

加速器施設に対するクリアランス制度運用のための研究

加速器施設の廃止措置に係わる 放射化物の測定, 評価手法の確立

2019年度, 2020年度 2年計画
(2017年度, 2018年度 2年計画済み)

高エネルギー加速器研究機構(KEK)
放射線科学センター
松村 宏

課題名 加速器施設の廃止措置に係わる測定、評価手法の確立

研究期間：2019年～2020年（2 年間）

背景・目的

加速器放射化において、これまでの評価が進んでいない施設に着目し、法令を踏まえながら、実際に廃止措置を進めるうえで欠くべからざる課題を抽出し、放射化物評価手法の開発を行うことを目的とする。最終的に測定評価マニュアルを作成し、研究内容を反映させる。

実施状況

（１） 加速器施設の放射化／非放射化区分の明確化

2019年度は、陽子線治療施設の放射化調査による放射化／非放射化区分の明確化を行う。調査対象として選んだ陽子線治療施設3施設のうち、2施設の調査を完了した。残りの1施設は加速器トラブルのため今年度内の調査が完了しなかったが、重要施設であるため、2020年度に調査予定とする。

（２） 非汚染・非放射化の評価手順の検討

2019年度は金属の評価手順の検討のための電磁石等の放射化調査と放射化イメージングの研究を行う。実際の放射化電磁石等を試料として、放射能分布やサーベイメータの線量率指示値と放射能の関係を調べ、評価手順の検討のための基礎データとする。放射能分析のための試料採取、測定試料化を完了し、現在分析中である。また、放射化イメージングによる撮影を使用中の2加速器に対して実施し、核種ごとの放射化領域の特定が可能であることが分かった。

（３） 測定評価マニュアルの作成

研究評価委員会で方針と内容を確認した。2017-2020年度の4ヶ年の研究成果をもとに、加速器施設の廃止措置時の放射化の評価方法や取り扱いなどを中心にまとめることとなった。

期待される成果

加速器の種類ごとに体系的に放射化領域および放射化物管理対象を明確化し、規制側、事業所側の双方にとって廃止措置の合理化に貢献する。特に、コンクリートや電磁石等の金属について、サーベイメータやイメージング装置での測定から放射能を算定できれば、金属放射化物の合理的管理に大いに資すると期待される。

研究体制(2019年度)

3

研究代表者
(研究の総括)

松村宏(KEK)

研究検討委員会
(研究への指導助言)

外部有識者

研究参加者
(研究の実施)

KEKメンバー

経理事務担当者
(研究経費の管理)

安藤寛(KEK)

研究検討委員会

上 蓑義朋	理化学研究所
渡部浩司	東北大学
大越 実	日本アイソトープ協会
米内俊祐	量子科学技術研究開発機構
榮 武二	筑波大学
想田 光	山形大学
松田規宏	原子力研究開発機構
藤淵俊王	九州大学大学院

研究参加者

松村 宏	高エネルギー加速器研究機構
榊本和義	高エネルギー加速器研究機構
三浦太一	高エネルギー加速器研究機構
別所光太郎	高エネルギー加速器研究機構
吉田 剛	高エネルギー加速器研究機構
豊田晃弘	高エネルギー加速器研究機構
中村 一	高エネルギー加速器研究機構
西川功一	高エネルギー加速器研究機構

本事業の3本の柱

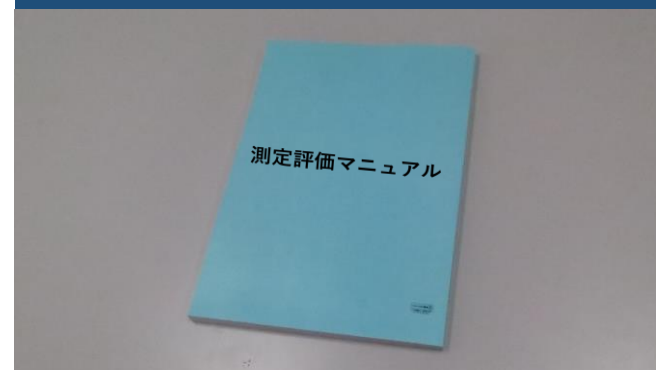
①規制対象施設・ 規制対象範囲の明確化



②非汚染・非放射化の 評価手順の検討



③測定評価マニュアル の作成



2019年度の研究概要

陽子線治療施設の明確化

放射化現地調査

金属の評価手順の検討

電磁石放射化調査
・イメージング研究

マニュアルの作成方針検討

盛り込む内容の検討



①規制対象施設・規制対象範囲の明確化

5

放射化測定・中性子生成量測定を行い、規制対象範囲の区分を行う

2017年度

静電加速器施設

2018年度

放射光施設, 粒子線治療施設

2019年度

陽子線治療施設

シンクロトロンタイプ

サイクロトロンタイプ

シンクロサイクロタイプ

メディポリス国際陽子線
治療センター(鹿児島)

相澤病院陽子線治療
センター(長野)

北海道大野記念
病院(北海道)

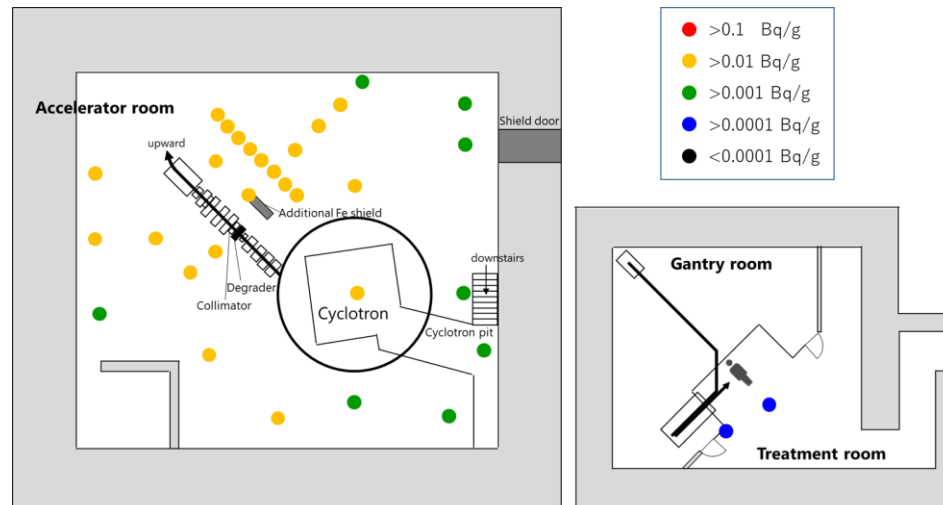
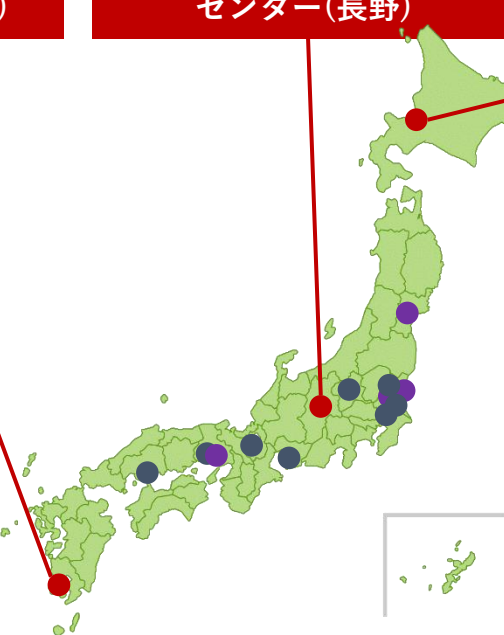


放射化測定の様子

加速器トラブルのため未完了

相澤記念病院のコンクリートの30年運転放射化の見積もり結果

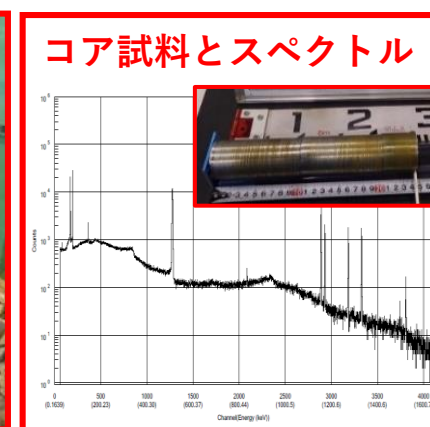
- 2017年度調査
- 2018年度調査
- 2019年度調査



金属の放射化評価手順を明確にし、効率的手法を確立する

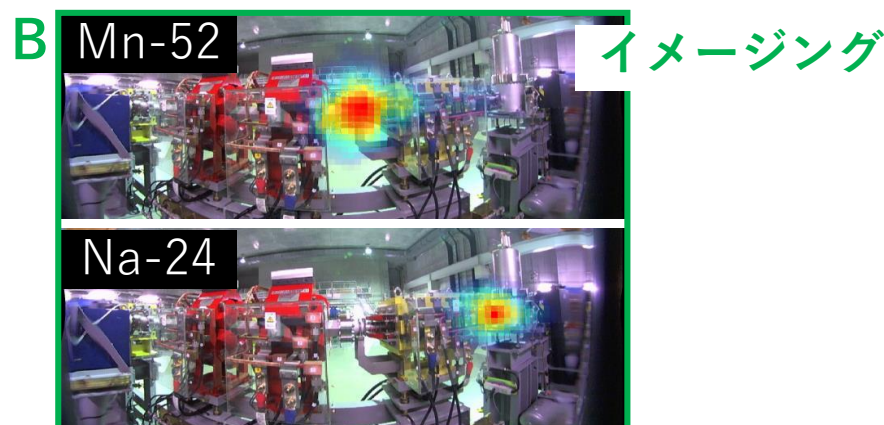
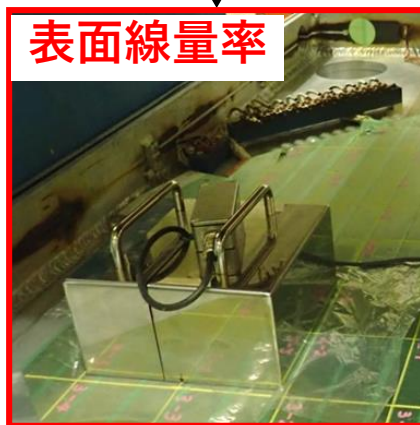
A. 表面線量率、放射能と関連づけた定量評価手法の確立のためのデータ収集

B. イメージングによる測定評価を検討するための実試料撮影



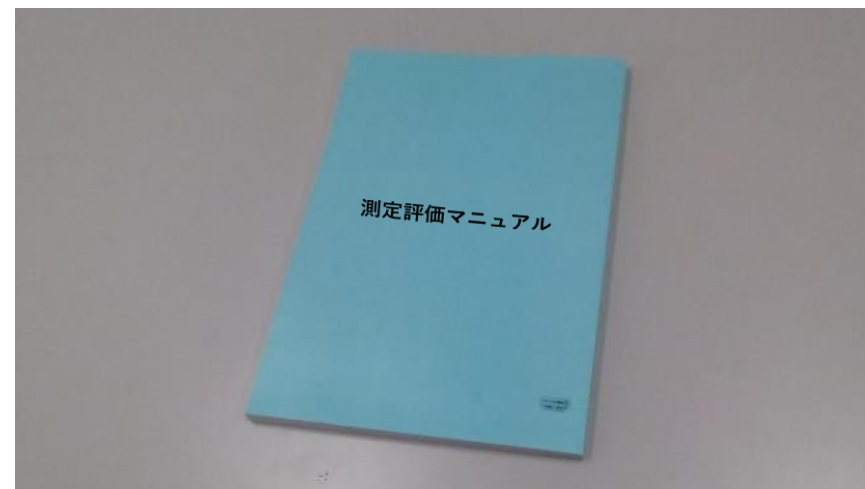
2019年度実績

- ・ 評価電磁石数: 3 台
- ・ 採取コア長: 4.6 m
- ・ 測定検体数: 75本
- ・ 線量率測定箇所: 80



来年度作成する「測定評価マニュアル」の作成方針の検討

- ◆ 2017-2020年度の4ヶ年の研究成果をもとに、次年度の放射線発生装置施設廃止のための放射化測定評価マニュアルの内容を整理する。
- ◆ 稼働中の測定によって放射化／非放射化の領域を明確化する。
 - 測定手法（線量計、サーベイメータ、スペクトロメトリ）
 - 計算手法（モンテカルロ計算、簡易計算）
 - 放射化の将来予測
 - 静電加速器、放射光、粒子線治療施設の放射化／非放射化の領域を明確化
- ◆ 廃止時における放射化物の濃度確認のための測定手法
 - 建屋，構造物の放射化評価
 - 発生装置，設備機器の放射化評価
 - サイクロترون施設での廃止事例紹介
- ◆ クリアランス制度の課題と提案
 - 事前評価の進め方
 - 検認制度のあり方
 - 海外の事例紹介



2019年度 研究実施カレンダー

8

2019	日	月	火	水	木	金	土
6	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			29
	30	1	2				6
7	7	8	9	10	11	12	13
						19	20
	21	22	23	24	25	26	27
	28	29	30	31	1	2	3
8	4	5	6	7	8		
	11	12	13	14	15	16	17
	18	19	20	21	22	23	24
	25	26	27	28	29	30	31
9	1	2	3	4	5	6	7
	8	9					
	15	16	17	18	19	20	
						27	28
	29	30	1	2	3	4	5
10	6			9	10	11	12
	13	14	15	16	17		
				23			26
	27						2

「日本放射線安全管理学会 6 月シンポ」 (東京) で研究発表

「アイソトープ・放射線研究発表会」 (東京) で研究発表

国際会議「ISORD10」 (中国) で研究発表

研究検討委員会 (東京)

相澤病院陽子線治療加速器施設 (長野) 調査

放射化鉄ブロック測定調査 (KEK)

「核化学夏の学校」 (大分) で研究紹介

国際ワークショップ「ARIA19」 (韓国) で研究発表

大野記念病院陽子線治療加速器施設 (北海道) 調査

相澤病院陽子線治療加速器施設 (長野) 調査

放射化電磁石金属試料採取 (KEK)

2019年度 研究実施カレンダー

9

2019	日	月	火	水	木	金	土
11	3	4			7	8	9
	10	11	12	13	14	15	
	17	18	19				22
	24	25	26			29	30
12	1	2	3				
	8	9	10	11	12	13	14
	15		17	18			
	22	23	24	25	26	27	28
	29	30	31	1	2	3	4
2020	5	6	7	8	9	10	11
1	12	13	14	15	16	17	18
	19	20	21	22			25
	26		28	29			1
2	2	3	4	5		7	8
	9	10	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29
3	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				

放射化電磁石金属試料採取 (KEK)

国際会議「MTAA」(インド)で研究発表

メディポリス国際陽子線治療センター
陽子線治療加速器施設(鹿児島)予備調査

大野記念病院陽子線治療加速器施設(北海道)調査

「日本放射線安全管理学会第18回学術大会」(宮城)
で研究発表

メディポリス国際陽子線治療センター
陽子線治療加速器施設(鹿児島)調査

POへの途中経過報告(東京)

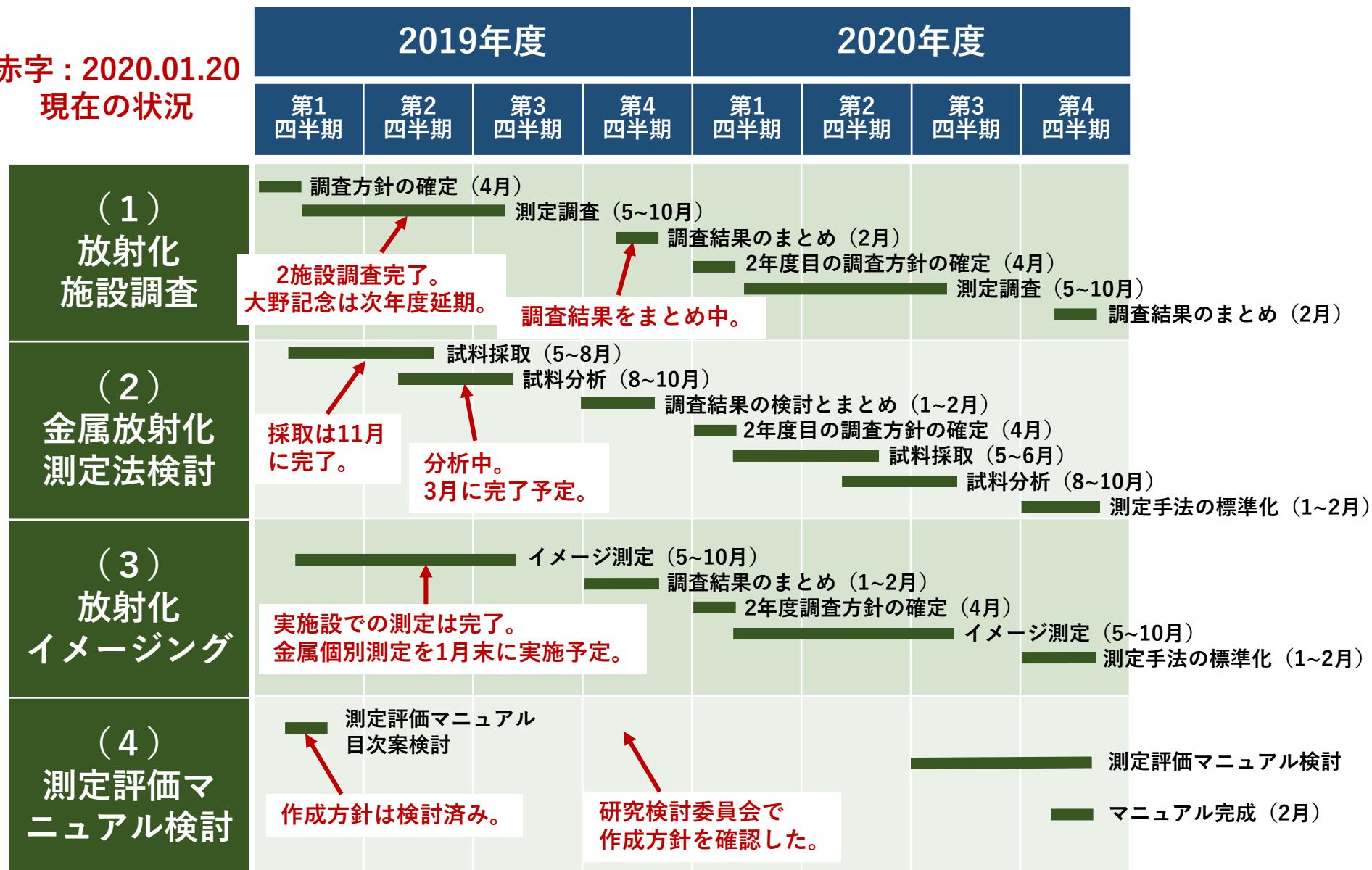
放射化電磁石イメージング(KEK)

大野記念病院陽子線治療加速器施設(北海道)調査(予定)

規制庁成果報告会(東京)で成果発表(予定)

研究検討委員会(東京)

赤字：2020.01.20
現在の状況



論文

2019年度 4件

- H. Matsumura *et al.*, "Simplified method for determining residual specific activity in activated concrete of a PET-cyclotron room using a survey meter," Environmental Radiochemical Analysis VI, Royal Society of Chemistry, 135-147 (2019).
- H. Nakamura *et al.*, " Investigation of Neutron-fluence Measurement Methods for Estimating Neutron-induced Activity from an Electrostatic Accelerator Source," Environmental Radiochemical Analysis VI, Royal Society of Chemistry, 152-160 (2019).
- G. Yoshida *et al.*, "Evaluation of Different Gamma-ray Imaging Techniques for Visualisation of Induced Activity in Accelerator Magnets," Environmental Radiochemical Analysis VI, Royal Society of Chemistry, 191-203 (2019).
- A. Toyoda *et al.*, "Quantitative Evaluation of Radioactivity in Concrete at PET Cyclotron Facility with Simple and Non-destructive Measurement," Environmental Radiochemical Analysis VI, Royal Society of Chemistry, 178-183 (2019).

国内学会等

2019年度 10件

- 松村宏ら, 「加速器施設のコンクリート床に対する高感度測定法による放射化調査」, 東北大学, 第2回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会, 2019年12月4日～7日

- 吉田剛ら, 「放射線イメージングによる加速器廃止措置時の電磁石放射化判定についての基礎的検討」, 東北大学, 第2回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会, 2019年12月4日～7日
- 中村一ら, 「放射光施設の廃止措置に係わる放射化調査」, 東北大学, 第2回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会, 2019年12月4日～7日
- 豊田晃弘ら, 「粒子線治療用加速器の運転時の中性子発生量と放射化調査」, 東北大学, 第2回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会, 2019年12月4日～7日
- 松村宏ら, 「加速器廃止措置に関する研究(1)－放射線安全規制研究－」, 東京大学, 第56回アイソトープ・放射線研究発表会, 2019年7月3日～5日
- 西川功一ら, 「加速器廃止措置に関する研究(2)-加速器ビームラインの放射化調査-」, 東京大学, 第56回アイソトープ・放射線研究発表会, 2019年7月3日～5日
- 豊田晃弘ら, 「加速器廃止措置に関する研究(3)－加速器コンクリートの放射化調査－」, 東京大学, 第56回アイソトープ・放射線研究発表会, 2019年7月3日～5日
- 吉田剛ら, 「加速器廃止措置に関する研究(4)-放射化測定評価方法の検討-」, 東京大学, 第56回アイソトープ・放射線研究発表会, 2019年7月3日～5日
- 松村宏ら, 「2019年度の活動計画－規制庁安全研究－」, 東京大学, 第16回日本放射線安全管理学会6月シンポジウム, 2019年6月27日～28日
- 松村宏ら, 「発生装置の放射化調査の概要－規制庁安全研究－」, 東京大学, 第16回日本放射線安全管理学会6月シンポジウム, 2019年6月27日～28日

国際会議

2019年度 9件

- H. Matsumura *et al.*, **“Nondestructive High-Sensitivity Measurement Method for Activation Estimation in Accelerator Room Concrete,”** 10th International Symposium on Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-10) , Taiyuan, China, July 16-19, 2019.
- G. Yoshida *et al.*, **“In-situ evaluation for activated concrete in the accelerator facility with scintillation type gamma-ray spectrometer,”** 10th International Symposium on Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-10) , Taiyuan, China, July 16-19, 2019.
- K. Masumoto *et al.*, **“Evaluation of Activated Area in the Electrostatic Accelerator Facilities,”** 10th International Symposium on Radiation Safety and Detection Technology (ISORD-10) , Taiyuan, China, July 16-19, 2019.
- G. Yoshida *et al.*, **“Systematic investigation of trace elements in the concrete of accelerator room by neutron activation analysis,”** 15th International Conference on Modern Trends in Activation Analysis (MTAA-15), Bhabha Atomic Research Centre, Trombay, Mumbai, India, November 17-22, 2019.
- K. Masumoto *et al.*, **“Evaluation of Activated Areas in the Particle Radiotherapy Facilities,”** 5th International Workshop on Accelerator Radiation Induced Activation (ARIA19), Daejeon, Korea, September 23-25, 2019.
- K. Masumoto *et al.*, **“Evaluation of Activated Area in the Electrostatic Accelerator Facilities,”** 5th International Workshop on Accelerator Radiation Induced Activation (ARIA19), Daejeon, Korea, September 23-25, 2019.
- H. Matsumura *et al.*, **“Prediction of specific activity in concrete of accelerator facilities for long-term operation using the Na-24 measurement method,”** 5th International Workshop on Accelerator Radiation Induced Activation (ARIA19), Daejeon, Korea, September 23-25, 2019.
- G. Yoshida *et al.*, **“Verification of applying the current gamma-ray imaging techniques for discrimination of accelerator magnet activation,”** 5th International Workshop on Accelerator Radiation Induced Activation (ARIA19), Daejeon, Korea, September 23-25, 2019.
- G. Yoshida *et al.*, **“Investigation for activation of accelerators at various synchrotron radiation facilities in Japan,”** 10th International Workshop on Radiation Safety at Synchrotron Radiation Sources (RadSynch19), Kulturen and MAX IV Laboratory, Lund, Sweden, 22-24 May 2019.

研究の実施 評価時点までの研究の実施が研究計画に沿って行われているか

概ね計画通り

2019年度は6月より活動を開始。7月のキックオフミーティングで議論した研究内容をほぼ実施済み。3月にはデータが出揃う予定。ただし、1施設の放射化調査は加速器トラブルのため完了できなかった。放射線規制に係わる重要な成果が数多く得られた。研究成果は国内外の多くの学会等で発表及び議論した。

次年度変更 今年度の進捗や達成度を踏まえて、次年度の研究計画に変更が必要か

軽微な変更が必要

加速器トラブルのため完了できなかった1施設の放射化施設調査を来年度に実施することになるが、概ね来年度の計画に変更ない。今年度実施できなかった1施設はこれまで調査した施設とは異なるタイプの施設であり、来年度情報取得の必要があると考える。予定通り、来年度で研究が完成する予定である。

