

1. はじめに

原子力発電所で発生する使用済燃料の所内貯蔵能力が限界に達し、政府による独立使用済燃料貯蔵施設の建設計画が遅延しているため、使用済燃料はコンパクトな貯蔵ラックに貯蔵されており、このときの使用済燃料の輸送が改善されている。本調査はこの輸送作業にALARAの考え方が適用され、放射線被ばくが低減したことを示している。

2. 本論

2.1 法的規制、KN-12の特徴と仕様

2.1.1 輸送の報告と検査に関する規則

- －原子力安全法第71条（輸送に関する報告）
- －実施命令第108条（各輸送日の5日前までに報告文書を提出）
- －通知No.2013-27
- －原子力安全法第75条（容器と輸送の検査）
- －放射線災害防止法第12条（検査など）
- －放射線災害防止法実施命令第18条第3節（輸送の検査）

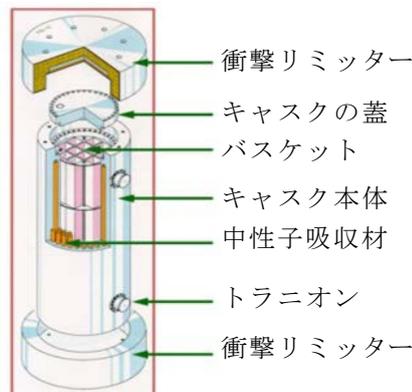
2.1.2 輸送に関する許認可プロセス

輸送キャスク・機器の許認可→輸送ルートと車両の検査→
核物質輸送の事前通知→輸送の報告と検査申請→シミュレーション輸送→
燃料の積み込みとキャスク貯蔵→放射性物質輸送の通知→輸送検査→
燃料輸送

2.1.3 輸送キャスク（KN-12）の特徴

- －輸送容量：使用済燃料 12 体（PWR）
- －輸送方法：湿式プロセス（内部を水で満たす）
- －輸送タイプ：タイプ B(U)核分裂性パッケージ（B(U)F）

- 容量：PWR使用済燃料 12体
- 重量：75トン
- 仕様
 - －本体材質：炭素鋼鍛造品
 - －本体外径：1,942mm
 - －本体長さ：4,809mm
 - －総重量：74.565トン（湿式プロセスで燃料を積み込んだとき）



2.2 放射線安全管理

2.2.1 基本方針

- －原子力安全法の順守
- －使用済燃料の所内輸送／貯蔵手順書の順守
- －原子力プラントにおける放射線緊急時のマニュアルと手順書の順守
- －放射線管理業務手順書の順守
- －ALARA の適用と放射性汚染物質の拡散防止
- * 目標放射線量の計算は適切か？
- * 放射線防護機器の選定は適切か？
- * 作業場所と関連システム機器は？

*遮蔽の必要は？

*シミュレーション訓練の必要は？

- －放射性廃棄物発生量の最小化
- －輸送機器（輸送キャスク、車両など）の安定性の検査
- －輸送後の輸送用水路での放射性汚染物質の漏えい検査

2.2.2 合理的に達成可能な限り低く（ALARA）

- －KN-12使用済燃料の頂部での作業では、以前は遮蔽リングを使っていたが、作業終了後の頂部のドレンによって作業が変更され、被ばくが低減された。
- －シミュレーション輸送・訓練を実施
- －専門家と経験豊かな作業者の意見、主作業者と補助作業者を分ける作業管理
- －遮蔽壁を考慮した作業スペースを使用
- －事前の作業計画立案と検討によって作業のやり直しを回避
- －不要な作業者を制限、低線量の待機エリアを設定
- －キャスクの水除染と排水作業のときの内部被ばくを防止（呼吸器を装着、空気の汚染レベルを測定）

2.2.3 作業の放射線安全管理（積み込みと取り出し）

a) 積み込み

- －燃料の積み込みの準備作業
- *作業スペース、除染ピット、水を満たした後のL/Pの放射線測定
- －燃料の積み込み作業と放射線測定
- *燃料の積み込みと取り出しの場合に蓋を閉じた後
- *水のドレン後のL/P
- －積み込んだキャスクの移動と除染作業
- *移動前の高圧水での除染と空気中濃度の測定
- －輸送キャスクの陸上輸送の準備作業
- *キャスクの漏えい試験と放射線（放射能）測定
- *キャスクの二次除染後の汚染測定、陸上輸送の準備
- －サイト内の移動からサイト外への引き渡しをチェック

b) 取り出し

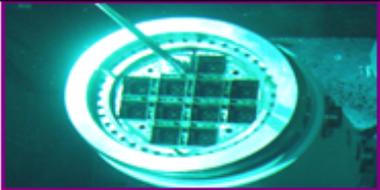
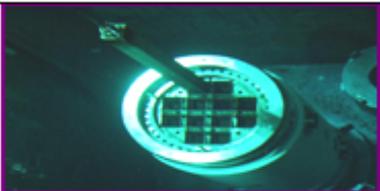
- －燃料貯蔵の準備作業
- *作業スペース、除染要員、ボルト取り外し後、水を満たす前後の放射線測定
- －燃料貯蔵
- *蓋を取り外した後、燃料貯蔵後、ドレン後の放射線測定
- －輸送キャスクの除染作業
- *除染後の放射線測定
- *キャスク内部のサンプリングと核種分析
- －空のキャスクの移動の準備作業
- －サイト内の移動からサイト外への引き渡しをチェック

2.2.4 放射線量率と表面汚染レベルの基準（原子力安全法）

- －移動器具
- *10mSv/時以下（輸送についてののみ）
- * α (0.4Bq/cm²)、 β - γ (0.4Bq/cm²)
- －輸送車両
- *車両表面と2m離れた所：2 mSv/時と0.1mSv/時
- *車両の運転席：0.02 mSv/時
- －空の輸送キャスク

*空のキャスクの外側： α ($0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$)、 $\beta-\gamma$ ($0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$)

*空のキャスクの内側： α ($40\text{Bq}/\text{cm}^2$)、 $\beta-\gamma$ ($400\text{Bq}/\text{cm}^2$)

	
蓋の取り外し	キャスクL/Pの安全な到着
	
キャスクへの燃料の積み込み	スポンジを用いたキャスクの除染
	
キャスク漏えい試験	使用済燃料の輸送
	
燃料の取り出し	車両へのキャスクの積み込み

3. 結論

使用済燃料の国内輸送に伴う被ばく線量は最初のころと比べて低減している。第一の理由は、保健物理担当者が放射線安全管理の基本方針を定めて、職業放射線被ばく低減（ALARA）の活動を遂行していることである。第二の理由は、遮蔽材を頂部に設置せずにキャスク内の水を100%ドレンする作業プロセスに変更したことによって、作業時間が短縮したことである。この経験事例は今後の使用済燃料輸送に関する作業の実施に役立つだろう。

3.1 韓国における使用済燃料の放射線被ばく線量の評価

NPPにおける作業プロセス	放射線被ばく線量 (人・mSv)			プロセスごとの 総線量 (人・mSv)	注記
	2009年	2010年	2011年		
積み込みの準備作業	0.03	0.00	0.02	0.05	
使用済燃料の積み込み	0.00	0.00	0.00	0.00	
輸送の準備作業 (除染とロッキング)	4.01	2.46	2.03	8.50	
漏えい試験とキャスク移動の準備	0.66	0.57	1.01	2.24	
使用済燃料の輸送	0.96	0.48	0.76	2.20	
輸送と機器移動のシミュレーション	0.06	0.00	0.00	0.06	
小計 (積み込み)	5.72	3.51	3.82	13.05	
使用済燃料の貯蔵	0.23	0.18	0.18	0.59	
空のキャスクの輸送の準備作業	0.76	0.15	0.12	1.03	
空のキャスクの移動の準備作業	0.29	0.11	0.20	0.60	
空のキャスクの輸送	0.96	0.85	0.77	2.58	
輸送と機器点検のシミュレーション	0.46	0.23	0.00	0.69	
小計 (取り出し)	5.72	3.51	3.82	13.05	
合計	10.07	5.95	6.16	22.18	

* 2013年の被ばく線量は2011年と同様

3.2 世界における使用済燃料の放射線被ばく線量の評価 積み込み

核燃料と輸送キャスクのタイプ	総被ばく線量 (人・mrem)
75,000MWD/MTU、5年の冷却期間 ／125トン、HI-TRAC125D輸送キャスク	2017.4
75,000MWD/MTU、5年の冷却期間 ／125トン、HI-TRAC125輸送キャスク	2063.1
60,000MWD/MTU、3年の冷却期間 ／100トン、HI-TRAC輸送キャスク	6628.4
HI-STAR100システムへの積み込み 40,000MWD/MTU、5年の冷却期間	1365.9

取り出し

核燃料と輸送キャスクのタイプ	総被ばく線量 (人・mrem)
75,000MWD/MTU、5年の冷却期間 ／125トン、HI-TRAC125D輸送キャスク	787.5
75,000MWD/MTU、5年の冷却期間 ／125トン、HI-TRAC125輸送キャスク	924.4
60,000MWD/MTU、3年の冷却期間 ／100トン、HI-TRAC輸送キャスク	3275.0
HI-STAR100システムへの積み込み 40,000MWD/MTU、5年の冷却期間	934.2

参考文献

- －原子力安全法／実施命令／実施規則
- －所内の使用済燃料の輸送手順書 (KHNP)
- －所内の使用済燃料の輸送の放射線安全管理 (KHNP)
- －HOLTEC HI-STROM/HI-STAR キャスクシステムの安全評価報告書