

# KEKにおけるクリアランスへの取り組み —放射化物の事前評価—

平成22年6月30日

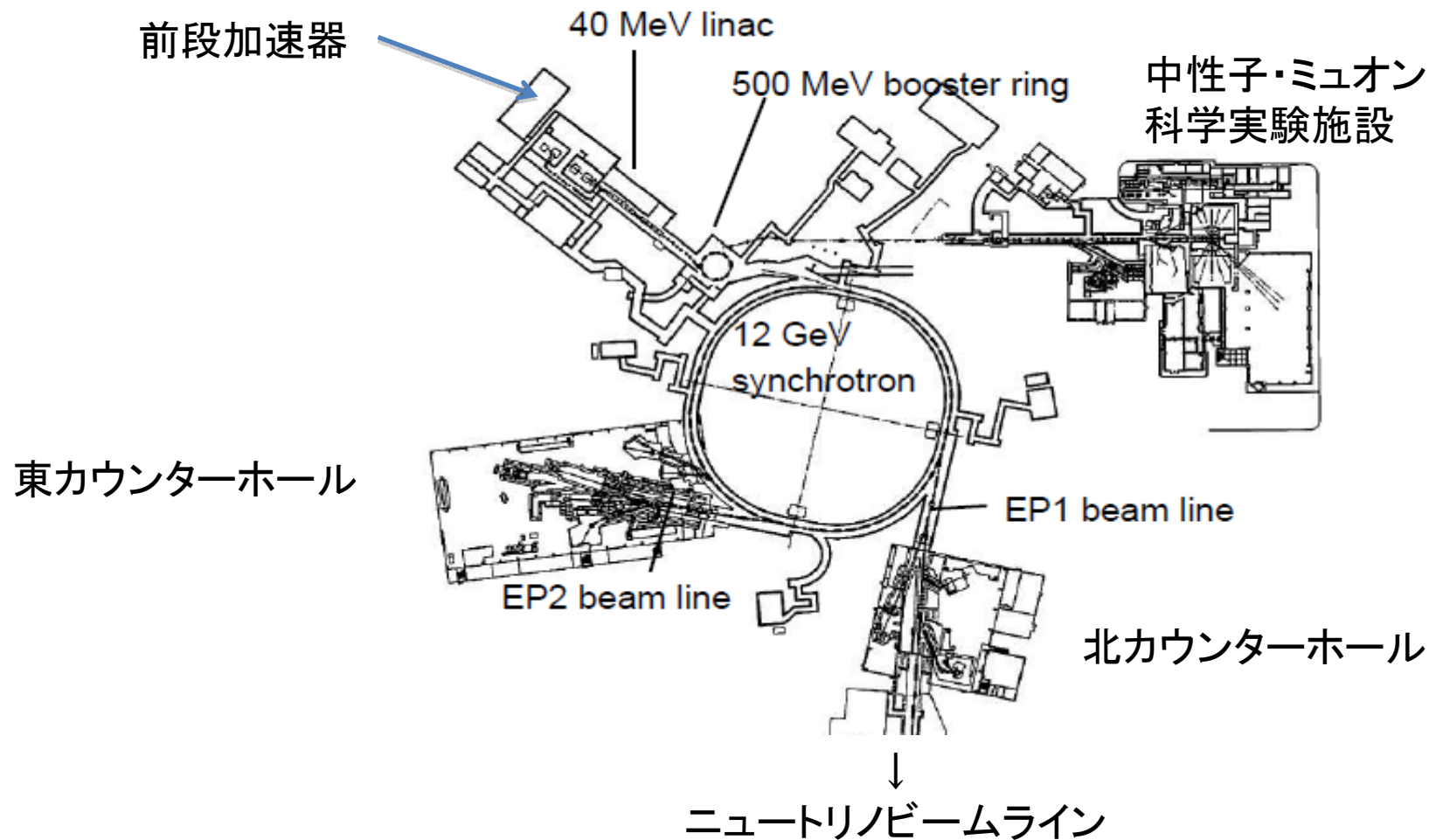


高エネルギー加速器研究機構

# はじめに

- 高エネルギー加速器研究機構では、2007年3月に12GeV陽子シンクロトン施設(図1)が共同利用を停止した。
- 電子陽電子衝突型加速器KEKBを停止し、スーパーKEKBへ改造しようという計画が進んでいる。
- このため、施設毎に、再利用計画を立てるとともに、撤去物に対して放射化物量の評価と廃止手順の検討を進めている
- 上記2つの事例を紹介する

# 12GeV陽子シンクロトロン(PS)施設



# PS施設の再利用計画

- 前段加速器:使用中(炭素薄膜の照射実験)
- 40MeVリニアック:廃止
- 500MeVブースターシンクロトロン:再利用(重イオン加速のためのデジタル加速器に変更申請)
- 12GeV陽子シンクロトロン:廃止(電磁石の一部譲渡)
- 中性子・ミュオン施設:廃止(実験設備の一部譲渡)
- 東カウンターホール:再利用(エネルギー回収型リニアック)
- 北カウンターホール:再利用?
- ニュートリノビームライン:廃止(電磁石の一部譲渡)

# JPARCでの再使用

- 東カウンターホール、ニュートリノビームラインからの遮蔽体、電磁石をJPARCで再使用

	電磁石(ton)	鉄ブロック(ton)	コンクリート(ton)
低レベル	450	150	1000
クリアランス	0	300	3000
非放射性	0	1000	5000
合計	450	1450	9000



# JPARCの実験ホールコンクリート遮蔽



# 試料採取

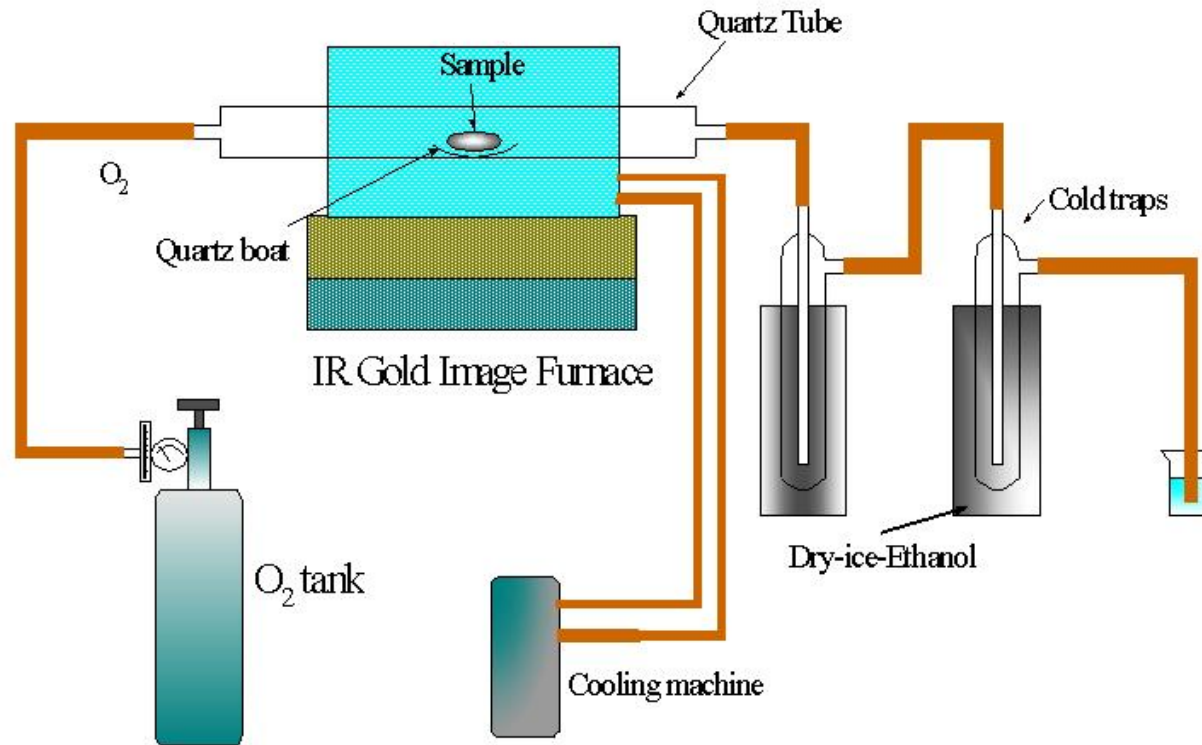




# ガンマ線放出核種の分析の自動化



# トリチウム分離

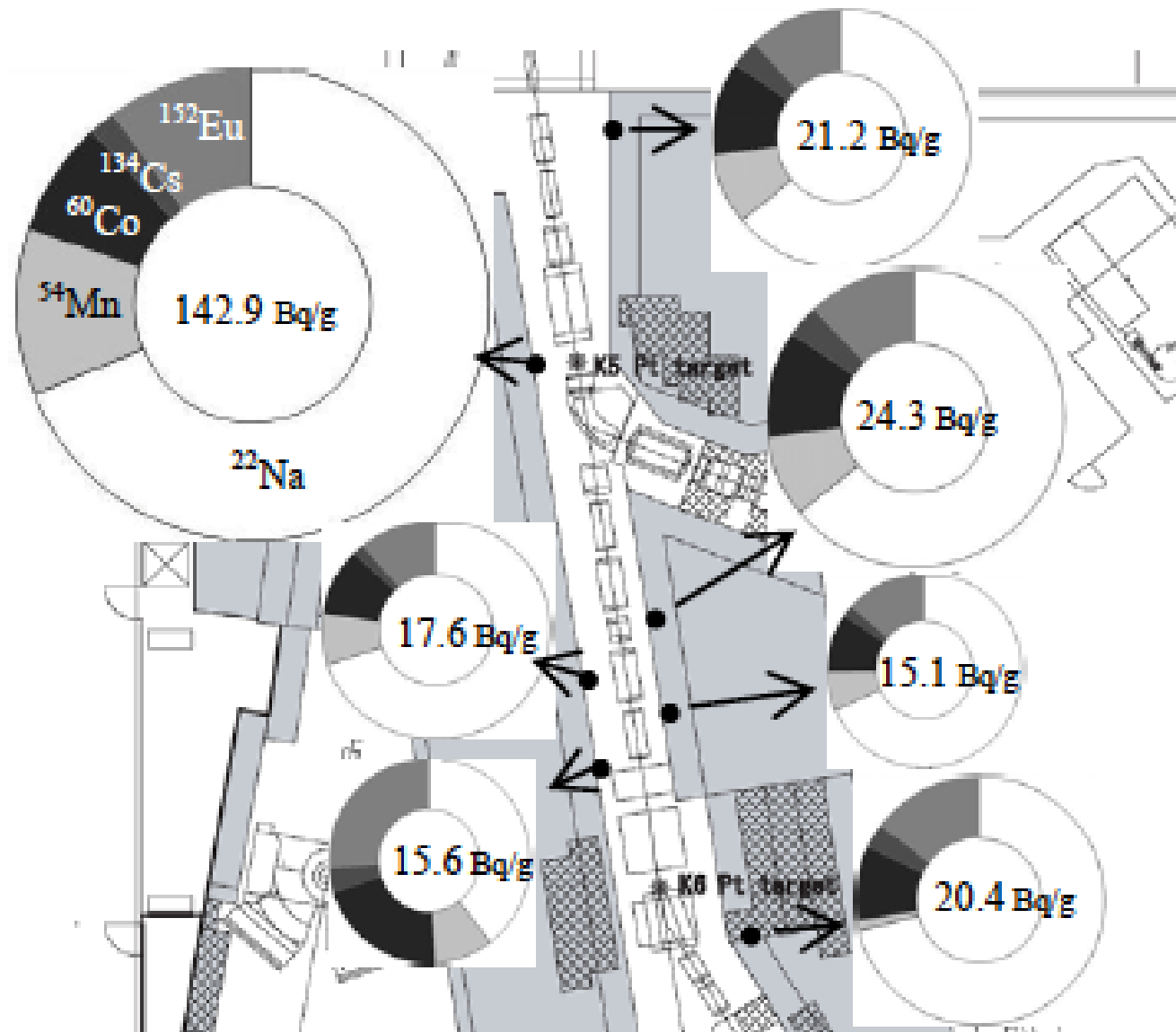


赤外線加熱により試料からの迅速で完全な回収を達成

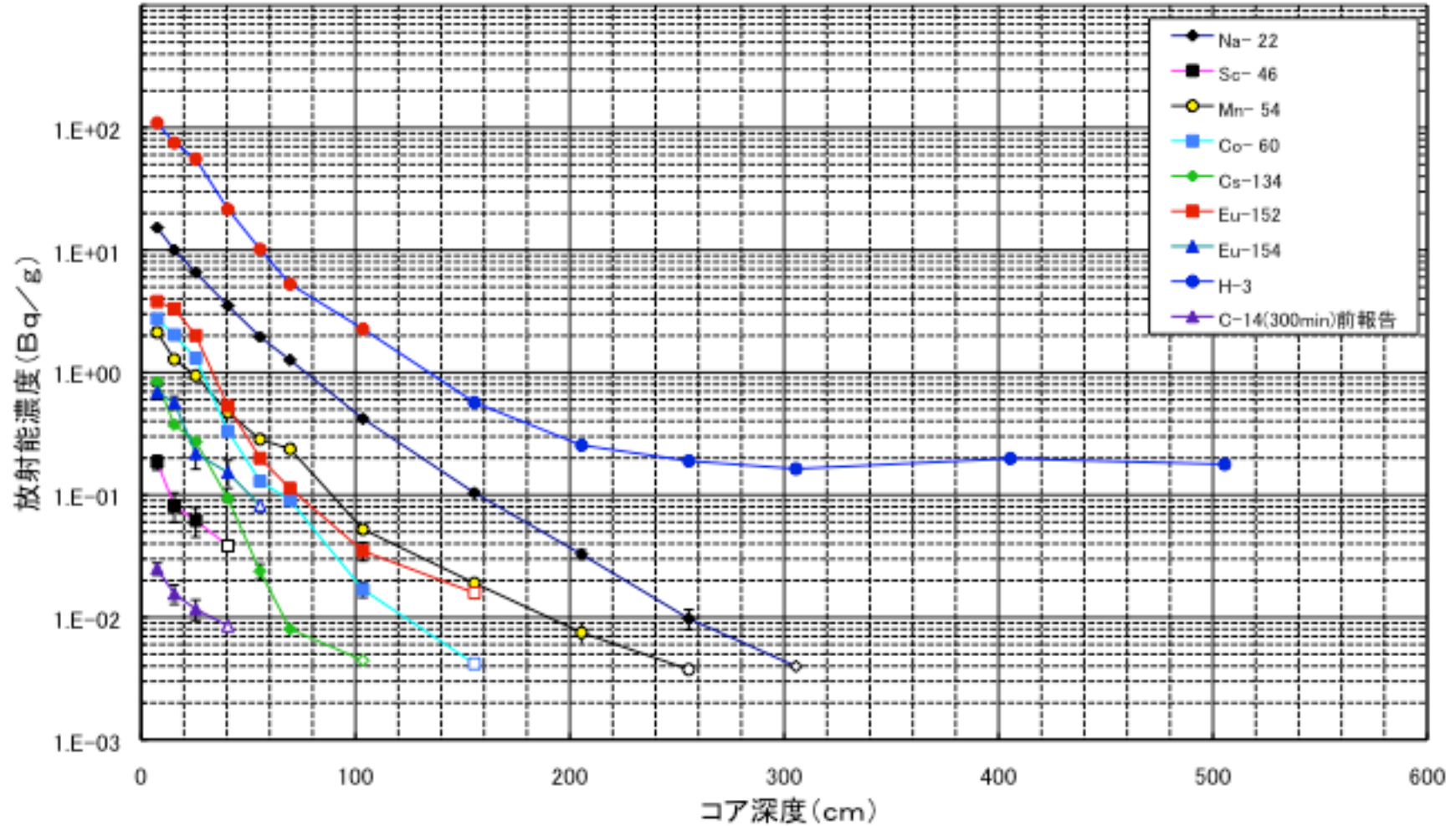
# Cl-36 加速器質量分析 (AMS)

- 中性子捕獲断面積は $1/v$ 則に従う  $\Rightarrow$  熱中性子フルエンスのモニターに適している
- AMS  $\Rightarrow$   $^{36}\text{Cl}/^{35}\text{Cl}$   $\Rightarrow$  直接比放射能が測定可能
- 長寿命である ( $3.01 \times 10^5$  y)  $\Rightarrow$  事業所の運転開始からの長期間の記録
- 一部を回収分離するだけで良い
- コンクリートからの塩素の分離精製法を確立
- 筑波大学加速器センターを利用

# 表層での核種の生成量と比率



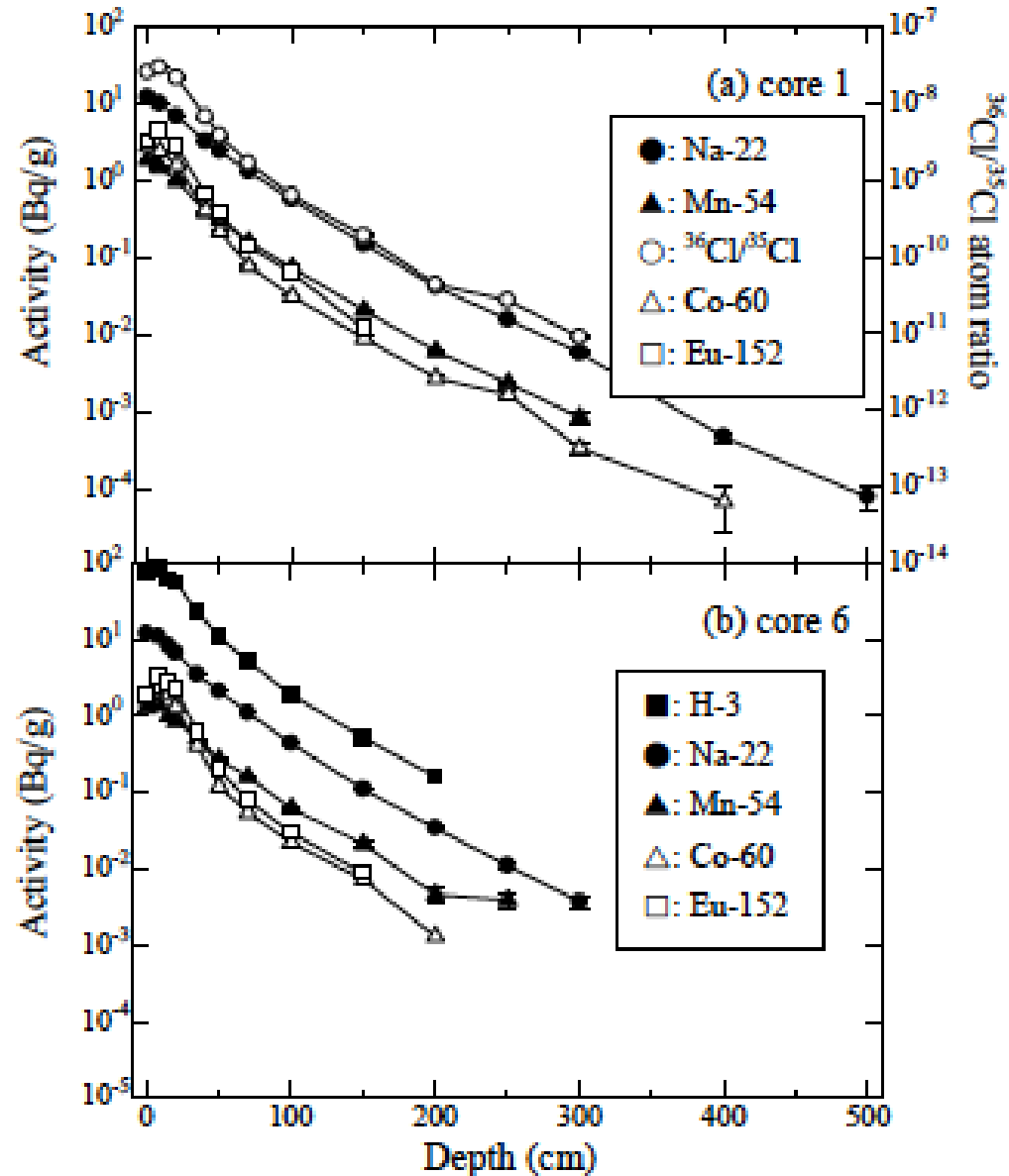
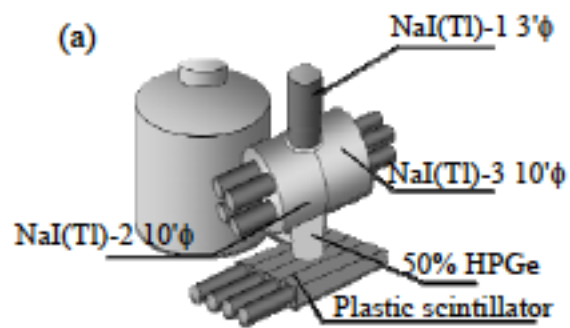
# ボーリング結果の一例 (放射性核種の深度分布)



# ボーリング結果(続き)

(1)AMSによるCl-36の分析

(2)同時計数法による微弱放射能の測定  
 $10^{-4}$ Bq/gの検出



# 採取コンクリートの組成分析結果

含水率7%、密度 2.33 g/cm<sup>3</sup>

H (0.70%), C (5.19%), O (25.30%), Na (1.33%),  
Mg (1.00%), Al (10.21%), Si (35.49%), S (0.58%),  
Cl ( $40 \times 10^{-3}$ %), K (2.29%), Ca (13.23 %),  
Fe (4.52%),  
Co (8.8ppm), Cs (4.1ppm), Eu (0.75ppm)

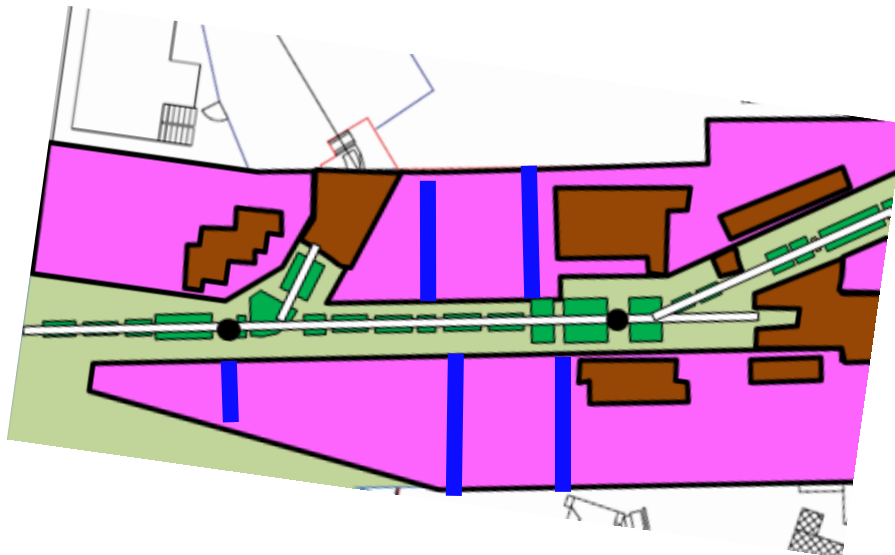
# モンテカルロ計算

遮蔽体構造、電磁石配置のモデリング

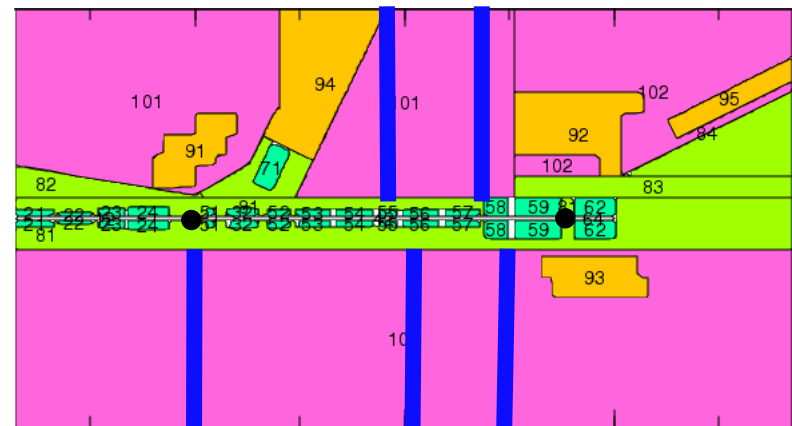
過去の照射履歴の収集

- ターゲット(材質、厚み)、運転履歴(ビーム強度、運転時間)

平面図

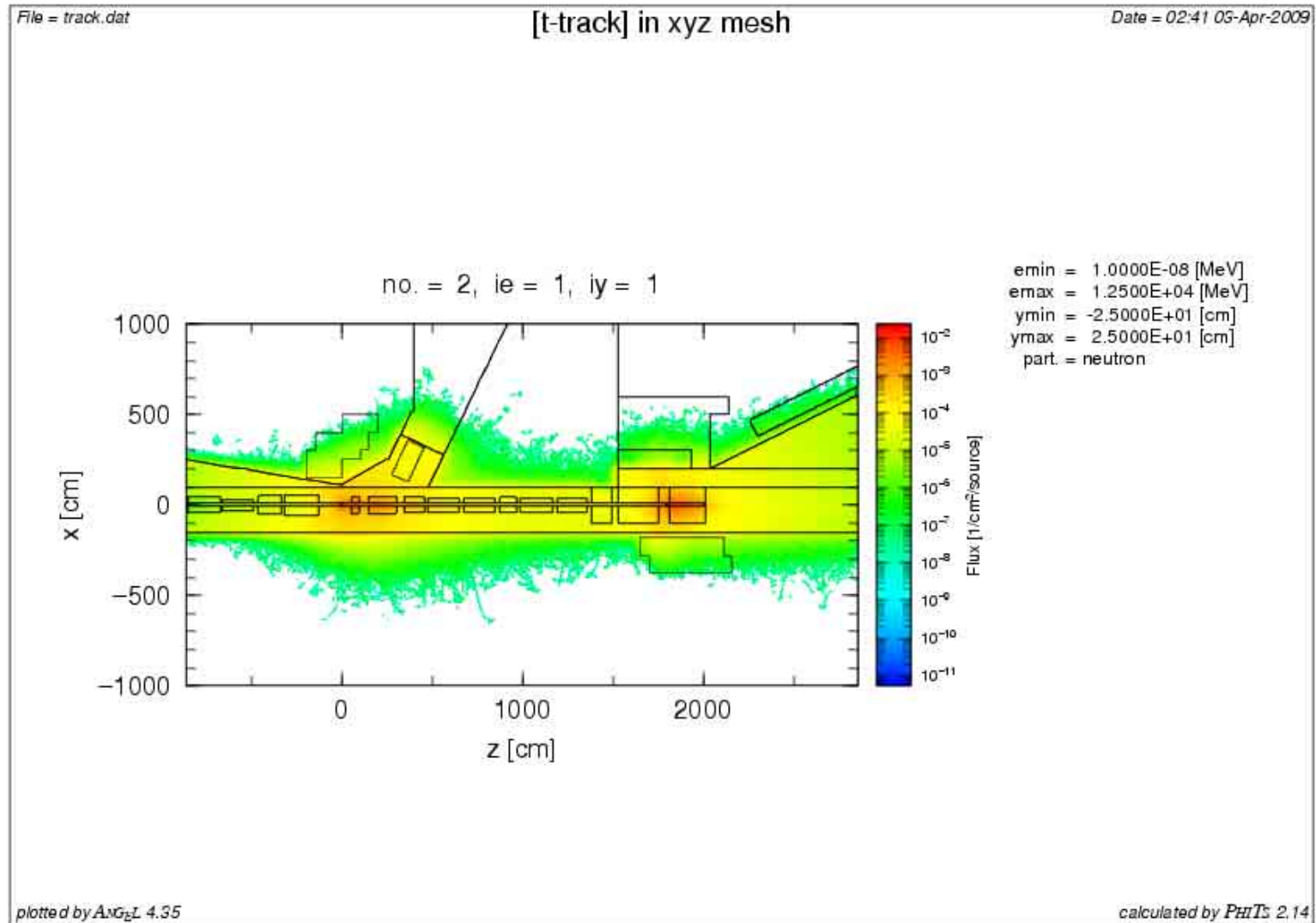


計算用モデル

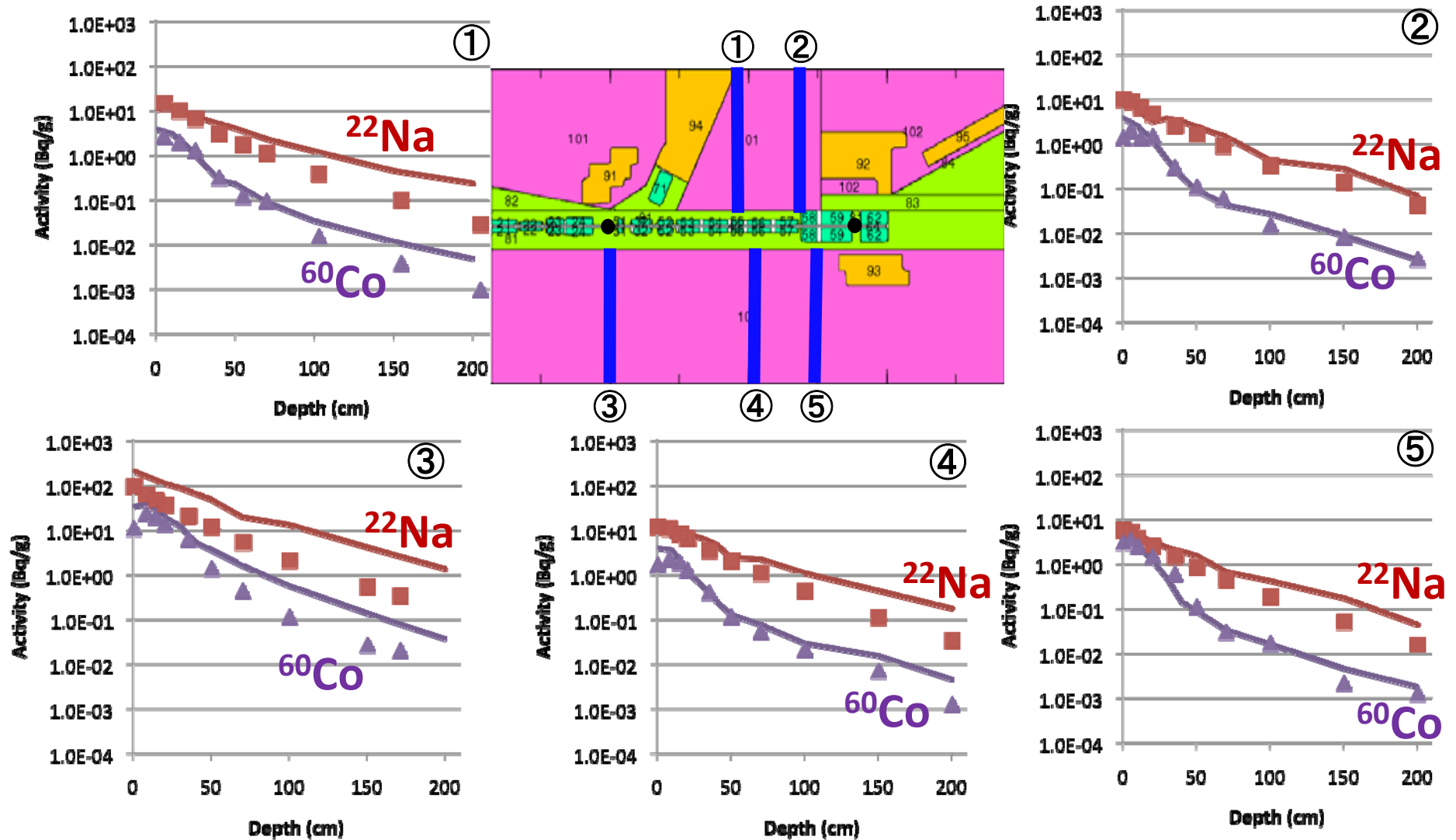




# 発生中性子の空間分布計算



# 計算と実測の比較例



# 実測と計算

- PHITSコードでの輸送計算と引き続く放射化計算の結果はほぼ実測値を再現している
- コンクリート遮蔽体の放射化状況の把握が可能
- 主要核種 : Na-22、Co-60、Eu-152
- 表層から2mでクリアランスレベルを下回る

# 放射線管理方針

## ○機器の選定

- ・コンクリートの解体時に粉塵をなるべく出さないものとする。
- ・工期、コストを考慮する。

## ○粉塵防護

- ・施設内の空調設備に負荷がかからないように、粉塵が舞わないよう局所的にハウスを作成する。
- ・ハウス内は粉塵回収のため給排風機装置を設ける。
- ・粉塵防爆の適用。

## ○解体時使用排水処理

- ・解体に必要な（機器から出る）水の回収、処理を行う。
- ・地下ピットに水が流れ出さないよう床処理を行う。

## ○放射化物の取扱い

- ・コンクリートは1～2立米程度のブロックとする。
- ・コンテナは施設内に区画し仮置きする。

## ○非放射化物の取扱い

- ・放射化していないコンクリート、鉄筋等は建屋外へ搬出し、事業所内に集積する。

## ○放射線防護

- ・従事者に対する内外被ばく防護、防護装備
- ・グリーンハウス、チェンジングスペースの作成

# 工法の検討

手順: 作業エリアの確保のため遮蔽体の外側から非放射化部を先に除去、周囲に安全設備を整えてから放射化部にとりかかる

## ①ワイヤーソー使用

- ・全てのコンクリートをワイヤーソーで切り出す
- ・遮蔽ブロックとして再利用可能とする
- ・鉄シールド周辺部のみ重機にて解体する
- ・課題: 切削水の処理、コンクリートノコの回収

## ②ワイヤーソー＋重機

- ・非放射化部: 静的破砕材＋重機
- ・路盤材としての再利用、再ブロック化
- ・放射化部: ワイヤーソーでブロック状に切り出す
- ・課題: 粉塵対策

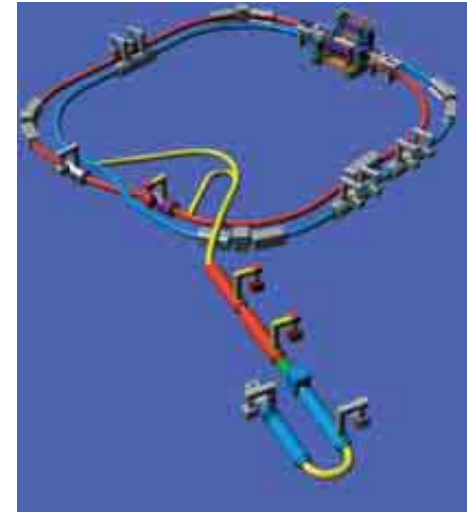
# 物量見積(8ヶ所に区分)

	①上部非放射化RC			②下部非放射化RC			③下部放射化RC			④鉄シールド(工事部分)		
	S (m <sup>2</sup> )	H (m)	V (m <sup>3</sup> )	S (m <sup>2</sup> )	H (m)	V (m <sup>3</sup> )	S (m <sup>2</sup> )	H (m)	V (m <sup>3</sup> )	S (m <sup>2</sup> )	H (m)	V (m <sup>3</sup> )
シールド(1)	51.5	5	257.5	39.9	2.5	99.75	20.3	2.5	50.75	9.1	2.5	22.75
シールド(2)	37.6	5	188	29	2.5	72.5	20.3	2.5	50.75	0	0	0
シールド(3)	31.9	5	159.5	14.9	2.5	37.25	2.2	2.5	5.5	17.1	2.5	42.75
シールド(4)	29.4	5	147	36.3	2.5	90.75	0.9	2.5	2.25	6	2.5	15
シールド(5)	10.7	5	53.5	12.3	2.5	30.75	15.8	2.5	39.5	0	0	0
シールド(6)	23.5	5	117.5	0	0	0	0	0	0	23.5	2.5	58.75
シールド(7)	138.8	5	694	103.3	2.5	258.25	89.8	2.5	224.5	12.1	2.5	30.25
シールド(8)	67.6	5	338	59.3	2.5	148.25	16.6	2.5	41.5	0	0	0
計 m3			1,955.0			737.5			414.8			169.5
重量 t			4,496.5			1,696.3			954.1			389.9

# KEKB加速器

- 1994:建設開始 ⇨ 1999:実験開始
- 地下12mの直径1kmのトンネルに2台のシンクロトロンを設置
- LER:3.5GeV陽電子、HER:8GeV 電子
- H21年度で共同利用を停止
- H24年度 Super-KEKBの完成を目指して、設計を進める
- 今年度から、保管場所の検討や入射器の改造(ダンプングリングの建設)に向けて準備を始める

# KEKB加速器施設





# 手順

- 機器利用方針の決定
  - 放射化物か非放射化物？
  - 廃棄か再使用か？
- 物量評価
  - 上記4区分にしたがって物量を明確にする
- 保管場所確保
  - 変更申請(従来の建屋利用を原則)

# 真空チェンバーの物量

- 真空チェンバーの長さは、HERとLERでそれぞれ3km (総重量約300トン)
- 明らかに放射化物として保管管理するものとしては5%程度
- 約半分弱が一般物品(放射化が認められない)
- 明らかに放射化物として保管管理するものとしては5%程度

非放射化(%)	クリアランス相当物(%)	低レベル放射化物(%)
44	51	5
非放射化(ton)	クリアランス相当物(ton)	低レベル放射化物(ton)
132	154	15

# 電磁石

- B磁石はHERでは10トン、LERでは2.7トン
- Q磁石はHERでは4トン、LERでは1.5トン
- S磁石はHERでは1トン、LERでは0.7トン程度
- ZH磁石、ZV磁石は0.1トン程度
- HERで約6000トン、LERで1700トン程度となる。

非放射化物 (台数)	クリアランス相当物 (台数)	低レベル放射化物 (台数)
2167	1124	84
非放射化(ton)	クリアランス相当物(ton)	低レベル放射化物(ton)
4199	3150	205

# その他

- 今後の利用方針によっては、ビームモニタ、真空ポンプ、冷却水配管、電源ケーブルなどについても評価を進める必要がある。
- 場合によっては、クレーン、照明、放送などの設備も考慮する必要がある

# 測定手法の確立

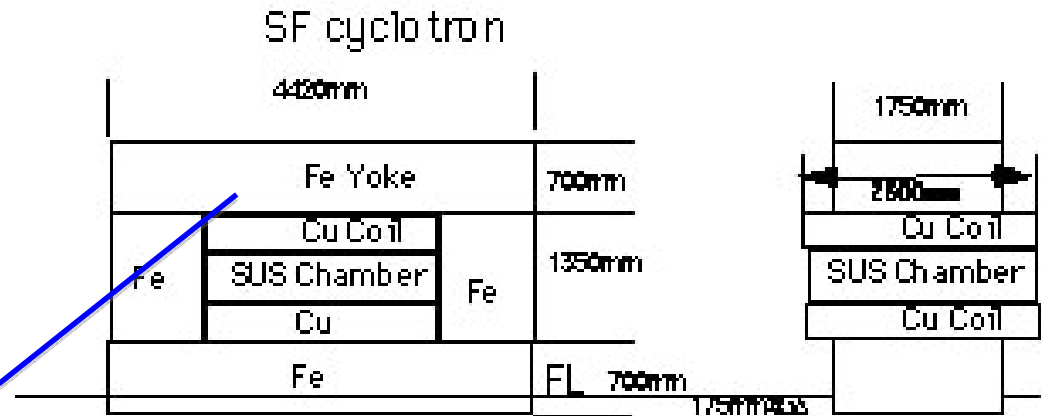
鉄ブロックの測定例



計算結果と採取試料のCo-60の測定結果、D製造会社の値を比較

	D社	削り試料	ISOCS
試料1	6.9Bq/g	4.7Bq/g	<u>4.7Bq/g</u>
試料2	1.4Bq/g	1.5Bq/g	<u>1.6Bq/g</u>
試料3	2.4Bq/g	1.6Bq/g	<u>2.7Bq/g</u>

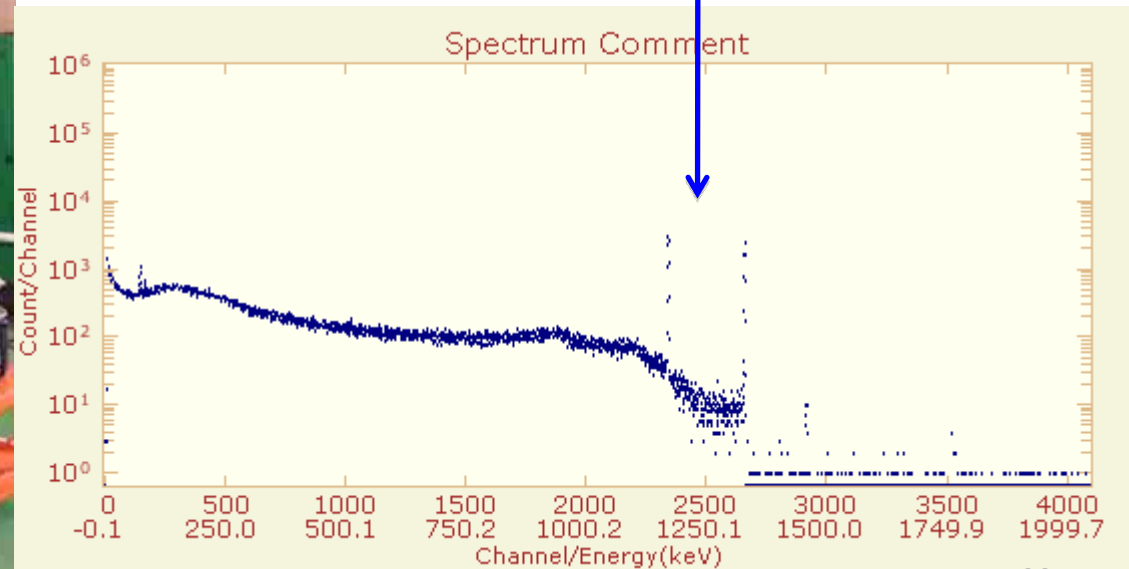
# サイクロトロン 鉄ヨークの 測定例



Ge検出器



Co-60のみ検出(推定値:0.04Bq/g)



# ビームパイプの測定例



# 放射能測定結果の例

測定物品	測定箇所番号	表面10cmでの線量率 ( $\mu$ Sv/h)	放射化物区分	材質	計測時間(sec)	指標核種の放射能濃度 (Bq/g)	
						[検出限界濃度 (Bq/g)]	
						Co-60	Mn-54
LER 真空チェンバー	L-0442	0.064	一般物品	銅	3600	検出限界以下	—
HER B 磁石 及び真空チェンバー	H-1627	0.069	一般物品	鉄 及び銅	3600	検出限界以下	検出限界以下
HER B 磁石 及び真空チェンバー	H-1711	0.090	放射化物 (灰色)	鉄 及び銅	3600	検出限界以下	$1.5 \times 10^{-4}$ [ $1.1 \times 10^{-4}$ ]
LER 真空チェンバー	L-0327	0.097	放射化物 (灰色)	銅	3600	$7.4 \times 10^{-2}$ [ $5.4 \times 10^{-3}$ ]	—
HER B 磁石 及び真空チェンバー	H-2049	0.125	放射化物 (灰色)	鉄 及び銅	900	$3.5 \times 10^{-1}$ [ $1.3 \times 10^{-2}$ ]	$9.9 \times 10^{-3}$ [ $3.1 \times 10^{-4}$ ]
LER 真空チェンバー	L-0350	0.129	放射化物 (灰色)	銅	3600	$2.7 \times 10^{-2}$ [ $4.9 \times 10^{-3}$ ]	—
LER 真空チェンバー	L-0122	0.169	放射化物 (灰色)	銅	900	$5.4 \times 10^{-1}$ [ $1.3 \times 10^{-2}$ ]	—



# 検出効率計算—現場測定

ブロック、パイプ等の放射能測定は  
十分な精度でできることを確認



複雑な形状の電磁石のモデル化



効率計算



現場測定



クリアランスレベル評価



同様の形状のものは  
サーベイメータとの連携

# まとめ

- 陽子加速器施設（北カウンターホール）
  - コンクリートの放射化状況を実測と計算によって事前評価を行った
  - 建屋の再使用計画に沿って、適切な工法、工期、予算の立案をすることになる
- 電子加速器施設（KEKB）
  - 建屋は再使用するため、発生装置本体を評価することになる
  - 測定・評価法の検討を進めている