

大強度陽子リニアックの開発の概要（平成4年度）

1987年に大強度陽子リニアックの開発が始められた。当初より開発の最重要課題は、加速器システムの安定化(stability)に設定された。これは、大強度を目指してビーム強度が増強される時に予想される諸問題に、充分対応可能な安定した加速器を目標とするものであり、具体的には以下の諸項目が目標となった。

1) 加速管の電場を安定化する。

RFQ 電場の安定化 (PISL が発明された)

DTL ポストカップラーの採用

CCL $\pi/2$ モードの採用、ACS 空洞の開発

2) 加速管の熱的な安定性(冷却性能)の向上を目指して、構造材として銅を採用。

3) 安定な高周波源を実現する。大強度クライストロンを採用して、高周波運転のパラメーターを減少させる。

4) 高性能で安定なイオン源を開発する。

5) 大強度化を阻害する要因のひとつである高エネルギーのビームロスに対処できる設計を行なう。

以上の目標を満たすべく研究開発が行なわれ、これまでに以下の成果が達成されている。

1) 要求仕様をほぼ満足するイオン源が開発された。

2) PISLにより安定化されたRFQが完成した。

3) 新しい機械設計によるDTLは、構成する要素技術が完成して、実機が組み立てられている。

4) ACS空洞が開発され、大電力テストを成功させた。

5) 要求仕様を満たすL-band高周波源が完成して、様々な研究に使用されている。

6) UHF高周波源は、クライストロンの真空漏れにより日程が遅れたが、仕様を満たすピーク電力の発生に成功した。

7) 他に、個別部品の開発研究等でも多くの成果を得た。

(ブリッジ空洞、高周波窓、冷却計算等)

開発後5年を経て、平成4年度は、開発の成果が一つの目標 — RFQとDTLによるビーム加速実験 — に結集される年となり、平成5年1月のビームテスト開始に向けて努力がなされてきた。ビーム加速の日程は、残念ながら平成5年8月以降に延期されたが、シールドルームは既に完成しており、準備が進められている。

このビーム加速実験により、第一に、各加速器の性能が検証され、第二に、大強度陽子リニアックのビームの振る舞いに重要な役割を果たすと思われる、入射部の基本性能についての研究が進展すると期待される。

(RFQ=radio frequency quadrupole, DTL=drift tube linac, PISL= π -mode stabilization loop, CCL=coupled cavity linac, ACS=annular coupled structure)

Development of the 1-GeV Proton Linac

- * **Design of the 1-GeV Proton Linac**
- * 開発の概要
 - * RF source
 - * Ion source
 - * RFQ
 - * DTL
 - * ACS
- * **Beam test in the low- β structure**



1-GeV Proton Linac for JHP

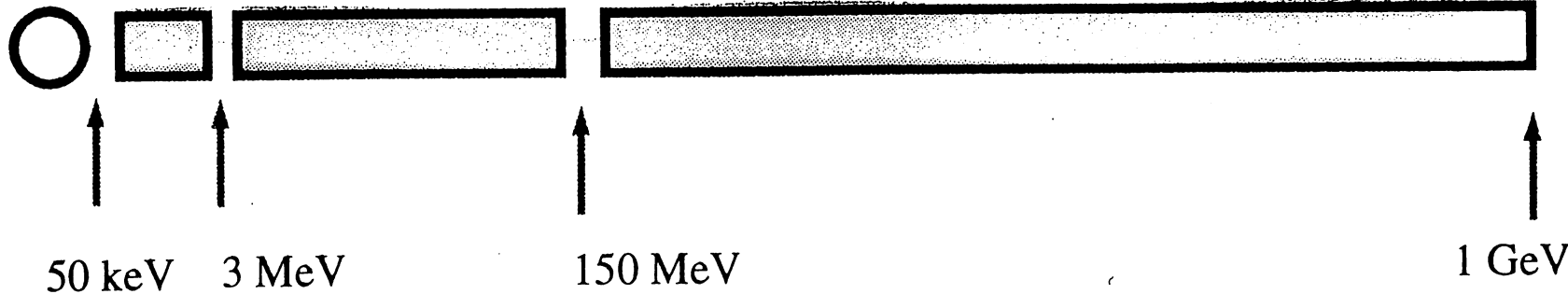
1 GeV
 < 200 μ A average
 20 mA peak
 50 Hz
 400 μ s beam pulse
 500 m

Ion Source

RFQ

DTL

CCL



20 mA

1 π mm•mrad

432 MHz

2.7 m

329 cells

800 kW

432 MHz

79 m

13 tanks

342 cells

9 MW

1296 MHz

411 m

152 tanks

3576 cells

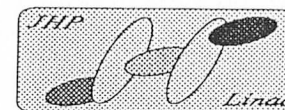
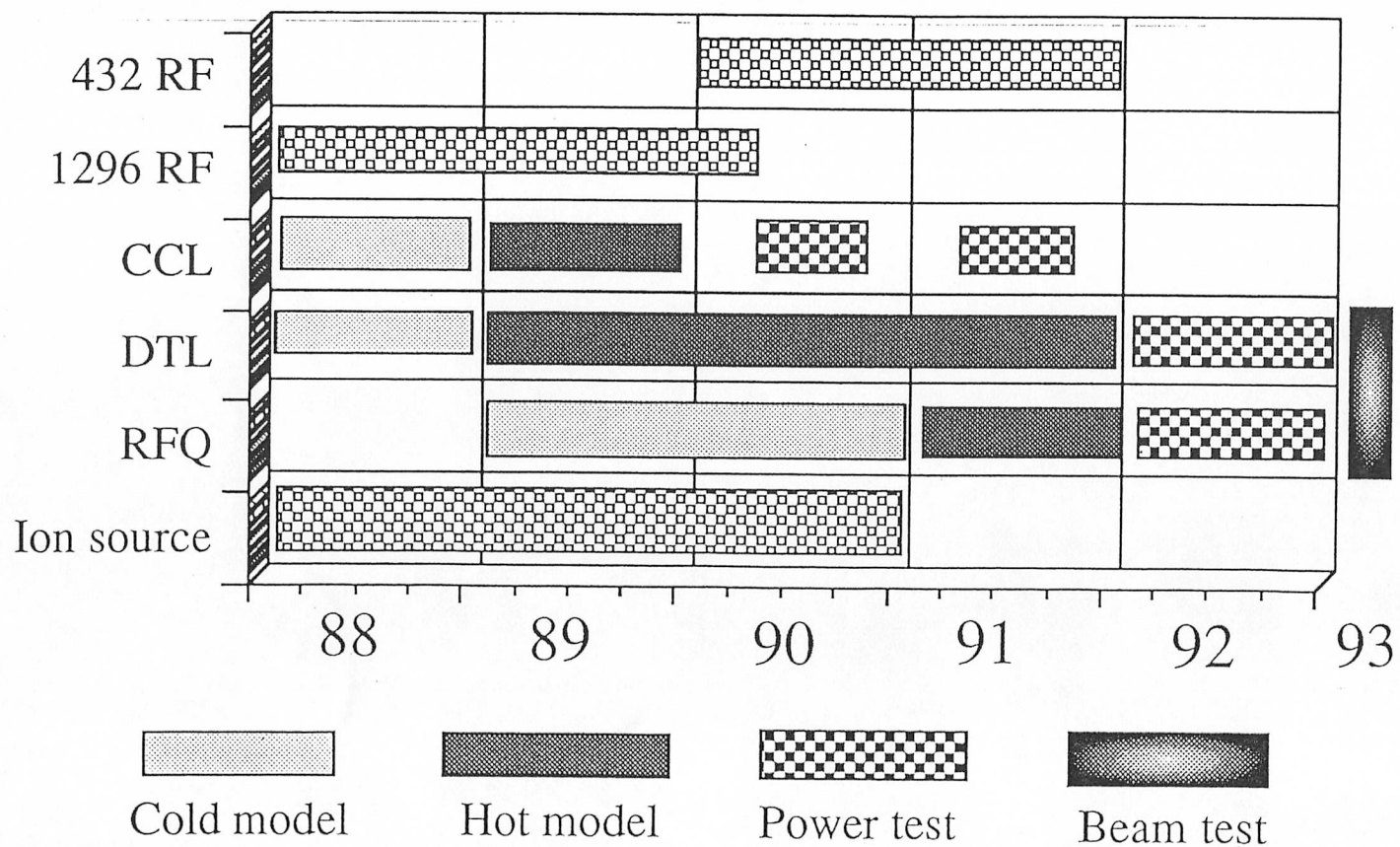
82 MW

Stability of 1-GeV Proton Linac

- Stabilization of structure
 - RFQ -----> PISL
 - DTL -----> Post coupler
 - CCL -----> p / 2 mode-ACS
- Minimization of beam losses
 - Minimizing the effects of transient and transition
 - Long pulse and low repetition rate
 - Transition energies of 3 and 150 MeV
 - Large acceptance and small emittance
 - Longitudinal emittance
 - RFQ, instead of Cockcroft
 - $f(\text{CCL}) = 3 \times f(\text{DTL and RFQ})$
- Reliable RF power source
 - High power klystron
 - Small number of tuning parameters



Schedule of the development



JHP in 1992

4	UHF Kly. Vacu-leak. back to France
5	
6	Buncher design
7	
8	ACS low-cost model 発
10	RF window test
10	Buncher Power Supply 発 RFQ tuning
11	ACS high power test ($\beta=0.52$)
12	UHF Kly 入荷
1	Shield room Assembly Hall JLC 工事
2	
3	UHF RF power DTL tuning



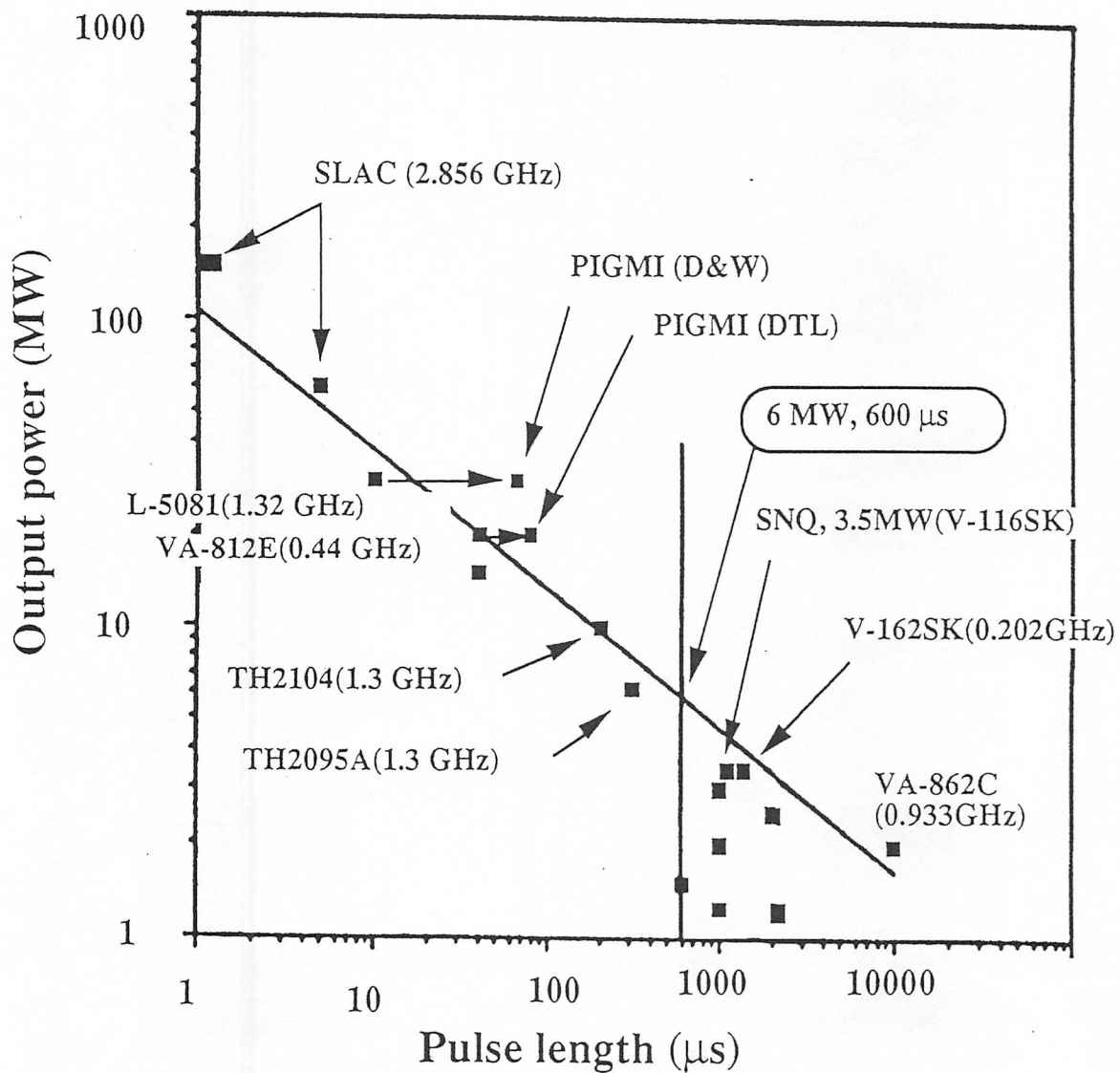
RF power source in 1992

- **L-band**
 - After increase in PFN elements from 35 to 50 (600 μ s)
 - utilizes for rf power tests
- **UHF**
 - RF power of 1.8 MW on 1993.3.9
 - Further improvement, not critical
 - Solid-state buncher power supply
 - 10 kW, 432 MHz
- **RF window for L-band klystron**



RF power vs pulse length

by Anami



UHF Klystron Power Test

Pulse length μsec	Repetition Hz	Rf power MW
200	10	1.8
600	20	1.6

1993/ 3 / 8,9



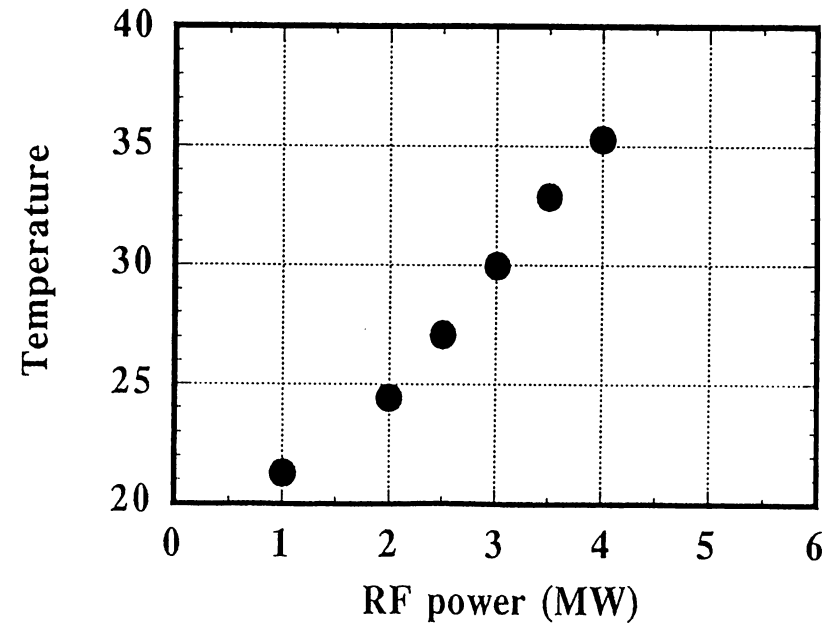
JHP KEK K

RF window for L-band klystron

Takeuchi

- Ceramics HA997, water cooling 3L/min

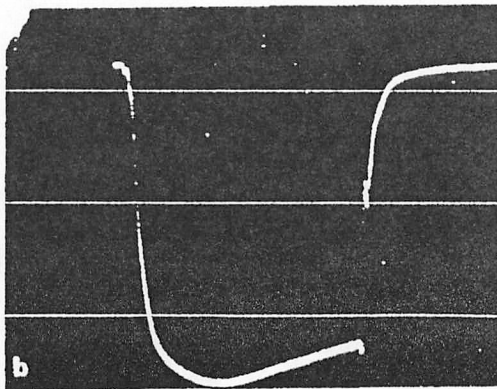
	Require- ment	test- 1	test- 2
Pulse length μs	600	375	560
Repetition Hz	50	50	50
RF power MW	6	5	4
Temp. $^{\circ}\text{C}$	100	33.6	35.3



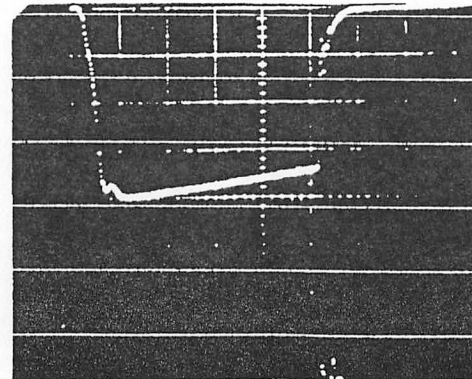
Volume H⁻ Ion source in 1992

Mori

- 20 mA in cesium-mode operation
- $1.2 \pi\text{mm}\cdot\text{mrad}$ (90% normalized)



400 μs pulse
12 mA peak
with cesium vapor



400 μs pulse
20 mA peak
with cesium vapor
optimized parameters



RFQ Linac

Ueno

- Input energy 50 keV Output energy 3 MeV
- Frequency 432 MHz Vane length 2.7 m
- Minimum bore radius 0.24 cm
- RF power 0.8 MW
- Transverse emittance (90%) 1.1 π mmrad
- Energy spread (90%, full) 0.03 MeV
- Phase spread (90%, full) 20 deg



RFQ Development

- A new beam-dynamics design procedure (KEKRFQ)
- A full-scale cold model
- PISL(π -mode stabilization loop)
- High-power model
- RF test and beam test

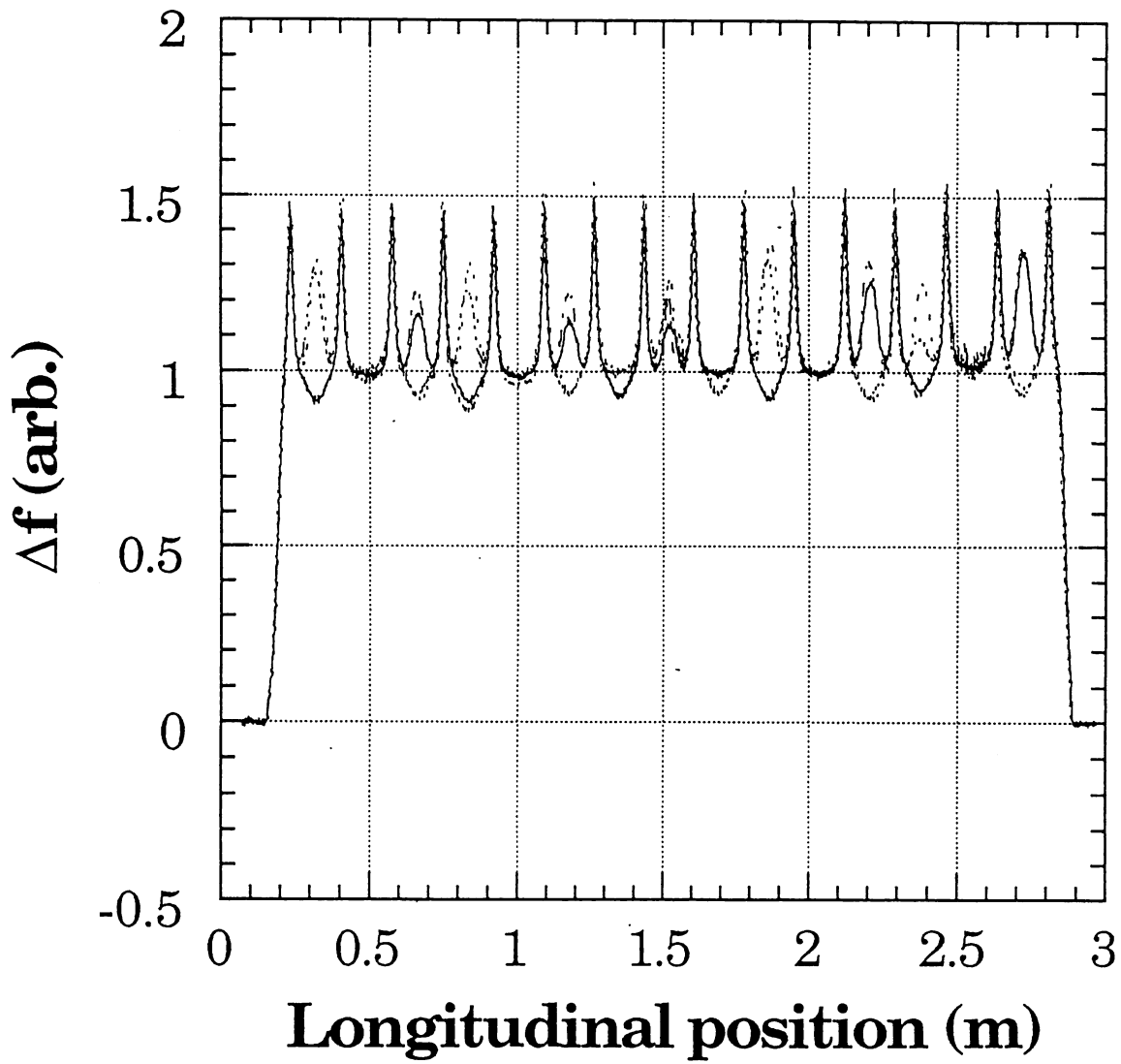
RFQ in 1992

Ueno

- Tuning of RFQ high power model
 - $Q = 7300$, 78 % of calculation
- stabilization of the field by PISL
- decrease in the frequency
 - -15 MHz / 32 rods
 - decrease in Q by PISL
 - -5% (Theory)
 - -9% (Meausre.)



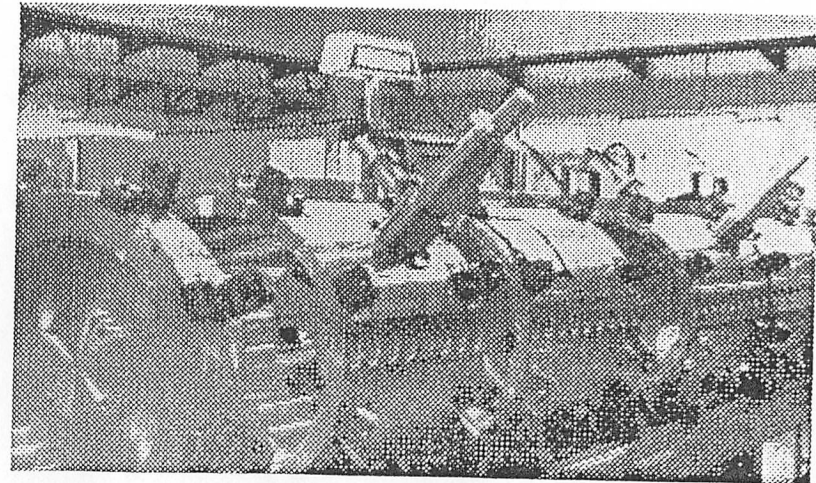
— 1st quad. ····· 2nd quad. - - - - 3rd quad. ····· 4th quad.



New techniques for DTL

Naito et al.

- ステム固定法
- 焼きばめ法
- Q-magnet 組立法
- ユニットタンク方式

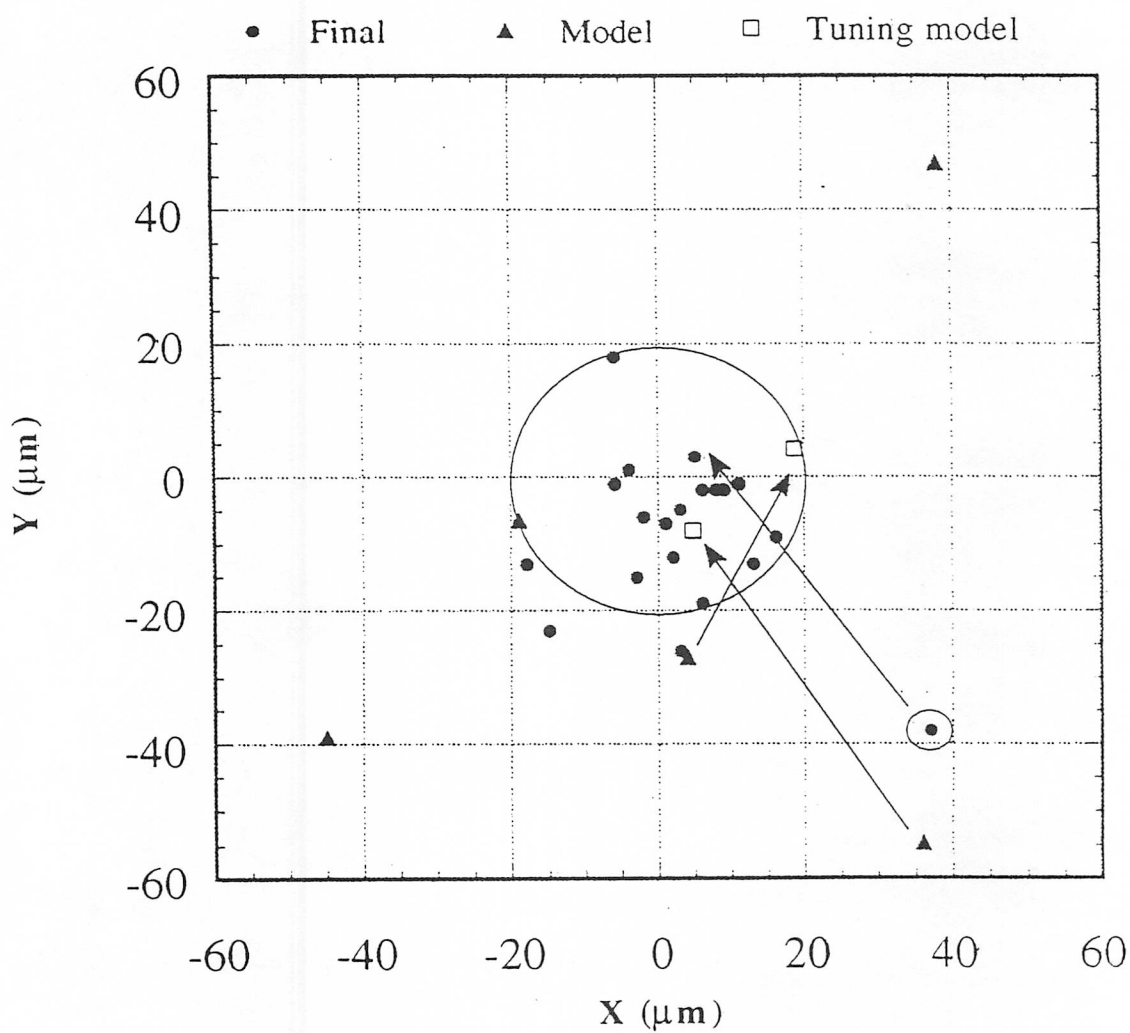


DTL in 1992

- **challenging methods of making components**
 - **Success in making PQM**
 - **Success in fabricating drift tube**
 - **Success in machining taper hole**
 - **Rf input coupler**
 - **Frequency tuner**
- **Assembling is in progress.**



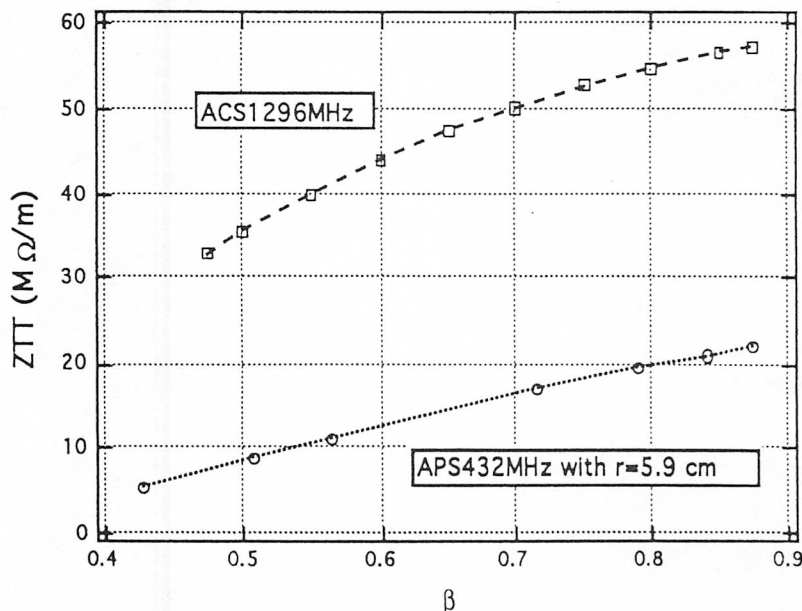
Dipole field of PQM for DTL



CCL in 1992

Kageyama

- **High- β structure**
 - low-cost model
- **Low- β structure**
 - Fabrication
 - High power test



Improvement in ACS

Kageyama

- CAD Computer Aided Design using MAFIA
- Four-slots ACS
- Cold and high-power model cavities

	Theoretical	Measurement
ZTT M Ω /m	54	42
Q-value	24000	19000

ZTT 78 %

-5 % = surface

-17 % = slots

beta=0.78, $E_0 = 4.5$ MV/m



Comparison among three structures

TRISTAN

LAMPF

JHP

	APS	SCS	ACS
Symmetry	○	X	△
low-beta application	X	○	○
Shunt impedance	X (in low β)	○	○
Fabrication	○	○	△
Originality	○	X	○



Beam test in Aug. 1993

- Ability of components
 - I.S, RFQ, DTL, Beam line, Monitor
- High power rf test
- Beam quality in low- β part
 - I.S + LEBT + RFQ + MEBT + DTL (5 - 10 MeV)

