

Medium Energy Rare Isotope Transformer and Separator (中間エネルギー不安定核生成分離装置)

畑中吉治@RCNP

背景:

- サイクロトン(連続ビーム)

K400 リングサイクロトン

- (高温)超伝導磁石

現状:

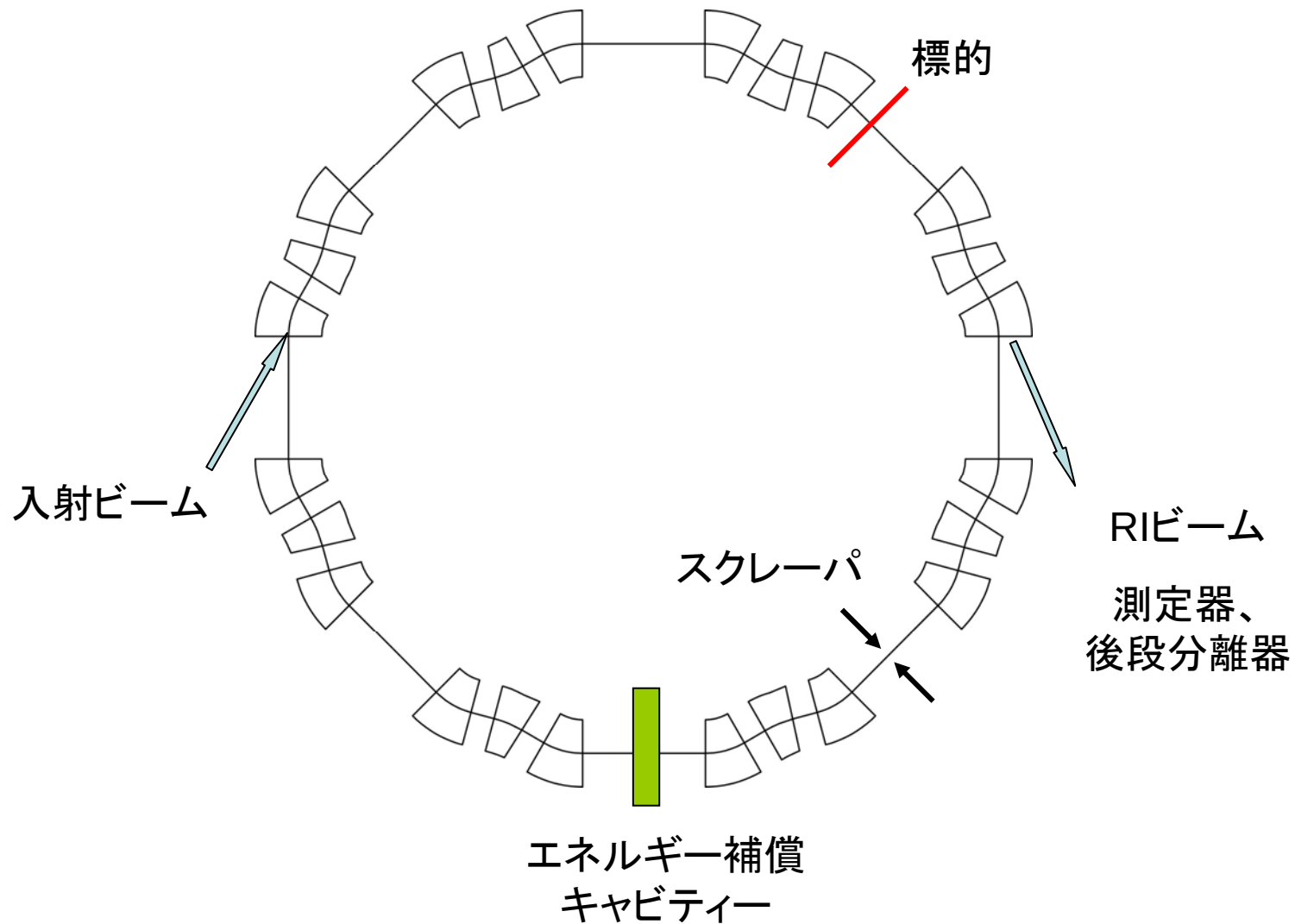
- 概念設計(線形モデル)

MAD

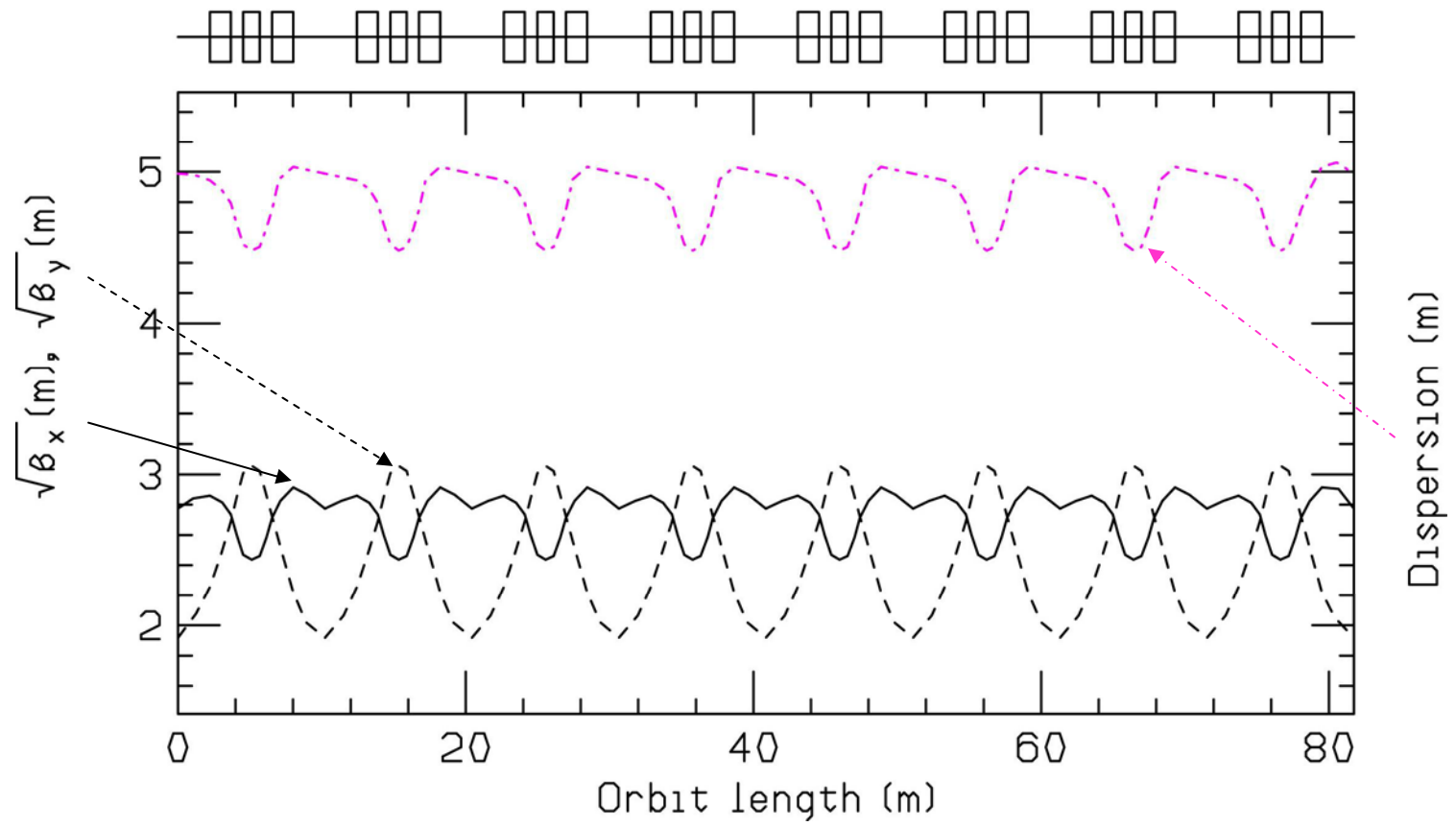
- 使い道? 使いたい人?

利点、問題点 → 詳細検討

ラティス:FFAG型



TWISS Functions



$$\mu_x=1.73, \mu_y=2.44$$

利点:

- 直流磁石→超伝導化が容易
- 連続ビーム(サイクロトン)→常時入射(蓄積、大強度)
- イオン化冷却が可能
- 薄い標的→ **RI**ビームの質が良い?
- 局所遮蔽が可能
- ビームを取り出す必要がない→大アクセプタンスの恩恵
-

(銅)酸化物超電導体

1986: $(\text{La}_{1-x}\text{Ba}_x)_2\text{CuO}_4$ の発見

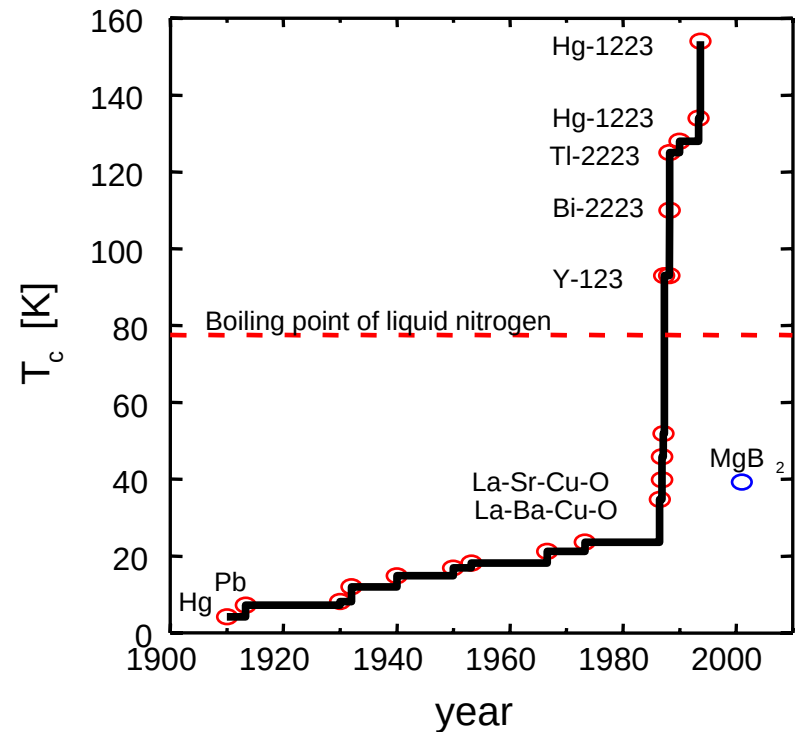
Bednorz, Müller

第一世代高温超電導線 ($T_c = 110 \text{ K}$)

$\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10}$ (Bi-2223)

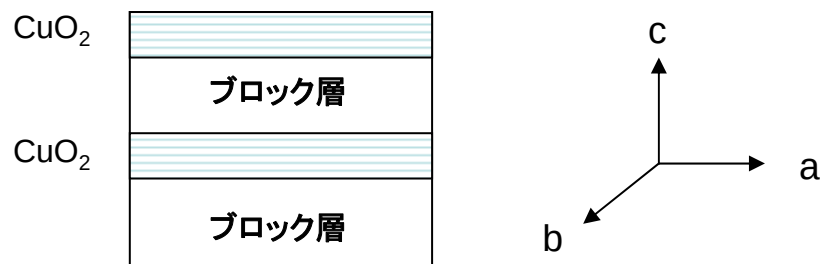
第二世代高温超電導線 ($T_c = 95 \text{ K}$)

$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ (Y-123)



第二種超電導体線材

超伝導体	T_c [K] (0 T)	$\mu_0 H_{c1}$ [T] (0 K)	$\mu_0 H_{c2}$ [T] (0 K)	$\mu_0 H_{c2}$ [T] (4.2 K)	Δ [meV]	コヒーレンス長 ξ [nm]	ロンドン長 λ [nm]
NbTi	9.5	0.015	12	11.5			
Nb ₃ Sn	18.3	0.01	29	22.0			
Y-123	93	0.025 (ab)	674 (ab) 122 (c)		20	1.3 (ab) 0.3 (c)	58 (ab) 140 (c)
Bi-2223	110	0.085 (c) 0.085 (c)	533 (ab) 22 (c)		30		200 (ab) 10 000 (c)

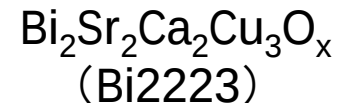


(高温)超電導線の交流損失

- hysteresis loss (in the superconductor)

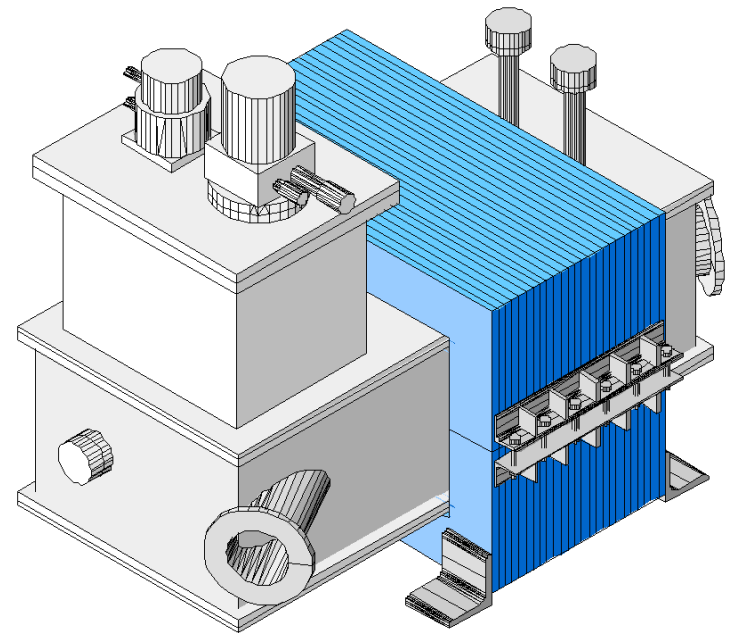
$$Q = \oint P d t = -\mu_0 \oint d t \oint \mathbf{M} d \mathbf{H} = \oint dt \int_V (\mathbf{i} \cdot \mathbf{E}) dV$$

- coupling loss (between filaments)
- eddy current loss in the metal sheath/substrate
- flux flow ($I > I_c$) in the superconductor
- current sharing in metallic sheath ($I > I_c$)



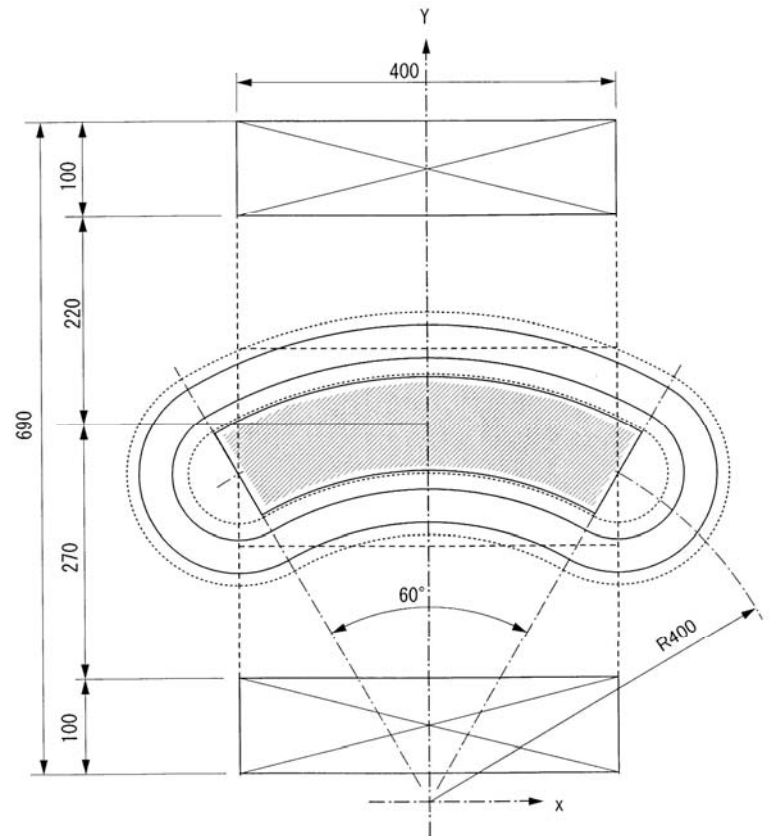
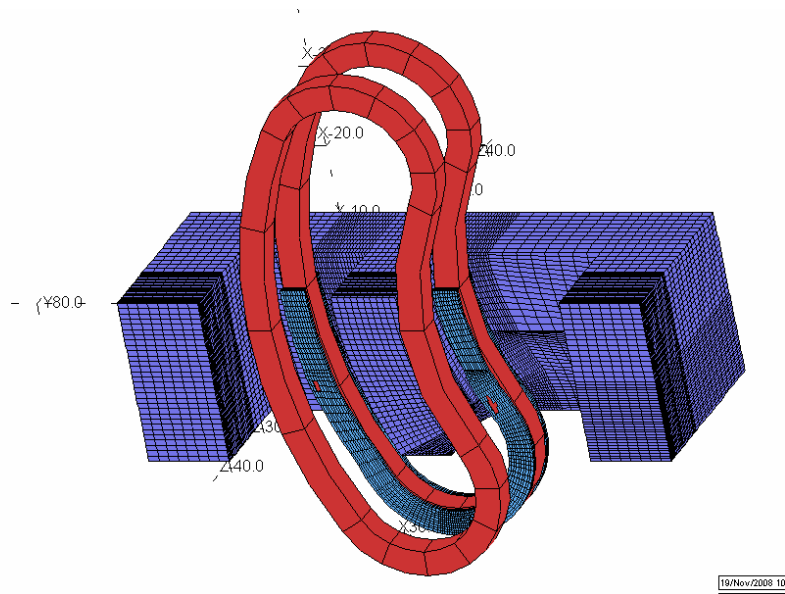
3T双極磁石構造仕様

- 軌道半径: 400 mm
偏向角度: 60°
- 磁極間隙: 30 mm
- コールドポール
- 交流励磁の検証
ラミネートヨーク



概観図

三次元磁場計算



三次元磁場計算モデル

3T双極磁石電気仕様

線材: DI-BISCCO Type-HT(SS20)

0.46×0.36

12.5 μ mポリイミド(ハーフラップ)

コイル巻数: 600 $\times$ 2ターン

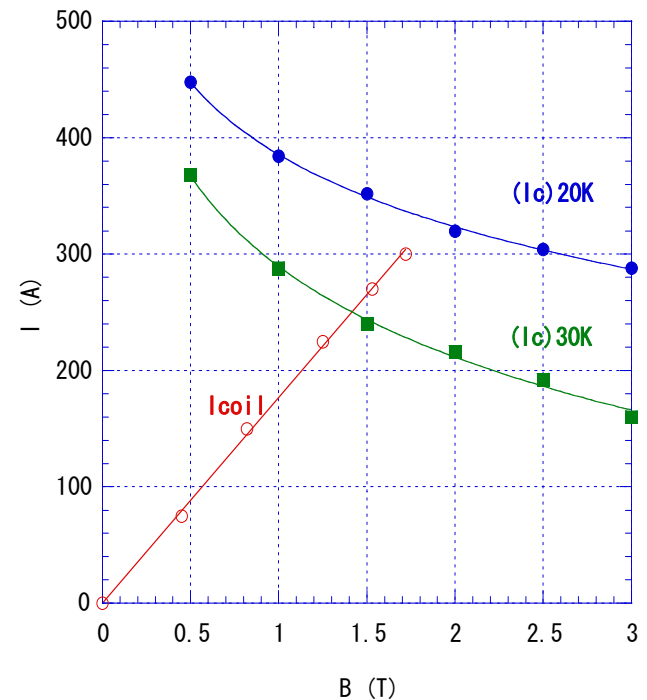
コイル温度: 20K

臨界電流:

線材: 160 ~ 178A

D.P.: 60 ~ 70A

コイル: 47A、51A

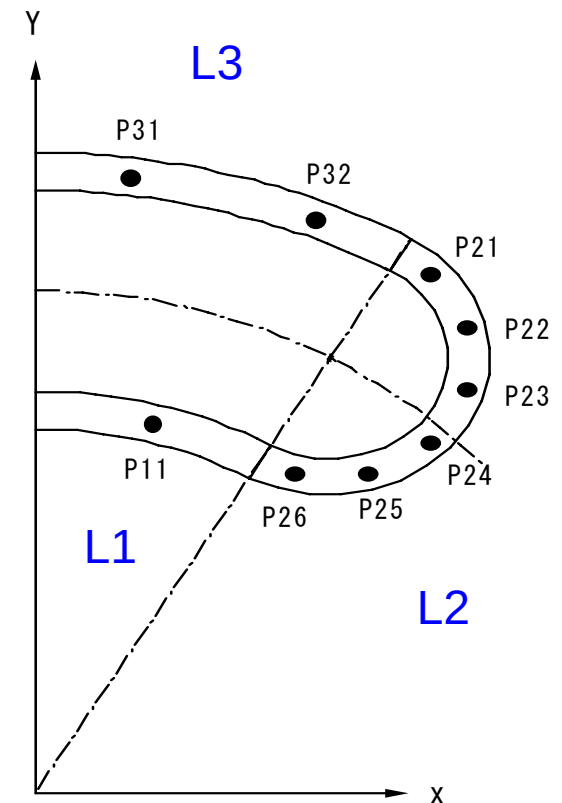


線材Ic とコイル Load Line

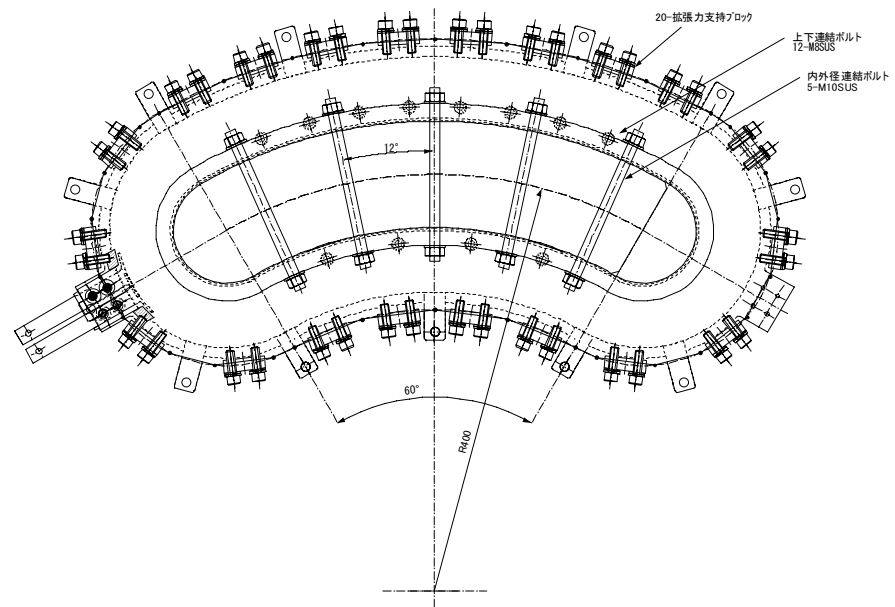
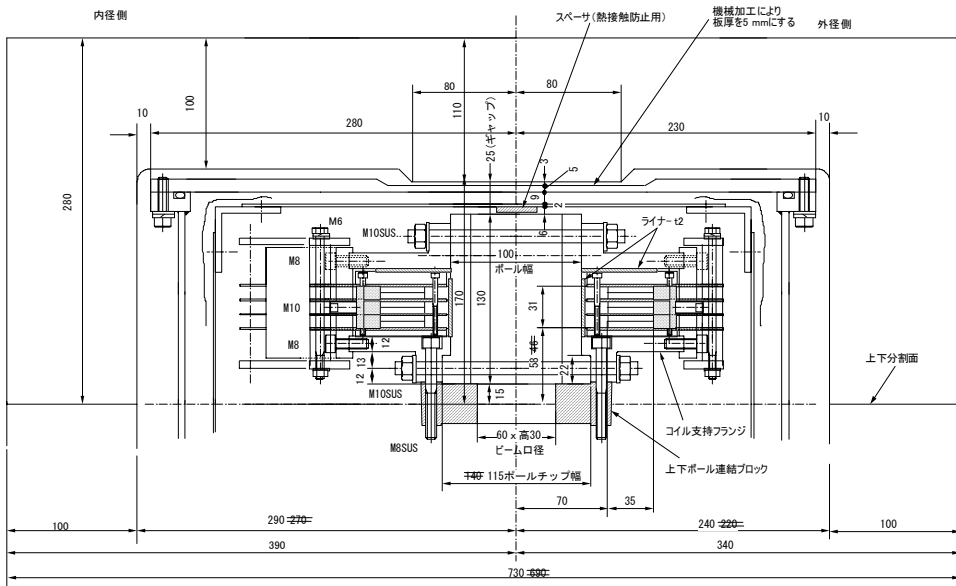
3T双極磁石コイル電磁気力(300A)

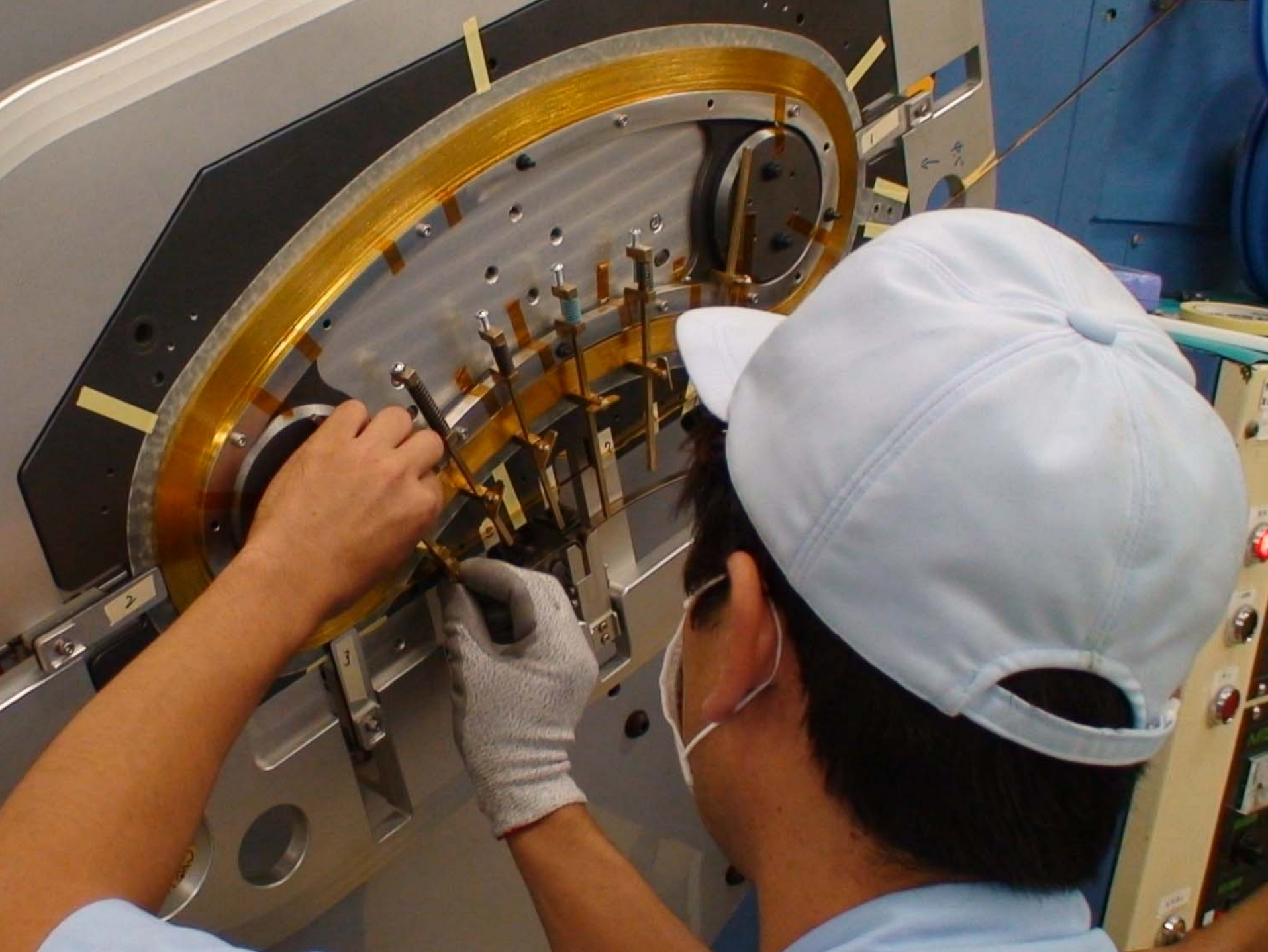
コイル半周(1/2コイル)当たりの電磁気力

コイル 区間	代表ポ イント No.	F _x (N)	F _y (N)	F _z (N)	拡張力 F _{xy} (N)
L3	P31	1,568	11,875	-3,356	11,978
	P32	4,937	11,765	-3,115	12,758
L1	P11	-4,937	-17,578	-3,584	18,258
L2	P21	3,809	3,746	-948	5,342
	P22	5,684	1,512	-879	5,881
	P23	5,827	-1,566	-853	6,033
	P24	4,303	-4,303	-870	6,085
	P25	1,585	-5,876	-934	6,086
	P26	-1,316	-5,166	-988	5,330
合計		21,460	-5,591	-15,527	77,751
コイル平均半周長さ (m)					0.694
単位長さ当たりの拡張力 F _{xy} (N/m)					112,033



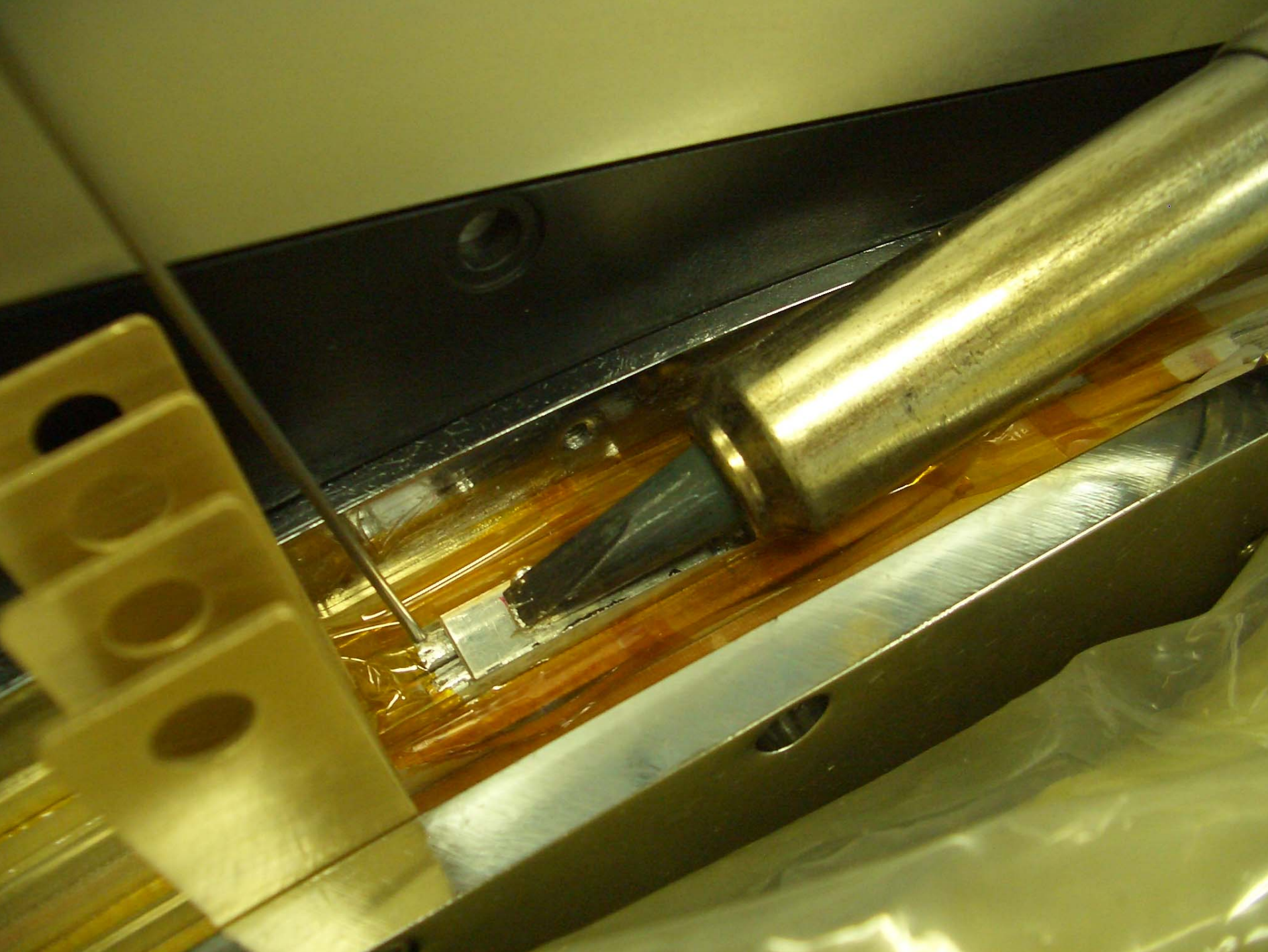
3T双極磁石コイル支持





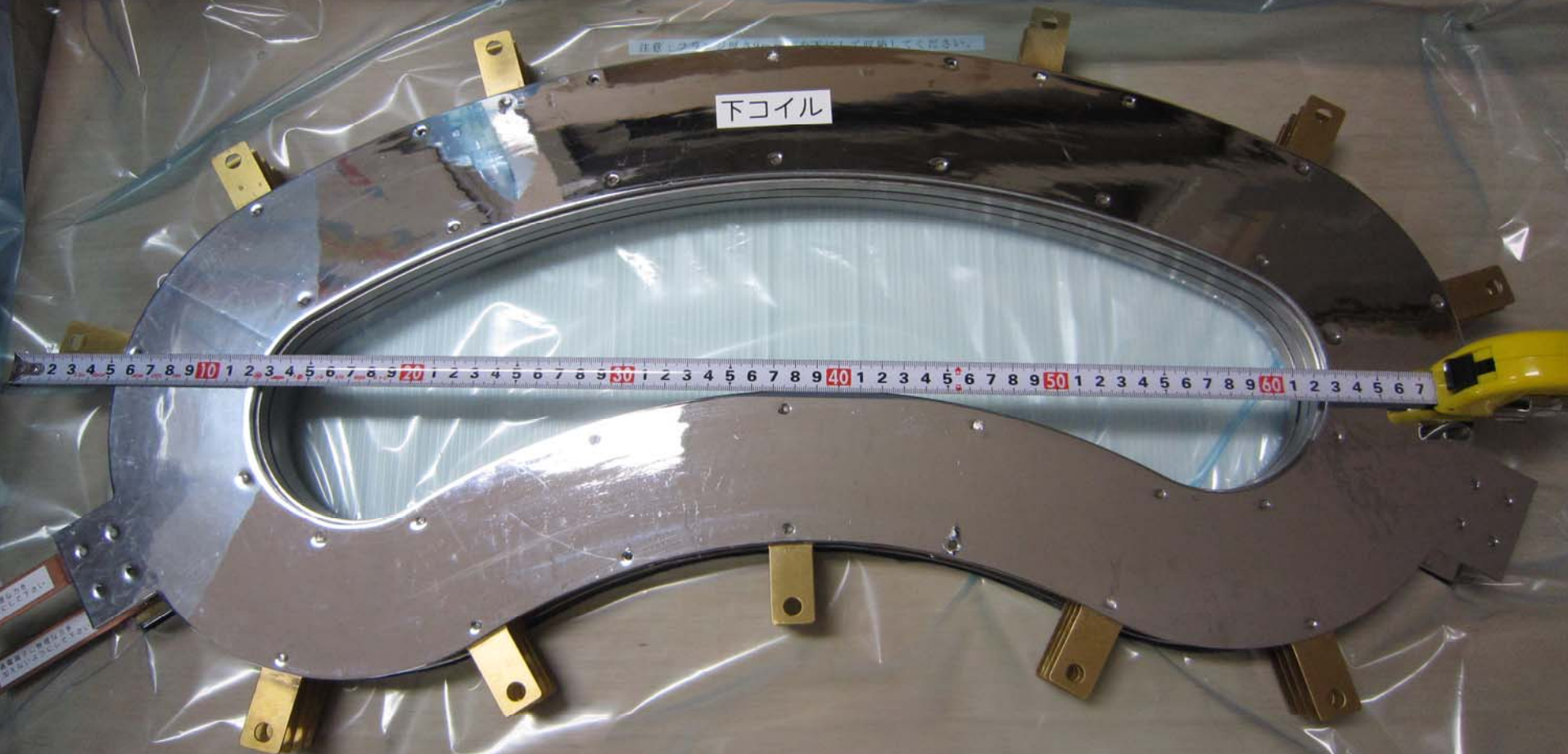






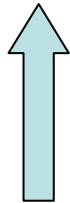


3T偏向磁石用高温超伝導コイル



問題点：

- 標的上のビームサイズが増大する？
- 後段の検出器、分離器との接続？



利用者からの要望をもとに詳細検討