

第19回 LC 計画推進委員会(案)

日時: 12月27日 (木) 10:00 ~ 15:00

場所: KEK 3号館1階セミナーホール

アジェンダ(案):

1. 報告 (10:00 - 12:15)

1. LCを取り巻く国際・国内の情勢、指針 (鈴木機構長: 打診中)
2. LC 加速器技術開発進捗状況:
 - 1) ATF-II ナノビーム実験・報告 (久保)
 - 2) STF・量子ビーム実験・報告 (早野)
 - 3) CFF超伝導加速空洞開発・報告 (山中)
3. LC測定器開発(科研費・特進)進捗状況 (山本均)
4. LC 国内地質調査・立地検討、進捗報告 (宮原/山本)
5. ILC-GDE-TDR, RD-DBD 完成報告(会) (横谷/山本)
6. HE委員会/LC戦略会議からの報告 (駒宮/山下)

2. ディスカッション(13:30 ~ 15:00)

1. KEK ロードマップ: まとめの報告 (岡田)
2. LC技術開発における今後(~5年間)の展望 (山本明、山口、照沼、早野)
3. LCの実現、KEK次期研究ロードマップへの取り組み (全員)
4. まとめ

次回・LC推進委員会予定確認 --> 2/14(木曜日)

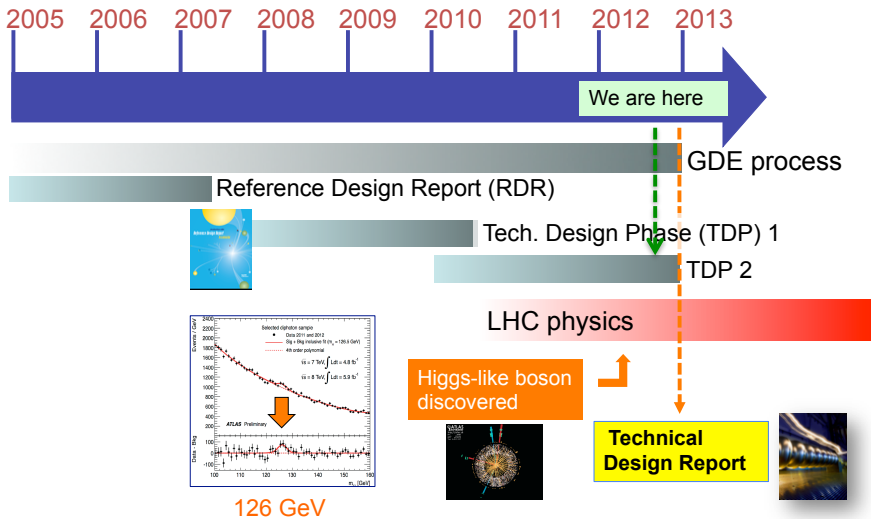
KEK2013 ロードマップ(案)に沿った ILC, ATF, STF 研究計画

KEK LC 計画推進室、加速器研究施設
山本 明、山口誠哉、照沼信浩、早野仁司

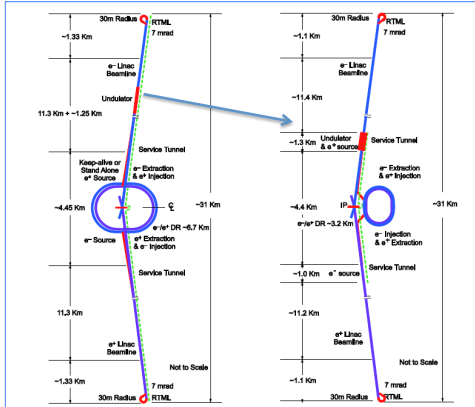
KEK LC 計画推進委員会: 2012-12-27



ILC-GDE Timeline

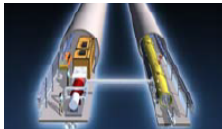


Configuration: RDR to TDR



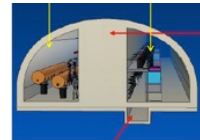
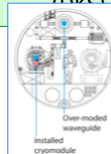
Cost containment Motivation:

- **Single** accelerator tunnel
- **Smaller** damping ring
- **e+ target** at high-energy end,
- **Cavity G. 31.5 MV/m +/- 20 %**,
- **HLRF and tunnel layout:**
 - Klystron-Cluster on surface (KCS), or
 - Distributed Klystron in tunnel (DKC)



12-12-27, A. Yamamoto

RDR-2007 →
TDR-2012

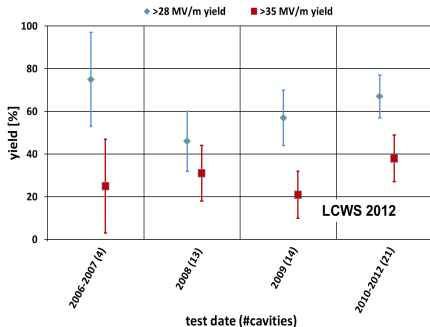


Flat-land or Mountainous Tunnel Design

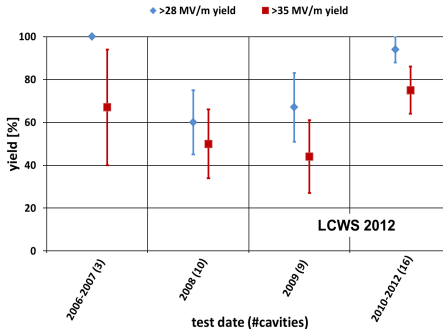


Cavity Gradient: Production Yield, Yearly Progress

1st pass yield - established vendors, standard process



2nd pass yield - established vendors, standard process



Year 2010 - 2012	1 st cycle	2 nd cycle
$G \geq 28$ MV/m	67 (+/-10) %	94 (+/-6) %
$G \geq 35$ MV/m	38 (+/-11) %	75 (+/-11) %
<G> above 28 MV/m	35.1 MV/m	37.1 MV/m

ILC-TDRの骨子

- ILC (500 GeV) はTechnical Design Report を基盤とした技術で建設可能
- 建設には $\geq \sim 10$ 年の期間が必要
 - 2030年までに実験を開始する為には、KEK 次期ロードマップ期間(FY2013からの ~ 5 年間)に計画の具体化が必要
 - 250 \rightarrow 500 GeVへのステージングが可能
 - 1 TeV への技術的拡張性を堅持

KEK研究推進会議での議論・

中間まとめ (8/21) : ILC → 最終案・取り纏め(12/26)

- 高エネルギー物理学はハドロンコライダーとレプトンコライダーを両輪として飛躍的な発展を遂げてきた。ILCはLHCで発見された“ヒッグスと考えられる粒子(126 GeV)”及び今後期待される成果を基に、重心系500 GeV程度のエネルギー領域に於いて、レプトンコライダーによる明解、精密な観測によって、電弱ゲージ対称性の破れのメカニズムの理解を深め、背後にある新しい物理法則の解明を進めて、素粒子物理学を新たな段階へと飛躍させる。
- 日本はこの研究開発(加速器・測定器)においてすでに重要な役割を果たしているが、今後ILCの実現を図るための活動を一層強化することが求められる。KEKは、ILC Global Design Effort (ILC-GDE)との国際協力・連携によって、ILC実現にむけた超伝導加速空洞および加速器関連技術開発を着実に推進するとともに、2012年には、必要な技術、予算、人員、建設期間を含む詳細な検討結果を、『技術設計書 (TDR)』として完成させた。
- LHC実験による新粒子の発見に基づき、適切なエネルギー領域で加速器建設への具体的な準備を整えている。一方、建設開始から稼働までに、10年以上の期間が必要である。よって、LHC実験との相乗効果による物理成果を最大限に引き出すべく、2020年代中のILC稼働を目指す。その為、
- 本ロードマップ期間内(2014年からの5年間)に、国際協力の枠組みのなかで、日本がホストしたILC計画の具体化・建設着手に取り組む。

KEK-ILC Road-Map:

under discussion

	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
ILC TDP/TDR														
ATF-II		Beam test												
ATF-future			Extended program											
STF														
QB		Beam test												
STF2-CM1+CM2a			Beam test											
STF-Future			Extended program											
CFS														
Civil eng.														
Site-survey														

			14 19		16 21			19 24						25 30
ILC constr. : CFS														Commi ssionin g
Fabrication			Preparation for the project		Preparation for industrialization		Fabrication and tests, preparation for installation							
Inst/commissioning	12-12-27, A. Yamamoto				KEK LC 推進委員会						Installation			

重要課題

- 超伝導加速技術の開拓・進展
- 先端加速器開発を担う人材育成
- 先端加速技術の応用展開

KEK次期ロードマップ期間における LC 加速器技術開発計画(案)

- ATF

- LCの求めるNano-beam, Ultra-low emittance
- Nano-beam Orbit Controlの推進
- 更なるNano Beam (< 40nm) 開発の推進: CERN等、国際協力・貢献を前提
- 国際協力による研究開発の先導役

- STF

- LC の求める超伝導ビーム加速技術向上にむけた継続的な推進
- SCRF 空洞システム技術の推進
 - Field Gradient 向上、CM Degradationの克服
 - CM1-(8-cavities+(SCQ)), CM-2a(4-cavities) : CY2014に完成、ビーム加速
 - CM-2b, CM3a-3b, SCRF-gun, Undulators
- SCRF Beam Test Facility の充実
 - Pulse and CW operation (支援機器充実,含む)
- LC 実現に向けた人材育成

緑色: 検討中

- 共通課題

- Beam Test Facility として、近隣分野との協力体制の充実: 相互に役立つR&D

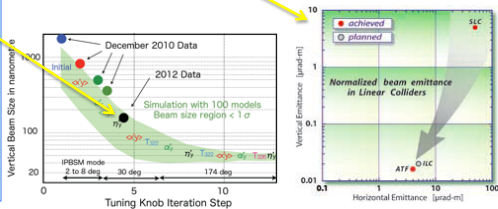
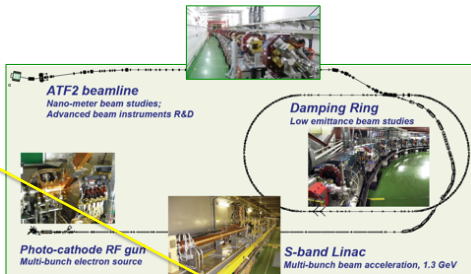
ATF の基本方針

- 2012~13: ATF-IIでのNano-beam (40 nm) 達成
- 2013 ~ : Nano-beam orbit control への取り組み
- Beyond: 更なるNano-beam への取り組み
 - CERN からの提案、貢献を想定。

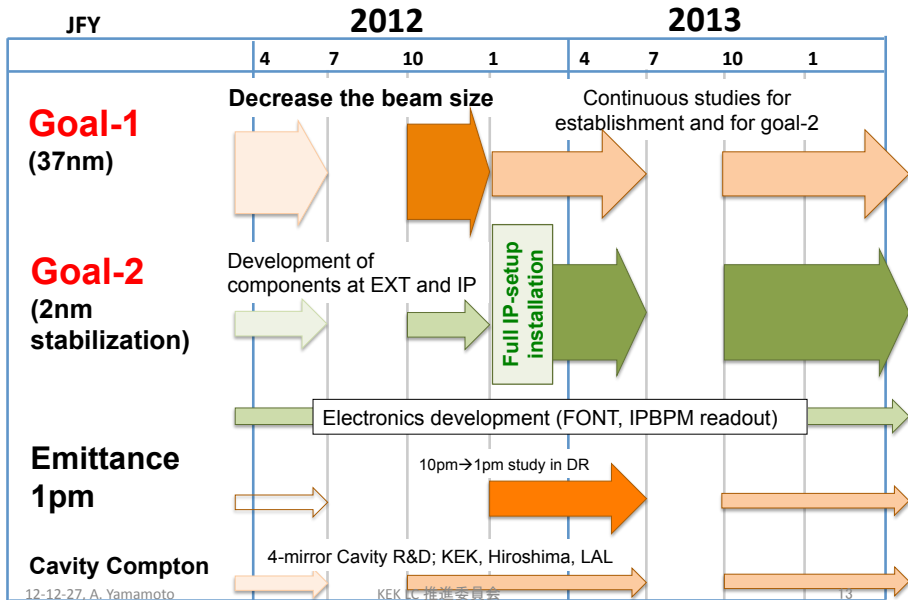
Progress in Technical Design Phase

Ultra-small beam

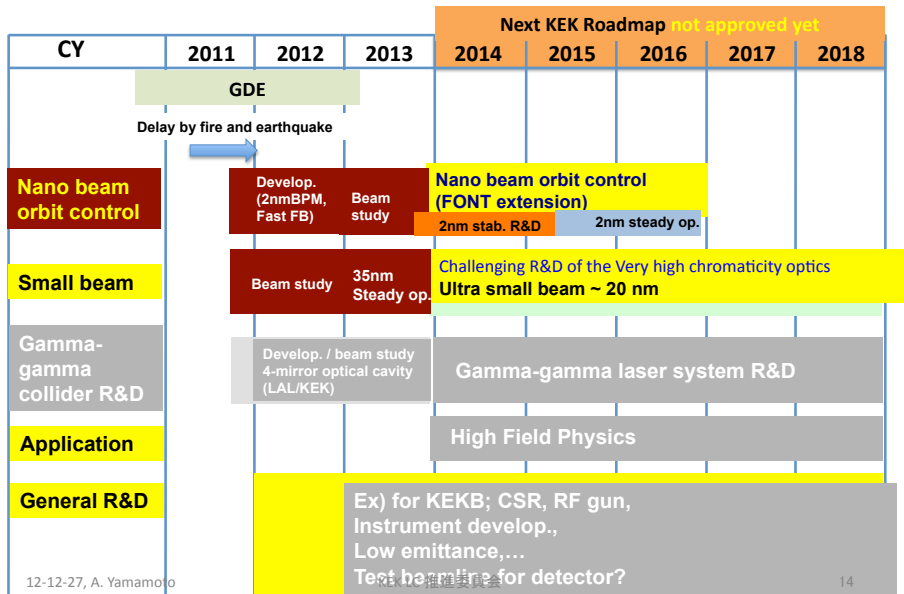
- Low emittance : KEK
 - Achieved the ILC goal (2004).
- Small vertical beam size : KEK ATF2
 - Goal = 37 nm,
 - 160 nm (spring?, 2012)
 - ~70 nm (Dec. 2012) at low beam current



Background: ATF/ATF2 in 2012-2013



ATF Future Plan



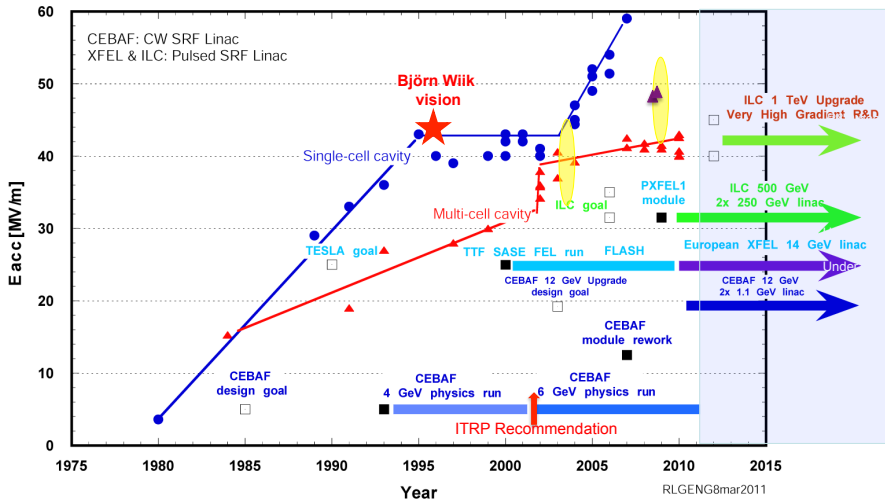
KEK次期ロードマップ期間における LC 加速器技術開発計画(案)

- ATF
 - LCの求めるNano-beam, Ultra-low emittance
 - Nano-beam Orbit Controlの推進
 - 更なるNano Beam(< 40nm) 開発の推進: CERN等、国際協力・貢献を前提
 - 国際協力による研究開発の先導役
- STF
 - LCの求める超伝導ビーム加速技術向上にむけた継続的な推進
 - SCRF 空洞システム技術の推進
 - Field Gradient 向上、CM Degradationの克服
 - CM1-(8-cavities+(SCQ)), CM-2a(4-cavities): CY2014に完成、ビーム加速
 - CM-2b, CM3a-3b, SCRF-gun, Undulators
 - SCRF Beam Test Facility の充実
 - Pulse and CW operation (支援機器充実,含む)
- 共通課題
 - LC 実現に向けた人材育成
 - Beam Test Facility として、近隣分野との協力体制の充実: 相互に役立つR&D

緑色: 検討中

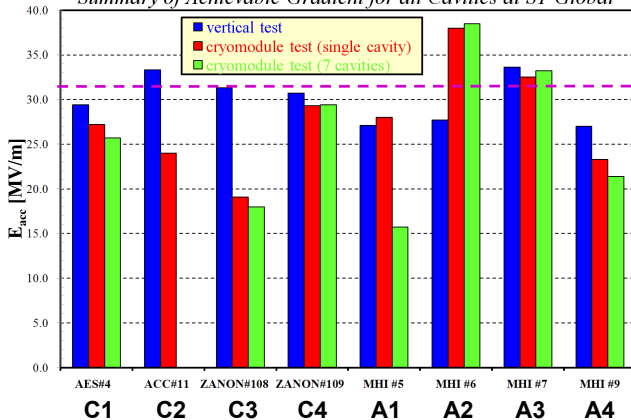


SCRF Cavity Gradient Progress



Cavities Performance: Gradient

Summary of Achievable Gradient for all Cavities at S1-Global



31.5 MV/m

- Before cryomodule installation Average 30.0MV/m
- after cryomodule installation Average 27.7MV/m
- 7 cavities combined operation Average 26.0MV/m

先進・超伝導ビーム加速システムの開発 (中期)

■ 背景

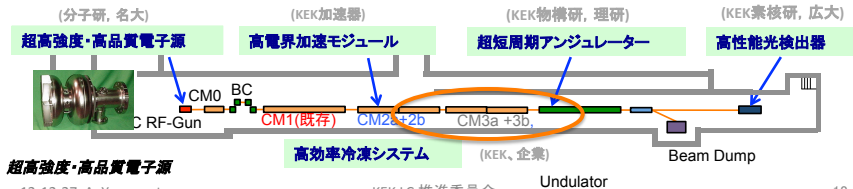
次世代線形加速器 (ILC, ERL, ADS 等) における基盤技術であり、高性能かつ低コストな超伝導加速技術は、国際的な強い要請であり、これに応えるべく、日本における技術力の飛躍的發展が強く求められる。

■ 目的

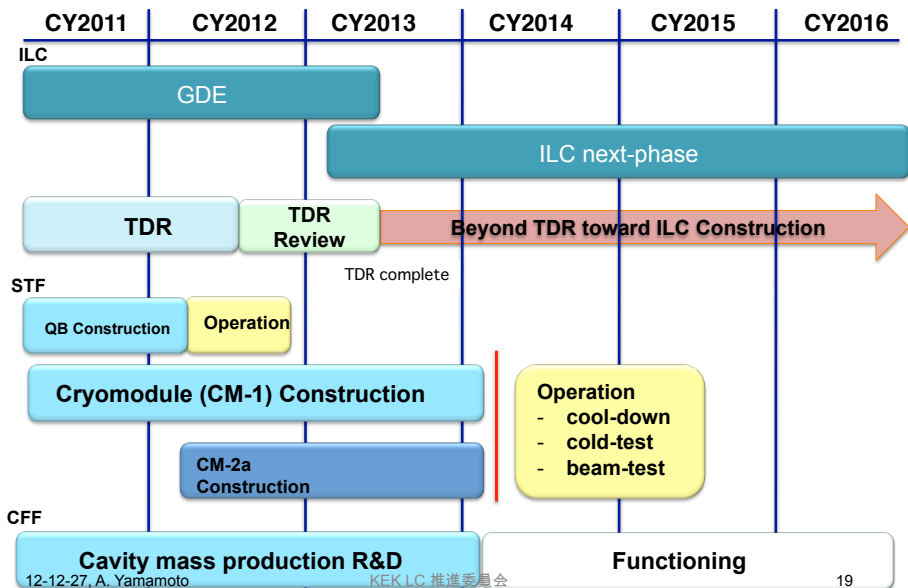
- ・高電界 (32 MV/m) パルス加速勾配
=> 多連加速モジュール実証
- ・CW、高繰返し (MHz) SASE FELの実証
- ・高性能/効率高周波源、冷凍機開発
- ・ (SCRF) 高性能電子銃の開発
- ・研究者、技術者の人材育成 (世代継承)

提案 (議論中)

- CM2b, CM3a, CM-3bの実現
- CFFからのSTF実用機
- 複数企業の製造・奨励
- 広い分野への技術開発貢献



Plans of ILC , STF under discussion



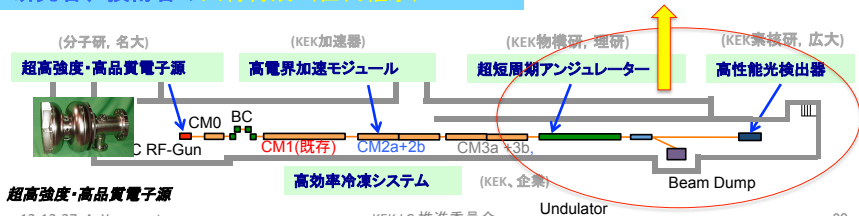
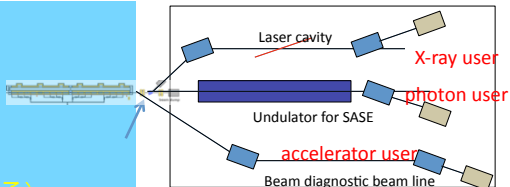
先進・超伝導ビーム加速システムの開発

■ 背景

次世代線形加速器 (ILC, ERL, ADS 等) における基盤技術であり、高性能かつ低コストな超伝導加速技術は、国際的な強い要請であり、これに応えるべく、日本における技術力の飛躍的發展が強く求められる。

■ 目的

- ・高電界 (32 MV/m) パルス加速勾配
=> 多連加速モジュール実証
- ・CW、高繰返し (MHz) SASE FELの実証
- ・高性能/効率高周波源、冷凍機開発
- ・(SCRf) 高性能電子銃の開発
- ・研究者、技術者の人材育成 (世代継承)



超高強度・高品質電子源

12-12-27, A. Yamamoto

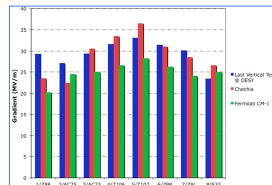
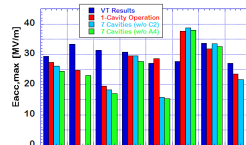
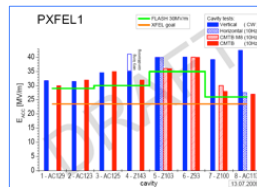
KEK LC 推進委員会

Undulator

20

Progress in SCRF System Tests

- DESY: FLASH
 - SRF-CM string + Beam,
 - ACC7/PXFEL1 < 32 MV/m >
 - 9 mA beam, 2009
 - 800 μ s, 4.5mA beam, 2012
- KEK: STF
 - S1-Global: complete, 2010
 - Cavity string : < 26 MV/m >
 - Quantum Beam : 1 ms
 - CM1 + Beam, in 2014
- FNAL: NML/ASTA
 - CM1 test complete
 - CM2 operation, in 2012
 - CM2 + Beam, in 2013



FLASH 9mA Expt achievements: 2009-mid 2012

High beam power and long bunch-trains (Sept 2009)

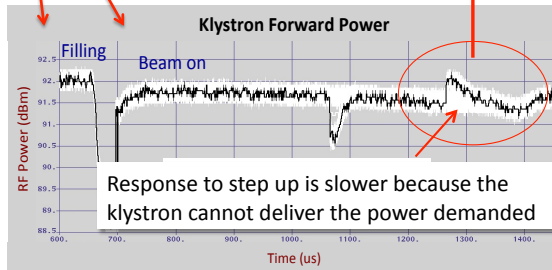
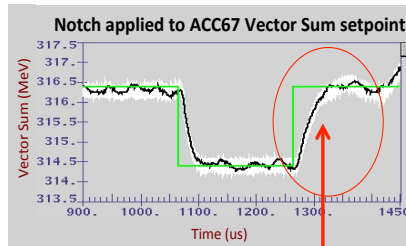
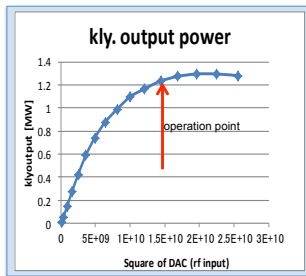
Metric	ILC Goal	Achieved
Macro-pulse current	9mA	9mA
Bunches per pulse	2400 x 3nC (3MHz)	1800 x 3nC 2400 x 2nC
Cavities operating at high gradients, close to quench	31.5MV/m +/-20%	4 cavities > 30MV/m

Gradient operating margins (Feb 2012)

Metric	ILC Goal	Achieved
Cavity gradient flatness (all cavities in vector sum)	2% $\Delta V/V$ (800 μ s, 5.8mA) (800 μ s, 9mA)	<0.3% $\Delta V/V$ (800 μ s, 4.5mA) <i>First tests of automation for Pk/QI control</i>
Gradient operating margin	All cavities operating within 3% of quench limits	Some cavities within ~5% of quench (800 μ s, 4.5mA) <i>First tests of operations strategies for gradients close to quench</i>
Energy Stability	0.1% rms at 250GeV	<0.15% p-p (0.4ms) <0.02% rms (5Hz)

9mA Studies: evaluating rf power overhead requirements (4.5mA/800us bunch trains)

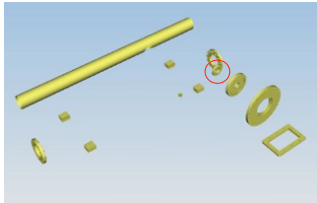
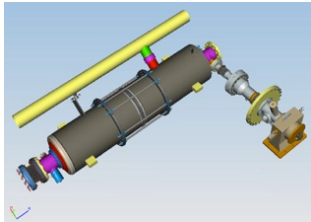
- Klystron high voltage was reduced from 108KV to 86.5KV so that the rf output just saturated during the fill
- The required beam-on power ended up being ~7% below saturation



STF 提案の基本方針

- 中期計画(達成目標:3~5年)
 - 超伝導加速器開発機器・試験設備の整備
 - 実験室／建物:現トンネル+下流側避難／搬入口拡充
 - 超伝導加速、光源技術:3 クライオモジュール+アンジュレーター
 - 周辺技術整備:高周波源(パルス、CW)、冷却システム、電子源、他、
 - ビーム制御、モニター、スタディー機器
- 長期展望(ILC具体化の状況による:5~7年)
 - ビームテストファシリティー 整備、利用
 - 実験室／建物:トンネル延長+ビーム利用実験室拡充
 - 超伝導加速、光源技術:4クライモジュール+アンジュレーター
 - ビーム利用
 - 超伝導加速、ビームスタディー (パルス、CW)
 - 電子ビームを用いた機器開発、測定器開発、実験
 - フォトンサイエンスビームスタディー、機器開発、測定器開発、実験

Plug-compatible Conditions



Item	Selection	Plug-comp.
Cavity shape	TESLA / LL	TESLA
Length		Fixed
Beam pipe flange		Fixed
Suspension pitch		Fixed
Tuner	Blade/ Slide-Jack	Blade
Coupler flange (cold end)	40 or 60	40 mm
Coupler pitch		Fixed
He -in-line joint		Fixed

Plug-compatible interface established

Blade Tuner selected



Blade Tuner (originated by **INFN**)

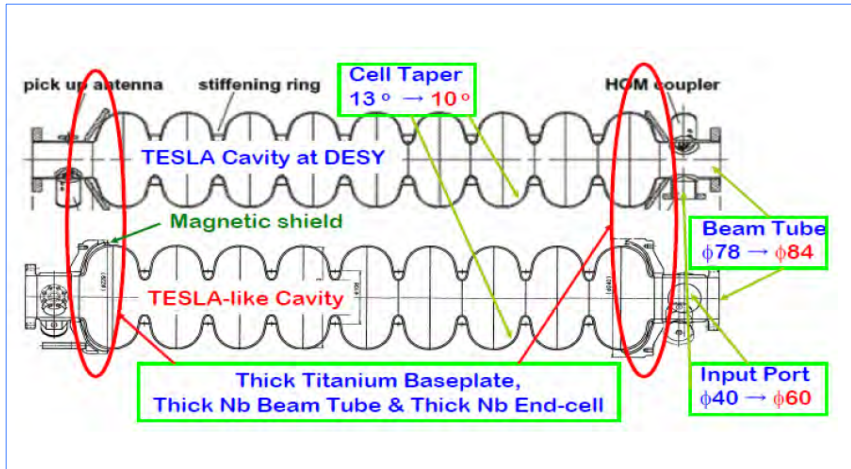


Slide-jack tuner at KEK

EXFEL tuner

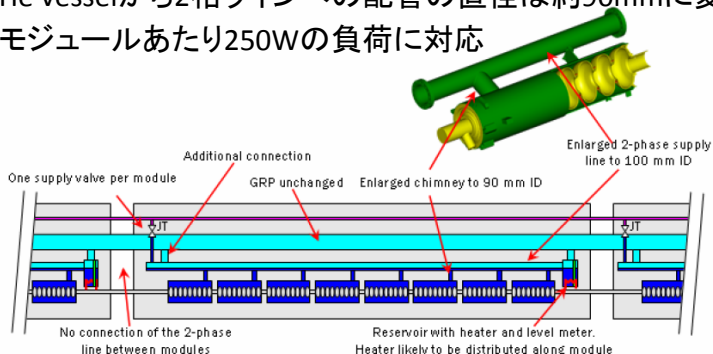


TESLA AND TESLA-LIKE CAVITY



CWモジュールのレイアウト

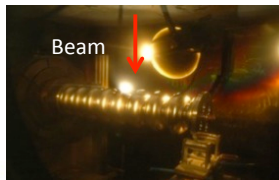
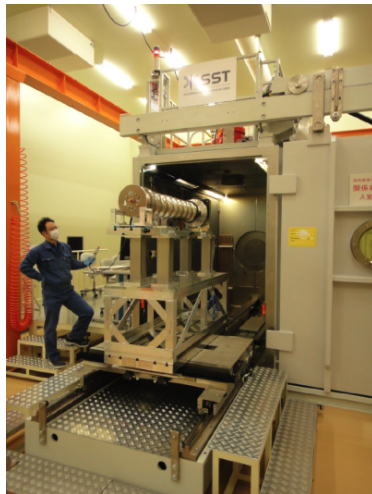
- Gas return pipeは変更なし
- モジュール毎に、Joule-Thompson valve, resistive heater, level meterを持たせる → 2相ライン同士の接続は無くす
- 2相ラインの直径は約100mmに変更
- He vesselから2相ラインへの配管の直径は約90mmに変更
- モジュールあたり250Wの負荷に対応





Cavity Fabrication Facility at KEK

As a laboratory's production R&D effort



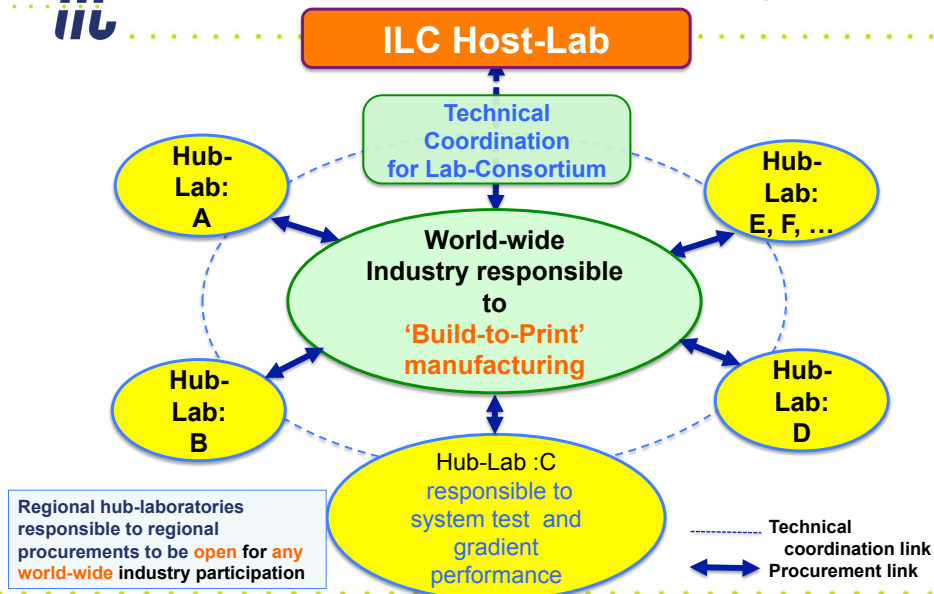
12-12-27, A. Yamamoto

KEK LC 推進委員会

31



ILC Procurement/Manufacturing Model





Production Process/Responsibility

Step hosted	Industry	Industry/ Laboratory	Hub- laboratory	ILC Host- laboratory
Regional constraint	no	yes	yes	yes
Accelerator - Integration, Commissioning				Accelerator sys. Integ.
SCRF Cryomodule - Performance Test			Cold, gradient test	As partly as hub-lab
Cryomodule/Cavity - Assembly		Coupler, tuner, cav-string/ cryomodule assembly work		As partly as hub-lab
Cryomodule component - Manufacturing	V. vessel, cold-mass ...			
9-cell Cavity - Performance Test			Cold, gradient test	As partly as hub-lab
9-cell Cavity - Manufacturing	9-cell-cavity assembly, Chem- process, He-Jacketing			
Sub-comp/material - Production/Procurement	Nb, Ti, specific comp. ...		Procurement	

KEK-ILC Road-Map:

under discussion

	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
ILC TDP/TDR														
ATF-II		Beam test												
ATF-future			Extended program											
STF														
QB		Beam test												
STF2-CM1+CM2a			Beam test											
STF-Future				Extended program										
CFS														
Civil eng.														
Site-survey														

			14 19		16 21			19 24						25 30
ILC constr. : CFS														Commissioning
Fabrication			Preparation for the project		Preparation for industrialization		Fabrication and tests, preparation for installation							
Inst/commissioning	12-12-27, A. Yamamoto				KEK LC 推進委員会						Installation		34	

H25年度開発計画への基本方針(案)

- ATF:
 - Nano-beam (~40nm) の達成 (2013年度中)
 - 加速器環境、支援設備の更なる安定化(老朽化)対策
 - Nano-beam Orbit Control 向上にむけた準備
- STF:
 - CM1, CM2-a の完成(2013年度中)
 - CM2-b およびCM3 用空洞開発の開始(範囲、内容検討中)
 - KEK内開発空洞(CFF: 3, 4号機)をCM2-bに組み込み
 - 複数企業からの空洞(参画奨励)
 - 企業での製造、CFF設備を提供した企業製造等、多角的取り組み
 - TDR-baseline 空洞設計と整合性の良い空洞開発の推進
 - TESLA型空洞とPlug-Compatible な空洞の受け入れ
 - 特に、Input-coupler, Tuner について、compatibility を目指した開発
 - Mass Production 技術の習熟(KEK-CFF、企業との協力)

KEK次期ロードマップ期間における 研究開発計画のまとめ

技術開発

- ATF
 - Nano beam, Nano-beam Orbit Control 研究開発の推進
 - 国際協力による研究開発の先導役
 - CERN からのより大きな貢献を期待
- STF
 - 基礎開発テーマ: 要素開発、空洞電界性能の向上・安定化、Degradation の克服、
 - SCRF 空洞システム技術の推進
 - CM1-full, CM2a, CM2b, CM3a-3b +SCRF-gun+ Undulators + „ (緑: 検討中)
 - 超伝導ビーム加速試験施設として充実、ILC ビームの習熟
 - Pulse and CW operation (周辺/支援機器充実含む)
- 共通課題
 - Beam Test Facility としての協力体制の充実
 - 次世代先端加速器の開発を担う人材育成

詳細設計

- TDR を踏まえ、ILC 計画実現、具体化に備えるべく、加速器の詳細設計を進める。
- DBD を踏まえ、測定器のさらなる設計進展への支援

backup