



JAEA-Review

2024-046

DOI:10.11484/jaea-review-2024-046

2022 年度 櫛葉遠隔技術開発センター年報

Annual Report for FY2022 on the Activities of
Naraha Center for Remote Control Technology Development
(April 1, 2022 - March 31, 2023)

櫛葉遠隔技術開発センター

Naraha Center for Remote Control Technology Development

福島廃炉安全工学研究所

Fukushima Research and Engineering Institute

January 2025

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Review

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。本レポートはクリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際 ライセンスの下に提供されています。本レポートの成果（データを含む）に著作権が発生しない場合でも、同ライセンスと同様の条件で利用してください。（<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>）
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ウェブサイト（<https://www.jaea.go.jp>）より発信されています。本レポートに関しては下記までお問合せください。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究開発推進部 科学技術情報課
〒319-1112 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
E-mail: ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).

Even if the results of this report (including data) are not copyrighted, they must be used under the same terms and conditions as CC-BY.

For inquiries regarding this report, please contact Library, Institutional Repository and INIS Section, Research and Development Promotion Department, Japan Atomic Energy Agency.

4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1112, Japan
E-mail: ird-support@jaea.go.jp

2022 年度 檜葉遠隔技術開発センター年報

日本原子力研究開発機構
福島廃炉安全工学研究所
檜葉遠隔技術開発センター

(2024 年 10 月 7 日受理)

檜葉遠隔技術開発センターは、東京電力ホールディングス株式会社が実施する福島第一原子力発電所の廃炉作業に資するため、遠隔操作機器・装置による廃炉作業の実証試験・要素試験が実施できる施設・設備を有している。2022 年度は 113 件の施設利用を支援し、福島第一原子力発電所廃炉作業等に貢献した。また、福島第一原子力発電所の廃炉・除染に携わる事業者、災害対応分野においてロボット技術等を必要としている事業者との技術マッチングの機会として開催された廃炉・災害対応ロボット関連技術展示実演会に出展し、地域活性化・福島県の産業復興に協力した。さらに、第 7 回廃炉創造ロボコン等の支援を通じて、長期にわたる福島第一原子力発電所の廃炉関連業務を担う次世代の人材育成に貢献した。2020 年度から開始した檜葉町教育委員会が実施している「ならはっ子こども教室」等への協力として、檜葉町小学生を対象とした遠隔ロボット操作及び VR の体験会並びに檜葉町中学生を対象としたキャリアスクールを実施し、地域教育活動に貢献した。

本報告書は、2022 年度における檜葉遠隔技術開発センターの施設・設備の整備・利用状況及びそれに係る取組み、緊急時対応遠隔操作資機材の整備・訓練等の活動状況等について取りまとめたものである。

Annual Report for FY2022 on the Activities of
Naraha Center for Remote Control Technology Development
(April 1, 2022 - March 31, 2023)

Naraha Center for Remote Control Technology Development
Fukushima Research and Engineering Institute
Japan Atomic Energy Agency
Naraha-machi, Futaba-gun, Fukushima-ken

(Received October 7, 2024)

Naraha Center for Remote Control Technology Development (NARREC) was established in Japan Atomic Energy Agency to promote a decommissioning work of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (Fukushima Daiichi NPS). NARREC consists of a Full-scale Mock-up Test Building and Research Management Building. Various test facilities are installed in these buildings for the decommissioning work of Fukushima Daiichi NPS.

These test facilities are intended to be used for various users, such as companies engaged in the decommissioning work, research and development institutions, educational institutions and so on. The number of NARREC facility uses was 113 in FY2022. We participated booth exhibitions and presentations on the decommissioning related events. Moreover, we also contributed to the development of human resources by supporting the 7th Creative Robot Contest for Decommissioning. As a new project, “Narahakko Children’s Classroom” was implemented for elementary school students in Naraha Town.

This report summarizes the activities of NARREC in FY2022, such as the utilization of facilities and equipment of NARREC, arrangement of the remote-control machines for emergency response, and training for operators by using the machines.

Keywords: Remote Control Technology, Annual Report, Fukushima Daiichi Nuclear Power Station, Full-scale Mockup Test, Naraha Center for Remote Control Technology Development, Emergency Response, JAEA

目 次

1	はじめに	1
1.1	檜葉遠隔技術開発センターの概要	1
1.2	檜葉遠隔技術開発センターの施設・設備の構成	1
1.3	檜葉遠隔技術開発センターの 2022 年度の活動概要	3
2	施設・設備の整備及び利用状況	6
2.1	施設・設備の整備状況	6
2.1.1	VR システム	6
2.2	利用促進活動	8
2.3	利用状況	8
2.3.1	利用実績	8
2.3.2	利用事例	9
2.3.3	利用者等からの意見・要望	9
2.4	まとめ	9
3	原子力緊急事態支援用遠隔操作資機材の整備と運用	10
3.1	遠隔操作資機材の整備	10
3.2	遠隔操作資機材操作要員の操作訓練	11
3.3	その他業務	15
3.4	まとめ	19
4	廃炉・汚染水対策事業費補助金事業	20
4.1	開発概要	20
4.2	開発成果	22
5	まとめ	24
	参考文献	25
付録 1	2022 年度 檜葉遠隔技術開発センターの組織・業務概要	26
付録 2	2022 年度の施設利用実績	27
付録 3	利用事例	32
付録 4	利用者等からの意見・要望	42
付録 5	ロボット操作練習用シミュレータの提供に関するアンケート 集計結果	47
付録 6	偵察ロボットを用いた階段走破性能試験のデータのまとめ	52

Contents

1	Introduction	1
1.1	Overview of Naraha Center for Remote Control Technology Development	1
1.2	Outline of Facilities	1
1.3	Outline of FY2022 Activities	3
2	Improvement and Utilization of Facility and Equipment	6
2.1	Improvement	6
2.1.1	Virtual Reality System	6
2.2	Promotional Activities for Utilization	8
2.3	Utilization	8
2.3.1	Results of Utilization	8
2.3.2	Examples of Utilization	9
2.3.3	Comments and Requirements from Facility Users	9
2.4	Summary	9
3	Operation and Maintenance of Remote Control Equipment for Nuclear Emergency Response	10
3.1	Maintenance of Remote Control Equipment	10
3.2	Training for Operators	11
3.3	Other Operations.....	15
3.4	Summary.....	19
4	Project of Decommissioning, Contaminated Water and Treated Water Management	20
4.1	Development Summary	20
4.2	Development Results	22
5	Summary	24
	References	25
Appendix 1	Organization of Naraha Center for Remote Control Technology Development in FY2022	26
Appendix 2	Actual Facility Utilization in FY 2022	27
Appendix 3	Examples of Utilization	32
Appendix 4	Comments and Requirements from Facility Users	42
Appendix 5	Questionnaire on Providing simulators for Robot Operation Practice Results	47
Appendix 6	Summary of Data from Stairway Running Performance Tests Using a Reconnaissance Robot	52

略語一覧

NARREC : Naraha Center for Remote Control Technology Development

FY : Fiscal Year

VR : Virtual Reality

IRID : International Research Institute for Nuclear Decommissioning

R/B : Reactor Building

PCV : Primary Containment Vessel

3D-CAD : 3 Dimensional Computer Aided Design

CG : Computer Graphics

This is a blank page.

1 はじめに

本報告書では、2022年度の国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」と略す。）福島廃炉安全工学研究所 櫛葉遠隔技術開発センター（以下、「NARREC」と略す。）における以下の活動状況について報告する。

- ・施設・設備の整備や利用状況及びそれらに係る取組み
- ・原子力災害対策に係る遠隔操作資機材の整備と訓練等
- ・廃炉・汚染水対策事業費補助金事業

まず、本章ではNARRECの概要を述べる。

1.1 櫛葉遠隔技術開発センターの概要

東京電力ホールディングス株式会社（以下、「東京電力」と略す。）福島第一原子力発電所（以下、「1F」と略す。）の廃炉は、高放射線量・高汚染環境での作業があり、その実施に当たっては様々な遠隔操作機器・装置の活用が必須である。

NARRECは、1Fの廃炉を推進するために整備された供用施設であり、1F廃炉作業等に携わる企業や研究機関、大学等による遠隔操作機器・装置を用いた実証試験・要素試験が実施可能な試験棟とバーチャルリアリティ技術を用いた作業者訓練システム（以下、「VRシステム」と略す。）等を備えた研究管理棟から構成されている。

2022年度の櫛葉遠隔技術開発センターの組織・業務概要を付録1に示す。

1.2 櫛葉遠隔技術開発センターの施設・設備の構成

NARRECの主な施設は、「研究管理棟」（4階建：幅35m×奥行25m×高さ20m）と各種試験が実施できる「試験棟」（1階建：幅60m×奥行80m×高さ40m）から構成されている。研究管理棟には、VRシステムや規模の異なる複数の会議室が備えられている。また、試験棟北側には、屋外試験が実施できる「多目的試験エリア」を設置している。その他、長期利用者等のために機材保管が可能な「倉庫」を有している。これらを図1.2-1に示す。

試験棟は図1.2-2に示すように、要素試験エリアと実規模試験エリアから構成されている。要素試験エリアには、モーションキャプチャ、モックアップ階段及び試験用水槽を設置しており、遠隔操作機器・装置等の基本性能を確認・評価できる。一方、実規模試験エリアでは、1F廃炉作業等に必要要素技術の開発・検証のための実証試験を実規模スケールで行うことが可能である。また、要素試験エリアと実規模試験エリアの間は共通エリアとなっており、利用内容に応じて必要なスペースを分割して利用できる。



図 1.2-1 NARREC の全景（撮影日 2020 年 8 月）¹

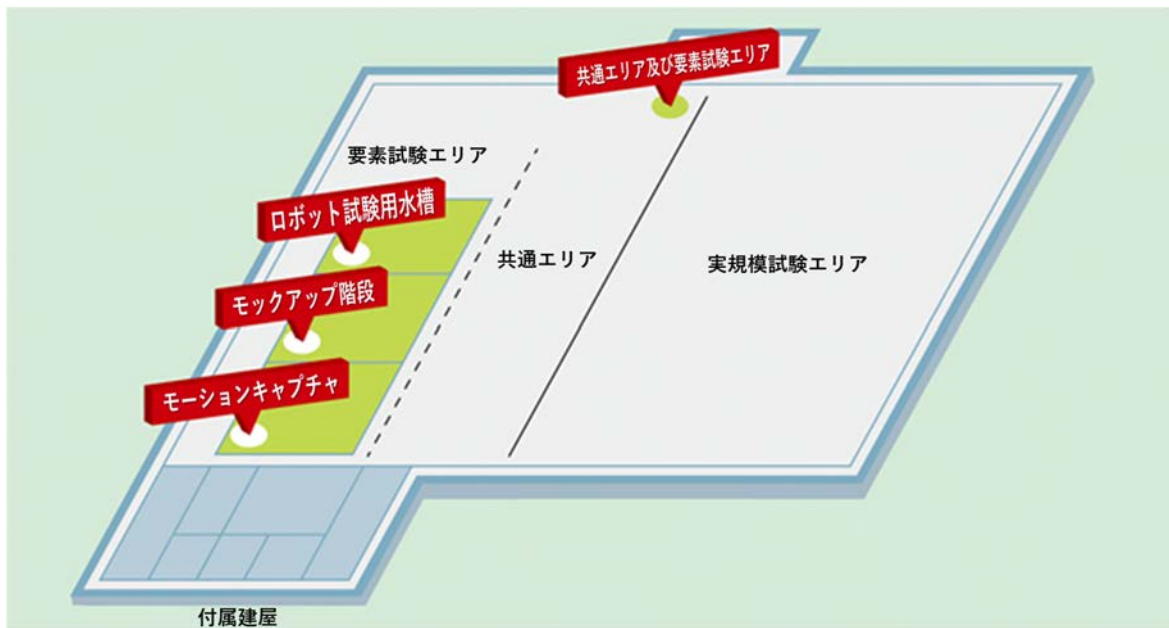


図 1.2-2 試験棟の概略¹

¹ 出典：国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 福島廃炉安全工学研究所櫛葉遠隔技術開発センター (<https://naraha.jaea.go.jp/>) (参照:2024 年 10 月 2 日) の「センターの概要」、「施設マップ」HTML 版を元に作成

1.3 檜葉遠隔技術開発センターの2022年度の活動概要

2022年度は、技術研究組合国際廃炉研究開発機構（以下、「IRID」と略す。）及び企業等における廃炉作業に向けた技術開発試験、大学の研究開発試験が実施された。また、人材育成に関わる夏期学生実習や第7回廃炉創造ロボコン（原子力機構、廃止措置人材育成高専等連携協議会主催）等のイベントが開催された。地域教育活動への貢献として、文部科学省放課後子供教室推進事業の一環で、檜葉町教育委員会が実施している「ならはっ子こども教室」へ協力した。2021年度に引き続き檜葉町の小学生を対象とした遠隔ロボット操作及びVRの体験会を2023年3月24日に実施し、引率者2名を含めて18名が参加した（図1.3-1参照）。また、これに先駆けた事前PR活動として、檜葉小学校への出張授業を2023年3月1日に実施し、40名が参加した（図1.3-2参照）。さらに、2022年度からは檜葉町地域学校協働センターによる新たな取り組みへの協力として、檜葉町小学校高学年及び中学生を対象としたキャリアスクールを2022年8月5日に開催し、中学生1名がNARRECにて整備している緊急時対応ロボットのアーム動作や超音波センサ等の点検業務を体験した（図1.3-3参照）。NARRECの視察・見学については、2022年度は215件、3,100名の視察・見学者が来訪し、2015年10月の一部運用開始から2023年3月31日時点で25,157人に達している。地元の小・中・高・高専生をはじめ、県内外の高校や大学からも多数来訪しており、1F廃炉作業への理解醸成の場としても貢献した。

また、2021年度に採択された「廃炉・汚染水対策事業費補助金（原子炉建屋内の環境改善のための技術の開発（被ばく低減のための環境・線源分布のデジタル化技術の開発）」に係る補助事業について、最終年度としての開発業務を実施した。本事業は、燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けて、事故による損傷状態が不明な場所が残り、未だに線量率が高い原子炉建屋（以下、「R/B」と略す。）における作業を安全、効率的に行うために必要となる環境改善に関わる技術開発を実施することを目的としたプロジェクトである。本プロジェクトでは、「線源逆推定・線量率推定技術開発」、「実環境データのデジタル化基盤技術の開発」、「現場適用のための技術開発」を実施し、2023年4月に実施した最終報告会では、評価委員からの総括として以下のコメントをいただいた。

「当初目標通りの成果を達成した。開発目標に比べて技術開発の進展が非常に早い。新技術・創意工夫が矢継ぎ早に導入され非常に好印象。今後は、適用限界を念頭に置いた適正なゴールの設定を明確に行い、検討を進めること」

さらに、本補助事業で明らかとなった課題解決に向けた「廃炉・汚染水・処理水対策事業費補助金（原子炉建屋内の環境改善のための技術の開発（被ばく低減のための環境・線源分布のデジタル化技術の高機能化開発）」への応募に向けた準備を進めた。



図 1.3-1 ならはっ子子ども教室の体験状況 (NARREC、2023 年 3 月 24 日)



図 1.3-2 ならはっ子子ども教室の出張授業状況 (檜葉小学校、2023 年 3 月 1 日)



図 1.3-3 キャリアスクールの体験状況（NARREC、2022年8月5日）

2 施設・設備の整備及び利用状況

NARREC では、施設利用の促進を図るために、施設・設備の整備や利用促進活動を行っている。本章では、2022 年度における NARREC の施設・設備の整備状況、利用促進の活動実績について報告する。

2.1 施設・設備の整備状況

2.1.1 VR システム

(1) 整備目的

VR システムは、廃炉作業に係る被ばく低減、安全かつ効率的な作業計画の検討や作業訓練を支援することを目的に、没入（CAVE）型の VR システムとして 2015 年度から開発・整備を行っている。本システムは、1F の廃炉作業に携わる作業員に対し、仮想空間を用いて国内最大級の大型スクリーン内に事故後の 1F R/B 内の構造、放射線環境を再現することができる。1F R/B 内の疑似体験ができる環境を提供することにより、施設の構造に対する理解向上や原子炉格納容器（以下、「PCV」と略す。）下部の作業等に対する教育や訓練が可能である。

(2) データ整備

NARREC の VR システムの映像は、事故後にロボットを用いて取得された 1F R/B 内の点群データ（1 号機～3 号機）などをベースに構成されている。本 VR システムのスクリーンには様々な 3 次元データを投映できるが、点群データから 3D-CAD データに、さらに 3D-CAD データから CG データに変換することにより、様々な用途に対応できるよう 1F データの整備を進めている。

2022 年度は、一部未整備なデータ範囲があった 3 号機 1 階の 3D-CAD データを追加整備した。また、2021 年度に整備した 3D-CAD データ（3 号機 1 階及び PCV 内部第 2 層）を対象に CG データを整備した。

図 2.1-1 に 2022 年度末における 1F3 号機 R/B のデータ整備状況を示す。

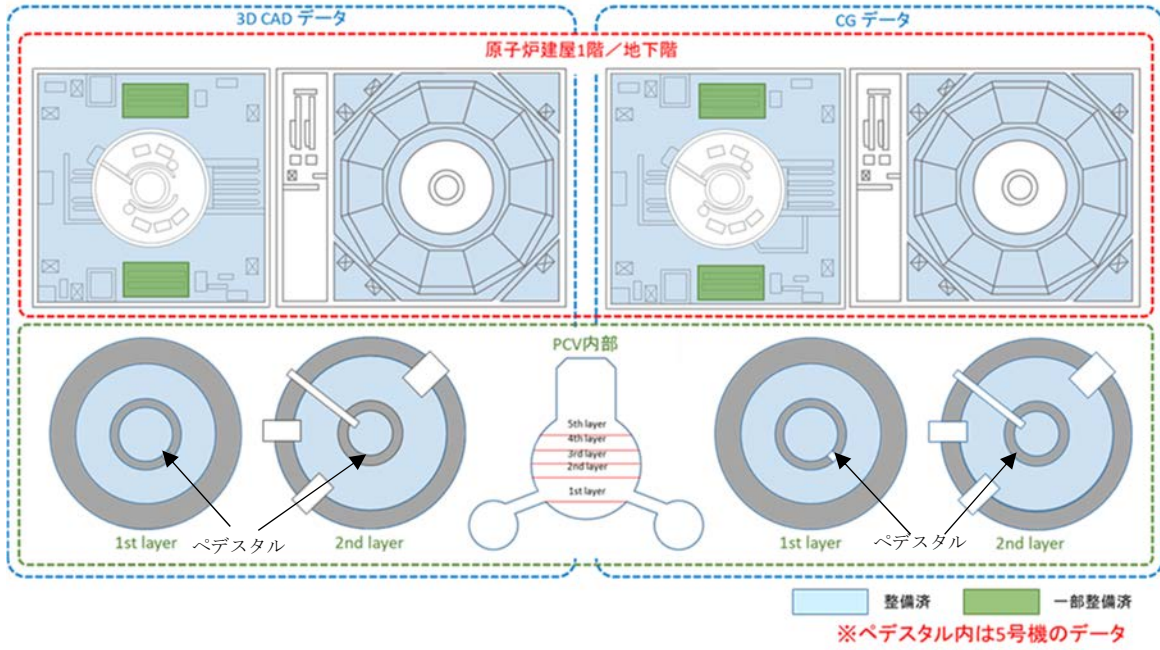


図 2.1-1 1F 3号機の R/B1 階及び地下階のデータ整備状況

2.2 利用促進活動

NARREC の施設利用の促進を図るため、ロボットに関連する企業の展示会及びイベントへの出展を行った。出展においては、以下のものをブースで展示した。

- ・ポスター展示（NARREC 等）
- ・ヘッドマウントディスプレイ装置による VR での NARREC 設備紹介及び 1F 2 号 R/B データの 3 次元映像閲覧
- ・ホームページ動画の放映
- ・資料配布（NARREC パンフレット、施設利用案内、VR 外部利用チラシ等）

2022 年度の出展実績は、表 2.2-1 に示すように 9 件であり、COVID-19 感染の影響より 2 件にとどまった昨年度と比べて大幅に増加した。

表 2.2-1 2022 年度のイベント等出展実績

日程	名称	開催地
9/15～16	ロボテス EXPO2022	福島ロボットテストフィールド (RTF)
11/5	磐陽祭 2022	福島工業高等専門学校
11/8	廃炉産業ビジネス総合展	NARREC
11/12	なら SUN フェス 2022	みんなの交流館 ならは CANvas (檜葉町)
11/21	第 7 回 JAEA 技術サロン	コンgresクエア日本橋
11/25	ロボット・航空宇宙フェスタふくしま 2022	ビッグパレットふくしま (郡山市)
12/6	令和 4 年度福島研究開発部門 成果報告会	学びの森 (富岡町)
1/31	被ばく低減対策ワークショップ	双葉町産業交流センター
2/10	第 8 回 JAEA 技術サロン	愛知県産業労働センター

2.3 利用状況

2.3.1 利用実績

(1) 利用実績の一覧

NARREC は、2016 年度より供用施設として外部利用者への施設利用受入を開始し、2022 年度はこれまでで最高の 113 件の利用を受け入れた。利用実績の一覧を付録 2 に示す。

(2) ロボット操作実習プログラムについて

ロボット関連の人材育成を検討している機関や学校、新たにロボットの導入を検討している企業を対象に、「ロボット操作実習プログラム」の提供を 2019 年度から開始し、ロボット関連の人材育成に貢献している。

2022年度は福島イノベーション・コースト構想推進機構の事業の一環として、福島県内から2つの高校が実習を行った。参加した学校からは、多くの生徒たちが最先端の技術を目の当たりにして、さらに深く学びたいという気持ちになった、また1F事故といった大きな社会的課題について関心が深まった、などといった感想をいただいた（図2.3-1）。



図 2.3-1 ロボット操作実習プログラムの実施状況

2.3.2 利用事例

付録3に、利用者報告書より抜粋した利用事例を利用目的ごとに紹介する。

2.3.3 利用者等からの意見・要望

NARRECでは、施設利用の促進を図るために施設利用者等からの意見・要望を集め、試験設備等の充実・改善を行っている。意見及び対応例について、手続き関連及び設備関連に分けて付録4に示す。

利用申請システムについては、利用者の意見要望を踏まえ、2022年度にシステム改修を行い、利便性を向上させた。

2.4 まとめ

2022年度は、施設・設備の整備として、1F3号機1階の3D-CADデータを追加整備した。また、ロボットに関連する企業の展示会及びイベントに9件出展し、利用促進に努めた。

2022年度の利用実績はこれまでで最高の113件であり、利用者への支援を通じ1F廃炉作業や人材育成に貢献した。

今後は、利用者等からの意見・要望等を基に、施設・設備の利便性を向上させるとともに、利用促進活動を継続していく。

3 原子力緊急事態支援用遠隔操作資機材の整備と運用

NARREC の遠隔機材整備運用課（以下、「運用課」と略す。）は、2017 年度の法律改正*を受け、原子力緊急事態支援組織（以下、「支援組織」と略す。）に係る業務をプロジェクト管理課より引き継ぎ、2018 年 4 月に設置された。

運用課は、2020 年 4 月に支援組織の運用を開始し、計画等命令に応じた原子力事業者防災業務計画（以下、「防災業務計画」と略す。）に定める遠隔操作資機材（原子力緊急事態支援用、以下、「遠隔機材」と略す。）の整備及び操作訓練等の管理・運営を行っている。

2022 年度に運用課では、遠隔操作資機材の整備として四足歩行ロボットの調達、遠隔操作資機材操作要員の操作訓練に関して、通常業務**以外にロボットシミュレータの整備及び試運用並びにその他業務を行った。

*原子力災害対策特別措置法（以下、「原災法」と略す。）及び「原子力災害対策特別措置法に基づき原子力事業者が作成すべき原子力事業者防災業務計画等に関する命令」（平成 24 年文部科学省・経済産業省令第 4 号、以下、「計画等命令」と略す。）

原子力機構の原災法対象 5 拠点*（以下、「各拠点」と略す。）の遠隔機材操作要員及び支援組織要員（運用課員及び協力会社）に対する教育・訓練

***原子力科学研究所（以下、「原科研」と略す。）、核燃料サイクル工学研究所（以下、「核サ研」と略す。）、大洗研究所（以下、「大洗研」と略す。）、高速増殖原型炉もんじゅ（以下、「もんじゅ」と略す。）、新型転換炉原型炉ふげん（以下、「ふげん」と略す。）

3.1 遠隔操作資機材の整備

2022 年度における遠隔機材の整備では、偵察用ロボット及び作業用ロボットとして四足歩行ロボット（T-05 及び S-05：Boston Dynamics 社製 Spot）の標準型及びアーム付型を各 1 台購入並びに小型無人ヘリ（SR70-3：FLIR Systems 社製 SkyRangerR70）1 台の購入を行った。

ここで四足歩行ロボットを選択し購入した理由は、2021 年度に行った各拠点での発災想定現場における支援活動についての現地調査結果より、想定発災シナリオに対し、操作員の被ばく低減対策に有効であると判断したためである。

上述の他、2022 年度も前年度に引き続き、現有遠隔機材のメンテナンス（点検・調整・修理）及び消耗品の補充を実施した。

表 3.1 に主な遠隔機材一覧を、図 3.1 に 2022 年度に購入した偵察用ロボット（T-05）、作業用ロボット（S-05）及び小型無人ヘリ（SR70-3）を示す。

表 3.1 主な遠隔機材一覧（訓練用資機材を含む）

分類	名称	用途等	保有台数
遠隔操作資機材	偵察用ロボット	現場の撮影、放射線測定等	4台
	作業用ロボット	試料採取及び障害物除去等の軽作業	4台
	小型無人ヘリ (マルチコプタ)	高所からの偵察（屋外）	7台
運搬車両	ロボット運搬車両	遠隔機材の搬送	3台
現地活動用 資機材等	作業用資機材	作業用工具、予備パーツ類他	1式
	一般資機材	照明、小型発電機、サニタリー用品他	1式

注) 保有台数は、新規購入・製作した機器を含む。



左より、偵察用ロボット（T-05）、作業用ロボット（S-05）及び小型無人ヘリ（SR70-3）

図 3.1 2022 年度に整備した主な遠隔機材

3.2 遠隔操作資機材操作要員の操作訓練

運用課は防災業務計画に基づき、各拠点の操作要員に対して操作訓練を実施した。防災業務計画では、原子力緊急時における発災現場での遠隔機材操作は、発災事業所の操作要員が行うこととなっている。操作要員は、後方支援拠点にて支援組織要員から遠隔機材を受け取った後、発災現場周辺へ向かい遠隔機材の操作を行う。支援組織要員は、後方支援拠点から技術的支援等を行うものの、現場で発生した機材トラブル等については操作要員が対応する必要がある。そのため、運用課では、各拠点操作要員に対して以下の操作訓練を実施した。

2022 年度における各拠点の遠隔機材操作要員に対する操作訓練は、操作要員養成訓練と称し、遠隔機材の操作技能レベルを3段階（初級、中級、上級）に分けたうえ、初級を3回、中級を5回、上級を12回、合計32名に対して実施した。操作要員養成訓練の実績を、表3.2-1（初級）、表3.2-2（中級）及び表3.2-3（上級）に、操作要員養成訓練の状況を、図3.2に示す。

表 3.2-1 操作要員養成訓練（初級）の実績

	実施日	受講者人数 (所属拠点・施設)
第1回	2022年10月12、13日	もんじゅ 2名
第2回	2023年1月11、12日	核サ研 2名 もんじゅ 1名
第3回	2023年3月6、7日	核サ研 2名

表 3.2-2 操作要員養成訓練（中級）の実績

	実施日	受講者人数 (所属拠点・施設)
第1回	2022年9月21日	大洗研・JMTR 1名 原科研・JRR-3 1名
第2回	2022年11月10日	大洗研・HTTR 1名 もんじゅ 1名
第3回	2022年11月15日	原科研・JRR-3 1名 ふげん 1名
第4回	2022年12月21日	大洗研・常陽 1名 もんじゅ 1名
第5回	2023年2月28日	もんじゅ 1名

表 3.2-3 操作要員養成訓練（上級）の実績

	実施日	受講者人数 (所属拠点・施設)
第1回	2022年7月5日	ふげん 1名
第2回	2022年7月6日	ふげん 1名
第3回	2022年8月24日	大洗研・JMTR 1名
第4回	2022年9月27日	大洗研・常陽 1名
第5回	2022年10月25日	もんじゅ 1名
第6回	2022年11月16日	大洗研・HTTR 1名 原科研・JRR-3 1名 ふげん 1名
第7回	2022年11月29日	大洗研・HTTR 1名 大洗研・常陽 1名
第8回	2022年12月6日	大洗研・JMTR 1名
第9回	2023年1月19日	原科研・JRR-3 1名
第10回	2023年2月1日	原科研・JRR-3 1名
第11回	2023年3月1日	大洗研・HTTR 1名 核サ研 1名
第12回	2023年3月2日	核サ研 1名



(左：小型無人ヘリの屋外操作訓練

右：作業用ロボットのバルブ操作訓練)

図 3.2 操作要員養成訓練の状況

また、支援組織要員が各拠点操作要員に対して指導等を行うための、技能維持・向上を目的として、支援組織要員に対する教育・訓練を実施した。

各拠点が実施する総合防災訓練への協力業務においては、運用課は総合防災訓練当日の通報連絡訓練及び遠隔機材を実際に搬送する要素訓練に参画した。2022年度の訓練実施内容を以下に記す。

まず、通報連絡訓練等については、茨城地区の大洗研、原科研及び核サ研、敦賀地区のもんじゅ及びふげんの各拠点における各総合防災訓練時に、支援組織内において通報連絡訓練を実施した。表 3.2-4 に各拠点の総合防災訓練における通報連絡訓練の実績を示す。

表 3.2-4 各拠点の総合防災訓練における通報連絡訓練及び
NARREC 内の運搬車両への積載訓練の実績

拠点	通報連絡訓練実施日	NARREC 内の運搬車両への積載訓練実施日
ふげん	2022年9月20日	2022年12月20日 上記のほか、表 3.2-5 に示す要素訓練に合わせて実施
大洗研	2022年12月20日	
もんじゅ	2023年1月24日	
核サ研	2023年2月21日	
原科研	2023年2月21日	

次に、遠隔機材の搬送に係る要素訓練は、茨城地区及び敦賀地区において実施した。訓練内容は、遠隔機材を NARREC から後方支援拠点まで搬送し、搬送先にて動作確認を実施するものである。表 3.2-5 に遠隔機材の動作確認を伴う要素訓練の実績を示す。

表 3.2-5 遠隔機材の動作確認を伴う要素訓練の実績

実施日	2022年11月18日	2022年10月27日、28日
実施地区	茨城	敦賀
対象施設	茨城地区全施設	ふげん、もんじゅ
後方支援拠点	本部 (今回の訓練では、大洗研究所消防車庫及びその周辺を本部と想定)	敦賀事業本部 (今回の訓練では、ひばり社宅グラウンドを敦賀事業本部と想定)
搬送ルート	NARREC (一般道) ⇒ 広野 IC (常磐道) ⇒ 日立南太田 IC (一般道) ⇒ 本部	NARREC (一般道) ⇒ 広野 IC (常磐道) ⇒ いわき JCT (磐越自動車道) ⇒ 新潟中央 JCT (北陸自動車道) ⇒敦賀 IC (一般道) ⇒ ひばり社宅グラウンド
使用車両	ロボット運搬車両 RC-5、RC-6	ロボット運搬車両 RC-3、RC-6
搬送した遠隔機材	作業用ロボット S-03 小型無人ヘリ JH-211、JH-212	偵察用ロボット T-02、 小型無人ヘリ JH-211、JH-212
訓練概要	原子力機構対策本部より支援指示を受けた支援組織が、遠隔機材を後方支援拠点まで搬送し、動作確認を行い拠点操作要員へ引き渡す。	

3.3 その他業務

前項までの通常業務の他に、2022年度は、下記①及び②について、実施した。

- ① 走行ロボットのシミュレータ（実機を模擬したロボットをパソコン内で運行させるもので、操縦は実機と同型の操作機（コントローラと称している）により行う。）を整備して各拠点に一時貸与し、各拠点操作要員等にシミュレータ訓練を実施いただき、実施後、訓練に関するアンケートを実施した。その結果、シミュレータ訓練は、実機を操作しない期間の操作感覚の維持に有効であり、今後も各拠点へのシミュレータの提供は必要との回答が多く、次年度に本格導入することとし、準備を行った。

表 3.3-1 に当該シミュレータの貸与及び回収の実績を、図 3.3-1 に当該シミュレータの外観を示す。

また当該シミュレータの回収の際のアンケート結果を付録 5 に示す。

表 3.3-1 走行ロボットのシミュレータの貸与及び回収の実績

大洗研 : 2022年10月24日貸与(2台)、同年12月9日回収(2台)	
原科研 : 2022年12月9日貸与(1台)、 2023年1月13日回収	ふげん : 2022年12月16日貸与(1台)、 2023年1月10日回収
核サ研 : 2023年1月13日貸与(1台)、 同年2月14日回収	もんじゅ : 2023年1月13日貸与(1台)、 同年2月13日回収

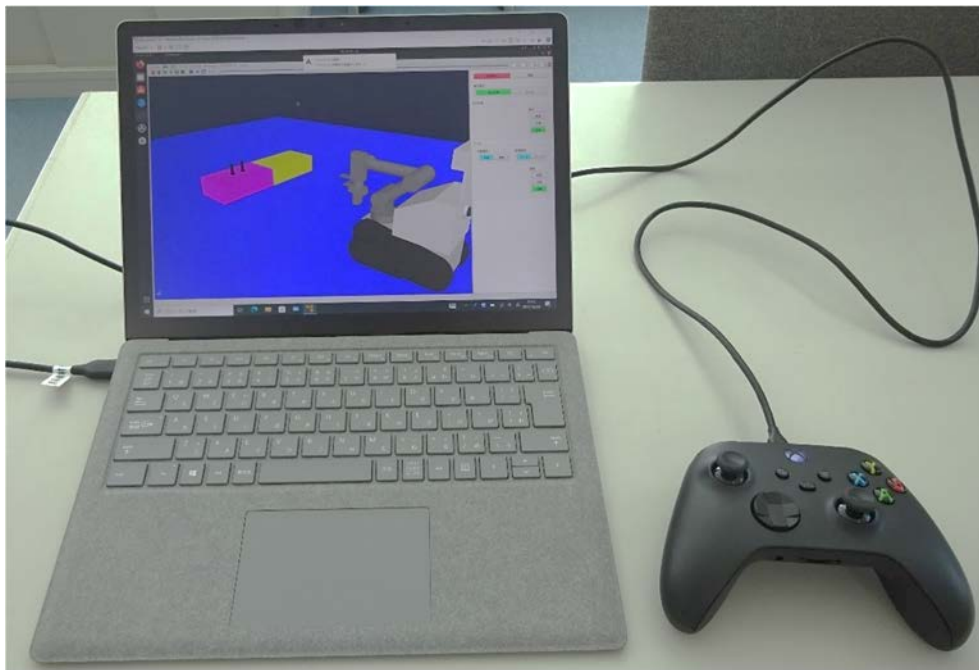


図 3.3-1 走行ロボットのシミュレータの外観

- ② 前年度までに NARREC 利用促進課が開発したロボット性能評価法^{[1][2][3]}について、6種の試験項目を有する当該評価法のうち、2種の試験項目(JAEA-TM-0001^[1]及びJAEA-TM-0002^[1])を選択し、今後の操作要員養成訓練への採り入れ可否検討のため、データ取得を行った。

試験中にベルト破損等ロボットに不具合が発生し、試験を一時中断したが、2種の試験項目でデータ取得することができた。操作要員養成訓練への採り入れについては、性能評価法の実施には長時間の連続運転を行う必要があるが、操作要員養成訓練及び実際の現場では、周囲の状況を確認しながら断続的な運転となるなど違いも多く、連続運転による一部機器への熱的影響も考慮し、現状の試験方法では実施しないこととした。また、今回試験した踊り場、狭隘通路の走行訓練については、既設訓練環境でも対応できるよう整備している。

今後、取得したデータの活用方法が新たに提案された場合、再度当該評価法の運用課の訓練への採り入れについて検討することとした。

図 3.3-2 にデータ取得に用いたロボット及び段差／踊り場走破性能試験（JAEA-TM-0002の一部）に用いた走行路の図を、図 3.3-3 に狭隘通路走破性能試験（JAEA-TM-0001）及び階段走破性能試験（JAEA-TM-0002 の一部）に用いた走行路の図を、それぞれ示す。

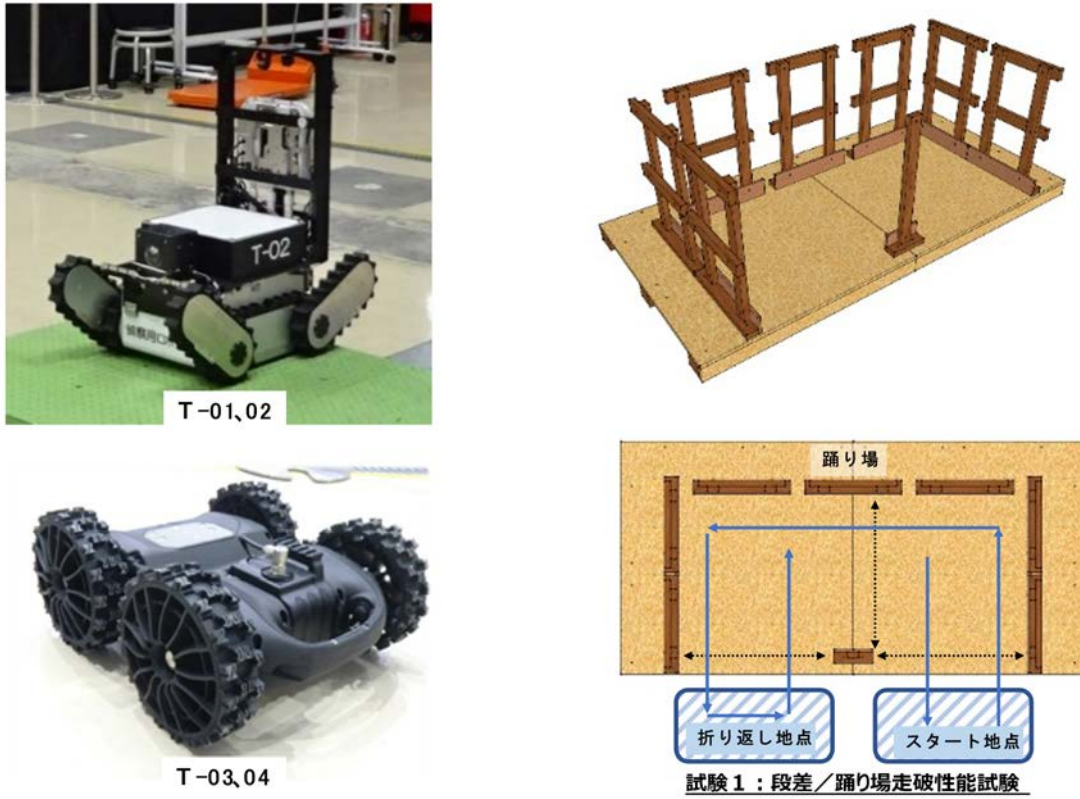


図 3.3-2 データ取得に用いたロボット（左）及び 段差／踊り場走破性能試験走行路（右）

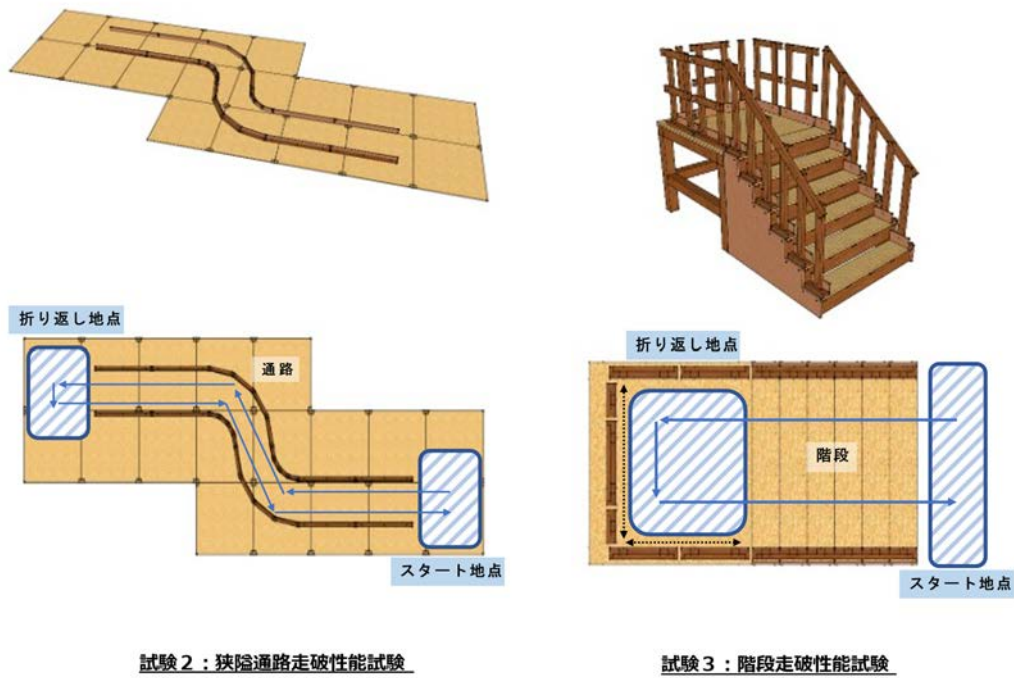


図 3.3-3 狭隘通路走破性能試験走行路（左）及び 階段走破性能試験走行路（右）

さらに、表 3.3-2 に当該評価法のデータ取得日程を、図 3.3-4 に当該評価法のデータ取得の状況を、データ取得の一例として、付録 6 に偵察ロボットを用いて 2022 年 9 月 15 日に階段走破性能試験を行ったときのデータのまとめをそれぞれ示す。

表 3.3-2 ロボット性能評価法データ取得日程

第 1 回	2022 年 7 月 21 日
第 2 回	2022 年 8 月 18 日
第 3 回	2022 年 9 月 15 日



図 3.3-4 ロボット性能評価法のデータ取得の状況

3.4 まとめ

2022年度は、前年度に行った各拠点での発災想定現場における支援活動についての現地調査結果より、想定発災シナリオに対し、操作員の被ばく低減対策に有効であると判断した遠隔操作資機材を整備するとともに、防災業務計画に基づく遠隔操作資機材操作要員の操作訓練等を着実に実施した。

2022年度は新たな試みとして、遠隔操作資機材操作要員の操作技術の向上に資するため、走行ロボットのシミュレータを整備し、操作要員に一時貸与した。アンケート結果から、実機を操作しない期間の操作感覚の維持等に有効であり、次年度に本格導入することとした。

4 廃炉・汚染水対策事業費補助金事業

4.1 開発概要

2021年度に採択された「廃炉・汚染水対策事業費補助金（原子炉建屋内の環境改善のための技術の開発（被ばく低減のための環境・線源分布のデジタル化技術の開発）」に係る補助事業について、最終年度としての開発業務を実施した。

燃料デブリの取り出しに先立って、事故による損傷状態が不明な場所が残り、未だに線量率が高いR/B内でのアクセスルート構築準備作業を安全、効率的に行うための環境改善が必要である。環境改善の重要な技術要素は、作業環境と線量・線源分布の把握、環境変化に対応した被ばく低減計画の策定であり、これに資する技術開発が求められている。このため、R/B内でのアクセスルート構築準備作業等において、作業員の高線量下での被ばく低減をサイバー空間上で被ばくを伴わずに検討できるシステムの構築を目標とし開発を行った。

本事業では、開発した線源・線量率推定システムのプロトタイプについて、観測点指示ツールに基づき計測された線量率データ等を用いて逆推定計算ツール等により線源位置等を推定し、その結果から高強度線源対策ツール等を用いて高強度線源対策（除染・遮へい・移動・撤去）等が問題なくできること、さらには、これら結果を可視化実現機能等により表示できることが要求事項である。

線源・線量率推定システムのプロトタイプの全体像を図4.1に示す。

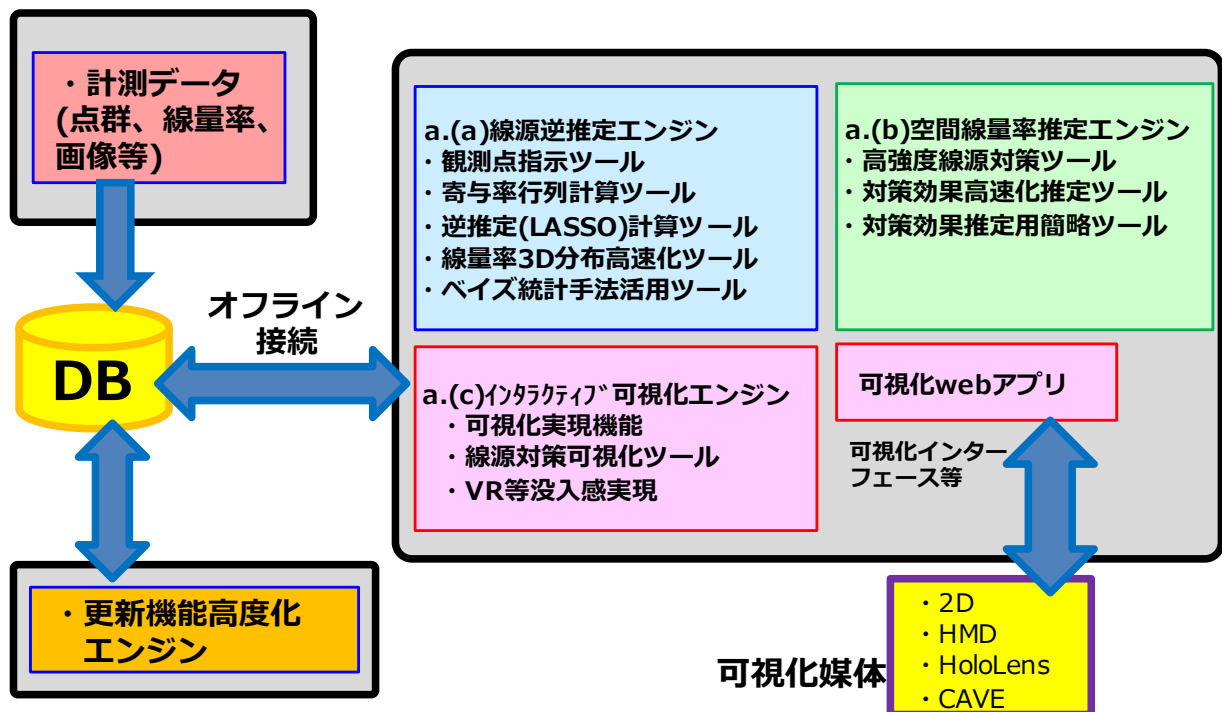


図 4.1 線源・線量率推定システムのプロトタイプの全体像

以下、1)～3)に本事業における各種技術開発の概要を示す。また、図 4.2 に各技術開発項目間の関連性を示す。

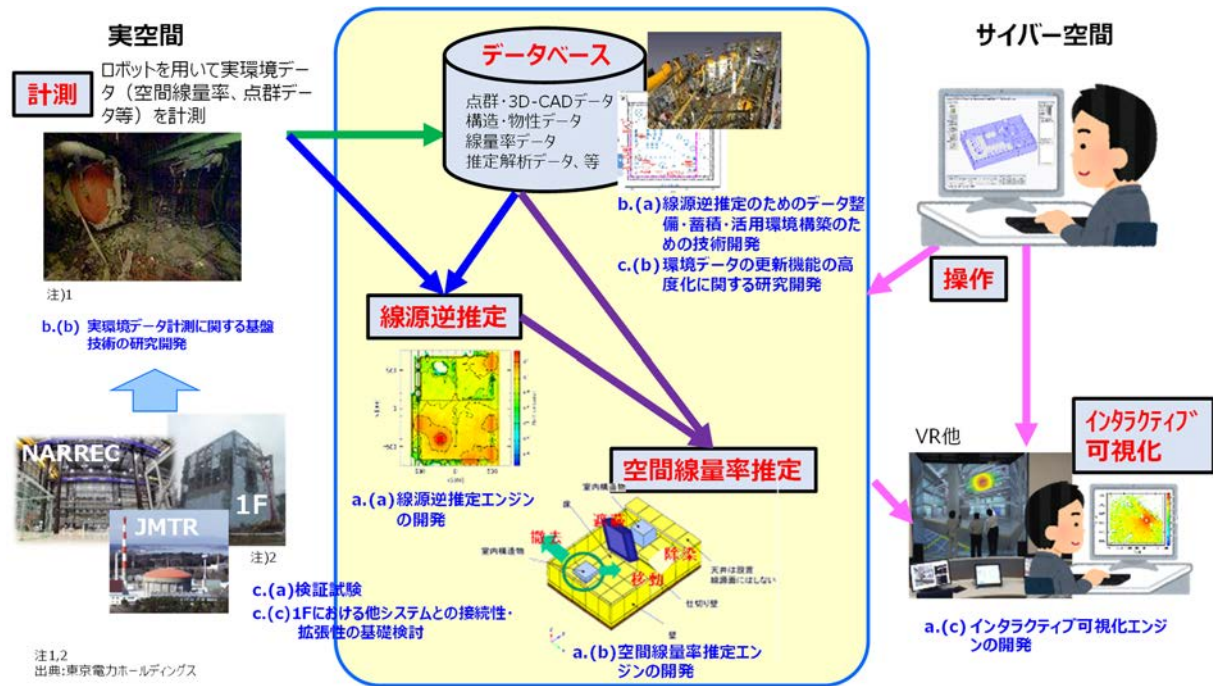


図 4.2 各技術開発項目間の関連性

1) a.線源逆推定・線量率推定技術開発

(a)線源逆推定エンジンの開発

逆推定手法の精度を向上させる観測点指示ツールの効果的な適用方法を検討した。また、1F R/B 内の線量率分布の推定精度を向上するため、ベイズ統計手法活用ツールを用い、線量率分布の不確かさの低減を目的とした再観測点指示及びその結果を含めて線源分布情報を更新する方法を検討した。これらについて材料試験炉（以下、「JMTR」と略す。）のデータを用いて検証を行い、機能が正しく動作することを確認した。

(b)空間線量率推定エンジンの開発

高強度線源対策である除染・遮へい・移動・撤去をサイバー空間上でを行い、線量率分布変化をシミュレートする機能をプロトタイプに実装した。

(c)インタラクティブ可視化エンジンの開発

逆推定結果等をサイバー空間（VR/AR）で可視化表示する機能を開発し、JMTR のデータを用いて検証を行い、機能が正しく動作することを確認した。

2) b.実環境データのデジタル化基盤技術の開発

(a)線源逆推定のためのデータ整備・蓄積・活用環境構築のための技術開発

計測データや線源逆推定等の各エンジンの I/O を格納するデータベースシステムのプロトタイプ

プを開発し、データ入出力機能を含め安定動作することを確認した。

(b)実環境データ計測に関する基盤技術の研究開発

放射線データ計測技術について、 γ 線イメージャ・ γ 線スペクトルメータを用いた照射試験結果に基づいて適用可能な環境条件を整理した。データ収集技術について、開発した作業員搬送型ユニット及び遠隔操作型ユニットを用いたデータ収集の検証実験をコールド試験場及び JMTR で実施し、機能することを確認した。高所データ計測技術について、無人航空機（以下、「UAV」と略す。）の一つである小型マルチコプタの 1F での実装可能性を検討するため、粉塵巻上性能試験を実施し、評価結果を整理した。また、UAV の高さ方向位置決めのためのテザー（つなぎ綱）長制御機構について、開発したプロトタイプを用いた実験で制御性能の確認を行った。さらに、核種弁別技術は、開発した小型ホスウィッチ検出器で核種弁別と到来方向推定が行えることを実験で確認した。

3) c.現場適用のための技術開発

(a)検証試験

プロトタイプが要求事項を満足すること等の確認に向けた線源逆推定計算手法の JMTR 及び 1F における検証試験、JMTR 及びコールド試験場における有効性評価を完了した。

(b)環境データの更新機能の高度化に関する研究開発

現場変化の差分情報更新機能の高度化エンジンの試作モデル開発を完了した。

(c)1F における他システムとの接続性・拡張性の基礎検討

1F の現状分析・調査及び先行事例の調査結果より、現場適用性のあるデジタルシステムの構造、特に接続性や拡張性に関する要求事項を整理し課題の抽出を完了した。

4.2 開発成果

2023 年 4 月に実施した最終報告会では、評価委員からの総括として「当初目標通りの成果を達成した。開発目標に比べて技術開発の進展が非常に早い。新技術・創意工夫が矢継ぎ早に導入され非常に好印象。今後は、適用限界を念頭に置いた適正なゴールの設定を明確に行い、検討を進めること」のコメントをいただいた。

2021 年からの約 2 年間の開発成果は、「令和 3 年度開始「廃炉・汚染水対策事業」に関する補助事業（第二次公募、原子炉建屋内の環境改善のための技術の開発（被ばく低減のための環境・線源分布のデジタル化技術の開発））の成果の概要」として取りまとめ、廃炉・汚染水・処理水対策事業事務局のホームページ (<https://dccc-program.jp/6020>) にて公開した。

今後は、線源・線量率推定システムのプロトタイプの完成を目指すとともに、1F 現場適用に向けた検証試験を行い、本プロジェクトの目的を達成する。事業実施の過程で明らかとなった課題（大規模・複雑な構造への適用、放射線計算の簡略化等）については、プロトタイプシステムの高度化とともに、東京電力のニーズを踏まえつつ、事業実施と並行して本事業後の取り扱いを検討していくため、本補助事業で明らかとなった課題解決に向けた「廃炉・汚染水・処理水対策事

業費補助金（原子炉建屋内の環境改善のための技術の開発（被ばく低減のための環境・線源分布のデジタル化技術の高機能化開発）」への応募に向けた準備を進めた。

5 まとめ

1F の廃炉作業は、高放射線量・高汚染環境での作業であるため、様々な遠隔操作機器・装置を用いなければならず、これまで国内外にこのような過酷な作業の実施例はほとんどない。1F の廃炉作業を安全かつ確実に進めるためには、十分な事前準備が必要であり、NARREC は廃炉作業に携わる企業や研究機関、大学等による遠隔操作機器・装置を用いた実証試験・要素試験が実施できる施設を整備し、2016 年度から本格運用している。

2022 年度は、ロボットに関連する企業の展示会及びイベントへ 9 件出展し利用促進を図るとともに、これまでの活動等を通じて 2022 年度の施設利用実績は過去最高の 113 件となった。

また、廃炉・災害対応ロボット関連技術展示実演会への出展や、第 7 回廃炉創造ロボコン等の支援、檜葉町教育委員会が実施している「ならはっ子こども教室」への協力などを通じ地域活性化、人材育成、地域教育活動に貢献した。

原子力緊急事態支援用遠隔操作資機材の整備と運用について、2021 年度に実施した各拠点の発災想定現場調査を基に必要な資機材を整備するとともに、原子力機構の原災法対象各拠点から選出された遠隔機材操作要員に対する操作訓練及び支援組織要員に対する教育・訓練を引き続き実施した。

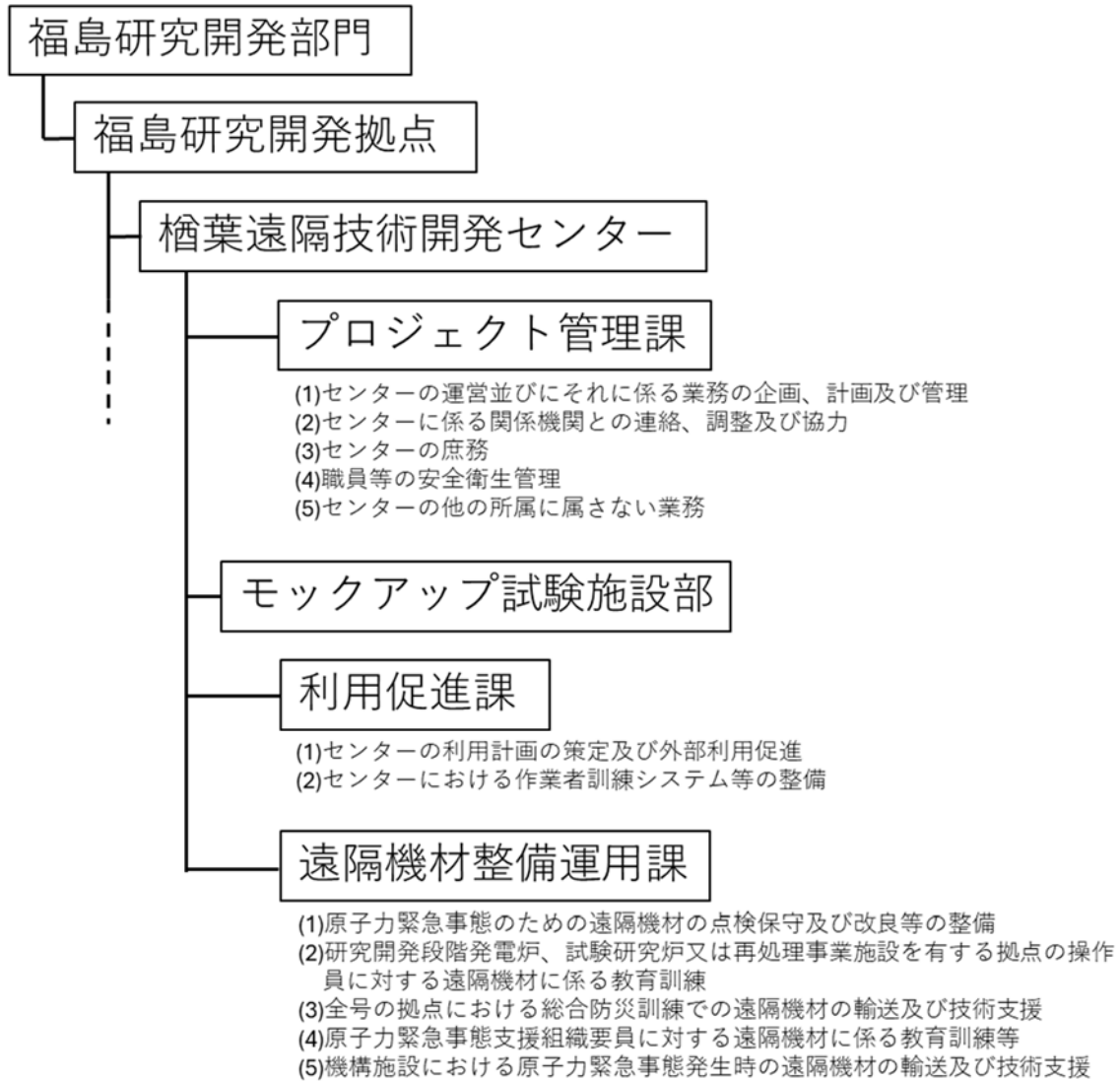
「廃炉・汚染水対策事業費補助金（原子炉建屋内の環境改善のための技術の開発（被ばく低減のための環境・線源分布のデジタル化技術の開発）」に係る補助事業について、最終年度としての開発業務を実施し、観測点指示ツールに基づき計測された線量率データ等を用いて逆推定計算ツール等により線源位置等を推定し、その結果から高強度線源対策ツール等を用いて高強度線源対策（除染・遮へい・移動・撤去）等が問題なくできる、さらに、これら結果を可視化実現機能等により表示できる線源・線量率推定システムのプロトタイプを開発した。

参考文献

- [1] 川端 邦明, 山田 大地, 阿部 浩之, “原子力災害対応用ロボットの性能試験法; 走破性能試験(JAEA-TM-0001、JAEA-TM-0002、JAEA-TM-0003)”, JAEA-Technology 2020-015, 2020, 37p.
- [2] 川端 邦明, 山田 大地, 阿部 浩之, “原子力災害対応用ロボットの性能試験法; 貫通孔を介した展開後の走破性能試験(JAEA-TM-0004、JAEA-TM-0005)”, JAEA-Technology 2021-021, 2021, 30p.
- [3] 山田 大地, 川端 邦明, 阿部 浩之, “原子力災害対応用ロボットの性能試験法; ロボットアームによる障害物の乗り越えを介した接近試験(JAEA-TM-0006)”, JAEA-Technology 2021-033, 2022, 18p.

付録

付録1 2022年度 檜葉遠隔技術開発センターの組織・業務概要



付録 2 2022 年度の施設利用実績

No.	利用者区分	利用期間	利用内容（概要）	利用目的
1	産	年間（365日）	原子炉格納容器内部詳細調査技術の開発	A
2	産	年間（365日）	IRID 職員の居室利用	A
3	官	年間（365日）	原子炉建屋内の環境改善のための技術の開発居室利用	A
4	官	年間（365日）	研究人材育成型廃炉研究プログラムのための居室利用	A
5	官	年間（365日）	倉庫利用	C
6	官	年間（365日）	格納容器内アクセス及び調査のためにアーム型の軌道についての研究開発	A
7	官	年間（365日）	遠隔機材メンテナンス	D
8	産	年間（365日）	1F 関連のモックアップ試験	A
9	官	4/1～3/28	燃料デブリマッピングツールの開発	A
10	官	4/1～3/8	PCV 模擬体の倉庫保管	A
11	学	4/1～3/6	燃料デブリ取り出しのための機械式マニピュレータのナビゲーション及び制御	A
12	官	年間（365日）	ロボット遠隔制御用無線技術の評価	A
13	産	年間（365日）	原子炉格納容器内部詳細調査技術の開発における居室利用	A
14	産	年間（365日）	1F-1～4号機 Dピット周辺線量低減のための干渉物撤去工事のモックアップ	A
15	産	4/1～5/31	タンク内包スラッジの回収装置適応性確認及び習熟訓練	A
16	官	4/11～4/15	データ収集効率化のための技術開発（国プロ）	A
17	産	4/13	グローブボックス及びマニピュレータ操作訓練	A
18	官	7/22～7/24	国際メンタリングワークショップ開催	C
19	産	4/28	4足歩行ロボットの操作デモ	D
20	産	5/16～5/18	ドライヤ・セパレータ移動工法検討	A
21	産	5/13	水中ドローンの動作確認と操作訓練	D
22	官	4/20	会議室利用	D
23	官	4/18～3/31	情報循環に基づいた遠隔操作支援技術・システムの研究開発	A
24	産	7/11～7/15	環境水サンプリング機構を組合せたロボット・ツール試験（共研内部利用）	D

No.	利用者区分	利用期間	利用内容（概要）	利用目的
25	産	4/19～3/31	福島第一原子力発電所廃止措置に関わる検討業務への原子炉建屋 3D-CAD データ活用	A
26	産	5/13	ロボット操作実習プログラム（黒川中学校）	D
27	産	5/16～6/3	ハイブリッドドローン屋内飛行試験	D
28	産	5/11～5/25	グローブボックス及びマニピュレータ訓練	C
29	産	4/25～3/31	1F2 号機及び 3 号機の R/B 内 3D CAD データの利用	A
30	官	5/23～5/27	データ収集効率化のための技術開発（国プロ）	A
31	産	6/1～6/16	4 足歩行ロボットの検証	D
32	産	6/14～6/14	ロボット操作実習プログラム（甲南高等学校）	D
33	産	8/18～8/18	ロボット操作実習プログラム（芝浦工業大学附属中学高等学校）	D
34	学	6/6～6/29	「ラドほたる」開発試験	A
35	学	6/14	ロボット操作実習プログラム	D
36	産	6/14～6/16	RACE ロボットオペレーターとのロボットアームトレーニングに関する意見交換	C
37	産	6/8～7/6	グローブボックス及びマニピュレータ訓練	D
38	産	6/30～3/31	燃料デブリ取り出し工法の検討	A
39	産	6/28～6/30	4 足歩行ロボットのデモ&トレーニング	D
40	産	6/30	ロボット操作実習プログラム（新潟中学校）	D
41	官	7/11	ロボット操作実習プログラム（福島県立郡山北工業高等学校）	C
42	産	7/4～3/31	原子炉格納容器内部詳細調査技術のアクセスルート構築検証作業	A
43	官	7/5～3/31	遠隔資機材の操作訓練（ふげん）	D
44	官	8/24～3/31	遠隔資機材の操作訓練（大洗研）	D
45	産	7/7～7/26	4 足歩行ロボットのトレーニング	D
46	産	7/25～7/26	水中ドローンの改良後の動作テストと操作訓練	D
47	学	7/29	ロボット操作実習プログラム	D
48	官	8/29～8/31	令和 4 年度夏期休暇実習	D
49	産	8/22～9/6	水中ロボット操作訓練	C
50	産	8/1	1F-3 号機使用済燃料プール高線量機器取り出し用治具の性能確認	A
51	学	9/1～3/31	2 号機格納容器内部調査動画との合成	A
52	産	8/3	4 足歩行ロボットのデモ	D

No.	利用者区分	利用期間	利用内容（概要）	利用目的
53	学	8/2	ロボット操作実習プログラム	C
54	学	8/5	ロボット操作実習プログラム	C
55	産	8/15～9/13	環境改善・干渉物撤去のための遠隔技術の開発（国プロ）	A
56	産	8/19	ロボット操作実習プログラム（広島学院高等学校）	D
57	産	8/25	ロボット操作実習プログラム（立教池袋中学校・高等学校）	D
58	官	10/12～3/31	遠隔資機材の操作訓練（もんじゅ）	D
59	官	9/21～3/31	遠隔資機材の操作訓練（原科研）	D
60	産	10/14～10/18	ロボカップジャパンオープン 2022 レスキュー実機リーグの開催	D
61	学	9/1	廃炉ロボコンサマースクール	C
62	官	9/15～9/16	データ収集効率化のための技術開発（国プロ）	A
63	産	9/29～3/31	ゼオライト土嚢回収ロボットのモックアップ試験	A
64	学	10/24～11/22	ロボット操作実習プログラム	D
65	学	9/6	福島第一廃炉・風評に関する議論	C
66	産	9/7～12/20	4足歩行ロボットのデモ	D
67	産	9/27	ロボット操作実習プログラム（桐生第一高等学校）	D
68	官	9/12～3/31	ドローンの性能評価手法開発に係る飛行試験及び意見交換	D
69	学	9/15	ロボット操作実習プログラム	C
70	産	9/26～11/2	吸着塔サンプリング技術のトレーニング及びモックアップ	A
71	官	10/12～3/31	遠隔資機材の操作訓練（核サ研）	D
72	産	12/12～3/31	1号機原子炉格納容器内部調査に関わるモックアップ訓練	A
73	産	12/16	ロボット操作実習プログラム（鎌倉学園中学校・高等学校）	D
74	産	11/9	ロボット操作実習プログラム（早稲田摂陵高等学校）	D
75	学	10/6	ロボット操作実習プログラム	C
76	官	10/11～12/7	PCV 内部監察用軌道構造体の実現性検証実験 2	C
77	産	10/12～10/13	水中ドローンの動作確認と操作訓練	D

No.	利用者区分	利用期間	利用内容（概要）	利用目的
78	官	10/20	ロボット操作実習プログラム（勿来工業高等学校）	C
79	学	12/15	ロボット操作実習プログラム	D
80	産	10/31～11/1	ロボット操作実習プログラム（福岡県立福岡高等学校）	D
81	産	11/16～11/30	ロボット操作実習プログラム	C
82	産	11/15	視察会	D
83	官	11/7～11/8	福島廃炉産業ビジネス総合展	A
84	産	10/20～3/31	放射化生成物放射能の推定	A
85	官	11/9	モックアップセル及びマニプレータによるコールド試験	D
86	産	11/10～11/11	水中ロボットの操作訓練	C
87	産	11/21	ロボット操作実習プログラム（横浜工学院）	D
88	官	11/21～3/17	試験場における線源・線量率推定システムの有効性評価（国プロ）	A
89	学	12/27	ロボット操作実習プログラム	D
90	産	12/2	水中ドローンアタッチメント検証及び操作トレーニング	D
91	産	12/1	1F・新監視室 3D レビュー会の実施	A
92	学	12/8～12/10	第7回廃炉創造ロボコン	C
93	産	11/17～3/31	原子炉建屋内部の作業計画の立案、検討	A
94	学	12/26～12/28	ロボットの移動データ及び搭載センサの3次元構造物データ取得試験	D
95	官	1/30	無人航空機操縦士講師研修	D
96	産	1/6	産業用水中ドローンのアタッチメント検証及び潜水士基礎トレーニング	D
97	学	1/20	ロボット操作実習プログラム	D
98	産	1/16～1/17	水中ドローンの操作確認	D
99	学	1/23～2/1	「ラドほたる」開発試験	A
100	学	2/6	ロボット操作実習プログラム	C
101	官	2/9～3/10	PCV 内部監察用軌道構造体の実現性検証実験	C
102	産	2/27～3/3	小型無人潜水ロボットの動作試験（CLADS 内部利用）	B
103	学	2/21	ロボット操作実習プログラム	D

No.	利用者区分	利用期間	利用内容（概要）	利用目的
104	産	2/8	体験型業界研究セミナー（テクノアカデミー浜：ロボット操作実習プログラム）	D
105	産	2/17	体験型業界研究セミナー（WIZ 国際情報工科自動車大学校：ロボット操作実習プログラム）	D
106	官	2/20～3/8	水中デブリ探査技術の開発	A
107	産	2/24	体験型業界研究セミナー（会津大学：ロボット操作実習プログラム）	D
108	官	2/27	放射線管理計画等作成者用研修（ロボット操作実習プログラム）	C
109	官	3/13	1day 学生研修	D
110	産	3/22	ロボット操作実習プログラム（福岡県立明善高等学校）	D
111	官	3/24	「ならはっ子こども教室」活動における体験活動	D
112	官	3/22～3/29	Spot 動作確認試験	D
113	産	3/28	水中ドローンの動作テスト及びデモンストレーション	D

※ 表の並びは受け付け順となっている。また、表中の利用者区分欄は利用者の分類を示している。産は産業界、官は官界、学は学界の利用者を示す。

※ 利用目的の記号種別は下記のとおり

A：福島第一原子力発電所の廃止措置に係る課題

B：福島・国際研究産業都市（イノベーション・コースト）構想に関連する課題

C：上記 A 及び B に係る人材育成に関する課題

D：その他

付録 3 利用事例

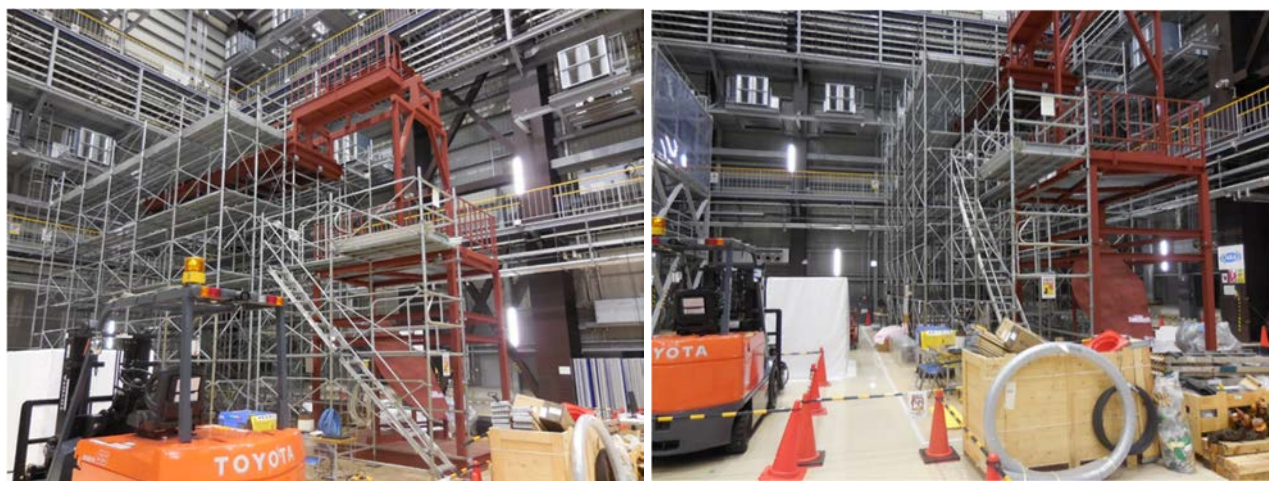
(1) 1F 廃炉関連

株式会社東京エネシス (No.8)

利用期間： 2022 年 4 月 1 日 (金) ～ 2023 年 3 月 31 日 (金)

利用施設： 実規模試験エリア

利用内容： 1F-1 号機 PCV 内部へ挿入している監視計器の挿入部ペネ及び内部架台の模擬装置を配置し計器抜き取り・挿入設置の習熟訓練を実施。



株式会社アトックス (No.15)

利用期間： 2022年4月1日(金)～2022年5月31日(火)

利用施設： 実規模試験エリア

利用内容： 福島第一発電所プロセス建屋内にてタンク内包スラッジの吸引回収を実施するため、当施設に設置した模擬試験場でのモックアップを行い、装置の妥当性確認及び人員の育成を実施。

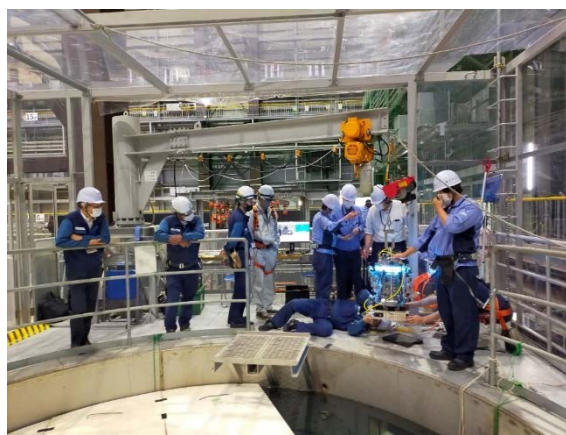
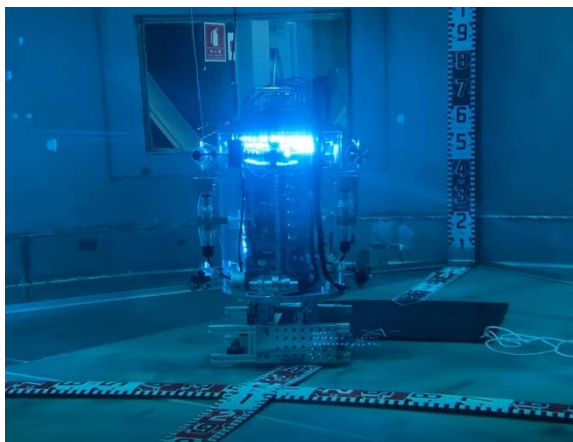


株式会社アセンド (No.49)

利用期間： 2022年8月22日(月)～2022年9月6日(火)

利用施設： ロボット試験用水槽

利用内容： 福島第一原子力発電所に設置されている処理水タンクにおいて、水中ロボットによるタンク内部の調査、溶接部の測定等の実証試験を計画している。この試験のモックアップとして、楢葉遠隔技術開発センターの大型水槽を使用し、水中ロボットの操作、試験に係る機材等の水槽への投入及び回収作業に関する習熟訓練を実施。

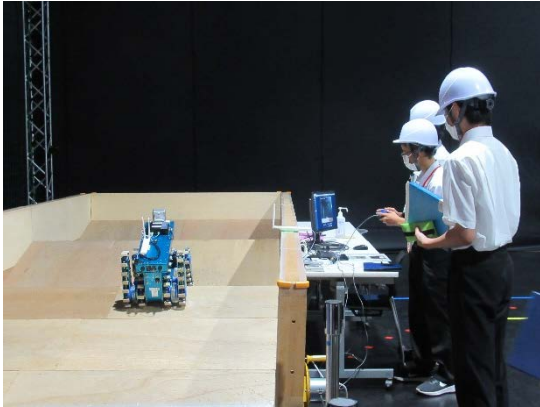


(2) 人材育成関連

福島県立原町高等学校 (No.53)

実施日： 2022年8月2日(火)

実習内容： ロボット操作実習(凹凸(山谷)走行、水中ドローン飛行)プログラム体験。



福島県立磐城高等学校 (No.54)

実施日： 2022年8月5日(金)

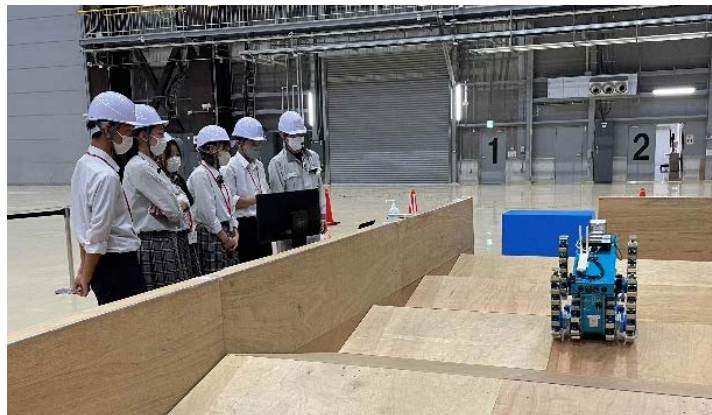
実習内容： ロボット操作実習(凹凸(山谷)走行)プログラム体験、VR体験。



福島県立相馬高等学校 (No.69)

実施日： 2022年9月15日(木)

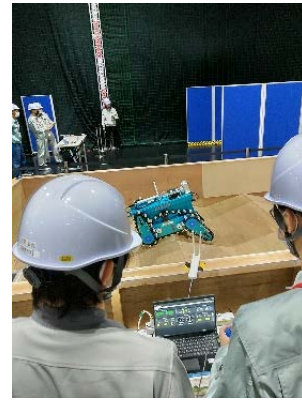
実習内容： VRシステムによる福島第一原子力発電所内のシミュレーションを体験。ロボットの遠隔操作を体験。



福島県立勿来工業高等学校 (No.78)

実施日： 2022年10月20日(木)

実習内容： ロボット操作実習(凹凸(山谷)走行、ドローン飛行)プログラム体験。



国立大学法人福島大学 (No.100)

実施日： 2023年2月6日(月)

実習内容： ロボット操作実習(凹凸(山谷)走行)プログラム体験。



(3) その他

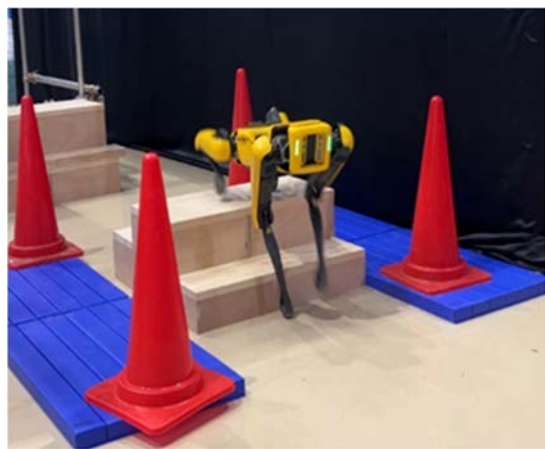
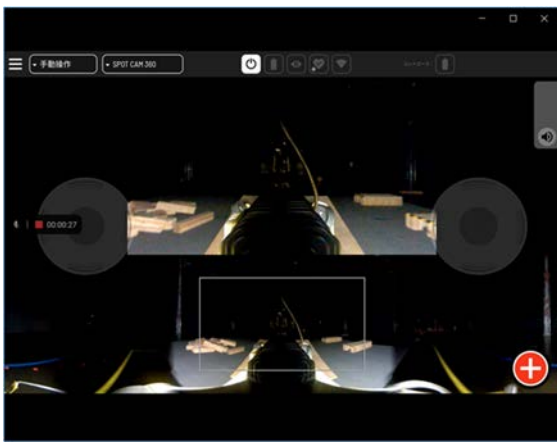
株式会社東北エンタープライズ (No.19,31)

利用期間： 2022年4月28日(木)

2022年6月1日(水)～6月16日(木)

利用施設： モーションキャプチャ、共通エリア

利用内容： 暗所内に障害物及び段差やスロープを設置し、操作者側の視認性やロボットの歩行への影響確認、2段ステップにおけるロボットの性能確認実施。

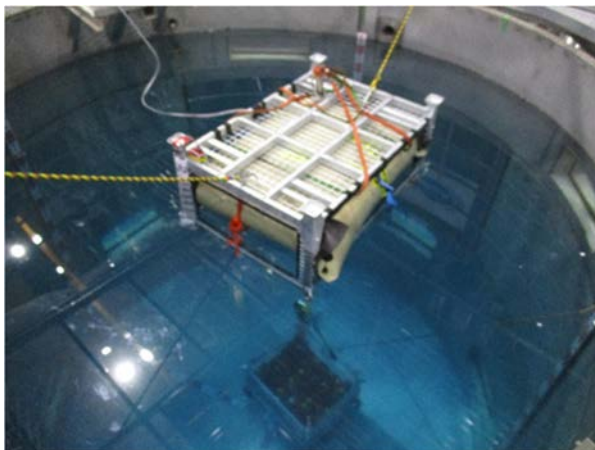


東京パワーテクノロジー株式会社 (No.20)

利用期間： 2022年5月16日(月)～5月18日(水)

利用施設： ロボット試験用水槽

利用内容： ダイバーによる潜水作業にて模擬のウエイト及びリフトバックを使用し、移動工法の実証試験を実施。



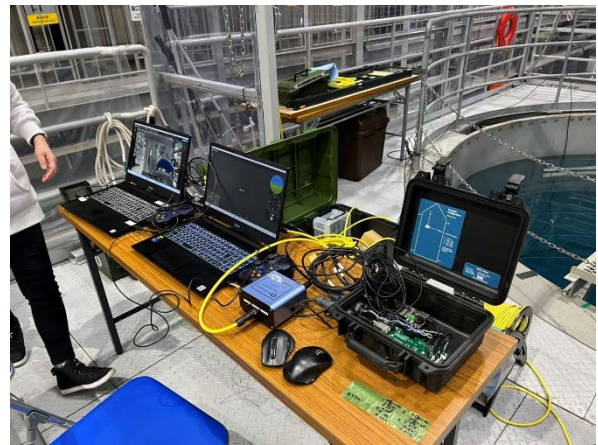
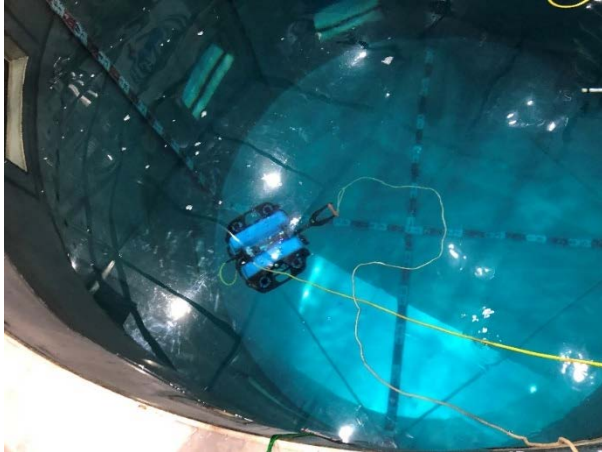
株式会社チック (No.21,113)

利用期間： 2022年5月13日(金)

2023年3月28日(火)

利用施設： ロボット試験用水槽

利用内容： 水中ドローンの動作確認と操作訓練を実施。



株式会社アセンド (No.37)

利用期間： 2022年6月8日(水)～7月6日(水)

利用施設： 共通エリア

利用内容： グローブボックス用ビニルバッグ及びグローブの取扱い、バッグイン・バッグアウト作業、ビニルバッグ及びグローブ(押込み式)の交換作業、マニピュレータの操作について、個人の技術の習得、習熟を目的として訓練を実施。

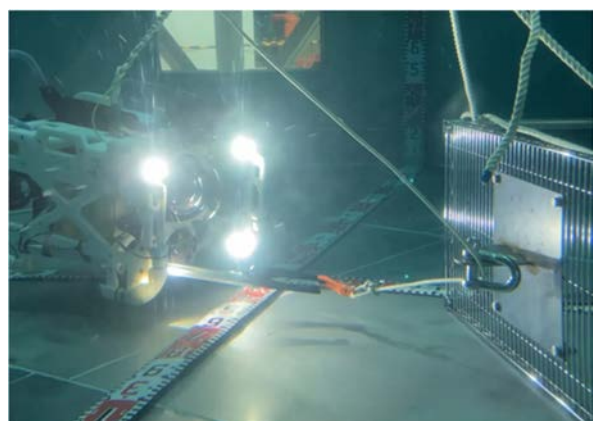
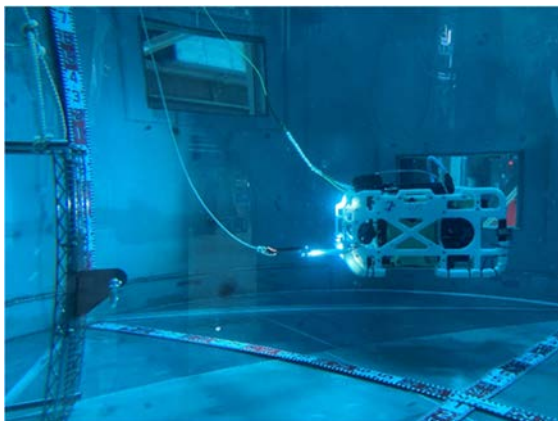


株式会社 BLUETECH.OCEAN (No.90)

利用期間： 2022年12月2日(金)

利用施設： ロボット試験用水槽

利用内容： ダイバーが作業できない深深度(40m以深)において、海底に落下したアンカーを引き上げるために水中ドローンを利用し、吊り上げ用フックを設定するための事前ロープの設定を実施。



付録 4 利用者等からの意見・要望

(1) 手続き関連

利用者からの意見（要望、改善提案、不満）	対応
各種提出書類の提出期限について、もう少しフォローアップして頂けると大変助かります。	提出期限についてはメールで連絡している。必要に応じてフォローアップするようにする。
容量が大きいデータが送れなかった。	現状、申請システム上では 10MB までしかアップロードできないため、上限を上げる。
予約の完了までの工程がたくさんあると思います。	今の利用申請システムは試験棟施設利用をベースに作られているため、ロボット操作実習プログラムや VR データ利用では必要ない項目も多く複雑になっている。
施設のどの場所、スペースの予約を入れて良いか分からない部分があった。	最初に分岐ができる新しい申請システムの作成を検討する。
それぞれの項目に何を記載すべきか分かりにくい。料金が別のページを開かないと分からない。HP からの申し込みをしたのに、結局メールでも複数回のやり取りがあり、事務作業を簡易に進めるための役に立っていない。	
概算利用料金の確認について「ステータス」が「利用申請済」になると閲覧できなくなる旨どこかに記載があるといい。	利用申請済みの課題については別タブの「過去の利用」に移動する。概算料金についても閲覧可能であるが、申請システム改修の際の参考にさせていただく。

(2) 設備等改善関連

利用者からの意見（要望、改善提案、不満）	対応
<p>1F の処理水タンクを模した水槽（深さ 10m 以上、上部がマンホール等）のような設備があると実証に近い試験が行えるため、整備していただくとありがたいです。</p>	<p>現状、設置できるエリアが無いため見送る。福島 RTF やスマデコ、海技研を紹介する。</p>
<p>可能であれば、使用済み燃料プール程の大きい試験用水槽を追加してほしいです。</p>	
<p>多くの参加者が PC を使用したため電源コンセントがやや不足していると感じられた。延長コードやマルチタップ等の貸し出しがあるとより便利になる。</p>	<p>会議室利用の申請時に電源タップが必要か、事前にメールにて質問するようにする。会議室の電源コンセントを増設工事する。</p>

(3) 実習プログラム関連

利用者からの意見（要望、改善提案、不満）	対応
<p>ドローンをもう少し大型の機材で体験させてほしい。</p>	<p>通常の実習 PG の時間・人数では難しい。一人当たりの時間を十分に確保できるかつモーションキャプチャが使用可能である場合に中型ドローンによる実習ができないか検討する。</p>
<p>職員との対話・質疑応答の時間をもっと確保してほしい。</p>	<p>スケジュール最後に質疑の時間が必要か利用者に確認を取る。</p>
<p>VR で体験した原子炉について、機密上の問題はあってもないが、原子炉模型にも近づいて VR の比較をしてみたいと思う。</p>	<p>他利用者のモックアップ設備の対応は難しい。見学チームに相談する。</p>

参考 すべてのご意見

利用手続きはいかがでしたか（HP からの申し込み手順）。

分かりやすかったと思います。
申請で共有スペースの入力等難しい部分もあるが、都度ご教示いただけたので問題は感じません。
専門用語があり、部外者には分かりづらい部分もあった。
特にはありませんが、容量が大きいデータが送れなかったぐらいです。
予約の完了までの工程がたくさんあると思います。
各設備の空情報を利用申請システムに追加してほしい。
概算利用料金の確認について「ステータス」が「利用申請済」になると閲覧できなく旨どこかに記載があるといい。
それぞれの項目に何を記載すべきかわかりにくい。料金が別のページを開かないとわからない。HP からの申し込みをしたのに、結局メールでも複数回のやり取りがあり、事務作業を簡易に進めるための役に立っていない。
各種提出書類の提出期限について、もう少しフォローアップして頂けると大変助かります。
施設のどの場所、スペースの予約を入れて良いか分からない部分があった。

試験施設・設備の使い勝手はいかがでしたか。

備品含め、新しい設備で使いやすかったです。
安全に配慮された実習で、担当教員からも満足した旨の感想がありました。
職員の方にご丁寧にご対応いただき使用勝手が良かったです。
試験棟内は冷房が効いており、特に夏の利用の際は熱中症の心配がなく、快適に利用できました。お客様の視察時にモニターや椅子を借用させて頂き、大変助かりました
標準試験体（角材バージョン）にもスロープを設置してほしい。
多くの参加者が PC を使用したため電源コンセントがやや不足していると感じられた。
VR が体験できなかったのが残念でした。

新たに整備してほしい試験施設・設備や追加してほしい機能等のご意見をお書きください。

今回のロボット試験用水槽の利用に関して、追加整備の必要性は感じませんでした。
利用人数にもよるが延長コードやマルチタップ等の貸し出しがあるとより便利になる。
可能であれば、使用済み燃料プール程の大きい試験用水槽を追加してほしいです。
ドローンをもう少し大型の機材で体験させてほしい。
1F の処理水タンクを模した水槽（深さ 10m 以上、上部がマンホール等）のような設備があると実証に近い試験が行えるため、整備していただけるとありがたいです。

フォークリフト。
マイクやモニタが共用設備であるため、他の利用者さんが視察に来られている際は使えないので、(マイクやモニタを) 予備品として追加して頂いた方が調整不要となるため、良いと感じました。
VR で体験した原子炉について、機密上の問題はあるかもしれないが、原子炉模型にも近づいて VR の比較をしてみたいと思う。

本施設の利用に関し、今後の予定はいかがですか。

弊社取り扱いのロボットを中心に顧客へのデモンストレーション及び納入後のトレーニングとして不定期ではありますが使用していきたいと考えています。
今後廃炉作業に伴うモックアップが必要になった場合、試験を実施する可能性はあります。
今回の試験が終わったばかりであり、今この時点では次の具体的な利用予定はまだありませんが、今後も施設を利用させて頂きたい案件が出てくることは十分に考えられますので、その際には是非また利用させて頂きたいです。
今回と同様にグローブボックス作業、マニピュレータ操作の習熟を目的とした訓練の実施。
学校様からの要望や、企業の研修旅行等要望があれば都度お世話になりたいと思います。
現状会議室の利用計画はないが状況に応じ今後も利用していきたい。
福島震災学習の一環として、希望する学校様がいればまた訪問提案したいです。
福島イノベーション・コースト構想推進機構の支援で見学・体験を見学希望する高校があれば、お願いいたします。
復興や廃炉について体験的に学ぶために利用したいです。
ロボット実習プログラムと施設見学のため。
1F 関連工事のモックアップに使用する可能性がございます。
次年度以降、イノベーション・コースト構想の事業が継続すれば、本校では継続されるよう働きかけたい。

本施設を利用して、総合的に満足いただけましたか。

研究員の人との対話・質疑応答の時間をもっと確保してほしい。

その他、本施設をご利用になってのご意見・ご感想をご自由にお書きください。

原子力機構の方々が親身に相談に乗ってくれるため、大変利用しやすいです。
事前の下見や打合せ、当日に向けてのやり取り等、ご丁寧に対応頂き助かりました。ワークショップでは、3名の方にファシリテーターの役割を担って頂き、感謝しております。施設見学及び特別講演が好評であった為、またご利用させて頂きたいと思います。
今回も色々ご準備いただきありがとうございます。

<p>今回は利用するまで書類等で御迷惑を掛けまして大変申し訳ありませんでした。試験では、確認したいことは確認できたと思います。以前から作業等お世話になっておりますが、皆様の対応にはいつも感謝しております。今後とも宜しくお願い致します。</p>
<p>いつも親切にご対応いただきましてありがとうございます。今後ともどうぞよろしくお願ひいたします。</p>
<p>搬出入の時には極めて迅速かつ的確なサポートを頂き、とても助かりました。また利用時にも適宜気にかけて頂き、必要なサポートをして頂きました。どうもありがとうございました。重ねて御礼申し上げます。今回利用させて頂いたロボット試験用水槽は中々他にはない設備であり、利用させて頂きとても助かりました。ロボット試験が必要になった場合には、ぜひまた利用させて頂きたいです。今後ともよろしくお願ひ申し上げます。</p>
<p>職員の方が親切に対応してくださり安心して気持ち良く利用できました。</p>
<p>今回、当グループとしては初めての利用申請であり、原子力機構担当殿に幾度か確認の連絡をさせて頂きましたがその都度迅速かつ丁寧に対応して頂きありがとうございます。今後ともよろしくお願ひいたします。</p>
<p>いつもありがとうございます。また利用させていただきます。ありがとうございました。</p>
<p>大人数にもかかわらず、スタッフの方々が生徒一人一人に丁寧に説明をしてくださり、貴重な時間を過ごすことができました。今後も貴重な学習の場として利用したと考えておりますので、どうぞよろしくお願ひいたします。この度はありがとうございました。</p>
<p>急な日程延長の申し込みにも柔軟にご対応頂き、ありがとうございます。原子力機構職員の方の対応がとても親切丁寧で大変満足しています。また、施設・設備についてもとても使用しやすくなっており満足しています。機会がありましたら、また是非利用させていただきたいと思います。</p>
<p>生徒の受け入れありがとうございました。相双地域に住んでいながらも、このような施設があることもあまり知りません。とてもいい機会になりました。また、無理をいって、講師の人となり話をいただきましたが、高校生にとっても人に生き様を知るいい機会であり、自分の生き方を考えるきっかけにもなったと思います。感謝申し上げます。</p>
<p>職員の方には大変フォロー頂きました。対応ありがとうございました。</p>
<p>お忙しいところ大変お世話になりました。廃炉技術の現状を垣間見ることができ、生徒も感心しておりました。次年度以降もよろしくお願ひします。</p>

付録5 ロボット操作練習用シミュレータの提供に関するアンケート

集計結果

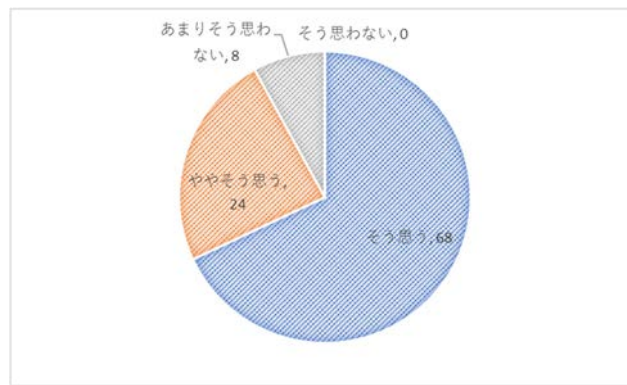
アンケート参加人数：合計 25 名

(内訳)	
● ふげん	： 2 名
● もんじゅ	： 5 名 (事務局 1 名含む)
● 核サ研	： 10 名 (事務局 4 名含む)
● 原科研	： 2 名
● 大洗	： 6 名

※ () : 人数

1：偵察用ロボットの操作練習について

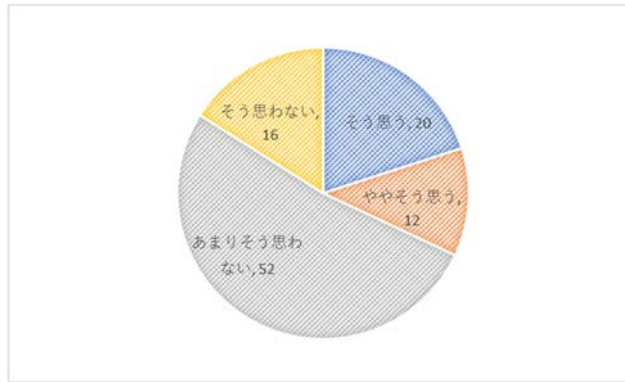
Q1：シミュレータの操作方法は理解できましたか



「あまりそう思わない」、「そう思わない」と答えた方の理由

- コントローラの操作方法がわからなかったため (2)

Q2：シミュレータの訓練内容は難しいですか



「そう思う」、「ややそう思う」と答えた方の理由

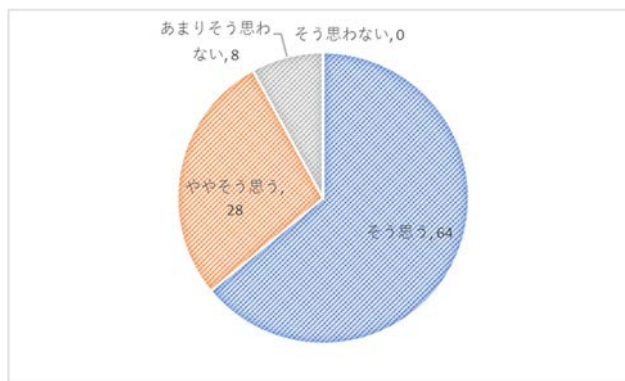
- コントローラの操作方法がわからなかったため(2)
- シミュレータの操作方法がわからなかったため(1) ※カメラの視点、GUI
- ロボットを正しく操作できているのかわからなかったため(1)

追加してほしい機能等

- ロボットの姿勢を表示してほしい(1)
- カメラの視点を変更する（初期位置に戻す/切り替える）機能がほしい(1)
- コントローラや GUI の詳細な操作方法を示してほしい(1)
- クローラが過負荷になった場合に警告を出してほしい(1)

2：作業用ロボットの操作練習について

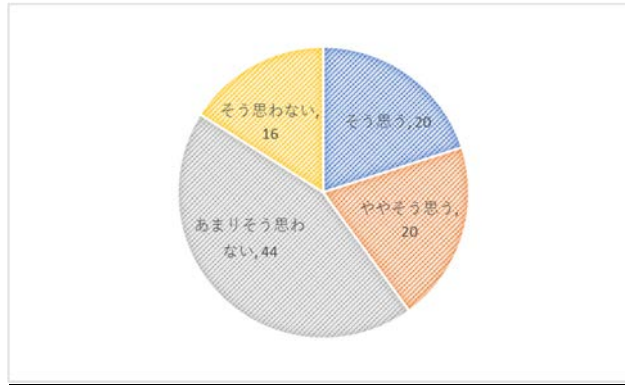
Q3：シミュレータの操作方法は理解できましたか



「あまりそう思わない」、「そう思わない」と答えた方の理由

- コントローラの操作方法がわからなかったため(1)

Q4：シミュレータの訓練内容は難しいですか



「そう思う」、「ややそう思う」と答えた理由

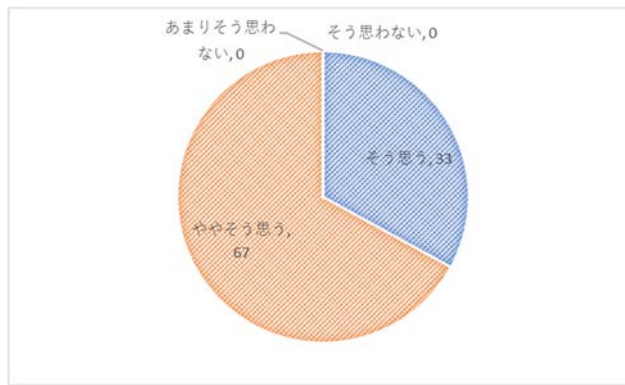
- コントローラの操作方法がわからなかったため(4)
- シミュレータの操作方法がわからなかったため(1) ※カメラの視点、GUI
- 実機と操作感が異なるため(3)
- 物体をうまくつかめなかったため(2)
- カメラの視野角が狭く感じたため(1)

追加してほしい機能等

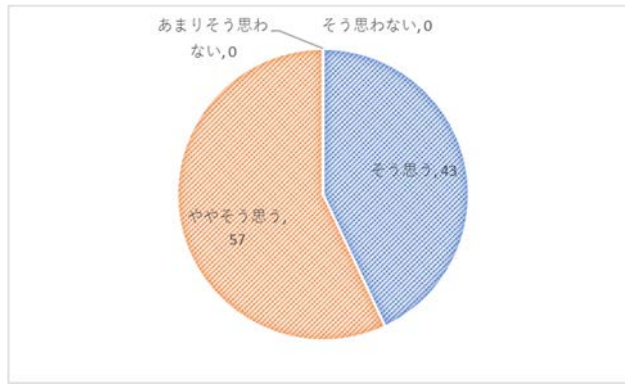
- 姿勢を指定する機能がほしい(2)
- ロボットの姿勢を表示してほしい(2)
- カメラの視点を変更する（切り替える）機能がほしい(2)
- コントローラや GUI の詳細な操作方法を示してほしい(1)
- グリッパにかかるトルクを可視化してほしい(1)
- グリッパの開閉を速くしてほしい(1)
- 扉の開閉などをやってみたい(1)

3：シミュレータを使ったロボットの操作練習について（全般）

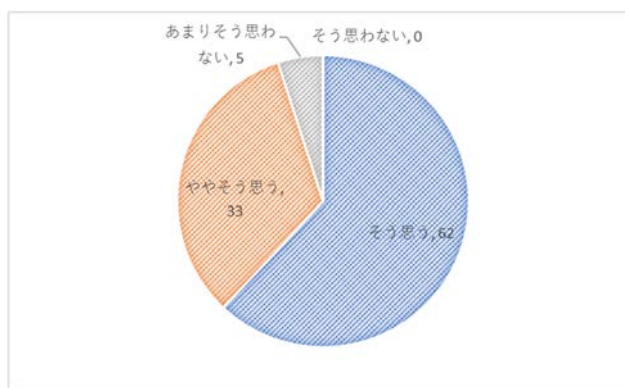
Q5：シミュレータは実機の操作方法を模擬できていると思いますか



Q6：シミュレータは実機訓練に役立てると思いますか



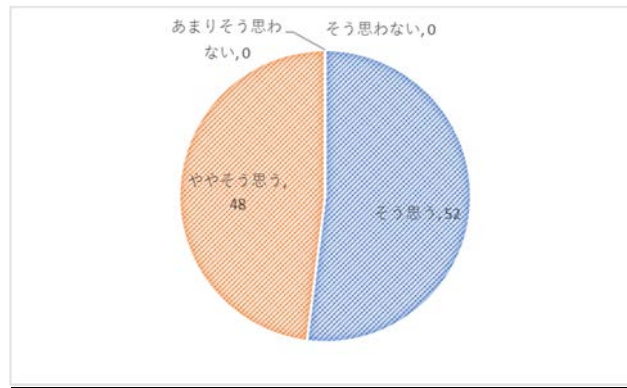
Q7：シミュレータは実機を操作しない期間の操作感覚の維持に有効だと思いますか



「あまりそう思わない」、「そう思わない」と答えた方の理由

- 拠点規則等で特別にシミュレータを操作する時間をとる機会が無い

Q8：今後も各拠点にシミュレータの提供は必要だと思いますか



Q5～Q8で「そう思う」、「ややそう思う」と答えた方でシミュレータを使用して良かった点として、該当する項目にチェックして下さい（幾つでも可）

- 机上でロボットの操作訓練を擬似的に体験できたこと(86%)
- 同じ作業条件で、繰り返し操作練習ができたこと(48%)
- 実機を操作しない期間に、操作感覚の維持ができたこと(76%)
- 履歴を参照して操作内容の振り返りができたこと(10%)
- 転倒・接触等の事象を擬似的に体験できたこと(33%)
- その他(5%)

4：その他、ご要望・ご意見・ご感想等

【要望】

- ドローンの操作練習ができるとよい(8)
- 施設やフィールドのモデルを追加してほしい(6)
- カメラの視点、視線方向を変更しやすくしてほしい(2)
- リアリティ/クオリティを上げてほしい(4) ※シチュエーション、影、暗所

【意見】

- 遠近感がわかりにくい(4)

【感想】

- 操作技能の維持に有効と感じた(8)
- アクシデントの擬似体験ができてよい(3) ※偵察用ロボットの転倒・無理な姿勢

【その他】

- 偵察用ロボットを転倒させた場合の復帰方法を教えてほしい(3)
- コントローラの操作方法を示してほしい(5)

付録6 偵察ロボットを用いた階段走破性能試験のデータのまとめ

(遠隔機材整備運用課によるロボット性能評価法データ採取の一例)

ロボット	通信	試験実施者	試験監督	外部照明	試験日時	試験時刻
T-02	無線	A	E	有	2022/9/15	10:26
T-02	無線	B	E	有	2022/9/15	---
T-02	無線	C	E	有	2022/9/15	11:08
T-02	無線	D	E	有	2022/9/15	11:37

通路幅(m)	段差(高さ,m)	段差(段数)	成否 1	成否 2	成否 3	成否 4	成否 5
1	0.17	6	○(接触)	○(接触)	○	○	○(接触)
1	0.17	6	○(接触)	○(接触)	○(接触)	○	○
1	0.17	6	○	○	○	○	○
1	0.17	6	○	○	○	○	×(中止)

平均時間	タイム 1	タイム 2	タイム 3	タイム 4	タイム 5
0:57	0:50	0:54	0:53	1:01	1:09
1:21	1:08	1:29	1:30	1:10	1:30
1:01	0:59	1:10	0:56	0:59	1:03
---	0:44	1:07	1:07	1:16	中止

