

MX-6P型輸送物 核燃料輸送物設計承認申請

2020.8.6

三菱原子燃料株式会社

1. MX-6P型輸送物の概要

1.1 目的及び条件

1.2 輸送容器の概要

1.3 収納物の概要

2. 安全解析の概要

2.1 通常時（輸送中、取扱時）に対する評価

2.2 一般の試験条件（A型輸送物、核分裂性輸送物）に対する評価

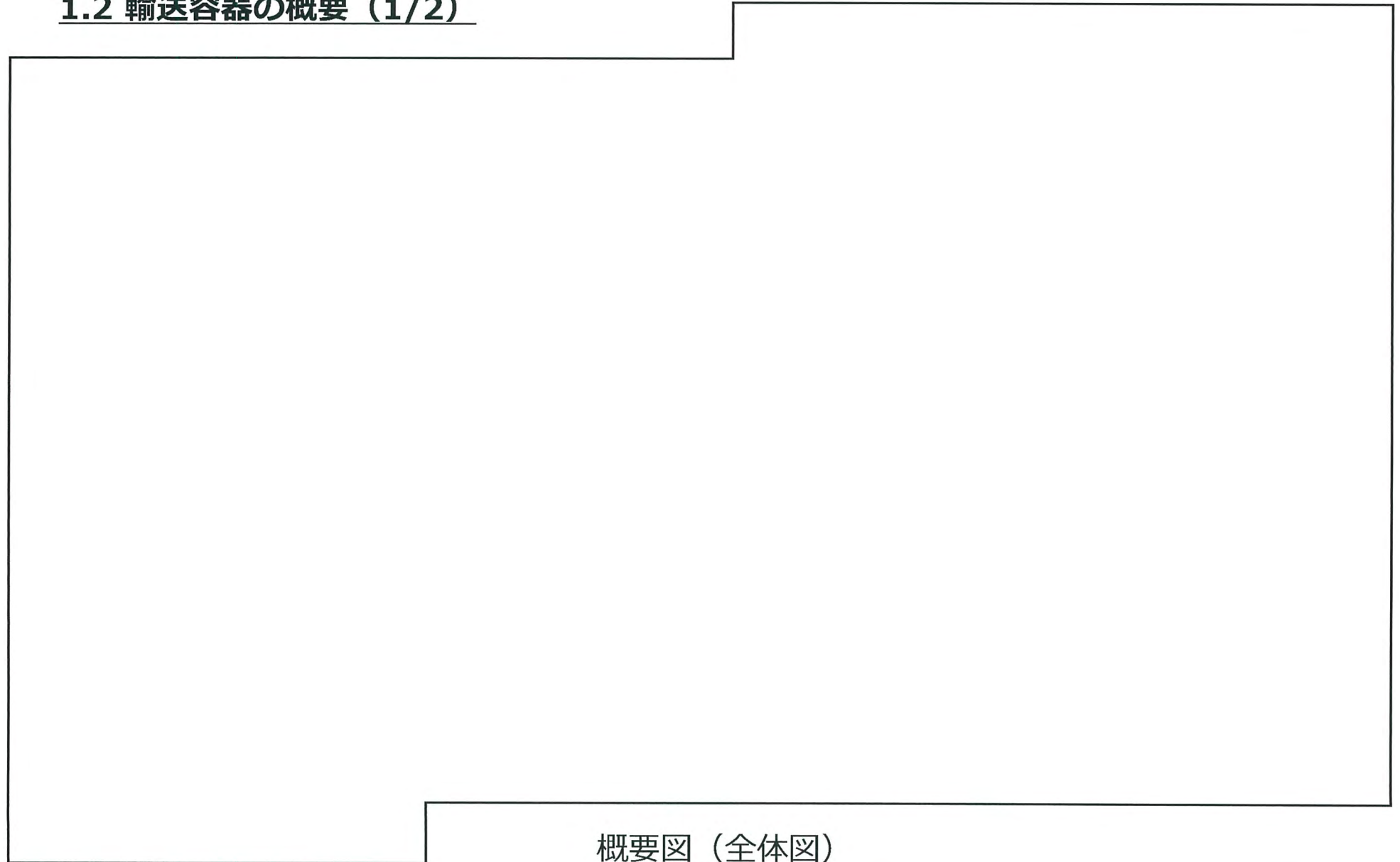
2.3 特別の試験条件（核分裂性輸送物）に対する評価

3. 今後の対応予定（全体スケジュール）

1.1 目的及び条件

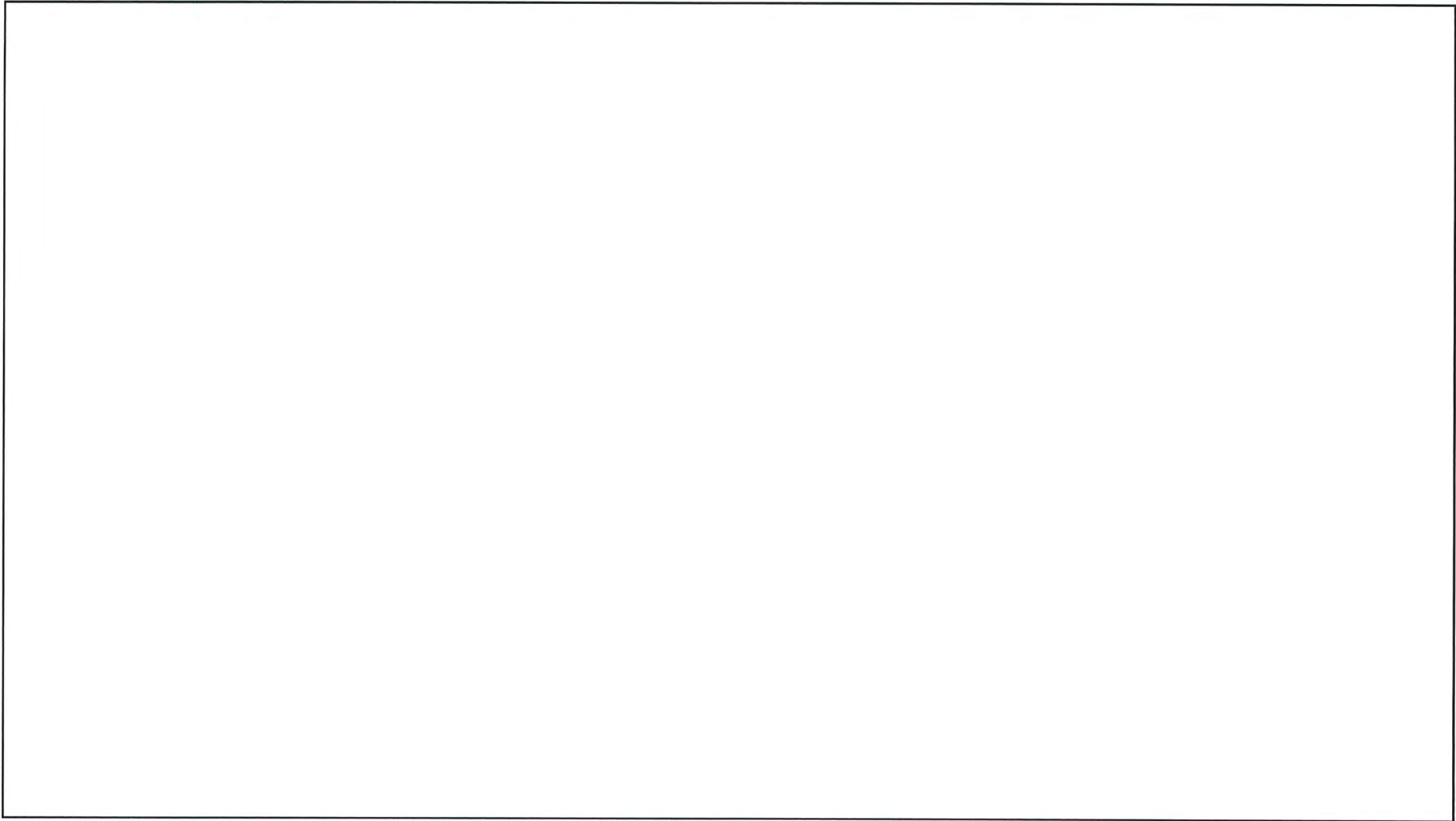
- | | |
|--------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1. 輸送物の使用目的 | 軽水炉型原子力発電所の未使用の燃料集合体（使用済燃料プールに保管されていたものを含む）を燃料加工工場に輸送するために使用する。 |
| 2. 輸送容器の型名 | MX-6P型 |
| 3. 輸送物の種類 | A型核分裂性輸送物 |
| 4. 輸送制限個数 | 制限なし |
| 5. 輸送指数 | 0.2以下 |
| 6. 臨界安全指数 | 0 |
| 7. 輸送物の総重量 | 19.5トン以下（輸送架台は含まず） |
| 8. 輸送容器の外形寸法 | 外径約2.1m、長さ約6.0m
（前部及び後部衝撃吸収カバーを含む） |
| 9. 輸送容器の主な材質 | |
| 本体 : | ステンレス鋼、銅、合金鋼、レジン |
| 蓋部 : | チタン合金、合金鋼、レジン |
| バスケット : | アルミニウム合金、ボロン入りステンレス鋼、ステンレス鋼 |
| 衝撃吸収カバー : | 木材、ステンレス鋼、合金鋼 |
| 10. 輸送形態 | 車両による陸上輸送及び船による海上輸送 |

1.2 輸送容器の概要 (1/2)



概要図 (全体図)

1.2 輸送容器の概要 (2/2)



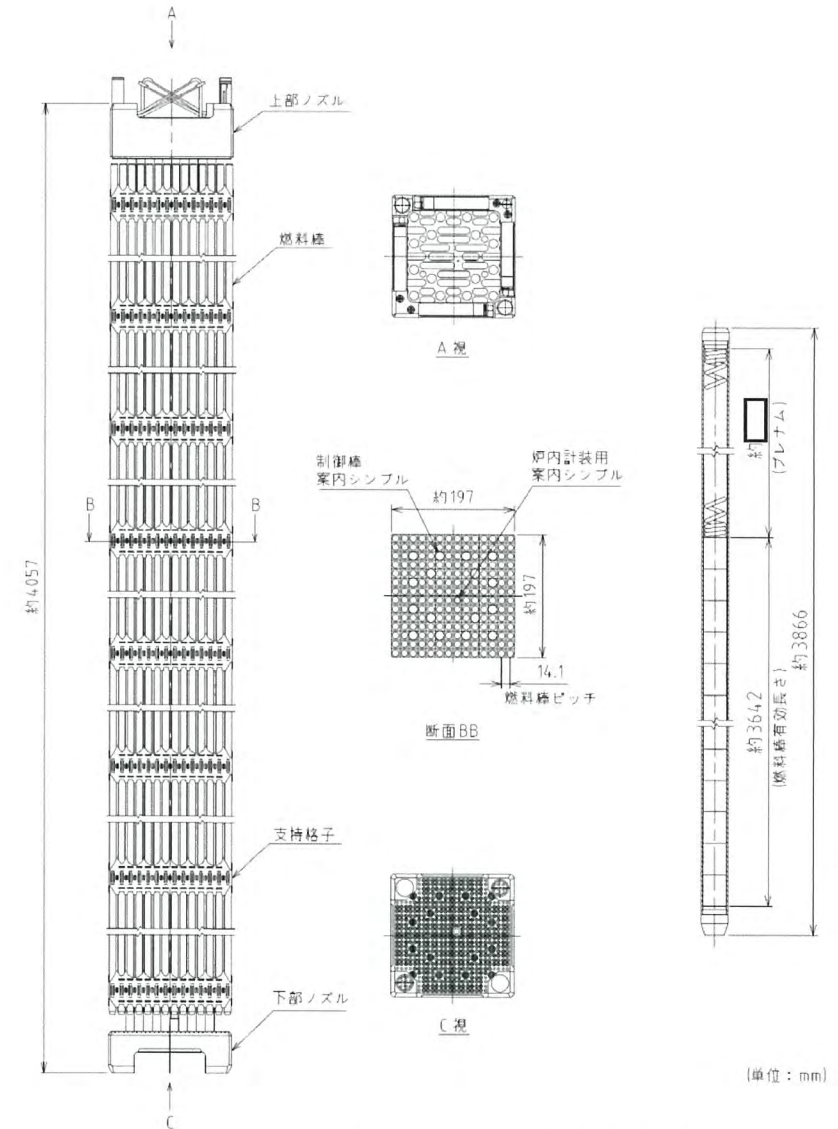
概要図 (密封境界)

1. MX-6P型輸送物の概要

1.3 収納物の概要

項目		燃料集合体の型式	14×14型 (10 フィート)	14×14型 (12 フィート)
		種類	軽水炉 (PWR) 用新燃料集合体(*1)	
		性状	固体 (二酸化ウラン粉末焼結体又は ガドリニア入り二酸化ウラン粉末焼結体)	
輸送容器 1基当たり	収納体数 (体)		8 以下	
	収納物重量 (kg)		□以下	□以下
	放射能 の量	総 量 (GBq)	□以下 (主要な核種の合計: □以下)	□以下 (主要な核種の合計: □以下)
	発 熱 量		該当せず (未使用)	
		濃 縮 度 (wt%)	5.0 以下	
燃料集合体 1体当たり	重 量	燃料集合体重量 (kg)	□以下	□以下
		二酸化ウラン重量 (kg)	□以下	□以下
		ウラン重量 (kg)	□以下	□以下
	燃 焼 度		該当せず (未使用)	
	冷 却 日 数		該当せず (未使用)	

(*1) 使用済燃料プールに保管されていた未使用の燃料集合体を含む



14×14型(12フィート)燃料集合体の例

2.1 通常時（輸送中、取扱時）に対する評価

通常時（輸送中、取扱時）

A型輸送物に係る技術上の基準

技術基準	容易に、かつ、安全に取扱うことができること	運搬中に予想される温度及び内圧の変化、振動等により、亀裂、破損の生じるおそれがないこと	周囲の圧力を60kPaとした場合に、放射性物質の漏えいがないこと	最大線量当量率が下記を超えないこと ・表面：2mSv/h ・表面から1m離れた位置：100μSv/h
結果	安全に取扱うことができる	亀裂・破損は生じない	密封装置は健全であり放射性物質の漏えいはない ^{(*)4}	≤ □ μSv/h（表面） ≤ □ μSv/h（表面から1m）

核分裂性輸送物に係る技術上の基準

技術基準	臨界に達しないこと ・輸送中 ・孤立系 ^{(*)2}
結果	未臨界を維持

【構造解析】

（『安全に…』に関する一部として）

解析評価	吊上装置 ^{(*)3}	固縛装置	圧力 ^{(*)1}	振動
手法	手計算＋解析コードを用いた応力評価・疲労評価（コード：ABAQUS）	解析コードを用いた応力評価（コード：ABAQUS）	解析コードを用いた応力評価（コード：ABAQUS）	解析コードを用いた固有振動数評価（コード：ABAQUS）
結果	弾性範囲 使用回数 ≤ 許容繰返し回数	弾性範囲	弾性範囲	共振の恐れはない

【遮蔽解析】

解析評価	線量当量率
手法	解析コードを用いた線量当量率評価（コード：ORIGEN2/DORT）
結果	≤ □ μSv/h（表面） ≤ □ μSv/h（表面から1m）

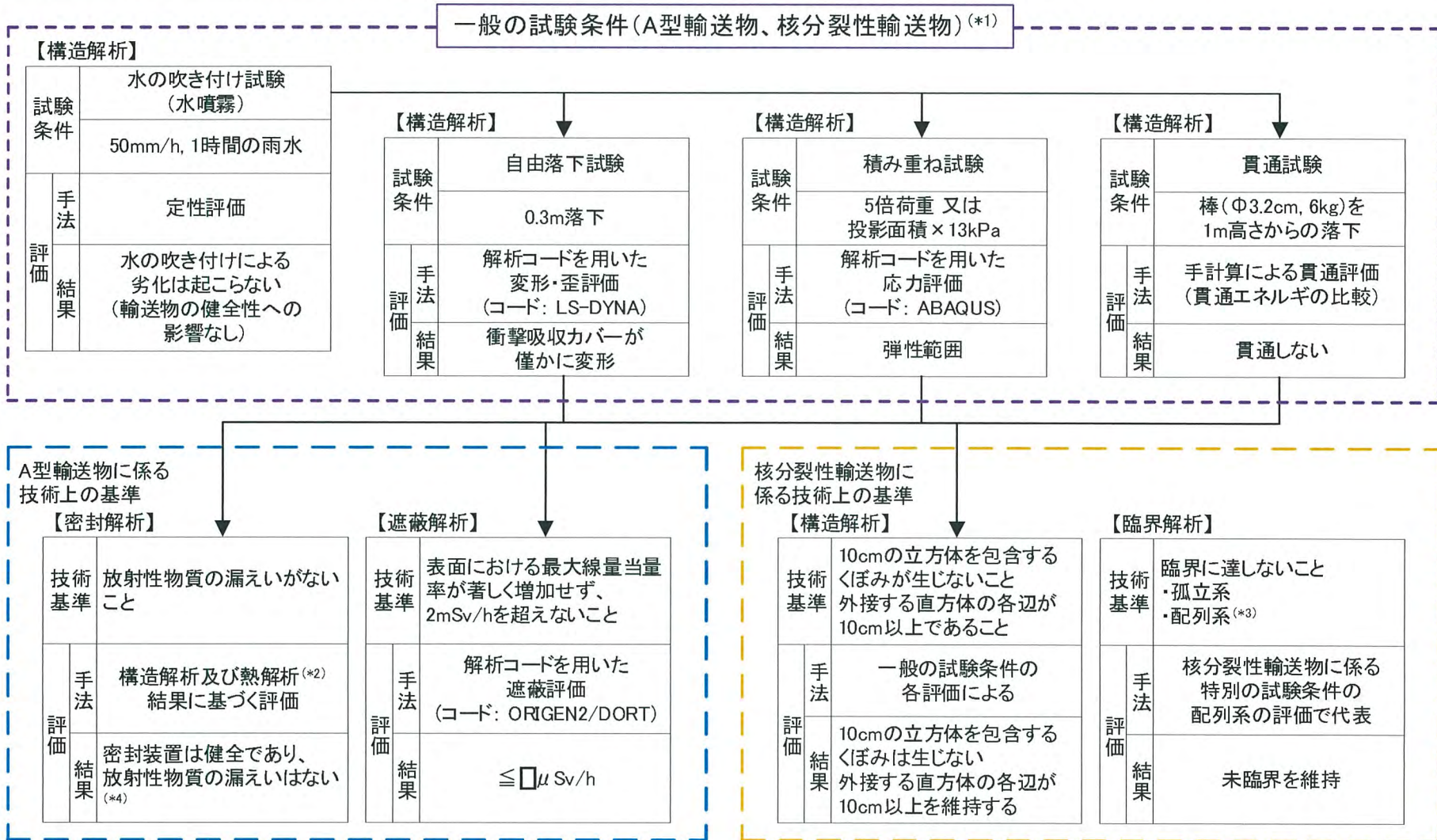
【臨界解析】

解析評価	実効増倍率
手法	核分裂性輸送物に係る特別の試験条件の配列系の評価で代表
結果	未臨界を維持

- (*)1 当該輸送物では、安全側にBM型輸送物の一般の試験条件（外運搬告示別記第四に記載された原子力規制委員会の定めた条件）の太陽放射熱を想定した一般の試験条件/熱的試験の評価を実施しており、この結果を引用
- (*)2 外運搬告示第二十五条に記載された原子力規制委員会の定める条件
- (*)3 本体の健全性については、補足資料1参照
- (*)4 開口部位の変位については、補足資料2参照

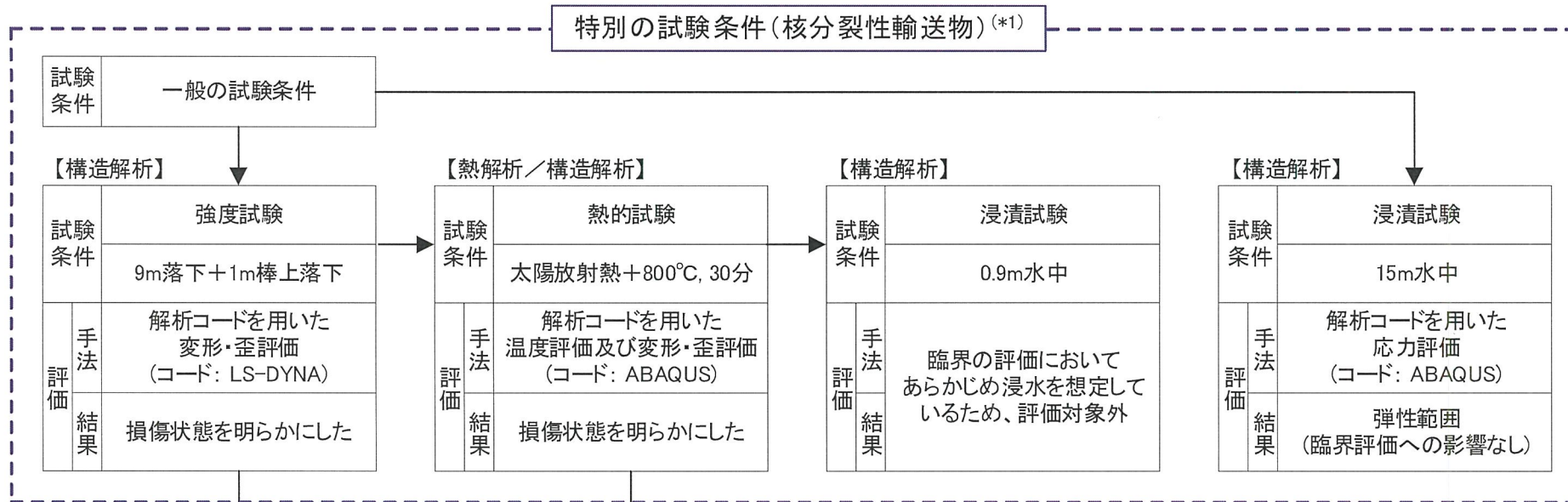
（備考）上記では解析以外の評価については記載を省略している

2.2 一般の試験条件（A型輸送物、核分裂性輸送物）に対する評価



(*1) 外運搬告示別記第三及び別記十一に記載された原子力規制委員会の定めた条件
 (*2) 上記の他、一般の試験条件において、安全側にBM型輸送物の一般の試験条件の太陽放射熱を想定した評価を実施している
 (*3) 外運搬告示第二十七条に記載された原子力規制委員会の定めた条件
 (*4) 開口部位の変位については、補足資料2参照

2.3 特別の試験条件（核分裂性輸送物）に対する評価



(*1) 外運搬告示別記第十二に記載された原子力規制委員会の定めた条件

(*2) 損傷状態を考慮したモデル化については、補足資料3参照

(備考) 輸送容器の設計(解析)に係る品質管理については、補足資料4参照

核分裂性輸送物に係る技術上の基準

【臨界解析】

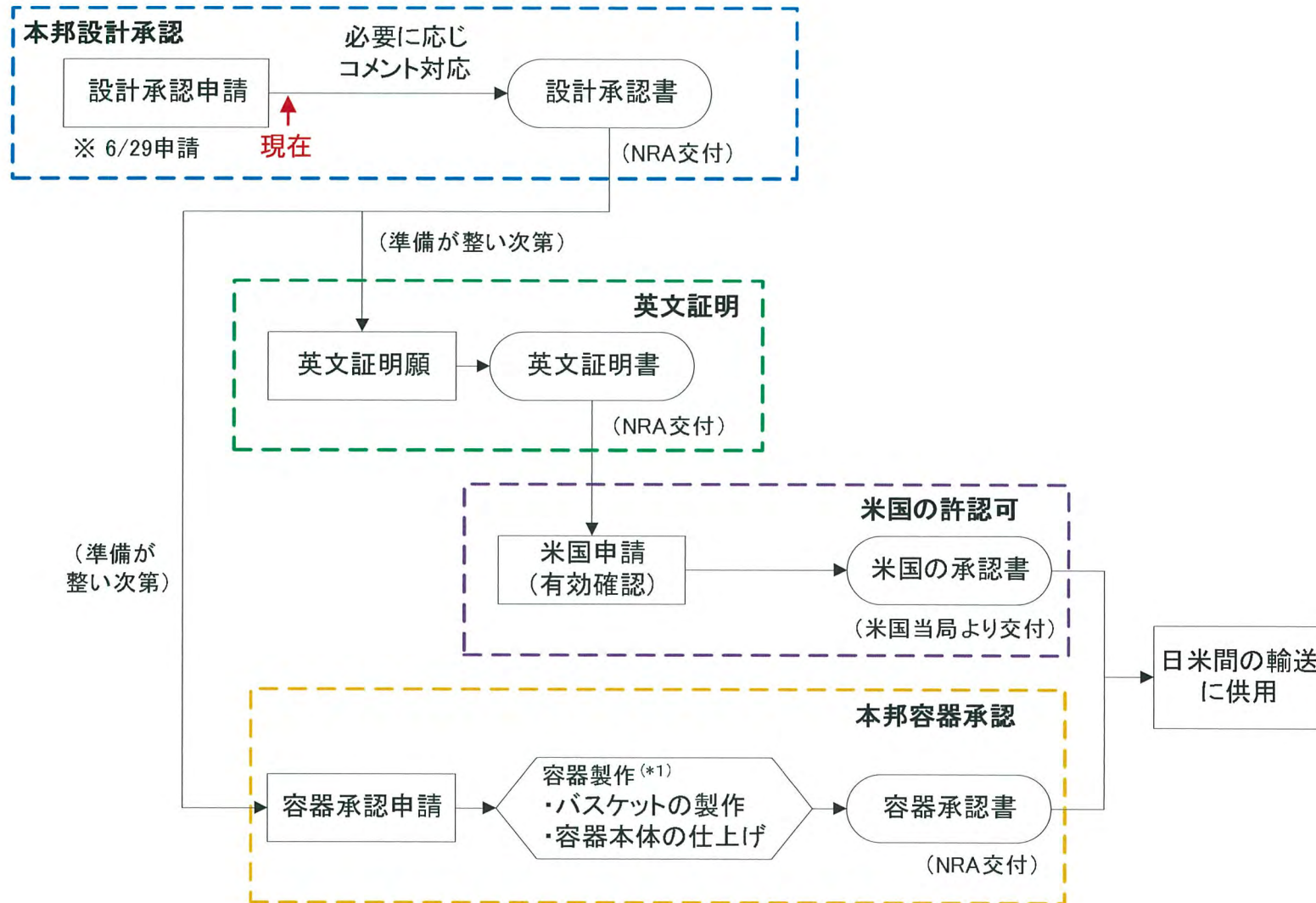
技術基準	臨界に達しないこと ・孤立系 ・配列系
手法	解析コードを用いた評価 (コード: SCALE)
基準	$K_{eff} + 3\sigma < 0.95$
結果	$K_{eff} + 3\sigma = \square$ (未臨界) 配列系で代表して評価

(損傷状態を考慮したモデル化(*2))

まとめ

以上のとおり、A型核分裂性輸送物に係る技術上の基準に適合することを確認した。

3. 今後の対応予定（全体スケジュール）



(*1) 当該輸送容器の本体は、製作が既に着手されており、未完成の状態。
バスケットは新規に製作する。

1. 輸送容器の吊上げ時の（トラニオン及びハンドリングベルトが取り付けられた） 本体の健全性について

■ ハンドリングベルト

「積み重ね試験」において、5倍荷重を負荷した本体の評価を実施

⇒（結果）本体強度には十分な余裕あり

※ 積み重ね試験（輸送中と保持状態）と、ハンドリングベルトによる吊り上げ状態の拘束条件は類似

⇒ ハンドリングベルトの吊り上げ時の負荷は、積み重ね試験よりも小さいので、本体は破損しない

■ トラニオン

取付箇所は、容器本体の中でも特に強度が強い箇所

⇒ 本体側が損傷することは想定し難い

なお、容器製作時に、本体に取り付けられたハンドリングベルト及びトラニオンに対し2倍荷重での「吊上げ荷重検査」を実施し、容器本体にも異常な変形等が生じないことを確認予定

⇒ 本体強度が不足することはない

2. 密封装置の開口部となる部位の変位について

- 一般の試験条件での蓋部の口開き量は以下のとおり

項目	評価条件	ガスケット 初期締付け代 (つぶれ代) mm	蓋部の口開き量 mm
周囲の圧力を60kPaとした場合 (※1)	ボルト初期締付け＋内圧	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>
	ボルト初期締付け＋内圧 ＋温度勾配		
0.3m落下	前部垂直落下		
	水平落下		
	前部コーナー落下		

(※1) 一般の試験条件での熱的試験において評価

(※2) 着床時の瞬間的な最大値（以降は□mm以下）

(結論) 蓋部の口開き量は、ガスケットのつぶれ代よりも十分小さく、放射性物質の漏えいは起こらない

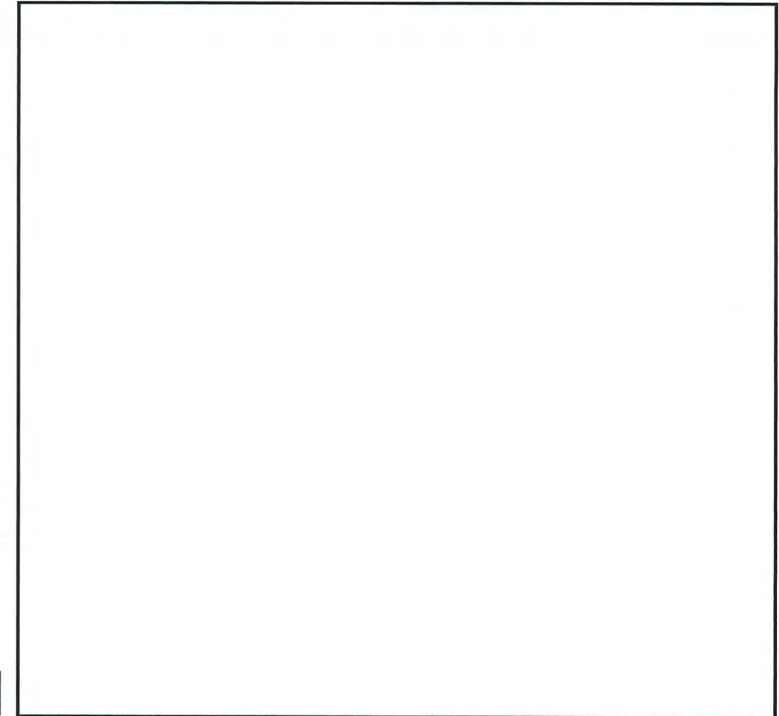
3. 臨界解析で考慮を要する形状の変化、臨界解析に影響を与える損傷について

■ 臨界評価モデル（右図参照）

- ・ 容器本体の内筒、バスケット、燃料棒のみ
- ・ 軸方向に無限長のモデル

■ 臨界解析で考慮した形状の変化・損傷

- ・ 輸送物間の接近距離に影響する変形など
実効増倍率が増加しうる形状変化
⇒ 対象部位の存在を無視して近接させモデル化
- ・ 燃料棒の変形：モデル上ピッチ拡大を仮定



【変形・損傷の状態と臨界評価でのモデル化の概要】

	試験条件	変形・損傷	臨界評価でのモデル化
1	0.3m・9m落下	衝撃吸収カバーの変形	対象部位の存在を無視してモデル化 → 輸送物間を接近させて評価
2	1m棒上落下	衝撃吸収カバー、外鋼板、 レジン等の損傷	
3	耐火試験	レジン（一部）の炭化	

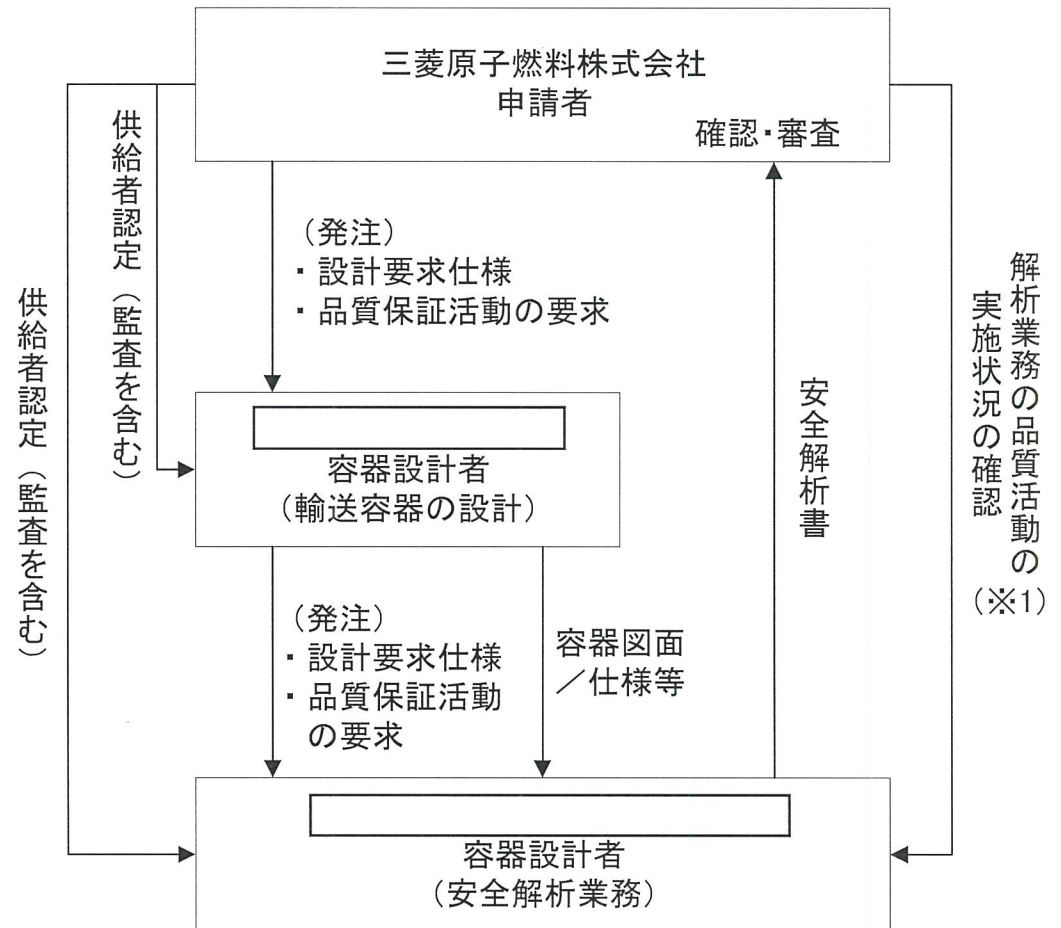
※ 構造解析・熱解析で確認された損傷のうち、臨界安全に影響するような変形・損傷を安全側にモデル化

4. MX-6P型輸送容器の設計に係る品質管理状況

申請者の実施内容の概要

- ・ 設計者に対する供給者認定を実施 (品質監査含む)
- ・ 設計要求仕様を提示
- ・ 設計者からの成果物 (安全解析書) の内容の確認・審査
- ・ 設計者の解析業務の品質保証活動の実施状況について確認を実施 (※1)

(※1) JANSI-GQA-01「原子力施設における許認可申請等に係る解析業務の品質向上ガイドライン」に従った確認を実施





三菱原子燃料

MOVE THE WORLD FORWARD

mitsubishi
HEAVY
INDUSTRIES
GROUP