

1. はじめに

2015年9月10日に提出した「廃棄物管理施設ガラス固化体貯蔵建屋 下部プレナム等に係る調査等の実施計画」(2016年9月30日一部改正)に基づき、調査対象であるガラス固化体貯蔵建屋(以下、「EB建屋」という。)の第1、第2貯蔵区域およびガラス固化体貯蔵建屋B棟(以下、「EB2建屋」という。)の第3、第4貯蔵区域について調査を実施し、各貯蔵区域の調査結果は『廃棄物管理施設ガラス固化体貯蔵建屋 下部プレナム等に係る調査等の実施計画に基づく経過報告書』(以下、「経過報告書」という。)にて報告を行なった。

本報告は、経過報告書の調査結果を踏まえ、確認された変色部の発生原因、中長期健全性、処置・対策および今後の対応について最終報告するものである。なお、調査対象設備のうち、安全上重要な施設は収納管、通風管であり、位置決め部材は収納管、通風管の耐震支持機能を期待したものではない。

2. 実施計画書に基づく調査結果

2. 1 施設の状態確認調査結果(現場調査)

実施計画書に基づき、ガラス固化体が貯蔵される各貯蔵区域のガラス固化体冷却用空気の流入箇所について、以下の期間で状態確認調査を実施した。

- ・第4貯蔵区域：2015年6月4日～2015年9月25日
  - ・第2貯蔵区域：2016年3月29日～2016年8月24日
  - ・第3貯蔵区域：2015年10月5日～2015年10月29日
  - ・第1貯蔵区域：2017年3月6日～2017年4月7日
- 施設の状態確認調査結果の概要を以下に示す。

(1) 目視による外観観察

各貯蔵区域の下部プレナム部を目視により外観観察した結果、冷却空気の流路を閉塞するような形状の変化、異物等がないことを確認した。

(2) ファイバースコープによる外観観察

出口ルーバ、円環流路\*の上部からの観察(上部から円環流路下端まで：5箇所/貯蔵区域)および下部(下端から高さ1.5mまで：全円環流路)を観察した結果、流路を閉塞するような異物等はなかった。

※通風管および収納管から形成されるガラス固化体冷却用空気(外気)が流れる間隙部

(3) A1溶射膜厚の膜厚測定

収納管、通風管および下部プレナム形成板の各部位において、A1溶射皮膜の膜厚測定の結果、建設当時の管理値160μm以上の膜厚であることを確認した。

(4) 母材の肉厚測定

下部プレナムの各部位において、母材の肉厚測定の結果等を踏まえ、十分な厚さがあることを確認した。

表-1 各貯蔵区域に確認された変色部数

調査対象設備	EB建屋		EB2建屋	
	第1貯蔵区域	第2貯蔵区域	第3貯蔵区域	第4貯蔵区域
通風管下端部	2本	3本	40本	67本
収納管	外側面	0本	0本	0本
	底面	0本	0本	9本
下部プレナム形成板	31箇所	29箇所	43箇所	21箇所
位置決め部材	側面	8本	18本	17本
	基部	5本	9本	9本

貯蔵区域の概要図を図-1に示す。

2. 2. 変色部等の発生原因に係る調査結果

下部プレナム内の部材表面付着物の分析結果と外部からの飛散物の分析結果を比較した結果、成分が概ね一致したことから、変色要因となる鉄さびを含む外部飛散物が下部プレナム内に流入しているものと考えられる。

表-2 変色部の発生原因に対する検証に係る主要調査項目

主要調査項目	調査内容	調査結果
(1) サンプル採取・分析	<ul style="list-style-type: none"> <li>下部プレナム内の部材表面のテープサンプル分析</li> <li>レプリカによる表面凹凸計法測定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各部材表面の成分分析結果より、下部プレナム構成設備には含まれない元素(Na、Mg、Cl)が検出されており、外部由来物質が付着していることを確認。</li> <li>母材腐食が推定される凹凸は確認されず、変色部は母材の腐食生成物に起因する体積膨張はないと考えられる。</li> </ul>
(2) 洗浄液等による変色部の除去可否	<ul style="list-style-type: none"> <li>洗浄後の表面状態確認(目視)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>表面洗浄の結果、凹部以外の大部分の変色部は除去することができた。</li> </ul>
(3) 外部からの飛散物に係る調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>建屋周辺土壌の分析</li> <li>入口シャフト下の大気浮遊塵測定</li> <li>入口ルーバの拭き取りによる分析</li> <li>下部プレナム床堆積物の分析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>テープサンプルと外部飛散物の成分を比較した結果、海塩粒子および融雪剤成分の流入を考慮すると成分比率が概ね一致し、下部プレナム内に外部飛散物が流入しており、各部に付着する一つの由来成分として考えられる。</li> </ul>
(4) 建屋毎の付着傾向の違いに対する調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>建屋竣工時期の確認</li> <li>建屋周辺環境の確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>建屋竣工時期および建屋周辺埋戻し状況を確認した結果、付着傾向に影響する可能性があると考えられる。(図-2、3参照)</li> </ul>

3. 調査結果に基づく変色部等の発生メカニズム

各貯蔵区域において、通風管下端部に変色部が見られるという共通的な傾向が見られているため、下部プレナムに流入する空気の流れ解析を行い、その解析結果を基に当該部位に付着しやすいメカニズムについて検討を行った。

(1) 貯蔵区域内の結露状態確認

現場調査期間中、各部材に結露が発生する場面があることを確認しており、相対湿度の評価を実施した結果、ガラス固化体貯蔵率が少ない段階では結露が生じることを確認している。

(2) 貯蔵区域内の空気の流れ解析

貯蔵区域内では結露が生じることがあり、結露が存在する状態と貯蔵区域内の空気の流れが付着に影響するものと考えられることから、貯蔵区域内の空気の流れについて解析を行なった。その結果、解析による空気流線図から、円環流路に流入した空気は下端部から旋回するように上昇していることを確認した。

(3) 通風管下端部で想定される付着メカニズム

付着メカニズムは図-4のとおりと考える。

(4) 解析結果を踏まえた結論

第3、第4貯蔵区域において、ガラス固化体が貯蔵されていない状態での結露発生を確認していること、通風管側面に変色部が確認されていないことを総合的に勘案すると、想定した付着メカニズムと整合すると考えられる。

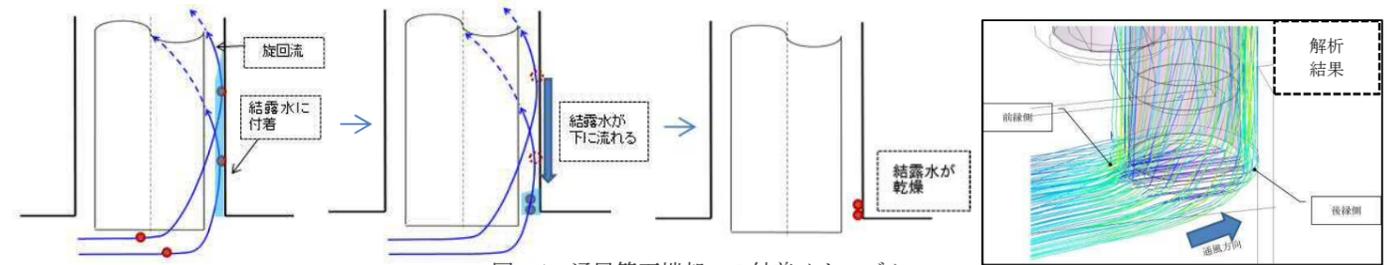


図-4 通風管下端部への付着メカニズム

4. その他の追加検討

調査結果より、変色部の発生原因は外部由来による付着であると考えられるが、他の発生原因について評価を実施した。

(1) 鉄イオンの浸み出しに係る評価

変色部の発生原因として、鉄イオンの浸み出しによる変色の発生は必ずしも否定できるものではないため、再現性試験(劣化加速試験)を実施した。試験結果より再現できなかったこと、変色部の状態確認調査から、収納管側に変色がなかったことから鉄イオンの浸み出しによる変色の発生の可能性は小さいと考える。

(2) 位置決め部材に確認された濃い変色部に係る評価

塵埃、海塩粒子等が流入し、床面に蓄積しやすい傾向があること、付着物が結露と共に流れて基部に蓄積しやすく、それらの蓄積により、湿潤時間が長期化し、腐食が進展すると考えられる。(付着イメージは図-5参照)

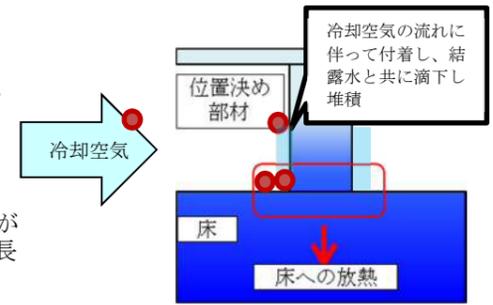


図-5 位置決め部材への付着イメージ

5. 中長期健全性評価

5. 1. 事象の進展挙動

貯蔵区域における冷却空気中の湿分の結露を考慮した解析を実施した結果、ガラス固化体貯蔵量の増加に応じて相対湿度が低下し、結露の発生が減少することを確認した(表-3参照)。

5. 2. 各部位の健全性評価

廃棄物管理施設は、今後も返還ガラス固化体の受入れを予定しており、当該ガラス固化体受入れ後から約30年～50年貯蔵する必要があることから、今後想定される変色部の進展挙動を踏まえ、長期的な健全性について以下のとおり評価した。

収納管、通風管および下部プレナム形成板の変色部は、外部飛散物の付着によるものと考えられ、結露による湿潤環境が維持されなければA1溶射皮膜への影響はない。なお、構造上、下部プレナム内の上部に位置するため、外部飛散物が堆積する位置決め部材基部とは環境条件が異なる。さらにガラス固化体の貯蔵により湿潤環境が緩和されることから、長期健全性は維持されると考える。

また、位置決め部材は、建設時に支持架構を設置するために用いたものであり、安全上重要な収納管、通風管の耐震支持機能を期待したものではない。このため、変色部が進展した場合においても貯蔵区域に要求される耐震機能には影響がないことから、貯蔵区域の長期健全性は維持される。なお、保守的な解析評価を実施し、機能上影響を与えないことを確認しており、位置決め部材に期待しなくても貯蔵区域の中長期健全性は維持される。

6. 処置・対策

前項で述べたとおり、貯蔵区域の中長期健全性に影響を及ぼすものではないことから、現在、下部プレナム内に残っている変色部を含め、処置および対策は不要と考えている。

7. 今後の予定

今後もガラス固化体の受入れを予定しており、ガラス固化体の貯蔵本数は増えることから結露の発生はより緩和される状態となるが、ガラス固化体貯蔵設備の健全性が維持されていることを確認するため、各貯蔵区域の現場調査完了から5年以内を目安に遠隔にて操作できる観察装置により各貯蔵区域の観察を行う。

観察の結果、保修等の必要が生じた場合には、当該貯蔵区域のガラス固化体を別の場所へ移動して空にした後に下部プレナム部に入域し、適切な処置を施すこととする。

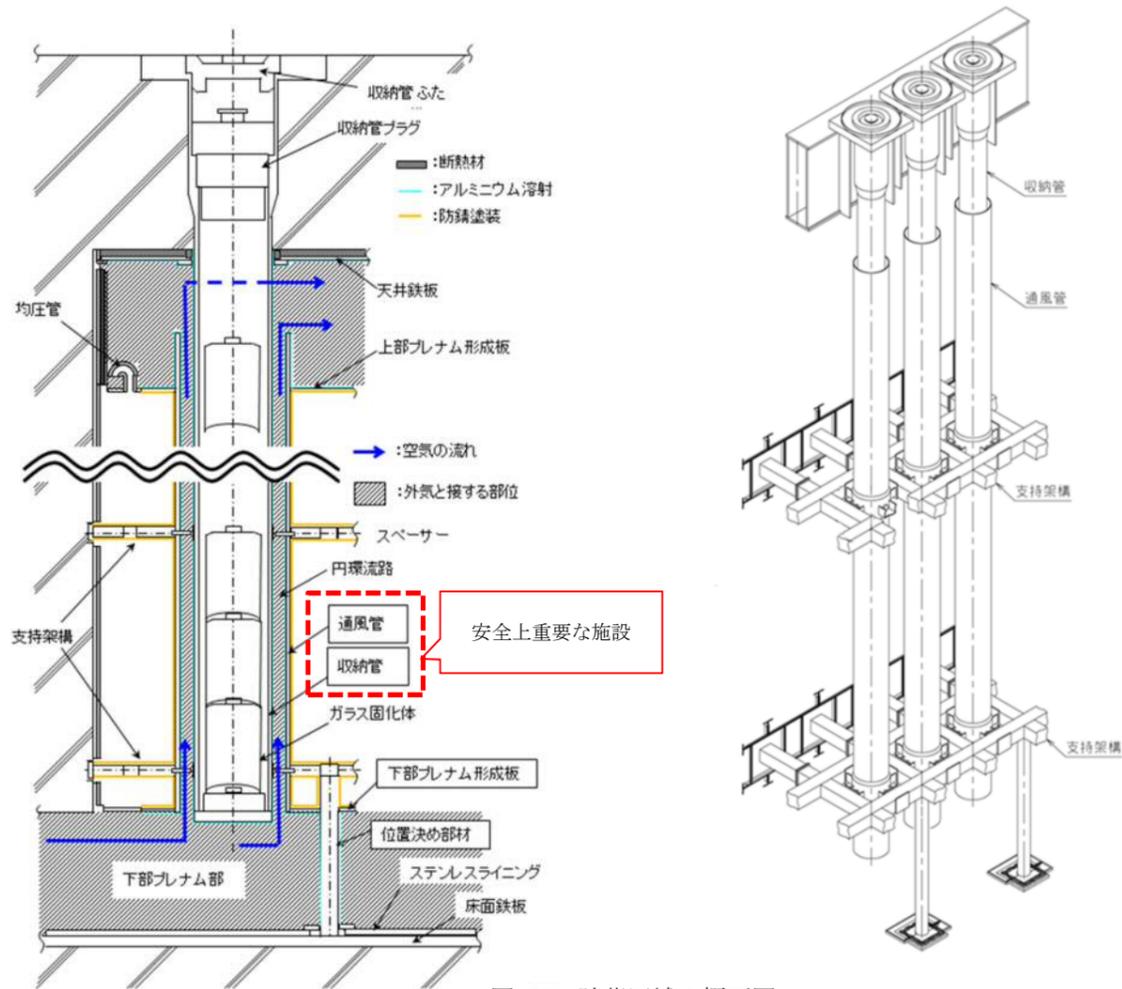


図-1 貯蔵区域の概要図

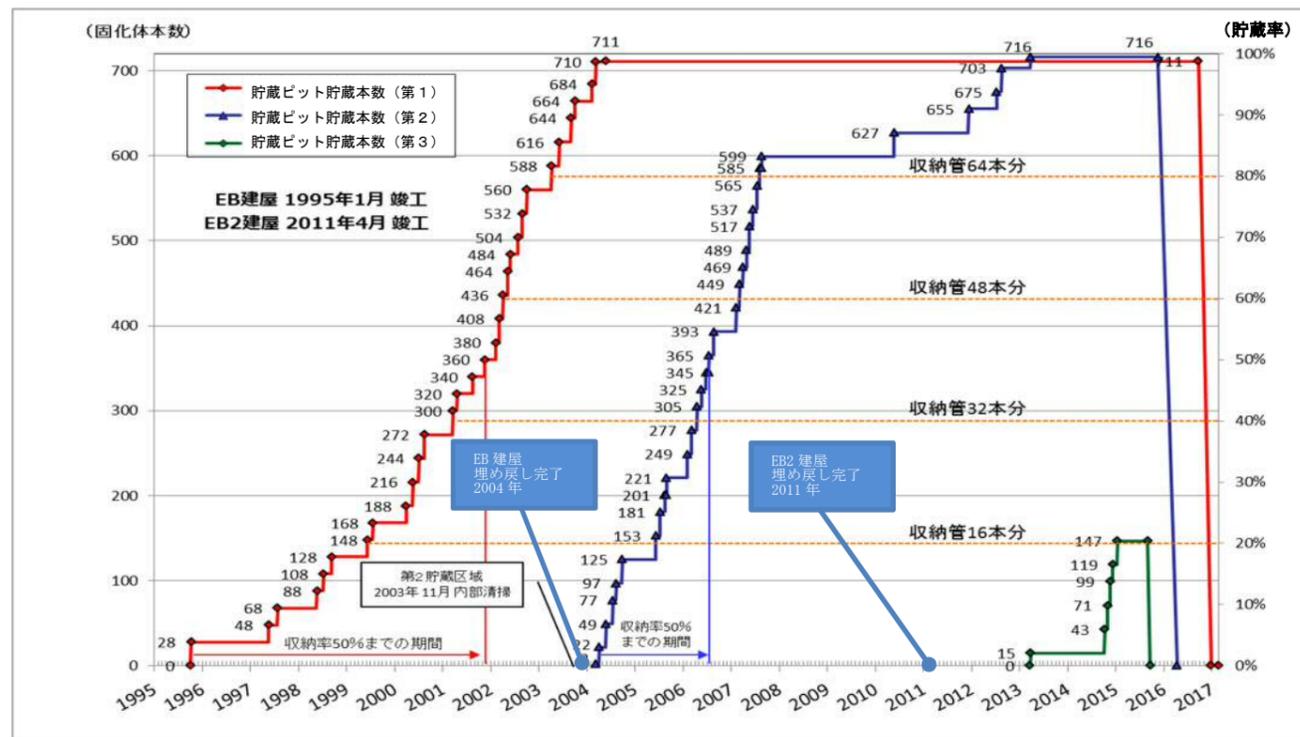


図-2 ガラス固化体貯蔵状況 (各貯蔵区域調査開始前までのガラス固化体貯蔵状態)

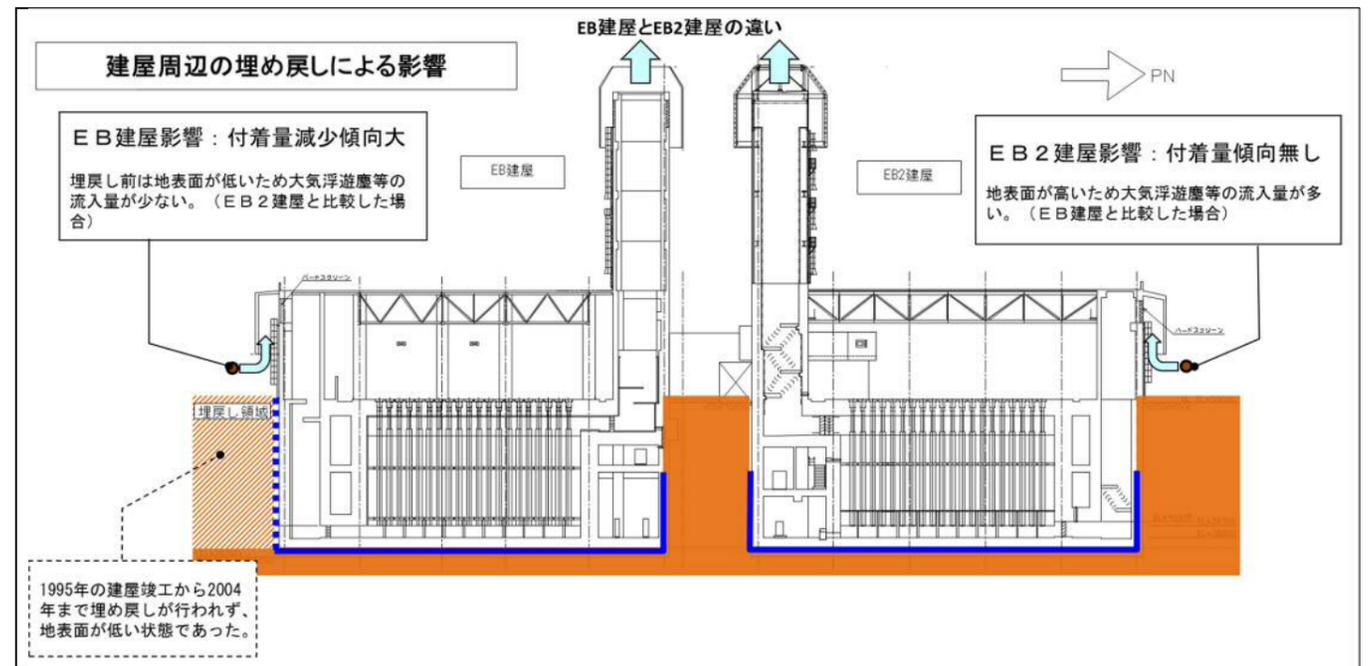
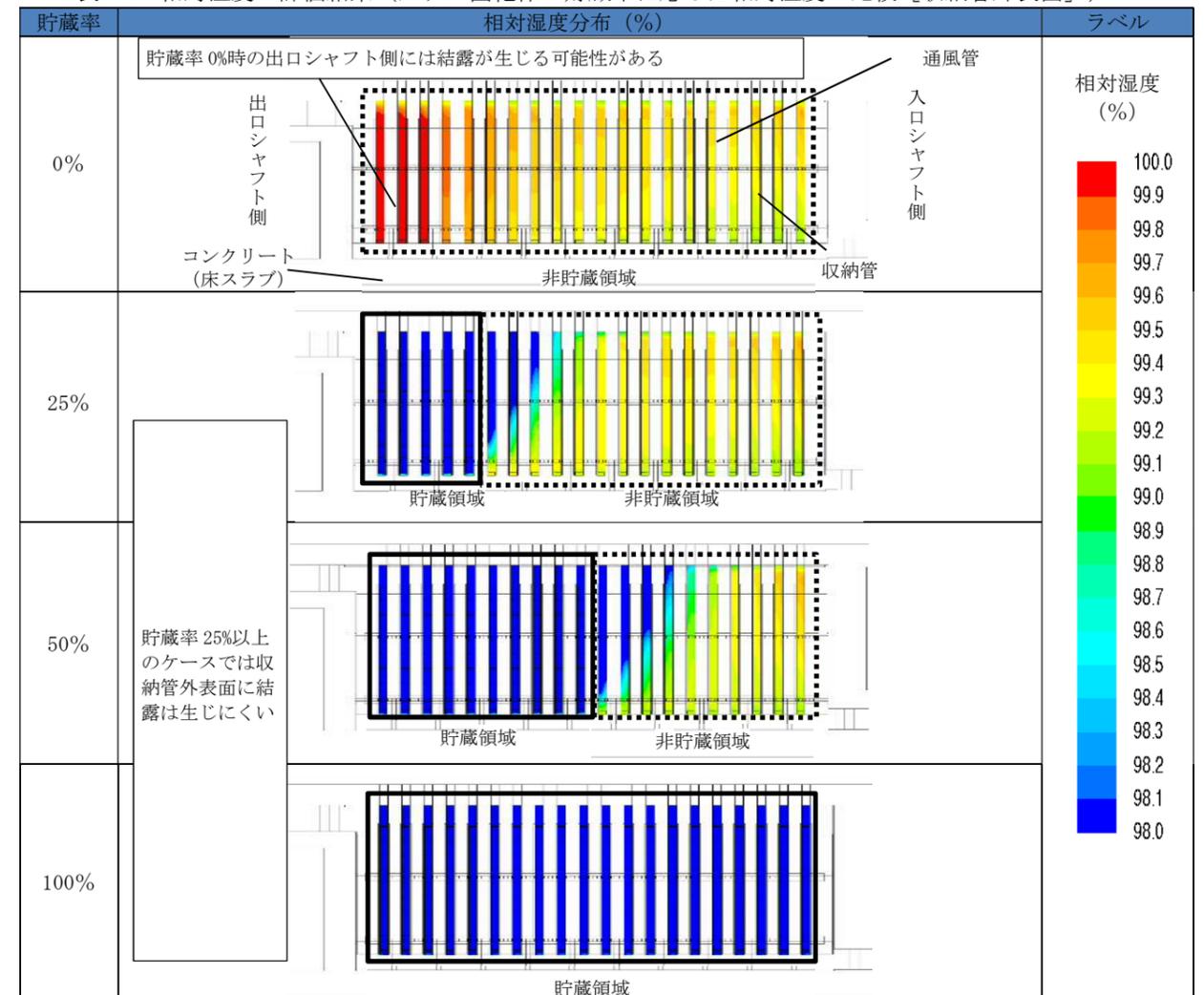


図-3 建屋の比較

表-3 相対湿度の評価結果 (ガラス固化体の貯蔵率に応じた相対湿度の比較 [収納管外表面])



解析条件： 外気温 25℃、下部プレナム温度 10℃、冷却空気入口境界における相対湿度 99%