

2015年6月のCW運転時 放射線データまとめ

(天井サーベイ、ALOKAモニター、
運転後ビームラインサーベイ、金箔測定)

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)

2015/7/8 ERLビームダイナミクスWGでの報告

Case (1)

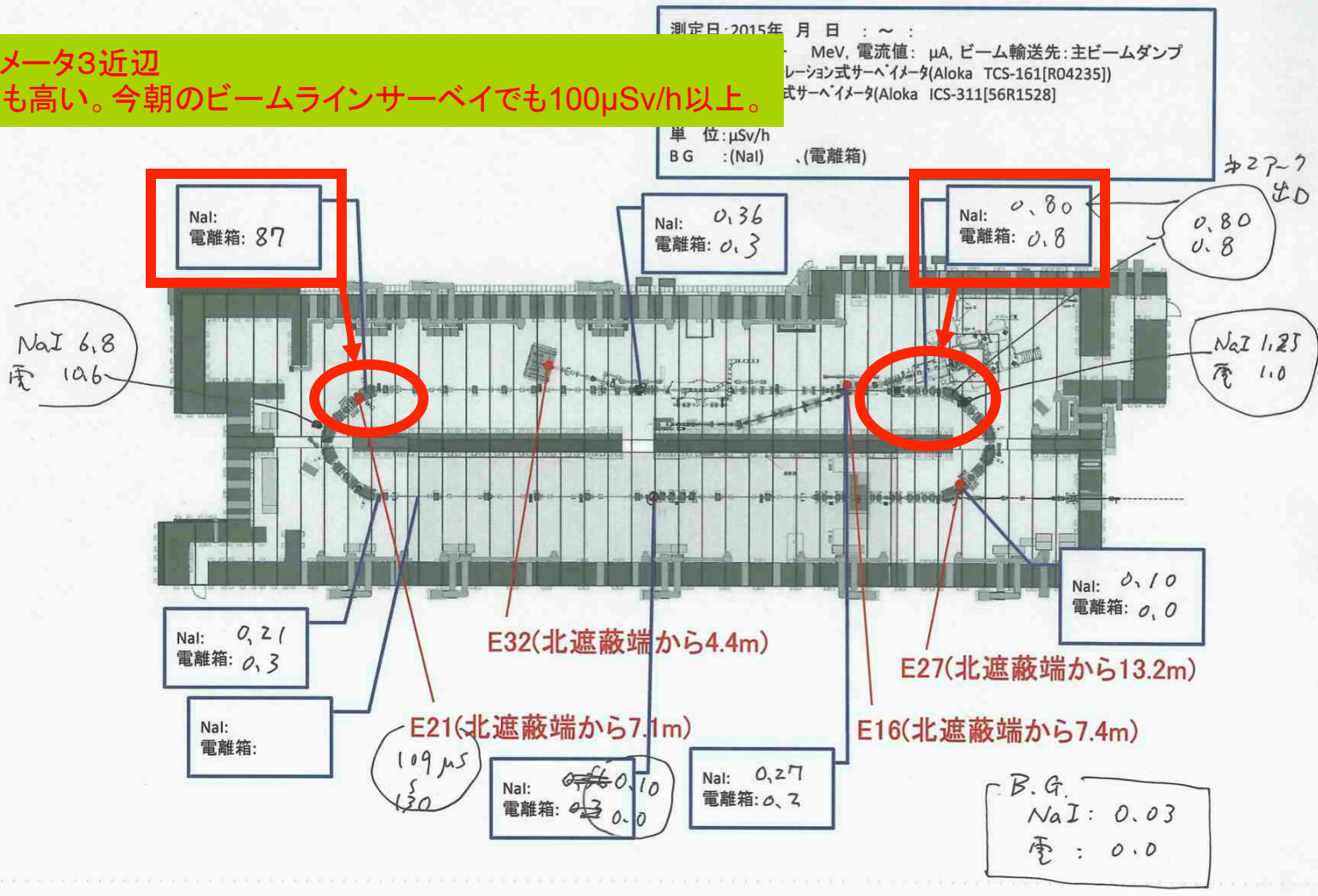
測定日：2015/6/4(木)

- 色々調整したが、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
- CW 25 μ Aで天井サーベイ

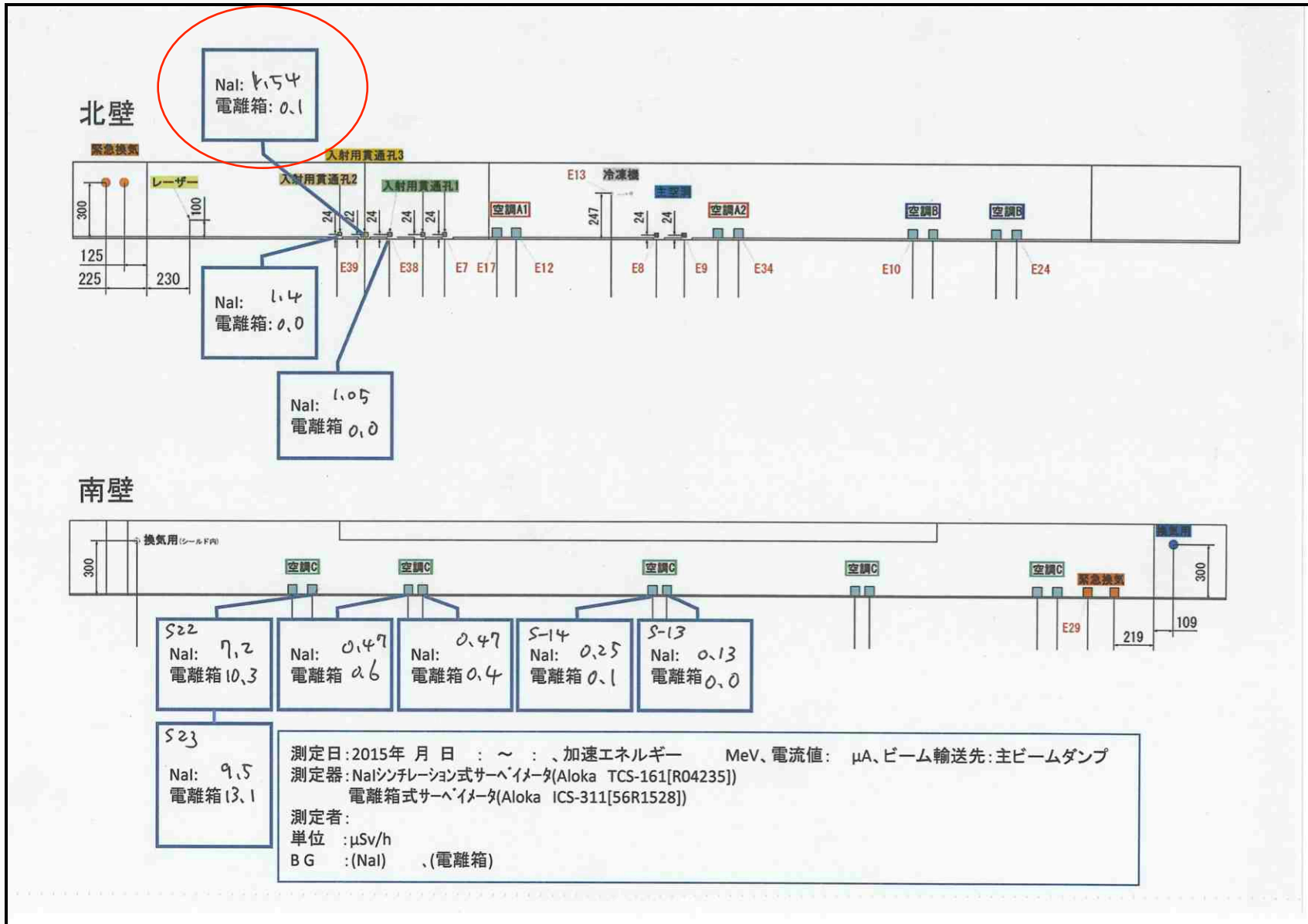
2015年6月4日天井線量測定 E=21MeV, I=25 μ A

測定: 芳賀

コリメータ3近辺
とても高い。今朝のビームラインサーベイでも100 μ Sv/h以上。

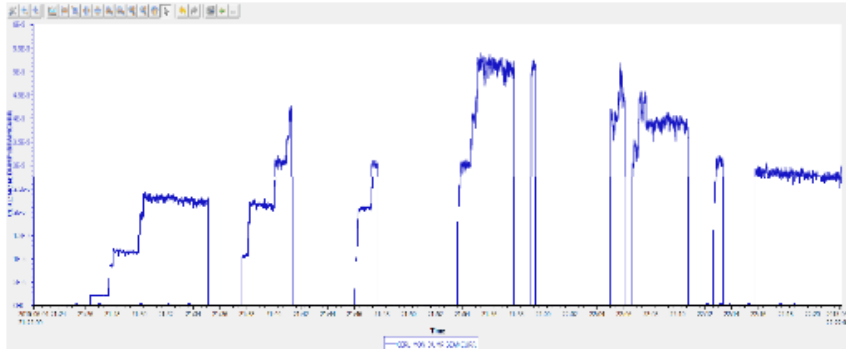
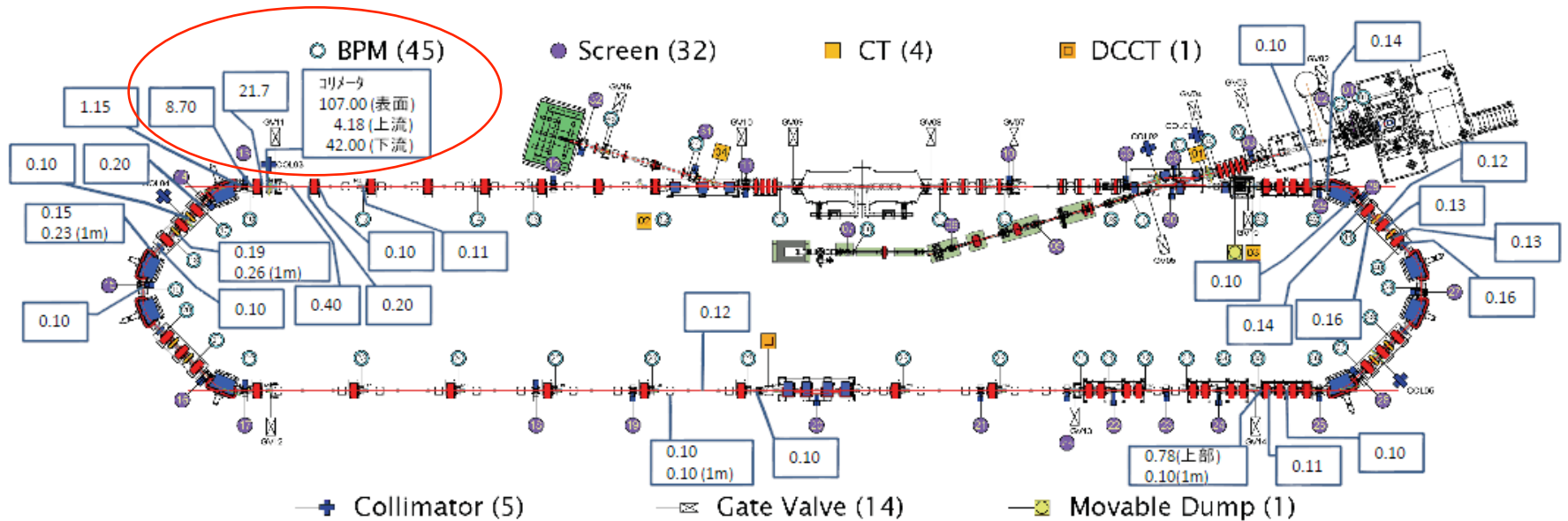


同じく貫通孔での線量測定結果



運転後サーベイ(6月5日朝)

コンパクトERL運転後ビームラインサーベイ(2015.6.5)



測定日: 2015年6月5日 09:00~09:30
 測定器: NaIシンチレーション式サーベイメータ(Aloka TCS-161[R04270]・[S6R1944])
 測定者: 長畔誠司、大山隆弘(RC)、鈴木伸之、市村光吉(TNS)
 測定方法: ダイレクトサーベイ
 単位: $\mu\text{Sv/h}$
 前日運転: E=21.0MeV
 (左図参照) 21:30~22:30 CWビーム運転(瞬間最大約30uA)

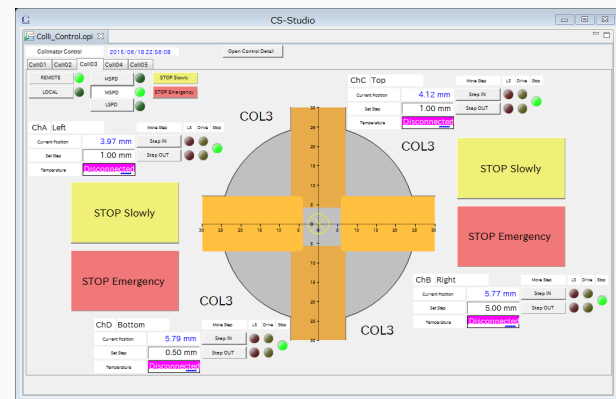
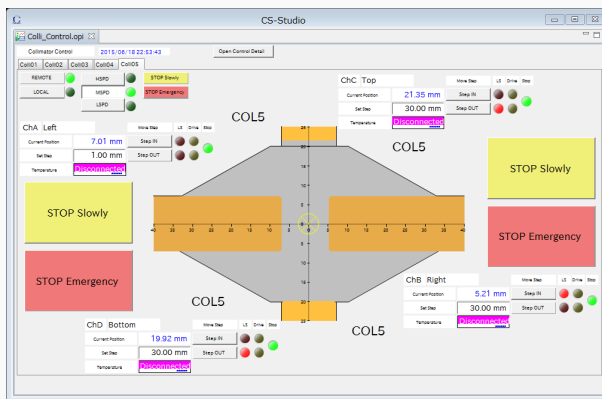
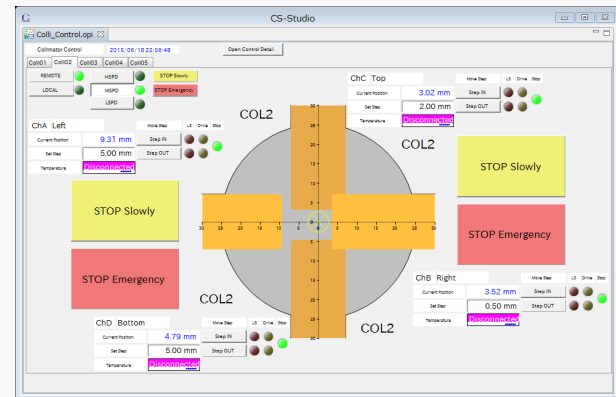
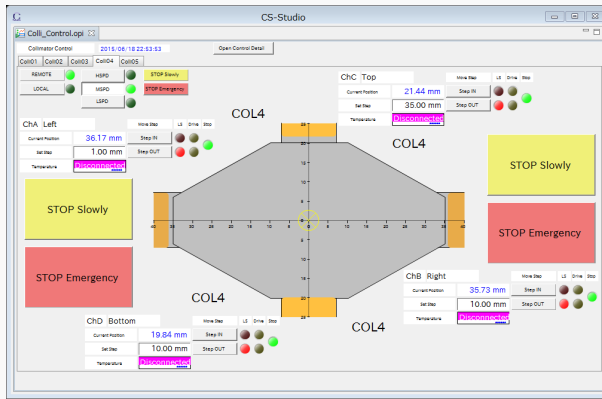
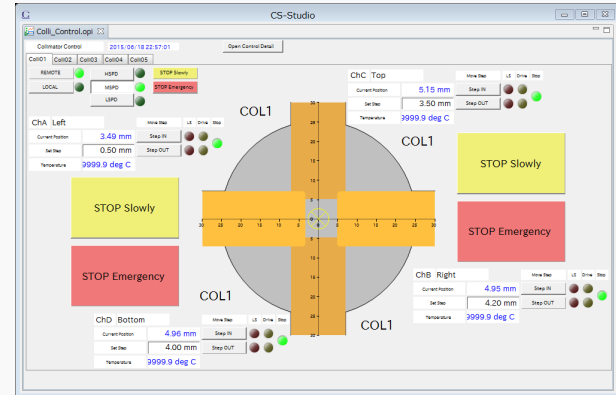
Case (2)

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



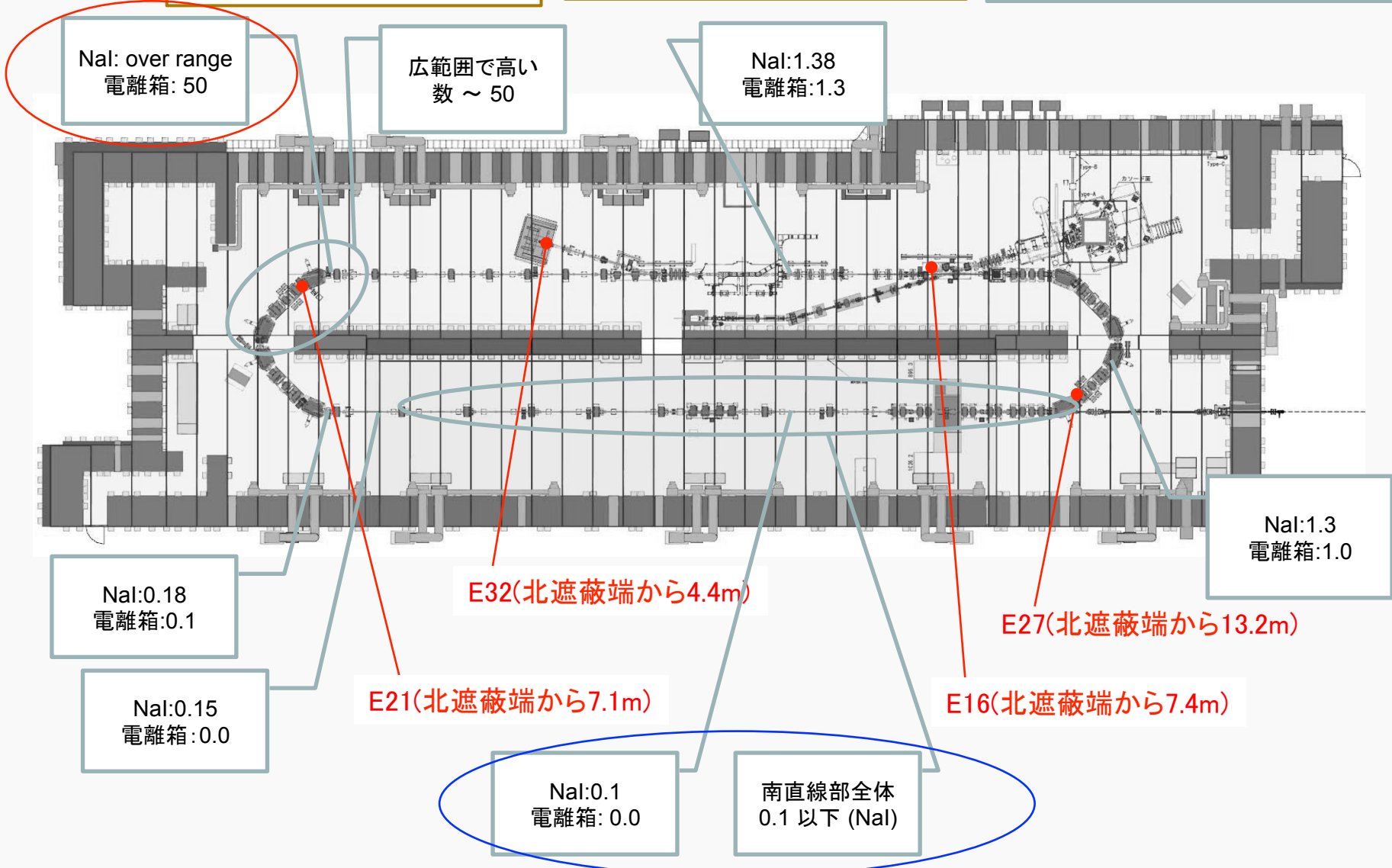
天井上

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)

E21(北遮蔽端から7.1m)

E27(北遮蔽端から13.2m)

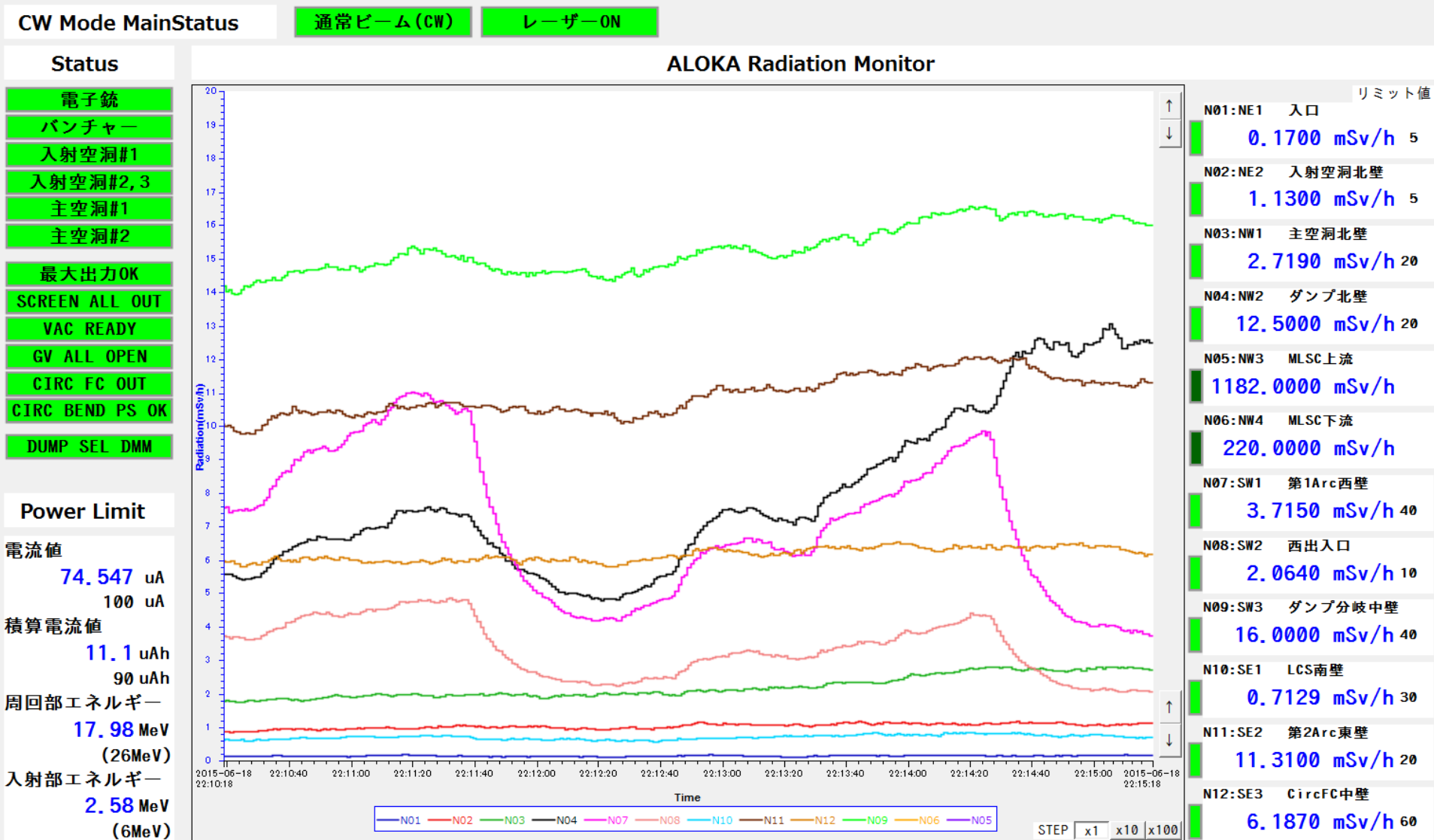
E16(北遮蔽端から7.4m)

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)

COL3下: 5.3 mm, その他はサーベイ時と同じ



ALOKA monitors (6/18 22:16)

ビーム電流: 約 80 μ A (CW)

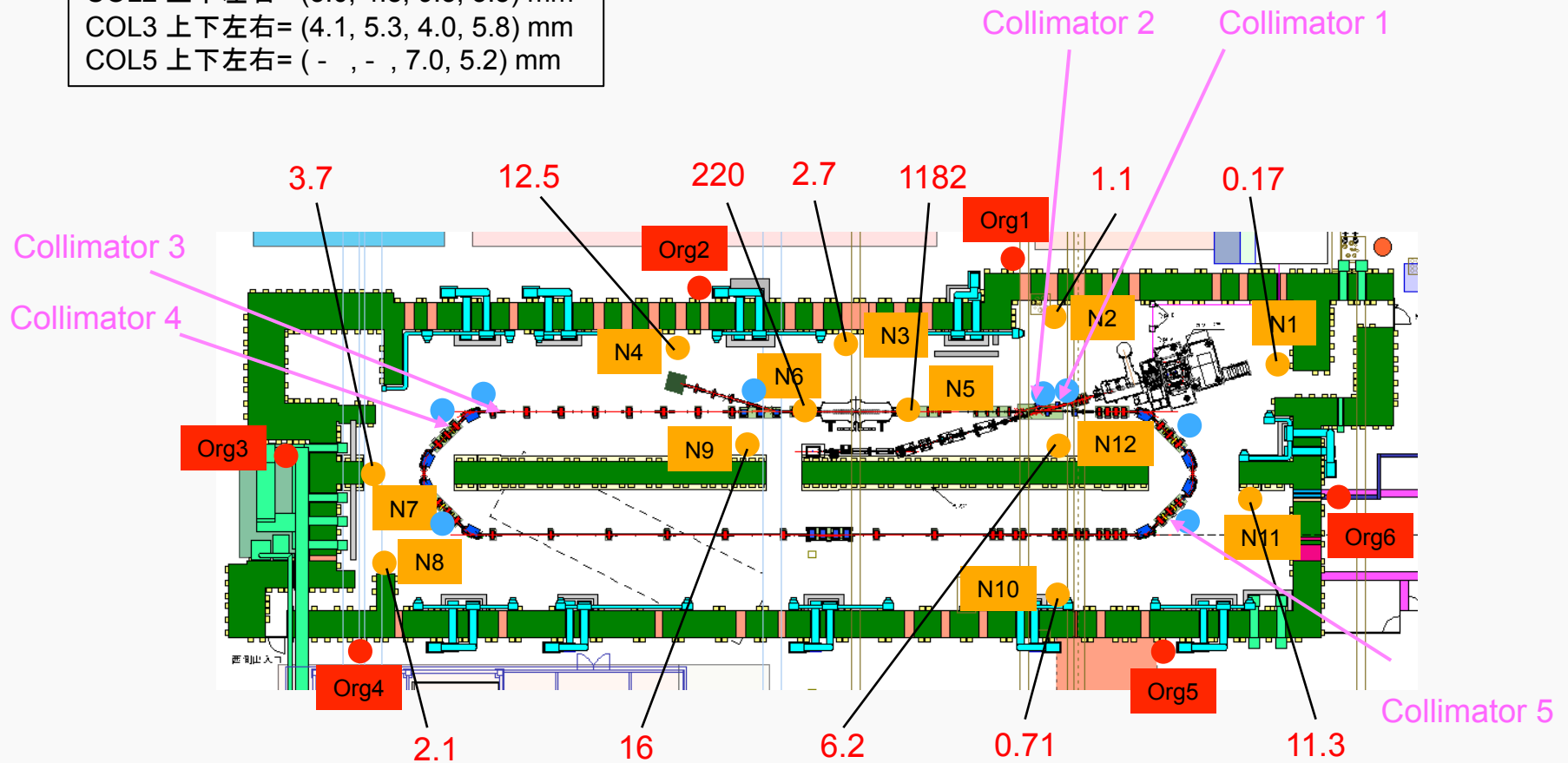
OL1 上下左右= (5.2, 5.0, 3.5, 5.0) mm

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

Case (3)

測定日：2015/6/19(金)

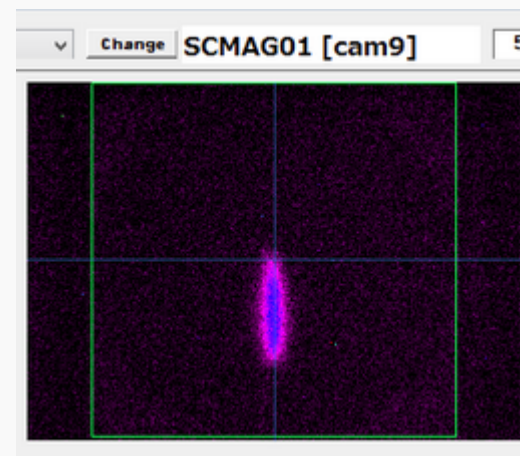
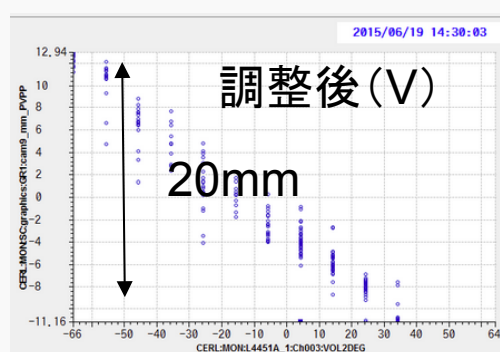
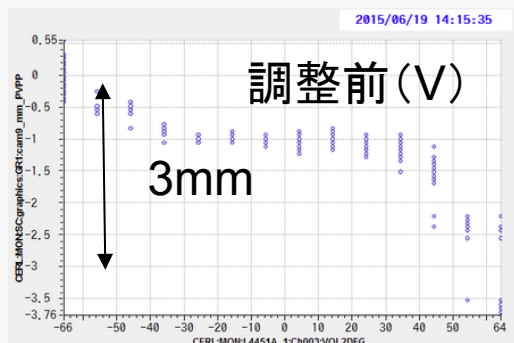
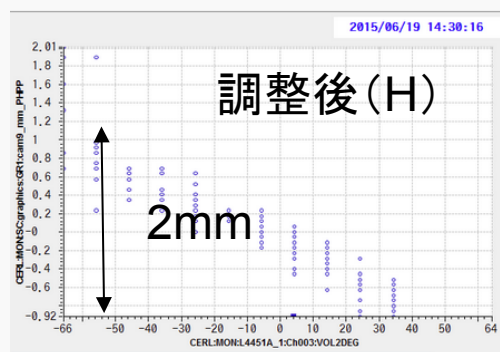
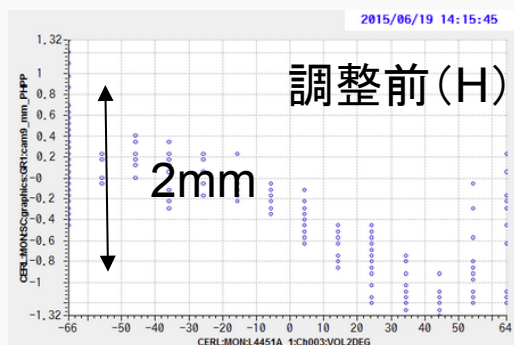
「調子良かった金曜日」のデータ

- 入射器空洞のオフセンターにビームを通す調整
- COL1,2 のみ使用
- CW 40~47 μA で天井サーベイ
- 南直線部上でレベルが低い ($\sim 0 \mu\text{Sv/h}$)
- 第2アーク出口 ~ 主空洞 の範囲でレベルがやや高い ($\sim 3 \mu\text{Sv/h}$)

ビームを入射器空洞のオフセンターに通す： ビームテール(ハロー)除去のため

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)

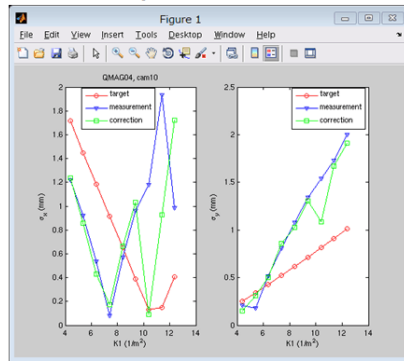
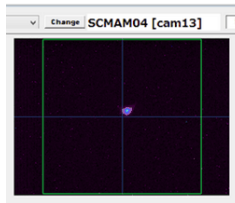


→
レーザーのタイミング

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

入射部~第1アーク手前optics調整

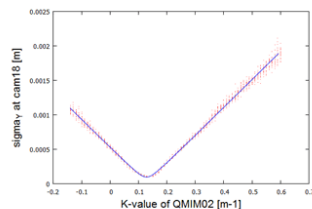
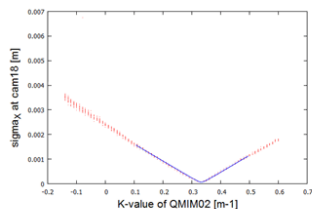
- MP1 (入射合流部手前) ではうまくいかず。
- MP2でマッチングを実施。
- Cam13では手動でビームを整える。ここで絞らないと第1アーク以降でビームが膨らんでしまった。
- 補足：CW運転でCOL3が効きませんでした。



南側直線部optics調整

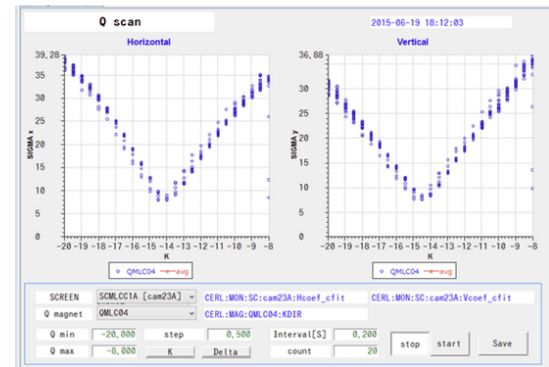
- QMIM02-cam18でQ scanを実施
 - QMIM03はK=0設定、Thin Lenz近似を使用。
 - エミッタンスは設計通りだが、ベータ関数はかなり異なる。
 - LCS直前のopticsをデザイン値に近づけるため、matchingを実施したが失敗。

	デザイン値 (H)	測定値 (H)	デザイン値 (V)	測定値 (V)
ϵ_n [mm-mrad]	-	0.467	-	0.409
β [m]	25.3	107	7.73	42.4
α	-4.73	-17.9	3.34	12.5



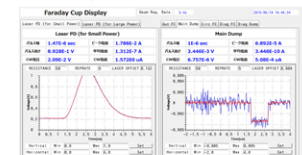
LCS optics調整

- 衝突点推定ビームサイズ：水平25um, 垂直17um
- 4月に比べて絞りすぎ。



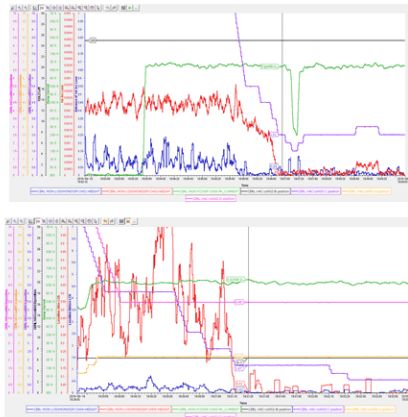
周長補正・ダンプリーン軌道調整

- 前日に比べて、周長を12mmも変える必要があった。
 - 第1アークと、第2アークで6mmずつに分配した。
 - 前日と違う方法でアークの軸通しをしてしまった。(無視すべきQを変えたなど)
- また、ダンプリーンで中心を通すと、Dump FCにうまく輸送できない現象が起きた。
 - BMADPSで調整した。
- 上流の微小な変化 vs cam32 (ダンプリーン直前)
 - 電子銃レーザー位置 (1mm程度) : 大きなビーム位置の変化はなし。
 - SL1、SL2のステアリング: 位置は変わらず、beam profileが大きく変化した。



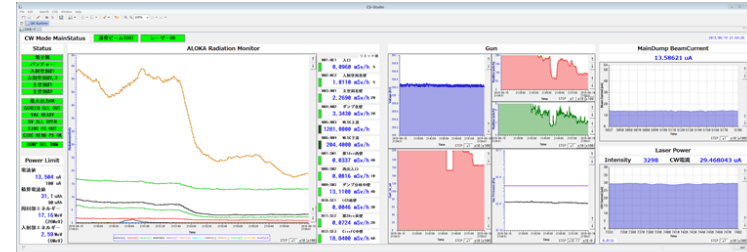
Collimator 調整

- COL2
 - rightが1st arcに効果的
 - TopがややLCS付近に効果あり
- COL1
 - Topがbefore LCSに効く。
 - rightがafter LCSに効く。
- COL1と2のみで十分レベルが減少。
- COL3はあまり効果なし



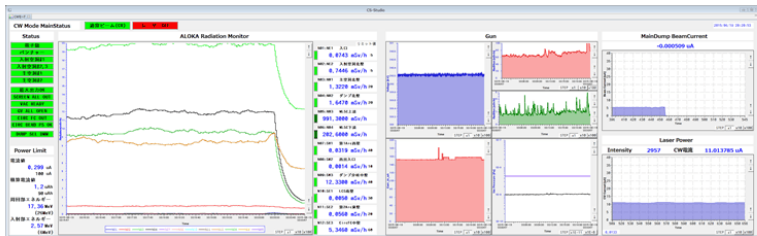
CW運転再び再開

- CW再開、またALOKA N12が上昇
 - 21:51 揺らぎが大きく、COL5 leftが効いているかどうかは不明。
 - 22:23に再度COL5 leftをLSまで入れたところ、N12が減少。N11は上昇。
- CW 10uAまで下げて、ZV05（入射空洞直後のステアリング）を調整
 - ALOKA N12が減少
- ZV05を調整しながら、CW 40uA-50uAの間で20分程度運転。



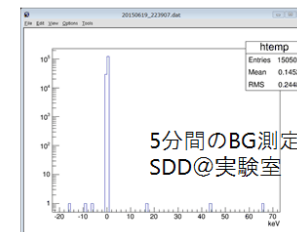
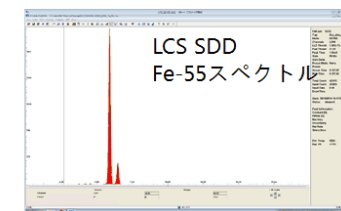
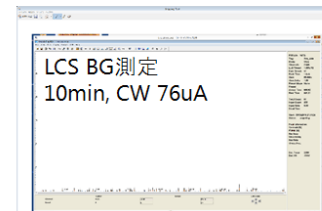
CW運転

- CW 5uAでALOKA N04（ダンプ北壁）が大きすぎる。
- 主空洞上流が1800mSv/hで飽和状態
- Burst modeに移行しビーム調整（主に減速ビーム）の調整



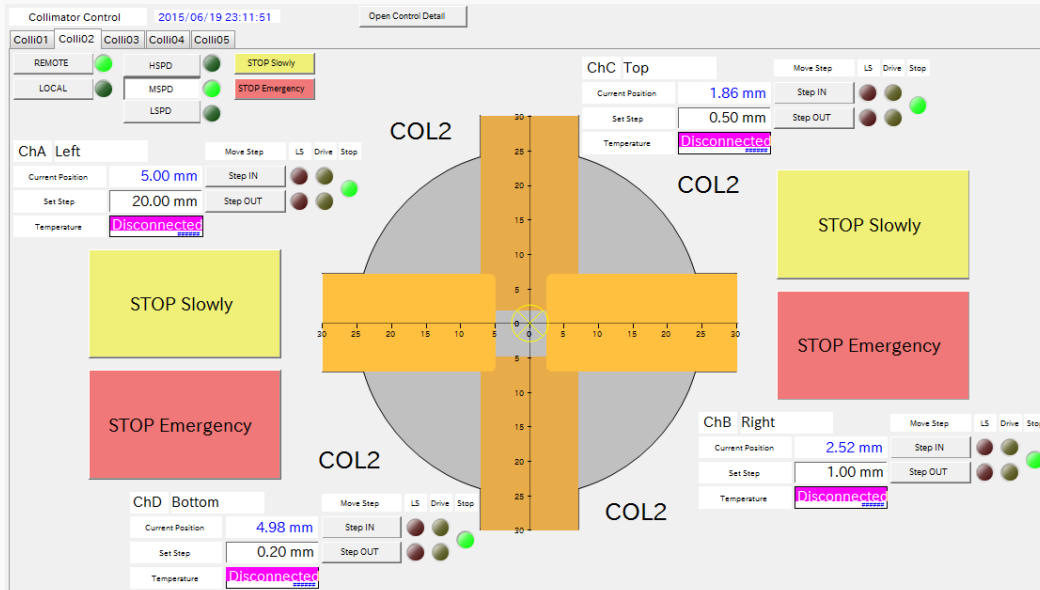
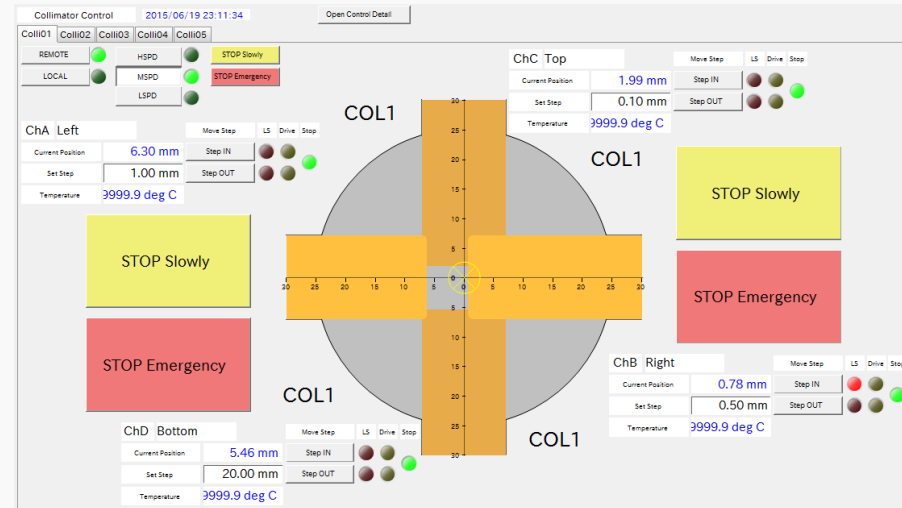
LCS実験室・BG測定

- BGのノイズが非常に少ない。
- LCS実験室に近いCOL5 leftをLSまで挿入してもBGは増えなかった。



コリメータ設定 (6/19 23:13 final)

コリメータ	上	下	左	右
COL1	2.0	5.5	6.3	0.78
COL2	1.86	5.0	5.0	2.5
COL3	-	-	-	-
COL4	-	-	-	-
COL5	-	-	-	-

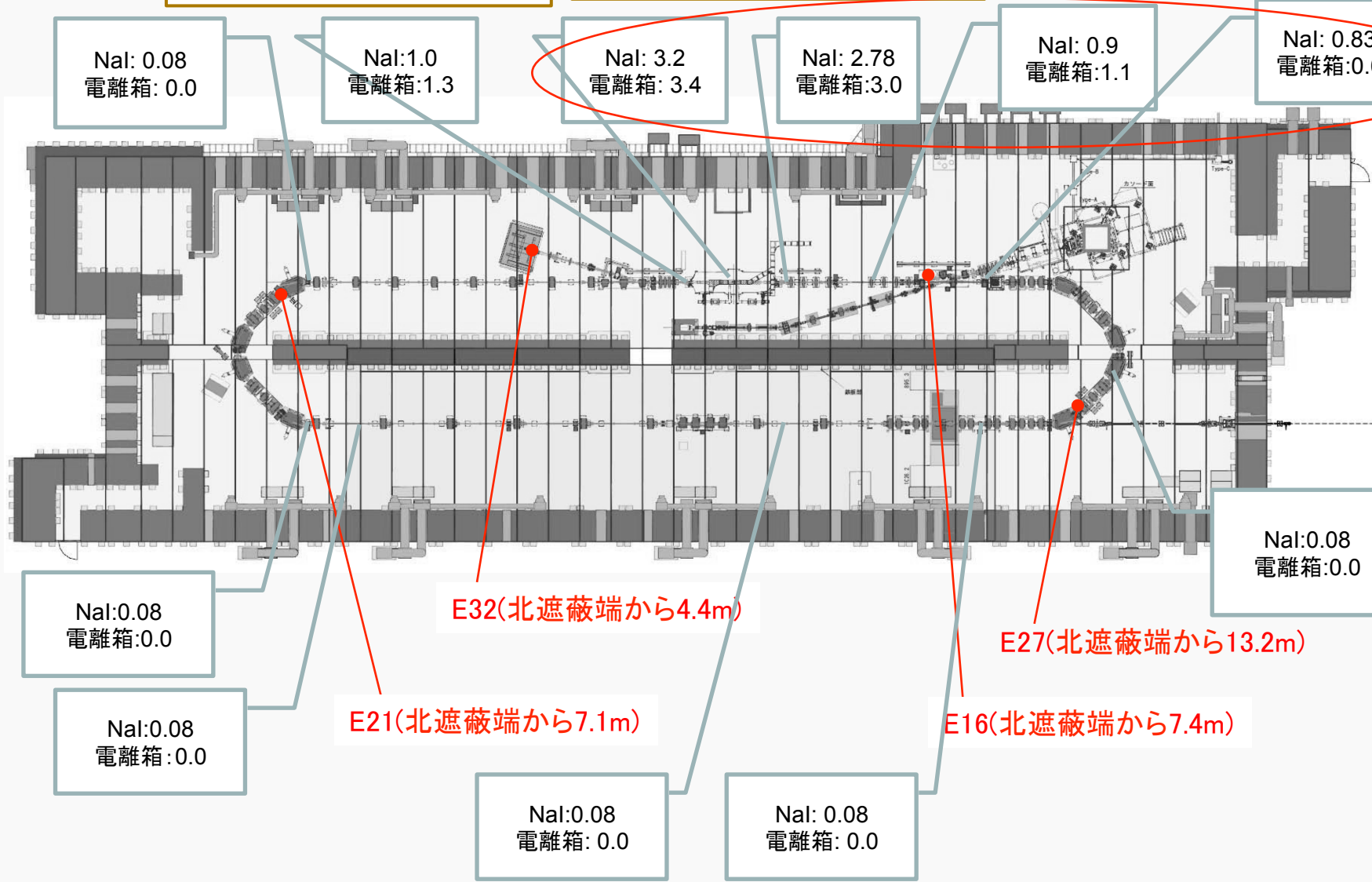


天井上 サーベイ

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実験はなし)
ビーム輸送先: 主ビームダンブ
入射器空洞 Eacc=(3.2, 3.3, 3.0) MV/m
主空洞 Vc = (10.0, 7.2) MV

cERL Operation status (cont.)
ビーム電流(CW): 47-40, 42-41 μ A
バンチ繰り返し: 162.5 MHz
コリメータ設定
(サーベイ時は、下記設定と多少異なるかも)
COL1 上下左右= (2.0, 5.5, 6.3, 0.78) mm
COL2 上下左右= (1.86, 5.0, 5.0, 2.5) mm
COL3 上下左右= (-, -, -, -) mm
COL5 上下左右= (-, -, -, -) mm

測定日: 2015年6月19日
22:02-22:17, 22:18 - 22:22
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: 0.05, 電離箱 0.0



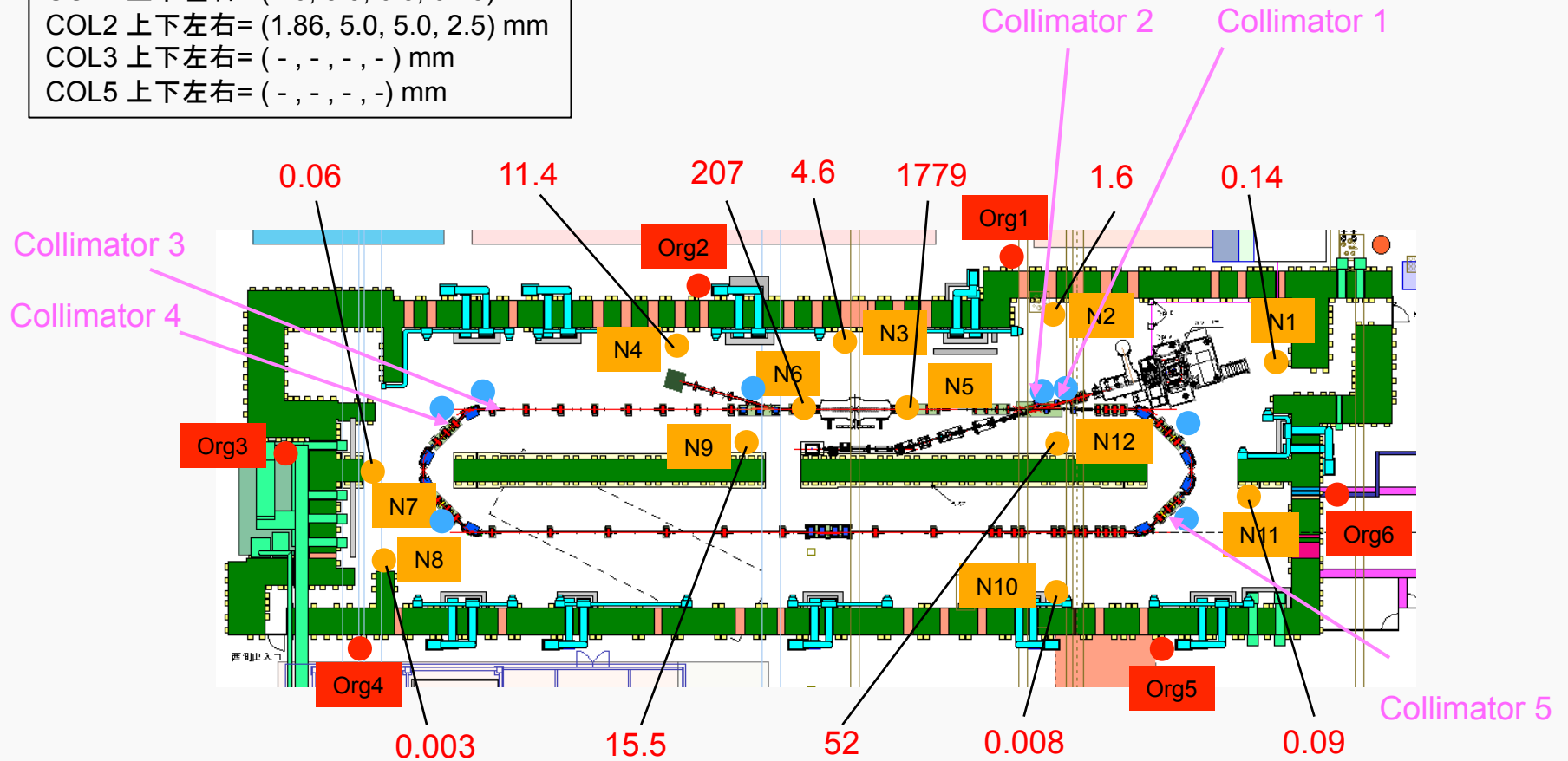
ALOKA monitors (6/19 22:33, I=41 μ A)



ALOKA monitors (6/19 22:33)

ビーム電流: 約 41 μA (CW)
 コリメータ条件 (多少不正確な可能性あり)
 COL1 上下左右= (2.0, 5.5, 6.3, 0.78) mm
 COL2 上下左右= (1.86, 5.0, 5.0, 2.5) mm
 COL3 上下左右= (-, -, -, -) mm
 COL5 上下左右= (-, -, -, -) 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

Case (4)

測定日：2015/6/23(火)

- バーストモード(平均電流 $\sim 0 \mu\text{A}$)で、主空洞の暗電流の影響を調べた
- 主空洞の加速電圧は、今年5～6月運転で用いている設定(上流10.0MV, 下流7.2 MV)
- 入射器空洞の加速勾配は、入射エネルギー $E=2.9 \text{ MeV}$ 用($E_{\text{acc}} = 3.2, 3, 3, 3.05 \text{ MV/m}$)

天井上 サーベイ

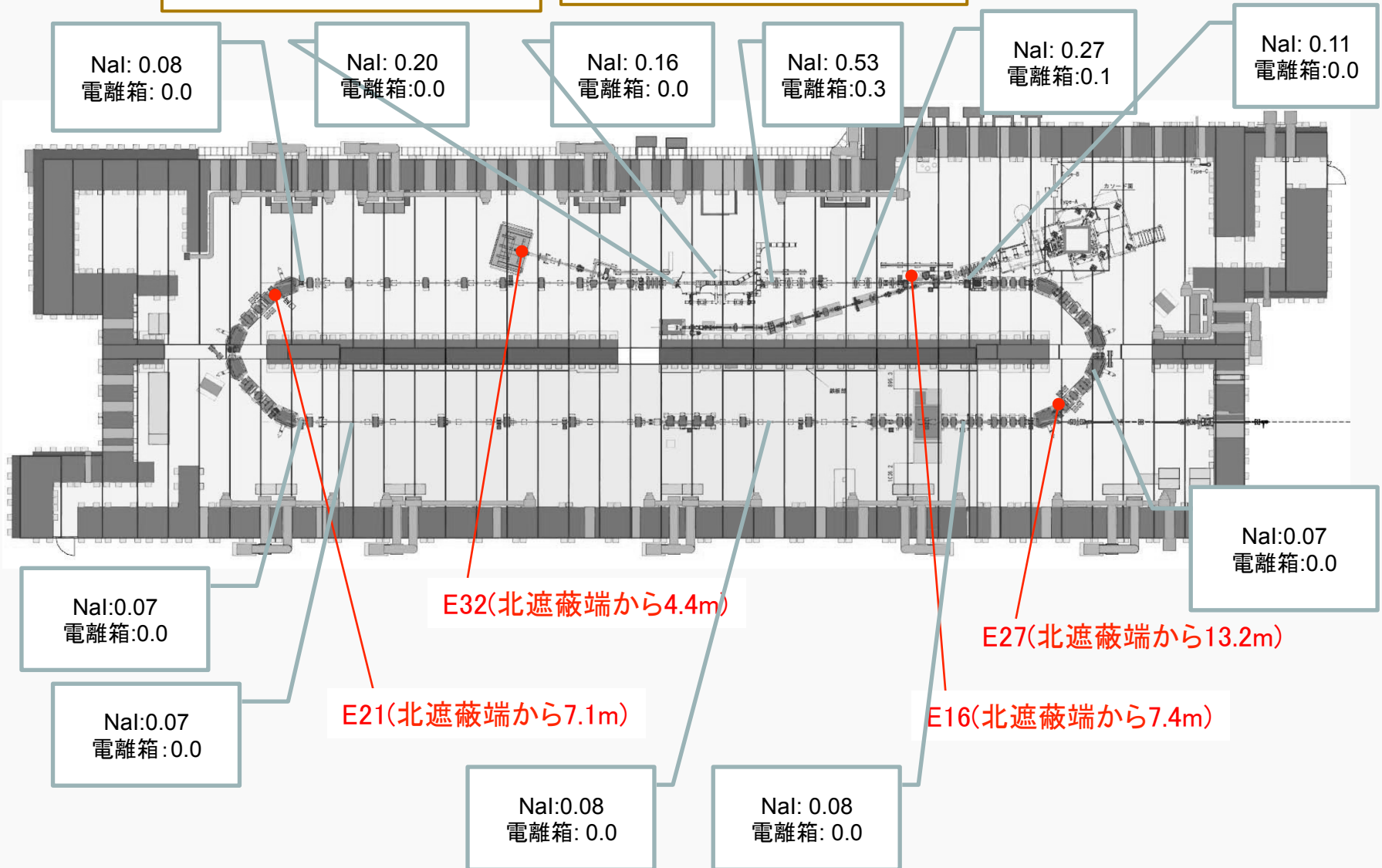
cERL Operation status

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実験はなし)
ビーム輸送先: 主ビームダンブ
入射器空洞 Eacc=(3.2, 3.3, 3.05) MV/m
主空洞 Vc = (10.0, 7.2) MV

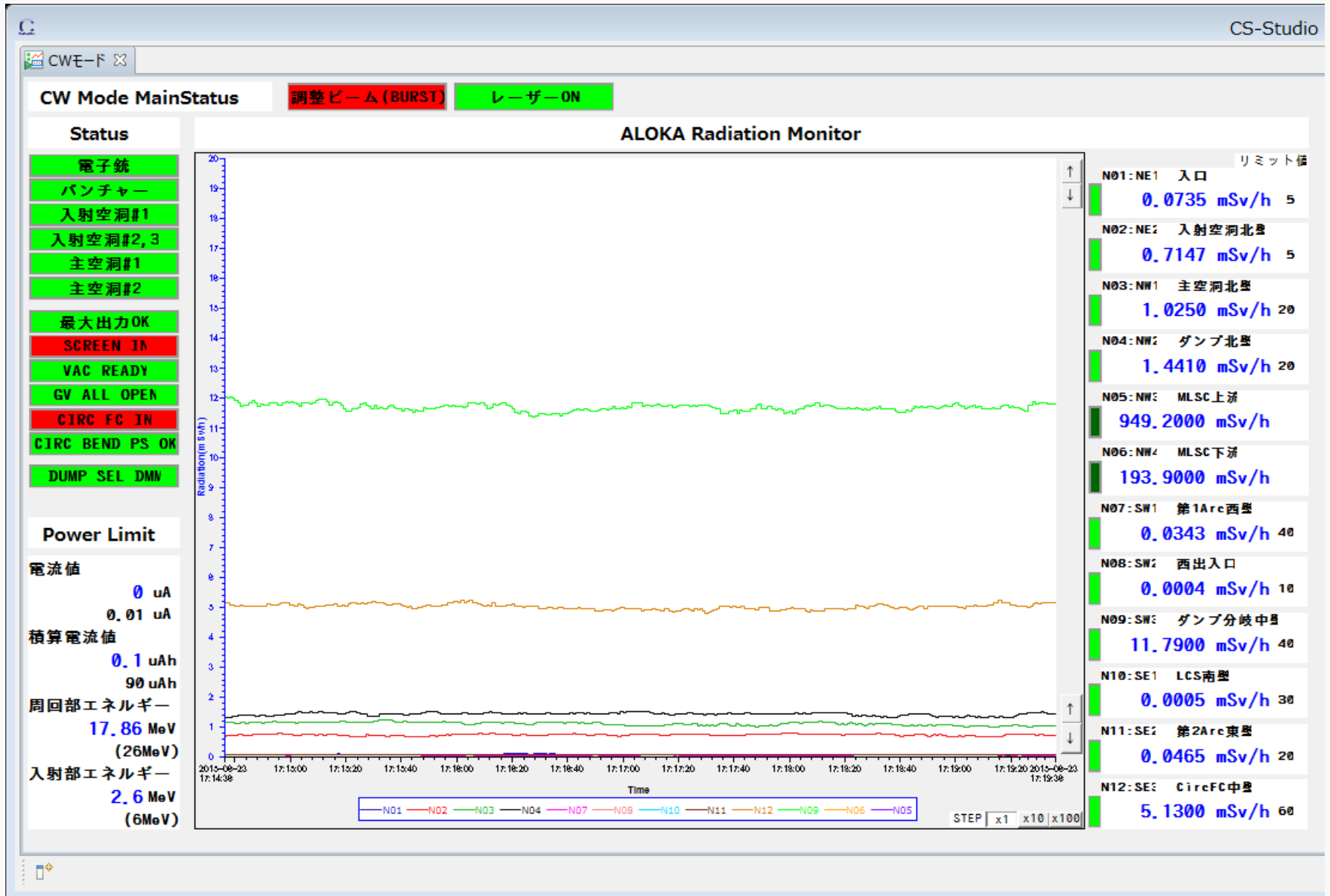
cERL Operation status (cont.)

ビーム: バーストモード(マクロパルス幅: 1 μ s, 繰り返し5 Hz, バンチ当たり電荷0.5pC, バンチ繰り返し 162.5 MHz)
ビーム平均電流: 約 0.3 nA
コリメータ: 使用せず

測定日: 2015年6月23日 17:20 - 17:44
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



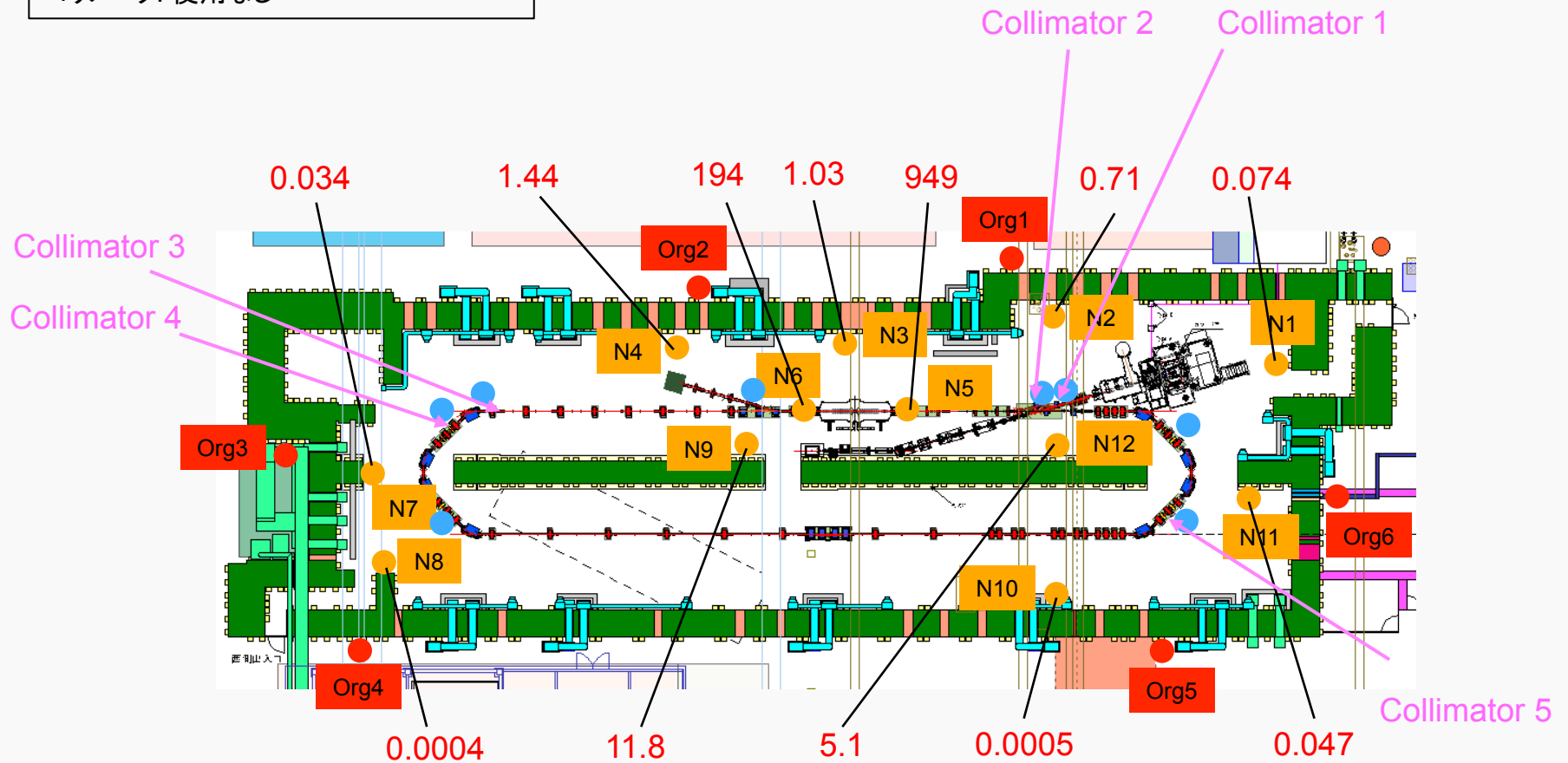
ALOKA monitors (6/23 17:20, ほぼ空洞暗電流のみ)



ALOKA monitors (6/23 17:20)

ビーム電流: 約 0.3 nA(バーストモード)
 ほぼ主空洞暗電流の影響のみ
 コリメータ: 使用なし

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

Case (5)

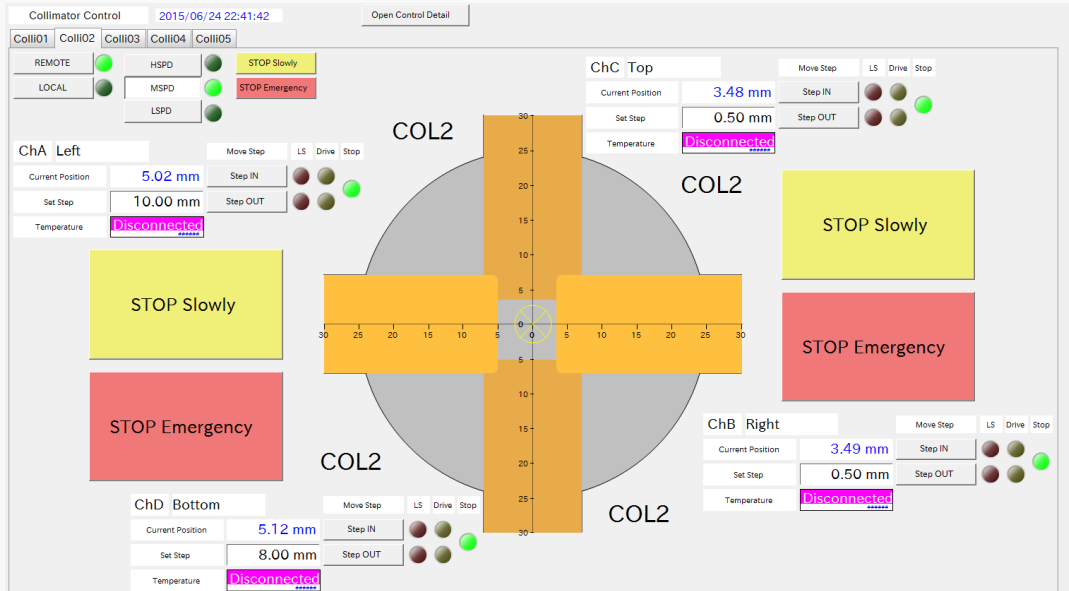
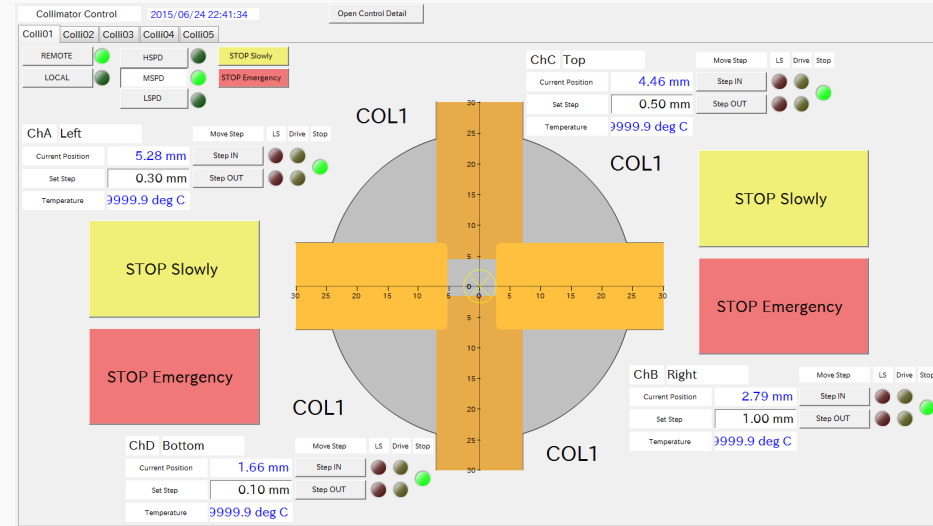
測定日：2015/6/24(水)

LCS実験用の調整時。比較的調子よい

- 周回部のビーム調整を上流から行うが、調整悪い(ビーム損失大)
- 20:40 に 6/19(金)の設定を restore。その後比較的短時間の調整
- COL1,2 のみ使用
- CW約70 μA で天井サーベイ
- ビームロスはかなり低い
- 南直線部上でレベルがやや高い ($\sim 2 \mu\text{Sv/h}$)

コリメータ設定 (6/24 22:42 final)

コリメータ	上	下	左	右
COL1	4.5	1.7	5.3	2.8
COL2	3.5	5.1	5.0	3.5
COL3	-	-	-	-
COL4	-	-	-	-
COL5	-	-	-	-

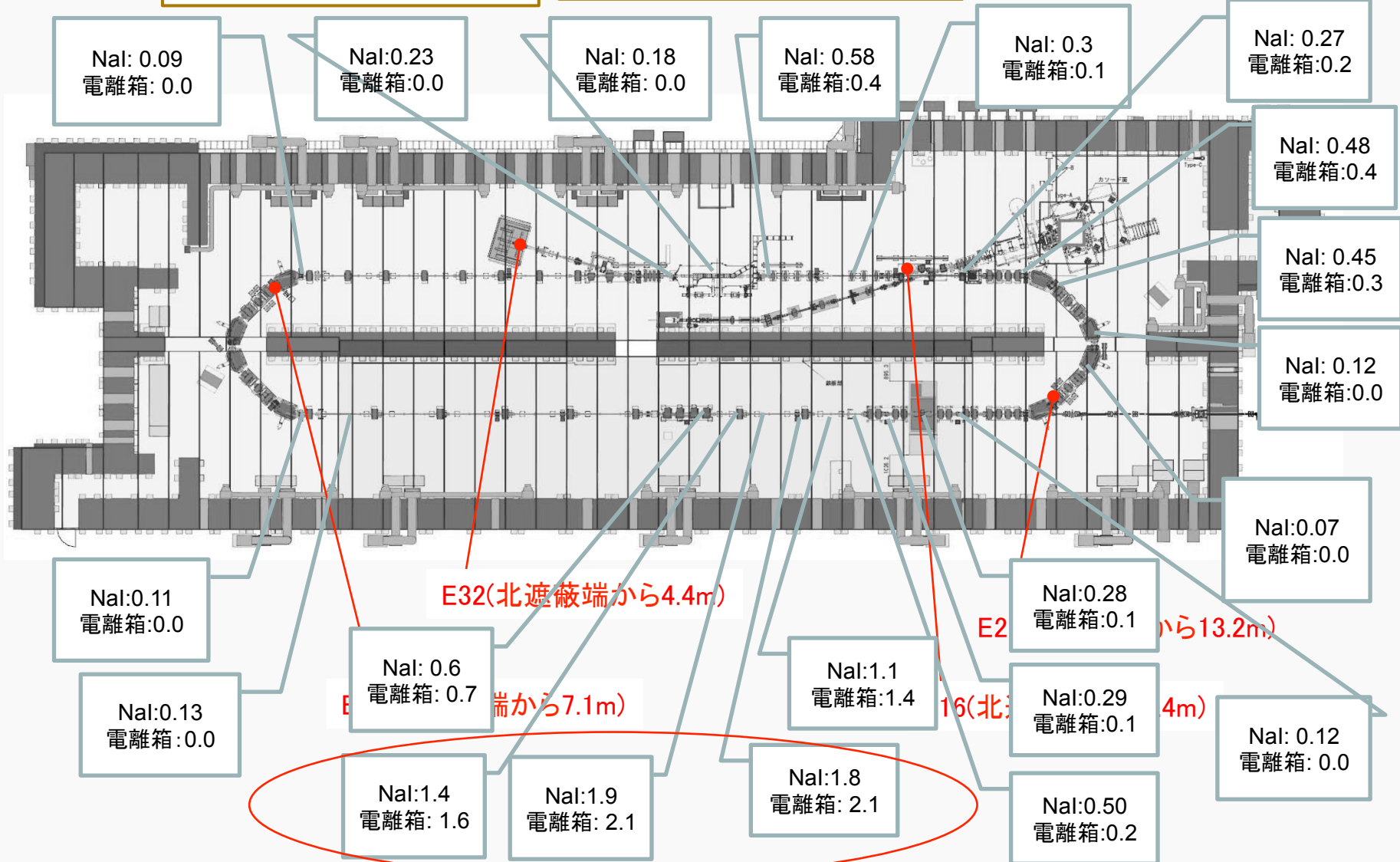


天井上 サーベイ

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: 主ビームダンブ
 入射器空洞 Eacc=(3.2, 3.3, 3.05) MV/m
 主空洞 Vc = (10.0, 7.16) MV

cERL Operation status (cont.)
 ビーム電流(CW): 74 - 65 μ A
 バンチ繰り返し: 162.5 MHz
 コリメータ設定
 (サーベイ時は、下記設定と多少異なるかも)
 COL1 上下左右= (4.5, 1.7, 5.3, 2.8) mm
 COL2 上下左右= (3.5, 5.1, 5.0, 3.5) mm
 COL3 ~ COL5: 使用せず

測定日: 2015年6月24日 22:10 - 22:40
 測定器: Nal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、浅川(NAT)
 単位: μ Sv/h
 B G : Nal: 0.05, 電離箱 0.0



ALOKA monitors (6/24 22:10, I=76 μ A)



ALOKA monitors (6/24 22:41, I=67 μ A)

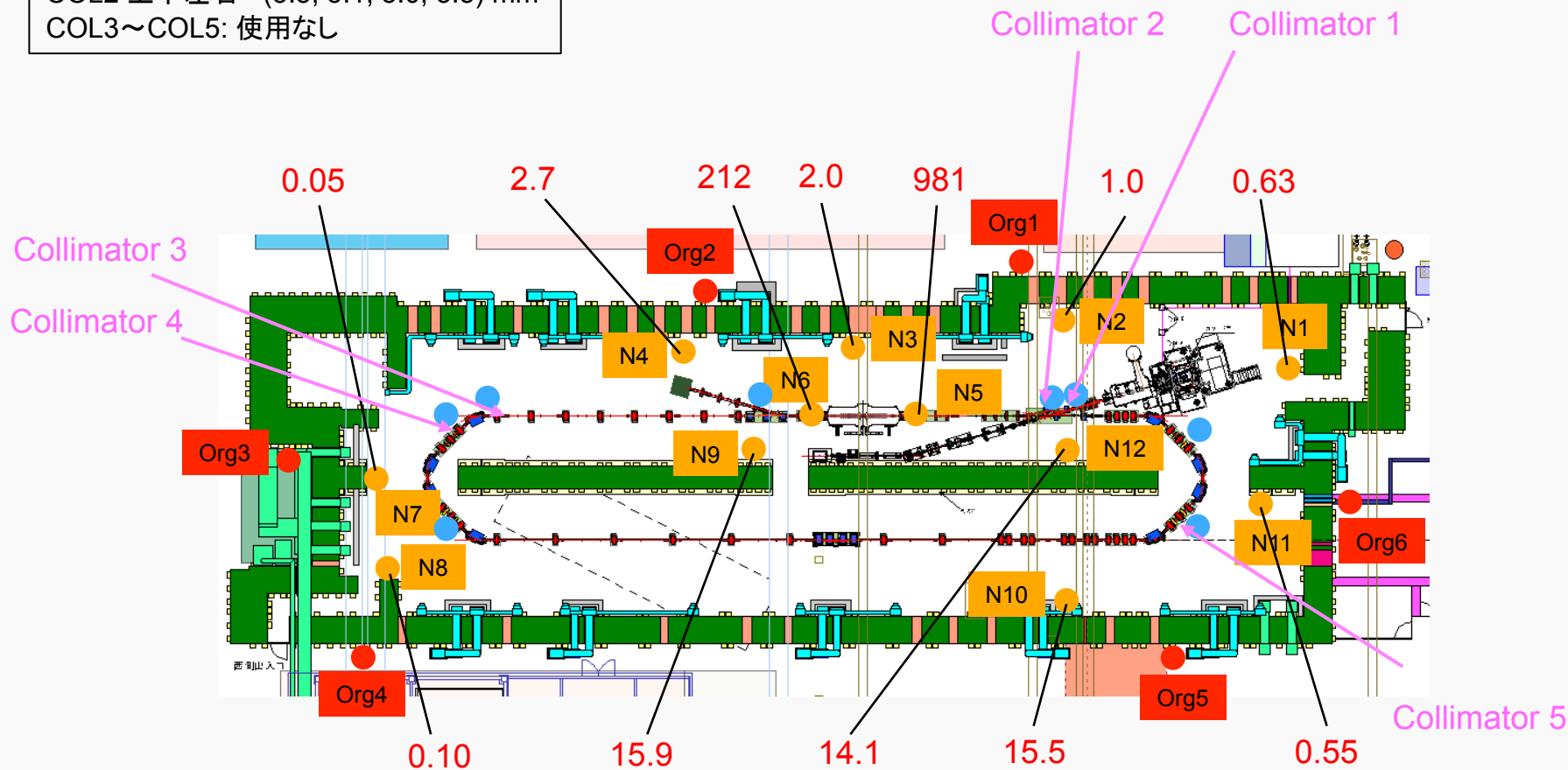


ALOKA monitors (6/24 22:10, I=76 μ A)

ビーム電流: 約 76 μ A (CW)
 COL1 上下左右= (4.5, 1.7, 5.3, 2.8) mm
 COL2 上下左右= (3.5, 5.1, 5.0, 3.5) mm
 COL3~COL5: 使用なし

* 22:41の測定値もほぼ同じ

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

Case (6)

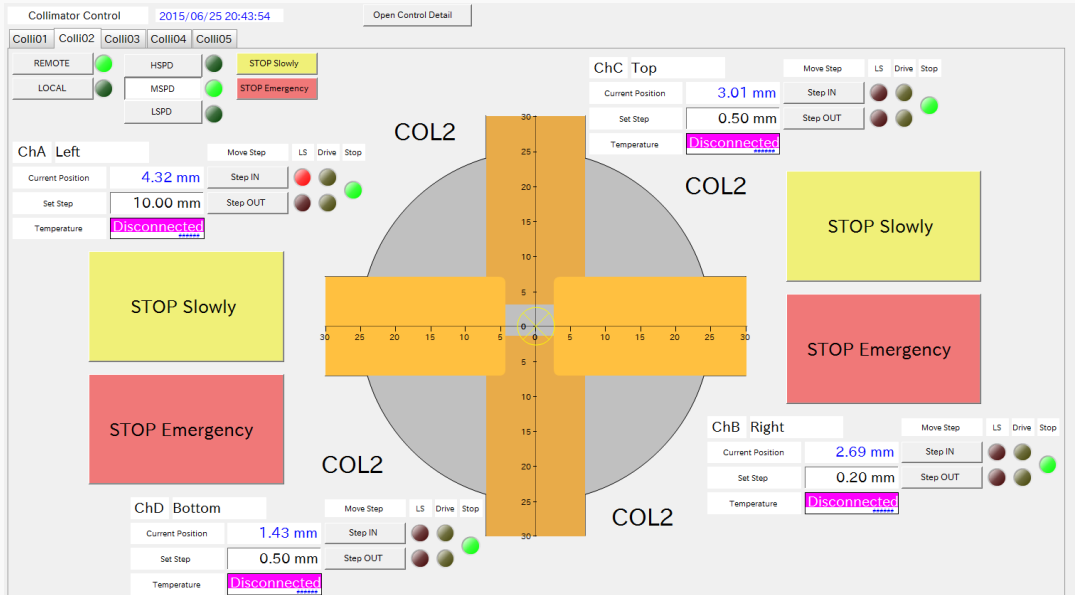
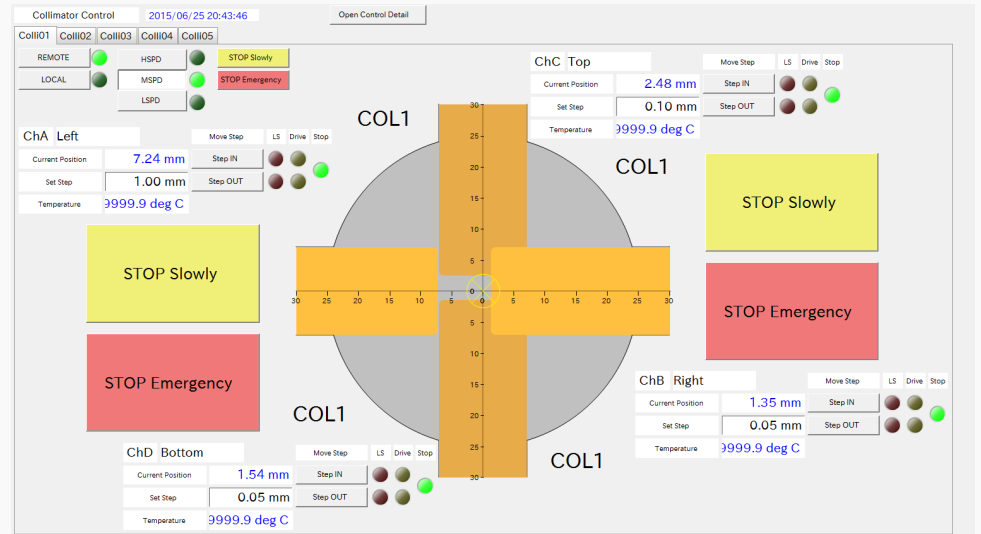
測定日：2015/6/25(木)

LCS実験時。全体的に非常に低ビーム損失を実現

- 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)

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)

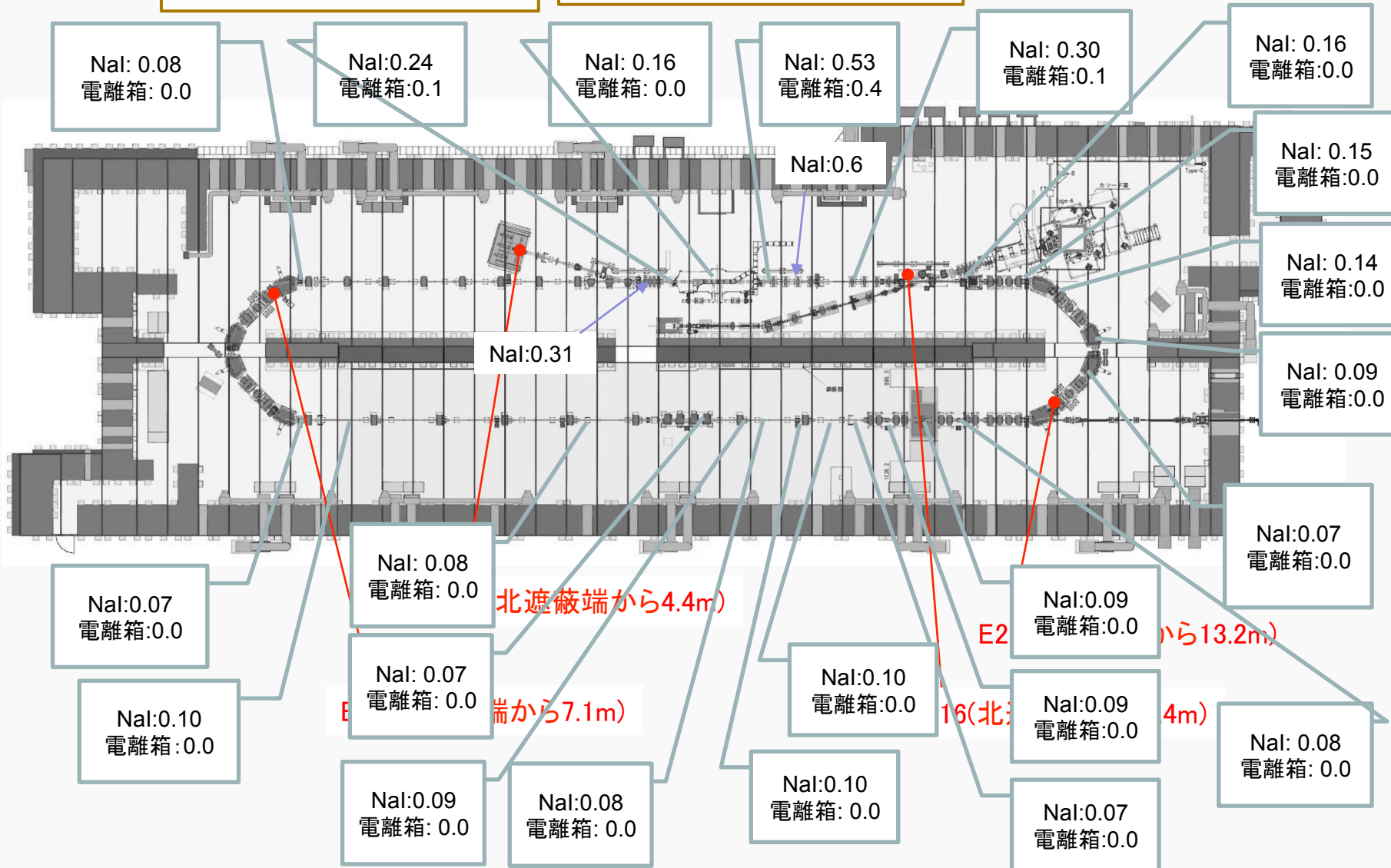
電離箱式サーベイメータ

(Aloka ICS-331B S/N R00782)

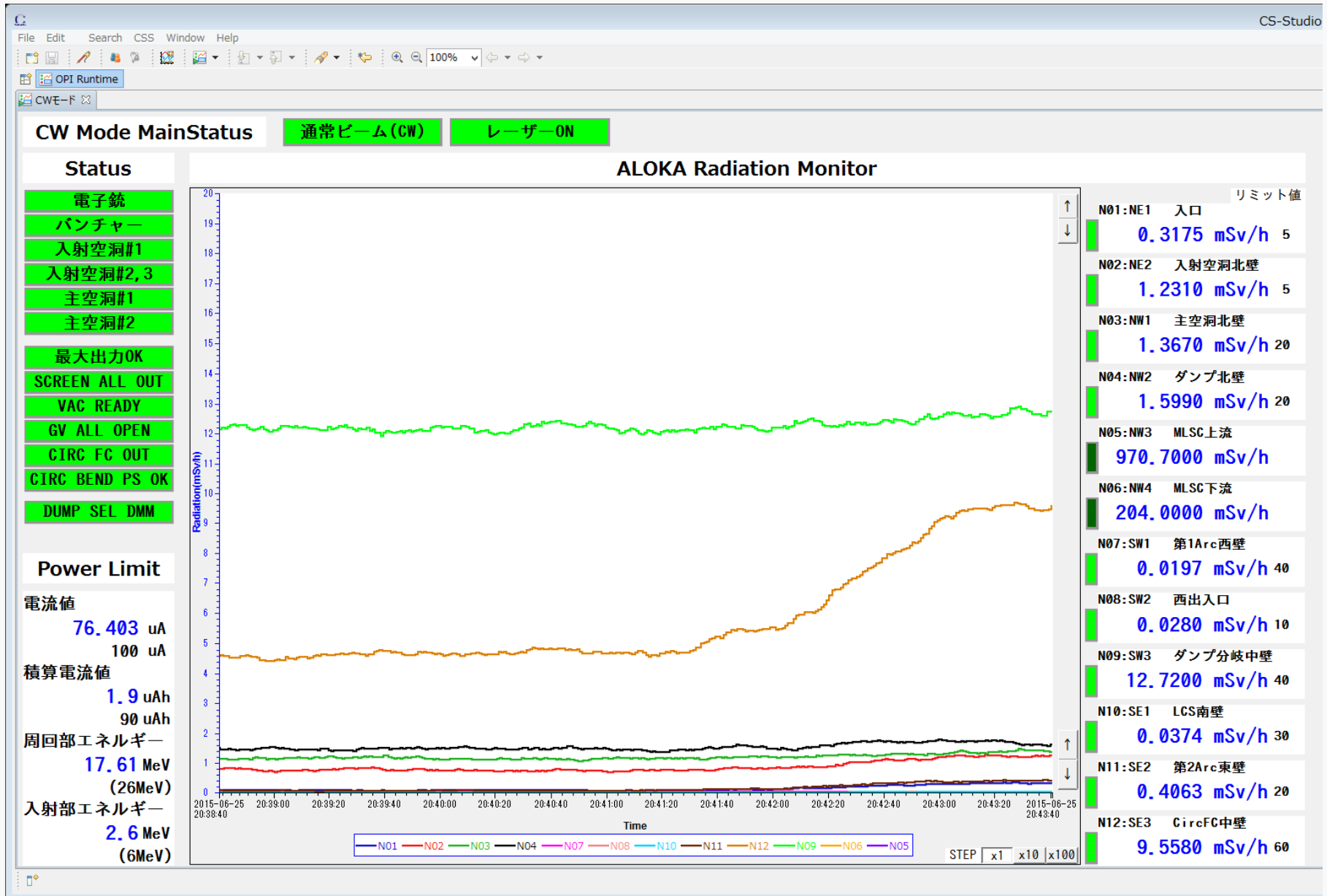
測定者: 坂中、浅川(NAT)

単位: μ Sv/h

B G : NaI: 0.05, 電離箱 0.0



ALOKA monitors (6/25 20:43, I=80 μ A)



ALOKA monitors (6/25 21:12, I=69 μ A)

CW Mode MainStatus

通常ビーム(CW)

レーザーON

Status

- 電子銃
- バンチャー
- 入射空洞#1
- 入射空洞#2,3
- 主空洞#1
- 主空洞#2
- 最大出力OK
- SCREEN ALL OUT
- VAC READY
- GV ALL OPEN
- CIRC FC OUT
- CIRC BEND PS OK
- DUMP SEL DMM

Power Limit

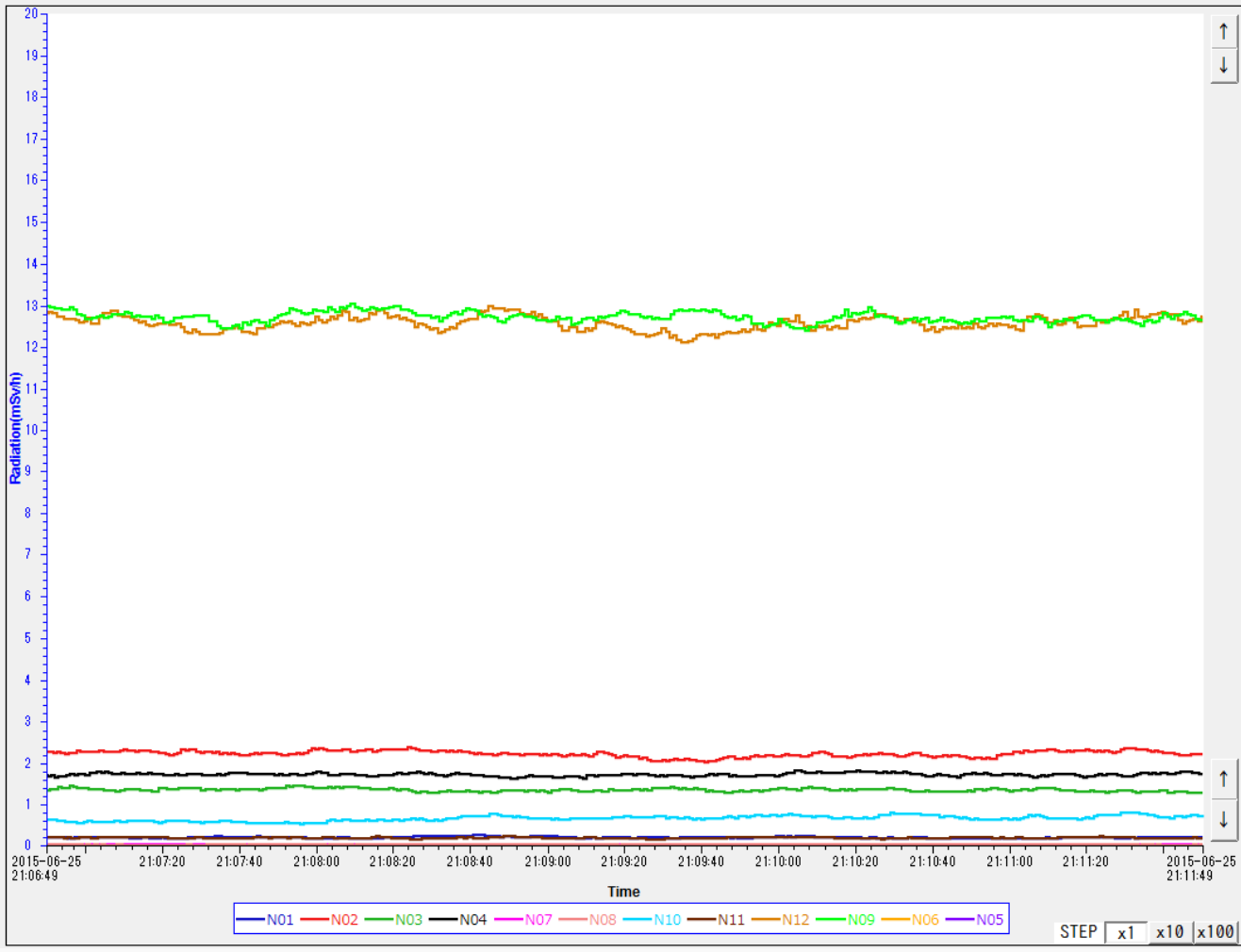
電流値
70.996 μ A
100 μ A

積算電流値
13.5 μ Ah
90 μ Ah

周回部エネルギー
17.62 MeV
(26MeV)

入射部エネルギー
2.59 MeV
(6MeV)

ALOKA Radiation Monitor



Monitor ID	Location	Current Reading	Limit
N01:NE1	入口	0.1911 mSv/h	5
N02:NE2	入射空洞北壁	2.1900 mSv/h	5
N03:NW1	主空洞北壁	1.2760 mSv/h	20
N04:NW2	ダンプ北壁	1.7170 mSv/h	20
N05:NW3	MLSC上流	970.4000 mSv/h	
N06:NW4	MLSC下流	201.3000 mSv/h	
N07:SW1	第1Arc西壁	0.0200 mSv/h	40
N08:SW2	西出入口	0.0160 mSv/h	10
N09:SW3	ダンプ分岐中壁	12.6500 mSv/h	40
N10:SE1	LCS南壁	0.7238 mSv/h	30
N11:SE2	第2Arc東壁	0.1757 mSv/h	20
N12:SE3	CircFC中壁	12.7200 mSv/h	60

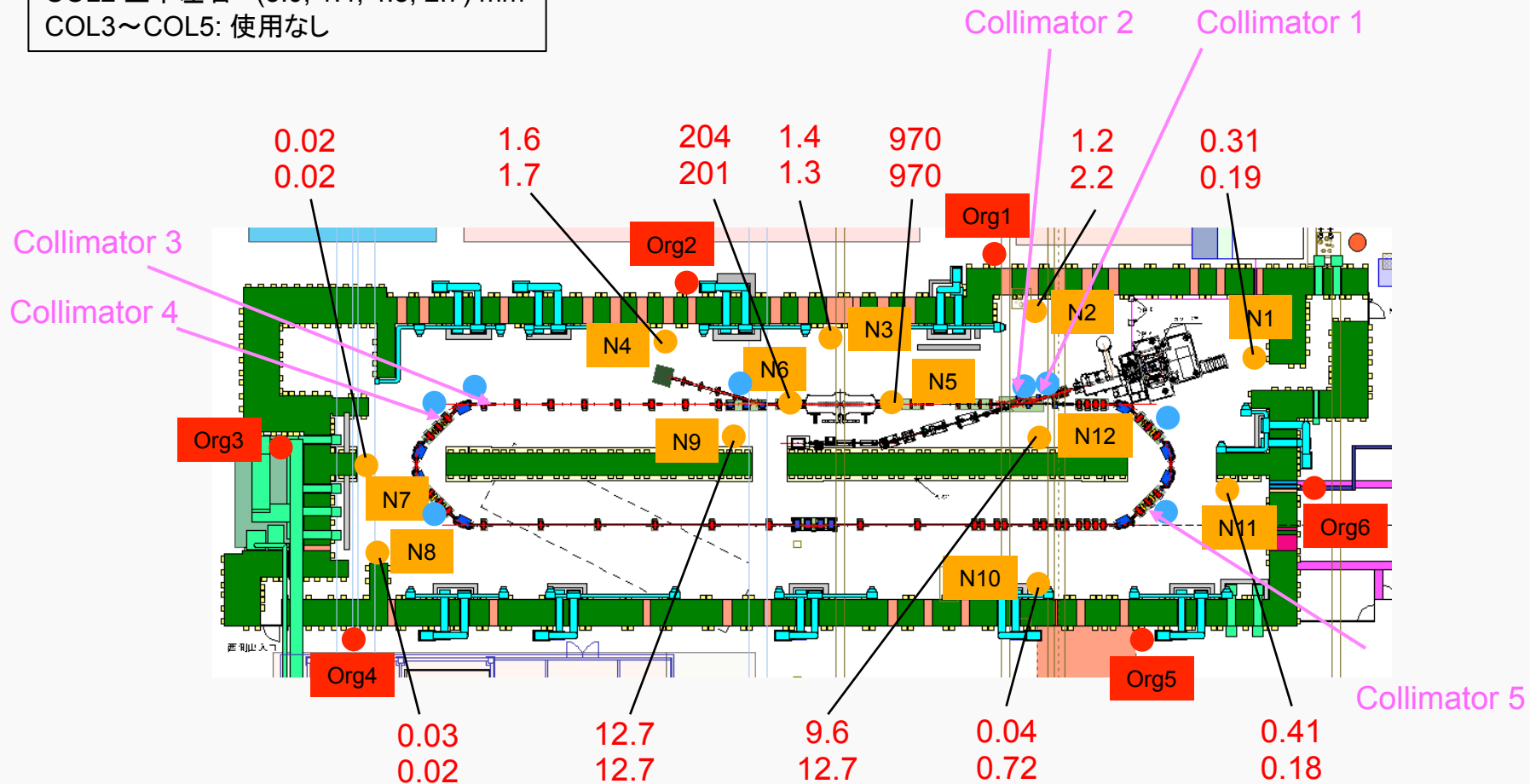
STEP x1 x10 x100

ALOKA monitors (6/25 20:43, I=80 μ A)

* 下の段の数字は 21:12 (69 μ A) のデータ

Unit: mSv/h

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



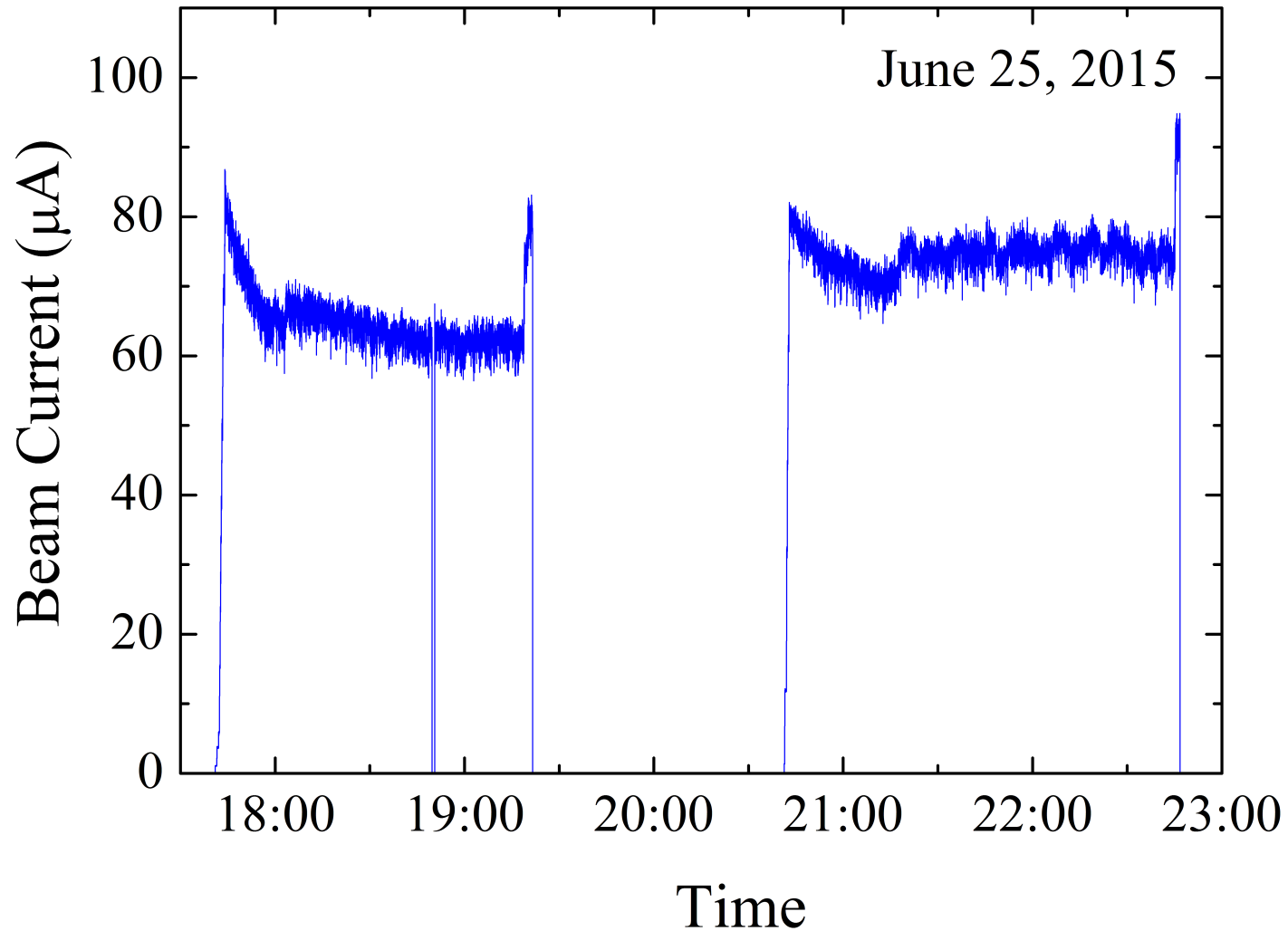
● 放射線モニター (Organge1-6),

● 加速器室内ALOKAモニター

● 高速ロスモニター

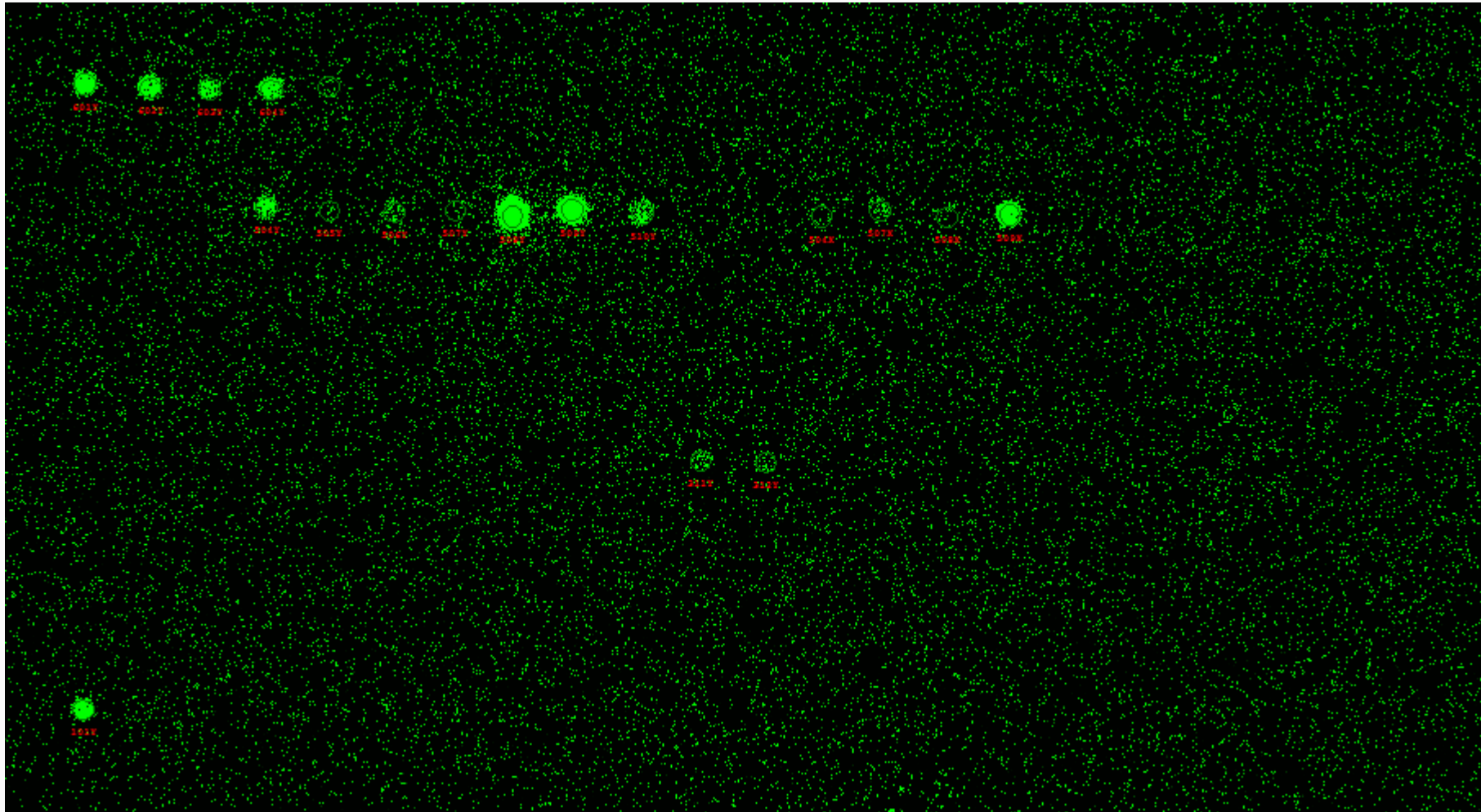
ビーム電流の履歴 (6/25 17:30-23:00)

Measured at the beam dump



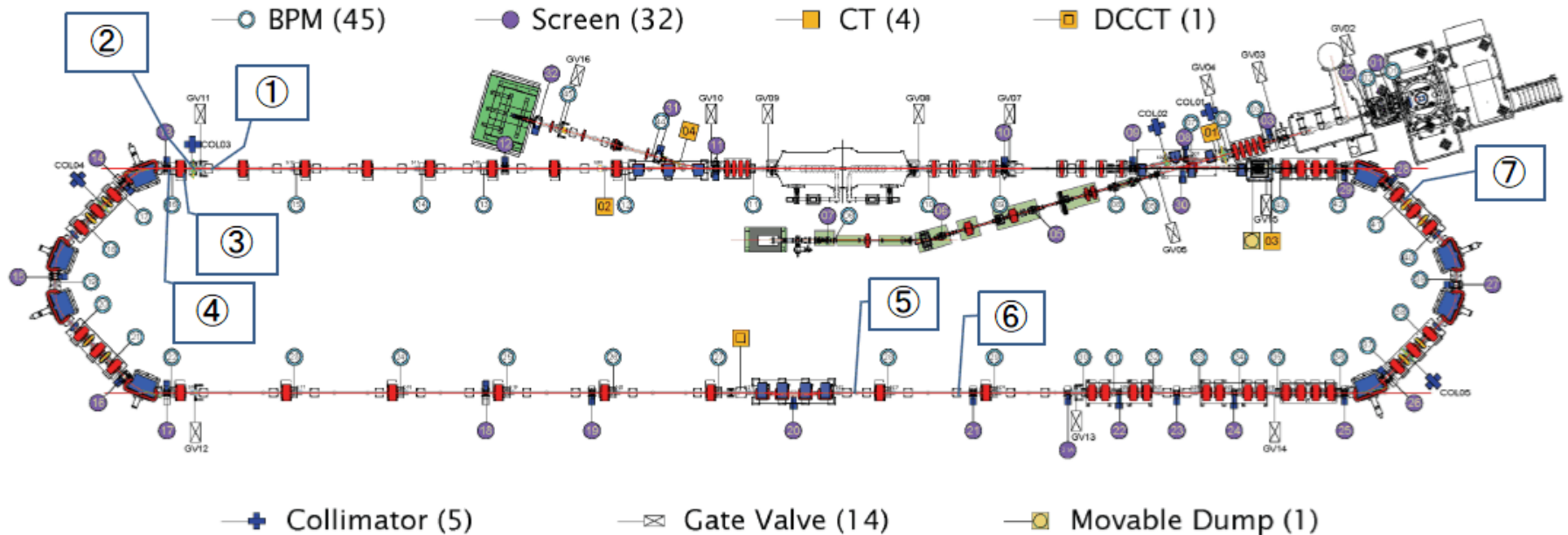
6/25 CW運転後の金箔測定結果

放管：豊田さん



cERL運転後ビームラインサーベイ

放管: 三浦太一さん測定



測定箇所	線量率(μSv/h)			
	6/25 6/24の 運転後	6/26 6/24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)

中間まとめ

- 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