

経済産業省委託事業 「原子力発電所等金属廃棄物利用技術開発」 事業報告会

平成28年度事業結果の概要
平成29年度事業計画の概要

平成29年6月28日
(株)日本製鋼所
(株)神戸製鋼所
電気事業連合会

本日は、以下のことについてお知らせいたします。

1. はじめに（本事業の必要性と目的について）……………P2～P14

2. 本事業の概要について

（1）平成28年度事業結果の概要……………P15～P24

- 放射性廃棄物の処分容器（内容器）の試作結果
- 放射線／放射能の測定結果

（2）平成29年度事業計画の概要……………P25～P28

- 材料規格案の策定
- 経済的合理性の評価
- 社会的受容性向上のための取り組み方策の検討

1. はじめに

(本事業の必要性と目的について)

- 原子力発電所の**運転や廃止措置**で発生する**廃材の大部分**は、放射性物質がほとんど含まれておらず**再利用が可能な廃材**です。
- この再利用可能な廃材を、有効に活用するために「**クリアランス制度**」がありますが、**一般にはあまり知られておらず、再利用はあまり進んでいません。**
- 電力業界は、国民の皆さまへの**クリアランスに関する理解活動を進めながら**、資源として再利用出来るものは再利用し、使えないものはきちんと処分することで、**資源の有効活用**や**循環型社会の実現**を目指していきたいと考えています。
- 再利用可能な廃材を有効活用できるようするため、**この事業において、再利用可能な廃材を使用した「試験」を実施**しています。

廃止措置中および運転終了の原子力発電所（15基）

4

平成29年6月28日現在

プラント名	会社名	型式	電気出力	営業運転 開始日	運転終了日
東海	日本原子力発電	GCR	166MW	1966年7月25日	1998年3月31日
浜岡1号	中部電力	BWR	540MW	1976年3月17日	2009年1月30日
浜岡2号	中部電力	BWR	840MW	1978年11月29日	2009年1月30日
福島第一 1~6号	東京電力	BWR	460~ 1,100MW	(1号) 1971年3月26日 (6号) 1979年10月24日	(1~4号) 2012年4月19日 (5,6号) 2014年1月31日
敦賀1号	日本原子力発電	BWR	357MW	1970年3月14日	2015年4月27日
美浜1号	関西電力	PWR	340MW	1970年11月28日	2015年4月27日
美浜2号	関西電力	PWR	500MW	1972年7月25日	2015年4月27日
島根1号	中国電力	BWR	460MW	1974年3月29日	2015年4月30日
玄海1号	九州電力	PWR	559MW	1975年10月15日	2015年4月27日
伊方1号	四国電力	PWR	566MW	1977年9月30日	2016年5月10日

GCR:ガス冷却炉

BWR:沸騰水型軽水炉

PWR:加圧水型軽水炉

原子力発電所の廃止措置で発生する物

原子力発電所の廃止措置により発生する物の中には、
リサイクル可能な廃材が多くあります。

(浜岡1, 2号機を解体した場合の廃材の発生量)

(参考) 東京タワーに使用されている鋼材量＝約4,000t

**LLW : 約2万トン
(約4%)**

LLW : 低レベル放射性廃棄物

**CL : 約8万トン
(約18%)**

CL : クリアランス対象

**約10万トン
(約22%)**

合計約45万トン

**NR : 約35万トン
(約78%)**

NR : 元々放射性物質による汚染がないもの

これらは一般物と同じように
処理・処分することができます

資源として再利用

産業廃棄物として処分

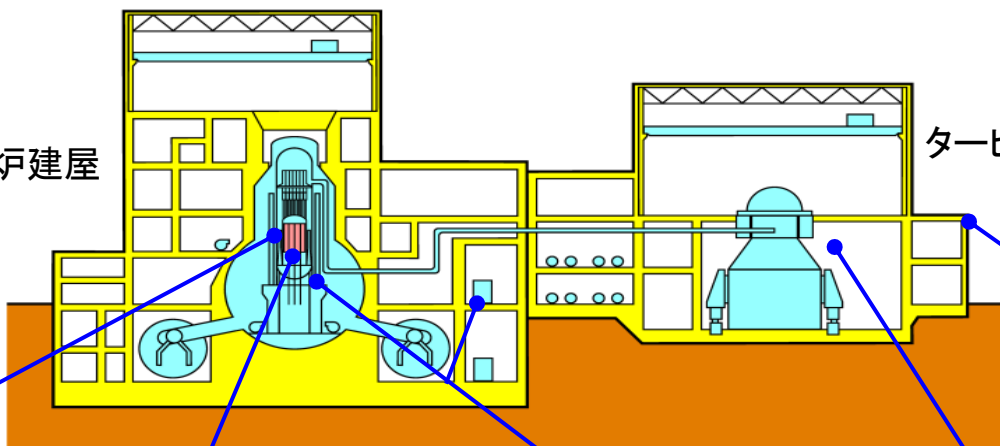
原子力発電所から発生する廃棄物（イメージ）

6

沸騰水型軽水炉
(BWR)

原子炉建屋

タービン建屋

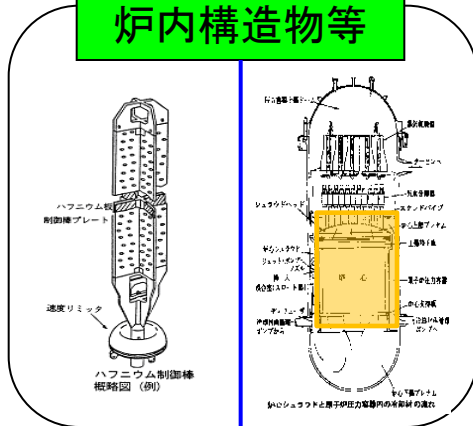


使用済燃料

再処理から
発生した廃液

HLW
として
地層処分等
(ガラス固化体)

制御棒
炉内構造物等

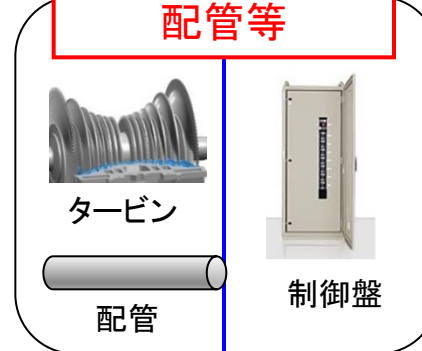


LLW(L1)
として
中深度処分

圧力容器
周辺機器等

LLW(L2, L3)
として
浅地中処分等

タービン
配管等



CLとして
リサイクル等



建屋等

NR
として
リサイクル等

HLW: 高レベル放射性廃棄物, LLW: 低レベル放射性廃棄物

具体的にどんなものがあるのか？

原子力発電所の中で放射性物質にさらされたり或いはその可能性があるところで使用されたものであるが、残っている放射能が非常にわずかなもの或いは検知できない程度のもの

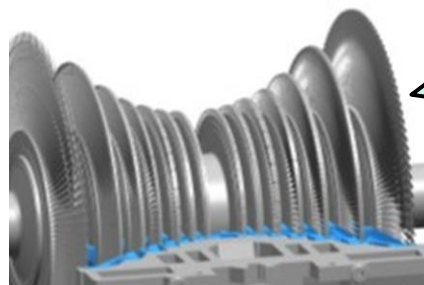
一度でも、放射性物質にさらされたり或いはその可能性がある場所で使用されたものは**放射性物質の管理が必要**になりますが・・・

金属配管

放射性物質を含んだ水が流れた配管

制御盤

放射性物質を含んだ水などと接触していないが、**放射性物質に汚染する可能性がある場所にあるもの**



放射性物質を含んだ蒸気があたるBWRの蒸気タービン

蒸気タービン

放射性物質が僅かに付着しているだけでふき取れば殆どなくなってしまうものがたくさんあります。

諸外国の動向

1980年代～	原子力発電所の廃止措置が具体化したヨーロッパ諸国において、クリアランスが制度化（ドイツ、イギリス、フィンランド、スウェーデン等）
1996年 （平成8年）	- IAEAは、国際基本安全基準（BSS）にてクリアランスの概念を導入するとともに、クリアランスレベルの導出方法などの技術文書（TECDOC-855）を取りまとめ - 欧州委員会は、クリアランスに関する基本安全基準（BSS）を公表 →各国で定めていたクリアランスレベルを統一する方向
2004年 （平成16年）	<u>IAEAは、クリアランスレベルに係る安全指針（RS-G-1.7）を取りまとめ（円滑な国際貿易のために、統一的な放射性物質レベルを策定）</u>

日本の動向

1999年 （平成11年）	廃棄物の埋設処分や原子炉施設の廃止措置の計画が進んでいることを踏まえ、原子力安全委員会にてクリアランスレベルを検討
2001年 （平成13年）	原子力安全委員会にてクリアランスレベル検認の基本的考え方を検討
2005年 （平成17年）	<u>国際基準（IAEA安全指針：RS-G-1.7）をもとに、クリアランス制度を法制化（原子炉等規制法の改正）</u>

- 「クリアランスレベル」*とは、「放射性物質」と「放射性物質として扱う必要のないもの（クリアランス物）」を区分するための線引きであり、**放射能濃度が極めて低く人の健康への影響が無視できる**として設定されたレベル。
- 国の認定を受けた物を一般の物と同じように取り扱ったり処分したとしても、それを取り扱う人や処分した後に周辺の人たちが受ける**被ばく線量は0.01ミリシーベルト/年を超えない**ように決められています。
- **国際基準を導入**、原子炉等規制法を改正しクリアランス制度を法令で規定。

*「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第61条の2第4項に規定する精錬事業者等における工場等において用いた資材その他の物に含まれる放射性物質の放射能濃度についての確認等に関する規則」第2条（放射能濃度の基準）に定める値

クリアランスレベルとはどの程度のものか

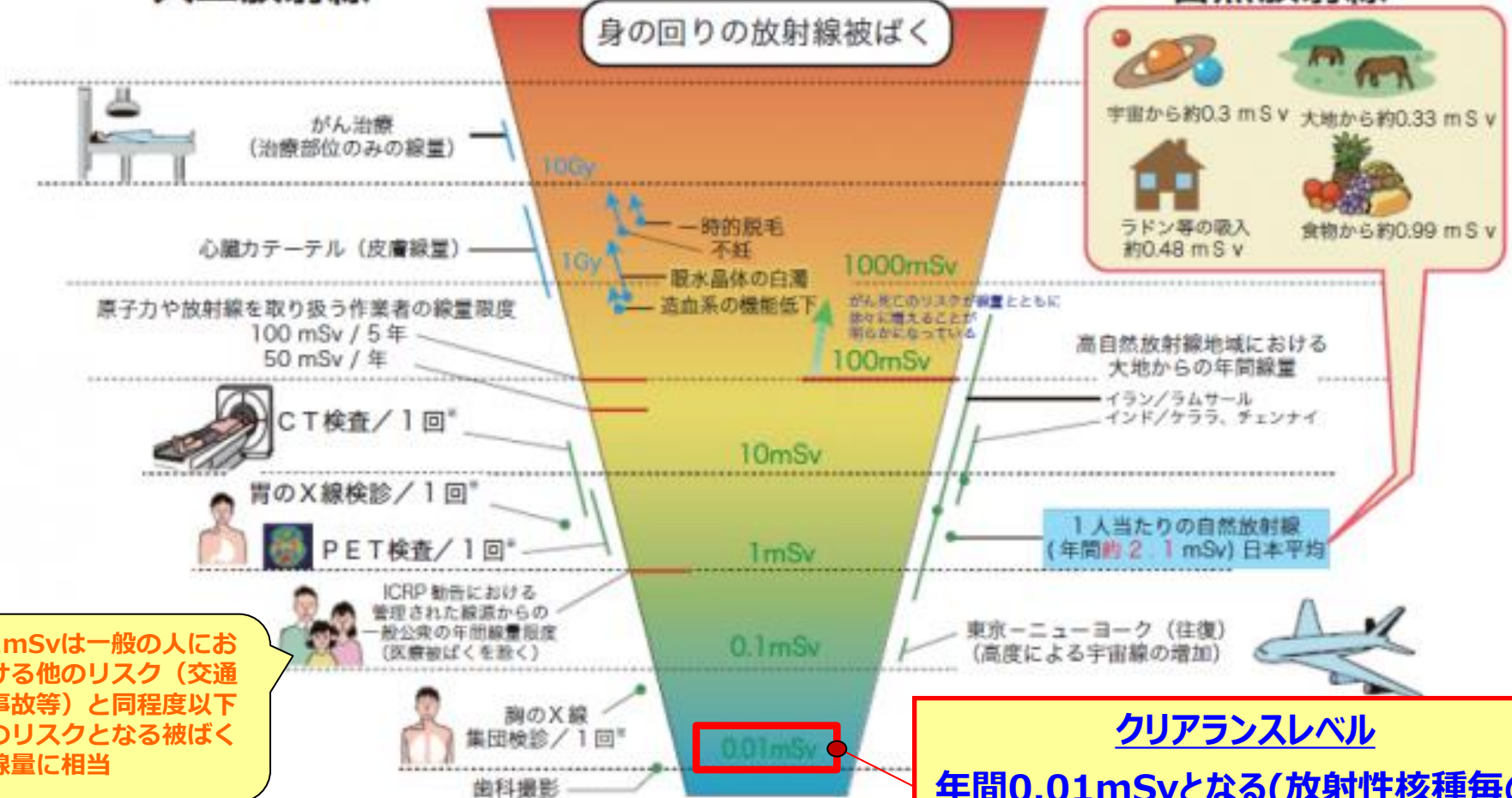
10

クリアランスレベル（判断基準）は、一般のものと同じように再利用された場合でも
人体への影響が無視できるレベルになるように決められました。

人工放射線

自然放射線

身の回りの放射線被ばく



参考：ふくしま復興ステーション

どうやってクリアランスレベルを決めたか

11

- **クリアランスレベル**は、クリアランス物が様々な用途で利用または処分された場合でも人への影響が**1年間で0.01ミリシーベルトに相当する放射能濃度(クリアランス物1グラムあたりに含まれる放射性核種の放射エネルギー)**であり、**法令で規定**されています。
- 例) Co-60 : 0.1Bq/g, Cs-137 : 0.1Bq/g

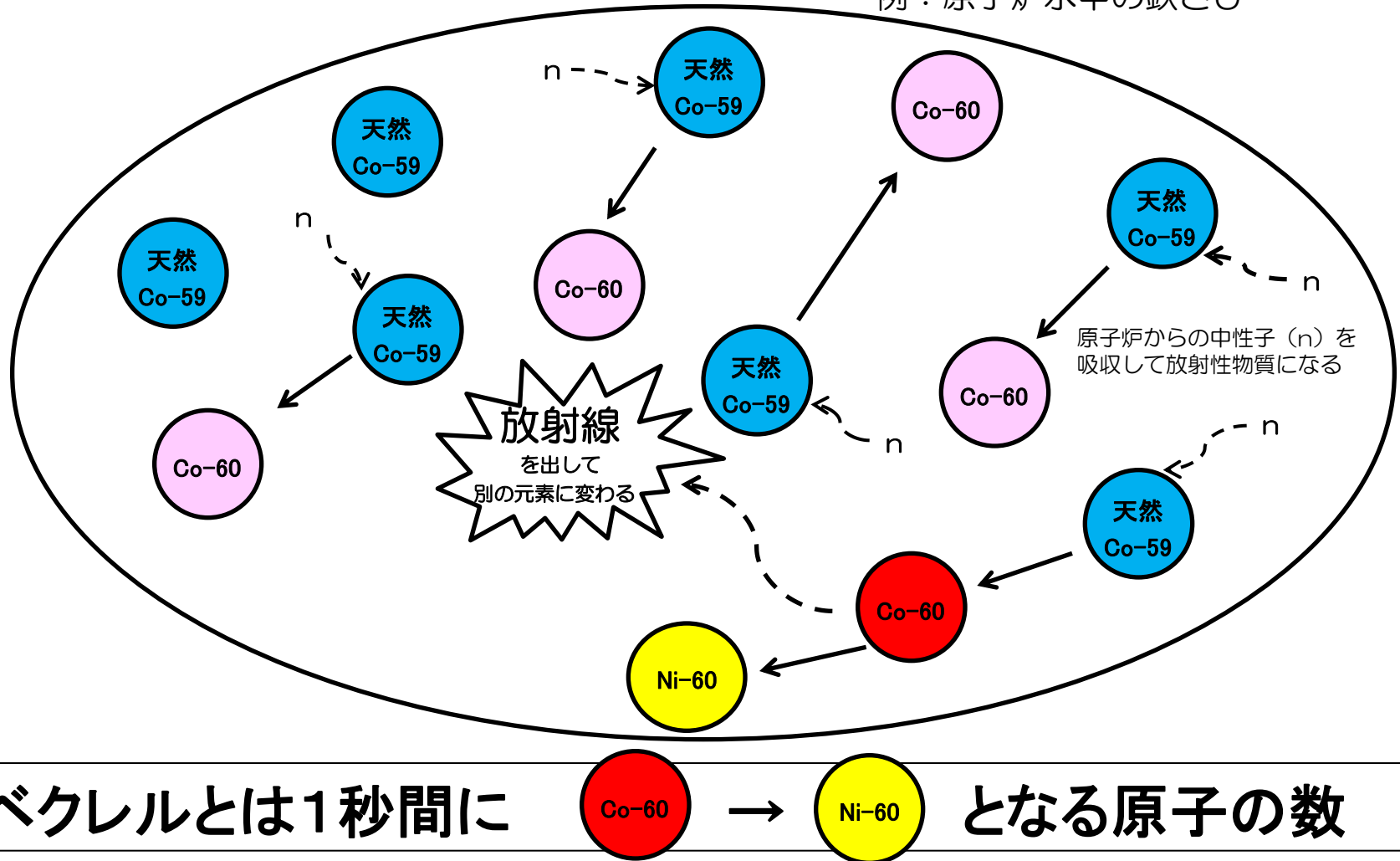
クリアランスレベル (単位 : Bq/g)

H-3 (トリチウム)	100	Ni-63 (ニッケル)	100	I-129 (ヨウ素)	0.01
C-14 (炭素)	1	Zn-65 (亜鉛)	0.1	Cs-134 (セシウム)	0.1
Cl-36 (塩素)	1	Sr-90 (ストロンチウム)	1	Cs-137 (セシウム)	0.1
Ca-41 (カルシウム)	100	Nb-94 (ニオブ)	0.1	Ba-133 (バリウム)	0.1
Sc-46 (スカンジウム)	0.1	Nb-95 (ニオブ)	1	Eu-152 (ユーロピウム)	0.1
Mn-54 (マンガン)	0.1	Tc-99 (テクネチウム)	1	Eu-154 (ユーロピウム)	0.1
Fe-55 (鉄)	1000	Ru-106 (ルテニウム)	0.1	Tb-160 (テルビウム)	1
Fe-59 (鉄)	1	Ag-108m (銀)	0.1	Ta-182 (タンタル)	0.1
Co-58 (コバルト)	1	Ag-110m (銀)	0.1	Pu-239 (プルトニウム)	0.1
Co-60 (コバルト)	0.1	Sb-124 (アンチモン)	1	Pu-241 (プルトニウム)	10
Ni-59 (ニッケル)	100	Te-123m (テルル)	1	Am-241 (アメリシウム)	0.1

核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第六十一条の二第四項に規定する精錬事業者等における工場等において用いた資材その他の物に含まれる放射性物質の放射能濃度についての確認等に関する規則

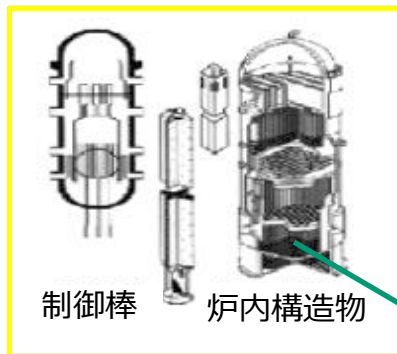
Bq: 放射能量の単位

例：原子炉水中の鉄さび

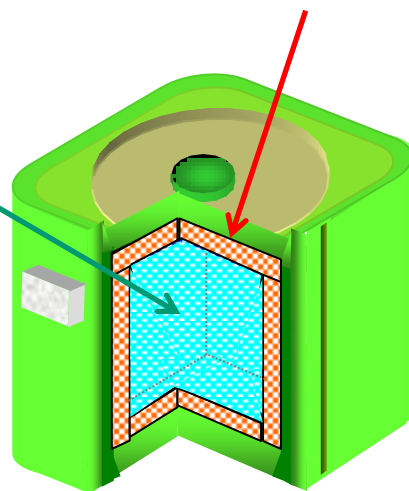


日本国内では、クリアンスレベルの廃材の再利用が進んでいない。
再利用可能なクリアンス廃材の再利用を進めるため「**実証試験**」を実施しています。

- クリアンスレベルの廃材を東海発電所から室蘭製作所に搬入し、放射性廃棄物を処分するための「**容器**」を**試作**します。（平成28年度実施済み）
- これにより、**クリアンスレベルの廃材を利用しても問題ないことを確認**します。（平成28年度実施済み）
- 容器の試作やその他の試験を通して、**クリアンスレベルの廃材を用いた「容器」の材料規格案を策定**します。（本年度も継続して実施）



内容器（本事業で試作済）



将来的に
放射能の高い
放射性廃棄物を
収納予定



日本製鋼所
室蘭製作所



☆ **放射性廃棄物を取り扱ったり、処分したりすることはありません。**

→あくまでも、「**容器の試作**」です。

→試作した容器の中に**放射性廃棄物を入れることはありません。**

→試作した容器を用いて**放射性廃棄物を処分することはありません。**
(解体廃棄物の処分先はまだ未定です)

☆ **この事業は実証試験**であり、

→**試験に必要な廃材（約60トン）のみを室蘭に持ち込みました。**

→試作した容器は最終的にはスクラップ化され、**電力会社向けの別の製品の材料に使用**されます。

2. 本事業の概要について

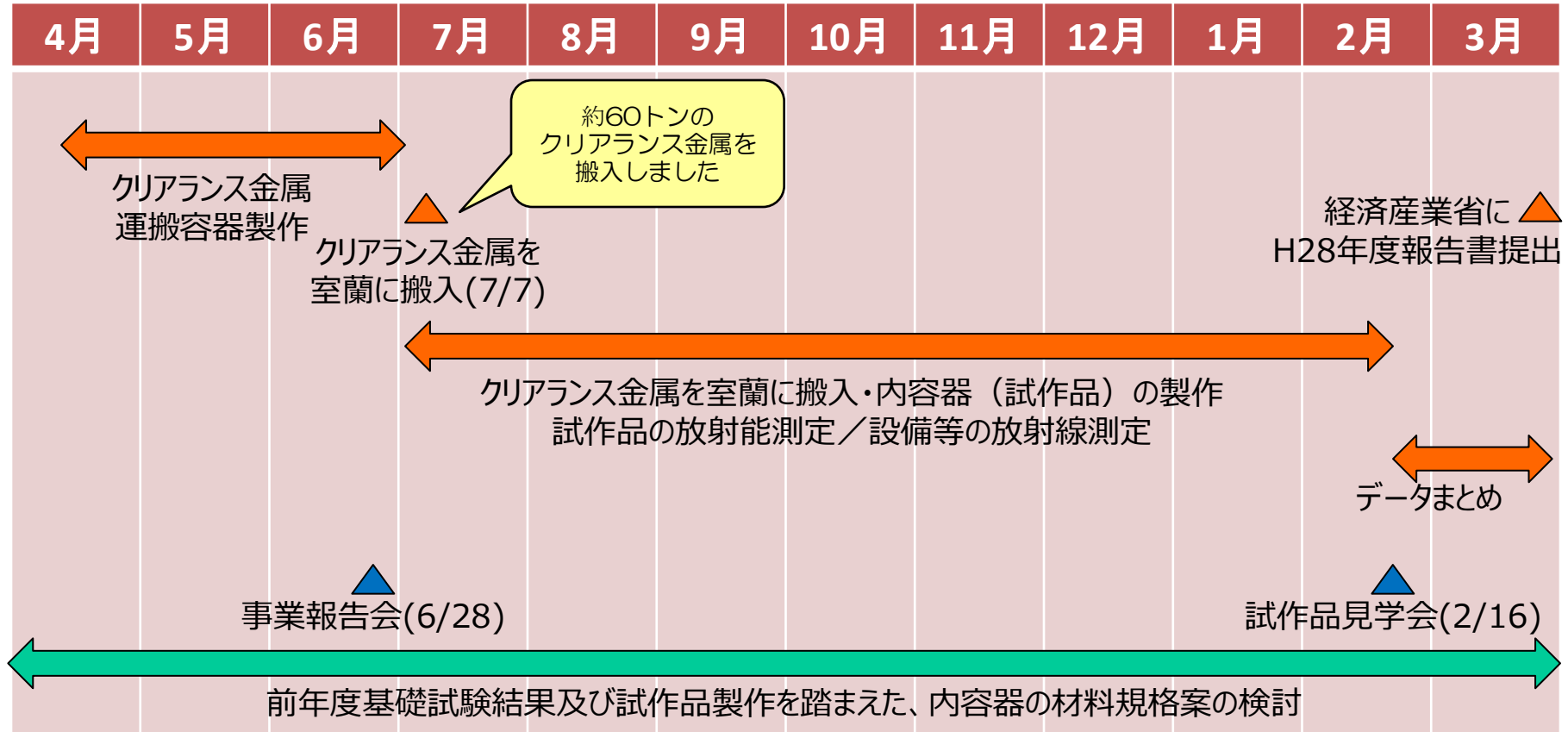
(1) 平成28年度事業結果の概要

平成28年度事業結果の概要

16

平成28年度の事業結果の概要は、主に以下のとおりです。

- クリアランス金属を東海発電所（茨城県）から日本製鋼所（室蘭市）へ運搬しました。
- 処分容器（内容器）の試作品を製作しました。
- 製作過程等における放射線／放射能測定を行いました。
- 内容器に用いるための材料の規格案の検討を実施しました。



室蘭への金属搬入（平成28年7月7日）

17



＜オリエンテーションの様子＞



＜室蘭港への陸揚げの様子＞



＜ゲートモニター通過の様子＞

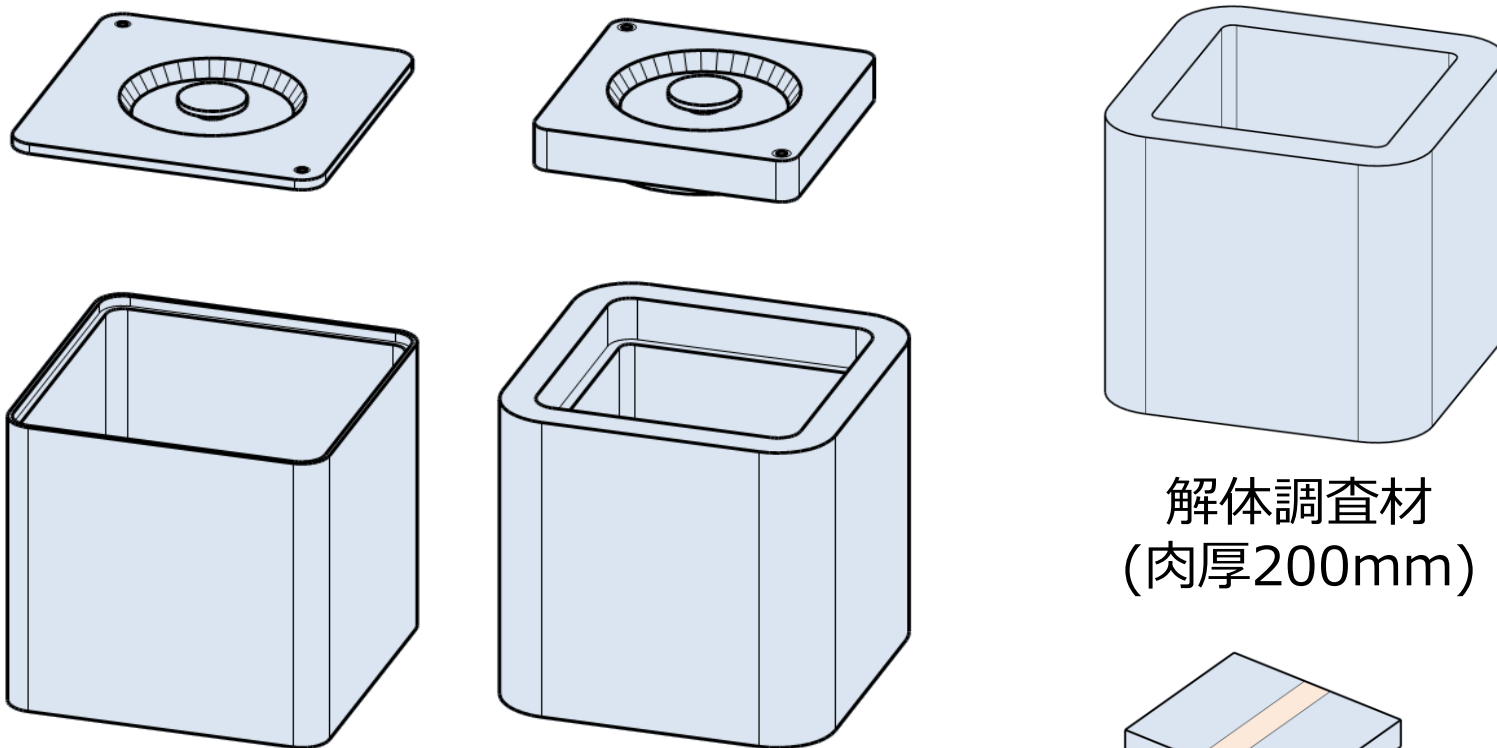


＜搬入した金属の表面線量率測定の様子＞

試作する処分容器（内容器）

18

クリアランス金属約60トンに、成分調整用として**通常の鉄等を約27トン**加え、**下図の3基を試作**しました。

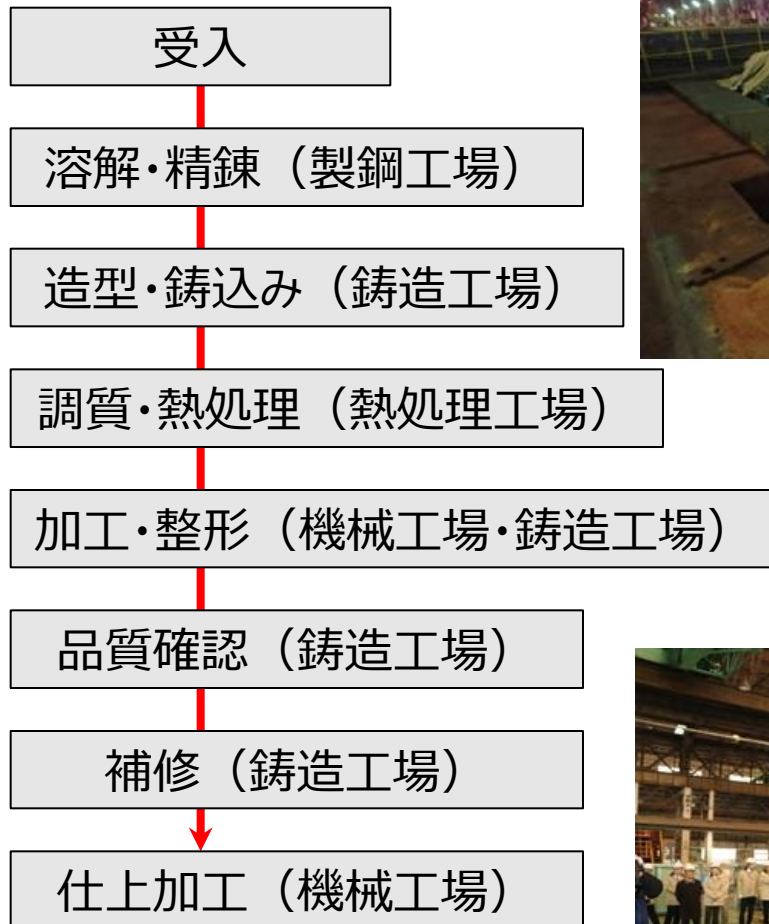


内容器・蓋
(肉厚50mm、200mmの2種)

解体調査材
(肉厚200mm)

溶接手順試験(一式)

クリアランス金属を用いた試作品製作工程において、以下の通り放射線・放射能のデータを採取し、平常時（通常の金属の製作工程）と比較しました。



鋳込み後

型枠取り外し後
(調質・熱処理前)



仕上加工後

クリアランス金属の**使用前後において、放射線／放射能の測定**を行い、製造した試作品や、製造に使用した設備に放射能の影響がないことを確認しました。

	クリアランス金属 使用前	クリアランス金属 使用後
クリアランス金属	クリアランス金属を 室蘭製作所に搬入する前に放射線測定データ を確認しました。 →p21参照。	試作品の放射線・放射能データ を確認しました。 →p21及びp23参照。
製造に使用した設備、製造時に発生したもの	クリアランス金属を 使用する前（平常時）と使用した後の工場設備等の放射線測定データ を比較し、大きな差がないことを確認しました。 →p21～p23参照。	



＜搬入した金属＞

(μSv/h)		最小	最大
保管場所	保管前	0.01	0.04
	保管後	0.01	0.03
輸送容器内 (No.1～14)		0.01	0.05



＜粗加工後の切粉＞

(μSv/h)		最小	最大
平常時	1回目	0.01	0.03
	2回目	0.01	0.03
	3回目	0.01	0.03
本測定		0.02	0.03



＜仕上加工後の切粉＞

(μSv/h)		最小	最大
平常時	1回目	0.01	0.03
	2回目	0.01	0.03
	3回目	0.01	0.03
本測定		0.01	0.03



＜製作した処分容器＞

(μSv/h)	最小	最大
容器A 肉厚50mm	0.02	0.04
容器B 肉厚200mm	0.02	0.03

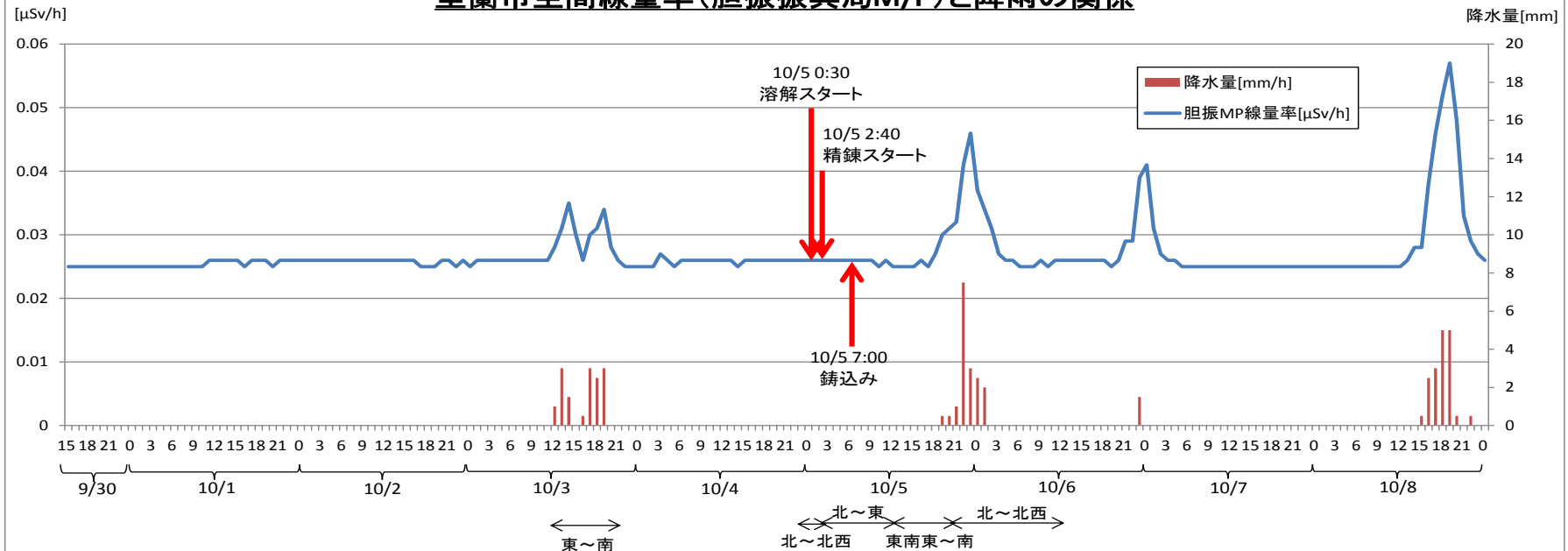


製造過程において
線量当量率は
平常時と変化なし。

**金属の溶融処理時に
工場周辺の空間線量率
に変化がないことを確認**



室蘭市空間線量率(胆振振興局M/P)と降雨の関係



溶融処理前後に見られる空間線量率の変動は、**降雨の影響**です。

- 試作した処分容器（内容器）などから、放射能測定用のサンプルを採取し、含まれる放射能を測定しました。
- **全てのサンプルにおいて、人工放射性核種は検出されませんでした。**

[単位:Bq/g]

	セシウム134	セシウム137	コバルト60	マンガン54
クリアランスレベル	0.1	0.1	0.1	0.1
溶鋼鑄込み流	ND(<0.004)	ND(<0.003)	ND(<0.004)	ND(<0.003)
押湯部分	ND(<0.004)	ND(<0.003)	ND(<0.004)	ND(<0.003)
試験材	ND(<0.005)	ND(<0.005)	ND(<0.005)	ND (<0.004)
試作容器	ND(<0.004)	ND(<0.004)	ND(<0.005)	ND(<0.004)

ND=Not Detectable ; 検出限界値未満の意。

- クリアランス金属を用いた**溶解・精錬・鋳込みタイミング**において、室蘭製作所周辺での**空間線量率の変化はありませんでした。**
- クリアランス金属**使用後の設備、製品由来地金、発生物の線量当量率**は、**使用前の平常時と変化はありませんでした。**
- 試作品の放射能測定の結果、**人工放射性核種は検出されず、クリアランスレベル以下**であることが確認できました。

2. 本事業の概要について

(2) 平成29年度事業計画の概要

平成29年度の計画

26

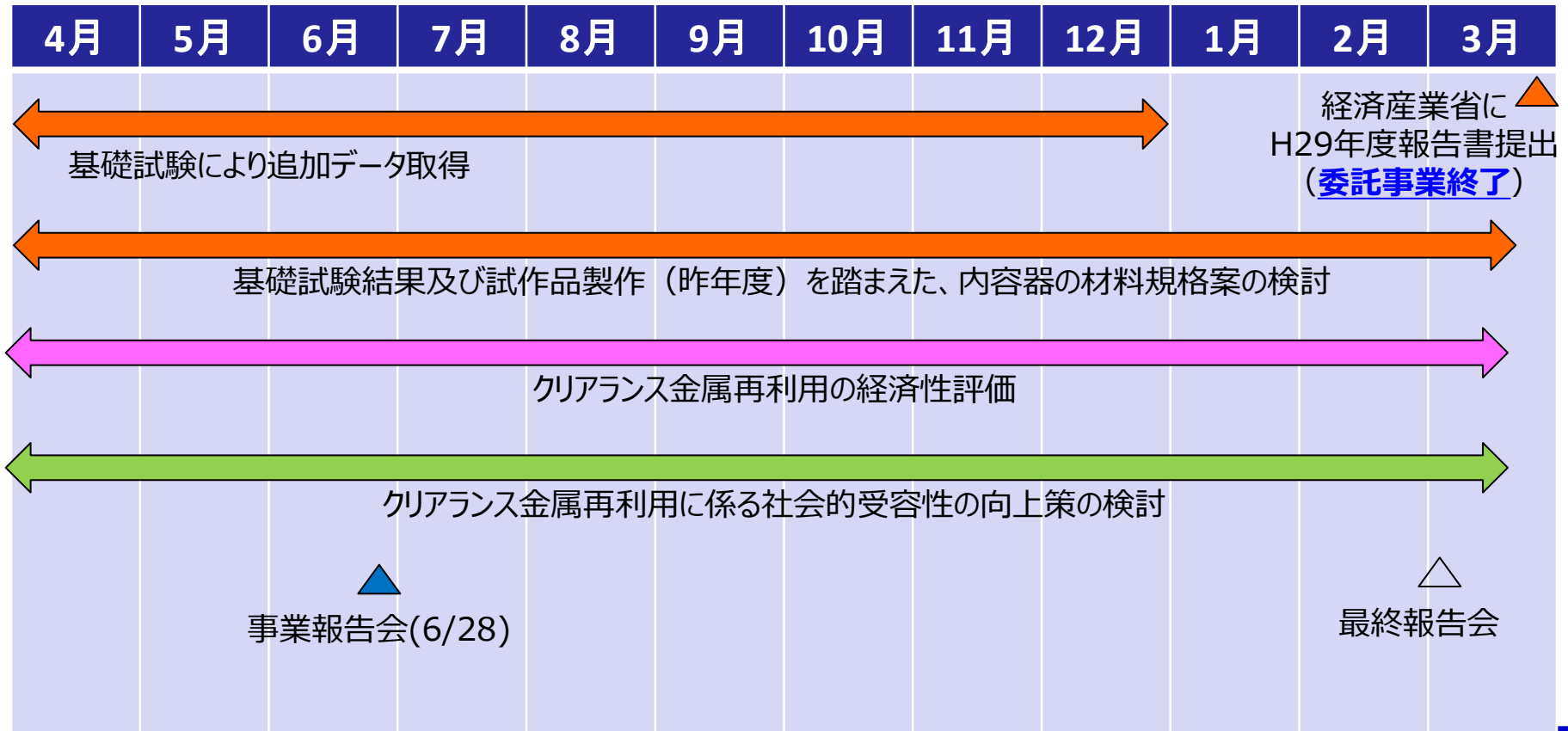
平成29年度の事業結果の概要は、主に以下のとおりです。

○これまで得られたデータに加え、本年度も基礎試験により追加データを取得し、**処分容器（内容器）のための材料規格案を策定**します。

※基礎試験にクリアランス金属は使用しません。

○クリアランス金属再利用の**経済性評価**を実施します。

○クリアランス金属再利用のために必要な**社会的受容性の向上策について検討**します。

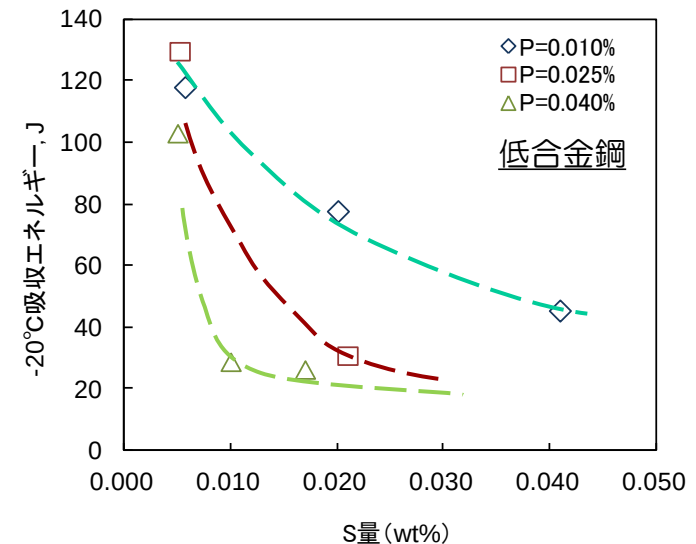
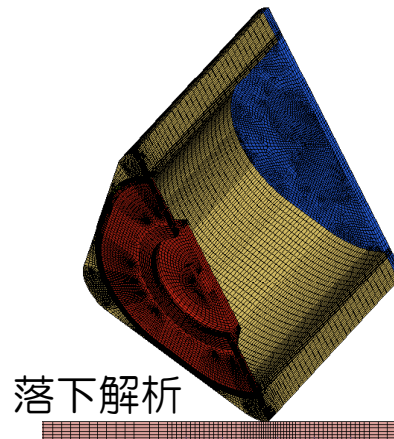


実施項目	検討内容
①材料規格案の策定	金属容器の落下に対する耐久性の解析や基礎試験を踏まえて、 容器の材料として要求される機械的性質 を取りまとめます。
	これまで検討してきた不純物のリン、硫黄等以外に、ステンレス鋼に含まれる クロム等の強度（靱性）への影響 を評価し、性能を満足するための化学成分の条件を明確化します。
	得られた知見から、 処分容器（内容器）の材料規格案 （材料に 必要な強度 、性能を満足させるための 化学成分の条件 等）を策定します。
	クリアランス金属のリサイクル率を向上し、 規格を満足するための製造方法を検討 します。（精錬方法、等）
②経済的合理性の評価	「 クリアランス金属としてリサイクルする場合 」と「 放射性廃棄物として処分する場合 」の費用を比較して 経済性評価 を行います。
③社会的受容性向上のための取り組み方策の検討	室蘭市での住民説明会を始め、一般の方への 様々な取り組み から社会的受容性向上のための 得られたノウハウ等を整理 します。

原子力発電所の解体では様々な種類の金属廃材（炭素鋼、ステンレス鋼等）が発生します。雑多な種類の金属から所定の性能を満足する製品を作るための材料に求められる機械的性質、化学成分の条件などを規格案としてまとめます。

容器の材料としてどのような性能が必要か？

= 材料が満足すべき機械的性質等を明確にします



材料規格の項目（案）

1. 適用範囲
2. 化学成分および炭素当量
3. 機械的性質 他

不純物（リン（P）、硫黄（S）、クロム（Cr）等）がどれくらい入っていても性能を満足できるか？
= 化学成分及び炭素当量の新たな基準案を立案します。

炭素当量：鉄の合金の成分元素の配合比率から、得られる最大の硬度と溶接性を見積もる指標

吸収エネルギー：材料の靱性（粘り強さ）を示す特性値

電事連のホームページにクリアランスに係るコンテンツがございます。
関係資料も多く掲載しております。
ぜひご覧ください。

掲載ホームページ：

<http://www.fepec.or.jp/nuclear/haishisochi/clearance/index.html>

- ・電事連ホームページのうち、「原子力発電所の廃止措置」のページの一番下にコンテンツを追加。以下、下記内容をリンクして掲載。
- ・または、サイト内検索にて「クリアランス制度」を検索してください。

主な内容：

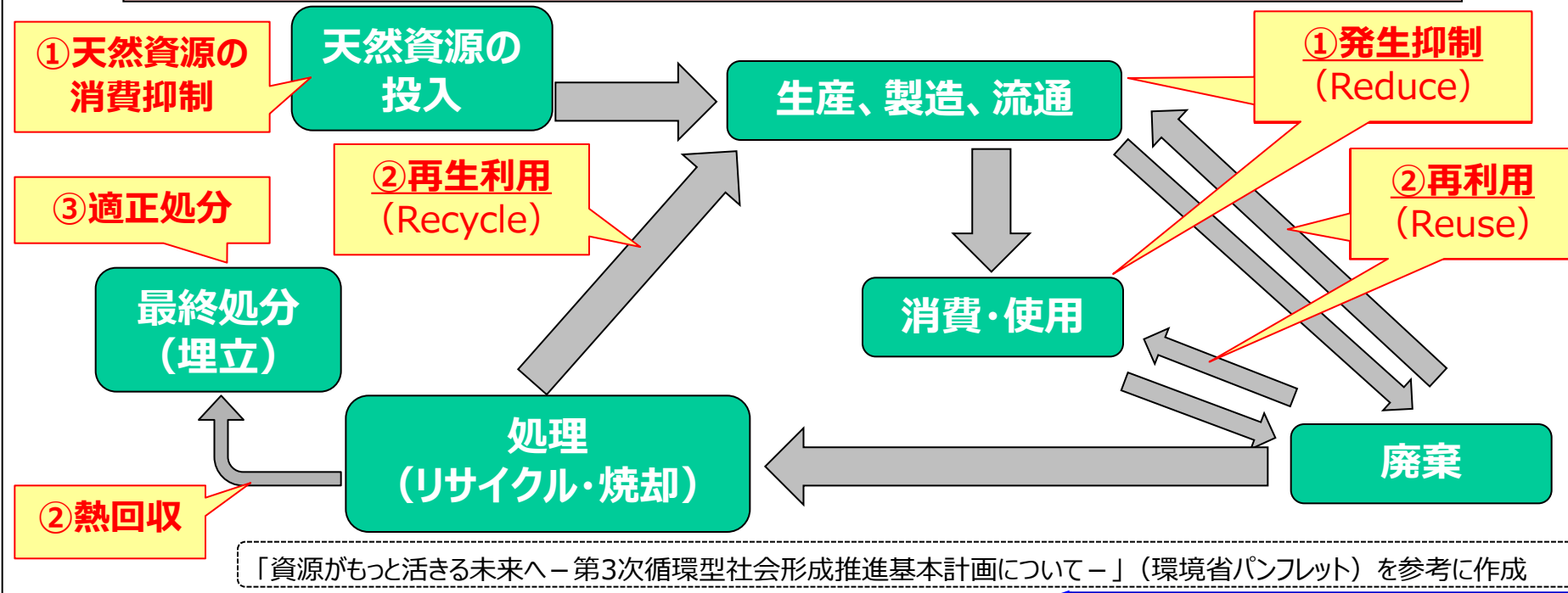
- クリアランス制度とは
- クリアランスの安全性
- クリアランス制度の導入経緯
- クリアランスに関する国内外の状況
- クリアランスの必要性

参考情報

➤ 「**循環型社会**」とは、以下の3点を行うことにより実現される、「**天然資源の消費が抑制され、環境への負荷ができる限り低減された社会**」のことです。

- ① 製品等が廃棄物等となることを抑制（＝**なるべくごみを出さない**）
- ② 排出された廃棄物等についてはできるだけ資源として利用（＝**ごみを出来るだけ資源として使う**）
- ③ どうしても利用できないものは適正に処分（＝**使えないごみはきちんと処分**する）

「循環型社会」のイメージ図



国の「循環型社会」形成への取り組み

32

- わが国では、「循環型社会形成推進基本法」に基づき
国をあげて循環型社会形成のための取り組みを行っています。

循環型社会形成 のための法体系

環境基本法

環境基本計画

「資源がもっと活きる未来へー第3次循環型社会形成推進基本計画についてー」（環境省パンフレット）を参考に作成

循環型社会形成推進基本法

循環型社会形成推進基本計画

廃棄物処理法

資源有効利用促進法

<個別物品の特性に応じた規制>

容器包装リサイクル法

びん、ペットボトル、紙製・プラスチック製容器包装等

家電リサイクル法

エアコン、冷蔵庫、テレビ、洗濯機等

食品リサイクル法

食品残さ

自動車リサイクル法

自動車

建設リサイクル法

木材、コンクリート、アスファルト

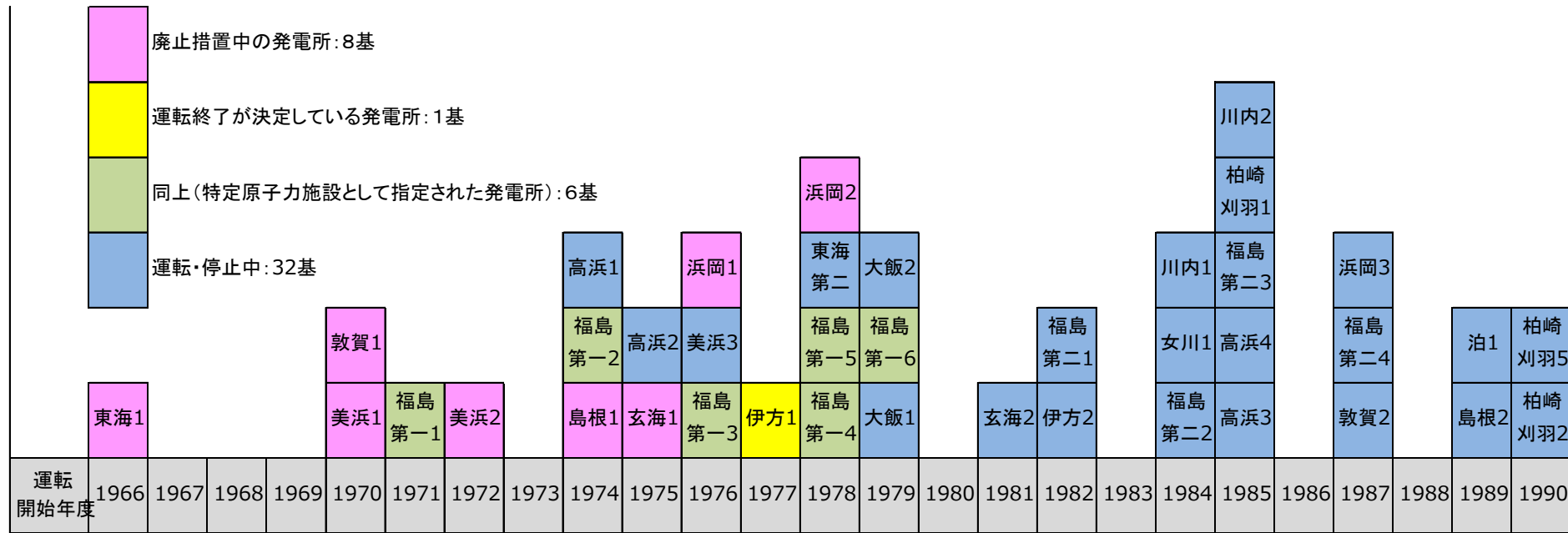
小型家電リサイクル法

小型電子機器等

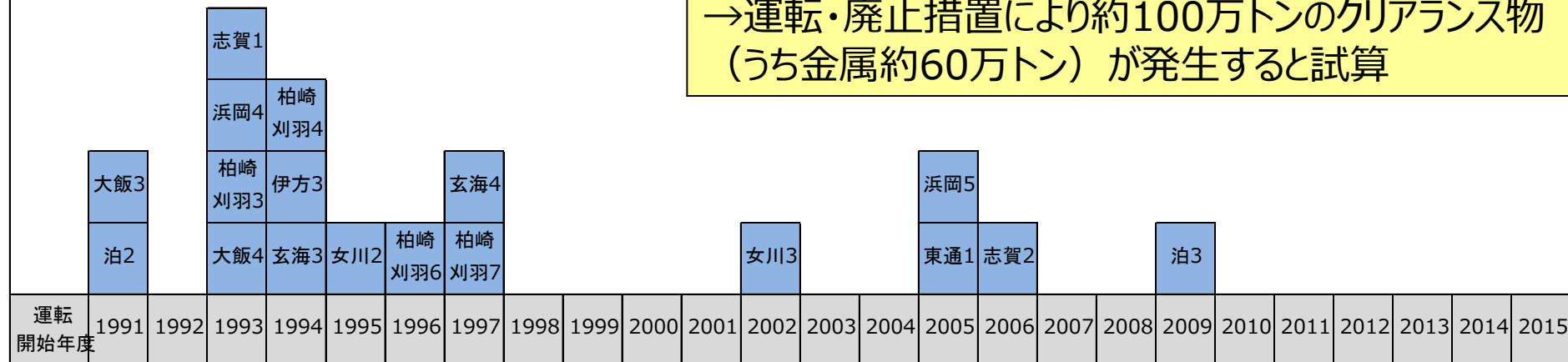
日本の原子力発電所（57基）

平成29年5月1日現在

33



原子力発電所の運転は、最長40+20年
→運転・廃止措置により約100万トンのクリアランス物
(うち金属約60万トン)が発生すると試算



- 原子力発電所から発生する廃棄物は、その放射能レベルにより、以下のように分類されます。

放射性廃棄物の種類		主な廃棄物
低レベル 放射性廃棄物	放射能レベルの比較的高いもの (中深度処分対象廃棄物、L 1)	制御棒 炉内構造物
	放射能レベルの比較的低いもの (ピット処分対象廃棄物、L 2)	廃液、フィルター、 廃器材、消耗品等
	放射能レベルの極めて低いもの (トレンチ処分対象廃棄物、L 3)	安定な金属、 コンクリート等
放射性物質として扱う必要のないもの (クリアランス)		安定な金属、 コンクリート等
放射性廃棄物でない廃棄物 (N R、Non Radioactive waste)		管理区域内に設置したもの 管理区域内で使用したもの

放射性廃棄物処分の考え方

- 放射性廃棄物の処分には、その放射能レベルに応じて、以下のような方法があります。

放射能レベルの極めて低いもの (L3)

浅地中 (トレンチ型処分場)

濃度上限値⇒ 全 α : 1.7×10^7 ,
Co-60: 8.1×10^9 Bq/ton, 他

放射能レベルの低いもの (L2)

浅地中 (コンクリートピット型処分場)

濃度上限値⇒ 全 α : 1.11×10^9 ,
Co-60: 1.1×10^{13} Bq/ton, 他

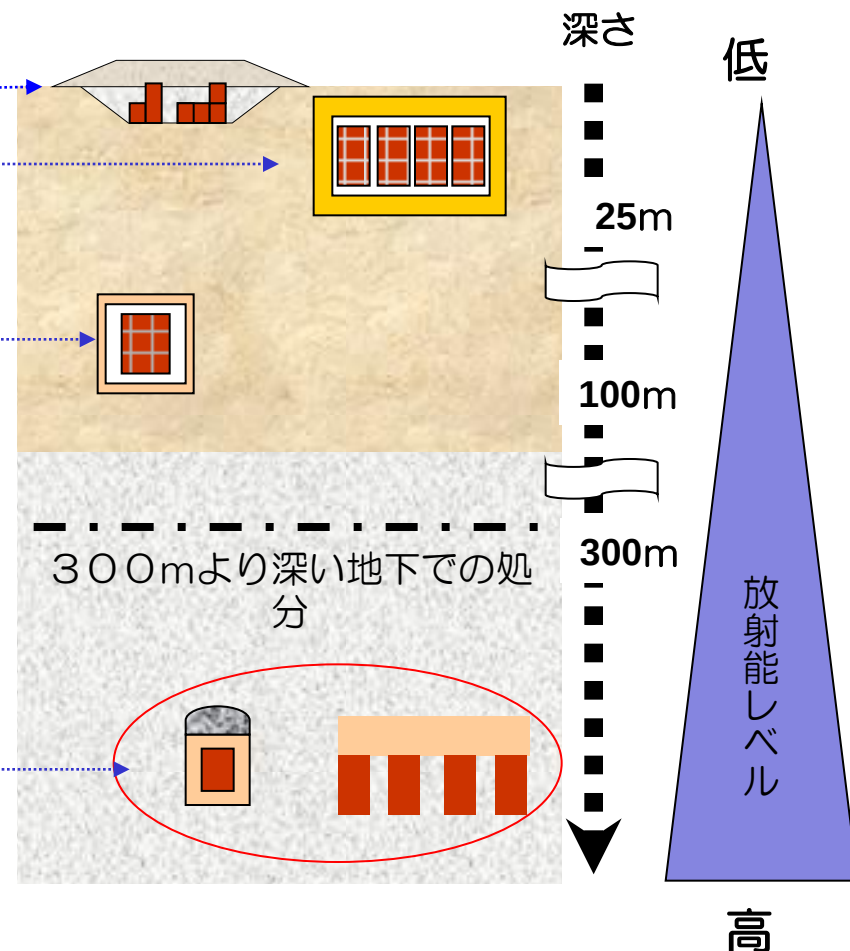
放射能レベルの比較的高いもの (L1)

中深度処分 (70mより深いところに処分)

濃度上限値⇒ Np-237: 1.3×10^{10} ,
C-14: 5.2×10^{14} Bq/ton, 他

高レベル放射性廃棄物, TRU 廃棄物

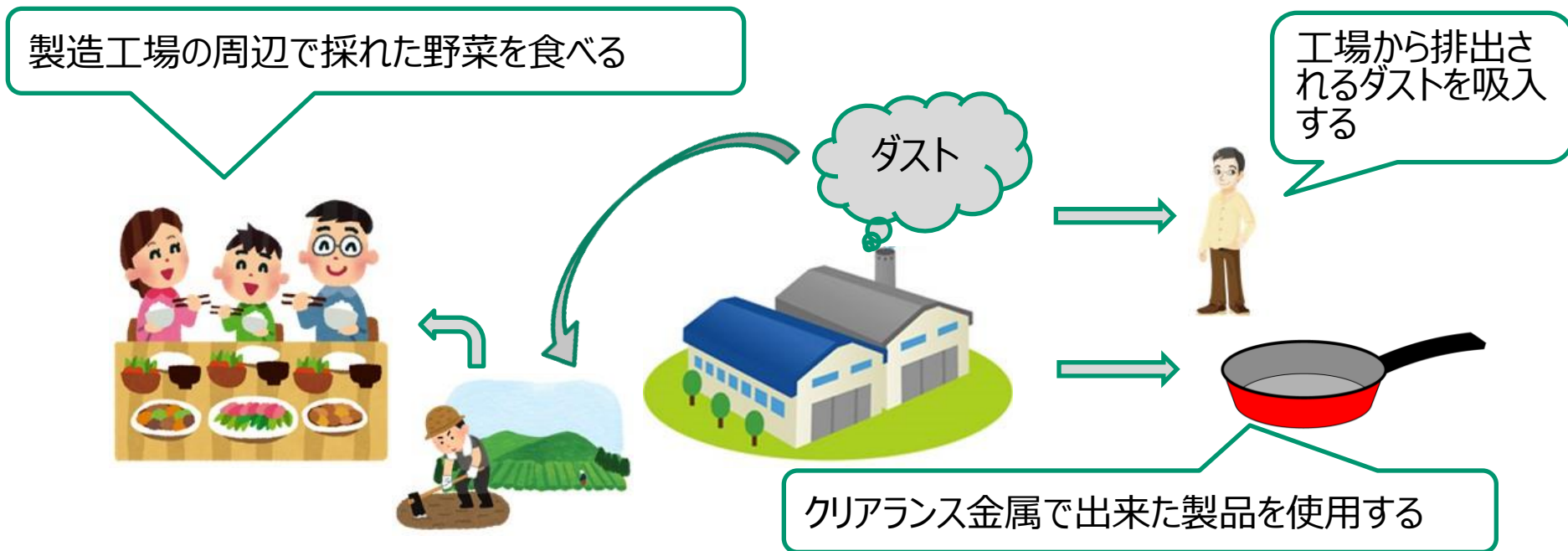
地層処分 (300mより深い地層に処分)



経済性評価ではクリアランス金属を放射性廃棄物 (放射能レベルの極めて低いもの: L3) としてトレンチ処分した場合とのコスト比較を行います。

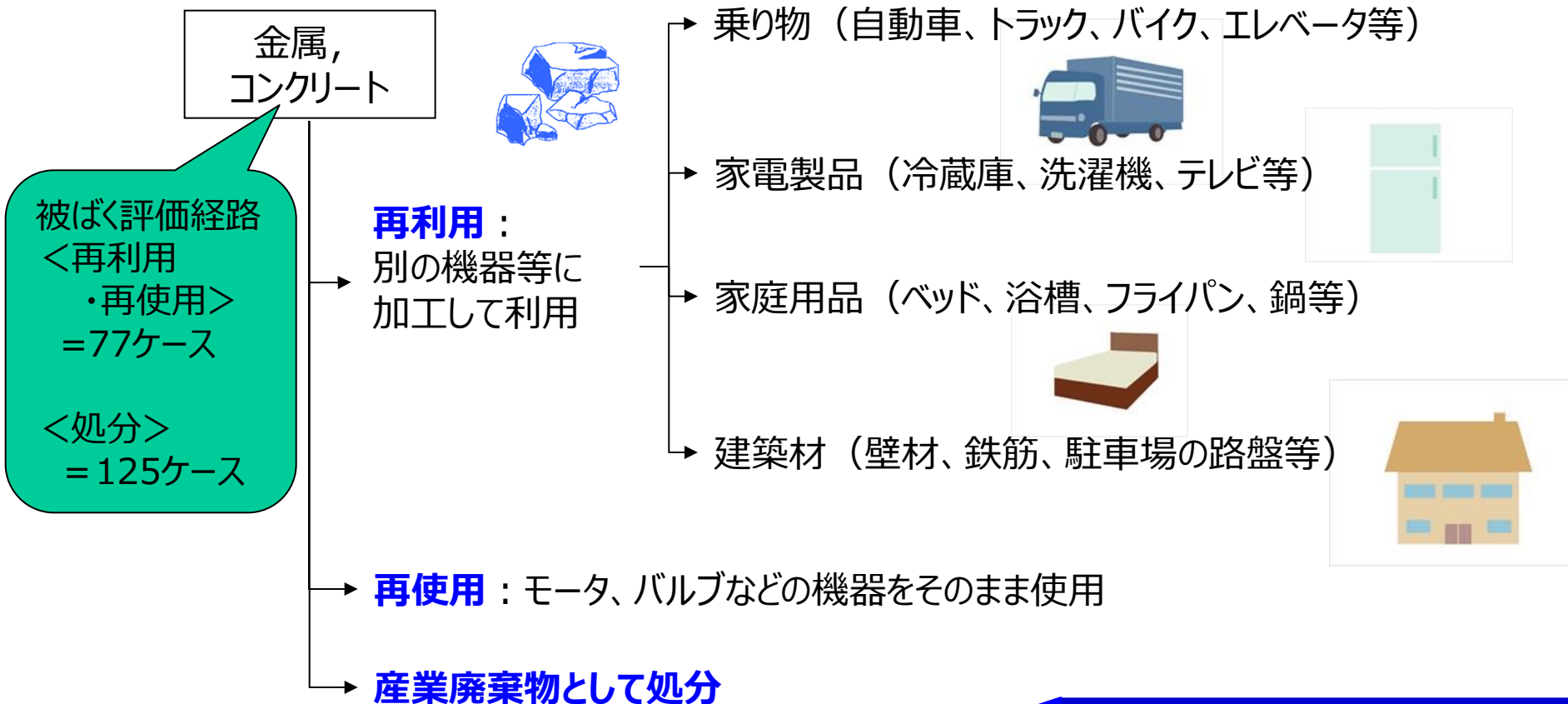
どうやってクリアランスレベルを決めたか（1/2）

- どんな再利用（処分）があるかを想定し、**そこにクリアランス物を活用した場合、年間0.01mSv**を超えないような**放射能濃度（Bq/g）**を逆算しています。
- 例えば、クリアランス金属を溶融して、再利用品を製作する場合には、**再利用品を使うことによる影響**の他、**製造過程における作業員・周辺の方等への影響**も考慮して、クリアランスレベルが設定されます。



どうやってクリアランスレベルを決めたか（2/2）

- 現実にどんな再利用（処分）があるかを想定し、一般の金属、コンクリートの再利用・産廃処分の実情を基に検討され、決定されています。
- **国際基準（IAEA安全指針）をベースに、年間0.01mSvを超えないような放射能濃度（Bq/g）としてクリアランスレベルが設定**されています。



クリアランスレベル設定の例

金属スクラップ作業場（溶融）周辺における被ばく線量の評価

外部被ばく

（積み下ろし作業員）

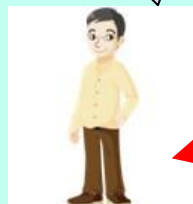
- ・大型トラック1台分の
金属スクラップ = 25ton

内部被ばく（呼吸）

- ・作業場からの排出ガス
を吸い込む

内部被ばく（食べ物）

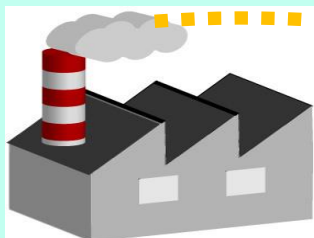
- ・年間12kgの葉菜を
食べる



積み下ろし作業員



保管中の
スクラップ金属



スクラップ作業場



周辺の方々



【評価結果】

クリアランスする金属中に以下の濃度のCo-60があると被ばく線量が年間0.01mSvになる。

外部被ばく = 1.1Bq/g

内部被ばく（呼吸） = 13,000Bq/g

内部被ばく（食べ物） = 6,800Bq/g

【国際基準】

Co-60のクリアランスレベル = 0.1Bq/g
（上記の評価結果を下回る値）

法令で規定

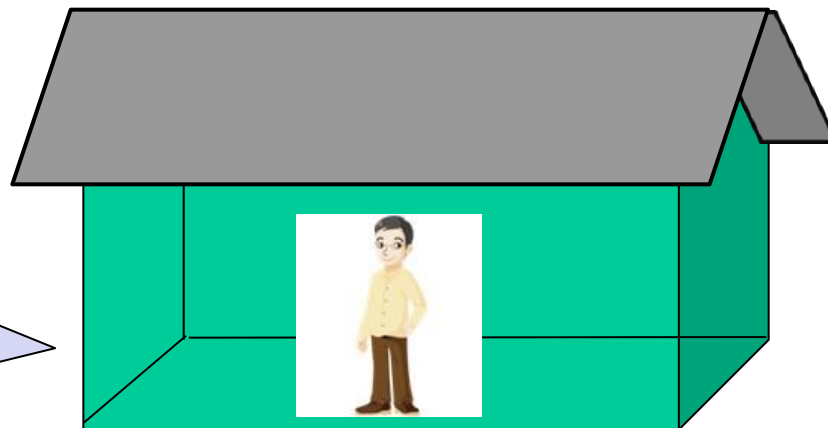
「原子炉施設及び核燃料施設の解体等に伴って発生するもののうち放射性物質として取り扱う必要のないものの放射能濃度について」（原子力安全委員会 平成17年3月17日一部改訂及び修正）をもとに作成

クリアランスレベル設定の例

クリアランスされたコンクリートを再生骨材として住居の壁・床・天井のコンクリートに使用した場合の被ばく線量の評価

⇒その家屋に住む人の被ばく線量が年間0.01mSvに相当する放射能濃度を評価しています。

建物の寸法：9m×9m×2.4m(H)
コンクリート厚さ：20cm（床・天井）
15cm（壁）
壁の面数：3面（残りは窓）
コンクリート中の
クリアランス物の割合：10%
年間居住時間：6,000時間



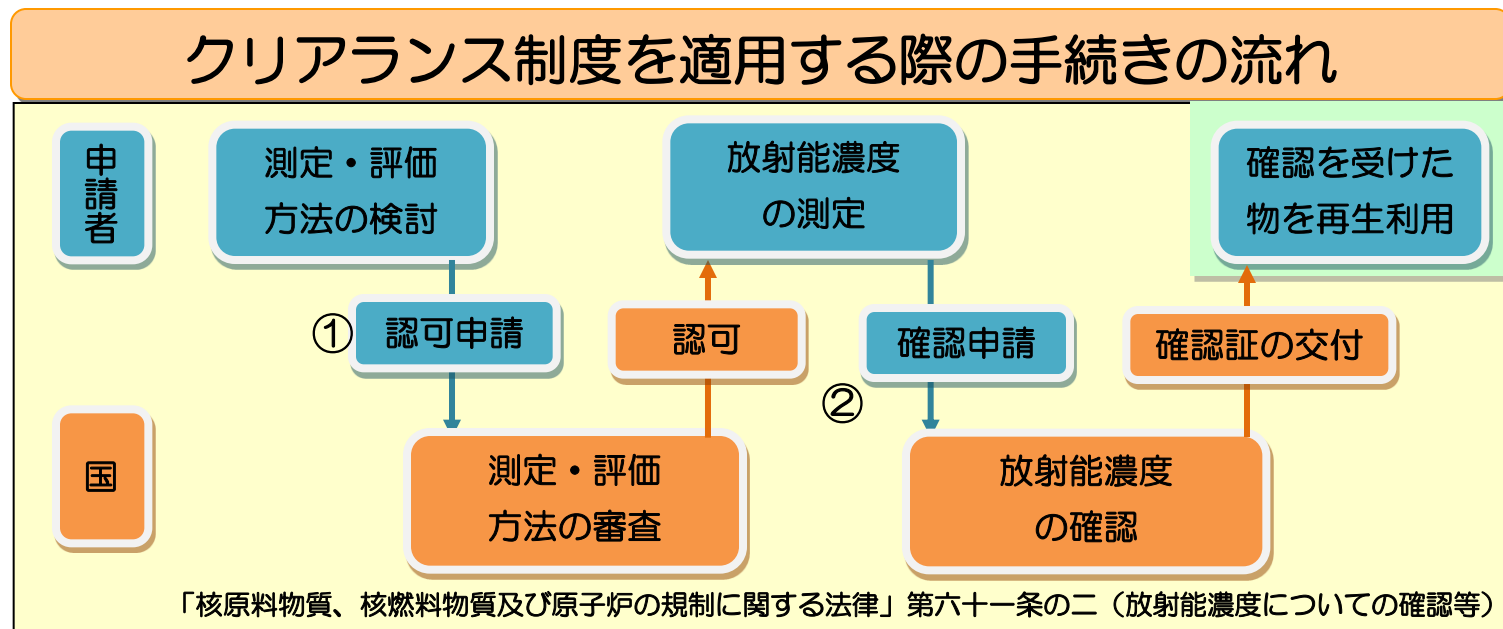
【国際基準】
Co-60のクリアランスレベル
=0.1Bq/g
(0.3Bq/gを下回る値)

【評価結果】
クリアランスするコンクリート中に
0.3Bq/gのCo-60があると
被ばく線量が年間0.01mSvになる

法令で規定

「原子炉施設及び核燃料施設の解体等に伴って発生するもののうち放射性物質として取り扱う必要のないものの放射能濃度について」(原子力安全委員会 平成17年3月17日一部改訂及び修正)をもとに作成

クリアランスするまでの法令手続き



- ①はじめに、対象物の**放射能濃度がクリアランスレベル以下であることをどのような方法で測定・評価**するか、その**方法の認可**を受ける必要があります（**認可申請**）。
- ②次に、**国の認可を受けた方法で測定**を行いその**結果の確認**を受ける必要があります（**確認申請**）。
- ⇒**国の確認を受けた後は、一般の物と同じ扱いが可能になります。**

■ 試作の目的

- 実際にクリアランス金属を使用して、**内容器を模した鋳鋼品が製作可能であることを確認**します。
- 鋳鋼品の製造に使用した設備・製品等の放射線・放射能を測定し、**放射線・放射能の影響がないことを確認**します。

■ 評価項目

- クリアランス金属使用による設備・製品等への影響
- 化学成分
- 鋳造形状が内部性状におよぼす影響
- 材料特性
- 溶接性

主な放射線測定結果（製鋼工場）

42



LF取鍋

(マグネシアカーボン & アルミナマグネシアカーボンレンガ)



鋳物用取鍋

(ジルコンレンガ)



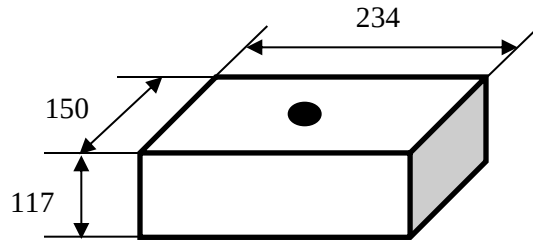
スラグホット

(μSv/h)		最小値	最大値
平常時	1回目	0.03	0.06
	2回目	0.03	0.06
	3回目	0.03	0.07
本測定		0.03	0.06

(μSv/h)		最小値	最大値
平常時	1回目	1.66	1.74
	2回目	1.56	1.74
	3回目	1.59	1.72
本測定		1.54	1.74

(μSv/h)		最小値	最大値
平常時	1回目	0.01	0.03
	2回目	0.01	0.03
	3回目	0.01	0.03
本測定		0.01	0.03

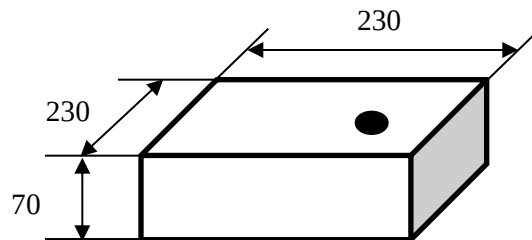
①ジルコンレンガ(L83/AZJV)



- : 測定点(中央部)
 - ・中央部接触: $0.67 \sim 0.73 \mu\text{Sv/h}$
 - ・中央部100mm: $0.22 \sim 0.24 \mu\text{Sv/h}$

② MgO-C/マグネシアカーボンレンガ(LW251/SX10MJ/IJ)

③ Al₂O₃-MgO-C/アルミナマグネシアカーボン(LW231/MC416BX)



- ②,③共にB.G.*と同様
 - ・接触: $0.04 \sim 0.06 \mu\text{Sv/h}$
 - ・100mm: $0.04 \sim 0.06 \mu\text{Sv/h}$

※B.G.: $0.04 \sim 0.06 \mu\text{Sv/h}$

ジルコンレンガのみから比較的高い線量検出。
ジルコンは天然ウラン、天然トリウムを成分として含んでいるため。

主な放射線測定結果（製品由来地金（機械工場））

44



粗加工後 切粉バッグ(集積後) 仕上加工後 切粉バッグ(集積後)

(μSv/h)		最小値	最大値
平常時	1回目	0.01	0.03
	2回目	0.01	0.03
	3回目	0.01	0.03
本測定		0.02	0.03

(μSv/h)		最小値	最大値
平常時	1回目	0.01	0.03
	2回目	0.01	0.03
	3回目	0.01	0.03
本測定		0.01	0.03



造粒ダスト(建屋集塵機)



造粒ダスト(直引集塵機)

(μSv/h)		最小値	最大値
平常時	1回目	0.02	0.05
	2回目	0.02	0.04
	3回目	0.02	0.05
本測定		0.02	0.04

(μSv/h)		最小値	最大値
平常時	1回目	0.02	0.04
	2回目	0.02	0.03
	3回目	0.02	0.04
本測定		0.02	0.03

放射線測定結果の詳細（設備） 1/2

46

■設備の放射線測定結果（①製鋼工場）

測定箇所		測定値 線量当量率(μSv/h)							
設備	対象物	平常時1回目		平常時2回目		平常時3回目		本測定	
		最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値
①-1 建屋集塵機	濾布室	0.02	0.05	0.02	0.05	0.02	0.05	0.02	0.05
	造粒前コンベア	0.02	0.05	0.02	0.05	0.02	0.05	0.02	0.05
①-2 とりべ内壁等	LF取鍋	0.03	0.06	0.03	0.06	0.03	0.07	0.03	0.06
	鋳物用取鍋※	1.66	1.74	1.56	1.74	1.59	1.72	1.54	1.74
	スラグホット	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	0.03
①-3 直引集塵機	電気炉ダクト	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	0.03
	濾布室	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	0.03
	造粒前コンベア	0.02	0.05	0.02	0.04	0.02	0.05	0.02	0.05

※鋳物用取鍋ではジルコンレンガを使用

■設備の放射線測定結果（②鑄造工場）

測定箇所		測定値 線量当量率(μSv/h)											
設備	対象物	平常時1回目		平常時2回目		平常時3回目		押湯切断後 本測定		駄肉除去後 本測定		欠陥除去後 本測定	
		最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値
②-1 作業場	溶削作業場	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.04

■設備の放射線測定結果（③熱処理工場）

測定箇所		測定値 線量当量率(μSv/h)											
設備	対象物	平常時1回目		平常時2回目		平常時3回目		AN後本測定		NT後本測定		SR後本測定	
		最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値
③-1 熱処理 炉体	台車(レンガ)※	0.07	0.11	0.07	0.11	0.06	0.10	0.06	0.10	0.06	0.10	0.06	0.09
	加熱台	0.03	0.05	0.03	0.06	0.03	0.05	0.02	0.04	0.02	0.04	0.03	0.05
③-2 熱電対等	熱電対	0.02	0.04	0.02	0.04	0.02	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.05
	熱電対設置位置(断熱ウール)	0.03	0.05	0.03	0.05	0.03	0.05	0.02	0.04	0.02	0.04	0.03	0.05
③-3 共通設備	吊上用ワイヤ	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	0.03	0.02	0.03	0.03	0.06

※台車レンガでもジルコンレンガを使用。



SR熱処理工場は煉瓦造りのため、壁からの放射線量が少し高め(最大0.08 μSv/h)。

■設備の放射線測定結果（④機械工場）

測定箇所		測定値 線量当量率(μSv/h)							
設備	対象物	平常時1回目		平常時2回目		平常時3回目		仕上加工後本測定	
		最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値
④-1加工機械	ハイスドリル	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.01	0.02

■製品由来地金の放射線測定結果（⑤鋳造工場）

測定箇所		測定値 線量当量率(μSv/h)							
工程	対象物	平常時1回目		平常時2回目		平常時3回目		本測定	
		最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値
⑤-1 鋳込み後	溶鋼の残湯	0.06	0.08	0.07	0.08	0.07	0.08	0.02	0.04

鋳物用取鍋レンガの欠片の影響と推測

■製品由来地金の放射線測定結果（⑥機械工場）

測定箇所		測定値 線量当量率(μSv/h)							
工程	対象物	平常時1回目		平常時2回目		平常時3回目		本測定	
		最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値
⑥-1 粗加工後	切粉バッグ (集積後)	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	0.03	0.02	0.03
⑥-2 仕上加工後		0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	0.03

■発生物の放射線測定結果（⑦製鋼工場）

測定箇所		測定値 線量当量率(μSv/h)							
設備	対象物	平常時1回目		平常時2回目		平常時3回目		本測定	
		最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値
⑦-1 建屋集塵機	造粒ダスト	0.02	0.05	0.02	0.04	0.02	0.05	0.02	0.04
⑦-2 直引集塵機	造粒ダスト	0.02	0.04	0.02	0.03	0.02	0.04	0.02	0.03

■発生物の放射線測定結果（⑧熱処理工場）

測定箇所		測定値 線量当量率(μSv/h)											
対象物		平常時1回目		平常時2回目		平常時3回目		AN後本測定		NT後本測定		SR後本測定	
		最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値
⑧-1酸化スケール (熱処理台車上)		0.07	0.11	0.07	0.11	0.06	0.10	0.06	0.10	0.06	0.10	0.06	0.09

放射線測定結果の詳細（発生物） 2/2

50

■発生物の放射線測定結果（⑨鋳造工場）

測定箇所		測定値 線量当量率(μSv/h)							
工程	対象物	平常時1回目		平常時2回目		平常時3回目		本測定	
		最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値
⑨-1型バリシ後	鋳物砂	0.07	0.18	0.14	0.18	0.14	0.18	0.11	0.18
⑨-2調質後	酸化被膜	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	0.03
⑨-3調質手入後	ショット玉	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	0.03	0.02	0.03
⑨-4駄肉除去後	溶削残滓	0.01	0.03	0.01	0.04	0.01	0.04	0.02	0.03
⑨-5欠陥除去後								対象発生物なし	

鋳物砂未使用品が元々高く、これらの値は平常値と判断

■発生物の放射線測定結果（⑩機械工場）

測定箇所		測定値 線量当量率(μSv/h)							
工程	対象物	平常時1回目		平常時2回目		平常時3回目		本測定	
		最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値
⑩-1粗加工後	使用済チップ°	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	0.02
⑩-2仕上加工後	使用済チップ°	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	0.03	0.02	0.03
⑩-3試験片加工後	研磨治具	0.03	0.05	0.03	0.05	0.03	0.05	0.02	0.03

- 試作した処分容器（内容器）から、放射能測定用のサンプルを採取し、含まれる放射能を測定しました。
- **全てのサンプルにおいて、人工放射性核種は検出されませんでした。**

	セシウム134	セシウム137	コバルト60	マンガン54
クリアランス レベル	0.1	0.1	0.1	0.1
溶鋼鑄込み流	ND(<0.004)	ND(<0.003)	ND(<0.004)	ND(<0.003)
押湯部分	ND(<0.004)	ND(<0.003)	ND(<0.004)	ND(<0.003)
符号01試験材	ND(<0.004)	ND(<0.004)	ND(<0.005)	ND(<0.004)
符号02試験材	ND(<0.004)	ND(<0.004)	ND(<0.004)	ND(<0.003)
符号03試験材	ND(<0.005)	ND(<0.004)	ND(<0.005)	ND(<0.004)
符号04試験材	ND(<0.004)	ND(<0.005)	ND(<0.005)	ND(<0.004)
符号05上部	ND(<0.004)	ND(<0.004)	ND(<0.005)	ND(<0.004)
符号05中央※	ND(<0.004)	ND(<0.004)	ND(<0.004)	ND(<0.003)
符号05下部	ND(<0.004)	ND(<0.004)	ND(<0.004)	ND(<0.003)
符号05底部	ND(<0.004)	ND(<0.003)	ND(<0.004)	ND(<0.004)

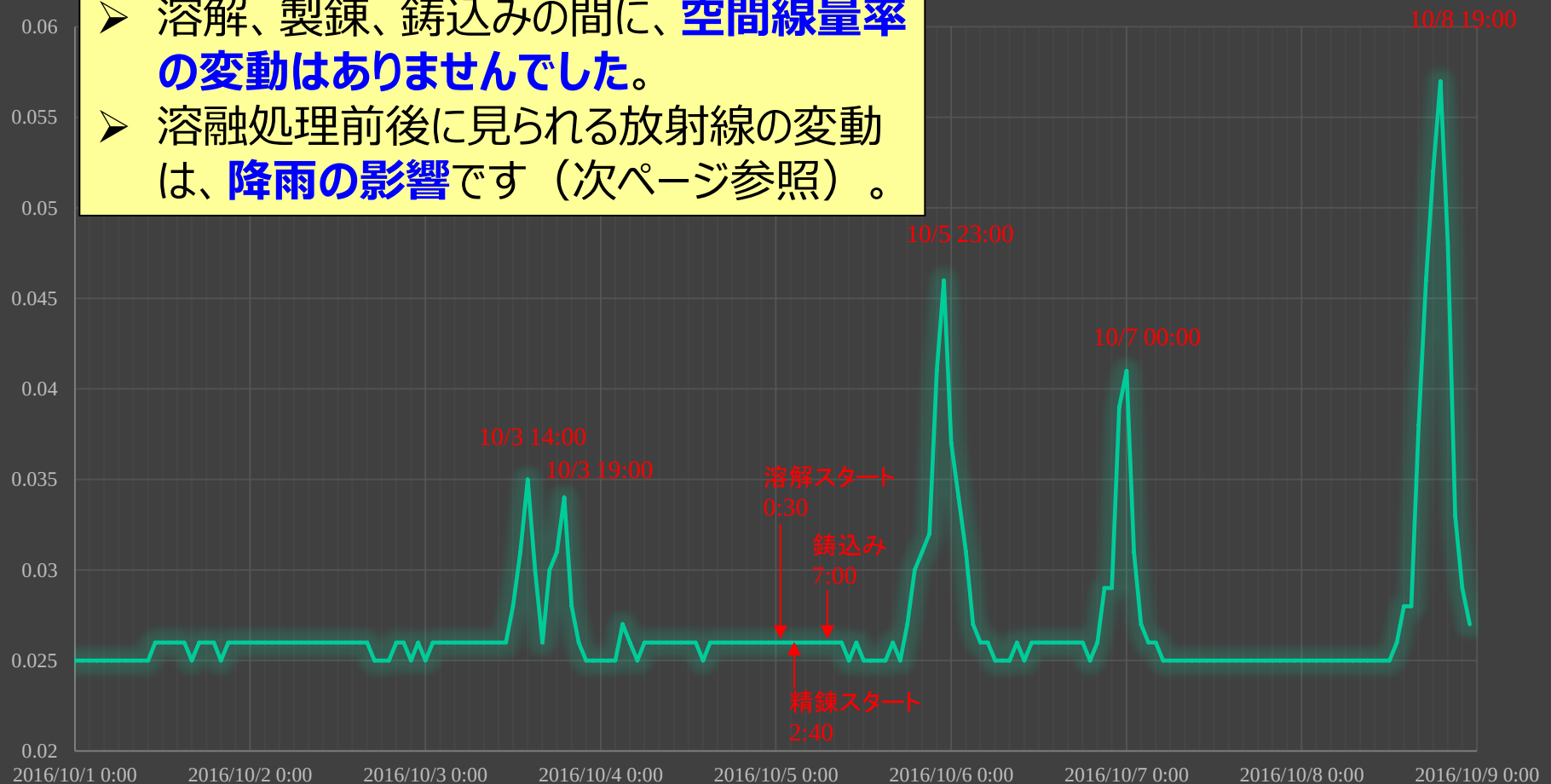
※天然放射性核種である ^{214}Bi ： 0.007 ± 0.002 が検出されました。

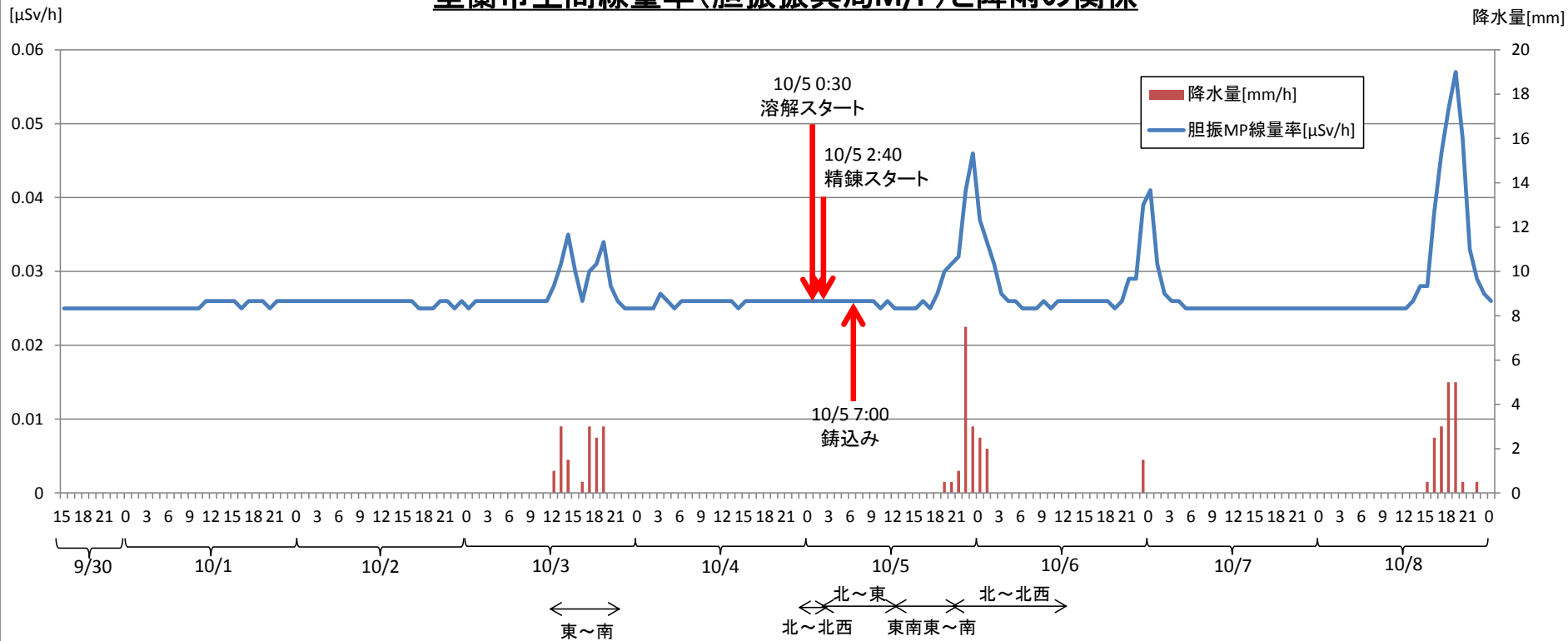
[単位:Bq/g]

ND=Not Detectable；検出限界値未満の意。

溶解前後の平均空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)

- 溶解、製錬、鋳込みの間に、**空間線量率の変動はありませんでした。**
- 溶融処理前後に見られる放射線の変動は、**降雨の影響**です（次ページ参照）。





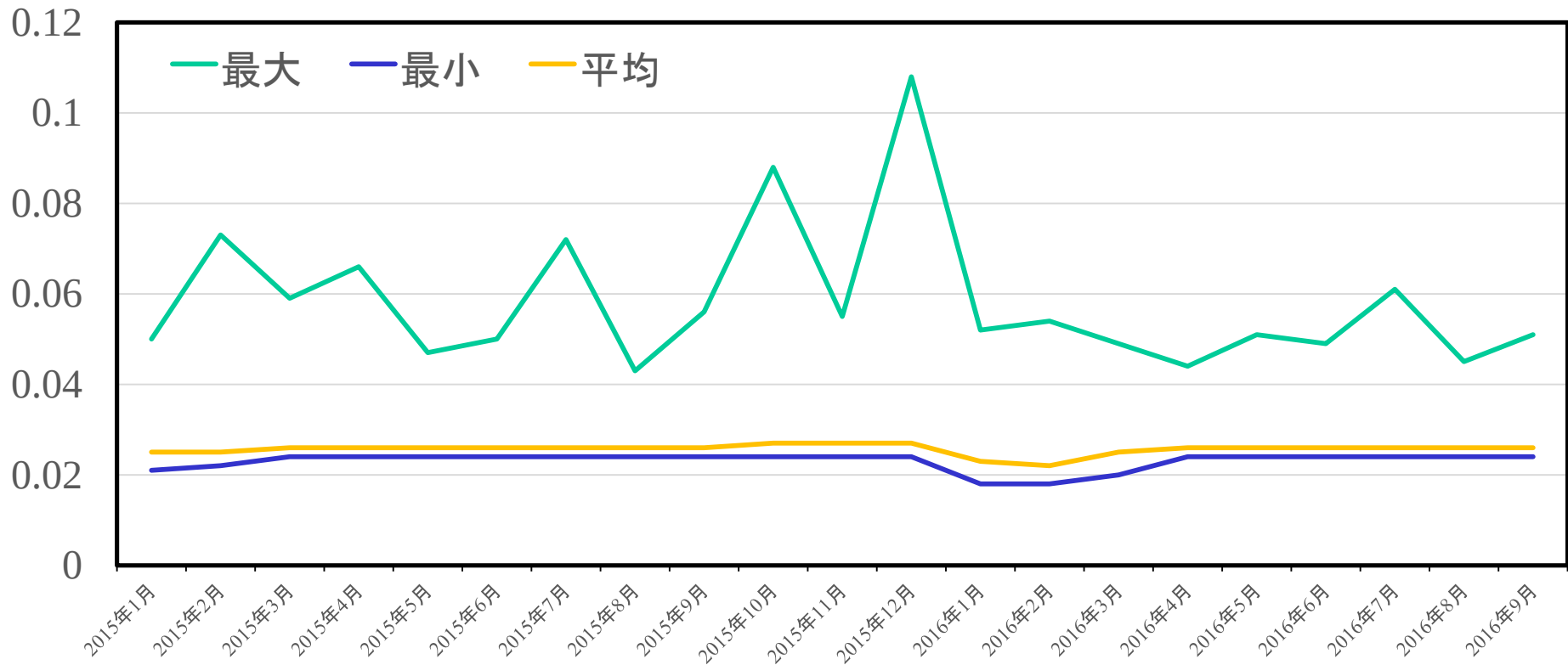
2016/10/5 0:00	北
2016/10/5 1:00	北西
2016/10/5 2:00	北
2016/10/5 3:00	北
2016/10/5 4:00	北北東
2016/10/5 5:00	北北東
2016/10/5 6:00	北北東
2016/10/5 7:00	北北東
2016/10/5 8:00	北
2016/10/5 9:00	東

- ・空間線量率の上昇は、降雨と相関があります。
- ・溶解～鋳込み間、空間線量率の上昇は認められませんでした。

【参考】 室蘭市モニタリングポストでの空間線量率データの変動

54

- 下のグラフは、室蘭市における**1年間のモニタリングポストでの空間線量率の最大値／最小値**です。
- 空間線量率は、主に**降雨・降雪により上昇**します。その**変動幅は、最大で約0.02~0.11 μ Sv/h**になります。

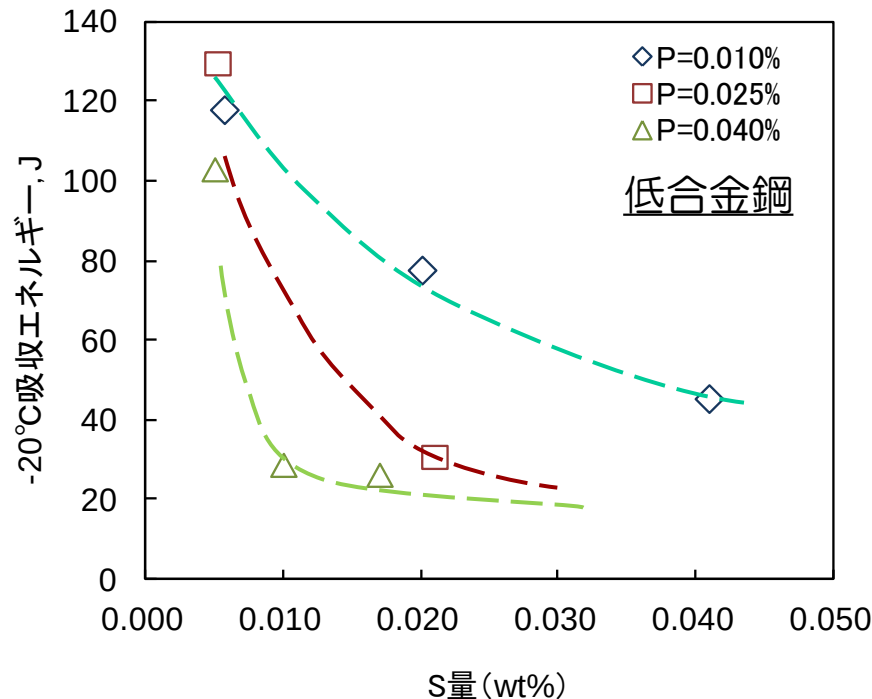


*最大、最小については、10分値（10分間の平均値）の最大値、最小値を示しています。

①材料規格（案）の主な項目と確認事項

平成28年度は、不純物成分として、リン（P）及び硫黄（S）含有量の組合せが**衝撃吸収エネルギーに与える影響**を評価しました。

容器が落下しても
健全であるための
材料条件を
決めたい



硫黄（S）含有により衝撃吸収エネルギー（破壊靱性値と相関する）は低下し、リン(P)の含有との複合でさらに減少することがわかりました。

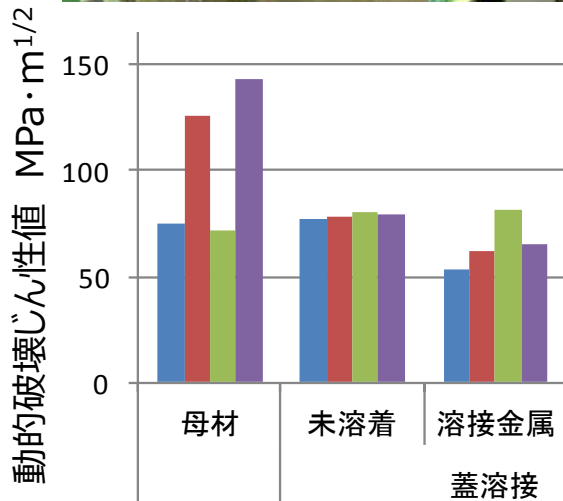
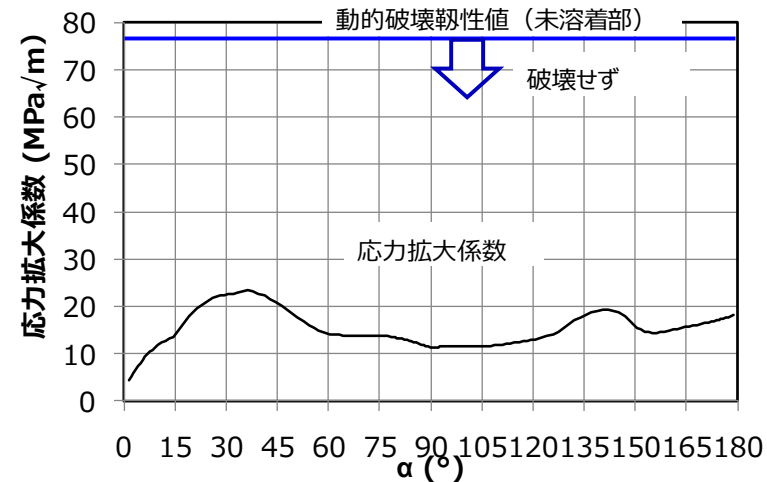
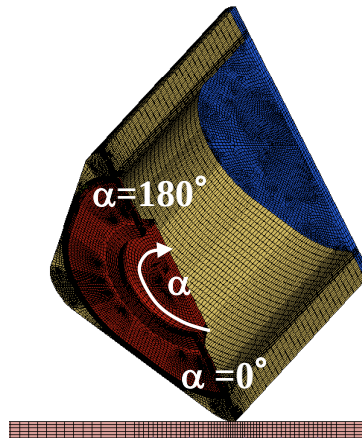


平成29年度は、これらの結果などから必要な化学成分などについて検討を行い、**材料規格案を策定**します。

①材料規格（案）の主な項目と確認事項

56

汎用解析コードを用いて容器の落下時の溶接部の応力解析を実施しました。測定した容器材料の動的破壊靱性値と比較により耐久性を評価しました。



容器厚さや角の曲がり具合が耐久性に影響することがわかりました。低合金鋼の場合、これらを適切に設定することで、破壊が生じないように設計ができることがわかりました。

平成29年度は、炭素鋼についても同様の評価を行い、材料設計案に反映させます。

動的破壊靱性の測定（低合金鋼）

原子炉の廃止措置で発生する金属廃材を・・・

- ・クリアランス制度を適用して再利用し、L1処分容器（内容器）を製作する場合
 - ・クリアランス制度を適用せず、放射性廃棄物（L3廃棄物）として処分する場合
- のコストを評価し、比較します。

原子炉の廃止措置で発生する金属廃材を・・・

クリアランスして
再利用する場合



L1処分容器（内容器）
として再利用

※金属を産業廃棄物として処分する
事例は少ないので、想定しない。

クリアランスせず
放射性廃棄物とする
場合



放射性廃棄物（L3）
として処分

電力の取組み：一般市民への情報発信

- 国の実証試験に関連し、クリアランス金属の搬入場所である室蘭市の一般市民の方々を対象に説明会や報告会を行ってきました。
- 今後も同様に報告会等を開催していく予定です。
- また、国の実証試験の成果を踏まえ、クリアランス金属の実運用に関する方針を検討していきます。

	実施日	対象
住民説明会	H27.11.27 H27.11.28	室蘭市に在住の方他 (事前申込制、のべ96名)
H27年度実施結果及び H28年度実施計画の事業報告会	H28.6.28	室蘭市に在住の方他 (事前申込制、39名)
クリアランス金属の搬入立会	H28.7.7	室蘭市内の関係者 (29名) (市役所、漁協、商工会、町会等の代表者 及び報道関係者)
試作した処分容器の見学会	H29.2.16	室蘭市内の関係者 (24名) (市役所、漁協、商工会、町会等の代表者 及び報道関係者)

日本原子力発電（株）における取り組みと実績

- 平成18年に**東海発電所の解体物（約2,000トン）**に対してクリアランス認可申請が行われ、平成20年に認可されています。
- これまで**約400トンに対して国の確認が行われ、うち約230トンが再利用**されています。

施設名	クリアランスとして認められた量（トン）	主な再利用先
東海発電所	約400	・ベンチ、テーブル、ブロック等（約170トン） ・国プロ（再利用技術開発）（約60トン） ・保管中（約170トン）



ベンチ



応接机



車両進入防止ブロック

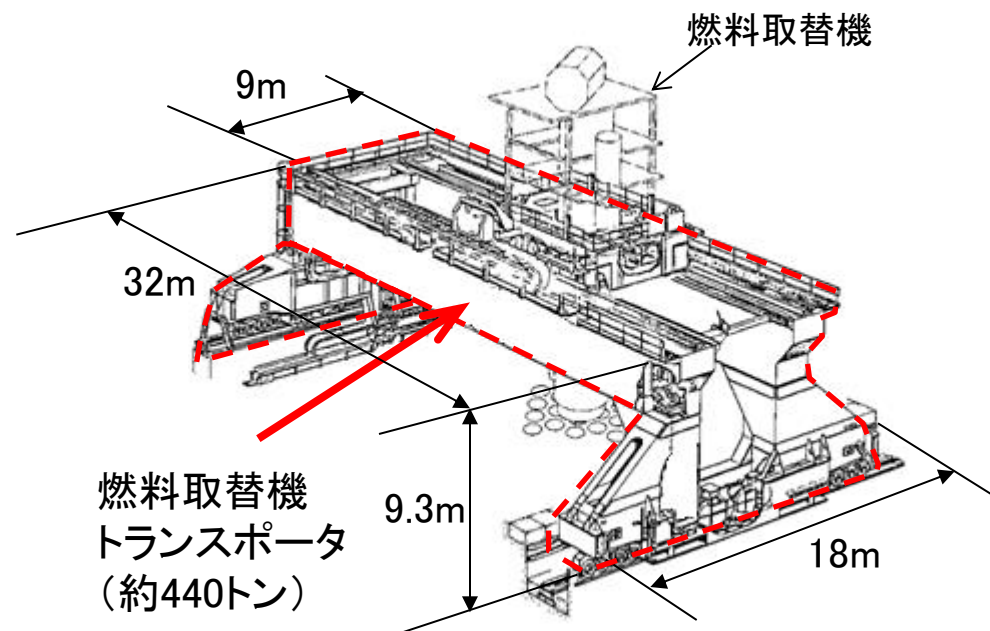
原電のクリアランス実績に関する情報は、
日本原子力発電（株）ホームページにて公開されています！

搬入したクリアランス金属

日本原子力発電(株)東海発電所(1966年7月25日～1998年3月31日まで営業運転)にて使用していた「燃料取替機トランスポート」の解体で出たクリアランス金属(約60トン)をJSW室蘭製作所に搬入しました。



搬出するクリアランス金属
燃料取替機トランスポート



燃料取替機トランスポートとは、原子炉上部に設置されてる原子炉の燃料を交換するための燃料取替機を、任意の位置に移動するためのものです。
機器が設置されていたエリアは、汚染のレベルの低いエリアです。

(参考) 東海発電所の概要



電気出力	16万6,000kW
原子炉型式	黒鉛減速・炭酸ガス冷却型 (GCR)
燃料	天然ウラン
運転期間	1966年7月25日～1998年3月31日 (2001年12月4日～廃止措置着手)

中部電力（株）における取り組みと実績

平成25年に**浜岡原子力発電所5号機 旧低圧タービンロータ（約530トン）**に対してクリアランス認可申請が行われ、平成26年に認可されています。

- ・**動翼 合計約80トン**（約6,500枚）⇒**国の確認済み**（発電所内保管中）
- ・**車軸 合計約450トン（3軸）** ⇒**1軸 確認済み**（発電所内保管中）
残り2軸は順次、測定実施中

<再利用のイメージ>

① 旧低圧タービン



<再利用のイメージ>

② 資源として搬出



③ 溶融再生



⑤ 発電所にて再利用



④ 新たなロータとして生まれ変わり





車軸

合計 約450トン(3軸)



動翼

(中央から8段～14段)

合計 約80トン(約6,500枚)

以上