

PLA - 91 - 16

91 / 11 / 14

1 GeV リニアック検討資料

1 GeV LINAC DESIGN NOTE

題目 (TITLE) DEVELOPMENT OF THE JHP 1-GEV PROTON LINAC

著者 (AUTHOR) 加藤隆夫

概要 (ABSTRACT)

Basic components of the JHP 1-GeV proton linac are under development. A 20-mA ion source of volume-type has been developed. A study of a cold-model of RFQ shows the excellent characteristics of a new stabilization method PISL. A high-power model of DTL is under construction using various new fabricating techniques. A four-slot ACS cavity with a new-type bridge-coupler was constructed. It was commissioned up to the rated RF input power. A 6-MW high-power RF source with an L-band klystron was constructed and used for many high-power tests. A 2-MW high-power RF source with a UHF klystron is under construction. A beam test using the RFQ and the DTL is planned within two years.

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

DEVELOPMENT OF THE JHP 1-GeV PROTON LINAC

T. Kato and the Working Group for the Development of the JHP 1-GeV Proton Linac

National Laboratory for High Energy Physics

1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305, Japan

ABSTRACT

Basic components of the JHP 1-GeV proton linac are under development. A 20-mA ion source of volume-type has been developed. A study of a cold-model of RFQ shows the excellent characteristics of a new stabilization method PISL. A high-power model of DTL is under construction using various new fabricating techniques. A four-slot ACS cavity with a new-type bridge-coupler was constructed. It was commissioned up to the rated RF input power. A 6-MW high-power RF source with an L-band klystron was constructed and used for many high-power tests. A 2-MW high-power RF source with a UHF klystron is under construction. A beam test using the RFQ and the DTL is planned within two years.

JHP 1-GeV 陽子リニアックの開発

1. 序

大型ハドロン計画¹の入射器としての大強度陽子リニアックの開発が進んでいる。その基本的な要求仕様は、エネルギーが 1 GeV、平均電流は 200 μ A 以上、全長が 500 m 以内の三点である。この実現のために、表 1 と Fig.1 に示した基本パラメーターを持つ陽子リニアックが提案された²。そして、このリニアックの持つ開発課題を、信頼性の高い高周波源、低エミッタンス大強度イオン源、低エネルギー部加速管、高エネルギー部加速管の四項目と考えて、1987 年より開発研究に着手した³。当初から最重要課題とされた高周波源の開発では、89 年に L-バンド (1296 MHz) が完成し、現在 UHF 帯 (432 MHz) が製作されている。イオン源と高エネルギー部加速管 (CCL) は、既に期待通りの性能を達成しており、低エネルギー部加速管 (RFQ と DTL の第一タンク) はコールドモデルによるテストを終えて、大電力モデルを製作中である。92 年から 93 年にかけて 5 MeV のビーム加速テストを控えて、最終段階に入った開発の現状と予定を報告する。

表 1 1-GeV 陽子リニアックの基本パラメーター

ピーク電流	20 mA	ビームパルス幅	400 μ s
繰り返し周波数	50 Hz	高周波パルス幅	600 μ s

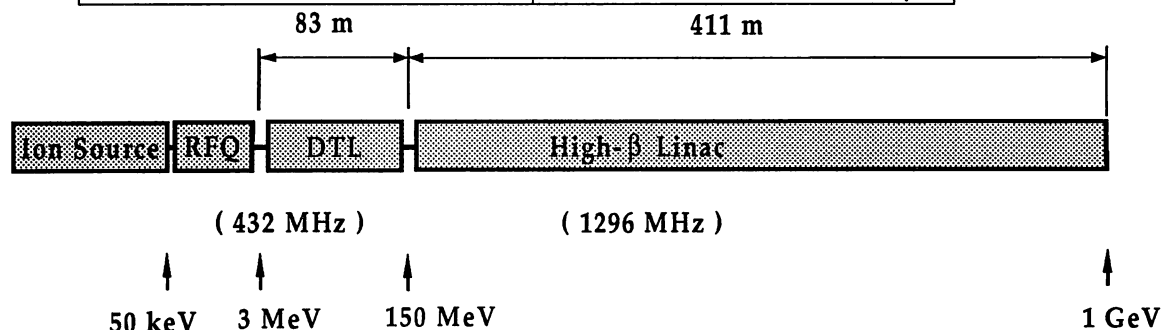


Fig. 1 JHP 1-GeV 陽子リニアックの構成

2. JHP 陽子リニアックの特徴

物理実験用の大強度陽子リニアックの運転時間を制限したり、加速ビーム強度を制限する要因は、次の

二点と考えられる。

1) ビームロスによるリニアックの放射化。2) 加速器の故障。特に高周波源の性能。

これに対処する為に、以下の方策を採用した。

- A. transient と transition によるビーム性質の劣化を最小にする為に、長パルスと低い繰り返しを採用。
- B. ビームエミッタンスを小さく、アクセプタンスを大きくする。特に、縦のエミッタンスに注意する。
- C. 加速電場のチューニングのパラメーター数を減らす。
- D. 大出力のクライストロンを採用して、信頼性の高い高周波電源を開発する。

以上の処方箋に従いつつ、互いに反する要求の間の最適化の結果が表1とFig.1である。各開発部門では、信頼性と性能を高める為の多くの創意工夫が為されており、本研究会にて、8件の報告がなされる。

3. 開発の現状

3.1 全体計画

1987年に大強度陽子リニアックワーキンググループが結成されて、その後1年間のデザインスタディを経てから、約5年間の予定で開発研究が行なわれており、1992年以降5~10 MeVのビーム加速テストを予定している。これまでの経過と今後の予定をFig.2に示す。

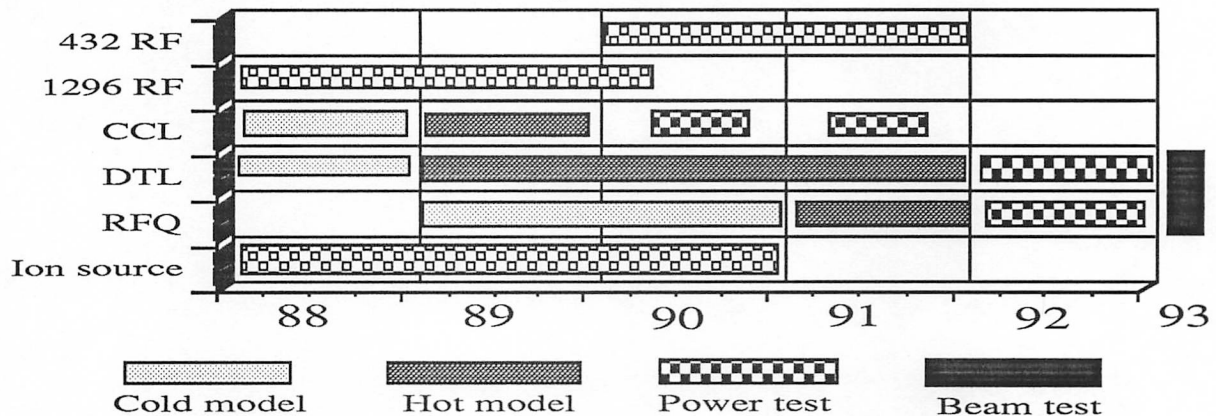


Fig.2 開発のスケジュール

3.2 イオン源

小さいエミッタンス ($1 \pi \text{mm} \cdot \text{mrad}$) で、大電流 (20 mA 以上) のHビームを安定に供給する為に、体積生成型のイオン源の開発に努力した結果、仕様をほぼ満足できる様になり、現在は性能向上に努めている。

3.3 RFQ (Radio Frequency Quadrupole)

周波数432 MHzのRFQは、3 MeVまで加速するので、その長さは2.7 mと長くなり、要求される製作精度は極めて厳しくなる。コールドモデルでは、 $\pm 20 \mu\text{m}$ の精度で製作を行ない、良好な電磁場分布を達成できたが、二極モードが混ざる事による不安定性を改良する為に、従来広く使用されていたVCR (vane coupling ring) に替わって、新しい安定化法PISL (π モード安定化ループ) を工夫した。詳細な熱解析の結果をふまえて、この方法は冷却を含む製法において優れている上に、高周波特性もFig.3に示す様に極めて良好である事が実証された。新たに開発した設計コード (KEKRFQ) により設計した大電力モデルを製作中である。

3.4 DTL (Drift Tube Linac)

コールドモデルによるテストを終えて、第1タンクの前半部分 (3 MeV - 5.4 MeV) の大電力モデルを製作している。新しく開発している要素技術 (永久磁石片の製法、四極磁石の組立法、ドリフトチューブの組立法と据付法、ユニットタンクの連結法) は、難しい問題を解決して、ようやく完成に近ずき、来年度の大電力テストを目指している。Fig.4は四極磁石を組み立てる為の治具である。

3.5 CCL (Coupled Cavity Linac)

3次元電磁場計算とモデル空洞による実験及び熱構造解析に基づいて、対称性に優れているACS空洞

(Annular-coupled structure) を初めて実用化する目処をつけた。新たに開発された disk-loaded 型のブリッジ空洞により結合された大電力モデル空洞は、期待通りの高周波特性を持ち、ピーク値で定格の2倍の高周波電力試験でも良い性能を示した。結合スロットの効果を更に詳細に検討する為のモデルや、low- β 用モデルを開発している。Fig.5 に最初の conditioning の記録を示した。

3.6 大電力高周波源

最大電力 15 MW の陽極変調器とトムソンTH2104A により構成されるL-band 高周波電源は、89年に完成されて以来、順調に稼働しており、CCLの大電力テスト、高周波窓のテスト等に使用されている。パルス幅を長くする事 (400 \rightarrow 600 μ s)、長パルスで高デューティ電源用のスイッチング素子として優れているサイリスタを使用する事等の改良を重ねている。既に、カソード直流電源と modulation anode パルス電源が完成したUHF 電源は、今年度、トムソンTH2134 を使って高周波電力テストを行なう予定である。

参考文献

1. M. Kihara, Proc. Internatinal Workshop on Hadron Facility Technology, 1987, Los Alamos, LA-11130-C, p.67, KEK Preprint 86-106. M.Kihara, Proc. Advanced Hadron Facility Accelerator Design Workshop, 1987, Los Alamos, LA-11432-C, p.4.
2. Y. Yamazaki et al., Proc. Advanced Hadron Facility Accelerator Design Workshop, 1987, Los Alamos, LA-11432-C, p.80, KEK Preprint 87-159. "Report of the Design Study on the Proton Linac of the Japanese Hadron Project", JHP-10 or KEK-Internal 88-8(1988).
3. "Report of the Design Study on the Proton Linac of the Japanese Hadron Project [II]", JHP-14 or KEK-Internal 90-16(1990).

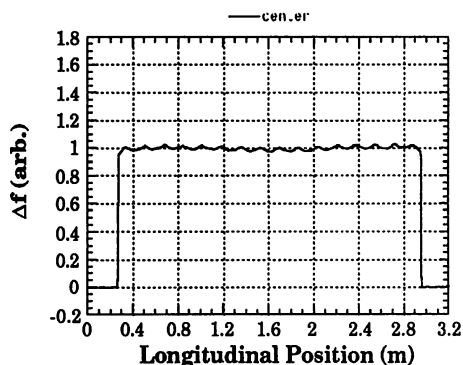


Fig. 3 ビーズ摂動法で測定したPISL設置後のビーム軸付近の電場分布(共振周波数の変化で表示)

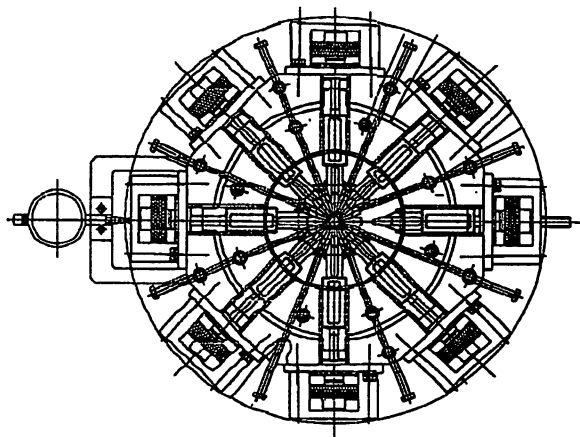


Fig. 4 四極磁石用組立治具

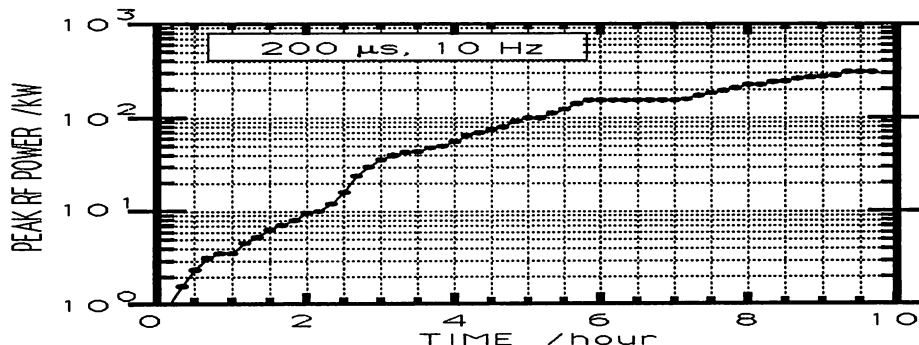


Fig.5 ACS の最初の大電力テストの記録