

平成27年度経済産業省委託  
石油ガス供給事業安全管理技術開発等事業

バルク貯槽検査技術等高度効率化  
調査研究に関する報告書

平成28年2月

高压ガス保安協会

## まえがき

バルク貯槽は平成 9 年の導入以降、平成 16 年をピークに急速に普及しており、検査期限を迎えるバルク貯槽は今後このピークに連動して一定の期間内に集中する。LP ガス販売事業者にとっては、バルク貯槽の期限管理を徹底するとともに、告示検査に係る適切な実施計画を策定することで検査の実施時期の平準化を図り、検査期限内における確実な対応が求められるところであるが、これまでに導入されたバルク貯槽の設置基数を考慮すると、別途、新しい検査技術の導入やバルク貯槽の経年劣化傾向に対応した適切な検査内容等の検討など、告示検査に係る検査技術や検査内容等の高度効率化を図り、バルク貯槽の告示検査をより合理的かつ効果的に行える環境についても整備する必要がある。

このため、本調査事業では、バルク貯槽の安全性の確保を前提として、他分野で既に適用された実績を有する新検査技術の告示検査への転用可能性について評価・検証等を行い、当該新検査技術に係る検査基準（案）を作成するほか、実態調査等により把握したバルク貯槽の経年劣化傾向を踏まえ、告示検査内容等の高度効率化の可能性についても検討を行うこととした。

## 目次

1 課題	1
2 目的	1
3 実施概要及び実施場所	2
4 実施期間及び実施計画	5
5 実施体制	6
6 実施内容及び実施結果	8
6.1 転用可能性に関する評価・検証等の実施	8
6.1.1 制限事項の設定	8
6.1.2 まとめ	13
6.1.3 新検査技術を用いた告示検査基準案の作成	14
6.2 バルク貯槽の経年劣化調査	37
6.2.1 経年劣化実態調査	37
6.2.2 バルク貯槽内部表面腐食傾向等調査	81
6.2.3 告示検査方法の合理化に関する検討	115
6.3 社会情勢の変化等に対応した技術基準等の見直しに関する検討	118
6.3.1 概要	118
6.3.2 調査内容等	119
6.3.3 調査結果	122
6.3.4 欧米における LP ガスバルク貯槽屋上設置基準の比較等	133
6.3.5 まとめ	134
7 まとめ	158
7.1 新検査技術を用いた告示検査基準案の作成	158
7.2 告示検査方法の合理化に関する検討	160
7.3 社会情勢の変化等に対応した技術基準等の見直しに関する検討	162
添付 密閉型磁粉探傷試験によるバルク貯槽の非破壊検査基準 (案)	164

## 1 課題

### バルク貯槽検査技術等高度効率化調査研究

## 2 目的

平成 8 年の液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律（以下「液石法」という。）の改正により民生用バルク供給システムが導入され、平成 25 年までに 25 万基以上のバルク貯槽が生産された。これらのバルク貯槽には、液石法第 16 条第 2 項に基づく同法施行規則第 16 条第 22 号の規定に従って、バルク供給及び充てん設備に関する技術上の基準等の細目を定める告示第 1 条に定めるところにより検査（以下「告示検査」という。）を行うことが義務づけられ、初回の告示検査は製造後 20 年までに行うこととされている。

経済産業省では、民生用バルク供給システムの導入後 20 年を迎えるに際し、大量のバルク貯槽の告示検査に伴う現場の混乱や、バルク貯槽毎に異なる判定が下され検査結果のばらつき等が生じることを回避するため、告示検査に適用すべき検査方法等の調査検討や実証実験による評価・検証を実施し、告示検査の手引きとなる手順書の確立を目的とした「バルク貯槽 20 年検査体制導入整備調査研究事業（平成 21 年度～平成 24 年度）」を行ってきた。この調査研究事業によって、液石法をはじめ関係法令に基づき告示検査を行う上で必要となる法定手続や告示検査に適用可能な検査技術を取りまとめた手順書案が作成されたが、その作成に当たっては確実性を重視し、技術的に確立された既存の検査技術等を主体に取りまとめられている。LP ガス販売事業者による円滑な告示検査の実行を促進するためには、他の高圧ガス関連分野で既に適用されている新しい検査技術等の転用を図るほか、製造後 20 年までに行う初回検査に続く次回検査の効率化の可能性についても検討を行うなど、検査方法や検査手順の合理化を進めることが求められている。

このため、本事業は、「バルク貯槽 20 年検査体制導入整備調査研究事業」の成果を踏まえつつ、新たな検査方法や検査手順の告示検査への導入に向けた調査研究を行うとともに、社会情勢の変化から生じた民生用バルク供給システムの課題についても論点整理等を行い、バルク貯槽検査技術等の高度効率化を図ることを目的とする。

### 3 実施概要及び実施場所

#### 3.1 実施概要

本調査事業は、3.1.1 に掲げる全体計画に基づき、平成 27 年度は 3.1.2 に掲げる調査研究を実施した。

##### 3.1.1 全体計画

###### (1) 実施期間

実施期間は、平成 25 年度から平成 27 年度までの 3 ヶ年とする。

###### (2) 事業内容

本調査事業では、バルク貯槽の安全性の確保を前提として、他の高圧ガス関連分野で適用されている非破壊検査手法であって、バルク貯槽 20 年検査体制導入整備調査研究事業で作成した手順書案に採択されなかった新しい検査技術を調査し、告示検査への転用可能性に関する技術的評価及び実証実験による検証等を行い、当該新検査技術を用いた検査基準案を作成するとともに、この過程で得られた知見に基づき、必要に応じ、手順書案の見直しについても提言を行う。

また、長期使用中のバルク貯槽を対象として経年劣化等に関する調査を行い、その傾向と要因の分析結果を踏まえて告示検査の効率化の可能性について検討し、適切な告示検査のあり方を提案する。

さらに、民生用バルク供給システムに係る技術基準を中心に、社会情勢の変化や防災上の観点から、現行規制による保安水準の確保を前提とした技術基準等の見直しについて論点整理し、法令、手順書案等の見直しに際して新たに必要となる保安措置内容や技術的要件等を提案する。

なお、全体計画の実施内容は、事業の伸展に伴って得られる知見を踏まえ、必要に応じ、事業成果を向上させるため年度毎に見直すこととする。

###### (3) 実施項目及び実施計画

本調査事業の実施項目及び実施計画は、次のとおりとする。

- ① 新検査技術に関する調査
- ② バルク貯槽の経年劣化調査
- ③ 社会情勢の変化等に対応した技術基準等の見直しに関する検討
  - 1) バルク貯槽の車両積載方法の調査
  - 2) バルク貯槽の設置方法の調査

実施項目	H25	H26	H27
① 新検査技術に関する調査・選定	→		
② 転用可能性に関する評価・検証等の実施	→	→	→
③ バルク貯槽の経年劣化調査	→	→	→
④ 社会情勢の変化等に対応した技術基準等の見直しに関する検討			
1) バルク貯槽の車両積載方法の調査		→	
2) バルク貯槽の設置方法の調査		→	→

### 3.1.2 平成 27 年度実施内容

平成 27 年度においては、次の(1)から(4)までに示す調査研究を実施した。

#### (1) 転用可能性に関する評価・検証等の実施

平成 26 年度までに作成した「密閉型磁粉探傷試験によるバルク貯槽の非破壊検査基準（案）」（以下「密閉 MT 検査基準（案）」という。）に規定する制限事項及び推奨事項について、平成 25 年度から平成 26 年度までに実施した調査結果及び現に普及されているバルク貯槽の実態を踏まえて検討を行い、バルク貯槽の告示検査の高度効率化に資すると期待される密閉 MT 検査基準（案）の規定内容を最適化した。

#### (2) バルク貯槽の経年劣化調査

次の①及び②に掲げる事項について調査研究を行った。

##### ① 経年劣化実態調査

経年劣化により生じたバルク貯槽の内外面の腐食、割れ等の欠陥に関する技術データを蓄積するため、経年バルク貯槽を被試験体として、内外面の目視検査及び非破壊検査を行うとともに、内面の腐食状況に関する定量的な評価・分析を行い、論点整理を行った。

##### ② ガス成分分析等調査

LP ガス販売事業の用に供するために設置し、それ以降の LP ガスの積算消費量別に、経年バルク貯槽内の残留ガスをサンプリングし、残留ガスの成分分析及び腐食試験を行い、残留ガス中の腐食性成分量等に関する技術データを取得し、評価するとともに論点整理を行った。

#### (3) 社会情勢等に対応した技術基準等の見直しに関する検討

バルク貯槽は地盤面上又は地盤面下に設置するよう定められているが、諸外国においては地盤面より高い位置に設置する事例が存在する。当該設置防災上の観点から有効となり得るため、まずは実態調査により諸外国又は他法令における技術基準等の整備・運用状況を調査し、国内にて運用を図る際の課題等を抽出・整理した。

### 3.2 実施場所等

本調査事業の主な実施場所については次の(1)から(4)までに掲げるとおりである。

- (1) 転用可能性に関する評価・検証等の実施  
高圧ガス保安協会
- (2) バルク貯槽の経年劣化調査  
高圧ガス保安協会  
株式会社サイサン  
サンリン株式会社  
株式会社コベルコ科研  
株式会社住化分析センター
- (3) 社会情勢等に対応した技術基準等の見直しに関する検討  
高圧ガス保安協会  
株式会社アラハタ LPG コンサルティング
- (4) 高度効率化検査基準案の作成  
高圧ガス保安協会

#### 4 実施期間及び実施計画

実施項目	平成 27 年										平成 28 年	
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	
(1) 転用可能性に関する評価・検証等の実施 ・ 調査手法の検討 ・ 検査基準（案）の規定内容の最適化	→											
(2) バルク貯槽の経年劣化調査	→											
1) 腐食分析等調査 ・ 分析手法の検討 ・ 被試験体の調達 ・ 目視及び非破壊検査等の実施 ・ 内面腐食性成生物の評価・分析 ・ 論点整理	→	→		→		→	→		→	→		
2) ガス成分分析等調査 ・ 分析手法の検討 ・ 残留ガスのサンプリング ・ 成分分析及び腐食試験の実施 ・ 評価・分析 ・ 論点整理	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
3) バルク告示等の改正案の検討							→	→	→	→		
4) 告示検査手順書等の改正案の検討							→	→	→	→		
(3) 社会情勢の変化等に対応した技術基準等の見直しに関する検討 ・ 調査項目等の作成検討 ・ 海外調査日程等調整 ・ 米国実態調査 ・ 欧州等実態調査 ・ 屋外設置に係る技術的要件等の整理 ・ 論点整理	→											
(4) 事業報告書の作成				→							→	→
(5) 委員会の開催		○			○			○		○		

## 5 実施体制

### 5.1 主な担当者（高圧ガス保安協会 液化石油ガス部）

北出 昭二、松尾 武志、高橋 智、長崎 眞理子、狩野 仁、野口 佳孝、  
原 知輝

### 5.2 他からの指導又は協力に関する事項

#### 5.2.1 委員会の設置

平成 27 年度事業を円滑かつ確実に実施するため、液化石油ガス部の中にバルク供給システムの概要や実態について知見を有する学識経験者、バルク貯槽等を製作する機器メーカー又はその団体、非破壊検査事業者又はその団体、LP ガス販売事業者又はその団体、検査機関又はその団体、行政庁の液石法担当官等からなる「バルク貯槽検査技術等高度効率化調査研究委員会」を設置し、専門的見地から、幅広い意見を求めた。

#### <委員構成>

（敬称略・順不同）

	氏名	所属・役職
委員長	澤 俊行	広島大学 名誉教授
	青木 隆平	東京大学大学院 工学系研究科航空宇宙工学専攻 教授
	山本 祥充	静岡県 危機管理部 消防保安課産業保安班 班長
	柿本 明広	日本 LP ガス協会 （岩谷産業（株）環境保安部 担当部長）
	飯田 正史	（一社）全国 LP ガス協会 保安部 保安技術担当部長
	小出 達弥	日本液化石油ガス協議会 （（株）サイサン技術開発部開発課 課長）
	三宮 毅之	（一社）日本エルピーガスプラント協会 （富士工器（株）バルクプロジェクト部 部長）
	深澤 稔	日本高圧ガス容器バルブ工業会 （（株）宮入製作所副工場長技術部長）
	山中 俊明	（一社）日本エルピーガスプラント協会 （ガス保安検査（株）保安検査部東部事業所 東日本担当部長）
	中代 雅士	（株）IHI 検査計測 技師長室 フェロー
	藤田 智	大阪ガス（株）エネルギー技術研究所 プロジェクト推進室

### 5.2.2 審議経過

- |     |             |                |
|-----|-------------|----------------|
| 第1回 | 平成27年5月21日  | 平成27年度実施計画の検討等 |
| 第2回 | 平成27年9月2日   | 進捗状況の確認及び経過報告等 |
| 第3回 | 平成27年11月25日 | 進捗状況の確認及び経過報告等 |
| 第4回 | 平成28年1月27日  | 成果報告書等の審議      |

## 6 実施内容及び実施結果

### 6.1 転用可能性に関する評価・検証等の実施

バルク貯槽 20 年検査体制導入整備調査研究事業で取りまとめた告示検査の手順書案を踏まえ、他の高圧ガス関連分野で適用されている非破壊検査手法であって、手順書案に採択された検査方法や検査手順を代替することで告示検査を高度化し又は効率化する可能性のある候補を調査して取りまとめた。特に、バルク貯槽の外観検査の際に行う非破壊検査について、バルク貯槽外部表面の塗膜剥離が作業上の大きな負担となっていることから、この塗膜剥離を要しない新しい検査技術を探し、手順書案において採択された非破壊検査手法の代替として優位性が認められるものを抽出・整理した後、収集した技術資料等に照らして評価を行い、本事業の検討対象とすべき新検査技術として、密閉型磁粉探傷（以下「密閉 MT」という。）試験、黒色磁粉探傷試験（以下「黒色 MT 試験」という。）及び渦流探傷試験（以下「ET 試験」という。）を選定した。

選定した塗膜剥離を要しない非破壊検査手法について、手順書案で採択した非破壊検査手法と比較検証する方法を検討した後、その比較検証計画を策定し、制限事項及び推奨事項の基準化に必要なデータの取得並びに欠陥検出に係る確実性に資する方策を検討するためバルク貯槽を模した試験片を使用した模擬実験を行った。その結果、実用にあたり開発要素が含まれることがわかった黒色 MT 試験及び ET 試験については、本調査の対象から除外することとした。また、制限を設けることにより、ある一定の検出性能を有することが確認された密閉 MT 試験については、模擬試験の結果等に基づき「密閉 MT 検査基準（案）」の素案を作成した。

本年度調査は、平成 25 年度から平成 26 年度までにおいて実施した密閉 MT 試験の告示検査への導入検討における調査結果を踏まえて、密閉 MT 検査基準素案に掲げる制限事項の設定に関して検討を行い、バルク貯槽の告示検査の高度効率化に資すると期待される密閉 MT 検査基準（案）の規定内容の最適化を図ることとした。

#### 6.1.1 制限事項の設定

平成 26 年度までの調査結果及び現に普及されているバルク貯槽の実態を踏まえて、バルク貯槽外部表面における検査対象となる部位の塗膜厚さの制限値及び当該検査対象となる部位の余盛り高さの制限値について検討した。結果を 6.1.1.1 及び 6.1.1.2 に示す。

##### 6.1.1.1 膜厚制限値設計

密閉 MT 検査基準（案）における被試験体の膜厚制限は、次の(1)から(3)までに掲げるとおり決定した。

#### (1) 検出限界膜厚の検討

平成 25 年度及び平成 26 年度の膜厚制限値に関する調査結果からは、膜厚 200  $\mu\text{m}$  に設計した塗装試験片（試験片 200）に設けた人工きずは確実に検出でき、膜厚 300  $\mu\text{m}$  に設計した塗装試験片（試験片 300）に設けた人工きずは一部で検出感度が低下し、試験実施者の判定にばらつきが生じた。当該試験結果から密閉 MT 検査基準（案）における膜厚制限値を決定するに当たって、試験片 200 及び試験片 300 の人工きず加工部位及び膜厚測定部位（図 6.1.1-1）、検出判定結果（表 6.1.1-1）及び各試験片の人工きず加工部位の膜厚値（表 6.1.1-2）との関係を確認した。

図 6.1.1-1 と表 6.1.1-1 より、試験片 200 に設けた人工きずはすべて明確に検出され、また、試験片 300 で判定にばらつきが生じた人工きずは、長手継手及び周継手の突合せ溶接部が交差する部位（以下「T クロス部」という。）に設けたものであって、かつ、きずサイズが検出下限値である長さ 1.5 mm のもののみであった。また、図 6.1.1-1 及び表 6.1.1-2 に示すとおり、人工きずを検出できた試験片中の T クロス部に付与した検出下限サイズの人工きず加工部位における膜厚（実測値）は、最大で 229  $\mu\text{m}$ （平成 26 年度製作の塗装試験片）であった。

従って、バルク貯槽の告示検査等に関する基準（以下「KHKS0745」という。）に定める磁粉探傷検査対象部位において、密閉 MT 検査手法を適用する場合に最も探傷が困難な部位にあって、かつ、きずサイズが検出下限値の人工きずを検出できた膜厚 229  $\mu\text{m}$  を限界値の指標とすることが妥当であると考えられる。

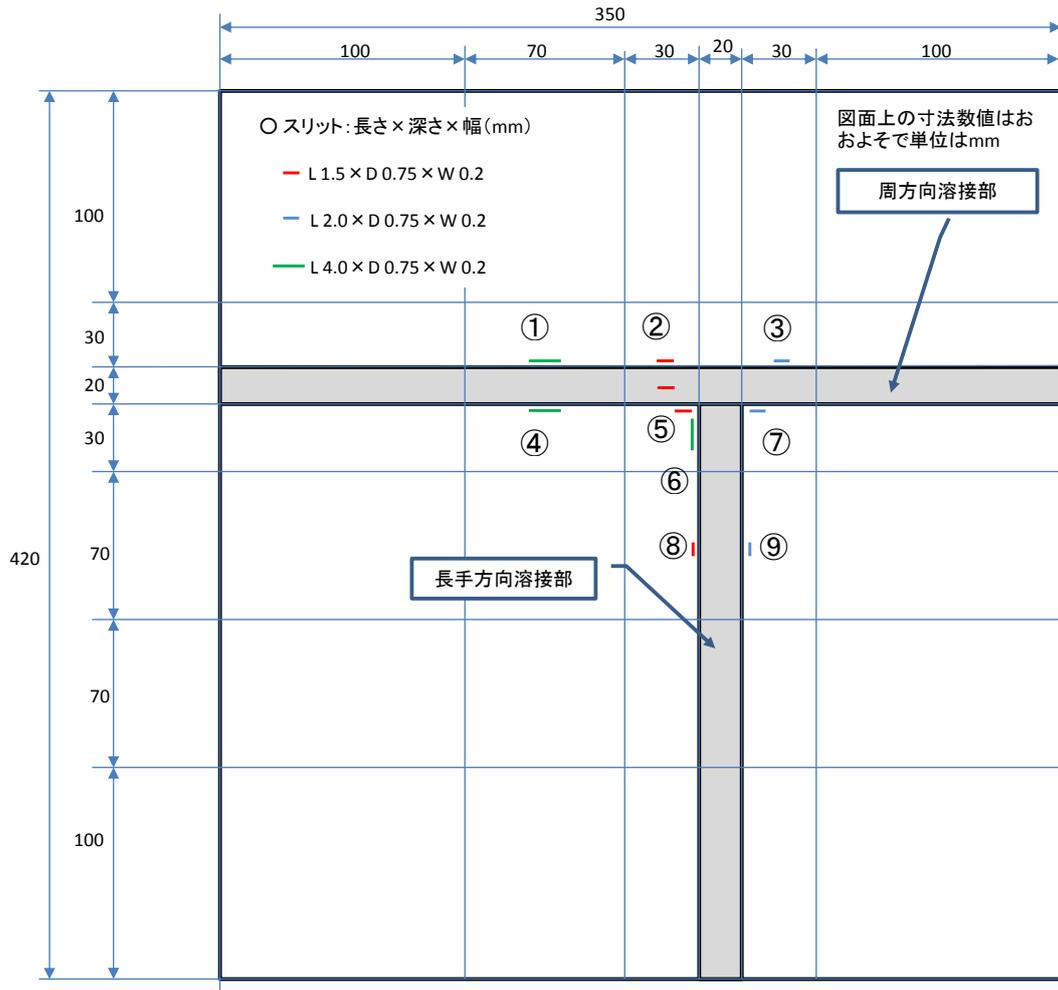


図 6.1.1-1 人工きず加工箇所及び膜厚測定箇所

表 6.1.1-1 膜厚制限調査結果

試験片 番号	塗膜厚さ		人工きずサイズ (長さ×深さ×幅)	人工きず加工位置	膜厚 測定点	判定			
	目標値	実測値							
試験片 100	100±25 μm	149~ 258 μm	1.5mm×0.75mm×0.2mm	周継手（鏡板側溶接止端部）	②	○			
				周継手（溶接ビード上）	②⑤	○			
				Tクロス 90°隅	⑤	○			
				長手継手（溶接止端部）	⑧	○			
			2.0mm×0.75mm×0.2mm	周継手（鏡板側溶接止端部）	③	○			
				Tクロス 90°隅	⑦	○			
				長手継手（溶接止端部）	⑨	○			
			4.0mm×0.75mm×0.2mm	周継手（鏡板側溶接止端部）	①	○			
				Tクロス 90°隅	⑥	○			
				周継手（胴板側溶接止端部）	④	○			
			試験片 200	200±25 μm	194~ 229 μm	1.5mm×0.75mm×0.2mm	周継手（鏡板側溶接止端部）	②	○
							周継手（溶接ビード上）	②⑤	○
Tクロス 90°隅	⑤	○							
長手継手（溶接止端部）	⑧	○							
2.0mm×0.75mm×0.2mm	周継手（鏡板側溶接止端部）	③				○			
	Tクロス 90°隅	⑦				○			
	長手継手（溶接止端部）	⑨				○			
4.0mm×0.75mm×0.2mm	周継手（鏡板側溶接止端部）	①				○			
	Tクロス 90°隅	⑥				○			
	周継手（胴板側溶接止端部）	④				○			
試験片 300	300±25 μm	295~ 316 μm				1.5mm×0.75mm×0.2mm	周継手（鏡板側溶接止端部）	②	○
							周継手（溶接ビード上）	②⑤	○
			Tクロス 90°隅	⑤	△				
			長手継手（溶接止端部）	⑧	○				
			2.0mm×0.75mm×0.2mm	周継手（鏡板側溶接止端部）	③	○			
				Tクロス 90°隅	⑦	○			
				長手継手（溶接止端部）	⑨	○			
			4.0mm×0.75mm×0.2mm	周継手（鏡板側溶接止端部）	①	○			
				Tクロス 90°隅	⑥	○			
				周継手（胴板側溶接止端部）	④	○			

表 6.1.1-2 膜厚測定結果（抜粋）

（単位：μm）

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
試験片 100 H25 製作	173	168	218	189	224	224	258	237	208
試験片 200 H26 製作	223	203	200	213	229	211	214	209	194
試験片 300 H26 製作	306	314	306	306	316	307	310	300	295

## (2) 膜厚の裕度設計

密閉 MT 検査基準（案）においては、前記①の膜厚限界値（229μm）を下回る場合を試験対象とする必要があるが、これに加え、膜厚計の誤差範囲を差し引いた膜厚値以下の値を適用範囲の最大値とすることとした。膜厚計は、バルク供給及び充てん設備に関する技術上の基準等の細目を定める告示（以下「バルク告示」という。）第 10 条第 3 号ロに定める電磁式 2 点調整型微厚計を規定しており、これに該当する膜厚計の性能は、日本工業規格 K5600-1-7(2014)「塗料一般試験方法—第 1 部：通則—第 7 節：膜厚」（以下「JIS K 5600-1-7」という。）に規定する「5.乾燥塗膜の測定方法」の磁気法に規定されている。JIS K 5600-1-7 附属書 A によると、磁気法に分類される膜厚計の最大誤差は±5 μm（磁気プルオフ膜厚計）であり、精度は±6 %（磁気プルオフ膜厚計）である。従って、当該磁気法に定める手法によって膜厚を測定した場合の表示値が膜厚上限値を超えない最大値 X(μm)は、

$$(X \mu\text{m} + 5 \mu\text{m}) \times (+1.06) \leq 229 \mu\text{m}$$

$$X \leq 211 \mu\text{m}$$

となり、膜厚計により測定した膜厚が 211 μm 以下であれば、密閉 MT 試験により検出下限以上の長さのきず検出は可能である。

## (3) 膜厚制限

上記(1)及び(2)の他、さらに一定の裕度を考慮して制限値は 200 μm とした。なお、図 6.1.1-2 に示すバルク貯槽膜厚分布実態調査結果（平成 18 年度）から、バルク貯槽の膜厚は、100 μm から 200 μm 程度のものが大半を占めている。

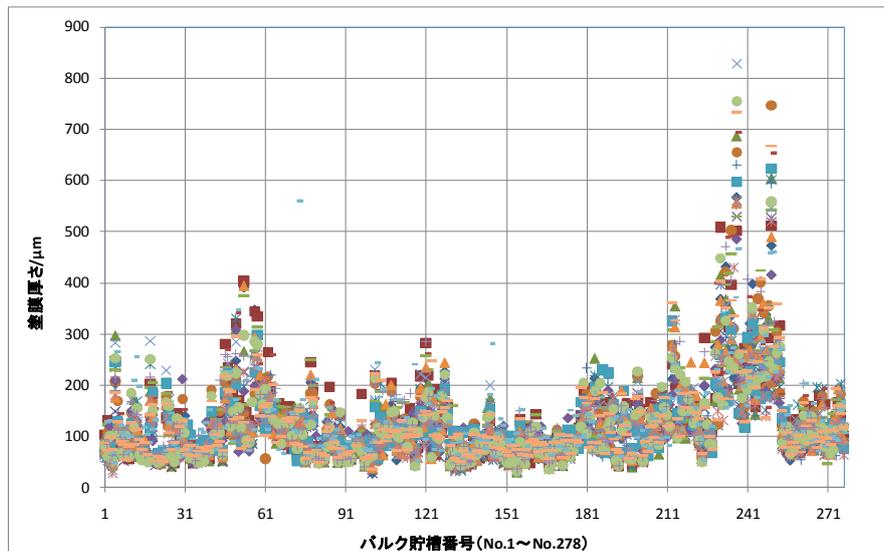


図 6.1.1-2 バルク貯槽膜厚分布実態調査（平成 18 年度）

#### 6.1.1.2 溶接ビード高さ

平成 26 年度までに密閉 MT 試験を適用した塗装試験片の余盛り高さは最大で 3 mm 程度（塗膜なしの状態）であった。この程度の高さであれば密閉 MT 試験の適用上問題はなかったが、特定設備検査時の余盛り高さについては現在 2.4 mm 以下として運用されており、密閉 MT 検査基準（案）においても実態に則して当該値を基準値とすることとした。

#### 6.1.2 まとめ

平成 26 年度までの調査結果及び現に普及されているバルク貯槽の実態に基づき、次の(1)及び(2)に示すとおり密閉 MT 検査基準（案）における規定内容の最適化を図った。

##### (1) 膜厚に関する制限値

平成 26 年度までにおける膜厚制限調査結果及び膜厚測定装置に許容される最小誤差など膜厚測定器の性能から 200 μm 以下とした。

##### (2) 余盛り高さに関する制限値

特定設備検査を実施する際に許容されている周継手及び長手継手の突き合わせ溶接部における溶接ビード余盛り高さである 2.4 mm 以下とした。

### 6.1.3 新検査技術を用いた告示検査基準案の作成

本調査研究では、バルク貯槽の告示検査に関する手順を取りまとめた KHKS0745 に採択されていない新しい検査技術であって、かつ、告示検査の高度化及び効率化に資する検査手法として密閉 MT 試験を選定し、技術的な検証を行った。その結果として、添付のとおり「密閉型磁粉探傷試験によるバルク貯槽の非破壊検査基準（案）」を作成した。

今回作成した密閉 MT 検査基準（案）については、バルク貯槽の外部表面溶接部に対する非破壊検査手法の一つとして KHKS0745 に導入しうるものである。バルク貯槽の告示検査は、平成 29 年度以降に本格的な実施が見込まれることから、KHKS への導入は次年度内を目安に改正作業を進める。

密閉 MT 検査基準（案）の本文と規定内容の設定理由、検討経緯、課題等を併せて表 6.1.3-1 に示す。また、図 6.1.3-1 に密閉 MT 検査基準（案）に基づく検査フローを示す。

表 6.1.3-1 密閉 MT 検査基準（案）の本文及び規定内容の設定理由等

密閉 MT 検査基準（案）	設定理由、検討経緯、課題など												
<p>1. 総則</p> <p>1.1 適用範囲</p> <p>密閉型磁粉探傷試験によるバルク貯槽の非破壊検査基準（以下「密閉型磁粉探傷検査基準」という。）は、内径 800 mm<sup>1)</sup>以上のバルク貯槽を対象とし、バルク供給及び充てん設備に関する技術上の基準等の細目を定める告示（以下「バルク告示」という。）第 1 条第 1 項第 2 号イ(1)に定めるバルク貯槽外面の非破壊検査に密閉型磁粉探傷試験を用いる場合に適用する。</p> <p>注<sup>1)</sup> 設計基準寸法とする。</p> <p>1.2 用語の定義</p> <p>密閉型磁粉探傷検査基準で使用する主な用語の定義は、バルク告示、高圧ガス保安法特定設備検査規則、特定設備検査規則の機能性基準の運用について（平成 13 年 12 月 28 日 平成 13・12・27 原院第 5 号）の別添 3「バルク貯槽の技術基準の解釈」及び日本工業規格 Z 2300(2009)「非破壊試験用語」、日本工業規格 Z 3001-1(2013)「溶接用語-第 1 部：一般」、日本工業規格 Z 3001-2(2013)「溶接用語-第 2 部：溶接方法」及び日本工業規格 K 5500(2000)「塗料用語」において使用する用語の例によるほか、次の a)から e)までに掲げるとおりとする。</p> <p>a) 密閉型磁粉探傷試験</p> <p>密閉型磁粉探傷試験とは、透明な薄い袋状のシート内に湿式検出媒体</p>	<p>【内径 800 mm 以上のバルク貯槽に限定することについて】</p> <p>貯蔵能力 300kg（公称）のバルク貯槽を想定して設定したが、当該検査手法の適用に当たっては曲率が問題となることから、貯蔵能力 300 kg（公称）のバルク貯槽の一般的な設計基準寸法である内径 800 mm とした。貯蔵能力が 300kg（公称）未満であって曲率が当該設計基準寸法未満であるバルク貯槽を適用範囲に含めるには、検出特性に対する曲率の影響についてさらなる調査が必要である。なお、2014 年までに製造された貯蔵能力 300kg（公称）以上のバルク貯槽のシェアは、次表のとおり製造基数の累計の約 88%を占めている。</p> <table border="1" data-bbox="1160 949 1742 1380"> <thead> <tr> <th>貯蔵能力</th> <th>シェア（2014 まで）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>300kg 未満</td> <td>12.5%</td> </tr> <tr> <td>300kg（公称）</td> <td>34.8%</td> </tr> <tr> <td>500kg</td> <td>26.4%</td> </tr> <tr> <td>980kg</td> <td>25.9%</td> </tr> <tr> <td>1000kg 以上</td> <td>0.4%</td> </tr> </tbody> </table> <p>87.5%</p> <p>製造基数累計の約 88%に該当</p>	貯蔵能力	シェア（2014 まで）	300kg 未満	12.5%	300kg（公称）	34.8%	500kg	26.4%	980kg	25.9%	1000kg 以上	0.4%
貯蔵能力	シェア（2014 まで）												
300kg 未満	12.5%												
300kg（公称）	34.8%												
500kg	26.4%												
980kg	25.9%												
1000kg 以上	0.4%												

を封入・密閉した検査シートを試験対象面に隙間なく密着させ、この状態で極間式磁化器により試験対象を磁化させて検査シート内に生じた磁粉模様を観察する試験方法であって、塗膜の上からバルク貯槽外面のきずを検出することが可能な非破壊検査方法をいう。

b) 電磁式二点調整型電磁微厚計

電磁式二点調整型電磁微厚計とは、バルク告示第 10 条第 3 号ロ(2)に定めるものであって、日本工業規格 K 5600-1-7(1999)「塗料一般試験方法—第 1 部：通則—第 7 節：膜厚」(以下「JIS K 5600-1-7」という。)に規定する電磁膜厚計をいう。

c) 溶接部

溶接部とは、溶接金属及び熱影響部を含んだ部分の総称をいう。

d) 溶接止端部

溶接止端部とは、母材と溶接金属の境界部分のことをいう。

e) 余盛り高さ

余盛り高さとは、溶接止端部を結ぶ面の外側にある溶接金属の部分の厚さをいう。

### 1.3 検査通則

#### 1.3.1 一般

バルク告示第 1 条第 1 項第 2 号イ(1)に定めるバルク貯槽外面の非破壊検査に密閉型磁粉探傷試験を適用する場合は、1.3.2 及び 1.3.3 に定めるところに従って行う。

#### 1.3.2 検査手順等

密閉型磁粉探傷試験を適用する場合の検査手順等は、1.3.2.1 及び 1.3.2.2 に定めるところに従って行う。図 1 に密閉型磁粉探傷検査基準による検査

フローを示す。

#### 1.3.2.1 試験対象部位

密閉型磁粉探傷試験は、「バルク貯槽の告示検査等に関する基準 (KHKS0745)」(以下「KHKS0745」という。)の2.4.2 a) 1) 及び 2) に定める部位を対象として行う。

#### 1.3.2.2 検査手順

密閉型磁粉探傷試験による非破壊検査は、1.3.2.1 に定める部位を対象に、2 に定める予備検査を行い、当該部位に対して密閉型磁粉探傷試験が適用できることをあらかじめ確認した後、3 に定める手順に従って行う。

#### 1.3.3 検査実施者及び評価者

密閉型磁粉探傷試験による非破壊検査は、1.3.3.1 に定める要件に適合する者を検査実施者として検査(予備検査を含む。以下 1.3.3 において同じ。)を行い、1.3.3.2 に定める要件に適合する者を評価者として検査結果の判定等を行う。

##### 1.3.3.1 検査実施者

次の a) から d) までに掲げる全ての要件を満足する者とする。

- a) 磁粉探傷試験技術者資格<sup>1)</sup>レベル 1 以上の資格証明書の交付を受けた者であること。
- b) 次の 1) から 4) までに掲げるいずれかの検査に関する専門知識及び技能並びに実務経験を有する者であること。
  - 1) 高圧ガスの保安のための検査
  - 2) 貯蔵能力 500kg 以上の大型容器に係る容器再検査
  - 3) バルク貯槽の製造時検査
  - 4) バルク貯槽の告示検査

#### 【試験対象部位】

試験対象部位は KHKS0745 より次の①及び②に掲げる箇所

- ① 長手継手及び周継手の突合せ溶接部のうち、長手継手と周継手とが交差する部分(以下「Tクロス」という。)を含み、当該突合せ溶接部の全長の 20% 以上の部分
- ② 前記①により選定した部分に係る熱影響部

#### 【教育・訓練及び磁粉探傷試験技術者資格者レベルについて】

KHK 認定検査機関の検査員 24 名(検査経験有り、磁粉探傷試験技術者資格レベル 1 有資格者 12 名+同資格レベル 2 有資格者 12 名)を対象として、13 枚の塗装試験片(欠陥総数 41 箇所)を使用し、密閉 MT 試験経験者による教育・訓練を段階的に施しながら、その都度、制限時間内における欠陥検出率<sup>\*</sup>を求めた。その結果、教育・訓練を施す前後で欠陥検出率は大幅に改善され、密閉 MT 試験経験者と同じレベルにまで向上した。また、教育・訓練を施すことで資格者レベル間の差は完全に解消した。

c) 前記 b)に掲げるいずれかの検査において行う磁粉探傷試験の実務に関する十分な経験（欠陥処置に関する経験を含む。）を有する者であること。

d)（密閉型磁粉探傷試験の実務に関する十分な経験を有する者が行う）密閉型磁粉探傷試験の適用に関する教育・訓練を修了した者であること。

注 1) 「磁粉探傷試験技術者資格」とは、一般社団法人日本非破壊検査協会の極間法磁粉探傷検査に係る非破壊試験技術者資格又は一般社団法人日本エルピーガスプラント協会の極間法磁粉探傷検査に係るガスプラント非破壊検査技術者資格をいう。

### 1.3.3.2 評価者

評価者は、KHKS0745 の 1.3.4.2 に規定する基準を満足し、かつ、1.3.3.1 b)に掲げる要件を満足する者でなければならない。

## 2. 予備検査

### 2.1 一般

予備検査は、2.2 から 2.4 までに定めるところに従って実施する。この場合において、2.2 から 2.4 までに定める予備検査のうち一以上の検査で不合格となるバルク貯槽については、密閉型磁粉探傷検査基準が適用できないものとして取り扱い、KHKS0745 の 2.4 の規定に従って非破壊検査を行う。

	教育・訓練前	教育・訓練後
MT レベル 1	46%～83%（平均 64%）	90%～100%（平均 95%）
MT レベル 2	49%～88%（平均 70%）	90%～100%（平均 94%）

（密閉 MT 試験経験者：95%）

※ ここでの欠陥検出率は、検査員一人あたりの欠陥総数 41 箇所を母数として算定したもの。表中の欠陥検出率は最大値から最小値までを示す。

以上の結果を踏まえ、検査実施者の技量要件については、今回の調査に参画した検査員の技量レベルを考慮し、次の①から④までに掲げる全ての要件を満足する者とした。

- ① 磁粉探傷試験技術者資格レベル 1 以上の資格所有者であること。
- ② 高圧ガスの保安のための検査、大型容器に係る容器再検査、バルク貯槽の製造時検査又はバルク貯槽の告示検査に関する専門知識及び技能並びに実務経験を有すること。
- ③ 前記②に掲げるいずれか検査の際に行う磁粉探傷試験の実務に関する十分な経験（欠陥処置に関する経験を含む。）を有する者であること。
- ④（密閉 MT 試験経験者による）密閉 MT 試験の適用に関する教育・訓練を修了した者であること。

## 2.2 塗膜外観に関する検査

### 2.2.1 一般

検査は、2.2.2 に掲げる方法により行い、2.2.3 に定める基準に合格しなければならぬ。

### 2.2.2 検査方法

1.3.2.1 に定める部位を対象として、当該部位に付着した泥、苔等の汚れを完全に除去した後、目視により、塗膜外観の劣化状況の確認を行う。

### 2.2.3 合格基準

**さび、はがれ、割れ、ふくれ等の塗膜劣化がないこと**を確認したものを合格とする。

## 2.3 溶接部の形状に関する検査

### 2.3.1 一般

検査は、2.3.2 に掲げる方法により行い、2.3.3 に定める基準に合格しなければならぬ。

### 2.3.2 検査方法

1.3.2.1 に定める部位を対象として、次の a) から c) までに掲げる測定等を行う。

- a) 溶接ゲージ等を使用し、塗膜のある状態で溶接部の余盛り高さの測定を行う。
- b) 目視により、塗膜のある状態で溶接止端部における段差の有無を確認する。
- c) 目視により、溶接部の塗膜表面のへこみの有無を確認する。

## 【塗膜外観】

図 1 及び図 2 のように、さび、はがれ等の塗膜劣化が存在する箇所は、溶接部の地肌面に腐食減肉（欠陥）が存在している可能性があり、この場合は KHKS0745 に従い、さびを除去した後、減肉部分をグラインダー加工等によりなだらかに仕上げ、通常の磁粉探傷試験検査を行う必要がある。

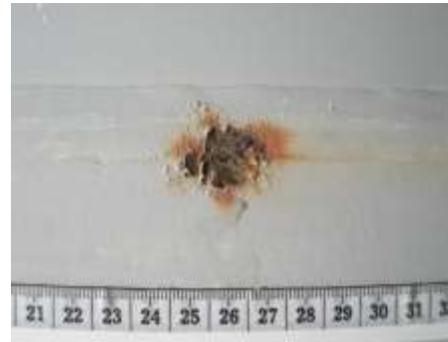


図 1 ふくれ、さび、はがれ



図 2 割れ、さび

## 【溶接部の形状】

溶接部の形状のうち、検査シートとの密着性に影響を及ぼすおそれのある要因としては、余盛り高さ、溶接止端部の形状及び溶接ビード表面の粗さが挙げられる。予備検査においては、これらの溶接部の形状を検査対象として取扱い、目視等によりあらかじめ確認することとした。

### 2.3.3 合格基準

次の a) から c) までに定める基準のいずれにも適合するものを合格とする。

a) 余盛り高さは、2.4 mm 以下であること。

b) 溶接止端部には、検査シートの密着性に影響を及ぼすおそれのある段差がなく、滑らかであること。

#### 【余盛り高さに関するクライテリア】

平成 26 年度までに密閉 MT 試験を適用したバルク貯槽実機及び塗装試験片の余盛り高さは最大で 3 mm 程度（塗膜なしの状態）であったが、特定設備検査時の余盛り高さについては現在 2.4 mm 以下として運用されており、実態に則して当該値を基準値とすることとした。

#### 【溶接止端部の形状に関するクライテリア】

平成 26 年度に実施した欠陥検出率調査において、図 3 に示す溶接止端部の段差箇所に加した 4 mm の人工きずの検出率※は 88% であり、当該段差箇所以外に加した 4 mm の人工きず（6 箇所）の検出率 100%（6 箇所全て）よりも低下していた。溶接止端部の段差が影響したことは事実であることから、ここでは、検査シートの密着性に影響を及ぼすおそれのある段差がないことと滑らかであることを必要条件として定性的なクライテリアを設けた。

※ ここでの検出率は、検査員 24 名を母数として算出したもの。



図 3 溶接止端部の段差形状

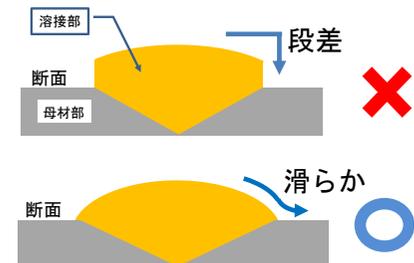


図 4 溶接止端部のクライテリア

c) 溶接部の塗膜表面には、検査シートの密着性に影響を及ぼすおそれのあるへこみがなく、滑らかであること。

#### 【溶接部の塗膜表面のクライテリア】

図5に示すサブマージアーク溶接による溶接ビードは、表面が比較的滑らかであるが、マグ溶接の場合は粗くなるため、この影響で検査シートの密着性に問題が生じる可能性があるが、平成26年度の調査においては、図6に示す程度のマグ溶接の溶接ビード部表面の粗さに対しては許容できることを確認した。また、塗装を施すことで表面上はある程度滑らかになると考えられる。このように、本調査研究において確認した範囲内では、マグ溶接であっても検出性能への影響はそれほどないものと考えられるが、場合によっては、図7のように極端なへこみを伴った溶接ビード形状も存在することから、ここでは、検査シートの密着性に影響を及ぼすおそれのあるへこみがないことと滑らかであることを必要条件として定性的なクライテリアを設けることとした。



図5 サブマージアーク溶接による溶接ビード



図6 マグ溶接による溶接ビード

## 2.4 膜厚に関する検査

### 2.4.1 一般

検査は、あらかじめ、検査対象となるバルク貯槽の試験対象部位について、再塗装<sup>1)</sup>を行った履歴の有無を調査により把握した後、2.4.2に掲げる方法により行い、2.4.3に定める基準に合格しなければならない。

注<sup>1)</sup> 再塗装とは、バルク貯槽の製造業者が製造時に施した塗装以外の塗装をいう。

### 2.4.2 検査方法

2.4.2.1 から 2.4.2.3 までに定めるところに従って膜厚測定を実施する。

#### 2.4.2.1 測定装置

膜厚測定に使用する装置は、次の a) から c) までに掲げる機能を有する電磁式二点調整型電磁微厚計（以下「膜厚計」という。）とする。

- a) 膜厚計は、0 mm から 1 mm までの膜厚を測定できるものであること。
- b) 膜厚計の分解能は、0.001 mm 以下とする。
- c) 膜厚計及び校正用フォイル又はシム若しくは校正用標準板（以下「校正用標準」という。）は、当該膜厚計の製造業者又は権威ある機関にお

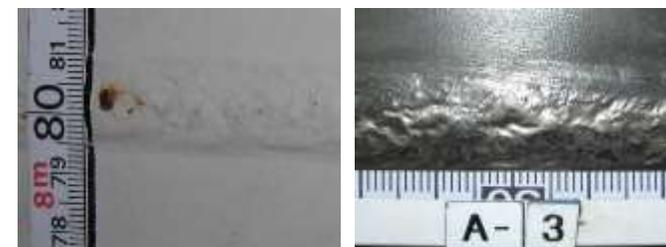


図7 マグ溶接による溶接ビード（へこみあり）

#### 【再塗装の履歴の有無の調査について】

塗装方法によっては乾燥中に溶接止端部に塗料が溜まりやすくなり、その結果、母材部よりも膜厚が厚くなることがある。平成 25 年度において、再塗装を行ったものとそうでないものとを対象として T クロス部の膜厚測定を行った。その結果、再塗装を行っていないものは製造時の塗装のままということであるが、この場合、測定点ごとの測定値のばらつきや測定範囲内における測定点間の測定値のばらつきは小さく、一方で再塗装を行ったものは、それらのばらつきが大きくなる傾向にあった。このため、ここでは再塗装の有無に応じて測定点数に差を設けることとした。

#### 【測定装置について】

平成 25 年度に使用した測定装置の仕様を採用した。

いて、校正が行われたものであること。

#### 2.4.2.2 測定装置の校正

測定装置の校正は、次の a) 及び b) に掲げる方法により行う。

- a) 校正は、試験前、試験中（1 時間に 1 回以上）及び試験後において、校正用標準を用いて行う。この場合において、校正用標準には、きず、へこみ等の不良のないものを使用しなければならない。
- b) 校正の手順に関しては、膜厚計の製造業者が提供する使用説明書に従って実施する。

#### 2.4.2.3 測定手順

膜厚測定は、目視により、1.3.2.1 に定める部位付近の母材部の塗膜に、たれ、へこみ、しわ、はじき、流れ、ピンホール等の塗膜欠陥が存在しないことを確認した後、次の a) から e) までに定める手順に従って行う。この場合において、目視により、塗膜欠陥が確認されたときは、密閉型磁粉探傷検査基準が適用できないものとして取り扱い、KHKS0745 の 2.4 の規定に従って非破壊検査を行う。

- a) 再塗装を行った履歴の有無に応じ、次の 1) 又は 2) に定める方法に従って膜厚測定を行う測定点を選定する。

##### 1) 再塗装を行った履歴がない場合

1.3.2.1 に定める部位の各溶接止端部から当該部位と接する母材部側に約 20 mm 離れた範囲内であって、当該部位に沿って 50 mm を超えない間隔で任意に設けた 1 以上の箇所を測定点とする。なお、長手継手及び周継手の突合せ溶接部のうち、長手継手と周継手とが交差する部分から両継手方向に 50 mm を超えない範囲内において任意に設けた測定点は 1 以上の箇所とすることができる。

#### 【測定装置の校正について】

JIS K 5600-1-7「塗料一般試験方法—第 1 部：通則—第 7 節膜厚」の「11. 方法 No.6 磁気法」に準拠した。

#### 【膜厚測定前の目視による確認の必要性について】

2.4 の検査は「母材部の測定結果を以て溶接部の膜厚が適正範囲にあるとみなす」考え方に基づくものである。このため、2.4.2.3 に示す塗膜欠陥を有する場合は、そのバルク貯槽は均一な膜厚による塗膜を形成していない可能性が高いことから、上述した考え方を適用することは適切ではないと考える。よって、測定前に目視を行って塗膜面の状態を確認し、2.4.2.3 に示す塗膜欠陥が存在する場合は、密閉 MT 検査基準の適用から除外することとした。

#### 【再塗装を行った履歴がない場合の膜厚測定の測定点選定】

測定点は溶接止端部に極力近づける方が望ましいことから、測定点は溶接止端部から約 20 mm 以内の範囲に設けることとした。また、平成 25 年度の調査結果より、再塗装を行っていないものであれば測定間隔を 50 mm ピッチとしても測定値のばらつきがそれほど大きくならなかったため、このような範囲（50 mm ピッチ）を設定した。

2) 再塗装を行った履歴がある場合

前記 1)に定める手順を準用する。この場合において、前記 1)中「50 mm」とあるのは「20 mm」と読み替えるものとする。

- b) 前記 a)において設定する測定点は、使用する膜厚計のプロープが垂直に接触できる箇所<sup>2)</sup>とする。
- c) 測定は、測定値が安定するまで数回繰り返して行った後、一測定点当たりの測定回数を 3 回以上として実施し、そのときの測定値の平均を膜厚として記録する。
- d) 測定は、前記 a)に基づき設定した測定点に対して膜厚計のプロープがほぼ同一の箇所に押し当てることができるよう措置を講じる。
- e) その他測定に際し、使用する膜厚計の製造業者が指定する手順や注意事項等がある場合はそれに従う。

注<sup>2)</sup> 溶接止端部付近は膜厚計のプロープが垂直に接触できないことが多いため、測定点は溶接止端部から 10 mm 程度離れた箇所を選定することが望ましい。

2.4.3 合格基準

各測定点における膜厚のうち、最大のものが 200  $\mu\text{m}$  以下であること。

【再塗装を行った履歴がある場合の膜厚測定の測定点選定】

再塗装等を行ったものについては、平成 25 年度に設定した測定範囲内であっても数十  $\mu\text{m}$  単位でばらつきが生じており、この平成 25 年度の調査結果から、測定間隔は 20 mm ピッチに設定することとした。

【測定手順の詳細について】

JIS K 5600-1-7「塗料一般試験方法—第 1 部：通則—第 7 節膜厚」の「11. 方法 No.6 磁気法」に準拠した。

【注<sup>2)</sup>について】

溶接止端部付近は測定が困難な場合が多いため、具体的に測定点として望ましい箇所を注釈に規定した。

【膜厚制限値について】

平成 26 年度の膜厚制限値に関する調査結果に基づく平成 27 年度の膜厚制限値に関する検討結果より、密閉 MT 検査手法を適用する場合に最も探傷が困難な部位にあって、かつ、きずサイズが検出下限値の人工きずを検出できた膜厚 229  $\mu\text{m}$  を限界値の指標とすることが妥当であるとした。当該膜厚値

及び密閉 MT 検査 基準案において指定する膜厚測定機器の正確さ及び精度を考慮して 200 μm を制限値とした。

### 3. 密閉型磁粉探傷試験による非破壊検査

#### 3.1 一般

密閉型探傷試験による非破壊検査は、2 に定める予備検査に合格したバルク貯槽の 1.3.2.1 に定める部位を対象として、3.2 に掲げる方法により行い、3.3 に定める基準に合格しなければならない。

#### 3.2 検査方法

##### 3.2.1 一般

密閉型磁粉探傷試験は、3.2.2 に定める試験装置を使用して、3.2.3 に定める方法により実施する。

##### 3.2.2 試験装置

密閉型磁粉探傷試験に使用する試験装置は、試験体に対して磁化、磁粉の適用及び観察の三つの操作を行うことができ、試験体の形状、寸法、材質、表面状況及びきずの性質（種類、大きさ、位置及び方向）に応じて適切な感度で効率良く安全に試験できるものであって、かつ、3.2.2.1 から 3.2.2.3 までに掲げる条件を満足し、3.2.2.4 に定める性能試験に合格するものとする。

##### 3.2.2.1 装置構成

密閉型磁粉探傷装置の基本構成は、図 1 に示すとおり、極間式磁化器と検査液を封入・密閉した検査シート等から成る検査液適用装置とを組

##### 【試験装置について】

試験装置については、現存する密閉 MT 装置の性能、形状、構造、寸法等に関する詳細仕様を明記して制限するのではなく、密閉 MT 装置の基本構成や各パーツに求められる性能及び構造を明記し、それらを組立てた後に性能試験を行い、合格するものであることを必要条件として規定した。

##### 【装置構成について】

密閉 MT 装置を基準（案）中の図 1 に示す区分に分解し、これを装置の基本構成とした。

み立てたもの<sup>1)</sup>とする。

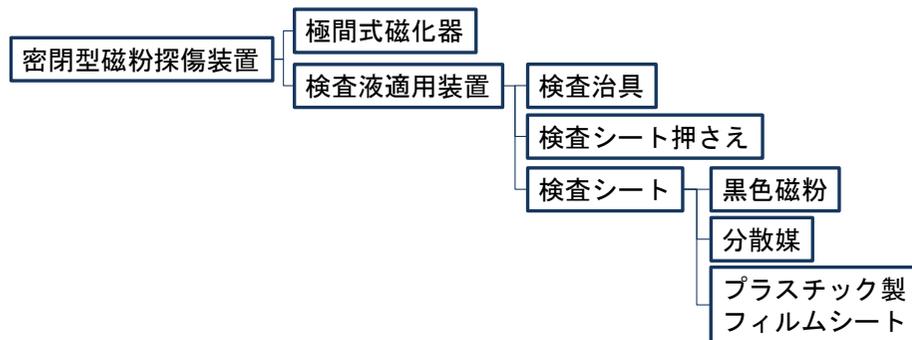


図 1—密閉型磁粉探傷装置の構成図

注<sup>1)</sup> 図 1 の構成に基づき組み立てられた密閉型磁粉探傷装置の製品例を図 2 に示す。

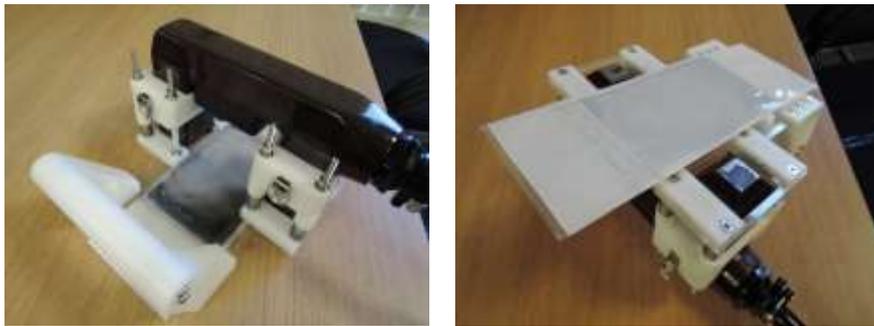


図 2—組立後の密閉型磁粉探傷装置（製品例）

### 3.2.2.2 極間式磁化器

極間式磁化器は、日本工業規格 Z 2321(1993)「磁粉探傷用交流極間式磁化器」によるものであって、きずを検出するのに適切な磁界の強さを試験体に与えることができるものでなければならない。

### 3.2.2.3 検査液適用装置

検査液適用装置は、次の a)から d)までに掲げる機能を有するものから構成されるものでなければならない。

#### a) 検査ジグ

検査ジグは、極間式磁化器と検査シート押さえをばねを介して結合させ、極間式磁化器の吸着力を押さえ荷重として利用するとともに、試験操作の際、押さえ荷重を自在に変化させることができる機能及び構造<sup>2)</sup>を有するものとする。

注<sup>2)</sup> 図 3 に検査ジグの具体例を示す。

#### b) 検査シート押さえ

検査シート押さえは、検査ジグと検査シートとの間に位置し、試験対象のバルク貯槽の溶接部における余盛り形状に沿って検査シートを隙間なく密着させることができるだけの軟らかさを有するもの<sup>3)</sup>とする。

注<sup>3)</sup> 図 4 に検査シート押さえの製品例を示す。

#### c) 検査シート

検査シートは、次の 1)から 4)までに定める基準を満足するもの<sup>4)</sup>とする。

1) 検査シート内に封入する黒色磁粉及び分散媒は、日本工業規格 Z

### 【極間式磁化器について】

磁化器は JIS Z 2321 に準拠したものを使用することとした。

2320-1(2007)「非破壊試験-磁粉探傷試験-第1部：一般通則」(以下「JIS Z 2320-1」という。)9.2.2による。

- 2) 検査シートの密閉は、2枚のプラスチック製フィルムシートの外縁部を融着することにより行ったものとする。
- 3) 検査シートは、磁粉模様の有無が直接確認でき、かつ、磁粉模様と試験体表面との間に十分な視覚的コントラストがなければならない。
- 4) 検査シートは、検査シート押さえにより試験体表面に強く押さえつけられた場合であっても上面と下面のプラスチック製フィルムシート間に一定の隙間が確保され、かつ、磁粉の移動が可能となる機能を有するものでなければならない。

注<sup>4)</sup> 図5に検査シートの製品例を示す。

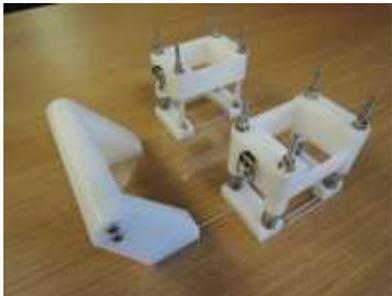


図3-検査ジグ(構造例) 図4-検査シート押さえ(製品例)



図 5—検査シート（製品例）

#### 3.2.2.4 試験装置の性能確認

密閉型磁粉探傷装置は、次の a) に掲げる方法又はこれに準じた方法により、次の b) に定める性能を有していることを確認したものでなければならない。なお、密閉型磁粉探傷装置の製造業者が自らこの性能確認を行い、当該製造業者から次の b) に定める必要性能を有するものであることを示す性能確認証明書の提供を受けた場合にあっては、この限りでない。

##### a) 性能確認方法

次の 1) から 3) までに掲げる試験片に対して密閉型磁粉探傷装置を適用し、磁粉模様の観察を行う。

1) 内径が約 800 mm のバルク貯槽の胴板部と同程度の曲率を有する鋼板上に、JIS Z 2320-1 の A 形標準試験片 A2-15/50 又は A2-30/100 を貼付<sup>5)</sup>し、その上に 0.5 mm の疑似塗膜<sup>6)</sup>を設けたもの。

注<sup>5)</sup> A 形標準試験片は、人工きずのある面が試験面によく密着するように、適切な粘着性テープを用いて貼り付ける。この場合において、粘着性テープが A 形標準試験片の人工きずの部分の覆ってはならない。

##### 【試験装置の性能確認について】

密閉 MT 装置の性能確認は、本調査事業において、塗装試験片、JIS 試験片及びクレータ試験片を使用して行った性能確認試験により行うこととした。

##### 【JIS 試験片を使用した性能確認】

注<sup>6)</sup> 疑似塗膜としては、OHP フィルムシートなど、厚さが既知のプラスチックシートを使用してもよい。

2) 図 6 に示す写真を参考に、内径が約 800 mm のバルク貯槽<sup>7)</sup>の長手継手及び周継手の突合せ溶接部が交差する部分を切り出し、当該切り出し片に対して次の 2.1)から 2.5)までに掲げる加工を行った後、200 µm 以上の塗膜を設けたもの。

2.1) 放電加工等の適切な方法により、図 7 中、①から⑤までに示す箇所に人工きずを加工する。

2.2) 人工きずの加工寸法は、長さ 1.5 mm、深さ 0.75 mm、幅 0.2 mm とする。

2.3) 人工きずの寸法公差は、図 7 中、①、④及び⑤に示す箇所に設けるものは±0.05 mm、②及び③に示す箇所に設けるものは±0.1 mm とする。

2.4) 人工きずの方向は、図 7 中、①、②及び④に示す箇所に設けるものは周方向継手と、③及び⑤に示す箇所に設けるものは長手方向継手と平行になるよう加工する。

2.5) 人工きずの加工位置は、図 7 中、②及び③に示す箇所に設けるものは溶接ビード中央付近とし、①、④及び⑤に示す箇所に設けるものは溶接止端部から母材方向に 1 mm 離れた部分までの範囲内とする。

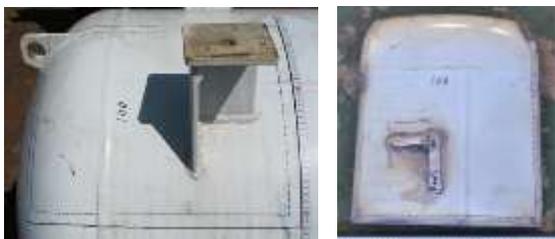
注<sup>7)</sup> 切り出しの対象となる溶接部は、「2.3 溶接部の形状に関する検査」に合格するものとする。

【人工きずを加工した塗装試験片による性能確認】

膜厚制限値は 200 µm となるため、ここでの性能確認に使用する塗装試験片の膜厚は 200 µm 以上とした。

3) バルク貯槽の長手継手及び周継手の突合せ溶接部を対象とし、JIS Z 2320-1 に基づく蛍光磁粉探傷試験により、溶接止端部及び溶接ビード上において検出された線状磁粉模様<sup>8)</sup>について、当該線状磁粉模様の検出箇所を中心として密閉型磁粉探傷試験が適用できるだけの適切な大きさに切り出し、当該切り出し片に対して **200 μm 以上の膜厚を設けたもの。**

注<sup>8)</sup> クレータ割れなどのきずによる線状磁粉模様を対象とする。



(切り出し前) (切り出し後)

図7—バルク貯槽切り出し片の例

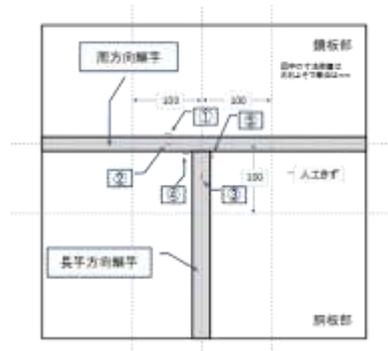


図8—人工きずの加工位置

【溶接欠陥を有する塗装試験片による性能確認】

放電加工による人工きずの幅は 0.2 mm 以上有するが、実際の溶接欠陥はそのサイズよりも小さい。このため、ここでの確認は、クレータ割れ、融合不良などの溶接欠陥を有するバルク貯槽から該当部位を切り出し、塗装試験片を製作し、実際の溶接欠陥に対する性能確認を行う。**膜厚に関しては人工きずの場合と同様に 200 μm とした。**

b) 必要性能

密閉型磁粉探傷装置は、次の 1)及び 2)に掲げる性能を有していなければならない。

- 1) 前記 a)に定める性能確認により、前記 a)の 1)から 3)までに掲げる各試験片に設けられたきずに対し、确实かつ明瞭な磁粉模様が現れるものであること。
- 2) 前記 1)において現れた磁粉模様の長さは、JIS Z 2320-1 に基づく蛍光磁粉探傷試験を適用した場合に得られる磁粉模様の長さと同程度であること。

3.2.3 試験方法

密閉型磁粉探傷試験は、3.2.3.1 から 3.2.3.4 までに定めるとおり、その順で実施する。

3.2.3.1 探傷有効範囲の確認

試験体に対して、磁化、磁粉の適用、観察と続く 1 回の連続した試験操作によって試験できる探傷有効範囲は、極間式磁化器の磁極寸法以下の範囲とし、3.2.2.4 a) 1) に定める試験によって検出しようとする方向のきずの磁粉模様が当該範囲内において确实に観察できることを確認する。この場合において、3.2.2.4 a) 1) 中「0.5 mm」とあるのは「0.2 mm」と読み替えるものとする。

3.2.3.2 試験体の前処理

試験体の前処理は、次の a)及び b)に掲げるとおりとする。

- a) 前処理の範囲は、試験範囲から母材側に約 20 mm 広くとる。
- b) 試験体に付着した油脂、汚れその他の付着物などの被膜が試験精度に

【探傷有効範囲の確認について】

T クロス部のように形状が複雑な箇所に対しては、検査シートの密着性は确实に低下する。このため、T クロス部の探傷有効範囲は極力狭める必要があり、平成 26 年度の調査結果から、極間式磁化器の磁極寸法程度が適当であると確認した。また、バルク貯槽実機を対象として密閉 MT 試験を適用する際は、試験時の姿勢など検査シートの密着性に影響を及ぼすおそれのある要因が他にも考えられるため、探傷有効範囲は溶接部の形状別にかかわらず磁極寸法以下の範囲とした。

影響する場合には、これらを除去し、試験体を清浄にする。

### 3.2.3.3 試験前における密閉型磁粉探傷装置の性能確認

試験に使用する密閉型磁粉探傷装置は、試験実施前に次の a) 又は b) に掲げる試験片に対して適用し、検出しようとする方向のきずの磁粉模様が確実に観察できることを確認する。この場合において、当該磁粉模様の確認ができないときは、試験を中断し、密閉型磁粉探傷装置の不具合等を調査によりの確に把握した後、その旨を当該装置の製造業者に連絡し、指示を得なければならない。

a) 3.2.2.4 a) 2) に示す試験片。ただし、人工きずの加工寸法のうち、長さに関しては 4 mm 以下とすることができる。

b) 3.2.2.4 a) 3) に示す試験片

### 3.2.3.4 試験手順

試験は、次の a) から j) までに定めるところに従って行う。

a) 試験前及び試験中において、目視により、検査シート内の磁粉が一箇所滞留していないことを確認する。なお、磁粉の滞留が認められる場合<sup>9)</sup>は、通電を中止し、検査シートを手でならずなどして可能な限り内部の磁粉を均一に分散させる。

b) 密閉型磁粉探傷装置による磁化は、試験対象部位の曲面に沿って検査ジグを撓らせることで検査シートを試験体に強く押し当て、密着させた状態で行う。

c) 長手継手及び周継手の突合せ溶接部が交差する部分など、溶接部の形状が複雑な箇所に密閉型磁粉探傷試験を適用する場合は、当該箇所に極間式磁化器の磁極の一方を近接させた状態で磁化させる。

d) 密閉型磁粉探傷装置への通電時間は、一試験単位あたり 5 秒以上とする。ただし、長手継手及び周継手の突合せ溶接部が交差する部分など、

### 【試験手順について】

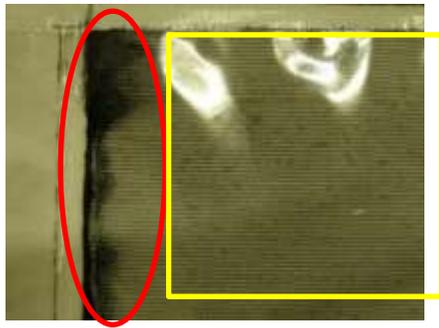
基本的な部分は密閉 MT 試験を採用している一般ガス事業者の試験手順を参考にした。また、密閉 MT 装置の操作方法の詳細、通電時間、検査シートに関する使用上の注意事項などについては、平成 26 年度の調査結果を踏まえ追記した。

溶接部の形状が複雑な箇所に対しては、通電時間を一試験単位あたり10秒以上とする。

- e) 磁化中は、必要に応じて検査ジグを撓らせることで検査シートに加わる押さえ荷重を変化させ<sup>10)</sup>、検査シート内の検査液が流れる状態をつくり出す。
- f) 少なくとも2方向以上の異なった方向の磁界を試験体に加え、各方向それぞれ再試験を行う。
- g) 極間式磁化器が異常に発熱した場合は、試験を中断するか又は予備の極間式磁化器に交換する。
- h) 磁粉模様の観察は、磁粉模様が形成された直後に行う。
- i) その他密閉型磁粉探傷装置の操作に関して、製造業者が指定する手順や注意事項等がある場合はそれに従う。
- j) 検査シート及び検査シート押さえは、密閉型磁粉探傷装置の製造業者が定める耐用期間に従って新品に交換する。

注<sup>9)</sup> 「磁粉の滞留が認められる場合」とは、図9に示す検査シートの例が該当する。

注<sup>10)</sup> 磁化中、むやみにこの操作を行うと、形成された指示模様が検査液の流動によって流されてしまう場合もあり、注意が必要である。



- 四角枠内は、検査シート内部のメッシュに磁粉が詰まり、滞留している状態を示す。
- 楕円枠内は、検査シートの端部に磁粉が滞留した状態を示す。

図 9—検査シート内に磁粉が滞留している状態（例）

### 3.3 合格基準

次の a) 又は b) に定める基準に適合し、かつ、試験終了後、3.2.3.3 に従って当該試験に使用した密閉型磁粉探傷装置の性能確認を行い、検出しようとする方向のきずの磁粉模様が確実かつ明瞭に観察できるときは、バルク告示第 1 条第 1 項第 2 号イ(1)に定めるバルク貯槽の外面の非破壊検査に合格したものとする。

- a) 磁粉模様が現れないこと。
- b) 磁粉模様が現れた場合において、当該磁粉模様が現れた箇所を対象に KHKS0745 の 2.2.3「外面の非破壊検査」に定める磁粉探傷試験を適用し、当該試験に合格すること。

#### 【合格基準について】

密閉 MT 試験の場合、検出した磁粉模様がきずによるものか又は疑似模様かを判別することは困難であるため、磁粉模様が現れないことを合否の判断基準として採用した。磁粉模様が現れた場合は、その時点で不合格とするのではなく、該当箇所のみ KHKS0745 に従って塗膜を除去した後、通常の磁粉探傷試験を適用することとした。また、試験終了後において、密閉 MT 装置の性能確認を行い、これをクリアすることも合否の判断基準に含めることとした。

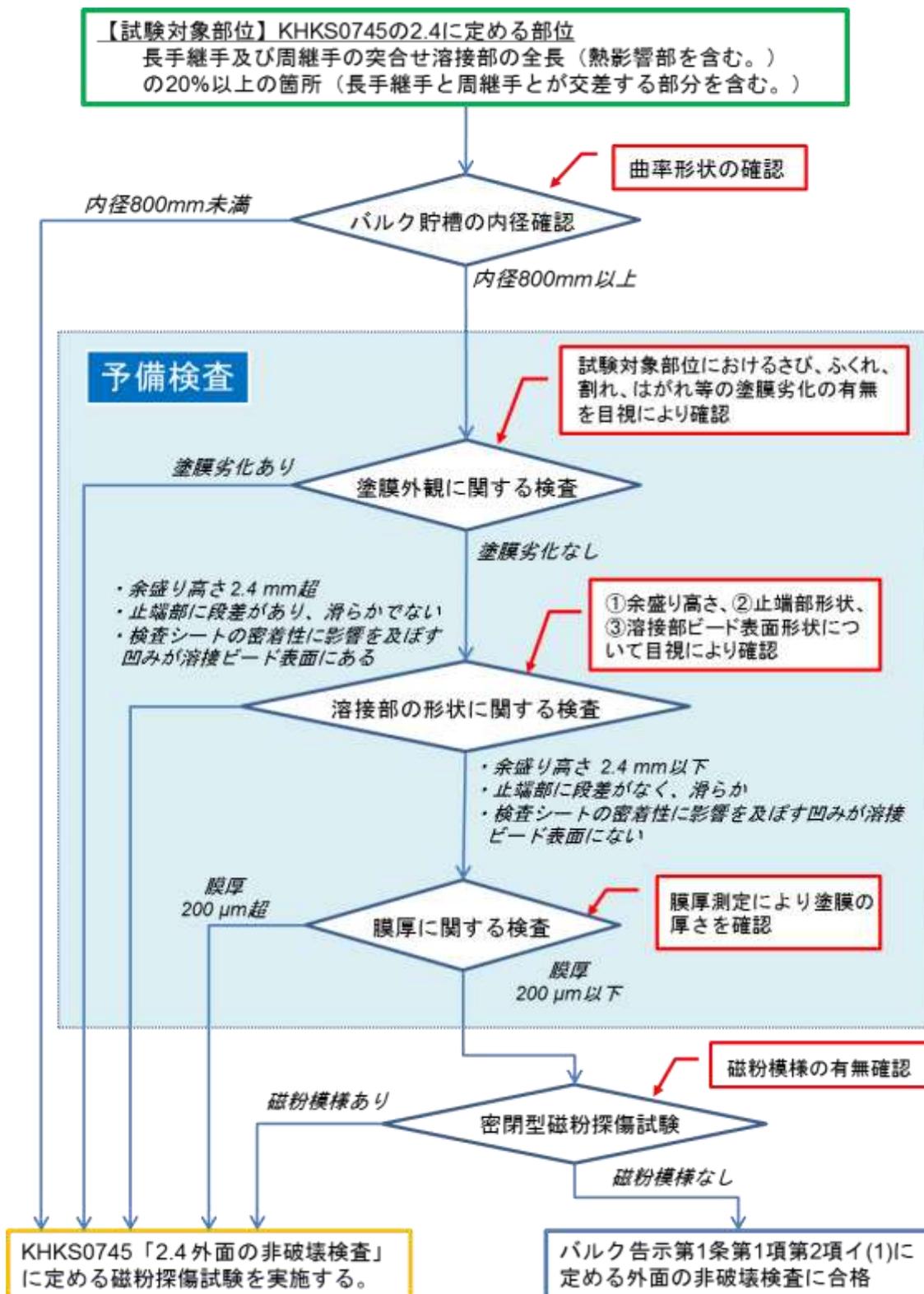


図 6.1.3-1 密閉 MT 試験による検査フロー図

## 6.2 バルク貯槽の経年劣化調査

本調査事業では、長期使用のバルク貯槽（以下「経年バルク貯槽」という。）を対象とする様々な実態調査により把握した経年劣化傾向を踏まえ、20年目の初回検査以降、5年以内に行わなければならない次回検査の効率化の可能性を検討し、その上で高度効率化の観点から適切な告示検査のあり方について提案を行うため、平成27年度は6.2.1及び6.2.2に示す調査を行った。

### 6.2.1 経年劣化実態調査

平成27年度に実施したバルク貯槽の経年劣化実態調査の実施内容及び調査結果を6.2.1.1から6.2.1.3までに示す。

#### 6.2.1.1 経年バルク貯槽の調達

バルク貯槽の経年劣化の傾向と要因を分析する際に必要となるバルク貯槽の内外部表面の腐食、割れ等の欠陥及び6.2.2で述べる残留ガス成分に係る技術データを収集・蓄積するため、製造後の経過年数が10年以上の経年バルク貯槽を被試験体として調達した。平成27年度の被試験体の調達計画を次の(1)に、調達した被試験体を次の(2)に示す。

##### (1) 調達計画

バルク貯槽の経年劣化の傾向と要因を分析する際に必要となるバルク貯槽の内外部表面の腐食、割れ等の欠陥に係る技術データを収集・蓄積するため、製造後の経過年数が10年以上であって、次の①から③までに掲げる条件の下、表6.2.1-1に示す基数を目標として経年バルク貯槽を調達することとした。また、バルク貯槽内部表面の経年劣化傾向を調査する際の基準とするため、製造後であって初回充填前のバルク貯槽（以下「blankバルク貯槽」という。）を調達した。

- ① 調達予定の経年バルク貯槽は、一般消費者宅等に設置されており、かつ、実際に民生用として経過年数槽相当の使用実績を有するものから選定する。
- ② 内部表面の経年劣化の調査が目的であるため、調達予定の経年バルク貯槽はこれまで開放した実績のないものとする。
- ③ 経年バルク貯槽の選定に関しては、バルク貯槽内部表面の発せい状況等について同一事業者間におけるばらつきの有無を確認するため、昨年度までに提供のあったLPガス販売事業者から7基程度を目標にそれぞれ選定する。なお、6.2.2に示すガス成分分析等調査においてサンプリング対象とするバルク貯槽と同一のものとする。

表 6.2.1-1 経年バルク貯槽の調達計画

事業者	地域	調達基数	経過年数
A	関東近辺（松本市）	5 基	10 年以上
E	関東近辺（上尾市）	2 基	

(2) 調達した被試験体

前記(1)の調達計画に従い、経年バルク貯槽 7 基及びブランクバルク貯槽 2 基を被試験体として調達した。平成 27 年度に調達した被試験体を図 6.2.1-1 から図 6.2.1-8 に示す。また、バルク貯槽の経過年数、充填回数などの使用履歴を取り纏めたものを表 6.2.1-2 に示す。

表 6.2.1-2 平成 27 年度に調達した被試験体

事業者	地域分類	地域特性	貯槽番号	消費者種別	バルクメーカー	仕様	経過年数	LP ガス使用量			充填量/充填回数			
								年合計 m <sup>3</sup>	月最高 m <sup>3</sup> /該当月	月最低 m <sup>3</sup> /該当月	年合計 kg/回数	月最高 kg/回数/該当月	月最低 kg/回数/該当月	
A	北信越 (松本市)	標準地	A-1	一般家庭用	a 社	300kg 横置き	17 年	217						
			A-2	一般家庭用	a 社	300kg 横置き	17 年	146						
			A-3	業務用	b 社	980kg 横置き	14 年	7327						
			A-4	業務用	a 社	980kg 横置き	12 年	9285						
			A-5	業務用	a 社	980kg 縦置き	12 年	5975						
E	関東 (上尾市)	標準地	E-6	集合住宅	a 社	300kg 横置き	16 年	1304	182 /12 月	48.5 /8 月	2764 /19 回	447 /3 回/12 月	94 /1 回/8 月	
			E-7	集合住宅	a 社	300kg 横置き	16 年	1084	157 /1 月	36 /8 月	2,181 /16 回	457 /3 回/12 月	0 /0 回/7,10 月	
			blank		a 社	300kg 横置き	0 年							

※表中「blank」は、本文中の「blankバルク貯槽」を指すものである。以下の図表中において同じ。



図 6.2.1-1 A-1 (関東近辺)  
経過年数 17 年



図 6.2.1-2 A-2 (関東近辺)  
経過年数 17 年



図 6.2.1-3 A-3 (関東近辺)  
経過年数 14 年



図 6.2.1-4 A-4 (関東近辺)  
経過年数 12 年



図 6.2.1-5 A-5 (関東近辺)  
経過年数 12 年



図 6.2.1-6 E-6 (関東地方)  
経過年数 16 年



図 6.2.1-7 E-7 (関東地方)  
経過年数 16 年



図 6.2.1-8 ブランク

### 6.2.1.2 調査方法

6.2.1.1 において調達した 7 基の被試験体の内外部表面及びブランクバルク貯槽内部表面を対象として、次の(1)から(5)までに掲げる手順に従い、目視及び非破壊検査を実施した。

#### (1) 外部表面の欠陥部に対する磁粉探傷試験及び厚さ測定

外部表面に生じたさび、腐食、きず、塗装欠陥等の欠陥部を対象として、次の①及び②に掲げる試験をその順で実施する。

##### ① 磁粉探傷試験

次の 1)から 3)までに掲げる試験等をその順で実施する。なお、ここで行う磁粉探傷試験の実施者は、次の 4)に掲げる要件を満足する者とする。

- 1) 磁粉探傷試験を行う前に、外部表面の目視検査を行う。
- 2) 各被試験体の外部表面の欠陥部を対象として、日本工業規格 Z2320-1(2007)非破壊試験-磁粉探傷試験-第 1 部：一般通則（以下「JIS Z 2320-1」という。）の「9 標準試験片確認方式」による磁粉探傷試験を行えるように、塗膜、さび、汚れ等をワイヤブラシ又はカップブラシにより除去する。
- 3) 上記 2)の作業を行った全ての箇所に対し、下記に示す「磁粉探傷試験実施要領」に基づき、JIS Z 2320-1 による磁粉探傷試験を実施する。
- 4) 磁粉探傷試験の実施者は次の a)及び b)に示す要件を満足する者とする。
  - a) (一社)日本非破壊検査協会が認定する磁粉探傷試験技術者資格レベル 2 以上の資格を所有している者であること。
  - b) バルク貯槽に類似した形状の圧力容器や高圧ガス設備などの外部表面又は内部表面に対して磁粉探傷試験を実施し、その際に現れた磁粉模様（疑似模様を含む。）の判定を適切に行った実績を数多く有する者であること。

## 【磁粉探傷試験実施要領】

### I. 適用規格

磁粉探傷試験は、JIS Z 2320-1 9.3.1 A 型標準試験片に準拠して実施する。

### II. 試験要領

磁粉探傷試験は、次の(i)から(iii)までに掲げる試験要領に基づき実施する。

#### (i) 試験装置

JIS Z 2320-1 に準拠する。

#### (ii) 標準試験片

標準試験片は JIS Z 2320-1 の「9.3.1 A 型標準試験片」表 5 に示す A2-30/100 を使用する。

#### (iii) 試験方法

試験方法は JIS Z 2320-1 の「9.5 試験方法」に準拠し、次のイ)からリ)までに示すとおりとする。

- イ) 磁粉 : 蛍光磁粉 粒度 2~5  $\mu\text{m}$
- ロ) 磁粉分散濃度 : 湿式法 0.2 ~2 g/L
- ハ) 磁粉の適用時期 : 連続法
- ニ) 磁化電流の種類 : AC
- ホ) 磁化方法 : 極間法
- ヘ) 紫外線照射装置 : 1000  $\mu\text{w}/\text{cm}^2$  以上
- ト) 探傷有効範囲 : 図 1 参照
- チ) 試験環境 : 照度 20LX 以下
- リ) 磁化方向 : 溶接線に直行及び平行方向 (図 2 参照) 母材の探傷も同様。探傷は検出可能範囲を 10%以上オーバーラップする。

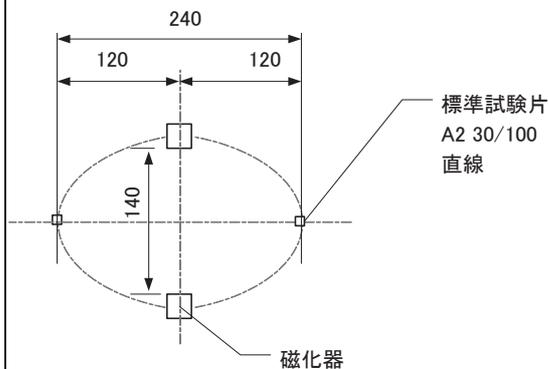


図 1 探傷有効範囲

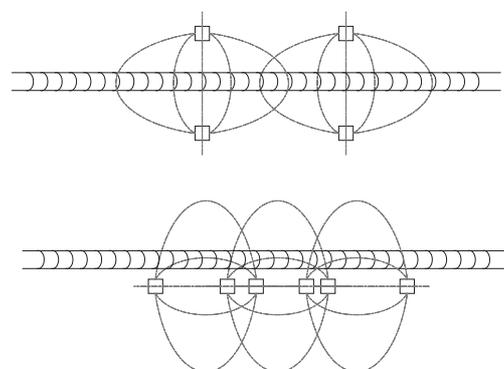


図 2 磁化方向

## ② 超音波厚さ計による厚さ測定

前記①の1)において欠陥を検出した箇所を対象に、JIS Z 2355 (2005)「超音波パルス反射法による厚さ測定」による厚さ測定を行い、当該箇所における最小板厚を記録する。この場合において、欠陥部については、グラインダー加工等により外部表面を滑らかに仕上げた後、厚さ測定を行う。また、各仕上げ箇所の近傍の健全部の厚さ測定も行い、記録する。なお、ここで行う厚さ測定の実施者は、(一社)日本非破壊検査協会が認定する超音波探傷試験技術者資格レベル2以上の資格を所有している者とする。

## (2) 外部表面の塗膜剥離

ショットブラスト等により、各被試験体の外部表面の塗膜を完全に除去する。

## (3) 外部表面溶接部の磁粉探傷試験

各被試験体の外部表面溶接部を対象として、JIS Z 2320-1による磁粉探傷試験を実施する。なお、磁粉探傷試験の実施要領は前記(1)の①3)に掲げるとおりとする。また、ここで行う磁粉探傷試験の実施者については、前記(1)の①4)に掲げる条件を満足する者とする。

## (4) 被試験体の切断

後記(5)において実施する腐食状態の詳細調査に悪影響を及ぼしうる異物混入の低減が可能となる方法(グラインダーによる研削等)により各被試験体を半分に切断する。

## (5) 内部表面検査

切断後の各被試験体の内部表面のうち、内部表面に生じたさび、腐食、きず等の欠陥部の目視検査及び溶接部を対象として、磁粉探傷試験を実施する。なお、試験要領及び試験実施者は前記(1)①に準拠することとする。

### 6.2.1.3 結果

経年劣化実態調査の結果を次の(1)から(5)までに示す。

#### (1) 外部表面の非破壊検査等の結果

平成 27 年度に実施した経年バルク貯槽外部表面に対する非破壊検査等の結果を次の①から④までに示す。

##### ① 目視

調達した経年バルク貯槽 A-1 から A-5、E-6 から E-7 までの外部表面には、さびが散見されたものの、大きく減肉していると思われるさびは確認されなかった。さびの状況は図 6.2.1-9 に示すとおり。塩害を受けない地域においてバルク貯槽外部表面のさびは、充填作業時に安全継手の接触等によりきずができ、塗装が剥がれうるカップリングの付近等において見られる傾向にあるがいずれも軽微なものであった。



図 6.2.1-9 被試験体 A-4 及び A-5 の外部表面さび

##### ② 欠陥部に対する磁粉探傷試験

前記①に示す外面目視により検出した腐食減肉箇所を対象として、蛍光磁粉探傷試験を実施したところ、いずれの被試験体も腐食箇所において割れによる磁粉模様は検出されなかった。次いで、当該箇所を対象にグラインダー加工を施した後、蛍光磁粉探傷試験を適用したところ、割れによる磁粉模様は確認されなかった。

##### ③ 超音波厚さ計による厚さ測定の結果

表 6.2.1-3 に、仕上げ箇所のグラインダー研磨量及び腐食による減肉率について、それぞれの最大値及び平均値を示す。今年度調達した経年バルク貯槽は、腐食減肉箇所の数は少なく、概ね軽微なさびであった。

表 6.2.1-4 から表 6.2.1-10 までに、各被試験体の仕上げ後における減肉量の評価結果の一覧を示す。

表 6.2.1-3 仕上げ箇所グラインダー研磨量及び減肉率の最大値及び平均値

被試験 体番号	仕上げ 箇所数	グラインダー研磨量 <sup>1)</sup> (mm)		減肉率 <sup>2)</sup> (%)	
		最大	平均	最大	平均
A-1	5	0.27	0.24	4.4	4.0
A-2	5	0.23	0.17	3.7	2.6
A-3	6	0.54	0.18	5.2	1.8
A-4	5	0.20	0.14	1.9	1.4
A-5	3	0.29	0.18	2.8	1.8
E-6	5	0.27	0.20	4.3	3.2
E-7	8	0.32	0.12	5.1	1.4

注<sup>1)</sup> グラインダー研磨量=健全部の板厚 (mm) - グラインダー部最小板厚(mm)

注<sup>2)</sup> 減肉率(%) = グラインダー研磨量(mm) / 健全部の板厚(mm)

表 6.2.1-4 被試験体 A-1 グラインダー仕上げ後の減肉量の評価結果一覧

仕上げ 箇所	計算 板厚	健全部 板厚(mm)	グラインダー部最小 板厚(mm)	グラインダー研磨量 (mm)	減肉率 (%)	グラインダー前ダイヤルプレス 孔食深さ(mm)
1 溶接部	—※	—	—	—	—	—
2 溶接部	—	—	—	—	—	—
3 胴部	5.88	6.09	5.82	0.27	4.4	0.23
4 溶接部	—	—	—	—	—	—
5 胴部	5.88	6.20	5.99	0.21	3.4	0.23

※ “—” は測定できなかった箇所（鏡板の曲率が大きい部位及び溶接部）

表 6.2.1-5 被試験体 A-2 グラインダー仕上げ後の減肉量の評価結果一覧

仕上げ 箇所	計算 板厚	健全部 板厚(mm)	グラインダー部最小 板厚(mm)	グラインダー研磨量 (mm)	減肉率 (%)	グラインダー前ダイヤルプレス 孔食深さ(mm)
1 鏡板部	5.55	6.34	6.26	0.08	1.3	—
2 胴部	5.88	6.23	6.10	0.13	2.1	0.10
3 溶接部	—	—	—	—	—	—
4 胴部	5.88	6.23	6.01	0.22	3.5	0.22
5 胴部	5.88	6.27	6.04	0.23	3.7	0.30

表 6.2.1-6 被試験体 A-3 グラインダ-仕上げ後の減肉量の評価結果一覧

仕上げ箇所	計算板厚	健全部板厚(mm)	グラインダ-部最小板厚(mm)	グラインダ-研磨量(mm)	減肉率(%)	グラインダ-前ダイヤルデプス孔食深さ(mm)	
1	胴部	8.83	9.66	9.50	0.16	1.7	0.18
1	胴部	8.83	9.68	9.48	0.20	2.1	0.20
2	胴部	8.83	9.68	9.55	0.13	1.3	0.10
2	胴部	8.83	9.64	9.48	0.16	1.7	0.15
2	胴部	8.83	9.66	9.53	0.13	1.3	0.10
2	胴部	8.83	9.66	9.48	0.18	1.9	0.18
2	胴部	8.83	9.67	9.55	0.12	1.2	0.15
2	胴部	8.83	9.65	9.52	0.13	1.3	0.10
2	胴部	8.83	9.65	9.52	0.13	1.3	0.10
3	鏡板部	8.32	9.50	9.43	0.07	0.7	—
3	鏡板部	8.32	9.55	9.30	0.25	2.6	—
4	胴部	8.83	9.70	9.52	0.18	1.9	0.25
4	鏡板部	8.32	10.35	9.81	0.54	5.2	0.30
5	鏡板部	8.32	9.81	9.64	0.17	1.7	—
5	鏡板部	8.32	9.83	9.70	0.13	1.3	—
6	胴部	8.83	9.63	9.51	0.12	1.2	0.10

表 6.2.1-7 被試験体 A-4 グラインダ-仕上げ後の減肉量の評価結果一覧

仕上げ箇所	計算板厚	健全部板厚(mm)	グラインダ-部最小板厚(mm)	グラインダ-研磨量(mm)	減肉率(%)	グラインダ-前ダイヤルデプス孔食深さ(mm)	
1	胴部	9.56	10.34	10.14	0.20	1.9	0.20
2	溶接部	—	—	—	—	—	—
3	胴部	9.56	10.28	10.17	0.11	1.1	0.15
4	胴部	9.56	10.35	10.20	0.15	1.4	0.20
4	胴部	9.56	10.36	10.26	0.10	1.0	0.20
5	胴部	9.56	10.34	10.18	0.16	1.5	0.30

表 6.2.1-8 被試験体 A-5 グラインダ-仕上げ後の減肉量の評価結果一覧

仕上げ箇所	計算板厚	健全部板厚(mm)	グラインダ-部最小板厚(mm)	グラインダ-研磨量(mm)	減肉率(%)	グラインダ-前ダイヤルマス孔食深さ(mm)
1 胴部	9.56	10.20	10.03	0.17	1.7	0.20
2 胴部	9.56	10.24	10.10	0.14	1.4	0.10
3 胴部	9.56	10.20	10.07	0.13	1.3	0.18
4 胴部	9.56	10.20	9.91	0.29	2.8	0.37

表 6.2.1-9 被試験体 E-6 グラインダ-仕上げ後の減肉量の評価結果一覧

仕上げ箇所	計算板厚	健全部板厚(mm)	グラインダ-部最小板厚(mm)	グラインダ-研磨量(mm)	減肉率(%)	グラインダ-前ダイヤルマス孔食深さ(mm)
1 胴部	5.88	6.33	6.09	0.24	3.8	0.36
2 胴部	5.88	6.29	6.03	0.26	4.1	0.30
2 胴部	5.88	6.30	6.21	0.09	1.4	0.20
3 胴部	5.88	6.31	6.11	0.20	3.1	0.21
3 胴部	5.88	6.31	6.09	0.22	3.5	0.25
3 胴部	5.88	6.32	6.12	0.21	3.3	0.28
4 胴部	5.88	6.32	6.19	0.13	2.1	0.25
4 胴部	5.88	6.32	6.10	0.22	3.5	0.30
4 胴部	5.88	6.32	6.05	0.27	4.3	0.32
5 胴部	5.88	6.30	6.15	0.15	2.4	0.25
5 胴部	5.88	6.32	6.07	0.25	4.0	0.28
5 胴部	5.88	6.31	6.09	0.22	3.5	0.32

表 6.2.1-10 被試験体 E-7 グラインダー仕上げ後の減肉量の評価結果一覧

仕上げ箇所	計算板厚	健全部板厚(mm)	グラインダー部最小板厚(mm)	グラインダー研磨量(mm)	減肉率(%)	グラインダー前ダイヤルプレス孔食深さ(mm)	
1	胴部	5.88	6.27	6.17	0.10	1.6	0.10
1	胴部	5.88	6.25	6.18	0.07	1.1	0.10
1	胴部	5.88	6.22	6.11	0.11	1.8	0.10
1	胴部	5.88	6.25	6.17	0.08	1.3	0.05
2	胴部	5.88	6.23	6.14	0.09	1.4	0.10
3	鏡板部	5.55	6.32	6.22	0.10	1.6	—
4	鏡板部	5.55	6.34	6.26	0.08	1.3	—
4	鏡板部	5.55	6.30	6.22	0.08	1.3	—
4	鏡板部	5.55	6.32	6.20	0.12	1.9	—
4	鏡板部	5.55	6.30	6.16	0.14	2.2	—
5	胴部	5.88	6.26	6.11	0.15	2.4	0.10
6	胴部	5.88	6.25	6.07	0.18	2.9	0.20
7	胴部	5.88	6.28	6.19	0.09	1.4	0.10
7	胴部	5.88	6.27	5.95	0.32	5.1	0.45
8	胴部	5.88	6.26	6.18	0.08	1.3	0.05

④ 磁粉探傷試験の結果

表 6.2.1-11 に外部表面溶接部を対象に蛍光磁粉探傷試験を行い、周方向溶接部、長手方向溶接部及びノズルすみ肉溶接部において検出した欠陥指示の一覧を示す。検出したきずは、ノズルすみ肉溶接部においてはオーバーラップのみ検出されており、また、周方向及び長手方向溶接部においては、クレータ割れ及びオーバーラップがそのほとんどであり、1部にブローホール、凹み及び線状きずが検出された。線状きず検出部分に浸透探傷試験を適用した場合にはきずが検出されず、表面に開口したきずではないことがわかり、オーバーラップ、クレータ割れ及びブローホールとともに製造時に由来するものと思われる。

被試験体の周方向継手及び長手方向継手の突合せ溶接部に現れたきずによるものと思われる指示模様の写真等を表 6.2.1-12 から表 6.2.1-17 までに示す。また、E-7 に検出された線状きずに浸透探傷試験を適用した様子を表 6.2.1-18 に示す。

表 6.2.1-11 被試験体外面の磁粉探傷試験により検出した指示模様一覧

(ノズル=ノズルすみ肉溶接部、周=周方向溶接部、長手=長手方向溶接部)

供試体 番号	検出 位置	オーバ ラップ	アンダー カット	クレータ 割れ	ブロー ホール	線状きず	凹み
A-1	ノズル						
	周	1		2			
	長手	1		1			1
A-2	ノズル	2					
	周	1		2			
	長手						
A-3	ノズル						
	周						
	長手						
A-4	ノズル	5					
	周						
	長手						
A-5	ノズル	8					
	周						
	長手						
E-6	ノズル	2					
	周			2			
	長手						
E-7	ノズル	4					
	周	1		1		3	
	長手						

表 6.2.1-12 外面磁粉探傷試験結果；被試験体 A-1

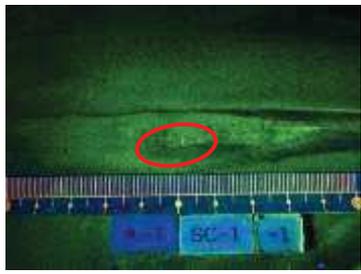
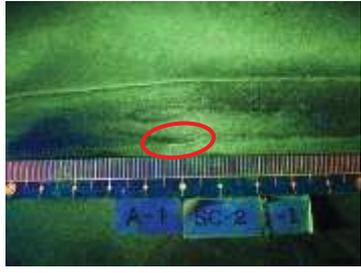
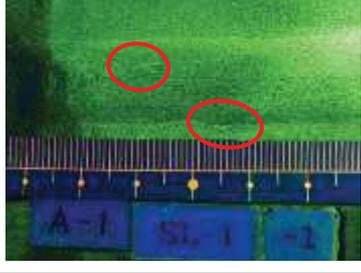
部材 記号	検出 位置	きず 名称	長さ (mm)	外観状況	指示模様
SC-1-1	周	クレータ	10		
SC-2-1	周	O.L.	8		
SC-2-2	周	クレータ	12		
SL-1-1	長手	O.L. クレータ	8 5		

表 6.2.1-13 外面磁粉探傷試験結果；被試験体 A-2

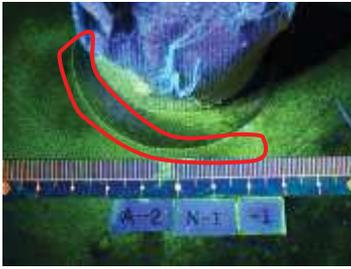
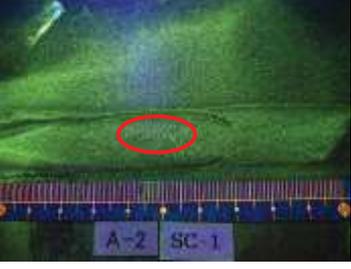
部材 記号	検出 位置	きず 名称	長さ (mm)	外観状況	指示模様
N-1-1	ノズル	O.L.	50		
N-2-1	ノズル	O.L.	25		
SC-1	周	クレタ	10		
SC-2	周	O.L. クレタ	10 13		

表 6.2.1-14 外面磁粉探傷試験結果；被試験体 A-4

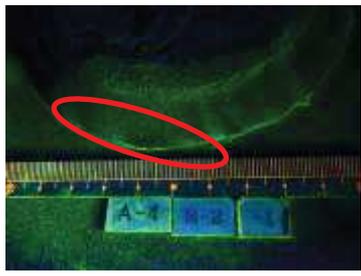
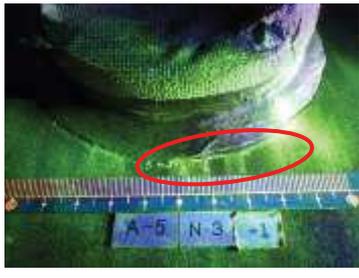
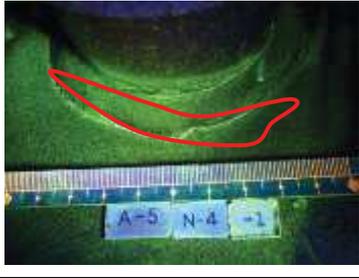
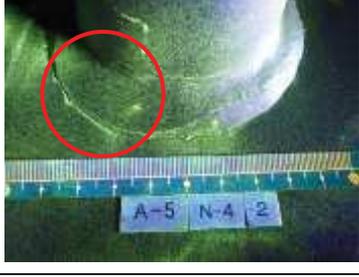
部材 記号	検出 位置	きず 名称	長さ (mm)	外観状況	指示模様
N-1-1	ノズル	O.L.	25		
N-2-1	ノズル	O.L.	50		
N-3-1	ノズル	O.L.	50		
N-3-2	ノズル	O.L.	30 10		
N-4-1	ノズル	O.L.	30		

表 6.2.1-15 外面磁粉探傷試験結果；被試験体 A-5

部材 記号	検出 位置	きず 名称	長さ (mm)	外観状況	指示模様
N-1-1	ノズル	O.L.	10		
N-1-2	ノズル	O.L.	35		
N-3-1	ノズル	O.L.	30		
N-4-1	ノズル	O.L.	40		
N-4-2	ノズル	O.L.	20		

N-5-1	ノズル	O.L.	20		
N-5-2	ノズル	O.L.	30		
N-6-1	ノズル	O.L.	15		

表 6.2.1-16 外面磁粉探傷試験結果；被試験体 E-6

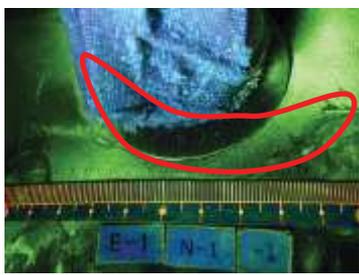
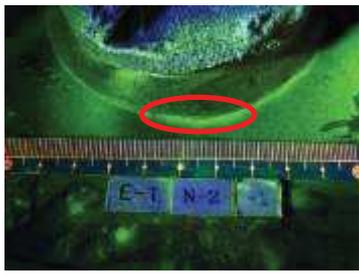
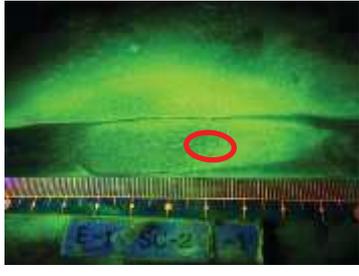
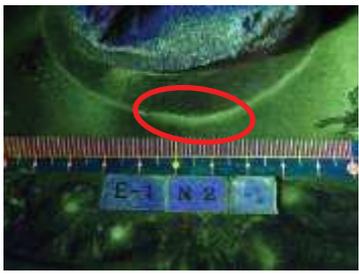
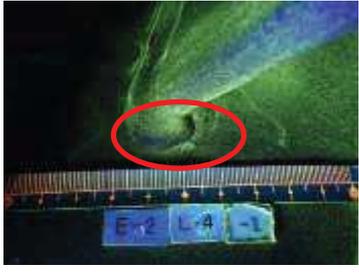
部材 記号	検出 位置	きず 名称	長さ (mm)	外観状況	指示模様
N-1-1	ノズル	O.L.	80		
N-2-1	ノズル	O.L.	20		
SC-1-1	周	クレタ	10		
SC-2-1	周	クレタ	8		

表 6.2.1-17 外面磁粉探傷試験結果；被試験体 E-7

部材 記号	検出 位置	きず 名称	長さ (mm)	外観状況	指示模様
N-1-1	ノズル	O.L.	25		
N-2-1	ノズル	O.L.	20		
N-3-1	ノズル	O.L.	30		
N-4-1	ノズル	O.L.	30		
SC-1-1	周	線状 きず	12 2 2		

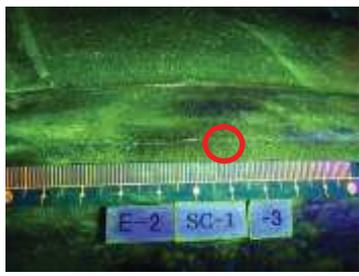
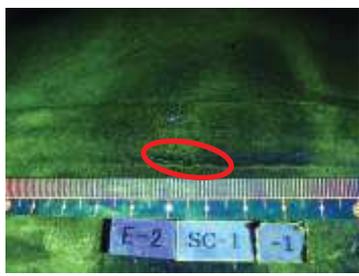
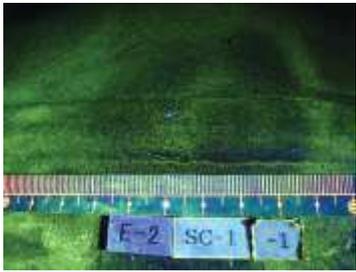
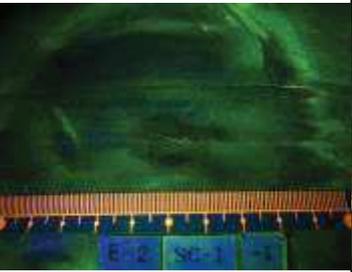
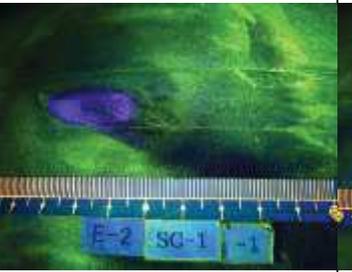
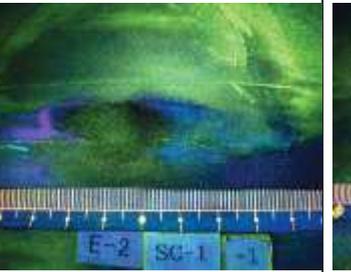
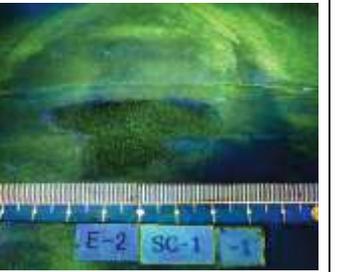
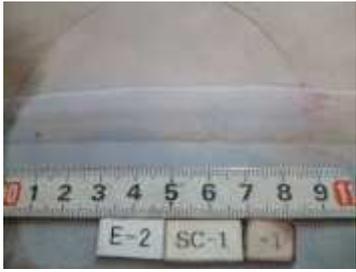
SC-1-2	周	クレタ	7		
SC-1-3	周	O.L.	5		
SC-1-1	周	線状 きず	12 2 2		

表 6.2.1-18 外面磁粉探傷試驗結果；被試驗体 E-7

部材記号	E-2 SC-1-1				
	除去前	除去後(1回目)	除去後(2回目)	除去後(3回目)	除去後(4回目)
外觀状況					
指示模様 磁粉探傷 試験					
指示模様 浸透探傷 試験					

⑤ 内部表面の非破壊検査等

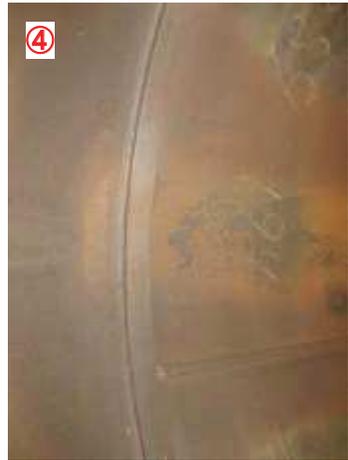
各被試験体の内部表面を対象に目視検査を行った結果、内部には広範囲に赤いさび粉末が付着していたが、いずれも浮きさび程度であり厚く成長したさびや明らかに減肉を伴う腐食は認められなかった。ブランクバルク貯槽においても、経年バルク貯槽と比較して少量ではあるものの同様の傾向が見られ赤いさび粉末が付着していた。

一方で、磁粉探傷試験を実施した結果、ノズル取り付け隅肉溶接部からのみきずによると思われる指示模様が検出されたが、オーバーラップ、クレータ割れ及びブローホールなどの製造時に由来するものと思われる指示模様が検出され、使用時に生じたと思われるような指示模様は検出されなかった。

指示模様の検出状況を表6.2.1-19に、切断した被試験体の内部表面の状況を図6.2.1-10から図6.2.1-18までに示す。

表 6.2.1-19 磁粉探傷試験により検出した内部表面の指示模様一覧 (単位：箇所)

被試験体 番号	検出位置	オーバー ラップ	アンダー カット	クレータ	ブロー ホール	線状きず	凹み
A-1	ノズル			1			
	長手						
A-2	ノズル	2		5			
	長手						
A-3	ノズル	1		1			
	長手						
A-4	ノズル	4		1	1		
	長手						
A-5	ノズル	5					1
	長手						
E-6	ノズル	3		3			
	長手						
E-7	ノズル	4		2			
	長手						
ブランク-1	ノズル			3			
	長手						
ブランク-2	ノズル	2		2			
	長手						



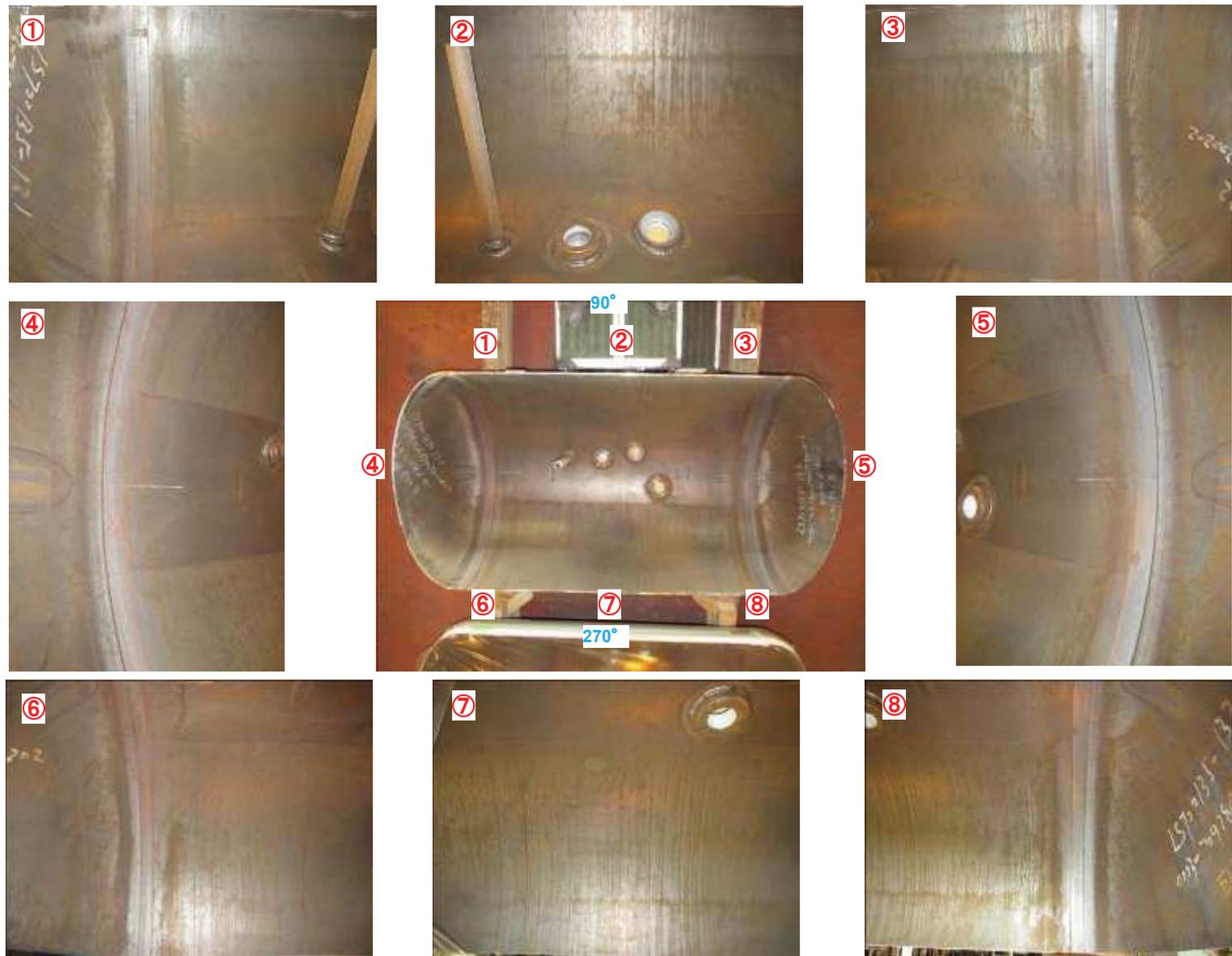
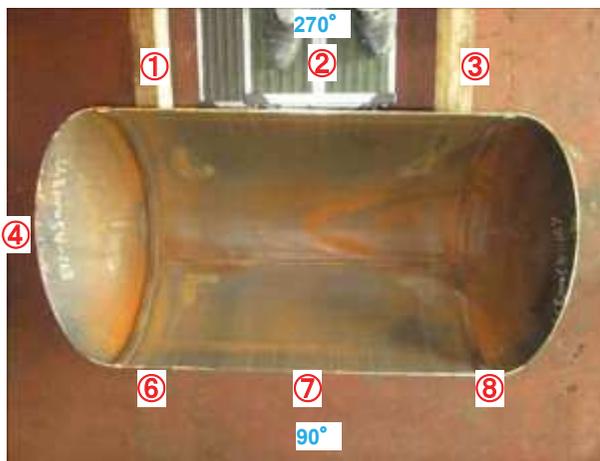


图 6.2.1-10 被試驗体内面狀況 A-1



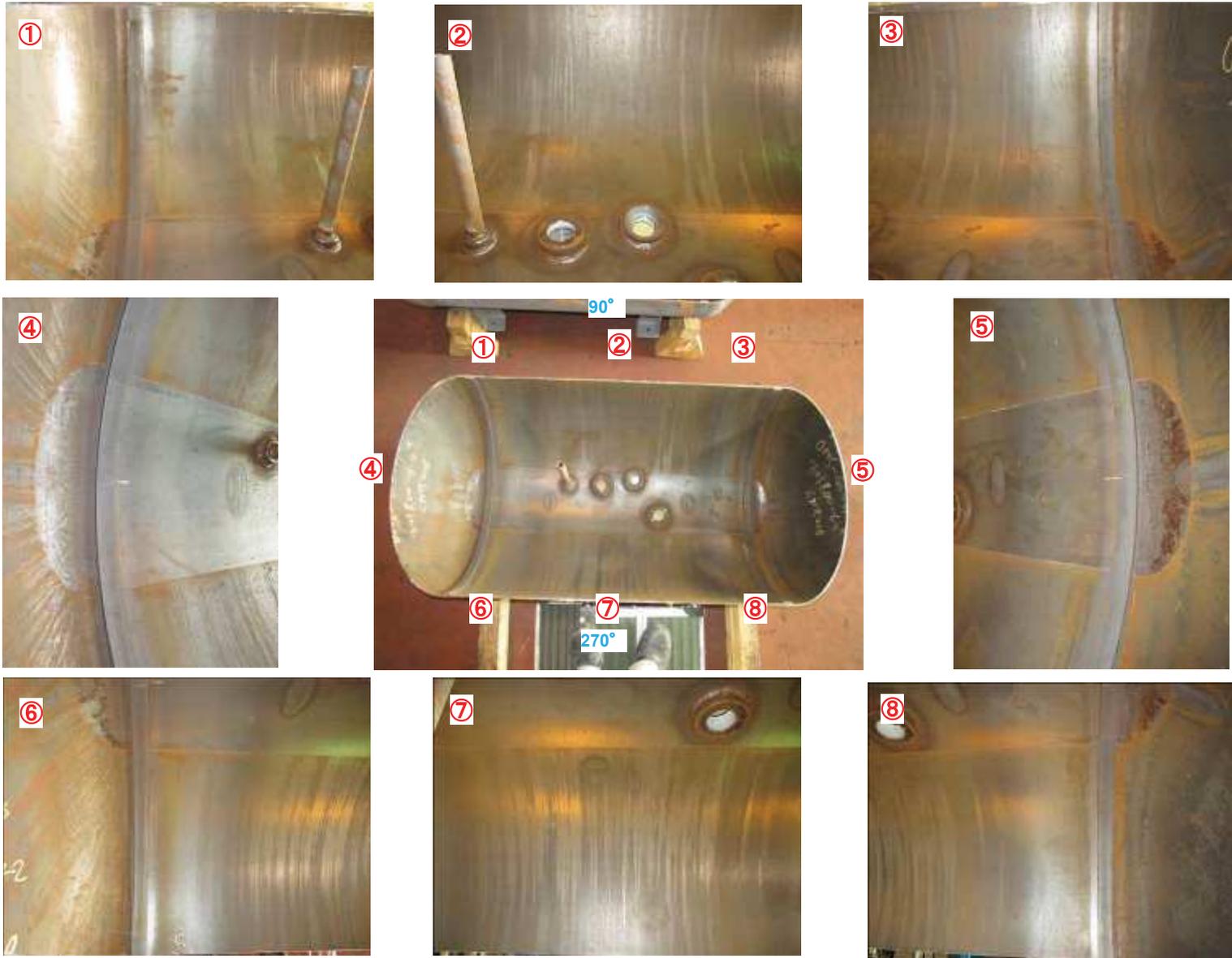
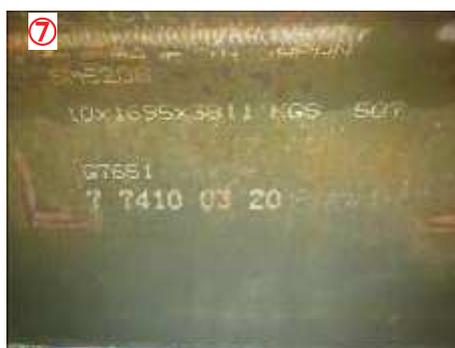
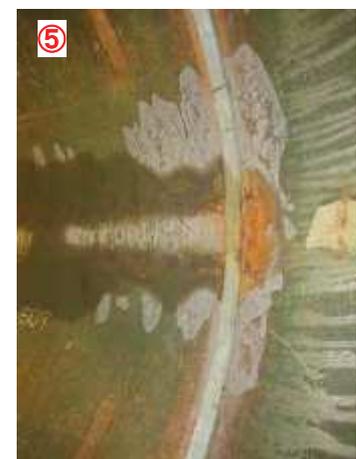
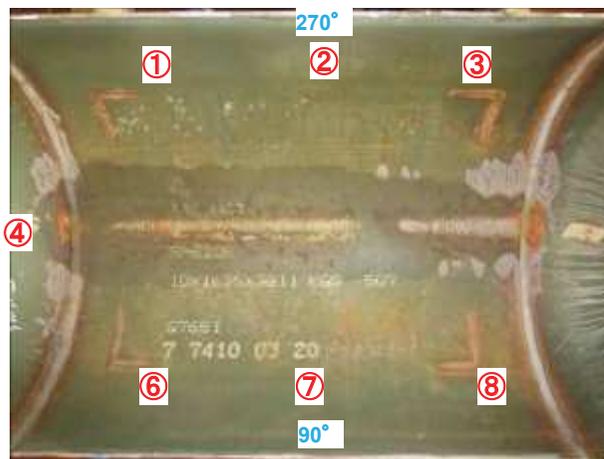


図 6.2.1-11 被試験体内面状況 A-2



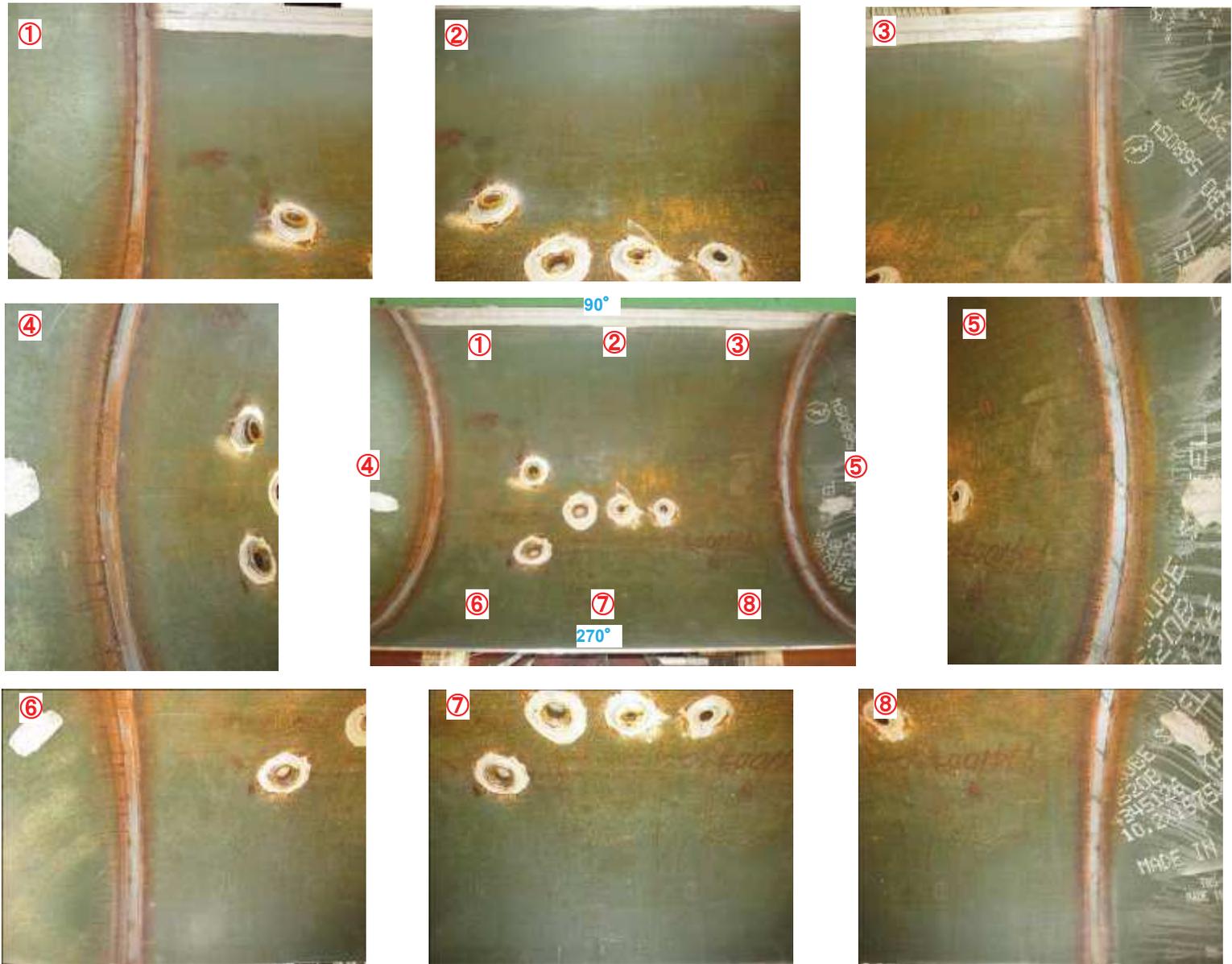
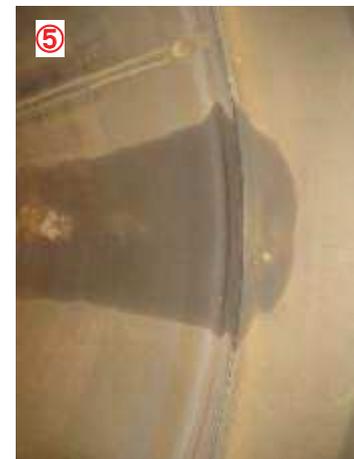
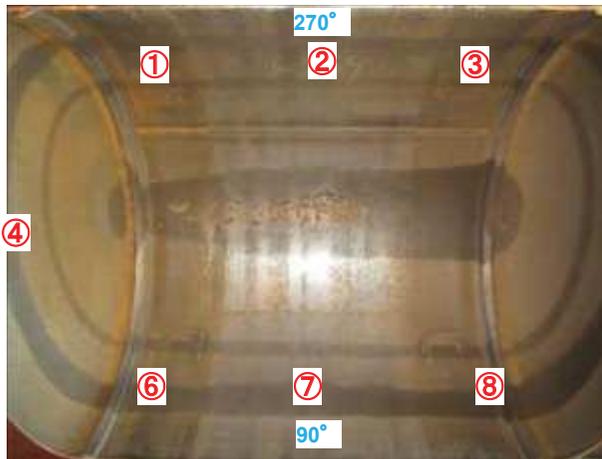


图 6.2.1-12 被試驗体内面狀況 A-3



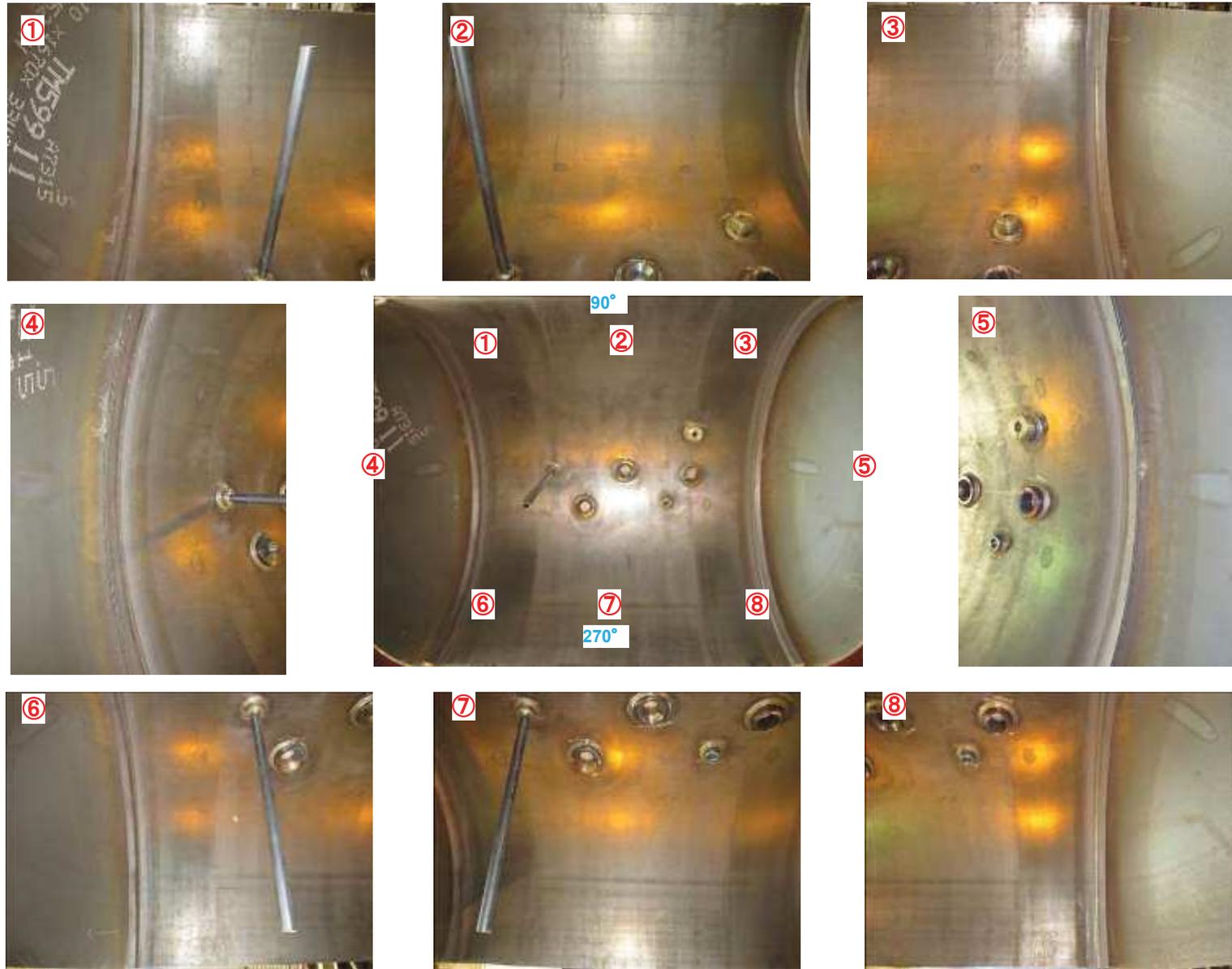


図 6.2.1-13 被試験体内面状況 A-4

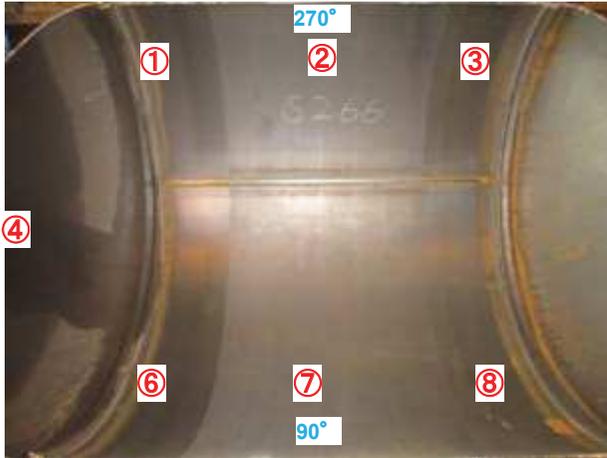




图 6.2.1-14 被試驗体内面狀況 A-5

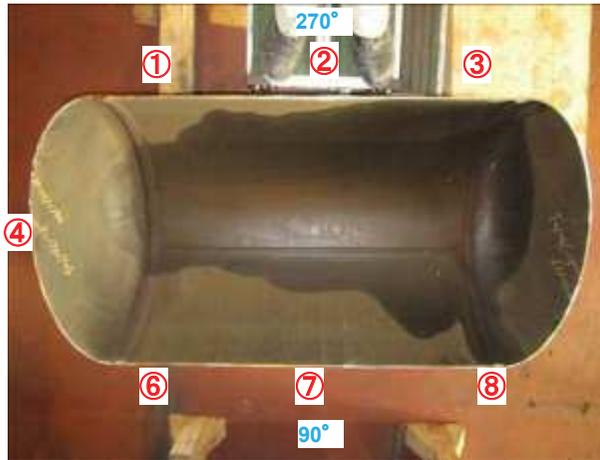
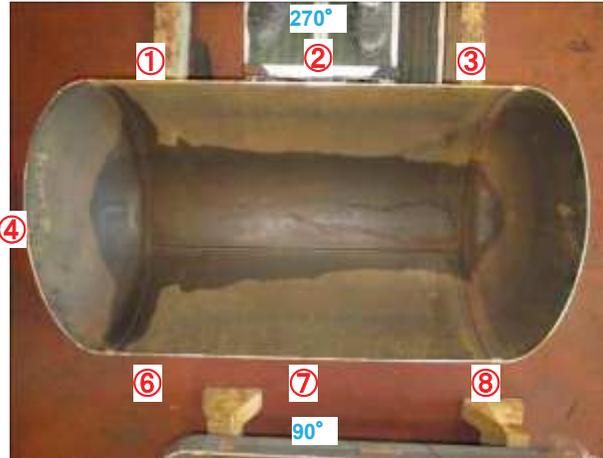




图 6.2.1-15 被試驗体内面狀況 E-6



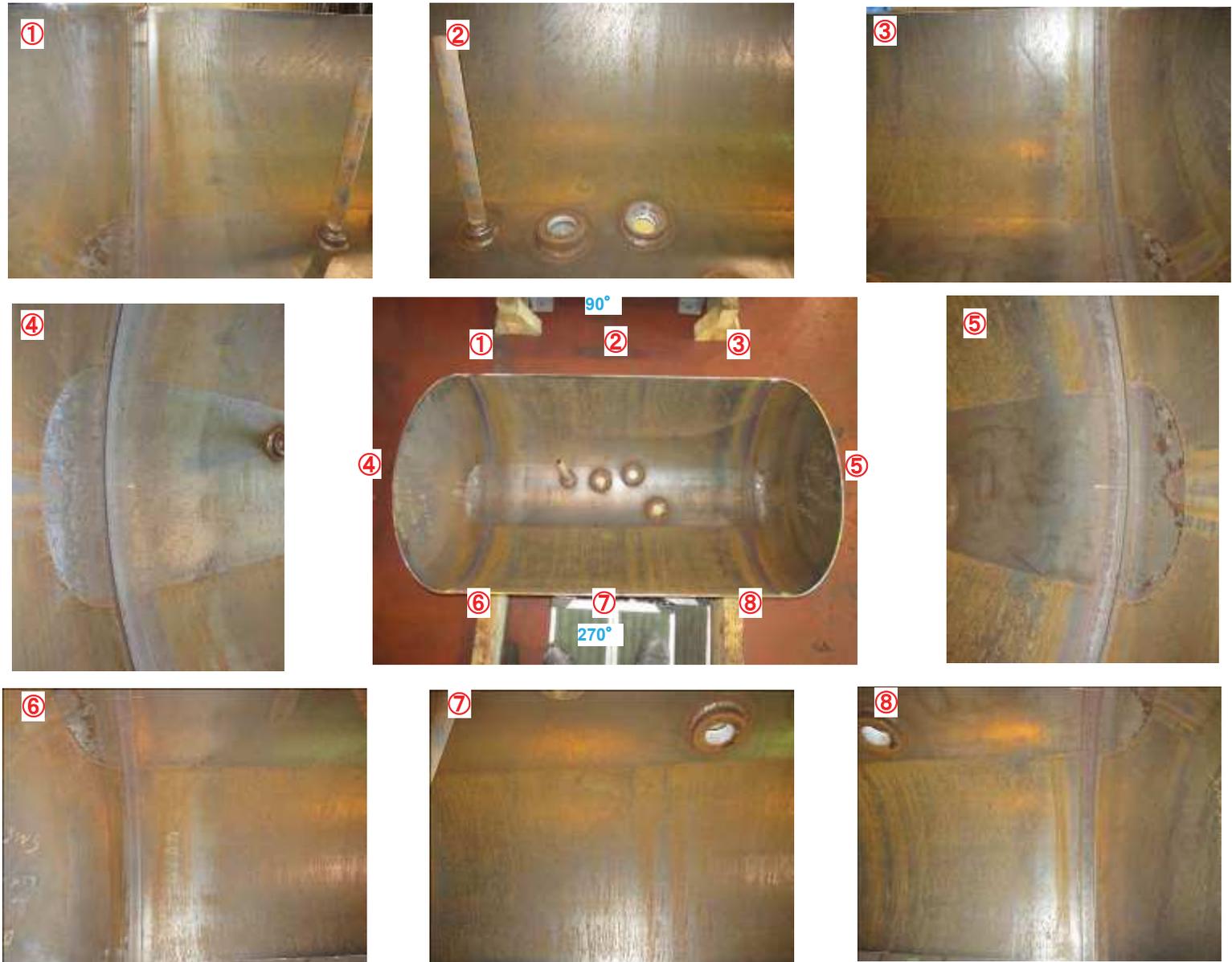


图 6.2.1-16 被試驗体内面狀況 E-7



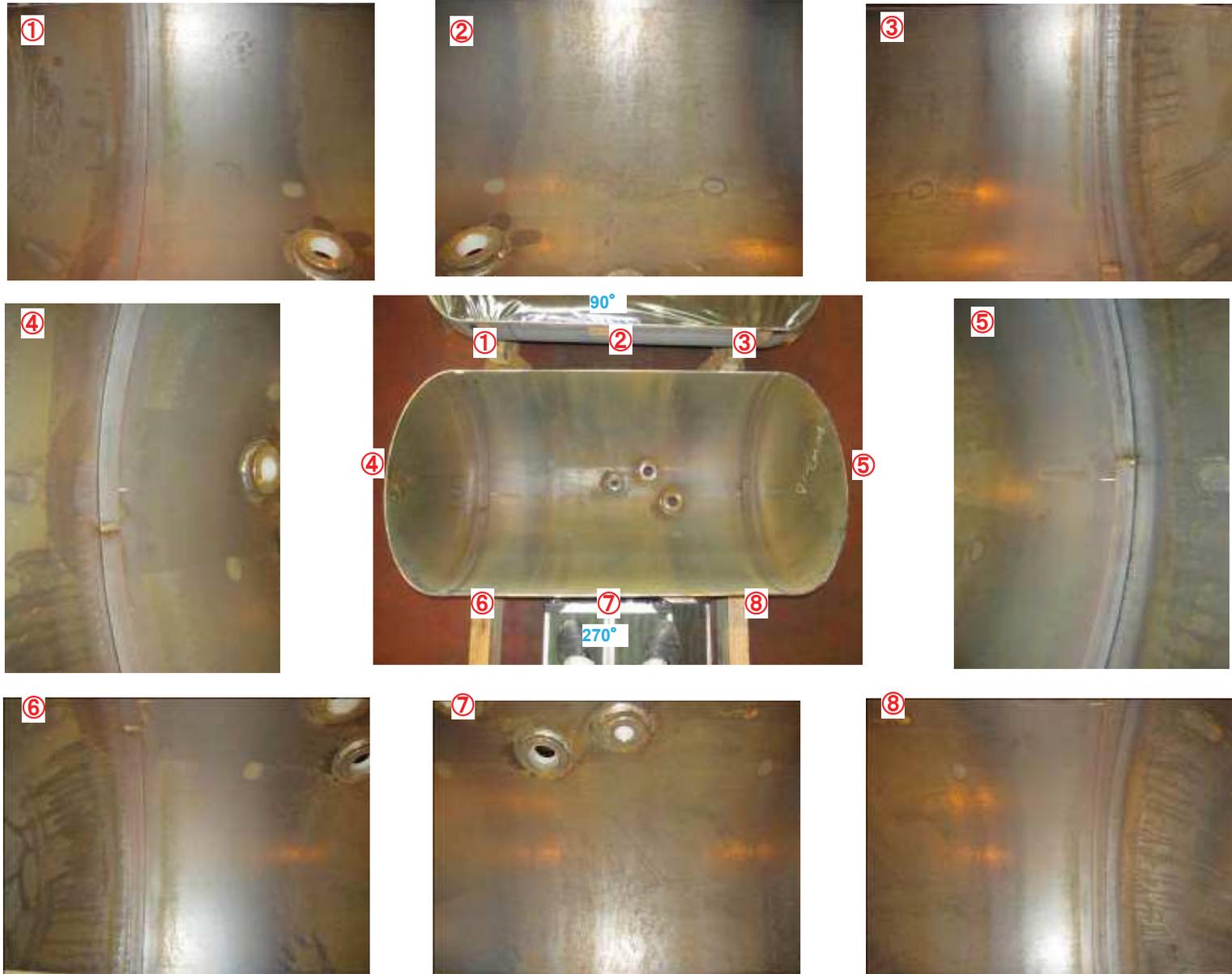


図 6.2.1-17 被試験体内面状況 ブランカー1



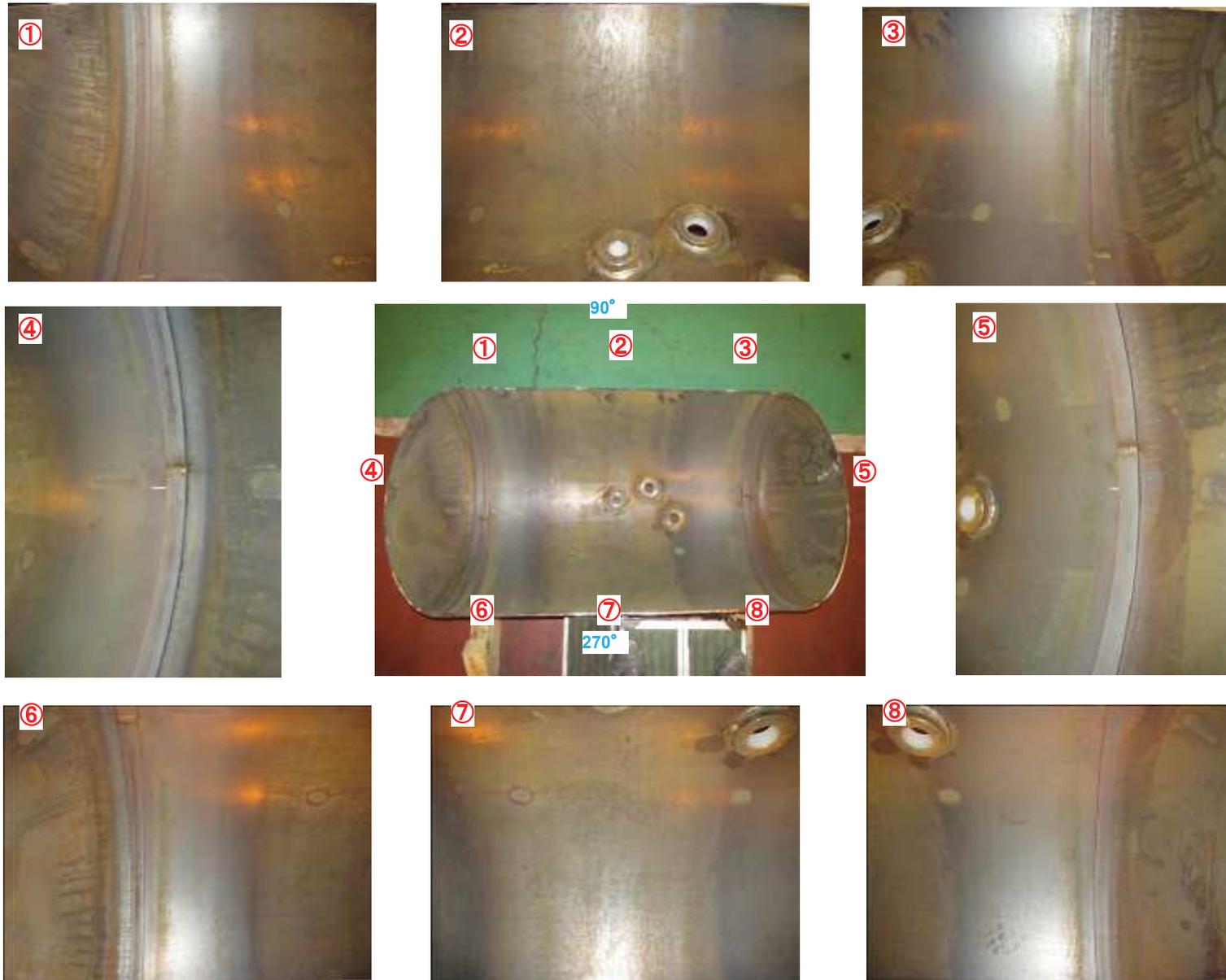


図 6.2.1-18 被試験体内面状況 ブランカー2

#### 6.2.1.4 まとめ

平成 27 年度は、平成 26 年度までに引き続き、経過年数 10 年から 15 年程度の経年バルク貯槽 7 基及び供用前における内部表面状況を確認するためブランクバルク貯槽 2 基を被試験体として、目視及び非破壊検査による内外部表面の経年劣化実態調査を行った。

被試験体の内外部表面の目視の結果、バルク貯槽の外部表面については、貯蔵能力及び消費量によらず打痕きずなどから進行したさびが散見されたものの、非常に軽微なものであった。平成 26 年度までの調査結果を踏まえると、外部表面の有害な腐食については塩害地で特有なものであることがわかる。

一方、内部表面に関しては、広範囲に赤いさび粉末が付着していたが、いずれも浮きさび程度であり厚く成長したさび又はさびこぶ等の明らかに減肉を伴う腐食は認められなかった。また、ブランクバルク貯槽においても、経年バルク貯槽と比較して少量ではあるものの同様の傾向が見られ赤いさび粉末が付着しており、製造時からのさびの進行については軽微なものであった。製造時と長期使用後の内部表面状況から有害なさびの進行は見られず、また、経年バルク貯槽内部表面は、平成 26 年度までに得られた調査結果と同じ傾向にあることから、バルク貯槽の内部表面の経年劣化については、気象条件等の外的要因の影響を考慮する必要はなく、バルク貯槽の内部と外部とでは劣化モードが明らかに異なることから、経年劣化傾向に関しては内部と外部とを切り離して別々に議論しても差し支えないものと考えられる。

次いで、被試験体の内外部表面に蛍光磁粉探傷試験を適用した結果、検出したきず指示模様は、オーバーラップ、クレータ割れがその大半を占めており、その他についてもブローホール及び凹みなど、製造時に由来するものと思われるきずが検出された。また、線状きずの指示模様が検出されたが、当該線状きずに対して浸透探傷試験を適用したところ指示模様が現れず、また、グラインダーでわずかに研削したところ指示模様は消失したことから、きずの種類を特定することはできないが、おそらく製造時に生じた内在欠陥であると思われる。これらの指示模様検出状況は平成 26 年度までに実施した調査結果と同様であり、進展性の割れのようなクリティカルな欠陥は検出されなかった。

## 6.2.2 バルク貯槽内部表面腐食傾向等調査

6.2.1 に示す経年劣化実態調査に使用した被試験体に対し、さらに内部表面の腐食状況や腐食傾向に関する定量的な調査を行うべく、被試験体に充填されていた LP ガスのガス成分分析及び腐食試験を実施するとともに、このガス成分分析等の結果が経年バルク貯槽内部表面の発せいにどの程度関与しているかを確認するため、被試験体の内部表面に生じたさび成分の分析等を実施した。調査方法及び調査結果を 6.2.2.1 から 6.2.2.5 までに示す。

### 6.2.2.1 被試験体

被試験体には、6.2.1.1 の(1)に示す調達計画に掲げる条件及び次の(1)又は(2)に掲げる条件に基づき、表 6.2.2-1 に示す使用履歴を有する経年バルク貯槽及びその内部に残留するガス（以下「残留ガス」という。）を選定した。

#### (1) 条件 1

平成 26 年度ガス成分分析等調査結果の妥当性を確認するために、消費先に設置した後の経過年数、年間消費量が平成 26 年度の分析対象とした経年バルク貯槽と同等で、かつ、同一のストレージタンクから供給される LP ガスを受け入れるバルク貯槽及び残留ガス（表 6.2.1-2 に示す貯槽番号 E-6 及び E-7）

#### (2) 条件 2

バルク貯槽内における着臭成分、硫黄分、水分、炭素鎖の長い成分等の不純物成分は、プロパンやブタンに比べて蒸気圧が低く、充填の繰り返しと長期使用によって蓄積されているものと考えられる。このため、経過年数相当の消費先での使用実績があるものであって、LP ガス消費量別における残留ガス成分及び腐食性を調査するため、今回までに妥当性を確認できた調査方法に基づき、次の①、③及び④に掲げる条件に該当する経年バルク貯槽並びに②から④までに掲げる条件に該当する経年バルク貯槽（表 6.2.1-2 に示す貯槽番号 A-1 から A-5 まで）及び残留ガス（評価に際しては、バルク貯槽へ充填する前段階の LP ガスについても同様の分析を行い、これを初期値として使用するため、充填所のストレージタンク内の LP ガス（以下「充填用ガス」という。）についてもサンプリングを行い、同様の成分分析及び腐食試験を行った。）

- ① LP ガス消費量が年間 200m<sup>3</sup>程度又はそれ以下
- ② LP ガス消費量が年間 5000m<sup>3</sup>程度又はそれ以上
- ③ 同一のストレージタンクから供給される LP ガスを受け入れるもの
- ④ バルブ、液面計等の附属機器の取外し又は検査のために開放した実績がないものであること。また、空気や水分等の不純物が内部に混入した履歴がないもの

表 6.2.2-1 ガス成分分析等調査 被試験体一覧

事業者	被試験体 番号	種別	貯蔵能力 (kg)	バルク貯槽 経過年数	サンプリング時 液面(%)	使用量 (m <sup>3</sup> /yr)
A 関東 近辺 (松本市)	A-0	充填所				
	A-1	家庭用	300	17年	35	217
	A-2			17年	37	146
	A-3	業務用	980	14年	33	7327
	A-4			12年	36	9285
	A-5			12年	31	5975
E 関東 近辺 (上尾市)	E-6	共同住宅	300	16年	40	1304
	E-7			16年	39	1084

#### 6.2.2.2 LP ガスの成分分析及び腐食試験等の方法

残留ガス及び充填用ガス（以下「残留ガス等」という。）のサンプリング方法を次の(1)に、LP ガスの成分分析及び腐食試験の方法を次の(2)にそれぞれ示す。

##### (1) 残留ガス等のサンプリング

残留ガスのサンプリングは、表 6.2.2-1 に示す 7 基の被試験体の設置場所において、液面計の指示値が同表中「サンプリング時の液面」に示す値となったときに、次の①から⑥までに掲げる作業手順等に基づき LP ガスのサンプリングを実施した。また、充填用ガスについても同様の手順等に基づきサンプリングを実施した。

- ① 図 6.2.2-1 に示すとおり、経年バルク貯槽の液取出弁から高圧ホースを介し、小型容器に残留ガスを流し込むことにより移充填を行った。
- ② サンプリングに使用する高圧ホース及び小型容器は、表 6.2.2-2 に示すとおりとした。
- ③ サンプリングの都度、高圧ホースは新品を使用した。
- ④ 経年バルク貯槽からの残留ガスのサンプリングは、原則として、当該バルク貯槽に装置された液面計の指示値が約 30 %から 40 %までの間になったときに行った。
- ⑤ 残留ガスのサンプリングに係る作業手順は、次の a)から h)までに掲げるとおりとした。
  - a) サンプリング対象となる経年バルク貯槽の液取出弁に高圧ホースを取付ける。
  - b) サンプリング前に残留ガスを使用して a)により取り付けた高圧ホース内の共洗いを十分に行う。
  - c) 共洗い完了後、小型容器に高圧ホースを接続する。
  - d) バルク貯槽の液取出弁を開く。
  - e) 小型容器のバルブを開く。
  - f) 小型容器中における LP ガスの量(kg)を計測できる状態において移充填を行う。
  - g) 小型容器のバルブを閉じる。
  - h) バルク貯槽の液取出弁を閉じる。
- ⑥ 小型容器 1 本当たりの残留ガスの充てん量は約 3 kg とし、1 被試験体当たり、2 本分サンプリングする。



図 6.2.2-1 小型容器への移充填（左）及びサンプリング後の小型容器（右）

表 6.2.2-2 残留ガス等のサンプリングに使用する高圧ホース及び小型容器

	仕 様
高圧ホース	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 富士工器（株）製 LP ガス用高圧ホース</li> <li>・ ホース両端ハンドル付き POL</li> <li>・ 全長 2000 mm±200 mm</li> <li>・ ガス放出防止機能等の過流防止機能なし。</li> <li>・ （一財）日本エルピーガス機器検査協会の検査を受けたもの又は同検査と同等レベルの内容に基づき社内検査を行ったもの</li> <li>・ ストレーナなし</li> </ul>
小型容器	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 富士工器（株）製 鋼製容器</li> <li>・ 貯蔵能力 5 kg（公称）</li> <li>・ 受け渡し時 容器内部真空引き</li> </ul>

(2) 残留ガス等の成分分析及び腐食試験

次の①から④までに掲げる手順等に従い実施した。

① 残留ガス等の成分分析の対象成分等

残留ガス等の成分分析において、定量分析の対象成分及び定量下限値は、表 6.2.2-3 に示すとおり設定した。

② 定量分析及び腐食試験の実施方法

定量分析は、表 6.2.2-3 に示す定量下限値を満足する分析方法を採用した。また、腐食試験については、JIS K 2240(2013)「液化石油ガス（LP ガス）」の 6.11 銅板腐食試験方法に基づき実施した。成分分析及び腐食試験に使用した装置、分析条件等を表 6.2.2-4 及び表 6.2.2-5 に示す。

③ 試料検体

定量分析及び腐食試験は、6.2.2.1(1)の条件に基づき採取した残留ガス 2 検体と 6.2.2.1(2) の条件に基づき採取した残留ガス 5 検体及び充填用ガス 1 検体の計 8 検体とした。

④ 定量分析を行う際の試料採取・調整

定量分析にかける試料は、小型容器から液体の状態での残留ガス等を採取したもの又は液体の状態での残留ガス等を採取したものを気化させたものとした。

表 6.2.2-3 成分分析の対象成分と定量下限値

	成 分 名	定量下限界
主成分	プロパン	—
	ブタン	
	プロピレン	
ドレン	油分 (C5～C50) (C5～C16 までは n-C10、C17 から C50 までは n-C32 を基準成分とし、その成分の検出感度で炭化水素換算した値を定量値とした。)	—
着臭剤	t-ブチルメルカプタン	0.5 ppm
	i-プロピルメルカプタン	
	ジメチルスルフィド	
硫黄分	全硫黄	1 ppm
	硫化水素	0.5 volppm
可塑剤	DOA (アジピン酸ジ(2-エチルヘキシル))	0.05 ppm
	DOP フタル酸ジ(2-エチルヘキシル)	
その他	メタノール	1 ppm
	水分	5 ppm
	酸素	1 volppm

表 6.2.2-4 分析手法一覧

	分析装置	カラム	カラム温度	キャリアガス	検出器	定量方法	試料採取	
プロパン ブタン	島津製作所 GC-8AIT	SM-6 3 mm i.d.×6.0 m	40°C	ヘリウム	熱伝導度形検出器(TCD)	補正面積百分率法	試料を気化させ、GC-TCDに導入 (JIS K2240 の 6.10 に準拠)	
プロピレン	島津製作所 GC-2014AT	Activated Alumina 3mm i.d.× 2.5 m	70°C	ヘリウム	熱伝導度形検出器(TCD)	絶対検量線法	試料を気化させ、GC-TCDに導入	
油分 C5～C16	島津製作所 GC-2025AF	Agilent J&W DB-1 0.32mm i.d. × 60m	40°C(5 min) 10°C/min 320°C	ヘリウム	水素炎イオン化 形検出器 (FID)	n-デカン内標準法	試料を耐圧ガラス容器に採取し、内 部標準(n-デカン：nC10)を添加し、 GC-FIDに導入	
油分 C17～C50	Agilent Technologies 6890 GC	Agilent J&W DB-1HT 0.25mm i.d. ×6.3mm 膜厚 0.1 μm	50°C(2 min) 10°C/min 390°C(4 min)	ヘリウム	水素炎イオン化 検出器 (FID)	絶対検量線法(n-ド トリアコンタン (nC32)換算)		
着臭剤 3種類	Agilent Technologies 6890 GC /5973MSD シス テム	Agilent J&W DB-5ms 60 m×0.25 mm i.d.	35°C(5 min) 10°C/min 135°C 50°C/min 320°C	ヘリウム	質量分析(MS)電 子衝撃イオン化 法；選択イオンモ ニタリング (SIM) モード	標準添加法	試料を耐圧ガラス容器に採取し、標 準品を順次添加し、GC-MSに導入	
全硫黄	イオンクロマトグラフ							試料を気化させ、酸水素炎燃焼装置 で燃焼し、生成した硫酸イオンをイ オンクロマトグラフで測定
硫化水素	島津製作所 GC-2014FPD	Sanpak-S 内径 3.2 mm×長さ 2.1m	80°C	窒素	炎光光度検出器 (FPD)	絶対検量線法	試料を気化させ、GC-FPDに導入	

	分析装置	カラム	カラム温度	キャリアガス	検出器	定量方法	試料採取
可塑剤	Agilent Technologies 6890 GC/5973MSD システム	Agilent J&W DB-5ms 30 m×0.25 mm i.d.	80 °C (1 min) – 10°C/min – 320°C (25 min)	ヘリウム	質量検出器(電子 衝撃イオン化法 (EI法 : 70 eV)) 選択イオンモニ タリング (SIM) モード	絶対検量線法	試料を蒸発させ、残留物をアセトン に溶解・定容して、GC-MS に導入
メタノール	島津製作所 GC-2025AF	TC-1 0.53 mm i.d. × 60 m 膜厚 5.0 μm	60°C(5 min) 15°C/min 250°C	ヘリウム	水素炎イオン化 形検出器 (FID)	絶対検量線法	水で液液抽出を行い、抽出液を GC-FID に導入
水分							カールフィッシャー法(電量滴定法) で測定
酸素							試料を気化させ、燃料電池式微量酸 素計に導入

表 6.2.2-5 分析装置等

<p>酸水素炎燃焼装置</p>	
	<p>気化させた試料を酸水素炎燃焼装置で燃焼し、生成した硫酸イオンをイオンクロマトグラフで測定した。</p>
<p>電量滴定装置</p>	
	<p>カールフィッシャー液（ヨウ素）に液体試料を導入し、電量滴定により液化ガス中水分濃度を測定した。</p>
<p>燃料電池式微量酸素計</p>	
	<p>液化ガスを取り出して気化した後に導入し測定した</p>
<p>銅板腐食標準</p>	
	<p>磨きたての銅板（左図左端）をLP ガス中に浸し、銅板の変色具合を銅板腐食標準と比較して判定する。</p>

### 6.2.2.3 内部表面のさび成分分析等の調査方法

表 6.2.2-1 に示す被試験体 A-1 から A-5 までの 5 基及び被試験体 E-1 及び E-7 の 2 基並びにブランクバルク貯槽 2 基を対象として、内部表面における発せい箇所の詳細観察やさび成分分析等を次の(1)及び(2)に掲げる手順等に  
従い実施した。本調査に係る手順フローを図 6.2.2-2 に示す。

#### (1) 目視検査

内部表面全面を対象に目視検査を行い、腐食箇所等を確認する。

#### (2) 内部表面の腐食状態の詳細調査

次の①及び②に掲げるとおりバルク貯槽内部表面に生じたさびの成分分析及び断面観察を実施した。分析等対象箇所を図 6.2.2-3 から図 6.2.2-7 までに示す。

##### ① さび成分分析

経年バルク貯槽内部表面において特徴的な赤さびであって特に腐食が進行している箇所のさびを対象に、X 線回折 (XRD) により腐食生成物に含まれる結晶成分の同定を行うとともに、エネルギー分散型 X 線分析 (EDS) により当該さび面における鉄、酸素及び硫黄の 3 元素の定量 (又は半定量) を実施した。

さび成分分析対象部位の選定数は、次の 1) から 3) までに掲げるとおり。

##### 1) 被試験体 A

被試験体 5 基から 3 箇所選定

##### 2) 被試験体 E

被試験体 2 基から 1 箇所選定

##### 3) 被試験体ブランク

被試験体 2 基から 1 箇所選定

##### ② 断面観察

前記①において選定した箇所と同等以上に腐食が進行していると思われる箇所を対象に断面観察を行い、減肉量を定量するとともに、孔食等の腐食形態の確認及びさび組成を確認する。さらに、電子線マイクロアナライザー (EPMA) により当該さびに含まれる硫黄でマッピング分析を行い、観察箇所におけるさび生成が進行性のあるものであるか確認した。断面観察の対象部位の選定数は次の 1) から 3) までに掲げるとおり。

##### 1) 被試験体 A

被試験体 5 基から 3 箇所選定

##### 2) 被試験体 E

被試験体 2 基から 1 箇所選定

##### 3) 被試験体ブランク

被試験体 2 基から 1 箇所選定



□ : さび採取 □ : 断面観察

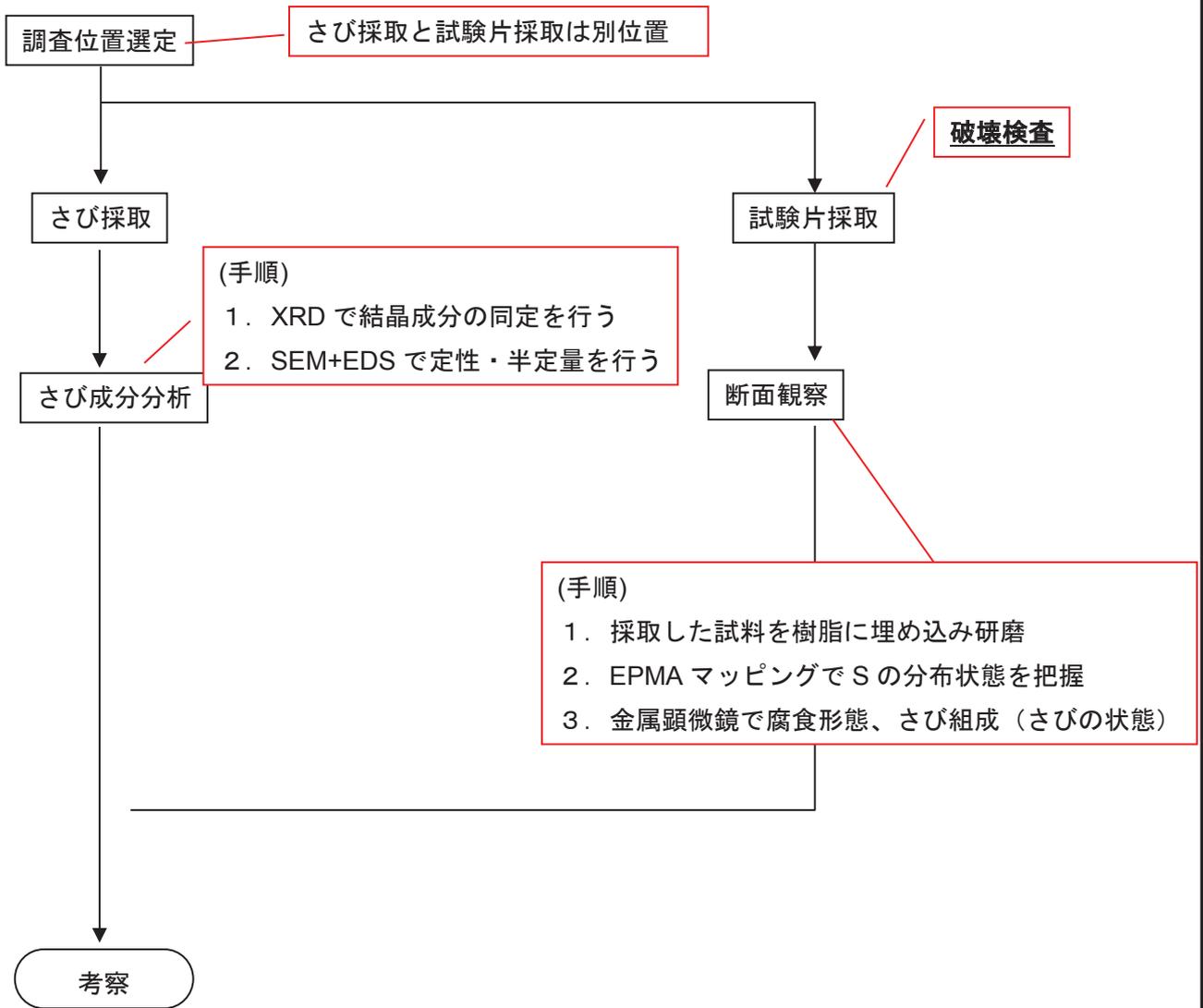


図 6.2.2-2 被試験体の内部表面のさび成分分析等に係る調査手順フロー

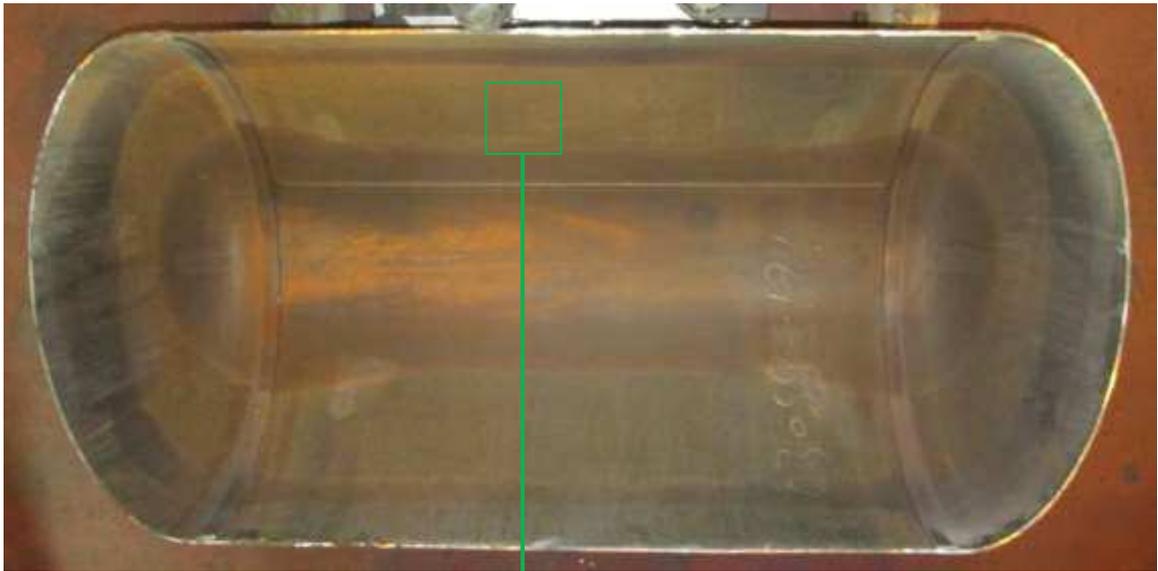


図 6.2.2-3 断面観察試験片採取位置(A-1)

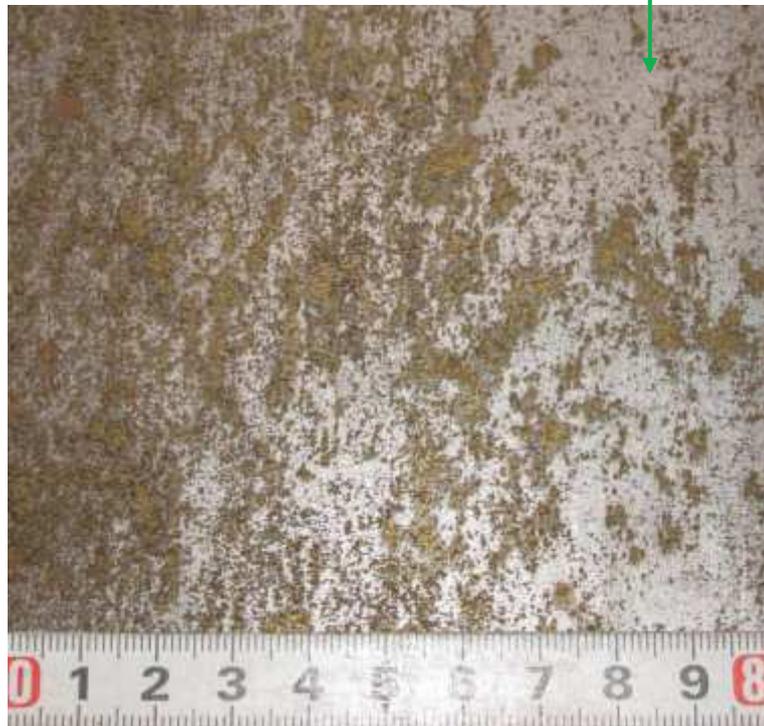
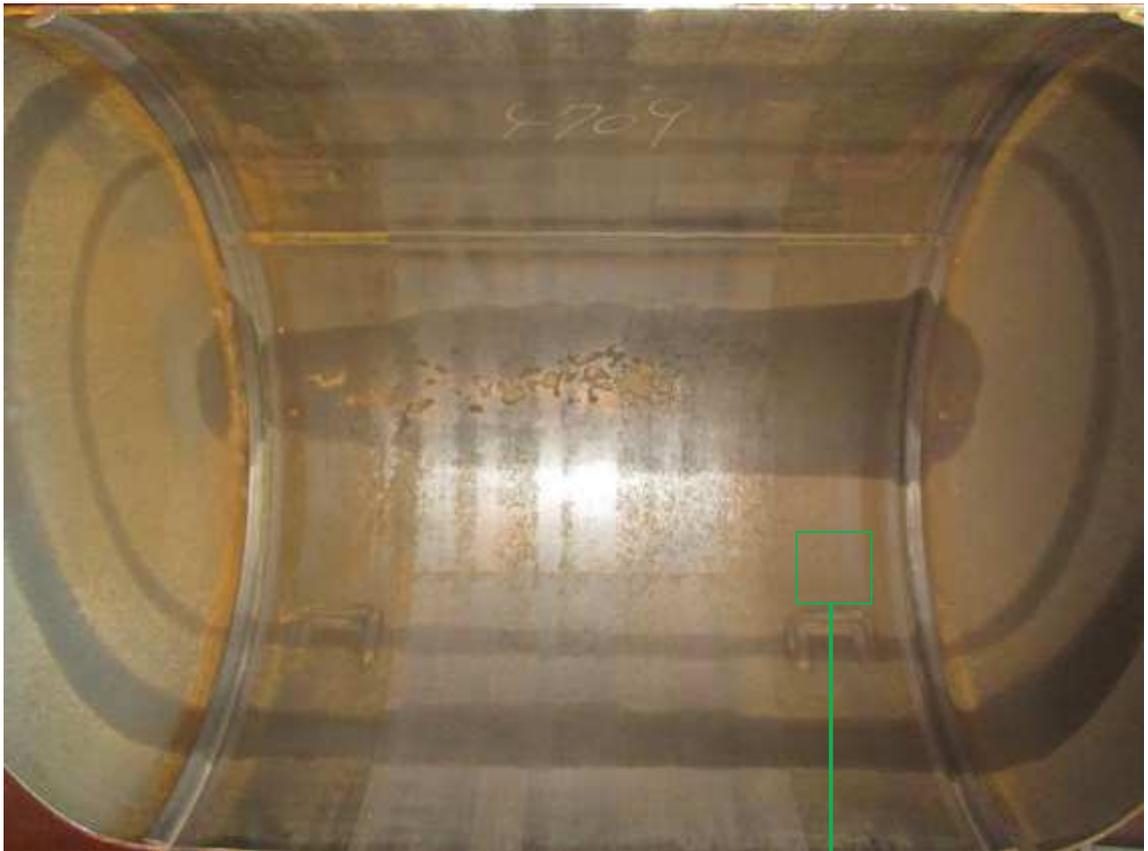


图 6.2.2-4 断面观察试验片采取位置(A-4)

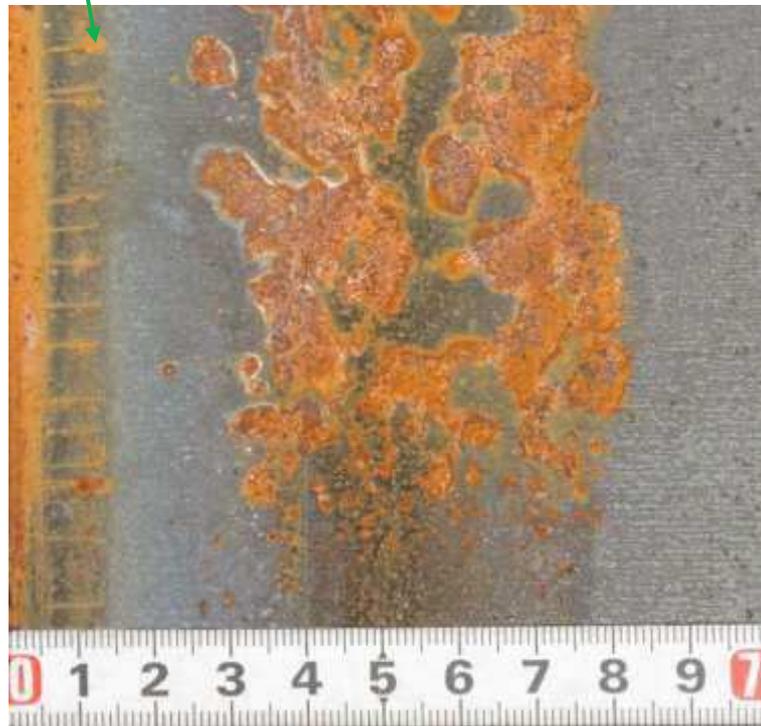


图 6.2.2-5 断面觀察試験片採取位置(A-5)

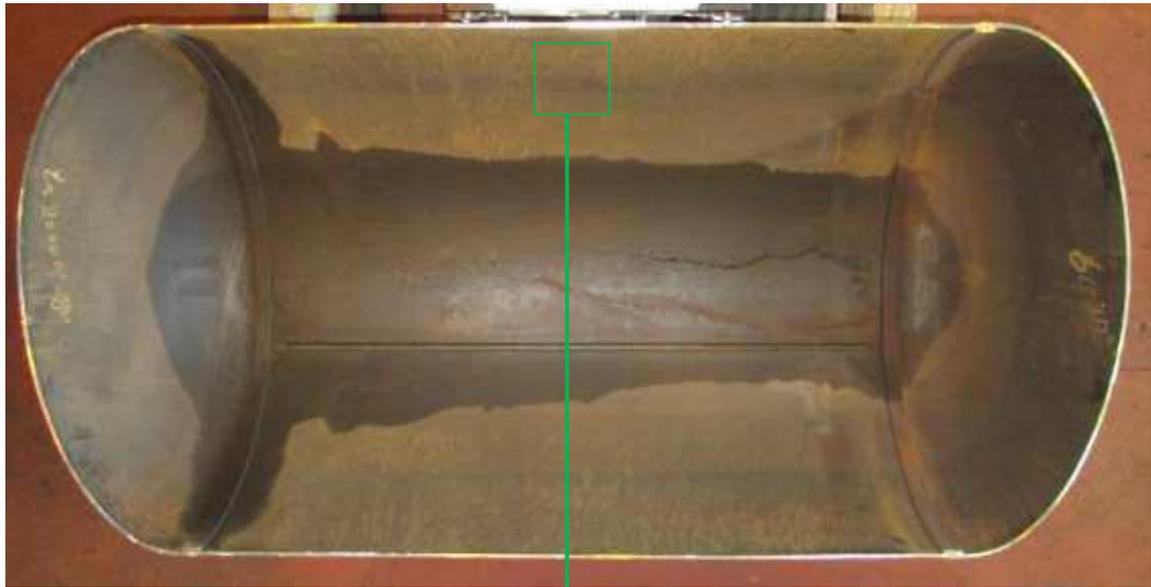


図 6.2.2-6 断面観察試験片採取位置(E-7)



図 6.2.2-7 断面観察試験片採取位置(ブランク)

#### 6.2.2.4 調査結果

残留ガス等の成分分析及び腐食試験、内部表面のさび成分の分析等の調査結果を次の(1)及び(2)に示す。

##### (1) 残留ガス等の成分分析及び腐食試験の結果

残留ガス等の成分分析及び腐食試験の結果及び平成 26 年度に実施した残留ガス等の成分分析結果の一覧を表 6.2.2-6 に示す。

検体 E-6 及び検体 E-7 の分析結果を昨年度調査結果（検体 E-1 から E-5 まで）と比較して、各成分濃度は同じオーダーであり、また、充填用ガス（E-0）からの濃縮傾向等についても昨年度調査結果と同様であり、本調査手法に関する妥当性を確認できた。

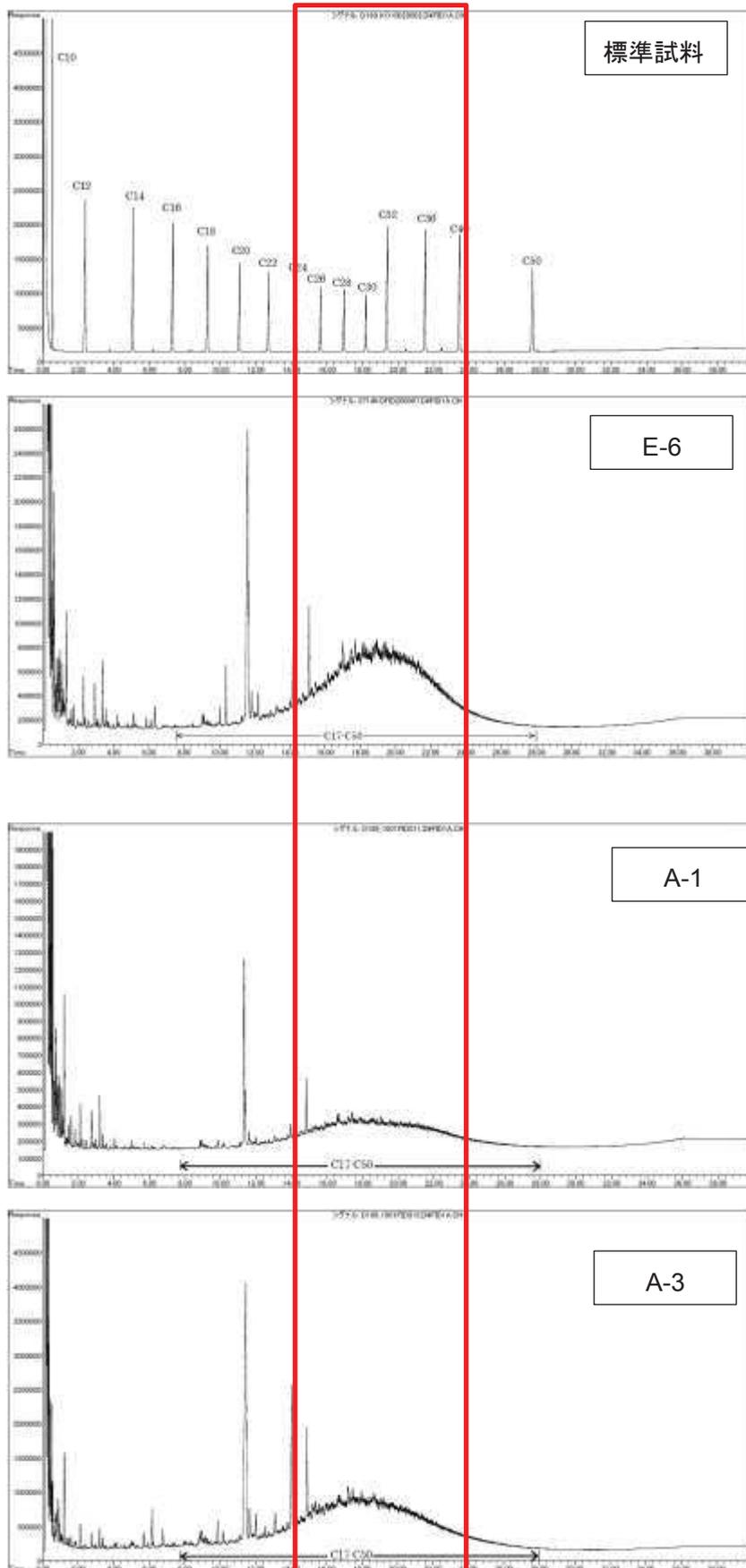
分析手法の妥当性を確認できた後に LP ガス年間消費量別に残留ガスをサンプリングし分析した。その結果、平成 26 年度及び本年度において分析及び腐食試験を行ったすべての検体中において腐食性成分として懸念される硫化水素は検出されず、また、銅板腐食試験の結果はすべての検体において 1a（わずかに変色）であり、LP ガスの消費量の大小によらず腐食性がないことを確認した。

その他の分析対象成分について、残留ガス中において蒸気圧の低い成分濃度は、充填用ガス中の成分と比較して有意に増加しており、長期使用及び繰り返し充填による濃縮傾向が見られ、着臭剤、全硫黄、油分のうち C5、C6 及び C17 から C50 までの成分において顕著であった。C17 から C50 までの成分については、図 6.2.2-8 に示すクロマトグラムより、特に C30 前後の成分が多量に検出されていることが推測され、コンプレッサーに使用される潤滑油成分と考えられる。

水分については、これまでの調査結果と比較して高濃度で検出された。今回の調査はバルク貯槽への LP ガス充填前の最も液面が低い条件でありバルク貯槽の設置・使用状況において揮発性の低い不純物が最も高濃度となる条件で行い、かつ、当該条件は短期間の一時的なものである。また、6.2.1 のバルク貯槽内面の腐食状況観察結果から長期使用により内部表面の腐食は進行していなかったことから、今回検出した程度の水分濃度では供用中においてバルク貯槽内面の腐食を促進するものではなかったものとする。

表 6.2.2-6 残留ガス成分分析及び腐食試験結果

事業者	液面計 %	使用量 m <sup>3</sup> /yr	主成分 % (v/v)				着臭剤 ppm (w/w)			硫黄分 ppm		可塑剤 ppm (w/w)		その他 ppm			油分 ppm (w/w)										腐食試験
			プロパン	イソブタン	n-ブタン	プロピレン	t-ブチルメルカプタン	i-プロピルメルカプタン	ジメチルスルフィド	全硫黄 (w/w)	硫化水素 (v/v)	D O A	D O P	水 (w/w)	メタノール (w/w)	酸素 (v/v)	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11 ~ C16	C17 ~ C50			
A-0	—	—	97.7	1.0	0.3	< 0.1	1.8	0.3	0.3	8	<0.5	0.07	0.76	21	8	3	<100 (10)	<100 (20)	<100	<100	<100	<100	<100	<100	4.3	1a	
A-1	35	217	94.8	3.2	1.6	< 0.1	91	13	5.8	210	<0.5	2.4	4.5	110	75	24	1200	2100	410	100	<100 (60)	<100 (40)	<100 (10)	200	1a		
A-2	37	146	94.7	3.1	2.0	< 0.1	40	3.2	5.3	140	<0.5	0.71	2.3	29	110	12	280	480	130	<100 (20)	<100 (20)	<100 (20)	<100 (10)	84	1a		
A-3	33	7327	94.4	3.3	2.0	0.1	62	5.1	4.4	130	<0.5	34	20	35	16	31	120	430	<100 (60)	<100 (10)	<100	<100	<100	940	1a		
A-4	36	9285	94.2	3.5	2.1	< 0.1	82	6.2	6.2	170	<0.5	16	7.9	90	8	18	600	1500	240	<100 (70)	<100 (40)	<100 (40)	<100 (10)	840	1a		
A-5	31	5975	94.0	3.8	2.0	< 0.1	97	6.4	7.6	180	<0.5	32	8.7	53	9	26	950	2400	390	110	<100 (50)	<100 (50)	<100 (20)	720	1a		
E-0	—	—	97.2	1.3	0.5	0.3	4	0.6	1.0	10	< 0.5 (0.01)	<0.05 (0.01)	1.7	12	71	52	110	160	<100	<100	<100	<100	<100	—	1a		
E-1	39	435	94.9	3.3	1.7	<0.1	150	13	9.0	400	< 0.5	8.8	8.9	30	8	<1	1200	3500	680	240	120	<100 (40)	<100	—	1a		
E-2	40	859	95.0	3.3	1.5	<0.1	96	10	10	300	< 0.5	11	14	29	11	22	1500	4200	820	290	130	<100 (50)	<100	—	1a		
E-3	33	929	94.8	3.1	1.5	0.1	150	13	10	330	< 0.5	2.0	2.6	26	11	56	1500	3800	710	190	110	<100 (40)	<100	—	1a		
E-4	40	987	94.6	3.0	1.8	<0.1	120	10	9.0	330	< 0.5	46	74	26	7	54	1900	4200	750	220	<100 (80)	<100 (50)	<100	—	1a		
E-5	33	427	94.6	3.4	1.2	0.1	120	12	7.0	280	< 0.5	1.9	1.4	19	11	57	2200	5000	880	230	<100 (70)	<100 (20)	<100	—	1a		
E-6	40	1304	95.8	2.9	1.1	0.1	110	9	6.0	370	< 0.5	14	23	35	13	32	860	2900	610	210	120	< 100 (90)	< 100 (90)	1800	1a		
E-7	39	1084	95.8	2.8	1.2	<0.1	130	10	7.0	360	< 0.5	10	11	53	18	52	880	2400	490	200	120	100	< 100 (70)	600	1a		



赤枠 : n-C24 から n-C40  
程度の検出範囲

図 6.2.2-8 C17~C50 成分分析 ; クロマトグラム

## (2) 内部表面のさび成分分析等の結果

### ① さび成分分析結果

被試験体の内部表面から採取したさびを対象に、EDS(Energy dispersive X-ray spectrometry:エネルギー分散型 X 線分析)を用いて、定性・半定量分析を実施した。また、XRD(X - ray diffraction : X 線回折)を用いて、さびに含まれる結晶成分の同定を実施した。

EDSによる成分元素の半定量分析の結果、各採取物の主成分は炭素(C)、酸素(O)及び鉄(Fe)であった。炭素は油分や埃などを検知したものであり、さびに含まれる元素としては鉄(鉄酸化物)及び酸素である。腐食促進の可能性がある硫黄(S)はブランクバルク貯槽を除く4箇所から検出されたが、いずれも平均で1%未満であり、4つの被試験体間で顕著な違いはなかった。ブランクバルク貯槽はLPガスを充填した履歴がないことから、LPガス由来の硫黄分が付着しなかったと考えられる。EDSの結果を表 6.2.2-7に示す。

また、XRDによる鉱物成分の簡易定量分析結果を表 6.2.2-8に示す。腐食生成物として硫化物が検出されなかったことから、EDSにより検出された硫黄分はLPガス中に含まれる腐食性のない硫黄に由来するものと思われる。

レピドクロサイドとゲータイトは一般に大気中で生成するさびであるが、ゲータイトは他の形態のさびから溶解・沈澱などで変化した安定なさびといわれている。被試験体中の環境が一定であったと仮定すると、レピドクロサイドよりゲータイトが多い箇所は腐食の進展が小さい状態にあるとみることができる。ブランクバルク貯槽はゲータイトが検出されなかったが、これはゲータイトが生成する段階まで腐食が進んでいないことを示唆している。

また、マグネタイト・ウスタイトが多く検出されたが、ウスタイトは約500°C以上の高温で生成される酸化物であり製造工程で生成したスケールである。マグネタイトについては、大気中の腐食で生成したさびにも含まれることがある化合物であるものの、ウスタイトと同様に鋼板製造工程における高温過程で生成したスケール由来の可能性が高いと思われる。

表 6.2.2-7 EDS 元素定量分析結果

元素	A-1			A-4			A-5			E-7			ブランク		
	平均	A	B												
C	7.65	4.05	4.64	24.02	5.66	10.37	17.17	6.24	9.46	11.11	7.61	6.03	10.71	4.42	6.14
O	27.40	29.28	22.97	26.11	24.56	30.86	28.73	30.46	23.36	29.09	29.23	23.18	28.88	32.69	41.02
Na	—	—	—	0.18	—	0.41	0.29	—	—	—	—	—	—	—	—
Mg	—	—	—	0.13	—	0.15	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Al	—	—	—	0.89	0.31	0.49	0.21	—	—	0.20	—	—	0.21	—	—
Si	0.48	0.62	0.35	1.45	0.39	1.71	0.37	0.46	0.48	0.54	—	0.18	0.46	0.34	0.42
P	—	—	—	0.20	—	0.45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	0.23	—	0.34	0.83	0.25	1.03	0.50	0.37	1.45	0.65	—	1.10	—	—	—
Cl	—	—	—	—	—	0.43	—	—	—	—	—	—	—	—	—
K	—	—	—	0.36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ca	0.46	—	0.32	0.74	0.22	3.66	—	—	0.28	3.42	0.41	0.68	0.56	0.27	0.42
Ti	0.32	—	0.26	—	—	—	—	—	—	0.60	—	—	—	—	—
Mn	0.59	1.09	0.51	0.61	0.87	0.67	0.81	1.20	1.59	0.56	0.48	0.52	0.68	1.01	0.60
Fe	62.87	64.96	70.61	44.48	67.74	49.77	51.92	61.27	63.38	53.83	62.27	68.31	58.50	61.27	51.40

表 6.2.2-8 XRD 簡易定量分析結果(RIR 法)

(wt%)

鉱物名	化学式	A-1	A-4	A-5	E-7	ブランク
鉄	Fe	5.3	11.7	3.6	1.3	1.4
マグネタイト(磁鉄鉱)	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	86.7	69.9	56.6	44.7	72.1
ウスタイト	FeO	8.0	7.0	2.4	7.0	17.8
ヘマタイト(赤鉄鉱)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	3.9	9.1	*	*
レピドクロサイト(鱗鉄鉱)	γ-FeO(OH)	—	—	11.7	*	7.9
ゲータイト(針鉄鉱)	α-FeO(OH)	—	3.8	10.2	13.4	-
カルサイト	CaCO <sub>3</sub>	—	1.6	—	22.6	0.8
石英	SiO <sub>2</sub>	—	2.0	—	7.5	—
ルチル	TiO <sub>2</sub>	—	—	—	3.6	—
コランダム	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	6.3	—	—

## ② さび断面観察

被試験体の中から調査位置を選定し、断面観察を行い腐食形態の確認を実施した。また、EPMA (Electron Probe Micro Analyzer：電子線マイクロアナライザ)を用いて、さび断面に含まれる硫黄を対象にマッピング分析を実施した。断面観察結果を図 6.2.2-9 から図 6.2.2-13 までに示す。

被試験体A-1、A-4、E-7の観察視野において、内部表面に10～20  $\mu\text{m}$ のマグネタイト（やや明るく見える化合物）の層が確認された。また、さびは認められず、その下の母材に減肉はほとんど認められなかった。被試験体A-5では①にマグネタイトの下にさび（やや暗く見える化合物）が認められ、その下に腐食による凹凸が認められた。さび断面の観察結果からは、バルク貯槽内部の母材部は10～20  $\mu\text{m}$ 減肉していると推定される。

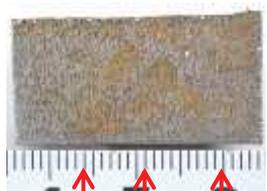
ブランクバルク貯槽も観察視野において、内部表面に5～10  $\mu\text{m}$ のマグネタイトの層が確認されたが、さびは認められず、減肉はほとんど認められなかった。

また、EPMA 元素マッピングを図 6.2.2-14 から図 6.2.2-18 までに示す。いずれもマグネタイトから硫黄は検出されず、昨年度調査結果と比較しても被試験体 A-5 を除きほとんど硫黄の分布が見られなかった。

被試験体 A-5 ではさびから硫黄が検出されたが、さび中における硫黄の成分量が少ないこと、さらに、さび形成部断面の観察結果から硫黄化合物、例えば硫酸などの生成による腐食状況とは様態が異なることから、さび中に分布していた硫黄は腐食に寄与していないと推測される。

なお、被試験体 E-7、ブランクバルク貯槽の母材中に検出された硫黄は硫化物系の介在物と推察され、腐食による生成物の可能性は低いと思われる。

位置	× 25	× 100	× 400
	①		
②			
③			



① ② ③

図 6.2.2-9 断面観察結果 ; A-1

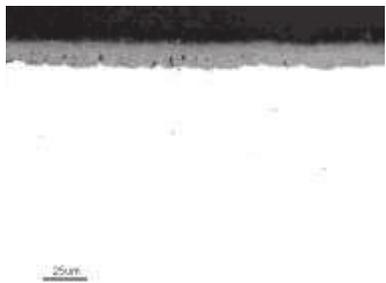
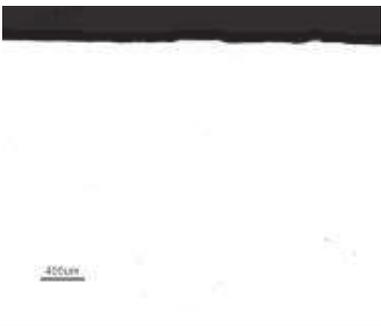
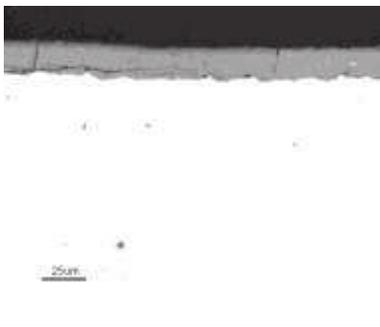
	位置	× 25	× 100	× 400
	①			
	②			
	③			

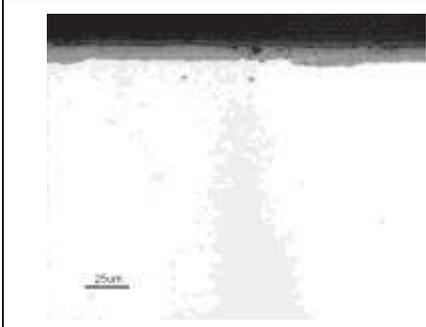
图 6.2.2-10 断面观察结果；A-4

位置	× 25	× 100	× 400
	①		
②			
③			



② ① ③

图 6.2.2-11 断面观察结果；A-5

位置	× 25	× 100	× 400
	①		
②			
③			

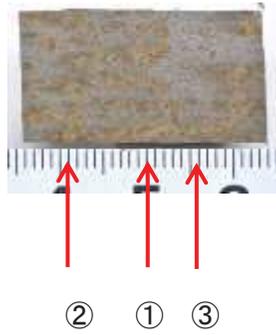
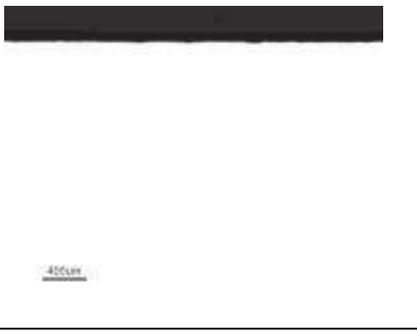
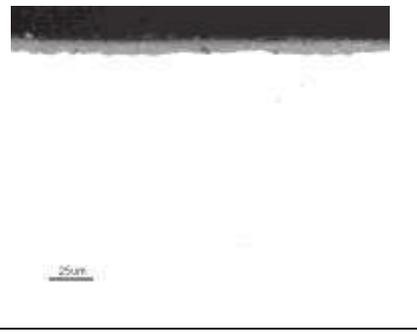
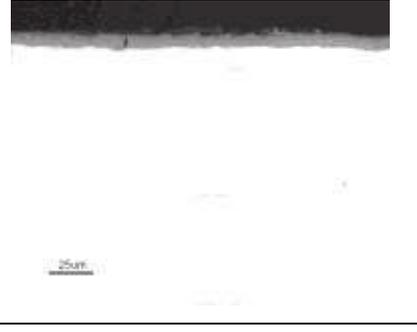


图 6.2.2-12 断面观察结果；E-7

位置	× 25	× 100	× 400
	①		
②			
③			

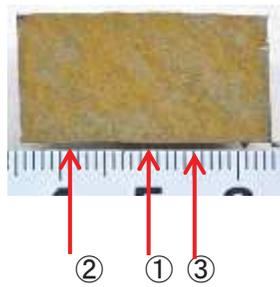


図 6.2.2-13 断面観察結果；blank

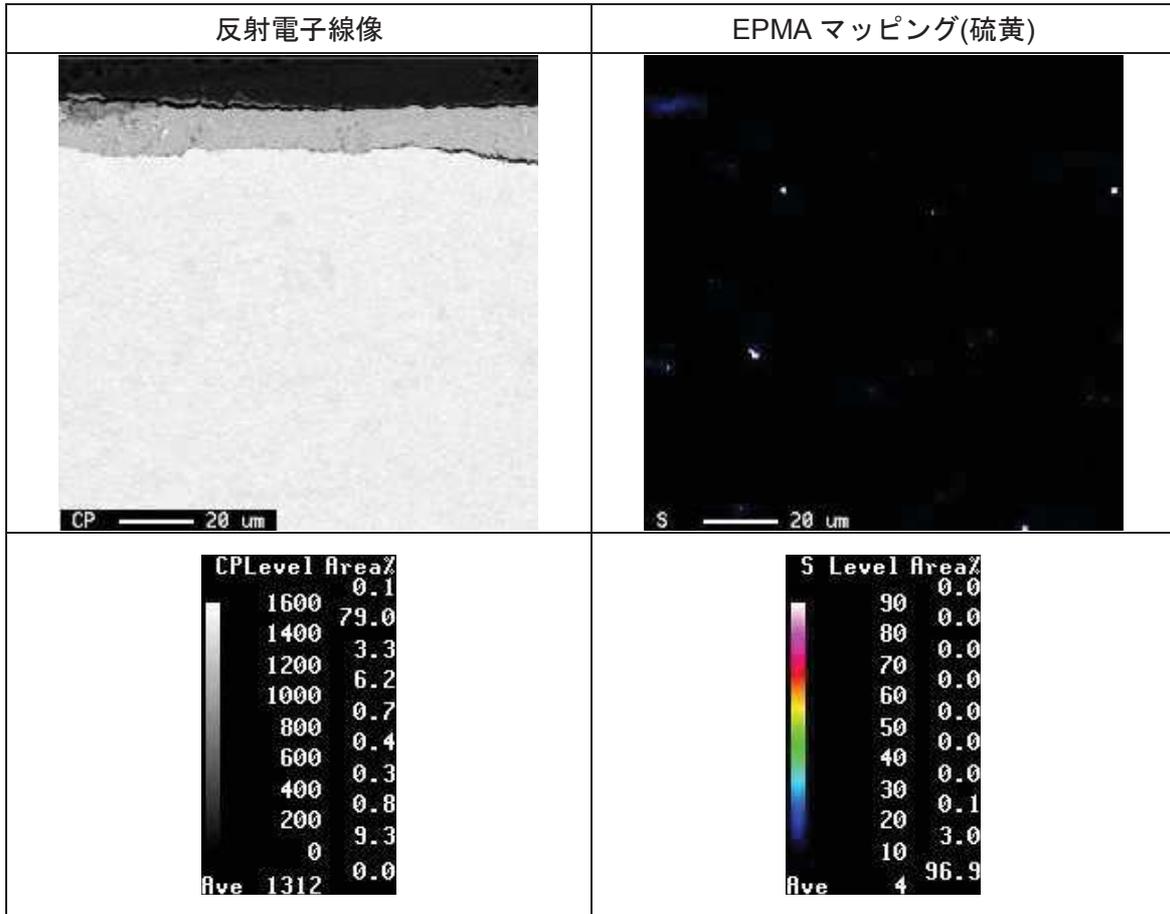


図 6.2.2-14 EPMA マッピング分析結果(A-1, 図 6.2.2-9①)

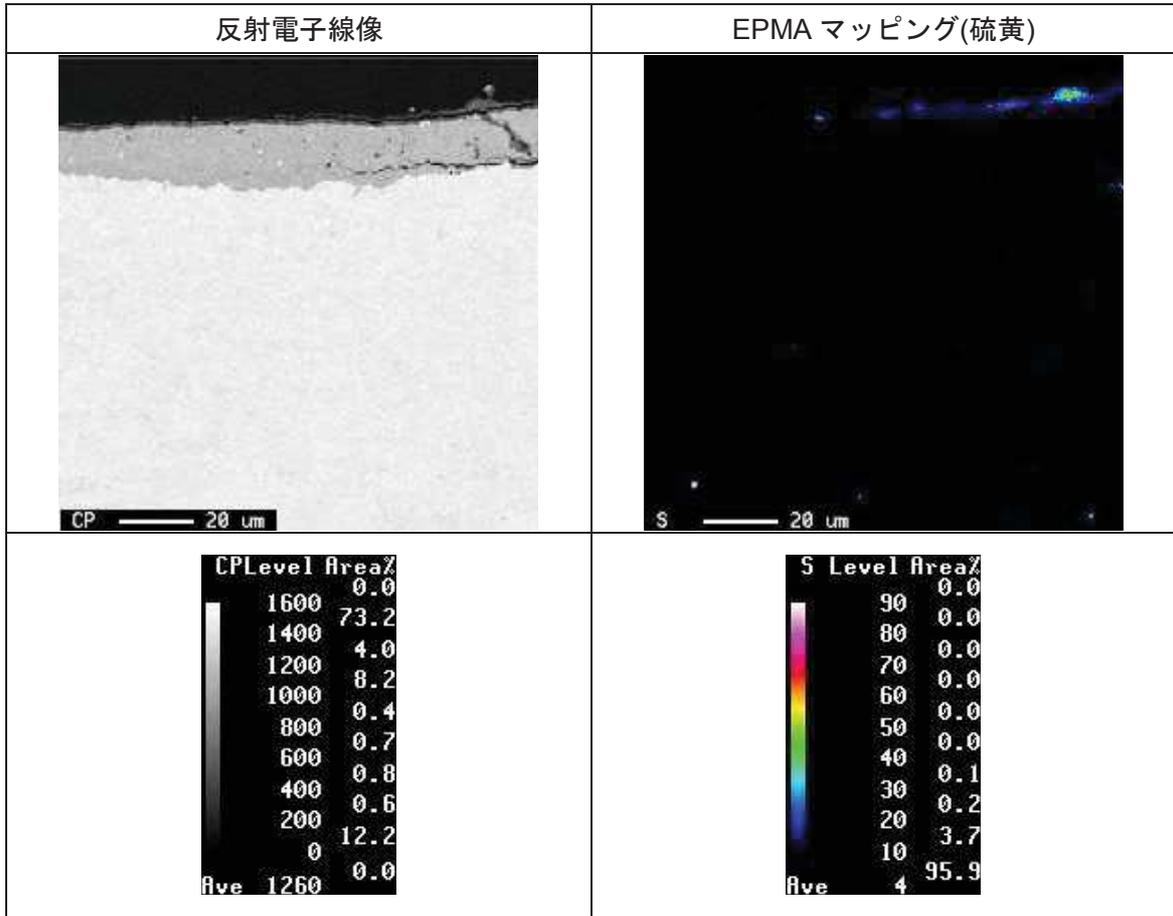


図 6.2.2-15 EPMA マッピング分析結果(A-4, 図 6.2.2-10①)

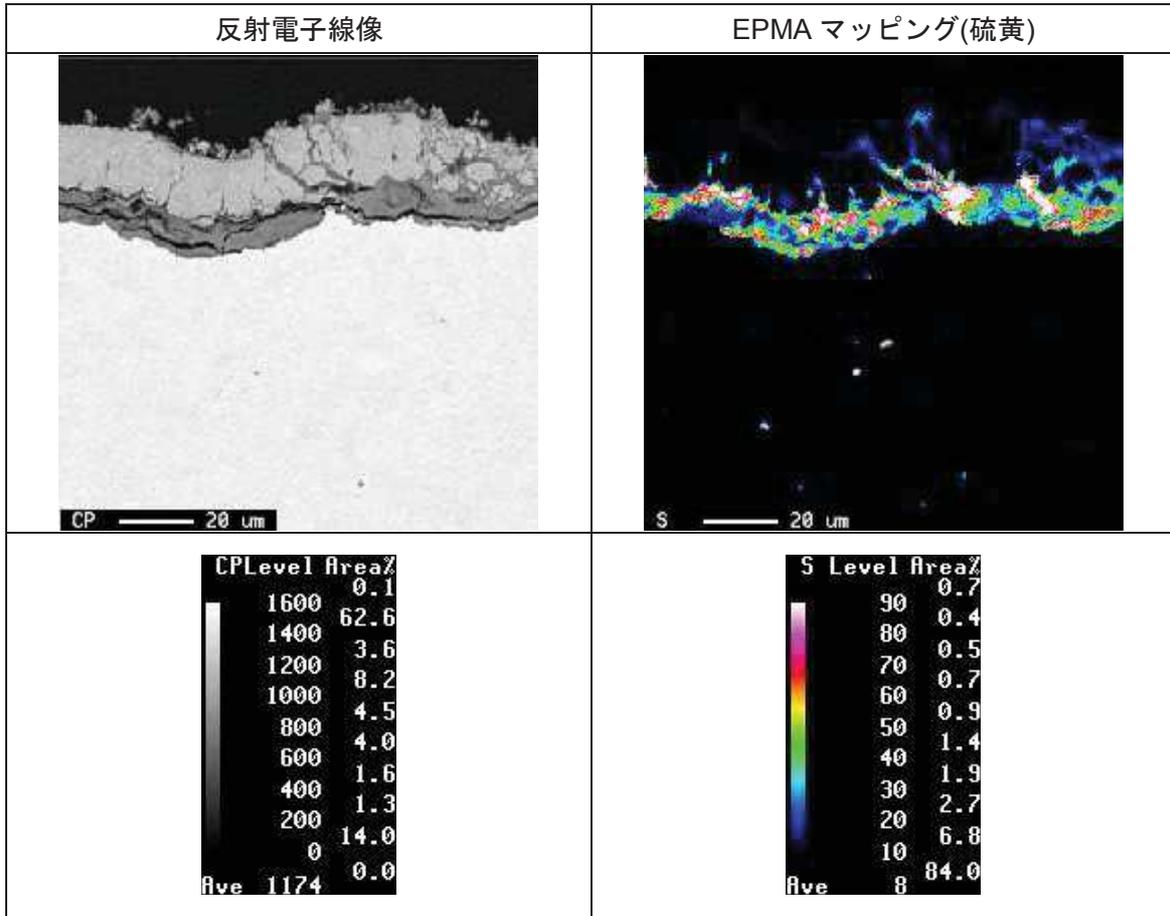


図 6.2.2-16 EPMA マッピング分析結果(A-5, 図 6.2.2-11①)

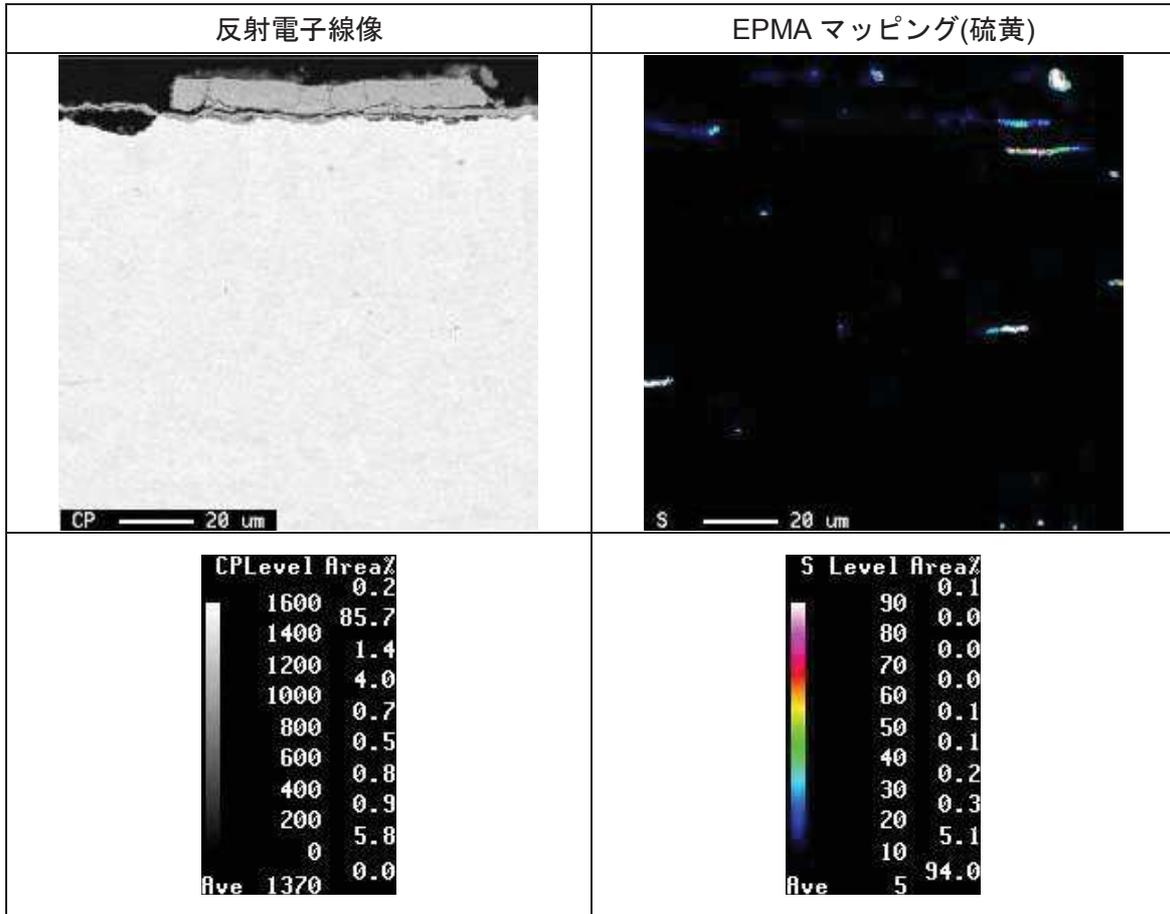


図 6.2.2-17 EPMA マッピング分析結果(E-7, 図 6.2.2-12①)

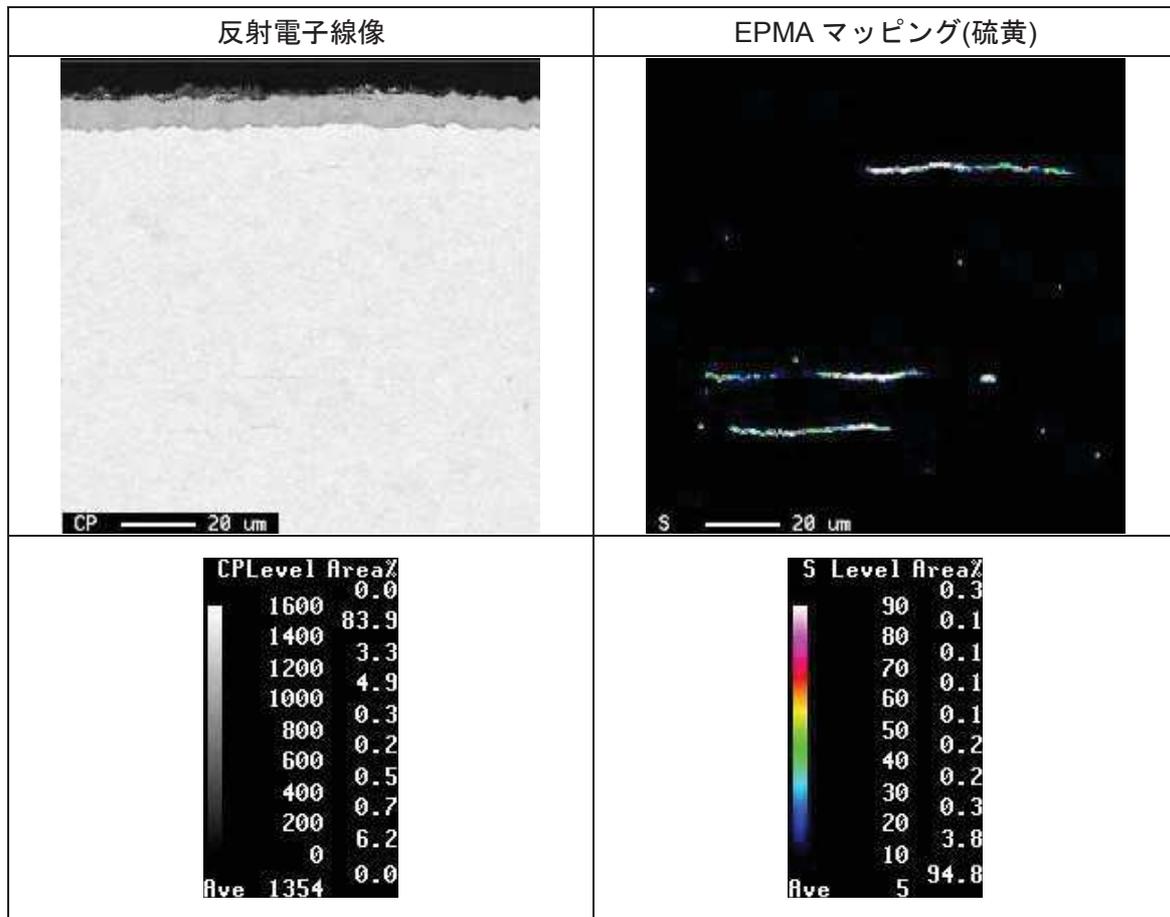


図 6.2.2-18 EPMA マッピング分析結果(ブランク, 図 6.2.2-13①)

#### 6.2.2.5 まとめ

平成 27 年度は、平成 26 年度に引き続きバルク貯槽の内部雰囲気と内部表面における経年劣化傾向との相関性を確認するため、経過年数 15 年程度であって消費先に設置されたバルク貯槽を被試験体として、残留ガスの成分分析及び腐食性試験を実施し、水分量、不純物成分（硫黄分、硫化水素等）の定量や銅板腐食試験による腐食性の有無について確認するとともに、経年バルク貯槽の内面のさび成分分析等を実施した。

残留ガス等の成分分析及び腐食試験の結果、硫化水素は検出下限値未満の濃度で、かつ、銅板腐食試験は 1a（KHKS0850-2 のクライテリア=1 以下）であり、残留ガスに腐食性はなかった。また、水分は充填用ガス中の成分量と同じオーダーであった。一方、分子量が大きい炭化水素成分（C5 から C50 まで）、可塑剤及び全硫黄は充填用ガス中の成分量と比較して数十倍程度又はそれ以上検出されており蒸気圧が低い成分の濃縮傾向が見られた。

次いで、被試験体の内部表面を観察した結果、経年バルク貯槽及びブランクバルク貯槽内部において浮きさび程度の軽微なさびがみられ、それらのさびを分析した結果、鋼板製造時のスケールと大気中・水中環境下で生成されるさびが存在していた。さびの断面を観察したところ、経年バルク貯槽においては、ブランクバルク貯槽と比較して最大で約 20  $\mu\text{m}$  減肉したと推定される箇所があり、当該箇所においてはさびの層に硫黄が存在していた。なお、生成されたさびの組成を調べたところ硫化物は検出されなかった。

以上の結果より、供用中における被試験体の内部は特に腐食が進行しやすい環境下にあったとは考えにくく、製造時の水耐圧試験等の影響により残存したわずかな水分及び酸素による腐食反応が供用初期にのみ進行したものと思われる。従って、個々のバルク貯槽による状況の差異は、その残存量、温度条件及び溶存酸素量（外気の微少流入による）などの違いに起因するものであったと推測できる。一般的に、溶存酸素を含む中性の水による鋼の腐食は主に下記のアノード反応／カソード反応の組み合わせで進行する。この腐食速度（湿潤環境での腐食速度）は、表面防食措置を施していない場合においては約 0.1mm/yr から 0.3mm/yr 程度である。

- (1) アノード反応： $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$                       (Fe の溶解)  
(2) カソード反応： $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$               (溶存酸素の還元)

LP ガスが充填された状態ではバルク貯槽内の酸素は少ないため、この腐食反応で消費されて溶存酸素の還元反応は起きなくなる。その後も水の還元反応による Fe の溶解は起きるが、この反応速度は極めて小さく数  $\mu\text{m}/\text{yr}$  以下といわ

れている<sup>1)</sup>。なお、残留ガス成分として高濃度で検出されており、さび成分中に含まれていた硫黄は水と酸素が存在する環境では硫酸イオンなどの腐食因子となる可能性があり、この硫酸イオン濃度が高くなると酸性になり、上述の水の還元反応による腐食速度も大きくなることが考えられる。しかしながら、酸素が消費された後は硫酸イオンも生成されず、腐食速度は小さくなる。供用中におけるバルク貯槽内部の酸素及び硫化物の影響による腐食生成物はほとんど検出されなかったことからこの硫黄成分が発せいに関与していた可能性については、否定できると考えられる。一方で、残留ガス中の水分量は、使用環境条件によっては確実に遊離水分が発生していないとは言えないものの、水分量と内部表面のさびの程度に相関は見られず、バルク貯槽内における水分が遊離し、腐食反応に寄与していることはないと思われる。

従って、開放履歴がなく、供用中において外部空気の混入がなかったと考えられる被試験体の腐食は、製造段階における大気環境条件下でのさび生成と製造段階において混入したと思われる水分及び酸素が上記の腐食反応により消費されるまでのさび生成によるものであり、供用中においては、内部表面の腐食はほとんど進行しないものと予測される。

#### 参考文献

- 1) 高レベル放射性廃棄物の地層処分容器材料の腐食寿命評価  
まてりあ第 39 巻 第 4 号(2000)  
谷口直樹、本田明

### 6.2.3 告示検査方法の合理化に関する検討

本調査研究では、バルク貯槽の経年劣化傾向を踏まえ、告示検査における適切な開放周期の考え方を整理しているところであり、経年劣化調査はその一環として実施しているものである。

平成 27 年度はこれまでに引き続き、経過年数 15 年程度の経年バルク貯槽 7 基を被試験体として、目視及び非破壊検査による内外部表面の経年劣化実態調査を行ってきたが、その結果は平成 26 年度までの結果と同様であった。バルク貯槽の外部表面については、打痕きずなどから進行した腐食減肉が塩害地で多数確認されたが、内部表面に関しては、特段、地域特性に左右されることなく、各被試験体とも浮きさび程度の発せいが確認されたものの、さびこぶ、腐食減肉、割れ等、継続使用に影響のある有害な欠陥は全く検出されなかった。以上より、バルク貯槽の内部と外部とでは劣化モードが明らかに異なることから、バルク貯槽の経年劣化傾向に関しては内部と外部とを切り離して別々に議論しても差し支えないものと考ええる。

バルク貯槽の外部に関しては、開放せずとも目視により経年劣化の状況をいつでも確認できることから、実際に開放周期の検討を行う上で重要となるのは、バルク貯槽の内部の経年劣化傾向であるといえる。内部腐食等の経年劣化については幾つかの要因が考えられるが、一義的には LP ガスの充填を繰り返し行ったときに蓄積される水分や不純物成分などを含むバルク貯槽の内部雰囲気最も影響しているものと思われる。

また、バルク貯槽の内部雰囲気と内部表面における経年劣化傾向との相関性を確認するため、経過年数 15 年程度であって集合住宅、年間 LP ガス消費量が多い業務用施設及び年間 LP ガス消費量が少ない一般住宅に設置されたバルク貯槽を被試験体として、残留ガス等の成分分析及び腐食性試験を実施し、水分量、不純物成分（硫黄分、硫化水素等）の定量や銅板腐食試験による腐食性の有無について消費量別に確認するとともに、ブランクバルク貯槽の内部表面状況を基準として、残留ガスのサンプリング対象となった経年バルク貯槽の内部表面におけるさび成分分析等を実施した。

その結果、硫化水素は検出下限界未満、銅板腐食試験は 1a（KHKS0850-2 のクライテリア=1 以下）であったことから被試験体の内部雰囲気は特に腐食が進行しやすい環境下にあったとは考えにくい。また、さび成分の分析結果及びさび断面の観察結果等を勘案すると、経年バルク貯槽の内部表面に生じたさびに関しては、製造時に生じたさびからの進行は見られるものの、その程度については 15 年程度の供用期間において数十  $\mu\text{m}$  と非常に軽微なものであり、製造時から供用前までに混入した水及び酸素により供用初期においてにわずかに腐食反応を進行したものであると考ええる。

経年バルク貯槽内部雰囲気は腐食環境にないと言えるが、一方で、可塑剤、着臭剤成分、炭素鎖が長い成分等の低沸点成分の濃縮傾向は顕著であり、今後、別途検討が必要と思われる。

以上の調査結果に従って、次回検査の効率化の可能性については、以下のとおり現状を鑑みて提案を取りまとめた。

なお、バルク告示及び告示検査関係基準に関しては、製造後 20 年以内に実施する初回検査又は 20 年程度の使用実績を有するバルク貯槽を廃棄する際における内部表面の腐食状況等を確認し、本年度までに実施した実態等調査の結果と整合性があることを把握した上で、以下の提案事項に基づく見直し・改正を実施することが妥当であると考えられる。

#### 【現状】

- ① バルク貯槽の告示検査は、製造後 20 年以内に行う初回検査以降は 5 年周期で行う必要がある。
- ② 告示検査は基本的に外面検査を中心とした内容で構成されているが、バルク貯槽の鋼板の厚さ測定についてのみ KHKS0745 において測定前に「バルク貯槽内面の目視確認」を行うよう規定しているため、次回検査以降もバルク貯槽は開放して目視確認を行うことになる。
- ③ 一方、高圧ガス保安法が適用される LP ガス貯槽に関しては、保安検査基準 KHKS0850-2 において、腐食のおそれがある水分や不純物成分が含まれていない LP ガスを貯蔵する場合は、開放検査周期を 10 年とすることができる。ここで、貯槽の気密試験は、開放した場合にあっては常用の圧力以上の圧力で危険性のない気体を用いて実施し、開放しない場合にあっては運転状態の圧力で運転状態の高圧ガスを用いて行われている。
- ④ 告示検査を行う場合、初回検査時は附属機器も検査期限を迎えるため必ず開放することになるが、このとき次回検査時の作業負荷の低減、期限管理の簡略化・省力化を目的として附属機器を全て新品に取り替え、附属機器に対しては改めて検査周期を 20 年とする運用が大勢を占めるものと思われる。この場合、次回検査ではバルク貯槽内面の目視確認のためだけに開放しなければならないことになる。

#### 【提案】

- ① 初回検査後のバルク貯槽内部の雰囲気を可能な限り製造後の内部雰囲気に合わせることを前提として、開放後 10 年間のうちに進行するバルク貯槽内面の経年劣化が実態調査の結果と同程度進行するものと仮定し、これを許容することで、初回検査以降の開放周期を 10 年に設定し、次回検査の際の内面の目視

確認を不要とすることは可能か。

→ 「バルク貯槽内面の目視確認」は、厚さ測定を外面から行う際に、バルク貯槽内面に腐食減肉等の欠陥がないことを確認すべく実施するものであるが、バルク貯槽内面については、平成 22 年度から平成 27 年度までに実施した経過年数 10 年から 15 年程度の経年バルク貯槽約 60 基を対象とした経年劣化調査の結果、各被試験体とも浮きさび程度の発せいは確認されたものの、さびこぶ、腐食減肉、割れ等、継続使用に影響のある有害な欠陥は全く検出されなかった。また、製造時からの腐食減肉はほとんどないことが結論付けられた。

→ バルク貯槽内面における発せいは、外的要因ではなく内部雰囲気による影響が支配的と考えられることから、バルク貯槽内に充填されている LP ガスの成分が大きく関係するものと考えられる。平成 27 年度は、経過年数 15 年程度で集合住宅、業務用施設及び一般住宅に設置されていた経年バルク貯槽（7 基）を被試験体として、LP ガス消費量別に充填 LP ガスの成分分析等を行ったが、LP ガス消費量によるガス成分濃度の有意な変化は見られず、いずれも水分量などは腐食に寄与するレベルになく、併せて実施した銅板腐食試験の結果においても腐食性がないとの結論が得られた。

② 附属機器の装脱着については、その際に大きな負荷がかかり変形又は損傷による耐圧・気密性能の低下や機能障害を招くなど、附属機器の健全性を損なうおそれが生じるため、開放周期を 10 年とする場合、開放検査後の次回検査において実施する気密試験は、バルク貯槽を開放しない場合に限りバルク貯槽内の LP ガスの圧力による漏れ試験（自圧漏えい試験）とすることはできないか。

→ この理由としては、気密試験を実施する主な目的はバルク貯槽と附属機器との接続部からの漏れであり、装脱着を伴わないのであればわざわざ気密試験を行う必要はないのではないかとの考えによる。



## 6.3 社会情勢の変化等に対応した技術基準等の見直しに関する検討

### 6.3.1 概要

民生用バルク供給システムは、LP ガスの配送の合理化及び供給システムの保安水準の向上を目的として導入されたものであったが、近年では、想定を超え多発する地震、集中豪雨などの自然災害発生時における LP ガスの安定供給に資するシステムとしても注目されているところである。日本国内においては液石法施行規則の技術基準によって、バルク貯槽の設置は地盤面上又は地盤面下に対して行うことが前提となっているため、建物屋上への設置（以下「屋上設置」という。）に関する事例は存在しない。このように前例のない条件の下、我が国のバルク供給システムへ反映することが可能かを適切に判断するためには、まずは屋上設置を許容している諸外国の技術基準等を対象に技術的側面から安全性に係る調査・検証を行い、屋上設置の国内適用の妥当性について議論する必要がある。

以上より、6.3.2 から 6.3.4 までに示すとおり、バルク貯槽の屋上設置について、現に許容している米国における規格作成団体や LP ガス関連団体等を対象とした訪問調査を行い、屋上設置に係る技術基準の制定根拠や設置プロセス及び設置実績等についてヒアリング、現地調査を行った。また、米国以外の先進諸国において規格作成団体や LP ガス関連団体等を対象として屋上設置に関する基準又は事例の有無などの情報収集を行ったうえで訪問調査を行い、その運用実態等を把握し、屋上設置に係る技術的要件等の整理及び論点整理を行った。

## 6.3.2 調査内容等

米国及び欧州におけるLPガス関連団体等を対象として訪問調査を行い、屋上設置に関する基準及び運用実態等についてヒアリングを行った。訪問先の機関及び内容について6.3.2.1及び6.3.2.2に示す。

### 6.3.2.1 米国調査

米国におけるLPガス供給システムに係る規制は、各州によって設置環境や気象条件が異なることから、州ごとに行われているところである。この規制体系下において、バルク供給を含むLPガス供給システムに係る技術基準には米国消防協会（以下「NFPA」という。）のNFPA58“Liquefied Petroleum Gas Code”が採用されている。NFPA58は完全な民間規格ではあるが米国の全ての州で採用されているところである。NFPA58では、LPガス貯蔵設備の規格として、DOT（米国運輸省）規格とASME（米国機械学会）規格の2種類があり、適合規格に応じて設置方法が規定されている。

ASME規格に適合するバルク貯槽の屋上設置に関しては、NFPA技術委員会のメキシコの委員からの提案がきっかけとなり、1998年版のNFPA58から認められるようになった。当時のNFPA技術委員会の指摘により、メキシコの基準をそのままトレースするのではなく、設置できる建物を耐火建築物に限定するなど、幾つかの条件を付してNFPA58に導入されることになった。

以上の経緯を踏まえて、平成26年度において、NFPA58のバルク貯槽屋上設置基準に関する内容について翻訳調査を行い、基準内容及び運用に関する疑問点を抽出するとともに、国内規制との比較検討を行った。

本年度においては、基準内容及び運用に関する疑問点を明確にするべく、表6.3.2-1に掲げる機関に対する訪問調査を行った。米国におけるバルク貯槽屋上設置に関する運用及びNFPA58の屋上設置基準に関する調査項目は以下のとおりである。

(1) 米国におけるバルク貯槽屋上設置実績

(2) バルク貯槽屋上設置に関する許可体系（NFPA58 6.6.7.2）

消防部署(Fire department)及び管轄権を有する当局（Authority Having Jurisdiction, 以下「AHJ」という。）の許可が必要であるが、その申請順序及び事後検査などが不明である。

(3) 保安距離

バルク貯槽を屋上に設置する場合には、保安物件の上に供給設備を設置することとなり、保安距離を確保できないと考えられる。

(4) 充填ラインの設置基準（NFPA58 6.6.7.2(F)~(H),(Q),(R)）

屋上から管を延長して充填口を地上付近に設ける場合の規定において、液封防止対策、均圧ラインの設置を想定したものと思われる規定は存在するが、設備施工上、実際どのような措置を講じているのか。

(5) 火災安全解析 (Fire Safety Analysis, FSA) の運用(6.6.7.2(S))

火災安全解析 (以下「FSA」という。)を実施することが規定されているが、その内容に関する基準がない。

表 6.3.2-1 実態調査訪問先

月日 (曜日)	訪問先	地域
6月19日 (金)	NFPA	ボストン
6月22日 (月)	全米LPガス協会 (NPGA)	ワシントンD.C.
	プロパン教育・研究協議会 (PERC)	ワシントンD.C.
6月23日 (火)	ガス事業者	ワシントンD.C.

※訪問先団体等について

① National Fire Protection Association(NFPA)

NFPAは、1896年に設立された世界に75000の会員を有する非営利組織である。主な活動は、火災による災害により人的、物的及び経済的損害を防ぐために基準を作成することである。現在300以上の基準、研究成果等を発信している。

② Propane Education & Research Council(PERC)

PERCは、1996年に制定された”Propane Education & Research Act”(Public law 104-284、104th Congress)によりその位置づけが示され、1997年に設立された協会である。主な活動は、法に基づき、LPガス事業者及び消費者の安全教育に資する資料の作成並びにLPガスの効果的な利用に資する調査及び研究を行っている。活動資金は、事業者から徴収しており、各事業者がLPガスを取り扱う量(着臭したガスの量)に基づき徴収(0.5セント/gal)している。

③ National Propane Gas Association(NPGA)

1912年に設立された全米のLPガス事業者の団体である。米国50州でLPガス、LPガス設備の製造事業者及び小売り事業者など約2,800社の会員を有し、38の州のLPガス協会を傘下におく。主な活動は、LPガス産業の保安と合理化に資する基準、コードの作成を行っている。

④ AmeriGas

AmeriGasは全米に販売拠点を有する大手LPガス事業者。親会社のUGIは米国内のLPガス小売り事業に加え発電、都市ガス(天然ガス)事業を行い、欧州でのLPガス小売り事業を展開している。

### 6.3.2.2 欧州調査

6.3.2.1 の米国調査に引き続き、民生用の用途において LP ガスが先進的に普及している欧州における屋上設置基準及び実態について訪問調査を行った。なお、欧州調査における訪問先の選定にあたって、主要各国の LP ガス供給技術基準の整備機関並びにバルク貯槽屋上設置基準の有無及び設置実績等について事前調査を行った。その結果、スペインにおいて屋上設置が認められており、現に貯槽を屋上に設置していることがわかった。一方で、イギリスにおいては、貯槽の屋上設置について明確に禁止していることがわかった。また、その他周辺各国においては、政府の規制等において当該設置について明確な規制はなく、しかしながら、設置例はないものと思われる。

以上のことから、表 6.3.2-2 に掲げるとおりスペイン、イギリス及び周辺各国の事業者又は団体等に訪問し、ヒアリングを行った。

表 6.3.2-2 実態調査訪問先

訪問先等	
ヨーロッパ LP ガス協会 (AEGPL) ※世界 LP ガス協会(WLPGA)の 技術部門も担当	マンチェスター
UKLPG	
Repsol 移動 (スペイン→フランス)	マドリード
フランス LP ガス協会(CFBP) 移動 (パリ→ドイツ)	パリ
ドイツ LP ガス協会(DVFG)	ベルリン

※訪問先団体等について

(1) AEGPL (本部；ブリュッセル、ベルギー)

- ① 構成：欧州各国の LP ガス協会、LP ガス事業者、LP ガス機器メーカー等 45 社
- ② 活動：欧州委員会のエネルギー、環境政策等を業界へ周知徹底、業界の要望提出等
  - ・ LP ガスに関する ISO、CEN、UN 等欧州統一規格の改善要望、検討等
  - ・ 欧州各国の規制状況及び業界要望の把握

(2) 各国 LP ガス協会

- ① UKLPG (本部；ワーウイックシャイアー、イギリス)

- 1) 構成：LP ガス製造者、LP ガス流通業者、機器製造事業者、LP ガス自動車関連業者等
  - 2) 活動：LP ガス関連の安全技術基準(Code and Practice)作成・発行
  - ② CFBP（本部；パリ、フランス）
    - 1) 構成：LP ガス製造事業者、流通事業者、機器製造事業者等
    - 2) 活動：LP ガスに関するフランス基準(CFBP guidance)の作成・発行及び欧州基準、国際基準の見直しなどに積極的に参加並びにLP ガス事業者等のトレーニング
  - ③ DVFG（本部；ベルリン、ドイツ）
    - 1) 構成：LP ガス製造事業者、LP ガス流通事業者、機器製造事業者等
    - 2) 活動：LP ガス関係の技術基準（TRF）の作成・発行及びLP ガス事業を安全・効率的に行うための研究開発及び市場開発に必要な新技術の情報発信
- (3) Repsol（マドリード、スペイン）
- ① 構成：スペイン最大手の石油、LP ガス事業者（石油とガスの複合多国籍企業）  
世界 10 大石油企業の 1 つで、28 カ国に活動拠点を有する
  - ② 活動：原油の元売り・精製、石油製品の製造、LP ガスの元売りから小売りまで担う中南米における最大のエネルギー関連企業である。  
世界 LP ガス協会(WLPGA)を介して、欧州においてバルク貯槽の屋上設置が可能な国及び実際に設置している事業者を調査したところ、スペインが設置可能な国として該当し、当該事業者の LP ガス小売り部門において実際にバルク貯槽を屋上に設置していることがわかったため訪問。

### 6.3.3 調査結果

#### 6.3.3.1 米国調査

米国におけるヒアリング調査の結果を次の(1)から(5)までに示す。

##### (1) 米国におけるバルク貯槽の屋上設置実績

NFPA58 におけるバルク貯槽の屋上設置は、メキシコ LP ガス販売事業者協会からの提案により、1998 年の NFPA58 の改正において基準化されたが、訪問した 4 者においては、いずれも米国でのバルク貯槽の設置実績は把握していないとの回答を得ており、設置事例は無いと考えられる。

NFPA の回答として、米国では以下により屋上に設置していないのではないかとのことであった。

- 降雪対策による屋根の傾斜

○ LP ガス供給地域における容易な設置スペースの確保

一方で、メキシコのガス利用形態としては、図 6.3.3-1 に示すとおり、民生用において導管によるガス供給方式の普及率が低く、LP ガスが主として利用されている。また、都市部においては、バルク貯槽を設置するスペースも限られており、これらのことからバルク貯槽の屋上設置が常態化しているようである。

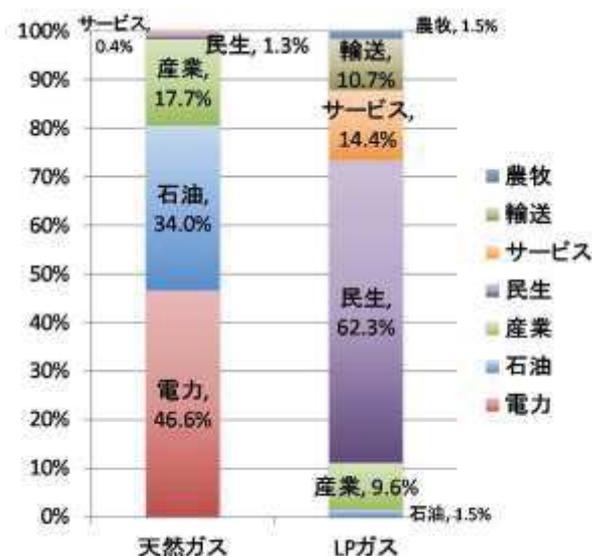


図 6.3.3-1 メキシコ国内の天然ガス／LP ガス需要構造 (2012)

【出典】： エネルギー省， 天然ガス・LP ガス展望

2013-2027(PROSPECTIVA DE GAS NATURAL Y GAS L.P. 2013-2027)

なお、容器によるLP ガスの屋上での使用は、NFPA58 において緊急時又は工業用における一時的な利用用途に限定されており、LP ガスの消費について、ある一定の経験がある者が取扱うこととされている。

(2) バルク貯槽屋上設置に関する許可体系 (NFPA58 6.6.7.2)

NFPA58 においては、消防部署及び AHJ に許可申請を行い、両方の許可を受けた後に設置できることのみを定めているとのことであった。また、設置後の検査については、消防部署が NFPA58 及び許可当局が定める基準を満足しているかどうかを現地にて検査するようである。

許可申請のフローは定めておらず、また、前記(1)に示すとおり実績がない。しかしながら、米国の各州において、LP ガスの設置に係る AHJ は概ね消防部署であり、LP ガス事業者は各地域の消防部署に NFPA58 の基準を満足していることを前提に申請書類を提出している。まれなケースとして、北カロライナ州においては、州政府の農業省 (State Department of Agriculture) が

AHJであるものの、その場合であっても現地の消防部署の意見が強く尊重されるようである。

また、NFPA58をLPガスの設置基準としている各州において、各地域の環境等を鑑み、当該基準を最小限の要求としつつも規制の追加又は緩和を各市町村のAHJの判断により実施しており、消防部署の権限が比較的大きいようである。

各地域のAHJである消防部署が判断できない案件は、町から市、市から州のように、州を最大とした管轄内における上位の消防部署に許可申請が上っていく仕組みとなっている。

### (3) 離隔距離

米国における保安距離の解釈においても、バルク貯槽と保安物件との離隔距離は0mとなるが、その要件を担保するため、屋上にバルク貯槽を設置する建築物の壁等の建築構造はNFPA220に規定する2時間耐火性能以上を要求している（表6.3.3-1）。この耐火性能を有する建築物については、NFPA等へのヒアリングから回答は得られなかった。

NFPA58に規定される保安物件としてはNFPA58 Handbook 2014 Editionの解説において、物件の再調達価格、内容物の価値及び人が集まる建物を対象としており、バルク貯槽を屋上に設置しうる戸建て住宅、集合住宅及び商業施設等も保安物件と見なされる。保安物件とバルク貯槽との離隔距離については、日本のように保安物件を第1種及び第2種と区分せず、貯蔵能力のみで規定している。

また、NFPA58においては、屋上に設置できるバルク貯槽の一基あたり及び一箇所あたりの貯蔵能力は規定しているものの、一床面あたりの最大量は規定しておらず、規定の距離を有することで複数箇所への設置が可能である。

表 6.3.3-1 NFPA220 建築構造物の各部位に求められる耐火性能（時間）

NFPA220 分類		Type I		Type II		
		442	332	222	111	000
IBC/IFC 分類		—	Type I		Type II	
		—	A	B	A	B
耐力壁 —外壁	1以上の床、柱、他の耐力壁を支持	4	3	2	1	0
	1の床のみ支持	4	3	2	1	0
	屋根のみ支持	4	3	1	1	0
耐力壁 —内壁	1以上の床、柱、他の耐力壁を支持	4	3	2	1	0
	1の床のみ支持	3	2	2	1	0
	屋根のみ支持	3	2	1	1	0
柱	1以上の床、柱、他の耐力壁を支持	4	3	2	1	0
	1の床のみ支持	3	2	2	1	0
	屋根のみ支持	3	2	1	1	0
梁等	1以上の床、柱、他の耐力壁を支持	4	3	2	1	0
	1の床のみ支持	2	2	2	1	0
	屋根のみ支持	2	2	1	1	0
床-天井アSEMBリ		2	2	1	0	1
屋上-床アSEMBリ		2	1.5	1	0	0
非耐力壁—外壁		0	0	0		0
非耐力壁—内壁		0	0	0	0	0

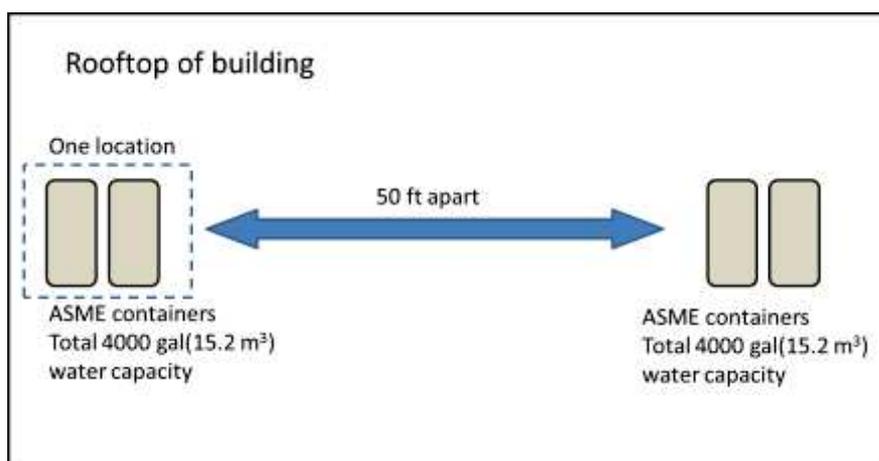


図 6.3.3-2 複数箇所におけるバルク貯槽の屋上設置

#### (4) 充填ラインの設置基準 (NFPA58 6.6.7.2(F)~(H),(Q),(R))

##### ① 充填口の高さの規定について

(地上より 8ft(2.4 m)以上高い位置であること)

メキシコからの要望をそのまま基準化している。定量的な高さの理由については NFPA として把握していないものの、一般大衆が容易に操作できないようにし、かつ、充填作業の大幅な妨げとならないよう 8ft(2.4m)と設計したものではないかと理解しているようである。

##### ② 液封防止について

NFPA58 において液放出バルブ(Hydrostatic relief valve)の設置を規定しており、配管内の液封は担保されている。なお、当該規定において、液放出バルブの設置場所及び液放出場所について規定していないが、NFPA によると屋上においては、屋外であることから大気への放出を認めており、メキシコにおいてはバルク貯槽の付近に設置しているようである。

##### ③ 均圧ラインの設置について

NFPA58 において、均圧ラインの設置は規定していない。6.6.7.2 (R)では液ラインとガスラインを色分けして、かつ、明示する事を求めているが、この部分は単にマーキングについて述べているに過ぎず、均圧ラインを設ける規定ではない。

また、プロパンの液比重を 0.508 として 30ft(9 m)の高さを考慮した差圧は 6.6psi (0.046Mpa) と僅かであり、摩擦による圧力損失を考慮してもローリーのポンプ能力で十分対応できるとのことであった。

##### ④ 地上 23ft(7m) 以上で充填ラインを必要とする根拠について

①と同様にメキシコからの要望をそのまま基準化している。NFPA によると、屋上に設置したバルク貯槽への充填作業は、充填ホースを屋上まで運び、そのまま充填する方法も規定されているが、充填作業時におけるホース重量による継手部分等にかかる負荷及び作業性を考慮して、高さを制限したものと考えられる。

#### (5) FSA (火災安全解析) の運用(6.6.7.2(S))

FSA は、地上設置式等においても容量 4000gal(15.2 m<sup>3</sup>)以上のバルク貯槽を設置する場合に要求されている。これは、火炎暴露等による設備への影響を評価し、その結果により、安全に設備を設置するに当たって NFPA58 の規定のみでなく、追加で適切な対策(Special protection 6.27.5)を実施する必要があるためである。火災安全解析の目的は設備設置についての可否を下すものではなく、どのような対策をすべきかを施主及び AHJ に提示するものである。また、新規設置のみではなく、変更があった場合においてはその都度 FSA を実施する。

PERC、NPGA 及び NFPA が FSA のマニュアル（別添）を作成しているものの、屋上設置の場合、前述のとおり設置事例がないことからマニュアルは適用されず、当該アセスメントの妥当性は AHJ（主に消防部署）が判断する事になる。

屋上設置以外の場合においても、通常、許可申請を行う事業者の従業員が実施するのでは無く、外部の Professional Engineer と業務契約を結び FSA の作成を依頼しているのが実態である。

#### 6.3.3.2 欧州調査

欧州における調査の結果を次の(1)から(5)までに示す。

##### (1) バルク貯槽の屋上設置に関する基準の有無等について

欧州連合（EU）の高圧ガス保安規制において、圧力容器の製造規格等については欧州圧力機器指令（Pressure Equipment Directive, PED）や欧州危険物国際道路輸送協定（European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road, ADR）などの欧州規格を採用している一方で、設置基準、供用中の管理、再検査、定期点検及び緊急対応等の保安規制については基本的に各国の規制により異なっており、バルク貯槽の屋上設置についても EU レベルでの規制はない。

訪問先の各国におけるバルク貯槽屋上設置は、フランス、イギリスにおいては法的に規制されていた。禁止国においては以下の理由により規制がなされているとのことであった。

- ①LP ガスは空気より重く、バルク貯槽からガスが漏えいした場合において下層階開口部からの漏えいガスの流入、排水配管から地表へのガス流入等のリスクがあるため
- ②設置した建築物自体において火災が発生した際の輻射熱によるバルク貯槽内圧上昇等の影響が懸念されるため

また、ドイツにおいては法的に規制されていないが現在の設置事例はなく、屋上設置基準もなかった。なお、ドイツ及びギリシャにおいては過去に屋上に設置した事例があったが、いずれの国でも現存の設置事例はなく、またギリシャにおいては屋上設置が規制されている。一方で、スペインにおいては設置が認められており、スペイン規則（UNE）によりその基準が規定されている。

バルク貯槽の屋上設置規制について WLPGA を通じてヨーロッパ各国に照会した結果、回答があった国の規制状況を表 6.3.3-2 に示す。

表 6.3.3-2 ヨーロッパ各国におけるバルク貯槽屋上設置規制状況

設置禁止国	規制・設置基準なし	設置基準・事例あり
フランス、トルコ、ベルギー、ギリシャ、ポルトガル、アイルランド、英国	ハンガリー、オランダ、ドイツ	スペイン、スロベニア

※スペインについては後述する。スロベニアの設置例は次図のとおり。



図 6.3.3-3 スロベニアにおける設置例 Koper Ruda

## (2) スペインにおけるバルク貯槽屋上設置箇所

スペインにおいては、バルク貯槽を地上に設置するスペースが十分取れないような地域でバルク貯槽を屋上に設置しており、そのほとんどは丘陵地などの場所にできた集落の住宅等に設置しているようである。なお、バルク貯槽の設置方法は、同一地域においても屋上設置及び地上設置の両方がありスペースが確保できる場所では地上に設置しているとのことであった。

設置事例及び訪問先における設置例を図 6.3.3-4 に示す。

設置例①



地上充填口

図 6.3.3-4 バルク貯槽屋上設置例

(3) スペインにおけるバルク貯槽の屋上設置基準等

スペインにおいて、LP ガス設備の設置基準はスペインの国家規則（UNE）に規定されており、バルク貯槽の設置基準は UNE60250 に規定されている。バルク貯槽を屋上に設置する場合においては米国とは異なり、当局による設置許可手続きはなく、行政機関による完成検査はないが、UNE60250 基準に適合していることを有資格者検査員（OCA）が確認した後でなければ設備の使用はできない。

UNEによるバルク貯槽屋上設置基準は、次の①から⑨までに示すとおりである。また、事業者が追加している自主基準を⑩から⑫までに示す。

- ① 屋上に設置するバルク貯槽の容量は5m<sup>3</sup> (貯蔵能力約2t)以下
- ② バルク貯槽を屋上に設置しようとする建物の屋根構造は2時間耐火性能 (RF-120)を有し、火災の際に部材が燃焼を促進するものでなく又発煙も限られたもの(UNE-EN13501-1に規定するA2FL-S2)
- ③ 建屋の強度は、設置するバルク貯槽の最大荷重に十分耐えられること
- ④ ピット及び排水口等の漏えいしたLPガスが滞留しやすい構造までの距離は、地上設置式の2倍の距離
- ⑤ 煙突までの距離は、6 m以上
- ⑥ 屋上に設置するバルク貯槽の外面から敷地境界まで1.25m以上

※その他の離隔距離については、UNEに規定されるバルク貯槽を地上に設置する際の基準と同様であり、次の表6.3.3-3に示すとおりである。

表 6.3.3-3 バルク貯槽の離隔距離

	2Do <sup>1)</sup>	Dp <sup>1)</sup>
バルク貯槽外面から火気 (Fire Safety Distance around the tank)		0.6
フェンス (Fence Distance)		1.25
開口部のない壁 (Minimum Distance to walls without openings)		0.6
敷地境界、窪地、ピット、排水口、着火源 (Minimum Distances to the limit of property, depressions, pits, culverts, drains or ignition sources.)	6	2
公共建物までの距離 (Minimum Distances to Public Buildings or Competitors)	12	

1)  $D_0$ 及び $D_p$ の算出方法は図6.3.3-5のとおり

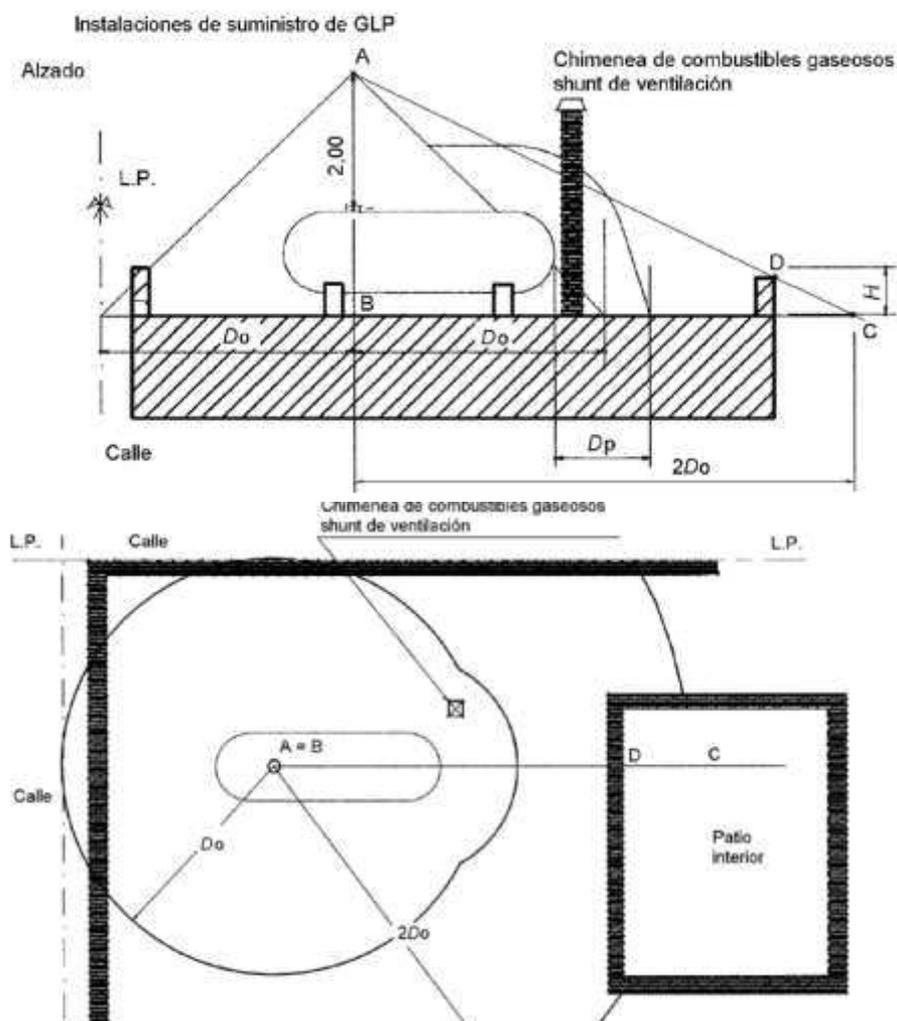


図6.3.3-5 離隔距離概略図

- ⑦ バルク貯槽の周囲 25%は開放されており、換気がなされること。
- ⑧ 充填ラインは完全に建築物の外部に設置されていること。
- ⑨ 充填口は建屋外壁面に設置されていること。
- (以下、Repsolの自主基準)
- ⑩ 充填ラインを設ける場合において、地上の充填口付近に液面計を設置し、かつ液面85%で自動的に閉止する過充填防止装置を設置すること。  
※充填はバルク貯槽付近及びローリー付近の2名で実施していたが、過充填防止装置を設けた場合には1名で実施している。
- ⑪ バルク貯槽は大地と電氣的に接続されていること。
- ⑫ メンテナンスのために容易にアクセス可能なこと。

※ 充填ライン及び充填口については、建築物外面に設置するなどの NFPA58と同様の規定がある一方で、充填ラインに設けるべき附属機器及びその設置場所などに関する規定はなかった。また、バルク貯槽を屋上に設置できる建築物の高さ及び充填ラインを設けなければならない高さに関する制限並びに充填ラインに設ける充填口の高さに関する規定などはなかった。なお、スペインにおいてバルク貯槽を屋上に設置できる物件は、8階建てまでが目安となっている。スペインにおける緊急時の屋上設置型バルク貯槽へのアクセスは、NFPA58と異なり屋外非常用階段を設ける規定がなく消防車の梯子により行うことがあるため、梯子の長さ（最長27m）を超える物件の屋上には設置できないとのことであった。



図 6.3.3-6 屋上設置型バルク貯槽充填ライン

#### (4) スペインのバルク貯槽屋上設置に関する課題点の例示

屋上に設置したバルク貯槽は(3)に掲げる基準に基づき設置されている。実際にバルク貯槽を屋上に設置している事業者から、当該基準に適合している場合においても、以下に掲げる問題点があげられた。

##### ① 充填設備の停車位置

スペインにおけるバルク貯槽の屋上設置は、設置スペースがない場所へのバルク貯槽の設置を目的としているため、充填設備の停車位置は、必然的に狭い道路上となっている。

##### ② 充填作業中における安全弁作動

バルク貯槽への LP ガス充填作業中において、安全弁が作動するケースが度々ある。過充填防止装置及び充填口付近での液面監視により、地上のオペレーター1人で充填作業を行っているため、バルク貯槽内圧が上昇しているにもかかわらず充填作業を行い、内圧が安全弁作動圧力まで上昇しているのではないかとと思われる。

#### 6.3.4 欧米における LP ガスバルク貯槽屋上設置基準の比較等

米国及びスペインのバルク貯槽屋上設置基準に関する主な相違点を次の表 6.3.4-1 に示す。NFPA58 の規定は、概ねスペインの基準に規定を上乗せした形となっている。

バルク貯槽周辺の離隔距離規定等については両国において特段の差はなかったものの、屋上設置に関する行政等の管理体制基準及びリスクアセスメントの体制について隔たりがあり、いずれについても米国がより厳格に規定していた。また、建築構造についても、スペインが屋根構造のみを規定していることに対して米国は壁及び柱等についても規定していた。

スペインにおいては、充填ラインに設置する附属設備の詳細な規定がなく、事業者の自主基準により設置していたが、NFPA58 の基準を概ね満たしていたといえる。当該附属設備を設置した場合においても充填作業時における安全弁の作動が起こるなどの問題があった。日本においてバルク貯槽を屋上に設置して運用するには現状のバルクローリーが有するポンプの能力とバルク貯槽の設計圧力、均圧弁の有無などの場合分けを行い、設置可能高度の算出及びその実証による安全性の確認が必要かと思われる。

表 6.3.4-1 屋上設置基準比較表

	米国 (NFPA58)	スペイン(UNE60250)
(1)設置許可	管轄当局及び消防署の許可	なし
(2)使用前検査	(1)と同様	OCA (行政機関に限らない)
(3)建築物指定	a)NFPA220 に規定する耐火構造 <sup>※1</sup> TYPE I 443 TYPE I 332 TYPE II 222 b)屋上；各地域の規制により要求される安全裕度をもって、水で満たしたバルク貯槽の重量を支持できる構造	・屋根構造指定のみ a)2 時間耐火性能(RF-120) b)燃焼促進がなく発煙も限られた材料(UNE-EN13501-1 に規定する A2FL-S2) c)設置するバルク貯槽の最大荷重を支持できる構造
(4)貯蔵能力 容量	a)2000gal(7.6m <sup>3</sup> )以下/基 (貯蔵能力 3t 程度) b)4000gal(15.2m <sup>3</sup> )以下/設備群 <sup>※2</sup>	5m <sup>3</sup> 以下 (貯蔵能力約 2t)
(5)充填作業	2 人	事業者自主規定 a) 1 人：過充填防止装置及び充填口付近での液面監視 b) 2 人：a)に該当しない

(6)充填ライン (液状のLP ガスの移送)	a) 建物の外部に設置(充填口含む) b) 充填口：地盤面から 8ft(2.4m)以上の高さに設置 c) 附属設備 i) 充填用カップリング o) 充填用カップリングキャップ ハ) 制御バルブ(2 個) ニ) 液逃がし弁 ホ) 排出ライン d) マーク又はラベルの付与 (液取入部及びガスライン連結部)  ※地盤面上から 23ft(7m)以上高い場所に設置又は 2 人の作業者が充填ホースの全長を目視できない場所に設置した場合は、必ず充填ライン設置	a)建築物の外部に設置。 b)充填口は建屋外壁面に設置
(7)アセスメント	FSA	なし

【出典】 Denise Beach, NFPA 58 LP-Gas Code Hand book 2014Edition

### 6.3.5 まとめ

バルク貯槽の屋上設置に関する米国及び欧州の規制状況等について、各国の設置基準及び運用実態に関するヒアリング調査を行った。

NFPA58 では屋上設置に関して、バルク貯槽の容量に関係なく管轄当局及び消防関係者の許可が必要であると規定しており、実態としては、LP ガスの設置に係る当局は概ね消防部署が行っている。屋上設置の場合は保安物件の中に LP ガス供給設備が存在することになるため、従来とは異なり、特別に許可申請相当としてこのように判断したことは妥当であるといえる。日本国内で展開する場合であっても同様に貯蔵能力にかかわらず許可申請案件として取り扱うべきと考えられる。

バルク貯槽を屋上設置する場合の LP ガス供給設備に関する設置基準については、NFPA58 及び UNE60250 に規定されるハード面での国内対応は難しいものではないが、屋上への充填作業及び保安距離については日本国内の住環境を考慮して適切な基準を設ける必要がある。

NFPA58 においては、屋上まで充填ホースを運び充填作業を行う場合又は屋上から管を延長して充填口を地上付近に設ける充填ラインを設ける場合が規定されており、UNE60250 においては充填ライン設ける場合を規定している。い

ずれの場合も保安物件の外壁に沿った配管内を液状の LP ガスが通過することが想定されることから、充填ライン等と保安物件の距離及び液状の LP ガスが流出することを防止するための設計・維持管理及び充填作業について検討が必要である。

また、スペインにおいては、充填ラインに設置する附属設備の詳細な規定がないものの、事業者の自主基準により NFPA58 の基準を概ね満たしていた。当該附属設備を設置した場合においても充填作業時における安全弁の作動が起こるなどの事例が挙げられており、日本においてバルク貯槽を屋上に設置して運用するには現状のバルクローリーが有するポンプの能力とバルク貯槽の設計圧力、均圧弁の有無などの場合分けを行い、設置可能高度の推定及びその実証による安全性の確認が必要かと思われる。

FSA（火災安全解析）及び耐震基準については、NFPA58 において規定されているが、米国におけるバルク貯槽の屋上設置例がないことから運用実態がなく、屋上設置に関しては FSA のマニュアルから適用除外とされている。しかしながら、米国よりも LP ガス設備の設置スペースが乏しく、国内各地において地震が多発している状況を鑑みると、設置環境に応じた技術的検証を実施する必要があると考えられる。

以上より、米国及びスペインの設置基準及び運用実態を確認できたが、当該基準の規定に関して技術的実証データがなく、また、屋上へのバルク貯槽設置基準を有する米国を含め、先進諸国における設置実績が非常に乏しく、設置基準及び当該基準に基づく設置例を確認できた屋上設置型バルク貯槽は、現在、スペインのみである。本調査結果をもって日本国内での屋上設置型バルク貯槽の運用を考えるのは困難である。今後、日本での運用を検討するに当たっては、充填配管の液封防止対策、建築物耐火性能、耐震性能などの技術的課題点に対し安全性の立証等が必要と考えられる。

**Table 3.1**  
**Description of the Various Steps in Performing the FSA**

Step #	FSA Steps	Chapter where described
1	Gather data on the volume of LP-Gas stored and other information pertinent to the facility.	Chapter 4
2	Perform simple calculations and determine whether the facility is subject to the requirements for developing an FSA.	
3	Evaluate the product control appurtenances and other safety features of the facility relative to the requirements of the NFPA 58 code.	Chapter 5
4	Assess the appurtenance requirements for containers of different capacities and compare them to the actual installation.	
5	Evaluate the requirements for valves on transfer piping and compare them to the valves provided in the facility.	
6	Assess conformance to the code of a Redundant and Fail-Safe Product Control System, if such a system is provided in the facility.	
7	Evaluate the code conformance of the Low Emission Transfer Equipment if installed in the facility.	Chapter 6
8	Analyze the protection measures against local conditions of hazard. That is, assess whether all requirements of the code for the physical protection of containers and transfer piping are implemented.	
9	Analyze the code requirements for the control of ignition sources and whether these requirements are complied with.	
10	Assess conformance to the code requirements for separation distances between (i) containers of different sizes and property and, (ii) LP-Gas transfer points and other exposures.	
11	Evaluate conformance to the code requirements for Special Protection Systems, if they are provided on containers in the facility.	Chapter 7
12	Evaluate the potential hazards to off-site populations and property from propane releases in the facility. This step includes selecting credible LP-Gas release scenarios and assessing the distance (and area) over which the hazard exists.	
13	Assess whether any off-site populations, especially people in institutional occupancies, are potentially subject to the LP-Gas release hazards	
14	Evaluate whether there exists a hazard from other industrial operations around the LP-Gas facility	
15	Evaluate the effectiveness of the local Fire Department, including the availability and capability of response personnel, training level, equipment and response time to an emergency in the facility.	Chapter 8
16	Evaluate the amount of water needed to cool containers exposed to a fire and the adequacy of the facility (or locally available) water supply.	
17	For a proposed facility, develop corrective actions to address deficiencies found.	Chapter 9 (Only applicable for proposed facilities)
18	Assess, based on specific criteria, the need to provide Redundant and Fail-Safe Product Control Systems.	
19	Assess, based on specific criteria, the need to provide Low Emission Transfer Systems.	
20	Assess when Special Protection Systems are needed	
21	Evaluate alternative approaches to using water in a special protection system	

**Form 4.1**  
**Initial Data on the LP-Gas Facility**

A	B	C
Item #	Information Item	Data
1	Name of the LP-Gas Facility Owner or Operator	
2	Contact Name:	
3	Contact Telephone & Fax Numbers	
4	Contact Email Address	
5	Mailing Address	Street 1:
		Street 2:
		City, State, Zip:

**Form 4.2**  
**Facility Storage Capacity<sup>1,2,3</sup>**

A	B	C	D
Item #	Individual Container Water Capacity (w.c.) (gallons)	Number of containers	Total Water Capacity (w.c.) of each container size (gallons)
1	500		
	1,000		
	2,000		
	4,000		
	10,000		
	18,000		
	30,000		
	60,000		
	Other:		
	Other:		
2	Aggregate Water Capacity <sup>4</sup>		

- Notes:
- (1) Column D = Column B x Column C.
  - (2) Parked bobtails, transports and tank cars should not be considered for aggregate capacity calculations.
  - (3) Do not consider containers that are not connected for use.
  - (4) For the purpose of this manual, "Aggregate Water Capacity" means any group of single ASME storage containers separated from each other by distances less than those stated in the aboveground containers column of Table 6.3.1.

**Form 4.3**  
**Additional Information on the LP-Gas Facility**

Existing Facility built to NFPA 58 Edition \_\_\_\_\_  Proposed Facility

a) Name of the Facility (if applicable) \_\_\_\_\_

b) Type of LP-Gas Facility     Commercial     Industrial     Bulk Plant

c) Facility is located in     Rural Area     Suburban Area     City Commercial Zone  
 City Industrial Zone

d) Facility neighbors<sup>§</sup>:     Agri. fields     Commercial Bldgs.     Flammable Liquids Storage  
(Check all that apply)     Industrial Activity (metal fabrication, cutting and welding, etc)  
 Manufacturing     Others (explain) \_\_\_\_\_

e) Geographic Location of Facility/Address: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

f) Landmarks, if any: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

g) LP-Gas liquid supply by:     Bobtail     Truck Transport     Rail Tank Car  
(Check all that apply)     Pipeline

h) LP-Gas Distribution by:     Bobtail     Truck Transport     Vapor Piping  
(Check all that apply)     Liquid Piping     Dispensing or Vehicle Liquid fueling

i) Number of Vehicle Entrances:     One     Two     More than two

j) Type of Access Roads to the Facility     Rural     City or Town     Highway  
(One check per line) Entrance 1     Dirt road     Gravel road     Paved  
(One check per line) Entrance 2     Dirt road     Gravel road     Paved

k) Staff presence     Not staffed     Only during transfer operations  
 Staffed always (24/7)     Only during business hours  
 Other (Explain) \_\_\_\_\_

l) Location and distances to Assembly, Educational or Institutional Occupancies surrounding the facility, if any, within 250 ft from the facility boundary in the direction of the assets.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

m) Overview plot plan of the facility attached?     Yes     No

<sup>§</sup> All properties either abutting the LP-Gas facility or within 250 feet of the container or transfer point nearest to facility boundary.

### Form 5.1

#### Compliance with Code Requirements for Appurtenances on Containers of 2,000 Gallons Water Capacity or Less

A	B	C	D	E
Container #	Service Configuration Sub Figure (in Figure 5-1)	Number of Product Control Appurtenances		NFPA 58 Section Reference (2011 edition)
		Required by NFPA 58 (applicable edition)	Installed on the Container	
1				5.7.4.1 and Table 5.7.4.1
2				
3				
4				
5				
6				

### Form 5.2

#### Compliance with Code Requirements for Appurtenances on Containers Of water capacity 2001 gallons through 4,000 gallons Used in Residential and Commercial Facilities

A	B	C	D	E
Container #	Service Configuration Sub Figure (in Figure 5-1)	Number of Product Control Appurtenances		NFPA 58 Section Reference (2011 edition)
		Required by NFPA 58 (applicable edition)	Installed on the Container	
1				5.7.4.1 and Table 5.7.4.1
2				
3				
4				
5				
6				

**Form 5.3**

**Compliance with Code Requirements for Appurtenances on Containers Having a Water Capacity of 2,001 through 4,000 Gallons Used in Bulk Plants and Industrial Plants**

A	B	C	D	E		F	G
				Required by NFPA 58 (applicable edition)	Installed on the container		
Container #	LP-Gas inlet to and outlet from the container**		Figure #	Total Number of Product Control Appurtenances		NFPA 58 Section Reference (2011 edition)	
	1	Vapor		Inlet	5-2		
Outlet			5-3				
	Liquid	Inlet	5-4				
		Outlet	5-5				
2	Vapor	Inlet	5-2				
		Outlet	5-3				
	Liquid	Inlet	5-4				
		Outlet	5-5				
3	Vapor	Inlet	5-2				
		Outlet	5-3				
	Liquid	Inlet	5-4				
		Outlet	5-5				
4	Vapor	Inlet	5-2				
		Outlet	5-3				
	Liquid	Inlet	5-4				
		Outlet	5-5				

\*\* If the container does not provide an opening for the specific function listed, enter 0 (zero) in columns E and F corresponding to that row.

**Form 5.4**

**Compliance with Code Requirements for Appurtenances on Containers Having a Water Capacity Greater Than 4,000 Gallons Used in Bulk Plants and Industrial Plants**

A	B	C	D	E		F	G
				Required by NFPA 58 (applicable edition)	Installed on the container		
Container #	LP-Gas inlet to and outlet from the container**		Enter Configuration Number	Total Number of Product Control Appurtenances		NFPA 58 Section Reference (2011 edition)	
	1	Vapor		Inlet	5-2		
Outlet			5-3				
	Liquid	Inlet	5-6				
		Outlet	5-7				
2	Vapor	Inlet	5-2				
		Outlet	5-3				
	Liquid	Inlet	5-6				
		Outlet	5-7				
3	Vapor	Inlet	5-2				
		Outlet	5-3				
	Liquid	Inlet	5-6				
		Outlet	5-7				
4	Vapor	Inlet	5-2				
		Outlet	5-3				
	Liquid	Inlet	5-6				
		Outlet	5-7				

\*\* If the container does not provide an opening for the specific function listed, enter 0 (zero) in columns E and F corresponding to that row.

**Form 5.5**  
**Requirements for Transfer Lines of 1½-inch Diameter or Larger,**  
**Liquid-into-Containers**

A	B	C	D	E	F
Item #	Appurtenance (Either No. 1 or No. 2)**	Appurtenance Provided with the Feature	Installed in the facility?		NFPA 58 Section Reference (2011 edition)
			Yes	No	
1	Emergency shutoff valve (ESV)  (Ref § 6.12)	Installed within 20 ft. of lineal pipe from the nearest end of the hose or swivel-type connections.			6.12.2
		Automatic shutoff through thermal (fire) actuation element with maximum melting point of 250 °F			6.12.6
		Temperature sensitive element (fusible link) installed within 5 ft from the nearest end of the hose or swivel type piping connected to liquid transfer line.			6.12.6
		Manually operated remote shutoff feature provided for ESV.			6.12.10 (1)
		Manual shutoff device provided at a remote location, not less than 25 ft., and not more than 100 ft. from the ESV in the path of egress.			6.12.10 (2)
		An ESV is installed on each leg of a multi leg piping each of which is connected to a hose or a swivel type connection on one side and to a header of size 1½ inch in diameter or larger on the other side.			6.12.5 6.18.2.6 (1)
		Breakaway protection is provided such that in any pull-away break will occur on the hose or swivel-type connection side while retaining intact the valves and piping on the plant side.			6.12.8

**Form 5.5 (continued)**

A	B	C	D	E	F
Item #	Appurtenance	Appurtenance Provided with the Feature	Installed in the facility?		NFPA 58 Section Reference (2011 edition)
			Yes	No	
2	Backflow check valve (BCK)**	Installed downstream of the hose or swivel-type connection			6.12.3
		BCK is designed for this specific application.			6.12.4
		A BCK is installed on each leg of a multi leg piping each of which is connected to a hose or a swivel type connection on one side and to a header of 1½ inch in diameter or larger on the other side.			6.12.5
		Breakaway protection is provided such that in any pull-away break will occur on the hose or swivel-type connection side while retaining intact the valves and piping on the plant side.			6.12.8

\*\* In lieu of an emergency shutoff valve, the backflow check valve (BCK) is only permitted when flow is only into the container and shall have a metal-to-metal seat or a primary resilient seat with metal backup, not hinged with a combustible material (6.12.3, 6.12.4).

**Form 5.6**  
**Requirements for Transfer Lines of 1½-inch Diameter or Larger,**  
**Liquid Withdrawal From Containers**

A	B	C	D	E	F
Item #	Appurtenance	Appurtenance Provided with the Feature	Installed in the facility?		NFPA 58 Section Reference (2011 Edition)
			Yes	No	
1	Emergency shutoff valve (ESV) (Ref § 6.12)	Installed within 20 ft. of lineal pipe from the nearest end of the hose or swivel-type connections.			6.12.2
		Automatic shutoff through thermal (fire) actuation element with maximum melting point of 250 °F.			6.12.6
		Temperature sensitive element installed within 5 ft from the nearest end of the hose or swivel type piping connected to liquid transfer line.			6.12.6
		Manually operated remote shutoff feature provided for ESV.			6.12.10 (1)
		Manual shutoff device provided at a remote location, not less than 25 ft., and not more than 100 ft. from the ESV in the path of egress.			6.12.10 (2)
		An ESV is installed on each leg of a multi leg piping each of which is connected to a hose or a swivel type connection on one side and to a header of 1½ inch in diameter or larger on the other side.			6.12.5 6.18.2.6 (1)
		Breakaway protection is provided such that in any pull-away break will occur on the hose or swivel-type connection side while retaining intact the valves and piping on the plant side.			6.12.8
		<b>Number of ESV's in liquid withdrawal service</b>			

**Note: If more than one ESV is installed in the facility, use one Form 5.6 for each ESV.**

**Form 5.7**  
**Requirements for Vapor Transfer Lines 1¼-inch Diameter or Larger**

A Item #	B Appurtenance	C Appurtenance Provided with the Feature	D		E	F
			Installed in the facility?		NFPA 58 Section Reference (2011 edition)	
			Yes	No		
1	Emergency shutoff valve (ESV) (Ref § 6.12)	Installed within 20 ft. of lineal pipe from the nearest end of the hose or swivel-type connections.				6.12.2
		Automatic shutoff through thermal (fire) actuation element with maximum melting point of 250 °F				6.12.6
		Temperature sensitive element installed within 5 ft from the nearest end of the hose or swivel type piping connected to liquid transfer line.				6.12.6
		Manually operated remote shutoff feature provided for ESV.				6.12.10 (1)
		Manual shutoff device provided at a remote location, not less than 25 ft., and not more than 100 ft. from the ESV in the path of egress.				6.12.10 (2)
		An ESV is installed on each leg of a multi leg piping each of which is connected to a hose or a swivel type connection on one side and to a header of 1-1/4 inch in diameter or larger on the other side.				6.12.5 6.18.2.6 (1)
		Breakaway protection is provided such that in any pull-away break will occur on the hose or swivel-type connection side while retaining intact the valves and piping on the plant side.				6.12.8
2	Backflow check valve (BCK)**	Installed downstream of the hose or swivel-type connection				6.12.3
		BCK is designed for this specific application.				6.12.4
		A BCK is installed on each leg of a multi leg piping each of which is connected to a hose or a swivel type connection on one side and to a header of 1-1/4 inch in diameter or larger on the other side.				6.12.5
		Breakaway protection is provided such that in any pull-away break will occur on the hose or swivel-type connection side while retaining intact the valves and piping on the plant side.				6.12.8

\*\* In lieu of an emergency shutoff valve, the backflow check valve (BCK) is only permitted when flow is only into the container and it shall have a metal-to-metal seat or a primary resilient seat with metal backup, not hinged with a combustible material (6.12.3, 6.12.4).

**Form 5.8**  
**Evaluation of Redundant Fail-Safe Design**

A I t e m #	B  Description		C  Features	D		E	F  NFPA 58 Section Reference (2011 edition)
				Installed in the facility?		No	
				Yes	No		
1	Container sizes for which the appurtenances are provided		Appurtenances and redundant fail-safe equipment are provided for <u>each</u> container of water capacity 2,001 gal. through 30,000 gal.				6.26.3 and 6.26.4
2	Liquid or vapor withdrawal (1-1/4 in. or larger)		Internal valve having internal excess-flow valve				6.26.3.1 and 6.26.3.2
			Positive shutoff valve installed as close as practical to the internal valve				6.26.3.4
3	Liquid or vapor inlet		Internal valve having internal excess-flow valve or backflow check valve				6.26.3.5
			Positive shutoff valve installed as close as possible to the internal valve or the back-flow check valve				6.26.3.5
4	Railcar transfer	Flow into or out of railroad tank car	Approved emergency shutoff valves installed in the transfer hose or the swivel-type piping at the tank car end				6.18.2.6 (1) and 6.26.4.1

		Flow only into railroad tank car	Approved emergency shutoff valve or backflow check valve installed in the transfer hose or the swivel-type piping at the tank car end				6.18.2.6 (2) and 6.26.4.1
5	Cargo tank transfer		Protection provided in accordance with 6.26.4.1				6.26.4.1
6	Automatic closure of all primary valves (IV & ESV) in an emergency		By thermal (Fire) actuation				6.26.4.2
			Actuated by a hose pull-away due to vehicle motion				6.26.4.2
7	Manually operated remote shutdown of IV and ESV		Remote shutdown station within 15 ft of the point of transfer				6.26.4.3 (A)
			Another remote shutdown station between 25 ft and 100 ft of the transfer point				6.26.4.3 (B)
			Shutdown stations will shut down electrical power supply, if any, to the transfer equipment and primary valves				6.26.4.3
			Signs complying with the requirements of 6.26.4.3 (C) provided				6.26.4.3 (C)

Note: If the facility does not have a rail terminal, write the word NA in both the "Yes" column and the "No" column in item 4 of this Form in the railroad tank car row. Similar option is also available if there is no cargo tank vehicle transfer station.

**Form 5.9**  
**Evaluation of Low Emission Transfer Equipment**

A I t e m #	B Description	C Features		D Installed in the facility?		F NFPA 58 Section Reference (2011 Edition)
				Yes	No	
1	Transfer into permanently mounted ASME containers on vehicles	Delivery nozzle and filler valve- Max. liquid release after transfer of 4 cc.	Fixed maximum liquid level gage not used during transfer operations			6.26.5.1 (B)
2	Transfer into stationary ASME containers. delivery valve and nozzle combination	During product transfer or post transfer uncoupling of the hose, liquid product volume released to the atmosphere	Does not exceed 4 cc (0.24 in <sup>3</sup> ) from a hose of nominal size 1 in or smaller			6.26.5.2 (A)
			Does not exceed 15 cc (0.91 in <sup>3</sup> ) from a hose of nominal size larger than 1 in.			6.26.5.2 (B)
3	Transfer into stationary ASME containers maximum filling limit	Do containers of less than 2,001 gal (w.c.) have an overfilling prevention device or another approved device?				6.26.5.2 (F)
		Do containers 2,001 gal (w.c.) or greater have a float gage or other non-venting device?				6.26.5.2 (E)
4	Transfer into stationary ASME containers fixed maximum liquid level gage	Not used during routine transfer operations but used to calibrate other non-venting liquid level gages in the container				6.26.5.2 (C,D)

**Note:** 1) If the facility does not have a particular feature described in items 2 or 3, write "NA" in both the "Yes" and "No" columns corresponding to its row.

**Form 6.1**  
**Evaluation of Physical Protection and Other Measures**

A #	B Item	C Features		D Installed in the facility?		F NFPA 58 Section Reference (2011 Edition)
				Yes	No	
1	Lighting <sup>†</sup>	Provide lighting for nighttime operations to illuminate storage containers, container being loaded, control valves, and other equipment				6.18.5
2	Vehicle impact protection	Protection against vehicular (traffic) impacts on containers, transfer piping and other appurtenances is designed and provided commensurate with the size of vehicles and type of traffic in the facility. (Example protection systems include but not limited to (1) Guard rails, (2) Steel bollards or crash posts, (3) Raised sidewalks.				6.6.1.2, 6.9.3.10 and 6.19.3.2
3	Protection against corrosion	Provide protection against corrosion where piping is in contact with supports or corrosion causing substances.				6.9.3.11
<b>Complete only 4A or 4B</b>						
4A	Perimeter Fence	Is an industrial type or chain link fence of at least 6 ft high or equivalent protection provided to enclose (all around) container appurtenances, pumping equipment, loading and unloading and container filling facilities? Are at least two means of emergency accesses (gates) from the enclosure provided? <b>NOTE:</b> Write "N.A." (not applicable) if (i) The area enclosed is less than 100 ft <sup>2</sup> , or (ii) The point of transfer is within 3 ft of the gate, or containers are not filled within the enclosure				6.18.4.2  6.18.4.2 (A)
		Is a clearance of at least 3 feet all around to allow emergency access to the required means of egress provided?				6.18.4.2 (B)
	Guard Service	If a guard service is provided, does this service cover the LP-Gas plant and are the guard personnel provided with appropriate LP-Gas related training, per section 4.4 of NFPA 58?				6.18.4.3
4B	Lock-in-Place devices	Are Lock-in-Place devices provided to prevent unauthorized use or operation of any container appurtenance, system valves, or equipment in lieu of the fence requirements above?				6.18.4.2 (C)

**Note:** Fill only items 1, 2, 3, and 4A or 4B. Indicate with "NA" when not filling the "Yes" or "No" column.

<sup>†</sup> Indicate with "NA" if the facility is not operated at night.

**Form 6.2**  
**Assessment of Sources of Ignition and Adjacent Combustible Materials**

A	B	C	D	E
#	Sources of Ignition and Requirements Pertaining to Adjacent Combustible Materials	Is the Facility compliant?		NFPA 58 Section Reference (2011 Edition)
		Yes	No	
1	Are combustible materials, weeds and tall grass not closer than 10 ft. from each container?			6.4.5.2
2	Is a distance at least 20 ft. provided between containers and tanks containing flammable liquids with flash point less than 200 °F (ex., gasoline, diesel)?			6.4.5.5
3	Are electrical equipment and wiring installed per Code requirements?			6.22.2
4	Is open flame equipment located and used according to Code?			6.22.3.1
5	Are ignition control procedures and requirements during liquid transfer operations complied with.?			7.2.3.2
6	Is an approved, portable, dry chemical fire extinguisher of minimum capacity 18 Lbs. and having a B:C rating provided in the facility?			6.25.4.2
7	Is an approved, portable, dry chemical fire extinguisher of minimum capacity 18 Lbs. and having a B:C rating provided on each truck or trailer used to transport portable containers?			9.4.7
8	Is the prohibition on smoking within the facility premises strictly enforced?			7.2.3.2 (B) & 9.4.10

Note: Insert "NA" in both "Yes" and "No" columns of any items that are not applicable.

### Form 6.3

#### Separation Distances from Containers to Buildings, Property Lines that can be Built upon, Inter-container Distances, and Aboveground Flammable or Combustible Storage Tanks

A #	B Container Size Range in gal (W.C.)	C Separation between a property line, important building or other property and the <u>nearest</u> container which is	D Minimum Distance (ft)	E Is the Facility compliant?		G NFPA 58 Section Reference (2011 Edition)	
				Yes	No		
1	501 through 2,000	Above Ground	25			6.3.1 and Table 6.3.1	
		Underground or Mounded	10				
		Between containers	3				
2	2,001 through 30,000	Above Ground	50				
		Underground or Mounded	50				
		Between containers	5				
3	30,001 through 70,000	Above Ground	75				
		Underground or Mounded	50				
		Between containers	¼ sum of diameters of adjacent containers				
4	70,001 through 90,000	Above Ground	100				
		Underground or Mounded	50				
		Between containers	¼ sum of diameters of adjacent containers				
5	All sizes greater than 125 gal	Separation distance between a LP-Gas container and an above ground storage tank containing flammable or combustible liquids of flash points below 200 °F.	20				6.4.5.5 and 6.4.5.6

Note: If any of the container sizes indicated in the above form are not present in the facility, enter "NA" in both Yes and No columns.

**Form 6.4**  
**Separation Distances between Points of Transfer and other Exposures**

A #	B Type of Exposure within or outside the facility boundary		C Check if exposure is present	D Minimum Distance (ft)	E Is the Facility compliant?		G NFPA 58 Section Reference (2011 Edition)
					Yes	No	
1	Buildings, mobile homes, recreational vehicles, and modular homes with at least 1-hour fire-rated walls			10			Section 6.5.3 Table 6.5.3
2	Buildings with other than at least 1-hour fire-rated walls			25			
3	Building wall openings or pits at or below the level of the point of transfer			25			
4	Line of adjoining property that can be built upon			25			
5	Outdoor places of public assembly, including school yards, athletic fields, and playgrounds			50			
6	Public ways, including public streets, highways, thoroughfares, and sidewalks	From points of transfer in LP-Gas dispensing stations and at vehicle fuel dispensers.		10			
		From other points of transfer		25			
7	Driveways			5			
8	Mainline railroad track centerlines			25			
9	Containers other than those being filled			10			
10	Flammable and Class II combustible liquid dispensers and aboveground and underground containers			20			
11	Flammable and Class II combustible liquid dispensers and the fill connections of LPG containers			10			
12	LP-Gas dispensing device located close to a Class I liquid dispensing device.			10			6.24.4.3

**NOTE:** Place a checkmark in column C against an exposure that is present in or around the facility. Fill columns E or F for only those rows for which there is a checkmark in column C.

**Form 6.5**  
**Special Protection Measures –Passive Systems**

A #	B Special Protection Option	C Question	D Is the Facility compliant?		E NFPA 58 Section Reference (2011 Edition)
			Yes	No	
1	Container Insulation	Insulation provided on each of the containers?			6.25.5.1
		Insulation material complies with the requirements of NFPA 58?			6.25.5.1 and 6.25.5.2
2	Mounding of containers	Each container in the facility is mounded?			6.25.5.3
		Mounding complies with each requirement under section 6.6.6.3 of NFPA 58.			6.6.6.3 & 6.25.5.3
3	Burying of containers	Each container in the facility is buried?			6.25.5.4
		Buried containers comply with each requirement under section 6.6.6.1 of NFPA 58.			6.6.6.1 & 6.25.5.4

**Form 6.6**  
**Special Protection Measures –Active Systems**

#	Special Protection Option	Question	Is the Facility compliant?		NFPA 58 Section Reference (2011 Edition)
			Yes	No	
1	Water spray systems	Are fixed water spray systems, complying with NFPA 15 <sup>1</sup> requirements, used for each container in the facility?			6.25.6.1
		Do fire responsive devices actuate water spray system automatically?			6.25.6.2
		Can the water spray systems be actuated manually also?			6.25.6.2
2	Monitor nozzle systems	Are the monitor nozzles located and arranged so that the water stream can wet the surfaces of all containers exposed to a fire?			6.25.6.3
		Can the water stream from a monitor nozzle reach and wet the entire surface of, at least, one half of a length from one end of each of the containers it is designed to protect? <sup>1</sup>			6.25.6.3
		Do fixed monitor nozzles comply with NFPA 15 <sup>2</sup> requirements?			6.25.6.1
		Do fire responsive devices actuate the monitor nozzles?			6.25.6.2
		Can the monitor nozzles can be actuated manually also?			6.25.6.2

1. See discussion in Section 8.2

2. Refer to Chapter 8 for a discussion on NFPA 15 *Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection*

**Form 6.7**  
**Protection Against Vehicular Impact**

#	System Protected	Is physical protection provided?		Type of physical protection installed
		Yes	No	
1	Storage containers			
2	Transfer stations			
3	Entryway into plant			

**Form 7.1**  
**Types of Occupancies<sup>(1)</sup> Near or Surrounding the LP-Gas Facility**

Type of Occupancies	Model # from Table 7.1	Hazard Distance <sup>(2)</sup> (feet)	Is Occupancy located within the hazard distance from the Facility?	
			Yes	No
<b>Assembly Occupancies</b> (Places of worship, Libraries, Theaters and Auditoriums, Food or Drink Bars, Sports Stadiums, Amusement Parks, Transportation Centers, etc. with 50 or more people).				
<b>Institutional Occupancies</b> (Elderly Persons Home or Nursing Home, Hospitals, Alcohol & Drug Rehabilitation Centers, Prisons)				
<b>Educational Occupancies</b> (Elementary Schools, Day Care facilities, etc).				

- NOTES:** (1) Different types of occupancies are defined in NFPA 5000  
(2) Table 7.1 provides a number of scenarios that can result in propane release, and the resulting area exposed for different ignition mechanisms. Determine the scenarios that are applicable to the facility, for the quantities that can be released, and enter the greatest value from Table 7.1. Use the hose diameters and length that will be used at the facility if they differ from the ones in Table 7.1 and recalculate the hazard distances using a spreadsheet method that is available at [npga.org](http://npga.org). Some scenarios may not be applicable to an installation because of other mitigation measures implemented, such as a hose management procedure to minimize the possibility of hose failure.

**Form 7.2**  
**Exposure to LP-Gas Facility from External Hazards**

A	B	C	D
Item #	Type of Neighboring Operation	Hazard exists to the LP-Gas Facility	
		Yes	No
1	Petroleum and other hazardous material storage, wholesale dispensing, etc.		
2	Metal cutting, welding, and metal fabrication		
3	Industrial Manufacturing that can pose external hazards		
4	Ports, rail yards and trans-shipment terminals handling flammable and explosive materials.		
5	Other operations that may pose hazards (gasoline and other hazardous material dispensing stations, fertilizer storage, etc).		

**NOTE:** If a particular activity indicated in column B does not exist, fill both "Yes" and "No" columns with "NA."

## Form 8.1

### Data on the Responding Fire Department

A	B		C
Item #	Data Item		Data Entry
1	Name of the Fire Department (FD).		
2A	Name of the person in the FD assisting with the data acquisition.		
2B	Position of the person in the FD assisting with the data acquisition.		
3A	Date on which FD data was collected.		
3B	Name of the person collecting the data.		
4	Number of fire fighters on duty at any time.		
5	Average number of fire fighters available for response.		
6A	Number of fire fighters qualified to	"Fire Fighter I" level.	
6B		"Fire Fighter II" level.	
7A	Number of fire fighters who would:	Respond on the first alarm to the facility.	
7B		Respond on the first alarm and who are qualified to the operations level requirements of NFPA 472 or <u>similar</u> local requirements	
7C		Respond on the first alarm with specific knowledge and training on the properties of LP-Gas and LP-Gas fires.	
8A	Number of fire apparatus that have the capability to deploy a 125 gpm hose line supplied by onboard water for at least 4 minutes, and, which:	Are in service in the department.	
8B		Would respond on a first alarm.	

## Form 8.2

### Response Time data for the Fire Departments

A	B	C	D	E
Company or Department	Time in Minutes for			
	Alarm Receipt & Handling	Turnout	Travel	Total Time

Note: Number in Column E = Sum of numbers from Columns B through D.



## Form 8.4

### Evaluation of Water Availability in or Near the LP-Gas Facility

A	B	C	D		
Item #	Water from...	Available?	Quantitative information		
1	Public supply or from another piped-in supply through one or more fire hydrants in or near the facility	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	Hydrant data	Distance from Container(s) on which water will be applied (feet)	Available water flow rate from all hydrants <sup>(1)</sup> (gpm)
			Hydrant 1		
			Hydrant 2		
			Hydrant 3		
2	A nearby static water source (stream, pond, lake, etc).	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	Distance to water source = _____ Feet Time to set up relay = _____ min. Rate of delivery = _____ gpm		
3	Only through mobile water tanker shuttle.	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	Time to set up shuttle = _____ min. Sustainable flow rate = _____ gpm		

(1) Obtain the available flow rate from the local municipal water authority or the entity that supplies water to the hydrant or conduct a test to determine total available flow rate.

## Form 9.1

### Analysis Summary on Product Control and Local Conditions of Hazard

A	B	C	D	E
Item #	CHAPTER Title	Section & Title	Reference FORM #	Number of "No" checked
1	Product Control Measures in Containers & Transfer Piping	5.1: Product Control in Containers	5.1 or 5.2 or 5.3 or 5.4 <sup>§</sup>	
			5.5	
		5.2 Product Control in Transfer Piping	5.6	
			5.7	
			5.8	
		5.9		
2	Analysis of Local Conditions of Hazard	6.1 Physical Protection Measures	6.1	
		6.2 Ignition Source Control	6.2	
		6.3.1 Separation distances; Container and outside exposures	6.3	
		6.3.2 Separation distances; Transfer points and outside exposures	6.4	
		6.4 Special Protection Measures	6.5	
		6.6		

§ The number of "No" for Forms from Chapter 5 is the difference between the required number of appurtenances according to NFPA 58-2011, and a lesser number found to be actually installed on the container or the transfer piping.

**Form 9.2**  
**Analysis Summary on Exposure from and to the LP-Gas Facility**

A	B	C	D	E
Item #	CHAPTER Title	Section & Title	Reference FORM #	Number of "Yes" checked
1	Exposure to and from Other Properties	7.1 Exposure to off-site properties and persons from in-plant propane releases	7.1	
		7.2 Exposure to propane facility from external events.	7.2	

**Form 9.3**  
**Analysis Summary on Fire Department Evaluations**

A	B	C	D	E	F
Item #	CHAPTER Title	Section & Title	Reference FORM #	Number "zeros" entered in Column C, Lines 6 through 8 of Form 8.1	Number of "Yes" checked in Column C of Form 8.4
1	Fire department capability, adequacy of water supply and Emergency Planning	8.1 Data on the Fire Department	8.1		
2		8.2 Fire response water needs and availability	8.4		

**Form 9.4**  
**Redundant and Fail-Safe Design for Containers**

A Item #	B Description		C Features	D Proposed for the facility?		F NFPA 58 Section Reference (2011 Edition)
				Yes	No	
1	Container sizes for which the appurtenances are provided		Appurtenances and redundant fail-safe equipment and low emission transfer lines are provided for each container of water capacity 2,001 gal to 30,000 gal			6.26.3, 6.26.4 and 6.26.5
2	Liquid or vapor withdrawal (1-1/4 in. or larger)		Internal valve having internal excess flow valve			6.26.3.1 and 6.26.3.2
			Positive shutoff valve installed as close as possible to the internal valve			6.26.3.4
3	Liquid or vapor inlet		Internal valve having internal excess flow valve or Backflow check valve			6.26.3.5
			Positive Shutoff Valve installed as close as possible to the Internal Valve or the back flow check valve			6.26.3.5
4	Railcar transfer	Flow into or out of railroad tank car	Emergency shutoff valve installed in the transfer hose or the swivel-type piping at the tank car end.			6.18.2.6 (1) and 6.26.4.1
		Flow only into railroad tank car	Emergency shutoff valve or backflow check valve installed in the transfer hose or the swivel-type piping at the tank car end.			6.18.2.6 (2) and 6.26.4.1
5	Cargo tank transfer		Protection provided in accordance with 6.26.4.1			6.26.4.1
6	Automatic closure of all primary valves (IV & ESV) in an emergency		By thermal (Fire) actuation			6.26.4.2
			Actuated by a hose pull-away due to vehicle motion			6.26.4.2
7	Manually operated remote shutdown of IV and ESV		Remote shutdown station within 15 ft of the point of transfer?			6.26.4.3 (A)
			Another remote shutdown station between 25 ft and 100 ft of the transfer point?			6.26.4.3 (B)
			Shutdown stations will shut down electrical power supply, if any, to the transfer equipment and primary valves?			6.26.4.3
			Signs complying with the requirements of 6.24.4.3 (C) provided?			6.26.4.3 (C)

**Note:** If your facility does not have a rail terminal, write the word NA in both the "Yes" column and the "No" column in item 4 of the form in the railroad tank car row. Similar option is also available if there is no cargo tank vehicle transfer station.

**Form 9.5**  
**Evaluation of Low Emission Transfer Equipment**

A	B	C		D	E	F
Item #	Description	Features		Proposed for the facility?		NFPA 58 Section Reference (2011 Edition)
				Yes	No	
1	Transfer into permanently mounted ASME containers on vehicles	Delivery nozzle and filler valve-max. liquid release after transfer of 4 cc.	Fixed maximum liquid level gage not used during transfer operations			6.26.5.1 (B)
2	Transfer into stationary ASME containers delivery valve and nozzle combination	During product transfer or post transfer uncoupling of the hose, liquid product volume released to the atmosphere	Does not exceed 4 cc (0.24 in <sup>3</sup> ) from a hose of nominal size 1 in or smaller			6.26.5.2 (A)
			Does not exceed 15 cc (0.91 in <sup>3</sup> ) from a hose of nominal size larger than 1 in.			6.26.5.2 (B)
3	Transfer into stationary ASME containers maximum filling limit	Do containers less than 2,001 gal (w.c.) have an overfilling prevention device or another approved device?				6.26.5.2 (F)
		Do containers 2,001 gal (w.c.) or greater have a float gage or other non-venting device?				6.26.5.2 (E)
4	Transfer into stationary ASME containers fixed maximum liquid level gage	Not used during routine transfer operations but may be used in calibrating other non-venting liquid level gauges in the container				6.26.5.2 (C,D)

**Note:** If the facility does not have a particular feature described in items 2 or 3, write "NA" in both the "Yes" and "No" columns corresponding to its row .

**Form 9.6**  
**Special Protection Measures –Passive Systems**

A Item #	B Special Protection Option	C Question	D Proposed for the facility?		E NFPA 58 Section Reference (2011 Edition)
			Yes	No	
1	Container insulation	Insulation provided on each of the containers?			6.25.5.1
		Insulation material complies with the requirements of NFPA 58?			6.25.5.1 and 6.25.5.2
2	Mounding of containers	Each container in the facility is mounded?			6.25.5.3
		Mounding complies with each requirement under section 6.6.6.3 of NFPA 58.			6.6.6.3 & 6.25.5.3
3	Burying of containers	Each container in the facility is buried?			6.25.5.4
		Buried containers comply with each requirement under section 6.6.6.1 of NFPA 58.			6.6.6.1 & 6.25.5.4

**Form 9.7**  
**Special Protection Measures –Active Systems**

Item #	Special Protection Option	Question	Is the Facility compliant?		NFPA 58 Section Reference (2011 Edition)
			Yes	No	
1	Water spray systems	Are fixed water spray systems, complying with NFPA 15 requirements, used for each container in the facility?			6.25.6.1
		Do fire responsive devices actuate water spray system automatically?			6.25.6.2
		Can the water spray systems be actuated manually also?			6.25.6.2
2	Monitor nozzle systems	Are the monitor nozzles located and arranged so that the water stream can wet the surfaces of all containers exposed to a fire?			6.25.6.3
		Can the water stream from a monitor nozzle reach and wet the entire surface of, at least, one half of a length from one end of each of the containers it is designed to protect?			6.25.6.3
		Do fixed monitor nozzles comply with NFPA 15 requirements?			6.25.6.1
		Do fire responsive devices actuate the monitor nozzles?			6.25.6.2
		Can the monitor nozzles be actuated manually also?			6.25.6.2

## 7 まとめ

### 7.1 新検査技術を用いた告示検査基準案の作成

本調査研究では、バルク貯槽の告示検査に関する手順を取りまとめた KHKS0745 に採択されていない新しい検査技術であって、かつ、告示検査の高度化及び効率化に資する検査手法として密閉 MT 試験を選定し、技術的な検証を行った。その結果として、添付のとおり「密閉型磁粉探傷試験によるバルク貯槽の非破壊検査基準（案）」（以下「密閉 MT 検査基準（案）」という。）を作成した。密閉 MT 検査基準（案）に基づく検査フローを図 7-1 示す。

今回作成した密閉 MT 検査基準（案）については、バルク貯槽の外部表面溶接部に対する非破壊検査手法の一つとして KHKS0745 に導入しうるものである。バルク貯槽の告示検査は、平成 29 年度以降に本格的な実施が見込まれることから、KHKS への導入は次年度内を目安に改正作業を進める。

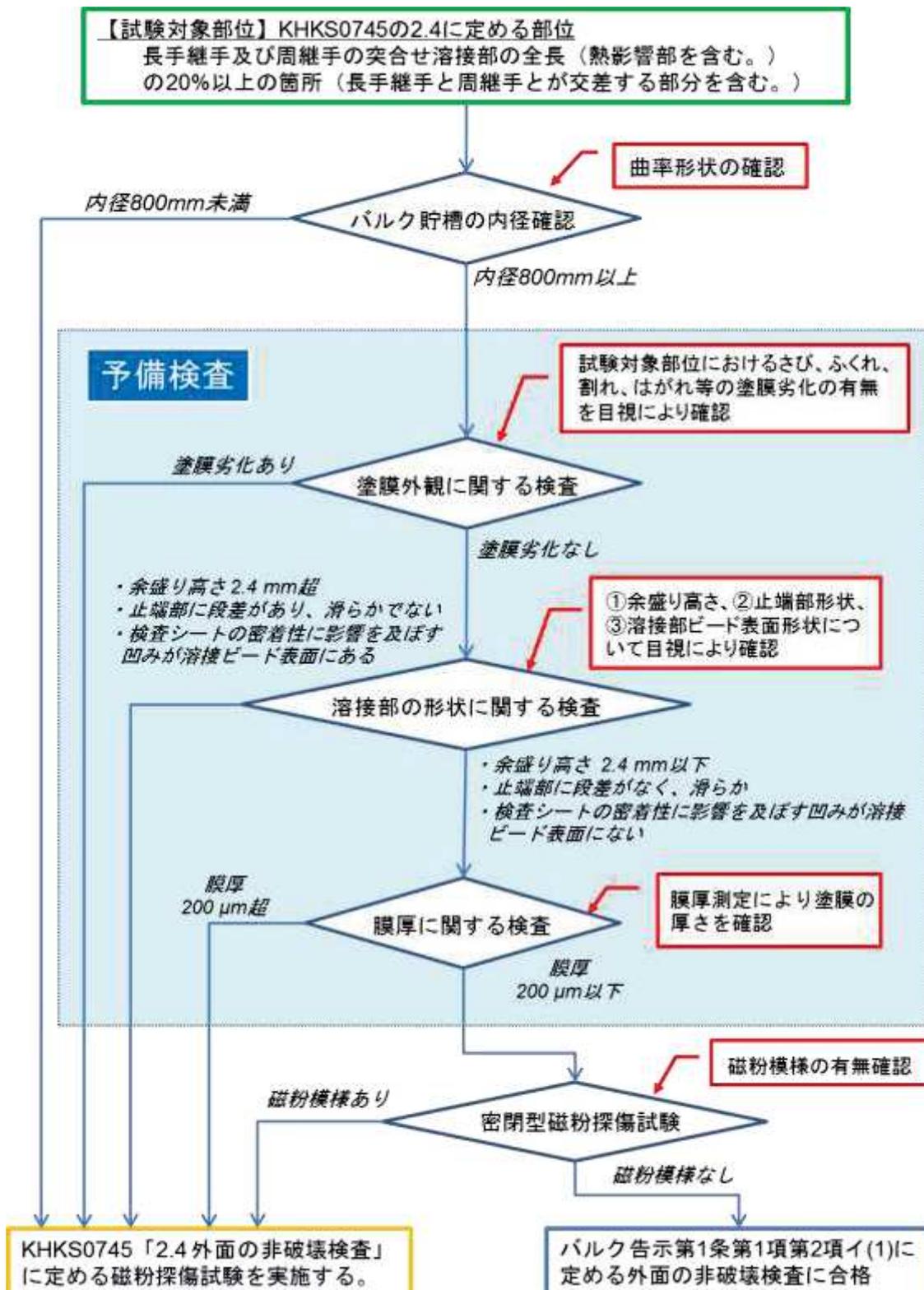


図 7-1 密閉型磁粉探傷試験による検査フロー図

## 7.2 告示検査方法の合理化に関する検討

本調査研究では、10年以上民生用として使用された実績を有するバルク貯槽の内面及び外面における劣化傾向を調べた結果を踏まえて、告示検査における適切な開放周期の考え方を整理し、以下のとおり提案を取りまとめた。

なお、バルク告示及び告示検査関係基準に関しては、製造後20年以内に実施する初回検査又は20年程度の使用実績を有するバルク貯槽を廃棄する際における内部表面の腐食状況等を確認し、本年度までに実施した実態等調査の結果と整合性があることを把握した上で、以下の提案事項に基づく見直し・改正を実施することが妥当であるとする。

## ○告示検査方法の合理化に関する提案

### 【提案】

- ① 初回検査後のバルク貯槽内部の雰囲気可能な限り製造後の内部雰囲気に合わせることを前提として、開放後 10 年間のうちに進行するバルク貯槽内面の経年劣化が実態調査の結果と同程度進行するものと仮定し、これを許容することで、初回検査以降の開放周期を 10 年に設定し、次回検査の際の内面の目視確認を不要とすることは可能か。

→ 「バルク貯槽内面の目視確認」は、厚さ測定を外面から行う際に、バルク貯槽内面に腐食減肉等の欠陥がないことを確認すべく実施するものであるが、バルク貯槽内面については、平成 22 年度から平成 27 年度までに実施した経過年数 10 年から 15 年程度の経年バルク貯槽約 60 基を対象とした経年劣化調査の結果、各被試験体とも浮きさび程度の発せいは確認されたものの、さびこぶ、腐食減肉、割れ等、継続使用に影響のある有害な欠陥は全く検出されなかった。また、製造時からの腐食減肉はほとんどないことが結論付けられた。

→ バルク貯槽内面における発せいは、外的要因ではなく内部雰囲気による影響が支配的と考えられることから、バルク貯槽内に充填されている LP ガスの成分が大きく関係するものと考えられる。平成 27 年度は、経過年数 15 年程度で集合住宅、業務用施設及び一般住宅に設置されていた経年バルク貯槽（7 基）を被試験体として、LP ガス消費量別に充填 LP ガスの成分分析等を行ったが、LP ガス消費量によるガス成分濃度の有意な変化は見られず、いずれも水分量などは腐食に寄与するレベルになく、併せて実施した銅板腐食試験の結果においても腐食性がないとの結論が得られた。

- ② 附属機器の装脱着については、その際に大きな負荷がかかり変形又は損傷による耐圧・気密性能の低下や機能障害を招くなど、附属機器の健全性を損なうおそれが生じるため、開放周期を 10 年とする場合、開放検査後の次回検査において実施する気密試験は、バルク貯槽を開放しない場合に限りバルク貯槽内の LP ガスの圧力による漏れ試験（自圧漏えい試験）とすることはできないか。

→ この理由としては、気密試験を実施する主な目的はバルク貯槽と附属機器との接続部からの漏れであり、装脱着を伴わないのであればわざわざ気密試験を行う必要はないのではないかとの考えによる。



## 7.3 社会情勢の変化等に対応した技術基準等の見直しに関する検討

### 7.3.1 バルク貯槽の車両積載方法の調査

内部に液化石油ガスが残存するバルク貯槽の移動は、KHKS0840「LP ガスバルク貯槽移送基準」に基づき運用されていたが、「高圧ガス保安法及び関係政省令の運用及び解釈について（内規）（20140625 商局第1号）」が制定されたことにより、当該移動に対する高圧ガス保安法上の運用解釈が明確化され、高圧ガス保安法液化石油ガス保安規則（以下「高圧法液石則」という。）第49条に掲げる基準等を適用するとされた。本調査事業では、安全確保を前提としたバルク貯槽の複数基積載による移送方法など具体的かつ合理的な運用方法等を検討するため、他分野の実例や事業者へのヒアリング調査に基づき、現時点において考え得る安全かつ現実的な実施想定を踏まえた制限事項、推奨事項等の検討・整理を行った。

その結果として、バルク貯槽を複数基積載する際にはKHKS0840に以下のとおり制限事項及び推奨事項を追加すべきであることを取りまとめた※。

#### 【追加すべき主な制限事項及び推奨事項】

- ・バルク貯槽は1基ずつロープ等で固定する。
- ・バルク貯槽が動かないように止め木等で移動防止措置を講じる。
- ・偏荷重が生じないように全体の重心位置を考慮する。
- ・走行中の荷崩れを防止するために慎重な運転を行う。
- ・積付け、固縛、運転の作業に熟練した者が作業を行う。

※ LPガスバルク貯槽移送基準（KHKS0840）は、以上の成果を踏まえて平成28年1月22日付け改正された。

### 7.3.2 バルク貯槽の設置方法の検討

米国及びスペインの設置基準及び運用実態を確認できたが、当該基準の規定に関して技術的実証データがなく、また、屋上へのバルク貯槽設置基準を有する米国を含め、先進諸国における設置実績が非常に乏しく、設置基準及び当該基準に基づく設置例を確認できた屋上設置型バルク貯槽は、現在、スペインのみである。本調査結果をもって日本国内での屋上設置型バルク貯槽の運用を考えるのは困難である。今後、日本での運用を検討するに当たっては、充填配管の液封防止対策、建築物耐火性能、耐震性能などの技術的課題点に対し安全性の立証等が必要と考えられる。

添付

密閉型磁粉探傷試験による  
バルク貯槽の非破壊検査基準（案）

## 1. 総則

### 1.1 適用範囲

密閉型磁粉探傷試験によるバルク貯槽の非破壊検査基準（以下「密閉型磁粉探傷検査基準」という。）は、内径 800mm<sup>1)</sup>以上のバルク貯槽を対象とし、バルク供給及び充てん設備に関する技術上の基準等の細目を定める告示（以下「バルク告示」という。）第 1 条第 1 項第 2 号イ(1)に定めるバルク貯槽外面の非破壊検査に密閉型磁粉探傷試験を用いる場合に適用する。

注 <sup>1)</sup> 設計基準寸法とする。

### 1.2 用語の定義

密閉型磁粉探傷検査基準で使用する主な用語の定義は、バルク告示、高圧ガス保安法特定設備検査規則、特定設備検査規則の機能性基準の運用について（平成 13 年 12 月 28 日 平成 13・12・27 原院第 5 号）の別添 3「バルク貯槽の技術基準の解釈」及び日本工業規格 Z 2300(2009)「非破壊試験用語」、日本工業規格 Z 3001-1(2013)「溶接用語-第 1 部：一般」、日本工業規格 Z 3001-2(2013)「溶接用語-第 2 部：溶接方法」及び日本工業規格 K 5500(2000)「塗料用語」において使用する用語の例によるほか、次の a)から d)までに掲げるとおりとする。

#### a) 密閉型磁粉探傷試験

密閉型磁粉探傷試験とは、透明な薄い袋状のシート内に湿式検出媒体を封入・密閉した検査シートを試験対象面に隙間なく密着させ、この状態で極間式磁化器により試験対象を磁化させて検査シート内に生じた磁粉模様を観察する試験方法であって、塗膜の上からバルク貯槽外面のきずを検出することが可能な非破壊検査方法をいう。

#### b) 電磁式二点調整型電磁微厚計

電磁式二点調整型電磁微厚計とは、バルク告示第 10 条第 3 号ロ(2)に定めるものであって、日本工業規格 K5600-1-7(2014)「塗料一般試験方法-第 1 部：通則-第 7 節：膜厚」（以下「JIS K 5600-1-7」という。）に規定する「5.乾燥塗膜の測定方法」の磁気法に規定される膜厚計をいう。

#### c) 溶接止端部

溶接止端部とは、母材と溶接金属の境界部分のことをいう。

#### d) 余盛り高さ

余盛り高さとは、溶接止端部を結ぶ面の外側にある溶接金属の部分の厚さをいう。

### 1.3 検査通則

#### 1.3.1 一般

バルク告示第1条第1項第2号イ(1)に定めるバルク貯槽外面の非破壊検査に密閉型磁粉探傷試験を適用する場合は、1.3.2及び1.3.3に定めるところに従って行う。

### 1.3.2 検査手順等

密閉型磁粉探傷試験を適用する場合の検査手順等は、1.3.2.1及び1.3.2.2に定めるところに従って行う。図1に密閉型磁粉探傷検査基準による検査フローを示す。

#### 1.3.2.1 試験対象部位

密閉型磁粉探傷試験は、「バルク貯槽の告示検査等に関する基準(KHKS0745)」(以下「KHKS0745」という。)の2.2.3.2 a) 1) 及び2) に定める部位を対象として行う。

#### 1.3.2.2 検査手順

密閉型磁粉探傷試験による非破壊検査は、1.3.2.1に定める部位を対象に、2に定める予備検査を行い、当該部位に対して密閉型磁粉探傷試験が適用できることをあらかじめ確認した後、3に定める手順に従って行う。

### 1.3.3 検査実施者及び評価者

密閉型磁粉探傷試験による非破壊検査は、1.3.3.1に定める要件に適合する者を検査実施者として検査(予備検査を含む。以下1.3.3において同じ。)を行い、1.3.3.2に定める要件に適合する者を評価者として検査結果の判定等を行う。

#### 1.3.3.1 検査実施者

次のa)からc)までに掲げる全ての要件を満足する者とする。

- a) 磁粉探傷試験技術者資格<sup>1)</sup>レベル1以上の資格証明書の交付を受けた者であること。
- b) 次の1)から4)までに掲げるいずれかの検査に関する専門知識及び技能並びに実務経験を有する者であること。
  - 1) 高圧ガスの保安のための検査
  - 2) 貯蔵能力500kg以上の大型容器に係る容器再検査
  - 3) バルク貯槽の製造時検査
  - 4) バルク貯槽の告示検査
- c) 前記b)に掲げるいずれかの検査において行う磁粉探傷試験の実務に関する十分な経験(欠陥処置に関する経験を含む。)を有する者であること。
- d) (密閉型磁粉探傷試験の実務に関する十分な経験を有する者が行う)密閉型磁粉探傷試験の適用に関する教育・訓練を修了した者であること。

注<sup>1)</sup> 「磁粉探傷試験技術者資格」とは、一般社団法人日本非破壊検査協会の極間法磁粉探傷検査に係る非破壊試験技術者資格又は一般社団法人日本エルピーガスプラント協会の極間法磁粉探傷検査に係るガスプラント非破壊検査技術者資格をいう。

### 1.3.3.2 評価者

評価者は、KHKS0745 の 1.3.4.2 に規定する基準を満足し、かつ、1.3.3.1 d) に掲げる要件を満足する者でなければならない。

## 2. 予備検査

### 2.1 一般

予備検査は、2.2 から 2.4 までに定めるところに従って実施する。この場合において、2.2 から 2.4 までに定める予備検査のうち一以上の検査で不合格となるバルク貯槽については、密閉型磁粉探傷検査基準が適用できないものとして取り扱い、KHKS0745 の 2.2.3 の規定に従って非破壊検査を行う。

### 2.2 塗膜外観に関する検査

#### 2.2.1 一般

検査は、2.2.2 に掲げる方法により行い、2.2.3 に定める基準に合格しなければならない。

#### 2.2.2 検査方法

1.3.2.1 に定める部位を対象として、当該部位に付着した泥、苔等の汚れを完全に除去した後、目視により、塗膜外観の劣化状況の確認を行う。

#### 2.2.3 合格基準

さび、はがれ、割れ、ふくれ等の塗膜劣化がないことを確認したものを合格とする。

### 2.3 溶接部の形状に関する検査

#### 2.3.1 一般

検査は、2.3.2 に掲げる方法により行い、2.3.3 に定める基準に合格しなければならない。

#### 2.3.2 検査方法

1.3.2.1 に定める部位を対象として、次の a) から c) までに掲げる測定等を行う。

- a) 溶接ゲージ等を使用し、塗膜のある状態で溶接部の余盛り高さの測定を行う。
- b) 目視により、塗膜のある状態で溶接止端部における段差の有無を確認する。
- c) 目視により、溶接部の塗膜表面のへこみの有無を確認する。

#### 2.3.3 合格基準

次の a) から c) までに定める基準のいずれにも適合するものを合格とする。

- a) 余盛り高さは、2.4 mm 以下であること。
- b) 溶接止端部には、検査シートの密着性に影響を及ぼすおそれのある段差がなく、

滑らかであること。

- c) 溶接部の塗膜表面には、検査シートの密着性に影響を及ぼすおそれのあるへこみがなく、滑らかであること。

## 2.4 膜厚に関する検査

### 2.4.1 一般

検査は、あらかじめ、検査対象となるバルク貯槽の試験対象部位について、再塗装<sup>1)</sup>を行った履歴の有無を調査により把握した後、2.4.2に掲げる方法により行い、2.4.3に定める基準に合格しなければならない。

注<sup>1)</sup> 再塗装とは、バルク貯槽の製造業者が製造時に施した塗装以外の塗装をいう。

### 2.4.2 検査方法

2.4.2.1 から 2.4.2.3 までに定めるところに従って膜厚測定を実施する。

#### 2.4.2.1 測定装置

膜厚測定に使用する装置は、次の a) から c) までに掲げる機能を有する電磁式二点調整型電磁微厚計（以下「膜厚計」という。）とする。

- a) 膜厚計は、0mm から 1mm までの膜厚を測定できるものであること。
- b) 膜厚計の分解能は、0.001mm 以下とする。
- c) 膜厚計及び校正用フォイル又はシム若しくは校正用標準板（以下「校正用標準」という。）は、当該膜厚計の製造業者又は権威ある機関において、校正が行われたものであること。

#### 2.4.2.2 測定装置の校正

測定装置の校正は、次の a) 及び b) に掲げる方法により行う。

- a) 校正は、試験前、試験中（1 時間に 1 回以上）及び試験後において、校正用標準を用いて行う。この場合において、校正用標準には、きず、へこみ等の不良のないものを使用しなければならない。
- b) 校正の手順に関しては、膜厚計の製造業者が提供する使用説明書に従って実施する。

#### 2.4.2.3 測定手順

膜厚測定は、目視により、1.3.2.1 に定める部位付近の母材部の塗膜に、たれ、へこみ、しわ、はじき、流れ、ピンホール等の塗膜欠陥が存在しないことを確認した後、次の a) から e) までに定める手順に従って行う。この場合において、目視により、塗膜欠陥が確認されたときは、密閉型磁粉探傷検査基準が適用できないものとして取り扱い、KHKS0745 の 2.4 の規定に従って非破壊検査を行う。

- a) 再塗装を行った履歴の有無に応じ、次の 1) 又は 2) に定める方法に従って膜

厚測定を行う測定点を選定する。

1) 再塗装を行った履歴がない場合

1.3.2.1 に定める部位の各溶接止端部から当該部位と接する母材部側に約 20mm 離れた範囲内であって、当該部位に沿って 50mm を超えない間隔で任意に設けた 1 以上の箇所を測定点とする。なお、長手継手及び周継手の突合せ溶接部のうち、長手継手と周継手とが交差する部分から両継手方向に 50mm を超えない範囲内において任意に設けた測定点は 1 以上の箇所とすることができる。

2) 再塗装を行った履歴がある場合

前記 1) に定める手順を準用する。この場合において、前記 1) 中「50mm」とあるのは「20mm」と読み替えるものとする。

b) 前記 a) において設定する測定点は、使用する膜厚計のプロープが垂直に接触できる箇所<sup>2)</sup>とする。

c) 測定は、測定値が安定するまで数回繰り返して行った後、一測定点当たりの測定回数を 3 回以上として実施し、そのときの測定値の平均を膜厚として記録する。

d) 測定は、前記 a) に基づき設定した測定点に対して膜厚計のプロープがほぼ同一の箇所に押し当てることができるよう措置を講じる。

e) その他測定に際し、使用する膜厚計の製造業者が指定する手順や注意事項等がある場合はそれに従う。

注<sup>2)</sup> 溶接止端部付近は膜厚計のプロープが垂直に接触できないことが多いため、測定点は溶接止端部から 10mm 程度離れた箇所を選定することが望ましい。

### 2.4.3 合格基準

各測定点における膜厚のうち、最大のものが 200 μm 以下であること。

## 3. 密閉型磁粉探傷試験による非破壊検査

### 3.1 一般

密閉型磁粉探傷試験による非破壊検査は、2 に定める予備検査に合格したバルク貯槽の 1.3.2.1 に定める部位を対象として、3.2 に掲げる方法により行い、3.3 に定める基準に合格しなければならない。

### 3.2 検査方法

#### 3.2.1 一般

密閉型磁粉探傷試験は、3.2.2 に定める試験装置を使用して、3.2.3 に定める方法により実施する。

### 3.2.2 試験装置

密閉型磁粉探傷試験に使用する試験装置は、試験体に対して磁化、磁粉の適用及び観察の三つの操作を行うことができ、試験体の形状、寸法、材質、表面状況及びきずの性質（種類、大きさ、位置及び方向）に応じて適切な感度で効率良く安全に試験できるものであって、かつ、3.2.2.1 から 3.2.2.3 までに掲げる条件を満足し、3.2.2.4 に定める性能試験に合格するものとする。

#### 3.2.2.1 装置構成

密閉型磁粉探傷装置の基本構成は、図 1 に示すとおり、極間式磁化器と検査液を封入・密閉した検査シート等から成る検査液適用装置とを組み立てたもの<sup>1)</sup>とする。

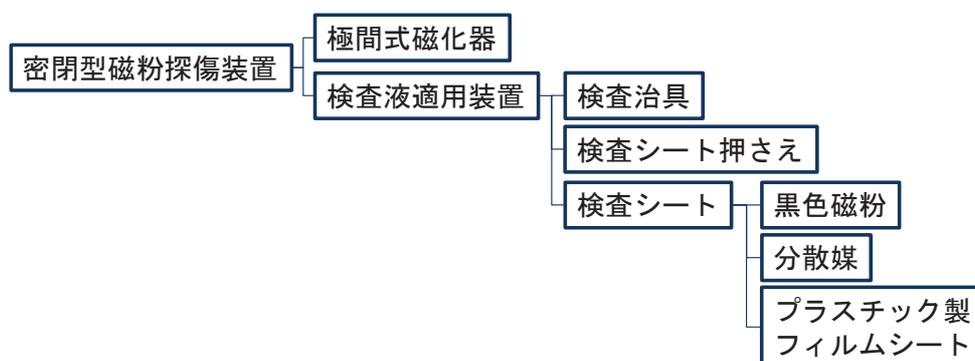


図 1—密閉型磁粉探傷装置の構成図

注<sup>1)</sup> 図 1 の構成に基づき組み立てられた密閉型磁粉探傷装置の製品例を図 2 に示す。



図 2—組立後の密閉型磁粉探傷装置（製品例）

#### 3.2.2.2 極間式磁化器

極間式磁化器は、日本工業規格 Z 2321(1993)「磁粉探傷用交流極間式磁化器」

によるものであって、きずを検出するのに適切な磁界の強さを試験体に与えることができるものでなければならない。

### 3.2.2.3 検査液適用装置

検査液適用装置は、次の a) から d) までに掲げる機能を有するものから構成されるものでなければならない。

#### a) 検査ジグ

検査ジグは、極間式磁化器と検査シート押さえを、ばねを介して結合させ、極間式磁化器の吸着力を押さえ荷重として利用するとともに、試験操作の際、押さえ荷重を自在に変化させることができる機能及び構造<sup>2)</sup>を有するものとする。

注<sup>2)</sup> 図 3 に検査ジグの具体例を示す。

#### b) 検査シート押さえ

検査シート押さえは、検査ジグと検査シートとの間に位置し、試験対象のバルク貯槽の溶接部における余盛り形状に沿って検査シートを隙間なく密着させることができるだけの軟らかさを有するもの<sup>3)</sup>とする。

注<sup>3)</sup> 図 4 に検査シート押さえの製品例を示す。

#### c) 検査シート

検査シートは、次の 1) から 4) までに定める基準を満足するもの<sup>4)</sup>とする。

- 1) 検査シート内に封入する黒色磁粉及び分散媒は、日本工業規格 Z 2320-1(2007)「非破壊試験-磁粉探傷試験-第 1 部：一般通則」(以下「JIS Z 2320-1」という。) 9.2.2 による。
- 2) 検査シートの密閉は、2 枚のプラスチック製フィルムシートの外縁部を融着することにより行ったものとする。
- 3) 検査シートは、磁粉模様の有無が直接確認でき、かつ、磁粉模様と試験体表面との間に十分な視覚的コントラストがなければならない。
- 4) 検査シートは、検査シート押さえにより試験体表面に強く押さえつけられた場合であっても上面と下面のプラスチック製フィルムシートの間隙に一定の隙間が確保され、かつ、磁粉の移動が可能となる機能を有するものでなければならない。

注<sup>4)</sup> 図 5 に検査シートの製品例を示す。

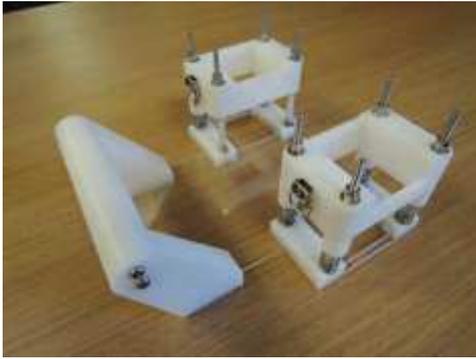


図 3ー検査ジグ（構造例）



図 4ー検査シート押さえ（製品例）



図 5ー検査シート（製品例）

#### 3.2.2.4 試験装置の性能確認

密閉型磁粉探傷装置は、次の a) に掲げる方法又はこれに準じた方法により、次の b) に定める性能を有していることを確認したものでなければならない。なお、密閉型磁粉探傷装置の製造業者が自らこの性能確認を行い、当該製造業者から次の b) に定める必要性能を有するものであることを示す性能確認証明書の提供を受けた場合にあっては、この限りでない。

##### a) 性能確認方法

次の 1) から 3) までに掲げる試験片に対して密閉型磁粉探傷装置を適用し、磁粉模様の観察を行う。

- 1) 内径が約 800mm のバルク貯槽の胴板部と同程度の曲率を有する鋼板上に、JIS Z 2320-1 の A 形標準試験片 A2-15/50 又は A2-30/100 を貼付<sup>5)</sup>し、その上に 0.5mm の疑似塗膜<sup>6)</sup>を設けたもの。

注<sup>5)</sup> A 形標準試験片は、人工きずのある面が試験面によく密着するように、適切な粘着性テープを用いて貼り付ける。この場合において、粘着性テープが A 形標準試験片の人工きずの部分の覆ってはならない。

注<sup>6)</sup> 疑似塗膜としては、OHP フィルムシートなど、厚さが既知のプラスチックシートを使用してもよい。

2) 図 6 に示す写真を参考に、内径が約 800mm のバルク貯槽<sup>7)</sup>の長手継手及び周継手の突合せ溶接部が交差する部分を切り出し、当該切り出し片に対して次の 2.1) から 2.5) までに掲げる加工を行った後、200 $\mu$ m 以上の塗膜を設けたもの。

2.1) 放電加工等の適切な方法により、図 7 中、①から⑤までに示す箇所に人工きずを加工する。

2.2) 人工きずの加工寸法は、長さ 1.5mm、深さ 0.75mm、幅 0.2mm とする。

2.3) 人工きずの寸法公差は、図 7 中、①、④及び⑤に示す箇所に設けるものは $\pm 0.05$ mm、②及び③に示す箇所に設けるものは $\pm 0.1$ mm とする。

2.4) 人工きずの方向は、図 7 中、①、②及び④に示す箇所に設けるものは周方向継手と、③及び⑤に示す箇所に設けるものは長手方向継手と平行になるよう加工する。

2.5) 人工きずの加工位置は、図 7 中、②及び③に示す箇所に設けるものは溶接ビード中央付近とし、①、④及び⑤に示す箇所に設けるものは溶接止端部から母材方向に 1mm 離れた部分までの範囲内とする。

注<sup>7)</sup> 切り出しの対象となる溶接部は、「2.3 溶接部の形状に関する検査」に合格するものとする。

3) バルク貯槽の長手継手及び周継手の突合せ溶接部を対象とし、JIS Z 2320-1 に基づく蛍光磁粉探傷試験により、溶接止端部及び溶接ビード上において検出された線状磁粉模様<sup>8)</sup>について、当該線状磁粉模様の検出箇所を中心として密閉型磁粉探傷試験が適用できるだけの適切な大きさに切り出し、当該切り出し片に対して 200 $\mu$ m 以上の膜厚を設けたもの。

注<sup>8)</sup> クレータ割れなどのきずによる線状磁粉模様を対象とする。



(切り出し前)

(切り出し後)

図6-バルク貯槽切り出し片の例

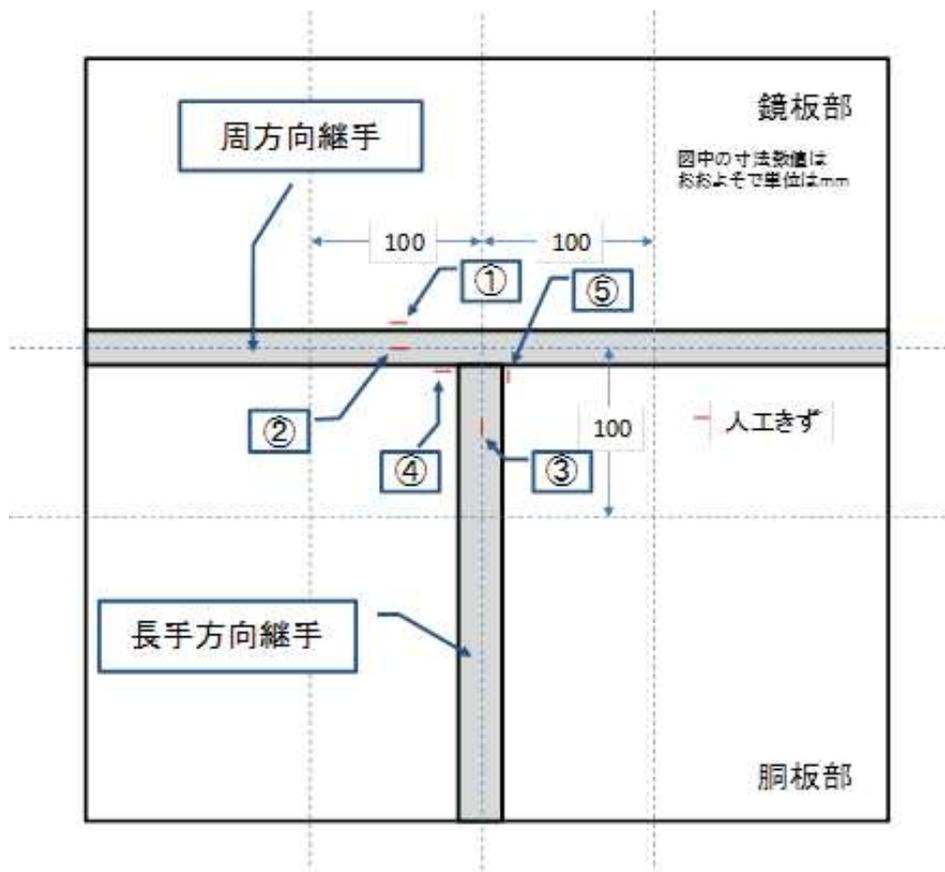


図7-人工きずの加工位置

b) 必要性能

密閉型磁粉探傷装置は、次の 1)及び 2)に掲げる性能を有していなければならない。

- 1) 前記 a)に定める性能確認により、前記 a)の 1)から 3)までに掲げる各試験片に設けられたきずに対し、确实かつ明瞭な磁粉模様が現れるものである

こと。

- 2) 前記 1)において現れた磁粉模様の長さは、JIS Z 2320-1 に基づく蛍光磁粉探傷試験を適用した場合に得られる磁粉模様の長さと同程度であること。

### 3.2.3 試験方法

密閉型磁粉探傷試験は、3.2.3.1 から 3.2.3.4 までに定めるとおり、その順で実施する。

#### 3.2.3.1 探傷有効範囲の確認

試験体に対して、磁化、磁粉の適用、観察と続く 1 回の連続した試験操作によって試験できる探傷有効範囲は、極間式磁化器の磁極寸法以下の範囲とし、3.2.2.4 a) 1) に定める試験によって検出しようとする方向のきずの磁粉模様が当該範囲内において確実に観察できることを確認する。この場合において、3.2.2.4 a) 1) 中「0.5mm」とあるのは「0.2mm」と読み替えるものとする。

#### 3.2.3.2 試験体の前処理

試験体の前処理は、次の a)及び b)に掲げるとおりとする。

- a) 前処理の範囲は、試験範囲から母材側に約 20mm 広くとる。
- b) 試験体に付着した油脂、汚れその他の付着物などの被膜が試験精度に影響する場合には、これらを除去し、試験体を清浄にする。

#### 3.2.3.3 試験前における密閉型磁粉探傷装置の性能確認

試験に使用する密閉型磁粉探傷装置は、試験実施前に次の a)又は b)に掲げる試験片に対して適用し、検出しようとする方向のきずの磁粉模様が確実に観察できることを確認する。この場合において、当該磁粉模様の確認ができないときは、試験を中断し、密閉型磁粉探傷装置の不具合等を調査によりの確に把握した後、その旨を当該装置の製造業者に連絡し、指示を得なければならない。

- a) 3.2.2.4 a) 2) に示す試験片。ただし、人工きずの加工寸法のうち、長さに関しては 4mm 以下とすることができる。

- b) 3.2.2.4 a) 3) に示す試験片

#### 3.2.3.4 試験手順

試験は、次の a)から j)までに定めるところに従って行う。

- a) 試験前及び試験中において、目視により、検査シート内の磁粉が一箇所に滞留していないことを確認する。なお、磁粉の滞留が認められる場合<sup>9)</sup>は、通電を中止し、検査シートを手でならずなどして可能な限り内部の磁粉を均一に分散させる。
- b) 密閉型磁粉探傷装置による磁化は、試験対象部位の曲面に沿って検査ジグを撓らせることで検査シートを試験体に強く押し当て、密着させた状態で行う。
- c) 長手継手及び周継手の突合せ溶接部が交差する部分など、溶接部の形状が複

雑な箇所に密閉型磁粉探傷試験を適用する場合は、当該箇所に極間式磁化器の磁極の一方を近接させた状態で磁化させる。

- d) 密閉型磁粉探傷装置への通電時間は、一試験単位あたり 5 秒以上とする。ただし、長手継手及び周継手の突合せ溶接部が交差する部分など、溶接部の形状が複雑な箇所に対しては、通電時間を一試験単位あたり 10 秒以上とする。
- e) 磁化中は、必要に応じて検査ジグを撓らせることで検査シートに加わる押さえ荷重を変化させ<sup>10)</sup>、検査シート内の検査液が流れる状態をつくり出す。
- f) 少なくとも 2 方向以上の異なった方向の磁界を試験体に加え、各方向それぞれ再試験を行う。
- g) 極間式磁化器が異常に発熱した場合は、試験を中断するか又は予備の極間式磁化器に交換する。
- h) 磁粉模様の観察は、磁粉模様が形成された直後に行う。
- i) その他密閉型磁粉探傷装置の操作に関して、製造業者が指定する手順や注意事項等がある場合はそれに従う。
- j) 検査シート及び検査シート押さえは、密閉型磁粉探傷装置の製造業者が定める耐用期間に従って新品に交換する。

注<sup>9)</sup> 「磁粉の滞留が認められる場合」とは、図 8 に示す検査シートの例が該当する。

注<sup>10)</sup> 磁化中、むやみにこの操作を行うと、形成された指示模様が検査液の流動によって流されてしまう場合もあり、注意が必要である。

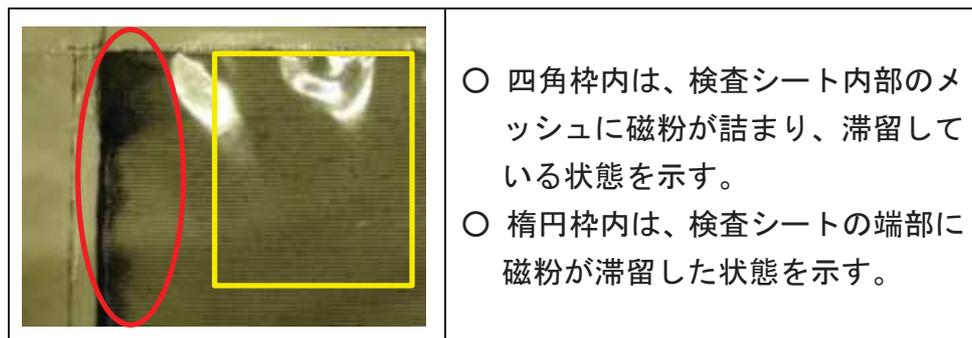


図 8—検査シート内に磁粉が滞留している状態（例）

### 3.3 合格基準

次の a)又は b)に定める基準に適合し、かつ、試験終了後、3.2.3.3 に従って当該試験に使用した密閉型磁粉探傷装置の性能確認を行い、検出しようとする方向のきずの磁粉模様が確実かつ明瞭に観察できるときは、バルク告示第 1 条第 1 項第 2 号イ(1)に定めるバルク貯槽の外面の非破壊検査に合格したものとする。

- a) 磁粉模様が現れないこと。
- b) 磁粉模様が現れた場合において、当該磁粉模様が現れた箇所を対象に KHKS0745 の 2.2.3.2 の a) 及び b) に定める磁粉探傷試験を適用し、2.2.3.3 の a) に定める基準に適合すること。