

ビーム電流1 mAに向けた見通し

坂中章悟、芳賀開一
(加速器研究施設)

松村宏、三浦太一、大山隆弘、豊田晃弘、穂積憲一、長畔誠司
(放射線科学センター)

2015/7/30 cERLミニワークショップ

内容

1. CW運転時の放射線サーベイ結果と
ビーム損失の見積り
2. ビーム電流1 mAのための変更申請案
3. 追加遮蔽案
4. まとめ

1. CW運転時の放射線サーベイ結果と ビーム損失の見積り

6月のCW運転時の放射線サーベイ

Case	測定日	測定時の状況
1	2015/6/4(木)	調整したがビーム損失があまり下がらない。 コリメータ3で非常に大きなビーム損失あり。
2	2015/6/18(木)	コリメータ1,2,3,5使用。コリメータ3上でレベルが非常に高い
3	2015/6/19(金)	入射器空洞のオフセンターにビームを通す COL1,2のみ使用。
4	2015/6/23(火)	バーストモード(主空洞暗電流の影響)
5	2015/6/24(水)	6/19の設定をリストア後、比較的短時間ビーム調整。 LCS実験のための調整。ビームロスは全体的に低い、南直線部 上でやや高い($\sim 2 \mu\text{Sv/h}$)
6	2015/6/25(木)	6/24の設定からスタートし、LCS衝突点optics調整や第2アークで の分散を閉じる調整。 COL1,2のみ使用。 放射線レベルは全体的に非常に低い

あまり良くない例

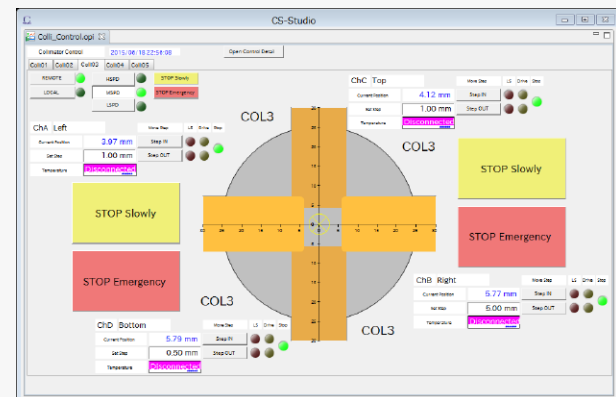
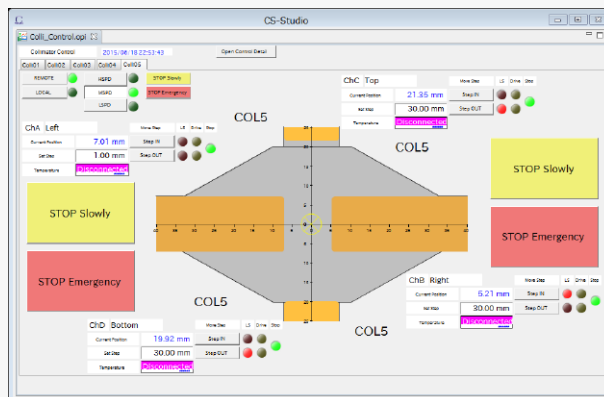
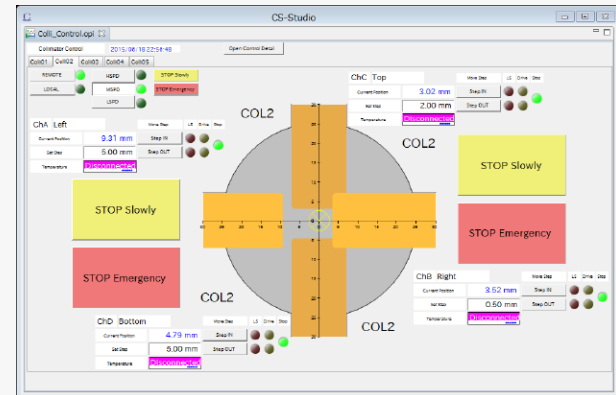
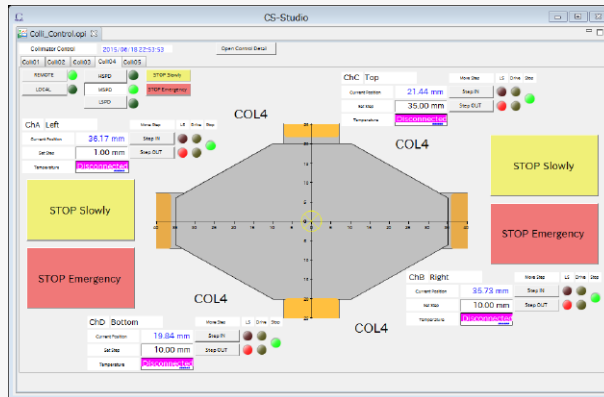
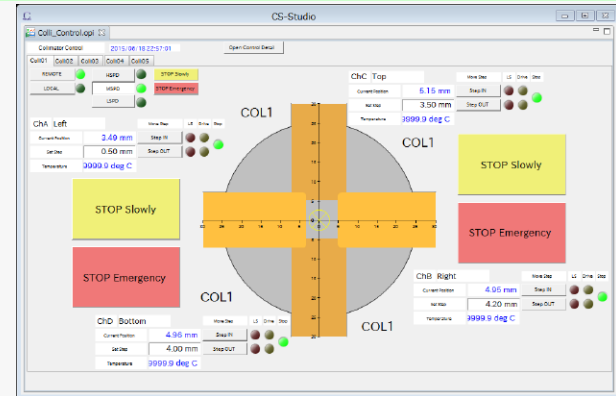
Case (2)

測定日：2015/6/18(木)

- COL1,2,3,5 を使用
- CW 80 μA で天井サーベイ
- コリメータ3上のレベルが非常に高い ($\sim 50 \mu\text{Sv/h}$)
- 南直線部上のレベルは低い ($\sim 0 \mu\text{Sv/h}$)

コリメータ設定 (6/18 22:53 final)

コリメータ	上	下	左	右
COL1	5.2	5.0	3.5	5.0
COL2	3.0	4.8	9.3	3.5
COL3	4.1	5.8	4.0	5.8
COL4	-	-	-	-
COL5	-	-	7.0	5.2



天井上

cERL Operation status

ビーム運動エネルギー(周回部): 19.4 MeV
ビーム運動エネルギー(入射部): 2.4 MeV
電流値: CW 80 μ A(162.5 MHz)
LCS Optics (LCS実験はなし)
ビーム輸送先: 主ビームダンプ
入射器空洞 Eacc=(3.2, 3.2, 3.0) MV/m
主空洞 Vc = (10.0, 7.2) MV

cERL Operation status (cont.)

COL1 上下左右= (5.2, 5.0, 3.5, 5.0) mm
COL2 上下左右= (3.0, 4.8, 9.3, 3.5), mm
COL3 上下左右= (4.1, 5.8, 4.0, 5.8) mm
COL5 上下左右= (- , - , 7.0, 5.2) mm

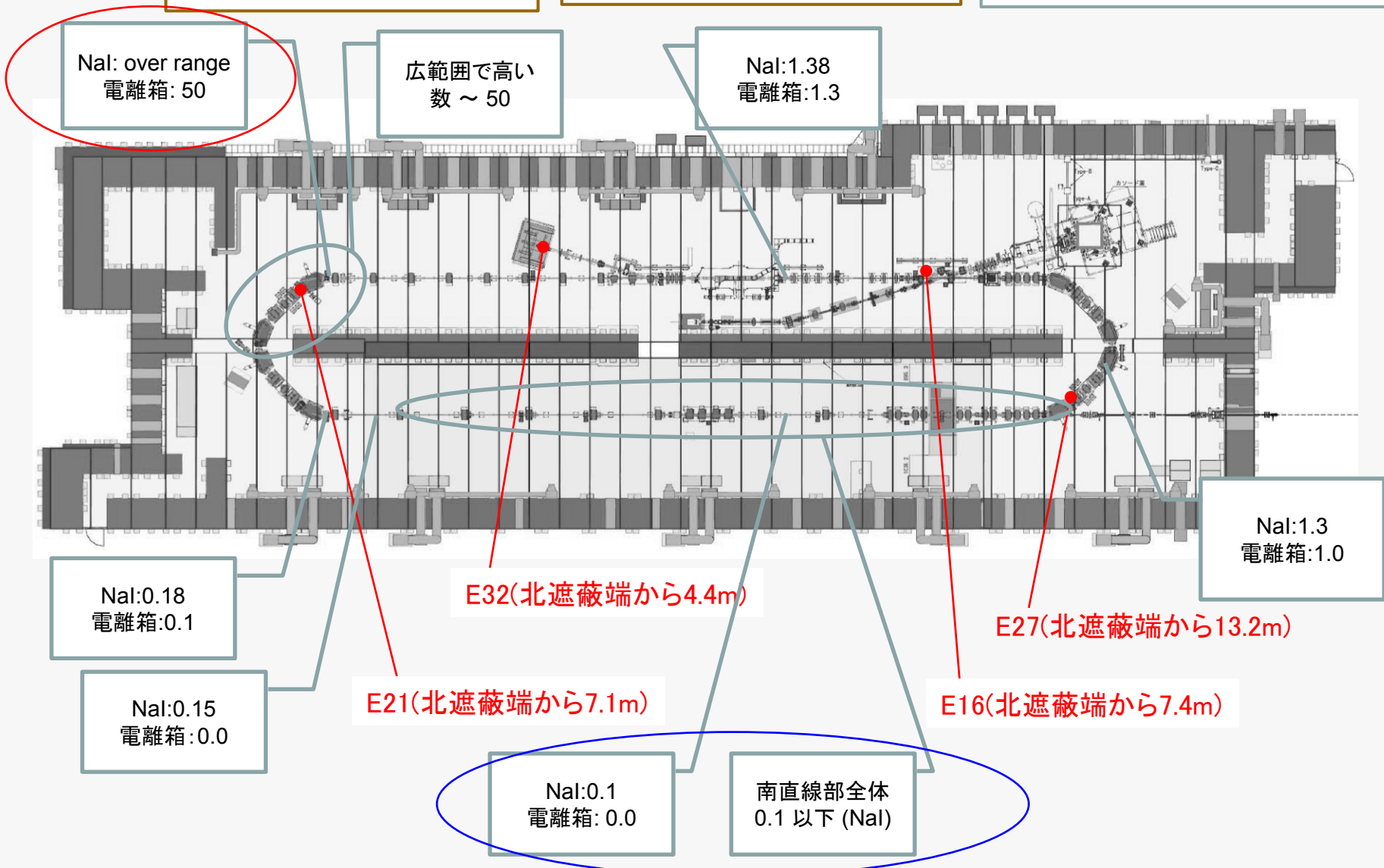
測定日: 2015年6月18日 22:20頃~22:40頃

測定器: NaIシンチレーション式サーベイメータ
(Aloka TCS-171B S/N 203A5486 202Y3732)
電離箱式サーベイメータ
(Aloka ICS-331B)

測定者: 坂中、沼田(NAT)

単位: μ Sv/h

B G : NaI: 0.06, 電離箱 0.0



Nal: over range
電離箱: 50

広範囲で高い
数 ~ 50

Nal:1.38
電離箱:1.3

Nal:1.3
電離箱:1.0

Nal:0.18
電離箱:0.1

Nal:0.15
電離箱:0.0

E32(北遮蔽端から4.4m)

E27(北遮蔽端から13.2m)

E21(北遮蔽端から7.1m)

E16(北遮蔽端から7.4m)

Nal:0.1
電離箱: 0.0

南直線部全体
0.1 以下 (Nal)

ALOKA monitors (6/18 22:16)

ビーム電流: 約 80 μ A (CW)

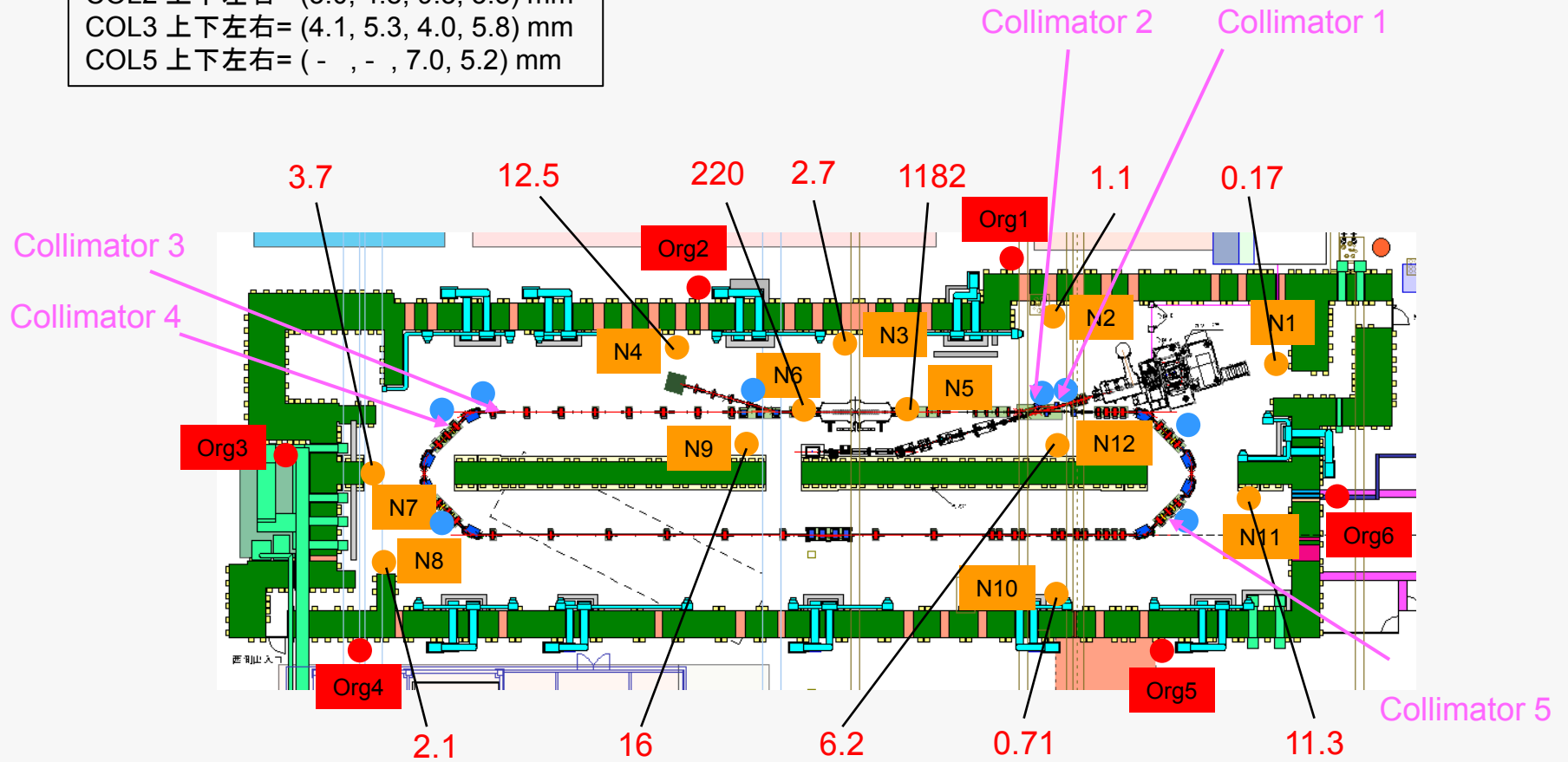
OL1 上下左右= (5.2, 5.0, 3.5, 5.0) mm

COL2 上下左右= (3.0, 4.8, 9.3, 3.5) mm

COL3 上下左右= (4.1, 5.3, 4.0, 5.8) mm

COL5 上下左右= (- , - , 7.0, 5.2) mm

Unit: mSv/h



● 放射線モニター (Organge1-6),

● 加速器室内ALOKAモニター

● 高速ロスモニター

良く調整できた例

Case (6)

測定日：2015/6/25(木)

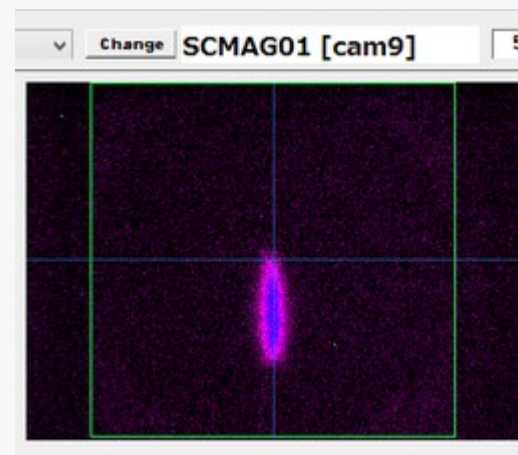
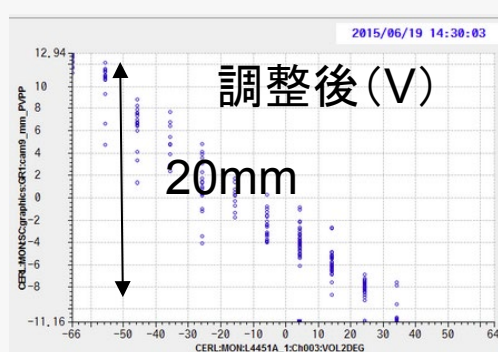
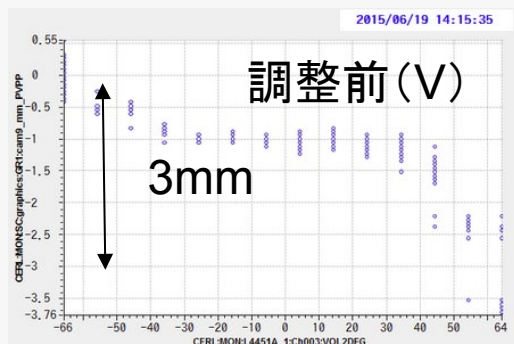
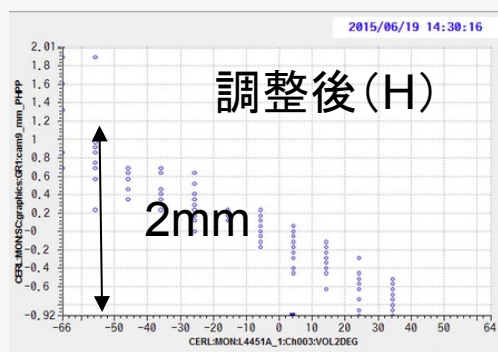
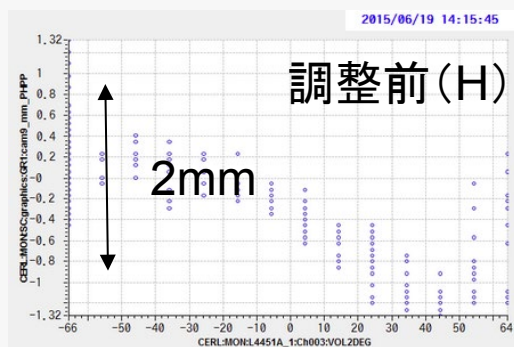
LCS実験時。全体的に非常に低ビーム損失を実現

- 入射器空洞のオフセンターにビームを通す
- 前日(6/24)の電磁石設定からスタート
- LCS衝突点でのoptics調整、第2アークでの分散を閉じる
- 日中、KEKB 4極励磁のためと思われるビーム変動あり
- COL1,2 のみ使用
- CW約70 μ Aで天井サーベイ
- **ビームロス**は全体的に非常に低い (ほぼ空洞暗電流の寄与のみ)

ビームを入射器空洞のオフセンターに通す調整： (2015/6/19の調整：6/25も同様)

コミッシュニング打合せ
(6/22)資料より

- 主空洞より手前のCOL1,2でビームを落とせるように、軌道をあえて入射器空洞の中心からずらす。
- ZV04を+0.04Aに設定し、QMGC01,05の中心を通す。
- 電子銃レーザーのタイミングをずらして、cam9の位置が変わることを確認。(テールが異なるパスを通る)

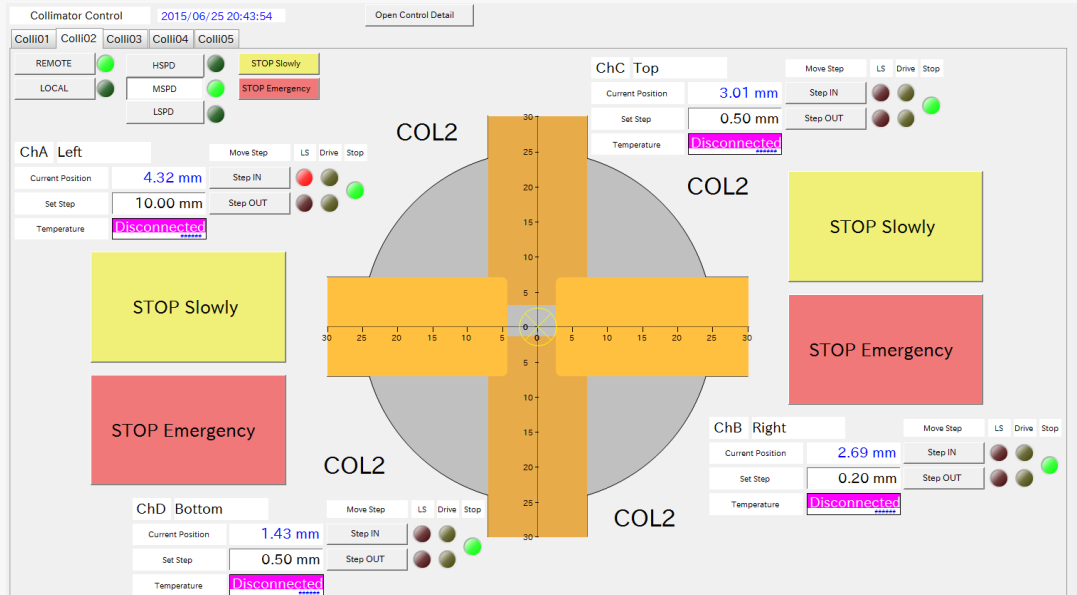
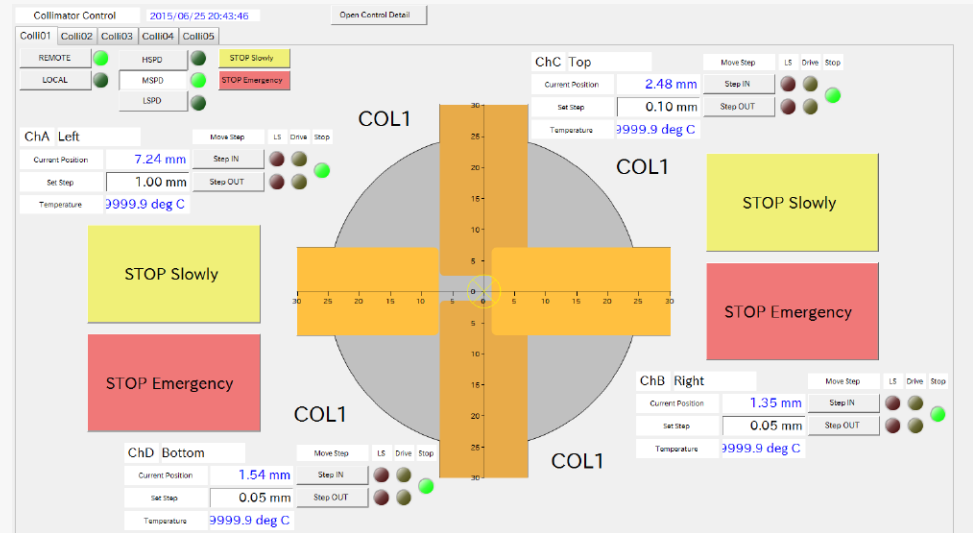


→ レーザーのタイミング

(cam9でのビームvertical position)/(レーザー位相) = 20 mm/45° に調整

コリメータ設定 (6/25 20:44 サーベイ中)

コリメータ	上	下	左	右
COL1	2.48	1.54	7.24	1.35
COL2	3.01	1.43	4.32	2.69
COL3	-	-	-	-
COL4	-	-	-	-
COL5	-	-	-	-



天井上 サーベイ

cERL Operation status

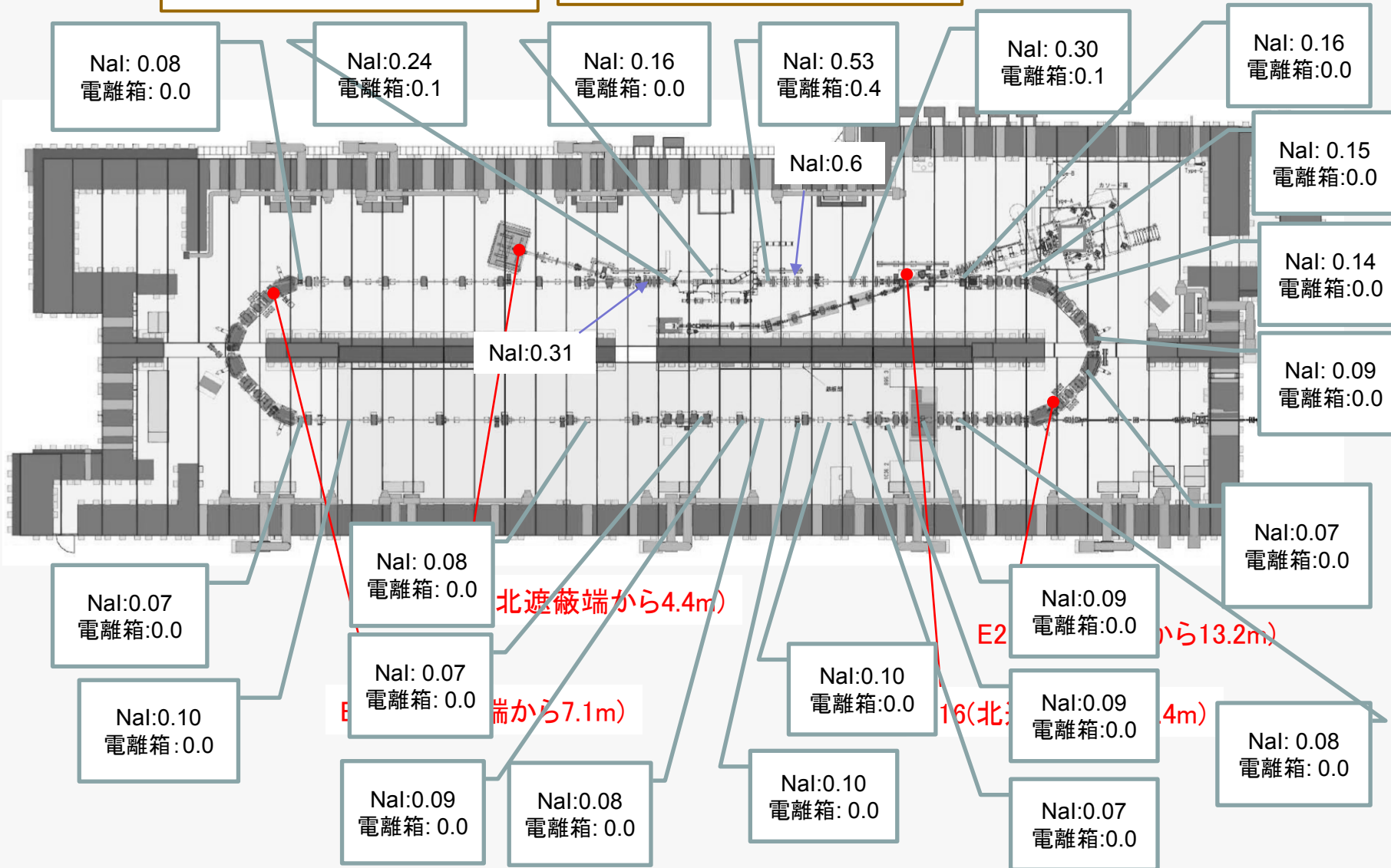
ビーム運動エネルギー(周回部): 19.4 MeV
 ビーム運動エネルギー(入射部): 2.4 MeV
 LCS Optics (LCS実験調整注)
 ビーム輸送先: 主ビームダンプ
 入射器空洞 Eacc=(3.2, 3.3, 3.0) MV/m
 主空洞 Vc = (10.0, 7.16) MV

cERL Operation status (cont.)

ビーム電流(CW): 76 - 72 μ A
 バンチ繰り返し: 162.5 MHz
 コリメータ設定
 COL1 上下左右= (2.5, 1.5, 7.2, 1.4) mm
 COL2 上下左右= (3.0, 1.4, 4.3, 2.7) mm
 COL3 ~ COL5: 使用せず

測定日: 2015年6月25日 20:47 - 22:17

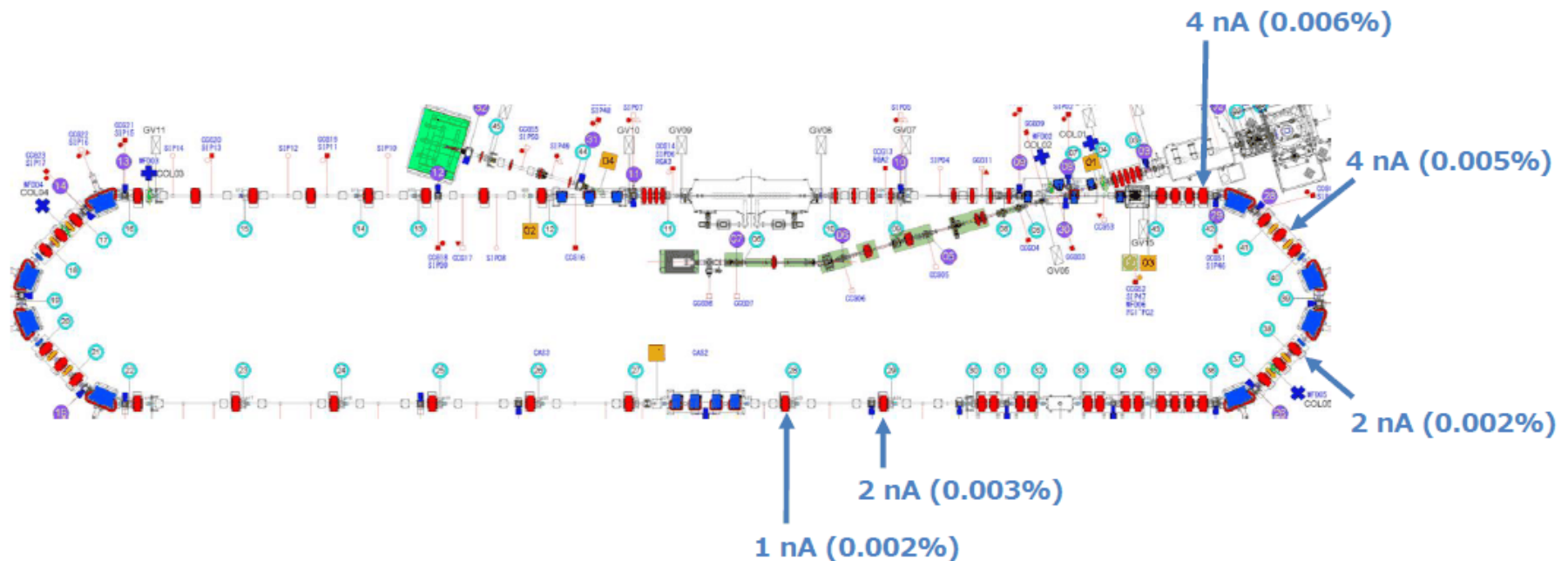
測定器: NaIシンチレーション式サーベイメータ
 (Aloka TCS-171B S/N 203A5486 202Y3732)
 電離箱式サーベイメータ
 (Aloka ICS-331B S/N R00782)
 測定者: 坂中、浅川(NAT)
 単位: μ Sv/h
 B G : NaI: 0.05, 電離箱 0.0



天井上線量率から見積もったビームロス (暫定値)

空気の放射化についても検討中

2015年6月25日運転



*BG差引き線量率を用いて見積もった。

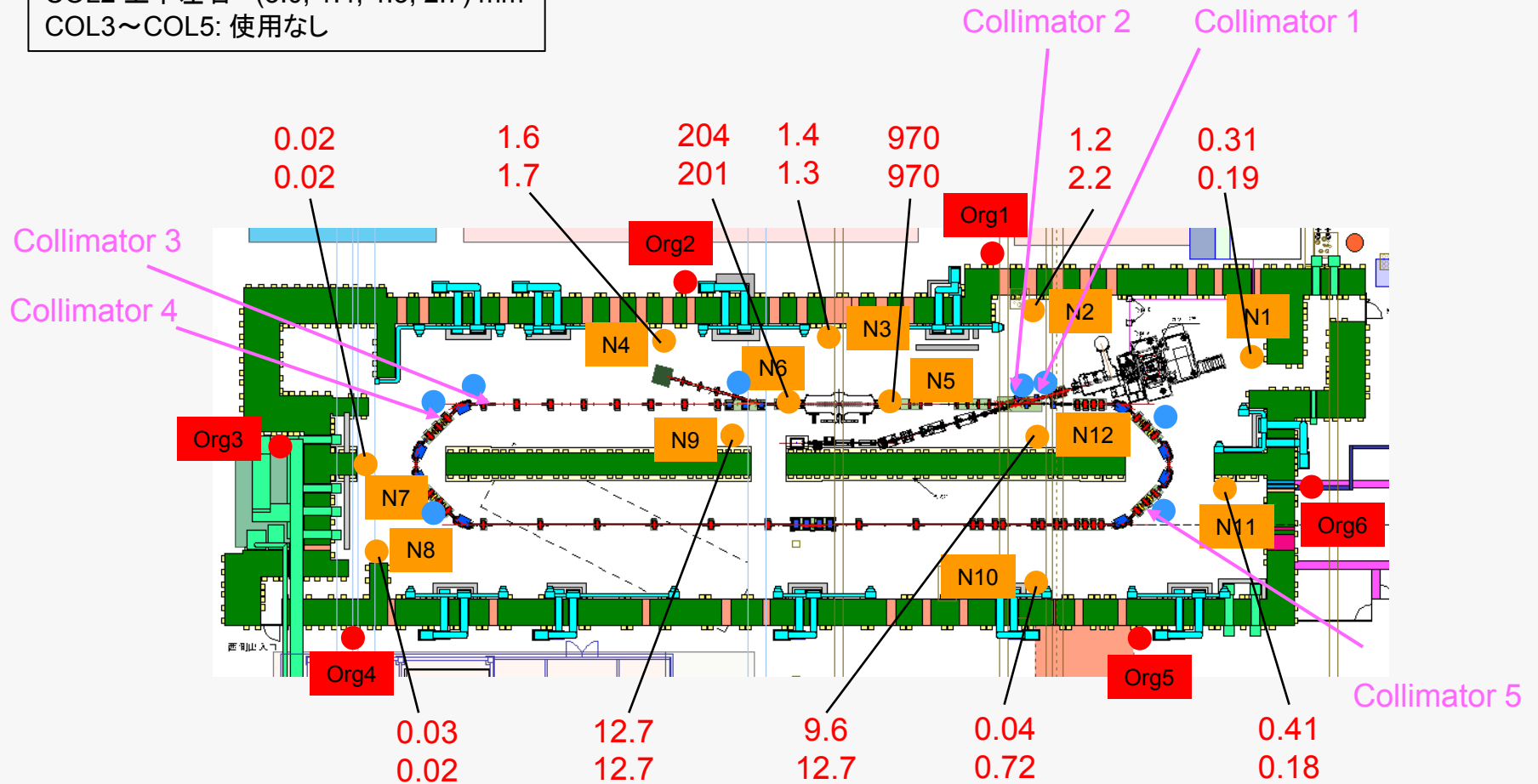
松村宏(放射線科学センター)、
”ビームロスの見積もりのための各種放射線測定2015.06.25_rev1”より

加速器室内 ALOKA monitors (6/25, I=80 μ A, 69 μ A)

ビーム電流: 約 80 μ A (CW)
 COL1 上下左右= (2.5, 1.5, 7.2, 1.4) mm
 COL2 上下左右= (3.0, 1.4, 4.3, 2.7) mm
 COL3~COL5: 使用なし

* 上の段: 20:43 測定 (80 μ A)
 下の段: 21:12 測定 (69 μ A)

Unit: mSv/h

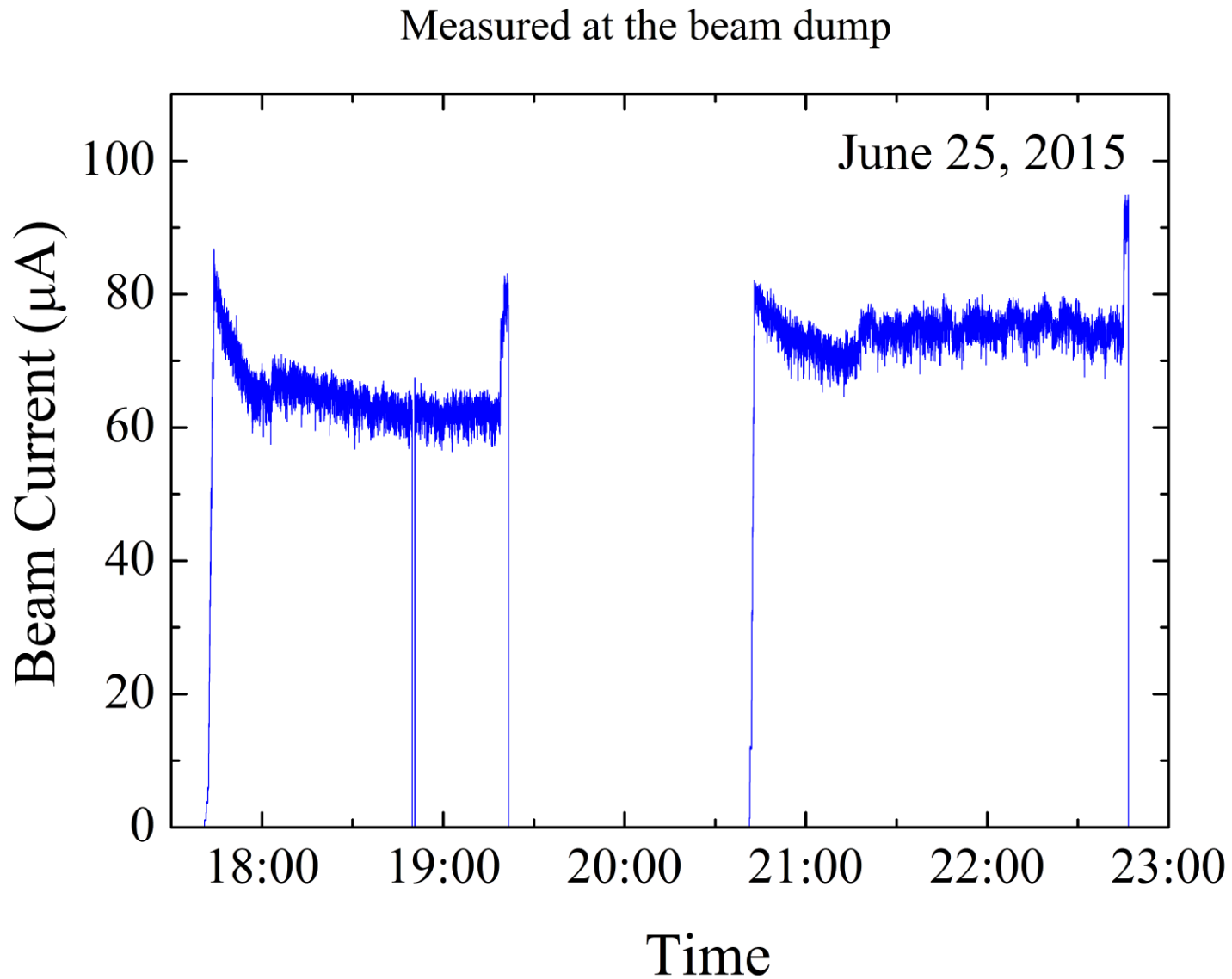


● 放射線モニター (Organge1-6),

● 加速器室内ALOKAモニター

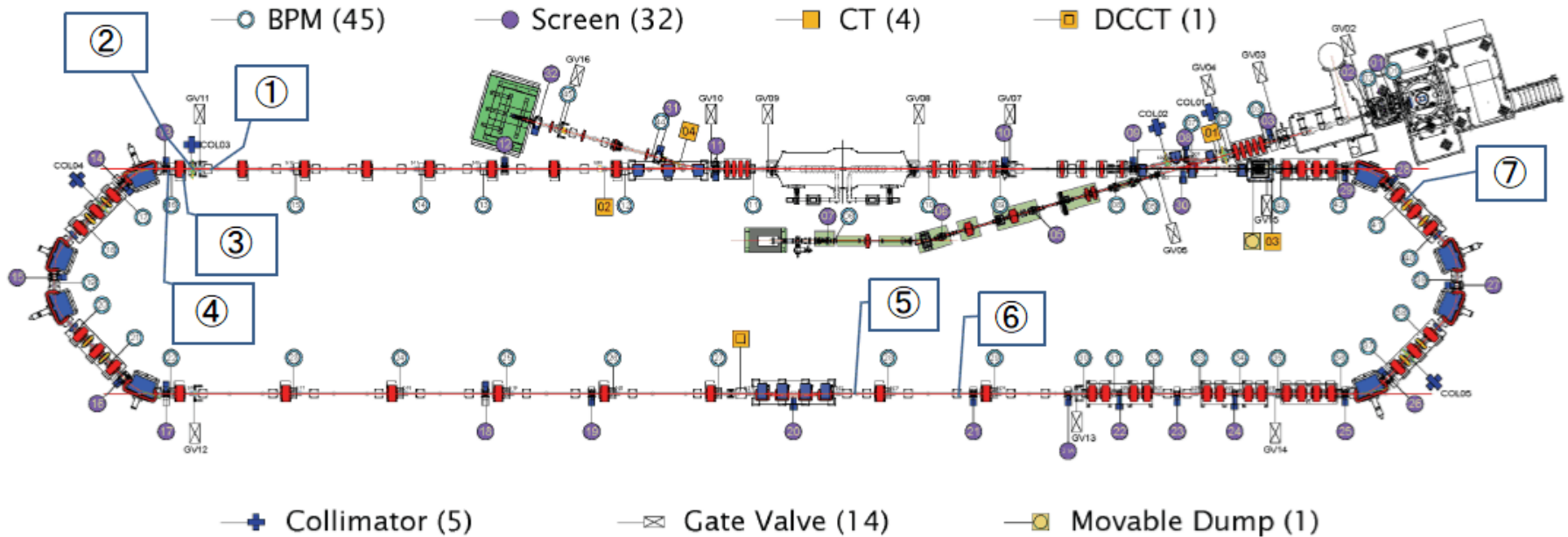
● 高速ロスモニター

ビーム電流の履歴 (6/25 17:30-23:00)



cERL運転後ビームラインサーベイ

放管: 三浦太一さん資料



測定箇所	線量率(μSv/h)			
	6/25 6/24の 運転後	6/26 6/25の 運転後	6/30	7/6
①シャッター(上流/下流)	-	0.14 / 0.14	0.15 / -	0.15 / -
②コリメータ3(上流/下流)	0.14 / 0.60	0.16 / 1.20	0.17 / 0.57	0.15 / 0.22
③電磁石(上流/下流)	1.20 / 0.70	1.02 / 0.56	0.48 / 0.31	0.32 / 0.20
④MS13(上流/下流)	0.35 / 0.25	0.30 / 0.20	-	-
⑤ダクト中央	-	0.14	0.09	0.09
⑥シャッター	0.20	0.12	0.11	未測定
⑦ダクト中央	-	0.26	0.07	-

測定器: NaIシンチレーション式サーベイメータ(Aloka TCS-161)

サーベイのまとめ

- 6月24日、6月25日のLCS用運転では、非常に低ビーム損失の運転条件を実現できた
 - 入射器空洞のオフセンターにビームを通す
 - コリメータ1, 2のみ使用
- 天井サーベイの結果と、金箔測定および運転後のビームラインサーベイの結果は、矛盾がない
- 電流1 mA増強に向け、明るい見通しが得られた(同様の運転条件が再現できれば)
 - 施設検査向けの運転(200~300 μ A)では、バンチ繰返しを1.3 GHzとすれば、バンチ電荷を上げずに平均電流を増やせる
- これらのデータを元に、次期申請書に記載する内容を検討する
 - ビーム損失の仮定
 - 追加遮蔽

2. ビーム電流1 mAのための変更申請案

性能表(案)

1.4 性能・使用の目的・使用の場所(変更あり)

表1.4.1bにERL開発棟のコンパクトERLの性能等を示す。

表1.4.1a コンパクトERLの性能等(変更前)

種類	直線加速装置 (コンパクトERL)		
台数	1台		
性能	加速粒子の種類	最大エネルギー	最大出力
	電子	26MeV	2600MeV・ μ A
使用の目的	エネルギー回収リニアック開発研究及び応用研究		
使用の方法	電子を加速, 輸送する。週168時間, 3ヶ月2184時間使用する。		
使用の場所	放射線発生装置設置場所	放射線発生装置使用室	
	ERL開発棟 コンパクトERL加速器室	ERL開発棟 コンパクトERL加速器室	

表1.4.1b コンパクトERLの性能等(変更後)

種類	直線加速装置 (コンパクトERL)		
台数	1台		
性能	加速粒子の種類	最大エネルギー	最大出力
	電子	26MeV	26MeV・mA
使用の目的	エネルギー回収リニアック開発研究及び応用研究		
使用の方法	電子を加速, 輸送する。週168時間, 3ヶ月2184時間使用する。		
使用の場所	放射線発生装置設置場所	放射線発生装置使用室	
	ERL開発棟 コンパクトERL加速器室	ERL開発棟 コンパクトERL加速器室	

ビーム損失の仮定案(入射部)

変更前

損失場所	図番	線源	最大エネルギー (MeV)	通過ビーム電流 (μ A)	損失割合 (%)	損失電流 (μ A)
入射部コリメータ	図2.5.1b	S1	6	100	0.1	0.1
入射器診断ライン偏向電磁石	図2.5.1b	S3	6	10	0.8	0.08
入射部ビームダンプ	図2.5.1b	S2	6	10	100	10

変更後

損失場所	図番	線源	最大エネルギー (MeV)	通過ビーム電流 (μ A)	損失割合 (%)	損失電流 (μ A)
入射部コリメータ	図2.5.1b	S1	6	1000	0.1	1
入射器診断ライン偏向電磁石	図2.5.1b	S3	6	10	0.8	0.08
入射部ビームダンプ	図2.5.1b	S2	6	10	100	10

ビーム損失の仮定案(周回部)

変更前

損失場所	図番	線源	最大エネルギー (MeV)	通過ビーム電流 (μ A)	損失割合 (%)	損失電流 (μ A)
合流部コリメータ	図2.5.1b	S4	6	100	0.3	0.3
第1アークコリメータ	図2.5.1b	S5	26	100	0.1	0.1
第2アークコリメータ	図2.5.1b	S6	26	100	0.1	0.1
調整用可動ファラデーカップ	図2.5.1b	S8	26	0.01	100	0.01
主ビームダンプ	図2.5.1b	S7	6	100	100	100

変更後

損失場所	図番	線源	最大エネルギー (MeV)	通過ビーム電流 (μ A)	損失割合 (%)	損失電流 (μ A)
合流部コリメータ	図2.5.1b	S4	6	1000	1	10
北直線部コリメータ	図2.5.1b	S8	26	1000	0.01	0.1
第1アークコリメータ	図2.5.1b	S5	26	1000	0.005	0.05
第2アークコリメータ	図2.5.1b	S6	26	1000	0.005	0.05
調整用可動ファラデーカップ	図2.5.1b	S8	26	0.1	100	0.1
主ビームダンプ	図2.5.1b	S7	6	1000	100	1000

3. 追加遮蔽案

追加遮蔽を検討中

(C) COL3周囲、上部へ追加遮蔽

(D) ダンプから見東入口側に目隠し遮蔽

(B) 合流部コリメータ上部へ追加遮蔽



(G) 電子銃保護用遮蔽(申請書外)

(A) ブロックの側面を鉛で塞ぐ

(F) 第1アーク出口に追加遮蔽(申請書外)

(E) 緊急換気ダクト前の追加遮蔽(ブロック横)

追加遮蔽を検討中

(A) 南側壁面の空調用貫通孔

→空調用貫通孔の前面に置かれているコンクリートブロックの側面を10cm厚の鉛で塞ぐ。南壁の空調機用貫通孔5組に対して設置する。

(B) 合流部コリメータの天井部への追加遮蔽

→合流部コリメータでのビームロスの仮定を見直したことにより、天井方向の遮蔽として、鉛5cm厚を設置する。

→重量が約100kg程度となるので、合流部架台の外側に柱を立て、天井部分を支える構造とし、合流部架台からは支えない。(架台のねじれが心配)

→入射部架台と同じく、ステンレス製とするか。

(C) 北直線部コリメータ

→現在、全く遮蔽されていない。入射部コリメータと同様の形状の鉛2cm厚を本体に取り付ける。

→必要であれば、天井方向に鉛1cm厚の追加遮蔽を設置する。

→この床面は放射化しているので、アンカー作業は注意が必要。

(D) 主ダンプ前追加遮蔽

→主ダンプから加速器室東側出入口を目隠しする形で、鉛5cm厚壁を設置。

→設置位置は、ダンプから1.9mで、大きさは20cmW x 30cmH。

(E) 緊急換気ダクト用貫通孔前のコンクリート遮蔽追加

→当該箇所に設置されている、遮蔽用コンクリートブロックと壁との間に20cmほどの隙間があり、そこから放射線が漏れてくる。

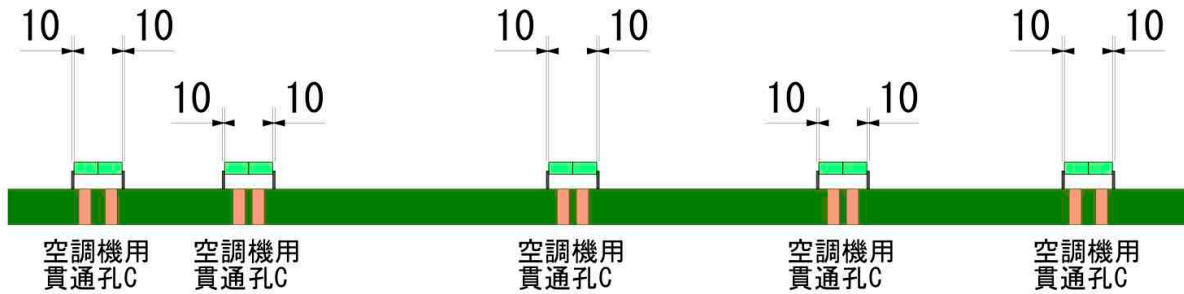
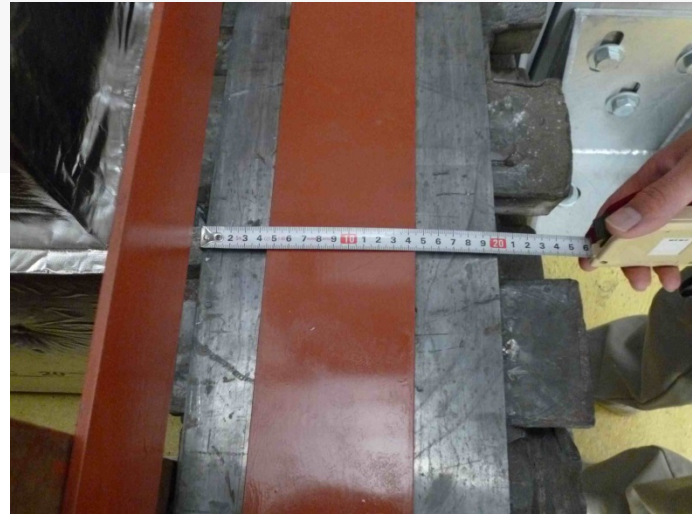
鉛やコンクリートなどで、この隙間を無くす。

(F) 第一アーク出口の0°方向に5cm厚の鉛壁を設置(申請書外)

→設置位置及び長さに関し、関係者と要相談。

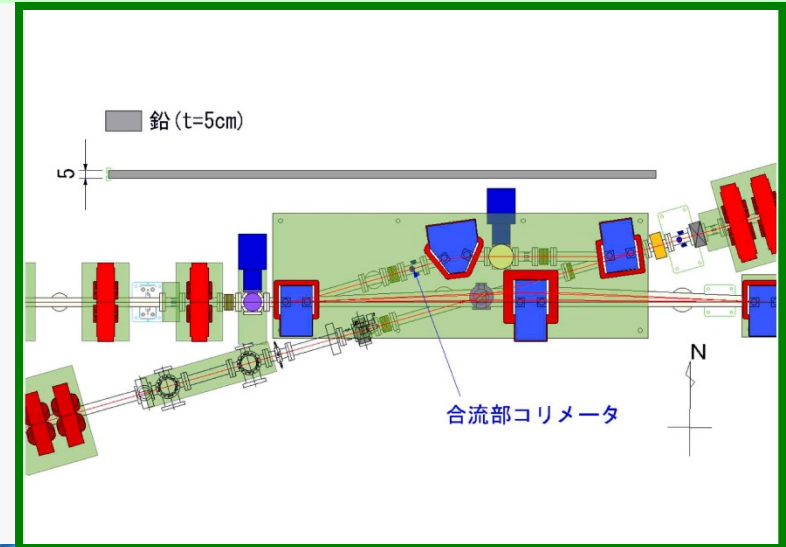
(G) 第2アーク後半に電子銃保護用の追加遮蔽を設置(申請書外)

(A) 南側壁面の空調用貫通孔

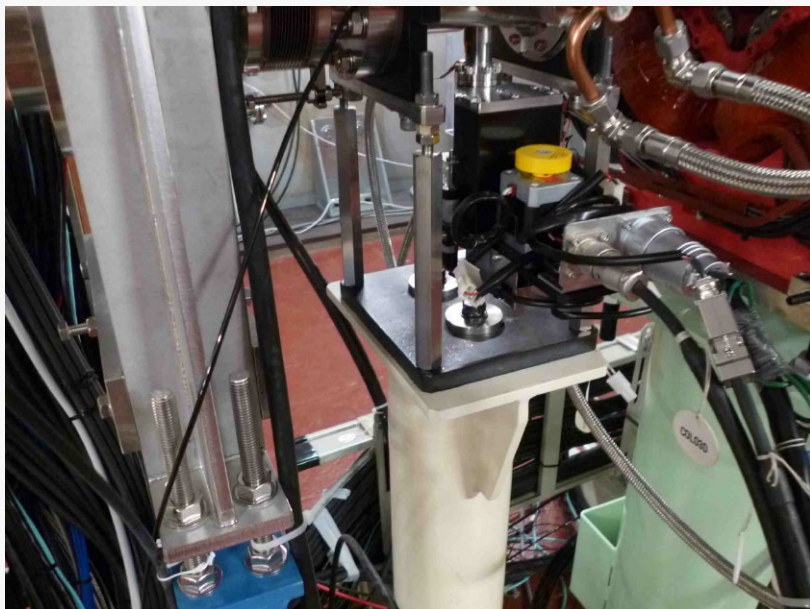


鉛 (単位 :mm)

(B) 合流部コリメータ



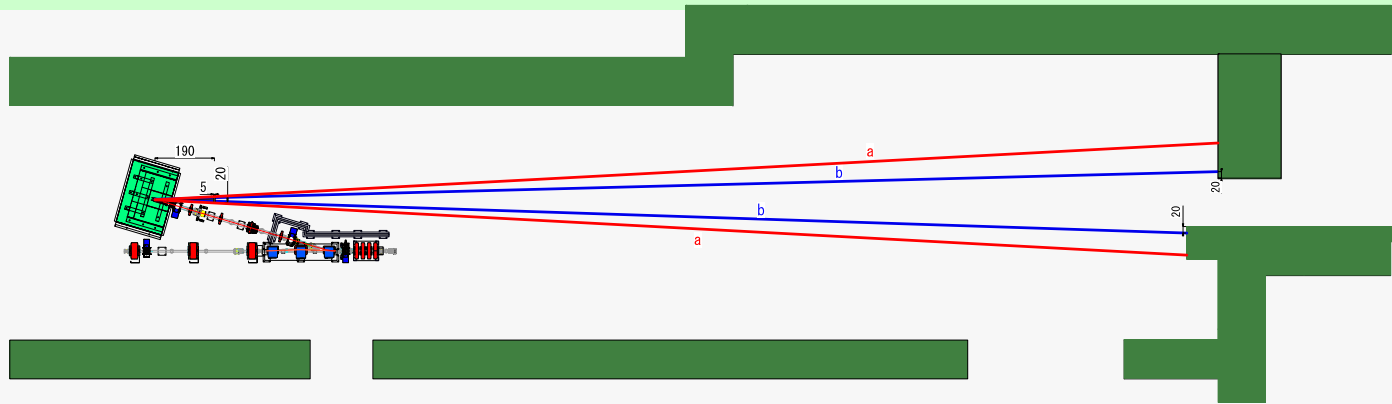
(C) 北直線部コリメータ



(D) 主ダンプ前追加遮蔽

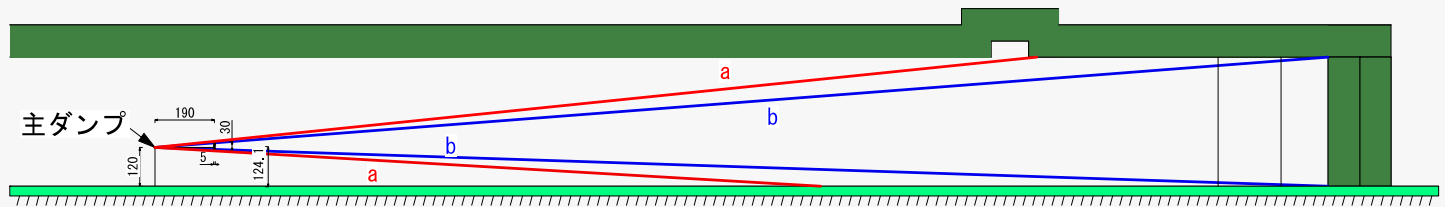


(D) 主ダンプ前追加遮蔽



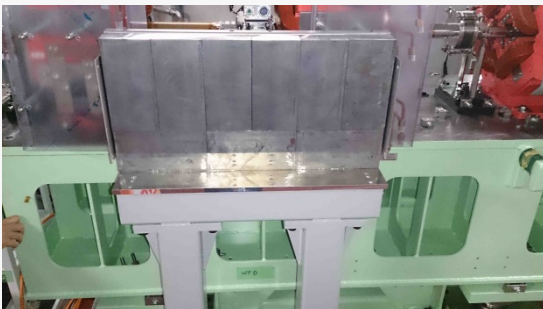
主ダンプ遮蔽ブロック設置イメージ(平面)

a: 鉛壁影拡がり
b: 入口までの広がり



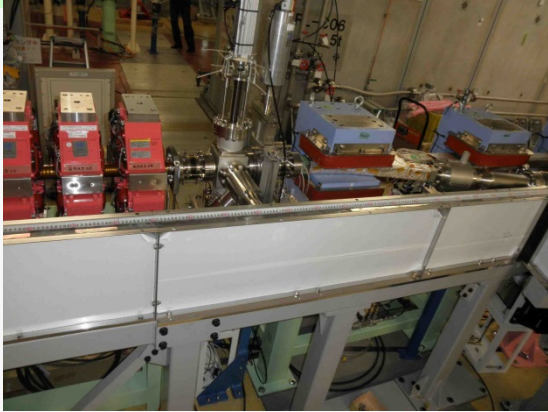
主ダンプ遮蔽ブロック設置イメージ(側面)

a: 鉛壁影拡がり
b: 入口までの広がり



(E)緊急換気ダクト用貫通孔





(F) 第一アーク出口



まとめ

- 6月末の運転で、非常に低ビーム損失のCW運転が実現できた。
- 最大電流1 mAの変更申請の準備中
 - ビーム損失の仮定は、調整が良かった時の条件をもとに、やや余裕をもって設定する
 - 合流部コリメータ、北直線部コリメータ(COL3)などに追加遮蔽が必要