

森林における放射性物質の除去及び拡散抑制等に関する技術的な指針

平成24年4月

林野庁

東京電力福島第一原子力発電所の事故に伴い放出された放射性物質により森林を含む広い地域が汚染されており、人の健康又は生活環境に及ぼす影響を速やかに低減させるために除染等を推進することが重要な課題となっている。

一方で、森林は水源かん養、山地災害防止、生物多様性の保全等の多様な機能を有していることから、それら諸機能の維持発揮や、木材の生産基盤としての森林の維持管理のあり方等を総合的に考慮しつつ、放射性物質の対策を進めていくことが重要である。

林野庁では、このような状況を踏まえ、これまでに森林の汚染実態調査、落葉等堆積有機物の除去による除染実証試験、森林施業や森林土木技術を活用した放射性物質の拡散抑制技術の検証・開発等に取り組んできたところであり、今後、その成果等をふまえ「森林における放射性物質の除去及び拡散抑制等に関する技術的な指針」としてとりまとめた。

この取りまとめに当たっては、林野庁の委託事業である「森林における放射性物質拡散防止等技術検証・開発事業」（委託先：森林施業等に係る技術検証・開発共同企業体）で設置された委員会（別添）において専門家等の意見を聞くとともに、関係府省の取組による知見についても取り入れた。また、解説や参考となる資料を付すなど、分かりやすいものとなるよう配慮した。

なお、本指針の内容は、林野庁がこれまで実施した実証試験の結果等に基づき、放射性物質の除去及び拡散抑制等適用可能な技術についての考え方について整理したものであり、国による除染にかかる財政措置の適用範囲等を示したものではなく、具体的な除染方法や財政措置の適用範囲等については、環境省が策定した「除染関係ガイドライン（平成 23 年 12 月 14 日）」によることに留意されたい。

森林における放射性物質の分布や動態については時間経過に伴い変化し、現段階においても不明な点があることから、本指針においては、平成 24 年 3 月時点で得られている科学的・技術的知見、限られた期間内に行った実証試験等の結果を踏まえて、可能な範囲での整理を行ったものである。このことから、引き続き実施する放射性物質の挙動調査、各種の実証試験等を通じて集積される知見、技術水準の向上等に応じて、改訂を行う予定である。

目 次

第1	目的及び適用等	1
第2	森林汚染の特性	3
(1)	森林汚染の特性	3
(2)	放射性物質の動態	4
第3	放射性物質対策の考え方	5
(1)	対策実施の基本的考え方	5
(2)	具体的な対策と期待される効果等	6
(3)	具体的な対策の選択	8
(4)	留意点	11
第4	放射性物質対策の実施	12
(1)	放射性物質対策の方法	12
①	落葉等堆積有機物の除去	12
i)	方法	12
ii)	留意点	13
②	枝葉等の除去	14
i)	方法	14
ii)	留意点	15
③	立木の伐採及び搬出	16
i)	方法	16
ii)	留意点	17
(2)	引き続き開発・実証を行う技術	18
①	表土流出防止工	18
i)	方法	18
ii)	留意点	19
②	濁水防止工	20
i)	方法	20
ii)	留意点	21
(3)	除去物の処分	22
(4)	経費の積算	23
第5	作業上の留意点	24

(別添) 森林の除染・放射性物質拡散防止等に関する検討委員会委員名簿

(参考資料)

第1 目的及び適用等

- 1 この指針は、東京電力福島第一原子力発電所の事故に伴い放出された放射性物質により汚染された地域において、森林における放射性物質の除去及び拡散抑制（以下「放射性物質対策」という。）を図るため、これまでの調査及び実証試験等で明らかとなった放射性物質対策に適用できる可能性のある技術を示すことを目的とする。
- 2 この指針は、森林汚染の特性、放射性物質対策の考え方、落葉等堆積有機物及び枝葉等の除去、森林施業や森林土木技術を活用した措置等に関する技術的事項、作業上の留意点を内容とし、知見の集積、技術水準の向上、諸法規等の改廃及びその他の必要に応じて改訂を行う。
- 3 この指針のほか、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23年法律第110号）*1（以下「放射性物質汚染対処特措法」という。）等において規定されているものについては、これらの諸法規等*2による。

[解説]

- 1 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東京電力福島第一原子力発電所の事故により、当該発電所から放出された放射性物質による環境の汚染が生じており、人の健康又は生活環境に及ぼす影響を速やかに低減させることが喫緊の課題となっており、平成23年8月に放射性物質汚染対処特措法が制定、公布された。
- 2 同法に基づく基本方針*3（以下「基本方針」という。）においては、除染等の措置に係る目標を定めるとともに、森林については住居等近隣における措置を最優先に行うこととしている。
- 3 森林には、水源かん養、山地災害防止、生物多様性の保全、生活環境の保全、木材生産等の多様な機能があり、ほぼ自然状態のままで様々な形態の利用がなされていることから、これら諸機能の維持発揮との均衡、「森林」という土地利用の特殊性等を考慮しつつ、人の健康又は生活環境に及ぼす影響が速やかに低減されるよう、また、住民の暮らしを支える農林業複合経営の基盤としての森林の機能を回復し、森林・林業の再生を通じた復興の取組が加速されるよう、放射性物質対策を計画・実施することが重要である。
- 4 この指針は、東京電力福島第一原子力発電所の事故により、放射性物質に汚染された地域における放射性物質対策を念頭に、平成24年3月時点で得られている知見を踏まえ、技術的な考え方を整理したものであり、この内容等についても、必要な場合には、放射性物質汚染対処特措法に基づく除染等の実施に当たり環境省が策定した「除染関係ガイドライン」に位置付けられることとなる。

*1 放射性物質汚染対処特措法の概要（参考資料 P1）

*2 主な諸法規等（参考資料 P2）

*3 放射性物質汚染対処特措法 基本方針（参考資料 P3）

5 なお、放射性物質汚染対処特措法に基づき除染等を実施する必要がある地域*4*5 については、次のとおりとなっている。

①除染特別地域：線量が高く土壌等の除染等の措置に当たって高いレベルの技術及び作業員の安全の確保への十分な配慮が必要であること、国の指示に基づき立ち入りが制限されている地域であること等を踏まえ、福島県内の 11 市町村（楡葉町、富岡町、大熊町、浪江町、葛尾村及び飯舘村の全域、田村市、南相馬市、川俣町及び川内村の区域のうち警戒区域又は計画的避難区域である区域）が環境大臣により指定されている。

②除染実施区域：①以外の地域で、追加被ばく線量が年間 1mSv (0.23μSv/h) 以上の地域を含む市町村については、「汚染状況重点調査地域」として環境大臣が 8 県 104 市町村（岩手県内 3 市町、宮城県内 9 市町村、福島県内 41 市町村、茨城県内 20 市町村、栃木県内 8 市町、群馬県内 12 市町村、埼玉県内 2 市、千葉県内 9 市）を指定している。同地域については、都道府県知事等が汚染状況の調査を行い、その調査測定の結果に基づき、具体的に除染実施計画を定める区域を判断していくこととなる。

*4 除染特別地域及び汚染状況重点調査地域（参考資料 P4）

*5 空間線量率マップ（文部科学省航空モニタリング調査）（参考資料 P5）

第2 森林汚染の特性

(1) 森林汚染の特性

- 1 放射性物質による森林の汚染度合については、東京電力福島第一原子力発電所事故発生時の気象状況、当該発電所からの距離等と関連性を有しており、警戒区域及び計画的避難区域を中心に、空間線量率や土壌中の放射性セシウム濃度が高い森林が存在している状況にある*6。
- 2 森林内においては、放射性物質の多くが枝葉及び落葉等堆積有機物に付着しており、常緑樹林では落葉樹林と比較して枝葉に付着している割合がより高い傾向にある*7*8。
- 3 放射性物質である放射性セシウムは、粘土と吸着しやすい特性を有しており、土壌においては表層部分に留まっている状況にある。

[解説]

- 1 東北地方太平洋沖地震と地震に伴い発生した津波の影響により、東京電力福島第一原子力発電所においては、6号機を除いて全交流電源喪失の状態に陥り、炉心及び使用済燃料プールの冷却機能・水補給機能が失われたことから、炉心溶融や水素爆発、放射性物質の放出を伴う重大事故が発生した。
- 2 環境中には放射性ヨウ素 (¹³¹I, ¹³²I)、放射性セシウム (¹³⁷Cs, ¹³⁴Cs)、希ガス (¹³³Xe, ⁸⁵Kr) が放出され、特に平成23年3月15日の水素爆発により放出された物質が、3月15日夜半から16日の未明にかけて、北西方向の風に流され、雪や雨により地上に降下したことから、福島第一原子力発電所から浪江町、飯館村方面へ汚染度合いの高い区域が広がっている状況にある。
- 3 これら区域については、平成23年4月22日に原子力災害対策特別措置法（平成11年法律第156号）に基づき、福島第一原子力発電所から半径20km圏内が警戒区域に、葛尾村、浪江町、飯館村、川俣町の一部及び南相馬市の一部が計画的避難区域に設定され、当該発電所の半径20-30km圏内が緊急時避難準備区域に設定された。その後、政府の原子力災害対策本部において、同年9月30日に緊急時避難準備区域が解除され、同年12月26日に、当該発電所の冷温停止を受けた警戒区域等の見直し（避難指示解除準備区域、居住制限区域、帰還困難区域）の考え方等が示されている。
- 4 森林内の放射性物質は現段階においては、その多くが枝葉及び落葉等堆積有機物に付着している傾向にあり、放射性物質の放出が集中した平成23年3月の時点で新葉が展開していなかった落葉樹林においては、放射性物質が林床へ降下し、落葉等堆積物に付着している傾向にある一方、スギやヒノキ等の常緑樹林においては、落葉広葉樹林と比較して、放射性物質が枝葉に付着している割合が高い傾向にある。
- 5 土壌中の放射性物質については、落葉等堆積有機物と比較して少なく、そのほとんどが表層土壌（0-5cm深）に留まっており、土壌が深くになるに従い、その濃度は急激に低くなる傾向にある。

*6 森林内の空間線量率と土壌等の放射性セシウム濃度（参考資料 P6）

*7 森林内の放射性物質の分布状況（参考資料 P8）

*8 「文部科学省による放射性物質の分布状況等に関する調査研究（森林内における放射性物質の移行調査）の結果について」（平成23年9月14日公表）の抜粋（参考資料 P12）

(2) 放射性物質の動態

- 1 森林汚染の特性は(1)のとおりであるが、枝葉等に付着した放射性物質は降雨や落葉により一定の期間を経て林床に降下し、落葉等の分解に伴い土壤に移行し、その多くが表層に留まり、長期的には森林生態系内で循環すると推測される。
- 2 森林土壤は、一般に浸透能が高く表面侵食が発生しにくく、粘土に固定された放射性セシウムは水に容易には溶解しないことから、森林から流出した渓流水や地下水自体に放射性セシウムが含まれることは少ないが、崩壊地や林床被覆が失われている森林においては、強度の降雨があった場合など、濁水に含まれる懸濁物質として放射性物質が流出し、影響を及ぼす懸念は否定できないことから、引き続きその動態もモニタリングしていく必要がある^{*9}。

[解説]

- 1 林内と林外で降下する雨に含まれる放射性セシウムの濃度を比較すると、林内の降雨中の放射性セシウム濃度の方が高いことが明らかとなっている。このことは、樹冠部の枝葉等に付着した放射性物質が降雨を通じて、林内雨や樹幹流のかたちで、徐々に地表に降下していくことを示唆している。
- 2 わが国の森林における放射性物質に関する知見は、現時点では、限定的なものに留まり、溶存態として移動する可能性など不明な部分もあるが、上記結果やチェルノブイリ原子力発電所事故後の継続調査からは、森林生態系に負荷された放射性物質の大半は、森林が攪乱されない限り土壤表層や樹木などの森林生態系内に留まるものと推測される。

^{*9} 森林内における放射性セシウムの分布と動態 (参考資料 P14)

第3 放射性物質対策の考え方 (1) 対策実施の基本的考え方

森林における放射性物質対策については、森林汚染の特性、森林の有する多面的機能、土地利用形態の多様性を踏まえつつ、住居等に対する放射線源としての影響、森林への入り込みに伴う入林者の被ばく、放射性物質の森林外への拡散による影響、生産基盤としての森林への影響を低減するため、(2)の各措置の特性を考慮して適切な方法を選択する。

また、その実施に当たっては、森林における放射性物質の動態を勘案し、可能なかぎり早期に取り組むことが重要である。

[解説]

- 1 基本方針においては、除染等の措置に関する基本的な考え方等を明らかにしており、「土壌等の除染等の措置の対象には、土壌、工作物、道路、河川、湖沼、海岸域、港湾、農用地、森林等が含まれるが、これらは極めて広範囲にわたるため、まずは、人の健康の保護の観点から必要である地域について優先的に特別地域内除染実施計画又は除染実施計画を策定し、線量に応じたきめ細かい措置を実施する必要がある。」とするとともに、「森林については、住居等近隣における措置を最優先に行う」としている。
- 2 また、除染実施計画の策定に当たっては、「地域ごとの実情を踏まえ、優先順位や実現可能性を踏まえた計画とするとともに、その前提として、除去土壌等の量に見合った仮置場を確保する必要がある」とし、住民理解の促進等として「除染等の推進に当たって住民参加等への協力を求めるとともに、環境汚染への対処の実施内容及びその効果等について、適時適切に地域住民等に対して周知する等、正確かつ迅速な情報提供及び地域住民とのリスクコミュニケーションを実施する」ものとしている。
- 3 森林には、水源かん養、山地災害防止等の多様な機能*10があり、また、森林は集落等の周辺から奥山まで広がり、その利用形態についても、ほだ場、集落等と一体となった身近な生活環境など住民等が日常的に入る森林、木材やほだ木等の生産基盤など様々であり、森林への入り込み頻度や接近頻度は位置関係や利用形態等により大きく異なっている。
- 4 また、一般的には、森林からの土砂等の流出率は大きなものではないと推定され、粘土に固定された放射性セシウムは水に容易には溶解しないが、溶存態として移動する可能性など不明な部分もあることから、特に林縁及び森林流域末端部については、土砂等の移動状況等を把握しておくことが重要である。
- 5 このため、森林における放射性物質対策を計画及び実施する際には、森林の機能、空間線量率や利用形態、入り込み頻度、除去物の発生量等を勘案し、地域の実情に応じて適切な方法等を選択する*11とともに、優先順位を付けつつ、早期に取り組むことが重要である。

*10 森林の有する多面的機能（参考資料 P16）

*11 IAEA 除染に関する国際ミッション最終報告書（参考資料 P17）

(2) 具体的な対策と期待される効果等

- 1 放射性物質対策の方法については、これまでの調査及び実証試験等により以下のとおり、放射性物質の除去及び拡散抑制に資することが期待される。
 - ①落葉等堆積有機物及び枝葉等の除去については、空間線量率を引き下げるには当面、最も効果的な方法である。
 - ②立木の伐採及び搬出（間伐等による林床植生の成長促進を含む）については、空間線量率の低減効果、放射性物質の物理的な除去効果があり、間伐については、あわせて拡散抑制効果がある。
 - ③表土流出防止工については、森林から流出する土壌を抑制して放射性物質の拡散を抑制する効果があるが、その土のう等に使用する放射性物質の吸着材については、引き続き実証等を行う。
 - ④濁水防止工については、放射性物質を含む懸濁物質の捕捉効果が期待されることから、引き続き実証等を行う。
- 2 また、
 - ①落葉等堆積有機物及び枝葉等の除去については、住居等近隣の森林、住民等が日常的に入る森林等において、被ばく量の低減を図る観点から重点的に取り組む場合
 - ②皆伐については、住居等近隣において空間線量率を引き下げるため、落葉等堆積有機物の除去及び土壌保全措置を行った上、これらと一体的に実施する場合
 - ③間伐については、人工林の団地等において枝葉等も搬出する形態で放射性物質の低減と拡散抑制を行う場合等において特に有効であり、実施する地域・地区の特性を踏まえ適用することが重要である。
- 3 ほだ木の採取林等においては、落葉等堆積有機物の除去とあわせて、萌芽更新を行うことで、生産基盤としての森林機能の回復が期待されることから、引き続き実証等を行うこととしている。
- 4 これらの措置の適用に当たっては、現地の状況等に応じて各措置を組み合わせるとともに、作業に必要な路網を整備する。
- 5 なお、一般公衆の入り込み等の多い森林においては、林野火災が生じやすく、火災による放射性物質の大気中への拡散も懸念されることから、監視の強化、入林者への火気取扱指導、防火帯の整備等を適切に行うことが望ましい。

[解説]

- 1 森林内の放射性物質は、その多くが落葉等堆積有機物及び枝葉に付着している傾向にあることから、空間線量率を引き下げるには、落葉等堆積有機物及び枝葉等の除去が当面の最も効果的な方法であり、独立行政法人森林総合研究所の実証試験等からは、落葉等堆積有機物の除去を行うことで、空間線量率を 3-5 割程度低減できることが明らかとなっている*12。

なお、落葉等堆積有機物の除去は強い地表攪乱を伴い、土砂等の流出量が増加することから十分な土壌保全措置をとるほか、森林の有する国土保全等機能の維持発揮等とのバランスを考慮する必要がある。
- 2 また、枝葉については、特に林縁部の立木は着葉量が多く、かつ樹冠部分が外部環境と接しているため、放射性物質が多く付着している傾向にあるほか、住居等に隣接している場合が多いことから、落葉等堆積有機物の除去で空間線量率が十分に下がらない場合には、枝葉等の除去*13 を追加的に実施することが望ましい。

*12 落葉等除去による除染実証試験の概要（参考資料 P18）

*13 枝打ちによる放射線量低減に関する実証試験の概要（参考資料 P22）

- 3 スギ等の常緑樹には、枝葉に一定量の放射性物質が付着している傾向にあることから、立木を伐採して全木集材・搬出することで、追加的に空間線量率を引き下げ、放射性物質を物理的に森林外へ除去することが可能*14*15 となる。立木の伐採及び搬出を行う場合には、立木の配置状況や樹種等を勘案することが重要である。
- 4 皆伐については、森林の有する表土流出防止機能等が一時的に低下する可能性があることから、その適用に当たっては傾斜や隣接箇所の利用形態等に配慮するとともに、十分な土壌保全措置を講ずる必要がある。また、関係法令により更新が必要な森林等については、適切な造林を行う必要がある。
- 5 間伐については、放射性物質の物理的な除去効果に加えて、林床被覆が失われた人工林等の森林では、林床植生の成長促進を通じて、放射性物質を含む土壌の流出を抑制する効果が高くなる*16 ことから、空間線量率の比較的高い森林において効果的であり、また、持続的な森林経営と放射性物質の低減を両立させていくことができる。
- 6 林床植生が衰退した箇所、落葉等堆積有機物の除去により林床被覆を失った箇所等では、降雨時等の土壌侵食により懸濁物質として放射性物質が溪流等へ流出し、影響を及ぼす懸念は否定できないことから、当該箇所に必要に応じて表土流出防止工を施工することで、その拡散抑制を図ることが期待できる。
表土流出防止工とあわせて、ゼオライトなどの吸着材等を使用することで、土壌と吸着した放射性物質や、林内雨や樹幹流として降下する放射性物質の拡散抑制効果を向上させることも期待できるが、その適用については、落葉等堆積有機物の除去による土砂等の流出量増加と表土流出防止工による拡散抑制効果のバランス、構造や配置方法等について引き続き実証等を行うこととしている*17。
- 7 また、農業用ため池や取水口等の周辺において濁水防止工を設置することで、懸濁物質の流入リスクの低減を図ることも期待できるが、懸濁物質の捕捉状況、効果的な配置方法や構造等について引き続き実証等を行うこととしている*18。
- 8 なお、新たに路網を開設する場合には、一時的に土砂等の流出が増える傾向にあることから、土工量が少なくなるような線形とし、施工に当たっては土砂等の流出に留意するとともに、雨水による侵食が予想される箇所には敷砂利やウッドチップを散布するなど、土砂等流出の抑制に効果のある措置を適正にとることが望ましい。

*14 皆伐・間伐による放射性物質低減効果の実証試験の概要（参考資料 P23）

*15 伐採等による放射線量低減に関する実証試験の概要（参考資料 P30）

*16 人工林における収量比数と植被率及び土砂流出量（参考資料 P32）

*17 表土流出防止工による放射性物質の拡散抑制実証試験の概要（参考資料 P33）

*18 濁水防止工による放射性物質の拡散抑制実証試験の概要（参考資料 P38）

(3) 具体的な対策の選択

- 1 森林における放射性物質対策の選択に当たっては、基本方針も踏まえつつ、(1)のとおり、人の健康又は生活環境に及ぼす影響度合による森林の類型に応じた最も適切な方法を選択することが重要である。
- 2 具体的には、空間線量率や利用形態、入り込み頻度等現地の状況を踏まえつつ、以下を目安として選択することが推奨される。
 - ①放射線源としての影響が懸念される住居等近隣の森林については、落葉等堆積有機物及び枝葉等の除去、所要の表土流出防止工を行うことを基本とする。また、空間線量率の高いスギやヒノキ等の人工林において、立木の伐採及び搬出を行う場合には、落葉等堆積有機物の除去及び土壌保全措置を一体的に行う。
 - ②住居等近隣の森林以外の森林のうち、ほだ場、集落等と一体となった身近な生活環境の場など住民等が日常的に入る森林等、森林状態での利用を継続することにより、入林による被ばくが懸念される箇所等については、落葉等堆積有機物及び枝葉等の除去、所要の表土流出防止工を行うことを基本に、特に常緑樹林については枝葉等の搬出を含む間伐を組み合わせる。
 - ③上記以外の森林のうち人工林については、特に林床被覆が失われて土壌流出のおそれの高い箇所等において、枝葉等の搬出を含む間伐を行う。また、土壌の流亡状況等を勘案して表土流出防止工を組み合わせる。
- 3 その他森林については、放射線源としての影響、入林に伴う被ばくの影響等は小さく、放射性物質対策を講じる必要性は比較的低いものと考えられることから、引き続き、放射性物質の動態等を把握する。

[解説]

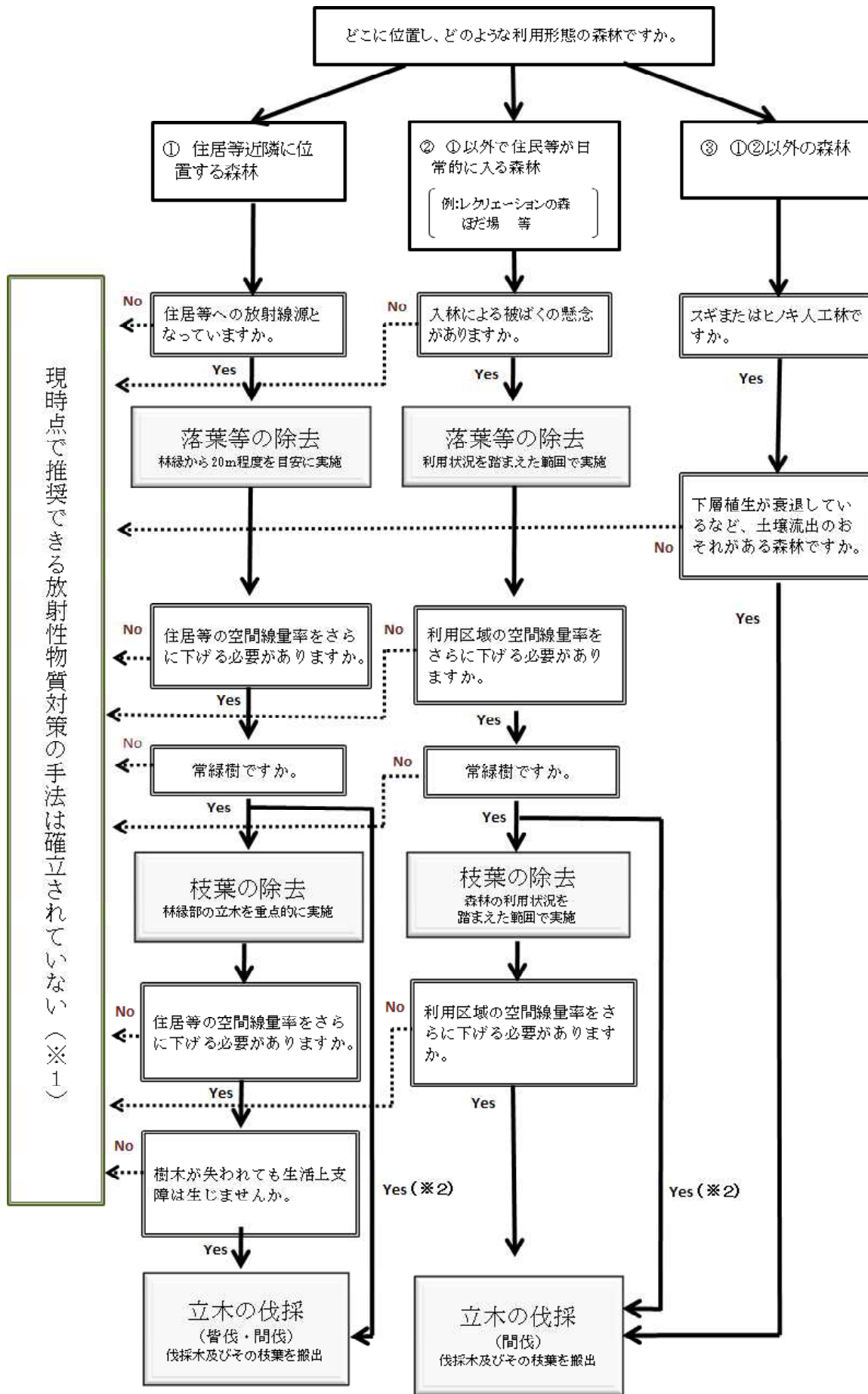
- 1 各措置の選択に当たっては、森林の汚染状況が樹種等により異なっていることを踏まえておく必要がある。具体的には、
 - ①コナラ・アカマツなどの落葉広葉樹二次林（いわゆる里山）では、落葉等堆積有機物に放射性物質の多くが付着していることから、空間線量率を引き下げるためには、落葉等堆積有機物の除去が最も効果的である。
 - ②スギやヒノキ等の常緑樹林では、枝葉にも一定量の放射性物質が付着していることから、空間線量率を引き下げるためには、落葉等堆積有機物及び枝葉等の除去、あるいは、特に住居等近隣においては皆伐を行うことが効果的である。
- 2 「住居等」には個人の住宅のみならず、学校や公民館等の公共施設、会社や事業所など人が一定の時間滞在する施設、通学路となっている道路、農地等も含む。
- 3 原子力災害対策本部により避難区域等に指定され、屋外での作業を控えることとされている区域以外の林業生産活動が可能な地域においても、通常の森林施業では行わない枝葉等を搬出することにより放射性物質の低減及び拡散抑制の効果が期待される。

4 各方法の詳細については第4に詳述するが、具体的な対策の選択に係る目安を表にまとめると下表のとおりであり、人の健康又は生活環境への影響度合による「森林のタイプ」に応じて、最も適切な方法を選択することが推奨される。

森林のタイプ 対策の目的 方法		住居等近隣の森林	住民等が日常的に入る森林 (森林のまま利用)	左記以外の森林 (特に人工林)
		一般公衆の被ばく軽減	入林による一般公衆 の被ばく軽減	放射性物質の除去 放射性物質の拡散抑制
落葉・落枝等の除去		林縁から 20m 程度を目安に、空間線量率の低減状況を確認しつつ範囲を決定	利用状況や利用区画の形状等を踏まえ、必要な範囲において実施	—
立木の伐採、搬出	皆伐	落葉等の除去とあわせて実施	—	—
	間伐	落葉等の除去とあわせて実施	落葉等の除去とあわせて実施	下層植生が衰退した人工林等で実施

※各対策とあわせ、必要に応じて表土流出防止工を組み合わせる実施

5 また、放射性物質対策の具体的な手法について、どのような森林において選択すべきかを判断するため参考を示すと、次頁の図のとおりとなる。ただし、本図は全ての森林に対して一律に適用するものではなく、地域の実情に応じて柔軟に、優先順位を付けながら進めていくことが必要である。



※1 人の健康や生活環境への放射性物質の影響の低減の観点から、対策の必要性が低いまたは推奨できる対策が存在しない場合を含む。

※2 立木の伐採により、枝葉も含めて除去する場合が想定される。

(4) 留意点

- 1 落葉等堆積有機物の除去及び皆伐については、土壌の流出による放射性物質の拡散を避けるため、必要な土壌保全措置をとることが重要である。
- 2 立木の伐採及び搬出の方法については、具体的な作業の方法等が確立されている一方、搬出される木材や枝条の量が大量となるため、この円滑な処理方法、資材やエネルギー等としての利用を検討することが重要である。

第4 放射性物質対策の実施

(1) 放射性物質対策の方法

① 落葉等堆積有機物の除去

i) 方法

- 1 落葉等堆積有機物の除去*19 に当たっては、地上高 1m の空間線量率を測定する。
- 2 落葉等堆積有機物の除去は、斜面上方から下方へと順にレーキ等で集め、土のう袋に詰めることにより行い、除去深は現地の状況等に応じて決定する。
- 3 堆積有機物の除去とあわせて、作業の支障となる下草や灌木の刈り払いを必要に応じて行う。
- 4 除去作業は、落葉樹林については一回、常緑樹林については放射性物質が付着した葉が落葉するまでの3-4年程度の間、複数回にわたり実施する。
- 5 除去作業は、林縁から 20m 程度の範囲を目安に行い、作業後の空間線量率の低減状況を確認しつつ、その範囲を決定する。
- 6 ほだ場、集落等と一体となった身近な生活環境など住民等が日常的に入る森林、等においては、除去範囲の決定に当たっては、林縁から 20m 程度の範囲を目安とするのではなく、その利用状況や利用区画の形状等を踏まえて、利用区画内全域とするなど適切に判断する。
- 7 路網が整備されていない森林においては、効率的な作業が可能となるよう、落葉等堆積有機物の除去作業とあわせ、必要な路網を計画、整備する。
- 8 上記のほか、「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施行規則（平成 23 年環境省令第 33 号）（以下「放射性物質汚染対処特措法施行規則」という）」及び、除染関係ガイドライン（平成 23 年 12 月環境省策定）による。

[解説]

- 1 森林土壌の構造や有機物の堆積状況は、母岩の種類や気象条件、地形、樹種構成等により様々であり、現地に応じて除去深を決定するが、土壌中の放射性物質のほとんどが表層土壌に留まっていることから、鉦質土壌までを除去するのではなく、落葉等堆積有機物を除去する。
- 2 落葉等堆積有機物の除去に先立ち、下草や灌木の刈り払いを行う際には、伐り捨て間伐木が林床にあり、その枝葉が作業の支障となる場合、あわせて刈り払いを行うこととするが、切り捨て間伐木を一箇所に集積して整理する必要まではない。
- 3 除去した落葉等の堆積有機物、刈り払った灌木等については、土のう袋等に詰めるが、そのまま詰めることの出来ないものについては裁断するか、長さ 2m 以内に切りそろえ、直径 30cm 程度の粗朶となるよう、ロープ等で結束する。

*19 落葉等堆積有機物の除去手順（参考資料 P41）

ii) 留意点

- 1 落葉等堆積有機物の除去に当たっては、森林の保全や放射性物質の拡散抑制の観点から、一度に広範囲で作業を実施することを避け、露出した土壌の流亡状況等を確認しつつ、その範囲を拡げていく。
- 2 急傾斜の森林等、落葉等堆積有機物の除去により土壌が流亡した、若しくは流亡するおそれのある場合には、林縁部に土のうを並べる等、土壌の移動や流亡を防ぐ措置を適切に行うものとする。
- 3 上層木の過密化により林床植生が衰退している人工林等については、落葉等堆積有機物除去による土壌の流亡状況等を観察しつつ、林床植生の生長促進を図るための間伐をあわせて実施することが望ましい。

[解説]

- 1 急な斜面の森林においては、落葉等堆積有機物の除去により、土壌が露出すると、降雨により土壌の流亡量が増加するおそれがあることから、土壌の移動や流亡を防ぐ措置を適切に行う必要がある。
- 2 土壌流亡等の防止措置をとる場合には、林縁部等に土のうを並べる、林内に木柵など表土流出防止工等を設置することにより行う。
- 3 土のうを並べる場合において小杭を必要とするときは、鋼棒を用い、土のう袋を貫通するよう打つ。
- 4 土のうの中詰材としては、袋が破損しないよう、草木、根株そのほか不腐物、石礫等を除くこととし、基本的には、小口を正面にして積む。

②枝葉等の除去

i) 方法

- 1 枝葉等の除去*20 に当たっては、その作業前後に地上高 1m の空間線量率を測定する。
- 2 枝葉等の除去は、梯子及び鉋等を使用した人力若しくは自動枝打ち機等を使用し、着葉量が多い林縁部周辺の立木*21 を重点的に行う。
- 3 枝葉等の除去は、立木の生長を著しく損なわない範囲で行うものとし、樹冠長の半分程度を目安に、可能なかぎり高い位置まで枝葉等を除去する。
- 4 上記のほか、放射性物質汚染対処特措法施行規則、除染関係ガイドラインによる。

[解説]

- 1 枝葉等の除去は、落葉等堆積有機物の除去とあわせて行うことが多いことから、作業前後の空間線量率の測定についても同時に行い、測定作業の効率化を図る。
- 2 間伐遅れの人工林では枝が枯れあがっており、除去可能な枝葉の量が少ないこと等から、枝葉の除去は、林縁部から 5m 程度 (1-2 列) の範囲にある立木について行う。
- 3 除去した枝葉は 30cm 以下に裁断して土のう袋等に詰める、若しくは一定の長さに裁断してロープ等でまとめる。

*20 枝葉等の除去手順 (参考資料 P43)

*21 警戒区域及び計画的避難区域における詳細モニタリングの結果 (参考資料 P44)

ii) 留意点

- 1 落葉樹の枝葉等除去については、放射性物質の付着状況から効果は限定的であると推測されることから、基本的には実施しない。
- 2 放射線源となっている森林に隣接する住居等が二階建て以上の場合、上層階の高さと樹冠部分の高さを考慮して、枝葉等の除去範囲を決定する。

[解説]

- 1 落葉樹林における放射性物質の分布状況は第2の(1)のとおりであり、葉における放射性物質の付着量は少ないことから、落葉樹の枝葉除去は基本的には実施しない。
- 2 放射線源となっている樹冠部分と住居等の位置(高さ)を考慮して、枝葉の除去範囲を決定することが重要であるが、樹冠の大部分にあたる枝葉の除去を行わなければ、高い空間線量率を低減させることが出来ない等の場合には、立木の伐採も含めて検討することが適当である。

③立木の伐採及び搬出

i) 方法

- 1 住居等近隣などの空間線量率の高いスギ等人工林において、立木の伐採及び搬出を行う場合には、間伐又は林縁部を主とする皆伐と落葉等堆積有機物の除去及び土壌保全措置とを一体的に実施する。
- 2 皆伐は、災害発生のおそれのある急傾斜地、取水箇所や湧水点等の周辺を避けるとともに、梅雨時期や台風時期の作業は行わない。
- 3 間伐は、樹木の配置状況、立木密度等を勘案して選木を行い、地形や傾斜、路網の整備状況等に応じて、基本的に全木集材により枝葉等についても森林外へ搬出する。
- 4 路網が整備されていない森林においては、効率的な作業が可能となるよう、立木の伐採作業とあわせ、必要な路網を計画、整備するものとする。
- 5 上記のほか、放射性物質汚染対処特措法施行規則による。

[解説]

- 1 伐採及び集材方法*22 については、地形や傾斜、路網の整備状況等を勘案して適切に選択することが重要であるが、放射性物質の付着した枝葉等を森林外へ搬出する、伐採・集材に伴う林床の攪乱による放射性物質の土壌深部への混入を避けるといった観点からは、地曳き以外での全木集材が望ましい。
その場合、路網からのロングリーチグラップル等の利用、ランニングスカイライン方式によるスイングヤード集材、タワーヤード等の架線系集材システム等の採用が適当である。
- 2 新たに路網を開設する場合には、一時的に土砂等の流出が増える傾向にあることから、土工量が少なくなるような線形とするとともに、施工に当たっては土砂等の流出に留意するとともに、雨水による侵食が予想される箇所には敷砂利やウッドチップを散布するなど、土砂等流出の抑制に効果のある措置を適正に取ることが望ましい。

*22 伐採・集材方法の事例（参考資料 P45）

ii) 留意点

- 1 間伐等については、林床植生の生長促進を図るため、一定の相対照度が確保できるよう配慮し、伐採率を決定する。
- 2 列状間伐による伐採幅が広がる場合には、伐採列への雨滴衝撃による土壌流出を抑制する観点から、必要な土壌保全措置をとることが重要である。

[解説]

- 1 相対照度とは、林外の照度に対する林内の照度を百分率で示したものであり、スギ、ヒノキの場合、生存限界の相対照度は5%以下、生長量が0となるのが5-8%程度、ある程度健全に生育するためには10%以上の相対照度が必要である。
- 2 通常、間伐は伐採率20-30%程度で行われ、森林内の光環境の改善には十分な効果があるが、林木の生長に伴い樹冠がうっ閉することから、間伐を繰り返していくことが重要である。

(2) 引き続き開発・実証を行う技術

表土流出防止工の土のう等に使用する吸着材及び濁水防止工については、放射性物質の拡散抑制技術としての観点から、構造や配置方法等について引き続き実証等を行うこととしている。一方で、これら工法については、森林土木技術として一般的に採用されていることから、既知の範囲で技術的事項を記載する。

①表土流出防止工

i) 方法

- 1 表土流出防止工については、治山等の工事で広く適用されており、引き続き実証等を行う土のう等の吸着材を除く、森林土木技術に係る従来の知見により明らかなものについては以下のとおりとする。
- 2 表土流出防止工は、林床被覆が失われた森林などにおいて土壌の流亡等を防止するために施工し、林床植生の状況、土壌条件、傾斜等に応じて、柵工、伏工、積み土のう工等適切な方法を選択する。
- 3 表土流出防止工の施工にあたっては、林床植生の生長促進を図るため、必要に応じ間伐等をあわせて行い、その方法は(1)の③に準ずるものとする。
- 4 柵工については、林床被覆が失われ土壌の流亡等のおそれがある森林等において、土砂の移動方向に対して直角になるよう設置する。
- 5 柵工は木柵工を基本とし、斜面勾配、背面土圧、施工経費等を考慮して適切に選定する。
- 6 伏工については、柵工の階段面又は階段間斜面等に必要に応じて併用する。
- 7 積み土のう工については、柵工や伏工と比較して緩傾斜の箇所を設置する。
- 8 土のうは、林床植生の状況、土壌条件、傾斜等に応じて段数を適切に選択し、土砂の移動方向に対して直角になるように並べ、必要に応じて小杭を使用して固定する。
- 9 上記のほか、治山技術基準（昭和46年3月27日付け46林野治第648号）を参考とする。

[解説]

- 1 表土流出防止工は、空間線量率を低減させるために落葉等堆積有機物の除去により林床被覆が失われた箇所、林床植生が衰退し土壌が流亡しやすい箇所等において実施することが望ましい。
- 2 柵工は木柵を基本とし、斜面に階段を切りつけずに直接設置して柵工背面には埋め土を行わず、土のう等を積むこととするが、斜面勾配や背面土圧、植生回復の見通し、費用等を勘案して、鋼板柵工や合成樹脂柵工など二次製品を利用したものも含めて最も適切な工法を選択することが重要である。
- 3 積み土のう工については、(1)の①のii)に準じ施工することとするが、林縁部等のみならず、表土が流出するおそれのある箇所に適切に施工する。
- 4 表土流出防止工の施工とあわせて、ゼオライト等の吸着材を中詰めした土のうやマット等を使用することで、土壌に付着した放射性物質の拡散抑制効果、林内雨や樹幹流として降下する放射性物質の吸着効果の向上を図ることが期待できることから、引き続き実証等を行っていくこととしている。

ii) 留意点

表土流出防止工とあわせて使用する吸着材の適用可能性については、落葉等堆積有機物の除去という強い地表攪乱を行った箇所等における土砂等の流出量増加と表土流出防止工による拡散抑制効果のバランス、構造や配置方法等について引き続き実証等を行うこととしている。

②濁水防止工

i) 方法

- 1 濁水防止工は、放射性物質を含む懸濁物質等の捕捉に対して適用可能な工法も考えられるが、その構造や配置等については引き続き実証等を行う必要があり、その適用可能性については以下のとおりである。
- 2 濁水防止工は、森林の荒廃状況、地形等の条件等を勘案して、懸濁物質等の流入を防止すべき箇所等において設置し、その吸着を図ることが考えられる。
- 3 濁水防止工の施工にあたっては、鋼製枠や布団かご等を選択し、中詰材には玉石・割石等の石材を使用する。
- 4 上記のほか、治山技術基準（昭和46年3月27日付け46林野治第648号）を参考とする。

[解説]

- 1 濁水は、主に山腹崩壊、崩壊斜面での雨水表面流による洗掘、河床に堆積した土砂の流送等に起因するものであり、その発生を防止するためには、崩壊斜面における表土流出防止工のほか、副ダムにより流水を一時滞留させて細粒土砂等を沈殿させる、鋼製枠等の床固工若しくは流路工により細粒土砂等を浄化する等の工法が、一般的な技術として採用されている。
- 2 我が国の森林における放射性物質の知見は、現時点では限定的なものに留まり、森林からの土砂等の流出率は大きなものではないと推定され、粘土に固定された放射性セシウムは水には容易には溶解しないが、溶存態として移動する可能性など不明な部分もあることから、農業用ため池や取水箇所等の周辺において、濁水防止工を設置することで、懸濁物質の流入リスクの低減を図ることが期待できる。
- 3 懸濁物質を濾過し濁水を浄化するためには、透水型の構造物とする必要があるが、流木や土石流の捕捉を目的としたスリット構造ではなく、鋼製枠や布団かご等を使用することが適切と考えられ、集水面積や流量、堆積土砂量等に応じて安定計算等を行い、具体の工法を決定することが重要である。
- 4 中詰材には玉石・割石等の石材を使用して構造物を安定させるが、水通しの天端部分等に、放射性物質が付着した懸濁物質を吸着することのできるゼオライト等の資材を使用することが有効であると考えられることから、実証等を行うこととしている。なお、この場合には、天端部分等をボルトで脱着可能な構造とするなど、土のうを定期的に交換できるようにすることが考えられる。

ii) 留意点

- 1 懸濁物質の流出防止効果は流域全体に及ぶものではないことから、懸濁物質の流入を防止すべき農業用ため池や取水箇所等の周辺であって、崩壊地を有する集水部等において、選択的に濁水防止工を設置することが重要である*23。
- 2 懸濁物質の捕捉状況、効果的な配置方法や構造等について引き続き実証等を行うこととしている。

【解説】

- 1 河川により流送される土砂等については河床に堆積するものも多く、流送される流域全体の懸濁物質のすべてを濁水防止工により捕捉することは難しいことから、濁水防止工を悉皆的に配置するのではなく、農業用ため池や取水箇所等の周辺に、地形や利水状況等を勘案して選択的に設置することが重要である。

*23 航空レーザ計測データの活用（参考資料 P46）

(3) 除去物の処分

- 1 除去物については、その発生見込み量を事前に計算し、仮置き場等を確保しておく。
- 2 仮置き場を確保するまでの間、住居等から離れた森林内等に現場保管する場合には、ビニールシートで覆うなど、除去物質の拡散防止措置を適切に行う。
立木の伐採及び搬出に伴う除去物を利用せず、山土場等に現場保管する場合には、樹幹部については造材・桧積みし、ブルーシート等で覆うことが困難なときは桧周辺に土のう等を並べる。
- 3 上記のほか、放射性物質汚染対処特措法施行規則、除染関係ガイドラインによる。
- 4 立木伐採により搬出される木材、枝条の量は大量となるため、この円滑な処理方法、資材やエネルギー等としての利用を検討することが重要である。

[解説]

- 1 森林の除染に伴い発生する除去物質の量は、樹種や林況等により大きく異なるが、一般的に落葉等堆積有機物及び枝葉等の除去で 20-140t/ha、平均すると 30-40t/ha 程度と見込まれる。
また、樹木の伐採及び搬出に伴う除去物に関して、福島県森林・林業統計書（平成 21 年度）によれば、民有林樹種別の材積は以下のとおりである。
○スギ人工林 579m³/ha
○アカマツ・クロマツ人工林 246m³/ha
- 2 現場保管に当たっては、杭や残存木等により、あらかじめ集積物が滑落しないよう措置した上で、ブルーシートを敷き、その上に土のうを 20 袋並べる。更に、その上に粗朶を組み上げ、雨水が浸入することのないよう、同じブルーシートでしっかりとくるみ、ロープで結束して梱包する。
- 3 梱包したシート、桧積みした樹幹部分及び除去した末木枝条については表面 1cm 及び、その周辺（距離 2m、高さ 1m の位置）の空間線量率を測定し、除去物の放射線量がどの程度か大まかに分かるよう、記録・表示する。

(4) 経費の積算

放射性物質対策に要する経費は、事業の目的を達成するために必要な事業実行にかかる費用とし、その積算に当たっては、樹種や地形、除去物の発生見込み量や現場保管の有無等を把握して適切に行う。

[解説]

1 落葉等堆積有機物及び枝葉等の除去にかかる費用は、樹種や地形等の林況により異なるが、林野庁においては国有林における除染事業推進のため、工程調査等を行い、予定価格積算要領等*24 をしており、経費の積算の参考とすることができる。

なお、落葉等堆積有機物及び枝葉等除去作業は、現時点では人力作業とせざるを得ないが、作業の効率化、作業者の被ばく量軽減のため、最適な作業システムの確立のため、機械化による技術開発を行っていくことが必要であり、当該積算要領等は今後の事業や技術開発の進展等により、見直しが想定されることに留意しておくことが重要である。

2 立木の伐採及び搬出、表土流出防止工、濁水防止工については、森林整備、森林土木技術にかかる知見が活用でき、以下の積算要領等を参考とすることができる。

①立木の伐採及び搬出

- ・森林整備保全事業設計積算要領の制定について（平成 12 年 3 月 31 日付 12 林野計第 138 号）
- ・森林整備保全事業標準歩掛の制定について（平成 11 年 4 月 1 日付 11 林野計第 133 号）

②表土流出防止工

- ・森林整備保全事業設計積算要領の制定について（平成 12 年 3 月 31 日付 12 林野計第 138 号）
- ・森林整備保全事業標準歩掛の制定について（平成 11 年 4 月 1 日付 11 林野計第 133 号）
- ・森林土木製造構造物設計等指針の制定について（平成 16 年 5 月 14 日付 16 林整計第 41 号）
- ・森林土木製造構造物設計等指針の解説等の制定について（平成 16 年 5 月 14 日付 16 林整計第 42 号）
- ・森林土木木製構造物暫定施工歩掛の制定について（平成 11 年 4 月 5 日付 11-8）

③濁水防止工

- ・森林整備保全事業設計積算要領の制定について（平成 12 年 3 月 31 日付 12 林野計第 138 号）
- ・森林整備保全事業標準歩掛の制定について（平成 11 年 4 月 1 日付 11 林野計第 133 号）

3 なお、一般的な労務単価・資材費を用いて、その直接事業費の例を示すと以下のとおりである。

①落葉等堆積有機物及び枝葉等の除去

- ・常緑針葉樹（スギ・ヒノキ）
VII 齢級以上・切り捨て間伐木処理なし・現場保管：約 160 万円/ha
VI 齢級以下・切り捨て間伐木処理なし・現場保管：約 100 万円/ha
- ・常緑樹（アカマツ・現場保管）：約 160 万円/ha
- ・落葉落葉樹（ナラ等・現場保管）：約 70 万円/ha
※間接事業費、一般管理費は含まない。

②土壌流亡等の防止措置（林縁部 1 列設置）：約 5 万円/10m

※間接事業費、一般管理費は含まない。

③立木の伐採及び搬出（福島県が定める造林補助金の標準単価）

- ・間伐（車輛系、間伐率 30%、搬出材積 50-60m³/ha） 42.5 万円/ha
- ・間伐（架線系、間伐率 30%、搬出材積 50-60m³/ha） 50.6 万円/ha
- ・更新伐（車輛系、間伐率 40%、搬出材積 50-60m³/ha） 43.8 万円/ha
- ・更新伐（架線系、間伐率 40%、搬出材積 50-60m³/ha） 51.6 万円/ha
※平成 23 年度単価、枝葉等の搬出・処理等にかかる費用は含まれていない。
※単価の社会保険料率等は 15%、一般管理費は含まない。

*24 国有林野に係る放射線量低減技術策定調査等委託費の執行について（23 林国第 115 号平成 23 年 12 月 7 日、国有林野部長通知）の（別添 1）森林除染事業請負予定価格積算要領の概要（参考資料 P48）

第5 作業上の留意点

- 1 除染作業を実施する場合には、放射線障害防止のために必要となる、被ばく管理、作業上の措置、健康診断等の措置を適切にとる必要がある。
- 2 その具体的な措置の内容等については、東日本大震災により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）*25（以下「除染電離則」という）及び、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（平成 23 年 12 月 22 日、厚生労働省策定）による。

[解説]

- 1 厚生労働省では、平成 23 年 10 月から「除染作業等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」（以下「専門家検討会」という。）を開催し、除染作業等に従事する労働者の放射線障害防止対策のあり方について検討を行った。
- 2 専門家検討会の報告書では、除染処理業務に就く労働者の放射線管理の方法、被ばく線量限度、被ばく防止のための措置等について、空間線量、作業内容及び放射性物質濃度に応じて定めたものとなっている。
- 3 従来、電離放射線障害防止規則においては、管理されている線源を中心に管理区域を設け、その範囲内で線量管理等を実施する考え方をとってきたが、線源が管理できない現存被ばく状況にある除染実施区域における除染等の業務について、専門家検討会の報告書を盛り込む形で、新たに除染電離則が制定された。
- 4 除染電離則では、①除染作業に従事する労働者の被ばく限度を 5 年間で 100mSv、かつ、1 年間で 50mSv（妊娠する可能性のある女性については 3 か月で 5mSv）、② 2.5 μ Sv/h 超の区域では個人線量計による外部被ばく線量の測定を行うこと、③粉じん濃度、汚染土壌の放射性物質濃度*26 に応じた内部被ばくの測定、保護具等の選択基準等を定めている。
- 5 なお、森林内においては土壌が湿潤であること等から、落葉等堆積有機物や枝葉の除去、伐倒などの作業に伴って高濃度の粉じんが発生する状況は想定されにくいですが、実際の現場作業の状況を十分に把握しておくことが重要である*27。
また、作業の効率化や被ばく量低減の観点から、可能なかぎり林業機械等を使用して作業を行うことが望ましい。

*25 除染電離則の概要（参考資料 P53）

*26 空間線量率と落葉層及び土壌の放射性物質濃度との関係（参考資料 P56）

*27 林内作業に伴う粉じんの発生状況等（参考資料 P57）

(別添)

森林の除染・放射性物質拡散防止等に関する検討委員会

委員名簿

恩田 裕一 筑波大学生命環境系 教授

仁多見 俊夫 東京大学大学院農学生命科学研究科 森林利用学専攻 准教授

船木 秀晴 福島県森林組合連合会 代表理事専務

星 正治 広島大学原爆放射線医科学研究所 教授

三浦 覚 森林総合研究所養分動態研究室 室長

渡邊 裕樹 福島県農林水産部森林計画課 課長

(五十音順、敬称略)