

KEKB加速器の状況

人材の確保・育成方策検証作業部会への資料

2015.12.21

佐藤 康太郎

KEK 加速器

KEK加速器の歴史 |

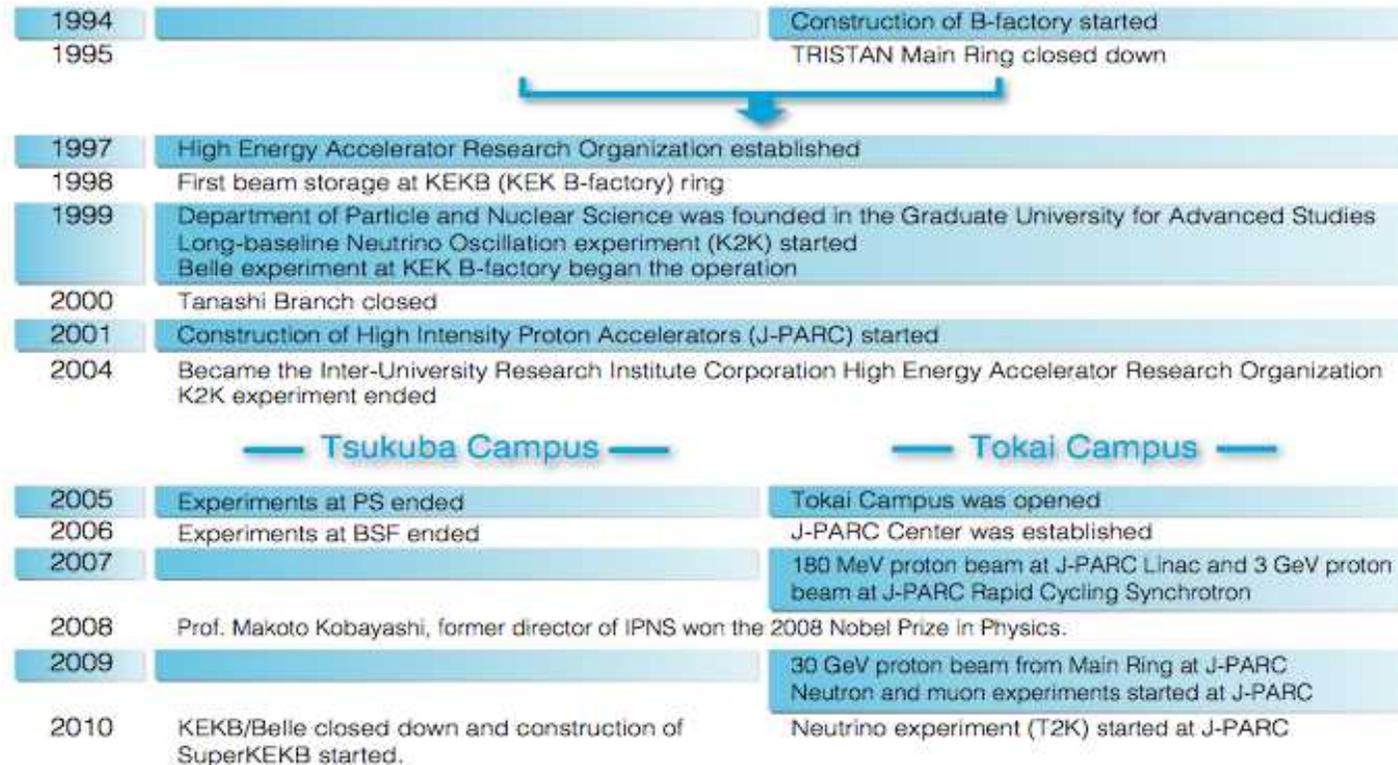
Tanashi

Tsukuba

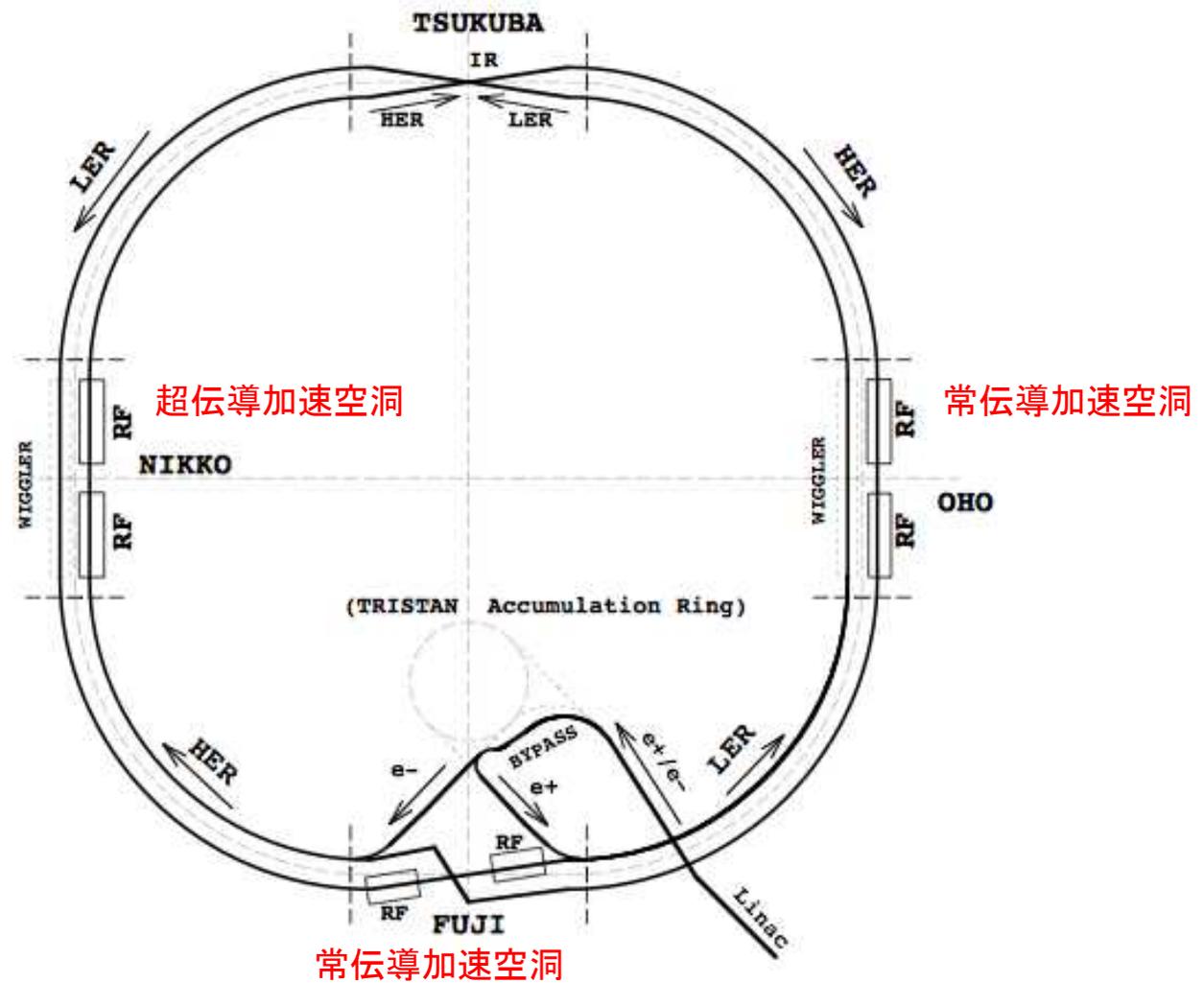
1971 1976		National Lab. for H.E.Physics (KEK) established 8 GeV beam at Proton Synchrotron (PS) in Mar. and upgraded to 12 GeV in Dec.
1977 1978	Experiments at SF Cyclotron started	Experiments at PS started Booster Synchrotron Utilization Facility (BSF) and Photon Factory (PF) established Meson Science Lab., Univ. of Tokyo, established
1980 1982		Experiments at BSF started Proton Medical Research Center 2.5 GeV beam stored in PF machine
1983 1984		Experiments at PF started 6.5 GeV electron beam at TRISTAN Accumulation Ring (AR)
1985 1986		5.0 GeV positron beam at AR Both electron and positron beam up to 25.5 GeV at TRISTAN Main Ring (MR)
1987 1988		Experiments at TRISTAN started 30 GeV beam at TRISTAN with superconducting RF cavities Meson Science Lab. converted to Meson Science Research Center
1989	Electron cooling at TARN II	The Graduate University for Advanced Studies started for accelerator and synchrotron radiation sciences
1993	High Resolution On-line Mass Analyzer completed	

KEK Annual Report 2010

KEK加速器の歴史 2



KEKB加速器

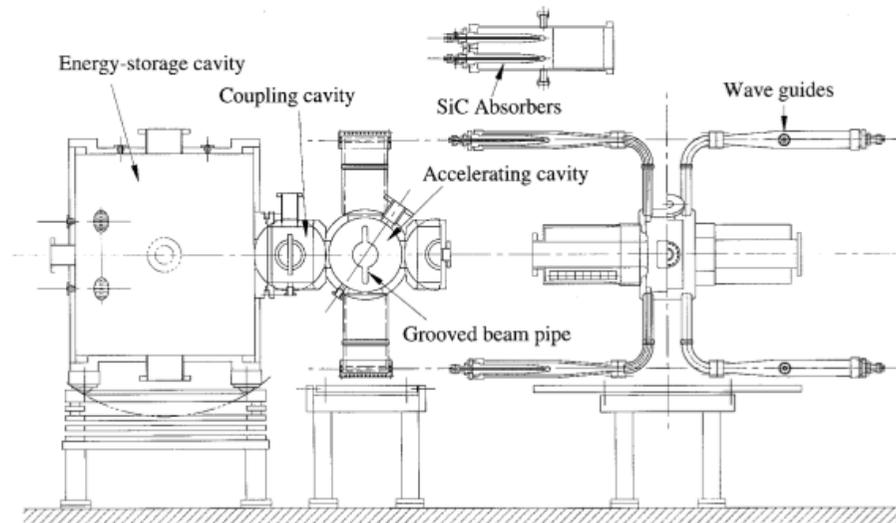


KEKB加速器の特徴

- High luminosity factory
- 大蓄積電流(1A以上)
- 多バンチ数(1000以上)
- 衝突点での極小ビーム断面
- 極小の垂直方向エミッタンス
- 極小のバンチ長
- 2-リング、有限な衝突交叉角

KEKB加速器の重要な開発項目

- 1. 常伝導加速空洞ARES
 - エネルギー蓄積空洞を追加
 - 高調波共振モードの減衰
 - 数人の職員が製造の技術指導も担当した。



- 重要な建設の例として担当者（KEK 影山氏）に取材.

- 加速空洞

- 基本設計はKEK.
- 実証機開発 三菱重工.
- 量産機製造 三菱重工、東芝.
- 旧ハドロン計画LバンドACS加速管用に開発された、無酸素銅加工、表面処理、多段ロウ接合などの各技術を適用.

- エネルギー貯蔵空洞

- 基本設計 KEK.
- 実証機開発 三菱重工、野村鍍金
- 量産機製造 三菱重工、東芝、野村鍍金
- トリスタン計画で開発された内面に銅メッキを施工する鋼鉄製加速空洞(DAW,APS)技術を適用.

● 体制

- 実証機開発 研究者6、技術者1、大学院生1
 - ・ 旧トリスタンRFグループが核.
 - ・ メーカー側開発、設計 4、5名／社
- 量産 研究者4、技術者1
 - ・ メーカー側設計 4、5名／社.
 - ・ メーカー製造現場 10～20名／社.
 - ・ KEK外部委託 受入れ試験 6名／2社
- 空洞据え付け 研究者4、技術者1
 - ・ メーカー側設計 2～3名／社
 - ・ メーカー派遣 3名／社
 - ・ KEK外部委託 6名／社

- 建設監督の育成

- 空洞ハードウェアを熟知している必要がある
ので、開発、製造の中核のうちの3名が監督
にあたった。建設監督のみを任とする者の育
成はしなかった。

- 企業側との連携

- 日本を代表する開発、製造メーカーの協力が
必須であった。基本的には調達契約に基づく
連携ではあるが、契約書には記述されない
「信頼関係」が重要であった。企業側の人材
確保についても彼らに任せおけるという信
頼感があった。

- 大学院生を含む若手研究者の育成

- 空洞開発計画に大学院生1名が参加、学位を
取得。



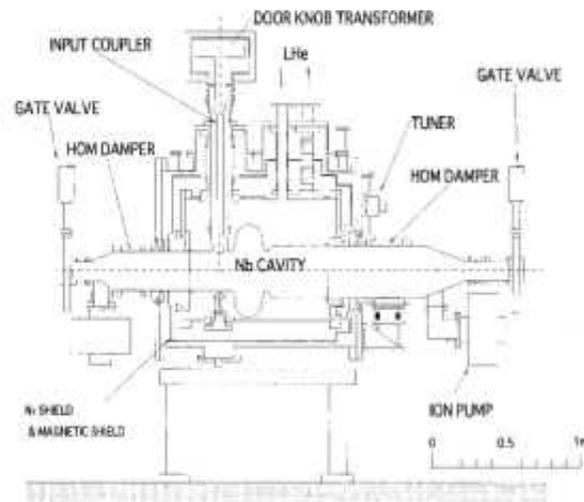
- 人材以外の大きな課題

- 要求仕様を満足しつつコストを削減するという研究所（理想）とメーカー（現実）とのせめぎ合い. 一品物の高価な芸術品ではない. リーズナブルなコストで仕様を満足する装置を製造すべき. 妥協の芸術である.

- まとめ

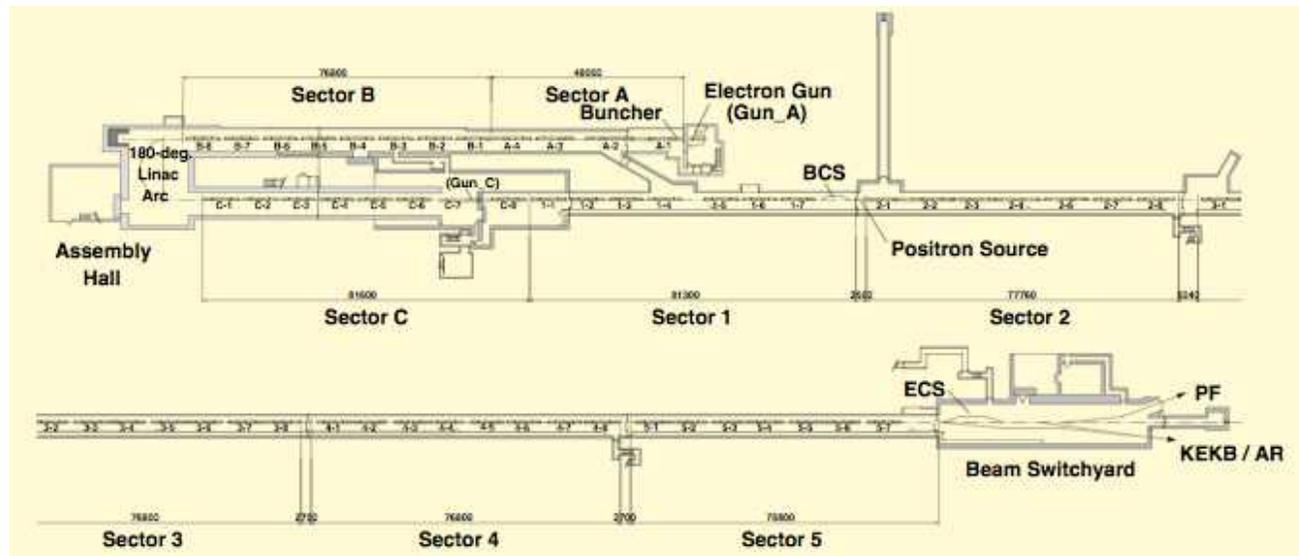
- KEK、メーカーとともに旧トリスタン計画の人的資源、物的資源（製造、試験設備）の遺産を有効に活用できた.

- 2. 超伝導加速空洞
 - 高調波共振モードの減衰
 - 数人の職員が製造の技術指導までも担当.



● 3. 入射器linacの増強

- エネルギー増強 e^- : 8 GeV, e^+ : 3.5 GeV
- 陽電子源の増強
- 連続入射
 - PF から KEKB への組織移動



- 
- 4. ビームダイナミクス
 - 光学口径の確保、非線形性の補正
 - ビーム光学系の安定化
 - 衝突条件の保持
 - インピーダンスの抑制
 - 電子雲効果の抑制
 - ビーム衝突条件の解析
 - 性能向上の困難な過程で若手が育った.
 - SKEKB設計の中核を担っている.

- 5. クラブ空洞
 - 有限交叉角を補償
 - バンチの前後で水平方向に傾ける
 - KEKB運転中に冷凍機グループが完成

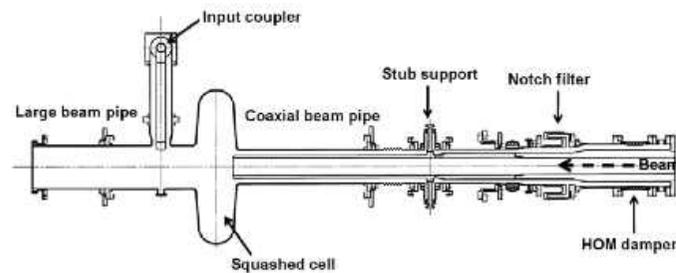


Fig. 5-3-1-8 Schematic view of KEKB crab cavity.



Fig. 5-3-1-9 KEKB superconducting crab cavities. (left) Crab cavity for HER and (right) crab cavity for LER.

KEKB加速器の職員構成(1999年)

グループ名	教員(74)	技術員(24)
常伝導RF	8	3
超伝導空洞	5	
冷凍機	3	4
電磁石	8	1
ビームモニター	5	3
真空	3	3
ビーム輸送	7	1
制御	7	5
ビーム開発	9	
リニアック	19	4

KEKB加速器職員の確保

- KEBK加速器の職員数は、TRISTAN建設にあわせて増加した。これらの若手は建設、立ち上げ、運転に寄与することで、専門家として育成された。
- その後、一部の職員は新たな計画へ移動した。
- KEBK加速器建設の際には人員の増加はなく、TRISTANの場合よりも少ない人員で担当した。
- TRISTAN加速器の経験者が、精鋭部隊として短期間にKEKB加速器を作り上げた。
 - ハードウェア担当の若手が育たなかった。
 - 建設中は忙しすぎて大学院生も育てられなかった。
 - ビーム光学設計の観点で革新的であり、この分野の若手が育った。

KEKB加速器人材の確保

- 20数名の運転員（業務委託）を状況に応じて補助者として配置した。作業経験は運転時の加速器状況の理解に役立つであろうと想定。
- KEKで長年仕事をしてきた外部業務委託者の経験を生かした。
 - 加速器機器の組み立て、設置。
 - 測量、アライメント。
 - 磁場測定。
 - 小規模な配線、配管作業。
- これらの作業員を積極的に将来の加速器のために育成するという意識は少なかった。

ヒアリングで依頼された他の事項

- KEKBにおける職員構成、人数、共同利用者の状況
 - 共同利用者数(FY1999) 232人 (P:12,AP:21, RA:10, GS:69)
- 建設監督を行う人材の確保、育成方針
 - これまでの実績で選抜、徐々に分担を増やす。
 - 多数の監督人材を増やす場合はなかった。
- 企業側との連携（部品製造、組上げ、人材確保）
- 国際大型研究プロジェクトを長期に主導できるリーダー像とその育成、確保
 - 必ずしもすべてを理解している必要はないが、有能な担当者を見分けることができ、集めることができることが必須。
 - リーダーは文化によっていて、西欧式のリーダーなのか、日本式のリーダーなのかによって、組織の組み上げ方が決まってしまう。
 - ただでさえ人材が不足しているところで、リーダーの権限で部下を選択し、責任を取ることができるプロジェクトの組織を作ることは、課題であろう。



- 国際大型プロジェクトを通じた大学院生等の若手研究者の育成

- KEKB加速器では若手研究者はほとんど育てられなかった.
- SKEKB加速器では世代交代により若手が少し育っているが、特にハードウェアの若手が不足しており課題となっている.
- この分野へ大学院生が来ない. 研究者への門戸が狭い.
- KEK加速器では職員数の能力を超えたプロジェクトが続いていて、若手の受け入れが難しい. また、博士論文の完成時期がプロジェクトの進行に依存するために、希望通りになりにくい.
- R&D加速器では、若手の育成に成功している.