

KEKにおけるXバンド加速の研究 現状と展望

平成21年8月5日

KEK 加速器研究施設

肥後寿泰

KEK加速器のミッション

- 高エネルギーへの基礎技術開発
 - リニアコライダー
- 加速器技術の基礎固め
 - 将来の高電界コンポーネントへの技術
 - 小型加速器応用
- 高電界加速に関連した現象の理解
 - 放電メカニズム、放電へのトリガー
 - プロセッシングとは？

Xバンドグループの目標

1. 今後2～3年以内に、無酸素銅ベースの加速管で、50～100MV/m範囲での実用的加速勾配を評価する。
2. 高電界運転を阻む最大の原因たる放電のメカニズムを調べ、プロセッシングの意味とその後の長期運転に関する知見を得る。
3. 100MV/m超級の加速勾配の可能性を探る。
4. Xバンドシステムを加速器(の一部)に応用して、ビーム運転の経験を積むべく検討する。

LC実現に対して今なすべきは

- 加速技術

- 高エネルギーラボとして、LHCの結果を踏まえて進めるべきLCが因って立つ加速技術をもつことが重要

- 最も基礎的な技術＝高電界加速

- この見極めにより、加速器全体の設計、コスト、等に反映される

- まずここを中心に攻めるべきと考える

- 試験加速管の製作と高電界試験を通して確立する
- 高電力試験設備の展開
- 加速管の製作技術

加速管 高電界化へ

- ITRP時点GLC

– 60cm、 $v_g = 2 \sim 4\%$ 、 $a/\lambda \sim 0.17$
– 65MV/m, 400ns → 1TeV/30km



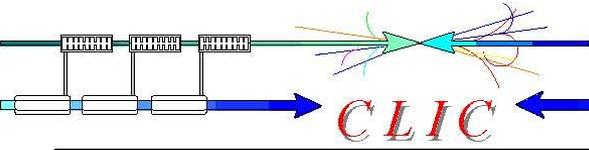
- 高エネルギー＝高勾配へ

– $v_g \downarrow$ $a/\lambda \downarrow$ $L_s \downarrow$ $T_p \downarrow$ $E_a \uparrow$

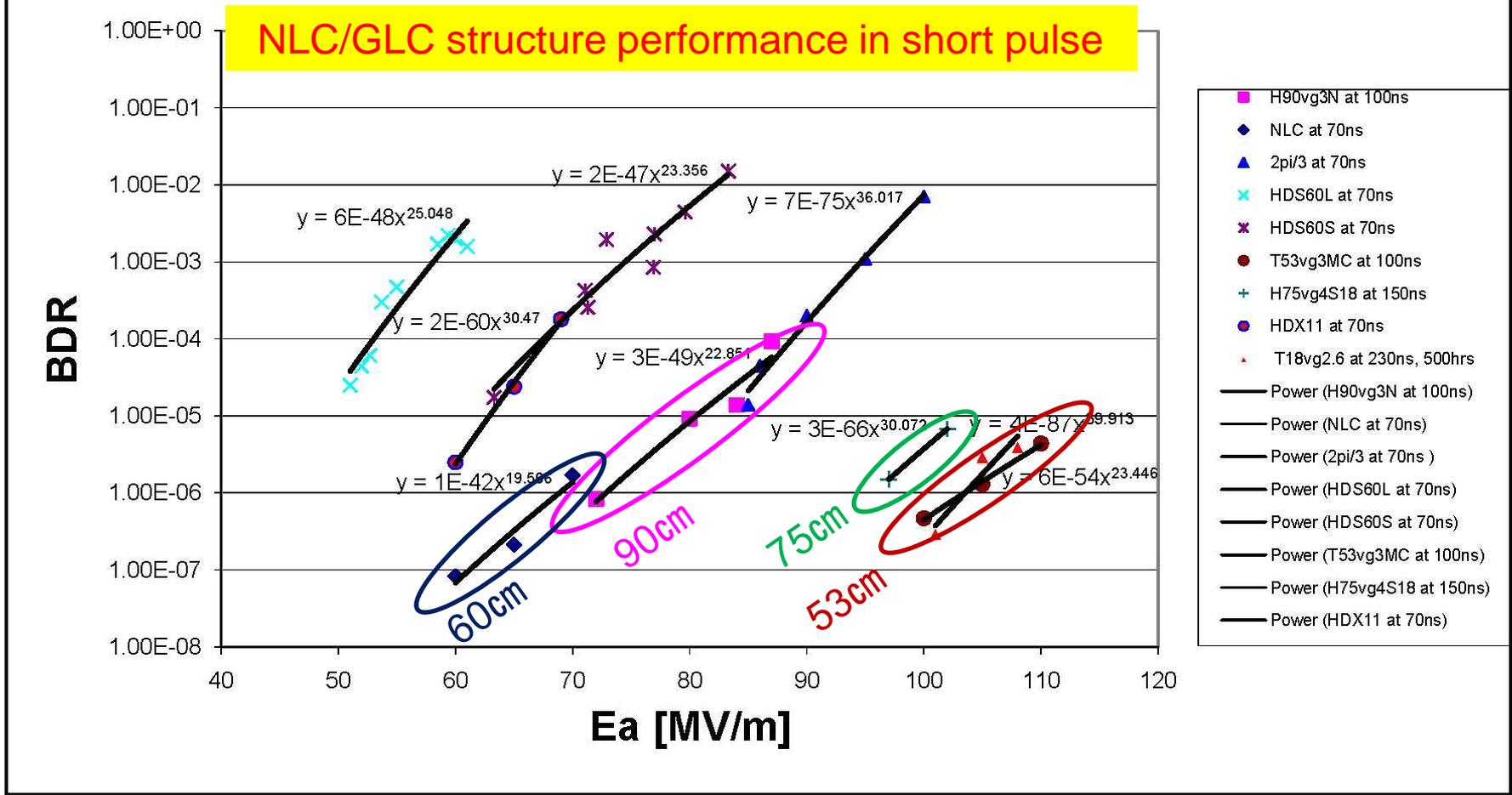


- CLIC-G

– 30cm、 $v_g \sim 1\%$ 、 $a/\lambda \sim 0.11$
– 100MV/m, 250ns → 1TeV/15km



BDR versus Gradient in Cu structures (power fit)



Power fit can be done with the same power for all gradients

関連する加速管パラメータ

ACC structure	GLC	CLIC Nominal	CLIC test
Code name	H60VG4S17	CLIC-G	T18VG2.4 Disk
Freq (GHz)	11.4	12.0	11.4
Beam	Unloaded	Loaded	Unloaded
HOM damping	Medium Q~1000	Heavy Q~10	Undamped Q~7000
a/λ	0.18	0.11	0.13
# cell	55	24	18
a (mm)	5.24~3.98	3.31~2.47	4.06~2.66
v_g/c (%)	4.5~0.8	1.7~0.8	2.6~1.0
P_{in} (MW)	84	64	55
E_{acc} (MV/m)	72~111	118~82	84~126
E_p (MV/m)	151~219	225~160	157~222
E_p/E_{acc}	1.97~1.96	1.91	2.04~1.92
ΔT_p (°C)	**	50~21	38~57*

KEKが製作に絡む最近の加速管

CLIC-C 初期の試験加速管

T18(×4) TD18(×2) 2006～2007 試験中
試験ツールの確立



CLIC-G CLIC 基準構造

T24(×2) TD24(×2) 2008～2010 製作開始
CLIC相当加速管での評価



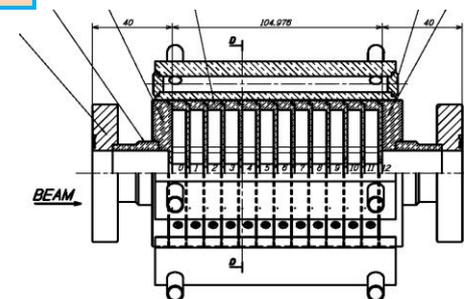
四分割管

Quadrant(×1) Q下げるのに必要とされていた
2006～2009 試験開始
特性理解、量産にはメリットあるかも



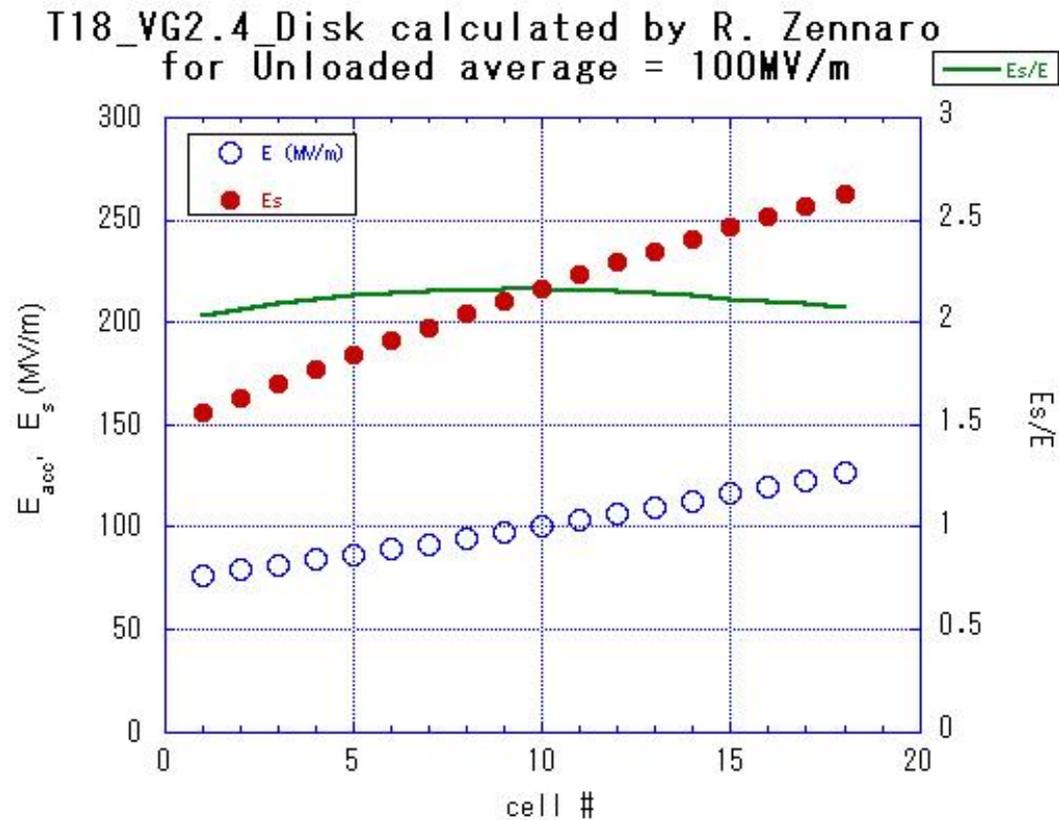
基礎試験に適した構造

C10(×2) CD10(×2) 2008～ 製作開始
KEKでの基礎試験に用いる出発点とする

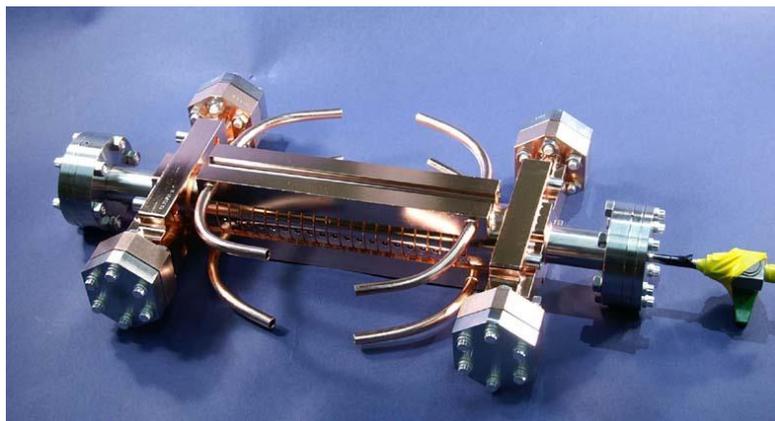
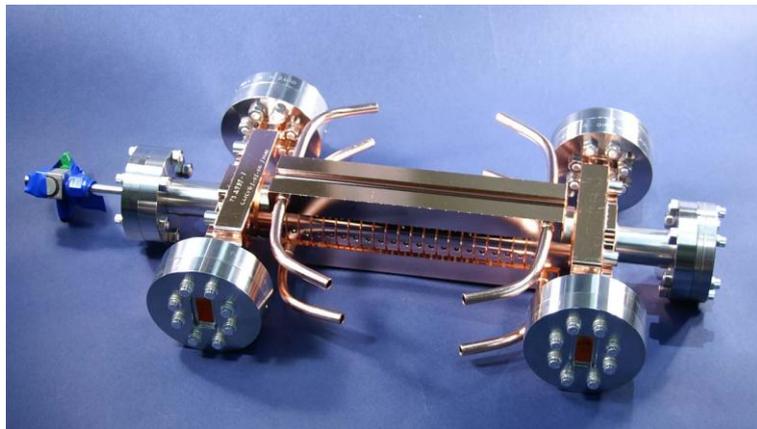


T18_VG2.4_Disk Parameters

最初の試験加速管 減衰構造無し



三者 (CERN-SLAC-KEK) 共同研究体制



電気設計 (CERN)



機械設計 (KEK)



加工 (KEK)

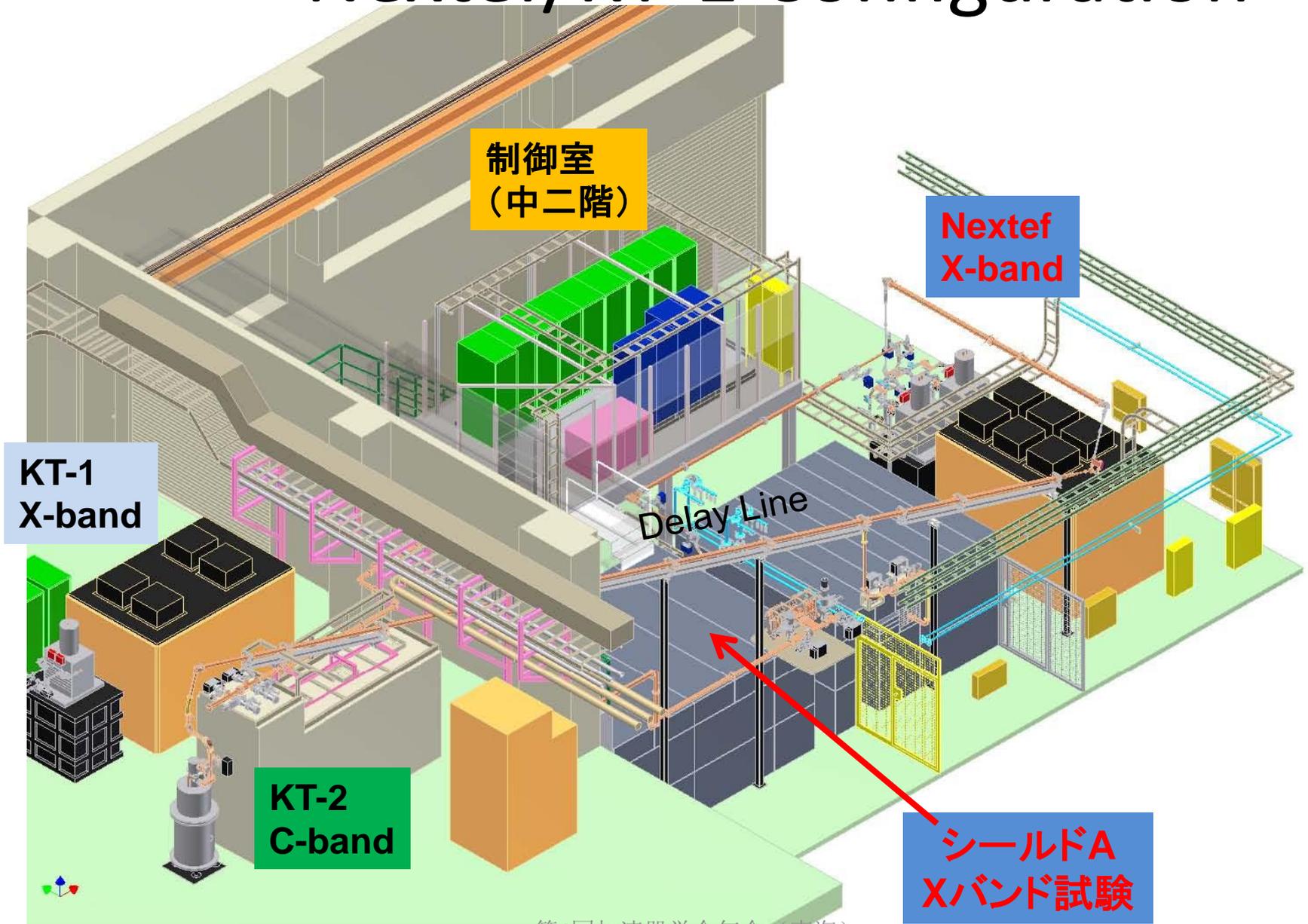


組立 (SLAC)

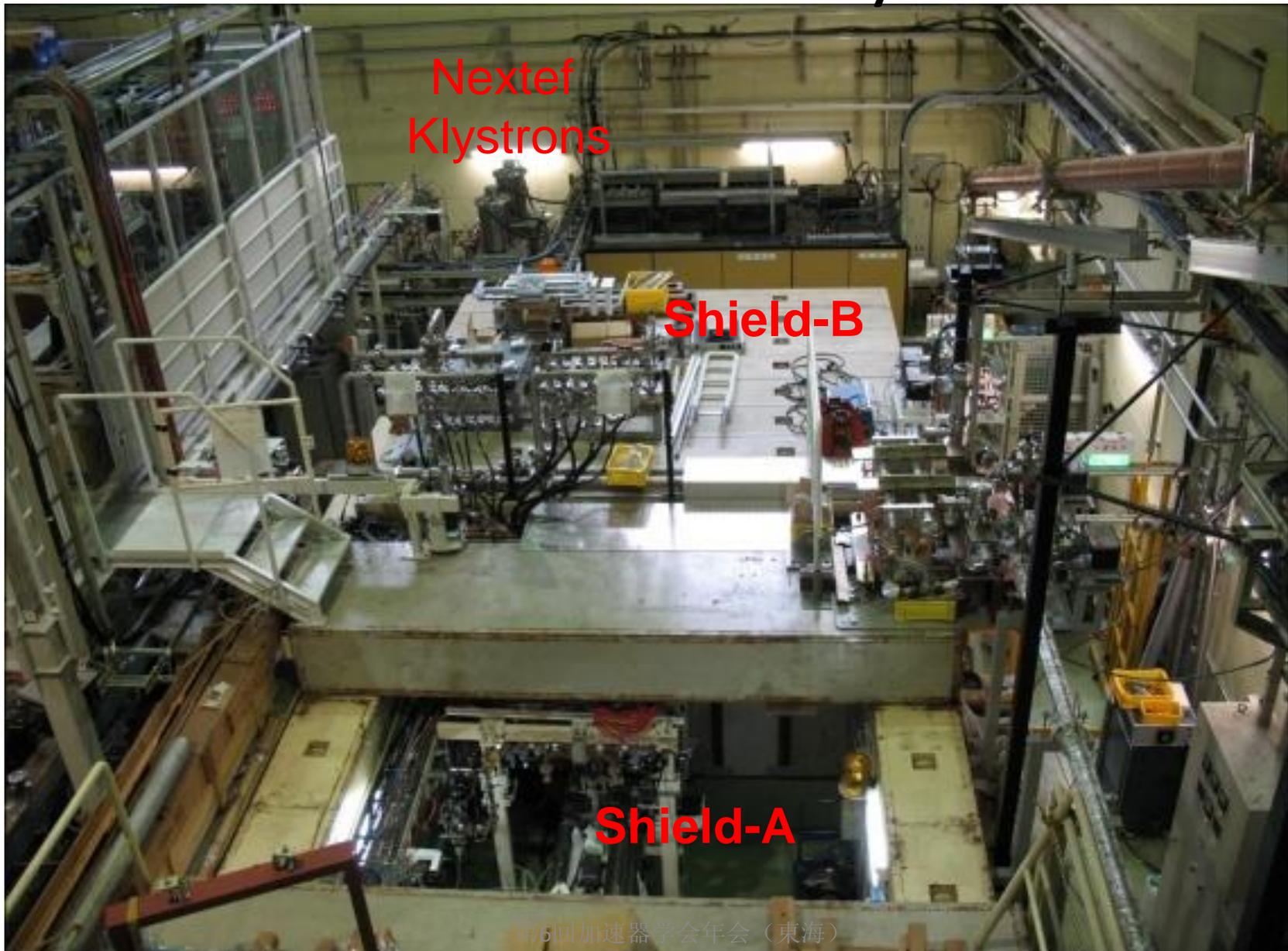


試験 (SLAC & KEK)

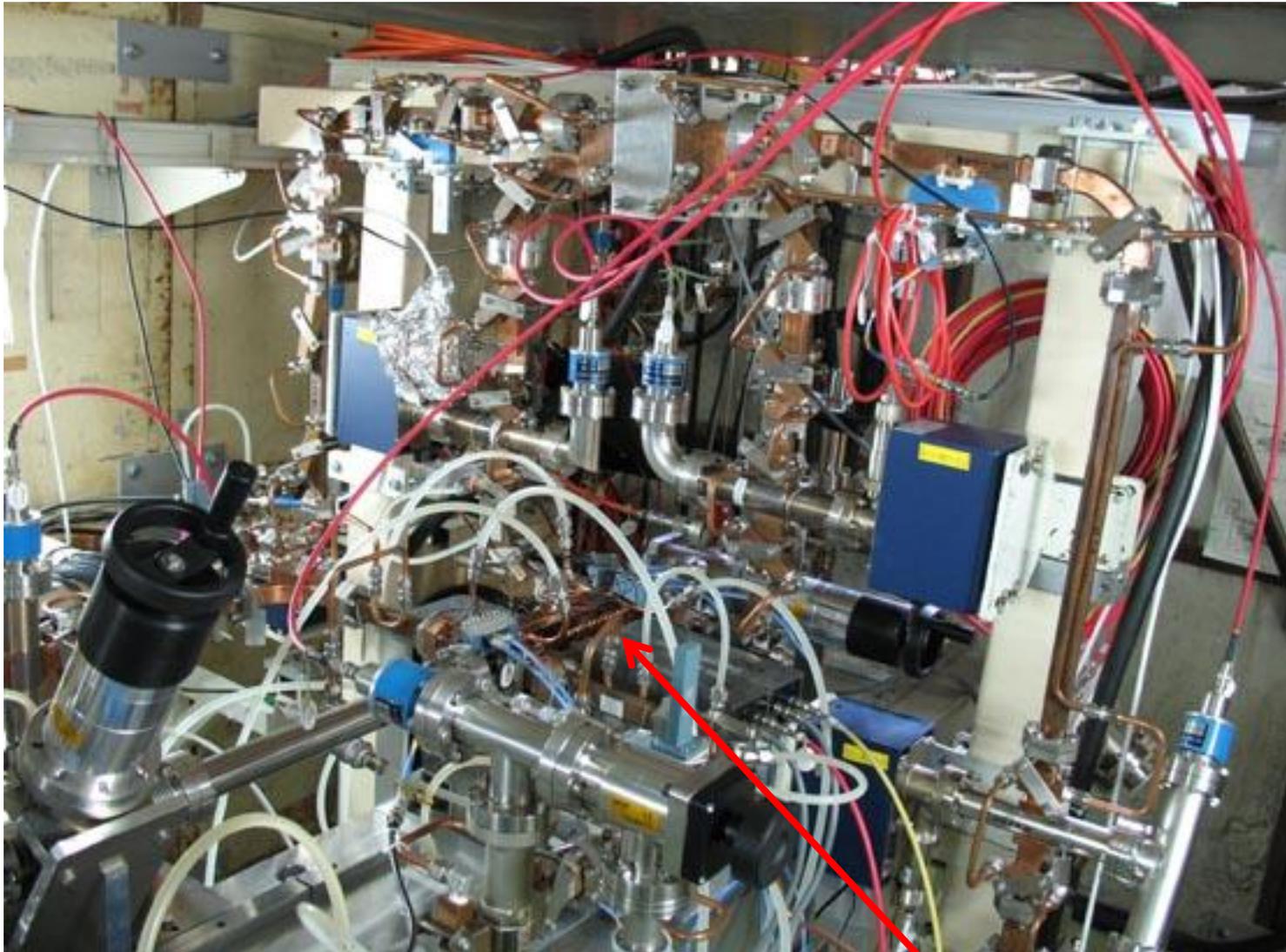
Nextef/KT-1 Configuration



Nextef Area as of July 3 2009.

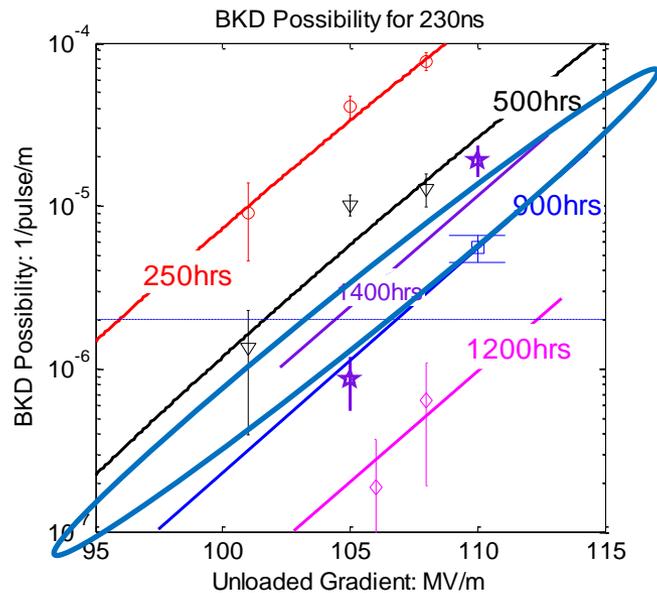
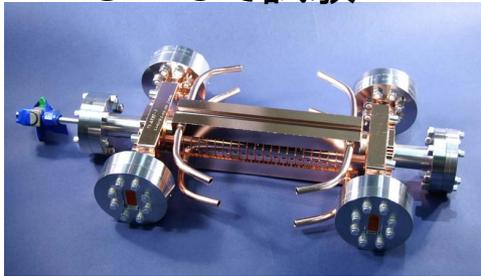


Nextef 加速管試験エリア

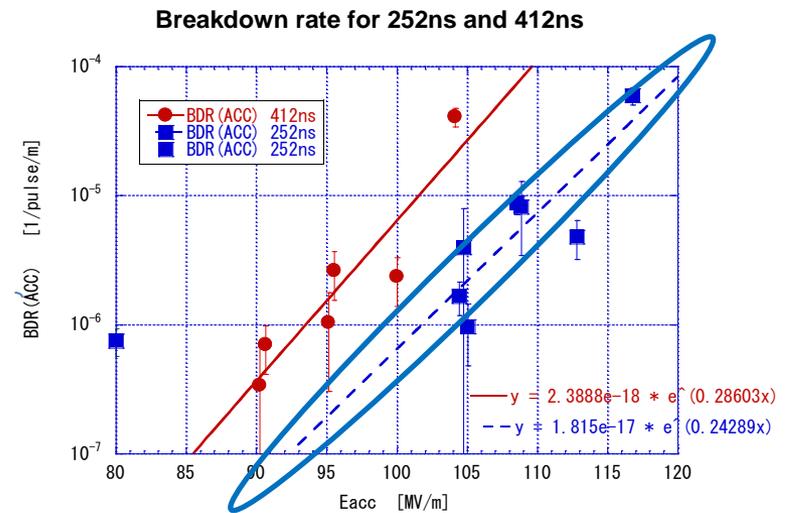


比較可能な計測の確立へ

#1 SLACで試験



#2 KEKで試験

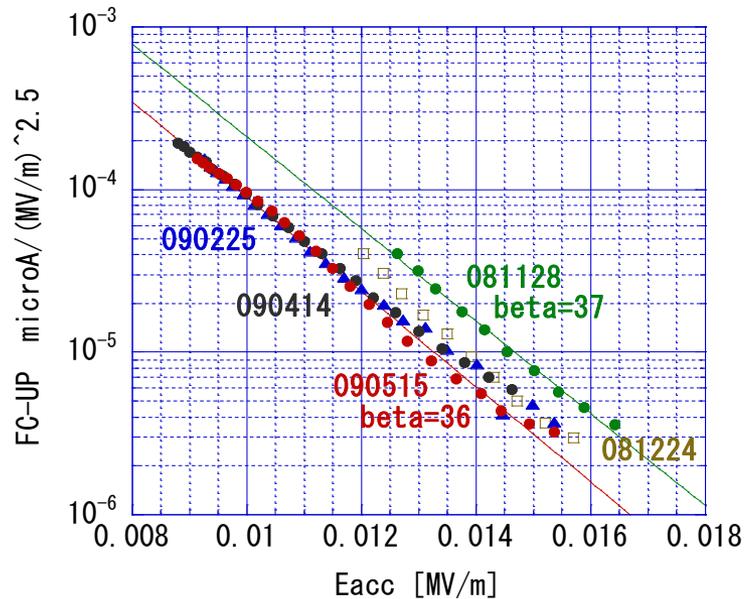


C. Adolphsen, US-
HG@ANL, 2009

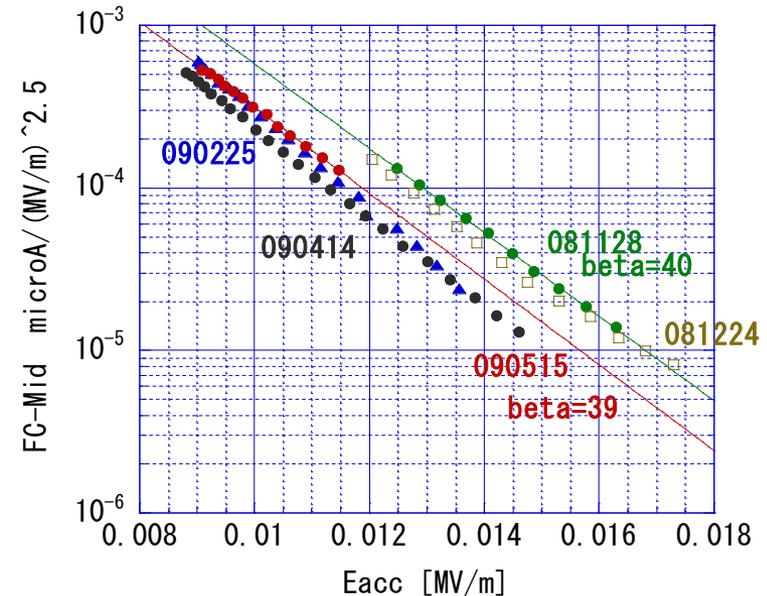
ペアで製作した加速管に対し、SLAC・KEKで、ほぼ同程度の放電頻度を計測した。

Dark current evolution

Evolution of upstream dark Current



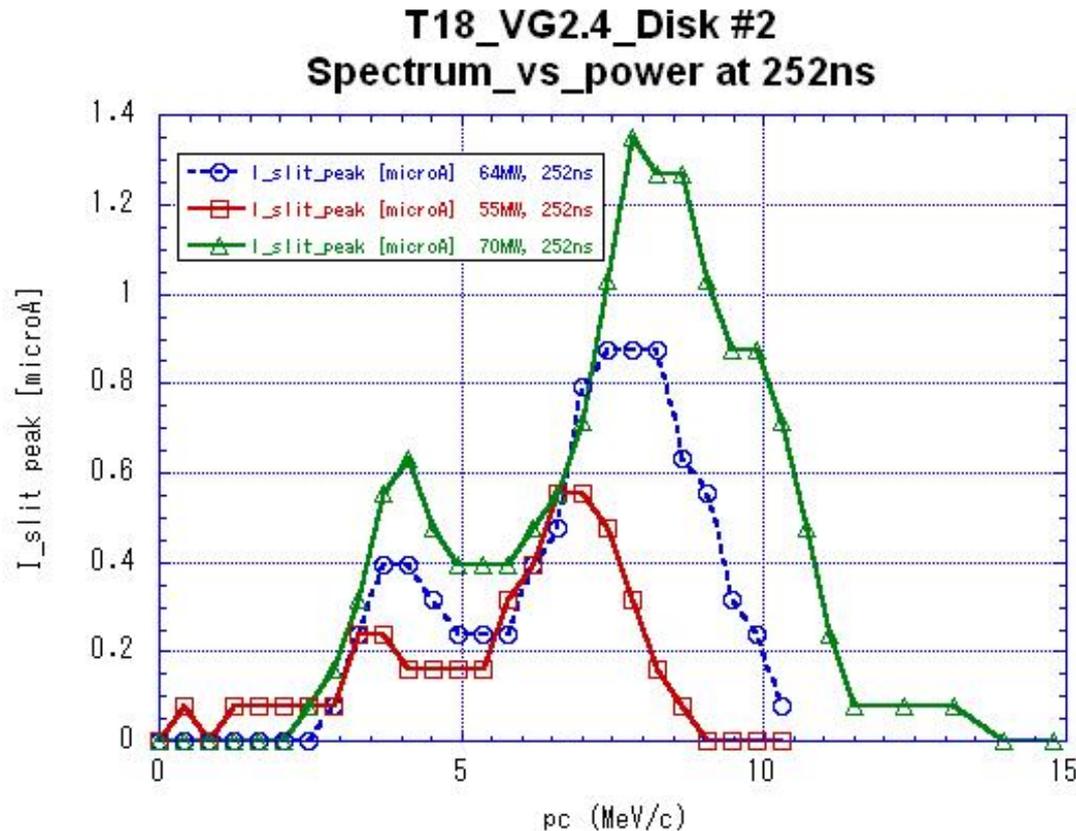
Evolution of downstream dark Current



暗電流は、1300hr→2200hrで減少した後、変化無ない。
下流への暗電流は、100MV/m時に $\sim 30\mu\text{A}$ である。
電界増倍係数は、上流、下流に関わらず、700hr以後全ての計測に
対して大きな変化なく、35 \sim 40である。

Dark current spectra in different fields

090618

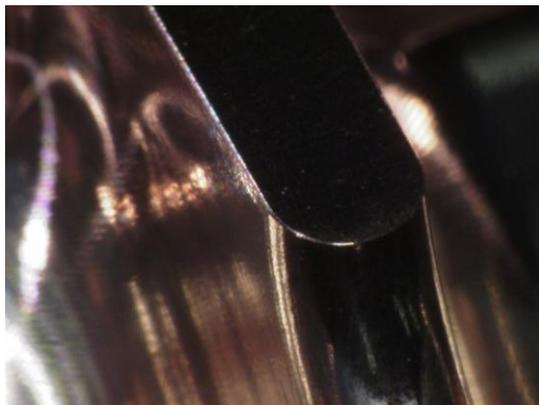


3MeV以下が少ない。

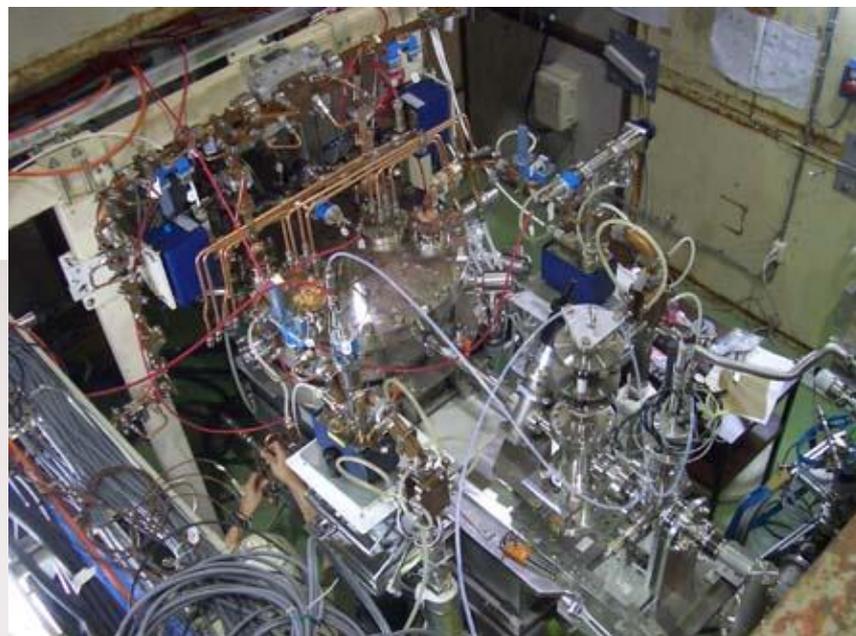
最大のエネルギーで、フルの加速電圧の半分程度まで。これは、シミュレーションによると、最後の3セルを除いたセルでの電界放出に合致する。

次の試験：4分割型加速管

50 μ mR付加



真空チェンバーにセットして、
Nextef試験開始した

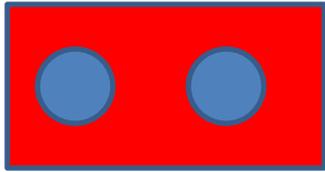


ボルト結合

10 μ m以内

今後の試験配置案

Nextef Klystrons



三者共同研究100MV/m級
CLIC相当試験加速管

シールドA

25MW*2KLY
*3 (圧縮) =150MW

圧縮無
~10MW*2KLY

●試験加速管群

シールドB

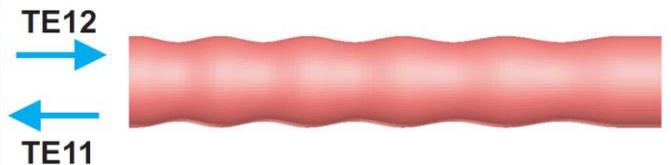
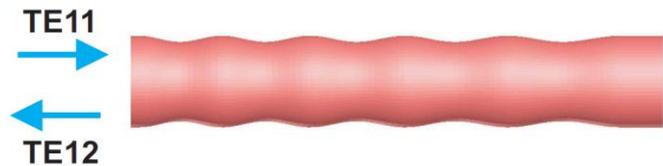
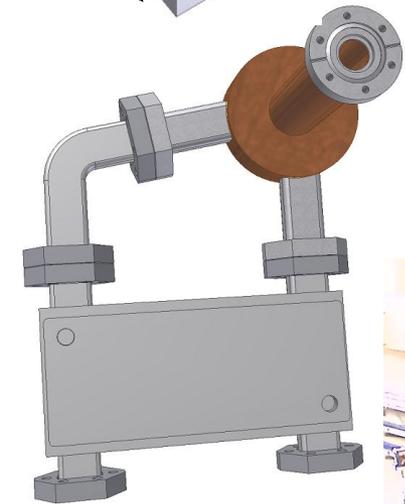
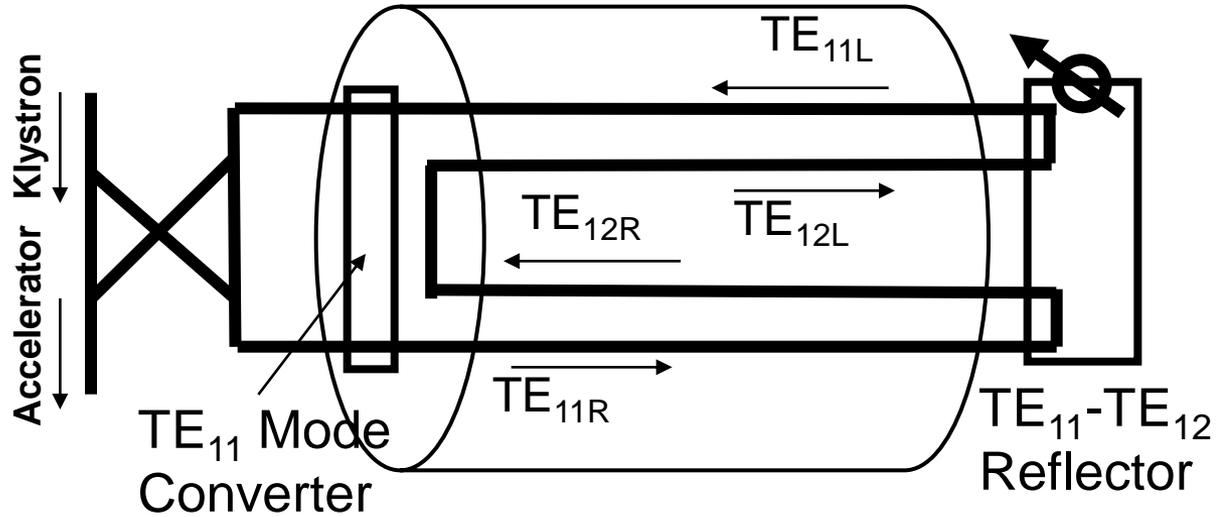
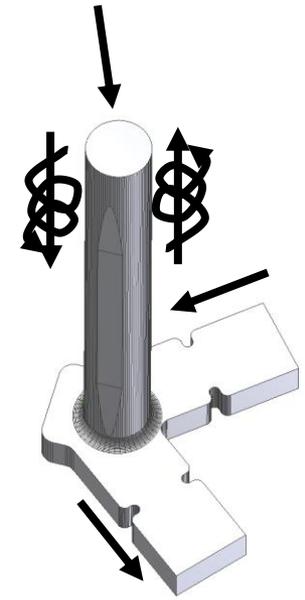
KT-1より
~20MWもオプションとして可能

パルス圧縮器の構成

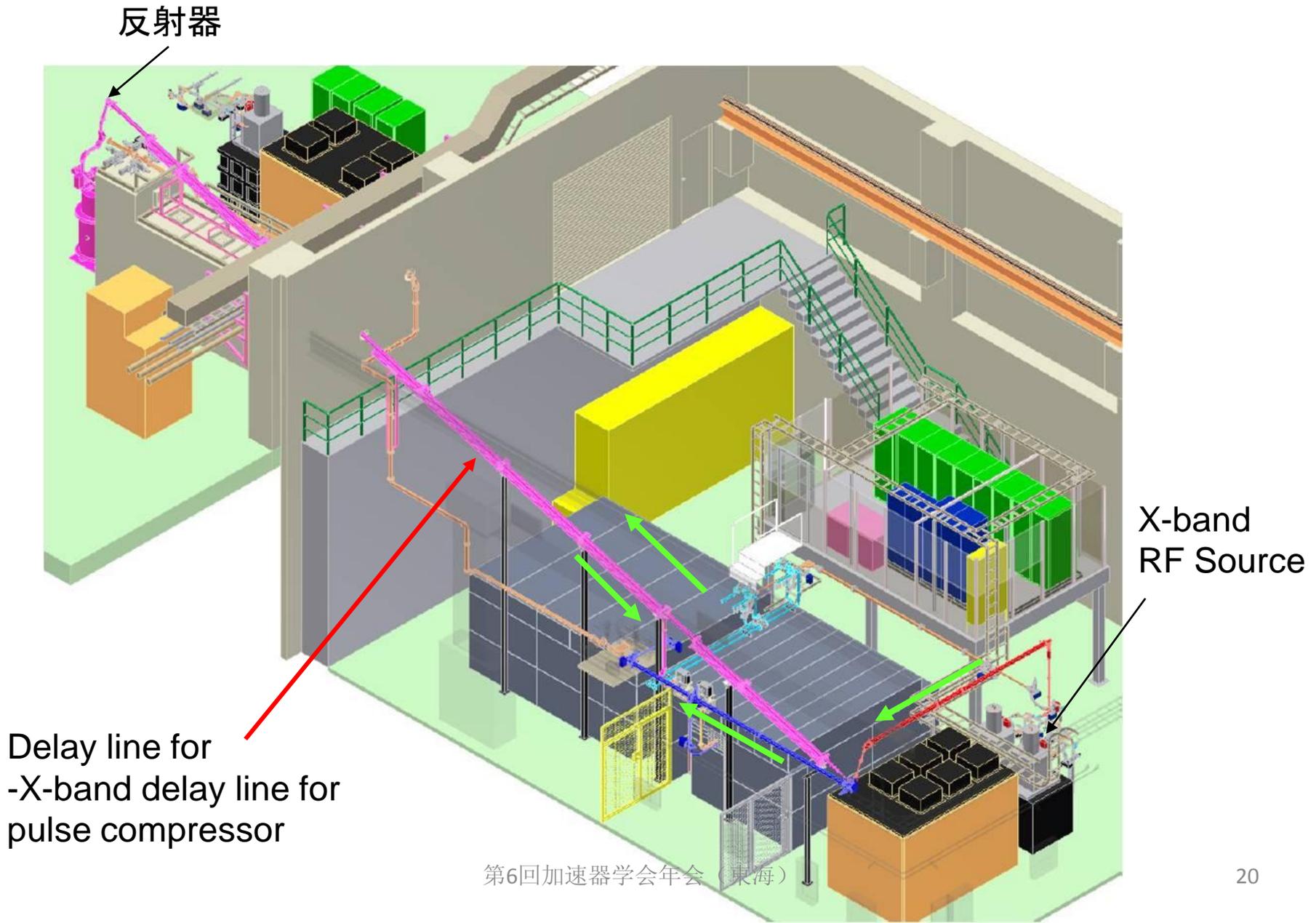
(Traveling Wave Delay Line Pulse Compressor)

モード変換器

by Kazakov

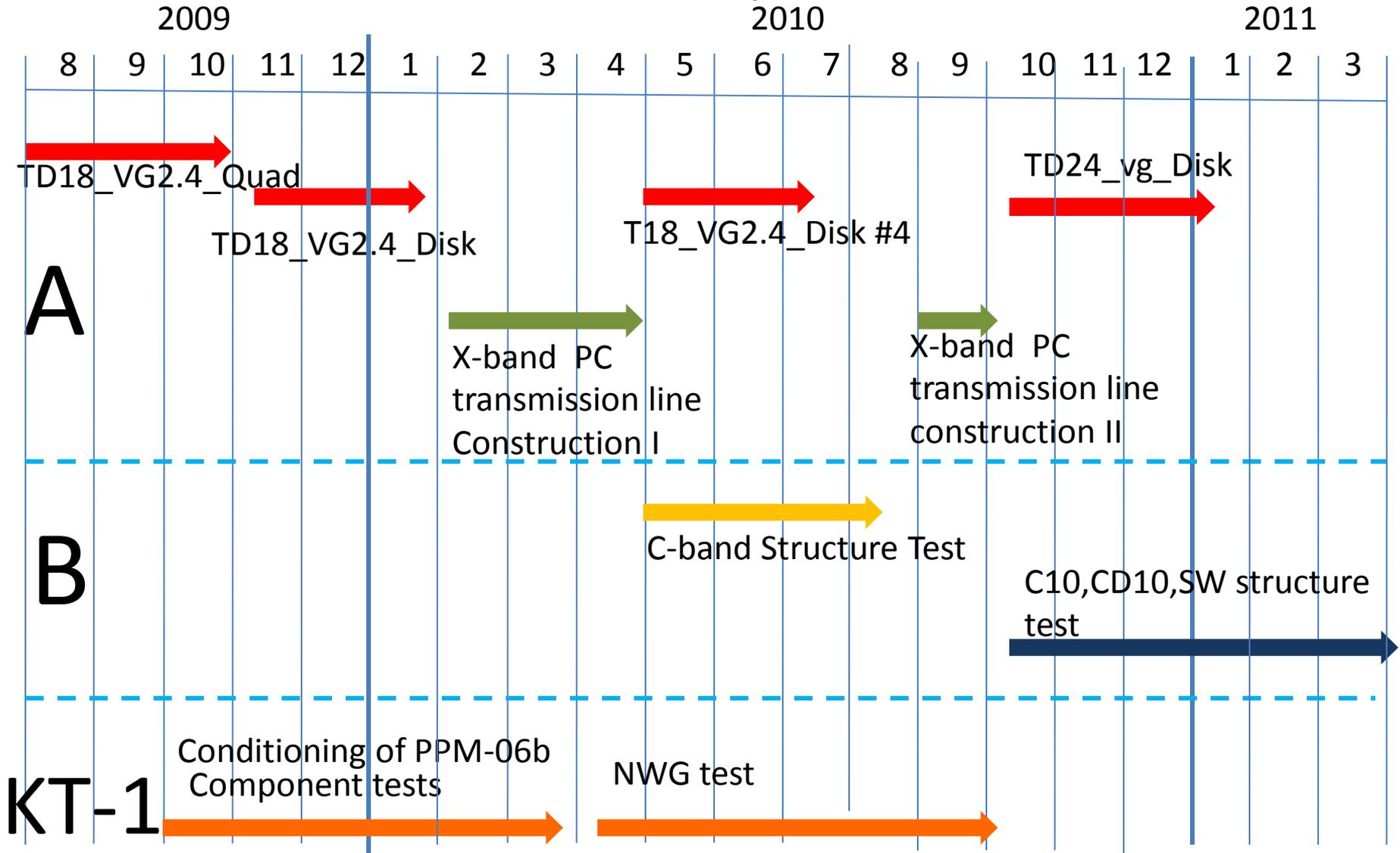


Delay-Line Pulse Compression

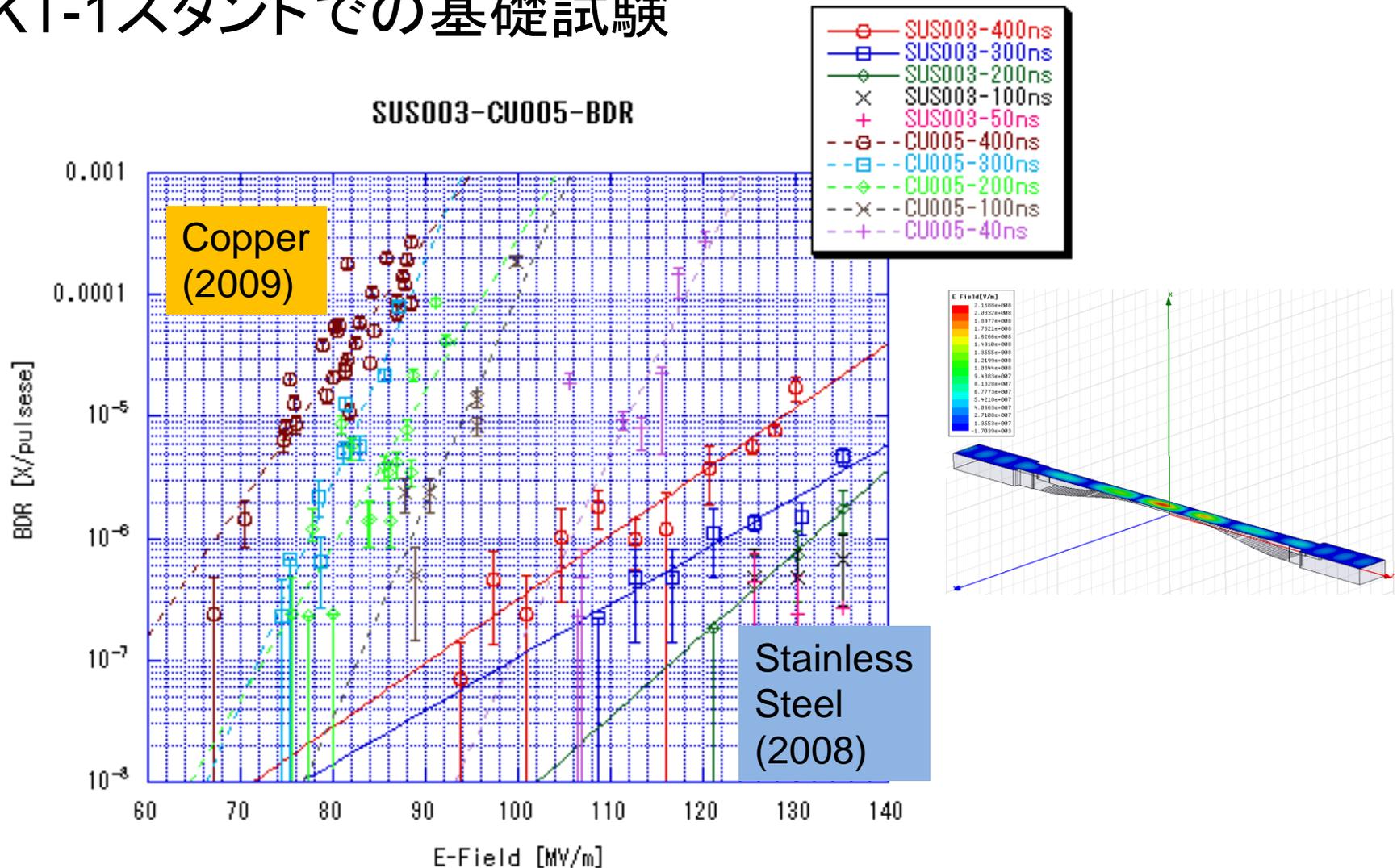


Nextef Planning

revised on July 1, 2009.



KT-1スタンドでの基礎試験



10⁻⁶程度の放電頻度で比べると、ステンレスの方が銅にくらべて明らかに耐圧が高いことが分かる。

SLACとの共同研究による 放電特性研究、抑制試験用の試験空洞の製作



来年夏からは、KEKのテストスタンドでも遂行する予定。

結論

- GLCの遺産と入射器のインフラをベースに高電界加速の試験を開始し、国際的に比較可能な評価を出し始めた。
- 基礎的な試験を想定して、第二のシールド室を確保し、基礎試験に供するよう準備中。
- 今後2～3年は、パルス圧縮をベースに更に高電力を得て、実機相当の加速管の長時間試験とともに、基礎的試験を遂行する。
- 3年後には、LCとして次の方向を議論する時にベースとできる常伝導での実用的加速勾配を得るべく、現Nextefを中心に開発・試験を遂行する。

Xバンド関連発表

- Poster
 - 肥後 100MV/m試験
 - 松本 Xバンド施設の高電力運転経験
 - 松本 放電基礎試験の解析
 - 高富 四分割管製作と組立