

スラム形状による周波数 1 の影響

2 つの effects がある。

(1) δf そのものの大きさ。

(2) タンクの両端における δf の差
ニニニは

$$\Delta f = \delta f(\text{at } 3\text{Mod}) - \delta f(\text{at } 12\text{Mod}).$$

(1), (2) 項共に, 小さい方が望ましい。

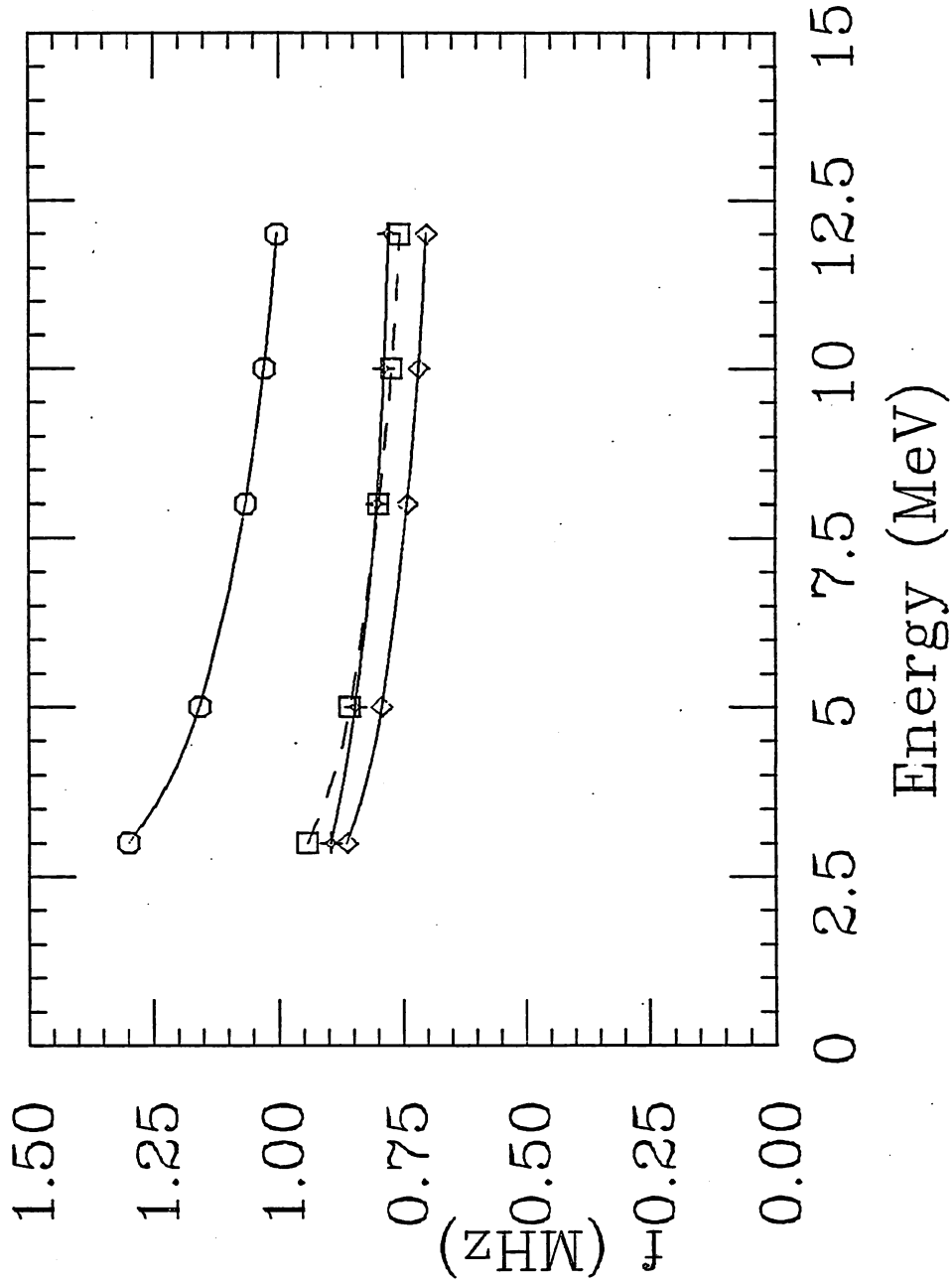
(1) の δf は 共振周波数を f の高方向へずらすので, あらかじめ共振周波数の設定を低くしなければいけない。

(2) の Δf は, 加速電場の傾きを与える。

Fig. 10 δf vs energy ($\beta\lambda$) for four kind of stem configuration.

Fig. 20 Δf vs energy ($\beta\lambda$) for four kind of stem configuration.

STEM DELTA FREQ.



- 20φ x 74
- ◇ 15φ x 74 + 20φ x 20h
- 16φ x 74 + 20φ x 20h
- ⊗ 16φ x 74 + 20φ x 40h.

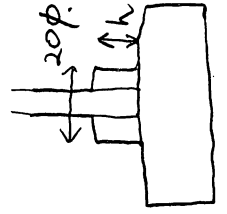
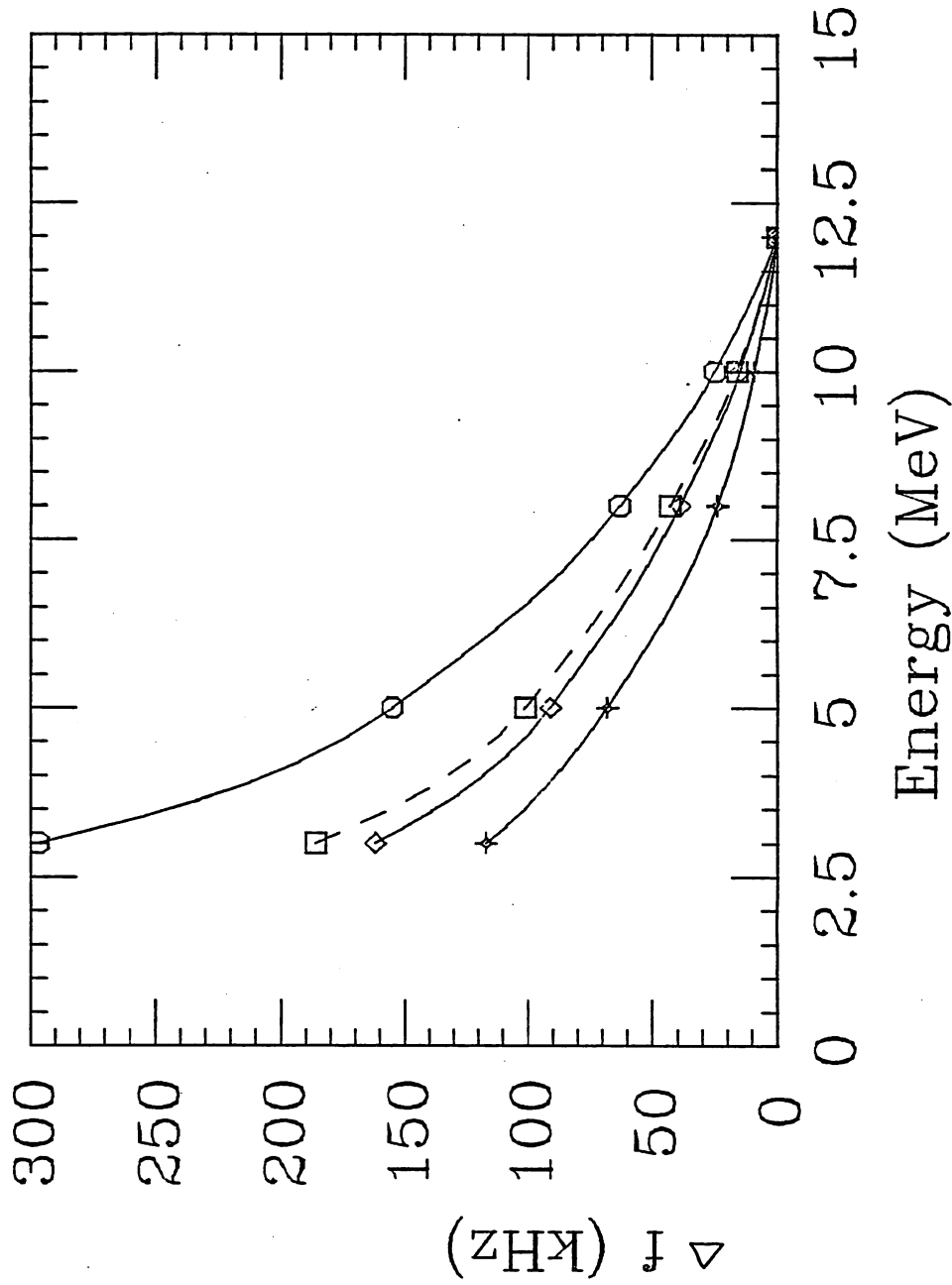


Fig. 1-0

STEM DELTA FREQ. DIF



- 20φ 274
- ◇ 15φ 274 + 20φ x 20h
- 16φ 274 + 20φ x 20h
- ⊖ 16φ 274 + 20φ x 40h

Fig. 20

$$\Delta f = \delta f(\text{at } 3 \text{ MeV}) - \delta f(\text{at } 12 \text{ MeV})$$

Calculation of the field distribution of DTL TANK

ref. 1976 Proton linac Conf. P. 394. S. Okumura.

$$\frac{d^2 E(z)}{dz^2} + m(z) E(z) = 0$$

$$m(z) = 2fk(f - f_0) = k'(f - f_0)$$

$$\left. \begin{array}{l} f_0 = \text{TM}_{010} \text{ freq.} \\ f_2 = \text{TM}_{012} \text{ freq.} \end{array} \right\} z \approx 3 \text{ 4.12}$$

$$\left(\frac{2\pi}{L}\right)^2 = k'(f_2 - f_0) \text{ 故 } k' \text{ を 近 似 33.}$$

		length	$\Delta f(\text{stem})$	field variation.
①	40 MeV 727	12.6	35.64 kHz	1.0 - 0.72
②	400 MHz 727L	2.55	29.16 kHz	1.0 - 0.97
③	432 MHz 1m 727L	1	77 kHz	1.0 - 0.99
④	2m	2	94	1.0 - 0.94
⑤	2.5m	2.5	112	1.0 - 0.85
⑥	3m	3	129	1.0 - 0.83
⑦	432 MHz full 727L	4.648	140	1.0 - 0.58.

① - ⑦ は Fig. 1 ~ Fig. 7 に 示 3.

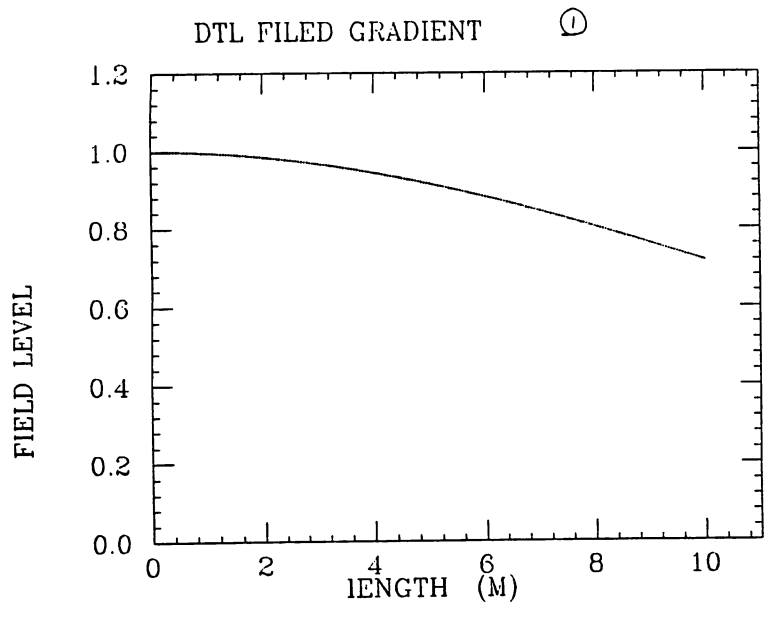


Fig. 1 40 MeV 927

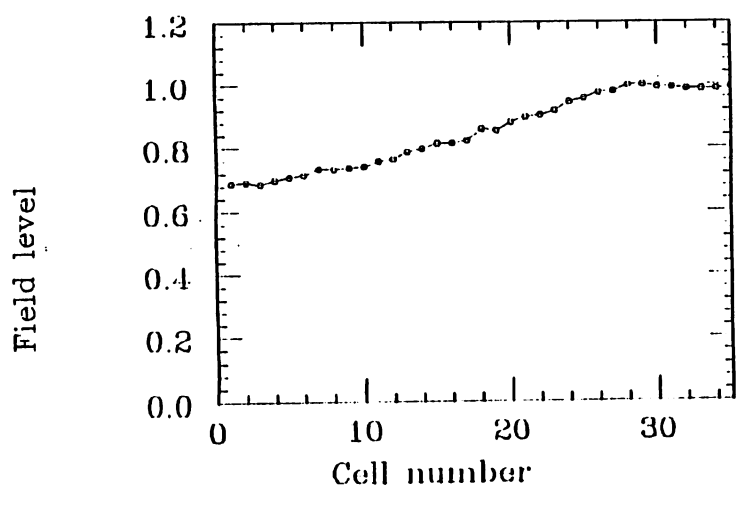


Fig. 1' 参考
40 MeV 927
実測.

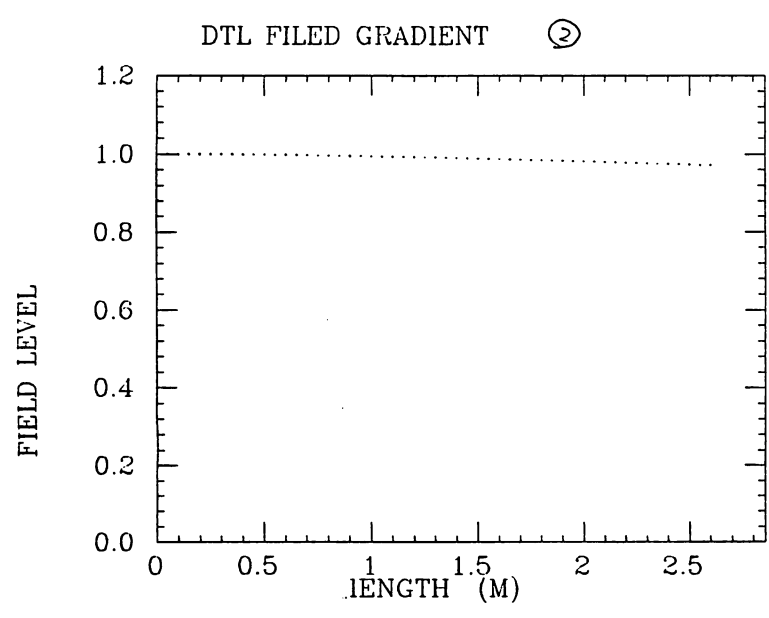


Fig. 2 400 MHz
モテ'ル927

DTL FILED GRADIENT (3)

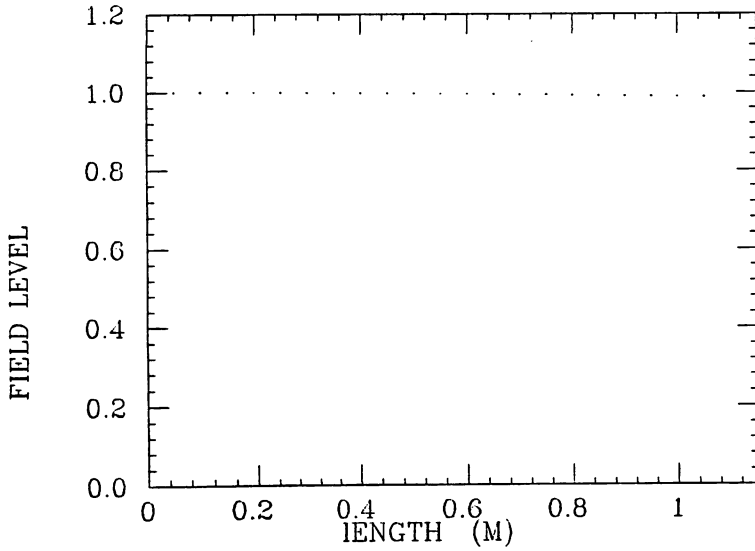


Fig. 3 432 MHz

1 m 427

~16 eV

DTL FILED GRADIENT (4)

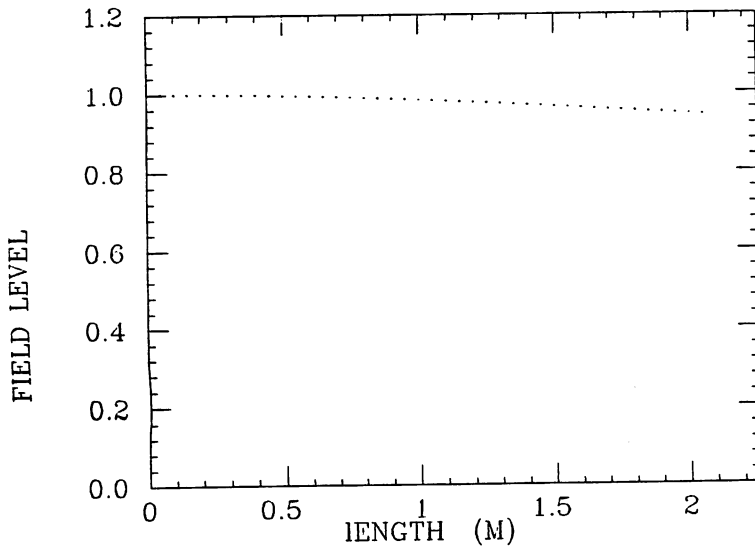


Fig. 4 432 MHz

2 m 427

~28 eV

DTL FILED GRADIENT (5)

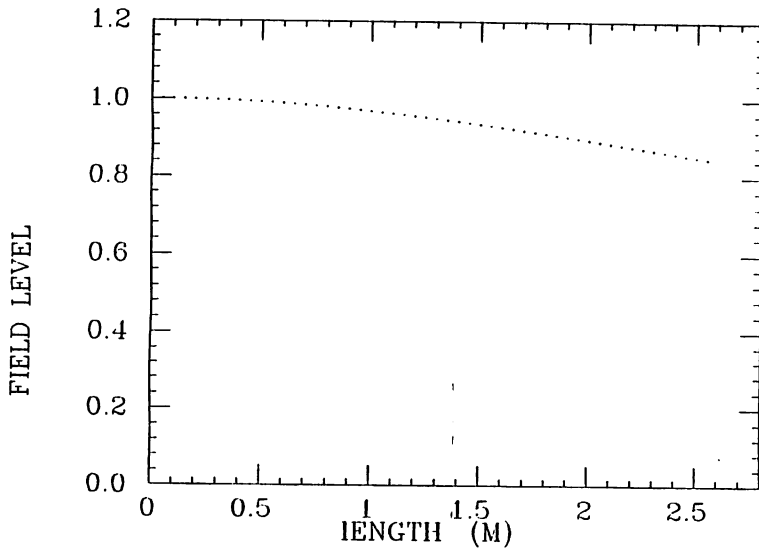


Fig. 5 432 MHz

2.5 m 427

~34 eV

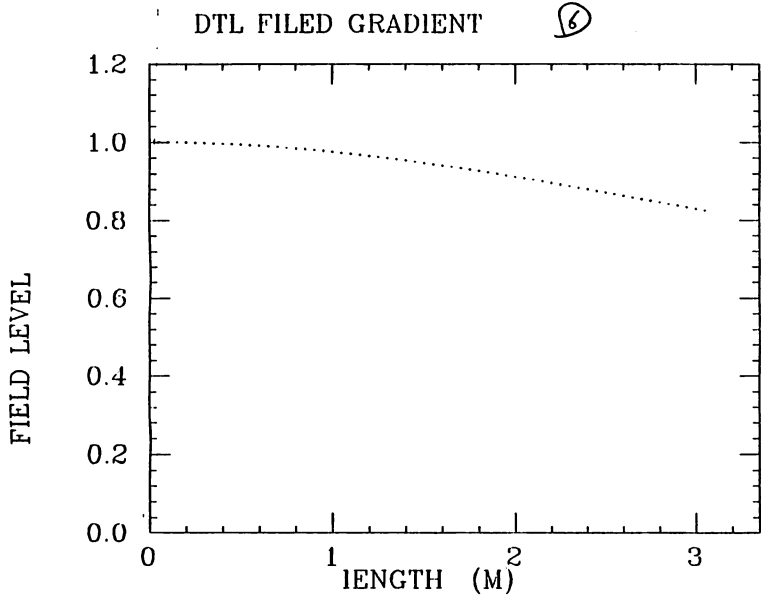


Fig. 6 432 MHz
3m 7 ϕ
40セル.

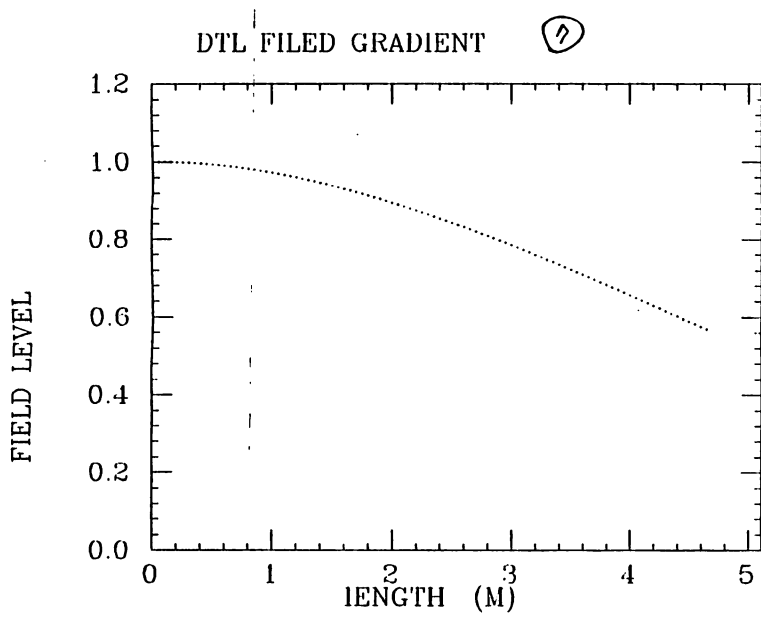
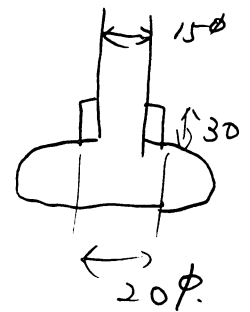


Fig. 7 432 MHz
 ϕ 17 ϕ
4.65m
55セル.

Fig. 1~7の計算はドリフト管径 15 ϕ に

20 ϕ x 30 ϕ のリングを はかせた



ドリフトチューブを支えるステムは、

1. セルの共振周波数を変える、
2. 発熱する、
3. ステムモードをつくる、

の効果を持つ。ここでは 第一、二項について考える。ポストカップラーについても第一、二項は共通である。

いくつかのセルについて、ステム半径 1cm の場合の計算結果を以下に示す。

	Δf (kHz)	Pstem loss (W)	f_0 (MHz)	Pcavity loss (W)
40 MeV model first cell	919	94.7	400	2043
40 MeV model last cell	883	98.3	400	2081
40 MeV tank first cell	118	134	201	5788
40 MeV tank last cell	107	155	201	6391
432 MHz at 3 MeV	1283	73.9	432	1748
432 MHz at 5 MeV	1152	74.8	432	1754
432 MHz at 10 MeV	1019	80.1	432	1845
432 MHz at 150 MeV	1047	166	432	2846

但し $E_0 = 1 \text{ MV/m}$.

計算結果を実験と比べてみよう。40 MeV model tank では、ステムの効果として、 259 kHz/cm^2 を得ている (ref.1)。上の Table から計算すると、 287 kHz となるので、実験の精度を考慮すれば、良い一致といえるであろう。

ステム半径を R とすれば

$$\Delta f \propto R^2, \quad P_{\text{stem}} \propto R \text{ となる。}$$

40 MeV tank の first stem の平均損失は

$$P_{\text{stem}} = 134 * (1.8/1) * (2.1/1)^2 * 0.006 = 6.4 \text{ W}$$

432 MHz tank の first stem radius 7.5 mm とすれば

$$P_{\text{stem}} = 73.9 * (0.75/1) * 3 * 3 * 0.03 = 15.0 \text{ W}$$

40 MeV tank first post coupler ($r = 15 \text{ mm}$) の損失は

$$P_{\text{post}} = 82.9 * 1.5 * 2.1 * 2.1 * 0.006 = 3.3 \text{ W}$$

432 MHz tank first post coupler radius ($r = 7.5 \text{ mm}$) とすれば

$$P_{\text{post}} = 51.5 * 0.75 * 3 * 3 * 0.03 = 10.4 \text{ W}$$

40 MeV tank において first cell と last cell の、周波数変化 (ステムとポストによる) の割合 ($\Delta f/f_0$) は

	stem	post	total	Δf (MHz)
first cell	0.00193	0.00072	0.00264	0.531
last cell	0.00175	0.00063	0.00238	0.478

$\Delta f/f_0$ が各セル毎に違う事により、加速電場分布は大きな影響を受ける。
432 MHz の第一タンクでは、ステムとポストの半径を 7.5 mm とすれば

	stem	post	total	Δf (MHz)
first cell	0.00168	(0.00147)	0.00315	1.36
last cell	0.00134	(0.00087)	0.00221	0.955

このように、入射タンクは、 β が大きく変わる事により、 $\Delta f/f_0$ も大きくかわり、加速電場は傾き易くなる。この対策としては、

1. セル計算に予め、 $\Delta f/f_0$ を取り込む、
2. ポストにより平坦にする、
3. 周波数チューナーを充分備える、

などが考えられる。

ref.1 T. Kato, "Design and tuning of the KEK 40 MeV proton linear accelerator", KEK report 86-5.

9/10

1296 AND 432 ZTT

