

第 5 專 門 技 術 群

(核・放射線系)

平成25年度

京都大学総合技術部 第13回第5専門技術群(核・放射線系)専門研修会

京都大学原子炉実験所 第22回原子炉・放射線技術研修会

日時:平成26年(2014年)1月24日(金)10:30-17:00 / 1月31日(金)11:30-17:15

場所:【講演・発表】京都大学原子炉実験所 事務棟会議室 / 【見学】株式会社 山田製作所

プログラム

1月24日(金)

受付:10:00~10:30
開会挨拶:10:30~10:40 原子炉実験所 所長 森山 裕丈
特別講演(1):10:40~11:50 司会:土山 辰夫 「原子力発電所の放射線管理 ~福島第一事故前後における管理方法について~」 原子炉実験所 原子力基礎工学研究部門 助教 志賀 大史
昼休み:12:00~13:00
特別講演(2):13:05~14:15 司会:小堀 浩成 「原発事故に伴う指定廃棄物-減容技術の研究経緯と福島県現地の抱える問題について」 原子炉実験所 原子力基礎工学研究部門 准教授 藤川 陽子
休憩:14:15~14:30
技術発表(1):14:30~15:10 司会:南 馨 「2次加圧ポンプのグランドパッキン交換」 原子炉実験所 技術室 荻野 晋也
休憩:15:10~15:25
技術発表(2):15:25~16:05 司会:南 馨 「KUCA 学生実験」 原子炉実験所 技術室 長谷川 圭
休憩:16:05~16:20
技術発表(3):16:20~17:00 司会:吉野 泰史 「BNCT 体位設定に関するあれこれ ~KUR 重水設備から加速器へ~」 原子炉実験所 技術室 吉永 尚生
懇親会:17:30~(会費2,000円)

技術発表の部 参加者名簿

講演者

志賀 大史 京都大学原子炉実験所 原子力基礎工学研究部門
藤川 陽子 京都大学原子炉実験所 原子力基礎工学研究部門

発表者

荻野 晋也 京都大学原子炉実験所 技術室
長谷川 圭 京都大学原子炉実験所 技術室
吉永 尚生 京都大学原子炉実験所 技術室

技術職員受講者

尾崎 誠 京都工芸繊維大学 高度技術支援センター
宮武 秀男 京都大学 環境安全保健機構

(以下 京都大学原子炉実験所 技術室)

阿部 尚也	飯沼 勇人
池川 龍照	伊丹 哲平
猪野 雄太	井本 明花
大野 和臣	岡本 賢一
荻野 晋也	奥村 良
柿花 栄子	金山 雅哉
栗原 孝太	小林 徳香
小堀 浩成	阪本 雅昭
竹下 智義	田中 良明
張 俊	中森 輝
長谷川 圭	平井 康博
藤原 靖幸	藤原 慶子
丸山 直矢	南 馨
三宅 智大	山田 辰矢
山本 弘志	吉永 尚生
吉野 泰史	

原子力発電所の放射線管理 ～福島第一事故前後における管理方法について～

京都大学原子炉実験所 原子力基礎工学研究部門
助教 志賀 大史

1.はじめに

通常、放射性物質を扱う作業は管理区域内で管理された状態で行われる必要があるが、東京電力(株)福島第一原子力発電所では平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震及びそれに伴う津波により、全電源喪失や炉心冷却機能喪失等の事象が重複し、管理できない状態で環境へ多量の放射性物質を放散させてしまった。このような緊急事態において、福島第一原子力発電所の事故後における放射線管理がどのようなものであったか事故前の管理と併せて発表する。

2.平常時の放射線管理

放射線管理の種類としては被ばく管理、汚染管理、区域管理、入退域管理、放射性廃棄物管理、化学管理、環境放射線管理などが挙げられる。このうち、前の四項目について説明する。まず、被ばく管理であるが、個人線量計による外部被ばく測定と三ヶ月毎(女性は毎月)に受検するホールボディカウンターによる内部被ばく測定の二つで被ばく量を管理している。次に汚染管理では管理区域内作業における身体汚染防止や区域等の汚染拡大の防止と非管理区域への退出・物品持出し時の汚染確認がある。区域管理については、管理区域内における空間線量率や空气中放射性物質濃度等の測定・記録、管理区域の設定・解除及びその維持確認等を実施している。最後に入退域管理については、入域前の人定確認、管理区域への入域時間、被ばく線量の集計などを実施している。また、これらについては、運転中と定検中では作業量は異なるものの実施している項目として変化はなく、法令や社内規定に則った管理を行っている。

3.事故直後の放射線管理

事故直後においては平常時使用していた放射線管理機器やシステムが使用不能となっただけでなく、緊急時対策室のある免震重要棟において、空間線量率、空气中放射性物質濃度が上昇し、対応要員の被ばく線量が上昇する事態となっていた。このため、免震重要棟入口での汚染管理や出入管理、局所排風機の設置などで免震重要棟内での被ばく線量を低減させる措置を講じるとともに、モニタリングカーによる構内サーベイや1～4号機周辺及び建屋内の空間線量率分布測定、屋内の水たまりマップの作成などを実施し、環境の状態把握に努めた。

4.事故数ヶ月後の放射線管理

事故後数ヶ月が経過し、福島第一安定化センターが設立された頃には、環境に放出された、若しくは放出され続けている放射性物質の量や環境への分布状況の監視が重要になってきた。このため、原子炉建屋等の開口部から放出される放射性物質の量、海洋や地下水のサンプリング、大気中からの地表への降下物の採取測定などを実施した。また、構内ガレキ等からのダスト飛散防止対策や復旧作業の障害となる汚染ガレキの撤去も行った。これらの結果を基に発電所敷地境界の線量が1mSv/年以下となるように、環境への放出量抑制対策等を講じていた。

5.最後に

簡単ではあるが、福島第一原子力発電所前後における放射線管理について発表させて頂いた。事故直後は事故時の放射線管理手順書がなかったことや、管理に必要な機器類が不足していたために管理が困難なものとなった。平時から事故時対応手順書の整備や実対応を想定した緊急時訓練、機器の確保を確実に実施しておき、非常時に適切な対応がとれるようにしておくべきである。

原子力発電所の放射線管理 ～福島第一事故前後における管理方法について～

平成26年1月24日（金）
第5専門技術群研修会講演

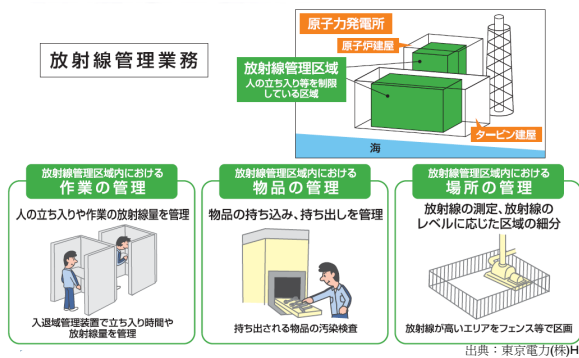
原子が実験所 原子力基礎工学研究部門 助教
志賀 大史

目次

- I. 放射線管理とは
- II. 放射線管理の種類
- III. 通常運転時の放射線管理
- IV. 福島第一原子力発電所の事故直後の放射線管理
- V. 福島第一安定化センター設立後の放射線管理

I. 放射線管理とは

放射線管理業務



I-1 放射線管理の種類

1. 入退域管理
2. 被ばく管理
3. 汚染管理
4. 区域管理
5. 廃棄物管理(固体・液体・気体)
6. 化学管理(水質)
7. 環境放射線管理

1.2 放射線管理の主な規制値・管理値

▶ 管理区域設定基準

- ・外部線量: 1.3 mSv/3ヶ月
- ・表面密度: 線を放出する核種 0.4 Bq/cm²
線を放出しない核種 4 Bq/cm²
- ・空气中濃度: 3ヶ月の平均濃度が核種毎に定める値の1/10

▶ 管理区域内作業

- ・被ばく線量: 1 mSv/日 (特別の許可を受けた場合を除く)
- ・入域時間: 10時間/日 (1日の労働時間(8時間)+2時間)

1. 入退域管理 (1)

- ▶ 管理区域には承認された出入口より入退域を行う
- ▶ 入域時には放射線業務従事者のIDカード及び個人線量計(APD)を携帯していることを監視員が確認 (飛び地管理区域ではITVで確認)
- ▶ 所定の出入口以外から入退域する場合は予め、放射線管理GMIに許可をとり、監視員の立会のもと行う



1. 入退域管理 (2)

- ▶ 監視員の確認後、入退域管理装置にIDカードと個人線量計を読み込ませ入域
- ▶ 管理区域退域時は入域時と同様に入退域管理装置にIDカードと個人線量計を読み込ませた後に退域する



入域処理



退域処理

入域時刻	2008/08/11 13:41
退域時刻	2008/08/11 14:08
今月の線量	0.00mSv
今日の線量	0.00mSv
今日の線量	0.00mSv
今退入の時間	0:27
昨日の入域時間	0:27

緊急時は、その旨を監視員に告げ、入域処理は実施せずに入域する。
但し、個人線量計(APD)は必ず携行する。

出典：東京電力(株)HP

1. 入退域管理 (3)

- ▶ 入域前に、予め放射線作業計画書(RWA: Radiation Work Admission)を作成し、承認を受ける
→RWAには作業件名、期間、区域区分、主管G担当者、予想被ばく総線量、日被ばく線量設定値などが記載
- ▶ 入域後にAPDにRWA番号を登録(バーコード読み込み)することで、被ばく線量を作業毎に管理
- ▶ RWAの登録を忘れると、退域時にバーコード未入力のエラーが発生し、退域処理ができない
- ▶ 同一日に複数回入域するときは、自動的に当日の入域可能残時間と被ばく線量がAPDに登録される

2. 被ばく管理 (1)

- ▶ 電子式線量計(APD:Alarm Pocket Dosimeter)
γ線用とβ・γ線用の2種類を作業場所に応じて使用。
被ばく線量が2μSvを超える毎に「ピッ」と音が鳴る。



γガンマ線用APD
(ベータ・ガンマ線用はピンク色)

- * γ線用 ... 汚染区分がA、B1、B2区域用
- * β・γ線用 ... 汚染区分がC、D区域もしくはB2区域でベータ線被ばくの可能性がある作業を実施するとき(cf. 炉水サンプリングetc.)

2. 被ばく管理 (2) 線量区分

- ▶ 発電所の管理区域は線量レベルに応じて下記のように区分し管理を実施

	線量区分		
	1	2	3
線量率 [mSv/h]	0.05 未満	0.05以上, 1 未満	1 以上

- * 線量率が1mSv/hを超える、若しくはを超える恐れのある場所は壁・柵等で区画して、鍵の管理・標識の設置等で人の立ち入りを制限
→立入る場合は放射線管理GMの許可が必要

3. 汚染管理 (1) 汚染区分1

- ▶ 発電所の管理区域は汚染レベルに応じて下記のように区分し管理を実施

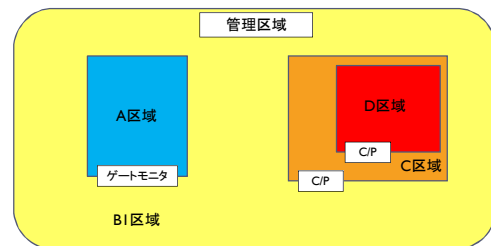
*検出限界値(GM管で)<0.8Bq/cm²

	汚染区分				
	A	B1	B2	C	D
表面汚染密度 [Bq/cm ²]	汚染の恐れなし	検出限界値* 未満 (汚染の可能性有)	検出限界値* 以上、4 未満	4 以上 40未満	40 以上
空気中放射性物質濃度 [Bq/cm ³]	汚染の恐れなし	1×10 ⁻⁴ 未満		1×10 ⁻⁴ 以上 1×10 ⁻³ 未満	1×10 ⁻³ 以上

汚染区分がDの場合、立入には放射線管理GMの許可が必要

3. 汚染管理 (1) 汚染区分2

- ▶ 管理区域内では基本的にB1区域の中にA, B2, C, D区域がある
- ▶ A区域の中に汚染区域は設定しない



3.汚染管理（2）汚染区域からの退出

- ▶ 機器の分解点検時の汚染レベルに合わせて、作業エリアを柵等で区画し、保護衣・保護具の着脱や靴の履き替え等を実施



C区域作業用保護衣



C区域退出時の保護衣の脱衣



C区域で使用した物品の汚染検査

出典：東京電力(株)HP

3.汚染管理（3）管理区域からの退出

- カバーオール、手袋、靴下を脱衣しゲートモニタを通過して管理区域より退出
- ゲートモニタが管理区域境界



ゲートモニタ(非管理区域側より)

出典：東京電力(株)HP

3.汚染管理（4）物品の搬出1

携行品の搬出



出典：東京電力(株)HP

3.汚染管理（4）物品の搬出2

各種資機材などの搬出



出典：東京電力(株)HP

3.汚染管理（4）物品の搬出3

- ▶ 測定方法には下記のものがあり、物品の形状等に合わせて適切なものを実施する。

◆直接測定

GMサーベイメータやプラスチックシンチレータによる表面汚染密度測定、NaIシンチレータによる線量率測定。表面汚染密度測定はどのような物品であっても原則実施。

◆間接測定

直接測定ができない箇所に実施。スマア法による表面汚染密度測定がこれに当たる。

◆核種分析

ホース等で内部汚染の可能性のある物品やドライウェル内物品等の放射化の可能性のある物品に予め実施しておく。

4. 区域管理（1）

- ▶ 区域管理については以下のことが挙げられる
 1. 線量・汚染区分管理
→ 常設・一時的な線量・汚染区域の区分維持管理
 2. 建屋内放射線管理
→ 建屋内全域の線量率及び定点での集積線量の測定、空气中放射性物質濃度の測定
 3. 管理区域の維持確認
→ 管理区域内及び境界の標識、境界における線量率等
 4. 管理区域の設定・解除
→ 点検・修理等に伴う、一時的及び恒久的管理区域の設定・解除

4. 区域管理（2）建屋内放射線管理1

▶ 定期サーベイ(毎月一回)

管理区域全域の通路及び部屋毎に最低1か所以上測定。前回測定値と比較して0.7倍以下、もしくは1.5倍以上の変化していれば、変動調査を実施する。



デジタル式サーベイメータ

▶ 空气中放射性物質濃度

ダスト放射線モニタにて管理区域内各所のダスト濃度を連続監視。 $1.0 \times 10^{-3} \text{ Bq/cm}^3$ を超えると警報が発生、現場サーベイに行く。

ダストサンブラは、人の通行が多い箇所に設置。日勤時間帯のダストを採取して測定。



ダスト放射線モニタ

出典：東京電力(株)HP

4. 区域管理（2）建屋内放射線管理2

▶ 管理区域内の一週間の集積線量

管理区域内の通路などの人の通行が多い箇所に設置。前回測定値と比較して0.7倍以下、もしくは1.5倍以上変化していれば、変動調査を実施する。



集積線量計

▶ 管理区域内の線量率

エリア放射線モニタにより線量率を連続監視。変動があれば調査を実施。



エリア放射線モニタ

出典：東京電力(株)HP

4. 区域管理（3）管理区域の維持確認

▶ 管理区域境界の一週間の集積線量

管理区域外側境界で線量率が変化しそうな箇所(タービンオペフロ壁等)に設置し、3ヶ月間の線量が規制値を満足していることを確認。



集積線量計

▶ 標識、境界扉・柵の確認

管理区域に係る標識が貼付されているか、見え難くもしくは劣化して消えていないか。管理区域境界の扉や柵に異常がないかを確認。



5. その他 緊急時の対応等

● 傷病者発生時

傷病者の身体サーベイを実施。汚染が確認された場合は除染を行う。(汚染があった場合最低一回以上は除染)

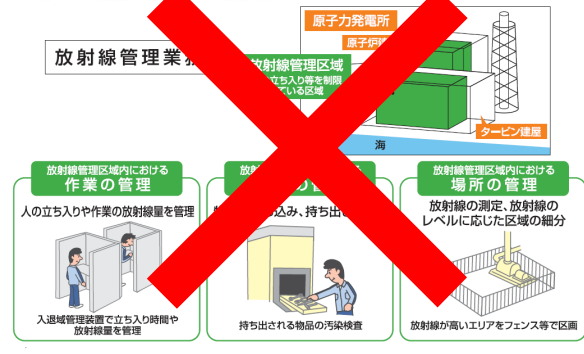
● 火災等発生時

管理区域内において火災等が発生した場合に公設消防隊が入るまでに、火災現場の線量率及び表面汚染密度の測定を実施する。(消防隊に現場の線量率を通知する必要がある)



福島第一原子力発電所の事故直後における放射線管理

放射線管理業務（通常時）



2.入退域管理の問題点とその対応

入退域管理の利用不能

- 被ばく線量・入域時間および個人管理が不可
- 現場対応者の人数や個々の対応者が即座に把握できない
- 放射線業務従事者以外の応援者(送電・変電部門の社員)が多数復旧作業に従事



- ◆ 手書きによる台帳管理にてAPDの貸出・入退域管理を実施(読み間違い、記載漏れ等により後々苦労することに)
- ◆ 対応班ごとにホワイトボードに氏名・行先を記載(単独行動禁止)



3.汚染管理 (1) 問題点

1. 汚染管理

- 管理区域内の保護衣(タイベック等)、保護具(全面マスク・セルフエアースーツ等)、サーベイメータが津波や汚染により使用不能になり数が不足
- 保護衣の脱衣場所や汚染検査場所の確保が困難
- 免震重要棟の空气中放射性物質濃度の上昇
- GM管の劣化による検出効率の低下

2. 出入り管理(免震重要棟)

- 免震重要棟は気密構造でないために汚染が流入
- 入口扉が1号機の水素爆発の影響で変形



3.汚染管理 (1) その対応1

1. 汚染管理

- 免震重要棟入口の風除室で保護衣の脱衣
- 廊下での汚染検査
(GM管でBG:80 kcpm、BG超えもしくは計数率低下で汚染有)
- 汚染が確認されたものはすべからず廃棄
- 安定ヨウ素剤の服用

2. 出入り管理(免震重要棟)

- 入口扉の開閉(内扉と外扉を同時に開けない)管理
- 保護衣の脱衣補助
- アララベンチ設置による免震重要棟内の空气中放射性物質濃度の低減(¹³¹I濃度が二桁程度低下)



3.汚染管理 (1) その対応2



アララベンチ

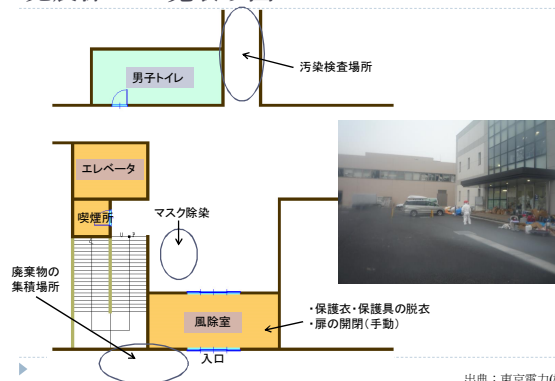


入退域管理の様子(2011年3月下旬)

出典：東京電力(株)HP



免震棟1Fの見取り図



出典：東京電力(株)HP

環境放射線管理の問題点とその対応

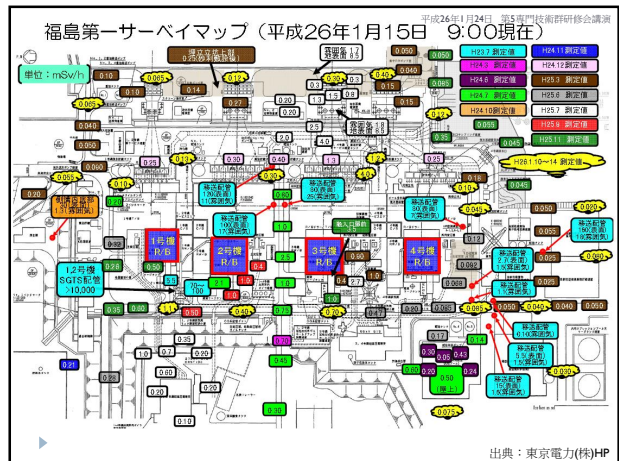
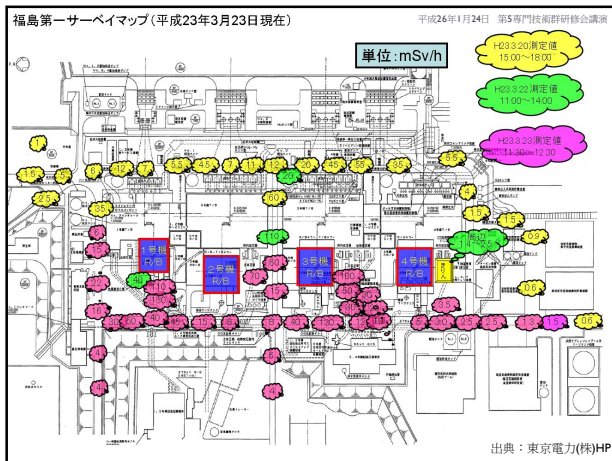
- 発電所構内の放射線測定
 - 7基のモニタリングポストが全て使用できないため、モニタリングカーにて代替サーベイを実施
 - 1~4号機周辺のサーベイマップの作成
- 海水・土壌等の核種分析

汚染の拡散度を調べるために、サンプリングを行い、福島第二にて核種分析を実施
(福島第一ではBGが高すぎて核種分析不可)



出典：東京電力(株)HP





平成26年1月24日 第5専門技術群研修会講演

福島第一安定化センター設立後における放射線管理

- 平成26年1月24日 第5専門技術群研修会講演
- 主な放射線管理業務
1. 入構者管理
 2. 被ばく線量管理
 3. 作業放射線管理
 4. 汚染管理
 5. 環境放射線管理

平成26年1月24日 第5専門技術群研修会講演

入構者管理

- 緊急作業に従事する者以外の者を福島第一構内に立ち入らせないように入構証を発行(地震前と同様の管理に。)
- 入構証の前に放射線防護教育の受講が必須(福島第一での保護衣・保護具等の扱い方について等)
- 福島第一の正門にて入構証の所持確認を実施。不所持の場合はJヴィレッジに強制送還
- 福島第一構内での作業には更に作業者証が必要(線量計を借りるために必須、女性は現場作業不可)

入構証

作業者証

平成26年1月24日 第5専門技術群研修会講演

被ばく線量管理(1)

- 福島第一構内を「管理対象区域」として、管理区域と同様の管理を実施
- 放射線作業計画書(RWA)による作業件名毎の線量管理
- 作業者証による電子式線量計(APD)の貸与・返却管理
- 目視によるAPDの所持確認
- ガラスバッジによるJヴィレッジ～福島第一移動中の被ばくも含めた被ばく管理(APDは計画作業線量超え防止のための警報器として使用)
- 年間及び5年間線量の管理(5年間線量の積算期間は「2011.3.11～2016.3.31」)
- 事故以降の全作業従事者の被ばく線量の確定

被ばく線量管理 (2)

- 免震重要棟本部室の線量率・汚染レベルの低減による非管理対象区域化(H24.4)による、作業員の被ばく線量低減
対策前:平均1.6 μ Sv/h → 対策後:平均0.7 μ Sv/h



床の遮へい

ゲートモニタ設置

鉛ボード張り

出典:東京電力(株)HP

汚染管理 (1)

- 適切な保護衣の着用による身体汚染の防止
- Jヴィレッジからの保護衣着用、全面マスクの携行必須
- 重汚染エリア等(1~4u R/B)からの退出時における保護衣脱衣による汚染拡大防止
- 免震棟帰還時の汚染検査による、汚染持ち込み防止
(手動サーベイ、BG:1.3kcpm程度)
- 警戒区域退域時(Jヴィレッジ)の汚染検査による警戒区域外への汚染物質の持ち出し防止(人:ゲートモニタ、車両:手動)
(車両スクリーニングレベル:13kcpm(40Bq/cm²相当))
→ H24.8.10に警戒区域が縮小(楢葉町が解除)されたため、それ以降の車両スクリーニングは福島第一構内で実施

▶

汚染管理 (2)

- 保護衣・線量計の貸出の様子(@Jヴィレッジ,2011/10)



出典:東京電力(株)HP

汚染管理 (3)

- 車両スクリーニング・除染の様子(@Jヴィレッジ,2011/10)



出典:東京電力(株)HP

環境放射線管理 (1) 気体廃棄物管理1

1. 原子炉建屋開口部ダストサンプリング(空气中放射性物質濃度の測定)
 - 1、3号機原子炉建屋上部開口部
 - 2号機原子炉建屋BOP開口部 etc...
 (ダストサンプラを開口部付近まで持ち上げてダスト採取)
 → 放出量を評価し、発電所敷地境界線量が1mSv/y未満となっているかを監視



1号機 R/B屋上ダスト採取用機器



3号機 R/B屋上ダスト採取用機器

出典:東京電力(株)HP

環境放射線管理 (1) 気体廃棄物管理2



1号機 R/B屋上ダスト採取

3号機 R/B屋上ダスト採取

▶

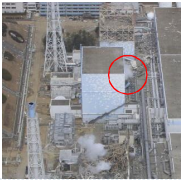
出典:東京電力(株)HP

環境放射線管理（1） 気体廃棄物管理3

<2号機 R/B BOPダストサンプリング>



2号機 R/B BOP(正面)



2号機 R/B BOP(横)



2号機 R/B BOP

作業場所線量率:10~12 mSv/h

出典：東京電力(株)HP

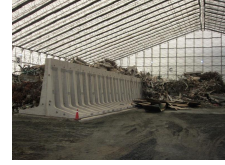
環境放射線管理（2） 固体廃棄物管理

2. 固体廃棄物管理(主にガレキや伐採木)

- 構内の森林を伐採・整地して瓦礫置き場を確保
- 1~4号機周辺の高線量ガレキの移動
 - 敷地境界線量が1mSv/yとなるように作業
- 線量のあるガレキについては、ハウスの中に搬入し保管



低線量ガレキ保管庫(外側)



低線量ガレキ保管庫(内側)

出典：東京電力(株)HP

環境放射線管理（3） 環境試料測定1

3. 降下物測定

- 福島第一構内及び敷地周辺での降下物の採取、測定
(一カ月間試料採取し測定)

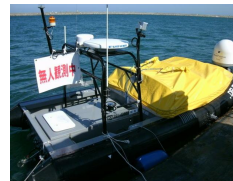


出典：東京電力(株)HP

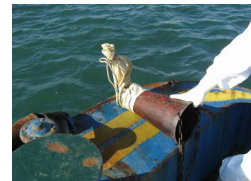
環境放射線管理（3） 環境試料測定2

3. 海洋試料測定

- 無人船による海洋上でのダストサンプリング・線量率測定
- 福島第一構内及び敷地周辺での海水・海底土採取と測定
- 海生物の採取及び測定



無人船



海底土の採取

出典：東京電力(株)HP

ご清聴ありがとうございました

興味のある方は東京電力のホームページに事故直後から現在までの最新の情報が掲載されておりますので、ご覧下さい

原発事故に伴う指定廃棄物 —減容技術の研究経緯と 福島県現地の抱える問題について

原子力基礎工学研究部門
藤川陽子

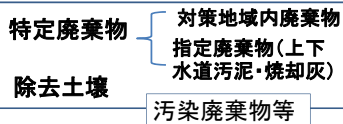
1.東日本大震災と 福島第一原発事故に伴う廃棄物

除染に関する法律と地域指定

放射性物質汚染対処特措法 にかかわる地域指定

- 1) 除染特別地域
(汚染廃棄物対策地域) :
警戒区域+計画的避難区域
- 2) 汚染状況重点調査地域
岩手・宮城・福島・栃木・群馬・茨城・千葉・埼玉の一部

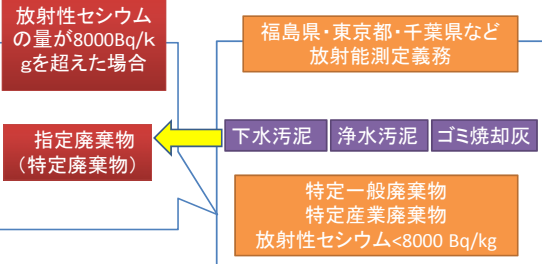
同法における廃棄物の処理体系



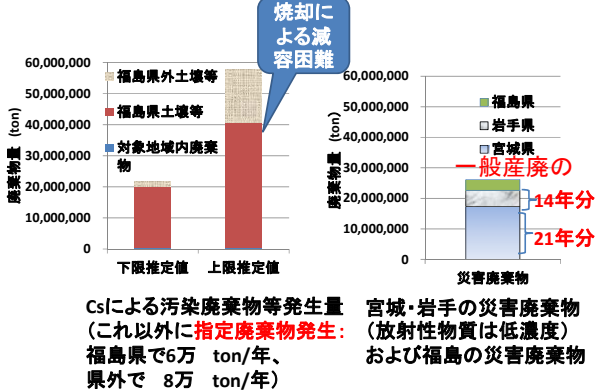
放射性物質汚染対処特措法と指定廃棄物(特定廃棄物)

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法

特措法による放射性セシウムを含有する廃棄物の分類
(下記以外に除染土壌、対策地域内廃棄物等がある)

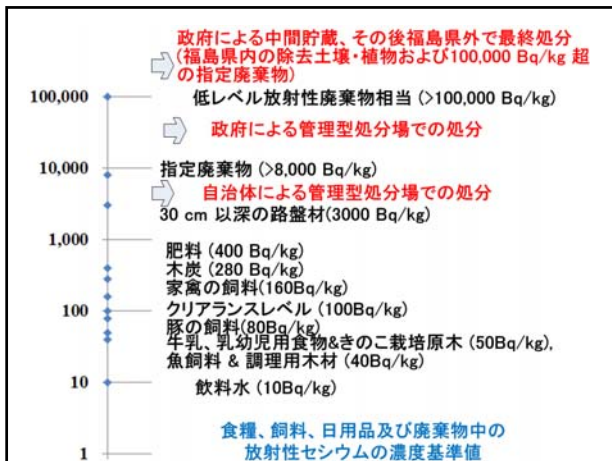


汚染廃棄物等と災害廃棄物の発生量

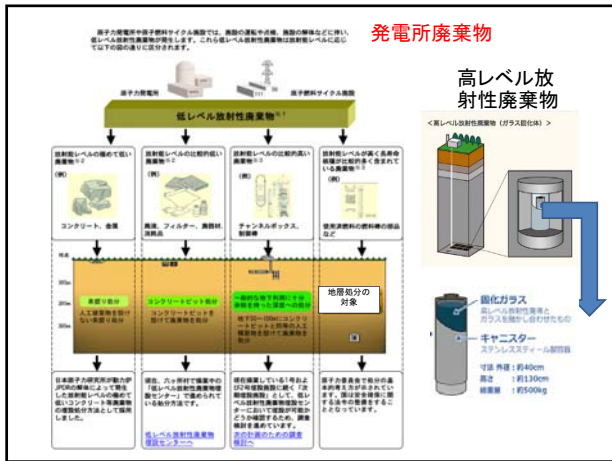


指定廃棄物の保管量 平成25年8月31日時点

- 11都県
- 計13万トン
- ① 一般廃棄物焼却灰 約9万トン、
- ② 産業廃棄物焼却灰 約2千トン
- ③ 下水汚泥 約1万3千トン、
- ④ 農林業系副産物 約9千トン、
- ⑤ 浄水発生土 約6千トン



2.従来の放射性廃棄物の処分の考え方



わが国の高レベル放射性廃棄物地層処分

—多重バリアシステム—

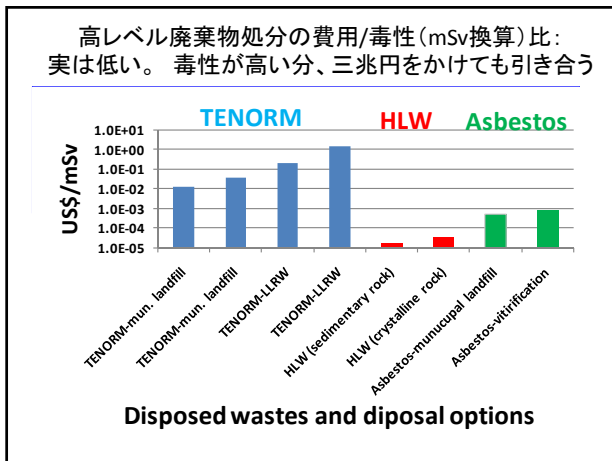
指定廃棄物中の放射性セシウムも本来、ここに処分される予定であった

発電所由来
緩衝材 24,600本 (約1万2千トン)
(ベントナイトを主成分)

- 低透水性 (オーバーバックと地下水の接触抑制)
- 小さな物質移動速度
- 放射性核種の移行遅延 (緩衝)
- 膨脹性と可塑性
- 化学的緩衝性
- 空隕水中での低い溶解度
- コロイド、微生物、有機物の移動に対するフィルター効果

人工バリア = ガラス固化体 + オーバーバック + 緩衝材

天然バリア = 地層



特定放射性廃棄物(高レベル放射性廃棄物)の最終処分 処分地決まらず

- 平成12年5月 処分実施主体の設立、処分費用の確保方策、3段階の処分地の選定プロセス等を定めた「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」が成立。(法律の施行状況)
- 平成12年9月 特定放射性廃棄物の最終処分に関する「基本方針」及び「計画」策定
- 平成12年10月 処分実施主体「原子力発電環境整備機構(原環機構、NUMO)」設立
- 平成13年1月 電力会社等による処分費用の納付開始(H19年末で積立金:約5,000億円)
- 平成14年3月 処分候補地の地域振興への支援策として、平成14年度より、電源立地等初期対策交付金(26.3億円)を政府予算案として盛り込んだ予算が成立
- 平成20年4月 第2種特定廃棄物(TRU廃棄物=長半減期低発熱放射性廃棄物)も地層処分に供する趣旨の法律改正。

3. 指定廃棄物(特定廃棄物)の処分の問題 放射性セシウムを 希釈? 現状維持? 分離濃縮?

指定廃棄物(上下水道汚泥・焼却灰)の特性

上下水道汚泥と焼却灰の一般的特性

- 上(浄)水汚泥: 土壌質成分(鉄等の多いことも)+ポリ塩化アルミニウム(PAC)などの凝集剤
- 下水汚泥: 有機質成分+若干の土壌質成分+凝集剤(PAC、高分子凝集剤、等)+微生物+安定化剤
- 廃棄物焼却(または溶融)灰 [主灰、飛灰、飛灰洗浄液]: 無機質成分(有害元素も濃縮)+微量有機物。炉型や元のゴミの種類により成分は大きく変化。
- 下水汚泥焼却(または溶融)灰

指定廃棄物中と土壌中の放射性セシウムの違い

- 1) 指定廃棄物ではセシウム溶出性が高いことがある
- 2) 指定廃棄物ではセシウム担体濃度が高いことがある

土壌中の放射性セシウムの特性と 土壌の除染の考え方

- 表層土にとどまりやすい
- 砂・建材・土壌団粒の細孔内に吸着・拡散
- 土壌への吸着係数大、見かけの拡散係数小
→ 吸着速度大 脱離速度小
- 土壌中に同形置換等で不可逆的に吸着
→ 吸着剤ごと溶解する必要

現実的対策

- 汚染土壌を物理的撤去 or 天地返し or 遮蔽
 - 汚染建材を高圧洗浄ないしプラスト処理
 - 水洗いと分級操作で細粒成分を分離・凝集沈殿
 - 強酸等で土壌を溶解・セシウムを薬液中から回収
 - 土壌に吸着したセシウムは千数百で揮発
- } 経費大

4. 災害廃棄物(岩手県 宮城県)の広域処理をめぐって起きたこと

岩手・宮城県の災害廃棄物:

Cs-134+137濃度低い
(多くは40Bq/kg未満)
→ 官邸・環境省が
広域処理の呼びかけ

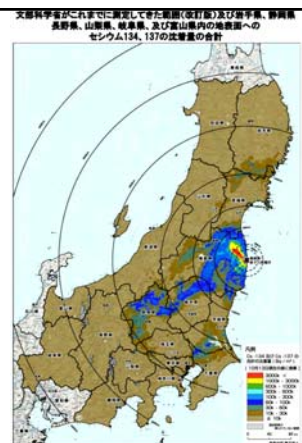
広域処理希望量
(2013年5月時点)
岩手県
30万トン
宮城県
32万トン



岩手県等の

Cs-134+137降下量
10kBq/m²の地域(薄茶)が、大部分。10-30 kBq/m²(濃い茶色)30-60kBq/m²の地域が県境に。

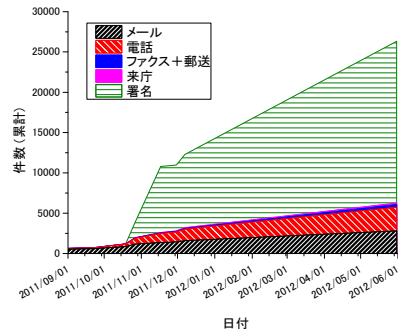
注) 大気中核実験と有意に区別できる
Cs-137降下量は、
37kBq/m²



大阪府における災害廃棄物 受け入れ検討の経緯

- 2011年5月ごろ 橋下大阪府知事(当時) 震災がれき(岩手県)受け入れの意向で、役所内で検討開始
- 「大阪府災害廃棄物の処理指針に係る検討会議」(山本委員長、児玉委員、飯田委員、筆者)
- 2012/8/3 岩手県→大阪府→大阪市 震災廃棄物受け入れで基本合意(H26/3/31までに最大3万6千トン)
- 2012/11/22 岩手県の震災がれき 試験焼却のため到着

大阪府庁に寄せられた意見



災害廃棄物受け入れ反対意見(一部)

<p>・処理大阪で行うことに対する意見</p> <ul style="list-style-type: none"> ・全国的(特に関西)に汚染が広がる ・搬入、焼却時に大気中に放射性物質が拡散する ・埋立ごみ、海水や地下水、河川湖水系への溶出が心配
<p>・福島原発事故で処理が済まされていない(非加熱、非燃焼、非再利用、集積、封じ込め)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原発事故は一定期間人が住めないことを前提とし、その地域で処分すべき ・福島原発内コンクリートを作って東京電力が処理すべき ・汚染水や放射性物質の挙動が分からないので他の場所に移すのは危険 ・災害廃棄物より人を受け入れ、食べ物を被災地に供給する等の支援をすべき ・風評による汚染を防止する対策をとってほしい
<p>・食品に対する意見</p> <ul style="list-style-type: none"> ・災害廃棄物の処理が済んでいない状態で農産物が汚染され、安全な食品が供給できなくなる ・琵琶湖水系が汚染が広がり、安全な水を供給できなくなる ・汚染された肥料を使用した、汚染土壌で育った作物は安全ではない ・被災地住民は関西の安全な食品を求めている
<p>・焼却に対する意見</p> <ul style="list-style-type: none"> ・焼却は危険 ・灰や煙により大気中に放射性物質、近隣民家や処分場等への影響が懸念され、近隣府県に汚染が広がる ・焼却炉を高濃度の放射性廃棄物を濃縮される、焼却炉の管理までできるのか ・汚染廃棄物に適切に処理する能力をもち、一般廃棄物処理施設に搬入しないといけない ・焼却がうまくいけば、地中深くに埋める方がよい

「検討会議」での混乱 「プロ市民」ウェブ blog youtube

- 第1回： 静粛に終わる
- 第2回： 傍聴者が増え始める
- 第3回(11月4日)： 岩手県資源循環推進課の担当者が参加。現状を訴える。その後、電話抗議などは一時沈静化。
- 第4回： 野次が増え始める
- 第5回： 野次のため議事中断
- 第6回以降： テレビ傍聴のみに。

災害廃棄物の関西受け入れのリスクと便益

受け入れのリスク

- ①科学的観点からは非常に低い
40,000 Bq/ton × 10万ton = 4億ベクレル。
成人約6万人のもつ自然放射能と同じ量。大気中核実験時に大阪府下に降下した総量はその1万倍のオーダー。
市民の被ばく線量の試算値：
0.000043から0.0014mSv/年、1mSv/年の公衆の線量限度より大幅に小さい
- ②かといってリスクが「ゼロ」ではない。

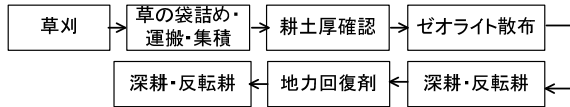
災害廃棄物の関西受け入れのリスクと便益

受け入れに伴う便益

- ①処理を委託する被災地にとっては大きな便益。日本経済全体にとっても便益。
- ②受け入れる関西地域の住民にとっては、便益が見えにくい。被災地はあまりに遠く、共感にくい？
- ③阪神淡路の震災時は、アスベスト含む廃棄物の輸送その他のリスクに苦情なし。天災であり、かつ被災地が近く、共感？
- ③東京電力が排出した放射能であるから、東京電力が処理すればよい。

福島県内某地域での除染の実際 (続き1)

農地除染



森林の除染

落ち葉等の堆積物除去

福島県内某地域での除染の実際 除染に伴う廃棄物の処理処分(続き2)



落ち葉などの堆積物圧縮機

高圧洗浄水等の処理

除染の進行と住民・自治体担当者

除染の進行

- 作業は進行。関係人手続きの手間は比較的大。
- ベテラン作業員確保は困難
- 除染が進んでも、住民帰還はなかなか進まない
- 地域内に寝泊まりするのは殆ど除染作業関係者
- 除染作業従事者の気持ち..
- 飲食店なし コンビニなし
- 自然生態系は豊か？に

住民の気持ち

- セシウム再汚染論 (やや極端)
- 実態を受け入れる人、不安に思う人
- 「心の除染」論

自治体担当者の気持ち

- 住民に戻ってほしい

除染に伴う廃棄物を巡る問題

- 除染廃棄物の仮置き場は..かろうじて確保
- (地代収入にはなる)



Jビレッジそば 東電社員寮



6. 福島県の指定廃棄物・特定廃棄物

福島県の下水処理場の 下水汚泥保管状況(写真は:合流式)

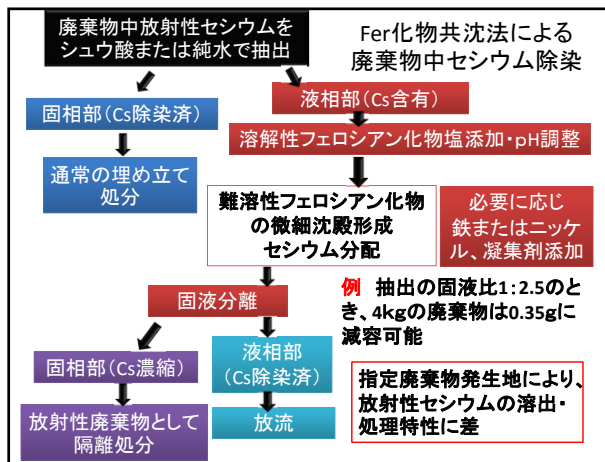


県内下水処理場: 稼働52施設
汚泥保管中: 30施設
6万8千トンの汚泥が搬出でき
ず、処理場内に堆積

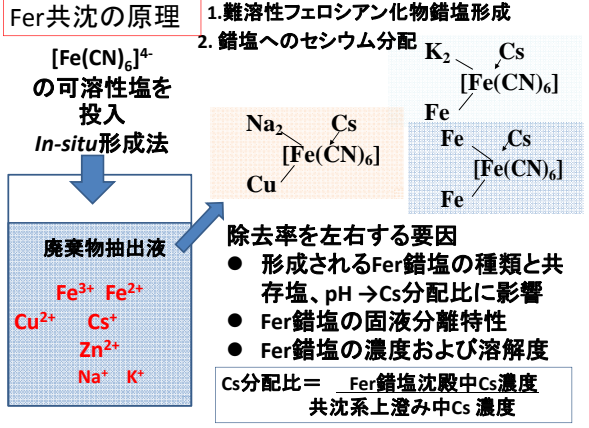
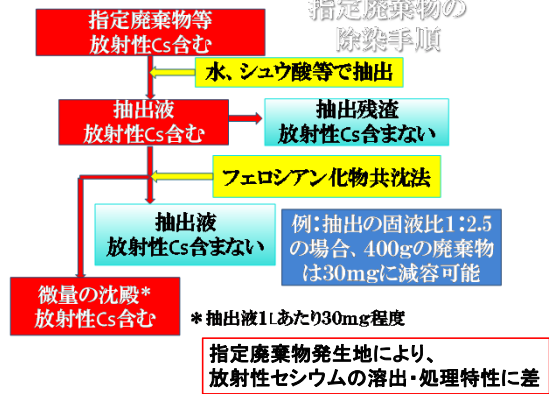
福島県全域 H25年3月時点の 下水汚泥の保管状況

濃 度	保 管 量(トン)			処 分 方 法
	脱水汚泥	焼却灰	溶融スラグ	
10万Ba/kg超	100		410	中間貯蔵施設(国が処分)
8千~10万Ba/kg	6,870	610	760	管理型処分場(国が処分)
200~8千Ba/kg	54,030	240	120	管理型処分場
200Ba/kg以下	5,320			埋立、コンポスト可能 100Ba/kg以下はセメント材料
計	68,460	850	1,290	

7. 演者らによる廃棄物減容の研究



演者の指定廃棄物減容(放射性セシウム濃縮)研究



研究の手法

①Cs-137添加試験

各種の塩溶液ならびに非汚染廃棄物抽出液にCs-137を添加(8,000 Bq/L、質量濃度として2.5ng/L)して、フェロシアン化物共沈法を試行

②コールド試験

非汚染廃棄物抽出液にCs-133(非放射性)100µg/Lを添加して、フェロシアン化物共沈法を試行。

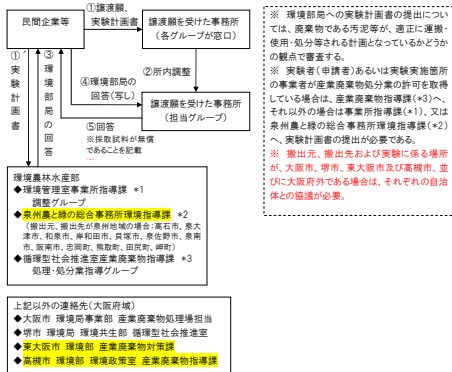
③現場試験

汚染廃棄物発生現場に、可搬型ゲルマニウム半導体検出器や、重金属分析装置、遠心分離器を搬入し、現地で廃棄物からの放射性セシウム測出と共沈を実施。

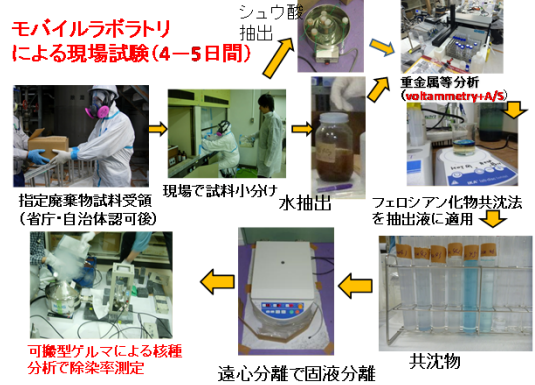
現場試験実施のポイント

- 省庁・自治体の認可取得（訪問・説明・計画書作成・省内協議→試験認可）
- 汚染廃棄物を発生地から動かさない
- モバイル分析機器の活用(可搬型ゲルマ、サーベイメータ、可搬型重金属分析機器)
- 現場の安全管理
- 実験廃棄物の適切な処分

下水汚泥等を発生地から動かす時の手続き



大学による指定廃棄物処理特性の解明試験 実施中



廃棄物抽出液の特徴： 多様な金属を含む・セシウム除去率に変動

実汚染焼却灰

	Fe	Mn	Cu	Zn	Ni	Cs除去率 *
	mmol/L					
下水/焼却飛灰洗浄液	0.1	0.1	0.1	1.0	0.0	96% ややbad
下水/熔融飛灰純水抽出液	0.1	0.4	0.3	11	0.0	89-93% bad
下水汚泥1mol/L シュウ酸抽出液	33	3.8	0.1	0.2	0.1	97% ただし100倍希釈時
下水/熔融スラグ1mol/L シュウ酸抽出液	37	0.6	0.0	0.1	0.0	99% ただし100倍希釈時
ゴミ熔融飛灰(安定化後)水抽出液	0	0	0	0	NA	Fe(III) 0.4mM 100%
ゴミ焼却飛灰(安定化後)水抽出液	0	0.0	0	1.3	NA	金属添加せず 23% bad Fe(II) 1.8mM 100% **

除去率不良の理由は？

* pH 5 or 3 (Fe使用時) Fe濃度 0.1mmol/L

** 硫酸第一鉄の凝集沈殿効果+フェロシアン化鉄(II)生成?

2次加圧ポンプのグランドパッキン交換

研究炉部 萩野晋也

5月30日、KUR炉室地階熱交換器室に設置している2次加圧ポンプのグランドパッキンの交換を行った。交換は一日で完了し、その日に試運転も行い、通常の状態に復帰できた。今回の業務報告会では、このポンプとパッキン交換作業について説明する。

2次加圧ポンプの役割は、2冷却水配管内の圧力を上げ、1次冷却水配管内の圧力よりも高い状態を維持することである。これにより、熱交換器内で1次冷却水配管が破損し、1次冷却水が2次冷却水中に漏洩しようとしても、2次冷却水がこれを1次冷却水配管に押し返す。よって、1次冷却水が2次冷却水に混合し、KUR屋外に設置している冷却塔から外部に解放されることを未然に防いでいる。

2次加圧ポンプにはグランドパッキンが取り付けられている。グランドパッキンはポンプのケースとシャフトの間に取り付けられ、内部の液をポンプの外に出さないようにするためのものである。しかし、パッキンはシャフトと強く擦れるため、その接触面の冷却と潤滑のためにいくらかのシャフト冷却水が必要である。シャフト冷却水はポンプ内部から、グランドパッキンとシャフトの間を通り抜け、ポンプの外に排出される。その後、コールドサンプに貯められる。

KURではシャフト冷却水の排出量を、およそ30秒に一滴程度となるように調整している。今回の交換直前ではパッキンの劣化により、1秒に3滴程度、1日で100リットル程度排出された。KURでは放射性廃水の排出を極力抑えている。通常であれば、グランドパッキンを押し込み、シャフト冷却水の排出量を調整する。しかし、パッキンが劣化し調整ができなかったため、パッキンを交換してシャフト冷却水の排出量を減らした。

この交換作業は関水社の作業員が行った。作業内容としては、旧パッキンの引き抜き・新パッキンの取り付け、センターリング、試運転である。これらの作業を経て、2次加圧ポンプを適正な状態に復帰した。

2次加圧ポンプのグランドパッキンの交換

荻野 晋也

2次加圧ポンプ



2次加圧ポンプの役割

- ・2次冷却水配管内の圧力が、1次冷却水配管内の圧力よりも高い状態を維持する。非運転時には2次冷却水の圧力がおよそ0.18MPaになるようにしている。
- ・圧力をかけることにより、熱交換器内で1次冷却水配管が破損して、1次冷却水が2次冷却水中に漏れ出ようとしても、圧力が高い2次冷却水がこれを押し返す。
- ・これにより、2次冷却水中に1次冷却水が混合し、炉室外へ放射性物質が放出されることを未然に防ぐ。

グランドパッキン交換に至った経緯

- ・グランドパッキンが劣化して、シャフト冷却水の滴下量が多くなった。交換直前では最大で1日に100リットル程度コールドサンプ(放射性廃水槽)に排出された。
- ・KURでは放射性廃水の排出を極力抑えている。そのためコールドサンプへの排水は可能な限り減らしたい。
- ・通常ならグランドパッキンを押し込み、滴下量を調整する。しかし、パッキンが劣化したため調整ができなくなった。
- ・よって、パッキンの交換を行い、ポンプを適正な状態に復帰させた。

パッキンとは

- ・機械や装置などにおいて、内部の液体や気体などが漏れ出さないようにする、または内部に異物が入らないようにする部品や素材のことを『シール』と言う。
- ・シールの中でも、固定されて動かないものに取り付けられるものを『ガスケット』、回転や摺動する部品に取り付けられるものを『パッキン』と言う。

ポンプに使われるシール

- ・グランドパッキン(2次系に使用)
 - * 良いところ…価格が安い。交換が簡単。
 - * 悪いところ…どうしても漏れる。調整が必要。動力の損失が大きい。
- ・メカニカルシール(1次系に使用)
 - * 良いところ…ほとんど漏れない。調整が不要。動力の損失が小さい。
 - * 悪いところ…価格が高い。交換が難しい。

グランドパッキン

グランドパッキンに求められる性能は、

- ・摺動で軸に削り取られない。また、軸を傷つけない。
- ・中の液体に触れても変化、変質しない。
- ・柔軟性、弾性に富む。
- ・熱に強い。
- ・増し締めや取り替えの頻度が少なく、かつ容易である。

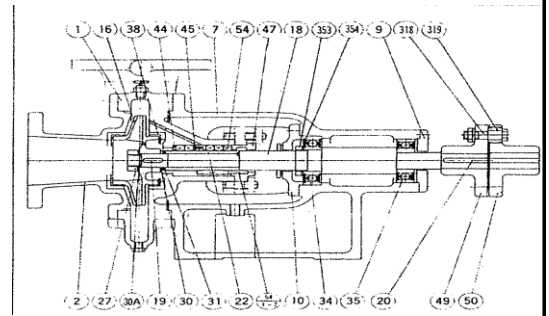
グランドパッキン

- ・グランドパッキンは主に化学繊維や炭素繊維、或いは金属で出来ている。2次加圧ポンプには炭素繊維のものが付いている。
- ・グランドパッキンはポンプのケースとシャフト(軸)の間に押し込まれ、水の流出を防いでいる。
- ・一方でパッキンとシャフトは強く擦れるので、その冷却と潤滑のためにパッキンとシャフトの間に水がいくらか通るようになっている。この水をシャフト冷却水と言う。

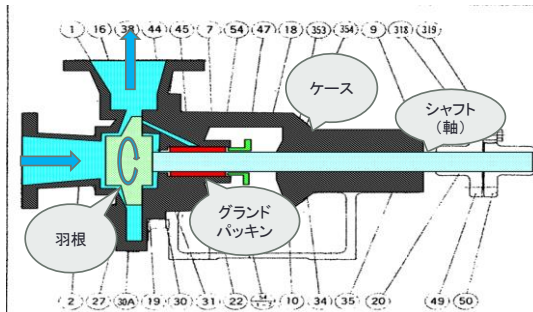
グランドパッキン



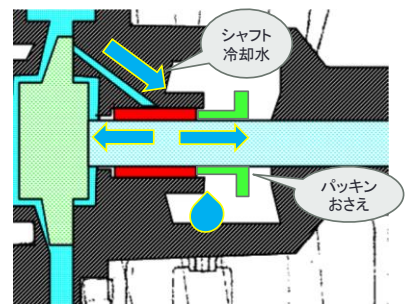
ポンプの断面図



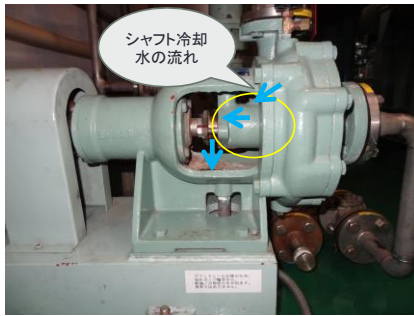
ポンプの断面図



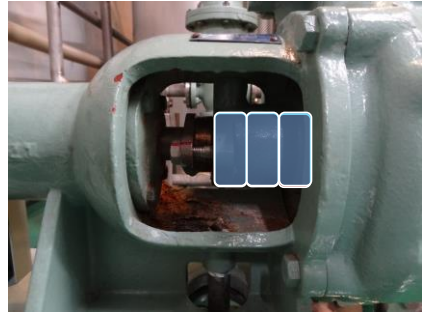
ポンプの断面図



グランドパッキンの位置



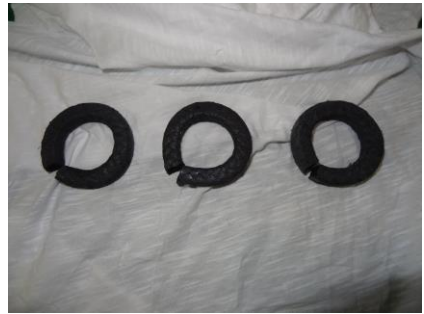
グランドパッキンの位置



グランドパッキン(旧品)



グランドパッキン(新品)



作業風景: パッキンの引き抜き



作業風景: 手直し



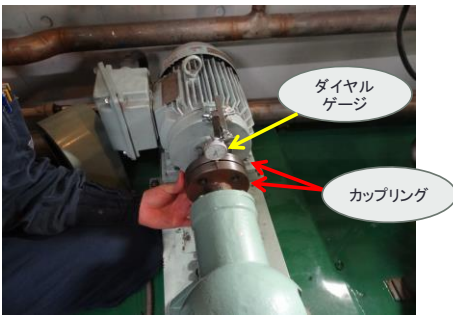
作業風景:手直し



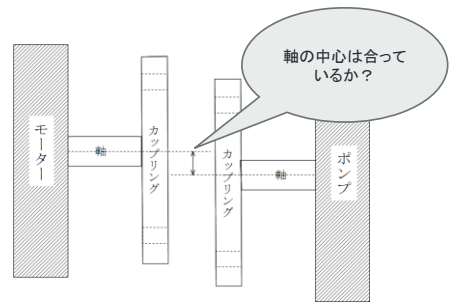
作業風景:新パッキンの取り付け



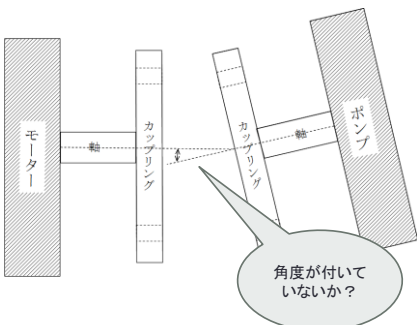
作業風景:センターリング



作業風景:センターリング



作業風景:センターリング



作業風景:センターリング



作業風景: センターリング



センターリングの結果

DIMENSION IN mm
寸法単位

		0°	90°	180°	270°
分解前	軸のズレ	0	-0.02	+0.01	+0.03
	角度のズレ	0	-0.10	-0.12	-0.01
	距離	3.1			
再組立後	軸のズレ	0	+0.04	+0.09	+0.05
	角度のズレ	0	-0.01	-0.05	-0.04
	距離	3.7			

【判定基準】

(A) : 5/100 以下 (ダイヤルゲージの読みで 10/100 以下)

(B) : 10/100 以下

(C) : 2~4

作業風景: 試運転



試運転の結果

測定項目		経過時間(分)										
		18:25	18:45	18:55	17:05	17:25	18:00	18:20	18:55	19:05		
測定項目	計測番号	単位										
ポンプ吐出圧力	12-106783	MPa	0	-	-	0.181	-	-	-	0.181		
ポンプ吸込圧力	-	MPa	-	-	-	-	-	-	-	-		
全揚程	-	m	-	-	-	-	-	-	-	-		
吐出流量	-	m ³ /h	-	-	-	-	-	-	-	-		
電動機1-1/2温度	M05	℃	25.0	28.0	29.5	30.5	31.0	-	31.0	31.5		
電動機軸受温度(左側)	M02	℃	25.5	29.0	31.5	32.5	34.5	-	34.0	35.0		
ポンプ軸受温度(右側)	M02	℃	26.0	28.5	30.0	31.0	31.5	-	31.5	32.0		
ポンプ軸受温度(左側)	M01	℃	26.0	29.5	30.5	31.5	32.5	-	32.0	32.0		
油体温度	O4	℃	26.0	28.0	29.0	29.5	-	29.5	29.5	29.5		
周囲温度	S4	℃	26.0	28.0	28.0	28.0	28.0	-	28.0	28.0		
										ラジエーター水温度(S4.6)		
【軸受温度判定基準】										ポンプ 周囲温度+40℃以下、かつ最高75℃以下		7.0
電動機 周囲温度+55℃以下、かつ最高90℃以下											8.0	

試運転の結果

駆動測定器検閲用図

測定箇所	単位 mm			
名称	1	2	3	4
分解前	(X)			
	(Y)			
再組立後	(X)	0.001	0.001	0.001
	(Y)	0.001	0.001	0.001
	(Z)	0.001	0.001	0.001

判定基準: 20/100mmP以下

判定: 合格

無事に復帰



KUCA 学生実験

研究炉部 長谷川 圭

..

1 はじめに

KUCA では、毎年6、7月に学生実験が行われている。今年度、学部4回生向けの原子炉基礎実験に参加する機会を頂きましたので、その事について報告致します。

2 概要

原子炉基礎実験では、臨界近接実験、制御棒校正実験、中性子束分布測定の主として3つの実験を行う。

臨界近接実験

この実験は、原子炉を用いるすべての実験に先立って行われる、最も基本的なものである。炉心に燃料を装荷し、各状態での体系内の中性子数を測定し、この情報に基づいて燃料板の追加枚数を決定しながら、最終的に臨界状態を達成する。

制御棒校正実験

運転時の安全性を確保するためには、制御棒の引き抜き、挿入による反応度付加率や停止余裕等を知っておくことが重要となる。これらの制御棒に関する安全上の数値を測定するのが制御棒校正実験である。方法としては1) ペリオド法、2) 補償法、3) 落下法等がある。

中性子束分布測定

文字通り原子炉内の中性子束分布を測定する実験である。金線の放射化により炉内における金の反応率分布を測定することで、中性子束を求める。

上記のうち、制御棒校正実験について報告する。

3 原理

反応度とは原子炉が臨界状態からどの程度ずれているかを示す量で

$$\rho = \frac{k_{eff} - 1}{k_{eff}} \quad (\Delta k/k)$$

と表される。又、原子炉に反応度を加えた後の振る舞いを記述する方程式を動特性方程式と呼ぶ。一点炉近似での動特性方程式は次のように書ける。

$$\frac{dn}{dt} = k_{eff} \frac{\rho - \beta_{eff}}{l} n + \sum_i^6 \lambda_i C_i \quad (1)$$

$$\frac{dC_i}{dt} = k_{eff} \frac{\beta_{i,eff}}{l} n - \lambda_i C_i \quad (2)$$

C_i : 第 i 群の遅発中性子先行核密度

λ_i : 第 i 群崩壊定数

β_{eff} : 実効的な遅発中性子割合

$\beta_{i,eff}$: 第 i 群の実効遅発中性子割合

l : 即発中性子平均寿命

3.1 制御棒落下法

3.1.1 外挿法

(1)、(2) を考える。炉出力を遅発中性子先行核の寿命に比べて長時間一定にする。このときの中性子密度を n_0 、先行核密度を C_{i0} とすれば、 $dC_{i0}/dt = 0$ より

$$\sum_i \lambda_i C_{i0} = \sum_i \frac{\beta_{i,eff}}{\Lambda} n_0 = \frac{\beta_{eff}}{\Lambda} n_0$$

となる。ここで制御棒を落下させ、反応度 ρ が加わったとする。暫くの間、遅発中性子先行核の密度は臨界時の値に保たれるので、(1) は次のように書ける。

$$\frac{dn}{dt} = \frac{\rho - \beta_{eff}}{\Lambda} n + \frac{\beta_{eff}}{\Lambda} n_0$$

これを $n(t)|_{t=0} = n_0$ の初期条件のもと解くと、

$$n(t) = \frac{\beta_{eff} n_0}{\beta_{eff} - \rho} - \frac{\rho n_0}{\beta_{eff} - \rho} \exp\left(-\frac{\beta_{eff} - \rho}{\Lambda} t\right)$$

第2項は $\rho < 0$ であれば $\Lambda/(\beta_{eff} + |\rho|)$ のペリオドで急速に減衰するので、原子炉の出力は急速に次式に漸近する。

$$n_1 = \frac{\beta_{eff}}{\beta_{eff} - \rho} n_0$$

よって、制御棒落下前後の出力 n_0, n_1 より、次式で反応度が求まる。

$$\rho = \frac{n_1 - n_0}{n_1} \beta_{eff}$$

実際には遅発中性子先行核の減衰があるので、その減衰曲線を制御棒を落下させた時刻 0 に外挿して n_1 を求める。そのため外挿法と呼ばれる。

3.1.2 積分法

(1)、(2) をラプラス変換すると、

$$s\mathfrak{L}[n(t)] - n_0 = \frac{\rho - \beta_{\text{eff}}}{\Lambda} \mathfrak{L}[n(t)] + \sum_i^6 \lambda_i \mathfrak{L}[C_i(t)] \quad (3)$$

$$s\mathfrak{L}[C_i(t)] - C_{i0} = \frac{\beta_{i,\text{eff}}}{\Lambda} \mathfrak{L}[n(t)] - \lambda_i \mathfrak{L}[C_i(t)] \quad (4)$$

$\mathfrak{L}[C_i(t)]$ を消去すると、

$$\mathfrak{L}[n(t)] = \frac{\Lambda + \sum_i^6 \frac{\beta_{i,\text{eff}}}{s + \lambda_i}}{s\Lambda + s \sum_i^6 \frac{\beta_{i,\text{eff}}}{s + \lambda_i} - \rho} n_0$$

ところで、 $\lim_{s \rightarrow 0} \mathfrak{L}[n(t)] = \lim_{s \rightarrow 0} \int_0^\infty e^{-st} n(t) dt = \int_0^\infty n(t) dt$ なので、

$$n_0 \frac{\Lambda + \sum \frac{\beta_{i,\text{eff}}}{\lambda_i}}{-\rho} = \int_0^\infty n(t) dt$$

Λ は $\sum \frac{\beta_{i,\text{eff}}}{\lambda_i}$ に比べて無視できるので、

$$-\frac{\rho}{\beta_{\text{eff}}} = \frac{n_0 \sum \frac{\alpha_i}{\lambda_i}}{\int_0^\infty n(t) dt}$$

上式で反応度が求まる。

4 さいごに

今回 CA 学生実験をとおして、原子炉物理に関する理解を深めることが出来た。また、実験前に講義をして頂いた中島先生をはじめ、実験でお世話になりました教職員の皆様ありがとうございました。

CA学生実験

研究炉部
長谷川 圭

概要

平成25年度 京大原子炉基礎実験スケジュール【案】

	6/10(月)	11(火)	12(水)	13(木)	14(金)
9時	8:00 ①講義開始(9:00)10分前 ②実験準備(9:00)10分前	8:00-8:30 研究室紹介 ①実験準備			レポート作成
10			②実験準備(10:00)	運転実習	10:00-12:00
11		①最終準備(10:00)	②実験準備(10:00)		討論会
12		昼食	昼食	昼食	昼食
13	13:20 開演式 ①開演式	②実験準備(13:00)	③中性子束分取装置		レポート作成
14	②実験準備(13:00)			運転実習	
15	15:00 ③実験準備(15:00)		運転実習		15:00 レポート開始 ④実験準備(15:00)
16	④実験準備(15:00)	④実験準備(15:00)		④実験準備(15:00)	15:00 レポート開始 ④実験準備(15:00)
17		④実験準備(15:00)		④実験準備(15:00)	
18					
19					
20					

講師・実験担当員	講 義 (*講義科目)
一級講師・実験教育 ① 藤原正徳 ② 新藤博純正 ③ 中種子実分	*三原 敏 教授 *宇野崎博博 教授 *三原 敏 教授 *宇 智浩 准教授
研 究 室 員 (12時(水)9:00~9:30)	*山崎 隆 教授(研究炉安全管理工学) *山崎隆司 教授(中性子応用工学) *青藤泰司 教授(国際熱核融合工学)
運 転 実 習 見 学 (KUR)	三原 敏 教授、宇野崎博博 教授、宇 智浩 准教授、佐野忠史 助教、 久米真志 助教、高橋桂之 助教 CA部員

(京都大学原子炉実験所)

制御棒校正

運転時の安全性を確保するためには、制御棒の引き抜き、挿入による反応度付加率や停止余裕等を知っておくことが重要となる。これらの制御棒に関する安全上の数値を測定するのが制御棒校正実験である。

- ・ペリオド法・・・原子炉に正の反応度を加えた時のペリオドを測定して反応度を求める。
- ・補償法・・・ペリオド法で測定した後、別の制御棒で臨界をとる。その時の負の反応度はペリオド法で加えた正の反応度に等しい。
- ・落下法・・・制御棒を全引き抜き状態から落下させてその時の中性子密度の変化から反応度を求める。

制御棒校正

① 外挿法

動特性方程式

$$\frac{dn}{dt} = k_{eff} \frac{\rho - \beta_{eff}}{l} n + \sum_i^6 \lambda_i C_i \quad \frac{dC_i}{dt} = k_{eff} \frac{\beta_{i,eff}}{l} n - \lambda_i C_i$$

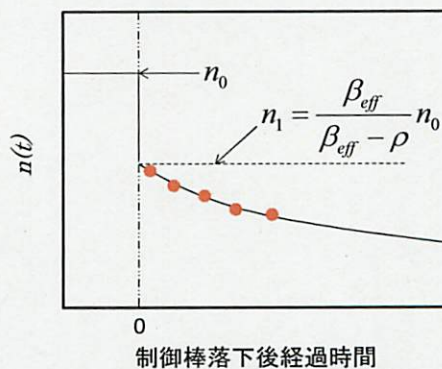
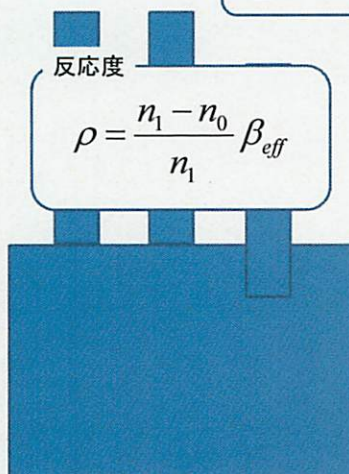


図1:制御棒落下後における出力変化

制御棒校正

②積分法

動特性方程式をラプラス変換すると、

$$sL[n(t)] - n_0 = k_{eff} \frac{\rho - \beta_{eff}}{l} L[n(t)] + \sum_i^6 \lambda_i L[C_i(t)]$$

$$sL[C(t)] - C_{i0} = k_{eff} \frac{\beta_{i,eff}}{l} L[n(t)] - \lambda_i L[C_i(t)]$$

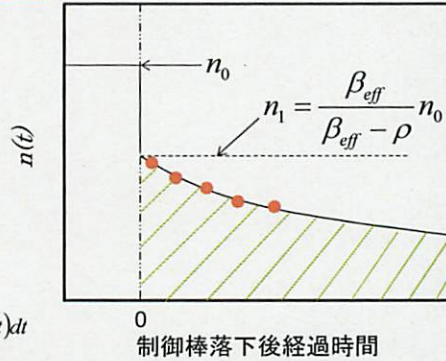
$$L[n(t)] = n_0 \frac{\frac{l}{k_{eff}} + \sum_i^6 \frac{\beta_{i,eff}}{s + \lambda_i}}{s \frac{l}{k_{eff}} + \sum_i^6 \frac{\beta_{i,eff}}{s + \lambda_i} - \rho}$$

$$\lim_{s \rightarrow 0} L[n(t)] = \lim_{s \rightarrow 0} \int_0^\infty e^{-st} n(t) dt = \int_0^\infty n(t) dt$$

$$n_0 \frac{\frac{l}{k_{eff}} + \sum_i^6 \frac{\beta_{i,eff}}{\lambda_i}}{-\rho} = n_0 \frac{\frac{l}{k_{eff}} + \beta_{eff} \sum_i^6 \frac{\alpha_i}{\lambda_i}}{-\rho} = \int_0^\infty n(t) dt$$

反応度

$$-\frac{\rho}{\beta_{eff}} = \frac{n_0 \sum_i \frac{\alpha_i}{\lambda_i}}{\int_0^\infty n(t) dt}$$



結果

表1: 制御棒価値 (%Δk/k)

C1	C2	C3
0.280	0.346	0.680

炉中心からの距離

$$r_{C3} < r_{C1} < r_{C2}$$

制御棒価値

$$\rho_{C3} > \rho_{C2} > \rho_{C1}$$

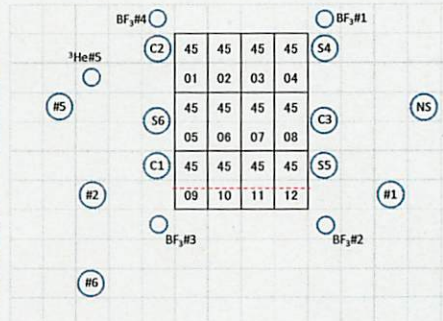


図2: 炉心図

2群拡散理論

漏れ 消滅 生成

炉心 第1群 $D_{1c} \nabla^2 \phi_{1c} - (\Sigma_{1ac} + \Sigma_{1 \rightarrow 2c}) \phi_{1c} + \epsilon V \Sigma_{2f} \phi_{2c} = 0$

炉心 第2群 $D_{2c} \nabla^2 \phi_{2c} - \Sigma_{2ac} \phi_{2c} + \Sigma_{1 \rightarrow 2c} \phi_{1c} = 0$

反射体 第1群 $D_{1r} \nabla^2 \phi_{1r} - (\Sigma_{1ar}$

反射体 第2群 $D_{2r} \nabla^2 \phi_{2r} - \Sigma_{2ar} \phi_{2r}$

$\phi(x, y, z) = \phi(x)\phi(y)\phi(z)$ と書け、 y, z 表せると仮定して、計算する。

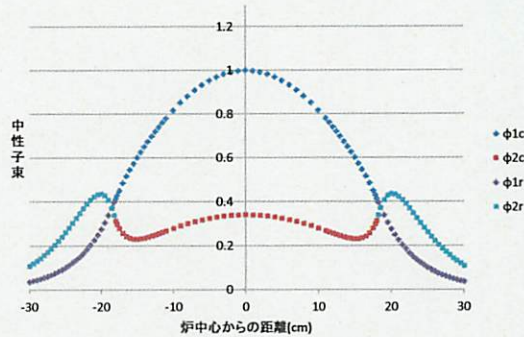


図3:2群拡散理論での中性子束

摂動論

微小な変化による反応度変化量を摂動法を用いて求める。

$M\phi = \frac{1}{k} F\phi$ 臨界方程式

局所的に吸収体に加わり、断面積変化。

$\Sigma'_a = \Sigma_a + \delta \Sigma_a$

$M'\phi' = \frac{1}{k'} F\phi'$

$M' = M + \delta M$

ここで、随伴中性子束を導入する。

$M^* \phi^* = \frac{1}{k} F^* \phi^*$

$\langle M^* \phi_i | \phi_j \rangle = \langle \phi_i | M | \phi_j \rangle$

$\left[\int (M^* \phi_i)^* \phi_j dV = \int \phi_i^* M \phi_j dV \right]$

$\Delta\rho = \frac{1}{k} - \frac{1}{k'} = - \frac{\langle \phi^* | \delta \Sigma_a | \phi \rangle}{\langle \phi^* | F | \phi \rangle}$

$\phi' \approx \phi$

$\Delta\rho = \frac{1}{k} - \frac{1}{k'} = - \frac{\langle \phi^* | \delta \Sigma_a | \phi \rangle}{\langle \phi^* | F | \phi \rangle}$

炉心内の1点 r_0 に吸収体が挿入されたとする。

$\delta \Sigma_a(r) = \alpha \delta(r - r_0)$

$\Delta\rho = - \frac{\int_V \phi^*(r) \delta \Sigma_a(r) \phi(r) d^3r}{\int_V \phi^*(r) F(r) \phi(r) d^3r}$
 $= - \frac{\alpha \phi^*(r_0) \phi(r_0)}{C}$

摂動論

$$\Delta\rho = -\frac{\alpha\phi^+(\mathbf{r}_0)\phi(\mathbf{r}_0)}{C}$$

点 \mathbf{r}_0 に吸収体が挿入された時の反応度変化は
点 \mathbf{r}_0 における中性子束と随伴中性子束の積に比例する。

$$\phi^+(\mathbf{r}_0) = -C \frac{\Delta\rho}{\alpha\phi(\mathbf{r}_0)}$$

点 \mathbf{r}_0 において毎秒1個の中性子が吸収されるときに
原子炉に引き起こされる反応度変化に比例する。

随伴中性子束は挿入位置による影響度を表す。

摂動論

$$M^+\phi^+ = \frac{1}{k}F^+\phi^+$$

$$\langle M^+\phi_i | \phi_j \rangle = \langle \phi_i | M | \phi_j \rangle$$

上式より、先程求めた中性子束の
随伴中性子束を計算する。

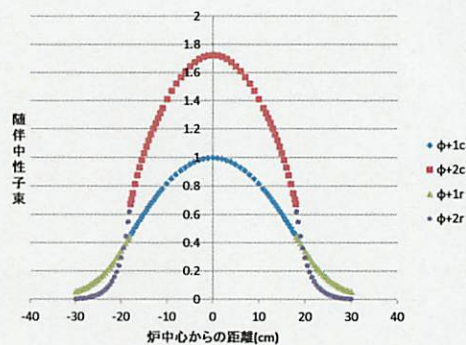


図4:2群の随伴中性子束

炉心領域では熱中性子の影響度が大きく、反射体領域では
高速中性子の影響度が大きい。

摂動論

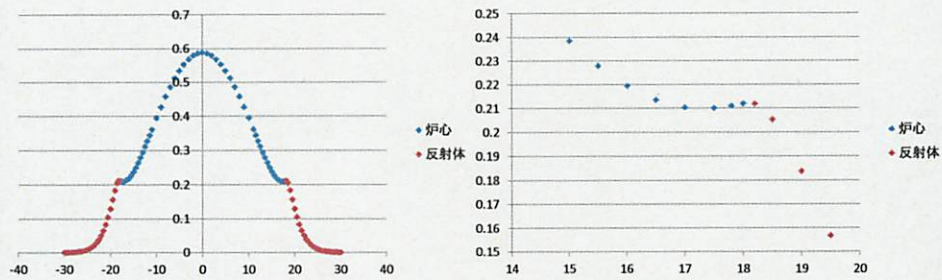


図5: 随伴中性子束 × 中性子束(熱群)

炉心境界より少し内側の方が反応度が小さい。

BNCT 体位設定に関するあれこれ

～ KUR 重水設備から加速器へ ～

実験設備管理部 吉永尚生

BNCT 患者の体位設定について取組中の業務について報告する。

原子炉を利用した特殊なガン治療方法から、一般医療としての治療方法へと BNCT は移行しつつある。昨年 10 月から加速器での BNCT の治験が開始され、照射部位も頭部に限定されていたが頭頸部への照射も予定されている。いずれの部位も KUR 重水設備では症例数も多くこなしていた。KUR と加速器との違い、現在取り組んでいる課題について、また、今後の展開に備えて取組みだしている内容についても触れる。

患部への中性子線照射は、臥位もしくは座位に体位設定することを 2 年前の報告会で紹介した。KUR 重水設備では中性子ビーム孔に患部を密着させてビーズクッションなどで体を固定する手法をとっている。加速器でも中性子ビーム孔に対して患部を密着させるのは同様であるが、重水設備との違いはビーム孔の位置である。重水設備のビーム孔は地上高さ 92cm であるのに対して加速器は 150cm となっている。この差異は臥位での照射に関してはベッド高さだけの問題となる一方、座位での照射は大きな違いとなる。図 1. に KUR で実施された座位での体系設定図を示す。図は頭頸部だけではなく頭部への照射も含まれている。92cm という高さには照射架台、照射台車の高さは含まれていないため、実際の体位設定は 10cm ほど狭い範囲で実施する。この設定範囲で身長の高い患者や胴回りの大きい患者へ対応するには腰の位置を大きく変えることと、体軸を捻ることしかなく片麻痺などがある患者には長時間の固定は物理的にも精神的にも辛いものである。

一方、加速器での体位設定は図 2. のようになる。患者の腰から下に寸法の余裕があるため、ほぼ立位に近い体系となる。このため体幹部の捻りも上体だけで対応できるため患者への負担が減ぜられる。

ここで装置システムとは関係しない部分で重水設備と加速器との違いについて紹介する。重水設備では研究目的のため様々な部位に照射すること、症例数を増やして実績を稼ぐことに重点が置かれる。BNCT の原理上、事前の照射シミュレーションに対して極めて厳密な体位設定は必要としない。一方、加速器での BNCT は一般医療として認定されるべく治験を

すすめれば、従来の放射線治療で実施されている体位設定法とどうしても比較評価される。BNCT でも無駄な被曝を避けるために粘膜線量の評価や遮蔽計算を実施している都合から、ある程度厳密に再現性のある体位設定が実施されていることを体現する必要が生じた。重水設備では使用していないレーザー光による照射部位の位置出しと顔面マスクによる固定が実施されるのはこの為である。これらは患者への負担となる

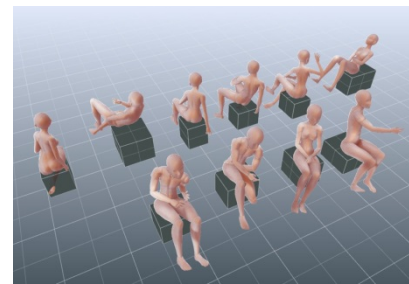


図 2 KUR 座位体系図

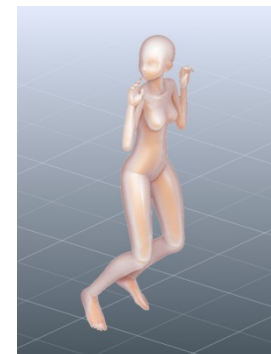


図 1 加速器座位体系図



図 3 シミュレーション室

時間が増える恐れがあり、照射室での体位設定は場合によってはスタッフの無駄な被ばく線量増大にもなる。そこで体位設定を専用に行うシミュレーション室を設けることになった(図3.)。コリメータ(模型)は前後可動に、左右と上部からレーザー光を設置した。頭部への照射では前日にシミュレーション室で患者の頭部をマスクで固定したのち、マスクを装着したままCT撮影、当日は照射架台で再度マスクを装着してX線撮影で照射位置の確認したのち中性子照射となる。

これまで臥位に限定された照射に対応してきたが、座位での照射を目前に問題となったのが照射架台である。

図4. は医療棟が建設された当初の照射室イメージ図である。当時住友重工(株)が設置したものは臥位、座位両方に対応できる架台装置として設置されたもの。高さ調整や回転の機能はついてはいるが現在のように体位設定の再現性、確認という点まではフォローできない。そこで重水設備での照射体系を基に加速器で使用する照射架台について検討をはじめた(図5.)。この検討では既設の照射架台にアタ

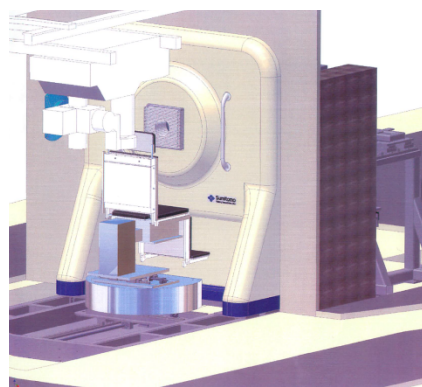


図4 照射架台

ッチメントを付加する形でデザインした。しかし、重水設

備での様々な照射体系を評価した時、患者にとって窮屈な姿勢を加速器でも同じにするのは問題アリとの結論に至った。

加速器ではビーム孔の高さがあること、頭頸部の患者は頭部の患者に比べて体力的に健常者に匹敵すること、スタッフの動きや全体の流れ(体位のシミュレーション、CT撮影、照射)のスムーズさと各段階での体位設定の再現性を念頭に置いた照射装置を開発することになった。報告ではこの開発中の装置を紹介する。

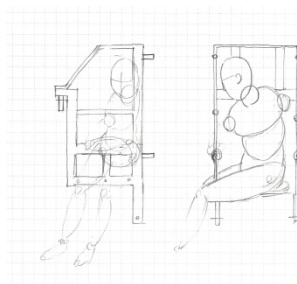


図5 座位照射架台スケッチ

適切な照射線量を決定するとき、粘膜線量を抑えるために例えば網膜などを裂けるようビーム入射角度を変えたりしている。

しかし、やむを得ず照射するときには眼帯のようにフッ化リチウムの板材や水を含ませた高分子ポリマーなどで中性子を遮蔽している。同様のケースが加速器BNCTでも今後発生すると考えられる。前述の通り計算通りに遮蔽することの具体策として3Dスキャナーと3Dプリンターの活用による遮蔽マスクの製作を検討している。3Dスキャナーは近年リバーブスエンジニアの要として発展してきたデバイスである。同種の中でも固定装置を持たず、直接に対象物をスキャンできるものを選んでその能力を評価した。

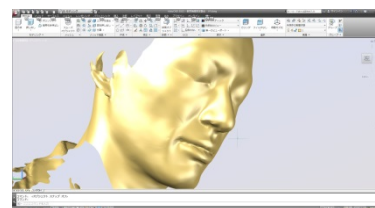


図6 3Dスキャナーによる3DCAD

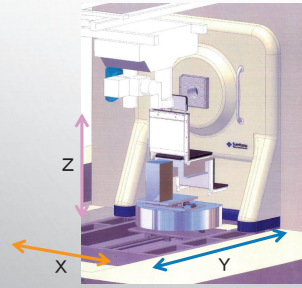
加速器でのBNCTはハード的にまだ発展途上であり、解決すべき課題も多い。1つずつ解決するよう今後も積極的に技術開発に貢献したい。

頭頸部

加速器BNCT体位設定装置の開発について

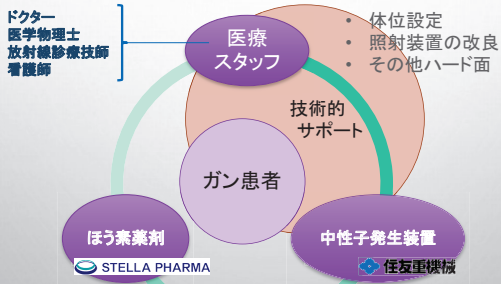
実験設備管理部 吉永尚生

加速器BNCTの体位設定装置(座位)



- 二つの機能(ベッド、椅子)
- 2次元移動(X軸、Y軸)
- 高さ調整(Z軸)
- 回転 (θ)

KURから加速器BNCTへ



加速器BNCTの体設定装置(座位)

- 患者の照射位置の確認ができない。
- 事前体位設定、CT撮影などのプレプロセスからの再現性がない。



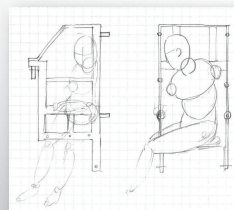
照射装置の開発

体位設定装置開発

キーワード

- 体位設定確認の容易さ
- シンプルな固定方法
- 再現性の確保

座位用照射架台の開発



- ~医療スタッフの要望~
- 頭頸部の照射をターゲット。
 - 既設の架台を利用。
 - 再現性を確保する。



架台および、コリメーターの位置決めを可能にするフレームを採用する方向

限られたスペースでの設計

- ・ 予想される体位は？
- ・ フレームの大きさは？ → 重水設備での実績を参考に

中性子線入射方向

B矢視

A矢視

KUR-BNCTでの頭頸部体位設定

下眼瞼部

側頭葉

外耳道

下顎部

頸部

頸部

真突高~頸部

頭頂葉

- ・ 既設架台の強度不足
- ・ 照射条件の変更 (座位一半立位)

開発ペンディング

頸部(前方)

中性子ビーム

座面奥行き (A矢視)

座面左右方向 (B矢視)

こだわらない方がいい？

~~KUR-BNCTでの体位設定~~

狭い！

そもそも？

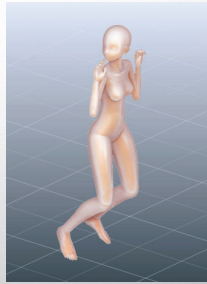
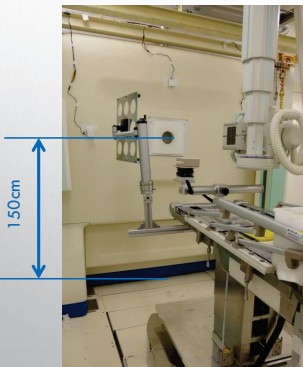
床上高さが92cmと低い

患者にとって辛い姿勢

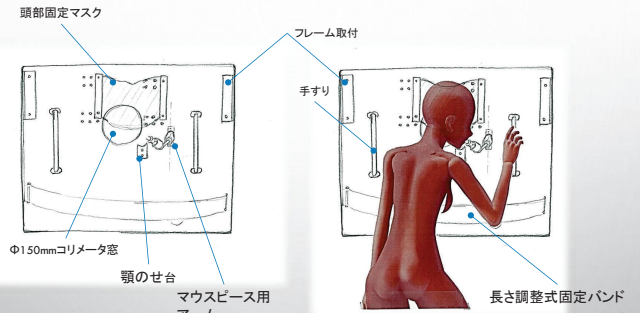
僅か92cm

※重水設備年次点検にて撮影した実験孔

加速器での体位設定(頭頸部)



(第1図案) 頭部固定板



体位設定シミュレーション CT撮影 照射

各々異なる部屋での体位設定の再現性を確保

頭頸部の照射について

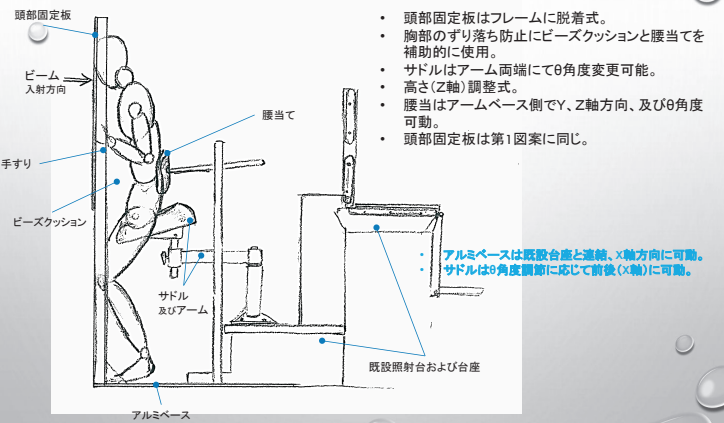
体位設定装置の仕様

- ほぼ立位に近い体位
- ×椅子 → サドル
- コリメーター面に頭部などを固定する板を設置 [頭部固定板(仮称)]
- かつ、**頭部固定板はワンタッチ脱着式**
- マウスピース、頭部固定マスク、手すり等を固定板に設置できる
- コリメータ部に150Φの円形窓を設ける
- できるだけシンプルな構造
- 座位での照射に変更可能(座位照射用の開発は続ける)
- **シミュレーション、CT撮影、照射で体位の再現性を確保**

臥位

座位

(第2図案)



- 頭部固定板はフレームに脱着式。
- 胸部のずり落ち防止にピースクッションと腰当てを補助的に使用。
- サドルはアーム両端にてθ角度変更可能。
- 高さ(Z軸)調整式。
- 腰当てはアームベース側でY、Z軸方向、及びθ角度可動。
- 頭部固定板は第1図案に同じ。

- アルミベースは既設台座と連結、X軸方向に可動。
- サドルはθ角度調節に応じて前後(X軸)に可動。

BNCT照射の流れ

(治験目的)

加速器

- 体位設定のシミュレーション
- CT撮影 1日目
- 体位設定 2日目
- CR(X線)撮影
- 照射

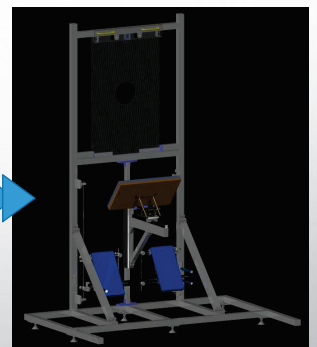
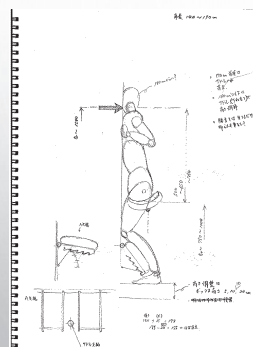
(研究目的)

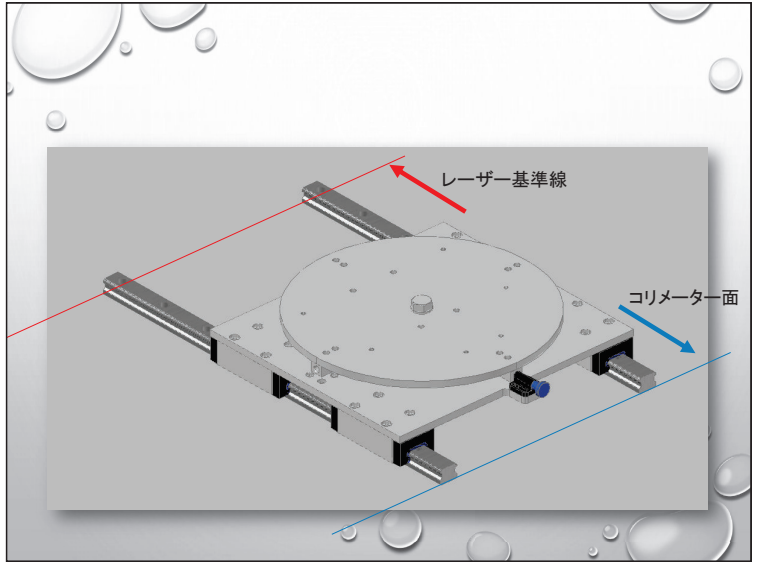
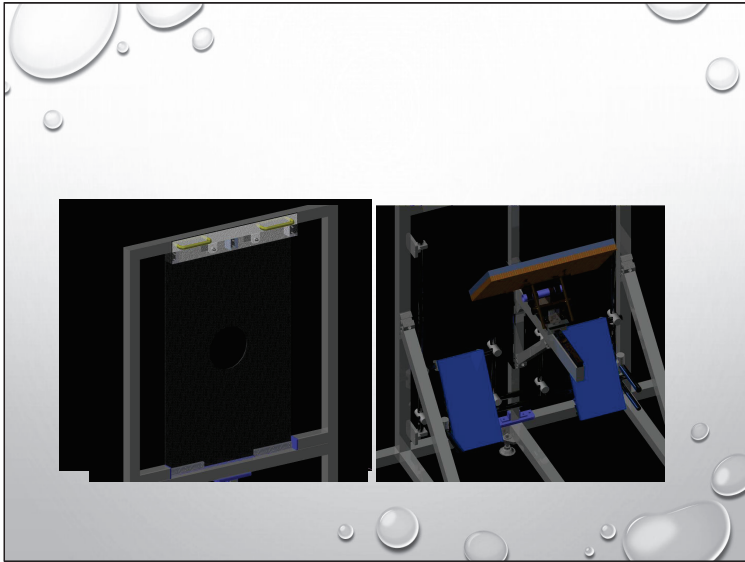
重水設備(KUR)

- 体位設定
- 照射

別々の部屋で体位設定やその評価を実施する

最終図案(?)





仕様の追加？！

- 照射装置の改良
 - 既設レーザーによる位置確認を容易にする。
 - X線撮影角度を確保。
- シミュレーション室の改良

【 3Dデバイスによる粘膜線量調整機能付き固定マスクの製作 】

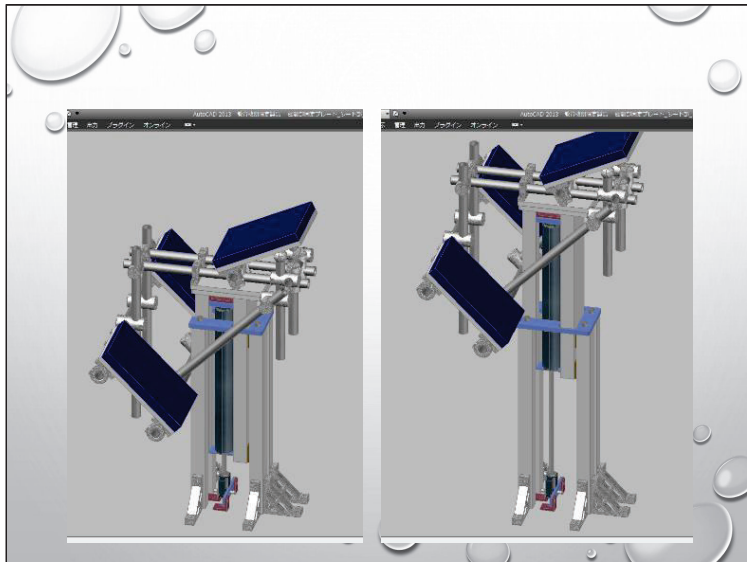


仕様の追加！？

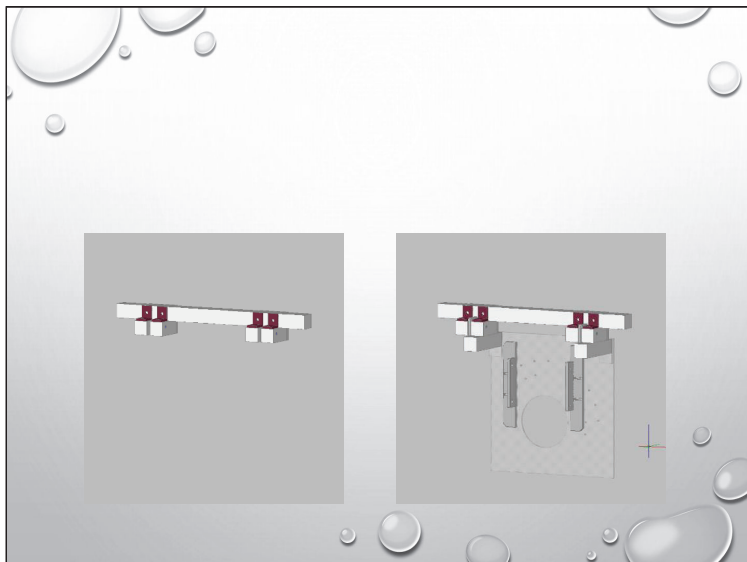
レーザー光線による照射位置が確認できるように

- 実際の照射位置(0度)と対面(180度)してレーザーによる位置確認&CR撮影
- 90度回転してCR撮影





シミュレーション室



製作を振り返って

- 設計から製作を一貫して担当
忠実な要望の実現化
- 試作の大切さ
実際に感じないと分からない寸法
- 既設品を改良する事の難しさ

シミュレーション室

まとめ？

- 患者への中性子照射に対して最終的に要となる体位設定装置を設計、試作、制作した。
- あらゆる従来方法と一線を期する手法により、体位設定のみならずPRE、POSTプロセスにおいて再現性のある体位設定の実現を目指した。
- 現在のところ、試作品の域を出ていないが、治験に向けて使用感の確認、改善を図っていきたい。

デッサン人形ツール



3D造形(スキャン)



3D造形(プリント)

DMM はじまる。 3D PRINT

CM 既読中!

3DMM 3Dプリントで対応できる素材別の特徴

<p>石膏フルカラー</p> <p>複雑な形状は不可能ですが、造像等も安く、フルカラーで実数に造形できるのが強みです。</p>	<p>アクリル樹脂</p> <p>複雑で細かい形状や曲面を得意に再現することができ、医療品に高いキレキを表現します。また、高機能モードで出力すればさらに高精度の造形が可能です。</p>
<p>ナイロン (ポリアミド)</p> <p>耐熱性と耐性に優れ、強度を持った造形が可能です。部品同士のはめ合わせができるので幅広い用途に活用いただけます。</p>	<p>シルバー</p> <p>フォタスモデルを3Dプリンターで作成し、真鍮にてシルバーに置き換えます。シルバーだけでなくゴールドやブロンズなどの素材が必要な場合はご相談ください。</p>
<p>チタン</p> <p>チタン合金をレーザーにて溶接させた粉末をモデルを作成するため、従来の方法では難しかった形状を作ることが可能です。</p>	<p>素材は今後も順次追加してまいります。</p> <p>詳しくはお問い合わせください。 ※素材の特徴については、こちらをご覧ください。</p>

研修会の写真集



特別講演 志賀先生



特別講演 藤川先生



技術発表 荻野氏



技術発表 長谷川氏



技術発表 吉永氏



研修風景

1月31日(金)

時 間	内 容
11:30	京都大学原子炉実験所守衛所前 集合
11:45	京都大学原子炉実験所守衛所前 出発 貸切バスにて移動 実験所前—上之郷 IC (阪和自動車道) — (近畿自動車道) —大東鶴見 IC
13:00—16:00	株式会社 山田製作所 (大阪府大東市新田中町 2-41) 着・見学 (3時間)
16:00	株式会社 山田製作所 出発
17:15	京都大学原子炉実験所守衛所前 着・解散

山田製作所の見学について

(小堀浩成 記)

1月31日、原子炉実験所技術室員16名と理学研究科技術職員3名及び京都工芸繊維大技術職員1名の計20名で、午後1時より、午後4時まで、見学及び講義を受けた。

まず、全員を2グループに分け、1時間あまり山田製作所の若手職員より工場内を案内しながら、3S活動の実際を説明していただいた。

最初に工具類の整理の仕方について、説明を受けた。工具類が壁一面にボルトで固定しており、その工具の名称を書いたタグを付けてあり、工具の名称を知らない新人職員であっても、工具を見つけることはかんたんであるとの説明であった。とはいえ、膨大な工具類であり、あいうえお順に工具が並んでいるわけでもないの、新人には探し出すのに時間がかかるであろうと思われた。また、工具を使用中の場合は、工具のあった場所に使用者のタグを張ることは、よいアイデアであると思った。重量物のハンマーが壁の上方に固定しており、技術室員より、地震の際には、重量物が上に固定してあるのは、危険ではないかとの質問が出たが、明確な回答は得られなかった。また、工具類を固定している場所の天井が、約1.8m程の高さであり、頭を打ったりする事故が起こらないかとの質問もあった。

次に、工程管理ボードの前で、説明を受けた。縦1メートル横2メートル程の工程ボードで、半年間くらいの工程管理ができるようになってきている。幅1cm、縦1mの棒が半日分になっており、その棒をボードの先頭に持っていき押し出すことで、新たな予定を書き加えることができるようになってきている。受注の決まった工作物の加工着手日から納品日まで、一目瞭然である。どういう工作物で、だれが、どの加工工程にあるかなどもよくわかる。1か月程の予定しかなく、厳しい受注状況が見て取れた。また、一人時間当たりの利益目標や、不良品コストの削減目標などが、掲げられており、我々準公務員と違って、民間は、一人ひとりが利益を追求していかなければならないことを、実感させられた。

その後、在庫材料を平積みではなく、ラックに入れ、材料別に区分している所で、説明を受けた。平積みでなく、ラックも車がついていて、材料を取り出しやすい。できるだけ、材料の在庫を持たずスペースの有効利用をしていると、説明を受けた。その後、消耗品の整理棚でも、在庫を極力減らすこと。たとえば、ガムテープの有効在庫が1個であることなどに驚かされた。この整理棚や在庫材料のラックなど、車が付いていて、移動がしやすいことが、掃除の際も、広いスペースが必要な作業の際も簡単に移動でき便利であると説明を受けた。我々の職場では、耐震上こういう事は、許されず、がっちり固定するよう要求される。労働安全衛生では、指摘を受けないのかなと思った。事務所では、情報の3Sについて、設計図など紙媒体で持たずに、1台のパソコンで管理していることの説明を受けた。1台のパソコンを不特定多数の人が利用する場合、これらを整理するソフトはたいへん有用である。見学は、これにて終了し、その後2階の研修室にて、社長の講義を受けた。

3Sを徹底することで、見えてくるもの、徹底しなければ見えないものがよく理解できた。

徹底して行うことで、仕事の効率化、目的意識の共有、挑戦する企業マインドの熟成など。今もこれを徹底して行っていることに感銘を受けた。

今後この会社が、発展していくためには、3Sの会社という特徴を持ち、受注を待っている、待ちの姿勢ではなく、攻めの姿勢が重要となってくると思う。社長自らおっしゃておられたが、この会社の技術レベルは並みであると、社員の技術レベルを上げること、こういう加工もできます、あるいは、ある加工を施すことで効率的な乾燥機や炉になることの提案を行っていくことを、全社員が考える必要がある。

工程管理ボードの時に説明を受けたが、工程の空きができた時、3Sをやると聞いたが、このような時に試作品を作るとか、製品の構造をよく理解する時間を持つたり、個人の技術レベルを上げる仕事をするとか、一見むだに見える作業であるが、こういうことが攻めの姿勢に繋がっていくのではないだろうか。

何もよくわからない素人が、失礼を承知ながら、感じたことを綴りました。

山田製作所見学についての感想

原子炉実験所 技術室 小林徳香



到着するまでは、3S（整理・整頓・清掃）に取り組んでいるといっても、工場であるからにはそれなりに多くの材料や道具が台車や棚にびっしりと収められ並んでいるのだろうと想像以上ですっきりしている！」というのが到着時の第一印象でした。

始めに簡単な説明を受けた後、1時間程工場内を案内していただきました。その後、3Sに取り組む以前の工場の様子や3S活動の経緯などを伺いましたが、自分の目で見た様子からは、とても埃やタバコの吸い殻等に埋もれていたことが信じられないくらいでした。また、整理整頓を「整理」「整頓」と区別する考え方、ただ「片づけよう」ではなく何がどの程度必要なのか具体的に考えた上での仕分け、自然にできる仕組み作りについての筋道や事例なども分かりやすく話していただきました。

講演会のような場で話を伺うだけでも「すごい」「いいな」と思えたかもしれませんが、工場見学でお話を伺いながら工場の様子や活動の成果を目の当たりにしたことは少なからず刺激になり、良かったです。3S活動というテーマは、職場に限らず個人的にも勉強になる内容だったと感じており、早速食料品の在庫の減量に着手しました（期限切れの食品を冷蔵庫の奥から発掘する、というような無駄をなくすにはやはり買い物に出かける手間を惜しまず必要な分だけ必要な時に買うのが一番だと思い知ったため）。私生活の改善もまた職場でのパフォーマンス向上につながる…と信じて続けてみる所存です。

また、“問題とは、「あるべき姿と現実の差」（見学資料より）」という話を受けて、自分が効率的に仕事をこなしていくためにどうしたらよいか等、問題点や解決策を再考し実行していきたいと思いました。



見学で印象に残ったポイント



工具置き場は、一点一点の位置だけでなく収納の方向も指定するようにシルエットが描かれている。持ち出し時に記名されたマグネットを代わりに貼ることで所在がわかるように工夫されていた。



図面台(?)のペン立ても、必要な分だけの筆記具が一行に並べられ、取り出しやすくなっている。きっと中途半端な使い差しが混じることなく、インクが切れたらすぐに交換でき、消耗品の無駄がここでも抑えられていることがうかがわれた。



最も心惹かれたのは工程管理ボード。自分の先々の予定だけでなく自分以外の人が何をしているのかすぐに把握できる点、日付の列ごとに外してずらしていけば大がかりな書き換えもなく工程を更新できる点が魅力的だった。



見学で印象に残ったポイント



資材置き場は予想以上に隙間があり、隣のケースには、ルールに乗っ取り、一見思い切ったなと思うくらいのサイズの廃材も見かけた。



パソコンの下の配線も整然としていた。百均で入手できるようなもので清掃や管理も楽になるこの方法は真似したい。

図面やその他書類はほぼ電子化され、フォルダ分けしないと聞いた時には驚いたが、必要なファイルを検索してすぐに入手できるため、細かく分岐した枝を辿るように探す必要がないのが「デジタルドルフィン」のすごいところ。

施設見学の部 参加者名簿

尾崎 誠 京都工芸繊維大学 高度技術支援センター
馬渡 秀夫 京都大学 理学研究科 地球熱学研究施設（別府）
阿部 邦美 京都大学 理学研究科（北部構内）
道下 人支 京都大学 理学研究科（北部構内）

阿部 尚也 以下 京都大学原子炉実験所 技術室
飯沼 勇人
井本 明花
大野 和臣
荻野 晋也
小林 徳香
小堀 浩成
田中 良明
張 儉
中森 輝
長谷川 圭
南 馨
三宅 智大
山田 辰矢
山本 弘志
吉野 泰史

編集後記

今回で第 13 回第 5 専門技術群（核・放射線系）専門研修会において、特別講演として、2 講演あり、原子炉実験所の教員の方に引き受けていただきました。内容は 2011 年（平成 23 年）東日本大震災の福島第一原子力発電所事故に関連するものになりました。

技術発表として、原子炉実験所技術室の技術職員 3 名の各々職務に関連する内容の発表がありました。原子炉実験所技術室には、研究炉部、実験設備管理部、放射性廃棄物処理部、放射線管理部、臨界装置部がありますが、今回は研究炉部と実験設備管理部の技術職員になりました。

施設見学については、大阪府大東市にある山田製作所で内容は 3S 活動（整理・整頓・清掃）でした。各々の職場で 3S 活動による業務の効率化に期待します。インターネットで検索すると 5S 活動（整理・整頓・清掃・清潔・しつけ）もあるようです。

予算が年々減っていく中、京都大学として人員削減が計画され、どこも大変かと思えます。原子炉実験所技術室は団塊の世代が抜け、各部で若手技術職員が主になり頑張っています。人員削減に関しては、実験所内で「業務の効率化」「兼務」等いろいろと議論されています。

実験所には「研究用原子炉（KUR）」、「臨界実験装置（KUCA）」の原子炉がありますが、原子力規制庁の新規制基準適合審査を経て、運転再開となります。

最後に、技術研修会で講演、発表はもちろん、受付、司会、写真、準備、片付け等御協力いただいた多くの方々に、厚くお礼を申し上げます。

平成 25 年度 原子炉実験所技術室・第 5 専門技術群 研修世話人

小堀浩成、南 馨、吉野泰史、*土山辰夫（原子炉実験所技術室）

*世話人代表