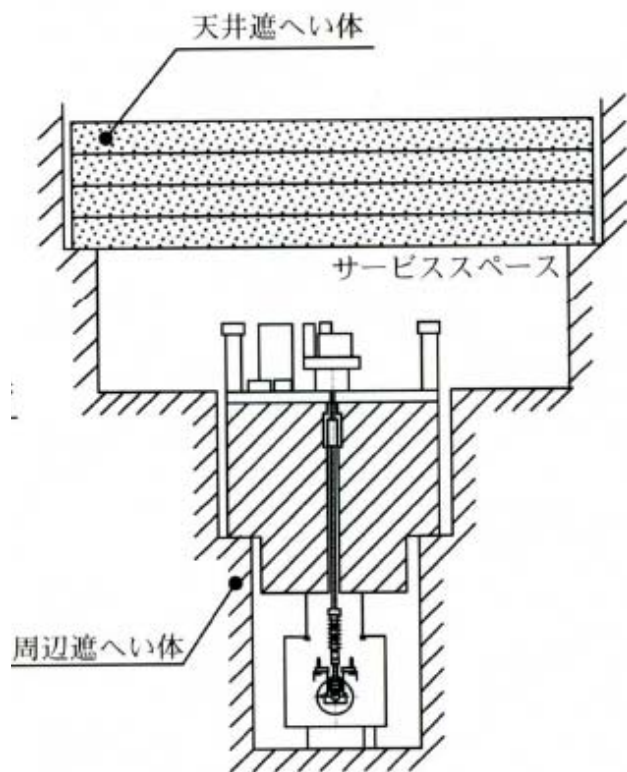
対策: Arガスを充満させる

- イオン交換樹脂による除去
→ 固体廃棄物(2m³/年)2000L/年
硝酸の生成を抑制できれば200L程度/数年
- 水素ガス 4.7L/day
→ T₂O、H₂Oとして戻す
触媒(0.2%Pd-Al₂O₃)3kg程度使用

冷却装置類の配置(平面図)



冷却水の循環

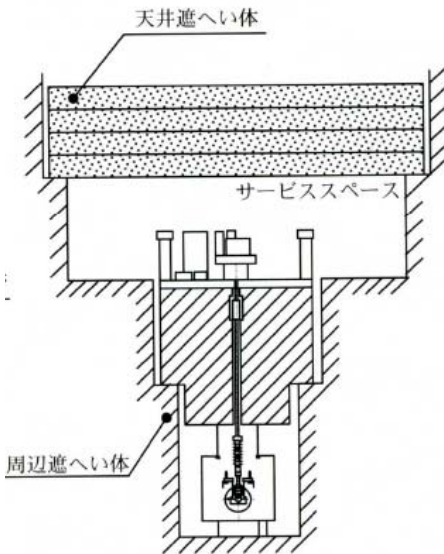


保守作業

T1 標的のメンテナンスシナリオ

標的円盤の交換手順...

1. 遮蔽体の開放し、T1水抜きと配管配線の分離
2. T1下部(回転部)を分離し、上部遮蔽体の退避
3. 標的円盤をキャスクで被い遮蔽
4. キャスクと共に標的を吊り上げ、
SSにキャスク共に放射化物保管場所へ廃棄
5. 開口部に鉄蓋をし、 γ 線を遮蔽
6. 新しい標的円盤を用意し、鉄蓋を退避
7. 標的円盤を設置し、続いて上部遮蔽体を設置・接続
8. T1配管配線接続、試運転の後、遮蔽体の閉鎖

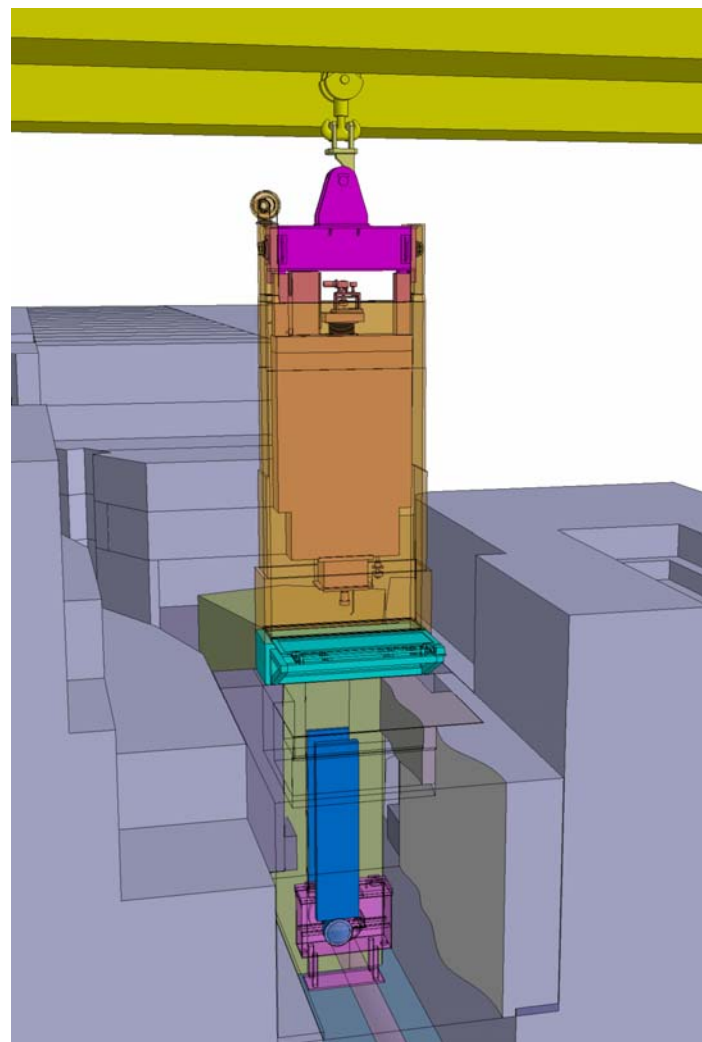
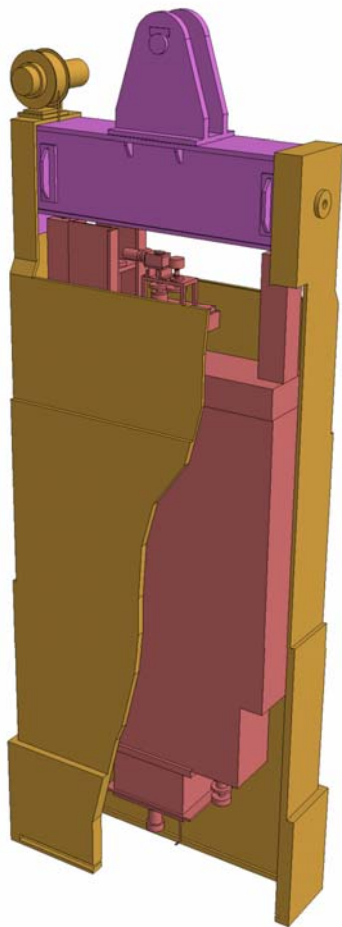


キャスクの大きさ

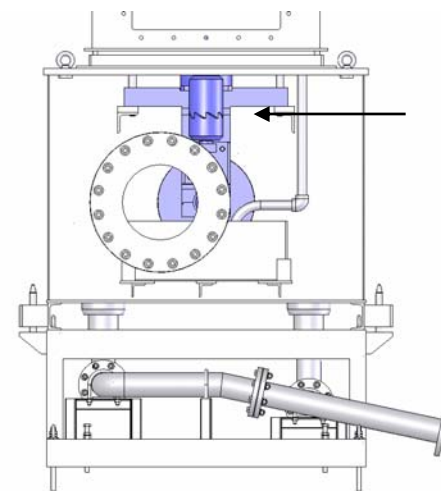
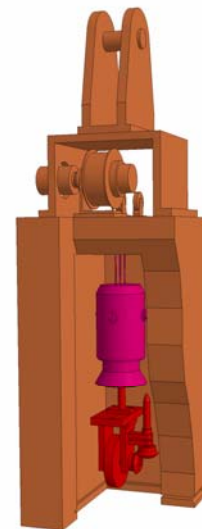
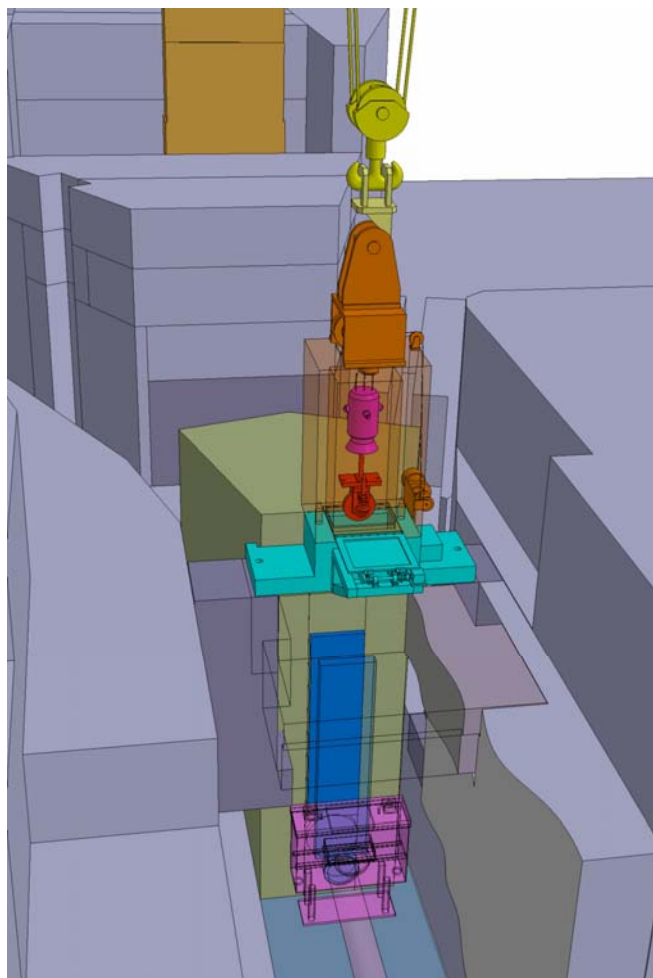
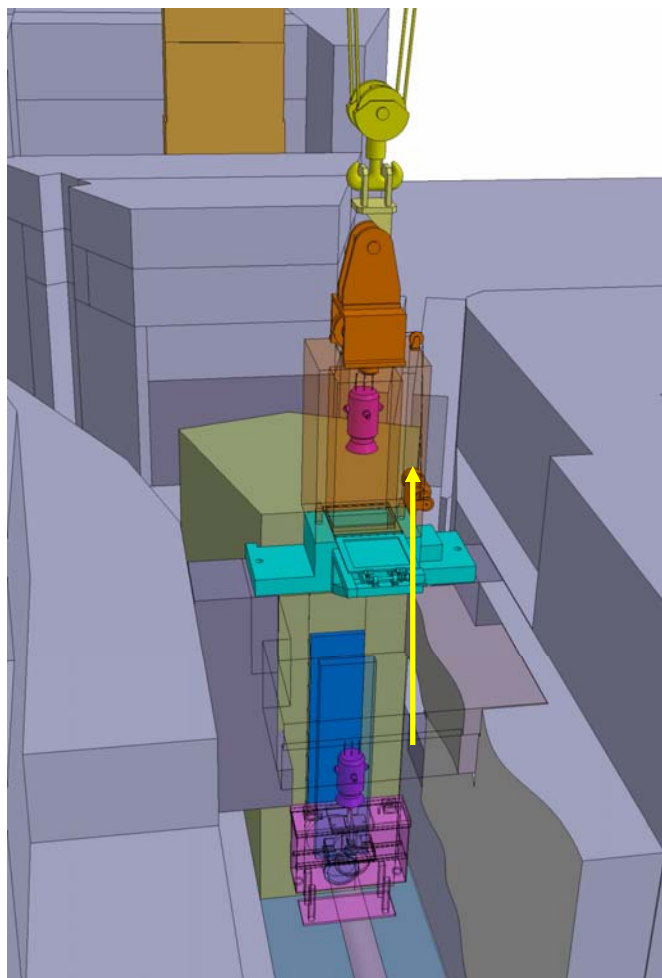
最厚部: 鉄24cm ($9.2 \mu^{-1}$) により 10^{-4} の減衰

内空体積: $0.5 \times 0.7 \times 1 \text{ m}^3$ 以上 (重量: 6t 以上)

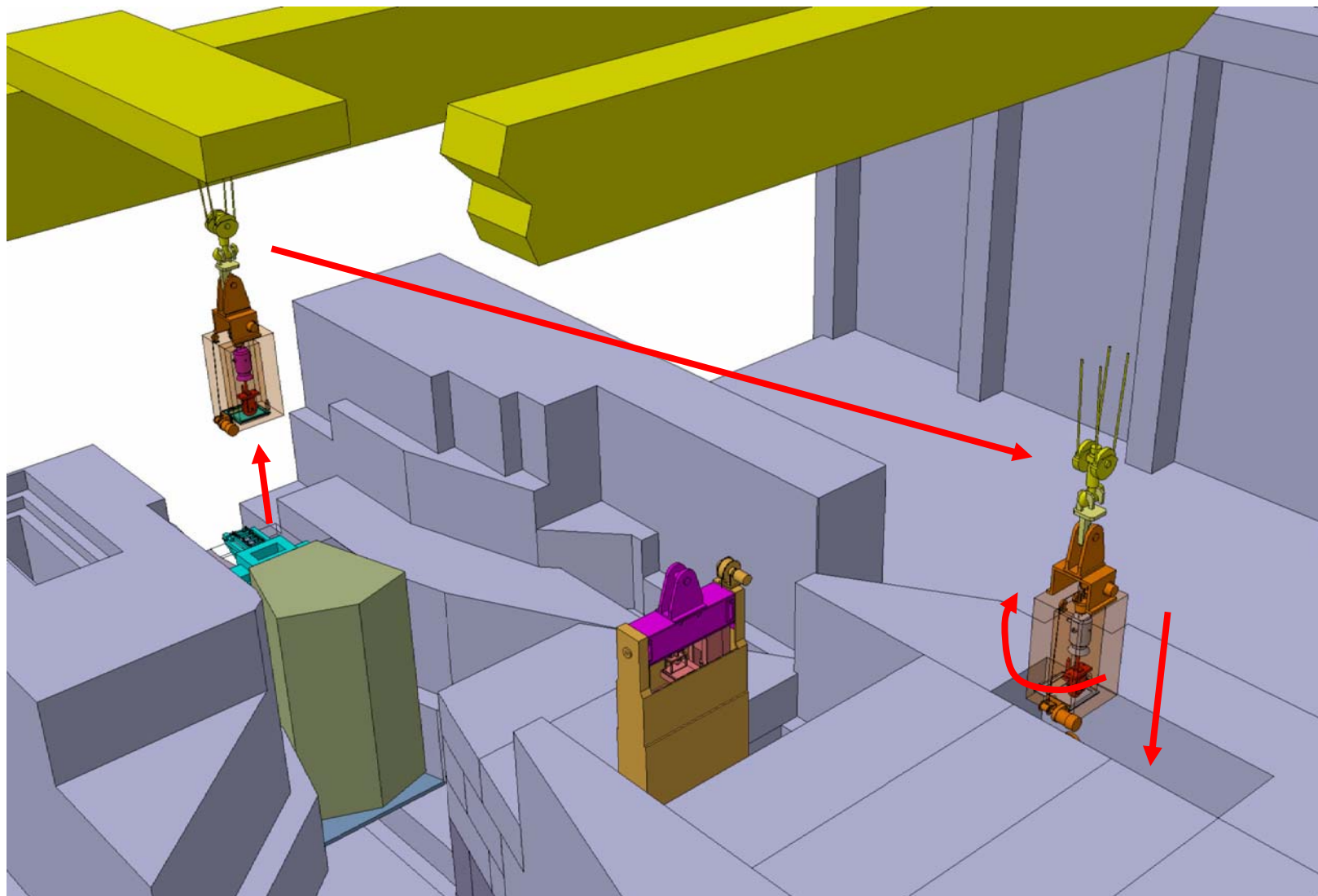
上部遮蔽体の退避



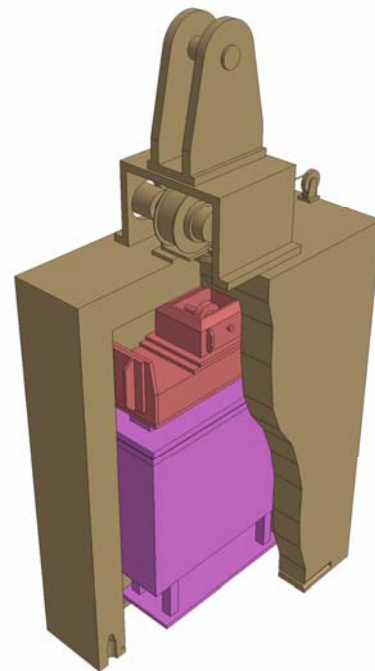
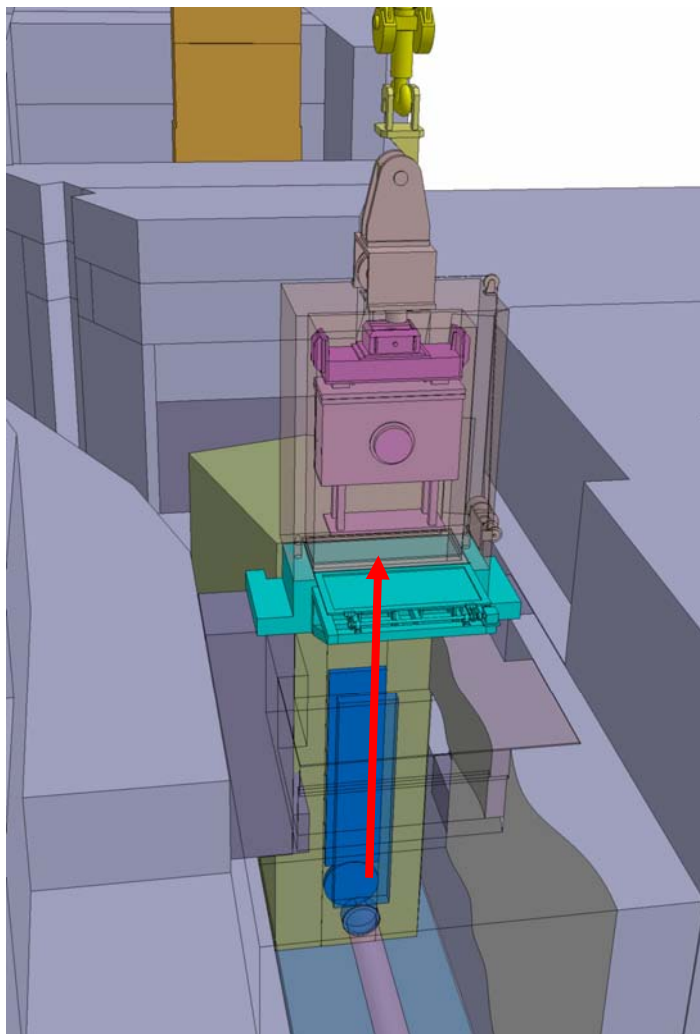
標的円盤の交換



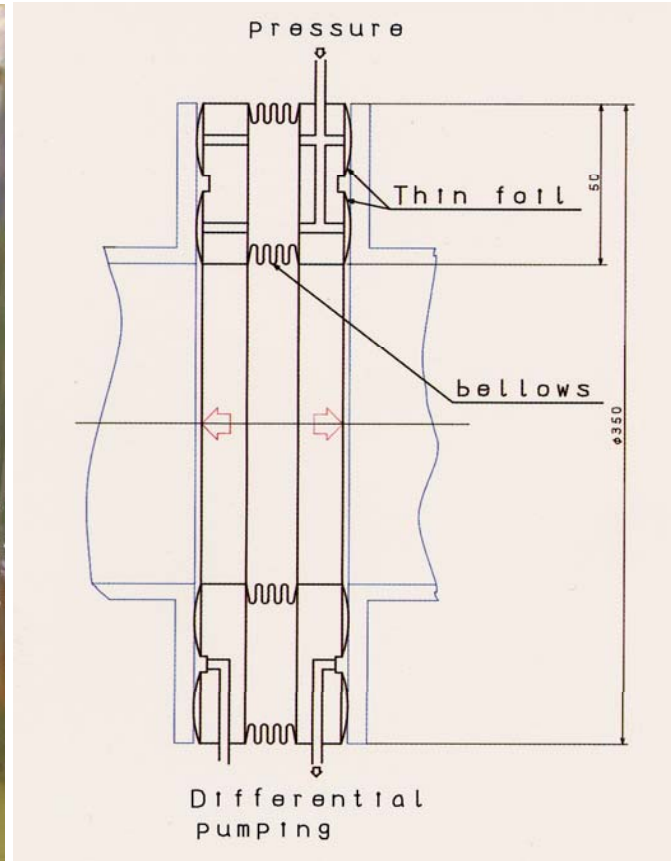
標的の廃棄保管



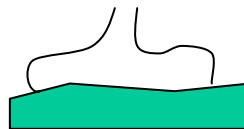
底部容器の交換



周辺機器1



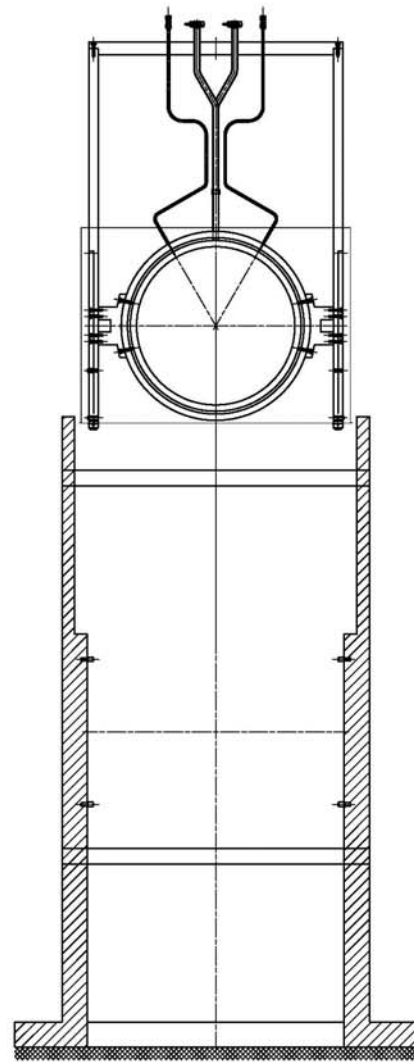
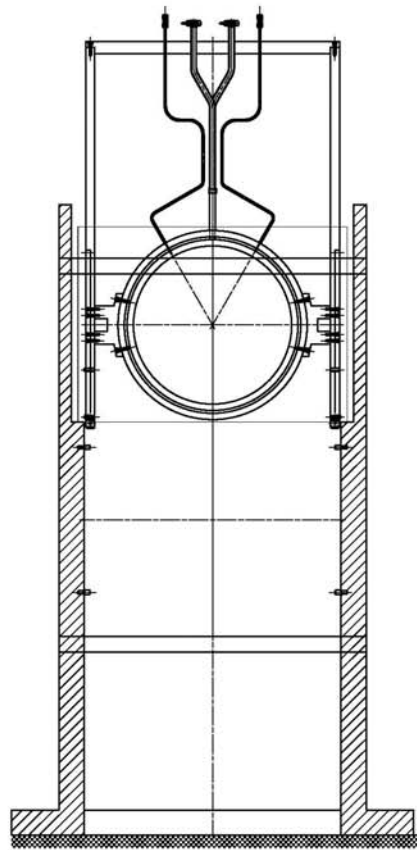
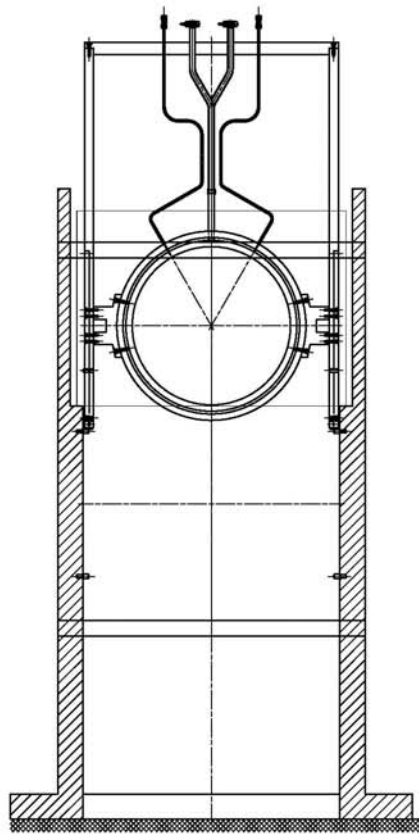
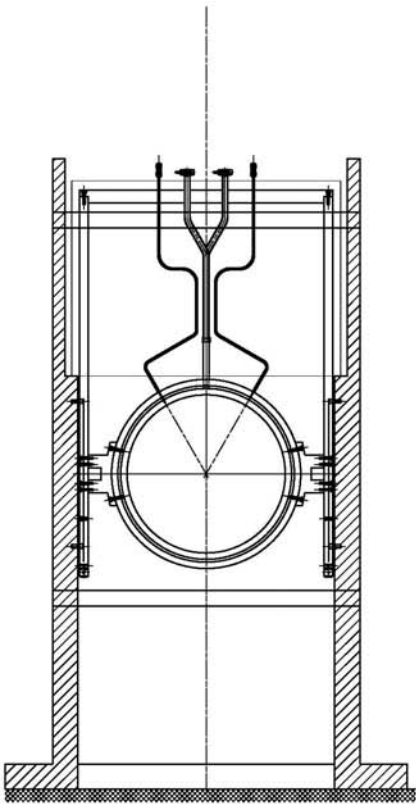
両面ダイヤフラムのタイプ
有効口径500mm
外形600mm
厚さ53mm(自然長)
気密性能 4×10^{-12} Pa・
m³/sec



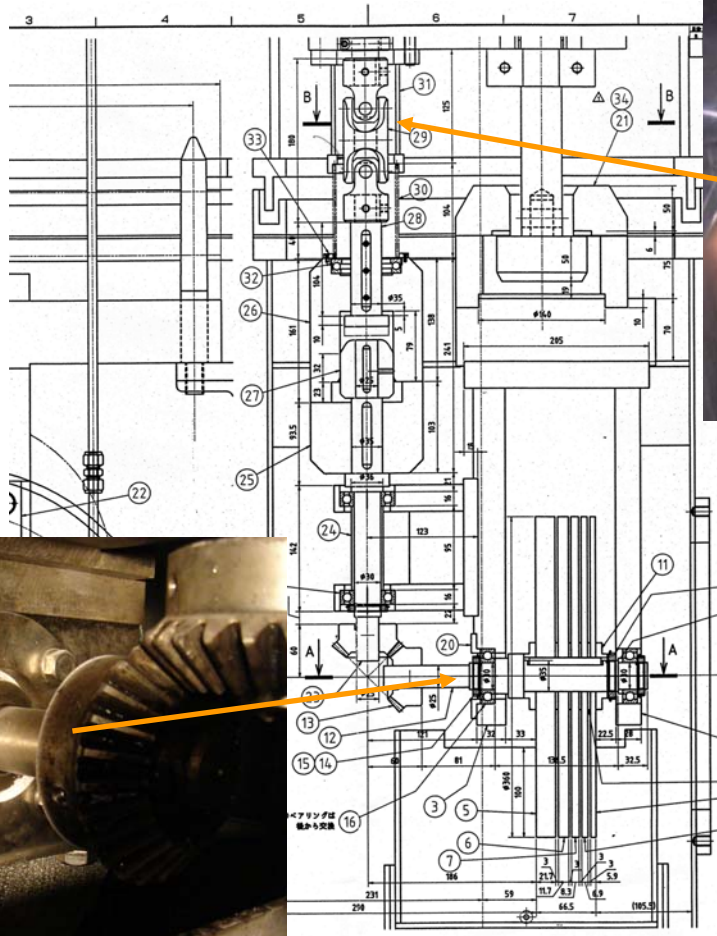
凸凹でもOK



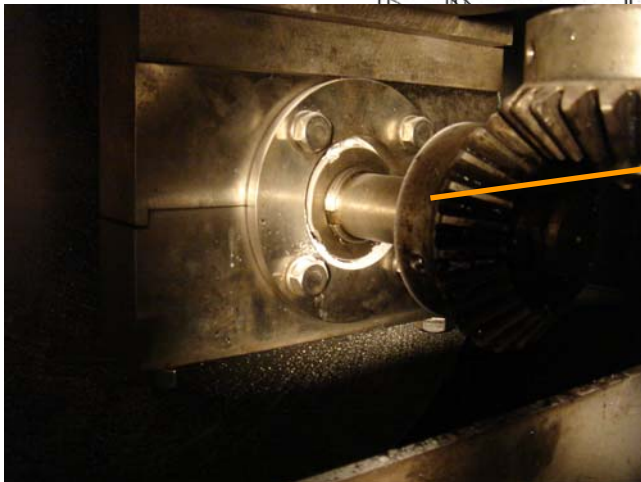
塵が付着していてもOK



初期故障



ユニバーサルジョイント (2005/9/13)



回転軸ベアリングの磨耗 (2006/11/13)



今後の予定

年度・項目	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1. 基本設計		基本構造の検討 標的の熱応力解析等							
2. R&D-1号機		設計・製作			運転試験		標的回転機構の検討 標的冷却機構の検討		
3. R&D-2号機		駆動機構の検討 標的収納タンク設計		設計・製作		 運転試験			
4. R&D-2号機の改良			遮蔽体の設計 遠隔操作機構の検討 耐久性能の向上		設計・製作		運転試験		
5. 実機						設計・製作・据付			運転開始 

1. 初期故障周辺の改良
2. ビームライン内周辺遮蔽体の製作
3. 冷却水循環装置実機の製作