

解析の手段： Alvarez's method, H.G.Hereward and P. Lapostolle, ICHEA, 1965.

On method for calculating the field distribution - , Okumura, 1976 PLA p.394

example :JHF DTL first tank 324 MHz, 9.9 m, 76 cells, initial field is flat

1) first cell $\Delta f=1$ MHz : $dz\sim 0.1\text{mm}$ の変化に対応する

total shift $\Delta f=7.5$ kHz Fig.1

2) first cell $\Delta f=-1$ MHz

total shift $\Delta f=-7.5$ kHz Fig.2

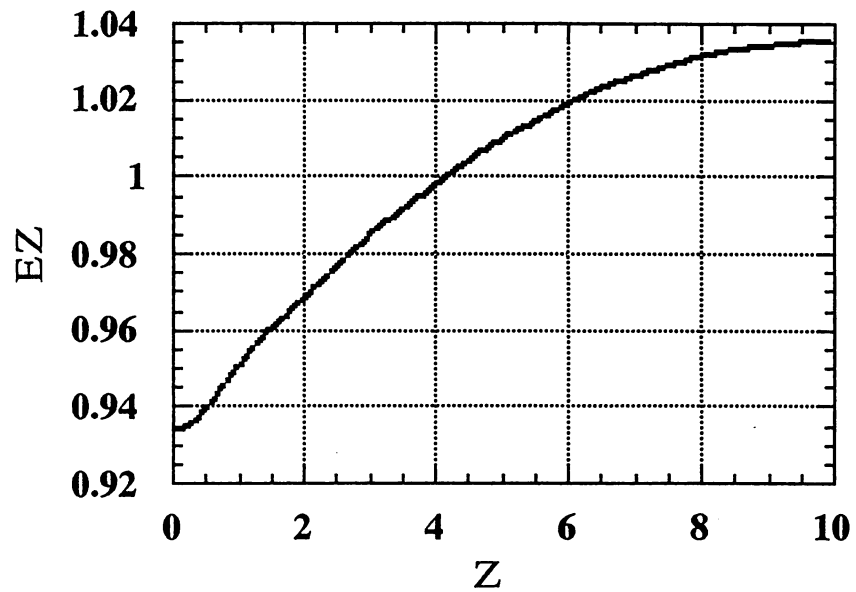


Fig. 1

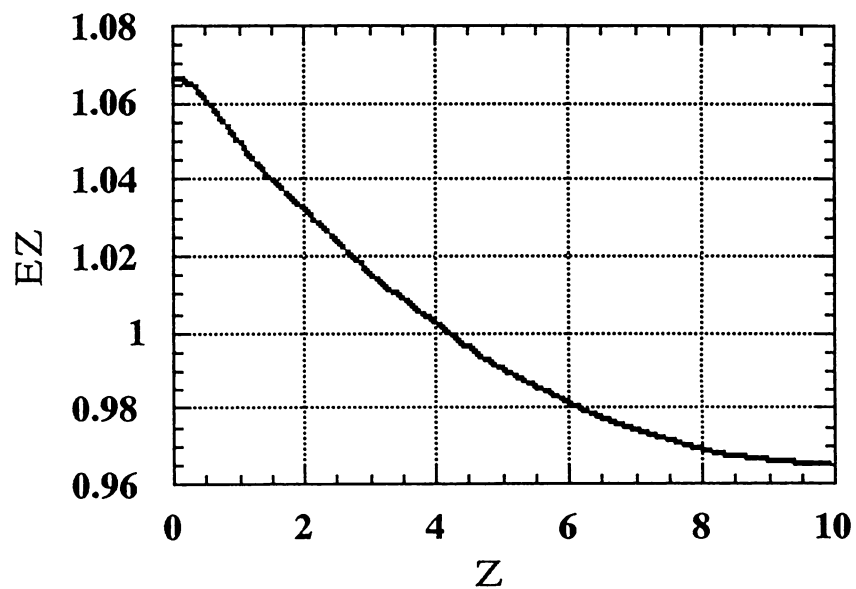
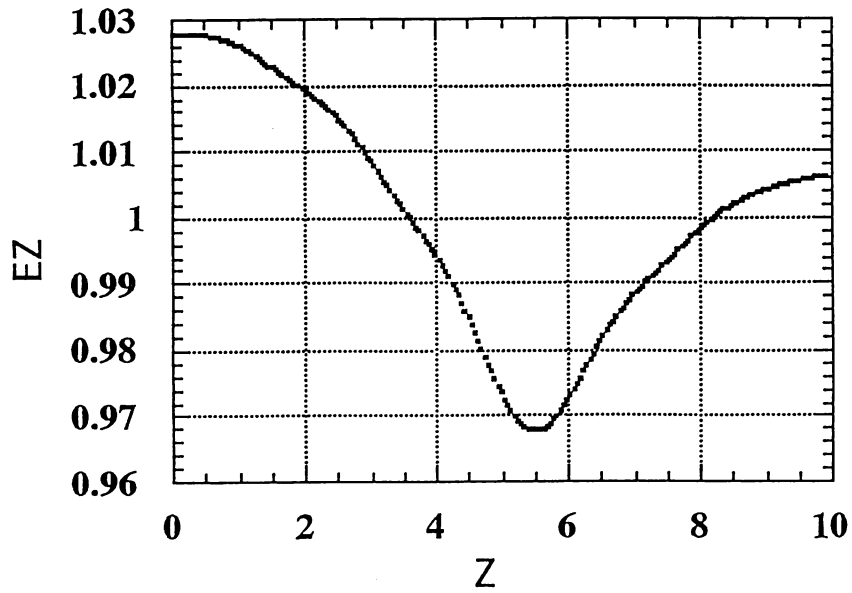


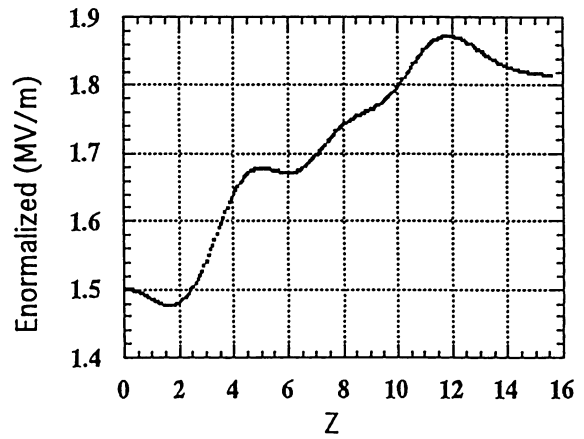
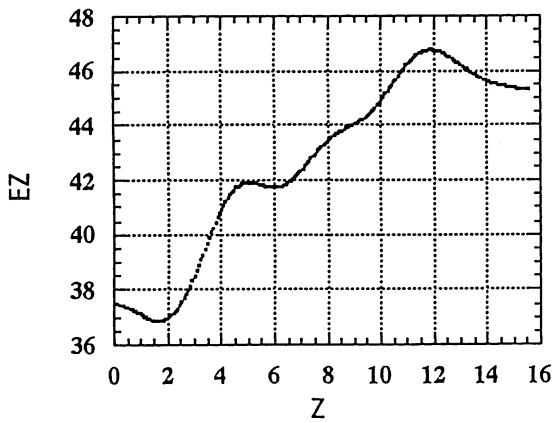
Fig.2

3)Case3: cell=50, z=5.4 m, df=1 MHz, Fig.3



4)Case 4: KEK 20-MeV proton linac, calculated and measured field distribution Fig.4-6

Calculation



Measured dat

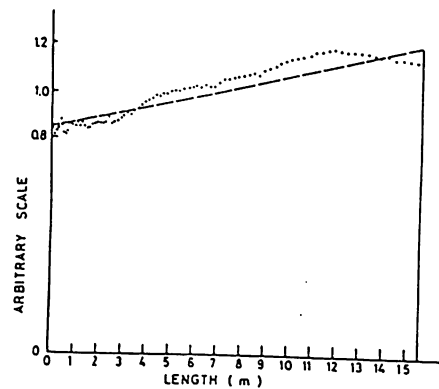


Fig.2 Average Axial Electric Field of TM_{010} Mode

5) Case 5: JHF first tank field distributionn by post couplers

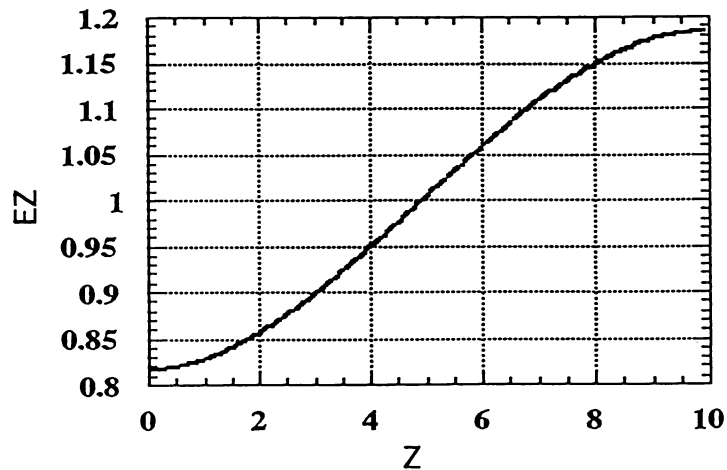
post diameter=20 mm, length=**, 1 post /2cells

df by first post=290 kHz/cell

df by last post =133 kHz/cell

Total freq shift = 210 kHz ----- > Tank diameter へ繰り込む

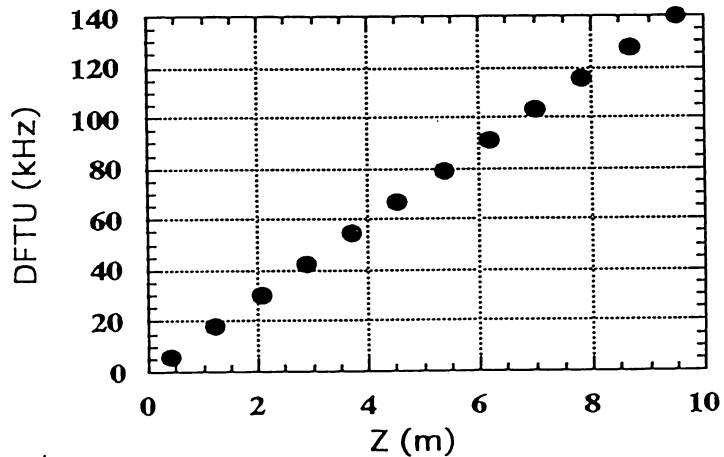
どのレベルまで繰り込むかの議論がある。



6) Case 6: Compensation of field tilt by post

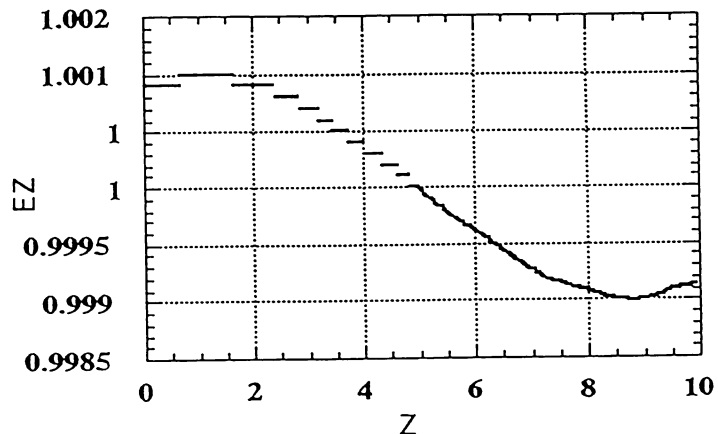
12 tunres, distributed equal space (diameter 90, stroke 120) --> tuner range 290 kHz

Total df shift(post df + tuner df=81kHz)=291 kHz



Final field

flat は図形ソフトの
桁落ちの為



DTLの水冷

First tank で考える (これが一番厳しい、データは3タンクについて貯えておく)

1) 全体が1度上昇の時 (図では周波数の符号が逆になっている)

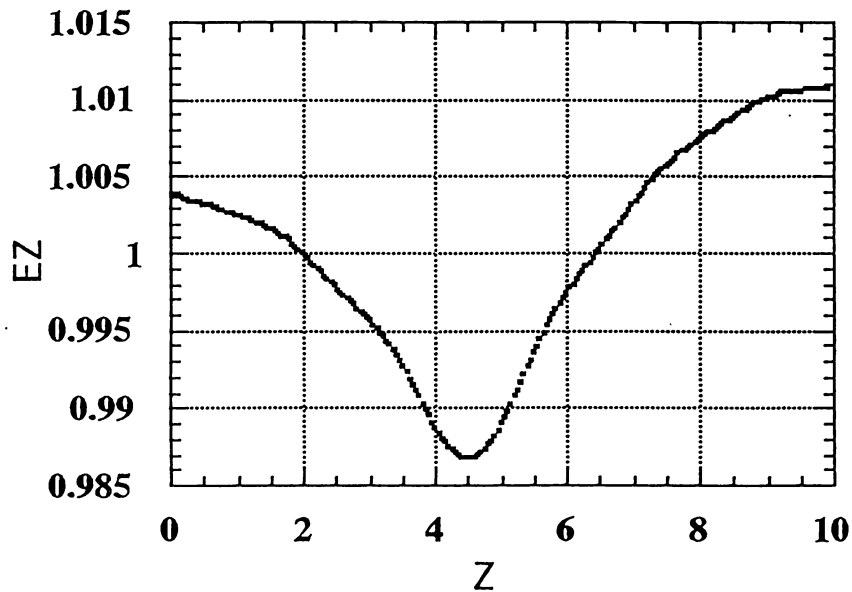
first DT の長さ変化 $53 \times 16.4 \times 10^{-9}$ ミクロン程度

df 1-cell = 7 kHz

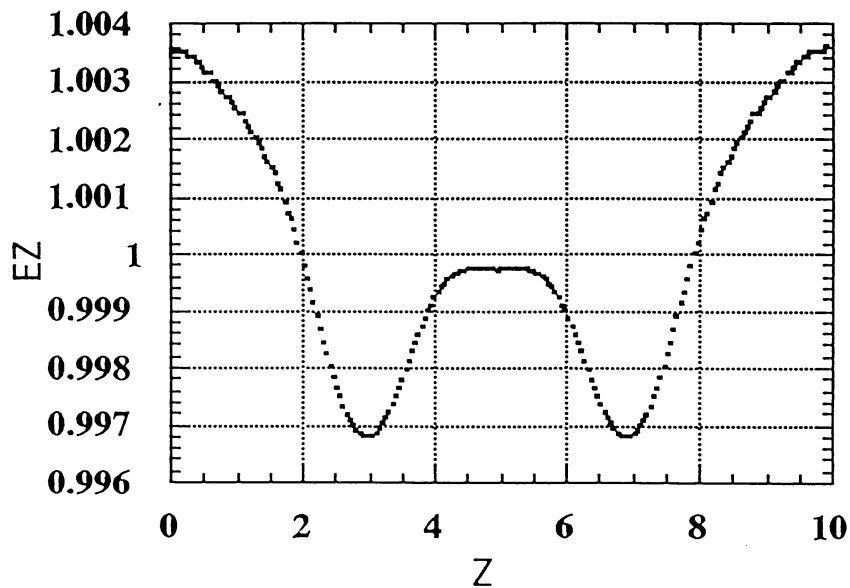
df last cell = 5 kHz Total Df = 6.2 kHz

このセル周波数変化による電場分布は $\pm 0.2\%$ 。

* 1本のチューナーで周波数を補償するには、チューナー直径あたりの局所周波数で 682 kHz (約 3cm) 必要。その時の電場分布は下図。



* 2本のチューナーで行うと



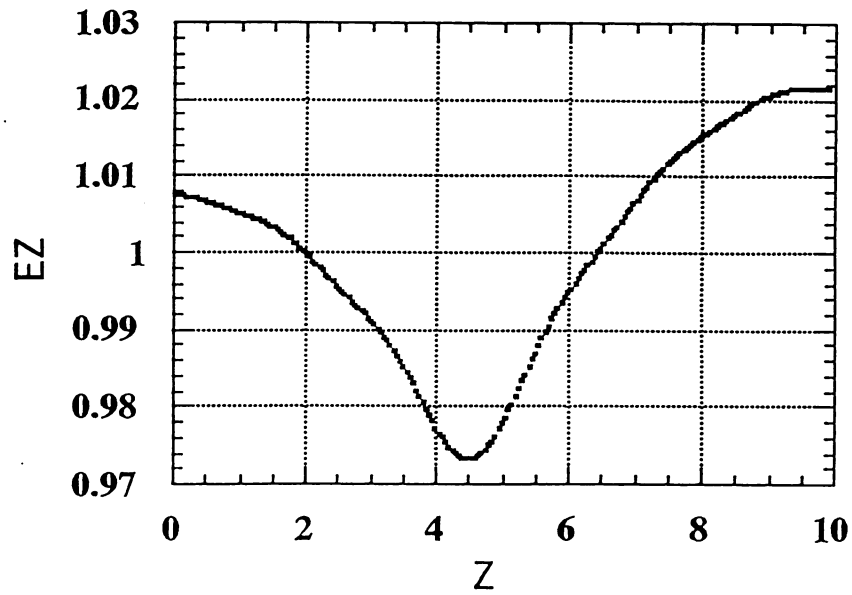
2) 全体が2度上昇の時

df 1-cell = 14 kHz

df last cell=11 kHz Total Df=13 kHz

このセル周波数変化による電場分布は±0.4%。

* 1本のチューナーで周波数を補償するには、チューナー直径あたりの局所周波数で1381 kHz (約6cm) 必要。その時の電場分布は下図。チューナー2本の場合もスケールが2倍になるのみ。



3) rf 発熱と Q-mag 発熱について

3-1) first D T

rf: 43 W

DT-Q: 2000 W

ホロコン使用の昨年度の作り方によるドリフトチューブの熱測定

First DT, 750 A

*DTQのみ通水 水温上昇 22.5 度, 流量 1.0 liter/min $Pc1=1570$ W

*DTQ&DT ともに通水

DTQ 水温上昇 23 度, 流量 1.1 liter/min $Pc2=1765$ W

DT 水温上昇 1 度, 流量 2.2 liter/min $Pc3=153$ W

* $Pc3/(Pc2+Pc3)=0.08$: この作り方では 8% の熱が磁石から DT へ流れている。

* $Pc1/(Pc2+Pc3)=0.82$: D T へ水を流さないと、DT 表面が熱くなり、全体の発熱の 18% が放射されている? (空気中へ)

* rf : Q = 43 : 2000 = 1:46.5

* rf : from Q = 43 : 153 = 1:3.6 (次の作り方では 153 を減らす)

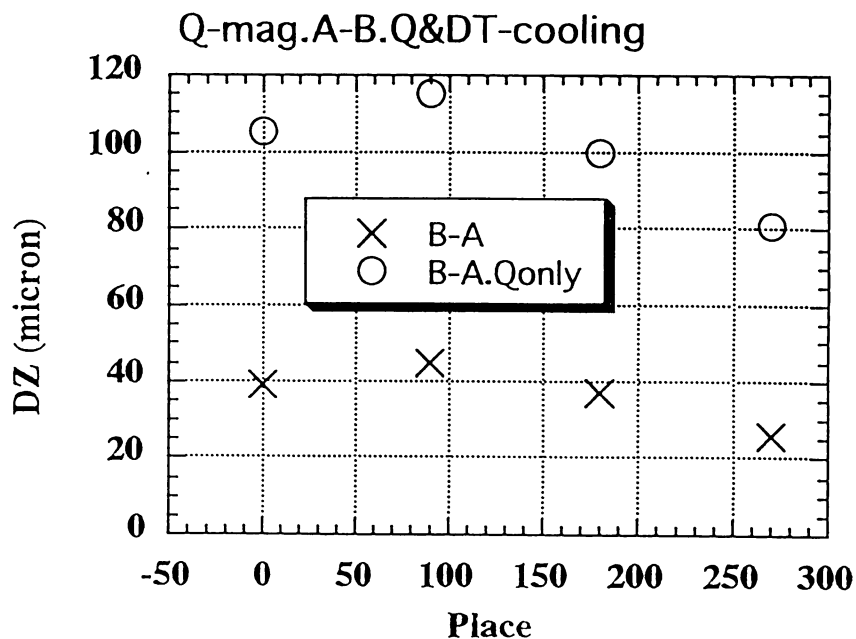
* rf 43 W による水温上昇は 0.3 度

3-2) EQUI vs CONST phase

第一タンクの後ろでは、 $I_{const}/I_{equi}=1.7$ 発熱の比は 2.8 倍に及ぶ。

4) DT の Q-magnet による熱変形

ホロコンタイプの DT はエポキシにより Q と DT がつながっているため、熱と歪みの両方が DT に伝わる。



ホロコン磁石の変形を図に示す。丸印は磁石のみに通水の時。この場合には、DT全体の温度上昇が起り、変形は大きい。×印はDTにも通水した場合。DT表面の温度測定の結果より、DTの円周面の温度上昇は小さいが、端面の温度上昇は大きく、また4回対称の構造を持っている事から、磁石との接触が熱源及び歪み源である事がわかる。

従って、熱と同時に磁石の歪みが、外側のDTに与える影響を小さくする事が重要であるが、これは、磁石の設置法とも関連している。

結論としては

- 1) 熱源の減少
- 2) 歪み伝達の減少
- 3) 熱伝達の減少

if 発熱の効果よりも桁が大きい量について、それら諸量の変化が一様である事を仮定する運転法の場合には、その根拠となるデータを常時取得する事が重要となる。

問題点

- 1) 高周波発熱によるDTの変形による電場の乱れ
- 2) 高周波発熱による共振周波数のチューナー補正による電場の乱れ
- 3) ドリフトチューブの中の四極磁石の発熱の効果
 - A) ドリフトチューブの温度上昇が大きくなる。
 - B) 四極磁石の変形がドリフトチューブの変形を起こす。

以下の厳しい条件を付ける。

- 1) 高周波発熱とチューナー補正による電場の乱れを0.5%以下にする。
- 2) この時ポストによる改善率を考慮しない。
- 3) タンク外壁の温度変化は取り込まない。

対策

- 1) タンクとドリフトチューブの温度上昇による変化が相殺する設計(?)。
- 2) 四極磁石の発熱がドリフトチューブに与える変形を小さくする設計。
- 3) ドリフトチューブには大量の水を流せるようにしておく。
- 4) パルス磁石電源を考える

この為には、ホロコン磁石入りのDTによる実験と熱計算が今後必要である。

現時点では以下の設定を行う。

DTL 温度上昇 0.2 度
SDTL 2 度

Comparison between KEK and JAERI DT heat parameters

	KEK	JAERI	
Frequency	324	201	MHz
rf duty	10	20	%
E₀	2.5	2	MV/m
Heat-transfer coef.*	15600	10882.3	W/m²K
ΔT	13.8	11	degree
Water	11	6.4	liter/min
Length-DJ*	6.2	13	mm
material	SUS	copper	
Epoxi thickness	0.3*	0.1	mm

* about equator part

* length between DT surface and water jacket

* 0.1 mm in the latest design