

T1標的装置

山野井(KEK)

1. T1標的形状の設計
2. 標的装置とメンテナンスシナリオ
3. 本年度計画

進捗状況(H15年度)

- 円盤形状の決定
- 冷却水循環関連の検討(汚染・汚濁の推定、揚水ポンプ)
- 前後の要素(ビームダクト、窓、コリメータ、遮蔽シールド)との取り合い設計
- 設置・分解・集合機能を持つメンテナンスシナリオの設計

円盤形状の決定の考え方

検討1

ディスク形状の検討範囲サーベイ

表1 設計パラメータと評価項目の関係

表2
評価項目 ; ターゲット長さ
パラメータ ; ディスク枚数
 ギャップ幅

表3
評価項目 ; ディスク板厚
 ディスク発熱量
パラメータ ; ディスク枚数

表4
評価項目 ; 必要伝熱表面積
 形状による伝熱表面積
パラメータ ; ディスク発熱量
 表面熱伝達率
 ディスク~冷却水温度差
 ディスク径
 ディスク厚
 ディスク水没深さ

<試験1>
ディスク間隙部の流速測定

解析1 DT822-0001

解析コードの適用性確認

- 流速測定結果の再現性確認

解析2 DT983-0001,2

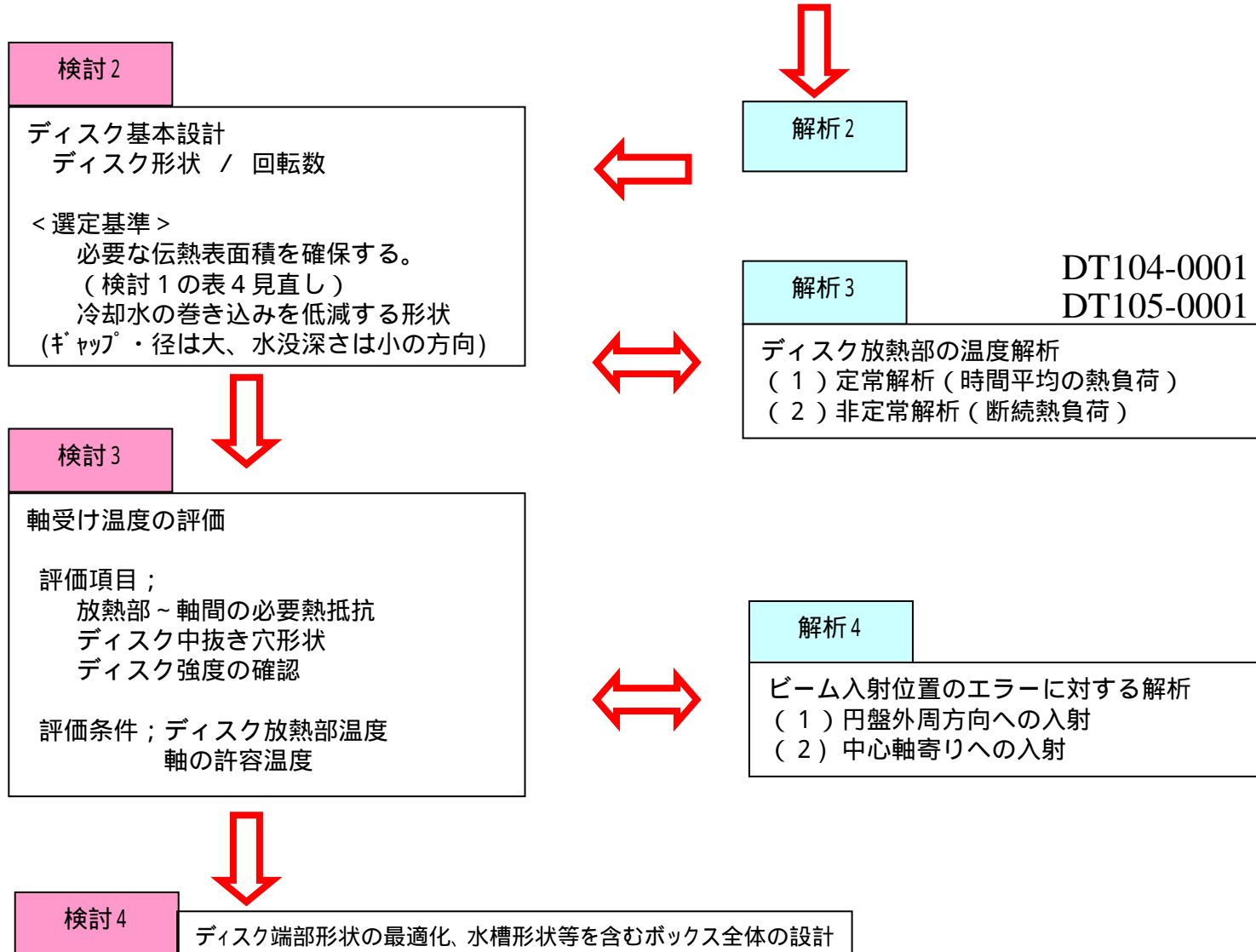
ディスク表面熱伝達率の概略評価

評価項目 ; 表面熱流束
 表面熱伝達率

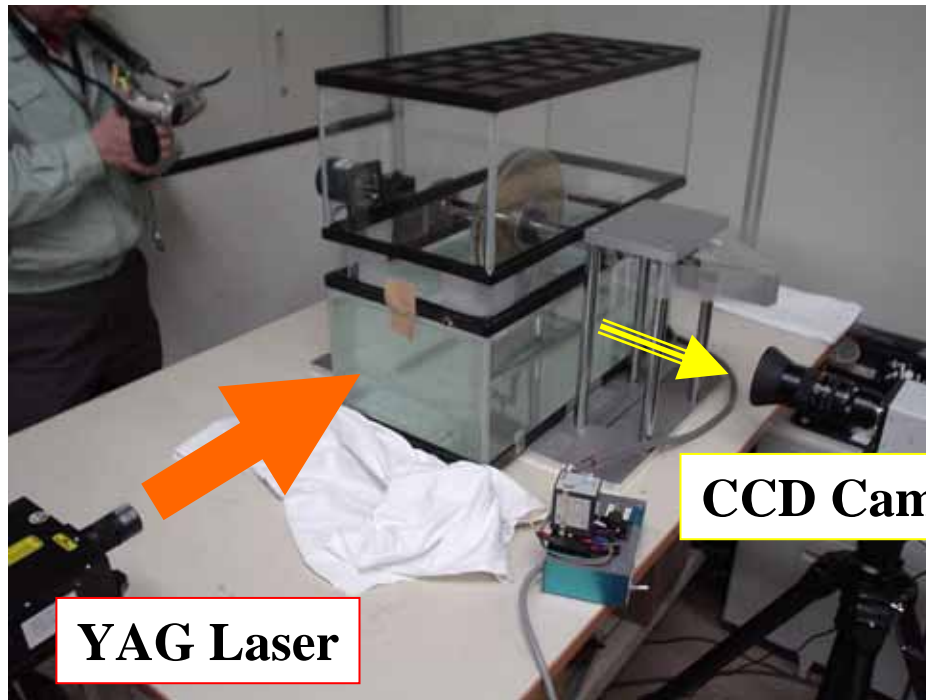
パラメータ ; ディスク~冷却水温度差
 ディスク径
 ディスク厚
 ディスク間ギャップ
 ディスク水没深さ
 ディスク回転数

検討2

円盤形状の決定の考え方



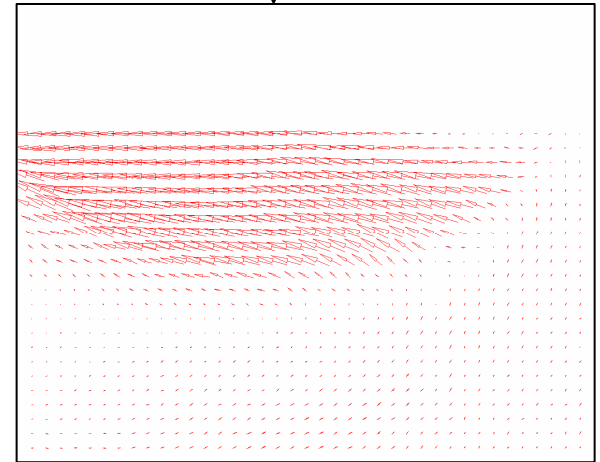
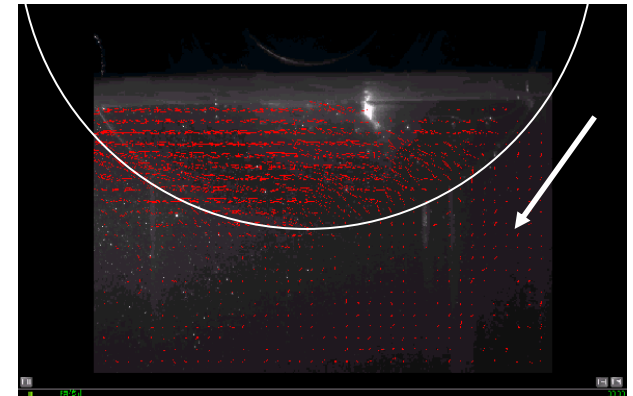
PIV(Particle Image Velocimetry)による流速測定



YAG Laser

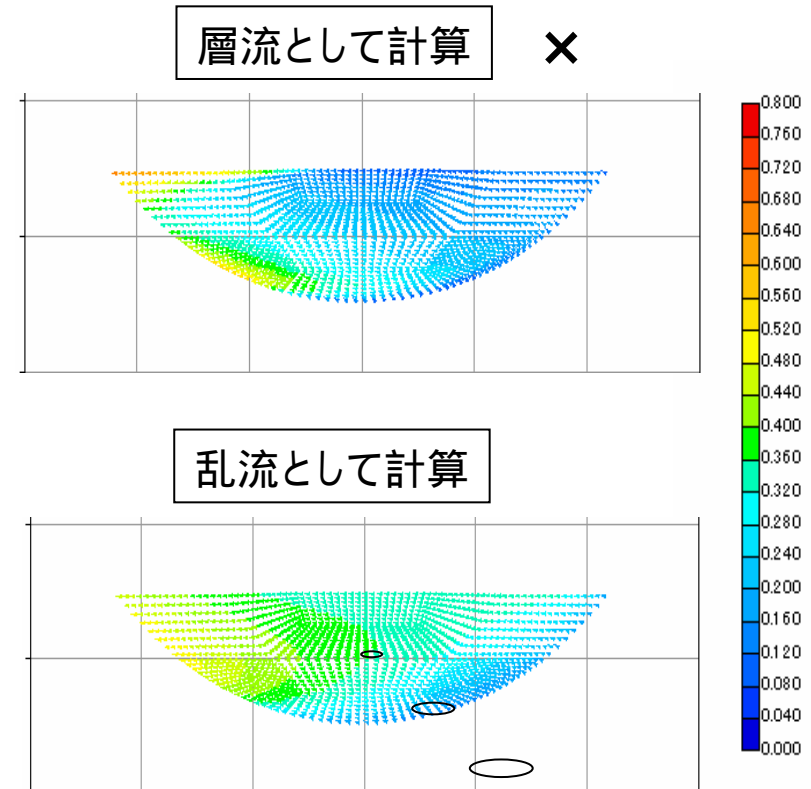
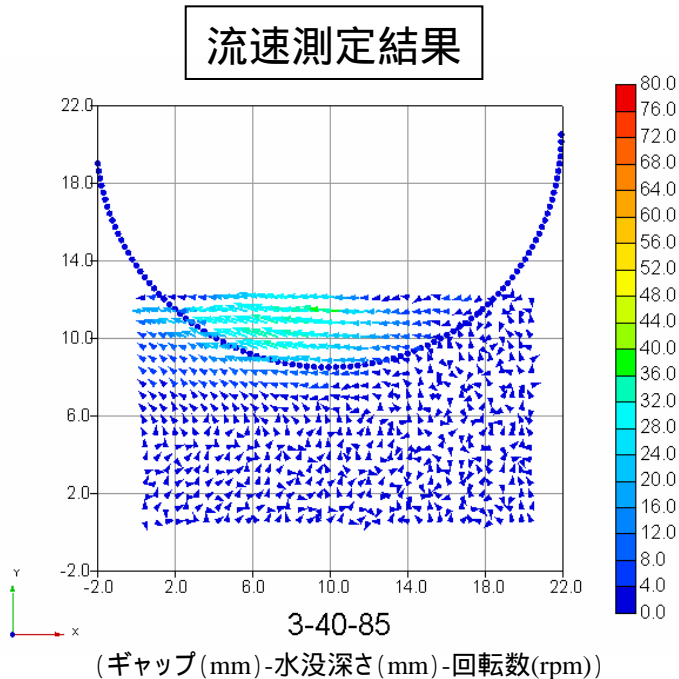
CCD Camera

測定対象： 240mm、 t 6mm、
アクリル、間隙、金属円盤、間隙、アクリル
YAGレーザー：ビーム径3mm、7ns、発振30Hz、
シート状に振動
CCDカメラ：1008x1018ピクセル、ピクセル 9 μ m、
シャッター1/10000s



測定結果と解析1

モデルケースとして3ケースを選択 . M2-40-85、 M3-40-85、 M5-40-85



流速分布の一致

$$Re = ud/\nu$$

Re:レイノルズ数

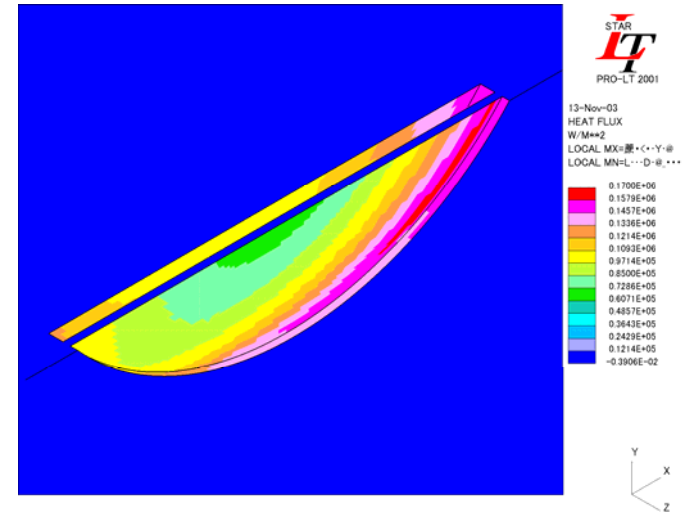
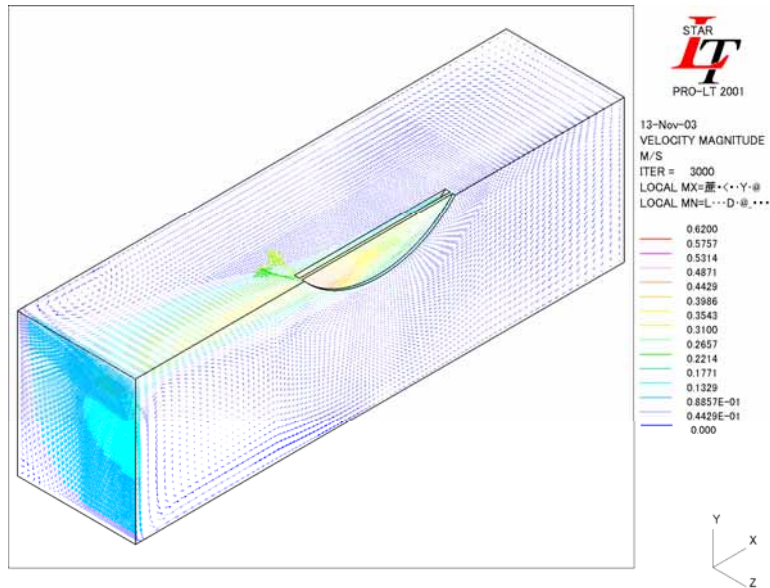
u:ディスク外周の速度

d:ギャップ長さ

ν :動粘度(20 の水 1.004×10^{-6})

M3-40-85の場合Re=3192 で層流/乱流が不確定 乱流モデル(k ε モデル)

ディスク表面熱伝達率の概略評価



解析コード: 流体解析プログラム STAR-LT 2001
 使用要素タイプ: 6面体要素
 境界条件: 全て標的ディスク壁面を60 固定
 流体モデル: 非圧縮性流体、乱流モデル k- モデル

近似式

$$K = \{3423 - 0.6908 \times (d - d_0) - 7.206 \times (h - h_0)\} \times \{(0.7895 \times v + 0.1573)\}$$

K:平均熱伝達率 d:ディスク径(mm)、h:水没深さ(mm)、v:外周速度(m/s)
 基準設計値 d0=360mm、h0=40mm、v0=1.07m/s

(検討2) ディスクの基本設計

評価条件

- (1) ターゲット厚さ ; Nickel合金 5.4mm (入射陽子と30%相互作用長)
- (2) 発熱量 ; 31726 J / パルス (時間幅 0.7sec, 間隔3.42sec)
- (3) ターゲットの分割数 ; 5枚 (ギャップ 3mm)

< 設定根拠 >

ギャップ幅 ; ギャップ3mm以上で乱流となり、層流熱伝達よりも大きな熱伝達が期待できる。
(流動試験解析結果より)

分割数 ; ディスクの発熱が均等になるように分割した場合、従来の均等厚さで9分割の場合のディスク1枚当たり発熱の最大値(ビーム下流側のディスクで発生)を、下回るのが5分割以上となる。

- ・ターゲット分割とターゲット全長の関係 ; 表1参照
- ・ターゲット分割と発熱量の関係 ; 表2参照
- ・ディスク5枚の等発熱分割 ; 図1参照

(4) 冷却水温度 ; 30

(5) ディスク温度 ; 1枚の発熱 1855W (パルス入射時の時間平均発熱)で60 以下
(パルス状入熱による温度変動として30 程度を見込み、
最大温度が100 を超えないことを条件とした)

ターゲット分割数と全長

ディスク枚数	ターゲット全長(mm)				
	G= 1mm	G= 2mm	G= 3mm	G= 4mm	G= 5mm
1	54	54	54	54	54
2	55	56	57	58	59
3	56	58	60	62	64
4	57	60	63	66	69
5	58	62	66	70	74
6	59	64	69	74	79
7	60	66	72	78	84
8	61	68	75	82	89
9	62	70	78	86	94

ニッケル 密度8.85g/cm³、30%相互作用長54mm

ターゲット分割と発熱量

No.	ターゲット分割数		1枚の最大発熱 (J/パルス)	ディスクの厚さ及び発熱量										
					合計	1枚目	2枚目	3枚目	4枚目	5枚目	6枚目	7枚目	8枚目	9枚目
1	9	厚さ均等	6448	板厚(cm)	5.40	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
				発熱(J)	31726	1059	1561	2112	2713	3362	4060	4807	5603	6448
2	9	発熱均等	3525	板厚(cm)	5.40	1.48	0.84	0.64	0.53	0.46	0.41	0.37	0.34	0.32
				発熱(J)	31726	3525	3525	3525	3525	3525	3525	3525	3525	3525
3	8	発熱均等	3966	板厚(cm)	5.40	1.60	0.89	0.68	0.56	0.49	0.43	0.39	0.36	-
				発熱(J)	31726	3966	3966	3966	3966	3966	3966	3966	3966	3966
4	7	発熱均等	4532	板厚(cm)	5.40	1.75	0.95	0.72	0.59	0.51	0.46	0.41	-	-
				発熱(J)	31726	4532	4532	4532	4532	4532	4532	4532	4532	-
5	6	発熱均等	5288	板厚(cm)	5.40	1.93	1.03	0.77	0.63	0.55	0.49	-	-	-
				発熱(J)	31726	5288	5288	5288	5288	5288	5288	5288	-	-
6	5	発熱均等	6345	板厚(cm)	5.40	2.17	1.12	0.83	0.68	0.59	-	-	-	-
				発熱(J)	31726	6345	6345	6345	6345	6345	-	-	-	-
7	4	発熱均等	7932	板厚(cm)	5.40	2.49	1.24	0.92	0.75	-	-	-	-	-
				発熱(J)	31726	7932	7932	7932	7932	-	-	-	-	-

陽子数 3×10^{14} p p p

評価方法

等発熱条件で分割した5枚のディスク中最小の板厚5.9mm(径を一定とすると表面積が最小となる)を選び、以下により形状の検討を行う。

(1) 評価パラメータは、ディスク径、水没深さ、ディスク回転数

(2) 評価式

$$(\text{冷却水に接するディスク表面積}) \times (\text{熱伝達率}) \times (\text{温度差 } 30) > 1855 \text{ W} \dots (1\text{式})$$

冷却水に接するディスク表面積は、ディスク径、水没深さ、板厚より算出
熱伝達率は解析結果のフィッティングより得られた、次の式による

$$K = \{3422.912 - 0.6908 \times (d - d_0) - 7.2061 \times (h - h_0)\} \times \{(0.7895 \times v + 0.1573)\} /$$

K:平均熱伝達率 d:ディスク径(mm) h:水没深さ(mm) v:外周速度(m/s)

基準設計値 $d_0=360\text{mm}$ 、 $h_0=40\text{mm}$ 、 $v_0=1.07\text{m/s}$

; 安全率(1.2に設定)

(3) 方針

次の制限内で、(1式)を満足するディスク径の下限値を検討する。

(1) 回転機構部と水面の距離が取れるようにするため、水没深さは、ディスク半径の1/2以下とする。

(2) (ディスク半径) × (回転数) できまるディスク外周速度は、1.5 m/s程度を上限とする。

周速度が大きくなると、ディスク間ギャップ部の水面に凹凸が現れ、解析評価条件からの乖離が生じると予想されるため

直径、水没深さの導出

パルス	0.70sec	45323 W					
時間平均	3.42sec	9277 W					
ディスク枚数		9	8	7	6	5	4
ディスク発熱(時間平均)		1031 W	1160 W	1325 W	1546 W	1855 W	2319 W
板厚最小	mm	3.2	3.6	4.1	4.9	5.9	7.5
板厚最大	mm	14.8	16.0	17.5	19.3	21.7	24.9
ΔT	℃	30	30	30	30	30	30

放熱量1855W以上

H: 水没深さ(mm)

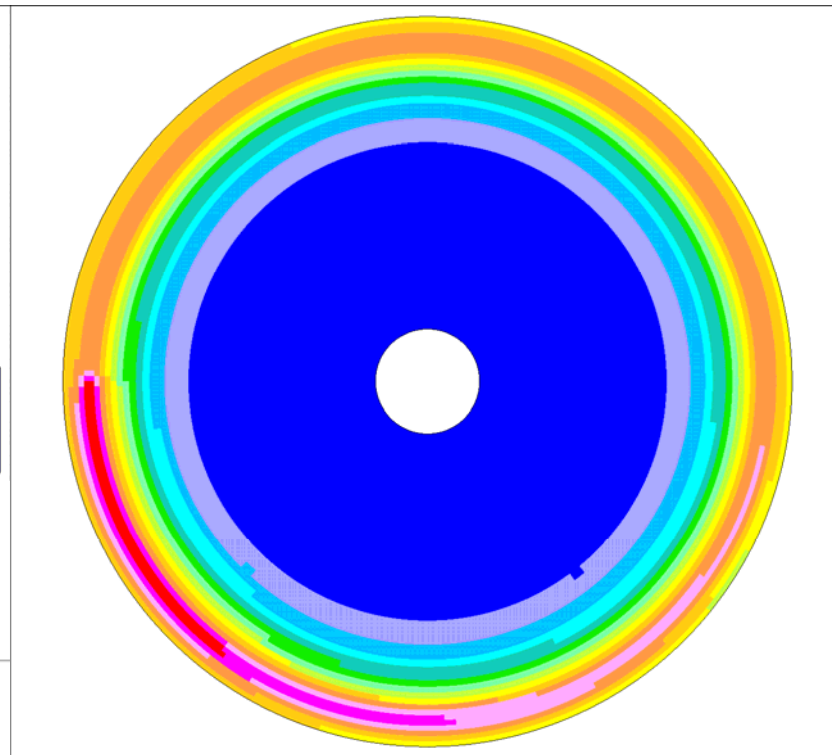
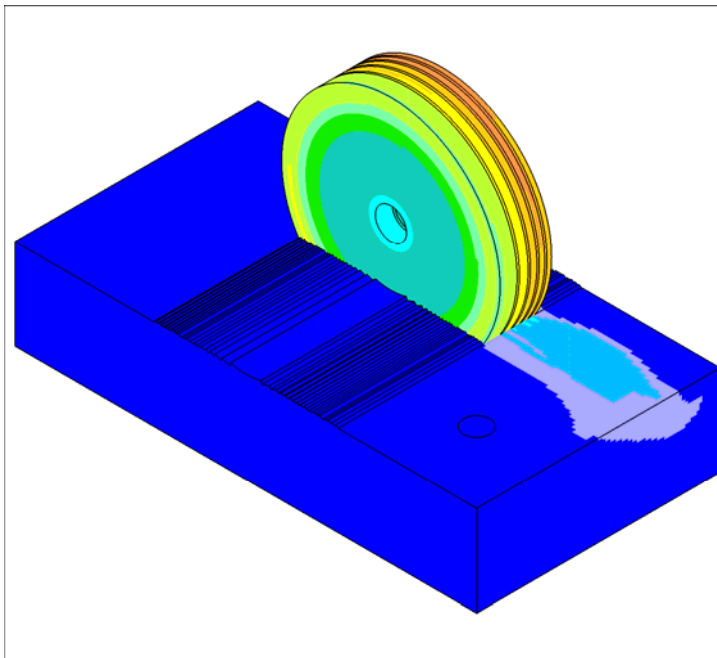
周速度 (m/s)	ディスク直径 D(mm)	放熱量(W)									
		H= 40	H= 45	H= 50	H= 55	H= 60	H= 65	H= 70	H= 75	H= 80	
0.89	200	762.78	883.44	1006.76	1130.22	1255.00	1379.90	1504.41	1628.04	1750.35	
0.98	220	866.47	1004.87	1144.86	1297.48	1430.61	1574.52	1718.53	1861.51	2003.57	
1.07	240	971.17	1124.87	1279.86	1449.45	1612.15	1775.89	1939.19	2102.77	2265.19	
1.16	260	1084.23	1258.30	1436.11	1616.72	1799.26	1988.03	2167.27	2351.37	2534.74	
1.25	280	1197.89	1390.84	1588.12	1788.76	1991.61	2196.19	2401.50	2606.91	2811.78	
1.34	300	1314.51	1526.82	1744.07	1965.14	2189.03	2414.83	2641.74	2868.89	3095.89	
1.42	320	1433.92	1666.05	1903.74	2145.77	2391.07	2638.66	2887.66	3137.25	3386.88	
1.51	340	1555.96	1808.35	2066.92	2330.37	2597.55	2867.39	3138.94	3411.34	3683.77	
1.60	360	1680.50	1953.55	2233.42	2518.73	2808.21	3100.74	3395.30	3690.94	3986.81	
1.69	380	1807.08	2103.08	2418.08	2710.63	3022.83	3338.47	3656.44	3975.75	4295.46	
1.78	400	1936.55	2252.06	2575.71	2905.89	3241.20	3580.32	3922.10	4265.47	4609.43	
1.87	420	2067.81	2405.08	2751.15	3104.33	3463.10	3826.09	4192.04	4559.83	4928.40	
1.96	440	2201.08	2560.43	2929.26	3305.78	3688.35	4075.54	4466.02	4858.57	5252.09	
2.05	460	2336.25	2717.99	3109.90	3510.06	3916.77	4328.48	4743.81	5161.45	5580.24	
2.14	480	2473.22	2877.65	3292.92	3717.03	4148.18	4584.72	5025.19	5468.23	5912.60	
2.23	500	2611.90	3039.28	3478.20	3926.55	4382.41	4844.07	5309.97	5778.69	6248.90	
2.31	520	2752.19	3202.78	3665.62	4138.46	4619.30	5106.34	5597.95	6092.61	6588.93	

直径の1/4が浸かる条件

周速度1.5m/s以下

D=280mm、H=65mm

(解析3) 定常解析(時間平均の熱負荷)



STAR
IT
PRO-LT 2003

07-Feb-04
TEMPERATURE
RELATIVE
CELSIUS
ITER = 6155
LOCAL MX= 57.32
LOCAL MN= 36.45

57.32
55.83
54.34
52.85
51.36
49.87
48.38
46.89
45.40
43.91
42.42
40.93
39.44
37.94
36.45

Y
Z
X

< 定常解析結果 >

ディスク最高温度

ディスク1; 48.9

ディスク2; 52.9

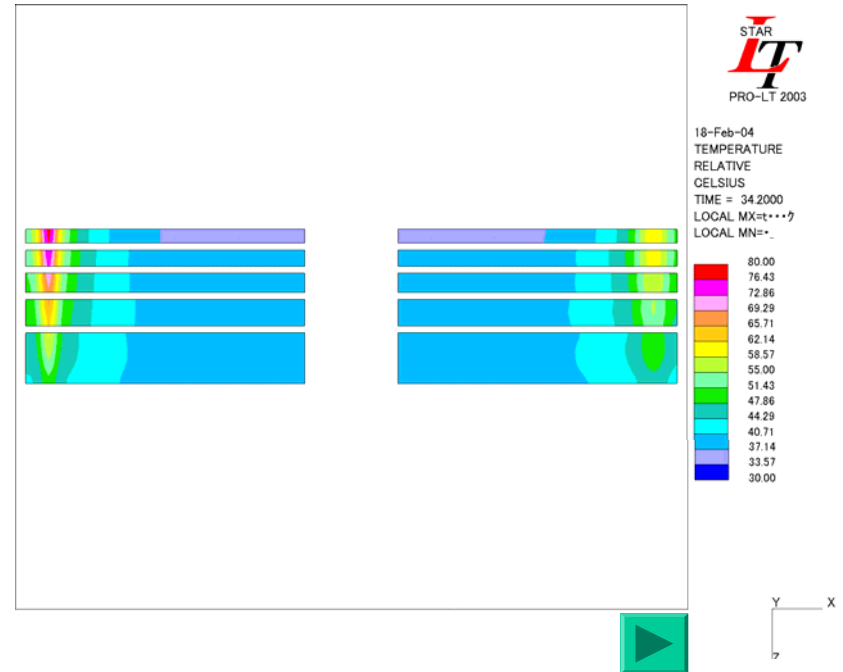
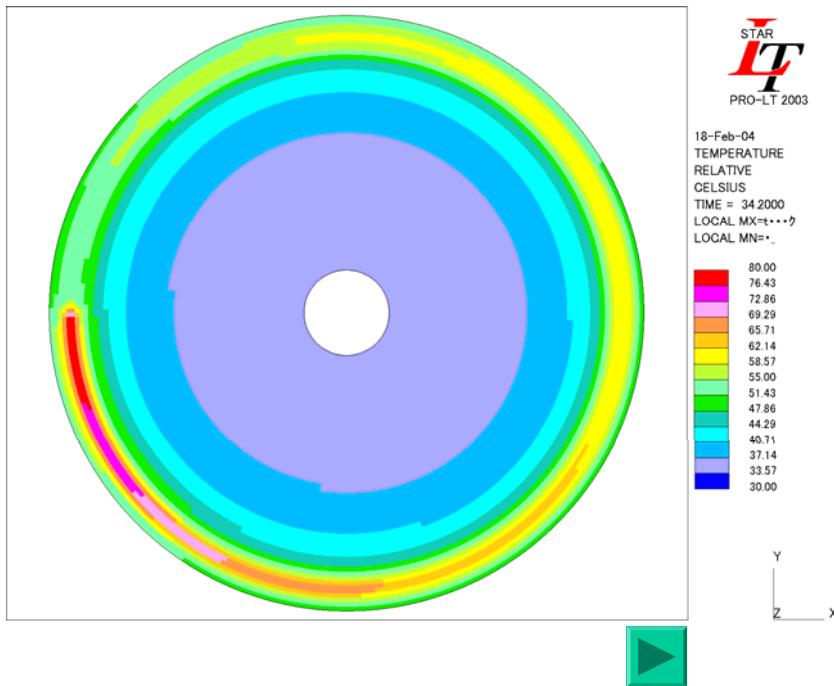
ディスク3; 55.1

ディスク4; 57.2

ディスク5; 57.3

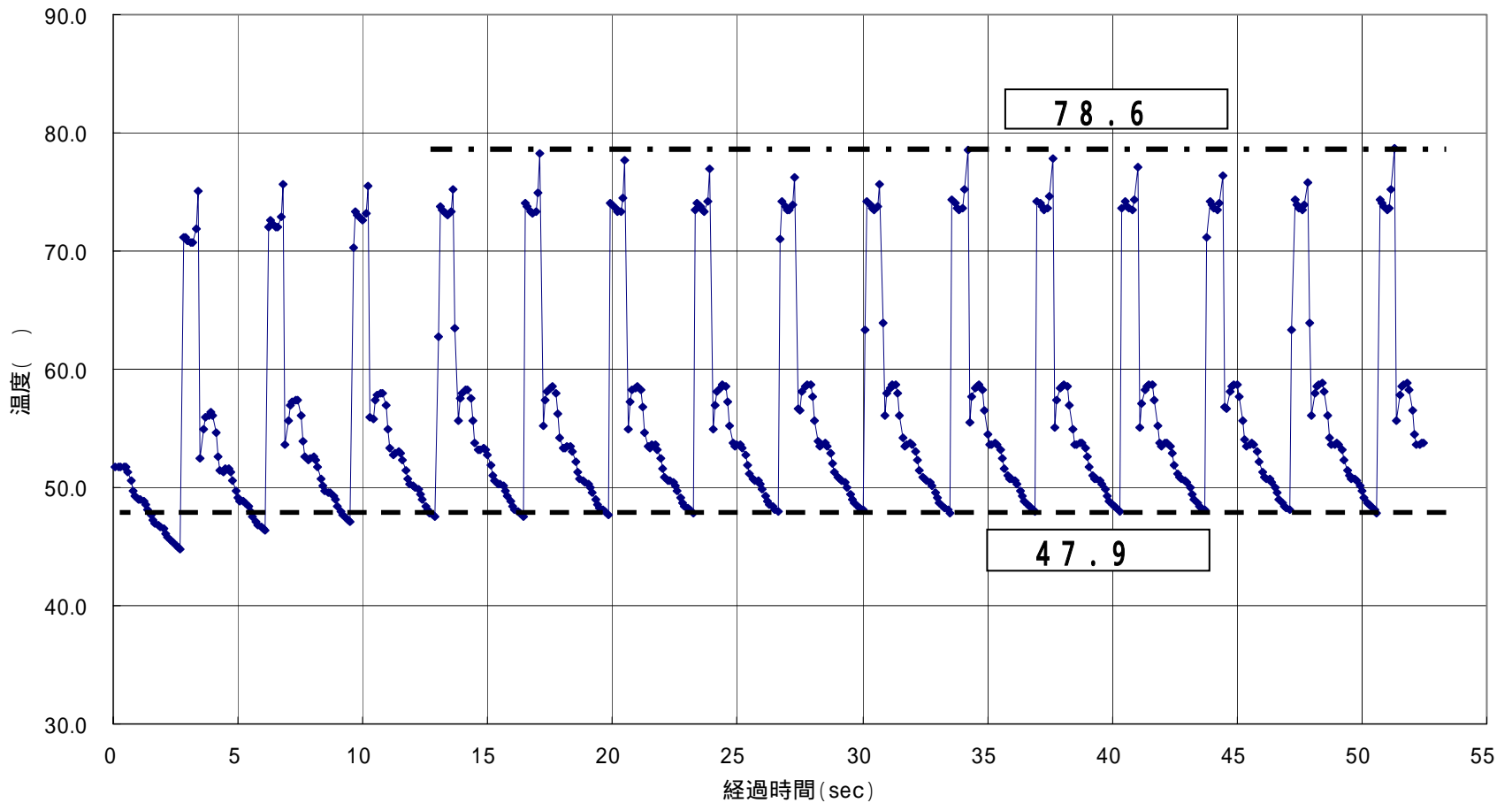
- 1) 定常解析の目標温度 60 以下を満足
- 2) 発熱密度の高い方が、温度が高い傾向が見られる。
- 3) 非定常結果の予想; 75 程度
 - ・6300J / パルスが、R=125 ~ 135mmのリング上の領域に入射した場合、断熱を仮定した温度上昇は約33 (5枚目のディスク)
 - ・ディスク5の最大温度推定 75 程度($\sim 57 + 33 / 2$)

(解析3) 非定常解析(断続熱負荷)



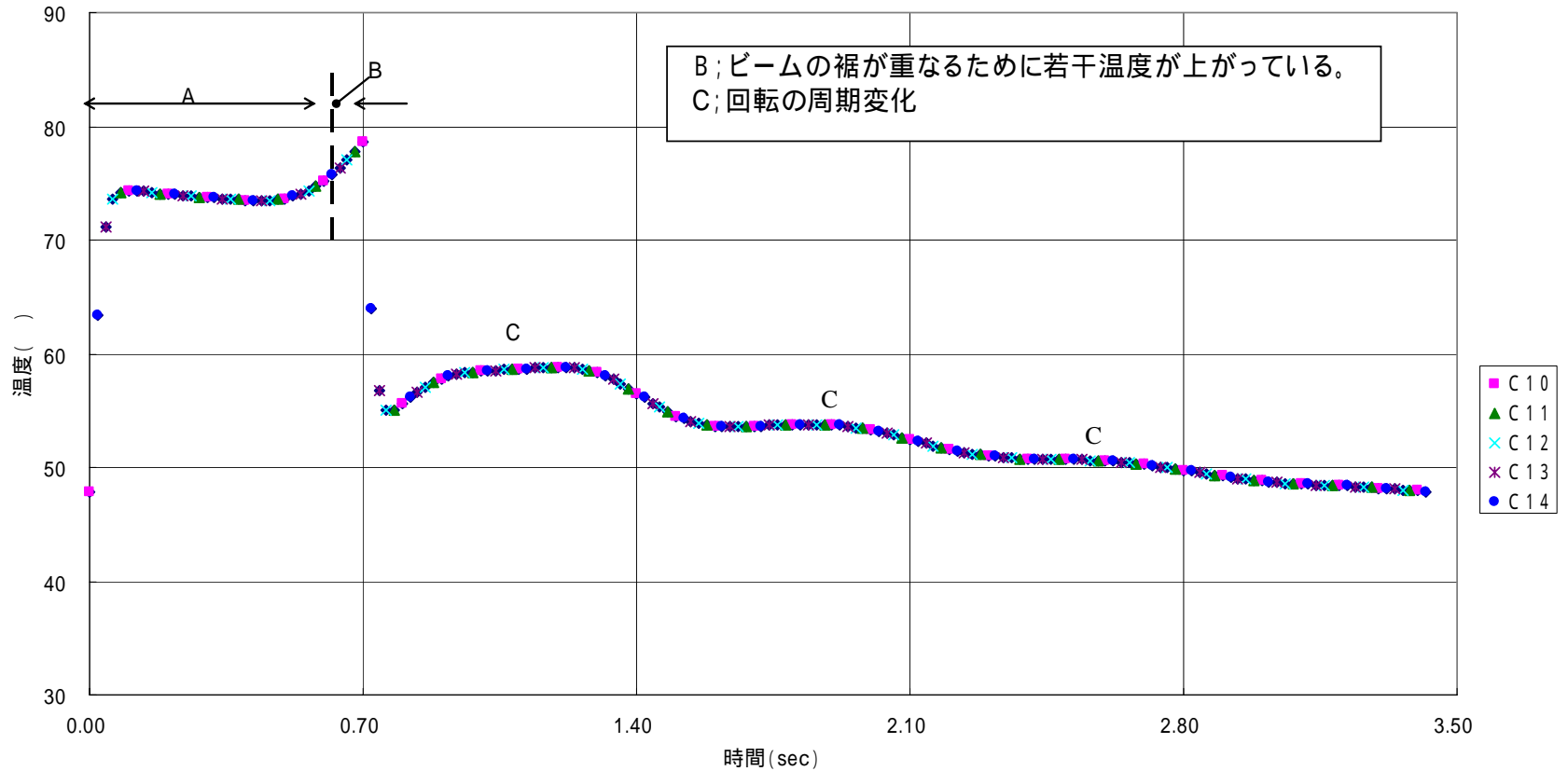
STAR-LTとANSYSとの確認 (by 皆川)

(解析3) 非定常解析(断続熱負荷)



標的円盤ビームスポット近傍温度(5枚目)の時間変化

(解析3) 非定常解析 (断続熱負荷)



標的円盤ビームスポット近傍温度の時間変化 (1 サクル分) すべてを重ねて表示

検討4 (H16年度)

- 入射ビーム位置の変化
 - 円盤端側入射した場合
 - 中心寄り(乾燥部分)への入射
- ディスク端部形状の最適化
 - 空気層を巻き込まない端部、PIVによる試験
- 水槽形状等を含むボックス全体の設計
 - 水槽内の淀み / 流れ

T1標的一次冷却水の処理

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 (by 里)

24 kBq/cc/1 month (リザーバータンク80Lとして)

cf K2K電磁ホーン一次冷却水からの類推 (by 三浦)

15.5 kBq/cc/14day

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。

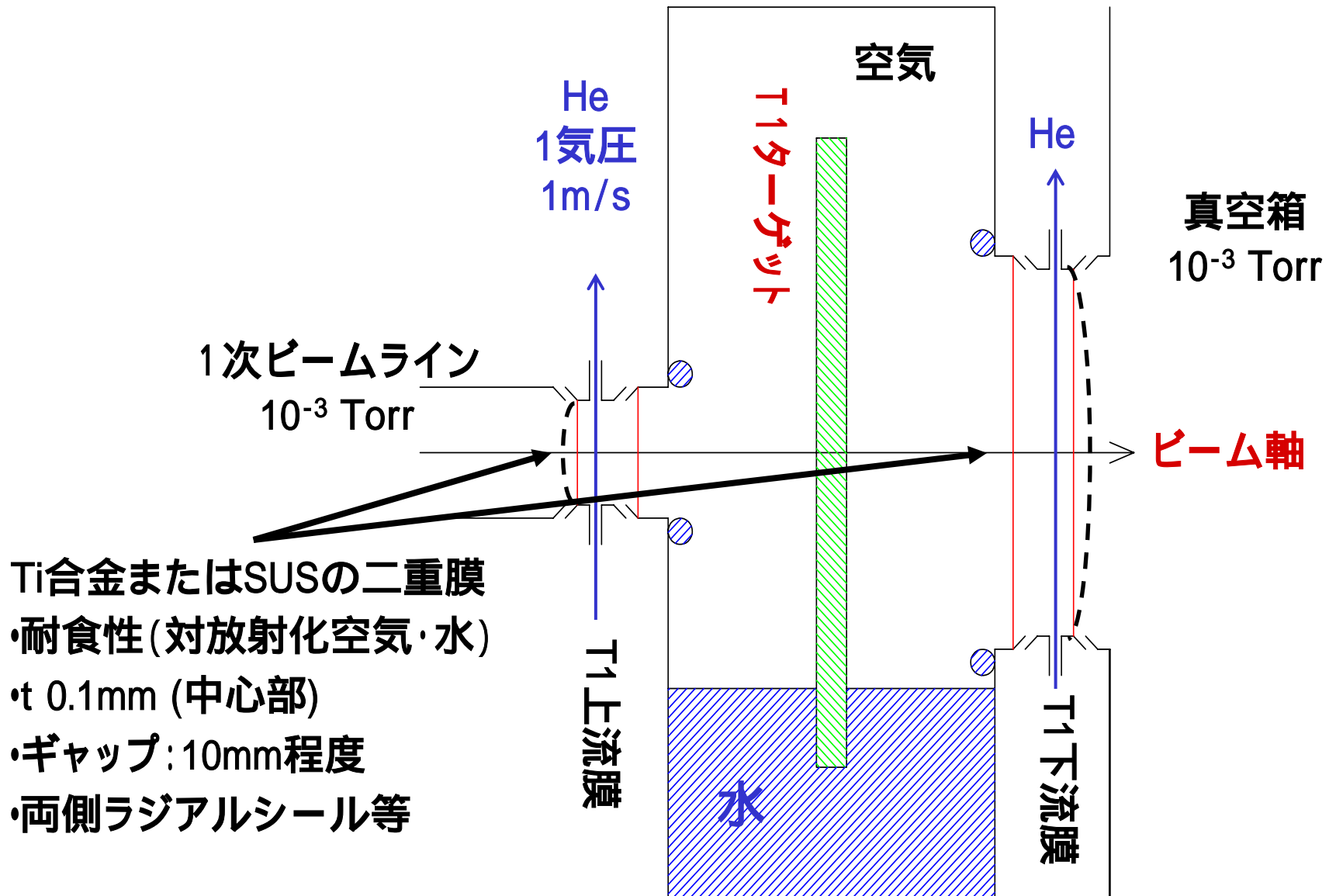
その他の放射性イオン (by 里)

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

イオン交換樹脂による除去必須 固体廃棄物 (2 m³/年)

水素ガス 4.7L / day 水として戻す

T1標的箱の上下流窓(山田)



T1 標的のメンテナンスシナリオの設計 (H15年度)

回転部の交換手順のイメージ...

- 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、上部のみ撤去
- 3 . 下部をキャスクで被い遮蔽
- 4 . キャスクを吊り上げ、一旦SSに移動
- 5 . 開口部に鉄蓋をし、線を遮蔽
- 6 . キャスクを放射化物保管場所へ移動
- 7 . 新しい回転部を用意し、鉄蓋を撤去
- 8 . 回転部を設置し、続いて上部を設置・接続
- 9 . 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

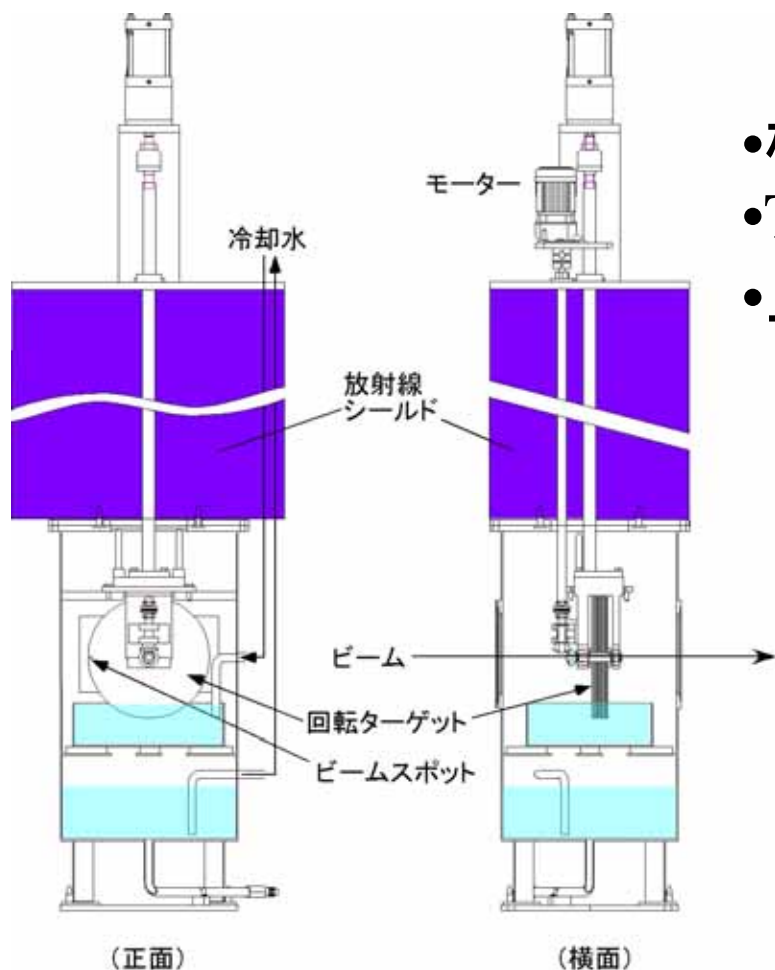
厚さ: 鉄24cm ($9.2 \mu^{-1}$) により 10^{-4} の減衰

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

交換頻度は.....数年に1回?

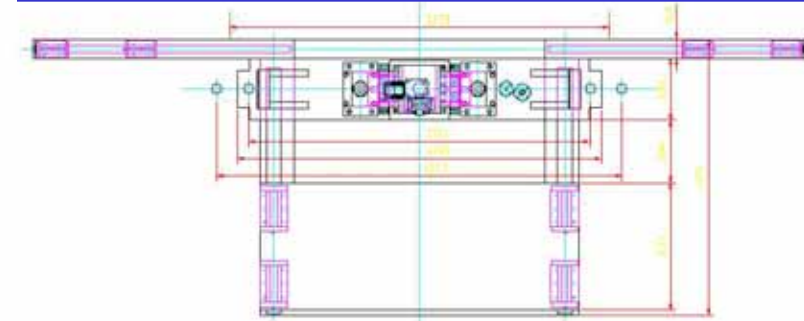


メンテナンスシナリオに基づく実機の製作 (H16年度)



- 模擬試験に基づく標的形狀
- T1 下流真空箱とのつなぎ
- 上部シールド構造

仕様書の作成 (H16年度)



6月末入札、12月完成

