



「もんじゅ」初装荷新燃料の輸送

倉上 順一 松島 英哉*

東海事業所技術開発推進部
*核物質管理部

資料番号：92-3

Transport of Fresh MOX Fuel Assemblies for MONJU
Initial Core

Jun-ichi Kurakami Hideya Matsushima*
(Technology Development Co-ordination Division, Tokai Works
* Nuclear Material Control Division)

「もんじゅ」用初装荷炉心燃料の輸送は、平成4年7月から9回に分けて実施され、平成6年3月に終了した。輸送した新燃料は、MOX燃料ペレット等を充填した炉心燃料集合体205体（内側炉心109体、外側炉心91体および試験用燃料5体）であった。

使用した輸送容器は、9 mの落下試験や800℃・30分間の耐火試験等に合格したB(U)型で、国の基準を満足する。また本輸送容器は、高性能中性子遮蔽材の使用、燃料集合体自動保持機構の採用等の特長を有する。

輸送に当たっては、輸送実施本部体制の導入、放射線管理の専門家同行等細心の注意を払うとともに、輸送経路上の各関係機関の協力のもとに、安全には万全を期した。

実際の輸送においては、輸送事故等もなく計画通り輸送を完了することができた。

1. はじめに

高速増殖原型炉「もんじゅ」初装荷炉心燃料集合体の輸送は平成4年7月から9回に分けて実施され、平成6年3月に終了した。輸送した燃料集合体は、プルトニウムとウランの混合酸化物燃料ペレットを充填した炉心燃料集合体205体（内側炉心燃料集合体109体、外側炉心燃料集合体91体および試験用燃料集合体5体）であり、他に中性子検出要素65本もあわせて輸送した。

2. 輸送の実績

輸送回数については、炉サイトで必要とする炉心燃料集合体数は約200体であり、また1度に輸送できる集合体数は輸送容器の基数から最大24体であるため、当初より9回の輸送を計画していた。各々の輸送時期については、燃料の製造状況、炉サイトの工程、天候状況等を総合的に判断し、実施された。

3. 輸送物の概要

3.1 収納する核燃料物質仕様

収納物である「もんじゅ」炉心燃料集合体の主要

仕様および概略構造を表1および図1に示す。

「もんじゅ」炉心燃料集合体には、内側炉心燃料集合体と外側炉心燃料集合体の二種類があり、炉内での出力平坦化のため内側よりも外側の方が核分裂性プルトニウム富化度が高くなっているが、燃料の仕様以外は基本的に同一のものである。

表1 燃料集合体の主要仕様

項目	燃料集合体	
	内側	外側
(1) 燃料集合体 全長 外対面寸法 重さ 材質 燃料要素数	約 4,200 mm 約 110.6 mm 約 185 kg ステンレス鋼	約 4,200 mm 約 110.6 mm 約 185 kg ステンレス鋼
(2) 燃料要素 全長 外径 材質	約 2,813 mm 約 6.5 mm ステンレス鋼	約 2,813 mm 約 6.5 mm ステンレス鋼
(3) 炉心燃料ペレット 材質 核分裂性プルトニウム富化度	プルトニウム-ウラン混合酸化物燃料ペレット 約 15 wt%	約 20 wt%
(4) ブランケット燃料ペレット 材質 ウラン濃縮度	二酸化ウラン燃料ペレット 約 0.2 wt%	

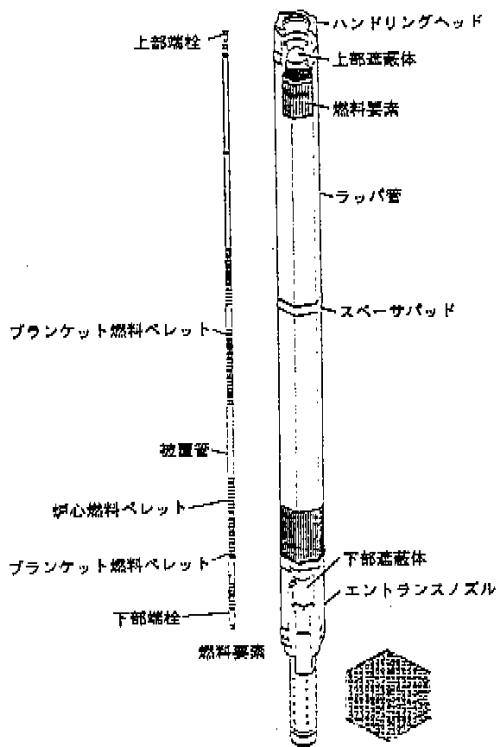


図1 「もんじゅ」炉心燃料集合体構造

3.2 輸送容器の概要

「もんじゅ」初装荷炉心燃料の輸送に用いた輸送容器は、BU型核分裂性輸送物である。輸送時にはトラックに固定した専用の固縛装置に3基積載される。本輸送容器の概略仕様および全体図を表2および写真1に示す。

輸送容器は、外容器、内容器（密封容器）および燃料ホルダより構成される。燃料集合体は、縦置き

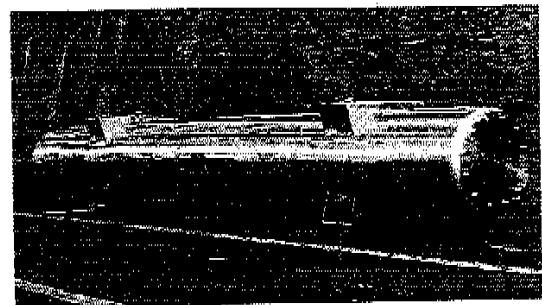


写真1 MONJU-F型輸送物の外観

状態に保持した輸送容器の上部から出入れを行い、内容器内部に設置する燃料ホルダに収納される。

外容器は落下衝撃等から内容器を保護するための機能を有している。外容器内の中央部には、内容器の外側を取り巻くように中性子遮蔽材としてレジン層が設けられ、その内部には放熱フィンが組み込まれている。さらに、レジン層の外側には断熱緩衝材としてモルタルが充填されている。また、外容器内の中央部以外には緩衝材として木材が充填されている。内容器はステンレス鋼製の円筒構造であり、内容器本体と蓋フランジ部の2重Oリングにより本容器の密封境界を構成している。また、内容器の蓋には気密漏洩検査用のバルブが取り付けられている。燃料ホルダはステンレス鋼製の円筒構造であり、容器縦置き状態で燃料集合体を挿入した際に自動的に保持する機構を有している。

3.3 輸送容器の特徴

本輸送容器は、従来のプルトニウム新燃料輸送容器と比べ以下の特徴を有している。

(1) 高性能中性子遮蔽材の使用

FBRの燃料はプルトニウムの含有量が多く、しかも燃料集合体より発生する崩壊熱および放射線は燃料集合体の中央部（炉心燃料ペレット）に集中していることから、輸送容器には高い中性子遮蔽および除熱性能が要求される。

このため、本輸送容器の中性子遮蔽材には、エポキシ系樹脂をベースとして水素含有率を高め、かつ成形性、機械加工性、耐熱性を向上させた材料を開発し使用している。

本開発により、図2に示すように、ドーナツ形状に成形加工した中性子遮蔽材とディスク状に加工した放熱フィンとのサンドイッチ構造が可能となり、中性子遮蔽および除熱性能の両方を満足できるものとなっている。

表2 輸送容器の概略仕様

項目	仕様
輸送対象燃料	「もんじゅ」炉心燃料集合体
輸送容器の名称	MONJU-F型
輸送容器の種類	BU型核分裂性輸送物
輸送物の最大総重量	約 2.3ton
輸送容器の外寸法	
長	約 5 m
幅	約 0.6 m
高	約 0.7 m
輸送容器の主要材質	
外容器	ステンレス鋼
断熱緩衝材	モルタル
中性子遮蔽材	エポキシ系樹脂
放熱フィン	鋼
緩衝材	木材
内容器	ステンレス鋼
燃料ホルダ	ステンレス鋼

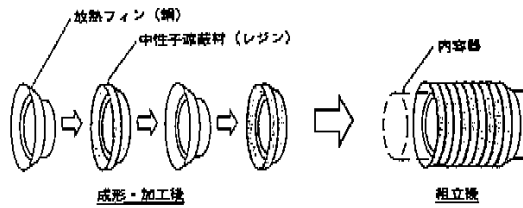


図2 中性子遮蔽材-放熱フィンの組立方法

(2) 燃料集合体自動保持機構の採用

従来、燃料集合体を燃料ホルダに装着する作業は人手に頼っていたが、装着時の作業員の被ばく低減のため、本燃料ホルダには燃料集合体を挿入した際に燃料集合体のラッパ管を自動的に保持する機構を採用している。

本燃料ホルダに採用した自動保持機構の概略を図3に示す。

本自動保持機構は、スプリング、ロッド、カムおよびパッドより構成され、収納した燃料集合体の自重により機械的に作動する。燃料ホルダ内に収納した燃料集合体は、その自重でホルダ下部にあるスプリングおよびそれと連動したロッドを押下げ、同時にロッドに装着したカムを介してパッドの開閉により保持される。

本機構の採用により、運隔操作による燃料集合体

の挿入・取出しが可能となり、作業員の被ばく低減、ならびに梱包作業時間の短縮につながった。

4. 輸送容器の安全性

本輸送物はBU型核分裂性輸送物であり、「核原料物質、核燃料物質および原子炉の規制に関する法律」に基づき国が定めている「BU型核分裂性輸送物」に係わる技術上の基準を満たすことが要求される。本輸送物はこの技術基準のもとに設計・製作されており、開発にあたっては、原型容器を使用して実証試験を行い、安全性を確認している。

4.1 遮蔽性能

これまでの初装荷燃料輸送において輸送前に実測した輸送物表面および表面から1m離れた位置における線量当量率の測定結果を表3に示す。

国内輸送規則においては、輸送物表面で $2000\mu\text{Sv/h}$ 以下、表面から1m離れた位置で $100\mu\text{Sv/h}$ 以下を満足することとなっている。本輸送物についての実測結果は、これら基準値に対して表面で約1/20、1mの位置で約1/6であり、十分な遮蔽能力を有している。

なお、表3中の実測値について、測定結果の低い方の値は、内側炉心燃料体を収納したときのものであり、高い方の値は、外側炉心燃料体を収納したときのものである。

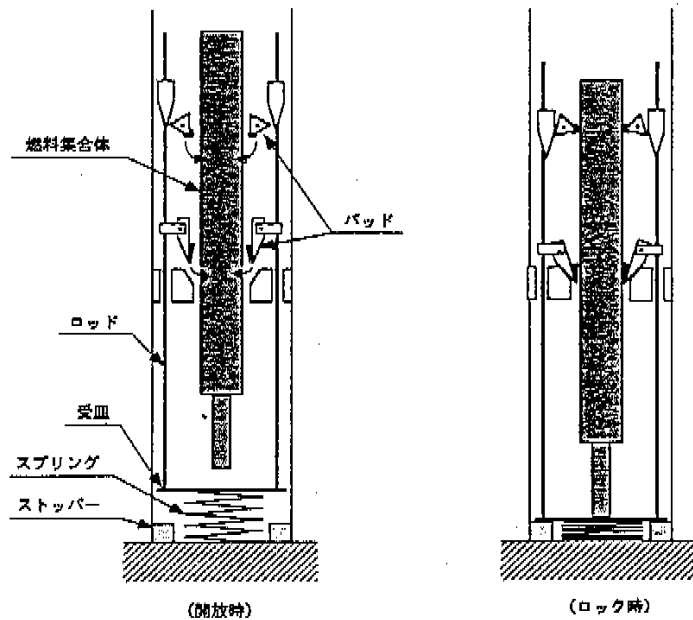


図3 燃料集合体の自動保持機構

表3 輸送物線量当量率の測定結果

	線量当量率 $[\alpha + \gamma]$ ($\mu\text{Sv/hr}$)	
	輸送物の表面	表面から1mの位置
実測値	66~105	10~17
基準値	2000	100

4.2 実証試験

本輸送容器の開発にあたっては、設計の妥当性および輸送容器の健全性検証を目的として、原型容器2基を用い、IAEA輸送規則および国内輸送規則に基づく落下試験および火災試験等の実証試験を実施している。本実証試験の落下試験状況を写真2および写真3に示す。1基目の原型容器については9m水平落下試験、1m貫通水平落下試験、耐火試験および浸漬試験の一連の試験を行い、2基目の原型容器は9mコーナー落下、1m貫通コーナー落下試験を行った。

9m落下試験の結果は、落下による衝撃エネル



写真2 9m水平落下試験時の状況

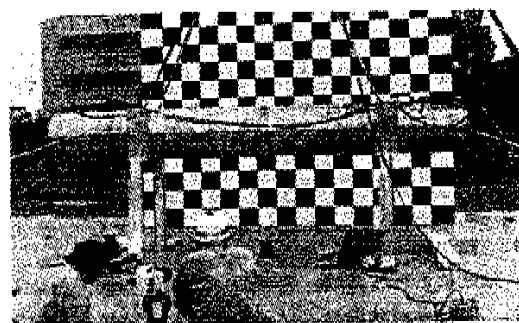


写真3 1m落下外筒貫通試験

ギーはすべて外容器で吸収され、変形は内容器まで達することはなかった。また、1m貫通落下においても外容器の外胴にき裂、貫通等のないことを確認した。

800℃で30分間の耐火試験では試験中、容器内の各部の温度変化を測定した。その結果、本容器の密封境界を構成する内容器の蓋2重リング部における最高温度は約70℃であり、リングの使用可能温度(約200℃)を十分下まわり、密封性能上問題のないことを確認した。

1.5kg/cm²水圧で8時間の浸漬試験では水圧による内容器の変形および内容器内部への水の漏洩のないことを確認した。

これら試験の結果より、本輸送容器は国内輸送規則に定められる技術基準を満足し、十分な安全性を有することが確認されている。

5. 輸送手続き

輸送に関する主な手続きを表4に示す。

本輸送物は核燃料輸送物の技術上の基準を満たし、あらかじめ科学技術庁より承認(輸送物設計承認、容器承認)を受けている。

実際の輸送に先立ち、輸送物の安全性および輸送する核燃料物質の防護措置について、科学技術庁により車両運搬確認および取決めの締結確認を受け

表4 輸送に必要な許認可申請および届出

許認可申請および届出	申請又は届出先
輸送物設計承認申請	科学技術庁
容器承認申請	科学技術庁
取決めの締結確認申請	科学技術庁
車両運搬確認申請	科学技術庁
核燃料輸送物運搬確認申請	運輸省
核燃料物質等運搬届出	都道府県公安委員会

た。

また、輸送物の積載車両への積付けについては、運輸省より核燃料輸送物運搬確認を受けた。

他方、上記の確認等と並行して、茨城県・福井県をはじめとする地方自治体に対し、所定の届出等を滞りなく実施した。

6. 輸送実施体制

輸送にあたっては、発地側に輸送実施本部を設置し、積付作業状況および運行状況を常時把握するとともに、事前に以下の措置を講じた。

- ① 試走による輸送経路の選択
- ② 休憩地の適切な選択
- ③ 通輦連絡訓練の実施
- ④ 輸送隊列外にあり隊列を支援する車両の配備
- ⑤ 通信不感地帯における連絡手段の確保

⑥ 連絡要員の増強

⑦ 天候・道路状況の情報収集の強化

安全確保については、輸送経路上の関係機関の協力のもとに万全を期し、交通事故等の緊急時には関係機関と迅速な連絡が取れるような連絡体制を敷いた。

7. おわりに

万全の措置を講じ、輸送実施体制を敷いて実施した9回の輸送は、輸送事故等のトラブルもなく、安全上満足できるものであった。また、平成5年1月の海外返還プルトニウム国内陸上輸送に際しては、本輸送実施体制を踏襲、拡大して機能させ、輸送を成功裡に実施することができた。「もんじゅ」初装荷燃料集合体の輸送において確立された輸送実施体制は、今後のプルトニウム燃料輸送のモデルになるものと考えられる。