



放射化物管理システムの 開発と運用について

高エネルギー加速器研究機構 放射線科学センター

豊田 晃弘

第9回 関東甲信越地区技術職員懇談会

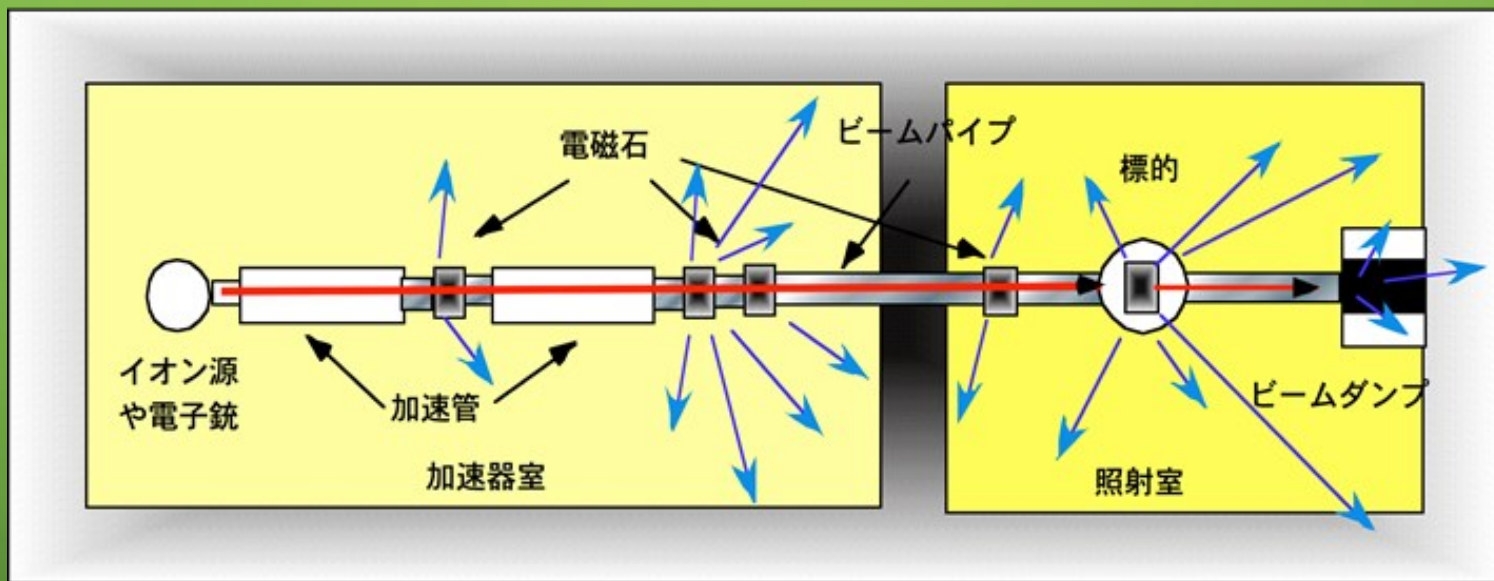
2023年6月9日

講演内容

- ・加速器施設における放射化とは
- ・高エネ研にある放射化物について
- ・法令改正の前後について
- ・新しい管理システムの開発と運用について
- ・現状と今後の課題について

加速器施設における放射化とは

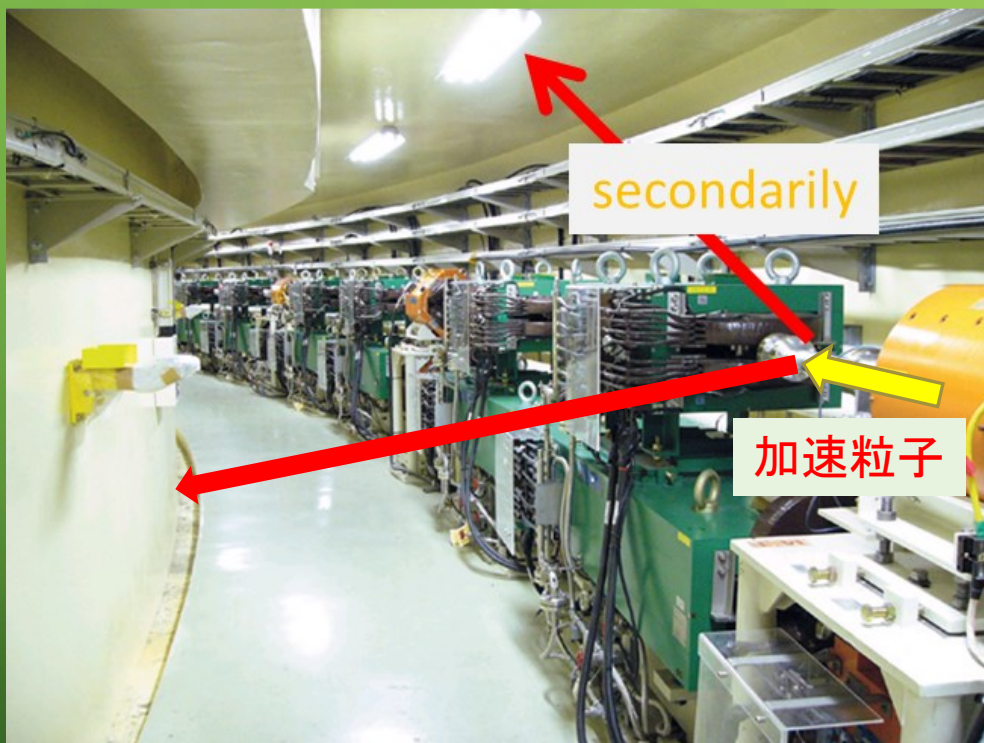
加速器の概念図



加速粒子 (→) の衝撃による高い放射化の発生部位；ビームパイプ、電磁石、標的、ビームダンプ

2次粒子 (→) の散乱による低い放射化の発生部位；加速器室内、照射室内の床、壁、天井、加速器周辺機器（真空ポンプ、電源）

加速器施設における放射化とは



加速器構成物(本体・電磁石・ビームライン・チェンバー等)

加速器周辺物品(照明器具・ケーブル・ラック等)

加速器施設(床・壁・天井)



これらすべてが放射能を持つ可能性がある

放射性廃棄物と放射化物

放射化物
(放射化して放射能を持った物)

加速器及び遮蔽等で使用中的物

台帳管理が不要

加速器から取り外したもの

保管しておく物

法令が定める放射化物
(台帳管理が必要)

廃棄する物

放射性廃棄物

高エネ研にある放射化物について



高エネ研内の放射化物の一部
50年間活動する中で非常にたくさんの放射化物が蓄積されている

放射化物の法令による定義

平成24年度の関係法令の改正により、加速器によって発生する放射化物は個別の管理対象物となる

放射性同位元素等の規制に関する法律施行規則
第十四条七の七

...

二 放射線発生装置から発生した放射線により生じた放射線を放出する同位元素によつて汚染された物
(以下「**放射化物**」という。)であつて放射線発生装置を構成する機器又は遮蔽体として用いるものを保管する
場合には、次に定めるところにより、放射化物保管設備を設けること。

...

何が義務化されたのか？

放射性同位元素等の規制に関する法律施行規則
第二十四条一

...

ト 貯蔵施設における保管に係る放射性同位元素及び放射化物保管設備における保管に係る放射化物の**種類**及び**数量**
チ 貯蔵施設における放射性同位元素及び放射化物保管設備における放射化物の保管の期間、方法及び場所
リ 貯蔵施設における放射性同位元素及び放射化物保管設備における放射化物の保管に従事する者の氏名



放射化物は

- ・保管専用のスペースを作り、そこで保管する
- ・台帳管理をして、種類(核種)と数量[Bq]を明記する

「核種」と「数量」について

密封RI→核種と数量が入手時に決まっていて、保管・使用・廃棄も定量
(減衰補正は考えない)

非密封RI→使用する都度核種と数量を記録して、保管・廃棄する量も最大値は使用量
(入手は多めに購入して小分けに使用しても構わない)

放射化物→どのような核種がどれだけ発生するかは、照射される物質、加速粒子、
ビームのエネルギーなど、条件によって多種多彩

放射化物は測定しないと「核種」と「数量」が判らない

法改正までの高エネ研の状況

1. 管理区域に何も措置をせずそのまま置いたまま

2. 廃棄の際、現物に物品情報を記載



3. 放射化物としてマーキング

放射化物  高エネルギー加速器研究機構	放射化物名 ()
	物品 No. () 放射化された場所: 表面で $\mu\text{Sv/hr}$ counts/ sec 核種: SP, (), 不明: 数量 () 測定年月日: 年 月 日 測定者: 測定器: 使用・一時保管責任者:

4. 放射化物としてマーキング
(通し番号付き)

放射化物  高エネルギー加速器研究機構	放射化物名 ()
	物品 No. <u>Y 0615</u>  放射化された場所: 表面で $\mu\text{Sv/hr}$ counts/ sec 核種: SP, (), 不明: 数量 () 測定年月日: 年 月 日 測定者: 測定器: 使用・一時保管責任者:

法令の要件を満たしていない

改正法令への対応について

施行までの猶予期間は約2年

予想される放射化物は数千点規模

核種と数量は測ってみないと算出不能



**手作業による台帳整備は不可能！！
新しい登録管理システムの構築が必要**

開発に向けて

全ての条件を網羅する事は現実的ではない

KEKの様な加速器施設に特有なパターンを把握し、簡略化する

放射化物の調査研究活動 どのような物品にどのような核種が出来ているのか？



KEKB解体前の放射化マグネットの
放射能測定



放射化蛍光灯の放射能測定

データの蓄積と管理核種を選択

高エネルギー・高出力の加速器では運転直後多種多彩な放射性核種が生成する



大多数の核種が半減期が短いまたは、メジャー核種と比べて量が非常に少ない



保管は長期に渡る事がほとんどなので、長半減期で代表となる核種を選別し
「代表核種」で管理を行う

代表核種の選定

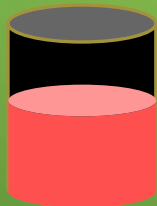
主な材質と代表核種

材質	代表核種	半減期
鉄・SUS	^{60}Co	5.3年
	^{58}Co	70日
	^{54}Mn	312日
銅	^{60}Co	5.3年
	^{65}Zn	244日
アルミ	^{22}Na	2.6年
ガラス	^{124}Sb	60日

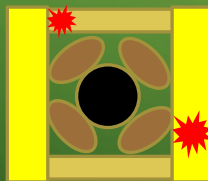
核種の数量について

台帳管理に必要な項目は「核種」と「数量(放射能)」

放射化物の放射能を正確に求めるのは非常に難しい



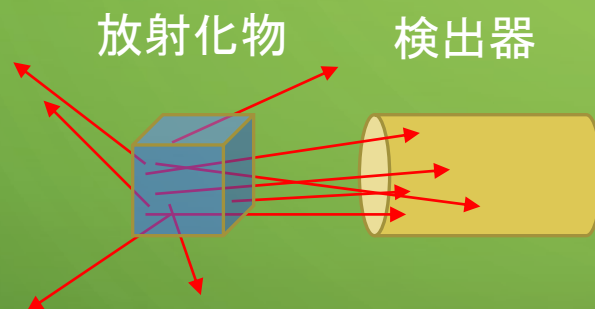
RIは濃度が一定で数量が既知



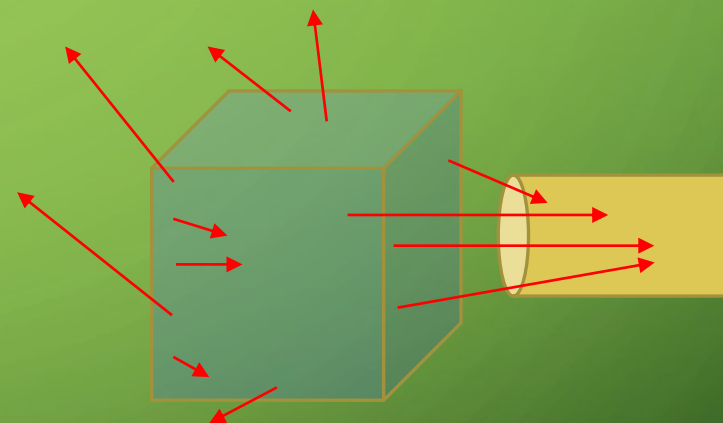
放射化物は放射化箇所、度合い、生成核種も異なる場合がほとんど

核種の数について(重量補正)

均一に放射化された立方体の放射能は
「線量率に比例する」が、「体積(重量)には比例しない」



対象物が小さい時は、検出器の
反対側由来の γ 線も検出する



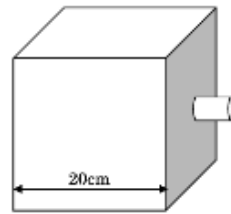
対象物が大きいと、検出器の
反対側由来の γ 線は届かない
(鉄などでは数cm奥の γ 線は見えていない)

シミュレーション計算を行い、重量補正係数を導いた

核種の数量について(補正係数)

(1)標準モデル

1辺20cm
重量63kg



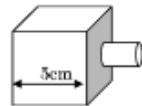
材 質 : 鉄 7.875[g/cm³]
代表核種: Co-60

1μSv/hに相当する放射能は
 1.3×10^5 [Bq]

10倍過大になる

(2)一般部品

1辺5cm
重量約1kg



1μSv/hに相当する放射能は
 1.1×10^4 [Bq]

重量補正係数

材質 重量(kg)	鉄(炭素鋼), ステンレス鋼, 銅, 真鍮(黄銅)	タングス テン合金	アルミニ ウム合金	鉛合金
1	0.1	0.1	0.2	0.1
5	0.2	0.1	0.5	0.2
10	0.3	0.2	0.7	0.2
20	0.5	0.2	1.0	0.4
30	0.6	0.3	—	0.5
50	0.9	0.4	—	0.7
60	1.0	0.5	—	0.8

注 1: 重量補正係数は, 2 桁目を切り上げ, 有効数字 1 桁とした。

核種・材質を選べば線量率と重量から放射能を算出するようにした

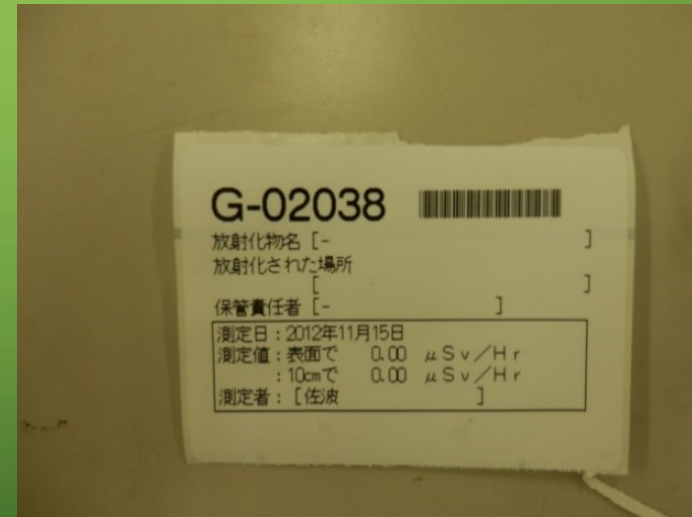
本システムでは重量について7段階(1,5…60kg)に分けた補正係数を組み込んでいる。
(60kg以上は多くの材質で補正係数が飽和して60kgのユニットに対して比例関係が成立するため)

大量の物品を現場で処理をするためHT (ハンディターミナル)の導入

流通業で広く利用されており、野外等の悪環境での使用も想定されている

プログラマブルで、様々な機能がカスタマイズできる(放射能計算など)

写真撮影、現場印刷なども可能



放射化物にはバーコード付きのシールを貼付

今作るとしたら、スマホかタブレットで作ったかもしれません・・・

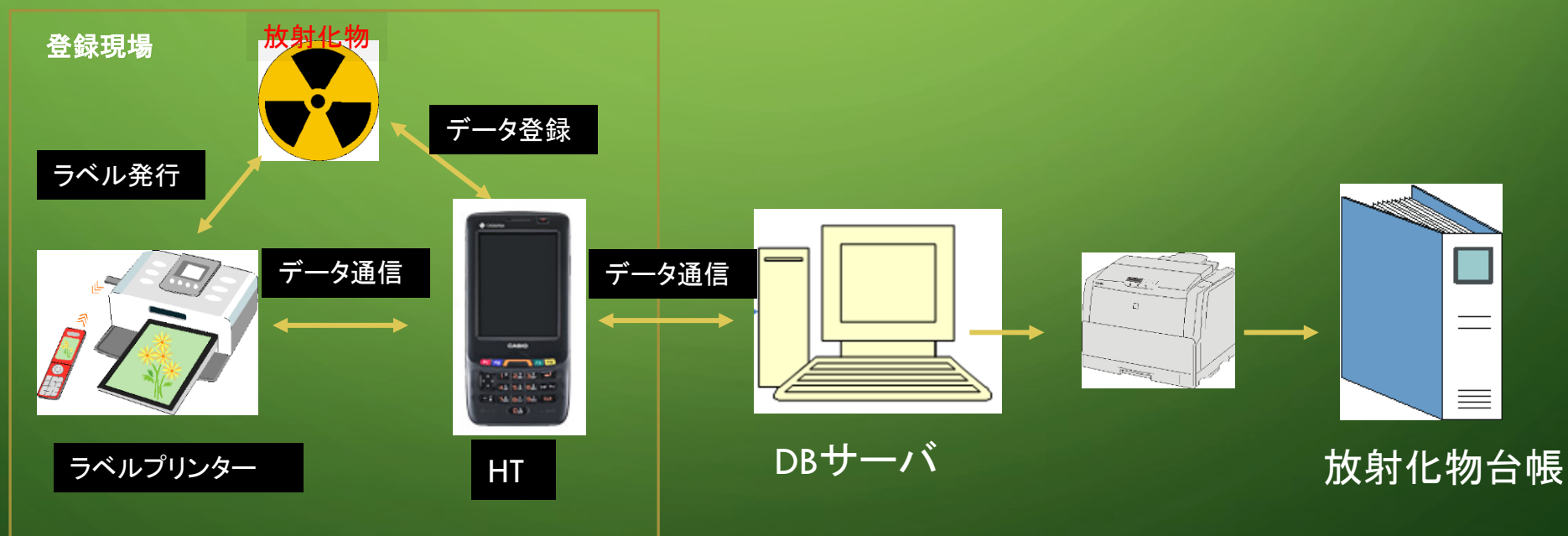
台帳管理のためのDBシステムの構築

登録したデータは、再利用による解除・譲渡・場所移動・担当変更など管理項目が変わる可能性がある。



紙ベースの管理ではなくDB化して電子データとして管理する

新規登録の場合



バーコードの利用について



登録済みの放射化物の詳細データ呼び出し



必要があればその場でデータ修正

保管場所の移動措置

再利用の為の放射化物登録解除

線量の見直しによる放射能値再計算

など

システム構成(最新版)



HT CASIO製 DT-5300



サーバーOS Windows Server(現行 2019)

DB ACSECC(基本機能用) Microsoft SQL(ネットワーク対応)



ラベルプリンター Zebra P4T

実際の登録作業



現場担当者に機材を貸出登録作業を実施してもらう



「簡便」に「短期間」に「大量」に
処理することを達成

改良の継続1

単品の登録はHTで良いが、整理作業など大量の物品を現場での操作でやるのは面倒だ！！

現場で測定・入力・シール発行、添付は手間がかかる

→線量率を記録して後でまとめてシールを発行・添付できないか？



EXCELシートの取込機能追加

改良の継続2

HTとサーバー本体だけでしか作業できないのは何とかならないか！！



高エネ研内LAN限定で遠隔操作が可能に

第一期 検索・閲覧が可能になる

第二期 新規登録・データ修正が可能になる

運用実績

台帳管理された法定放射化物(2022年度末時点)

約2900点

運用開始後、新法令移行期間(2011年度末)までに登録完了した放射化物

約2000点

EXCEL取込機能を活用した大口整理作業での登録点数

約460点

台帳管理



放射物品管理台帳

印刷日:2021/11/09

物品 No	Y - 01850		
放射化物名	2: ダクト	冷却水ダクト	
放射化された場所	EP2		
線量 表面で	25 μ Sv/hr	10cmで	μ Sv/hr
核種	Co-60	放射能値(MBq)	2.93
測定年月日	2020/04/30	測定者	豊田 晃弘
測定機器	NaI		
サイズ			
重量 (Kg)	50		
材質	鉄、ステンレス鋼		
保管場所	第2放射化物使用施		
保管終了日	2050/03/31		
保管方法			
使用・一時保管責任者			
最終情報更新日	2020/04/30		
備考			
異動後保管場所:			



法定管理台帳として本システムからの打出しを綴じて保管

現状と今後の課題

法令順守への寄与

台帳整備により、定期検査・定期確認の合格に寄与
高エネ研の運営の法令遵守に大きく貢献をし続けている

HTはいつまで使えるか

現行機の後継機はOS等仕様が大きく変わっている

更新する際の開発は場合によっては0からのスタート

iPadの様な広く使われ汎用性が高い機材に替えた方が良いという意見もある

**法令改正時は特殊な事情もあって予算も優遇されたが、
現行システムの更新となると予算はなかなか付かない**