

2022年10月18日

日本原燃株式会社

48Y-JDTC型設計承認申請に係るコメント対応

| No. | コメント | | | 対応方針 | | 方針の 展開箇所 |
|-----|---------------------------|-------------------------------------|--|--|------------|-------------|
| | 日付 | 概要 | 詳細 | 対応内容 | 方針整理 資料 | |
| 1 | 2022年 9月22日 | 振動の説明の具 体化について | ○振動において、固有振動数と運搬に係る振動数の比較 を行い、離れているから問題ないと説明されている が、単なる比較ではなく、振動が増幅されないこと等 の説明を具体的に記載すること。 | ○励振力による輸送物の応答増幅 の影響がないことの具体的な説 明を記載する。 | 別紙1 | ロ章- A、G |
| 2 | 2022年 9月22日、 10月11日 | 温度、圧力の記 載構成の整理に ついて | ○外運搬規則第8条、第12条等の技術基準に適合する 根拠となる輸送容器、収納物の温度、圧力についての 説明が申請書内に散在しており、不明確な記載構成と なっている。分かりやすいように記載をまとめるなど 整理すること。 | ○温度、圧力について、A型輸送物 の記載を参考に、一般の試験条 件の「A.5.1.1 温度及び圧力 の要約」の項目にまとめて記載 する。 | 別紙2 | ロ章- A、G |
| 3 | 2022年 9月22日 | 内部が負圧、固 体であることの 説明の整理につ いて | ○シリンダの内部が負圧かつ固体ということについて、 飽和蒸気圧、温度等の根拠を用いて、適切に説明する こと。特にロ章-Gでの整理が定性的であるため、必 要な根拠を適切にまとめて示すこと。 | ○収納物の圧力、温度、六ふっ化 ウランの飽和蒸気圧、三重点の 根拠を用い、内部が負圧かつ固 体である説明を記載する。 | 別紙2 | ロ章- A、G |
| 4 | 2022年 9月22日 | 液圧破裂が生じ ないことの明確 化について | ○シリンダの耐火試験の評価において、六ふっ化ウラン の温度が一部で121℃を超えているが、六ふっ化ウラ ンの体積膨張に伴うシリンダの構造健全性への影響に ついて明確にすること。 | ○六ふっ化ウランの体積膨張に係 る解析結果及び実際の六ふっ化 ウランを用いた耐火試験結果よ り、液圧が生じないことの説明 を記載する。 | 別紙3 | ロ章- B、G |

| No. | コメント | | | 対応方針 | | 方針の 展開箇所 |
|-----|---------------------------|---------------------------------------|--|---|------------|------------------|
| | 日付 | 概要 | 詳細 | 対応内容 | 方針整理 資料 | |
| 5 | 2022年 9月22日 | シリンダの使用 予定年数について | ○シリンダの使用予定年数について、輸送完了後の加工 施設での貯蔵も見込んで40年で評価していることを 明確にすること。 | ○加工施設での貯蔵も見込んで40 年と設定していることを各章に 記載する。 | 別紙4 | ロ章- F、G他 |
| 6 | 2022年 9月22日、 10月11日 | 経年変化を踏ま えた適合説明の ロジックの整理 について | ○疲労の評価において経年変化の影響はないと記載して いるが、保守的な繰返し回数を設定して評価した結 果、疲労破壊が生じないこと確認したものであり、材 料に経年変化がないわけではない。適切な説明方針と すること。 ○また、経年変化を考慮して技術基準適合を判断するべ きであり、説明ロジックを適切に整理すること。 | ○疲労については、保守的な繰返 し回数を設定して必要な評価を を行い、この経年変化の影響を考 慮した上で、技術基準への適合 を判断した旨の説明を記載す る。 | 別紙5 | ロ章- A、F、 G |
| 7 | 2022年 9月22日 | 腐食率と肉厚と の関係の明確化 について | ○材料の耐食性について、腐食率を踏まえて、輸送物の 肉厚が十分維持される設計であることを明確にすること。 | ○六ふっ化ウランによる材料の腐 食率から求めた使用期間中の腐 食量に対して、材料が十分な肉 厚を有していることの説明を記 載する。 | 別紙5 | ロ章- F、G |
| 8 | 同上 | シリンダ5年定 検の記載の不整 合について | ○ハ章の取扱いの説明において、シリンダの5年定検に 係る記載が示されているが、シリンダの使用予定年数 を2年としていることとの整合が図れていない。 | ○シリンダは製造後2年以内に加 工施設に輸送し、以降は加工施 設の貯蔵設備として、設工認に 係る技術基準の要求に対して維 持管理するため、輸送容器とし ての機能維持のために適用され るIS07195のリテスト等の要求 は対象とならないことの説明を 記載する。 | 別紙6 | ハ章 |
| 9 | 同上 | 加工施設搬入後 のリテストの要 否について | ○加工施設搬入後において、国際輸送規格（IS07195） に基づく48Yシリンダとして取り扱っているのであれば、規格 に基づきリテストが必要とならないか。規格 との関連性や輸送の申請の範囲等について、不整合が ないように整理すること。 | | | |

方針整理資料 振動の説明の具体化について

【A. 4. 7 振 動】

本節では本輸送物の固有振動数を求め、輸送中に荷台より伝えられる振動数と比較し、**励振力による輸送物の応答増幅の影響がないこと**を示す。

固有振動数の解析は、汎用解析コード ABAQUS により行う。荷重・境界条件図を(ロ)-第 A. 12 図に示す。(ロ)-第 A. 12 図に示すように、本輸送物は 2 つの R 台にて支持される。

解析により得られた振動モード毎の固有振動数を(ロ)-第 A. 7 表に示す。

((ロ)-第 A. 12 図 荷重・境界条件図 省略)

(ロ)-第 A. 7 表 振動モード毎の固有振動数

| 振動モード | 固有振動数 (Hz) |
|---------|------------|
| 一次振動モード | 57.7 |
| 二次振動モード | ■ |
| 三次振動モード | ■ |
| 四次振動モード | ■ |
| 五次振動モード | ■ |

上記より、本輸送物の固有振動数は、57.7 Hz 以上である。運搬中の振動により輸送物に作用する励振力の振動数域は大部分が 10Hz 以下であり、十分に離れた固有振動数 (57.7 Hz 以上) を有しているため、励振力による輸送物の応答増幅の影響はなく、輸送中の振動による荷重は、A. 5. 3 の一般の試験条件の落下事象に包絡されることから、輸送物は予想される振動によってき裂、破損等を生じるおそれはない。

また、シリンダの吊金具部は、ターンバックルによって輸送機材に強固に締め付けられており、振動により緩むことはない。

方針整理資料 温度、圧力の記載構成の整理について

【A. 5. 1. 1 温度及び圧力の要約】

本輸送物は IP-1 型六ふっ化ウラン輸送物であるため、B 型輸送物に要求される一般の試験条件下の熱的試験は該当しない。ただし、六ふっ化ウラン輸送物に要求される特別の試験条件下の火災前の条件として、環境温度 38 °C 下で規則に定められた放射熱を与え、輸送物表面温度が一定になるまで置くことが求められるため、本条件を踏まえた温度及び圧力に対して輸送物にき裂、破損等が生じるおそれはないことを評価している。その要約を以下に示す。

(1) 輸送中に予想される温度

最高温度については、ロ章-Bの「B. 5 特別の試験条件」の熱解析における火災前の条件に示すとおり、本輸送物について外部雰囲気 38 °C の環境に置いた上で規則に定められた放射熱を 12 時間毎に与え、本輸送物の各部温度が定常に達するまで熱解析により評価した結果、輸送容器については 65 °C、収納物については 54 °C である。

また、最低温度については、ロ章-Aの「A. 4. 2 低温強度」に示すとおり、予想する環境条件として最も低い温度である -40 °C としている。

輸送中に予想される温度を(ロ)-第A. 8表に示す。

(ロ)-第A. 8表 輸送中に予想される温度

| 対象 | 輸送中に予想される温度 | |
|------|-------------|-----------|
| | 最高温度 (°C) | 最低温度 (°C) |
| 輸送容器 | 65 | -40 |
| 収納物 | 54 | -40 |

上記の輸送中に予想される輸送容器の最高温度 (65 °C) は、ロ章-FのF. 2に示す各材料の最高使用温度 (最も低い値はアルミニウム青銅の 232 °C) を十分に下回ることを確認した。また、最低温度 (-40 °C) は、ロ章-AのA. 4. 2に示すように当該温度において各材料に低温脆化が生じるおそれはなく、かつ、強度低下もないことを確認した。

以上のことから、輸送中に予想される温度において、輸送物にき裂、破損等が生じるおそれはない。

(2) 輸送中に予想される圧力

最高圧力については、ロ章-Aの「A. 4. 6 圧力」に示すとおり、本輸送物のシリンダの内圧は、六ふっ化ウランの蒸気圧に依存するため、収納物の温度に応

じて変動する。シリンダの内圧は六ふっ化ウランの蒸気圧から、最高温度 (54 °C) 時で 0.088 MPa(abs) 付近、最低温度 (-40 °C) 時で 0.001 MPa(abs) 未満となることが想定される。

なお、上記の温度、圧力は、イ章の「(イ)-第6図 六ふっ化ウラン蒸気圧曲線」に示す六ふっ化ウランの三重点 (64.1 °C、0.152 MPa (abs)) を下回るため、相状態は固体状となる。

輸送中に予想される圧力と相状態を(ロ)-第A.9表に示す。

(ロ)-第A.9表 輸送中に予想される圧力と相状態

| 収納物の温度 (°C) | | シリンダ内部の圧力 | | 相状態 |
|----------------|-----|------------|--------|-----|
| | | (MPa(abs)) | (MPaG) | |
| 最低温度 | -40 | < 0.001 | < -0.1 | 固体 |
| 最高温度 | 54 | 0.088 | -0.013 | 固体 |

上記の圧力は、いずれも大気圧である 0.1 MPa(abs) 以下であるため、シリンダには最大で 0.1 MPa(abs) の外圧が作用する。

ISO 規格に基づく本シリンダの設計圧力 (外圧) は、0.28 MPa(abs) (25 psig) であり、発生する外圧 (0.1 MPa(abs)) を十分に上回っている。また、ロ章-A の「A.4.6 圧力」において、耐圧強度、繰返し応力 (疲労) の評価を行い、シリンダの強度が十分であることを確認した。

以上のことから、圧力の変化によって、輸送物にき裂、破損等が生じるおそれはない。

方針整理資料 液圧破裂を生じないことの明確化について

【B.5.6 六ふっ化ウランの体積膨張】

特別の試験条件下における本輸送物の六ふっ化ウランの体積膨張について、以下に示す。

六ふっ化ウランは、体積膨張率の大きい物質であるため、外部からシリンダを高温で加熱した場合、相状態が固体から液体へ変化した後、液体の体積が膨張する。さらに加熱を継続し、その体積がシリンダの最小体積 4.04 m³ を超えた場合には、シリンダに液圧が生じ破裂に至るおそれがある。そのため、本解析では、特別の試験条件下における収納物の六ふっ化ウランの各部位の平均温度から体積の増加分を計算し、六ふっ化ウランの体積がシリンダの最小体積 4.04 m³ を超えないことを評価している。

評価の結果、火災開始後 60 分の時点において、シリンダの六ふっ化ウランの充填量 12,500 kg の場合における六ふっ化ウランの体積は ■■■ m³ であり、シリンダの最小体積 4.04 m³ に対して、■ % 程度の余裕があり、シリンダに液圧は生じず、破裂に至るおそれはないことを確認した。火災開始から 60 分後までの六ふっ化ウランの体積膨張の解析結果は(ロ)-第 B.17 図に示す。

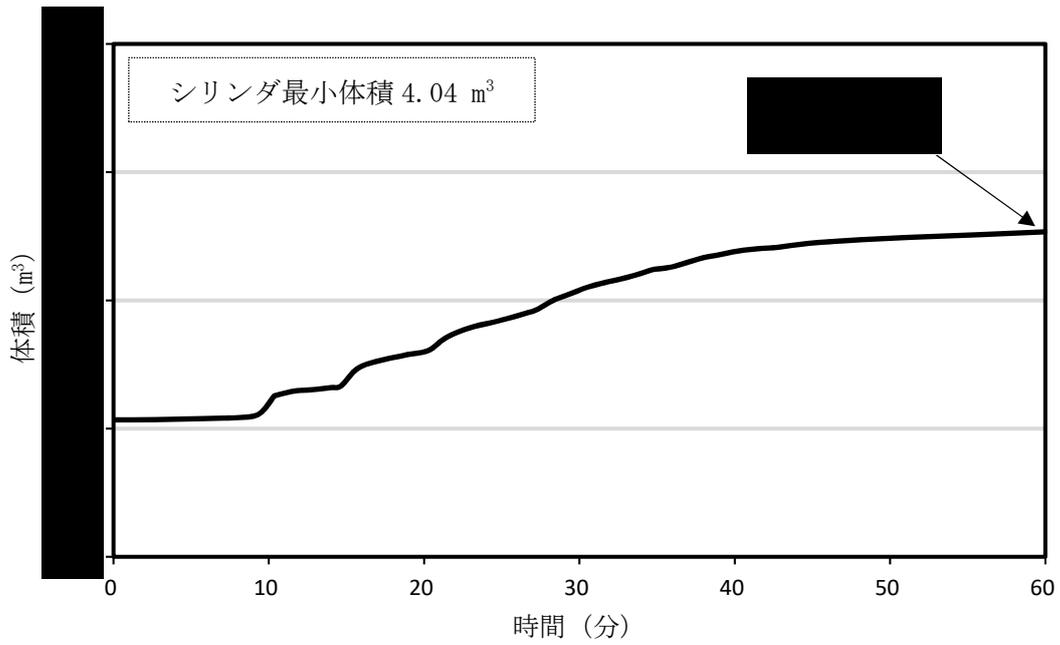
また、電力中央研究所とフランス原子力安全防護研究所 (IPSN) との共同で、48 Y シリンダ内の天然六ふっ化ウランの熱的挙動を評価するため、天然六ふっ化ウランを用いたシリンダの耐火試験¹⁾が行われている。試験容器は、48 Y シリンダの軸方向長さを 3 分の 1 とした短尺シリンダを使用し、48 Y シリンダの最大充填量の 3 分の 1 に相当する天然六ふっ化ウランが充填され、本解析に近似する条件(約 800 °C で 24 分間加熱)で耐火試験が行われている。当該試験においては、液圧破裂に対する安全性を考慮し、六ふっ化ウランの中心部温度が ■■■ °C に到達した時点で加熱を停止するインターロック機能が設けられている。

耐火試験の結果、試験容器内の六ふっ化ウランの中心部温度は最大で ■■■ °C 程度までの上昇であり、液圧破裂に対する安全性を考慮して設定した ■■■ °C に対し、十分に余裕があることが確認されている。

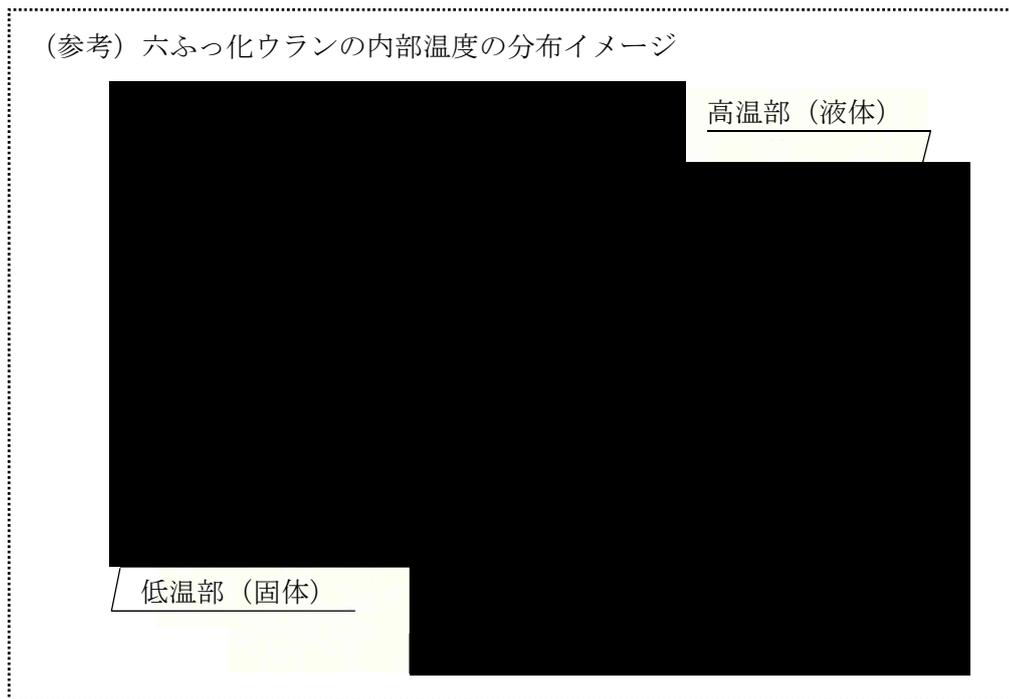
以上より、特別の試験条件下において、シリンダには六ふっ化ウランの体積膨張による液圧が生じず、破裂に至るおそれはないことを確認した。

参考文献

- 1) (平成 7 年度科学技術庁委託事業)
平成 7 年度「天然六フッ化ウラン輸送容器安全性実証試験」
事業成果報告書 (資料集別冊)



(ロ)-第B.17 図 六ふっ化ウランの体積の膨張履歴 (充填量 12,500 kg の場合)



方針整理資料 シリンダの使用予定年数について

【(ロ)-F 核燃料輸送物の経年変化の考慮】

F.1 考慮すべき経年変化要因

(1) 想定される使用状況

本輸送物に関して、**使用予定年数等を以下に示す。また、想定される使用状況を(ロ)-第F.1表**に示す。

a. シリンダ

- (a) 使用予定年数：製造後 2 年 (注 1)
- (b) 運搬に使用される回数：1 回
- (c) 運搬に要する日数：1 回当たり 4 ヶ月以内

b. 弁保護具、耐熱キャップ及び耐熱キャップ固定金具

- (a) 使用予定年数：製造後 40 年
- (b) 運搬に使用される回数：40 回以下 (1 年間当たり 1 回以下)
- (c) 運搬に要する日数：1 回当たり 4 ヶ月以内

(注 1) シリンダは製造後 2 年以内にウラン濃縮加工施設へ搬入するが、運搬後に貯蔵されることも加味し、経年変化の考慮に当たっては、保守的に弁保護具、耐熱キャップ及び耐熱キャップ固定金具と同様に製造後 40 年として評価する。

(ロ)-第F.1表 使用を予定する期間中に想定される使用状況

| 状態 | 収納物 | 使用状況 |
|-----|-----|--|
| 運搬前 | 有 | シリンダへ天然六ふっ化ウランを充填後、輸送物の組立て作業を実施し、核燃料輸送物設計承認申請書(別記-1)に記載の「(ハ)章 輸送容器の保守及び核燃料輸送物の取扱方法」に基づく発送前検査を行う。 |
| 運搬時 | 有 | ・輸送物は、輸送船、貨車又はコンテナ専用トレーラにより運搬する。 ・運搬中に想定される衝撃、振動に対し、耐えうるように車両等に固縛し、運搬する。 |
| 運搬後 | 有 | ・ウラン濃縮加工施設に搬入し、シリンダから弁保護具、耐熱キャップ及び耐熱キャップ固定金具を取外す。(取外した弁保護具、耐熱キャップ及び耐熱キャップ固定金具は、次回運搬までの間、輸送機材内に収納して保管する。) ・搬入したシリンダは、加工施設に関する設計及び工事の計画の認可申請書に基づく使用前事業者検査を行うとともに、以降、輸送には使用しないため、容器承認を廃止し、加工施設の貯蔵設備として加工施設保安規定により管理する。 |

方針整理資料 腐食等の化学的变化及び繰返し荷重による疲労の評価に係る記載方針について

【(ロ)-第F.2表 安全解析における輸送容器の構成部材に関する経年変化の考慮の必要性の評価】

| 材料 | 要因 | 経年変化の考慮の必要性の検討 | 評価 | 必要性 |
|--------------------------------|----|--|--|-----|
| シリンダ (胴板、鏡板、スカート、補強リング、吊金具) | 化学 | 外気との接触によって腐食を生じる可能性がある表面（外面）は、塗装その他の防錆処理を行う必要がある。 六ふっ化ウランと接触する表面（内面）は、腐食量を考慮する必要がある。 | 外気と接触する外面については、塗装が施されている。また、六ふっ化ウランと接触する内面については、米国エネルギー省において六ふっ化ウランによる腐食試験 ⁴⁾ を実施しているが、その腐食率は 1.5×10^{-3} mm/年であり、使用予定期間中の腐食量は最大 0.06 mm と推定されることから、接触部の厚さ（シリンダの胴板、鏡板の板厚 15.9 mm）に比べ腐食量は十分に小さい。 以上を踏まえ、経年変化の影響について、技術上の基準に適合していることを確認する上で考慮する必要はない。 | — |
| | 疲労 | 本輸送容器の使用期間中に荷重を繰返し受けることが想定されるシリンダの吊金具について、使用計画回数が許容繰返し回数を下回っていることを確認する必要がある。 また、シリンダの内外圧力差により生じる応力については、ASME 規格に基づき、疲労解析が不要となる条件（使用材料の規定最小引張強さ（552 N/mm ² 以下）及び合計繰返し回数（1000 回以下））を満たすことを確認する必要がある。 | シリンダの吊金具は、A.4.4.2 に示すとおり、使用期間中の吊上げ回数（4 回）に対し、保守的に余裕率 10 を見込んだ吊上げ回数（ N_c :40 回）が許容繰返し回数（ N_a : 2.4×10^5 回）を下回っている。 また、シリンダの内外圧力差により生じる応力については、A.4.6.2 に示すとおり、使用材料の規定最小引張強さが 415 N/mm ² であること及び運搬期間中に毎日、圧力が変動するとして保守的に評価した合計繰返し回数（250 回）が ASME 規格の疲労解析が不要となる条件を満たしている。 したがって、吊上げ回数及び合計繰返し回数を保守的に設定して疲労を評価し、疲労破壊が生じないことを確認している。 | — |

F.3 安全解析における経年変化の考慮内容

F.2 に示したとおり、本輸送容器の構成部材を対象として、経年変化の考慮の必要性について評価を行った。使用予定期間中に想定される使用状況において、熱、放射線、化学的変化の要因について経年変化の影響を評価した結果、技術上の基準に適合していることを確認する上で、その影響は考慮する必要がないことを確認した。

シリンダ及びシリンダの吊金具については、内外圧力差又は吊上げによって繰返し応力が発生するため、疲労による経年変化を考慮する必要がある。使用期間中に想定される繰返し回数を保守的に考慮した上で、シリンダ及びシリンダの吊金具に対して疲労を評価したところ、疲労破壊は起きないため、技術上の基準に適合していることへの影響はないことを確認した。

方針整理資料 シリンダ 5 年定検の記載の不整合及び
加工施設搬入後のリテストの要否について

【(ハ)-B 保守条件】

シリンダ、弁保護具、耐熱キャップ及び耐熱キャップ固定金具の仕様を、長期にわたり保証できる保守条件について以下に示す。

なお、シリンダについては、製造後 2 年以内に加工施設へ搬入し、受入れ時に加工施設に関する設計及び工事の計画の認可申請書に基づく使用前事業者検査を実施する。加工施設への受入れ以降は輸送に供しないため、容器承認を廃止し、加工施設の貯蔵設備として加工施設保安規定に基づき保全を実施する。このため、本項におけるシリンダの保守条件は、加工施設への受入れ前（製造後 2 年以内）までの条件を示す。

B.1 外観検査

シリンダ、弁保護具、耐熱キャップ及び耐熱キャップ固定金具に有害な変形、傷、割れ等がないことを目視により確認する。

目視による確認の頻度は 1 年に 1 回以上行う。

なお、シリンダは製造後 2 年以内に加工施設に搬入し、以降は加工施設の貯蔵設備として管理するため、輸送容器に適用される IS07195 の規格による 5 年に 1 回の吊金具と補強リングの溶接部の磁粉探傷検査又は浸透探傷検査は該当しない。

B.2 耐圧検査

シリンダは製造後 2 年以内に加工施設に搬入し、以降は加工施設の貯蔵設備として管理するため、輸送容器に適用される IS07195 の規格による 5 年に 1 回の耐圧検査は該当しない。

B.3 気密漏えい検査

シリンダは製造後 2 年以内に加工施設に搬入し、以降は加工施設の貯蔵設備として管理するため、輸送容器に適用される IS07195 の規格による 5 年に 1 回の気密漏えい検査は該当しない。

B.10 密封装置の弁、ガスケット等の保守

密封装置であるシリンダには弁及び閉止栓が取付けられており、天然六ふっ化ウラン充填前及び 1 年に 1 回以上実施する外観検査の際に欠陥が検出された場合は、これを健全なものと交換し、気密漏えい検査を実施する。