

【補足説明資料】
破損燃料用輸送容器に係る実施計画Ⅱ章の変更について

2020年2月27日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

今回の変更申請範囲



■ 燃料の分類と実施計画の対応は以下のとおり。

状態	燃料の状態	実施計画		
		2.11 使用済燃料プールからの燃料取り出し設備	2.12 使用済燃料共用プール設備 (添付資料-9,10)	
健全燃料	被覆管は健全	燃料の健全性確認及び取り扱いに関する説明書 (添付資料-1-3)	破損燃料用輸送容器に係る安全機能及び構造強度に関する説明書 (添付資料-2-2)	
スペーサ部損傷燃料 (CB有り)	スペーサに損傷あるが燃料被覆管は健全	既認可の範囲	既認可の範囲※ 1	既認可の範囲 (通常ラック)
スペーサずれ燃料 (CB有り)				
スペーサ部損傷燃料 (CB無し)	CB未装着のため、ガレキの影響で被覆管に影響を与える可能性を懸念	既認可の範囲	今回の変更申請範囲 (破損燃料用輸送容器 (7体))	既認可の範囲 (49体ラック)
漏えい燃料	SHIPPING検査により漏えいを確認済			
ハンドル部の変形が認められる燃料※ 3	小	記載を追加し、別途申請予定※ 2	今回の変更申請範囲 (破損燃料用輸送容器 (2体))	変更申請審査中 (25体ラック)
	大			

※ 1 : 添付資料-2-1「構内用輸送容器に係る安全機能及び構造強度に関する説明書」として認可済み

※ 2 : 添付資料-1-3「6.2. 3号機における燃料の取り扱い」を見直して対応することを検討中

※ 3 : 燃料ハンドルが変形したスペーサ部損傷燃料や漏えい燃料も含む (現在確認されていないが、今後発見される可能性あり) ハンドル部の変形量を水中カメラで確認し、幾何学的に使用済燃料収納缶 (小) に収納可能な燃料を「小」、収納できない燃料を「大」として取り扱う。なお、判定しにくい燃料の場合は「大」とする。

※ : 上記以外の燃料が確認された場合は状況に応じて適切に対応する

- 3号機構内用輸送容器を破損燃料の輸送に用いるための審査の進捗を踏まえ、下記の通り補正を行う。

■ 主な補正箇所及び補正理由

II. 特定原子力施設的设计

2.11 使用済燃料プールからの燃料取り出し設備

・ 本文

- 破損燃料用輸送容器（2体）の追加に伴う基本仕様の記載変更

・ 添付資料-2-1-2

構内用輸送容器に係る安全機能及び構造強度に関する説明書（3号機）

- バスケット個数の記載追加
- 構造強度評価荷重条件等の記載の適正化

・ 添付資料-2-2-1

破損燃料用輸送容器（7体）に係る安全機能及び構造強度に関する説明書（3号機）

- 変更申請からの補正なし

・ 添付資料-2-2-2

破損燃料用輸送容器（2体）に係る安全機能及び構造強度に関する説明書（3号機）

- バスケット個数の記載追加
- 構造強度評価荷重条件等の記載の適正化
- 破損燃料用輸送容器（2体）に係る確認事項の記載追加

・ 別冊7 使用済燃料プールからの燃料取り出し設備に係る補足説明

- 破損燃料用輸送容器（7体）の安全機能及び構造強度に関しての補足書の新規記載
- 破損燃料用輸送容器（2体）の安全機能及び構造強度に関しての補足書の新規記載₂

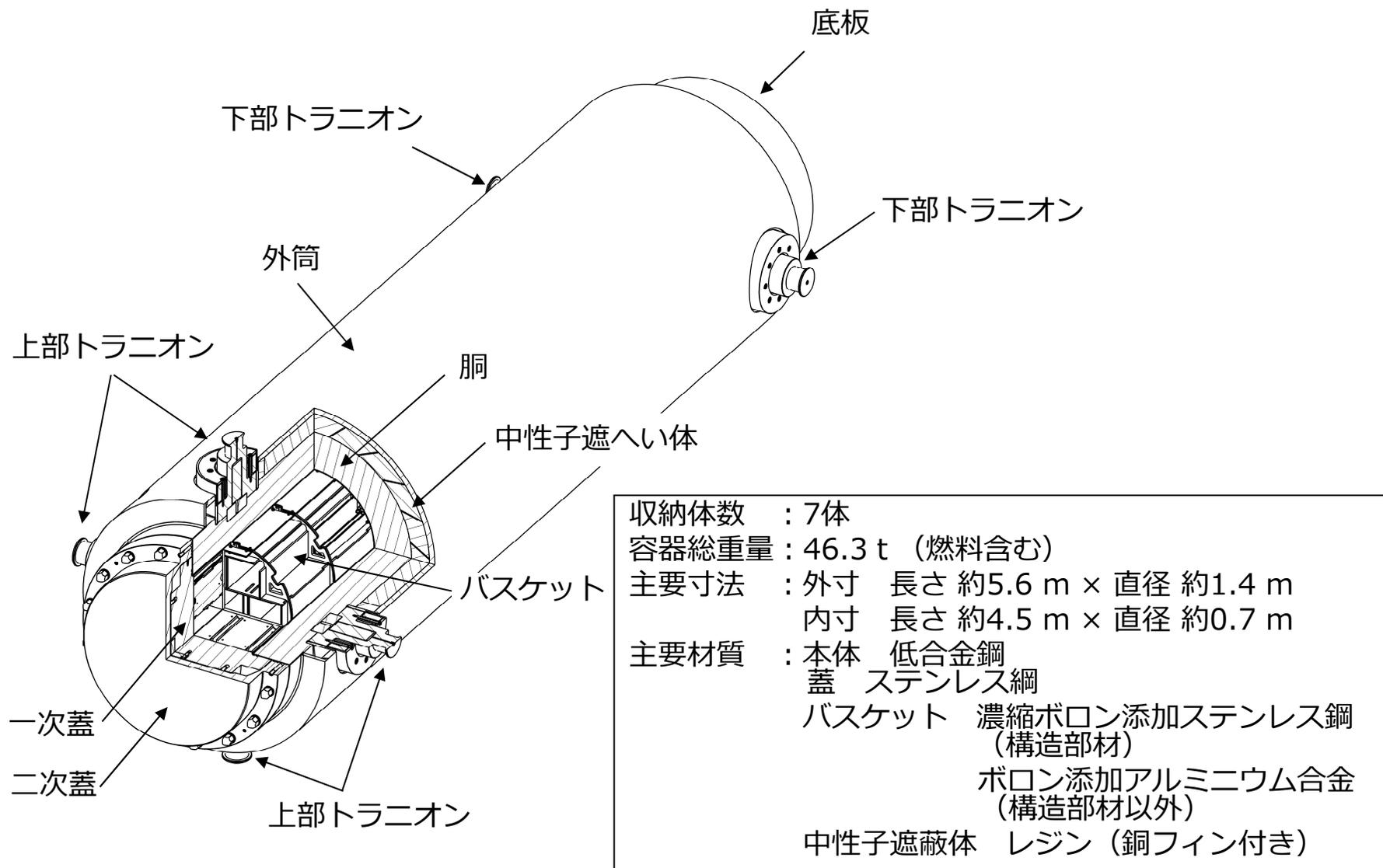
既認可輸送容器（7体収納）の設計経緯

- 3号機原子炉建屋の荷重条件から定格荷重50tのクレーンを設置。
- 既存容器では重量50tを超えるため、新たに輸送容器を設計。
- 3号機SFP燃料はガレキ落下により破損している可能性があったため、安全機能及び構造強度の設計条件に以下の条件を追加し、破損燃料も輸送できる容器として設計に反映。
 - 放射性物質の拡散を抑制
 - ⇒ ・ 収納缶及び収納缶が入るバスケットを設計し、破損燃料を収納缶に入れた輸送とする。
 - ・ 破損形態に応じて2種類の収納缶を設計・製造
 - ⇒ 収納缶（小）：既存容器のバスケット格子内のりやプールラック内のりから内寸を設定
 - 収納缶（大）：次スライドにて説明
- 収納体数は4体、7体、12体の3ケースを検討。

収納体数	4体	7体	12体
遮へい性能	@1m : 0.2 mSv/h	@1m : 0.3~0.4mSv/h	4体、7体よりも劣る
臨界性能	未臨界を確保	未臨界を確保	破損燃料を考慮すると成立しない
輸送回数	142回	81回	48回

- 12体収納は、破損燃料まで考慮すると未臨界を確保できないため廃案。
- 作業環境の雰囲気線量が高いことから、極力輸送回数を減らして作業員の総被ばく線量を低減させるため、輸送回数の少ない7体収納を採用。

輸送容器（7体収納）の概要

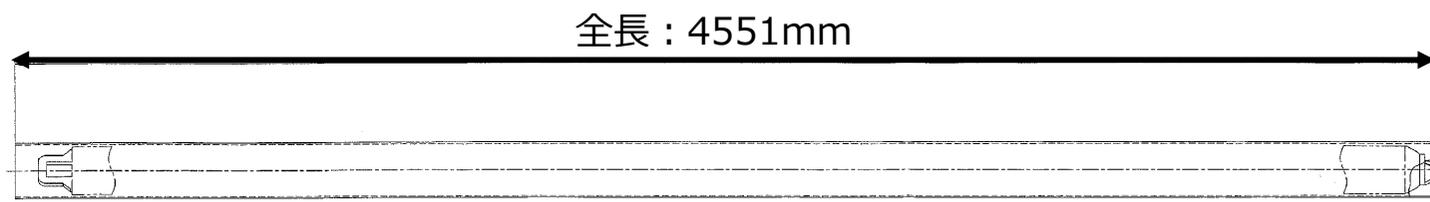


輸送容器（7体収納）のバスケット構造

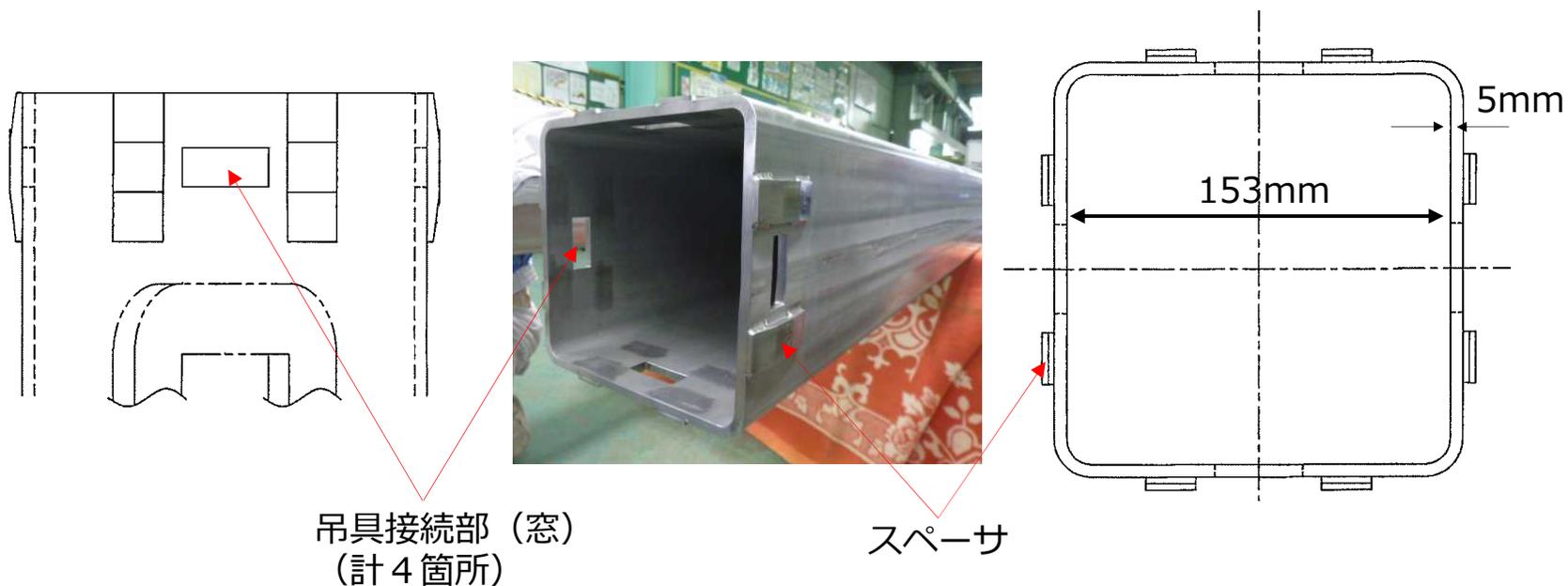
- バスケットは容器内において燃料集合体を所定の位置に保持して未臨界を確保するための構造物であり、ボロン添加ステンレス鋼（B-SUS）の枠板、SUS304の格子支持板、バスケット外周にボロン添加アルミニウム（B-Al）合金板で構成されている。
- 枠板同士が嵌め合う構造となっており、枠板で燃料集合体を直接支持する。
- ボロン添加アルミニウム合金板は、両端を格子支持板にボルトで固定する構造であり、構造強度部材としての機能は有していない。

使用済燃料収納缶（小）の構造

- 使用済燃料収納缶（小）は、ステンレス鋼製の角缶構造である。上部には吊具を取り付けるための接続部（窓）を設け、接続部に吊具を取り付けできる構造としている。



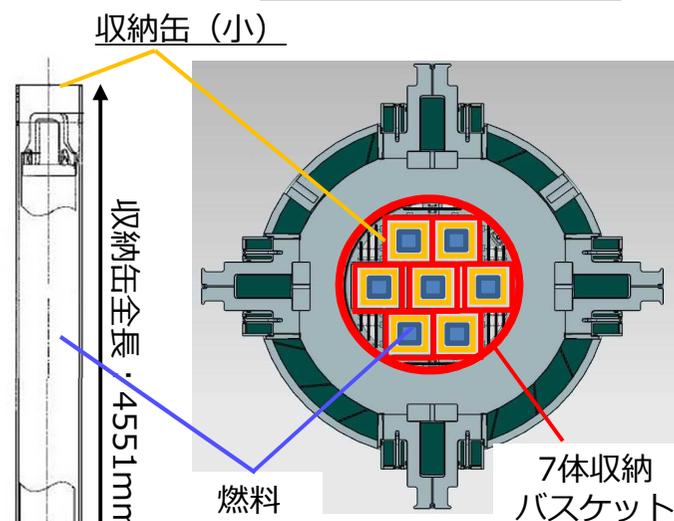
収納缶全体



輸送容器（2体収納）の設計検討

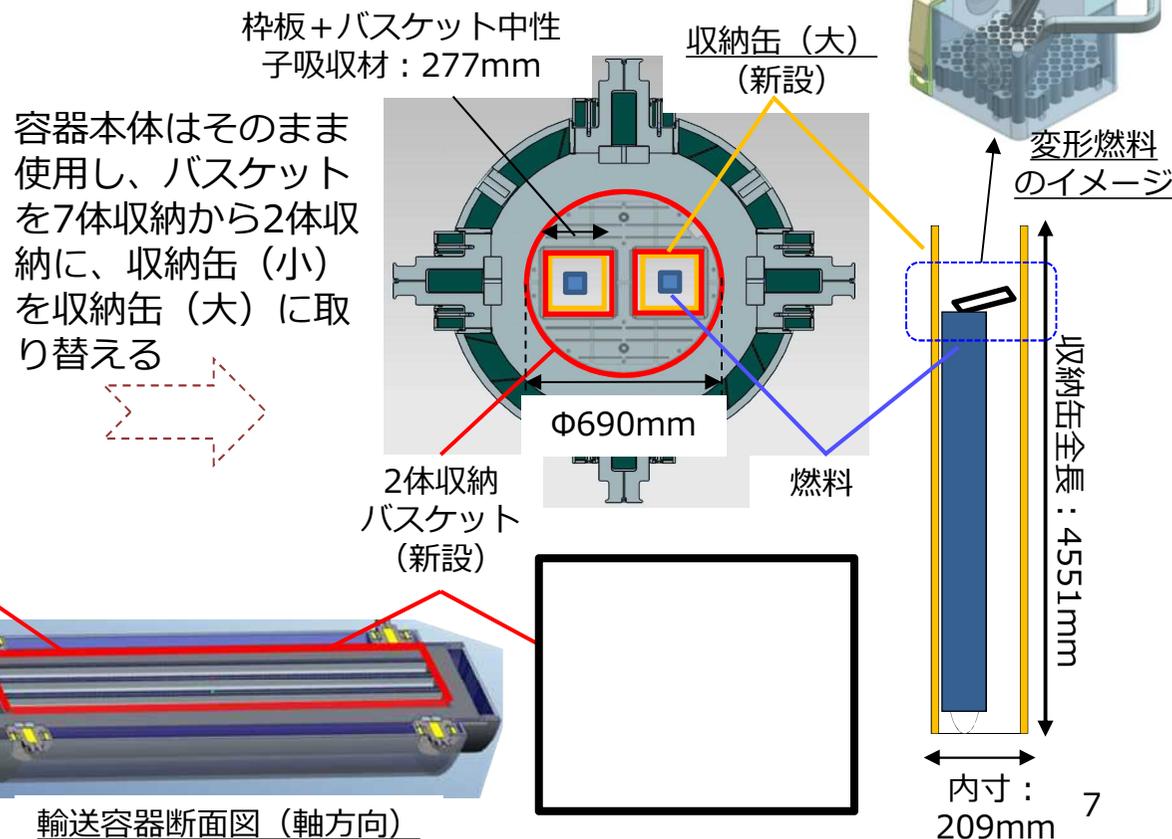
- 3号機SFP内調査により、ハンドル部が変形した燃料を確認。
⇒ハンドル変形の大きい燃料は収納缶（小）にハンドルが干渉する可能性があるため、収納可能な大きいサイズの収納缶（大）及び収納缶（大）に対応したバスケットを新規設計。
- 最大重量のガレキ下部から発見されたハンドル変形燃料が約60度の曲がり度で、現在確認されているものでは最大の変形量であるが、今後のガレキ撤去でより変形の大きい燃料が見つかる可能性があるため、保守的にハンドルが水平に傾倒した状態（下図）でも収納可能な内寸を設定。
- 収納缶（大）に対応したバスケットは未臨界が確実に確保され、幾何学的に最大収納となる2体を設定。

輸送容器（7体収納）



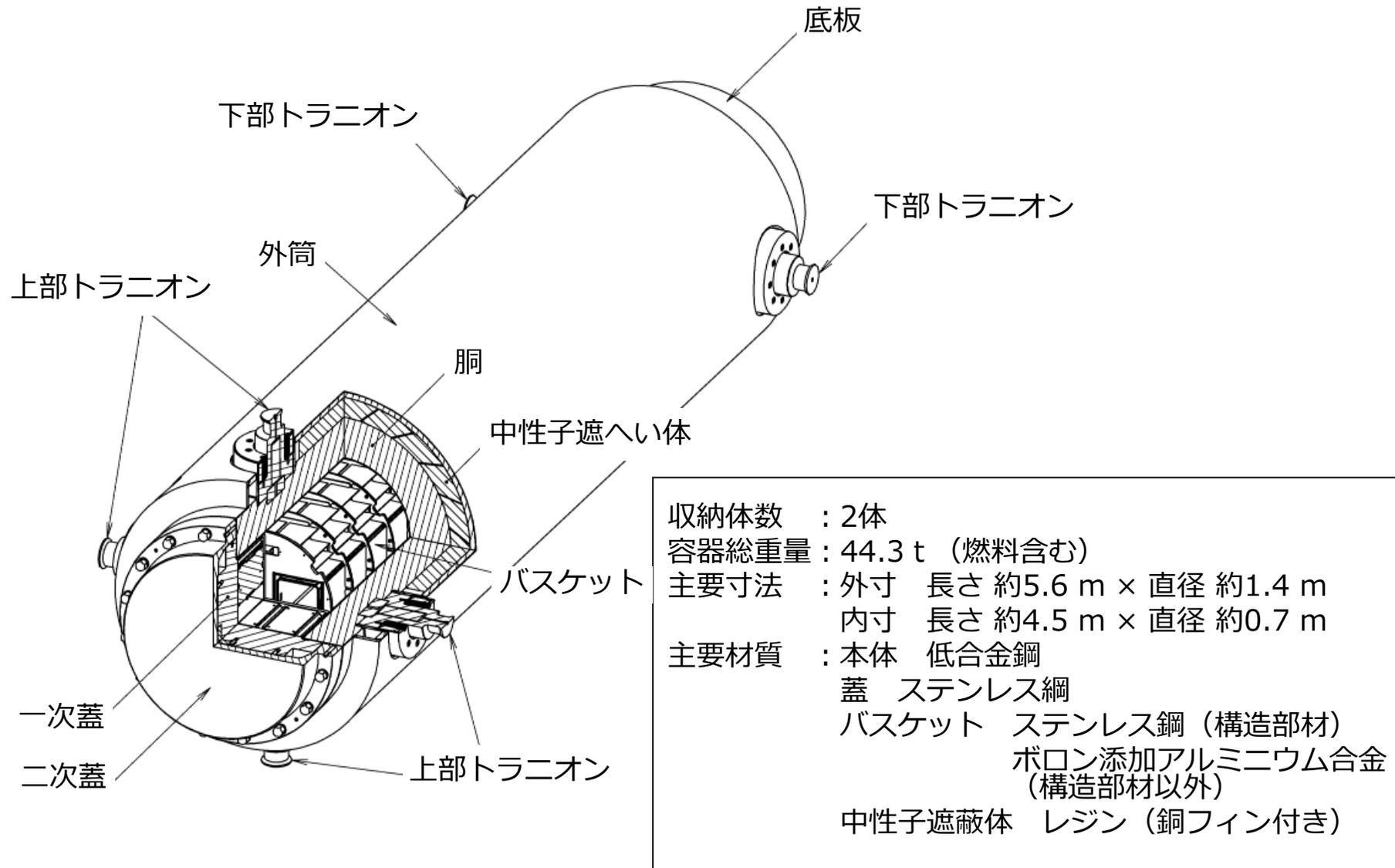
内寸：
153mm

輸送容器（2体収納）



輸送容器断面図（軸方向）

輸送容器（2体収納）の概要



輸送容器（2体収納）のバスケット構造

- 2体収納バスケットは、ステンレス鋼（SUS）の枠板、SUS304の格子支持板、バスケット外周にボロン添加アルミニウム（B-Al）合金板で構成されている。
- 枠板で燃料集合体を直接支持する。
- ボロン添加アルミニウム合金板は、両端を中性子吸収材支持板に嵌め合って固定する構造であり、構造強度部材としての機能は有していない。中性子吸収材支持板は格子支持板にボルトで固定する構造である。
- スペースは、格子支持板を所定の位置に保持する役割であり、バスケットの構造強度部材の機能を有している。

使用済燃料収納缶（大）の構造

- 使用済燃料収納缶（大）は、ステンレス鋼製の角缶構造であり、側面には中性子吸収材のボロン添加アルミニウム（B-Al）合金を取り付けた構造である。上部には吊具を取り付けるための接続部（窓）を設け、接続部に吊具を取り付けできる構造としている。



安全評価における既認可からの変更点

- 構造強度
 - 荷重条件（容器質量，バスケット構造）が変わるため，2体収納の評価を実施
 - 2体収納のトラニオンの応力評価は，容器質量が小さくなるため7体収納の結果に包絡される
- 除熱機能
 - 収納体数が2体に減り崩壊熱量は小さくなるがバスケット構造が変わるため，2体収納の評価を実施
 - 軸対称断面モデルを用いて評価されるOリング及び蓋は崩壊熱量に比例するため，2体収納は7体収納の結果に包絡される

評価項目		既認可（7体収納）	既認可（7体収納）との主な変更点	
			破損燃料用輸送容器（7体収納）	破損燃料用輸送容器（2体収納）
構造強度	評価対象	容器本体，蓋，バスケット， トラニオン	同左	容器本体，蓋，バスケット
	評価条件	7体収納 の容器質量（燃料，収納缶等の収納物を含む）及び内部構造	同左	2体収納 の容器質量（燃料，収納缶等の収納物を含む）及び内部構造
	評価方法	評価対象ごとに荷重条件から応力計算	同左	同左
	新評価実施有無	－	不要	要
除熱機能	評価対象	中性子遮へい材， Oリング ，胴， 蓋 ，バスケット，燃料被覆管	同左	中性子遮へい材，胴，バスケット，燃料被覆管
	評価条件	7体収納 の崩壊熱量及び内部構造	同左	2体収納 の崩壊熱量及び内部構造
	評価方法	輪切り断面モデル及び 軸対称断面モデル を用いた評価	同左	輪切り断面モデルを用いた評価
	新評価実施有無	－	不要	要

安全評価における既認可からの変更点



- 密封機能
 - 構造強度及び除熱評価結果並びに容器構造から密封機能の維持を確認するが、新たに構造強度及び除熱評価を実施したため、2体収納の評価を実施
- 遮へい機能
 - 収納体数が2体に減り線源強度は小さくなるがバスケット構造が変わるため、2体収納の評価を実施
 - 7体収納と軸方向の燃焼度分布が同一（線源強度の分布が同様）のため、燃焼度分布が最大（線源強度最大）となる高さの線源強度を評価し、2体収納が7体収納の結果に包絡されることを確認する

評価項目		既認可（7体収納）	既認可（7体収納）との変更点	
			破損燃料用輸送容器（7体収納）	破損燃料用輸送容器（2体収納）
密封機能	評価対象	一次蓋及び二次蓋で構成する密封境界	同左	同左
	評価条件	構造強度（7体収納）及び除熱機能（7体収納）と同様	同左	構造強度（2体収納）及び除熱機能（2体収納）と同様
	評価方法	構造強度（7体収納）及び除熱（7体収納）評価結果並びに容器構造から密封機能の維持を確認	同左	構造強度（2体収納）及び除熱（2体収納）評価結果並びに容器構造から密封機能の維持を確認
	新評価実施有無	—	不要	要
遮へい機能	評価対象	容器上部，上部中性子遮へい体欠損部，容器側面，下部中性子遮へい体欠損部，容器下部，上部トラニオン，下部トラニオン	同左	容器側面
	評価条件	7体収納の線源強度及び内部構造	同左	2体収納の線源強度及び内部構造
	評価方法	径方向の評価モデル及び軸方向の評価モデルを用いた評価	同左	径方向の評価モデルを用いた評価
	新評価実施有無	—	不要	要

安全評価における既認可からの変更点

- 臨界防止機能
 - 想定されるいかなる場合にも未臨界を確保しなければならないため、保守的に燃料被覆管が破損し、ペレットが収納缶外まで放出されることを仮定して評価を実施
- 輸送容器の落下時の線量評価
 - 収納体数が2体に減り核分裂生成物の放出量は小さくなるため、2体収納は7体収納の結果に包絡される

評価項目		既認可（7体収納）	既認可（7体収納）からの変更点	
			破損燃料用輸送容器（7体収納）	破損燃料用輸送容器（2体収納）
臨界防止機能	評価条件	7体収納バスケット，収納缶（小），燃料条件（燃料形状を維持したまま収納缶内で燃料棒が広がる）	7体収納バスケット，収納缶（小），燃料条件（燃料破損を仮定し，燃料粒子が収納缶外へ漏えい・堆積する）	2体収納バスケット，収納缶（大），燃料条件（燃料破損を仮定し，燃料粒子が収納缶外へ漏えい・堆積する）
	評価方法	燃料条件，製造公差，境界条件など最も保守的に設定して評価	同左	同左
	新評価実施有無	－	要	要
輸送容器の落下時の線量評価	評価条件	収納した7体すべてが破損	同左	収納した2体すべてが破損
	評価方法	大気中への核分裂生成物の放出量から線量当量率を評価	同左	同左
	新評価実施有無	－	不要	不要

構外用輸送容器の使用前検査確認項目に対する実施要否



検査項目		確認内容	検査対象	輸送容器（2体収納） における実施要否
材料検査		設計どおりの材料であることを確認する。	容器、バスケット、 放射線遮へい材	要
構造 検査	寸法検査	設計どおりの寸法であることを確認する。	容器、バスケット、 放射線遮へい材	要
	外観検査	健全性に影響を及ぼす表面のかき傷、クラック、変形等の有害な欠陥がないことを確認する。		
強度・ 漏えい 検査	耐圧検査	機器等が検査圧力に耐え、変形等の異常がないことを確認する。	容器	<p style="text-align: center; color: red;">否</p> <p style="text-align: center; color: red;">（使用前検査済み。バスケットのみの変更で、輸送容器の耐圧部は7体収納時と同様）</p>
	漏えい検査	耐圧検査終了後、耐圧部からの漏えいの有無を確認する。		

構外用輸送容器の使用前検査確認項目に対する実施要否



検査項目		確認内容	検査対象	輸送容器（2体収納） における実施要否
機能 検査	伝熱検査	輸送容器内部に燃料を模擬するヒータを挿入して発熱させ、定常状態における温度を確認する。	容器、バスケット	否 <u>（発熱量の大きい7体収納時に使用前検査済み）</u>
	気密漏えい検査	シール部が設計どおりの密封機能を有することを漏えい率を計測して確認する。	容器	否 <u>（社内検査済み。バスケットのみの変更で、輸送容器密封境界は7体収納時と同様）</u>
	未臨界検査	バスケットの材料及び主要寸法が、臨界評価の前提条件となっている値を満足していることを確認し、バスケットの外観に異常のないことを確認する。	バスケット	要
	吊上荷重検査	トラニオンに荷重を負荷し、トラニオンの外観に異常のないことを確認する。	トラニオン	否 <u>（社内検査済み。7体収納時と同様のトラニオンで、荷重荷重も7体収納時よりも小さい）</u>
	模擬燃料集合体挿入検査	模擬燃料集合体をバスケットに挿入、取出しを行い、支障がないことを確認する。	バスケット	否 <u>（社内検査にて確認）</u>
	外観・据付検査	機能、性能に影響を及ぼす表面のかき傷、クラック、変形等の有害な欠陥がないこと、機器の据付位置及び据付状態を確認する。	容器	要

輸送容器（2体収納）の使用前検査確認項目



確認事項	確認項目		確認内容	検査対象	確認要否
構造強度	材料確認		実施計画に記載されている主な材料について確認する。	容器, バスケット, 放射線遮へい材	<u>バスケットのみ検査対象</u> ※1
構造強度 遮へい機能	構造確認	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	容器, バスケット, 放射線遮へい材	<u>バスケットのみ検査対象</u> ※1
		外観確認	各部の外観を確認する。		
密封機能	機能確認	取合確認	密封境界を構成する蓋等が容器と取合い密封境界の構成に問題が無いことを確認する。	容器	2体収納バスケットに変わり、バスケットと一次蓋との取合確認が必要なため <u>検査対象</u>
臨界防止機能	機能確認	材料確認 寸法確認 外観確認	バスケットの材料及び主要寸法が、実施計画評価の前提条件となっている値を満足していることを確認し、バスケットの外観に異常のないことを確認する。	バスケット	2体収納バスケットは新規設備となるため <u>検査対象</u>

※1：容器及び放射線遮へい材は7体収納と変わらないため検査不要

輸送容器（7体収納）の除熱機能検査

- 検査手順
 - 容器内部に使用済燃料を模擬するヒータを挿入して発熱させ、定常状態における容器各部の温度を立会により確認する。
- 判定基準
 - 環境温度を38℃として補正した容器各部の温度が最高使用温度を超えないこと。
- 検査結果
 - 判定基準に対して十分裕度がある。

計測部位	補正温度	判定基準
キャスク容器	65.9℃	135℃
バスケット	65.6℃	170℃

輸送容器（2体収納）の除熱機能検査の必要性について

- 7体収納と2体収納の伝熱経路の比較
 - 容器は同一の輸送容器を使うことから、胴より外側の伝熱経路は同一である。
 - 胴内部の主要な伝熱パスは、水とステンレス鋼であり、輸送容器(7体収納)と同じである。

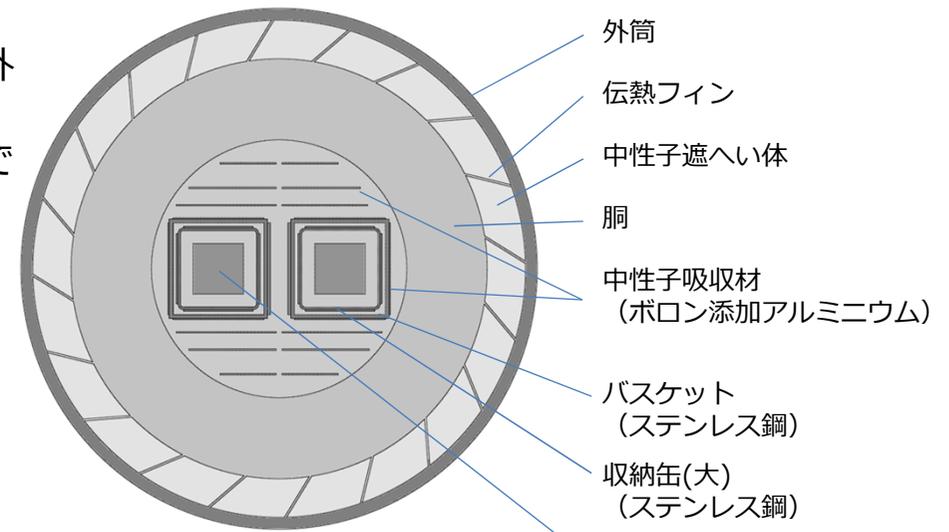
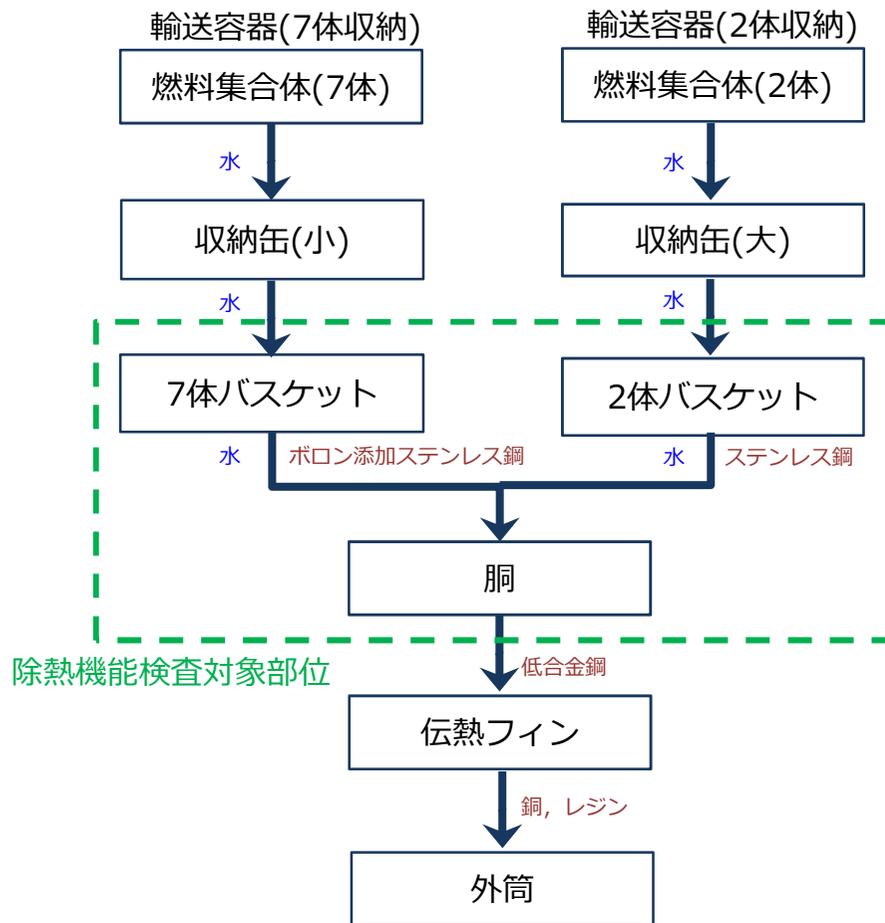


図 輸送容器(2体収納)断面

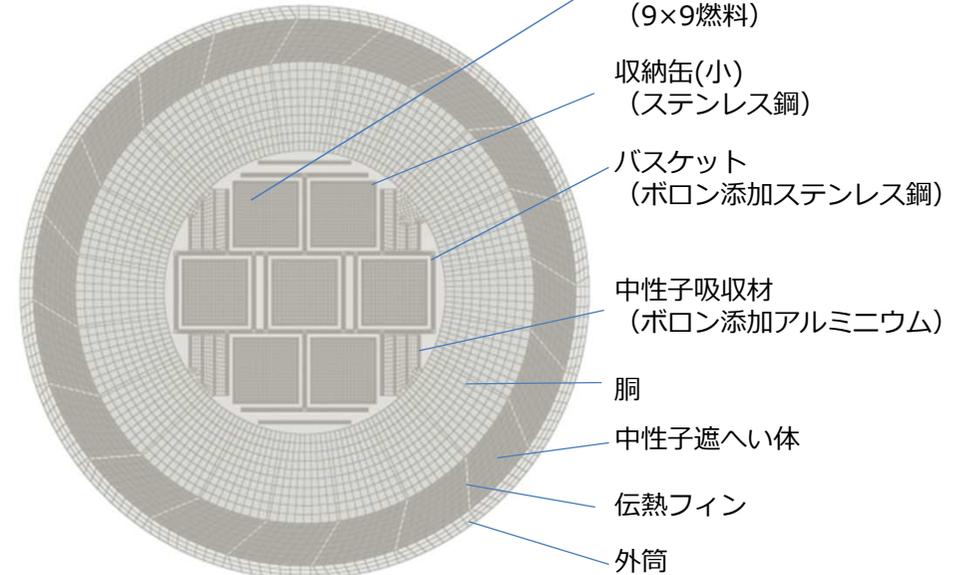


図 輸送容器(7体収納)断面

輸送容器（2体収納）の除熱機能検査の必要性について

■ 7体収納と2体収納の規定発熱量の比較

- 規定発熱量は以下のとおり7体収納時のほうが2体収納時より大きい。

		7体収納	2体収納
燃料条件	燃料タイプ	9×9燃料	9×9燃料
	燃焼度[MWd/t]	52,000	52,000
	冷却期間[日]	1,716	3,207
規定発熱量[kW]		3.91	0.76

■ 7体収納と2体収納の除熱評価の比較

- 同様の評価手法・解析コードを用いて評価された除熱評価は、以下のとおり2体収納は7体収納に包絡される。

評価部位	7体収納[℃]	2体収納[℃]
中性子遮へい材	96	72
胴	100	71
バスケット	152	89
燃料被覆管	169	110

■ まとめ

- 7体収納と2体収納で伝熱パスは同一であり、発熱量は2体収納時のほうが小さいため7体収納時より低い温度が測定されると想定される。
- また、7体収納と同様の評価手法・解析コードを用いて評価された除熱評価においても、2体収納は7体収納に包絡されることを確認している。
- 以上より、2体収納時の除熱機能検査は不要と考える。