



## 「もんじゅ」燃料集合体照射後 試験用輸送容器の開発

宇留 鷲 真一 新谷 聖法  
松島 英哉

大洗工学センター燃料材料開発部

資料番号：71-6

Development of MONJU Spent Fuel Cask for Post  
Irradiation Examination

Shinichi Uruwashi Kiyonori Aratani  
Hideya Matsushima  
(Fuel and Material Division, O-arai Engineering  
Center.)

高速増殖原型炉「もんじゅ」において照射された炉心構成要素を大洗工学センターに運搬する大型照射後試験施設に輸送するため、B(M)型輸送容器(キャスク)の開発を進め、このたび詳細仕様が決定的。

本キャスクは、ボルト締め缶に入った炉心燃料集合体3体、もしくはHe封入の内容器に入ったNa付着の燃料集合体1体の輸送が可能である。また、本キャスクの多目的活用のため、ATR原型炉「ふげん」燃料の輸送もできるようにしている。

今後は、キャスク設計の妥当性を確認するための安全性実証試験を行い、安全審査、実機製作を経て平成6年度に供用開始の予定である。

### 1. はじめに

高速増殖原型炉「もんじゅ」炉心構成要素を大洗工学センターに運搬する大型照射後試験施設に輸送するためのキャスク開発を進めている。

FBR照射済燃料集合体のキャスク開発は我が国で初めてであり、安全解析等においてLWRキャスクに比べてキャスクへの要求条件が厳しい。特に、FBR照射済燃料は $\gamma$ 線、中性子の放出率が高く、Puの含有量も多いなどの特徴があり、キャスクには高い放射線遮蔽および密封性能が要求される。そのため、密封機構の開発を行い、優れた密封性能を有するラッチ付のプラグ方式を採用した。また、照射後試験をする上で、炉内の材料特性を輸送中にも維持するため、被覆管等の熱的制限を厳しく設定する必要があり、模擬発熱集合体を用いた除熱試験によりキャスクの除熱性能を確認し、これらの成果を設計に反映させた。

本キャスクは、高速実験炉「常陽」、ATR原型炉「ふげん」等、事業団で輸送する可能性のある数種類の照射済燃料集合体も収納できるよう設計してお

り、多目的に活用する予定である。

本報告では、これらの開発状況と今後の計画について紹介する。

### 2. 設計条件

本キャスクに要求されている設計条件は以下のとおり。

- (1) 収納物種類；「もんじゅ」炉心構成要素他
- (2) 収納体数；3体以下
- (3) 収納方法；使用済燃料貯蔵プールまたは燃料装荷室での上部装荷
- (4) 収納雰囲気；水またはHeガス
- (5) 燃料ピン表面温度；450℃以下
- (6) キャスク種類；B(M)型
- (7) キャスク総重量；45トン以下
- (8) 輸送方法；海上もしくは陸上

### 3. キャスク構造

キャスクはキャスク本体、バスケットおよび緩衝体により構成される。輸送時には架台上に横置する。

- 輸送物型式 B(M)型
- 輸送容器収納集合体種類
  - もんじゅ
  - ふげん
  - 常陽 他
- 集合体数 1~3体
- 輸送物総重量 約45トン
- 輸送容器寸法 長さ5.5m 直径1.6m

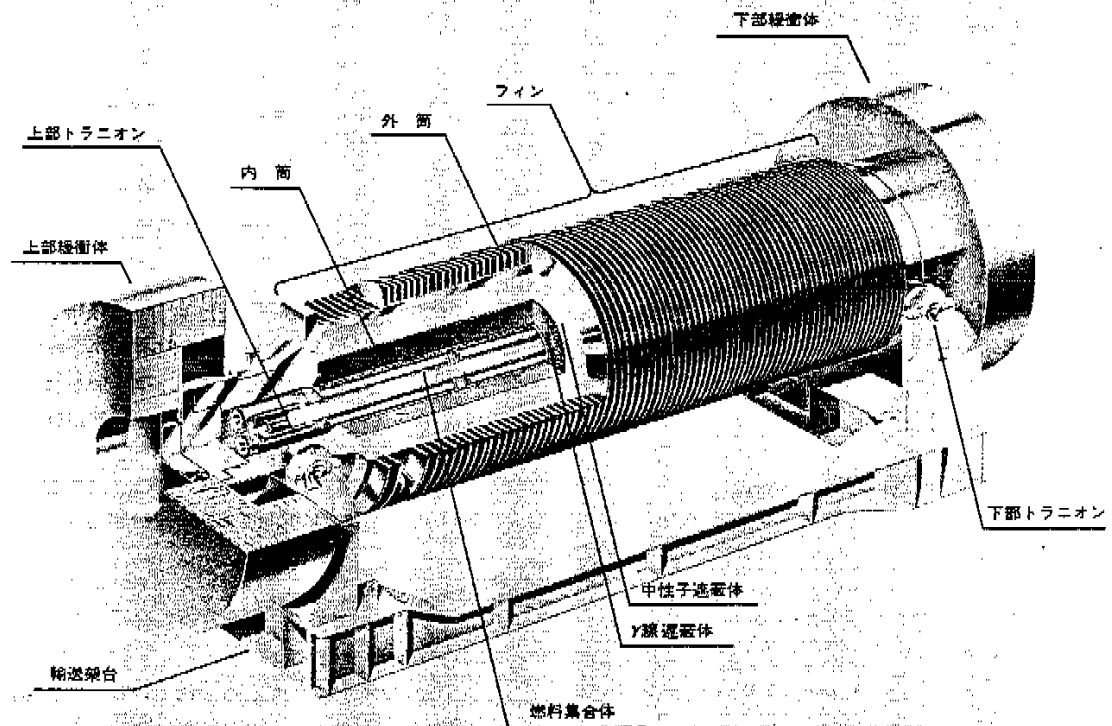


図1 照射後試験用輸送容器

本体は全長5.5m、直径1.6m、総重量45トンである。図1に全体概念図を示す。

キャスクはステンレス鋼製三重円筒構造で、燃料集合体は、縦置き状態に保持したキャスクの上部から出入れを行い、内筒に設置するバスケットに収納する。

緩衝体は落下衝撃を緩和するため、キャスクの上・下部に取付ける。外筒肉厚は最小箇所でも45mmであり、落下による貫通に耐えうる強度をもっている。キャスク上部フランジは、重量軽減のため、遮蔽性能に影響しない範囲で胴部より細径とした。

キャスク内部には、収納燃料により発生する崩壊熱の除去を容易にし、中性子の遮蔽効果を向上させるため、純水またはボロン入りの水を充填する。キャスク外筒表面には崩壊熱を放散させるため、円周方向にフィンが取り付けられている。また、崩壊熱によるキャスク内筒水の膨張を吸収するため、バスケ

ットの下部に膨張タンク（空気溜）を設けている。

キャスクの密封境界は、内筒、蓋部内側Oリングおよびベント弁等で構成している。

#### 4. 開発試験

##### 4.1 「もんじゅ」燃料集合体除熱試験

本キャスクの目的上、燃料ピン表面温度を精度良く設計することは重要である。しかし、自然冷却でかつキャスク内の狭い容器内に存在する集合体のような複雑な系の場での対流の効果を解析で行うことは、評価精度が悪く実験的に求めることが必要とされている。

このため、フルスケールの模擬発熱集合体を用いて除熱試験を実施した。試験の結果から冷却材種類(He、水)、発熱量およびキャスク縦置、横置での燃料ピン、内容器等の温度データが得られた。キャスクの横断面を図2に、試験結果の代表例を図3に示す。

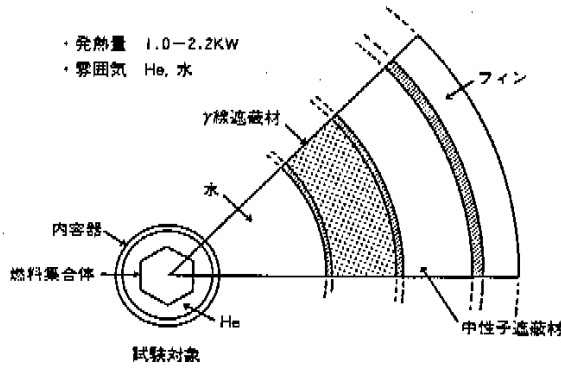


図2 キャスク横断面概念図

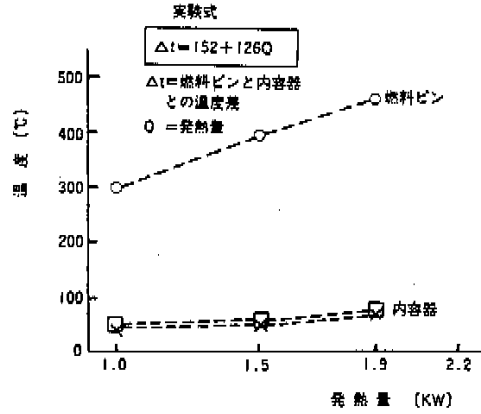


図3 除熱試験結果

試験結果を反映させ熱設計した結果、燃料ピン表面温度450℃を満足するのは、ボルト締め缶3体収納の場合は1.5kW/1体(1-2体収納の場合は2.2kW/1体)、また He 封入缶の場合は1.4kW/1体である。

4.2 密封機構の開発

Na が付着した燃料集合体は、キャスク内の内容器に収納する。その場合、内容器の蓋部溶封等の作業のために人が近づく必要がある。このため、内容器上部に一時的な密封と遮蔽の確保、ならびに輸送時の信頼性の高い密封機構の開発が必要となった。

開発試験として、エアシリンダ、ボールバルブお

よびプラグについて行った結果、キャスクの狭いスペースと燃料出入機の機能の諸条件から、プラグ式が適当であるとの結論を得た。プラグは、ガス置換時のプラグ浮上り防止のためのラッチ機構および Na 滴下防護機構を内蔵している。

Na 付着の燃料輸送時においては、内容器蓋部を溶封することにより、規制値を十分満足することができる。

5. 今後の開発計画

5.1 安全性実証試験

B(M)型キャスクに定められている、特別の試験

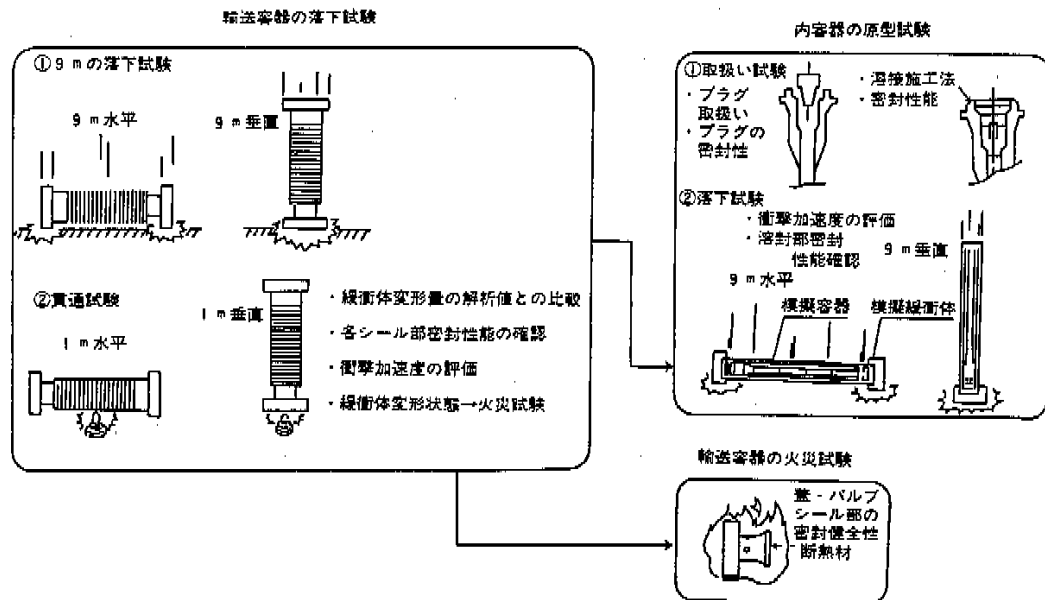


図4 安全性実証試験の概念図

表1 開発工程

年度 項目	昭和 59	60	61	62	63	平成 元	2	3	4	5	6
1. 「もんじゅ」建設工程	建設工事										
2. PIEキャスク開発工程	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20%;">基本設計</div> <div style="width: 20%;">詳細設計</div> <div style="width: 20%;">安全解析</div> <div style="width: 20%;">安全審査</div> <div style="width: 20%;">製作</div> <div style="width: 20%;">試験・供用</div> </div>										
1) 設計、安全解析	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20%;">除熱、密封試験</div> <div style="width: 20%;">安全性実証試験</div> <div style="width: 20%;">安全性実証試験</div> <div style="width: 20%;">安全性実証試験</div> <div style="width: 20%;">安全性実証試験</div> <div style="width: 20%;">安全性実証試験</div> </div>										
2) 安全審査											
3) 開発試験											
4) 製作											
5) 試験											

条件下におけるキャスク設計の妥当性を確認するため、安全性実証試験を実施する。また、内容器のプラグ等の運隔取扱い性や密封性能の確認試験を行う。図4に安全性実証試験の概念図を示す。

5.2 開発工程

表1に本キャスクの開発工程を示す。

6. おわりに

本キャスク開発の現状を以下にまとめる。

(1) 「もんじゅ」炉心燃料集合体(最高燃焼度94,000 MWD/T、冷却日数400日)を3体輸送するための設計の成立性の見通しが得られた。

(2) Naが付着した燃料集合体は、He封入の内容器に収納する。優れた密封性能を確保するため、内容器上部はラッチ機構付のプラグ式を採用し、蓋部は溶封する構造とした。

(3) 高速実験炉「常陽」、ATR原型炉「ふげん」等の炉心燃料集合体についても、バスケットを交換することにより、収納できる設計の成立性の見通しが得られた。

今後は、キャスク設計の妥当性を確認するための安全性実証試験を行い、その成果を安全解析に反映し、安全審査、実機製作を経て平成6年度に供用を開始する予定である。