

学ぼう！
考えよう！

東京電力福島第一原子力発電所

.....
廃炉と未来

HAIRO
MIRAI



はじめに

2011年3月11日、東京電力福島第一原子力発電所で事故が起きました。

これまでの期間で、「廃炉」に向けた取組は一步一步進められていますが、その状況をよく知らない人も多いのではないのでしょうか。また、特に若いみなさんの中には、事故当時のことを知らない、覚えていないという人もいるかと思います。

現代に生きる私たちにとって、事故による記憶と教訓を風化させないこと、福島の復興及び再生の姿を正しく知ることは大切です。この本を手にとったことが、「廃炉」に対する理解を深めるための一助になるとともに、福島の未来を考えるきっかけになれば幸いです。

もくじ

あの日福島で起こったこと P3

⋮

1 廃炉について P5

⋮

2 廃炉作業 P13

⋮

3 ALPS処理水とは P23

⋮

4 安全性の評価と対策 P31

⋮

福島の今と私たちにできること P37

知ることが、復興の力になる P41

資料集 P43



あの日、 福島で起こったこと

2011年3月11日14時46分、
三陸沖の海底を震源とする
M9.0の地震が発生しました。



東京電力福島第一原子力発電所は、
地震発生から約50分後には、
高さ約13メートルの津波に襲われ、
原子炉を運転・制御するための電源が喪失し、
冷却システムが停止しました。
原子炉が冷却できなくなったことで燃料の溶融に至り、
さらに、燃料の溶融の過程で発生した大量の水素ガスにより、
水素爆発が起こりました。
こうして、多くの放射性物質が環境中に
放出されることとなりました。

1

廃炉について

まずは、廃炉の基本について学んでいきましょう。



原子炉建屋の状況

1号機



事故当時



現在

燃料取り出しに向け、ダストの飛散防止のために建屋をすっぽり覆う大型のカバーを設置しています。

2号機



事故当時



現在

燃料取り出しに向け、南側に構台を設置しています。

※ 2号機では、原子炉建屋上部側面のパネルが1号機の爆発の衝撃で開いたため、水素が外部へ排出され、爆発を免れたと考えられている。

3号機



事故当時

2019年に燃料取り出しを開始し、2021年2月に、燃料デブリが残る号機としては初めて燃料取り出しが完了しました。



現在

4号機



事故当時

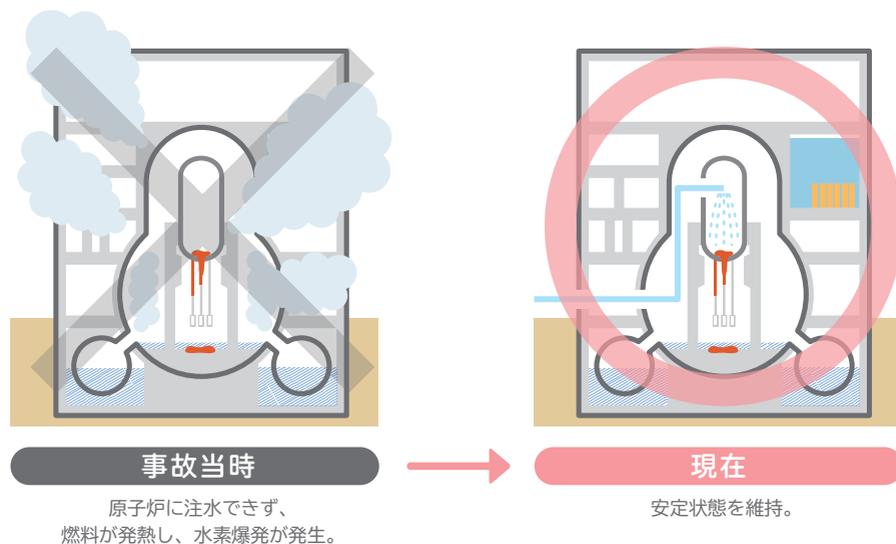
2013年11月に燃料取り出しを開始し、翌年2014年12月に全ての燃料取り出しが完了しました。



現在

原子炉の 現在の状態

2011年12月にすべての号機で冷温停止状態を達成し、現在まで安定状態を維持していることから、**再び事故が発生する可能性は限りなく低い**といえます。万が一原子炉内の燃料が再臨界したとしても、核分裂を抑える設備を整備しており、十分な対応が可能です。



用語解説

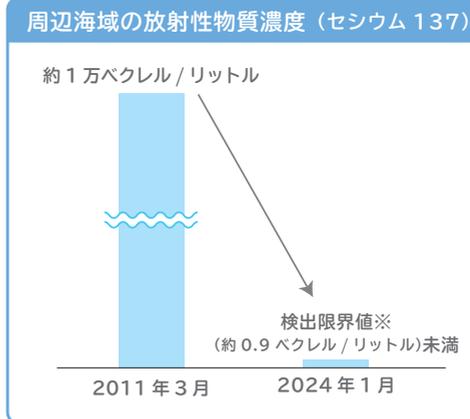
- 冷温停止状態** 原子炉の圧力容器底部の温度がおおむね 100℃以下になり、放射性物質の放出が管理され、冷却システムの中期的安全が確保できるようになっている状態。
- 臨界** 核分裂が連鎖的に持続している状態のこと。原子力発電所では原子炉内でこの連鎖反応を一定のレベル（出力）で維持しながら発電を行っている。

周辺への影響

海

周辺海域の水質は大きく改善しており、世界的な飲料水の水質基準を十分に満たしていることが確認されています。

- ※周辺海域の放射性物質濃度は、南放水口付近のセシウム137の値
- ※世界的な飲料水のセシウムの水質基準は 10ベクレル/リットル



大気

敷地境界において測定している空気中の放射線量は十分に低下し、安定した状態となっています。

- ※福島第一原子力発電所の敷地境界にあるモニタリングポスト（MP. 5）の測定結果の月平均値の推移



- ベクレル (Bq)** 1秒間に出る放射線の数を表す単位
- シーベルト (Sv)** 放射線の人体へ影響度を表す単位 (mSv = ミリシーベルト)
- 放射線** 高いエネルギーをもった高速の粒子（電子など）や電磁波のうち波長が短いもの
- 放射性物質** 放射線を出す物質
- 放射能** 放射線を出す能力

廃炉とは

安心して暮らせる環境を取り戻すため、
周辺の住民や環境へのリスクを下げ、
原子炉施設の解体を進めていく、福島
の復興の大前提となる取組です。



構内の作業員 |

現在、福島第一原子力発電所構内では1日4,000人程度の人が働いています。構内の放射線量は大幅に低下し、現在、約96%のエリアで一般作業服での作業が可能になっています。

防護服



軽装備化が
実現

一般
作業服



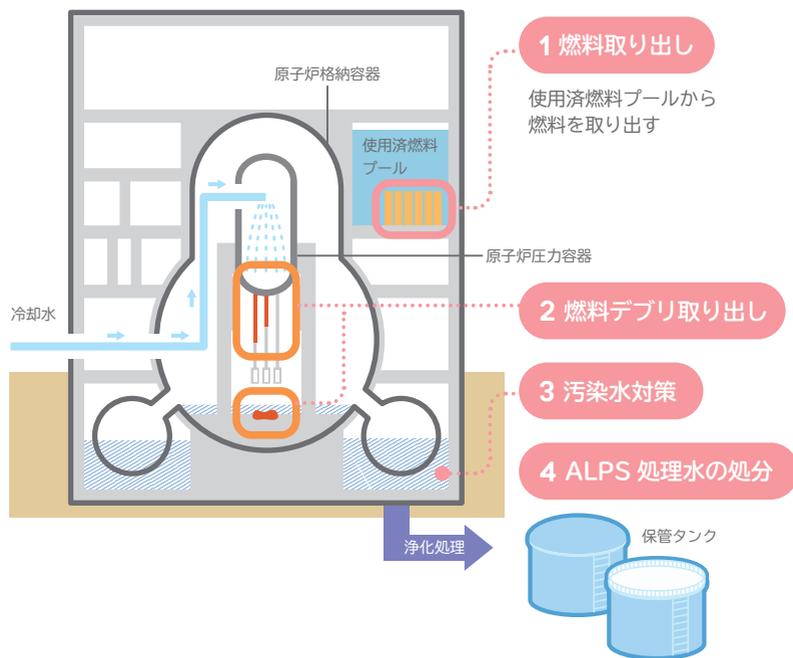
構内のおよそ
96%



廃炉の主な作業

廃炉の主な作業は、
次の5つです。

- ① 燃料取り出し
- ② 燃料デブリ取り出し
- ③ 汚染水対策
- ④ アルプス
ALPS 処理水の処分
- ⑤ 廃棄物の処理・処分 /
原子炉施設の解体等



廃炉全体の工程

30 ~ 40 年かけて安全、着実にやっていきます。



※燃料デブリの試験的取り出しのために必要となるロボットアームの開発状況等踏まえ、遅くとも2024年10月頃を見込む。

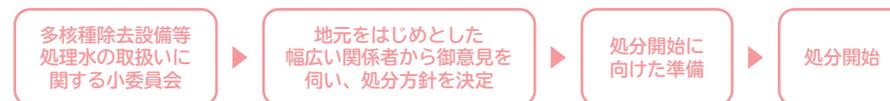
① 燃料取り出し



② 燃料デブリ取り出し



④ アルプス ALPS 処理水の処分



⑤ 廃棄物の処理・処分 / 原子炉施設の解体等



2

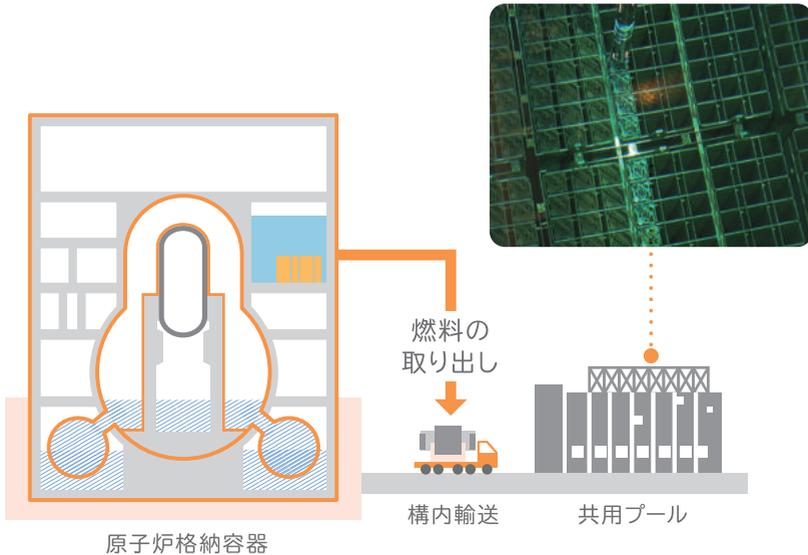
廃炉について



つづいて、廃炉作業では具体的に
どんなことを行っているのか学んでいきましょう。

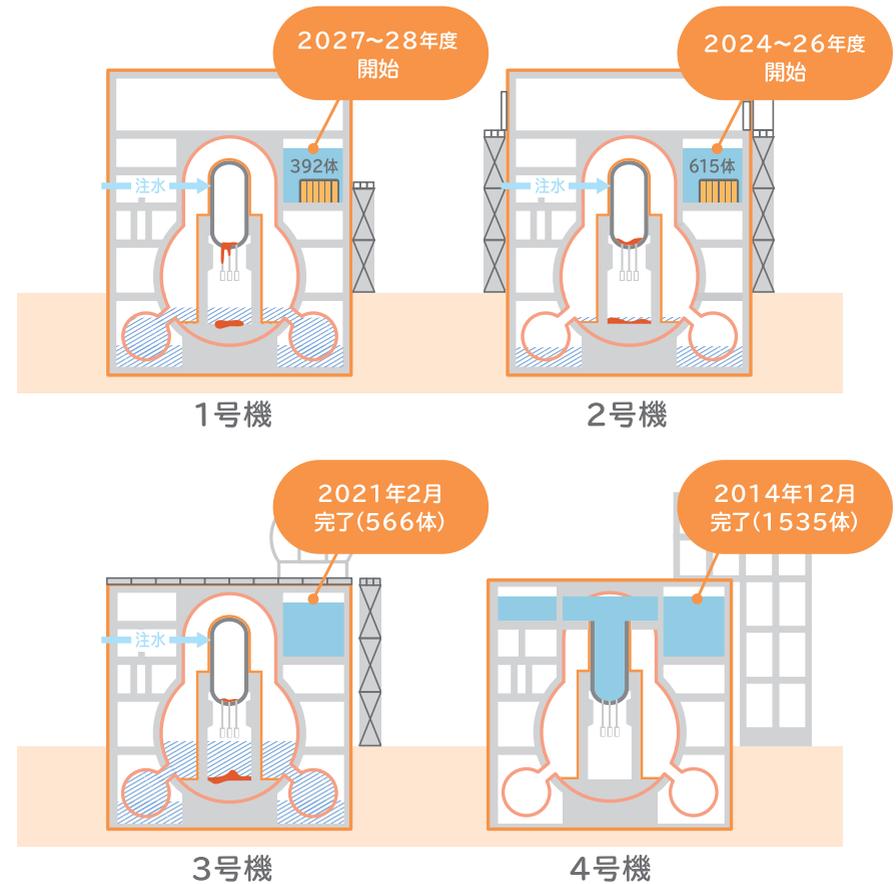
燃料取り出し

原子炉建屋の中には、燃料が残っています。これらによるリスクを低減するため、燃料が収納されている各号機の使用済燃料プールから回収し、構内の共用プールに運搬しています。



各号機の燃料取り出し状況

3・4号機で全ての燃料の取り出しが完了。他号機でも取り出しに向けた作業を進めています。

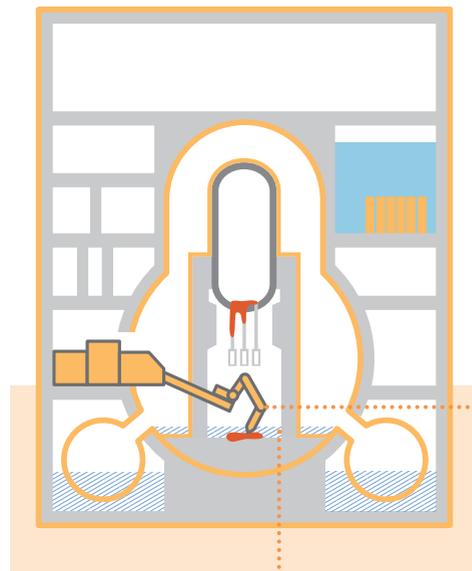


5・6号機

1・2号機における取り出しの進捗状況を考慮しながら順次進めていきます。

燃料デブリ取り出し |

燃料デブリとは、原子炉内部にあった燃料が溶け、さまざまな構造物と混じり合いながら固まったものです。その取り出し作業は、廃炉において最も困難な作業の1つ。現時点で、福島第一原子力発電所に存在する燃料デブリの総量は、880トンと推定されています。国内外の叡智を結集しながら、まずは試験的取り出しの開始に向け、準備を進めています。



イメージ図



試験的取り出し用のロボットアーム



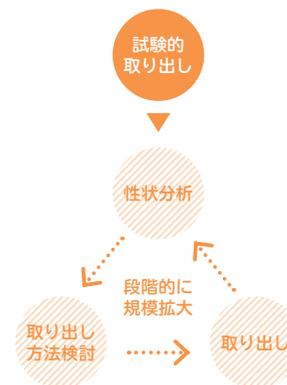
2019年2月2号機にてロボットが燃料デブリと思われる堆積物の持ち上げに成功



2023年3月1号機にて水中ロボットが原子炉格納容器を支える土台内を撮影

試験的取り出し |

燃料デブリの試験的取り出しは、最も調査が進んでいる2号機から着手する予定です。取り出した燃料デブリは、構内で保管し、その性状を調査した上で処分の方法を検討していきます。



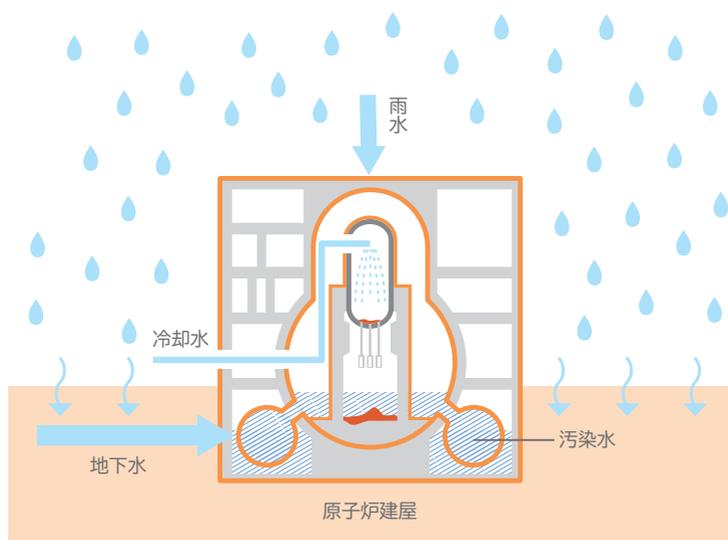
試験的取り出しに向けたロボットアームの開発

今後、長さ22mの耐放射線ロボットアームを格納容器へ挿入し、まずは試験的に少量のデブリを採取する予定です。ロボットアームは英国で開発が進められていましたが、2021年7月に日本に到着し、2022年2月より、JAEA 楢葉遠隔技術開発センターにおいて、原子炉の実寸大模型を用いた本格的な試験を実施しています。



汚染水対策

冷却水が燃料デブリに触れると、高い濃度の放射性物質を含んだ汚染水になります。さらに、この汚染水が建屋内に流れ込む地下水や雨水と混ざり合うことで新たな汚染水も発生しています。



下記の3つの基本方針で、汚染水対策を行っています。

- 1 汚染源に水を近づけない
- 2 汚染水を漏らさない
- 3 汚染源を取り除く

主な汚染水対策



今後も継続的に取組を実施し、平均的な降雨量に対する汚染水発生量について、2025年までに100m³/日以下、2028年度までに約50~70m³/日に低減することを目指します。

ALPS 処理水の 処分が必要な理由

福島第一原子力発電所敷地内の巨大な貯蔵タンクは 1,000 基を超え、今後、より本格化する廃炉作業を安全に進めるために必要な施設を建設するスペースを圧迫する恐れがあります。また、「災害発生時の漏えいリスク」や「大量のタンクの存在自体が風評の原因となること」を心配するご意見もいただいています。そのため、ALPS 処理水を処分し、数多くのタンクを減らすことは、廃炉と復興に向けて不可欠な作業です。

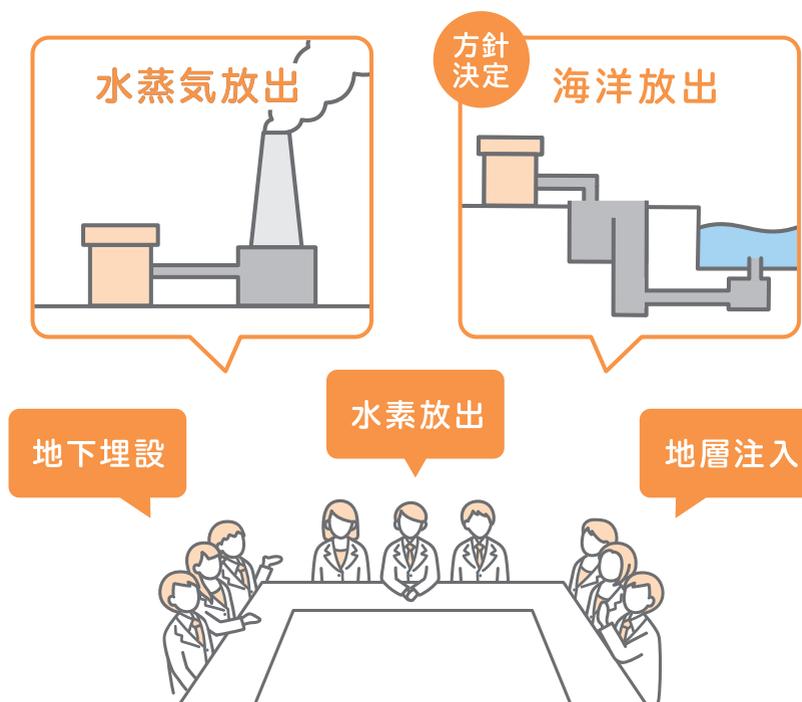
今後、廃炉作業を進めていくために必要な施設例

- ・ 使用済燃料の保管施設
- ・ 燃料デブリ取り出しのための保守管理・訓練施設
- ・ 燃料デブリや放射性廃棄物の保管・分析施設



ALPS 処理水の処分

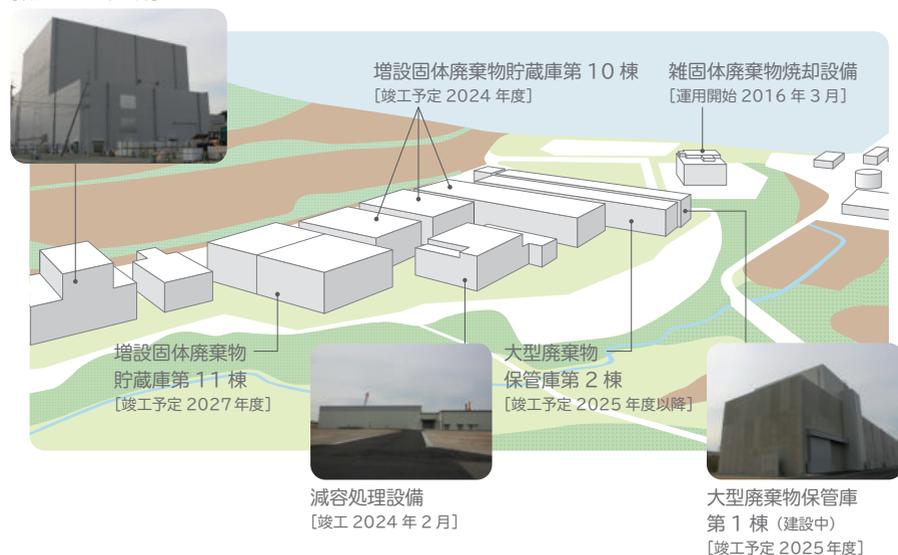
ALPS 処理水の取扱いは、風評影響など社会的な観点も含めて専門家が 6 年以上にわたり議論を重ねてきました。その結果、国内外での実績の有無や、モニタリングの容易さなどを考慮し、海洋放出が最も確実な手段であると評価されました。その後、公開の場での意見聴取や書面意見の募集などを経て、海洋放出を行う方針を決定し、2023 年 8 月に ALPS 処理水の海洋放出を開始しました。



廃棄物の 処理・処分

ガレキなどの放射性廃棄物は、現在、線量率に応じて保管中です。今後、より一層のリスク低減を目指して可能な限り量を減らし、建屋内保管に移行していきます。

増設雑固体廃棄物焼却設備
[竣工 2022 年 5 月]



10 年程度後の廃棄物発生量と保管量の予測



廃炉が終わった後 について

廃炉が終わった後の具体的な姿については、現時点では原子炉内の状況や廃棄物の取扱いなど、不確定なことが多いため、今後さらなる調査と研究を進めながら、地元の皆様の思いもしっかり受け止めて検討していきます。



3

ALPS 処理水とは

最近よく耳にする ALPS 処理水。そもそも
どういうものなのかをまずは学んでいきましょう。



多核種除去設備 (ALPS)

汚染水



ALPS 処理水

※ ALPS : 多核種除去設備 (Advanced Liquid Processing System)

原子炉建屋では、日々、汚染水が発生しています。ALPS 処理水
とは、汚染水を、トリチウム以外の放射性物質について安全基準
を満たすまで浄化したものです。

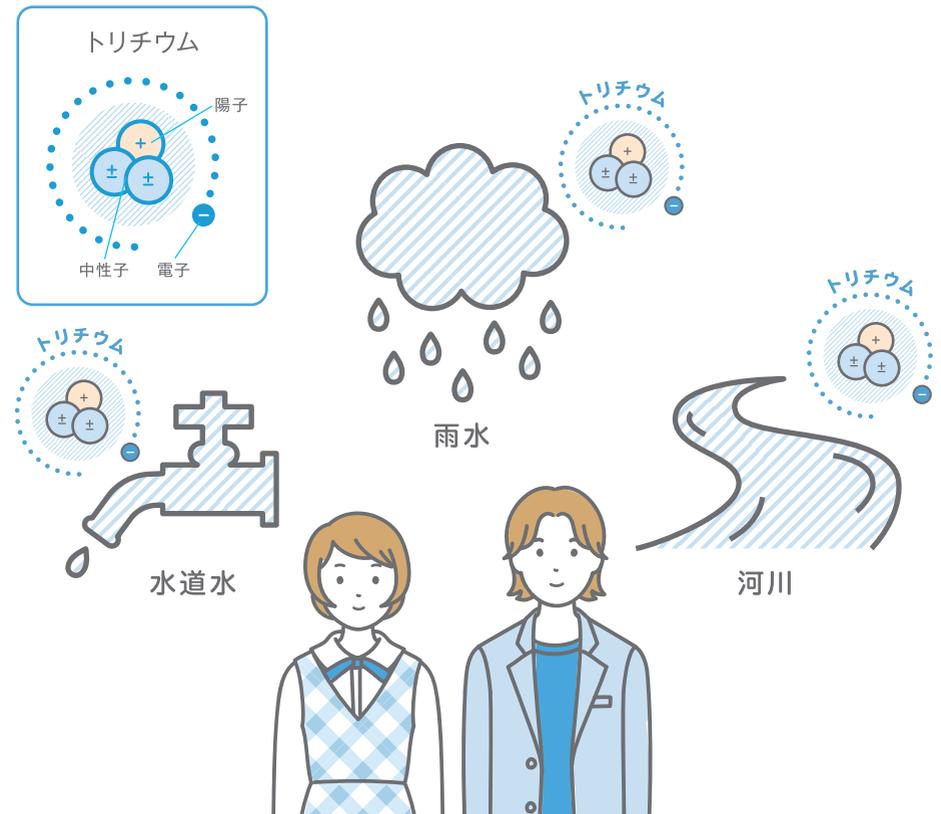
浄化処理のプロセス



トリチウム (三重水素) とは

トリチウムは水素の仲間で、雨水や河川、水道水など私たちの身の回りにも
広く存在しています。

またトリチウムは、宇宙から降り注ぐ放射線によって自然界の中で常に生成
されています。

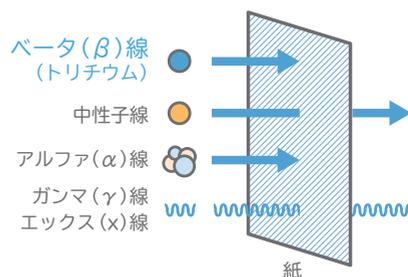


トリチウムの性質

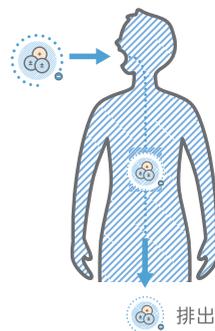
トリチウムは酸素と結びつき、水とほぼ同じ性質の液体として存在しています。そのため、**水の中からトリチウムだけを分離することは極めて困難です。**



一方で、その放射線のエネルギーは**非常に弱い**ため、紙1枚で遮ることができます。



体内に入っても蓄積されることはなく、**水と一緒に体外へ排出**されます。

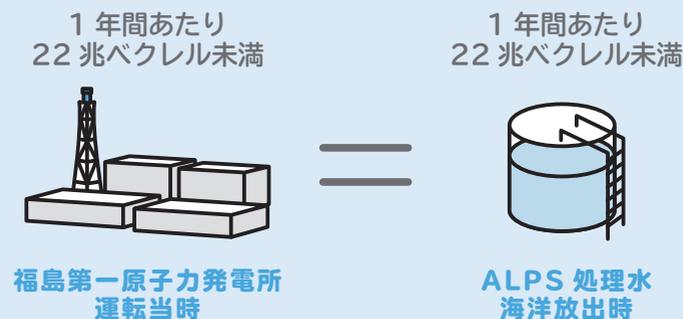


年間の放出管理目標値

海洋放出するトリチウムの年間の総量は、福島第一原子力発電所運転当時の管理目標値を下回るよう適切に管理します。

また、トリチウムの年間放出量が、できるだけ小さくなるように毎年度末に放出計画を策定します。

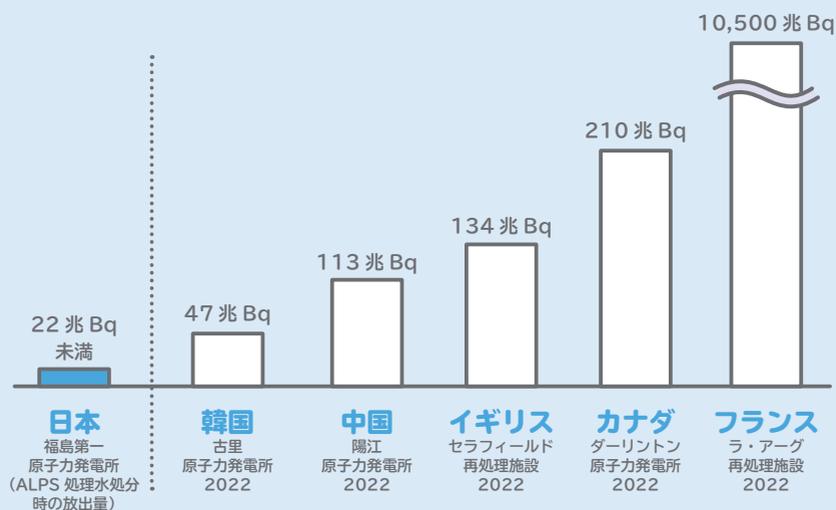
トリチウムの放出管理目標値



世界各国のトリチウム放出事例

実際に、世界中の多くの原子力施設が安全基準を守った上でトリチウムの放出を行っています。これらの施設周辺からはトリチウムが原因とされる影響は見つかっていません。

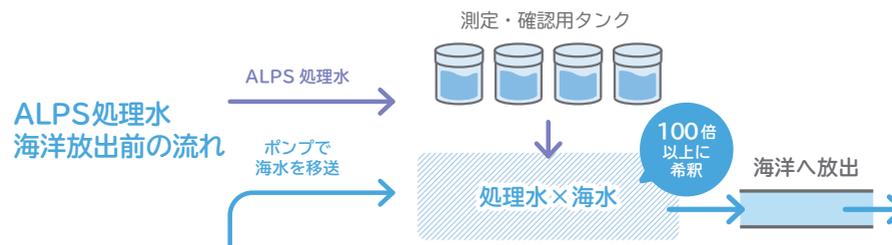
世界の原子力関連施設トリチウム年間処分量（液体）



福島第一原子力発電所における ALPS 処理水海洋放出時のトリチウムの総量は、年間 22 兆ベクレルを下回るレベル（事故前の管理目標と同じ）。これは、国内外の多くの原子力発電所等からの放出量と比べても低い水準です。

海洋放出時のトリチウム濃度

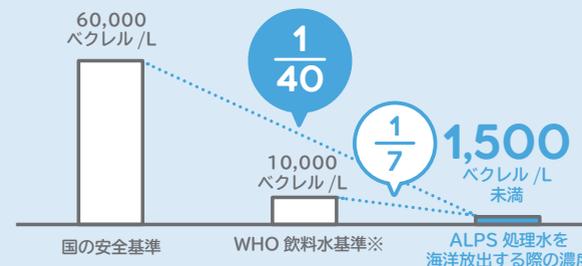
ALPS 処理水についても、トリチウムを取り除くことはできませんが、海水で 100 倍以上に希釈し、安全基準を十分に満たす濃度（1,500 ベクレル/L 未満）にした上で処分します。



国のトリチウム安全基準は 60,000 ベクレル/L。ALPS 処理水を海洋放出する際の濃度はこの 40 分の 1 未満となり、国の基準を大幅に下回ります。また、WHO の飲料水基準※の約 7 分の 1 です。

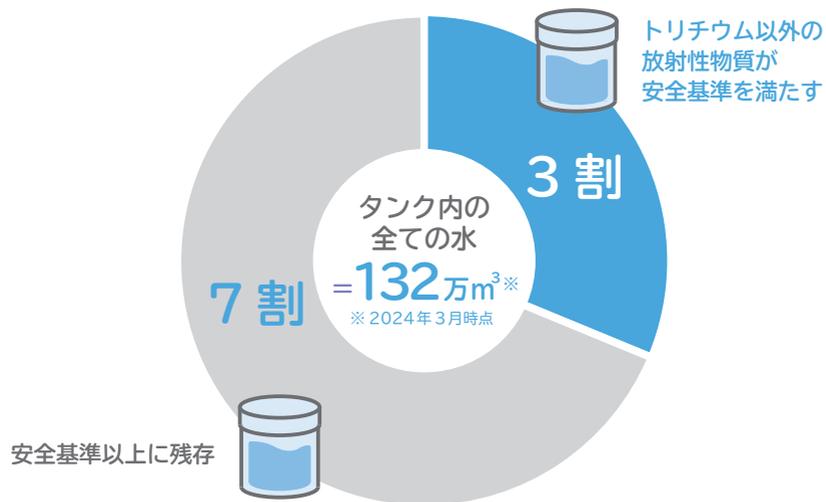
トリチウム濃度の比較

※ WHO 飲料水水質ガイドライン(第 4 版)

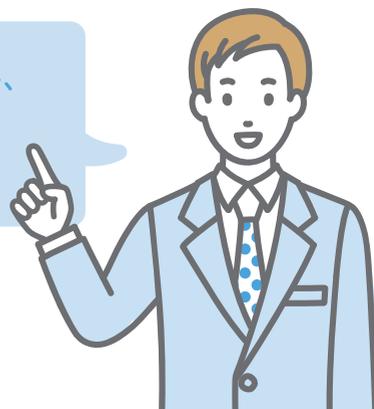


海洋放出前に 確実に浄化

現在、タンクの水の7割には、トリチウム以外にも、規制基準を超える放射性物質が残っています。放出前には再度ALPSを用いて安全基準を下回るまで確実に浄化し、そのことを確認した上で海洋放出を行います。



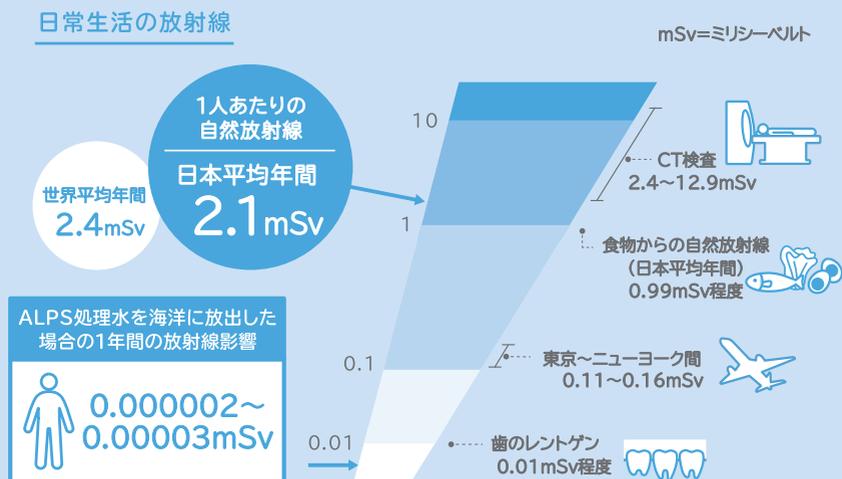
すでに二次処理の試験を実施し、
問題なく浄化できることも
確認しているよ。



放射線の影響

ALPS 処理水を海洋に放出した場合の1年間の放射線の影響は極めて小さく、自然界から受ける影響の約100万分の1から7万分の1と評価とされています。

日常生活で受ける放射線



出典：国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究所の資料、
環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料（令和4年度版）」第2章
放射線による被ばくをもとに資源エネルギー庁にて作成

4

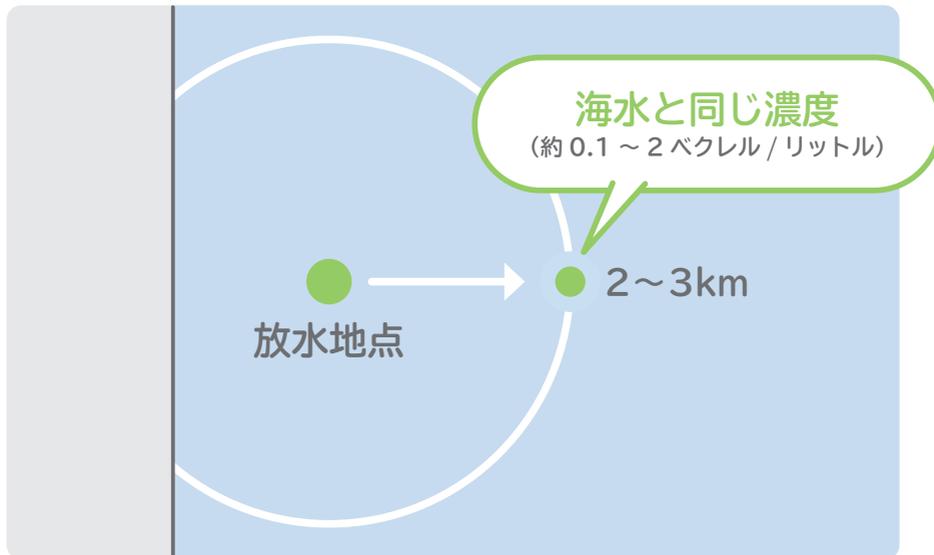
安全性の評価と対策

最後の授業です。廃炉作業にまつわる安全性の評価や、風評対策などについて学んでいきましょう。



海洋放出時の トリチウム濃度

放射性物質濃度を確認した ALPS 処理水は、希釈設備で大量の海水と混ぜ合わせ 100 倍以上に希釈します。希釈された ALPS 処理水はおよそ 1km 先の地点で放出。放水地点から 2 ~ 3km 離れると、トリチウムの濃度は周辺の海水と同じになると評価されています。



IAEA による チェック

IAEA は、ALPS 処理水の海洋放出は「国際安全基準に合致」し、「人及び環境に対する放射線影響は無視できるほどである」といった結論が盛り込まれた包括報告書を公表しました。IAEA は、放出前だけではなく、放出中・放出後の長期にわたって ALPS 処理水の海洋放出の安全性についてチェックを行います。



IAEA の現地調査の様子



グロッシー IAEA 事務局長が包括報告書を岸田総理に提出

IAEA (International Atomic Energy Agency 国際原子力機関)

原子力の平和利用について科学的、技術的協力を進める世界の中心的フォーラム。1957 年、国連傘下の自治機関として設置。本部はウィーン。

JAEAによる 第三者分析

ALPS 処理水に含まれる放射性物質の客観性及び透明性の高い測定の実施を目的に、海洋放出前の ALPS 処理水は、第三者機関である JAEA(日本原子力研究開発機構)でも分析を行っています。第三者分析では、海洋放出前の ALPS 処理水に含まれるトリチウム及びトリチウム以外の核種の濃度を分析し、トリチウム以外の核種が基準を満たしていることを確認します。

第三者分析は、ALPS 処理水のサンプリング→分析→分析結果の報告・公表という流れで行っており、分析結果は国（経済産業省）へ報告を行うとともに、JAEA の WEB サイトでも公表しています。

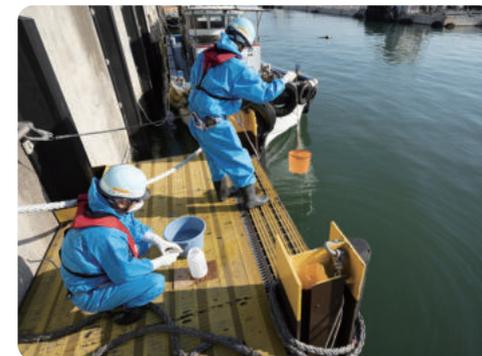


海域モニタリングの 実施

海洋放出の前後で、海の放射性物質濃度に大きな変化が発生していないかを海域モニタリングによってしっかりと確認します。モニタリングには、IAEA 等の第三者機関が関与するほか、地元自治体の立会いなど、透明性の確保も徹底します。

また、海水や魚などの放射性物質濃度の測定・分析は、東京電力だけではなく、国や福島県も実施しており、その結果を WEB 上で公開しています。

なお、これまでのモニタリング結果から、計画どおりに放出できており、安全であることが確認されています。



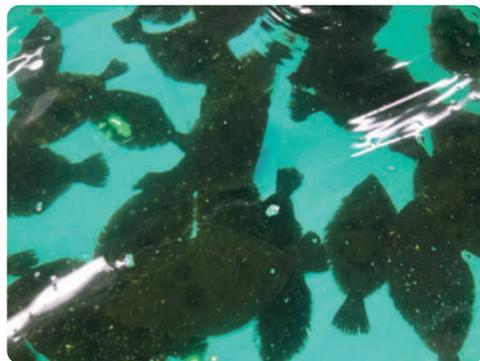
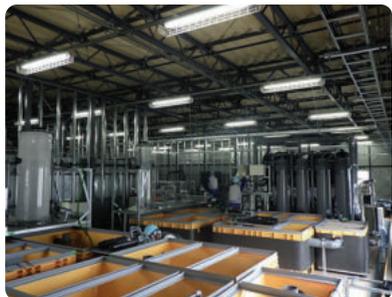
海水のサンプリング（イメージ）



海洋生物の 飼育試験

ALPS 処理水の安全性を目に見える形でお示しするため、ALPS 処理水を加えた海水でヒラメやアワビを飼育しています。国内外で得られている知見と同じように、体内でトリチウムは濃縮せず、通常の海水での飼育と比べても生育に違いがないことが確認できています。

飼育試験の状況は、ライブカメラ映像や SNS 等で公開しています。



東京電力
海洋生物飼育試験
ライブカメラ

地元や国内外に対しての 情報発信

ALPS 処理水の安全性や処分の必要性について、テレビ CM や新聞広告、WEB 広告、SNS 等様々な方法で情報を発信しています。また、全国の高校を対象とした出前授業も実施しています。



福島第一原子力発電所への視察



地元のイベント



出前授業



IAEA 総会でのサイドイベント

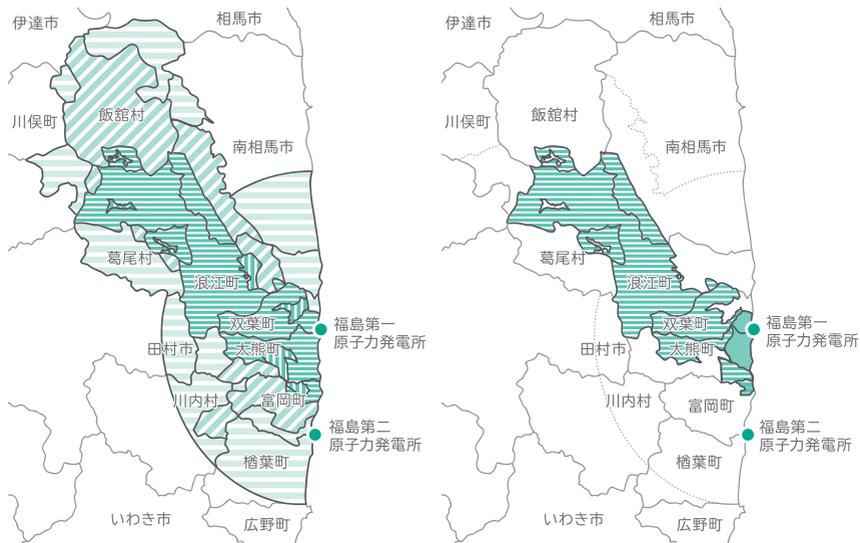


知ってください 福島*の*いま



避難指示の解除

避難指示区域の設定時と比べて、対象人口はおおむね9割減、
対象区域の面積はおおむね7割減となりました。



- 帰還困難区域(放射線量50mSv/y超)
- 帰還困難区域のうち
特定復興再生拠点区域
- 居住制限区域
(放射線量が20mSv/y~50mSv/y)
- 避難指示解除準備区域
(放射線量が20mSv/y以下)

- 帰還困難区域
- 帰還困難区域のうち
中間貯蔵施設用地

福島*の*復興に向けた動き

帰還に向けた環境整備が進むとともに、被災事業者の事業・
なりわいの再建の動きや、新しい産業の芽ばえが活発化して
います。



大熊町 学び舎ゆめの森
(2023年6月 竣工)



富岡町 桜まつり (2023年4月)



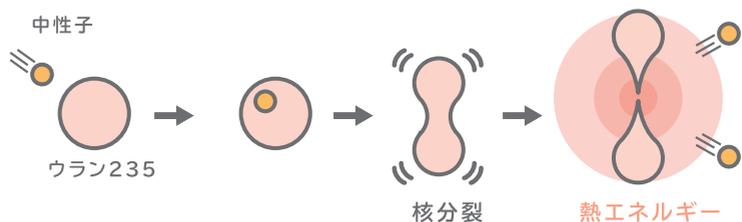
双葉町 新庁舎 (2022年8月 開庁)



野外での映画上映会 (2023年8月)

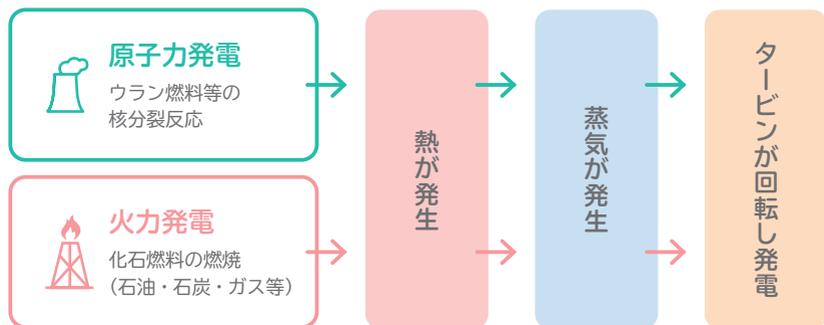
原子力発電の仕組み

原子力発電は、熱エネルギーとして「核分裂反応」を利用します。



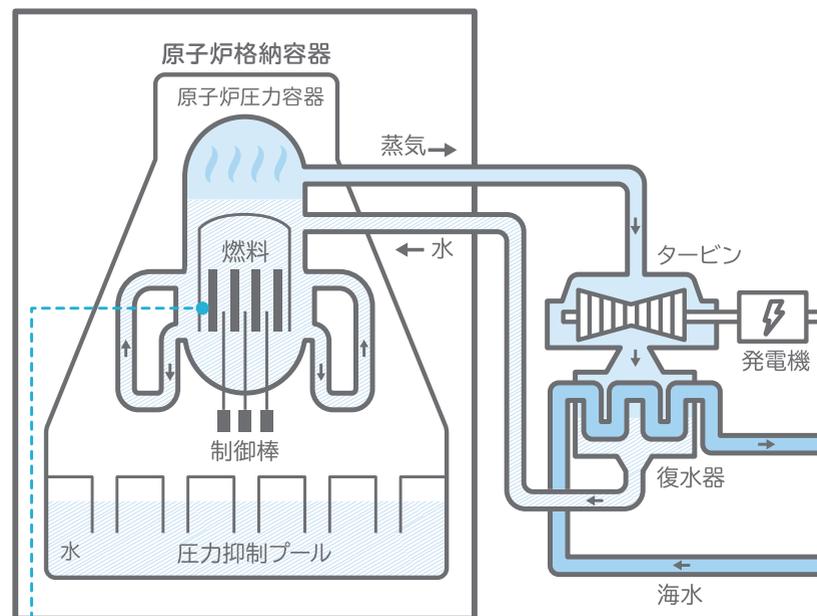
ウランに中性子が衝突すると、大きな熱エネルギーが発生

「熱を蒸気に変えてタービンを回す」点では、火力発電と同じです。



原子力発電の概要

原子炉建屋



燃料集合体のレプリカ (東京電力廃炉資料館)



もっと深く学びたい方へ

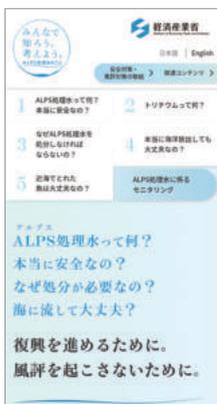
一歩ずつ、福島未来へ

廃炉の状況や ALPS 処理水に関する情報をまとめたサイトを作成しています。



廃炉・汚染水・
処理水対策
ポータルサイト

廃炉ポータル 🔍



みんなで
知ろう。
考えよう。
ALPS 処理水のこと



関連コンテンツ（動画・パンフレットなど）

ALPS処理水の安全性や処分の必要性について紹介するコンテンツ。



【ALPS 処理水って何？】
みんなで知ろう。考えよう。
ALPS 処理水のこと



水産物の安全・
安心のために
(リーフレット)

こちらから
アクセスできます



東京電力廃炉資料館



発電所周辺地域をはじめとした福島県の皆様、そして多くの皆様に、福島第一原子力発電所事故の事実と廃炉事業の現状等をご確認いただけます。

所在地 福島県双葉郡富岡町中央三丁目 58 番地
(旧住所: 福島県双葉郡富岡町大字小浜字中央 378 番地)

開館時間 9 時 30 分～ 16 時 30 分
(休館: 毎月第 3 日曜日及び年末年始)

入館料 無料 (駐車場無料)

連絡先 0120-50-2957



INSIDE Fukushima Daiichi (東京電力)

廃炉の現場をめぐるバーチャルツアー



処理水ポータルサイト (東京電力)



学ぼう！
考えよう！

東京電力福島第一原子力発電所

廃炉と未来

HAIRO
MIRAI



経済産業省

Ministry of Economy, Trade and Industry