

電離放射線障害防止規則の改正

－東京電力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り汚染された土壌等の処分業務に従事する労働者の放射線障害防止対策の強化－

安井省侍郎
厚生労働省

はじめに

平成23年3月11日に発生した東日本大震災に伴って発生した東京電力福島第一原発の事故により、大量の放射性物質が放出された。汚染された地域の復興・復旧を図るため、日本政府は、除染とそれに伴って発生する廃棄物の処分を実施することを決定した。これらの作業に従事する作業員の放射線障害防止のため、厚生労働省は、十分な放射線防護措置を定める必要があった。このため、厚生労働省は、専門家検討会の報告書に基づき、労働安全衛生法に基づく「東日本大震災で生じた放射性物質により汚染された土壌等を除染するための業務等に係る電離放射線障害防止規則（除染電離則）」を制定し、平成24年1月1日に施行した¹⁾。この内容の詳細については、すでに出版された報告を参照されたい²⁾。

さらに、平成24年4月から、原子力災害対策本部は、空間線量率が低い地域から順次、生活基盤の復旧、製造業等の事業、病院・福祉施設等の事業、営農・営林、廃棄物の中間処理、保守修繕、運送業務等の再開を認める方針を定めた³⁾。このため、厚生労働省は、これら復興・復興作業の作業形態に応じ、適切に労働者の放射線による健康障害を防止するための措置の検討を行う必要があった。厚生労働省は、設置された専門家検討会の報告書に基づき、これら作業に対して適用を拡大する除染電離則の改正を平成24年7月1日に施行した。この内容の詳細についても、すでに出版された報告を参照されたい⁴⁾。

一方、環境省では、平成25年度夏頃から、除染によって発生した廃棄物等の処分の業務を本格化する予定であった。環境省の試算によれば、除染に伴う土壌・廃棄物は、福島県内に限っても約1,500万トン～3,100万トン、その他の汚染廃棄物が約56万トンに達する⁵⁾。現状の規制は、このように大量の放射性廃棄物を取り扱うことは想定しておらず、これら業務に従事する労働者の放射線障害防止のための新たな規制が必要となった。

この問題を検討するため、厚生労働省は、関連分野の7人の専門家を参集し、「除染廃棄物等の処分から従事する労働者の放射線障害防止のための検討会」を開催した。参集者は、表1のとおりである。検討会は、平成24年12月から平成25年2月にかけて4回開催され、平成25年2月14日に、厚生労働省に報告書を提出した⁶⁾。さらに、2回の追加会合を開催し、ガイドライン⁷⁾及び作業員の教育用テキスト⁸⁾の検討を行った。厚生労働省は、報告書に基づき、電離放射線障害防止規則（電離則）を改正し、平成25年7月1日から施行した⁹⁾。

本稿は、これら専門家検討会において検討された事項のうち、他国の放射線防護専門家に対して参考となるとと思われる事項について紹介することを目的とする。さらに、法令の制定時において、今後の検討が必要であることが明らかとなった事項についても紹介する。

掲載原稿：「放射性物質の吸着・除染および耐放射線技術における材料・施工・測定の新技術 (No1795)」第7章第3節 2014年11月28日 (株)技術情報協会 東京

表1 検討会参集者一覧

大迫 政浩	独立行政法人国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センター長
杉浦 紳之	独立行政法人放射線医学総合研究所緊急被ばく医療研究センター長
鈴木 俊二	公益財団法人産業廃棄物処理事業振興財団技術部 担当部長
名古屋 俊士	早稲田大学理工学術院教授
松村 芳美	公益社団法人産業安全技術協会参与
森 晃爾	産業医科大学産業医実務研修センター長 教授
門馬 利行	独立行政法人日本原子力研究開発機構 福島技術本部福島環境安全センター 技術主幹

1. 適用

1.1. 背景

事故由来放射性物質により汚染された土壌等の除染等の業務は、放射線源が点在している上に、主として労働者が屋外で作業を行う（現存被ばく状況）ことから、新たに除染電離則を制定し、放射線障害防止対策を規定している。一方、事故由来廃棄物等の処分の業務については、放射線源が一定の場所に管理可能な状態で存在し、かつ、主として屋内で作業が行われる（計画被ばく状況）ことから、従来から計画被ばく状況での放射線障害防止対策を規定してきた電離則¹⁰⁾が適用されることになる。

改正前の電離則では、放射性物質の取扱い、貯蔵、焼却等に関し、一定の措置が規定されている。しかし、事故由来廃棄物の処分業務では、事故由来廃棄物等の量が非常に多く、施設の規模が大きいこと、事故由来廃棄物等の破碎や埋立ての作業があること、線量当量率が高い地域における業務があることから、この業務の特性に応じた労働者の放射線障害防止措置を規定する必要があった。このため、厚生労働省は、電離則を改正し、事故由来廃棄物等の処分業務の放射線障害防止のための規制を新たに設けた。

1.2. 適用

1.2.1 事故由来廃棄物等の定義及び適用作業

新たな規制は、次の a) から c) までは掲げる事故由来廃棄物等の処分の業務（以下「事故由来廃棄物等処分業務」という。）を行う事業の事業者（以下「処分事業者」という。）を対象とする。

なお、「処分」には、最終処分（埋立て）、中間貯蔵、中間処理（選別、破碎、圧縮、濃縮、焼却等）及びそれらに関連する施設又は設備の保守点検作業や修繕作業が含まれる。

- ① 除染等の措置（事故由来放射性物質により汚染された土壌の除去、汚染の拡散の防止その他の汚染の影響の低減のために必要な措置）及び汚染された土壌を取り扱うその他の措置に伴い生じた土壌（セシウム 134 及びセシウム 137 の放射能濃度の値が 1 万 Bq/kg を超えるものに限る。以下「除去土壌」という。）
- ② 事故由来放射性物質により汚染された廃棄物（セシウム 134 及びセシウム 137 の放射能濃度の値が 1 万 Bq/kg を超えるものに限る。以下「汚染廃棄物」という。）
- ③ ア及びイに掲げる物のほか、これらの物の処分の過程における濃縮等により、放射性セシウム以外の放射性同位元素の数量及び濃度が電離則に規定する規制免除レベルを超えた物。

掲載原稿：「放射性物質の吸着・除染および耐放射線技術における材料・施工・測定の新技術 (No1795)」第7章第3節 2014年11月28日 (株) 技術情報協会 東京

1.2.2 除染電離則との切り分け

除染電離則は、現存被ばく状況における放射性物質の取扱業務に対して適用がある。一方、改正規則は、計画被ばく状況における、管理線源の処分の業務を対象とする。しかし、実際の状況では、現存被ばく状況と計画被ばく状況の区分は明確でない。このため、検討会では、どちらの規則が適用になるかを明確に区分するため、事故由来廃棄物等の処分業務を行う事業場（処分事業場）の境界を、現存被ばく状況と計画被ばく状況の境界として運用するよう厚生労働省に勧告した。具体的には以下のとおりとなる。

- ① 処分事業場内において行われる事故由来廃棄物等の収集、運搬、保管は、除染電離則の適用はなく、電離則の適用対象となる。
- ② 処分事業場の外において行われる事故由来廃棄物等の破碎、選別等は電離則の適用はなく、「土壌等の除染等の業務」、「特定汚染土壌等取扱業務」に該当する場合は、除染電離則の適用対象となる。

除染電離則、改正電離則により構築された労働者の放射線防護の体系をまとめると、表2のとおりとなる。

表2 労働者の放射線障害防止対策の体系

法令と適用場所	線量管理の対象	業務の種類	業務別の規制	被ばく限度・健康管理等
【電離則】 【適用場所】 ・放射線源が一定の場所に管理された状態で存在する場所 ・屋内作業（設備の操作等）	【管理区域】 ・線量が3月1.3mSv（ $2.5\mu\text{Sv}$ 毎時）を超える ・表面汚染が4Bq/cm ² を超える 【施設の線量限度】 常時労働者が立ち入る場所は1週1mSv以下 【作業環境測定】 【緊急措置】 緊急被ばく限度は100mSv	【放射線業務】 ・原子炉の運転業務 ・放射性物質又は汚染物の取扱業務 ・エックス線装置等使用業務 ・坑内での核燃料物質の採掘の業務	・設備等が満たすべき要件 ・外部放射線の防護 ・汚染の防止 ・特別な作業の管理 ・作業主任者免許等 今回の改正部分 ・事故由来廃棄物等の処分業務（廃棄物等が非常に大量であり、かつ、施設の規模が大きい） ・処分施設が満たすべき要件 ・汚染拡大防止措置 ・作業の管理等 ・特別教育 ・除染特別地域等に処分施設を設置する場合の特例	【被ばく限度】 5年100mSv以下かつ1年50mSv以下 【線量の測定等】 【一般健康診断】 【特殊健康診断】 （特定線量下業務は除く。）
【除染電離則】 【適用場所】 ・放射線源が点在しており、管理不能な場所（除染特別地域等） ・主に屋外作業（除染作業、建設作業等）	・除染等作業を行う場所（ $2.5\mu\text{Sv}$ 毎時以下の場合は、簡易測定） ・空間線量率 $2.5\mu\text{Sv}$ 毎時を超える場所	【除染等業務】 （汚染土壌等を取り扱う業務） 【特定線量下業務】 （汚染土壌等を取り扱わない業務）	・除染の実施に関する措置 ・汚染の防止 ・特別教育 ・特定線量下業務の実施に関する措置 ・特別教育	

掲載原稿：「放射性物質の吸着・除染および耐放射線技術における材料・施工・測定の新技術 (No1795)」第7章第3節 2014年11月28日 (株) 技術情報協会 東京

2. 新たな規制の設定

2.1. 事故由来廃棄物等の処分を行う施設及び設備が満たすべき要件

2.1.1 廃棄物処分施設の概要

検討会では、廃棄物処分施設の概要を調査した。現時点では事故由来廃棄物等を処分するための施設は存在しないが、既存の産業廃棄物処理施設を踏まえると、図1のような施設が想定される。具体的には、以下の作業の流れとなる。①受け入れ場所でトラックから容器に入った廃棄物を積み降ろす。②ダンプグヤードにおいて、建設機械や人力により、廃棄物を大まかに分類する。③それをベルトコンベアに乗せ、手選別で機械に投入することができないもの（ロープ、ガスボンベ、金属のインゴット、火薬等）を取り除く。④破砕機で廃棄物を砕き、可燃物と非可燃物等に選別機で分類する。⑤焼却炉で可燃物を焼却する。⑥排気・廃液設備で、飛灰やダストを回収し、容器に封入する。⑦排出設備において、焼却炉から排出された主灰を容器に封入する。⑧埋め立て施設において、容器を埋め立てピットに搬入し、土をかぶせる。

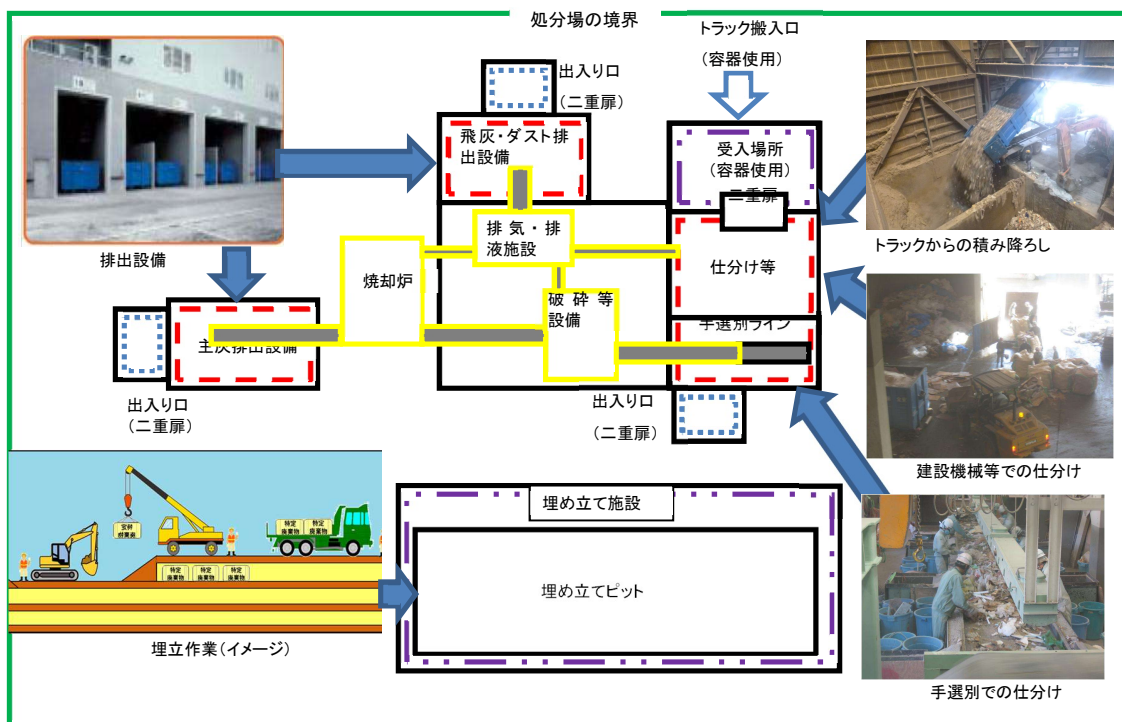


図1 事故由来放射性廃棄物等の処分事業場の概要

2.1.2 基本的な考え方

事故由来廃棄物等の処分の施設は、排気・排液等を外に出さない構造等（施設要件）と、空間線量率や表面汚染の限度等（線量限度等）により管理する。具体的には、4種類の区分で規制する。

(1) 非密封の廃棄物等を取り扱う施設（赤の点線）

検討会は、最も放射線防護上リスクの高いエリアである、労働者が非密封の廃棄物等を取り扱う場所に対する規制の枠組みを検討した。この場所は、ダンピングヤードや、手選別工程である。

検討会では、施設要件として、①天井・壁・床について、a)突起、くぼみ及び隙間の少ない構造であること、b)表面が平滑に仕上げられていること、c)気体又は液体が浸透しにくく、かつ、腐食しにくい材料で作られていることを求めた。さらに、②廃棄物の性状に応じ、液体が漏れるおそれのない構造であること、粉じんの飛散を抑制する措置を講じることを求めた。また、③施設の出入口に二重扉を設ける等、汚染の拡大を防止するための措置を講じること、④事故由来廃棄物施設である旨を明記した標識を設置するとともに、関係者以外の立入を禁止することを義務づけることを勧告した。

さらに、このエリアから汚染を拡大しないため、⑦エリアの出入り口に汚染検査場所を設け、汚染検査を行うこと、⑧労働者の身体と持ち出し物品の汚染が $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ を超える場合は、除染などの措置を行うことを義務づけることを勧告した。

また、作業場所の線量限度として、空気中の放射性物質及び外部線量による線量が $1\text{mSv}/\text{週}$ を超えないことを義務づけ、月に1度、空気中放射能濃度、天井、床、壁、施設等の表面汚染の作業環境測定を義務づけ、 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ を超えた場合は除染を行うことを義務づけることを勧告した。

なお、線量限度や汚染限度は、労働者が常時立ち入る場所に関するものであり、焼却炉、破碎・選別・圧縮・濃縮等を行う設備の内部等に保守点検作業等の非定常作業時に立ち入る場合には、適用されない。

(2) 運転中は労働者が中に入らない施設（黄色い実線）

次に、検討会は、焼却炉、排気・排液施設、破碎等設備、ベルトコンベア等の設備とそれに付属する配管についての規制を検討した。これは、運転中は労働者が中に入らない施設である。労働者が中に常時中で作業しないため、線量限度等は設けず、施設による封じ込め機能だけを規定した。具体的には、①施設用件として、廃棄物等の性状に応じ、気体、液体、粉じんがもれない構造であり、かつそれらが浸透しにくい材料であること、②焼却炉等である旨を明記した標識を設置し、関係者以外の立入を禁止することを義務づけることを勧告した。

(3) 容器に入った状態で廃棄物等を取り扱う施設（紫の二点差線）

次に、検討会は、貯蔵施設、埋立施設の規制を検討した。ここでは、廃棄物等を容器にいれた状態で取扱う。ここでは、容器によって廃棄物等の封じ込めを実現するため、施設要件としては、①施設を外部から区画し、出入り口を施錠すること、を求め、さらに、標識を設置して必要のない労働者の立ち入りを禁止することのみを規定した。ただし、労働者が立ち入るため、線量限度として、空気中の放射性物質及び外部線量による線量が $1\text{mSv}/\text{週}$ を超えないことを義務づけた。

(4) 電離則適用区域（処分事業場内）（緑の実線）

①から③に該当しない場所については、電離則の一般規定が適用される。処分事業場の境界が電離則と除染電離則の適用の境界となることから、施設要件として、境界に標識の設置を義務づけた。さらに、改正前からの電離則の一般用件として、①事業者は、空間線量率が $1.3\text{mSv}/3$ 月を超えるか、又は表面汚染密度が $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ を超える場合は、管理区域を設定し、区域内に必要な者の立ち入りを禁止することを義務づけている。さらに、②管理区域外の線量限度として、空気中濃度限度の $1/10$ （年 5mSv 相当）を超えないこと、表面汚染密度が $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ を超

掲載原稿：「放射性物質の吸着・除染および耐放射線技術における材料・施工・測定の新技術 (No1795)」第7章第3節 2014年11月28日 (株) 技術情報協会 東京

えないことを義務づけている。また、③管理区域については、月に1回、空間線量率の測定を義務づけている。

2.2 染状況に応じたマスク・保護衣類の着用

改正前の電離則では、空気中の放射性物質による内部被ばくのリスクに応じて有効な呼吸用保護具を使用させることが義務づけられている。しかし具体的な基準が示されていないため、原子力施設では、画一的に、汚染のある管理区域内で作業に従事する者に捕集効率 99.9%以上の全面マスクの着用が行われていた。

事故由来廃棄物等の処分の業務は、1万 Bq/kg 程度のものから、100万 Bq/kg まで、非常に幅広い濃度のものを扱うことから、一律の捕集効率のマスクを義務づけることは、熱中症予防や作業環境の改善の観点から適当でなく、リスクに応じた最適なマスクの選択を可能とする基準の設定が求められた。

検討会では、取り扱う汚染物中の放射性物質の濃度と、粉じん濃度の2つのファクターから、1年間の内部被ばく線量を計算し、それを 1mSv 以下に押さえるために必要となる呼吸保護具の防護係数を計算した。計算結果は表3のとおりである¹¹⁾。

表3 廃棄物処分のための焼却施設内部における作業の分類と保護具の選択基準

粉じん中 放射性物質 濃度	粉じん 濃度	1時間 粉じん 吸入量	1時間 放射性物質 吸入量	1時間 内部被ばく線量	1年間 内部被ばく 線量	1年間内部 被ばく量の 管理目標値	呼吸保護具 防護係数 要求値
Bq/kg	mg/m ³	mg/h (1.8 m ³ /h)	Bq/h	mSv/h (8.15×10^{-6} mSv/Bq)	mSv/y (250日×8h =2,000h)	mSv/y	
10,000,000	100	180	1800	14670×10^{-6}	29.3	1	29.3
	30	54	540	4401×10^{-6}	8.8	1	8.8
	10	18	180	1467×10^{-6}	2.9	1	2.9
5,000,000	100	180	900	7335×10^{-6}	14.7	1	14.7
	30	54	270	2201×10^{-6}	4.4	1	4.4
	10	18	90	734×10^{-6}	1.5	1	1.5
2,000,000	100	180	360	2930×10^{-6}	5.9	1	5.9
	30	54	108	879×10^{-6}	1.8	1	1.8
	10	18	36	293×10^{-6}	0.59	1	<1
1,000,000	100	180	180	1467×10^{-6}	2.9	1	2.9
	30	54	54	440×10^{-6}	0.88	1	<1
	10	18	18	147×10^{-6}	0.29	1	<1
500,000	100	180	90	733×10^{-6}	0.59	1	<1
	30	54	27	220×10^{-6}	0.18	1	<1
	10	18	9	73×10^{-6}	0.06	1	<1

マスクのフィルターの捕集効率は、99.9%以上(RS3/RL3)、95%以上(RS2/RL2)、80%以上(RS1/RL1)の3種類である。マスクの防護係数は、全面形の RS3/RL3 で 50、半面形の RS3/RL3 で 10、全面形の RS2/RL2 で 14.3、半面形の RS2/RL2 で 6.7、半面形の RS1/RL1 で 3.3 である¹²⁾。

表3の防護係数要求値から、1年間の内部被ばく量の管理目標値を 1mSv として、必要な防

掲載原稿：「放射性物質の吸着・除染および耐放射線技術における材料・施工・測定の新技術 (No1795)」第7章第3節 2014年11月28日 (株) 技術情報協会 東京

護係数からマスクのレベルを選択した。その結果、検討会は、有効な呼吸用保護具は、放射能濃度が 200 万 Bq/kg を超える場合で、粉じん濃度が 10mg/cm³ を超える場合は、捕集効率 99.9%以上のフィルターを使用した全面マスクが必要であると勧告した。さらに、50 万 Bq/kg から 200 万 Bq/kg であって、10mg/cm³ を超える場合、また、200 万 Bq/kg を超え、かつ 10mg/cm³ 以下の場合は、捕集効率 95%以上のフィルターを使用したマスクが必要であると勧告した。その他の場合は、捕集効率 80%以上のマスクで十分であるとされた。(表4参照)

保護衣についても、同様の考え方により、放射能濃度が 200 万 Bq/kg を超える場合で、粉じん濃度が 10mg/cm³ を超える場合は、二重のタイベックスーツと二重のゴム手袋が必要であると勧告した。さらに、50 万 Bq/kg から 200 万 Bq/kg であって、10mg/cm³ を超える場合、また、200 万 Bq/kg を超え、かつ 10mg/cm³ 以下の場合は、タイベックとゴム手袋の着用が必要であると勧告した。その他の場合は、長袖の衣服に綿手袋で十分であるとされた。(表4参照)

表4 ダスト濃度と放射能濃度に応じた個人用保護具の選択基準

	放射能濃度 200 万 Bq/kg 超	放射能濃度 50 万 Bq/kg 超 200 万 Bq/kg 以下	放射能濃度 50 万 Bq/kg 以下
高濃度粉じん作業（粉じん濃度 10mg/m ³ 超の場所における作業）	捕集効率 99.9%以上 （全面型） 長袖の衣服の上に二重の密閉型全身化学防護服、綿手袋の上に二重のゴム手袋、ゴム長靴	捕集効率 95%以上 長袖の衣服の上に密閉型全身化学防護服、綿手袋の上にゴム手袋、ゴム長靴	捕集効率 80%以上 長袖の衣服、綿手袋、ゴム長靴
高濃度粉じん作業以外の作業（粉じん濃度 10mg/m ³ 以下の場所における作業）	捕集効率 95%以上 長袖の衣服の上に密閉型全身化学防護服、綿手袋の上にゴム手袋、ゴム長靴	捕集効率 80%以上 長袖の衣服、綿手袋の上にゴム手袋、ゴム長靴	長袖の衣服、綿手袋、ゴム長靴

3. 測定方法

法令の適用を受けるかどうかは、取り扱う事故由来廃棄物等の放射能濃度が 1 万 Bq/kg を超えているかどうかによる。また、保護具のレベルも放射能濃度に依存するため、事業者はあらかじめ、取り扱う廃棄物等の放射能濃度を測定する必要がある。

3.1. 事故由来廃棄物等の放射能濃度の測定

通常、放射能濃度の測定は、サンプリングした試料を Ge 検出器のある実験室まで運搬し、そこで測定を行う。しかし、3,000 トンと見込まれる廃棄物等をすべてサンプリングして測定することは時間的にきわめて困難である。このため、現場で実施可能な簡易な測定方法が必要であった。

除染作業でも同様な課題があったため、検討会では、表面線量率と放射能濃度に明確な相関関係があると認められる場合に、V5 容器や土嚢に廃棄物等を入れて、サーベイメーターで線量率を測定し、換算係数を用いた推定式に代入して放射能濃度を求める方法をすでに開発していた。しかし、廃棄物等はほとんどが 1 m³～2 m³ のフレキシブルコンテナに入っており、土嚢

を前提とした換算係数が使用できなかった。

このため、検討会では、新たにフレキシブルコンテナにおいても使用可能な換算係数を追加した¹³⁾。具体的には、以下の手順で放射能濃度を推定する。

- ① 採取した試料を容器 (V5 容器又は土嚢袋) 等に入れ、その重量(kg)を測定
- ② 容器等の表面の線量率($\mu\text{Sv/h}$)の最大値を測定
- ③ 測定した線量率($\mu\text{Sv/h}$)に容器別の換算計数($\text{Bqh}/\mu\text{Sv}$) (表 5 参照) を乗じて放射能量(Bq)に換算
- ④ 資料の重量(kg)で除して放射能濃度(Bq/kg)に換算

表 5 除去物収納物の種類および測定日に応じた換算係数

測定日	換算係数 ($\text{Bqh}/\mu\text{Sv}$)				
	V5 容器	土のう袋	フレコン	200 ^{リットル} ドラム缶	2L ポリビン
平成 25 年 07 月 以内	3.4E+04	7.6E+05	1.0E+07	2.7E+06	9.8E+04
平成 25 年 10 月 以内	3.4E+04	7.8E+05	1.0E+07	2.7E+06	1.0E+05
平成 26 年 01 月 以内	3.5E+04	7.9E+05	1.1E+07	2.8E+06	1.0E+05
平成 26 年 04 月 以内	3.6E+04	8.1E+05	1.1E+07	2.8E+06	1.0E+05
平成 26 年 07 月 以内	3.6E+04	8.2E+05	1.1E+07	2.9E+06	1.0E+05
平成 26 年 10 月 以内	3.7E+04	8.3E+05	1.1E+07	2.9E+06	1.1E+05
平成 27 年 01 月 以内	3.8E+04	8.5E+05	1.1E+07	2.9E+06	1.1E+05

3.2. 空気中の粉じん濃度の測定

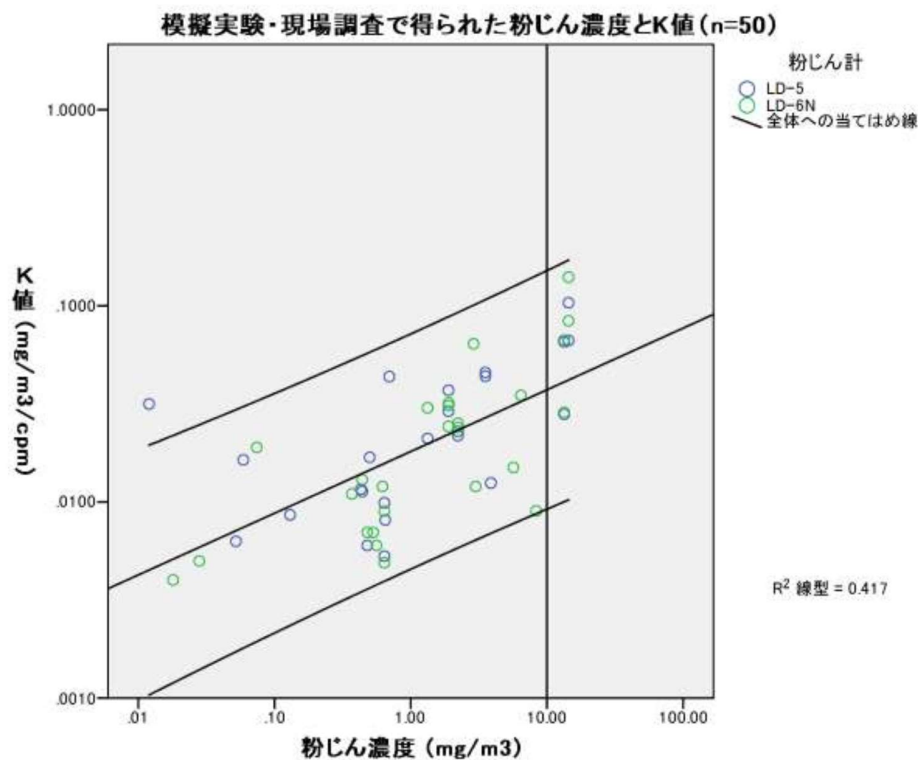
新たな規制では、内部被ばくリスクの算定に、取り扱う廃棄物等の放射能濃度と作業中の粉じん濃度を2つのパラメーターとして使用している。このため、事業者は、作業中の空気中の粉塵濃度の測定を行い、粉じん濃度が $10\text{mg}/\text{m}^3$ を超えていないことを確かめる必要があった。

粉じん濃度の測定は、ろ紙により空気をサンプリングし、そのろ紙に付着した粉じんの重さを測定し、それを空気流量の累積で除して粉じん濃度を計算する。これは時間と手間を要するため、実務上はデジタル粉じん計が広く使用されている。デジタル粉じん計で計測できるのは、粒子の数 (count per minutes, cmp)であるため、これを濃度に換算するための質量濃度変換計数 (K値) ($\text{mg}/\text{m}^3/\text{cpm}$)が必要である。

粉塵測定については、従来、塵肺発症防止の観点から、レスピラブル粒子 ($5\mu\text{m}50\%$ カット) を測定対象としていたが、内部被ばく防止観点からは、インハラブル粒子 ($100\mu\text{m}$ 以下) の測定をする必要があった。しかしながら、デジタル粉塵計を使用した測定で使用する質量濃度換算計数 (K値) に、インハラブル粒子に適応したものがなかった。

厚生労働省は、労働安全衛生総合研究所に対して、模擬作業や実際の作業でサンプリングとデジタル粉塵計による相対濃度測定を行い、暫定的なK値を設定することを求めた。その結果の概要は以下のとおりである¹⁴⁾。

- ① 図2 に示すように、模擬実験・現場調査を通して、粉じん濃度が高くなるとK 値が大きくなり、言い換えれば粉じん計の感度が下がる傾向にあった。今回の結果の原因として考えられるのは、デジタル粉じん計に対する感度が異なる粉じん粒径の構成比が粉じん濃度により異なるためだと考えられる。光散乱方式のデジタル粉じん計の感度は **土壤粗大粒子<< 土壤微粒子<排気ガス粒子** である。従って、粉じん濃度に比例して、粗大粒子の割合が大きくなる傾向にあると考えられる。
- ② 労働安全衛生総合研究所の測定結果では、K 値の最大値(±標準誤差)は柴田科学性のデジタル粉じん計LD-5 で $0.10 \pm 0.005 \text{ mg/m}^3/\text{cpm}$ 、同じくLD-6N で $0.14 \pm 0.006 \text{ mg/m}^3/\text{cpm}$ であった。不確実性を考慮すると、労働安全衛生総合研究所は、粉じん濃度とK 値の関係を示す近似式により 10 mg/m^3 でのK 値を推定するよりも実験で得られた最大値を使用する方が適切だと勧告した。統計解析の結果LD-5 とLD-6N の値に有意差はなかったため、労働安全衛生総合研究所は、LD-5 を使用する場合も全体の最大値である $0.14 \pm 0.006 \text{ mg/m}^3/\text{cpm} \div 0.15 \text{ mg/m}^3/\text{cpm}$ を使用することが適当だと勧告した。
- ③ K 値が一定では無かった事に加え、今回の調査・実験対象以外にも様々な土質の土壌があり得るが、労働安全衛生総合研究所は、十分なサンプル数を集めることができなかった。このため、労働安全衛生総合研究所は、デジタル粉じん計による粉じん測定は、高濃度粉じん作業かどうかを定性的に判断するための手段に留めておくことを厳に遵守すべきであると勧告した。



Pearson の相関係数 : 0.646 ($p < 0.0001$)

両側の線は95%信頼区間を示す

図2 粉じん濃度とK 値の関係 (両軸対数目盛)

検討会では、測定データ等を検討し、この値を採用することを勧告した。厚生労働省では、以下に留意の上、この値を廃棄物処分のみならず、除染作業でも使用可能とするように既存のガイドラインの改正を行った。

- ① この係数は、限られた測定結果に基づき設定されたものであり、今後の研究の進展により、適宜見直しを行う必要があるものであること。
- ② 本係数は、光散乱方式のデジタル粉じん計である LD-5 及び LD-6 に適用することが想定されていること。

4. 考察

今回の検討会では、主に以下の2点が論点となった。最初の論点は、3,000万トンともされる膨大な除染廃棄物を円滑に処分するための必要な作業効率の確保と、作業者の放射線防護を両立させることだった。この対立が最も明らかになったのは、除去土壌の埋め立てであった。もう一つの論点としては、規則の改正前に発生した事故由来廃棄物等を取り扱ってきた処分施設に対する対応だった。

4.1 非密封の除去土壌の屋外での埋め立てに関する特例

検討会において、環境省は、除去土壌を埋め立てる場合、除去土壌を、容器に封入しない状態で埋め立てることを可能とすることの必要性を強調した。環境省によれば、事故由来廃棄物の貯蔵量は、約1,500万から2,800万 m^3 と推定されており、そのほとんどが土壌である。必要な貯蔵面積は、推定で3~5 km^2 という、非常に広大なものとなるため、例えば谷地形を活用して貯蔵するということを想定している。この場合、幅は数百メートルにもわたり、また積み重ねる高さも相当高い施設となる。このような場所で容器に入れて埋め立てると、容器の強度の限界により、積み重ねられる高さが制限されてしまう。また、非密封ならトラックから直接ダンプングできるが、容器を使うとクレーンで積みおろす必要があり、作業効率も低下する。また、土壌からセシウムは溶出しにくいということもわかっており、周囲への汚染防止という観点でも容器はなくても大丈夫な可能性が高い。

現状の電離則では、非密封の放射性物質を取り扱う場合は、密閉機能のある屋内施設で取り扱うことを義務づけている。しかし、このような大規模な施設を全て覆うことは現実的でない。検討会では、除去土壌の処分と労働者の放射線防護を両立させる方法について検討を行った。

容器の規定は、除去土壌を取り扱う労働者の身体汚染の防止と、汚染拡大防止の両方を目的としているものである。このため、検討会としては、労働者の身体汚染という観点からは、遠隔操作の機械等による取扱い、粉じんの発散と飛散の抑制の措置を講じれば、容器の使用を免除できると勧告した。

さらに、汚染拡大という観点からは、定期的に埋め立てピットの周辺の表面密度の検査を義務付けるとともに、汚染が認められた場合には、処分事業場の周囲の平均的な表面汚染のレベルまで除染を行うことを義務付けた上で、容器の使用を免除できると勧告した。非密封の事故由来廃棄物等を取扱う場合に求められる、屋内での取扱の義務についても、同様の考えにより、免除可能であると勧告した。

具体的には、検討会は、以下の4つの要件を満たした場合に、非密封の除去土壌の処分を屋

外で行うことを認めることを勧告した。

- ① 遠隔操作の機械により除去土壌を取り扱う等、除去土壌による労働者の身体の汚染を防止するための措置
- ② 除去土壌を湿潤な状態にする等、粉じんの発散を抑制するための措置
- ③ 埋立施設の境界からできる限り離れた場所において作業を行う等、粉じんの飛散を抑制するための措置
- ④ 埋立施設の境界における事故由来放射性物質の表面密度を1月を超えない期間ごとの測定と、表面密度を表面汚染限度(40Bq/cm²)と埋立施設の周辺における平均的な表面汚染密度(バックグラウンド)のいずれか高い方まで下げるための措置

検討会は、同時に、汚染検査及び汚染検査場所に関する規定も検討を行った。この結果、すでに汚染されている除染特別地域等に設置された処分事業場での汚染検査及び汚染限度については、除染電離則の関係規定を準用し、処分事業場又はその近隣に、汚染検査場所を1箇所設置すれば足りるとともに、汚染限度を、従来の電離則の4Bq/cm²に対して、除染電離則の規定と同じ40Bq/cm²とする特例を認めた。

また、検討会は、実際の運用に当たっては、以下の点に留意する必要があると勧告した。

- ① 遠隔操作の機械により除去土壌を取扱う場合、機材・設備の故障の対応や保守・点検、状況調査のために一時的に施設内に立ち入ることは差し支えない。しかし、あらかじめ作業を中止し、粉じんの発散を抑制した状態で、適切な保護具と保護衣を着用して立ち入る必要がある。
- ② 遠隔操作の機械により除去土壌を取扱う等の「等」には、特別な仕様により密閉性を高めた運搬車両等の中で運転操作を行うことも含まれる。ただし、①運搬車両等の内部の空気中の放射性物質及び外部放射線による実効線量が週1mSvを超えないこと、②シートによる養生など、表面汚染を除去しやすい措置を講ずること、③1月に1回以上表面汚染検査を実施し、40Bq/cm²を超えている場合は除染を実施することが必要である。

4.2 既存の処分施設における特例

改正規則が施行される前に、上下水道施設で発生する処理汚泥や、焼却施設の焼却灰で放射性能濃度が規制免除レベルである1万Bq/kgを超えてしまったものが福島県内だけで約56万トン発生した。これは、上下水の処理や、焼却により、放射性物質が濃縮されたために、発生したものである。当時、これらの汚染物は、容器に封入され、施設内で貯蔵されていた。これら上下水処理施設や焼却施設は、本来放射性物質を取り扱うことを目的に設計されていないため、二重扉の設置など、新たな規制について、適合させることが困難な項目があった。

これに関して、環境省は、現状で以下の汚染拡大防止措置を実施しているため、二重扉の設置など、新たな規制の適用は不要とすべきとの要望を行った¹⁵⁾。

- ① ロート状シュートの設置等により壁・床の汚染を防止する。
- ② 灰の湿潤化・固化等により粉じんの飛散を抑制する。
- ③ 灰出し作業中にシャッターを閉めることにより粉じんの施設外への飛散を防止する。
- ④ 10,000Bq/kgを超えるものを扱う期間中に、壁・床が汚染した可能性がある場合は、念のため壁・床の表面汚染検査・空気中の放射性物質の濃度を測定する。

検討会では、これらの措置が実施されていれば、改正前の規則と同等以上の汚染拡大防止が可能であることから、改正規則の施行の際に現に使用されている施設で、改正前の規制に適合

掲載原稿：「放射性物質の吸着・除染および耐放射線技術における材料・施工・測定の新技術 (No1795)」第7章第3節 2014年11月28日 (株) 技術情報協会 東京

するものについては、新たな規制の適用を除外する経過措置を設けることを勧告した。

おわりに

この改正は、除染電離則が適用になる現存被ばく状況と、電離則が適用になる計画的被ばく状況が重なり合う場所を想定した改正であった。このため、特例措置として、現存被ばく状況の中に処分場を設置する場合には、現存被ばく状況の規制との整合が図られた。

また、計画被ばく状況で行われた放射性廃棄物の処分とは比較にならないほどの大量の廃棄物を効率的に扱う必要があり、従来の規制では対応できない部分について、改正を行ったものである。処分施設が現実にはまだ存在しない段階で行われたものであるため、処分施設が運用された際には、必要に応じて見直しを行う必要がある。

参考文献

- ¹ 東日本大震災で生じた放射性物質により汚染された土壌等を除染するための業務等に係る電離放射線障害防止規則（平成23年厚生労働省令第152号）
- ² Yasui, S. (2013). Establishment of New Regulations for Radiological Protection for Decontamination Work Involving Radioactive Fallout Emitted by the Fukushima Daiichi APP Accident. *Journal of occupational and environmental hygiene*, 10(9), D119-D124.
- ³ 原子力災害対策本部：「ステップ2の完了を受けた警戒区域及び避難区域の見直しに関する基本的考え方及び今後の検討課題等について」平成23年12月26日 (http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/111226_01a.pdf)
- ⁴ Yasui, S. (2014). New Regulations for Radiation Protection for Work Involving Radioactive Fallout Emitted by the TEPCO Fukushima Daiichi APP Accident- Application Expansion to Recovery and Reconstruction Work. *Journal of occupational and environmental hygiene*, 11(8) D105-D114
- ⁵ 環境省：「東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質による環境汚染の対処において必要な中間貯蔵施設等の基本的考え方について」平成23年10月29日 (<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002v852-att/2r9852000002v8gg.pdf>)
- ⁶ 厚生労働省：「除染廃棄物等の処分に従事する労働者の放射線障害防止に関する専門家検討会報告書」平成25年2月14日 (<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002v852-att/2r9852000002v8f4.pdf>)
- ⁷ 厚生労働省：「事故由来廃棄物等処分業務に従事する労働者の放射線障害防止のためのガイドライン」（平成25年4月12日付け基発0412第2号） (http://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/josen_gyoumu/dl/120417-02.pdf)
- ⁸ 厚生労働省：「事故由来廃棄物等処分業務特別教育テキスト特別教育テキスト」平成23年4月 (<http://www.mhlw.go.jp/new-info/kobetu/roudou/gyousei/anzen/dl/130417-zentai.pdf>)
- ⁹ 電離放射線障害防止規則等の一部を改正する省令案（平成25年厚生労働省令第57号）
- ¹⁰ 電離放射線障害防止規則（昭和47年労働省令第41号）
- ¹¹ 松村芳美：「廃棄物処分のための焼却施設内部における作業の分類と保護具の選択基準-第2訂正案」平成25年1月21日 (<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002v852-att/2r9852000002v8fa.pdf>)

掲載原稿：「放射性物質の吸着・除染および耐放射線技術における材料・施工・測定の新技術 (No1795)」第7章第3節 2014年11月28日 (株) 技術情報協会 東京

-
- ¹² 松村芳美：「除染廃棄物等の処分に従事する労働者のための呼吸用保護具の選択基準」2012年12月10日 (<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002v852-att/2r9852000002v8fo.pdf>)
- ¹³ 日本原子力研究開発機構：「放射能濃度の判別マニュアル(案)」平成25年2月1日 (<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000002wduw-att/2r9852000002we6w.pdf>)
- ¹⁴ 労働安全衛生総合研究所：「除染作業における内部被ばく線量管理のための浮遊粉じん濃度評価手法」報告書の概要」平成25年2月27日 (<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000002wduw-att/2r9852000002we6p.pdf>)
- ¹⁵ 環境省：「既存の廃棄物焼却施設における労働安全対策等について」平成25年2月27日 (<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000002wduw-att/2r9852000002we73.pdf>)