

放射線遮蔽検討状況

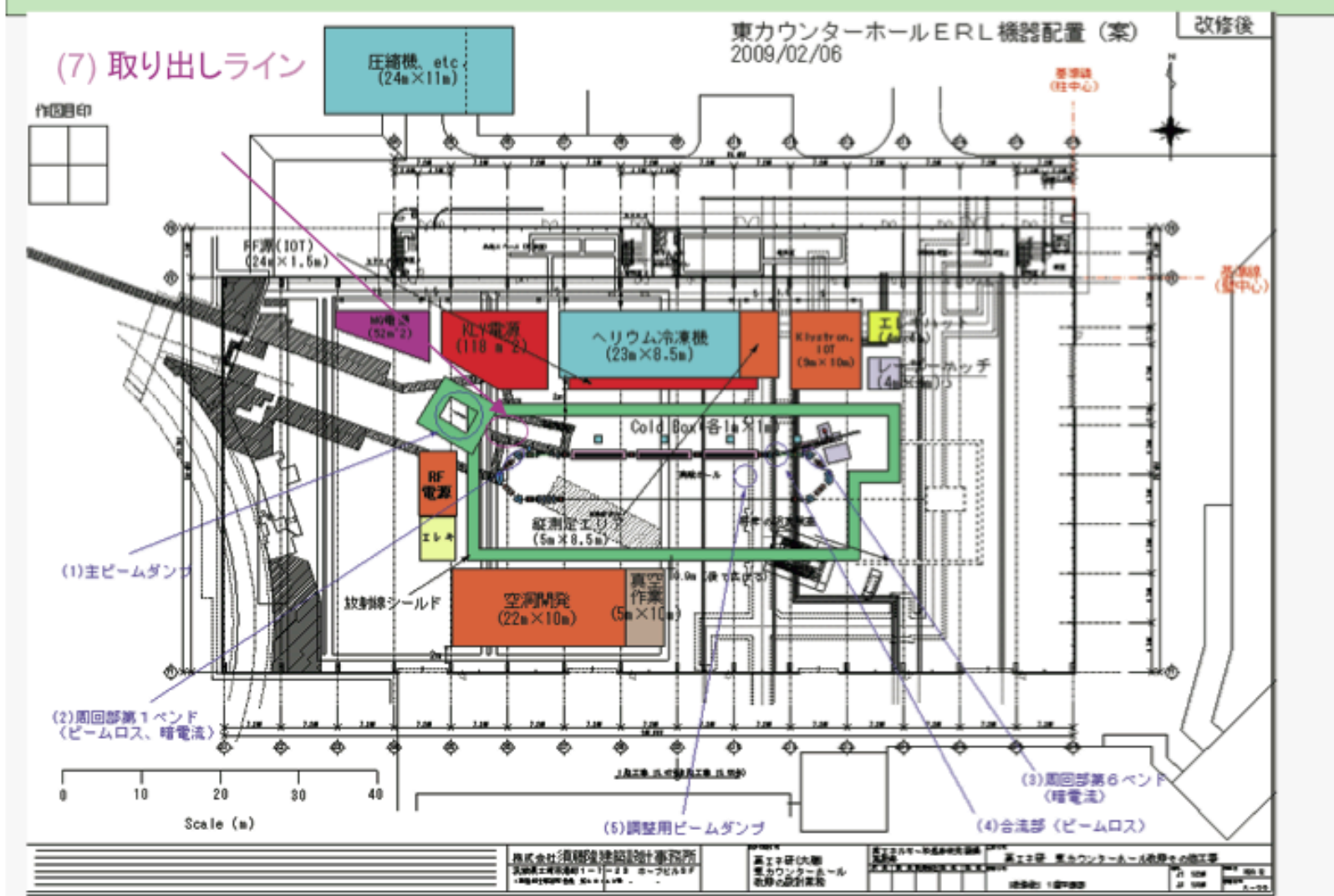
芳賀、佐々木、長橋、坂中

第31回ERL検討会(2009・04／01)

前回検討会からの経過

- 2月13日の関係者打合せの結果を受けて、
放射線遮蔽計算に必要なジオメトリーをまとめた。
(ビーム損失場所とターゲット材質と、遮蔽体までの距離、遮蔽体の大きさ・材質等のジオメトリ情報が必要。)
 - 式による評価(Excelワークシートあり)
 - 最後にシミュレーションによるチェック
- 放射線科学センターの佐々木さんに計算を依頼。
- 細かい条件変更の際の見積もりをこちら側でも可能なようにする準備。

ビーム損失の発生する主な場所(予想)

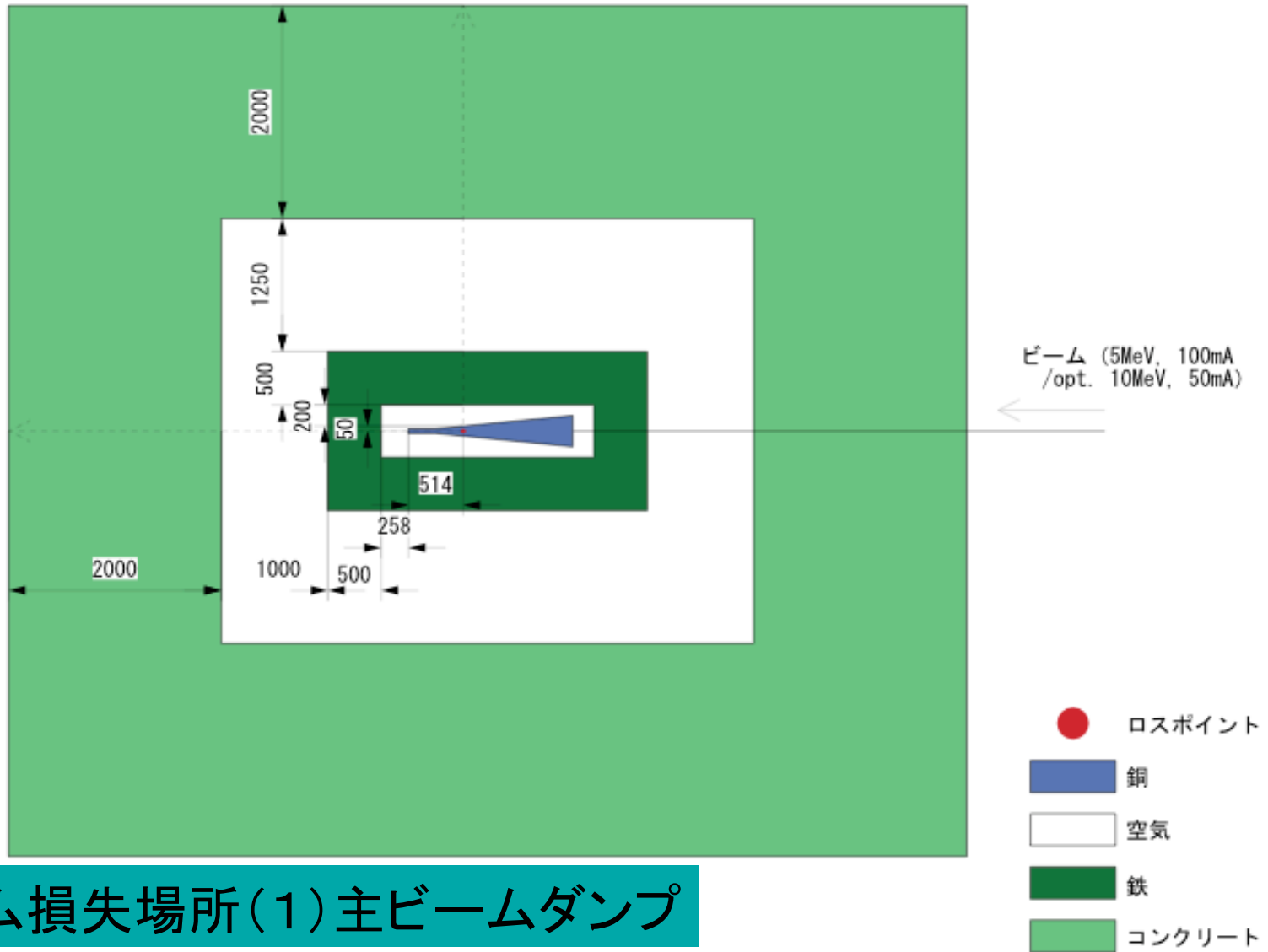


ビーム損失に関する仮定

2009/2/13 議論

	ビーム損失場所	ビーム損失量	備考
(1)	主ビームダンプ	5 MeV, 100 mA	オプション10 MeV.50 mA ダンプ、遮蔽体の構造・材質
(2)	周回部第1ベンド (ロス、暗電流)	E = 200 MeV I = 10 μ A	
(3)	周回部第6ベンド (暗電流)	E = 200 MeV I = 10 μ A	
(4)	合流部 (ロス、暗電流)	E = 10 MeV I = 10 μ A	
(5)	調整用ビームダンプ	E = 10 MeV I = 100 μ A	
(6)	全周ばらまき	E = 200 MeV I = 1 μ A	
(7)	取り出しライン途中	E = 5 MeV I = 10 μ A	後で追加

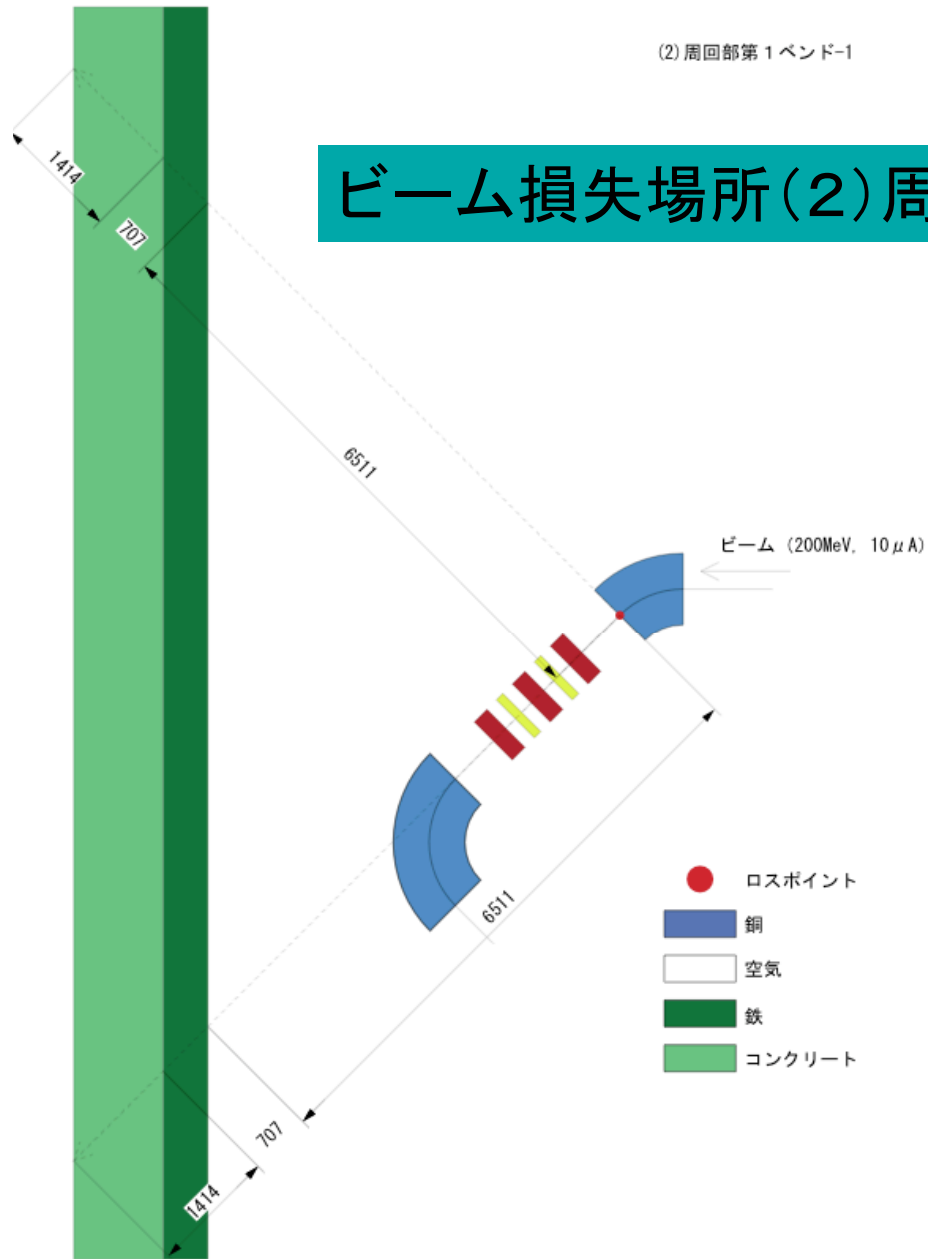
(1)主ビームダンプ



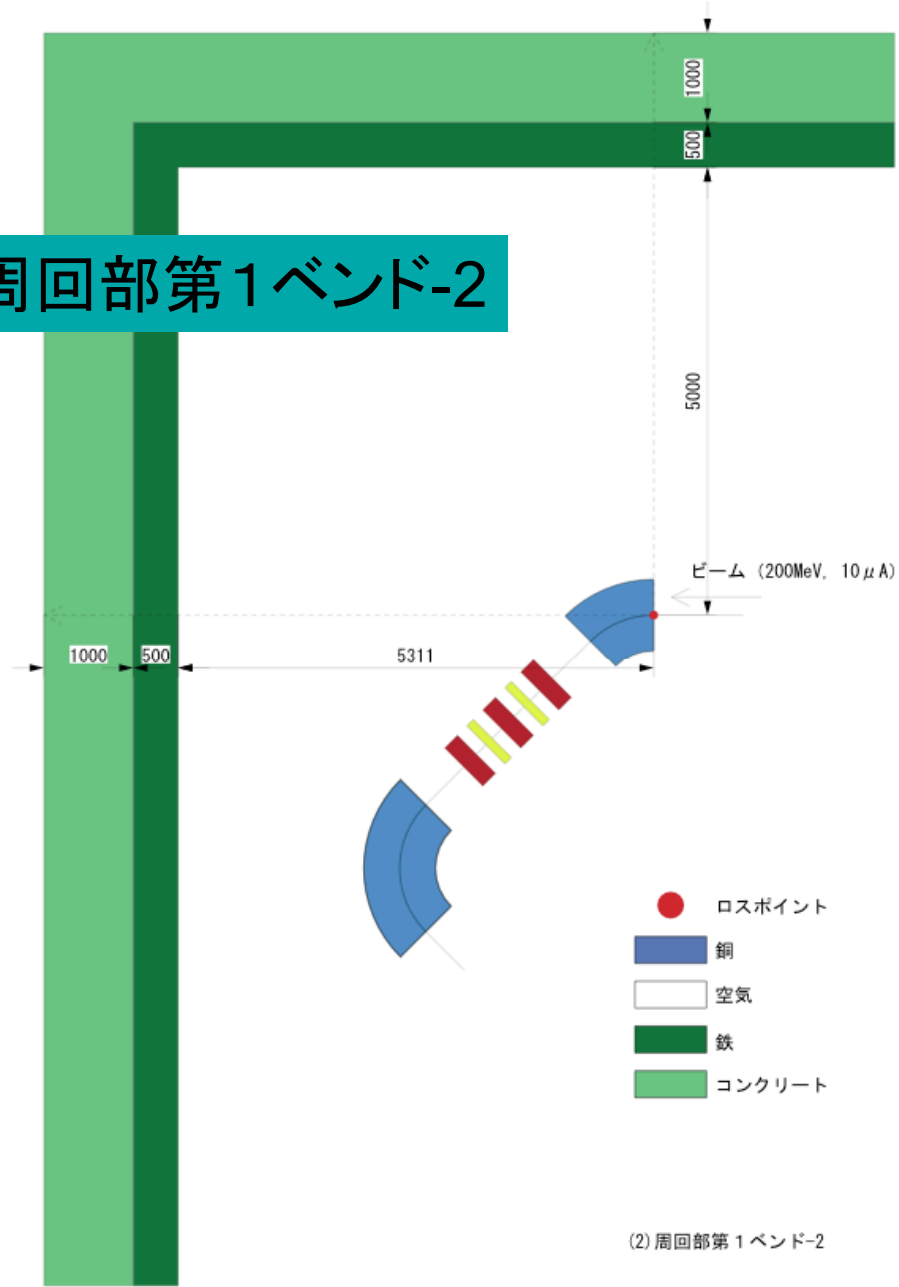
ビーム損失場所(1)主ビームダンプ

(2)周回部第1バンド-1

ビーム損失場所(2)周回部第1バンド-1



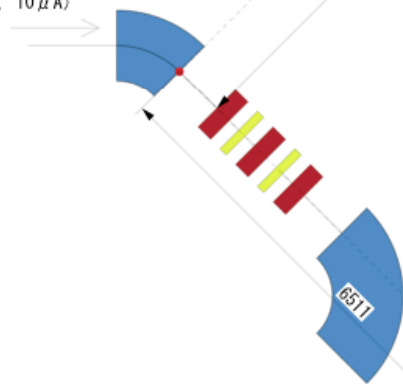
ビーム損失場所(2)周回部第1ベンド-2





(3) 周回部第6 ベンド-1

ビーム
(200MeV, 10 μ A)



ビーム損失場所(3) 周回部第6ベンド-1



- ロスポイント
- 銅
- 空気
- 鉄
- コンクリート

ビーム損失場所(3)周回部第6バンド-2

- ロスポイント
- 銅
- 空気
- 鉄
- コンクリート

ビーム
(200MeV, 10 μ A)

5000

1000

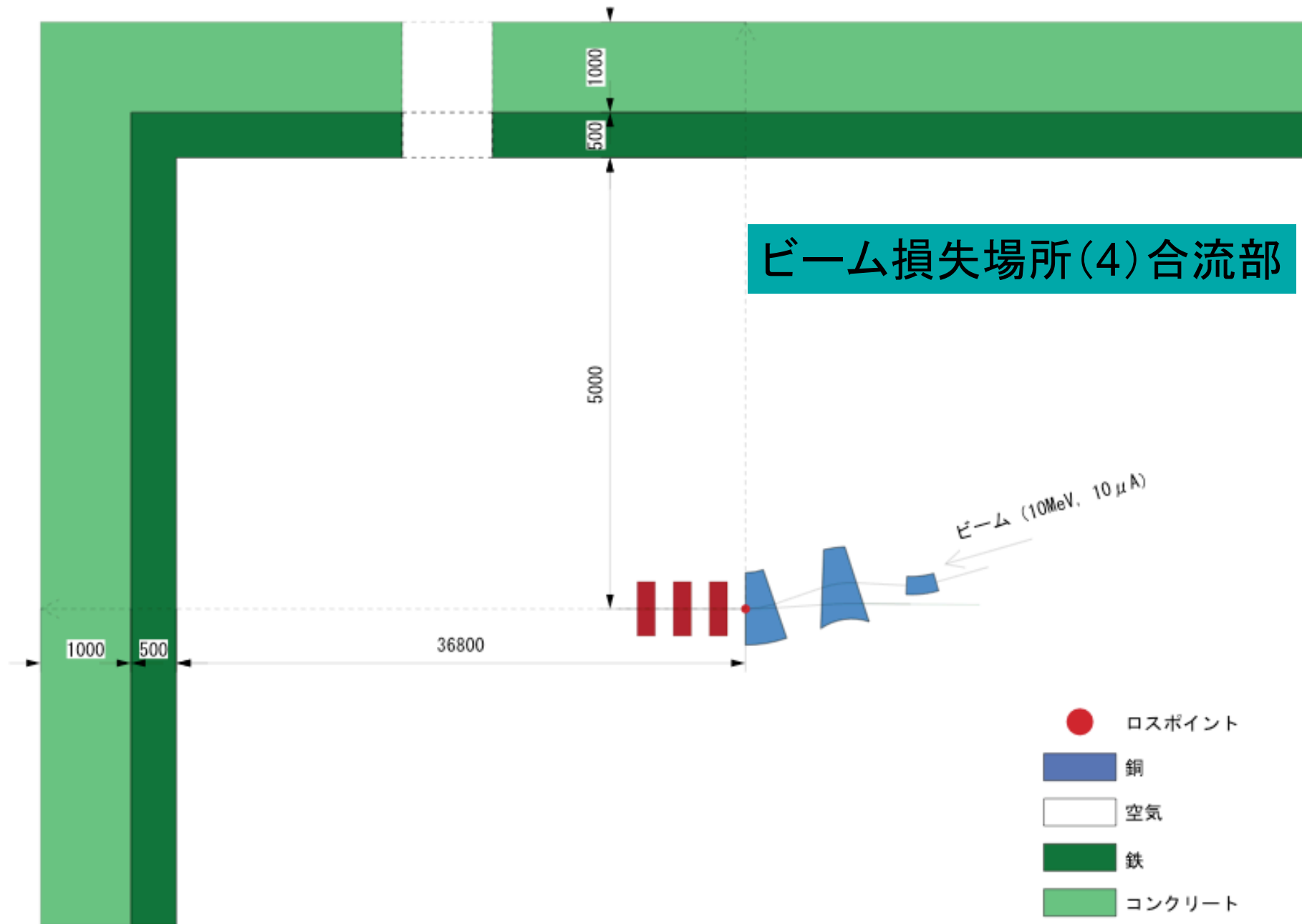
500

10311

500

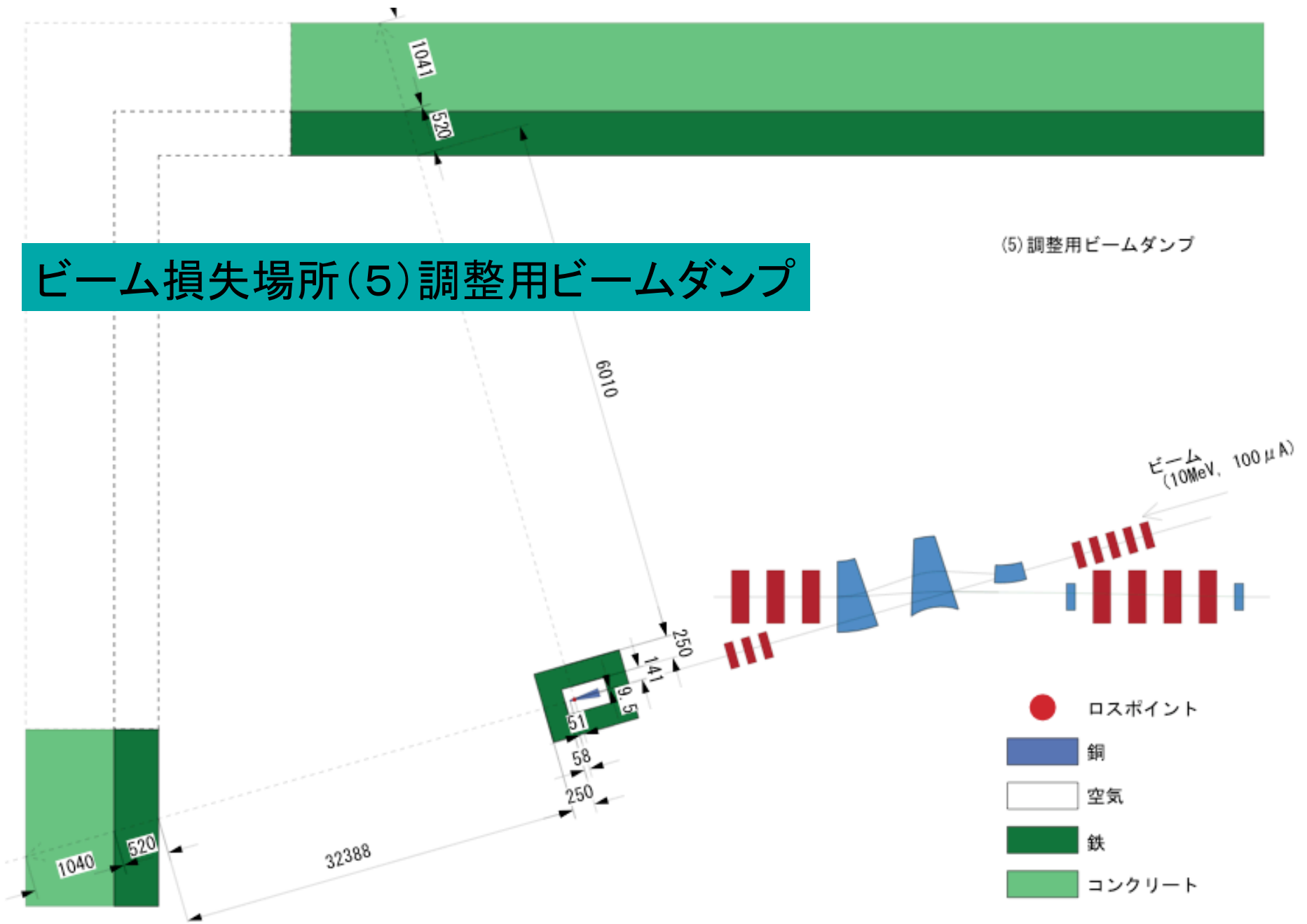
1000

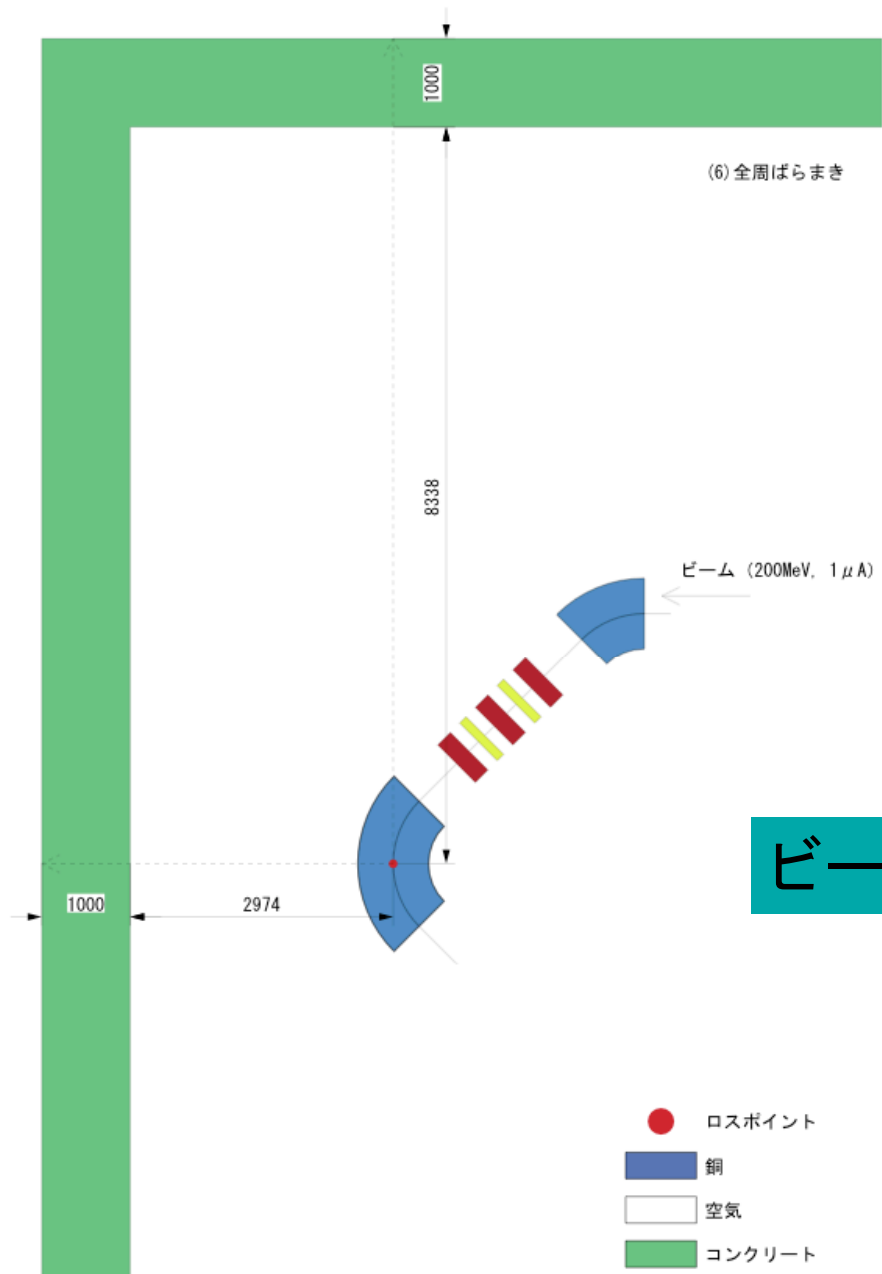
(3) 周回部第6バンド-2



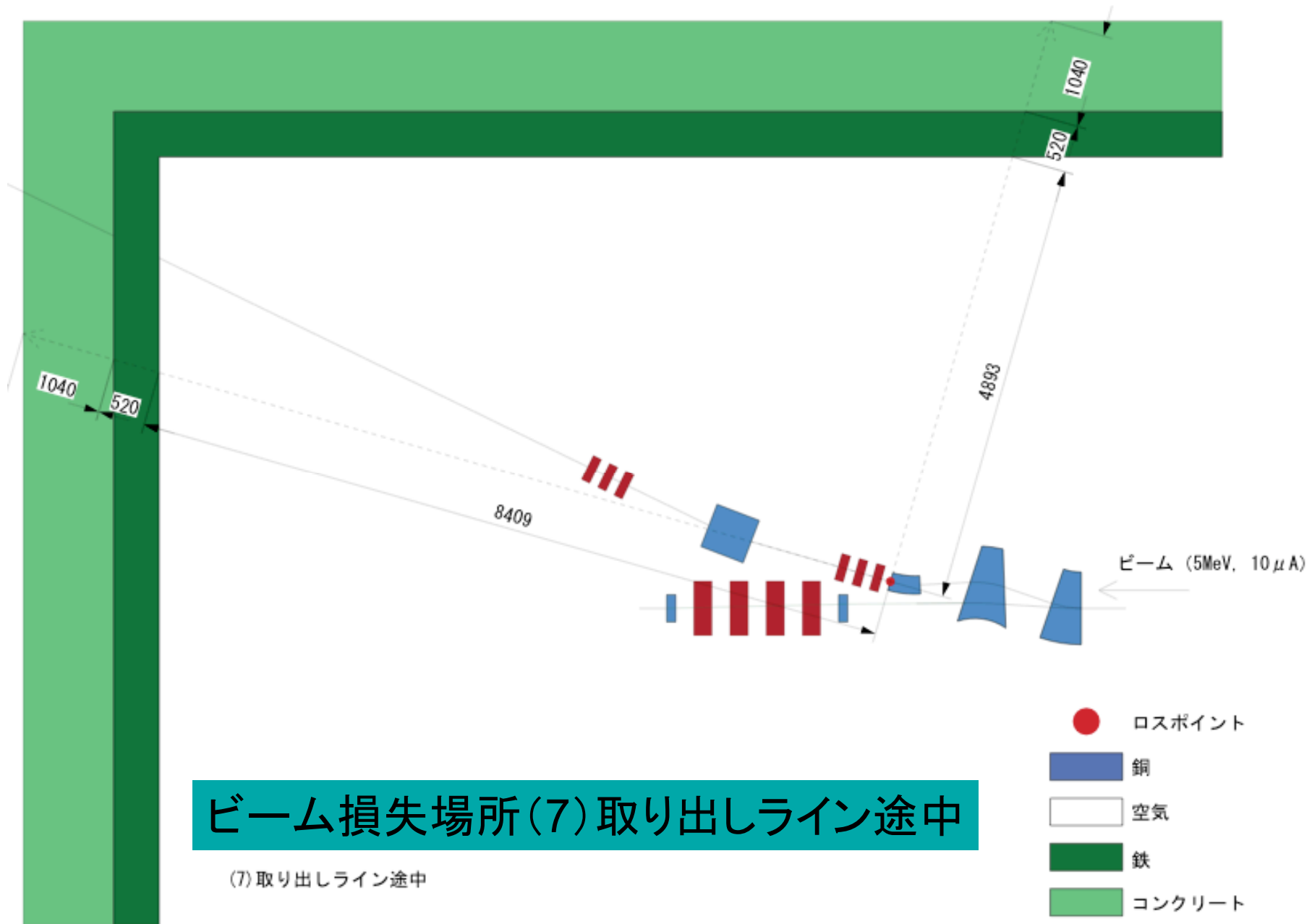
ビーム損失場所(5)調整用ビームダンプ

(5) 調整用ビームダンプ





ビーム損失場所(6)全周ばらまき



ビーム損失場所(7) 取り出しライン途中

(7) 取り出しライン途中

線量率の計算結果(途中)

線源点	評価点	距離(cm)	コンクリート厚(cm)	鉄厚(cm)	線量率(Sv/h)
主ビームダンプ	0°方向	427	200	101	6.45E-07
	90°方向	400	200	55	1.59E-07
周回部第1ベンド-1	0°方向	863	141	71	1.15E-05
	90°方向	863	141	71	5.38E-07
周回部第1ベンド-2	0°方向	681	100	50	4.13E-03
	90°方向	650	100	50	1.08E-05

注1) 主ビームダンプでの中性子の発生は無いと仮定した(銅の閾値は9.9MeV)

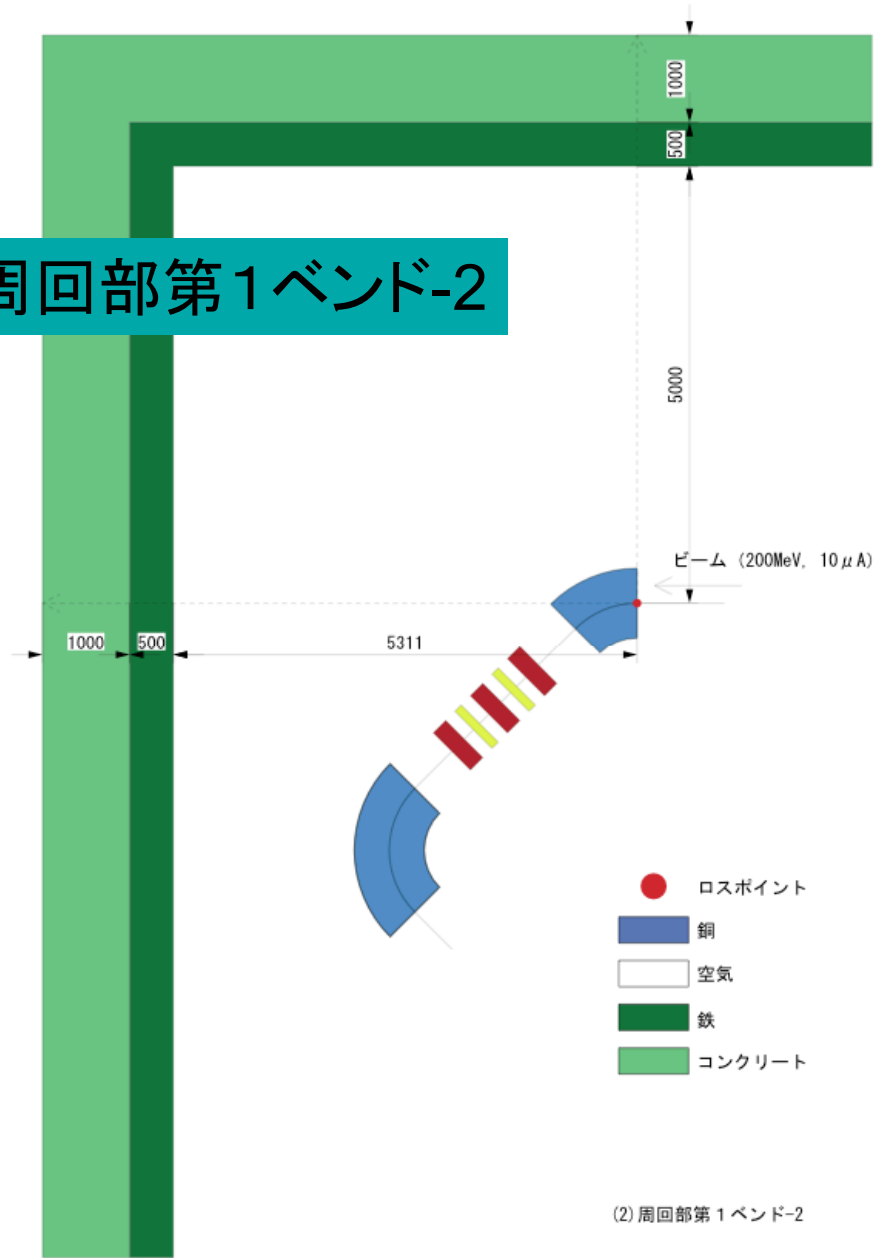
注2) 主ビームダンプでの銅の遮蔽は鉄として計算した(安全側)

コンクリート2m + 鉛 だと

線源点	評価点	距離 (cm)	コンクリート厚(cm)	鉄厚 (cm)	鉛厚 (cm)	線量率 (Sv/h)
周回部第 1ベンド-1	0°方向	863	141	71		1.15E-05
	0°方向	863	282	0	10	2.04E-05
	90°方向	863	141	71		5.38E-07
	90°方向	863	282	0	0	1,41E-06
周回部第 1ベンド-2	0°方向	681	100	50		4.13E-03
	90°方向	650	100	50		1.08E-05

ビーム損失場所(2)周回部第1バンド-2

0°方向



周回部第1バンドに鉛シールドを追加した場合

線源点	評価点	距離 (cm)	コンクリート厚(cm)	鉄厚 (cm)	鉛厚 (cm)	線量率 (Sv/h)
周回部 第1バンド-2	0°方向	681	100	50		4.13E-03
	0°方向	681	100	50	35	1.84E-05
	0°方向	681	130	50	20	1.70E-05
	0°方向	681	150	50	10	1.74E-05
	0°方向	681	200	0	40	1.94E-05
	90°方向	650	100	50		1.08E-05

まとめ

- 計算式によるバルク遮蔽の計算結果(一部)ができた。
コンクリート1m + 鉄50cm ならば充分遮蔽
コンクリート2m + 鉛10cm でも遮蔽可能
しかし一部箇所には鉛を追加の必要
- 今後予想される全ての損失場所での計算を進める。
- 次の段階
空気・冷却水の放射化見積り
スカイシャインの見積り
ビームダンプの検討・設計
加速器シールドの検討・設計

遮蔽設計計算法

Jenkinsの式

$$\begin{aligned} H(\text{total}) &= H(\text{neutron}) + H(\text{photon}) \\ &= H(\text{GR}) + H(\text{MID}) + H(\text{HE}) + H(\text{brems}) + H(\text{second}) \end{aligned}$$

H(GR): 巨大共鳴中性子成分

H(MID): 中間エネルギー中性子成分($25 < E < 100 \text{MeV}$)

H(HE): 高エネルギー中性子成分($E > 100 \text{MeV}$)

H(brems): ターゲットで発生した成分

H(second): 遮蔽体中で中性子により生成された二次光子成分

0°方向の計算はSakanoの式による

Jenkinsの式

$$\begin{aligned} H(\text{total}) &= H(\text{neutron}) + H(\text{photon}) \\ &= H(\text{GR}) + H(\text{MID}) + H(\text{HE}) + H(\text{brems}) + H(\text{second}) \\ &= JE_0 (\sin\theta / r)^2 [Q_H e^{-d / \lambda_1 \sin\theta} / (1 - 0.72 \cos\theta)^2 \\ &\quad + Q_M e^{-d / \lambda_2 \sin\theta} / (1 - 0.75 \cos\theta)^2 \\ &\quad + 3.79 \times 10^{-13} Z^{0.73} e^{-d / \lambda_3 \sin\theta}] \\ &\quad + J \cdot 10^{-13} \cdot E_0 (\sin\theta / r)^2 [133 e^{-\mu d / \sin\theta} / (1 - 0.98 \cos\theta)^{1.2} \\ &\quad + 0.26 e^{-d / \lambda_1 \sin\theta} / (1 - 0.72 \cos\theta)^2] \end{aligned}$$