

東日本大震災後の取り組み 「中間貯蔵施設の安全確保について」

大野皓史*1

環境省では、東北地方太平洋沖地震に伴い発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故を受け、汚染された周辺環境の除染により発生した福島県内の除去土壌等を安全に集中的に管理・保管する中間貯蔵施設の設置を検討している。本稿では、中間貯蔵施設の安全確保の考え方として、発生量の推計、土壌の特性、施設の構造および配置、放射線安全評価、施設の運営管理、運搬の考え方、環境保全対策の基本方針について、中間貯蔵施設安全対策検討会および中間貯蔵施設環境保全対策検討会で検討された結果を報告する。

Keywords: 福島第一原子力発電所, 除染, 中間貯蔵施設, 除去土壌

The Ministry of the Environment is planning to construct the Interim Storage Facility for soil and waste generated in Fukushima prefecture, due to the accident of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. This paper describes the result of study for the safety concepts. Concrete components are estimation of soil/waste generation, soil characterization, structure and location of facilities, radioactive safety assessment, operational management, approach for transportation concept, basic principle of environmental conservation measures.

Keywords: Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, decontamination, interim storage facility, soil, waste

1 はじめに

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う福島第一原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染が生じており、この汚染による影響を速やかに低減することが喫緊の課題となっている。とくに、当該地震およびその後の福島第一原子力発電所の事故により甚大な被害を被った福島県内地域については、除染を適切に実施することが復興の大前提となる。除染等に伴い同地域から生じる土壌や廃棄物の量が膨大であることから、最終処分までの間、それらを安全に集中的に管理・保管する中間貯蔵施設を設置することが必要不可欠である。また、既に設置されている仮置場には除去土壌等が保管されている状態であり、これを一刻も早く解消するためには、中間貯蔵施設の設置が急務である。

環境省では、これまでに、中間貯蔵施設の基本的な考え方（ロードマップ）を平成 23 年 10 月に公開し、現地におけるボーリング調査等を順次開始してきたところである。さらには、施設設置に対する安全性について、平成 25 年 6 月から、学識経験者で構成する中間貯蔵施設安全対策検討会および中間貯蔵施設環境保全対策検討会を開催し、施設の構造や維持管理手法等に関する考え方や環境保全の対策等について科学的・専門的な見地から議論を進めてきたところである。

そこで、本稿では、上述の 2 つの検討会で取りまとめた内容を中心として、中間貯蔵施設に対する安全確保の考え方を紹介する。

2 貯蔵する除去土壌・廃棄物等

2.1 種類

Safety concept for interim storage facilities in Fukushima by Koji ONO (Koji2.Ono@env.go.jp)

*1 環境省 放射性物質汚染対策担当参事官室

Ministry of the Environment, Interim Storage Facilities Team

〒100-8975 東京都千代田区霞が関 1-2-2

本稿は、日本原子力学会バックエンド部会第 29 回夏期セミナーにおける講演内容に加筆したものである。

福島県内の特定廃棄物および除染に伴う除去土壌等の処理フローを以下の Fig. 1 に示す。中間貯蔵施設における貯蔵対象は、以下の 2 点である。

- ① 除染に伴い生じた土壌、草木、落葉・枝、側溝の泥等（可燃物は原則として、焼却して、焼却灰を貯蔵）
- ② 上記以外の廃棄物（放射能濃度が 10 万 Bq/kg を超える廃棄物を想定。可燃物は原則として、焼却して、焼却灰を貯蔵。）

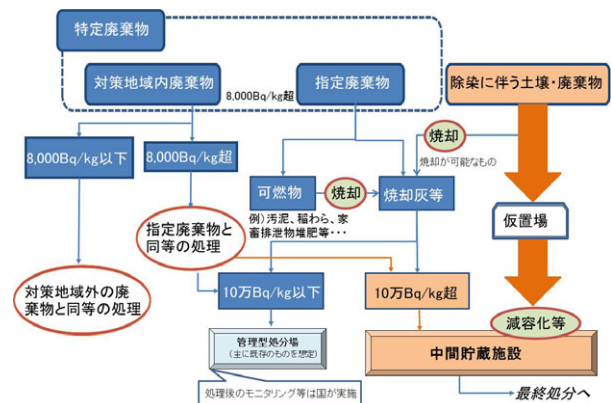


Fig. 1 Soil and waste stored in Interim Storage Facility in Fukushima prefecture

2.2 発生量および濃度の推計

中間貯蔵施設に搬入されることとなる、福島県内の除染に伴い生じる除去土壌等、および福島県内で発生する 10 万 Bq/kg を超える対策地域内廃棄物および指定廃棄物（除染に伴い生じた廃棄物を除く。以下「対策地域内廃棄物等」という。）の量を推計した。

その結果、福島県内の最新の除染計画（国直轄除染、市町村除染）に基づく推計発生量と、10 万 Bq/kg を超える対策地域内廃棄物等の推計発生量の合計値としては、約 1,600 万～2,200 万 m^3 となった。これらの値には、帰還困難区域の除染や家屋の解体など現時点で定量的な推計が困難な分野が含まれていないことから、除去土壌等を確実に中間貯蔵施設に搬入するため、2,800 万 m^3 を前提として検討を進めることとしている。

なお、除染で発生する土壌等の放射能濃度の推計を行ったところ、推計発生量（約 2,043 万 m³）のうち、8,000Bq/kg 以下の量は約 1,006 万 m³、8,000Bq/kg 超 10 万 Bq/kg 以下の量は約 1,035 万 m³、10 万 Bq/kg 超の量は約 1 万 m³と推計した。

3 構造および配置等

3.1 構造等の考え方

事故由来放射性物質に汚染された土壌については、当該土壌中の放射性物質の挙動に関する特性が廃棄物の場合と大きく異なると考えられる。中間貯蔵施設では、大量の土壌を扱う必要があることも踏まえ、放射性物質汚染対処特措法[1]および電離放射線障害防止規則[2]に基づく基準等を参考としつつ、その特性に適した構造等とすることが適切である。したがって、貯蔵施設については、土壌中の放射性セシウムの溶出特性や既存の知見を踏まえつつ、公共用水域および地下水の汚染を生じさせないおそれのない土壌等と、その他の土壌等について、構造を分類して貯蔵することを基本とする（土壌貯蔵施設（I型）、土壌貯蔵施設（II型））。土壌貯蔵施設（I型）への貯蔵対象の土壌等の放射能濃度の上限は、土壌中の放射性セシウムの挙動特性を踏まえつつ、一般公衆および作業員の被ばくを防止し、安全性を確保する観点から8,000Bq/kgとする。これは、以下の点を踏まえ、より保守的な基準を採用するという観点から採用したものである。

- 30,000Bq/kg 程度以下の放射能濃度を有する土壌に対する溶出特性試験の結果が、想定されるさまざまな環境変化の下でも検出下限値未満であったこと（Table 1 参照）。
- 放射性物質汚染対処特措法[1]に基づく指定廃棄物の指定基準が8,000Bq/kgであること。
- 電離放射線障害防止規則[2]において、事故由来放射性物質の濃度が10,000Bq/kgを超えるものを扱う場合には、必要な措置が異なること。

Table 1 Result of dissolution test for soil contaminated by radioactive cesium

土壌試料	Cs-134+Cs-137 (Bq/kg乾土)	溶出液Cs-134+Cs-137濃度* (Bq/L)	
		溶媒:純水	溶媒:NH ₄ ⁺ 濃度 1×10 ⁻³ (mol/L)
A	11,614	ND	ND
B	30,794	ND	ND
C	38,608	ND	45(1.3)
D	53,069	ND	<37(<1.2)
E	69,267	ND	ND
F	164,287	ND	80(0.7)
G	313,534	ND	76(0.3)
H	539,076	<37(<0.08)	135(0.3)

*: 溶出液濃度欄の「ND」は、検出下限値（Cs-134, 137;各 9～16Bq/L）未満であることを示す（測定条件：ゲルマニウム半導体検出器、測定時間 2000 秒）。同欄（ ）内には、溶出液濃度に対応する溶出率（%）を示す。

土壌貯蔵施設（II型）については、遮水対策として、底部・側部に遮水シート等（Aタイプ）または難透水性土壌層等（Bタイプ）を施工する。イメージを Fig. 2 に示す。遮水シートや難透水性土壌層等の施工については、施設を設置する場所の地質が堅固な泥岩層等の場合にはAタイプ、沖積層や砂泥互層等の場合には、必要に応じて地盤改良等の対策を講じた上で、比較的変形追従性を有するBタイプを採用するなど、現地の地質や地形への適用性を踏まえ、適切な遮水工を施す。土壌貯蔵施設（II型）に貯蔵する土壌等は、事故由来放射性物質の濃度が8,000Bq/kg超の土壌等を基本とするが、8,000Bq/kg以下の土壌等であっても、放射性物質以外の有害物質等に汚染されているおそれがある土壌等については、調査を実施し、汚染が確認された場合は土壌貯蔵施設（II型）に貯蔵することとする。さらに、土壌貯蔵施設（I型）および土壌貯蔵施設（II型）の共通事項として、土壌等の貯蔵施設への搬入時には、土壌等の保有水等を効率的に排水して貯蔵中の構造的な安定性を保つため、底面および側面に排水層を設置し、集排水管を用いて浸出水等の除去を行う。

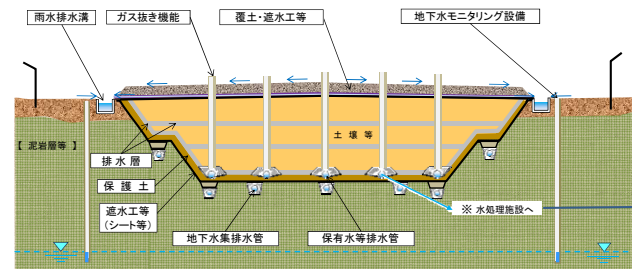


Fig. 2 Image of a soil storage facility

事故由来放射性物質の濃度が10万Bq/kgを超える廃棄物の貯蔵施設については、これまで事故由来放射性物質に汚染された廃棄物の処理について定められた、放射性物質汚染対処特措法[1]に基づく基準に沿った構造等を基本とすることが適切である。イメージを Fig. 3 に示す。廃棄物の貯蔵期間全般にわたり、一般公衆および作業員の被ばくを防止するため、遮へい効果を有する建屋に、放射性物質等の飛散・流出等を防止でき所要の耐久性を有する貯蔵容器（専用ドラム缶等）に入れた上で貯蔵する形式を基本とする。

受入・分別施設は中間貯蔵施設に搬入される土壌等や廃棄物の計量や放射線量の測定、搬入車両（ダンプ・トラック等）からの荷卸し、フレキシブルコンテナの破袋、可燃物・不燃物等の分別等の作業を行い、各貯蔵施設（土壌貯蔵施設（I型）、土壌貯蔵施設（II型）、廃棄物貯蔵施設）に貯蔵するものを適切に整理する施設である。当該施設については、これらに必要な設備を設けることとし、飛散防止用テントの設置等を行い、土壌等や廃棄物の飛散・流出を防止する。

減容化施設は中間貯蔵施設に搬入された可燃物を焼却・減容化する施設である。事故由来放射性物質に汚染された廃棄物の焼却については、放射性物質汚染対処特措法[1]等に基づく基準が整備されていることから、これらの既存の

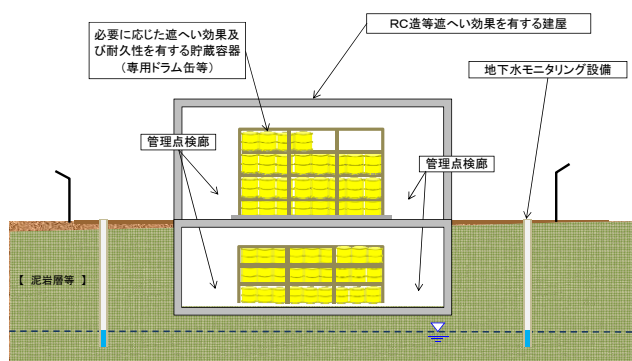


Fig. 3 Image of a waste storage facility

基準に沿って行うことを原則とする。具体的には、廃棄物の飛散・流出を防止するために必要な構造とすることや、燃焼室については、燃焼ガスの温度が十分高温な状態（摂氏 800℃以上）で燃焼することができるものを設けること、事故由来放射性物質を除去する排ガス処理設備（バグフィルター等）を設けることとする。

覆土材料ストックヤードについては、土壌等の貯蔵の際に用いる覆土材料を適切に保管できるものとする。

管理棟については、平常時および事故時において、適切に施設の管理を行うことができるよう、防災機能（耐震・防水等）を備えた構造とする。

研究等施設・情報公開センターについても、各種研究の実施・分析・評価や、国民等への情報公開を安全かつ適切に実施できる設備とする。

3.2 地震動・津波等に対する考え方

地震動・津波については、「供用期間中に発生する確率が高い地震動」、「おおむね数十年から百数十年に1回程度の頻度で発生する比較的発生頻度の高い津波」という第1段階と、「対象地域で想定される最大規模の地震動・津波」という第2段階を設定し、第2段階に対しても、基本的な構造および機能の維持や、配置の工夫等により、放射性物質に関する安全性を確保することとする。

地すべり・斜面崩壊、土石流・洪水等、地震・津波以外の自然災害についても、中間貯蔵施設の配置・設計・運用において考慮することとする。

3.3 配置

ボーリング調査等の現地調査の結果、中間貯蔵施設の調査候補地がある大熊町、楢葉町の調査対象地域付近では、低地、台地、丘陵地の下部に堅固な大年寺層が分布することから、土壌貯蔵施設、廃棄物貯蔵施設を設置することが可能であると評価された。調査結果を踏まえ、現況地形、既存建物・道路等を有効活用し、受入・分別施設、減容化施設、貯蔵施設とともに、管理棟、情報公開センターや研究等施設を配置し、その周囲に修景・緩衝緑地等を設けることとする。とくに、以下の点に配慮して実態に即した検討を行う。

- ・ 安全性に最大限配慮して、十分に余裕をもった施設とすること。

- ・ 谷地形や台地形などの自然地形を最大限に活用し、土地改変をなるべく避けて貯蔵施設を設けることにより、環境負荷の低減と工期の短縮を図ること。
- ・ 上記の結果として、各貯蔵施設が飛び地として存在することとなる可能性があるが、各貯蔵施設の間にもその他の施設を適切に配置するとともに、環境保全対策検討会における検討も踏まえながら、環境保全措置も兼ねて必要な緩衝緑地帯などを設けること。
- ・ これらのことにより、各施設が一体的に機能し、面的に広がりをもった中間貯蔵施設を整備すること。

4 放射線安全の評価

中間貯蔵施設の基本設計（構造・維持管理）の妥当性を放射線安全の観点から確認するために、公衆に対する施設設置による追加被ばく線量について評価を実施した。なお、公衆に対する平常時の追加被ばく線量が 1 mSv/y 以下、事故時の追加被ばく線量が 5 mSv/event 以下という基準の設定に当たっては、「第二種廃棄物埋設の事業に関する安全審査の基本的考え方」（原子力安全委員会）や ICRP の勧告等の既存の考え方を参考にした。現時点では、施設ごとの貯蔵量、濃度、施設境界、敷地境界等が未定であるため、安全側に立ち、1つの町に収容する貯蔵施設として、1,000 万 m³ を貯蔵する土壌貯蔵施設（I 型）、1,000 万 m³ を貯蔵する土壌貯蔵施設（II 型）、20 万 m³ を貯蔵する廃棄物貯蔵施設、受入・分別施設、減容化施設等が一通り敷地内に存在すると仮定した。

その結果、平常時・事故時とも、追加被ばく線量は設定した基準を満たした（平常時：0.60 mSv/y、事故時：0.53 mSv/event）ことから、覆土等の構造に係る方策や搬入作業範囲の設定等の維持管理に係る方策については、安全確保上、適切なものであると評価された。

5 運営/管理

中間貯蔵施設内の各施設において、放射線の遮へいや施設の機能維持のための管理を行うとともに、環境放射線や排気・排水等の必要なモニタリングを実施する。地域の方々をはじめとするさまざまな主体とのコミュニケーションや情報公開に当たっては、継続性、双方向性、透明性、信頼性の確保を基本姿勢として、進めることとする。

6 運搬の基本的考え方

中間貯蔵施設への除去土壌等の運搬については、過去に例を見ない大量の土壌等を短期間に運搬するものあり、且つ、当該土壌等には放射性物質が含まれていることから、次のような点を基本方針とし、総合的に検討していく。

- ① 運搬中および積卸し中の安全対策（交通安全対策を含む。）に万全を尽くすこと。
- ② できる限り早期に除去土壌等の運搬を開始し、且つ、短期間に完了するべきであること。

- ③ 中間貯蔵施設への運搬量を極力少なくするために減容化に係る技術の開発状況等も踏まえ、減容化を進めること。
- ④ 除去土壌等の管理の安全性を高める観点から、廃棄物や除去土壌等のうち放射能濃度が高いもの、早期に設置された仮置場の除去土壌等から運搬することについて具体策を検討すること。
- ⑤ 住民の健康および生活環境並びに一般交通に対する影響を最小化すること。とくに、生活環境および一般交通から、除去土壌等の運搬を可能な限り空間的および時間的に隔離すること。
- ⑥ できる限り大容量の輸送設備を使用すること。比較的長距離の輸送には鉄道貨物の利用も含め比較検討すること。
- ⑦ 道路の整備状況（路側帯も含めた幅員、勾配、線形、沿道状況等）について、十分に調査のうえ、除去土壌等の運搬を行うために適切な道路を明確にすること。
- ⑧ 既存道路を最大限活用するとともに、とくに運搬量が集中し一般交通に支障が生じる区間については、道路の補強・改良等の必要性を検討すること。また、常磐自動車道の早期全面開通の重要性に留意すること。
- ⑨ 運搬に実施に当たっては、ITS 技術（Intelligent Transport Systems：高度道路交通システム）等を活用し、運搬全体の綿密な管理を行うこと

今後、上記の基本方針に基づき、国内外の参考事例を十分に調査のうえ、道路や運輸、安全管理に関する専門家、関係する道路管理者および交通管理者からの助言を得つつ早急に検討する。このため、今後の中間貯蔵施設への除去土壌等の運搬に係る検討については、専門家等による検討の場を設け、可及的速やかに一定の取りまとめを行うこととする。

7 環境保全対策の基本方針

ここでは、環境への影響を検討する配慮事項のうち、とくに主要な工事、施設に起因して環境への影響が広範囲もしくは長期的に及ぶと考えられる項目(影響要因と環境要素)を「優先的に環境への影響を検討する項目」として選定し、これを予測・評価した後、環境保全対策の基本方針を立案した。

検討の結果、まず、施設に係る主要な工事、施設に起因して環境への影響が広範囲または長期に及ぶと考えられ、とくに環境保全対策の検討が必要と考えられる主な事項は、以下の通りである。

- ・ 貯蔵・覆土用機械の稼働並びに大量除去土壌等および土質材の運搬に用いる車両の運行による大気質への影響
- ・ 減容化施設の稼働による大気質への影響
- ・ 造成等の施工時の濁水並びに浸出水および減容化施設からの排水による水質への影響
- ・ 造成等の施工および中間貯蔵施設の存在による動物、植物、生態系、景観への影響

これらに対し、以下のような環境保全策を適切に講じる

ことにより、施設を整備していくこととする。

- ・ 貯蔵・覆土用機械について、排出ガス対策型建設機械の採用や、機械の稼働による粉じんの発生を抑制する具体的な方策の詳細な検討
- ・ 大量除去土壌等および土質材の運搬に用いる車両の排出ガスの最小化を考慮した運行計画の検討
- ・ 減容化施設の煙突の位置・高さの検討および排出ガス処理設備の設置
- ・ 造成等の施工時の濁水並びに浸出水および減容化施設からの排水について、沈砂池等や排水処理装置の適切な設置

本基本方針に基づき、今後、より具体的な環境保全の実施方策を取りまとめ、必要な対策を実施する。併せて、今後検討を行う「環境への影響を検討する配慮事項」に関しても、具体的な検討を行い、さらには、工事中および供用時においても、環境保全対策の効果等を確認するための事後調査を実施し、必要な対策を講じることとする。

8 おわりに

本稿では、中間貯蔵施設の安全確保の考え方として、発生量の推計、土壌の特性、施設の構造および配置、放射線安全評価、施設の運営管理、運搬の考え方、環境保全対策の基本方針について述べた。2つの検討会での議論の経緯やそれらを取りまとめた報告書については、環境省の除染情報サイトを参照されたい。

今後は、本考え方を基に、新たに得られる知見等も取り入れつつ、地元の方々としっかりと対話しながらか、中間貯蔵施設の実現に向け取り組む所存である。

参考文献

- [1] 平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法，平成二十三年八月三十日法律第百十号。
- [2] 電離放射線障害防止規則，昭和四十七年九月三十日労働省令第四十一号，最終改正：平成二五年七月八日厚生労働省令第八九号。