ILC – Recent progress & Path to Technical Design Report

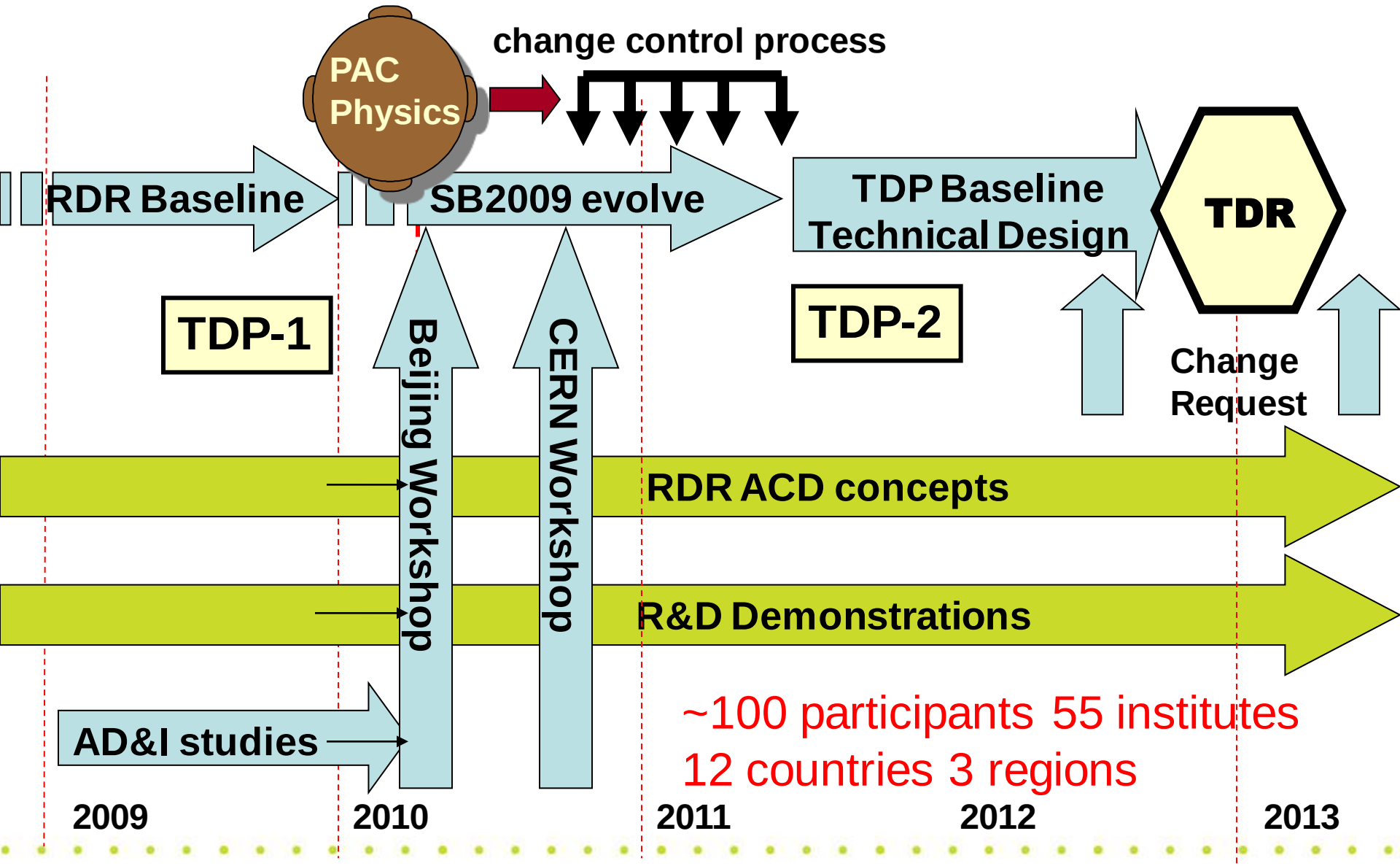
Brian Foster (Hamburg/DESY/Oxford & GDE)

Plenary ECFA CERN 25/11/11

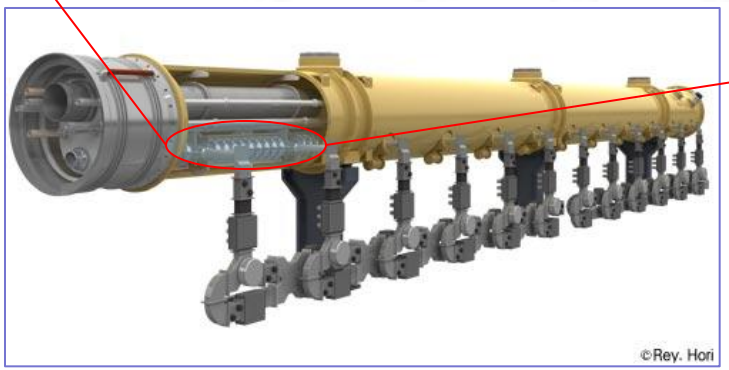
Overview

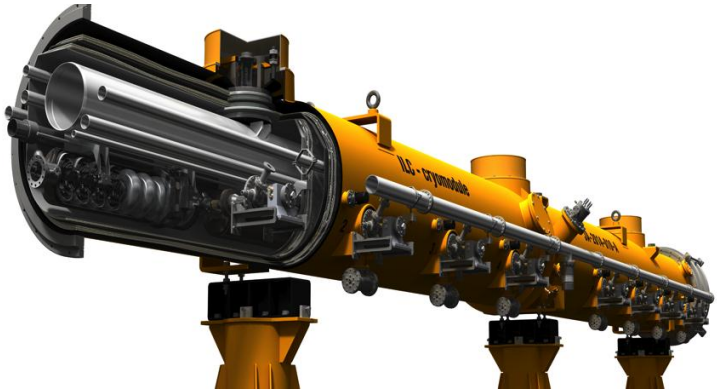
- Current status of R&D
- The path to the TDR
- Developments on ILC site
- Summary & Outlook

GDE ILC Timeline



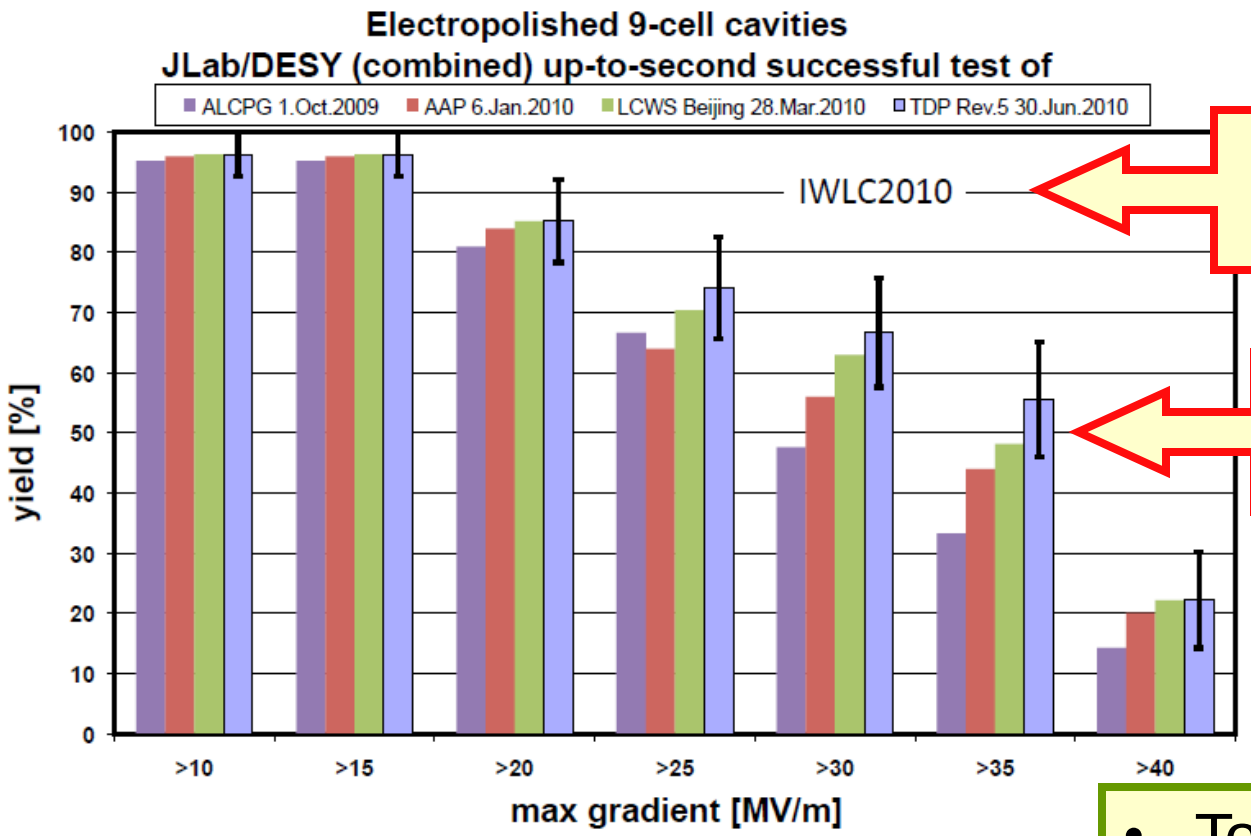
ILC's Workhorse - SCRF





Parameter	Value
C.M. Energy	500 GeV
Peak luminosity	$2x10^{34}$ $cm^{-2}s^{-1}$
Beam Rep. rate	5 Hz
Pulse time duration	1 ms
Average beam current	9 mA (in pulse)
Av. field gradient	**31.5 MV/m**
# 9-cell cavity	**14,560**
# cryomodule	**1,680**
# RF units	**560**

Progress with gradient from industry



TDR Goal

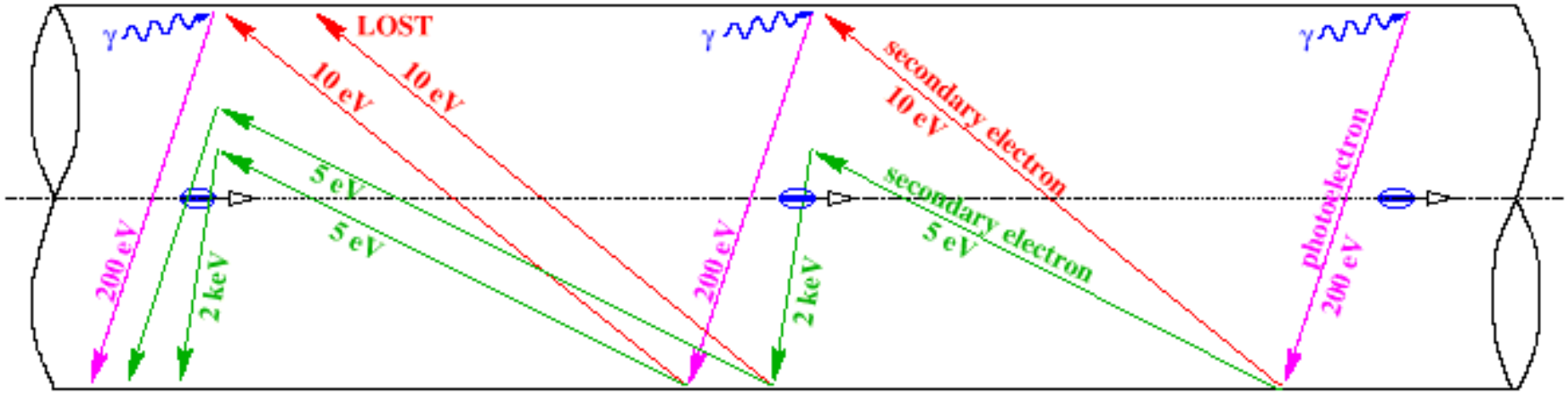
2010 Milestone

- Toward TDR goal
- Field emission; mechanical polishing
- Other progress

Test facilities – ATF2

Test facilities – CESR-TA

- **Mitigating Electron Cloud**



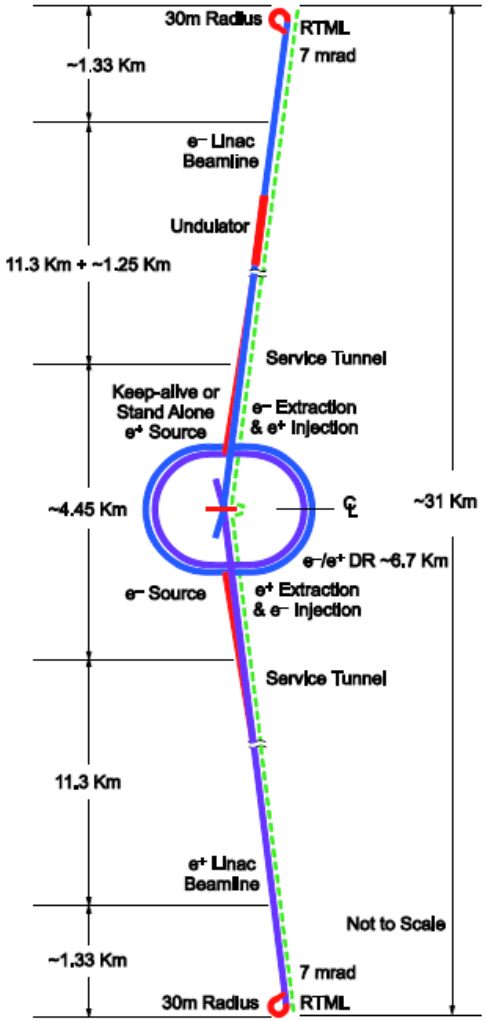
- **Simulations – electrodes; coating and/or grooving vacuum pipe**
- **Demonstration at CESR critical tests**

Test facilities – CESR-TA

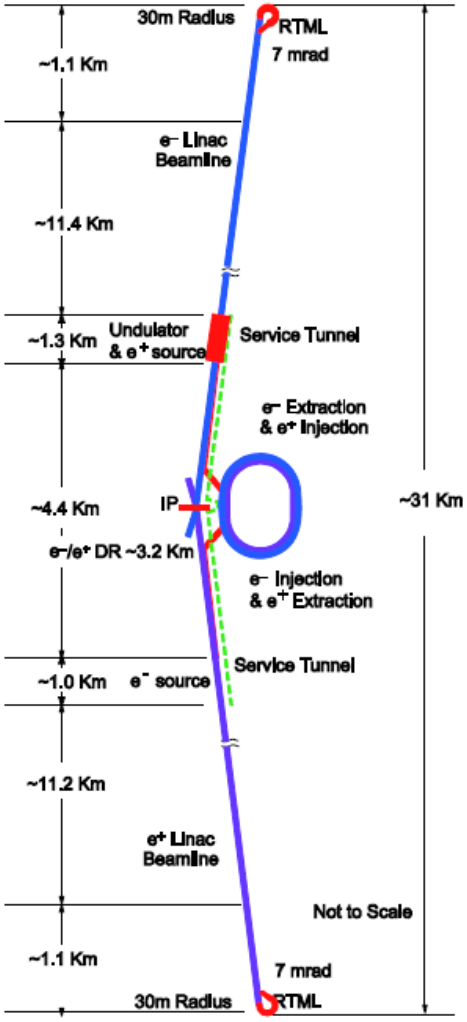
Field Region	Baseline Mitigation Recommendation		Alternatives for Further Investigation
Drift*	TiN Coating	Solenoid Windings	NEG Coating
Dipole	Grooves with TiN Coating	Antechambers for power loads and photoelectron control	R&D into the use of clearing electrodes.
Quadrupole*	TiN Coating		R&D into the use of clearing electrodes or grooves with TiN coating
Wiggler	Clearing Electrodes	Antechambers for power loads and photoelectron control	Grooves with TiN Coating

From RDR -> TDR

RDR



SB2009



- **Single Tunnel for main linac**
- **Move positron source to end of linac**
- **Reduce number of bunches factor of two (lower power)**
- **Reduce size of damping rings (3.2km)**
- **Integrate central region**

Cost impact on RDR

• RDR estimate = starting point	6,618	Δ
• Caverns, DR & cool Value Eng.	-86	-1.3%
• 1 stage B.C. (not yet considered)	-33	-0.5%
• Alternative RF (1 tunnel for ML, ½ bunches)		
Klystron Cluster/DRFS	-400/-419	-6.2%
• DR (6.4 => 3.2 km, ½ bunches)	-191	-2.9%
• Central Injector Complex	-104	-1.6%
• Sub-total of SB2009 changes estimated		-10.7%
• Did not consider range of cavity gradients nor details of alternating e+ production at 150 GeV		

9

Project Implementation Planning

- Contents
- Executive Summary
- Governance
- Funding Models
- Project Management
- Host Responsibilities
- Siting Issues
- In-Kind Contribution Models
- Industrialization and Mass Production of the SCRF Linac Components
- Project Schedule
- Future Technical Activities

Full draft exists – discussed by PAC

Costing methodology

- ***6.6 Billion ILC Units*** (2007 US $) ***+ 24 Million hours*** of Institutional Labor (which includes laboratories and universities, but not vendors or contractors)
- TDR will quote estimate in 2012 US $, need consider:
- Difference in Exchange Rates

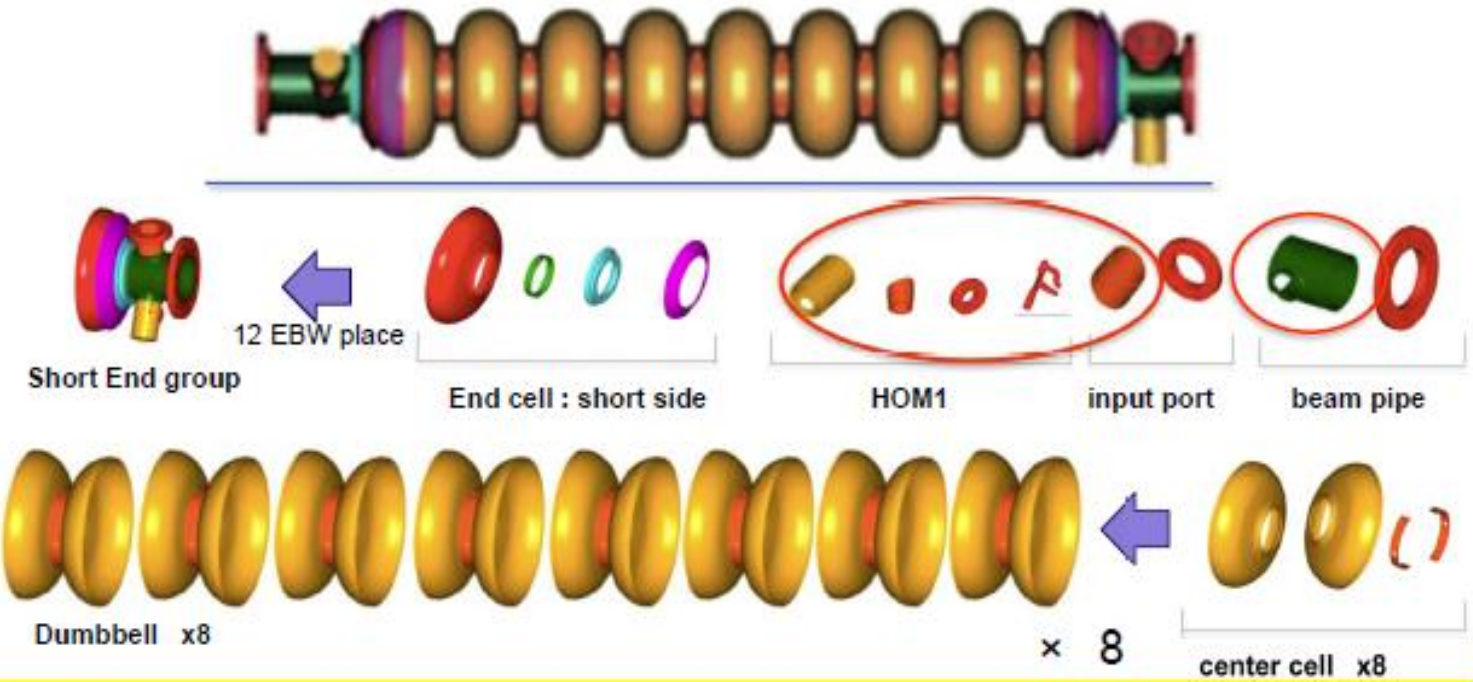
In 2006-07:	1 $ = 117 ¥	1 € = $ 1.20
1/1/2011:	1 $ = 81.5 ¥	1 € = $ 1.334
now 5/10/2011:	1$ = 80.6 ¥	1 € = $ 1.43

- 4 yr – escalation from 1/1/2007 => 1/1/2011 Index Links
  - US construction, technical goods -2.1%, 8.6%
  - Germany construct., indust. products 10.5%, 5.7%
  - Japan construction, industrial products 3.4%, 1.1%

5

In an in-kind model, exchange rates are highly distorting => move to Purchasing Power Parity Estimation.

Cavity Fabrication



56 parts:

- Nb = 46, Nb-Ti = 10, by using press, de-burring, machining

75 Electron Beam Welding (EBW) :

Intensive industrial studies in all 3 regions kicking off to investigate cost savings through mass production.

To 1 TeV

- Upgrade option for study:
  - Power < 300MW AC
  - New linac grad = 45 MV/m
  - $Q_0 = 2\ 10^{10}$
- Strawman TeV parameters
- Post-TDR program:
  - Improve cavity gradient
  - Cost effective production
- Flexibility: Initial ILC energy: higher or lower energy, as informed by LHC results

		500GeV Reference		Straw-man TeV	
		noTF	TF	300MW 5%BS	300MW 10%BS
Ecm	GeV	500	500	1000	1000
gamma		4.89E+05	4.89E+05	9.78E+05	9.78E+05
N	e10	2.0	2.0	2.0	2.0
frep	Hz	5.0	5.0	4.0	4.0
Nb		1312	1312	2280	2280
PB	MW	10.5	10.5	29.2	29.2
sigz	mm	0.3	0.3	0.25	0.15
enx	m	1.0E-05	1.0E-05	1.0E-05	1.0E-05
eny	m	3.5E-08	3.5E-08	3.0E-08	3.0E-08
betax	mm	11.00	11.00	30.00	18.00
betay	mm	0.48	0.20	0.25	0.15
sigx	nm	474.2	474.2	553.7	428.9
sigy	nm	5.9	3.8	2.8	2.1
theta_x	ur	43.1	43.1	18.5	23.8
theta_y	ur	12.2	18.9	11.1	14.3
Dx		0.3	0.3	0.1	0.1
Dy		24.6	38.2	18.7	18.7
Upsilon		0.1	0.1	0.1	0.3
Ngamma		1.7	1.7	1.4	1.7
deltaB		4%	4%	5%	11%
HDx		1.1	1.1	1.0	1.0
HDy		6.1	2.8	3.5	3.5
HDy		2.0	1.5	1.5	1.5
Dp/p e+	%	0.087	0.087	0.033	0.048
Dp/p e-	%	0.22	0.22	0.20	0.20
P e+	%	22	22	30	30
P e-	%	80	80	80	80
L				1.55E+34	2.58E+34
Lgeo		7.51E+33	1.16E+34	1.89E+34	3.16E+34
L (formula)		**1.47E+34**	**1.75E+34**	**2.89E+34**	**4.82E+34**
Simulation (noTF)					
Ngamma				1.443	1.753
deltaB(%)		4.30		5.284	9.823
L		1.49E+34		2.825E+34	4.76E+43
L(1%)		62.5		62.1	50.2
Simulation (TF)					
Ngamma				1.444	1.759
deltaB(%)			4.33	5.258	9.826
L			2.05E+34	3.375E+34	5.639E+43
L(1%)			60.8	60.7	48.5
L(TR)/L(no)				1.19	1.18

From RDR -> TDR

2007 2011 2013*

ILC Technical Progress Report ("*interim report*")

AD&I

Reference Design Report

~250 pages

~300 pages

Technical Design Report

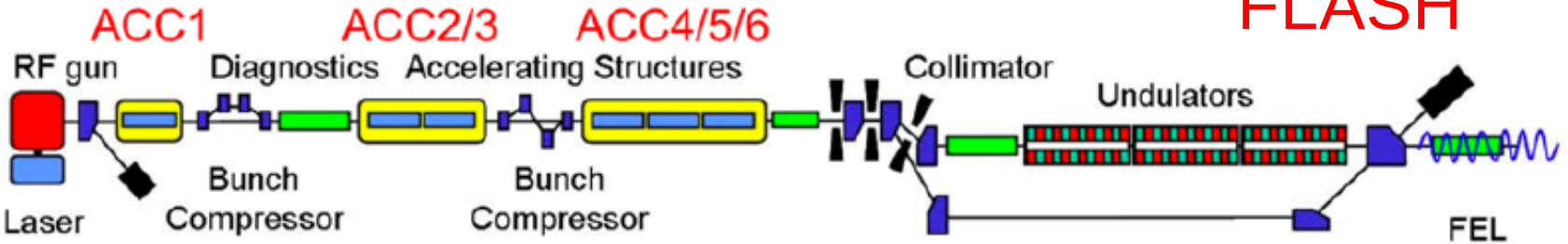
* end of 2012 – formal publication early 2013

System Tests

Systems tests in all 3 regions well beyond 2012:

Full beam-loading long pulse operation → "S2"

FLASH

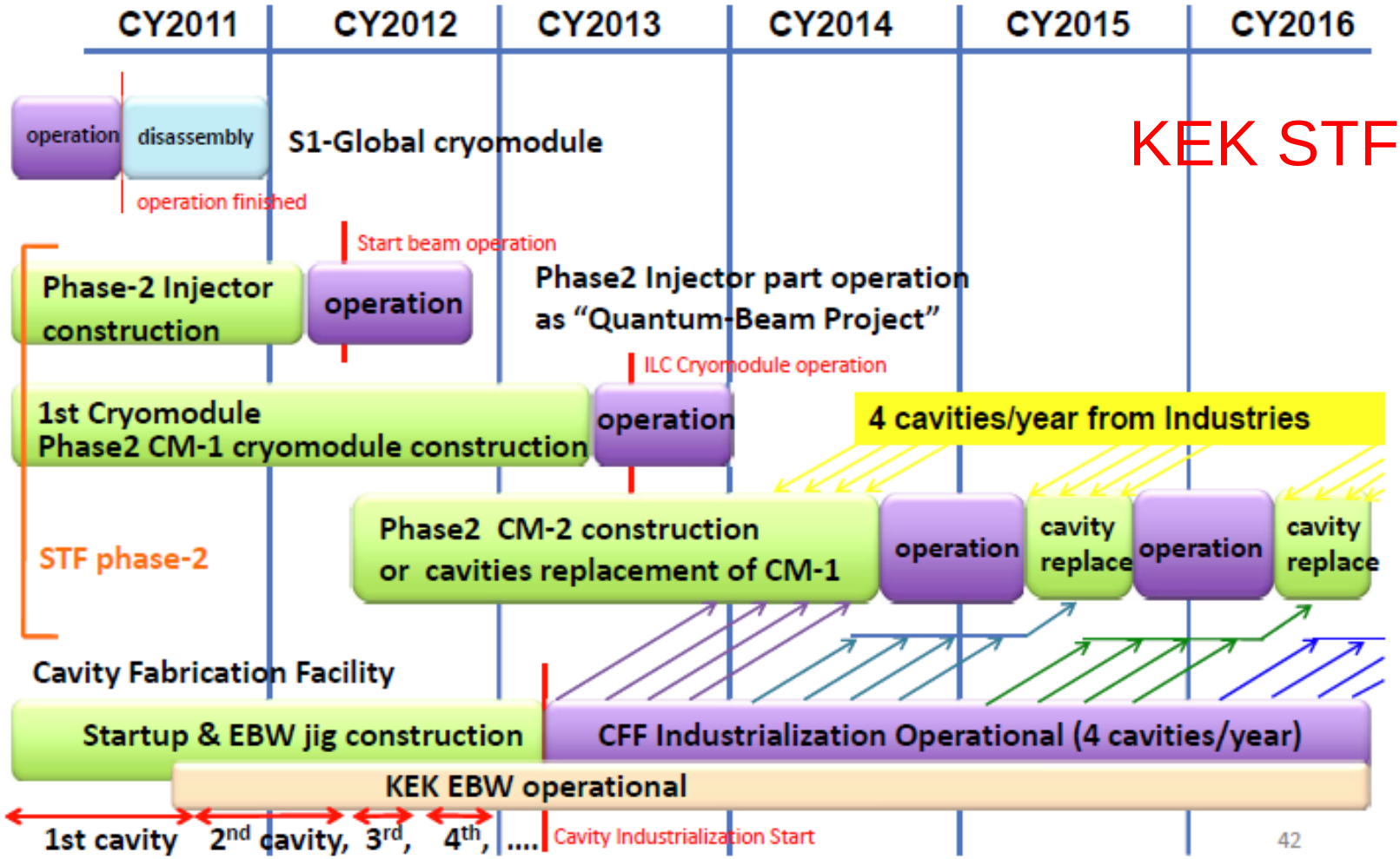


Fermilab NML

U.S. Fiscal Year	FY09	FY10	FY11	FY12	FY13	FY14
1.3 GHz						
CM1 (Type III+)		Install CM	CM1 Test	Rework?	?	
CM2 (Type III+)	& CM Parts	Process & VTS/Dress/HTS	CM fab	swap	swap?	ILC S2 test
CM3 (Type IV)	Order Cav & CM Parts			CM fab	install	ILC S2 test
CM4 (Type 2/5/8 ILC or PX)					CM fab	ILC S2 test
CM5 (Type 2/5/8 ILC or PX)						CM fab, test in CMTF
CM6 (Type 2/5/8 ILC or PX)						CM fab, tes CM
NML Extension Building	Design	Construction				
NML Beam				Move injector/install beam components	Beam Available to RF Unit test e	
CMTF Building		Design	Construction			

System Tests

Systems tests in all 3 regions well beyond 2012:



CFS Study: Progress in Japan

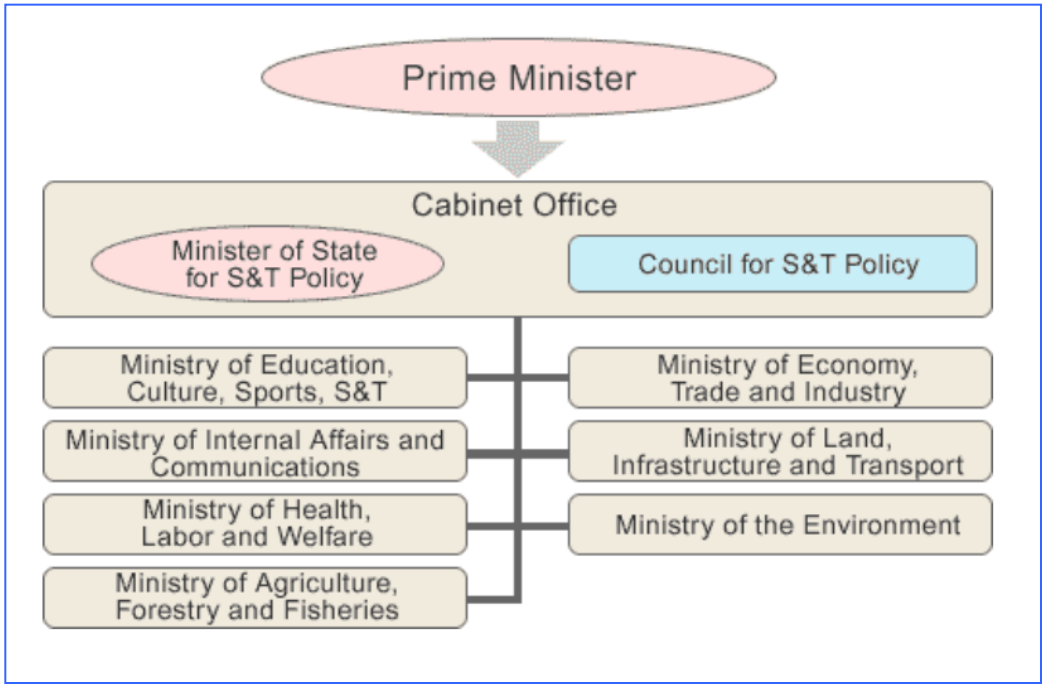
- GDE-CFS group visited two sites, Oct., 2011.
- South site delegation visited CERN/DESY this week.
- GDE EC visits in Jan. 2012.

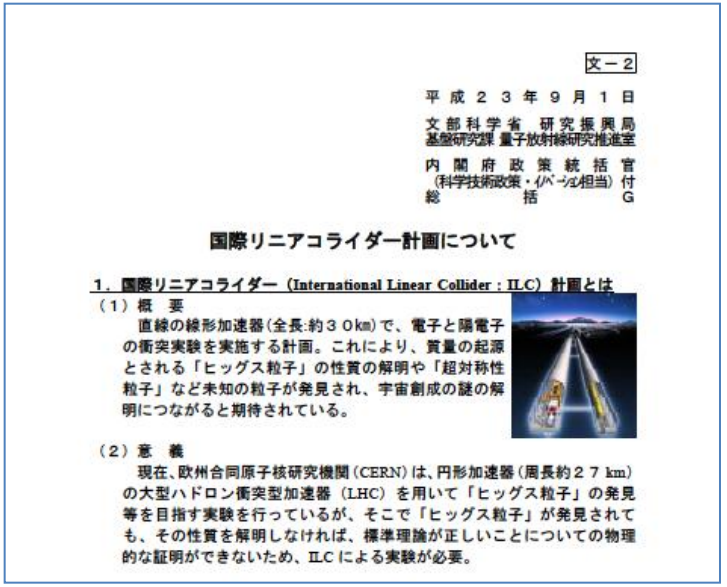
CFS Study: Progress in Japan

JFY	Progress
2009	**AAA** volunteered to study 'ILC tunnel design' for SB2009,
2010	**Local communities (LCs)** organized geological survey by themselves. **KEK** studied 8 cases of the tunnel design, and reached a 'Bread-shape (Kamaboko) shape tunnel' to be an economical candidate, specifically, in Japanese mountainous regions.
2011	**AAA** re-volunteered to evaluate the tunnel design and environmental conditions, to assist KEK. **LCs** reported the geological survey to KEK. **KEK** going to progress the engineering work of tunneling, electrical, and mechanical issues, based on the information given by AAA and LCs, **Japanese Civil Engineer Association** is active to professionally assess the geological surveys and civil engineering. **S&T Policy Council of the Cabinet** received a brief report from MEXT on Sept. 1, on science objectives of the ILC project and global status. **A Supplemental Budget** being discussed at the Diet to encourage/boost recovery of national and regional activities. It may include some support for further site-dependent geological studies at the candidate sites in cooperation of KEK with the local communities (universities, and local Gov.)

Council for Science and Technology Policy

- ILC science objectives and global status was reported to the Japanese Government Council from MEXT, Sept. 1





文－２

平成２３年９月１日

文部科学省　研究振興局
基盤研究課 量子放射線研究推進室

内閣府政策統括官
（科学技術政策・イノベーション担当）付
総括　G

国際リニアコライダー計画について

1．国際リニアコライダー（International Linear Collider：ILC）計画とは

（1）概　要

直線の線形加速器（全長:約３０km）で、電子と陽電子の衝突実験を実施する計画。これにより、質量の起源とされる「ヒッグス粒子」の性質の解明や「超対称性粒子」など未知の粒子が発見され、宇宙創成の謎の解明につながると期待されている。

（2）意　義

現在、欧州合同原子核研究機関（CERN）は、円形加速器（周長約２７km）の大型ハドロン衝突型加速器（LHC）を用いて「ヒッグス粒子」の発見等を目指す実験を行っているが、そこで「ヒッグス粒子」が発見されても、その性質を解明しなければ、標準理論が正しいことについての物理的な証明ができないため、ILCによる実験が必要。

http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/yusikisha/20110901/siryobun-2.pdf

Introduction and Status Report discussed Sept. 1, 2011

文－２

平成２３年９月１日

文部科学省 研究振興局
基盤研究課 量子放射線研究推進室

内閣府政策統括官
（科学技術政策・イノベーション担当）付
総括 G

国際リニアコライダー計画について

１．国際リニアコライダー（International Linear Collider：ILC）計画とは

（１）概 要

直線の線形加速器（全長:約３０km）で、電子と陽電子の衝突実験を実施する計画。これにより、質量の起源とされる「ヒッグス粒子」の性質の解明や「超対称性粒子」など未知の粒子が発見され、宇宙創成の謎の解明につながると期待されている。

（２）意 義

現在、欧州合同原子核研究機関（CERN）は、円形加速器（周長約２７km）の大型ハドロン衝突型加速器（LHC）を用いて「ヒッグス粒子」の発見等を目指す実験を行っているが、そこで「ヒッグス粒子」が発見されても、その性質を解明しなければ、標準理論が正しいことについての物理的な証明ができないため、ILC による実験が必要。

（３）概念設計書

○ ２００７年８月、研究者グループより概念設計書と建設コストが発表された。

○ 建設コスト約６６億ドル（当時のレートで約７,７００億円。運営費・土地取得等の経費は別）、建設期間７年、実験期間２０～３０年、年間運転経費１.５～２.７億ドル（約１８０～３２０億円）、必要電力約２３万kW。

（４）位置づけ

○ 内外で広く利用されている小型汎用加速器や国内でも数台しかない先端大型加速器を凌ぐ世界最先端の超大型加速器であり、現在考えられている加速器の中で、ビッグバン（宇宙の始まり）にもっとも近い状態（１兆分の１秒後）を再現できるもの。

○ その成果は人類共通の財産となることが期待されるが、巨額の経費と長期間を要する計画であるため、１ヵ国だけでは実施できない計画であり、国際協力によって進めていくことが必要。

<大臣・総合科学技術会議有識者議員会合資料 報告>

What is ILC & objectives

文－２

２．国際リニアコライダー計画をめぐる動向

（１）研究者レベルでの国際的な設計活動の状況

○ ２００７年に概念設計書が発表されて以来、各国の研究者レベルで技術的な詳細設計活動を実施中。２０１２年末の技術設計レポート完成を目指している（日本を含め、各国ともに政府レベルでの検討は行われていない状況）。

○ ILC の心臓部といえる超伝導加速空洞（右図）の歩留まり向上技術が課題。

（２）日 本

○ 高エネルギー加速器研究機構（KEK）の研究者等が自主的な取組により、高品質なビームの発生技術等の要素技術の研究開発を実施。

○ 平成２２年１０月に取りまとめられた「学術研究の大型プロジェクトの推進について（審議のまとめ）」（科学技術・学術審議会 学術分科会 研究環境基盤部会 学術研究の大型プロジェクトに関する作業部会）において、以下の課題が示された。

- まだ計画は十分に詰まっておらず、継続して研究者コミュニティや諸外国の関係者との慎重な協議が必要。
- LHC の成果等を踏まえつつ、B ファクトリー高度化の終了後の計画として位置づけるべき。
- 長期に及ぶ高額な計画であり、社会的理解が得られるか不明。
- 緊急性が明確でなく、関連コミュニティ及び社会や国民のさらなる理解が得られるよう努力が望まれる。

（３）欧 州

○ CERN は、２０１２年末までの LHC 実験の成果や、ILC 関連の要素技術開発の状況を見極めた上で次の計画を検討するとの立場。

○ LHC 実験の後継としては、ILC 以外にも LHC の高度化や CLIC 計画もあり、次にどの計画を推進するかは未定。

（４）米 国

○ ILC 計画については、CERN の LHC 計画の実験結果を見極めて必要性を評価するとのスタンス。

○ ただし、ILC 計画も含め、将来の加速器施設に必要な要素技術の研究開発は着実に実施。

<大臣・総合科学技術会議有識者議員会合資料 報告>

Technical status in JP, EU, and US

文－２

（参 考）

国際リニアコライダーをめぐる様々な動き

１．誘致を目指す動き

○ 岩手県
東日本大震災復興構想会議において、岩手県達増知事より、「ＴＯＨＯＫＵ国際科学技術研究特区」による東北の復興が提案されている。同特区において、国際リニアコライダーを誘致し、国際素粒子・エネルギー研究所を国家プロジェクトとして創設するとしている。
岩手県は東北加速器基礎科学研究会による要望活動も積極的に実施。

○ 福岡県・佐賀県
先端基礎科学次世代加速器研究会を中心に誘致活動を実施。

２．国会、党、産業界等の動き

○ 衆・内閣委員会（７月２９日、（民主）階猛議員）、参・外交防衛委員会（８月９日、（公明）山本香苗議員）等で積極的な取組を求める議論がなされた。

○ 民主党科学技術イノベーション推進調査会（会長：川端達夫議員）の「科学技術イノベーション政策の基本的な推進方針」中間とりまとめ（平成２３年７月５日）に「ＴＯＨＯＫＵ国際科学技術研究特区構想（国際リニアコライダー等）の実現に向け一層努力する」との提言。

○ 自由民主党科学技術創造立国調査会、宇宙・海洋開発特別委員会合同会議において、国際リニアコライダー計画の日本への誘致の推進について決議（平成２３年８月２６日）。

○ 超党派の議員により「リニアコライダー（先端線形加速器）国際研究所建設推進議員連盟」設立（平成２０年７月）。

○ 産学により「先端加速器科学技術推進協議会」設立（平成２０年６月）

Activities in two regional candidates, and in political parties

Summary and Outlook

- The ILC is a machine that could be built tomorrow; in the TDR we will define a design which is optimised to produce the required performance while containing inevitable increases in cost.
- After the GDE's mandate ends, a successor organisation needs to maintain essential expertise and supervise remaining system tests/site-specific design.
- Encouraging signs of real interest in proposing sites in Japan. Nothing will happen soon, but slowly, things seem to be crystallising.