

Belle2 実験アップグレード作業について

第24回ICEPP シンポジウム@白馬八方和田野

2018.Feb.18-21

中村勇 / 高工研

第8回高エネルギー春の学校 2018



- 於 湖邸滋びわこクラブ (滋賀県大津市北小松)
- 2018年5月17日(木)–19日(土) (2泊3日)
- 今年の講師
後田裕 (Belle II)、奥村恭幸 (ATLAS)、木河達也 (ニュートリノ)、
永田夏海 (理論)、三部勉 (測定器)
- 参加申し込みの締切 4月15日

皆さんの参加をお待ちしています

<http://www-conf.kek.jp/hepss2018/>

SuperKEKB/Belle2 実験

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 加速器

KEK @ 2017



2017年4月14日撮影

KEK と富士山 (2)

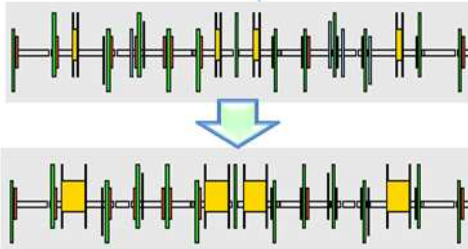


撮 2018 年 1 月 12 日 朝 於 不 動 峠

The SuperKEKB Accelerator

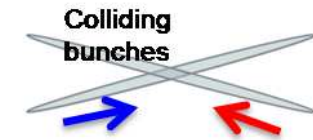
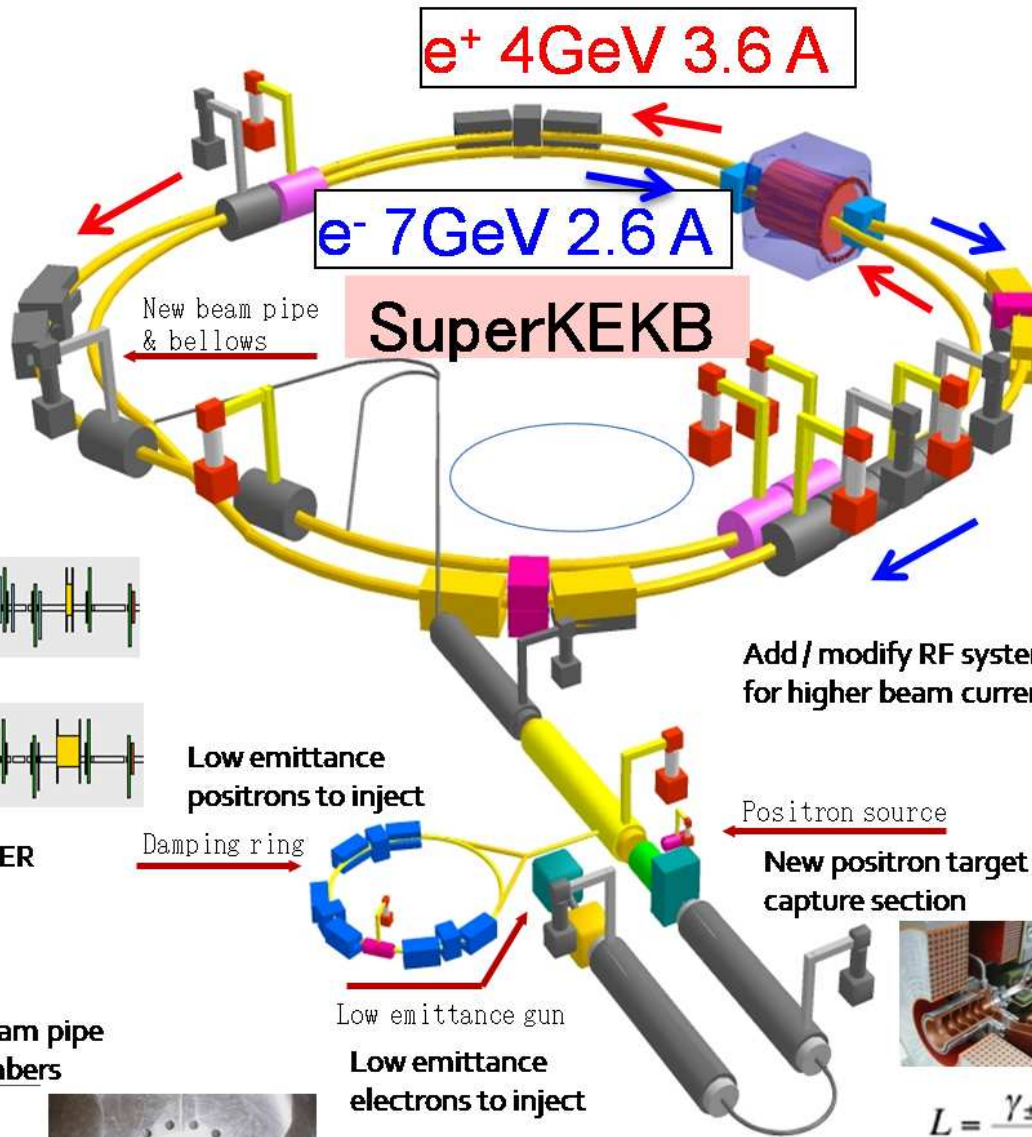


Replace short dipoles with longer ones (LER)



Redesign the lattices of HER & LER to squeeze the emittance

TiN-coated beam pipe with antechambers



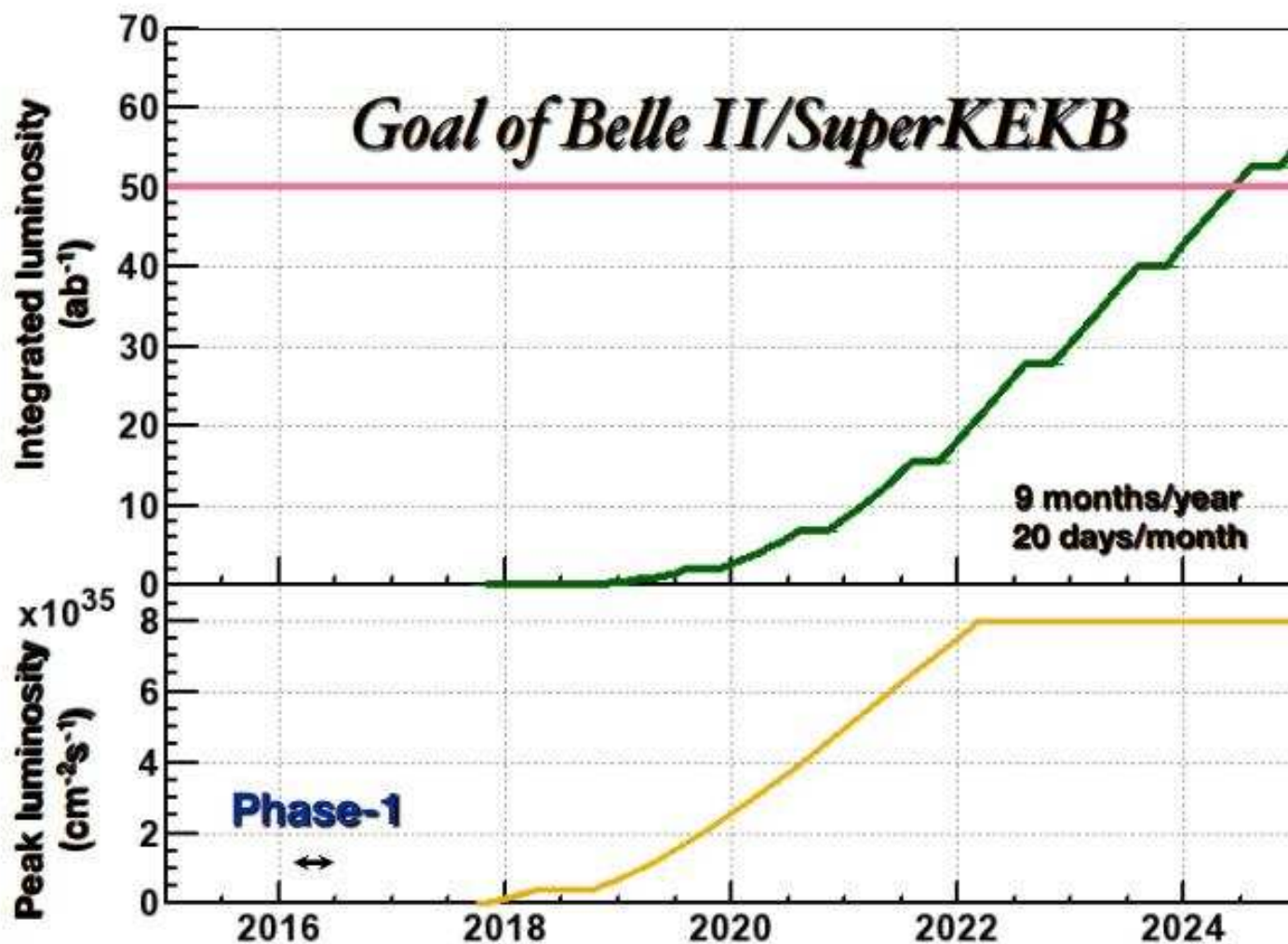
Colliding bunches

New superconducting / permanent final focusing quads near the IP



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

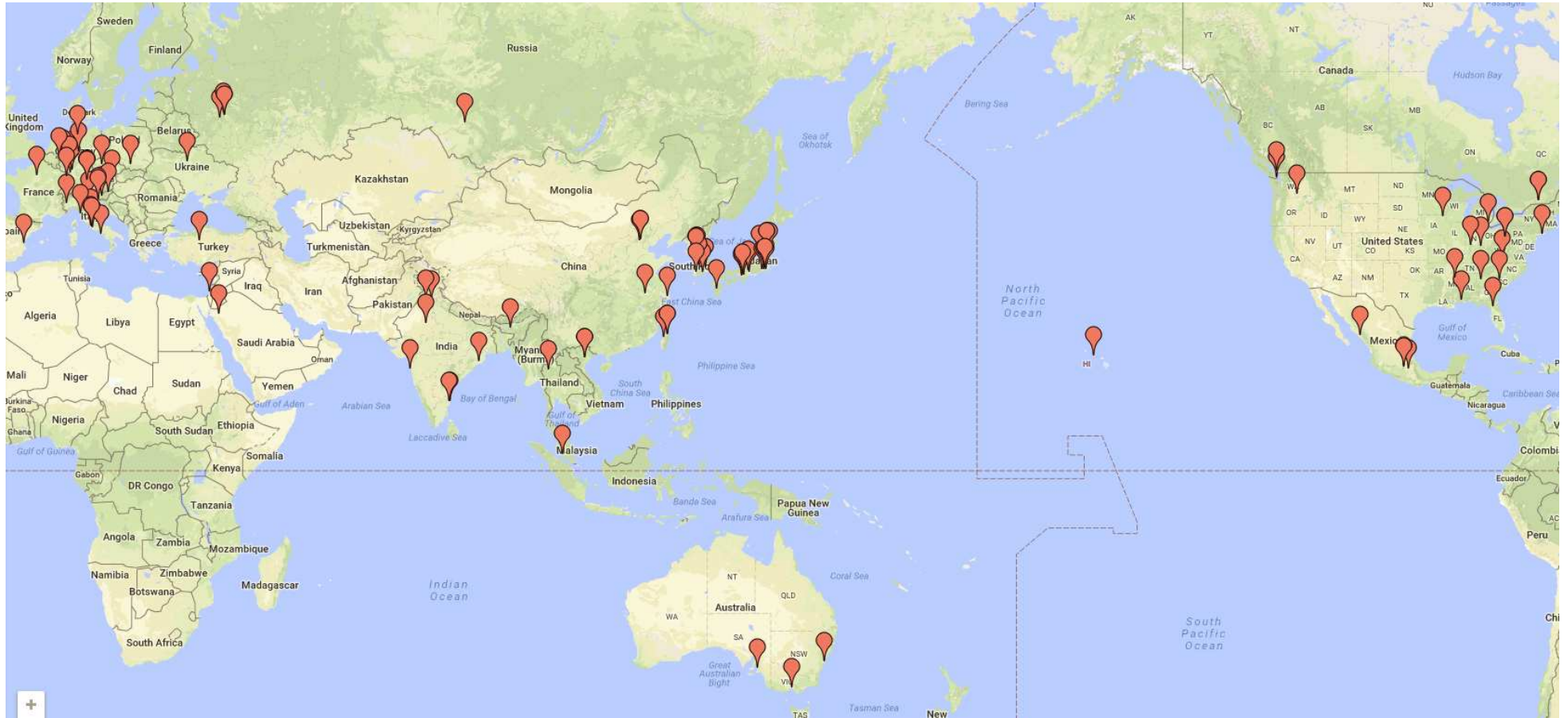
予定



- Phase 1: 加速器調整 (Belle2 無し、衝突無し) 2016 年7 月終了
- Phase 2: “物理”Run (Belle2 有り、Pre-“VXD”、衝突有り) 2017 年度中開始
- Phase 3: 物理Run 2018 年度中開始

Belle2 実験

Belle2 Collaboration Belle2に参加している Institute



- 731 Members, 108 Institutes, 25 countries/regions (Feb.2018)
- 122 Members, 14 Institutes in Japan
- 45 Members!! in KEK
- BELLE2 (誤) ⇒ BelleII (正) ⇒ Belle2 (好)

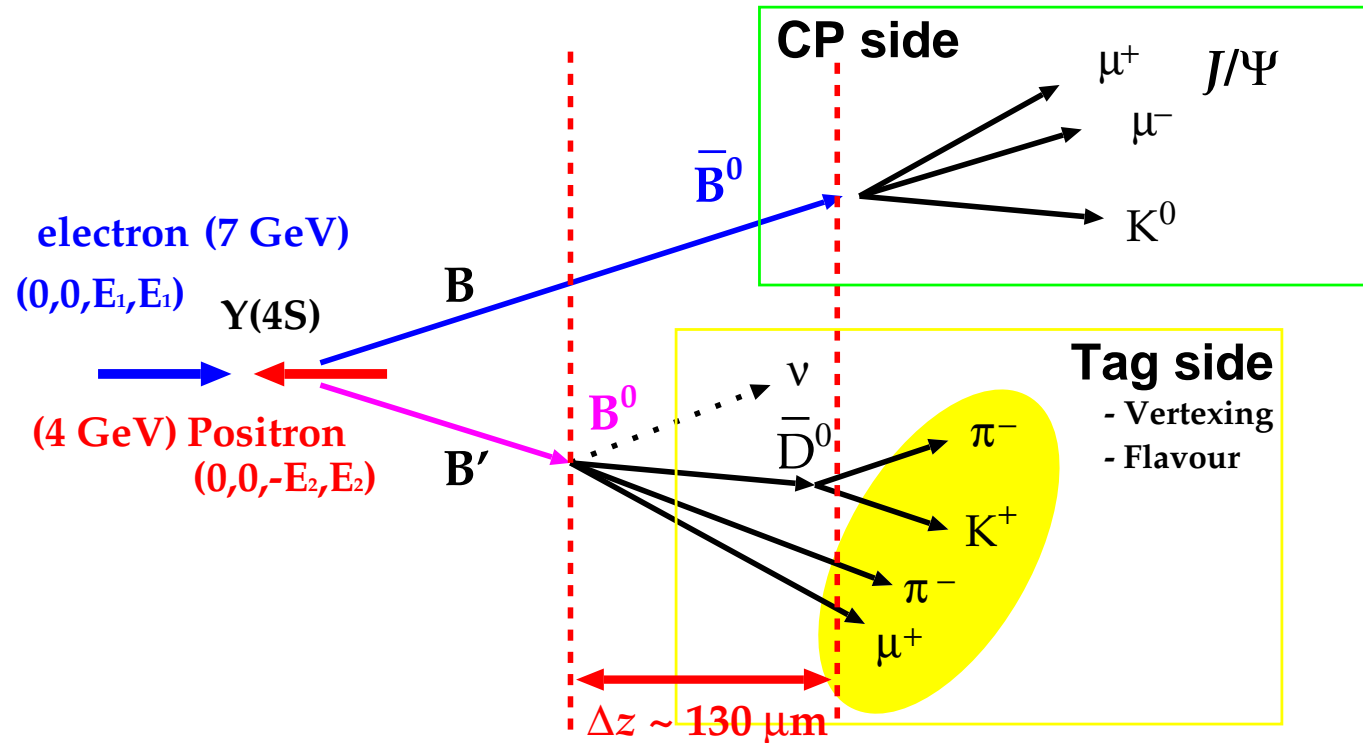
Belle2 PR (宣伝)

The image displays two screenshots of the Belle2 Collaboration's social media presence. On the left is the Twitter profile for @belle2collab, showing 67 tweets, 16 followers, 212 following, and 2 likes. A recent tweet from October 8, 2016, features a group photo of collaborators at a workshop in Italy. On the right is the Facebook page for Belle II Collaboration, featuring a large image of the Belle II detector and a post from October 8, 2016, describing the 25th International Workshop on Vertex Detectors held in La Biodola, Italy.

- Belle2 公式 Twitter <https://twitter.com/belle2collab>
- Belle2 公式 facebook <https://www.facebook.com/belle2collab>
- Twitter/Facebook の follower ~500/~1000
- 更新は余り頻繁ではない。

Experimental Technique (1) 寿命測定

$$\mathcal{B}(B^0 \rightarrow J/\Psi K^0) = 8.5 \times 10^{-4}$$



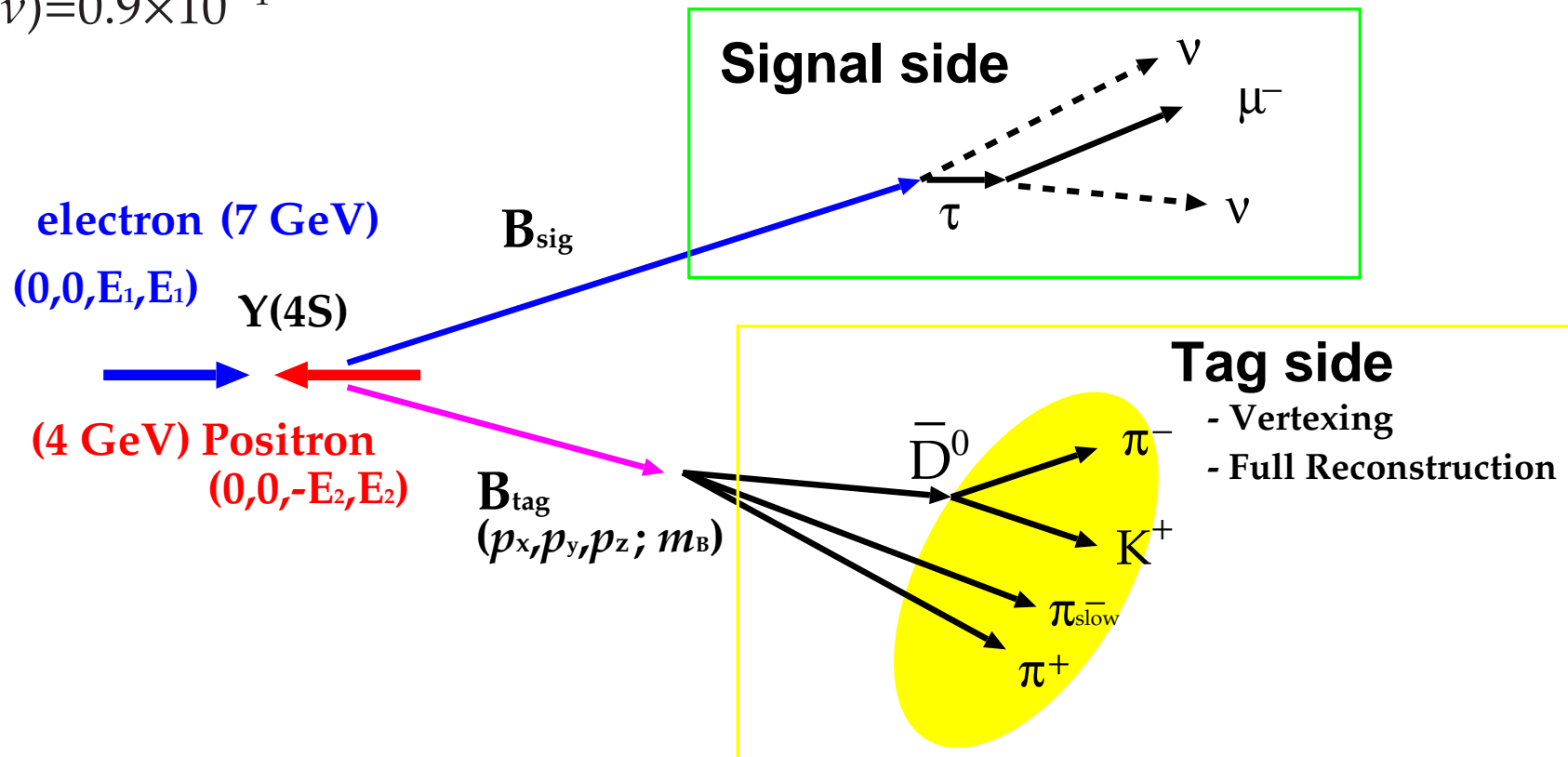
- 崩壊点を見つけ, Propertime を測る ($\Delta z = c\beta\gamma\Delta t$)
- B が壊れるまでに走る距離は

$$L = c\tau_B\beta\gamma = (3 \times 10^8) \times (1.52 \times 10^{-12})\beta\gamma = 456(\mu\text{m})\beta\gamma = 130\mu\text{m}$$

$$\beta\gamma = \frac{p}{E} \frac{E}{m} = \frac{E_1 - E_2}{10.58} = \frac{7 - 4}{10.58} = 0.284$$

Experimental Technique (2) 希崩壊探索

$$\mathcal{B}(B^\pm \rightarrow \tau \nu) = 0.9 \times 10^{-4}$$



- 片側の B を完全に再構成する
 - 知っている B の崩壊を片端から当てはめる (数百種類)
 - Low Efficiency (<1%), High Purity (~60%)
- Flavour と 4 元運動量がわかる
- missing があってもなんとかなる (場合もある)

環境

- 衝突(交差) 頻度 4 ns 毎に1 回 (ATLAS 25 ns)
2 バケツ間隔、1.2m 毎にバンチ
- 物理 Event の頻度
 - Lumi ~ 800 /nb/sec
 - 全部で 100 kHz
 - Trigger で L1 30 kHz / HL 6 kHz
(ATLAS 400Hz)
- 加速器由来の Background
 - Touschek
 - Beam-Gas
 - Radiative Bhabha
- 放射線
 - Ionizing (1-10 kGy/年)
 - Non Ionizing (10^{11} - 10^{12} neutrons/年/cm²)
- 最終収束電磁石との物理的干渉

断面積と Event Rate

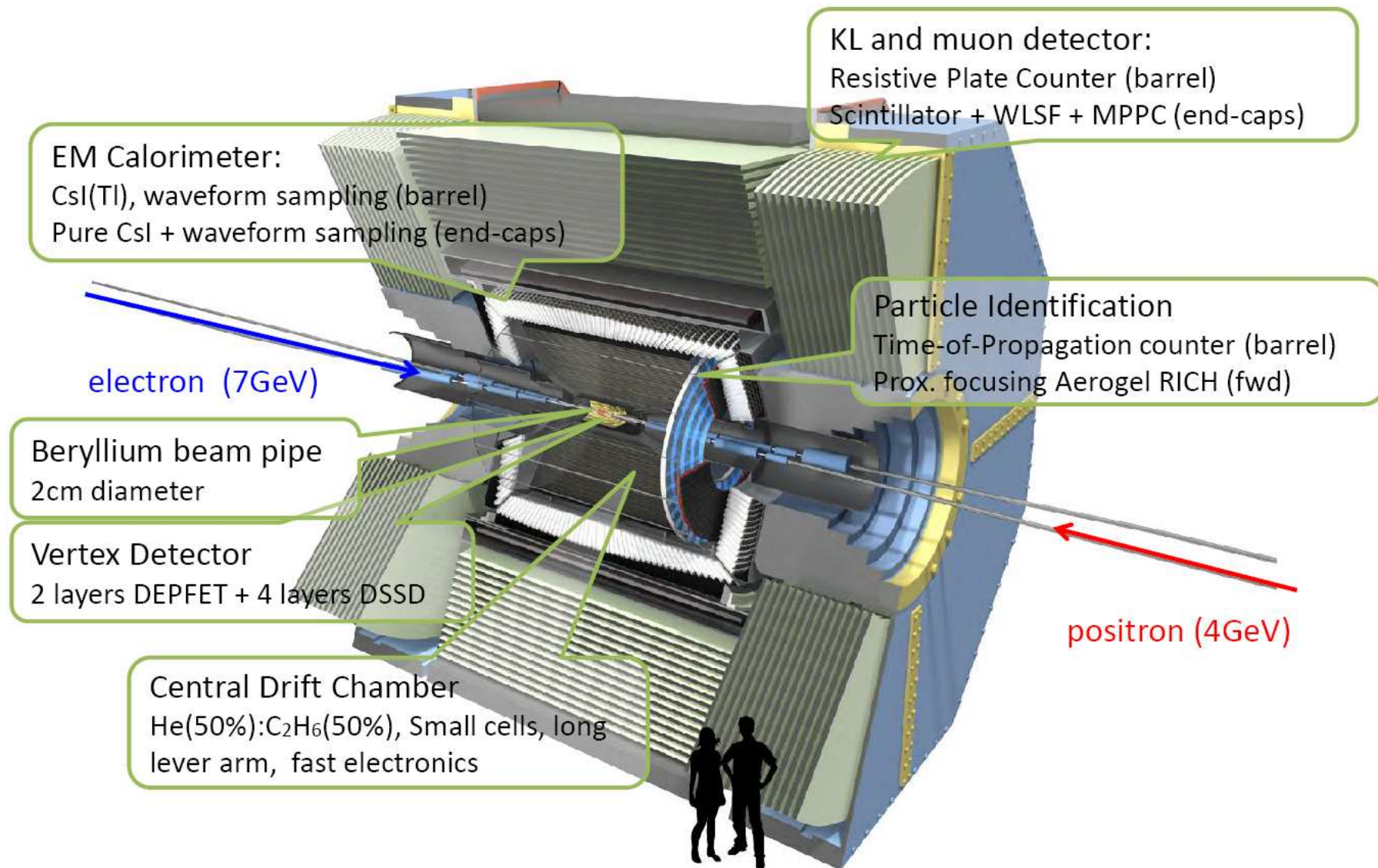
Process	σ (nb)	Rate (kHz)
$\Upsilon(4S)$	1.2	1
$q\bar{q}$	2.8	2.2
$\mu^+\mu^-$	0.8	0.6
$\tau^+\tau^-$	0.8	0.6
e^+e^-	44	35
γ -Pair	2.4	2
Two- γ	80	64
Total	132	~100

コンセプトは

より速く、より細かく、より丈夫に

より安く

The Belle II Detector

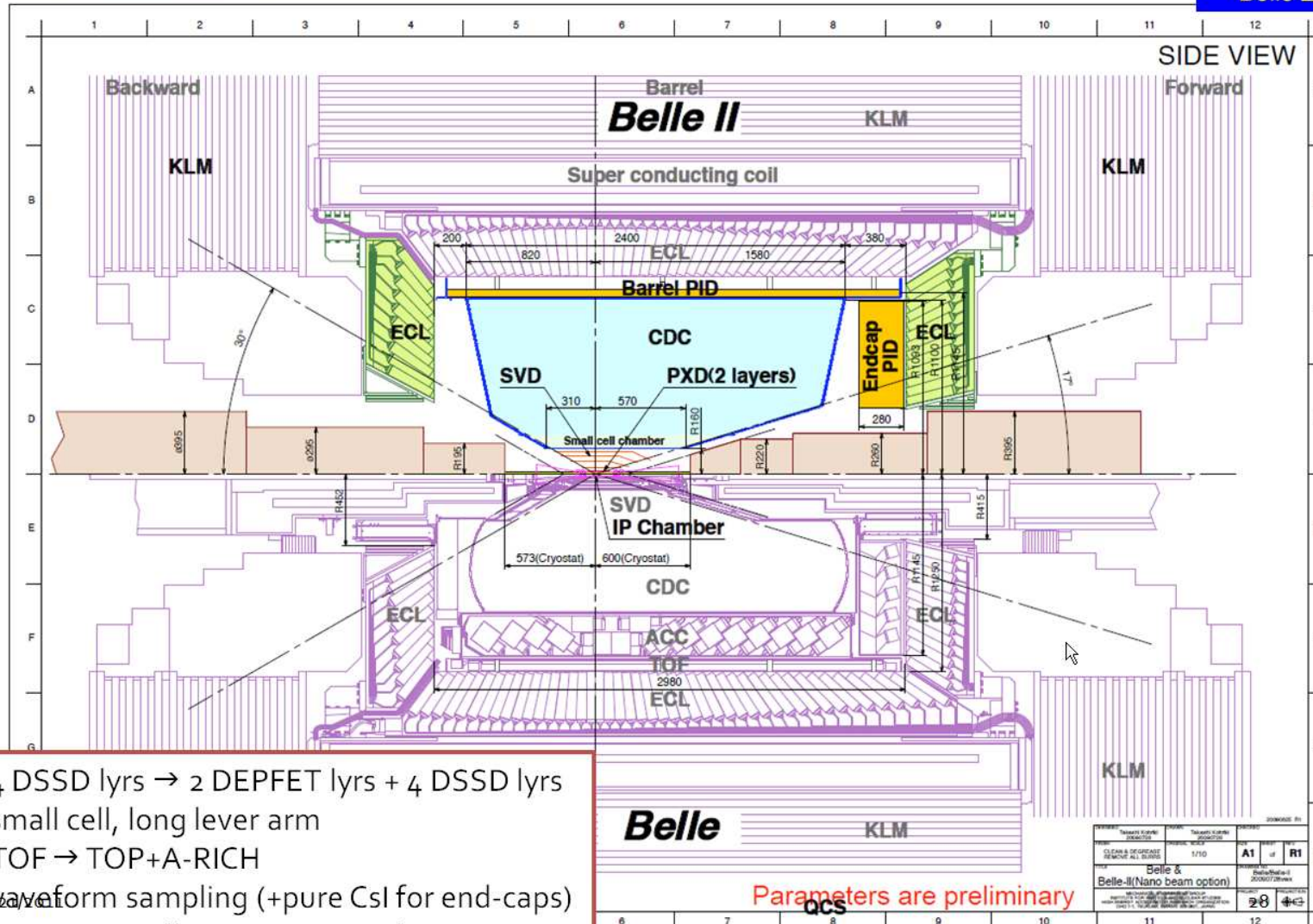


● 大きさ およそ 8m×8m×8m

● 重さ 1400t

The Belle II Detector

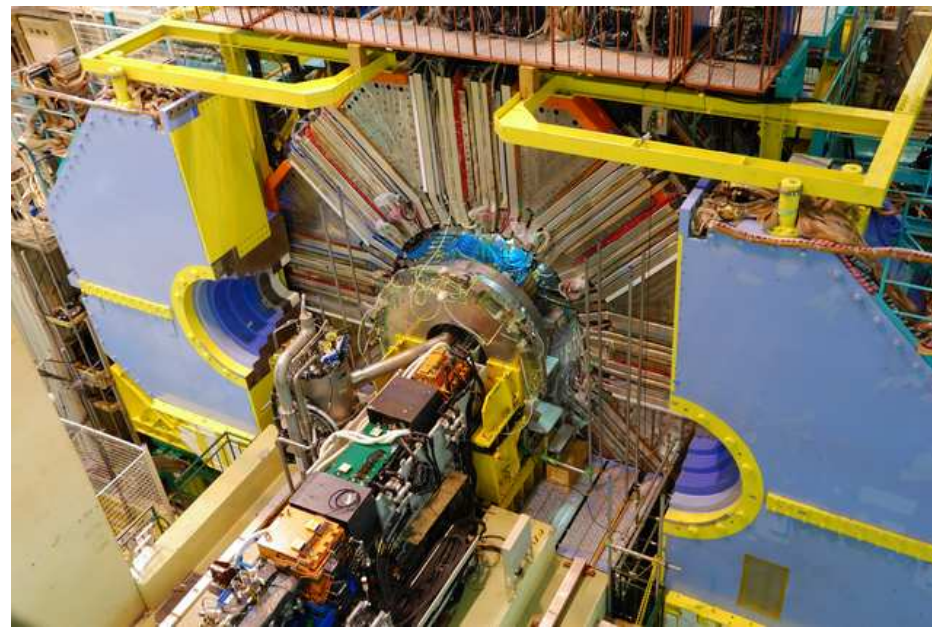
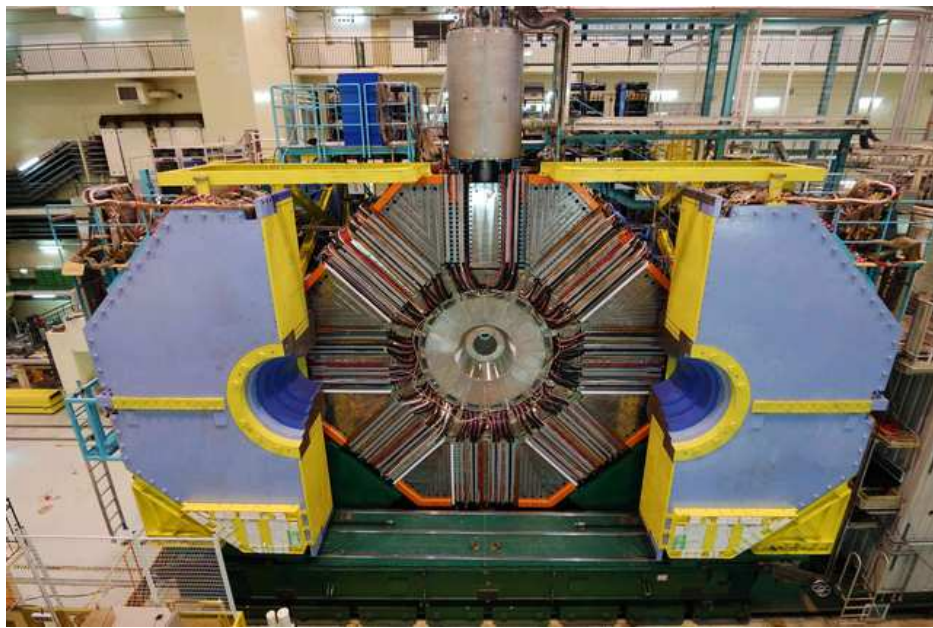
Belle II Detector (in comparison with Belle)



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)

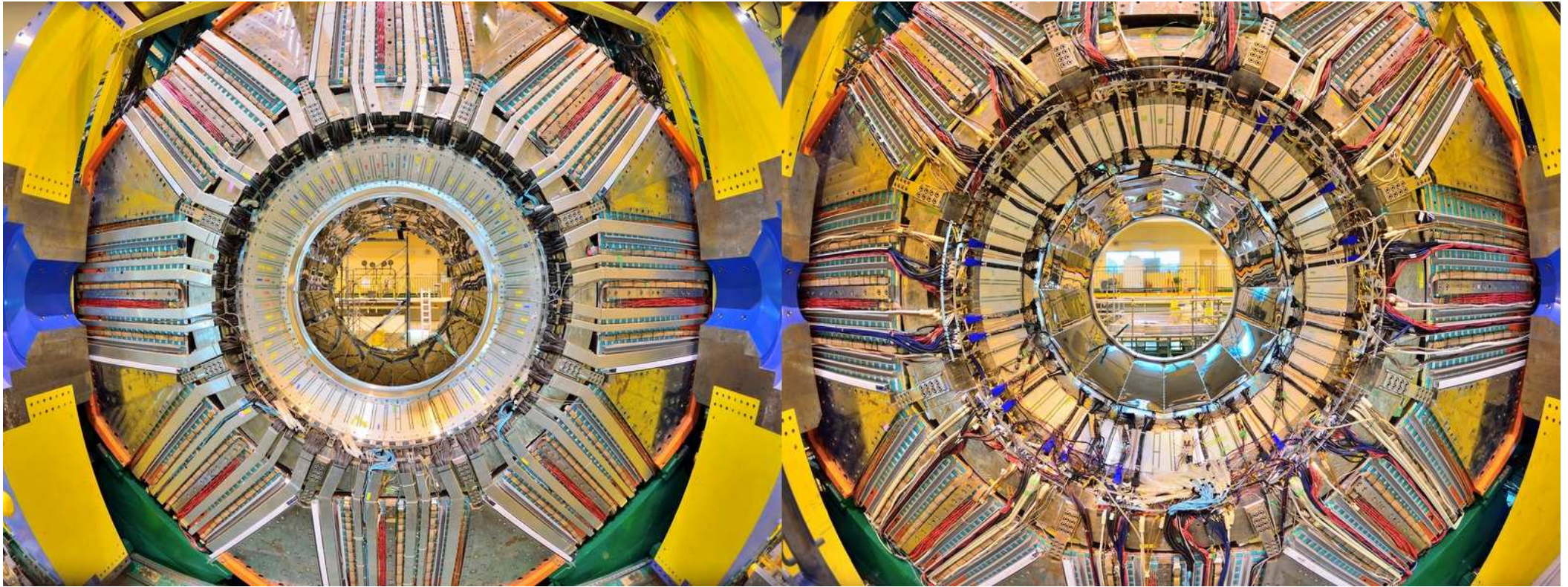
読みだし装置とカロリメターより内側の検出器を全て交換

The Belle Detector (2011 年頃の写真)



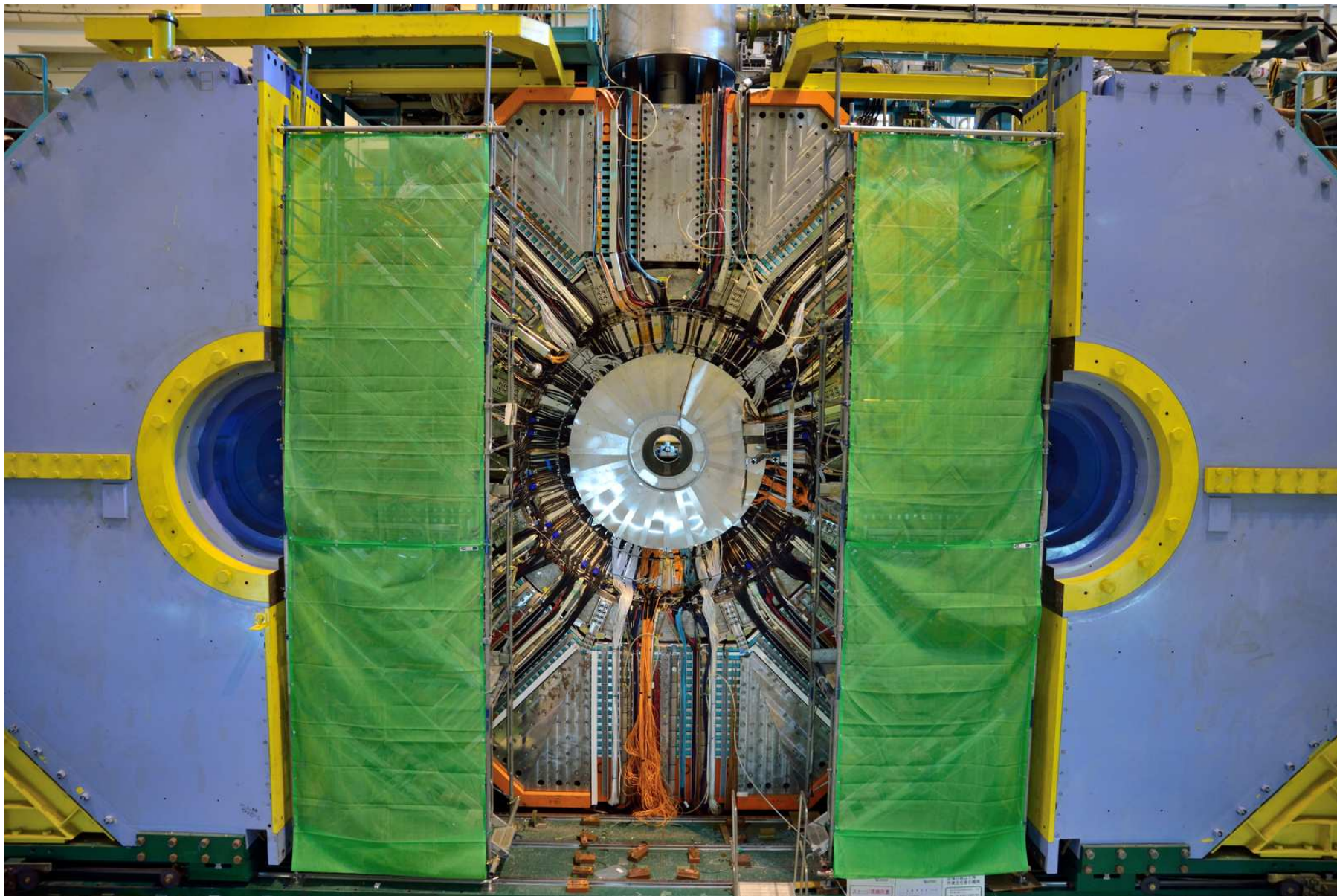
SVD 取り外し、ロールアウト後

The Belle2 Detector (2016 年7 月頃)



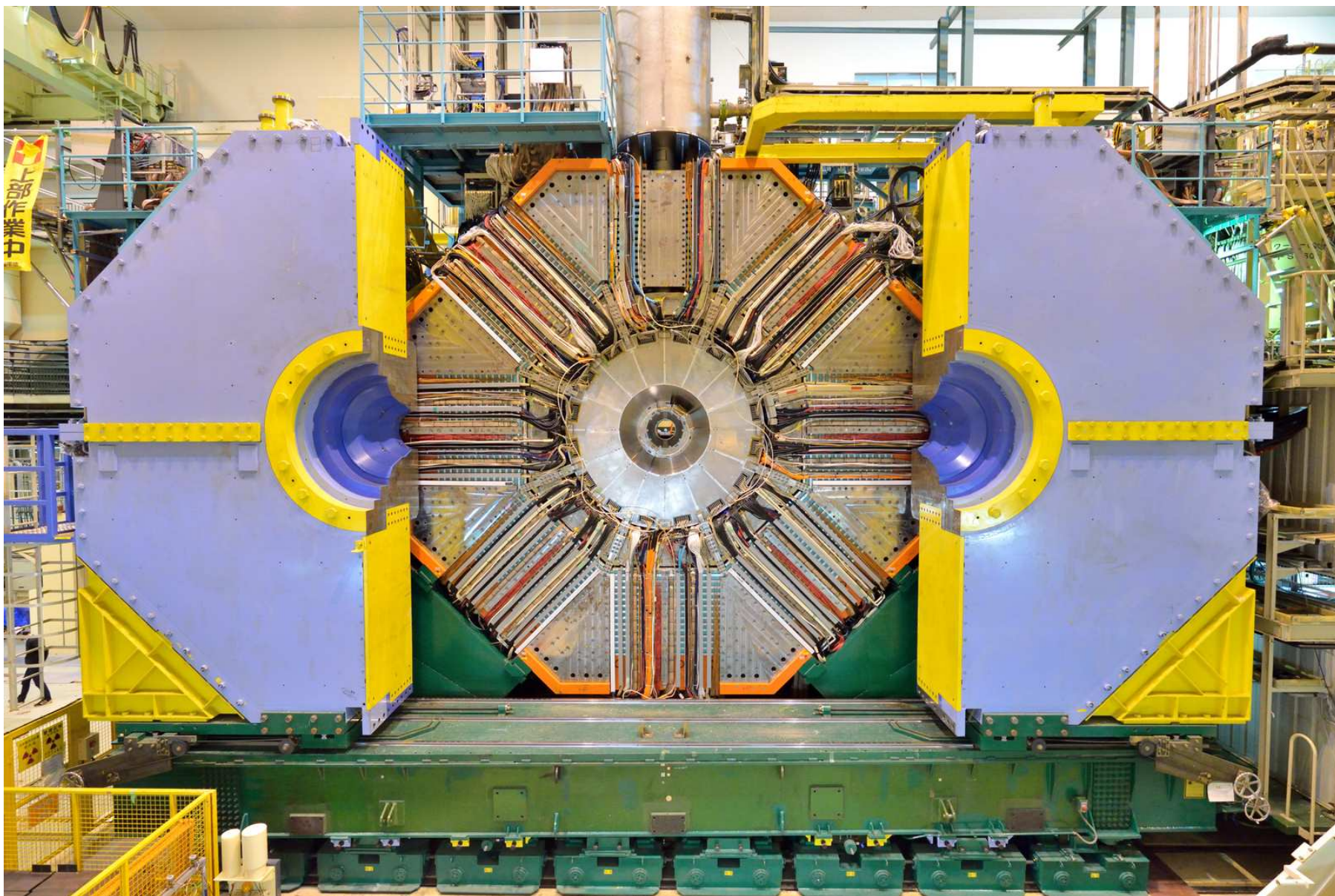
- これ以前に、
- ECL より内側の検出器の取り外し
- Belle2 回転
- KLM (muon 検出器) 入れ換え
- TOP (粒子識別装置) install

The Belle2 Detector (2017年1月頃の後方側)



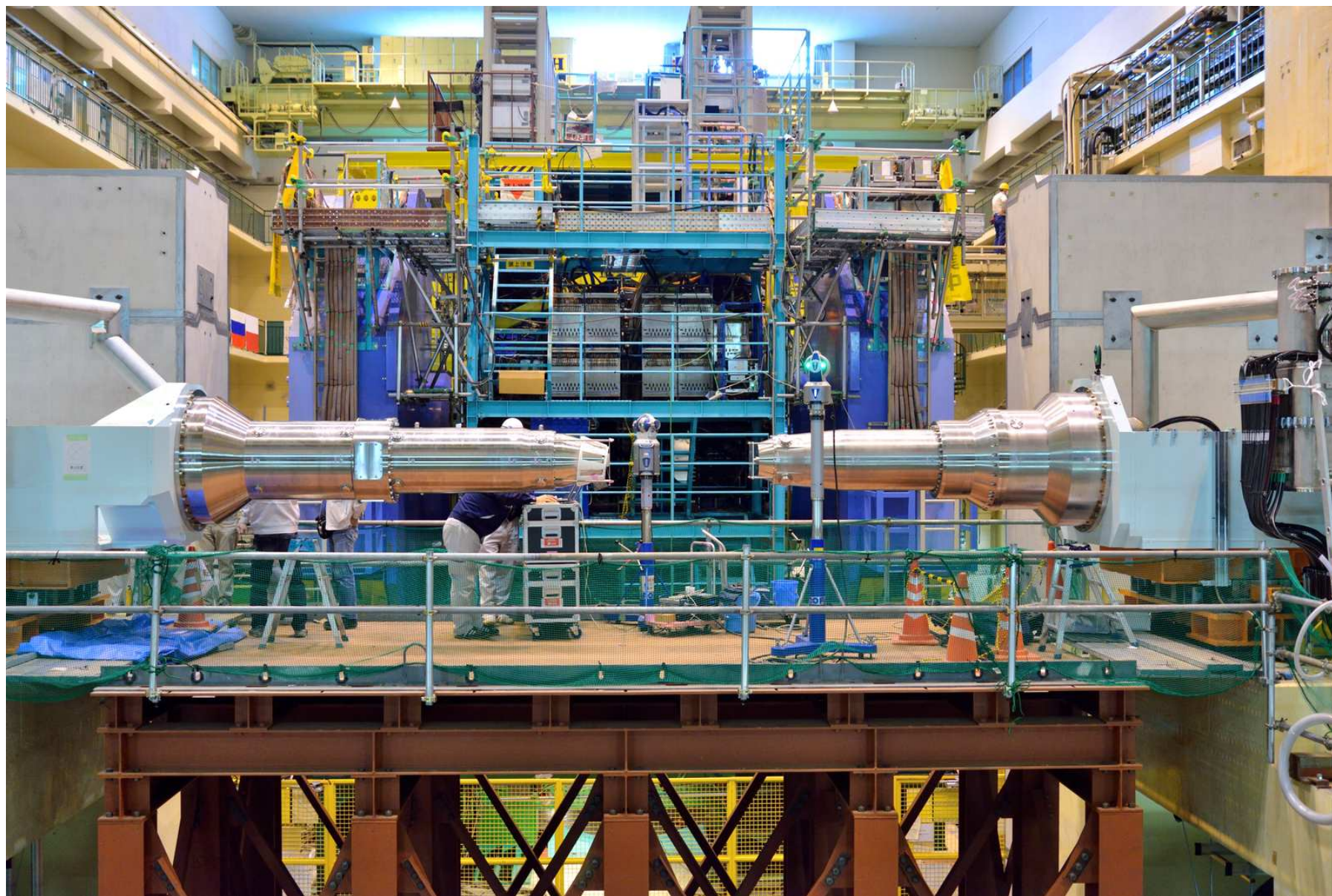
後方エンドキャップを入れる前

The Belle2 Detector (2017年3月頃の後方側)



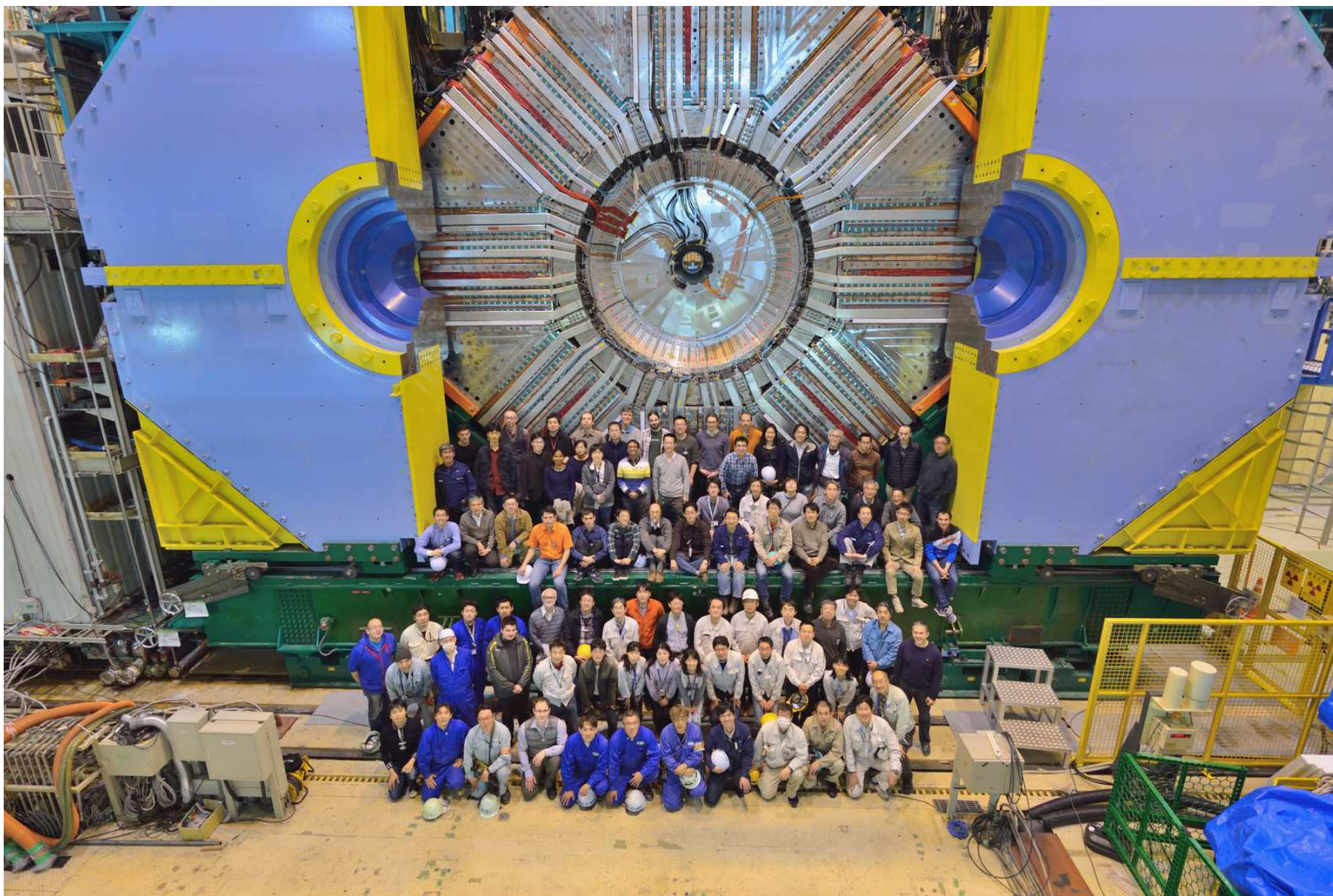
後方エンドキャップが入った

The Belle2 Detector (2017年2月頃の衝突点付近)



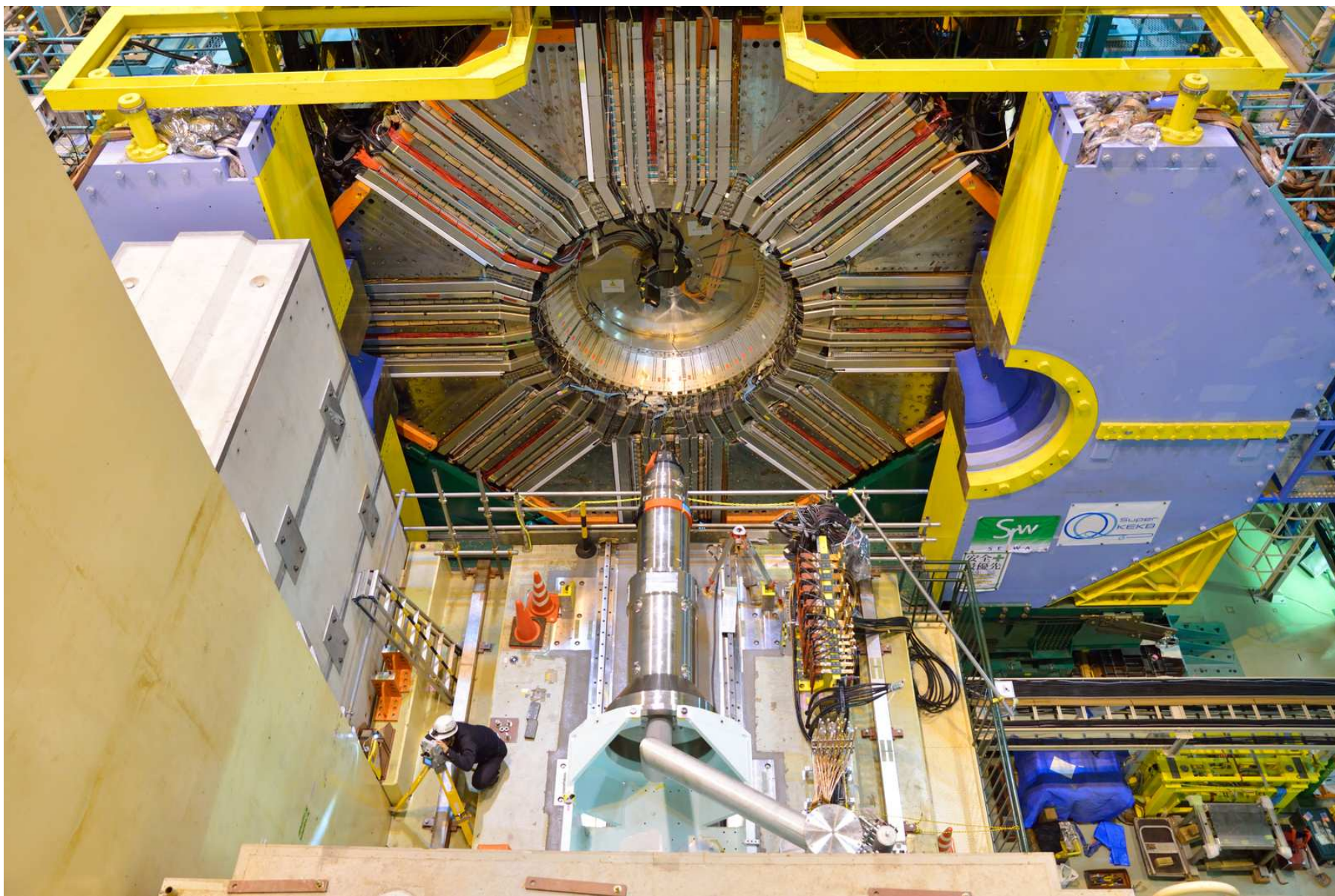
QCS(最終収束電磁石) 設置

The Belle2 Detector (2017 年4 月頃の前方側)



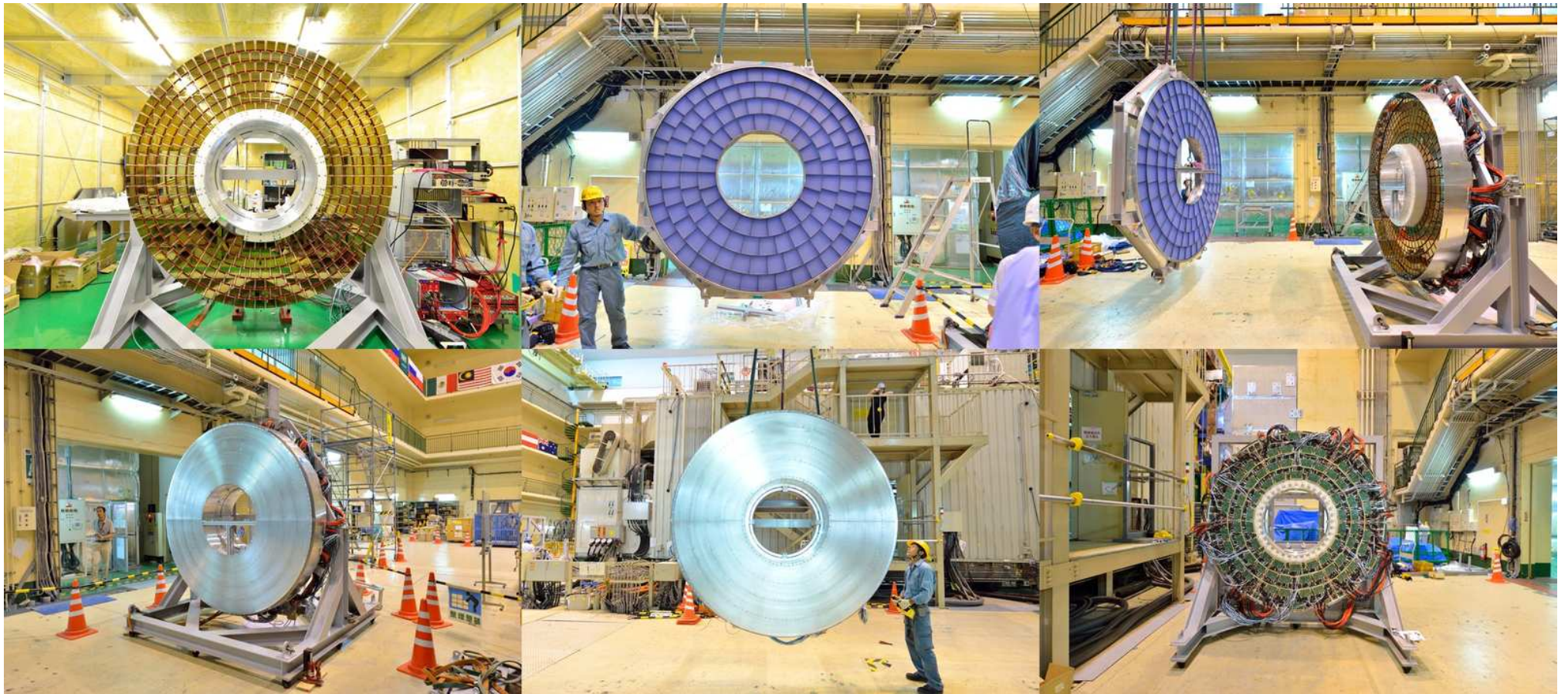
ロールイン直前

The Belle2 Detector (2017年4月頃の前方側)



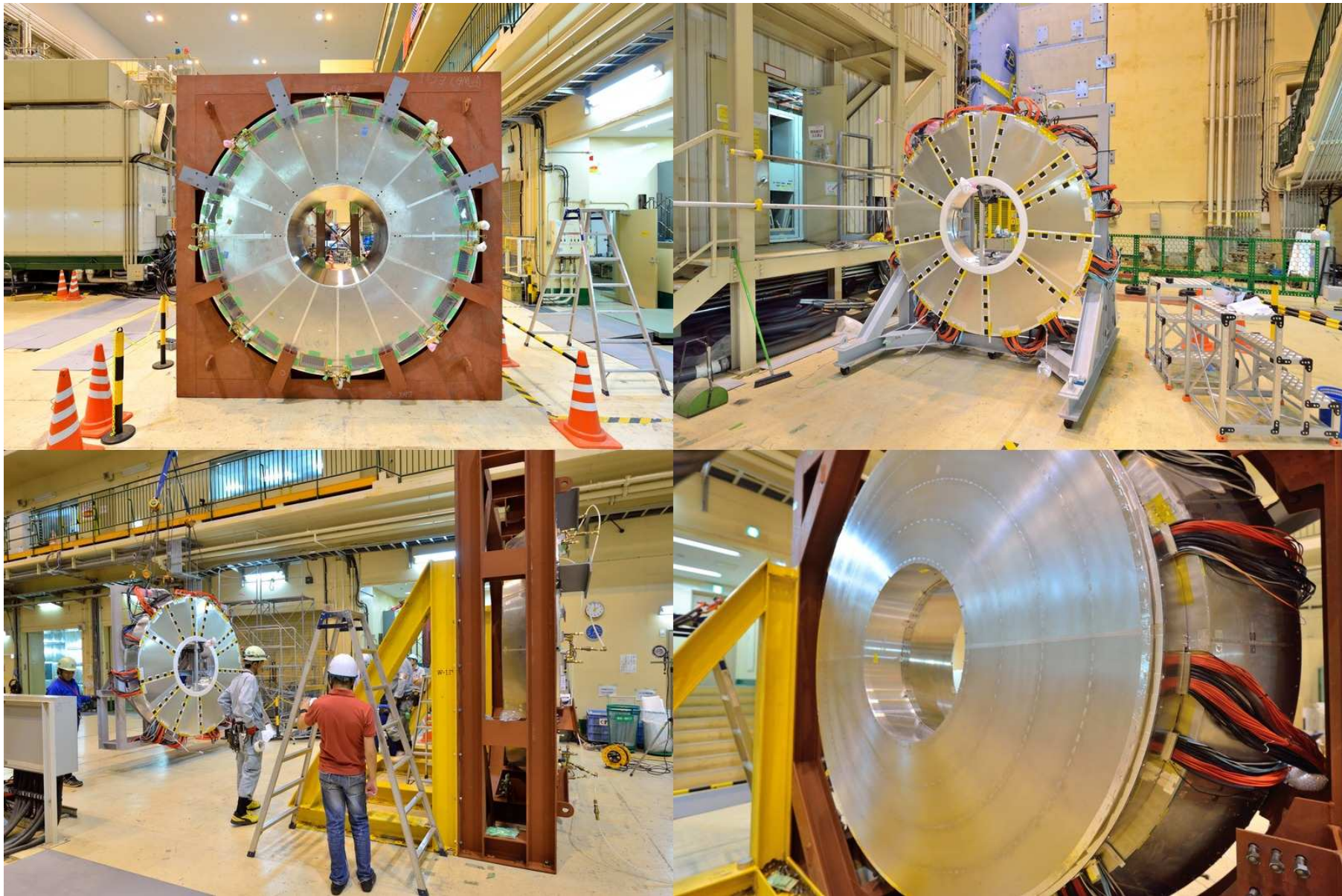
ロールイン直後

The Belle2 Detector (2017 年8 月頃の ARICH)



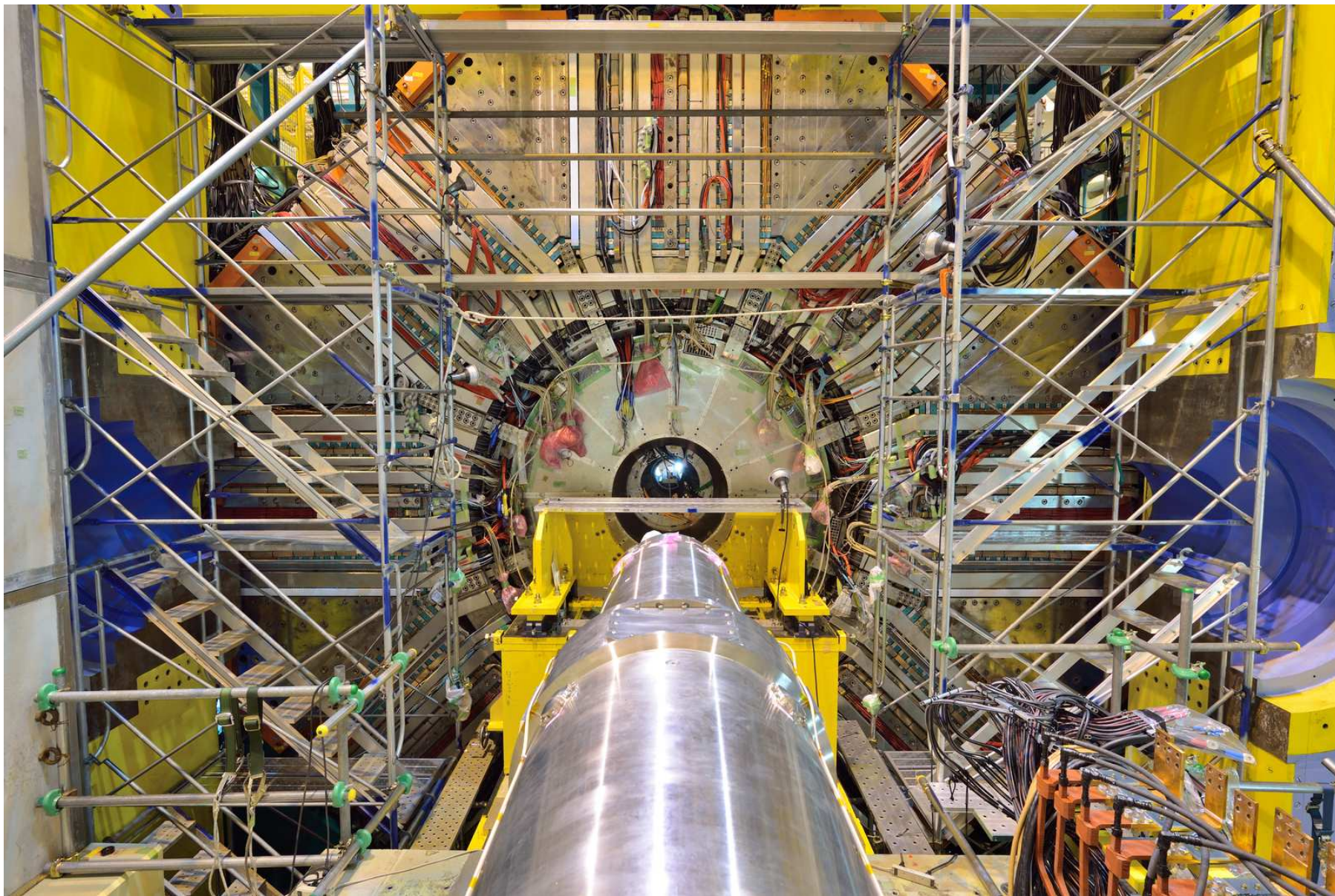
ARICH がメカニカルには完成

The Belle2 Detector (2017年9月頃の前方検出器)



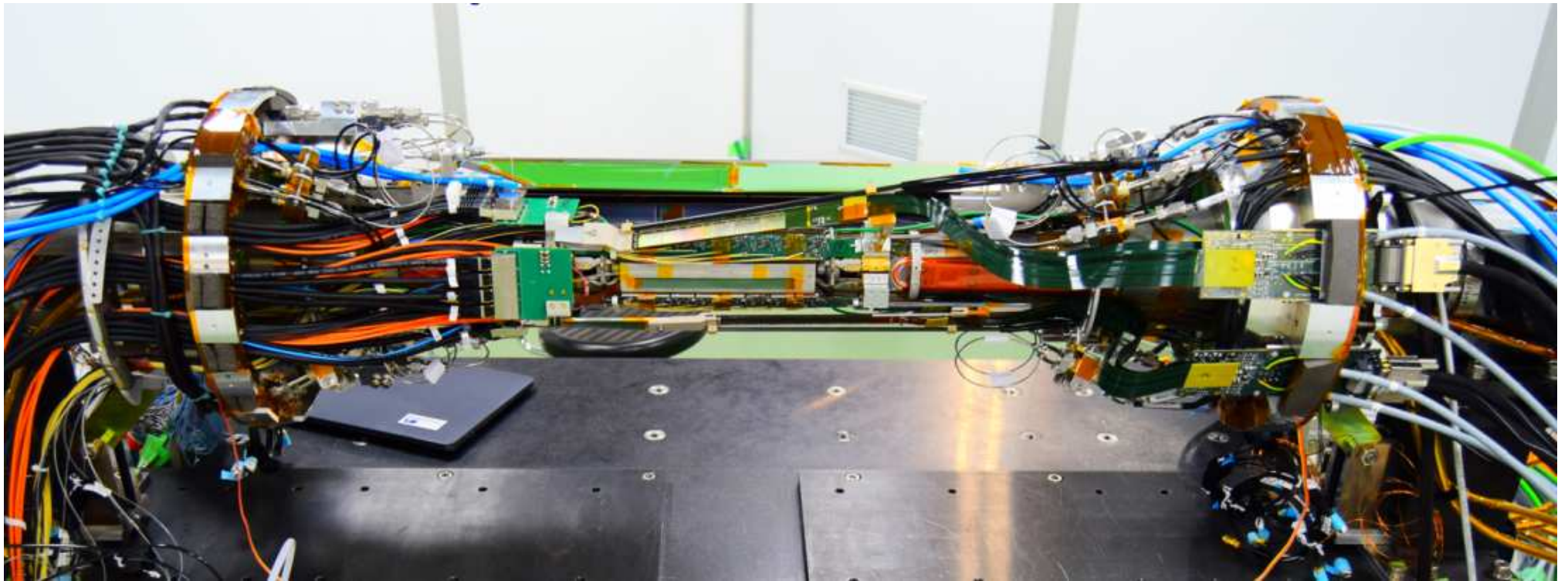
ARICH が完成し ECL と合体

The Belle2 Detector (2017年10月頃の前方側)



前方ECL 据え付け完了

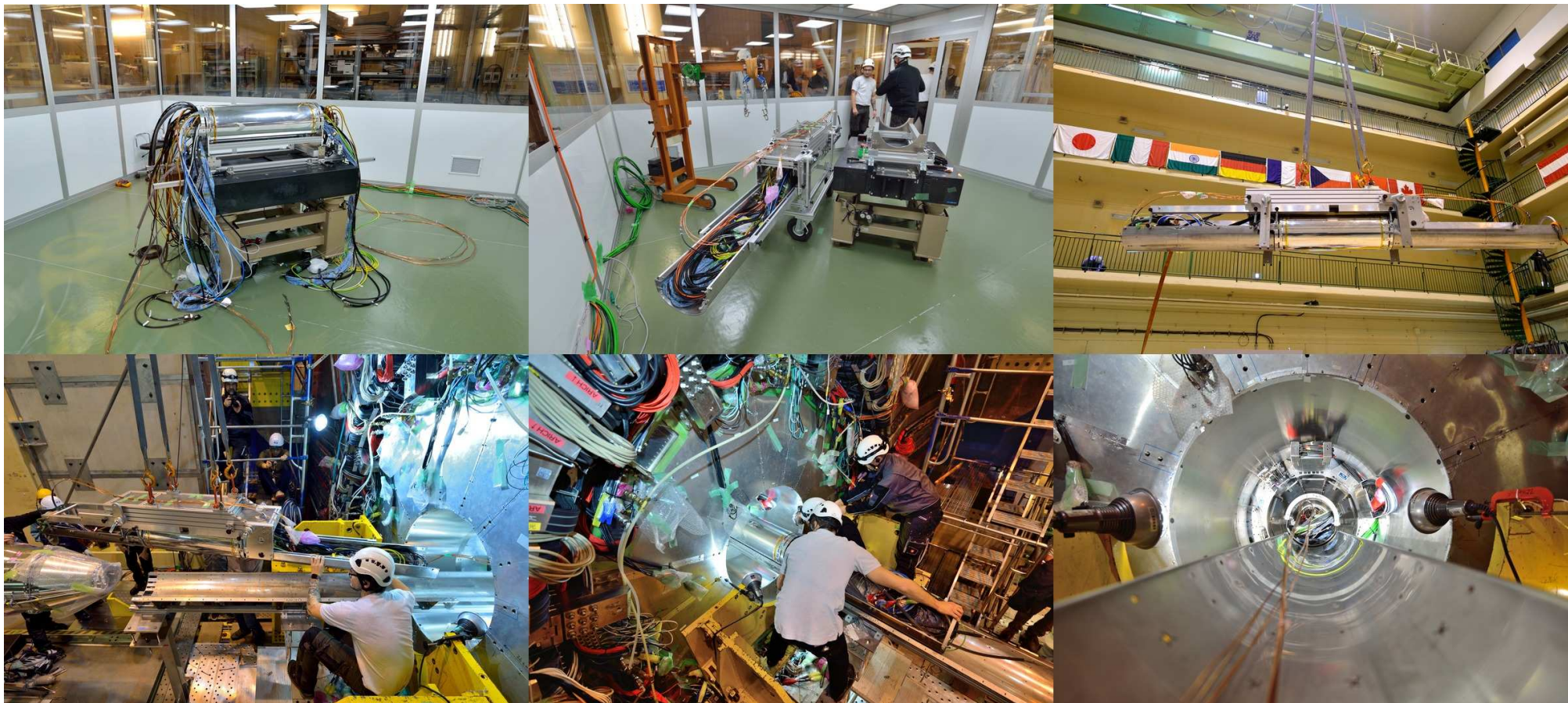
The Belle2 Detector (2017 年11 月頃のPhase2VXD)



Phase2 用 VXD 完成

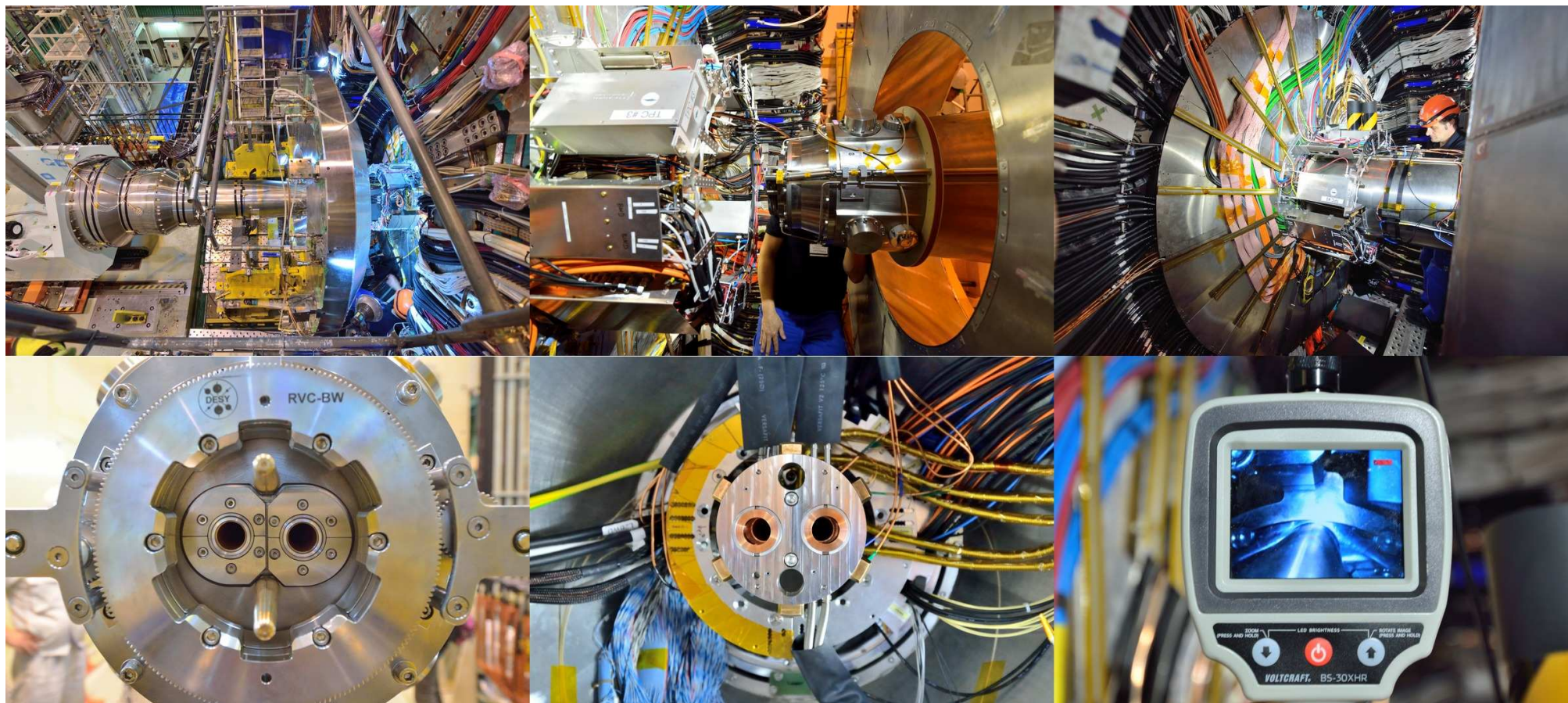
(Phase2 VXD = 1/10 Phase3 VXD + Rad monitor)

The Belle2 Detector (2017 年11 月頃の前方側)



Phase2 用 VXD 据え付け

The Belle2 Detector (2018 年1 月頃の後方側)



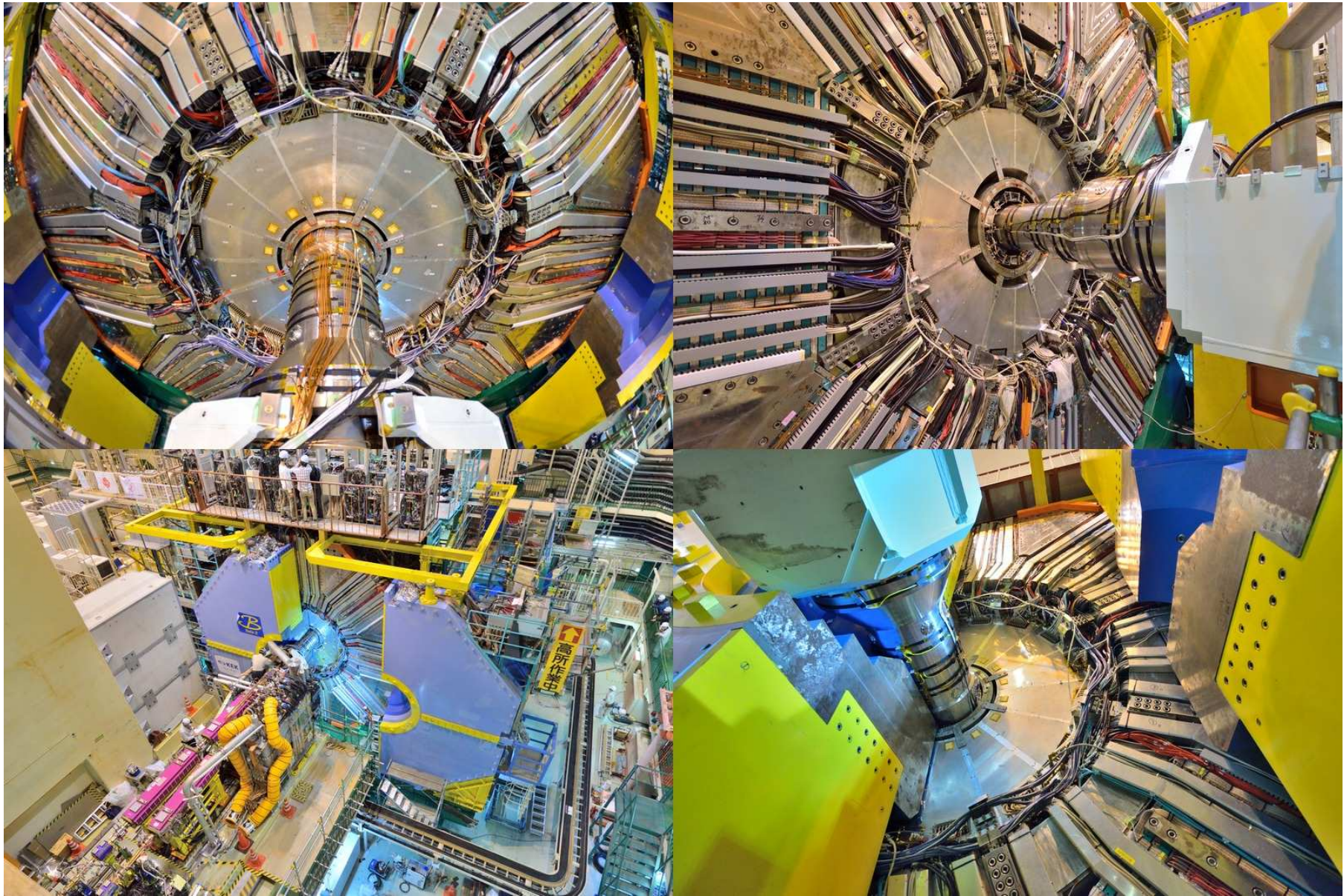
QCS 挿入、VXD と結合

The Belle2 Detector (2018 年1 月頃)



QCS 挿入後の Belle2

The Belle2 Detector (2018 年2 月頃)



全て準備が整ったので、エンドヨークを閉める

The Belle2 Detector (2018 年2 月14 日)



Phase2 Belle2 検出器完成

今後

- 加速器
 - 入射器は Phase2 は Ready
 - ダンピングリングはコミッショニング開始中
 - SuperKEKB への入射は3月頃から
 - First Collision は4月
- Belle2
 - 磁場をかけて宇宙線でコミッショニング中
- Phase2 運転
 - Luminosity が KEKB 程度 ($10^{34}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$) に向上するまで走る
 - 予定では7月まで
- Phase2 の後
 - Phase3 VXD の install
 - ARICH 検出器修理
 - 2018 年度中完成を目指す