

放射性物質による局所的汚染箇所への 対処ガイドライン

平成 24 年3月
(平成 25 年4月改定)

環 境 省

改定履歴

平成 24 年 3 月 : 新規制定

平成 25 年 4 月 : p8 及び p10 の連絡先を修正
(文部科学省→原子力規制庁)

はじめに

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災により、東京電力福島第一原子力発電所が被災し、大量の放射性物質が環境中に放出され、福島県のみならず東日本の各地において放射性物質による環境の汚染が生じています。

これらの地域の中でも、放射性物質により局所的に汚染された箇所（以下「局所的汚染箇所」といいます。）が複数確認され、その対処等が実施されてきましたが、このような箇所がいまだ発見されていない可能性があり、また、発見後の詳細な調査方法や除染等の措置の検討方法について、具体的な手順や方法、留意点等が必ずしも明確となっていない状況です。

このような状況の中、未だ確認されていない局所的汚染箇所を早急に発見するとともに、適切かつ速やかな対処を推進していくことが喫緊の課題となっています。

今般、環境省では、これらの局所的汚染箇所、特に放射性物質を含む雨水排水によって土壌等が汚染された箇所の効率的な発見方法や、発見後の詳細な調査方法等の具体的な方法の他、その取組を実施する際の留意点等を整理し、本ガイドラインとしてとりまとめました。

本ガイドラインが地方公共団体等の他、多くの方々に広く活用され、放射性物質による環境汚染の確実かつ速やかな低減に資することができれば幸いです。

— 目 次 —

1. 本ガイドラインの目的・適用範囲等	1
1.1 本ガイドラインの目的	1
1.2 本ガイドラインの適用範囲	1
2. 局所的汚染箇所の発見方法	3
2.1 高い空間線量率が測定されることが予測される箇所	3
2.2 局所的汚染箇所を発見するための空間線量率の測定方法	7
2.3 測定に際しての留意点	8
3. 局所的汚染箇所が発見された場合の対処方法	9
3.1 局所的汚染箇所が発見された場合の対処の手順	9
3.2 局所的汚染箇所の調査方法	12
3.2.1 基本的な考え方	12
3.2.2 局所的汚染箇所における具体的な調査方法	15
3.2.3 局所的汚染箇所の上流にあたる集水域における具体的な調査方法	22
3.2.4 局所的汚染箇所の下流における具体的な調査方法	24
3.2.5 考察	25
3.3 除染等の措置の検討・実施	26
4. 参考資料	27

1. 本ガイドラインの目的・適用範囲等

1.1 本ガイドラインの目的

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震により、東京電力福島第一原子力発電所が被災し、大量の放射性物質が環境中に放出され、福島県のみならず東日本の各地において、放射性物質による環境の汚染とこれに伴う人の健康又は生活環境への影響が危惧されており、これら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。

こうした状況を踏まえ、平成 23 年 8 月に「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」(以下、「特措法」という。)が公布され、放射性物質による環境汚染が著しいと認められる地域等においては、除染特別地域及び汚染状況重点調査地域の指定、除染実施計画の策定、除染等の措置等の実施に向けた取組等が開始されたところである。

一方で、これら除染特別地域及び汚染状況重点調査地域を含む東日本の各地においては、区市町村や住民団体等の調査により、放射性物質により局所的に汚染された箇所(以下「局所的汚染箇所」という。)が複数確認されている。

このようなケースへの対応として、平成 23 年 10 月 21 日には内閣府、文部科学省及び環境省において「当面の福島県以外の地域における周辺より放射線量の高い箇所への対応方針」がとりまとめられた。本方針では、周辺より放射線量の高い箇所(地表から1m高さの空間線量率が周辺より毎時1マイクロシーベルト以上高い数値が測定された箇所)を発見した場合には、可能な範囲で簡易な除染(側溝の泥の除去、落ち葉の回収、樹木の剪定、水による洗浄、ブラッシングなど)を行い、さらには、除染が容易でない場合には、環境省等が当該市町村と連携して、除染への支援を行うこととしており、現に千葉県柏市で発見された局所的汚染箇所において調査や除染等の措置の検討を実施したところである。

しかしながら、このような局所的汚染箇所がまだ発見されていない可能性があり、また、発見後の詳細な調査方法や除染等の措置の検討方法について、具体的な手順や方法、留意点等が必ずしも明確となっていない状況がある。

このため、今般、これらの具体的な対処方法等を整理し、ガイドラインとしてとりまとめを行ったところであり、本ガイドラインを参考とし積極的に活用することで、局所的汚染箇所の迅速かつ効率的な発見が進み、適切かつ速やかな対処が実施され、ひいては放射性物質による環境汚染が低減されることを目的とする。

1.2 本ガイドラインの適用範囲

本ガイドラインは、東京電力福島第一原子力発電所の事故によって環境中に放出された放射性物質(セシウム 134 及び 137)を対象としており、これら放射性物質が蓄積された、

- ・局所的汚染箇所の発見方法
- ・局所的汚染箇所が発見された場合の対処方法 等

に関する具体的な方法を中心に記載したものである。区市町村等が、その区域内における汚染状況を重点的に調査する場合において、又はこれらの調査により局所的汚染箇所が発見され、その対処方法等を検討しようとする場合において、本ガイドラインが活用されることを

想定している。

なお、本ガイドラインでは特に、放射性物質を含む雨水排水によって土壌等が高濃度に汚染された場合を中心に扱っている。

また、本ガイドラインは、特措法に基づく除染特別地域及び汚染状況重点調査地域以外の区市町村で活用されることを念頭において作成したものであるが、除染特別地域及び汚染状況重点調査地域においても、本ガイドラインの考え方を参考にして局所的汚染箇所の発見やその対処に努められたい。

なお、本ガイドラインでは、局所的汚染箇所の発見・調査・対処方法等についての手順や留意点等を中心に記載したものであるため、放射線測定方法や除染方法等の詳細については、巻末「4. 参考資料」記載のガイドライン等を参照されたい。

2. 局所的汚染箇所の発見方法

放射性物質による環境汚染を低減するためには、まずは局所的汚染箇所を早急に発見することが先決である。

この局所的汚染箇所の発見方法については、平成 23 年 10 月 21 日に「放射線測定に関するガイドライン」(文部科学省、日本原子力研究開発機構)において、「第Ⅱ章 除染等のために比較的高い放射線量の原因となっているポイントを特定するための測定法」が示されており、この方法を参考とすることとするが、本章では特に局所的汚染箇所を迅速かつ効率的に発見するための考え方や留意点等について整理した。

なお、地域住民や住民団体等から局所的汚染箇所に関する情報が提供される場合もあり、このような情報にも留意しておくことが必要である。

2.1 局所的に汚染されていることが予測される箇所

局所的に汚染されていることが予測される箇所を抽出した上で、当該箇所を中心に測定することが、局所的汚染箇所の迅速かつ効率的な発見につながる。

一般に、雨水排水が集まる場所、風雨等により泥・土等がたまりやすい場所、植物が生えている場所、放射性物質が付着しやすい構造物等において高い濃度の放射性物質が観測される場合が多いが、特に大量の雨水排水が集まる場所では、著しく高い濃度の放射性物質が観測される場合や、汚染規模が広範囲にわたる場合等があるため、特に留意すべきである。

なお、局所的汚染箇所については、文部科学省による「航空機モニタリングの測定結果」により、大まかではあるが空間線量率の状況が判明しており、当該区市町村において局所的汚染箇所が存在しているかどうかの目安として活用することも考えられる。

(1) 雨水排水が集まる場所

建物の雨樋(軒樋、集水器、堅樋等)、堅樋から直接排水されている犬走り(建物軒下の外壁周縁部の砂利敷きやコンクリート打設部分)、屋上・プール等屋外の排水口、側溝・排水路、雨水枡、雨水調整池・調節池等の構造的・地形的に雨水排水が集まる場所が想定される。特に、上流の集水域において、放射性物質の流出しやすい土地利用や施設等の占有率が高い場合には、雨水排水に伴って大量の放射性物質が流出してくる。さらには、放射性物質(セシウム)は土壌や落葉等に付着しやすいため、雨水排水が集まる場所で土壌・落葉等が集積している場合には、そこに放射性物質が濃集(蓄積)し、高い濃度の放射性物質が観測される可能性が高い。

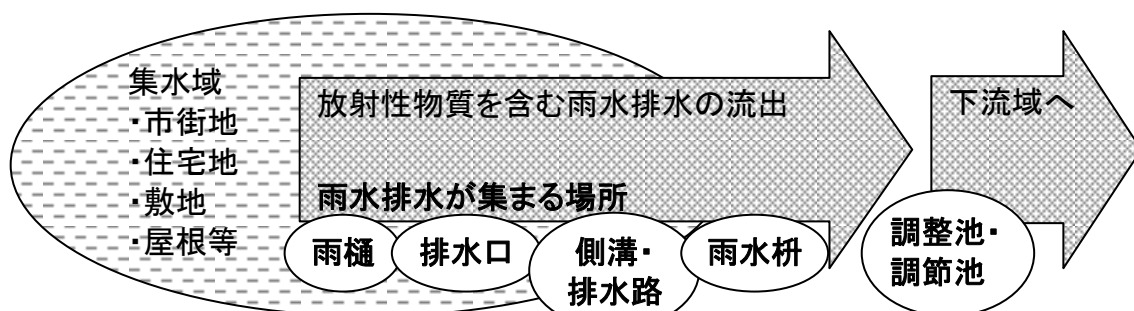


図1 放射性物質を含む雨水排水の流出とその雨水排水が集まる場所のイメージ

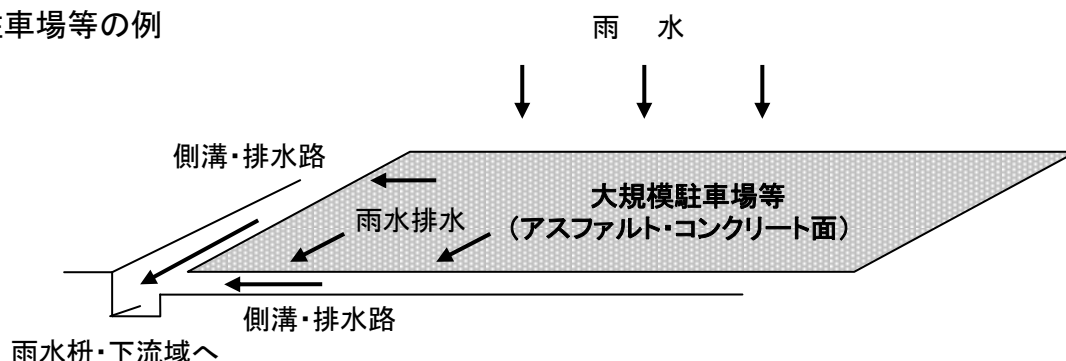
1)放射性物質が大量に流出しやすい集水域の特徴等

雨水排水が表面流出しやすい土地利用や施設(下記の例を参照)が広い面積を占めている集水域の場合には、放射性物質を含む雨水排水が大量に発生し、下流に流出することから、特に留意が必要である。

<雨水排水が表面流出しやすい土地利用・施設の例>

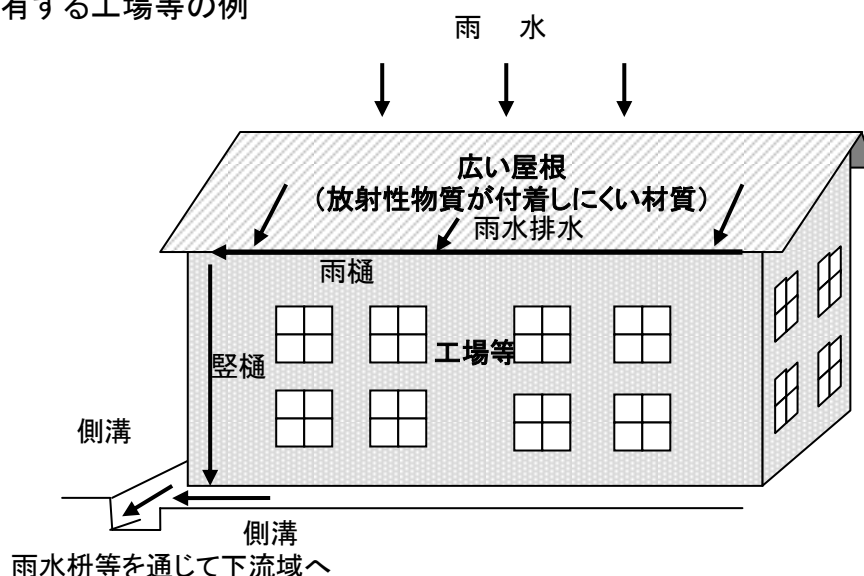
- ・アスファルトやコンクリート舗装された駐車場や道路、工場等の敷地
- ・工場等の大規模施設の屋根(特に放射性物質が付着しにくい材質の場合)
- ・不浸透地域の占める割合の高い市街地や住宅団地
- ・分流式下水道の雨水排水施設が整備されている市街地や住宅団地 等

●大規模な駐車場等の例



アスファルトやコンクリートで舗装された大規模な駐車場等においては、放射性物質を含む大量の雨水排水が、側溝・排水路等を通じて雨水枡や下流域に流出していく。

●広い屋根を有する工場等の例



放射性物質が付着しにくい材質の広い面積の屋根を有する工場等においては、放射性物質を含む大量の雨水排水が、側溝から雨水枡等を通じて下流域に流出していく。

図2 放射性物質が大量に流出しやすい集水域の施設の例

2)放射性物質が濃集(蓄積)しやすい場所の特徴等

放射性物質を含む大量の雨水排水が一箇所に集中し、そこに土壌等が分布する場合に放射性物質が濃集(蓄積)しているケースが多く、ここでは実際の事例について紹介する。

屋根からの雨水排水が直接排水される縦樋の下で、また、雨水枡の泥溜まり部分で高濃度の放射性物質が濃集(蓄積)された事例が報告されている。

また、集水域の雨水排水が集まる排水路や雨水調整池において、その底面に堆積した土壌中に高い濃度の放射性物質が存在することが確認されている。

別の事例では、大量の放射性物質を含んだ雨水排水が流出する過程で、側溝の破損箇所から雨水排水が漏れ出した結果、放射性物質が側溝破損箇所周辺の土壌に付着し、非常に高濃度の放射性物質が濃集(蓄積)された事例が報告されている。

これらのことから、流出経路において雨水排水と土壌等とが接触する場所は特に留意が必要である。

●雨樋(縦樋)下や雨水枡における放射性物質の濃集(蓄積)の例

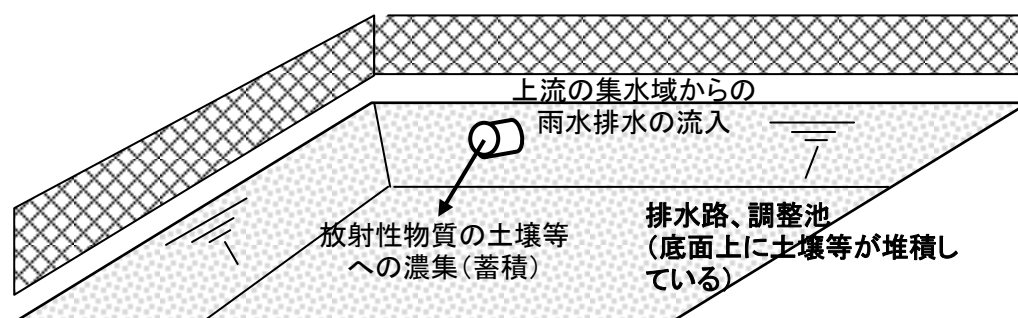


図3(1) 縦樋の下で土壌での濃集(蓄積)



図3(2) 雨水枡の泥溜まりでの濃集(蓄積)

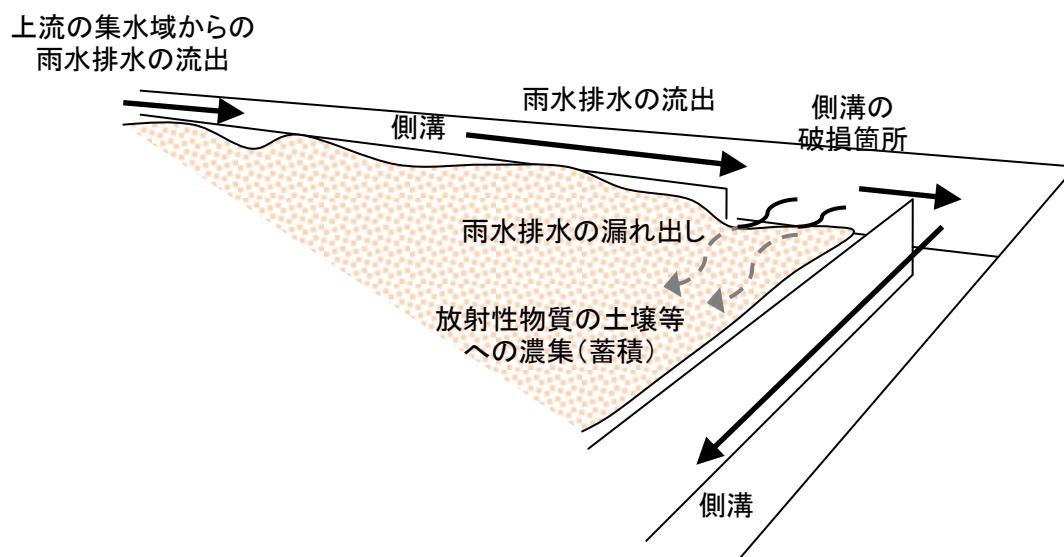
●排水路、調整池等における放射性物質の濃集(蓄積)の例



集水域から集まってきた放射性物質を含む大量の雨水排水が、排水路や調整池に流れ込んだ際に、そこに堆積している土壌等に高濃度の放射性物質が濃集(蓄積)した事例が報告されている。

図3(3) 放射性物質が濃集(蓄積)しやすい場所の例

●側溝破損箇所からの雨水排水の漏れ出しによる放射性物質の濃集(蓄積)の例



上流の集水域から流出してきた放射性物質を含む大量の雨水排水が、側溝の破損箇所から漏れ出し、放射性物質が側溝破損箇所周辺の土壌等に付着し、非常に高濃度の放射性物質が濃集(蓄積)した事例が報告されている。

図3(4) 放射性物質が濃集(蓄積)しやすい場所の例

(2)その他

その他、高い濃度の放射性物質が存在する可能性がある場所として、

- ・風雨等によって集積した縁石や塀際の土だまり
- ・コンクリートと表土の境
- ・コンクリートやレンガ(地表面)の割れ目・継ぎ目(目地部)
- ・カビや土等がついて黒ずんだ構造物
- ・樹木の葉・幹・根、根元付近の土
- ・花壇・植栽、芝・草地、コケ、落ち葉だまり
- ・錆びた鉄構造物、トタン屋根、茅葺き屋根、麦わら葺き屋根 等

が挙げられ、これらの場所についても早急な調査や対処が望まれるところであるが、以下、本ガイドラインでは、放射性物質を含む雨水排水によって土壌等が高濃度に汚染された場合を中心に記載する。

2.2 局所的汚染箇所を発見するための空間線量率の測定方法(引用)

※本項は、「放射線測定に関するガイドライン」(文部科学省、日本原子力研究開発機構、2011.10.21)より引用したものである。

(1)測定装置

GMサーベイメータ(GM汚染検査計)及びNaIシンチレーションサーベイメータ(NaI線量率計)を用いる。

放射性物質が比較的多く付着している汚染ポイントを絞り込むためには、感度が高いGM汚染検査計を用いるが、用意できない場合はNaI線量率計等でも代用することは可能である。また、放射性物質が比較的多く付着している場所付近では、NaI線量率計を用いて、表面から1cm及び1mの距離における空間線量率を測定する。

なお、GM汚染検査計は、固有の機器特性を持っているため、正確な空間線量率測定には適さないことがあるので留意する。

(2)測定方法

測定方法として、1)汚染ポイントの特定、2)汚染ポイントの空間線量率測定、3)汚染ポイント周辺の空間線量率の測定、に分け、その方法を以下に示す。

1)GM汚染検査計を用いた汚染ポイントの特定

- ①GM汚染検査計の時定数を 3 秒とし、3cm/秒程度の速度で測定器のプロープ(検出部)を移動させ、針が大きく振れる場所を探す。
- ②針が大きく振れる場所付近では、時定数を 10 秒とし、1cm/秒程度のゆっくりとした速度でプロープを移動させ、放射性物質が多く付着している場所を特定し、安定した時の値を記録する。特定した場所は、石灰等でマークしておく。
- ③ピーク値を示す場所は1箇所とは限らないので、周囲にもピーク値を示す場所がないか、慎重に探す。

2)汚染ポイントの空間線量率測定

NaI線量率計を用いて、マークした場所の表面から 1cm及び 1mの距離における空間線量率を測定する。

- ①NaI線量率計の時定数を 10 秒とし、測定器のプロープを測定対象から 1cmの位置で、測定対象に対し垂直に固定し、30 秒以上待って安定した時の値を記録する。
- ②同様に1mの距離における空間線量率を測定する。

3)汚染ポイント周辺の空間線量率の測定

比較的高い放射線量の原因となっているポイントの周辺に、人が通るルートがある場合は、それに沿った空間線量率を測定する(地表から1m高さ)。

- ①NaI線量率計の時定数を 3 秒とし、プロープを地表から1m高さの位置で横向きにして、ゆっくりとした速度でルート沿いを歩き、針が大きく振れる場所を探す。
- ②針が大きく振れる場所付近では、時定数を 10 秒とし、さらにゆっくりとした速度で歩いて、

最も高い値を記録する。

- ③その場所を石灰等でマークするとともに、地表から1m高さの空間線量率を測定し、記録する。
- ④プローブを横向きにして測定する場合は、プローブに示されている実効中心線を測定位置に合わせる。
- ⑤マーキング地点を写真や絵で記録しておき、除染後に効果を確認する際に、測定場所が正確に再現できるようにしておく。

2.3 測定に際しての留意点

- ・ 雨樋、側溝・排水路、雨水枡、調整池・調節池等において、土壌や落葉等が堆積している場所は高濃度の放射性物質による高い空間線量率を示す可能性が高く、測定ポイントのあたりをつけやすい。一方で、土壌等の堆積が少ない場所でも高い空間線量率を示す場合や、土壌等の堆積状況が目視では確認しにくい蓋付きの側溝や雨水枡等の場合もあることから、汚染ポイントを見逃さないよう慎重に測定することが望ましい。
- ・ 側溝・排水路の破損箇所やコンクリート等の割れ目・継ぎ目・亀裂の入った箇所では、そこから雨水排水が浸透し、その周囲の土壌等に高濃度の放射性物質が存在する可能性が高いことから、このような箇所では重点的な測定を実施することが望ましい。
- ・ 周辺に樹木や植栽等がある場合には、それらに付着した放射性物質の影響を受け、正確な測定ができなくなる可能性がある。このような場合には、測定器のプローブ側面を薄い鉛板で巻き、測定端面における周囲からの放射線の影響を排除して空間線量率を測定することが望ましい。
- ・ 測定が困難な場所や危険な場所等の場合で、放射線が生活環境に直接影響していないと判断される場合には、測定を省略してもよい。
- ・ 高い濃度の放射性物質の存在による周辺より高い空間線量率が確認された場合には、空間線量率に留意しつつ、調査員等の被ばく量を最小限に抑えるため、できるだけ短時間で測定を終了するように努める。なお、著しく高い空間線量率が測定されるような場合には、調査員等の防護措置等(後述の 3.2.1(3)参照)を実施した上で測定を実施する。
- ・ 高い濃度の放射性物質の存在による周辺より高い空間線量率(地表から 1m 高さの空間線量率が周辺より毎時 1 マイクロシーベルト以上)が確認された場合には、安全対策・環境対策(後述の 3.1(2)①参照)を実施するとともに、原子力規制庁に連絡する。

3. 局所的汚染箇所が発見された場合の対処方法

局所的汚染箇所が発見された場合の対処方法は以下に示すとおりである。

なお、「局所的汚染箇所」については明確な定義が定まっていないが、ここでは平成 23 年 10 月 21 日の内閣府、文部科学省及び環境省の対応方針「地表から1m高さの空間線量率が周辺より毎時1マイクロシーベルト以上高い数値が測定された箇所」を一つの目安とし、実際には局所的汚染箇所の周辺における人の利用状況等を勘案して対処方法を検討することとする。

3.1 局所的汚染箇所が発見された場合の対処の手順

(1)手順

局所的汚染箇所が発見された場合の対処方法は、次の手順によることとする。

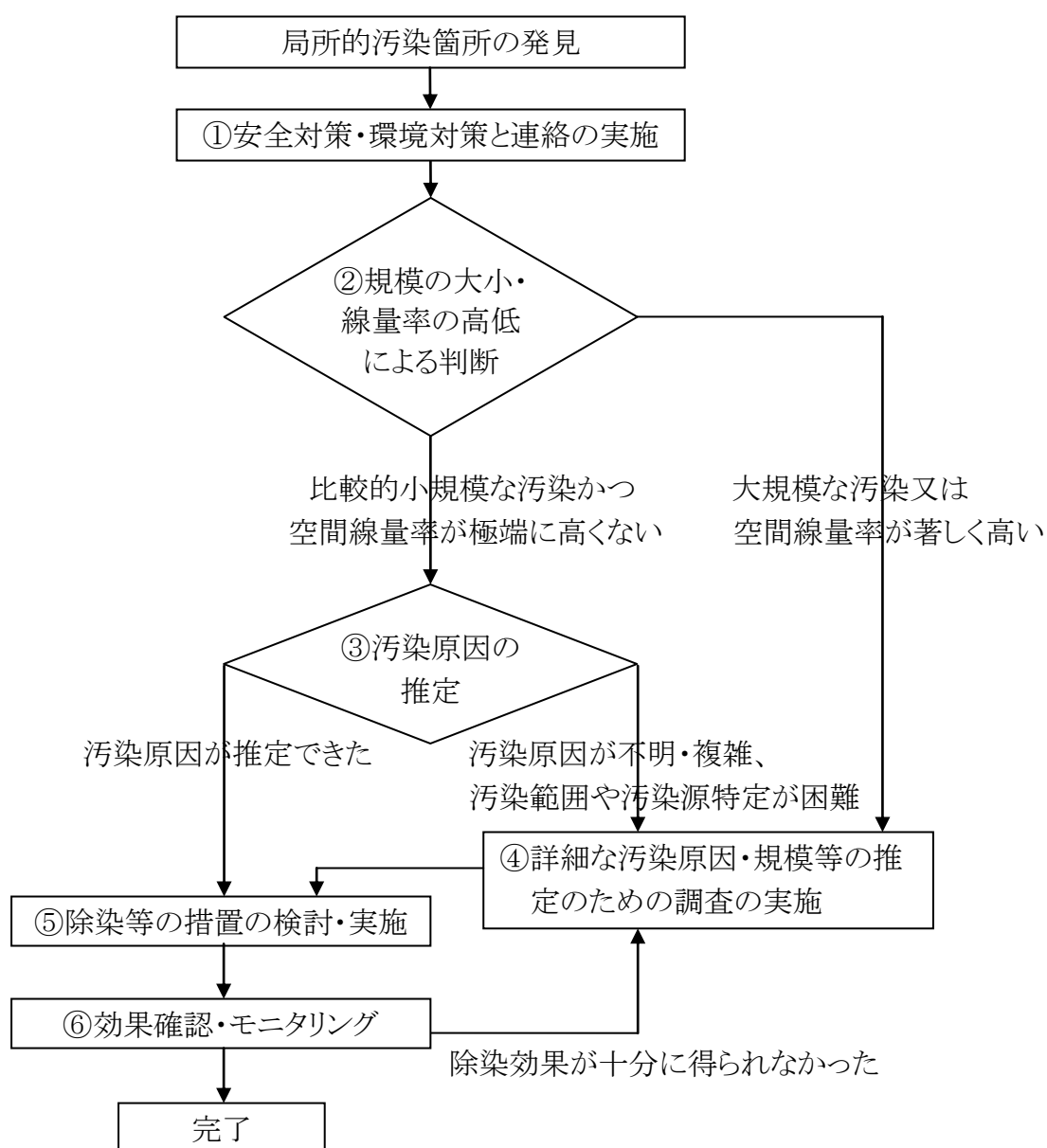


図4 局所的汚染箇所が発見された場合の対処の手順

(2)手順の概要

①安全対策・環境対策と連絡の実施

局所的汚染箇所が発見された場合には、まずは局所的汚染箇所への人の立ち入りを制限する等の安全対策を実施するとともに、空間線量率の低減措置や飛散・流出防止等の環境対策を実施する。

表1 局所的汚染箇所が発見された場合の安全対策・環境対策

項目	措置の内容
立ち入り制限	不特定多数の人が立ち入ることが想定される場合には、局所的汚染箇所にみだりに近づかないように、カラーコーンあるいはロープ等で囲いをして、人や車両の進入を制限する。
標識	不特定多数の人が立ち入ることが想定される場合には、局所的汚染箇所であることが分かるように、看板等を設置する。
遮蔽等による空間線量率の低減	局所的汚染箇所の上部を、シート等で覆い、その上に汚染されていない清浄な土壌等を数十 cm 厚で敷き詰め、さらにその上をシートで覆う等の措置を実施することにより、空間線量率の低減を図る。なお、土嚢等で覆ってもよい。
飛散・流出防止	局所的汚染箇所から放射性物質が飛散や流出する可能性がある場合には、当該範囲の上部や周りをシート等で覆う等の対策を実施する。
関係機関との調整、周辺住民への周知等	関係機関と調整を行うとともに、周辺住民への十分な周知等を実施する。

また、「当面の福島県以外の地域における周辺より放射線量の高い箇所への対応方針」(内閣府、文部科学省、環境省、平成 23 年 10 月 21 日)に従い、原子力規制庁に連絡する。

②規模の大小・空間線量率の高低による判断

局所的汚染箇所が発見された場合には、まずは規模の大小や空間線量率の高低を踏まえ、大規模な汚染、又は空間線量率が著しく高い場合には、周辺の生活環境等への影響を考慮し、④の詳細な汚染原因・規模等の推定のための調査を実施することが必要となる。

一方、比較的小規模な汚染で、かつ空間線量率も極端に高くない場合は、③の汚染原因を推定する作業に着手する。

③汚染原因の推定

局所的汚染箇所が発見された事例によると、一般的には、雨樋(堅樋)下や雨水枡等で高い空間線量率が確認されたケースが多く、このような場合には汚染範囲やその原因が生じた範囲及び汚染メカニズムも容易に推定できることから(例えば、雨水排水源である屋根や舗装された敷地等が特定でき、その流出経路や放射性物質の濃集(蓄積)メカニズムが明らかの場合等)、⑤の除染等の措置の検討・実施に着手する。

一方で、汚染原因が不明である場合、又は複雑であると想定される場合、汚染範囲やその汚染の中心ポイントが特定しにくい場合等には、④の詳細な汚染原因・規模等の推定のための調査を実施することが必要となる。

④詳細な汚染原因・規模等の推定のための調査の実施

局所的汚染箇所の発見後、②規模の大小・空間線量率の高低を踏まえ、
・大規模な汚染、又は空間線量率が著しく高い場合
や、③汚染原因の推定結果から、
・汚染原因が不明である場合、又は複雑であると推定される場合
・汚染範囲やその汚染の中心ポイントが特定しにくい場合
や、⑥除染等の措置の実施後、
・除染効果が十分に得られなかった(空間線量率が十分に低下しなかった)場合 等
においては、詳細な汚染原因・規模等を推定するための調査を実施することとする。
詳細な調査の内容については、後述の「3.2 局所的汚染箇所の調査方法」に記載した。

⑤除染等の措置の検討・実施

汚染原因の推定結果を踏まえ、原因に対応した適切かつ効果的な除染等の措置を検討し、除染を実施する。

除染等の措置の検討・実施については、後述の「3.3 除染等の措置の検討・実施」に記載したが、周辺の生活環境等への影響や除染に要する労力・費用等を総合的に勘案し、空間線量率の低減効果が十分得られる場合には、簡易な除染(側溝の泥の除去、落ち葉の回収、樹木の剪定、水による洗浄、ブラッシング等)で対処する方法もある。

なお、周辺地域での人の利用がほとんど無いような場合には、局所的汚染箇所の遮蔽や飛散・流出防止措置、立入禁止措置等を実施した上で、現場保管(現地での封じ込め)する方法等も考えられる。

⑥効果確認・モニタリング

除染等の措置を実施した後には、空間線量率を再度測定し、空間線量率が十分に低下しているかどうかの効果を確認するとともに、以後、定期的に空間線量率をモニタリングしていくこととする。

一方で、除染等の措置によっても空間線量率が十分に低下しなかったなど、除染効果が十分に得られなかった場合には、別の汚染原因や汚染メカニズムが存在していた可能性等が考えられるため、④の詳細な汚染原因・規模等の推定のための調査を実施することが必要となる。

3.2 局所的汚染箇所の調査方法

3.2.1 基本的な考え方

局所的汚染箇所等において、詳細な汚染原因・規模等を推定するための調査方法を記載した。

なお、ここでは、放射性物質を含む雨水排水によって土壌等が汚染された場合を事例として、その調査方法を紹介する。

(1)調査の目的

局所的汚染箇所等における詳細な調査の実施にあたっては、適切かつ効果的な対策を実施するため、

- ・汚染原因の推定
- ・汚染範囲の推定
- ・汚染土量の推定
- ・放射性物質量の推定 等

を目的とした調査を実施することが必要となる。

汚染原因は、局所的汚染箇所への対策を検討するにあたって最も重要な情報であり、その汚染の原因やメカニズムを把握することにより、適切な対策を選択することができ、再発防止や類似の汚染事例等への対処が可能となる。

汚染範囲を把握することは、当該局所的汚染箇所への人の立入等を制限する上で重要な情報となり、また、対策を施すべき規模が明らかとなるため、対策の適切かつ効果的な選択に役立つ。

汚染土量の推定については、特に汚染土壌の除去等の措置を検討する際の基礎情報となる。

放射性物質量の推定は、上流の集水域から流出した放射性物質や局所的汚染箇所に蓄積した放射性物質量の収支等を試算することにより、上記で得られた汚染原因やメカニズムの推定結果を確認するためのデータとして活用するために実施する。また、放射性物質が今後も継続して流出し蓄積する可能性を判断する材料にもなりうる。

(2)調査の構成・内容

調査の構成としては、

- ・局所的汚染箇所における放射性物質の分布等の調査
- ・局所的汚染箇所の上流にあたる集水域の状況や放射性物質の分布等の調査
- ・局所的汚染箇所の下流(排水路、河川等)の状況や放射性物質の分布等の調査

を実施することを基本とする。

具体的には、局所的汚染箇所においては、

- ・空間線量率の測定
- ・土壌試料等の採取
- ・土壌試料等に含まれる放射性物質濃度の測定
- ・土壌試料等の土質性状・粒度組成等の分析

を実施することとし、必要に応じて局所的汚染箇所の測量、土壌以外の水や草木等の試料の放射性物質濃度の測定等も実施することが望ましい。

また、局所的汚染箇所の上流の集水域や下流(排水路、河川等)においては、

- ・集水域の土地利用・施設等の状況把握、又は下流の排水路、河川等の状況把握
- ・空間線量率の測定
- ・土壌試料等の採取
- ・土壌試料等に含まれる放射性物質濃度の測定

を実施することを基本とする。

1)空間線量率の測定

空間線量率は汚染度合を表す重要な指標であり、また、測定結果が即座に判明するため汚染の状況がすぐに把握できること、及び調査・作業員の線量管理を実施する必要があることから、調査作業中は常に測定を実施する。

2)土壌試料等の採取

土壌等に蓄積した放射性物質濃度を測定するため、土壌試料を採取する。

局所的汚染箇所が面的な広がりを持つ場合には、空間線量率を測定し、空間線量率が高い範囲において土壌の採取地点を複数設定する。

また、土壌を数 cm～数十 cm 程度掘削し、深い土壌層で高い空間線量率が確認された場合には、土壌中にも汚染が分布している可能性があるため、土壌試料を垂直方向に採取することが必要である。

3)土壌試料等に含まれる放射性物質濃度の測定

採取した土壌試料は、室内に持ち帰り、放射性物質濃度を測定する。

4)土壌試料等の土質性状・粒度組成等の分析

高い空間線量率の原因が、他の地域から持ち込まれた土壌等によるものであるのかどうか等を判断するためには、採取した土壌試料の土質性状や粒度組成等を分析しておくことが望ましい。また、これらの土質等の情報は、放射性物質の挙動(放射性物質は粒径の細かい土壌に吸着しやすい等)を推定する際の参考情報としても活用できる。

5)その他

局所的汚染箇所の地形状況を把握するため、必要に応じて局所的汚染箇所の測量を実施することが望ましい。特に局所的汚染箇所が広範囲にわたっている場合には面的な測量データが有効となり、また、土壌中に放射性物質が浸透している場合には、土壌試料を垂直方向に採取することが必要となるため、地盤高等の情報を測量により得ておくことが、汚染原因や汚染範囲・汚染土量の推定の際に役立つ。

また、局所的汚染箇所において土壌以外の水や草木等の試料が存在する場合には、これらが必要に応じて採取し、放射性物質濃度を測定して、参考情報としてデータを得ておくことが望ましい。

(3)調査実施に際しての安全対策・環境対策

1)局所的汚染箇所における安全対策や周辺地域の汚染防止に配慮した環境対策

調査を実施している期間中は、調査作業範囲への人の立ち入りを制限するとともに、調査作業に伴う放射性物質の飛散・流出防止等の対策を実施する。

表2 調査実施に際しての安全対策・環境対策

項目	措置の内容
立ち入り制限	不特定多数の人が立ち入ることが想定される場合には、調査作業範囲にみだりに近づかないように、カラーコーンあるいはロープ等で囲いをして、人や車両の進入を制限する。
標識	不特定多数の人が立ち入ることが想定される場合には、調査作業中であることが分かるように、看板等を設置する。
飛散防止	強風時には調査作業を実施しない。 また、調査作業に伴って放射性物質が飛散する可能性がある場合には、当該範囲の周りをシート等で覆う等の対策を実施する。
流出防止	降雨時には調査作業を実施しない。 また、調査作業に伴って放射性物質が流出する可能性がある場合には、当該箇所の下流に沈殿池等を設置するなど、流出防止対策を施す。
関係機関との調整、周辺住民への周知等	調査作業の実施にあたっては、事前に関係機関と密接に調整を行うとともに、周辺住民への十分な周知等を実施する。

2)調査員等の安全対策

局所的汚染箇所における調査作業の実施にあたっては、常に空間線量率を把握するとともに、調査員等に個人線量計を携行させ線量管理に十分配慮する。また、防じんマスクや手袋、必要に応じて防護服の着用等の防護措置をとった上で調査等に従事させる。なお、これらの安全対策については、「除染等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」に詳細が示されており、これを参考とすることとする。

また、調査員の被ばく量をできる限り低減するため、調査計画を事前に立案するとともに、現地においては、事前準備や計画に基づき、現場指揮者がその進行管理を行い、作業の効率化を図り、作業時間をできるだけ短縮することが重要である。

3.2.2 局所的汚染箇所における具体的な調査方法

(1)調査手順

調査の手順は下記フローに示すとおりである。

調査実施中は常に空間線量率を測定し、汚染範囲の広がりや汚染ポイントを確認し記録するとともに、調査員等の安全確保に努める。なお、土壌試料採取地点での空間線量率は、放射性物質濃度との関係の解析等に使用することから、詳細に測定・記録する。

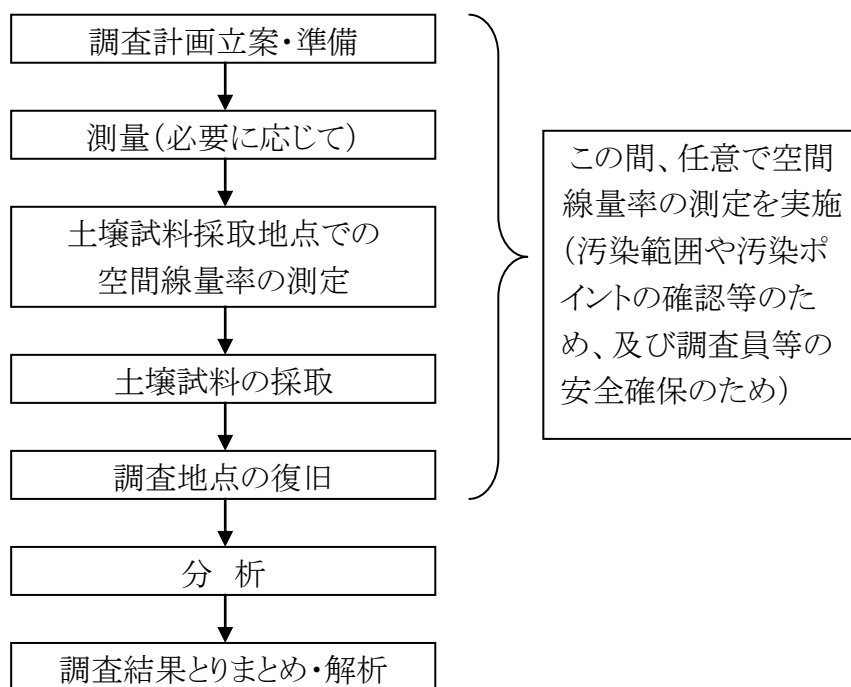


図5 局所的汚染箇所における調査の手順

(2)調査方法

1)調査計画の立案・準備

調査の実施に先立ち、有効な調査結果を得るため及び調査員等の被ばく量をできる限り低減するため、現地の状況等を十分勘案した上で、効果的かつ短時間で実施できる調査項目・地点・方法等を検討するとともに、調査員の役割分担や作業スケジュール等を明確化した調査計画を立案する。

この調査計画に基づき、現地においては、まず局所的汚染箇所に施されている防護措置（シート、土嚢等）を一時的に撤去するとともに、調査・作業に伴う安全対策（立入防止対策、飛散・流出防止対策等）を実施する。

また、調査員等の安全対策等を施す（前記 3.2.1(3)2 参照）。

2)測量

局所的汚染箇所が狭い範囲（1 辺が概ね 50cm 未満で囲まれるような場合）に限定される場合には測量実施の必要性は低い。汚染が広範囲にわたっている場合や、土壌深くに拡がっている場合等においては測量を実施することが望ましい。

具体的には、局所的汚染箇所を中心とした任意の地点で空間線量率を測定しつつ、

局所的汚染箇所及びその周辺を測量し、位置関係を詳細に把握する。なお、空間線量率は、地表高さ 1m のみならず、必要に応じて地表付近でも測定しておくことが望ましい。次いで、水準測量を行い、地盤高を測定するとともに、局所的汚染箇所の地形の特徴を観察・記録する。

この測量結果と空間線量率の測定結果を総合し、土壌試料採取地点を決定する。地点の決定にあたっては、局所的汚染箇所の平面的な広がりに合わせて 0.3m～1m 程度の間隔で格子を設定し、その交点を土壌採取地点にする等の方法が一般的である。

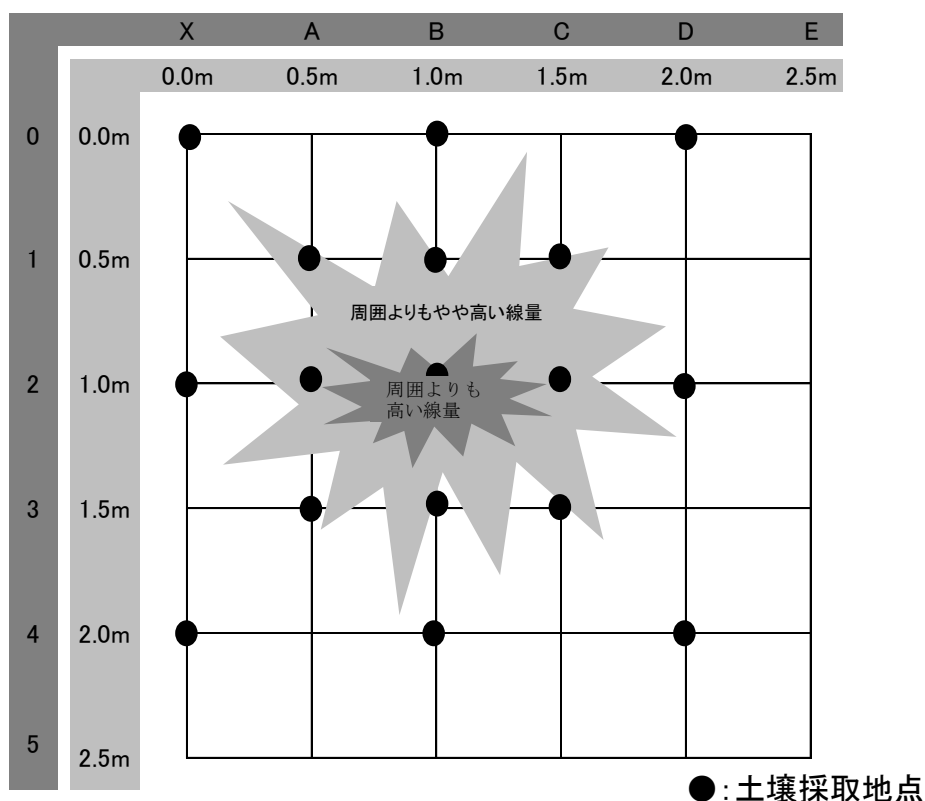


図6 土壌試料採取地点の設定例(0.5m 間隔で採取地点を設定した場合のイメージ)



図7 測量作業後の状況

3) 土壌試料採取地点での空間線量率の測定

決定した土壌試料採取地点において空間線量率を測定し記録する。

測定する高さは地表数 cm から地表 1m の範囲で設定することとする(例: 地表 5cm と地表 1m 高さで実施)。



図8(1) 空間線量率の測定(地表 5cm)



図8(2) 空間線量率の測定(地表 1m)

4) 土壌試料の採取

決定した土壌採取地点において土壌の採取を行う。

放射性物質による汚染が土壌深くにも分布している場合には、柱状土壌試料を採取することとし、深度 50cm 程度、直径 6～7cm 程度を目安とする。試料の採取にあたっては、試料の攪乱に注意するとともに、試料採取後の孔には、同径の塩ビパイプを挿入するなど、孔内が崩れないように処置を行う。

また、土壌の性状を確認するために別途、土質性状・粒度組成分析用試料を複数の地点で採取する。



図9(1) 柱状土壌試料の採取



図9(2) 柱状土壌試料採取後の状況

5)調査地点の復旧

調査終了後には、準備作業で撤去した防護措置を復旧する。

6)分析

柱状土壌試料は、不攪乱の状態で実験室に搬入し、1 地点につき複数深度(5～10cm 間隔程度)の土壌試料に分け、それぞれ放射性物質濃度を測定する。

土質性状や粒度組成分析の柱状試料については、目視観察により垂直方向の土質の状況を記録するとともに、複数深度(15～20cm 間隔程度)の土壌試料に分け、それぞれ粒度組成を分析する。

7)調査結果とりまとめ・解析

以上の調査結果から、空間線量率や放射性物質濃度の分布状況等を整理・解析し、汚染の範囲(平面・深度)、汚染土量、放射性物質量等を推定するとともに、土質性状や粒度組成の調査結果から、局所的汚染箇所の土壌等の履歴を推定する。

①空間線量率の測定結果

土壌採取地点において測定した空間線量率を調査地点図上に記載し、空間線量率の平面分布状況を解析する。

②土壌の放射性物質濃度の測定結果

土壌の放射性物質濃度の測定結果を調査地点図上に記載し、放射性物質の平面分布状況を解析する。

また、深度別に分析を実施した場合には、地点別及び深度別の放射性物質の分布が把握できるようなグラフを作成し、解析を行うと分かりやすい。

<解析結果の例>

地点別・深度別の放射性物質濃度の測定結果の整理イメージは図 10 に示すとおりである。この例では、空間線量率が最も高い箇所である B-2 地点で最も高濃度の放射性物質が確認されており、B-2 地点から離れるに従って濃度が低下していることが確認できる。また、最も離れた D-4 地点及び D-2、B-4 地点では放射性物質はほとんど確認されておらず、汚染範囲がこの範囲内に収まっていることが推定できる。

また、B-2 地点では、深さ方向 5～10cm 層でも高濃度の放射性物質が確認されており、汚染が垂直方向にも分布していることが分かるが、10cm 以深の層には放射性物質は高濃度では分布していないことが分かる。

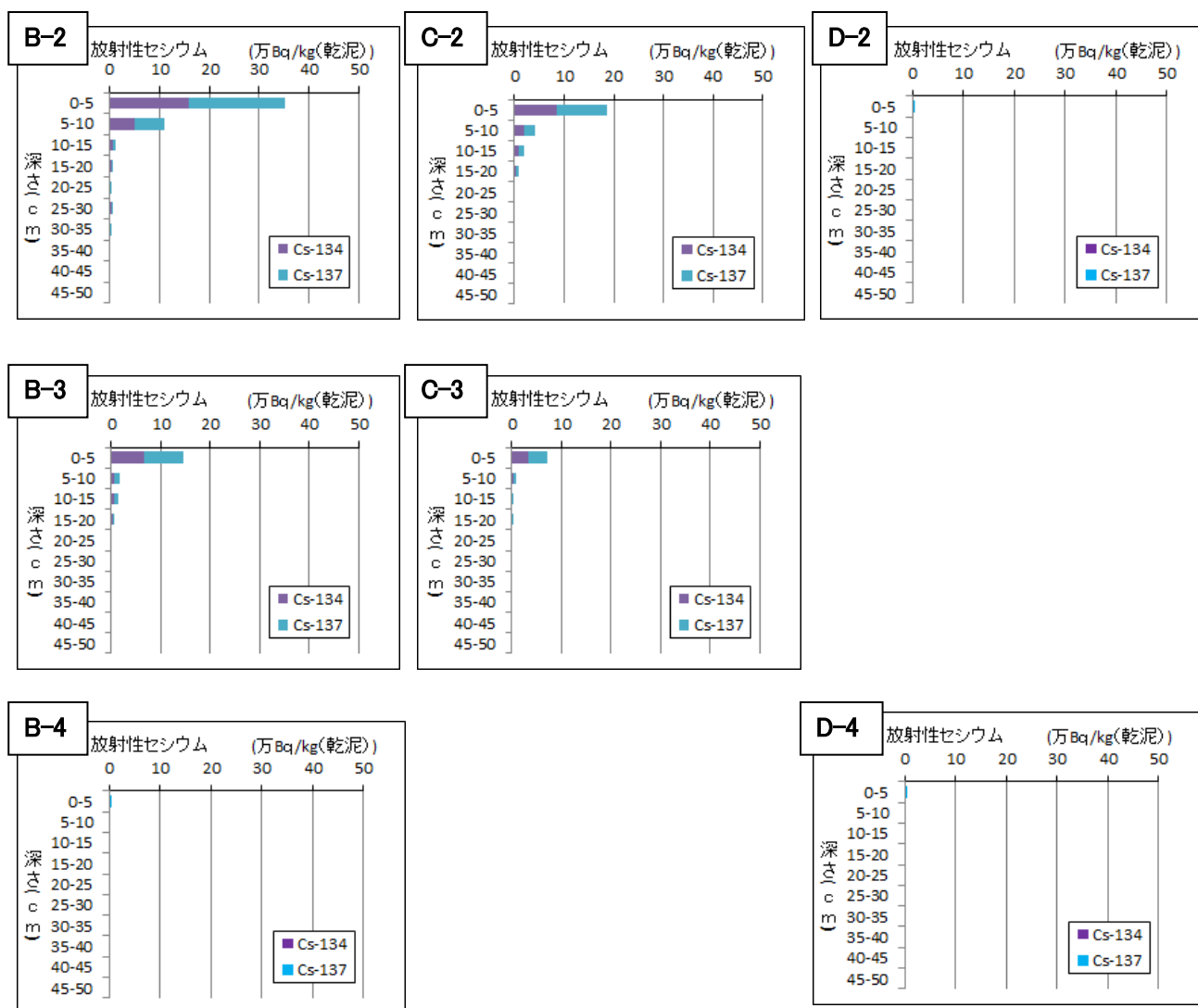


図 10 土壌の放射性物質濃度の測定結果の整理イメージ(地点名は図 6 参照)

さらには、以上の整理・解析結果を基に、次の事項を推定する。

③汚染の程度とその範囲(平面・深度)

局所的汚染箇所の土壌等に含まれる放射性物質濃度について、ある一定の濃度以上の土壌を「汚染土」として定義し、その平面分布から汚染範囲の平面的な広がりを推定する。また、深度分布から、汚染範囲の垂直的な広がりを推定する。

＜推定結果の例＞

例えば、8,000Bq/kg(乾泥)以上を汚染土と定義し、その汚染土が 2m 四方の範囲で確認された場合には、「 $2\text{m} \times 2\text{m} = 4\text{m}^2$ の範囲」が汚染範囲と推定される。

また、汚染土が地表面から深さ 10cm までの土壌層で確認された場合は、「深さ 10cm の範囲」が汚染範囲と推定される。

④汚染土量

前記③で定義した「汚染土」について、その汚染土を含む複数の土壌層の体積を計算し合計することで、汚染土量を推定する。

＜推定結果の例＞

例えば、8,000Bq/kg(乾泥)以上を汚染土と定義し、その汚染土を含む土壌層の体積について、

- ・土壌層の厚さ:5cm

- ・試料採取地点が代表する面積(格子間隔が0.5mの場合): $0.5\text{m} \times 0.5\text{m} = 0.25\text{m}^2$

とすると、

$$0.05\text{m} \times 0.25\text{m}^2 = 0.0125\text{m}^3$$

と計算される。

同様な計算を、他の汚染土を含む土壌層でも実施し、それらの体積を合計することで、汚染土量を推定する。

⑤放射性物質質量

局所的汚染箇所の土壌等に含まれる放射性物質の量を推定する。推定にあたっては、汚染土量の推定と同様に、ある一定の濃度以上の土壌層を対象とする。これは、放射性物質が検出された全ての土壌層を対象とした場合には計算作業に手間を要し、また、全ての土壌層での計算結果と、ある一定濃度以上の土壌層のみで計算した結果とでは大きな差は生じないためである(例:汚染範囲が2.5m四方で土壌深さ20cm程度、放射性物質(セシウム)濃度が最高45万Bq/kg(乾泥)で確認された例において、調査した全ての土壌層での放射性物質質量は42,000Bqと試算され、一方で8,000Bq/kg(乾泥)以上の土壌層では40,000Bqと試算されており、ほぼ同等な値であると考えられる)。

具体的には、ある一定濃度以上の土壌層を抽出し、それぞれの土壌層の放射性物質の濃度(ここでは乾泥1kgあたりの濃度を湿泥1kgあたりに換算)に、土壌(湿泥)の比重(単位体積あたりの湿泥重量)に各土壌層の体積を乗じ、それぞれの土壌層に含まれる放射性物質質量を計算し、これらを合計することで局所的汚染箇所の放射性物質質量を推定する。

＜推定結果の例＞

例えば、8,000Bq/kg(乾泥)以上を汚染土と定義した場合、まずこれを湿泥1kgあたりの濃度に換算する。

- ・土壌層の放射性物質濃度:8,000 Bq/kg(乾泥)

- ・含泥率:0.6 (=1-含水率)

とすると、

$$8,000 \text{ Bq/kg(乾泥)} \times 0.6 = 4,800 \text{ Bq/kg(湿泥)}$$

と計算される。次いで、

- ・土壌層の放射性物質濃度:4,800 Bq/kg(湿泥)

- ・土壌の比重(単位体積あたりの湿泥重量):1,200kg/m³

- ・一つの土壌層の体積:0.0125m³

とすると、一つの土壌層に含まれる放射性物質質量は

$$4,800 \text{ Bq/kg(湿泥)} \times 1,200\text{kg/m}^3 \times 0.0125\text{m}^3 = 72,000 \text{ Bq}$$

と計算される。

同様な計算を、他の8,000Bq/kg(乾泥)以上の汚染土を含む土壌層で実施し、これらを合計することにより、局所的汚染箇所に蓄積した放射性物質質量を推定する。

⑥土質性状の目視観察結果や粒度組成分析結果

地点別及び深度別の土質性状の目視観察結果により、地点ごと、あるいは深度ごとに比較を行い、土質が異なっているかどうか等を判断する。

同時に、地点別及び深度別の粒度組成分析結果からも同様に判断を行い、当該箇所の土壌が他の地域から持ち込まれたものかどうか等について解析する。

＜解析結果の例＞

柱状土壌試料を写真撮影したものを図 11 に、また、その深度別の粒度組成の分析結果のグラフを図 12 に示す。

土質性状の目視観察によると(図 11)、試料①の上層(地表面に近い部分)は中層・下層に比べてやや性状が異なっているものと考えられる。試料②では深度別に土質の大きな相違はみられておらず、ほぼ同様な土質分布であるものと判断される。

また、粒度組成分析結果によると(図 12)、試料①の上層土壌の粒度分布は、中層・下層と比べてやや粒径の大きいものの占める割合が高くなっており、他の地域から持ち込まれた土壌である可能性が示唆される。試料②については、上層・中層・下層ともほぼ同様な粒径分布であり、他の地域から土壌が持ち込まれた可能性は低いものと判断される。

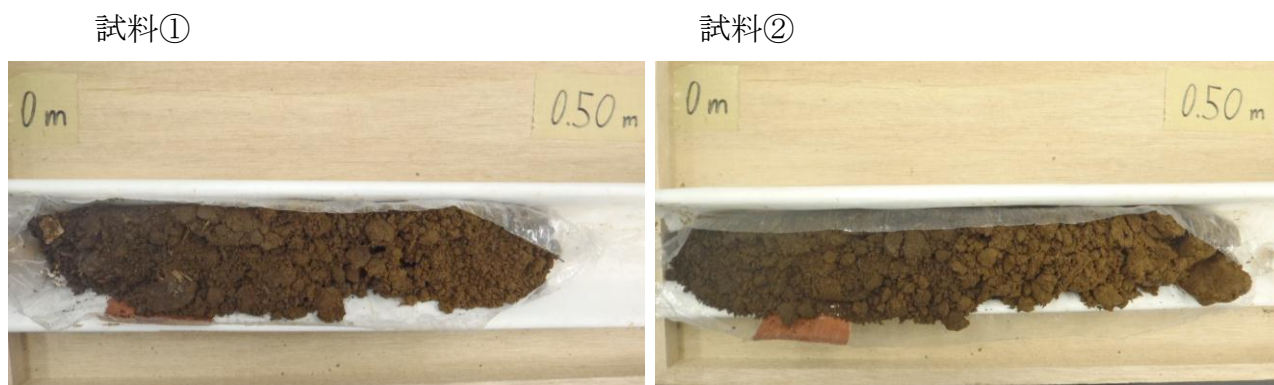


図 11 土質性状の比較

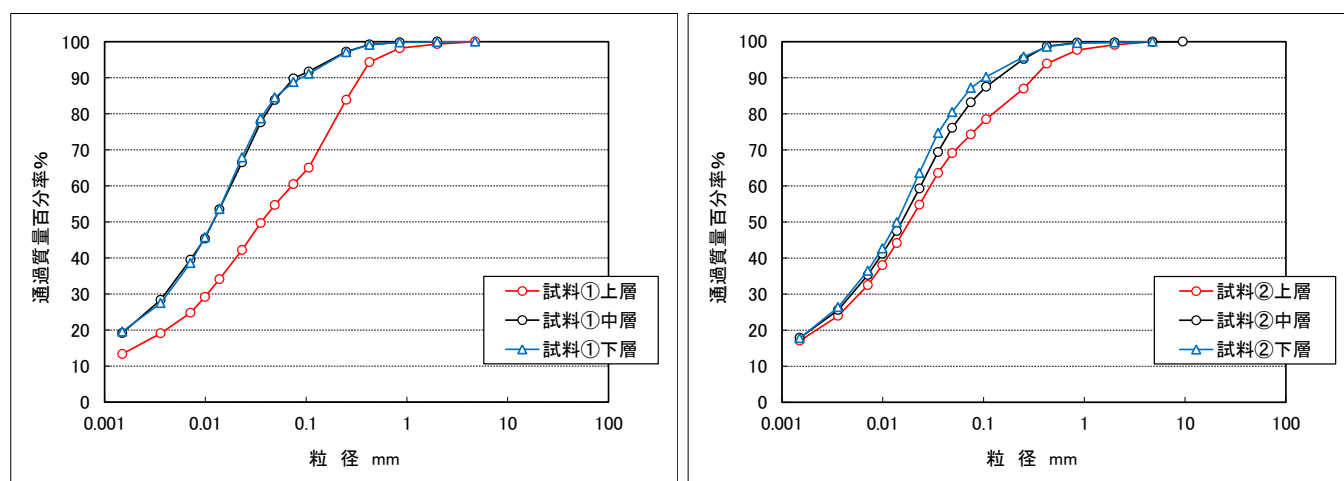


図 12 粒度組成の分析結果

3.2.3 局所的汚染箇所の上流にあたる集水域における具体的な調査方法

(1)調査手順

調査の手順は下記フローに示すとおりである。

集水域に係る情報を収集した上で、局所的汚染箇所の汚染源の可能性のある地点において、空間線量率の測定、土壌試料の採取・分析を行う。

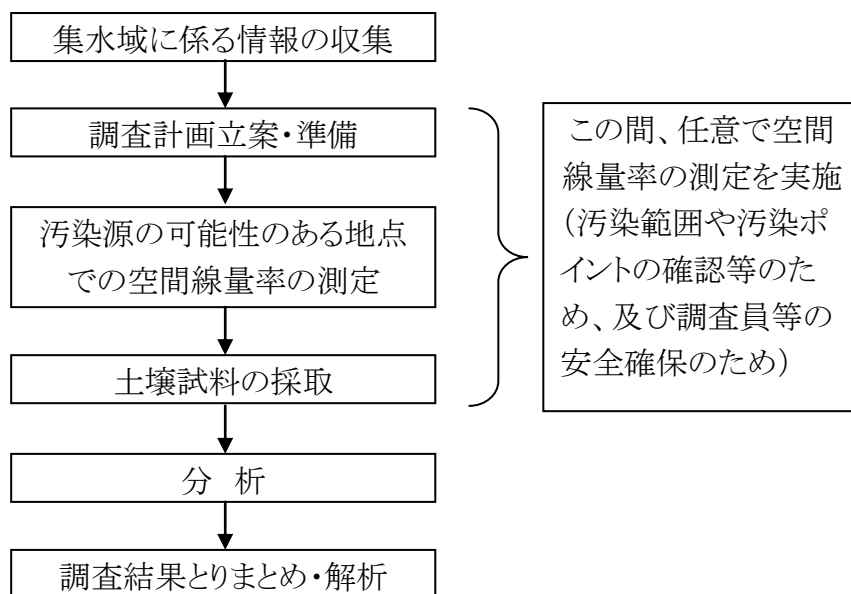


図 13 集水域における調査の手順

(2)調査方法

1)集水域に係る情報の収集

調査の実施に先立ち、集水域の範囲、集水域の土地利用・施設等の概要を既存資料等で収集整理する。この際、局所的汚染箇所の汚染源となった可能性のある地点について、あらかじめ見当をつけておく。

2)調査計画立案・準備

効果的かつ安全な調査を実施するため、調査計画を立案する。

また、集水域での現地調査に際しては、調査員等の安全対策等を施す（前記 3.2.1(3)2 参照）。

3) 汚染源となった可能性のある地点での空間線量率の測定

汚染源の可能性のある地点において、空間線量率を測定し記録する。

測定する高さは地表数 cm から地表 1m の範囲で設定することとする（例：地表 5cm と地表 1m 高さで実施）。

4)土壌試料の採取

上記で測定された空間線量率の高い地点において、土壌等の採取を行う。

5)分析

採取した土壌試料は、実験室に搬入し、放射性物質濃度を測定する。

6)調査結果とりまとめ・解析

集水域において空間線量率の高かった地点を整理するとともに、当該地点の土壌等の放射性物質濃度を整理・解析し、局所的汚染箇所の汚染源となった場所の抽出・特定を行う。

また、汚染源となった場所を特定することができた場合には、そこから流出した放射性物質の量を大まかではあるが試算することができる。

具体的には、汚染源となった場所を含む集水面積に、文部科学省の航空機モニタリングによる放射性物質の面積あたりの沈着量を乗じることにより、その集水面積に沈着した放射性物質量が推定できる。ただし、この放射性物質量は、その後の降雨等により局所的汚染箇所を含む下流域に流出していることから、土地利用ごとの流出係数を乗じることにより、下流域に流出した放射性物質量が試算できる。

＜推定結果の例＞

集水域の面積が 2,000m² で、うち屋根面積:1,500m²、土壌面積:100 m²、アスファルト等の舗装面:400 m² で構成される集水域を想定する。

これに文部科学省の航空機モニタリングによる放射性セシウムの沈着量が 100,000 Bq/m² と仮定すると、集水域に沈着した放射性物質量は 2 億 Bq (屋根:1 億 5,000 万 Bq、土壌:1,000 万 Bq、舗装面 4,000 万 Bq) と計算される。

放射性物質の流出率は土地利用ごとに相違しており、屋根は 0.6 程度、土壌は 0.1 程度、舗装面は 0.5 程度が目安と考えられることから、

屋根からの流出量: $1 \text{ 億 Bq} \times 0.6 = 6,000 \text{ 万 Bq}$

土壌からの流出量: $1,000 \text{ 万 Bq} \times 0.1 = 100 \text{ 万 Bq}$

舗装面からの流出量: $4,000 \text{ 万 Bq} \times 0.5 = 2,000 \text{ 万 Bq}$

の合計 8,100 万 Bq が下流域に流出したものと試算される。

3.2.4 局所的汚染箇所の下流(排水路、河川等)における具体的な調査方法

(1)調査手順

調査の手順は下記フローに示すとおりである。

下流域に係る情報を収集した上で、下流の排水路や河川等において、空間線量率の測定、土壌・底質試料の採取・分析を行う。

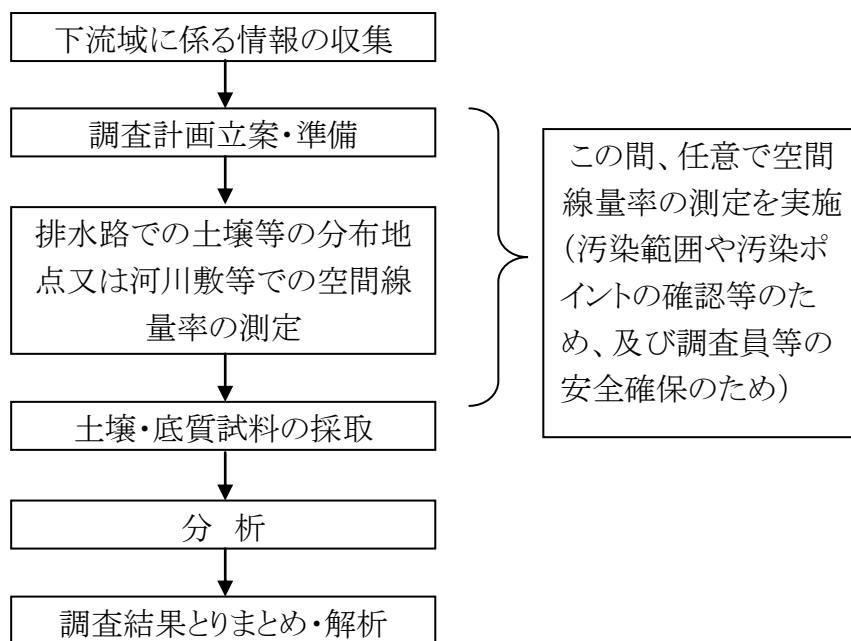


図 14 下流域における調査の手順

(2)調査方法

1)下流域に係る情報の収集

調査の実施に先立ち、局所的汚染箇所の排水等の下流域への流出経路(排水路・河川等)の情報を既存資料等で収集整理する。

2)調査計画立案・準備

効果的かつ安全な調査を実施するため、調査計画を立案する。

また、下流域での現地調査に際しては、調査員等の安全対策等を施す(前記 3.2.1(3)2 参照)。

3) 排水路での土壌等の分布地点又は河川敷等での空間線量率の測定

局所的汚染箇所の下流に位置する排水路や河川等を踏査し、排水路では堆積した土壌等の分布を確認するとともに、その地点での空間線量率を測定し記録する。また、河川等では、代表的な地点を複数選定し、河川敷等の空間線量率を測定し記録する。

測定する高さは地表数 cm から地表 1m の範囲で設定することとする(例:地表 5cm と地表 1m 高さで実施)。

なお、排水路が暗渠となっている場合には、開水路部分を探して調査を実施する。

4)土壌・底質試料の採取

上記で確認された空間線量率の高い地点において、土壌等の採取を行う。
また、河川等では代表的な地点において、底質の採取を行う。

5)分析

採取した土壌・底質試料は、実験室に搬入し、放射性物質濃度を測定する。

6)調査結果とりまとめ・解析

下流の排水路や河川等において空間線量率の高かった地点を整理するとともに、当該地点の土壌・底質の放射性物質濃度の分布状況等について整理・解析を行う。

これらの結果を踏まえ、局所的汚染箇所の下流域での汚染の有無やその程度等を把握する。

3.2.5 考察

以上の、

- ・局所的汚染箇所における放射性物質の分布等の調査・解析結果
- ・局所的汚染箇所の上流にあたる集水域の状況や放射性物質の分布等の調査・解析結果
- ・局所的汚染箇所の下流(排水路、河川等)の状況や放射性物質の分布等の調査・解析結果

を総合的にとりまとめ、考察する。

考察は、

- ・汚染原因
- ・汚染範囲
- ・汚染土量
- ・放射性物質質量

等について行う。

汚染原因については、局所的汚染箇所及びその集水域の調査結果を総合して考察を行う。

汚染範囲及び汚染土量については、局所的汚染箇所での調査結果から推定するとともに、局所的汚染箇所の下流域での調査結果からは、下流域への汚染範囲の広がりの有無等についても考察する。

放射性物質質量については、局所的汚染箇所に濃集(蓄積)した放射性物質質量の推定結果と、その上流にあたる集水域から流出した放射性物質質量の試算結果とを比較(放射性物質の収支を比較)することにより、汚染原因の推定結果の妥当性を検証するとともに、集水域から放射性物質が今後とも流出してくるかどうか等の可能性についても考察する。

3.3 除染等の措置の検討・実施

以上の調査の実施により、詳細な汚染原因等が判明した場合には、その原因に対応した適切かつ効果的な除染等の措置を検討し、実施する。

除染等の措置の検討にあたっては、環境省「除染関係ガイドライン 第2編 除染等の措置に係るガイドライン」(2011.12)等を参考とすることとするが、周辺の生活環境等への影響や除染に要する費用等を総合的に勘案し、空間線量率の低減効果が十分得られる場合には、簡易な除染(側溝の泥の除去、落ち葉の回収、樹木の剪定、水による洗浄、ブラッシング等)で対処する方法もある。さらには、周辺地域での人の利用がほとんど無いような場合には、局所的汚染箇所の遮蔽や飛散・流出防止措置、立入禁止措置等を実施した上で、現場保管(現地での封じ込め)する方法等も考えられる。

また、局所的汚染箇所の上流にあたる集水域の汚染源から、今後とも放射性物質が流出してくる可能性が考えられる場合においては、局所的汚染箇所で除染等の措置を実施しても効果が薄れることから、必要な費用等を総合的に勘案しつつ、集水域の汚染源での除染等の措置を検討するとともに、局所的汚染箇所においては継続的にモニタリングを実施していくこととする。

さらには、下流域において汚染が生じ、特に子ども空間等の周辺の生活環境への影響等が懸念される場合には、下流域での除染等の措置を検討・実施することも必要となる。

除染等の措置の結果発生する土壌や廃棄物については、除染実施計画の対象地域内においては当該除染実施計画に沿って処理することとし、また、除染実施計画の対象地域外においては、特措法の規定の対象とはならないものの、除染関係ガイドラインや廃棄物関係ガイドラインを参考に処理することが適当である。

4. 参考資料

<放射線測定方法>

- ・文部科学省、日本原子力研究開発機構「放射線測定に関するガイドライン」(2011.10.21)
(http://radioactivity.mext.go.jp/ja/important_information/0006/111021Radiation_measurement_guideline.pdf)
- ・文部科学省、日本原子力研究開発機構「学校等における放射線測定の手引き」(2011.8.26)
(http://radioactivity.mext.go.jp/ja/8849/8850/8864/1000_082614_3.pdf)
- ・環境省「除染関係ガイドライン 第1編 汚染状況重点調査地域内における環境の汚染状況の調査測定方法に係るガイドライン」(2011.12)
(http://www.env.go.jp/jishin/rmp/attach/josen-gl00_ver1.pdf)

<除染方法等>

- ・環境省「除染関係ガイドライン 第2編 除染等の措置に係るガイドライン」(2011.12)
(http://www.env.go.jp/jishin/rmp/attach/josen-gl02_ver1.pdf)
- ・環境省「除染関係ガイドライン 第3編 除去土壌の収集・運搬に係るガイドライン」(2011.12)
(http://www.env.go.jp/jishin/rmp/attach/josen-gl03_ver1.pdf)
- ・環境省「除染関係ガイドライン 第4編 除去土壌の保管に係るガイドライン」(2011.12)
(http://www.env.go.jp/jishin/rmp/attach/josen-gl04_ver1.pdf)
- ・厚生労働省「除染等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」(2011.12.22)
(<http://www.mhlw.go.jp/new-info/kobetu/roudou/gyousei/anzen/dl/120118-01.pdf>)