

Belle2 Phase3 Upgrade

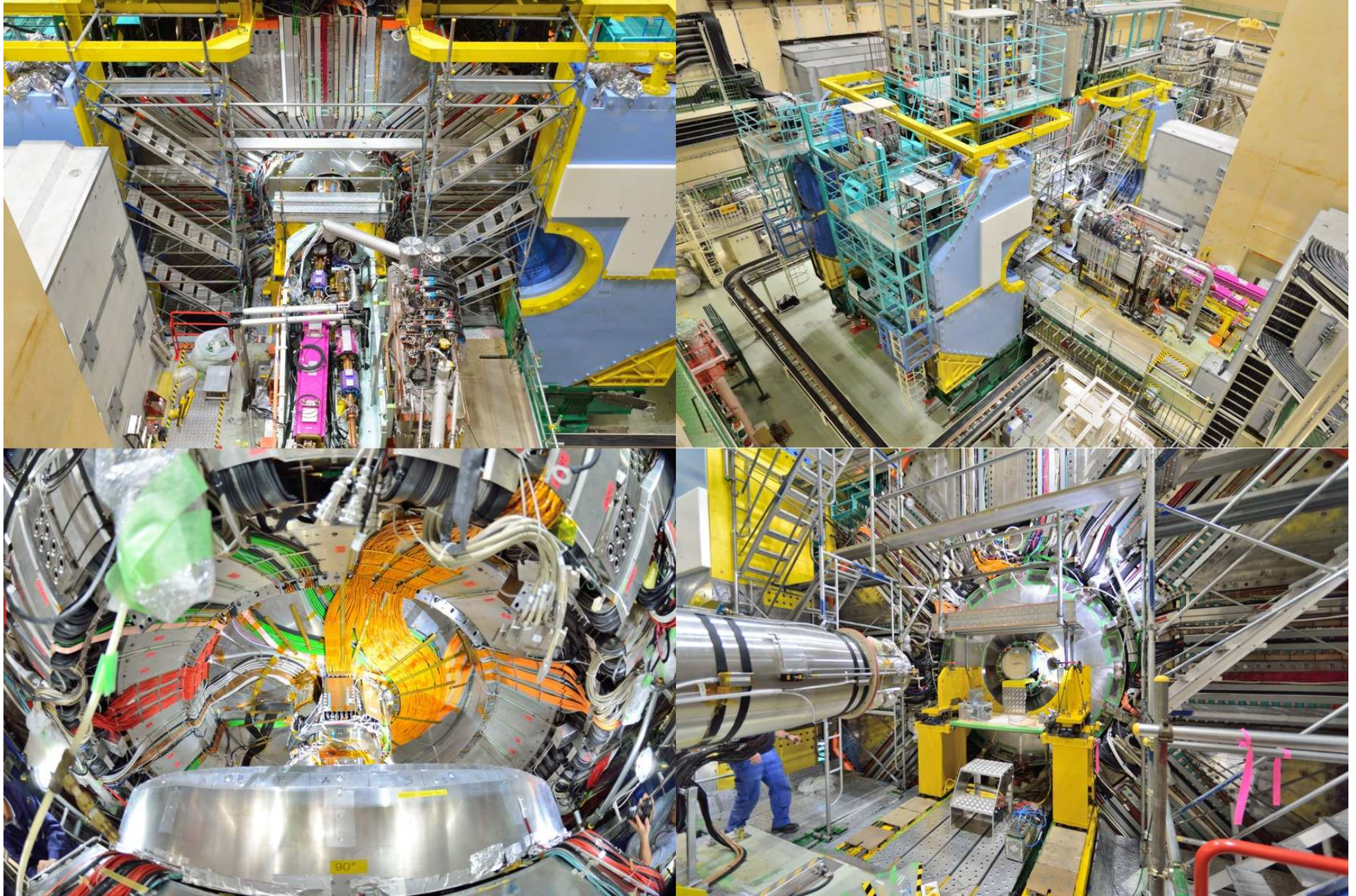
17-20.Feb.2019

第25回素粒子センターシンポジウム@白馬八方和田野

中村 勇/高工研

SuperKEKB/Belle2 実験

最近のSuperKEKB/Belle2 衝突点付近の様子



Belle2 では、

茨城県つくば市高エネルギー加速器研究機構の

SuperKEKB 加速器 を使って、

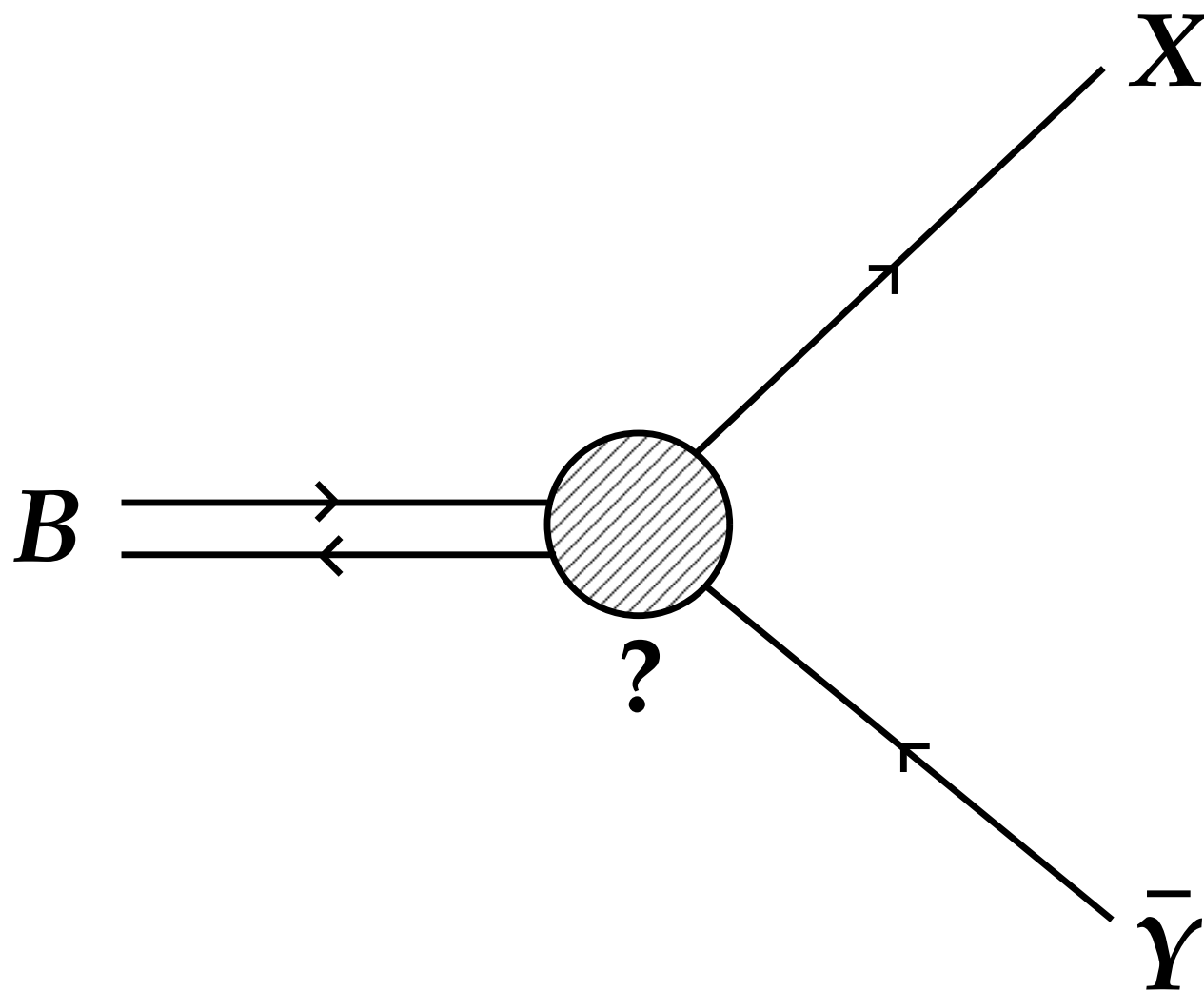
大量の **B 粒子** と **反B 粒子** や **τ (タウ)** を対生成し、

Belle2 検出器 で崩壊物を測定することにより

- 粒子と反粒子の性質の違い (**CP 対称性**) の研究
- **超対称性(SUSY)** など未知の現象の探索

をします。

SuperKEKB/Belle2 で起こるのは



こんな反応

新物理のターゲットは

$$B(B \rightarrow XY) \sim 10^{-6} - 10^{-8}$$

大量の B 粒子が必要

加速器実験で生成される事象数は

$$N = \sigma \int \mathcal{L} \cdot dt,$$

$\sigma_{\Upsilon(4S)} \sim 1 \text{ nb}$ なので、

1 ab^{-1} ($= \mathcal{L}_{\text{Belle}}$) で 10^9 (10 億) 個、 50 ab^{-1} ($= \mathcal{L}_{\text{Belle2}}$) で 5×10^9 (500 億) 個の B 粒子が得られる

瞬間 (instantaneous) Luminosity は、

$$\mathcal{L} = 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} = 10 \text{ nb}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

なので、 10^{34} だと毎秒 10 個、 10^{36} だと毎秒 1000 個生成される

SuperKEKB 加速器

KEK と筑波山



2017年4月14日撮影

KEK と富士山

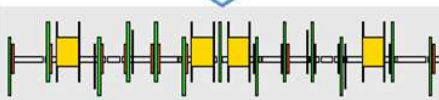


撮 2018 年1 月12 日朝 於 不動峠

The SuperKEKB Accelerator

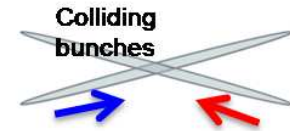
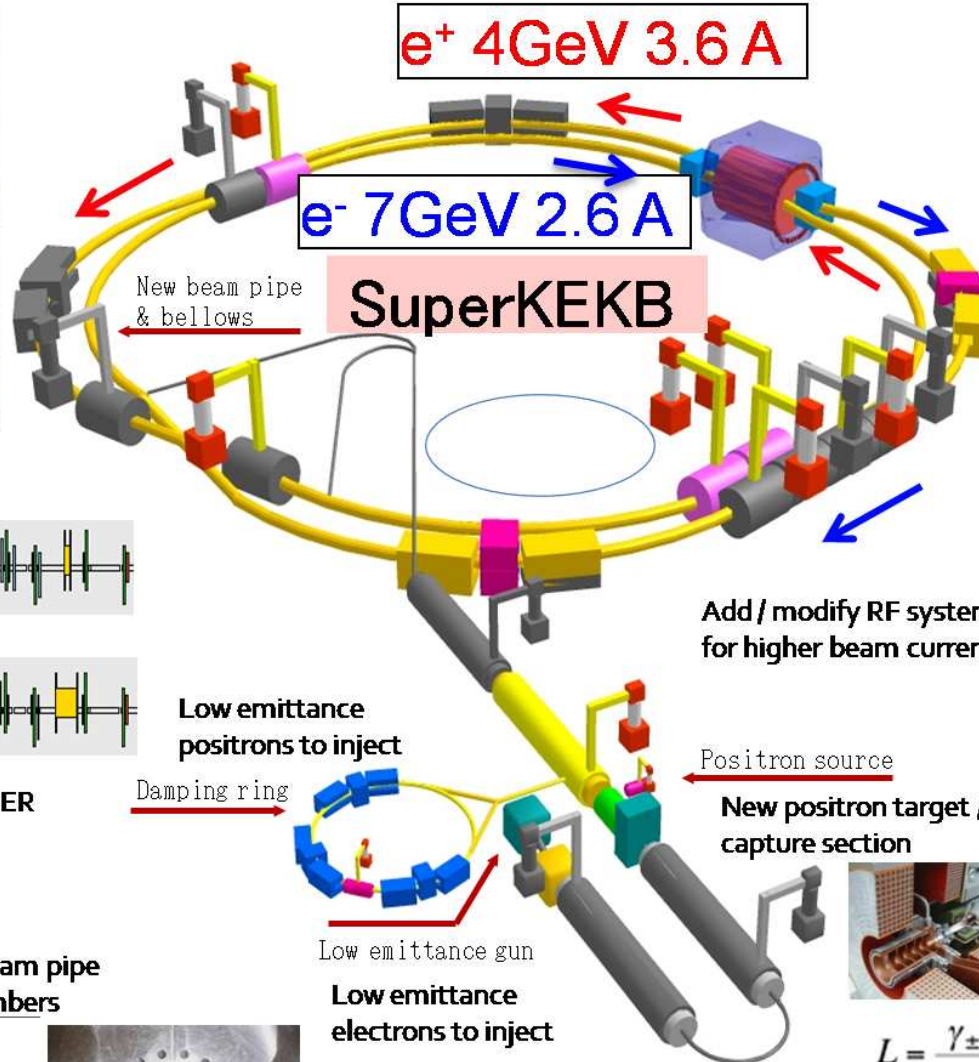
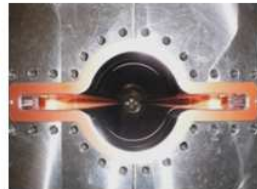
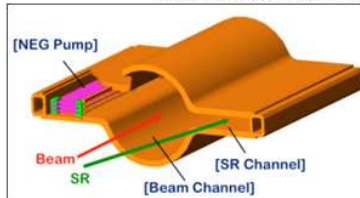


Replace short dipoles with longer ones (LER)



Redesign the lattices of HER & LER to squeeze the emittance

TiN-coated beam pipe with antechambers



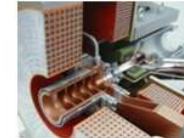
New superconducting / permanent final focusing quads near the IP



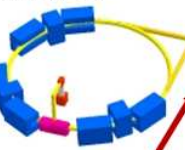
Add / modify RF systems for higher beam current

Positron source

New positron target / capture section



Damping ring



Low emittance gun

Low emittance electrons to inject

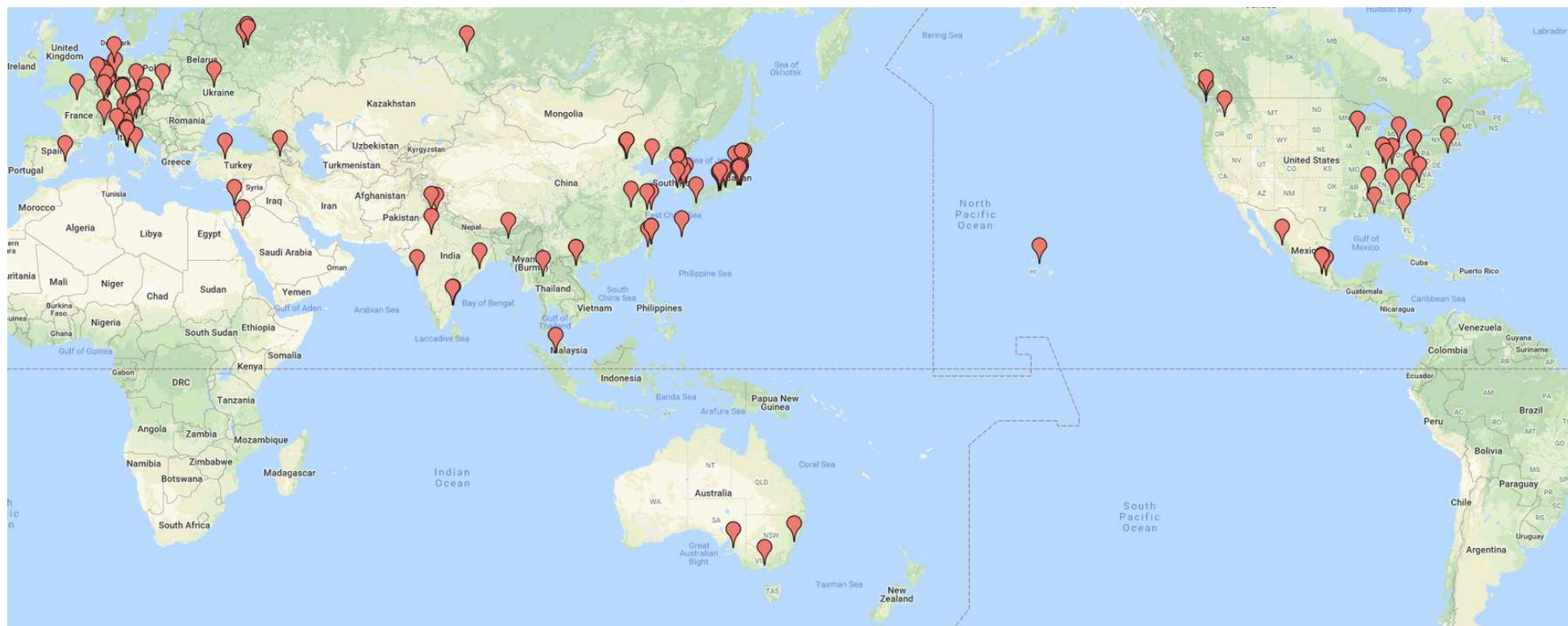
$$L = \frac{\gamma_{\pm}}{2er_e} \left(1 + \frac{\sigma_y^*}{\sigma_x^*} \right) \frac{I_{\pm} \xi_{\pm y}}{\beta_y^*} \left(\frac{R_L}{R_y} \right)$$

極限までビームサイズを小さく絞る (nano-beam scheme)

Belle2 実験

Belle2 Collaboration

Belle2 に参加している Institute

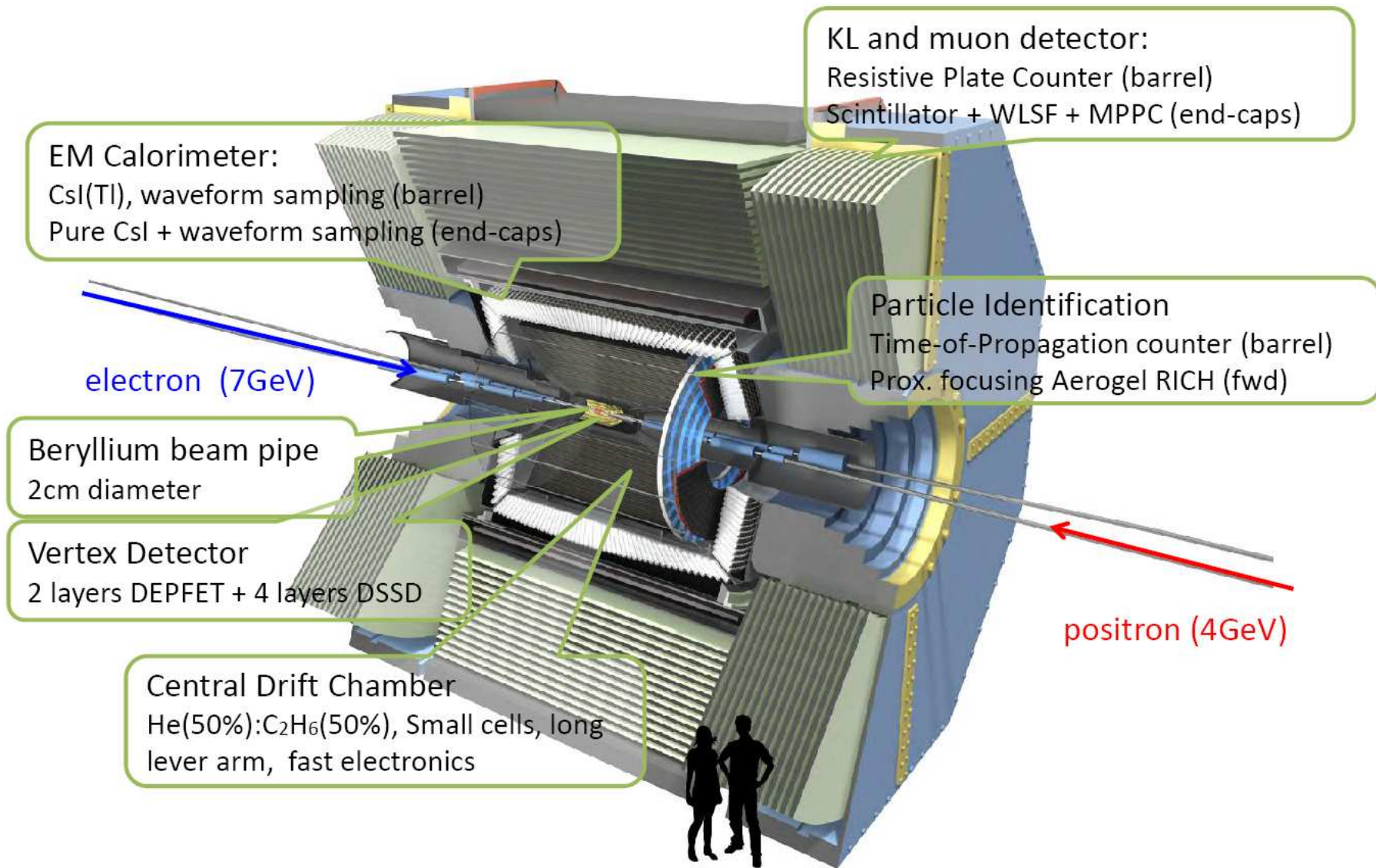


● 920 Members(本当か?), 113 Institutes, 26 countries/regions (Feb.2019)

● 日本 162(27) Members(本当か?), 15 Institutes

● BELLE2 (誤) ⇒ Belle II (正) ⇒ Belle2 (好)

The Belle II Detector

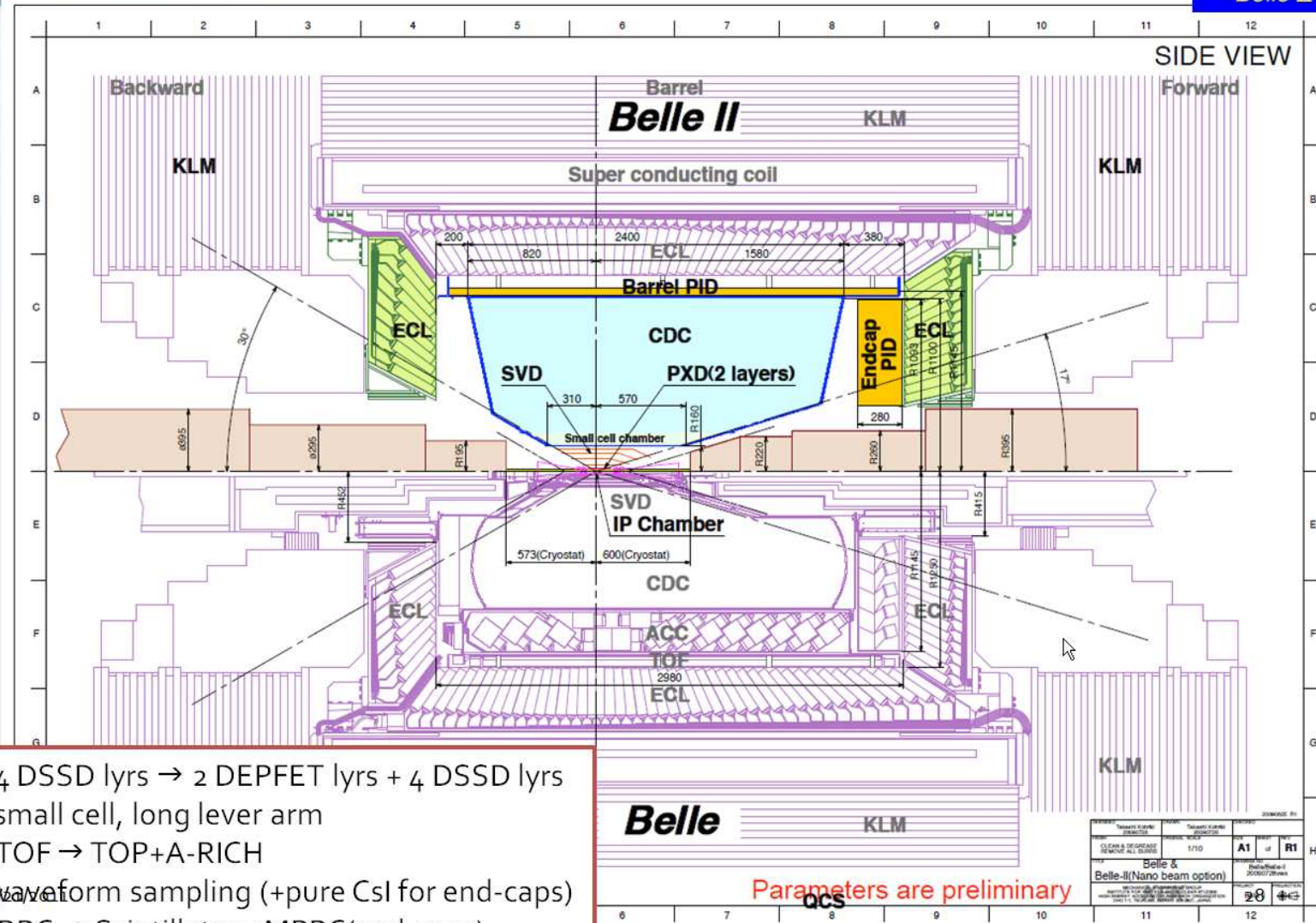


● 大きさ およそ 8m×8m×8m

● 重さ 1400t

The Belle II Detector

Belle II Detector (in comparison with Belle)



SVD: 4 DSSD lyrs → 2 DEPFET lyrs + 4 DSSD lyrs
 CDC: small cell, long lever arm
 ACC+TOF → TOP+A-RICH
 ECL: waveform sampling (+pure CsI for end-caps)
 KLM: RPC → Scintillator +MPPC(end-caps)

Parameters are preliminary

読みだし装置とカロリメターより内側の検出器を全て交換した

SuperKEKB Phase1, 2 and 3

● Phase 1

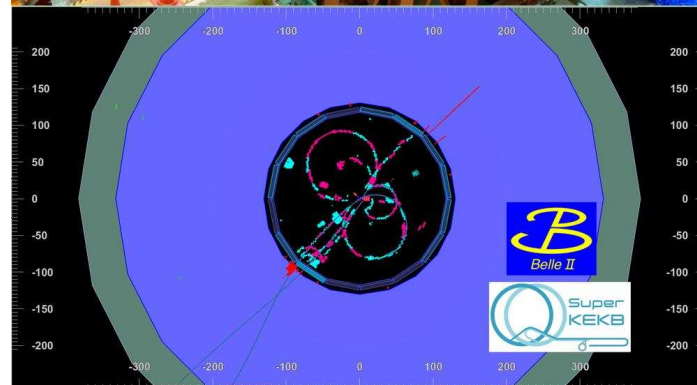
- Belle2 はロールアウト
- 加速器はQCS 無し
- 真空焼きとエミッタンス
- 2016年2月-6月

● Phase 2

- QCS が入り加速器としては完成形
- Belle2 も有るが衝突点検出器は無し
- nano-beam scheme の検証
- Background 放射線の理解
- 2018年4月-7月

● Phase 3

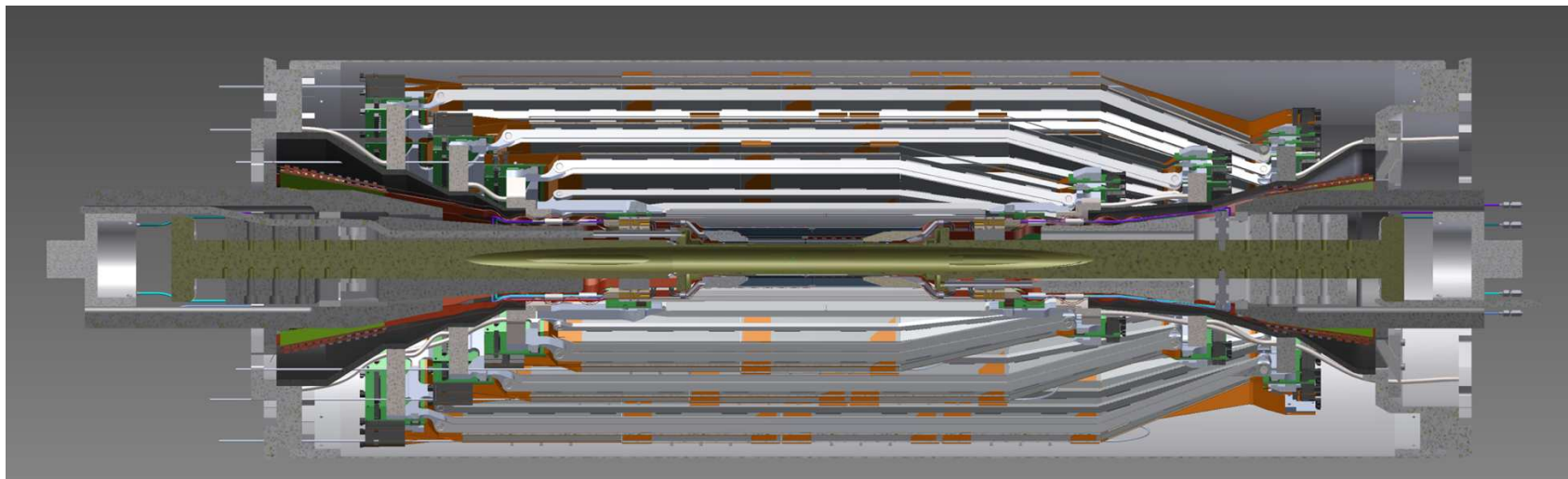
- 衝突点検出器を入れて Belle2 完成
- 最終形態のはず？



Phase2 から Phase3 へ

- 移行への条件
 - Luminosity が 10^{34} 程度に到達する
 - 衝突点検出器を入れても大丈夫な程度に加速器由来の放射線と背景事象をコントロールできる
- 概ねクリアされたので Phase3 への移行決定 (2018 年6月)
- 衝突点検出器を install
 - Phase2 では Phase3 と同じ物の一部 + 放射線計測器 (Beast2)
 - 加速器運転初期の放射線レベルを計測して、加速器にフィードバックする
 - 衝突点検出器を入れても大丈夫な程度の放射線レベルになっていることを確認する
- 前方エンドキャップを取り外し、ARICH 修理
 - エレキの冷却が不十分だった
 - 読めなかったチャンネルが多かった

VXD の概念設計図

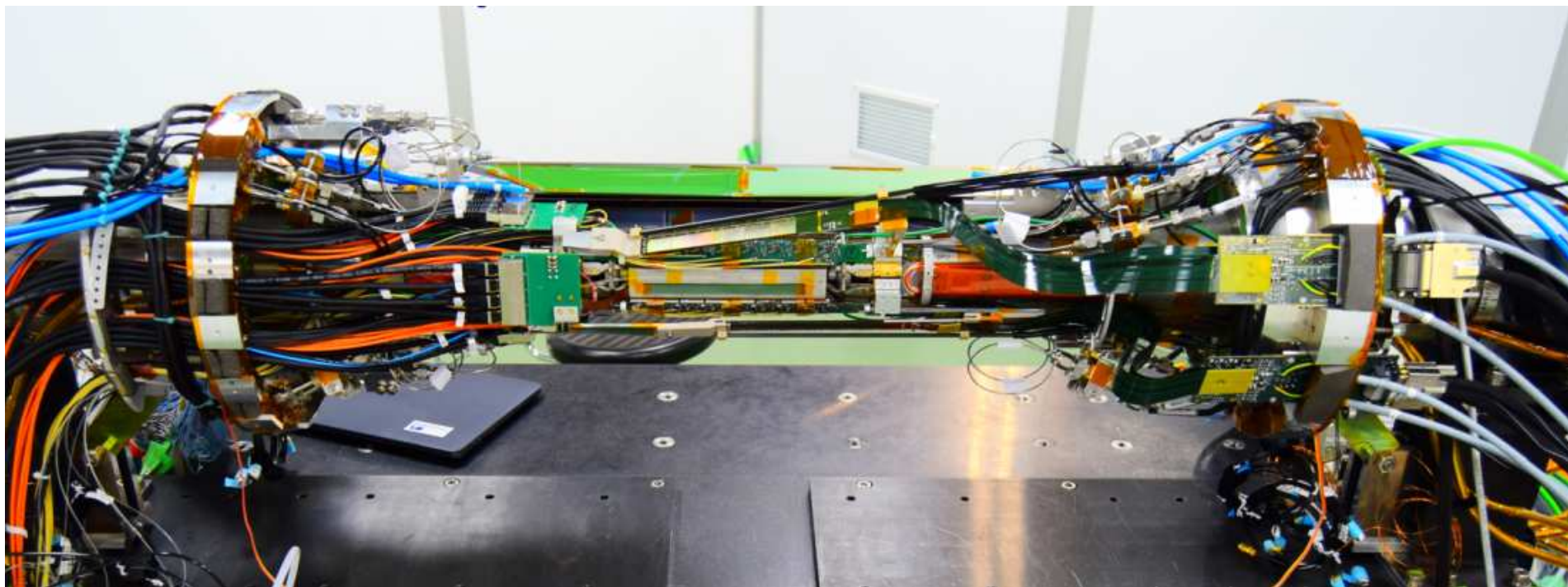


● VXD/IR を構成するもの

- Beam Pipe (Be+Ta+W)
- PXD (2 層)
- SVD (4 層)
- 放射線シールド
- QCS との Interface
- RVC (Remote Vacuum Connection)
- Service 関連 (冷却、ケーブル)

	Belle2	Belle
r Beampipe	1 cm	1.5 cm
Pixel	2 層	無し
両面 Strip	4 層	4 層
r_{\min} 最内層	14 mm	20 mm
r_{\max} 最外層	135 mm	88 mm

Phase2 用VXD



- Phase2 VXD = 1/10 Phase3 VXD + Rad Monitor
- ϕ セクターひとつ分だけ PXD + SVD がある
- 残りは各種の Radiation Monitor
- VXD のテスト
- 加速器由来の放射線が安全なレベルになるかモニター

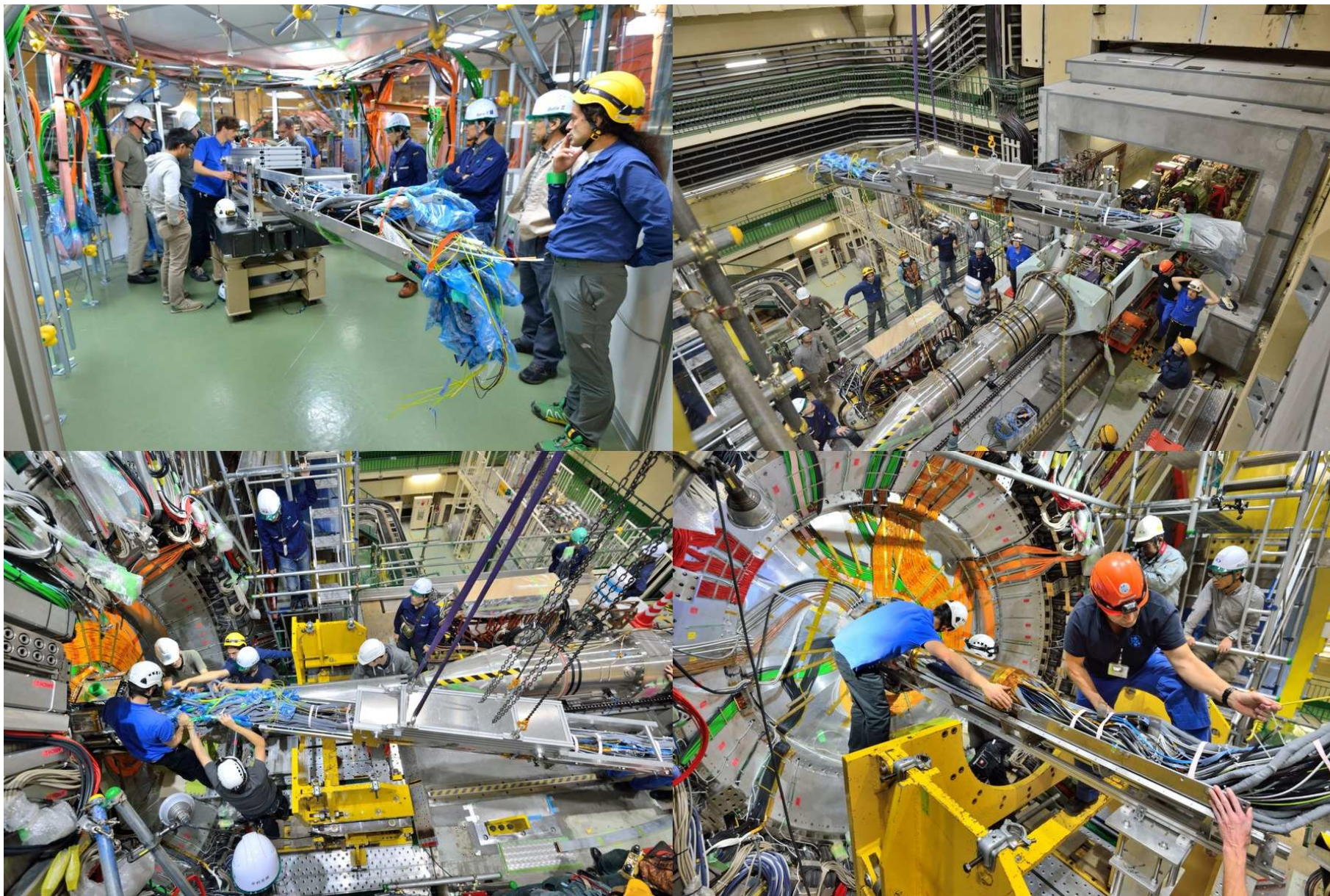
Phase3 用VXD



- SVD は完成
- PXD は二層目が間に合わず
 - 一層目は 1(out of 8) セクターの後方側が不良
 - 二層目は 2(out of 12) セクターのみ
 - ラダー作成作業中に問題が発生し短期間で解決する見込たたず
 - 2020 年夏に入れ換え予定
 - 一層目に track をつなげれば、解析に影響は無い(はず)

Phase3 用VXD (2)

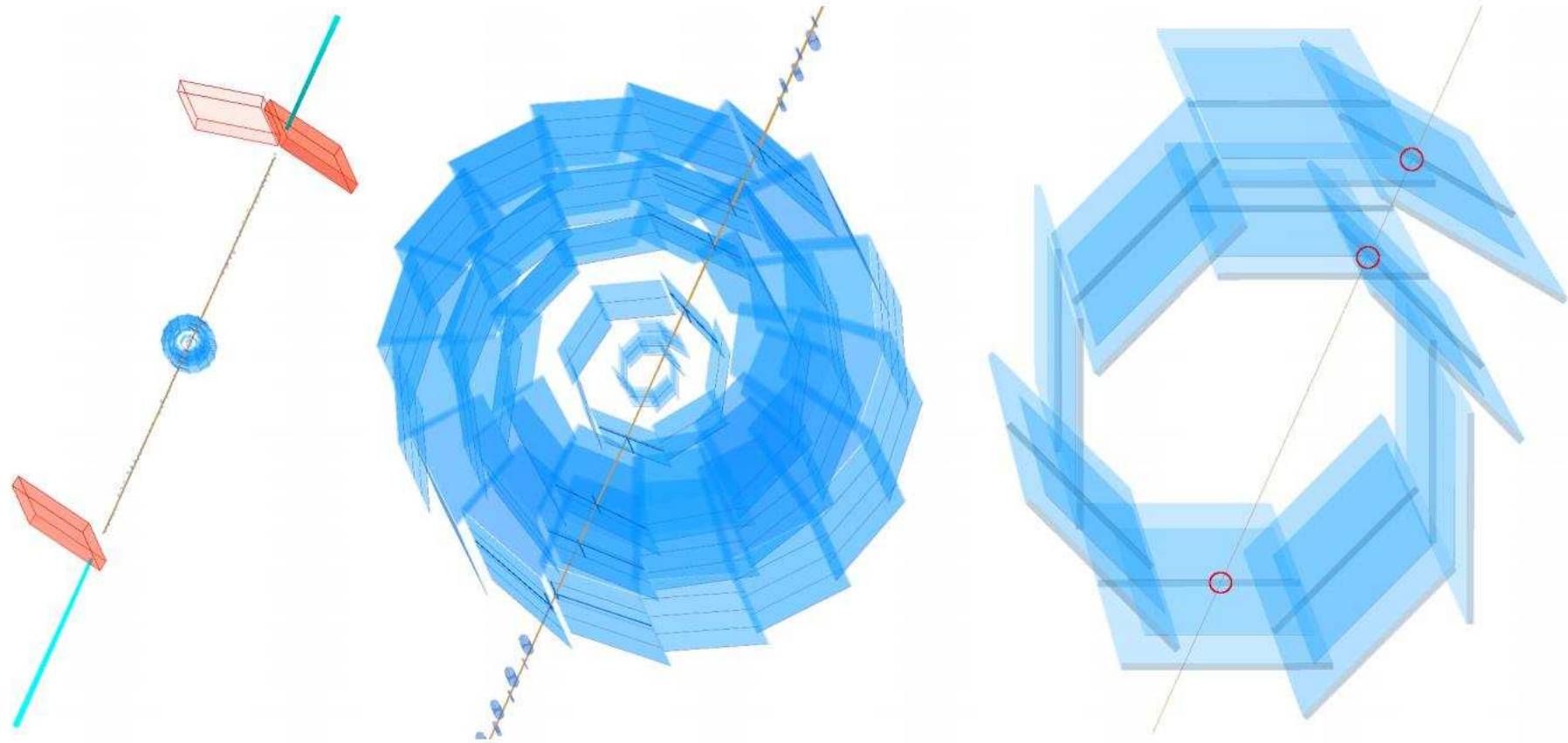
Installation の様子



Nov.21.2018

Phase3 用VXD (3)

宇宙線 Event

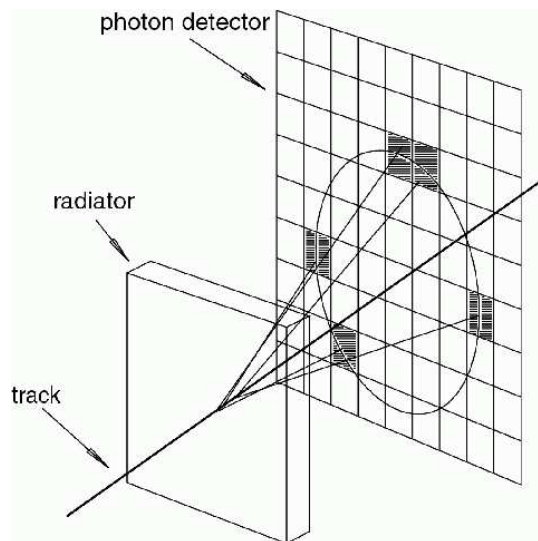


- ECL-TOP-CDC-SVD-PXD 全てに hit がある
- PXD の install されていない部分がよくわかる

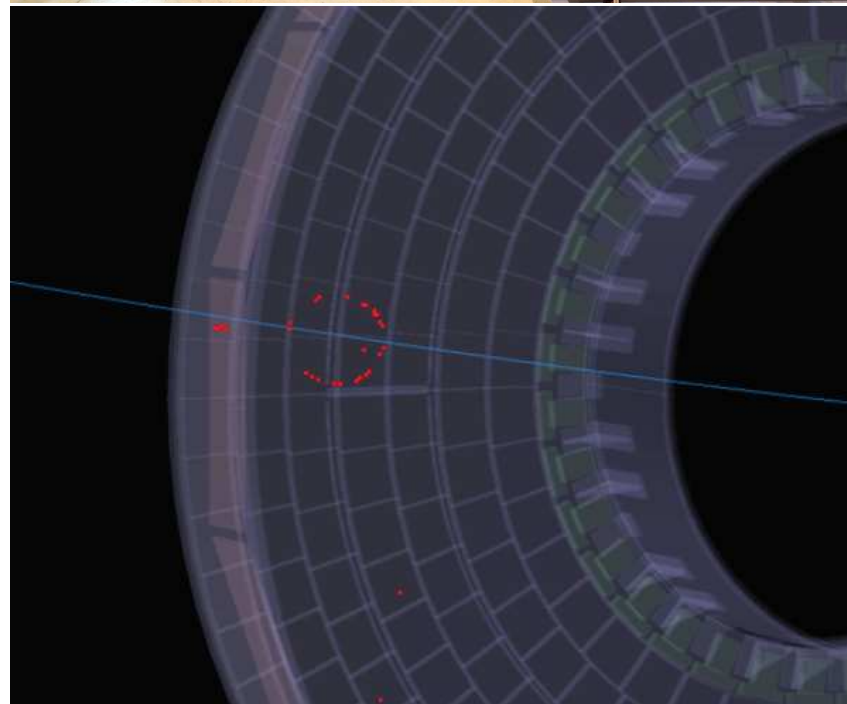
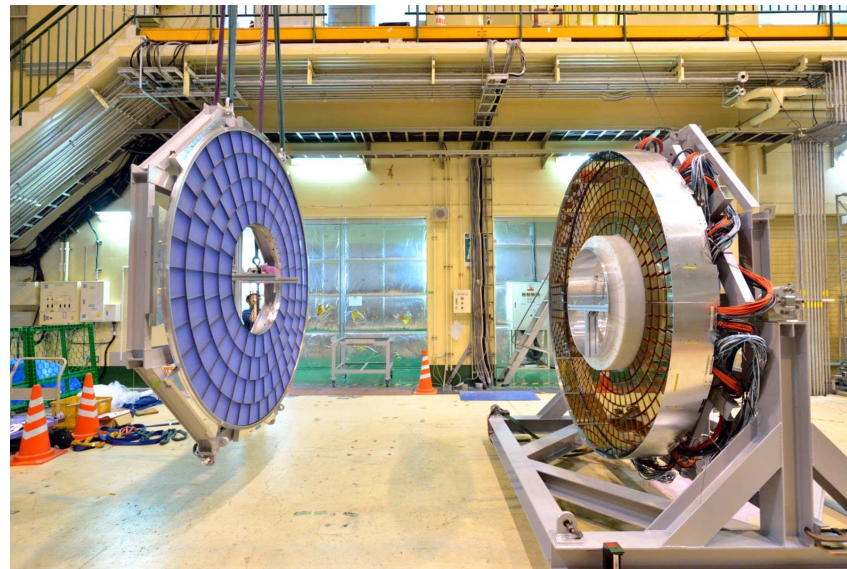
Jan.27.2019

ARICH

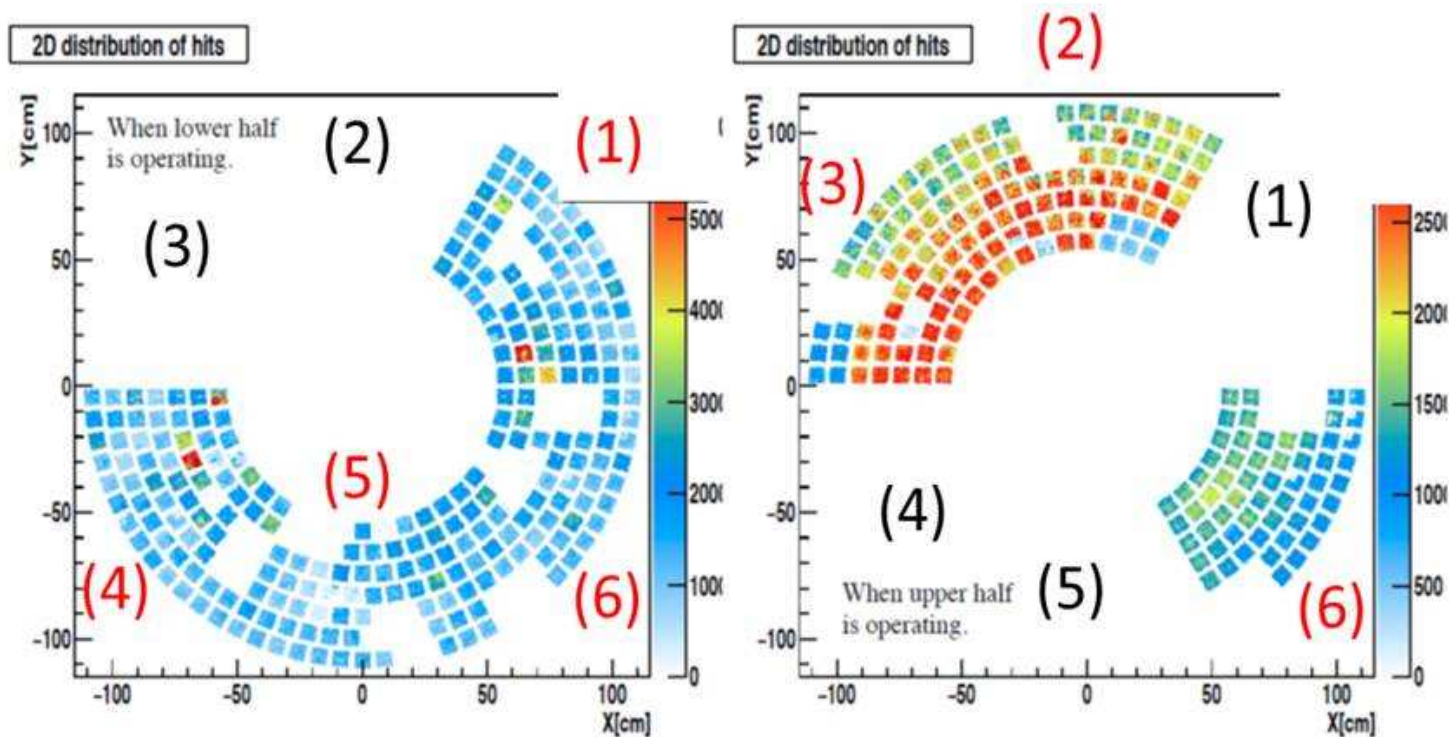
● Proximity Focusing Aerogel Ring Image Čerenkov Detector



- Aerogel Radiator
- 144ch Hybrid Avalanche Photo Detector
- $\sigma_{\theta_c} = 14 \text{ mrad}$
- 4 GeV まで 4σ で K/ π を識別



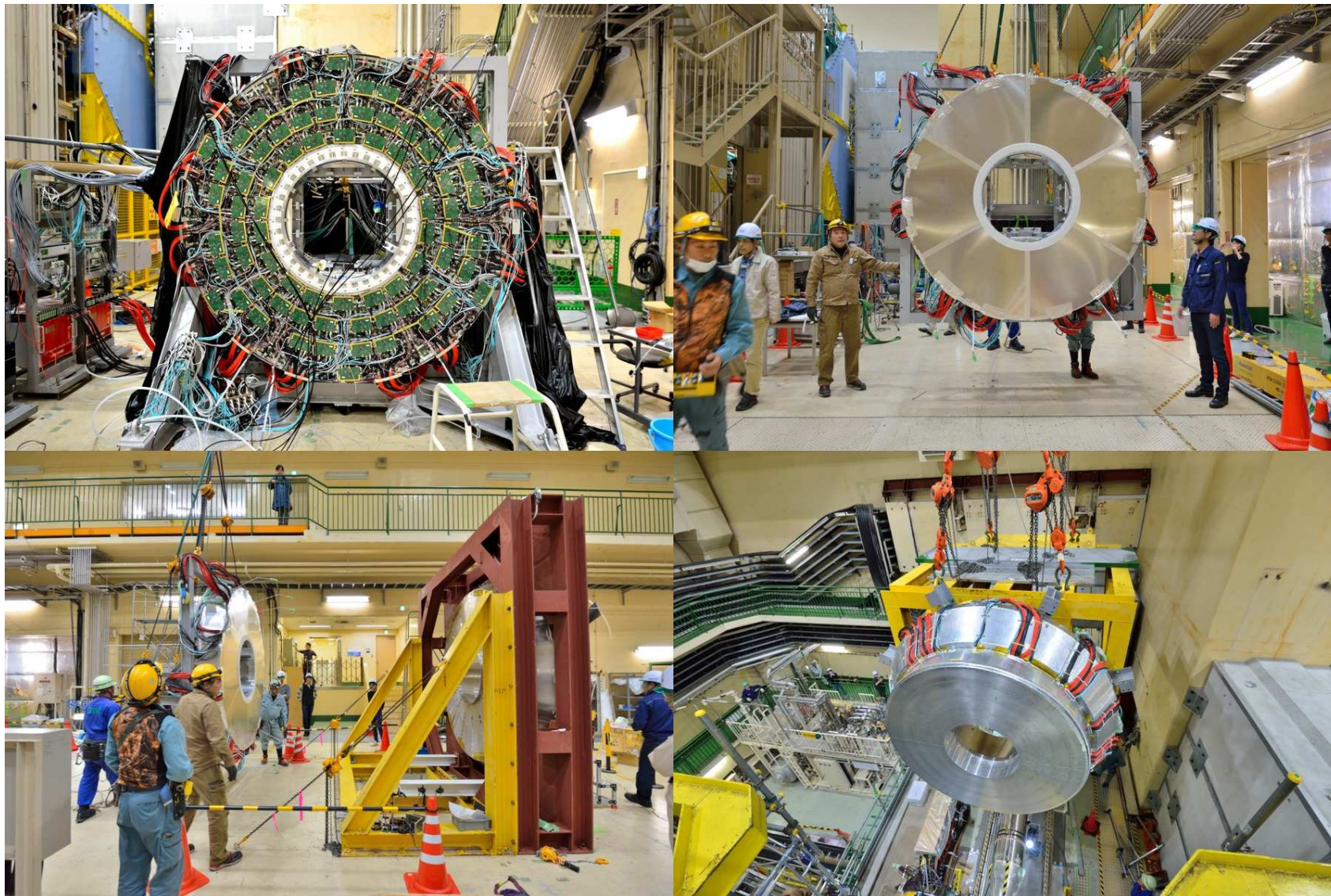
ARICH 修理



- 冷却が不十分で全領域運転できず
 - 3/6 又は 4/6 だけの operation
- たくさんの読めないチャンネル
 - 10 Mergers (×6 HAPDs) (~14% Dead Channel)
 - 11 HAPDs Bias/HV problem (~3%)
- 一旦取り出して修理

ARICH 修理 (2)

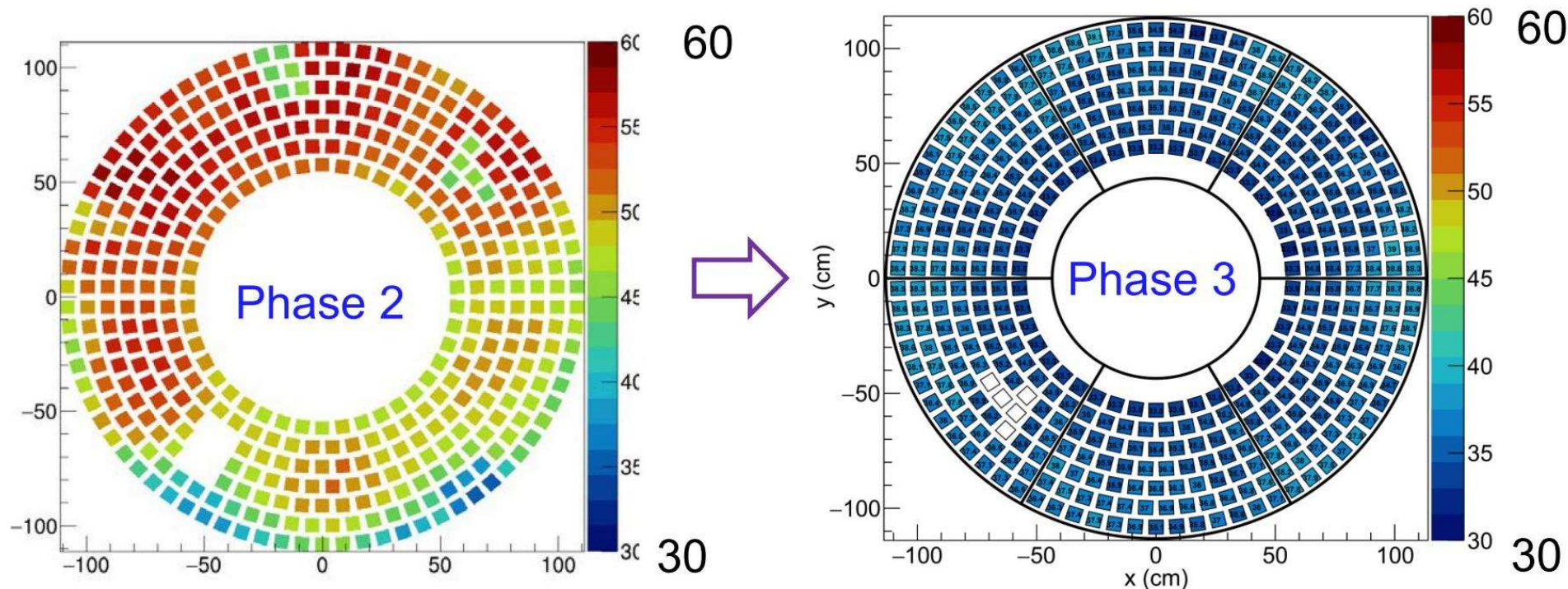
Installation の様子



● 12月20日にARICH-ECL 結合

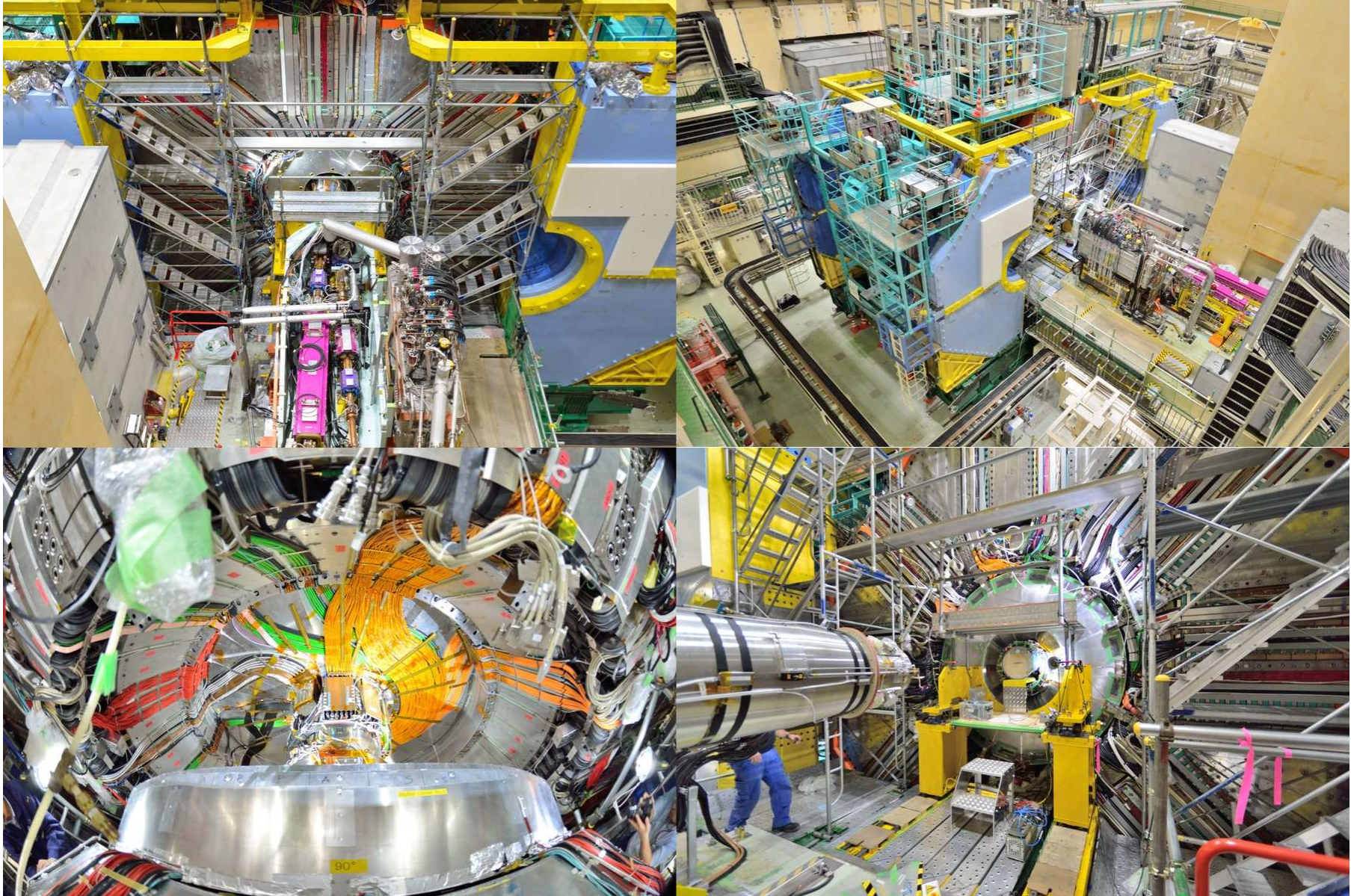
● 12月25日にBelle2へ移動

ARICH 冷却の強化 (3)



- 無事冷却できるようになった
- 読めなかったチャンネルもほぼ復活した
- 主にケーブルの不良 (Cat.7, flat, 接触不良等)

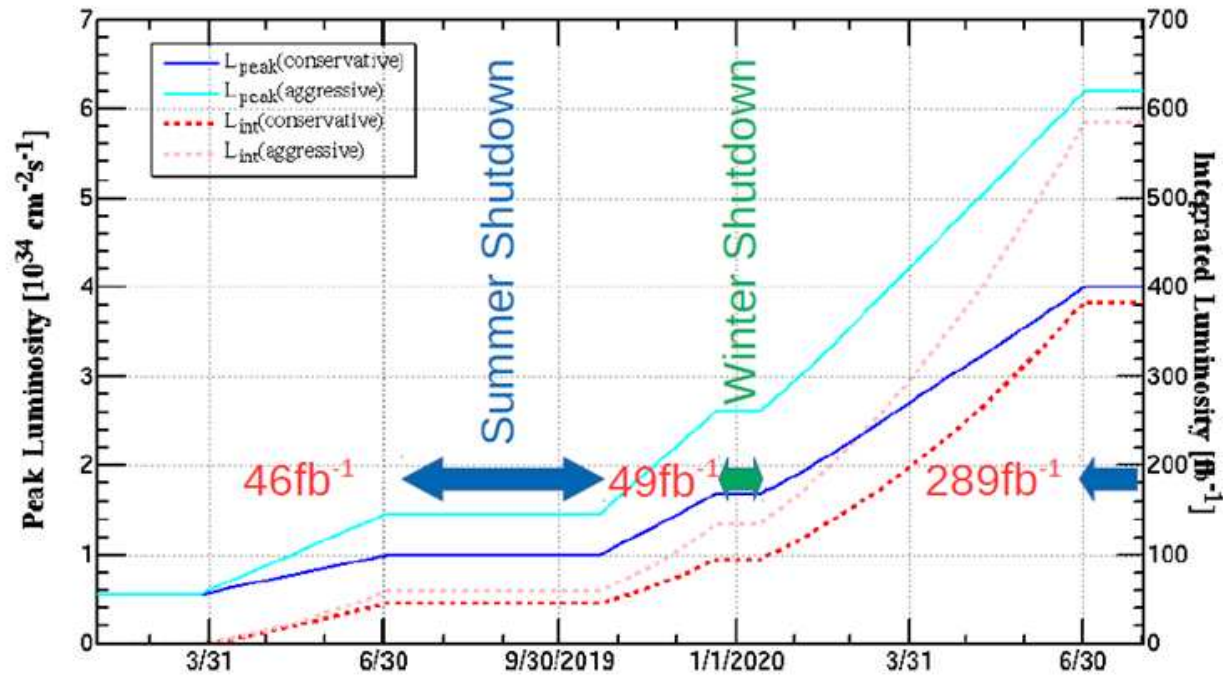
最近のSuperKEKB/Belle2 衝突点付近の様子



3月11日運転開始に向け、2月19日よりエンドヨークを閉める作業開始

近未来の予定

2020 年夏までの Luminosity の図

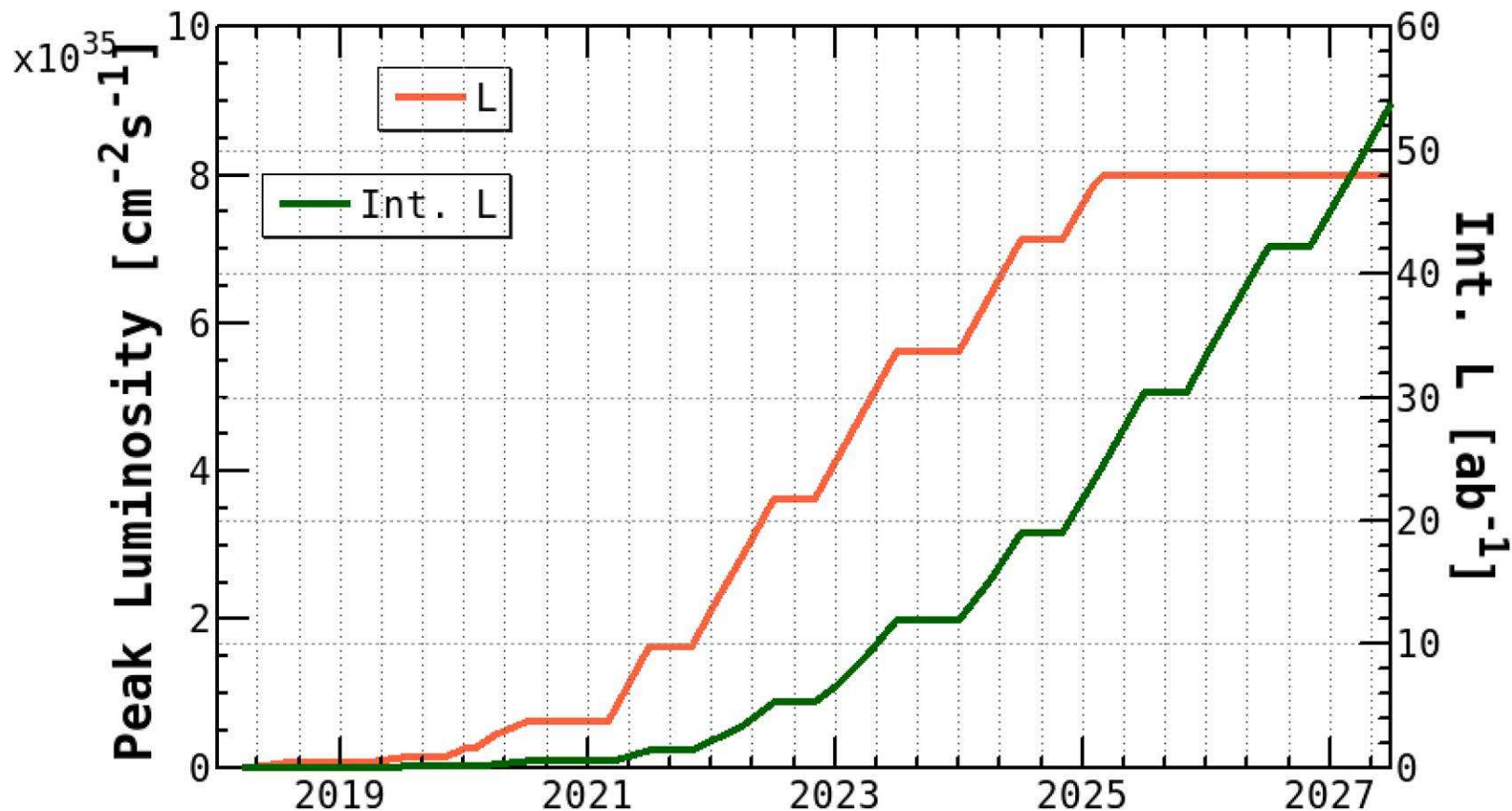


- 3月11日運転開始(8ヵ月)
- Lumi. Run は4月から
- 夏までに $\sim 50 \text{ fb}^{-1}$
- 2020 夏までに $\sim 400 \text{ fb}^{-1}$
- 2020 夏は長い休み(Belle2 作業)

	Phase2	2020	Design
β_y^* (mm)	3	1.4	0.3
I_{beam} (A)	0.8+0.9	1.3+1.8	2.6+3.6
\mathcal{L} (10/nb/s)	0.55	4.0	80.0
Bkg (A.U.)	1	0.5	0.1

長期の予定

今後のLuminosityの図



- 2020年夏までは現実的な予定
- それ以降は願望(4年で予定のLuminosityに到達すると仮定)
- 1 ab^{-1} (= $\mathcal{L}_{\text{Belle}}$) 到達は2021末?
- RFの増強が不可欠

終

り