

Pre-lab Proposal

2021/08/21

KEK加速器研究施設/IDT-WG2

道園真一郎

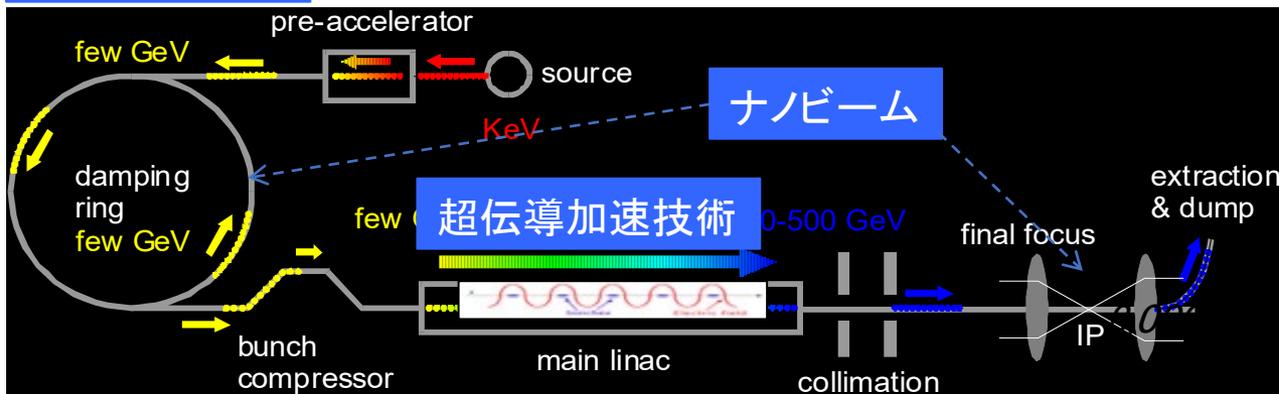
250GeV ILC概略



陽電子源



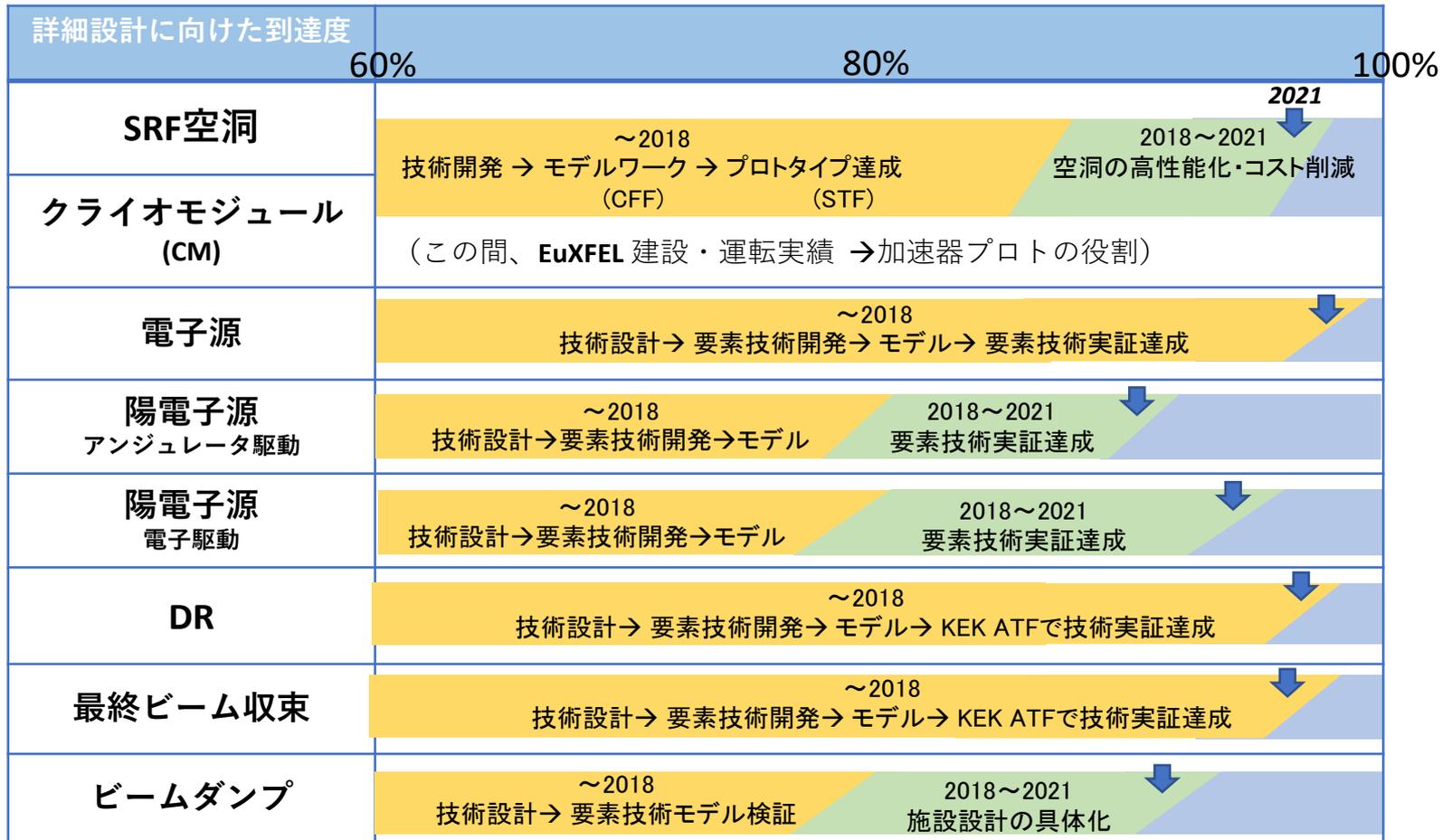
重要な技術



項目	パラメータ
衝突エネルギー	250 GeV
長さ	20 km
ルミノシティ	$1.35 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$
繰り返し	5 Hz
ビームパルス幅	0.73 ms
ビーム電流	5.8 mA (in pulse)
衝突点ビームサイズ	7.7 nm@250GeV
超伝導空洞の電界	31.5 MV/m (35 MV/m)
空洞のQ値	$Q_0 = 1 \times 10^{10}$

ILC加速器準備達成度とPre-Labでの課題

2013年に技術設計書(TDR)を出版以降、鍵となる技術開発が進展し、
詳細設計を開始する準備が整いつつある。



モデルワーク (モデル) : 小規模モデル、部分/要素モデル。
 プロトタイプ (プロト) : スケールが同じ規模での実証。
 実証機(実証) : 実機製造の為の (工業界への) 技術移転。

準備研究所提案書を公開

次期最優先コライダーは電子・陽電子ヒッグス ファクトリーであることは、世界の研究者のコンセンサスとなっており、日本におけるILCがタイムリーに建設されることは世界的に強い支持を得ています。

このたび、IDTは「ILC準備研究所(プレラボ)提案書」を公開しました。これは、日本における国際リニアコライダー実現に向けて、さらなる一歩を踏み出したこととなります。この提案書は、ILC国際推進チーム(IDT)が取りまとめたもので、国際将来加速器委員会(ICFA)によって承認されています。

IDT議長(スイス連邦工科大学ローザンヌ校 名誉教授)の中田達也氏は「提案書の完成により、IDTは主要なマイルストーンを達成しました。この提案書は、プレラボの組織的枠組み、実装モデル、および作業計画の概要を示すものです」と語ります。

ILCの建設を開始するために必要となる全ての技術開発と工学設計は、準備期間中に完成される必要があります。時期を同じくして、ILCに関心のある関係国の政府当局間において、ILC施設の建設と運用の費用と責任の分担、およびILC研究所の組織構造と運営について合意を結ぶことも期待されています。

プレラボは、ILC建設開始に向け、必要となる技術開発とエンジニアリングを完了させるとともに、必要となる情報を提供して政府間交渉をサポートすることを目的とする組織です。IDTは、準備期間としては、2022年頃の開始後、約4年間を想定しています。

この提案書は、ILCに関心のある各国の研究所や政府関係者が、ILCへの参加を検討するための情報を提供することを目的につくられたものです。

詳細については、プレラボ設立のために、実際にこの提案書に記載した事項を実施する段階で実情に応じて更新する予定です。実施については、日本及び世界各地の政府関係者、プレラボの共同事業の基盤となるパートナー研究所、およびILCプロジェクトを推進する世界の物理コミュニティからのインプットを反映させて行われます。

ILC通信 : https://www2.kek.jp/ilc/ilc-tsushin/2021/06/02/ilc-pre-lab_pr/topics/

「これからIDTの活動は、この提案書に記載した方向性に沿って、プレラボを設立するための各ステップを実現する、というフェーズへと入ります。今後もプレラボの早期実現に向けて全力で取り組んでまいります。エキサイティングな時間は我々の目の前です」(中田氏)。

[ILC準備研究所提案書 全文 \(英語\)](#)

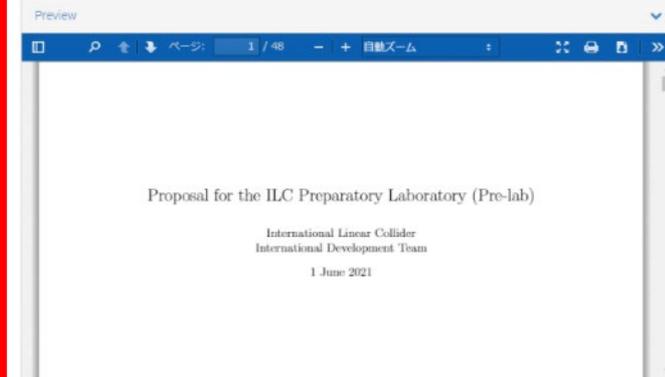
2021年6月

<https://zenodo.org/record/4884744#.YNgSCRFXeUk>

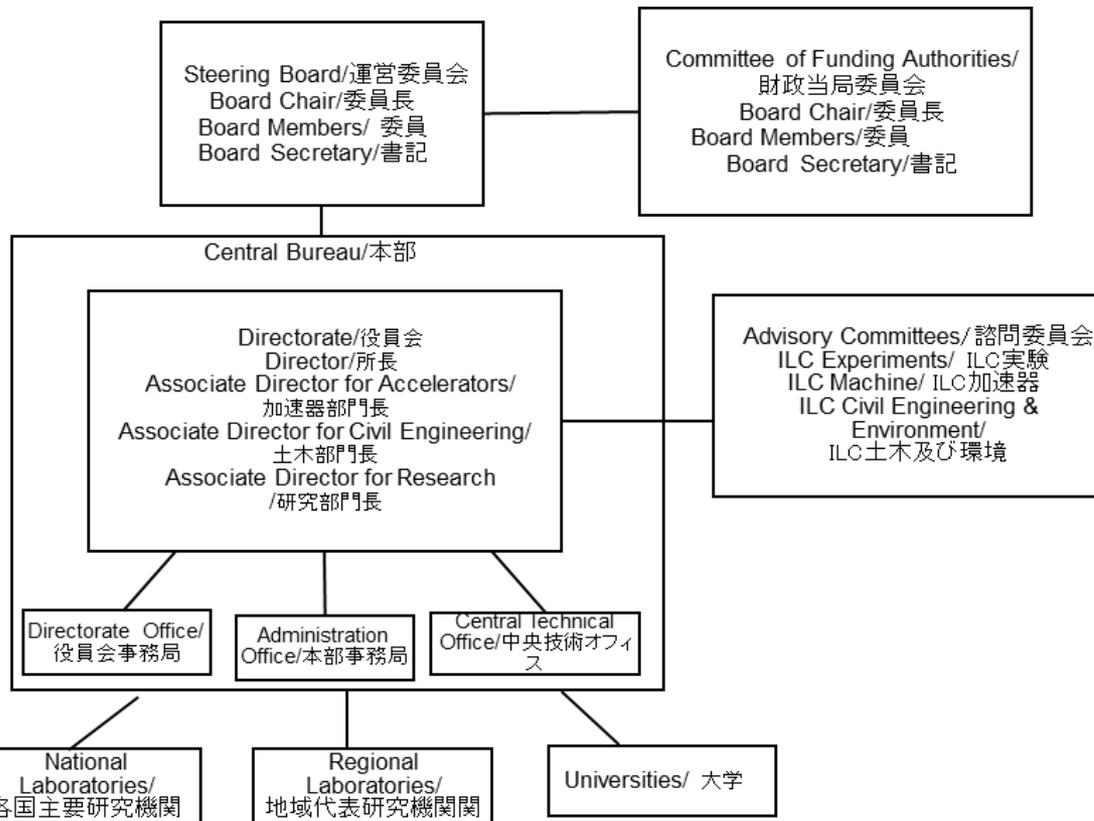
Proposal for the ILC Preparatory Laboratory (Pre-lab)

International Linear Collider International Development Team

During the preparatory phase of the International Linear Collider (ILC) project, all technical development and engineering design needed for the start of ILC construction must be completed, in parallel with intergovernmental discussion of governance and sharing of responsibilities and cost. The ILC Preparatory Laboratory (Pre-lab) is conceived to execute the technical and engineering work and to assist the intergovernmental discussion by providing relevant information upon request. It will be based on a worldwide partnership among laboratories with a headquarters hosted in Japan. This proposal, prepared by the ILC International Development Team and endorsed by the International Committee for Future Accelerators, describes an organisational framework and work plan for the Pre-lab. Elaboration, modification and adjustment should be introduced for its implementation, in order to incorporate requirements arising from the physics community, laboratories, and governmental authorities interested in the ILC.



ILC準備研究所(プレラボ)



- 技術的な作業と設計作業は、参加研究所からMoUによる物納貢献
- プレラボ事業には世界の研究機関から数百人が参加。全体を総括・調整するために小規模な本部を置く。「一般社団法人」を想定
- 少数の主要研究機関(必要に応じて資金配分機関)がプレラボ設立に合意し「共同宣言」によって開始
- 主要研究機関でプレラボ設立後、合意のできた研究機関が参加し、プレラボを拡大することを想定

- 運営委員会(参加研究機関の代表者の集まり): 最高意思決定機関
- 財務当局委員会: プレラボ活動の進捗状況を監督・助言を行う
- 役員会: プレラボの運営組織。所長と部門長で構成
- 本部: 役員会を支援。日本に設置
- 役員会事務局: 秘書業務等の機能でILC準備研究所の運営サポート
- 中央技術オフィス: 加速器に関するプロジェクト管理サポート
- 本部事務局: 事務作業の支援
- 諮問委員会: 役員会への助言を行う

プレラボでの作業計画：加速器

■ 技術準備

- 文部科学省のILCに関する有識者会議や日本学術会議の検討委員会で指摘されたものを含め、残された**技術的不確実性を排除**すること
- 技術設計報告書(TDR)以降の重要な**技術的進歩を取り入れる**こと

■ **詳細技術設計**の完成とILCプロジェクトの必要コストおよび人的資源の見積もり

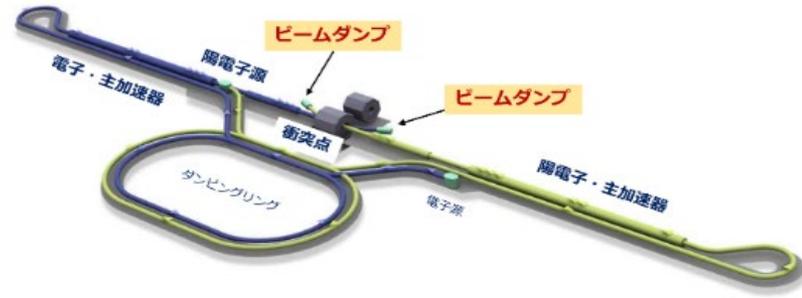
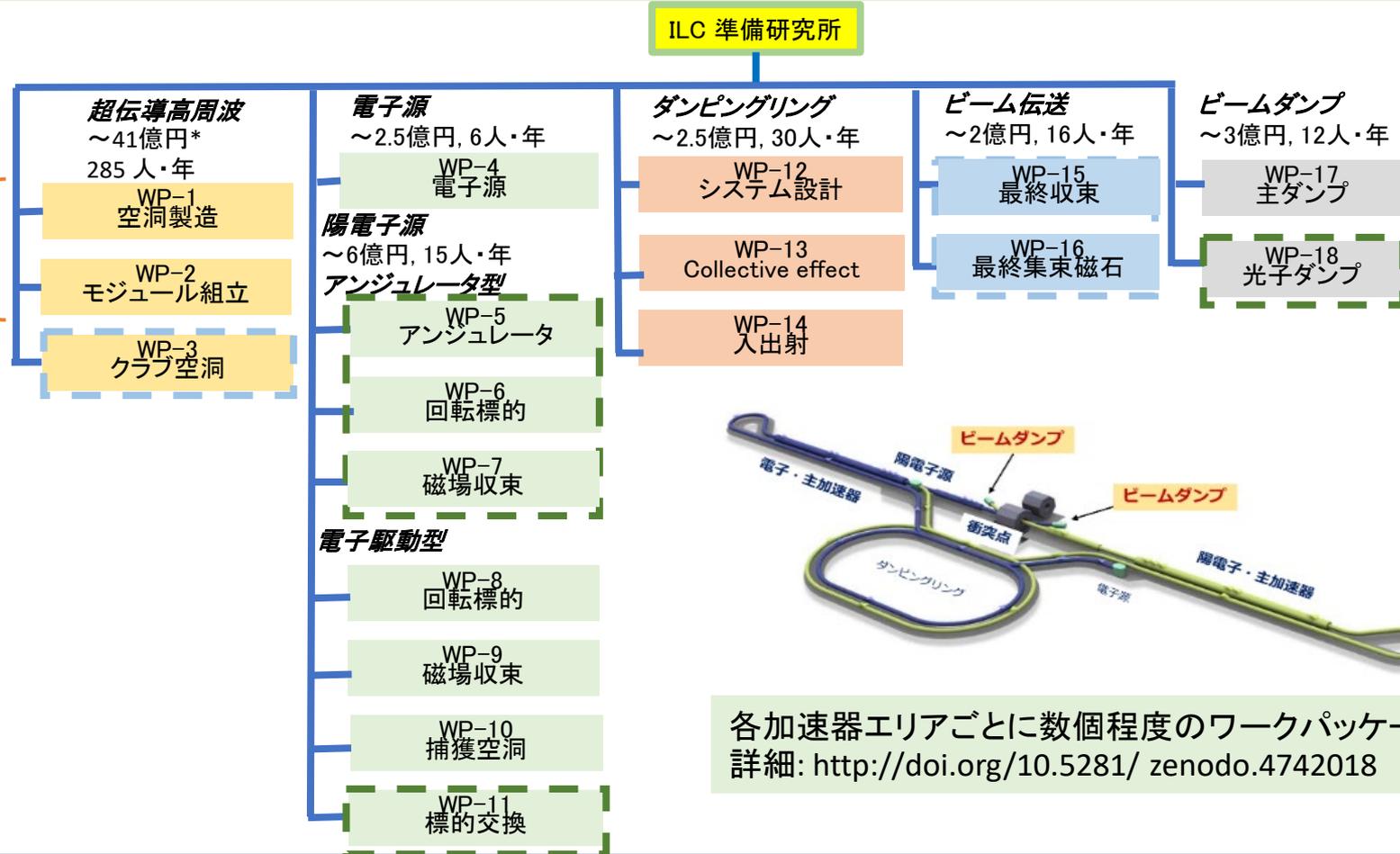
■ メンバー研究所からの物納貢献により提供

- 加速器関連の作業は、米州(主にアメリカ合衆国)、アジア(主に日本)、欧州の3つの地域でほぼ均等に分担する

技術課題

文科省有識者会議や日本学術会議で指摘された技術的課題などについてIDT-WG2で議論を行い、「技術課題提案書」(TPD)に世界全体で物納貢献するワークパッケージ(WP)としてまとめた。

実際の空洞・モジュール製造



各加速器エリアごとに数個程度のワークパッケージ。
 詳細: <http://doi.org/10.5281/zenodo.4742018>

- 技術課題提案書は、Tor Raubenheimer氏 (SLAC加速器部門・加速器研究系研究主幹)を委員長とするレビュー委員会で審議された。
- 世界全体で約60億円*、360人・年程度を分担する。(WP実施に必要な基盤設備整備費用は別途必要。)
 (*ILCU(2013年の米ドル)を100円と換算した金額)
- 物納貢献として国際的に分担される。 拡大高エネルギー委員会 2021.08.21

想定している主な日本の貢献

超伝導空洞等の量産実証は欧米と共に1/3を分担。(40台/120台空洞、2台/6台クライオモジュール)
 電子駆動型陽電子源は日本が中心となって開発を行ってきた。
 最終収束については国際協力でATFで実施。
 ビームダンプの詳細設計。

WP-1:高性能空洞の量産実証

- 40台の空洞製造
- 高性能空洞の歩留まりを評価



日本分のWP-1/2
 ~14億円

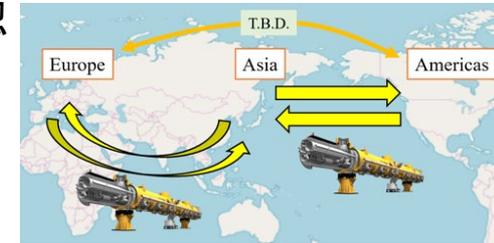
日本では空洞評価やモジュール評価等の基盤設備整備が別途必要(~30億円)。(ヨーロッパはEuro-XFEL、アメリカはLCLS-II建設で基盤設備がほぼ整備されている。)

WP-2:クライオモジュール組立・移送

- クライオモジュール2台を製造する
- クライオモジュールが海上移送による性能劣化がないこと、モジュールが規格通りとなっているかを確認

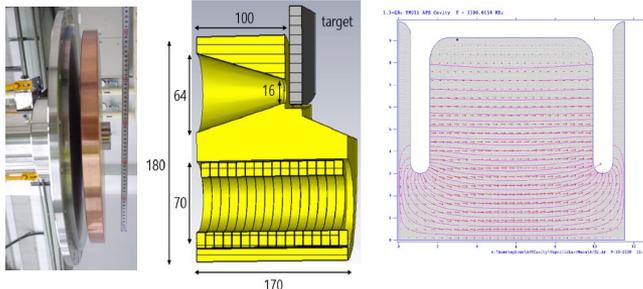


クライオモジュール



WP-8~11 電子駆動型陽電子源 ~4億円

- ターゲット、捕獲空洞等のプロトタイプ



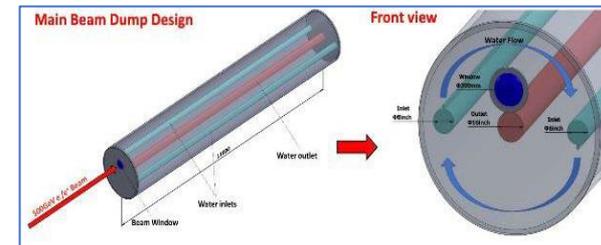
WP-15:最終収束評価 ~1億円

- ATFへの物納貢献により実現



WP-16/17:ダンプ ~3億円

- 遠隔ビーム窓交換設計等

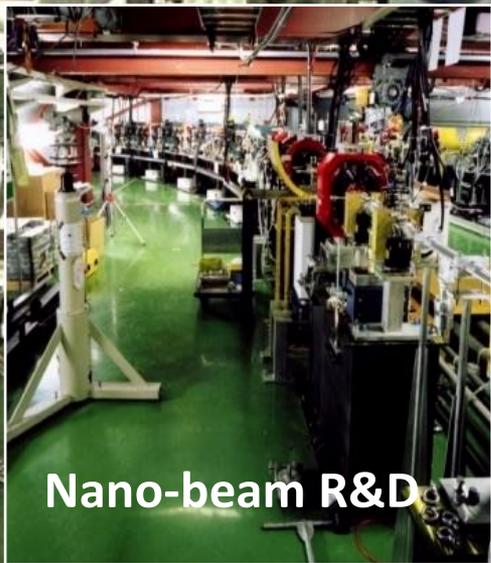


KEKの ILC R&D の拠点施設



STF & COI

ATF



Nano-beam R&D



SRF R&D



Cavity fabrication

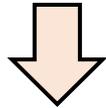
CFE

SRF加速器技術：ハブラボ=インフラ整備の現状と課題

世界3領域での量産分担の為に、日本/KEKのインフラ整備が重要。

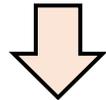
①超伝導高周波(SRF)空洞 → WP1, WP3

- ・材料準備
- ・機械構造、表面処理
- ・空洞性能評価



②クライオモジュール(CM) → WP2

- ・要素の準備
- ・組み立て
- ・総合性能評価



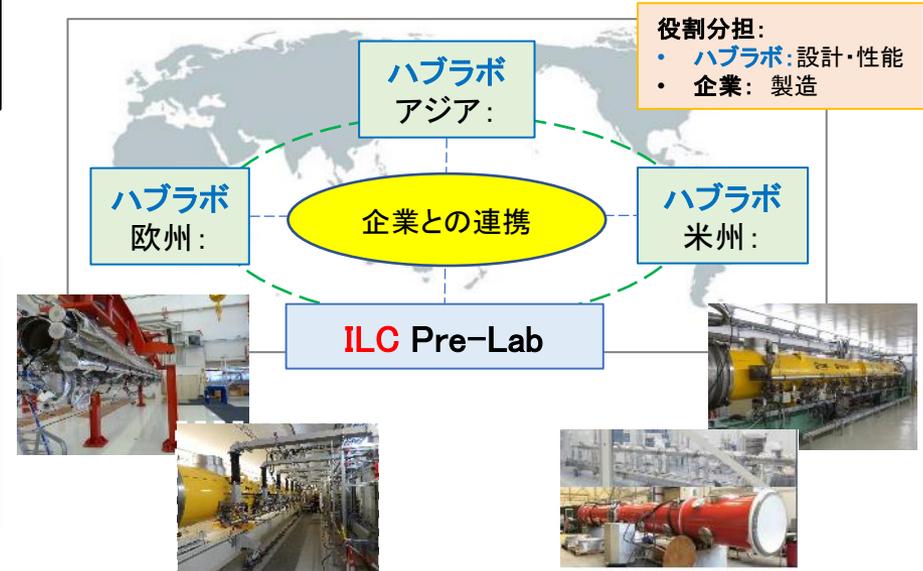
③ビーム加速

- ・SRF技術によるビーム加速
- ・ビーム性能、特性の検証



世界各領域にハブラボ=インフラを整備

- ・ SRF建設の国際協力分担
- ・ 製造技術・性能実証、技術課題解決(ドクター)機能整備



ハブラボ=インフラ整備の進展と今後

- ・ **欧州**: Eu-XFEL 建設により、DESY/INFN, CEA/LAL がハブラボ機能を分担。実績を有する。
- ・ **米国**: LCLS-II 建設により、SLAC、Fermilab、JLab がハブラボ機能を分担。実績を有する。
- ・ **アジア**: **日本/KEK** において空洞技術製造術開発施設、CM 組み立て、試験施設(インフラ)の整備を進めている。ILC Pre-Lab段階において、ハブラボ・インフラ機能の**充実が必須**。

KEK:SRFハブラボ・インフラの進展と今後の構想

基本構想:

- **KEKがアジアに於けるSRFハブラボの機能**を果たす
- 空洞、CM製造(量産)技術開発を先導し、**課題解決(ドクター)機能**を果たす
- 空洞製造、CM組立設備(パイロットプラント)、試験設備を整備し、企業との連携を深めつつ、オンサイトでの製造(分担)ホスト可能なインフラを整備する(既存設備に機能を充実する)。

設備	場所	2007 ~ 2018	~2021	今後の整備課題
空洞開発・性能実証 材料 製作(構造) 表面処理 熱処理 組立(クリーンルーム) 評価試験(RF, 冷却) 安全(高圧ガスなど)	CFF* CFF STF* COI STF STF			量産技術・実証 [企業製造ライン+ KEK ホストプラント]
CM 開発・性能実証 要素部品 組立(クリーンルーム) 評価試験(RF, 冷却) 安全(高圧ガスなど)	— COI* COI			複数同時・性能試験 RF, 冷却系 テストエリア
ビーム加速 ビームライン整備 ビーム加速	STF* STF			エネルギー増強 ビーム性能評価

*CFF; Cavity Fabrication Facility), STF: Superconducting RF Test Facility, COI: Center of Innovation (Building)

SRFインフラ整備

国際分担によるクライオモジュール組立・性能実証・インフラ整備の充実

～ 2021 (GDE → LCB → IDT) :
進展

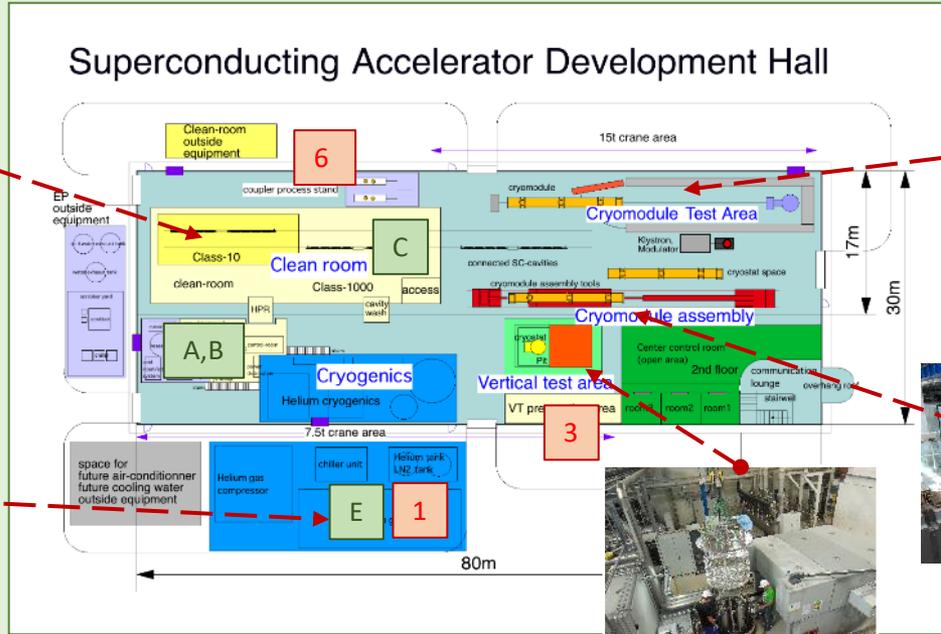
2022 ~ (ILC Pre-Lab) :
計画



将来像:
Eu-XFELでの空洞9連作業



KEKで整備中の冷凍設備と実験棟



将来像: EuXFELのCM試験設備



KEKで整備中の
CM組立設備



将来像:
Eu-XFELでのCM組み立て

COI

- A) 熱処理
- B) 電解研磨
- C) 大型クリーンルーム (9 連結作業用)
- D) フルクライオモジュール(CM) 組立装置 (一部)
- E) ヘリウム冷凍設備 (一部)

1. ヘリウム冷凍設備・増強
2. 高周波電力・制御システム 整備
3. 複数空洞・同時縦測定設備
4. フルCM 組立・連結・ファシリティ
5. フルCM 性能試験設備
6. クリーン作業環境整備 (クリーン作業ルーム、空調)

ILC-Pre-Labでのハブラボ機能・インフラ整備

ご清聴ありがとうございました