

輸送容器及び使用済燃料貯蔵施設に係る

特定容器に関する審査会合

第4回

令和2年11月2日（月）

原子力規制委員会

輸送容器及び使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器に関する審査会合

第4回 議事録

1. 日時

令和2年11月2日(月) 16:00～16:21

2. 場所

原子力規制委員会 13階 会議室A

3. 出席者

原子力規制庁

山形 浩史	長官官房	緊急事態対策監	
志間 正和	原子力規制部	核燃料施設審査部門付	
東 繁樹	原子力規制部	核燃料施設審査部門	管理官補佐
甫出 秀	原子力規制部	核燃料施設審査部門	主任安全審査官
山後 誠	原子力規制部	核燃料施設審査部門	安全審査専門職
田口 浩	原子力規制部	核燃料施設審査部門	係員

原子燃料工業株式会社

井出 秀一	エンジニアリング事業部	燃料サイクル技術部	部長
北野 祐樹	エンジニアリング事業部	燃料サイクル技術部	輸送技術グループ 技師
高田 真人	エンジニアリング事業部	燃料サイクル技術部	輸送技術グループ
政岡 義唯	エンジニアリング事業部	炉心・安全技術部	炉心技術グループ 技師

4. 議題

(1) 原子燃料工業株式会社の核燃料輸送物設計承認申請について

5. 配付資料

資料1 核燃料輸送物設計承認申請(Traveller XL型)に係る審査会合での指摘事項の回答について

6. 議事録

○山形緊急事態対策監 定刻になりましたので、ただいまから第4回輸送容器及び使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器に関する審査会合を開催します。

本日の議題は、原子燃料工業株式会社の核燃料輸送物設計承認申請についてになります。

新型コロナ感染症対策のため、テレビ会議システムを利用しています。最初に、テレビ会議システムでの会合における注意事項について、事務局から説明をお願いします。

○志間部門付 規制庁の志間でございます。

それでは、本日はテレビ会議システムでの開催ということで、数点、注意事項をお話しさせていただきます。

まず、説明者は名前をきちんと発言してください。そして、映像から発言者が特定できるように、挙手をしてから発言をしてください。また、説明終了時には、説明が終了したことが分かるようにしてください。説明に当たっては、資料番号とページを明確にしてください。音声について不明瞭なところがあれば、お互いにその旨を伝え、再度説明をしていただくということにしたいと思いますので、よろしくをお願いします。

注意事項の説明は以上でございます。

○山形緊急事態対策監 それでは議事に入ります。

原子燃料工業株式会社から説明をお願いします。

○原子燃料工業（北野） 原子燃料工業の北野から説明させていただきます。

まず、資料1番のほうで御説明いたします。

まず、1ページ目からまいります。審査会合での指摘事項への回答という資料として、こちら、指摘事項の一つ目としましては、模擬燃料集合体を用いた実証試験の結果をもって、収納物（NFI製燃料集合体）の損傷状態を予想できることを説明すること。模擬燃料集合体では燃料棒亀裂が確認されたものの亀裂が小さいため、ペレットの脱落等が発生しないと説明されているが、収納物に対しても同じことが言えるか説明することといった内容になっております。

こちらの回答に際しまして、まず、2ページ目に移りまして、9m垂直落下試験時に発生した燃料棒の亀裂の発生メカニズムについて、御説明いたします。

燃料棒の亀裂が確認されましたのは、原型容器に対する試験のうち、CTUと呼ばれるユ

ニットに対する落下試験時においてになっております。こちら、申請書の（ロ）のAの付属資料1にて述べておりますように、CTU落下試験時において亀裂の発生した燃料棒は、いずれも集合体の四隅にある燃料棒となっております。

こちら、ページ3のほうに、CTUの断面図、断面の模式図のほうを載せておりますが、こちらの黒で塗っている部分、黒で塗っている燃料棒に対して亀裂が確認されております。

2ページ目に戻りまして、CTU落下試験後の下部ノズルの変形について述べますが、こちら、4ページ目の図の2のほうに、落下試験後の下部ノズルの外観を載せておりますが、こちらのように、下部ノズルは大きく変形が見られております。

燃料棒との接触面、下部ノズルの上面部分について、まず、中央部のほうは大きくわん型に変形しておりまして、また、四隅のほうは内側に折れ曲がるように変形していることが確認されております。

中央の変形についてですが、下部ノズルがわん型の変形をすることで、落下時の衝撃を吸収する形になります。その結果、中央部の燃料棒が受ける衝撃荷重というのは、その衝撃吸収効果によって小さくなるという方向でございます。

一方、四隅の変形につきましては、中央部と比較しまして足の部分に近いこともありまして、変形が比較的小さいということで、衝撃吸収効果は小さいと考えられます。

また、下部ノズルが内側に折れ曲がるように変形しておりまして、こちら、ページ5のほうの図の3にイメージ図を載せておりますが、こちらのような形で下部ノズルが曲がることによって、棒に対しても曲げ応力が発生すると考えられます。

以上のように、CTU落下時で発生した燃料棒の亀裂は、四隅に集中していることから、この発生要因は燃料棒下端部に生じる衝撃荷重と曲げ応力の複合によって、発生したものと考えられます。

次に、6ページ目に移りまして、こちらからはNFI製燃料集合体、集合物である弊社製の燃料集合体を輸送容器に入れて落下させた場合、そちらの挙動がどのようになるかということをご考察しております。こちら、考察するに当たりまして、過去に実施した弊社製燃料集合体に対する単体落下試験の結果を用いて考察しております。

まず、燃料のタイプは17×17型（タイプ57）燃料、落下方向は燃料集合体の下部から垂直落下、落下高さは5m、最大加速度は、こちらに示している値となっております。

次に、こちらの最大加速度と比較する内容としまして、Traveller XL輸送物に対する9m垂直落下時に、模擬燃料集合体の下部ノズルの下端に発生する最大加速度は、こちらに示

す解析値ですが、こちらに示す値となっております。

また、輸送容器に入れる、収納する収納しないの違いの影響があるかについてですが、Traveller XL輸送物において、燃料集合体の支持格子部はクラムシエルのグリッドパッド（板ばねとゴムからなるパッド）になりますが、こちらと接触はしているんですが、あくまでこちら、通常輸送時の移動止めの機能をもつのみで、グリッドの変形を抑制するほど強い拘束にはなっておりません。よって、単体落下試験の支持格子の変形挙動というのは、Traveller XL輸送物に収納した場合と同等となっております。

次、7ページ目に移りまして、こちら考察を述べております。単体落下試験におきますNFI製燃料集合体の最大加速度は、Traveller XL型輸送物の9m垂直落下時の最大加速度より大きくなっております。

次、右側の図の4に、単体落下試験後の外観写真を載せておりますが、こちらを見ても分かりますように、下部ノズルの中央部は、衝突面に接触するまで変形していることが分かります。ここまで変形しても、変形量というのは模擬燃料集合体よりも小さくなっておりまして、その結果、棒への衝撃という観点では、下部ノズルの変形による衝撃吸収が小さくなりますので、棒に与えられる衝撃荷重は大きくなる傾向にあります。

一方、下部ノズル四隅の内側への変形というのは、模擬燃料集合体よりも小さくなりまして、こちら、図5にそれぞれ比較した外観写真を載せておりますが、こちらに示すように下部ノズルの変形量がかなり模擬燃料集合体と比較して小さくなっているということで、曲げ応力は小さくなる方向と考えられます。

最後に、下部端栓溶接部に対する曲げの話ですが、こちら、模擬燃料集合体で見られたような大きな曲がりというのはなく、燃料棒に亀裂、破損というのは確認されなかったという結果になっております。

以上のことから、NFI製燃料集合体の17×17型（タイプ57）は、Traveller XL輸送物で想定される落下時の衝撃では燃料棒は破損しないと考えられます。

また、模擬燃料集合体で確認されたような大きな燃料棒曲がりも発生せず、燃料棒に亀裂、破損は発生しないという結果になっております。

よって、CTU落下試験時に発生した燃料棒亀裂は、模擬燃料集合体の設計に起因するものであると考えられ、NFI製燃料集合体17×17型（タイプ57）をTraveller XL型輸送物に収納した場合は発生しないと言えます。

続いて9ページ目、こちらでは17×17型（タイプ57）以外のNFI製燃料集合体の落下時の

挙動について考察しております。こちら、17×17型（タイプ57）と設計を比較する形で考察を述べております。

まず、燃料棒の曲がりの観点ですが、下部ノズルの長さは表1のほうに示しておりますように、全ての燃料タイプで、ほぼ同じ長さとなっております。

次に、燃料集合体外寸についてですが、こちら大きいほうが、下部ノズルが曲がりやすいと考えられますが、他の設計より小さい14×14型を除いて、15×15型、17×17型では同等のものとなっております。

最後に、集合体重量については、こちら重いほうが下部ノズルの変形量は大きくなると考えられますが・・・変形量は大きく・・・。（音声不調）

以上のことから、17×17型（タイプ57）が、最も下部ノズルが変形しやすく、燃料棒曲がりが最も。

○山形緊急事態対策監 すみません。聞こえていますか。

1分ぐらい、ちょっと遡って。通信が悪くなったので、1分ほど遡って説明してもらえませんかでしょうか。

○原子燃料工業（北野） すみません。7ページ目に戻りまして、7ページ目のまとめら辺からで問題ないですか。

○志間部門付 9ページの説明からで結構です。

○原子燃料工業（北野） さようございますか。9ページから再度、頭から説明させていただきます。

まず、17×17型（タイプ57）以外のNFI製燃料集合体の落下時挙動について、こちらのページから説明しております。こちら、17×17型（タイプ57）と設計を比較する形で考察しております。

まず、燃料棒の曲がりの観点からですが、下部ノズルの長さについて表1のほうで示しておりますように、全ての燃料タイプで、ほぼ同等の長さを持っております。

次に、燃料集合体の外寸ですが、こちら、大きいほうが下部ノズルは曲がりやすいと考えられますが、他の設計より小さい14×14型を除いて、15×15型、17×17型については同等となっております。

最後に、集合体重量についてですが、こちら重いほうが下部ノズルの変形量は大きくなりますが、17×17型（タイプ57）は最も重い設計となっております。

以上のことから、17×17型（タイプ57）が、最も下部ノズルが変形しやすく、燃料棒曲

がりが最も発生しやすい設計であると言えます。

続いて10ページ目に移ります。こちらでは、燃料棒の衝撃の観点から整理しております。こちら、11ページ目の表2のほうに、燃料のスペック及び垂直落下時の燃料棒の荷重、応力、座屈荷重について一覧で整理しております、こちらを見ながら説明していきます。

まず、落下試験時に端栓溶接部に発生する圧縮応力についてですが、他タイプと比較しまして17×17型（タイプ57）が最も大きくなっております。

また、燃料棒の最下部スパンの座屈荷重については、17×17型（タイプ57）が最も低く、最も座屈が発生しやすい設計になっております。

また、いずれのタイプの燃料棒についても、垂直落下時の軸方向荷重は座屈荷重を下回る結果になっております。

以上のことから、17×17型（タイプ57）が端栓溶接部にかかる応力が最も大きくなる設計であると言えます、また、いずれの燃料設計においても、燃料棒座屈は生じないと言えます。

以上のことから、17×17型（タイプ57）はNFI製燃料集合体の中で、燃料棒亀裂、破損の観点から最も保守的な設計であると言えます。そのため、17×17型（タイプ57）以外のNFI製燃料集合体についても、Traveller XL輸送物に収納して9m落下を実施しても、亀裂、破損は発生しないといった結果になります。

次、12ページ目に移りまして、指摘事項①に対する回答のまとめですが、亀裂の発生した燃料棒の位置や下部ノズルの変形挙動から、CTU落下試験時によって発生した亀裂というのは、集合体落下時に燃料棒が受ける衝撃荷重及び、四隅の下部ノズル変形に伴う燃料棒への曲げ応力が複合したものによると考えられます。

NFI製燃料集合体17×17型（タイプ57）を単体で落下させた際の変形挙動及び強度を考察したところ、想定される落下時の衝撃では17×17型（タイプ57）の燃料棒を破損せず、模擬燃料集合体で確認された燃料棒の周りというのは、構造上発生しないと言える。

また、17×17型（タイプ57）は、燃料棒亀裂、破損の観点から最も保守的な設計であり、それ以外の弊社製燃料集合体についても亀裂、破損は発生しないと言えます。

以上のことから、CTUで確認された亀裂というのは、あくまで模擬燃料集合体の設計に起因するものでありまして、弊社製の集合体に対しては発生しないというのが結論となります。

続きまして、13ページ、指摘事項の②に移ります。

こちら、指摘事項の②は、臨界解析の付属資料について、評価条件を具体的に記載することといった指摘になります。こちらに対する回答としましては、配列、収納物といった評価条件を明確化するように修正するというのが回答になります。

具体的には、資料の2番のほうに修正案が記載しておりまして、資料の2の（ロ）E付1-2ページのほうに一例として示しております。こちらのページの、灰色でハッチングしております部分につきまして、見ていただいたら分かりますように、配列条件、収納物条件というのを明確化する形で修正しようと考えております。

なお、（ロ）E付属資料1の各サーベイ計算ですが、基本的にE-4-1の未臨界評価と同じ条件で計算しておりまして、サーベイ対象のインプット項目を除いて、表（ロ）E-2に示す配列条件と、（ロ）E-1及びE-8に示す収納物の評価条件を用いてサーベイを行っております。

続いて14ページ目に移ります。こちら、指摘事項③ですが、臨界解析における保守性を明確化することという内容ですが、こちらに対する回答としましては、（ロ）E-4の1において、臨界解析モデルの中で保守性を考慮した項目を示す形に修正するという内容になります。

こちら、次の15ページのほうに追記する案のほうをまとめております。なお、こちらで示しておりますのは、臨界解析自体がそもそも保守的な条件、全ての条件において保守的なものでやっているというのはもちろんなんですが、その中でも試験結果であったり、あとは燃料のスペック、あとは輸送容器のスペックについて、現実のものと比較して、現実よりもさらに厳しい条件で行った点をまとめた形になっております。

こちら、①番から⑨番まで、こちらに示しておりますような点で厳しいモデルとしておりまして、例えば②番の影響について、特別な試験条件下における条件を用いて計算をしましたところ、実効増倍率がこちらに示す値以上、大きくなることが確認できておりまして、仮に②の影響を見ない場合、実効増倍率はこちら以下になるということが言えるかと思えます。

以上が御説明になります。

○山形緊急事態対策監 それでは、回答内容について質問とかはありますでしょうか。

○志間部門付 規制庁の志間でございます。

説明ありがとうございます。こちらから、前回の審査会合で指摘させていただいた点に対する回答が、しっかりなされていると思えます。ありがとうございます。

こちらの説明で、以外のところでも、もし、事実関係の確認が必要なところがあれば、また、別途お問い合わせさせていただきたいと思います。

以上です。

○山形緊急事態対策監 特にないですか。よろしいですか。

本申請については、では、その他、事実関係の確認を進めて、今後論点等があれば改めて審査会合を開催したいと思います。

本日予定していた議題は以上です。

第4回輸送容器及び使用済み燃料貯蔵施設に係る特定容器に関する審査会合を閉会します。ありがとうございました。