

PS-22 放射性物質の海上輸送中緊急時対応に向けた取り組み

海洋リスク評価系 * 近内 亜紀子、平尾 好弘、浅見 光史

1. はじめに

平成 11 年に東海村で起こった臨界事故を契機に、我が国では、原子力災害対策特別措置法（原災法）が制定され、放射性物質の海上輸送時の事故への準備と対応もその中で規定されている。海技研は、放射性物質海上輸送中に事故が起こった場合に国土交通省海事局の対応を技術的に支援する機関であり、原子力災害環境影響評価システム¹⁾を整備して万が一の対応に備えてきた。一方で、従来の原災法に基づき定められた原子力災害対策指針（原災指針）には国際原子力機関（IAEA）にて発行された緊急時基準²⁾に対応していない部分があることが認識されており、福島第一原子力発電所事故の教訓も踏まえて、2012 年 10 月に新原災指針が策定された^{3, 4)}。この新指針に基づいて、原子力施設については具体的なマニュアルが制定されたが、輸送に関しては国土交通省を含む関係省庁でその適用の検討がなされているところであり、海上輸送中事故の対応整備については海事局が主導することとなっている。本研究は、今後のマニュアル策定に資する技術資料の一つとして、放射性物質海上輸送事故を想定した大気拡散計算を行い、新原災指針を輸送に適用した場合の検討を行ったものである。

2. IAEA 緊急時基準と新原子力災害対策指針

IAEA 緊急時基準においては、原子力施設等周囲に事前に対応する区域を定めることが規定されている。確定的影響等を回避することを目的として、放射性物質の放出前の段階から即時退避を実施する予防的防護措置を準備する区域（PAZ）と、確率的影響のリスクを最小限に抑えることを目的として、状況に応じて放射線防護措置を実施する緊急時防護措置を準備する区域（UPZ）である。これら区域での各措置は、原子力発電所において段階的に定められた電源喪失等の緊急時活動レベル（EAL）及び放射線量率のモニタリングに基づく運用上の介入レベル（OIL）に基づき発動される。

IAEA 緊急時基準において、原子力発電所の PAZ と UPZ は、それぞれ、半径 3～5 km、5～30 km が勧告され、新原災指針においては、発電用原子炉施設から概ね半径 5 km 及び概ね 30 km と設定された。また、実用発電用原子炉以外の原子力災害対策重点地域としては、燃料加工施設において約 500 m、廃棄物管理・埋設施設や使用済燃料中間貯蔵施設において約 50 m と定められた。その際の判断基準となる放射線モニタリング値によるしきい値は、段階別に目的別に 5 種類の基準値が設定されていたが、例えば数時間内を目途に区域を特定し、避難や屋内退避等を実施するための基準 OIL 1 としては、地上 1m で計測した場合の空間放射線量率 500 μ Sv/h が運用介入の基準とされた。

3. 想定事象に対する放射性物質の大気拡散計算

原子力災害環境影響評価システムは、気象・海象等の条件、輸送物の情報、輸送船舶の情報等を基にコンピュータを利用した解析計算により、輸送容器の海没やタンカーとの衝突による大規模火災等、特有の事象を有する海上事故に対応した環境影響評価、及び輸送物に不具合が生じた場合の輸送船舶内の線量率計算を一定の時間をかけて行うものである。そのため、気象庁数値予報モデル GPV（Grid Point Value）データを用いた大気拡散、海洋変動予測システムの海流予測データ（JCOPE2）を用いた海洋拡散、そして、モンテカルロシミュレーションを用いた運搬船内線量率分布計算が可能であるが、本研究においては放射性物質漏えい事故等の緊急時への準備区域を検討する観点から、一定の風向の風速下における大気拡散を検討した。

3. 1 対象とする放射性輸送物と対象地域

放射性輸送物は、収納放射エネルギーに応じて設計分類が設定されており、核種ごとに定められた A_1 及び A_2 値と呼ばれる値より大きい放射エネルギーが収納された輸送物を B 型輸送物と呼び、特別の試験条件下においても損傷や不具合がないよう設計されており、容器の耐性は極めて高い。しかしながら、ここでは、OIL を検討するため、現実には想定しづらい試験条件を超える事象が生じた場合を想定することとする。

現在日本で行われている B 型輸送物の主な輸送は、高線量照射用線源、高レベル放射性廃棄物（HLW）、混合酸化物燃料（MOX）新燃料、使用済燃料である。このうち、線源及び HLW は密封もしくはガラス固化が行われているため、事故で輸送容器に何らかの負荷がかかっても、放射性物質が外部に漏えいし、広範囲に拡散する可能性は極めて低い⁵⁾。そのため、対象とすべき輸送物としては、MOX 新燃料及び使用済燃料を選定した。

緊急時対応においては、人命救助が最優先事項であるが、放射線緊急時の観点からは、作業員及び一般公衆の被ばく線量が判断基準となる。原子力施設においては、事故の際の避難区域の範囲を事前に設定することができるが、輸送の場合は移動するため PAZ や UPZ を設定することは難しい。また、専用運搬船は通常船舶の運航航路よりも沖を航行するため、航行中に万が一事故が起こったとしても陸上の一般公衆への影響は極めて小さい。

一方で、港湾荷役中における輸送物の落下事故発生率は、運搬船に対する過酷な海難事故に比べてやや高めに評価される⁶⁾。使用済燃料輸送物等の荷役は、ほとんどの場合原子力発電所敷地内に整備された専用港で行われているが、専用港での荷役中に漏えい事故が起こった場合には、原子力施設にて定められている準備区域に従った対応を実施すること

が適切であると考えられる。ただし、MOX 新燃料については、原子力施設の専用港でのみ取り扱いを行っているが、使用済燃料荷役については一般港を用いている場合もある。以上の検討から、使用済燃料輸送物の一般港湾荷役中の事故のみを想定することが適切であると判断した。

3. 2 気象条件と漏えい核種の選定

使用済燃料の荷役が想定される国内の港付近での気象統計を整理した。例として A 港付近の気象統計を表 1 に示す。

表 1 A 港付近の気象統計

	平均風速 (m/s)	最多風向	
		出現率	風向
統計期間	1982~2010	1982~2010	1982~2010
1月	3.4	31	西
2月	3.3	26	西
3月	3.2	23	西
4月	3.1	20	西北西
5月	2.7	18	西北西
6月	2.4	21	東
7月	2.3	21	東南東
8月	2.1	19	東南東
9月	2.2	14	東南東
10月	2.5	16	西
11月	3.0	23	西
12月	3.3	30	西
年	2.8	17	西北西

大気拡散計算の風速風向条件として、内陸に向かう出現率が最大の風向で、風速が最大になる月の条件を保守的に選んだ。大気安定度は、平均的な D を仮定した。

使用済燃料集合体には、ウランを含め様々な放射性核種が存在するが、燃料はペレット状で被覆管内に密封されているため、万が一被覆管が損傷しても揮発性または希ガス状の放射性核種の漏えいが主である。ここでは、揮発性核種として単位量あたりの被ばく影響が高い Cs-134 を、希ガスとして Kr-85 を選定した。漏えい量について、特別の試験条件下で許容されている A2 値/週の漏えい（希ガスについてはその 10 倍）が 1 時間かけて起こると保守的に仮定した。

3. 3 大気拡散計算に基づく漏えい後の空間線量率分布

ここでは Cs-134 の被ばく影響について考察する。図 1 に



図 1 A 港における漏えいから 10 分後の空間線量率分布

示すとおり、漏えい開始後 10 分で空間線量率分布が最大に拡がり、その後は分布の範囲が狭まり、放出の終わる 60 分より後は殆ど変化がなかった。このことから、漏えいした放射能プルームは事故地点近辺の空間線量率に事故直後から寄与するが、素早く拡散して一部は地面に沈着し残留放射能となって被ばくに影響すると推察される。これらの結果を基に、新原災指針に基づいた居住者の屋内退避及び一時移転の必要性について検討した。漏えいから 130 分後の空間線量率分布からは、屋内退避等を実施する基準となる OIL 1 値 500 μ Sv/h を超える範囲は漏えい地点から風下 100m 程度、OIL 2 基準とされている 20 μ Sv/h を超える範囲は 1km 程度まで拡がるのがわかった。ただし、OIL 2 は 1 日程度のモニタリング値を目処に、一時移転を実施するかの判断基準であり、今回の結果から事象は数時間内に収束するため、居住域において一時移転の必要性を確認することはできなかった。

4. まとめ

放射性物質海上輸送中に原子力又は放射線緊急時が生じ、原災法における特定事象と判断された場合には、国は国民に適切な情報と必要であれば避難指示を出さなければならない。その際の判断に資するための事前検討として、今回の検討を行った。また、海技研は、放射性物質海上輸送中事故時の技術支援のために国土交通省海事局検査測度課との合同訓練を実施しているが、新原災指針に即した事前検討結果や現地のモニタリング値等も、今後の訓練及びマニュアル策定に活用していきたい。

謝辞

本研究は、国土交通省海事局検査測度課からの委託により実施しました。関係各位に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 浅見 光史、岡 秀行、小田野直光：“放射性物質の海上輸送事故時対応を目的とした環境影響評価システムの構築”，海上技術安全研究所報告 第 13 巻 第 4 号 特集号 基調論文，p.21-37（平成 25 年度）。
- 2) “Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency”，GS-R-2（2002）。
- 3) 原子力災害対策指針、平成 24 年 10 月 31 日、（平成 25 年 2 月 27 日～平成 27 年 8 月 26 日全部改正）（平成 28 年 3 月 1 日部分改正）、原子力規制委員会。
- 4) 佐藤宗平、山本一也：“我が国の新たな原子力災害対策の基本的な考え方について-原子力防災実務関係者のための解説-”，JAEA-Review 2013-015（2013）。
- 5) 山川秀次他：“放射性物質輸送物の海面火災条件下における熱的健全性-高レベルガラス固化体輸送物の熱的健全性-”，電力中央研究所報告 U99031（2000）。
- 6) 渡部直人：“放射性物質輸送の確率論的安全評価（その 3）-港湾における LLW 荷役作業のリスク分析手法-”，電力中央研究所報告 U97033（1997）。