

# PS-32 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

海洋リスク評価系 \* 浅見 光史、岡 秀行、小田野直光

## 1. はじめに

平成 11 年に発生した(株)ジェー・シー・オーの臨界事故を契機として、原子力災害対策特別措置法(平成 11 年法律第 156 号)が制定され、原子力災害が発生した場合の国、原子力事業者等による対応体制等が明確化された。同法は、放射性物質の海上輸送時に事故が発生した場合にも適用され、国は事故が発生した場合に、被害の拡大防止及び復旧等のために必要な措置を事業者に命令することとなるが、事業者に対して、迅速且つ的確な指示を行うためには、事故の規模、周辺環境及び住民等への影響を予測することが重要である。事故の影響評価は、気象・海象等の条件、放射性物質を収納する容器と収納された放射性物質の情報、輸送船舶の情報等に基づき行われ、直接的な測定データによる影響評価ができない場合にも、計算による影響予測により、合理的な意思決定に利用できる必要がある。

このため、海上技術安全研究所(以下、海技研)は、国土交通省からの受託研究により、放射性物質の海上輸送時の事故発生時に、事故発生場所、放射性物質の種類や量、輸送船の構造等の情報に基づき、国土交通省が事故の影響を的確に評価して適切な措置を講じるための「放射性物質の海上輸送事故時における環境影響評価システム」の開発を平成 13 年度から平成 16 年度まで実施し、保守運用を平成 17 年度から行っているところである。本システムは、事故時に国土交通省の事故対策に資する有益な情報を提供するため、船員、一般公衆等に対する放射性物質による被ばく影響、環境影響を評価するシステムで構成されている。

本論文は、海技研が近年改良に取り組んでいる放射性物質の大気及び海洋拡散評価システム(以下、改良システム)について述べるものである。

## 2. 放射性物質海上輸送時事故時における 環境影響評価システムの概要

改良システムの構成を図-1に示す。改良システムは、計算に使用する「各種データベース」「放射性物質の大気拡散システム」「海洋拡散システム」「外部被ばく評価システム」及び「計算結果・事故支援情報表示システム」からなる。「外部被ばく評価システム」では、平常時及び事故時外部被ばく計算結果と輸送容

器・船体構造データベースより、容器近傍における線量当量率及び輸送容器からの距離に応じた線量変化を推定することができる。この情報は、放射性物質運搬船の事故時における船倉からの離隔距離の設定の他、緊急時作業の際には、作業員が線量限度未満となるようにするための作業計画策定に役立てることができる。また、「放射性物質大気拡散評価システム」「放射性物質海洋拡散評価システム」による計算結果と輸送容器・船体構造データベースにより、放射性物質運搬船の事故により輸送物の密封機能が破綻して、大気や海洋中に放射性物質が漏洩した際の、放射性物質の拡散状況を推定することができる。この情報は、放射性物質の付着や体内摂取による周辺一般公衆や船員等作業員の被ばく低減対策の検討を進めるために役立てることができる。これら放射性物質の拡散評価システムでは、大気及び海洋流速場の推定方法の他、放射性物質の拡散範囲を正確に把握することのできる移流拡散モデルを採用しており、これにより可能な限り正確な事故状況の把握が可能になる。

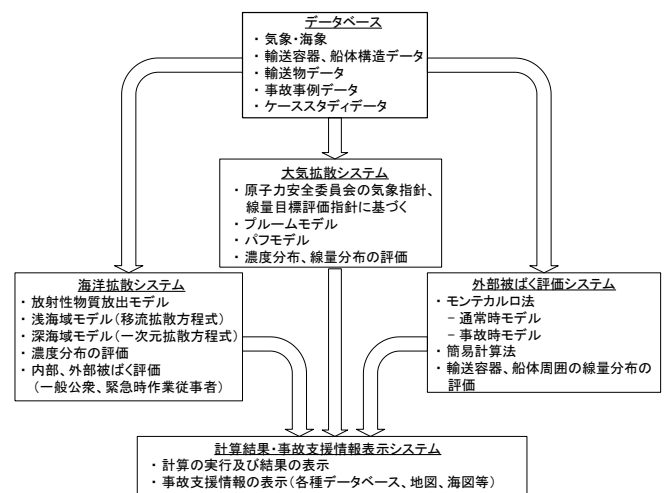


図-1 環境影響評価改良システムの構成

### 2. 1 気流場及び海流場の推定

放射性物質の大気拡散計算に使用する気流データには、一般財団法人気象業務支援センター(JMA)が提供している気象庁数値予報モデル GPV(Grid Point Value)を利用した(格子間隔:5km)。また、海流データには、株式会社フォーキャスト・オーシャン・プラスが提供している JCOPE2 海洋変動予測システムの海流

予測データを利用した(格子間隔: 1/12度(約9km))<sup>3)</sup>。海底地形データには、海上保安庁海洋情報部日本海洋データセンター(JODC)が提供している500mメッシュ水深データ(J-EGG500)<sup>4)</sup>を利用した。

所要のより細かい格子間隔(格子間隔: 2km以下)で物質輸送計算を行うために、本システムでは、短時間で本評価対象に対して合理的な流速分布が得られる質量保存流速場モデルであるMASCON(Mass-Consistent flow simulation)<sup>1)2)</sup>を採用した。このモデルを用いて推定した流速場を用いて、放出された放射性物質の移流拡散計算を行うことで、輸送物から放出される放射性物質の大気中あるいは海洋中の濃度分布及び線量分布を評価することができる。

## 2. 2 移流拡散計算モデル

放射性物質の移流計算には、数値拡散の小さい手法が求められる。物質の移流を表す微分方程式を有限差分法で近似する際に発生する打ち切り誤差が、時間の進行とともに蓄積することで、実現象とは関係ない拡散(数値拡散)が起こるようになる。放出源からの放出量が同一であれば、物質の拡散範囲が数値拡散の影響で実際よりも大きくなると、平均濃度が低くなり、高濃度域を過小評価することになる。改良システムでは、数値拡散の影響がない移流拡散計算モデルとして、移動座標系(Lagrangian粒子)モデルを採用している。Lagrangian粒子モデルでは、多数の粒子(仮想的粒子)を追跡するシミュレーションを行い、粒子の軌跡を集計し、ある時間における所定の座標に対する粒子の寄与を求めることで、物質の濃度分布を求める。

## 2. 3 外部被ばく計算

外部被ばく計算では、放射性物質輸送物運搬船の事故時に、船体及び輸送容器を構成する遮蔽材が喪失した場合を仮定した放射線遮蔽計算を行うことで、船内外の放射線線量当量率を評価することができる。評価可能な積載物は、日本で海上輸送されている主要な輸送物(収納物は使用済燃料、高レベル放射性廃棄物、MOX燃料、ウラン新燃料、UO<sub>2</sub>粉末、天然UF<sub>6</sub>、濃縮UF<sub>6</sub>及び低レベル放射性廃棄物)である。

## 2. 4 大気中及び海洋中の線量当量率

改良システムを用いた大気中及び海洋中の線量当量計算結果例を図-2に示す。放射性物質の濃度及び線量の分布は任意の時間間隔で得ることができ、時々刻々変化する分布の状況から、事故の影響を正確に評価して適切な対応措置を行うことが可能になっている。

## 3. まとめ

本論文では、放射性物質等海上輸送に係る防災対策に資するため、国土交通省の防災対策の一環として、海技研が整備・運用保守を実施している放射性物質の海上輸送事故時における環境影響評価システムを構成する評価システムのうち、実際に事故が発生した際の

事故状況をより正確に把握できるようにすることを目的に、海技研が近年改良に取り組んでいる放射性物質の大気及び海洋拡散評価システムについて述べた。システムの主要な改良点は、大気及び海洋流速場の推定方法として、質量保存流速場モデル(MASCON)を採用することで、詳細な流速場の変化を考慮可能としたこと、及び放射性物質の拡散範囲を正確に把握することのできる移流拡散モデルを採用することで、従来と比較して放射性物質の濃度分布や線量分布の予測精度を向上させたことである。改良システムにより迅速且つ的確に得られる精度の高い種々の情報は、事故時に国土交通省が講じる周辺住民や船員等作業員の被ばく低減対策の検討に資するものであり、放射性物質の海上輸送の防災対策の強化に貢献するものである。

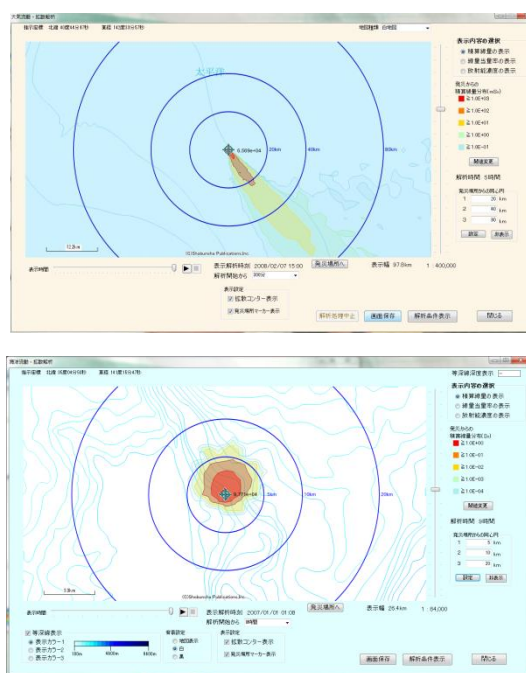


図-2 積算線量結果(上図: 大気、下図: 海洋)

## 謝辞

本研究報告は、国土交通省からの受託研究「海上輸送に係る原子力事故評価システムの構築」(平成13年度～平成16年度)及び請負研究「原子力災害環境影響評価システムの維持及び保守」(平成17年度～平成24年度)の成果の一部である。

## 参考文献

- 1) M. H. Dickerson, *J. Appl. Meteor.*, 17-3, 241-253, 1978.
- 2) C. A. Sherman, *J. Appl. Meteor.*, 17-3, 312-319, 1978.
- 3) Y. Miyazawa, *et. al.*, *J. Oceanogr.*, 65, 737-756, 2009.
- 4) 日本海洋データセンター, 500mメッシュ水深データ