

VI. 放射性物質の環境への放出

1. 放射性物質の大気中への放出量の評価

(1) 放射性物質の空気中への放出について

今回の事故では、事象の進展に伴い、格納容器ベント、原子炉建屋の爆発等があり、空気中への放射性物質の放出に至った。

一方、1号機原子炉建屋の作業環境を改善させるため、東京電力は、5月5日より局所排風機（4台）による原子炉建屋内の放射性物質濃度の低減を図り、さらに5月8日～9日、建屋の換気のため北側二重扉を一部開放した。これに伴い放射性物質が環境に微量放出する可能性があるため、敷地内外での環境モニタリングを強化して監視したが、放射線量率、空気中の放射性物質濃度とも変動は認められなかった。

(2) 放射性物質の空気中への放出の推定について

① 解析に基づく推定

原子力安全・保安院は、INES 評価を行うため、独立行政法人原子力安全基盤機構（JNES）の原子炉の状態等の解析結果から試算を行い、福島第一原子力発電所の原子炉からの総放出量はヨウ素 131 について約 1.3×10^{17} Bq、セシウム 137 について約 6.1×10^{15} Bq と推定されたとした。その後、5月16日に原子力安全・保安院が東京電力に対して報告を徴収した地震直後のプラントデータ等を用いて、JNES が原子炉の状態等をIV章で記載したとおり改めて解析したところ、福島第一原子力発電所の原子炉からの総放出量はヨウ素 131 について約 1.6×10^{17} Bq、セシウム 137 について約 1.5×10^{16} Bq と推定した。

以下では、この推定と、主に福島第一原子力発電所敷地内のモニタリングデータとの比較を行い、原子炉から放出された放射性物質がどのように拡散し、周辺環境への影響を及ぼしたかについて整理した。

地震後、放射性物質の放出が顕在化したのは、3月12日明け方に福島第一原子力発電所敷地内のモニタリングポスト MP-6 付近でのモニタリングカーによる測定で空間線量率が上昇した時のものである。この時、1号機では格納容器圧力が異常上昇したうえで若干の圧力低下が見られたことから、格納容器からの漏えいが発生し、大気中に放出があったものと推定できる。解析では、既に燃料の熔融が始まっているとの結果となっている。

その後の同地点でのモニタリング測定で12日昼までの間に線量率が上昇しているが、その間、1号機ではベント操作を続けていたものの、D/W 圧力は14時頃まで有意には低下していない。原子炉内では熔融した燃料

から S/C に希ガス等の非凝縮性ガスが放出され、環境中に漏えいが続いていたとも考えられる。

東京電力は、12日14時30分に D/W 圧力が低下し、ベントが成功したと判断している。この時点において、原子炉容器等での沈着や S/C での吸収がなされなかったヨウ素等も含めた放射性物質が大気中へ放出され、プルームの影響で MP-4 付近での測定で約 1mSv/h が観測されたものと考えられる。また、福島県が夕方から開始した南相馬市合同庁舎での測定で 20 μ Sv/h が観測されており、このプルームが弱い北風で一旦南に流れたのち、強い南風に風向が変わったため、拡散しながら北に流れた影響と考えられる。

13日8時から9時にかけて、MP-1,4,6 付近で有意に線量率が上昇している。3号機で原子炉水位が低下し燃料が露出した後でのベント操作をしており、その影響と考えられる。なお、この時期は弱い西風から南風が変わっていく気象条件であったため、このプルームが拡散して北上したものと推定される。南相馬市での測定では、およそ 1 μ Sv/h 程度の線量率上昇になっている。なお、3号機からの放出は D/W 圧力が複数回にわたって低下しており、それに対応して MP-1,4,6 付近で有意に線量率が上昇していることが確認できる。

14日午前中にも複数の線量率の上昇が確認されているが、各プラントでの放出に関係すると思われる事象の情報は得られていない。そのため、線量率上昇の原因は定かではないが、13日までに放出された放射性物質により、それぞれの測定箇所でのバックグラウンドが上昇しており、沈着した放射性物質が再浮遊して空間線量率が上昇した可能性も考えられる。

14日21時、MP-6 付近で約 3mSv/h の空間線量率が測定されている。その後、一旦空間線量率が下がったものの、15日6時以降再度上昇し、9時には約 12mSv/h の数値が測定されている。14日21時は2号機では、ウェットベントにより D/W 圧力の低下がみられている。また、15日6時頃には2号機で爆発音とともに S/C 圧力が低下していることから、2号機からの放射性物質の放出と考えられる。ただし、4号機の原子炉建屋の爆発も同時期に発生しており、明確な区別ができない状況である。この時期はおおよそ北風であったため、プルームは南下し、茨城県東海村の独立行政法人原子力日本原子力研究開発機構等で線量率の上昇とともに、大気中から放射性ヨウ素等が検出されている。

さらに MP-6 付近において、15日23時と16日12時にも空間線量率の上昇が見られており、前者は3号機、後者は2号機において D/W 圧力の低下が見られることから、それぞれ3号機及び2号機からの放出と考えら

れる。

② SPEEDIによる推定

今回の事故では、原子炉施設における測定によって放出源情報を得ることができないことから、緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム（SPEEDI）を用いて発電所周辺の放射性物質の濃度や空間線量率の値を計算することができない状態が続いていた。このため、原子力安全委員会では、3月16日以降、SPEEDIを開発した独立行政法人日本原子力研究開発機構の研究者及び文部科学省の指示により派遣された原子力安全技術センターの職員の協力を得て、原子炉施設での測定に代わる方法を検討し、試行錯誤を通じて、環境中の放射性物質濃度の測定（ダストサンプリング）結果と発電所から測定点までのSPEEDIによる拡散シミュレーションを組み合わせることによって、ダストサンプリングによってとらえられた放射性物質が放出された時刻における放出源情報を一定の信頼性をもって逆推定を行った。原子力安全委員会は、こうして推定した放出源情報をSPEEDIの入力とすることによって、過去に遡って施設周辺での放射性物質の濃度や空間線量率の分布を求め、これによる事故発生時点からの内部被ばくや外部被ばくの積算線量の試算結果を3月23日、4月11日、25日及び27日に公表している。（添付VI-1）

2. 放射性物質の海水中への放出量の評価

(1) 発電所からの放射性物質の漏洩

福島第一原子力発電所では原子炉圧力容器内から分散された放射性物質が溶け込んだ水が格納容器内に漏出してきた。また、原子炉及び使用済燃料貯蔵プールの冷却のために外部から注水した結果として、その注水した水の一部が格納容器から漏出し、原子炉建屋やタービン建屋内部の溜まり水となった。原子炉建屋やタービン建屋内部にある汚染水については建屋内部での作業性の観点からその管理が重要な課題となり、建屋の外部にある汚染水については環境への放射性物質の放散を防ぐ観点からその管理が重要な課題となった。

東京電力は、4月2日9時30分頃、2号機の取水口付近にある電源ケーブルを納めているピット内に1,000mSv/hを超える水が溜まっていること、及びピット側面に亀裂（約20cm）があり、当該部分よりピット内の水が海に流出していることを発見した。このため、東京電力は、コンクリート等の投入、水ガラスの注入等による止水処理を行い、4月6日5時38分に水の流出が止まったことを確認した。

2号機から流出した高濃度の放射性物質を含む汚染水（以下「汚染水」という。）の海洋への放出量について、東京電力が評価を行い、原子力安全・保安院としても確認している。（添付VI-2）

流出が発見される前日（4月1日）の2号機スクリーン近傍海面付近の空間線量は、その周辺のバックグラウンドレベルと変わらない1.5mSv/hであることが確認されている。一方、流出が確認された直後には、ほぼ同じ場所の空間線量率は20mSv/hとなっている。このことから、汚染水が流出した期間は、4月1日から6日までの間と仮定できる。流出率については、写真等から約4.3m³/hと計算している。汚染水の濃度は、サンプリングで得られた実測値を用いて、流出した汚染水に含まれる放射性物質の推定総量は、 4.7×10^{15} Bqと推定できる。

また、東京電力は、5月11日16時5分頃、3号機取水口付近のピットから海への流出を確認し、同日18時45分頃に海への流出停止を確認した。

この3号機から流出した汚染水の海洋への放出量について、東京電力が評価を行い、原子力安全・保安院としても確認している。（添付VI-3）

評価の結果、3号機から放出された放射性物質の量は、流出時間が41時間（5月10日2時から11日19時）で、流出量は250m³と計算している。流出した汚染水の濃度は、ピット内に流入した水の実測値を用いて、流出した汚染水に含まれる放射性物質の推定総量は、 2.0×10^{13} Bqと推定できる。

現在、東京電力は、更なる放射性物質の漏洩を防止するため、排水の貯留先の確保、排水中の放射性物質を除去するための処理設備の設置、漏洩の可能性のある箇所閉止、排水量の低減のための原子炉の冷却方法の改善等の対策を進めている。

（2）発電所からの放射性物質の海洋への放出

東京電力は、2号機タービン建屋地下階に滞留している高濃度放射性排水が周辺環境に漏洩していることが推定されること等から、原子炉等規制法第64条第1項に基づく危険時の措置として、高濃度放射性排水を移送するために集中廃棄物処理施設に存在する低濃度の放射性滞留水を海洋に放出することとした。併せて、建屋に侵入する地下水から安全上重要な機器を保護するため、5号機と6号機のサブドレイン内の低濃度の放射性物質を含む地下水を海洋に放出することとした。このため、原子力安全・保安院は、原子炉等規制法第67条第1項に基づき、海洋への放出に係る事実関係、影響評価、放出の考え方について、東京電力に対して報告を求めた。原子力安全・保安院は、報告内容を確認した上で、原子力安全委員会の技術的助言を求め、同委員会からは緊急時のやむを得ない措置として、海洋放出を実施するに当

たつての助言を得た。

これらを踏まえ、東京電力は、4月4日から10日までに、集中廃棄物処理施設、並びに5号機及び6号機のサブドレインから、約10,393トンを放出した。東京電力は、4月4日から10日までに放出した量から、放射性物質の総量は、約 1.5×10^{11} Bqと推定している。(添付VI-4)

東京電力は、上記(1)及び(2)に対して、環境への影響を確認するため、沿岸海域のモニタリングを強化するとともに、シルトスクリーン(漏出防止フェンス)等の設置を実施した。(添付VI-5)

以上の点に関し、日本政府としては、低濃度とはいえ放射性物質を含んだ水を放出せざるを得なかったことは大変残念であったと考えている(IX. 4. (3)参照)。

(3) 海洋拡散シミュレーション

文部科学省は、4月12日、4月16日、4月29日、5月9日及び5月24日に、これまでの海域モニタリングの実測値を用いて独立行政法人海洋研究開発機構のスーパーコンピュータシステムにより放射性物質の拡散予測計算を行い、福島第一原子力発電所からの向こう2ヶ月間程度にわたる放射能濃度分布シミュレーションの結果を公表した。

シミュレーションで用いたモデルは、8km平方のメッシュで切った海表面上に、初期条件で与えられる個数の浮遊粒子が、潮流や風の影響を受けて拡散していく様子を、予測計算を行う前日から約2ヶ月先までの潮流の予測と、予測計算を行う前日から1週間先まで風の予測及び1週間後から2ヶ月先までのこの時期の平均的な風のデータを用いて、拡散方程式で計算するものである。つまり、海表面上における浮遊粒子の拡散を予測することで、放射能濃度の分布状況を予測するものである。

本予測では、放射能濃度の分布状況として、5月半ばに全海域において当初の検出限界値(放射性ヨウ素、放射性セシウムとも約10Bq/L)を下回る(10Bq/L以上の放射能濃度の分布海域はなくなる)と予測された。

このため、より精緻な放射能濃度の分布状況を明らかにするため、より広域でかつ検出限界値を下げた分析を行うこととし、本予測に基づいて、新たなサンプリングポイントを選定し、5月6日に「海域モニタリングの広域化について」として公表した。

広域化後の放射能濃度の分布状況は、ほぼ予測どおりであり、5月20日に広域化後はじめての海水中の放射能濃度を文部科学省が発表した際も、検出された放射能濃度は、ほぼ旧検出限界値(10Bq/L)と新検出限界値(セシウム134で6Bq/L)の間であった。

なお、シミュレーションは必ずしも実測値の濃度そのものを保証するものではない。それは分布を予測するモデルであり、濃度の濃さそのものを予測するモデルではないからである。また、分布状況が実測値と異なってしまうのは、観測値をモデルに取り込んでも、現実の流れの場を完全に再現出来ないこと、予測に用いる風は約1週間分で、その後はその時期の平均的な風を用いるために誤差が含まれることなどの複数の制約から、予測期間が長くなると、誤差も大きくなるためである。今後、最新のモニタリング結果の実測値を確認しつつ、他の計算コードによるシミュレーションとも相互評価を得ながら、より現実に近い予測の実現に向けて不断の見直しを行う必要がある。