

# Fifty-Year History of KEK Accelerator Activities

Shin-ichi Kurokawa  
KEK

JAS2008  
RRCAT, Indore  
January 9, 2008

# Brief History of KEK

2010

← '06 : 200 MeV J-PARC Proton Linac was commissioned.

← '05 : Proton Synchrotron of KEK was shut down.

← 2000 '01 : J-PARC was approved.

← '98 : KEKB collider started beam collision.

1990

← '86 : TRISTAN collider started beam collision.

← '83 : 2.5 GeV Photon Factory commissioned.

← 1980 '82 : 2.5 GeV Electron Linac of KEK started operation.

← '76 : 12 GeV Proton Synchrotron of KEK became operational.

← 1970 '71 : KEK was founded.

1970

← '61 : 1.3 GeV Electron Synchrotron of INS became operational.

1960

← '55 : Institute of Nuclear Studies (INS) was founded.  
Univ. Tokyo

1950

# List of Domestic major accelerator facilities in Japan (surveyed by Particle Accelerator Society of Japan in 2004)

## 国内主要加速器関連施設

学会誌「加速器」編集委員会による中間報告（大学及び研究所を中心：2004年9月10日現在）に基づく、日本国内の主要加速器関連施設の一覧表です。誤記や御気付きの点は加速器学会事務局までご連絡下さい。

(\*：静電加速器は加速電圧)

機関/所属	加速器の種類・名称	エネルギー(*)	所在地
北海道大学大学院工学研究科	電子線形加速器 (Sバンド)	45MeV	北海道
	電子線形加速器 (Sバンド)	4MeV	北海道
日本原子力研究所むつ事業所	タンデトロン	3MV	青森県
秋田県立脳血管研究センター画像診断センター	PET用小型サイクロトロンBC168	p: 16MeV, d: 8MeV	秋田県
日本アイソトープ協会仁科記念サイクロトロンセンター	PET用小型サイクロトロンMCY1750	p: 16.9MeV, d: 8.3MeV	岩手県
岩手医科大学サイクロトロンセンター	PET用小型サイクロトロンMCY1750	p: 16.9MeV, d: 8.3MeV	岩手県
東北大学大学院工学研究科	ダイナミトロン	4.5MV	宮城県
東北大学サイクロトロンRIセンター	AVF K110	p: 90MeV+H.I.	宮城県
	PET用小型サイクロトロンHM12	p: 12MeV, d: 6MeV	宮城県
東北大学原子核理学研究施設	電子線形加速器 (Sバンド)	300MeV	宮城県
	STBリング (電子)	1.2GeV	宮城県
長岡技術科学大学極限エネルギー密度工学研究センター	タンデム	1.7MV	新潟県
	大強度パルスビーム発生装置	3MV	新潟県
	大強度パルスビーム発生装置	8MV	新潟県
	大強度パルスビーム発生装置	0.4MV	新潟県
高エネルギー加速器研究機構加速器研究施設	コッククロフト	750kV	茨城県
	陽子線形加速器	40MeV	茨城県
	ブースターシンクロトロン	0.5GeV	茨城県
	陽子シンクロトロン (PS)	12GeV	茨城県
	電子陽電子入射器 (線形加速器)	8GeV	茨城県
	ダブルストレージリングコライダー (B-Factor)	8GeV×3.5GeV	茨城県
	先端加速器試験装置 (ATF)	1.3GeV	茨城県
	低速陽電子用電子線形加速器	40MeV	茨城県
	陽子線形加速器 (大強度陽子リニアック)	60MeV	茨城県
	高エネルギー加速器研究機構放射光科学研究施設	放射光蓄積リング (PF)	3GeV (2.5GeV)
大強度放射光蓄積リング (PF-AR)		8GeV (6.5GeV)	茨城県
国立環境研究所化学環境研究領域	タンデム	5MV	茨城県
産業技術総合研究所つくばセンター計測標準研究部門	バンデグラフ	4MV	茨城県
	コッククロフト	0.3MV	茨城県
産業技術総合研究所電子加速器施設	電子線形加速器 (Sバンド) (TELL)	500MeV	茨城県
	放射光蓄積リング (TERAS)	0.8GeV	茨城県
	FEL用電子蓄積リング (NUI-IV)	0.31GeV	茨城県
	放射光蓄積リング (NUI-II)	0.4GeV	茨城県
筑波大学研究基盤総合センター	ベレトロン12UD	12MV	茨城県
筑波大学陽子線医学利用研究センター	タンデトロン	1MV	茨城県
	陽子加速器RFQ+DTL	7MeV	茨城県

	陽子シンクロトロン	0.25GeV	茨城県
物質材料研究機構材料研究所	サイクロトロン (BC1710)	p: 17MeV, He3: 26MeV等	茨城県
日本電子照射サービスつくばセンター	ダイナミトロン	5MV	茨城県
東京大学大学院工学研究科	電子線形加速器 (Sバンド)	35MeV	茨城県
	電子線形加速器 (Sバンド)	18MeV	茨城県
日本原子力研究所東海研究所	タンデム加速器	p: 40MeV, ヨウ素: 280MeV	茨城県
	バンデグラフ	p: 1MeV, 窒素: 2MeV	茨城県
	核融合炉物理用中性子源コッククロフト (FNS)	0.4MV	茨城県
	タンデムブースター	C: 250MeV, Au: 910MeV	茨城県
	変圧整流器型 (NIAS)	H: 0.4MeV	茨城県
中性子校正場用ベレトロン	4MV	茨城県	
日本原子力研究所東海駐在関西研究所	超伝導線形加速器	20/38MeV	茨城県
日本原子力研究所那珂研究所	コッククロフト (イオン源試験装置)	H: 0.4MeV	茨城県
日本原子力研究所高崎研究所	タンデム加速器	3MV	群馬県
	シングルエンド・コッククロフト加速器 (陽子, 電子)	3MV	群馬県
	コッククロフト (電子加速器)	2MV	群馬県
	カスケード型ダイナミトロン (電子加速器)	3MV	群馬県
群馬大学大学院医学系研究科	コッククロフト (イオン注入装置) (アルゴン, リン)	0.4MeV	群馬県
	AVF K110	p: 90MeV+H.I.	群馬県
理化学研究所加速器研究施設	PET用小型サイクロトロンBC1710	p: 17MeV, d: 10MeV	群馬県
	ベレトロン	1.7MV	埼玉県
	RFQ型線形加速器 (FCRFQ)	450keV/charge	埼玉県
	重イオン線形加速器 (RILAC)	5.8MeV/u	埼玉県
	AVF K70	p: 15MeV+H.I.	埼玉県
	Ring Cyclotron K540 (RRC)	p: 210MeV+H.I.	埼玉県
立教大学理学部	コッククロフト	300kV	東京都
東京工業大学理学部	バンデグラフ	4.75MV	東京都
東京工業大学原子炉工学研究所	ベレトロン	3MV	東京都
	タンデムベレトロン	1.7MV	東京都
	重イオンIH型線形加速器	2.4MeV/u	東京都
	重イオンIH型線形加速器	3.4MeV/u	東京都
	陽子IH型原理実証線形加速器	2MeV	東京都
	重イオン高強度RFQ型線形加速器	0.22MeV/u	東京都
	重陽子加速IH型線形加速器	3.4MeV	東京都
	半導体用IHQ型線形加速器	0.14MeV/u	東京都
	APF-IH型原理実証線形加速器	0.1MeV/u	東京都
	ガン治療テスト用APF-IH型線形加速器	1.8MeV/u	東京都
重イオンAPF-IH型線形加速器	0.3MeV/u	東京都	

	C60フラレン加速実験装置	0.6MeV	東京都
住友重機械工業技術開発センター	入射器レーストラックマイクロトロン	150MeV	東京都
	小型放射光源AURORA-2S	0.7GeV	東京都
国立がんセンター東病院放射線部	サイクロトロン	p: 235MeV	千葉県
放射線医学総合研究所重粒子医学センター	HIMAC入射器用RFQ	0.8MeV/u	千葉県
	HIMAC入射器用DTL	6.0MeV/u	千葉県
	AVF K110	p: 70+H.I.	千葉県
	AVF	p: 18MeV, d: 10MeV	千葉県
	HIMACシンクロトロン	H.I.: 0.8GeV/u	千葉県
放射線医学総合研究所研究基盤部	タンデム	1MV	千葉県
日本大学量子科学研究所	電子線形加速器 (Sバンド)	125MeV	千葉県
東京理科大学赤外線自由電子レーザー研究センター	FEL用電子線形加速器	40MeV	千葉県
早稲田大学理工学総合研究所	RF電子銃型	5MeV	神奈川県
日本電信電話株式会社先端技術総合研究所	入射器電子線形加速器 (Sバンド)	15MeV	神奈川県
	放射光蓄積リングNo. 1 (Super-ALIS)	0.8GeV	神奈川県
	放射光蓄積リングNo. 2 (NAR)	0.6GeV	神奈川県
静岡県立静岡がんセンター陽子線治療科	RFQ	3MeV	静岡県
	陽子シンクロトロン	0.235GeV	静岡県
自然科学研究機構分子科学研究所極端紫外光研究施設 (UVSOR)	入射器電子線形加速器 (Sバンド)	15MeV	愛知県
	入射器シンクロトロン	0.6GeV	愛知県
	放射光蓄積リング (UVSOR)	0.75GeV	愛知県

名古屋大学年代測定総合研究センター	タンデム	2.75MV	愛知県
	タンデム	2MV	愛知県
名古屋大学大学院工学研究科	KN3750バンデグラフ	3.75MV	愛知県
	AN2500バンデグラフ	2.5MV	愛知県
立命館大学放射光生命科学研究所	超小型シンクロトロンみらくる20	20MeV	滋賀県
	20MeVクラシカルマイクロトロン	20MeV	滋賀県
	超小型シンクロトロンみらくる6X	6MeV	滋賀県
	6MeVクラシカルマイクロトロン	6MeV	滋賀県
立命館大学SRセンター	入射器レーストラックマイクロトロン	150MeV	滋賀県
	小型放射光源AURORA-1	0.6GeV	滋賀県
若狭湾エネルギー研究センター研究開発部	タンデム	5MV	福井県
	シンクロトロン	p: 0.23GeV	福井県
京都大学大学院医学研究科	PET用小型サイクロトロンCYPRIS325	p: 16MeV, d: 8MeV	京都府
京都大学大学院理学研究科	タンデム	8MV	京都府
京都大学量子理工学研究実験センター	タンデトロン	1.7MV	京都府
	バンデグラフ	2MV	京都府
	バンデグラフ	4MV	京都府
	コッククロフト	250KV	京都府
京都大学エネルギー理工学研究所	電子加速器	40MeV	京都府
京都大学エネルギー複合機構研究センター	シングルトロン	1MV	京都府
	タンデトロン	1.7MV	京都府

京都大学原子炉実験所	コッククロフト	100kV	京都府
	電子線形加速器	46MeV	京都府
京都大学化学研究所	陽子線形加速器RFQ+Alvarez	7MeV	京都府
	電子線形加速器 (Sバンド)	100MeV	京都府
	放射光蓄積リング (KSR)	0.3GeV	京都府
日本原子力研究所関西研究所	フォトカソードマイクロトロン	150MeV	京都府
奈良女子大学大学院理学研究科	タンデム	1.7MV	奈良県
産業技術総合研究所関西センターダイヤモンド研究センター	バンデグラフ	2MV	大阪府
	タンデム	1.5MV	大阪府
大阪大学産業科学研究所	電子線形加速器 (Lバンド)	38MeV	大阪府
	電子線形加速器 (Sバンド)	150MeV	大阪府
	RF電子線形加速器 (Sバンド)	40MeV	大阪府
大阪大学核物理研究センター	AVF K140	p: 80MeV+H.I.	大阪府
	Ring Cyclotron K400	p: 400MeV+H.I.	大阪府
大阪大学大学院工学研究科自由電子レーザー研究施設	FEL用電子線形加速器 (Sバンド)	20MeV	大阪府
	FEL用電子線形加速器 (Sバンド)	165MeV	大阪府
大阪府立大学先端科学研究所	OPU電子線形加速器	18MeV	大阪府
	コッククロフトウォルトン電子加速器	600kV	大阪府
	タンデム型イオン加速器	3MV	大阪府
日本電子照射サービス関西センター	バンデグラフイオン加速器	1MV	大阪府
	ダイナミトロン	5MV	大阪府

神戸大学海事科学部	タンデム	1.7MV	兵庫県
	大強度ハルスピーム発生装置	0.4MV	兵庫県
甲南大学理工学部	タンデム	1.5MV	兵庫県
三菱電機株式会社先端技術総合研究所	CWレーストラックマイクロトロン	5MeV	兵庫県
	入射器電子線形加速器 (Sバンド)	20MeV	兵庫県
	入射器シンクロトロン	1GeV	兵庫県
兵庫県立大学高度産業科学技術研究所	放射光蓄積リング	0.6GeV	兵庫県
	電子線形加速器 (LEENA)	15MeV	兵庫県
	放射光蓄積リングNewSUBARU	1.5GeV	兵庫県
兵庫県立粒子線医療センター装置管理科	RFQ+DTL	5MeV	兵庫県
	シンクロトロン	C: 0.32GeV/u, p: 0.23GeV	兵庫県
高輝度光科学研究センター	RF電子銃試験装置 (Sバンド)	30MeV	兵庫県
	入射器電子線形加速器 (Sバンド)	1.2GeV	兵庫県
	入射器シンクロトロン	8GeV	兵庫県
	放射光蓄積リング (SPring-8)	8GeV	兵庫県
広島大学放射光科学研究センター	入射器レーストラックマイクロトロン	150MeV	広島県
	小型放射光源HISOR	0.7GeV	広島県
広島大学産学連携センター	超高速電子周回装置REFER	150MeV	広島県
広島大学原爆放射線医学研究所	生物照射用中性子発生装置 (シェンケル型イオン加速器)	3MV	広島県
広島大学大学院工学研究科	AN2500バンデグラフ	2.5MV	広島県
九州大学理学研究院	タンデム・バンデグラフ	11MV	福岡県
	タンデトロン	1MV	福岡県
九州大学応用力学研究所	PET用小型サイクロトロンBC1710	p: 17MeV, d: 10MeV	福岡県
佐賀県立九州シンクロトロン光研究センター	入射器電子線形加速器 (Sバンド)	250MeV	佐賀県
	放射光蓄積リング	1.4GeV	佐賀県

# A List of Medium Energy (and Ion) Accelerators in Japan (extracted from PASJ survey)

## SR facilities

ERL @JAEA: 20/38MeV

FEL @Nihon-U.: 125MeV

FEL @Tokyo-U. of Science: 40MeV

FEL @Osaka-u.: 165MeV

TERAS @ ARIST: 0.8GeV (Advanced Industrial Science and Technology)

UVSOR @IMS: 0.75GeV (Institute for Molecular Science)

AURORA @Ritsumeikan-U.: 0.6GeV

HiSOR @Hiroshima-U.: 0.7GeV

**Not included in this list is XFEL (8GeV) project (RIKEN and JASRI)**

**(To be completed in 2010)**

# A List of Medium Energy (and Ion) Accelerators in Japan (continued)

## Cancer Therapy facilities

**New facility (GHMC) of  
Gunma-U. will be  
presented by Yamada-san**

PMRC @Tsukuba-U.: 250MeV (Proton)

cyclotron @NCC: 235MeV (Proton) (National Cancer Center)

HIMAC @NIRS: 800MeV/u (National Institute of Radiological Sciences)

synchrotron @SCC: 235MeV (Proton) (Shizuoka Cancer Center)

W-MAST @WERC: 230MeV (Wakasa Wan Energy Research Center)

PATRO @HIBMC: 320MeV/u (Carbon) (Hyogo Ion Beam Medical Center)  
230MeV (Proton)

## Ion facilities

Cyric@Tohoku-U.: AVF (K 130MeV)

Tandem @JAEA: 40MeV (Proton), 280MeV (Iodine)

RRC @RIKEN: Ring Cyclotron (K 540MeV)

Ring Cyclotron @Osaka-U.: K 400MeV

**Many small ion  
accelerators in  
Japan**

**The world biggest cyclotron (SRC@RIKEN) not listed here will be covered by Yano-san's talk.**

**And FFAG will be presented by Mori-san.**

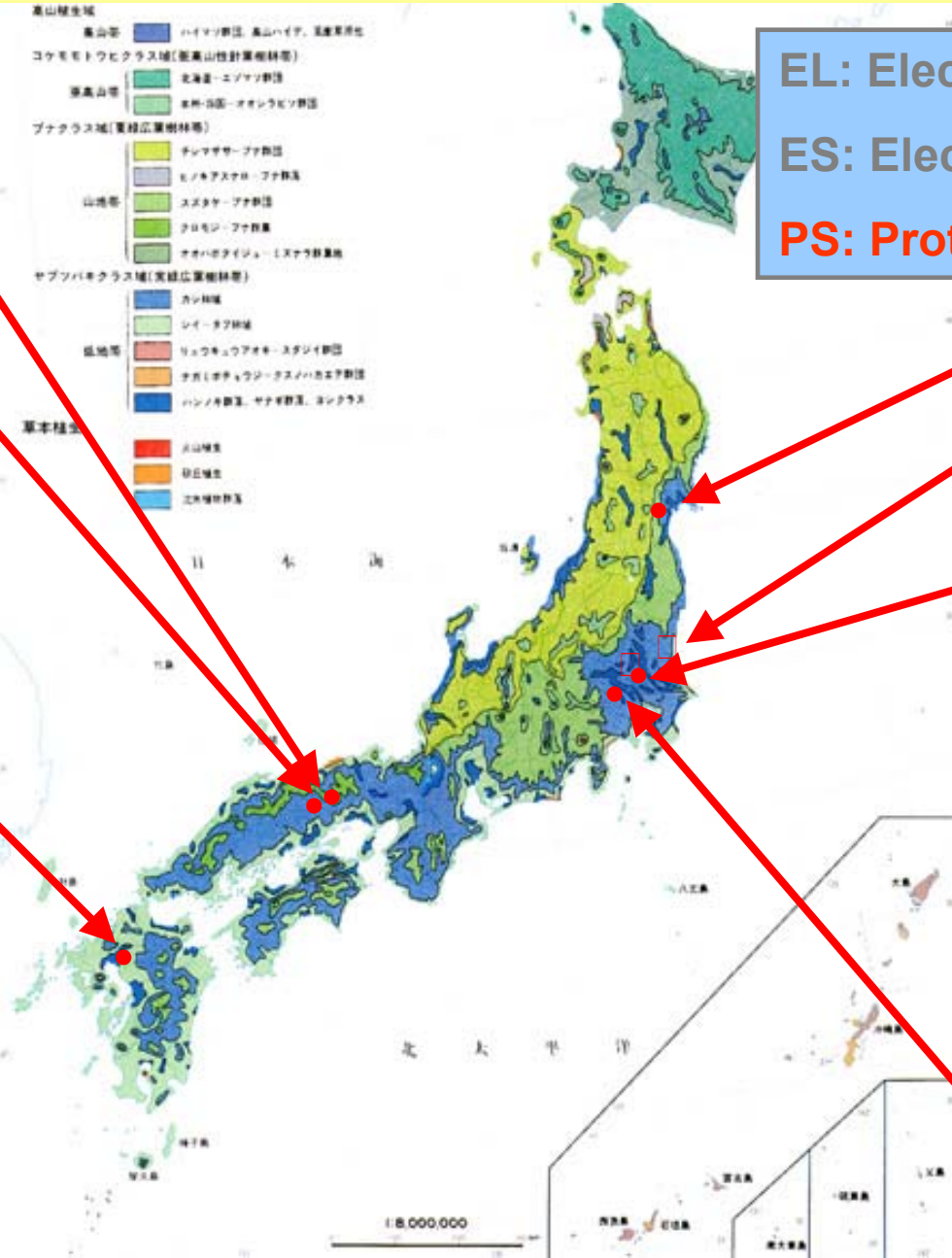
# GeV Class Accelerators in Japan

EL: Electron Linac  
 ES: Electron Synchrotron/Ring  
 PS: Proton Synchrotron

1.5 GeV ES,  
 newSubaru

1.2 GeV EL  
 8 GeV ES  
 SPring-8

1.4 GeV ES  
 Saga L.S.



1.2 GeV ES, U-Tohoku  
 J-PARC { 3 GeV PS  
 50 GeV PS

12 GeV PS (shutdown)  
 2.5 GeV EL  
 → 8 GeV  
 2.5 GeV ES  
 6.5 GeV ES  
 30 GeV e<sup>+</sup> e<sup>-</sup> Collider  
 → 3.5 x 8 GeV KEKB  
 1.3 GeV ES, ATF

1.2 GeV ES, U-Tokyo  
 (shutdown)



# KEK : High Energy Accelerator Research Organization



**KEK**  
Tokai Campus



**KEK**  
Tsukuba Campus



**Tokyo**

Tsukuba, Japan

TerraMetrics  
technologies

© 2005 Google

Zooming | 100%

Eye alt 176.97 mi

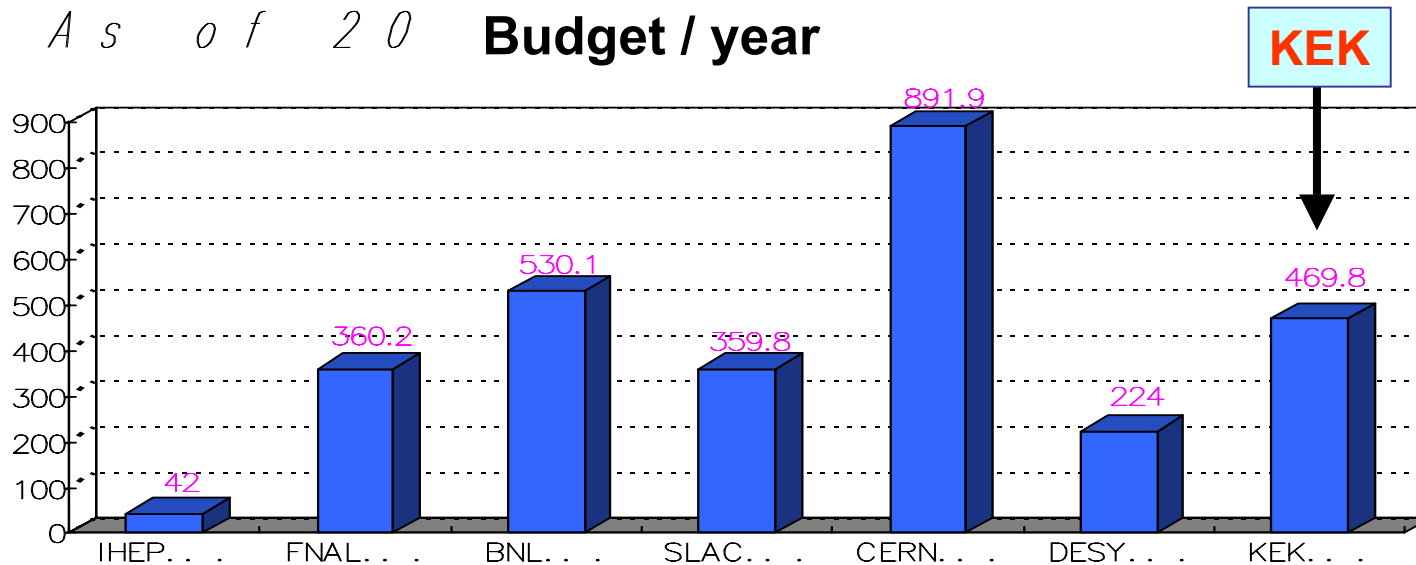




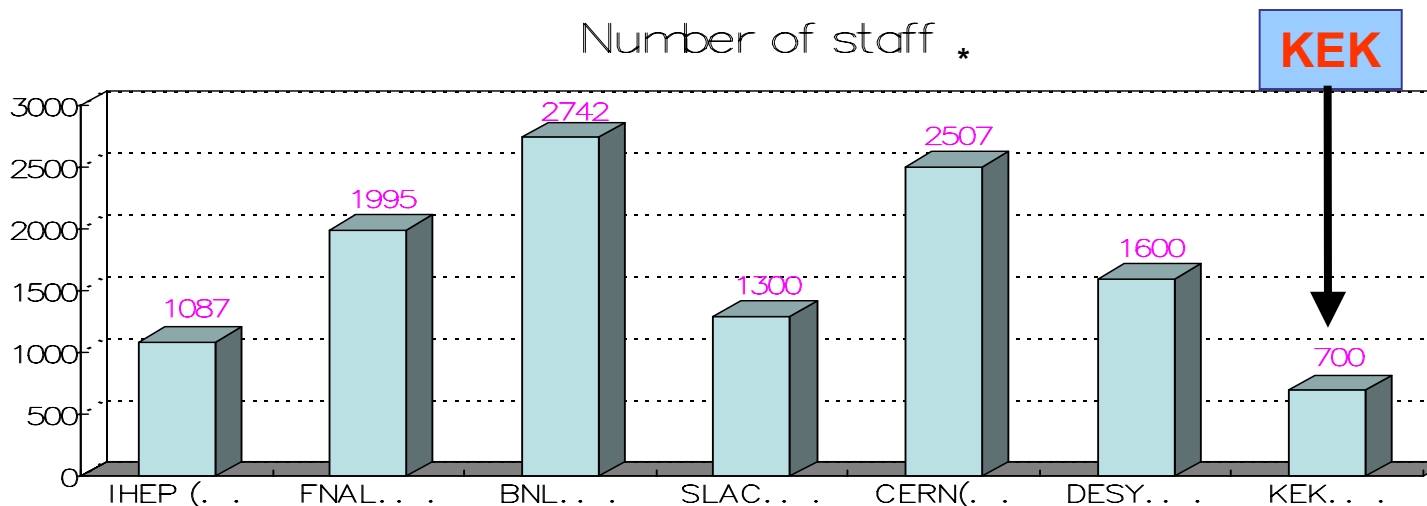
# Budget and manpower

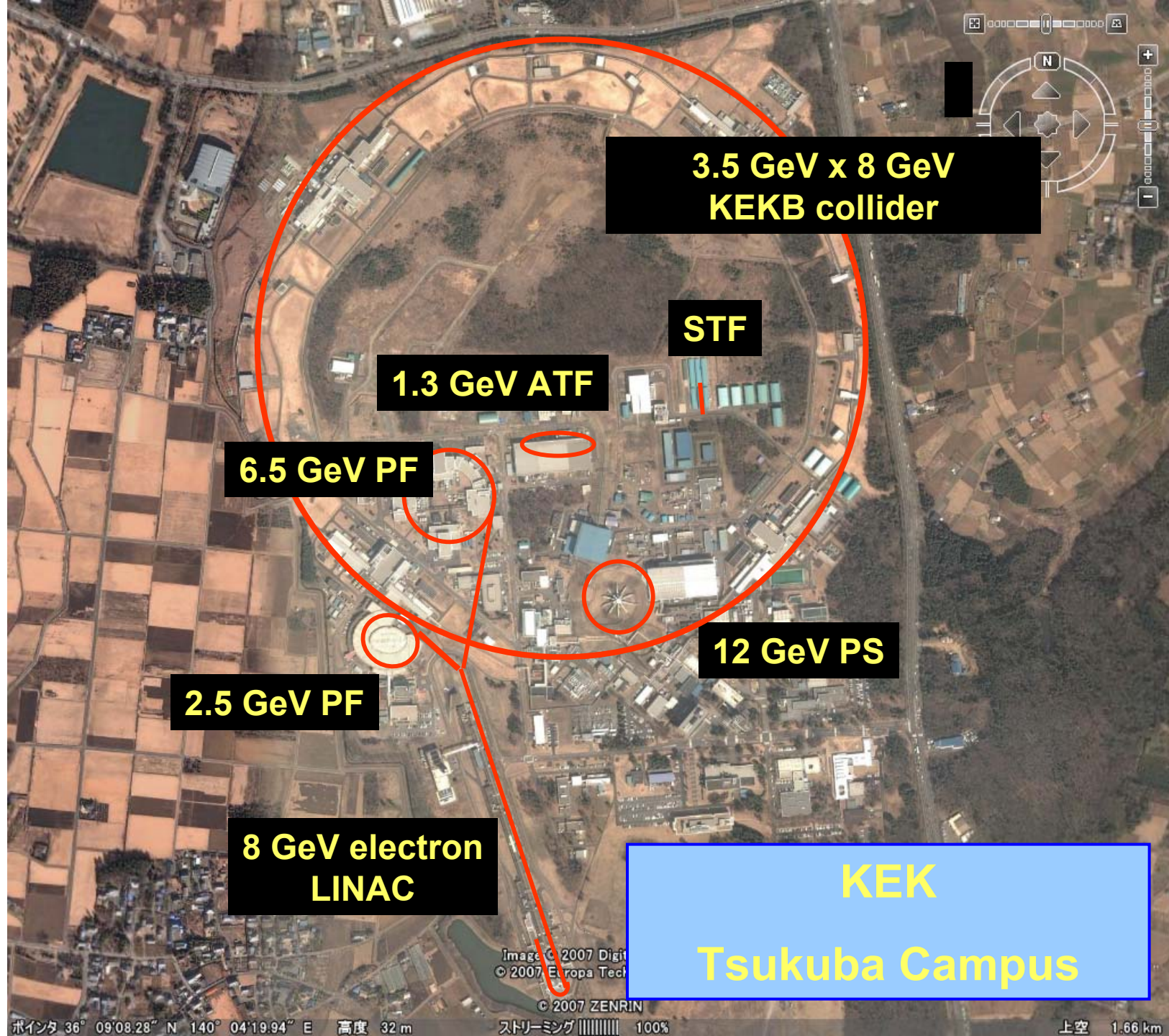
units of 1M US\$

As of 20 Budget / year



Number of staff \*





**3.5 GeV x 8 GeV  
KEKB collider**

**STF**

**1.3 GeV ATF**

**6.5 GeV PF**

**12 GeV PS**

**2.5 GeV PF**

**8 GeV electron  
LINAC**

**KEK  
Tsukuba Campus**

Image © 2007 Digit  
© 2007 Europa Tech

© 2007 ZENRIN

ポインタ 36° 09'08.28" N 140° 04'19.94" E 高度 32m

ストリーミング 100%

上空 1.66 km

# Brief History of KEK

2010

← '06 : 200 MeV J-PARC Proton Linac was commissioned.

← '05 : Proton Synchrotron of KEK was shut down.

← 2000 '01 : J-PARC was approved.

← '98 : KEKB collider started beam collision.

1990

← '86 : TRISTAN collider started beam collision.

← '83 : 2.5 GeV Photon Factory commissioned.

← 1980 '82 : 2.5 GeV Electron Linac of KEK started operation.

← '76 : 12 GeV Proton Synchrotron of KEK became operational.

← '71 : **KEK was founded.**

1970

← '61 : 1.3 GeV Electron Synchrotron of INS became operational.

← '55 : Institute of Nuclear Studies (INS) was founded.

1950

Univ. Tokyo

# KEK in 1971



# Brief History of KEK

2010

← '06 : 200 MeV J-PARC Proton Linac was commissioned.

← '05 : Proton Synchrotron of KEK was shut down.

← 2000 '01 : J-PARC was approved.

← '98 : KEKB collider started beam collision.

1990

← '86 : TRISTAN collider started beam collision.

← '83 : 2.5 GeV Photon Factory commissioned.

← 1980 '82 : 2.5 GeV Electron Linac of KEK started operation.

← '76 : 12 GeV Proton Synchrotron of KEK became op'l.

← 1970 '71 : KEK was founded.

1970

← '61 : 1.3 GeV Electron Synchrotron of INS became operational.

1960

← '55 : Institute of Nuclear Studies (INS) was founded.

1950

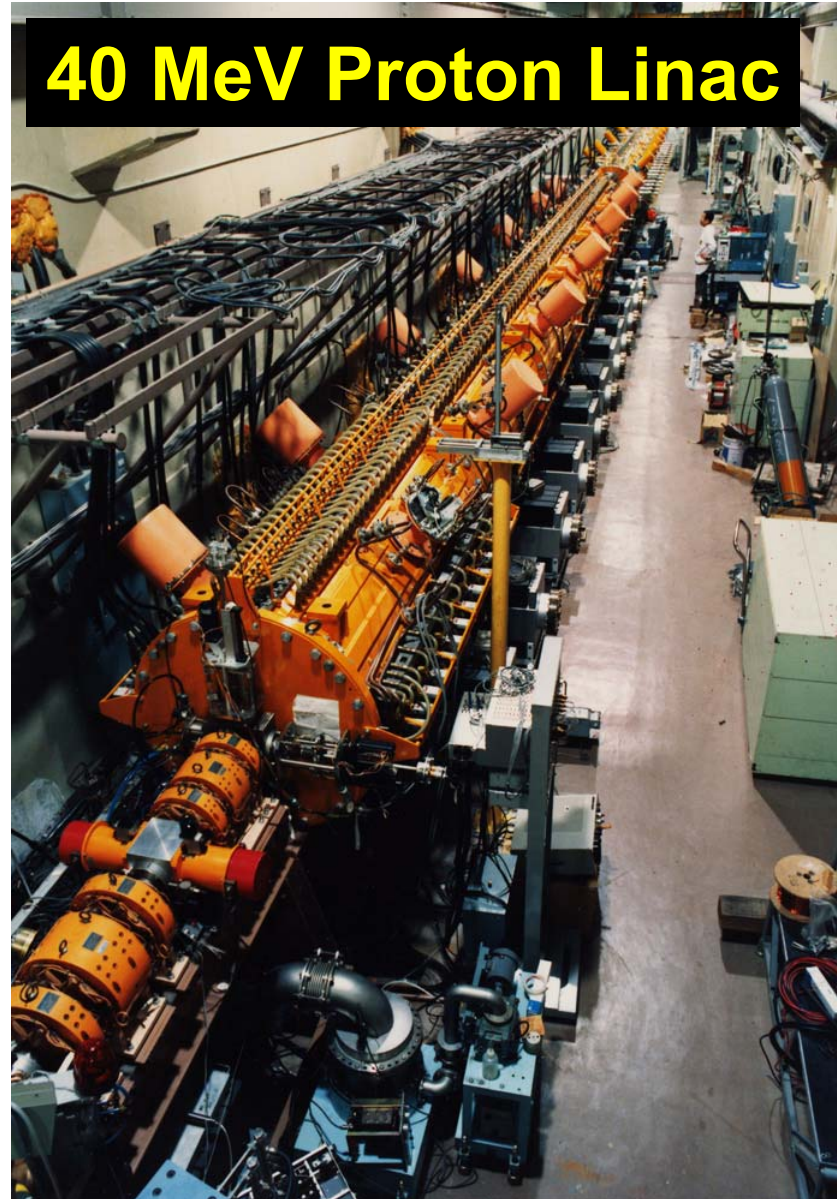
Univ. Tokyo

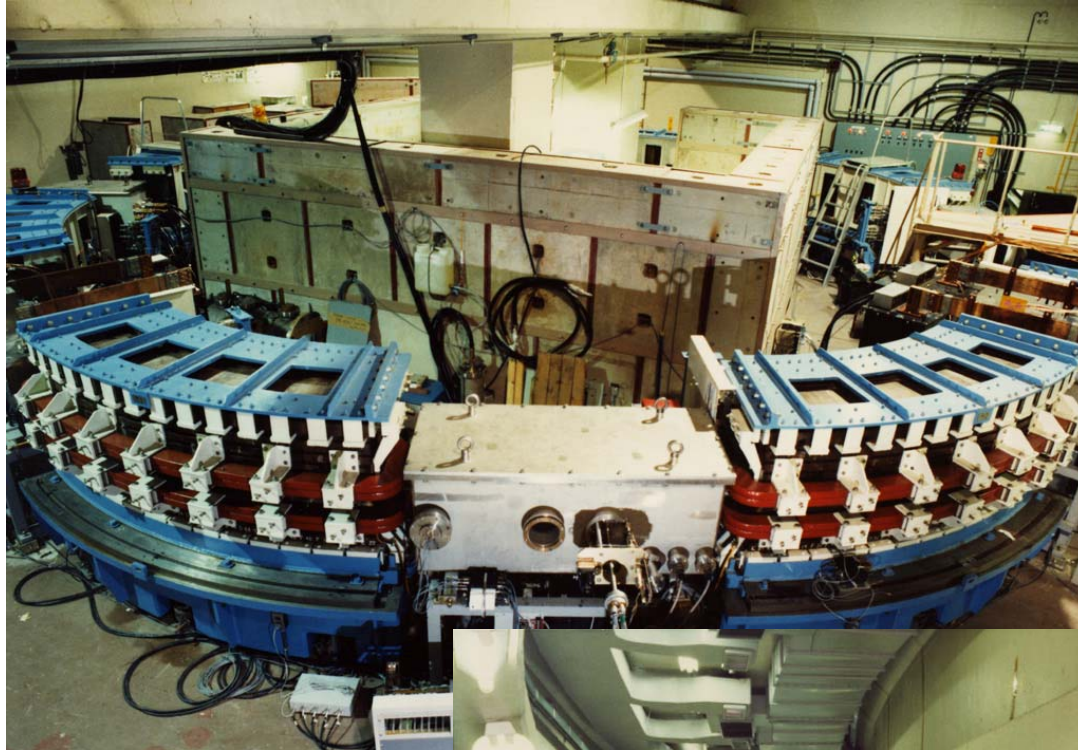
# KEK 12 GeV Proton Synchrotron

**Cockcroft-Walton**



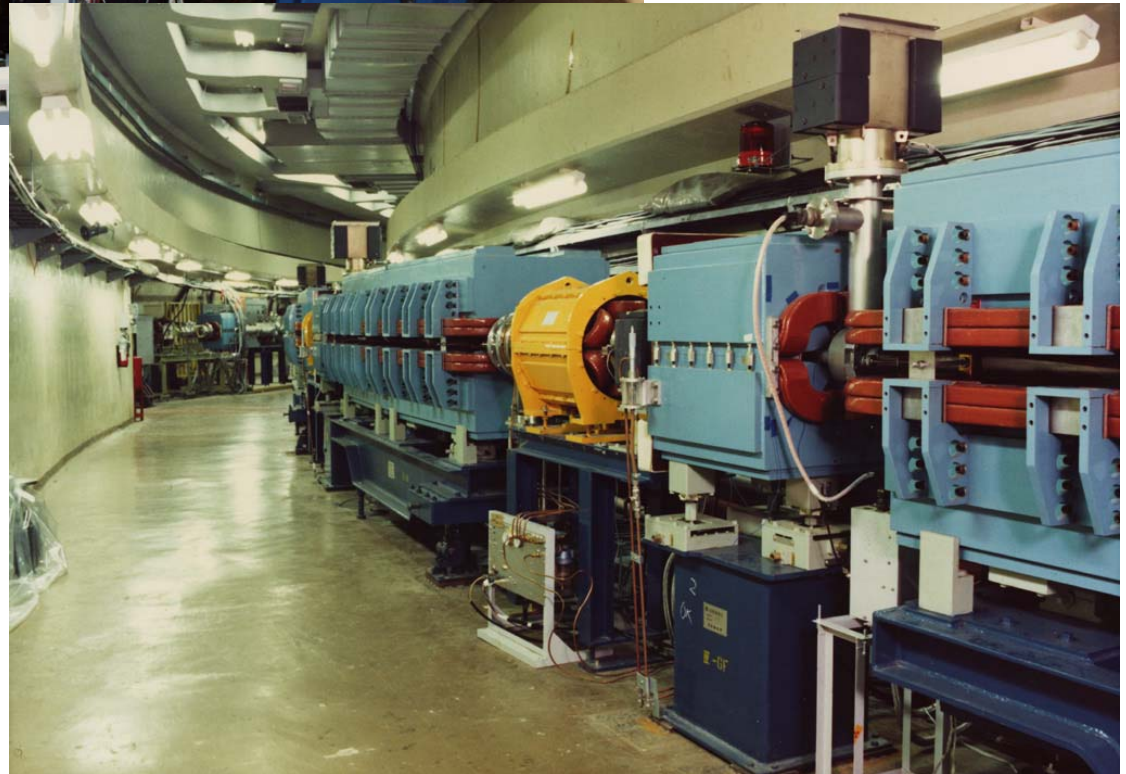
**40 MeV Proton Linac**



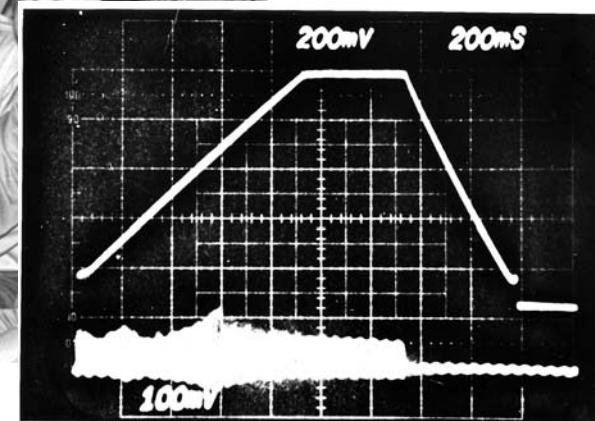


**500 MeV Booster**

**12 GeV PS**



# First Acceleration of PS up to 8 GeV (March 1976)

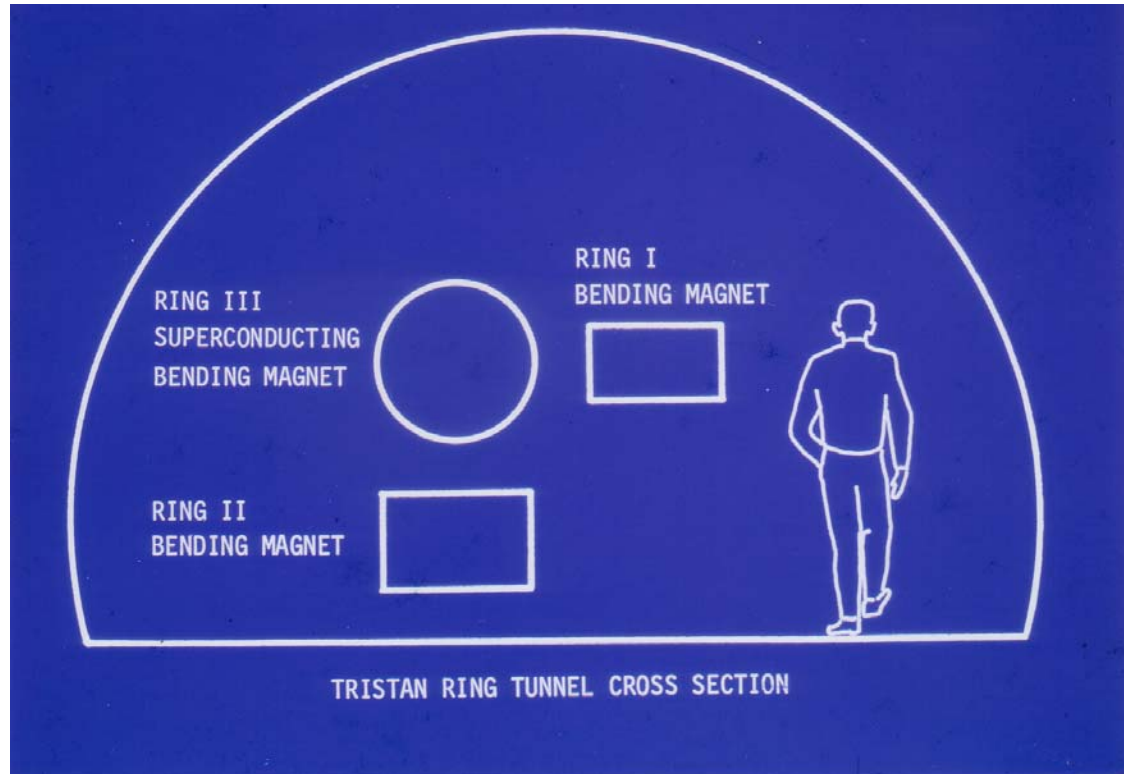




Three-Ring TRISTAN  
( $e^-$ ,  $e^+$ ,  $p$ )  
was proposed in 1973



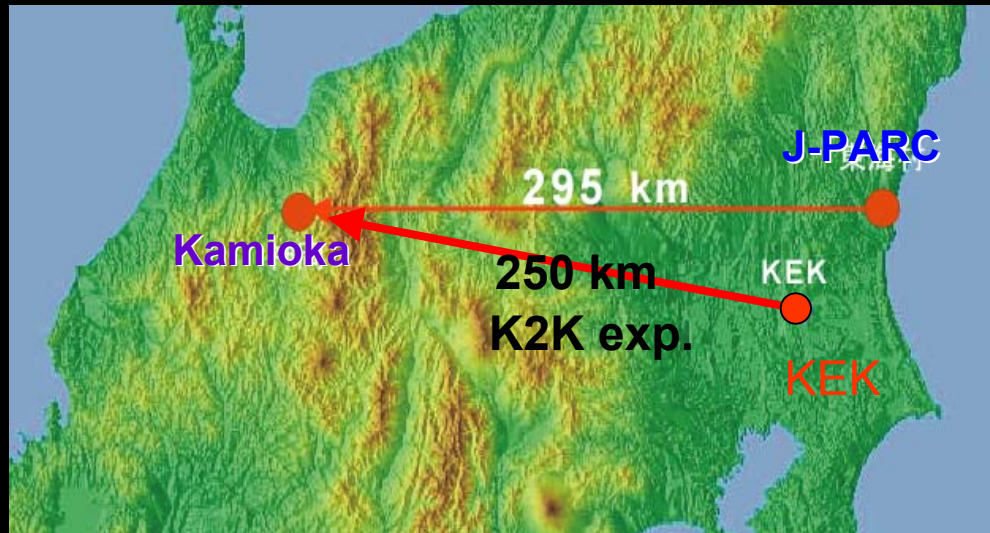
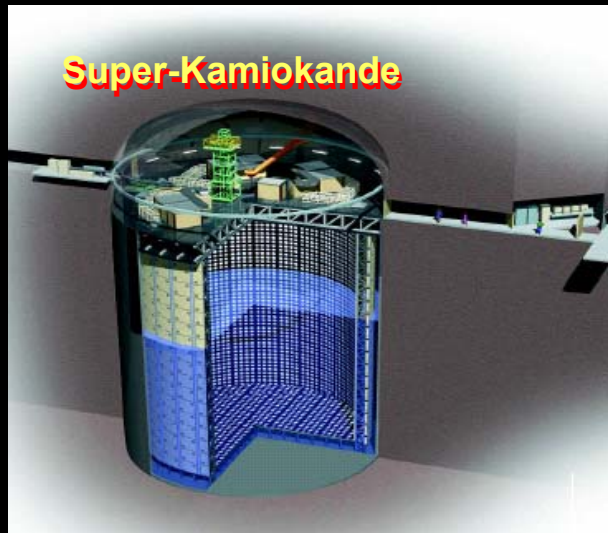
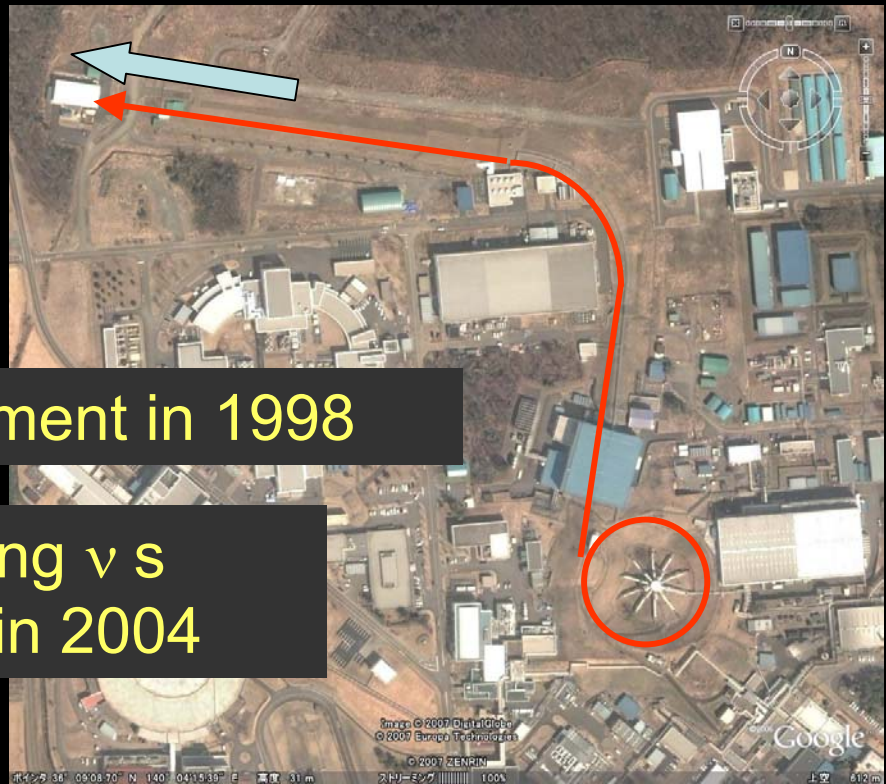
# Three Rings



# Neutrino Oscillation

Found by Kamiokande experiment in 1998

Confirmed by K2K exp. by using  $\nu$  s generated by the Accelerator in 2004



# Brief History of KEK

2010

← '06 : 200 MeV J-PARC Proton Linac was commissioned.

← '05 : Proton Synchrotron of KEK was shut down.

← 2000 '01 : J-PARC was approved.

← '98 : KEKB collider started beam collision.

1990

← '86 : TRISTAN collider started beam collision.

← '83 : 2.5 GeV Photon Factory commissioned.

← 1980 '82 : 2.5 GeV Electron Linac of KEK started operation.

← '76 : 12 GeV Proton Synchrotron of KEK became op'l.

← 1970 '71 : KEK was founded.

1970

← '61 : 1.3 GeV Electron Synchrotron of INS became operational.

1960

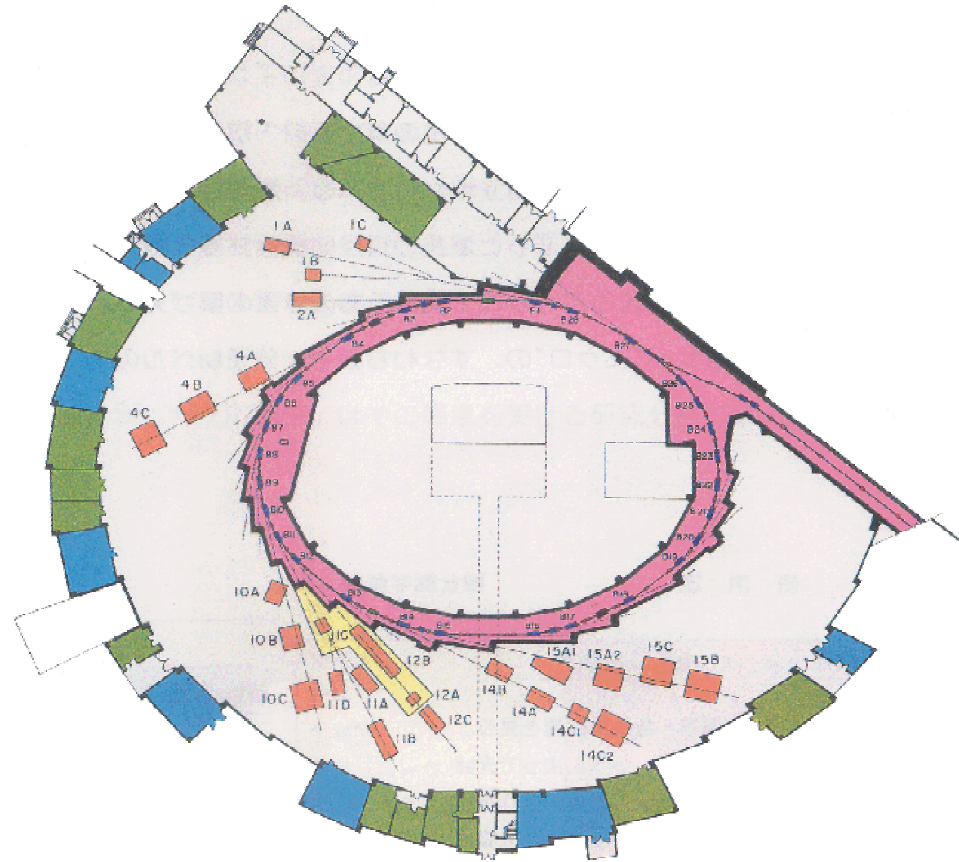
← '55 : Institute of Nuclear Studies (INS) was founded.

1950

Univ. Tokyo

# Photon Factory (PF)

$E=2.5$  GeV,  $C=180$  m



# LINAC (2.5 GeV) full-energy injection to PF



◇ ◇ ◇ ◇ ◇ ◇ ◇ ◇



**3.5 GeV x 8 GeV  
KEKB collider**

**STF**

**1.3 GeV ATF**

**6.5 GeV PF**

**12 GeV PS**

**2.5 GeV PF**

**8 GeV electron  
LINAC**

**KEK  
Tsukuba Campus**

Image © 2007 Digit  
© 2007 Europa Tech

© 2007 ZENRIN

ポインタ 36° 09'08.28" N 140° 04'19.94" E 高度 32 m

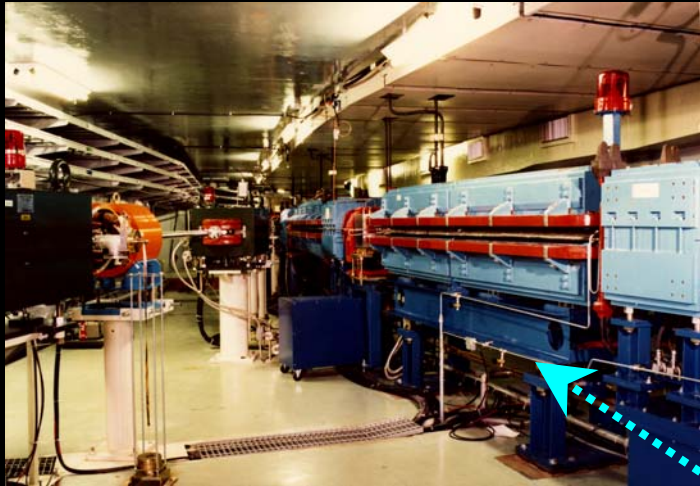
ストリーミング 100%

上空 1.66 km

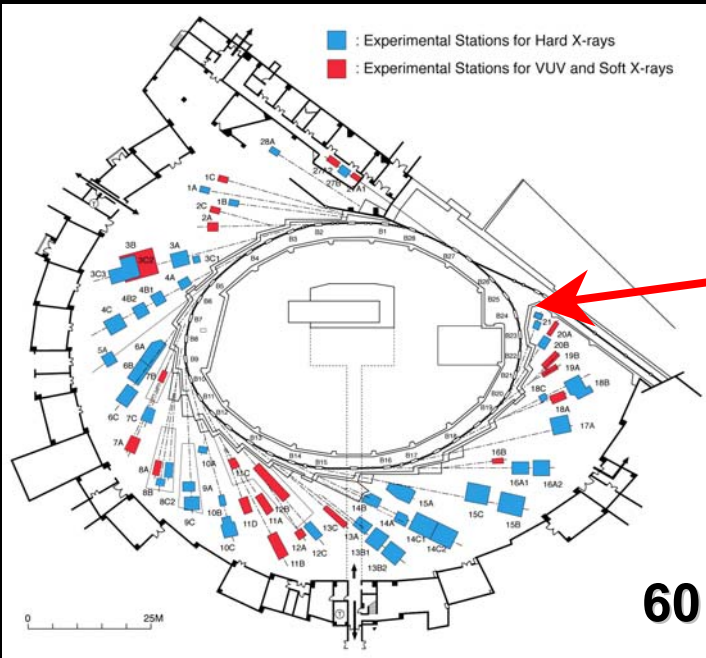
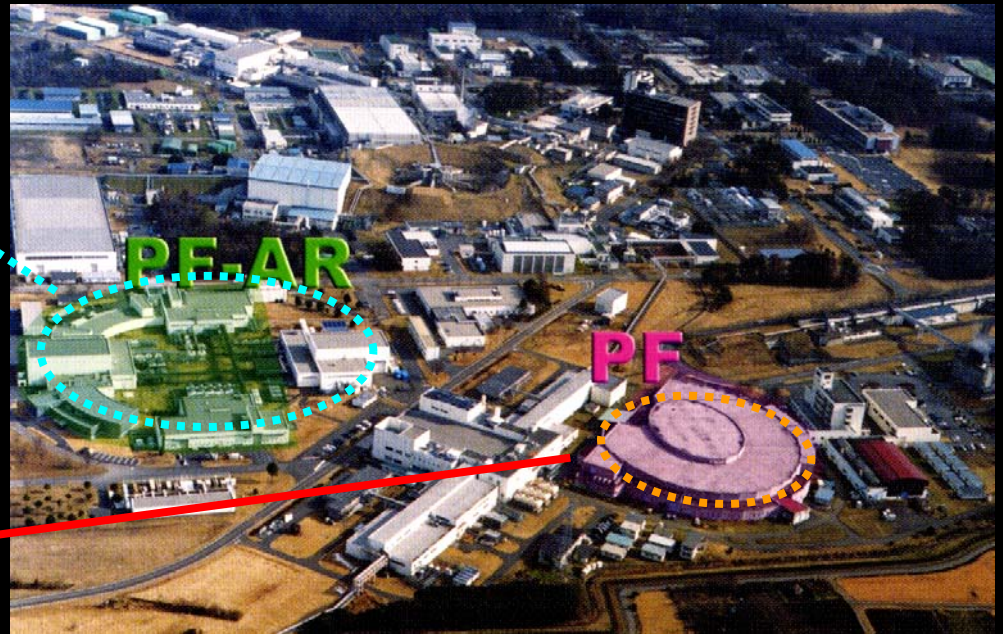




# Photon Factory Rings



**PF: 2.5 GeV, 450 mA**  
**PF-AR: 6.5 GeV, 50 mA**  
**: Single Bunch**



**60 stations : active**

**India proposed to  
construct one beamline  
at PF in 2007**

# Brief History of KEK

2010

← '06 : 200 MeV J-PARC Proton Linac was commissioned.

← '05 : Proton Synchrotron of KEK was shut down.

← 2000 '01 : J-PARC was approved.

← '98 : KEKB collider started beam collision.

1990

← '86 : **TRISTAN collider started beam collision.**

← '83 : 2.5 GeV Photon Factory commissioned.

← 1980 '82 : 2.5 GeV Electron Linac of KEK started operation.

← '76 : 12 GeV Proton Synchrotron of KEK became op'l.

← 1970 '71 : KEK was founded.

1970

← '61 : 1.3 GeV Electron Synchrotron of INS became operational.

1960

← '55 : Institute of Nuclear Studies (INS) was founded.

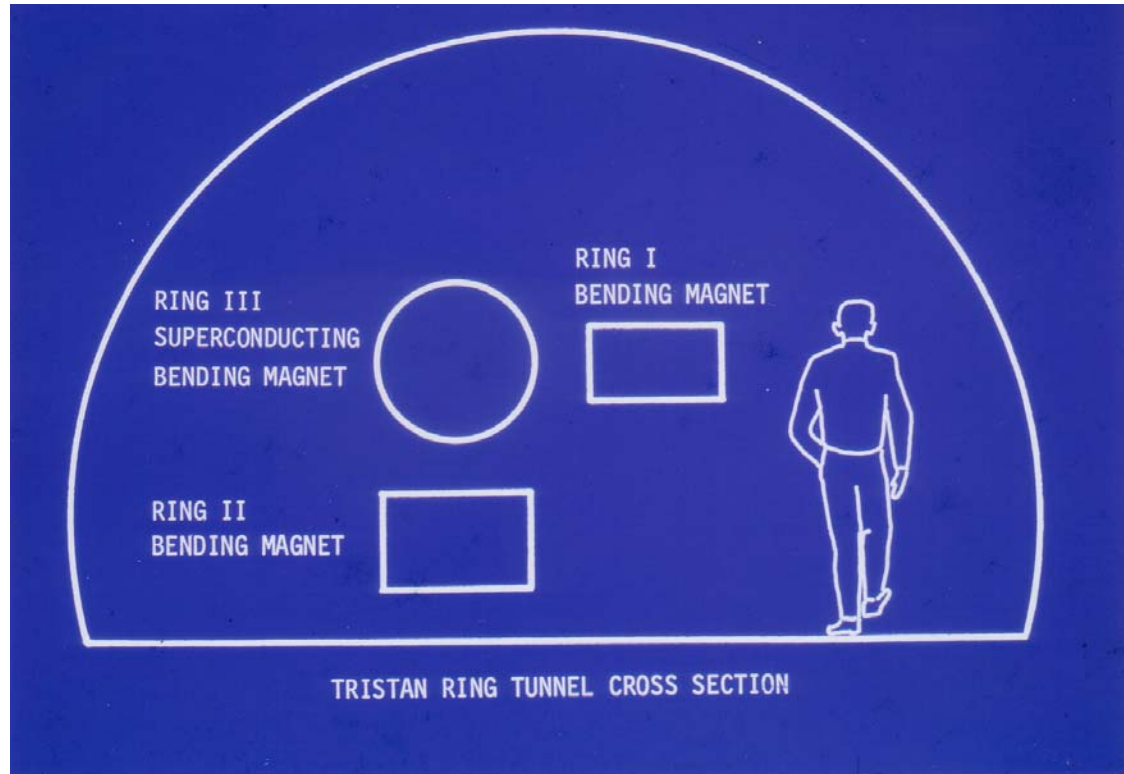
1950

Univ. Tokyo

Three-Ring TRISTAN  
( $e^-$ ,  $e^+$ ,  $p$ )  
was proposed in 1973

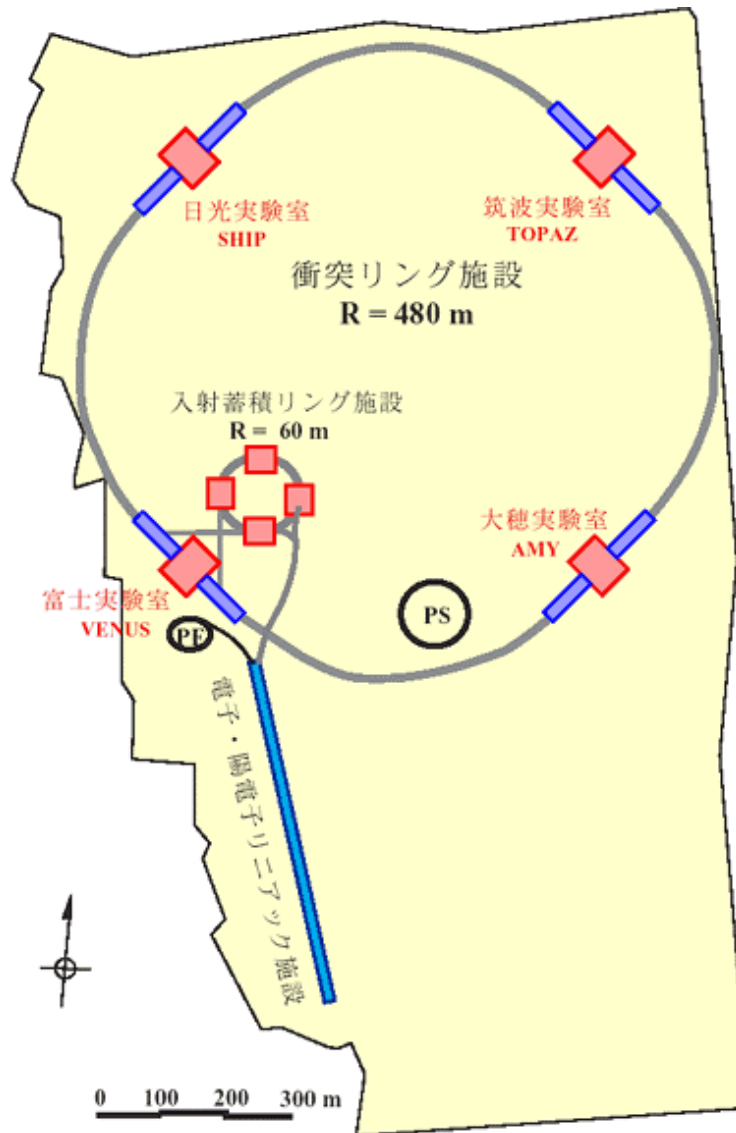


# Three Rings

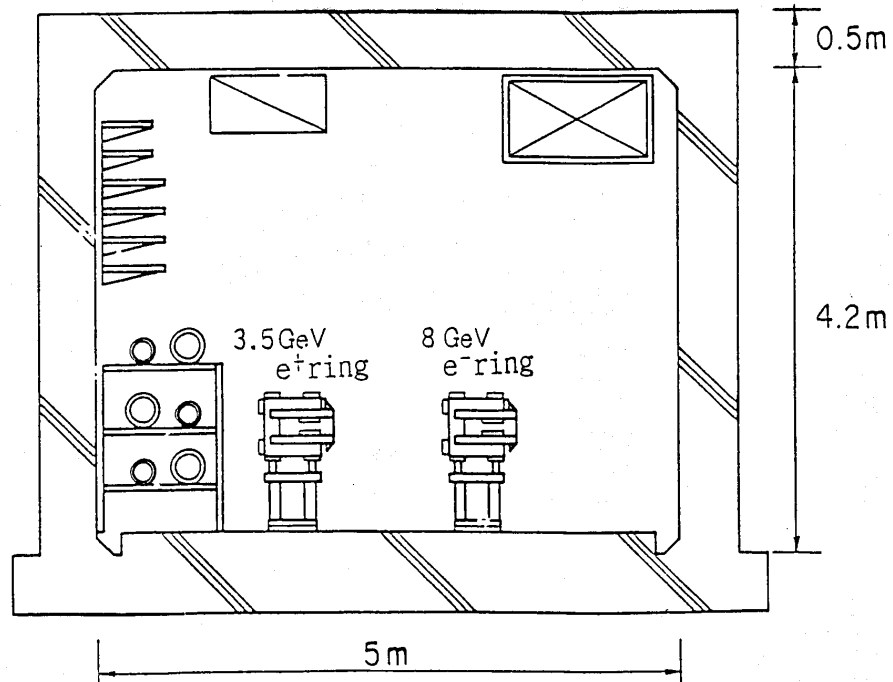


# TRISTAN 30 x 30 GeV e<sup>+</sup>e<sup>-</sup> collider

**Construction  
1981-86  
The highest  
energy e<sup>+</sup>e<sup>-</sup>  
collider at that  
time**

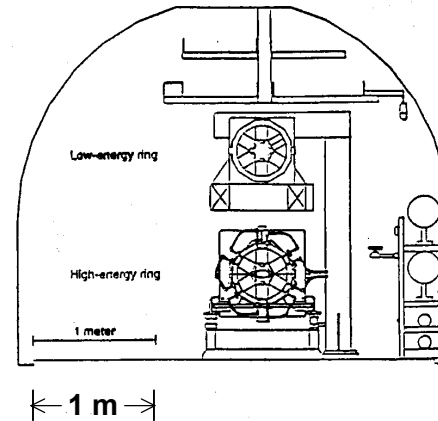


# Tunnels of KEKB and PEP-II



**KEKB**

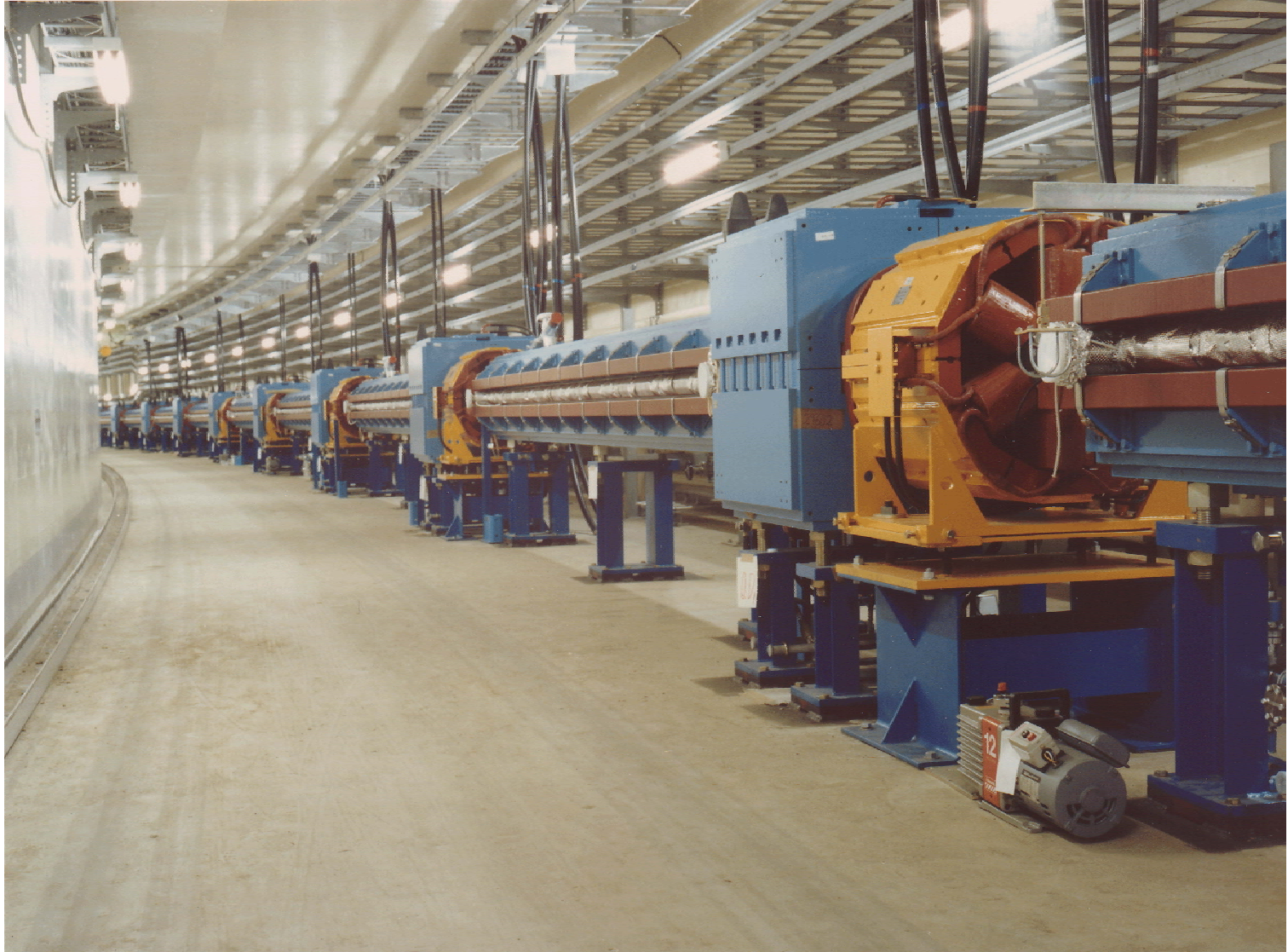
**PEP-II**



# TRISTAN dipole magnets in store



# TRISTAN Ring





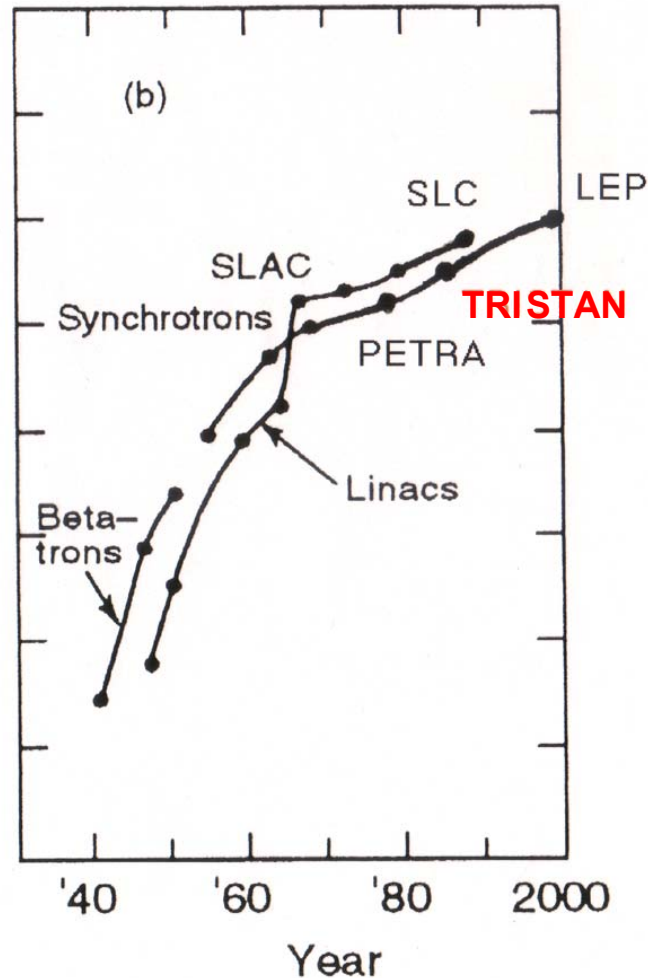


# Superconducting RF cavities of TRISTAN



**The first large-scale application of SCRF cavities in the world**

# History of Energy Increase of e+e- Collider



# Scientific American

January 1980, by Robert Wilson)

The impression should not be given that the only interesting high-energy-physics laboratories are in the U.S. and Western Europe. In Japan a 12-GeV proton synchrotron, KEK, has been operating for several years and a 200-GeV synchrotron, TRISTAN, is planned.

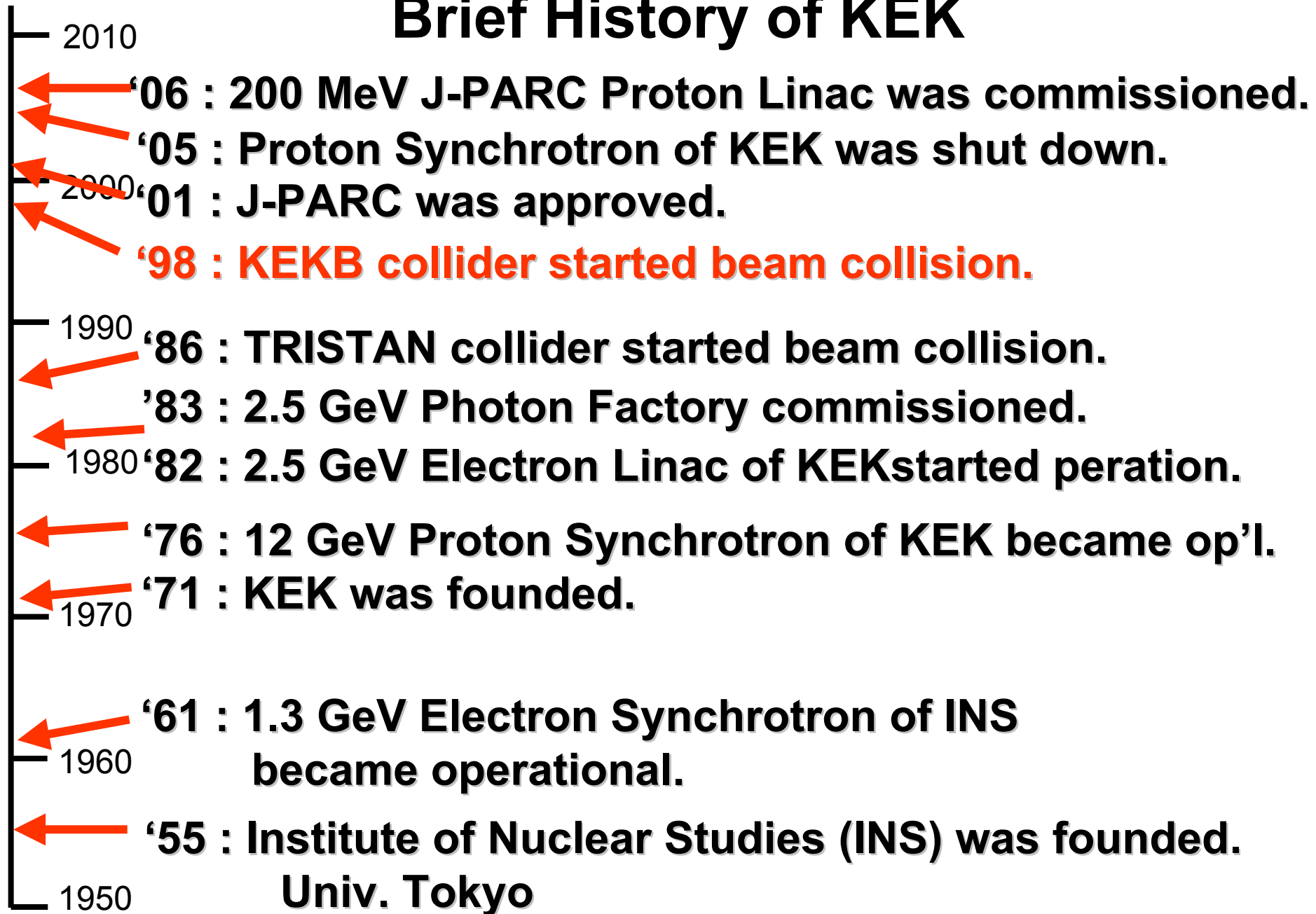
KEK 12GeV TRISTAN 3

50GeV 350GeV ..... 1980.2...

---

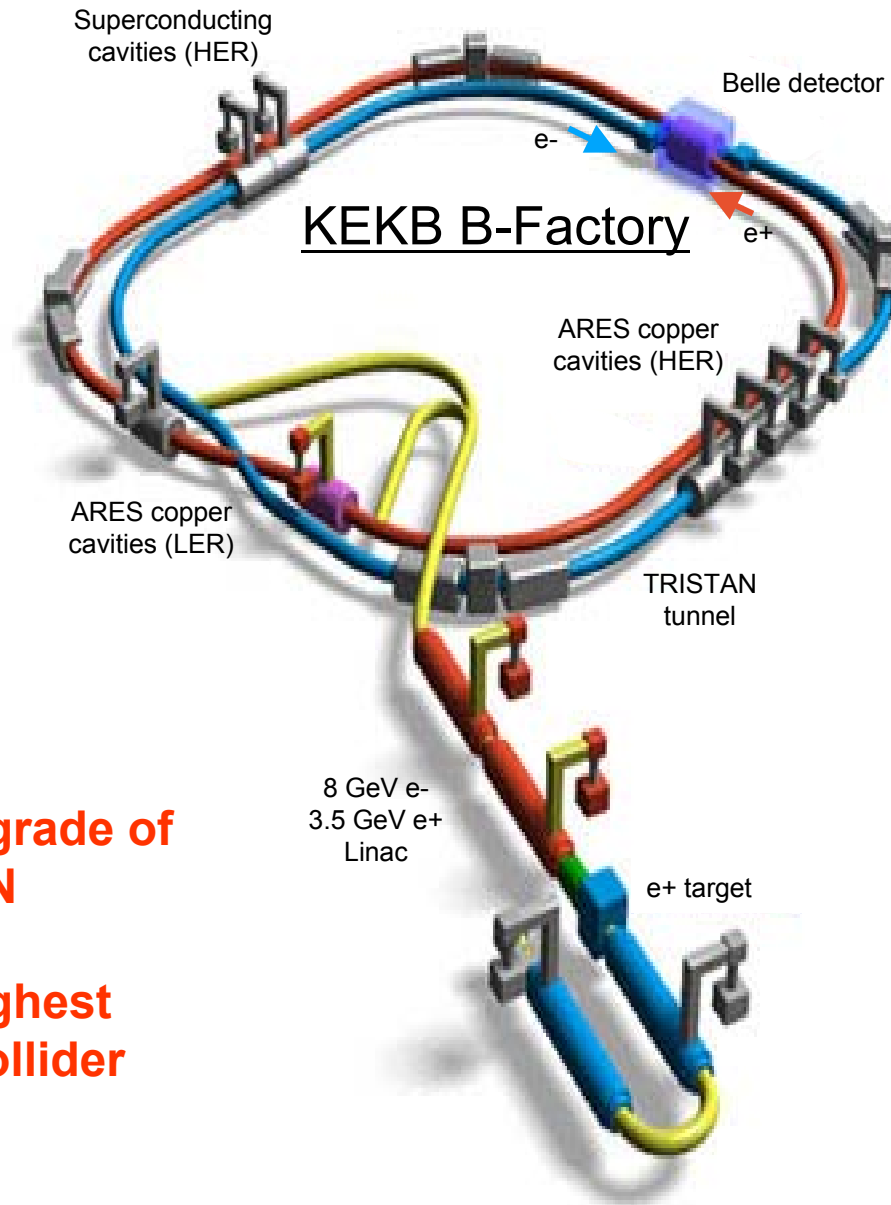
---

# Brief History of KEK



# KEKB = Asymmetric Double-Ring Collider for B-Physics

## 8 GeV Electron + 3.5 GeV Positron



**KEKB is an upgrade of  
TRISTAN  
and  
the world highest  
luminosity collider**

Nikko

Mt. Tsukuba

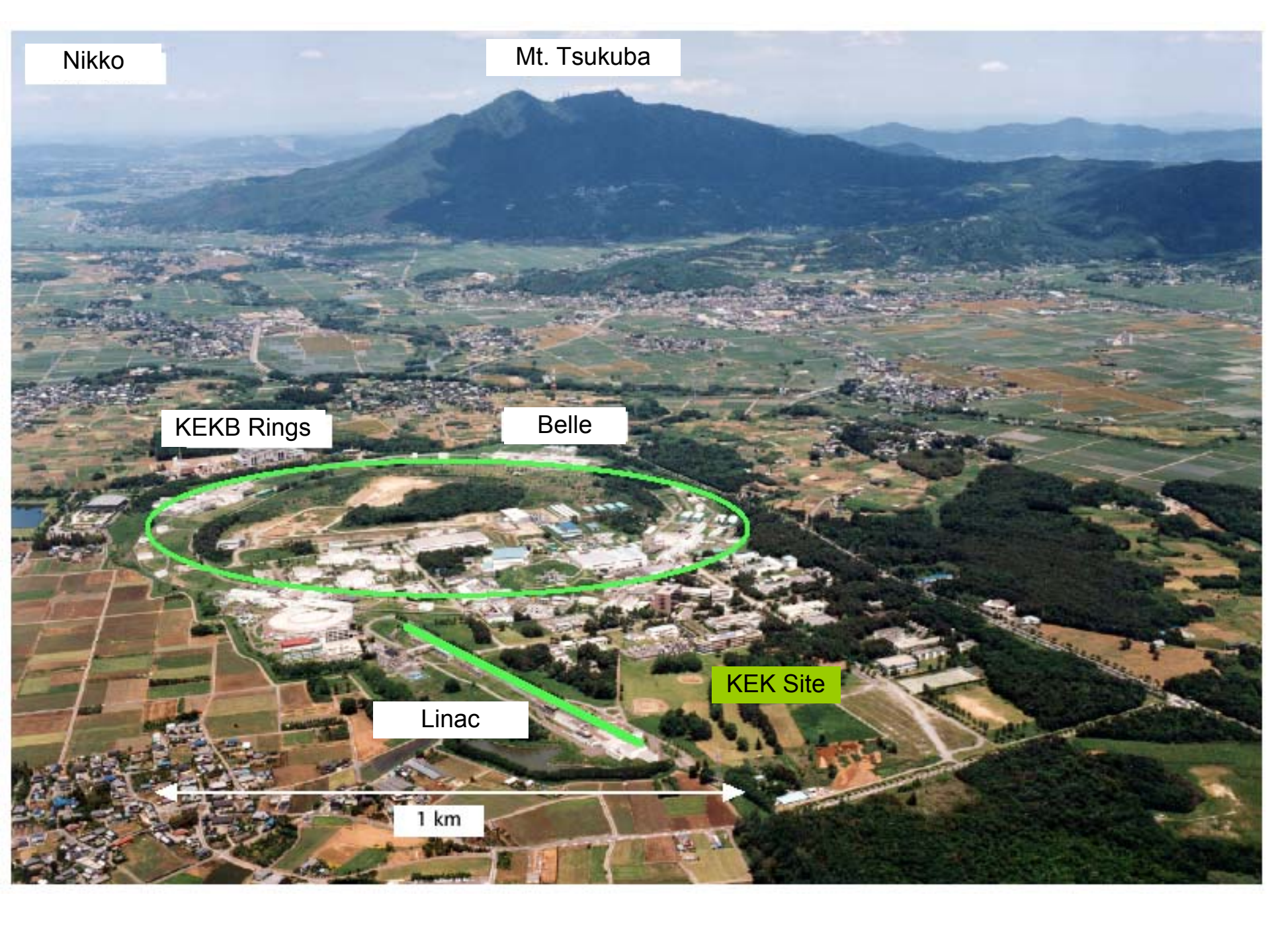
KEKB Rings

Belle

Linac

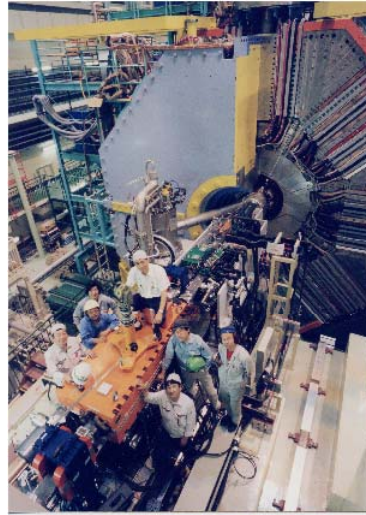
KEK Site

1 km



Superconducting cavities: Achieve high accel. voltage efficiently

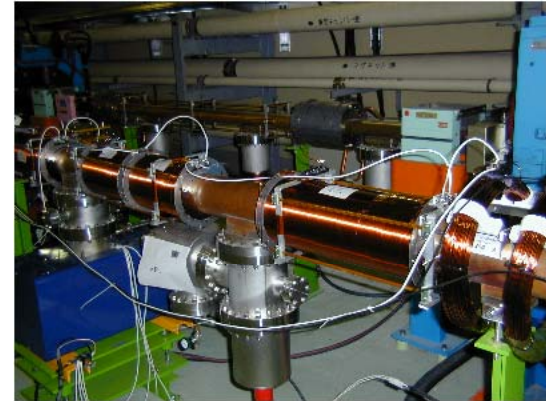
Accumulated world's highest > 1.1 A



Finite crossing angle at IP (22 mrad):

Easier beam separation with super/normal special final quadrupoles.

Achieved world's smallest beam size as a ring collider ( $2.3 \mu\text{m} \times 100 \mu\text{m}$ ).



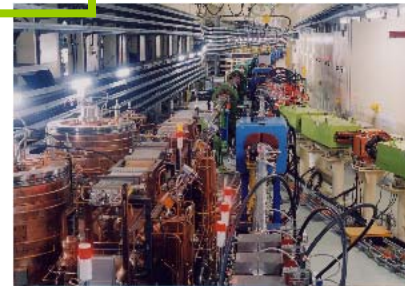
## Key Elements of KEKB

Solenoids suppress the electron cloud in LER



$2.5\pi$  cell lattice: Flexibility and small nonlinearity.

Access the half-integer resonance by < 0.01.



J-LINAC: Achieved direct injection energy in a limited space.

Realized 2-bunch injection of positrons

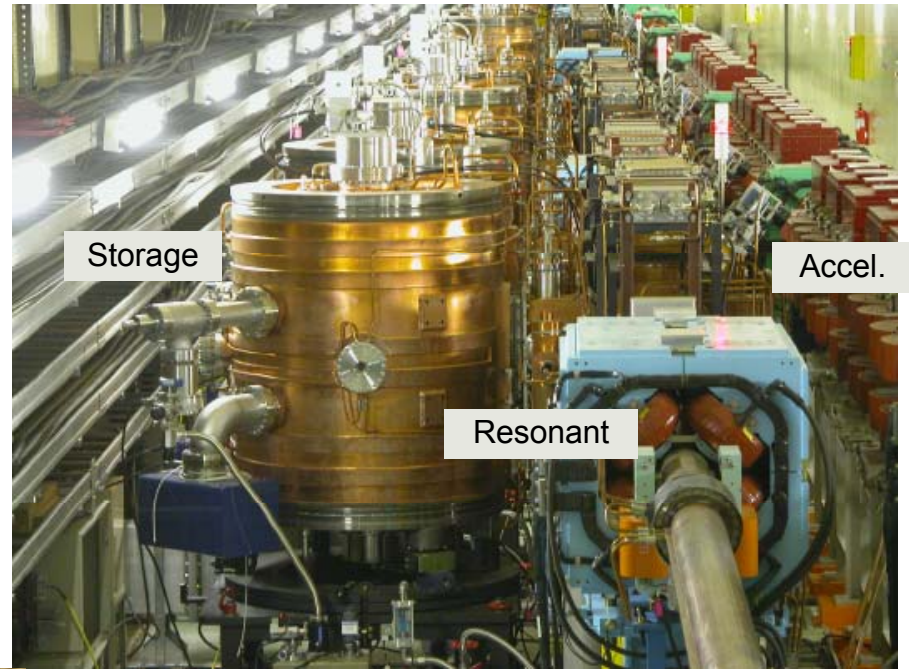
ARES Cavities: Stabilize the high current by the huge stored energy

Bunch-by-bunch feedback suppresses other instabilities



# ARES Cavity

- Passive stabilization with huge stored energy.
- Eliminates unnecessary modes by a coupling of 3 cavities.
- Higher order mode dampers and absorbers.
- No need for longitudinal bunch-by-bunch feedback.
- No transverse instability arises from the cavities.

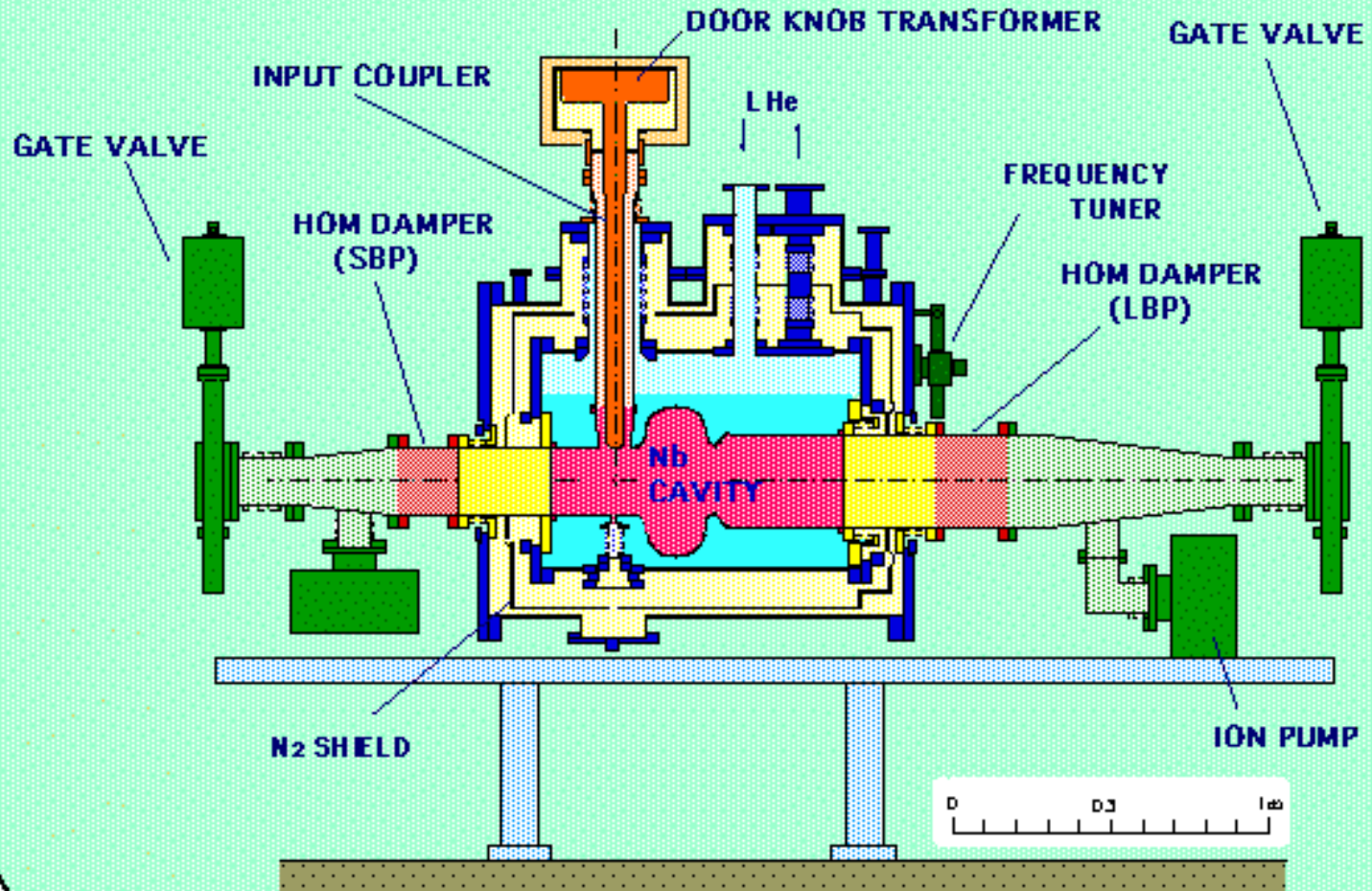


# Superconducting Cavity

- World's highest current, 1.2 A.
- Input coupler has been operated up to 380 kW.
- Ferrite HOM absorber working at 10 kW.

# Superconducting Damped Cavity for KEKB

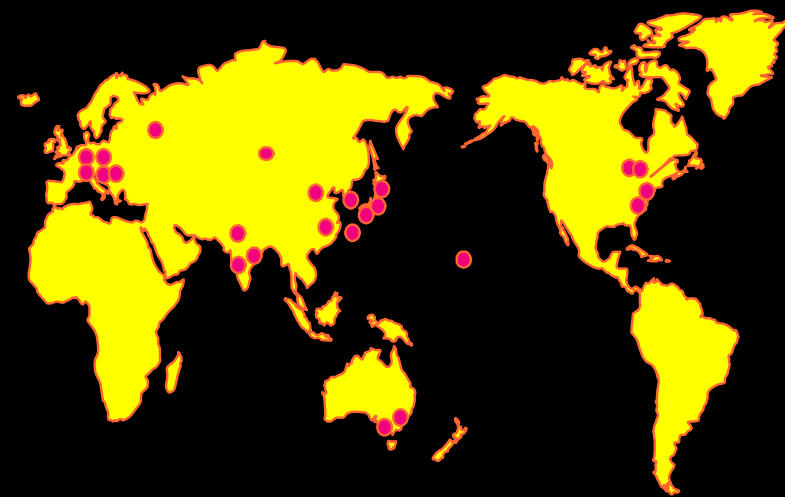
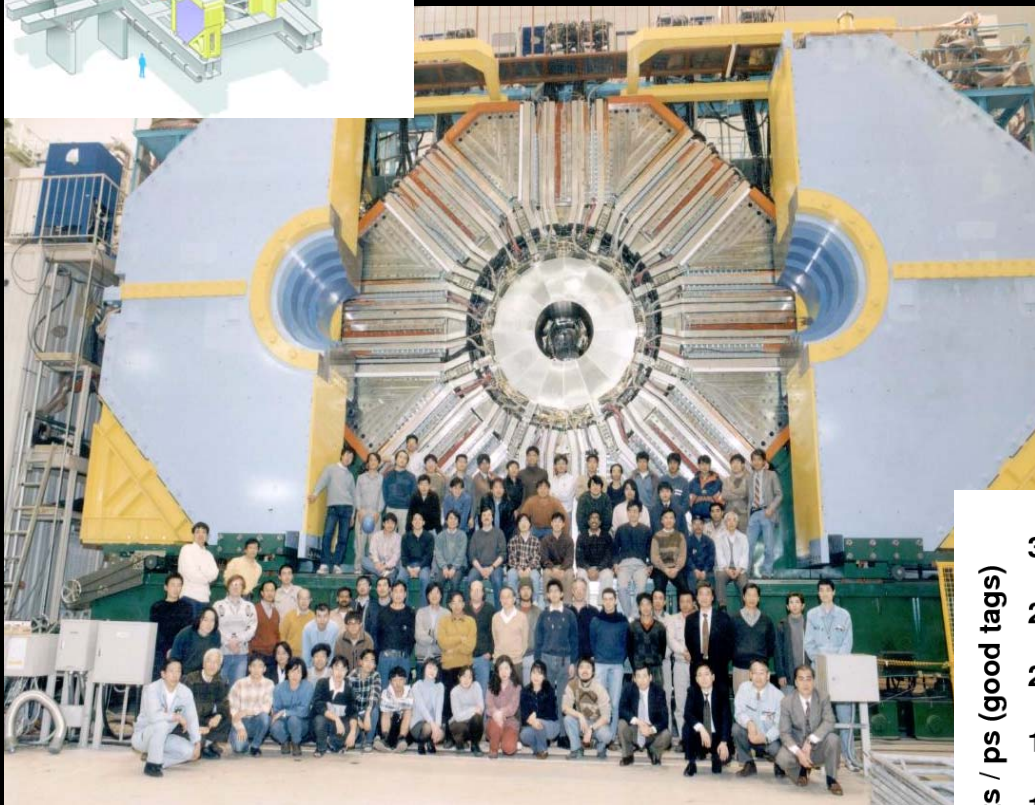
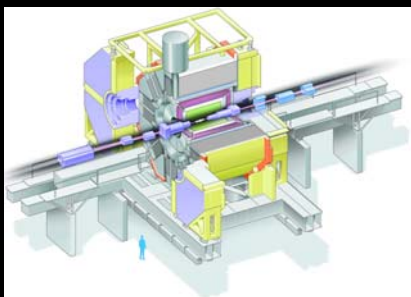
T. Furuya



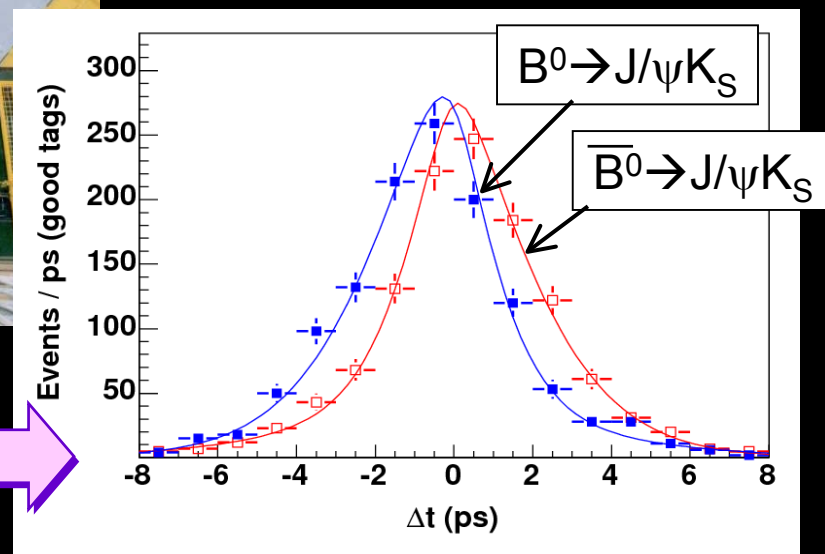


# KEKB Collaboration : Belle

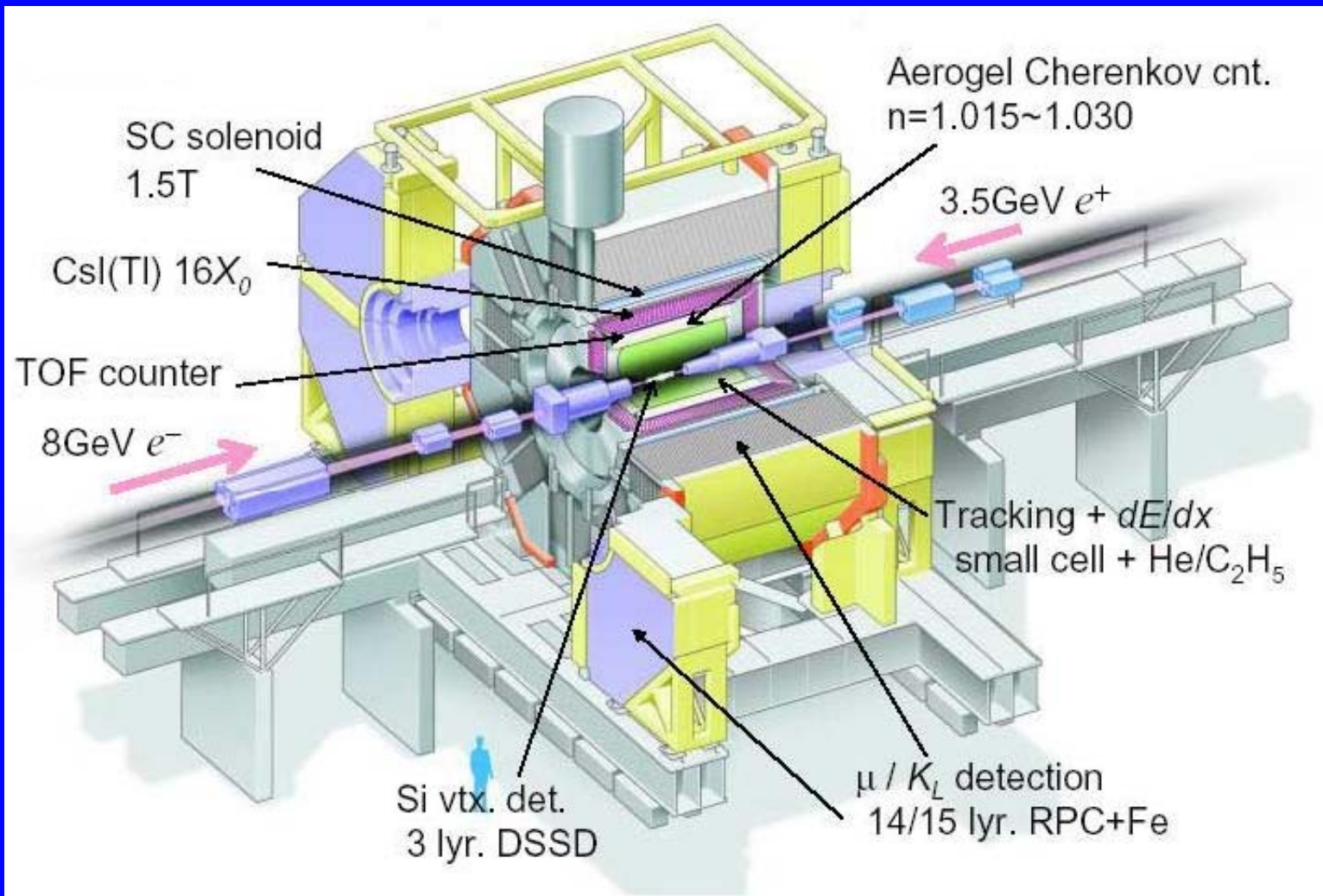
13 countries, 57 institutes, ~400 collaborators



Observation of CPV  
in the  $B$  meson system



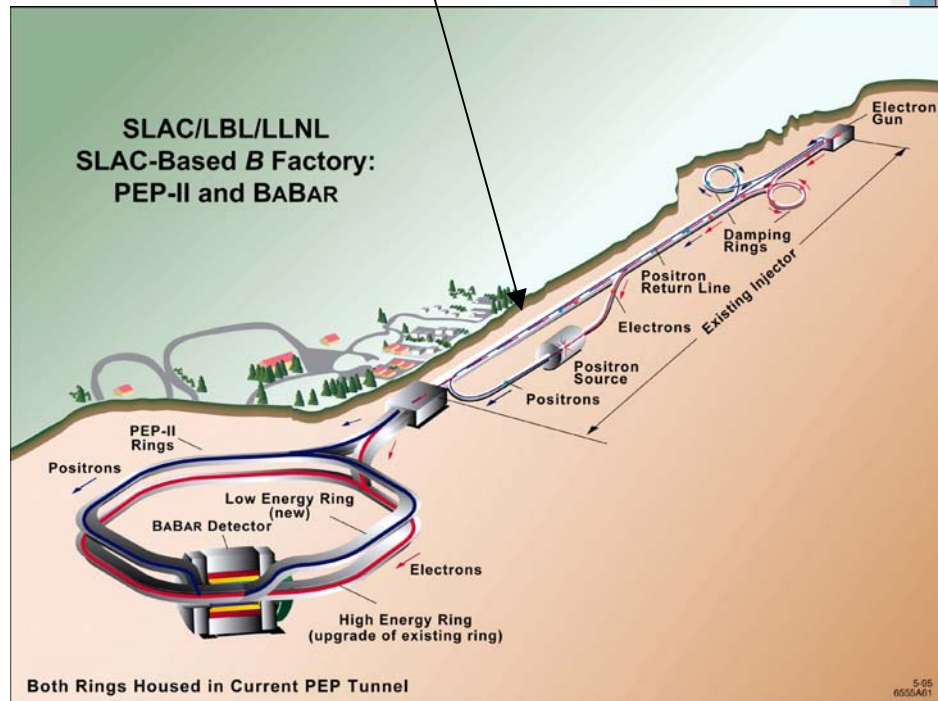
# Belle Detector



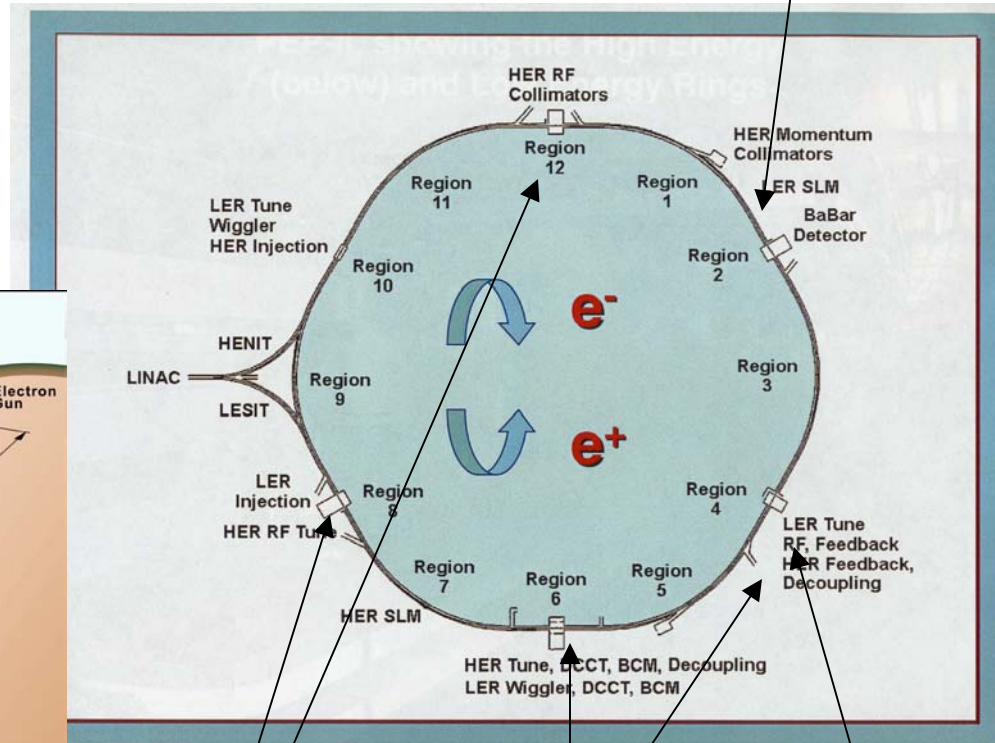
# PEP-II $e^+e^-$ Collider

BaBar  
Detector

- Use the SLAC linac as upgraded for the SLC for the injector.



$C = 2200 \text{ m}$



HER  
RF  
476 MHz

Feedbacks  
Diagnostics

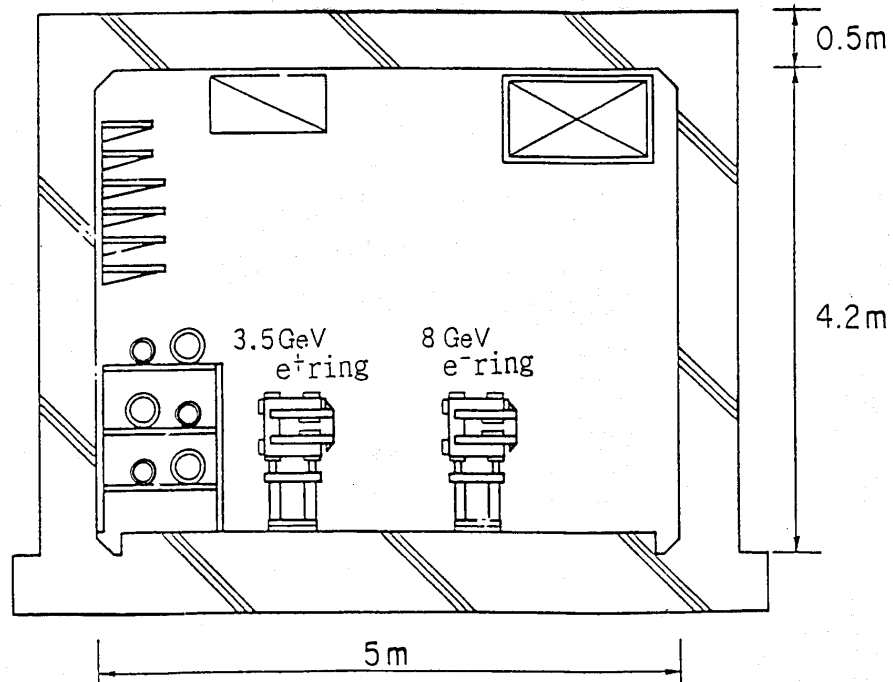
LER  
RF  
476 MHz

3.1 GeV positrons x 9 GeV electrons

# The PEP-II $e^+e^-$ asymmetric collider

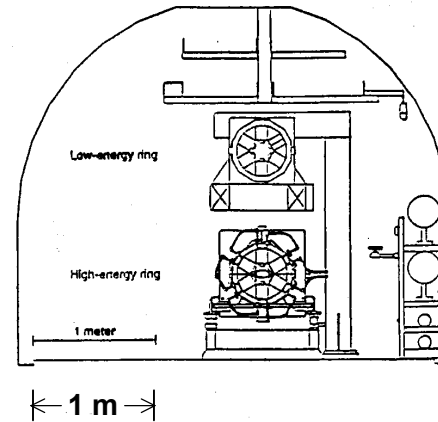


# Tunnels of KEKB and PEP-II

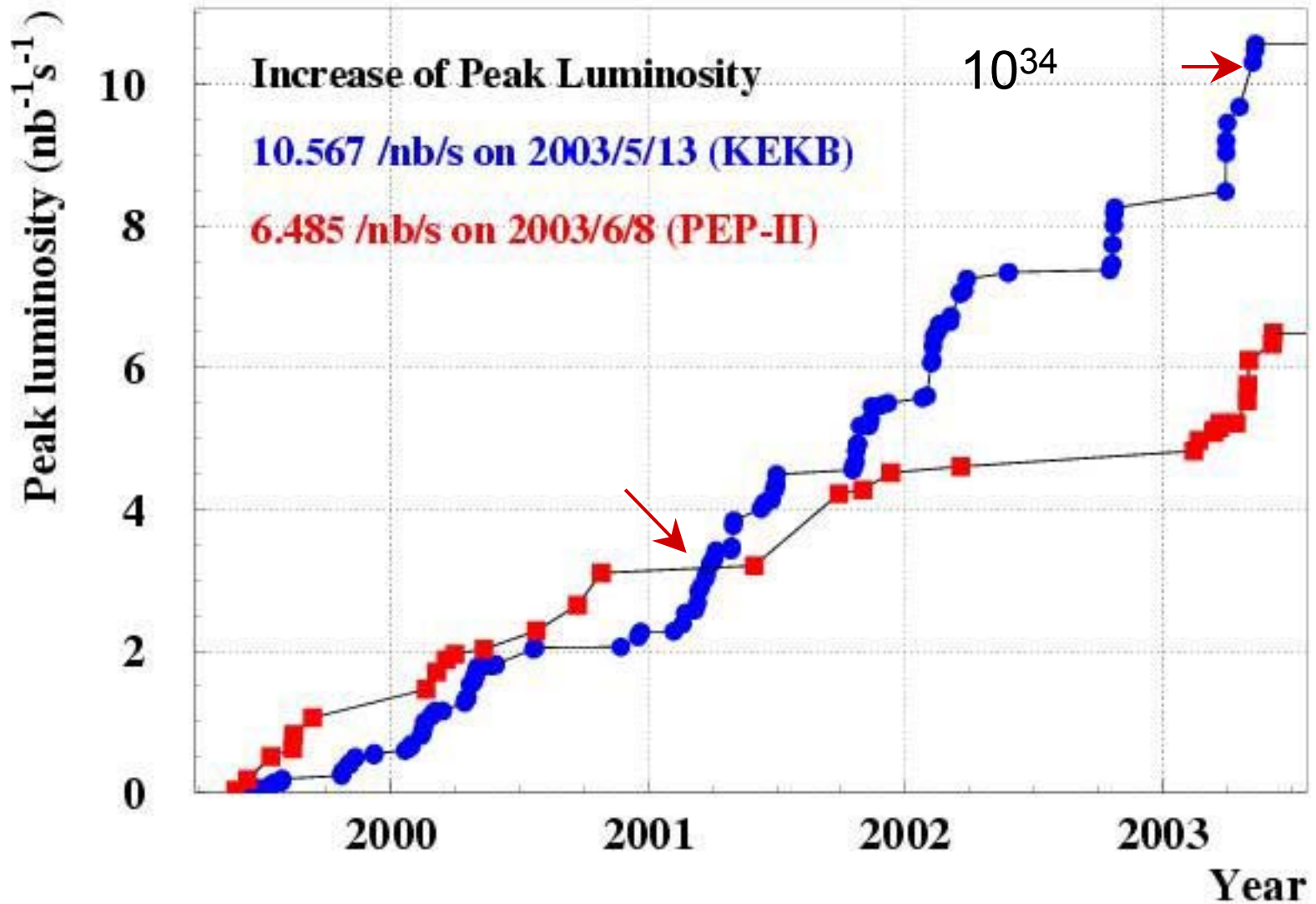


**KEKB**

**PEP-II**



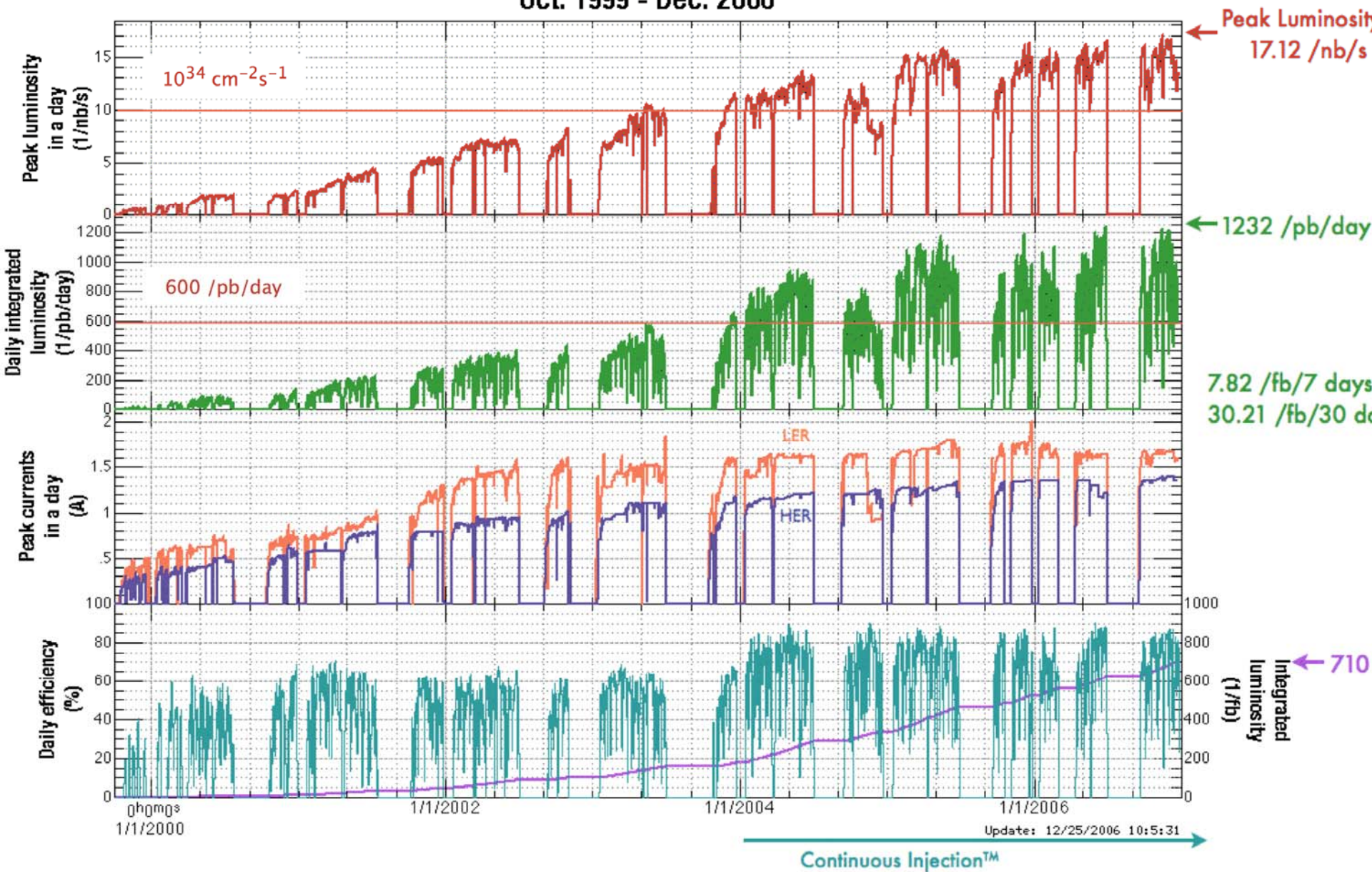
# KEKB PEP-II





# Luminosity of KEKB Oct. 1999 - Dec. 2006

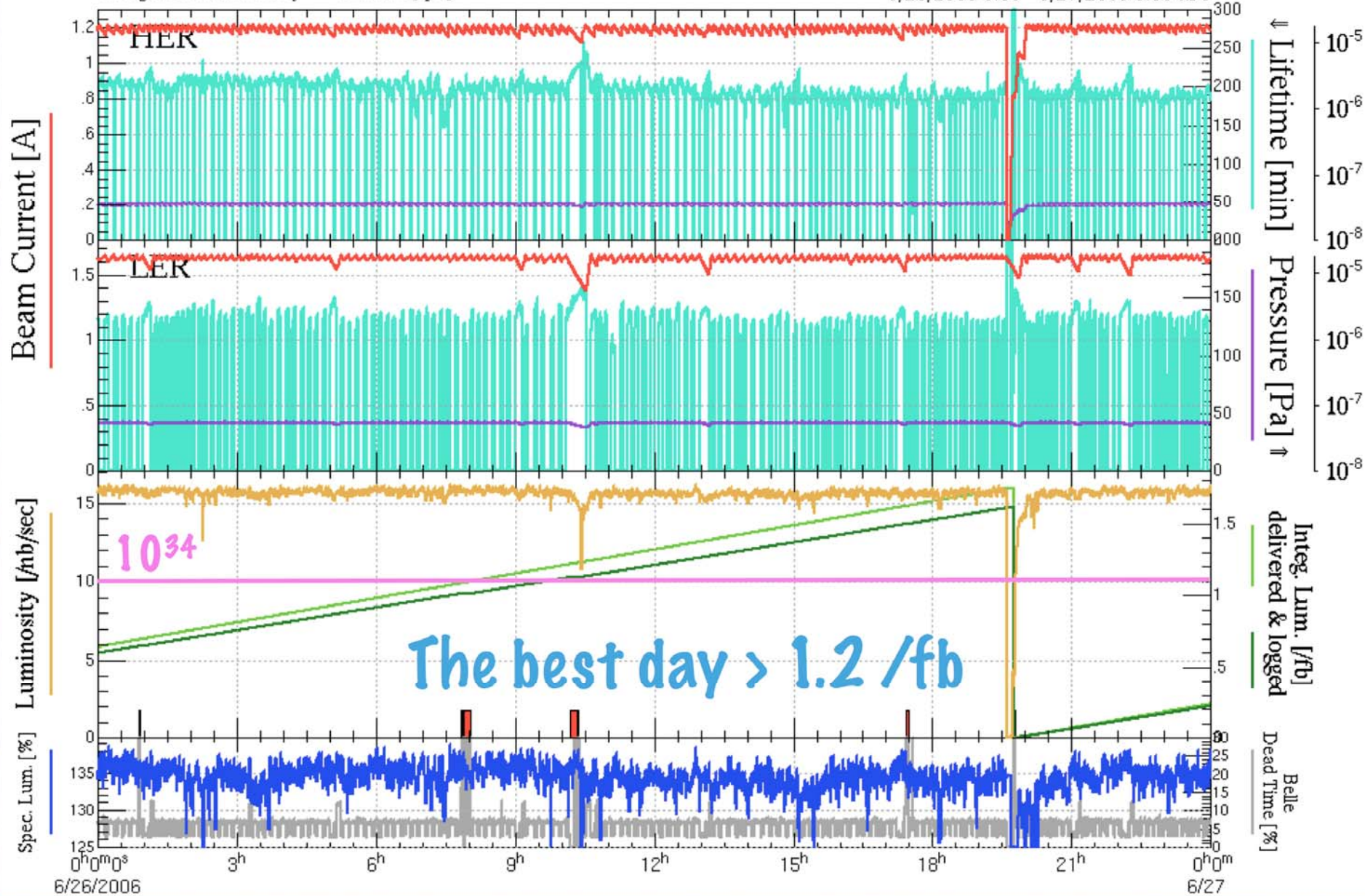
*before crab*



# The power of Continuous Injection Mode

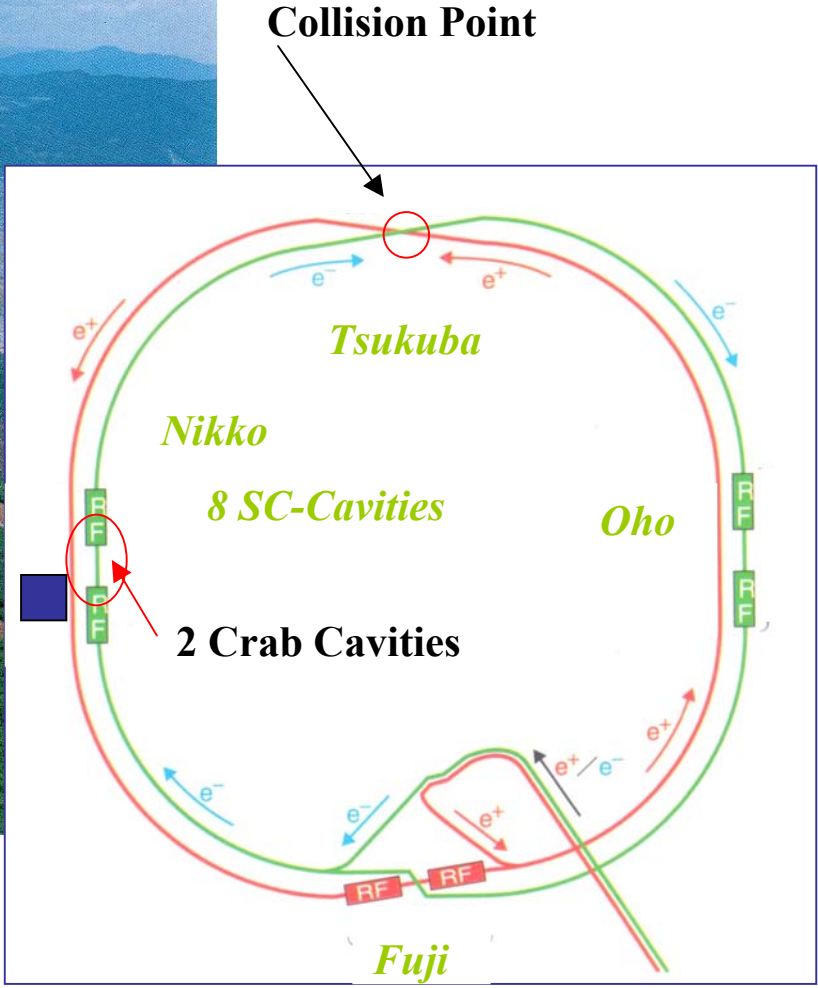
Peak Luminosity  
Integrated Luminosity 1231.50[/fb]

6/26/2006 0:00 - 6/27/2006 0:00 JST



# The world first application of crab cavities in an accelerator in 2007

**KEKB**  
**LER** 3.5 GeV  
**HER** 8.0 GeV  
 RF freq. 508.9 MHz  
 Cross. Ang. 2 x 11 m rad.



Collision Point

Tsukuba

Nikko

8 SC-Cavities

2 Crab Cavities

Oho

Fuji

Finally two crab cavity was installed in KEKB,  
one for each ring in January 2007.



HER ( $e^-$ , 8 GeV)

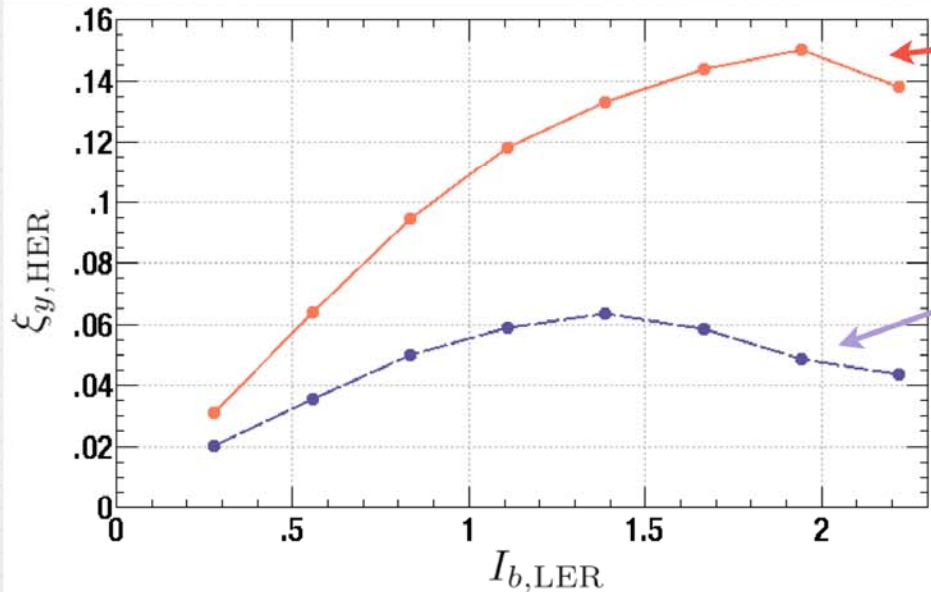


LER ( $e^+$ , 3.5 GeV)

# Crab Crossing @ KEKB

- Crab Crossing can boot the beam-beam parameter higher than 0.15 !

K. Ohmi

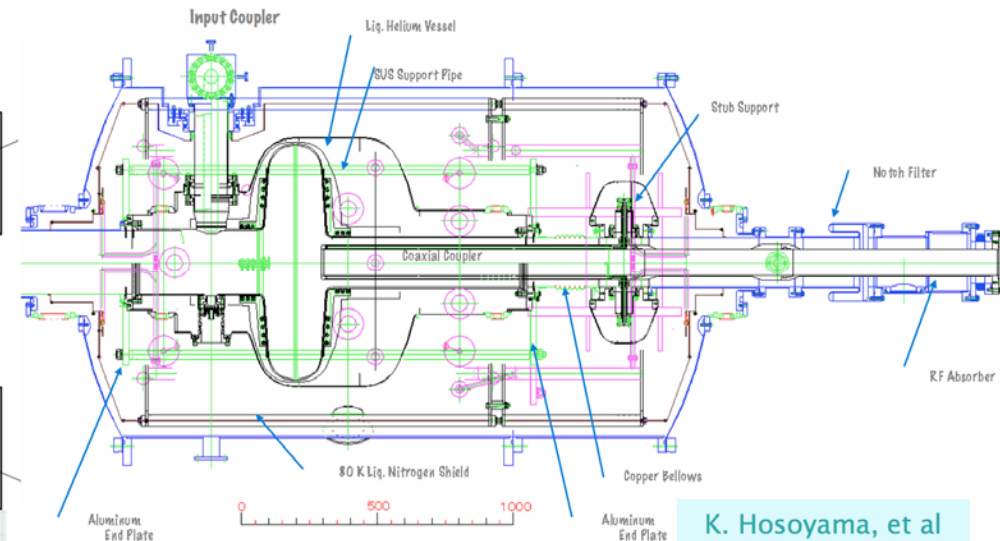
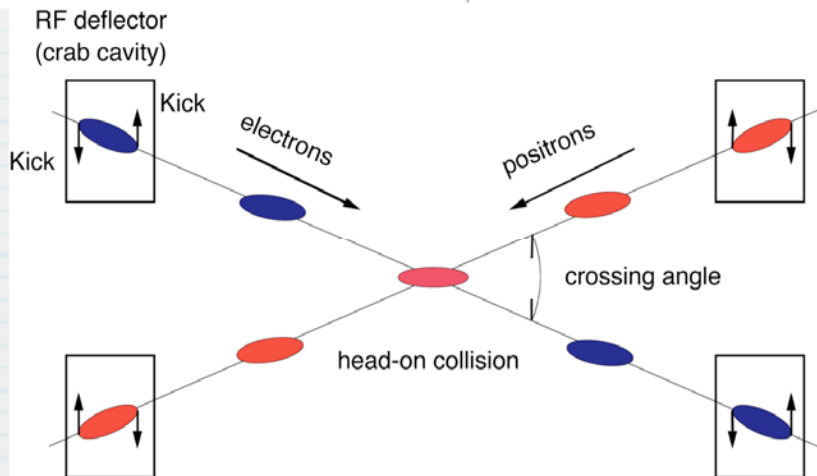


**Head-on (crab)**

(Strong-strong simulation)

**Crossing angle 22 mrad**

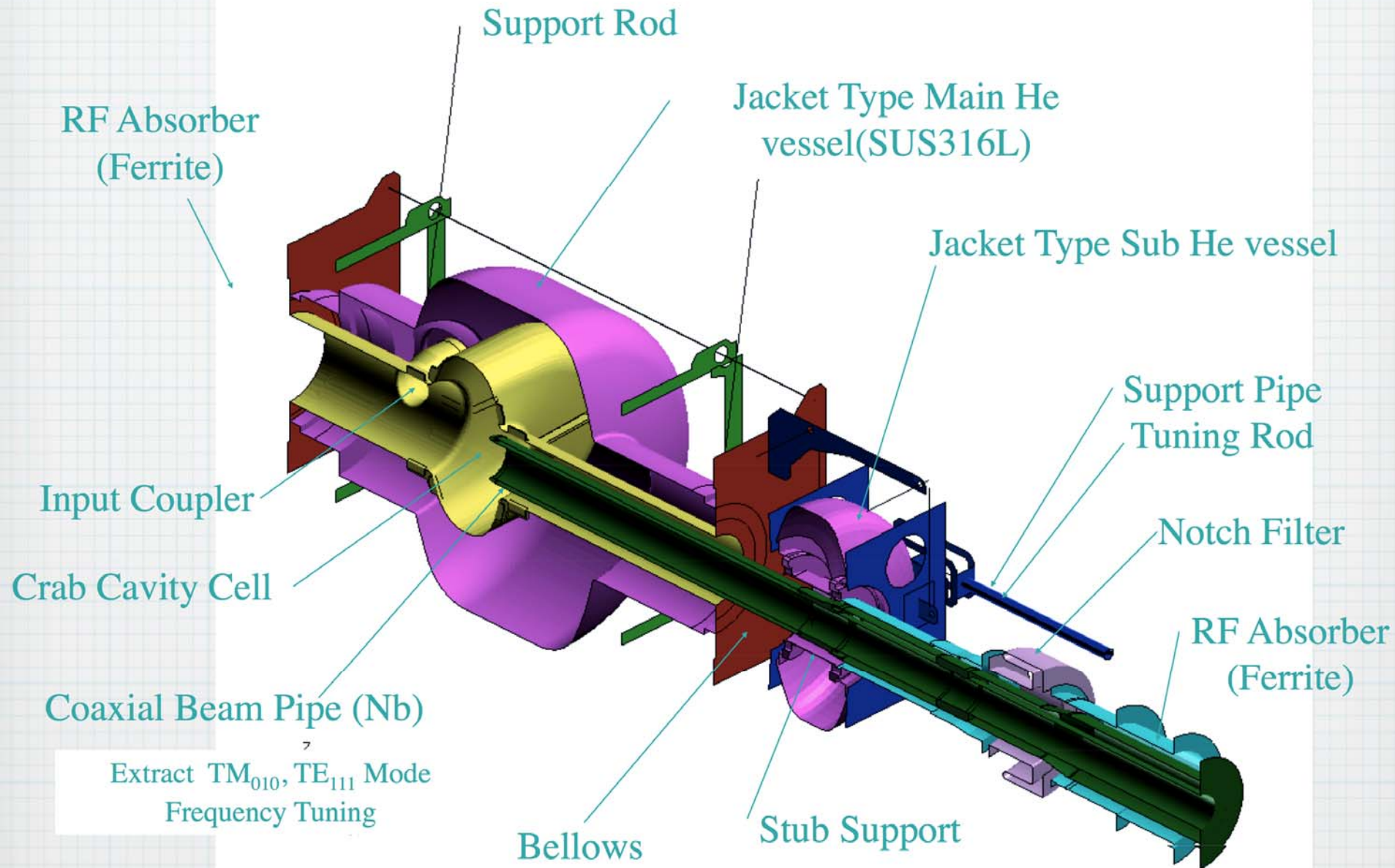
- Crab cavities were successfully produced and beam study has started in Feb. 2007.



K. Hosoyama, et al

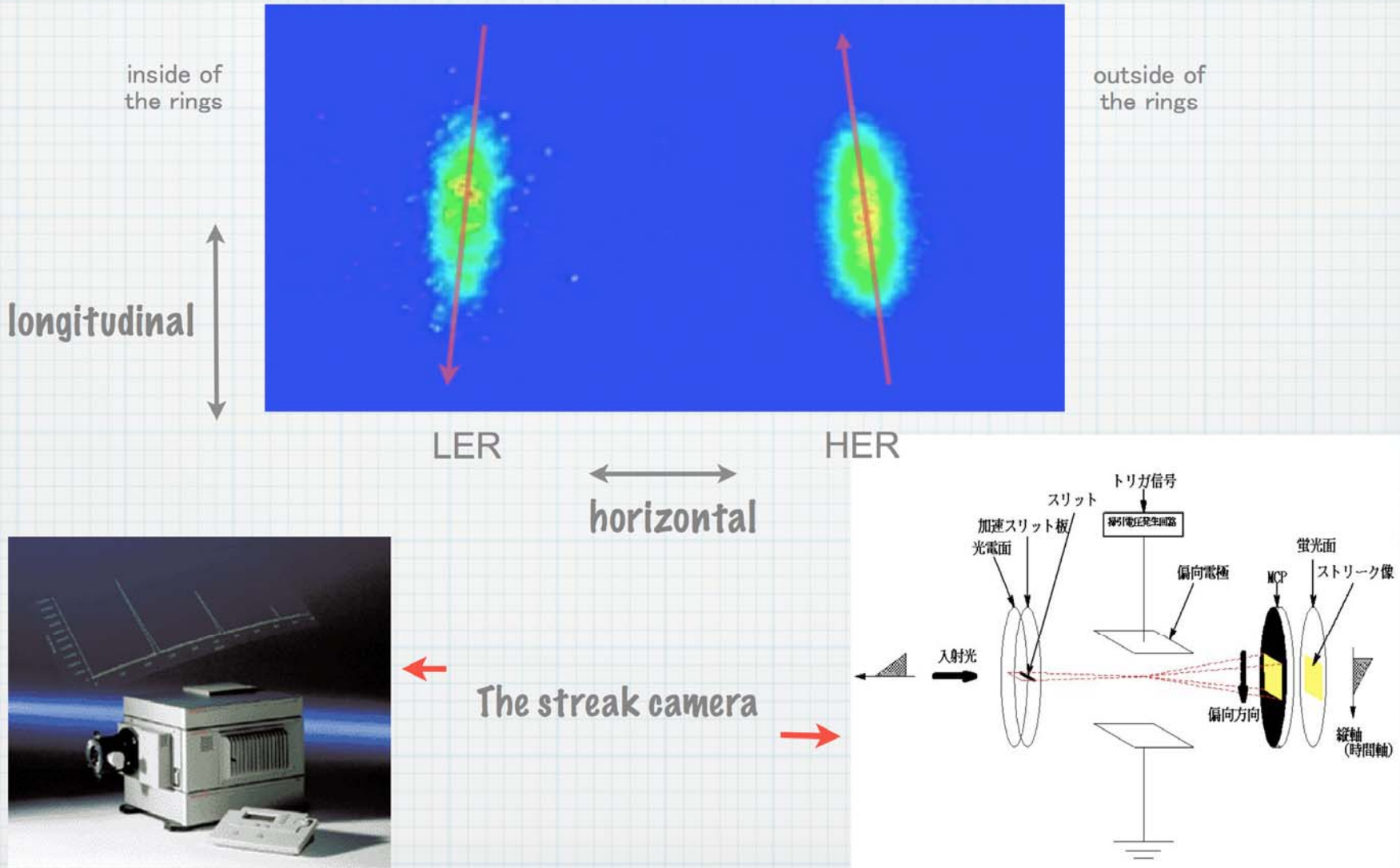
# Crab Cavity & Coaxial Coupler in Cryomodule

K. Hosoyama et al



# Beams has indeed tilted!

- Observation with Streak Cameras (H. Ikeda et al, FRPMN035)



# Brief History of KEK

2010

← '06 : 200 MeV J-PARC Proton Linac was commissioned.

← '05 : Proton Synchrotron of KEK was shut down.

2000

← '01 : J-PARC was approved.

← '98 : KEKB collider started beam collision.

1990

← '86 : TRISTAN collider started beam collision.

← '83 : 2.5 GeV Photon Factory commissioned.

1980

← '82 : 2.5 GeV Electron Linac of KEK started operation.

← '76 : 12 GeV Proton Synchrotron of KEK became op'l.

← '71 : KEK was founded.

1970

← '61 : 1.3 GeV Electron Synchrotron of INS became operational.

1960

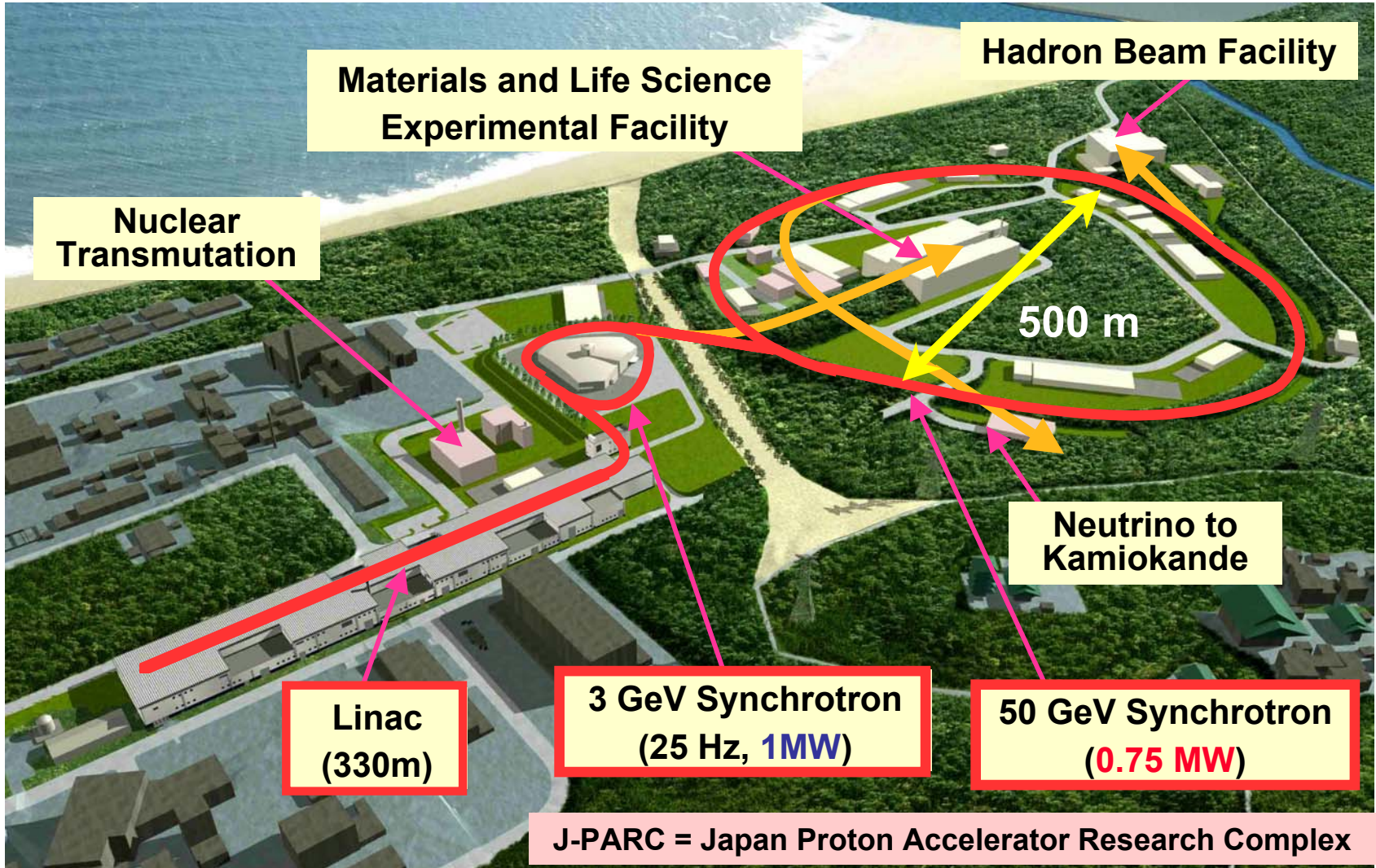
← '55 : Institute of Nuclear Studies (INS) was founded.

1950

Univ. Tokyo

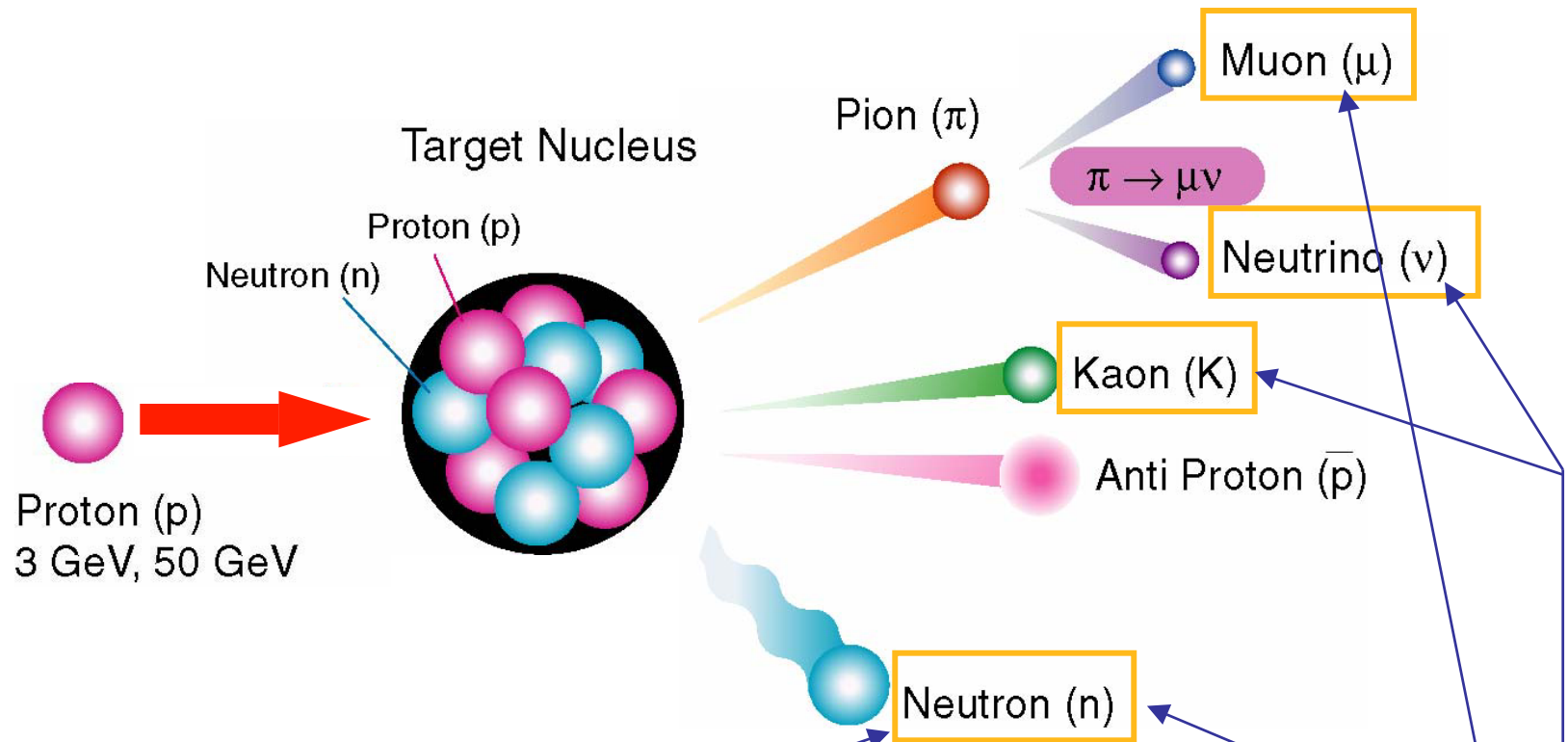


# J-PARC Facility



Joint Project between KEK and JAEA

# Goals at J-PARC



Need to have high-power proton beams

→ MW-class proton accelerator (current frontier is about 0.1 MW)

Materials & Life Sciences at 3 GeV  
Nuclear & Particle Physics at 50 GeV  
R&D toward Transmutation at 0.6 GeV

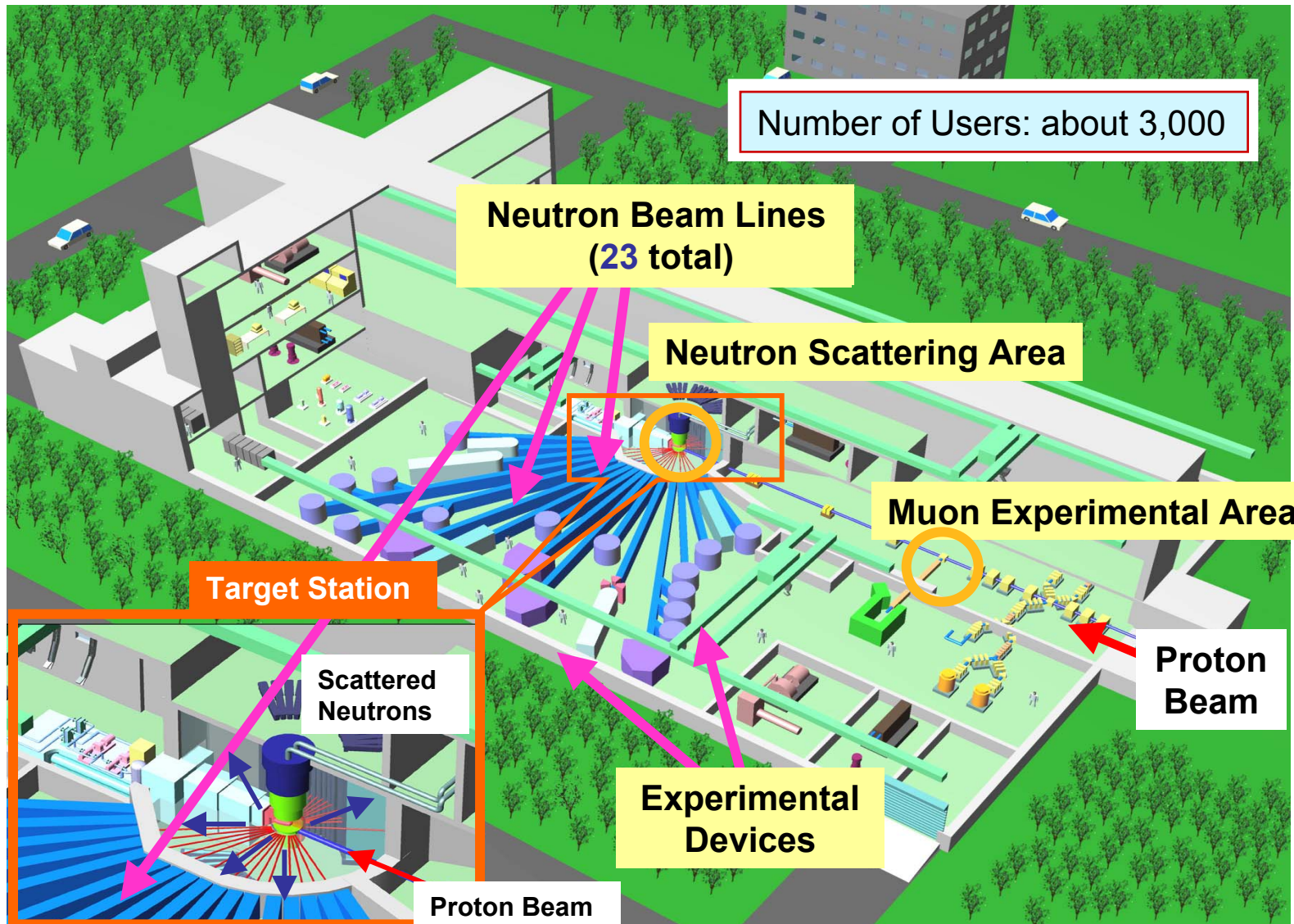


## Materials and Life Experimental Facility

Facility similar to SNS in the US  
and to ISIS in the UK



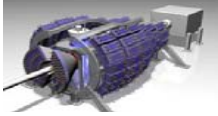
# Materials & Life Experimental Facility



# Tentatively Approved Instruments

**Life Science**

Versatile powder diffractometer  
- JAEA

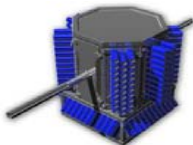


Super High Resolution Powder Diffractometer (SHRPD) - KEK

IBARAKI Biological Crystal Diffractometer  
- Ibaraki Prefecture



Diffractometer for Biological X'tallography (BIX-PN) - JAEA



Protein Dynamics Analysis Instrument (DIANA)  
- JAEA



4d Space Access Neutron Spectrometer (4SEASONS)  
- Grant-in-Aid for Specially Promoted Research, MEXT,



**Industrial Consortium was formed**



Proton beam



High-intensity Versatile Neutron Total Diffractometer  
- KEK



Cold Neutron Double Chopper Spectrometer (CNDCS)  
- JAEA

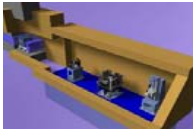


**Materials Science**

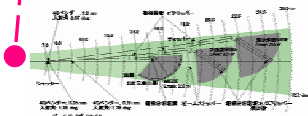
High-intensity SANS (HI-SANS) - JAEA



Neutron Reflectometer with Horizontal-Sample Geometry  
- KEK



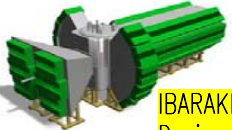
Neutron Resonance Spin Echo spectrometers  
- KUR, Kyoto University



Engineering Diffractometer  
- JAEA



IBARAKI Materials Design Diffractometer  
- Ibaraki Prefecture





295 km  
West

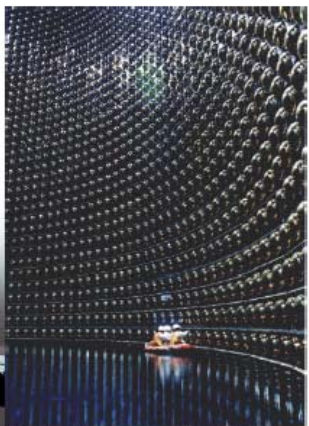
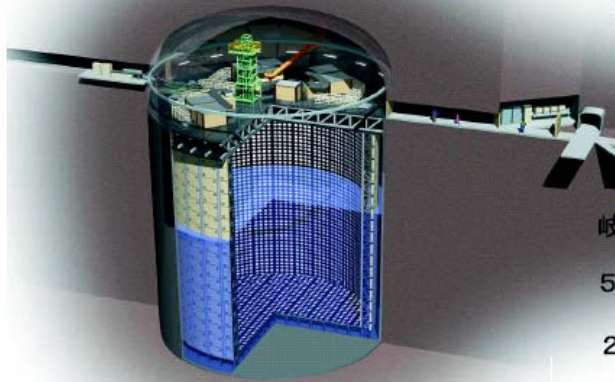
Super Kamiokande

# Neutrino Experimental Facility

Number of Users: about 400

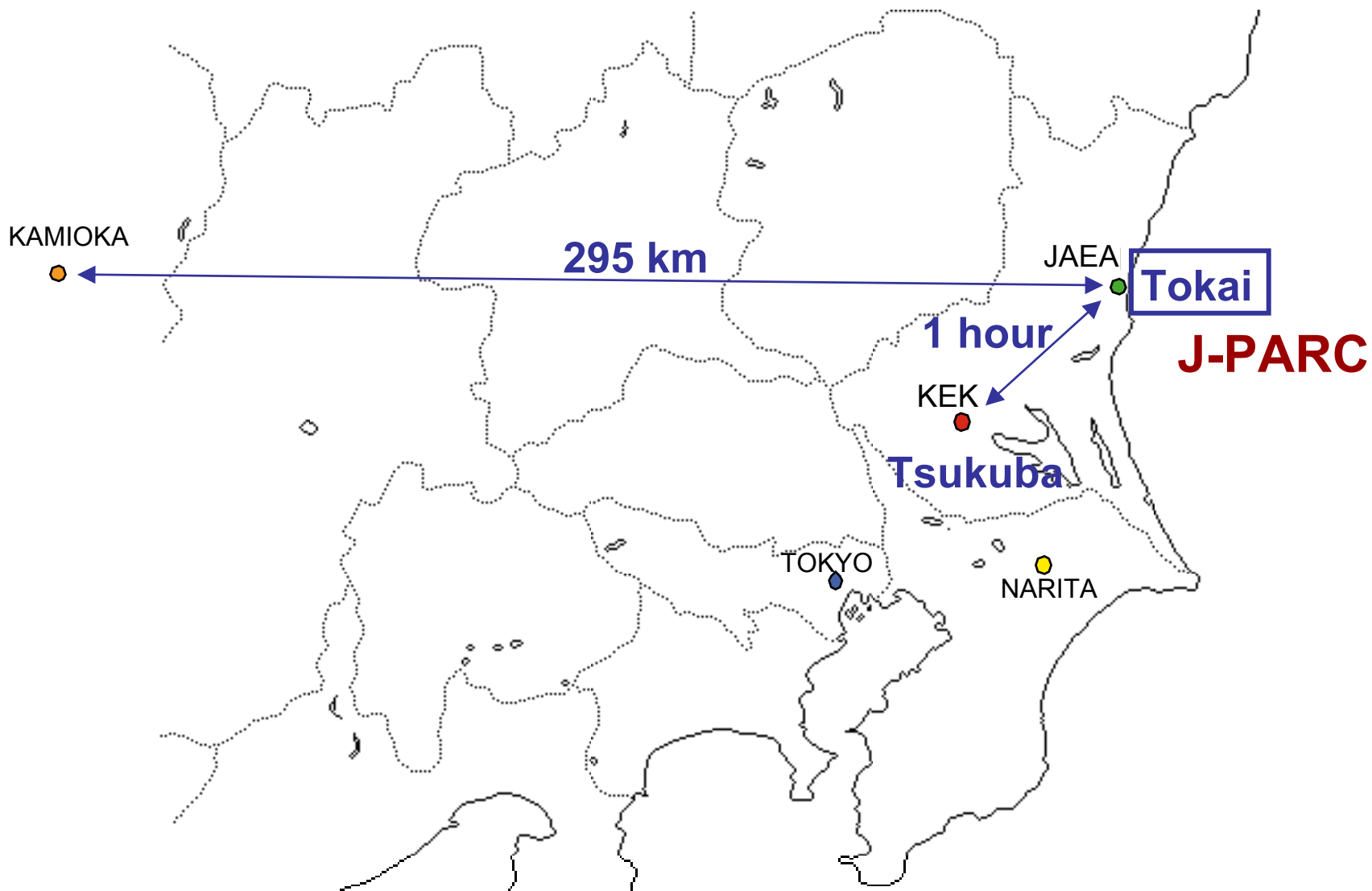
(about 1/4 from Japan)

Experiments with Intense Neutrino Beams

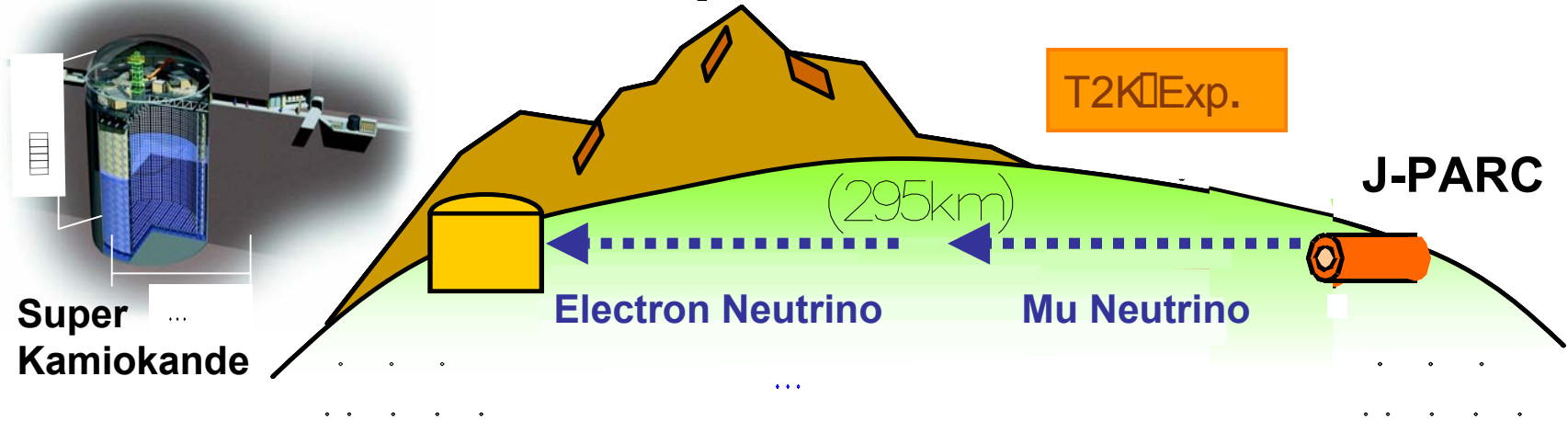


岐阜県神岡町地下1000m  
50000トン水チェレンコフ  
20インチPMT約12000本  
1996~

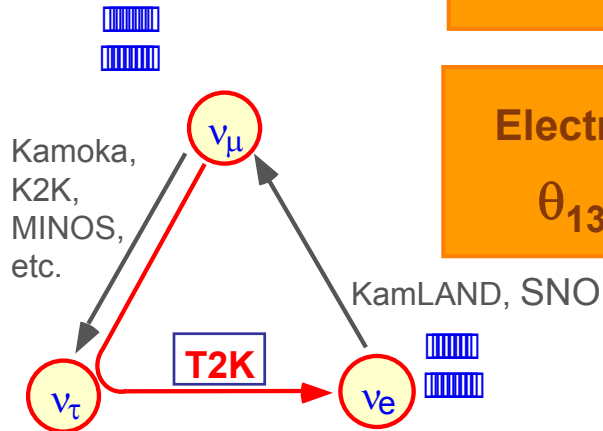
# Location of J-PARC at Tokai



# Neutrino Oscillation (T2K) Experiment



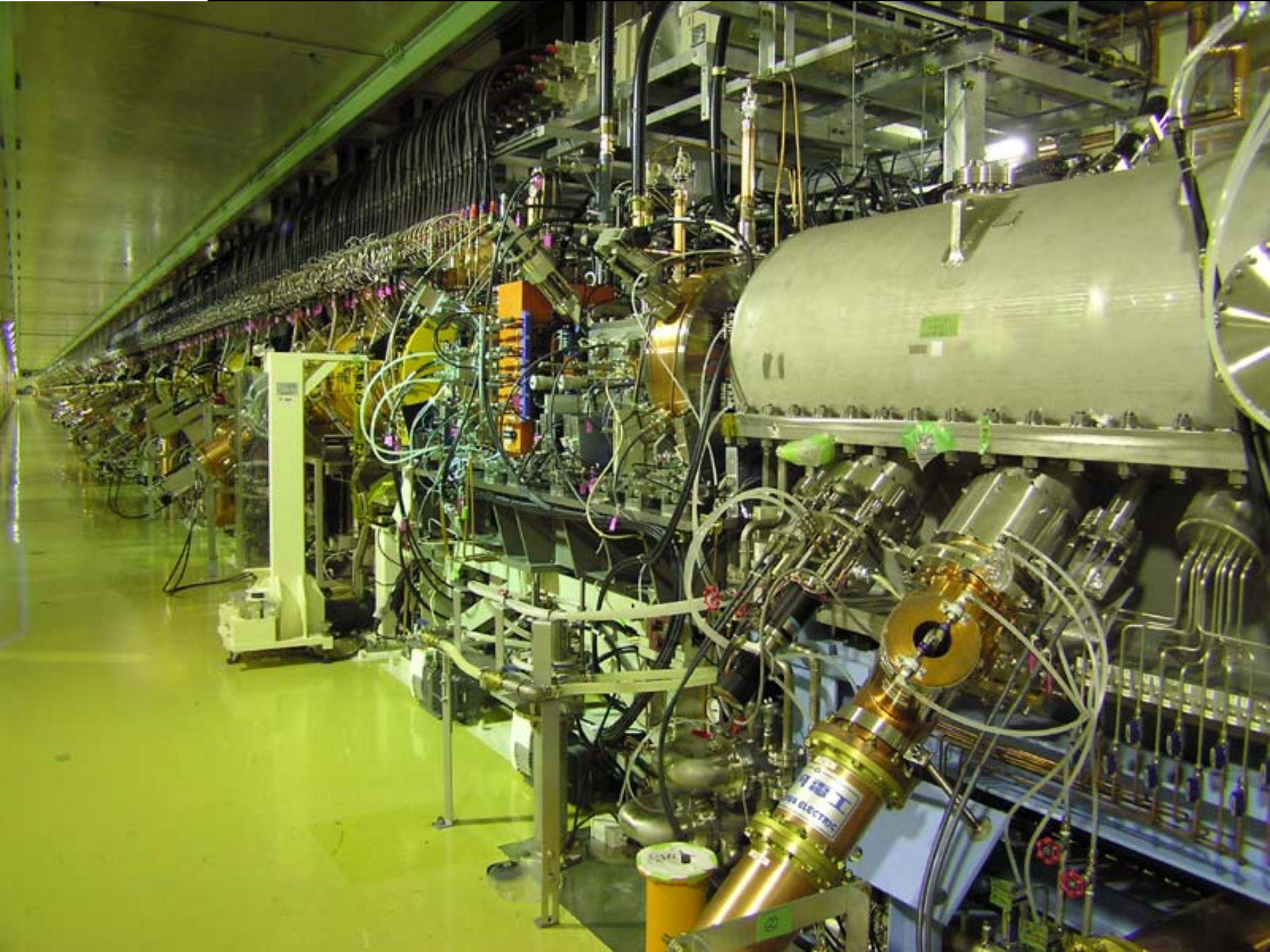
100 times sensitivity as compared with K2K



CP violation experiment later by increasing intensity

**Competition with FNAL and CERN !**







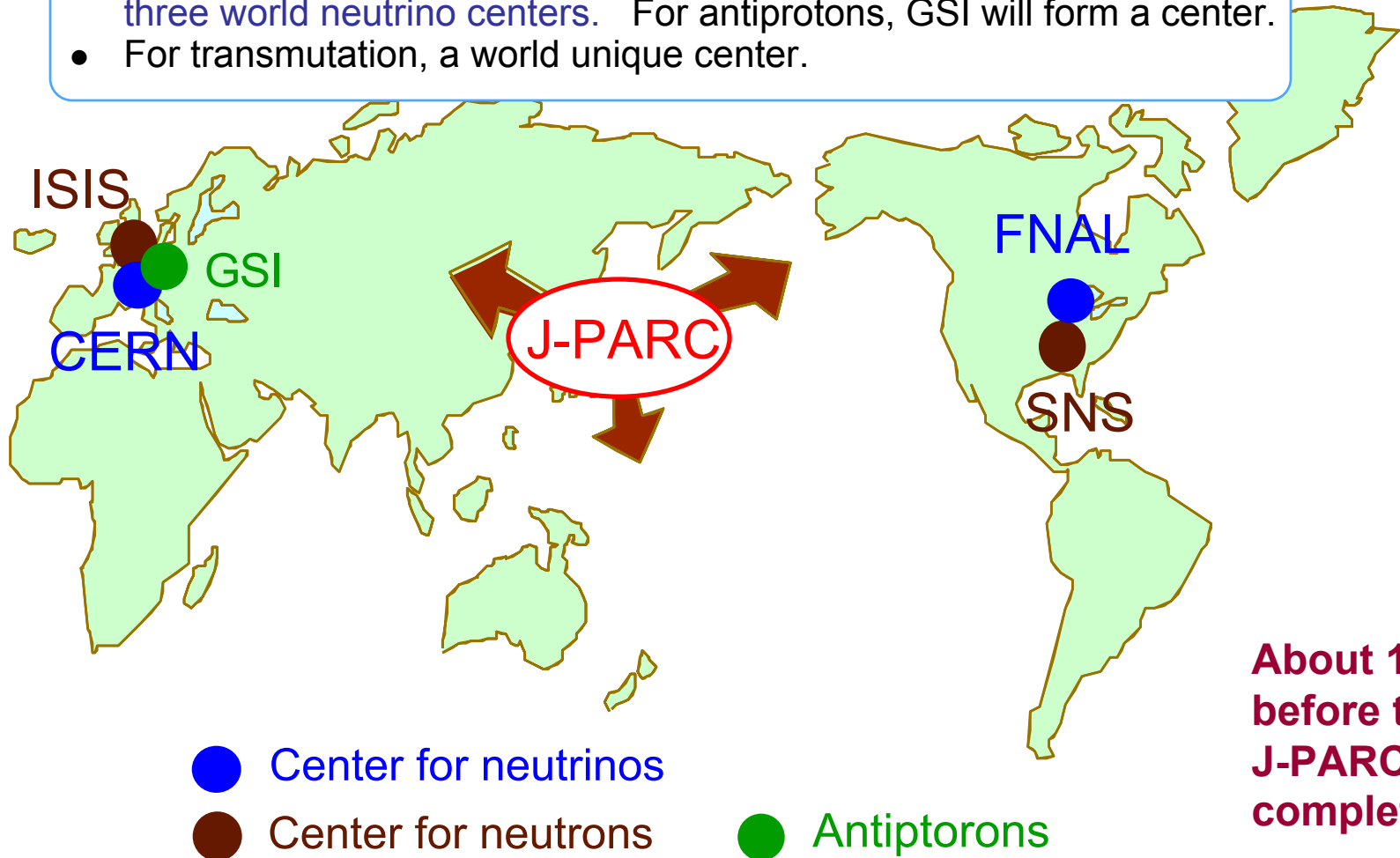


50 GeV Synchrotron Area

QDN\_139\_31

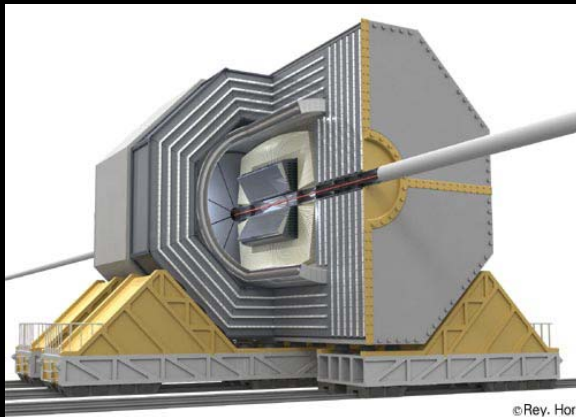
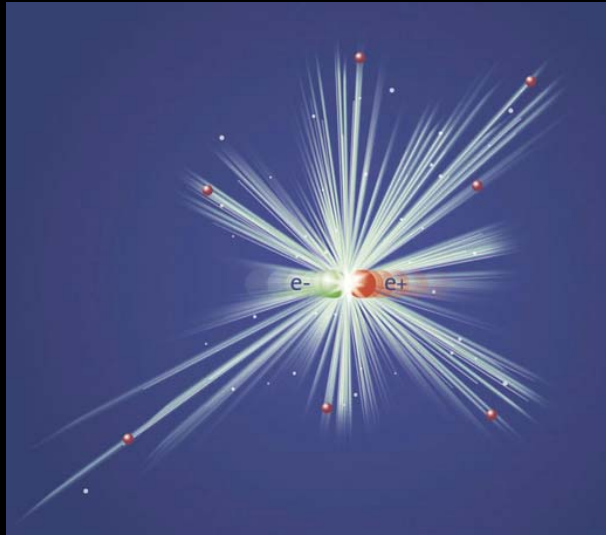
# World Centers

- Materials and Life Science: One of three world neutron centers.
- Nuclear and Particle Physics: World unique Kaon Factory. One of three world neutrino centers. For antiprotons, GSI will form a center.
- For transmutation, a world unique center.





# Future Project for Particle Physics : ILC (International Linear Collider)



© Rey. Hori

© ILC © E. H. M. M. M.



# ATF : Accelerator Test Facility

**Urakawa-san's talk**

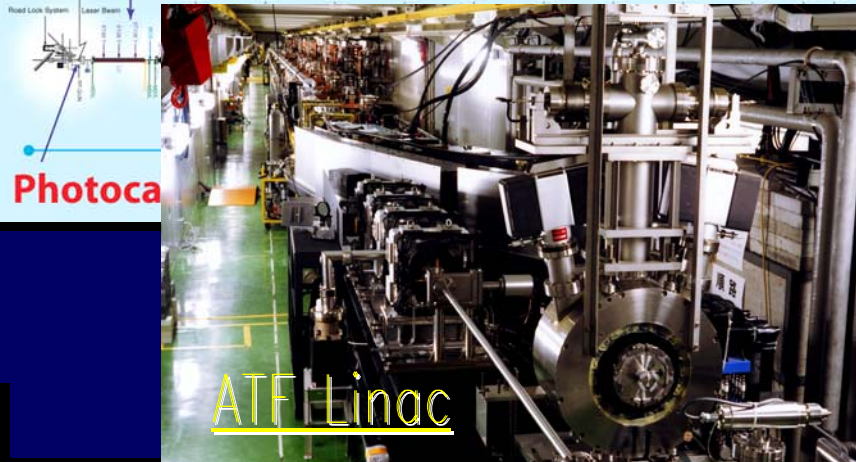
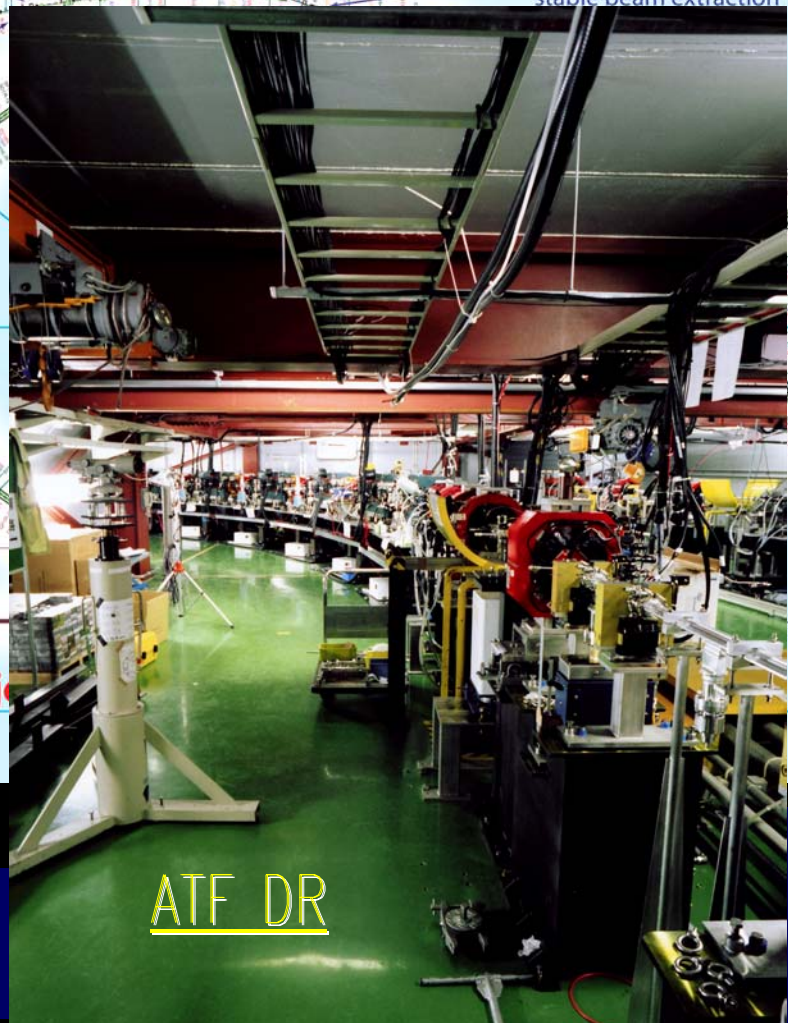
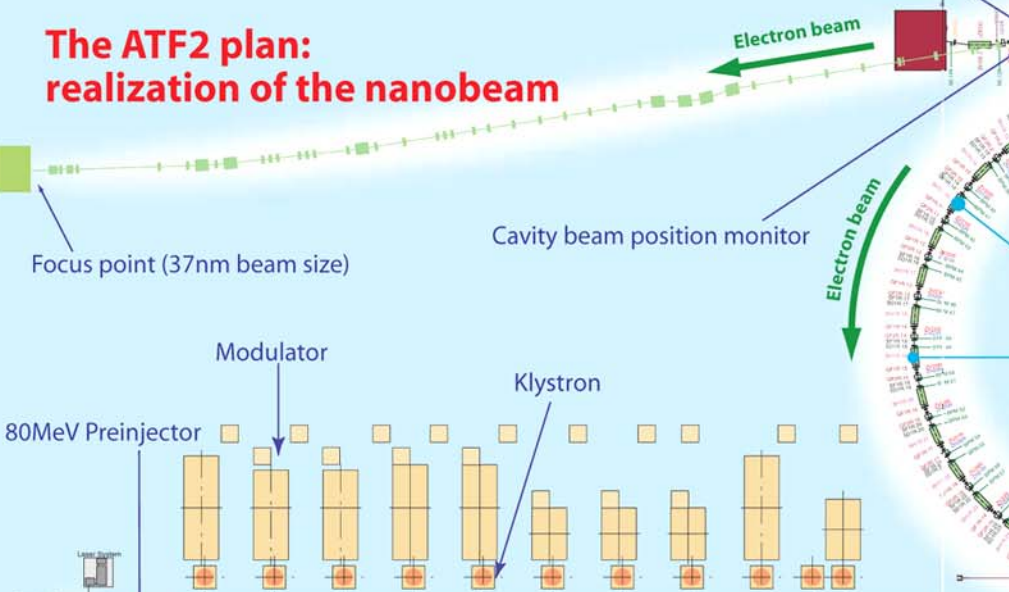
Fast feedback kicker for beam position stabilization  
 Optical diffraction beam size monitor  
 Stripline beam position monitor

Tungsten(Carbon) Wire Scanner  
 Cavity beam position monitor  
 Laser wire

**The diagnostic line for the extracted low emittance beam**

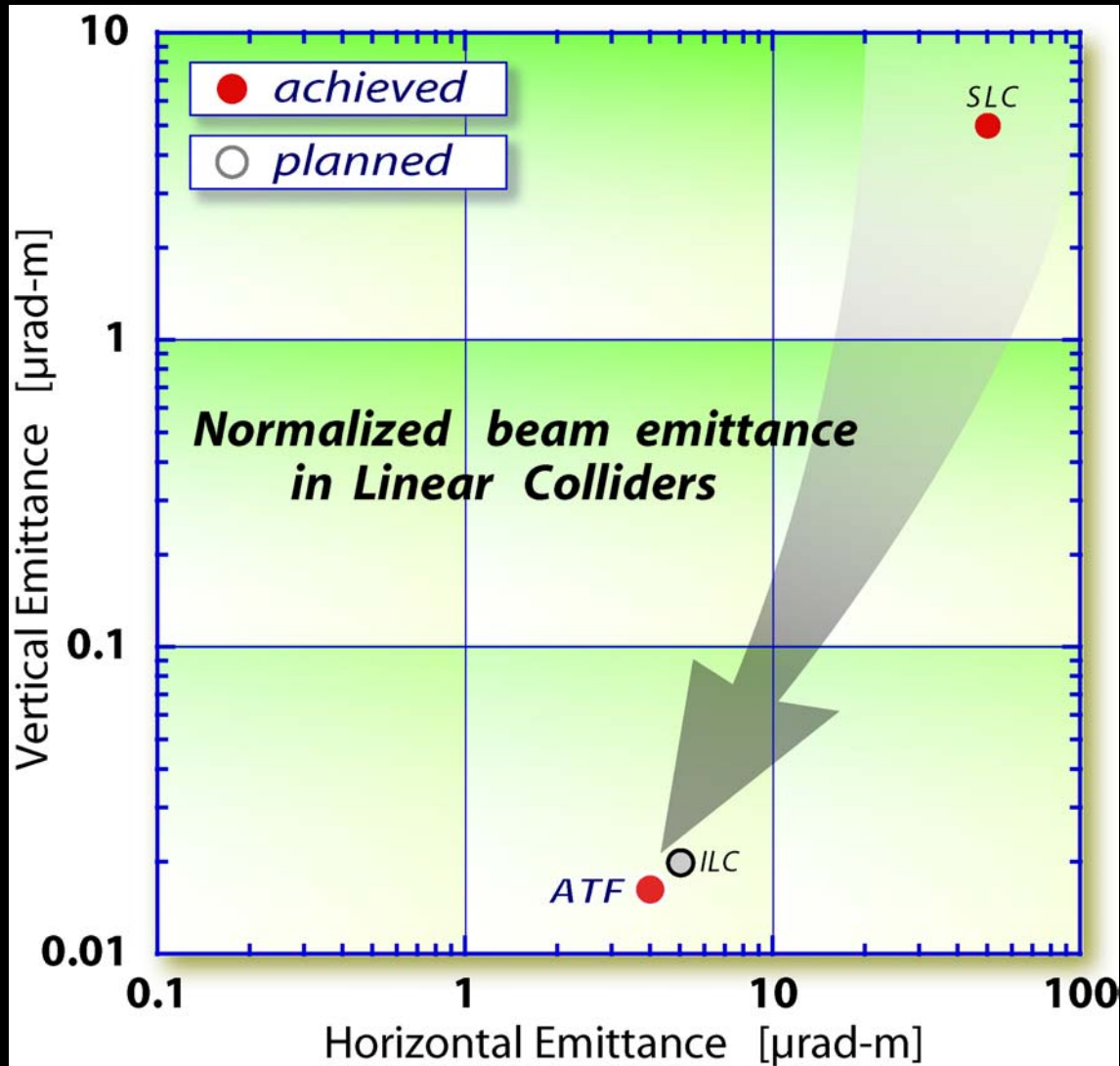
Double kicker System for stable beam extraction

**The ATF2 plan: realization of the nanobeam**



s the inj

**The ATF demonstrated that the beam can be squeezed down to the required size.**



# Two Types of Superconducting Cavities

TESLA type & LL type  
Phase I : 4 units each







# STF Phase-I (2005 – 2007)

- First test at KEK of cryomodule assembling of all components

- 2 cryomodules (connected each other) contain 4 cavities of TESLA-type and LL-type

35MV/m TESLA cavity



45MV/m KEK type



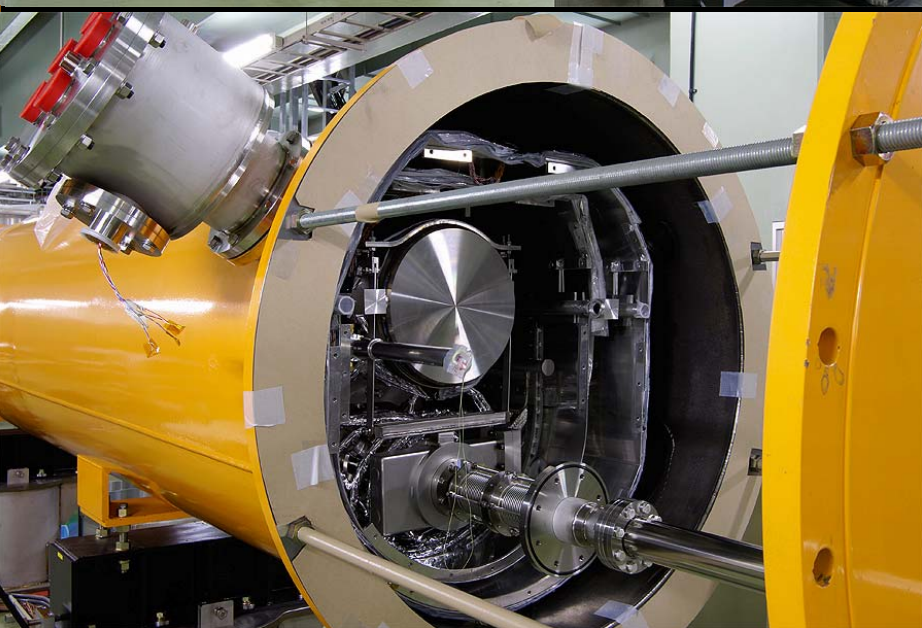
Klystron Gallery

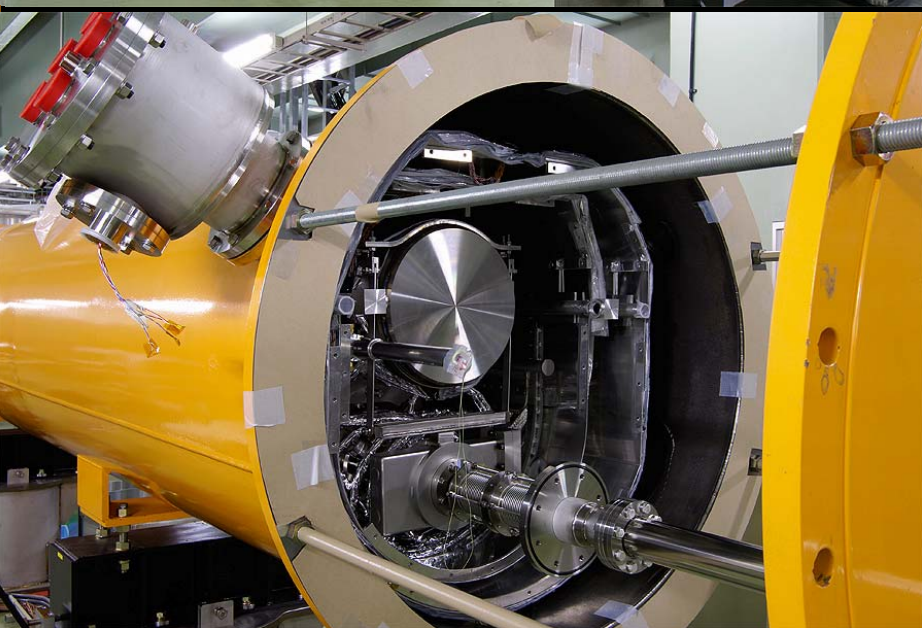
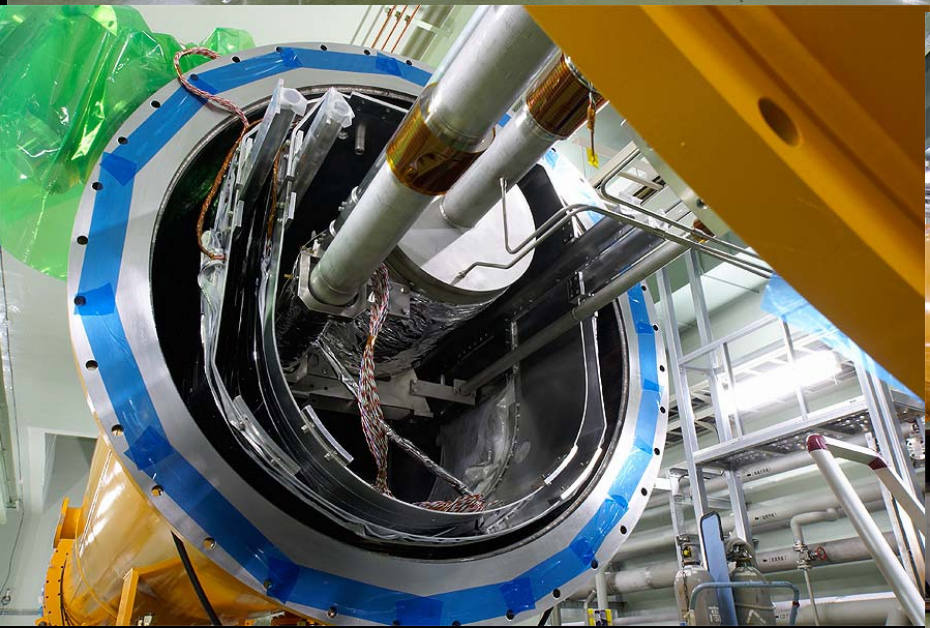


Tunnel



STF Building





*Thank you  
for your attention*