

PLA - 88-1

11 / 1 / 88

1 GeV リニアック検討資料

1 GeV LINAC DESIGN NOTE

題目 (TITLE) DTL 第1 タンクの真空系の設計

著者 (AUTHOR) 久保田親

概要 (ABSTRACT)

永久磁石の放出ガスの測定結果を基礎にして、磁石を真空中にさらす場合とさらさない場合について、真空系の設計を行なった。磁石を真空中にさらす場合は、さらさない時に比べて約5倍の排気能力が必要である。

	永久磁石を真空中に出した場合	永久磁石を封じた場合
2x10 ⁻⁷ Torr までの排気時間	約 20 時間	約 20 時間
ポートのコンダクタンスと致	24.8 l/s 4.8	24.8 l/s 1
イオンポンプ起動までの時間	約 10 時間	約 2 時間

KEY WORDS:

Ion source, RFQ, DTL, CCL, Magnet, Monitor, Beam Dynamics, Transport, Vacuum, Cooling
Klystron, Low level rf, High power rf, Modulator
Control, Operation, Radiation, Others

1. 排気ポートのコンダクタンスの計算

432 MHz のライナックタンクに使用する粗引き排気系の排気時間の見積を行った、排気ポートはタンク内径が440φ、長さ4312のタンクユニットをモデルとした。

図-1に示したようなポートを仮定してコンダクタンスを計算する

式は $C = \frac{4}{3} a V \frac{A^2}{H (L + \frac{16 a A}{3 H})}$ 1)

H= 周囲長、A= 面積、a= 係数
V= 気体分子の熱運動の平均速度

① $C = \frac{4 * 1.13 * 46 * 1.585 * 1.585}{3 * 4.74 (0.8 + 16 * 1.13 * 1.585 / 3 * 4.74)} = \frac{522.3}{40.0} = 13.0 \text{ L/S}$

② $C = \frac{4 * 1.24 * 46 * 3.485 * 3.485}{3 * 8.54 (0.7 + 16 * 1.24 * 3.485 / 3 * 8.54)} = \frac{2771}{87.1} = 31.8 \text{ L/S}$

③ $C = \frac{4 * 1.28 * 46 * 4.285 * 4.285}{3 * 10.14 (0.6 + 16 * 1.28 * 4.285 / 3 * 10.14)} = \frac{4324.4}{106} = 40.8 \text{ L/S}$

④ $C = \frac{4 * 1.3 * 46 * 4.585 * 4.585}{3 * 10.74 (0.5 + 16 * 1.30 * 4.585 / 3 * 10.74)} = \frac{5028.5}{111.5} / 2 = 22.6 \text{ L/S}$

①+②+③+④*4= 432.6 L/S

接続フランジ部分のコンダクタンスは

$C = \frac{2 \pi * a^3 * V}{3 * (L + 8 / 3 * a)} = \frac{2 * 3.14 * 5 * 5 * 5 * 46}{3 * (7.2 + 8 / 3 * 5)} = 586.2 \text{ L/S}$ 1)

総合コンダクタンスは

$C_{TOTAL} = \frac{1}{1/C + 1/C} = 248.9 \text{ L/S}$ 1)

248.9 L/S が排気孔と接続フランジまでのコンダクタンスである

2. 排気時間と到達圧力

このコンダクタンスでタンクの排気時間を推定すると

表面積は

タンク本体	1台 (1 UNIT)	59576
DT	x 52本	15350
DTステム	x 52本	4408
ポスト	x 52本	1759
合計		81093 cm ²

D T内マグネット素材 x 52個

14292 cm²

タンク内表面のガス放出量

材質 銅メッキ (表面状態は機械的研磨程度と仮定)

20時間後の単位面積当りのガス放出量 1.8×10^{-10} Torr·L/S·cm² 2)

タンク表面積を掛けて

$$1.8 \times 10^{-10} \times 81093 = 1.45 \times 10^{-5} \text{ Torr} \cdot \text{L/S}$$

磁石のガス放出量 以前に真空排気して大気中に放置した物のガス放出量は

20時間程度で 1.6×10^{-8} Torr·L/S·cm² 程度

磁石表面積を掛けて

$$1.6 \times 10^{-8} \times 14292 = 2.28 \times 10^{-4} \text{ Torr} \cdot \text{L/S}$$

タンクと磁石のガス放出量を合計すると

$$1.45 \times 10^{-5} + 2.28 \times 10^{-4} = 2.43 \times 10^{-4} \text{ Torr} \cdot \text{L/S}$$

20時間後の到達圧力を 2×10^{-7} Torr 程度まで排気したい場合は

$$S = Q / P \quad 2.43 \times 10^{-4} / 2 \times 10^{-7} = 1215 \text{ L/S}$$

使用するポンプはイオンポンプである、タンクに付ける排気ポートのコンダクタンスによってポンプの数は決まる、コンダクタンスは248 L/S有るので4.8台のポンプが必要になる、ポンプは250 L/S程度の物でよいが上記の排気ポートの位置関係を変更する場合、例えば排気ポートをメッシュから15 cmに延ばした場合の総合コンダクタンスは222 L/Sになりポンプは5.4必要になる

磁石をD T内に封じた場合はガス放出量が1桁少ないので、排気ポートは1つで十分である。

3. 粗引き排気系

タンク内容積 (11ユニット) 655 lit 2ユニットに付き1組の排気系をおく

1 TORR 程度までの時間

3)

$$t = K \frac{V}{S} \ln \frac{P_1}{P_2} = 1.1 \frac{1310}{6.25} \ln \frac{760}{1} = 1529 \text{ sec}$$

$$K = 1.1$$

< 排気計算.JXW >

1 Torr ~ 10E-2 までの時間

$$t = K \frac{V}{S} \ln \frac{P_1}{P_2} = 1.5 \frac{1310}{6.25} \ln \frac{1}{0.1} = 724 \text{ sec}$$

$$K = 1.5$$

10E-2 ~ 10E-3 までの時間

$$t = K \frac{V}{S} \ln \frac{P_1}{P_2} = 4 \frac{1310}{6.25} \ln \frac{0.1}{0.01} = 1930 \text{ sec}$$

$$K = 4$$

TOTAL 4183 SEC 69.72 MIN

大気圧 ~ 10E-3 TORR までの合計時間 69.72 分 (375 L/M) ロータリーポンプ
を大きな物に変えると、41 分 (635 L/M)、22 分 (1180 L/M) に短縮される

10E-3 TORR からイオンポンプの起動できる 5E-6 TORR 程度までは 2 台のターボ分子
ポンプにより排気すると

$$Q = S P \quad 248 \times 5E-6 = 1.24E-3$$

$$1.24E-3 / 14292 = 8.7E-8 \text{ TORR} \cdot \text{L/S} \cdot \text{CM}^2$$

この程度のガス放出量は図-2 (チタニウムハット-3) から推定すると約 10 時間程
度排気した時の量であるので 10 時間以上は必要である

4. DT 内に磁石を封じ込んだ場合

大気圧 ~ 10E-3 TORR までの合計時間は同じ時間必要であるが、10E-3 TORR からイ
オンポンプの起動できる 5E-6 TORR までは

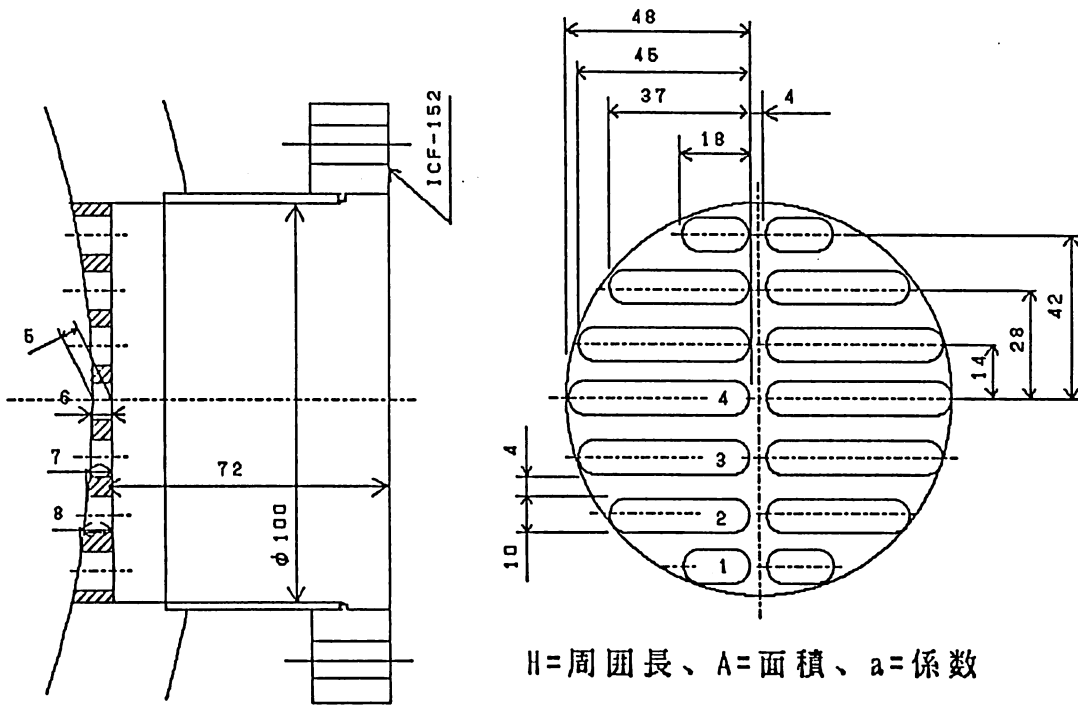
$$Q = S P \quad 248 \times 5E-6 = 1.24E-3$$

$$1.24E-3 / 81093 = 1.5E-8 \text{ TORR} \cdot \text{L/S} \cdot \text{CM}^2$$

この数値を文献²⁾と比較すると 1 時間排気した時のガス放出量よりも多いので
より短い時間で 5E-6 TORR まで排気できるので数ユニットまとめて 1 台のター
ボ分子ポンプで排気できる。

	永久磁石を真空中に出した場合	永久磁石を封じた場合
2x10 ⁻⁷ Torr までの排気時間	約 20 時間	約 20 時間
ポートのコンダクタンスと数	248 l/s 4.8	248 l/s 1
イオンポンプ起動までの時間	約 10 時間	約 2 時間

表 1



① H=4.74 A=1.585 a=1.13

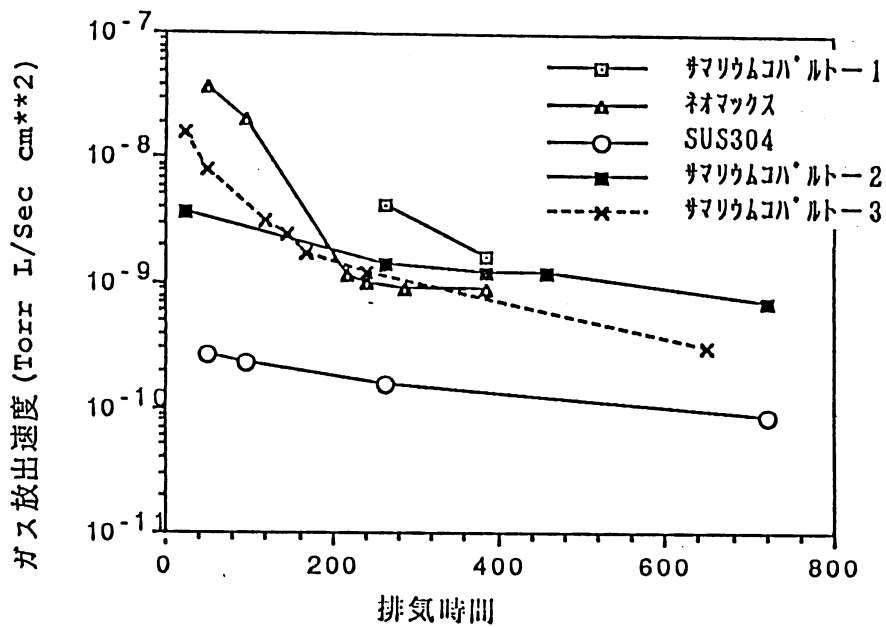
② H=8.54 A=3.485 a=1.24

H=周囲長、A=面積、a=係数

③ H=10.14 A=4.285 a=1.28

④ H=10.74 A=4.585 a=1.3

図 1



- サマリウムコバルト-1 試験片 (29.8cm²) をアルコール洗浄のみで排気
- サマリウムコバルト-2 数百時間排気した試験片を数分間大気に触れさせ再排気
- サマリウムコバルト-3 サマリウムコバルト-2 を1ヶ月大気に放置、アルコール洗浄後排気
- ネオマックス 試験片 (ネオマックス 29.8cm²) をアルコール洗浄のみで排気
- SUS304 排気試験試料室のみの排気

図-2 永久磁石材料のガス放出速度

1. 熊谷寛夫, 富永五郎: 真空の物理と応用, P107, 裳華房, 1970.
2. 真空ハンドブック: P74, 日本真空技術KK.
3. 熊谷寛夫, 富永五郎: 真空の物理と応用, P400, 裳華房, 1970.