



## 宇宙環境中の放射線計測用の受動型検出器の技術資料

NC 版 2023 年 3 月

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構

## 目 次

1. 範囲 .....	1
2. 関連文書 .....	1
2.1 適用文書 .....	1
2.1.1 宇宙航空研究開発機構文書 .....	1
2.1.2 米国政府関係文書 .....	1
2.1.3 参考文書 .....	1
2.1.3.1 宇宙航空研究開発機構文書 .....	1
2.1.3.2 米国政府関係文書 .....	1
3. 要求事項 .....	2
3.1 概要 .....	2
3.2 構成 .....	2
3.3 特性 .....	3
3.3.1 機能・性能 .....	3
3.3.2 寸法 .....	3
3.3.3 質量 .....	3
3.3.4 材料 .....	3
3.3.5 外観、内部構成 .....	4
3.3 環境条件 .....	5
3.3.1 保管時の環境条件 .....	5
3.3.2 地上輸送時の環境条件 .....	5
3.3.3 飛行中の環境条件 .....	5
3.3.4 打上げ環境条件 .....	5
3.3.5 軌道上の環境条件 .....	5
3.4 設計基準 .....	6
3.4.1 機械強度 .....	6
3.4.2 材料及び部品 .....	7
3.4.3 ラベル及びマーキング .....	7
3.4.4 ワークマンシップ .....	7
3.4.5 安全設計 .....	7
3.5 品質保証条項 .....	7

## 1. 範囲

本書は、2019 年度「きぼう」利用フィージビリティスタディーで採択されたテーマ「深宇宙放射線が哺乳類の次世代へ与える影響について」において軌道上での宇宙放射線を計測するための製品「放射線ディテクタ」に適用する。

## 2. 関連文書

### 2.1 適用文書

下記に示す文書は、本文書に規定された範囲において、本文書の一部をなす。これらの文書と本仕様書の詳細内容とが矛盾する場合には、本文書の内容が優先される。特に版の指定がない限り最新版を適用するものとする。

#### 2.1.1 宇宙航空研究開発機構文書

- |     |                       |  |
|-----|-----------------------|--|
| (1) | NASDA-ESPC-1681A-ECP3 | 宇宙ステーション取付型日本実験モジュール（JEM）ペイロード安全・開発保証要求書                           |
| (2) | JDX-                  | 深宇宙放射線が哺乳類の次世代へ与える影響 実験要求書   |
| (3) | JDX-                  | 深宇宙放射線が哺乳類の次世代へ与える影響 装置・供試体仕様書                                     |
| (4) | JDX-2013237           | HTV,Dragon,Cygnus で打ち上げる船内／船外実験装置に適用する機械的環境条件及びランダム試験方法に関する考え方について |
| (5) | JHX-2017034           | HTV-X/Pressurized Cargo Standard Interface Requirements Document   |
| (6) | JCX-95068             | JEM 環境条件規定   |
| (7) | CR-99117              | JAXA 宇宙ステーションプログラム材料及び工程要求書  |

#### 2.1.2 米国政府関係文書

- |     |           |  |
|-----|-----------|--|
| (1) | SSP 50835 | ISS Pressurized Volume Hardware Common Interface Requirements Document |
| (2) | SSP 51721 | ISS Safety Requirements Document                                       |
| (3) | SSP 50005 | International Space Station Flight Crew Integration Standard           |
| (4) | SSP 52005 | Structure Requirements and Guidelines for Safety Critical Structure    |

#### 2.1.3 参考文書

##### 2.1.3.1 宇宙航空研究開発機構文書

- |     |             |                        |
|-----|-------------|------------------------|
| (1) | JMX-2005173 | ISS 用デカル及び IMS ラベル申請要領 |
|-----|-------------|------------------------|

##### 2.1.3.2 米国政府関係文書

- |     |           |   |
|-----|-----------|---|
| (1) | SSP 57000 | Pressurized Payloads Interface Requirements Document                                  |
| (2) | SSP 50006 | 「International Space Station Internal and External Decals and Placards Specification」 |

### 3. 要求事項

#### 3.1 概要

本書は、国際宇宙ステーションの日本の実験棟 JEM 内で実施する宇宙放射線計測「深宇宙放射線が哺乳類の次世代へ与える影響について」において軌道上での宇宙放射線を計測するための製品に適用する。本放射線ディテクタは凍結乾燥精子アンプルのステンレス容器内に設置して、容器内の放射線線量を計測できる。本放射線ディテクタの製品仕様について以下に示す。

#### 3.2 構成

本放射線ディテクタの構成品について図 3.2-1 に示す。

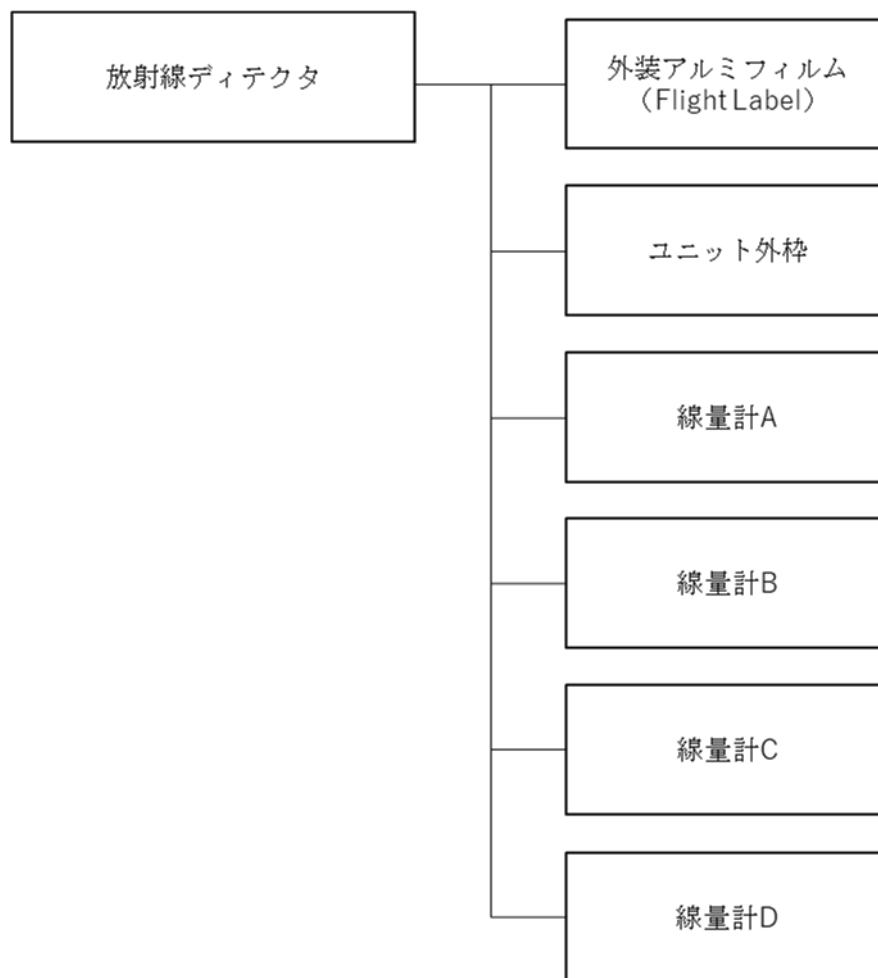


図 3.2-1. 構成品ツリー

### 3.3 特性

#### 3.3.1 機能・性能

- (1) 外部電源等を必要としない受動の放射線ディテクタである。
- (2) 1年以上、ISS軌道での放射線計測できる（累積吸収線量 1Gy 以上）。
- (3) 放射線の線エネルギー付与（LET）の測定レンジは 0.5 ～ 1000 keV/μm-water である。
- (4) 測定可能な放射線の線種は光子ならびに荷電粒子である。
- (5) 放射線検出には、蛍光分光装置ならびに光学・蛍光顕微鏡を使用する。
- (6) 軌道上の放射線量は、軌道上からフライト品（FM 品）回収し、地上対照品（GM 品）と比較して分析する。

#### 3.3.2 寸法

放射線ディテクタの寸法について以下に示す。

(1) アルミ外装

・ L 30 mm x W 35 mm x H 7 mm

(2) 線量計 A～D（外枠）

・ L 25 mm x W 25 mm x H 6 mm

#### 3.3.3 質量

本放射線ディテクタの質量について下記に示す。

・ 18 g

#### 3.3.4 材料

本放射線ディテクタ構成品の材料について表 3.3.4-1 に示す。ただし、材料要求については 3.4.2 項「材料及び部品」による。

表 3.3.4-1 放射線ディテクタの部品と材料

No.	構成品	式数	材料	備考
1	外装アルミニウム フィルム	1	アルミテープ 真空ヒートシール封入	フライト対応品 フライトラベル貼付
2	ユニット外枠	4	CR-39、アクリル	JAXA PADLES 同等品
3	線量計 A	1	銀活性リン酸塩ガラス×1	
4	線量計 B	1	酸化アルミニウム×3	
5	線量計 C	1	ポリアリルジグリコールカ ーボネート（CR-39）×1	
6	線量計 D	1	酸化アルミニウム x 2	

### 3.3.5 外観、内部構成

放射線ディテクターの外観、内部構成を図 3.3.5-1, 図 3.3.5-2 に示す。

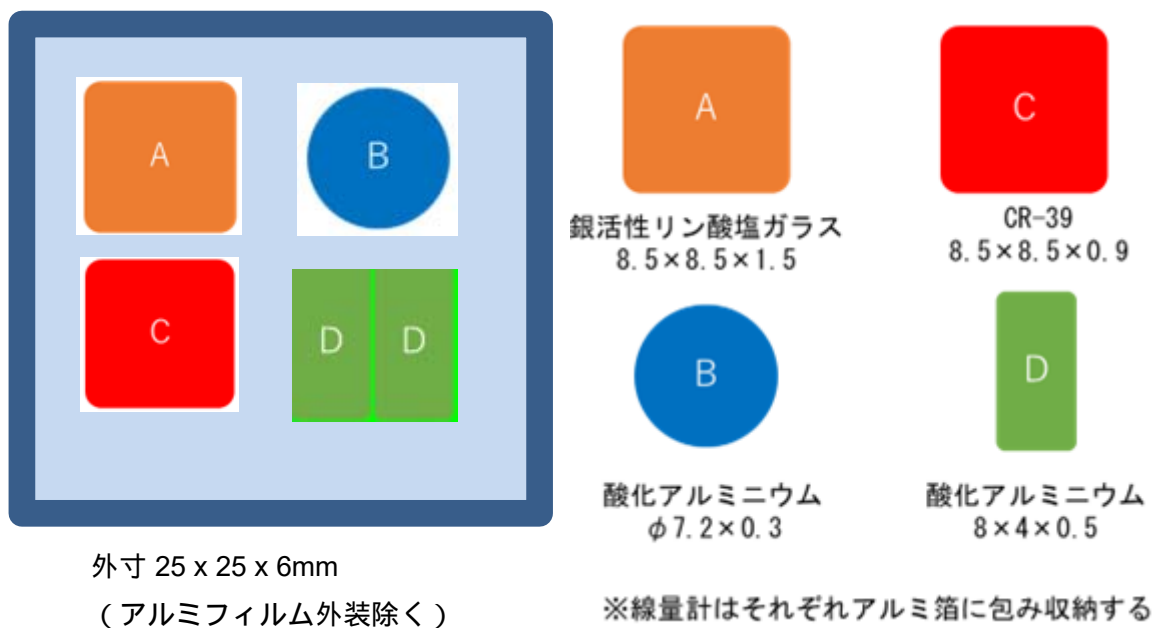


図 7-1 構成図

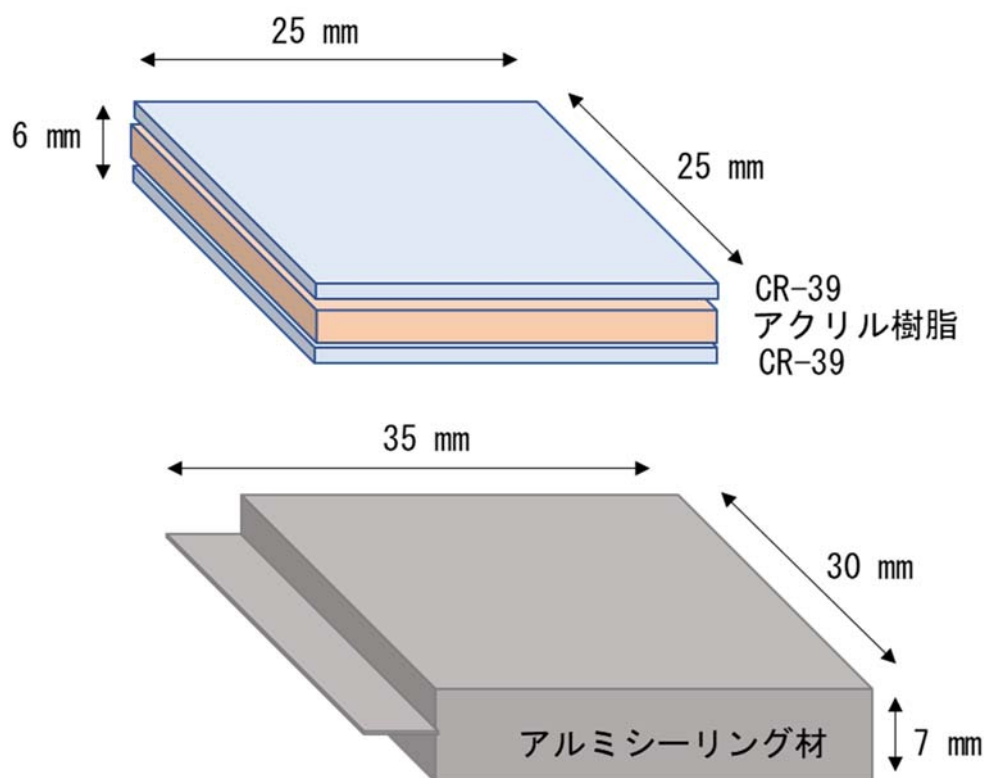


図 7-2 部品図 (上図：放射線ディテクター外枠、下図：外枠アルミシーリング加工後)

### 3.3 環境条件

本放射線ディテクタの地上保管から地上輸送、打上、軌道上保管、回収の環境条件は以下の通り。

#### 3.3.1 保管時の環境条件

地上/軌道上保管時または軌道上取扱い時の環境条件を以下に示す。

- (1) 温度 : 4.4～45
- (2) 湿度 : (1) の温度範囲において 25～75%RH
- (3) 圧力 : 通常の大気圧

#### 3.3.2 地上輸送時の環境条件

地上輸送時の環境条件は、3.5.1 項の保管時の環境条件と同様とする。また、衝撃加速度は、4G(0-p)以下とする。

#### 3.3.3 飛行中の環境条件

打上げ時、軌道上運用中、着陸時の環境条件は以下の通りとする。

#### 3.3.4 打上げ環境条件

打上げ時の機械環境条件は、2.1.2 項(1) SSP 50835「ISS Pressurized Volume Hardware Common Interface Requirements Document」を適用する。

#### 3.3.5 軌道上の環境条件

軌道上保管時の環境条件は、2.1.1 項(7) JCX-95068「JEM 環境条件規定」により、以下とする。

- (1) 熱環境（周囲温度）：  
保管時・非動作時： 表 3.5.3.2-1 による。
- (2) 湿度：  
保管時・非動作時： 25～60%RH
- (3) 圧力環境  
(a) 圧力環境は表 3.5.3.2-2 による。  
(b) 圧力変化率は以下の通りとする。  
モジュール減圧時： 0.618 atm/min  
モジュール再加圧時： 0.438 atm/min
- (4) 放射線環境条件：  
2.1.1 項(7) JCX-95068 「JEM 環境条件規定」 3.3 項による。

表 3.5.3.2-1 受動的熱環境

フェーズ	軌道上 (与圧保管時)
周囲表面温度 ( )	16～45
周囲温度 ( )	18～27
周囲表面の 放射率( $\epsilon$ )	0.9
周囲空気への 熱伝導 ( $W/m^2/K$ )	0.705

表 3.5.3.2-2 圧力環境

フェーズ	軌道上 (与圧環境)
圧力 (atm)	0.945～1.034

### 3.4 設計基準

#### 3.4.1 機械強度

3.4.2 以降以下の特性を満たすものとする。

#### 3.4.2 強度・剛性

##### (1) 安全係数：

2.1.2 項(4)SSP 52005「Payload Flight Equipment Requirements and Guidelines for Safety-Critical Structures」3.1 項 STRUCTURAL VERIFICATION PLAN FOR SAFETY CRITICAL PAYLOADS に従い、本部品の詳細及び検証方法を以下に示す。

##### (A) 概要

##### 1-1. 設計概要

本製品は、ISS 内 CBEF-L 内で使用する放射線計測用ディテクタである。本品は、4 種類の線量計 (A~D) をアルミニウムフィルムで外装する。各線量計は、CR-39 とアクリルから構成される外枠内に保持される。外枠は、接着剤で接合し、外装は、ヒートシールする。

##### 1-2. スケッチ

本製品のスケッチを図 3.5.1-1 に示す。

##### 1-2 強度・剛性に係る概要

金属構造物、加圧容器、加圧ライン・継手・コンポーネント、セラミックス・ガラス、構造用ボンドは含まず、線量計は、複合構造物となる。

##### (1) 荷重

荷重は、打上・回収時の荷重であり、表 3.4.3.1-1「打上・回収荷重」による。

##### (2) ランダム振動

打上・回収時のランダム振動レベルは表 3.4.3.1-2「ランダム振動」による。

##### (3) 複合構造物

本製品は、線量計の外枠が複合構造物に該当する。

##### (4) 減圧・再加圧

本製品は、緊急時に減圧・再加圧され、外装内と環境間で圧力差が生じる。

#### 2. 打上・回収形態

本製品は、ステンレス製容器に実験試料とともに入れ、梱包する。梱包品は、与圧部で CTB 搭載し、フォームパック等で他のペイロードと混載で打ち上げる。また、同じ梱包形態で打上・回収する。

#### 3. ISS とのインタフェース及び ISS 上での運用形態

本製品は、ステンレス製容器に実験試料とともに入れ、梱包し、CTB 搭載した状態で 10 ヶ月間 ISS キャビン内に保管する。

##### (B) 強度検証

##### 1. 環境条件

環境条件は、3.5 項の通り。ただし、打上・回収時の荷重及びランダム振動は、表 3.4.3.1-1「打上・回収荷重」、表 3.4.3.1-2「ランダム振動」、軌道上の運用環境は、3.4.3.2 項「軌道上の環境条件」による。

##### 2. 安全係数

安全係数は、2.1.2 項(4)SSP 52005「Payload Flight Equipment Requirements and Guidelines for Safety-Critical Structures」3.5 項 FACTOR OF SAFETY 表 3.5-1「Composite Structures」より、安全係数は、非不連続領域（外枠の上面・下面の平面）は極限強度 1.5、不連続領域（アクリルと CR-39 の接着面）より極限強度 2 となる。

##### 3. 破損管理計画及び構造寿命評価手法

本製品は、破壊・構造寿命は該当しない。

##### 4. 複合・接着構造の認証

本製品は、接着・接合の構造については、ロード試験及び振動試験を PFT 試験として評価する。受入試験は、製作工程の管理・サンプリングによる統計管理とする。



### C. 構造試験

本部品は構造試験と検証は以下の通り。

1. ロード試験  
本品に対して打上・帰還時の荷重を加えて破損を確認する。
2. 振動試験  
本品に対して打上・帰還時の振動を加えて破損を確認する。
2. 減圧/再加圧試験  
緊急時の減圧・再加圧条件で外装が破損しないか確認する。

### D. ファスナー

本部品は、ファスナーを持たない。

#### 3.4.2.1 減圧/再加圧

3.5.3.2(3)の圧力環境において、内外差圧が発生する構成品に対して減圧/再加圧に耐性をもつ。  
(外装アルミフィルムを真空ヒートシールけることで内外差圧が発生しない場合は適用外)

#### 3.4.3 材料及び部品

材料及び部品に関する一般要求は、2.1.1 項(4) 2.1.1 項(1)NASDA-ESPC-1681「宇宙ステーション取付型日本実験モジュール (JEM) ペイロード安全・開発保証要求書」3.4.3.1 材料及び工程管理要求及び 2.1.1 項(7) CR-99117「JAXA 宇宙ステーションプログラム材料及び工程要求書」の要求を適用する。

#### 3.4.4 ラベル及びマーキング

ラベル及びマーキングの仕様については、2.2.1 項(1) JMX-2005173 「ISS 用デカル及び IMS ラベル申請要領」、2.2.2 項(2)SSP 50006「International Space Station Internal and External Decals and Placards Specification」を参考とし、ラベル・マーキングの種類及び貼り付け位置を指定する。ただし、IMS ラベルは、納品後に JAXA が貼り付けを行う。

#### 3.4.5 ワークマンシップ

- (1) 工程手順書または工程仕様書で製造の品質の規定を行いがたい場合には、ワークマンシップ標準（標準サンプル）を準備する。
- (2) 作業員の技能により品質のばらつきを生じるものについては、作業員検定を行う。
- (3) 製品のバリやシャープエッジは基本的特性に影響のない限り、取り除く。

#### 3.4.6 安全設計

##### 3.4.6.1 一般

本製品はクルーへのハザードとなる事象を起こさない設計とすること。また、安全に関する一般要求は、2.1.2 項(2)SSP 51721「ISS Safety Requirements Document」による。

##### 3.4.6.2 シャープエッジ

手袋によるタッチ検査により、シャープエッジがないことを確認すること。2.1.2 項(2)SSP 51721「Safety Requirements Document」4.10.2 項 EXTERNAL CORNER AND EDGE を適用する。

### 3.5 品質保証条項

3 項に記載されている要求事項が達成されていることを確認するために必要な解析、試験及び検査の要求事項を本章に規定する。要求事項は、検証計画書を作成の上、検証を実施する。

- (1) 検査

- (a) 製品またはコンポーネントを目視にて検査し、有害な変形、傷等のないことを確認すること。
- (b) 製品の質量を 1 g 単位で測定し、要求を満足していることを確認する。
- (c) 製品の寸法、マーキング等が図面と一致していることを寸法計測、マーキング目視検査により確認する。

(2) 機能試験

本製品が要求された機能・性能を満足していることを確認する。ただし、放射線計測原理の性質上、受動検出器は一回限りの使用のみであるため、機能検証は同一ロット品で実施する。

(3) バーンイン試験

放射線計測の性質上バーンイン試験は実施しない。

(4) 温湿度試験

本製品が、3.5 項「環境条件」において要求されている温湿度環境で機能及び性能を満たしていることを確認すること。

(5) ロード試験

本製品が、3.5 項「環境条件」において要求されている温湿度環境で機能及び性能を満たしていることを確認すること。

(6) 振動試験

本放射線ディテクタを取り付けた状態で、表 4.3-1 に示す PFT レベルの振動耐性を試験で確認すること。振動試験の実施については、2.1.1 項(8)JDX-2013237「HTV,Dragon,Cygnus で打ち上げる船内／船外実験装置に適用する機械的環境条件及びランダム試験方法に関する考え方について」を適用する。

表 4.3-1 ランダム振動試験条件

	PFT
マウント	CTB に梱包した形態
加振時間	3 軸各 60 秒
加振条件	OFF 加振
振動レベル	-最大予測環境レベル(MPEL) + 3db

(7) 減圧試験

本放射線ディテクタが、2.1.1 項(2)JEM 環境条件規定に示される減圧/再加圧レートに基づく減圧、再加圧耐性試験を行い、機能性能および安全に関する構造を維持することを確認する。

(8) オフガス試験

2.1.1 項 CR-99117「JAXA 宇宙ステーションプログラム材料及び工程要求書」4.3.1.1.項毒性(オフガス特性)の要求を満足することを確認する。

表 4-2 試験項目

試験項目	PFT	備考
機能試験	○	同一ロットでの機能試験（検査を含む）
バーンイン試験	N/A	
電磁適合性試験	N/A	
温湿度試験	○	運用環境で確認をすること。
オフガス試験	N/A	非金属の総質量が9 k g 以上であればオフガス試験は必要。
アウトガス試験	N/A	JEM 与圧部内で使用するため対象外
ランダム振動試験	○	
ツールフィット チェック	N/A	使用するツールがないため適用外

## 宇宙環境中の放射線計測用の受動型検出器の技術資料

発行年月 2023 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

放射線医学研究所 計測・線量評価部 放射線計測グループ 小平 聡

TEL : 043-206-3472 Fax : 043-206-3491

E-mail: kodaira.satoshi@qst.go.jp

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

©2023 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構

QST-M-40