

日本原子力発電(株)東海第二発電所から受け入れた廃棄体における  
錆による損傷の調査結果および再発防止対策と当社の対応について（報告）

1. はじめに

2020年3月19日（木）14時19分頃、日本原子力発電(株)東海第二発電所から2020年2月28日から29日に受け入れた廃棄体832本（充填固化体）の廃棄体検査において、廃棄体1本（以下、「当該廃棄体」という。）の底面に錆を確認（以下、「本事象」という。）したことを踏まえ、2020年3月26日（木）に当該廃棄体に係る廃棄物埋設確認申請書の一部補正（取り下げ）文書を原子力規制委員会へ提出し、東海第二発電所へ当該廃棄体を返送し原因調査を実施することを報告している。

なお、東海第二発電所から受け入れた残りの廃棄体831本については、廃棄体検査に合格している。

本事象に関して、日本原子力発電(株)より「返送された廃棄体の原因調査報告書」（添付書類）を受領し、本事象の発生原因、再発防止対策および当社の今後の対応について、以下のとおり取り纏めたので報告する。

2. 時系列

事象発生からこれまでの時系列を、添付資料1に示す。

3. 本事象発生時における当該廃棄体に対する処置

- (1) 当該廃棄体情報（詳細は添付資料2を参照）  
整理番号：1781396-JG2M 充填固化体（熔融固化体）
- (2) 外観等の確認結果（詳細は添付資料3を参照）  
廃棄体底面に直径約2cmの錆を確認
- (3) 汚染確認（詳細は添付資料4を参照）  
当該部のスミヤ測定を行い、汚染のないことを確認
- (4) 当該廃棄体の返送  
2020年5月7日（木）に当社から東海第二発電所へ返送

4. 日本原子力発電(株)における調査結果と再発防止対策について

日本原子力発電(株)が実施した調査結果等については、次のとおり。（詳細は、添付書類参照）

(1) 当該廃棄体の調査結果

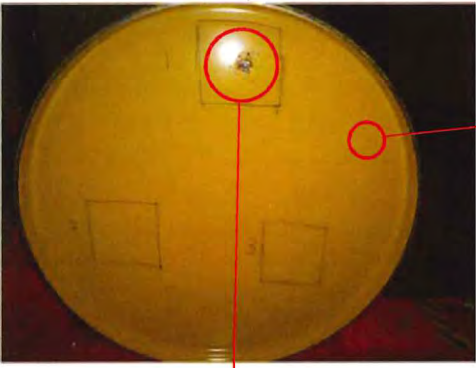

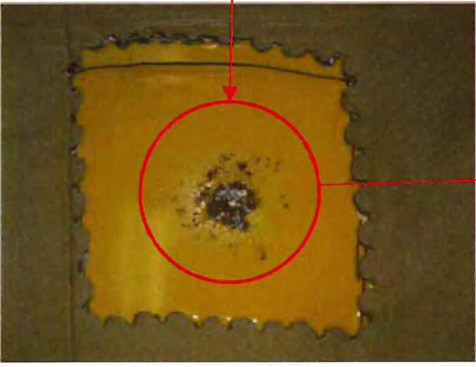
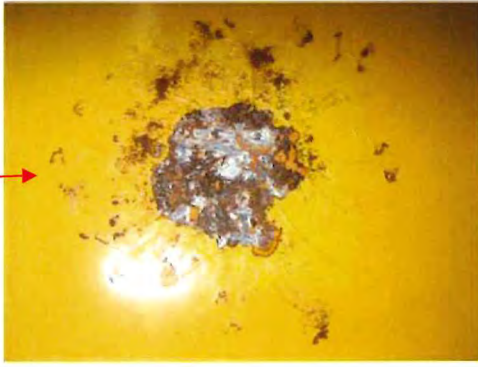
①日本原子力発電(株)による外観確認結果

- ・廃棄体底面（外面）：2ヶ所の錆（大：直径約2cm、小：直径約5mm）および塗装の盛り上がりを確認  
直径約2cmの錆について、タッチアップの形跡<sup>(注1)</sup>を確認。



- ・ 廃棄体底面（内面）：中央部を除く範囲にて複数箇所の錆および塗装の盛り上がりを確認。  
底面（内面）に水滴の無いことを確認
- ・ 廃棄体底面以外：特に異常なし

（注1）今回搬出した廃棄体 832 本について、廃棄体底面のタッチアップ実施有無を自主検査時の画像にて確認したところ、41 本にタッチアップの形跡を確認

【廃棄体底面（外面）写真】

廃棄体底面（外面）状況	錆（小）拡大
	
錆（大）拡大 1	錆（大）拡大 2
	

【廃棄体底面（内面）写真】

廃棄体底面（内面）状況 1	廃棄体底面（内面）状況 2 【収納物側】
	

②分析機関による測定分析結果

当該錆発生箇所（錆（大））および当該錆発生箇所以外2ヶ所を分析試料用の大きさ（約10cm四方）に切りとり、その切断片の断面観察測定および錆促進成分（Cl等）の成分分析を行った。

測定分析結果は次のとおり。

- ・断面観察測定の結果、母材板厚1,600 $\mu\text{m}$ （仕様）に対し、局所的に腐食による減肉が生じているが、最小板厚が706 $\mu\text{m}$ 残存していることを確認し、外面と内面との貫通は認められない。
- ・外面および内面の錆は進行が遅い黒錆<sup>（注2）</sup>と考えられ、それぞれ母材の表層部分のみであり、外面と内面の錆は繋がっていない。
- ・成分分析の結果、外面に錆促進成分（Cl等）は検出されなかった。内面に錆促進成分（Cl等）は検出されたが、微量であり錆を促進させる効果は小さい。

（注2）錆の外観の色相および錆の進行が母材表面で留まっていることから、一般に腐食の進行を遅延させる黒錆であると考えられる。母材内部まで進展していないのは、金属表面に不動態の被膜（黒錆）が形成されることで、母材である金属を著しく劣化させる赤錆に発展しなかったためと考えられる。

【当該錆発生箇所（錆（大））断面写真】



母材板厚測定結果

測定箇所	厚さ（ $\mu\text{m}$ ）	測定箇所	厚さ（ $\mu\text{m}$ ）
L1	1,505	L5	905
L2	949	L6	1,086
L3	1,292	L7	1,423
L4	706	L8	1,460

（2）原因調査

①調査内容について

分析機関による測定分析結果から、当該錆箇所（母材）は貫通しておらず外面錆と内面錆は別の原因によるものと判断できたため、本事象は当該廃棄体底面（外面）に外側から錆が発生したものであることがわかった

このため、当該廃棄体底面（外面）に錆が発生した原因について、要因分析図を作成し調査内容を検討した。（要因分析図は、添付書類（P.45）参照。）

挙げられた要因および調査内容は次のとおり。

a. ドラム缶製作の要因

ドラム缶の製作過程において、製作不良等がないか確認する。

b. 調達の要因

ドラム缶等の調達過程において、納入不良等がないか確認する。

c. 廃棄体製作の要因

廃棄体の製作過程において、製作不良等がないか確認する。

d. 自主検査時および保管中の要因

自主検査時および保管中において、タッチアップ不良等がないか確認する。

なお、廃棄体底面（内面）に錆が発生した要因については、添付書類（P. 50）参照。

②調査結果について

調査内容に基づき、調査を実施した結果は次のとおり。

a. ドラム缶製作の要因

ドラム缶の製作過程において、製作不良等がないことを検査証明書および受注者への聞き取り等により確認した。

b. 調達の要因

ドラム缶等の調達過程において、納入不良等がないことを納入時受取検査表等により確認した。

c. 廃棄体製作の要因

廃棄体の製作過程において、製作不良等がないことを廃棄体製作記録等により確認した。

d. 自主検査時および保管中の要因

自主検査時および保管中において、タッチアップ不良および点検不備等がないかを作業員への聞き取りおよび点検実績等により確認した結果、次の要因が挙げられた。

- ・自主検査前に塗装傷が確認された廃棄体について、タッチアップを実施していたが手順は定めておらず、ウエス等による拭き取りのみであり、錆およびタッチアップを考慮した下地処理（サンドペーパー処理、脱脂処理）は実施していないことを確認した。
- ・自主検査から搬出までの間は、固体廃棄物作業建屋で長期保管しているが、保管中および搬出前に廃棄体の点検は行っていなかったことを確認した。

③原因（推定原因）について

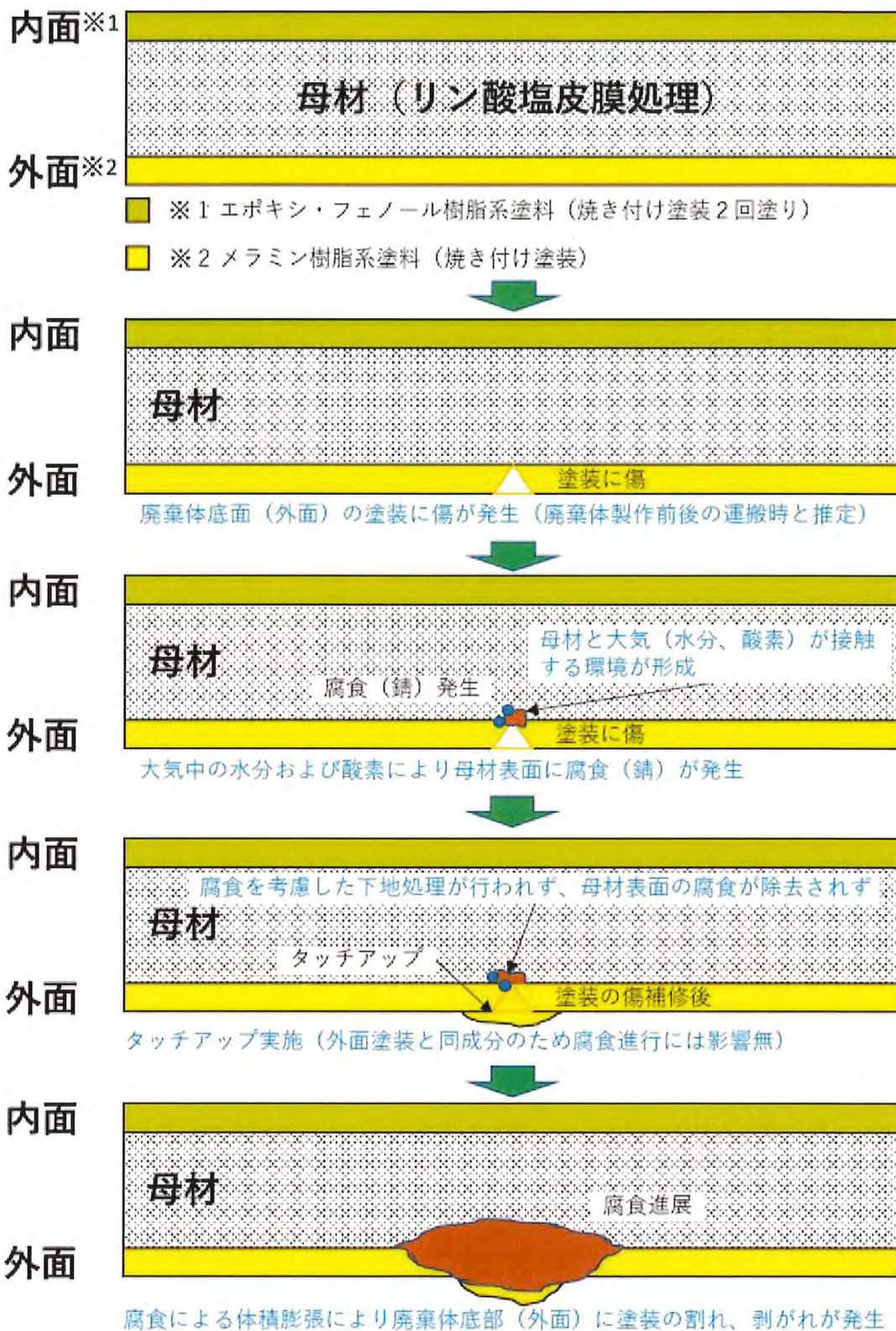
上記②の調査結果より、次のとおり当該廃棄体底面（外面）に錆が発生したものと推定した。

- ・自主検査時に廃棄体底面に塗装傷<sup>(注3)</sup>を確認しタッチアップを実施したが、手順を定めていなかったため、錆およびタッチアップを考慮した十分な下地処理が行われず、母材表面の錆が除去されなかった。
- ・自主検査後から搬出までの間、長期保管（約 2.5 年）により廃棄体底面（外面）の母材表面の錆が進展し、錆による体積の膨張により塗装が割れ、剥がれた。  
なお、長期保管中は廃棄体の点検を行っていなかった。

（注3）廃棄体製作前後の運搬時において、廃棄体底面（外部）に機器との接触（運

搬作業中、廃棄体底面に機器が干渉することがないことを確認したが、なんらかの状況により機器との接触等があったものと推測)により塗装傷が発生し、母材と大気が接触する環境が形成されたため、大気中の水分および酸素により母材表面に錆が発生したと推測。

なお、本事象が発生した推定メカニズムを次のとおり整理した。(図はイメージ)



### (3) 再発防止対策について

上記(2)③の推定原因を踏まえ、廃棄体底面の錆発生リスクを低減する対策として、次の対策を講じることとする。

- ①自主検査後の長期保管時において錆が進展したドラム缶を搬出しないための対策  
タッチアップを実施した廃棄体について、自主検査後から搬出までに1年以上経過する場合は、搬出前に外観点検を実施し記録を作成することを手順書に追記する。
- ②塗装傷箇所において発生した錆の進展リスクを低減する対策  
タッチアップ前に、塗装傷箇所およびその周囲の下地処理(サンドペーパー処理、脱脂処理)を実施し、タッチアップに関する記録を作成することを作業要領書に追記する。

## 5. 当社の今後の対応について

### (1) 東海第二発電所に対する取組み

東海第二発電所は、タッチアップ箇所の下地処理を適切に実施することで、本事象の再発(錆の進展)を防止できると考えているが、長期保管によって発生した事実も踏まえ、事象発生プラントとして長期保管に係る対策もあわせて実施することとしている。

当社としては、東海第二発電所が実施するとして上記4.(3)の再発防止対策について、確実に行われていることを廃棄体確認監査にて確認する。

### (2) 他発電所に対する取組み

当社としては、他発電所においてもタッチアップ箇所の下地処理を適切に実施することで本事象を防止できると考えられることから、以下の水平展開および取組みを実施する。

#### ①他発電所への水平展開

塗装傷および錆等によりタッチアップを実施する場合は、タッチアップ箇所およびその周辺の下地処理(サンドペーパー等によるケレン処理およびエタノール等による脱脂処理)を実施し、タッチアップに関する記録を作成することを手順化する。

#### ②廃棄体確認監査による継続的な確認

廃棄体確認監査に係る電力各社との合意事項を定めた「監査ガイドライン」に、上記①の水平展開を確認する内容を追記し、水平展開の対応状況を継続的に確認していく。

以 上

## 添付資料

- 添付資料1: 時系列
- 添付資料2: 当該廃棄体の諸元
- 添付資料3: 当該廃棄体の外観状況
- 添付資料4: 当該廃棄体のスミヤ測定結果

## 添付書類

- 返送された廃棄体の原因調査報告書

時系列

2020年2月28日(金)～ 日本原子力発電(株)東海第二発電所から 832本の廃棄体を  
2020年2月29日(土) 受入れ

2020年3月17日(火) 東海第二発電所の廃棄体検査開始

2020年3月19日(木) 14時19分ごろ、東海第二発電所の廃棄体検査(115本目  
/168本中)を行っていたところ、廃棄体1本(整理番号:  
1781396-JG2M)の底面に錆を確認  
錆の大きさは直径約2cm、表面密度測定の結果、汚染がないことを確認

本事象は、「廃棄体の受入基準を満足していないとき」に該当し、旧第二種埋設規則第八条第2項第六号に基づき、廃棄体に係る技術上の基準「著しい破損がないこと」に該当すると判断\*

本事象について、原子力規制庁・保安検査官へ連絡

2020年3月26日(木) 当該廃棄体の返送および原因調査のため、当該廃棄体に係る廃棄物埋設確認申請書の一部補正(取り下げ)文書を原子力規制委員会へ提出

2020年3月31日(火) 当該廃棄体1本を除く東海第二発電所の廃棄体確認終了

2020年5月7日(木) 当該廃棄体を当社から東海第二発電所へ返送

2020年5月27日(水)～ 日本原子力発電(株)による当該廃棄体の原因調査、分析測定  
2020年6月19日(金)

2020年7月29日(水) 日本原子力発電(株)から「返送された廃棄体の原因調査報告書)」を受領\*

※本事象は、外面と内面の貫通は認められないものの、廃棄物埋設施設保安規定に基づき、2号廃棄体に係る廃棄物受入基準「著しい破損:廃棄体の表面の劣化が認められる」に該当する

## 当該廃棄体の諸元

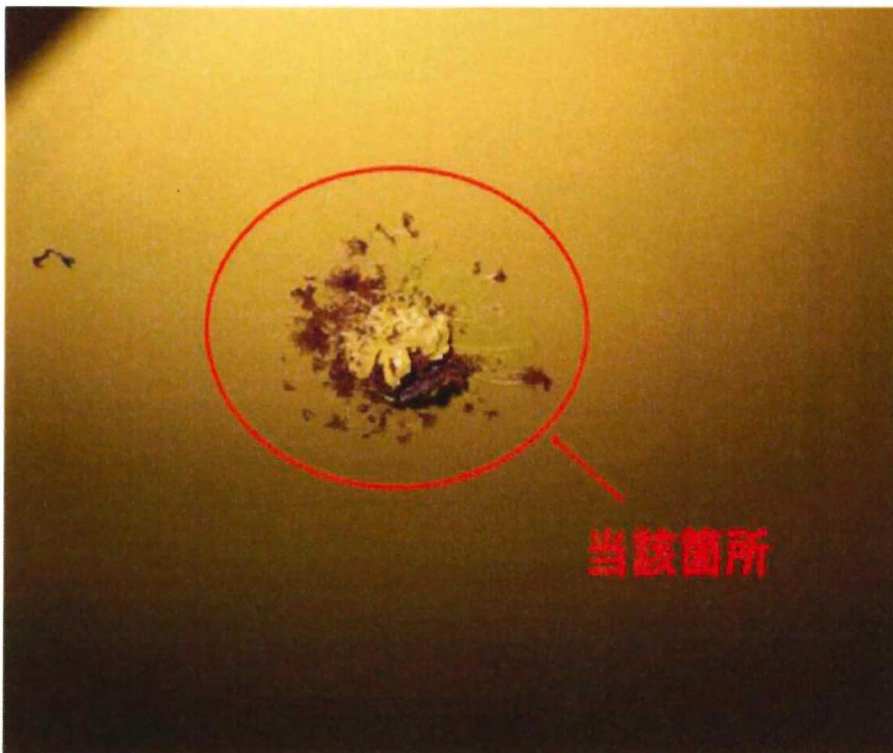
整理番号	1781396JG2M	
電力固有番号	JGHC090020-M0	
発見日	2020/3/19	
申請書番号(申請日)	2019埋埋発第54号(2019/9/24) 2019埋埋発第73号(2019/11/27 補正申請) 2019埋埋発第89号(2020/2/25 補正申請)	
申請本数	832 本	
申請値	表面線量(mSv/h)	6.9E-03
	Co濃度(Bq/t)	D 1.2E+6
	Cs濃度(Bq/t)	N 1.2E+5
	重量(Kg)	921
容器JIS	JIS Z 1600 (2006) タイプD H級	
ドラム缶購入年月日	2008/9/10	
容器再利用の有無	無し(新缶)	
溶融処理年月日	2009/8/13	
収納日	2009/8/14	
固型化日	2009/8/17	
養生完了日	2009/8/18	
タッチアップの有無	有り	
溶融処理廃棄物	鉄系金属廃棄物(金属類)	
	塊状アルミニウム(金属類)	
	ガラス類、保温材類、フィルタ類、コンクリート類、焼却灰等(無機廃棄物)	
	金属添加剤(無機廃棄物)	
外観検査日	2017/8/10	
輸送容器収納日	2017/8/10	
搬出日	2020/2/25	
受入年月日	2020/2/28~29 (29 当該廃棄体収納コンテナ対応)	
記録監査日	2019/8/5~2019/8/9	
発電所における廃棄確認日	2020/1/14~2020/1/17	
抜取対象有無	対象外	



当該廃棄体の外観状況



当該箇所



当該箇所

当該廃棄体のスミヤ測定結果

スミヤ測定結果

測定箇所：廃棄体損傷部、底面、側面

測定結果： $1.6 \times 10^{-1} \text{Bq/cm}^2$ 未満（検出限界値未満）

スミヤ測定後の当該部



添付書類

返送された廃棄体の原因調査報告書

日本原子力発電株式会社  
東海第二発電所

2020年7月

## 1. 経緯

2020年2月25日に東海第二発電所から搬出した832本の廃棄体（以下、「ドラム缶」という。）について、日本原燃(株)低レベル放射性廃棄物埋設センター（以下、「埋設センター」という。）で検査を行っていたところ、同年3月19日に1本のドラム缶底部に錆があることが確認された。なお、残りのドラム缶831本については検査を合格している。

当該事象を受け、同年5月9日に当該ドラム缶を東海第二発電所へ返送し、「返送されたドラム缶の原因調査（実績）」（添付資料－1）に基づき錆の発生原因調査を行ったので以下のとおり報告する。

## 2. 時系列

添付資料－2のとおり。

## 3. 当該ドラム缶の状況

### (1) 諸元（添付資料－3）

整理番号：1781396JG2M 充填固化体（溶融固化体）

### (2) ドラム缶観察結果（添付資料－4）

底部（外面）：2ヶ所の錆（大：直径約2cm，小：直径約5mm）及び塗装の盛り上がりを確認。

直径約2cmの錆について、タッチアップペイントの形跡<sup>(注1)</sup>を確認。

底部（内面）：中央部を除く範囲にて複数箇所の錆及び塗装の盛り上がりを確認。

底部（内面）に水滴の無いことを確認。

底部以外：特に異常なし。

（注1）今回搬出した832本についてタッチアップペイントの実施有無を確認したところ、当該ドラム缶を含む41本に底部におけるタッチアップペイントの形跡を確認した。（添付資料－5）

### (3) 汚染確認

汚染密度測定用サーベイメータによる汚染検査によりドラム缶底部の内面及び外面に汚染のないことを確認した。

### (4) 分析機関による測定分析結果（添付資料－6）

当該ドラム缶底部の外面及び内面に錆が確認されたため、断面観察及び錆促進成分（Cl等）の成分分析を行った。結果は以下のとおり。

・断面観察の結果1600 $\mu$ m（仕様）の母材に対し、局所的に腐食による減肉が生じたが、最小板厚が706 $\mu$ m残存していることを確認した。なお、断面観察は外面の錆の浸食状況から最小板厚となる部分を選択した。（当該ドラム缶は2009年8月18日に製作され、2017年8月10日に自主検査で外観の健全性を確認、その後2020年3月19日に事象が確認されており、長期保管が錆の進展に影響したと考

えられる。)

- ・外面及び内面の錆は進行が遅い黒錆<sup>(注2)</sup>と考えられ、それぞれ母材の表層部分のみであり、外面と内面の錆は繋がっていない。
- ・外面に錆促進成分 (Cl 等) は検出されなかった。内面に錆促進成分 (Cl 等) は検出されたが、微量であり錆を促進させる効果は小さい。

(注2) 錆の外観の色相及び錆の進行が母材表面で留まっていることから、一般に腐食の進行を遅延させる黒錆であると考えられる。母材内部まで進展していないのは、金属表面に不動態の被膜 (黒錆) が形成されることで、母材である金属を著しく劣化させる赤錆に発展しなかったためと考えられる。

#### 4. 原因調査

##### (1) 調査方法

分析機関による分析結果から、当該ドラム缶の表面に錆が発生した要因は、当該ドラム缶底部 (外面) に外側からの錆 (内側と外側の貫通が認められなかった) が発生したことであると分かった。そのため、当該ドラム缶底部 (外面) に錆が発生した原因を特定するため、要因分析図 (添付資料-7) を作成して調査を行った。

##### (2) 調査結果

要因分析図に基づき、次の①～④の項目について調査を実施した。

###### ① ドラム缶製作要因

- ・ドラム缶の設計内容について、購入仕様書及び検査証明書にて、JIS 規格のドラム缶であることを確認した。
- ・ドラム缶の材質、塗料等について、購入仕様書及び検査証明書にて、仕様を満足していることを確認した。
- ・ドラム缶の製作手順について、受注者への聞き取り、購入仕様書から JIS 規格に基づき製作され、納入されていることを確認した。
- ・ドラム缶の検査について、検査証明書から、検査に漏れがないことを確認した。
- ・ドラム缶検査手順について、受注者への聞き取りにより、JIS 規格に基づき、適切に検査が行われ、納入されていることを確認した。
- ・ドラム缶検査者の力量について、受注者への聞き取りにより十分な力量を有する者が、JIS 規格に基づき、検査を行い、納入していることを確認した。

###### ② 調達要因

- ・ドラム缶の選定について、購入仕様書及び検査証明書にて、ドラム缶の運用条件に合致したドラム缶を選定していること、JIS 規格のドラム缶を選定していることを確認した。
- ・工場から東海第二発電所への輸送時にドラム缶が傷ついていないことを、納品時の検査にて確認した。

- ・受取検査時にドラム缶にタッチアップ塗装が行われていないことを、納品時の検査にて確認した。
- ・「充填固化体製作手順書」に基づくモルタル材料を使用していることを、配合成績書にて配合設計どおりのプレミックスセメント及び混和剤が使用されていることにより確認した。
- ・キャニスタについて、検査成績書により、「充填固化体製作手順書」に基づくキャニスタを使用していることを確認した。台座シートの仕様についても、納品書にて購入仕様書どおりの台座シートを使用していることを確認した。

### ③ 低レベル放射性廃棄体製作要因

- ・廃棄体製作の手順書について、「充填固化体の標準的な製作方法」（電力標準マニュアル）の要求事項を満足していることを確認した。
- ・廃棄体製作者の力量について、十分な力量を有していることを力量評価書で確認した。
- ・廃棄体製作装置の故障の有無について、CR管理票（不適合）が発行されていないことを確認した。
- ・廃棄体製作に使用したモルタル材の仕様について、「充填固化体製作手順書」に定められた配合の材料を用い、「運転手順書」に従い混練されたモルタル材を使用したことを確認した。
- ・廃棄体製作に使用した台座シートの仕様について、検査成績書から、購入仕様書どおりの台座シートであることを確認した。
- ・廃棄体製作に使用したキャニスタの仕様について、検査成績書から、「充填固化体製作手順書」に定められたキャニスタであることを確認した。
- ・廃棄体製作後のドラム缶について、収納記録により、容器状態の確認を行い、錆、変形、傷、塗装の剥がれがないことを確認した。

### ④ 自主検査時及び保管中要因

- ・ドラム缶のタッチアップペイントについて、十分な下地処理が実施されておらず、明確な手順がなかったことを確認した。  
当時のタッチアップペイント実施状況は添付資料－８のとおり。
- ・タッチアップペイントで使用する塗料について、ドラム缶メーカーよりドラム缶製作時の外側の塗装で使用している塗料の提供を受けていることを確認した。
- ・ドラム缶保管中に傷等が付いていないことを自主検査時の外観点検記録にて確認した。
- ・自主検査から搬出までの間は、固体廃棄物作業建屋で長期保管しているが、保管中及び搬出前の点検を行っていなかったことを確認した。

### (3) 推定原因（添付資料－９）

上記（２）の調査結果より、以下により当該ドラム缶底部（外面）に錆が発生したも

のと推定した。

- ① 自主検査後から搬出までの間の長期保管（約2.5年）により、母材表面の錆が進展し、錆による体積の膨張によりドラム缶底部（外面）の塗装が割れ、剥がれた。
- ② 自主検査時にドラム缶底部に塗装傷<sup>(注3)</sup>を確認し、タッチアップペイントを実施したが、明確な手順がないため、タッチアップペイントを実施する際に錆を考慮した十分な下地処理が行われず、母材表面の錆が除去されなかった。

（注3）廃棄体製作前後の運搬時においてドラム缶底部（外面）に機器との接触等（運搬作業中、ドラム缶底部に機器が干渉することがないことを確認したが、なんらかの状況により機器との接触等があったものと推測）により、塗装傷が発生し、塗装傷箇所において、母材と大気が接触する環境が形成されたため、大気中の水分及び酸素により母材表面に錆が発生したと推測。

## 5. 再発防止対策

「4. 原因調査（3）推定原因」を踏まえ、当該ドラム缶底部の錆発生リスクを低減する対策として以下を講じることとする。

- （1）自主検査後の長期保管時において錆が進展したドラム缶を搬出しないための対策  
タッチアップペイントを実施したドラム缶について、自主検査後から搬出までに1年以上経過する場合は、搬出前に外観検査を実施し記録を作成することを手順書に追記する。
- （2）塗装傷箇所において発生した錆の進展リスクを低減する対策  
タッチアップペイント前に、塗装傷箇所及びその周囲の下地処理（サンドペーパー処理、脱脂処理）を実施し、タッチアップペイントに関する記録を作成することを作業要領書に追記する。タッチアップペイントの実施フローを添付資料-10に示す。

## 6. 添付資料

- |         |                        |
|---------|------------------------|
| 添付資料-1  | 返送されたドラム缶の原因調査（実績）     |
| 添付資料-2  | 時系列                    |
| 添付資料-3  | 当該ドラム缶の諸元              |
| 添付資料-4  | ドラム缶観察結果（底部写真）         |
| 添付資料-5  | タッチアップペイントの実施有無に係る調査結果 |
| 添付資料-6  | 分析機関による測定分析結果          |
| 添付資料-7  | 要因分析図                  |
| 添付資料-8  | 当時のタッチアップペイント実施状況      |
| 添付資料-9  | ドラム缶底部の外面錆の推定原因        |
| 添付資料-10 | タッチアップペイントの実施フロー       |
| 参考資料    | 当該ドラム缶底部（内面）に発生した錆について |

以上

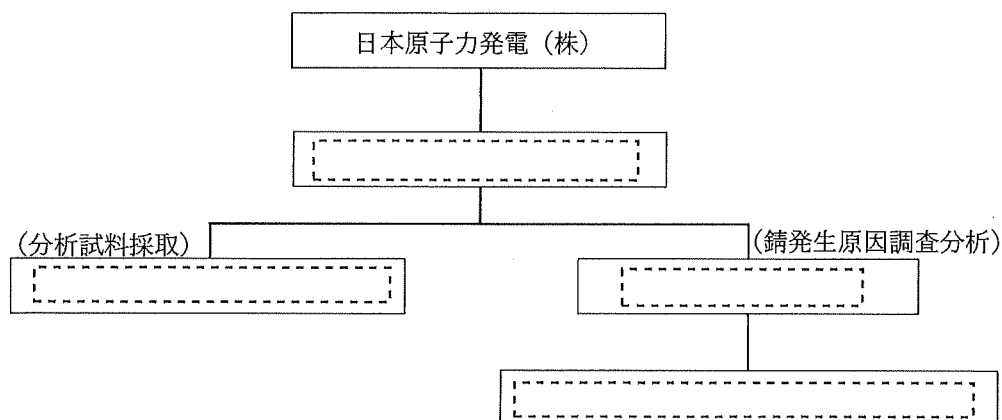
### 返送されたドラム缶の原因調査（実績）

#### 1. 目的

本調査は、2020年2月25日に搬出したドラム缶のうち、埋設センターにて発見されたドラム缶（錆が確認されたドラム缶）について、当該ドラム缶の錆の発生原因及び進行状況を調査し、今後の対応策に反映することを目的とする。

#### 2. 体制

本調査の体制は、以下のとおりとする。



#### 3. 調査内容

##### (1) 分析試料採取

- ① 発錆箇所について、分析試料用の大きさ（約10cm四方）に切りとる。  
発錆箇所切断片：1試料
- ② ドラム缶底部全面の切り出し後、ドラム缶内面側の状況を踏まえて試料採取箇所を選定する。  
切断片：2試料

##### (2) 錆発生原因調査分析

- ① 上記(1)で採取した、発錆箇所切断片について、切断片のドラム缶内面側を観察する。
- ② マイクロスコープにより切断片のドラム缶外側面を観察し、錆の状況や傷の有無について確認する。
- ③ 分析機関にて下記を実施する。
  - ・錆発生箇所の断面観察及び肉厚測定（錆の浸食方向及び度合いの調査）
  - ・SEM-EDXによる付着物等の成分分析（錆要因となる成分の有無の調査）
  - ・X線回折装置による分子構造調査（錆要因の調査）※断面観察の結果、試料量不足のため実施せず

##### (3) タッチアップペイント作業時の状況調査等（外面錆の発生要因調査）

- ① タッチアップペイント時の該当箇所の状況等について、作業員へ聞き取り調査を実施する。
- ② タッチアップペイントで使用する塗料が錆要因となるか調査する。
- ③ 今後の実施方法について、タッチアップペイントの基準や作業記録作成などを検討する。



(4) 内容物調査（内面錆の発生要因調査）

① 以下について調査を実施する。

- ・ 溶融体の製作状況（運転記録，溶融物等）
- ・ キャニスタの成分
- ・ モルタルの成分（ブリージング水の発生状況含む）
- ・ ドラム缶製造時の健全性確認（劣化進捗速度等の確認など含む）
- ・ ドラム缶製造時における問題，廃棄体製作時における問題，自主検査前の点検における問題
- ・ 錆箇所の成分分析から想定される事象を整理

4. 工程

本調査の実績工程は，添付に示すとおり。

以 上

添付

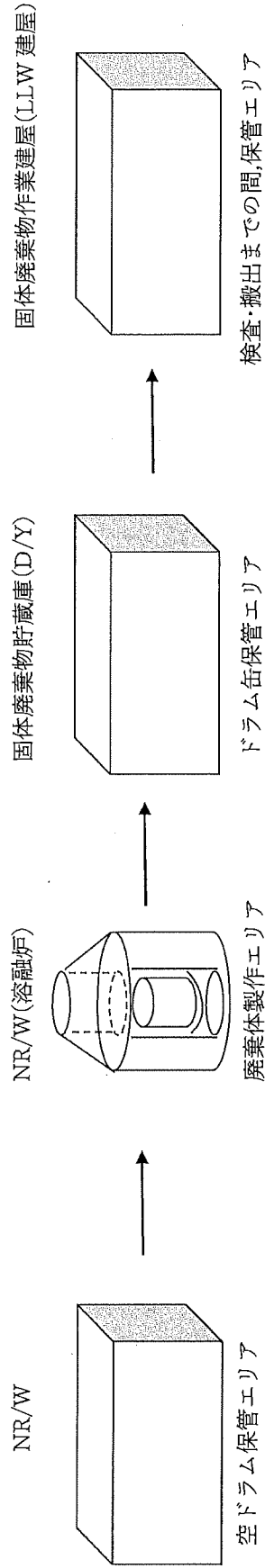
返送されたドラム缶（錆の発生が確認されたドラム缶）の原因調査工程

調査項目等	5月					6月					実績																												
	25 月	26 火	27 水	28 木	29 金	30 土	31 日	1 月	2 火	3 水		4 木	5 金	6 土	7 日	8 月	9 火	10 水	11 木	12 金	13 土	14 日	15 月	16 火	17 水	18 木	19 金	20 土	21 日	22 月	23 火	24 水	25 木	26 金	27 土	28 日	29 月	30 火	
1. 分析試料採取作業	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2. 錆表面観察																																							
3. 分析試料の分析機関への引渡し																																							
4. SEM-EDXによる成分分析・肉厚測定等																																							
5. タワチアツフバインメント作業の聞き取り調査、今後の対策検討等																																							
6. 内容物調査（内面錆の発生原因調査）																																							

## 時系列

年月日	内容	備考
2008年9月10日 ～2017年8月8日	当該ドラム缶の製作から保管まで	
2017年7月11日 ～7月14日	日本原燃による自主検査監査	
2017年8月8日	当該ドラム缶を固体廃棄物作業建屋へ移動	
2017年8月10日	当該ドラム缶の自主検査及びタッチアップペイント実施 輸送容器への収納後、保管	
2019年8月5日 ～8月9日	日本原燃による記録監査	
2019年11月11日 ～11月15日	原子力規制庁による抜き取り確認検査(20本) ※検査装置不具合により延期	
2020年1月14日 ～1月17日	原子力規制庁による抜き取り確認検査(20本)	
2020年2月23日 ～2月25日	東海第二発電所から当該ドラム缶832本搬出	
2020年2月28日 ～2月29日	日本原燃にて当該ドラム缶832本受入れ	
2020年3月19日	日本原燃の検査において当該ドラム缶(外観不良)発見。 日本原燃より当該ドラム缶が発見されたことの連絡受領	当該ドラム缶以外のドラム缶に錆のないことを確認済(3/17～3/25検査済)
2020年5月7日	日本原燃から当該ドラム缶1本搬出	
2020年5月9日	東海第二発電所にて当該ドラム缶1本受入れ	
2020年5月27日	分析試料(錆箇所)採取, マイクロスコープによる表面観察	
2020年6月4日	ドラム缶底部全面切り出し	
2020年6月5日 ～6月19日	分析機関による測定分析	

当該ドラム缶の各建屋における保管期間及び製作から搬出までの移動履歴について



・当該ドラム缶

NR/W	NR/W(溶融炉)	固体廃棄物貯蔵庫(D/Y)	固体廃棄物作業建屋(LLW 建屋)
2008/9/10~2009/8/18	2009/8/18~2009/8/27 <sup>*1</sup>	2009/8/27~2017/8/8 <sup>*2</sup>	2017/8/8~2020/2/24(自主検査日:2017/8/10)

\*1 封入年月日:2009/8/18 \*2 D/Y 内移動履歴:なし

・当該ドラム缶と同ロットのドラム缶 (2019 年度搬出分)

NR/W	NR/W(溶融炉)	固体廃棄物貯蔵庫(D/Y)	固体廃棄物作業建屋(LLW 建屋)
2008/9/10~2009/10/5	2009/8/12~2009/10/15	2009/8/13~2017/8/21 <sup>*3</sup>	2017/8/2~2020/2/24

\*3D/Y 移動履歴:あり

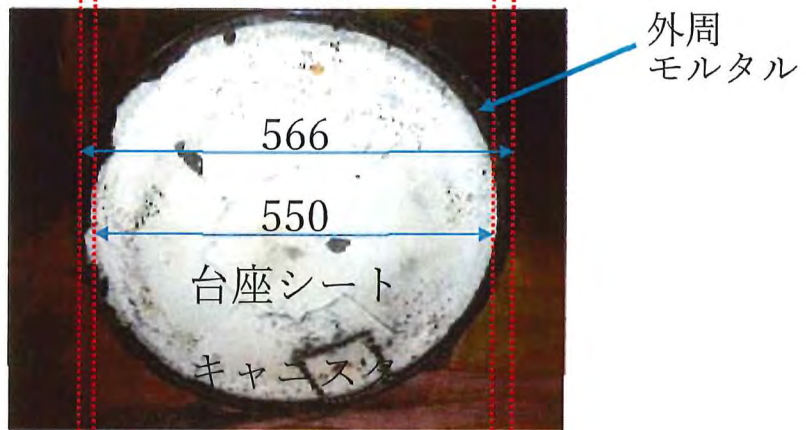
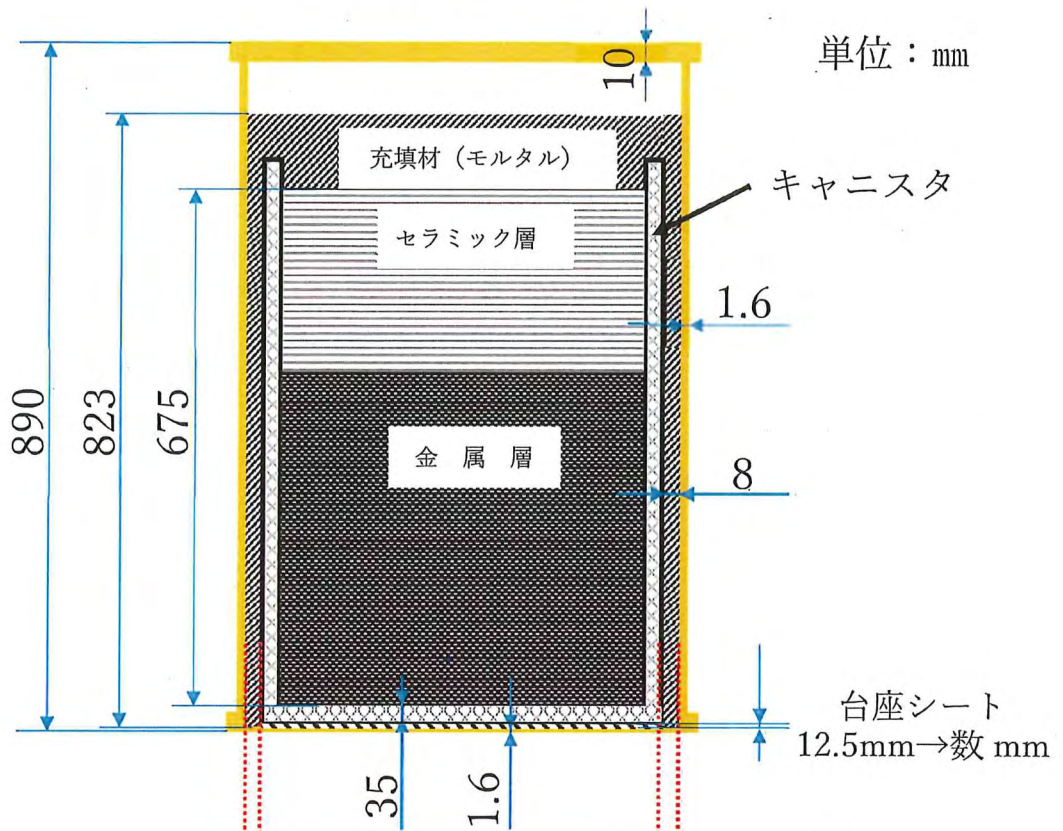
## 当該ドラム缶の諸元 (1/2)

器	JIS		JIS Z 1600(2006) タイプD H級
	ドラム缶納入日		2008/9/10
	製造工場		
	製作年月日		2008/8/22
寸法	内径	mm	566
	輪体の外径	mm	585
	底部チャイムの外径	mm	585
	クロージングリングの外径	mm	620
	ドラムの高さ	mm	890
	天ぶたを外した状態での高さ	mm	880
	フロアとの隙間	mm	4
	ビード間の距離	mm	300
	全容量	L	208
	質量	kg	27
	塗膜	μm	25
	板厚 (天蓋、地板、胴体)	mm	1.6
材料	鋼板	JISG3131(熱間圧延軟鋼板及び鋼体, SPHC) JISG3141(冷間圧延軟鋼板及び鋼体, SPCC) いずれかにリン酸塩被膜処理したもの	
	天蓋締め付け用バンド	JISG3131(熱間圧延軟鋼板及び鋼体, SPHC) JISG3141(冷間圧延軟鋼板及び鋼体, SPCC)	
	締め付けボルト	JISG3505(軟鋼線材) JISG3101(一般構造用圧延鋼材) 上記と同等以上	
塗膜	外面	色相	黄
		色票番号	日塗工308
		塗装	メラミン樹脂系塗料, 焼き付け塗装
	内面	色相	薄茶
		色票番号	日塗工221相当
		塗装	エポキシ・フェノール樹脂系塗料, 焼き付け塗装2回塗り

## 当該ドラム缶の諸元 (2/2)

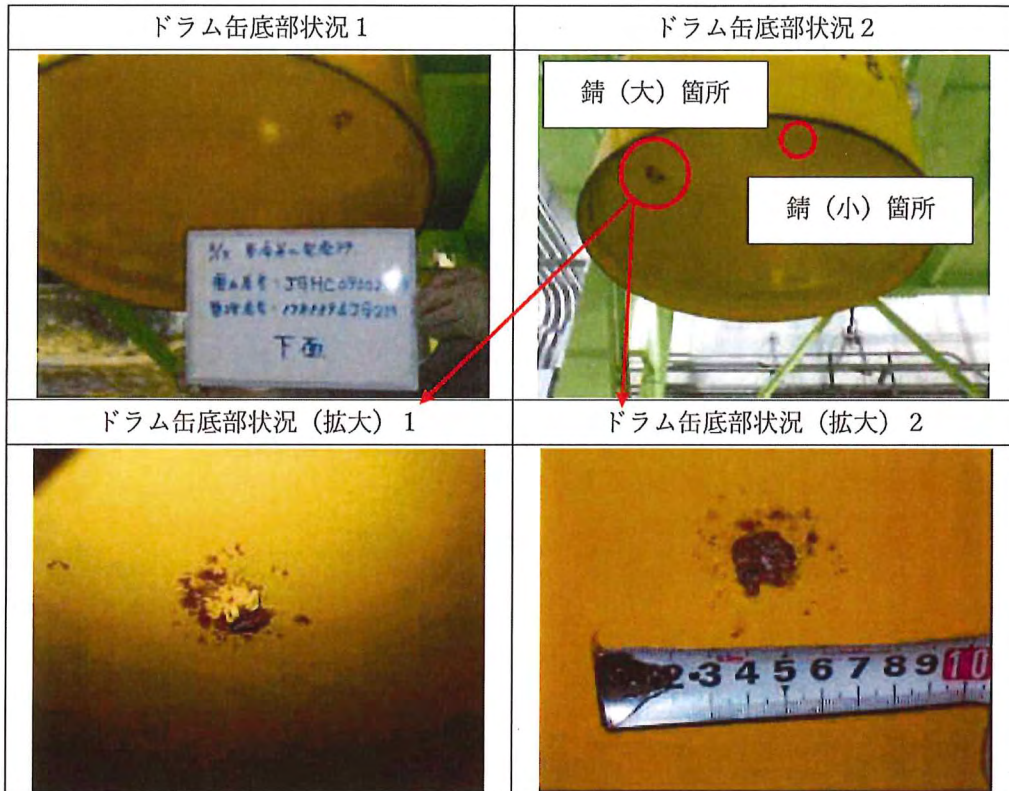
整理番号		1781396JG2M	
電力固有番号		JGHC090020-M0	
発見日		2020/3/19	
申請	申請書番号(申請日)	2019埋埋発第54号(2019/9/24) 2019埋埋発第73号(2019/11/27 補正申請) 2019埋埋発第89号(2020/2/25 補正申請)	
	申請本数	832 本	
	表面線量(mSv/h)	6.9E-03	
	C <sub>o</sub> 濃度(Bq/t)	D 1.2E+6	
	C <sub>s</sub> 濃度(Bq/t)	N 1.2E+5	
	重量(Kg)	921	
	内籠	使用せず	
プレミックスセメント	セメント	JIS	高炉セメントB種 JIS R 5211(2003)
		納入年月日	2009/8/7
		製造業者	[ ]
	砂	納品業者	[ ]
		種類	[ ]
		納入年月日	2009/8/7
混和材料	JIS	JIS A 6204	
	納入年月日	2009/6/23	
	製造業者	[ ]	
	種類	高性能AE減水剤標準型 I種	
容器	商品名	[ ]	
	容器JIS	JIS Z 1600(2006)タイプD H級	
	ドラム缶購入年月日	2008/9/10	
	ドラム缶製造会社	[ ]	
	ドラム缶納品業者	[ ]	
製作情報	容器再利用の有無	無し(新缶)	
	JOB	020802 (1987/4/1~1990/3/31)	
	溶融処理年月日	2009/8/13	
	収納日	2009/8/14	
	固型化日	2009/8/17	
	養生完了日	2009/8/18	
	タッチアップの有無	有り(目視により推測)	
	廃棄物種類	F	
	溶融処理廃棄物	鉄系金属廃棄物(金属類) 塊上アルミニウム(金属類) ガラス類、保温材類、フィルタ類、コンクリート類、焼却灰等(無機廃棄物) 金属添加剤(無機廃棄物)	
	検査情報	検査年月日	2017/8/10
外観検査日		2017/8/10	
検査日報備考記載		特になし(聞き取り)	
外観検査チェックシート記載(下面)		記録がない(作成されない)	
輸送情報	輸送容器収納日	2017/8/10	
	輸送容器番号	20951	
	搬出日	2020/2/25	
	受入年月日	2020/2/28~29(29 当該廃棄体収納コンテナ対応)	
監査及び廃棄確認情報	記録監査日	2019/8/5~2019/8/9	
	発電所における廃棄確認日	2020/1/14~2020/1/17	
	抜取対象有無	対象外	

当該ドラム缶の構造図



ドラム缶観察結果（底部写真）

1. 底部（外面）



2. 底部（内面）







## タッチアップペイントの実施有無に係る調査結果

2019年度に搬出したドラム缶 832 本のうち、底部にタッチアップペイントを施したドラム缶 41 体を以下に示す。(詳細は写真参照)

外周部のタッチアップペイントが比較的多いが、中心部のものもあり、特定部位に集中していることはなかった。なお、輸送容器で保管中、ドラム缶底部は輸送容器床面に密着することになり、狭い閉空間となるため、腐食促進する環境であった可能性もあるが当時の状況の検証は不可能である。







C110095G	C110142G	C100065G	C090028M	C100046G
C090063M	C090040M	C090043M	C100100G	C110157G
C090011M	C100076G	C090020M (当該ドラム缶)	C100041G	C100043G
C100030G	C100014G	C100073G	C100071G	C110247G
C090046M	C090047M	C090050M	C100077G	C100089G
C110271G	C100091G	C110270G	C100092G	C100087G
C100070G	C110246G	C100069G	C110272G	C110273G
C110258G	C110054G	C110265G	C100085G	C090017M
C110042G				

底部にタッチアップペイントを施したドラム缶の写真 (1 / 14)







C110095G	
上面	底面
	
C110142G	
上面	底面
	
C100065G	
上面	底面
	









底部にタッチアップペイントを施したドラム缶の写真 (3 / 14)

C090040M	
上面	底面
	
C090043M	
上面	底面
	
C100100G	
上面	底面
	

底部にタッチアップペイントを施したドラム缶の写真 (4 / 14)






C110157G	
上面	底面
	
C090011M	
上面	底面
	
C100076G	
上面	底面
	

底部にタッチアップペイントを施したドラム缶の写真 (5 / 14)

C090020M	
上面	底面
	
C100041G	
上面	底面
	
C100043G	
上面	底面
	









底部にタッチアップペイントを施したドラム缶の写真 (7/14)




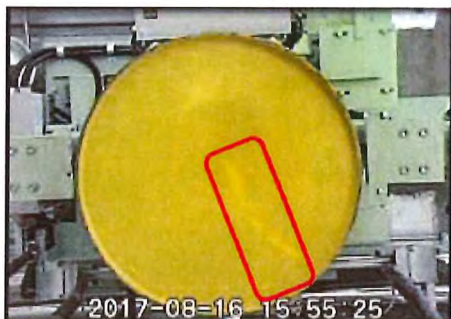

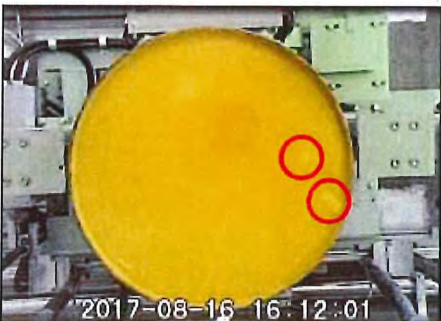
C100071G	
上面	底面
	
C110247G	
上面	底面
	
C090046M	
上面	底面
	




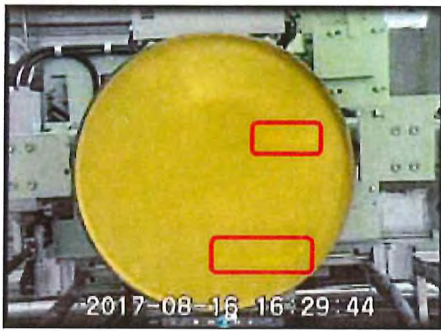



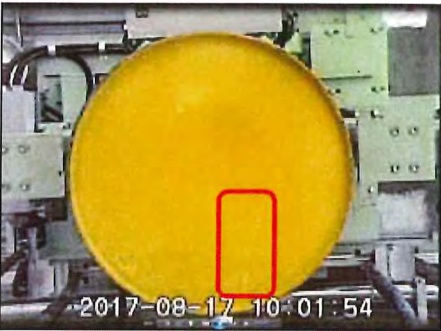
底部にタッチアップペイントを施したドラム缶の写真 (8 / 14)

C090047M	
上面	底面
 <p>2017-08-09 10:18:56</p>	 <p>2017-08-09 10:23:20</p>
C090050M	
上面	底面
 <p>2017-08-08 15:41:37</p>	 <p>2017-08-08 15:47:30</p>
C100077G	
上面	底面
 <p>2017-08-16 12:03:47</p>	 <p>2017-08-16 12:08:18</p>


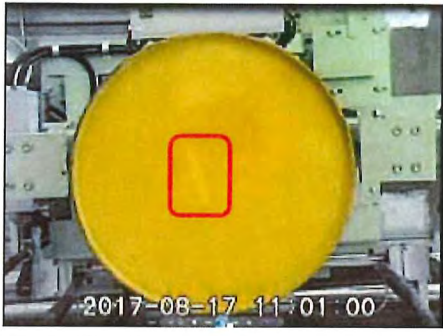


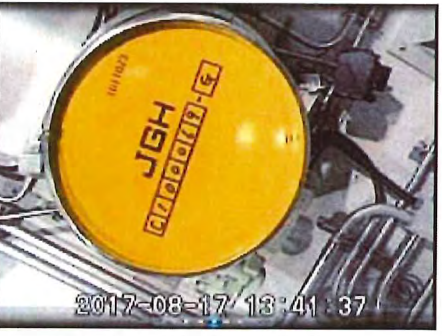
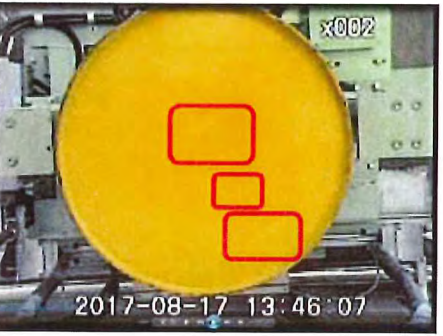
底部にタッチアップペイントを施したドラム缶の写真 (9 / 14)

C100089G	
上面	底面
 <p>2017-08-16 15:35:22</p>	 <p>2017-08-16 15:39:04</p>
C110271G	
上面	底面
 <p>2017-08-16 15:51:46</p>	 <p>2017-08-16 15:55:25</p>
C100091G	
上面	底面
 <p>2017-08-16 16:08:24</p>	 <p>2017-08-16 16:12:01</p>

底部にタッチアップペイントを施したドラム缶の写真 (10 / 14)

C110270G	
上面	底面
	
C100092G	
上面	底面
	
C100087G	
上面	底面
	

底部にタッチアップペイントを施したドラム缶の写真 (11/14)





C100070G	
上面	底面
 <p>2017-08-17 10:57:08</p>	 <p>2017-08-17 11:01:00</p>
C110246G	
上面	底面
 <p>2017-08-17 13:32:09</p>	 <p>2017-08-17 13:36:32</p>
C100069G	
上面	底面
 <p>2017-08-17 13:41:37</p>	 <p>2017-08-17 13:46:07</p>



底部にタッチアップペイントを施したドラム缶の写真 (13/14)

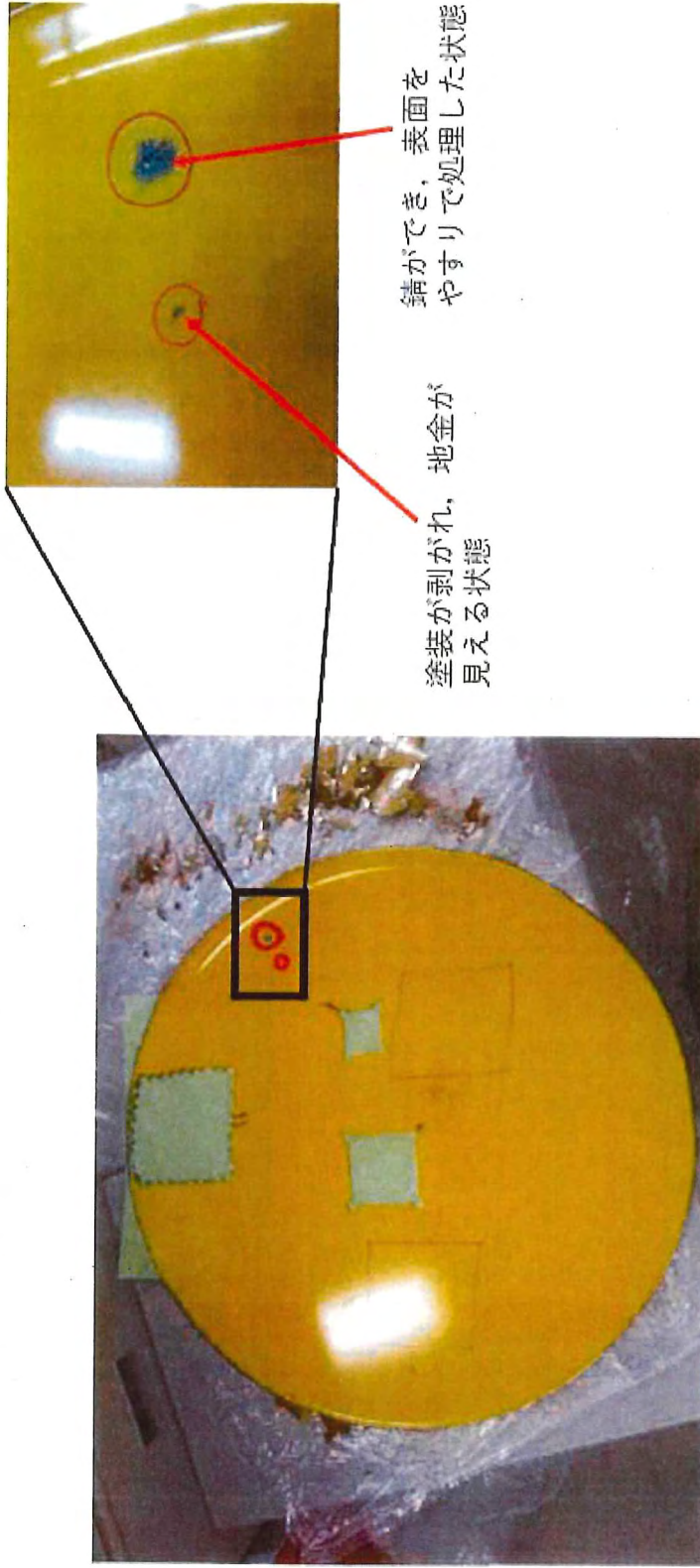
C110054G	
上面	底面
 <p>2017-08-18 13:51:02</p>	 <p>2017-08-18 13:55:55</p>
C110265G	
上面	底面
 <p>2017-08-18 14:33:30</p>	 <p>2017-08-18 14:38:36</p>
C100085G	
上面	底面
 <p>2017-08-18 14:50:11</p>	 <p>2017-08-18 14:54:40</p>

底部にタッチアップペイントを施したドラム缶の写真 (14 / 14)

C090017M	
上面	底面
 <p>2017-08-19 13:36:48</p>	 <p>2017-08-19 13:41:01</p>
C110042G	
上面	底面
 <p>2017-08-21 10:13:04</p>	 <p>2017-08-21 10:17:31</p>

分析機関による測定分析結果

1. 当該ドラム缶（外側）観察状況





2. 当該ドラム缶（内側）観察状況



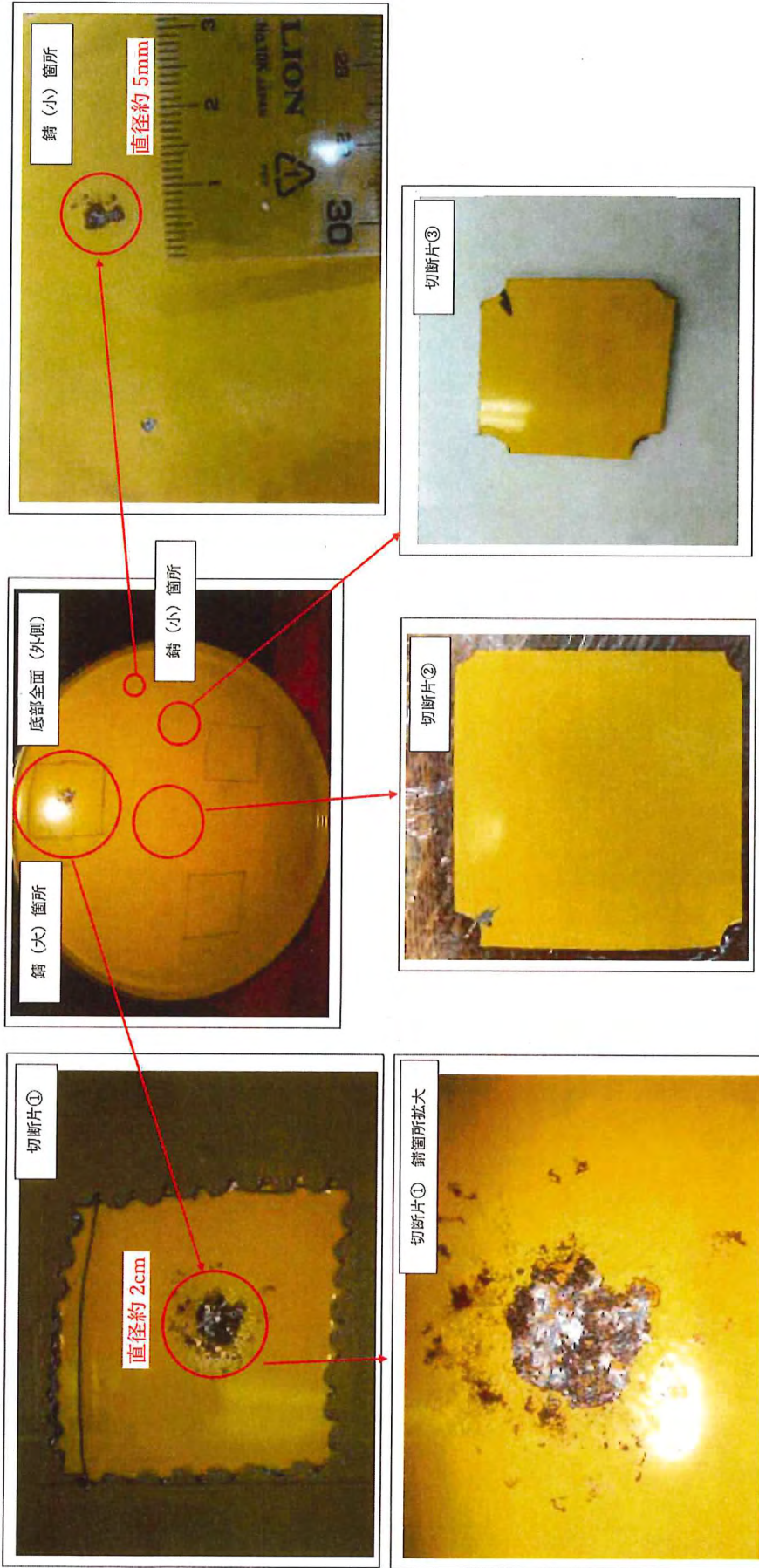
・塗装は容易に剥がれるものについては剥がした状態である

表面が平らで、腐食が進んでいないと考えられる領域

表面が盛り上がり、腐食が進んでいると考えられる領域

(3/4)

### 3. 当該ドラム缶底部試料採取状況（外側）



<備考>

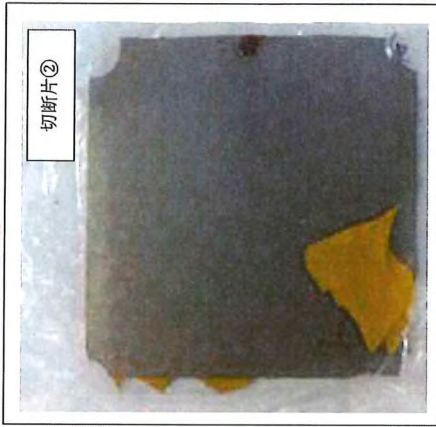
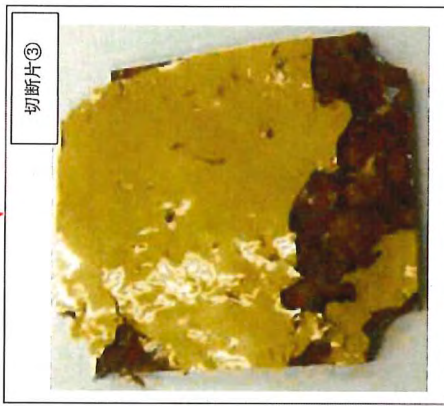
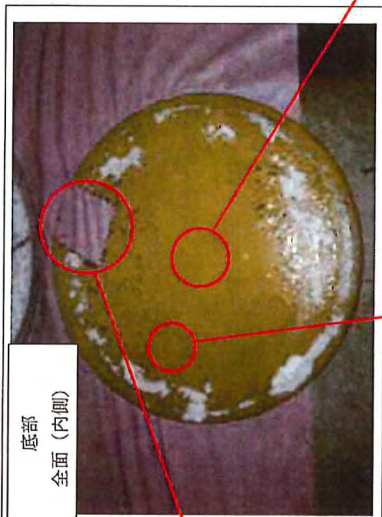
切断片①錯箇所を目視確認：マイクロコープを使用した目視による確認では、貫通しているようには見えない。

切断片①外側の成分分析結果：添付-1 参照 切断片①断面確認：添付-2 参照

切断片①剝離物の成分分析結果：添付-3 参照 切断片②外側の成分分析結果：添付-4 参照

錯(小)箇所：添付-5 参照

4. 当該ドラム缶底部試料採取状況 (内側)



<備考>

切断片①内側付着物の成分分析結果：添付-6参照 切断片①内側付着物脱離の成分分析結果：添付-7参照  
切断片②内側の成分分析結果：添付-8参照 切断片②内側塗膜剥がれの成分分析結果：添付-9参照  
切断片③内側塗膜断面、台盤シートの成分分析結果：添付-10参照

当該ドラム缶底部錆箇所の成分分析結果

内容	成分分析	分析部位	切断片①外側
分析年月日	2020年6月16日	分析者	

1. 調査内容  
 当該ドラム缶底部の錆箇所の切断片①外側の成分分析を行った。

2. 使用機器  
 エネルギー分散型X線分析装置 (EDX)

3. 分析試料

電子顕微鏡画像



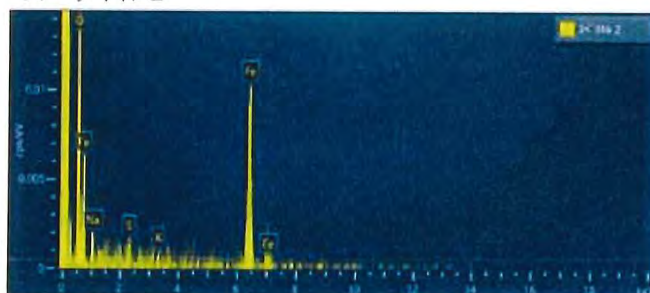
備考: 電子照射線によって試料表面に発生する二次電子の帯電現象により、SEM画像の観察が出来なかった。



4. 分析結果  
 分析の結果、切断片①外側の主成分は酸素+鉄と推察される。

元素	ラインタイプ <sup>*1</sup>	重量%	質量%σ	原子数濃度%
Fe	Kシリーズ	65.14	±2.53	36.31
O	Kシリーズ	29.11	±2.29	56.65
S	Kシリーズ	1.37	±0.56	1.33
K	Kシリーズ	0.40	±0.52	0.32
Na	Kシリーズ	3.98	±1.37	5.39
トータル		100.00		100.00

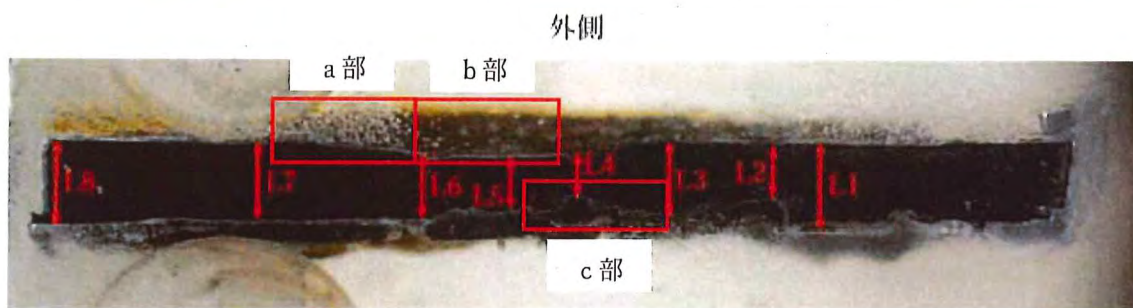
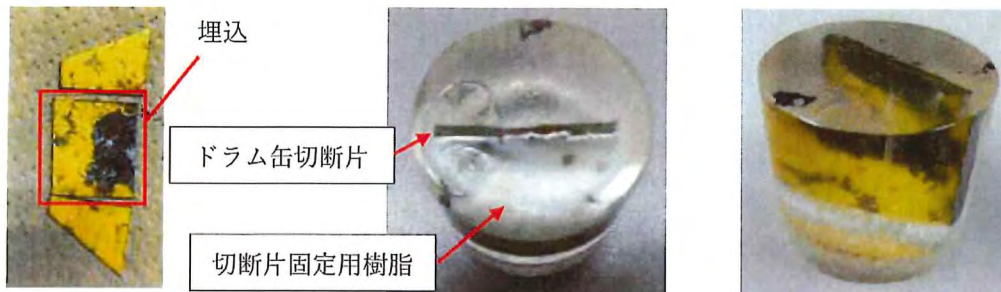
スペクトル2



\* 1: 特定X線の種類 (K線を使用)

以上

切断片①断面確認 (測定者: JAPC, [ ] 2020年6月19日確認)



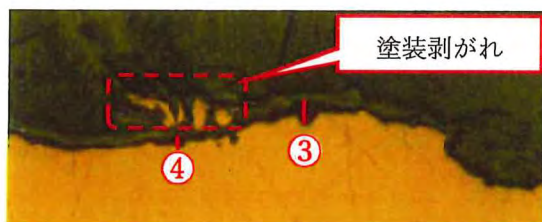
a部

内側

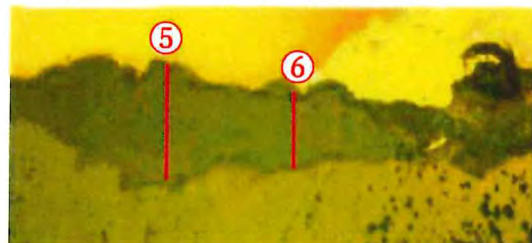
ドラム缶厚さは 1,600  $\mu\text{m}$



b部



c部



	長さ ( $\mu\text{m}$ )
L1	1,505
L2	949
L3	1,292
L4	706
L5	905
L6	1,086
L7	1,423
L8	1,460

錆の厚さ

測定箇所	厚さ ( $\mu\text{m}$ )
①	10.79
②	12.37
③	12.93
④	6.38
⑤	66.36
⑥	41.81

考察: 最も錆が進んでいる箇所では、706  $\mu\text{m}$ であり、貫通はしていない。  
また、錆の厚さは 6.38~66.36  $\mu\text{m}$ であった。

当該ドラム缶錆箇所剥離物の成分分析結果

内容	成分分析	分析部位	錆箇所のスミヤ・剥離物
分析年月日	2020年6月15日	分析者	JAPC

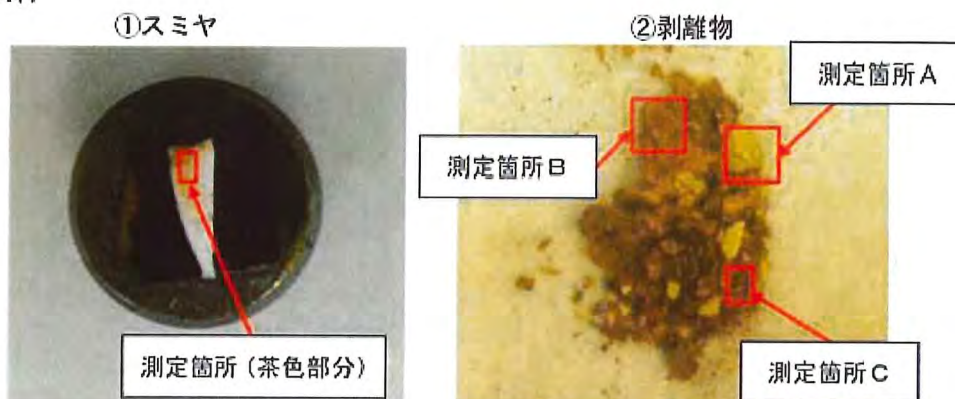
1. 調査内容

当該ドラム缶の錆箇所のスミヤと剥離物について、成分分析を行った。

2. 使用機器

エネルギー分散型X線分析装置 (EDX)

3. 分析試料



4. 分析結果

分析の結果、スミヤと剥離物の主成分は鉄+酸素であると推察される。また、測定箇所Aについては塗料が含まれているものと推測される。

元素(質量%)	①スミヤ	②剥離物		
		A	B	C
O	45	29	30	30
Fe	10	3	68	68
C	44	43	-	-
Ti	-	8	-	-
Pb	-	10	-	-
Cr	-	3	-	-
Ca	-	3	-	-
その他	1 *1	1 *2	2 *3	2 *3
合計	100	100	100	100

\*1: Na, Si, S, Cuが検出された。

\*2: Al, Siが検出された。

\*3: Sが検出された。

以上

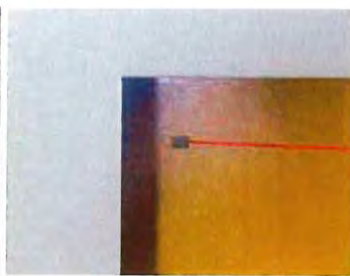
当該ドラム缶底部の成分分析結果

内容	成分分析	分析部位	切断片②外側
分析年月日	2020年6月12日	分析者	

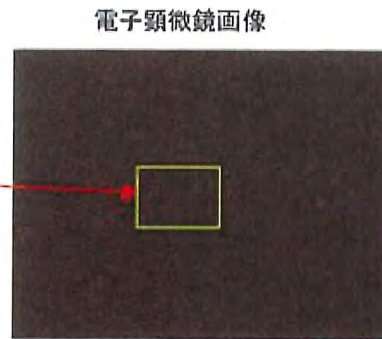
1. 調査内容  
 当該ドラム缶底部の切断片②外側の成分分析を行った。

2. 使用機器  
 エネルギー分散型X線分析装置 (EDX)

3. 分析試料



測定箇所



電子顕微鏡画像

備考: 電子照射線によって試料表面に発生する二次電子の帯電現象により, SEM画像の観察が出来なかった。

4. 分析結果  
 分析の結果、切断片②外側の主成分はTiで、下地に由来する鉄が検出されていないことから、塗料表面からの分析深さは下地に到達していないと推察され、塗膜由来によるものと判断する。

スペクトル1	元素	ラインタイプ	重量%	質量%σ	原子数濃度%
	C	Kシリーズ	0.00	±38.76	0.00
	Ti <sup>2+</sup>	Kシリーズ	57.50	±3.61	52.87
	Ca	Kシリーズ	19.88	±2.23	21.84
	Cr	Kシリーズ	12.40	±3.46	10.51
	Al	Kシリーズ	2.89	±1.62	4.71
	S	Kシリーズ	7.33	±2.42	10.07
	トータル		100.00		100.00

スペクトル1

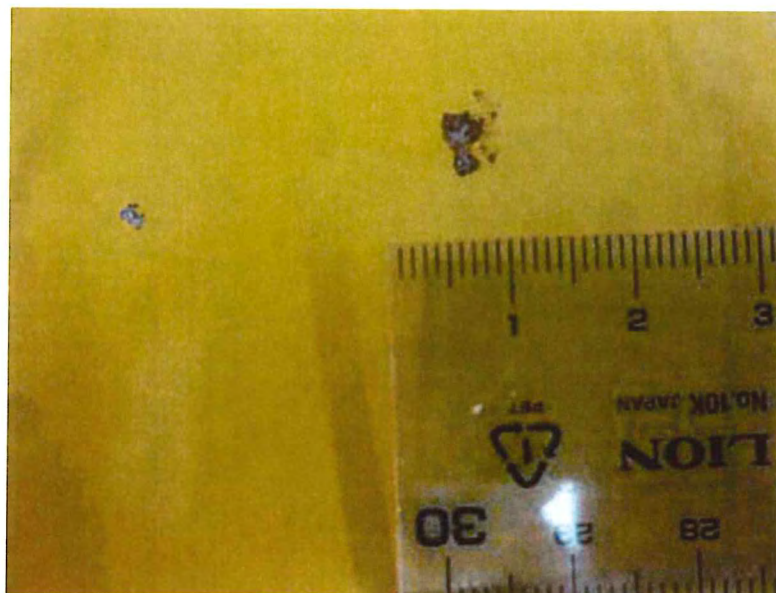


\* 1 : 塗膜由来

以上

錆（小）箇所（測定者：JAPC, 2020年6月19日確認）

<研磨前>



<研磨後>



考察：錆（小）箇所の研磨後、地金が見えており、貫通はしておらず、内側の錆の影響ではない。

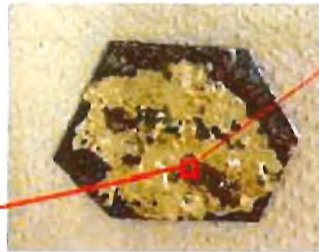
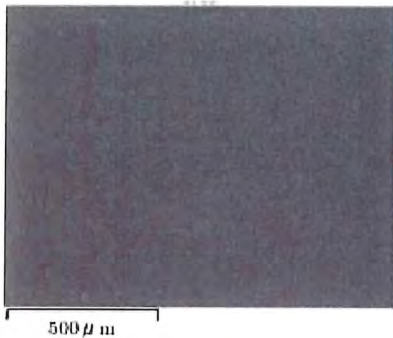


当該ドラム缶底部錆箇所の成分分析結果

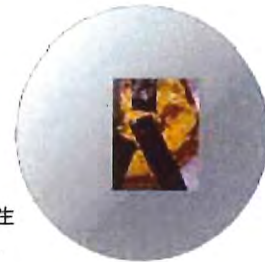
内容	成分分析	分析部位	切断片①内側付着物
分析年月日	2020年6月16日	分析者	

1. 調査内容  
当該ドラム缶底部の錆箇所の切断片①内側付着物の成分分析を行った。
2. 使用機器  
エネルギー分散型X線分析装置 (EDX)
3. 分析試料

電子顕微鏡画像



測定箇所

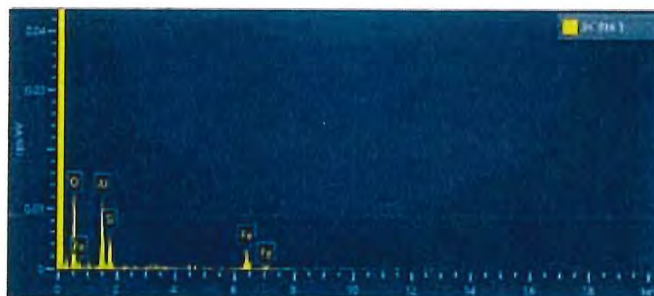


備考: 電子照射線によって試料表面に発生する二次電子の帯電現象により、SEM画像の観察が出来なかった。

4. 分析結果  
分析の結果、切断片①内側付着物の主成分は酸素+鉄と推察される。Al と Si は台座シートの組成より含まれているため、台座シートの影響と思われる。  
錆の進行を促進する塩素が検出されていないことから、錆は大気中の酸素と水分により進行したことが推察される。

元素	ラインタイプ	重量%	質量%σ	原子数濃度%
Al	Kシリーズ	18.68	±2.04	15.92
Si	Kシリーズ	10.64	±1.61	8.72
Fe	Kシリーズ	25.58	±3.81	10.53
O	Kシリーズ	45.10	±3.42	64.83
トータル		100.00		100.00

スペクトル1



\* 1 : 台座シート由来

以上

当該ドラム缶底部錆箇所成分分析結果

内容	成分分析	分析部位	切断片①内側付着物脱離
分析年月日	2020年6月16日	分析者	

1. 調査内容

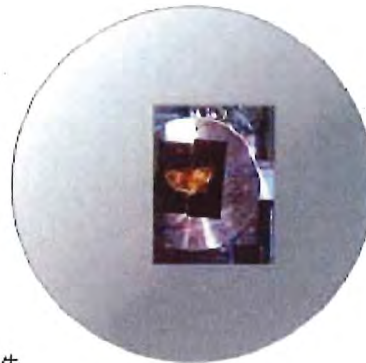
当該ドラム缶底部の錆箇所の切断片①内側付着物脱離の成分分析を行った。

2. 使用機器

エネルギー分散型X線分析装置 (EDX)

3. 分析試料

電子顕微鏡画像



備考: 電子照射線によって試料表面に発生する二次電子の帯電現象により、SEM画像の観察が出来なかった。

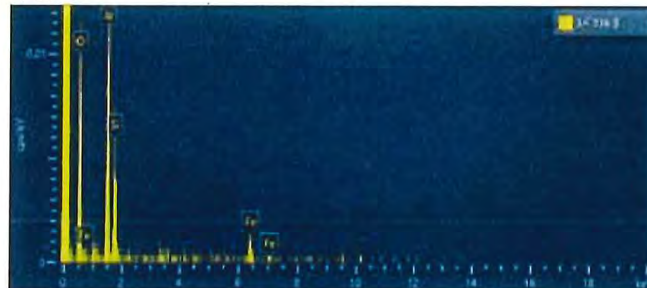
4. 分析結果

分析の結果、切断片①内側付着物の主成分は酸素+鉄と推察される。AlとSiは台座シートの組成より含まれているため、台座シートの影響と思われる。

錆の進行を促進する塩素が検出されていないことから、錆は大気中の酸素と水分により進行したことが推察される。

スペクトル3				
元素	ラインタイプ	重量%	質量%σ	原子数濃度%
Si <sup>1</sup>	Kシリーズ	14.40	±1.90	11.41
Fe	Kシリーズ	15.98	±3.28	6.37
Al <sup>1</sup>	Kシリーズ	25.73	±2.22	21.22
O	Kシリーズ	43.88	±2.95	61.01
トータル		100.00		100.00

スペクトル3



\* 1 : 台座シート由来

以上

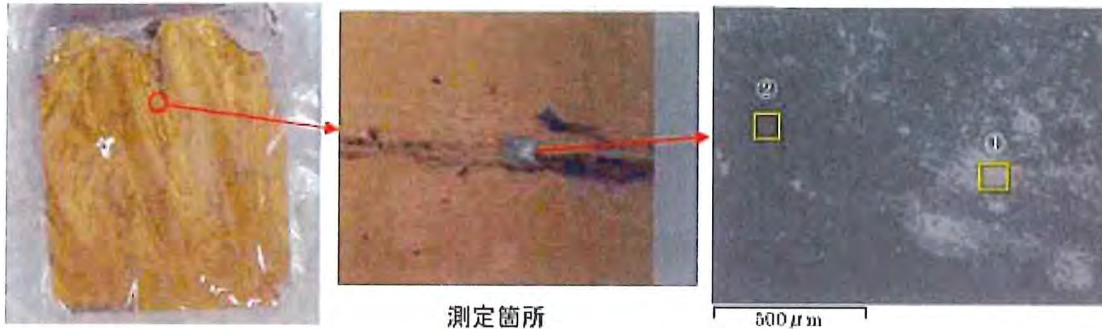
当該ドラム缶底部の成分分析結果

内容	成分分析	分析部位	切断片②内側
分析年月日	2020年6月11日	分析者	

1. 調査内容  
当該ドラム缶底部の切断片②内側の成分分析を行った。

2. 使用機器  
エネルギー分散型X線分析装置 (EDX)

3. 分析試料



4. 分析結果

分析の結果、切断片②内側の①の主成分は炭素+酸素であると推察される。Al と Si は台座シート  
の組成より含まれているため、台座シートの影響と思われる。

Ti で、下地に由来する鉄が検出されていないことから、塗料表面からの分析深さは下地に到達  
していないと推察され、塗膜由来によるものと判断する。

Zn は、塗膜が剥離しており母材上の亜鉛を計測した可能性あり。

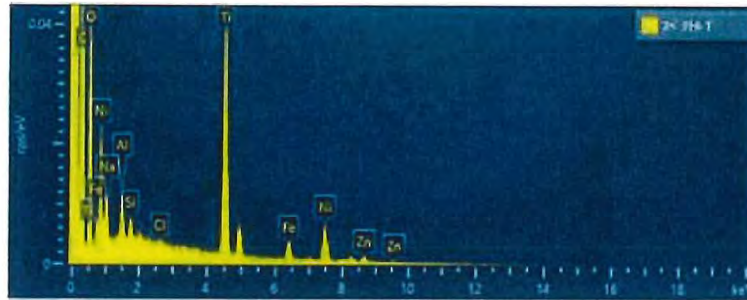
C は有機物として多く含まれるものであるため、キャニスタ由来かは判断できない。

スペクトル1 元素	ラインタイプ	重量%	質量%σ	原子数濃度%
C	Kシリーズ	24.56	±0.23	31.58
O	Kシリーズ	68.75	±0.24	66.36
Ni	Kシリーズ	1.90	±0.07	0.50
Zn	Lシリーズ	0.57	±0.07	0.14
Fe	Kシリーズ	0.56	±0.04	0.15
Si <sup>*1</sup>	Kシリーズ	0.09	±0.01	0.05
Al <sup>*1</sup>	Kシリーズ	0.19	±0.01	0.11
Cl	Kシリーズ	0.02	±0.01	0.01
Ti <sup>*2</sup>	Kシリーズ	3.29	±0.05	1.06
Na	Kシリーズ	0.06	±0.03	0.04
トータル		100.00		100.00

\* 1 : 台座シート由来

\* 2 : 塗膜由来

スペクトル1



分析の結果、切断片②内側の②の主成分は炭素+酸素であると推察される。Al と Si は台座シートの組成より含まれているため、台座シートの影響と思われる。

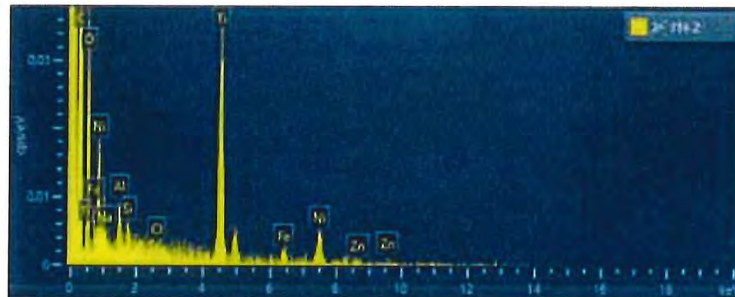
Ti で、下地に由来する鉄が検出されていないことから、塗料表面からの分析深さは下地に到達していないと推察され、塗膜由来によるものと判断する。

Zn は、塗膜が剥離しており母材上の亜鉛を計測した可能性あり。

C は有機物として多く含まれるものであるため、キャニスタ由来かは判断できない。

スペクトル2				
元素	ラインタイプ	重量%	質量%σ	原子数濃度%
Ti <sup>*2</sup>	Kシリーズ	2.95	±0.14	0.95
Fe	Kシリーズ	0.63	±0.11	0.17
Ni	Kシリーズ	1.62	±0.21	0.42
Al <sup>*1</sup>	Kシリーズ	0.17	±0.04	0.09
C	Kシリーズ	24.86	±0.67	31.78
Si <sup>*1</sup>	Kシリーズ	0.09	±0.03	0.05
O	Kシリーズ	69.18	±0.70	66.40
Cl	Kシリーズ	0.04	±0.03	0.02
Zn	Lシリーズ	0.48	±0.20	0.11
Na	Kシリーズ	0.00	±0.09	0.00
トータル		100.00		100.00

スペクトル2



\* 1 : 台座シート由来

\* 2 : 塗膜由来

以上

当該ドラム缶底部の成分分析結果

内容	成分分析	分析部位	切断片②内側塗膜剥がれ
分析年月日	2020年6月19日	分析者	

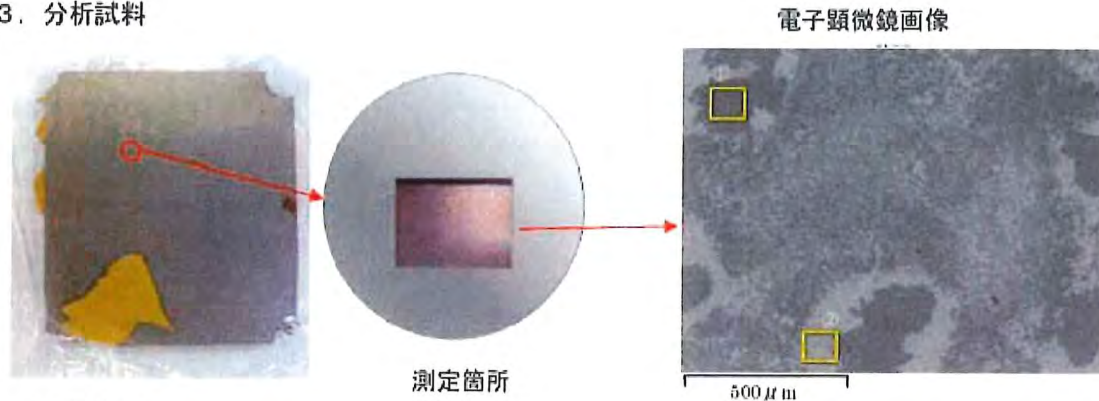
1. 調査内容

当該ドラム缶底部の切断片②内側塗膜剥がれの成分分析を行った。

2. 使用機器

エネルギー分散型X線分析装置 (EDX)

3. 分析試料



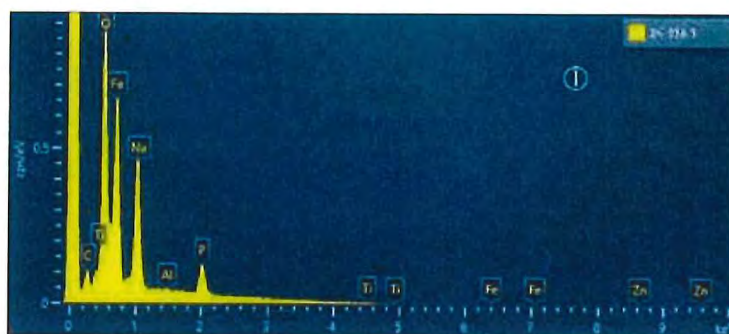
4. 分析結果

分析の結果、切断片②内側塗膜剥がれの①の主成分は鉄+酸素であると推察される。  
Znについて、Zn以外の元素に由来するピークは現れないため、Znと判断する。

スペクトル1				
元素	ラインタイプ	重量%	質量%σ	原子数濃度%
P	Kシリーズ	3.35	±0.17	3.26
C	Kシリーズ	0.99	±0.11	2.49
Na	Kシリーズ	1.22	±0.19	1.60
Al	Kシリーズ	0.11	±0.07	0.13
Ti*1	Lシリーズ	13.70	±1.50	8.63
O	Kシリーズ	30.57	±1.20	57.64
Fe	Lシリーズ	39.95	±1.05	21.58
Zn	Lシリーズ	10.11	±0.40	4.66
トータル		100.00		100.00

\* 1 : 塗膜由来

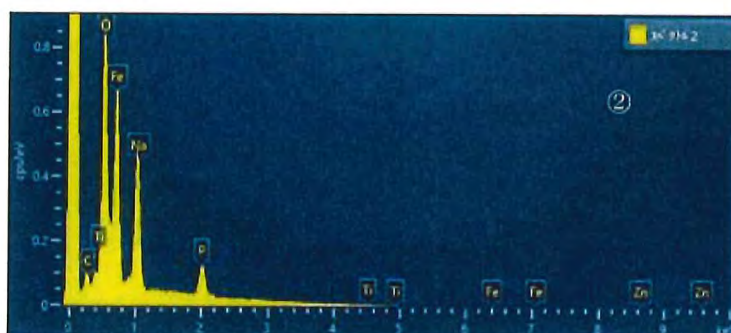
スペクトル1



分析の結果、切断片②内側塗膜剥がれの②の主成分は鉄+酸素であると推察される。  
Znについて、Zn以外の元素に由来するピークは現れないため、Znと判断する。

スペクトル2				
元素	ラインタイプ	重量%	質量%σ	原子数濃度%
P	Kシリーズ	3.30	±0.17	3.20
C	Kシリーズ	1.28	±0.11	3.21
Ti* <sup>1</sup>	Lシリーズ	13.17	±1.52	8.25
Na	Kシリーズ	0.95	±0.19	1.24
Fe	Lシリーズ	39.61	±1.04	21.29
O	Kシリーズ	30.82	±1.20	57.82
Zn	Lシリーズ	10.87	±0.41	4.99
トータル		100.00		100.00

スペクトル2



\* 1 : 塗膜由来

以上

当該ドラム缶内側錆箇所の成分分析及び台座シート浸漬試験結果

内容	成分分析	分析部位	切断片③内側錆箇所、台座シート
分析年月日	2020年6月8日、6月10日	分析者	JAPC

1. 調査内容

当該ドラム缶内側の錆箇所の成分分析、及びドラム缶内の緩衝材として使用している台座シートの浸漬試験、並びに腐食促進成分(CI, SO<sub>4</sub>)濃度の分析を行った。

2. 使用機器

エネルギー分散型X線分析装置(EDX)、分光光度計

3. 分析試料

①ドラム缶(長さ:約3cm×3cm)

②台座シート(大きさ:約4cm×4cm, 重量:2.8g ※1)

※1 9等分したシートを200mLの純水に浸漬し、600rpmで一晩攪拌させた水を分析した。



測定箇所①

測定箇所②

4. 分析結果

①ドラム缶

分析の結果、錆の主成分は鉄+酸素であると推察される。またCI等の腐食を促進する成分は検出されなかった。

	測定箇所①	測定箇所②
O(質量%)	32	35
Fe(質量%)	66	63
その他(質量%)	2 *1	2 *2
合計(質量%)	100	100

\*1: Na, Pが検出された。

\*2: Na, Mnが検出された。

②台座シート

CI, SO<sub>4</sub>濃度共に0.03ppm以下(検出限界値未満, 比色分析法)。

以上

【評価の凡例】 ○:要因 ×:関連なし

事象	要因1	要因2		要因3		調査内容		調査結果	評価
返送されたドラム缶 (埋設センターに搬出したドラム缶1本の底部に、錆による損傷があることを確認)	ドラム缶製作要因	ドラム缶の設計不良	ドラム缶の設計内容に不備があった			ドラム缶の仕様を確認する	購入仕様書及び検査証明書にて、JIS規格に適合したドラム缶であることを確認	×	
		ドラム缶の材料不良	ドラム缶の材質、塗料等に不備があった			ドラム缶製作に使用した材料、塗料等の仕様を確認する	購入仕様書及び検査証明書にて、仕様を満足した鋼材及び塗料であることを確認	×	
		ドラム缶の製作不良	ドラム缶の製作手順に不備があった			ドラム缶製作手順を確認する	受注者への聞き取り、購入仕様書によりJIS規格に基づき製作され、納入されていることを確認	×	
		ドラム缶の検査不良	ドラム缶の検査に不備があった	ドラム缶検査漏れ	ドラム缶の検査漏れがあった	ドラム缶の検査結果を確認する	検査証明書により検査に漏れがないことを確認	×	
				ドラム缶検査手順の不備	ドラム缶検査手順に不備があった	ドラム缶検査手順を確認する	受注者への聞き取りによりJIS規格に基づき、適切に検査が行われ、納入されていることを確認	×	
				ドラム缶検査者の力量不足	ドラム缶検査者の力量が不足していた	ドラム缶検査者の力量を確認する	受注者への聞き取りにより十分な力量を有する者がJIS規格に基づき、検査を行い、納入していることを確認	×	
	調達要因	ドラム缶の選定不良	考慮すべき運用条件(内容物に合致しないドラム缶を選定した)			ドラム缶の購入仕様書を確認し、内容物(モルタル)であるアルカリ性物質を保管するのに適切なドラム缶(JIS規格)が選定されていることを確認する	JIS規格のドラム缶を選定していることを確認	×	
		ドラム缶納品時の塗装傷	工場から東海への輸送時にドラム缶が傷ついた可能性がある			社員立会いによる納品時の外観確認結果を確認する	ドラム缶が傷ついていることを、納品時の検査にて確認	×	
		ドラム缶タッチアップ	受取検査時にドラム缶にタッチアップ塗装がされていた可能性がある			社員立会いによる納品時の外観確認結果を確認する	タッチアップ塗装が行われていないことを、納品時の検査にて確認	×	
		モルタル材料の不良	通常のモルタル材料と異なる仕様のものを使用した(内面腐への影響)			充填固化体製作手順書に定められた配合のプレミックスセメント及び混和剤を使用したことを確認する	配合成績書にて配合設計通りのプレミックスセメント及び混和剤であることを確認	×	
		キャニスタ、台座シートの不良	通常のキャニスタ、台座シートと異なる仕様のものを使用した(内面腐への影響)			充填固化体製作手順書に定められたキャニスタ、台座シートであることを確認する	検査成績書により、規程通りのキャニスタを使用していることを確認 台座シートについては規程にて定められていないため、納品書にて購入仕様書通りであることを確認	×	
	低レベル放射性廃棄体製作要因	廃棄体製作手順の不備	廃棄体製作手順に誤りがあった			廃棄体製作手順内容の誤りの有無について確認する	「充填固化体製作手順書」について、「充填固化体の標準的な製作方法(電力標準マニュアル)」の要求事項を満足していることを確認	×	
		廃棄体製作者の力量不足	廃棄体製作者の力量が不足していた			廃棄体製作者の力量を確認する	廃棄体製作者について、十分な力量があることを力量評価書により確認	×	
		廃棄体製作装置の不備	廃棄体製作装置が故障した			廃棄体製作装置の故障の有無	廃棄体製作時にCR管理票(不適合)が発行されていないことを確認	×	
		廃棄体製作に使用した材料の不備	廃棄体製作に使用した材料に不備があった	モルタル材の不備	モルタル材に不備があった	廃棄体製作に使用したモルタル材の仕様を確認する	「充填固化体製作手順書」に定められた配合の材料を用い、「選定手順書」に従い選定されたモルタルを使用したことを確認	×	
				台座シートの不備	台座シートに不備があった	廃棄体製作に使用した台座シートの仕様を確認する	検査成績書により購入仕様書通りの台座シートであることを確認	×	
				キャニスタの不備	キャニスタに不備があった	廃棄体製作に使用したキャニスタの仕様を確認する	検査成績書により「充填固化体製作手順書」に定められたキャニスタであることを確認	×	
				ドラム缶の不備	ドラム缶に不備があった	廃棄体製作後のドラム缶の収納記録により確認する	収納記録により、容器状態の確認(腐、変形、傷、塗装の剥がれ無し)を行いドラム缶に不備がないことを確認	×	
	自主検査時及び保管中要因	タッチアップペイントドラム缶の使用の有無	タッチアップペイントを施したドラム缶を使用した	タッチアップペイント作業手順の不備	タッチアップペイント作業手順に誤りがあった	タッチアップペイント作業内容の誤りの有無について確認する	タッチアップペイント作業にて、十分な下地処理が実施されておらず、また明確な手順がなかった	○	
				タッチアップペイント作業に使用したタッチアップ塗料の不備があった	タッチアップペイント作業に不適切なタッチアップ塗料を使用していた	使用したタッチアップ塗料の仕様を確認する	タッチアップ塗料はドラム缶メーカーより、ドラム缶製作時の外側の塗装で使用している塗料の提供を受けている	×	
		ドラム缶の保管に不備があった	ドラム缶の保管中に塗装傷等を付けた	低レベル放射性廃棄体の自主検査までの保管に不備があった	ドラム缶保管中に塗装傷等を付けた	低レベル放射性廃棄物の自主検査までの保管状態の確認	自主検査時の外観点検記録にて問題がないことを確認している(ドラム缶は空調管理されたNR/W、D/Yで保管されていた)	×	
				自主検査から搬出まで不備があった	自主検査後、搬出まで固体廃棄物作業建屋で長期間保管していた	保管中の定期的な点検又は搬出前の点検の有無	保管中及び搬出前の点検実績なし	○	



### 当時のタッチアップペイント実施状況

#### ○聞き取り調査

年月日 : 2020年3月23日

聞き取り者 : [ ]

対象者 : [ ] 作業班長 (タッチアップ作業実施者)

#### 1. 作業手順

※自主検査時のドラム缶確認フロー参照 (聞き取りをもとにフロー作成)

#### 2. 聞き取りによる検査時の状況

##### 1) 外観確認, 外観清掃について

- ①錆が発生しているドラム缶はありませんでした。
- ②地金傷がついたドラム缶はありませんでした。
- ③ドラム缶胴部直径確認時に凸凹等 (10本程度/832本) について, 監理員に確認を依頼しました。
- ④塗装傷になっていない汚れはウエス等で拭き取りました。
- ⑤塗装傷についてはタッチアップ作業を実施しましたが, 研磨等の下地処理は行っていません。

##### 2) タッチアップ作業について

- ①使用塗料は日本原子力発電(株)から受け取ったドラム缶納品時の塗料を使用しました。
- ②タッチアップペイントは刷毛にて行いました。

#### 3. まとめ

2017年度の検査前タッチアップについて聞き取りの結果, 832本の充填固化体に錆の発生や地金傷のついたドラム缶はありませんでした。

#### ○聞き取り調査 (追加)

年月日 : 2020年6月29日

聞き取り者 : 日本原子力発電株式会社 安全管理室員 2名

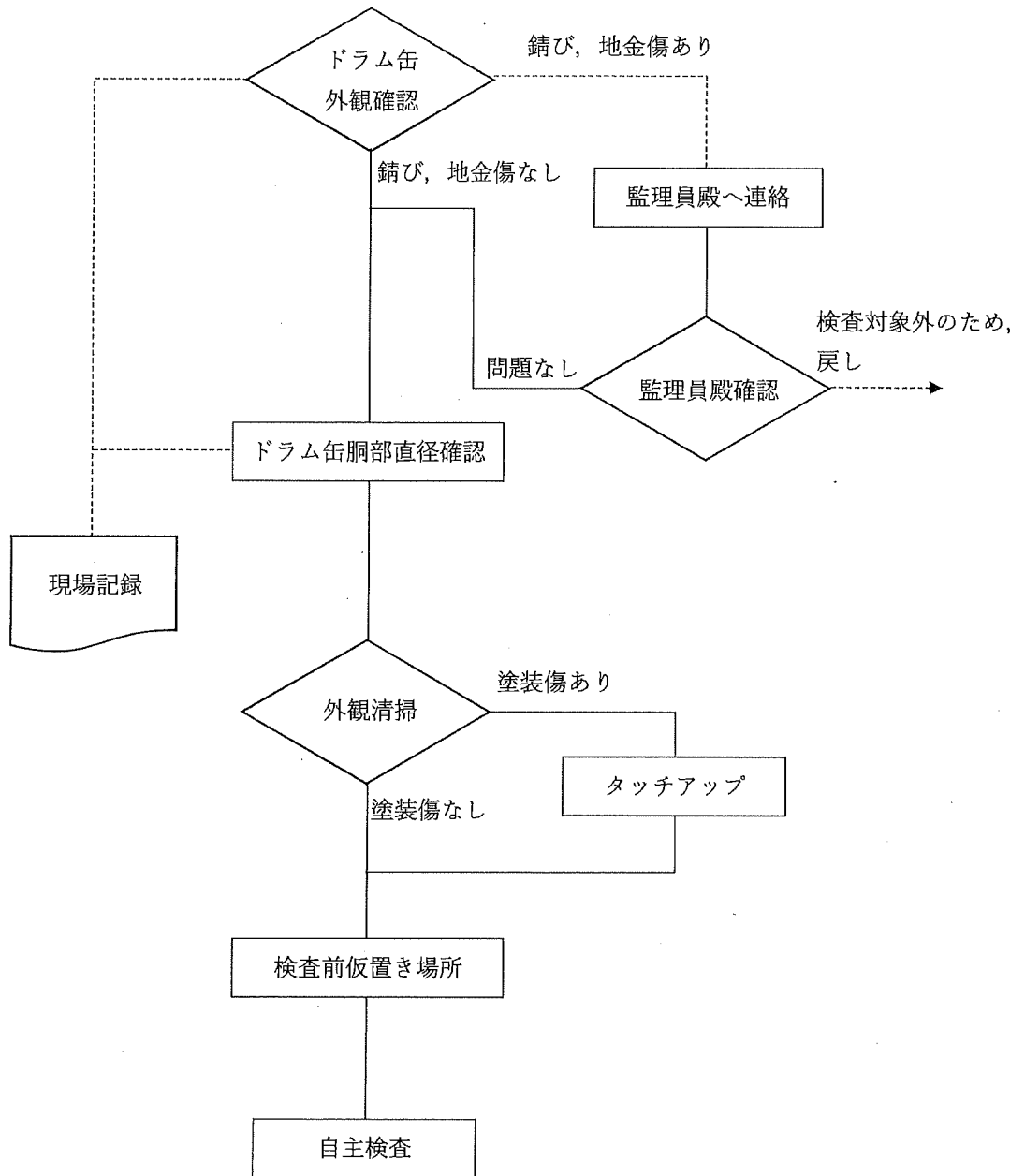
対象者 1 : [ ]

対象者 2 : [ ] 作業班長 (タッチアップ作業実施者)

上記の者で聞き取り調査を実施した。

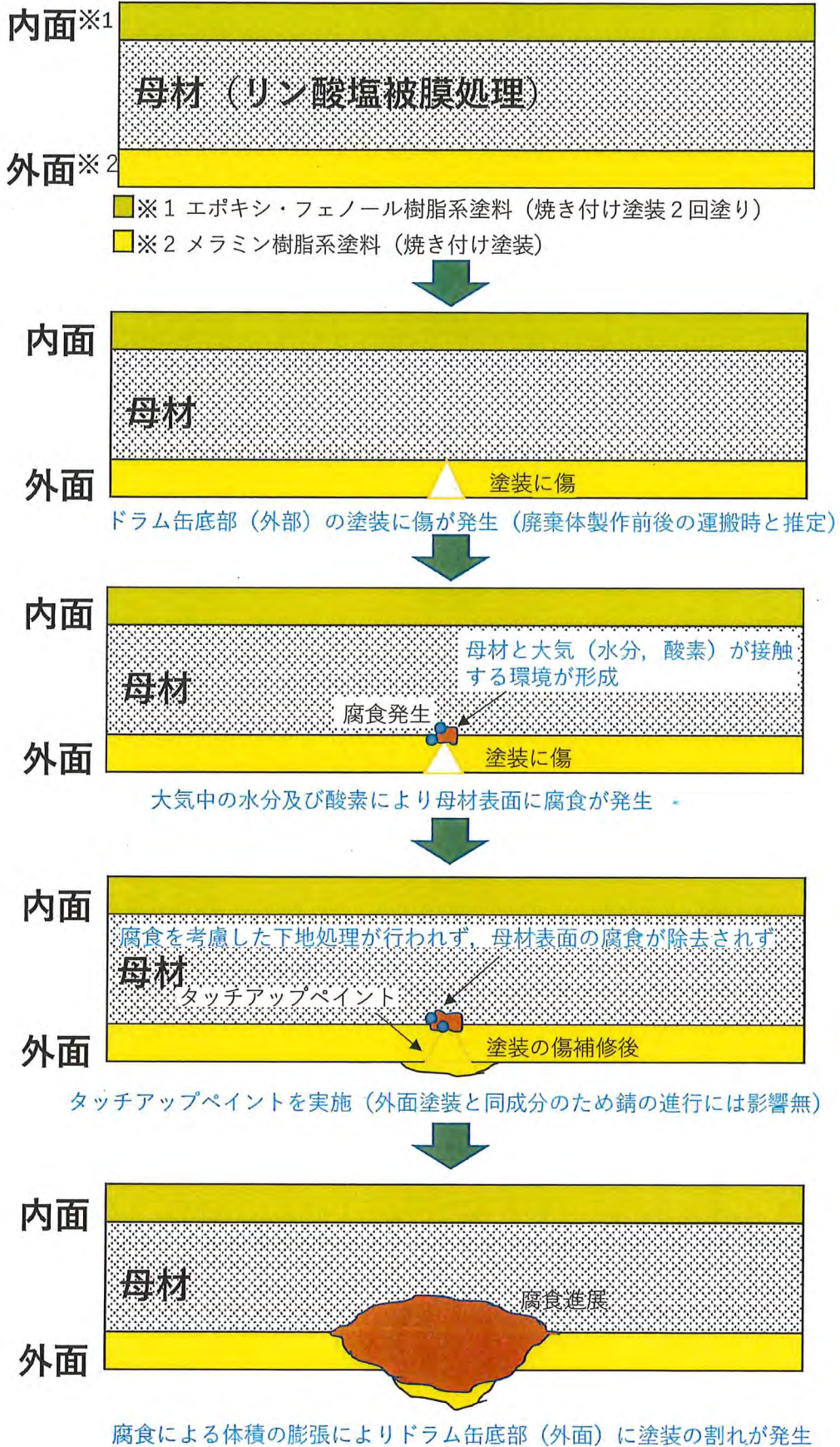
- ・2020年3月23日の聞き取り調査内容について錆や地金傷の見落としがなかったかの観点で再度確認し, 上記の記載内容のとおり作業が当時行われていたことを確認した。底部については照明を用いて目視していたことを確認した。

自主検査時のドラム缶確認フロー



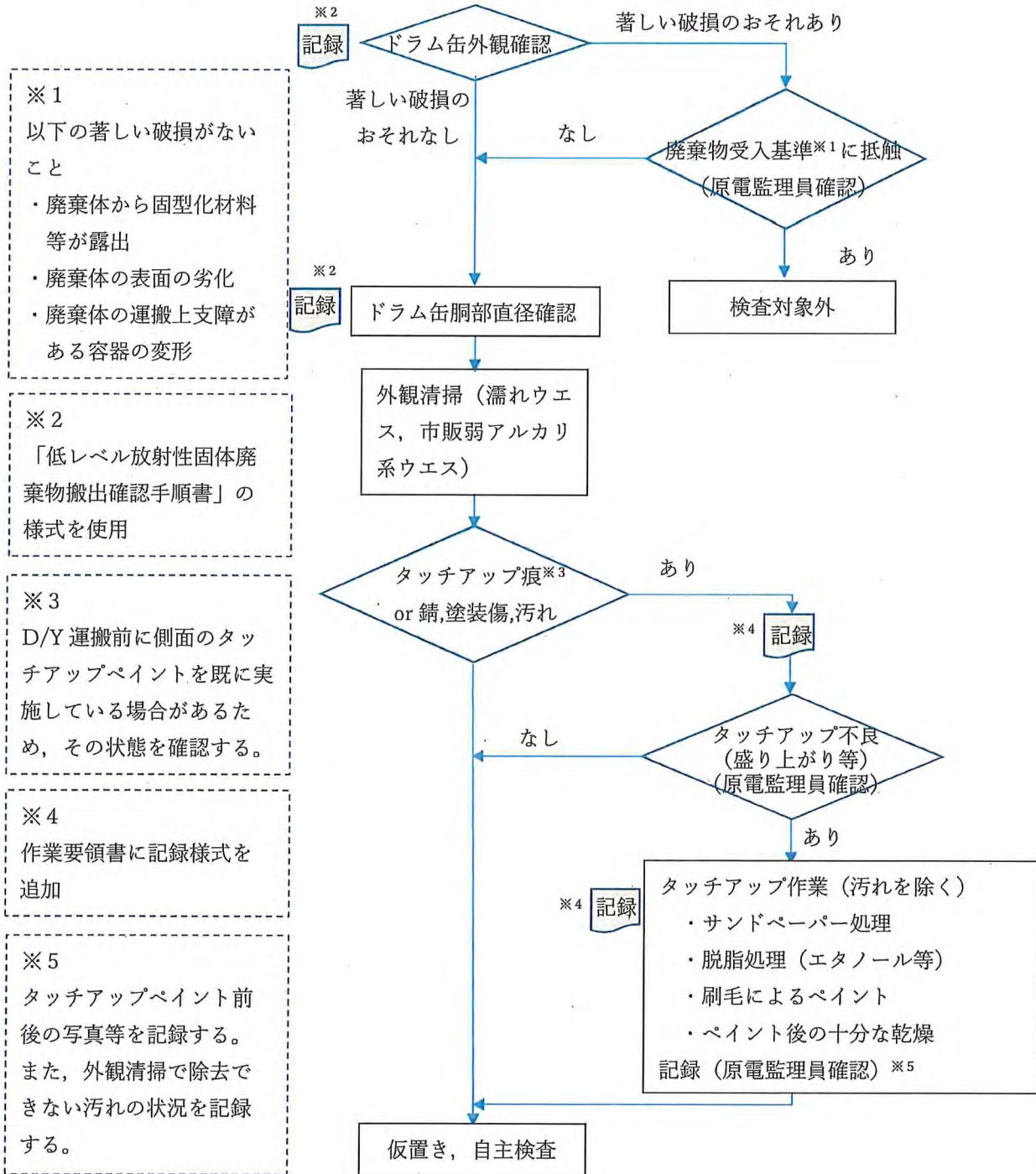
ドラム缶底部の外面錆の推定原因

添付資料-9



タッチアップペイントの実施フロー

以下のフローにて、タッチアップペイントを実施する。



## 当該ドラム缶底部（内面）に発生した錆について

当該ドラム缶底部（内面）の錆は、以下のメカニズムで発生したものと推定した。なお、内面の錆は外面の錆とは添付資料－6の観察結果より因果関係はなく、廃棄物受入基準に抵触するものではない。

- ・ 溶融固化体は、中心部にキャニスタ（溶融した廃棄物を入れる容器）を収納し、キャニスタ上部及びドラム缶とキャニスタの間をモルタルで充填しているが、当該ドラム缶底部はキャニスタとドラム缶が、キャニスタの緩衝材である台座シートを挟み接触しているため、モルタルが浸透していない。

〔図1〕

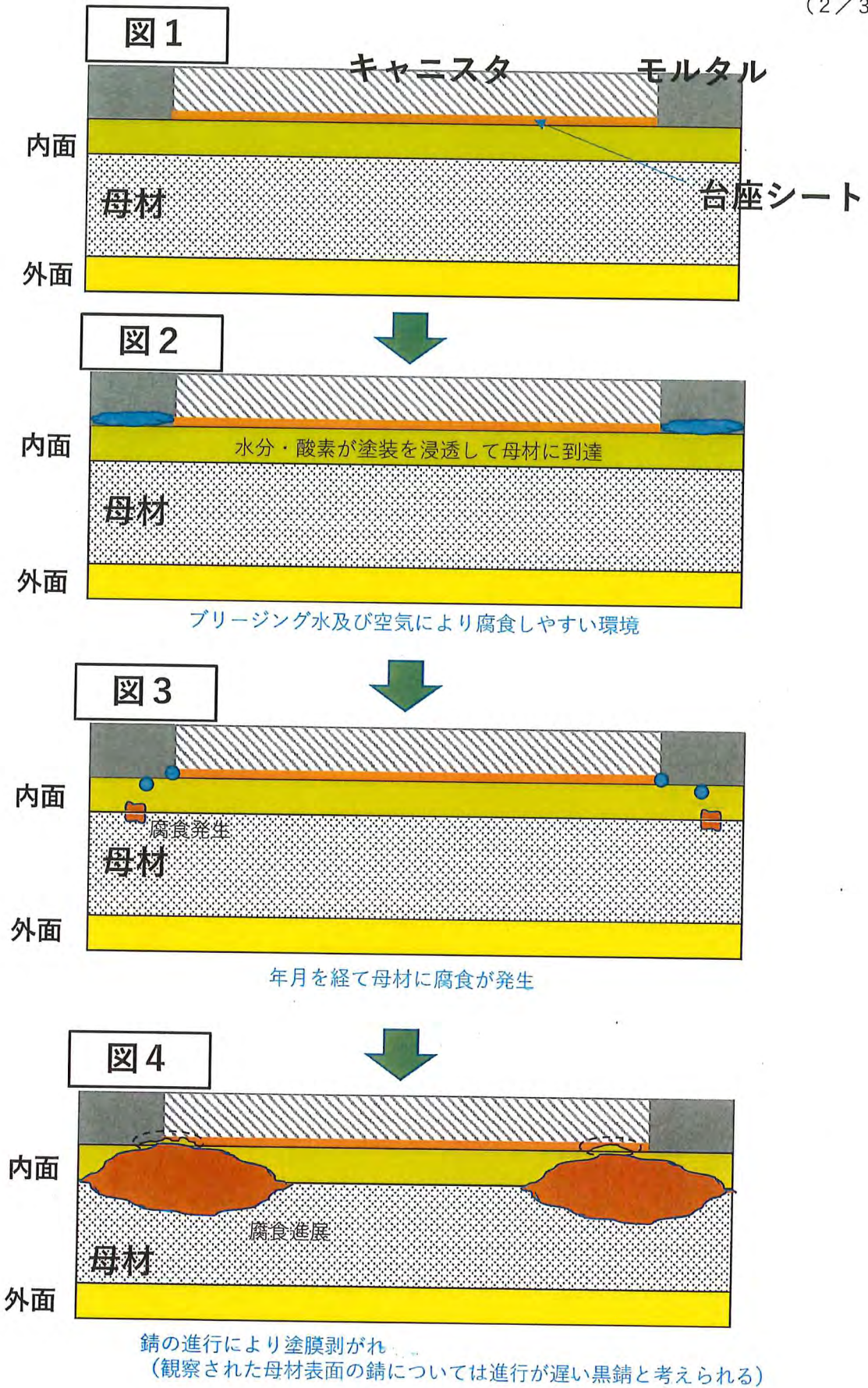
- ・ ドラム缶底部は錆対策として塗装されているが、母材側への水分及び酸素の移行を完全に遮断する能力を有しているわけではない〔参考文献〕ため、モルタル中の水分やキャニスタの吸水性もあり、母材と水分・酸素が接触する環境となり、時間経過に伴い水分及び酸素が母材側に移行した。

〔図2〕〔図3〕

- ・ 母材と水分及び酸素が接触する環境が形成されたため、錆が発生した。なお、観察された錆については分析機関の所見によると進行が遅い黒錆<sup>(注)</sup>と考えられる。

〔図4〕

(注) 錆の外観の色相及び錆の進行が母材表面で留まっていることから、一般に腐食の進行を遅延させる黒錆であると考えられる。母材内部まで進展していないのは、金属表面に不動態の被膜（黒錆）が形成されることで、母材である金属を著しく劣化させる赤錆に発展しなかったためと考えられる。



参考文献



ご質問事項に対する回答

2020年11月10日

日本原燃株式会社

	質問事項	回答
1	東海発電所のタッチアップペイントは、832本に対して41本であったが、他発電所 비해割合は多いのか少ないのか。	各発電所により対応は異なる。受け入れた全ての廃棄体にタッチアップを実施している発電所、タッチアップをしない発電所、再利用缶にタッチアップする発電所はある。至近（2008年度～2020年度）の受け入れを調べたところ、14,170本の搬出に対して4845本タッチアップをしており、全体で約34%の廃棄体にタッチアップしている。
2	報告書には黒錆と記載しているが酸化鉄の成分分析を実施された上で黒錆と判断しているのか。	成分分析を実施し、主成分が鉄及び酸素であることを確認した。（添付書類p33参照） なお、黒錆（Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ）及び赤錆（Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ）の判断のため「X線回折装置による分子構造調査」を計画したが、錆量が少なく試料量が足りないことから実施せず（添付書類p5参照）、断面観察結果により、錆の色合いや、錆の進行が母材表面で留まっているため、黒錆と推定した。
3	自主的な外観確認は自主検査開始のどのくらい前のタイミングで実施されているのか。	過去に実施した廃棄体（今回事象の廃棄体含む）の外観確認は、自主検査開始の数日前に外観確認を実施している。 なお、今年度搬出を予定している廃棄体については、タッチアップの下処理を新たに実施するため、自主検査開始の1～2か月程度前から外観確認を実施している。
4	長期保管時の環境はどのような状況なのか。今回発見された廃棄体周囲に保管されていた廃棄体との状況比較はされているのか。	搬出する廃棄体は、輸送容器に収納した上で、原則連続運転を行う換気設備を備えた固体廃棄物作業建屋（LLW建屋）に保管しており、当該廃棄体と周囲の廃棄体において保管環境の違いはない。（添付書類p9参照）
5	タッチアップを実施しないこともあるようだが、タッチアップを行わないとする基準はあるのか。	これまで外観確認後の外観清掃時において「塗装傷あり・なし」によりタッチアップの要否を判断していたものであり、タッチアップを行う場合（または行わない場合）の明確な基準はない。（添付書類p46,47参照）
6	東海以外の発電所は、長期保管時における外観確認は実施しないのか。	錆の進展に至った推定原因を踏まえれば、タッチアップ箇所の下処理を適切に実施することが今回事象の再発防止対策として有効であると考えている。 その上で、東海第二においては、長期保管時の外観確認は事象発生プラントとして念のために実施するものであることから、当社は他発電所への水平展開は考えていない。
7	監査ガイドラインはいつ改正するのか。	当社として速やかに電力大でガイドラインの記載を調整し、速やかに改正手続きを進めるが、遅くとも年内目途の改正予定で進める。
8	今回の事象は、旧技術基準と新基準（受入基準）に照らして、問題があるのかないのか判断結果を記載してほしい。	3月19日時点においては、旧技術基準（旧第二種埋設規則第八条第2項第六号）の「著しい破損がないこと」に抵触する。（添付資料1参照） また、詳細調査の結果、貫通には至らなかったが、当社、廃棄物埋設施設保安規定の下部規程において「著しい破損がないこと」に係る考え方の一つに「発生初期段階の容器表面の錆は、著しい破損に相当しない」「表面錆であることが確認できれば合格とする」としているため、現在の基準（廃棄物埋設施設保安規定 別表2の2「2号廃棄体に係る廃棄物受入基準」）に照らしても「著しい破損がないこと」に抵触する。 本判断結果については、当社報告書の添付資料1にて明記することとした。
9	2年半前に実施した外観検査は有効とは言えないのではないか。長期保管により発生した事実を踏まえると今回有効でないと示されているのではないか。状態が変わりうる可能性のある検査項目については、再確認を実施すべきではないか。	今回の事象については既に電力大で共有してきたところであり、廃棄物発生事業者の責任の下、長期保管となった場合の影響リスクを考慮した必要な対応が行われるものと考えている。 最終的には当社の六ヶ所外観確認において、廃棄物受入基準に基づく最終確認を行い、合否を判断していく。また、監査ガイドラインに基づき本事象に対する対応状況を継続的に確認していく。