

MOVE THE WORLD FORWARD  RD **MITSUBISHI
HEAVY
INDUSTRIES
GROUP**

MITSUBISHI ROBOT TECHNOLOGY



プラント火災やトンネル災害、高放射線量下の作業現場。

誰も立ち入れない極限環境で、やらなければいけないことがある。

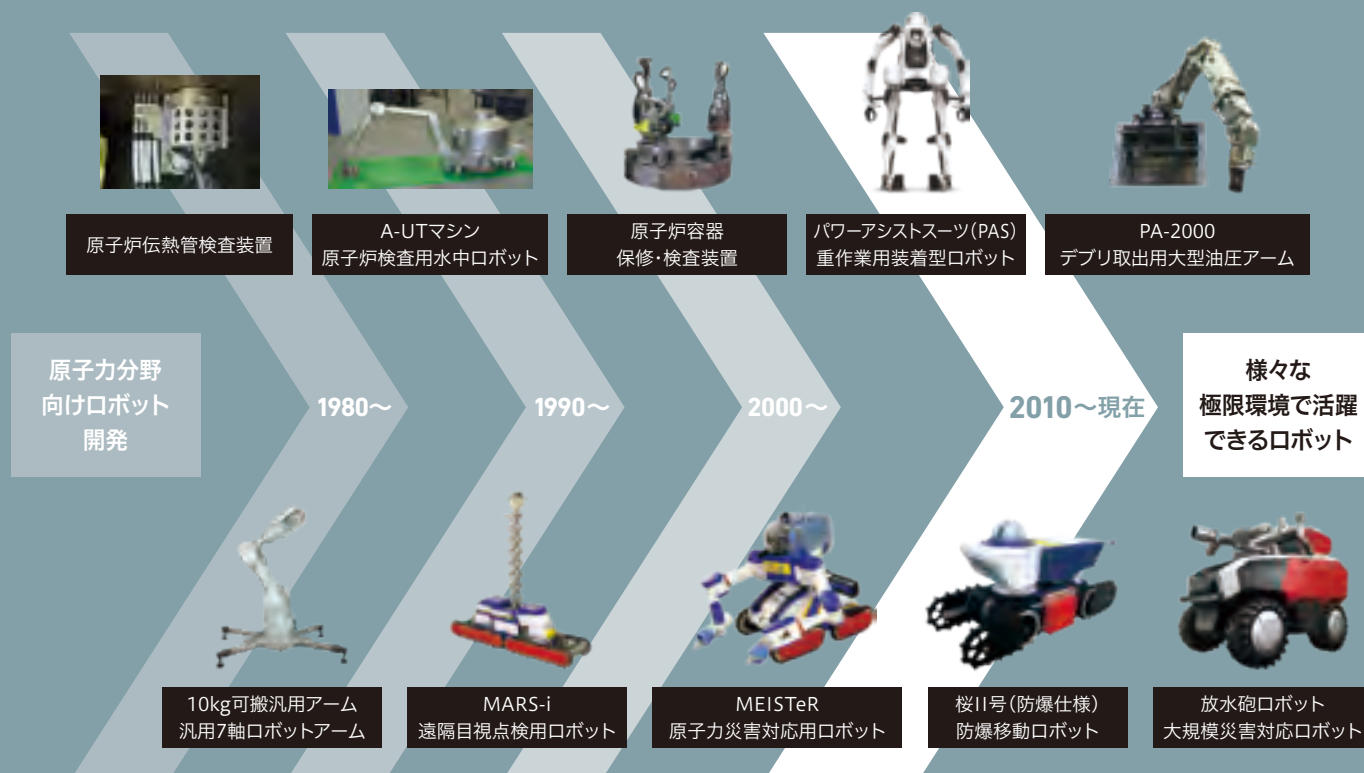
三菱重工は原子力分野で培った技術と経験を生かし

こうした極限環境を打破する「強い」ロボットづくりに取り組んでいます。

欲しかったのは、強いヤツ

～三菱重工の極限環境ロボット技術～

当社ロボット開発の歴史



新技術の開発

・ 防爆機能 ・ 自律移動機能 ・ 耐輻射熱機構 ・ 油圧多軸アーム精密制御

・ クローラ移動機能 ・ 階段昇降機能 ・ 超多軸同時制御

・ 水中仕様 ・ 多軸アーム精密制御

・ 耐放射線性 ・ 遠隔操作



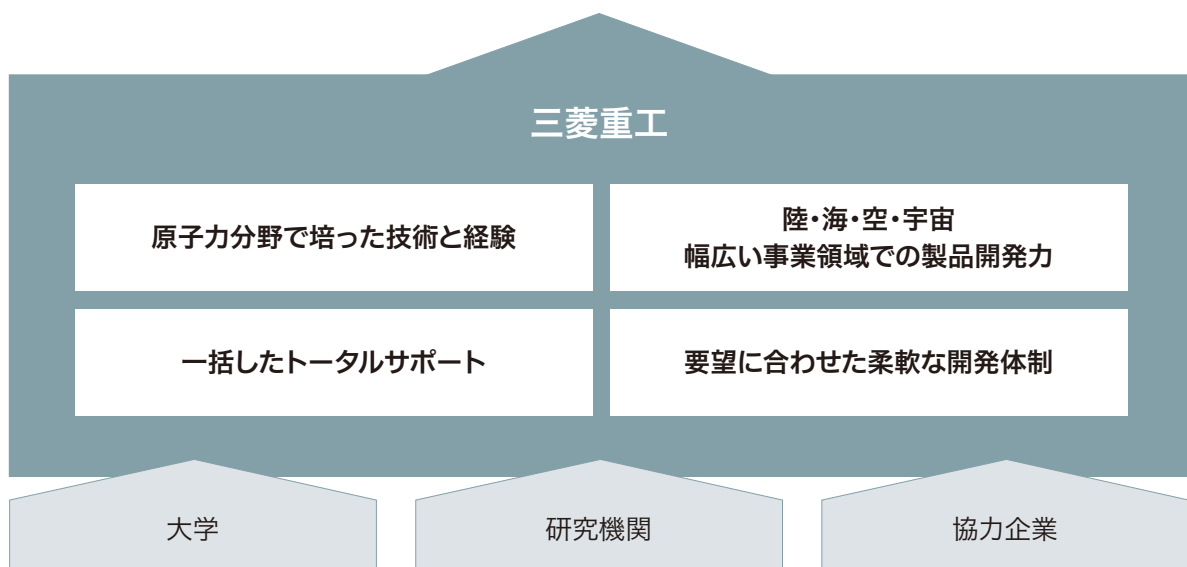
パワードメイン 原子力事業部 機器設計部

1980年代、原子力発電プラント運転開始10年目検査に向けた検査用ロボットの開発を機に始まった当社のロボット。水中・放射線という特殊環境下での使用を想定した自主開発で技術を磨き、お客様のご要望に合わせた一品一様のロボットづくりで実績を積み重ねてきました。

そして今日、当社は社会インフラを支える企業として災害への備えを推進するため、石油コンビナート火災やトンネル事故、災害救護など、人が近づけない極限環境で活動できるロボット開発に取り組んでいます。

原子力分野で培った技術と経験をもとに、私たちは社会の安全を守る「強い」ロボットづくりにこれからも真摯に取り組んでまいります。

社会の安全と発展に貢献する極限環境用ロボット



消防ロボットシステム

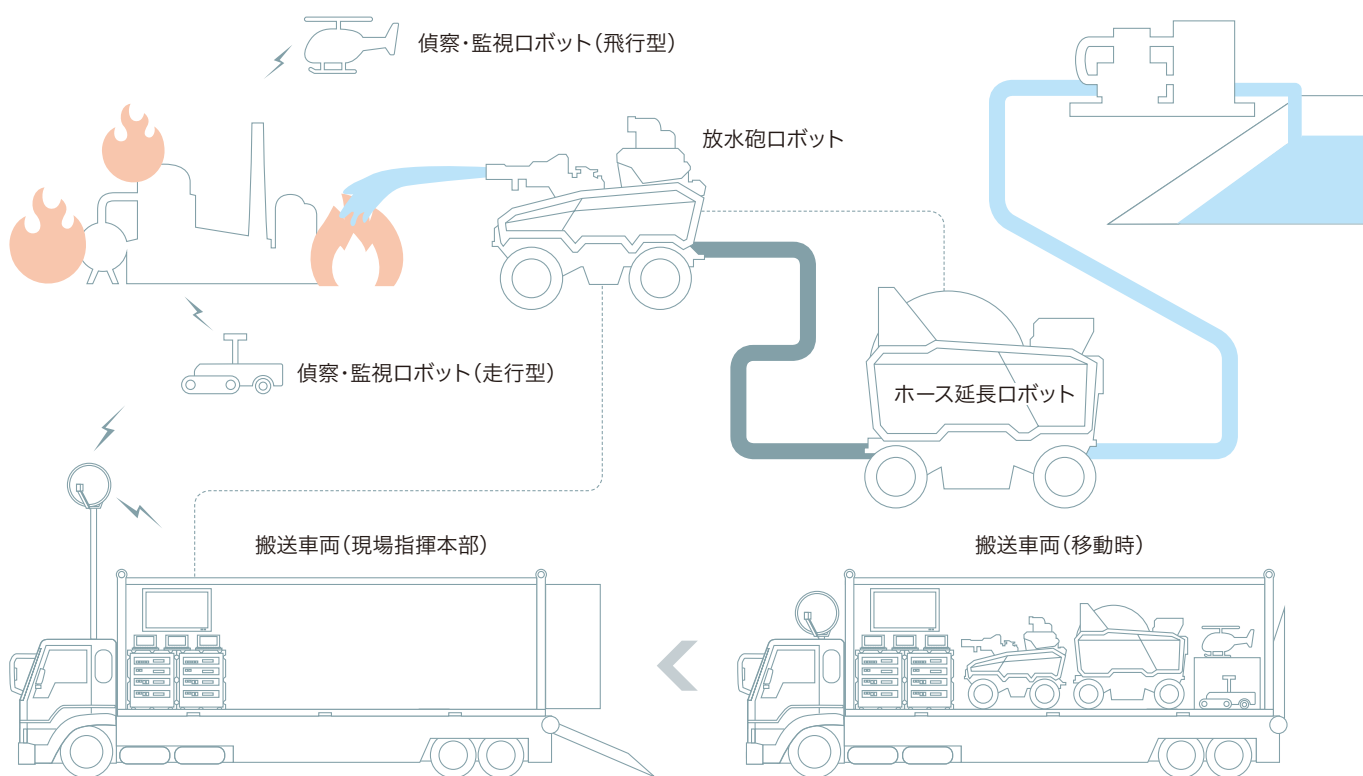
石油コンビナートなど消防隊員が近づけない大規模火災現場での迅速な初期消火活動を担う。

■ 消防ロボットとして世界初の自律移動及び連携機能を装備

消火活動の流れ

- 1 消防隊員が消防ロボットシステム搬送車両を運転し、火災現場に近い安全なエリアへ出動します。
- 2 搬送車両からロボットを搬出し、ケーブルやホースの接続等を行い稼働準備します。
- 3 偵察・監視ロボットが出動します。
- 4 偵察・監視ロボットからの情報をもとに、放水砲ロボット・ホース延長ロボットが連結して火災現場近くの放水位置まで自律移動します。
- 5 放水砲ロボットを設置し、ホース延長ロボットがホースを自動敷設。完了後、ホースとポンプを接続して放水を始めます。

消防ロボットシステムの活動イメージ



放水砲ロボットとホース延長ロボットの実戦配備可能型(初号機)

2019年春、消防庁消防研究センターが行った5年間の開発プロジェクトが完了し、その成果として放水砲ロボットとホース延長ロボットの実戦配備可能型(初号機)が完成しました。



放水砲ロボット(左)とホース延長ロボット(右)



4,000L/min放水の様子



ホース敷設の様子

放水砲ロボット

火災による輻射熱を受けにくい構造を持ち、人が近づけない場所へ移動して無人で消火冷却を効果的に行います。

基本仕様

外形寸法※	全長:2,100mm、幅:1,400mm、 全高:1,900mm
本体質量※	1,600kg
移動方式	4輪駆動前輪操舵方式
移動速度	7.2km/h (2m/sec)
搭載センサ	RTK-GPS、LRF、IMU、オドメトリ
機能性能	地図上の指定位置まで自律で走行、 20kW/m ² の輻射熱環境での活動を 想定した設計 放水能力:水圧1MPa時で4,000ℓ/分 (放水角度及び棒状放水・広角放水を 遠隔操作で切り替え可能)

基本仕様は試作機の性能です。実際の数値と異なる場合があります。
※参考値



ホース延長ロボット

最長300mの消防用ホースを自動敷設し、放水砲ロボットへ水を供給します。

基本仕様

外形寸法※	全長:2,400mm、幅:1,750mm、 全高:2,150mm
本体質量※	2,800kg
移動方式	4輪駆動前輪操舵方式
移動速度	7.2km/h (2m/sec)
搭載センサ	RTK-GPS、LRF、IMU、オドメトリ
機能性能	150Aホース延長敷設300m、 地図上の指定位置まで自律で走行

基本仕様は試作機の性能です。実際の数値と異なる場合があります。
※参考値

本リーフレット記載の放水砲ロボット・ホース延長ロボットのデザイン
(耐輻射熱カバー未装着時)は、初号機デザイン案です。



本ロボットシステムは消防庁消防研究センターが進めている「エネルギー・産業基盤災害対応のための消防ロボットの研究開発」の成果の一部であり、当社は本システムを構成する「放水砲ロボット」、「ホース延長ロボット」及び全体システム設計を担当しました。

自律移動型防爆ロボット

EX ROVR

6自由度マニピュレータ

無線アンテナ(Wi-FiおよびLTE)

ガス検知器

IMUおよび内圧防爆保護システム(冗長圧力センサを含む)を内蔵

後方障害物距離センサ

パージポート
(防爆保護ガス(通常圧縮空気))

非接触給電部

耐圧防爆電池を内蔵(リチウムイオン電池)

可視監視カメラ

熱画像カメラ(両端に1つずつ)

全天球可視カメラ

3D-LiDAR
(レーザレンジファインダ)

遠隔操作カメラ(前後)

引火性ガス雰囲気になり得る石油
ガスプラントなどを自律で移動し、
可視画像、熱画像、ガス濃度などの
プラント情報を自動で取得。

■ バッテリー式の陸上移動ロボットとして
国内初となる防爆型式検定を取
得した前号機「桜II号(防爆仕様)」
より、さらなる改良を加えた実践的
プロトタイプモデル



桜II号(防爆仕様)
(検定番号: 第TC22032X号)

バッテリー式の陸上移動ロボットとして国内初となる防爆型式検定を取得。高い走破性能を有し、トンネル災害などの災害発生時に自身が発火源となることなく、ファーストレスポンスとして周辺状況の確認を可能とする遠隔操作型移動ロボット。

駆動系
2本のメインローラと
4本のサブローラ

基本仕様

外形寸法	全長:700mm~1,284mm(サブローラ伸長時)、幅:450mm、高さ(本体):539mm、高さ(マニピュレータ含む):約1,300mm、最小回転直径:804mm
本体質量	75kg
走行速度	1.2km/h
昇降角度	斜度45°(階段の昇降も可能)
走行・昇降方式	メインローラ2本と前後に展開できる角度可変式サブローラ4本を併用
連続稼働時間	約2時間(自動充電ステーションで2時間非接触給電)
自律移動	3DレーザSLAM方式(階段を含む多層階対応)
遠隔操作	前後カメラとマニピュレータによる俯瞰カメラ映像を見ながらWi-FiまたはLTEを用いた遠隔操作が可能
環境情報取得方法	全天球可視カメラ、可視監視カメラ、熱画像カメラ、ガス検知器を搭載、LTEを用いたIoTシステムでクラウドへセキュアに蓄積
耐環境性	IP47相当(直径1mm以上の固形物・一時的な水没から保護)
防爆仕様	Ex pxd IIB+H ₂ T3Gb 相当(内圧+耐圧防爆方式、水素ガスを含む引火性ガス、ゾーン1※1対応(充電ステーションも対応予定))
マニピュレータ	6自由度を有し、先端に可視監視カメラ及び可変照明(1自由度グリップ開発中)

※1 危険場所3区分の2番目:通常の状態において、爆発性雰囲気をしばしば生成するおそれがある場所のことで、オイルタンク内部(ゾーン0)以外のほとんどの危険場所があてはまります。

CONCEPT MODEL

3D-LiDARを用いた自己位置推定機能、非接触による自動充電機能を搭載し、引火性ガス雰囲気になりえる石油プラントや製鉄プラント等を、設定したルートに従って自動巡回し、画像や熱画像、音、引火性ガスの有無等のデータを取得します。搭載したハンドによりバルブ開閉やサンプル採取などの軽作業も可能とする計画です。



その他活躍するシーン

原子力
災害

トンネル
災害

プラント
検査

消火
活動

その他
危険物撤去



未来イメージ

洋上石油採掘施設への適用

洋上石油採掘施設は全域が引火性ガス雰囲気になりえる危険区域であるため、作業員には常に危険が伴い、かつ、莫大なコストがかかります。このような施設において、人に代わってロボットが巡回し、計器確認、異常検知、機器操作等を行います。



搭載ハンドによるバルブ開閉作業



非接触による自動充電機能



遠隔の監視センタから作業状況を把握

パワーアシストスーツ(PAS)

用途に応じて上半身のパーツを変更し、様々なシーンの重作業に対応。

■ 最大約40kg分の重さを補助し、作業効率化に寄与



多用途対応

共通の下半身ロボットに様々な上半身パーツを作業用途ごとに組み合わせるモジュール機構を採用

重作業をアシスト

高出力アクチュエータを搭載し、人の操縦で全身装着型ロボットが重作業をアシスト

作業性

装着する個所を少なくし素早く着脱が可能。また狭隘部(幅約700mm)の通過も実現

人とロボットの協調

力センサ、加速度センサ等による汗の影響を受けない安定した制御で、人の意志を反映し、動作を妨げることなく一緒に動く親和性

基本仕様

外形寸法	全長:400mm、幅:620mm、全高:1,500mm
本体質量	39kg
アシスト力	40kg相当の重量を負担(装置自重を除く)
動力	リチウムイオンバッテリー/連続稼働時間2時間
歩行速度	無負荷時 4.5km/h フルアシスト時 3.9km/h

日本原子力発電株式会社様と共同開発
開発費の一部は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)からの助成を受けています。



CONCEPT MODEL

先進性・機能性・安全性を融合したデザインで
重作業のイメージをスマートに刷新。



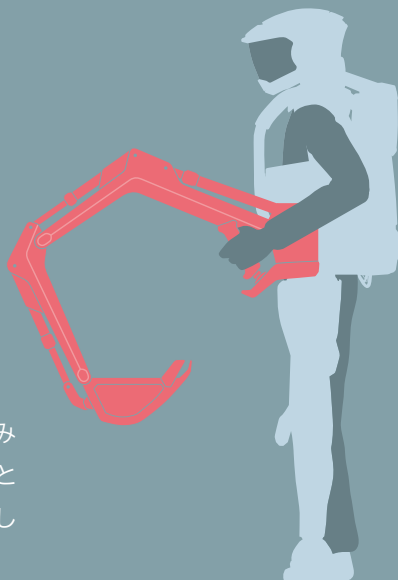
未来イメージ

PASが活躍するシーン



原子力

重い放射線遮へいジャケットの装着負荷を軽減し、作業の効率向上と被ばく防護を両立します。



建設

建設現場での資材運搬や組み付けなど力作業の負荷軽減と工期短縮・工費削減に寄与します。



救急

災害現場など機材搬入が難しい場所で安全・確実な救護活動を可能にします。

アームシリーズ

高線量下・水中といった人が近づけない環境で高精度の作業を担う

当社ロボット技術の要。

- 冗長軸による特異点及び干渉物回避が可能
(7軸以上の場合)

PA-シリーズ(汎用多軸マニピュレータ)

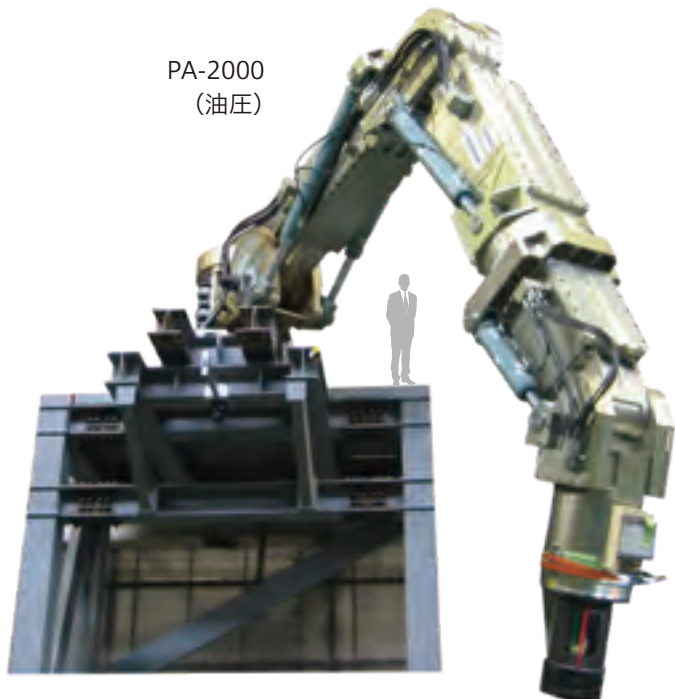
原子炉容器の災害対応用(保守・検査作業)を目的として開発。
超高精度の電動式、可搬力の高い油圧式などニーズに応じた
様々なアームを揃えています。

基本仕様(油圧)

アーム長	7,100mm
最大先端負荷	2,000kg
駆動方式	油圧シリンダ、揺動モータ
軸数	6軸
繰り返し位置決め精度	±5mm以下

本ロボット開発の一部は、資源エネルギー庁からの委託事業として技術研究組合国際廃炉研究開発機構(IRID)より受託し、その組合員である三菱重工が実施した補助金事業により行われました。

PA-2000
(油圧)



MHI-MEISTeR II

福島第一原子力発電所の事故対応を目的に開発。階段のある
環境を自走し、様々な作業に対応可能。



基本仕様

移動方式	4輪クローラ
走行性能	斜度40°、蹴上200mmの階段昇降、不整地走行、狭隘部可能
アーム	可搬質量25kgの8軸マニピュレータを2本搭載
遠隔操作性	無線/有線通信、バッテリー駆動4時間

本ロボット開発の一部は、資源エネルギー庁からの委託事業として技術研究組合国際廃炉研究開発機構(IRID)より受託し、その組合員である三菱重工が実施した補助金事業により行われました。

SUPER-Giraffe

福島第一原子力発電所の事故対応のため開発。8m先の高所における各種作業(バルブ開閉など)に対応可能。



基本仕様(電動)

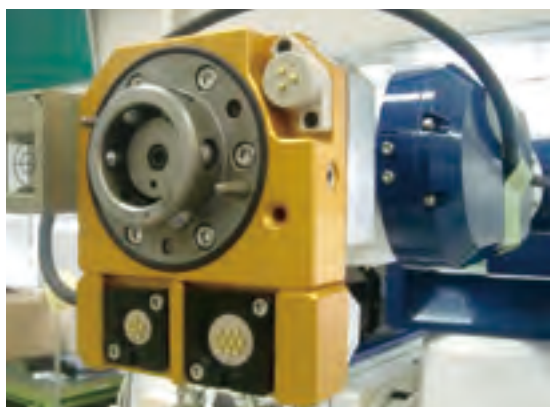
移動方式	4輪駆動、4輪操舵
走行性能	斜度15° スロープ、50mm段差走行可能
アーム	可搬質量25kgの9軸マニピュレータを搭載
遠隔操作性	無線/有線通信、バッテリー駆動5時間

本ロボットの開発は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託事業「災害対応無人化システム研究開発プロジェクト」により行われました。

基本仕様(電動)

アーム長	1,350mm (可搬質量25kgの場合)
可搬質量	10kg、25kg、60kgで実績あり
構成	防塵・防滴構造(IP54) (IP67も可能)
駆動方式	ACサーボモータ
軸数	7軸(ベース方面に軸数拡張可能)
電源	三相AC200V(3kVA)
動作温度範囲	0~50℃
繰り返し位置決め精度	±0.1mm以下

PA-25
(電動)



ツールチェンジャ

ツールチェンジャを介して先端ツールを交換し、各種作業に対応。さらにツールチェンジャ自体が共通化されているため、各アームで先端ツールを共有可能です。



コアボーリング



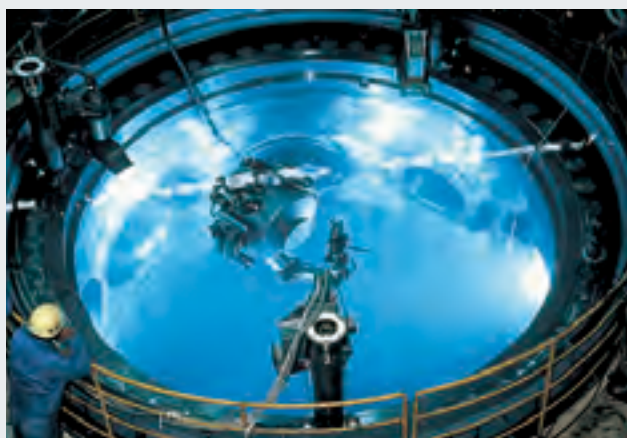
配管切断



バルブ開閉

A-UTマシン

水中かつ高線量下における原子炉容器の探傷検査のため開発。



基本仕様

移動方式	スラスタによる自泳、車輪による壁面の自走
検査方式	超音波探傷検査
アーム	可搬質量10kgの7軸マニピュレータを搭載
遠隔操作性	有線通信、有線給電



三菱重工業株式会社

パワードメイン 原子力事業部

〒100-8332 東京都千代田区丸の内3-2-3 丸の内二重橋ビル

TEL. 03-6275-6200

b-mars@mhi.co.jp

2019年11月発行

AA00-N02S41J1-C-0,(10.0)19-11,F



<https://www.mhi.com>



<https://spectra.mhi.com>