

1mA 大電流時のビームロス

2016/04/12 ビームダイナミクス打ち合わせ
帯名、坂中

ビームロス測定・調整のまとめ

- 1.3 GHzでのロス
 - 良い例 : 施設検査
 - 空洞 off center + COL1,2 で時間方向を空間方向に射影し、COL2で切る
 - 低エミッタンスを犠牲にしている。エミッタンス悪化の許容範囲？
 - 両立するパターンを見つけることができるか？調整時間が必要。
- 162 MHzでのロス
 - 入射空洞の中心を通しているときは、良い解が無かった
 - 空洞 off center + COL1,2,4 で許容できる運転パターンを確立
 - LCSのIP調整をした後でロスが大きく観測されることもあった
 - PMTでも見えるし、天井でも見える
 - イメージングのバックグラウンドに影響
 - もうすこしLCS後～第2アーク～ダンプのビーム調整手法を確立したい。スタディ時間が必要。
- 診断用ロスモニタの位置を変更（2/29(月)）以降、Burstで調整すればCWでの様子を推定できるようになった
 - 1.3GHzでは問題無かったが、162MHz/大電荷運転では Beam loading の効果を避けることが必要。バースト長を短くするしかない？
 - LCS後のオプティクス調整やロスモニタ増強など、10mAに向けての課題はある。
 - 安価なモニタをたくさん置く方向は良いと思う

目次

- □ス測定の道具
- □ス低減調整
- CW運転時の放射線サーベイまとめ
 - 手動測定
 - ALOKA測定
- 調整例
 - 良い例は上のCW運転時の状態
 - 悪い例をいくつか紹介
- まとめ

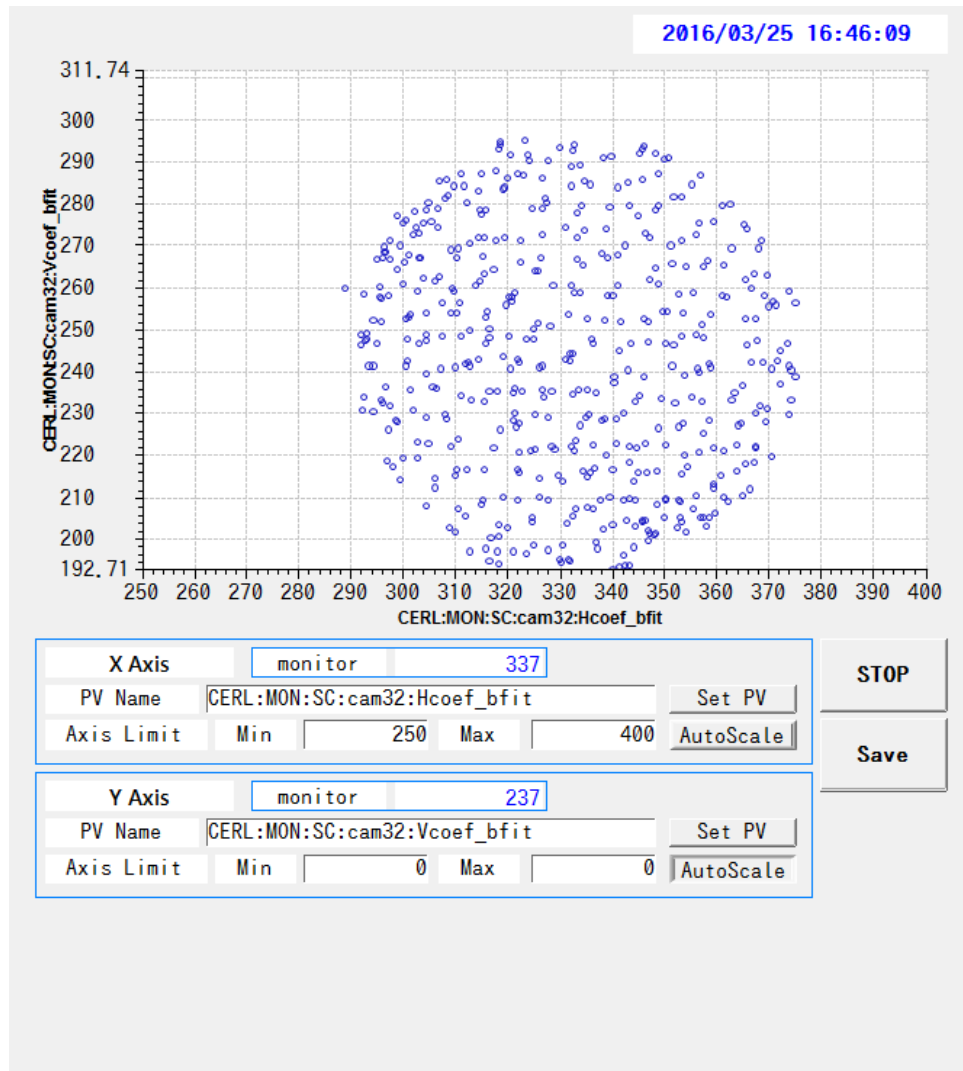
ロス測定ツール

- 測定手法
 - ロスモニタ（ファイバ, 小型PMT[診断用], 大型PMT[interlock用]
 - エリアモニタ（ALOKA、FLUKE）
 - 可搬型サーベイメータ（カウンタ）
 - カメラフィルム（チェキ）
 - 金箔
 - 運転終了後の真空チャンバー残留放射線測定
- その他
 - CW運転時の真空圧力、温度
 - コリメータ位置 vs vacuum
 - 電流 vs vacuum

ロス低減調整

- コリメータ(COL 1,2,3,4)
- 入射空洞の軌道
- (Laser Position)

- ラスタリング調整



今期のCW運転と手動サーベイ

- 手動サーベイ（坂中、沼田、浅川）を実施した日付と運転条件

2/22 (月) : 80 μ A (1.3 GHz, MLSC 10MV:7MV)
2/22 (月) : 300 μ A (1.3 GHz, MLSC 10MV:7MV)
3/7 (月) : 300 μ A (1.3 GHz, MLSC 8.5MV:8.5MV)
3/8 (火) : 930 μ A (1.3 GHz, 施設検査後)
3/25 (金) : 940 μ A (162 MHz, LCS)
3/29 (火) : 820 μ A (162 MHz, LCS)
3/30 (水) : burst測定

今期のCW運転と手動サーベイ

- 手動サーベイ（坂中、沼田、浅川）を実施した日付と運転条件

2/22 (月) : 80 μ A (1.3 GHz, MLSC 10MV:7MV)

2/22 (月) : 300 μ A (1.3 GHz, MLSC 10MV:7MV)

3/7 (月) : 300 μ A (1.3 GHz, MLSC 8.5MV:8.5MV)

3/8 (火) : 930 μ A (1.3 GHz, 施設検査後)

3/25 (金) : 940 μ A (162 MHz, LCS)

3/29 (火) : 820 μ A (162 MHz, LCS)

3/30 (水) : burst測定

この5つをグラフでプロットして比較

測定例：天井上サーベイ

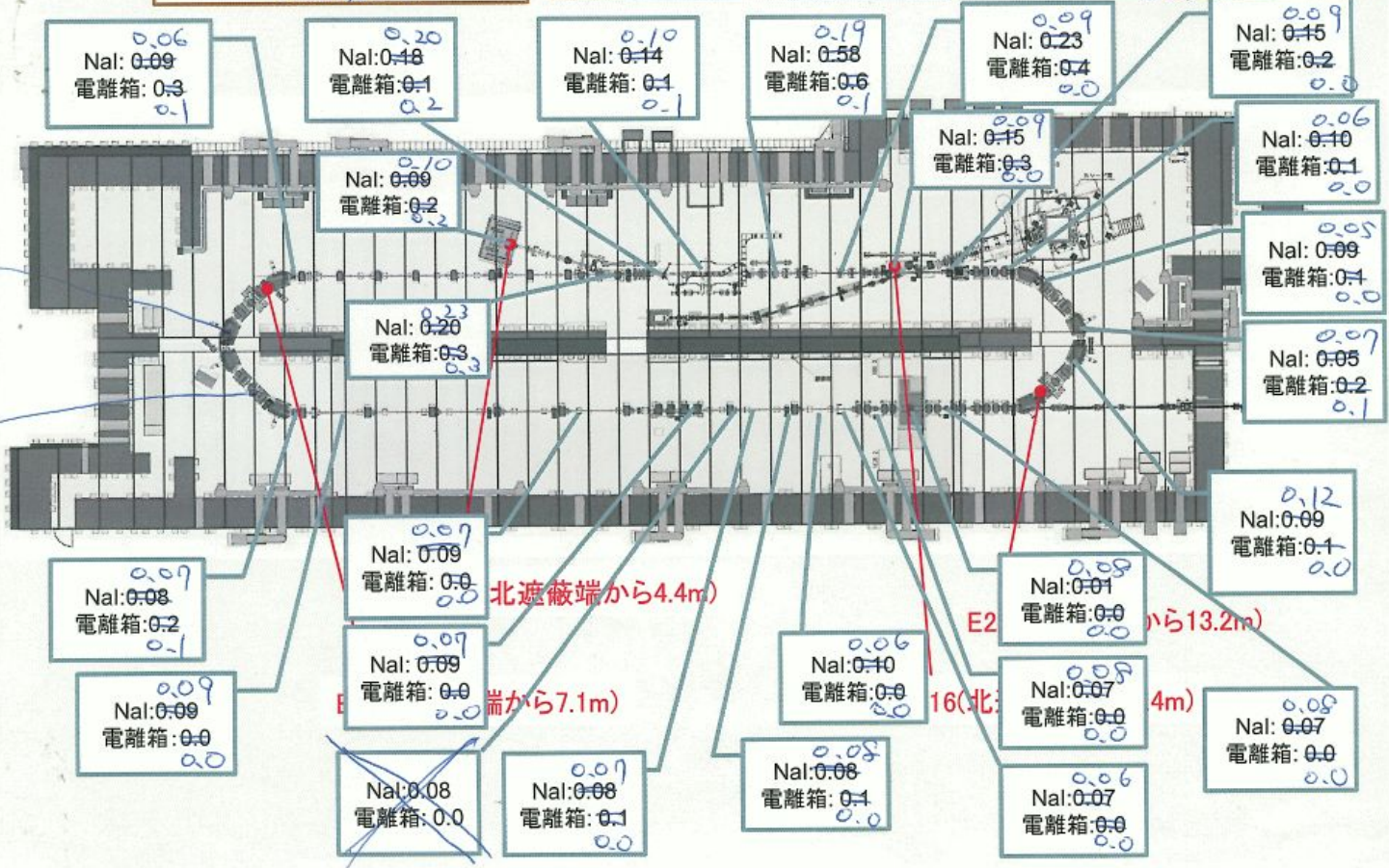
天井上サーベイ

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 middle optics
 ビーム輸送先: 主ビームダンプ(3.18, 3.22, 2.91)
 入射器空洞 Eacc=(3.3, 3.3, 3.0) MV/m
 主空洞 Vc=(10.02, 7.16) MV
 (7.56, 8.57)

cERL Operation status (cont.)
 ビーム電流(CW): 290~295 μ A 870~900
 バンチ繰り返し: 1.3 GHz
 コリメータ設定
 COL1 上下左右=(2.84, 2.39, 4.16, 1.27) mm
 COL2 上下左右=(1.54, 0.04, 4.26, 2.67) mm
 COL3 ~ COL5: 使用せず

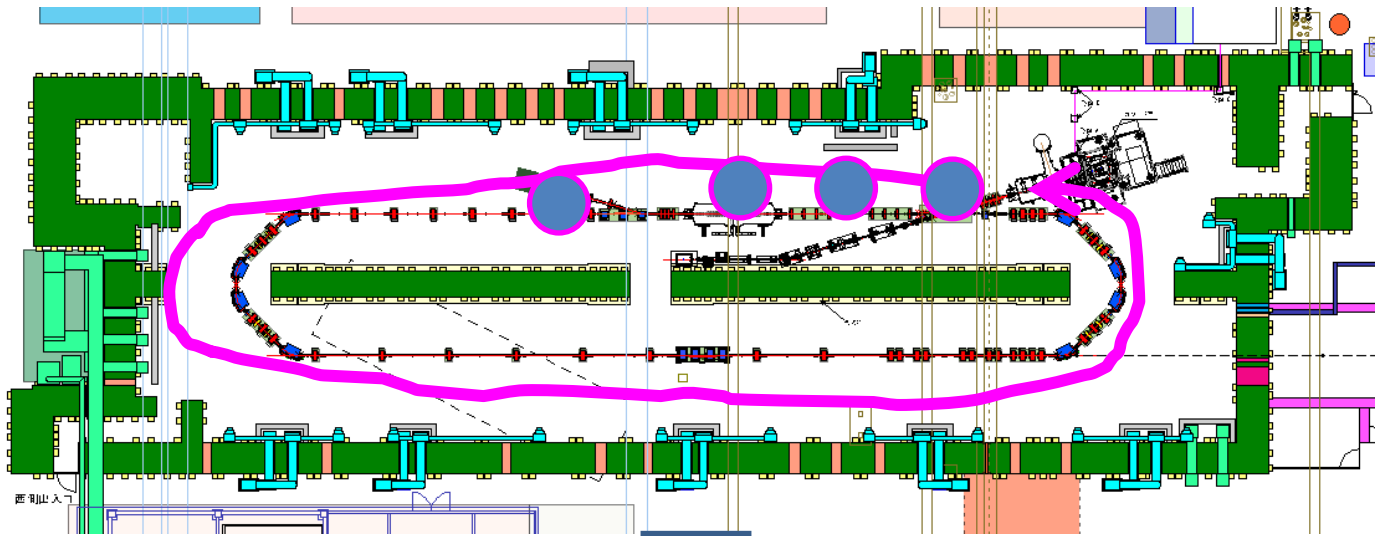
測定日: 2016年2月22日 21:27~21:50
 測定器: Nalシンチレーション式サーベイメータ
 (Aloka TCS-171B S/N 203A5486 202Y3732)
 電離箱式サーベイメータ
 (Aloka ICS-331B S/N R00782)
 測定者: 坂中、沼田(NAT)
 単位: μ Sv/h
 B G(測定前): Nal: 0.05 電離箱: 0.0
 (測定後): Nal: 0.03 電離箱: 0.1

3/18 19:44~19:58

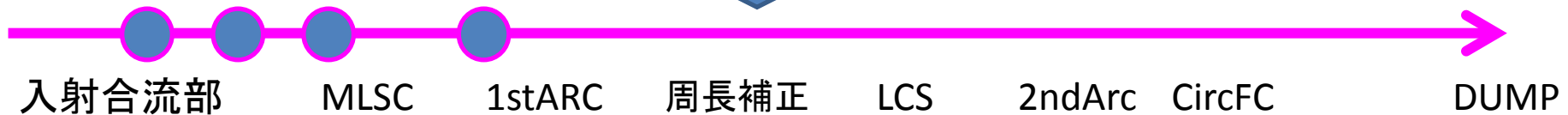


放射線モニタ（天井・壁側面）プロット

- 差を明確にするため、測定結果をグラフにプロットしたい。
- 2次元→1次元に展開
 - 入射合流部 → CircFC まで。ダンプを最後に。
 - 壁側面も同様にプロット

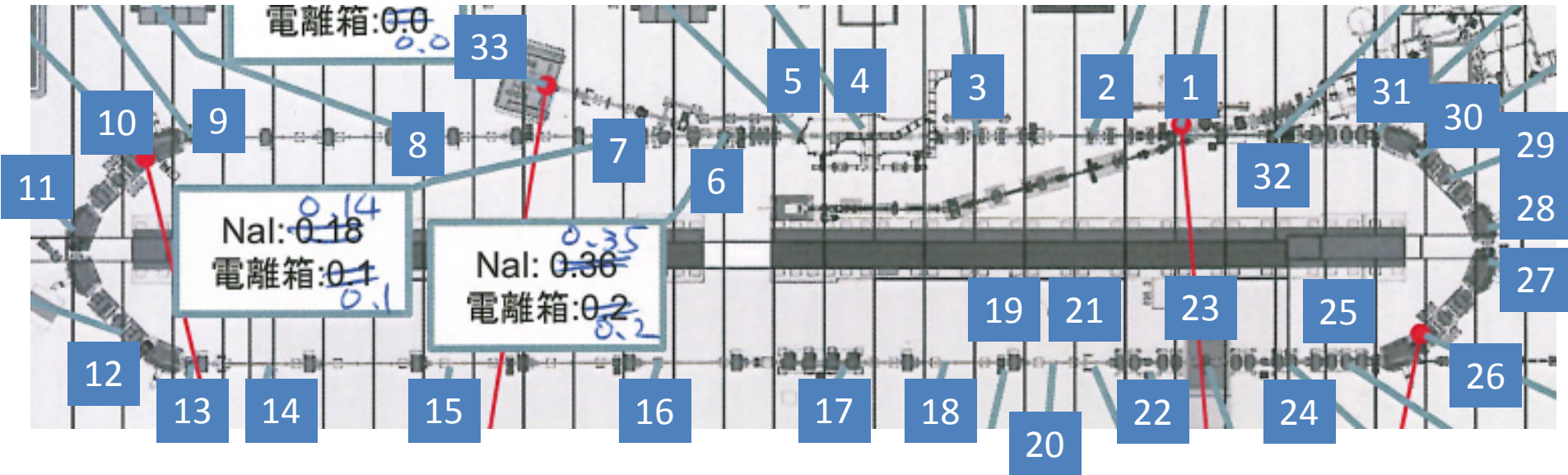


各測定点を下のような軸に並べる



天井：位置番号割り振り

- 合流部～CircFCまでを1～32番 + ダンプ33番
- 原則としてローカルにレベルが高い点を探しているので、測定日によって測定点が違う事に注意。大まかな位置の目安とする。
- 毎回、すべての測定点を測っているわけではない

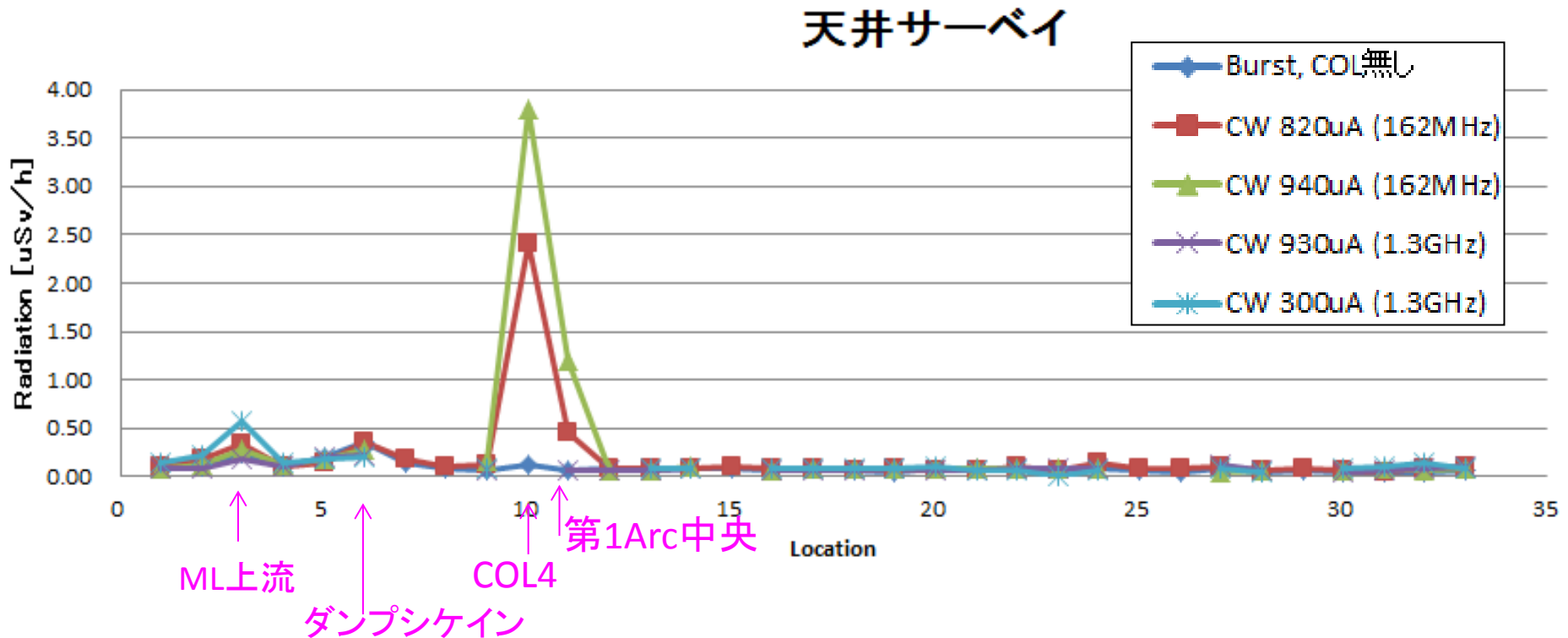


データ例

- 各測定点にシリアル番号を割り振り、測定値を記入する
- Excelシートに保存～後でwikiに上げておく
 - 今後も測定後はこの表にデータを追加していけば良い

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1				2016/03/30			2016/3/29			2016/3/25			2016/3/8	
2		測定日・条件		21:00 - 22:02			18:02 - 19:39			17:41 - 18:33			19:44 - 20:20	
3				Burst, COL無し			CW 820uA (162MHz)			CW 940uA (162MHz)			CW 930uA (1.3GHz)	
4	場所	場所	No	NaI	電離箱	NaI	電離箱	NaI	電離箱	NaI	電離箱	NaI	電離箱	
5	天井上	入射合流部	1	0.08	0.00	0.10	0.00	0.08	0.00	0.09	0.00			
6			2	0.11	0.10	0.19	0.15	0.13	0.00	0.09	0.00			
7		ML上流	3	0.25	0.20	0.33	0.20	0.27	0.00	0.19	0.10			
8		ML中央	4	0.11	0.10	0.11	0.00	0.13	0.10	0.10	0.10			
9		ML下流	5	0.21	0.20	0.14	0.15	0.19	0.20	0.20	0.20			
10		取出シケイン	6	0.35	0.20	0.36	0.20	0.28	0.40	0.23	0.30			
11		取出シケイン下流	7	0.14	0.10	0.18	0.10							
12			8	0.08	0.00	0.10	0.10							
13		第1アーク入口	9	0.07	0.00	0.12	0.00	0.16	0.10	0.06	0.10			
14		COL4 (E21)	10	0.12	0.00	2.40	1.60	3.80	2.50					
15		第1アーク中央	11	0.06	0.00	0.45	0.70	1.20	1.60	0.07	0.00			
16			12	0.08	0.00	0.08	0.00	0.07	0.20	0.06	0.10			
17		第1アーク出口	13	0.07	0.00	0.09	0.00	0.07	0.20	0.07	0.10			
18			14	0.09	0.00	0.09	0.10	0.10	0.00	0.09	0.00			
19			15	0.08	0.00	0.11	0.10							
20			16	0.07	0.00	0.08	0.00	0.07	0.00	0.07	0.00			
21		周長補正	17	0.08	0.00	0.08	0.00	0.08	0.00	0.07	0.00			
22			18	0.06	0.00	0.06	0.00	0.08	0.00	0.07	0.00			
23			19	0.05	0.00	0.08	0.00	0.08	0.00	0.08	0.00			
24			20	0.08	0.00	0.07	0.00	0.09	0.00	0.06	0.00			

天井サーベイ プロット (NaIのみ)

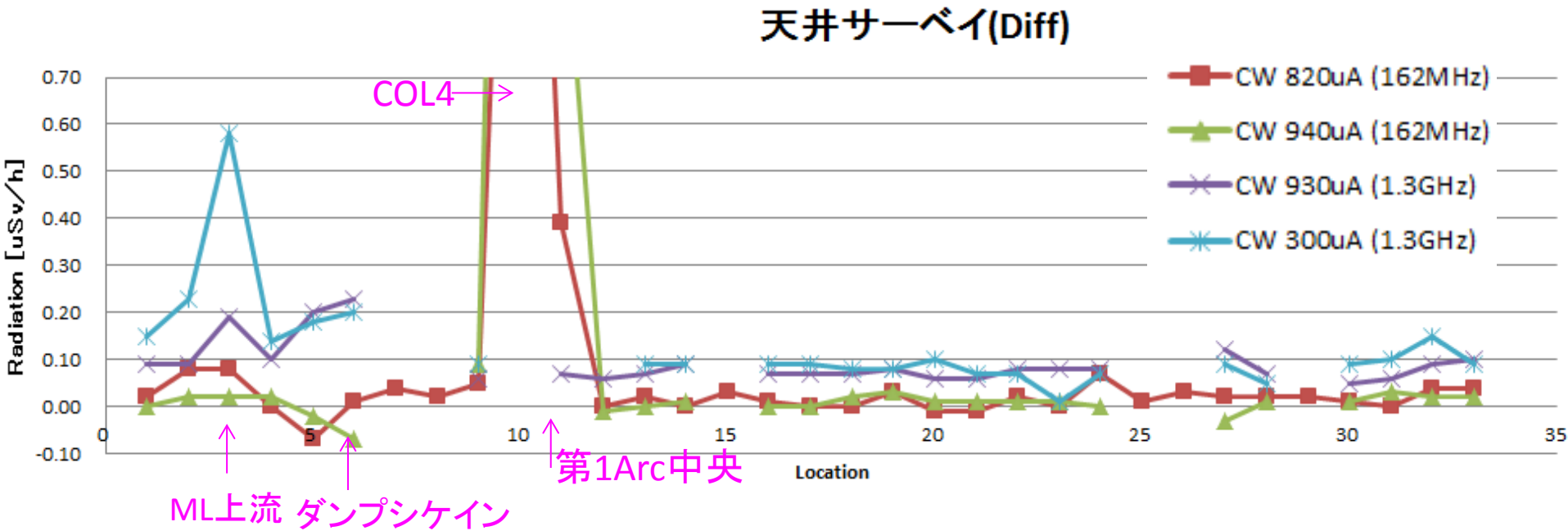


- ML上流(#3)は空洞 10MVのときに高い
- 162MHzのときは、COL4を使っているの、その上と第1アーク中央が高い
- ダンプシケイン(#6)のところでも少し高い → 次ページで差分プロット

棒グラフを並べる方が一般的かもしれないが、「差」がわかりにくかったので折れ線プロット

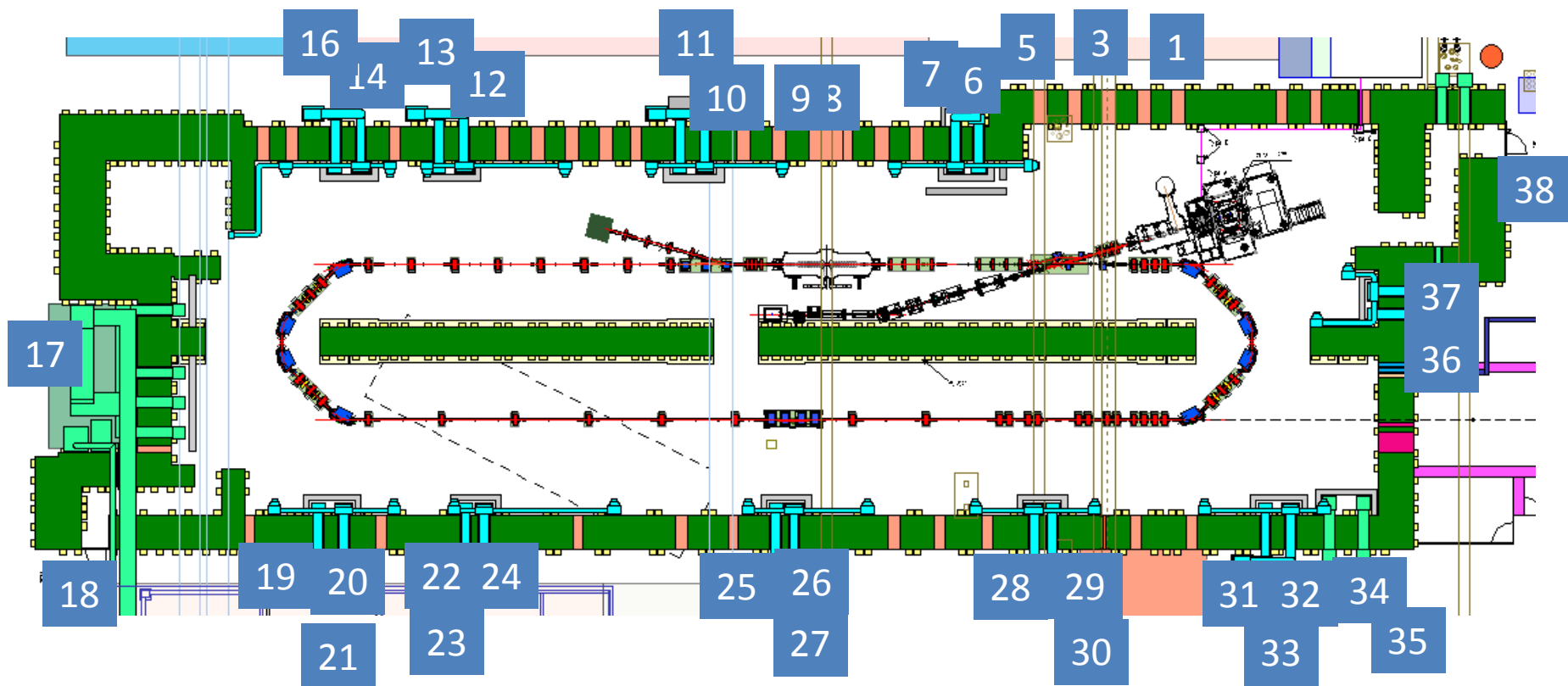
Burstとの差をプロットして拡大

- ビーム由来成分のプロット
 - #3 空洞上流は主空洞電圧の差
 - 前頁の図で#6 ダンプシケインはロスが多いような気もしたが、バーストとの差をとるとゼロ近くになった
- この測定で0.1uSv/hの差は気にしても仕方ない?
 - 前頁記載のような大きなロスに注目すべき

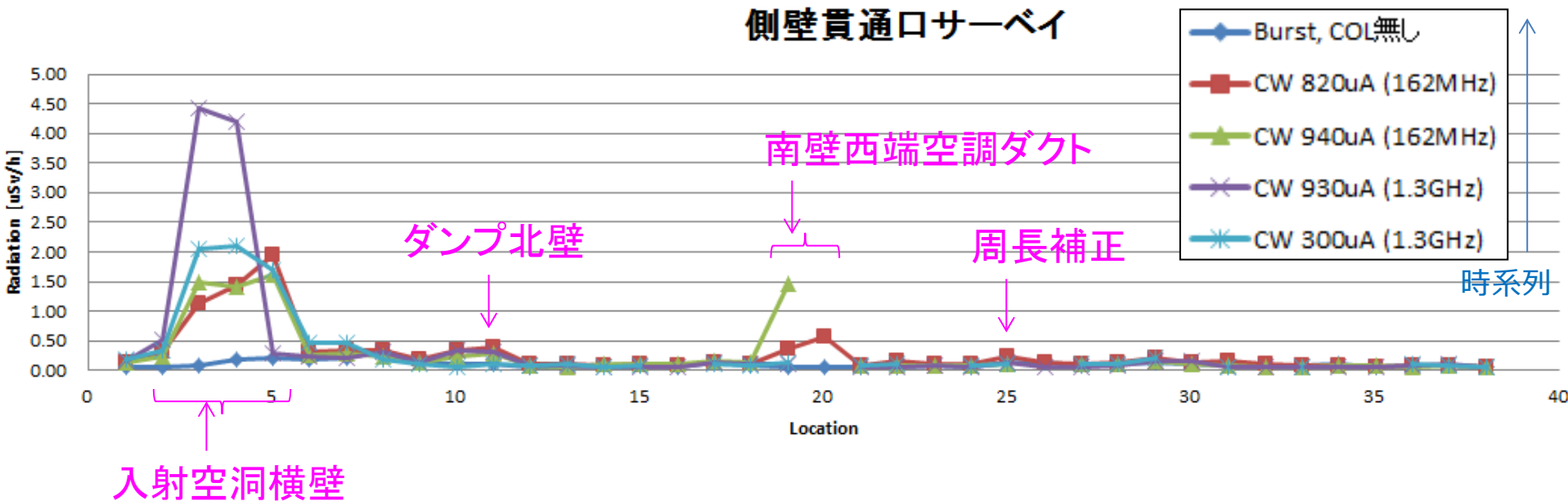


- 1.3 GHz に比べると、全体的に162MHzの方がロスが少ない
- 1.3 GHz 300uAと900uAで大きな差は無い

側壁測定的位置を平面図に表示

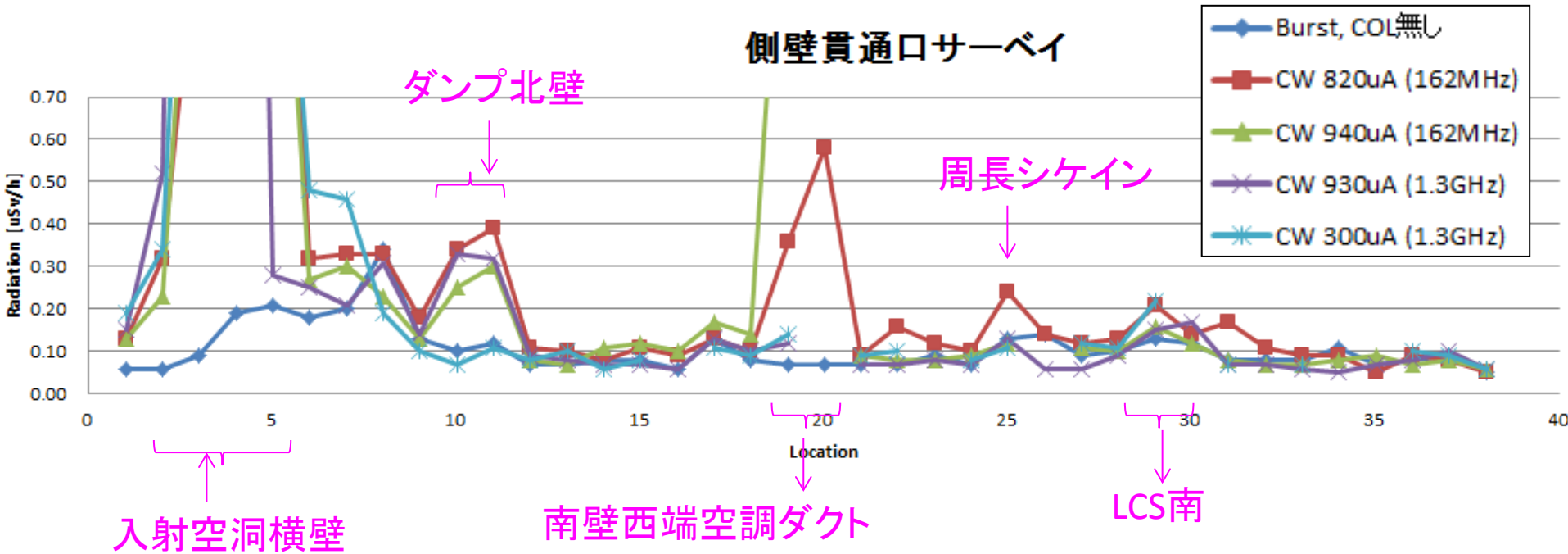


側壁貫通孔 プロット



- 1.3 GHz のとき、入射空洞横壁のレベルが意外と高い。
- 入射部のコリメータが原因か？
- この位置ならば、ALOKA No.2 で反応するはず

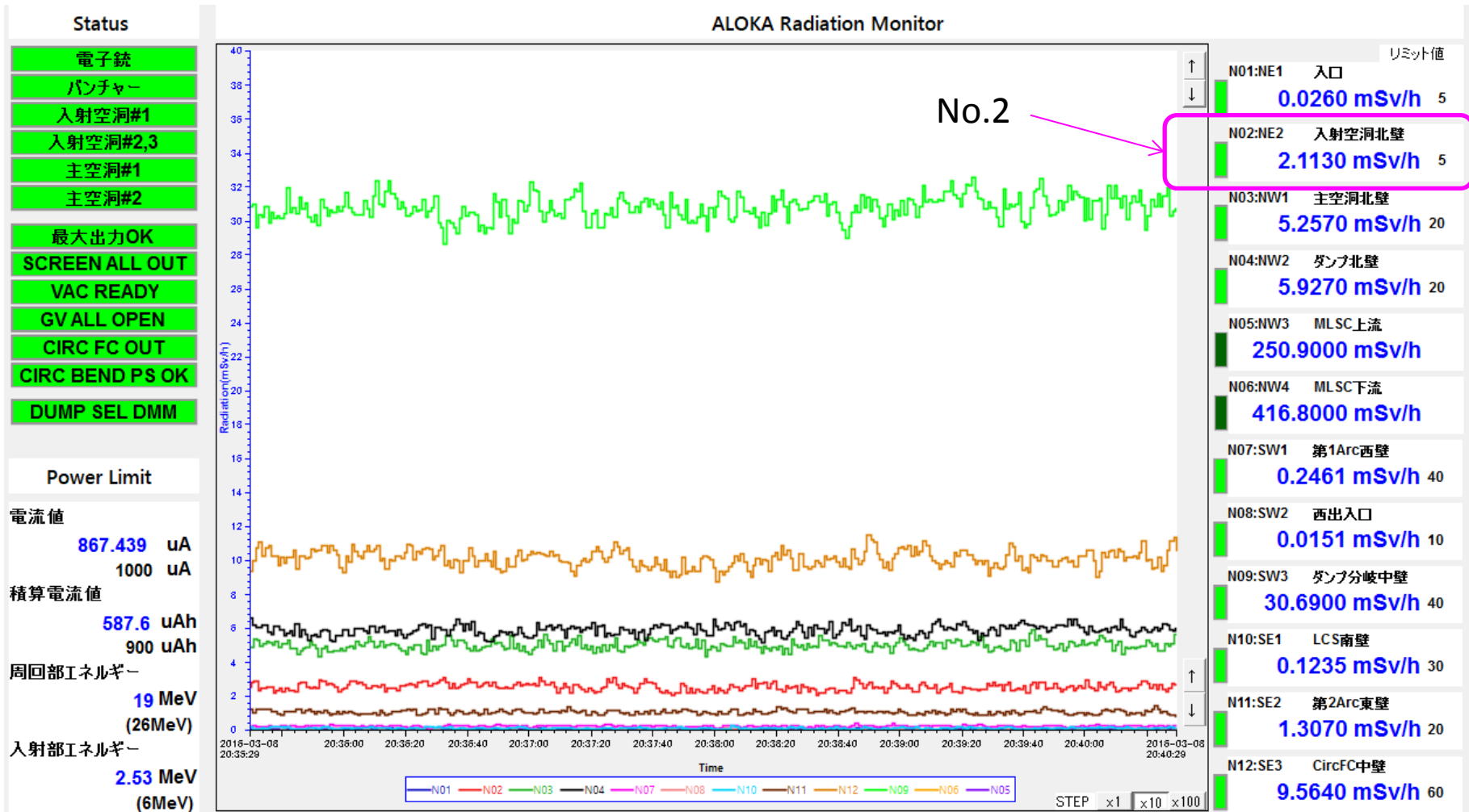
縦軸拡大



- 162MHzにしてから、第1アーク出口（南壁西端空調ダクト）高い
- 3/8の930uA(施設検査後)以降、ダンプ北壁でレベル上昇している
 - ダンプ北壁といっても、空調ダクトなので少し位置は違う
 - この部分は周回ビーム調整の余地あり
 - 電荷が増えた効果か

3/8 施設検査後900 μ A時のALOKA

- よくみるとNo.2 はいつもより高かった。全体からすると少ない方
- このとき、壁外で5 μ Sv/hだとすれば、10倍すると少し苦しい
 - 10mAに向けては、シールド強化しておくべきか? (or 貫通口は無視?)



導波管貫通孔はシールド無し

- 空調は壁内側で直接みえないようにブロックを積んでいる
- 導波管は壁外側にブロックを積んでいる
 - 導波管のところで上昇するのはある程度仕方ない
- 導波管の隙間を埋めるような申請は現実的ではない



入射空洞



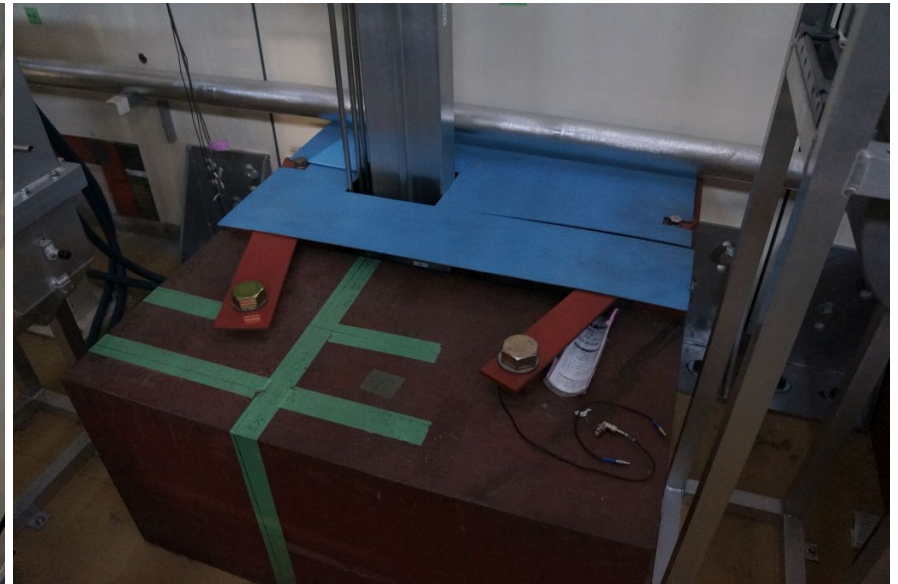
主空洞

蓋をする？

- 簡単なフタで良いので、付けておけば 10mA でも安心。
 - 申請書に記載しないでやってよい範囲かどうか → 松村さん



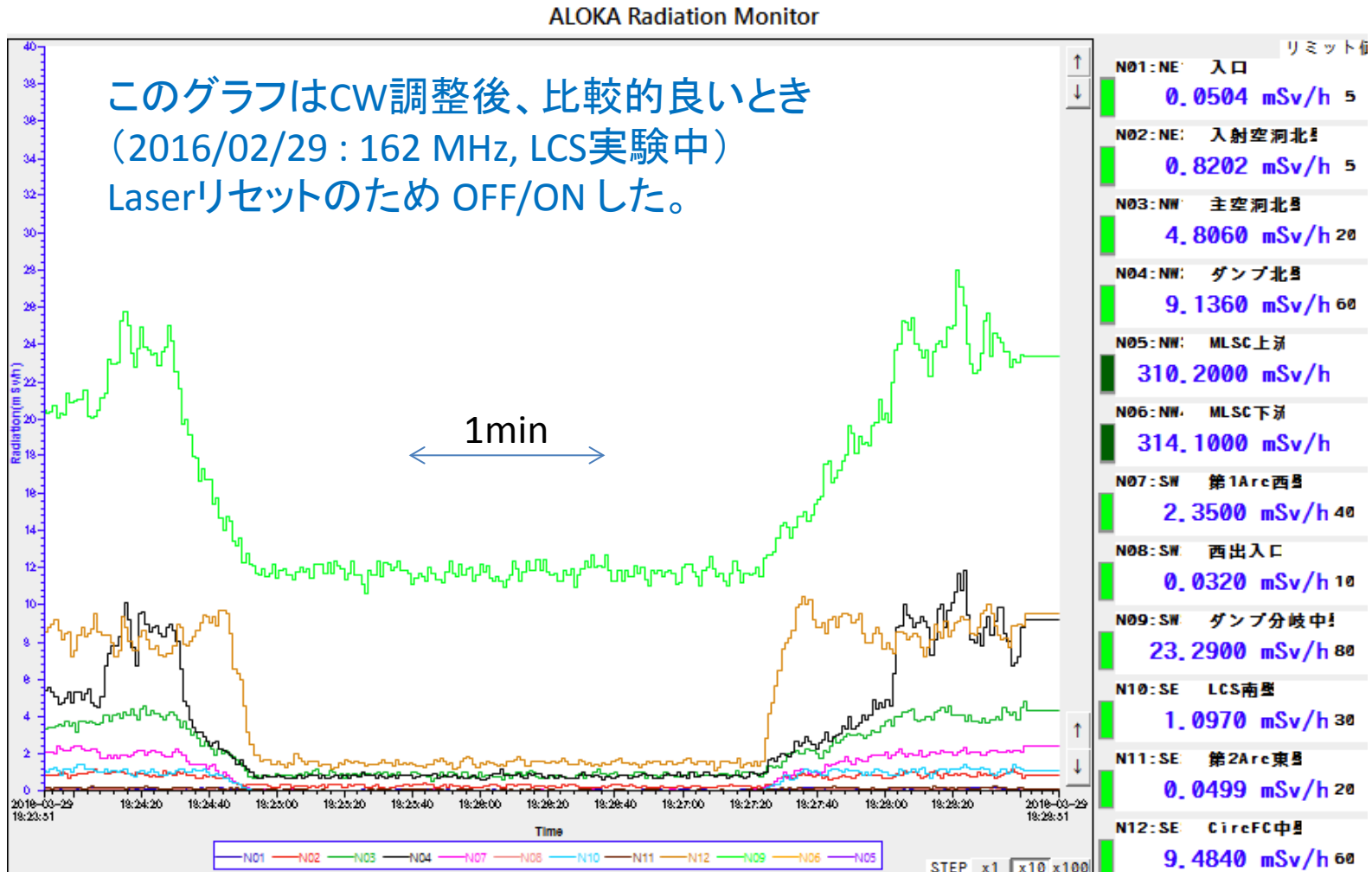
入射空洞



主空洞

ALOKAについても同様にプロット

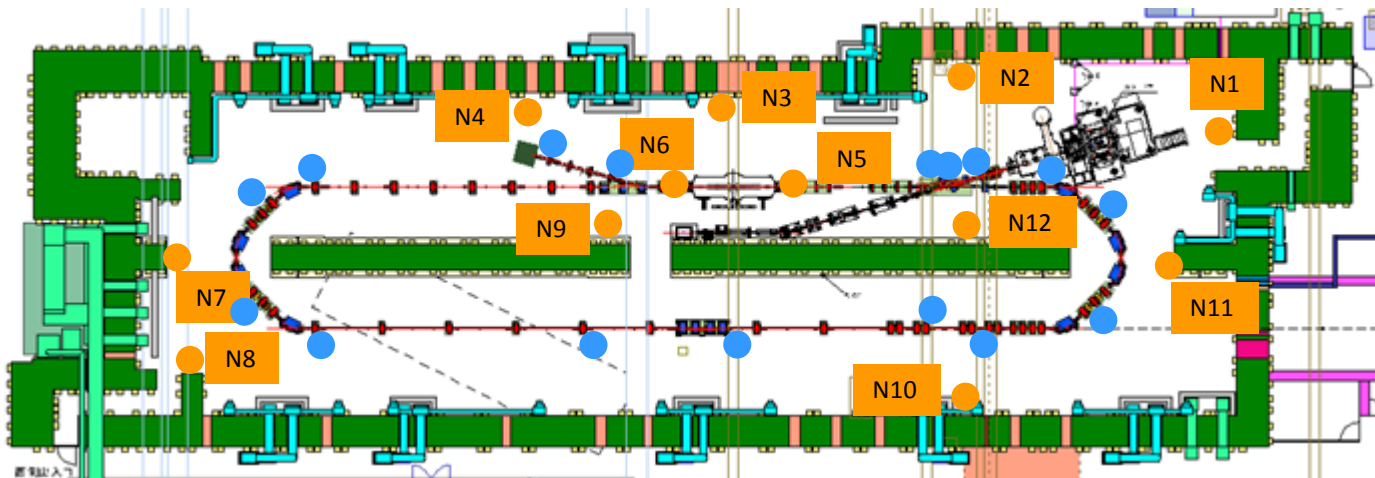
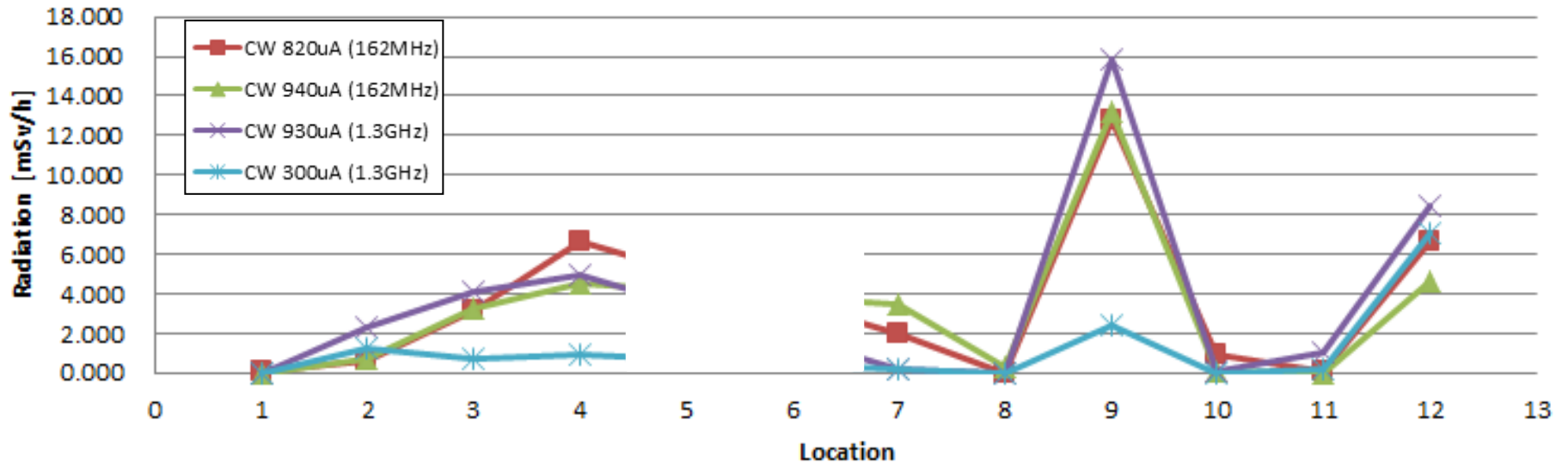
- CW運転中にLaser ON/OFF することがある
 - 差はビーム由来の損失。ON,OFF各1分間の平均と標準偏差を計算(DBより)



ALOKA Beam Loss : Beam ON/OFFの差

- 主空洞前後(#5, #6)ではビーム成分見えなかった (差をとってもダメ)

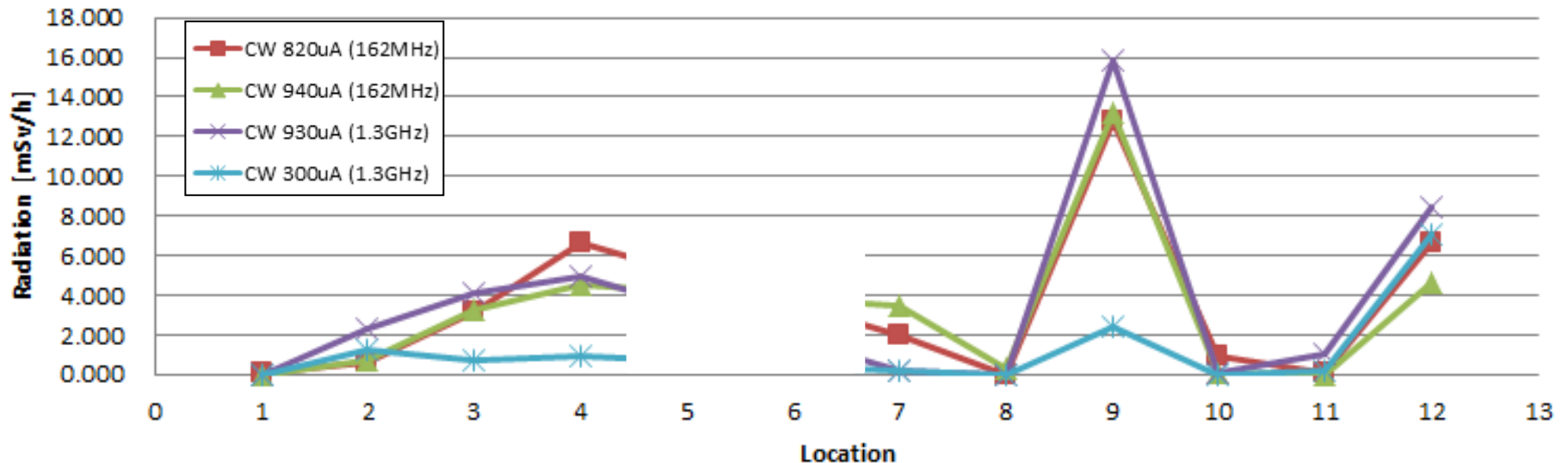
Radmon(ALOKA) CW; Beam ON-OFF



ALOKA Beam Loss

数値は小さくみえるかもしれないが mSv/h であることに留意

Radmon(ALOKA) CW; Beam ON-OFF

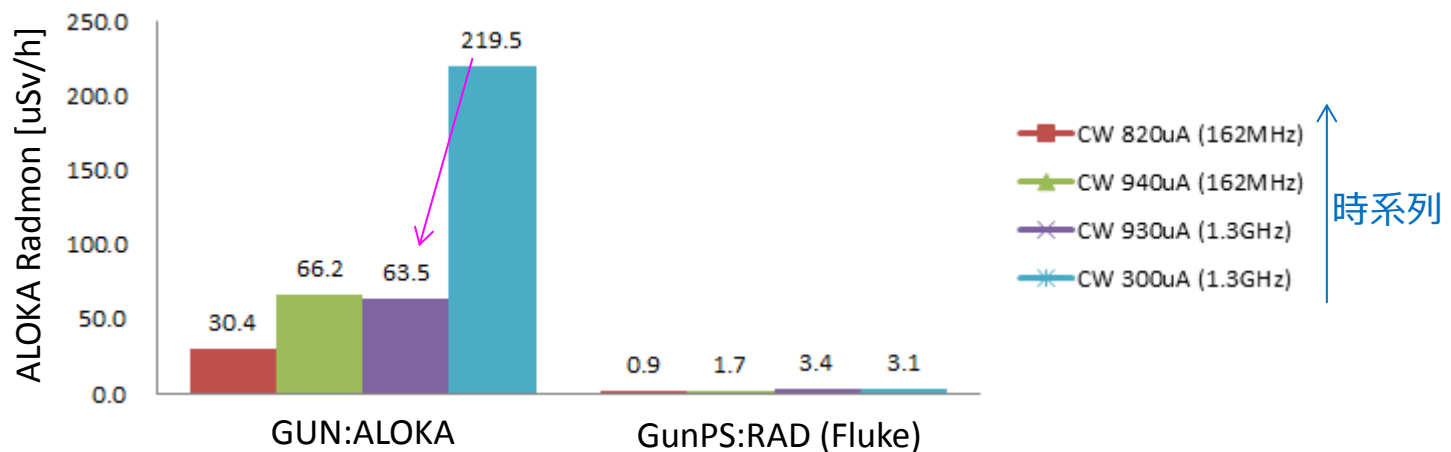


- 調整した後で問題になるのは尾mに3か所：多い順に
 - #9 CircFC 中壁、#12 ダンプ分岐内壁、#4 ダンプ北壁
- 調整されているとはいえ、#2,3,4の北壁側はレベル高い
 - 壁外で見えているものと同じだが、より敏感に測定できる：この値から壁外の値を推定可能
- #7はCOL4を使っていることに起因して、162MHzで見えるようになった
- #10は最後のLCS運転で少し出ている
- 今期のCW運転で#1, #8, #10, #11 はほとんど反応無し
 - #1は移動しても良いかもしれないが、継続性の意味もあるのでそのままにする
 - もっと数を増やしたい～安価なモニタをたくさん設置する方向性（絶対値はラフな校正で）

CW運転時のALOKA

- 電子銃横のRadMon (ALOKA, Fluke) は 第2アークでのロスに敏感
 - ALOKA #9 とも連動
 - こちらは $\mu\text{Sv/h}$ 単位で、小さいロスを見ている
 - ロスモニタ移設後はバーストでかなり調整できるようになった
 - ビーム調整が悪いと $1,000 \mu\text{Sv/h}$ を超える (それでも 1mSv/h ですが)
 - 運転時の閾値は $1,000$ に設定してある。
 - 本当にどこまで行くとダメなのかは不明

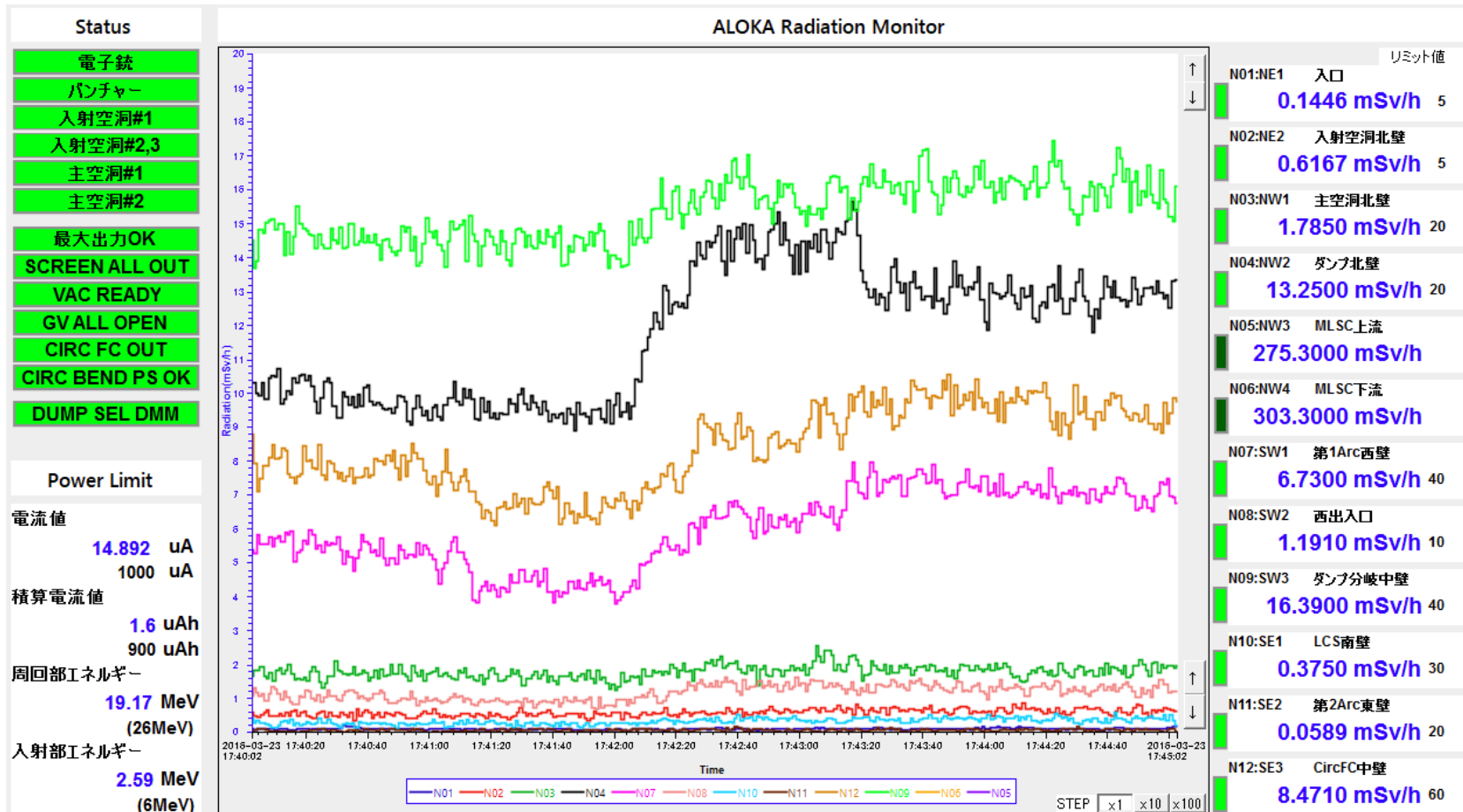
CW1.3GHz, 300 μA のときロスが大きかったが調整した後は低下した (電流は3倍だがロス低下)



電子銃直下では162MHzになってから小さくなった？

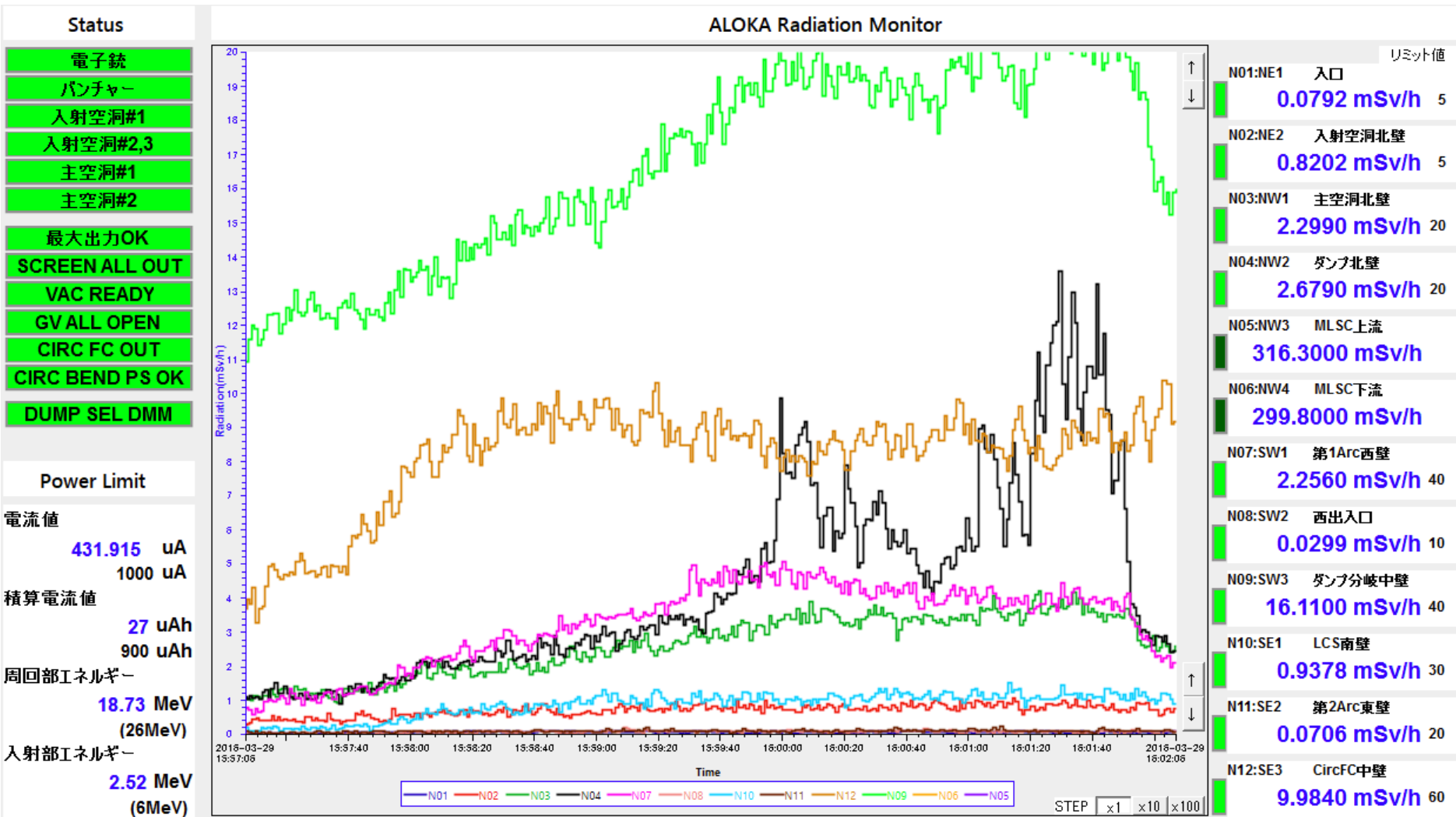
調整がうまくいかないとき

- 2016/3/23 : 高電荷調整後CW, 入射空洞中心通している
 - わずか **CW 10 μ A** の段階でダンプ北壁やCircFC中壁のロスが増えている
 - これを100倍するのはちょっと無理。ダンプ分岐中壁（緑色）以外は2mSv/h以下にしたい
 - このときはコリメータをどう調整しても、良い解が無かった
 - ラスタリングの振幅も要調整



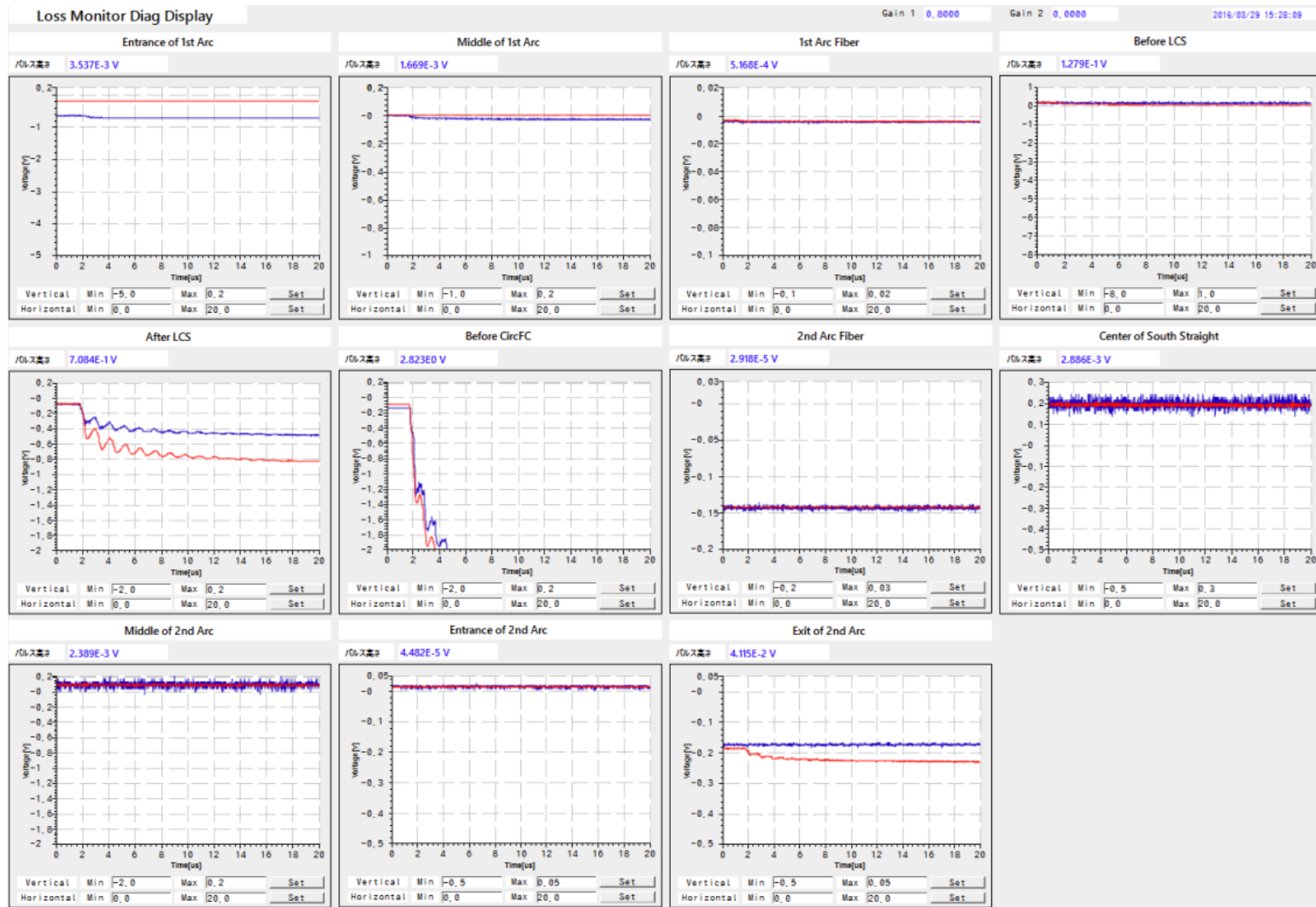
LCSで調整がうまくない例

- 2016/03/29 16:02 LCS調整：ダンプ北壁でのロスが不安定。電流を上げていくと、途中から突然上下する現象が起き始める



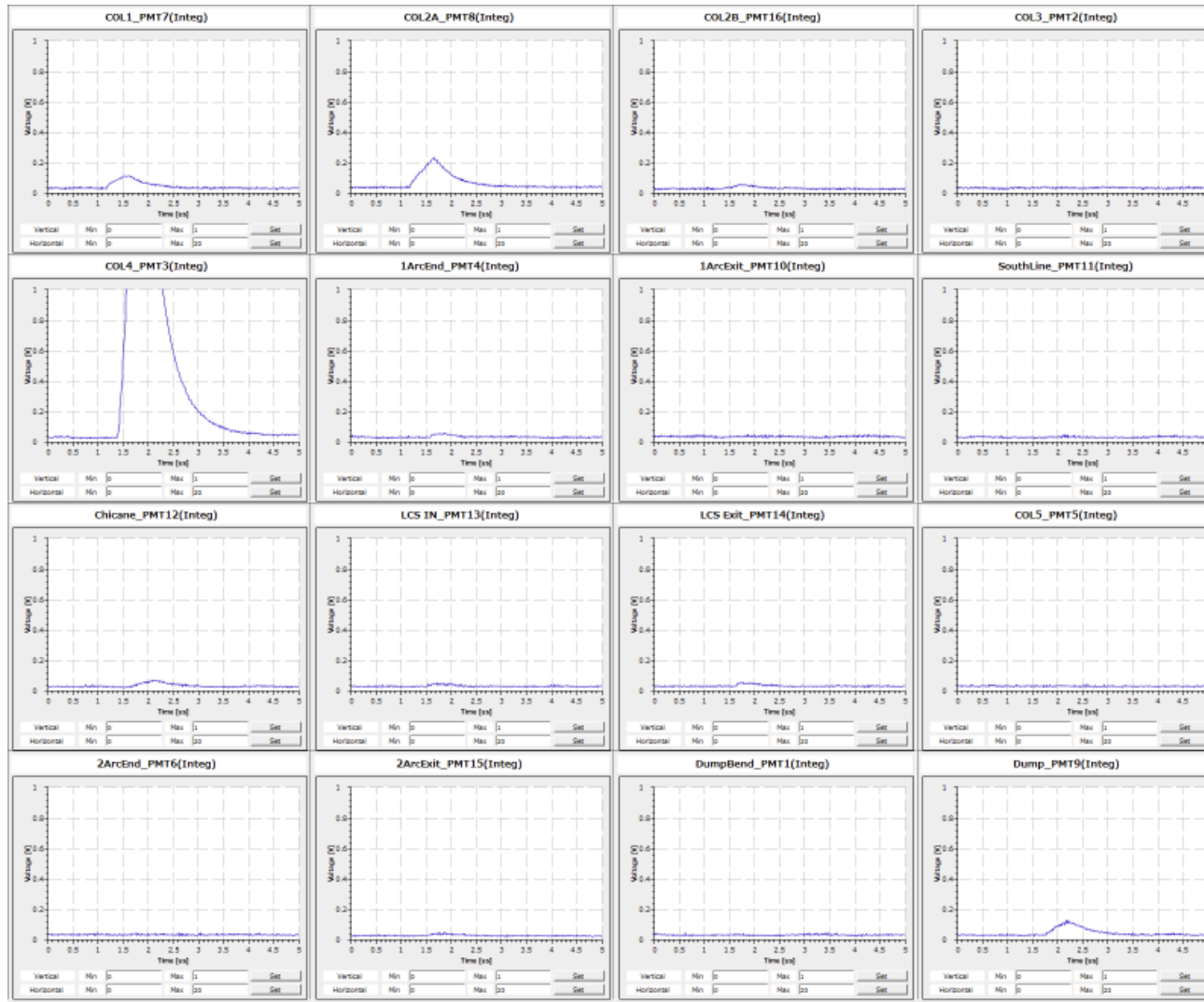
診断用PMT調整例

- 前頁の状態のとき：CircFC, AfterLCSでロス大きい
 - LCSのIP調整後にもう少し時間をとって調整する手法を確立する必要がある



調整例(ILK用PMT)

- COL 1 は許容範囲だが、COL2が少し大きめ。COL4はやりすぎ、ダンプも少し出ている、という状態



ビームロス測定・調整のまとめ（再掲）

- 1.3 GHzでのロス
 - 良い例 : 施設検査
 - 空洞 off center + COL1,2 で時間方向を空間方向に射影し、COL2で切る
 - 低エミッタンスを犠牲にしている。エミッタンス悪化の許容範囲？
 - 両立するパターンを見つけることができるか？調整時間が必要。
- 162 MHzでのロス
 - 入射空洞の中心を通しているときは、良い解が無かった
 - 空洞 off center + COL1,2,4 で許容できる運転パターンを確立
 - LCSのIP調整をした後でロスが大きく観測されることもあった
 - PMTでも見えるし、天井でも見える
 - イメージングのバックグラウンドに影響
 - もうすこしLCS後～第2アーク～ダンプのビーム調整手法を確立したい。スタディ時間が必要。
- 診断用ロスモニタの位置を変更（2/29(月)）以降、Burstで調整すればCWでの様子を推定できるようになった
 - 1.3GHzでは問題無かったが、162MHz/大電荷運転では Beam loading の効果を避けることが必要。バースト長を短くするしかない？
 - LCS後のオプティクス調整やロスモニタ増強など、10mAに向けての課題はある。
 - 安価なモニタをたくさん置く方向は良いと思う

backup

今期の運転 2016/2/15 - 3/31

	2月														3月																																			
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31				
イベント																																																		
トラブル							○立ち上げ						○事前検査																																					
Laser 繰り返し																																																		
CW用Laser位置																																																		
電子銃																																																		
主空洞電圧																																																		
運転																																																		

○立ち上げ

○パルスエージング

○事前検査

○施設検査

○パルスエージング ○パルスエージング

○冷凍機 ○電源故障

Laser 繰り返し ←1300 MHz

CW用Laser位置 ← (0, 0) (0, 0) → ← (0, 2000)

電子銃 ← 390 kV

主空洞電圧 ←10MV, 7MV

1300MHz → ←162 MHz

162 MHz →

← (-1500, 1500)

○カソード交換

390 kV → ←450kV

10MV, 7MV → ←8.5MV, 8.5MV

バンチ圧縮

CW 大バンチ電荷

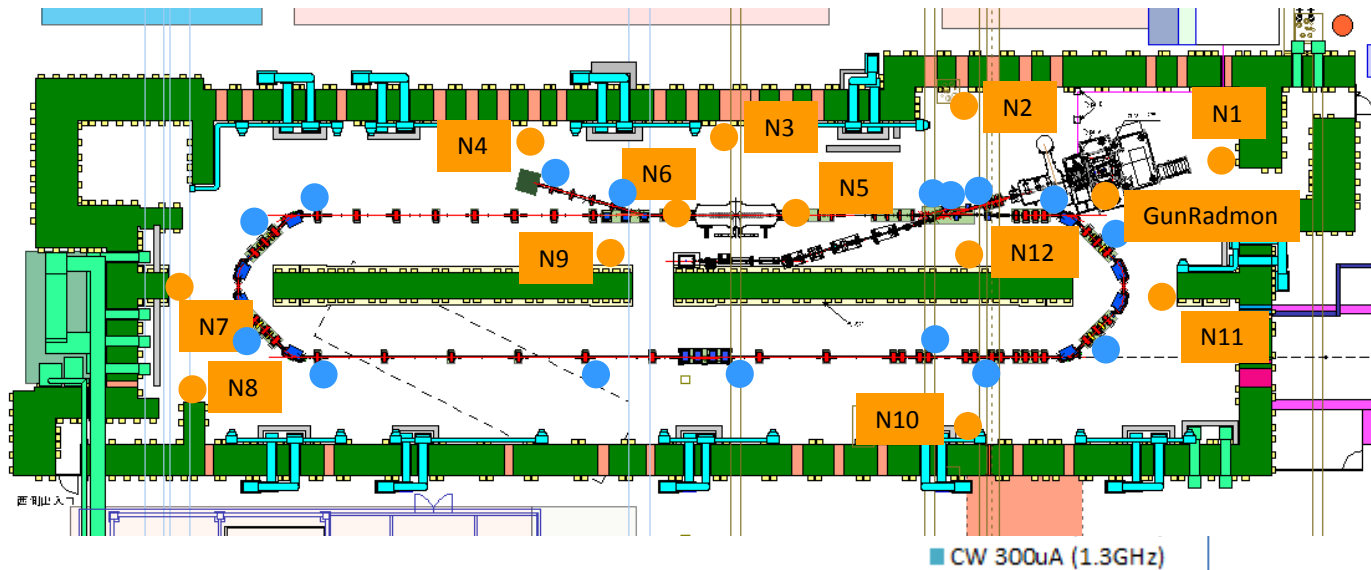
大バンチ電荷/LCS

メモ

- CircFC中壁や、ダンプ分岐中壁でレベル上昇する分には、調整用の閾値を上げてても問題無いだろう
- N02など、壁外に対しては少し注意が必要
- 今回、162MHz/高電荷/LCS 運転時にダンプ北壁のレベルが不安定になることがあった

GUN Radmon

- 電子銃横のRadMon位置は以下の通り



● 加速器室内ALOKAモニター

● 高速ロスモニター