

平成8年12月5日(木)  
第1回中性子科学研究委員会  
第1回中性子利用専門部会  
第1回加速器開発専門部会  
資料 No. 1-5

# 大強度陽子加速器の開発

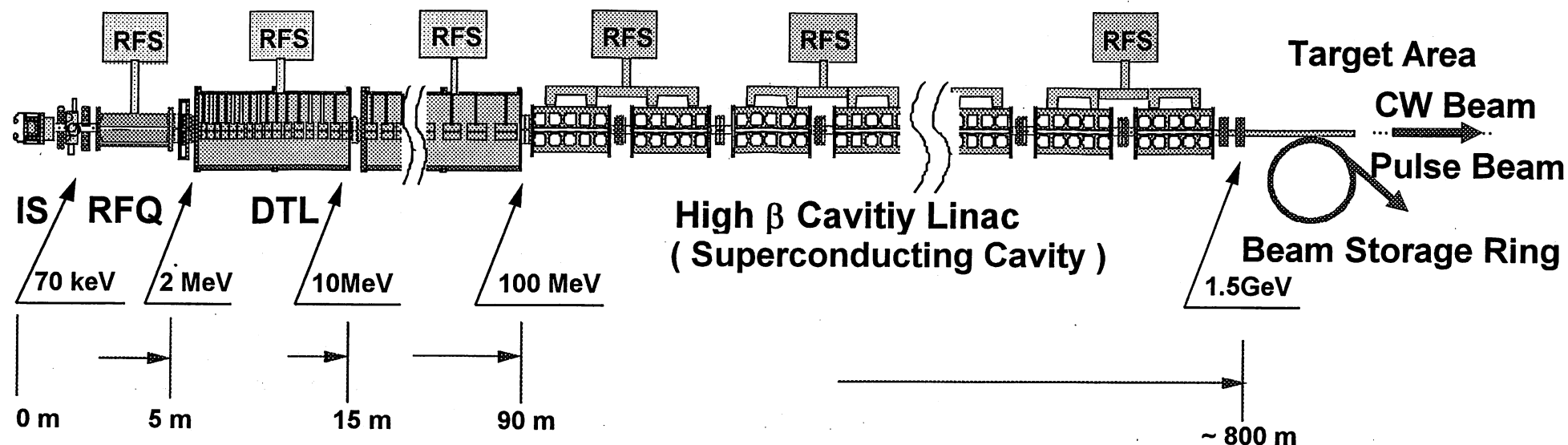
- (1) 基本仕様と開発の進め方
- (2) 開発状況と今後の展開

中性子科学研究委員会  
・ 専門部会合同会合

平成8年12月5日(木)

陽子加速器研究室  
日本原子力研究所  
東海研究所

# 中性子科学研究用大強度陽子加速器



エネルギー	1.5 GeV
加速粒子	負水素イオン, 正水素イオン
最大平均電流 (ピーク電流)	5.33 mA (30 mA)
最大繰り返し	50 Hz + 50 Hz またはそれ以下
マクロパルス幅	2 ms ~ CW
ビームチョッピング効率	60%
中間パルス幅 (間隙)	~ 400 ns ( ~ 270 ns )

# 物理的課題

ビーム軌道計算の精密化（空間電荷効果（非線形効果）の正確な考慮）  
ビームハローの予測精度向上（ $10^{-4}$ ないし $10^{-5}$ ）  
ビームスピルの低減化

# 工学的課題

全体概念設計（機器の構成・配置・性能の設計）  
加速器機器構造・高周波源系及び直流電源系の設計  
信頼性・保守性（故障率、機器の寿命、稼働率）の解析・評価  
機器の据付、組立、調整、運転シナリオの評価と構築  
建家、電気設備、給水設備、空調設備の設計  
放射線遮蔽、放射化、許認可対応、安全・保護システムの構築と評価

## 加速器機器

高輝度正・負イオン源  
高周波4重極型リニアック（RFQ）  
ドリフトチューブリニアック（DTL）  
ビーム伝送系  
超伝導加速器（SRF）  
ビーム蓄積リング  
短パルス生成装置  
ビームダンプ  
真空排気系、冷却系  
ビーム計測系、制御系、インターロックシステム

## 高周波源系及び直流電源系

高周波増幅器（4極管、クライストロン）  
高周波源用直流電源  
高周波出力伝送システム  
集束用電磁石用電源

# 大強度陽子加速器の技術開発

## 加速器システム設計

ビーム軌道計算

ビームスピルの評価

コスト評価

低エネルギー加速部の開発  
負イオン源の開発  
2MeVビーム加速試験  
RFQ, DTLのCW化

入射部のビーム加速試験

高エネルギー加速部の開発  
超伝導加速空洞  
ビーム蓄積リング

単空洞試作試験  
多連空洞試作試験

プロトタイプ試験  
ビーム加速試験

高周波源の検討  
クライストロン, 4極管

実機試作

実機製作

# 各加速器機器詳細

## イオン源（正負イオン共通）

引き出し電圧：	70kV
引き出し電流：	50mA
規格化エミッタンス：	0.1 $\pi$ mm. mrad (rms)
運転モード：	連続 (CW)

## RFQ

タイプ：	4 ベーン型
加速電流：	ピーク 30mA
運転モード：	2ms/50Hz～連続 (CW)
加速共振周波数：	200MHz
加速エネルギー範囲：	70keV～2MeV
ベーン間電圧：	88kV
平均ボア半径：	5.93mm
全長：	3.3m
最終同期位相：	-30°
透過率：	97%

## DTL

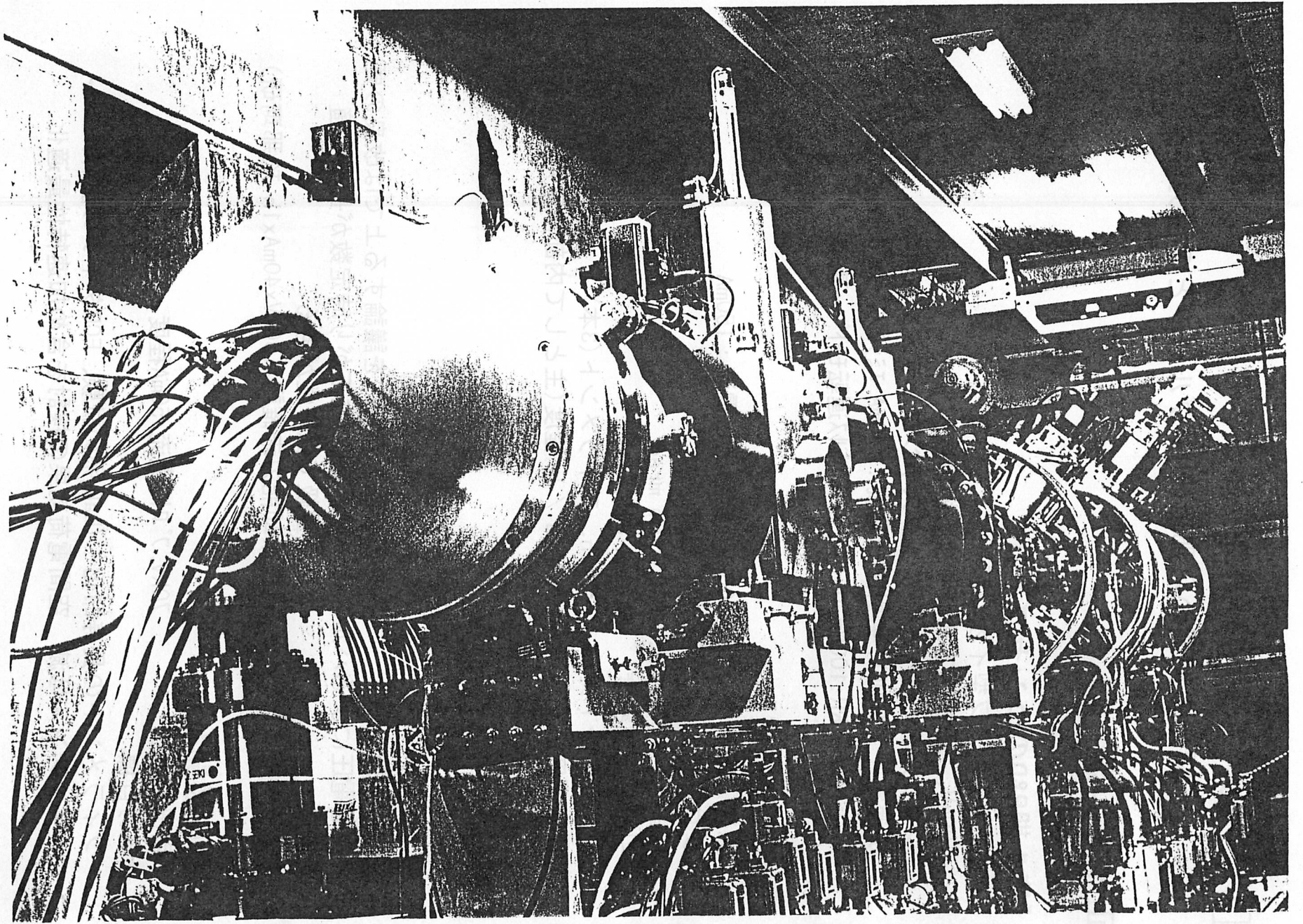
タイプ：	ドリフトチューブリニアック
加速電流：	ピーク 30mA
運転モード：	2ms/50Hz～連続 (CW)
加速共振周波数：	200MHz
ビーム集束系：	DT 内蔵 4 極電磁石
入射エネルギー：	2MeV
出射エネルギー：	100MeV
平均加速電場勾配：	1.5MV/m
ビームボア直径：	20mm
位相進み：	65°
同期位相：	-30°
集束磁場強度：	60～25T/m

## 超伝導リニアック

タイプ :	純ニオブ製楕円空洞
加速電流 :	ピーク 30mA
運転モード :	2m/50Hz~連続 (CW)
加速共振周波数 :	600MHz
ビーム集束系 :	4 極電磁石
入射エネルギー :	100MeV
出射エネルギー :	1.5GeV
平均加速電場勾配 :	~7.5MV/m
ビームボア直径 :	150mm
モジュール間距離 :	~185cm
(含む集束要素間距離 :	45cm)
キャビティー長 :	<1m
キャビティー内の最大セル数 :	<10
最大表面磁場強度 :	<16~20MV/m
最大高周波カップラー入力 :	100kW~200kW

## ビーム蓄積リング (暫定案)

入射粒子 :	H <sup>-</sup>	周回粒子 :	H <sup>+</sup>
リング周長 :		185m	
スーパーペリオド :		12	
直線部 :		10.8m	
偏向電磁石半径 :		8m	
偏向磁場強度 :		0.94T	
入射エネルギー :		1.5GeV	
出射エネルギー :		1.5GeV	
入射時間 :		2~3.7ms	
繰返し :		50Hz	
蓄積粒子数 :		4x10 <sup>14</sup>	



# [1] イオン源の開発

\* 開発の初期から那珂研NBIグループとの協力開発

## 正イオン源

### 【第1期R&Dのコンセプト】

マルチカスプ型イオン源

100kV、2段加速方式（4枚電極構造）

シングルアパチャー、タングステンフィラメント（4本）

加速電圧：100kV, 全引出し電流：140mA, エミッタンス： $0.5\pi\text{mm mrad}$

PW：1.2ms, RR:100Hz, Duty：12% パルス運転モード～連続モード

### 【現状の達成値】

加速電圧：100kV 全引出し電流：150mA

プロトン比：80% 程度

rmsエミッタンス： $0.23\pi\text{mm mrad}$

引出し電流密度： $178\text{mA}/\text{cm}^2$

フィラメント寿命：～200h、フィラメント（3本）

放電頻度：3～4回 / h 程度（主として内部放電）

### 【問題点】

プロトン比：～85%止まり

エミッタンス： $> 0.2\pi\text{mm mrad (rms)}$

放電頻度：将来の装置の安定性を議論する上では改良の要

加速電圧によるパルス化：電源電圧 立下がり時定数が長く不適

構造：大型重量級で保守性が劣る

CWモード：電極冷却能力未確認（50kVx40mAx1h 於那珂研）

### 【今後の展開】

引出し電圧：70kV, プロトン電流：50mA程度

当面の目標

フィラメントの長寿命化（LaB<sub>6</sub>系の試験、ECRタイプの試作）

エミッタンス低減 空間電荷効果の検討を含め加速特性最適化



# 負イオン源

## 【第1期R&Dのコンセプト】

体積生成型負イオン源(正イオン源プロトタイプ<sup>7</sup>の電極構造を変更)  
シングルアパチャーとマルチアパチャーの2方式  
負イオン生成効率向上のためのセシウム添加機構あり  
加速電圧70kV、負イオン電流50mA

## 【現状の達成値】(那珂研のテストスタンドに於ける初試験結果)

### セシウム添加の結果

シングルアパチャー :	加速電圧 : 50kV	全引出し電流 : 8mA	
引出し電流密度 :	13mA/cm <sup>2</sup>		
マルチアパチャー :	加速電圧 : 50kV	全引出し電流 : 70mA	70
引出し電流密度 :	16mA/cm <sup>2</sup>		with 539
体積生成方式のみの場合			
マルチアパチャー :	加速電圧 : ~50kV	全引出し電流 : 20mA前後	

## 【問題点】(現状は負イオンビーム加速本格試験開始の準備段階)

引出し電流量向上  
セシウム添加~RFQへの影響の評価  
ビーム出力の長時間安定性、再現性

## 【今後の展開】

現リニアック棟に於ける負イオン加速試験の開始(平成9年1月から)  
ビーム引出しは100kV(RFQへの入射条件維持のため)  
負イオンビームのエミッタンス測定、LEBTのビーム透過率測定  
長寿命化、ECR方式の検討は正イオン源と同様  
残留ガスによる中性化の影響と対策検討

## [2] RFQの開発

### 【第1期R&Dのコンセプト】

4ベーン型RFQ、201.25 MHz、100kVプロトン入射  
PW : 1.2 ms、RR : 100 Hz、Duty : 12 % パルス運転モード  
100KeVから2MeVまでの加速範囲

### 【現状の達成値】

セパレート型 \* 4ベーンRFQの製作、コールド試験、ハイパワー試験  
\* タンク-ベーン構造 分離型 (ボルト締付けによる固定方式)

### ビーム加速試験

加速エネルギー : 2MeV (コンパ外分析電磁石による測定 : 精度~5%)  
ビーム透過率 : 82%  
透過ビーム電流 : 80mAピーク  
運転 Duty : 瞬時 10%、安定 8%  
ビームエミッタンス : ダブルスリット型エミッタンスモニターによる測定  
X-X' = 0.62  $\pi$ mm-mrad  
Y-Y' = 0.76  $\pi$ mm-mrad

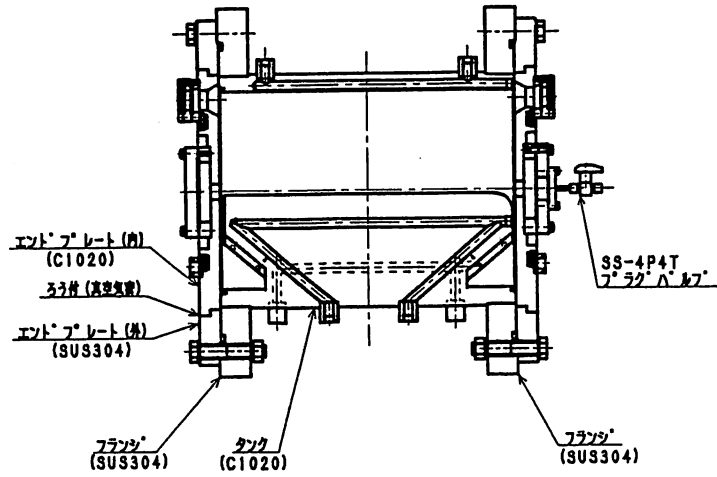
### 【問題点】

ビーム透過率の向上 (計算値 >95% との対応)  
放電ブレークダウン頻度の低減  
高デューティ運転対応

### 【今後の展開】

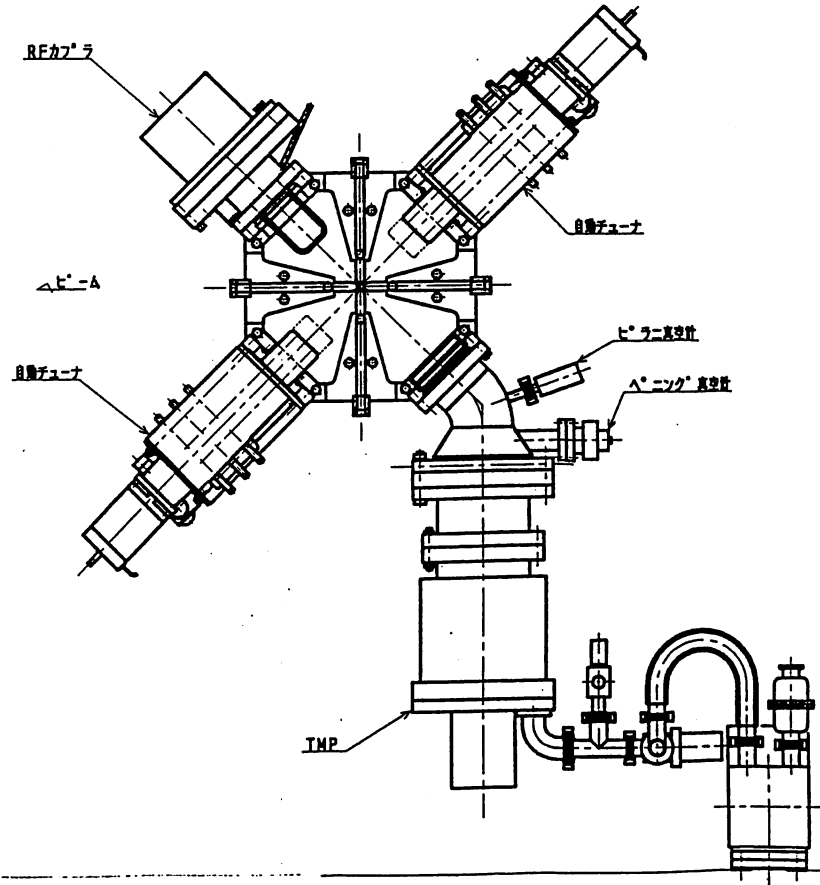
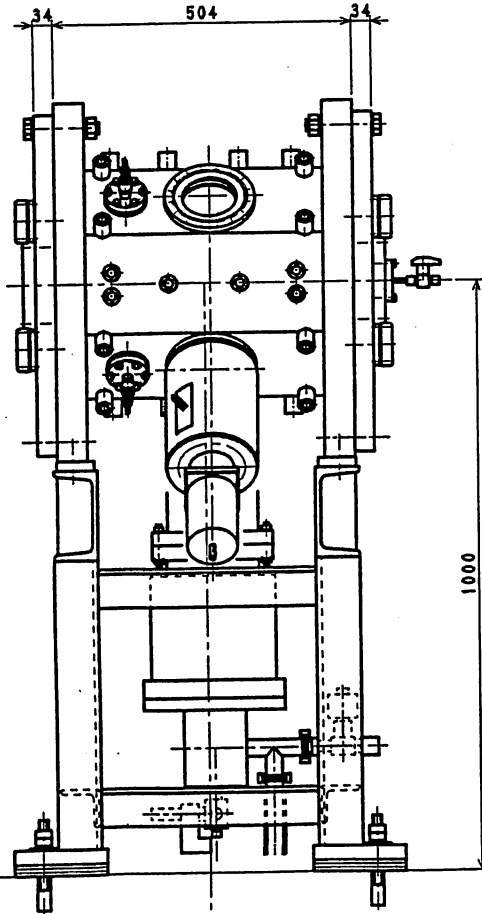
CW-RFQホットモデルの製作とハイパワー試験  
現RFQの負イオン加速試験 (100kVの制限条件)  
イオン源からのセシウム蒸気拡散効果 (放電限界の低下の可能性)  
RF入力カプラ改良・高デューティ試験  
タンク内電場分布平坦化とビーム透過効率向上

# CW-RFQハイパワーモデル



## 主要仕様

1	共振周波数	200MHz
2	ベーン間電圧	88kV (1.375)
3	ベーン長さ	50cm
4	Q値	13100
5	壁面ロス	35kW (80%Q)



## [3] DTLの開発

### 【第1期R&Dのコンセプト】

アルバレ型ドリフトチューブリニアック

201.25 MHz、2 MeVプロトン入射

PW : 1.2 ms、RR : 100 Hz、Duty : 12 % パルス運転モード

2 MeV から 150 MeVまでの加速範囲

平均加速電場強度 : 2MV/m

ホローコンダクタ型 Q電磁石内蔵 ドリフトチューブ

### 【現状の達成値】

ホロコン (5 mm x 5 mm) 型Q電磁石内蔵 ドリフトチューブ試作開発

磁場勾配 : DTL入射部側 80 T/m

励磁電流 : 780A

9セルモデルDTLホットモデル製作

(初段2セルにホロコン Q電磁石内蔵DT)

ハイパワー試験 : RF入力 : 128kW (加速電場強度 : 2MV/m)

試験運転 Duty 12%, 20% 安定

各部発熱測定・計算値との比較 (良好な一致)

ハイパワー試験後の解体確認 : ダメージ部位 無し

ホロコン型 Q電磁石連続通電試験 : 励磁電流 : 780A 550時間運転

### 【問題点】

ビーム試験の必要性

高デューティ運転対応

DT 取付け精度 : 多連セルDTLの据付組立手法 (職人芸)

入射部DT用Q電磁石 給電ライン-冷却水配管の組立

### 【今後の展開】

CW-DTL 1/3 コールドモデルの製作とコールド試験

CW-DTL ポストカプラー効果測定 : タンク内電場分布

平均加速電場強度の最適化 (~1.5MV/m) とビームダイナミクスの対応

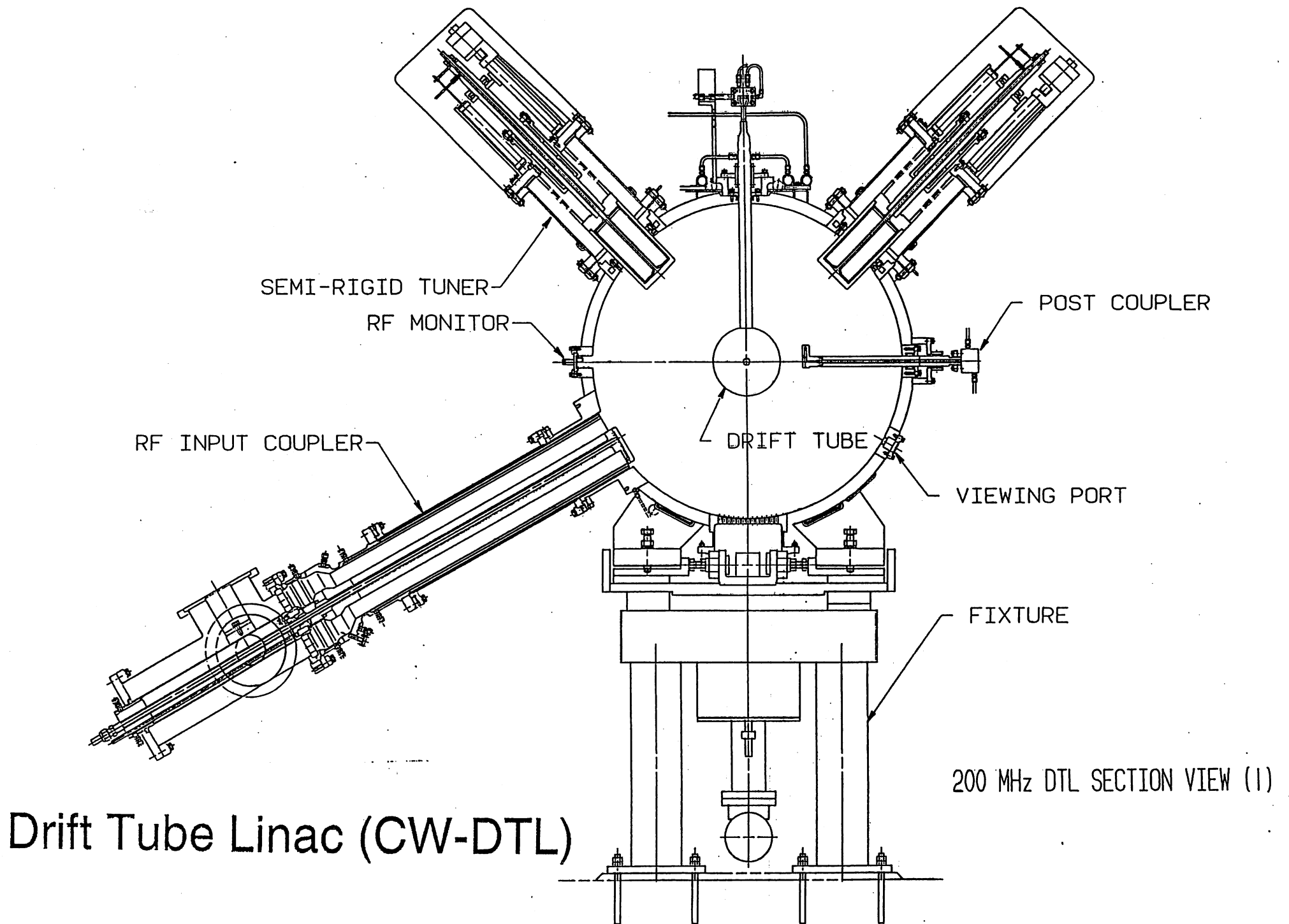
# Drift Tube Linac (DTL)

## parameters

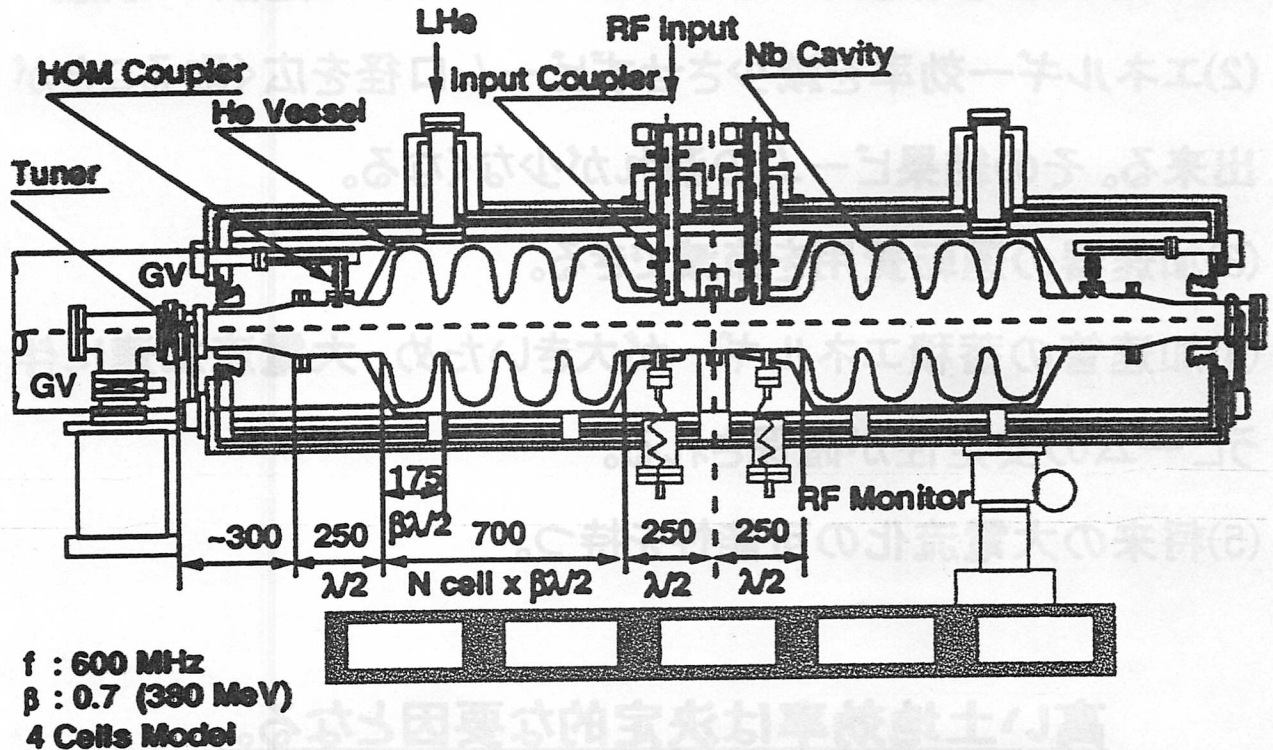
Tank No.		1	2	3	1~4
Energy	[MeV]	2 - 33	20 - 67	67 - 100	合計
Current	[mA]	30	30	30	
Frequency	[MHz]	200	200	200	
EO	[MV/m]	1.5	1.5	1.5	
Synchronous Phase Angle	[deg]	-55 ~ -30	-30	-30	
Phase Advance	[deg]	65	65	65	
Cells		135	69	59	263
TANK Length	[cm]	3218.233	3219.174	3493.165	9930.572
Tank diameter	[cm]	91.751	97.136	96.576	
DT Diameter	[cm]	20	20	20	
Bore radius	[cm]	1	1	1	
Stem diameter	[cm]	3.6	3.6	3.6	
Face angle	[cm]	0	50	60	
Tank loss(100%Q)	[MW]	1.31899	1.08115	1.18467	3.58481

## simulation result

		RFQ	DTL	DTL
		Output	Input	Output
X-XP	100% [ $\pi$ cm·mrad, Normalized]	0.4659	0.5462	1.3061
	90% [ $\pi$ cm·mrad, Normalized]	0.0974	0.1007	0.1095
	RMS [ $\pi$ cm·mrad, Normalized]	0.0216	0.0222	0.0264
Y-YP	100% [ $\pi$ cm·mrad, Normalized]	0.4584	0.6225	1.3154
	90% [ $\pi$ cm·mrad, Normalized]	0.0991	0.1003	0.112
	RMS [ $\pi$ cm·mrad, Normalized]	0.0217	0.0225	0.0272
$\phi$ -W	100% [ $\pi$ deg·MeV, Unnormalized]	6.2697	11.2019	11.4121
	90% [ $\pi$ deg·MeV, Unnormalized]	0.7479	0.7392	0.9223
	RMS [ $\pi$ deg·MeV, Unnormalized]	0.1663	0.1754	0.2332



# Superconducting Cavity for JAERI Linac



## Cavity

Cavity length	<1m
Size of beam tube	15cm
Coupling constant between cell	4.7~2.1%
Accelerating gradient (Eacc)	2.9~7.2MV/m
ZTT/Q	89.5~398

## Cryomodule

Interval between cavity	~50cm
Interval between cryomodule	~185cm
(the focusing element distance)	45cm)

## 超電導加速器の利点

- (1)平均加速電場を向上させ、短いリニアックの建設が可能。
- (2)エネルギー効率を減少させずビーム口径を広く取ることが出来る。その結果ビームの漏れが少なくなる。
- (3)加速器の運転費用を節減できる。
- (4)加速管の蓄積エネルギーが大きいため、大電流加速に伴うビームの安定性が確保される。
- (5)将来の大電流化の可能性を持つ。

高い土地効率は決定的な要因となる。

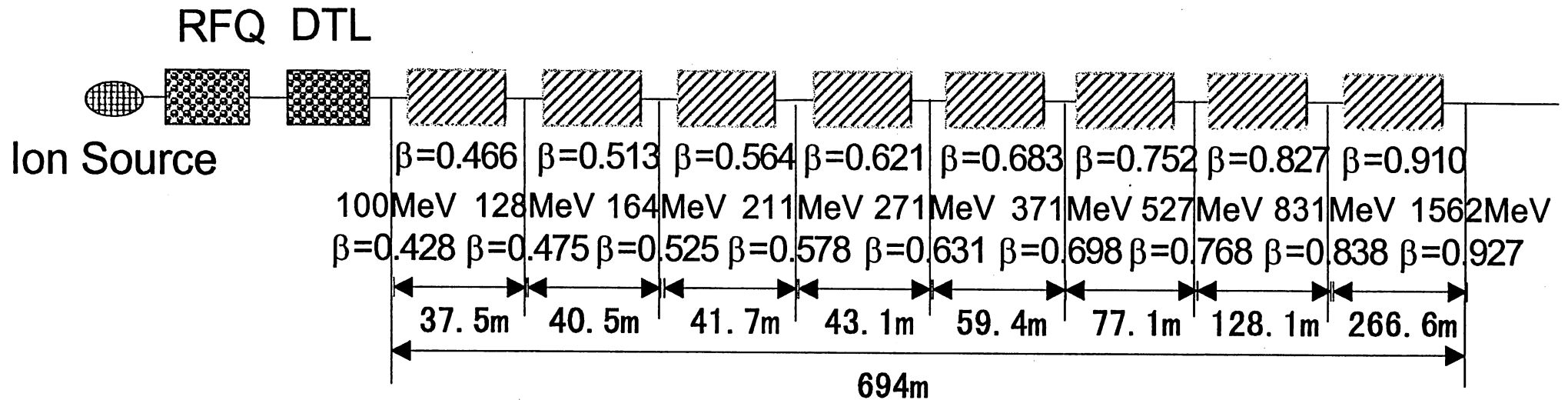
加速器長 常電導 1200km vs 超電導 800m 以下

## 欠点

- (1)開発項目が多く、開発期間が長い。
- (2)フィーリングタイムが長いため、短パルス運転に適さない。
- (3)高周波電源の電圧・位相の制御不安定性が直接ビーム変動と原因となる。

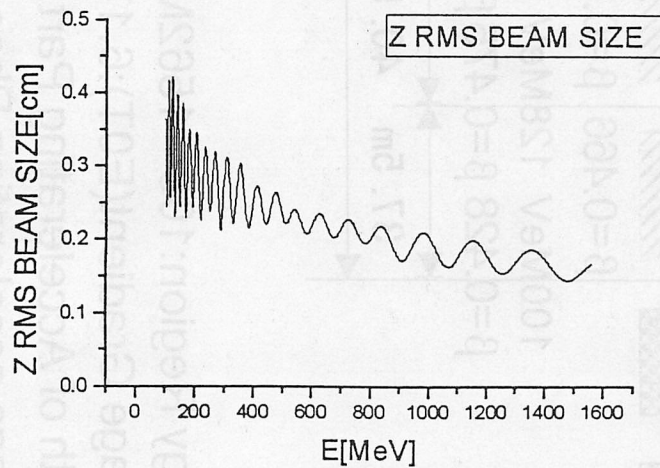
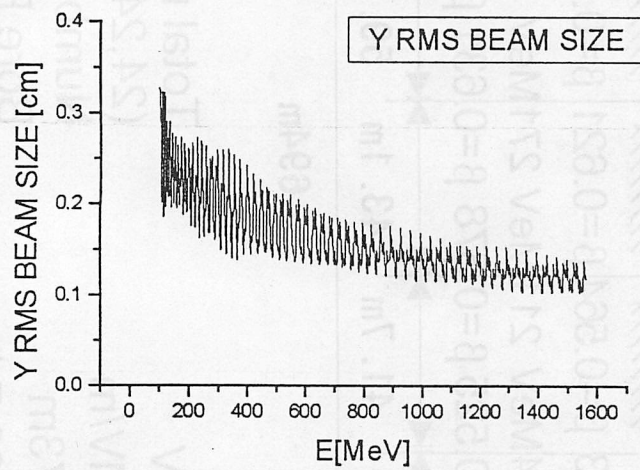
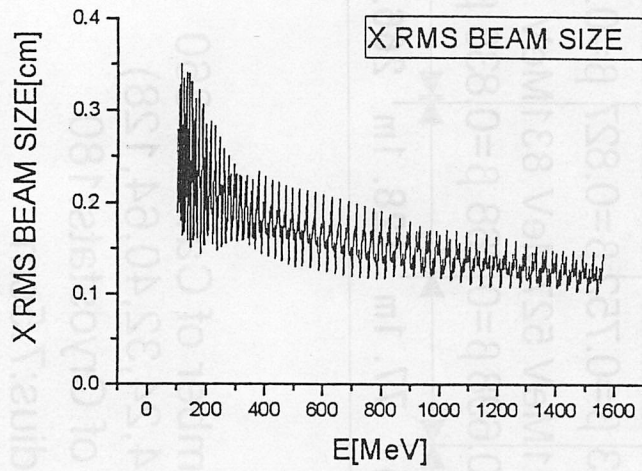


# Basic Parameters for Superconducting Accelerator (600MHz)

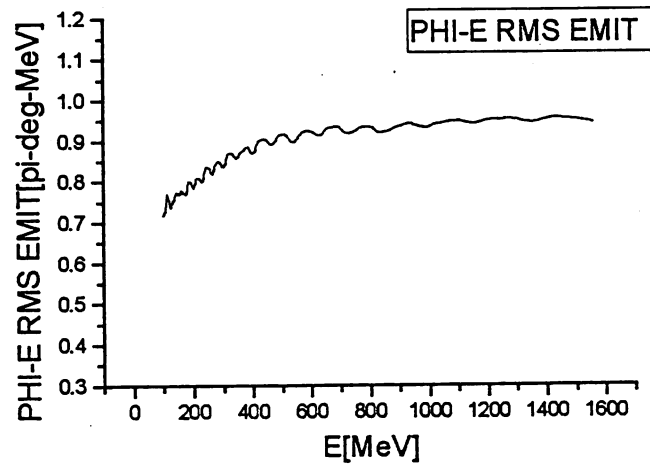
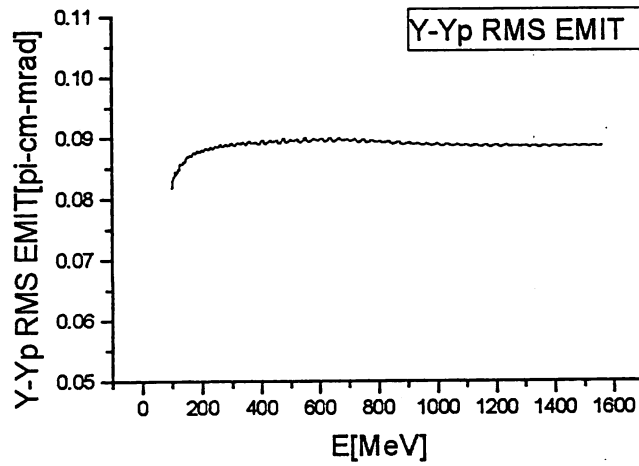
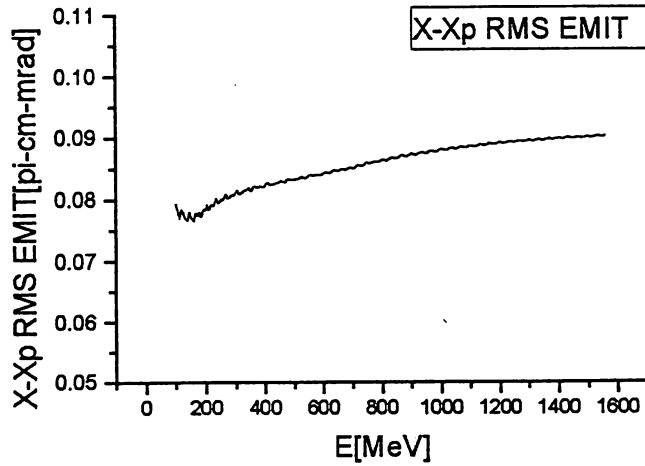


Energy Region: 100 - 1562 MeV  
 Average Gradient (E0T): 6.17 MV/m  
 Length of Accelerating Part: 273 m  
 Average accelerating Phase: -29.7 deg  
 Interval between Cryomodules: 185 cm  
 Interval between Cavities: 50 cm

Total number of Cavities: 360  
 (24, 24, 24, 24, 32, 40, 64, 128)  
 Number of Cryostats: 180  
 Bore Radius: 7.5 cm  
 Cavity Wall Loss: 23.4 kW (4K)  
 Focusing Strength: 12-54 T/m



The rms beam size for 8 different  $\beta$  sections and  $E_p=16\text{MV/m}$  ( $Q=12-55\text{T/m}$ )



The rms emittance for 8 different  $\beta$  sections  
and  $E_p=16\text{MV/m}$  ( $Q=12-55\text{T/m}$ )

# Preliminary Parameters for Superconducting Cavity

Case	8 class Ep=16MV/m Q=12T/m	8 class Ep=16MV/m Q=12-55T/m
Cavity configuration	4 cell	4 cell
Input beam phase	-61.3deg--22.3deg	-61.3deg--22.3deg
Average phase	-29.7deg	-29.7deg
Accelerating part length(m)	272	272
Total length(m)	688	688
Number of cavity	360	360
Number of cell	1440	1440
Input emittance(90mA) x: $\pi$ cm.mrad(norm.rms) y: $\pi$ cm.mrad(norm.rms) z: $\pi$ deg.MeV(rms)		0.0792 0.0817 0.7177
Output emittance(90mA) x: $\pi$ cm.mrad(norm.rms) y: $\pi$ cm.mrad(norm.rms) z: $\pi$ deg.MeV(rms)	0.0947 0.0942 0.9008	0.0903 0.0887 0.9450
Total wall loss(kW)	23.4	23.4

# 高 $\beta$ リニアック

## [1] 高 $\beta$ リニアック加速構造の検討

- \* ビーム計算解析コードについてはLANLの協力の下に整備を進めた。
- \* 平成7年度から高エネルギー物理学研究所(KEK)との共同研究協定発足  
ビームパイプの検討を含め、緊密な連携、協力体制で開発を推進中
- \* 所内 タンデム・FEL 超伝導加速装置担当者との連携

## [2] 超伝導空洞

### 超伝導空洞テストスタンドの整備

#### クライオスタット

断熱真空槽+FRP製ヘリウム槽

クライオスタット内径800mm、深さ3,500mm

試験領域残留磁場：平均 7 ミリガウス、最小 3 ミリガウス

LHe : 2K 条件の確保 : 大容量排気設備 : 30,000 lpm

クリーンブース : 8m x 5.8 m, 作業環境 : クラス10の空気清浄度

空洞加熱+Oil Free 超高真空排気ポンプ設置

#### 超純水空洞洗浄装置

超純水製造装置 18 Mohm $\cdot$ cm 超純水 : 1.5トン製造能力 (90l/h)

全溶解カーボン(TOC) : 30以下 (未達成、現状 >300)

UVランプ、CO<sub>2</sub>トラップ採用

#### 高圧超純水空洞洗浄装置

給水能力 : 圧力 85 kg/cm<sup>2</sup>、流量14 lpm、0.1 mmフィルター

### 超伝導空洞実験

KEKのLバンド空洞特性試験に参加 : 実験手法の学習

600MHz空洞実験用測定回路系の整備 : KEK方式踏襲

#### 超伝導空洞製作

空洞形状の検討 : 特に低エネルギー一部の構造強度評価

銅板による模擬単空洞の試作

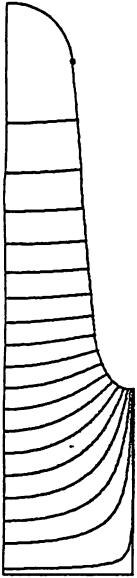
高純度ニオブ板による単空洞の試作

TEST. FREQ= 600.0000 Freq =

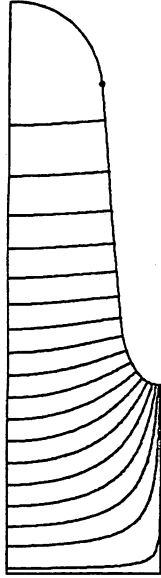
TEST. FREQ= 600.0000 Freq =

TEST. FREQ= 600.0000 Freq = 1

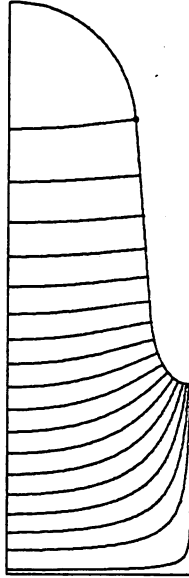
TEST. FREQ= 600.0000 Freq = 600.022



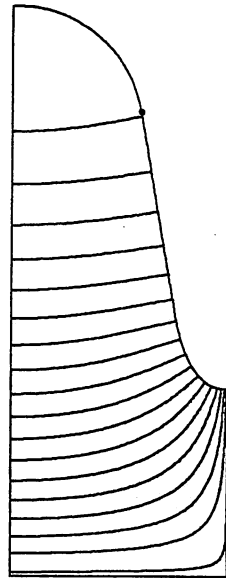
$\beta=0.43$   
E=100 MeV



$\beta=0.5$   
E=145 MeV



$\beta=0.6$   
E=235 MeV

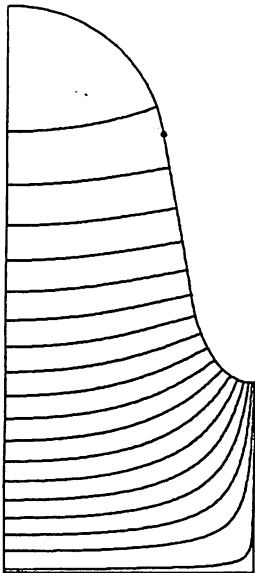


$\beta=0.7$   
E=376 MeV

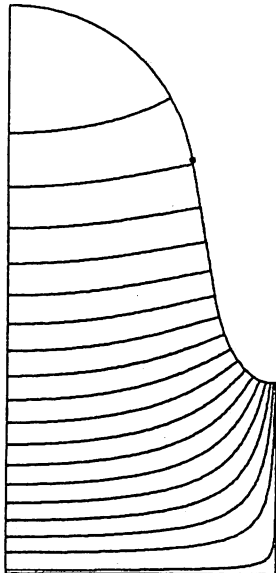
TEST. FREQ= 600.0000 Freq = 600.001

TEST. FREQ= 600.0000 Freq = 600.018

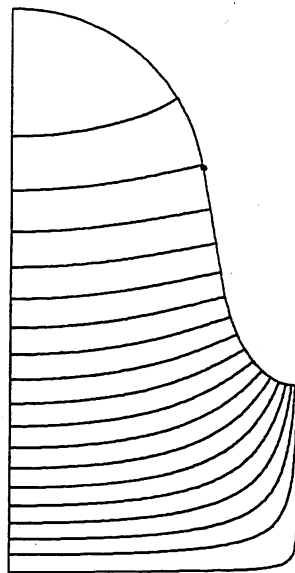
TEST. FREQ= 600.0000 Freq = 600.074



$\beta=0.8$   
E=626 MeV



$\beta=0.875$   
E=1000 MeV



$\beta=0.92$   
E=1500 MeV

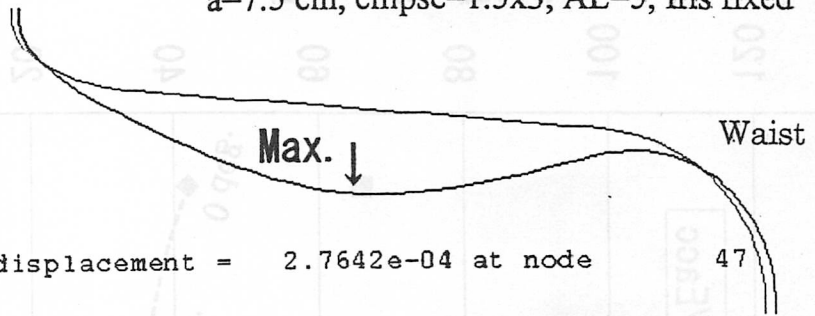
Cavity shape of the preliminary design  
(Iris radius is fixed  $a=7.5\text{cm}$ )

600 MHz, beta=0.5 SC cavity

a=7.5 cm, ellipse=1.5x3, AL=5, Iris fixed

Deformation

Iris

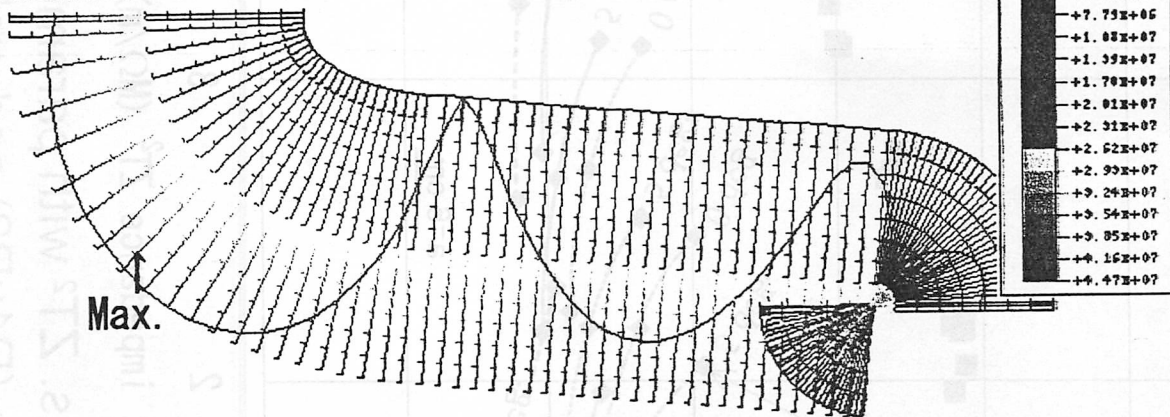


Maximum displacement = 2.7642e-04 at node 47

DISPLACEMENT MAGNIFICATION FACTOR = 61.6 ORIGINAL MESH  
 TIME COMPLETED IN THIS STEP 1.00 TOTAL ACCUMULATED TIME  
 ABAQUS VERSION: 5.4-1 DATE: 09-MAY-96 TIME: 17:51:42

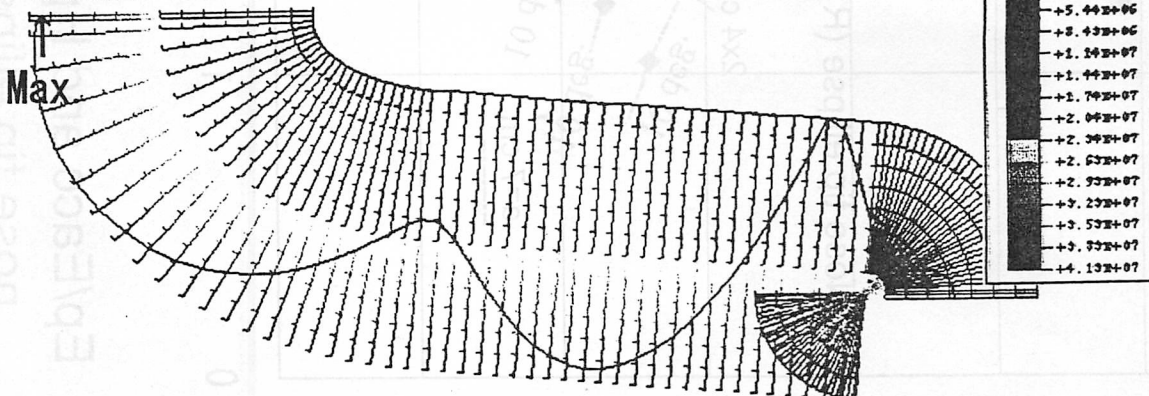
von MISES stress (atmospheric pressure side)

Maximum value = 4.4729e+07 at node 70  
 Minimum value = 4.7203e+06 at node 57

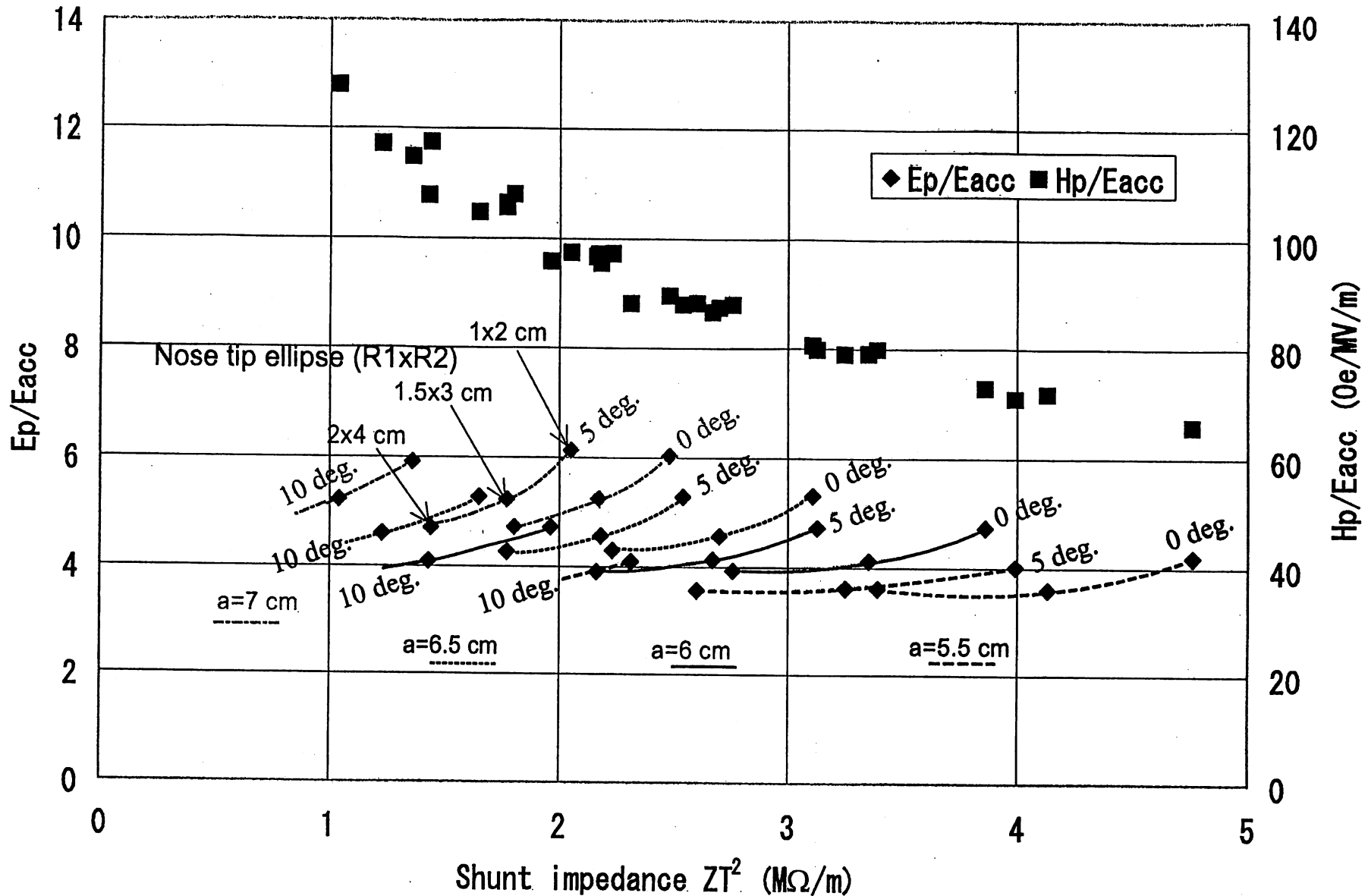


von MISES stress (vacuum side)

Maximum value = 4.1361e+07 at node 77  
 Minimum value = 2.4478e+06 at node 36

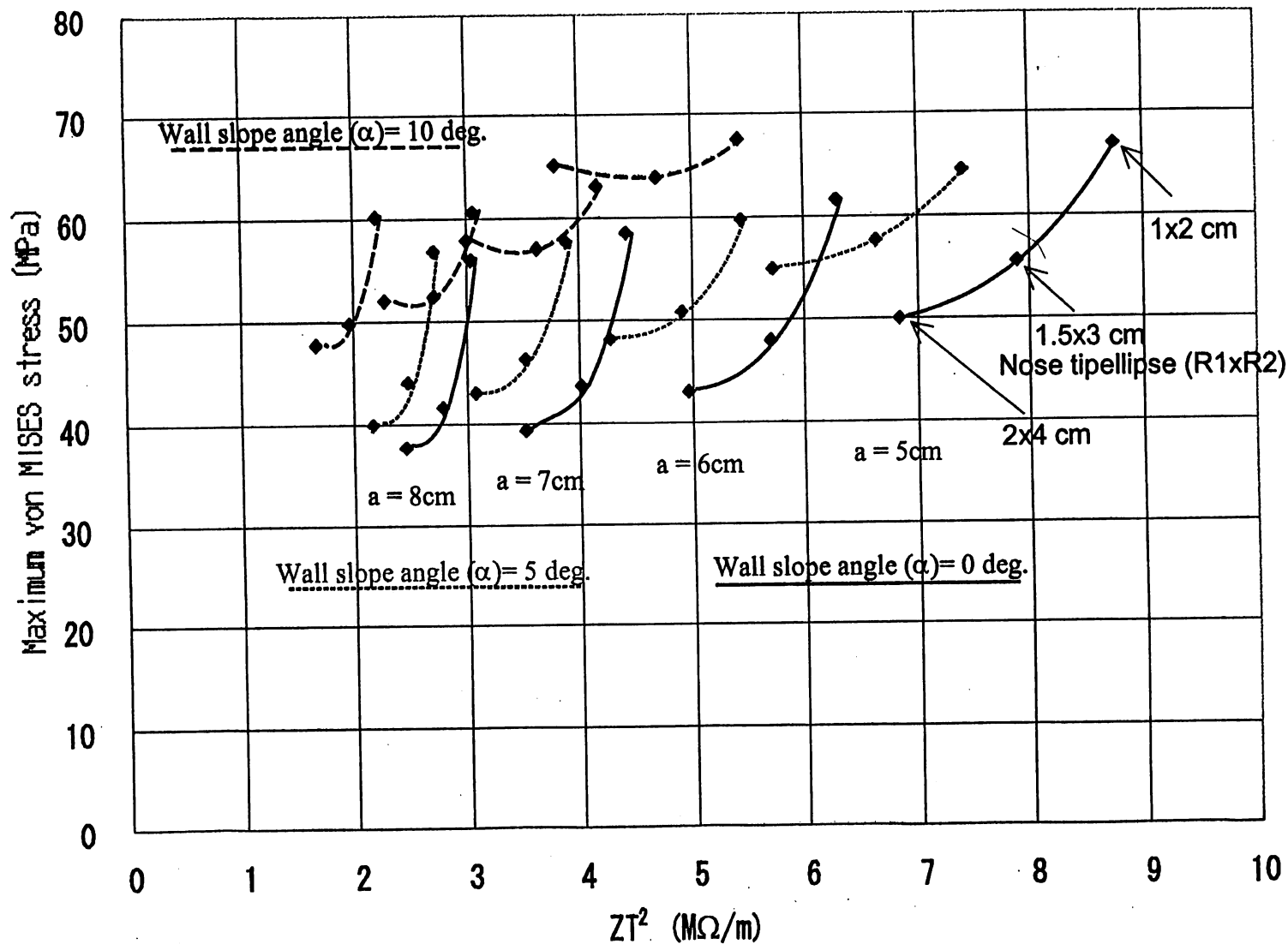


Deformation and maximum von MISES stress distribution at  $\beta=0.5$  (Iris Fixed)



$E_p/E_{acc}$  and  $H_p/E_{acc}$  vs.  $ZT^2$  with parameters of iris radius ( $a$ ), nose tip ellipse shape ( $R1 \times R2$ ) and wall slope angle ( $\alpha$ ) for 600 MHz SC cavity of  $\beta=0.43$  (100 MeV)





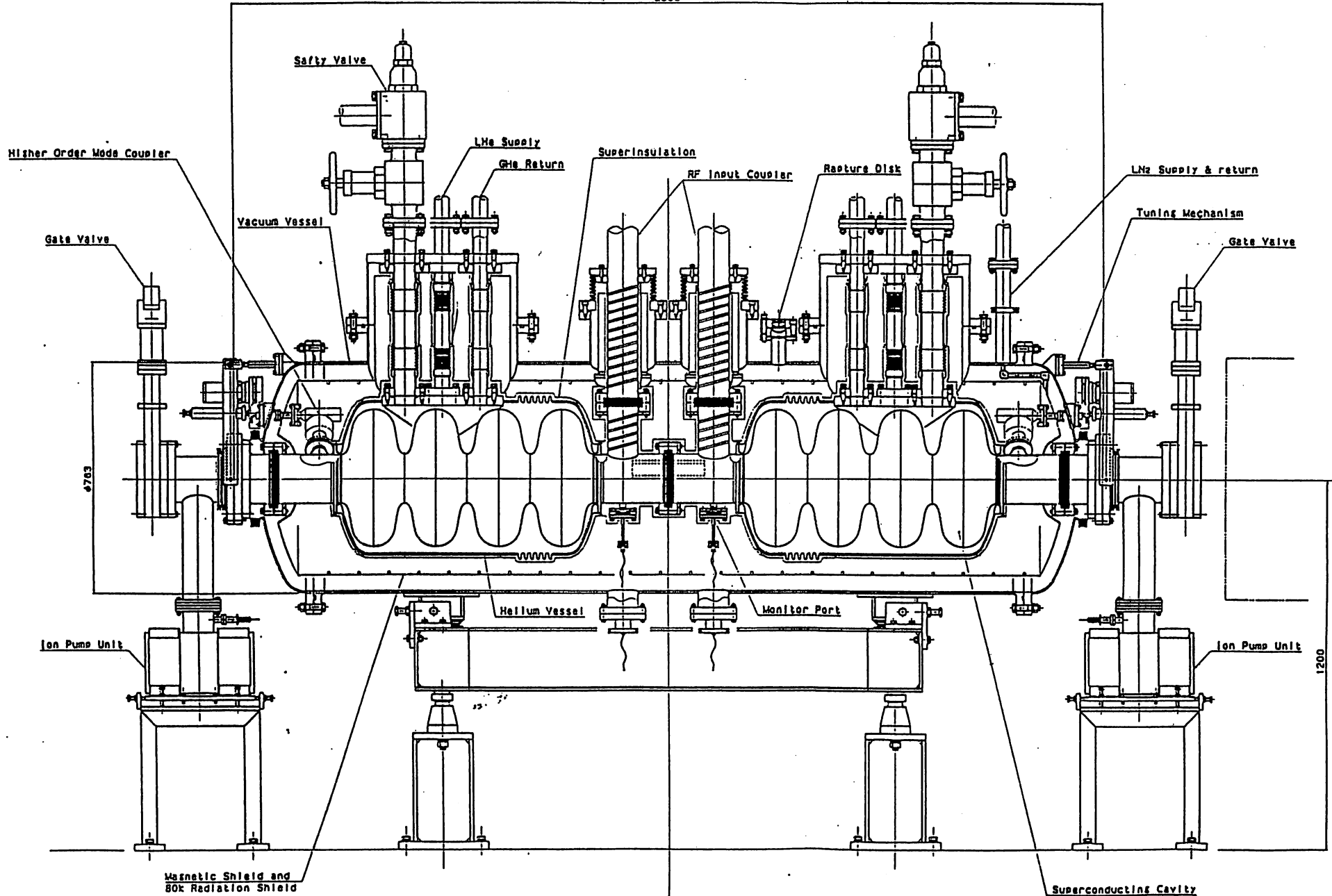
Maximum von MISES stress vs.  $ZT^2$  with parameters of iris radius ( $a$ ), nose tip ellipse shape (R1xR2) and wall slope angle ( $\alpha$ ) for 600 MHz,  $\beta=0.5$  cavity (Iris fixed)

## Preliminary design and their results of the RF and structural analyses

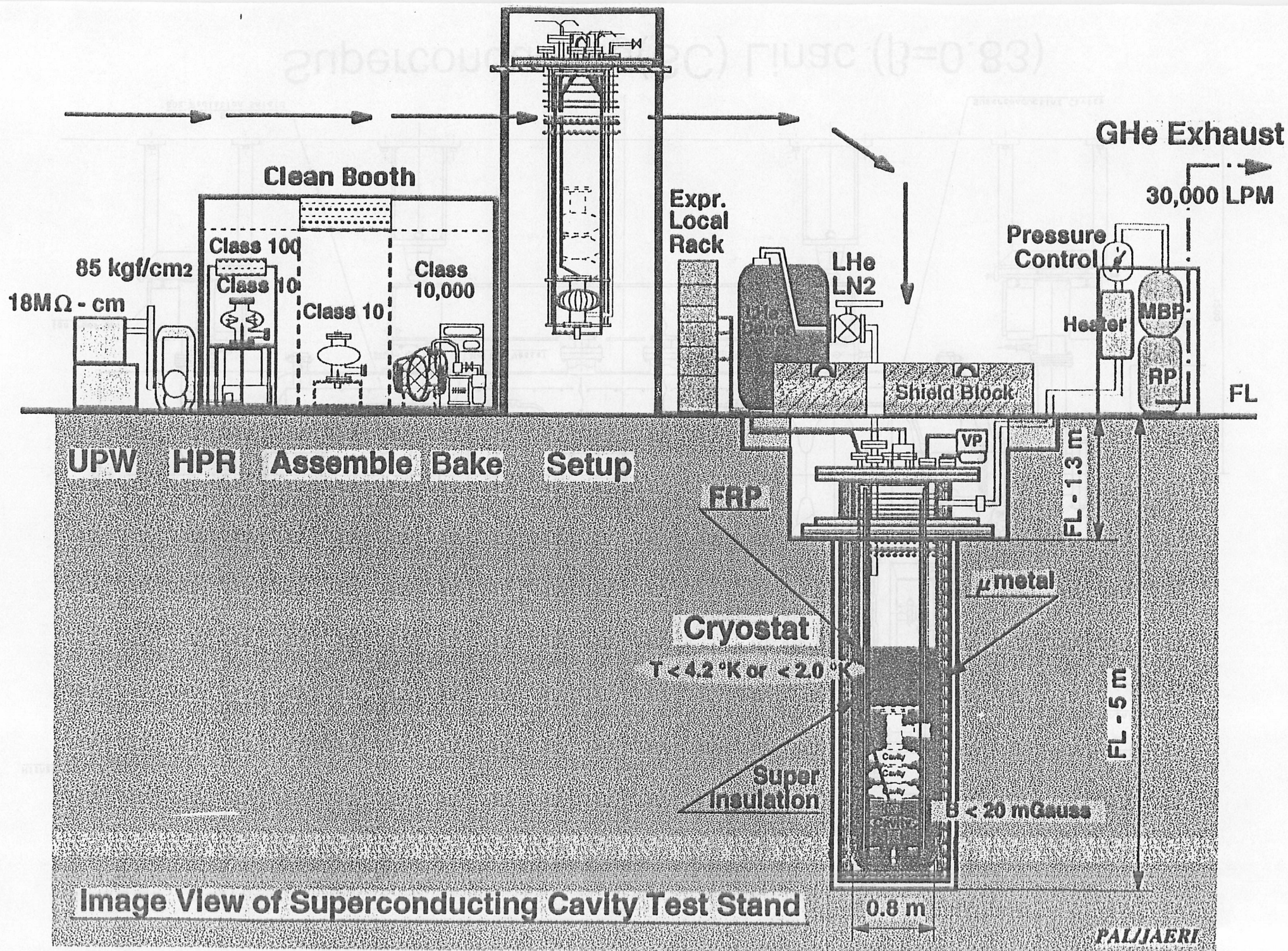
b	E (MeV)	a (cm)	b (cm)	R (cm)	R1xR2 (cm)	L (cm)	$\alpha$ (deg)	ZT <sup>2*</sup> (MW/m)	ZT <sup>2</sup> /Q (W/m)	Ep/Eacc	Hp/Eacc ( $\frac{O_e}{MV/m}$ )	Max. von MISES (MPa)	
												Iris Free	Iris Fixed
0.43	100	7.5	22.98	2.57	1.5x3	5.37	5	1.42	75.5	5.92	117.2	126.7	54.8
0.50	145	7.5	22.58	3.56	1.5x3	6.25	5	2.96	127.7	4.80	86.5	110.7	44.7
0.60	235	7.5	22.28	4.96	1.5x3	7.49	5	5.98	208.7	3.87	64.9	91.1	35.7
0.70	376	7.5	22.63	5.08	2x3	8.74	10	8.46	274.6	2.95	57.8	55.6	26.5
0.80	626	7.5	22.44	6.18	2.5x5	9.99	10	11.91	345.5	2.40	50.8	47.5	22.7
0.875	1000	7.5	22.31	7.33	2.5x5	10.93	10	14.93	394.7	2.24	46.0	40.3	20.0
0.92	1500	7.5	22.31	7.58	3x6	11.49	10	16.20	419.2	2.01	45.0	38.9	18.9

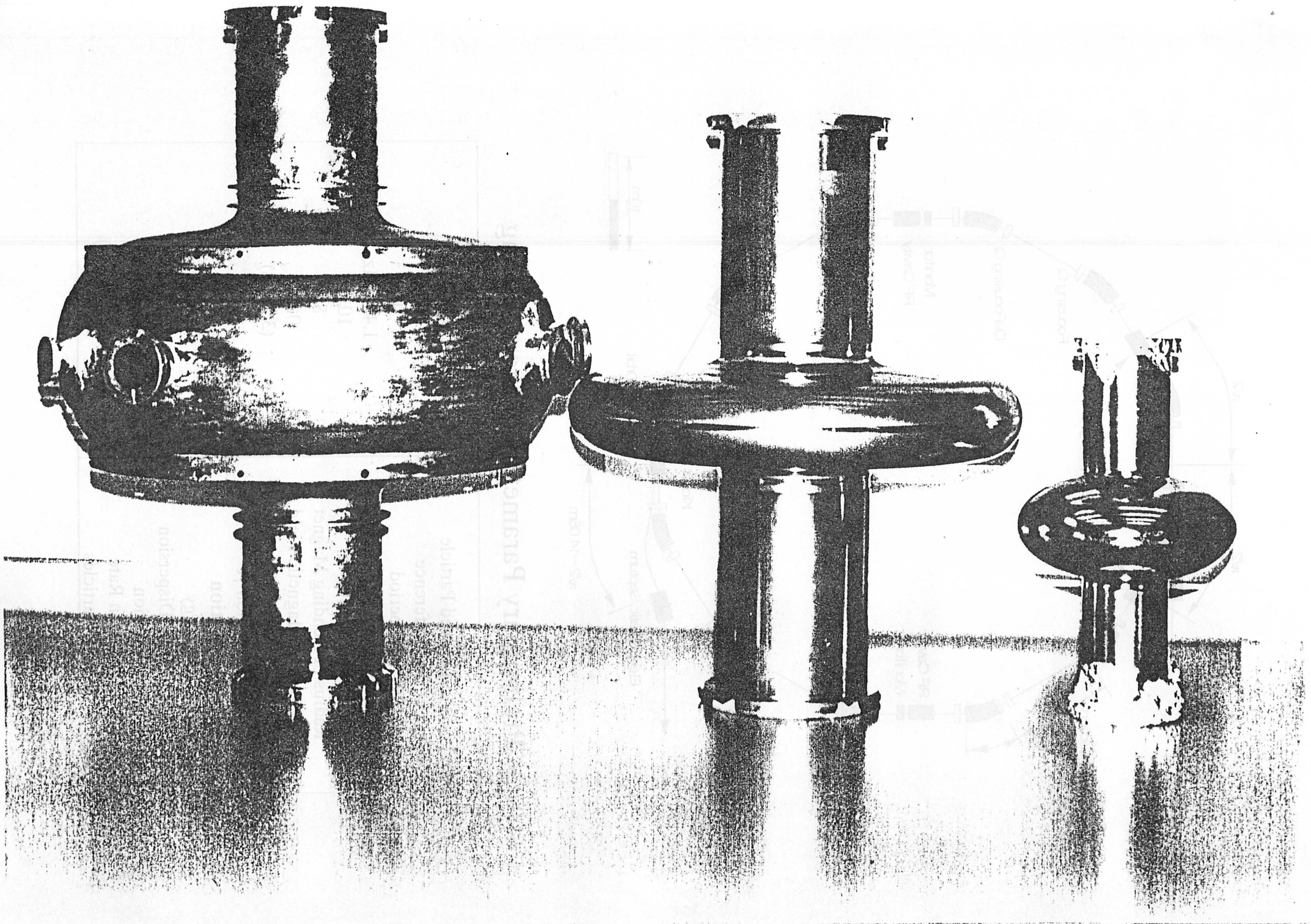
\* calculated from electric conductivity of Cu

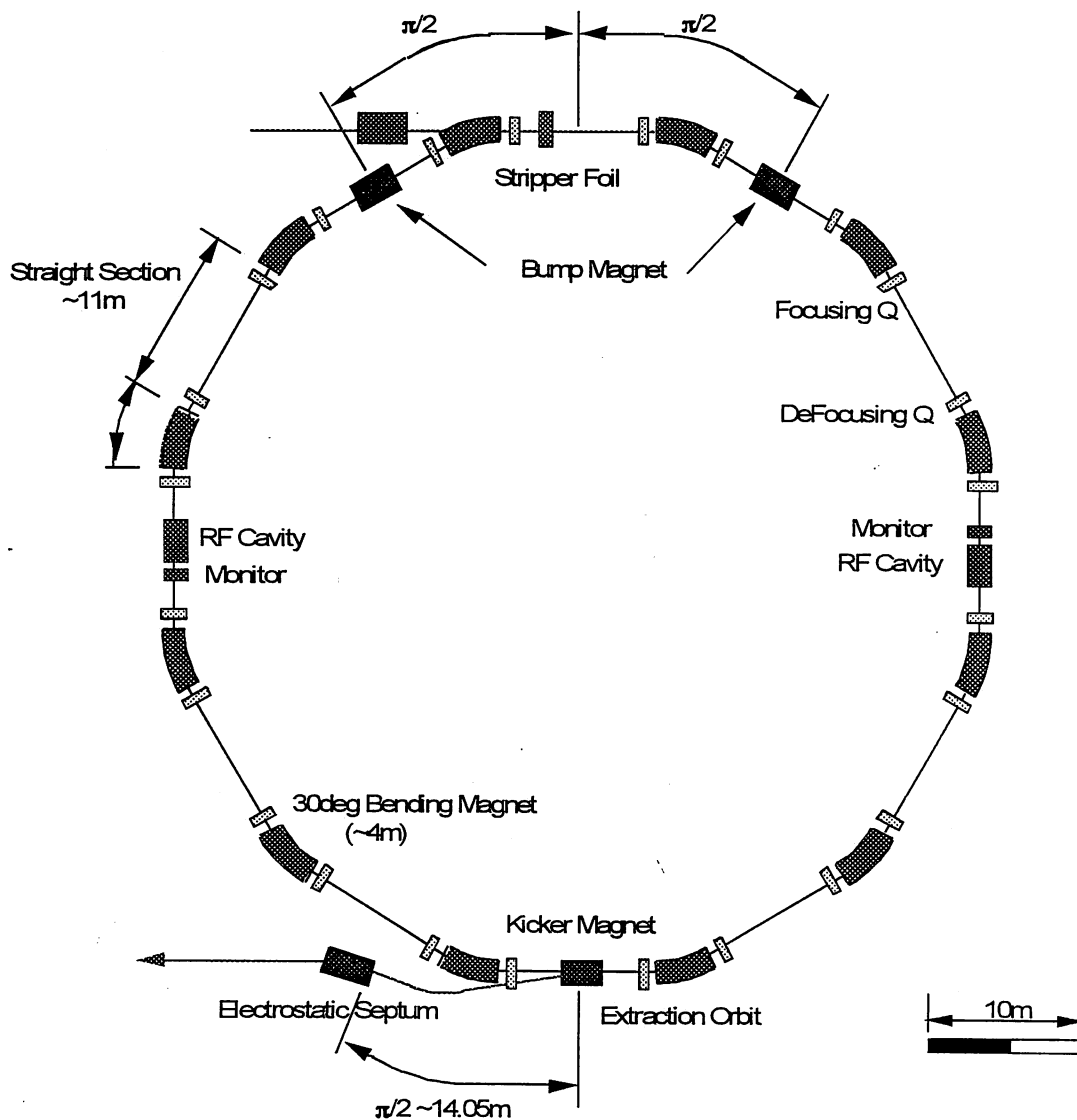
L1 = L2 = 0.2 cm



Superconducting(SC) Linac ( $\beta=0.83$ )







## Preliminary Parameters of Storage Ring

Accelerated Particle	H <sup>+</sup>
Circumference	185m
Superperiod	12
Revolution Frequency	1.49MHz
Straight Section	10.8m
Radius of Bending Magnet	8m
Strength of Magnetic Field	0.94T
Tune	(3.3,2.8)
Transition $\gamma_t$	3.09
<b>Injection</b>	
Energy	1.5GeV
Momentum Dispersion	$\pm 0.19\%$
Duration	2-3.7ms
Repetition Rate	50Hz
Storage Particles	$4 \times 10^{14}$

### [3] ビーム蓄積リングの検討

#### 【現状と今後の展開】

- シミュレーションコード「MAD」の取得と試計算開始
- リング内蓄積電流の空間電荷効果
- ビーム入射部・荷電変換部の概念検討
- ビーム取出し部の概念検討

リングパラメータ	JAERI	ESS
リング数	1	2
周長 [m]	185	163
セル数	12	15
スーパーペリオド	12	3
ビームパワー[MW]	5	5.1
入射／取出しエネルギー[GeV]	1.5	1.334
粒子数	$4.17 \times 10^{14}$	$2.34 \times 10^{14}$
周回ビーム電流[A]	100	62.25
周回周波数[MHz]	1.492	1.6714

#### [大電流ビームの問題]

- 不安定性(空間電荷制限, マイクロウェーブ不安定性など)
  - ・水平・垂直方向のチューンシフト
  - ・縦方向 (Longitudinal) エミッタンスの増大
- ビームローディング
  - ・高周波バケットの位相のずれ
  - ・磁性体特性の変化
- ストリップングフォイルの短寿命
- ビーム損失に伴う放射化

#### [対策]

JAERI	ESS
検討	2リング構成(リング当たりの周回電流値を低減) アロマット領域を用いたビーム蓄積リングでビームロス低減 位相空間ペインティングにより不安定性の回避 第2高調波を用いたRFシステムで空間電荷力を低減

## [4] RF源の開発

### 【第1期R&Dのコンセプト】

#### 4極管式RF源

201.25 MHz、ピークパワー：1 MW

PW：1.2 ms、RR：100 Hz、Duty：12 % パルス運転モード

RF給電方式：気中型同軸管方式

### 【現状の達成値】

ダミーロード試験結果

1 MW Duty 0.6%

830 kW Duty 12%

定常出力：～560kW 於 RFQビーム加速試験

AGC、APC 制御良好

### 【問題点】

HPA出力キャビティ内放電

### 【今後の展開】

高デューティ運転対応

同上RF給電方式：冷却型同軸管方式の検討

4極管または改良型4極管方式の検討

フィードフォワード制御方式の有効性の確認

## 600MHz RF源

### 【現状と今後の展開】

クライストロン（およびクライストロード）の検討

508 MHz での実績からの外挿

700 MHz 構想の装置との関連

出力分割方式、立体回路、サーキュレータ、建家との取合い検討



## 超伝導加速器高周波源パラメータ

セクション No.	加速電界 (MV/m)	キャビティ数	高周波入力 (kW) 16.7mA	高周波入力 (kW) 30mA
1	3.64~4.03	24	19.4	34.8~34.9
2	4.33~4.73	24	25.3	45.5~45.6
3	5.08~5.51	24	32.8	58.8~58.9
4	5.91~6.40	24	41.8	74.9~75.0
5	6.75~7.41	24	52.4	94.1~94.2
6	7.61~8.28	32	64.9~65.0	116.5~116.8
7	8.45~9.20	64	79.1~79.4	142.1~142.6
8	9.28~10.04	128	95.1~95.6	170.9~171.8

### 電源構成

低出力管	周波数	600MHz	大出力管	周波数	600MHz
	出力	100kW(CW) 350kW (パルス)		出力	500kW (CW) 1,600kW (パルス)

セクション No.	キャビティ 個数	種類	第1期		第2期		
			本数 (立体回路 分岐数)	出力 (ハルス) (kW) 16.7mA ** ピーク(平均)	本数 (立体回路 分岐数)	出力 (ハルス) (kW) 30mA ** ピーク(平均)	出力 CW (kW) 5.3mA
1	24	低出力管	6(4)*	77.6(4.7)	6(4)*	140(25)	25
2	24	低出力管	6(4)*	101(6.1)	6(4)*	182(32)	32
3	24	低出力管	6(4)*	131(10)	6(4)*	236(42)	42
4	24	低出力管	6(4)*	167(50)	6(4)*	300(53)	53
5	32	高出力管	2 (16)	838(62)	4 (8)	753(133)	133
6	40	高出力管	2(16)+1(8)	1040(31)	5 (8)	934(165)	165
7	64	高出力管	4 (16)	1270(76)	8 (8)	1140(202)	202
8	128	高出力管	8 (16)	1530(92)	16 (8)	1374(243)	243
計	360		低 24 高 17	24458 (1468)	低 24 高 33	43949 (7764)	7764

\*2つの直流電源で各々3個のクライストロンにパワーを供給する。  
\*\*RF Powerのフィードバックタイムにより2~5割増の可能性あり。

### 大強度線形加速器の開発タイムスケジュール表

(H8/11/27)

年度	H9	H10	H11	H12	H13	H14以降
<b>項目</b> 加速器の設計・建設 建家の設計・建設 低エネルギー加速部技術開発 高エネルギー超伝導加速部技術開発 空洞の開発 関連技術 蓄積リングの開発 技術開発エリア改修	概念設計(II)  負イオン源 RF源 設計 CW-RFO ハイパワーテスト CW-DTL High $\beta$ ( $\beta > 0.5$ ) 製作 Low $\beta$ ( $\beta \sim 0.5$ ) 試験 入力カプラ(HOM, チューナ) CW-1MW級 クライストロン クライオスタット 冷凍機(kW級) 安全・コントロール 基本仕様決定 設計	予備設計 地盤調査・工法検討 BT系(ハルス)試験 製作(RFO用) ハイパワーテスト 単・多連空洞試験 単・多連空洞試験 クライストロン 概念設計 改修・整備工事	製作設計 実施設計 製作(DTL用) 実機(10MeV)製作 クライオモジュールプロトタイプ クライオモジュールプロトタイプ 予備設計 予備設計	低エネルギー部建設 建設 10MeVビーム試験 クライオモジュールプロトタイプ クライオモジュールプロトタイプ 設計 設計	高エネルギー部建設  100MeV実機製作 ビーム試験 量産化 ビーム試験 量産化 製作 製作	高エネルギー部建設  100MeV実機製作 実機製作 実機製作 製作 製作 アセンブリ・ホール(組立・調整・試験)