

# 高周波加速システム

小関忠 (理研)、伊澤正陽 (高工研)

1. 仕様
2. 加速空洞
3. 高周波電力源、低電力制御系
4. 空洞配置、大電力伝送系

## 周波数と加速電圧

周波数 :

$$f_{rf} = 500.1 \text{ MHz}$$

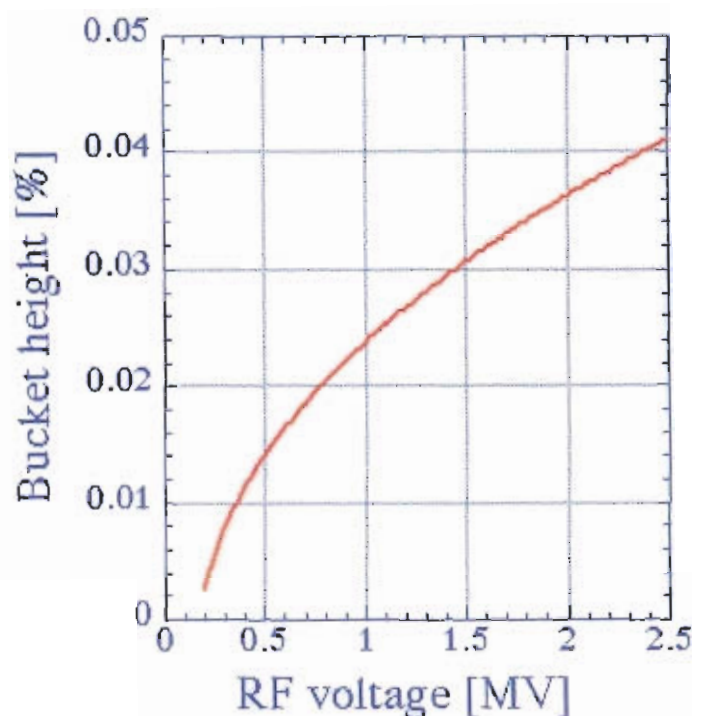
加速電圧 :

- 放射損失、ビーム寿命 -

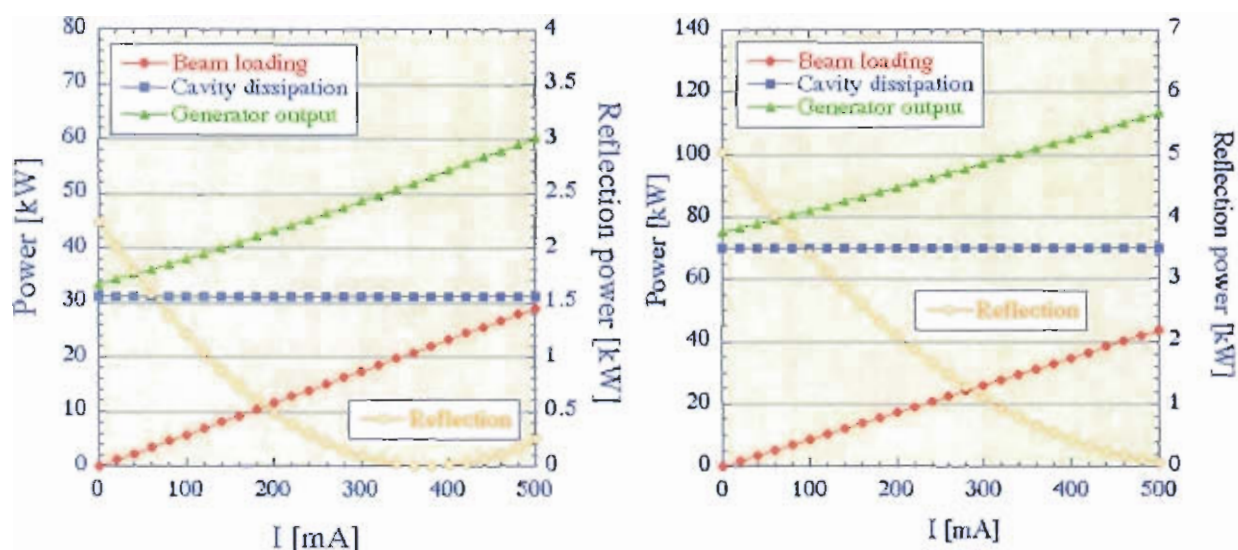
$$U > 100 \text{ kW}$$

$$\text{at } E_b = 1.8 \text{ GeV}, I_b = 500 \text{ mA}$$

$$\Delta p/p > 3\% \text{ (Toushek lifetime)}$$

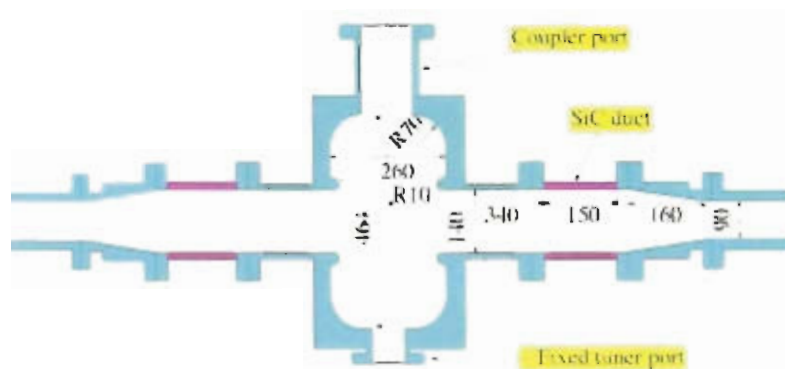


## 必要な高周波電力 (1台あたり)



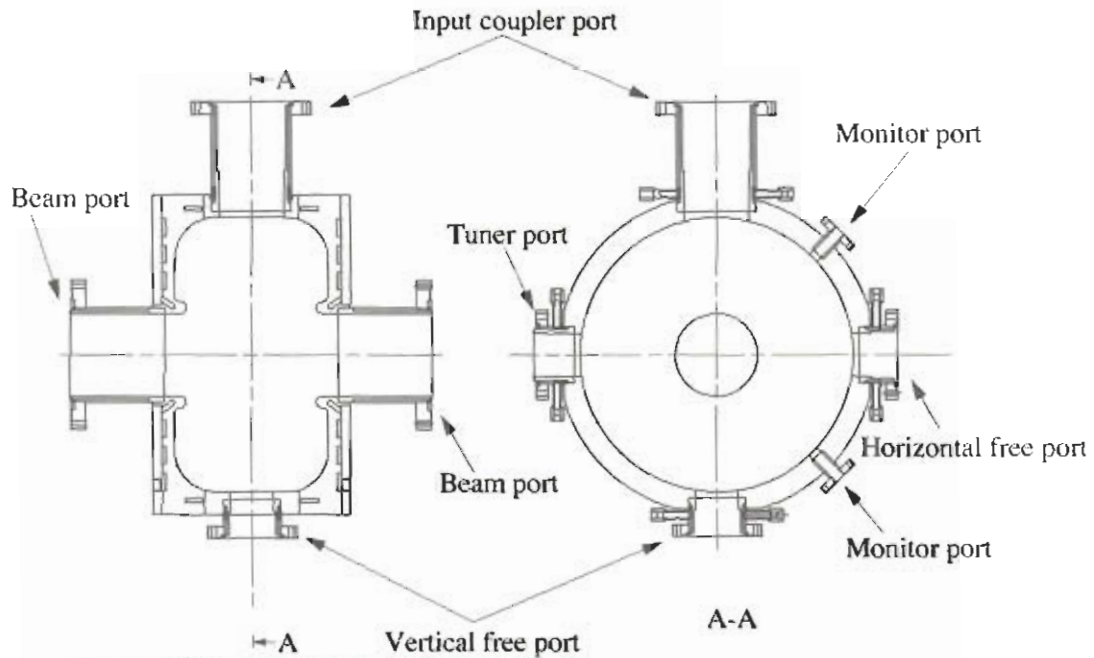
空洞消費電力、ビーム負荷、全投入電力、空洞からの反射 ( $\beta=1.7$ )  
 — 空洞3台の場合(左)と2台の場合(右) —

## 高次モード減衰型加速空洞



rf 周波数	500.1 MHz
空洞台数	3
シャントインピーダンス	7.7 M $\Omega$ (設計値)
空洞のQ値	44000 (設計値)
空洞壁損失	150 kW (beam off での最大値)
カプラー結合常数 $\beta$	1.7

## 加速空洞本体部



空洞本体 OFHCクラス1 素材時にHIP処理

冷却水系 200 l/min, 圧損 4kg/cm<sup>2</sup>

ポート:ビームポート2, 入力カプラポート1, 稼働チューナポート1, 固定チューナポート2, モニターポート2

## 入力カプラとSiCダクト

### 入力カプラ:

結合ループの同軸導波管内導体は直線型。

$V_{SWR} \sim 1.0$  at 500.1 MHz



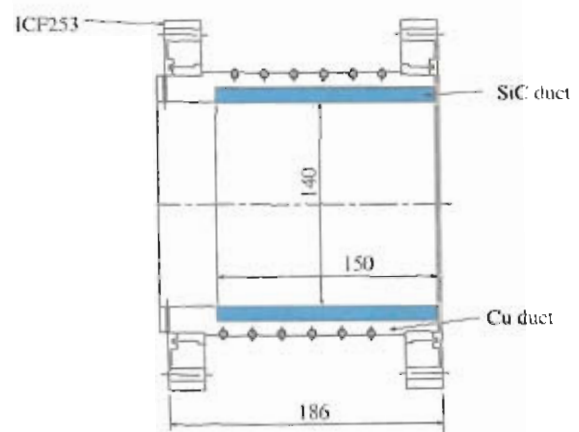
### SiCダクト:

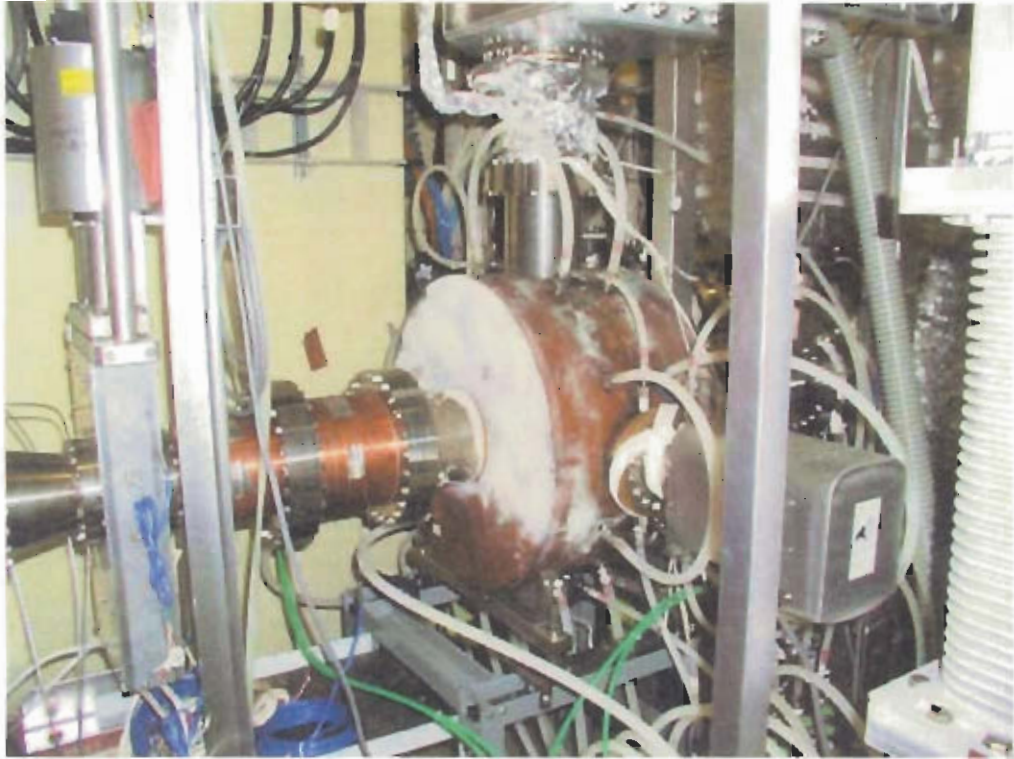
常圧焼結SiC

(CERASIC-BJ, 東芝セラミクス)

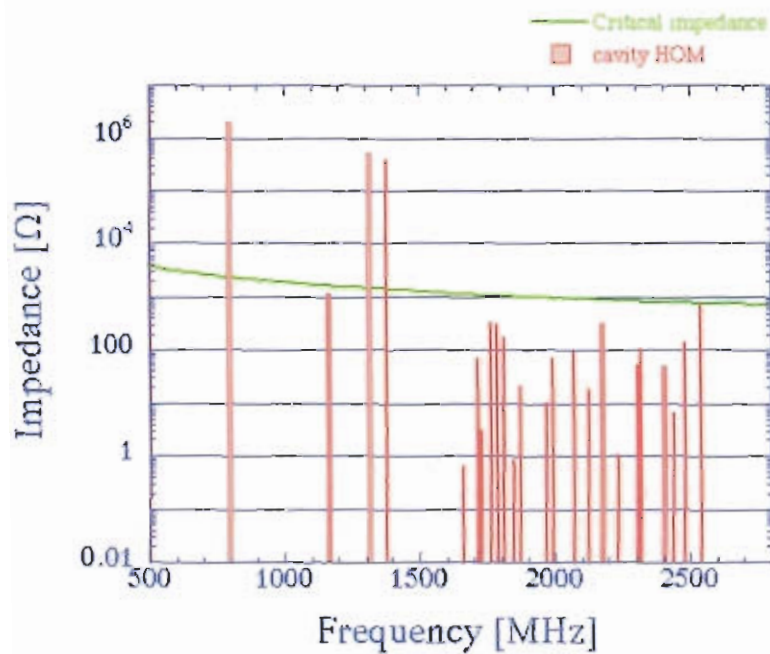
焼き詰めによってCuの単管内部に固定

- SiCを精度良く設置
- 冷却が容易
- 抵抗壁ビーム不安定性を生じにくい





### バンチ結合型ビーム不安定性(1) - 縦方向 -

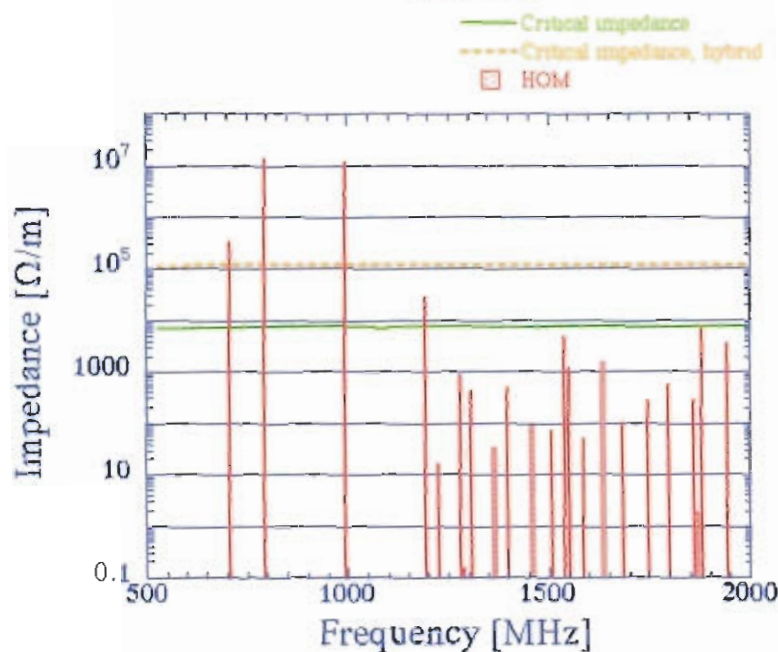


縦方向共鳴モードのインピーダンスと縦方向バンチ結合型ビーム不安定性の許容インピーダンス ( $E_b=1.8\text{ GeV}$ ,  $I_b=500\text{ mA}$ )。  
ビームダクトの遮断周波数は1.64 GHz (M01モード)



## バンチ結合型ビーム不安定性(2)

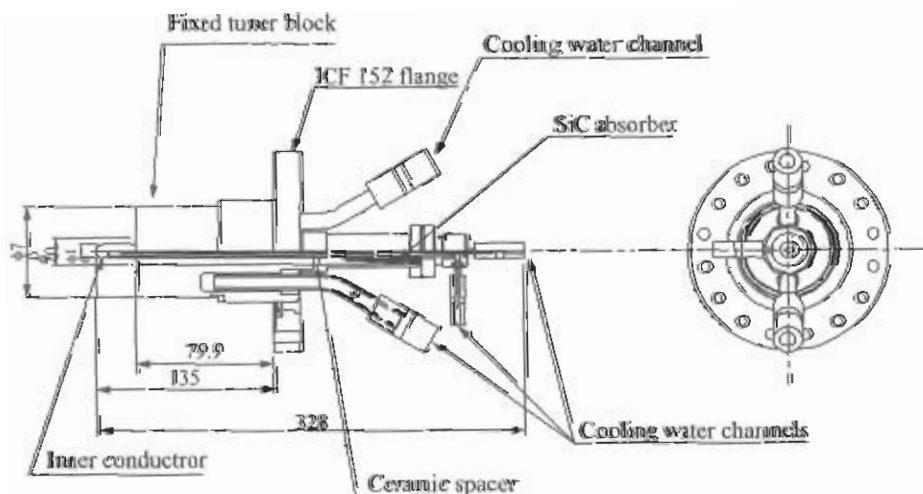
- 横方向 -



縦方向共鳴モードのインピーダンスと横方向バンチ結合型ビーム不安定性の許容インピーダンス ( $E_b = 1.8 \text{ GeV}$ ,  $I_b = 500 \text{ mA}$ )。  
 ビームダクトの遮断周波数は1.26 GHz (E11モード)

## Trapped modesの対策

- HVポートに設置する固定チューナによる周波数の離調  
 リングの立ち上げ調整時はHOM離調用の可動型チューナを用いる。
- HOMカプラの利用  
 ロッドアンテナ、同軸導波管型  
 導波管端部にSiCの吸収体を設置  
 周波数離調用の固定チューナブロック



## HOMカプラによるtrapped modesの減衰

	Without couplers		With horizontal coupler		With vertical coupler		With horizontal and vertical coupler		Q <sub>c</sub>
	Frequency [MHz]	Q	Frequency [MHz]	Q	Frequency [MHz]	Q	Frequency [MHz]	Q	
Longitudinal									
TM010	500.1	37000	500.1	37000	500.1	37000	500.1	37000	
TM011	792.8	22000	789.7	190	790.3	230	786.9	120	44
TM012	1312.1	9000	1312.2	8600	1312.3	8300	1312.4	7600	150
TM021	1371.2	10000	Not measurable		Not measurable		Not measurable		157
Transverse									
TE111H	701.0	36000	Not measurable		702.7	34000	Not measurable		1100
TE111V	706.5	35000	706.9	35000	Not measurable		Not measurable		1100
TM110V	788.9	8600	789.2	8600	789.2	8600	789.2	8600	29
TM110H	792.8	42000	793.1	40000	793.1	40000	793.1	45000	29
TM111H	985.2	11000	Not measurable		988.5	9500	Not measurable		18
TM111V	990.3	10000	991.2	9000	Not measurable		Not measurable		18

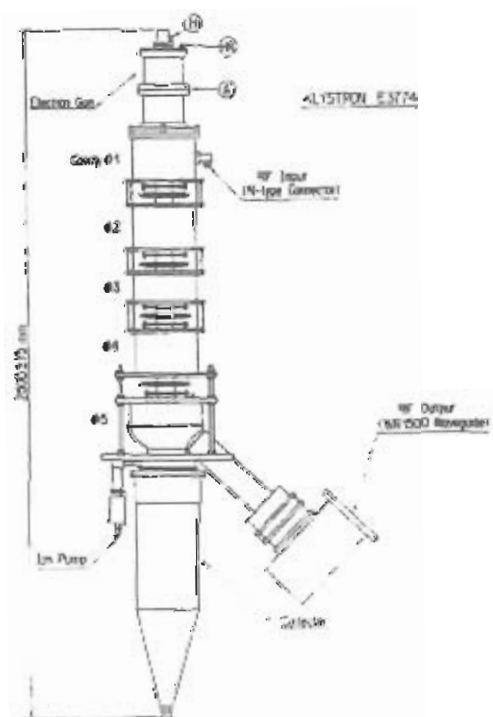
danger

detuning

## 高周波電力源

クライストロン：  
東芝E3774 (500MHz, 200kW)  
PFリングと同じ

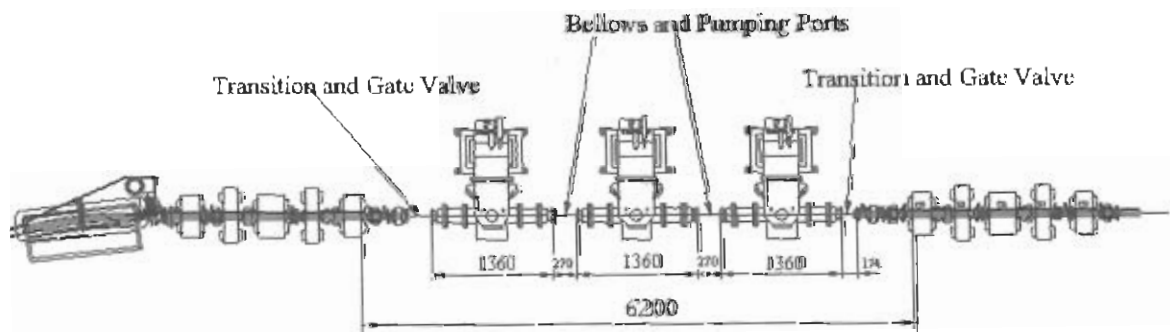
クライストロン電源系：  
変圧器、直流高圧電源、高周波電源  
制御盤、収束コイル電源



## ローレベル制御系

基準信号に対して空洞に入力する信号をフェイズロックする。さらに振幅をフィードバックして空洞への入力電圧を安定化する。→ 空洞の入力直前での位相・振幅の安定化  
空洞の温度変化やビーム負荷による変化の補償を可動チューナを用いた位相補償系で行う。

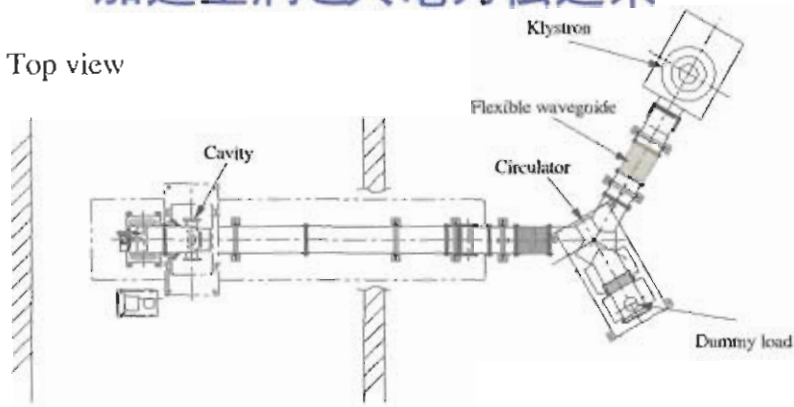
## リング内空洞配置



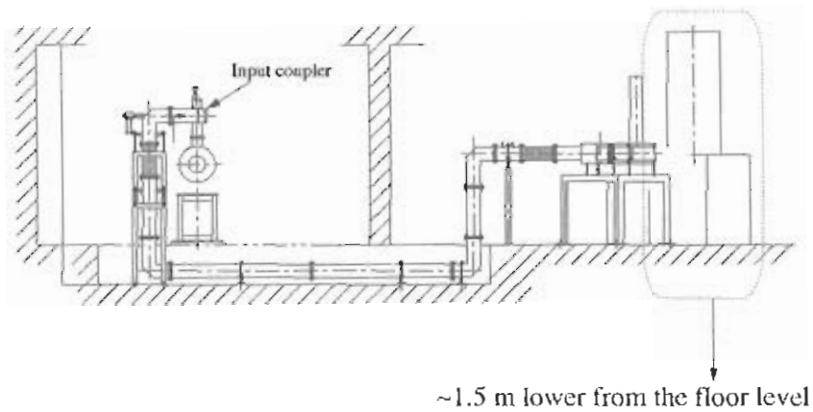
6.2 m の直線部に 3 台の空洞を設置

# 加速空洞と大電力伝送系

Top view



Side view



## まとめ

高周波加速システム：

$$f_{rf} = 500.1 \text{ MHz}, V_a = 1.4 - 1.5 \text{ MV}$$

・S Cダクトを用いた高次モード減衰型空洞 3台を使用。

・Trapped modes 対策として、同軸導波管型高次モードカプラを使用。

・高周波電力源にはクライストロンE3774。

・リング内の空洞配置は、6.2 m 直線部に 3台

・クライストロン、サーキュレータ、ダミーロード等をトンネル内側の機械室に設置。

ご協力いただいた、(株)東芝に感謝いたします。