



JAEA-Review

2025-017

DOI:10.11484/jaea-review-2025-017

2023年度 櫛葉遠隔技術開発センター年報

Annual Report for FY2023 on the Activities of
Naraha Center for Remote Control Technology Development
(April 1, 2023 - March 31, 2024)

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

June 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

2023 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

(2025 年 3 月 25 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。2023 年度は 88 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 8 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。また、2023 年度に採択された「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））」に関する補助事業の開発業務を計画通りに進めた。

本報告書は、2023 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 FY2023 on the Activities of
Naraha Center for Remote Control Technology Development
(April 1, 2023 - March 31, 2024)

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

(Received March 25, 2025)

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 88 in FY2023. We participated booth exhibitions and presentations on the decommissioning related events. Moreover, we also contributed to the development of human resources by supporting the 8th Creative Robot Contest for Decommissioning. As a new project, “Narahakko Children’s Classroom” was implemented for elementary school students in Naraha Town. And, Subsidy program work of “Project of Decommissioning and Contaminated Water and Treated Management”, entitled “Development of Technologies for Work Environmental Improvement in R/B” was carried out as scheduled.

This report summarizes the activities of NARREC in FY2023, 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 2023 年度の活動概要	3
2 施設・設備の整備及び利用状況	5
2.1 施設・設備の整備状況	5
2.1.1 VR システム	5
2.1.2 性能評価試験法	6
2.2 利用促進活動	8
2.3 利用状況	9
2.3.1 利用実績	9
2.3.2 利用事例	9
2.3.3 利用者等からの意見・要望	10
2.4 まとめ	10
3 原子力緊急事態支援用遠隔操作資機材の整備と運用	11
3.1 遠隔操作資機材の整備	11
3.2 遠隔操作資機材操作要員の操作訓練	12
3.3 その他	16
3.4 まとめ	17
4 廃炉・汚染水・処理水対策事業費補助金事業	18
4.1 開発概要	18
4.2 開発成果	19
4.3 まとめ	21
5 まとめ	22
付録 1 2023 年度 檜葉遠隔技術開発センターの組織・業務概要	23
付録 2 2023 年度の施設利用実績	24
付録 3 利用事例	28
付録 4 利用者等からの意見・要望	36
付録 5 遠隔機材整備運用課による独国 KHG 技術者(1 名)の受入実績	43

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 FY2023 Activities	3
2	Improvement and Utilization of Facility and Equipment	5
2.1	Improvement	5
2.1.1	Virtual Reality System	5
2.1.2	Performance Evaluation for Remote Control Robot	6
2.2	Promotional Activities for Utilization	8
2.3	Utilization	9
2.3.1	Results of Utilization	9
2.3.2	Examples of Utilization	9
2.3.3	Comments and Requirements from Facility Users	10
2.4	Summary	10
3	Operation and Maintenance of Remote Control Equipment for Nuclear Emergency Response	11
3.1	Maintenance of Remote Control Equipment	11
3.2	Training for Operators	12
3.3	Other Notes.....	16
3.4	Summary.....	17
4	Project of Decommissioning, Contaminated Water and Treated Water Management	18
4.1	Development Summary	18
4.2	Development Results	19
4.3	Summary.....	21
5	Summary	22
Appendix 1	Organization of Naraha Center for Remote Control Technology Development in FY2023	23
Appendix 2	Actual Facility Utilization in FY 2023	24
Appendix 3	Examples of Utilization	28
Appendix 4	Comments and Requirements from Facility Users	36
Appendix 5	Acceptance of Engineer of KHG(German)	43

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、2023 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・処理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。

2023 年度の NARREC 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 35 m×奥行 25 m×高さ 20 m）と各種試験が実施できる「試験棟」（1 階建：幅 60 m×奥行 80 m×高さ 40 m）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。この他、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

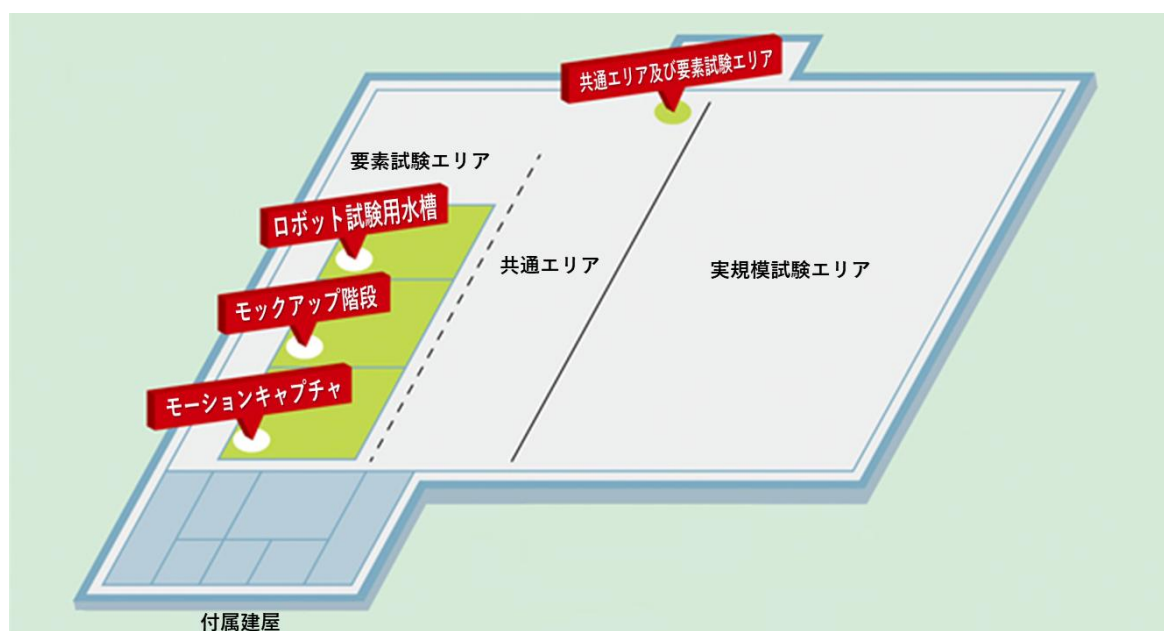


図 1.2-2 試験棟の概略¹

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:2025 年 1 月 15 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 2023 年度の活動概要

2023 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 8 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。2022 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体験の出張授業を 2023 年 7 月 21 日に実施し、32 名の児童が参加した（図 1.3-1 参照）。また、檜葉町小学生を対象としたキャリアスクールを 2024 年 3 月 29 日に開催し、小学生 3 名が遠隔クローラーロボットの操作シミュレーション及び操縦体験や放射線作業用防護服等を体験した（図 1.3-2 参照）。NARREC の視察・見学については、2023 年度は 192 件、3,243 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 28,400 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、2023 年度に採択された「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）」に係る補助事業に関する開発業務を開始した。本事業は、2022 年度末に終了した「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開発）」の後継プロジェクトであり、開発した線源・線量率評価システムのプロトタイプの推定精度や機能の向上並びに現場でのユーザーフレンドリー化を図ることを目的としている。2024 年 4 月に実施した 2023 年度末の中間報告会では、評価委員から「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」の総括コメントをいただいた。



図 1.3-1 ならはっ子こども教室の出張授業状況（檜葉小学校、2023 年 7 月 21 日）



図 1.3-2 キャリアスクールの体験状況（NARREC、2024 年 3 月 29 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、2023 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、廃炉作業における被ばく低減と安全かつ効率的な作業計画、訓練の支援を目的に、没入型（CAVE）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、仮想空間を利用して国内最大級の大型スクリーンに 1F 原子炉建屋の構造や放射線環境を再現することができる。これにより、1F の廃炉作業員は 1F R/B 内を疑似体験でき、施設の構造理解や原子炉格納容器（PCV）下部での作業に関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、事故後にロボットで取得された 1F R/B 内の点群データ（1 号機～3 号機）を基に構成されている。スクリーンには様々な 3 次元データを投影可能で、点群データを 3D-CAD データ、さらに CG データに変換し、様々な用途に対応するため 1F データの整備を進めている。図 2.1-1 には 2023 年度末の 1F3 号機 R/B のデータ整備状況を示す。

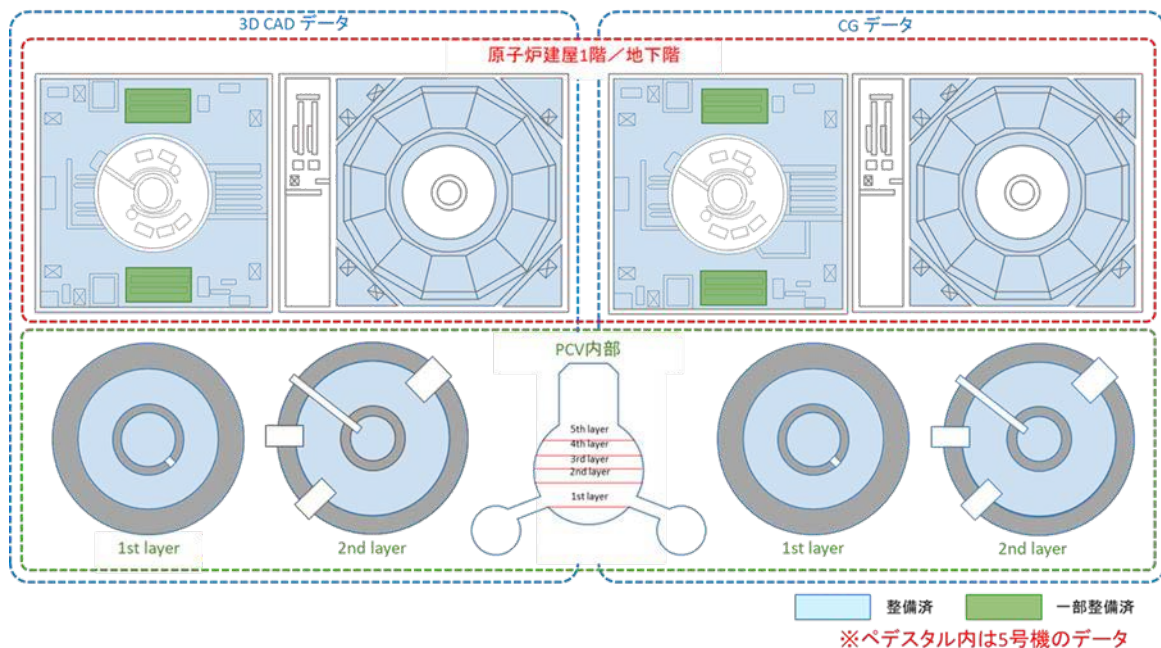


図 2.1-1 1F 3 号機の R/B1 階及び地下階のデータ整備状況

なお、VR システムについては導入から 6 年が経過して老朽化が進み、保守や修繕に係る費用が高額となり、安定した運用の確保が困難となりつつあった。加えて、機構独自のソフトウェアを使用していることから他のシステムやソフトウェアとの互換性が低く、将来にわたるシステムの拡張性に課題があった。

そこで 2023 年度は、現行の VR システムを市販ツール「Unity」を活用した新 VR システムへリプレースした。これにより、3D メガネの使用が不要となるとともに、これまでの 3D-CAD、3D-CG の投影に加え、新たに点群、360 度画像や動画の投影が可能となり、より高度で多様なデータの視覚化を実現した。また、システムの互換性が大幅に向上し、保守コストの削減と将来的な拡張性の強化が図られた。これにより、1F 廃炉のさらなる技術革新に貢献することが可能となった。

2.1.2 性能評価試験法

(1) 整備目的

1F の廃炉作業が進むにつれて高線量下での作業の増加が予想され、汎用的なものも含め遠隔操作機器の適用の重要性が高まると考えられる。これら遠隔操作機器の開発やその操作技術の向上等をサポートするため、機器の性能データ取得や種々の計測に関する技術を向上させ、機器性能等をより明確に理解できるデータの提供サービスを実施する必要がある。

性能評価試験法による性能データ等の取得・評価は、遠隔操作機器のデータ取得のサポートにより、機器性能や操作技術の水準をより明確に理解できる測定データを利用者に提供することを目的とする。

(2) 試験フィールド、試験方法等の整備

現在、NARREC にて整備されている性能試験フィールドは表 2.1-1 に示す 8 種（JAEA-TM シリーズの 6 種と NIST の STM シリーズの 2 種）になる。これらは施設供用設備となっており、所定の手続きを行うことで一般の利用が可能である。試験フィールドの仕様等については NARREC のホームページにて公開されている。

表 2.1-1 試験フィールド(1/2)

No.、試験フィールド名	試験内容
○走破性能	
JAEA-TM-0001 狭隘通路走破性能試験	幅の狭いグレーチング材の通路を想定した走破性能の評価
JAEA-TM-0002 階段走破性能試験	上層階、下層階の調査を目的として、階段傾斜の強い条件を想定した走破性能の評価
JAEA-TM-0003 ケーブル牽引走破性能試験	ロボットがケーブルを牽引した条件を想定した走破性能の評価
○貫通孔を介した展開後の走破性能	
JAEA-TM-0004 床面上走破性能試験	小口径の貫通孔を通して内部へ侵入することを想定した走破性能の評価
JAEA-TM-0005 傾斜面上走破性能試験	小口径の貫通孔を通して下方にある傾斜路に移動し、内部へ侵入することを想定した走破性能の評価

表 2.1-1 試験フィールド(2/2)

No.、試験フィールド名	試験内容
○ロボットアーム性能	
JAEA-TM-0006 ロボットアームによる 障害物乗越えを介した 接近試験	作業・調査において障害となる状況を想定した場合のロボットアームの作業等における能力の評価
○NIST-STM, 走破性能	
ASTM E2826/E2827 Continuous pitch/roll ramp	連続する勾配や波打つ斜面を想定した走破性能の評価
ASTM E2828 Symmetric step fields	対称段状地形を想定した走破性能の評価

(3) 試行実績

令和 5 年度より性能試験法関連設備の運営に向けて、有識者等に設備を試用していただき広く周知する活動を開始した。令和 5 年度は長岡技術科学大学と名古屋工業大学が性能試験法の試験フィールドを利用して試験を実施した。

(3)-1 長岡技術科学大学による試験フィールドの試用

試験フィールドとして JAEA-TM-0006 (ロボットアームによる障害物乗越えを介した接近試験) を用いて通信遅延に関する試験を実施した。また、モーションキャプチャーによるデータ収集も行い、試験データの解析に利用した (図 2.1-2、図 2.1-3)。

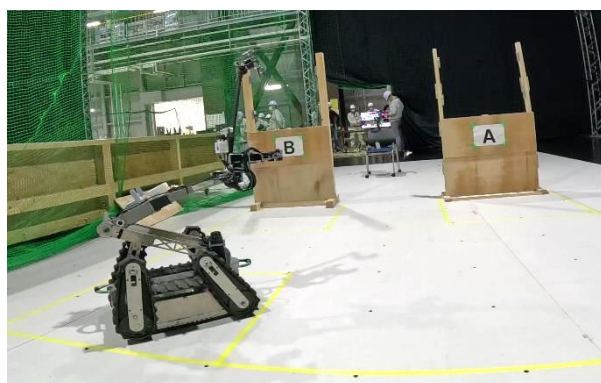
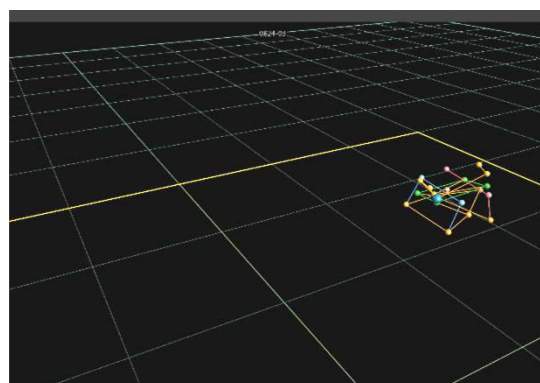


図 2.1-2 性能データ取得の風景

図 2.1-3 モーションキャプチャーのデータ
例

(3)-2 名古屋工業大学による試験フィールドの試用

試験フィールドとして当時のロボカップの競技フィールドである K-Rail (勾配中に障害物が存在する不整地を想定したフィールド) を用いて競技参加のための事前確認とロボットの調整を行った (図 2.1-4、図 2.1-5)。

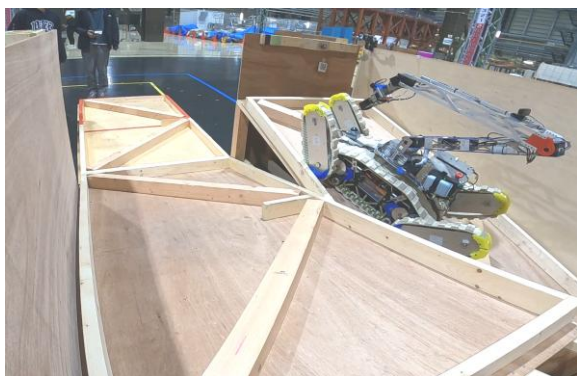


図 2.1-4 試験フィールドでの走行風景 1



図 2.1-5 試験フィールドでの走行風景 2

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積極的に行っており、2023 年度は表 2.2-1 に示す 10 件の出展を実施した。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 号機 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）

表 2.2-1 2023 年度のイベント等出展実績

日程	名称	開催地
6/28～30	ロボティクス・メカトロニクス講演会 2023 企業展示	名古屋国際会議場
8/19	第 2 回ならは百年祭	笑ふるタウンならは（福島県檜葉町）
9/1	ロボテスフェスタ 2023	福島ロボットテストフィールド
9/12～14	第 41 回ロボット学会学術講演会	仙台国際センター
9/17	地宝の MIRYOKU フェス	J ヴィレッジ（福島県檜葉町）
10/19	福島廃炉産業ビジネス総合展 2023	J ヴィレッジ（福島県檜葉町）
11/4	磐陽祭 2023	福島工業高等専門学校
11/11	なら SUN フェス 2023	みんなの交流館ならは CANvas（福島県檜葉町）
11/23～24	ロボット航空宇宙フェスタふくしま 2023	ビッグパレットふくしま（福島県郡山市）
12/14～17	SI2023 企業展示	朱鷺メッセ・新潟コンベンションセンター

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、2023 年度は 88 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。

2023 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、福島県内の 3 つの高校が実習を行った。参加した学校からは、1F の廃炉作業や復興に貢献する技術の現場を見学することにより、日本の最先端技術がどのように実践されているかを肌で感じることができた。特に VR 体験では、現実の現場にいるかのような臨場感を味わい、廃炉作業の計画や訓練の重要性に気付くことができた。これらの体験は、今後の学習意欲の喚起や進路選択に非常に有意義であり、未来の課題について深く考察する機会となった。などといった感想をいただいた（図 2.3-1）。

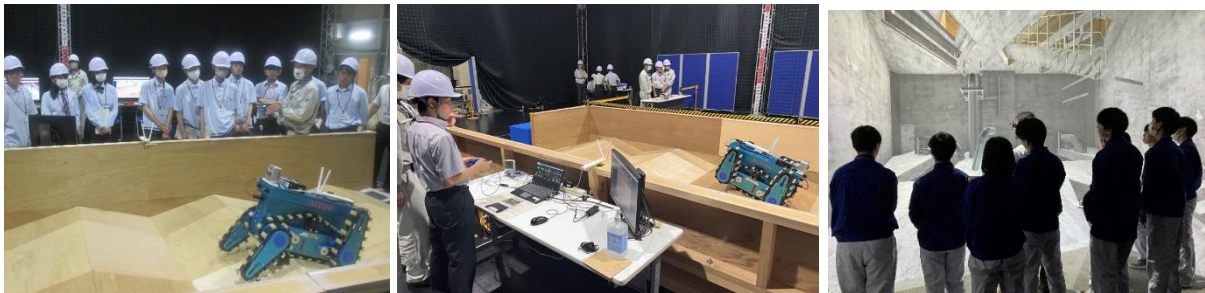


図 2.3-1 ロボット操作実習プログラムの実施状況

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、2023 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

2023 年度は、施設・設備の整備として、VR システムをリプレースし、より高度で多様なデータの視覚化環境を整備した。また、ロボットの基本性能を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。

また、2023 年度の利用実績は 88 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、各拠点**が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・運営を行い、原子力機構内各拠点の原子力緊急事態に対応する体制をとっている。

2023 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及び例年通り各拠点の操作要員に対する操作訓練を行った。

*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 拠点である原子力科学研究所（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

2023 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-06 及び S-06：Boston Dynamics 社製 Spot）の標準型及びアーム付型各 1 台の調達を行った。これは前年度に調達した各同型ロボットの 1 年間の試運用の結果、原子力機構内の原子力緊急事態に対応可能と判断し、同事態時に現場への投入機（発災機と称している。）に位置付けたため、必要となる予備機兼訓練機として調達したものである。

また、ロボット運搬車両を 1 台調達し、高経年化していたロボット運搬車両 1 台を退役（自動車販売店に譲渡）させた。

この他、2023 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 2023 年度に調達した偵察用ロボット（T-06）、作業用ロボット（S-06）及びロボット運搬車両（RC-7）を示す。

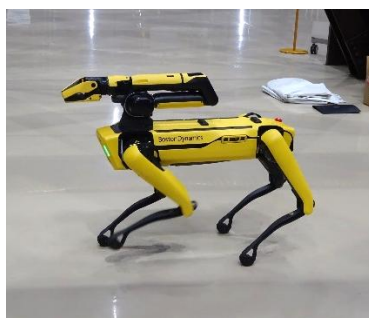
表 3.1 主な遠隔機材一覧（訓練用資機材を含む）

（2023 年度末）

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	6 台
	作業用ロボット	試料採取及び障害物除去等の軽作業	6 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	4 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



偵察用ロボット（T-06）



作業用ロボット（S-06）



ロボット運搬車両（RC-7）

図 3.1 2023 年度に調達した遠隔機材

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ている。

防災業務計画では、原子力緊急事態発生時の発災現場での遠隔機材操作は、当該現場の操作要員が行うことと定められている。操作要員は、後方支援拠点にて支援組織要員（運用課員）から遠隔機材を受け取り移動し、発災現場にて遠隔機材の操作を行う。

2023 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 2 段階（初級、上級）に分けたうえ、初級を 3 回、上級を 23 回、合計 39 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）及び表 3.2-2（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 (所属拠点・施設 人数)
第 1 回	2023 年 10 月 3、4 日	もんじゅ 2 名
第 2 回	2023 年 11 月 28、29 日	原科研・JRR-3 1 名
第 3 回	2024 年 3 月 12、13 日	核サ研 3 名

表 3.2-2 操作要員養成訓練（上級）の実績（1/2）

	実施日	受講者 (所属拠点・施設 人数)
第 1 回	2023 年 9 月 5 日	大洗研・JMTR 1 名 原科研・JRR-3 1 名
第 2 回	2023 年 9 月 6 日	大洗研・JMTR 1 名 原科研・JRR-3 1 名
第 3 回	2023 年 9 月 7 日	大洗研・JMTR 1 名 原科研・JRR-3 1 名
第 4 回	2023 年 9 月 20 日	大洗研・JMTR 1 名 大洗研・HTTR 1 名
第 5 回	2023 年 9 月 21 日	大洗研・HTTR 1 名
第 6 回	2023 年 9 月 22 日	大洗研・HTTR 1 名
第 7 回	2023 年 10 月 18 日	大洗研・JMTR 1 名
第 8 回	2023 年 11 月 14 日	ふげん 1 名 もんじゅ 1 名
第 9 回	2023 年 11 月 15 日	ふげん 1 名 もんじゅ 1 名
第 10 回	2023 年 11 月 16 日	ふげん 1 名 もんじゅ 1 名
第 11 回	2023 年 12 月 5 日	もんじゅ 1 名

表 3.2-2 操作要員養成訓練（上級）の実績（2/2）

	実施日	受講者 (所属拠点・施設 人数)
第 12 回	2023 年 12 月 6 日	もんじゅ 1 名
第 13 回	2023 年 12 月 7 日	もんじゅ 1 名
第 14 回	2024 年 1 月 18 日	大洗研・JMTR 1 名
第 15 回	2024 年 1 月 23 日	大洗研・HTTR 1 名 大洗研・常陽 1 名
第 16 回	2024 年 1 月 24 日	大洗研・HTTR 1 名 大洗研・常陽 1 名
第 17 回	2024 年 1 月 25 日	大洗研・HTTR 1 名 大洗研・常陽 1 名
第 18 回	2024 年 2 月 13 日	大洗研・常陽 1 名
第 19 回	2024 年 2 月 14 日	大洗研・常陽 1 名
第 20 回	2024 年 2 月 15 日	大洗研・常陽 1 名
第 21 回	2024 年 3 月 5 日	ふげん 1 名
第 22 回	2024 年 3 月 6 日	ふげん 1 名
第 23 回	2024 年 3 月 7 日	ふげん 1 名



小型無人ヘリの屋外操作訓練



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

なお、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・訓練も、例年通り実施した。

各拠点が実施する総合防災訓練に対し運用課は、総合防災訓練当日の通報連絡訓練対応及び遠隔機材を実際に拠点まで搬送する訓練（要素訓練と称している）を、例年行っている。

2023 年度に行った訓練は、以下の通りである。

総合防災訓練当日の通報連絡訓練では、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訓練時に、各拠点と支援組織間の通報連絡を行うとともに、支援組織内において通報連絡（うち 1 回は機材積載訓練を同時実施）を行った。

表 3.2-3 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 3.2-3 各拠点の総合防災訓練における通報連絡訓練の実績
(NARREC 内の運搬車両への積載訓練の実績を付記)

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	2023 年 10 月 17 日	2024 年 2 月 13 日 上記のほか、表 3.2-4 に示す要素訓練に合わせて実施
もんじゅ	2023 年 12 月 22 日	
大洗研	2024 年 1 月 19 日	
原科研	2024 年 1 月 19 日	
核サ研	2024 年 2 月 13 日	

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を対象に実施した。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 3.2-4 に遠隔機材の動作確認を伴う要素訓練の実績を示す。

表 3.2-4 遠隔機材の動作確認を伴う要素訓練の実績

実施日	2023 年 10 月 27 日	2023 年 6 月 28 日、30 日 ※29 日は機材及び現場対応確認を別途実施
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、核サ研消防車庫 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、ひばりヶ丘体育館 及び駐車場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) ⇒ 核サ研	NARREC (一般道) ⇒ 広野 IC (常磐道) ⇒ つくば JCT (首都圏中央連絡自動車道) ⇒ 八王子 JCT (中央高速道路) ⇒ 小牧 JCT (名神高速道路) ⇒ 米原 JCT (北陸自動車道) 敦賀 IC (一般道) ⇒ ひばりヶ丘体育館
使用車両	ロボット運搬車両 RC-3、RC-6	ロボット運搬車両 RC-3、RC-6
搬送した遠隔機材	偵察用ロボット T-02 小型無人ヘリ JH-211	偵察用ロボット T-02 小型無人ヘリ JH-211
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

2023 年度より、遠隔操作資機材操作要員の操作訓練を、従前の初級、中級及び上級の 3 段階の区分より、初級及び上級の 2 段階の区分に変更した。これは、本年度より四足歩行ロボットを防災機に位置づけ、その対応のため当該ロボットの訓練も実施することとなり、訓練日数を増加させる必要が生じたことを契機として、訓練全体の再構成を図ったことによる。

2023 年 7 月 31 日より 8 月 4 日まで、東京大学の依頼により独国 KHG の技術者 1 名を運用課の見学者として受け入れ、互いの組織の活動紹介を行い、運用課職員のロボット操作訓練状況の見学等対応を行った（付録 5 参照）。

3.4 まとめ

2023年度の運用課は、四足歩行ロボット2台（標準型及びアーム付型各1台）及びロボット運搬車両を1台調達した。また例年同様に、遠隔操作資機材操作要員の操作訓練及び各拠点が実施する総合防災訓練への対応を行った。

このうち遠隔操作資機材操作要員の操作訓練では、本年度より四足歩行ロボットを発災機として運用するため、新たに訓練内容に当該ロボットに関する訓練を追加した。これにより全体の訓練日数を増加せざるを得なくなったことから、これを契機に操作訓練の体系を初級及び上級の2段階の区分に変更し、新しい体系での操作訓練を開始した。

上述の他、東京大学の依頼により独国 KHG の技術者1名を、運用課の見学者として5日間受け入れ、対応を行った。

4 廃炉・汚染水・処理水対策事業費補助金事業

4.1 開発概要

2023 年度に採択された「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）」に係る補助事業に関する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、前事業「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）」において 2021 年度から 2022 年度に開発した線源・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。

参考として、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。

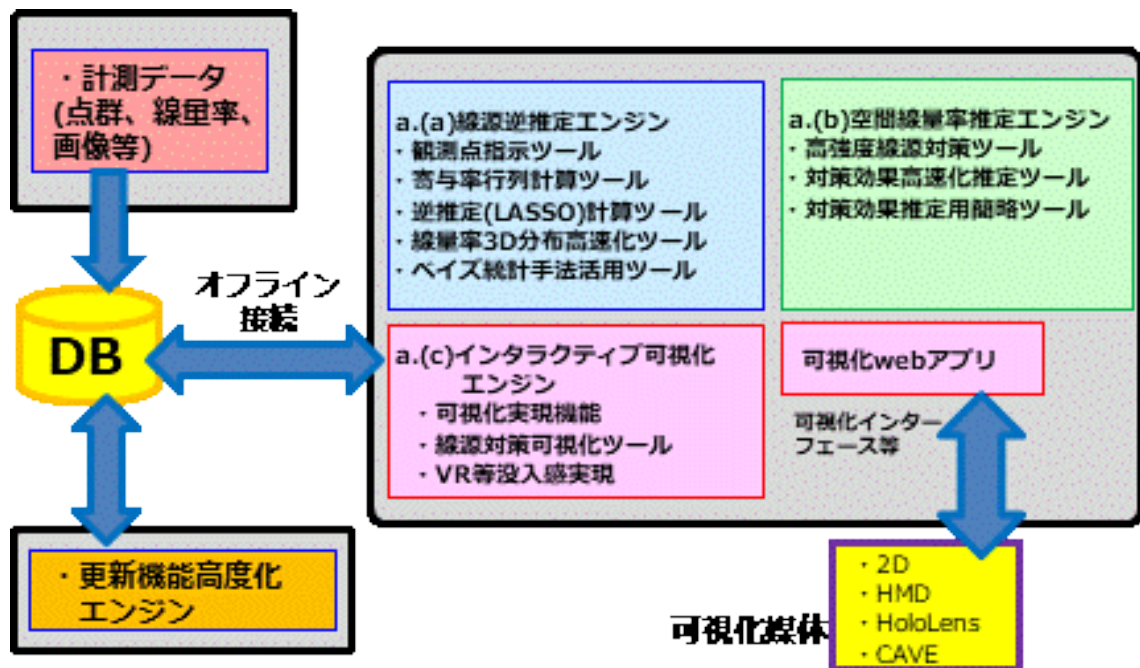


図 4.1 線源・線量率推定システムのプロトタイプの全体像

4.2 開発成果

1) a. システム製作及び現場適用性評価

○システム製作

現場適用のために必要なシステムの機能を調査、検討、整理し、課題抽出後、システムの基本検討を行い、基本的なシステムの開発を実施した。具体的には、①要求仕様（限定された時間内に現場で線源・線量率推定が可能なシステム構成）、②システム概要（要求仕様を満たすシステム構成「FrontEnd」、「Pro」及び「BackEnd」（図 4.2 参照））、③システム要件（システムの高動作用コンピュータスペック等）、④データモデル（データ属性、構造、データフロー）を決めてシステム設計し、基本的なシステム動作を確認した。今後、具体的現場ニーズを反映し、システムの改良を図る。

○現場適用性評価

基幹システム「FrontEnd」の現場適用性評価を行うため、1F5 号機においてモックアップ試験を実施した（2023 年 12 月：図 4.3 参照）。実際の現場計測で使用される四足歩行ロボットに点群計測、線量率計測機器を搭載した構成でデータ計測を行い、点群データのメッシュ化、線源逆推定、線量率推定、再観測指示までの一連の処理を実施した。今後、試験の結果で明らかになった課題を踏まえ、システムの改良等を実施していく。

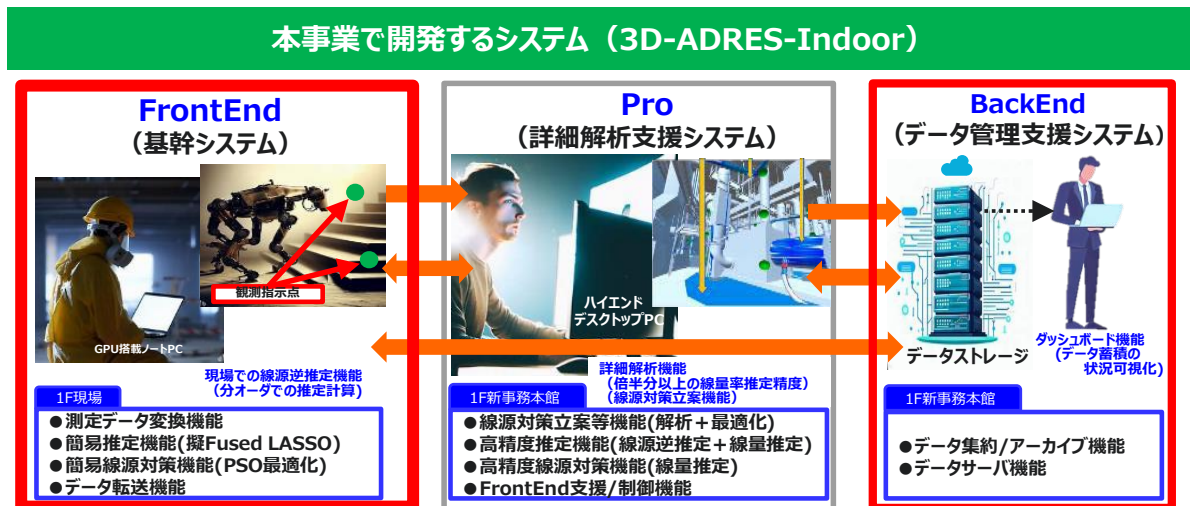


図 4.2 システム全体像及びその動作イメージ

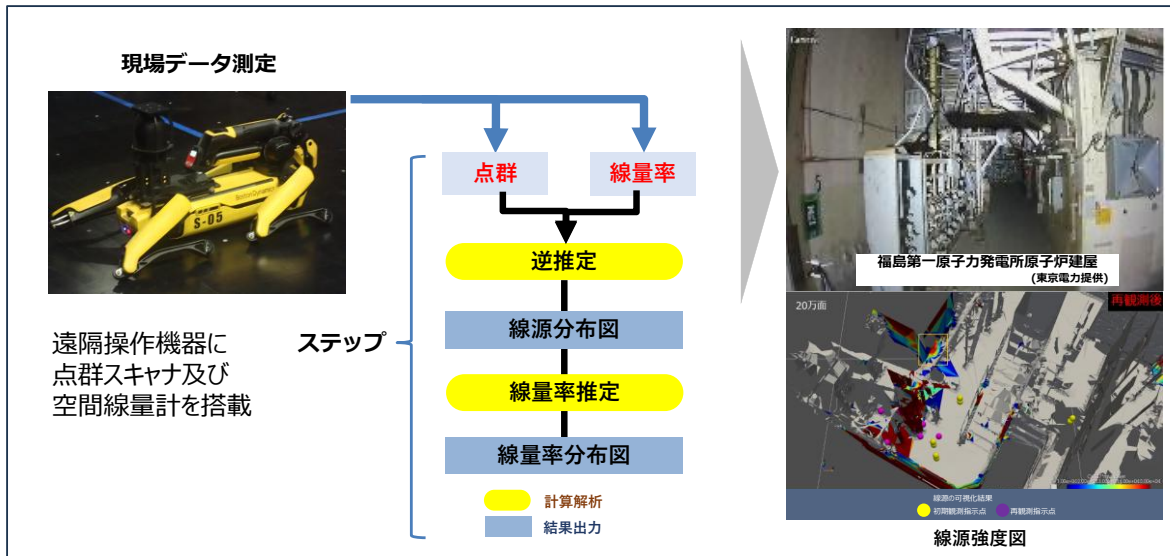


図 4.3 1F5 号機を対象としたモックアップ試験概要

2) b.現場適用性の向上のための研究開発

(a)1F 現場 3D デジタルモデル作成の効率化

1F 現場で取得された点群データから、3D-CAD/BIM モデルの自動更新ソフトウェアを開発中である。また、1F1-3 号機の点群・3D-CAD データ等を基に、種別・部品構成レベルを決定し、学習モデルを構築中である。

(b)線源・線量推定解析の高速化

高速処理を可能とする放射線サロゲーション手法を実現すべく、モデル設計の検討から物理モデル（放射線輸送モデル）に基づくニューラルネットワークを採用し、物理モデルや教師データを作成中である。

(c)線源・線量推定解析の精度向上

1F 現場において困難な高所計測を実現すべく、ジッパー機構を用いたロボットシステム構成の概念検討を完了した。当該システムの基本性能を確認し、実装化を進めている。併せて、狭隘部調査用多関節アームの予備検討を実施中である。

(d)線源・線量推定解析の高機能化

ダスト挙動を把握するための模擬試験フィールドの製作、ダスト挙動の解析手法の開発を実施中である。併せて検出器の最適化及び計測装置の軽量化を実施した。また、予備的なダスト拡散 CFD 解析を検討中である。

2024 年 4 月に実施した 2023 年度成果報告会では、評価委員から開発するシステムに関する質疑（現場データ取得用遠隔機器の位置精度、最適メッシュ数、過小過大評価傾向、解析精度等）が行われるとともに、現場環境も踏まえたうえで、開発技術の反映とそれによる精度向上に関して、バランス良く開発技術を進めて欲しいとのコメントをいただいた。

最終年度となる 2024 年度の開発の方向性は、以下の通り。

a. システム製作及び現場適用性評価

1F5 号機モックアップ試験結果に基づきシステムの見直しを行う。その後 2 号機及び 3 号機でシステムの有効性検証を行うことにより、現場適用性を評価する。

b. 現場適用性の向上のための研究開発

開発したデジタルモデル作成ソフトウェア、放射線サロゲートモデル、情報収集装置、放射線計測装置の動作確認を行うことにより、現場適用性を評価する。ダスト挙動予測手法について、現場環境を想定したシミュレーションを実施する。

4.3 まとめ

2023 年度に採択された「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）」）に関する補助事業の開発業務を計画通りに進めた。a 項目については、現場適用に必要なシステム機能を設計、製作し、基本的な動作確認を実施した。b 項目については、現場適用性向上に係る各技術の検討、開発を実施した。2024 年度は改良したシステムの有効性を検証するため、1F2 号機及び 3 号機の原子炉建屋内にて実証試験を実施する予定である。

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。

2023 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 2023 年度の施設利用実績は 113 件となった。

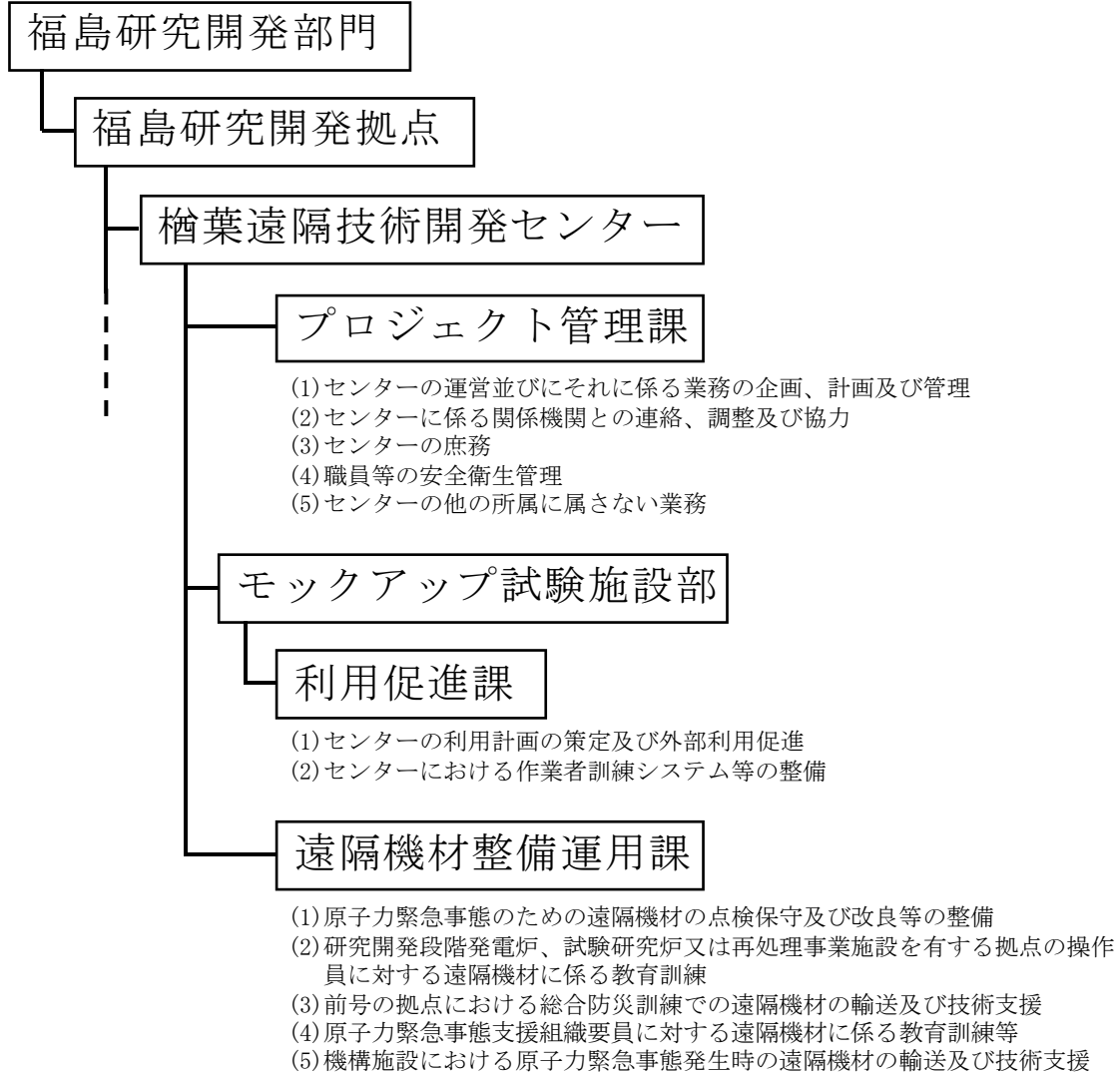
また、廃炉・災害対応ロボット関連技術展示実演会への出展や、第 8 回廃炉創造ロボコン等の支援、檜葉町教育委員会が実施している「ならはっ子こども教室」への協力などを通じ地域活性化、人材育成、地域教育活動に貢献した。

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は、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前年度と同様に整備し、1 年間の試運用の後、四足歩行ロボットを発災機に採用するとともに、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。

2023 年度に採択された「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）」に係る補助事業に関する開発業務を実施し、それまでに開発した線源・線量率評価システムのプロトタイプについて、推定精度向上のためのシステム製作や現場適用性評価並びに現場適用性向上のための各種技術開発を計画通りに進めた。

付録

付録1 2023年度 櫛葉遠隔技術開発センターの組織・業務概要



付録 2 2023 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）	目的
1	官	年間（365 日）	原子炉格納容器内部詳細調査技術の開発	A
2	官	年間（365 日）	IRID 職員の居室利用	A
3	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
4	官	年間（365 日）	PCV 内部観察用軌道構造体の実験機材の保管	A
5	官	年間（365 日）	遠隔機材の保管及び点検	D
6	官	年間（365 日）	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のための居室利用	A
7	産	年間（365 日）	燃料デブリ取り出し工法の検討	A
8	官	年間（365 日）	CAD データを利用したロボット遠隔制御用無線技術の評価	A
9	産	年間（365 日）	VR コンテンツデータ等の利用	A
10	学	年間（365 日）	格納容器内部調査動画との合成	A
11	官	4/1～5/31	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
12	産	4/1～7/31	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	A
13	産	4/1～12/7	1F 廃止措置に伴うモックアップ訓練	A
14	産	年間（365 日）	原子炉格納容器内部調査に関わるモックアップ訓練	A
15	産	年間（365 日）	モックアップ試験	A
16	産	年間（365 日）	原子炉格納容器内部詳細調査技術の開発（X-6 ペネトレーションを用いた内部詳細調査 技術の現場実証）	A
17	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
18	産	4/3～5/26	2 号機オペフロ除染における SFP 養生の適応性確認及びモックアップ訓練	A
19	産	4/3～7/31	試験棟内架台設置に関わる資材搬入エリアの設定及び休憩所の利用のため	A
20	産	4/11～5/18	4 足歩行ロボットのデモ	D
21	産	4/13	水中ドローン講習	D
22	産	4/25	新潟市立小合中学校 実習プログラム	D
23	官	4/27	東京都立大泉高等学校 実習プログラム	D
24	官	8/29	学校法人鎌倉学園高等学校 実習プログラム	D

No.	利用者 区分	利用期間	利用内容（概要）	目的
25	産	5/10	水中ドローンの動作確認	D
26	産	4/14～3/31	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
27	産	8/7～9/14	原子炉格納容器内部詳細調査技術の開発（アクセスルート構築ケーブル・ホース敷設作業検証）	A
28	学	8/22～8/25	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	C
29	官	6/1～3/31	廃炉・汚染水・処理水対策事業補助金（燃料デブリの性状把握のための分析・推定技術の開発）に係る 3D データ利用	A
30	官	6/15	小高産業技術高等学校 実習プログラム	C
31	官	7/19	喜多方桐桜高校 実習プログラム	C
32	産	6/21～7/3	水中ドローンの動作確認	D
33	産	6/20～3/31	廃止措置に係る工法検討（装置の搬入・搬出方法、干渉物へのアクセス方法・切断方法・搬出方法等）に係る 3D データ利用	A
34	官	7/4	ふたば未来学園 フィールドワークの実施（実習プログラム）	D
35	官	7/5～3/31	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
36	学	8/3	大阪四条畷高校 実習プログラム	C
37	学	7/18	相馬高校 実習プログラム	C
38	産	7/26	ドローン調達のためのデモンストレーション飛行	D
39	官	8/2	政策研究大学院大学 実習プログラム	C
40	産	7/28	福島研修のまとめと振り返り（講義室 1・2 利用）	D
41	官	8/21	広島学院 実習プログラム	D
42	学	8/2	磐城高校 実習プログラム	C
43	学	7/1～3/31	英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業（3次元 CAD データを用いた伝搬経路追跡（レイトレーシング）法による解析）	A
44	官	8/23～8/25	令和 5 年度夏期休暇実習	D
45	産	8/24～10/21	1F ゼオライト対策設備機能実証試験	A
46	産	8/17～8/18	水中ドローンの動作確認	D
47	学	9/22	東北大学工学部機械知能・航空工学科ロボティクスコース学外見学	C

No.	利用者 区分	利用期間	利用内容（概要）	目的
48	学	8/24	廃炉創造ロボコン サマースクール	C
49	官	8/28	白百合学園中学高等学校 実習プログラム	D
50	学	8/30	日本原子力学会第 54 回炉物理夏期セミナー見学会 実習プログラム	D
51	産	11/21	横浜システム工学院専門学校 2 年生 実習プログラム	D
52	官	9/28	桐生第一高等学校 特別進学コース 実習プログラム	D
53	産	10/23～10/24	計量魚探音響機器のキャリブレーション作業	D
54	官	9/15	第 1 回放射線管理計画作成者用研修 講義室利用＋ 実習プログラム	C
55	官	9/27	長野県松本深志高等学校東北研修 実習プログラム	D
56	官	9/26	信州大学教育学部附属長野中学校 実習プログラム	D
57	産	9/28	ドローンデモフライト	D
58	官	11/15	放射線解析セミナーの開催	C
59	学	10/13	無人水深計測実験	D
60	産	11/15～3/29	福島第一原子力発電所の廃止措置に関する研究開発・概念設計等の実施	A
61	官	10/3～12/28	PCV 内部監察用軌道構造体の実現性検証実験	C
62	官	10/26	会津工業高等学校 実習プログラム	C
63	産	11/2	磐城緑陰高等学校 実習プログラム	D
64	産	11/2	福島研修のまとめと振り返り（講義室 1・2 利用）	D
65	産	11/9	新潟県立村松高等学校 実習プログラム	D
66	学	12/14	福島県立郡山北工業高等学校 実習プログラム	D
67	学	12/27	大阪 GLHS 国内研修 大阪府公立高校 実習プログラム	D
68	学	12/1	ふたば未来学園中学校 実習プログラム	C
69	官	11/6～3/31	廃炉・汚染水・処理水対策事業費補助金における原子炉建屋内の環境改善のための技術開発	A
70	学	12/26	高文連自然科学専門部県北・相双支部生徒 実習プログラム	D
71	官	12/18	市川学園市川高等学校 実習プログラム	D
72	官	11/20	第 2 回放射線管理計画等作成者用研修 講義室利用＋ 実習プログラム	C
73	官	12/27	埼玉県立不動岡高等学校 実習プログラム	D

No.	利用者 区分	利用期間	利用内容（概要）	目的
74	学	12/11	白河実業高等学校 実習プログラム	C
75	産	12/19	4足歩行ロボットのデモ	D
76	産	1/15～1/19	水中ビーム切断装置のモックアップ確認	D
77	官	12/21～12/23	第8回廃炉創造ロボコン	C
78	官	2/16	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	A
79	産	2/21	大阪経済大学経営学部ビジネス法学科 実習プログラム	D
80	学	1/5～3/31	1F 建屋内におけるロボットの移動計画立案・検討	A
81	官	1/29	Spot オフラインセミナー兼情報交換会	A
82	官	3/25	市川学園市川中学校サッカー部 実習プログラム	D
83	官	1/22～1/26	ロボット遠隔制御用無線技術の評価	A
84	産	1/16	大宮国際中等教育学校 実習プログラム	D
85	官	2/13	水中クローラロボット開発試験	A
86	官	2/1	政策研究大学院大学 実習プログラム	C
87	学	3/19	福島学院大学・英ペトロック大学 実習プログラム	D
88	産	3/29	ロボット試験用水槽での水中カメラの検証	A

※ 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通り

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

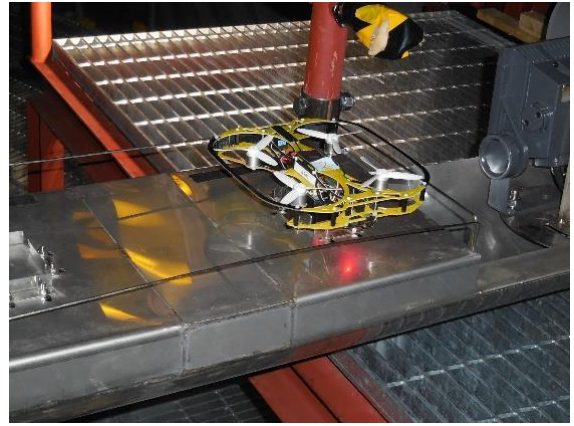
(1) 1F 廃炉関連

株式会社東京エネシス (No.13)

利用期間： 2023 年 4 月 1 日（土）～ 2023 年 12 月 7 日（木）

利用施設： 実規模試験エリア

利用内容： PCV 内部のドローン等による調査を行うに当たり、ペデスタル内部の状況確認（設備の現状、線量把握）を目的とした訓練を実施。



東京パワーテクノロジー株式会社 (No.19)

利用期間： 2023 年 4 月 3 日 (月) ～ 2023 年 7 月 31 日 (月)

利用施設： 試験棟屋外

利用内容： 福島第一原子力発電所における地下階ゼオライト回収ロボットの開発に伴い、福島第一原子力発電所廃棄物処理施設建屋の環境を模擬するため、試験棟屋外の地組エリアにて地上 3 階建て架台を組み立て。



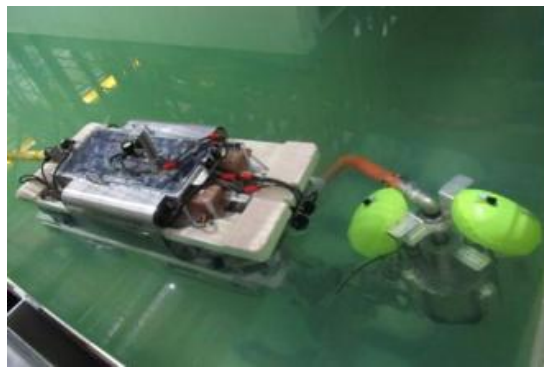
完成架台

日立 GE ニュークリア・エナジー株式会社 (No.45)

利用期間： 2023 年 8 月 24 日（木）～ 2022 年 10 月 21 日（土）

利用施設： 実規模試験エリア

利用内容： プロセス主建屋、高温焼却炉建屋の最下階に敷設しているゼオライト土嚢・活性炭土嚢について、地下階に容器封入作業 ROV を投入し、水平移送ポンプ及び垂直移送ポンプでゼオライト等を地上階のゼオライト保管容器に回収する計画に基づき、当施設に設置した模擬試験場にてモックアップ試験を実施、一連の回収作業手順を確認。



(2) 人材育成関連

小高産業技術高校（No.30）

実施日： 2023 年 6 月 15 日（木）

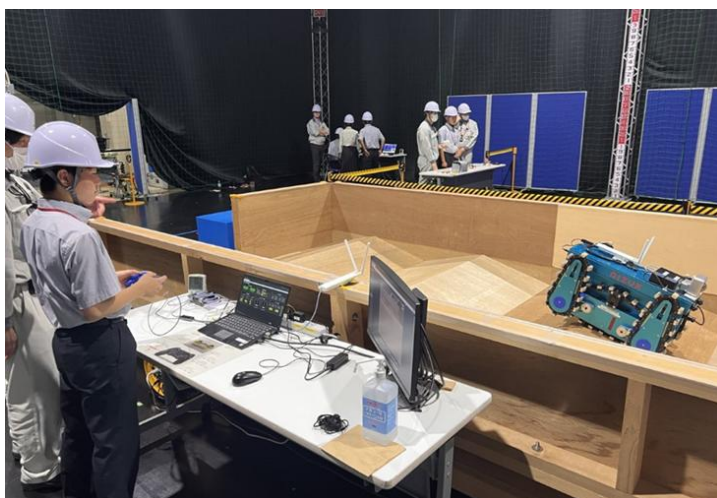
遠隔操作ロボットのシミュレーションや実機の操作体験、水中ドローンなどの操
実習内容： 作体験、VR 体験。



喜多方桐桜高校（No.31）

実施日： 2023 年 7 月 19 日（水）

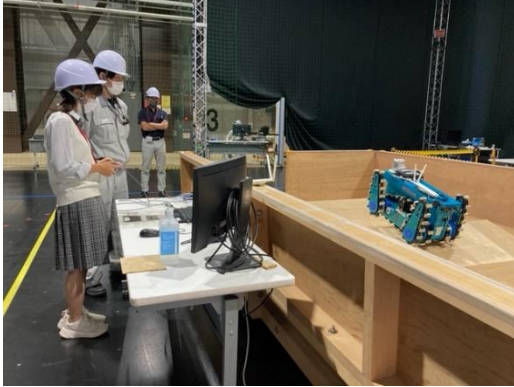
実習内容： 遠隔操作ロボットのシミュレーションや実機の操作体験、水中ドローンなどの操
作体験、VR 体験。



福島県立相馬高等学校 (No.37)

実施日： 2023 年 7 月 18 日 (火)

実習内容： 遠隔操作ロボットのシミュレーションや実機の操作体験、水中ドローンなどの操作体験、VR 体験。



福島県立磐城高校 (No.42)

実施日： 2023 年 8 月 2 日 (水)

遠隔操作ロボットのシミュレーションや実機の操作体験、水中ドローンなどの操作体験、VR 体験。



福島県立会津工業高校（No.62）

実施日： 2023 年 10 月 26 日（木）

遠隔操作ロボットのシミュレーションや実機の操作体験、水中ドローンなどの操

実習内容： 作体験、VR 体験。



(3)その他

株式会社東北エンタープライズ (No.20,75)

利用期間： 2023 年 4 月 11 日 (火) ～5 月 18 日 (木)

2023 年 12 月 19 日 (火)

利用施設： モーションキャプチャー、共通エリア

利用内容： 4 足歩行ロボットの AutoWalk 機能、障害物検知機能、歩行性能、階段昇降のデモンストレーションを実施。



株式会社チック (No.21,32,46)

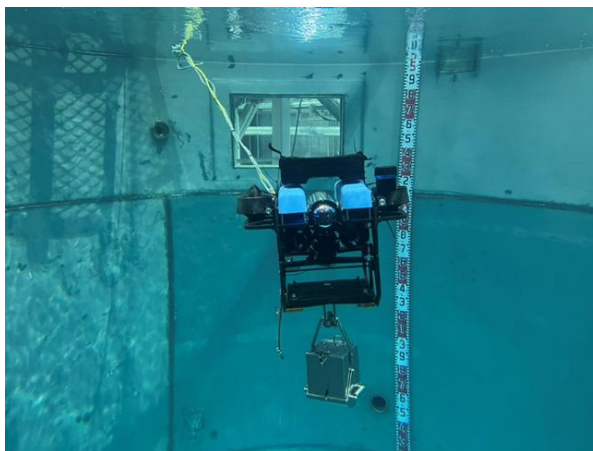
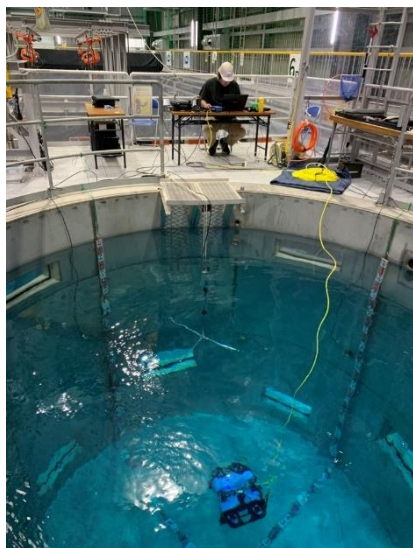
利用期間： 2023 年 4 月 13 日 (木)

2023 年 6 月 21 日 (水)、7 月 4 日 (火)

2023 年 8 月 18 日 (金)

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 NESI (No.57)

利用期間： 2023 年 9 月 28 日 (木)

利用施設： 多目的試験エリア

利用内容： ドローンのデモフライトを実施。



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
大きいデータ容量を送れるようにしていただけたら幸いです。	今度の改修では容量制限を設けず、複数のファイルが添付できるようにする。
HP（利用申請システム）からの申し込み手順では、参加者リストも別途届け出ないといけないという点が分からず、メールでご担当者にご指摘いただいて気が付いたので、申請の流れ（と様式）が利用申請システムに置いてあるとより良いのではないかと思います。	今度の改修では案件別に入力フォームが変るように変更する。実習プログラムの案件では参加者リストや行程表が必要になる旨を記載するよう対応する。
簡単ではあるが、利用するまでのやり取りが他施設より多い気がします。	総務課と相談して改善を検討する。
単発の申し込みでもアドレス登録が必要であり面倒だった。	新システムでは利用相談からシステムが利用できるようにする。

(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
搬入口の利用規制など事前に連絡いただければ、日程変更なく搬入・搬出の予定を事前に調整できたと思います。	連絡を密に取るよう改善する。
ロボコン時のエリア縮小は、架台の移動など重量物を移動するため大変でした。今後、利用エリアの縮小などはコストがかかることからできるだけ移動が容易にできる物として頂き、設備の再構築を避けたいです。	ロボコン時のエリア縮小について改善を検討する。

(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
水中ロボット操作の時に、裏のクイズパネルがもう少し色々あると楽しいと思います。あと、ロボット目線で自撮りした写真データなどがいただけたら、それも面白いかなと思いました。	写真を流すモニターをのぞき窓に設置して検証中。 ROV が撮影した写真については後日提供可能であるが、必要に応じて対応する。
学生の見学対応をしていただきましたが、特に施設見学においてももう少し学生からの質問を受け付けるような間をとっていただけると、学生のような疑問をその場で解消できたのではないかと思います。また、VR を体験する班の裏で動画を見せていただきましたが、燃料デブリ取り出しに関する動画の最後の割と重要と思われるところで途中終了されてしまったのは少し残念でした。	質疑応答の時間の長さについては学校にもよるため難しい問題。動画については見学チームと調整し、最後まで見ることができる長さのものを選定してもらうようにする。
マイクスピーカーの改善もしくは、無線機の導入をお願いしたいです（後ろまで声が通りにくいため）。	スピーカーとマイクを用意。人数などから必要そうであれば使用する。
4 足歩行ロボット操縦体験があるといい。	来年度、新規で導入予定。今年度中に方針を固める。

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）。

大きいデータ容量を送れるようにしていただけたら幸いです。
各設備の空情報を利用申請システムに追加してほしい。
まれにブラウザの表示が調子悪く、メールに頼る場面があった。
利用申請は初めてだったため手続きについて、ご指導いただいたおかげでスムーズに申請できた。
事前に車両ナンバーを届け出ましたが、人数が多くなった場合に手違い（当日、誤って別の車で来場してしまう）が発生する恐れがあると思いました。ちなみに、今回は少人数だったので手違い等は発生しませんでした。
HP（利用申請システム）からの申し込み手順では、参加者リストも別途届け出ないといけないという点が分からず、メールでご担当者にご指摘いただいて気が付いたので、申請の流れ（と様式）が利用申請システムに置いてあるとより良いのではないかと思います。
紙媒体でのやり取りがなかったのでスムーズに手続きができてありがたかったですが、年配の方は手続きが難しい可能性があります。
申請後から利用承諾の審査に時間がかかりましたが、安全上及び施設防護上やむないことと理解しています。ただ施設利用寸前まで「もしダメだったらどうしよう」と不安を感じていたことも確かです。もっと早く利用申請すれば良かったと今になってみれば思うのですが、申請前の原子力機構殿との打診・擦り合わせから利用申請に踏み切るまでの時間が、我々利用者側としては「打診した結果 OK になったのか？」がよくわからず時間を消費してしまった感があります。後日理解した「いずれにしても利用申請してから話が始まる」原則をよく理解しておくべきでした。
簡単ではあるが、利用するまでのやり取りが他施設より多い気がします。
単発の申し込みでもアドレス登録が必要であり面倒だった。
一時的ではありましたが、新規登録画面でバグがあったが、対応していただき手続きはできた。

試験施設・設備の使い勝手はいかがでしたか。

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。
工具が綺麗に整理整頓されていた他、原子力機構の職員の方々が常に周囲にいらして、安心して実験に取り組むことができた。
学生、また学校からの評判はとても良いです。
当該試験で満足に利用と良い結果を算出できた。特に機材搬入では担当職員の方々の協力を頂き時間短縮になった。

良かったです。大きなクレーンを使わせていただくのにオペレータまで原子力機構殿にお願いすることで、待機時間もやむなしと考えていましたが、他にも複数利用者がいる中で、お願いしたところで即座に、あるいは臨機応変に対応いただけたことで、大変助かりました。

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。

無線技術の適用可能性検証のために、原子炉建屋内の通信環境を模擬できるような施設があると良いと思います。

セミナーの性格上、もう少し貴センターの方々と交流する時間があっても良かったかもしれませんが、十分に充実した機会でした。

現状でもとても勉強になります。

会議室として充分であったと思います。

さらに水深の取れる水槽があったら嬉しいです。現在の 5m クラスの水槽・プールでも今回のような使い方を許容いただける施設はなく、今回も相馬のもう少し深いプールの利用を断られてこちらに転じてきたものです。相馬を上回る水深の水槽がもしこちらにできたら敵なしです。

標準試験体の枠（塀）を高くしてほしい。弊社のロボットでは枠の高さが足りず、ロボットが外に倒れ込む危険性がある。今後も標準試験体を使用してロボット操作の訓練を考えていますのでご検討宜しくお願い致します。（現状より 600～800mm 程度高いと良い）ロボットで扉を開けるための試験用扉が欲しい。ロボットアームで扉の開閉の試験及び訓練様として使用したい。ドアノブは種類によって交換できる仕様だと嬉しいです。

マイクスピーカーの改善もしくは、無線機の導入をお願いしたいです（後ろまで声が通りにくい）。

本施設の利用に関し、今後の予定はいかがですか。

廃炉作業における、PCV の内部調査予定あり。実施時期は未定（調整中）。

廃炉作業でのモックアップ訓練

直近での予定はありませんが、除染作業関連のモックアップに使用させていただきたいです。

今後試験棟内にて大規模な作業が発生した場合、借用する可能性があります。

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。

PCV 内部調査におけるトレーニングで利用予定。日程は未定。

本施設を利用して、総合的に満足いただけましたか。

学生に事後アンケートを取ったところ、結果は下記の通りでした。とても満足 76%満足 14%不満足 5%とても不満足 5%
学生の見学対応をしていただきましたが、特に施設見学においてももう少し学生からの質問を受け付けるような間をとっていただけると、学生の様々な疑問をその場で解消できたのではないかと思います。また、VR を体験する班の裏で動画を見せていただきましたが、燃料デブリ取り出しに関する動画の最後の割と重要と思われるところで途中終了されてしまったのは少し残念でした。ただ、全体としては丁寧にご対応いただき、学生にとって非常に意義のある機会になったと思っております。
大変丁寧にフォロー頂きどうもありがとうございました。
とても満足度が高くなっております。
不満な点、改良すべき点はございません。東京電力福島第一原子力発電所視察後に、貴施設で研修を受けることができるのは、高校生にとって得難い経験です。今後とも、高校生に機会を提供いただけるよう、お願い申し上げます。
学生に事後アンケートを取ったところ、結果は下記の通りでした。とても満足 88%、満足 13%、不満足 0%、とても不満足 0%。貴施設での体験がフィールドトリップ中で一番楽しかったという声もありました（スリランカの留学生）。

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。

総合的には利用しやすかったと思います。他社との調整もしっかりしていただいた。一つお願いがあるとすれば、搬入口の利用規制など事前に連絡いただければ、日程変更なく搬入・搬出の予定を事前に調整できたと思います。
輻輳したエリアでの作業であり、他社との調整など迅速に対応いただきありがとうございました。ロボコン時のエリア縮小は、架台の移動など重量物を移動するため大変でした。今後、利用エリアの縮小などはコストがかかることからできるだけ移動が容易にできる物としていただき、設備の再構築を避けたいです。直前で仮設ハウスの移動を回避していただきありがとうございました。今後とも利用エリアの御調整、宜しくお願い致します。
試験棟に常駐されているご担当の方が、気さくで色々と相談がしやすく天井クレーン等の調整など使用しやすい環境であった。
原子力機構職員の方々には、非常に親切に対応していただきました。急な要望にも対応していただき、円滑にモックアップを進めることができました。
書類や現場の調整にて多大なご迷惑をおかけいたしまして申し訳ございませんでした。原子力機構職員の皆様方の対応につきましては感謝しております。今後とも宜しく御願い致します。
空調も効いており作業しやすい環境が整っていました。今後も利用を検討しています。
予約から実施当日まで、丁寧にご対応いただきましたこと、ありがとうございました。

拡声器を使っの施設内ツアーは後ろの方にはほとんど声が届いていませんでした。報告書やアンケートについてはできれば事前 or 直後にいただけると幸いです。今回は利用から約 3 週間後にいただきましたが、既に記憶が薄れてきており、筆が進みません。
廃炉をテーマとした団体で利用。廃炉に必要なロボット技術を総合的に学ぶことができたように感じます。話を聞くだけでなく、実際に実習できることが学校様にとっても魅力を感じているようです。
試験現場での休日対応や、会議室の確保等、職員の方々に迅速に対応いただき、無事、試験を終了することができました。丁寧にご対応いただきありがとうございました。
急遽の見学手続き、VP 申請の件ご対応誠にありがとうございました。また、運搬等のヘルプ非常にありがたかったです今度はちゃんと VP 申請します。
工学系の学生にとってとても有意義な体験ができる施設と存じます。今後もお客様のご要望があればぜひオススメし利用したい施設と考えております。
質問ですが、1.大型水槽内の水を意図的に濁度数値を上げる（濁らせる）ことは可能でしょうか。2.大型水槽内底部に構造物等の模型を設置することは可能でしょうか。
設備もきれいで、現地での使い方等の説明も分かりやすく、良かったです。また、作業場所の準備等もお手伝いいただき、助かりました。ありがとうございました。
令和 4 年度に続き、本年もお世話になりました。貴施設は、生徒のみならず参加した教員にとっても得難い経験ができる場所です。加えて、ご担当いただいた柴沼様・吉田様はじめ、研修に関わっていただいた皆様の友好的な姿勢は、次世代の育成のため、何かを行うことの大切さを生徒・付き添い教員に伝えてくださっていると思います。参加生徒の 1 人でも良いから、将来原子力発電所の運営や、廃炉に関わる仕事についてくれれば良いと思いながらこの研修を企画しておりますが、「一つの技術の中には、それを作る人だけでなく、使う人も含めてたくさんの人たちが関わっていると感じた」とのコメントをした生徒がおりました。貴施設での研修の目的を理解してくれたらと思っております。今後ともどうぞよろしくお願い申し上げます。
最先端の設備で遠隔操作の体験学習を受けることができて、生徒達からはとても勉強になったとの感想が非常に多く上がっています。来年度以降も利用を考えておりますので、よろしくお願い致します。
無線 LAN サービスは弊社の PC or ネットワークセキュリティと相性が悪かったようで利用できませんでした。
廃炉に向けて、実際に使われるロボットアームの実験が行われていたので、より生徒は興味関心を抱き、廃炉について深く学ぼうとする意欲が増した。
体験をした学生のアンケート結果も好評で、震災復興、廃炉作業についての理解が深まりました。
・無線機を持参したいと伝えたところ、すぐに対応いただけました。・ロボット操作で英語話者を配置いただいたので、引率の負担が減り助かりました。・水中ロボット操作の時に、裏のクイズパネル？がもう少し色々あると楽しいと思います。あと、ロボット目線で自撮りした写真デ

一タなどがいただけたら、それも面白いかなと思いました。・請求書の発行をもう少し早くしていただくか、電子化していただけると助かります。

準備段階からこちらの希望を良く把握していただいて丁寧にご対応いただきました。おかげさまで研修団の方に満足してお帰りいただくことができました。

ユニオンジャックを掲揚していただき、ペトロック大の学生も先生も喜んでいました。本当にありがとうございました。

付録 5 遠隔機材整備運用課による独国 KHG の技術者（1 名）の受入実績

KHG 技術者 1 名受入工程実績					
	7 月 31 日	8 月 1 日	8 月 2 日	8 月 3 日	8 月 4 日
	月	火	水	木	金
午前	移動	○JAEA 概要説明 ○部門概要説明 ○センター概要説明 ○センター施設全体案内(見学) (9 時半～12 時、課長説明) (通常見学順路)	○KY 活動及びロボット点検状況視察(偵察用走行ロボ(T-02 トビー工業製、T-04 フランス製)、作業用走行ロボ(S-04 スギノマシン製)、無線中継走行ロボ AP-2 日本製)(9 時半～12 時、S04 一部本人操作) (試験棟)	○KY 活動及びドローン(SR-2 米国製)展示飛行視察並びに保有ドローン(JH-211 日本製)紹介(9 時半～11 時) ○ 自由時間(11～12 時) 屋外エリア、試験棟	○原子力災害対応用ロボットの性能試験法体験及び意見交換(利用促進課) ○ 記念撮影(両国掲揚国旗背景に全対応者と集合撮影、12 時前後) (試験棟)
午後	○庶務案内(管理棟設備、避難経路)(13 時～13 時半、課長説明) ○松日樂先生センター発(13 時 45 分) ○ゲストネット接続 ○運用課員及び本人自己紹介(16 時半～17 時) (運営会議室)	○機構内支援組織としての遠隔機材整備運用課概要説明(13 時～14 時 45 分、課長説明) ○檜葉駐在 CLADS 研究員による研究内容紹介(15～18 時、2 階利用者室) (運営会議室)	○本人より KHG 紹介(13 時半～15 時)、檜葉駐在 CLADS 職員も参加 ○討論(15 時半～16 時 50 分)、遠隔機材整備運用課職員のみ(原子力緊急事態支援組織について) (会議室 2)	○ロボット点検状況視察(偵察用四足歩行ロボ(T-05 ポストンダイナミクス社製)、作業用四足歩行ロボ(S-05 ポストンダイナミクス社製)(13 時半～16 時 45 分) (試験棟)	移動

This is a blank page.

