

東京電力(株)福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた  
機器・装置開発等に係る福島ワークショップ(第3回)  
<プログラム>

13:00 開会挨拶

経済産業省 資源エネルギー庁 長官官房 総合政策課  
企画官(原子力政策担当) 杉本 孝信

13:05~13:15

セッション 一般の取組に関するプレゼンテーション

一般の取組の背景・目的

三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株) 主任研究員 上野 裕子氏

中長期ロードマップ及び研究開発計画に係る動向

経済産業省 資源エネルギー庁 長官官房 総合政策課  
企画官(原子力政策担当) 杉本 孝信

13:15~14:55

セッション 地元企業等の保有技術・製品のプレゼンテーション

技術エントリー募集結果とデータベースの今後の活用

(株)宮本樹脂工業プレゼンテーション

東成イービー東北(株)プレゼンテーション

(株)アイザック・会津大学 プレゼンテーション

(株)日本環境調査研究所プレゼンテーション

今後の取組について(総括)

コーディネーター

一般財団法人 製造科学技術センター 専務理事 瀬戸屋 英雄氏

15:00~15:20

セッション 福島県ハイテクプラザの取組について

福島県ハイテクプラザ・(株)森重製作所

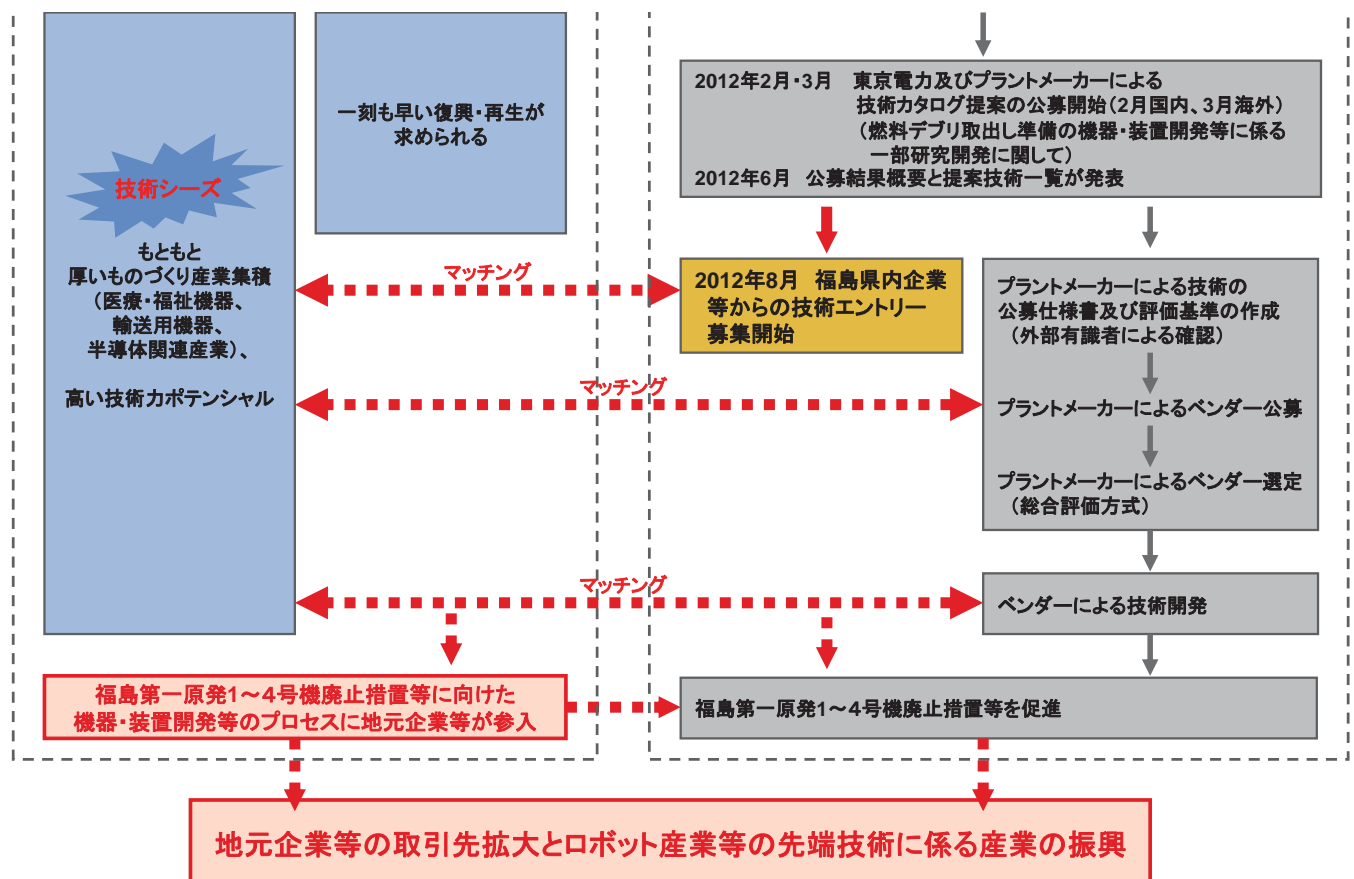
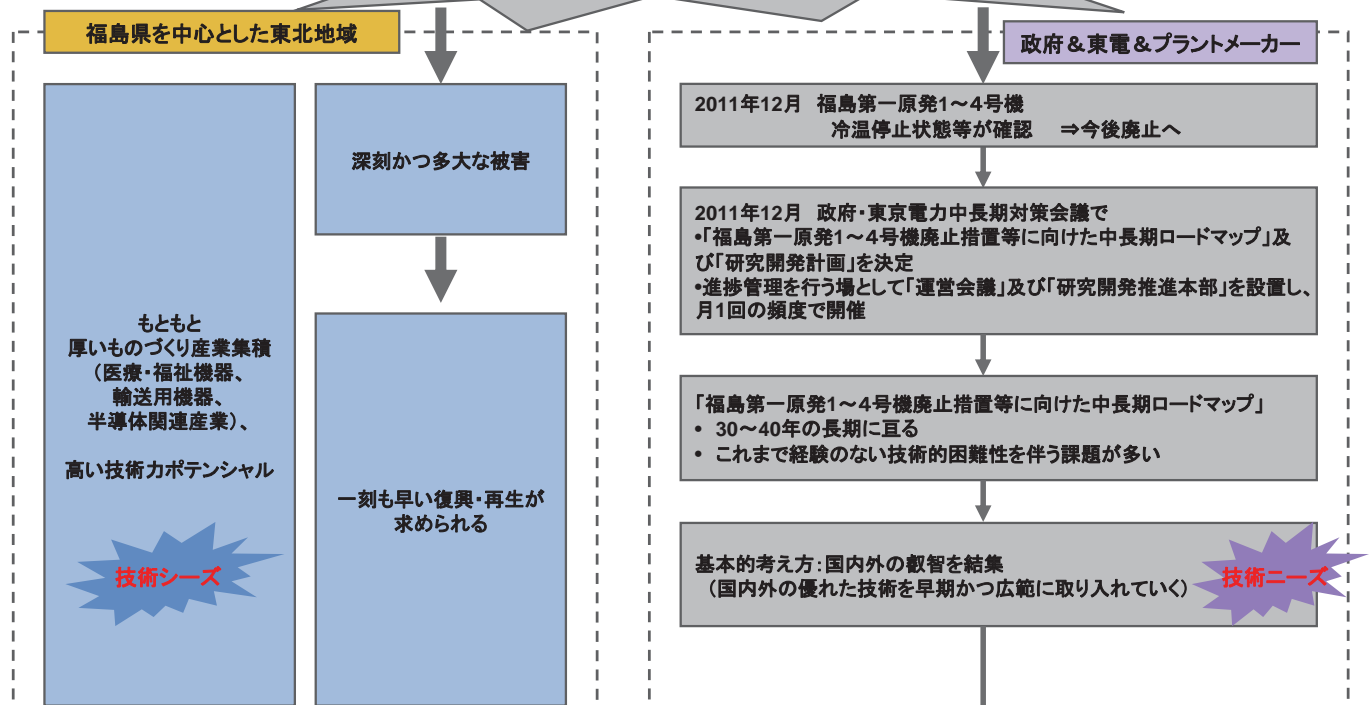
15:20頃 全体会合閉会

15:30~ 個別面談〔地元企業等と廃止措置・研究開発実施者〕

# 「東京電力(株)福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた 機器・装置開発等に係る福島ワークショップ」の背景・目的

2013/3/7  
福島ワークショップ  
(第3回)

2011年3月11日 東日本大震災やそれに伴う東京電力(株)福島第一原子力発電所事故



(注)プラントメーカーとは：  
(株)東芝、日立GEニュークリア・エナジー(株)、三菱重工業(株)を指す。



---

# 中長期ロードマップ／研究開発 を巡る動向について

平成25年3月7日  
資源エネルギー庁



---

## 目次

1. 中長期ロードマップ／研究開発に係る体制
2. 研究開発の推進のための予算措置等
  - 2-1 研究開発費
  - 2-2 研究施設
3. 燃料デブリ取り出し作業
  - 3-1 スケジュール
  - 3-2 主な研究開発のイメージ
  - 3-3 研究開発の進捗状況
4. 研究開発の進捗状況等に係る情報提供等

【参考①】機器装置開発に係る経済産業省関連予算

【参考②】ロボット開発に係る類似の取り組み

## 1. 中長期ロードマップ／研究開発に係る体制

### これまでの背景

- ✓ 平成23年12月 東京電力(株)福島第一原子力発電所1～4号機の冷温停止状態などが確認(STEP2完了)。
- ✓ 同年12月 廃止措置に向けて必要な措置を中長期に亘って進めていくため、「政府・東京電力中長期対策会議」を設置
  - ◆ 「東京電力(株)福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ／研究開発計画」(以下「中長期ロードマップ」)を決定。
  - ◆ 進捗管理を行う場として「運営会議」及び「研究開発推進本部」を設置し、月1回の頻度で開催してきたところ。

## 1. 中長期ロードマップ／研究開発に係る体制

### 新たな体制

- ✓ 安全確保に万全を期しつつ、プラントの安定状態の維持や放射線量低減等を図るとともに、今後、原子炉内の燃料デブリ取り出しに向けて、一層技術的に困難な課題に対応していくことが必要。
- ✓ 福島復興の大前提である福島第一原子力発電所の廃炉を加速していくため、燃料デブリ取り出し等に向けた研究開発体制を強化し、現場の作業と研究開発の進捗管理を一体的に進めていく体制の構築が重要。



平成25年2月8日 廃炉対策推進会議を設置  
(政府・東京電力中長期対策会議は廃止)

## 1. 中長期ロードマップ／研究開発に係る体制

### 新たな体制

#### 東京電力福島第一原子力発電所廃炉対策推進会議

- 議長 : 経済産業大臣  
副議長 : 経済産業副大臣  
委員 : 文部科学副大臣  
(独)日本原子力研究開発機構理事長  
東京電力(株)代表執行役社長  
(株)東芝代表執行役社長  
(株)日立製作所代表執行役・執行役社長  
オブザーバー : 原子力規制委員会原子力規制庁

## 2. 研究開発の推進のための予算措置等

- ✓ 東京電力(株)福島第一原子力発電所の廃炉に係る研究開発を加速させ、早期の原子炉内燃料デブリ取り出し開始を目指し、体制の強化にあわせて、以下の予算措置等している。
- ◆ 研究開発費用として約87億円を要求中  
(平成25年度予算)  
→ 5頁参照
  - ◆ 研究施設整備費として850億円を措置  
(平成24年度補正予算)  
→ 6、7頁参照

## 2-1 研究開発費

5

(発電用原子炉等廃炉・安全技術基盤整備委託費、補助金)

### 事業の内容

- ✓ 東京電力(株)福島第一原子力発電所の廃止措置を安全かつ安定的に行うにあたり、使用済燃料の取り出し、燃料デブリの取り出し、放射性廃棄物の処理・処分などの多くの技術課題が存在。
- ✓ 本事業では、廃止措置を円滑に進めつつ、廃炉・安全に資する技術の基盤整備を図るため、国として取り組むべき技術基盤整備を実施。

### 事業イメージ

#### <主な研究開発プロジェクト例>

#### ○原子力施設の廃炉技術の高度化等に活用される共通基盤

- ✓ 除染方法、ノウハウの蓄積、除染技術・システムの開発・実証
- ✓ 遠隔操作の共通基盤技術
- ✓ 廃棄物処理・処分技術・制度の確立 等

#### ○原子力施設の安全基盤高度化に資する共通技術基盤

- ✓ 炉内状況評価手法の開発・実証
- ✓ 燃料デブリ性状把握・処理方法の開発
- ✓ 原子炉機器・構造の健全性評価手法の開発 等

### <研究開発のイメージ>

#### ■ 建屋内の遠隔除染技術の開発

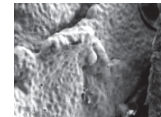
漏えい箇所調査、補修等の作業環境改善のため、現場の汚染状況に合った遠隔除染装置を開発する

<装置例>  
自走式ブラッシング装置



#### ■ 燃料デブリ性状把握・処理方法の開発

模擬デブリを作製し、機械的特性、化学的特性を取得する。また、既存の処理技術の適用可能性等について検討する



ウラン燃料の模擬デブリ

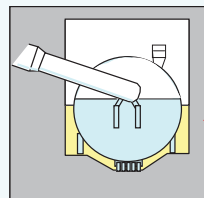
## 2-2 研究施設①

6

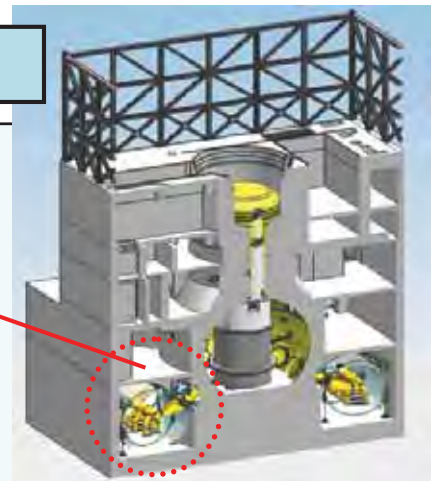
遠隔操作機器・装置の開発・実証のための施設(イメージ)

### 遠隔操作ロボット実証試験施設

- ◆ 格納容器下部の実寸大模型を設置し、水の漏えい箇所を調査・補修するロボットの実証や運転員訓練を実施。
- ◆ 併せて災害対応用ロボットの開発・実証を実施。



格納容器下部(トラス室)の断面図



原子炉建屋の断面図

機器・装置の操作員の訓練など人材育成

海外発技術アイデアの採用など国際協力

○福島第一サイトに比較的近く、港湾設備に近い場所に施設を整備(放射線量レベルが低い非管理区域で、繰り返し試験に適した環境)

○2014年度内に施設の運用開始を目指す(概念設計・基本設計:2012年度～、建設工事:2013年度～)



## 2-2 研究施設② 放射性物質の分析のための施設（イメージ）

### 放射性物質分析・研究センター

- ✓ 高線量試料を遮へい機能の高い部屋に入れ、マニピュレータ等を用いて分析・研究を実施。
- ✓ 福島第一原子力発電所からの高線量の放射性物質の分析・研究や最先端の放射性物質に係る研究を行う。



グローブボックスを用いた分析・研究（イメージ）

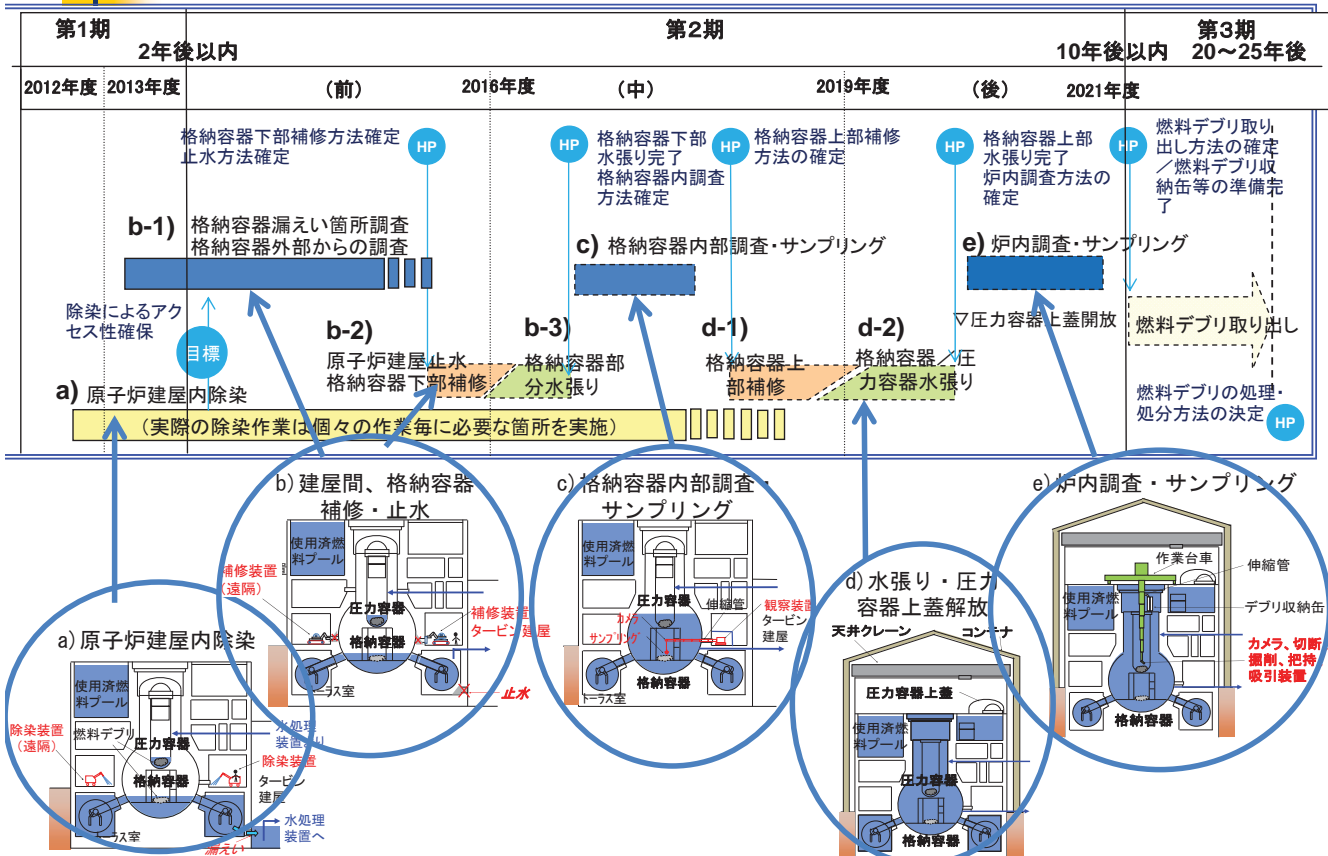


マニピュレータを用いた分析・研究（イメージ）

- 福島第一サイト内又は近接した場所で新規施設を整備
- 可能な限り早期に運用開始を目指す  
（概念設計、基本設計：2012年度～、その後許認可手続きを経て、建設工事を開始）

## 3-1 燃料デブリ取り出し作業 スケジュール

出典：平成24年7月30日中長期ロードマップ一部加工



## 3-2 燃料デブリ取り出し作業 主な研究開発のイメージ

9

### ■ 建屋内の遠隔除染技術の開発

◆ 内容  
漏えい箇所調査、補修等の作業環境改善のため、現場の汚染状況に合った遠隔除染装置を開発する。

◆ 技術開発のポイント  
・汚染形態に応じた有効な除染技術の整理、開発  
・高線量、狭隘等の過酷環境下における遠隔除染装置の開発

除染技術(例)

### ■ 格納容器漏えい箇所特定技術の開発

◆ 内容  
格納容器等の漏えい箇所を遠隔で特定する技術を開発する。

◆ 技術開発のポイント  
・高線量、狭隘等の過酷環境下における遠隔調査技術の開発

想定される損傷箇所(例)

### ■ 格納容器内部調査技術の開発

◆ 内容  
格納容器内の状態及び燃料デブリの状況把握のため遠隔による調査工法、装置を開発する。

◆ 技術開発のポイント  
・高温、多湿、高線量下における遠隔調査技術の開発  
・放射性物質の飛散防止システム

内部調査技術(例)

### ■ 格納容器補修技術の開発

◆ 内容  
漏えい箇所(トラス室、格納容器等)を補修するため、遠隔による止水方策及び補修技術を開発する。

◆ 技術開発のポイント  
・高線量、狭隘等の環境下における遠隔補修技術の開発  
・水中(PCV下部等)で適用可能な補修技術

貫通孔に対する補修技術(例)

出典:平成24年7月30日中長期ロードマップ

## 3-3 研究開発の進捗状況

10

### a) 建屋内の遠隔除染技術の開発 (1 / 3)

- ✓ 1～3号機原子炉建屋内通路部の現場調査(汚染状況の確認・分析)、除染技術の整理結果等に基づき、除染装置を開発。福島第二原子力発電所での実証試験により、改良点を抽出。
- ✓ 効率的な除染方法について国内外の技術調査を行い、線量低減計画を作成。
- ✓ フロア上層部などの未実施のエリア等に対して、更なる調査や除染装置開発を実施予定。

#### ① 高圧洗浄除染装置



#### ② ドライアイスブラスト除染装置



#### ③ ブラスト・吸引回収除染装置



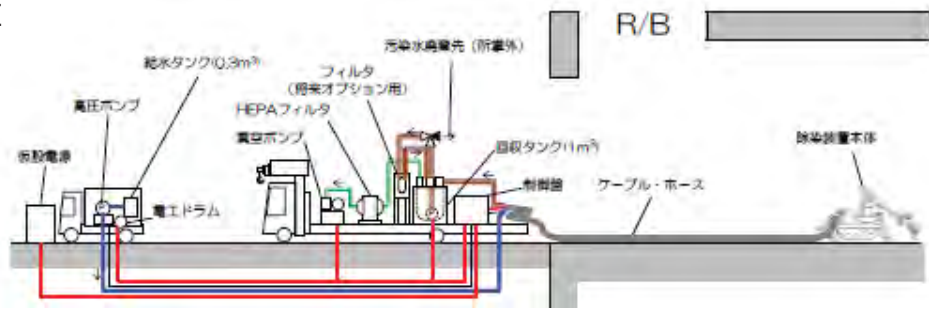


### 3-3 研究開発の進捗状況

#### a) 建屋内の遠隔除染技術の開発 (2/3)

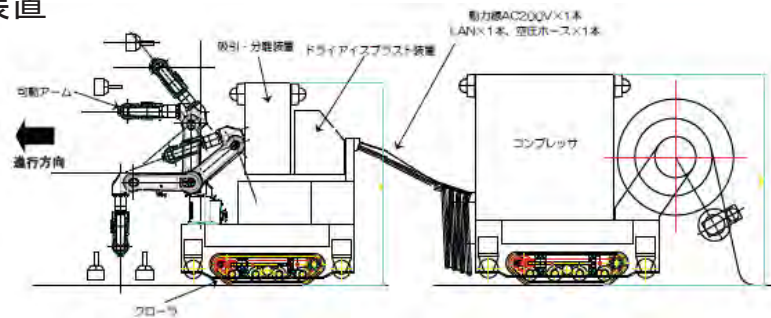
##### ① 高圧洗浄除染装置

- 水を高圧で除染対象面に噴射することにより表面を機械的に除染するもの。
- 圧力を高めることで、コンクリート面をはつることも可能。
- 二次廃棄物は全て回収する。



##### ② ドライアイスブラスト除染装置

- ドライアイスのペレットもしくは、パウダーを除染対象面に噴射し、表面を機械的に除染するもの。
- 二次廃棄物は全て回収する。



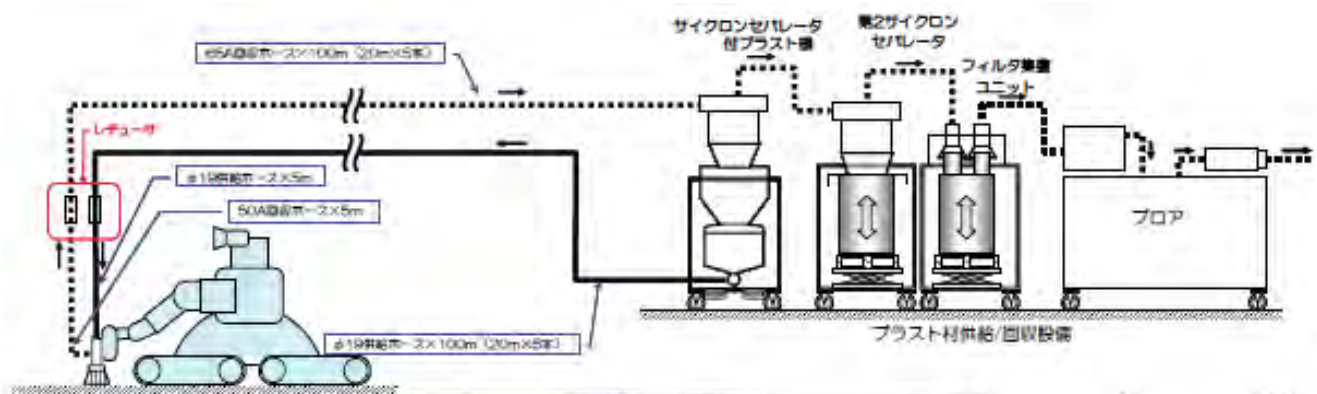
出典:平成24年12月25日 政府・東京電力中長期対策会議運営会議(第13回会合)資料3-6

### 3-3 研究開発の進捗状況

#### a) 建屋内の遠隔除染技術の開発 (3/3)

##### ③ ブラスト・吸引回収除染装置

- 研削材を除染対象面に噴射し、表面を研削する工法。
- 本装置で使用する研削材はスチールグリッド(特殊鋼製の鋭いエッジを持った多角形粒子)であり、噴射後のスチールグリッドを回収(二次廃棄物の回収)し、セパレータで汚染と分離した後に再利用する。
- なお、本装置は単独吸引モードが可能であり、1cm程度の小さいガレキの回収が可能。

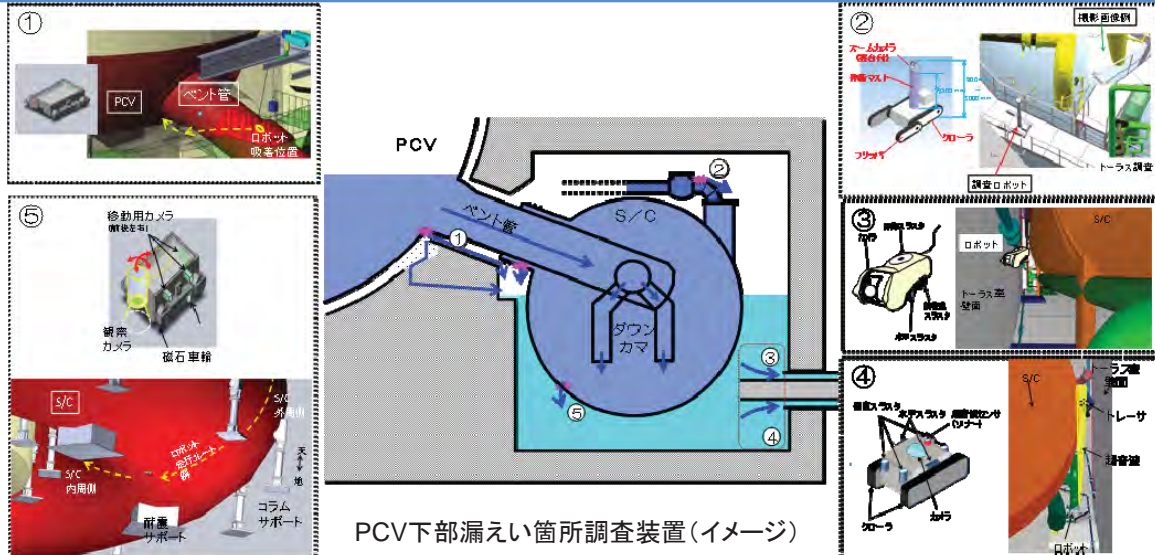


出典:平成24年12月25日 政府・東京電力中長期対策会議運営会議(第13回会合)資料3-6

### 3-3 研究開発の進捗状況

#### b) 建屋間、格納容器補修・止水 (漏えい箇所特定・補修技術の開発状況)

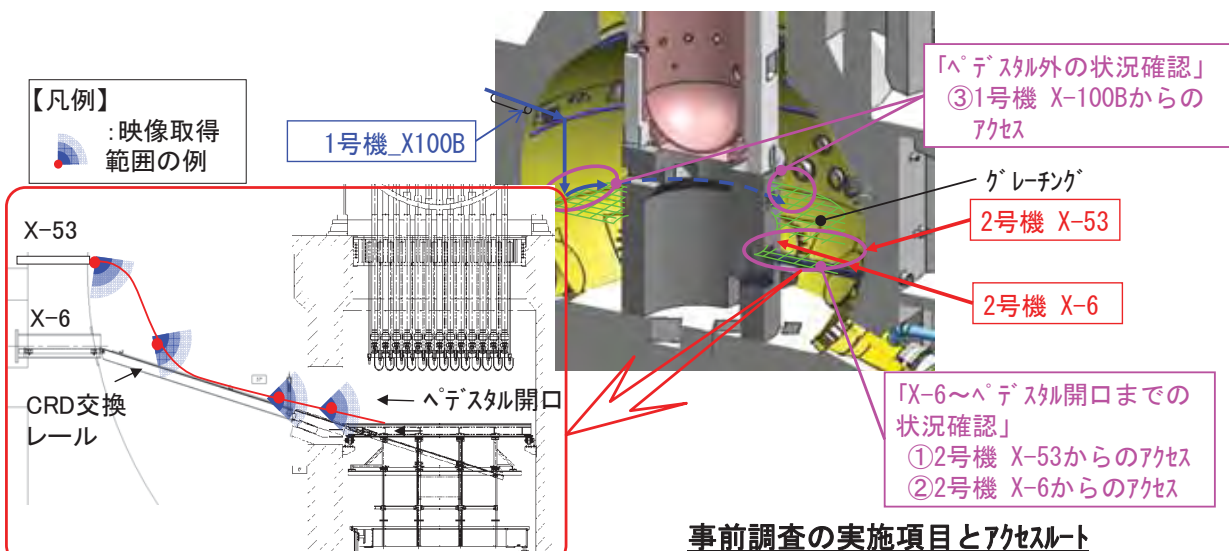
- ✓ 格納容器水張りのために必要となる漏えい箇所の点検調査及び補修のための装置開発等を実施。
  - 点検調査装置の仕様をとりまとめ設計を実施。
  - 損傷不明なトラス室壁面及びサブレーションチェンバー (S/C) 下部に対して補修工法及び装置の概念検討を実施。
  - 損傷の可能性が高い箇所 (フランジ、ペネ) に対して補修装置設計を実施。など
- ✓ 設計情報等をもとに、更なる検討、開発等を実施予定。



### 3-3 研究開発の進捗状況

#### c) 格納容器内部調査技術の開発状況

- ✓ 格納容器内部の状況及びデブリの位置把握等のための調査装置について、開発及び検討を実施中。
- ✓ 平成25年3月に実施予定の事前調査 (2号機X-53ペネ) の結果を踏まえ、必要に応じて計画の見直し等を実施予定。



X-53からの事前調査範囲

事前調査の実施項目とアクセスルート

## 4. 研究開発の進捗状況等に係る情報提供等

- ✓ 前述3. の進捗状況のように、燃料デブリ取出し準備のための機器・装置開発等は着実に進みつつあるが、廃止措置を進めるためには、今後も遠隔除染、補修、内部調査等のため多種多様な機器・装置が必要。
- ✓ 引き続き、研究開発プロジェクトにおける進捗状況、研究開発実施者※からの公募情報等について、以下ページで情報提供させていただく。
  - 経済産業省(トップページ)／東日本大震災関連情報(東京電力福島原子力発電所事故の収束および今後の廃止措置に向けて)／廃止措置に向けた取組  
<http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning.html>
- ※ 研究開発実施者の公募については、資源エネルギー庁ホームページにおいて公募情報を掲載予定。
  - 資源エネルギー庁(トップページ)／インフォメーション／調達情報  
<http://www.enecho.meti.go.jp/info/tender/index.htm#nyusatsu>
- ✓ また、エントリー企業に対しては、公募情報を電子メールにて情報提供させていただく。

### 技術カタログ

- ✓ 国内外の叡智を結集するため既存技術を収集した技術カタログの拡充を検討しているところ。拡充の公募等の情報も、同ページに掲載予定。
  - ご参考:過去の技術カタログの公募結果(平成24年6月26日)  
[http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/20120626\\_01.html](http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/20120626_01.html)

## 【参考①】機器・装置開発に係る経済産業省関連予算

経済産業省で予算措置している機器・装置開発に関連する支援事業※を以下紹介。

※ 公募等の実施は予算成立が前提となります。

※ 詳細は各ページ右上に記載の担当部署までお問い合わせください。

### ■平成25年度政府予算案

- ・イノベーション実用化助成事業(以下資料の6ページ目)  
[http://www.meti.go.jp/main/yosan2013/pr/pdf/sangi\\_02.pdf](http://www.meti.go.jp/main/yosan2013/pr/pdf/sangi_02.pdf)
- ・ものづくり中小企業連携支援事業(以下資料の1ページ目)  
[http://www.meti.go.jp/main/yosan2013/pr/pdf/chuki\\_01.pdf](http://www.meti.go.jp/main/yosan2013/pr/pdf/chuki_01.pdf)

【参考】経済産業省全体の予算案

<http://www.meti.go.jp/main/yosan2013/pr/index.html#tokkyo>

### ■平成24年度補正予算案

- ・ベンチャー企業への実用化助成事業(以下資料の11ページ目)  
[http://www.meti.go.jp/main/yosan2012/pr/pdf/20130115\\_01.pdf](http://www.meti.go.jp/main/yosan2012/pr/pdf/20130115_01.pdf)
- ・ものづくり中小企業・小規模事業者試作開発等支援補助金(以下資料の3ページ目)  
[http://www.meti.go.jp/main/yosan2012/pr/pdf/20130115\\_02.pdf](http://www.meti.go.jp/main/yosan2012/pr/pdf/20130115_02.pdf)

【参考】経済産業省全体の予算案

<http://www.meti.go.jp/main/yosan2012/index.html>



## 【参考②】ロボット開発に係る類似の取り組み

### NEDOのプロジェクトで開発した災害対応ロボット技術の公開(2013年2月20日)

- NEDOの「災害対応無人化システム研究開発プロジェクト」が今年度で完了、9分野のロボット技術を公開
- 人間が入り込めないような過酷な災害現場で災害状況の把握や機材の運搬、復旧活動を行うためのロボット技術を開発
- プロジェクト終了後は委託先の企業や大学等が災害現場での実用性を高めるための課題に取り組む予定
- 詳細は下記NEDOホームページをご参照

<http://www.nedo.go.jp/news/press/A-A5-100170.html>





## 株式会社宮本樹脂工業 事業内容のご紹介

 Miraial グループ

1

試作・金属プラスチック加工の専任樹脂工業

**MJK**

株式会社 宮本樹脂工業

SONYグリーンパートナー  
福島県医療機器製造許可  
ISO 9001:2000, 14001:2004

試作の良結果り、ご相談等、お気軽にご連絡ください。

☎ 024-546-7411

## ご紹介概要

- 技術の名称: Lotサイズを選ばない金属・樹脂の精密加工
- 技術の内容
  - 概要: 各種難削材料を含めた金属・樹脂材料を、バラエティに富んだ加工方法で少量・短納期で提供いたします。
  - 新規性(特色): お客様からの様々なリクエストにお応えした経験に基づく業界トップクラスの加工技術です。昨年、半導体業界で世界シェア No.1の樹脂加工成形メーカーのグループ会社となり、グループ総合力を駆使してあらゆるLotスケールに対応可能となりました。
- 廃止措置関連技術に係るセールスポイント: 試作開発時のモデル作製から超小Lot量産までお手伝いが可能です。
- さらなる開発要素: グループ内では原料や製品の化学分析や新原料開発をスタートする計画があります。

 Miraial グループ

2



## 沿革

1981年	9月	福島市瀬の上町で創業
1984年	3月	福島市大森に新工場を建設移転
1985年	11月	株式会社宮本樹脂工業設立
2002年	6月	「ISO9001」の認証取得
	10月	本社工場を福島市太平寺に新築移転
2003年	8月	高速光造形機を導入
2004年	8月	「ISO14001」の認証取得
	9月	5軸マシニングセンタを導入
2005年	9月	5軸マシニングセンタを増設
2006年	9月	ワイヤー放電加工機を導入
2008年	5月	大型CNC複合旋盤を増設
	9月	医療機器製造業許可を取得
	11月	ソニーグリーンパートナーを取得
2012年	7月	ミライアルグループに編入
	11月	ミライアル株式会社が東京証券取引所市場第一部に株式を上場

## 事業内容



福島市太平寺字古内45-2  
土地:2006.77㎡  
建物1階:832.75㎡  
建物2階:339.58㎡



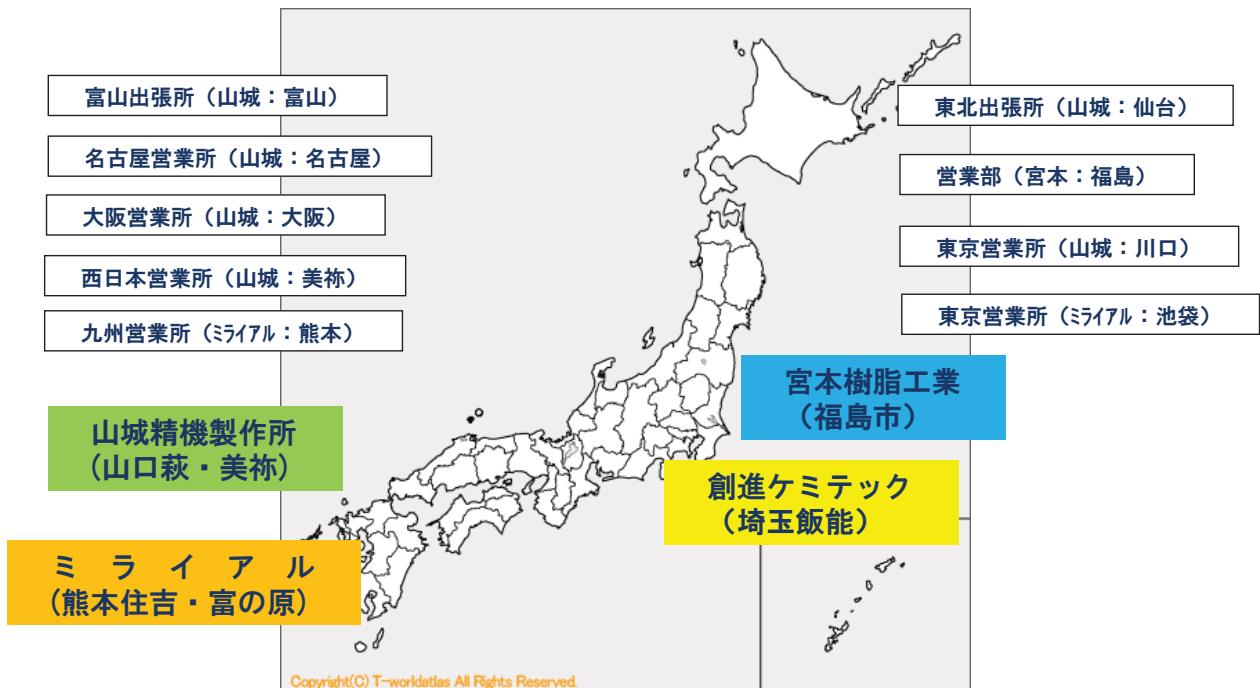
設立:1985年11月1日  
資本金/株主:10百万円/ミライアル100%  
所在地:本社工場 福島市太平寺字古内45-2  
事業内容:企画・デザイン設計  
工業デザインモデル製作  
RP造形(ラピッドプロトタイプモデリング)  
真空注型  
プラスチック・金属の精密機械加工  
装置・治工具製作  
測定サービス  
3Dモデリングサービス、NCデータサービス  
簡易金型  
取引先:約150社  
従業員:30名(正社員平均年齢35歳)

## 宮本樹脂工業とミライアルグループ①



ミライアルグループは、新たに宮本樹脂工業をグループ会社に迎えることで、各種スーパーエンブラから金属難削材までさまざまな工業素材をベースとして、一品限りのモデル製作のみならず金型を活用した量産受託や製造システムそのものの提供まで、グループ各社を通じてサポート可能となりました。

## 宮本樹脂工業とミライアルグループ②



各社の機能

一品試作

少量生産  
10-50/Lot

中量生産  
50-1000/Lot

大量生産  
1000以上/Lot

宮本樹脂工業

製品設計  
マシニング(機械加工)  
光造形  
注型

精密簡易金型

素材提供

ミライアル  
創進ケミテック

コンプレッション  
トランスファー  
素材成形

製品設計  
受託成形(射出・押出)  
組立  
金型(内製)

山城精機製作所

製造ラインデザイン  
成形システム  
金型

各社の設備

一品試作

少量生産  
10-50/Lot

中量生産  
50-1000/Lot

大量生産  
1000以上/Lot

宮本樹脂工業

CAD,CAM  
5軸マシニングセンタ  
光造形機,FDM  
注型機

ミライアル  
創進ケミテック

コンプレッション成形機  
トランスファー成形機

射出成形機(25-3000t)  
押出,ブロー  
クリーンルーム  
各種化学分析

山城精機製作所

縦型成形機,金型  
LIM成形機,各種自動機  
トランスファー,BMC

# 設備一覧 ①

～各種加工機

機械名称	メーカー名	型式	ワークサイズ	台数
サンドブラスト	不二製作所	ニューマブラスター	500×400×500	1
汎用旋盤	長谷川	TYPE-WHN		1
昇降盤	栄和			1
傾斜型平面研削盤	三井ハイテック	MSG200M	270×120	1
横切り盤	協和製作所	ベティワーク		2
ホブ盤	浜井	I20	120φ×150L	1
タッピングマシーン	ブラザー	BT1-203	M3～M8	1
バンドソー	アマダ	H250-SA		1
コンターマシン	ラウソー	FWS-810		1
パネルソー	協和製作所	KVPPF-400MFK	t60×1250mm	1
洗浄機	日伸精機	TUS-GS14		1
真空注型機	三菱	C003MC	550×550×500	1
真空注型機	三菱	C004	900×600×600	1
真空注型機	三菱	C004MC	900×550×500	1
大型乾燥機	三菱	H004	900×600×1000	1
大型乾燥機	いすゞ	FC-612	900×600×1000	2
NCフライス	静岡鉄鋼	VHR-AP	700×320×400	1
フライス彫刻機	坂崎マシナリー	SP-V29N	600×200×300	1
NC彫刻機	坂崎マシナリー	AE-64	540×390×200	1
NC彫刻機	坂崎マシナリー	AE-64	540×390×200	1
NC彫刻機	坂崎マシナリー	AE-65	1100×1200×300	1
NC彫刻機	坂崎マシナリー	AE-65	1100×1200×300	1
CNC複合旋盤+Y軸	ヤマザキマザック	100M-Y	200φ×200	1
CNC複合旋盤+Y軸	森精機	NL2000SY/500	250φ×510	1
MC(マシニングセンター)	三菱重工	M-V4B	560×410×460	1
MC(マシニングセンター)	日立精機	VS-50	1000×510×450	1
MC(マシニングセンター)	大隈豊和機械	MILLAC-611VL	1300×610×560	1
MC(マシニングセンター)	森精機	NV-4000DCG	600×400×400	1
MC(マシニングセンター)	森精機	NV-4000DCG	600×400×400	1
MC(マシニングセンター)	森精機	NV-5000alB/40	1020×510×510	1
MC(マシニングセンター)	森精機	Dura Vertical	600×530×510	1
MC(5軸マシニングセンター)	森精機	NV-5000alB/40	1020×510×510	1
MC(5軸マシニングセンター)	大島機工	FTV-500	820×500×550	1
MC(5軸マシニングセンター)	大島機工	FTV-500	820×500×550	1
RP樹脂溶解造型機	Stratasys. Ink	FDM Titan	355×406×406	1
光造型機	ディーメック	SCS-8000	600×500×500	1
ワイヤー放電加工機	三菱電機	FA20PSM	500×350×300	1

# 設備一覧 ②

～CAD・CAM他

CAD・CAM					
	ソフト名称	メーカー名	型式	ワークサイズ	台数
	2.5次元CAD/CAM	坂崎マシナリー	セキカム		1
	三次元CAD	ソリッドワークス	solid works		1
	三次元CAD/CAM	キヤムタス	シマトロン		4
	CAD変換ソフト	エリジオン	CADDoctor		1
	三次元CAD/CAM	セスクワ	ワークNC 5Axis		4
	三次元CAD/CAM	GIB Dresdem mbll	5AX GIB-CAM		1
	ビューソフト	コタマコーポレーション	プロジェクトレビュー		1
	三次元CAD/CAM	ファクト	FeatureCAM		2
	ワイヤーCAD/CAM	三菱電機	カトロニクス		1
主な測定器					
	測定機名称	メーカー名	型式	ワークサイズ	台数
	超音波厚さ計	川鉄アドバンス	TI-20	0.4～10	1
	三次元測定器	ミットヨ	BH706	700×600×450	1
	小型表面粗さ測定機	ミットヨ	サーフテスト	300μm	1
	ハイブリッド画像測定器	ミットヨ	QVHApex606PROType2	600×650×250	1
	デジタルマイクロスコープ	キーエンス	VH-5000		1
	ツールプリセッター	大昭和精機	STP-ET	X, ~300φ Y, ~400	1
	真円度測定器	ミットヨ	RA-2100DS	φ300	1



## 設備～マシニングセンター①

### 5軸マシニングセンター



大島機工

FTV-500

- ・ワークサイズ 820×500×500
- ・工具取付け本数 32本
- ・主軸最高回転速度 2万回転
- ・高精度輪郭制御
- ・スルースピンドルクーラント
- ・クーラント冷却装置
- ・5軸スケールフィードバック機能

森精機

NV-5000alB/40

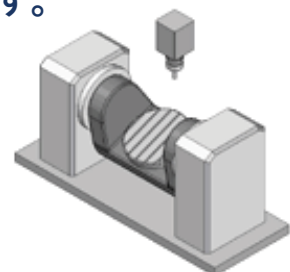
- ・ワークサイズ 1020×510×510
- ・工具取付け本数 30本
- ・主軸最高回転速度 2万回転
- ・重心駆動制御
- ・高精度輪郭制御
- ・スルースピンドルクーラント
- ・クーラント冷却装置
- ・5軸スケールフィードバック機能

## 設備～マシニングセンター①

### 5軸加工機とは？

<例>

5軸加工機は、XYZ軸移動の3軸加工機に回転軸を2軸付加したものとします。下の図は、テーブルにX軸中心に傾斜する傾斜テーブルを付加し、更にその傾斜軸の上に(傾斜軸が0度の状態で)Z軸中心に回転する回転テーブルを付加した例です。このタイプは、傾斜軸がX軸中心で傾斜するAC軸タイプ、傾斜軸がY軸中心で傾斜するBC軸タイプ、横型加工機で傾斜軸がX軸中心に傾斜し回転軸が(傾斜軸0度時に)Y軸中心で回転するAB軸タイプなどがあります。この加工機は小型の5軸加工機によく見られるタイプです。





## 設備～マシニングセンター②

### 3軸マシニングセンター \*計6台



大隈豊和機械  
MILLAC-611VL  
・ワークサイズ 1300×610×560  
・工具取付け本数 24本  
・主軸最高回転速度 2万回転  
・重心駆動制御



森精機  
NV-5000aIB/40  
・ワークサイズ 1020×510×510  
・工具取付け本数 30本  
・主軸最高回転速度 2万回転  
・重心駆動制御



森精機  
NV-4000DCG  
・ワークサイズ 600×400×400  
・工具取付け本数 19本  
・主軸最高回転速度 1万2千回転  
・重心駆動制御

## 設備～CNC複合旋盤



## 設備～ワイヤーカット



- ・微小加工 加工R0.04を実現
- ・B軸機能搭載により、ねじれ面や高精度割り出し加工が可能
- ・広角テーパ加工 最大45°の高精度テーパ加工が可能

 Miraial グループ

15

## 設備～FDM（熱溶融積層造形機）



- FDM TITANIは“実際の材料” ABS、PC、PPSを使って造形することが可能です。
- ・現在は真空注型のマスターにも使われ、注型品の短納期対応にも役立っております。
  - ・ワークサイズ 355×406×406
  - ・材質 ABS、PC、PPS
  - ・積層ピッチ ABS 0.127～0.254

 Miraial グループ

16

## 設備～光造形機



- ・光造形  
造形したい形状のデータをスライスデータにさせ、そのスライスされた一層一層を液状の光硬化樹脂に紫外線レーザー光を照射して硬化させていく造形方法です。以前は光造形といえ  
ば非常にしろいものでしたが、宮本樹脂工業は改良され強度レベルが非常に向上しているABS  
相当のタイプで造形しています。セルフタップなどの加工も可能で、短期間であれば実装評価  
にも非常に適した材料です。
- ・現在は真空注型のマスターにも使われ、注型品の短納期対応にも役立っております。
- ・ワークサイズ 500×600×500
- ・造形ピッチ 0.05～0.15
- ・寸法精度 寸法×2/1000
- ・スポットサイズ 0.1mm～0.8mm

## 設備～注型機



### 真空注型加工

マスターを1台のみ製作し、これを基にシリコンゴムで型取り、ウレタン材を流し込みして試作品をご提供する加工方法です。材質がウレタン材に制約されますが、宮本樹脂工業はABS相当、PP相当の材料を用意しております。また、アクリル相当の透明品や硬度を変えたエラストマーの注型品試作も行っています。

- ・ワークサイズ 900×600×600
- ・実製品最大サイズ 770×520×400
- ・材質 ポリウレタン材(ABS、PP、アクリル相当品)ウレタンゴム シリコンゴム
- ・塗装・印刷可能

## 宮本樹脂工業の強み

～多種多様な加工設備～

～多彩な材質対応～

～難易度の高い微細加工や複雑形状加工～

⇒単純なモックアップ試作の域を超えて  
量産時に採用予定の材料を使って  
耐久テストや各種試験にも耐えられる  
高い精度の製品提供が可能です。

## たとえば・・・①

### 原料・材質選択、各種加工方法のご相談から

⇒求められる環境特性や部品スペックから、最適な原料を選択・ご提案が可能です。  
また、機械加工のみならずあらゆる加工方法を駆使した試作品やモデルの提供ができます。

### 超小Lot量産から製造システムのご提案まで

⇒量産のLotサイズが大きく振れてしまう、もしくは安定した見通しが立ちにくい、といった場合も、各Lotサイズに対応した最適な加工方法のご提案が可能です。



## たとえば・・・②

### 金属→樹脂代替による軽量化、コストダウン検討

⇒種々の原料が候補に挙がっている場合、成形収縮が違えば個別に金型が必要になります。精密機械加工を活用すれば、金型を起工することなく、量産候補材で試作が可能です。

### 複数部品の複合化・一体成形によるVA検討

⇒複数部品を接着材などで複合しても、一体成形した場合と同等の機能評価はできません。精密機械加工による一体成形品の再現は量産直前の機能評価を可能にします。

## 宮本樹脂工業の強み

～多種多様な加工設備～



試作用途やお客様ニーズに応じて多種多様な加工方法の提案力





# 宮本樹脂工業の強み

～多彩な材質対応～



## 多彩な材質の対応力

### 金属

アルミ、亜鉛、ADC12、ニッケル  
インコネル、銅、チタン、真鍮  
ステンレス (303,304,316,430)  
特殊鋼 (NAK,SKS,SC,SKD)  
マグネシウム、etc...

### 樹脂

【汎用材】  
ABS、アクリル、PC、POM、PE、PBT  
【複合材】  
各種ガラス入り材料、etc...  
【エンブラ材】  
PA (6,66)、MCナイロン、PPS、テフロン  
【スーパーエンブラ】  
PEEK、ポリサルフォン、ウルテム

### ゴム

- ・シリコン
- ・ウレタン
- ・その他各種ゴム類

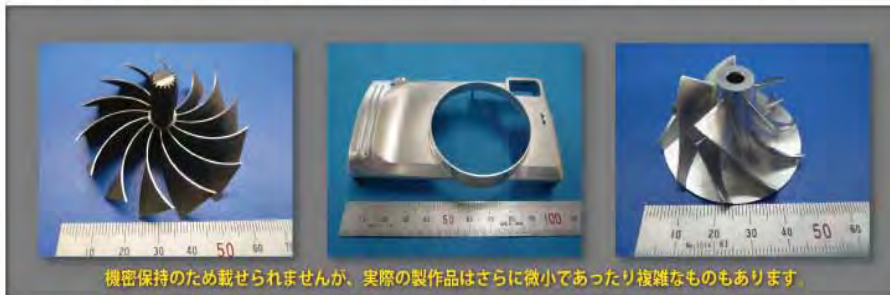
各種難削材を含み、経時変化で反りや歪みを発生させやすい材質、高硬度の材質など、金属、樹脂、ゴム等素材を選ばず対応が可能です。

# 宮本樹脂工業の強み

～難易度の高い微細加工や複雑形状加工～



## 難易度のある微細加工や複雑形状加工の対応力。



バイト径の10倍以上の深堀加工、0.2mm薄肉加工、0.1mm溝加工や5軸マシニングを活用した3次元加工などに加えて、シボやブラストをかけた表面処理、塗装、印刷、メッキ対応が可能です。

# 宮本樹脂工業の強み

## ～柔軟材料の薄肉加工～



森精機製作所殿主催ドリムコンテストにて部品加工部門において銅賞受賞  
第22回日本国際工作機械見本市(東京ビッグサイト)の森精機製作所殿展示ブースにてドリムコンテストが開催され、宮本樹脂工業が製作した「薄肉切削一体加工(材質:アルミ)」が銅賞を受賞いたしました。

### 最後に



製品開発初期段階での加工方法や素材に関するご相談、中小Lotで現在調達中ではあるが技術的な課題があるとお考えの製品に関するご相談など、ご遠慮なくお聞かせください。

お問い合わせ  
東京事務所:03-3986-3781  
福島本社:024-546-7411  
Mail  
[miyamoto@f-mjk.jp](mailto:miyamoto@f-mjk.jp)  
[s-kawahara@miraial.co.jp](mailto:s-kawahara@miraial.co.jp)  
HP  
<http://www.f-mjk.jp/>

# 東成イービー東北株式会社

## 福島ワークショップ資料

2013年3月7日(木)



### 技術・製品の名称:

### 電子ビームおよびレーザーによる溶接、切断の受託加工

#### 技術・製品の内容

- 概要: 電子ビーム又はレーザーによる溶接、切断、穴あけの受託加工  
試作品1個から量産品まで対応可能  
溶接: 金属厚さ 数十 $\mu\text{m}$ ~100mm(SUS)  
穴あけ: 穴径 min $\phi$  10 $\mu\text{m}$  バリなし
- 新規性: 電子ビーム・レーザー加工としては特になし  
電子ビーム・レーザー受託加工業としては  
グループ規模で業界トップレベル
- 特許出願/登録状況  
特になし
- 既存技術・製品との違いがあれば強調して下さい  
アーク溶接と比較し、低歪で気密性の高い溶接が可能。  
ナノ秒レーザーと比較し、歪とバリの無い加工が可能。

# 技術・製品の名称： レーザクリーニングマシン「E-LASER」の製造販売

## ・ 技術・製品の内容

- 概要:レーザを用いて、金型または母材などに付着した樹脂等の薄膜や残渣を非接触でクリーニングする装置。
- 新規性:日本初?? マイナーな技術
- 特許出願/登録状況  
出願をしたが、審査請求せず(見なし取下げ)
- 既存技術・製品との違いがあれば強調して下さい  
:レーザ光による非接触洗浄  
低環境負荷(ドライな環境)  
機動性 コンパクト キャスター付 重量50kg  
簡易性 AC100V 空冷 ハンディタイプ

## 会社概要

- 所在地：
  - ◆本社：  
福島県郡山市待池台1-26
  - ◆東京営業所：  
東京都西多摩郡瑞穂町  
(東成エレクトロビーム内)
- 資本金：2,100万円
- 代表者：代表取締役 会長 上野 保  
代表取締役 社長 上野邦香
- 事業内容：電子ビーム溶接加工  
レーザ加工  
不動産賃貸等
- 従業員：16名(2013年3月現在)
- 主要取引先  
東成エレクトロビーム、本田技術研究所  
日本電産コパル電子、ピュアロンジャパン  
東京エレクトロン東北など



◆ 本社



◆ 東京営業所



# 本社所在地



福島県郡山市待池台1-26  
(ウェストソフトパーク)

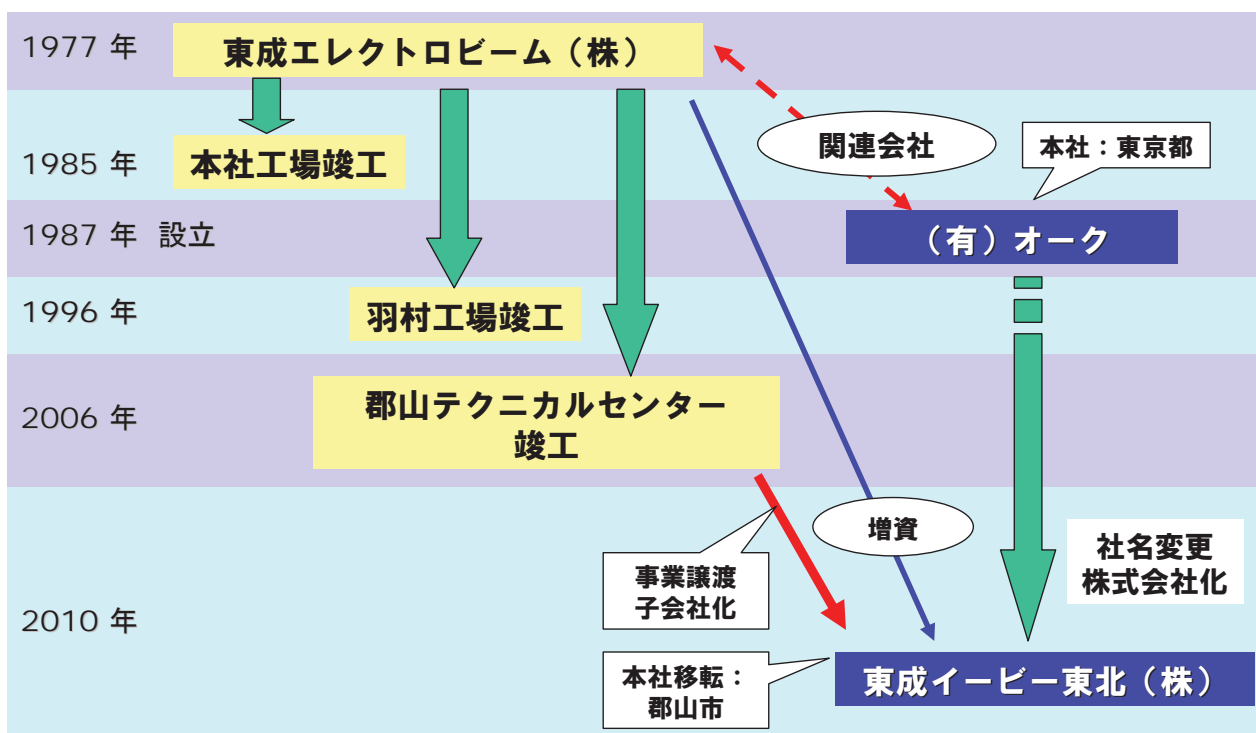
猪苗代湖の東部に位置し、東西南北への移動が容易な立地条件。  
東北自動車道郡山インターから、約10分。



一東北株式会社  
TOHOKU co.,ltd.

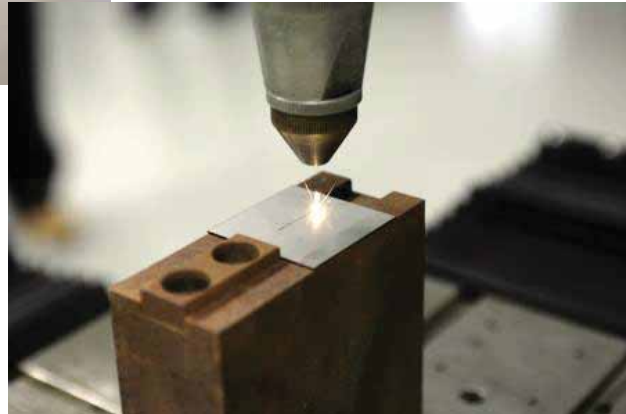
東京方面

# 沿革と関連





# 主要設備



# 主要設備一覧

- ・ **電子ビーム溶接機**
  - 40kWクラス・・・1台
  - 25kWクラス・・・1台
  - 6kWクラス・・・1台
- ・ **レーザ加工機**
  - YAGレーザ加工機・・・3台
  - CO2レーザ加工機・・・1台(レーザ洗浄機)
- ・ **検査機器**
  - Heリークディテクター・・・1台
  - 測定顕微鏡・・・1台
  - CCDマイクロスコープ・・・1台

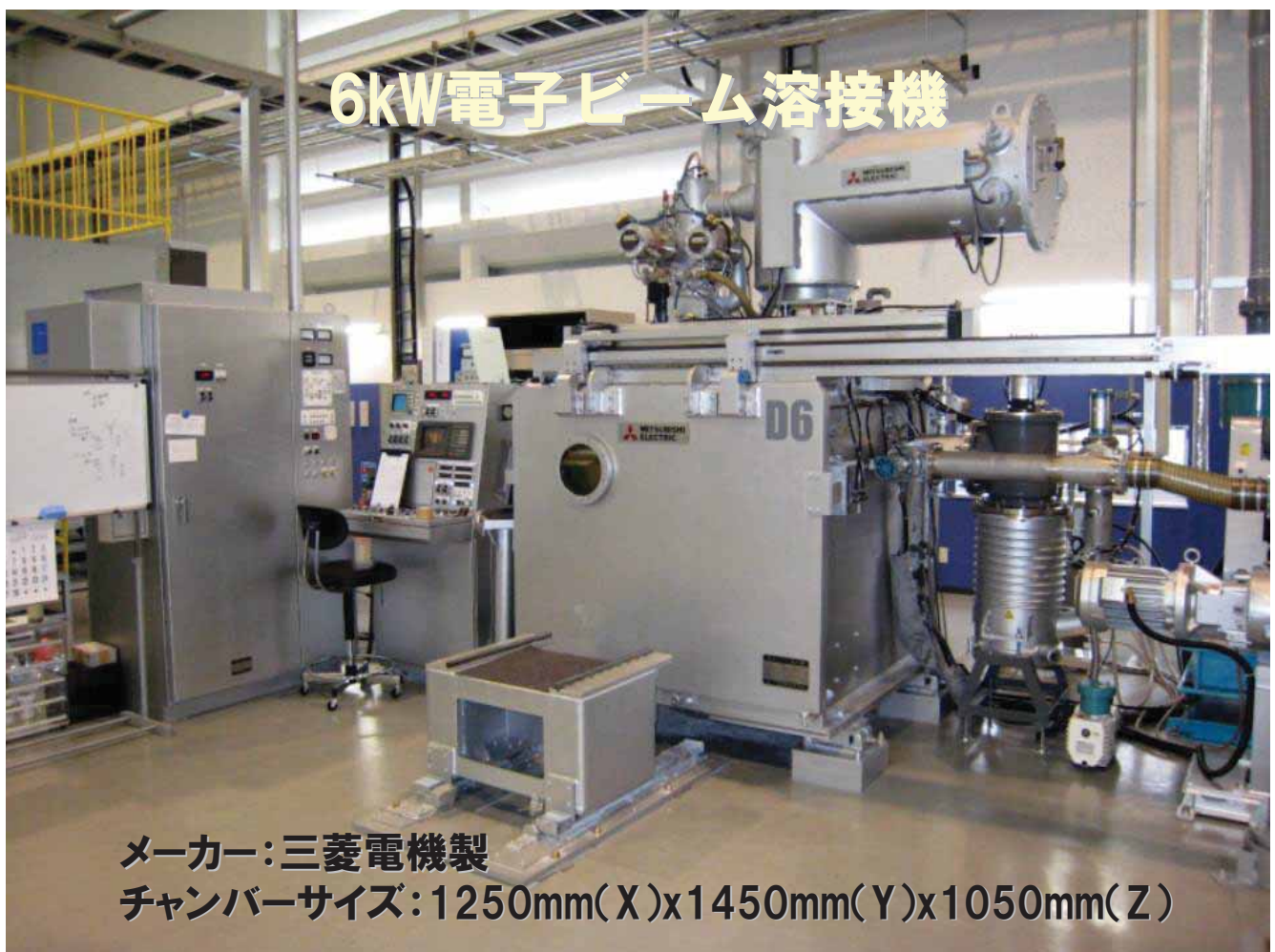
## 40kW電子ビーム溶接機



メーカー：日本電気製

チャンバーサイズ：4500mm(X)x3100mm(Y)x1400mm(Z)

## 6kW電子ビーム溶接機



メーカー：三菱電機製

チャンバーサイズ：1250mm(X)x1450mm(Y)x1050mm(Z)



# パルスYAGレーザー加工機



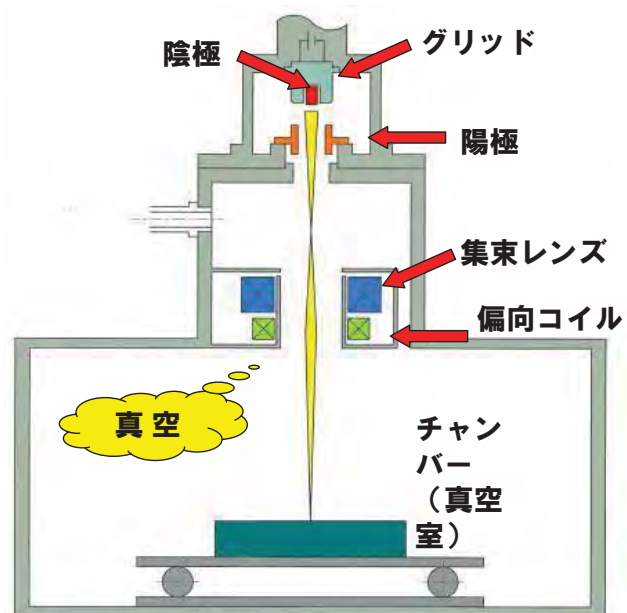
メーカー：住友重機械メカトロニクス  
(カナダ：GSIルモニクス)  
型式：JK702H 出力：350W  
用途：溶接・穴あけ・切断加工

## 電子ビーム溶接とは

### 電子ビーム溶接

(Electron Beam Welding)

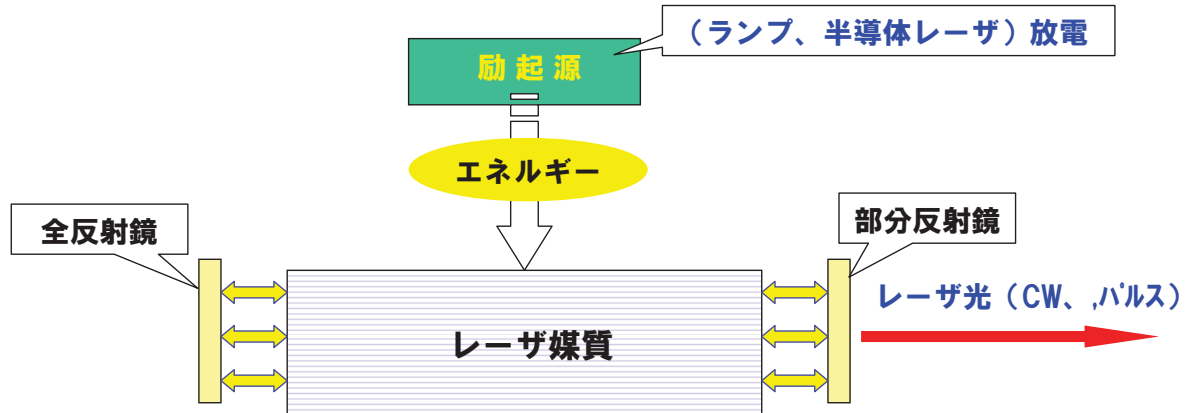
- 真空中においてフィラメント(陰極)を加熱させる。
- 放出された電子に電圧をかけて加速させる。
- 電磁コイル(集束レンズ)で収束させて、母材に衝突させることで溶接をする方法。



# レーザーの原理

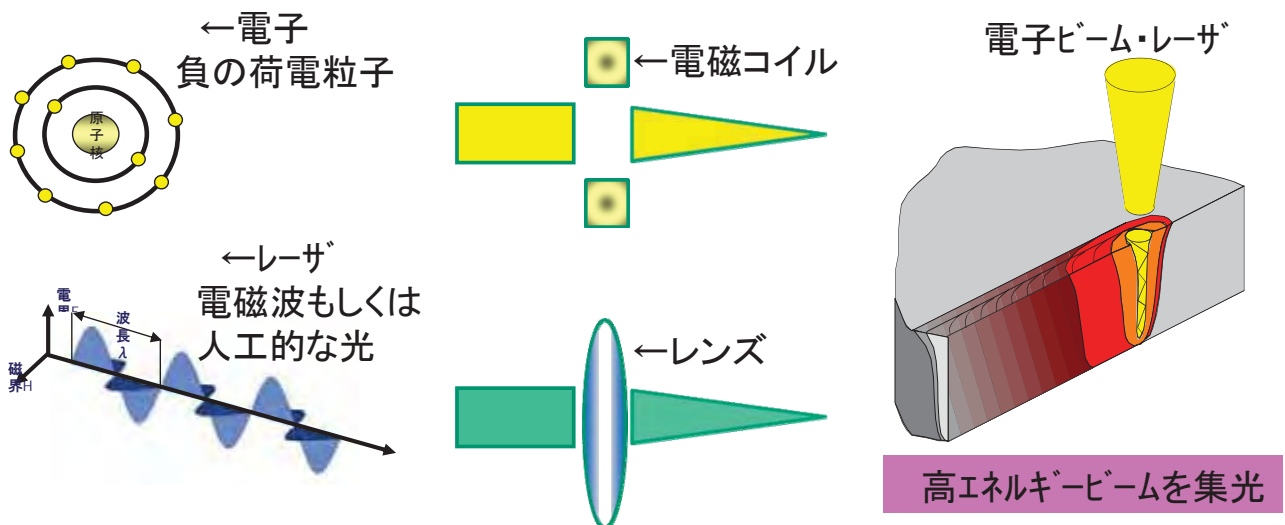
Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

放射の誘導放出による光増幅



固体：YAG、YVO4、（形状：ロッド、ディスク、スラブ）  
気体：CO2、Ar、He-Ne、エキシマ（F2,ArF,KrF,XeCl,XeF）

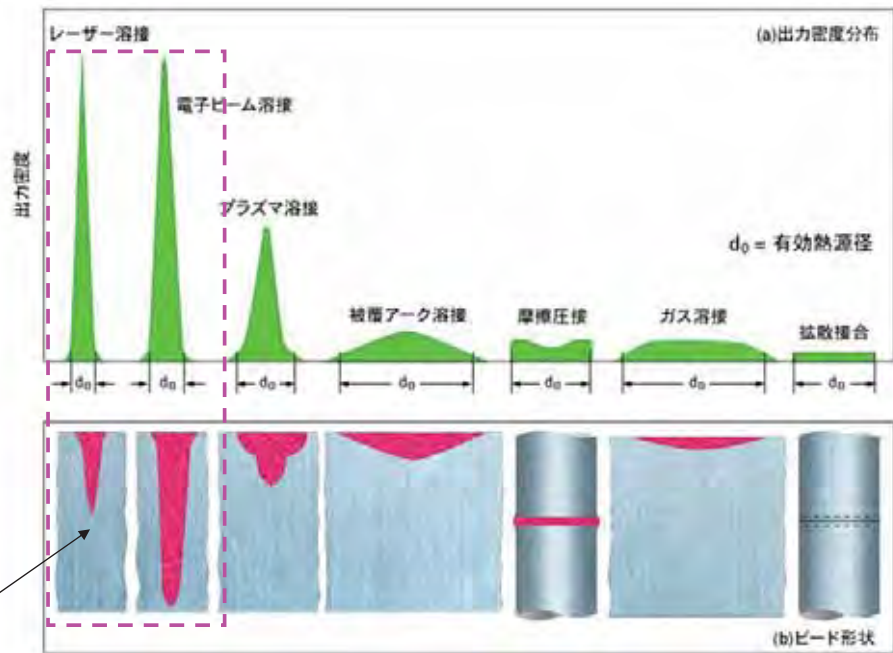
## 電子ビーム・レーザー加工とは？





## EB/LB溶接と他の工法との比較

LBやEBは  
レンズやフォーカスコイルで  
集束させることが可能  
⇒高エネルギー密度



最新のFLはもう少し  
深く入る。

参考文献:新井武二, 沓名宗春, 宮本勇:レーザー溶接加工

## EB/LB溶接と他の工法との比較

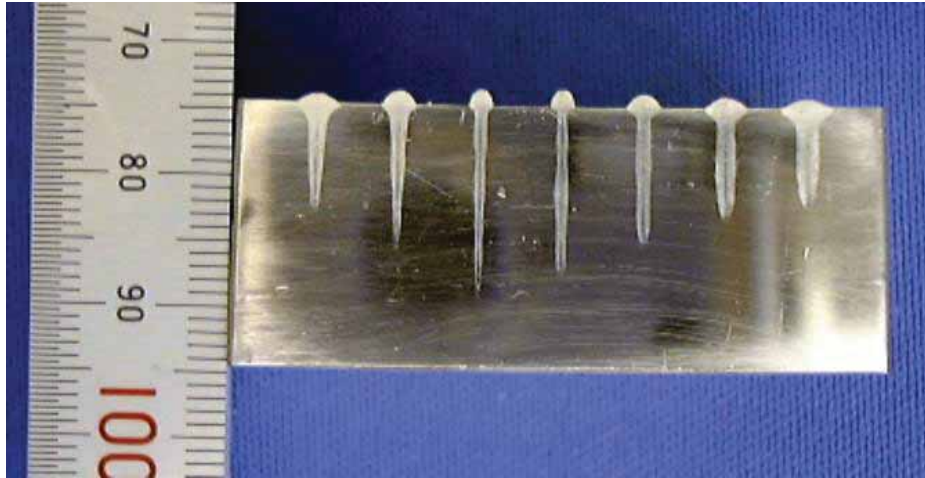
### <メリット>

- ・溶接幅が狭く、深い溶け込みの接合が可能
- ・母材の熱歪みが小さい。
- ・非接触、狭い箇所でも可能  
溶接部回りが複雑でアクセスしにくい箇所でも  
直線で確認できる位置ならば溶接は可能
- ・精密な接合が可能

### <デメリット>

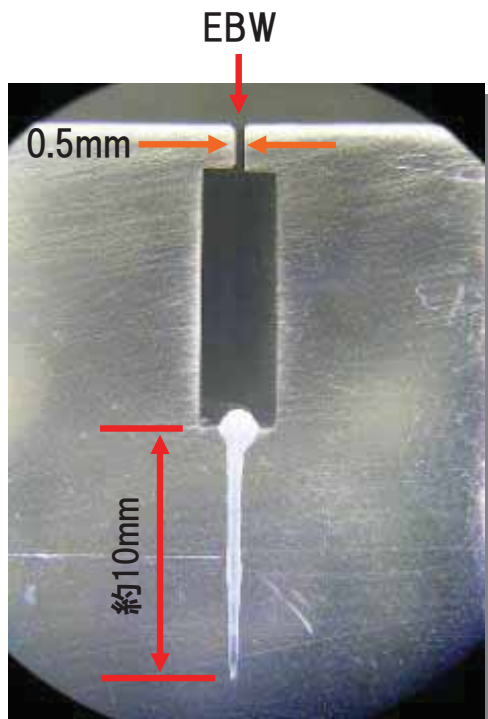
- ・装置が高価
- ・被加工材料に精度が要求される。

# 電子ビーム溶接の特徴

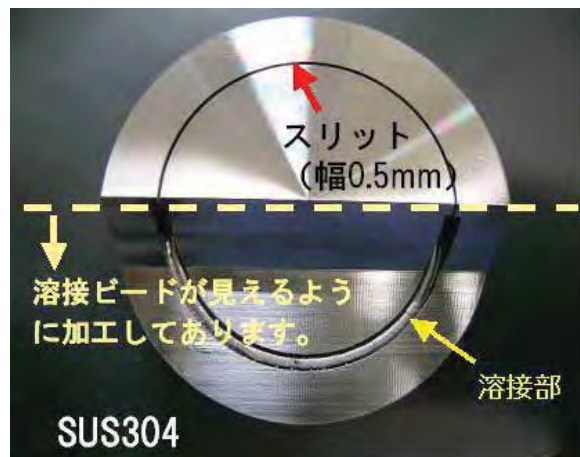


電子ビームの焦点を変えることで、  
様々な形のビードを作り出す事が可能。

## 加工例(狭小部への溶接)



スリット部断面



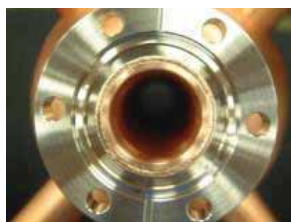
SUS304

■ スリット底部にある溶接箇所を  
スリットにビームを当てずに溶接

# 電子ビーム 加工例(異種金属)



溶接部の高気密



ステンレス+銅

SUS304+C1020

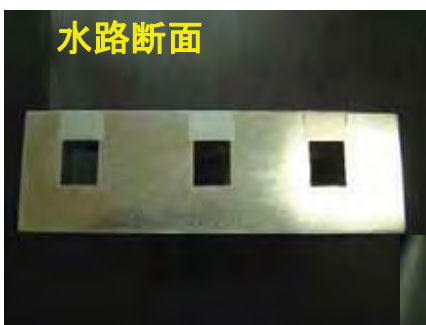


▼ 溶接部断面(深さ約3mm)



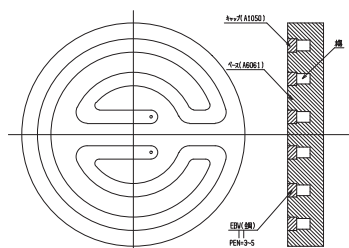
銅パイプと銅本体は、  
本体内部から溶接

# 電子ビームによるアルミ冷却ジャケット溶接



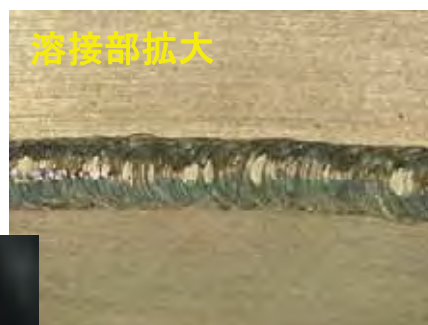
水路断面

溶接部のリークレート結果  
 $\leq 1 \times 10^{-9} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$

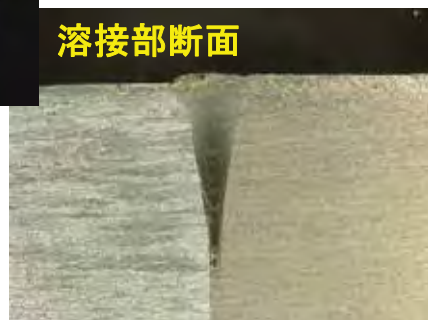


ベース A6061

キャップ A1050



溶接部拡大



溶接部断面

溶け込み深さ 約4mm

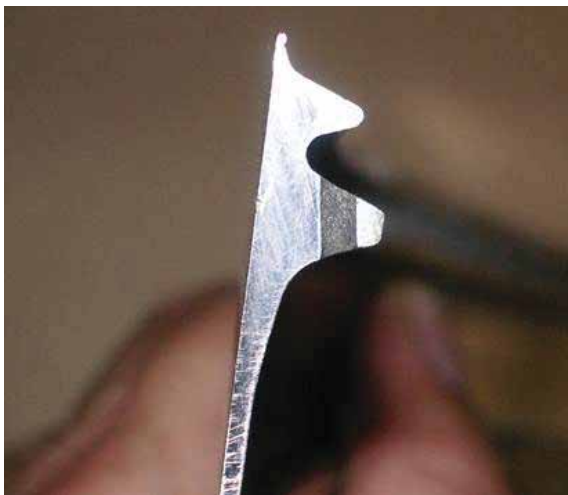


## レーザーダイ:穴あけ加工



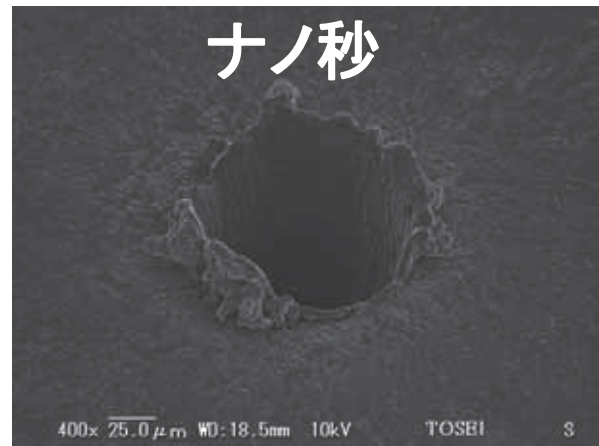
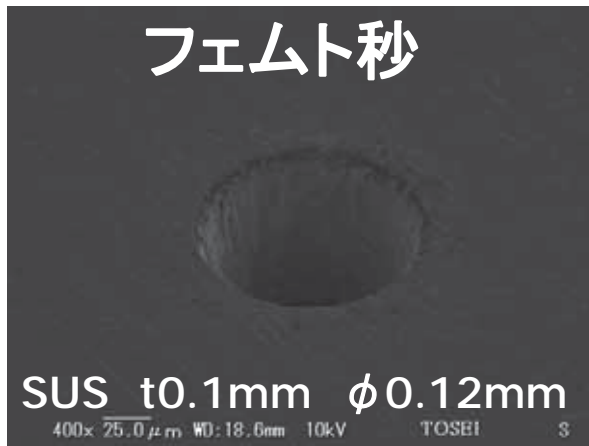
## レーザー穴あけ

### ◆航空機部品(民間)





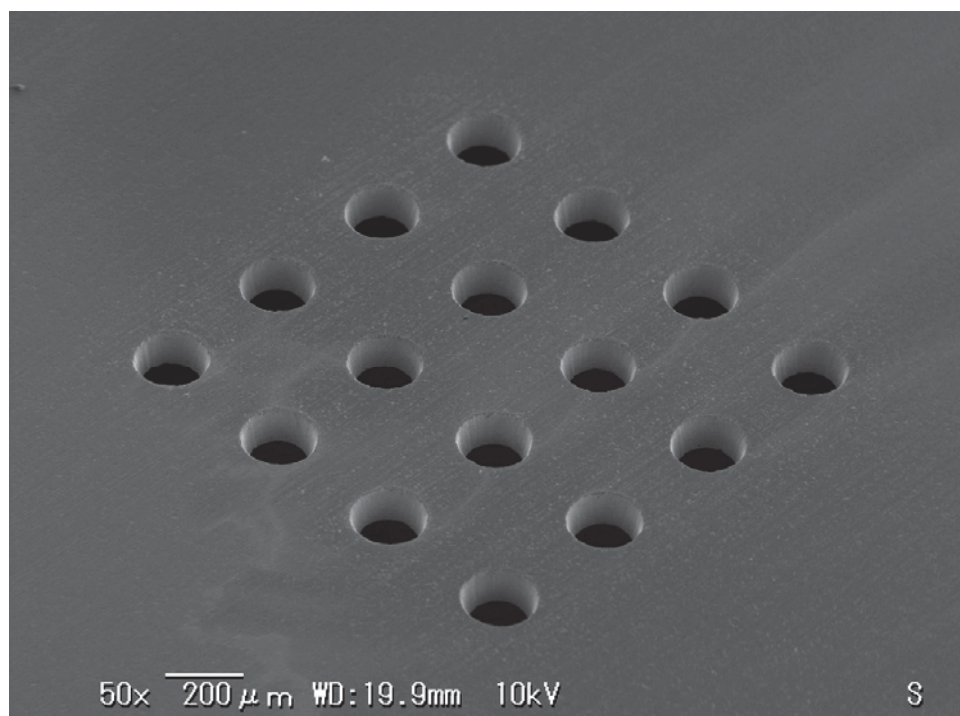
# ナノ秒とフェムト秒の比較



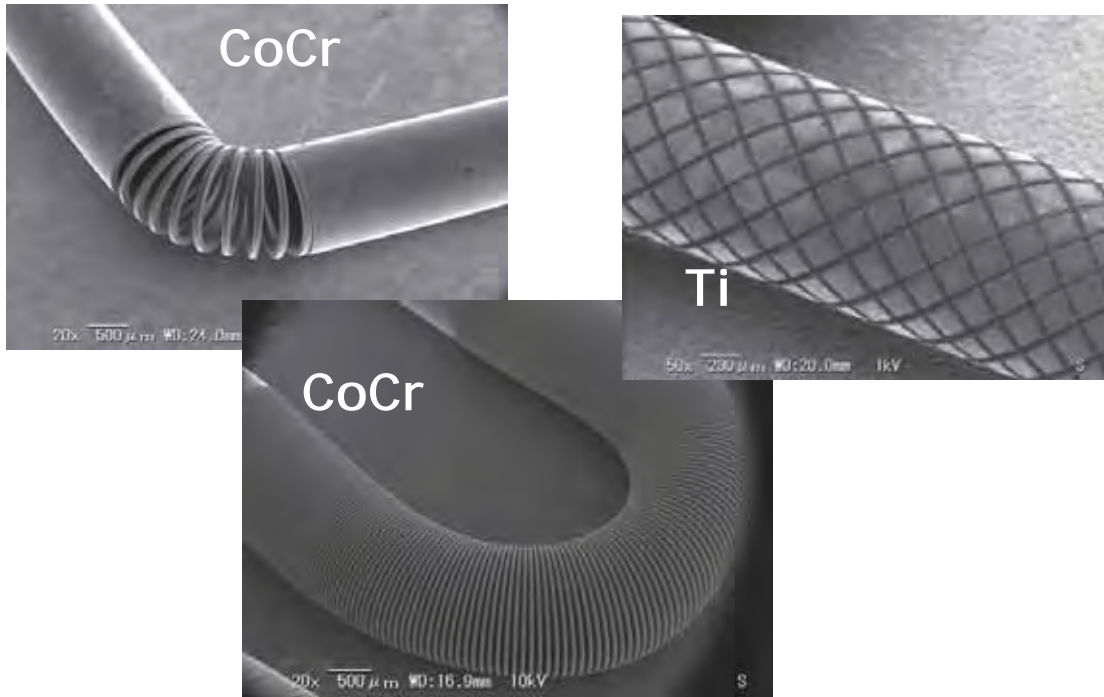
レーザ照射が熱拡散前に終了するため、熱影響の無い加工が可能になる。  
溶融部分が無いので、バリが出ない綺麗な穴形状が得られる。

**溶融部・バリなし**

SUS304  $\phi$  200  $\mu$  t=100  $\mu$  (入射側)



# CoCr/Tiパイプらせん切斷・溝加工



## レーザーとは？

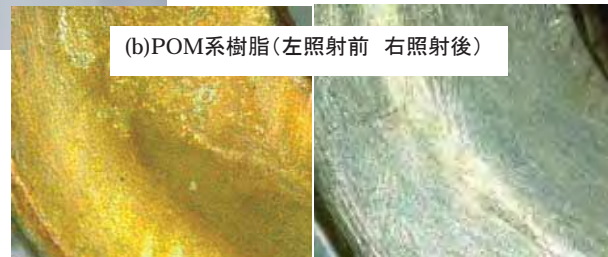
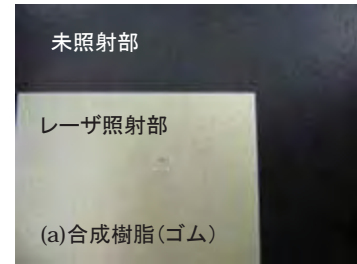
レーザーは、レーザーを用いて、金型などに付着した樹脂等の薄膜を非接触で除去(クリーニング)する装置です。

レーザー被照射部



レーザーをガルバノユニットにより幅方向に設定された幅と、速度で照射します。レーザー光を除去したい部分に当てると樹脂等の薄膜が除去されます。

## レーザー洗浄機：E-LASER（CO2レーザー）



## 医療器具用 イレーザー

### 手術用電気メスの表面炭化物をクリーニングする



クリーニング前



クリーニング後



## ハンディ 小型イレーザ

※コンパクト化への  
ニーズ対応モデル



□装置寸法

- ・本体 400×600×650
- ・ヘッド 160×100×180(グリップ部除く)

□レーザ仕様

- ・種類 ファイバーレーザ
- ・波長 1064nm
- ・出力 50W



□装置重量

- ・全体 約50kg

 東成イービー東北株式会社  
TOSEI EB TOHOKU co.,ltd.

## イレーザ(レーザ金型洗浄)

方法	長所	短所
薬液超音波洗浄	汚れがよく落ちる。	廃液の問題がある。 金型をバラさなければならない。
ショットブラスト (ガラスメディア)	汚れがよく落ちる。 ランニングコストが安い。	金型の表面を削ってしまう。
ショットブラスト (ドライアイス)	製造現場で洗浄できる。	汚れが十分に落ちない。 音がうるさい。 ランニングコストがかかる。
洗浄ゴム・シート	製造現場で洗浄できる。	汚れが十分に落ちない。



ダメージレス

環境配慮 ドライブプロセス

機動性(移動可・ハンディ)

空冷 AC100V

 東成イービー東北株式会社  
TOSEI EB TOHOKU co.,ltd.

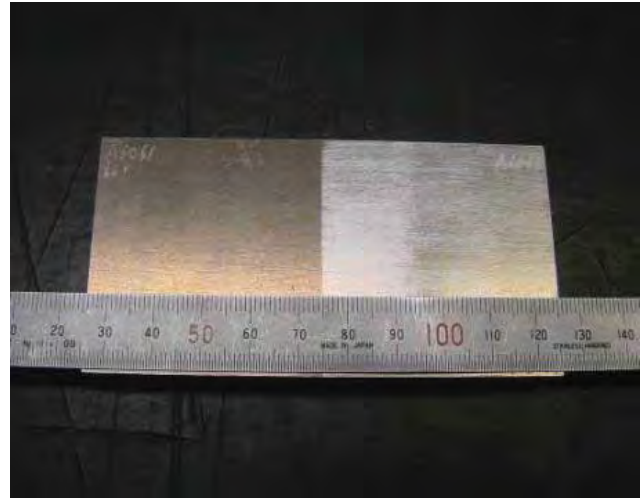


# レーザークリーニング除去加工

錆の除去



アルミ酸化膜の除去



\* その他: 塗装ハクリ・アルマイト膜ハクリ・ゴム除去等

ご清聴ありがとうございました

*Open up new Future  
by High Energy Beam*

高エネルギービームで未来を拓く

東成イービー東北株式会社

- 技術・製品 『双腕型遠隔作業ロボット』
- 技術・製品の内容
  - 用途、作業内容に応じカスタマイズ可能な、双腕マニピュレータを持つ遠隔作業ロボット
  - 新規性：2000年から開発・実績を有する新発想の双腕遠隔ロボット
  - 特許登録：双腕ロボット「特許番号 3944171」  
双腕ロボットシステム「特許番号 4509753」
  - 既存の建設機械と比べ片腕7自由度の多関節アームで、対象物へ下部からアプローチも可能とする可動域の広さ
- 廃止措置関連技術に係るセールスポイント
  - 遠隔操作にて重量物を持つことができ、多軸マニピュレータにより細かい作業を行うことが可能
  - 多様なロボット開発ノウハウにより、作業現場、作業目的に合わせたカスタマイズ、新規ロボット開発が可能
  - 会津大学開発のプログラム言語「AIDA」を利用し、技術者が交替しても技術継承して開発、運用、メンテナンスが可能
- さらなる開発要素
  - 記憶したルート、目標物へのアーム動作を自動/自律で繰り返し行う
  - ロボットに搭載したレーザレンジファインダ（LRF）で3Dマップの作成
  - 3次元的表现を使用した遠隔操縦により奥行き視認性の向上

## 目次

- アイザック概要、開発
- 双腕型作業ロボットー参考事例「T-53援竜」
- 現場での使用想定案
- 実績
- 会津大学 プログラム言語「AIDA」
- 開発体制

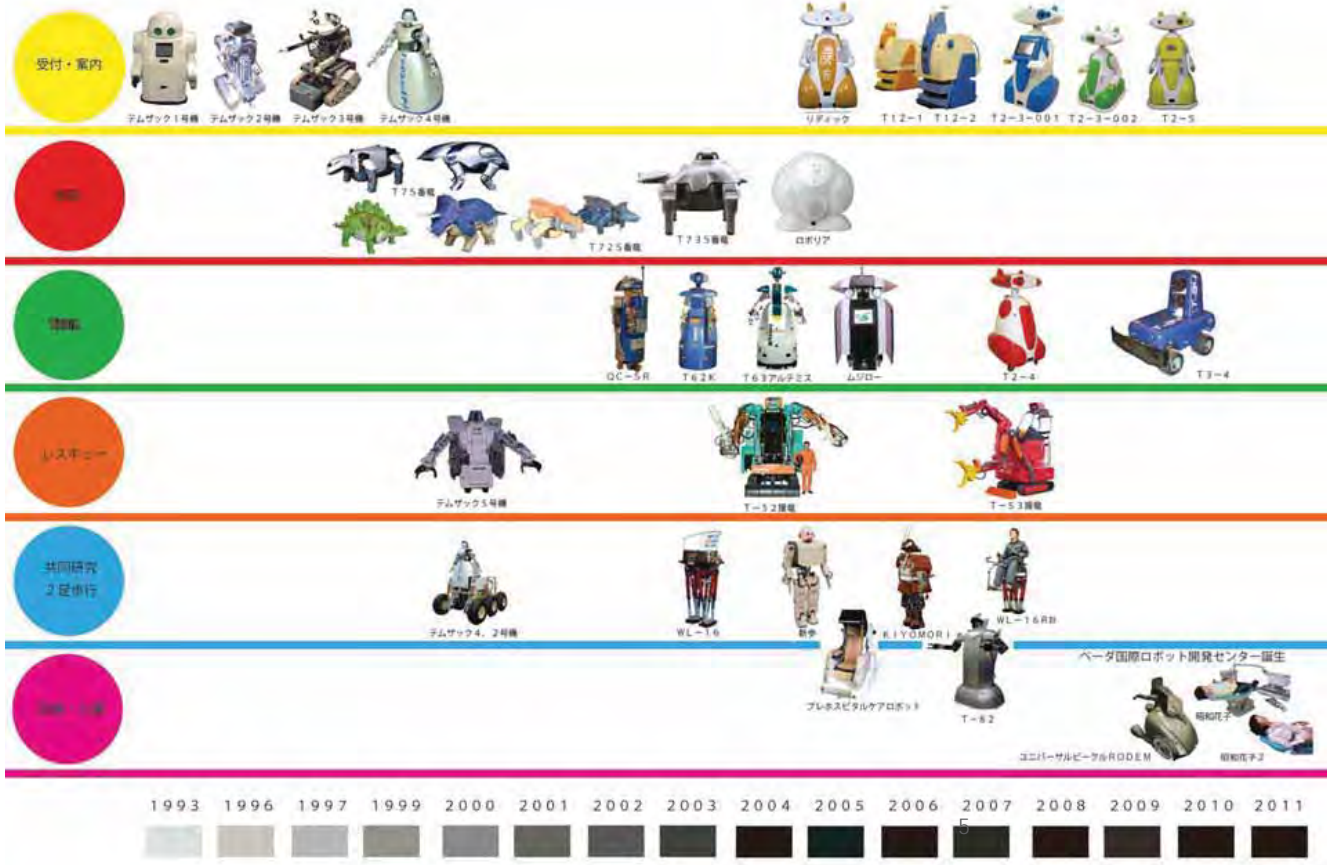
- 【所在地】 福島県会津若松市行仁町
- 【代表者】 会長 南嘉輝  
(温知会 会津中央病院理事長)  
社長 馬場優子  
(会津エンジニアリング社長)
- 【設立日】 平成24年8月9日
- 【資本金】 4,000万円
- 【株主構成】 温知会 (会津中央病院)  
(株)インファーマシーズ  
パラマウントベッド(株)  
(株)ビー・エム・エル  
(株)みずほ銀行  
(株)テムザック (ロボットメーカー)  
会津エンジニアリング(有)
- 【事業内容】 医療・介護ロボット、遠隔・自律作業ロボット等の開発、  
製造、販売



- 介護ロボット  
(ふくしま医療福祉機器開発事業費補助金)
- 除雪ロボット
- ミニサーバイヤー
  - バッテリー自動交換ユニット部製作
  - ミニサーバイヤーコンソーシアム  
福島地域部会長







## T-53 援電

**腕部**

同期動作制御機能を搭載することにより、操作者の直感的な操作を実現でき、且つ、各軸を調整する必要が無いため操作が安易になり作業時間の短縮化も実現

**油圧ホース**

各シリンダーにオイルを送るホース

**腕先照明灯**

**頭部照明灯**

**頭部 CCD カメラ**

**コックピット**

オペレーター 1 人による乗員操作が可能

**ディーゼルエンジン**

燃料を満タンにすると約 6 時間無補給で稼働が可能  
すべての電子部品やコンピューターなどの電気もここで発電

**CCD カメラ**

ここで撮影された映像は、遠隔操作装置のモニターに転送される。頭部、両腕先、頭部、胴体の前後左右に各 1 台ずつの CCD カメラを搭載。

**手部**

握同じ油圧駆動方式なら、既存の建設機械の各種アタッチメントなども交換が可能。

**油圧シリンダー**

オイル圧を制御することで伸長するシリンダー。油圧式の特徴は大きなパワーが出せることにあり、T-53 援電は片腕で 100 キログラムの物体まで持ち上げることができる。

**排土板**

**クローラ (キャタピラ)**



## T-53 援電スペック (本体)

T-53 援電スペック	
<b>T-53 援電本体</b>	
○寸法・重量	全高(輸送時) 2.8m
	全幅 1.4m (左右腕部全開長7.23m)
	全長(輸送時) 2.32m
	機体質量 2.95t
○動作自由度	頭部カメラ(ズーム機能のみ)
	腕部 12 (6×2腕)
	手部 2 (1×2腕)
	胴部 1
	排土板部 1
	走行部 2 (1×2部)
	計 18 自由度
○駆動方式	油圧駆動方式
○油圧設定圧力	210 kg/平方センチメートル
	70 kg/平方センチメートル
○動力源	水冷3気筒過流式ディーゼルエンジン(上半身の制御、走行部等、各稼動部の動力源はディーゼルエンジンを搭載し発電も行うため、燃料がなくなるまで稼動可能)
○走行機能	クローラ(キャタピラ)仕様
	走行速度: 最高約2.5km/h
○撮影機能	有効38万画素CCDカメラ×1、有効25万画素CCDカメラ×6
	頭部1(38万画素ズーム機能付き)、アーム先端2(左右各1)
	胴部4(前後各1、側面各1)は広角カメラ

## T-53 援電スペック (遠隔操作装置)

遠隔操作装置	
○寸法・重量	キャスター付きトランク収納式(29kg、530D×800W×300H)×1
	メインモニター(トランク収納式、15kg、440D×520W×220H)×1
	サブモニター(トランク収納式、12kg、440D×520W×220H)×2
	合計重量 68kg
○操作方式	ジョイスティック方式
○カメラモニター	分割表示式液晶カラーディスプレイ×3
○通信	無線LAN、PHS方式
○操作方式	乗用操作+遠隔操作両用



## T-53 援竜の優位点【1】

- ① 7台のカメラでいろんな角度からの情報を取得できる  
→ 頭部、アーム、胴部に7つのカメラあり、  
情報をリアルタイムに遠隔地へ



- ② 片腕100kg、両腕200kgの重量物を持つことができる  
→ 本格的な力を出せるように油圧駆動を採用。



- ③ 片腕7自由度の双腕  
→ 人間に近い動きを再現

片腕で支え、片腕で除去

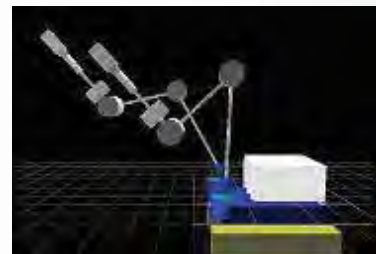


## T-53 援竜の優位点【2】

- ④ 腕部の動期動作制御  
→ 対象物へのアプローチが容易に且つスピーディに  
でき、オペレーターの直感的な操作を実現。  
作業効率が上がることで作業疲労が軽減される



- ⑤ 姿勢情報のフィードバック  
→ 腕の姿勢情報の視覚化



- ⑥ 乗用操作+遠隔操作の両用機能  
→ 超遠隔地からの操作も可能



## T-5 3 援竜の優位点【3】

### ⑦機動性+コンパクト+パワー

→建機に比べてコンパクトで、狭い場所での運用も可能



### ⑧遠隔操作での電源ON・OFFが可能



● 11

## 現場での使用想定案

T-5 3 援竜の特徴である「遠隔操作」、「作業性」、「機体サイズ」を活かし、建屋内外の作業環境整備を行う

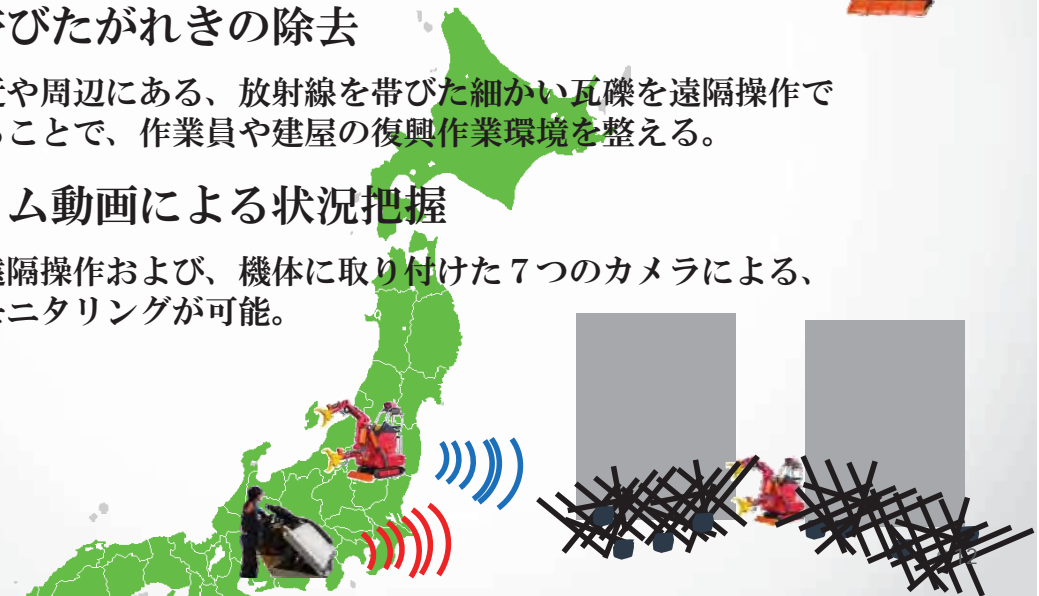


### ①放射能に帯びたがれきの除去

建屋の入り口付近や周辺にある、放射線を帯びた細かい瓦礫を遠隔操作でつかみ、除去することで、作業員や建屋の復興作業環境を整える。

### ②リアルタイム動画による状況把握

超遠隔地からの遠隔操作および、機体に取り付けた7つのカメラによる、リアルタイムのモニタリングが可能。





# 実績



新潟県中越沖地震復興作業実施(2007年)



北九州市消防局戸畑消防署に正式配置(全国初:2009年)



北九州市戸畑区ビル解体現場実証実験(2010年)

搭乗部分をなくした小型化、大型化、その他、必要作業に応じたカスタマイズ可能





# 公立大学法人 会津大学

## プログラミング言語：研究背景（1）

### ソフトウェアに関する現状・問題

納期遅れ、プロジェクトの失敗、誤作動・事故等による損害など

#### ソフトウェア開発の生産性の問題

- 開発効率
- 可読性
- 技術変化
- etc.

#### ソフトウェアの欠陥に関する問題

- 信頼性
- 安全性
- 第三者による検証
- etc.

#### ソフトウェアの管理の問題

- 保守性
- 再利用性
- 技術継承
- etc.

### 既存プログラミング言語の問題

過度な抽象的構造、バグを埋め込み易い仕様、学習コスト、コンピュータ指向、etc.

# プログラミング言語：研究背景（2）

## ロボットソフトウェアの発展と貢献

- 標準化の整備： OpenRTM, RTC, RTP（産総研）
- ユーザインタフェース： Microsoft Robotics Studio など

- プログラマのための技術
- ブラックボックス化されたコンポーネント
- 学習コスト

## 廃止処置等における課題

- 30～40年の長期にわたる： 円滑な技術継承・保守の必要性
- プロセスの高速化： 現場のユーザによるコーディングが理想的
- ロボットの多様化とアルゴリズム・プログラムの複雑化：  
ルート記憶、自動・自律作業、分散処理、画像解析、シミュレーション等・・・

中・長期的な視点で、ユーザ指向のソフトウェア技術が必要

## 次世代プログラミング言語

- 空間・時間的構造で現実問題をモデリング・コーディング
- データフロー・ステートマシンによるコーディング
- 多角的視点とアノテーションによる自己説明性
- アプリケーションに特化するための知識の獲得

- ユーザ指向の言語
- ホワイトボックス化されたコンポーネント
- 問題に適応・特化できるライブラリ

# プログラミング言語\*AIDA：概要（1）

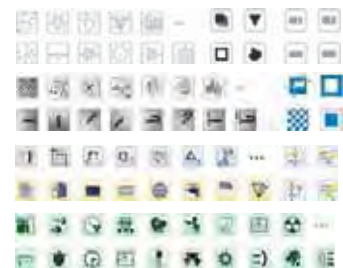
- \*AIDAはプログラミング言語であり、情報資源を生成するための言語でもある

- |        |             |
|--------|-------------|
| モデル    | 計算の構造・属性    |
| コード    | アルゴリズム・スキーム |
| ドキュメント | 設計書・説明書     |

言語：\*AIDA (Star-aida)



オープンな言語要素



実行可能なモデル：  
CyberFilm



- 拡張文字、図、動画等の様々な媒体を使用
- 多角的なビューと階層的なアノテーション

開発環境

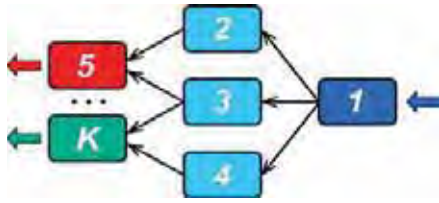


- \*AIDAの統合開発環境
- 管理・閲覧・編集・実行・モニタリング

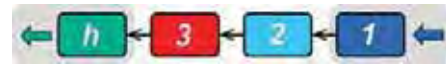
# プログラミング言語\*AIDA：概要（2）

- データフローとステートマシン（状態遷移）に基づくコーディング

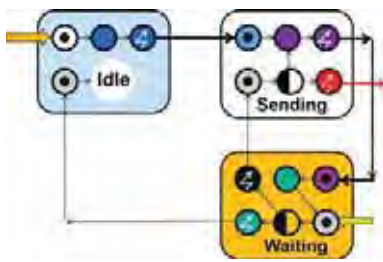
データフローダイアグラム



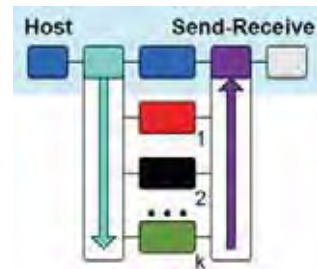
パイプラインスキーム



ステートマシンダイアグラム

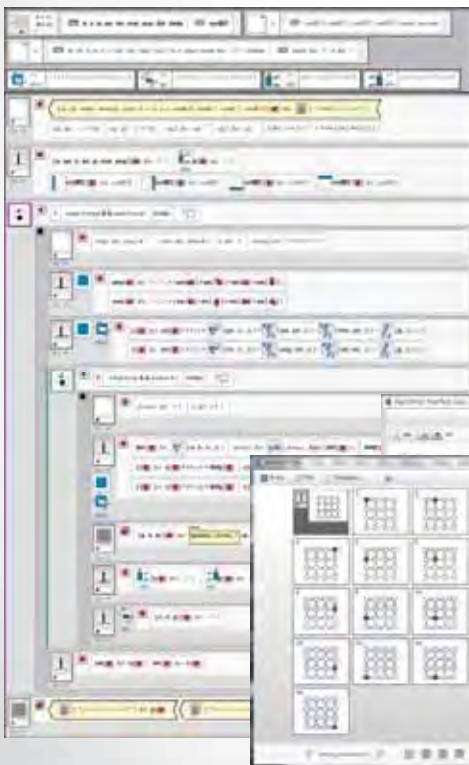


マスタ・ワークスキーム



# プログラミング言語\*AIDA：概要（3）

- コンポーネント（ブロック）の中身はホワイトボックス



- 事例研究： 流体解析コード

- 安全解析コードの類出スキーム・アルゴリズムを含む
- 非圧縮性流体の2次元質量保存式、運動量保存式を解くスキーム等を含む

- 7ページ半のFortranプログラムを約1ページ半で表現

計算結果(速度)



計算結果(圧力)



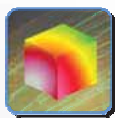
- コンパクトなプログラム
- 安全性・信頼性
- アノテーションによる説明
- 多角的ビュー
  - 動的な特徴
  - 変数・計算式
  - 入出力インタフェース

# プログラミング言語\*AIDA：特長

- 第三者・後継者が理解・検証しやすいソフトウェアの開発を支援し、**保守性**の高い情報資源を作成することができる言語であり、**技術継承**を円滑にします。
- アプリケーションモデルと数値計算を簡潔に表現し、**可読性**があり誤りの少ないコードを作成することができます。
- 学習コストが低いため、ユーザは数夜で言語を習得することができます。
- ユーザによる検証・実験に加え、システム（コンパイラ）の自動検証が行われ、**信頼性**の高いソフトウェアを作成することが可能です。
- 外部ライブラリやオープンソースを透過的に組み込むことで応用範囲が広がります。
- クラウドベースのプログラミング環境により分散処理・遠隔操作・知識の共有が可能。
- 永続的な**データ・知識の収集**によって、様々なアプリケーションドメインに適用（特化）することが可能となり、言語全体がより知的に進化していきます。



流体解析  
シミュレーション



熱伝導解析  
シミュレーション



ロボティクス



人口知能  
AI



ルーティング



画像解析  
画像処理



組み合わせ  
最適化問題



マルチエージェント  
シミュレーション

...

●

●21

# プログラミング言語\*AIDA：実績等

- プロジェクト実績
  - 平成24・25年度：JST復興促進プログラム(ASTEP)
    - 次世代プログラミング言語AIDAの開発
  - 平成24年度：委託研究：原子力安全基盤機構(JNES)・日本システム
    - 解析コードのAIDA化に関する研究
  - 平成24年度：委託研究：原子力安全基盤機構(JNES)・みずほ情報総研
    - 解析コードの制御モジュールのAIDA化に関する研究
  - 平成22・23年度：委託研究：原子力安全基盤機構(JNES)
    - 安全解析コード(流体解析コード・モンテカルロ法等)のAIDA化に関する研究
- 取得特許
  - 特願2005-056804
  - 名称： 編集支援プログラムおよびプログラム編集の支援方法
    - アルゴリズムの動的特徴・変数計算式・入出カインタフェースの多角的視点によるプログラムの閲覧・編集方法に関する発明
  - 出願人： 公立大学法人会津大学

●

●22



# 開発体制



テムザック

技術提携



福島県内の産学連携・企業間協力体制



アイザック



会津大学



福島のロボット会社



福島県内の協力企業群

ソフトウェア開発



株式会社アイザック

福島県会津若松市行仁町9-28  
<http://www.aizuk.jp/>

公立大学法人会津大学

福島県会津若松市一箕町鶴賀字上居合90  
<http://www.u-aizu.ac.jp/>

福島県内企業としての  
福島第一原子力発電所廃止措置等技術開発  
(第3回福島ワークショップ)

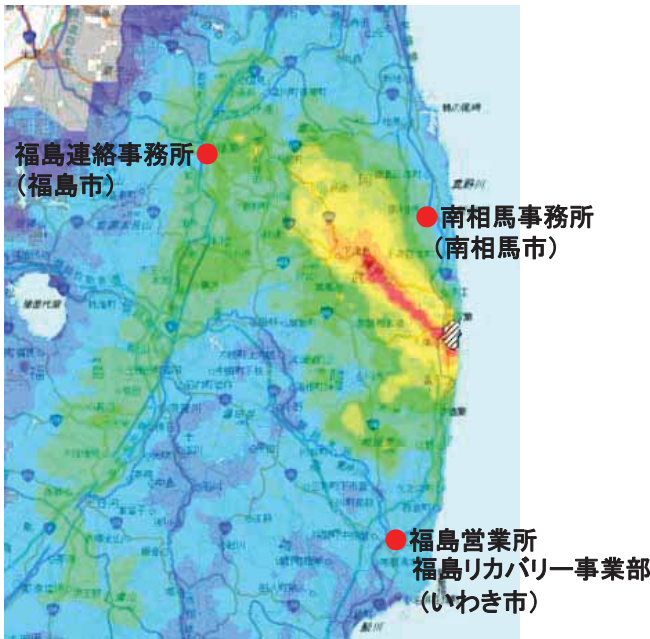
平成25年3月7日

株式会社 日本環境調査研究所  
Japan Environment Research Co., Ltd  
福島営業所  
福島リカバリー事業部

福島ワークショップエントリー技術紹介(日本環境調査研究所)

- 技術・製品の名称: 高圧吸水洗浄方式による自走式除染システム
- 技術・製品の内容
  - 概要: サイクロテクノロジーを用いた高圧吸水洗浄による床面除染
  - 新規性: 日本初の高圧洗浄と同時に洗浄水を効率的に回収できる除染システム。
  - 特許取得状況: サイクロテクノロジー(ニルフィスクアドバンス社取得済み)
  - 既存技術・製品との違い: 小型路面洗浄車に適用済み
- 廃止措置関連技術に係るセールスポイント
  - 洗浄ヘッドや洗浄水回収機構がシンプルかつコンパクトである為、原子炉建屋等狭隘な作業場所で使用できる搭乗式や遠隔自走式除染装置への適用開発が可能です。
- さらなる開発要素
  - 搭乗式の場合、運転席キャビンの遮蔽や空気清浄化によるオペレーターの被ばく低減と作業環境の改善対策の追加。
  - 極めて放射線レベルの高い洗浄排水の処理方法の検討。

## (株)日本環境調査研究所(日環研)の福島における活動



日環研の福島県内3拠点

### ○会社沿革

1973年設立 放射線専門会社  
 環境放射能測定業務開始  
 発電所内放射線管理  
 放射線防護設備・製品の開発販売

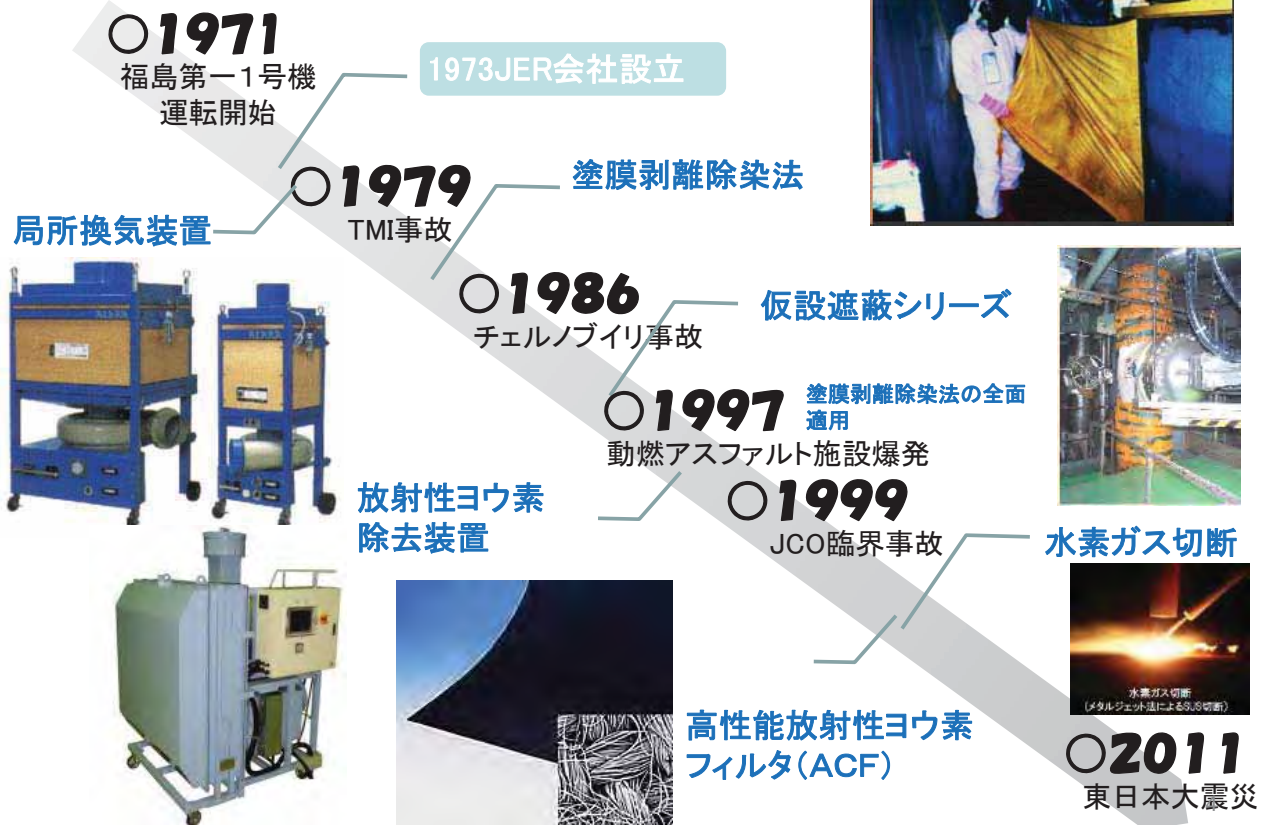
### ○事故後

事故現場の放射線防護対応  
 自治体等の水・食品の放射能測定  
 2011.8～ JAEAとの環境除染試験(伊達市)  
 伊達市、南相馬市等の除染・測定業務(除染装置開発適用)  
 林野庁 森林除染実証事業

### ○対外活動等

農地除染技術検討会委員  
 福島県果樹・畜産放射能対策等委員

## 原子力事故・トラブルと放射線防護技術開発の履歴





# 福島第一原子力発電所事故後の放射線・放射能防護対応

★2011.3

福島第一原発  
事故発生

局所換気

○2011.4~

ヨウ素対策対応

2号機 大物  
搬入口 除染



1号機 R/B換気



簡易ヨウ素フィルタ

R/B・中操・免震棟・休憩室の換気装置対応

○2011.7~

遮蔽対策対応



遮蔽ついで

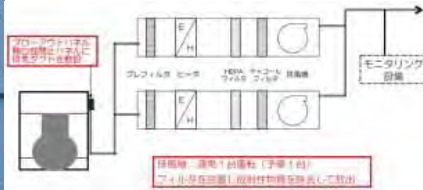
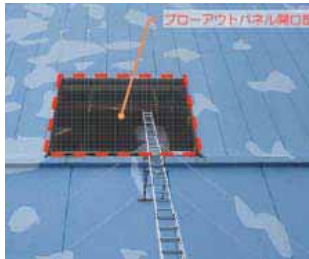


重機遮蔽キャビン

○2013.2

廃止措置

2号機 ブローアウト  
パネル 換気装置



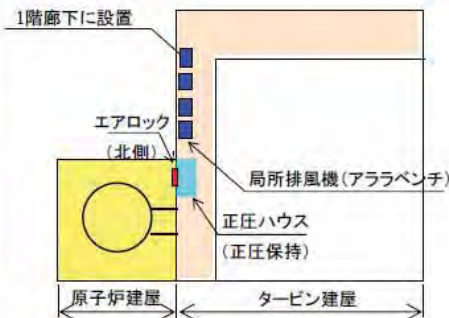
## アララベンチ(ACF付き)による原子炉建屋内換気(東京電力発表)

### 局所排風機による換気について(1号機)

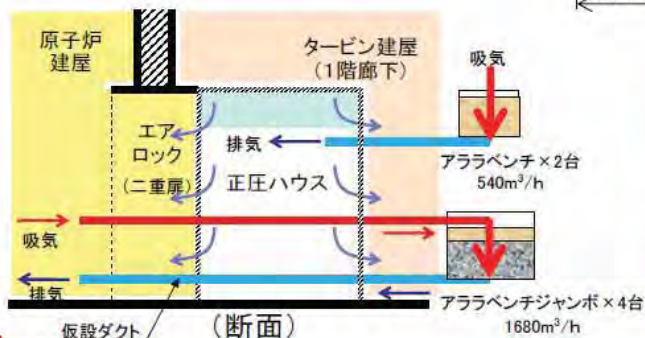
● 局所排風機(アララベンチ)をタービン建屋1階の廊下に設置

● 原子炉建屋北側エアロック前に正圧ハウスを設置

・タービン建屋側から原子炉建屋側に常に加圧した状態で原子炉建屋内の換気を行う



(平面)

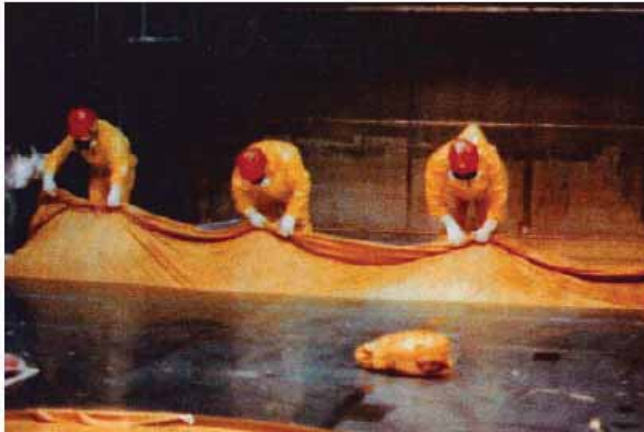
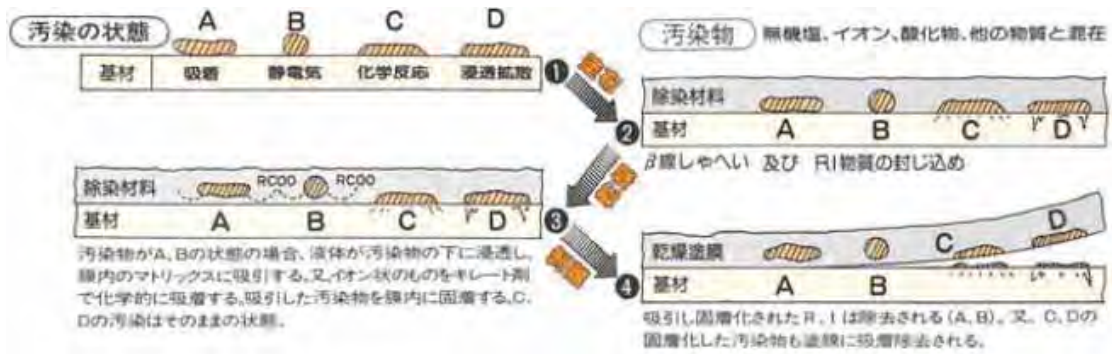


(断面)





# ストリッパブルペイント(アララSD)による除染(30年以上の実績)



- 塗布、剥離作業実績  
 (国内電力定期検査内)
- ・塗布面積: 約300m<sup>2</sup>
  - ・スプレー塗布: 約3h
  - ・乾燥: 約24h
  - ・剥離作業: 約2h



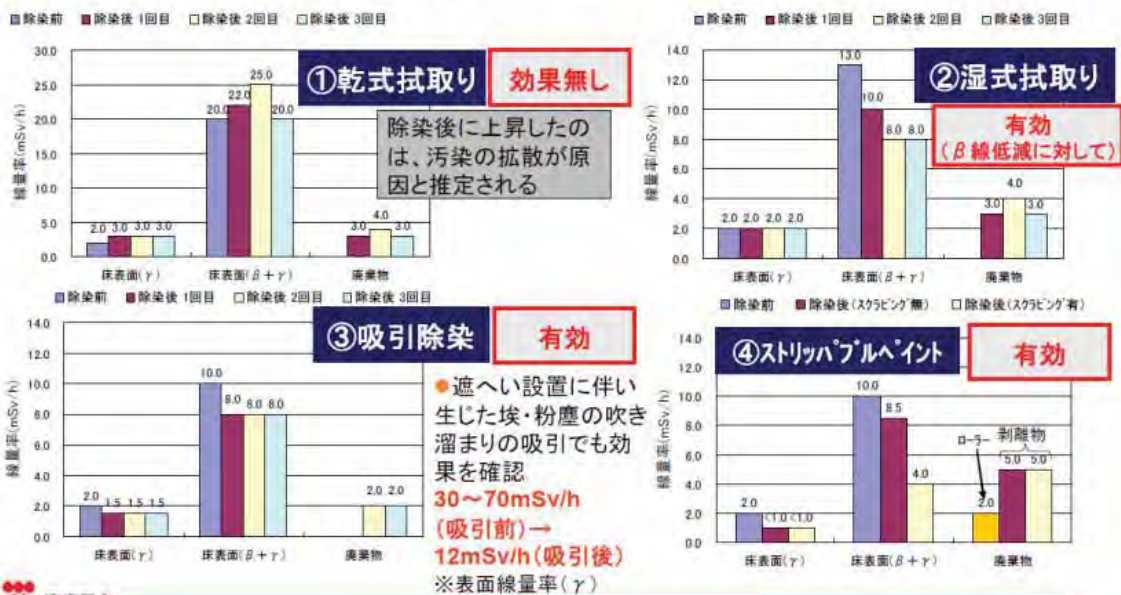
7

# ストリッパブルペイント(アララSD)による除染効果(東京電力発表)

## 5-②. 大物搬入口での除染効果

7

■床面除染に対しては、ストリッパブルペイントが一番有効である。



8

## 福島第一原子力発電所事故後の生活圏フィールド除染 (機械式除染の適用)

エンジン式温水高圧吸水  
洗浄システム



小型高圧路面洗浄車



屋根の遠隔除染



サイクロン方式による吸引機構



芝・農地のターフstriップ工法

## 極限作業場所での高圧吸水洗浄による自走式除染システム



サイクロンテクノロジー



CY5000-J



CY210-J

高圧吸水洗浄装置(製品化済み)



半自動、遠隔自走式イメージ



洗浄前/後 路面状況



一度の走行でムラなく洗浄

洗浄効果の実現

- ◆ 特許取得済みのサイクロンテクノロジーで、45～86cmのサイクロンヘッドにより8.2～27.4 MPa（無段階変圧）で床面や路面等の高圧吸水洗浄を実現します。
- ◆ 高圧水スプレーノズル（2個）を装着した8本のタービンプレードが高速で回転して、カテゴリ4のハリケーンと同等の空気と水の滴を生み出します。
- ◆ 95%までの洗浄水（汚染水）をサイクロンヘッドが直ちに回収する為、新たなウェットバキュームは不要です。
- ◆ 1人の作業者が一度走行するだけで、飛躍的に洗浄作業の生産性が向上します。



# 福島第一原子力発電所廃止措置の放射線環境と放射線防護

予測される環境中の放射性核種

Nuclide	Type
Cs-137	beta/gamma
Sr-90	beta
Co-60	beta/gamma
Ru-106	beta
Pu-239	alpha

Possible spent fuel rod inventory.

福島第一原子力発電所淡水化装置(RO3)からの漏えいについて  
< 参考資料 >  
平成24年12月10日  
東京電力株式会社

■ 線量測定結果:  
 水の表面  $\gamma$ : 0.02 [mSv/h],  $\beta$ : 4.0 [mSv/h]  
 雰囲気線量  $\gamma$ : 0.01 [mSv/h],  $\beta$ : 1.0 [mSv/h]

福島第一原子力発電所 蒸発濃縮装置 漏えい水の海洋流出について  
平成25年12月09日  
東京電力株式会社

[内訳]  
 ストロンチウム89: 7.4 × 10<sup>4</sup>ベクレル/cm<sup>3</sup> (1.1 × 10<sup>10</sup>ベクレル)  
 ストロンチウム90: 1.0 × 10<sup>3</sup>ベクレル/cm<sup>3</sup> (1.5 × 10<sup>10</sup>ベクレル)  
 セシウム134: 1.6 × 10<sup>1</sup>ベクレル/cm<sup>3</sup> (2.4 × 10<sup>6</sup>ベクレル)  
 セシウム137: 2.9 × 10<sup>1</sup>ベクレル/cm<sup>3</sup> (4.4 × 10<sup>6</sup>ベクレル)

被ばく防護上の課題

- ‘ $\alpha$ 核種’に対する粉塵・身体汚染防止対策
- ‘高エネルギー $\beta$ 線’に対する目、皮膚被ばく防護  
Rh-106の $\beta$ 線(3.541Mev)の空気中の最大飛程約15m
- 汚染拡散防止
- ‘ $\gamma$ 線’被ばく線量低減のための除染

実効線量	皮膚	目の水晶体
50mSv/y(1年) 100mSv(5年)	500mSv/y	150mSv/y ↓
ICRPの新たな声明 ICRP REF 4825-3093-1464 対策技術の一分野		50mSv/y(1年) 100mSv(5年)

ストリッププルコーティング技術の適用

## 米国のコーティング技術例(1)

### BETA BLOCK

汚染面からの $\beta$ 線遮蔽

ALARADECON1146を開発した開発者が福島原発内環境改善のため試作



塗膜状況

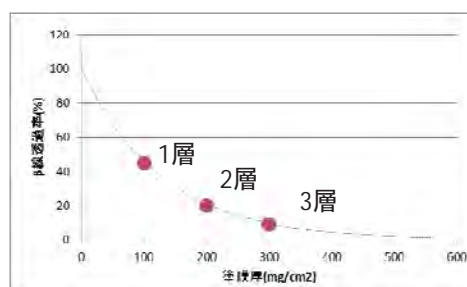
常温水蒸発重合型  
 ゴム状コーティング材  
 Filler BaSO<sub>4</sub> 4.5 g/cm<sup>3</sup>



Sr-90, Y-90からの  
 $\beta$ 線遮蔽効果試験結果



塗膜剥離状況



## 米国のコーティング技術例(2)

# ISOFIX

核テロ (Dirty bomb) 対策として開発  
汚染固定材 (環境用耐候性)



Helipad dust suppression in Richland, WA.



Physical Form	opaque liquid
Color	off white
Specific Gravity, 25°C	0.97
Boiling Point at 40 mm Hg, °C	>100
Flash Point, °C	not applicable

13

## 米国のコーティング技術例(3)

# ISOLOK300

原子炉ウェル等の内面汚染防止  
及び漏水防止



	Value	Units	Test Method
Tensile Strength	2000	psi	ASTM D412
Peel Adhesion	5.0	Lbs/in	Internal
Elongation	500	%	ASTM D412

# ORION

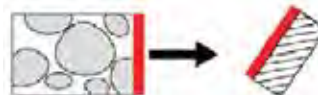
コンクリート面等の除染  
汚染物質との親和性をもつ溶液により汚染を  
分散させ、塗膜内に取り込み剥離



ORION chemistries shift the affinity of the contaminant from the concrete into solution where it is now mobile.



The contaminants are concentrated at the surface of the concrete through the drying process of the ORION coating.



The cured ORION coating is ready to be peeled from the surface, taking along the radioactive contaminant load.

試験例 Cs-137 76% 除去 (EPA報告書)

14



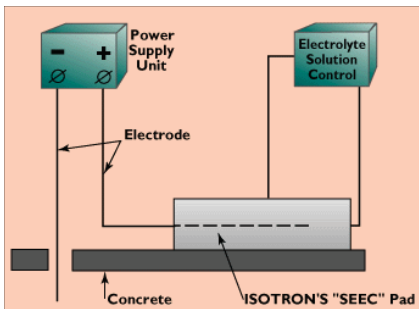
# ELECTROSORB

塗膜を電極とした電気化学的除染



Photo provided by ISOTRON Corporation

The ELECTROSORB "C" technology consists of the SEEC pad and the cylinders that store the contaminants.



Graphic provided by ISOTRON Corporation

The heart of the ELECTROSORB "C" technology is the SEEC pad, where the electrolyte solution contacts the concrete.

適用が考えられる  
機能性材料のコーティングロボット

# MULTICLEANER



## 福島第一原子力発電所廃止措置に対する 日環研からの提案

- 過酷事故に伴う廃止措置にあたって、作業者の放射線防護に関する技術開発は重要であり、総合的かつ専門的な立場からの取り組みが必要である。
- 今後、様々な遠隔技術が開発されるとしても、被ばく防護や汚染コントロールを充分加味したエンジニアリングがなされなければならない。
- 環境は再処理工場並みの防護が求められることを理解する必要がある。
- 核施設の廃止措置に関する研究開発の進んだ米国(ロシア)の経験を積極的に活かすべきである。
- 特に、適用範囲が非常に広いと考えられる米国等の「ストリップابلコーティング」技術の開発評価を進めつつ、福島県内に事業拠点をもち、現場での様々な放射線防護対策に取り組むことのできる日環研をご活用頂きたい。

### セッションⅢ

## 福島県ハイテクプラザの取組について

- 放射線測定事業
  - 県内製造業者を対象に「工業製品の放射線量」と「加工食品の放射能」を測定
  - 風評被害対応、事業者負担軽減、検査の迅速化など
- 成長産業基盤技術高度化支援事業
  - 県内産業のものづくり基盤技術の高度化のための、企業間ネットワーク構築から共同研究まで一体的な支援
  - 「組込関連産業」「新素材利用技術」「微細加工技術」「航空・宇宙産業技術」4研究会運営と可能性試験の実施
  - **(新設)福島県廃炉・除染ロボット技術研究会**
- ハイテクプラザ放射線研究開発事業
  - 「放射性セシウムの除染(物理的、科学的手法による分離・濃縮)方法の開発」
  - 「軽くて使い易い放射線遮蔽材料の開発」
  - 「**放射線を遮蔽するプラスチックの開発**」(H24FS→H25研究開発)

1

### 自己紹介

## 福島県ハイテクプラザ (県の公設試験研究機関)

福島県ハイテクプラザ  
Fukushima Techno Plaza Center



2 2

- ① 県内企業製造業の放射線に関する相談窓口
- ② 県内企業製造による工業製品の放射線量の測定
- ③ 県内企業製造による加工食品の放射能検査成績書への奥書対応
- ④ 県内企業製造による加工食品の放射線核種分析  
(ゲルマニウム半導体検出器型測定装置による)



工業製品の残留放射線量測定  
(GMサーバイメーター)



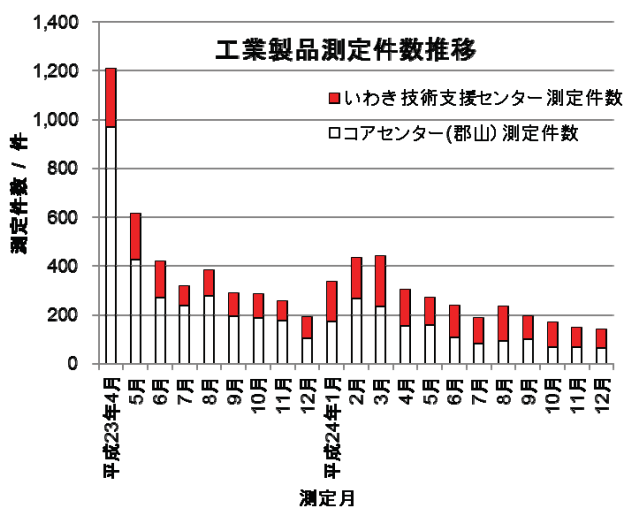
加工食品等の核種分析  
(Ge半導体核種分析装置)

3

## 放射能測定事業の実績 (平成23~24年度12月末 累計)

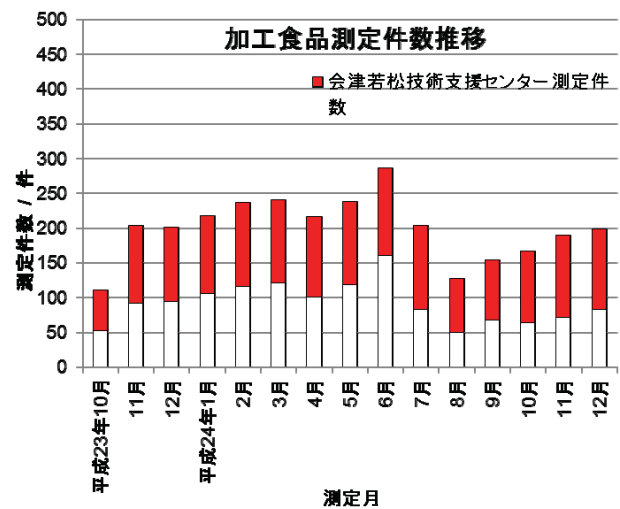
測定件数(検体数)

工業製品の残留放射線量測定



累計 7,076件

加工食品等の核種分析



累計 2,987件

4

## (新)福島県廃炉・除染ロボット技術研究会

### 趣旨

現在、東京電力（株）福島第一原子力発電所の廃止措置に向けては、政府が取り組む、「建屋内高濃度除染技術」及び「格納容器漏洩箇所特定・補修・内部調査に係る技術」の2つの技術開発について、東芝（株）、（株）日立GEニュークリア・エナジー、三菱重工業（株）の国内プラントメーカー3社がベンダーを募集したり、関連する機械・装置開発に係る福島ワークショップの開催により、県内企業への技術エントリーの募集が行われたところだ。

このような動きがある中、福島県内企業においては、今後、メーカーからの発注の他、関連する新たな技術開発が必要とされると見込まれます。

そこで、ハイテクプラザでは、**除染のための遠隔操作装置を含む、「廃炉・除染に特化したロボット開発」に関する各メーカーからの情報や、国、県などからの有用情報の共有化を行い、廃炉のための機器・装置開発等に迅速に対応できる産学官のネットワーク構築を目的として、「廃炉・除染ロボット技術研究会」を発足することとしました。**

研究会会員（H25,2,26 現在）

19名/18社（団体・大学を含む）

### 放射線研究開発事業

#### ハイテクプラザ関連記事

**震災がれきの大谷石**  
県ハイテクプラザが実証  
**セシウム吸着効果**  
減容化や再利用仕組み構築へ  
コスト削減

【福島県】震災がれきの大谷石。県ハイテクプラザでセシウム吸着実験が行われている。左側は実験の様子、右側は大谷石の再利用の様子。

大谷石は、震災がれきの一つ。震災がれきの多くは、セシウムを多く含む。このセシウムを除去し、再利用できるようにする仕組みが、県ハイテクプラザで実証された。実験の結果、セシウムを9割減らすことができた。また、セシウムを除去した大谷石は、再利用が可能であることがわかった。

大谷石は、震災がれきの一つ。震災がれきの多くは、セシウムを多く含む。このセシウムを除去し、再利用できるようにする仕組みが、県ハイテクプラザで実証された。実験の結果、セシウムを9割減らすことができた。また、セシウムを除去した大谷石は、再利用が可能であることがわかった。

大谷石は、震災がれきの一つ。震災がれきの多くは、セシウムを多く含む。このセシウムを除去し、再利用できるようにする仕組みが、県ハイテクプラザで実証された。実験の結果、セシウムを9割減らすことができた。また、セシウムを除去した大谷石は、再利用が可能であることがわかった。



放射線遮る布開発へ

繊維に金属粒子

県ハイテクプラザ 特許応用

カーテンも 年度内に試作品



放射線対策として、放射線遮る布の開発が急務とされている。県ハイテクプラザでは、繊維に金属粒子を配合した布の開発に取り組んでいる。この布は、放射線を効果的に遮断し、人体への影響を軽減する効果が期待されている。また、カーテンにも応用し、年度内に試作品を開発する予定である。

【出典】 福島民報新聞 平成24年5月19日（土）

放射線遮る布開発へ

カーテンに活用目指す

福島県ハイテクプラザ

付着させる。水エッセンスは、繊維の空隙に浸透し、繊維同士を結びつけることで、放射線を効果的に遮断する効果が期待されている。また、カーテンにも応用し、年度内に試作品を開発する予定である。

【出典】 河北新報 平成24年6月23日（土）

放射線遮る布開発へ

カーテンに活用目指す

福島県ハイテクプラザ

付着させる。水エッセンスは、繊維の空隙に浸透し、繊維同士を結びつけることで、放射線を効果的に遮断する効果が期待されている。また、カーテンにも応用し、年度内に試作品を開発する予定である。

【出典】 工務店新聞 平成24年7月10日（火）

放射線遮る布開発へ

カーテンに活用目指す

福島県ハイテクプラザ

付着させる。水エッセンスは、繊維の空隙に浸透し、繊維同士を結びつけることで、放射線を効果的に遮断する効果が期待されている。また、カーテンにも応用し、年度内に試作品を開発する予定である。

【出典】 福島民友新聞 平成24年6月24日（日）

放射線遮る布開発へ

カーテンに活用目指す

福島県ハイテクプラザ

付着させる。水エッセンスは、繊維の空隙に浸透し、繊維同士を結びつけることで、放射線を効果的に遮断する効果が期待されている。また、カーテンにも応用し、年度内に試作品を開発する予定である。

【出典】 読売新聞 平成24年9月3日（月）

放射線遮る布開発へ

カーテンに活用目指す

福島県ハイテクプラザ

付着させる。水エッセンスは、繊維の空隙に浸透し、繊維同士を結びつけることで、放射線を効果的に遮断する効果が期待されている。また、カーテンにも応用し、年度内に試作品を開発する予定である。

【出典】 福島民報新聞 平成24年8月16日（木）

放射線低減する新プラスチック

県ハイテクプラザが開発

カーテンなどに活用

付着させる。水エッセンスは、繊維の空隙に浸透し、繊維同士を結びつけることで、放射線を効果的に遮断する効果が期待されている。また、カーテンにも応用し、年度内に試作品を開発する予定である。

【出典】 福島民友新聞 平成24年8月16日（木）

# 放射線遮蔽プラスチックの開発

株式会社森重製作所  
福島県ハイテクプラザ

9



株式会社 森重製作所

- 汎用から超エンプラまでの射出成形 (PPS, PEEK など)
- 切削や超音波接合の2次加工
- 試作から量産品まで
- 資本金1,000万円、従業員30名
- ISO9001

本社工場 神奈川県藤沢市  
福島工場 福島県本宮市



# 自社開発商品

口腔万能マウスピース 〔青森県産ホタテ貝殻  
抗菌スカロー配合〕

## すかっと君<sup>®</sup>

**舌巻き込み防止弁** （舌巻き込み防止）  
舌巻き込みを防止し、就寝時の気道確保を致します。

**特殊軟質プラスチック**  
くわえ心地と安全性を重視しました。

**スカロー素材**  
抗菌スカローを素材に配合しました。



**イビキ・無呼吸防止** **抗菌作用**

イビキ 口内の細菌を分解、お口スッキリ。



就寝時のいびき・歯ぎしり  
無呼吸症候群を防ぐマウスピース

抗菌作用も兼ね備えた商品  
(防護用マスクなど商品化検討中)

特願2013-3172

11

## 放射線を遮蔽するプラスチック

- 鉛フリーはんだを分散( $\phi 1 \mu\text{m}$ 程度)させたプラスチック複合材料
  - 金属粉末や金属酸化物では無く、鉛フリーはんだを用いる。
  - 長所 \* 機械が摩耗しない \* 樹脂粘度が上がらない  
\* 特許に抵触しない

× 設備投資

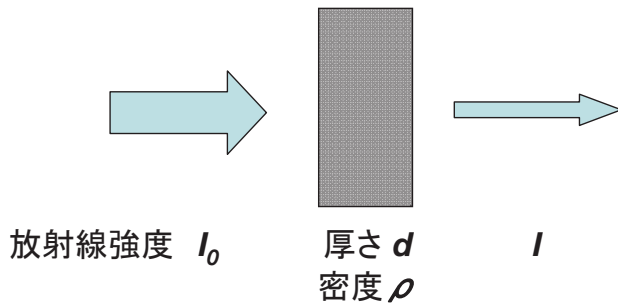
× 成形不良

- 添加量は10vol.%であるが、一般的なプラスチックと、同じ厚さで比較すると、約8倍遮蔽効果がある。
- さらに遮蔽能力を上げるため、30vol.%品を開発する。
- 既存の設備で対応できるので、多くの企業にこの技術を広めていきたい。

12



# X線の透過性



$$I = I_0 \exp(-\mu \cdot d) = I_0 \exp(-\mu_m \cdot \rho \cdot d) \quad (1)$$

$\mu$  : 線吸収係数 (密度  $\rho$  に比例)

$\mu_m$  : 質量吸収係数

一定の波長のX線(エネルギー一定)に対して  
物質ごとに決まった値  
(X線のエネルギーによって値は異なる)

2種類以上の元素を含む物質の質量吸収係数は  
高分子のような化合物であるか複合材料のような  
混合物であるかを問わず、  
構成成分の重量比を  $\omega_i$ 、その物質の質量吸収係数を  $\mu_i/\rho_i$   
とすると、(2)式のように表される。

$$\mu_m = \sum_i \omega_i \left( \frac{\mu_i}{\rho_i} \right) \quad (2)$$

$\omega_i$  合金であれば、それぞれの混合比  
高分子であれば、H, N, C, O etc.  
の元素の混合比

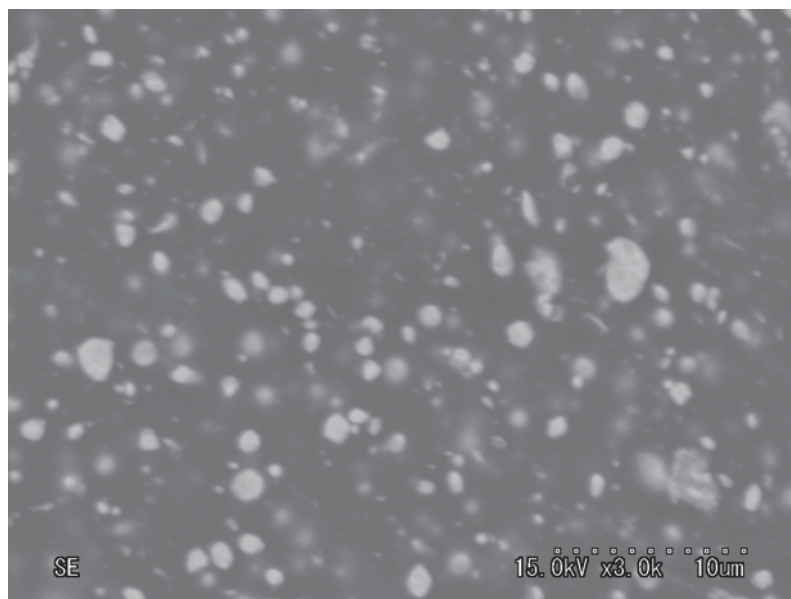
開発のポイント

密度 高く  
板厚 厚く

元素の周期表  
(元素記号の上の数字は原子番号)

族 \ 周期	I A	II A	III B	IV B	V B	VI B	VII B	VIII	IX	X	IB	II B	III A	IV A	V A	VI A	VII A	VIII A	0
1	1 H																		2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
4 (第1長)	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	
5 (第2長)	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	
6 (第3長)	55 Cs	56 Ba	57 <sup>☆</sup> La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	
7	87 Fr	88 Ra	89 <sup>*</sup> Ac																

# 遮蔽材中の金属の分散状態

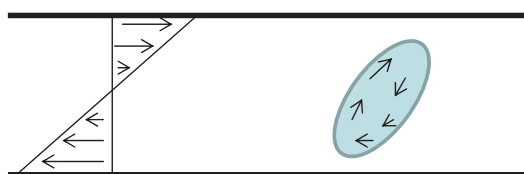


10  $\mu$ m

AS/低融点金属 10vol%

15

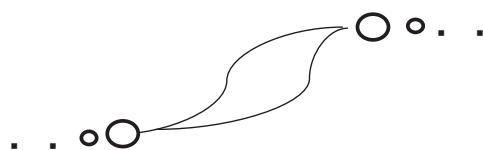
## 微細分散のメカニズム



せん断場における変形

樹脂(高粘度)中の溶融金属(低粘度)は、せん断場の速度勾配により、内部で回転しながら、楕円形に変形する

樹脂が伸長変形する動きに伴い、伸長し端からちぎれ、分散する



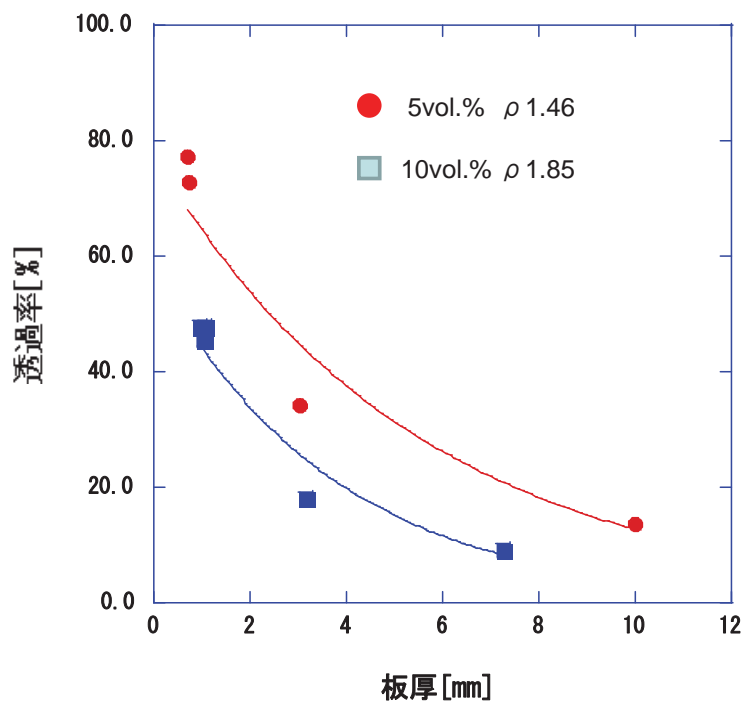
分散のイメージ



光学顕微鏡観察結果

$\phi$  10mmのシリンダーに材料を投入し、 $\phi$  2mmの細管から押し出したもの  $\phi$  2~5  $\mu$ m前後の金属粒子が分散

# 板厚 $d$ と X線透過率 $I/I_0$



樹脂に鉛フリーはんだを練りこんだ試作品の X線遮蔽効果

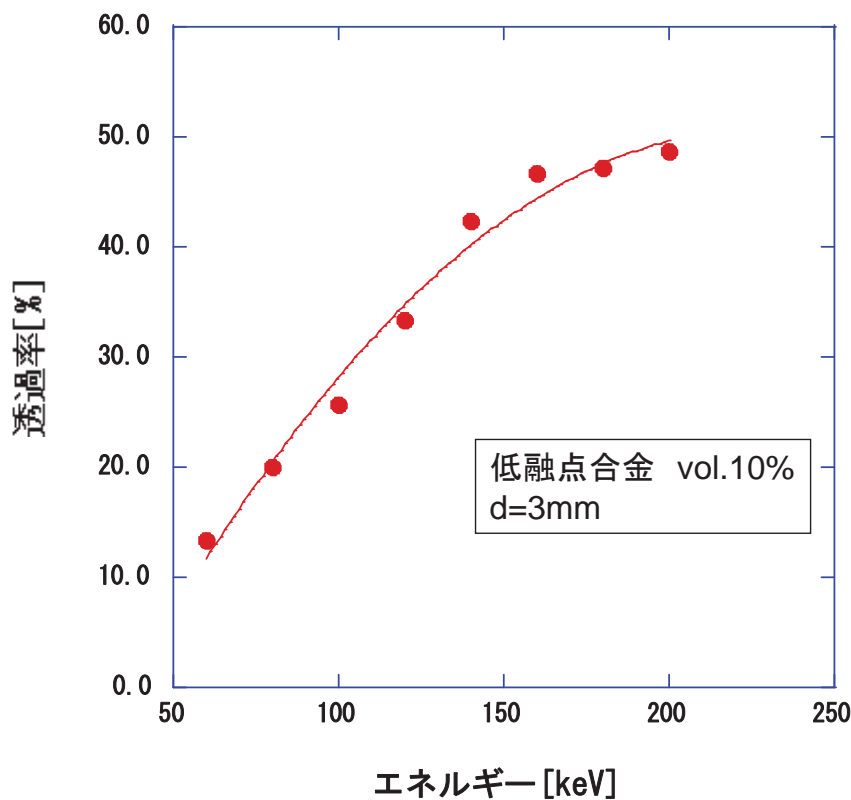
小  
大  
遮蔽効果



X線エネルギー 100keV

$$I = I_0 \exp(-\mu \cdot d) = I_0 \exp(-\mu_m \cdot \rho \cdot d)$$

# X線エネルギーと透過率



低融点合金 vol.10%  
d=3mm

小  
大  
遮蔽効果





## 標準線源を用いた透過率測定

$\gamma$ 線源	セシウム	$^{137}\text{Cs}$	0.662MeV	$9.85 \times 10^5\text{Bq}$	(2012/03/16)
$\beta$ 線源	ストロンチウム	$^{90}\text{Sr}$	0.546MeV	$1.00 \times 10^4\text{Bq}$	(2010/01/06)
$\beta$ 線源	タリウム	$^{204}\text{Tl}$	0.764MeV	$1.00 \times 10^4\text{Bq}$	(2010/01/06)



### 測定装置

島津製作所 Radiation Counter RMS-60  
(一般社団法人 福島放射線総合研究所)

### 透過率測定結果

	Sr	Tl	Cs
試作品 3mm $\rho 1.85\text{g/cm}^3$	15%	30%	81%
Al 0.5mm	30%	35%	84%
Pb 0.5mm	15%	35%	79%

### 東洋紡の商品例

ガンマ線50%遮蔽プラスチックシート

- \* 硫酸バリウム 60mm
- \* タングステン 30mm 19

### 参考文献

- 1、岩倉、佐藤、成形加工'90、P. 111-112(1990)
- 2、野口、中川、エレクトロニクス実装学会誌、377-384、vol.2、No.5(1999)
- 3、野口、成形加工学会誌、238-241、vol.12、No.5(2000)
- 4、特開2003-255081
- 5、特開2003-28986
- 6、特許第4883808号

協力 一般社団法人 福島放射線総合研究所