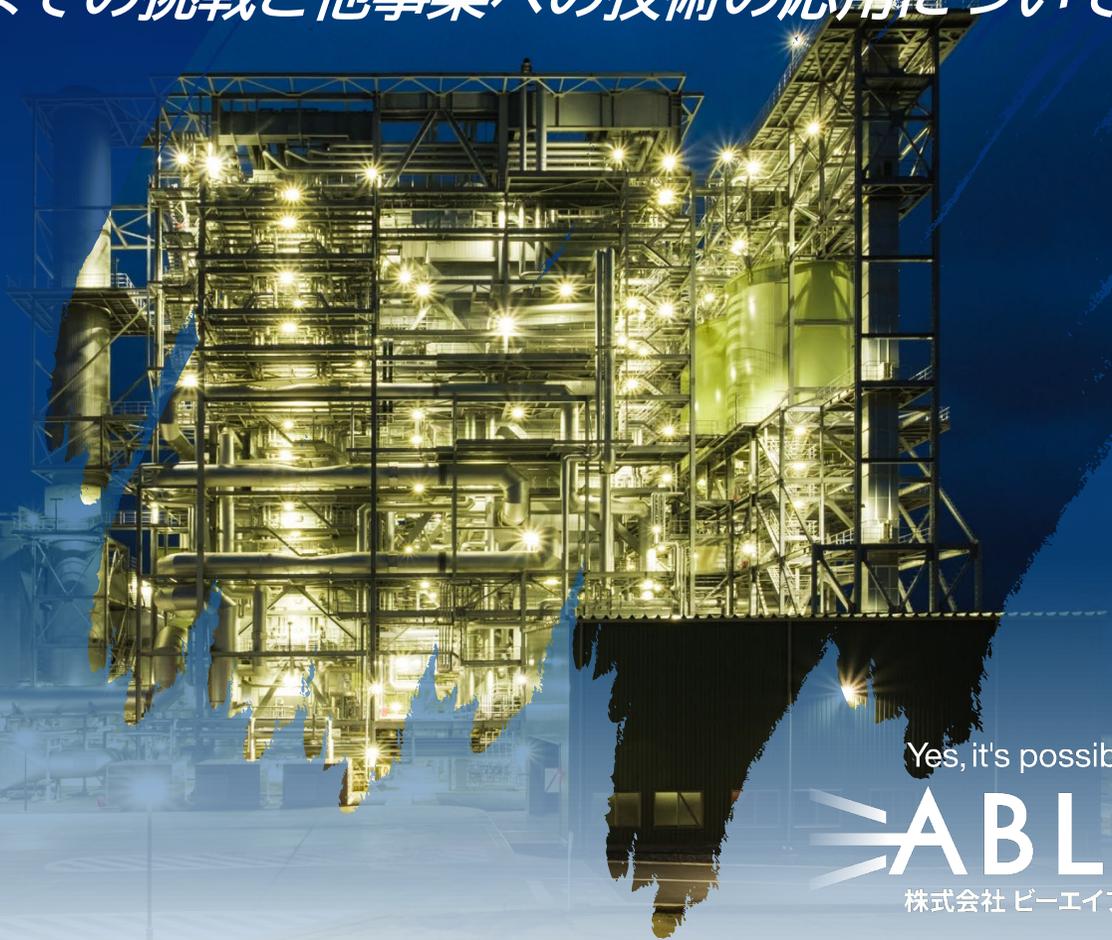


# 東日本大震災を経験して

廃炉分野におけるこれまでの挑戦と他事業への技術の応用について

*Creating the future from Futaba*



Yes, it's possible !

**ABLE**

株式会社 ビーエイブル

## Contents

## 目次

- 01 / 自己紹介
- 02 / 会社紹介
- 03 / 事業紹介 - プラント工事事業
- 04 / 今後のビジョン - 廃炉のさらなる加速のためのロボット開発
  - 再エネ開発 (波力)
  - 宇宙への挑戦
- 05 / 松野先生との共同研究
- 06 / 最後に…

## Contents

## 目次

01 / 自己紹介

02 / 会社紹介

03 / 事業紹介 - プラント工事事業

04 / 今後のビジョン - 廃炉のさらなる加速のためのロボット開発  
- 再エネ開発 (波力)  
- 宇宙への挑戦

05 / 松野先生との共同研究

06 / 最後に…

# PROFILE

自己紹介



株式会社ビーエイブル  
代表取締役

佐藤 順英 (さとう ゆきひで)

## 略歴

---

- 1956年 2月14日 秋田県鹿角市に生まれる
- 1974年 秋田県立大館鳳鳴高等学校卒業
- 1978年 日本大学 工学部電気工学科卒業
- 1978年 TPT(東電100%子会社)に勤務  
火力発電所でメンテナンス作業に従事  
原子力発電所でメンテナンス作業に従事
- 1992年 株式会社ビーエイブル 創業

# COMPANY PROFILE

## 会社概要

社名	株式会社 ビーエイブル
設立	1991年3月
事業	プラント建設や保守、再エネ、ロボット開発、健康事業
創業者	佐藤 順英
所在地	福島県広野町(震災前は大熊町)
事業所	東京事務所、柏崎事業所、高柳事業所、神戸営業所、 好間バイオマス発電所、元氣ジム、居宅介護支援事業所
従業員	240名

# PHILOSOPHY

企業理念

## 社是

人間として何が正しいか「利他」をベースとした考え方、思いやりの心をもつ



## 経営理念

全従業員の物心両面の幸せを追求すると共に、人類社会進歩発展に貢献する

思いやりの心を持ち  
創意工夫を凝らした仕事

---

復興とエネルギー事業で社会貢献

---

福島から世界に誇れる会社になる！

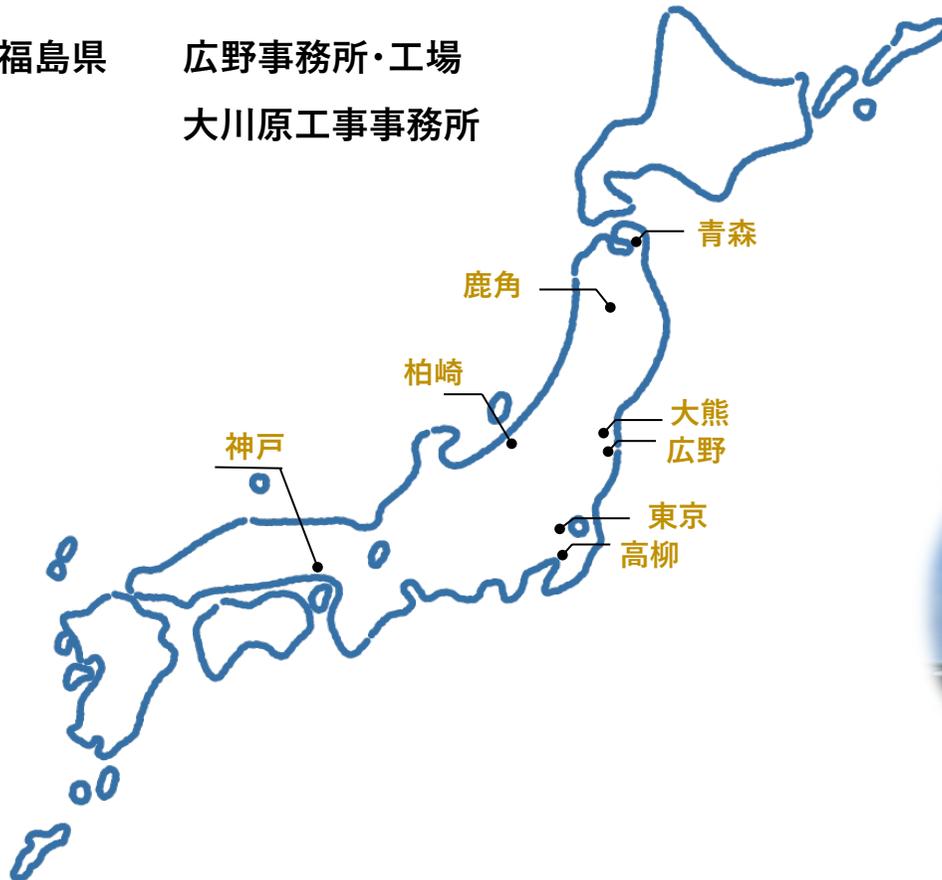
---

# OFFICE

事業拠点

本社 福島県双葉郡大熊町

福島県 広野事務所・工場  
大川原工事事務所



## 大熊町で創業

社員のほとんどが地元出身者で現在は大熊町にまだ帰還できないので広野町にて主業務を行っている



# STORY

復興のストーリー

福島第一の鎮静化  
緊急対応

## 廃炉・地域復興

2011年3月  
震災直後～

～震災前～  
原子カプラント保守事業



# COMPANY

事業紹介

**N**uclear / 廃炉・原子力事業

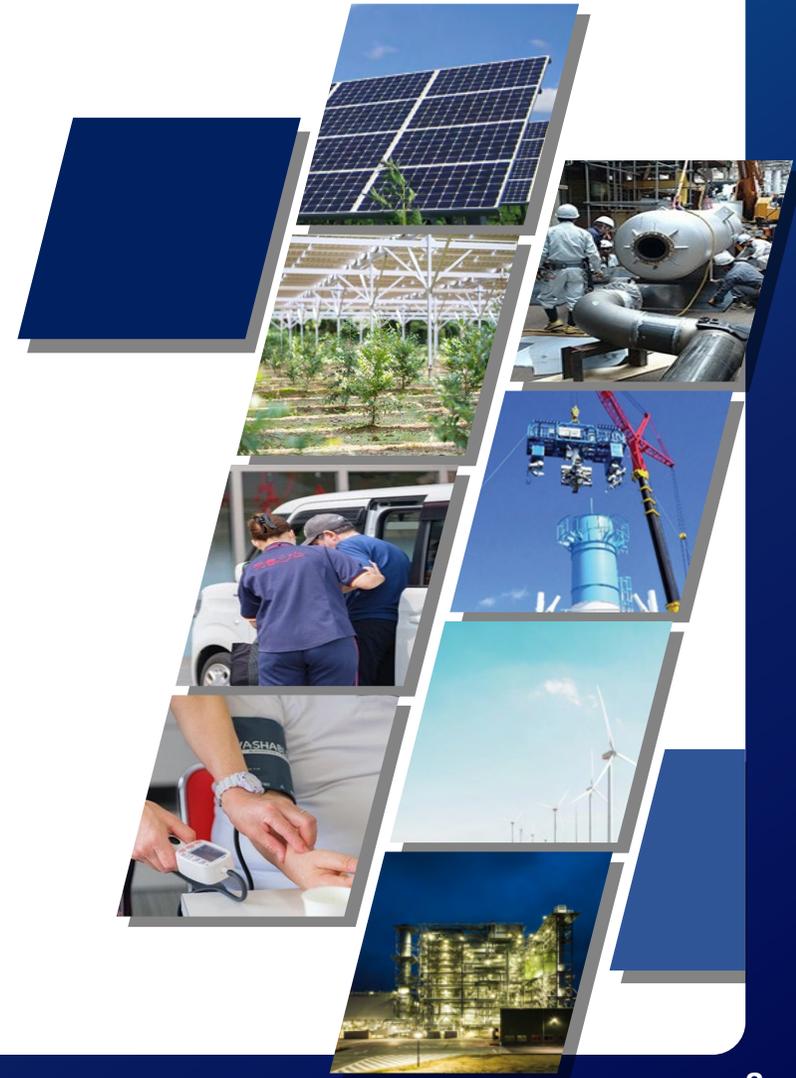
**P**lant / 火力・プラント事業

**T**echnology / 技術開発事業

**R**esearch / 研究開発事業

**E**nergy / 再生可能エネルギー事業

**H**ealth / ESG事業



## Contents

## 目次

01 / 自己紹介

02 / 会社紹介

**03 / 事業紹介 - プラント工事事業**

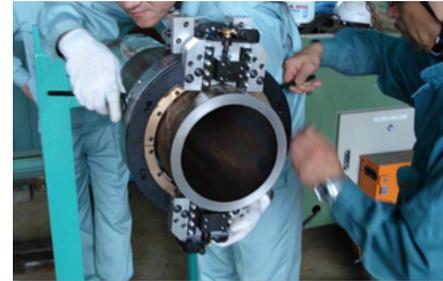
04 / 今後のビジョン - 廃炉のさらなる加速のためのロボット開発  
- 再エネ開発 (波力)  
- 宇宙への挑戦

05 / 松野先生との共同研究

06 / 最後に…

福島第一、第二、柏崎刈羽原発を中心とした原子力発電所のメンテナンスを生業としてきた。

◆プラント配管の設計及び施工、機器据付、重要機器メンテナンスなど



配管特殊開先加工

非常用発電機点検



CAD設計



## 震災後の緊急対応

鎮静化作業に全社員で立ち向かい、主要な作業にはほぼ関与

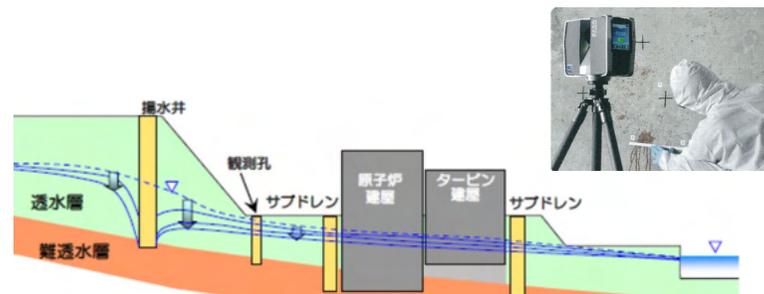
- ◆ 1～4号機周辺 仮設電源、仮設照明の給油による24h対応。建屋内排水業務  
主たる各プロジェクトに一次企業として参画



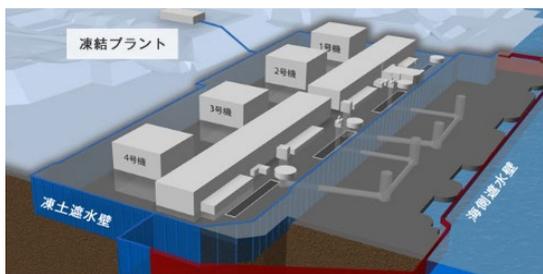
燃料プール他の冷却



滞留水移送・対応



サブドレン復旧



凍土遮水壁



高濃度汚染水浄化設備設置工事



ALPS工事 (TPSC)



双腕重機型ロボットによる瓦礫撤去



凍土壁工事 (鹿島建設)

株式会社 エイブル 殿 創立二十周年に寄せて

佐藤 順英様 として株式会社 エイブルの皆様、創立二十周年 までにおめでとうございませう。

私のこれ迄の福島勤務の折々に佐藤さんとしてエイブルの皆様にお世話になられたと思っております。あるときは設備がウレシク漏洩であったり、不具合であったり、そのような際にはいつも身近で対応して戴きまことに。

また、新たな装置や設備の提案など、常に現場をよくよくとらえ、気持ちももっていたにいたることに感謝もします。

そして何よりも昨年三月十一日の震災以降、極めて厳しい状況におちいった福島第一のプラントに率先して乗り込んで頂き、復旧作業に全力をこめて頂いた事に対しては言葉が足りてはいない程、心より感謝しております。

タイムアップの名前の会社名に「エイブル」を聞き覚えが、毎日でした。その字も本当に強く思っております。

残念ながら私は昨年末に病により所長と退任し、現在はその後、エイブルの皆様の協力を頼りに助けられていると聞いております。

まだまだ厳しい現場環境ですが皆様一人一人が怪我のないよう、そして健康に毎日過ごされ、さうにさらに株式会社 エイブル 殿が栄えられ、ますますの祈念致しております。

平成二十四年四月吉日

東京電力株式会社

吉田 昌郎

株式会社 エイブル 殿

佐藤 順英様 として社員の皆様へ

東京電力福島第一原子力発電所 震災時 所長  
吉田昌郎様より

## 震災後から現在の取り組み

### 廃炉に向けて災害対応ロボットの開発



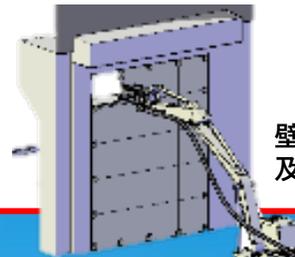
瓦礫撤去ロボット  
(遠隔操作作業)

京都大学 工学研究科  
松野研究所との連携



松野文俊  
京都大学 工学研究科 教授 工学博士

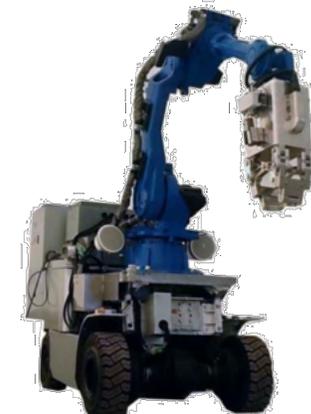
複数のロボットが合体/分離/協力しながら動作する利他ロボット



壁開口ロボット開発  
及び工事



屋上保護層除却ロボット開発  
及び工事



アームハンド搭載  
コラボロボット



建屋地下滞留 水状況調査水中ロボット開発  
及び調査



マルチアタッチメント搭載  
コラボロボット

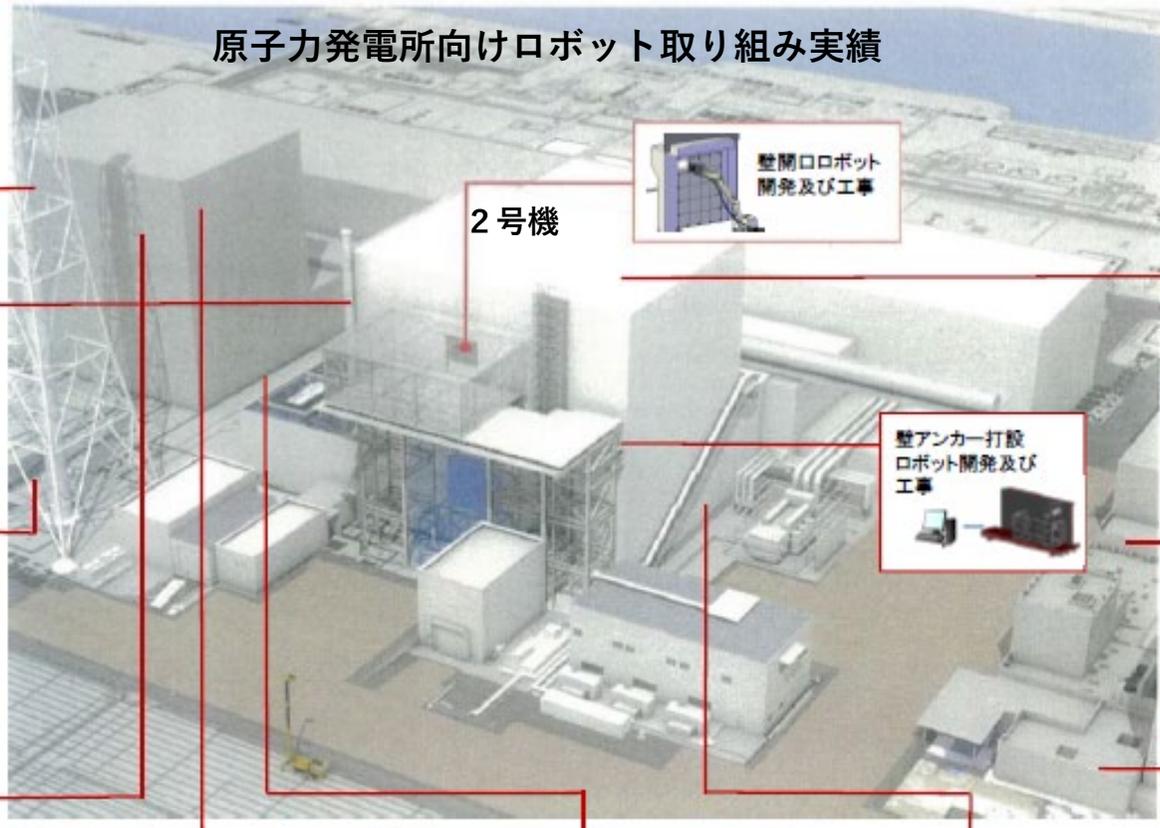
## 震災後から現在の取り組み

### 廃炉に向けて災害対応ロボットの開発

◆ロボット開発、設計、製作、操作への挑戦（社員を被ばくから守るため、会社の存続のため）



### 原子力発電所向けロボット取り組み実績



2号機



排気筒(120m)  
除却ロボット  
開発及び工事



壁開口ロボット  
開発及び工事

屋上保護層除却ロボット  
開発及び工事



排気煙突(50m)  
除却ロボット開  
発及び工事

壁アンカー打設  
ロボット開発及び  
工事



互換撤去ロボット  
遠隔操作作業



サンプルピット  
滞留水移送  
ロボット開発  
及び工事



遮蔽材除去  
ロボット  
遠隔操作作業

マルチアタッチメントロボット  
開発及び工事

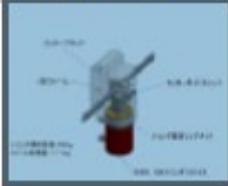


遮蔽材除去  
ロボット  
遠隔操作作業



建屋地下滞留  
水状況調査、空  
中、水中ロボット  
開発及び調査

マカローニー配管除却ロボット  
用カシメ・カット開発・検証



# 震災後から現在の取り組み

第一原発2号機

## 建屋開口に本格着手

### 線量、汚染濃度など調査へ



福島第一原発2号機で原子炉建屋外壁の開口作業に着手する無人重機。28日午後

東京電力は二十八日、福島第一原発2号機の使用済み核燃料プールの核燃料取り出しに向け、原子炉建屋西側外壁の開口作業を本格的に開始した。壁の解体が終わる六月下旬にも建屋内の放射線量や汚染濃度などの詳細な調査に入る。

東電は2号機原子炉建屋の五階にあるオペレーティングフロア西側の厚さ約二十センチのコンクリート製壁面に幅約五尺、高さ約七尺の開口部の設置を計画している。約三十のブロックに分けて解体するための切れ目を入れる作業が終われば、この日は重機を遠隔操作して初めて二つのブロックを取り除いた。

今後は作業搬入口とロボットを投入し、線量測定などの開口部からロボットなどの調査を進める。

て放射性物質の飛散抑制対策などを検討する。二〇一三年度をめどに計画している核燃料の取り出しにつながる。

2号機は原発事故で水素爆発は免れたが炉心溶融(メルトダウン)で放射性物質を含んだガスが建屋の天井や壁などを汚染し、二〇一二(平成二十四)年の調査では建屋五階で毎時八八〇ベクレルを計測している。

CHECK

(株)ビーエイブルが開発した、福島第一原子力発電所廃炉用ロボットが2018年5月NHKで紹介され、各新聞にも記事が掲載されました。

## 震災後から現在の取り組み

様々な重機の遠隔操作化に取り組み現場で稼働。



遠隔解体操作室



遠隔解体重機

## 震災後から現在の取り組み

様々な用途に活用可能



## (株)エイブルは廃炉に向けた様々なニーズに対応可能な加工場を新設

福島第一原子力発電所に近い位置に立地する弊社は、廃炉現場のニーズに即した、様々な設備や機材、モックアップ、ロボット、遠隔操作装置等の開発・製造に対応した加工場。



レーザー加工機



鋼板の任意形状に切削加工等に対応

NCマシンングセンター



様々な金属を自由な形状加工等に対応

ベンダー



鋼板の折り曲げ加工等に対応

バンドソー



角パイプ、丸パイプ、鋼材切断に対応

アイアンワーカー



梁や支柱などの折りがある部分等切込A加工等に対応

各種溶接設備

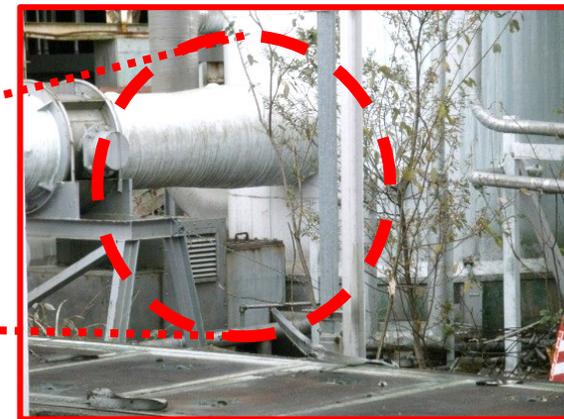
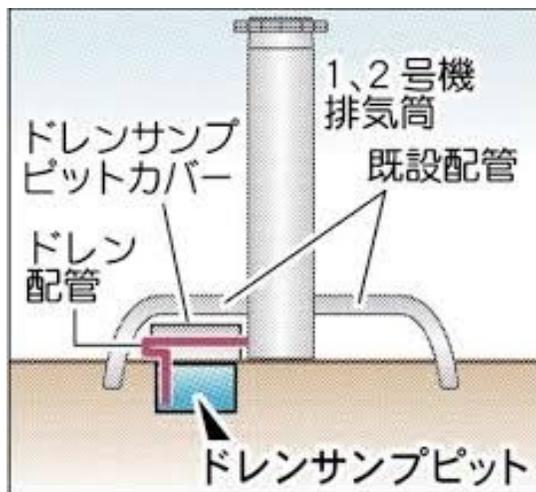


各種金属の溶接に対応

上記をはじめとする各種加工機で、様々な要望に対応可能です。

## 1F-1Wスタックサンプルピット排水業務委託

排気筒内部は圧力容器のベントにより高汚染となり、そこから流入した雨水が汚染水となりサブドレンピットに溜まっている。ピットの汚染水を処理することが急務。



ドレンサンプルピット

- ・ 1.2号排気筒下部は高線量となっており、人が近づけない。
- ・ 障害物が多いほか、トレンチ上部の強度が不明のため、自走するタイプのロボットではアプローチできない。
- ・ このため、クレーンを使ってクローラーロボットを遠隔搬入するとともに、クレーンのアーム先端にロボットを取り付けて遠隔作業することを計画しました。

(クローラーロボットとクレーンロボットの2台によるコラボ作業)

## これがビーエイブルの遠隔技術のスタート

高線量のため詳細な現場状況がつかめていない！ 短時間での現地調査必須

クレーン先端に3Dスキャナを取付、遠隔操作によるデータ採取



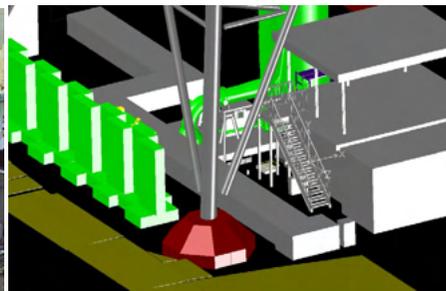
弊社敷地内モックアップ



3Dスキャン点群データ



3D CAD化



実物大現場再現



スキャンしたデータを3DでCAD化し現場に沿った工事計画を作成

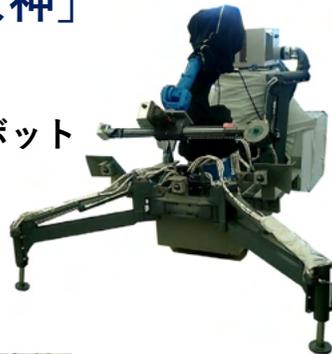
## スタックサンプルピット排水業務委託（ロボット開発、製作）

◆無事、短期間で遠隔ロボットを作成し排水業務完了。



### ロボットの名前は「女神」

クローラーロボット



クレーンロボット

クローラーロボット開発風景



遠隔操作によるモニタ風景



クレーンロボット開発風景



- 六軸アームの先には、ラックアンドピニオンで対象に水平/垂直にスライドできる機構を設けたり、各種ツールが着脱できる機能を装備。

- クレーンの先に旋回可能なサブクレーンを取り付け、その先端に六軸ロボットを取り付けることによって人が近づけない場所での遠隔作業を実現。

Yes, it's possible!

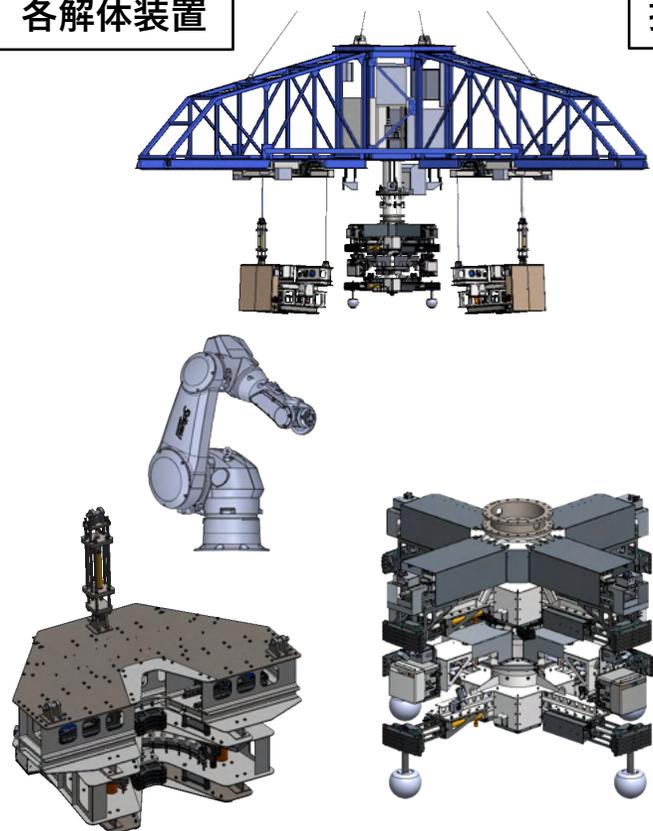
⇒ABLE⇐

株式会社エイブル

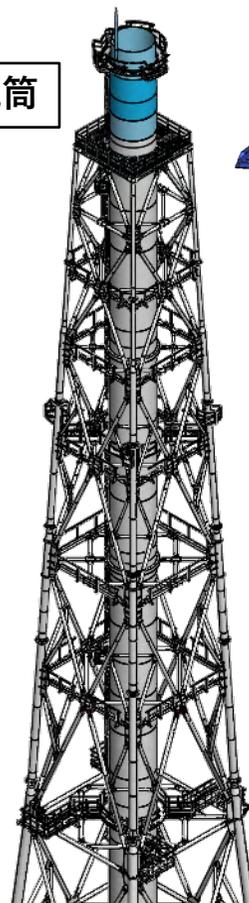
# ロボット開発、設計、製作、操作への挑戦

排気筒解体に向けたロボットの3D設計シミュレーション

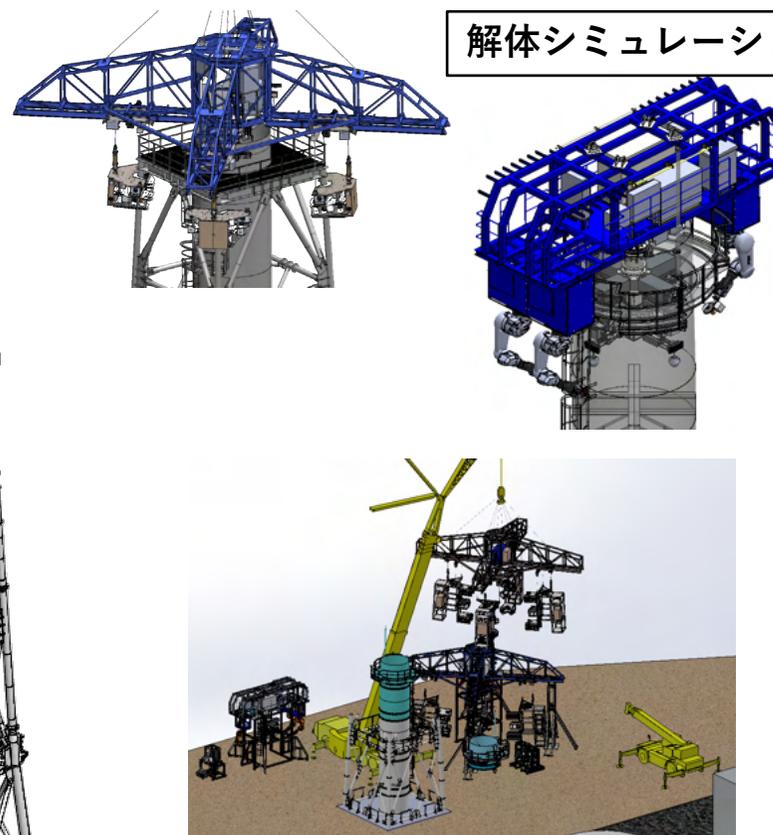
各解体装置



排気筒



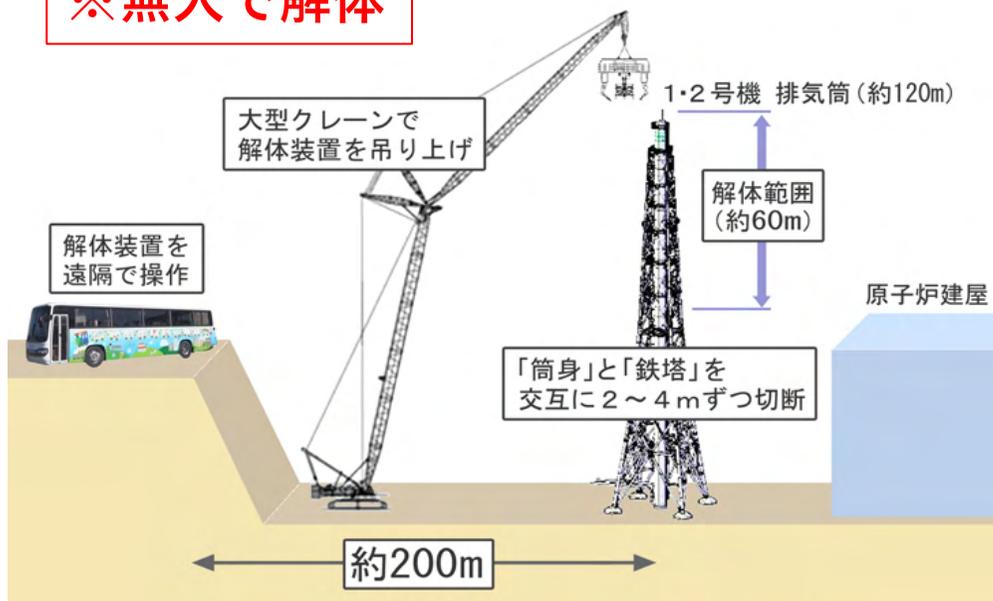
解体シミュレーション

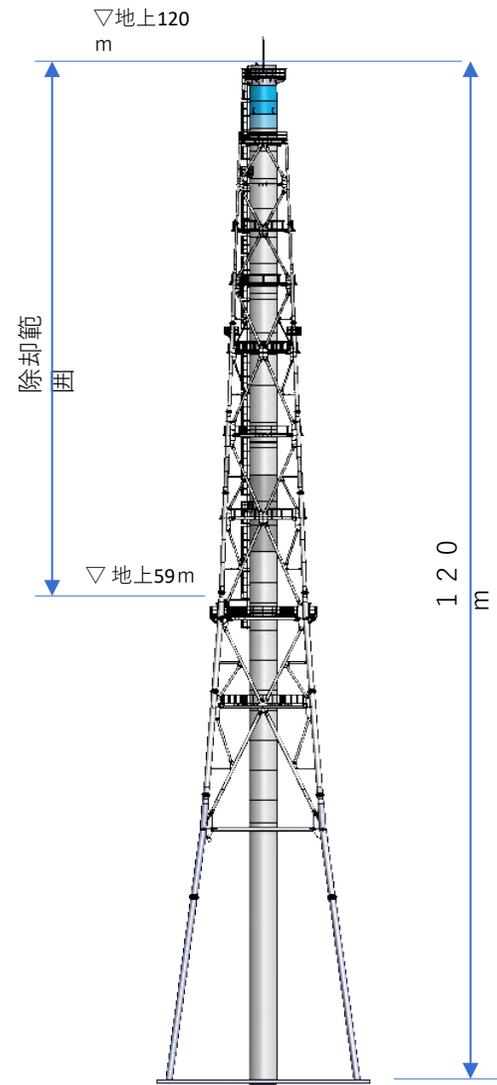


## 福島第一廃炉

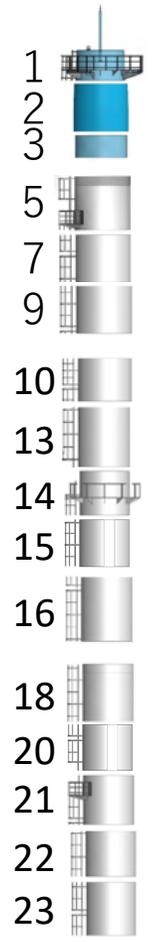
自社でロボットを開発し120mの排気筒（煙突）の解体など

※無人で解体

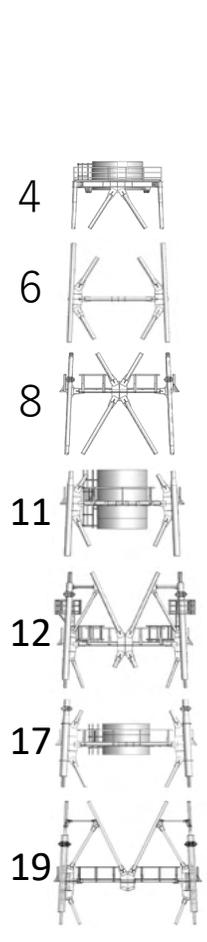




**筒身**  
16ブロック



**鉄塔**  
7ブロック



## <背景>

震災の影響で排気筒上部には破断や変形箇所があり、倒壊の危険はないものの**排気筒の解体は必要**

しかし、排気筒地上周辺は**放射線量が高い**ため、作業員が近づけないことから、**大型クレーンにて開発した遠隔操作ロボットを吊上げ、地上の遠隔操作室より操作し解体する工法で施工**

解体に使用するクレーンは750 t c c (46 t)  
 要求事項の追設による総重量増加による再設計軽量化。  
 解体物の重量2~15 t  
 装置重量最大36.4 t



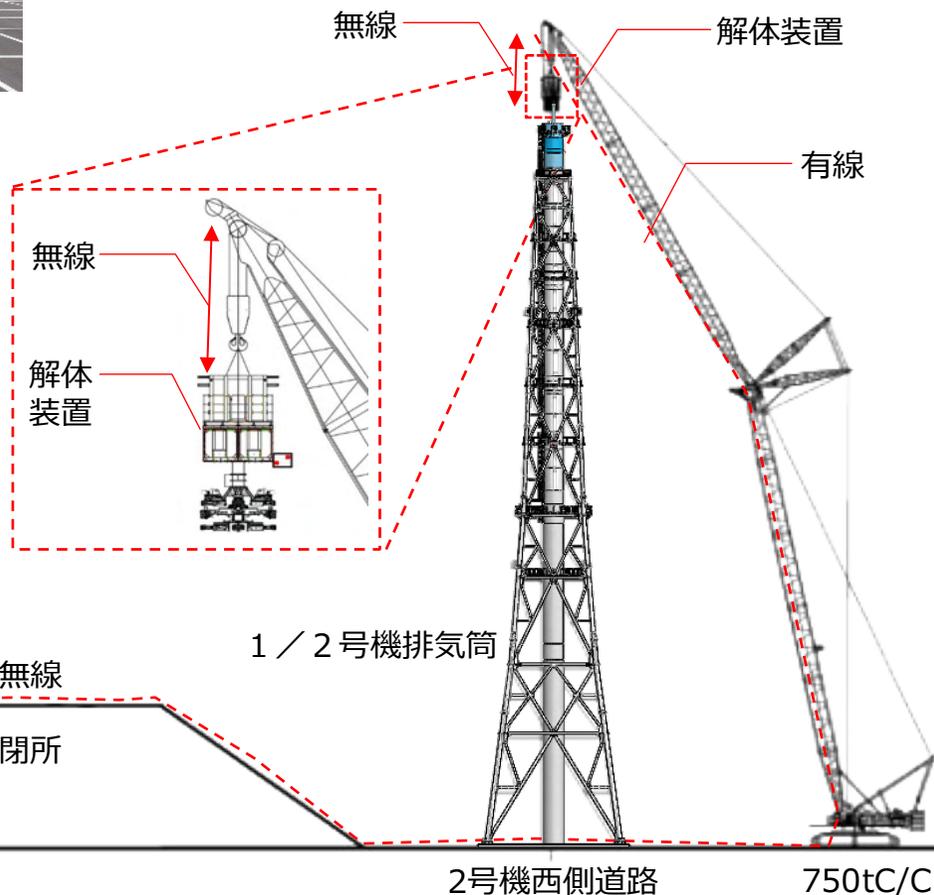
遠隔操作車両



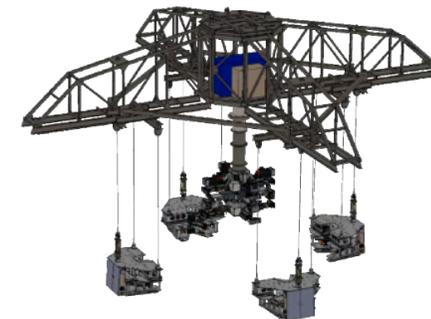
車両内イメージ



- 低線量エリアに遠隔操作バスを配置し、解体装置の操作や俯瞰カメラを設置し作業の監視を行う
- (排気筒～遠隔操作車両200m)



<筒身解体装置>  
最大23.4 t

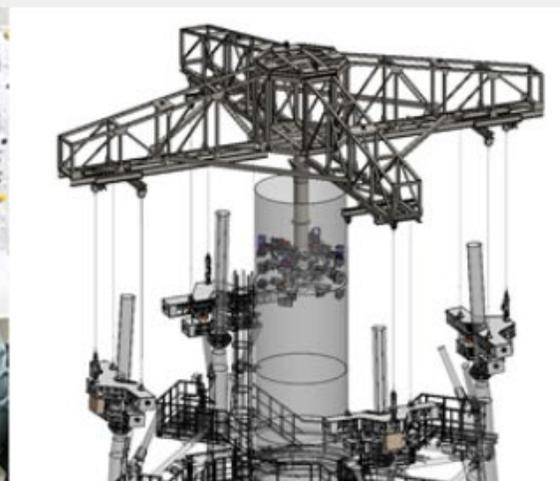


<鉄塔解体装置>  
最大36.4 t

エイブルのプラント建設・運用保守の経験とロボット開発の技術を結集し、発電所の排気塔解体に向けてプロジェクトを組んで検討を積み重ねています。

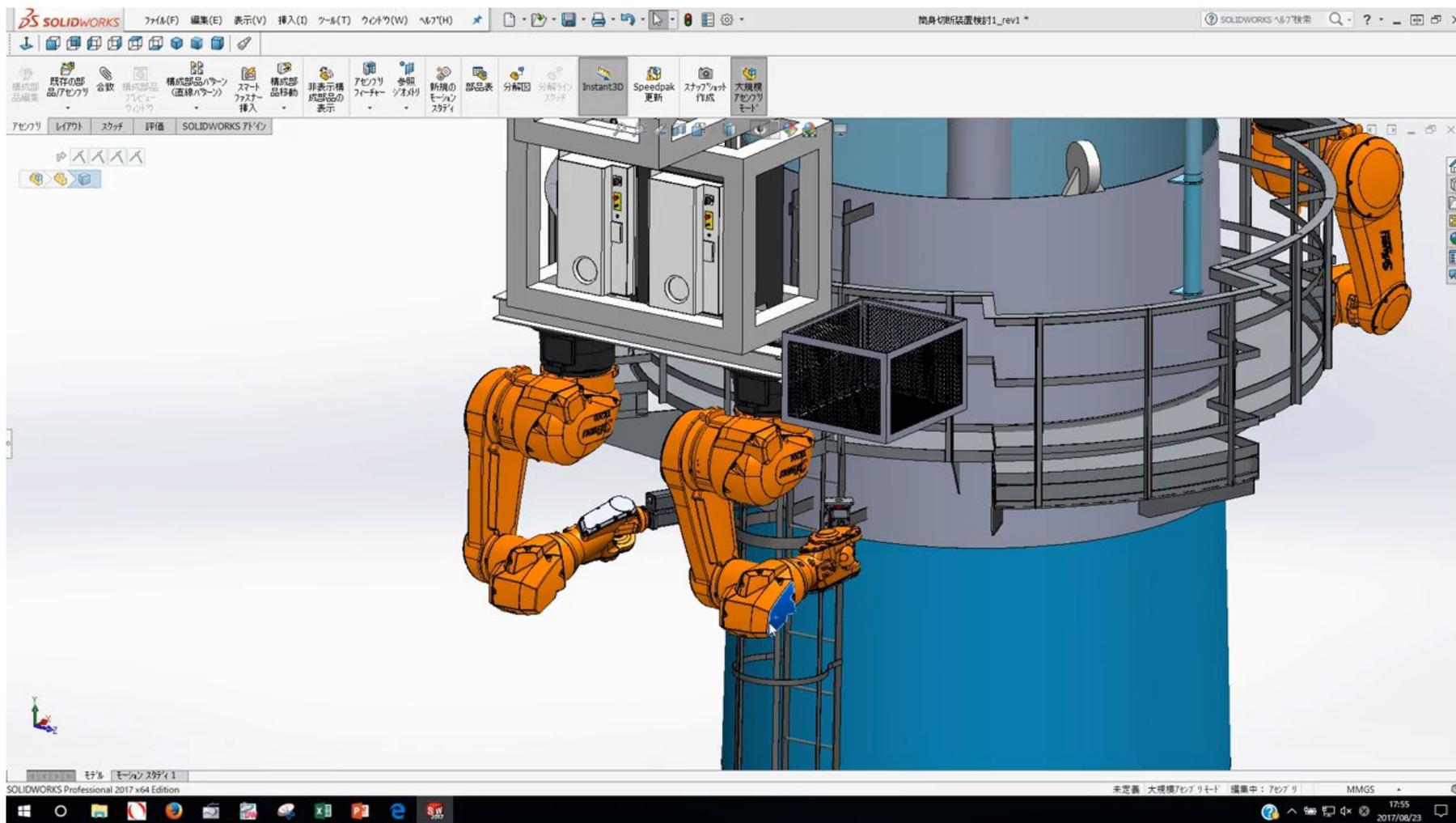


3D CADによるデータ解析や実物テストを実施しデータに裏付けされた工法をご提案します。



## 1F-1, 2号機 排気筒上部解体工事

<開発、施工にあたって> 3Dによる六軸ロボット作動範囲検討

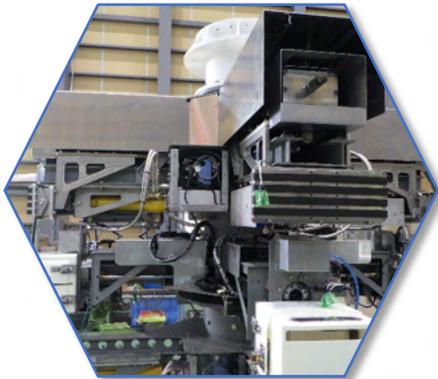


約10万点のパーツ設計を弊社で行い、加工、製作、組立をオール福島





旋回台



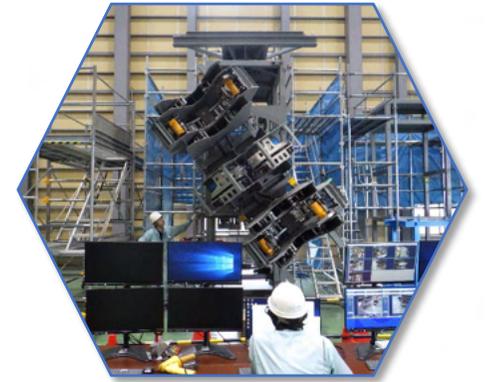
Cutting device A

筒身解体  
装置



Cutting device B

主柱切断  
装置



Cutting device C

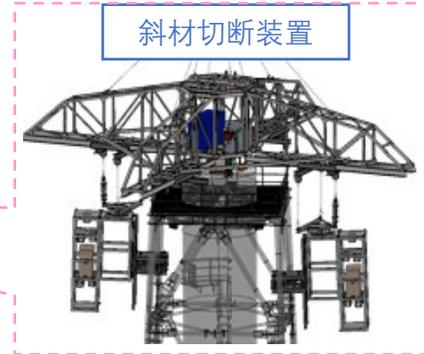
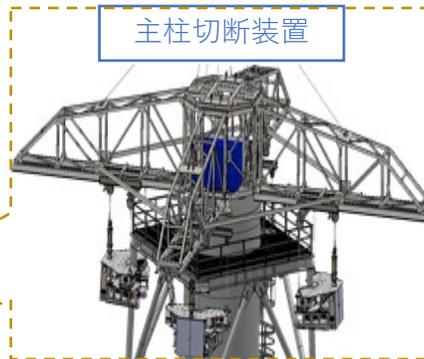
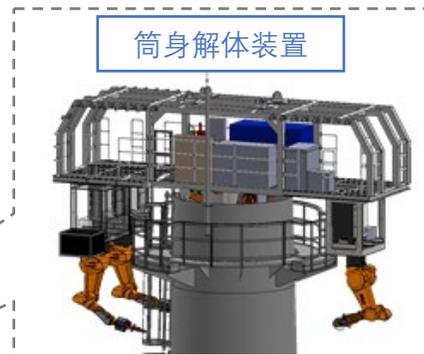
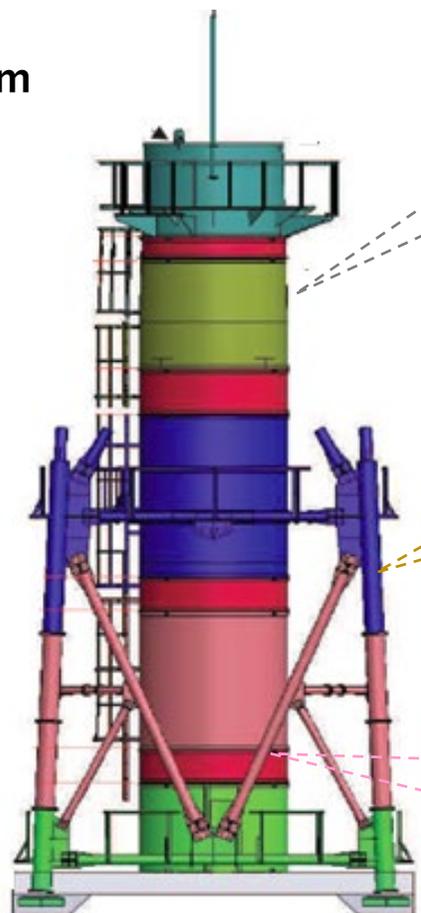
斜材切断  
装置

## 1F-1, 2号機 排気筒上部解体工事

<モックアップ模擬筒>

3種類のロボットを駆使 習熟訓練 デバック修正

ビーエィブル敷地内に製作した  
排気筒上部と同サイズの模擬筒20m



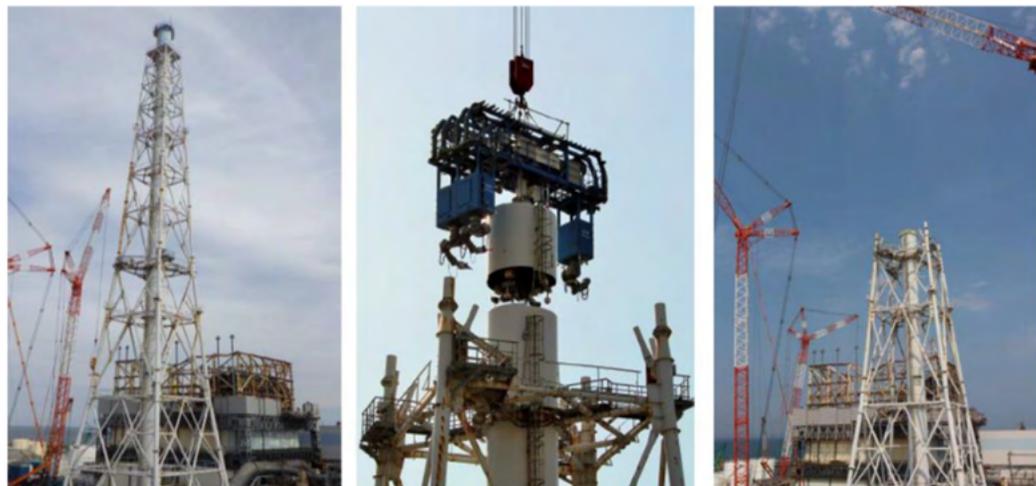
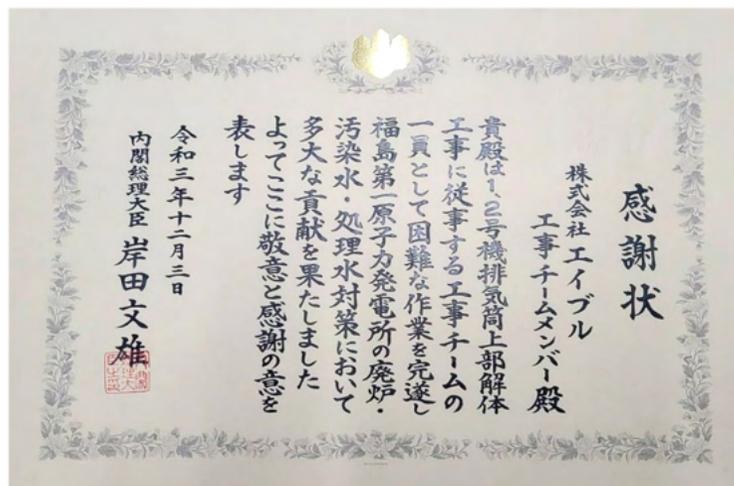
TEPCO

Yes, it's possible!  
  
株式会社エイブル

Mission Start  
ミッション開始

それでは福島第一原発1/2号機排気筒解体工事を  
ダイジェストでご覧ください

## 名譽ある内閣総理大臣感謝状を頂きました!!



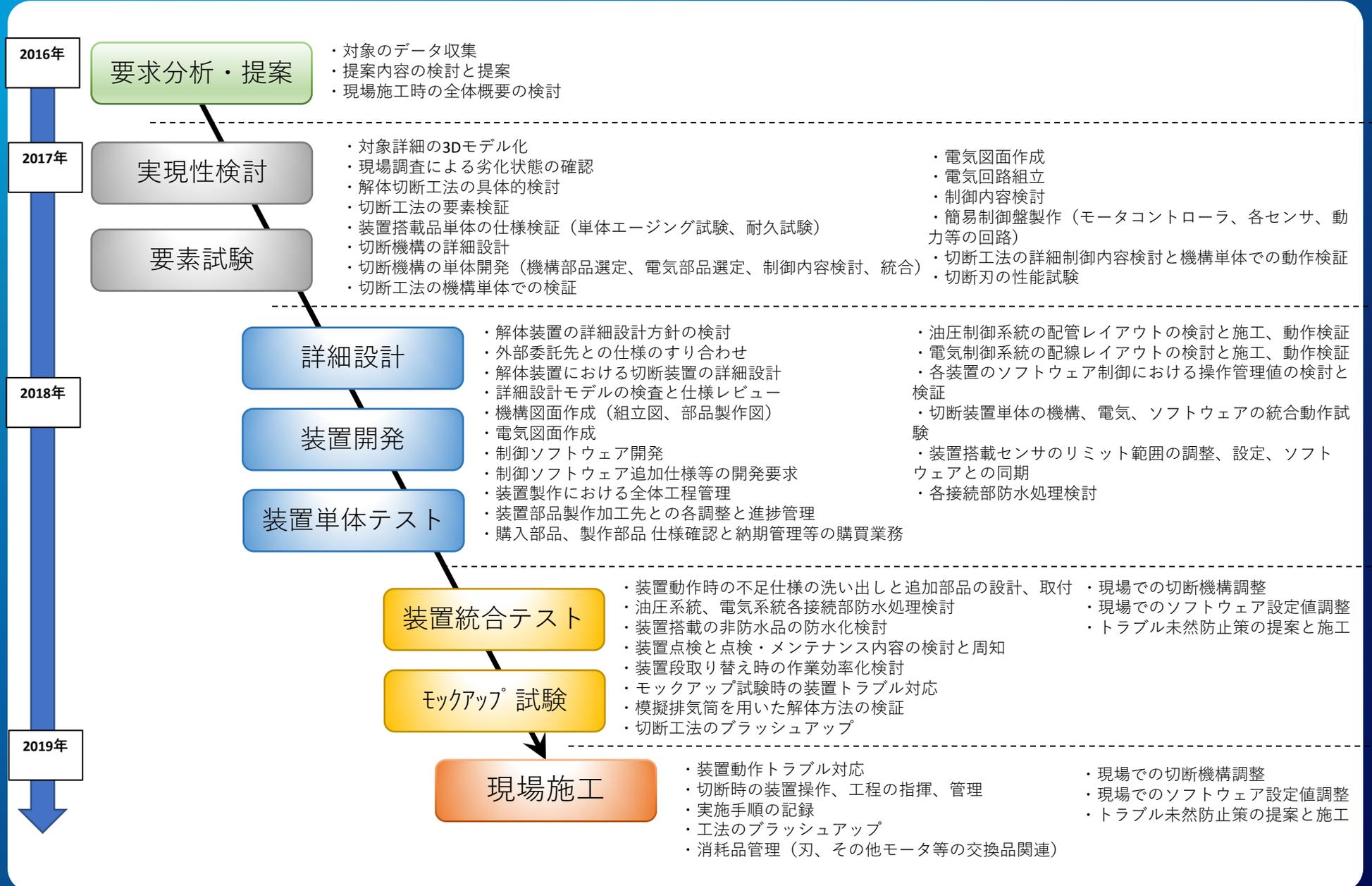
### ■作業概要

耐震性向上とリスク低減に向けた1・2号機排気筒の上半分解体工事について、高線量につき人力での切断・解体が困難であるところ、遠隔解体装置を開発し、無人で工事を実施。

### ■ポイント

- 高さ120mの1・2号機排気筒は、事故当時の格納容器からの排気の影響で高線量になっており、作業員による人力での切断・解体といった一般的な解体方法が困難であったため、人が近づくことなく遠隔で作業する必要があった。
- 受彰者は、自らを含む地元企業の技術力を結集して世界に類をみない遠隔解体装置を開発して、実物大模型による試験を繰り返し行い、課題を1つ1つ解決しながら作業を完遂した。
- 解体によって廃炉作業を行う上での耐震性リスクを大幅に低減した点や、地域での廃炉産業集積の先駆者となった点で大きな貢献があった。

# 排気筒解体装置の開発から現場施工までの概要



## Contents

## 目次

01 / 自己紹介

02 / 会社紹介

03 / 事業紹介 - プラント工事事業

04 / 今後のビジョン - 廃炉のさらなる加速のためのロボット開発  
- 再エネ開発 (波力)  
- 宇宙への挑戦

05 / 松野先生との共同研究

06 / 最後に…

## Contents

## 目次

01 / 自己紹介

02 / 会社紹介

03 / 事業紹介 - プラント工事事業

04 / 今後のビジョン - 廃炉のさらなる加速のためのロボット開発  
- 再エネ開発 (波力)  
- 宇宙への挑戦

05 / 松野先生との共同研究

06 / 最後に…

## 製薬関連工場 ライン自動化装置

製品が箱詰めされた段ボール函をパレット上に整頓・積み上げを自動で行うロボット



### (内容)

- 装置設計製作・施工 電気
- エア駆動システムの構築
- 組立調整・機内配線及び動力盤・制御盤
- 操作盤設計製作・制御ソフトウェア開発

## 解体重機遠隔システム開発

解体重機の遠隔化、映像・操縦を行う通信システムの構築



### (内容)

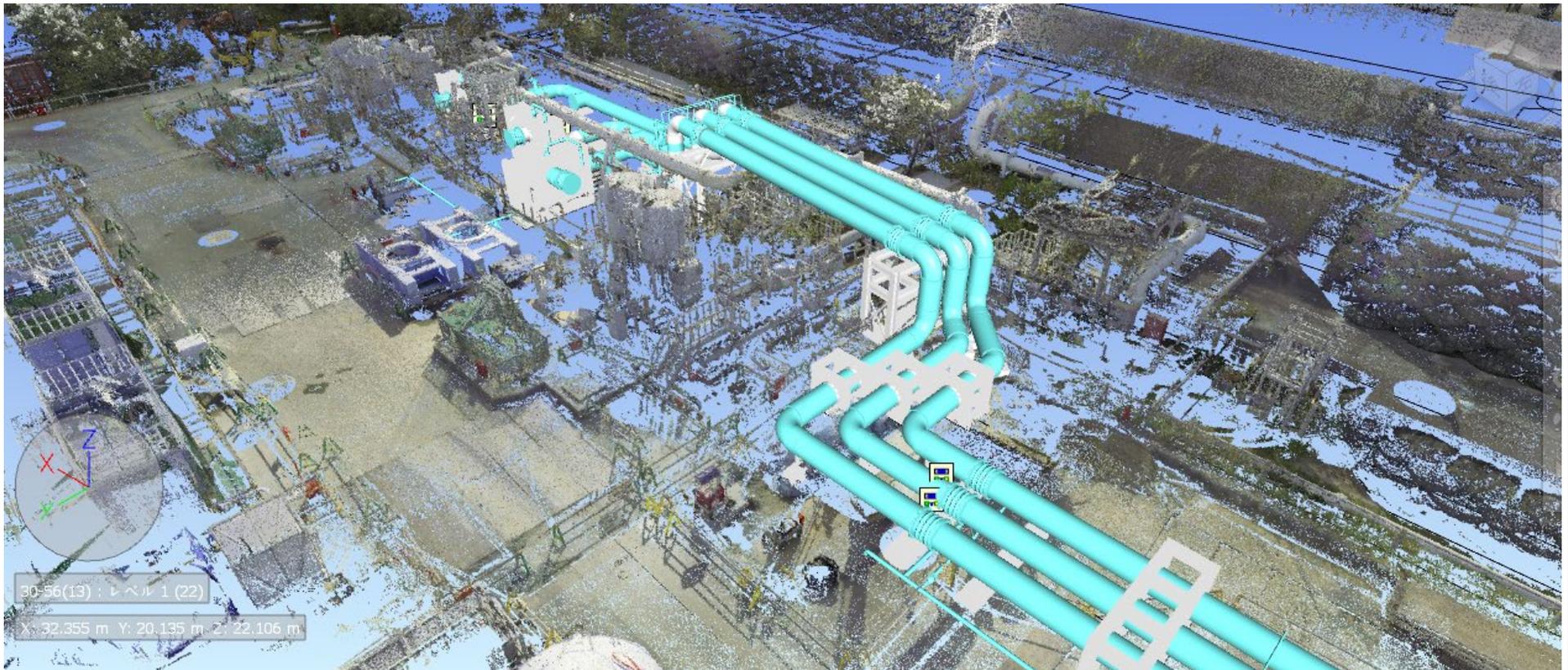
- 装置設計製作・施工
  - 電気および油圧駆動システムの構築
  - 組立調整・機内配線及び動力盤・制御盤
  - 操作盤設計製作・制御ソフトウェア開発
  - 遠隔カメラ環境構築



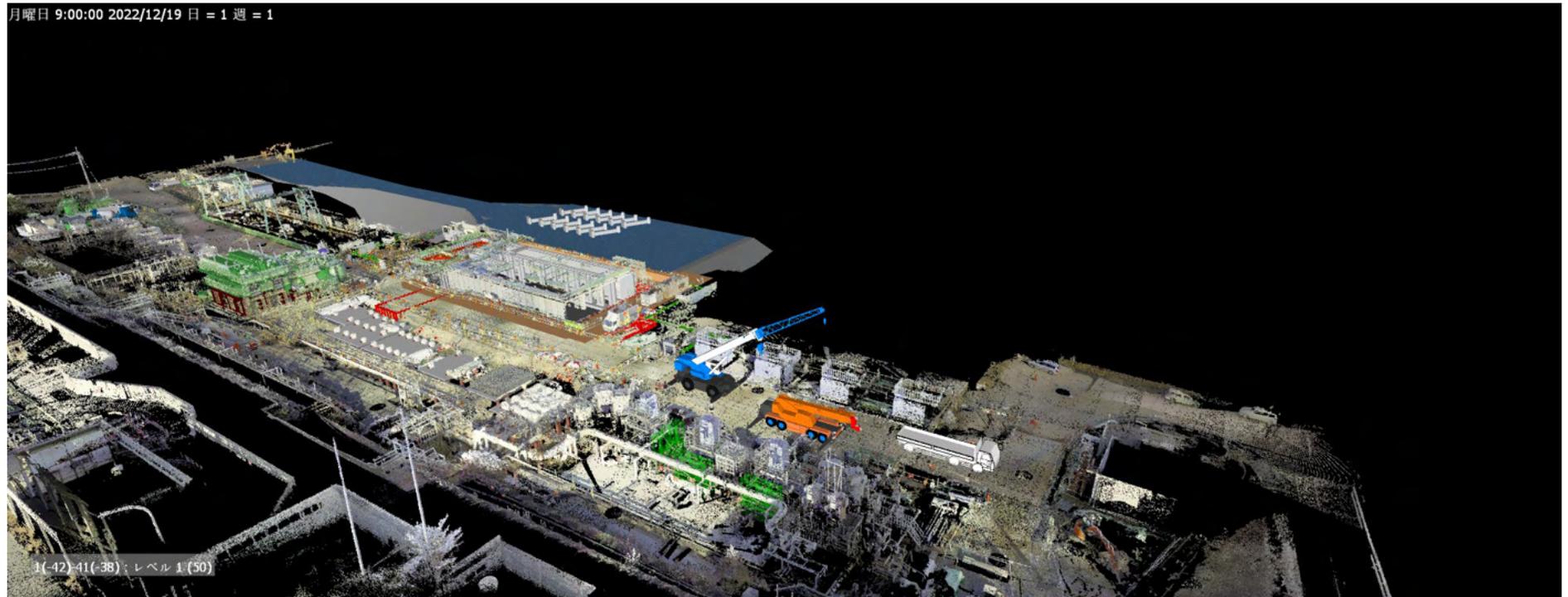
子供が乗れる自動走行ラジコンカーを自社開発した  
→自己位置測定には、衛星からの位置情報データを用いる

自己位置測定にみちびきからの位置情報データ用いた自動運転車両を開発。この車両制御技術をトラクターでの走行に応用する

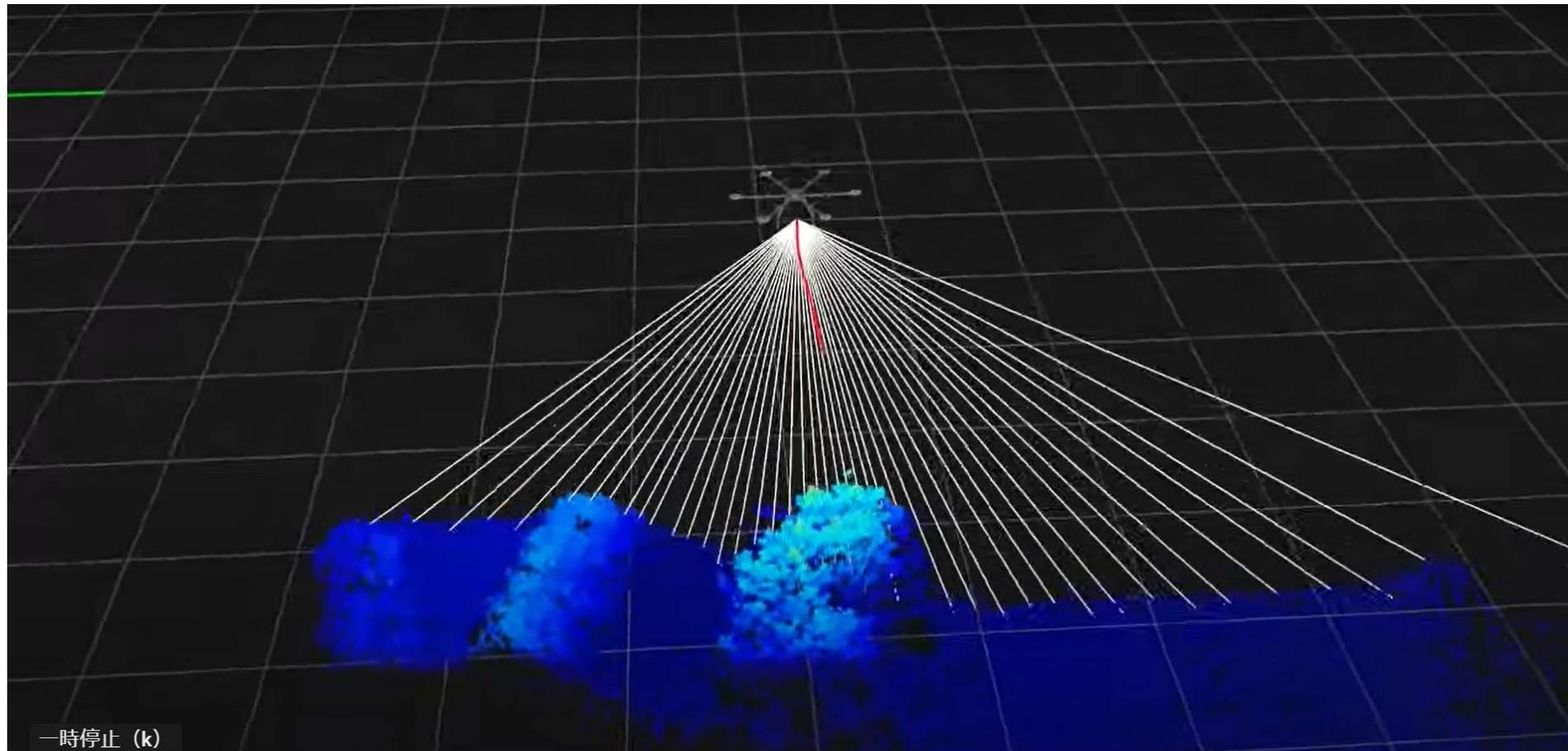
- 点群データと3Dモデルを統合してNavisworksで表示している。
- 工程表をもとに工事施工予定及び重機、車両の配置をすることにより施工前に画面上で見える化ができ、作業エリアの事前調整ができると思います。



- 現場にてスキャンした点群データをPC上に立体モデルを作成。
- 仮想物（計画図面）に時間軸を付与し立体モデルと複合する。
- 工事着手前に机上にて施工手順の確認、エリアの干渉が把握でき、安全に後戻りのない施工が可能。
- 最新現場のスキャンを採取することにより、机上にて進捗管理が可能。



動画はドローンを使用しての3Dスキャンのイメージとなります。



## 5G通信環境構築による廃炉作業の改善



**■原子炉建屋内にWi-Fi環境を構築**  
 原子炉建屋内に複数のアンテナを設置し、遠隔操作が可能な環境を構築

**■発電所屋外に5G通信環境を構築**  
 発電所の屋外に複数のアンテナを設置し、遠隔操作が可能な環境を構築

- 5G環境を整備することのメリット**
- ・通信が低速であることからクレーンやロボット操作、車両の遠隔運転などが正確かつ安全に実施可能となる
  - ・車両を遠隔操作することにより、被ばくの削減や入退などにかかる時間を削減できる
  - ・通信環境の統一を図ることで各社が独自に構築している設備を削減できる
  - ・各セキュリティゲートの車両認識、人定を画像認証で自動開閉を行いスムーズ認証により無人化、通行証の発行などの削減ができる

## 遠隔操作ステーション

### 遠隔運転

- 工事車両や重機の遠隔運転をおこなう
- ・ワンボックス
- ・大型クレーン
- ・トラック
- ・解体重機

### 遠隔監視

- 人がおこなっているパトロールを監視装置やドローンが成り代わりおこなう。
- ・タンクエリアでのパトロール
- ・ALPSエリアでのパトロール
- ・凍土壁エリアでのパトロール

### 遠隔・自動運転

- 5Gの無線環境を使用することにより、バスの遠隔・自動運転を実現する
- ・見学者用ルートの自動、遠隔走行
- ・作業員の方々の移動用の足

### 遠隔操作

- 各種ロボットの遠隔操作
- 原子炉建屋内のデブリ取り出し用ロボット
- 遠隔操作や屋外の瓦礫撤去用の遠隔ロボットなどを操作する

## 建屋内通信環境構成図（弊社敷地内モックアップ実施中）



## “ウェアブル・ロボット” 検討

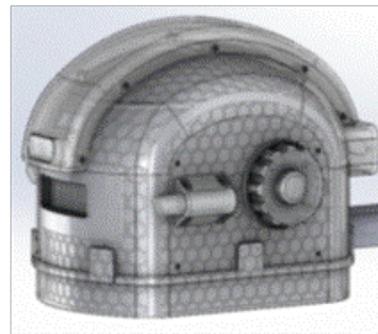
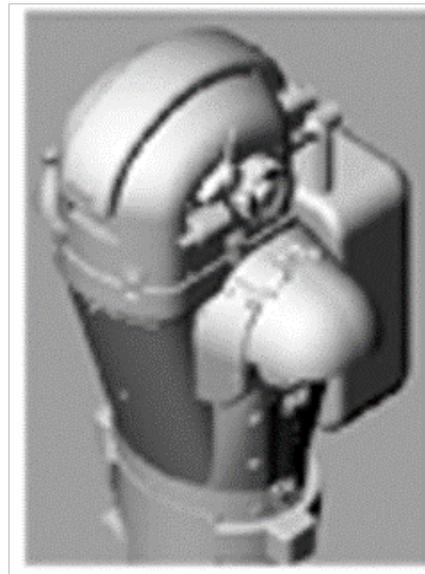


福島第一原子力発電所の大震災に伴う爆発事故後、高い放射線の中でも作業が可能な、パワー  
ド遮蔽スーツの開発に取り組んだ。

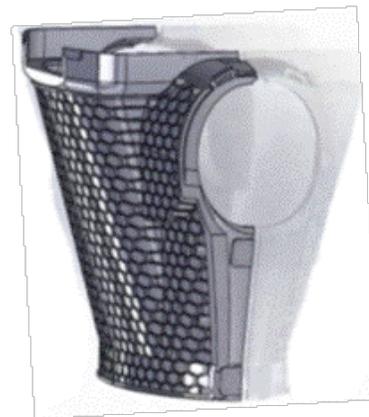
この過酷な環境下でも活用できる技術は、宇宙空間においても活用できる要素。

人が生きていくに不可欠な酸素と、人が身にまとう“ウェアブル・ロボット”の動作に不可欠な電力を、  
酸素と水素の電気化学反応によって電力を生成する“燃料電池”を生命維持装置に組み込み、  
そこから生成される“水”も活用するといった“ウェアブル・ロボット”を開発検討。

# “放射線対応シールドプロテクター”を試作



頭部用シールドプロテクター



胴体部用シールドプロテクター

2017年頃

自社開発、3D CADを駆使。

3Dプリンターを活用して放射線対応シールドプロテクターを試作

## Contents

## 目次

01 / 自己紹介

02 / 会社紹介

03 / 事業紹介 - プラント工事事業

04 / 今後のビジョン - 廃炉のさらなる加速のためのロボット開発  
- 再エネ開発 (波力)  
- 宇宙への挑戦

05 / 松野先生との共同研究

06 / 最後に…

# Energy / 再生可能エネルギー事業

廃炉作業と並行に、地域と共生した未来をめざす



太陽光

(広野町、檜葉町)



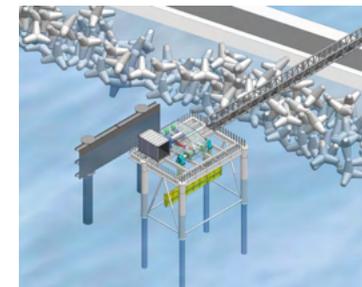
ソーラーシェアリング

(檜葉町)



木質ペレットバイオマス発電

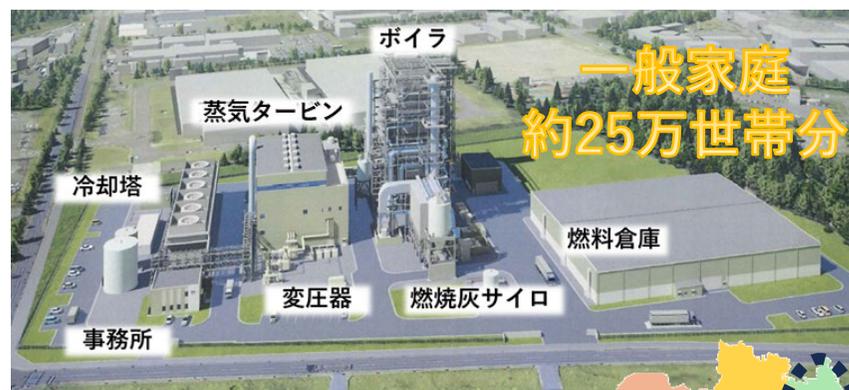
(いわき好間)



波力発電

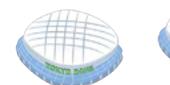
(開発中)

- 発電所名 福島いわきバイオマス発電所
- 事業者 エイブルエナジー合同会社
- 所在地 福島県いわき市 (好間中核工業団地内)
- 燃料 海外バイオマス燃料 (木質ペレット)
- 定格出力 112,000 kW
- 発電電力量 約7億7,000万 kWh / 年



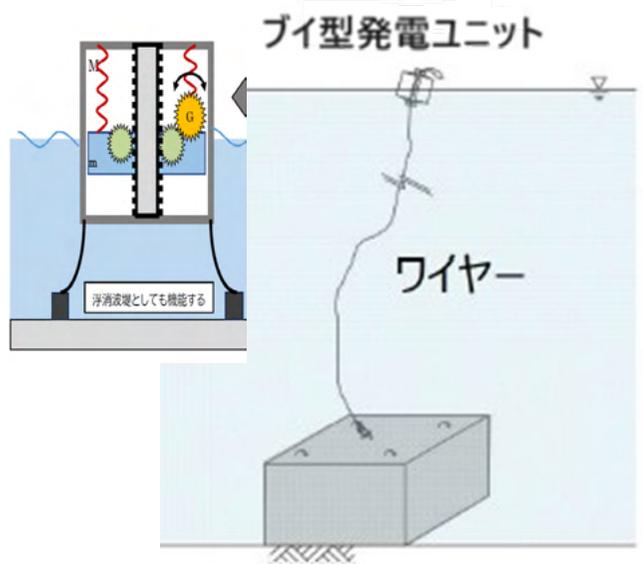
敷地面積

東京ドーム × 1.2  
(5.4ヘクタール)

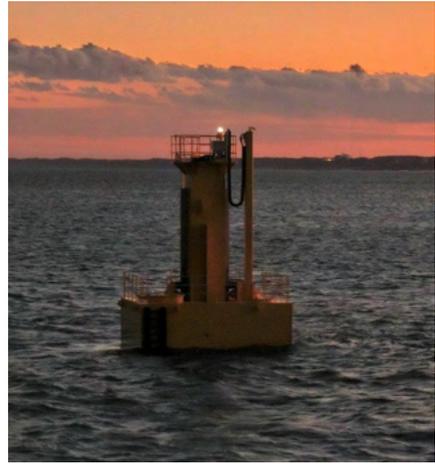


# 開発中の波力発電装置について

- 本プロジェクトでは、複数の波力発電方式の装置開発を併行して行なっています。
- 中でも、ブイ型の浮体ユニットによる発電装置は、基礎ユニット単体のサイズや発電量、設置海域について、設計の自由度が高いため、海業関連の需要家様のニーズに合わせた対応が可能になります。



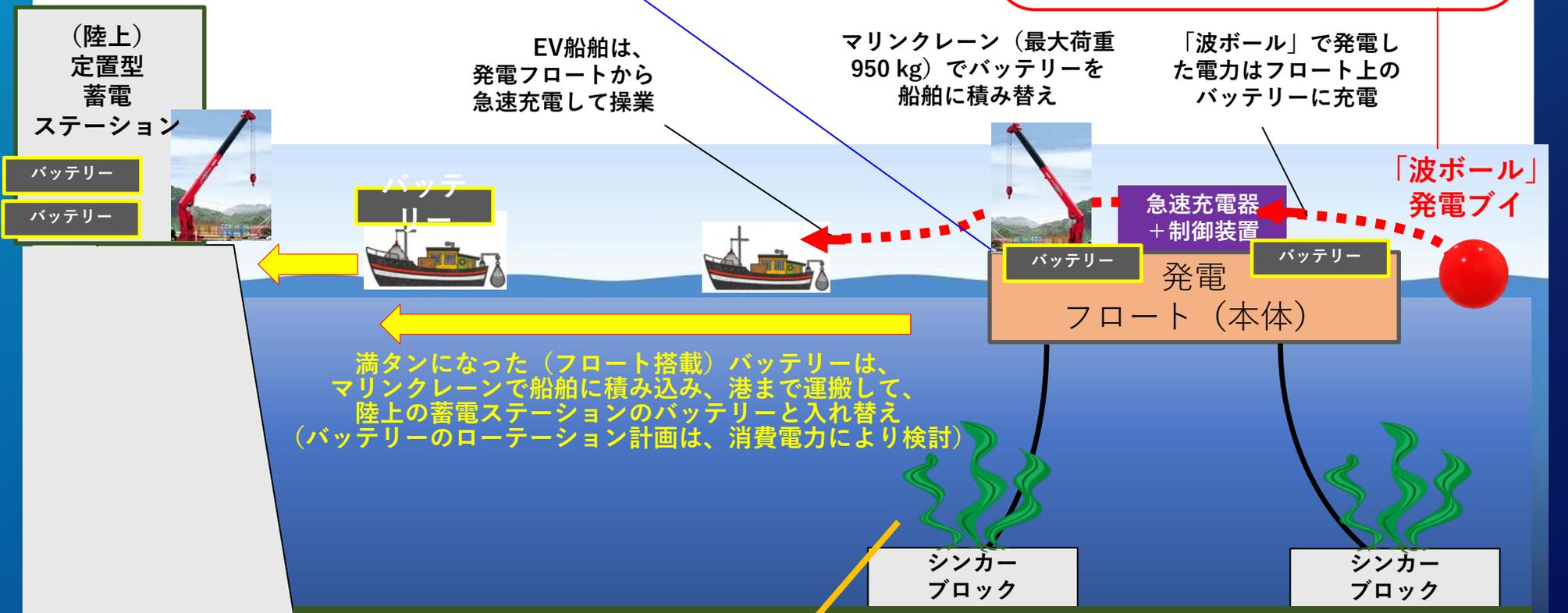
大分港（大分県）での実証  
本技術の開発者（株）アクシス 提供



大洗港（茨城県）での実証  
（株）アクシス 提供

(フロート搭載) バッテリー容量： 150 kW x 4基 = 600 kW ??  
同 バッテリー重量： 750 kg x 4基 = 3トン??  
発電フロート寸法： 5m x 5m x 1m ??

波ボール寸法： 直径 2m  
設計出力： 3kW（開発目標）  
設備利用率： 30%  
1日あたり発電量： 21kW



満タンになった（フロート搭載）バッテリーは、マリンクレーンで船舶に積み込み、港まで運搬して、陸上の蓄電ステーションのバッテリーと入れ替え（バッテリーのローテーション計画は、消費電力により検討）

【注記】本資料に記載のスペック情報は、開発検討段階での仮置きであり、今後変更の可能性あり

ブルーカーボン（わかめ等）

## Contents

## 目次

01 / 自己紹介

02 / 会社紹介

03 / 事業紹介 - プラント工事事業

04 / 今後のビジョン - 廃炉のさらなる加速のためのロボット開発  
- 再エネ開発 (波力)  
- 宇宙への挑戦

05 / 松野先生との共同研究

06 / 最後に…

弊社は  
原子力発電所廃炉技術  
核燃料対応技術  
放射線対応技術  
遠隔操作ロボット技術  
等を結集。

宇宙開発においても  
何らかの貢献ができないかと  
将来に向けての夢をいただいています。

1969年に人類は既に月に着陸。

2025年 現在。

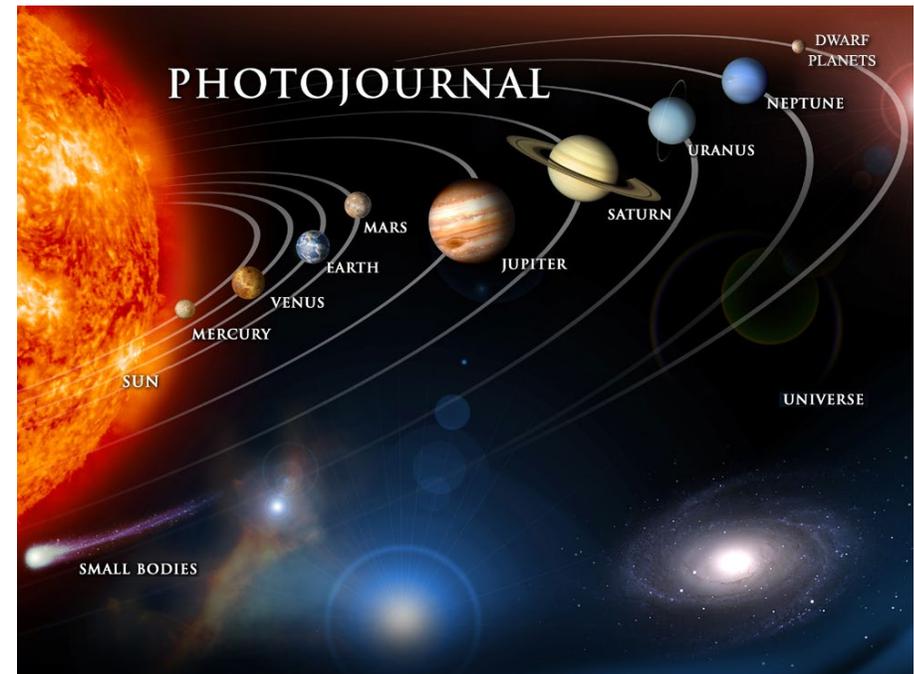
2030年、火星に人類が着陸？

火星については、SpaceXのCEOであるイーロン・マスク氏も、2030年には火星に基地を作るとする旨の発言。

火星の大きさは地球の半分程度で、重力は地球の1/3程度。大気は地球の1/100より薄く、その主成分は二酸化炭素でできている。

1. 輸送手段
2. 水・食料
3. 大気
4. 放射線保護
5. 移住方法

火星ローバ「キュリオシティ」が地球を出発してから火星に到達するまでの間に受けた放射線量は660mSv。日本の平均的な放射線量と比較すると300年分に火星で居住した場合、年間230mSv前後の放射線を浴びることになると見積もられている。



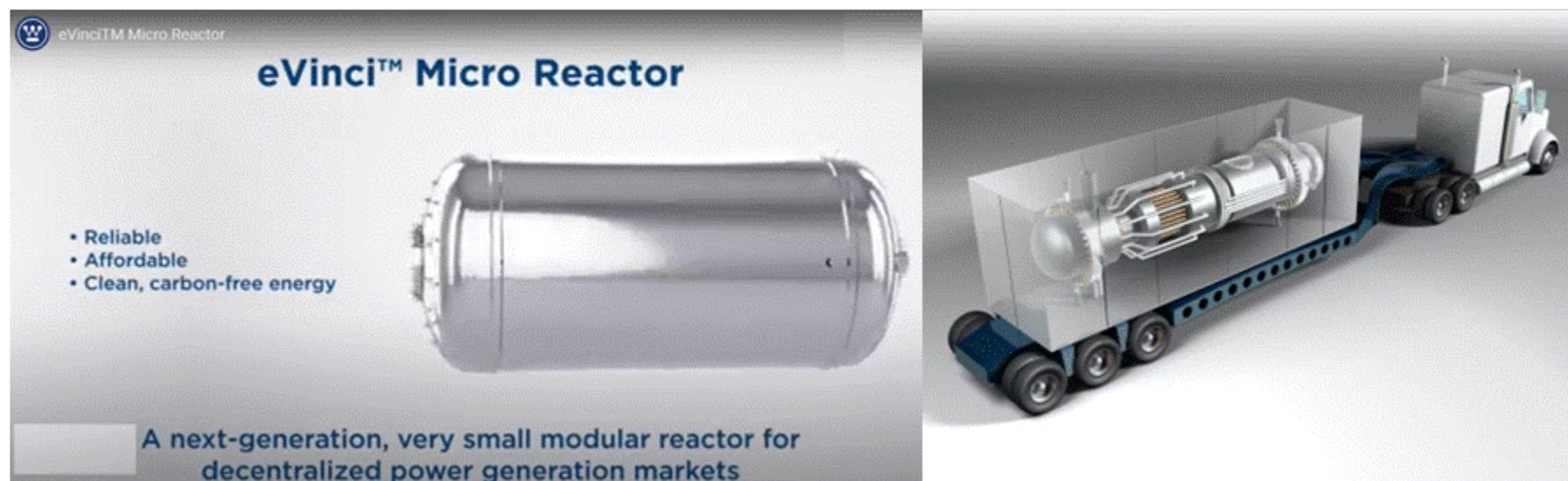
月や火星における宇宙基地での作業は、基本ロボットによる作業が中心となると想定されるが、有人による船外探査も想定され、高濃度放射線遮蔽技術は必須。



## 核燃料技術は宇宙開発においても不可欠

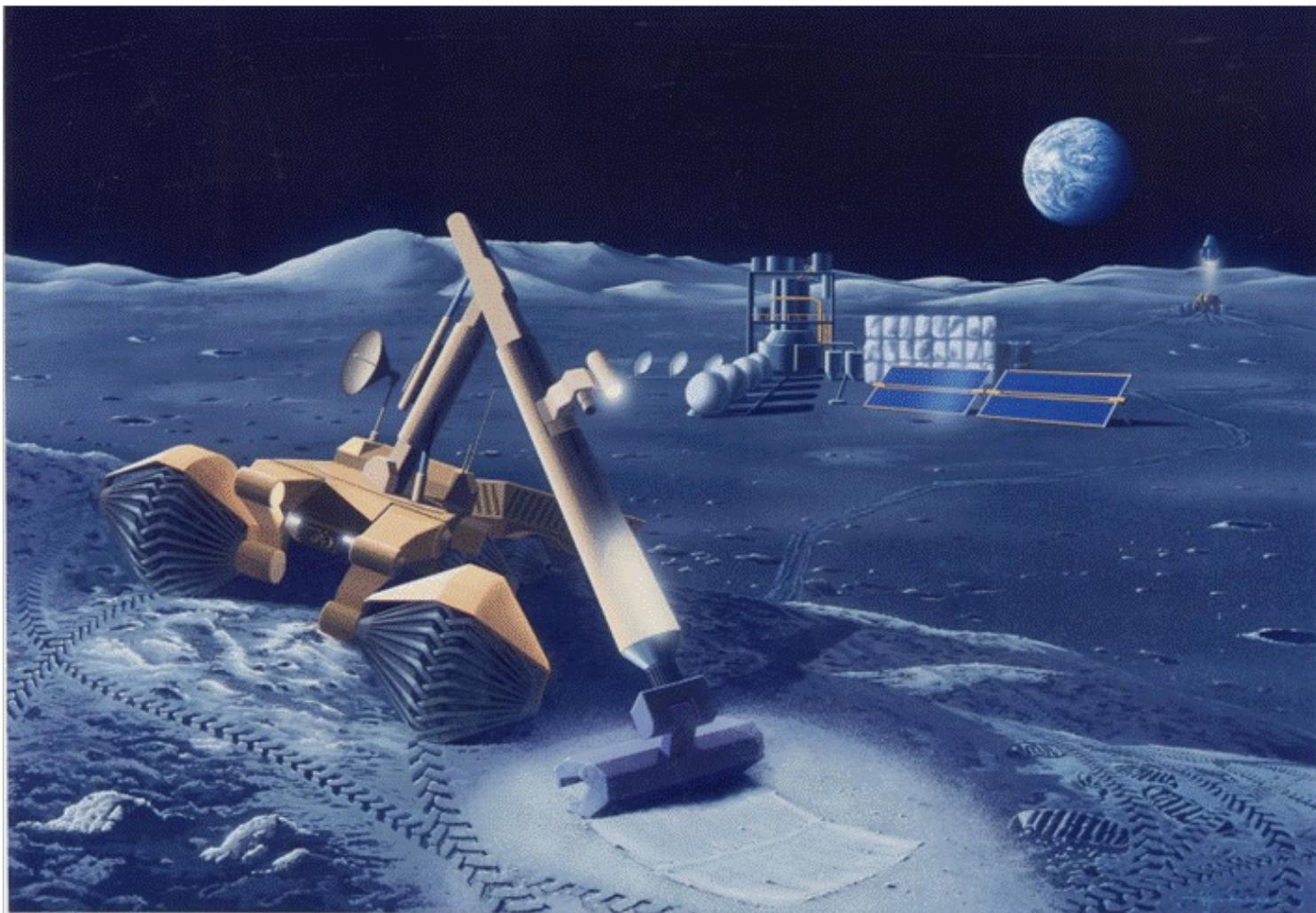
Westinghouseは、出力5MWe = 5,000,000Wの原子炉「eVinci」をベースに、地球周回軌道や月面、火星表面で発電できる、より小型の原子炉を開発している。

月面で使える原子力発電システムの開発にNASAと米エネルギー省(DOE)と連携して取り組んでいる。



Westinghouse社はトラックに  
搭載できるサイズの  
核燃料装置も開発中

月や火星における宇宙基地での作業は、遠隔操作ロボット型建設機械技術の活用が想定される。



## JAXA(宇宙航空研究開発機構)に向けて ビークル・ロボットを提案

有人操作、無人遠隔操作対応

### 放射線感知ガンマーカメラ

放射線量をカメラで捉え、操作者のディスプレイに表示

### ステレオカメラ

2台のカメラで撮像して距離感などリアルタイムな画像を撮像

### 開閉型窓

放射線量に応じて開閉可能な窓

### アタッチメントボード

ボードにマニピュレータをはじめ、切削ツール、フォーク等、必要に応じて各種ツールを着脱可能

### 双腕マニピュレータ

瓦礫などを把持可能

### 吊下げ電動シャックル

クレーンなどにより高所への吊上げ下げ、非常時の回収時など遠隔操作でロック、アンロック可能

### 上下稼働型アーム

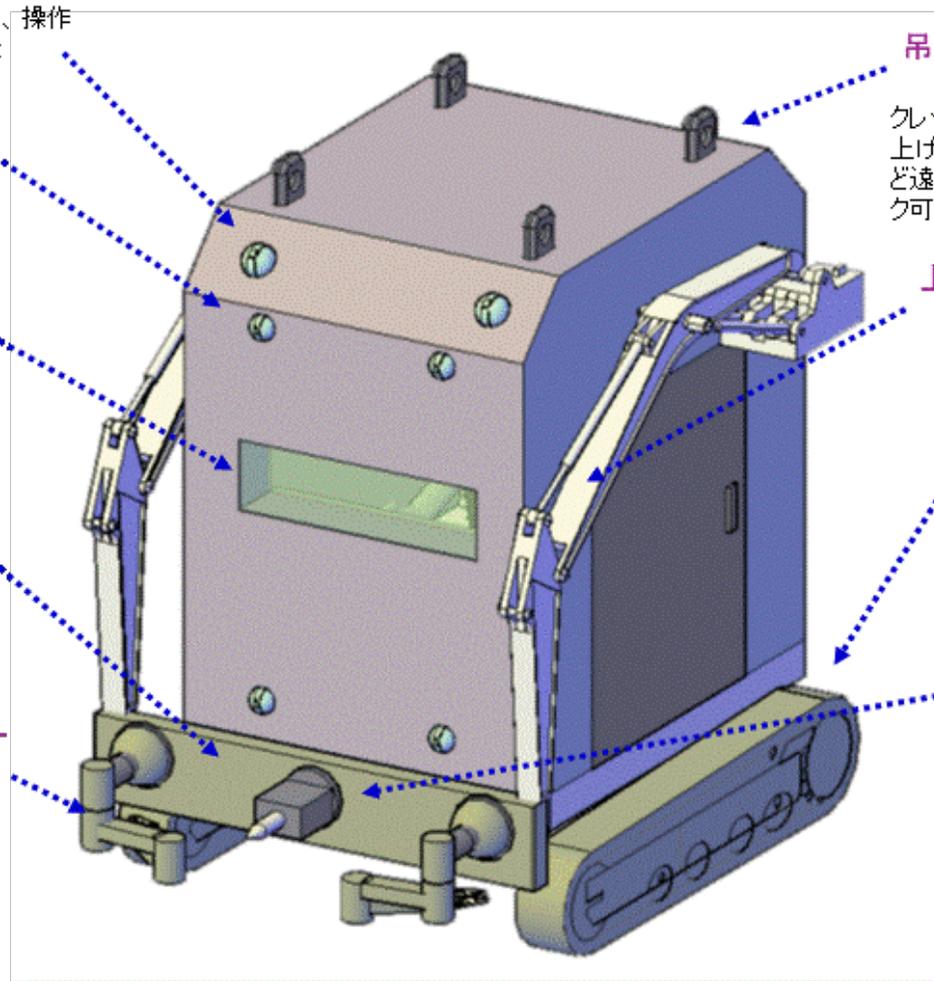
重量物の搬送や把持に対応可能な油圧型アーム

### クローラー

ギャップがある悪路でも走行可能なクローラー

### 電動チャッキング

溶接、溶断、削孔など各種ツールが着脱可能



## Contents

## 目次

01 / 自己紹介

02 / 会社紹介

03 / 事業紹介 - プラント工事事業

04 / 今後のビジョン - 廃炉のさらなる加速のためのロボット開発  
- 再エネ開発 (波力)  
- 宇宙への挑戦

**05 / 松野先生との共同研究**

06 / 最後に…

# 松野先生との共同研究

出会いのきっかけ

- ・松野先生の研究をメディアを通して知って感動した
- ・松野先生の研究室に直接電話をしたが、なかなか取り合ってもらえない  
→しつこく何度も何度も電話をして押しかけ、直接対面で話をさせていただき信用いただいた
- ・一度、先生のチーム(京都大学、岡山大学、早稲田大学、金沢大学)でビーエイブル広野にデモに来ていただく機会を頂いた  
→その中で、先生の研究室にて開発されているヘビ型ロボットに感動した
  - ハシゴを上ることができる
  - どんな地面でも走破できる
  - 垂直の筒の内側を上ることができる
- ・福島第一の廃炉作業において、ビーエイブルと共同で何かできないかという相談をしたところから、共同研究をさせていただいた
- ・ヘビ型ロボットの知見のみではなく、弊社が福島第一廃炉として行った、排気筒解体においても、装置を120mの高所で排気筒に確実に挿入するための方法など、様々な相談をさせていただき、知見を得ている(頂いている)

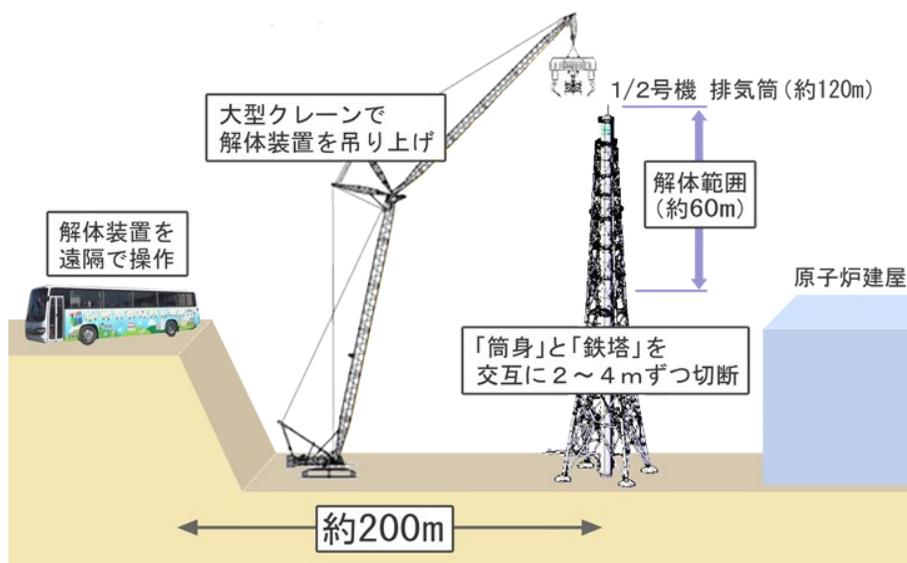
# 松野先生との共同研究

共同研究について

## 1 / 2号機共用排気筒の解体

福島第一原子力発電所には、原子炉建屋などの排気に使われていた「排気筒」が4基あります。このうち、1号機、2号機共用の排気筒は、十分な耐震性があることを確認しているものの、より安全に廃炉をすすめるため、2019年8月より、上半分（約60m）の解体作業を開始し、2020年5月に完了しました。

排気筒は、専用の解体装置を使い排気筒本体の「筒身」とそれを支える「鉄塔」を上部から交互に2～4mずつ切断し、作業中の被ばくを抑えるため、解体装置は遠隔で操作しました。



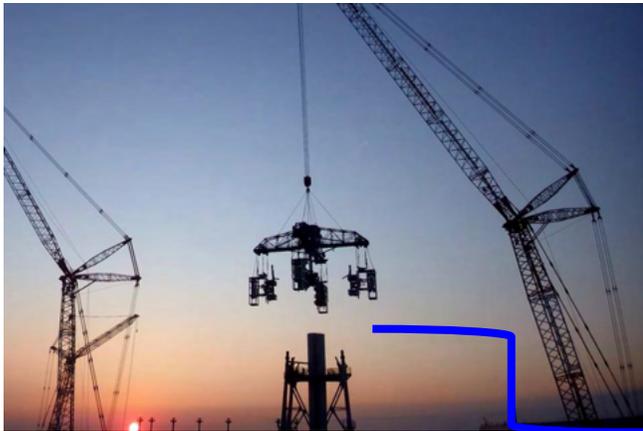
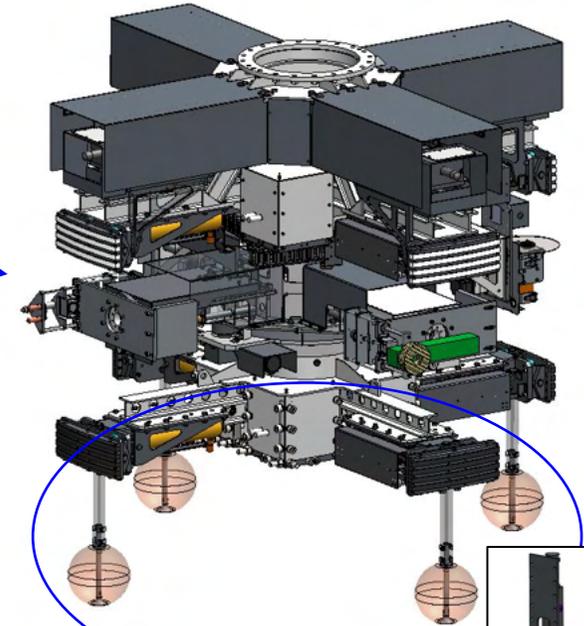
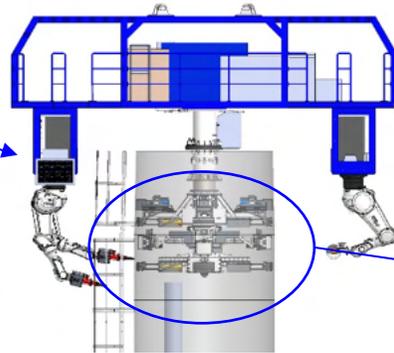
出典：東京電力ホールディングス様 資料より

# 松野先生との共同研究

共同研究について：装置を排気筒に挿入する際のガイドのアイデア



120m



60m

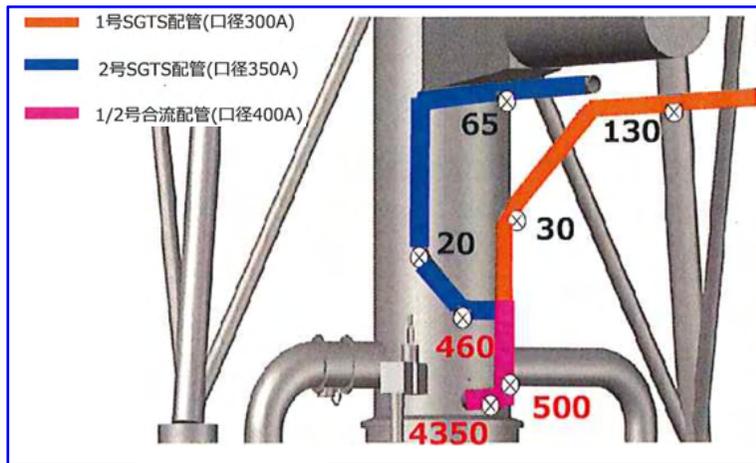
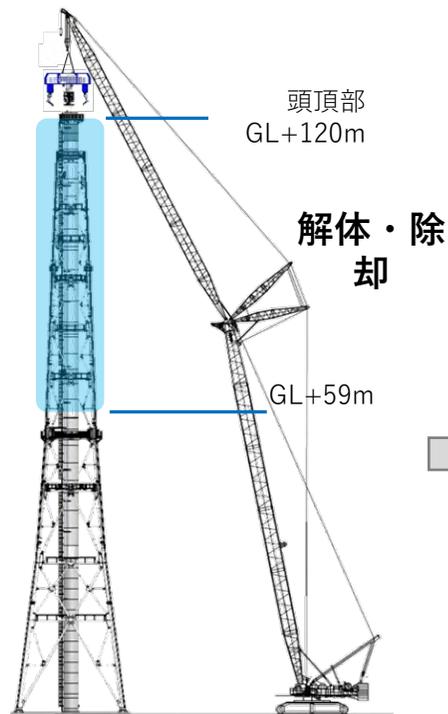
上空での予測できない  
装置の揺れを抑えるガイド



出典：東京電力ホールディングス様 資料より

# 松野先生との共同研究

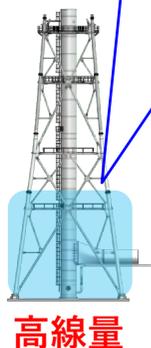
共同研究について：ヘビ型ロボットによる高線量配管内部調査のモックアップ



人は近づくことが  
できない  
何かできる  
方法はないか

## 防塵防水無線化ヘビ型ロボットによる配管内検査

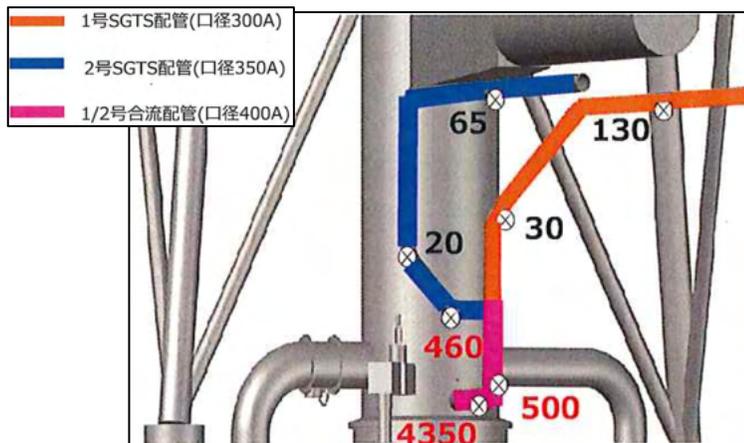
亀川 哲志 (岡山大学), 斉 偉 (岡山大学), 松野文俊 (京都大学)  
藤原始史 (京都大学), 竹森達也 (京都大学), 奥乃博 (早稲田大学)  
糸山克寿 (東工大), 坂東宜昭 (産総研), 鈴木陽介 (金沢大学)



出典：JST ImPACT 資料より

# 松野先生との共同研究

共同研究について：ヘビ型ロボットによる高線量配管内部調査のモックアップ



ビーエイブルで配管をモックアップ



松野先生へスケジュールの相談

要望仕様

ヘビ型ロボット 統合ハイパワータイプ  
 (岡山大学+京都大学+早稲田大学+金沢大学) Yes, it's possible

ロボットの主な用途: 配管内の調査点検  
 ロボットの主な特徴: 螺旋捻転運動で配管内を突っ張って動く  
 音響センサで地図作成+自己位置推定  
 圧力センサで環境形状適応(研究中)

Specialet	仕様	備考
サイズ LxWxH	約2100 × 110 × 110 [mm]	ロボット本体は岡山大学が保有
重量	約90 [kg]	→重量は軽いが、長さ3.5m管内移動したい
適用配管	配管内径約150 ~ 300 [mm] →1400x4mmまで拡大したい	配管内部ではなく外部に巻き付いて移動するタイプもあり
ケーブル長	10 [m] → 20mまで延長したい	無線タイプは開発中
電源	一般100V単相 約9500 [Wh]	
先端カメラ	GoPro HERO5 Session → 線量計 + 放射線計3台(支脚)の設置の可能性あり	
圧力センサ	360° 円周の圧力測定	鈴木助教(金沢大)開発
音響センサによる位置推定	距離推定誤差7%	音響グループ(奥力教授(早大), 山田講師(京大))開発
操作用インターフェース	カメラ向きの安定化、地図表示、ロボット状態表示	松野教授(京大)のグループ開発
防護、防水、耐放射線性能	なし → 45kV/h 耐放射線性能	防護-防水タイプは開発中

ヘビ型ロボットアップグレードの相談

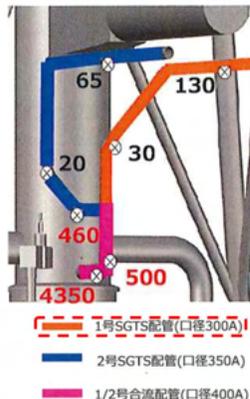
# 松野先生との共同研究

共同研究について：ヘビ型ロボットによる高線量配管内部調査のモックアップ

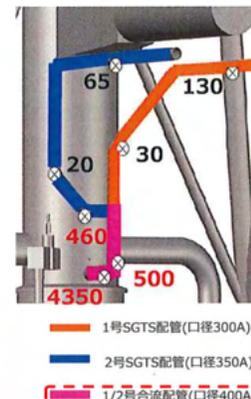


モックアップでは、現場の  
300A  
350A  
400A  
の配管をそれぞれ再現した

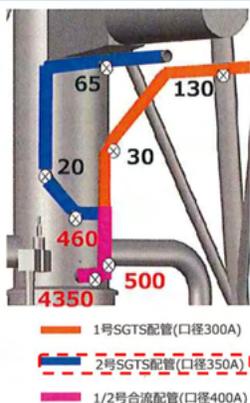
ABLE 模擬配管：1号SGTS配管(口径300A) Yes, it's possible!



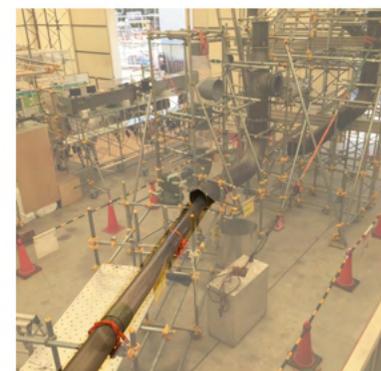
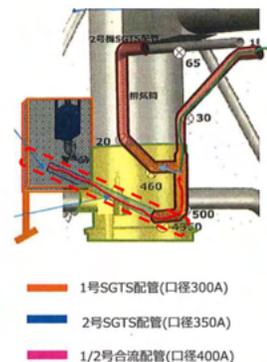
ABLE 模擬配管：1/2号合流配管(口径400A) Yes, it's possible!



ABLE 模擬配管：2号SGTS配管(口径350A) Yes, it's possible!



ABLE ガイドパイプ(口径200A) Yes, it's possible!

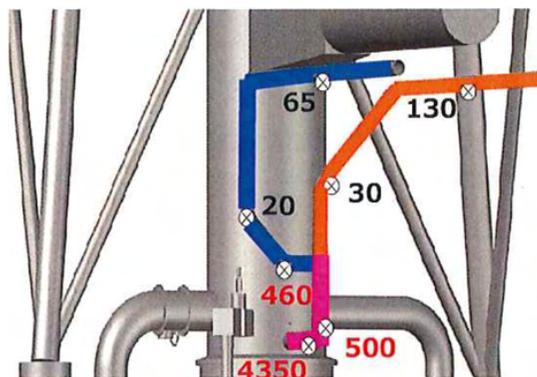


並行して実施した現場調査  
これ以上近づけない！！

# 松野先生との共同研究

共同研究について：ヘビ型ロボットによる高線量配管内部調査のモックアップ  
 様々なパターンを検討したが、松野先生が研究したヘビ型ロボ以外は適用が難しい！！

No.	1	3	4	2	
装置概要	名称 Jスコープ	NANOMUG	新規設計品	ヘビ型ロボット	
	外観		外観準備中		
到達位置	1号SGTS配管(口径300A)	×	×	○	
	2号SGTS配管(口径350A)	×	×	○	
	1/2号合流配管(口径400A)	レデューサ	×	×	○
		分岐	×	○	○
	エルボ	○	○	○	



-  1号SGTS配管(口径300A)
-  2号SGTS配管(口径350A)
-  1/2号合流配管(口径400A)

# 松野先生との共同研究

共同研究について：ヘビ型ロボットによる高線量配管内部調査のモックアップ



実験に参加して下さった松野先生



パワーアップしたヘビ型ロボット投入時の様子



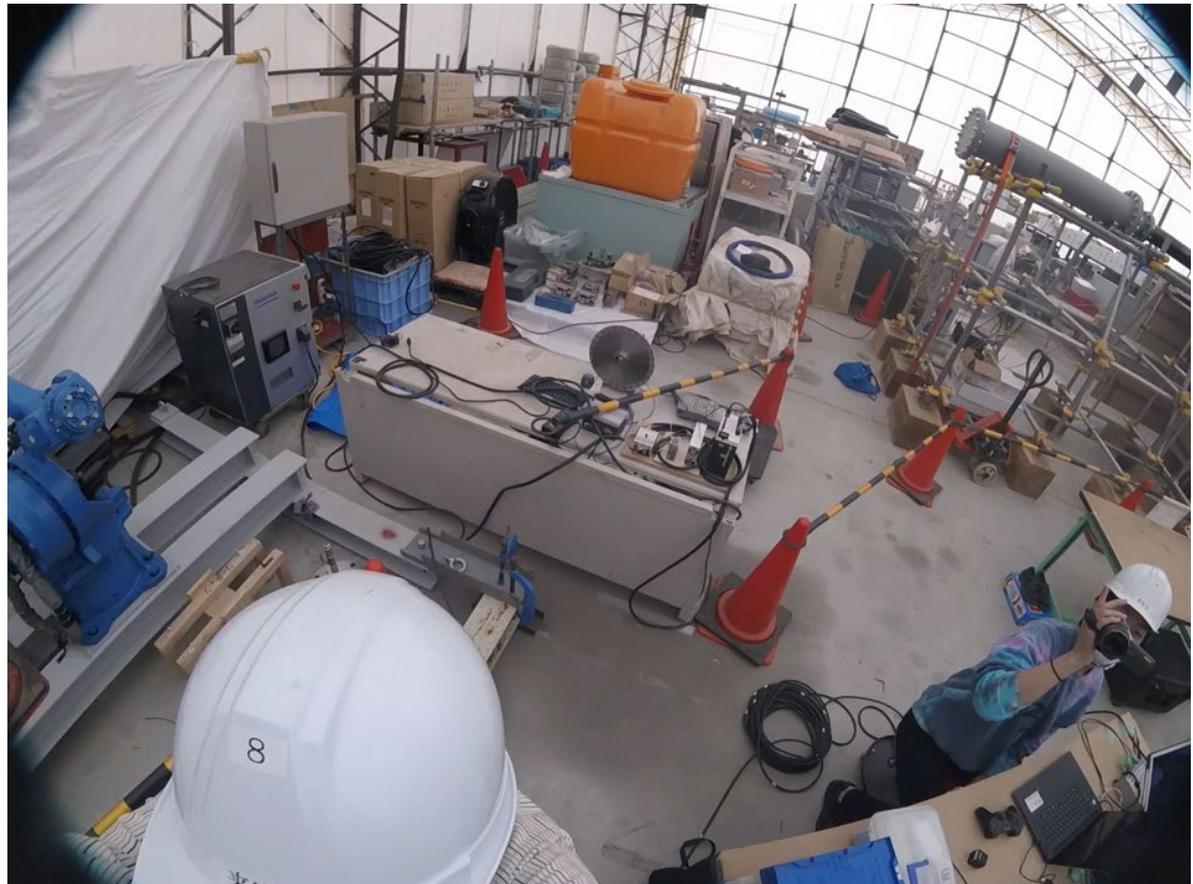
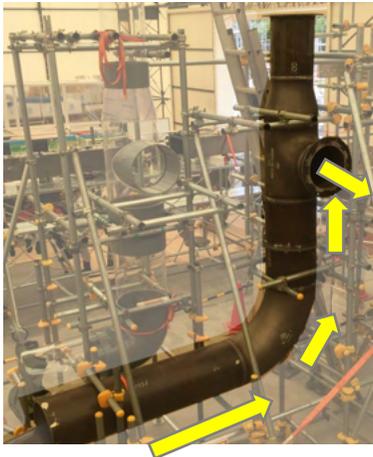
難所を越えるヘビ型ロボットの様子



約3mもの垂直配管を上りきった様子

# 松野先生との共同研究

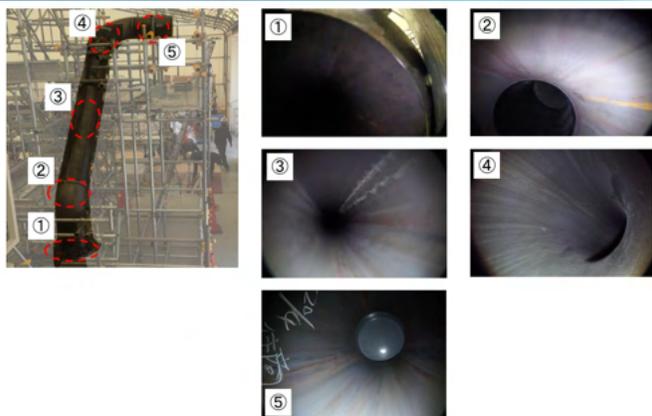
共同研究について：ヘビ型ロボットによる高線量配管内部調査のモックアップ  
配管内部をカメラ調査するヘビ型ロボットの動画をどうぞ！



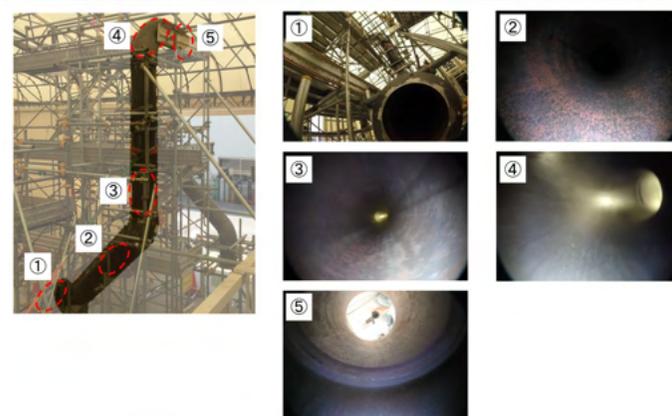
# 松野先生との共同研究

共同研究について：ヘビ型ロボットによる高線量配管内部調査のモックアップ  
 すべての難所を難なくクリアし、配管の内部映像を取得することができた

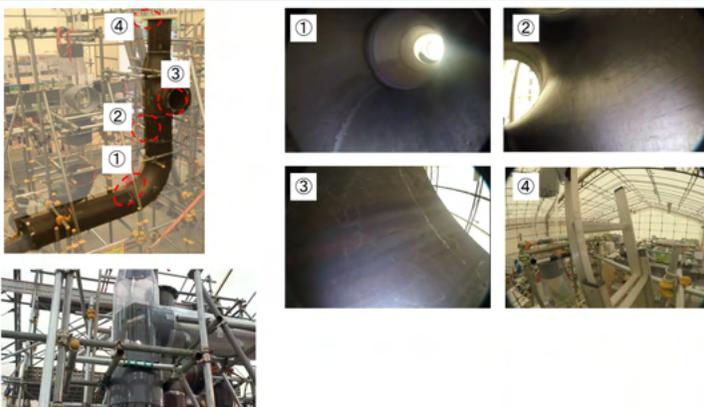
ABLE ヘビ型ロボット到達評価：1号SGTS配管(口径300A) Yes, it's possible!



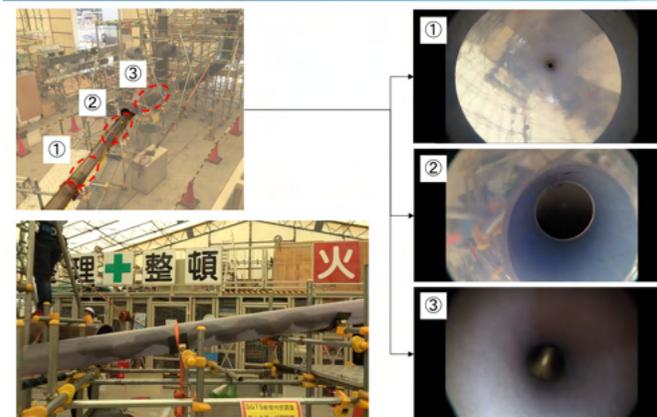
ABLE ヘビ型ロボット到達評価：2号SGTS配管(口径350A) Yes, it's possible!



ABLE ヘビ型ロボット到達評価：1/2号合流配管(口径400A) Yes, it's possible!



ABLE ヘビ型ロボット到達評価：ガイドパイプ(口径200A) Yes, it's possible!



# 松野先生との共同研究

共同研究について：ヘビ型ロボットによる高線量配管内部調査のモックアップ



現場で、きめ細やかにご指導  
いただき、今のビーエイブル  
があります！

また、ぜひ一緒させてい  
ただきたいと思います。



## Contents

## 目次

01 / 自己紹介

02 / 会社紹介

03 / 事業紹介 - プラント工事事業

04 / 今後のビジョン - 廃炉のさらなる加速のためのロボット開発  
- 再エネ開発 (波力)  
- 宇宙への挑戦

05 / 松野先生との共同研究

06 / 最後に…

# Health/ESG事業

## 地域に根付いた介護予防事業施設「元氣ジム」



身近にF-REIがあり、  
とても心強く思っています。

***What we to do next is  
what people tell us  
we can never do.***

次にやりたいことはわたしたちには決してできないと人から言われたものだ

ご清聴ありがとうございました。

株式会社ビーエイブル

代表取締役

佐藤順英