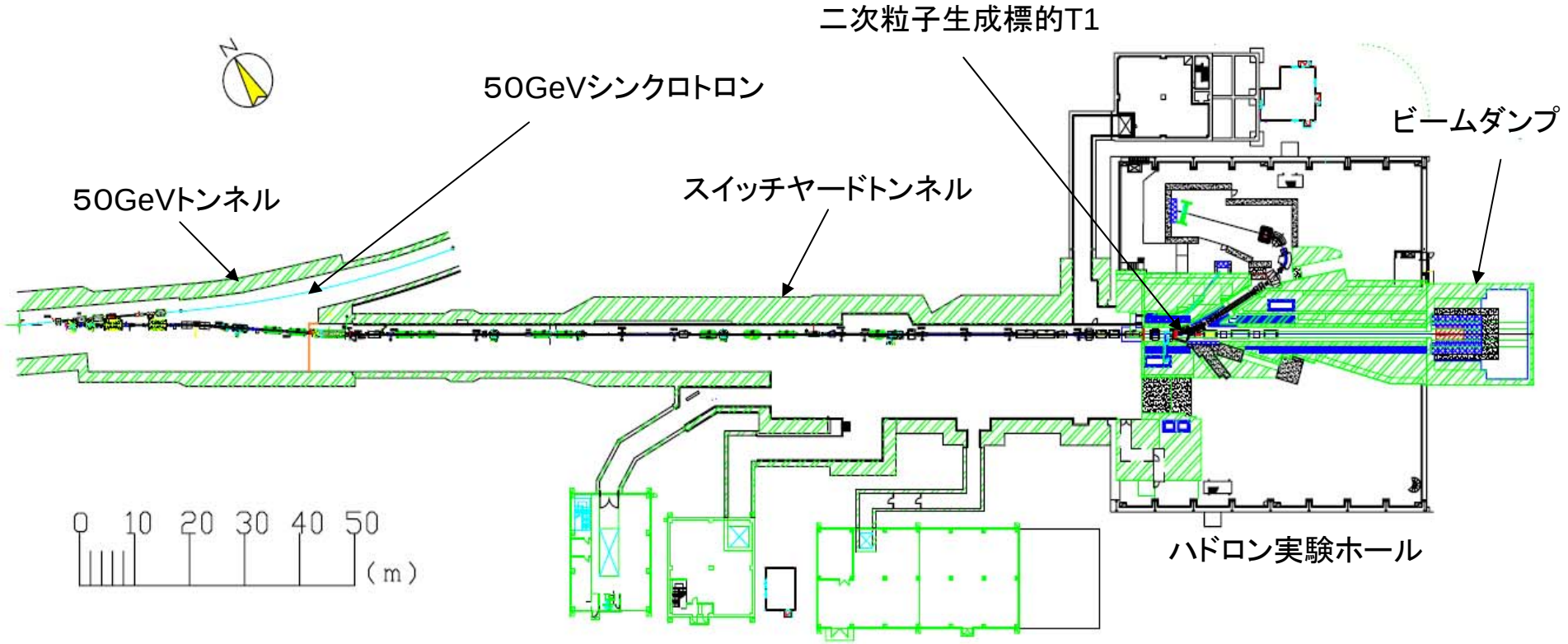
始動！ハドロンビームライン

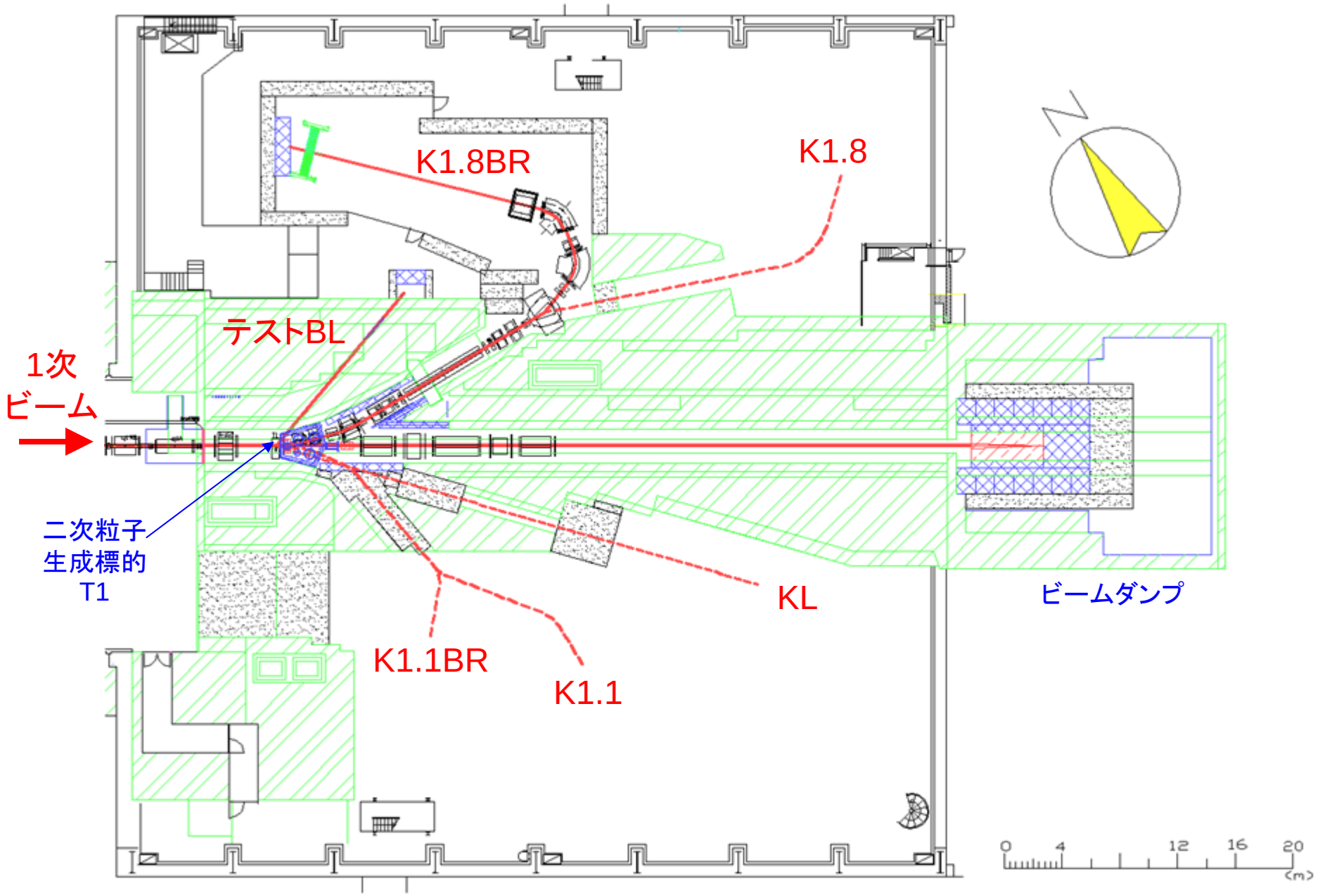
KEK/J-PARCセンター

高橋　仁

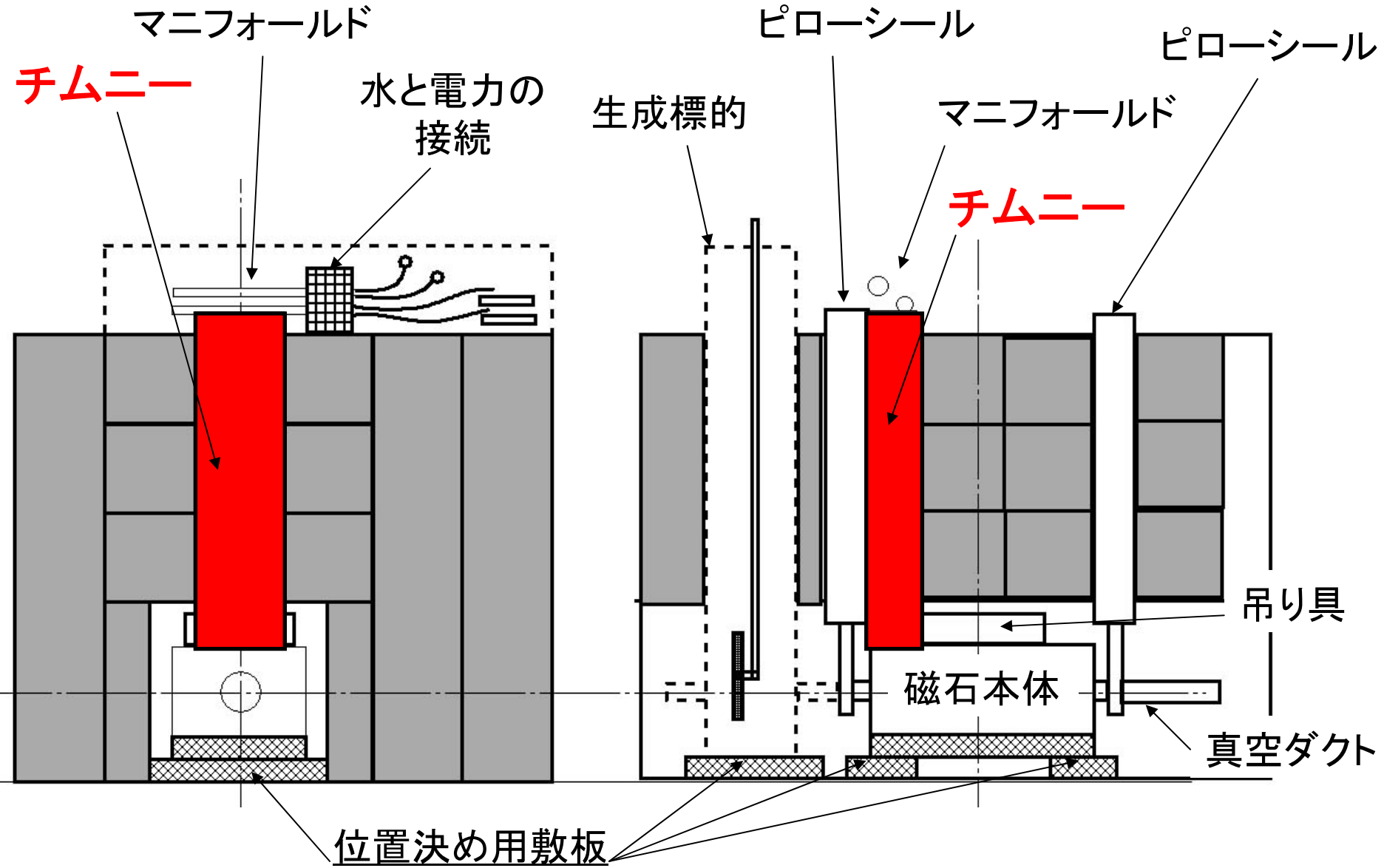
ハドロン実験施設


二次粒子生成標的T1
50GeVシンクロトロン
ビームダンプ
50GeVトンネル
スイッチヤードトンネル
0 10 20 30 40 50
(m)
ハドロン実験ホール

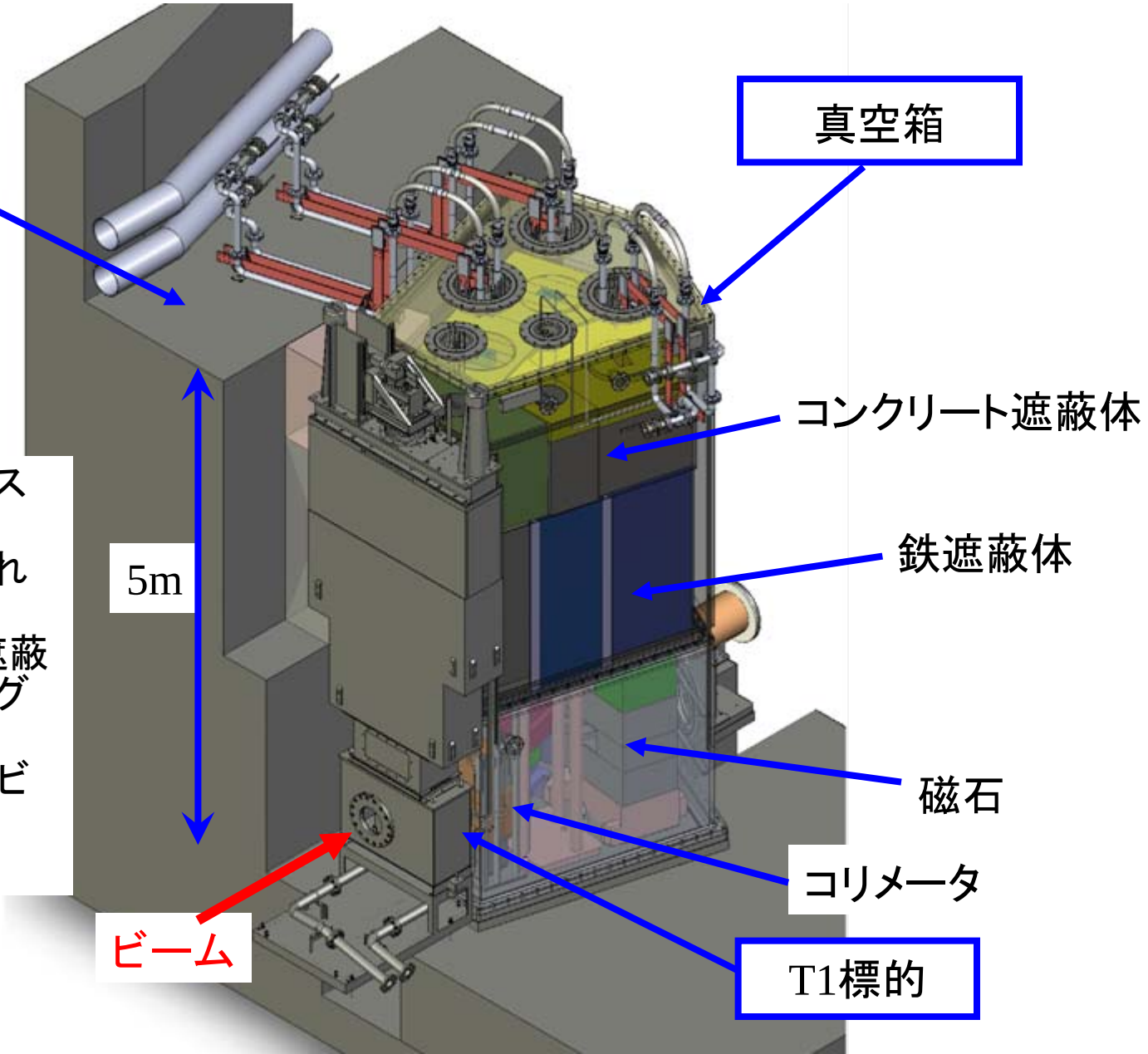
ハドロン実験ホール


K1.8BR
K1.8
テストBL
1次
ビーム
二次粒子
生成標的
T1
KL
ビームダンプ
K1.1BR
K1.1
N
0
4
12
16
20
(m)

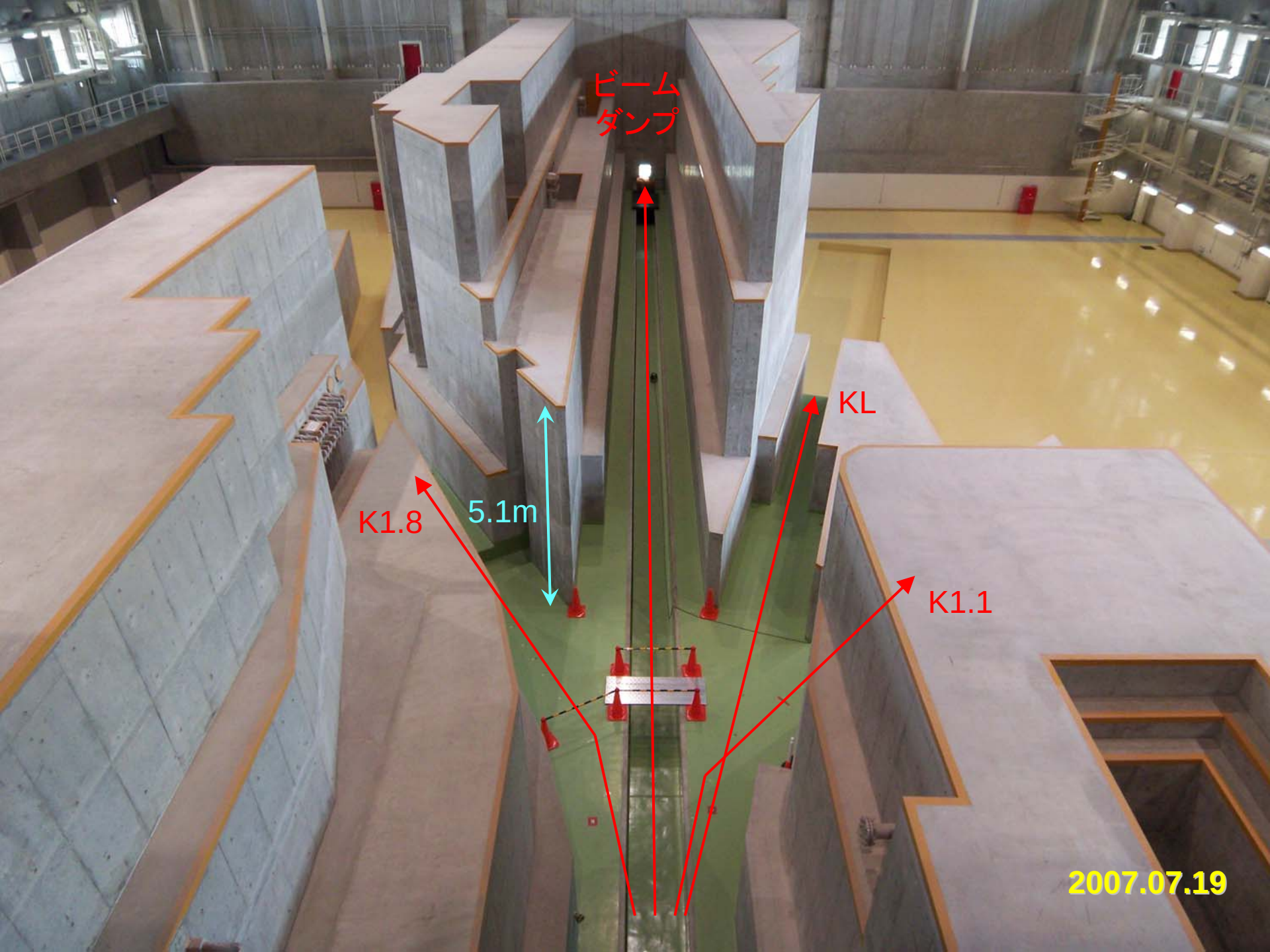
実験ホール電磁石のチムニーシステム

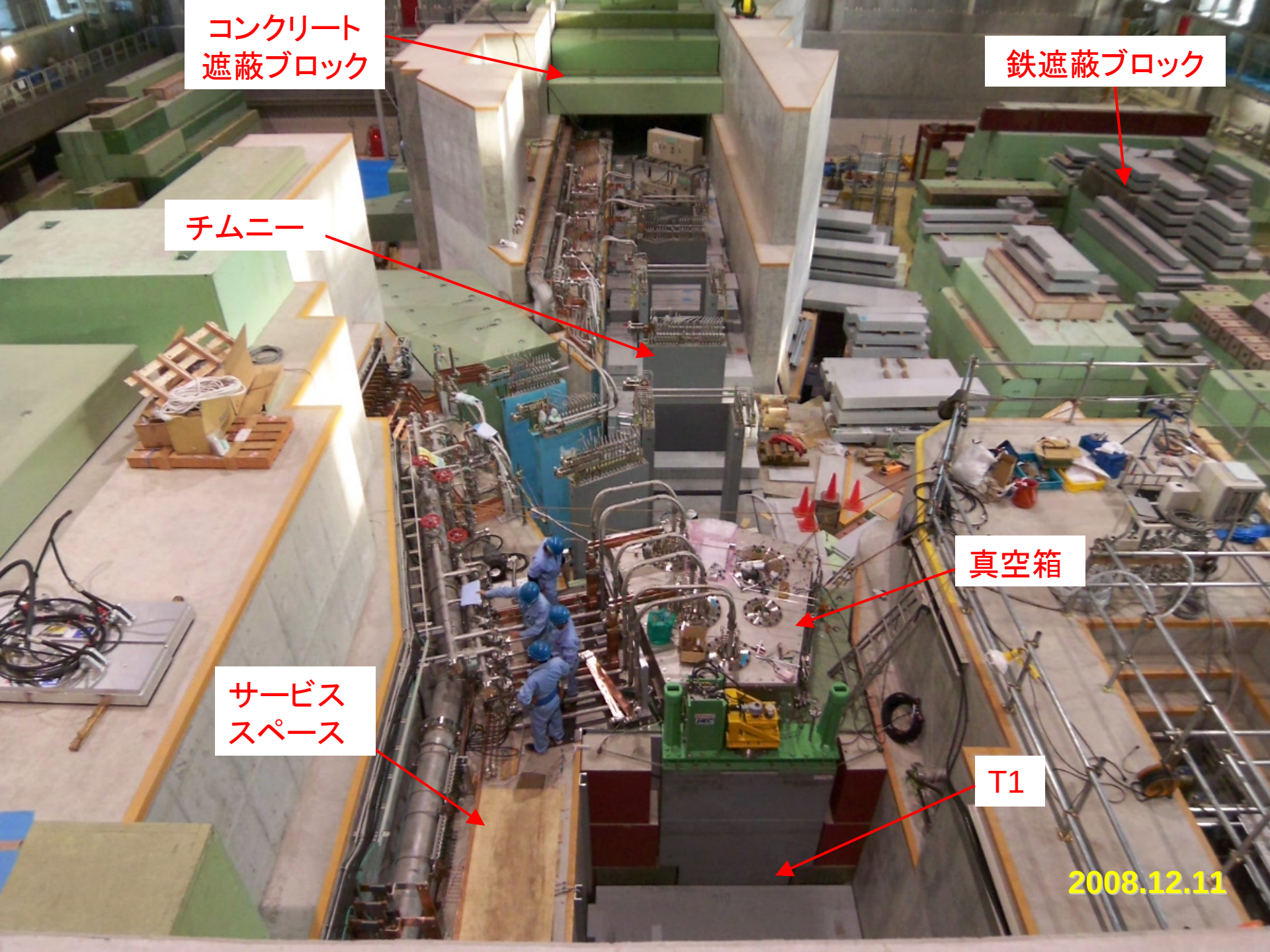


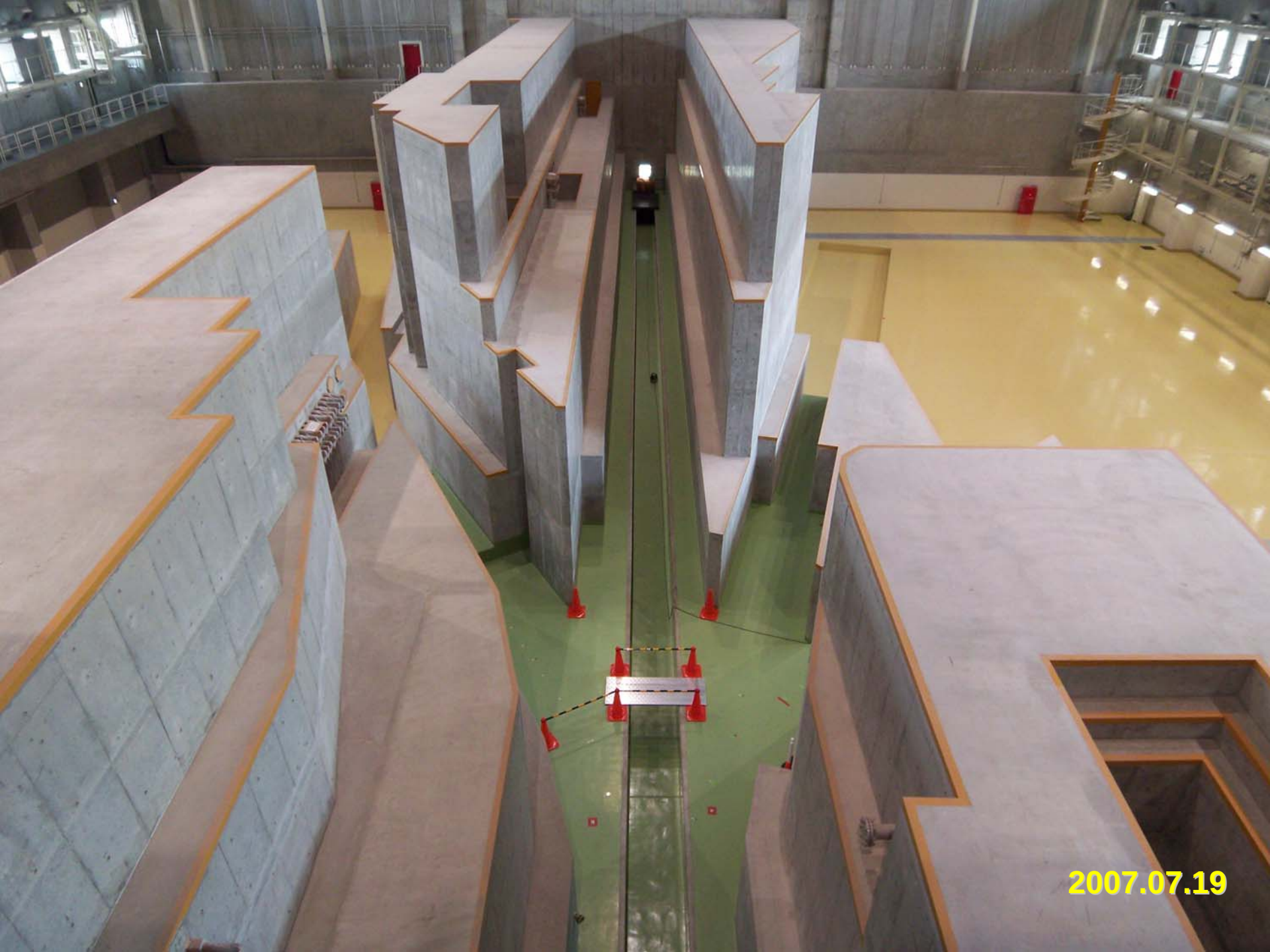
ターゲットステーションの概念図

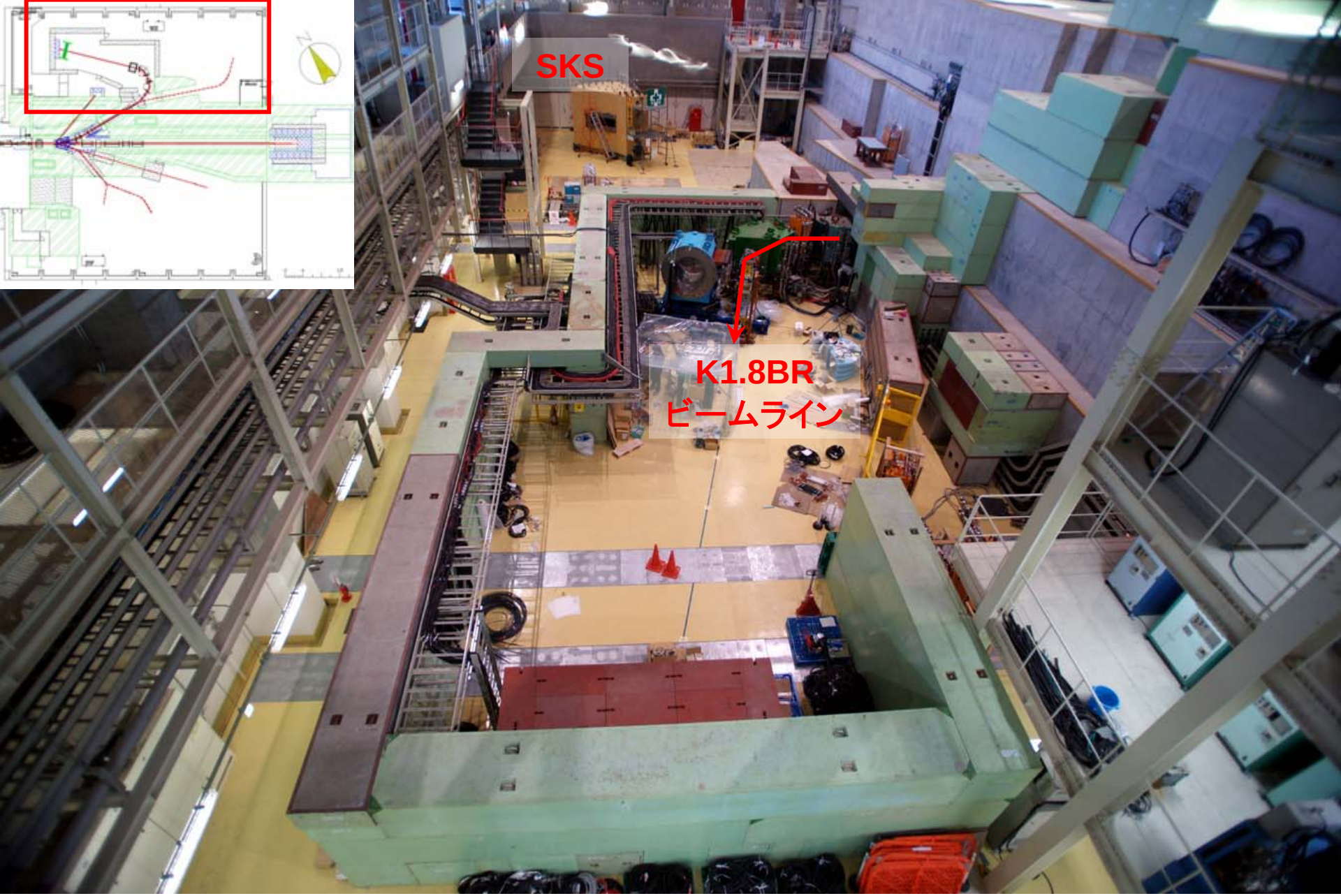


- 真空箱の蓋はサービススペースの高さ
- 遮蔽体も真空内に入れる
- 各磁石/コリメータは遮蔽体と一体となったプラグ構造
- 電流や冷却水はサービススペースから供給


ビーム
ダンプ
KL
5.1m
K1.8
K1.1
2007.07.19


コンクリート
遮蔽ブロック
鉄遮蔽ブロック
チムニー
真空箱
サービス
スペース
T1
2008.12.11

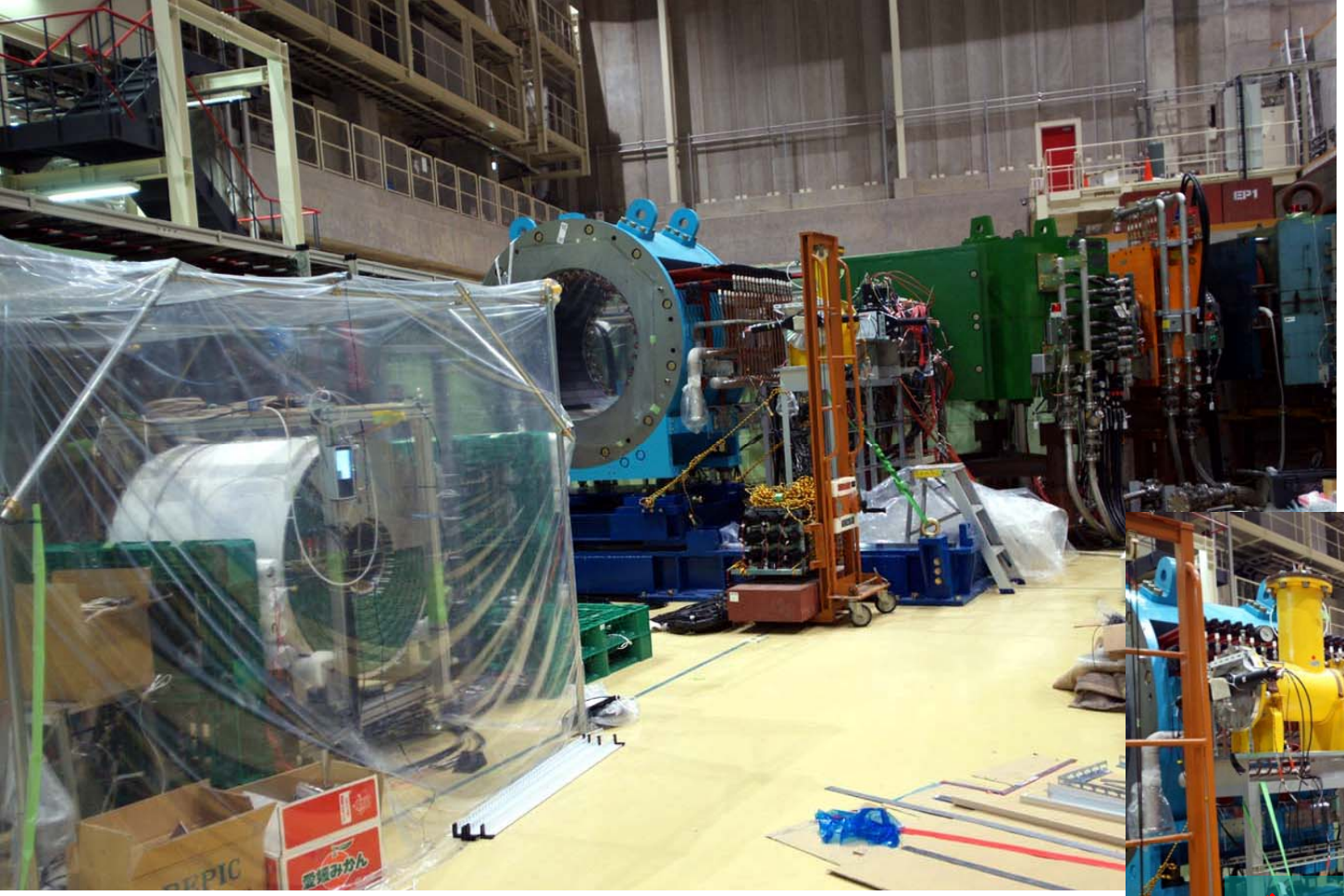

2007.07.19

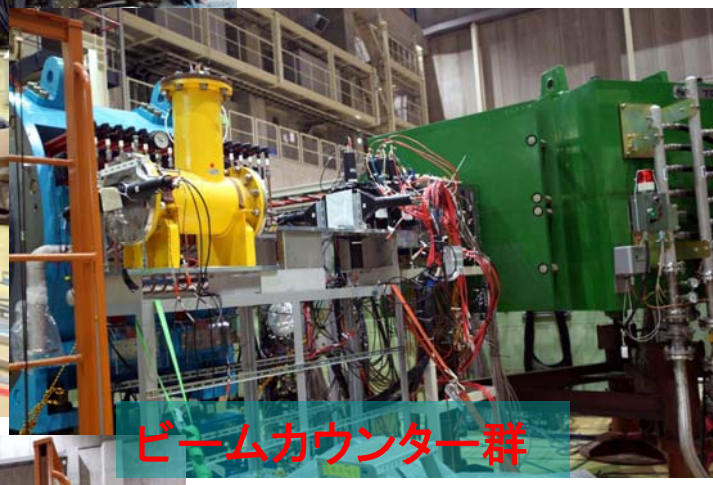


上流から見て左側の全景（平成21年2月8日撮影）
K1.8BRエリアと組立中のSKS（奥）

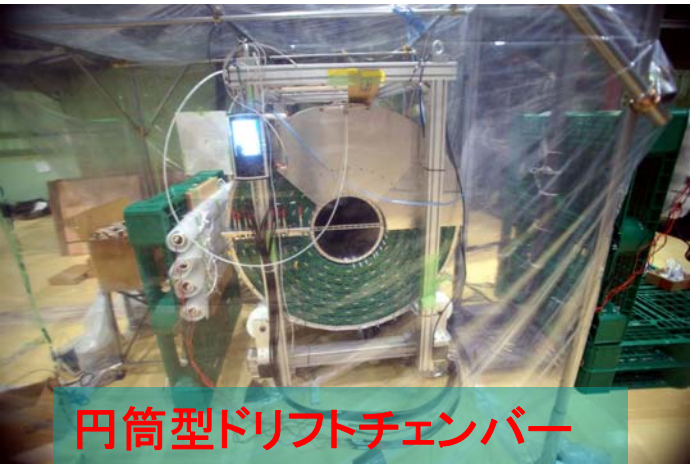
実験エリア内部

平成21年
2月6日撮影

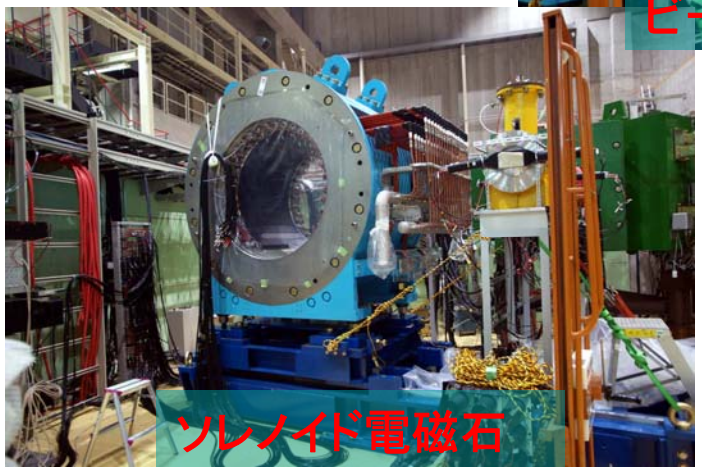




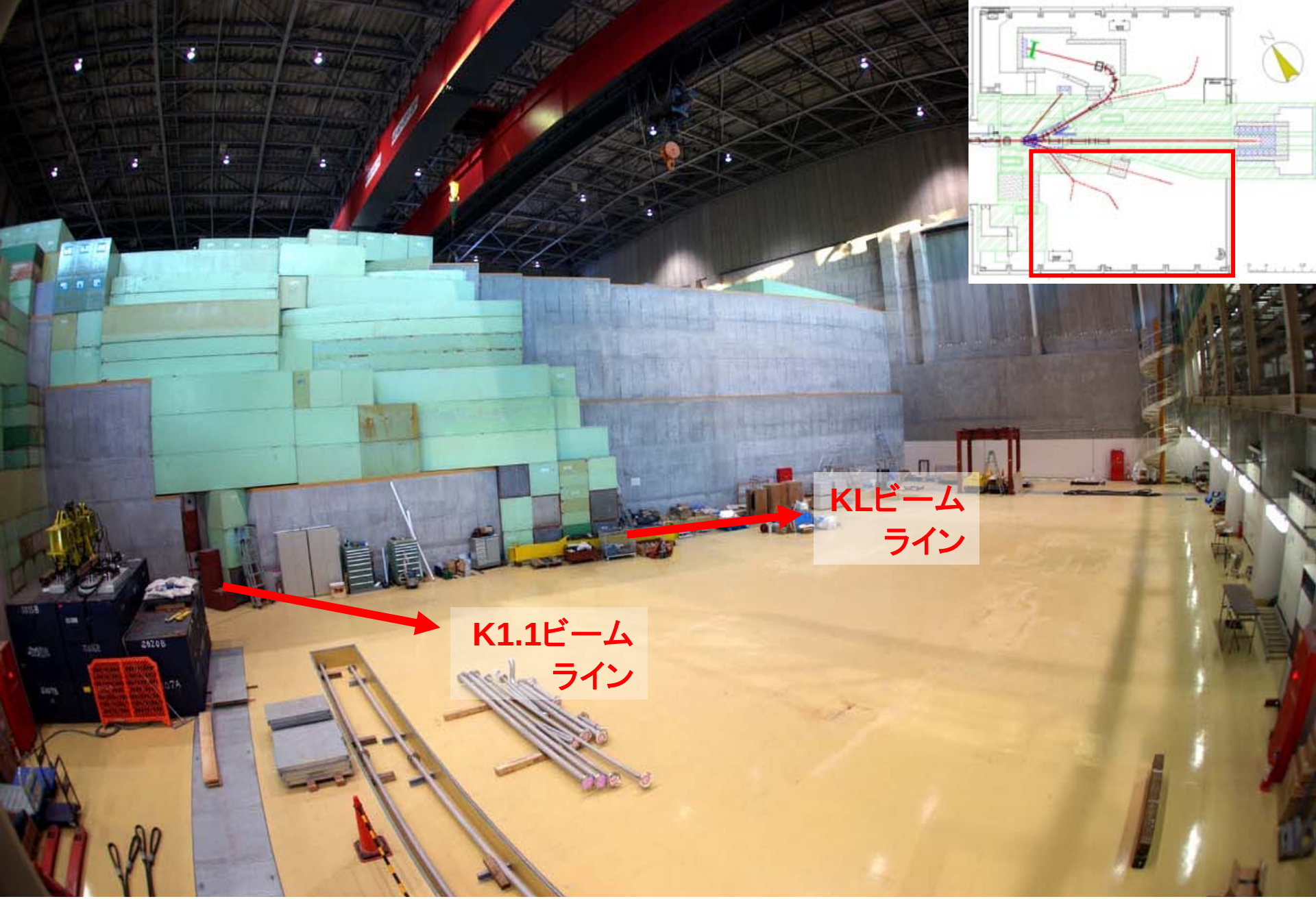
ビームカウンター群



円筒型ドリフトチェンバー



ソレノイド電磁石



上流から見て右側部分（平成21年1月13日撮影）
K1.1及びKLのビームラインと実験エリアの整備は平成21年度に実施予定

稼動開始への道のり

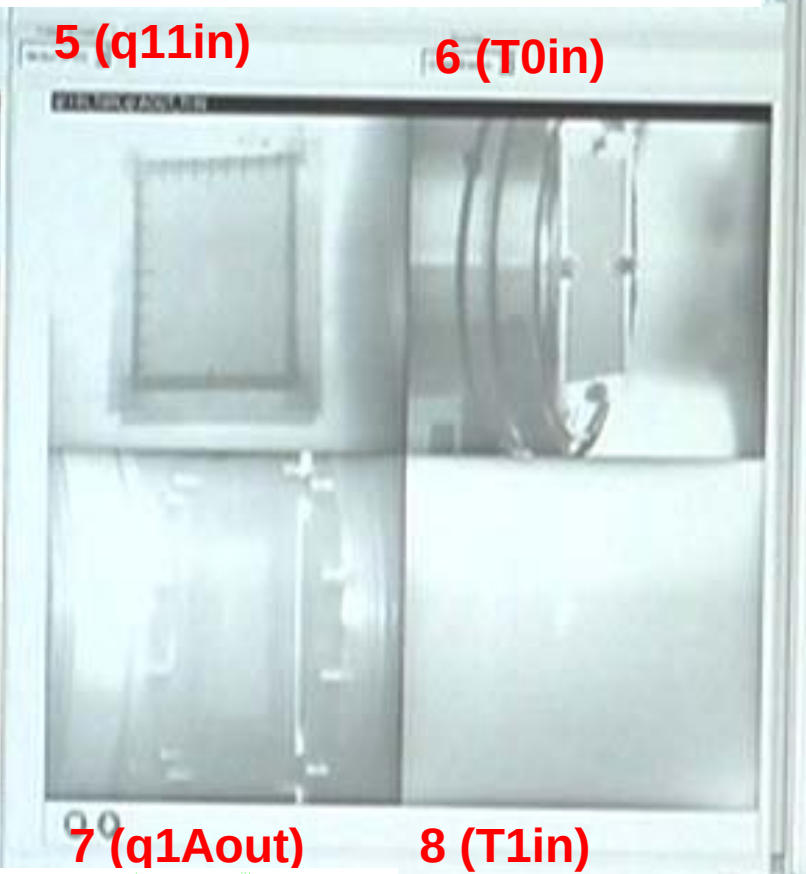
- run#16 (2008/5/12～2008/6/3)
  - 2008年5月22日
    - 3GeV陽子ビームのMRへの入射、周回に成功
- run#20 (2008/12/2～2008/12/26)
  - 2008年12月23日
    - MRで陽子ビームを30GeVまで加速することに成功
- run#21 (2009/1/7～2009/2/1)
  - 2009年1月27日 15時23分03秒
    - MRの遅い取り出し機器より取り出された30GeV陽子ビームをハドロンビームライン上流にある数枚の蛍光スクリーンにて確認
  - 2009年1月27日 19時35分23秒
    - ハドロンビームダンプ直前の蛍光スクリーンにて陽子ビームがビームダンプまで輸送されたことを確認

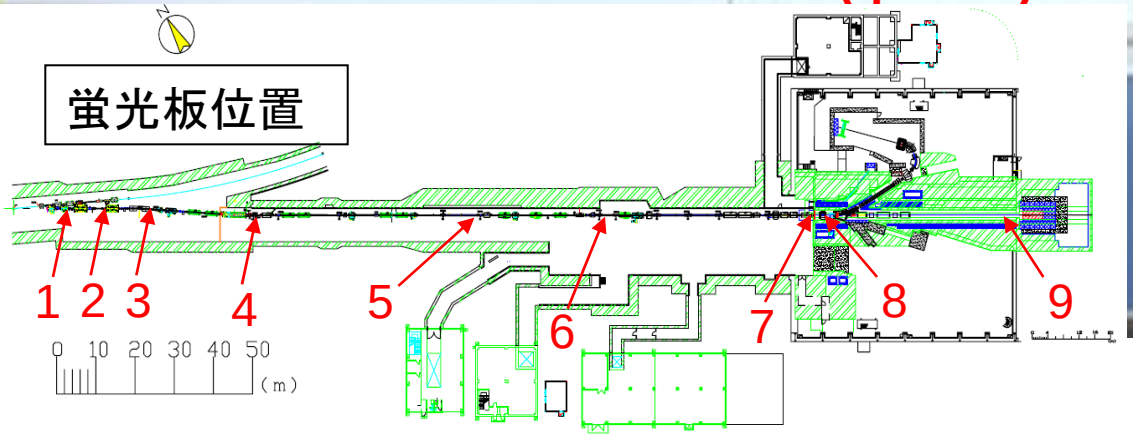
ハドロン実験ホールへの遅いビーム取り出し・輸送に成功！

- run#22 (2009/2/5～現在運転中、2009/2/28までの予定)
  - 2009年2月12日 12時56分58秒
    - K1.8ビームライン最下流磁石の出口のワイヤーチェンバーとホドスコープにて、2次ビームがK1.8BRエリアまで輸送されたことを確認

2次ビームの取り出し・輸送に成功！

ハドロンホールへの陽子ビーム取り出し・輸送成功

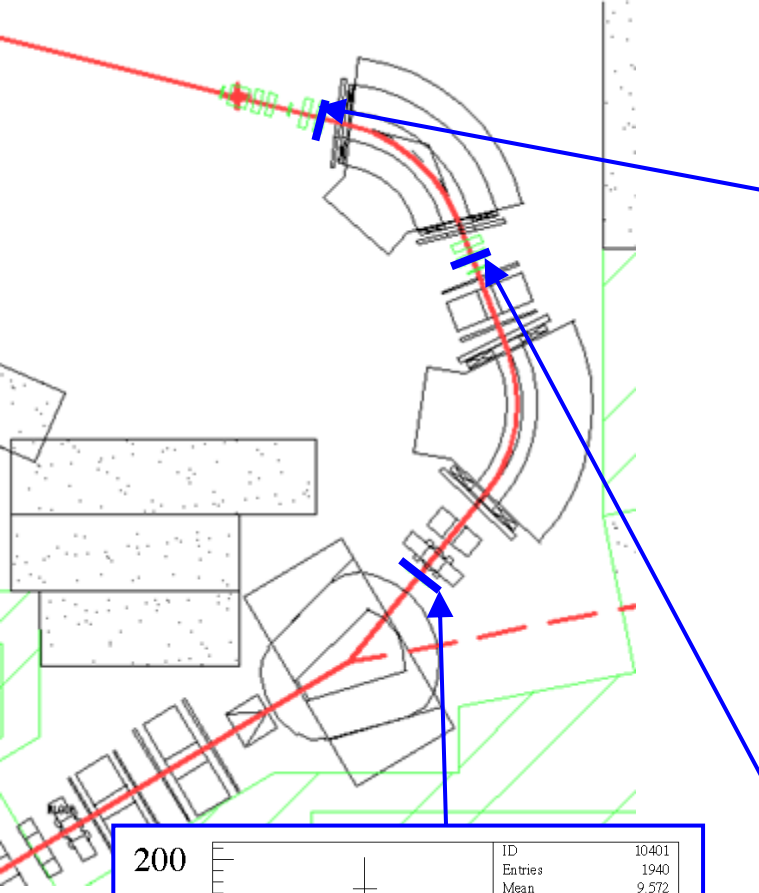


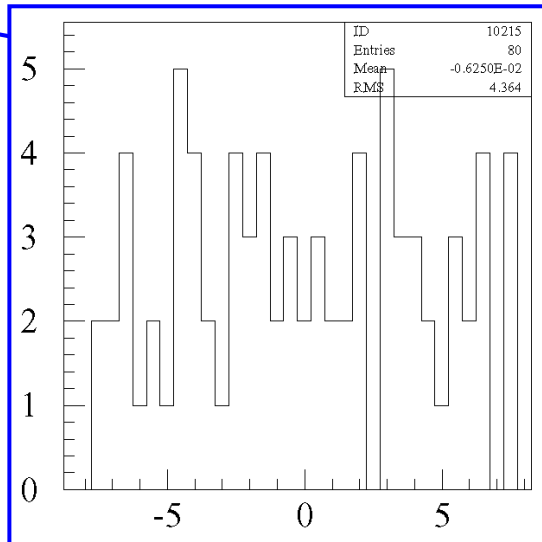


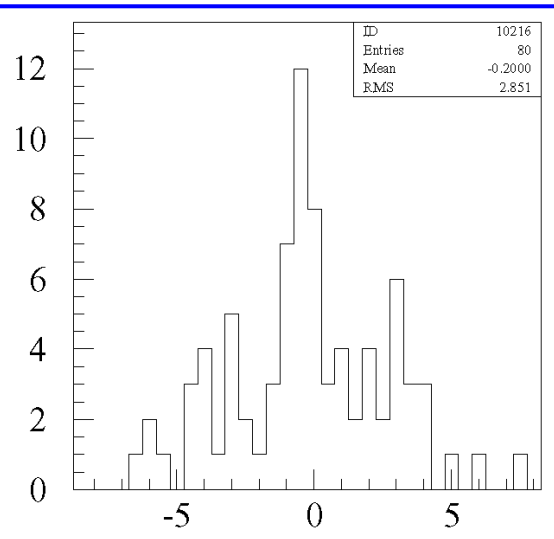
2009年1月27日19時35分

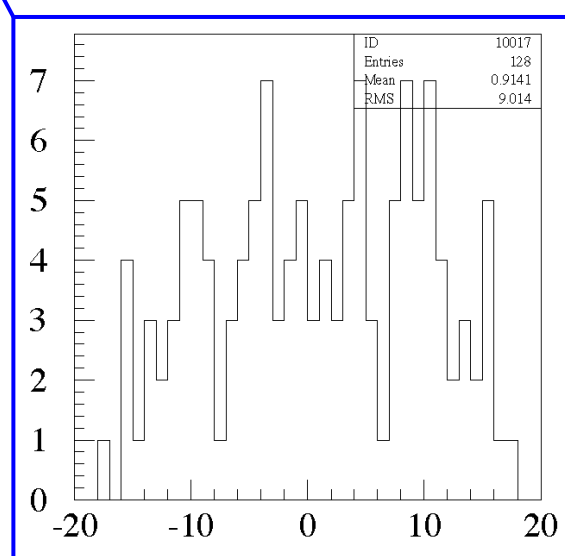
祝 ハドロンビームライン
ビーム取り出し・輸送成功
平成21年1月27日 19時35分

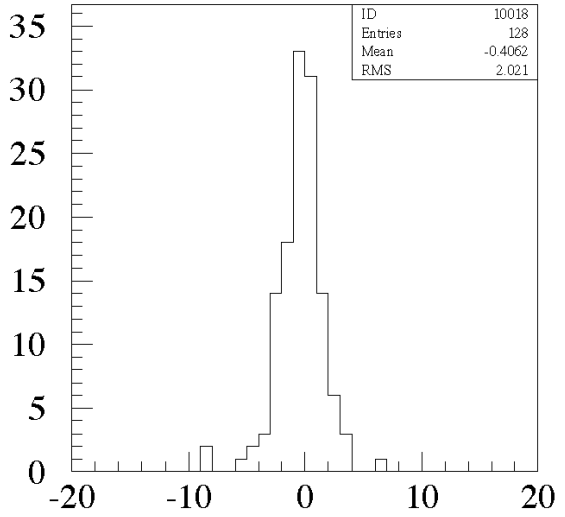
K1.8BRビームラインへの
2次ビーム取り出し・輸送成功

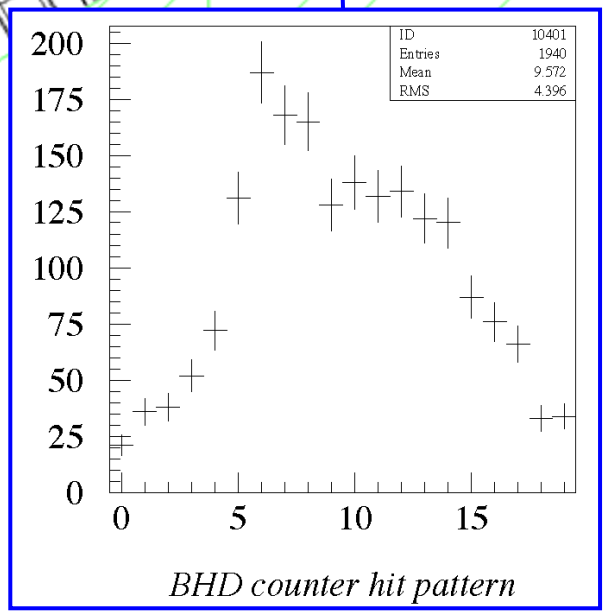












by E15/E17 Group

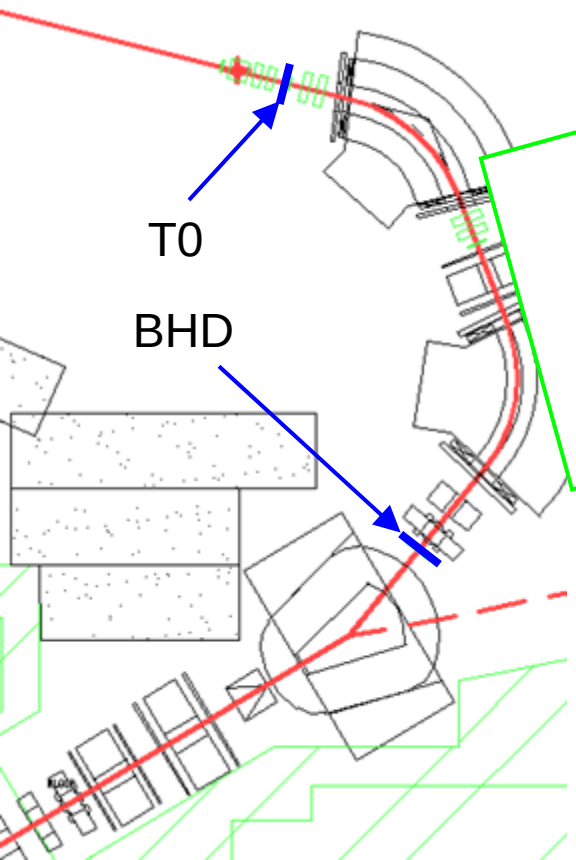
2009年2月12日12時56分

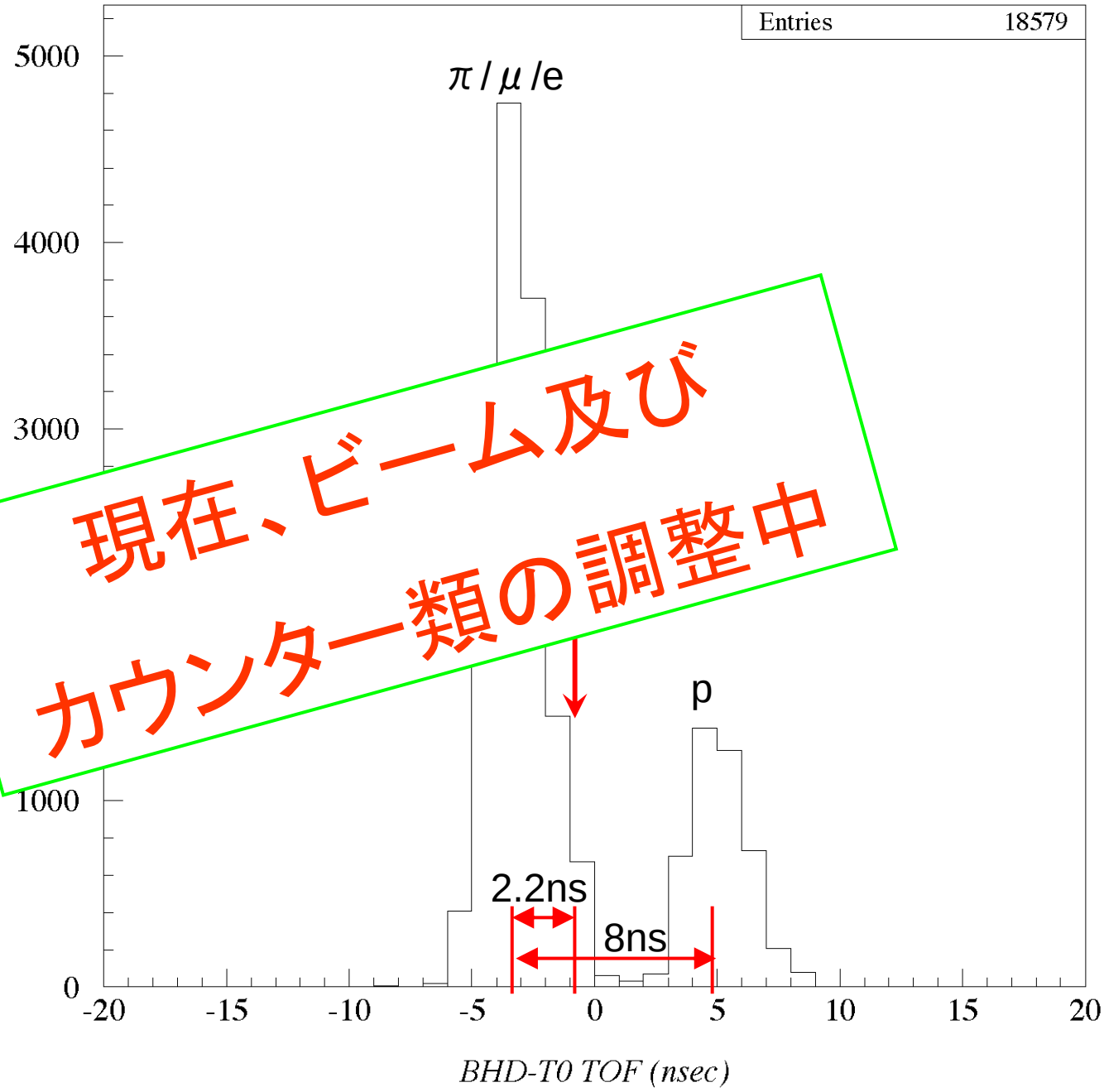
ビームの TOF

by E15/E17 Group

+1.1GeV/c

静電セパレータOFF





現在、ビーム及び
カウンター類の調整中

K1.8 Beam Line

- ✓ 2ndary beam extraction at 6 deg
- ✓ Optimized for Ξ hypernuclear spectroscopy
- ✓ Max. central momentum: ~ 2 GeV/c
  since the Ξ production is a max. at 1.8 GeV/c
- ✓ Intense K^- at 1.8 GeV/c: ～10^7 ppp for 50GeV-15μA
- ✓ Pure K^- at 1.8 GeV/c: K/π>>1 at FF
  Double stage separation
- ✓ Required a high res. beam analyzer
  for precise spectroscopy of Ξ hypernuclei

Primary proton beam	50 GeV-15μA	30 GeV-9μA
Length (m)	45.853	
Acceptance (msr.%)	1.4	
$K^-(\pi)$ intensity (ppp) @1.8 GeV/c	6.6E+06	1.4E+06
@1.5 GeV/c	2.7E+06	0.54E+06
@1.1 GeV/c	0.38E+06	0.08E+06
Electrostatic separator	750kV/10cm, 6m×2	
Single rate @ MS2 @ 1.8 GeV/c	＞33E+06	＞8E+06
$K^-/(\pi^-+\mu^-)$ @ FF @ 1.8 GeV/c	4	3.5
X/Y(rms) size @ FF (mm)	19.8/3.2	

K1.8BR Beam Line

- ✓ Branch at D3 of K1.8
  Beam bent opposite side at D3, +SQDQ to focus at FF
  Time sharing with K1.8
  Helpful for efficient experimental execution/coordination
- ✓ Single stage separation, shorter length (27.6m)
  Intensity of K^- at 1.1 GeV/c:~15 times > K1.8
  Intense low momentum Kaon (<1.2 GeV/c)

Primary proton beam	50 GeV-15μA	30 GeV-9μA
Length (m)	27.573	
Acceptance (msr.%)	2.5	
K^- intensity (ppp) @1.1 GeV/c	5.5E+06	1.2E+06
@0.8 GeV/c	1.0E+06	0.2E+06
@0.6 GeV/c	0.1E+06	0.02E+06
Electrostatic separator	500kV/10cm, 6m	
Single rate@D3out @1.1 GeV/c	＞30E+06	>7E+06
$K^-/(\pi^-+\mu^-)$ @ FF@1.1 GeV/c	1	0.9
X/Y(rms) size @ FF (mm)	5.9/2.9	

K1.1 Beam Line

- ✓ 2ndary beam extraction at 6 deg
  Opposite side of K1.8
- ✓ Optimized for Λ hypernuclear spectroscopy
- ✓ Max. central momentum: ~ 1.1 GeV/c
  since spin-flip amp. in (K^-,π^-) is max. at 1.1 GeV/c
- ✓ Intense K^- at 1.1 GeV/c: ～10^7 ppp for 50GeV-15μA
- ✓ Pure K^- at 1.1 GeV/c: K/π>>1 at FF
  Double stage separation: Wein Filter (ExB) type of ES

Primary proton beam	30 GeV-9μA	
Length (m)	27.158	
MS1 opening (mm)	2	4
Acceptance (msr.%)	1.2	2.1
K^- intensity (ppp) @1.1GeV/c	0.6E+06	1.1E+06
Electrostatic separator	750kV/10cm, 2mx2	
Single rate @MS2 @1.1 GeV/c	>1.4E+06	>7.4E+06
$K^-/(\pi^-+\mu^-)$ @ FF@1.1 GeV/c	3.0	0.74
X/Y(rms) size @ FF (mm)	3.6/2.0	

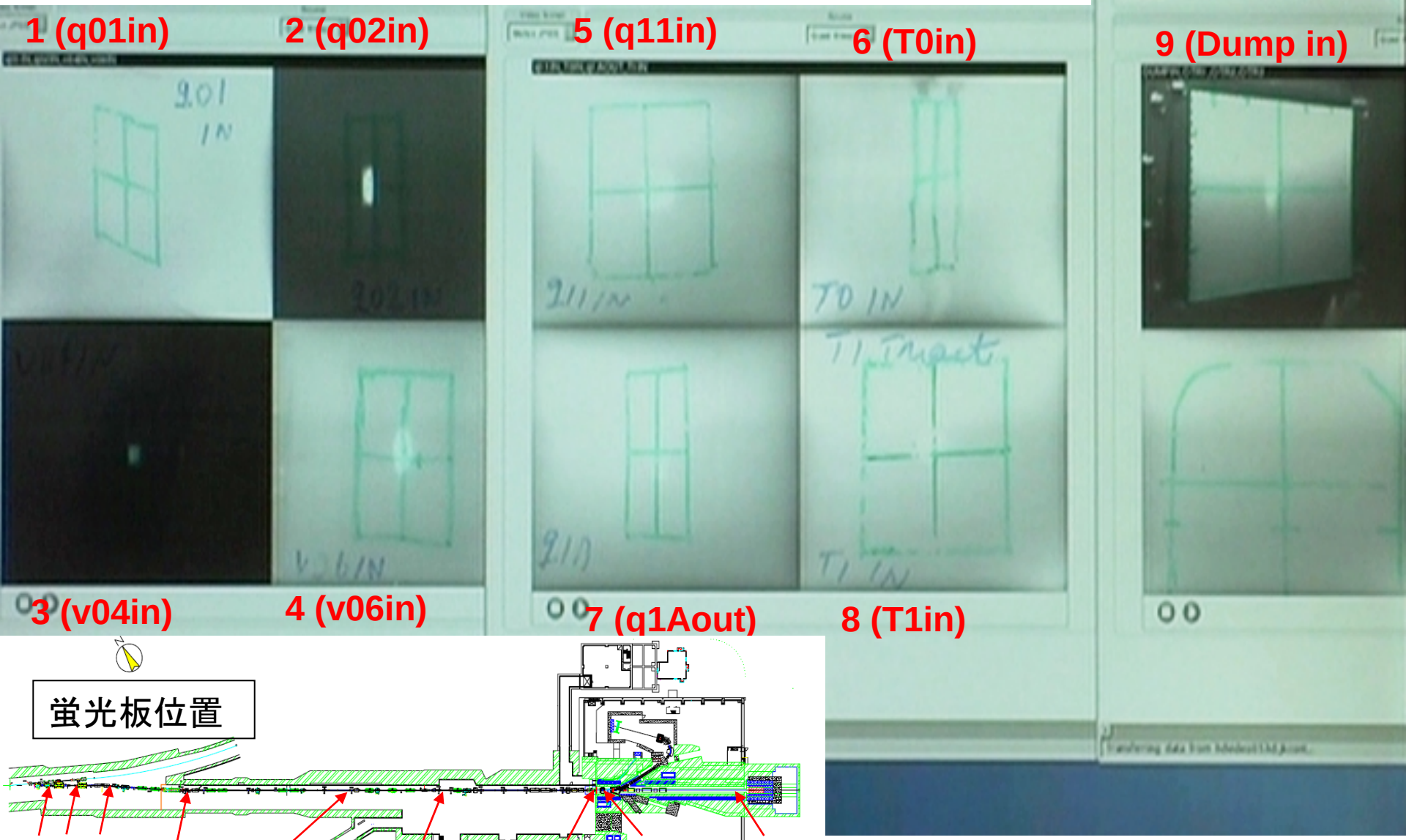
まとめ

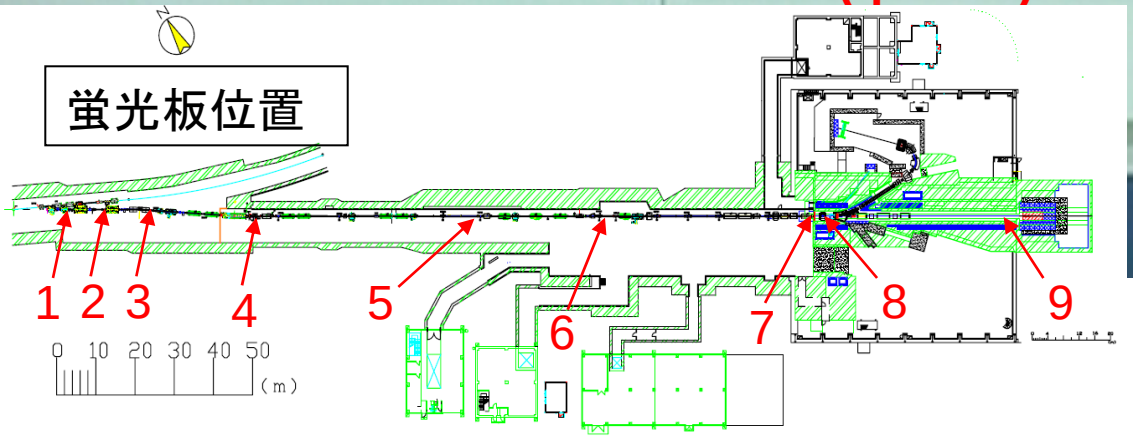
- J-PARCハドロン実験施設がいよいよ稼動を開始
- 現在はK1.8BRビームラインの１本のみだが、K1.8本流、KL（今年秋）、テストビーム、K1.1BR（来年秋）、…と2次ビームラインを建設予定

- どんどん実験をやりましょう！

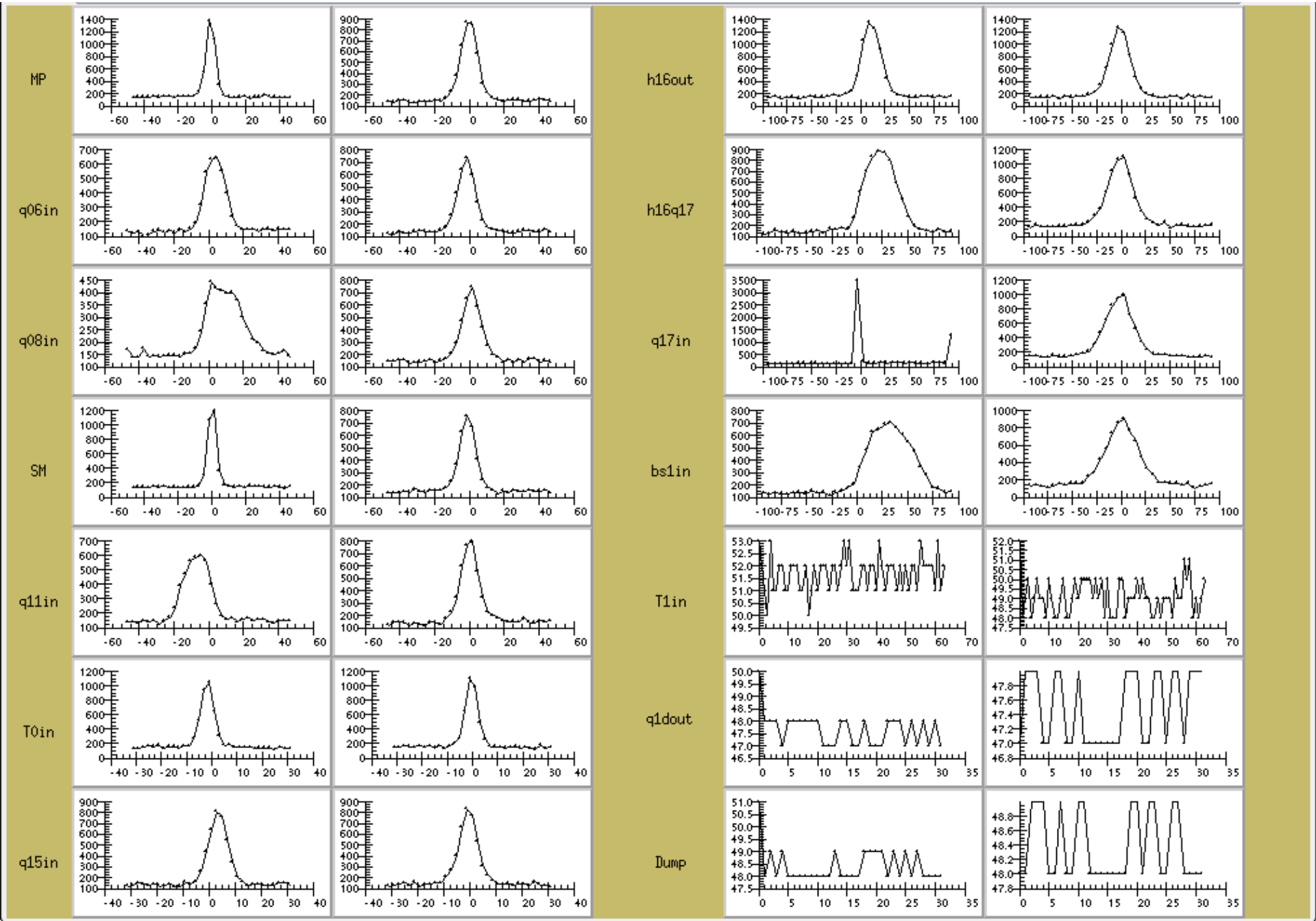
おまけ

その後取り出し効率は約90%まで改善



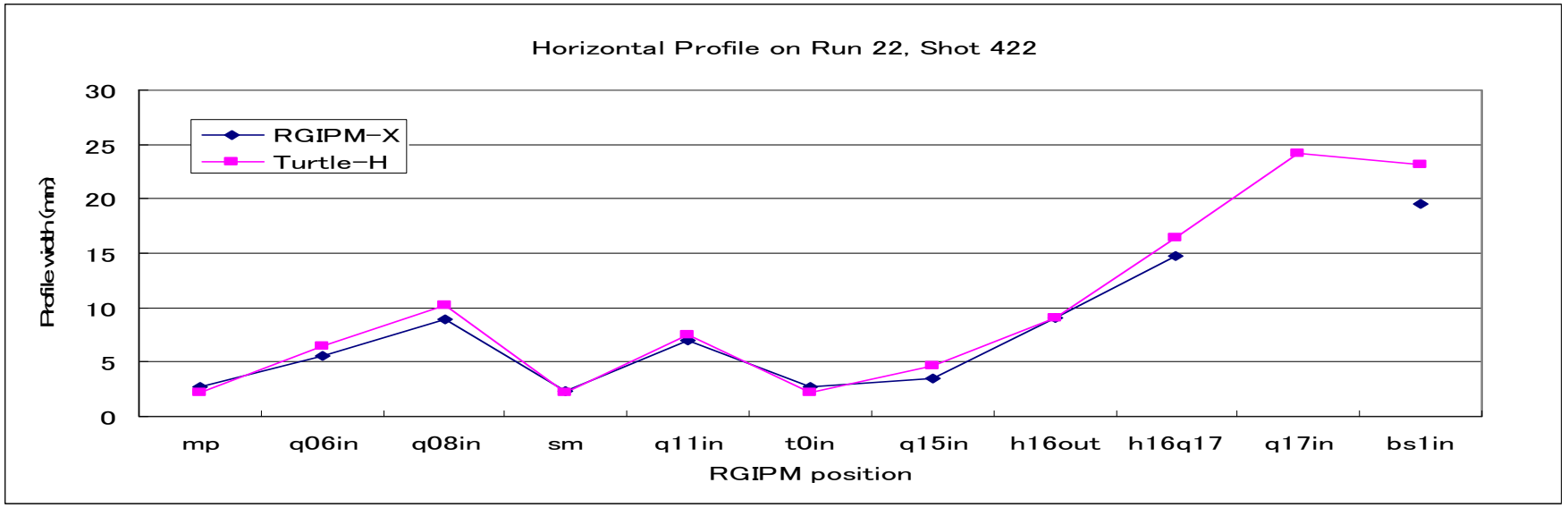


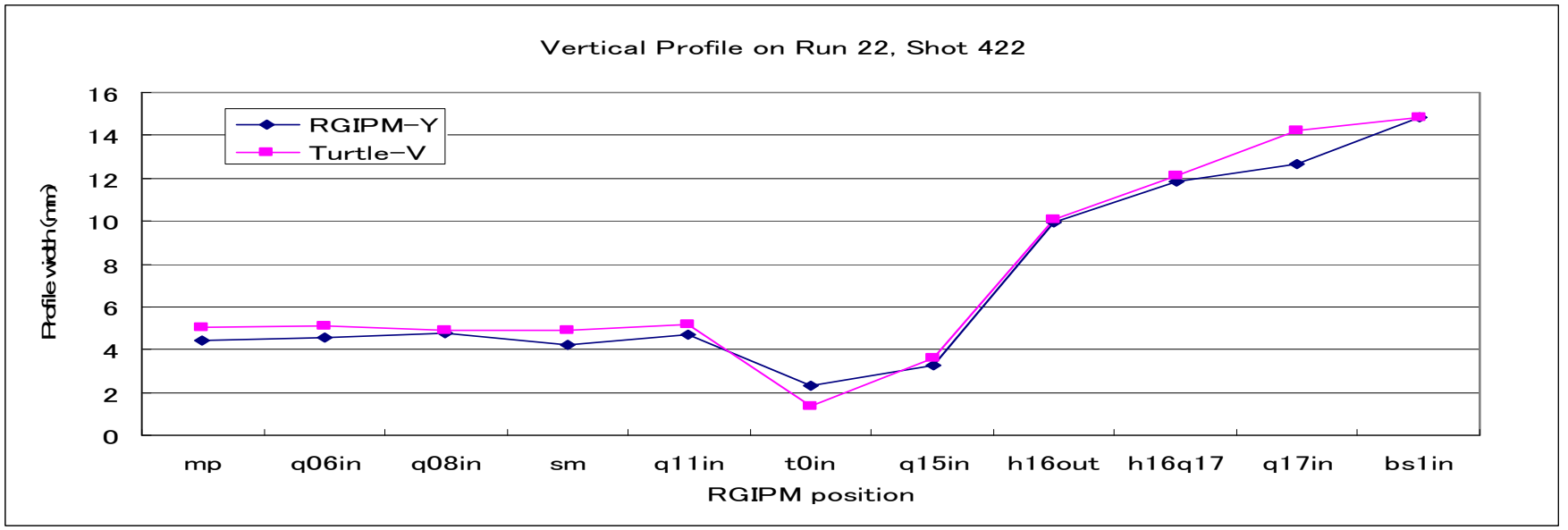
残留ガスモニターで見た1次ビームプロファイル



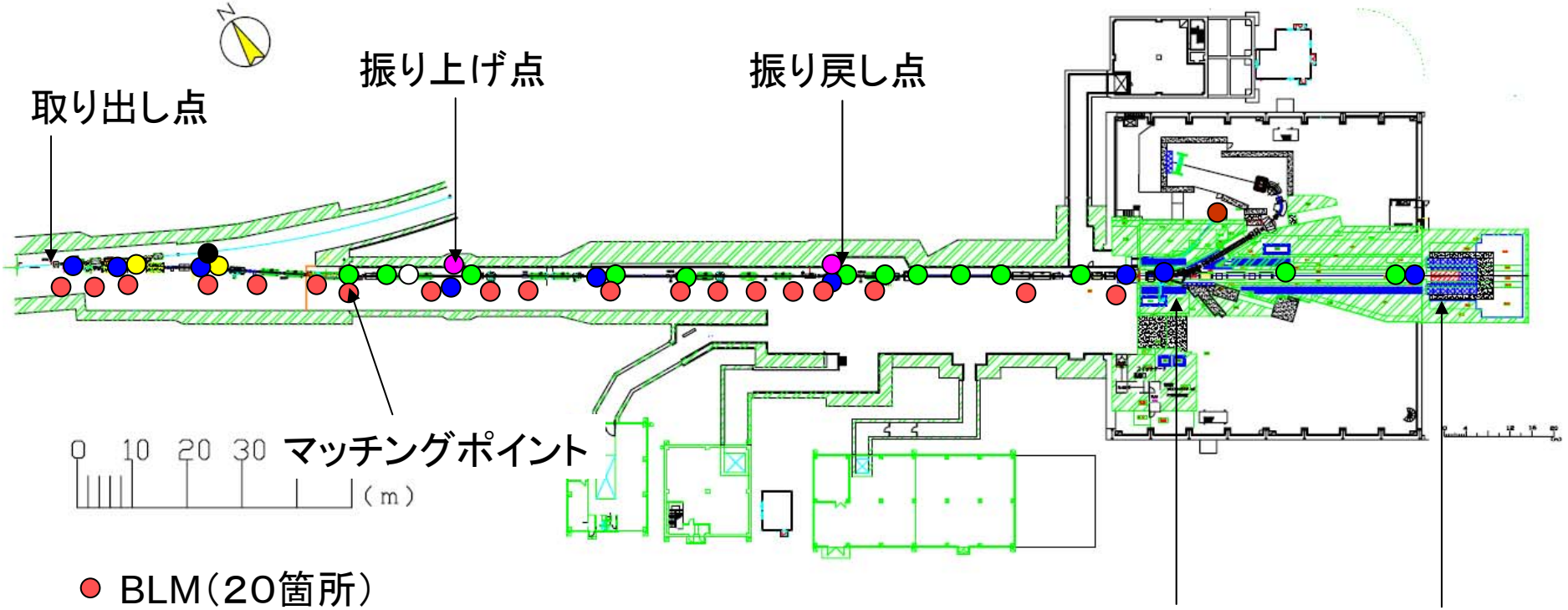
RGIPM Profile distributions (Run 22, Shot 422)

Decay Turtle emittance
ε_H=4.4 π mm*mrad
ε_V=2.5 π mm*mrad



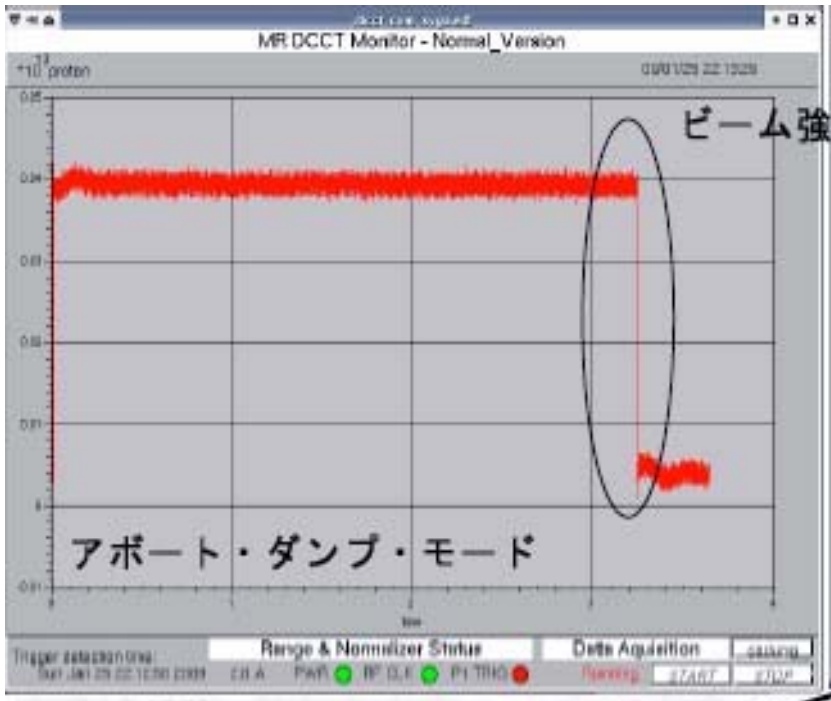


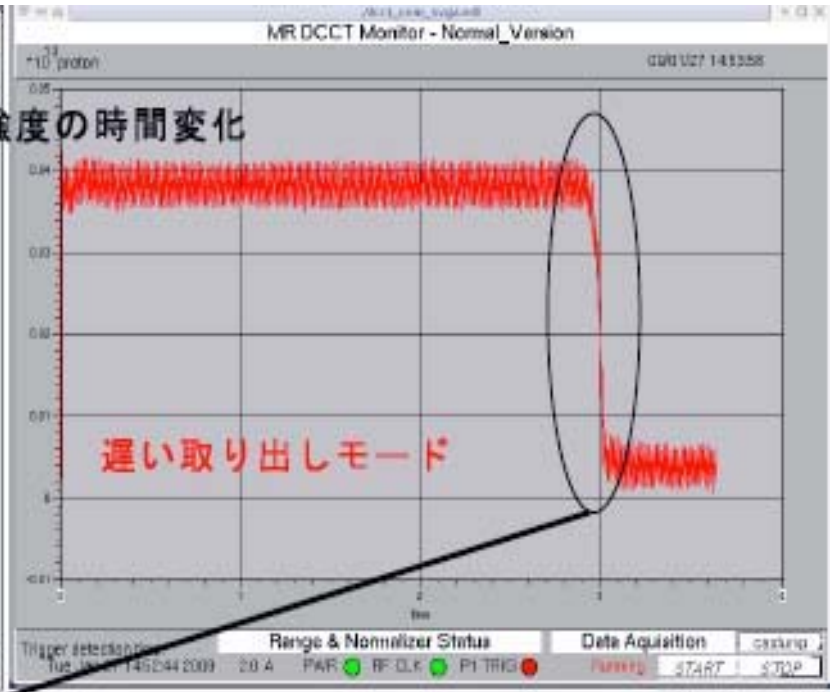
ビームモニターの配置



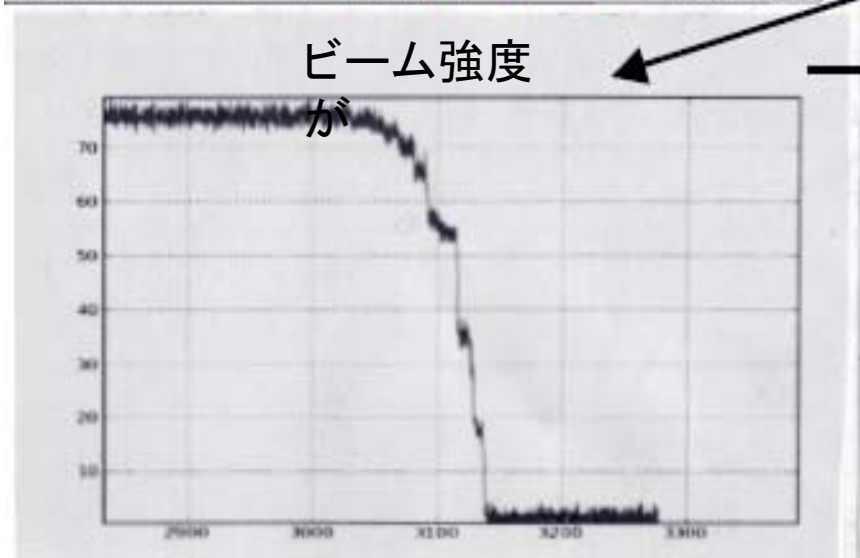
- BLM（20箇所）
- OTR（SY2台）
- RGIPM（SY11台、HDホール2台）
- 蛍光板（SY7台、HDホール2台）
- SEC(SY2台）
- TM
- CT
- Spill（比例計数管、PMT）

遅い取り出し時のDCCT出力=MR内のビーム強度

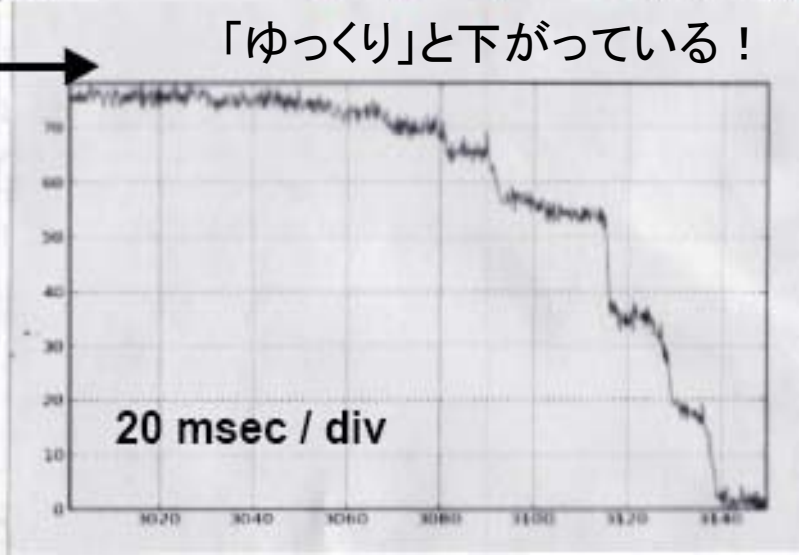




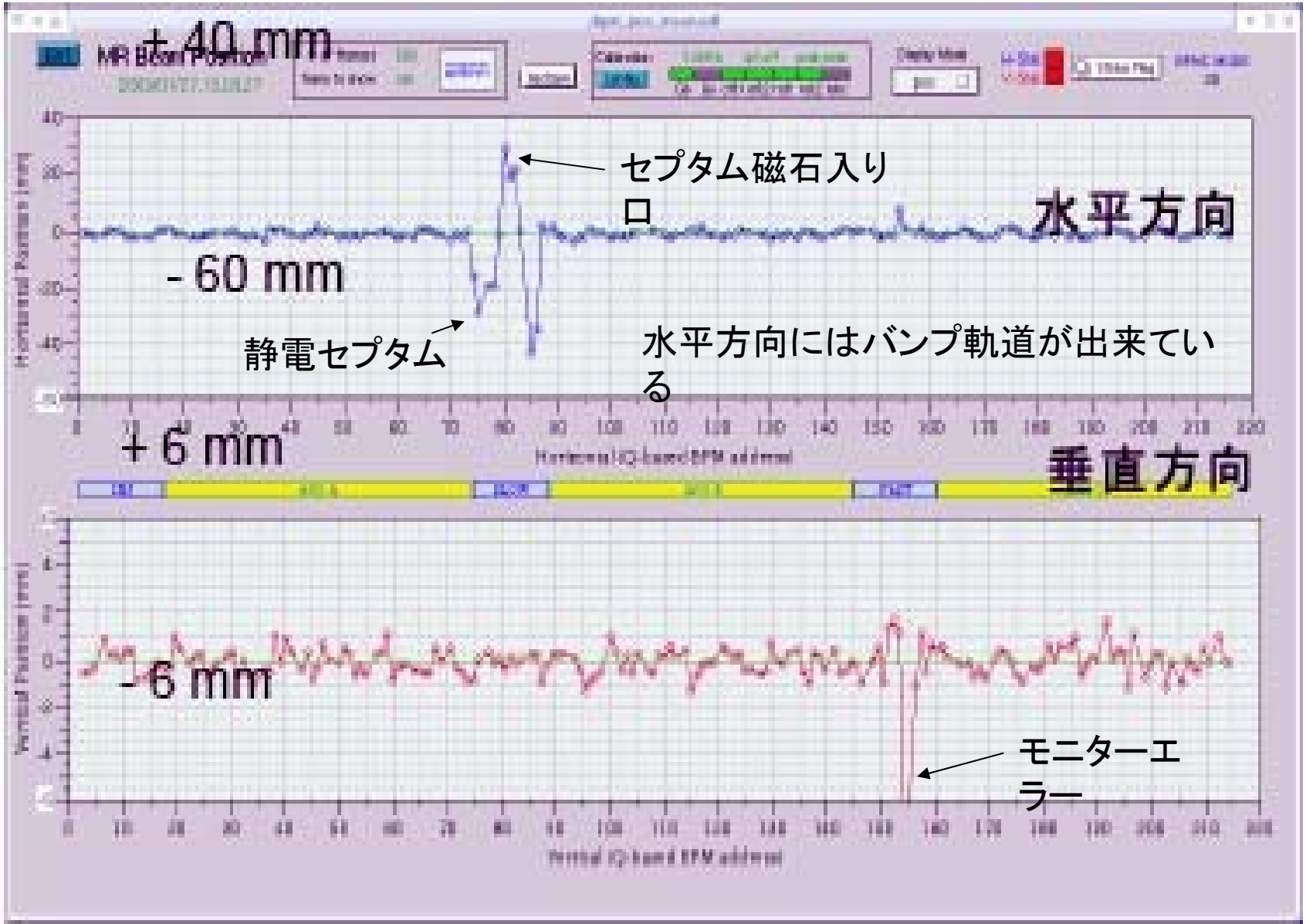
ビーム強度が



「ゆっくり」と下がっている！



遅い取り出し時のMR内ビーム軌道

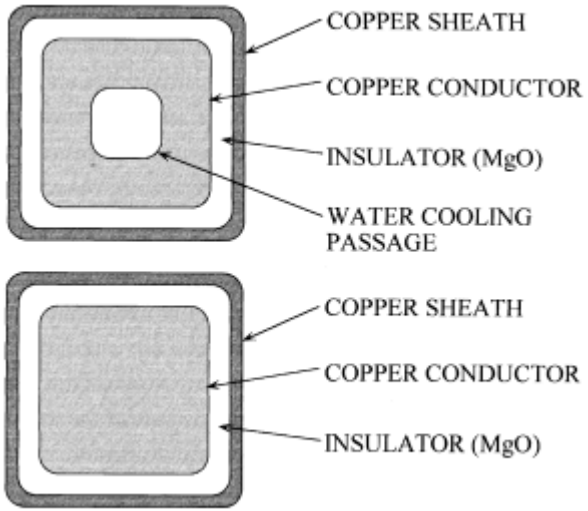


K1.8D1 magnet was assembled and installed into T1 vacuum chamber

T1 vacuum chamber and all inner modules were installed

間接水冷型
無機絶縁コイル

MIC断面図



中空型MIC
→ 直接水冷

中実型MIC
→ 間接水冷

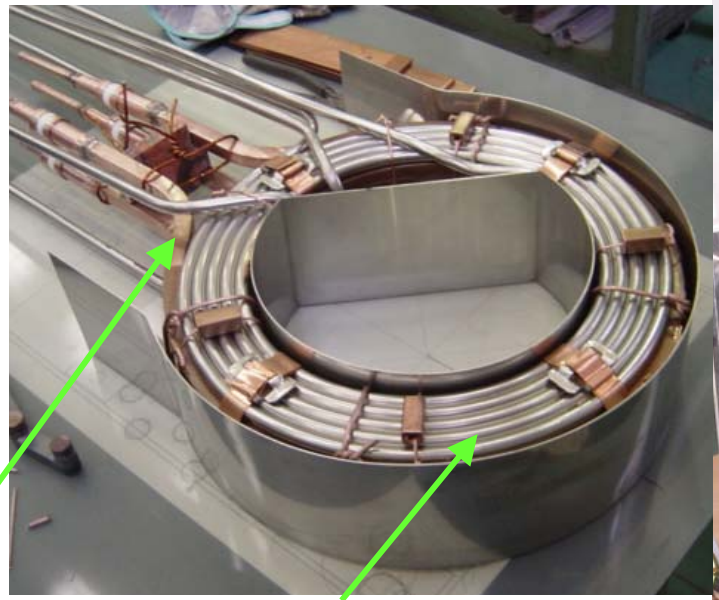
Advantage

- 電気と水とが完全に分離している
  → 水漏れやショートの危険性が極めて小さい
- 水路数を調整することで、トリチウム生成量を小さくすることが可能

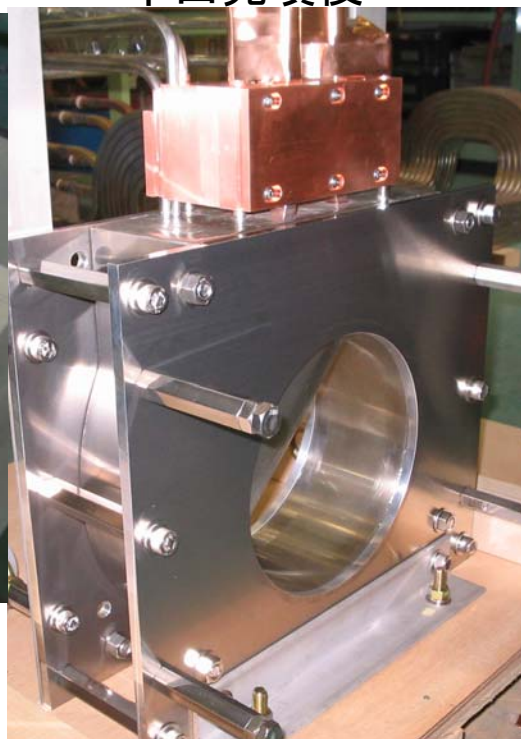
Disadvantage

- 冷却効率が悪い

半田充填前



半田充填後

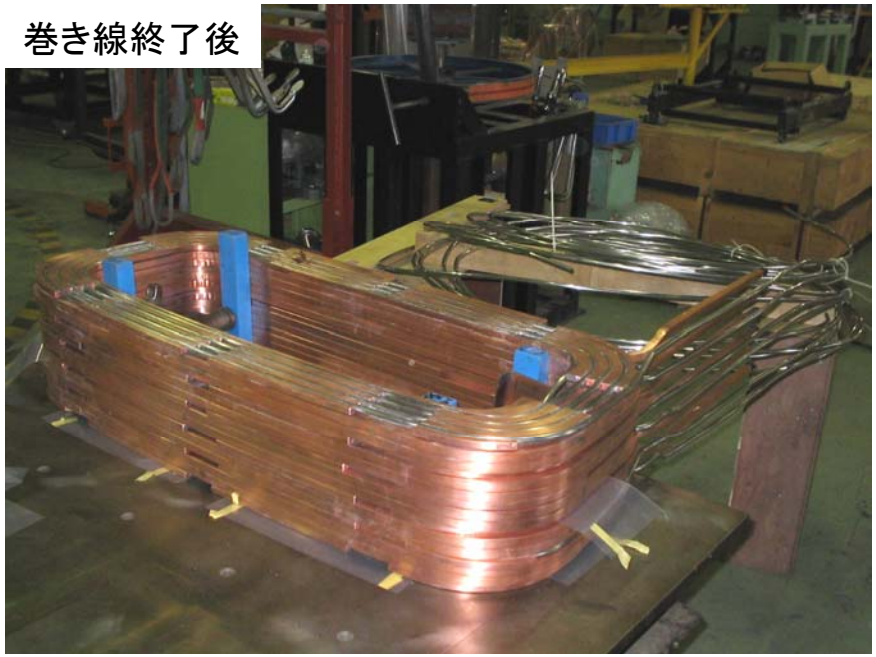


1000A級
中実MIC

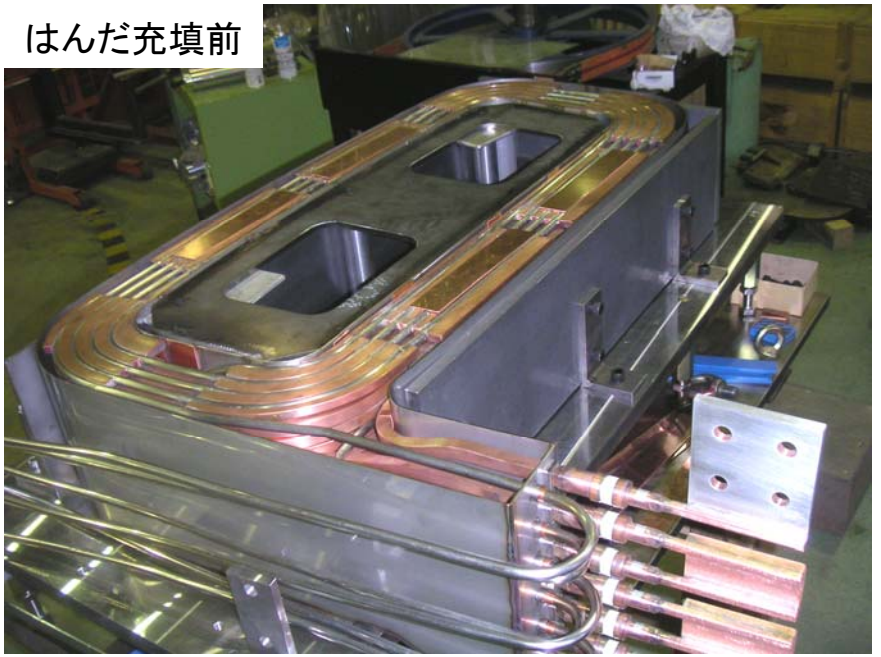
水冷管

K1.8D1用間接水冷型MICコイルの製作

巻き線終了後



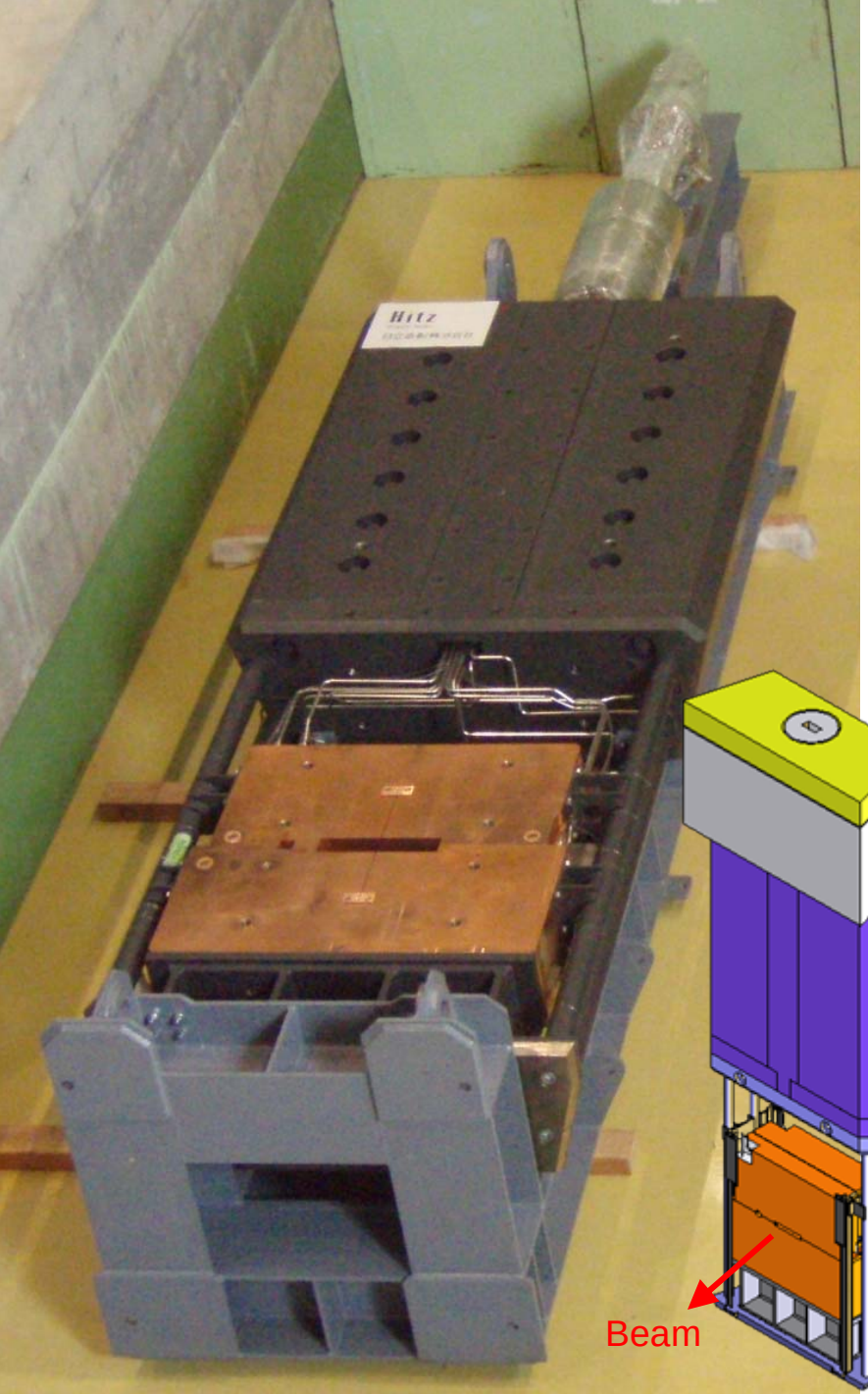
はんだ充填前

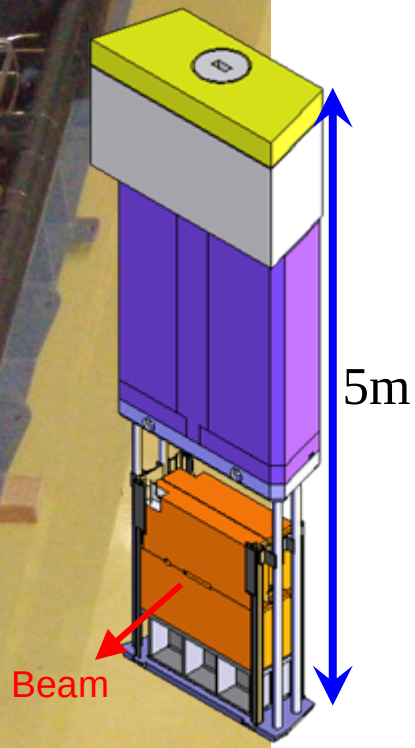


はんだ充填後

SUSケース蓋溶接前

T1第1コリメータ

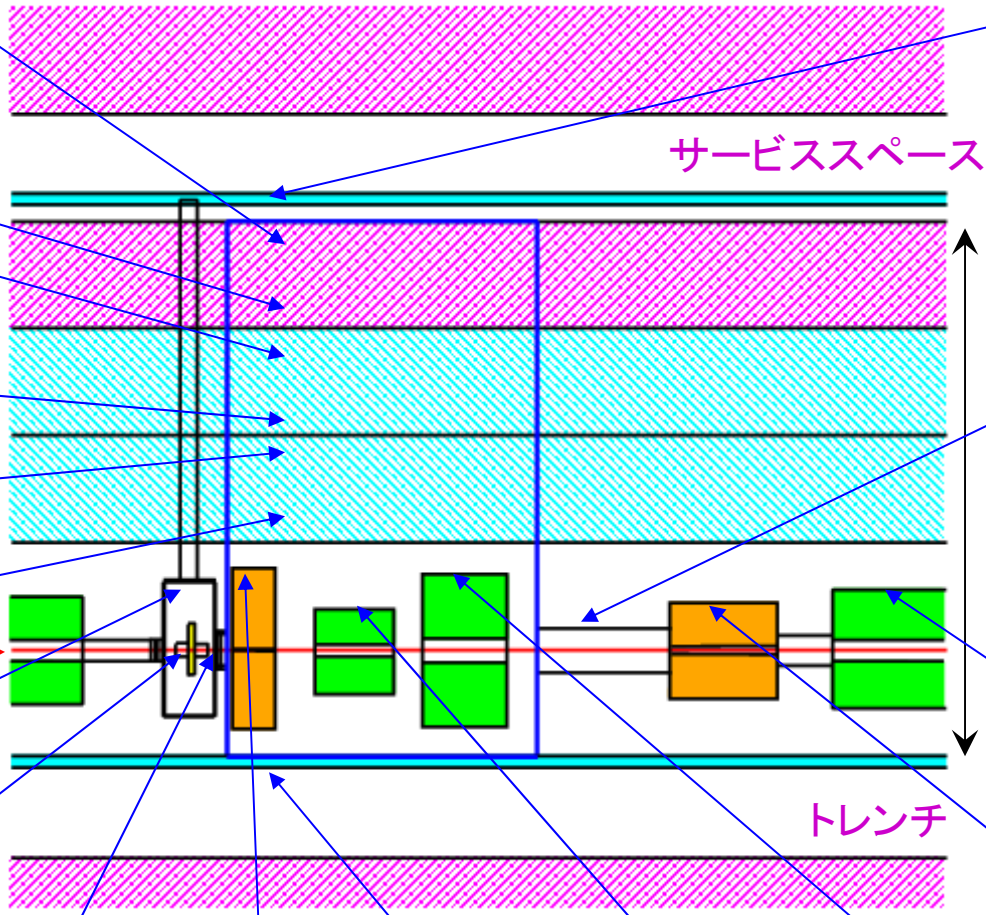




- 本体材質：無酸素銅
- 銅ブロック外形寸法：
  - 上流側上：1000×485×250 mm^3
  - 上流側下：1100×485×250 mm^3
  - 下流側上：1000×485×150 mm^3
  - 下流側下：1100×485×150 mm^3
- 開口部寸法
  - 入口：214×48 mm^2
  - 出口：355×67 mm^2
- 本体重量：4.5トン
- T1中心～コリメータ入口：550 mm
- 上部の鉄遮蔽体2mと一体で吊り上げられる
- 鉄遮蔽体、コンクリート遮蔽体を含む装置全体が真空箱内に入る

ターゲット周辺の残留放射能

30日運転1日冷却後
1年運転半年冷却後



コンクリート
7.9 μSv/h
0.03 μSv/h

コンクリート
5.3 mSv/h
1.6 μSv/h

鉄
430 μSv/h
160 μSv/h

鉄
60 μSv/h
11 μSv/h

鉄
1.1 mSv/h
460 μSv/h

鉄
170 mSv/h
75 mSv/h

T1容器
2.2 Sv/h
850 mSv/h

T1
650 Sv/h
230 Sv/h

ラジアルシール
30 Sv/h
11 Sv/h

コリメータ
380 mSv/h
100 mSv/h

敷板
560 mSv/h
210 mSv/h

K1.8D1
530 mSv/h
270 mSv/h

K1.8Q1
62 mSv/h
33 mSv/h

コリメータ
710 mSv/h
420 mSv/h

q1B
110 mSv/h
49 mSv/h

ダクト
SUS 3.2 Sv/h
1.2 Sv/h
Ti 1.1 Sv/h
97 mSv/h
Al 2.5 Sv/h
290 mSv/h

水配管
8.4 μSv/h
2.4 μSv/h