

廃炉の  
お仕事に  
役に立つ話

「みなさまの製造業への参入をお考えのみなさまへ」



公益社団法人  
福島相双復興推進機構

令和2年1月発行

# はじめに

東京電力福島第一原子力発電所の廃炉作業は30年から40年を要すると見込まれております。廃炉に必要な資金は総額8兆円と試算されており、ここ数年は年間2,000億円規模の費用が投じられております。今後は燃料デブリの取り出し、廃棄物対策などが本格化する段階に入っていくため、相当規模の費用投入が継続していく見通しです。

福島相双復興推進機構（福島相双復興官民合同チーム）は、12市町村の被災地事業者支援のために2015年8月に国、福島県と民間企業が一体となって立ち上げた組織です。これまで5,300もの事業者への訪問、コンサルティング等を実施してまいりました。訪問先の中には既に廃炉関連業務に深く関わっている事業者もいますが、一方で廃炉関連業務に参入する事に関心はあるものの、廃炉ならではの特殊性やどこに相談したらいいかわからないと躊躇する事業者もおります。特に製造業の事業者はその傾向が高い様に見受けられます。

このたび、官民合同チームは、東京電力ホールディングス、福島イノベーション・コースト構想推進機構、福島県ハイテクプラザ、日本原子力研究開発機構の協力を得て、これから新しく廃炉関連部品の製造等、参入を検討している製造業の事業者の皆さまに向けて本パンフレットを作成いたしました。このパンフレットでは、廃炉現場に納入する資機材・製品について、製造・納入・据え付けの各段階で、東京電力や元請企業等から求められることを解説しております。また、廃炉関連産業参入のサポートをする関係機関の情報も記載しております。

本パンフレットをご活用いただき、廃炉関連業務への参入の一助として頂ければ幸いです。



公益社団法人  
福島相双復興推進機構

# 目次

<b>福島第一廃炉の現場</b> .....	<b>04</b>
<b>製造段階や作業現場で求められること</b> .....	<b>06</b>
安全を守るために—関係法令および保安措置の遵守	
<b>製造する</b> .....	<b>07</b>
耐放射線性について	
耐震性について	
品質マネジメントシステム（QMS）について	
<b>搬入する</b> .....	<b>10</b>
<b>現場で据え付ける</b> .....	<b>11</b>
事故を防ぐために—現場作業における注意点	
従事者の健康を守る—1Fの放射線管理	
管理区域で働くまで	
<b>廃炉関連産業参入機会の紹介</b> .....	<b>14</b>

# 福島第一廃炉の現場

## 東京電力ホールディングスから 地域共生に向けてのメッセージ

福島第一原子力発電所(1F)の廃炉作業は多くの地元企業の皆さまに支えられています。そして今後も30年から40年の長期に渡り、地元企業の皆さまの力をお借りしながら、安全・着実に作業を進めてまいります。

### 燃料の冷却

原子炉格納容器内で溶けて固まっている燃料デブリと使用済燃料の温度上昇を防ぐため、注水設備を設置して常に冷却しています。



冷却水用配管の設置



冷却水用ポンプの点検

### 瓦礫類の一時保管

1Fの復旧作業において発生する瓦礫など廃棄物の一時保管に万全を期すためにコンテナにて保管しています。



角型容器

### ロボット技術の活用

1Fでは事故の安定化および廃炉の推進のために、遠隔技術(ロボット)を活用しています。人に代わってロボットが原子炉建屋内の調査などを実施し、その後の作業計画に反映することで被ばくなどの作業リスクの低減に寄与しています。今後燃料デブリの取り出しに向けた各作業において遠隔技術のさらなる活用が見込まれます。



2号機オペフロ内残置物移動・片付け



原子炉建屋内計器点検

### 設備の保守

原子炉の冷温停止を維持するために必要なポンプ・コンプレッサー・発電機および計器類が常に安定して使用できるよう、定期的に点検を実施しています。機器の異常兆候を確認するため、設備診断作業も行っています。

### 各種廃棄物の管理

1Fでは、廃炉作業で発生する瓦礫や作業員の保護具など、放射性物質に汚染された状態の廃棄物が毎日大量に発生しています。木材やタンクなどは細かく切断して容積を減らし、可燃物は放射性廃棄物を処理できる「雑固体廃棄物焼却設備」で焼却します。不燃物は適切に保管する必要があるため、保管情報を管理するシステムの開発および運用も行っています。

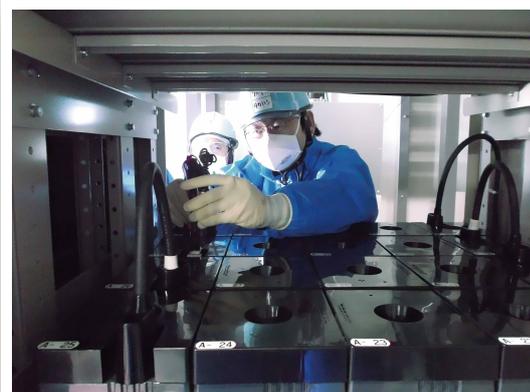


雑固体廃棄物焼却設備の運転保守



不要な木材・ホース類の粉碎

### 電気・計装設備の構築



電源盤の点検

1F内の電気・計装設備の設置工事や信頼性向上のための工事を行っています。

## 凍土方式の陸側遮水壁の設置

地下水が原子炉建屋等に流れ込むことで増加する汚染水の量を減らすため、凍土方式の陸側遮水壁を設置して、汚染源に「近づけない」取り組みを行っています。



凍結管の設置工事



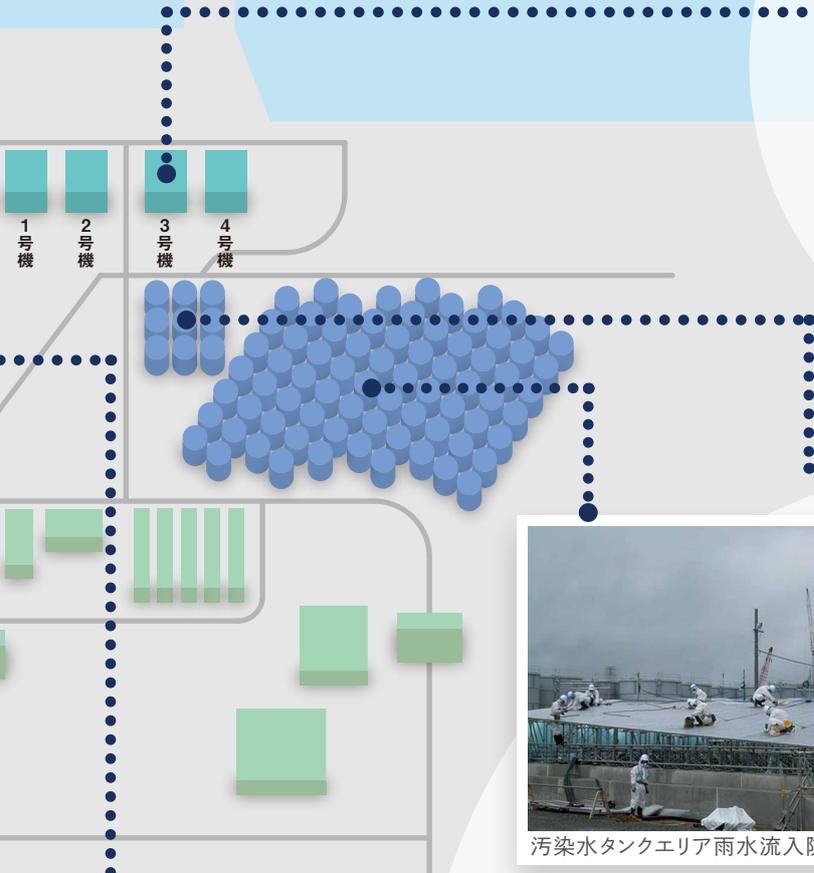
3・4号機陸側凍結管

## 使用済燃料の取り出し

4号機は2014年に使用済燃料プール内の燃料取り出しが完了しました。3号機は2015年に瓦礫の撤去が完了し、2018年に燃料を取り出すための設備の設置が完了しました。現在燃料の取り出しを行っています。 [2019年12月現在]



3号機オペレーティングフロア



汚染水タンクエリア雨水流入防止対策



地下水バイパス一時貯留タンクの点検



高性能多核種除去設備



高性能多核種除去設備操作室

## 汚染水の管理

燃料冷却により日々発生する汚染水の増加を最低限に抑えるため、地下水の汲み上げや汚染水タンクエリアへの雨水流入防止対策などの工事を実施しました。発生した汚染水を浄化する設備や貯留するタンクの運転・保守も行っています。

## 製造段階や作業現場で求められること

廃炉産業へ新規参入を考えている事業者の皆さまが、受注者として実際に元請けもしくは下請けとして製造や現場作業を行う際に次の事項が必要となります。

## 安全を守るために

### 関係法令および保安措置<sup>※</sup>の遵守

皆さまに原子力発電所で日々安全な仕事を行っていただくためには、原子力発電所に関わる全ての人が安全を確保するためのルールを守る必要があります。安全を守るルールは大きく3つあります。

※福島第一原子力発電所特定原子力施設に係る実施計画第III章「特定原子炉施設の保安」に定められている、従来の保安規定に相当する部分

#### 作業手順書

実際に作業を行う上での具体的なルールです。

#### 保安措置

東京電力ホールディングスが定めたルールです。

#### 法令

国が定めたルールです。沢山あり、代表的なものは

- ・原子力施設に関する法律
- ・労働安全確保のための法律です。

**3つのルールを遵守して安全確保に努めなければなりません**

# 製造する

## 設備機器や製品を納入するためには

1Fへ納める製品を造る時は、必要に応じて耐放射線性があること・耐震構造であること・品質マネジメントシステム(QMS)等の諸条件を満たさなければなりません。

## 耐放射線性について

### 放射線の影響

機器やその機器を構成する材料へ多量の放射線が当たると、その部品に劣化を生じさせたり機器の一時的な誤動作を発生させる可能性があります。

1Fの廃炉作業で必要となる製品は、事故に伴う放射線量が高い作業エリアで使用される場合があるため、放射線の影響による機器の故障や、使用している部品が劣化することがないように使用箇所に応じた放射線に耐える性能が求められます。

なお、実際に耐放射線性を考慮する必要がある場合は、別途製品の購入仕様書に詳細が記載されます。

以下の特性の低下が見られます



材料強度

電気絶縁性



耐熱性

透明性



柔軟性

## 放射線の影響により劣化する材料として 以下の部品が挙げられます



半導体・電子基板



ゴム製品



プラスチック製品



電気絶縁材



シール・パッキン材



塗料

# 耐震性について

## 耐震の必要性

原子力の安全確保の考え方として、原子力施設で事故を起こさないためには、未然に異常を防止することが重要です。また、地震、台風、高潮、津波といった自然災害に耐えられるよう、十分な対策を講じる必要があります。

東日本大震災などと同様の大規模地震が起きた際に、その影響を受けて簡単に破損しないような耐震性が求められます。

## 耐震性が求められるもの

基本的には地盤、建屋基礎部、建屋構造物、重要設備に耐震性が求められますが、改造や増設に伴う設備機器の設置においても、基礎構造物やボルトのせん断応力、引張応力値などで耐震設計が求められる場合があります。

なお、実際に耐震性を考慮する必要がある場合は、別途製品の購入仕様書に詳細が記載されます。

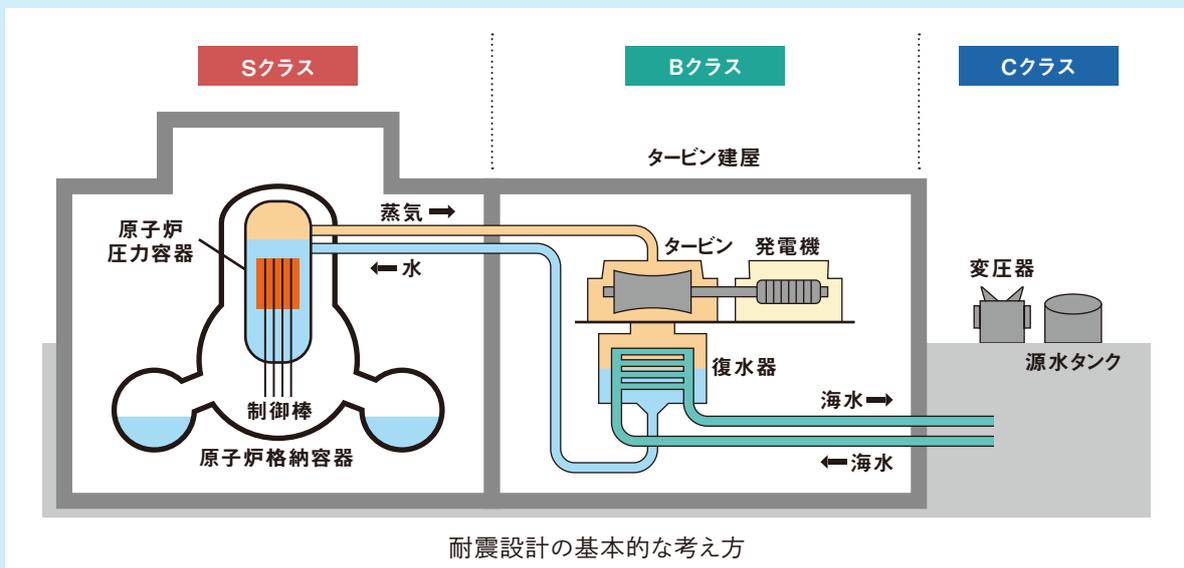
耐震設計は、原子力発電所の建物や設備の重要度に応じてSクラス・Bクラス・Cクラスの3段階に分けられます。

※「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」H18年度版による

重要度分類	Sクラス	Bクラス	Cクラス
主な設備 (BWRの場合)	原子炉格納容器 制御棒	タービン設備 廃棄物処理系	発電機、変圧器 源水タンク、循環水系
考慮すべき 地震力 (機器・配管の場合)	一般建築物のおおよそ 3倍※1※2	一般建築物のおおよそ 1.8倍	一般建築物のおおよそ 1.2倍

※1 厳密には基準地震動Ssを用いる。Ssとは原子力発電所や核燃料関連施設で用いる、模擬計算によって作られた地震のゆれの大きさのことで一般建物の設計で考慮する地震力の3倍ほどの力に対しても耐えようとする想定されている。

※2 非常用炉心冷却系は3.6Ci / 1.2Cvを用いる。3.6Ciとは建築基準法により計算された層せん断力係数Ciに、さらに係数を乗じたもので3.6Ciだとおおよそ一般建築物の3.6倍の地震力という事になる。Ciとは水平方向の揺れを指す。1.2Cvは鉛直震度に係数を乗じたものを指す。



# 品質マネジメントシステム (QMS) について

## QMSとは

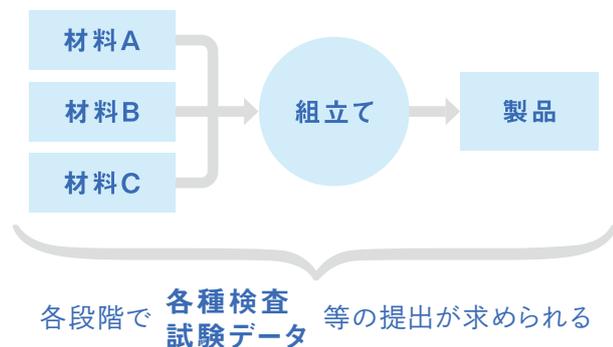
QMSとはQuality Management Systemの略称で「品質マネジメントシステム」と訳します。ISOという国際規格が定義した用語です。組織全体がISO 9001に沿った統一的な仕組みに基づいてシステムチックに仕事を進め、品質を確保する必要があります。

### JEAC/JEAG

原子力の分野における品質保証は他の産業と比べて特殊かつきめ細かなものが求められます。原子力規格委員会では電気技術規程JEAC、電気技術指針JEAGを扱っており、東京電力の要求する仕様にも盛り込まれています。

## QMSの必要性

1Fへ製品を納める際は、その製品の仕様書に記載されている品質要求事項を満足している必要があります。このため、製品を作る際、要求事項によっては使用した材料から製品の組立時および完成時までに実施する各種検査や試験データなどの提出が求められると共に受注者の品質マネジメントシステムも求められます。



これは、事業者が適切な品質保証に関するルールに基づき計画的・体系的に保安活動を行うことが必要であると共に、規制当局が検査を行う際にも、事業者が原子力安全・保安活動全体にわたって一定の信頼性・整合性を保っていることの確認が可能になるからです。具体的には別途仕様書等に詳細が記載されます。

## 製品調達時の仕様書の内容

製品の調達を行う際、その製品の仕様書には詳細な要求事項と受注者の業務実施状況を適切に管理する項目が記載されています。基本的には各種要求事項に対するデータや図面、図書類を作成・管理し、発注者へ提出する必要があります。

## 例として以下のような要求事項や提出書類があります

### 要求事項

品質マネジメントシステムに関する要求事項

トレーサビリティ<sup>※1</sup>に関する要求事項

試験・検査<sup>※2</sup>に関する事項

※1 トレーサビリティとは、製品等の履歴、適用又は所在を追跡できることを指す。

※2 製作工場又は発電所において設計の妥当性確認を含む試験・検査を実施

### 提出書類

品質保証計画書

作業要領書

試験・検査要領書

- ① 対象機器名、試験・検査項目、適用法令、基準、規格
- ② 試験・検査装置仕様、試験・検査の方法、手順、記録項目
- ③ 作業記録、作業実施状況、検査データの確認時期、頻度、判定基準
- ④ 試験・検査成績書、測定機器・測定装置の校正記録、検査員の資格

報告書、取扱説明書、手順書、製品図面、展開接続図など

# 搬入する

## テロ防止の取り組み—核セキュリティについて

1Fではテロを防止するため特殊なルールが設けられています。ルールの中心となるのが核セキュリティ（核物質防護）です。核セキュリティに基づき、搬入の際には下記のルールを守る必要があります。

**許可された人以外の入構不可。  
立入許可証、車両通行許可証は  
必須です。**

構内では立入許可証を常に提示する必要があります。また業務車両以外の構内乗り入れは原則禁止です。

もし立入許可証・車両通行許可証を紛失した場合、警察・原子力規制庁へ報告をしなければなりません。各許可証の厳重な管理が求められます。



**危険物の持ち込みは、事前申請・  
承認が必要。不要な物品の持ち  
込みは出来ません。**

入構時に手荷物検査があります。指定以外の携帯電話の持ち込みも禁止です。凶器については場合により通報する事があります。



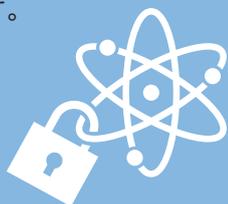
**発電所敷地内は勝手に撮影でき  
ません。事前の許可が必要です。**

許可を受け撮影した場合、退出する際に警備員が画像の確認をします。



### 核セキュリティとは？

核セキュリティとは、安全を常に最優先に行動するという基本方針のもと原子力の安全確保を担保する重要な三本柱（原子力安全、核セキュリティ、核不拡散）のうちの1つです。



### 現場で不審物を発見したら…

- ・ 触らない
- ・ 近づかない
- ・ 東京電力に連絡する

上空にドローン等あやしい物が飛行している時も「触らない・近づかない・東京電力に連絡する」の原則に沿った行動をして下さい。発電所上空は飛行規制区域です。



# 現場で据え付ける（1）

## 事故を防ぐために—現場作業における注意点

1Fでは作業現場における災害撲滅のための安全ルールがあります。とくに火気作業、危険物取扱作業においては火災を防止するための決め事があり、現場従事者はこれを守る必要があります。

### 1F安全のための主な基本ルール

- あいさつ、声のかけあい、指さし呼称を行う。身だしなみを整え、周囲の整理整頓を徹底する。階段では手摺を使用し、構内道路は安全に運転する。
- 安全帯、安全保護具を着用する。定期検査・使用前点検を行う。  
工具類はすべて使用前点検を行います。  
重機類は定期検査を行い、使用前に点検・動作確認を行います。
- TBM-KY<sup>※</sup>は全員参加で行う。  
体調チェックも行います。夏場は水分塩分の摂取や保冷剤着用を促します。  
※TBM(ツールボックスミーティング)-KY  
…作業前に行う危険予知訓練のこと
- 作業前に区画・養生を行う。危険箇所には注意喚起を行う。受電部の検電を行う。空気環境測定を行う<sup>※</sup>。 ※酸素欠乏危険場所において作業を行う場合
- 作業手順を事前に作成し、東京電力の確認を受ける。確認を受けた作業手順を必ず守る。
- 工具は正しく使用する。人力運搬は25kg以下を守る。酸欠や中毒の恐れのある場所は十分換気する。転倒に注意する。
- 熱中症を防止する。体調不良を感じたらすみやかに周囲に伝えER(救急医療室)で受診する。  
WBGT<sup>※</sup>値が31℃以上の時と、7月～8月の14時～17時の屋外作業は原則作業中止です。  
※WBGT…暑さ指数。気温とは異なる。

### トラブルが発生したら…

トラブル発生時は東京電力に連絡する。災害情報は全員が共有する。

### 火災防護の原則

#### 可燃物の徹底排除

必要以上の可燃物の持ち込み禁止  
可燃物は不燃シートで覆う  
危険物取扱作業との混在作業厳禁

#### 火気養生の徹底

#### 火気監視の徹底

#### 保護具を着用する



### 危険物取扱い作業の防火原則

#### 着火源の徹底排除

火源の排除  
火気作業との混在作業は厳禁  
防爆構造電気機械器具使用  
移動電線、接続部の状態を点検  
着火源を携帯しない  
静電気対策



火源の排除ヨシ!



計画以上の危険物の持ち込み禁止

#### 必要最小限の持ち込み

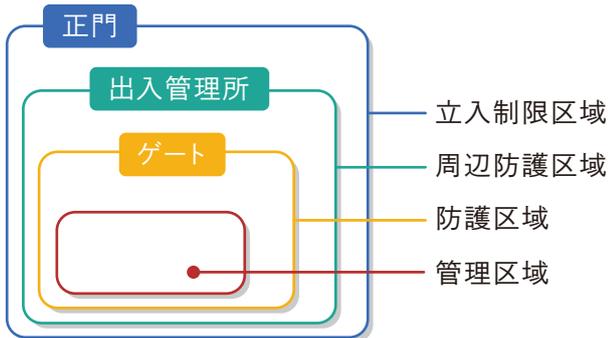
#### 通風・換気の徹底



# 現場で据え付ける (2)

## 従事者の健康を守る—1Fの放射線管理

通常の原子力発電所では核セキュリティのため厳重な管理を実施し、発電所構内を立入制限区域として防護柵で囲い、正門で入構者・入構車両のチェックをしています。そこから周辺防護区域、防護区域を経て管理区域へ入域します。



通常の原子力発電所の区域管理

一方、1Fでは震災後に大規模な放射性物質の放出があったため、立入制限区域を管理対象区域（管理区域と同等の管理が必要となるエリア）と定めて管理しています。現在は放射性物質によって汚染された物の表面汚染密度および空気中の放射性物質濃度により、G(グリーン)ゾーン、Y(イエロー)ゾーン、R(レッド)ゾーンの3つにエリアを区切り、放射線管理仕様書に応じた保護衣・保護具を着用します。現在、管理対象区域の96%がGゾーンに指定され一般作業服により作業を行っています。

### 放射線防護の基本事項

- 所定の出入口を経由する
- 所定の保護衣・保護具を着用する
- 線量計等、必要に応じた測定器を着用する
- 身体および身体に着用している物および携行品について汚染検査を行い、基準値を満足していることを確認のうえ、出入管理箇所より退出する
- 作業上必要としない物品等は、持ち込まない。また、物品等を持ち出す場合は、出入管理箇所において汚染検査を行い、基準値を満足していることを確認する
- 飲食・喫煙等は、「汚染のおそれのない管理対象区域」の所定の場所にて行う
- 身体の調子が悪いときは、管理対象区域に入域しない
- 不測の事態が発生した場合は東京電力の指示に従う

なお、1Fで新たに働く場合は事前に必要な教育を受けたのち働くようになります。



# 管理区域で働くまで

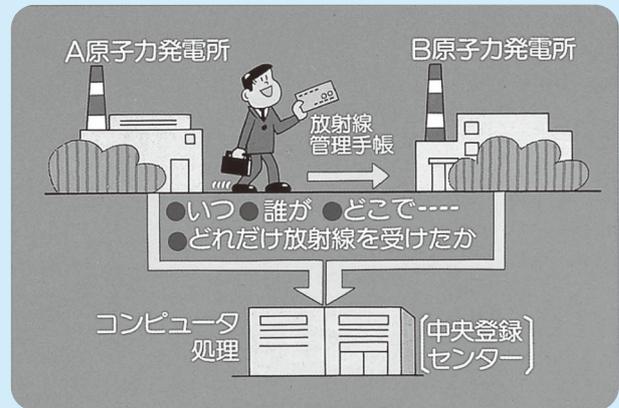
管理区域で働くためには、放射線作業従事者の登録をしなければなりません。健康を守るため、いくつかの手順を踏む必要があります。

## 1 中央登録制度

管理区域内で働くには、まず中央登録センター※に登録し、放射線管理手帳の発行を受ける必要があります。中央登録センターでは、原子力施設で働く人の被ばくの記録・保管・照会を行っています。

放射線管理手帳には従事者のいろいろな記録が記載されています。他の原子力発電所で働く場合にも必要になるため大切に扱う必要があります。

※(公財)放射線影響協会放射線従事者中央登録センター



## 2 健康診断

作業を始める前およびその後は、定期的に次の2種類の健康診断を実施することが法令により義務づけられています。

- ①一般健康診断（定期：6か月以内）
- ②電離放射線健康診断（定期：6か月以内）



## 3 放射線防護教育（特別教育）

管理区域内での作業を安全に行うためには、放射線防護教育（特別教育）を行わなければなりません。\*

※関係法令（安衛法第59条第3項、安衛則第36条28の3、電離則第52条の7）

<b>a教育</b> (2時間)	<b>基礎的知識</b>	核燃料物質に関する知識 電離放射線の生体に与える影響
<b>b教育</b> (4.5時間)	<b>実務的知識</b>	作業の方法に関する知識 設備等の構造および取扱いに関する知識
	<b>関係法令</b>	原子炉等規制法 放射線障害防止法 労働安全衛生法
	<b>1F新規入場者教育</b>	1F入域・退域手順 遵守事項
	<b>除染等業務等特別教育</b>	東京電力作業のうち除染電離則に対応する知識

# 廃炉関連産業参入機会の紹介

公益財団法人

福島イノベーション・コースト構想推進機構

<https://www.fipo.or.jp/>



## 地元企業の廃炉関連産業参入を支援するマッチングの実施

今後、30年、40年続くと言われる1F廃炉作業において、福島県内の企業が受注、研究・開発等で参入、参画するきっかけとなる取組として東京電力等発注企業の協力を得て、マッチング会を開催しております。

その他、マッチング会に馴染まない、特殊技術や特異な分野での廃炉に携わる企業やJAEA・IRID等研究機関からの個別マッチング依頼に対し、適切なパートナーとなり得る県内企業を抽出し、紹介するなどの取組を関係支援機関と連携し行っております。

<マッチングイメージ>



## 廃炉関連企業等から廃炉業務を学ぶ「廃炉スタディーツアー」の開催

2020年度より廃炉関連産業への参入関心のある企業を対象に、廃炉業務の現場等を学ぶツアーを開催予定。

東京電力等発注企業・JAEA等研究機関の他、実際の作業を請け負っている企業等から、生の声を聴き、業務上求められる安全管理体制、技術等を知ることを目的としています。



# 福島県廃炉・災害対応ロボット研究会 (事務局 福島県ハイテクプラザ)

<http://www4.pref.fukushima.jp/hightech/index-pc.html>



福島県が平成29年度に設立した「ふくしまロボット産業推進協議会」の内部組織として、これまでの「福島県廃炉・除染ロボット技術研究会」の活動を継承し、県内企業の1F廃炉・除染分野への参入を支援するとともに、災害対応分野への技術展開を目指して、各種取組を行っています。

展示実演会の主催や関連展示会への出展、技術セミナーやマッチング会開催等の活動を通じて、県内企業と関連企業・機関とのネットワーク構築や技術マッチングを支援しています。

設立	平成29年5月22日 ※前身の福島県廃炉・除染ロボット技術研究会は平成25年6月18日
事務局	福島県ハイテクプラザ
会員数	107機関 [令和元年11月末現在]
会員受注件数	31件 ※平成25年から

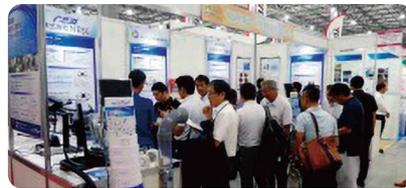
## 展示実演会の主催

廃炉や災害対応分野に携わる関係者に対して研究会会員や大学等のロボットの実演、関連する技術・製品の展示等による情報発信を実施



## 関連展示会への出展

全国規模の展示会に研究会会員とともに出展し、研究会会員の技術・製品の展示等による情報発信を実施



## 技術セミナーやマッチング会の開催

廃炉・災害対応分野の最新情報の提供や廃炉に携わる企業に対する自社技術のプレゼンテーション、個別商談会を実施



個別技術課題の発注情報に応じたマッチング機会の創出や、コーディネータによる個別支援も行っております

# 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構(JAEA) 廃炉国際共同研究センター (CLADS)



CLADSにおける研究では、精密加工、真空容器製造、アルマイト処理、脱脂洗浄等の加工技術や、電気電子回路設計製作等の技術が必要となっています。これまでに、福島県浜通り地域の地元企業と連携して放射線源の位置推定が可能な小型軽量コンプトンカメラを載せた遠隔放射線イメージングシステムを開発し、広いエリアの放射性物質分布の3次元可視化に成功しました。

## ● BWR 炉燃料破損メカニズムの解明

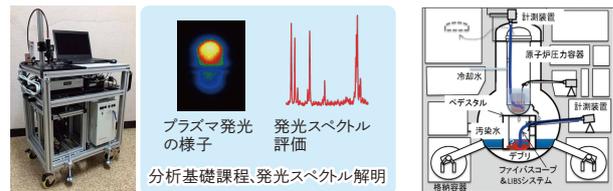
実施内容：制御棒ブレード破損試験、被覆管材の急速昇温試験  
期待成果：制御棒ブレードやチャンネルボックスの破損メカニズムの解明とモデル化、炉内状況把握への知見提供



試験後、制御棒ブレードの完全な溶解は無く、上部の溶解物が下部で凝固し、チャンネルボックス間のすき間を閉塞していました。

## ● レーザー遠隔分析技術に関する研究

実施内容：分光分析原理の検証  
期待成果：核燃物質を用いた実証研究への反映

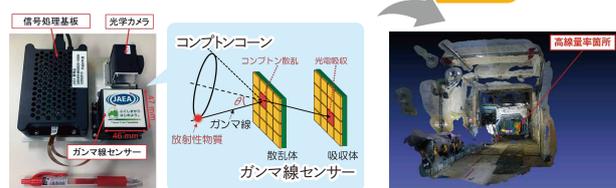


可搬型遠隔分析装置開発

炉内現位置での組成分析への適用

## ● 放射線可視化検出技術に関する研究

実施内容：密封線源による基本動作確認  
期待成果：可視化センサの小型高性能化



小型高分解能のセンサー開発

可視化

放射線イメージング

JAEAの契約や入札の情報に興味をお持ちの企業の方へ

[https://www.jaea.go.jp/for\\_company/supply/](https://www.jaea.go.jp/for_company/supply/)



遠隔操作機器の開発実証に興味をお持ちの企業の方へ

<https://naraha.jaea.go.jp/use/flow.html>



福島県遠隔技術開発センター



公益社団法人  
**福島相双復興推進機構**  
(福島相双復興官民合同チーム)

## お問い合わせ

contact

 **024-502-1117**

受付 9:00 ~ 17:00 (土日祝日・年末年始除く)



〒960-8031  
福島県福島市栄町6-6 NBFユニックスビル4階  
公益社団法人 福島相双復興推進機構  
(福島相双復興官民合同チーム)  
<https://www.fsrt.jp/>

©2020 公益社団法人 福島相双復興推進機構 (福島相双復興官民合同チーム) | 写真提供: 東京電力ホールディングス株式会社ほか



ふくしまから  
はじめよう。



この印刷物は、復興支援の一環として、福島県の印刷会社に製造を依頼し発行したものです。

フェイスブックも  
開設しております



<https://www.facebook.com/kanmingoudouteam/>