

DTL TANK distribution

980710 T. Kato

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

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

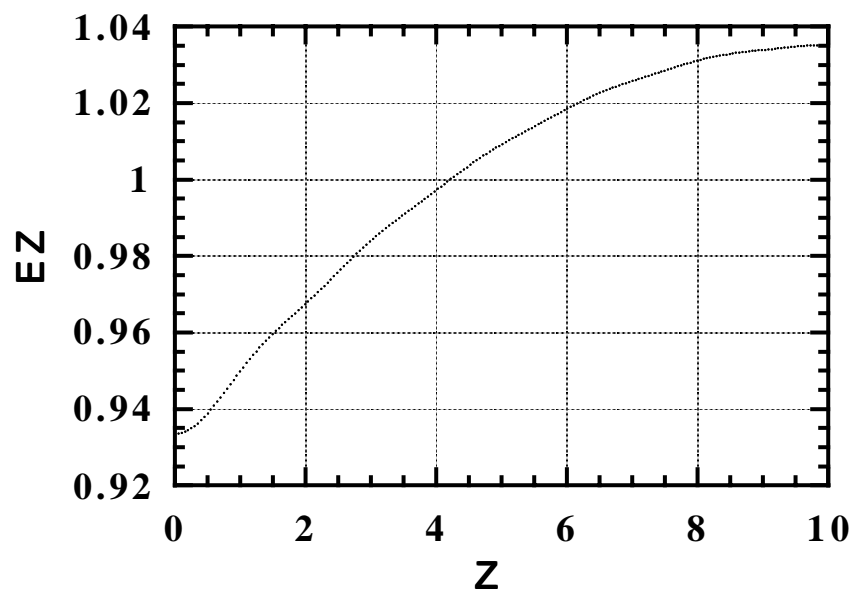


Fig. 1

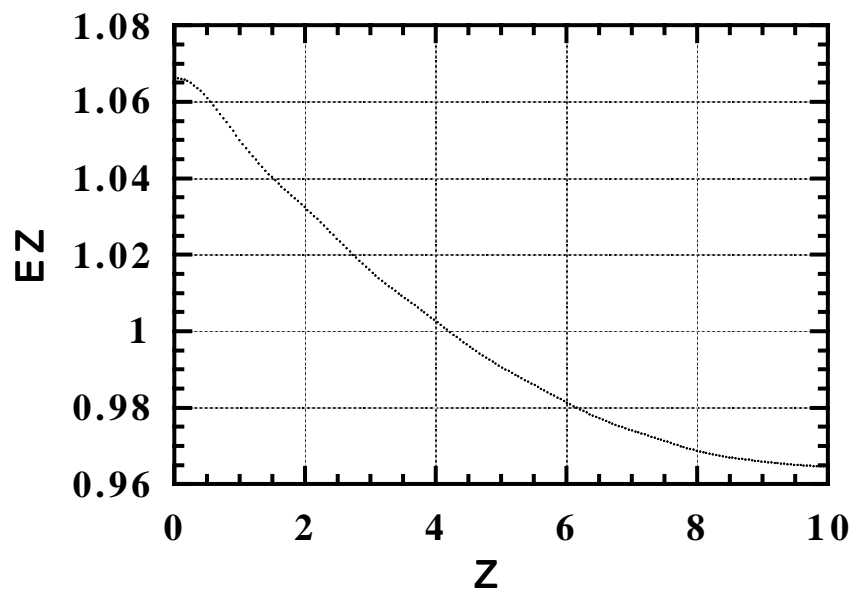
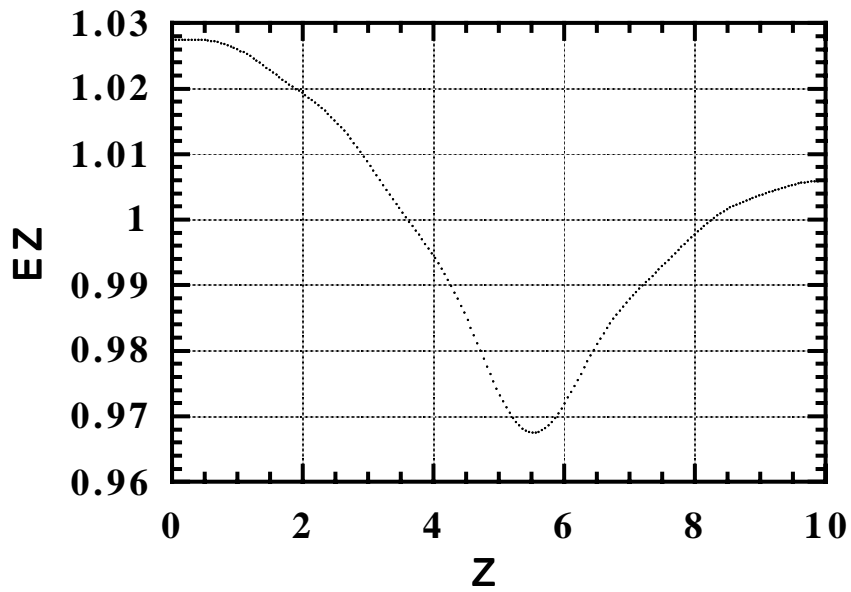


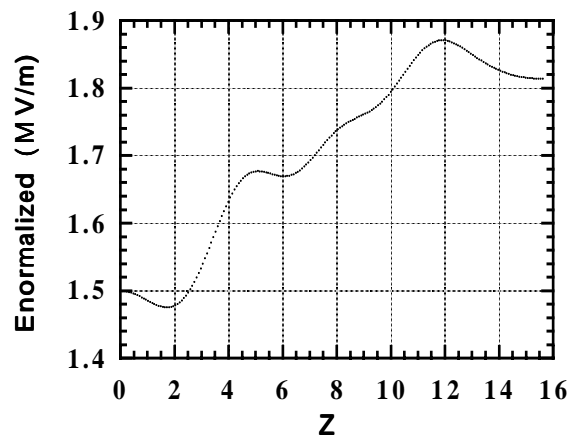
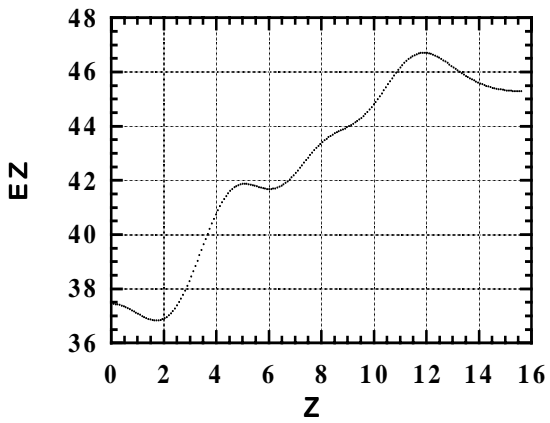
Fig.2

3)Case3: cell=50, tuner position= $z=5.4$ m, $\Delta f=1$ MHz, Fig.3



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

Calculation



Measured dat : see KEK report in 197* 年代

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

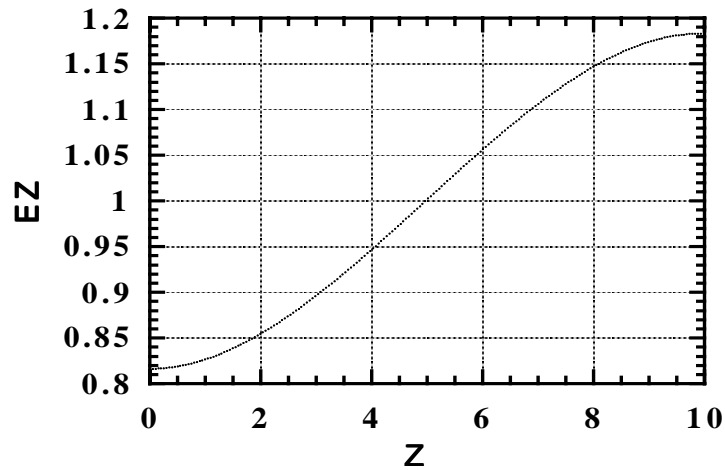
post diameter=20 mm, length=**, 1 post /2cells

Δf by first post=290 kHz/cell

Δf by last post =133 kHz/cell

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

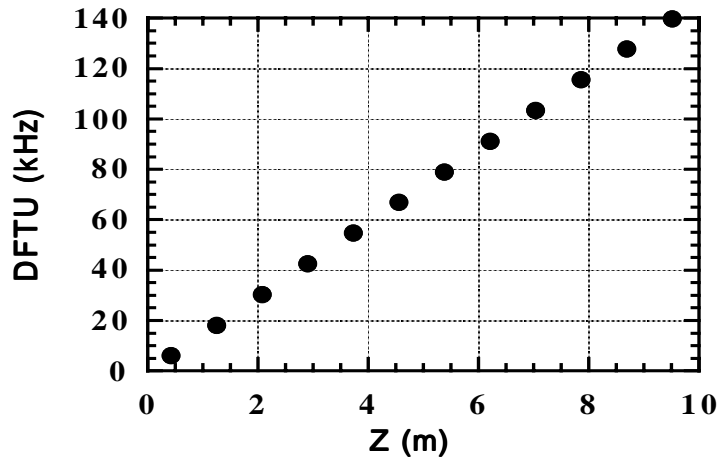
どのレベルまで繰り込むかの議論がある。



6) Case 6: Compensation of field tilt by tuner

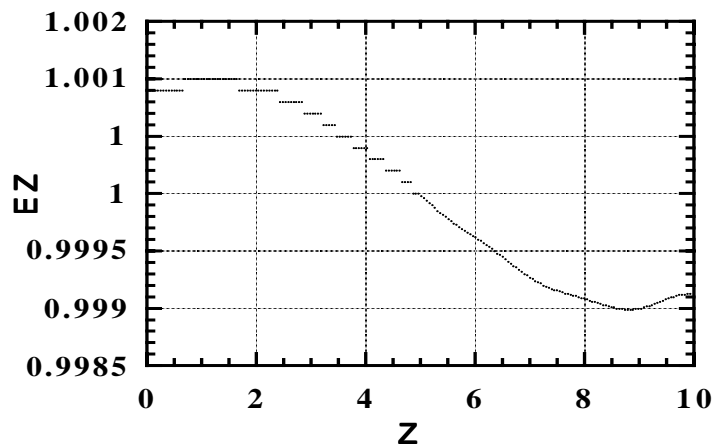
12 tuners, distributed equal space (diameter 90, stroke 120) --> tuner range 290 kHz

Total Δf shift(post Δf + tuner $\Delta f=81$ kHz)=291 kHz



Final field

flat な線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）

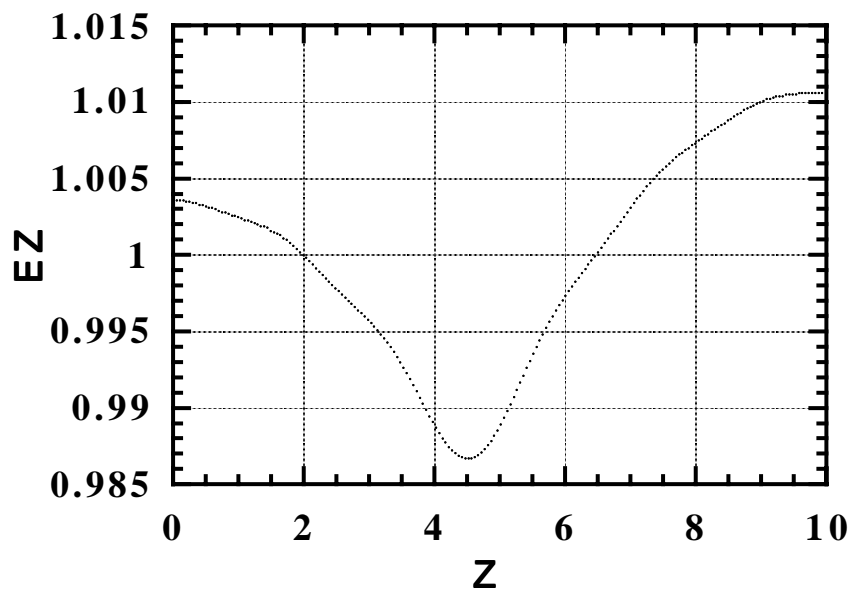
first DT の長さ変化 $53 \times 16.4 \times 10^{-6}$ 9 ミクロン程度

Δf 1-cell = 7 kHz

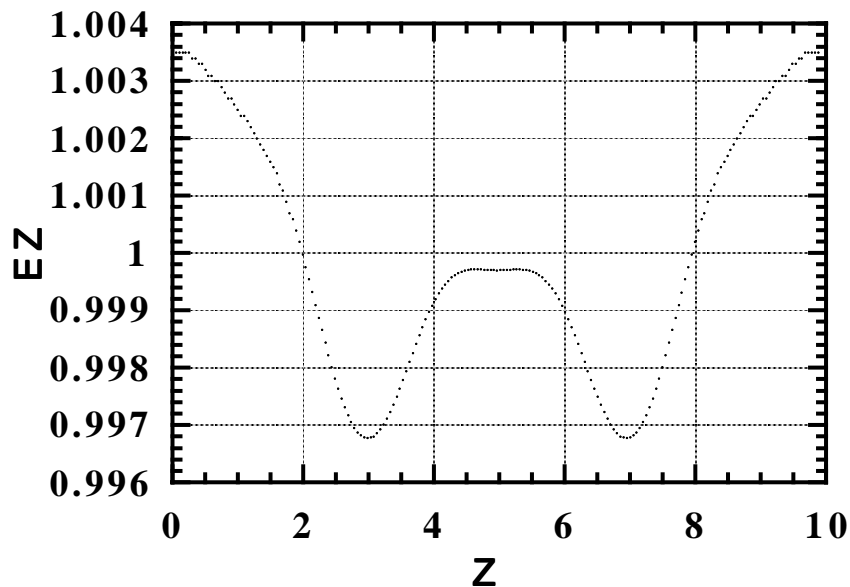
Δf last cell = 5 kHz Total $\Delta f = 6.2$ kHz

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



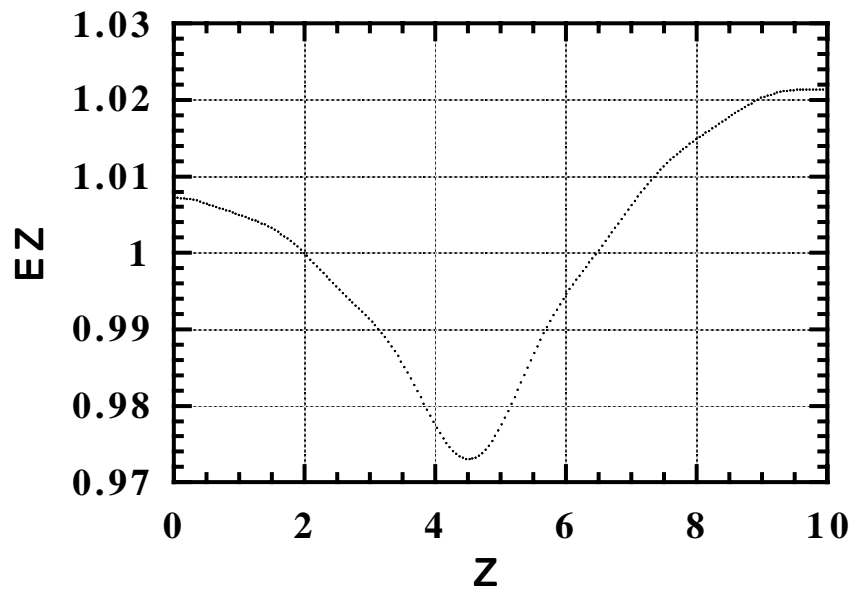
2) 全体が2度上昇の時

Δf 1-cell = 14 kHz

Δf last cell=11 kHz Total Δf =13 kHz

このセル周波数変化による電場分布は $\pm 0.4\%$ 。

* 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153Wを減らす)

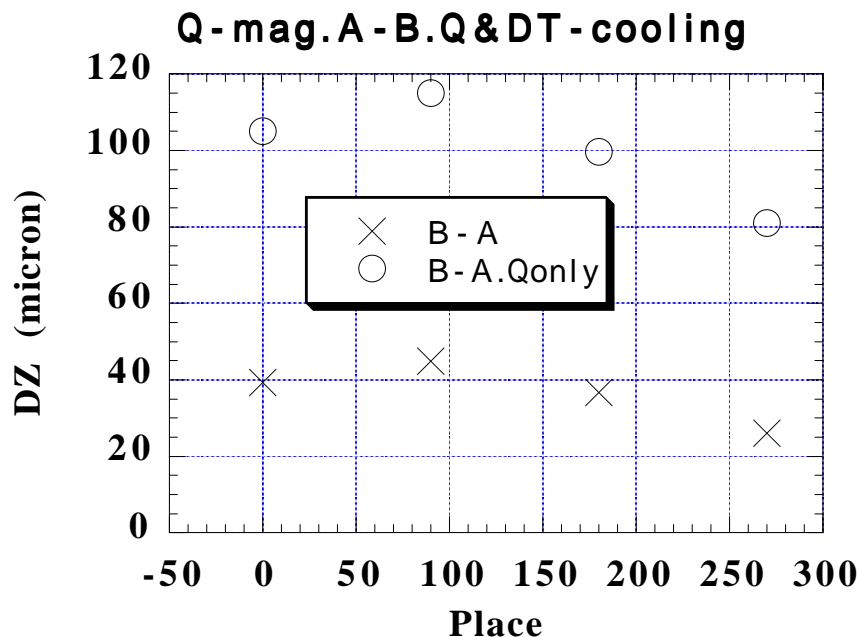
* rf 43 W による水温上昇は0.3度

3 - 2)EQUI vs CONST phase

第一タンクの後ろでは、電流比 $I_{const}/I_{equi}=1.7$ 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。



ホロコン磁石の端面の全変形量(B - 面変形量 + A - 面変形量)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、磁石の収納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

が重要。

rf 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) パルス磁石電源の可能性も検討する。
- 5) ホロコン水温上昇によるステム変形。

冷却について

- 1) タンクは鉄であり、錆の問題から、DT とは別系統の水とする。
- 2) 発熱冷却等による電場の乱れを、チューナーで補正する為には、多くの運転時データとが必要であり、長期のデータの信頼性等は期待しにくい。