

令和元年度／2019 年度

# 第 1 回

## 千葉地区

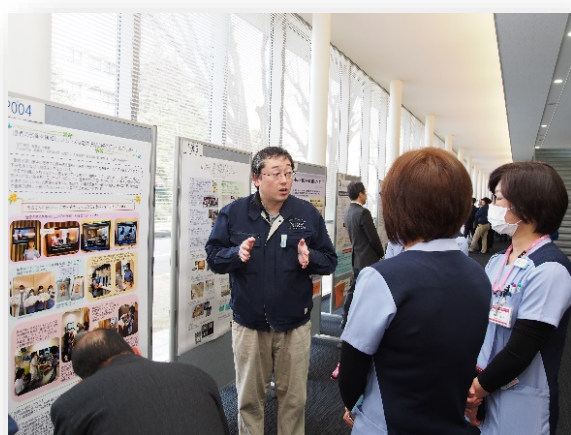
# 技術と支援の

## 活動報告会

### 報 文 集

## 目次

巻頭言	3
【口頭発表】	
病院情報システムを中心とした診療・治療業務の支援体制について	4
臨床研究情報システムと多施設共同研究支援	7
粒子線治療装置の IEC 国際標準規格および日本工業規格制定への取り組み	9
放射性治療薬 $^{64}\text{Cu}$ -ATSM の製造法の技術導出	15
無菌アイソレーターを用いた治験薬 GMP 準拠がん治療薬 $^{64}\text{Cu}$ -ATSM 注射液製造	16
造骨性骨転移モデルマウスの開発の試み	19
臨床研究支援室における臨床研究支援への取り組み	21
重粒子線治療における汎用性固定具の開発	25
緊急時を想定したトレーニングを継続的に行い有事に備える	29
マルチイオン照射に向けた小型 ECR イオン源の開発	32
NIRS-930 サイクロトロンを使い方	37
量研の実験動物メダカ	43
実験動物施設における蟻虫感染とその対応について	46
ゲノム編集技術を用いた遺伝子改変マウス作製支援の状況	49
マウス卵子からの脂肪成分除去技術の開発	51



## 【ポスター発表】

新しい視点で行う、放射線の透過性を学ぶ実習～模擬液面レベル計を使用した放射線の性質に関する教育～	54
学術リソースへのアクセス支援ツールの開発	56
スーパーコンピューターシステム“ICE X”の利用支援と後継機調達	62
患者の苦痛を緩和し、スムーズな重粒子線治療を行うためのサポート	66
蛍光ガラス線量計を用いた $^{192}\text{Ir}$ 小線源治療の線量評価方法の確立	68
HIMAC 一般公開への取り組み	70
量研における寄附金の活用状況について	73
量研機構千葉地区における、PCB廃棄物の期限内処理に向けて	74
放射性同位元素等の規制に関する法律「(RI 法)改正に伴う、放射線障害予防規程の対応等について	75
千葉地区内のエネルギー消費状況について	76
重粒子線棟熱源設備改修工事に関する調整業務	77
様々な標識中間体を用いた標識合成法の開発と臨床提供薬剤の品質検査	78
多種多様な診断及び治療用放射性薬剤の安定的製造	80
天然 Ga ターゲットを用いた放射性砒素の製造検討	82
分裂中期細胞自動検出装置	84
病理標本作製技術を用いた動物実験支援活動	86
Smart Clear II を使用した CLARTY 法によるラット乳腺の透明化	88
一過性及び慢性脳梗塞モデルにおける脳神経損傷具合の比較	90
ラットの脳腫瘍モデル及び脳虚血モデル作成法の確立	92
探索研究棟、ボジロン棟及び環境放射線影響研究棟におけるげっ歯類飼育器材洗浄業務活動報告	94
QSTにおける、動物実験に関する自己点検・評価及び外部検証への対応について	101
放医研で飼育されている霊長類における人獣共通感染症に対する安全体制について	105
量研の実験動物メダカ	110
実験動物研究棟の実験動物施設としての施設管理状況 ー令和元年度ー	112
げっ歯類の実験動物施設に対する微生物学的な品質保証について	115
参考資料 (当日プログラム、実行委員名簿)	116

## 巻頭言

### 第1回 千葉地区技術と支援の活動報告会

実行委員長 小久保 年章

「第1回千葉地区技術と支援の活動報告会」は、量子科学技術研究開発機構（量研）をより飛躍させるための方策の一環として、千葉地区で技術開発や支援を業務としている方を対象として令和2年2月3日に開催しました。

この報告会の開催のきっかけは、量研の千葉地区で研究支援現場を支えている職員から、研究成果の最大化のために、研究とそれを支える研究支援（技術的支援、事務的支援）との融合が重要で、特に支援部署での活力アップが必要との意見がありました。そこで、量子医学・医療部門が主体となり、各担当業務の取組や成果を発表し、課題の共有や情報交換を行い、技術の維持・継承、さらなる発展、研究現場とそれを支える支援業務の相互理解と連携の一層の促進につなげることを目的として、報告会を開催することになりました。報告会のための実行委員が千葉地区の様々な部署から選出され活動を開始しましたが、準備期間はほとんどなく、また報告会の開催案内を周知して発表演題募集期間も短期間となってしまいました。

しかし、臨床現場における支援、放射性薬剤の製造、動物実験の支援など様々な分野から、口頭発表15件、ポスター発表25件と多くの発表申込みがあり、なにより報告会当日は活発な質疑応答が行われました。また今回の報告会では、口頭発表、ポスター発表それぞれに最優秀賞、優秀賞、奨励賞を設けて、情報交換会で表彰を行いました。

最後に、報告会の準備から当日の運営に尽力された関係者の皆様、発表者の皆様並びに参加して頂いた多くの方々に感謝申し上げます。今後も定期的に「千葉地区技術と支援の活動報告会」を開催して、報告会がさらに活発となり、研究支援の発展に寄与することを祈念致します。

# 地病院情報システムを中心とした診療・治療業務の支援体制について

横岡 由姫 <sup>A)</sup>

<sup>A)</sup> 量子医学・医療部門 QST 病院 医療情報室

患者の診療・治療業務を進める際には、病院内で業務を行うスタッフが電子カルテをはじめとした様々な病院情報システムを利用している。病院情報システムを利用することの効果は、業務の効率化やスタッフの負担軽減、診療上の保存義務がある記録の保存管理、研究データの保管など広範囲に渡る。医療情報室の業務の1つに病院内の患者情報を取り扱う病院情報システムの管理がある。加えて、業務・研究を進めるために必要な情報の収集や提供、病院情報システム内のデータ保護・セキュリティ対策等の運用面サポート等も行っている。本発表では病院情報システムを中心とした医療情報室の業務について報告する。

第1回千葉地区技術と支援の活動報告会

## 病院情報システムを中心とした 診療・治療業務の支援体制について

QST病院 医療情報室  
横岡 由姫

1

## 医療情報室とは

患者の診療・治療、治療後のフォローアップ等で発生する情報などを  
記録・保管するために必要なシステムや  
ネットワーク等を導入・管理・運用する

2

## 医療情報とは

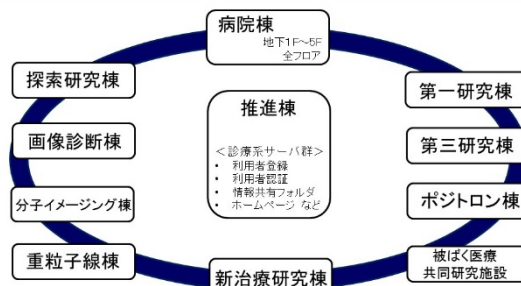
医療に関する患者情報を含む情報  
診療録(カルテ): 処方せん、看護記録  
医用画像、検査所見記録(読影レポート)  
紹介状、退院時サマリー、メモ等...

### 医療を行う上で必要な情報

診療録(カルテ): 医師法などの法令で保存義務あり  
「診療を受けた者の住所、氏名、性別及び年齢、  
病名及び主要症状、治療方法(処方及び処置)  
診療の年月日」を記録する。

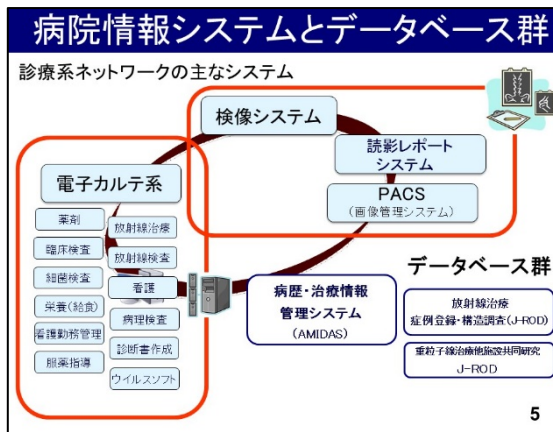
3

## 診療系ネットワーク

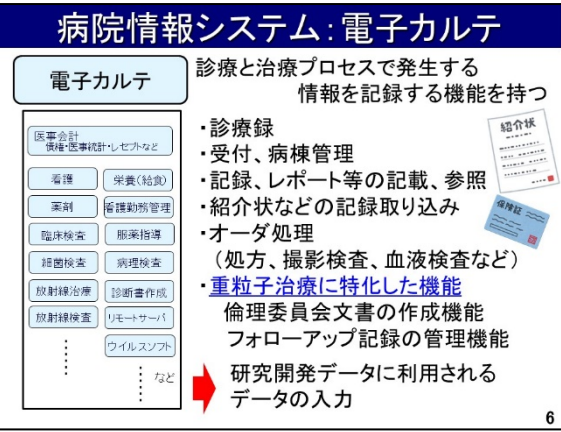


スイッチ・FWなどの機器を利用し、通信をコントロール  
機構内(千葉地区)のみの、閉ざされたネットワーク

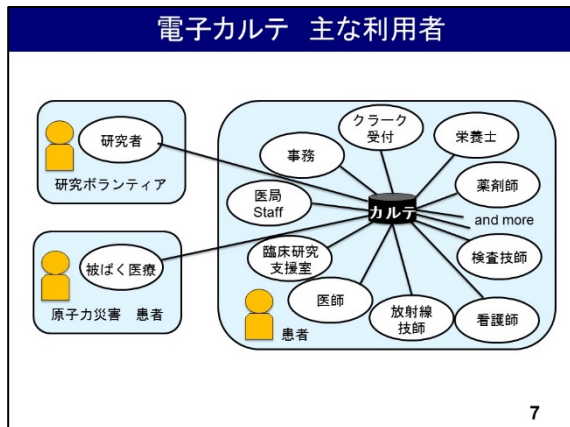
4



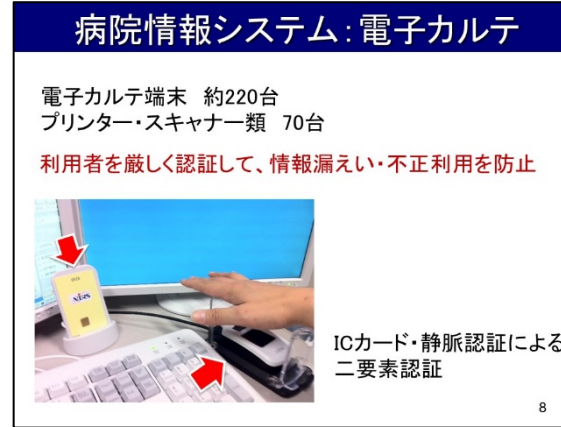
5



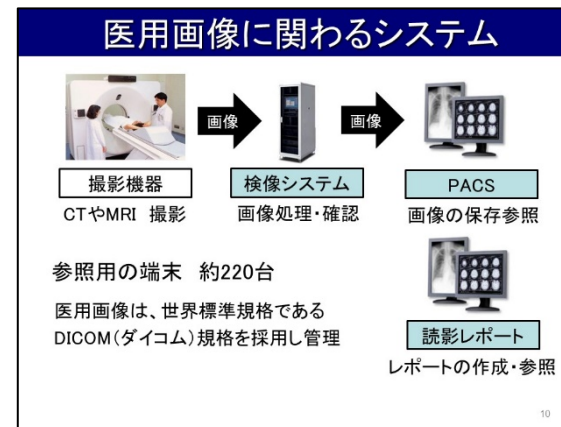
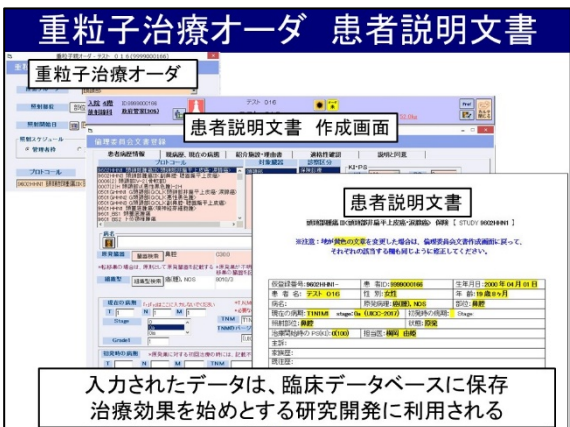
6



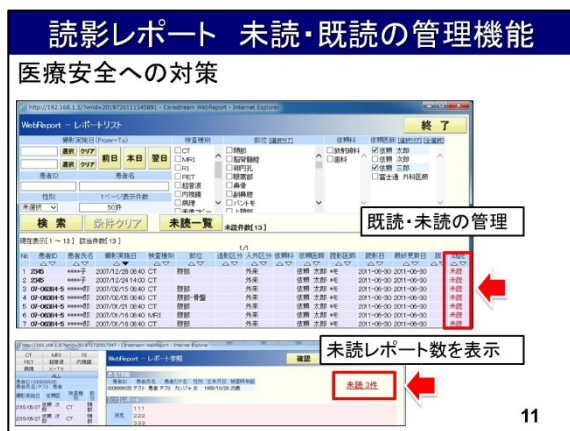
7



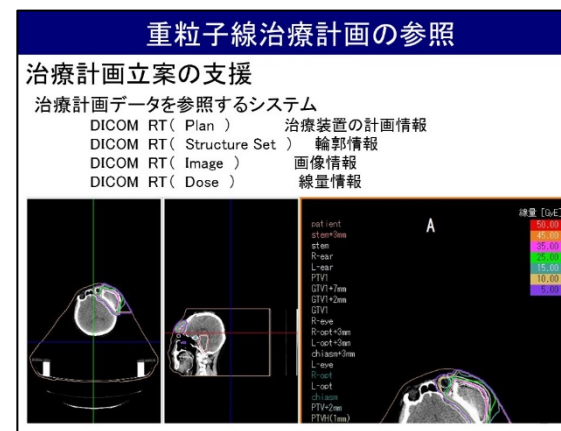
8



10

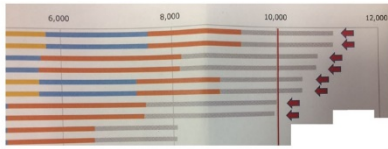


11



## 医用画像参照用モニタの品質管理

表示画像が常に同じ「見え方」に保たれるよう管理  
経年変化や劣化を検知するため**不変性試験**を実施



医用画像表示用モニタの品質管理に関するガイドライン

管理グレード	最大輝度 $L_{max}$ (cd/m <sup>2</sup> )	輝度比 $L_{min}/L_{max}$	コントラスト応答 K <sub>c</sub> (%)
1	A ≥350	≤250	≥410
	B or 直轄※ ≥170	≤250	≥415
2	— ≥100	≤100	≥430

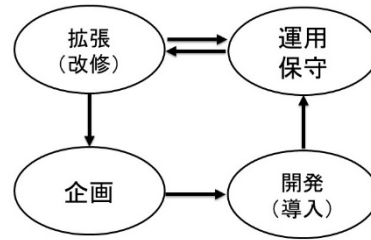
※「管理グレード1」は従来の「管理グレード1」と同じ特定基準であり、アルファベットを省略して表記した場合は「管理グレード1」を指す。



EDO社 医用画像表示用モニタ M2215  
モニタ 約100台

13

## システム管理とは



次期システムの準備

管理しているシステムの数分だけライフサイクルがあり、  
サイクル時期も異なる



基幹定義書(件定義55のルール (技術評論社)、RFPの作り方 (日経BP社) 一部改定

14

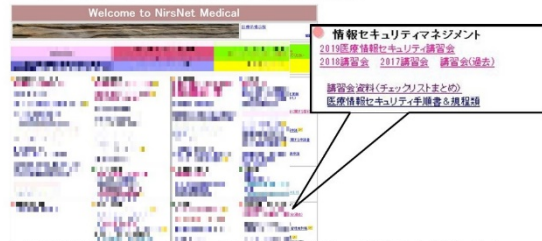
## 医療情報セキュリティ(1)

- ウイルス対策ソフトによる監視
- USBデバイス管理システムによる管理、監査
- 入退室管理システムによる入室制限
- セキュリティ強化(ログ収集・解析)を予定

5

## 医療情報セキュリティ(2)

- 医療情報セキュリティ監査・教育
- 医療情報セキュリティ対策 対策基準等の整備
- ホームページを作成し、情報を発信



医療情報やシステムを安全・安心して利用するために

16

## 各種業務

- ユーザ管理
  - 診療系ネットワーク全体、システム単位などでアクセスをコントロール
- システムやシステムを利用した運用のアドバイス、操作方法などの問い合わせ対応
- 重粒子線治療患者の追跡調査
  - 再発や生存状況の調査

and more ...

17

## 今後の課題

- 次期システムへの更新へ向けて
  - 医療とシステムの知識、マネージメント力の向上
- セキュリティの強化
  - 通信ログの収集・解析
- ネットワークの安定稼働を維持
  - 機器の定期的な更新、監視体制の強化

**専門性が深く、必要な知識範囲が広い**

- 医学・医療、IT(システム)・ネットワーク技術
- (医療情報システム関連)法令・ガイドライン・標準規格
- 各分野ごとの専門家の必要性
- 人材育成の重要性

18

# 臨床研究情報システムと多施設共同研究支援

長谷川 慎<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup> QST 病院医療情報室

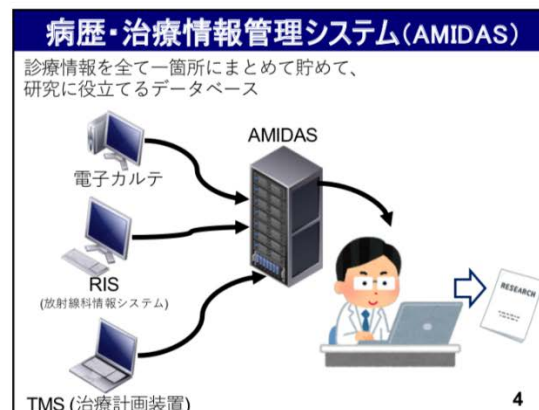
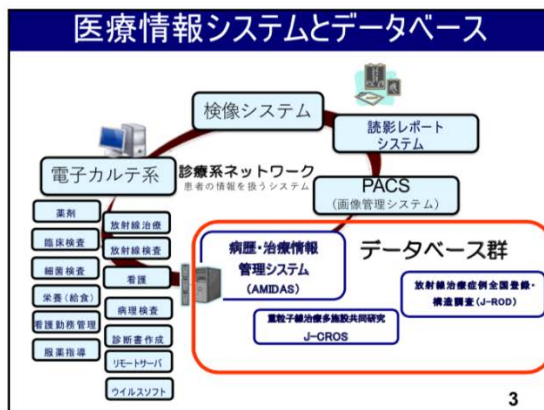
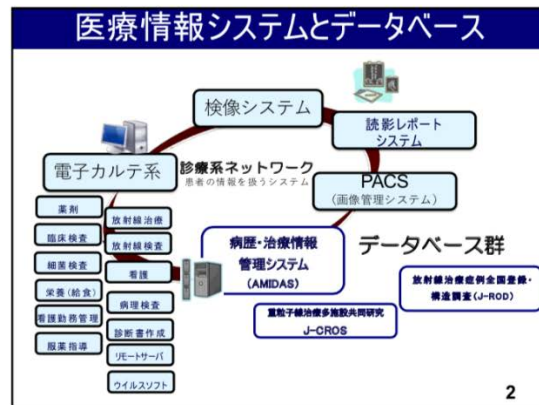
QST 病院では、全国重粒子線治療症例の登録事業(J-CROS)や放射線治療症例全国登録・構造調査(J-ROD)といった多施設共同研究を行っており、医療情報室ではこれらのデータセンターを運営し、実質的な研究事務局としてこれらの研究の支援を行なっている。本報告では QST 病院における臨床研究情報の蓄積についておよび、J-CROS・J-ROD のデータセンター業務について報告する。

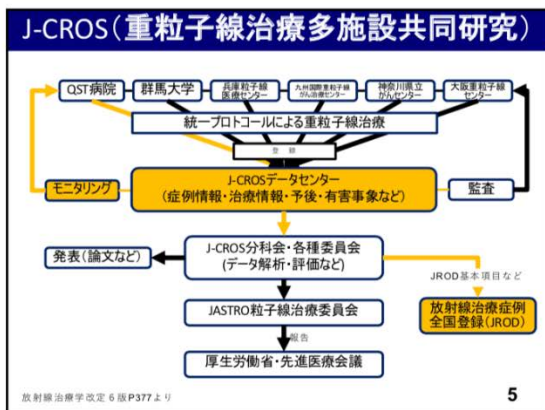
第1回千葉地区技術と支援の活動報告会

## 臨床研究情報システムと多施設共同研究支援

QST病院医療情報室  
長谷川 慎

1



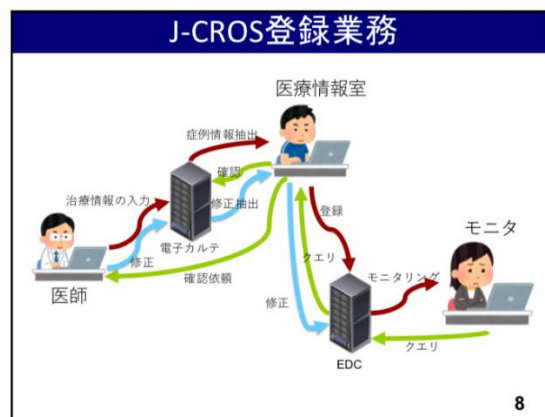
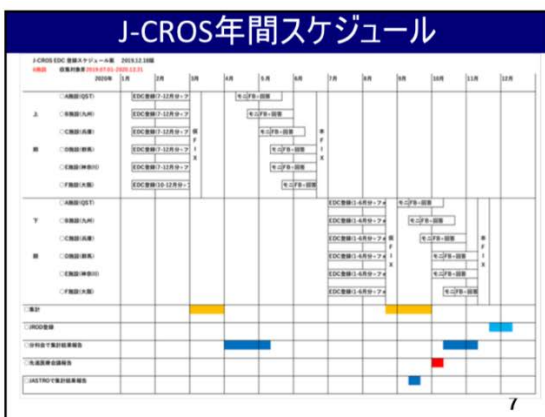


### J-CROSデータセンター

全国重粒子線治療症例の登録および臨床評価(16-007)

- 研究事務局
  - 倫理承認手続き、研究計画書管理
  - 協力施設との連携
  - 先進医療会議報告データの集計
- EDCの構築・運用
  - データベース管理
  - システム整備
- モニタリング
  - 登録データの質の担保

EDC(Electronic Data Capture  
臨床試験用の症例登録システム)



### J-CROSの成果

公的医療保険適用

2016年4月～ 骨軟部腫瘍 (頭蓋底腫瘍、骨軟部腫瘍、頭頸部骨軟部腫瘍)

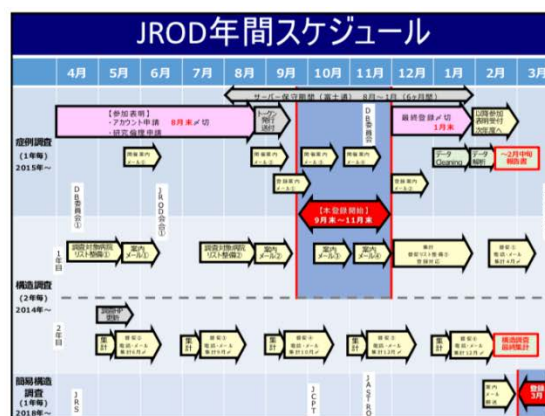
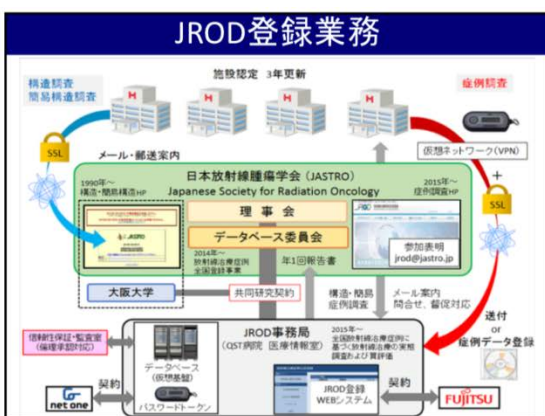
2018年4月～ 前立腺癌、頭頸部腫瘍 (非扁平上皮癌及び涙腺癌、頭頸部悪性黒色腫、頭頸部扁平上皮癌)

### 放射線治療症例全国登録(JROD)

全国放射線治療施設 約850施設を対象とした、治療実態の全容を把握する目的で医研、大阪大学、放射線腫瘍学会が共同で以下の調査を行っている

- OJASTRO症例調査 (2014年～毎年)
  - 全国の放射線治療施設のうち任意参加施設 約200施設を対象に前年施行した放射線治療症例を項目 (111項) に従い全症例WEB登録する
  - 調査・登録案内
  - 倫理承認手続き、研究計画書管理
  - データベース管理
  - 症例集計、報告書作成
- OJASTRO構造調査 (1990年～2年毎)
  - 治療件数、スタッフ配置状況など31項目にわたり回答
  - 調査・登録案内
  - 督促案内 (電話、メール、郵送)
- OJASTRO簡易構造調査 (2018年～毎年)
  - 構造調査のうち毎年施行件数について4項目回答
  - 調査・登録案内

QST病院データベース 大阪大学データベース



# 粒子線治療装置の IEC 国際標準規格および日本工業規格(JIS)

## 制定への取り組み

○福田 茂一<sup>A)</sup>、福村 明史<sup>B)</sup>、山崎 正晴<sup>C)</sup>

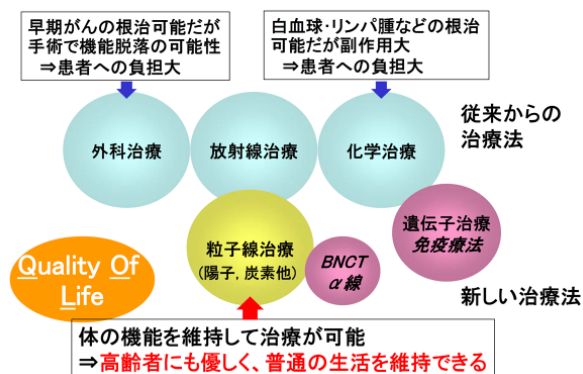
A) 量子医学・医療部門 QST 病院放射線品質管理室

B) 本部経営企画

C) 量子医学・医療部門 QST 病院国際治療研究センター

従来の X 線と比較してより線量集中性の良い陽子線や炭素線などの粒子線を用いた粒子線治療が注目され粒子線治療装置・施設が日本だけでなく世界中で増加している。そのような背景のもと粒子線治療装置の安全性、性能についての規格を制定する機運が高まり、国際電気標準会議(IEC)で粒子線治療装置の安全性に関する規格、性能開示の規格が制定された。また、これを受けてそれぞれに対応する日本工業規格(JIS)も制定されている。発表者らはこれらの制定において中心的役割を担っており、本発表では国際規格および国内規格が制定されるスキームおよび制定された粒子線治療装置に関する規格について紹介する。

### がん治療

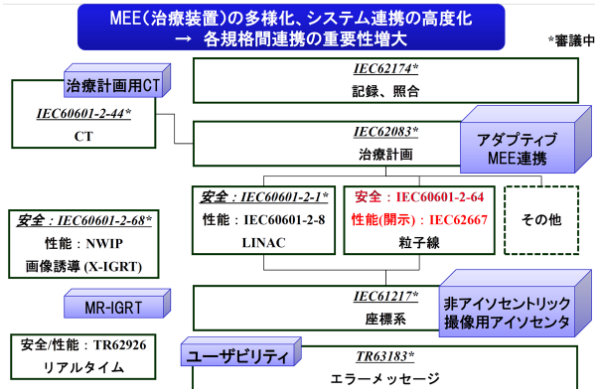


### 放射線治療の種類（保険適用分）

放射線の種類	照射方法の名	保険適用
外部照射	電子線	○
	一般的な高エネルギー放射線治療	○
	三次元原体照射	○
	強度変調放射線治療(IMRT)	△
	画像誘導放射線治療(IGRT)	○
	γ線 (リニアック)	○
内部照射	陽子線	△
	重粒子線(炭素等)	△
	組織内照射	△
	腔内照射	△
	内用療法	△
	非密封Ri	△

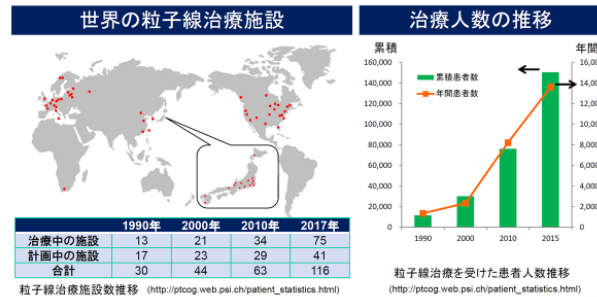
国立がん研究センター がん情報サービス ([https://ganjoho.jp/public/dia\\_bre/treatment/radiotherapy/it\\_03.html](https://ganjoho.jp/public/dia_bre/treatment/radiotherapy/it_03.html))

## 放射線治療技術の進歩に伴うIEC規格動向



## IEC規格制定の背景

- 全世界で累積150,000人以上が治療
- 2000年と比較施設数倍増(研究から一般治療へ移行)
- 年間13,000人以上を治療



## IEC規格制定の背景

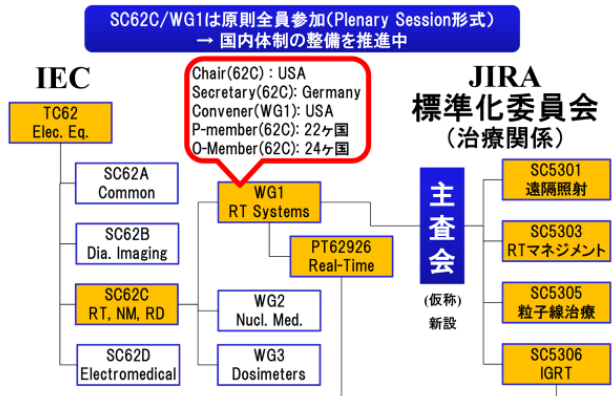
**国際標準化とはー我が国の規格が国際標準になったら**

- メリット(国際競争力の強化、維持)
  - ・仕様を変更せずに製造、販売がグローバルに継続できる
  - ・WTO/政府調達協定・TBT協定
  - ・市場活性化(安心して購入できる)によるバイの拡大
- デメリット(他国の規格が国際標準化されたら)
  - ・開発、設計、製造、営業、技術資料などあらゆる場面の二重投資
  - ・同じ市場でのライバルが増加し、コスト競争に陥る危険性
  - ・TBT協定による当該国での輸入指し止めのリスクを背負う事になる
- 自分達の仕様を国際標準にしてもデメリットは無い
  - ・ノウハウは保持できる⇒規格文書にノウハウは記述しきれない

**ICタグの経済波及効果(出所: 総研報告)**

ISOではICタグの国際規格を策定中であるが、普及が促進すると莫大な利益を生む市場に成長すると予測されているため、日本をはじめ各国の企業が技術的課題の解決とともに、規格作りの面で国際標準化を競い合っている。

## 放射線治療技術の進歩に伴うIEC規格動向



## IEC規格制定の背景

**WTO/TBT協定**

➢ **WTO/TBT協定(発効1995年)**

- ・各国に対し強制規格や適合性評価手続きの作成や改正を行う際に、原則、国際規格(ISO・IEC)を基礎とすることを義務づけ。
- ・政府調達協定においても、調達基準には国際規格を基礎とすることを義務づけ。

**WTO/TBT協定(1995)**  
**中国のWTO加盟(2001)**

国際規格が各国の国内市場でも採用されることになるため、欧米先進国では、日本や中国市場も視野で、自国産品の国際競争力強化の観点から活発な国際標準化活動を実施

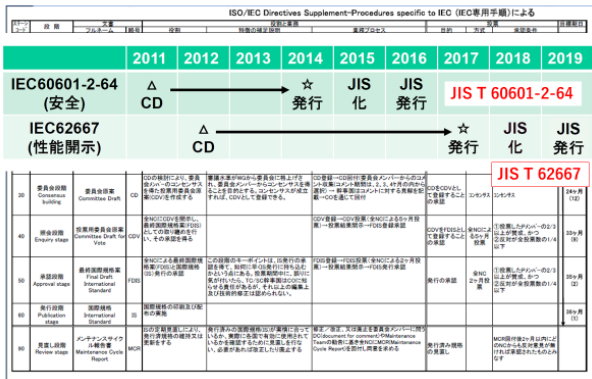
我が国の積極的な国際標準化活動 ↔ JISの国際規格との整合

(注) WTO/TBT協定(貿易の技術的障壁に関する協定) 第2条4項および付属書3(抜粋)  
加盟国は、強制/任意規格を必要とする場合において、関連する国際規格が存在するときはその上およびそれが目前であるときは、当該国際規格又はその関連部分を強制/任意規格の基礎として用いる。(略)

## IEC規格制定の手順

ISO/IEC Directives Supplement-Procedures specific to IEC (IEC専用手順)による									
項目	作業	作業内容	作業内容	作業内容	作業内容	作業内容	作業内容	作業内容	作業内容
01	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
02	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
03	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
04	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
05	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
06	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
07	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
08	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
09	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
10	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
11	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
12	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
13	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
14	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
15	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
16	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
17	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
18	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
19	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
20	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
21	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
22	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
23	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
24	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
25	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
26	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
27	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
28	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
29	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
30	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
31	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
32	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
33	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
34	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
35	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
36	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
37	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
38	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
39	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
40	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
41	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
42	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
43	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
44	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
45	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
46	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
47	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
48	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
49	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
50	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
51	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
52	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
53	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
54	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
55	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
56	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
57	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
58	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
59	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
60	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
61	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
62	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
63	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
64	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
65	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
66	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
67	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
68	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
69	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
70	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
71	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
72	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
73	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
74	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
75	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
76	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
77	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
78	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
79	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
80	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
81	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
82	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
83	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
84	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
85	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
86	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
87	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
88	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
89	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
90	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
91	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
92	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
93	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
94	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
95	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
96	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
97	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
98	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
99	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出
100	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出	提案の提出

IEC規格制定の手順



「粒子線治療装置の基礎安全及び基本性能に関する個別要求事項」 (JIS T 60601-2-64)

JIS T 60601-2-64 の構成

番号	項目
201.1	適用範囲、目的及び関連規格
201.2	引用規格
201.3	用語及び定義
201.4	一般要求事項
201.5	ME 機器の試験に対する一般要求事項
201.6	ME 機器及び ME システムの分類
201.7	ME 機器の標識、表示及び文書
201.8	ME 機器の電氣的ハザードに関する保護
201.9	ME 機器及び ME システムの機械的ハザードに関する保護
201.1	不要又は過度の放射のハザードに関する保護
201.11	過度の温度及び他のハザードに関する保護
201.12	制御及び計器の精度並びに危険な出力に対する保護
201.13	危険状態及び故障状態
201.14	プログラマブル電気医用システム (PEMS)
201.15	ME 機器の構造
201.16	ME システム
201.17	ME 機器及び ME システムの電磁両立性
201.101	電子イメージング装置
206	ユーザビリティ
	附属書、附属書 B (参考) 試験の順序、附属書 I (参考) ME システム概要、参考文献

適用範囲

「正常な使用において、核子あたりのエネルギーが **10 MeV/n ~ 500 MeV/n** の範囲の軽イオンの放射線ビームを投与する装置」

国内では**重粒子線**という言葉が用いられるが、国際的には**軽イオン (light ion)** が一般的に用いられる。

「粒子線治療装置の基礎安全及び基本性能に関する個別要求事項」 (JIS T 60601-2-64)

JIS T 60601-2-64 で追加された定義

番号	定義	201.3.222	粒子線飛程 (LIGHT ION RANGE)
201.3.201	アプリケーション車台 (APPLICATION CARRIAGE)	201.3.223	変調スキャンニング (MODULATED SCANNING)
201.3.202	「 <b>機器参照点、ERP</b> 」 寸法の参照及び線量計測の実施のために定めた空間内の参照点として定義。		
201.3.203			
201.3.204			
201.3.205			
201.3.206			
201.3.207			
201.3.208			
201.3.209			
201.3.210			
201.3.211			
201.3.212			
201.3.213			
201.3.214			
201.3.215			
201.3.216			
201.3.217			
201.3.218			
201.3.219			
201.3.220			
201.3.221			
201.3.222			
201.3.223			
201.3.224			
201.3.225			
201.3.226			
201.3.227			
201.3.228			
201.3.229			
201.3.230			
201.3.231			
201.3.232			
201.3.233			
201.3.234			
201.3.235			
201.3.236			
201.3.237			
201.3.238			
201.3.239			
201.3.240			
201.3.241			
201.3.242			
201.3.243			
201.3.244			
201.3.245			
201.3.246			
201.3.247			
201.3.248			
201.3.249			
201.3.250			
201.3.251			
201.3.252			
201.3.253			
201.3.254			
201.3.255			
201.3.256			
201.3.257			
201.3.258			
201.3.259			
201.3.260			
201.3.261			
201.3.262			
201.3.263			
201.3.264			
201.3.265			
201.3.266			
201.3.267			
201.3.268			
201.3.269			
201.3.270			
201.3.271			
201.3.272			
201.3.273			
201.3.274			
201.3.275			
201.3.276			
201.3.277			
201.3.278			
201.3.279			
201.3.280			
201.3.281			
201.3.282			
201.3.283			
201.3.284			
201.3.285			
201.3.286			
201.3.287			
201.3.288			
201.3.289			
201.3.290			
201.3.291			
201.3.292			
201.3.293			
201.3.294			
201.3.295			
201.3.296			
201.3.297			
201.3.298			
201.3.299			
201.3.300			
201.3.301			
201.3.302			
201.3.303			
201.3.304			
201.3.305			
201.3.306			
201.3.307			
201.3.308			
201.3.309			
201.3.310			
201.3.311			
201.3.312			
201.3.313			
201.3.314			
201.3.315			
201.3.316			
201.3.317			
201.3.318			
201.3.319			
201.3.320			
201.3.321			
201.3.322			
201.3.323			
201.3.324			
201.3.325			
201.3.326			
201.3.327			
201.3.328			
201.3.329			
201.3.330			
201.3.331			
201.3.332			
201.3.333			
201.3.334			
201.3.335			
201.3.336			
201.3.337			
201.3.338			
201.3.339			
201.3.340			
201.3.341			
201.3.342			
201.3.343			
201.3.344			
201.3.345			
201.3.346			
201.3.347			
201.3.348			
201.3.349			
201.3.350			
201.3.351			
201.3.352			
201.3.353			
201.3.354			
201.3.355			
201.3.356			
201.3.357			
201.3.358			
201.3.359			
201.3.360			
201.3.361			
201.3.362			
201.3.363			
201.3.364			
201.3.365			
201.3.366			
201.3.367			
201.3.368			
201.3.369			
201.3.370			
201.3.371			
201.3.372			
201.3.373			
201.3.374			
201.3.375			
201.3.376			
201.3.377			
201.3.378			
201.3.379			
201.3.380			
201.3.381			
201.3.382			
201.3.383			
201.3.384			
201.3.385			
201.3.386			
201.3.387			
201.3.388			
201.3.389			
201.3.390			
201.3.391			
201.3.392			
201.3.393			
201.3.394			
201.3.395			
201.3.396			
201.3.397			
201.3.398			
201.3.399			
201.3.400			
201.3.401			
201.3.402			
201.3.403			
201.3.404			
201.3.405			
201.3.406			
201.3.407			
201.3.408			
201.3.409			
201.3.410			
201.3.411			
201.3.412			
201.3.413			
201.3.414			
201.3.415			
201.3.416			
201.3.417			
201.3.418			
201.3.419			
201.3.420			
201.3.421			
201.3.422			
201.3.423			
201.3.424			
201.3.425			
201.3.426			
201.3.427			
201.3.428			
201.3.429			
201.3.430			
201.3.431			
201.3.432			
201.3.433			
201.3.434			
201.3.435			
201.3.436			
201.3.437			
201.3.438			
201.3.439			
201.3.440			
201.3.441			
201.3.442			
201.3.443			
201.3.444			
201.3.445			
201.3.446			
201.3.447			
201.3.448			
201.3.449			
201.3.450			
201.3.451			
201.3.452			
201.3.453			
201.3.454			
201.3.455			
201.3.456			
201.3.457			
201.3.458			
201.3.459			
201.3.460			
201.3.461			
201.3.462			
201.3.463			
201.3.464			
201.3.465			
201.3.466			
201.3.467			
201.3.468			
201.3.469			
201.3.470			
201.3.471			
201.3.472			
201.3.473			
201.3.474			
201.3.475			
201.3.476			
201.3.477			
201.3.478			
201.3.479			
201.3.480			
201.3.481			
201.3.482			
201.3.483			
201.3.484			
201.3.485			
201.3.486			
201.3.487			
201.3.488			
201.3.489			
201.3.490			
201.3.491			
201.3.492			
201.3.493			
201.3.494			
201.3.495			
201.3.496			
201.3.497			
201.3.498			
201.3.499			
201.3.500			
201.3.501			
201.3.502			
201.3.503			
201.3.504			
201.3.505			
201.3.506			
201.3.507			
201.3.508			
201.3.509			
201.3.510			
201.3.511			
201.3.512			
201.3.513			
201.3.514			
201.3.515			
201.3.516			
201.3.517			
201.3.518			
201.3.519			
201.3.520			
201.3.521			
201.3.522			
201.3.523			
201.3.524			
201.3.525			
201.3.526			
201.3.527			
201.3.528			
201.3.529			
201.3.530			
201.3.531			
201.3.532			
201.3.533			
201.3.534			
201.3.535			
201.3.536			
201.3.537			
201.3.538			
201.3.539			
201.3.540			
201.3.541			
201.3.542			
201.3.543			
201.3.544			
201.3.545			
201.3.546			
201.3.547			
201.3.548			
201.3.549			
201.3.550			
201.3.551			
201.3.552			
201.3.553			
201.3.554			
201.3.555			
201.3.556			
201.3.557			

「粒子線治療装置の基礎安全及び基本性能に関する個別要求事項」 (JIS T 60601-2-64)

JS T 60601-2-64 追加された英語題名			
2013.2021	定常流	2013.2222	粒子線荷 (LIGHT ION RANGE)
2013.2026	アプリケーション装置	2013.2223	変調系キックイン (MODULATED KICK IN)
2013.2027	APPLICATOR UNIT CARRIAGE	2013.2224	MODULA Y CARRIAGING
2013.2102	「 <b>アプリケーション架台 (APPLICATOR CARRIAGE)</b> 」		
2013.2103	工具を使用せずに分離することが不可能な照射ヘッ		
2013.2104	の最遠部のこと。		
2013.2105			
2013.2106	アプリケーション架台には患者コリメータ、ボラスなど		
2013.2107	の粒子線アプリケーションを装着することができる。		
2013.2108			
2013.2109	アイソセンタ又は機器参照点に対して繰り返し出し・引き		
2013.2110	込みが可能なものが多い施設で採用されていて通称		
2013.2111	スヌートと呼ばれている。		
2013.2112			
2013.2113	フィクセーション (FIXATION)	2013.2122	固定装置 (FIXE TEST)
2013.2114	フィックス (FIX)	2013.2123	天板 (TABLE TOP)
2013.2115	フィクスチャー (FIXTURE)	2013.2124	天板 (TABLE TOP)
2013.2116	フィクスチャー (FIXTURE)	2013.2125	天板 (TABLE TOP)
2013.2117	この他に、粒子線治療装置に特徴的な		
2013.2127	「 <b>飛程変調 RMD (RANGE MODULATION DEVICE)</b> 」、		
2013.2128	「 <b>レンジシフター (RANGE SHIFTER)</b> 」		
2013.2129	等も定義されている。		
2013.2130			
2013.2131	LIGHT ION BEAM APPLICATOR	2013.2134	検視器 (USAO)
2013.2132	LIGHT ION BEAM DISTRIBUTION		

## 「粒子線治療装置の基礎安全及び基本性能に関する個別要求事項」 (JIS T 60601-2-64)

JIS T 6004-2 2001 4 により追加された言葉		
符号	記号	名称
3.301.3.301	送電機 (APPLICATOR CARRIER)	3.301.3.322 電子線 (LIGHT ION RANGE)
3.301.3.302	ビーム・ファンクション・モータ (BEAM FUNCTION DISTRIBUTION MOTOR)	3.301.3.323 調整 (MODULATED SCANNING)
		3.301.3.324 一次的主走 (NON-PRIMARY RADIATION)
		3.301.3.325 異常 (NORMAL USE)

多くの粒子線治療施設では粒子線加速器一台に対して治療および照射装置が複数あることに対応。

**粒子線分配システム (LIGHT ION BEAM DISTRIBUTION SYSTEM)**

治療を放射線源から幾つかの治療室、実験室又はビームダンプへ輸送するための用いられる。機器及び制御システムから成るシステムのことと定義されている。

3.301.3.322 参照点 (REFERENCE POINT)	(COMBINATION)
3.301.3.323 電流 (CURRENT)	3.301.3.326 スキャンヘッド (SCANNING HEAD)
3.301.3.324 フラックス (FLUX)	3.301.3.327 試験 (TEST TEST)
3.301.3.325 ハードワイヤ (HARD WIRED)	3.301.3.328 表 (TABLE TOP)
3.301.3.326 相互接続は制御線 (INTERCONNECT TO INTERMITTENT IRRADIATION)	3.301.3.329 技術文書 (TECHNICAL DOCUMENTATION)
3.301.3.327 分散 (DISTRIBUTION OF SPREADING DEVICE USED)	3.301.3.330 照射の終止 (TERMINATION OF IRRADIATION)
3.301.3.328 電子線 (LIGHT ION)	3.301.3.331 伝送 (TRANSMISSION DETECTOR)
3.301.3.329 電子線 (LIGHT ION BEAM)	3.301.3.342 形式試験 (TYPE TEST)
3.301.3.330 電子線 (LIGHT ION BEAM APPLICATOR)	3.301.3.343 ユニフォーム (UNIFORM SCANNING)
3.301.3.331 電子線 (LIGHT ION BEAM DISTRIBUTION)	3.301.3.344 検査員 (USER)

## 「粒子線治療装置－性能特性」 (JIS T 62677)

### 【背景】

粒子線治療装置の性能については、製造業者が独自の手順に基づいて測定及び試験した結果を使用者に提示するのが通例。

→導入を検討する使用者による装置性能の比較が困難。

【目的】

使用者が治療装置の性能を適正に比較することが可能のように、測定及び試験の手順について標準的な指針を提供する。

## 「粒子線治療装置の基礎安全及び基本性能に関する個別要求事項」 (JIS T 60601-2-64)

スキャンニング照射法に対応する用語

「**スキャンニングモード (SCANNING MODE)**」は横方向に広い照射野を生成する、走査されたビームの投与法

スキャンニングモードの形には、「**一様スキャンニング (UNIFORM SCANNING)**」及び「**変調スキャンニング (MODULATED SCANNING)**」がある。

「一様スキャンニング」は標的を治療するのに十分に大きな照射野を作り出すために放射線ビームが事前に決められたパターンで横方向に走査されるスキャンニングモードで、この横方向走査の間、照射野内の線量分布が一樣となるように、ビームのフラックスは意図的には変更されないと定義されている。

「変調スキャンニング」は異なる横方向位置では患者に投与するフルエンスが異なるように、小さな径の粒線子を標的の横方向に走査し、標的をカバーするのに十分な大きな照射野を作るスキャンニングモードと定義されている。

[LIGHT ION BEAM DISTRIBUTION]

## 「粒子線治療装置の基礎安全及び基本性能に関する個別要求事項」 (JIS T 60601-2-64)

## 粒子線治療装置の安全性

粒子線治療装置の安全性については、電気的安全性、機械的安全性、放射線に関する安全性、その他の安全性についてそれぞれ規定されている。

特に機械的安全性については機器の動きの緊急停止については詳細に規定されている。

昨今の制御機器の発展により「プログラマブル電子サブシステム」が含まれる場合、リスクマネジメントによる安全性の確認が要求されている。

放射線に関する安全性については、粒子線はX線と線質が異なるためより詳細に規定されている。患者への副次的放射線に関する防護として、照射野限定器からの軽イオンの漏れおよび放射線照射野の投影の外側の副次的放射線が規定されている。併せて試験方法についても規定されている。

## 「粒子線治療装置－性能特性」 (JIS T 62677)

**【適用範圍】**

- ・治療を目的として、**核子当たりエネルギーが10 MeV/n～500 MeV/nの範囲の粒子線**を投与する粒子線医用電気機器(粒子線ME機器)に適用。
- ・製造業者が実施すべき**測定及び試験の手順**を記載し、**報告用のフォーマット**を提供。(ただし、受入試験は規定していない。個別の契約による。)
- ・**アイソセントリック架台**を持つ場合を基本としているが、**非アイソセントリック架台**の場合も性能及び試験方法の記載を適切に修正して適用可能。

「粒子線治療装置－性能特性」（JIS T 62677）

【用語の定義】

- ・対応国際規格: LIGHT IONとその派生語を定義。
- ・我が国では、全てのLIGHT IONの語を軽イオンと直訳することは慣習になじまないことが多い。
- ・このため、JIS原案の段階では、我が国の慣習に合わせて、LIGHT IONの用語の訳し分けを行った。

(例)

核種そのものを表すLIGHT ION: 軽イオン  
LIGHT ION BEAM: 粒子線

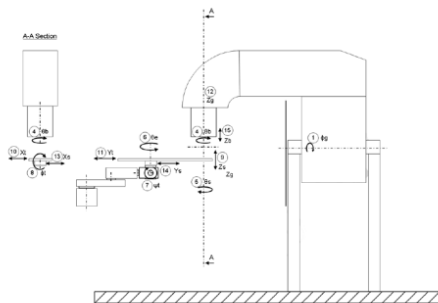
「粒子線治療装置－性能特性」（JIS T 62677）

【主な規定項目(性能開示対象)】

- a) 軽イオン種(箇条6.1)
  - ・使用する軽イオン種
- b) エネルギー(箇条6.2)
  - ・核子当たりエネルギー又は粒子線飛程
- c) ビームゲーティング(箇条6.3)
  - ・ビームゲーティングの方法
- d) 架台、アプリケーション、照射野限定器(箇条6.4～6.7)
  - ・開示する情報、及び記載方法
- e) アイソセンタ(箇条6.8)
  - ・開示する情報、測定項目、及び試験方法

「粒子線治療装置－性能特性」（JIS T 62677）

回転架台の座標定義



「粒子線治療装置－性能特性」（JIS T 62677）

性能開示フォーマット (例)

6.4.2 架台の設定							
タイプ	最大及び最小の角度 (°)	オーバーラップしている範囲の最小及び最大角度 (°)	最小及び最大粒子当たりエネルギー (MeV/u)又は粒子線飛程 (mm, 水等価)	最大回転速度 (°/s <sup>1</sup> )	最大角加速度 (°/s <sup>2</sup> )	最大角減速度 (°/s <sup>2</sup> )	緊急停止後の回転角度 (°)

「粒子線治療装置－性能特性」（JIS T 62677）

【主な規定項目(続き)】

- f) 横方向拡大器(箇条6.9)
  - ・横方向拡大器のタイプ、スキャニングモード、及び性能。
  - ・仮想線源回転軸間距離の試験方法。
- g) 時間的制約(箇条6.10)
  - ・最大照射時間などの時間に関する情報、及びこれらの試験方法
- h) 線量モニタシステム(箇条7)
  - ・開示する情報、試験条件、及び試験方法
- i) 深部線量特性(箇条8)
  - ・深部線量のデータ・セット、及び試験方法
  - ・開示する情報、深部線量分布の試験方法
- j) 横方向線量分布(箇条9)
  - ・開示する情報、試験条件、及び試験方法

「粒子線治療装置－性能特性」（JIS T 62677）

深部線量分布に関連するパラメータ定義

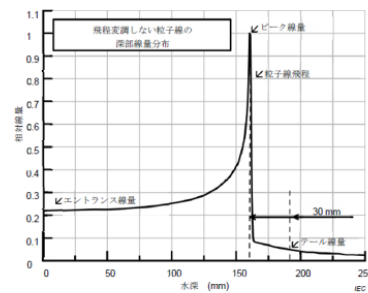


図1 飛程変調しない粒子線の場合に関連したパラメータの説明図

## 「粒子線治療装置－性能特性」 (JIS T 62677)

### 性能開示フォーマット (例)

8.2 性能開示フォーマットにおける性能開示フォーマット  
性能開示フォーマットは次の表に示すように記載する。

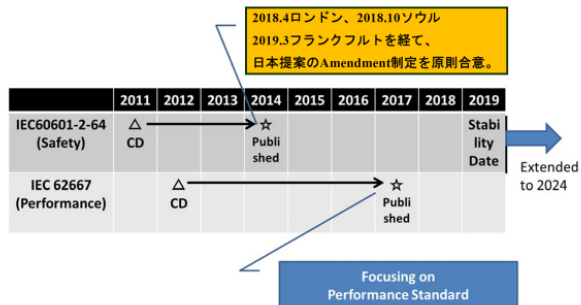
項目	性能開示フォーマット	性能開示フォーマット	性能開示フォーマット	性能開示フォーマット	性能開示フォーマット
性能開示フォーマット	性能開示フォーマット	性能開示フォーマット	性能開示フォーマット	性能開示フォーマット	性能開示フォーマット
性能開示フォーマット	性能開示フォーマット	性能開示フォーマット	性能開示フォーマット	性能開示フォーマット	性能開示フォーマット
性能開示フォーマット	性能開示フォーマット	性能開示フォーマット	性能開示フォーマット	性能開示フォーマット	性能開示フォーマット

8.2.1 性能開示フォーマット中の性能開示フォーマット

項目	性能開示フォーマット	性能開示フォーマット	性能開示フォーマット	性能開示フォーマット
性能開示フォーマット	性能開示フォーマット	性能開示フォーマット	性能開示フォーマット	性能開示フォーマット
性能開示フォーマット	性能開示フォーマット	性能開示フォーマット	性能開示フォーマット	性能開示フォーマット
性能開示フォーマット	性能開示フォーマット	性能開示フォーマット	性能開示フォーマット	性能開示フォーマット

## 今後の予定

### Timeline of Light Ion Standard



## 「粒子線治療装置－性能特性」 (JIS T 62677)

### 【主な規定項目(続き)】

- k) エネルギー及びフルエンスの変調 (箇条10)
  - ・開示する性能、及び試験方法
- l) 体積照射の所要時間 (箇条11)
  - ・指定した体積について照射するための所要時間を測定する方法
- m) 放射線照射野の表示 (箇条12)
  - ・アプリータ架台、多分割照射野限定器、粒子線参照軸、光照射野表示器について、開示する情報、及び試験方法
- n) 患者支持器 (箇条13)
  - ・患者支持器の位置精度、変位、動きの範囲について、開示する情報、及び試験方法

## Amendment の内容

### 1. Harmonization to IEC62667

- a) Terms and Definition
- b) Editorial Correction

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
IEC60601-2-64 (安全)	△ CD			☆ 発行	JIS 化	JIS 発行			
IEC62667 (性能開示)		△ CD					☆ 発行	JIS 化	JIS 発行

### 3. Revision to Revise the Clause 201.10.2.101.4.4

- "Neutron non-primary radiation outside the projection of the irradiation field"
- a) Unit (Harmonization to ICRU/ICRP/AAPM)
- b) Method (Adequacy, Safety, Adoptability)
- c) Tools (Fast neutron, Calibration & Traceability)

## まとめ

- ・治療装置の多様化、システム連携の高度化により、規格間の整合性確保が課題となっている。
- ・粒子線治療装置の安全性規格、性能開示規格を制定した。
- ・国際標準規格の制定に初期の段階から参画することは重要である。

## 放射性治療薬 $^{64}\text{Cu}$ -ATSM の製造法の技術導出

○鈴木 寿<sup>A)</sup>、深田 正美<sup>A)</sup>、武井 誠<sup>A)</sup>、門間 あゆみ<sup>B)</sup>、吉井 幸恵<sup>C)</sup>、永津 弘太  
郎<sup>A)</sup>、張 明栄<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup> 先進核医学基盤研究部 放射性核種製造グループ

<sup>B)</sup> 株式会社アトックス

<sup>C)</sup> 分子イメージング診断治療部 核医学基礎研究グループ

先端核医学基盤部では、平成 28 年度に日本初の放射性治療薬である  $^{64}\text{Cu}$ -ATSM の大量製造法を確立した。放医研で製造した治療薬を国立がん研究センターに供給し、医師主導治験の第 1 相臨床試験において既に 5 名のがん患者に対し、治験を行っている。平成 30 年度より神奈川県がんセンターが新たな治験拠点として加わることになり、放医研と同様の  $^{64}\text{Cu}$ -ATSM を製造できる製造拠点の増設が必要となった。そのため、放医研における  $^{64}\text{Cu}$ -ATSM の製造法を国立がん研究センターへ、技術導出を行った。今回、その経緯、工夫と問題点などについて発表する。

注：アブストラクトのみ掲載

## 無菌アイソレーターを用いた治験薬 GMP 準拠

### がん治療薬 $^{64}\text{Cu}$ Cu-ATSM 注射液製造

〇〇武井 誠<sup>A)</sup>、鈴木 寿<sup>B)</sup>、深田 正美<sup>B)</sup>、大矢 智幸<sup>B)</sup>、橋本 裕輝<sup>A)</sup>、  
河村 和紀<sup>A)</sup>、吉井 幸恵<sup>C)</sup>、張 明栄<sup>B)</sup>

<sup>A)</sup> 放射線医学総合研究所 先進核医学基盤研究部 標識薬剤製造グループ

<sup>B)</sup> 放射線医学総合研究所 先進核医学基盤研究部 放射性核種製造グループ

<sup>C)</sup> 放射線医学総合研究所 分子イメージング診断治療研究部 核医学基礎研究グループ

$^{64}\text{Cu}$ Cu-ATSM は脳腫瘍への治療効果が期待される放射性薬剤である。我々は無菌アイソレーターを用いて臨床用 $^{64}\text{Cu}$ Cu-ATSM 注射液を製造したので報告する。【方法】無菌アイソレーター内で過酸化水素ガス滅菌を行い、グレード A 環境下でライン組み付けとリークチェックを行った。次に、原料の ATSM/DMSO 溶液を導入し、製造した $^{64}\text{Cu}$  グリシン溶液と混合し、さらにアスコルビン酸水溶液を加えてよく攪拌し $^{64}\text{Cu}$ Cu-ATSM 注射液を合成した。【結果】 $^{64}\text{Cu}$ Cu-ATSM 注射液は 3.0~3.7GBq の収量であり、 $^{64}\text{Cu}$  製造後 17~25 分で合成し、回収率は約 85%であり、作業者の被ばく量は 30  $\mu\text{Sv}$  程度であった。【結論】治験薬 GMP に準拠した高品位の $^{64}\text{Cu}$ Cu-ATSM 注射液を安定的に製造し、週 1 回 4 週連続の臨床提供を可能にした。



#### 無菌アイソレーターを用いた治験薬GMP準拠 がん治療薬 $^{64}\text{Cu}$ Cu-ATSM注射液製造

〇武井誠<sup>1)</sup>、鈴木寿<sup>2)</sup>、深田正美<sup>2)</sup>、大矢智幸<sup>2)</sup>、橋本裕輝<sup>1)</sup>、  
河村和紀<sup>1)</sup>、吉井幸恵<sup>3)</sup>、張明栄<sup>2)</sup>

\*1: 先進核医学基盤研究部 標識薬剤製造グループ

\*2: 先進核医学基盤研究部 放射性核種製造グループ

\*3: 分子イメージング診断治療研究部 核医学基礎研究グループ



#### 目的

$^{64}\text{Cu}$ Cu-ATSMは脳腫瘍への治療効果が期待される日本初の治療用放射性薬剤である。我々は無菌アイソレーターを用いた $^{64}\text{Cu}$ Cu-ATSM合成方法を検討し、治験薬GMPに準拠した $^{64}\text{Cu}$ Cu-ATSM注射液を安定的に製造し、国立がん研究センターに連続的に提供したので報告する。



#### $^{64}\text{Cu}$ Cu-ATSMについて

**$^{64}\text{Cu}$**

崩壊形式:  $\beta^+$ 、 $\beta^-$  EC、半減期: 12.7 時間  
 $^{64}\text{Ni}$  (p, n)  $^{64}\text{Cu}$   $^{64}\text{Cu}$ 大量製造技術は確立済み

低酸素化したがんに集積し、 $\beta$ 線、オージェ電子によりがん治療可能(動物実験)  
放医研で放射性がん治療薬 $^{64}\text{Cu}$ Cu-ATSM製剤化に成功

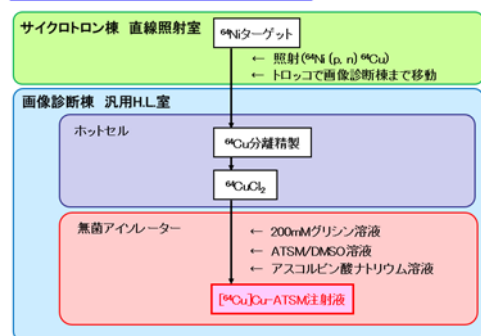
機器整備、治験薬用基準書作成、3ロット試験等  
GMP準拠がん治療薬 $^{64}\text{Cu}$ Cu-ATSM治療の登録終了  
2018年7月

悪性脳腫瘍の患者を対象に国立がんセンターで $^{64}\text{Cu}$ Cu-ATSM注射液治療開始(STAR-64試験)  
2019年1月

患者1人: 4週連続提供(2GBq)  
※治療の進行状況により放射線量増減



#### $^{64}\text{Cu}$ Cu-ATSM製造工程





<sup>64</sup>Cu-ATSM注射液品質結果

項目	規格値	試験結果
バッチ当りの容量	30～70 mL	52～62 mL
放射能	< 20GBq	1.91～3.83 GBq
性状	澄明かつ粒子を認めない	適合
エンドキシニン試験	150 EU/全量未満	< 150 EU
無菌試験	試験に適合する。	適合
pH	5.0～7.5	6.7～7.1
<sup>64</sup> Cu	511, 1,346keVピークを認める。	適合
放射性異核種	511, 1,022, 1,346keV以外に容易なピークを認めない。	適合
[ <sup>64</sup> Cu]Cu-ATSM	Cu-ATSM懸濁液の放射能と放射能の95%値のずれの範囲が±10%。	0～6.0%
放射化学的異物	[ <sup>64</sup> Cu]Cu-ATSM以外の放射能は総放射能の10%以下	0～4.4%

全て規格値に適合

## まとめ

・無菌アイソレーターを用いて、治験薬GMPに準拠した日本初の放射性がん治療薬 [<sup>64</sup>Cu]Cu-ATSM注射液を安定的に製造することが出来た。

・週1回4週連続の臨床提供を合計24回行い、成功率は100%であった。

・2019年10月より次の放射能レベルの臨床提供(4GBq)を開始しており、今後は放射能レベルを上げての提供を予定している。

# 造骨性骨転移モデルマウスの開発の試み

〇〇須堯 綾<sup>A)</sup>、須藤仁美<sup>A)</sup>、高野 香奈子<sup>A)</sup>、辻 厚至<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup> 放射線医学総合研究所

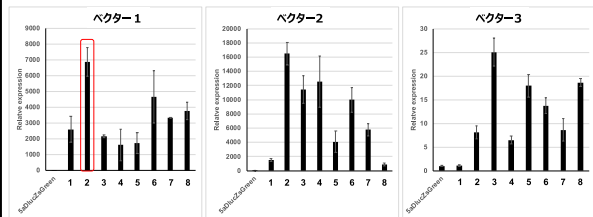
骨転移は痛み、骨折、麻痺を誘発し、患者のQOLを著しく低下させ、予後の悪化にも大きく影響している。骨転移を引き起こすメカニズムの解明のためには臨床に即した骨転移モデルが必要である。溶骨性骨転移モデルは確立されているが、造骨性骨転移モデルは未だ確立されていない。そこで、溶骨性骨転移モデルの乳がん由来細胞の MDA-MB-231 に造骨転移を誘発する可能性のある遺伝子を導入することで造骨性骨転移が発生するかどうかを検討することにした。各種細胞移植したマウスを経時的に CT 撮像した。観察期間終了後に、病理解析を実施した。これまでに得られた結果を報告する。

<p>2020.2.3 第1回千葉地区技術と支援の活動報告会</p> <p style="text-align: right;">QST</p> <h2 style="text-align: center;">造骨性骨転移モデルマウスの開発の試み</h2> <p style="text-align: center;">分子イメージング診断治療研究部 核医学基礎研究グループ</p> <p style="text-align: center;">〇須堯綾、須藤仁美、高野香奈子、辻厚至</p> <p style="text-align: right;">1</p>	<h2 style="text-align: center;">背景</h2> <p>を解明することを目指し、造骨型の骨転移モデルを樹立する</p> <p style="text-align: right;">2</p>
--	--

<h2 style="text-align: center;">骨代謝とシグナル</h2> <p style="text-align: right;">QST</p> <p style="text-align: center;">造骨型の発生メカニズムは不明</p> <p style="text-align: right;">4</p>	<h2 style="text-align: center;">Materials &amp; Methods</h2> <p style="text-align: right;">QST</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5a-D-Luc-ZsGreen 乳がん由来細胞(MDA-MB-231)にLucを発現させた細胞を改変 溶骨性骨転移を発症 造骨を誘発する分子は既発現</li> </ul> <p style="text-align: right;">Sudo et al. Int J Oncol. 2016</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 発現ベクターを構築し、細胞へ導入</li> <li>• 高発現細胞株を選択</li> <li>• 動物モデルの作成</li> <li>• 発光イメージングおよびCT撮像</li> <li>• 病理解析</li> </ul> <p style="text-align: right;">5</p>
---	---

## 造骨を誘発する分子の高発現株の選択

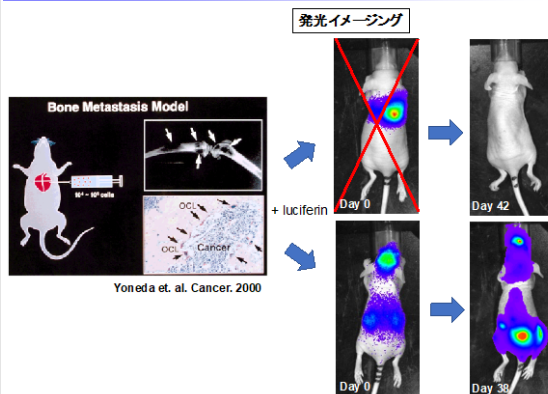
### の5a-D-Luc-ZsGreen細胞にベクターを導入



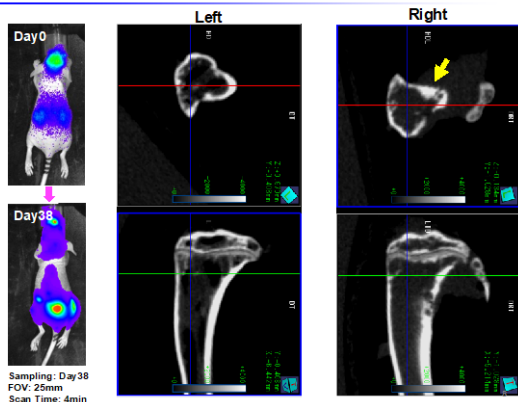
5a-D-Luc-ZsGreen-ベクター-1-2  
5a-D-Luc-ZsGreen-ベクター-2-2  
5a-D-Luc-ZsGreen-ベクター-3-3

6

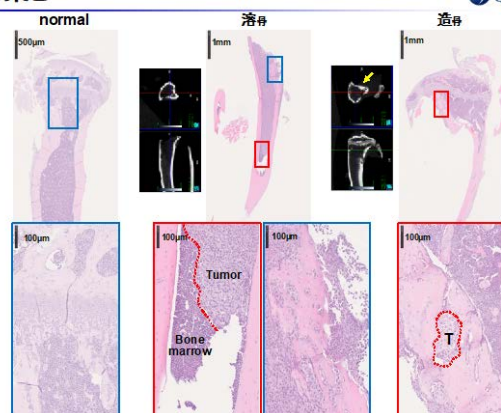
## 骨 転移モデル作成



## マイクロCT撮像( 脛骨 )



## HE染色



## 全脳照射と尾動脈注射の検討

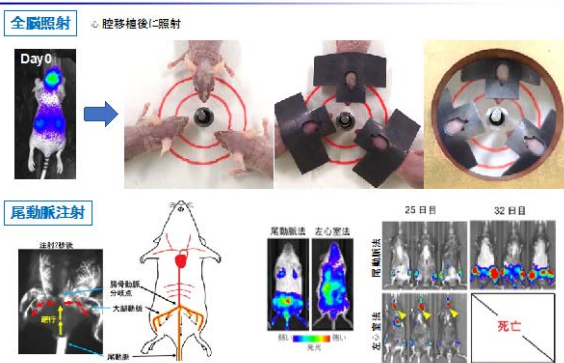


図1 尾動脈注射による移動経路  
Kuchimaru et.al. Nature Communications, 2018

## まとめ

注射の検討

11

## 臨床研究支援室における臨床研究支援への取り組み

○鈴木 和子、富田 美津枝、市川 順子、辻 比呂志

量子医学・医療部門 QST 病院 臨床研究支援室

臨床研究は各種指針や法令を遵守して実施することが求められており、研究者のみでの対応では困難になってきている。臨床研究支援室では、専門職である臨床研究コーディネーター（CRC）を配し、研究対象者の人権を保護し各種指針や法令を遵守した質の高い臨床研究実施のために、研究全体の管理から関係機関や関係部署間の調整、研究対象者へのケア、事務的な支援に至るまで多種多様な支援を実施している。倫理性、科学性、信頼性を担保した適切な臨床研究を実施する上で、CRCの果たす役割は大きいと考える。臨床研究支援室では、主に、重粒子線治療やイメージング研究に関する臨床研究への支援を実施している。それらの臨床研究に対する支援への取り組みとその役割や今後の課題について報告する。

### 臨床研究への支援

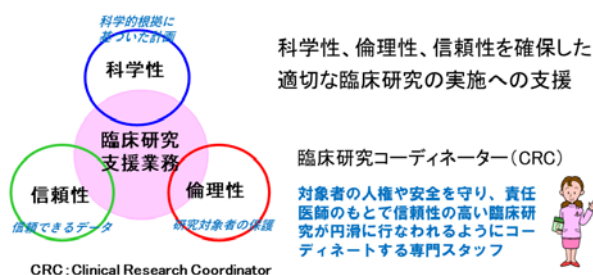
- 臨床研究支援室の役割と支援業務
- 臨床研究支援の実績の概要
- イメージング研究における支援  
～研究対象者に関する支援を中心に～
- 重粒子線治療研究における支援  
～先進医療Bへの支援を中心に～
- リスクに基づく支援例
- 臨床研究支援の成果と今後の課題



2

### 臨床研究支援への取り組み

研究対象者の人権を保護し、  
各種指針や法令を遵守した質の高い研究実施のために



CRC: Clinical Research Coordinator



3



QST

## 健常ボランティアリクルートへの支援

適切で迅速な健常ボランティアリクルートのために

「臨床研究ボランティア募集システム」の運営と管理  
「臨床研究ボランティア募集システム」を機構内のサーバーに構築し、ホームページから、健常ボランティアを幅広く募集している。

研究ボランティア保護のために

### 臨床研究参加歴の確認

重複参加防止のため、他施設の研究への参加状況を**臨床協の被験者照合システム**を利用して確認  
QSTでの参加歴は**登録者データベース**で確認  
被ばくを伴う試験では、次回参加可能期間を6か月としている

10

QST

## 臨床研究ボランティア募集システム

<https://www.nirs.qst.go.jp/research/division/mic/volunteer/index.php>

ホームページに募集情報掲載

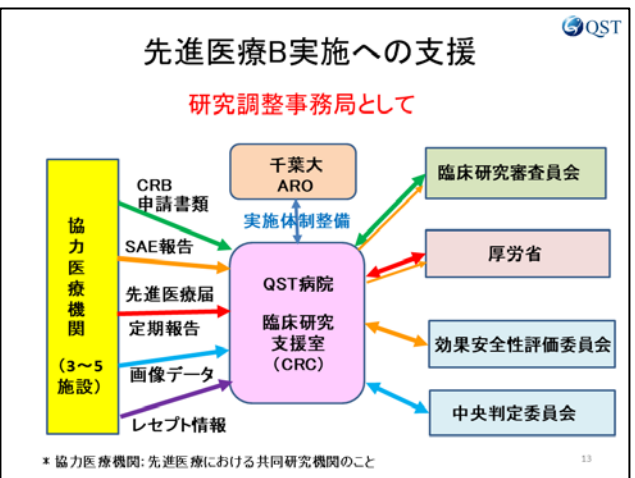
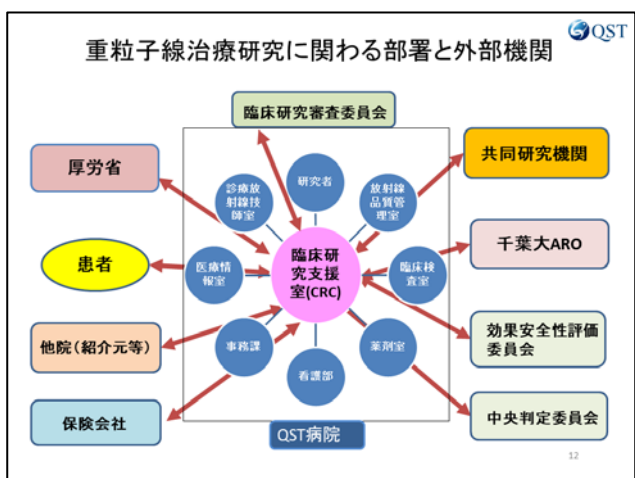
登録者にメールマガジンで、募集情報を送付

応募時には、適格性の確認をした上で、日程調整



登録者数（2020.1.1現在）： 892名（男性516名、女性376名）

11



QST

## 先進医療Bの臨床研究法への移行

準備開始から手続き完了まで約半年

準備	2019年6月	<ul style="list-style-type: none"> <li>各種手順書(11種)を臨床研究法に対応できるように改訂</li> <li>研究計画書と説明文書の改訂案の検討開始</li> <li>協力医療機関の臨床研究法対応状況の確認</li> <li>利益相反基準を作成し、各協力機関に、利益相反管理計画や分担医師リスト等、CRB申請に必要な書類の作成依頼</li> </ul>
	7月~8月	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究計画書と説明文書の改定案を千葉大AROと協議、各協力機関にも連絡し、意見等確認</li> <li>臨床研究審査委員会事務局に申請相談</li> <li>各協力機関より、利益相反管理計画等申請書類を回収し、申請資料を作成</li> <li>臨床研究審査委員会事務局および千葉大AROとの最終調整</li> </ul>
CRB申請~承認	8月下旬~10月上旬	<ul style="list-style-type: none"> <li>臨床研究審査委員会(CRB)申請</li> <li>委員会からの事前質問対応</li> <li>9月下旬に審査→承認→10月上旬QSTの管理者許可</li> </ul>
先進部会審査と各施設の管理者許可	10月上旬	<ul style="list-style-type: none"> <li>各協力医療機関に、管理者許可を得るよう依頼</li> <li>厚労省に、先進医療技術審査部会審査のために資料を提出</li> <li>10月の先進医療技術審査部会で通</li> </ul>
	11月~12月	<ul style="list-style-type: none"> <li>輝癌: 協力機関の管理者許可がそろい11月12日にIRCT公表</li> <li>直癌: 協力機関の管理者許可がそろい12月18日にIRCT公表</li> </ul>

\* 先進Bは先進医療の手続きも必要 \* 多施設共同試験では他施設の手続きに時間を要す

14

QST

## 関係者間での情報共有の工夫

- 機構内の関係者: google カレンダーの活用  
イメージング研究、重粒子線研究それぞれ別のカレンダーに**検査予定**や**受診予定**を入れて情報共有
- 外部機関の関係者:
  - ・J-CROSデータ共有サーバーSafeSync を利用  
**計画書、説明文書、手順書、マニュアル、ツール、安全性情報等**を入れて情報共有
  - ・テレビ会議の活用
- QST病院の患者の情報: 電子カルテの掲示版の活用  
**検査事項や次回の予約等の情報、医師や看護師への依頼事項**を入れて情報共有

15

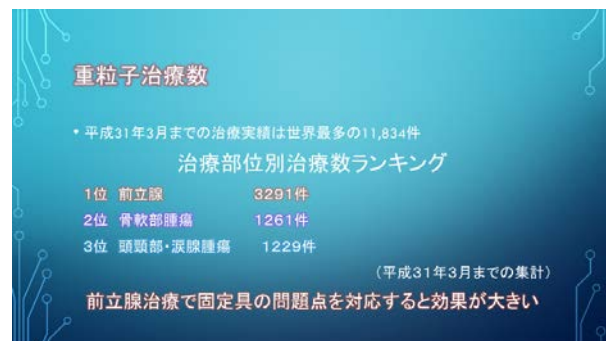
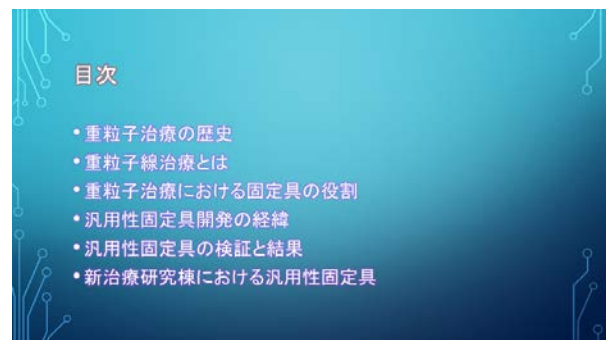


## 重粒子治療における汎用性固定具の開発

前田 欽司、斉藤 収三、金津 州亮、鶴岡 伊知郎、田尻 稔、木村 卓、黒岩 大吾、  
白石 ゆりか、岩上 英樹、前田 貴雅、山岡 恵士、伊澤 正基、竹腰 琢朗、小菅 凌弥、  
山本 淳史、山本 雅、上高 佑人、谷本 克之

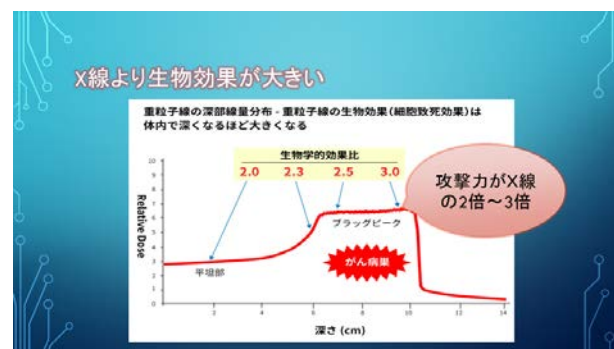
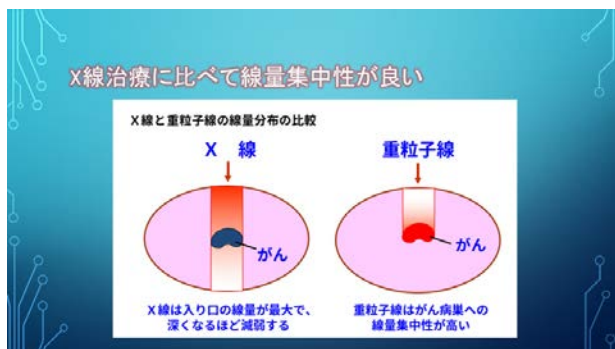
QST 病院 診療放射線技術室

重粒子治療に必要な固定具は患者個々に作製している。素材は市販されているものではなく、かつ非常に高価であり、作製の際に失敗してしまうとそのまま使用できず廃棄となってしまうことがある。固定具作製には非常に高いスキルが必要で未熟であれば時間もかかってしまう。そこで、コスト削減及び作製時間短縮、スキルを必要としないことを目的とした、患者毎に作製する必要がなく、繰り返し使用できる汎用性固定具を開発した。ここに汎用性固定具の開発に至った経緯と過程及び実証方法について報告する。





## なぜ重粒子を使うのか



### 重粒子治療における固定具の役割

1. X線より深部線量の集中性が良い
2. X線より生物効果が大きい

⇒ 正常組織にはできる限り照射したくない  
⇒ 目標組織に正確で再現性良く照射したい

⇒ 患者の体動を制限し、かつ毎回同じように寝せるようにすることが必要

### 汎用性固定具開発の経緯

- 患者ごとにオーダーメイドになるため患者同士で繰返し使用できない
- 固定具の素材は高価(約7,000円～30,000円)で作製に失敗すると元に戻せないため使用しないまま廃棄となる
- 作製には高い技術が必要で、技術習得・継承に時間がかかる
- 作製時間は1体位30分以上かかる

⇒ 繰り返し使用でき、患者同士で使いまわしのできる汎用性の高い固定具があれば全て解決する！！

汎用性: 様々な用途や場面で使用することができ、有用であるさま



### 汎用性足型固定具の開発

- 従来の足型からどうやって患者全員に使用できる固定具を開発するか

⇒ 過去の足型固定具80人分を細かく計測

1. 両足かかと間の距離
2. 寝台からかかとまでの高さ
3. 固定具の奥行
4. 足部の外旋角度

を測定して中央値を算出。

## 汎用性足型固定具の検証

算出した値から、仮固定具を試作

素材:発泡スチロールと発泡剤

試作品の積み重ね

- 作製した仮固定具を自分で試し、苦痛や違和感を感じる部分を加工、修正
- 踵部の形状の模倣
- 足部の外旋角度

⇒他技師に寝てもらい意見を募集

意見をもとに調整し、患者検証用固定具が完成

## 検証用固定具



## 検証用固定具の試験

- 前立腺患者を対象

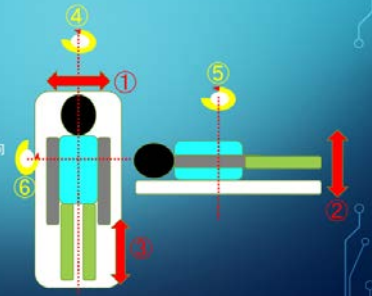
従来の固定具を使用した4名と検証用固定具を使用した4名で比較

- 検証項目

1. 違和感や痛みがないか確認
2. 治療16回分における治療台6軸の移動量
3. 足部の外旋角度の修正回数
4. 治療位置調整時間

## 治療台の6軸

- ① Lateral軸:横方向
- ② Vertical軸:高さ方向
- ③ Longitudinal軸:頭尾方向
- ④ Rolling:①軸の回転
- ⑤ Yawing:②軸の回転
- ⑥ Pitching:③軸の回転

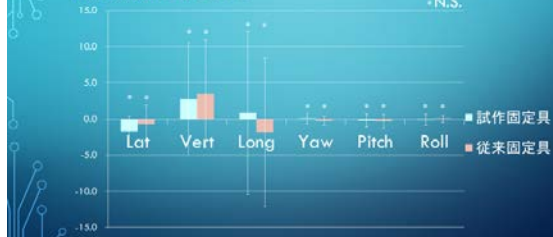


## 結果

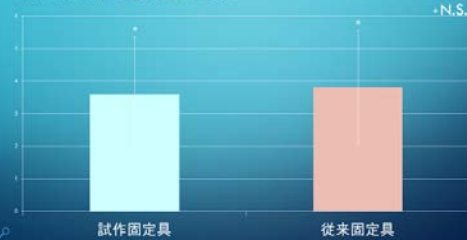
### 1. 違和感

訴え特になし

### 2. 治療時の移動量



### 3. 足部の位置修正回数



### 4. 治療位置調整時間



## 結論

- 検証結果から水平系 (Vert, Long, Lat) の移動量や、回転系 (Roll, Pitch, Yaw) の移動量に位置調整に問題となる差はなかった。
- また治療位置調整時間や足部の調整回数に差はなかった。  
→従来の固定具と同程度の固定具性能を持つ可能性がある。



汎用性固定具の強度を高めて作製し、以降使用していくことが承認される

## 汎用性固定具を採用してから

- 費用

従来固定具単価: 約 ¥ 7, 000 年間使用数約400個

**¥2, 800, 000削減!!**

- 作製時間

患者1人につき10~15分程度短縮

### 汎用性固定具の注意点

#### 1. 衛生面

- 患者使用ごとにアルコール消毒
- 全治療終了後に再度消毒

#### 2. 取扱い

衝撃に弱いため丁寧な取り扱いが必要

### 足部用汎用性固定具



### その他の汎用性固定具



## 緊急時を想定したトレーニングを継続的に行い有事に備える

○久保田 新 江畑 史枝 青木 優子 笠川 みどり 酒井 律子 田島 美弥

QST 病院看護部 教育委員会

当院は被ばく患者の受け入れ施設であるため緊急被ばく患者や、院内で急変した患者に対して速やかに対応することが求められている。そのためには定期的な訓練が必要であり、訓練を重ねることで、緊急時に冷静に行動することが可能となる。QST 病院看護部教育委員会では、全ての看護職員が緊急対応スキルを備えることができるよう毎年緊急時を想定したトレーニングを実施している。緊急被ばく患者への対応訓練では看護部 REMAT 隊員が、院内急変トレーニングでは ICLS インストラクターの資格を持っている看護師が中心となり、それぞれの看護師が問題意識を持って積極的に研修に参加している。このような定期的な訓練は医療の質を担保するためにも必要なことであり、今後は他部門と連携した訓練を行うことが課題である。また、同様の訓練が必要な部署があれば、積極的に協力したいと考えている。

### 緊急時を想定したトレーニングを継続的に行い有事に備える

QST病院 看護部 教育委員会  
○久保田新 江畑史枝 青木優子 笠川みどり 酒井律子 田島美弥

### QST病院看護部

定年制職員35名  
任期制常勤職員7名  
任期制非常勤職員17名  
任期制非常勤看護助手4名

#### 看護師配属先一覧

- 外来
- 病棟
- 治療棟
- 画像診断部
- 医療連携室
- 中央材料部
- 臨床研究支援室

#### 看護部内委員会一覧

- ・医療安全推進委員会
- ・看護記録・情報システム委員会
- ・看護業務委員会
- ・看護部教育委員会
- ・感染カンファレンス委員会
- ・褥瘡対策委員会
- ・看護研究推進委員会

### 看護部教育研修計画一覧

2023年度 看護部教育研修計画

研修項目	研修実施部	研修実施日	研修実施時間	研修実施場所	研修実施者	研修実施対象者	研修実施回数	研修実施内容
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	14:00-15:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	15:00-16:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	16:00-17:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	17:00-18:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	18:00-19:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	19:00-20:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	20:00-21:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	21:00-22:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	22:00-23:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	23:00-24:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	24:00-25:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	25:00-26:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	26:00-27:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	27:00-28:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	28:00-29:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	29:00-30:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	30:00-31:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	31:00-32:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	32:00-33:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	33:00-34:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	34:00-35:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	35:00-36:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	36:00-37:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	37:00-38:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	38:00-39:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	39:00-40:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	40:00-41:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	41:00-42:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	42:00-43:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	43:00-44:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	44:00-45:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	45:00-46:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	46:00-47:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	47:00-48:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	48:00-49:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	49:00-50:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	50:00-51:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	51:00-52:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	52:00-53:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	53:00-54:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	54:00-55:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	55:00-56:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	56:00-57:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	57:00-58:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	58:00-59:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	59:00-60:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	60:00-61:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	61:00-62:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	62:00-63:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	63:00-64:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	64:00-65:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	65:00-66:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	66:00-67:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	67:00-68:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	68:00-69:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	69:00-70:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	70:00-71:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	71:00-72:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	72:00-73:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	73:00-74:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	74:00-75:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	75:00-76:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	76:00-77:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	77:00-78:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	78:00-79:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	79:00-80:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	80:00-81:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	81:00-82:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	82:00-83:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	83:00-84:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	84:00-85:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	85:00-86:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	86:00-87:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	87:00-88:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	88:00-89:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	89:00-90:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	90:00-91:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	91:00-92:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	92:00-93:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	93:00-94:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	94:00-95:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	95:00-96:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	96:00-97:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	97:00-98:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	98:00-99:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練
院内急変対応訓練	看護部	2023.10.10	99:00-100:00	院内急変対応訓練室	看護部	看護部	1回	院内急変対応訓練

### 看護部職員の現状と緊急時に関する当初の課題

- 交代勤務、変則勤務をしているため、人員の半分程度の勤務者しかいない場合もある
- 治療入院中に病状が進行する、何らかの状態変化がおこる、画像診断時に使用する造影剤による副作用が出現するなど、予測困難な事態への対応に迫られる
- 様々な部署で働いているため、緊急時にすぐ集まることが難しい、急変患者とほとんど関わらない部署もある
- いつ被ばく患者が搬送されてもよい体制づくりが必要である
- 急変は夜間や明け方などに起こることもある

急変は頻繁に起こることではなく、経験が乏しい看護師もいるため、急変時に慌ててしまい適切な対応ができない恐れがある

初動の遅れは患者の命に直結する

QST病院看護師は、被ばく患者の受け入れや、院内での急変時に適切な行動をとり、患者の救命に努めなければならない。

定期的に、当院所属ICLSインストラクターによる講義、BLS(Basic Life Support)実技を中心に、ロールプレイで現場に則した訓練を実施。

ICLS : Immediate Cardiac Life Support



稲毛消防局から人形・AEDを借用し、BLSの実技演習

ICLSインストラクターが視聴覚教材を使用して緊急時に必要な薬剤や心電図の読み方、救命方法などを講義する

[illegible]

発見者役、応援看護師役(2人1組)計3名 医師役、インストラクターによるアドリブあり、緊張感あり、笑いあり。役以外の看護師全員がオブザーバーとなり、インストラクターとともにフィードバック、疑問はその場で解決！



1段目

1. 段目



2段目



### 3段目



4段目



救急力一ト

原子力発電所において作業員の転落事故が起きた。意識清明・名前・場所が言える。  
汚染した衣類はすでに脱衣は済んでいる。汚染部位は右下腿部の。傷の程度は右下腿内側(10×5cm)に挫創ガゼー保護している。転落時に打撲をしたため歩行困難である。作業員は汚染のある患者として被ばく医療機関である当院へ要請があった。  
内服被ばくの有無確認のための鼻スプレー、創部の検体を取る・汚染部位の有無確認、包文。ストレッチャーで搬送を行なう

情報を書き出し共有する



。緊急被ばく患者への対応訓練では看護部REMAT隊員が講義、デモン  
ストレーション、実技指導を行っている(隊員のトレーニングにもなる)

【研修生事前課題】

- ①所内ホームページ内、原子力災害・被ばく医療等に関する基礎講義(平成29年9月13日中核人材研修)の講義4視聴する
- ②看護部作成の「緊急被ばく患者の受け入れ手順」を熟読する

被ばく医療施設をお借りしています



ホットエリア、コールドエリアの担当を分け実習  
声の届きにくさ、動きにくさも実感。目に見えない放射線物質に対して  
どのように対応するのかを考えてもらう

説明を受け、理解してから演習へ



講師や見学者からフィードバックを受け、改善点を明らかにする。  
1日の学びをまとめ、共有する。



3グループに分かれて演習



患者の状態を確認しながら、処置を進める  
演習チーム以外は、外野からフォロー



講師兼オブザーバーとして、宮後工務課長、立崎医師にご協力いただいています。  
多くの知識や経験をお持ちなので、ご指導いただけ大変勉強になっています。



定期的な訓練を行うことで、緊急時の  
スムーズな対応が可能になる

看護師は医療・看護の質を向上させることで  
患者の安全を守る

指導者の育成と他部門と連携した訓練を行  
うことが課題である

# マルチイオン照射に向けた小型 ECR イオン源の開発

○村松 正幸<sup>A)</sup>、鈴木 太久<sup>B)</sup>、高橋 勝之<sup>B)</sup>、大内 章央<sup>B)</sup>、野村 真史<sup>C)</sup>、高橋 伸明<sup>C)</sup>、  
渡辺 みひろ<sup>D)</sup>、針崎 修平<sup>E)</sup>、岩田 佳之<sup>A)</sup>、水島 康太<sup>A)</sup>、北川 敦志<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup> 放射線医学総合研究所 物理工学部、<sup>B)</sup> 加速器エンジニアリング (株)、

<sup>C)</sup> 住友重機械工業株式会社、<sup>D)</sup> 高知工科大学、<sup>E)</sup> 大阪大学

現在、QST では数種類のイオンを標的に照射することで理想的な LET および線量分布を形成するマルチイオン照射を推進している。想定されるイオン種は He、C、O、Ne の 4 種類で、HIMAC のように複数のイオン源が設置されている施設であれば比較的容易にイオン種の切り替えが可能となるが、普及型の炭素線治療施設でマルチイオン照射を行う場合には、コストと運転・メンテナンスの観点から、これまで通り永久磁石型の ECR イオン源 1 台で対応することが望まれる。現在普及型の炭素線治療施設で使用されている永久磁石型 ECR イオン源の Kei シリーズ<sup>1)</sup>では、ネオンの多価イオン生成には十分な閉じ込め磁場が得られていないため、我々は新規イオン源の設計と既存のイオン源を用いた開発を行っている。

まず、新規イオン源の設計のために、既存の ECR イオン源 (NIRS-HEC<sup>2)</sup>) を用いて 4 種類のイオンビーム試験を行い、最適な磁場分布の調査を行った<sup>3)</sup>。次に、ビーム試験で得られた最適な磁場分布を再現するように、永久磁石の大きさと配置を決定し、同時に真空部品などの設計を行った。最後に、新規イオン源で採用するマイクロ波 2 重加熱法の効果を確認するために、Kei3 イオン源<sup>4)</sup>を用いたビーム試験を行った。

## 1 NIRS-HEC でのビーム試験

永久磁石で閉じ込め磁場を形成する場合、製作後は固定磁場になってしまうため、あらかじめ目的のイオンを生成するのに最適な磁場分布を調べる必要がある。今回は既存の 18 GHz のマイクロ波源を使用した ECR イオン源 (NIRS-HEC) を用いて、 $\text{He}^{2+}$ 、 $\text{C}^{4+}$ 、 $\text{O}^{6+}$ 、 $\text{Ne}^{7+}$  の生成試験を行った。図 1 に NIRS-HEC の概略図を示す。上流側、下流側の 2 つのソレノイドコイル (ミラーコイル) と、6 極磁石でプラズマの閉じ込め磁場を形成し、高圧デッキ上にイオン引出のための高電圧を印加する。プラズマ生成に必要なマイクロ波源は 2 台使用されており、日本高周波製のクライストロンアンプ (周波数: 18 GHz、最大出力: 1400 W) とネットコムセック社製の進行波管アンプ (周波数: 17.10–18.55 GHz、最大出力: 1200 W) である。この 2 台のマイクロ波源を用いて多価イオンのビーム電流増強を図っている。磁石の中心付近で生成されたイオンは、引出電極から下方向に取り出され、分析電磁役を通りファラデーカップで計測される。今回はミラーコイルの電流値を変化させ、4 種類のイオンを生成するのに最適な磁場分布の調査を行った。ECR イオン源において、He イオンは剥ぎ取る電子が 2 個と少ないため、比較的生成が容易である。しかし Ne のイオンは 7 個電子を剥ぎ取らなければならないため、He イオン生成時より強い磁場が必要となる。したがってこの 2 つのイオン種において要求値を満たす条件を探す必要がある。下流側ミラーコイルの電流値を 480 から 600 A まで変化させたときの  $\text{He}^{2+}$  と  $\text{Ne}^{7+}$  のビーム電流値の変化を図 2 に示す。この時の上流側ミラーコイルの電流値は 840 A であ

る。一般的に閉じ込め磁場を強くすれば  $\text{Ne}^{7+}$  のような多価イオンは多く得られるのだが、永久磁石で強い磁場を再現させることが困難になるため、ミラーコイルの電流値は最大 840 A とした。 $\text{He}^{2+}$  と  $\text{Ne}^{7+}$  のビーム電流値が要求値を満たすときは、下流側ミラーコイルの電流値が 500 A と 520 A の場合であった。 $\text{He}^{2+}$  ビームは磁場を強くするとビーム電流が下がる傾向にあり、480 A の時はプラズマが不安定になりビーム電流が下がった。 $\text{Ne}^{7+}$  ビームは磁場を強くしても十分なビーム電流が得られたが、600 A の時はプラズマが不安定になりビーム電流が少なくなった。この結果により、上流側電流値 840 A、下流側電流値 500 A で発生する磁場分布を永久磁石で再現するように 2 次元の磁場計算を行った。

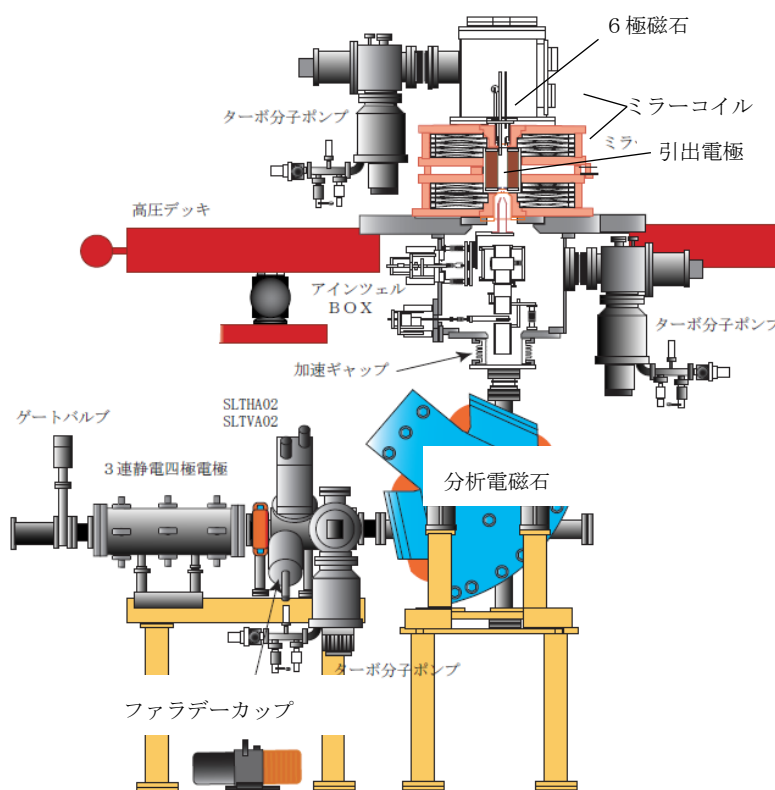


図 1 . NIRS-HEC の概略図。2 つのソレノイドコイル（ミラーコイル）で軸方向の閉じ込め磁場を形成する。

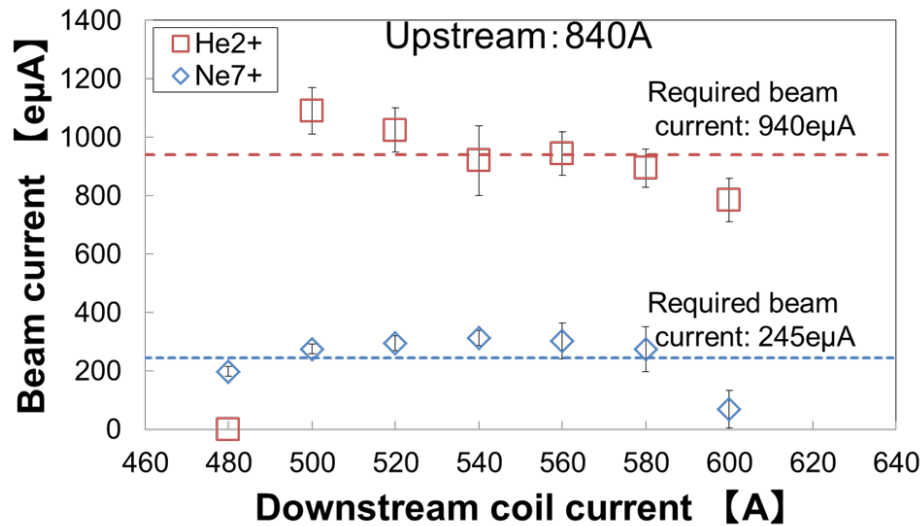


図 2. 下流側ミラーコイルの電流値を 480 から 600 A まで変化させたときの  $\text{He}^{2+}$  と  $\text{Ne}^{7+}$  のビーム電流値の変化。この時の上流側ミラーコイルの電流値は 840 A である。

## 2 Kei3 におけるマイクロ波 2 重加熱法を用いた多価イオン生成試験

NIRS-HEC におけるイオン生成試験の時には、マイクロ波源を 2 台使用したマイクロ波 2 重加熱法を用いて十分な多価イオンのビーム電流が得られている。既存の永久磁石型小型 ECR イオン源を用いて、新規イオン源に近い状況でのマイクロ波 2 重加熱試験を行った。Kei 3 の概略図を図 3 に示す。これまでは WR-90 の導波管を用いてマイクロ波を導入していたが、今回は WR-75 の導波管をあらたに設置し 2 重加熱試験を行った。今回使用したマイクロ波源は、TWT1 として、ネットコムセック社製の進行波管アンプ（周波数：9.75-10.25 GHz、最大出力：750 W）と、TWT2 として、Xicom 社製の進行波管アンプ（周波数：10-18 GHz、最大出力：300 W）である。図 4 に酸素の価数分布を示す。10 GHz 単体の時と比較して 2 重加熱(10 GHz + 15.8 GHz)の時の方が、1 から 3 価のような低い価数ではビーム電流が減少し、4 から 7 価のような多価イオンでは増えているのがわかる。したがって Kei3 イオン源のような小型 ECR イオン源でもマイクロ波 2 重加熱は効果があることが解った。この時の TWT2 の出力は 99.6 W である。次に  $0^{6+}$  ビームにおけるマイクロ波のパワー依存性を確認した（図 5）。TWT1 単体でマイクロ波の出力を上げたときに、 $0^{6+}$  の電流値は 300 W 付近より減少を始める。しかし、TWT2 (15.8 GHz、99.6 W) を加えた時は、TWT1 の出力が 300 W 以上の時でもビーム電流が増えていることが解った。

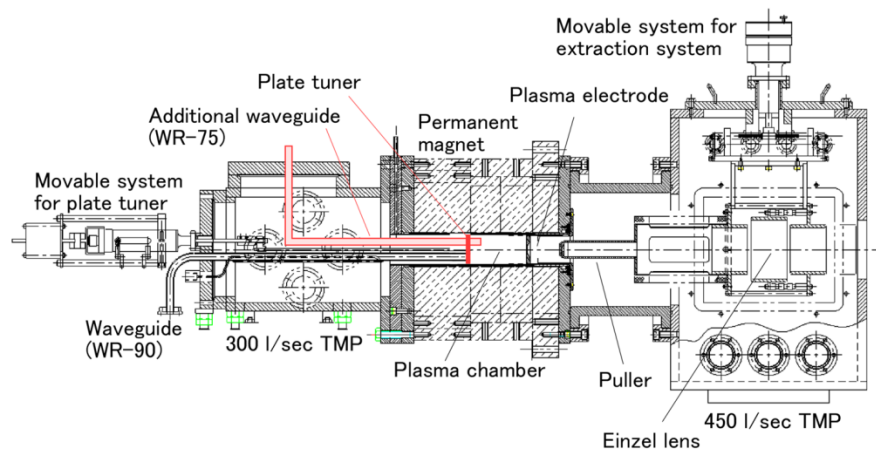


図3. Kei3の概略図。マイクロ波2重加熱用にWR-75導波管を取り付けた。永久磁石で閉じ込め磁場を形成しプラズマを生成する。イオンは永久磁石に高電圧を印加し引出電極(Puller)より取り出される。

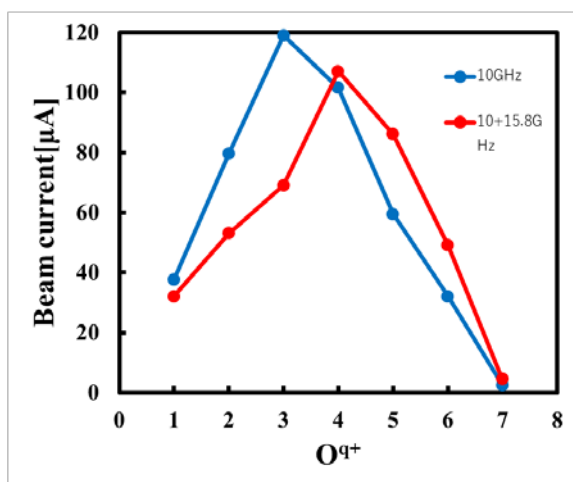


図4. 酸素の価数分布

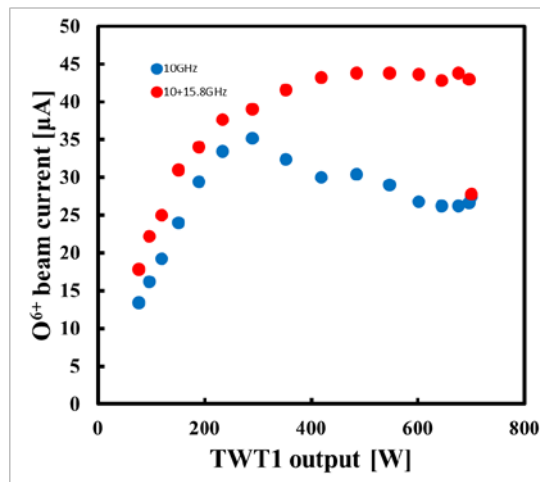


図5. O<sup>6+</sup>のマイクロ波パワー依存性

### 3 今後の予定

今後の予定として、新規イオン源の構造について、ビーム引出の計算と引出電極の詳細な設計および、2重加熱法の省スペース化を行う。また、マイクロ波2重加熱の効果をヘリウム、炭素、ネオンにおいて調査を行う。

#### 参考文献

1. M. Muramatsu et al., Rev. Sci. Instrum. 81, 02A327 (2010).

2. A. Kitagawa et al., Rev. Sci. Instrum. 69 674 (1998).
3. F. Ouchi et al., PASJ2019 WEPI037
4. M. Muamatsu et al., PASJ2019 FRPI043

# NIRS-930 サイクロトロンの使い方

○北條 悟、涌井 崇志、片桐 健、杉浦 彰則

放射線医学総合研究所 物理工学部

NIRS-930 サイクロトロンの現在の主目的は、放射性薬剤の製造となっています。しかしながら、放射性薬剤の製造以外での需要も多く、物理実験、細胞照射、耐放射線試験など、様々な目的での汎用的な利用も行われています。このような、放射性薬剤製造以外の汎用的な利用へのマシンタイム配分は、週に1日か2日です。さらに、土曜日も月に2回程度、汎用的な利用のための運転を行っています。

今回、所内利用者向けに、NIRS-930 サイクロトロンの使い方として、装置の性能、照射ポート、申し込み方法、マシンタイム課題採択等について紹介します。

## 1 施設紹介

NIRS-930 サイクロトン<sup>1)</sup>は、放射線医学総合研究所内のサイクロトン棟にあります(図1)。NIRS-930 サイクロトロンは、1974年に速中性子治療と放射性薬剤製造を目的として創設された施設です。その後、速中性子治療に加えて陽子線治療も行われましたが、現在では、治療照射ではなく放射性薬剤の製造が主目的となっています。また、主目的の放射性薬剤製造以外にも、物理実験や、細胞照射、宇宙放射線を模擬した耐久試験などの汎用実験にも用いられています。



図1 放医研所内配置図 サイクロトン棟

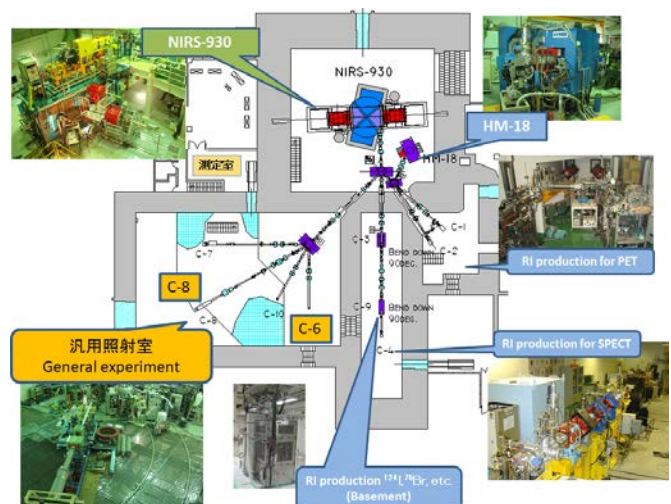


図2 サイクロトン施設全体図

NIRS-930 サイクロトロンからは、陽子では、10~80 MeV までのエネルギーが加速可能です。その他のイオンの最近の加速実績としては、重陽子、ヘリウム、炭素、酸素、ネオンといったイオンビームの供給を行っています。最近 5 年での、加速エネルギーの実績を表 1 に示します。このエネルギー表記はサイクロトロンの加速エネルギーの公称値です。絶対値が必要な場合は、測定が必要となりますのでご相談ください。

表 1. 最近 5 年の加速エネルギー実績一覧 [MeV]

陽子 (p)	水素分子 (H <sub>2</sub> <sup>+</sup> )	ヘリウム (He)	炭素 (C)
80			216
70	28	100	215
60	27	75	144
50	26	50	50
40	24.5	40	
30	24	34	酸素 (O)
28		27	230
27	重陽子 (d)	26.5	
25	50	24	ヘリウム 3 ( <sup>3</sup> He)
24	40		
18	25	ネオン (Ne)	54
16	20	190	
15		120	
13			
10			

## 2 ビームポートの利用について

汎用的な実験に用いられるポートは、C-6 ポートと C-8 ポートです。サイクロトロン施設の全体図を図 2 に示します。C-6 ポートと C-8 ポートは、一番広い照射室の汎用照射室に設置されています。どちらのポートも照射中に入室可能となるのは、前室の測定室までになります。照射室内と測定室間には、同軸ケーブルと LAN ケーブルが配備されていますので、計測やビデオモニタ等に利用可能です。

両ポートの供給可能なビーム量は、核種、エネルギー等により異なりますが、最大で 数百 nA 程度です。ビーム量の調整は、サイクロ運転員が行います。サイクロ運転員のビーム強度確認は上流のファラデーカップでビームを止めて、その電流を計測して行います。ここでのビーム量の確認ができる最少の値は数 pA 程度です。それ以下の値が必要な場合は、実験者の計測結果に基づいて、ビーム量の調整を行います。また、ビ

ーム量の測定器として、マークス電離箱（PTW23343, PTW34045）と、C-8 ポートでは、陽子線治療用モニタ（応用技研 AE-175）が貸し出し可能です。ターゲット位置での強度確認が必要な場合は、こちらの計測器等で、各自測定をお願い致します。

## 2.1 C-6 ポート

C-6 ポートの概略図を図3に示します。C-6 ポートは、比較的狭い照射野で利用されるポートです。

末端は、厚さ 10  $\mu\text{m}$  のHavar フォイルを用いた $\Phi 20$  の真空窓になっており、ビームスポットは 10 $\times$ 10 mm 程度のサイズでの照射が可能となります。また、真空窓を外して、下流に実験用チェンバーを持ち込み接続し、ビームラインと真空を繋げて実験を行うことも可能となっています。その際の低真空排気用の真空ポンプの貸し出しも可能です。

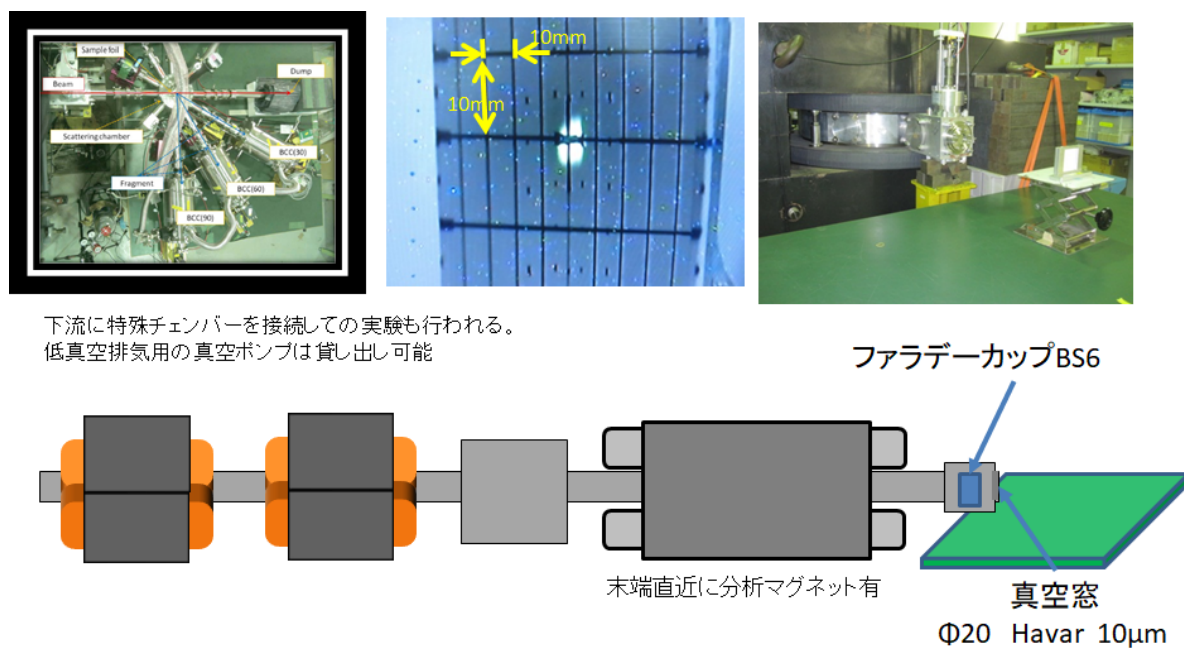


図3. C-6 ポートの概略図

## 2.2 C-8 ポート

C-8 ポートの概略図を図4に示します。C-8 ポートは、ビームを広げるために、アルミ 100  $\mu\text{m}$  の散乱体と、水平と垂直 のワブラーマグネットが設置されており、ビーム出口には、100mm角のコリメーターが設置されています。水平垂直ワブラーマグネットのスイング周期は、どちらも 12 Hz で円軌道になっています。代表的なビームの陽子 70 MeV のビームでは、 $\Phi 80$  程度の照射野にすることができます。また、コリメーター上流に、バイナリフィルター<sup>2</sup>が設置されており、これによりターゲット位置での照射エネルギーの変更が可能となっています。

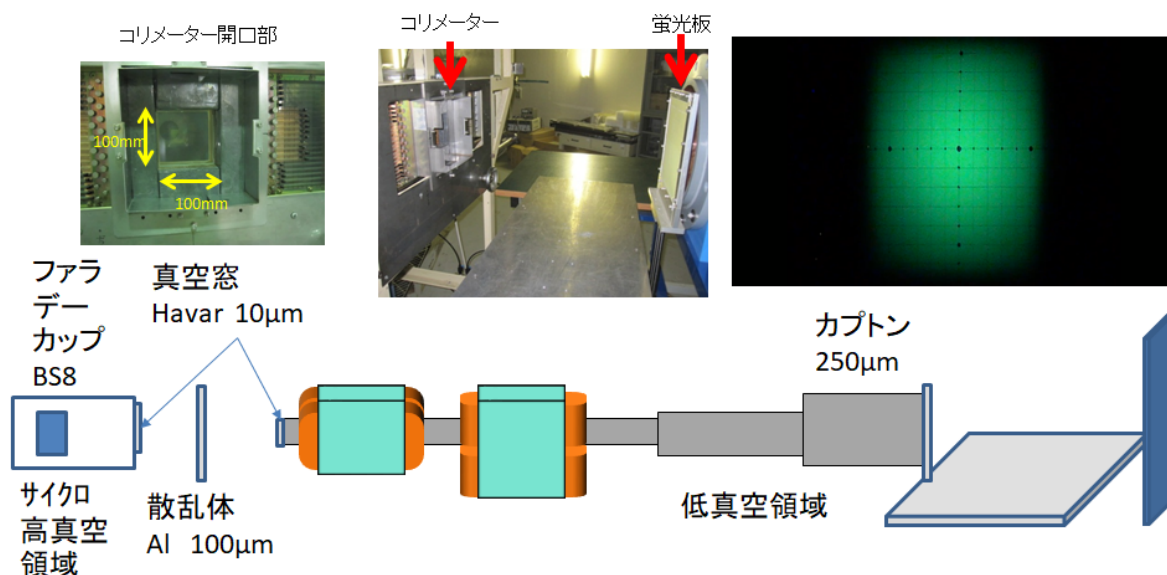


図4. C-8 ポートの概略図

## 3 マシンタイム

NIRS-930 サイクロトロンの年間のマシンタイムは、前期マシンタイム (4 月-9 月) と後期マシンタイム (10 月-3 月) の 2 期制となっています。それぞれのマシンタイムの間の 9 月と 3 月にそれぞれ 2 週間程度、装置を停止して行うメンテナンス期間を設けています。サイクロトロンは平日昼間 (8:30-17:00) のみの運転となっており、月曜日の午前中はメンテナンスのためビーム供給はありません。基本的に、朝 8:30 立上開始後ビーム準備ができ次第ビーム供給開始となります。概ね 9:30-10:00 くらいにはビーム供給開始が可能です。主目的である放射性薬剤製造のマシンタイム枠以外を汎用実験 (無償) と有償による施設共用を行っています。また、多くの需要に応じるために、月に 2 回程度、土曜日の汎用実験供給があります。

## 4 課題募集とマシンタイム申し込み

機構内ユーザーによる無償のマシンタイム課題募集とマシンタイムの申し込みについて説明いたします。

サイクロトロンマシンタイム課題は、課題採択評価部会により評価されます。課題採択評価部会により採択された課題は、年度内有効となります。

前期と後期マシンタイムと課題募集の時期を図5に示します。前期と後期のそれぞれマシンタイム開始のおよそ3カ月前にマシンタイムの申し込みと同時に課題募集も行われます。募集の通知は、メールにて行います。その際の提出書類は、『研究課題申請書』、『サイクロトロンマシンタイム利用申込書』、『放射線発生装置使用施設 II 使用計画書』の3点です。『放射線発生装置使用施設 II 使用計画書』のみが電子ファイルではなく、押印した原本が必要となりますので、ご注意ください。

また、年度末頃に各マシンタイム課題について、利用報告書<sup>3</sup>の提出と、口頭発表を主とした成果報告会を行います。その他、マシンタイム課題募集の通知依頼や、ビーム条件、各機器性能等の詳細について等、詳しくはサイクロトロン運転室マシンタイム担当（cyc\_mt@qst.go.jp）まで、お問い合わせください。

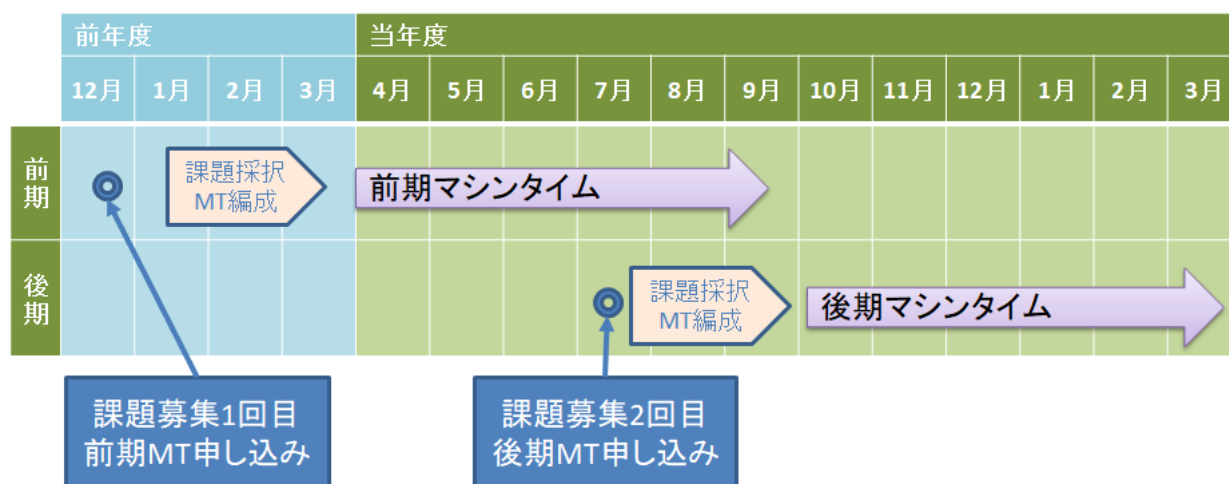


図5. 前期と後期マシンタイムと課題募集の時期

### 参考文献

1. S. Hojo et al. "STATUS REPORT OF NIRS-930 AND HM-18 CYCLOTRON AT QST-NIRS", Proceedings of the 16th PASJ 2019, July 31 - August 3, 2019, Kyoto, Japan, FSPI017

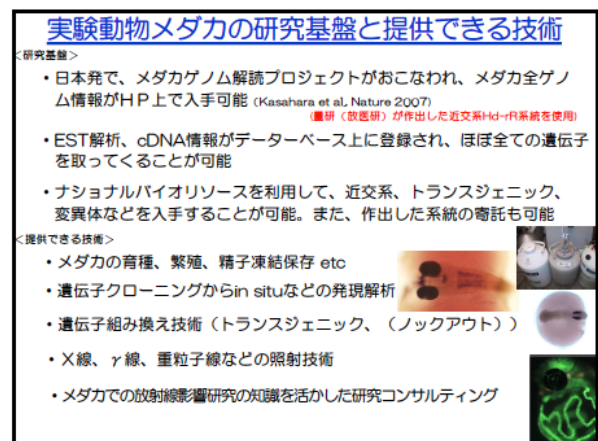
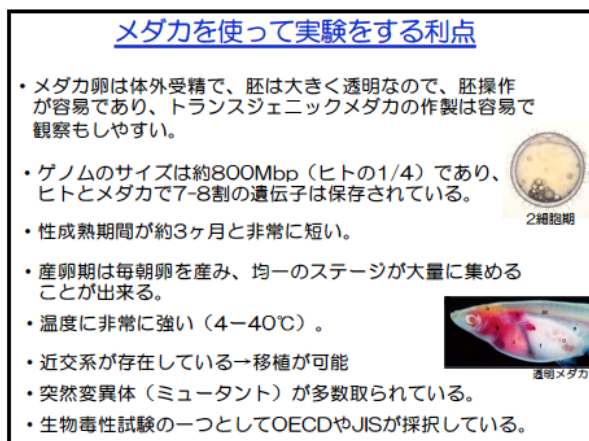
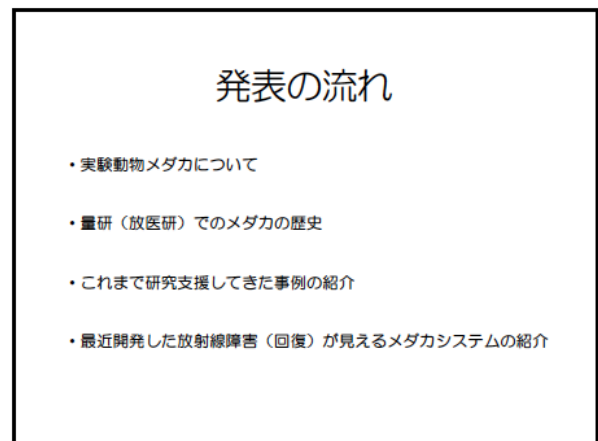
2. 北村尚、放医研サイクロトン用バイナリフィルターの水等価厚測定 NIRS Technology, vol. VII (2012) 26-34, NIRS-M253
3. 平成 30 年度放医研サイクロトン利用報告書, QST-M-24, 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構発行

# 量研の実験動物メダカ

○丸山 耕一<sup>A)</sup>、諸越 理恵<sup>A)</sup>、前田 圭子<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup> 量子医学・医療部門高度被ばく医療センター 福島再生支援研究部 環境影響研究グループ

量研における実験動物メダカは60年以上の歴史を有し、放射線影響研究を始めとして、近交系メダカ系統の作出、メダカ精子凍結保存法の確立などの様々な業績が存在している。また、これまでに実験動物メダカの特性を生かして、量研内外の研究機関に様々な技術提供を行ってきた<sup>1)</sup>。今回それらについて紹介、解説すると共に、最近開発した胸腺を指標にリアルタイムに放射線影響-回復を可視化、定量化出来るシステムについても報告する。



[illegible]

### 近交系の作出

近交系とは兄妹交配を20代以上繰り返して、遺伝的にほぼ同一になった系統のこと

田口先生により、世界で初めての魚類近交系統をメダカで作出され、世界中で使われている

### メダカ精子凍結保存法の確立

メダカ精子保存用液体窒素タンク

現在HdR1は103代目、HNは97代目でおそらく世界一  
(漢字にHOUKEN64が付けられている)

代目	系統	特徴	用途
103	HdR1	近交系103代目	実験用
97	HN	近交系97代目	実験用
103	HdR1	近交系103代目	実験用
97	HN	近交系97代目	実験用
103	HdR1	近交系103代目	実験用
97	HN	近交系97代目	実験用
103	HdR1	近交系103代目	実験用
97	HN	近交系97代目	実験用

**Genetic Variation in a Tachinid Attractant**  
Toshiyuki Fukuoka et al. (2004)

**Mekong fish for mutant screens**  
Toshiyuki Fukuoka et al. (2004)

**scientific correspondence**  
(2004)

**Natural selection bias?**  
Toshiyuki Fukuoka et al. (2004)

**Nature 1964 Srivastava P and Tachi C**  
(2004)

**Nature 1997 Ishikawa et al**  
(2004)

**理科年表**  
(2004)

**放射線科学**  
(2004)

**水産学の歴史**  
～昭和と水産生物学の53年の軌跡～  
(2004)

所属・氏名	内容	成果・業績
分子イメージングセンター		
長谷川 純崇先生	腫瘍イメージング	PNAS (2009)
青木 伊知男先生	メダカMRI	Anal. Chem. (2012)
重松医学科学センター		
藤森 亮先生	HiCEPsで得られた 遺伝子の解析	J. Exp. Zool(B) (2007)
基盤技術センター		
湯川 雅枝先生	PIXEを使って微量元素解析	PIXEシンポジウム(2007)
広島大学		
沢尻 昌彦先生	メダカ・ハイマック照射実験	HIMAC成果発表会(2012)
東京工科大学		
工藤 明先生	血球が光るメダカの提供	Dev. Biol. (2010)
産総研		
出口 友則先生	血球が光るメダカの提供	Genesis (2012)
JAXA		
内田 智子先生	血球が光るメダカの提供	

### メダカ担ガンモデル

→ 1細胞レベルでがん細胞の動向を追うことが可能

江藤先生により作られたメダカ近交系由来がん細胞株にGFPを発現させた

メダカ近交系HB32D系統に移植（近交系なので拒絶がない）→ メダカは比較的透明なので観察可能

メダカは比較的透明なので観察可能

A medaka model of cancer allowing direct observation of transplanted tumor cells in vivo at a cellular-level resolution

2009年 PNASに掲載

重粒子線治療研究部長谷川GL

放射線科学

毎日新聞 2009年8月5日

詳しくは放射線科学2009年10月号

### 放射線障害をリアルタイムに検出可能なシステム

放射線障害をリアルタイムに検出可能なシステム

放射線可視化メダカ (rag1-egfpTg) は胸腺を生きのまま観察することが出来、ImageJを使い数値化することが可能

放射線の障害-回復を同一メダカ上で、生きのまま追って行ける系

化学物質との複合影響や放射線防護剤への応用が可能

ご興味があれば実物を見られますのでお問い合わせください

### まとめ

- メダカは哺乳類にはない特性が多くあり、研究基盤も整っていることから有用な実験動物である。
- これまでに数々の研究支援を行っており、多くは研究成果として発表されている。
- ご興味がある方はお気軽にお問い合わせください。

～ 量研のメダカをよろしく ～

#### 参考文献

- 丸山耕一 水生舎の歴史～昆虫と水生動物の53年の軌跡～ 放射線科学 2015 58(2)p32-40.
- 長谷川純崇 メダカでガンを見る：がんの新しい動物モデル 放射線科学 2009 52(10) p4-7.
- Maruyama K. et al. A Small Fish Model for Quantitative Analysis of Radiation Effects Using Visualized

Thymus Responses in GFP Transgenic Medaka .International Journal of Radiation Biology, 95(8), 1144 - 1149, 2019

# 実験動物施設における蟻虫感染とその対応について

○石田 有香<sup>A)</sup>、舘野 香里<sup>B)A)</sup>、飯名 瑞希<sup>B)A)</sup>、小久保 年章<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup> 放射線医学総合研究所 生物研究推進室

<sup>B)</sup> アドバンテック (株)

千葉地区の実験動物施設は、「千葉地区衛生管理基準」に基づいた微生物学的統御が行われている。特にげっ歯類は、飼動物を用いた定期的な微生物学的検査を実施しており、検査対象微生物の感染がないことを、各実験動物施設に応じた頻度で確認している。

平成 30 年 6 月に探索研究棟の飼ラットより蟻虫卵が観察された。その後、ポジロン棟の飼育マウスにも蟻虫の感染が確認され、探索研究棟及びポジロン棟の 2 施設で蟻虫感染のための処置対応を実施した。本発表では、各施設の特徴を踏まえた発生から現在までの対応について、感染を拡大させることなく収束に向かった実績を報告する。

第1回千葉地区技術と支援の活動報告会

## 実験動物施設における 蟻虫感染とその対応について

○石田有香<sup>1</sup>、舘野香里<sup>1,2</sup>、飯名瑞希<sup>1,2</sup>、小久保年章<sup>1</sup>  
1生物研究推進室、2アドバンテック株式会社

1

### 「千葉地区衛生管理基準」について (1)

【抜粋】

(目的)

第 1 条 ... (略) 千葉地区において、実験動物を取扱う際に安全衛生管理上対象となる実験動物感染症、人獣共通感染症及び**感染動物の処置基準を定める**。また適正な環境下で動物実験を行い、適切な衛生管理を円滑にするために、実験動物施設等の設置要件に関する事項と**実験動物の微生物学的統御等に関する事項について定めること**を目的とする。なお、... (略)

2

### 「千葉地区衛生管理基準」について (2)

【抜粋】

(実験動物の微生物感染及び疾病発生時の処置)

第 5 条 ... (略)

実験動物管理者は、実験動物の処置を決める際に、感染している微生物の病原性、伝搬性、発生状況を踏まえ、放射線医学総合研究所(以下「放医研」という。)生物研究推進室長(以下「推進室長」という。)と連携して**次の各号と別表第 2 - 4 の感染時の処置対応例を参考に処置方法を決定し**対応する。... (略)

- (1) 病原性ないし伝搬性が低い微生物、例えば緑膿菌や黄色ブドウ球菌等による感染においては、感染動物又はケージ単位で対処する。
- (2) 病原性ないし伝搬性が比較的高い微生物、例えばマウス肝炎ウイルスやヘリコバクター等による感染においては、飼育室又はフロア単位で対処する。
- (3) 病原性ないし伝搬性が高い微生物、例えばセンダイウイルス等による感染においては、フロア又は実験動物施設単位で対処する。

3

### 「千葉地区衛生管理基準」について (3)

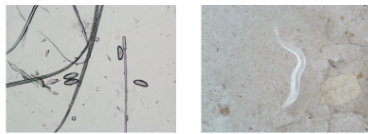
別表第 2 - 4 「微生物感染時における処置対応例(マウス・ラット・ウサギ)」の内容

- ◇ 定期微生物検査の項目(対象微生物)について、感染した場合の実験動物の処置基準を定めている。
- ◇ **処置基準**：病原性及び伝播性などの微生物の性質、想定微生物と初動対応から調査、その後の対処についての具体的な処置方法をまとめたもの
- ◇ ただし、同一の微生物であっても、微生物の株の違いや動物の系統差により、病原性や伝播性が異なる。  
→ 処置決定には注意を払う必要がある。

4

## 2018年6月：蟯虫感染の発見 ＜①探索研究棟＞

2018年6月5日の定期微生物検査で、**囿のラット**検体から蟯虫卵を確認した（2/2匹）。



ラット肛門の周辺皮膚から観察された蟯虫卵（左）と盲腸内容物中の成虫（右）

## 探索研究棟ラット飼育室で確認された蟯虫卵及び虫体



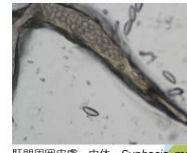
肛門周囲皮膚、虫卵、*Syphacia muris* ×40  
(探索研究棟2階ラット室) 2018.6.6



肛門周囲皮膚、虫卵、*Syphacia muris* ×200  
(探索研究棟2階ラット室) 2018.6.6



肛門周囲皮膚、虫体、*Syphacia muris* ×40  
(探索研究棟2階ラット室) 2018.6.6



肛門周囲皮膚、虫体、*Syphacia muris* ×100  
(探索研究棟2階ラット室) 2018.6.6

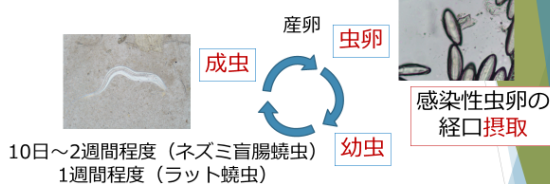
## 実験動物で問題となる蟯虫の検査

蟯虫	検査法	採取部位	自然宿主
<i>Syphacia obvelata</i> (ネズミ盲腸蟯虫)	①鏡検；セロハンテープ法による虫卵観察 ②肉眼による成虫観察	①肛門周囲 ②盲腸内容物	主にマウス
<i>Syphacia muris</i> (ラット蟯虫)	①鏡検；セロハンテープ法による虫卵観察 ②肉眼による成虫観察	①肛門周囲 ②盲腸内容物	主にラット
<i>Aspiculuris tetraptera</i> (ネズミ大腸蟯虫)	肉眼による成虫観察	結腸起始部内容物	主にマウス

定期検査：鏡検

今回の検査：鏡検、PCR（3種すべて）

## 蟯虫の生活環と伝播

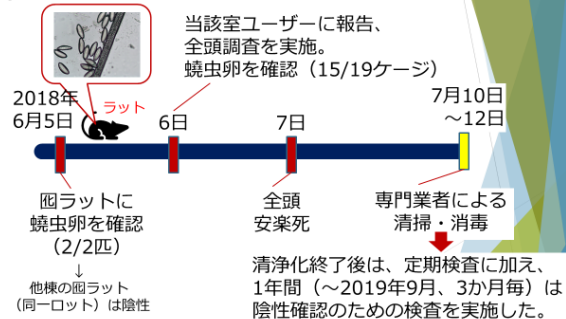


## 蟯虫の衛生管理上の特徴

- ・蟯虫卵は環境中で数か月間の感染性を保持するという報告も。
- ・通常の消毒薬に耐性だが、熱処理に弱い。

## ①探索研究棟の対応について（1）

### 1) ラット飼育室



## ①探索研究棟の対応について（2）

### 2) 探索研究棟の管理方法の変更（清浄化後）

- ・給水瓶のノズル部分の取扱い



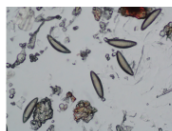
消毒薬での処理に加えて、オートクレーブ処理（110℃、30分）を2週間に1回実施する。

蟯虫に対しては熱処理が有効

- ・飼育室前廊下の物品整理
- ・飼料倉庫2（飼育器材置き場）の整理
- ・無塵衣の使い分け（混同→飼育室ごと）
- ・小動物実験室の運用の明文化 など

## 2018年6月：蟯虫感染の発見 ＜②ポジットロン棟＞

2018年6月18日、ユーザーのマウス及びラットについて、蟯虫検査を実施。その結果、**マウス**検体から蟯虫卵を確認した。

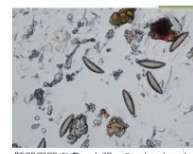


マウス肛門の周辺皮膚から観察された蟯虫卵

## ポジットロン棟 げっ歯類飼育室で確認された蟯虫卵



肛門周囲皮膚、虫卵、*Syphacia obvelata* ×40  
(ポジットロン棟げっ歯類飼育室) 2018.6.18



肛門周囲皮膚、虫卵、*Syphacia obvelata* ×80  
(ポジットロン棟げっ歯類飼育室) 2018.6.18



盲腸内容物、虫体、*Syphacia obvelata*  
(ポジットロン棟げっ歯類飼育室) 2018.6.29

## ②ポジット棟の対応について（1）

### 1) げっ歯類飼育室の初期対応



- ・速やかな全頭安楽死処置は不可。
- ・最初に蟻虫卵が確認された系統では、駆除薬（イベルメクチン）が使用できなかった。

1. 感染ケージは直ちに安楽死。
2. 同じ棚に置いていたケージにはフィルターキャップ、バリアケージを使用。
3. 給水瓶ノズルの定期的なオートクレーブ滅菌。

（本格的な対応が決定するまでの間も、検査は複数回実施）

13

## ①ポジット棟の対応について（2）

### 2) 清浄化までの管理方法について

◎ 飼育室の洗浄・消毒の実施は、2019年3月。それまでは「蟻虫感染」の対応。

- ・感染ケージの安楽死処置（可能な場合）
- ・給水瓶ノズルの定期的な滅菌
- ・インナーケージの使用
- ・イベルメクチンによる駆除・予防（可能な場合）
- ・毎月、蟻虫検査を実施（蟻虫卵の観察、PCR）など

### 3) 清浄後の蟻虫検査

- ・1年間（～2020年6月、3か月毎）は検査を継続。

14

## 千葉地区衛生管理基準 別表第2－4

### 「微生物感染時における処置対応例(マウス・ラット・ウサギ)」と実際の対応状況（1）

- （1）病原性ないし伝搬性が低く、日和見感染を示し通常は病原性を示さないが、ストレスや放射照射等により実験成績に影響を及ぼす微生物の場合

想定微生物：Pseudomonas aeruginosa, Ectoparasites, Intestinal protozoa, Pinworms, Staphylococcus aureus, Pneumocystis spp.（免疫不全動物を除く）

- 1) 動物への感染を確認後、当該動物又はケージ単位で淘汰する。淘汰できない場合は、ケージにフィルターキャップを被せる、動物をバリアケージへ収容或いは隔離区域に移動する。この処置は目安として感染確認後10日以内に行う。

→ 実施した

15

## 千葉地区衛生管理基準 別表第2－4

### 「微生物感染時における処置対応例(マウス・ラット・ウサギ)」と実際の対応状況（2）

- 2) 微生物の感染状況を当該実験動物施設及び必要に応じ千葉地区内の実験動物施設について調査する。→ 実施した

- 3) 調査結果から微生物感染マップを作成し、当該微生物の感染状況を確認する。目安として微生物感染マップ作成は、最初の微生物感染確認から4週間以内に行う。→ 不要

- 4) 微生物感染マップと感染微生物の性状（病原性、伝搬性、動物種感受性など）に基づき、ケージ単位又は飼育室単位で動物の淘汰、飼育室などの消毒並びに対応期間中の動物飼育管理体制等の処置方法とスケジュールを決定して対応にあたる。目安として最初の微生物感染確認から5週間以内に開始する。

→ 実施した

16

## まとめ

- ◆ 感染後に実施した対応は、その後の感染拡大及び再発がなかったことから、適切だったと考えられる。
- ◆ 感染の原因は不明だが、飼育室清浄化後は陰性を維持している。
- ◆ 予め処置基準（微生物感染が発生した場合の対応）が決められていることが重要と再確認できた。
- ◆ 今回の感染事象では、サンプリングを動物実験実施者の皆様にご協力いただいております。実験動物及び動物実験に関する適切な管理は、実際に動物を取扱っている動物実験実施者の皆様のご協力があってこそ可能となります。今後ともご協力のほどよろしくお願いいたします。

17

# ゲノム編集技術を用いた遺伝子改変マウス作製支援の状況

○塚本 智史<sup>A)</sup>、和田 彩子<sup>B)</sup>、畠山 朋美<sup>B)</sup>、林 真美<sup>A)</sup>、相澤 竜太郎<sup>A)</sup>、小久保 年章<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup> 放射線医学総合研究所 生物研究推進室

<sup>B)</sup> (株) アドバンテック

ゲノム編集技術を受精卵に応用することで、これまで「年」単位の時間が必要であった遺伝子改変マウス作製が「月」単位で可能となっている。私たちはゲノム編集技術をいち早く取り入れ最適化することで、単純な変異導入から塩基置換や長い外来遺伝子の導入まで、研究者の多様化するニーズに対応する技術支援を実現している。所内で展開しているゲノム編集技術を用いた遺伝子改変マウス作製の技術支援状況について報告する。

## 1 状況

CRISPR-Cas9のようなゲノム編集ツールの開発と普及によって効率的に遺伝子改変ができる時代となった。ゲノム編集ツールをマウス受精卵に応用することで、ワンステップで目的としたゲノム領域に変異を持つノックアウトマウスを作製できることも証明された。単純なノックアウトマウス以外にも、任意の配列を持つDNA（オリゴDNAやプラスミドDNA）を同時に受精卵に導入することで、標的配列に遺伝子を組み込んだノックインマウスも作製することが可能である。受精卵に変異を導入するためには、非常に微細なガラス針を用いて受精卵の細胞質や核内へゲノム編集のために必要な材料（核酸やタンパク質を含んだゲノム編集溶液）を導入する方法（マイクロインジェクション）が一般的である。マイクロインジェクションは、顕微鏡下で1個1個の受精卵に正確に導入できるメリットであるが、一度に処理できる受精卵数に制限があることや熟練した技術を要する。私たちはマイクロインジェクションと併用してエレクトロポレーションによってゲノム編集溶液を受精卵に導入することに成功している。エレクトロポレーションのメリットは、30個前後の受精卵をひとまとめに電気処理出来ること（電気処理はわずか1秒ほどで完了することや専用の電極に受精卵を並べて回収できる比較的簡単な技術さえあれば済む点である。これまでのところ、単純な遺伝子破壊や短いオリゴDNAを用いた塩基置換には、両方の方法で同程度に成功している。しかし、数キロベースほどの長いプラスミドDNAのノックインにはエレクトロポレーションでは成功していない。このような技術的背景のもと、私たちは、マイクロインジェクションとエレクトロポレーションを使い分けることで、効率的に遺伝子改変マウスを作製している。

## 2 結果

2014年度から現在までの期間に、所内および所外研究者と共同で作製した遺伝子改変マウスの項目ごとの実績数を示した(右)。単純変異や塩基置換・挿入には、インジェクションとエレクトロポレーションの両方で成功例があるが、4 kb以

種類	方法	作製件数(成功率%)
完全欠損 (単純変異)	インジェクション エレクトロポレーション	35 (>90%)
変異導入 (塩基置換・挿入)	インジェクション エレクトロポレーション	12 (>80%)
ノックイン (>4 kbのDNA)	インジェクション	8 (>30%)
コンディショナルノックアウト	エレクトロポレーション (2段階法)	4 (解析中)

上の長い DNA のノックインにはインジェクションでしか成功例がない。

### 3 今後

ゲノム編集ツールを受精卵に応用することで、ほぼすべての種類の遺伝子改変マウスの作製が所内で可能となっているが、その効率はゲノム編集の種類によって大きく異なる。完全欠損や変異導入の成功率は高い一方で、長い DNA のノックインの成功率はそれほど高くない。近年は、コンディショナルノックアウトマウス作製の依頼件数も増えているため、さらなる技術改良と最適化によって、多様化する研究者のニーズに応えるための体制を整えたい。

# マウス卵子からの脂肪成分除去技術の開発

○相澤 竜太郎<sup>A)</sup>、小久保 年章<sup>A)</sup>、塚本 智史<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup> 放射線医学総合研究所 生物研究推進室

ヒトを含めたほ乳動物の卵子や受精卵には、「脂肪滴」と呼ばれる中性脂肪を蓄えた細胞内小器官が存在する。最近、我々はマウスの卵子から脂肪滴だけを取り除く世界初の技術を開発した。この技術を用いて作製した脂肪滴の欠損卵は正常に受精することが明らかとなった。興味深いことに、脂肪滴の欠損直後から新たな脂肪滴が合成されることが分かった。この新たな脂肪滴合成を阻害すると、受精卵の発生は完全に停止することから、適量の脂肪滴を細胞内に保持することが着床するまでの胚発生に不可欠であると考えられる。脂肪滴は顕微鏡下で容易に観察できることから、今後の解析次第では、受精卵の品質をモニタリングするための新技術の開発につながることが期待できる。

## 1 状況

私たちが日常的に摂取している食品には、様々な栄養素が含まれている。そのなかでも脂質は、3大栄養素の1つとして知られ、生体にとって欠かせないエネルギー源である。細胞内での脂質は、脂肪滴と呼ばれる細胞小器官に貯蔵される。脂肪滴はリン脂質の一重層からなる膜と中心部に中性脂肪を蓄えた構造体で、真核細胞に広く分布している。ほ乳動物の卵子や受精卵にも脂肪滴が存在し、その量はブタやウシで多く、ヒトやマウスでは少ないことが古くから知られている。しかし、卵子や受精卵における脂肪滴の役割については、詳しくわかっていない。以前に辰巳らは、オートファジー活性を用いた受精卵の脂肪滴を分解する技術を開発した(文献1)。その脂肪滴分解技術によって、脂肪滴の量を半減させると受精卵の発生が悪くなることを明らかにした。つまりそれは、受精卵の発生には脂肪滴の量が重要であることを意味している。しかし、この技術では脂肪滴の分解量がオートファジー活性に依存しているため、すべての脂肪滴を分解することができなかった。そこで我々は、脂肪滴を分解するのではなく、脂肪滴を物理的に除去する技術の開発を試みた。

## 2 検討

ブタやウシの卵子や受精卵では、脂肪滴を多量に含むため1回の高速遠心をするとも脂肪滴が細胞質の一箇所に集まり、これを微細なガラス針で除去する技術が古くから用いられている。そこで我々は、この遠心法をヒントにして、脂肪滴量の少ないマウスの卵子から脂肪滴を除去できる条件を丹念に調べた。

### 3 結果

#### ①二段階の遠心と高浸透圧処理によって脂肪滴を除去する技術を開発

マウスの卵子をチューブに入れて10分間の低速遠心をする、脂肪滴を細胞質の一箇所に集めることが出来た（図1・左）。さらに、このチューブに高浸透圧溶液を添加した後、10分間の高速遠心をする、細胞質から脂肪滴が放出されることを発見した（図1・中央）。放出された脂肪滴はガラス針で除去することができ（図1・右）、脂肪滴を除去した卵子のほとんどが生存していた。ついに我々は脂肪滴量の少ないマウスの卵子から、脂肪滴を除去する技術の開発に世界で初めて成功した。

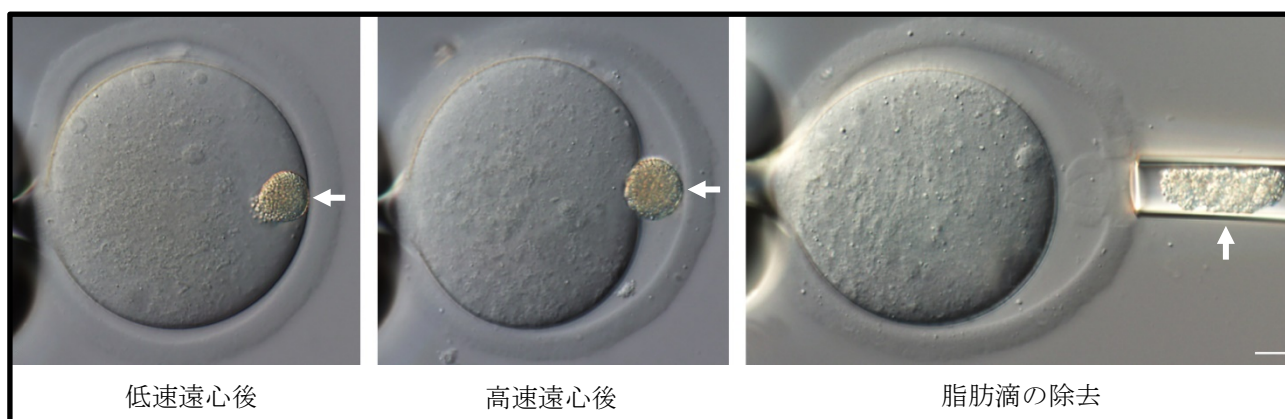


図1 マウスの卵子から脂肪滴を除去する技術

10分間の低速遠心を行ったマウスの卵子（左）。その後、高浸透圧処理と10分間の高速遠心を行ったマウスの卵子（中央）。ガラス針を用いて脂肪滴を除去したマウスの卵子（右）。矢印は脂肪滴を示す。スケールバーは10ミクロン（ $\mu\text{m}$ ）。

#### ②マウスの受精卵の発生には、適量の脂肪滴が必要

驚くべきことに脂肪滴欠損卵は、正常に受精し、発生することが分かった。そこで、脂肪滴欠損卵を注意深く観察してみると、脂肪滴を除去した直後から、新たな脂肪滴が合成されていることを見つけた。我々は、この新しい脂肪滴が脂肪酸から合成されると考え、この合成経路に関わる因子の働きを薬剤（トリアクシンC）で抑制した。すると受精卵の新たな脂肪滴の合成が阻害され、さらに既存の脂肪滴も消失することが明らかとなった。そして、トリアクシンCによって脂肪滴を完全に欠損した受精卵のすべてが、発生の途中で死亡していた。以上の結果により、マウスの受精卵の発生には適量の脂肪滴が必要であることが分かった。

## 4 今後

今回開発した脂肪滴除去技術を用いることで、適量の脂肪滴を維持することが受精卵の発生に必要であることを明らかにした（文献2）。現在、受精卵における脂肪滴の役割について、さらなる解析を進めている。その解析結果をもとに、受精卵の発生率が悪い系統に対する発生培地の改良に繋がると考えている。さらに受精卵の脂肪滴は顕微鏡下で容易に観察できることから、脂肪滴の状態による受精卵の品質評価法の開発にも期待ができる。

（文献1）Tatsumi T., et al., Development. 2018, 145(4), dev161893

（文献2）Ryutaro A., et al., Development. 2019, 146(22), dev181925

## 新しい視点で行う、放射線の透過性を学ぶ実習 ～模擬液面レベル計を使用した放射線の性質に関する教育～

○吉田 奈美、小野田 眞

放射線医学総合研究所 人材育成センター

放射線教育においては放射線の危険性と同様その有効性の教育も必要である。放射線の透過性に関する実習については、これまでは防護に主眼をおいたものが主であり、その性質を利用の側面から考える実習が無かった。こうした背景から、人材育成センターでは「放射線の有効性の理解を深めさせる」ための講義・実習を提供することを試みた。現在行っている原子力規制人材育成事業への導入のための試行実習として、令和元年7月に実施した中学生を対象とした研修において、放射線の透過性を利用した実用例の1つとして、「液面レベル計」を模擬した実習を行った。簡易な実験装置であるが、実習後のアンケートでは受講生や引率の先生から、“放射線が生活の中で役に立っていることがよく分かった”など実習に対する高い評価を得た。放射線の透過性を活用した事例を理解するという当初の目的は十分に果たせたことから、他の研修でも提供できる有意義な実習であると考えられる。今回の活動報告会では、研修における新しい試みの成果、今後に向けての課題などを報告する。

# 新しい視点で行う、放射線の透過性を学ぶ実習

～ 模擬液面レベル計を使用した放射線の性質に関する教育 ～

人材育成センター ○吉田 奈美、小野田 眞



放射線教育においては放射線の危険性と同様、その有効性の教育も必要となる。しかし放射線の透過性に関する実習については、これまでは防護に主眼をおいたもの(金属板による遮へい実習等)が主であり、その性質を利用の側面から考える実習が無かった。こうした背景から、人材育成センターでは「放射線の有効性に対する理解を深める」ための実習を講義に加えて実施した。

## 実施例

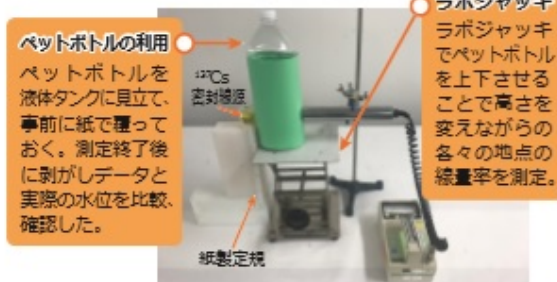
### 模擬液面レベル計による「放射線の透過性」実習

令和元年7月30日 立教新座中学校 依頼研修

#### 液面レベル計とは

貯蔵タンク等の容器に入った液体の液面の位置(液体の高さ)を示す計器。主に溶液の使用量や残量の判定などに利用される。

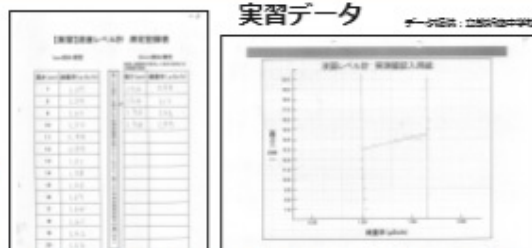
#### 実習で使用した模擬液面レベル計



#### できるだけ特殊な器具を使わずに

2009年の学習指導要領の改定により、中学校理科の教科で放射線を取り扱うこととなったことを受け、将来的に学校等でのデモンストレーションを実施することを想定して比較的安価にできる実験を考えた。

#### 実習データ



高さ1cm毎に線量率を測定し記録。急激に線量率が変化した場所は高さを2mm刻みで測定。

測定結果をグラフにプロット。線量率が変動している部分の中央から水面の高さを求める。

#### 実習の風景



前半は中の水が見えない状況のまま測定し、測定結果から予想水位を割り出す。



予想水位決定後、ペットボトルの紙を外し、実際の水位と比較。正解だった班から歓声が上がった。

## 受講生へのアンケート結果

### 【受講生・引率教師からのコメント】



今まで放射線は悪いものというイメージしかなかったけれど、今回、役に立っているところもあることが分かり良かったです。



放射線は怖いと思っていたが身の回りにかなりあり、また、人間の役にも立っているということがよくわかりました。放射線を使うことで水の量がぴたりわかるということに驚きました。楽しかったです。



ペットボトルでも放射線の実験ができるのは面白いですね。

## 結論

実習という形で放射線の有効利用の例を実体験させることは、放射線の有効性を理解させるためには効果的な手段であると言える。

## 課題

- 今後の展望として、ペットボトル中の溶液を水以外の非放射性的バリウムやセシウムといった密度の高い物質にすることで線量率の違いについて考察させる課題を追加する等の応用も考えられるが、それらの材料を準備するには相応の予算が必要となる。
- この実習ではγ線放出核種の密封線源が必要となるが、学校等でこの実習を行う場合の線源の調達や取り扱い方法については現在模索中である。

## 学術リソースへのアクセス支援ツールの開発

長屋 俊

情報基盤部 システム計画・科学情報課 学術情報係

## 概要

「学術リソースへのアクセス支援ツール(STAR: Support tool for accessing resources)」を開発した。例えば、出版社サイトや書誌情報データベースで研究開発に必要な論文を見つけ参照しようとしたが出版社と年間契約を行っていないタイトルであることから論文 PDF をダウンロードし読めないケースがある。その場合、図書館に論文入手依頼することになり「図書館システムへログインし入手したい論文の書誌事項を入力する」という一連の操作が必要である。今回開発したツールは Google 社が提供しているブラウザである Google Chrome 用の拡張機能であり事前にインストールしておくことで出版社サイトや書誌情報データベースの論文情報画面から 2 クリックで論文入手依頼メールを図書館に送ることができるようになる。また、当該資料がオープンアクセス論文で入手可能な場合にオープンアクセス論文へのリンクを出版社サイト上に追加表示する機能を持たせたことで、論文入手の手間を減らすことを実現した。

## 1 背景及び目的

電子ジャーナルの価格高騰が続いている。それに伴い法人として年間購読できる電子ジャーナルが減少傾向にある。一方で外部資金関連成果のオープンアクセス義務化の加速、オープンアクセス誌や APC(Article Processing Charge)の広がりからオープンアクセス論文が増加し電子ジャーナルの費用負担の主体が受益者である購読者から論文投稿者側へと変わりつつある。構造変化は始まってはいるがまだ大きな変化を伴っていないという意味で、しばらくは従来の年間契約購読を中心とした電子ジャーナルの組織内での提供スタイルが続くだろう。現在、量研では入手できない論文については他機関への論文複写依頼、ドキュメントデリバリーサービス(DDS : Document Delivery Service)の利用や一論文ごとの購入(PPV : Pay Per View)などで補っている(図 1)。



図 1 論文入手依頼フロー

量研図書館への論文入手依頼は量研発足当時から比較すると年々増加している。量研発足当時年間通じて1,131件だった依頼件数が2018年度には1,339件と約18%も増加している(図2)。



図2 図書館への論文入手依頼対応件数

研究者が図書館へ論文入手依頼をする場合「図書館システムへアクセス」「図書館システムへIDとPASSを入力しログイン」「依頼する論文情報(論文タイトル、著者名、出版社名、出版年、巻号ページ数等)を入力」というやや煩雑な作業が必要となる。

また、電子ジャーナルの費用負担の主体が変わりつつあることは先に述べた通りである。出版社サイトにて出版社版の論文そのものが公開されているゴールドオープンアクセス論文であれば、研究者が情報検索の過程でその存在に気がつかないということはあまりないだろう。プレプリントサーバや機関リポジトリ、研究系SNSサービスなどで公開されているグリーンオープンアクセス論文については出版社サイトからグリーンオープンアクセス論文へのリンクがないケースが多い、ということから出版社サイトを直接訪れた研究者はグリーンオープンアクセス論文の存在に気がつかないという状況が発生する。

以上から、図書館への論文入手依頼手続きの煩雑さを軽減するための支援とオープンアクセス論文へのナビゲーションを実現するツールを開発する。

## 2 開発

「STAR: Support Tool for Accessing Resources」[1]を開発した。機能とプログラム部分に分けて説明する。

### [機能]

「1. 出版社サイト等の論文情報画面から『2クリック』で論文入手依頼機能」「2. オープンアクセス論文へのリンク表示機能」の2つの機能を実装した。ツールの利用イメージは図3の通りである。

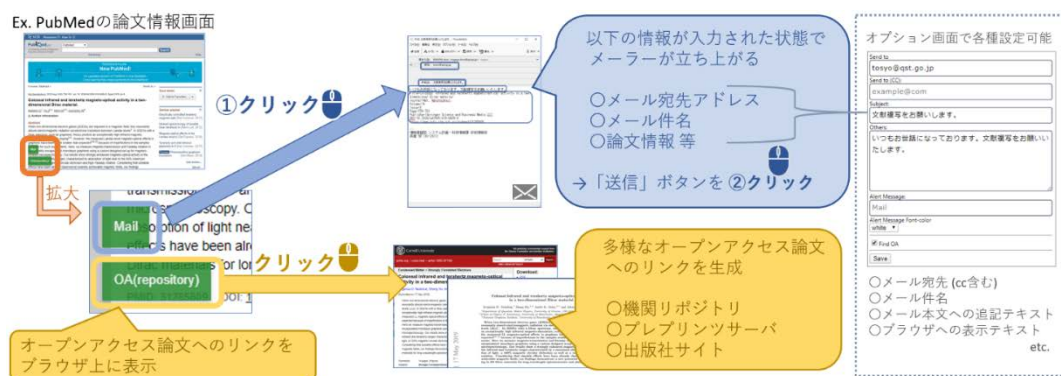


図3 「STAR: Support Tool for Accessing Resources」利用イメージ

1つ目の「1. 出版社サイト等の論文情報画面から『2 クリック』で論文入手依頼機能」は、例えば PubMed[2]などで論文検索をし、検索結果一覧画面から個別の論文情報画面にアクセスすると本ツールが起動しブラウザ上に「Mail」という文字列が表示する。この「Mail」という文字列をクリックすると電子メールソフトが立ち上がり、メール宛先アドレス(図書館のメールアドレス)、メール件名、メール本文に論文依頼に必要な論文情報が全て入力された状態で表示される。メールの「送信」ボタンを押下すると図書館への論文入手依頼メールが送信完了となる。研究者が PubMed の論文情報画面を表示してから、キーボード等での入力作業など必要なく、クリック 2 回で図書館への電子メールでの論文入手依頼完了となる。なお、本ツールのオプション画面にてメール宛先(cc 含む)、メール件名、メール本文に追記したいテキスト、ブラウザ上に表示する文字列(先の例では「Mail」)などを設定することができる。

2つ目の「2. オープンアクセス論文へのリンク表示機能」は、先の例示と同様 PubMed の論文情報画面にアクセスした場合、本ツールが起動しブラウザ上に(先の「Mail」と一緒に)「OA(repository)」という文字列が表示される。この文字列をクリックすると、オープンアクセス論文が掲載されているランディングページに画面遷移されオープンアクセス論文を利用することが可能となる。機関リポジトリやプレプリントサーバなどのグリーンオープンアクセス、出版社サイトでのゴールドオープンアクセスも含めたオープンアクセス論文へのリンクを生成することができる(図 3)。なお、この機能は 2017 年 1 月に「oaFinder」[3]として著者がリリースしたツールと同じ機能である。

\* 2020 年 2 月現在の本ツールの対応状況は以下の通りである。[出版社 13 サイト: AAAS, AIP, APS, Cell Press, Elsevier, IOP, Nature, OUP, RSC, SAGE, Springer, Taylor&Francis, Wiley] [書誌情報データベース 4 サービス: CiNii Articles, NDL Search, PubMed, Web of Science]

#### [プログラム]

本ツールは Google が提供しているウェブブラウザである Google Chrome の拡張機能[4]として開発を行った。開発言語は JavaScript である。ライブラリとしてコーディング支援ライブラリの jQuery[5]、ブラウザ表示支援用ライブラリとして alertify.js[6]を利用している。オプション機能(画面)としてのユーザ用各種データの保存場所は chrome.storage を利用した[7]。

本ツール自体は論文情報やオープンアクセス論文へのリンク先データを一切持っていない。利用するデータは他サービス(Crossref, unpaywall, CiNii Articles, NDL Search)と動的にデータ連携し入手している(図 4)。

(A) 各出版社サイト・Web of Science・PubMed、(B) CiNii Articles と NDL Search に分けて概説する。

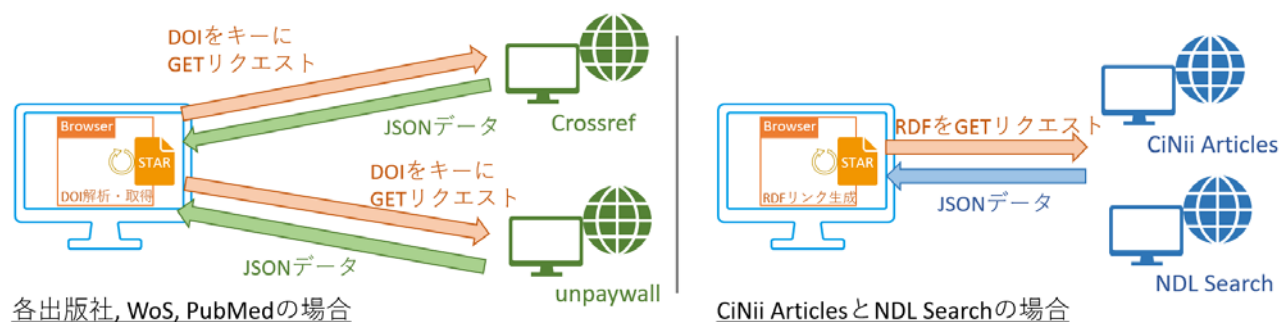


図 4 他サービスとのデータ連携

#### [A - 各出版社, WoS, PubMed]

研究者の情報検索過程において研究者の目の前にあるウェブページから論文情報(論文タイトル、誌名、巻

号ページ数、出版年など)をどのようにプログラムが取得するか、という部分が本ツール開発における課題の1つである。従来、html データからのデータ取得に関する課題に対しては“スクレイピング”という手法が用いられている。今回の用途では、個別のウェブページを html データとして解析し論文情報を取得すれば良い。しかし、スクレイピングは訪れるウェブページが固定かつ html データ構造が変化しない、という前提があつて最大限効果を発揮する手法である。複数サイトかつ動的サイトでのスクレイピングによる複数データ取得という条件化では、スクレイピング対象とするサイトを増やすごとにプログラムを追加する必要があること、対象サイトで動的に生成される html データによっては取得できるデータの精度が落ちてしまうことがある。以上から拡張性及びプログラム開発コストという観点でやや難点がある。そこで、学術情報流通分野で広く流通している DOI(Digital Object Identifier: デジタル情報識別子) [8]に着目した。DOI は Web 上に存在するデジタル情報源の識別子として、論文の附属情報(=書誌情報)として論文とセットで各種サイトに表示されることが多い。そこでスクレイピングにて論文情報をすべて入手するのではなく DOI のみ精度良く取得し、得られた DOI をキーとして他サービスから DOI 以外の論文情報を取得する、という流れとした。この方法をとることで複数サイトでの本ツールを適用する際の開発コストを最小限に抑えることが可能となった。

また、後述するオープンアクセス論文へのリンク情報は、そもそも研究者がブラウジングしているサイト内の html データ内に情報として存在していない場合が多い。オープンアクセス論文が存在するかどうかはデータベースを参照する必要がある、その際に DOI などの論文を同定するためのキーとなる識別子が必要である点からも DOI のみ精度良く入手する方法を採用した。

プログラム側の流れとしては、ブラウザが読み込んだウェブページを html データとして全て取得する。取得した html データに対して正規表現「/10X.Yd{4,9}Y/[-Y\_.;()Y/:A-Z0-9]+/」を利用して DOI を取得する。この正規表現は DOI 発行機関(RA: Registry Agency)の一つである Crossref による検証結果[9]では Crossref 発行 DOI のうち 99%に一致した。

取得した DOI は Crossref が提供している Crossref API[10]へリクエストを行うことで DOI をキーとして論文情報を得ることができる。今回の用途では、「https://api.crossref.org/works/」を Base URL として利用している。Crossref API からの返戻データは JSON(JavaScript Object Notation)形式で表 1 の 4 つのデータを持つ。

表 1 Crossref API からの返戻データ

Status	message-type	message-version	message
--------	--------------	-----------------	---------

{ "status": "ok" } でデータが戻ってきた場合、その DOI が付与された論文の情報を Crossref API 側で持っていることになる。message に各種メタデータが含まれていて、そこから今回必要な各種情報を取得した(表 2)。取得したデータを alertify.js を利用しブラウザ上に mailto リンク[11]として表示した (以下後述する「ブラウザ上への表示」は全て alertify.js の利用を意味する)。

表 2 message から取得しているデータ

メタデータ	Title	container-title	Volume	issue	page	Publisher
内容	論文タイトル	雑誌名	巻	号	ページ	出版社

先に取得した DOI をキーとしてオープンアクセス論文が存在するかどうかオープンアクセス論文のデータを集約している unpaywall の API[12]を利用して検索をする。unpaywall API も返戻データは JSON 形式である。本ツールでは unpaywall API からの返戻データのうち best\_oa\_location 内の url\_for\_landing\_page(公開されている論文へのランディングページの URL)と host\_type(オープンアクセス論文公開者)の 2 項目を取得してい

る。ブラウザ上にオープンアクセス論文ページへのランディングページへのリンクを表示する。

#### [B - CiNii Articles と NDL Search]

本ツールでは DOI に着目し、DOI をキーとして複数のサービスとデータ連携させているが、国内雑誌への DOI の普及率はそれほど高くない。また、国内 DOI 発行機関として JaLC(Japan Link Center)があり JaLC DOI を付与している場合は CrossRef に情報がデポジットされていない。従って、国内誌の一部は Crossref API を通じて論文情報を入手できない、という点が国内誌への本ツールの適用を広げる際に課題となる[13]。国内雑誌への論文入手依頼もニーズとしてあるため、国内データベースについては個別対応をした。

国立情報学研究所が提供している CiNii Articles[14]は国内誌を広く収集している論文書誌データベースであり CiNii Articles 用の RDF(Resource Description Framework)[15]を利用し JSON 形式でデータを取得した。CiNii Articles の RDF は名前空間を利用しているため、JSON データ取得時には名前空間を指定する必要がある点に注意が必要である。また、JSON データの構成上の問題で、大きく 3 つの配列にデータが分かれていて、少なくとも JavaScript での扱いとしては”`json["@graph"][0][“prism:publicationName”][0][“@value”]`”のようにデータの記述順に配列の順番を指定する必要がある点も注意が必要である。取得した論文情報データをブラウザ上に表示している。

国立国会図書館が提供している NDL Search は国内誌を広くカバーしているため個別対応を進めた。NDL Search が提供するメタデータ出力サービス[16]で取得したデータをブラウザ上に表示を行った。

### 3 考察

従来の「図書館システムへのアクセス、ID・PASS を入力しログイン、論文情報の入力」の手間を本ツール利用によって「2 クリック」に軽減できた。さらに、論文情報入力の正確性を高めミスを防ぐことができた。また、オープンアクセス論文へのリンクを表示することで研究者への迅速な論文提供環境を実現した。今後、同時に図書館への論文入手依頼を減らすことにもつながるだろう。なお、量研のみならず他法人での利用可能性も想定しオプション機能を設けるなど汎用性を持たせた。

また、本ツールはデータ自体をツール内に持っていない。動的に複数サービスからデータを取得し、他サービスとマッシュアップすることによって機能している。オープンサイエンスといった学術成果の公開・共有化の流れの中で各種組織が持っているデータをライセンスの面や機械可読可能かどうかといった観点で利用しやすいデータとして公開するケースが増えてきた。公開されているデータを量研の研究開発支援に活かすとともに、汎用的で他法人でも利用可能なツールも開発しつつ、一方で量研の研究開発のオープンデータ化も視座に今後業務に取り組んでいきたい。

もう 1 点、今回は Google Chrome 用の拡張機能として開発を行ったが、他ブラウザへの移植も検討する必要がある。Mozilla FireFox と Google Chrome の拡張機能の互換性は高く変換ツールも存在するため移植のハードルは低いと言える。Microsoft 社の主力ブラウザである Microsoft edge は Google Chrome 同様オープンソースウェブブラウザである Chromium をベースとしたブラウザであり、本ツールをインストールすることが可能であり、動作可能であることを確認した。

## 4 課題

今後の課題としては、本ツールの対応サイト、対応データベースの増加が挙げられる。また、量研図書館側で電子メールを利用した論文入手依頼の受付体制を整えることも課題である。

参考 URL : 以下参照日 2020/2/12

[1] STAR:Support tool for accessing resources:

<https://chrome.google.com/webstore/detail/star-support-tool-for-acc/indiniibohmegoeincgkeipjpmhmhoh>

[2] PubMed : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>

[3] oaFinder : <http://idea.linkdata.org/idea/idea1s2225i>

[4] Google Chrome - Content Scripts : [https://developer.chrome.com/extensions/content\\_scripts](https://developer.chrome.com/extensions/content_scripts)

[5] jQuery : <https://jquery.com/>

[6] alertify.js : <https://labeg.github.io/alertify.js/>

[7] Google Chrome - Give Users Options : <https://developer.chrome.com/extensions/options>

[8] 長屋 俊,"CrossRef の動向 revisited(CA1836)",2014-12-20 : <https://current.ndl.go.jp/ca1836>

[9] DOIs and matching regular expressions : <https://www.crossref.org/blog/does-and-matching-regular-expressions/>

[10] CrossRef/rest-api-doc : <https://github.com/CrossRef/rest-api-doc>

[11] The 'mailto' URI Scheme : <https://tools.ietf.org/html/rfc6068>

[12] unpaywall REST API : <https://unpaywall.org/products/api>

[13] Japan Link Center - よくあるご質問: [https://japanlinkcenter.org/top/admission/member\\_faq.html](https://japanlinkcenter.org/top/admission/member_faq.html)

[14] CiNii Articles - メタデータ・API - CiNii Articles 論文情報の RDF : [https://support.nii.ac.jp/ja/cia/api/a\\_rdf](https://support.nii.ac.jp/ja/cia/api/a_rdf)

[15] W3C Resource Description Framework (RDF) : <https://www.w3.org/RDF/>

[16] 国立国会図書館サーチ メタデータ : <https://iss.ndl.go.jp/information/metadata/>

# スーパーコンピューターシステム“ICE X”の利用支援と後継機調達

○石橋 弥生<sup>A)</sup>、下村 岳夫<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup> 情報基盤部 システム計画・科学情報課

平成 28 年 4 月の量研発足時に日本原子力研究開発機構（以下「原研」）の量子ビームと核融合の事業が量研に引き継がれた際、従前よりこれらの事業で利用されてきた原研設置のスーパーコンピューターシステム“ICE-X”は引続き量研からも利用可能となった。当初 ICE-X は量研ユーザの有志による「スパコン利用検討チーム」にて運用されていたが、リース満了に伴う後継機調達時期が迫っており、また将来的には量研全体のメリットも見据えた運用支援体制が必要との判断から平成 29 年秋に正式な委員会を立ち上げ、当時の科学情報課（現システム計画・科学情報課）が事務局として作業を担当することとなった。原研と連携しながらユーザ管理やマシンタイム調整、成果の取りまとめ等の利用支援をする一方で、後継機調達に係る市場調査、仕様策定などの作業を進めている。これらユーザ利用支援実施状況、並びに後継機に関する調達スケジュール、仕様、今後の運用方針（予定）等について報告する。

## “ICE X” とは

現行機“ICE X”は、約 2.4PFlops<sup>※</sup>の総理論演算性能を有する汎用 CPU 型スーパーコンピューター（当時の SGI 社ブレード型クラスターサーバを中核とする大規模並列計算システム）で、Intel Xeon E5-2680v3 (2.5GHz, 12core)\*2 を搭載した計算ブレード 2,510 ノード（総計 60,240core）と 156.9TB のメモリ、3.5PByte のストレージ等を有し、各計算ノードは 4xFDR InfiniBand で接続される。原研の原子力科学研究所（茨城県那珂郡東海村）

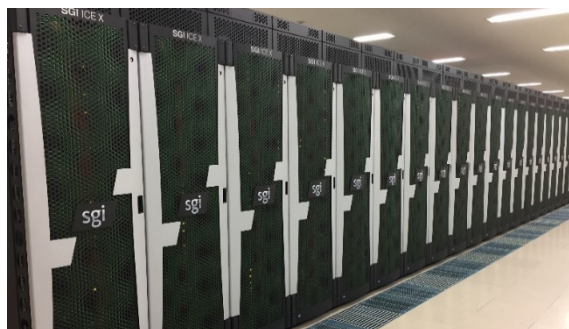


図 1：ICE X 概観

に設置され、2015 年 11 月より運用を開始した。現在量研からは暗号化通信にて利用されている。リース期間満了に伴い 2020 年 11 月末で運用を終了、後継機にその役割を引継ぐ予定となっている。

※「2.4PFlops」は 1 秒間に 2,400 兆回の浮動小数点演算を実行できる！

表 1： 量研での用途例

量子ビーム	核融合
<ul style="list-style-type: none"><li>電子デバイス用材料の特性評価</li><li>粒子線治療におけるビーム軌跡シミュレーション</li><li>量子メス開発のためのイオンビーム特性評価</li><li>超高強度レーザーパルスに関する研究</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>国際熱核融合実験炉（ITER）計測装置のための核解析</li><li>核融合プラズマ性能の予測能力向上</li><li>プラズマを崩壊に導く誤差磁場の影響解析</li><li>プラズマ性能向上のための密度分布予測</li></ul>

## 利用支援業務概要

### 1. 利用申請対応

事務局では年間通じて量研ユーザの新規利用申込を受付けている。

令和元年度のユーザ数は75名。現状量研からの利用可能部署は制限付き（令和2年11月末まで）。

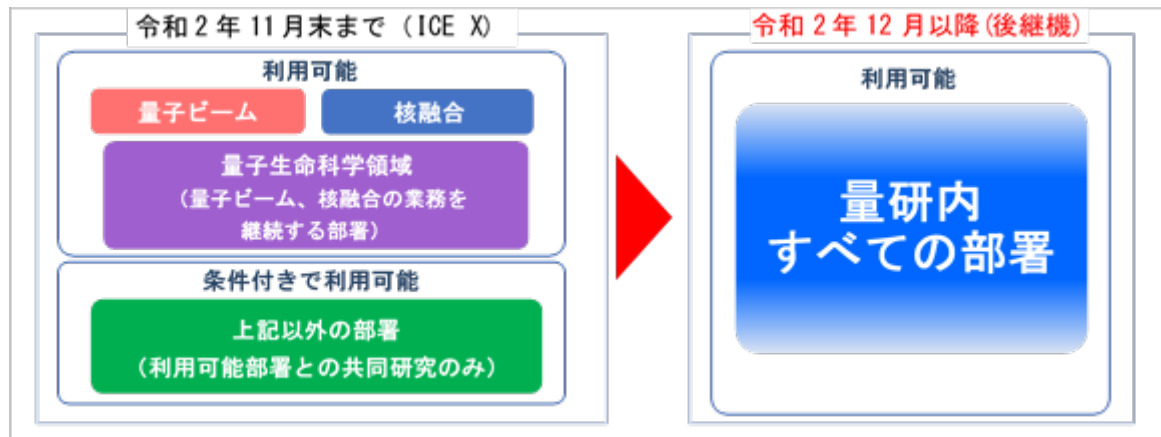
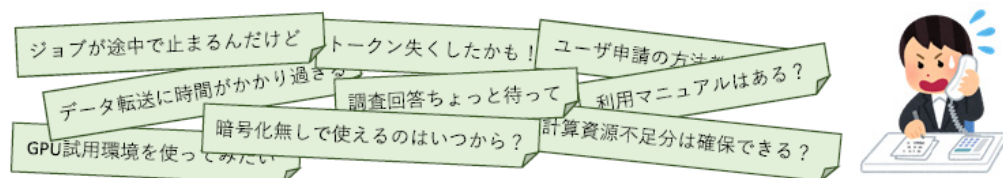


図2：利用可能部署の拡張

### 2. ユーザ問合せ対応

利用中のトラブル、環境改善の可否、スケジュールなど、運用全般に係るユーザからの質問に随時対応。専門性が高く事務局だけで回答困難な案件については、インフラ担当部署や原研の運用担当部署とも協力して対応する。



### 3. 調査／周知

- ・利用計画調査：年2回（4・10月頃：混雑状況マップ作成のため）  
⇒大口利用課題代表者に月別の利用予定について回答を依頼し、取りまとめ。
- ・ニーズ調査：年1回（12月頃：次年度の部門間利用割合検討のため）  
⇒大口利用課題代表者を対象に、どの程度使う見通しかの回答を依頼し、取りまとめ。
- ・周知：随時（主に原研運用担当部署からのお知らせを関係部署に伝達）

#### 4. 大口利用課題募集

100 万コア時間（使用コア数\*時間）を超える大口利用を希望するユーザ向けに、年 2 回課題募集を行っている。事前に計画書（評価シート）を提出いただき、評価担当者による評価と委員会承認を経てマシンタイム配分が決定される（主な評価項目は研究成果の期待度・必要性及び緊急性・計算時間設定の妥当性）。

表 2：大口利用課題数（単位：件）

年度	量子ビ	核融合
平成 30 年度	10	12
令和元年度	11	7
令和 2 年度	現在募集中	

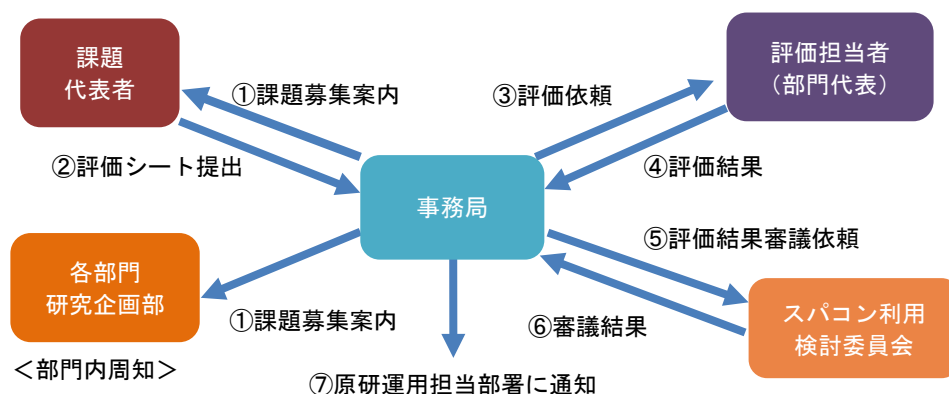


図 3：課題募集からマシンタイム配分決定までの流れ

#### 5. 研究成果取りまとめ

毎年 7-11 月に実施。利用の成果を量研内外に周知すべく前年度の研究成果を取りまとめ、研究開発報告書（PDF 版）として刊行、量研学術機関リポジトリに掲載・公開している。

H30 年度成果報告書（量研学術機関リポジトリ）：<http://id.nii.ac.jp/1657/00077793/>

表 3：研究成果数（単位：件）

	報告書番号	成果報告	論文数	学会発表	プレス	解説等
平成 28～29 年度	QST-R-10	25	79	79	3	4
平成 30 年度	QST-R-14	21	27	105	1	1
令和元年度	令和 2 年 10 月ごろ集計予定					

#### 所掌委員会準備・開催

##### ➤ スパコン利用検討委員会

ニーズ調査・成果取りまとめ・課題募集やその評価など、利用に係る方針を審議決定する。

##### ➤ 次期スパコン仕様策定委員会

共同調達・導入スケジュール・仕様案など、後継機の調達に係る様々な方針を審議決定した。

- 共同仕様策定委員会（量研と原研それぞれの運用担当部署が共同で開催）  
両機構が締結する各種覚書や後継機の仕様に係る様々な重要方針を審議決定した。
- 共同利用検討委員会（仮）  
量研と原研各々の運用担当部署が共同で開催予定。後継機運用に係る重要方針を審議決定する。

## 後継機の調達について

スーパーコンピューターの調達は、平成 26 年 3 月 31 日付の関係省庁申合せ「政府調達手続に関する運用指針等について」で定められた「別紙 2：スーパーコンピューター導入手続」に基づき進める必要があり、最短でも 2 年は必要となる。平成 29 年秋に後継機の調達検討が開始された際、過去の経緯に囚われずゼロベースで考えることが求められたため、他組織との共同導入も視野に検討した上で、①量研単独で導入する、②量研と原研が共同で導入する、の 2 つの仕様案により市場調査（資料提供招請）を実施した。供給業者からの提案を元に、費用・利便性・運用効率など多角的に比較検討し、②案をベースとした『原研との共同調達・一体運用』の方針が機関決定された。その後、両機構の運用担当・企画・総務・契約担当など関係部署との調整を経て、平成 30 年 4 月に量研・原研間でスパコンに関する協力協定を締結、その下で共同作業の根拠となる各種覚書を順に締結し、調達を進めてきた。同年 10 月に最終仕様案を確定、現在総合評価落札方式による競争入札を実施中。開札は令和 2 年 3 月、運用開始は令和 2 年 12 月を予定している。

表 4：後継機の主な特徴

構成	CPU⇔GPU ハイブリッド構成 (機械学習・ディープラーニングでも威力を発揮)	設置場所	現行機と同じ
総演算性能	12.3PFlops (CPU2.8PFlops/GPU9.5PFlops) 以上	リース期間	6 年
総主記憶容量	110.2TB 以上	その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ コンテナ、VM 環境</li> <li>・ 量研からも高速アクセス可</li> </ul>
ストレージ容量	12PByte 以上		
ISV ソフト	ANSYS、ABAQUS、MATLAB など		

## 今後の課題等

年間通じてスーパーコンピューター運用担当部署としての業務は多岐に渡り、専門性の高い情報を取り扱うケースや困難な交渉を伴うケースに直面することも多い。一方で量研事務局の要員は実質本発表者の 2 名のみであり、慢性的なマンパワー不足に陥っている。一方で令和 2 年夏は後継機への移行作業のためイレギュラーな作業が必要となること、後継機運用に当たってのルール作りが必要となることなど課題は山積みである。まずは事務手続きの電子化・分かり易さ向上など身近な工夫への取組みを進め、課内体制見直しも視野に業務負荷の低減・分散を図りつつ、引続きユーザ利便性を高める支援業務を心がけていきたいと考える。

## 患者の苦痛を緩和し、スムーズな重粒子線治療を行うためのサポート

○久保田 新 酒井 律子 和田 美和子 栩木 留美  
田中 明世 久保 由美子 三枝 万里子 海老根 佳英 阿部 正子  
QST 病院看護部 治療棟

がんと診断された患者は限られた選択肢の中から重粒子線治療を選択し、治療を受けている。治療中の患者は治療完遂を目指し、疾患や治療内容、有害事象、日常生活の変化などに関する不安を抱えながら闘病生活を送っているが、医師に気がかりを尋ねる機会は外来診察日だけであり、不安や困難さを訴えず治療を受けている患者もいる。また、治療を受けることが精一杯であり、セルフケアに意識が向いていない患者もいる。さらに、外国人患者では、有害事象に対するケアの考え方などに文化の違いがあり、個別的な対応を求められている。我々治療室看護師は、他部門との連絡調整や、他職種と連携し、患者の治療に伴う困難や苦痛の緩和、不安への対応を行い、患者の負担軽減に努めている。

## 患者の苦痛を緩和し、スムーズな重粒子線治療を行うためのサポート

QST病棟 看護部 治療科

Q久保田新 酒井律子 船田美和子 阿部正子 久保由美子 橋本留美 田中明世 三枝万里子 高橋根任美

重粒子線治療中の患者は治療完了を目指し、疾患や治療内容、有害事象、日常生活の変化などに関する不安を抱えながら闘病生活を送っている。

不安や困難を抱えながら治療を受けている患者や、治療を受けることが精一杯でセルフケアに意識が向けられない患者もいる。さらに、外国人では、言葉や文化の違いがあり、セルフケア指導に積極的な対応を求められている。治療科の看護師は、他部門との連絡調整や、多職種と連携し、患者の治療に伴う困難や苦痛の緩和、不安への対応を行い、患者の負担軽減に努めている。

### 患者さんに安心して治療を受けていただけるよう様々な工夫をしています

治療の流れを説明するDVDを作成し、待合室で流しています



疾患別のオリエンテーション用紙を作成し、分かりやすく説明させていただきます



これまでの経験、知識の有無や程度、有害事象のリスクやセルフケアの方法、マナーや制約などを把握し、個別対応を行います。情報共有することで、継続的な支援が可能になります



痛みが強い患者さんも多いため、医師や診療放射線技師と連携を取り、治療中の疼痛コントロールを行います。多職種と連携することで、より高い医療の提供につながります



痛みの性質や日常生活への影響などをアセスメントし、対応策を患者さんと一緒に考えます。がん治療看護認定看護師も在籍しています



告知などによる衝撃を受け、医師の説明を忘れてしまっている方も多くいらっしゃいますので、患者さんの気持ちに寄り添った説明を繰り返していきます

馴染みの関係が壊れると、強いことや痛みなどを打ち明けてもらえず、可能な限りお話を聞ける時間を作ります

看護は一日にしてならず

日々の看護を振り返り、次の患者さんに役立てるため、毎年症例報告を出しています  
お互い業務調整をして時間を捻出するので大変ですが、よい学びになります

2019年度症例報告テーマ一覧

- ・重粒子線治療患者の有害事象等の早期対応のために～セルフチェックシートの考案～
- ・肺がん・重粒子線治療患者の看護～有害事象・ハイリスク患者への目的をまとめた関わり～
- ・疼痛が強い・右脳麻痺の患者が安全に画像検査を受けることへの看護介入を振り返る
- ・高齢患者から適切な情報を得るための工夫～インシデントを踏まえた国定員作成確認事項の作成～
- ・前立腺がん・過剰治療の患者の身体・精神的負担を軽減するためのアプローチ～排便習慣をもとにした治療時間の調整～
- ・腫瘍部がん入院患者への看護を振り返り、過剰治療を受ける腫瘍部がん患者への治療室看護について検討する
- ・不安の強い患者に対する治療室での看護を振り返る

このほか看護研究に取り組んでいます



外国の方にも十分対応できるようにがっかりを減らして欲しいという声があり、英語で説明できるような方々を募集しています

## 蛍光ガラス線量計を用いた $^{192}\text{Ir}$ 小線源治療の線量評価方法の確立

○ 中路 拓, 水野 秀之, 福田 茂一

QST 病院 放射線品質管理室

画像誘導小線源治療 (Image-guided brachytherapy; IGBT) は世界各国で普及が進む放射線治療の手技の 1 つである。IGBT は腫瘍に局限した線量分布を実現する一方で、急峻な線量勾配に対する精度評価方法の確立が課題であった。本研究では、専用ファントムと蛍光ガラス線量計 (Radiophotoluminescent glass dosimeters; RGDs) を用いた end-to-end テスト体系の確立を図った。End-to-end テストとして、ファントム設置から CT 撮影、プランニング、放射線照射を患者治療時同様のフローで行った。水で満たしたファントムにはアプリケーションを装着し、左右 A 点と ICRU38 に基づく直腸及び膀胱評価点に RGD を設置して線量測定を行った。RGD は所内コバルト照射場で校正され、 $^{192}\text{Ir}$  に対する線質変換係数はモンテカルロ計算を用いて導出した。この体系を用いて IGBT 多施設前向き観察研究の線量評価も実施中である。

## -- 背景 --

### アジア原子力協力フォーラムFNCAの活動

FNCA: Forum for Nuclear Cooperation in Asia

目的: 原子力分野の平和利用とその協力

・放射線利用開発 健康利用

→ 放射線治療プロジェクト(参加国: 11か国)

活動内容:

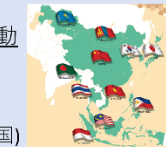
国際的な臨床試験 -- 小線源治療の多施設観察研究等

ワークショップの開催

オープンレクチャの開催

放射線治療装置のQA/QC

放射線治療施設訪問



Participating countries of FNCA



FNCA workshop in Soochow, China

### 小線源治療の発展

3D-IGBT(3次元画像誘導小線源治療)

2D→3D画像を用いた小線源治療に発展

・線源の正確な位置決め

・停留時間による投与線量の最適化

→ 腫瘍に局限した正確な照射の実現

照射線量の品質管理/品質保証の必要性

### FNCAにおけるQSTの役割

・国際的専門組織への協力・人的貢献

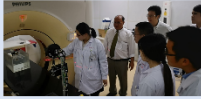
・成果普及やネットワーク強化

放射線品質管理室として...

3D-IGBTの線量評価法の技術開発

線量第三者評価の訪問調査の実施

→ FNCAの臨床試験の信頼性向上に向けた貢献



Dosimetry audit at participating facilities

## -- 訪問調査時の線量評価方法 --

### End-to-endテスト

#### 0. 線量計の準備: RGD素子

校正照射: RGDへの基準線量の照射

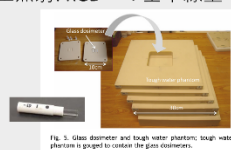


Fig. 5. Glass dosimeter and high water phantom: high water phantom is grouped to contain the glass dosimeters.

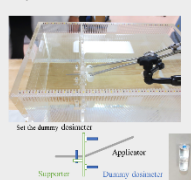
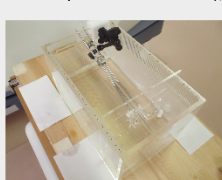


Response calibrator using <sup>60</sup>Co (SSDL in Japan)

#### 1. ファントムの設置

治療計画用CT撮影の準備: ダミー線量計を設置

左右A点(腫瘍線量評価点), 膀胱, 直腸の計4点

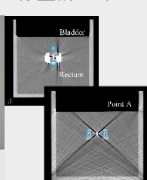


#### 2. 治療計画用CTの撮影

CT撮影: 線量評価点となるダミー線量計の中空を確認



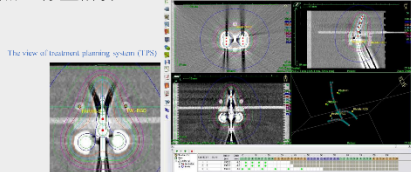
Dummy dosimeters have a sphere cavity of 2 mm corresponding to reading area of RGD  
→ Calculating the dose prescribed in center of each cavity



#### 3. 治療計画

治療計画装置TPSによる線源位置と停留時間の最適化

線量評価点の線量計算



The view of treatment planning system (TPS)

## -- 小線源治療の線量評価方法の技術開発 --

### End-to-endテストを採用

CT撮影から照射まで実際の患者を模擬

水ファントムおよびアプリケーション固定具により

各施設の装置・手法に柔軟に対応

→ 照射システム全体を通じた線量測定の実施



Water phantom

### 蛍光ガラス線量計RGDの採用

RGD: Radiophotoluminescent glass dosimeter

○小型・設置が容易

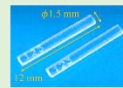
△線量読取りは専用装置が必要

→ コバルト照射装置および

RGD信号読取装置を使用

△線量の補正が必要

→ Monte Carlo計算コードPHITSによる補正

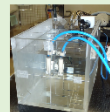


RGDs

### 指頭型電離箱の採用

○線量の即時読取

△設置位置が限定的



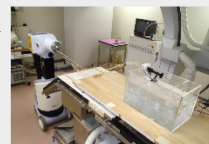
Setting of two ion chambers

#### 4. 治療計画の照射線量測定

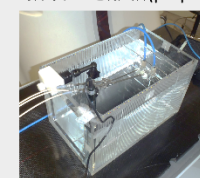
治療用線源はRALS: Remote afterloading systemから輸送

左右A点での線量を電離箱で確認

線量評価点4点にRGDを設置して照射



#### ・指頭型電離箱(pinpoint)



#### ・蛍光ガラス線量計RGDs



Each RGD is inserted in dosimeter holder and located at Manchester point A (Right or Left as reference point for evaluating bladder or rectum dose recommended by ICRU)

#### 5. コミッショニングデータ確認測定

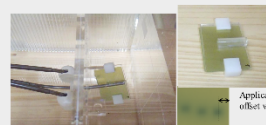
治療計画時に用いられる重要なデータを確認

・アプリケーションオフセットの確認

EBT3フィルムの黒化度から読み取る

・線源強度確認

井戸型電離箱を使用



Check the offset value from tip of applicator to 1st source position with EBT3 film

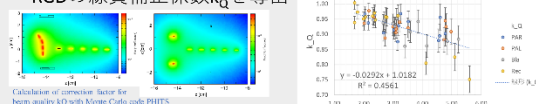


Measurement of source strength with well-type chamber

#### 6. RGDの信号読取と補正

Monte Carlo計算コードPHITSを用いて

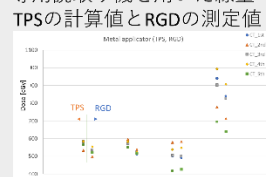
RGDの線量補正係数 $k_Q$ を導出



Calculation of correction factor for beam quality QD with Monte Carlo code PHITS

専用読取り機を用いた線量の読み取り

TPSの計算値とRGDの測定値との比較



Reading of the RGD signal

# HIMAC 一般公開の取り組みについて

熊谷 忠房

放射線医学総合研究所 物理工学部

一般公開は、研究開発活動をアピールする絶好の機会である。重粒子線がん治療を担う、重粒子線 (HIMAC) 棟・新治療研究棟を公開するにあたり、これまで行ってきた様々な取り組みを紹介する。

## 公開箇所の拡大

新治療研究棟の運用開始により、公開箇所を拡大し、見学者への重粒子線がん治療のアピールに努めている。



2010 年以前：重粒子線棟

2012 年：新治療研究棟治療室追加

現在：G 室(回転ガントリー)追加

## 重粒子線がん治療への理解促進

### ◎ HIMAC パンフレットの作成

この 1 冊で重粒子線がん治療のしくみと HIMAC 加速器の役割を紹介しつつ、小学生でも解りやすく理解できる内容の作成に努めている。



### ◎ 見学ツアーの開催(2008～2010)

より深い理解のために研究者引率による見学ツアーを開催新治療研究棟の公開に伴い休止。

## 見学者への配慮

### ◎ 管理区域の養生

見学者の管理区域立ち入りに際して、従来はオーバーシューズを使用していたが、高齢者等足腰が弱い方には着脱の負担が大きいという、大量のゴミが発生してしまう。そこでブルーシートによる養生を実施した。ブルーシートを再利用することにより、ゴミの発生を抑えることが出来た。



ブルーシートによる養生(2008～)



養生粘着シートの利用(2015～)

### ◎ 荷物の預かり

重粒子線棟は大きな施設のため、見学所要時間が40～60分と長く、さらに狭い通路、階段・段差があり、大きな荷物を持つての見学は大変である。

そこで受付では、見学者の荷物預かりを実施している。

### ◎ 案内標識の英語表記

見学順路内の各種標識について、日本語と英語を併記している。

## 子どもを対象とした取り組み

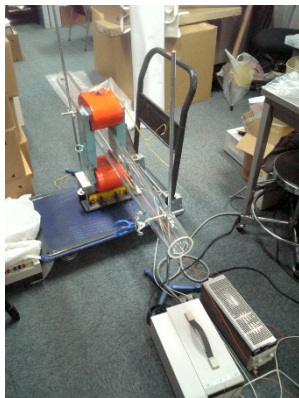
### ◎ ケンタロー博士

コミカルな博士風のコスプレをしたスタッフが子どもからの質問に答える。

### ◎ おもちゃの作成

HIMAC に因んだ子ども向けの玩具を作成した。

重粒子線が  
電磁石により  
変化する様を  
見せる玩具



重粒子線が  
がんをたたく  
様子をイメージ  
した玩具



## ◎HIMAC クイズ

HIMAC にちなんだクイズをパネルとして見学ルート内に貼り、興味を引いてもらえるようにした。

## 公開における課題

### ◎ 人手不足

重粒子線棟に加え、新治療研究棟内部も公開するようになり、公開範囲が広がったため対応スタッフが足りない。他部署や役務業者から人員協力を受けているものの、見学ツアーや子ども向け展示を休止している。Vocaloid による音声案内を試みてみたが、人員がいない安全管理上の問題や音声作成スキルの無さで頓挫した。

### ◎ 公開のマンネリ化

放医研(千葉地区)見学者のリピート率が4割以上と高く、また公開エリアが毎年同じようになるのでマンネリ化は否めない。重粒子線がん治療に関する研究は進んでいるので、研究の進捗状況を発信していく必要がある。

マルチイオン照射や量子メス是一般人には理解しづらい可能性があるので、工夫が必要である。

## 今後の取り組み

### ◎ 準備の効率化

公開当時だけではなく前日の準備にも多くの人員が必要で週末が潰れるのでスタッフの負担が大きい。準備作業の効率化を目指し、負担を下げていく。

### ◎ 一般人に理解しやすい広報発信

今後の重粒子線がん治療関連の研究開発は、回転ガントリーのようにビジュアル面で理解できるのは、多くはなさそうなので、わかりやすく且つ重要性や必要性をしっかりとアピールするパネル等を制作していく。

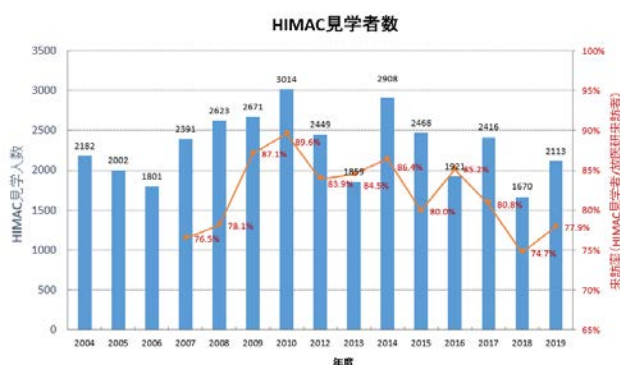
## 謝辞

HIMAC 公開にあたり、QST 病院や研究推進グループをはじめとする多くの量研職員及び役務業務社員らから多大なるご協力を頂いている。

この場を借りて、深く感謝申し上げます。

## 参考

### @ よくあった質問：HIMAC と新治療研究棟の見学者数について

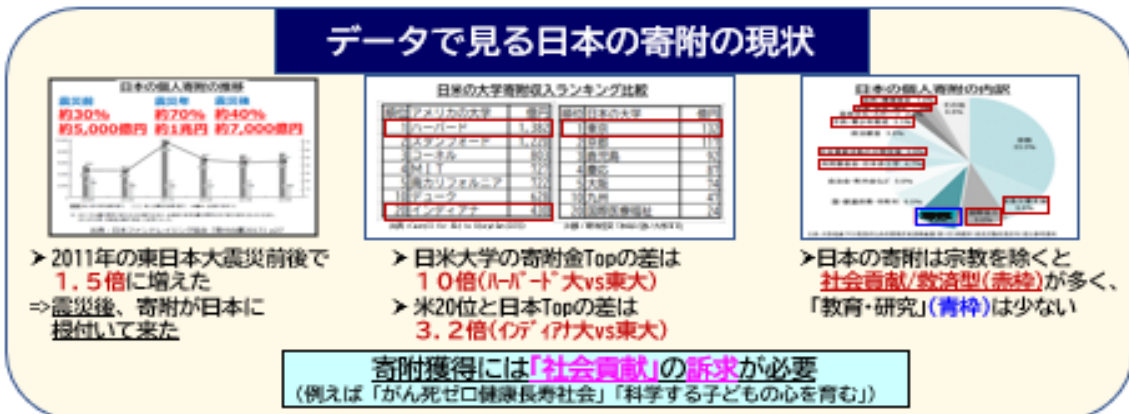
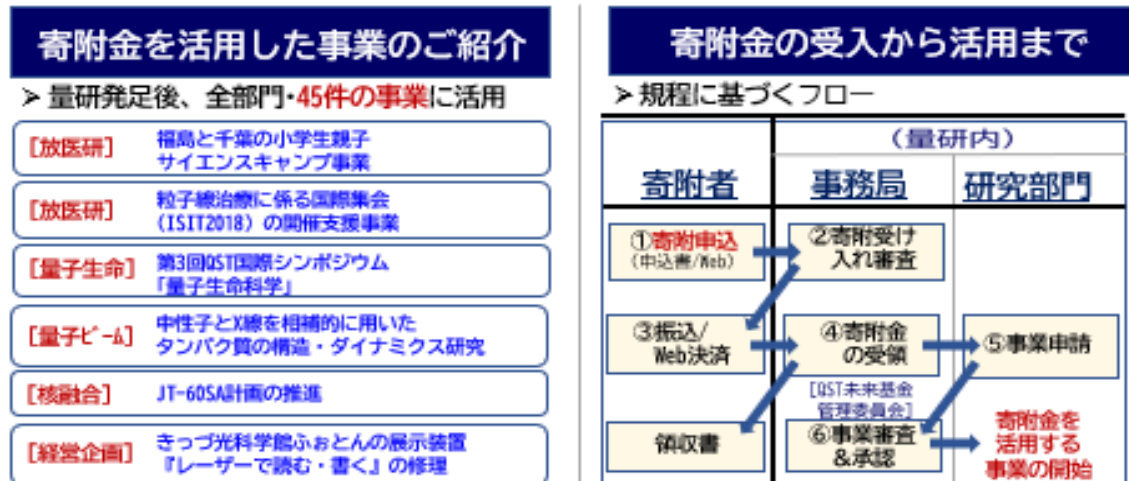


# 量研における寄附金の活用状況について

○木村 克久 原田 俊作

イノベーションセンター・研究推進課

量研において、寄附金がどのように受け入れられ、また、どのように研究に活用されているか、その概要と活用事例を紹介する。合わせて、量研職員が寄附を獲得するために実践できる活動等も紹介する。



### 寄附金獲得のために実践できる活動

- 寄附獲得ガイドを読む
  - =>「外部資金としての位置付け」「軽い事務負担」「高い活用自由度」等を理解
  - =>ガイド掲載場所: QSTイントラの「部門情報」「イノベーションセンター」「研究推進課」「QST未来基金」
- 寄附の本質を知る
  - =>「相手の共感が必要」「日本人の7割が社会貢献に関心あり」「研究開発で社会課題を解決」
- きっかけを作って寄附を依頼してみる
  - =>「何かのついで」「説明の最後に1枚追加」「産学連携の打ち合わせのついで」等

量研機構千葉地区における、P C B廃棄物の期限内処理に向けて

米倉 友昭

放射線医学総合研究所 技術安全部 保安全管理課

PCB 特措法施行令において定められた期間内での処分に向けて、量研機構千葉地区が保管していた PCB 廃棄物の、計画的処分実績と今後の計画について報告する。

PCB（ポリ塩化ビフェニル）とは

**PCBの性質**  
水に溶けにくく、沸点が高いなど物理的な性質を有する主に油状の物質  
・環境中で分解されにくい(難分解性)  
・脂溶性で生物濃縮率が高い(生物蓄積性・濃縮性)  
食物連鎖などで生物の体内に濃縮しやすい  
・揮発性で大気経由の移動がある(揮散・移動性)

**PCBの毒性**  
脂肪に溶けやすい性質から、慢性的な摂取により体内に蓄積し、様々な症状を引き起こす  
・まぶたの膨張、爪や口腔粘膜の色素沈着・黒化、座瘡様の発疹(ニキビ)、肝臓肥大と機能不全等が報告

**PCBの経緯**  
昭和29年 PCBの国内製造開始  
昭和43年 米ぬか油へPCB混入[カネミ油症事件]  
昭和47年 PCB使用製品製造中止、回収等指示  
・処理の停滞、長期保管、紛失、漏洩等、問題化  
平成13年 PCB特措法成立  
平成16年 北九州の処理施設が処理を開始  
平成17年 豊田・東京の処理施設が処理を開始  
平成18年 大阪の処理施設が処理を開始  
平成20年 北海道の処理施設が処理を開始  
平成28年 PCB特措法改正(処分期限内の処分の義務づけ等、期限内処理を確実にするため)

**PCB廃棄物の処分期間等(保管場所:千葉県)**  
  
高濃度PCB廃棄物  
・変圧器・コンデンサー等の場合  
処理施設(東京)  
処分期間: 令和4年3月31日まで  
計画的処理完了期限: 令和5年3月31日まで  
  
・安定器・汚染物等の場合  
処理施設(北海道)  
処分期間: 令和5年3月31日まで  
計画的処理完了期限: 令和6年3月31日まで

PCB処分実績と計画

内訳	レベル	年度			
		H28	H29	H30	R1
トランス3台	高濃度	運搬・処分 12,944			
漏洩コンデンサ清掃外	高濃度	前処理 222			
コンデンサ7台、開閉器2台、保管容器1式	高濃度		運搬・処分 5,622		
安定器等・汚染物	高濃度		荷姿登録支援等 396		運搬・処分 18,525
安定器等・汚染物の保管容器	高濃度			運搬・処分 1,353	運搬・処分 21,500
低濃度PCB廃棄物及び汚染物	低濃度			前処理・運搬・処分 1,395	前処理・運搬・処分 352
備考		処分開始			処分完了

※青文字は実績、赤文字は計画(予算要求中)  
令和元年度末に保有するPCB廃棄物は、高濃度PCB廃棄物がドラム缶で4本(772.61kg)のみ。

別紙 【登録PCB廃棄物等リスト】

登録番号: tc00006580

保管事業場名 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 量子医学・医療部門 放射線医学総合研究所

令和元年08月27日

保管事業場住所 〒263-8555 千葉県千葉市稲毛区穴川4丁目9番1号

登録数量 7

管理番号	機器番号	特種法届出番号	品名	総重量(kg)	数量	単位
1	000635987	x0001	14-014, 28-001	ウエス	63	kg
2	000635988	x0002	13-008	安定器用コンデンサ	220.8	kg
3	000635600	x0003	13-008 動	安定器等	277.4	kg
4	000635601	x0004	24-003 動	安定器等	295.45	kg
5	000635602	x0005	14-001, 24-009	水銀灯用安定器	291.05	kg
6	000635608	x0006	14-011~14, 14-020, 24-008動	水銀灯用安定器	246.61	kg
7	000635609	x0007	29-001	ウエス	28	kg

※本リストに掲載の廃棄物は、「当社PCB廃棄物処理施設へ未搬入の廃棄物のみ」を掲載しています。ご確認ください。

※登録のお問合せ等は、営業管理部登録担当 (TEL: 03-5785-1933) までご連絡下さい。

※処理時期、見積、契約についてのお問合せは、JESCO事業所の営業課 (北海道PCB処理事業所 東京エリア分室 TEL: 03-5785-1992) までご連絡下さい。

R1年度処分済み: x0001、x0004、x0005

R2年度処分予定: x0002、x0003、x0006、0007



## 放射線障害予防規程改正の対応等について

○田口 萌、植松 勇器、中村 行雄、佐々木 昭徳、岩部 悠、上野 渉、高橋 淳

放射線医学総合研究所 技術安全部 放射線安全課

「放射性同位元素等の規制に関する法律」（RI 法）が 2017 年 4 月に改正された。この法改正に対応するため、量研機構千葉地区で行った放射線障害予防規程改正の対応等について報告する。

予防規程に定めるべき事項を一部改正したことに伴い、予防規程に定めるべき事項の詳細を明確化するため、「放射線障害予防規程に定めるべき事項に関するガイド」が2017年12月に原子力規制委員会より示された。量研機構(本部)を中心にWGを設置するとともに千葉地区においても議論を重ね、ガイドを基に、千葉地区放射線障害予防規程の改正を実施、2019年4月に原子力規制委員会へ変更届を行った。

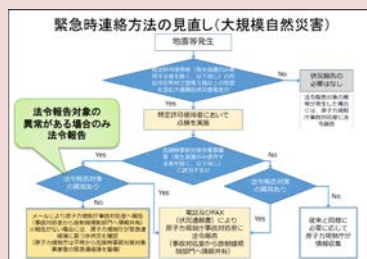
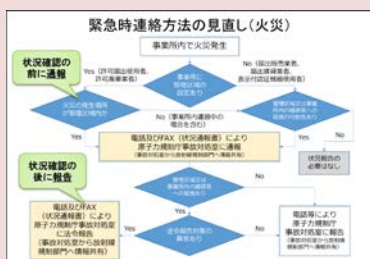
RI法改正及び緊急時の通報に関する事務連絡により、「**地震及び自然災害**」について記載する。

教育訓練の項目	最低時間数
1.放射線の人体に与える影響	30分以上
2.放射性同位元素等又は放射線発生装置の安全取扱い	1時間以上
3.放射線障害の防止に関する法令及び放射線障害予防規程	30分以上

事故の報告が、事業者の義務として法律上に規定された。地震その他の災害等によるものも含め、放射性同位元素の盗取又は所在不明、異常な漏えい、被ばく等、法令報告の対象となる異常事態が発生した場合には、直ちに原子力規制庁に連絡を行う体制を整備した。

◎ **管理区域において**火災が発生した場合又は事業所内の**管理区域外において管理区域、事業所内の放射性同位元素もしくはその収納容器に延焼する可能性のある**火災が発生した場合（事業所内運搬中の場合を含む）には、法令報告の対象となる異常事態が発生しなくとも、以下の連絡先へ電話連絡及びFAXにより状況を通報

◎大規模自然災害（**震度5強以上の地震**、風水害による家屋全壊（住家流出又は隣田井まで浸水、台風及び竜巻等による家屋全壊の場合）が発生した市区町村の特定許可使用者（放射性同位元素の使用により特定許可使用者となる者に限る。以下同じ。）は、安全確保の上、可能な限り速やかに施設・設備の点検を行い、法令告知の対象となる異常事態が発生した場合には、電話連絡を行うとともに、FAXにより状況を通報



防護措置に関する情報は機密事項のため、詳細は非公開

→2019年11月に原子力規制委員会に特定放射性同位元素防護規程の届出を行った

# 千葉地区内のエネルギー消費状況について

○菅野 孝行<sup>A)</sup>、鈴木 陽亮

<sup>A)</sup> 放射線医学総合研究所 量子医学・医療部門 管理部 工務課

## 概要

千葉地区内では、研究・医療活動のため電気等大量のエネルギーを利用している。研究所の予算状況は厳しいため、研究所職員等にも省エネルギー、コスト意識を持ってもらうため使用電力を中心とした現状の光熱水等利用状況等を報告する。

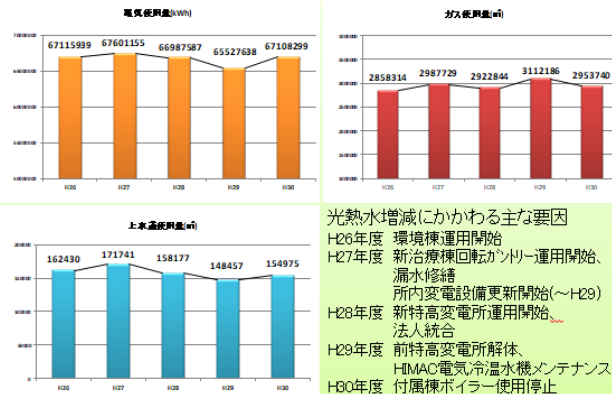
## 光熱水量利用状況の推移

右図に電気、ガス、水道の過去5年間使用量を示す。一定の差こそあるものの、一部を除き年間で数%程度の変動に留まっている。

平成29年度はHIMAC電気冷温水機メンテナンスがあったほか、冬季の気温が低かったこと等、気象条件もあり、電気使用量が低めに、代わりにガス使用量が増加したためである。

また、平成27年度は老朽化した配管からの上水道の漏水が発生したこともあり、その年度の上水道使用量が増加した。

千葉地区内での光熱水使用の大半は研究・医療活動に基づくものであり、使用量の多い施設は加速器等の設備利用施設や常時空調稼働を行っている施設となる。



## 光熱水料金の推移

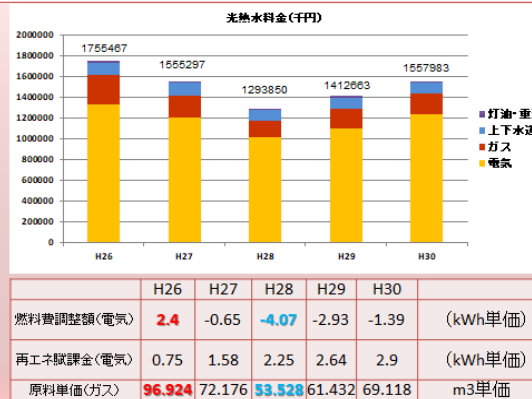
光熱水使用量差に対し、年間使用料金は金額差が大きい。右図にあるとおり、千葉地区内の光熱水使用料の大半を占めているのは電気使用料である。

過去5年間での最安値は平成28年度の年額、293,850千円、最高値は平成26年度の1,755,467千円と、461,617千円の金額差がある。

金額差が生じる主な要因は、化石燃料利用に伴う燃料費調整額(電気)及び原料単価(ガス)である。化石燃料はほぼ輸入に頼っているため、世界情勢(主に中東情勢)や為替等により大幅に変動する。右表に燃料費の各年間平均値を表示しているが、平成26年度と28年度の燃料費差額は電気で435,258千円、ガスで122,010千円の差額となっている。

また、再生可能エネルギーの費用負担として平成24年度より再生エネルギー発電促進賦課金(再エネ賦課金)として、一定料金が収集されている。

平成31年度(令和元年度)の部門当初実施予算額は6,651,452千円(人件費含む)で、うち光熱水費に配算された金額は1,435,587千円である。運営費の20%以上を光熱水費として充てていることになる。



## 今後のエネルギー消費と対策

今後の光熱水使用量は増加することが予想される。

画像診断棟のPETCT、探索研究棟のMRI更新などが終わり、次年度以降これらが本格稼働することで電力使用量の増加が予想される。

また、新棟建築工事も次年度以降開始されるため、新棟運用開始後は内部設備によっては従前より電力等使用量が増加することは明確である。

世界情勢が不安視される状況のため化石燃料費の見直しは不透明で、外的要因により価格が急上昇すれば千葉地区の運営を大きく圧迫する恐れがある。

一方、千葉地区の設備は老朽化が進んでおり、エネルギー効率が良いとは言えない。過去には所内2次側変電設備更新や付属棟ボイラー廃止等を実施し、適宜老朽化設備の廃止・更新を行っているが、今後は大型設備の更新を毎年実施し、その際には高効率機器を導入していく予定である。次年度はポストロン棟チラーを更新予定。

現在も電力使用量の多い夏季に職員等に対し、空調の適切な温度管理や照明の引き等々の節電活動への協力を呼びかけていますが、将来的には上記のとおりエネルギー消費の増加が予想されることから、**常日頃より省エネルギー活動を心掛けて頂く**ようお願いいたします。



更新予定のポストロン棟チラー。設置から32年が経過し、既に部品供給が停止している。

# 重粒子線棟熱源設備改修工事に関する調整業務

○杉浦彰則<sup>A)</sup>、福田茂一<sup>B)</sup>、田口仁志<sup>C)</sup>、原田朋彦<sup>C)</sup>、込山明仁<sup>D)</sup>、白井敏之<sup>E)</sup>

<sup>A)</sup> 放射線医学総合研究所 物理工学部 重粒子運転室

<sup>B)</sup> 放射線医学総合研究所 Q S T 病院 放射線品質管理室

<sup>C)</sup> 放射線医学総合研究所 管理部 工務課

<sup>D)</sup> AEC ハイテクサービス株式会社

<sup>E)</sup> 放射線医学総合研究所 物理工学部

## 概要

重粒子線棟は建設から25年経過し、熱源機械設備の劣化が著しくなっており、同設備の更新を今年度中に行うことになった。重粒子線の治療や実験は通常通りに行いながら、熱源機械設備を改修する必要があるが、同設備の更新による影響範囲は建屋設備運転者、装置運転者、物理実験管理者、実験用マウス飼育管理者、病院、特高設備管理者、放射線安全管理者、保安管理者と多岐にわたっている。関係各所の業務への影響を少なくするべく、事前の調整を行う必要があるため、その調整について報告する。

## はじめに

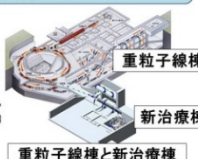
重粒子線棟は完成後27年を経過して、熱源設備の経年劣化が著しい。また、交換部品は既に一部製造中止となっており、故障発生時には部品交換ができなくなっている。

熱源設備は加速器及び装置電源室の空調に密接に関連しており、何らかの原因でこれら設備が故障・破損等を生じた場合、即、加速器運転停止につながり、長期的な復旧作業に至った場合には重粒子線治療が長期間に渡り実施出来なくなるため、老朽化の著しい熱源設備の更新について予算を要求していたが、平成30年度の補正予算に認められ、更新工事を行うこととなった。



## 重粒子線棟と熱源制御

重粒子線棟には、加速器が設置されており、平日昼は重粒子線治療、平日夜や土曜日、月に一度程度の日曜日は共同利用実験にビーム提供を行っている。



重粒子線棟の熱源制御は、冷凍機とボイラーにより、冷水、温水、蒸気がつくれ、それが各エリアに対応した空調機へ送られることによって、温度、湿度が制御される設備となっている。

## 熱源設備と更新による効果

更新前			更新後		
機番	燃料	機種	機番	燃料	機種
RB-1	ガス	吸収式冷凍機	RB-1	ガス	吸収式冷凍機
RB-2	ガス	吸収式冷凍機	RC-1	電気	ターボ冷凍機
RB-3	ガス	吸収式冷凍機	RC-2	電気	ターボ冷凍機
DRC-1	電気	水熱源デラ	RC-3	電気	ターボ冷凍機

重粒子線棟に設置されている熱源設備は、冷凍機が4台(RB-1～3, DRC-1)で、熱量に合わせて2～4台で運転を行っている。更新後は、電気式の冷凍機が1台から3台に増えているが、冷凍機の冷凍効率が上がったことにより、更新前と更新後の消費電力はほとんど変わらない。

ガス式は電気式よりも冷却水を多く使用する必要があり、地下1階の冷凍機から2階の冷却塔までの高低差が11.6mあるため、ポンプの電気代増分が影響し、電気式の冷凍機を採用した方が冷凍効率が良い。

設備の更新により、大幅な省エネ効果が期待できる。最新設備の高効率化およびガス・電気式設備の最適配置によりランニングコスト(ガス・電気・水道代)が年間約34万円削減される予定。

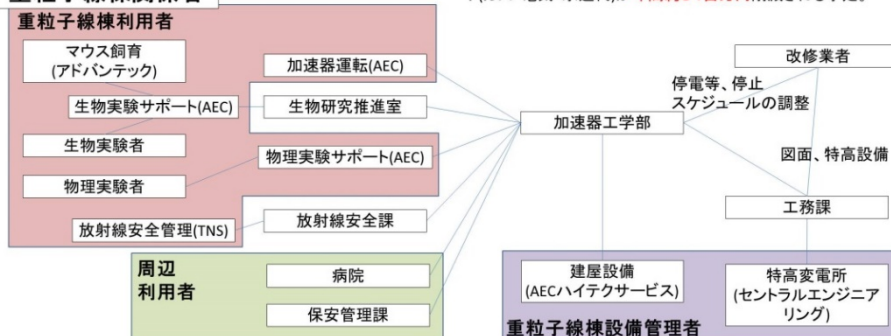
## 加速器を動かしながら更新

運転状況	10月	11月	12月	1月	2月	3月
RB-1	運転	運転	運転	運転	運転	運転
DRC-1	運転	運転	運転	運転	運転	運転
RB-2	運転	運転	運転	運転	運転	運転
RB-3	運転	運転	運転	運転	運転	運転

熱源設備を更新する場合は、一般的には全面停止をしているが、重粒子線治療を行っているため、加速器を運転しながら更新することとした。加速器は除湿と冷却が必要なため、冷水の負担が少ない冬に更新を行う。

現在、重粒子線治療は新治療棟で行われており、重粒子線棟の治療室は使われていないため、重粒子線棟利用者の業務に支障の無い範囲での作業が可能になっている。

## 重粒子線棟関係者



## 影響の周知

既存設備の撤去、新規設備の設置のために  
・周辺道路の通行止め  
・アンカーや所り、クレーンによる振動や騒音  
・熱源設備の停電による居室への影響  
などを周知する必要があり、この工事による影響について重粒子線棟関係者へ説明をし、協力や了解をもらっていった。

## 今後の予定

現在も改修工事作業中。概ね順調に進んでいる。

## 停電範囲の確認

熱源機器更新に伴い、重粒子線棟の一部を停電させる必要があった。全体停電の経験はあるが、今回、改修工事部分のみの経験がないため、停電範囲の確認を行った。設置当初の図面があるが、増設された機器が無い現場を確認する必要があった。熱源設備の停電範囲に非常電灯盤と非常動力盤が含まれており、停電関係者に停電箇所の説明と事前の了解をもらった。停電範囲に、バルブの開閉に使用されている圧空ポンプ等の停電すると復旧に時間がかかる設備やエレベーター、非常用発電設備が含まれていたため、停電時には仮設の電源を用意した。

## 様々な標識中間体を用いた標識合成法の開発

○大久保 崇之<sup>A), B)</sup>、藤永 雅之<sup>A)</sup>、熊田 勝志<sup>A)</sup>、小川 政直<sup>A), B)</sup>、古塚 賢士<sup>A), B)</sup>、  
栗原 雄祐<sup>A), B)</sup>、念垣 信樹<sup>A), B)</sup>、藤代 智也<sup>A), C)</sup>、嵐 大輔<sup>A), C)</sup>、富樫 隆啓<sup>A), C)</sup>、  
堺 俊之<sup>A), C)</sup>、武藤 正敏<sup>A), C)</sup>、橋本 裕輝<sup>A)</sup>、河村 和紀<sup>A)</sup>、張 明栄<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup> 放射線医学総合研究所 先進核医学基盤研究部 標識薬剤製造グループ

<sup>B)</sup> 住重加速器サービス株式会社 先進核医学基盤研究部 標識薬剤製造グループ

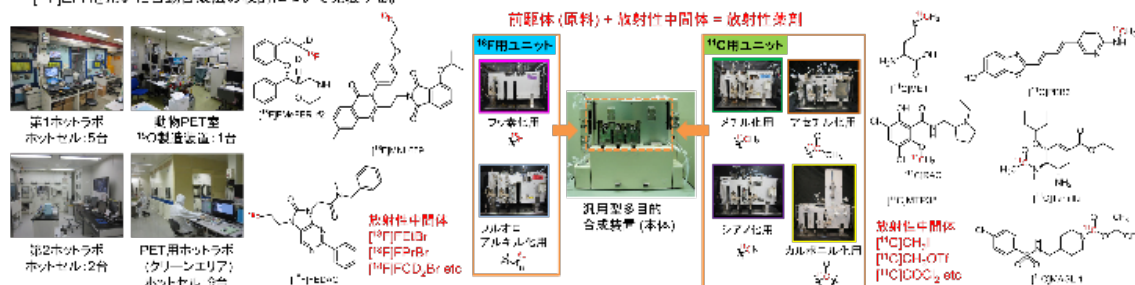
<sup>C)</sup> 東京ニュークリア・サービス株式会社 先進核医学基盤研究部 標識薬剤製造グループ

放射性同位元素 (RI) で標識した放射性薬剤を合成するために様々な放射性中間体が開発され、利用されている。一般に  $^{11}\text{C}$  標識する場合には  $[^{11}\text{C}]\text{CH}_3\text{I}$ ,  $[^{11}\text{C}]\text{CH}_3\text{OTf}$ ,  $[^{11}\text{C}]\text{COCl}_2$  が、 $^{18}\text{F}$  標識の場合は直接 F 化法、 $[^{18}\text{F}]\text{FetBr}$ ,  $[^{18}\text{F}]\text{FCD}_2\text{Br}$  などが利用されている。しかし、新しい放射性中間体を用いた標識合成法を検討する場合、既存の合成装置では対応できないことが多い。そこで、我々は新しい合成装置の開発および反応条件の検討を行っている。本発表では有用な放射性中間体である  $[^{11}\text{C}]\text{HCN}$ ,  $[^{18}\text{F}]\text{EFH}$  を用いた自動合成法の検討について発表する。



1. 先進核医学基礎研究部      2. 住重加速器サービス株式会社      3. 東京ニュークリア・サービス株式会社

放射性同位元素 (R) で標識した放射性薬剤を合成するために様々な放射性中間体が開発され、利用されている。一般に<sup>14</sup>C標識する場合には<sup>14</sup>C(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>I, <sup>14</sup>C(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>OTf, <sup>14</sup>C(COCl)<sub>2</sub>等が、<sup>19</sup>F標識の場合は直接F化法、<sup>18</sup>F(F)EtBr, <sup>18</sup>F(F)CD<sub>3</sub>Bなどが利用されている。しかし、新しい放射性中間体を用いた標識合成法を検討する場合、既存の合成装置では対応できないことが多い。そこで、我々は新しい合成装置の開発および反応条件の検討を行っている。本発表では有用な放射性中間体である<sup>14</sup>C(HCN, <sup>18</sup>F)EtIを用いた自動合成の検討について発表する。

[illegible][illegible]

- ・ $^{13}\text{C}$  NMR,  $^{19}\text{F}$  EPRの自動合成装置の開発および合成条件の最適化に成功した。
- ・開発した上記の自動合成装置、薬物合成法を利用して数種類の有用な化合物を合成し、臨床提供を行っている。

## 多種多様な診断及び治療用放射性薬剤の安定的製造

〇〇武井誠<sup>A)</sup>、河村和紀<sup>A)</sup>、橋本裕輝<sup>A)</sup>、根本和義<sup>A)</sup>、永津弘太郎<sup>B)</sup>、鈴木寿<sup>B)</sup>、深田正美<sup>B)</sup>、大矢智幸<sup>B)</sup>、峯岸克行<sup>B)</sup>、念垣信樹<sup>C)</sup>、小川政直<sup>C)</sup>、古塚賢士<sup>C)</sup>、大久保崇之<sup>C)</sup>、栗原雄祐<sup>C)</sup>、武藤正敏<sup>D)</sup>、藤代智也<sup>D)</sup>、富樫隆啓<sup>D)</sup>、嵐大輔<sup>D)</sup>、堺俊之<sup>D)</sup>、張明栄<sup>B)</sup>

<sup>A)</sup> 放射線医学総合研究所 先進核医学基盤研究部 標識薬剤製造グループ

<sup>B)</sup> 放射線医学総合研究所 先進核医学基盤研究部 放射性核種製造グループ

<sup>C)</sup> 住重加速器サービス (株)

<sup>D)</sup> 東京ニュークリア・サービス (株)

先進核医学基盤研究部では、診断や治療に有用な放射性核種の製造開発研究、放射性薬剤の製造開発研究、それらの分析技術の開発研究を行っており、放射性核種製造及び放射性薬剤製造技術を向上し続けている。さらに、我々は、多種多様な診断及び治療用の放射性核種及び放射性薬剤を QST 内研究部や QST 病院だけでなく外部の大学、研究機関、企業にも安定的に提供し続けている。また、我々は、高品位の放射性核種及び薬剤を安定的に提供し続けるために、関連する設備、装置及び機器の維持管理も常時確実に行っている。本報告では、放射性核種及び薬剤製造に関連する設備及び装置について紹介するとともに、本年度の放射性核種及び薬剤の製造回数と提供状況についても報告する。

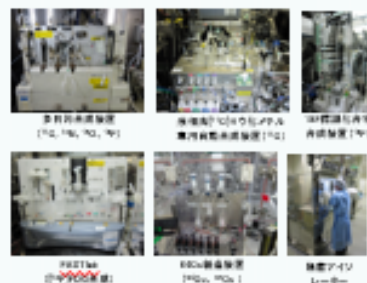
多種多様な診断及び治療用放射性薬剤の安定的製造

○武井誠<sup>1</sup>、河村和紀<sup>1</sup>、橋本裕隆<sup>1</sup>、根本和義<sup>1</sup>、永津弘太郎<sup>1</sup>、鈴木寿<sup>2</sup>、深田正美<sup>2</sup>、大矢智幸<sup>2</sup>、  
峯岸克行<sup>2</sup>、念堀信樹<sup>2</sup>、小川政直<sup>2</sup>、古雄賢士<sup>2</sup>、大久保崇之<sup>2</sup>、奥原祐祐<sup>2</sup>、武藤正敏<sup>3</sup>、藤代智也<sup>4</sup>、  
富屋隆啓<sup>4</sup>、嵐大輔<sup>4</sup>、堺俊之<sup>4</sup>、張明栄<sup>4</sup>  
+1: 先進核医学基盤研究部 標薬薬剤製造グループ、+2: 先進核医学基盤研究部 放射性核種製造  
グループ、+3: 住重加速装置サービス(株)、+4: 東京ニュークリア・サービス(株)

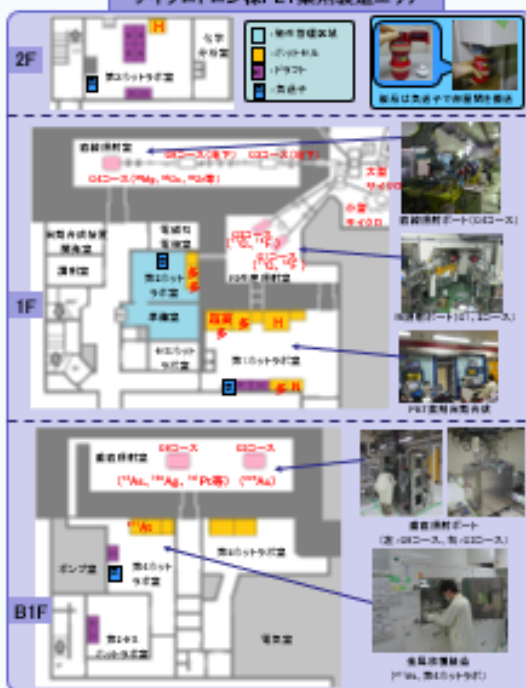
【目的】 先進核医学基礎研究部では、診断や治療に有用な放射性核種、放射性薬剤の製造開発研究、及びそれらの分析技術の開発研究を行っている。さらに我々は、多種多様な診断及び治療用の放射性核種及び放射性薬剤をQST内研究部だけでなく外部の大学、研究機関にも安定的に提供し続けており、関連する設備、装置及び機器の維持管理も常時行っている。本報告では、放射性核種及び薬剤製造に関連する設備及び装置について紹介するとともに、平成30年度の放射性核種及び薬剤の製造回数と提供状況についても報告する。



装置名称	会社名	仕様	表記	数
多目的合成装置	数研研	$^{13}\text{C}$ , $^1\text{H}$ , $^{15}\text{N}$ , $^{31}\text{P}$	<b>数</b>	7台
超高分辨率核磁合成装置	数研研		<b>超高分</b>	1台
$^{13}\text{C}$ NMR合成装置	数研研	$^{13}\text{C}$	<b>H</b>	1台
凍結法 $^{13}\text{C}$ NMR化ナメル自動合成装置	信友有機機械工業		<b>S</b>	2台
FASTLab	GEヘルスケア・ジャパン	$^1\text{H}$ ( $^{13}\text{C}$ FID)	<b>GE</b>	1台
有機機能化合物合成装置(COSMOS)	NABEビジネスサポート	$^1\text{H}$	<b>N</b>	2台
$^{13}\text{C}$ -Methyl合成装置	JSW		<b>J</b>	1台
その他(金属製造装置)	数研研	$^{13}\text{C}$ , $^{31}\text{P}$ , $^{15}\text{N}$ , $^{19}\text{F}$	<b>A</b>	5台以上
無菌インキュレータ	JFE	—	<b>①-③</b>	3台



## サイクロトロン棟PET薬液製造エリア



画像診断棟PET薬剤製造エリア



## 【まとめ】

・平成30年度では、臨床・動物提供や外部施設への供給を年間約1,400回行った。臨床提供は放医研で開発した $^{18}\text{F}$  JPMBB3をはじめ、約10種類のPET薬剤を合計442人に提供した。

・大型サイクロトロンを利用して製造した $^{22}\text{Mg}$ 水溶液、 $^{64}\text{Cu}$ 水溶液、 $^{211}\text{At}$ 水溶液などの提供回数は近年増加しており、放医研内への提供はもちろん、数施設の研究機関に譲渡している。

・先進核医学基盤研究部では多種多様な設備、装置を用いて提供業務を行い、これらを常に維持管理している。平成30年度は、4種類の新規PET薬剤についての製法、分析法を確立し、臨床研究への提供を可能にした。

本報告の内容に関連する利益相反事項はありません。

## 天然 Ga ターゲットを用いた放射性砒素の製造検討

○峯岸 克行、永津 弘太郎、張 明栄

<sup>A)</sup> 放射線医学総合研究所 先進核医学基盤研究部 核種製造グループ

V 族元素の一つ As は環境中の有害元素として認識されている。一方で、As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は急性白血病治療薬として利用されており、有効性と毒性の境界は曖昧で創薬を含めた応用範囲は非常に大きいものと考えられる。

本研究では難照射性のある Ga（低融点、腐食性金属）を効率良く照射すべく、垂直照射法並びにセラミック製ターゲット容器を用い、<sup>nat</sup>Ga(α, n)<sup>76</sup>As 反応にて製造を行った。照射後、ターゲット容器内部へ HCl と還元剤を導入し、加熱させることで AsH<sub>3</sub>を発生させ、気送法によって得られる放射性 As を活性炭に吸着させ遠隔的に回収を試みた。

粗製 As は HCl で溶出後陽イオン交換樹脂にて精製し、中性の As(V)溶液を得た。放射性 As に関する被ばくの低減や揮発性物質の拡散防止等安全な製造方法を確立すると共に、収率及び核種純度、抽出条件に関する検討について報告を行った。

## 【序】

V族元素の一つAsは、生体及び環境中の有害元素として認識されており、農産・海産物への取り込みや水質汚染源等として、その取扱いや挙動に関心がもたれている。

一方で、As含有医薬品(As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)が急性白血病患者薬として利用される例もある。同様に、有効性と毒性の境界は曖昧であり、非常に興味深い。創薬を含めた応用範囲は非常に大きいものと考えられる。

本研究は、環境中のAs挙動やAs含有医薬品評価等の利用を目的に、放射性Asの遠隔製造を可能とする製造法の構築を試みた。ここでは、被ばく低減や放射性物質の低放射等、安全な製造方法の確立を目指すと共に、収率及び抽出条件に関する検討等、高効率製造に求められる装置設計・最適化を行った。

## 技術的課題

- 放射性Asの自然科学・核医学応用
  - 遠隔製造の評価
    - 遠隔製造→生物濃縮→人体への吸収率を評価
  - 放射性医薬品(診断・治療)の開発
    - Asのβ<sup>+</sup>, β<sup>-</sup>崩壊を利用、C-As, S-As結合などの利用
  - 植物イメージングや品種改良
    - As吸収植物・作物の作成
- 放射性Asの自然科学・核医学応用
  - 遠隔製造の評価
    - 遠隔製造→生物濃縮→人体への吸収率を評価
  - 放射性医薬品(診断・治療)の開発
    - Asのβ<sup>+</sup>, β<sup>-</sup>崩壊を利用、C-As, S-As結合などの利用
  - 植物イメージングや品種改良
    - As吸収植物・作物の作成

## 安全課題

- 遠隔製造の評価
  - 遠隔製造→生物濃縮→人体への吸収率を評価
- 放射性医薬品(診断・治療)の開発
  - Asのβ<sup>+</sup>, β<sup>-</sup>崩壊を利用、C-As, S-As結合などの利用
- 植物イメージングや品種改良
  - As吸収植物・作物の作成

## 【砒素の製造】

購入した状態のGa塊(2 g)をそのままSiCターゲット容器(φ15 × 50 mm)(Fig. 1(a))に導き、ターゲットフィルムとしてNb箔(φ=12.7 μm)による封をした後、α 34 MeV・10 μAで、120分間照射を行った。

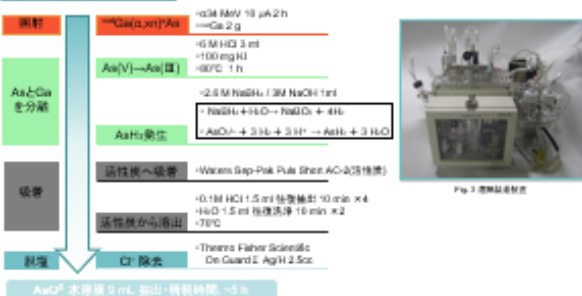
Tab. 1 <sup>68</sup>Ga(α,n)<sup>75</sup>As反応により生成されると予想されるAs同位体一覧

核種	半減期	崩壊形式	放出γ線	生成反応
As-74	17.8 d	β <sup>+</sup> (29.1%), EC (38.9%) β <sup>-</sup> (34%)	508 keV (59%) (E <sub>γ</sub> =245 keV)	<sup>68</sup> Ga(α,n) <sup>75</sup> As (E <sub>α</sub> =5.2 MeV)
As-73	80.3 d	EC (100%)	53 keV (10%)	<sup>68</sup> Ga(α,2n) <sup>75</sup> As (E <sub>α</sub> =13.6 MeV)
As-72	26.0 h	β <sup>+</sup> (86.3%), EC (12.2%)	834 keV (89%)	<sup>68</sup> Ga(α,3n) <sup>75</sup> As (E <sub>α</sub> =25.0 MeV)
As-71	65.3 h	β <sup>+</sup> + EC (100%)	174 keV (82%)	<sup>68</sup> Ga(α,4n) <sup>75</sup> As (E <sub>α</sub> =33.9 MeV)
As-70	52.6 min	β <sup>+</sup> + EC (100%)	1039 keV (81%)	<sup>68</sup> Ga(α,5n) <sup>75</sup> As (E <sub>α</sub> =28.3 MeV)

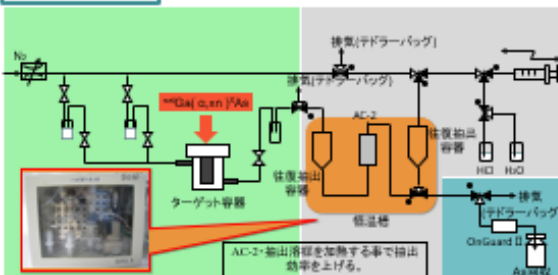
<sup>68</sup>Ga 放射源(α線, 34 MeV, 10 μA, 120分照射) 2.0 g Ga塊 2.0 g Nb箔 2.0 g SiCターゲット容器 2.0 g Nb箔 2.0 g SiCターゲット容器 2.0 g Nb箔 2.0 g SiCターゲット容器

## 【方法】

### 1. 照射・精製までの手順



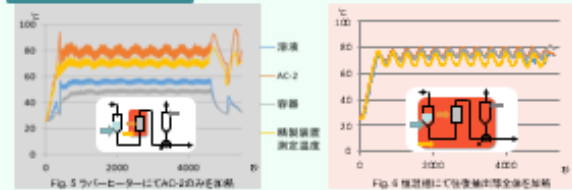
### 2. 遠隔抽出装置系統図



照射後、ターゲット容器内部へHClと還元剤を導入し、1時間加熱することで固体GaからAsを溶解すると共に、Asの還元(V→III)を行った。ここへ水酸化試薬を加え溶液中のAs(V)は揮発性の高いAsH<sub>3</sub>へ変化させることでAsを系外へ分離・移送した。得られたAsH<sub>3</sub>は、有機合成等に利用することも可能だが、今回は遠隔抽出装置へ吸着・酸化させることとした。植物イメージングに求められるAs(V)O<sub>3</sub>を得るために、吸着したAsH<sub>3</sub>は約70℃の加熱条件下、HClにて抽出させた。抽出効率向上のために、抽出液を繰り返し通過させる機構を設計した。抽出したAsH<sub>3</sub>は、陰イオン交換樹脂にて処理し、中性As(V)水溶液を得た。

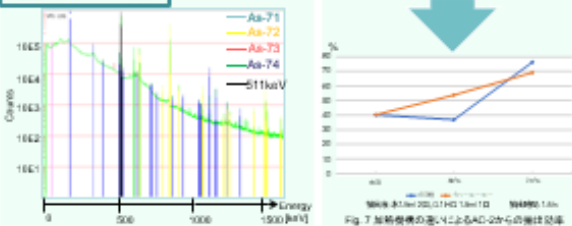
## 【結果】

### 1. 体内温度の変化と抽出率



AC-2部分加熱ではなく恒温槽とすることで、抽出に関わる全ての部品を均一に加熱することが可能となった。抽出経路内の温度変化が少なく抽出が安定化。

### 2. 製品のガンマスペクトル



生成が予想されるAs-71・72・73・74が検出された。(As-70は時間経過によって減衰したものと考えている。)

### 3. 製造結果

Tab. 2 製品中に認められるAs同位体の収率	Tab. 3 As放射能分析結果
As-74 (17.8 d) 37 kBq/μL	As-74 9 mL 44.4%
As-73 (80.3 d) 0.1 kBq/μL	As-73 --- 3.3%
As-72 (26.0 h) 1.4 kBq/μL	As-72 --- N/D
As-71 (65.3 h) 0.59 kBq/μL	As-71 --- 13.0%
As-70 (52.6 min) N/D	As-70 --- 1.8%
	ターゲット容器残量 37.5%

### 4. 製品(As(V)O<sub>3</sub>水溶液)の品質評価

不純物	Ga 検出下限値(30 ppm)以下 検出下限値(44 ppm)以下	東京エレクトロニクス ・・・ 純度: 99.99%, 99.9999%, 99.99999% X線電圧: 500 kV, X線電流: 500 μA
酸性	pH (ユニバーサル試験紙)	reginald, Marlen S. 測定時間: 1 min TLC/UV ・・・ TLC

製品から不純物は検出されず、中性As(V)水溶液が得られた。植物イメージングへの応用が可能。

## 【まとめ】

1. ターゲット容器内でターゲットGaからAsH<sub>3</sub>を発生させ、AC-2で吸着後、抽出することで精製を行った。
2. ターゲットGaの照射からAC-2での吸着、精製の全工程を遠隔装置化し、被ばく低減を達成すると共に、製造で発生する揮発性物質や放射性の排ガスを外部に放出させない系を構築した。
3. 本装置では酸・アルカリ・還元剤・各種カラムによりAsの分離が可能としており、有機溶媒を使用しない分離精製系を構築させた。
4. AsH<sub>3</sub>発生効率について向上の余地があるため、引き続き検討を行う。

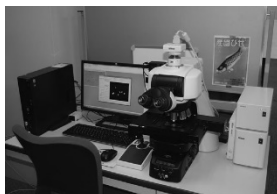
# 分裂中期細胞自動検出装置

古川 章

量子医学・医療部門 研究企画部 重粒子線がん治療普及推進グループ

## 1 概要

生物学的線量計測法の golden standard とされているのが染色体に見られる二動原体型異常であるが、これには自動化による作業の支援が求められていた。そこでわれわれは分裂中期細胞自動検出装置 (Metaphase Finder) を開発した。本装置はスライドガラス上で染色体が見られる分裂中期細胞を自動的に検出しその位置を記録するものであり、高速、高精度、小型、低価格という特徴を持っている。この装置は原発労働者とはもとより、周辺住民の測定にも使われるであろう。この装置は既に市販されているが、今回は人工知能を用いて検出結果をさらに選別し、誤って検出されたものの 90% を識別して取り除いた。



図：装置全景

## 2 画像処理のみで判定する方法

従来 of 我々の装置では 2 値化した後の画像のみに morphology 処理を施していたが、今回はその前の濃淡画像にも使用した (特許 4344862 号)。その結果、従来はできなかった、閾値と同程度に薄く染まった細胞核を染色体と分離することができるようになった。

## 3 画像処理のみの試行結果

10 枚のスライドを用い、それぞれの 5mmX20mm の面積をスキャンした。スライドはヒトの血液で、PCC 法 (PCC)、リンパ球培養 (Lym)、全血培養 (WB) の 3 種。速度は十分出ている。しかし精度は仕様 (FP Ratio<5%) を満たしているものもあるが、特に全血培養のものが悪かった。

## 4 人工知能の応用

そこで、精度を更に向上させるために、深層学習を用いた人工知能を応用してみた。9 層からなる人工ニューラルネットワークを使って正しいものと誤っているものを分別させることを試みた。今回は分裂中期細胞検出装置とは別の計算機で計算した。CPU は Intel Core-i3、RAM は 4 GB、GPU は使用せず。OS は Ubuntu、AI 構築に Theano と Keras を使用した。分裂中期細胞検出装置で”分裂中期細胞である”として検出された 1,709 個の画像 (実際には分裂中期細胞でないものも混じっている) を用いた (右下図)。画像 1,000 個は学習用、残りは検証用とした。その結果、分裂中期細胞では 89%、非分裂中期細胞では 90% の精度を得た。

## 5 結論

人工知能を画像処理の後に応用することにより、精度の向上が可能が示された。高性能計算機は必要なかった。また、ビッグ・データを集めるための組織も不要だった。

## 病理標本作製技術を用いた動物実験支援活動

○小川真里、橘拓孝、上西睦美、品川まゆみ、西村由希子、藤田美鈴、  
瀬尾ひとみ、岡部まゆみ、太田原雅美、遠坂歌子、平澤和子、畑中宏美、  
金佳香、本多淑恵、小谷幸恵、西村まゆみ

放射線医学総合研究所 放射線影響研究部

放射線影響研究部では、マウス、ラットを用いて放射線の生物影響を研究している。技術員、業務補助員は実験動物の飼育から解剖、病理標本作製を通して、研究の支援活動を行っている。研究者のニーズに応じて、一般的な病理標本であるパラフィン切片からの HE（ヘマトキシリンエオジン）染色標本作製から、免疫組織化学染色（IHC）及び In situ hybridization (ISH) 法を用いて特定のタンパク発現や DNA 及び mRNA の細胞内分布と発現量の評価に向けた標本作製まで行っている。また、特定の細胞や組織の分子解析に向け、凍結保存組織をクリオスタットを用いてレーザーマイクロダイセクション用の凍結切片の作製も行っている。作製した全ての標本は、バーチャルスライド化しアーカイブ化することで研究者が各々のコンピューターから観察、解析可能な環境を支援している。本発表では、放射線影響研究部の有する技術と支援活動を紹介する。

# 病理標本作製技術を用いた動物実験支援活動

○小川 貴里、橋 拓幸、上西 睦美、品川 まゆみ、西村 由希子、藤田 美鈴、瀬尾 ひとみ  
太田原 雅美、遠坂 歌子、金 佳音、本多 淑江、岡部 まゆみ、畑中 宏美、平澤 和子、小谷 幸恵、西村 まゆみ  
量子医学・医療部門 放射線医学総合研究所 放射線影響研究部

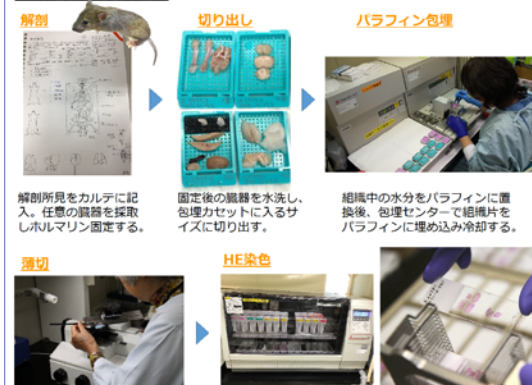
## はじめに

放射線影響研究部では、マウス、ラットを用いて放射線の生物影響を研究している。技術員および業務補助員は、病理標本作製を通して、研究の支援を行っている。本発表では研究部の有する病理標本作製技術の概要とそれにより得られる研究成果を報告する。

## HE染色標本作製による研究支援

放射線の生物影響、特に発がん影響を正確に評価するには病変の病理診断が不可欠である。技術員、業務補助員は、解剖、採取した臓器の切出し、パラフィンブロック、パラフィン切片作製及H&E(ヘマトキシリン-エオジン)標本作製を通して、放射線の発がんリスク評価研究を支援している。

### HE染色標本作製の流れ



パラフィンブロックをミクロトームで3~4μmにスライスし、スライドガラスに貼り付ける。

全自動染色機を使い、2種類の色素で細胞核を核以外の成分を染め分ける。カバーガラスを貼り付けH&E標本が完成する。

### 病理診断に貢献

Major Lesions	Minor Lesions
No.1 Liver: hepatocellular carcinoma (HCC) and differentiated hepatocellular carcinoma with cholangiocarcinoma	No.1 Lung: adenocarcinoma
No.2 Spleen: splenomegaly	No.2 Stomach: gastric adenocarcinoma
No.3 Kidney: renal cell carcinoma	No.3 Pancreas: pancreatic adenocarcinoma
No.4 Adipose tissue: lipoma	No.4 Intestine: intestinal adenocarcinoma
No.5 Bone marrow: myeloid metaplasia with fibrosis	No.5 Bone marrow: myeloid metaplasia with fibrosis
No.6 Bone marrow: myeloid metaplasia with fibrosis	No.6 Bone marrow: myeloid metaplasia with fibrosis
No.7 Bone marrow: myeloid metaplasia with fibrosis	No.7 Bone marrow: myeloid metaplasia with fibrosis
No.8 Bone marrow: myeloid metaplasia with fibrosis	No.8 Bone marrow: myeloid metaplasia with fibrosis
No.9 Bone marrow: myeloid metaplasia with fibrosis	No.9 Bone marrow: myeloid metaplasia with fibrosis
No.10 Bone marrow: myeloid metaplasia with fibrosis	No.10 Bone marrow: myeloid metaplasia with fibrosis

HE標本を用いて診断された結果は、放射線影響研究部が有するアーカイブ (J-SHARE) に反映され、研究者が自身のPC上で閲覧可能となる。

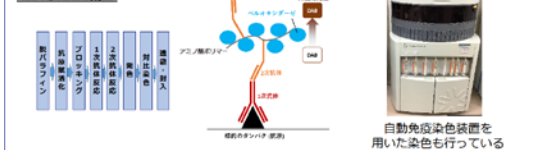
### 得られる研究成果

- がん及び非がん病変の確定診断が可能
- 個体別の死因同定が可能
- 放射線の発がん及び非がん病変別、臓器別のリスク評価が可能

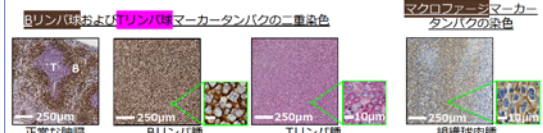
## 免疫組織化学染色(IHC)・in situ Hybridization(ISH)法の技術提供による研究支援

タンパク質・mRNAの発現量を指標にした病理診断と放射線被ばく後の発がん機構解明への支援活動を行っている。

### IHC染色の流れ

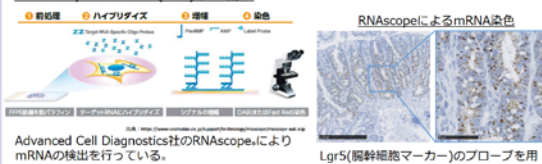


### 臓器リンパ腫のIHC染色によるタイプ分類



正常な脾臓 Bリンパ球 Tリンパ球 組織球肉腫

## in situ Hybridization(ISH)法の流れ



Advanced Cell Diagnostics社のRNAscopeによりmRNAの検出を行っている。

- がん細胞や正常細胞におけるタンパク質及びmRNAの発現量の評価が可能
- 特定の細胞同定による腫瘍の細分類が可能
- 放射線誘発がんの性質の解析
- 発現タンパク質及びmRNAの局在の変化の観察が可能
- 放射線照射後のタンパク質及びmRNAの経時的動態の解析

## 標本のデジタル化・アーカイブ化による研究支援

研究部では、作製した標本はデジタル画像化し、実験データのアーカイブ化を進めており、それに伴う準備、標本の取り込み作業を行い、研究支援をしている。



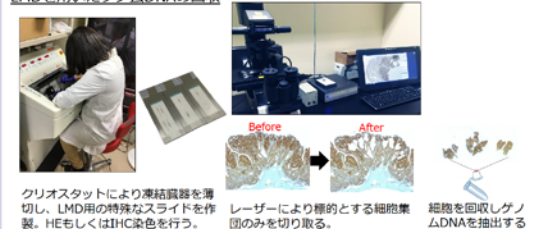
### 得られる研究成果

- デジタル画像化により顕微鏡観察が不要となり、ネットワーク環境があればどこでも標本の観察・解析が可能
- 放射線影響研究の加速
- アーカイブ化により研究部の実験データを国内外の研究機関に公開が可能
- 研究の成果の最大化、共同研究への進展

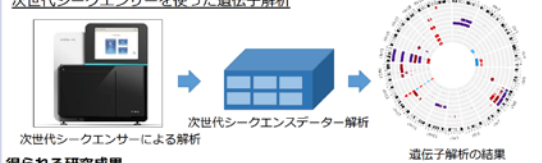
## 特殊なスライド作製技術による研究支援

研究部では、レーザーマイクロディセクション (LMD) を用いて、組織内の特定の細胞集団のみを回収し、遺伝子解析を行うための特殊なスライド切片を作製し、研究を支援している。

### LMDを用いたゲノムDNAの回収



### 次世代シーケンサーを使った遺伝子解析



### 得られる研究成果

- 均一ながん細胞のみを回収し、精度の高い遺伝子解析が可能
- 被ばく後の腫瘍が放射線誘発型か自然発症型かの判定が可能
- 放射線誘発がん特有の原因遺伝子の探索・同定が可能

### まとめ

技術員は、病理標本作製技術の提供により研究成果に貢献している。病理標本の質はその後の解析に大きな影響を及ぼす。良質な標本作製するため情報交換を盛んに行い、技術の向上を目指している。

## Smart Clear IIを使用した CLARITY 法によるラット乳腺の透明化

○西村由希子、永田健斗、小川真里、藤田美鈴、今岡達彦

放射線医学総合研究所 放射線影響研究部

当研究室では2種類蛍光タンパク発現ラット乳腺細胞を用いて、細胞競合の研究を行っている。細胞を混合・移植して発生した乳腺組織をまるごと標本（ホルマウント標本）化し、顕微鏡観察することで2種類の細胞がどのように組織を形成しているか確認できる。しかし顕微鏡でホルマウント標本を観察するには組織透明化が必要であり、蛍光を保持したまま標本作製する手法は限られている。

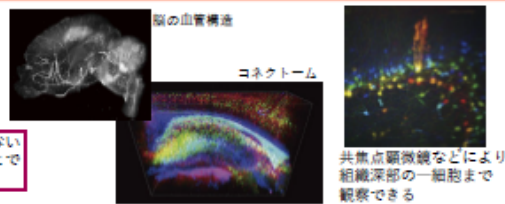
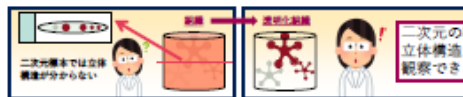
そこで当研究室ではLife Canvas Technologies 社製の組織透明化システムを導入し、蛍光を保持したままラットの乳腺ホルマウント標本作製している。今回は CLARITY 法を用いた組織透明化の作製法について紹介する。

# Smart Clear IIを使用したCLARITY法によるラット乳腺の透明化

西村由希子、永田健斗、小川真里、藤田美鈴、今岡達彦  
量子医学・医療部門放射線医学総合研究所 放射線影響研究部

## 組織の透明化

体組織を透明化する試みは100年以上前から行われているが、近年様々な手法が開発されたことで、脳の神経回路接続の総体(コネクトーム)や血管構造の解析などに期待が寄せられている。また組織をまるごと透明化することによって、三次元構造の解析が一細胞レベルで可能となる。

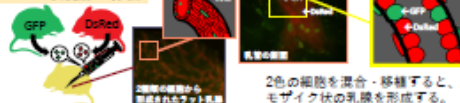


バイオリサーチセンター株式会社HPより

## 当研究部におけるラット乳腺透明化への取り組み

当研究室では、緑(GFP)と赤(DeRed)の2種類の蛍光タンパク発現ラット乳腺細胞を混合して移植・形成したモザイク状の乳腺を用いて、細胞融合の研究を行っている。

### モザイク状乳腺の作製



### 細胞融合とは

適応性の高い細胞集団(Winners)の中にある  
適応性の低い細胞(Losers)が排除される現象



2種類の細胞がどのように乳腺を形成しているかを解析するため、透明化までが比較的早く行えるCLARITY法を用いたLife Canvas社のSmart Clear II (高速組織透明化システム)を取り入れた。

## CLARITY法とは



**CLARITY** (Clear Lipid-exchanged Anatomically Rigid Imaging compatible Tissue hYdrogel) アクリルアミドベースのハイドロゲルを使い、電気泳動によって脂質を除去して組織を透明化する。有機溶媒を使用しないため、蛍光を保持したままホルマウント標本が作製できる。

### Step1

ハイドロゲルモノマーの浸透、およびハイドロゲルの組織重合



### Step2

SDS溶液中での電気泳動により組織の脂質を除去



バイオリサーチセンター株式会社HPより

## ラット乳腺組織透明化のステップ

透明化処理の工程はいくつかのステップがあり、顕微鏡観察できるまでに5~10日程かかる。



### 解剖によるサンプルの採取

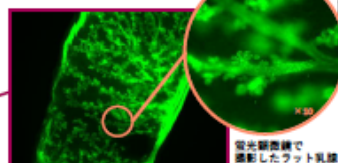
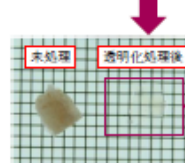
ハイドロゲルモノマー溶液中での組織固定 1~2日

脱気・浸透 1日

電気泳動による脂質除去 1日

DAPIによる核染色 1~3日

屈折率調節試薬による透明化 1~3日



## 実際の運用

項目	内容	担当者
1. 乳腺の採取	ラット乳腺の採取	西村由希子
2. 固定	ハイドロゲルモノマー溶液中での組織固定	永田健斗
3. 脱気・浸透	脱気・浸透	小川真里
4. 脂質除去	電気泳動による脂質除去	藤田美鈴
5. 核染色	DAPIによる核染色	今岡達彦
6. 透明化	屈折率調節試薬による透明化	西村由希子

### ①プロトコルの作成

ラット乳腺の最適条件を検討、プロトコルの作成。実験条件の記録を残し、透明化処理の管理を行う。

### ②保存・保管

蛍光が褪色しないよう、遮光容器に組織を保存し、4℃で保管する。



### ③観察・撮影

蛍光顕微鏡、共焦点蛍光顕微鏡で観察し、撮影を行う。



## これから

Smart Label (高速免疫染色システム)を用いて、透明化したホルマウント組織の抗体染色を行うことを目指す。



## parmanent MCAo における脳神経損傷具合の比較

○平石 惇人<sup>1,2</sup>, 張 一鼎<sup>1</sup>, 熊田 勝志<sup>1</sup>, 山崎 友照<sup>1</sup>, 張 明栄<sup>1</sup>

<sup>1</sup>量子医学・医療部門 放射線医学総合研究所 先進核医学基盤研究部 <sup>2</sup>株式会社アドバンテック

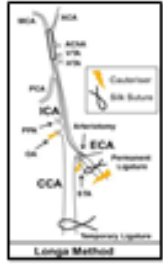
### 概要

核医学の分野では、脳神経組織の損傷による変性を陽電子放出撮像法 (positron emission tomography, PET) イメージングにより可視化する研究がよく行われている。その際に、脳梗塞モデル動物として、脳の中脳動脈 (middle cerebral artery, MCA) を一定時間梗塞し、その後血液を再環流させる一過性の脳虚血 (transient MCAo) モデルがよく用いられる。しかしながら、虚血時間の違いによる梗塞領域の神経損傷の範囲及び程度を比較した研究は行われていない。

そこで本研究では、MCA を 1 時間梗塞した transient MCAo モデルと 4、6、24 時間梗塞した permanent MCAo モデルにおいて、脳神経の損傷の程度を、組織学的手法を用いて比較し、transient MCAo モデルの脳神経の炎症具合を PET イメージングで確認することを目的として実験を行ったので報告する。

## Materials and Methods

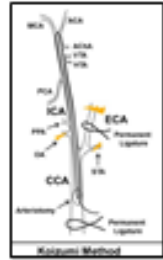
### MCAo surgery



- ・イソフルランで麻酔をかけたラットの頭部を縦切開し、総頸動脈(central carotid artery: CCA)を露出。
- ・各方法にて梗塞用糸を挿入。

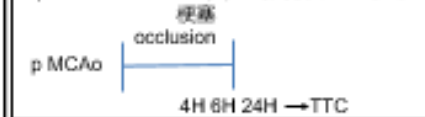
#### Longa Method

- ・transient MCAo: 1時間後梗塞解除



#### Koizumi Method

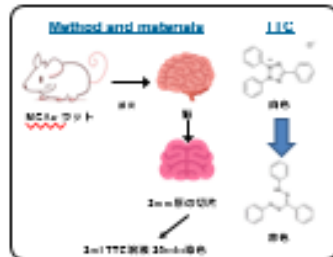
- ・permanent MCAo: 4, 6, 24時間後のTTCまで



### TTC staining

TTC: (2,3,5-Triphenyl tetrazolium chloride :TTC)

細胞呼吸や代謝活性測定に用いられる。  
生理活性のある組織では脱酸素酵素の効果で白色から赤色に代わる。

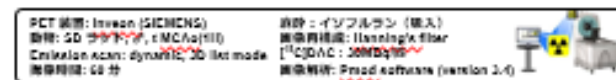


- ・MCAo手術ラットに麻酔をかけ、安楽死させる。

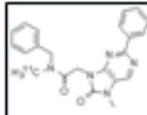
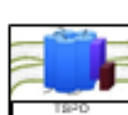
- ・脳を取り出し、ブレインスレーサーに設置し、厚さ2mmの切片を切り出す。

- ・2ml TTC溶液に切片を20分間浸して染色する。

### PET assessment



TSPD: 神経細胞のPET撮影時のバイオマーカー(10kDa)。  
阻害した神経細胞に多く発現するタンパク質。  
ミトコンドリア外膜に位置し、コレステロール輸送に関与する。  
[11C]DAC: TSPDと特異的に結合するPETプローブ。

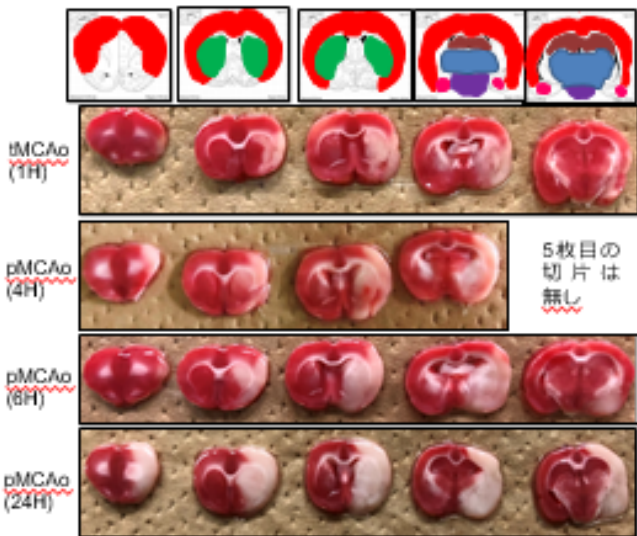


- ・麻酔をかけたMCAoラットの尾静脈にサーフローを取り付ける。
- ・PET装置に設置し、[11C]DACを投与し、PET撮像を行う。

## Results

### TTC results

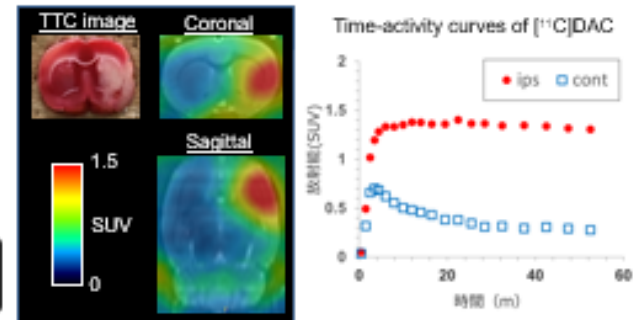
- 大脳皮質 緑条体 海馬 視床
- 視床下部 偏桃体



#### Result

虚血した右脳において、結紮時間の延長とともにMCAが血液を供給している頭頂葉、線条体深部、偏桃体において梗塞領域の拡大及び脳梗塞の進行が確認された。

### PET result



#### Result

- ・梗塞した領域において、[11C]DACの高い取り込みが見られた。
- ・TTC染色画像の梗塞部位と[11C]DACの取り込みが高い部位が一致した。

## Conclusion

- ・MCAの梗塞時間の延長に伴い、梗塞領域が拡大し、神経細胞死の進行が認められた。
- ・左半身に知覚・運動麻痺、運動麻痺が認められ、脳梗塞の進行に伴い症状が強く出ることが考えられる。
- ・TTC染色における梗塞領域とPET撮像における[11C]DACの取り込み領域の一致が確認された。
- ・梗塞領域とPET撮像領域が一致していることが示唆される。
- ・1時間梗塞でもPET撮像では強いシグナルを確認したことから、梗塞時間を延長した群ではより強いシグナルを得られる可能性がある。
- ・今後は他の群でもPET撮像を行い、それらの画像を比較することを予定している。

## ラットの脳腫瘍モデル及び脳虚血モデル作製法の確立

○張 一鼎、羽鳥 晶子、謝琳、山崎 友照、張 明栄

放射線医学総合研究所 ▲先進核医学基盤研究部 ■標識技術・プローブ開発グループ

放射性薬剤開発の有用性を検証するときに、新規薬剤および病態との関連性を明らかにするために種々の病態モデル動物の使用は必要である。とりわけ、脳機能や疾病を画像化し、診断・治療するとき、様々の脳疾患モデルの作製は欠かせない。演者らは、現在までに脳腫瘍と脳虚血モデルに対して、作製方法を確立し、先進核医学基盤研究部における放射性薬剤の開発研究に提供してきた。脳腫瘍モデルは、培養した腫瘍細胞をラット脳内に移植して作製し、また脳虚血モデルは、右中大脳動脈内に糸を挿入して血流を阻害し、一定時間が経過したのち血流を再開する方法を用いた。今回は、脳梗塞と脳腫瘍モデルの手術方法及び薬剤開発への応用について述べる。

# ラットの脳腫瘍モデル及び脳虚血モデル作製法の確立

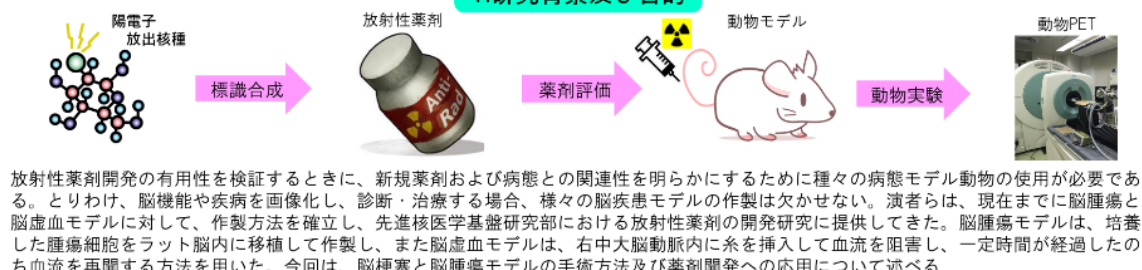


○ 張 一鼎, 羽鳥 晶子, 謝 琳, 山崎 友照, 張 明榮

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所  
先進核医学基盤研究部 標識技術・プローブ開発グループ



## 1. 研究背景及び目的



## 脳虚血モデル

## 2. 手術方法

## 脳腫瘍モデル



Fig. 2-1 ラット脳血管イメージ(A)、ナイロン糸による血管内閉塞モデル作製法(B)、手術後のラットにおける神経反応(C)

ラット頭部の右総動脈 (CCA) および外頸動脈 (ECA) を縫合糸で結紮し、内頸動脈 (ICA) より 2-0 ナイロン糸を中大脳動脈 (MAC) 先端の分岐部まで挿入した。一定時間が経過したのち、ナイロン糸を抜いて血流を再開した。

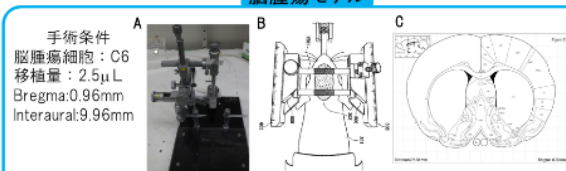


Fig. 2-2 ラット頭部固定措置(A)、脳腫瘍モデルの手術方法(B)及びラット固定位置 冠状断面(C)。

ラットの固定装置(A)を用いて頭を(B)のように固定し、頭皮を切開し、頭蓋骨を露出した。頭蓋骨の冠状縫合と矢状縫合が結合する Bregma を中心に横3mmと前方1mmに電動ドリルで穴を開けた。マイクロシリッジを穴から深さ約3mmまで刺して脳腫瘍細胞を注入した。

## 脳虚血モデル

## 3. 動物実験の結果

## 脳腫瘍モデル

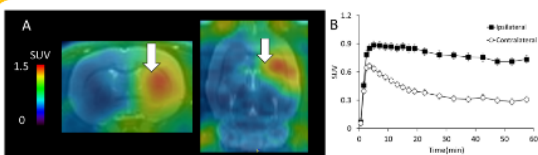


Fig. 3-1 脳虚血ラットのPET画像(A)および時間-放射能濃度曲線 (TAC)(B)

脳診断放射性薬剤を投与後0-60分においてPET撮像を行った結果 (A, B)、右脳半球の虚血側に高い放射能集積が見られたが、対照側正常組織には見られなかった。

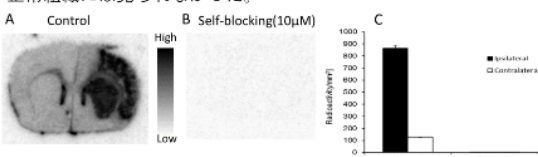


Fig. 3-3 脳虚血ラット脳切片(冠状断面)を用いた in vitro ARGの結果(A,B,C)及びTTC染色による虚血ラット脳切片の写真(D)

コントロール脳切片(A)では虚血部位の放射能集積が高く、対照側の集積が低かった。また、非標識体を添加した場合(B)、虚血側の放射能集積が阻害され、虚血部位への特異結合が明らかとなった。

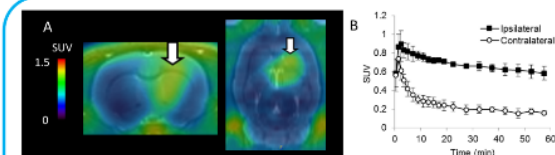


Fig. 3-2 脳腫瘍ラットのPET画像(A)および時間-放射能濃度曲線 (TAC)(B)

脳虚血モデルと同様の脳診断放射性薬剤を投与後0-60分のPET撮像を行った。脳腫瘍細胞C6を移植した部位に放射能の集積が見られ、対照側の組織では放射能集積が見られなかった(A, B)。

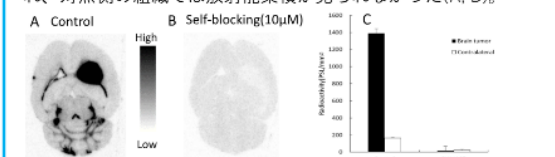


Fig. 3-4 脳腫瘍ラット脳切片(水平断面)を用いた in vitro ARGの結果(A,B,C)および脳腫瘍を含む切断面の写真(冠状断面, D)

コントロール脳切片(A)はPET結果と同様に脳腫瘍に特異結合が見られました。非標識体を添加し場合では、脳切片(B)において放射能特異結合が消失しました。

## 4. 結論

今回、脳疾患モデルとして脳虚血および脳腫瘍モデルの作製方法を確立し、種々のトレーサー実験に使用することが可能となった。

放射線医学総合研究所

# 令和元年度探索研究棟、ポジトロン棟及び環境放射線影響研究棟における げっ歯類動物用飼育器材洗浄業務活動報告

○新田耕一<sup>A)</sup>、<sup>B)</sup>、菅井孝一<sup>A)</sup>、<sup>B)</sup>、恩田 健太郎<sup>A)</sup>、<sup>B)</sup>、重兼弘法<sup>B)</sup>、小久保年章<sup>B)</sup>

<sup>A)</sup> 株式会社アニマルケア

<sup>B)</sup> 放医研生物研究推進室

## 概要

探索研究棟（以下、「探索棟」）は主に脳機能研究を行う実験施設であり、ポジトロン棟は短寿命 RI を用いた実験施設である。また、環境放射線影響研究棟（以下、「環境棟」）は非密封 RI を用いた研究を行う実験施設である。各棟ともげっ歯類の飼育が行われており、それぞれの飼育室では P1A 及び P2A 遺伝子組換え動物の飼育が可能となっている。

これら 3 棟におけるげっ歯類動物用の飼育器の洗浄・消毒業務について、それぞれの施設における運用の特徴を踏まえて報告する。

## 1. はじめに

動物実験は、温度、湿度、気圧、換気、照明、騒音などの物理化学的な因子やケージ、床敷きといった居住因子により実験結果に大きな影響を及ぼすことがある。飼育管理業務においては、飼育環境条件を常に一定する飼育管理が求められる。筆者らは居住因子に関する飼育器材の洗浄消毒業務に携わっており、動物の生活基盤を支えている。

本稿では、探索棟、ポジトロン棟、環境棟の 3 施設におけるげっ歯類動物用飼育器材の洗浄・消毒業務の現状を平成 31 年 4 月から令和元年 12 月までについて報告する。

## 2. 実験動物施設の概要

### a) 探索棟

マウス飼育室は、陰圧式フードラックが 2 台と陽圧式フードラックが 1 台設置してあり最大収容数は約 100 ケージである。ラット飼育室についても陰圧式フードラックが 2 台設置してあり最大収容数は 70 ケージである。また、P1A 及び P2A 遺伝子組み換え動物の飼育が可能である。

### b) ポジトロン棟

げっ歯類用の飼育室（4）では、マウス、ラットを飼育し、マウス用陰圧式フードラックが 2 台とラット用陰圧式フードラックが 2 台設置してある。最大収容数はマウスで約 70 ケージ、ラットで約 40 ケージである。また、マウス・ラット別々に独立した空調ダクトを取り付けているため、両方の動物を 1 室で飼育することが可能となっている。探索棟同様、P1A 及び P2A 遺伝子組み換え動物の飼育が可能である。

### c) 環境放棟

げっ歯類飼育室では、現在は、マウスのみの飼育で、日本クレア製のジックラック（後方からろ過した空気を前方に吹き出す飼育装置）が5台設置してある。最大収容数はマウス 120 ケージである。本棟でも P1A 及び P2A 遺伝子組み換え動物の飼育が可能である。

各棟の場所を図 1 に示す。

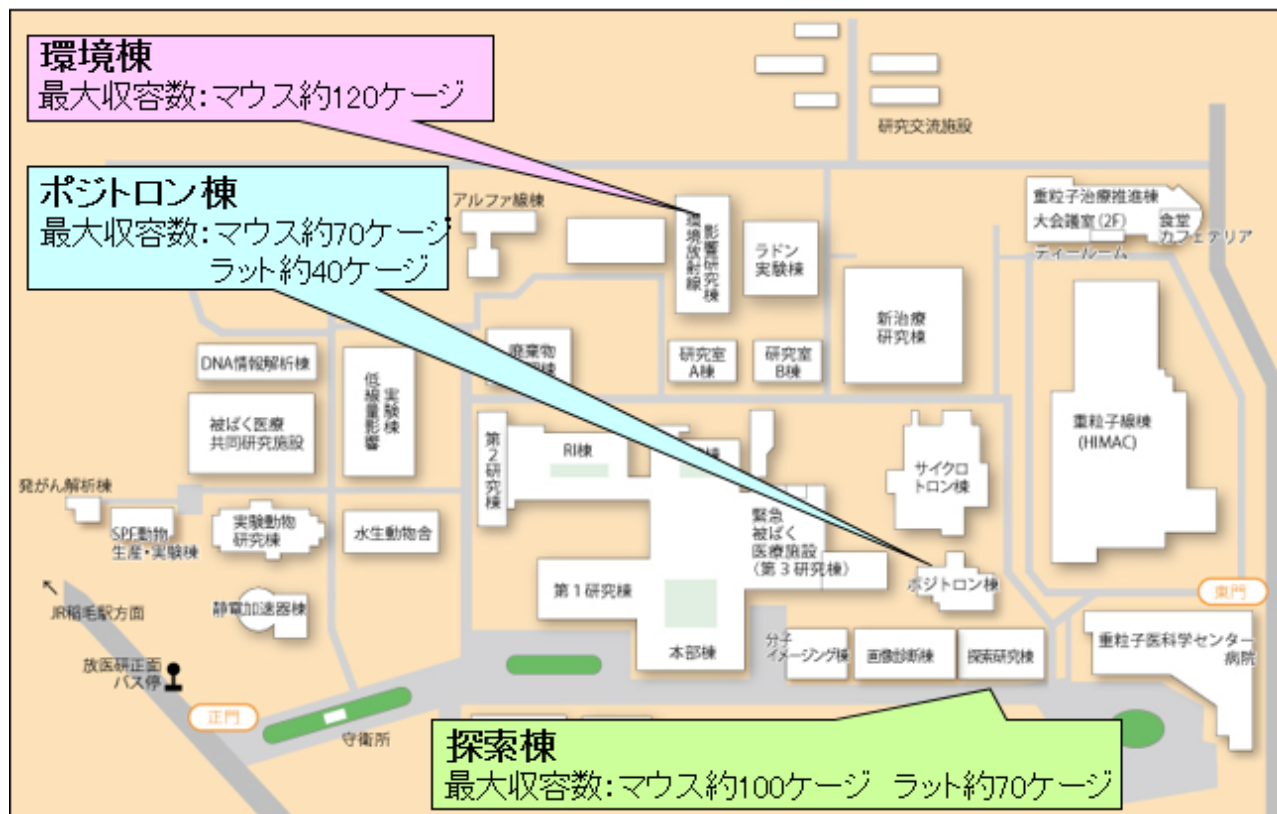


図 1 各棟の場所と最大収容数

### 3. 飼育器材の管理状況と作業の流れ

各棟の飼育器材管理及び運用の特徴を示す。

#### a) 飼育器材（図 2）

##### ・探索棟

マウスケージは、アルミ製で大きさは W17×D30×H11cm であり、1～5 匹まで収容可能である。給水瓶は、ポリカーボネート製のだるま型で 150cc の飲水が入る容器を使用している。ラットケージは、アルミ製で大きさは W27.6×D42.6×H20cm であり、1～3 匹収容可能である。給水瓶は、ポリカーボネート製のだるま型で 500cc の飲水が入る容器を使用している。

##### ・ポジトロン棟

マウス、ラットのケージ、給水瓶とも探索棟と同型の器材を使用している。

##### ・環境棟

マウスケージは、2 棟と同じ大きさであるがケージ上蓋の形状が若干異なっており（探索棟、ポジトロン棟は二つ折り蓋で環境棟は一枚蓋）、1～5 匹収容可能である。また、給水瓶は、ポリカーボ

ネット製の角瓶で 100cc の飲水が入る容器を使用している。

b) 飼育器材の洗浄・消毒法（図 2）

・探索棟

探索棟では、洗浄室で汚物を廃棄した後洗浄し、次亜塩素酸ナトリウム消毒液（本町化学工業社のサンラック 300 倍希釈液）で 30 分以上浸漬した後すすぎ、実験動物研究棟洗浄室で高圧蒸気滅菌処理（以下滅菌）を行っている。

・ポジトロン棟

ポジトロン棟は、洗浄室で洗浄し、次亜塩素酸ナトリウム消毒液（サンラック 300 倍希釈液）で 30 分以上浸漬した後すすいで、乾燥させた後保管する。

・環境棟

環境棟では、飼育準備室-1 で洗浄し、次亜塩素酸ナトリウム消毒液（サンラック 300 倍希釈液）で 30 分以上浸漬した後すすいで、乾燥させた後、飼育準備室-2 で保管する。

c) 飼料

3 棟共通で未滅菌の維持・繁殖専用の餌（フナバシファーム MB-1）を使用している。

d) 飲水（図 2）

照射実験等で使用された動物は、緑膿菌への感受性が高くなる。飼育室でこれらの動物と他の動物が接触すると感染が広がる為、3 棟共に塩酸添加水（pH3.0±0.2 に調整）を飲水させて感染を防いでいる。また、塩酸添加水の効果は、3～4 日程度なので週 2 回の交換を行っている。

給水ノズルを 2 週に 1 回の頻度で滅菌処理している。探索棟は、実験動物研究棟にポジトロン棟と環境棟は、ユーザーにそれぞれ依頼している。

e) 床敷（図 2 及び図 3）

糞尿臭の発生を抑制するトウモロコシチップ（SSP 社シェファーズコブ）と高い吸水性及び即乾性を持つ紙チップ（SSP 社アルファードライ テクニカルグレード）の 2 種類をユーザーの請求に応じて各棟へ運搬し、これらを混合して使用している。混合の割合容量は、1：1 である。混合することでさらに脱臭効果と粉塵が軽減され、飼育及び作業環境の改善に役立っている。

探索棟では、この 2 種類のチップをそれぞれ実験動物研究棟に滅菌処理依頼して使用している。ポジトロン棟では、未滅菌の混合チップを使用している。一方、環境棟では、平成 29 年 12 月より紙チップのみ使用している。

f) 作業の流れ（図 4）

・探索棟

探索棟では、器材請求表を確認して請求された器材を所定の場所に配達する。また、洗浄室に搬出された器材を洗浄・消毒し、すすぎ乾燥させた後ビニール袋で梱包して実験動物研究棟に滅菌依頼する。

滅菌処理された器材を探索棟に搬入し所定の場所に保管する。(図4の①～⑧)

・ポジットロン棟

ポジットロン棟では、器材請求表を確認して請求された器材を所定の場所に配達する。また、洗浄室に搬出された器材を洗浄・消毒し、すすぎ乾燥させた後ビニール袋で梱包して所定の場所に保管する。(図4の⑧を除く)

・環境棟

環境棟では、ユーザーが器材請求表を確認して所定の場所に配達する。飼育準備室-1 に搬出された器材を洗浄・消毒し、すすぎ乾燥させた後飼育準備室-2 に保管する。(図4の⑦、⑧を除く)

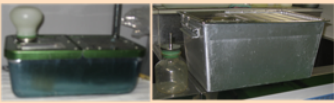

	飼育器材	飼育器材消毒法 <sup>1)</sup>	動物用飲水 <sup>2)</sup>	床敷
探索棟		次亜塩素酸ナトリウム消毒液に浸漬後、 <b>高圧蒸気滅菌処理</b>	<b>塩酸添加水</b> (pH3.0±0.2に調整)	<b>高圧蒸気滅菌処理した</b> トウモロコシチップと紙チップの混合
ポジットロン棟	マウスケージ ラットケージ		給水ノズルは、 <b>高圧蒸気滅菌処理(1回/2週)</b>	
環境棟	 マウスケージ	次亜塩素酸ナトリウム消毒液に浸漬		トウモロコシチップと紙チップの混合

図2 各棟における主な飼育器材の運用の比較



図3 2種類の床敷と混合した床敷

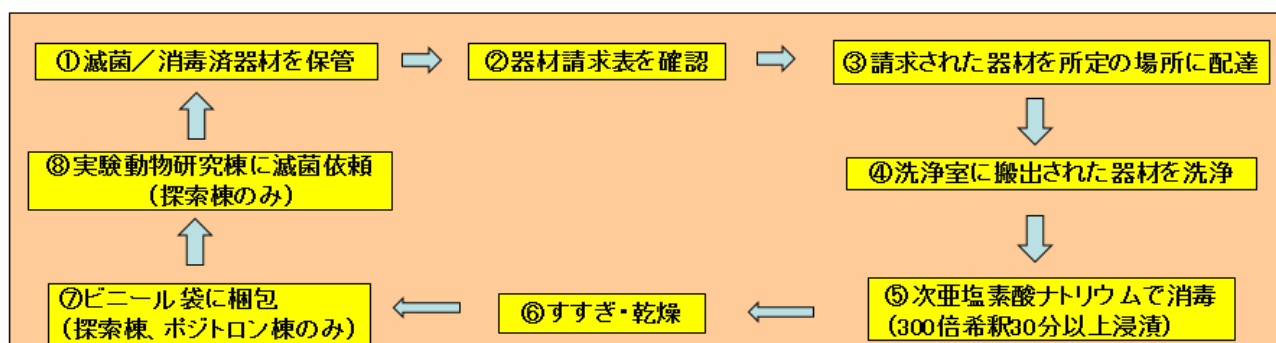


図4 作業の流れ

g) その他の関連業務

飼育器材の洗浄業務の他に 3 棟で飼育室前室、洗浄室、廊下、更衣室、保管庫等の清掃・消毒、無塵衣の交換及び使用する消毒液の調整や補充を行っている。

#### 4. 各棟における飼育器材洗浄数と請求数の実績

本章では、日々の洗浄業務と器材請求数について述べる。洗浄する飼育器材としては、ケージ・給水瓶・ケージ上蓋・給餌器・ラベルホルダー・給水瓶運搬用バケツ等があるが、洗浄頻度及び請求頻度の高いのは、ケージと給水瓶であるため、これら 2 種類について述べる。

##### a) 飼育器材の交換頻度

飼育ケージの交換頻度は、マウスで週 1 回、ラットで週 2 回（一部例外を除く）と規則で定められている。

給水瓶の交換頻度は、マウス・ラットとも週 2 回と定められている。但し、動物を飼育室から実験に移動する際には、ケージと給水瓶を新しい物に交換する規則となっている。

##### b) 各棟の洗浄可能数

月平均で消毒浸漬できる最大ケージ数は、各棟で洗浄室のシンクの大きさが異なり、ケージの他にも給水瓶運搬用バケツ等の器材の洗浄・消毒があるため、探索棟ではマウス約 460 ケージ、ラット約 520 ケージ、ポジトロン棟ではマウス約 280 ケージ、ラット約 130 ケージ、環境棟では、マウス約 170 ケージである。一方、月平均で消毒浸漬できる最大給水瓶数は、探索棟で約 1460 本、ポジトロン棟で約 950 本、環境棟で約 650 本である。但し、探索棟とポジトロン棟は、マウス・ラットの合計本数である。

##### c) 平 31 年 4 月から令和元年 12 月までの月別飼育ケージ洗浄と請求数（図 5）

###### ・探索棟

探索棟では、マウスケージは月平均で約 860 ケージ洗浄している。これは分子イメージング棟 2 階の飼育器材も含めており、探索棟の洗浄数に対して約 2 割洗浄している。また、10 月は請求数より洗浄数が突出しているが、これは、MRI 用ヘリウムガス暴発事故に伴う全保管器材を洗浄・消毒・滅菌した為である。一方ラットケージの洗浄数は月平均で約 53 ケージとマウスと比べて 16 分の 1 と少ないが、これは現在のラットの収容率が約 10%と低いためである。（図 5 の①）

###### ・ポジトロン棟

ポジトロン棟では、マウスケージは月平均で約 220 ケージ洗浄している。ラットは月平均で約 47 ケージ洗浄している。マウスケージの場合、10 月～12 月にかけてほかの月より洗浄数が増えているがこの 3 か月で動物実験が盛んに行われたと推測できる。マウスもラットも請求数と洗浄数がほぼ一致している。（図 5 の②）

###### ・環境棟

環境棟では、マウスケージを月平均で約 120 ケージ洗浄している。12 月を除いて請求数と洗浄数がほぼ一致している。12 月は、請求数よりも洗浄数は多いが、これは、動物実験が終了して飼育器材が一度に搬出されたと推測できる。（図 5 の③）

d) 平 31 年 4 月から令和元年 12 月までの月別給水瓶洗浄と請求数（図 5）

- ・探索棟

探索棟 では、月平均で約 1,500 本洗浄している。これはケージ項で述べたが分子イメージング棟 2 階の給水瓶も含めており、探索棟の洗浄数に対して約 2 割強洗浄している。10 月の洗浄数が、請求数を上回っているが、これはケージの項で述べた事と同じ理由である。（図 5 の④）

- ・ポジトロン棟

ポジトロン棟では、月平均で約 740 本洗浄している。マウス・ラットとも洗浄数と請求数がほぼ一致している。10 月～12 月にかけてほかの月より洗浄数が増えているが、これはマウスのケージ洗浄数と比例しており、動物実験が盛んに行われたと推測できる。（図 5 の⑤）

- ・環境棟

環境棟では、月平均で約 366 本洗浄している。洗浄数と請求数がほぼ一致している。7 月、11、12 月は洗浄数が請求数を上回っている。特に 12 月は、前月より請求数が大幅に減少しているが、これは動物実験が終了したと推測できる。（図 5 の⑥）

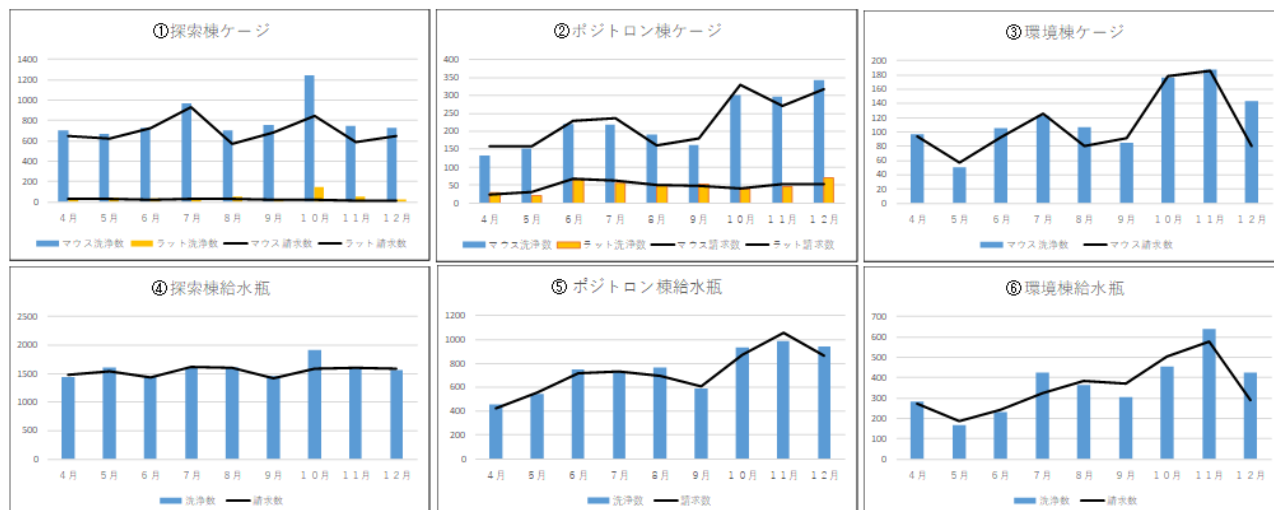


図 5 月別飼育ケージ洗浄数と請求数（上）及び給水瓶洗浄数と請求数（下）

注）給水瓶：探索棟とポジトロン棟はマウス・ラットの合計数

## 5. 考察

探索棟では、マウスケージの月平均洗浄数が、洗浄可能数を上回っているが、これは、前述したように分子イメージング棟 2 階のケージや暴発事故の影響があると推測される。給水瓶は、月平均洗浄数が洗浄数より少し多い。また、ポジトロン棟では、ケージ・給水瓶とも洗浄可能数の範囲内である。10、11、12 月では、前月より洗浄数が増加した。一方、環境棟でもケージ・給水瓶とも洗浄可能数の範囲内である。7 月と 10、11、12 月は洗浄数が増えた。この要因として、3 棟では、前述のように動物を飼育室から実験室へ移動するには、給水瓶とケージを共に新しい物に交換する必要があり、ケージや給水瓶の交換日以外にも実験室移動の際に交換した飼育器材が多く搬出されていること。また、動物の入れ替わりの頻度が高

いことがあげられる。このことは、これら3棟では、動物実験が活発に行われていることを裏付けている。

また、各棟とも飼育ケージと比較すると約2～3倍の給水瓶の洗浄を行っている。この要因として、ケージに比べて給水瓶の交換頻度が高いこと。また、一部のケージで多飲の動物が飼育されている為、1ケージに給水瓶を2本差していることがあげられる。

## 6. まとめ

動物実験結果の再現性を得るためには適正な飼育管理が必要であり、飼育器材等の洗浄業務はその一端を担っている。所内の実験動物施設毎に運用が異なることや、動物飼育数及び実験状況によっては、業務量が増えるが、今後もユーザーのニーズに速やかに対応できるようにまた、飼育器材の洗浄業務を通して動物実験のサポートができるように工夫しながら努めてゆきたいと思う。

## QST における、動物実験に関する

### 自己点検・評価及び外部検証への対応について

○石田有香<sup>A)</sup>、植松勇器<sup>B)</sup>、千賀信幸<sup>C)</sup>、関口真人<sup>D)</sup>、重兼弘法<sup>A)</sup>、田島好弘<sup>C)</sup>、  
植田久男<sup>D)</sup>、小久保年章<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup> 放射線医学総合研究所 生物研究推進室

<sup>B)</sup> 放射線医学総合研究所 技術安全部 放射線安全課

<sup>C)</sup> 高崎量子応用研究研 管理部 保安全管理課

<sup>D)</sup> 本部 安全管理部 安全管理課

わが国における動物実験は、「動物の愛護及び管理に関する法律」及びその関連法令に基づき、各研究機関で規程等を定め、機関の長の責任の下で運営する体制となっている。また、文部科学省が定める「研究機関等における動物実験等の実施に関する基本指針」では、この基本指針への適合性に関する自己点検・評価及び外部機関による検証が求められている。これに基づき、QST では、毎年、自己点検・評価を実施し、その結果をホームページにて公開している。また、外部機関による検証については、平成 21 年度及び平成 30 年度に受検し、その結果をホームページにて公開している。

本発表では、QST における自己点検・評価及び外部機関による検証への対応について報告する。

#### 1. 日本の実験動物及び動物実験に関する状況

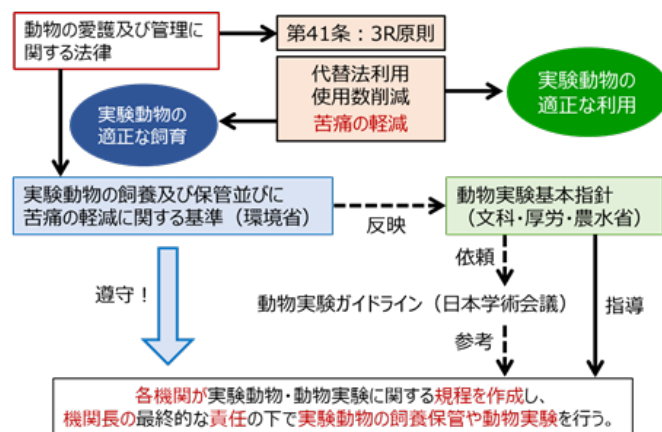


図1. 日本の動物実験に関する法体系

- ◆ 機関の自主管理 → 日本は研究者による自助努力を重視している
- ◆ 社会的透明性の確保 → ホームページ等による情報公開
  - ・ 定期的な自己点検及び評価の実施
  - ・ さらに
  - ・ 点検・評価の結果については当該研究機関等以外の者による検証（外部検証）の実施

動物実験に関する情報公開に関しては、以下の取組みに従って実施している。なお、平成28年度の組織統合以前より放医研は国立大学法人動物実験協議会（国動協）の会員であり、現在はQSTとして対応している。

国立大学法人動物実験施設協議会（国動協）幹事会及び公私立大学実験動物施設協議会（公私動協）幹事会より、積極的な公開が要請されている項目

- 1、機関内規程
- 2、自己点検評価の結果
- 3、外部検証の結果
- 4、飼養及び保管の状況
  - 1) 動物種（哺乳類、鳥類、爬虫類）
  - 2) 動物数（毎年の特定日の飼養数あるいは一日当たりの平均飼養数）
  - 3) 施設の情報（飼養保管施設の総数並びに主要な飼養保管施設の名称）
- 5、その他
  - 1) 前年度の実験計画書の年間の承認件数
  - 2) 前年度の教育訓練の実績（実施月日、実施内容の概略、参加者数）
  - 3) 動物実験委員会（当該年度4月1日時点での委員の構成）

## 2. 日本実験動物学会による外部検証事業

平成21年度～：国動協及び公私動協「相互検証プログラム」

平成29年度～：日本実験動物学会に移管

提出書類を踏まえ、複数名の専門家による訪問調査を実施し、自己点検・評価が妥当かどうかを検証する。調査時は、自己点検で使用した膨大な資料 $\alpha$ を取り纏め、限られた時間で説明する必要がある。外部の専門家に管理及び実施方法の意見をもらえる貴重な機会でもある。



図2. PDCAサイクル

## 3. QSTにおける実験動物の実施体制

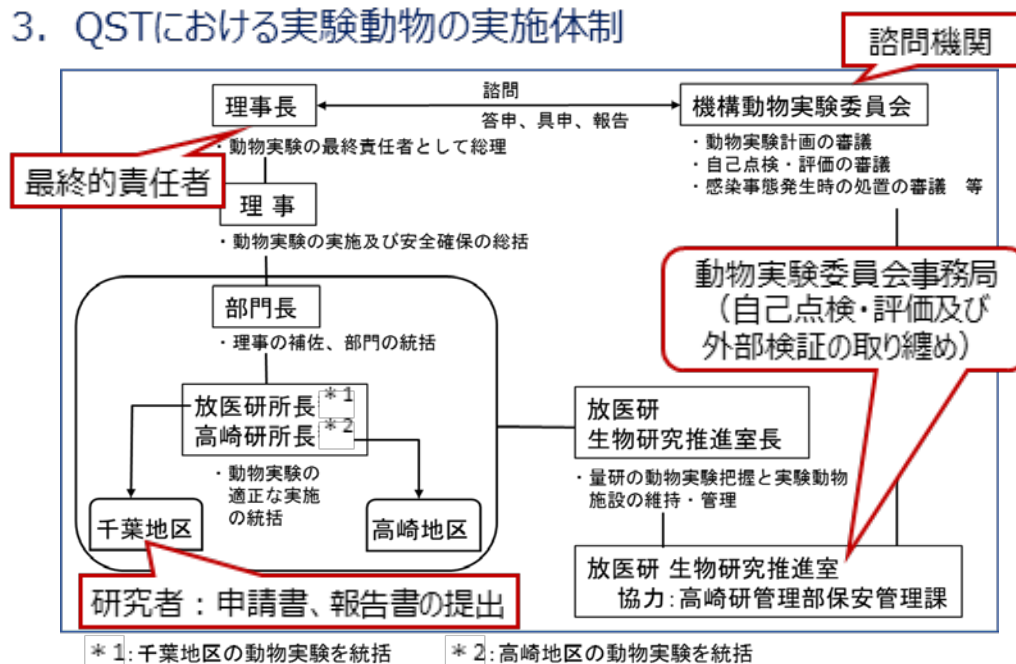
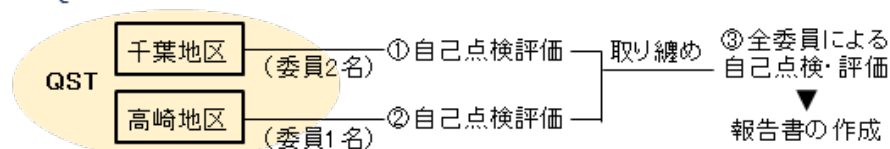


図3. QSTにおける実験動物の実施体制

QSTにおいて、動物実験は千葉地区と高崎地区で実施されており、動物実験委員会は、QSTでの動物実験等に関する様々な事項を審議又は調査するが、現在の事務局は放医研生物研究推進室となっている。

#### 4. QSTにおける自己点検・評価の実施



平成30年度の自己点検・評価(令和元年度に実施)

①千葉地区: 8月26日 ②高崎地区: 9月2日 ③動物実験委員会: 9月20日  
→ 自己点検・評価報告書の作成 → 11月6日に理事長承認 → ホームページ公開

#### 5. QSTにおける外部検証の受検

外部検証については、検証プログラム開始早々の平成21年度に1回目を受検した(放医研)。その後、QST発足後の平成30年度に2回目を受検した(訪問調査:平成30年12月6日、検証報告書と検証実施証明書の発行:平成31年3月14日)。総評として、「動物実験の実施体制、実施状況とも良好な状態」との結果であった。



図4. 外部検証結果報告書(左、中)と検証実施証明書(右)



図5. 外部検証事業の実績(平成21~30年度)

国動協及び公私動協は、令和2年2月現在で263の施設が加盟しているが、そのうち日本実験動物学会の外部検証事業（旧外部検証プログラム含む）を受検している施設は200施設であり、すべての加盟施設が外部検証を受検できているわけではない。さらに、検証が開始されたのは平成21年度だが、平成30年度までで2回目の受検を終えている施設はわずか9施設である。QSTはすでに2回受検しており、PDCAサイクルを回すことにより、より洗練あるいは改善された動物実験を実施するよう日々努めている。

## 6. QSTにおける情報公開

自己点検・評価及び外部検証結果の他、上述した公開情報については、QSTの所外向けホームページに、随時掲載している。

量研について> 情報公開> 動物実験に関する情報

<https://www.qst.go.jp/site/about-qst/1331.html> より閲覧可能

<より良い動物実験を実施するために>

動物実験に関しては、毎年、自己点検・評価や情報公開を実施しています。さらに外部検証も積極的に受検しており、継続して適切な動物実験を行うよう努めています。今後も、中長期計画1期ごとの外部検証受検を目指しつつ、より良い動物実験の実施を支援することで、QSTの研究成果へ繋げていきたいと思っています。

# 放医研で飼育されている霊長類における人獣共通感染症に対する 安全体制について

○重兼 弘法<sup>A)</sup>、松下 悟<sup>B)</sup>、小久保 年章<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup>放医研生物研究推進室

<sup>B)</sup>放医研人材育成センター教務課

放医研では、昭和 47 年（1972 年）より実験動物として霊長類の飼育が行われている。

霊長類は、ヒトと近縁な為、人獣共通感染症が多く知られている。この為、昭和 54 年（1979 年）より導入時の検疫及び定期検査制度が制定され、安全な動物を使用した実験が行える体制となっている。また、覚醒下で動物を取扱う機会が多いことから、他研究機関と比較して、検査項目が多く、霊長類取扱者に対して、所内資格制度を設けているのが特徴となっている。

本稿では、主な人獣共通感染症を中心とした放医研での霊長類の検査や取扱者への対応について紹介する。

## 1. 放医研での検査制度について

放医研では、昭和 47 年（1972 年）よりサル類の飼育が開始され、昭和 54 年（1979 年）11 月より導入時の検疫検査及び定期検査が定められた。この体制は、現在までに何回か変更されながら継続されている。サル類は、ヒトに近縁な為、多くの人獣共通感染症が知られており、いっそうの安全管理が必要となっている。

昭和 54 年 11 月以降に放医研で導入検疫を行ったマカク属サル（カニクイザル、アカゲザル及びニホンザル）のうち、検疫検査結果記録がある 226 頭についての導入時期と検査実施頭数を表 1 に示した。

また、サル類の衛生管理や取扱者への安全のために、要領やマニュアルを制定しており、サル類の検査について定めている（表 2）。

動物種	原産国	性別	検査実施数		
カニクイザル	日本	♂	3		
	インドネシア	♂	4	6	
		♀	2		
	マレーシア	♂	20	23	
		♀	3		
	フィリピン	♂	33		
	中国	♂	14	15	
		♀	1		
	カンボジア	♂	4		
アカゲザル	中国	♂	55		
	日本	♂	26	30	
		♀	4		
ニホンザル	日本	♂	47		
		♀	10		
			合計		226

表 1 マカク属サルの導入検疫検査実施数

検査項目	検査内容	検査頻度
一般検査	(1) 体温測定、口腔検査、触診、聴診	1 回／年
	(2) 体重測定	1 回／年
	(3) 視診（排泄物、栄養状態、外傷、顔貌）	1 回／日
細菌検査	腸内細菌科の菌を指標（赤痢菌、サルモネラ菌）	1 回／年
寄生虫検査	(1) 外部寄生虫（ダニ、その他）	薬浴：1 回／年

	(2) 内部寄生虫（糞便中の虫卵の有無）	1 回／年
ツベルクリン 検査	動物用ツベルクリン液 2000IU（液量 0.1ml）を上眼瞼部に皮内接種して 24、48、72 時間後に判定	1 回／年
血液検査	(1) 一般血液検査 赤血球数、白血球数、 血色素量、 ヘマトクリット、平均赤血球容積、平均赤血球色素量、平均赤血球血色素濃度、血小板数、血液像	1 回／年
	(2) 血液生化学検査 血糖、総蛋白、アルブミン、尿素窒素、総コレステロール、中性脂肪、無機リン、カルシウム、AST、ALT、アルカリホスファターゼ、C 反応性蛋白、A/G 比	
ウイルス検査	B ウイルス、A 型肝炎ウイルス、B 型肝炎ウイルス、C 型肝炎ウイルス、麻疹ウイルス、サル水痘ウイルス、サルレトロウイルス ◎検疫時のみ以下のウイルスも検査を行う アデノウイルス、サイトメガロウイルス、日本脳炎ウイルス、風疹ウイルス、HTLV（STLV）、SIV、フィロウイルス（マールブルグウイルス、エボラウイルス）	1 回／年

表 2 マカク属サルの検疫及び定期検査項目（令和 2 年 2 月現在）

これらの検疫検査結果より、サルとヒトの両方に感染する、人獣共通感染症の検査結果や放医研での対応について、6 種類の病原体を例として、次章で述べる。

## 2. 主な人獣共通感染症の検査結果や放医研での対応について

「感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律」第 13 条で定める獣医師による届出の有無及び放医研での検査体制、サル導入検疫検査結果については、表 3 にまとめた。

### 1) 結核

#### (a) 特徴

ヒトでも感染しているケースが多いため、ヒトからの感染に注意が必要である。

#### (b) 放医研での陽性例発生例及び対応

サル導入検疫及びその後の定期検査でのツベルクリン陽性例はない。

なお、ツベルクリン反応で疑陽性又は陽性であった場合は、再検査を実施して確定診断を行う。また、サル類取扱者は健康診断時に胸部 X 線撮影を行う。万一、サルで結核が陽性またはその疑いがある場合は、すみやかに千葉市保健所へ届出を行う必要がある。また、該施設の立入制限を実施し、保健所及び関係機関担当者の指示に従い、事態の対処を進めることとなる。

病原体名	届出 義務	検査体制			検疫 検査結果
		事前 検査	導入 時	定期 検査	
結核	○	○	○	○	0/226
細菌性赤痢	○	○	○	○	1/157
マールブルグ	○	—	○	—	0/150
エボラ出血熱	○				
麻疹	—	—	○	○	76/225
B ウイルス	—	○	○	○	1/150

表 3 病原体の検査体制と検疫検査結果

## 2) 細菌性赤痢

### (a) 特徴

ヒトでも感染しているケースが多いため、ヒトからサル類への感染に注意が必要である。

### (b) 放医研での陽性発生例及び対応

サル導入検疫検査での陽性例は平成 3 年（1991 年）に導入されたマレーシア原産のアカゲザルの 1 例である。この個体は、導入後、約 2 年半実験に使用され、安楽死を行ったが、当時の状況については不明である。なお、それ以降に導入された個体については、全て陰性である。サル類取扱者は健康診断時に検便検査を実施する。万一、サルで細菌性赤痢が陽性またはその疑いがある場合は、すみやかに千葉市保健所へ届出を行う必要がある。また、該施設の立入制限を実施し、保健所及び関係機関担当者の指示に従い、事態の対処を進めることとなる。

## 3) マールブルグ及びエボラ出血熱

### (a) 特徴

サル類が日本で輸入される際の検疫時の検査項目となっており、日本国内での発生例はない。ワクチンや有効な治療方法もなく、ヒトもサル類も死亡率が高い。

### (b) 放医研での陽性発生例及び対応

サル導入検疫検査での抗体陽性例はない。万一、サルでウイルス抗体が陽性またはその疑いがある場合は、すみやかに千葉市保健所へ届出を行う必要がある。また、該施設の立入制限を実施し、保健所及び関係機関担当者の指示に従い、事態の対処を進めることとなる。

## 4) 麻疹（はしか）

### (a) 特徴

主にヒトからサル類への感染が見られる。また、特にマカク属サルでは感受性が高いため、一旦発生すると感染が広がる為、問題となる。一部の原産国では、サル類へ予防ワクチンを接種しているとの情報があるが、情報の開示がされないことが多いため、確認することが困難である。また、日本国内での飼育施設や研究機関等において、麻疹の検査を実施していない場合が多く、導入前の事前検査で麻疹の検査結果が得られないことがある。

### (b) 放医研での陽性発生例及び対応

放医研へ導入された個体では、抗体陽性の個体が多い（図 3）が、再検査の結果、抗体価の変動が軽微の範囲であった為、いずれも検疫合格となっている。抗体陽性の場合、約 1 ヶ月後に再度検査を実施して、抗体価の比較を行う。この結果、抗体価の変動が軽微（希釈倍率で 2 段間以内）であれば、ウイルスは既に体内から排出されており、感染源とはならないので、検疫合格となり、実験への使用が認められる。

なお、サル類取扱者については、立入り教育訓練実施時に予防接種歴を確認しており、予防接種歴がない場合は、サルの取扱前に予防接種を依頼している。万一、サルで感染減になっていると判断された場合は、関係者と協議の上で、事態への対応を行うこととなる。

## 5) B ウイルス

### (a) 特徴

サル類では無症状または軽微（舌に水疱程度）のことが多いが、ヒトが感染すると、急性進行性髄膜脳炎で死亡する場合もある。また、B ウイルス陽性のサル類であっても、取扱いに注意して、実験に使用している研究機関も多い。

### (b) 放医研での陽性発生例及び対応

サル導入検疫検査で抗体陽性の個体については、検疫不合格となる。放医研の導入検疫検査で抗体陽性であった1例は、平成20年（2008年）導入のニホンザルであった。この個体は、導入元機関での事前検査では陰性であったが、放医研での検疫検査時に陽転（弱陽性）した。この為、検疫不合格となり、動物実験委員会で当該個体の取扱いについて審議が行われた。この結果、導入元機関とも調整し、同時に導入された他の3頭のニホンザル（いずれもB ウイルスは陰性）と共に、導入元機関へ返却された。

なお、海外では50例程度ヒトへの感染報告がある。日本では、令和元年（2019年）に鹿児島市で初めて感染の報告があった。

## 3. 放医研での取扱者への対応について

放医研では、サル類の衛生管理や取扱者への安全のため、サル類の検疫制度が発足した昭和54年（1979年）より規則類を制定しており、新しい知見等と共に、「動物実験委員会（旧実験動物安全・倫理会議）」でサル類についての専門家やサル類研究者を交えて審議され、数年に1回程度、検査項目を含めて改正が行われている。

また、サル類取扱中の事故を減らし、安全、衛生及び動物倫理に配慮した取扱いを行うべく、サル類の取扱者については、所内ライセンス制度が平成18年（2006年）より導入され、ライセンスの取得及び年1回の更新を義務づけている。

昨年11月、国内で初めて、動物実験施設の従事者より、ヒトへのB ウイルス感染例の報告があった。これを受け、放医研では、放医研で飼育中のサル類については、全てB ウイルス陰性であり問題ないことを量研全体へ知らせると共に、サル類取扱者に対しては、防護具着用の徹底や注射針による針刺し事故への注意を周知した。また、QST病院の医療関係者に対しても、サルとの接触歴のある患者を診察する際には、必要に応じてB ウイルス感染症を念頭においた診療が必要であるとの厚労省から通知があったことを周知した。更に昨年12月に追加調査で過去にも1例発生があった際にも、サル類取扱者及び医療関係者に対して、再度の注意喚起を行った。

導入時の検疫及び定期的なサル類の検査と取扱者に対する健康診断により、人獣共通感染症を中心とした病原体へのモニタリングを実施しているが、症状を示さない又は軽微の場合があり、発見が遅れる場合がある。この為、飼育施設内や実験中は、普段から動物の状態を注意深く観察すると共に、前述した安全器具の着用や消毒を徹底することにより、感染経路を遮断し、ヒト・サル類への感染拡大を防ぐことが重要である。(図1)。

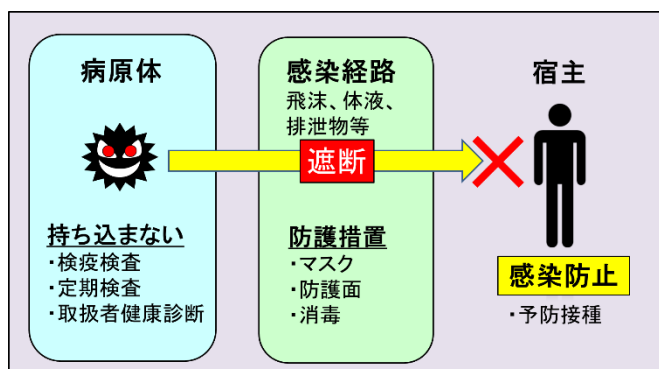


図1. 感染防止対策例

#### 4. おわりに








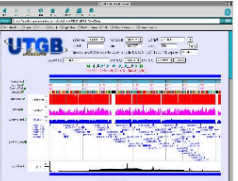
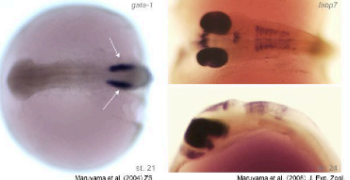
本稿で述べた病原体以外にも含めて、幸い放医研ではサル類に関しては、大きな問題となるような感染事故は発生していない。今後も、検査体制の維持や取扱者等への安全対応へのソフト面及びハード面での対応を行いながら、安全な動物を使用して実験が遂行できるよう、支援業務を行ってゆく所存である。

# 量研の実験動物メダカ

○丸山 耕一<sup>A)</sup>、諸越 理恵<sup>A)</sup>、前田 圭子<sup>A)</sup>

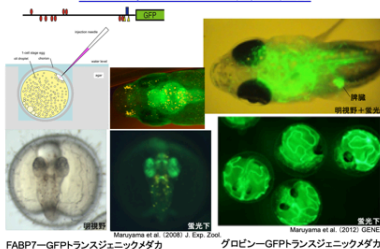
<sup>A)</sup> 量子医学・医療部門高度被ばく医療センター 福島再生支援研究部 環境影響研究グループ

量研における実験動物メダカは60年以上の歴史を有し、放射線影響研究を始めとして、近交系メダカシステムの作出、メダカ精子凍結保存法の確立などの様々な業績が存在している（参照：放射線科学2015vol.58-2）。また、これまでに実験動物メダカの特性を生かして、量研内外の研究機関に様々な技術提供を行ってきた。今回それらについて紹介、解説すると共に、最近開発した胸腺を指標にリアルタイムに放射線影響-回復を可視化、定量化出来るシステムについても報告する。

<h3>メダカを使って実験をする利点</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>メダカ卵は体外受精であり、胚は大きく透明なので、胚操作が容易であり、トランスジェニックメダカの作製は非常に容易で観察しやすい（特に初期胚）</li> <li>ゲノムのサイズは約800Mbp（ヒトの1/4）であり、ヒトとメダカで7-8割の遺伝子は保存されている。</li> <li>近交系が存在している→移植が可能</li> <li>成熟期間が約3ヶ月と非常に短い。</li> <li>産卵期は毎朝卵を産み、均一のステージが大量に集めることが出来る。</li> <li>温度に非常に強い（4-40℃）</li> <li>生物毒性試験の一つとしてOECDやJISが採択している。</li> </ul>  	<h3>メダカの実験動物としての基盤</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>日本で、メダカゲノム解読プロジェクトがおこなわれ、メダカ全ゲノム情報がHP上で入手可能（Kasahara et al., Nature 2007）</li> <li>10万を超えるEST解析（日本発）、2万4000種のcDNA情報がデータベースに登録されている。またその中から8000がセレクトされてマイクロアレイが確立されている。</li> <li>大掛かりなミュータジェネシスプロジェクトが行われ、興味深い突然変異体が多数取られ、公開、提供されている（食、放射線高感受性メダカ）。</li> <li>TILLING法が確立され、ノックアウトシステムの作出が可能</li> <li>GFPトランスジェニックメダカ作出の系が確立している。</li> <li>放医研江藤先生によって樹立された培養細胞株が利用可能</li> </ul>	<h3>メダカで提供可能な技術</h3> <p>（実験動物の維持、管理）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>（メダカを中心として）実験動物の育種、繁殖</li> <li>精子凍結保存などの繁殖工学技術</li> </ul> <p>（遺伝子操作技術）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>遺伝子のクローニング</li> <li>in situハイブリダイゼーション法を用いた発現解析</li> <li>GFP等を使ったトランスジェニック生物の作成技術</li> <li>TILLING法を使ったノックアウトシステムの作成</li> </ul> <p>（その他技術）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>組織（細胞）の移植</li> <li>X線、γ線などの照射技術</li> </ul> <p>（知照）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>最江上先生らによって行われたメダカを用いて行われた大掛かりな放射線影響研究の知照</li> </ul> 
<h3>&lt;設備&gt; メダカの育種、繁殖、保存</h3>   <p>産卵への対応</p>  <p>メダカ精子保存用液体窒素タンク</p>  <p>室内飼育棚 13</p> <p>精子凍結保存の受託</p> <p>寄生魚の観察</p>	<h3>&lt;遺伝子を取ってくる&gt; メダカ・ゲノムデータベース</h3>  <p>完全長のメダカゲノムがHP上で公開されている</p> <p>配列から探すことが可能で、ゲノム上で近傍にある遺伝子も探索可能</p> <p>欲しい遺伝子は苦労せずクローニングが可能（1日-1週間）</p> <p><a href="http://dolphin.lab.nig.ac.jp/medaka/">http://dolphin.lab.nig.ac.jp/medaka/</a></p>	<h3>&lt;遺伝子の発現を見る-1&gt; メダカ・in situハイブリダイゼーション</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>メダカ幼体胚はwhole mount in situハイブリダイゼーションに適している。</li> <li>紫に染まっている部分が遺伝子が発現している部分。</li> </ul>  <p>gata-1</p> <p>gata-2</p> <p>Sl. 21</p> <p>Maruyama et al. (2004) 75</p> <p>Maruyama et al. (2005) 3, Fig. 7 (a)</p>

<遺伝子の発現を見る>

GFPトランスジェニックメダカ

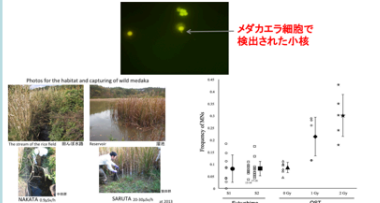


FABP7-GFPトランスジェニックメダカ (Matsuyama et al. (2008) J. Exp. Zool.)  
グロビン-GFPトランスジェニックメダカ (Matsuyama et al. (2012) GENE)

<放射線の障害を定量>

メダカ小核試験法の確立

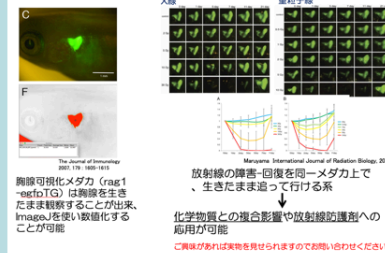
- 細胞の染色体異常を検出する系で、放射線障害を定量可能
- エラ、脾臓、腎臓(魚類造血器官)などの臓器で系を確立



メダカエラ細胞で検出された小核 (Fukushima et al. (2012) J. Exp. Zool.)

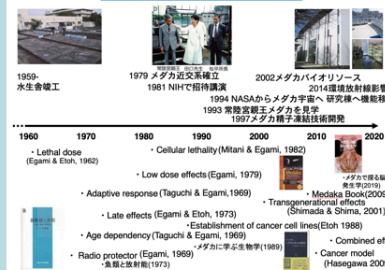
<放射線の障害を見る>

胸腺可視化メダカによる放射線障害の定量



放射線の障害-回復を同一メダカ上で、生きたまま追って行ける系 (Matsuyama et al. (2012) International Journal of Radiation Biology)

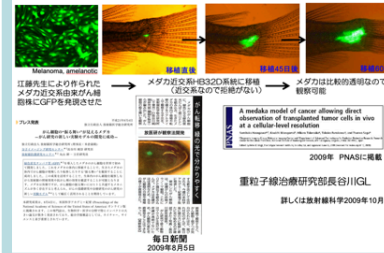
量研(放医研)でのメダカの歴史



メダカで得る脳の発生学 (2015) (Shimada & Shima, 2001)

<細胞を移植>

メダカ担ガンモデル



メダカは比較的高透明なので観察可能 (Matsuyama et al. (2012) PNAS)

これまで所内外で技術提供、協力した方々

所属・氏名	内容	成果・実績
分子イメージングセンター		
長谷川 純孝先生	腫瘍イメージング	PNAS (2009)
青木 伊知男先生	メダカMRI	Anal. Chem. (2012)
重粒子医科学センター		
藤森 亮先生	HCEPで得られた遺伝子の解析	J. Exp. Zool. (2007)
基礎技術センター		
湯川 雅枝先生	PIXEを使って微量元素解析	PIXEシンポジウム(2007)
広島大学		
沢尻 昌彦先生	メダカ・ハイマック照射実験	HIMAC成果発表会(2012)
東京工業大学		
工藤 明先生	血球が光るメダカの提供	Dev. Biol. (2010)
産総研		
出口 友則先生	血球が光るメダカの提供	Genesis (2012)
JAXA		
内田 智子先生	血球が光るメダカの提供	

実験動物メダカを取り囲む研究環境は年々進歩しており、最近では、メダカ全ゲノムが解読、公開され、また遺伝子ノックアウト作出技術(TILLING法)が確立されるなど、様々な研究ニーズに対応できるようになってきている。我々はそれら技術を取り込み、**メダカ遺伝子を、取得し、発現を見て、潰す**ことが可能である。また、これまで確立している精子凍結保存、細胞移植、放射線照射、長期飼育等の技術に対しても改良等を行っている。

# 実験動物研究棟の実験動物施設としての施設管理—令和元年度—

○大久保 喬司<sup>B)A)</sup>、末竹 弘樹<sup>A)</sup>、小久保 年章<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup> 放射線医学総合研究所 生物研究推進室 <sup>B)</sup> アドバンテック (株)

## 概要

実験動物研究棟は、コンベンショナルな実験動物施設として管理・運営しており、P2A レベルまでの遺伝子改変動物の飼育、実験も対応可能な施設である。また、3 ヶ月毎の微生物モニタリングを行い、微生物学的な保証をしている。本報告会では、実験動物研究棟の紹介と令和元年度に実施した施設管理状況について報告した。

## 1. 施設紹介

### 1) 3 階マウス区域



図 1. 更衣室の衣類脱臭装置



図 2. 器材室（ケージ収容台車）



図 3. 処置室の安全キャビネット

- ・ 3 階マウス更衣室に衣類脱臭殺菌装置を設置し、衛生的な更衣室環境を保っている。
- ・ 器材室のケージは、清潔に保つ為に、ケージ収容台車に保管している。
- ・ 処置室には、安全キャビネット（クラスⅡ）が設置されており、実験の様々な場面で活用されている。

### 3 階マウス室



図 4. オープンラックでの飼育



図 5. ラミネーターラックでの飼育

3 階マウス区域は、当該区域のみで完結する長期飼育実験及び X 線棟・重粒子線棟の照射のみ行う実験を目的とする区域である。飼育室には、オープンラック、ラミネーターラック（陽圧ラック）の 2 種類の飼育棚がある。部屋は、8 部屋あり、最大収容数は約 2600 ケージである。千葉地区で一番多くの使用者があり、動物飼育数も多い。作業動線は、器材室・飼料室→飼育室・処置室・照射室の順番を徹底している。

## 2) 4 階マウス・ラット区域

4 階マウス・ラット区域は、ラット室（1）とマウス室（1）・マウス室（2）の計 3 部屋からなる。棟内で完結する実験及び X 線棟・重粒子線棟の照射のみ行う実験の為の飼育区域である。マウスは、最大約 600 ケージ、ラットは最大約 150 ケージ収容可能である。オープンラックでの飼育をしており、ラット室には、バイオクリーンラックが 1 台設置してある。



バイオクリーンラックは、ケージ前面部にエアーカーテン、ケージ内にクリーンエアが流れ、ケージ上部から出たダストエアはラック背面からフィルターを通して外へ排出される。このラックは、完全な個別換気ケージ（IVC）ではないが、それに準ずることが可能な飼育装置である。

## 3) P2A マウス区域



P2A マウス室（1）は主に P2A マウス実験、P2A マウス（2）は長期イメージング撮影実験マウス室としている。最大収容数は、P2A マウス（1）が約 340 ケージ、P2A マウス（2）が約 270 ケージである。また、安全キャビネットとネガティブラック（陰圧ラック）が設置されており、P2A 実験が可能である。飼育器材は、全てオートクレーブ後に洗浄作業をおこなっている。

4) 1 階マウス・ラット区域



1 階マウス・ラット区域は、半年未満の実験で、実験規模が 50 ケージ未満の小規模な実験とし、動物実験室へ搬出した動物の再搬入可能な飼育室である。マウスもラットも飼育可能で、飼育動物により動線が異なる。全てネガティブラックでの飼育となっている。

管理状況

表 1. R 元年度の主な管理状況

活動内容	期間/頻度	場所
合同ユーザー会議	2回/月	低線量実験棟会議室
モニター動物搬入・搬出	4回/年	3階・4階動物飼育区域
温湿度記録計調整	3回/年	動物管理区域全域
空調機器定期点検	2回/年	1階機械室、屋上機械室
空調機器フィルター交換	1回/年	
消防設備点検	2回/年	棟内全域
動物飼育室 プレフィルター交換	隔週	全動物飼育室
飼育室クリーンアップ	随時	各飼育室

図 12. R 元年度 飼育エリア毎の稼働状況

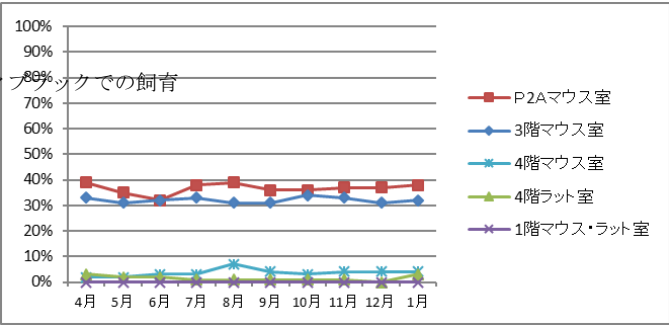
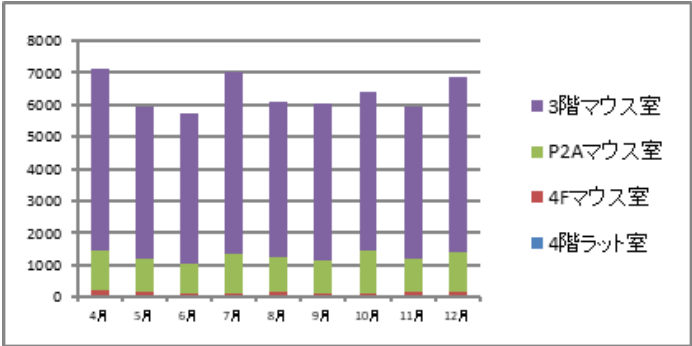


表 2. 各部屋の使用研究グループ

室名	部屋数	使用研究グループ数
3階マウス室	8部屋	18
4階マウス室	2部屋	3
4階ラット室	1部屋	2
P2Aマウス室	2部屋	2

図 13. R 元年度 ケージ供給数



ケージ供給数は、毎月 6000～7000 ケージ使用しており、3 階マウス飼育室が全体の 8 割を占めている。3 階マウス室は、部屋数と使用研究グループ数が多いため、使用者とコミュニケーションを密にして、円滑な管理に努めている。



## 当日のプログラム

日時：令和2年2月3日（月）10時～17時

場所：量子科学技術研究開発機構 千葉地区 研修棟1階（ポスター）、2階（口頭発表）

- 10:00-10:10 開会挨拶（中野部門長）
- 10:10-10:25 横岡 由姫 病院情報システムを中心とした診療・治療業務の支援体制について
- 10:25-10:40 長谷川 慎 臨床研究情報システムと多施設共同研究支援
- 10:40-10:55 福田 茂一 粒子線治療装置の IEC 国際標準規格および日本工業規格制定への取り組み
- 11:15-11:30 鈴木 寿 放射性治療薬  $^{64}\text{Cu}$ -ATSM の製造法の技術導出
- 11:30-11:45 武井 誠 無菌アイソレーターを用いた治験薬 GMP 準拠がん治療薬  
[ $^{64}\text{Cu}$ ]Cu-ATSM 注射液製造
- 11:45-12:00 須堯 綾 造骨性骨転移モデルマウスの開発の試み
- 12:00-14:15 昼休み、ポスターセッション
- 14:15-14:30 鈴木 和子 臨床研究支援室における臨床研究支援への取り組み
- 14:30-14:45 前田 欽司 重粒子線治療における汎用性固定具の開発
- 14:45-15:00 久保田 新 緊急時を想定したトレーニングを継続的に行い有事に備える
- 15:05-15:20 村松 正幸 マルチイオン照射に向けた小型 ECR イオン源の開発
- 15:20-15:35 北條 悟 NIRS-930 サイクロトロンの使い方
- 15:50-16:05 丸山 耕一 量研の実験動物メダカ
- 16:05-16:20 石田 有香 実験動物施設における蠕虫感染とその対応について
- 16:20-16:35 塚本 智史 ゲノム編集技術を用いた遺伝子改変マウス作製支援の状況
- 16:35-16:50 相澤 竜太郎 マウス卵子からの脂肪成分除去技術の開発
- 16:50-17:00 閉会挨拶（小久保実行委員長）
- 17:20-18:50 情報交換会

## 令和元年度 千葉地区技術と支援の活動報告会実行委員会 委員名簿

氏名	所属・職名
◎小久保 年章	量子医学・医療部門放射線医学総合研究所上席研究員
○村松 正幸	量子医学・医療部門放射線医学総合研究所物理工学部治療ビーム研究開発グループ 主幹研究員
下村 岳夫	本部情報基盤部システム計画・科学情報課 主幹研究員
原田 俊作	本部イノベーションセンター研究推進課 一般職員
内堀 幸夫	量子医学・医療部門研究企画部 部長
塚本 智史	量子医学・医療部門放射線医学総合研究所生物研究推進室 主幹研究員
田口 萌	量子医学・医療部門放射線医学総合研究所技術安全部放射線安全課 技術員
鈴木 寿	量子医学・医療部門放射線医学総合研究所先進核医学基盤研究部放射性核種製造グループ 主任研究員
石川 剛弘	量子医学・医療部門放射線医学総合研究所物理工学部静電加速器運転室 主任研究員
鶴岡 伊知郎	量子医学・医療部門Q S T病院診療放射線技術室 主任診療放射線技師

※委員長（◎）、副委員長（○）については、千葉地区技術と支援の活動報告会実行委員会設置規則 4 条 1 項に基づき部門長が指名する。

※委員は千葉地区の各部署からの推薦による。

## 【参考】

千葉地区技術と支援の活動報告会 実行委員会設置規則  
(構成)

第 4 条 実行委員会の長及び副委員長は、部門長が指名する。

2 実行委員会の委員は千葉地区の各部署からの推薦による。

令和元年度／2019 年度  
第 1 回 千葉地区技術と支援の活動報告会 報文集

発行年月 2020 年 3 月

編集発行 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構

連絡先 〒263-8555

千葉県千葉市稲毛区穴川 4-9-1

量子医学・医療部門

研究企画部(実行委員会事務局)

TEL : 043-206-3069

Email : [nirs-kikaku-u@qst.go.jp](mailto:nirs-kikaku-u@qst.go.jp)

URL : <http://www.qst.go.jp/>

©2020 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構

QST-P-10

<http://www.qst.go.jp/>