



テキスト版

森林・木材と放射性物質

福島の森林・林業再生に向けて

2014年

林野庁

はじめに

東京電力福島第一原子力発電所事故発生後、放射性物質の影響を受けた森林においては、国・県をはじめ様々な研究機関等による森林の放射性物質の動態把握や除染技術の開発、林業再生に向けた取り組みが進められています。これらの取り組みを進める中で、森林に拡散した放射性セシウムは、時間の経過とともに、物理学的減衰に加え、樹木の枝葉や幹などの地上部分から土壌へ移動しつつあること、樹木内部の辺材・心材については現在のところ放射性セシウムの濃度が高くなっていないことなどが明らかになっています。

引き続き、国や県、独立行政法人森林総合研究所などによって、森林の放射性物質の影響について様々な調査、研究が進められていますが、本書は、これまでに得られた成果をもとに、森林や、森林からの生産物である木材、きのこなどへの放射性物質の影響や福島県の森林・林業の再生に向けた取り組みについて総合的にとりまとめたものです。

放射性物質の影響を受けた森林・林業を再生していくためには、森林や木材などへの放射能の影響、実態等を継続的に調査・検証するとともに、得られた知見について、正確な情報を伝えることが重要であり、本書がその役割を果たし、森林・林業の再生、東日本大震災からの早期復興に寄与することを期待しております。

はじめに..... 3

1章 福島県の森林・林業

森林資源の現況 12

- 福島県の森林面積 12
- 民有林の樹種別森林面積 12

林業・木材産業のあらまし 14

- 森林整備の実績 14
- 林業産出額・生産林業所得推移と栽培きのこ類生産内訳 15
- 素材生産量 16
- 製材工場数 16

森林所有者、林業従事者の姿 17

- 林家数 17
- 林業研究グループ数 17
- 林業就業者数 17
- 森林組合及び作業班員、高性能林業機械の数 18

大震災と原発事故による森林・林業への影響 19

- 林業産出額の推移 19
- 森林整備面積の推移 20
- 森林とのふれあい施設利用者の推移 20

2章 放射能の基礎知識

放射能・放射線・放射性物質 22

- 放射能、放射線、放射性物質は、どう違うのでしょうか 22
- 空間線量率と地面からの放射線 23

放射線や放射線の単位 24

放射線計測の種類・方法 25

- 放射線量の測定 25
- 放射性物質濃度の測定 25

放射性物質による表面汚染の測定	26
測定機器	27

放射線の人体への影響 28

確定的影響と確率的影響	28
-------------	----

放射能の半減期 30

放射能の物理学的半減期	30
放射能の生物学的半減期	30

内部被ばくと外部被ばく 32

食品からの内部被ばくの量の計算の仕方	32
外部被ばくの量の計算の仕方	33

天然の放射性物質による被ばく 34

天然の放射性物質による内部被ばく、外部被ばく	34
体内にも存在する天然の放射性物質	34

3章 森林の放射能

福島県の森林広域調査①

空間線量率の分布状況 36

2013年度の地域別の空間線量率の測定結果	36
森林における空間線量率の分布の推移(2011～2013年度)	36

福島県の森林広域調査②

空間線量率の減衰 38

放射性セシウムと空間線量率の減衰の予測	38
継続モニタリング調査地の空間線量率の推移	38
空間線量率の物理学的減衰曲線と 森林モニタリング実測値との関係	38

福島県の森林広域調査③

空間線量率の分布予測 40

空間線量率の分布の予測(帰還困難区域、居住制限区域を除く)	40
-------------------------------	----

森林内の放射性物質の分布①	
空間線量率の変化	42
2013年のスギ林の空間線量率	42
空間線量率の変化	42
森林内の放射性物質の分布②	
スギ林内の部位別の放射性物質濃度	44
スギの葉・枝の放射性セシウム濃度	44
辺材・心材の放射性セシウム濃度	44
落葉層・土壌の放射性セシウム濃度	45
森林内の放射性物質の分布③	
樹種別の放射性物質濃度	46
葉・枝の放射性セシウム濃度の比較	46
辺材・心材の放射性セシウム濃度の比較	46
落葉層・土壌の放射性セシウム濃度の比較	47
森林内の放射性物質の分布④	
森林全体の放射性物質蓄積量と分布の変化	48
地上部と落葉層・土壌の放射性セシウム蓄積量の変化	48
部位別の放射性セシウム蓄積量	49
森林内の放射性物質の分布(まとめ)	
森林の放射性物質の動態変化	50
放射性セシウムは森林内に留まっている	50
森林の渓流水中の放射性物質	52
雪解け期	52
梅雨・秋期	52
濃度変化の理由	53

スギ花粉中の放射性物質	54
スギ雄花を採取・調査	54
空間線量率と雄花中の放射性セシウム濃度	54
放射性セシウムを含んだスギ花粉の人体への影響	55
林床のササの放射性物質濃度	56
ササ3種の葉及び地上稈 <small>ちじょうかん</small> の放射性セシウム濃度	56
ササ3種の齡別葉の放射性セシウム濃度	56
野生きのこの放射性物質濃度	58
同じ試験地で現れた放射性セシウム濃度の大きな差	58
きのこの放射性セシウム濃度と空間線量率との相関関係	58
森林動物の放射性物質濃度	60
ミミズの放射性セシウム濃度	60
小型哺乳類(ノネズミ類及び食虫類)の放射性セシウム濃度	61

4章 木材の放射能

木材(辺材・心材)中の放射性物質	64
木材(辺材・心材)中の放射性セシウムの調査内容	64
木材(辺材・心材)中の放射性セシウム濃度の変化	65
木材製品への放射性物質の影響	66
木材製品や工場の作業環境での放射性セシウムの影響	66
木材で囲まれた居室を想定した場合の試算結果	67
県産材製材品の表面線量の調査結果	69

5章 森林・林業再生に向けて

落葉等除去や伐採による線量低減効果	72
除去や伐採の方法	72
空間線量率の変化	72
森林整備による空間線量率低減効果	74
試験内容	74
作業による空間線量率の変化	74
皆伐による放射性物質等の移動	76
皆伐の試験地	76
各区画での放射性セシウム等の移動量	76
間伐等による放射性物質等の移動	78
作業実施箇所からの放射性セシウム等の移動量	78
放射性セシウム等移動量の経年変化	78
林床の被覆による放射線の遮蔽効果	80
林床被覆の施工条件	80
施工による空間線量率の低減	80
吸着材を活用した濁水防止工による 放射性物質拡散抑制効果	82
濁水防止工+吸着材による放射性セシウムの吸着	82
濁水防止工による放射性セシウムの吸着効果	82
放射性物質を含む丸太の土場周辺への影響	84
丸太を盛土で被覆	84
被覆の有無による空間線量率の変化	84

作業者の被ばく低減と作業の効率化①	
— 高性能林業機械の活用	86
作業者の被ばく線量を測定	86
機械の活用による作業者の被ばく低減	86
作業者の被ばく低減と作業の効率化②	
— 皆伐作業システムの選択	88
キャビン付高性能林業機械を活用	88
作業システムの異なる皆伐作業に伴う作業者の被ばく線量	88
バキューム装置による	
地表の放射性物質含有量の低減効果	90
手作業とバキューム活用で異なる工程	90
バキューム装置による地表の放射性物質含有量の低減効果	90
ぼう芽更新木に含まれる放射性物質の把握	92
ぼう芽更新木の放射性セシウム	92
樹体内での放射性セシウム量の変化	93
安全なきのこ生産に向けて	
放射性物質低減のための原木きのこ栽培管理に関するガイドライン	
.....	94
ガイドラインの主な内容	94
プルシアンブルーを用いた	
栽培きのこの放射性物質低減技術	100
栽培きのこの放射性セシウム吸収を抑える	100
山菜、野生きのこ・栽培きのこの出荷制限区域	102
基準値を上回る特用林産物は出荷を制限	102
山菜やきのこの出荷制限等の状況	102

森林での作業と放射線量の基準	
—放射線障害防止対策のガイドライン	108
ガイドラインの対象となる地域	108
森林での作業と放射線量	109
「除染等業務ガイドライン」	111
「特定線量下業務ガイドライン」	111
製材工場等の作業と放射線量	113
薪、木炭、木質ペレットの放射性物質濃度	114
薪、木炭、木質ペレットの管理	114
森林の除染の進め方	116
森林除染の基本方針に至るまでの流れ	116
エリア毎の状況に応じた対応を実施	116
森林・林業の再生に向けて	
—ふくしま森林再生事業	118
ふくしま森林再生事業の概要	118
森林・林業の再生に向けて	
—避難指示解除準備区域等における実証事業	120
森林整備再開に向けた実証市村の取り組み	120
索引	122
さまざまな情報源	126
福島県内 除染特別地域等	127



福島県の 森林・林業

1章

森林資源の現況

福島県の森林面積

福島県の総土地面積は137万8,000haで北海道、岩手県に次いで全国で3番目の広さを誇ります。その広大な県土の約70.7% (97万4,000ha) が森林に覆われており全国の平均森林率67.3%を上回っています。

森林のうち、人工林は33万9,000ha、天然林が57万9,000haを占めています。天然林率は59.5%で、全国平均(53.5%)に比べ、天然林の割合が比較的高くなっています(図1-1)。

保有形態別の構成をみると、国有林が40万9,000ha(42.0%)、民有林が56万5,000ha(58.0%)となっています(図1-2)。

また、民有林における齢級[※]別人工林面積(20万6,000ha)は、9齢級以下の育成途上にある若齢林が9万9,000haで、民有人工林の48.1%を占めています(図1-3)。

次に、流域別の森林率をみると、「会津流域(会津地方)」が82%、「奥久慈流域(東白川郡)」が78%、「磐城流域(浜通り地方)」が69%、「阿武隈川流域(東白川郡を除く中通り地方)」が57%となっています。

民有林の樹種別森林面積

民有林の樹種は、スギ、ヒノキなどの針葉樹の占める割合(41.2%)よりもクヌギやナラなどの広葉樹の占める割合(56.4%)のほうが大きくなっています(図1-4)。針葉樹ではスギの割合がもっとも大きく、次いでアカマツ・クロマツとなっていて、ヒノキの割合はあまり大きくないのが特徴です。

[※] 齢級：森林の年齢を5年の幅でくくったもの。人工林は、苗木を植栽した年を1年生とし、1～5年生を1齢級、6～10年生を2齢級と数えます。

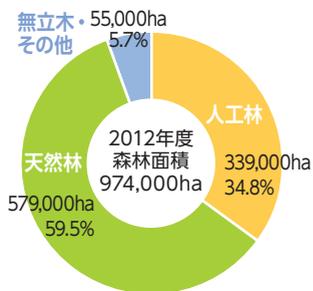


図 1-1 福島県の森林面積(2012年度)

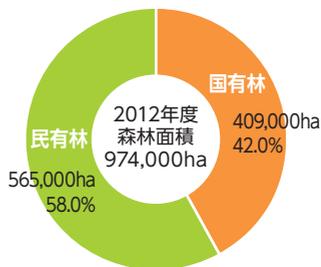


図 1-2 保有形態別の森林面積(2012年度)

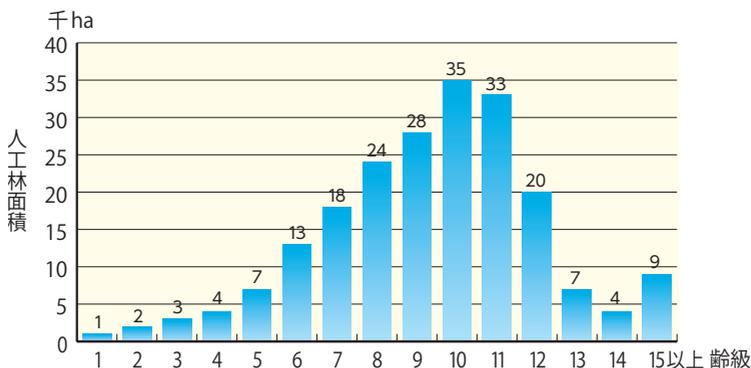


図 1-3 民有林年齢級別人工林面積(2012年度)



写真 1-1 福島県の広葉樹林

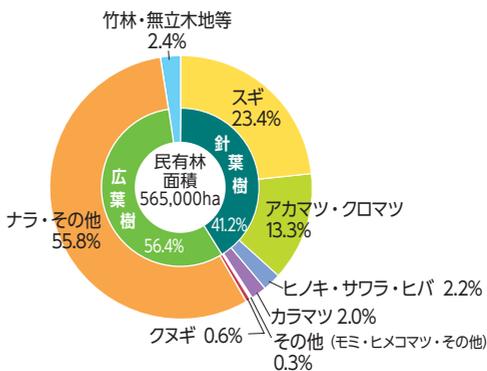


図 1-4 民有林の樹種別面積(2012年度)

資料：福島県「平成 25 年福島県森林・林業統計書(平成 24 年度)」、「福島の進路 2006.11」

林業・木材産業のあらまし

森林整備の実績

2012年度の間伐実績は4,123ha、人工造林実績は215haでした(図1-5)。人工造林は、年々減少を続けていましたが、2012年度は前年比4.9%増となりました。

森林整備は、健全な森林の育成を図り、森林の機能を高度に発揮させるため、造林、下刈、除伐、間伐等の一連の森林施業を実施するものです。特に、福島県の民有人工林の86%に相当する約17万7,000haが、5～12齢級の間伐等の必要な森林であるため、森林環境税等も活用し、間伐の実施に取り組み、健全で多様な機能を発揮できる森林整備を進めています。



* 2011年度実績には、2010年度繰越分(2,165ha、人工造林16ha)を含む。

注) 森林整備面積は、造林補助事業、森林農地整備センター、融資、福島県森林環境基金事業、自力で実施した整備面積を合計したものの。

図1-5 福島県の民有林の主な森林整備の推移

資料:福島県「平成25年福島県森林・林業統計書(平成24年度)」

林業産出額・生産林業所得推移と栽培きのこ類生産内訳

林業産出額の動向をみると、おおむね6割が木材生産、3割が栽培きのこ類生産で推移しています(表1-1)。

2010年の木材産出額をみると、全国第6位となっています。特に、広葉樹の産出額が多く、全国第3位です。

表1-1 林業産出額・生産林業所得推移(単位:千万円)

		林業産出額					生産林業所得
		計	木材生産	薪炭生産	栽培きのこ類生産	林野副産物採取	
福島県	1985	3,288	2,672	16	588	12	2,444
	1990	4,065	3,401	20	628	16	3,020
	1995	2,336	1,685	33	607	10	1,758
	2000	1,802	1,257	24	509	13	1,357
	2004	1,395	903	33	453	7	961
	2005	1,286	815	33	433	6	870
	2006	1,341	862	29	446	5	920
	2007	1,411	930	23	454	4	965
	2008	1,364	904	24	434	1	906
	2009	1,301	825	18	457	1	835
	2010	1,248	733	20	493	3	755
	2011	872	617	11	243	1	507
	2012	739	562	10	166	1	432
全国	2012	38,873	19,156	330	19,315	72	20,685
東北	2012	6,026	4,193	72	1,745	15	3,280

※四捨五入のため、合算値が合わないことがある。 資料：農林水産省「林業産出額」



菌床ナメコ栽培



シイタケ原木栽培

写真1-2 きのこ栽培の様子

また、豊かな森林環境と大消費地に近いという地理的条件を生かし、きこの栽培が盛んな土地であり、重要な産業となっています(p.15、写真1-2)。特に生シイタケとナメコの生産量が多く、2010年では、生シイタケは全国第7位、ナメコは全国第4位と、全国でも有数の生産県となっています。

資料：農林水産省「生産林業所得統計報告書」

素材生産量

2012年に県内で生産された素材は64万7,000m³となっています(全国第7位)。素材の用途別内訳は、製材向けが40万5,000m³、合板向けが2万m³、チップ向けが22万2,000m³となっています(図1-6)。

資料：農林水産省「木材需給報告書」

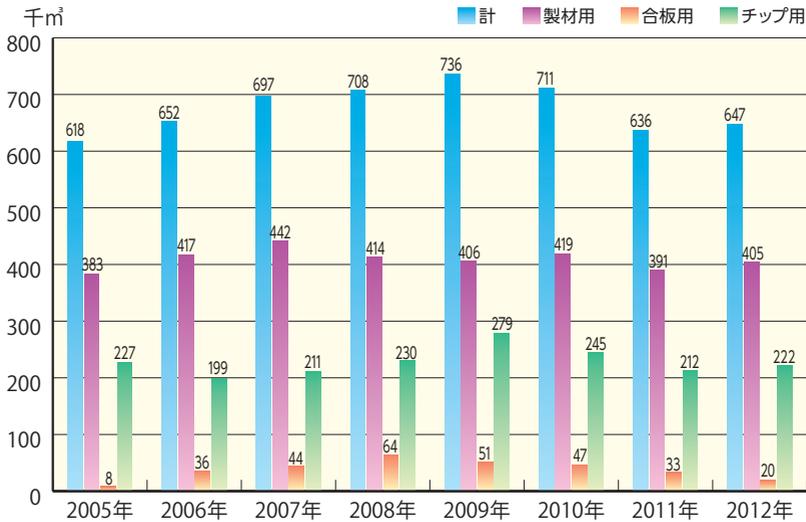


図1-6 福島県の用途別生産量の推移

資料：農林水産省「木材統計」

製材工場数

製材用動力の出力数7.5kW以上の工場は211工場あります。製材用動力の総出力数は1万9,286kWで、1工場当たりの出力数は91.4kWとなっています。

資料：農林水産省「木材需給報告書」

森林所有者、林業従事者の姿

林家数

2010年の「農林業センサス(農林水産省)」によると、福島県の林家(保有山林面積が1ha以上の世帯)は、4万2,415戸となっています。このうち農家林家(林家のうち農家であるもの)は3万2,606戸、非農家林家(農家でない林家)は9,809戸となっています。

林業研究グループ数

森林づくりの技術や経営改善、地域づくりや交流など森林・林業にかかわる活動を行う林業研究グループ(林研グループ)が、福島県内には34グループあります(2012年)。全グループの総会員数は864人(男性:751人、女性:113人)となっていて、全国第7位で林研活動が盛んなことがわかります。



農林複合経営に取り組む親子です。福島県は県土の70%が森林に覆われています。この森林資源を生かして、さまざまな経営を営む林家がいます。

写真1-3 福島県の林家

資料: 福島県「平成25年福島県森林・林業統計書(平成24年度)」

林業就業者数

2010年の国勢調査によると、林業就業者数は2,181人となっています(福島県の就業者総数93万4,000人の0.2%)。林業就業者数は減少が続いていましたが、2010年は2005年に比べ426人増えました(24.2%増)。

表1-2 福島県の年齢別林業就業者数 (15歳以上) (単位：人、%)

		計	15～ 24歳	25～ 34歳	35～ 44歳	45～ 54歳	55～ 64歳	65歳 以上
実数	1995	2,711	80	213	379	667	960	412
	2000	2,296	76	168	274	555	671	552
	2005	1,755	58	165	208	386	524	414
	2010	2,181	107	307	299	446	691	331
構成比	1995	100	3	8	14	25	35	15
	2000	100	3.3	7.3	12	24.2	29.2	24
	2005	100	3.3	9.4	11.9	22	29.9	23.5
	2010	100	4.9	14.1	14	20	32	15

※就業者：調査期間中（9月24日から30日までの1週間）、賃金、給料等の収入（現物収入含む）になる仕事を少しでもした人

資料：総務省「国勢調査2010」

年齢別にみると、15～64歳の各年代で人数が増加しており、特に15～44歳で顕著です。逆に65歳以上の人数は減少しています(表1-2)。



森林組合及び作業班員、高性能林業機械の数

2010年の森林組合は20組合となっていました。2011年に合併した森林組合があり、2012年は19組合に減少しています。

伐採木の枝払い、玉切り、集積を行うことができるプロセッサ。このような高性能林業機械を使って作業が進められています。

写真1-4 高性能林業機械による作業

森林組合の作業班員数は2010年は全部で538人であり、2012年は7人増え(18%増)、635人となっています。

資料：福島県「平成25年福島県森林・林業統計書(平成24年度)」

今、林業の現場では高性能林業機械等を使って、効率的に作業が行われています。福島県内で保有する高性能林業機械の合計は、206台(2012年末現在)となっています(表1-3)。

表1-3 福島県の高性能林業機械等の保有台数(2012年末現在)

	フェラーバンチャ	ハーベスタ	プロセッサ	スキッダ	フォワーダ	タワーヤーダ	スイングヤーダ	その他の高性能林業機械	合計
福島県	9	12	67	2	89	1	18	8	206
全国合計	113	1,075	1,451	148	1,513	143	810	425	5,678

大震災と原発事故による 森林・林業への影響

2011年3月11日に発生した東日本大震災と東京電力福島第一原子力発電所の事故によって福島県の森林・林業は大きな影響を受けています。

林業産出額の推移

福島県内の2012年の林業産出額は、大震災と原発事故前の2010年に比べて約6割となり、特に栽培きこの類の産出額は約3割と、大打撃を受けています。

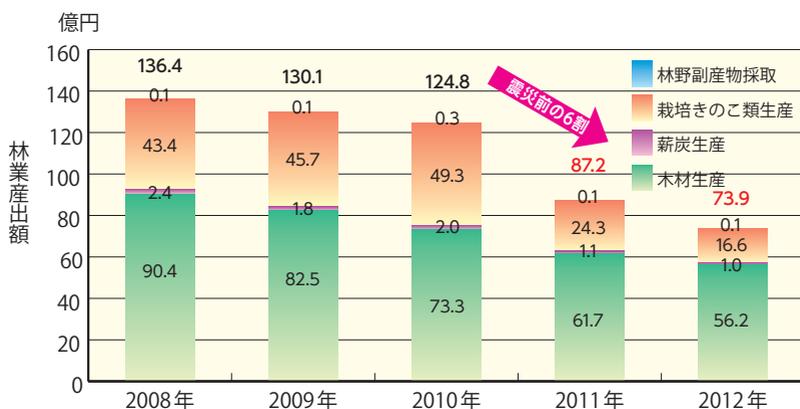
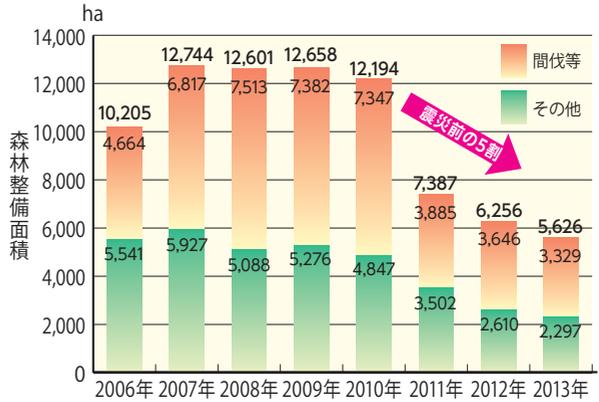


図 1-7 福島県の林業産出額の推移

森林整備面積の推移

大震災と原発事故の影響を受け、福島県内の森林整備面積（除伐、間伐、下刈、植栽、枝打ち、雪起こし、更新伐等）の実績は、震災前に比べて約5割に留まっています（図1-8）。これは、原子力災害による立入制限区域の指定や、放射能に対するリスク回避が影響していると考えられます。



注) 図1-8の森林整備面積は、造林補助事業、県森林環境基金事業による整備面積を合計したもの。間伐等は、除伐、間伐。その他は、植栽、下刈、枝打ち、雪起こし、更新伐等の施業。

図1-8 森林整備面積の推移

資料：福島県農林水産業振興計画進行管理

森林とのふれあい施設利用者の推移

大震災と原発事故の影響で、森林づくり活動への参加者数が減少しています。

ふくしま県民の森、福島県昭和の森、福島県緑化センターの県有3施設の利用者数は、震災前に比べて5割減少しました（図1-9）。2013年になって、少しずつ施設の利用者が回復する兆しがみえてきています。



図1-9 森林とのふれあい施設利用者の推移

資料：福島県「平成25年福島県森林・林業統計書（平成24年度）」



放射能の 基礎知識

2章

放射能・放射線・放射性物質

放射能、放射線、放射性物質は、どう違うのでしょうか

放射線を出す能力を「放射能」といい、この能力を持った物質を「放射性物質」といいます。これらを懐中電灯に例えると、光が放射線、懐中電灯が放射性物質、光を出す能力が放射能にあたります。

「放射線」は、物質を透過する力を持った光線に似たものです。放射性物質の種類の違いで、放出される放射線の種類も異なります(図2-1)。放射線にはアルファ(α)線、ベータ(β)線、ガンマ(γ)線、エックス(X)線、中性子線などがあります。これらの種類によって物を通り抜ける力が違うため、それぞれ異なる物質を用いることで、放射線を遮ることができます(図2-2)。

東京電力福島第一原子力発電所の事故の後、長期的な問題を引き起こしている放射性セシウム137は図2-1(例)のように反応(崩壊)し、ベータ線とガンマ線を放出します。

資料：消費者庁「食品と放射能Q & A」2013年9月2日(第8版)

放射性物質の種類	放射線
ヨウ素131 セシウム134 セシウム137	ベータ線と ガンマ線
ストロンチウム90	ベータ線
プルトニウム239	アルファ線

(例) セシウム137

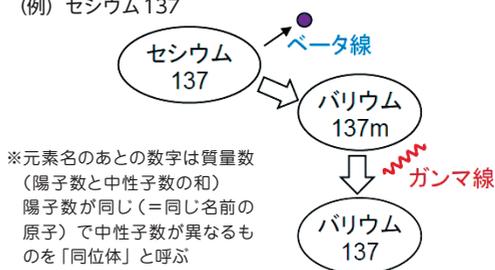


図2-1 放射性物質の種類と放出する放射線

資料：農林水産省「放射性物質の基礎知識」2012年2月

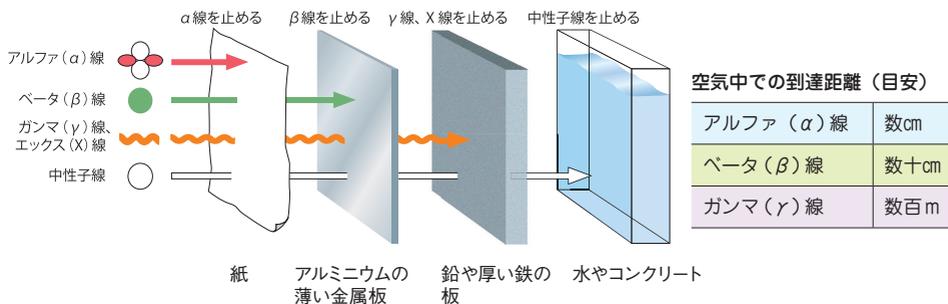


図2-2 放射線の種類と透過力

資料：資源エネルギー庁「原子力2010」

空間線量率と地面からの放射線

対象とする空間における単位時間当たりの放射線量を「空間線量率」といいます。表示単位は、一般的に $\mu\text{Sv/h}$ (マイクロシーベルト/時)を用います。

原発事故後に東日本において線量計で測られる空間線量率は、主に地面に付着した放射性セシウムからの放射線です。ガンマ線は空気中を数百m以上飛ぶので、地面から1mの位置に置いた線量計には主に数十m四方の地面の放射性物質からの放射線がやってきます(図2-3)。

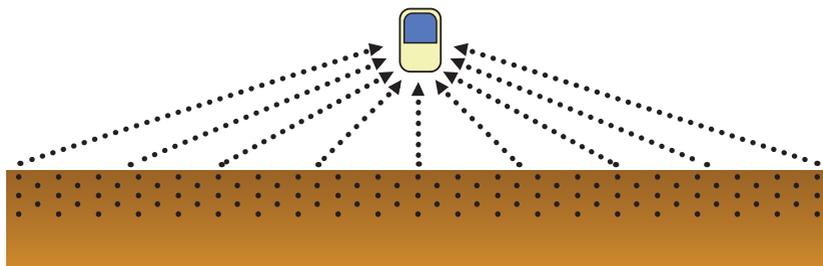


図2-3 空間線量率と地面の放射性セシウム

資料：「やっかいな放射性物質と向き合って暮らしていくための基礎知識」(田崎清明HP)

放射能や放射線の単位

放射能や放射線を表す単位に「Bq(ベクレル)」や「Sv(シーベルト)」があります。

「Bq」は放射能の強さ(1秒間に崩壊する原子の数)を表しています。一方、「Sv」は、人が受けた放射線の影響を表す単位です。

放射性物質の種類によって、放出される放射線の種類とエネルギーが異なるため、同じBqの値でも、人の体に与える影響の大きさに違いがあります。そのため、人間が放射線を受けた場合の影響度を示す共通の単位として、Svという単位を設けて、人体への影響を統一的に表せるようにしているのです。Svの数値が同じであれば、人体に与える影響の程度は同じということです。

放射能や放射線を表す単位とその意味を表にまとめました(表2-1)。

表2-1 放射能や放射線を表す単位

単位	意味すること
Bq (ベクレル)	放射能を表す単位で、1秒間に崩壊する原子の数。
Gy (グレイ)	放射線が当たった物質が吸収したエネルギー量を示す。1Gyは物質1kgあたりに1J(ジュール:エネルギー量を示す単位)のエネルギーが吸収されたことを意味する。
Sv (シーベルト)	人が受けた放射線の影響を示す単位。放射線の種類によって影響が異なることなどを考慮してある。1時間当たりなのか(Sv/h)、1年当たりか(Sv/y)などに注意する必要がある。1Sv = 1,000mSv(ミリシーベルト) = 1,000,000 μ Sv(マイクロシーベルト)
cpm (シーピーエム)	ガイガーカウンタなどの放射線測定器に示される値で、1分当たりの計数値。cpmは、counts per minute(カウントパーミニット)の略。

資料: 独立行政法人放射線医学総合研究所「放射線被ばくに関するQ & A」2013年11月11日、農林水産省「放射性物質の基礎知識」2012年2月、公益財団法人放射線計測協会HP「放射線計測Q & A」

放射線計測の種類・方法

放射線計測は何を計測するかでその方法が異なります。ここでは「放射線量」「放射性物質濃度」「放射性物質による表面汚染」の計測について解説します。

放射線量の測定

日常の生活空間で放射線量を測定したい場合には、 $\mu\text{Sv/h}$ の表示がある放射線測定器(線量率計)を使用します。

一般的に入手可能な簡易型のガンマ線線量率計としては、ガイガーカウンタ(GM計数管)、ヨウ化セシウム(CsI)シンチレーション検出器などがあります。

また、放射線を取り扱う施設では、エネルギー補償型[※]のヨウ化ナトリウム(NaI)シンチレーション検出器や電離箱検出器も用いられています。

[※]エネルギー補償型：同じ数のガンマ線が体に当たったとしてもガンマ線のエネルギーによって人体への影響が異なるため、ガンマ線のエネルギーを考慮したシーベルト値を表示するような仕組みを電氣的、構造的に持たせてある測定器のこと。

放射性物質濃度の測定

放射性の元素(核種)の多くはそれぞれ決まったエネルギー値のガンマ線を出すので、ゲルマニウム(Ge)半導体検出器やヨウ化ナトリウム(NaI)シンチレーション検出器を用いてガンマ線のエネルギースペクトル(エネルギー分布)を測定して、核種ごとの濃度を測定することができます。

ただし、これらの測定器を用いて放射性物質濃度の測定評価をするため

には、高価な装置が必要であり、また専門的な知識が必要です。

放射性物質による表面汚染の測定

私たちの体の皮膚や車のボディなどの表面に付着した放射性物質による汚染の状況を測定したい場合には、cpmまたはcps^{※1}といった計数率^{※2}の表示がある測定器を使用します。

簡易型の表面汚染検査計としては、ほとんどがガイガーカウンタ (GM 計数管) です。

計数率 (cpm) から正確な放射能 (Bq) を求めるには、さまざまな条件を確定する必要があります。通常、測定結果である cpm が測定したいものの表面からのものなのか、試料の内部からのものなのかの判断や表面汚染の均一性など不確定な要素が多いことから、表面汚染の評価結果 (例えば cpm) は、放射能レベル (Bq) を算出するためではなく、放射線管理上の表面汚染の基準を満たしているか否かの判断材料 (目安的な放射能値) として用いられています。

放射能を表す Bq を表示する簡易測定器もありますが、この数値自体が対象物に含まれる放射性ヨウ素や放射性セシウムなどの放射能の値を正確に示しているものではないことに注意が必要です。

表2-2 cpm (測定値) から Bq/cm²、 μ Sv/h への換算の例

計測器の指示値 (バックグラウンドを差し引いた値) (cpm)	放射能面密度 (Bq/cm ²)	線量当量率 (μ Sv/h)
0	0	0
10	0.04	0.00033
100	0.4	0.0033
1000	4	0.033
10000	40	0.33
100000	400	3.3

資料：独立行政法人産業技術総合研究所ホームページ

ここまで本文の資料：公益財団法人放射線計測協会 HP「放射性計測 Q&A」

※1 cps(シーピーエス)：counts per secondの略で、1秒当たりの計数値のこと。

※2 計数率：放射線測定器が、1分間、1秒間などの単位時間あたりに計数した数を計数率という。

測定機器

測定機器はこれまで紹介してきたように、空間線量率を測定するものと、放射性物質濃度を測定するものに分かれ、さまざまな種類があります。

環境省「放射能濃度等測定方法ガイドライン」(平成25年3月第2版)では、空間線量率の測定は、1年以内に校正※されたシンチレーション式サーベイメータ等のガンマ線を測定できる空間線量計により行うこととしています。放射性物質濃度の測定は、一部の場合を除き、ゲルマニウム半導体検出器により行うとしています(写真2-1)。

資料：環境省「放射能濃度等測定方法ガイドライン」(平成25年3月第2版)

※校正：計測器の読み値と、測定の対象となる真の値との関係を比較する作業。測定器の読み値のずれを把握することで、正確な測定ができる。



空間線量率の測定機器
シンチレーション検出器。簡易型のガンマ線線量率計としてNaIシンチレーション式サーベイメータ。



放射性物質濃度の測定機器
ゲルマニウム(Ge)半導体検出器。ガンマ線のエネルギースペクトル(エネルギー分布)を測定して、核種ごとの放射能濃度を測定することができる。

写真2-1 放射線計測に用いる機器

写真：独立行政法人森林総合研究所

放射線の人体への影響

放射線による生物への影響は、放射線のエネルギーによって、細胞内の遺伝子(DNA)が損傷を受けることによって起こります。しかし、生物はDNAの損傷を修復する仕組みや、異常な細胞を取り除く仕組みを持っているため、ある程度までの損傷は修復することができます。また、修復されない細胞のほとんどが細胞死して健康な細胞に入れ替わります。

このため、私たちは常に自然の放射線を受けているにも関わらず、普段の生活では健康への影響を特段意識することなく生活しています(図2-4)。しかし、一度に大量の放射線を受けると、細胞死が多くなり、体の組織に急性の障害が起きるなどの健康影響が出ることになります。

資料：消費者庁「食品と放射能Q & A」平成25年9月2日(第8版)、農林水産省「放射性物質の基礎知識」平成24年2月

確定的影響と確率的影響

放射線の人体への影響のあり方には、「確定的影響」と「確率的影響」があります(図2-5)。

「確定的影響」とは、一定以上の量の放射線を受けた場合に症状が現れ、放射線量が高いほど症状が重くなるような健康影響です。被ばく後、短時間で症状が現れる脱毛症や永久不妊、長時間経過後に症状が現れる白内障などがあります。それぞれの健康影響(症状)が現れる最も低い放射線量を「しきい値」と呼びます。

「確率的影響」とは、しきい値が無く放射線量が高いほど発生する確率が増加するとされている健康影響です。影響には、がん、遺伝的影響があり、被ばく後、数年以上を経て現れます。

資料：農林水産省「放射性物質の基礎知識」平成24年2月

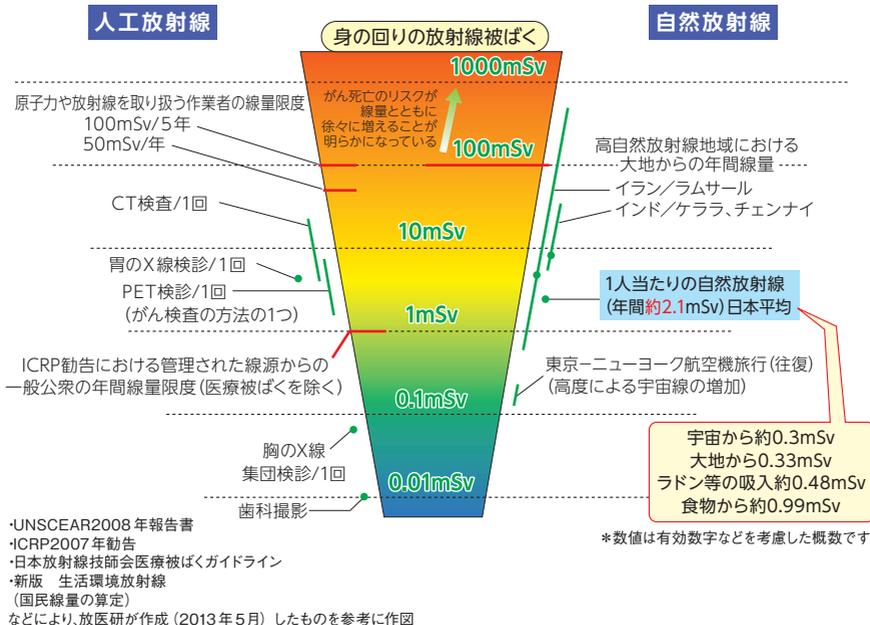


図2-4 日常生活と放射線

資料：独立行政法人放射線医学総合研究所HP「放射線被ばくの早見図」

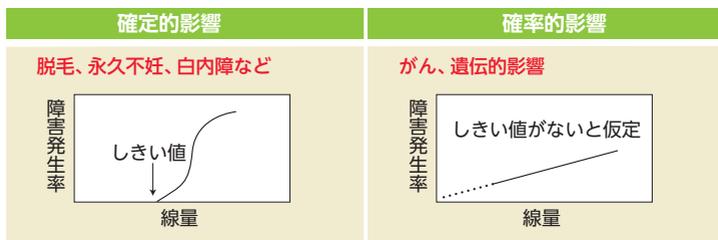


図2-5 確定的影響と確率的影響

資料：農林水産省「放射性物質の基礎知識」2012年2月

放射能の半減期

放射能の物理学的半減期

放射性物質は、自然界に永遠に残るものではありません。放射性物質は放射線を放出して別の原子核に変化し、最終的には放射性物質ではなくなります。元の放射性物質の原子核数が半分に減少するまでの時間は種類によって異なります。例えば、セシウム134の場合は約2.1年、セシウム137は約30年です。この物理的減衰によって放射能が半分になる期間を「物理学的半減期」と呼びます(図2-6)。

放射能の生物学的半減期

食品などと一緒に体内に取り込まれた放射性物質は、体内で一部血中に入り、呼気や汗、あるいは便や尿などの排せつによって体外に出されます。こうした過程により、体内の放射性物質が半分に減少するまでの時間を「生物学的半減期」と呼びます。

生物学的半減期はおおよそ、ヨウ素131は乳児で11日、5歳児で23日、成人で80日です。セシウム137は、1歳までは9日、9歳までは38日、30歳までは70日、50歳までは90日です。そのため、50歳の方が物理学的半減期が30年と長いセシウム137を体内に取り込んだとしても、約3か月でその半分は体外に排出されることとなります(表2-3)。

物理学的半減期 放射性物質が、放射線を放出して別の原子核に変化し、半分に減るまでの期間。

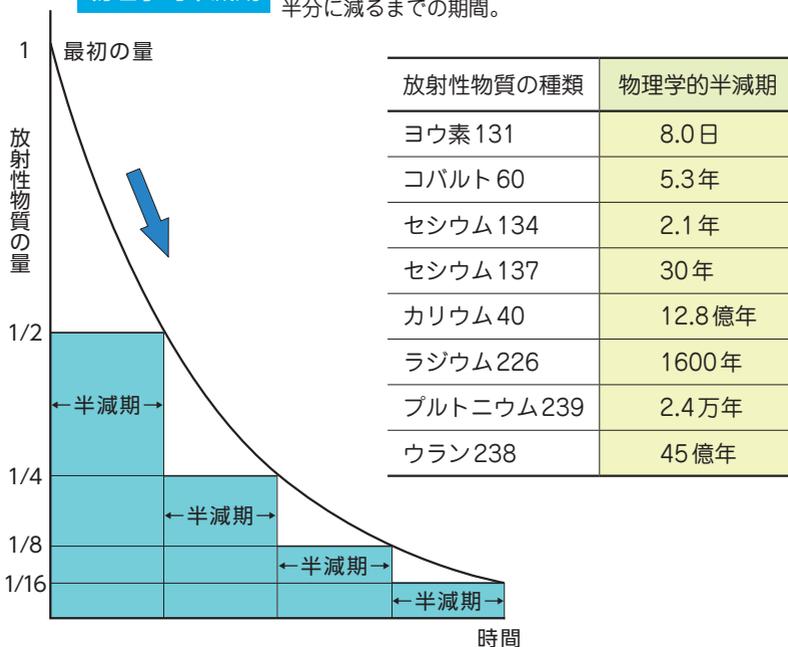


図 2-6 物理学的半減期

表 2-3 放射性物質の半減期

	ヨウ素 131	セシウム 134	セシウム 137
物理学的 半減期	8.0日	2.1年	30年
生物学的 半減期 (ヒト(全身))	乳児：11日 5歳児：23日 成人：80日	1歳児まで：9日 9歳児まで：38日 30歳まで：70日 50歳まで：90日	

表・図の資料：農林水産省「放射性物質の基礎知識」2012年2月

内部被ばくと外部被ばく

人が放射線を体に受けることを被ばくといいます。

「内部被ばく」は、空気中や食品、水に含まれる放射性物質が呼吸や飲食などによって体の中に入り、体内に入った放射性物質が出す放射線を体内で受けることです。内部被ばく線量は、呼吸や摂取した水、食品中の放射性物質の種類とその物理学的半減期及び量、摂取経路、代謝などによる減少の程度すなわち生物学的半減期によって決まります。

「外部被ばく」は、放射性物質が体の外にあり、体外から放射線を受けることです。外部被ばく量は、空間線量率と被ばくした時間によっておおまかに推計することができます。

外部被ばく	内部被ばく
<p>自然放射線 宇宙線や大地からの放射線</p> <p>医療用放射線 X線撮影など</p> <p>原発事故などで放出された放射性物質からの放射線</p> 	<p>空気中の放射性物質</p> <p>呼吸</p> <p>水・食品中の放射性物質</p> <p>食事</p> 
<p>外部被ばくから身を守るには・・・</p> <ul style="list-style-type: none"> 放射性物質から距離をとる 放射線を受ける時間を短くする 放射線をさえぎる 	<p>内部被ばくから身を守るには・・・</p> <ul style="list-style-type: none"> 放射性物質を体内に取り込まないようにする

図2-7 外部被ばくと内部被ばく

食品からの内部被ばくの量の計算の仕方

食品中の放射性物質からの1年間の内部被ばくの量(放射性物質が体内に残っている間に、人が受ける内部被ばくの総線量)は、次のように計算することができます。

〈計算式〉

内部被ばくの量 (mSv/y)

$$= \text{食品中の放射性物質濃度 (Bq/kg)} \times \text{食品の年間摂取量 (kg/y)} \times \text{実効線量係数}^{\ast} \text{ (mSv/Bq)}$$

※実効線量係数：放射性物質の種類(核種)や摂取経路、年齢区分(成人・幼児・乳児)毎に、放射性物質の半減期や体内での動き、放出する放射線の種類とエネルギーなどから決められています。

外部被ばくの量の計算の仕方

地域の空間線量率から1年間の外部被ばくの影響をおおまかに推計したいときは、次のように計算することができます。

〈計算式〉

外部被ばくの影響 ($\mu\text{ Sv/y}$)

$$= \text{地域の空間線量率} (\mu\text{ Sv/h}) \times \{ \text{屋外で過ごした時間} + (\text{低減係数} \times \text{屋内で過ごした時間}) \} \times 365 \text{ 日}$$

〈事例の設定〉

1日のうち8時間程度を屋外で、16時間程度を屋内(木造家屋)で過ごした場合の外部被ばく量を計算してみます。

空間線量率(平均値)が $1 \mu\text{ Sv/h}$ で、この値が1年間続いたとします。屋内で過ごす間に受ける線量は、空間線量率に低減係数を乗じます。低減係数は、木造家屋内は0.4、ブロックやレンガ造りの家屋内は0.2など、規定されています。

〈事例の計算〉

$$1 (\mu\text{ Sv/h}) \times \{ 8 \text{ 時間} + (0.4 \times 16 \text{ 時間}) \} \times 365 \text{ 日} \\ = 5,300 \mu\text{ Sv/y} = 5.3\text{mSv/y}$$

資料：農林水産省「放射性物質の基礎知識」2012年2月、「低減係数」については原子力安全委員会「原子力施設等の防災対策について」

天然の放射性物質による被ばく

天然の放射性物質による内部被ばく、外部被ばく

天然の放射性物質は、これまでも食品中に含まれていました。もっとも多いのはカリウム40です。日本人が食品中にある天然の放射性物質を摂取することによる内部被ばく量は、平均して年間0.99mSv程度です。これに、空気中のラドンによる内部被ばくや、宇宙や大地からの外部被ばくを合わせた自然放射線からの被ばく量は、日本では年間2.1mSv程度です。

体内にも存在する天然の放射性物質

カリウムは全ての動植物に必要な元素で、自然界にはカリウム39、40、41の3つの同位体(原子番号が同じで質量数が異なる原子)があります。カリウム39、41は放射線を出しませんが、わずかに(0.01%程度)含まれるカリウム40は、ベータ線とガンマ線を放出します。つまり、人体には、常にカリウム40という放射性物質が存在しており、放射線が出ているのです。

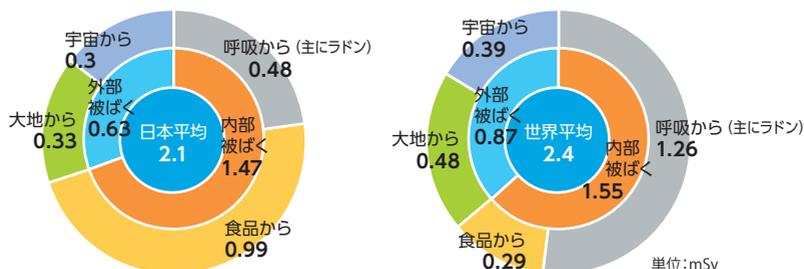


図2-8 1年間に受ける自然放射線

資料: 2008年国連科学委員会報告、原子力安全研究協会「新版 生活環境放射線」2011年

森林の放射能

3章



福島県の森林広域調査①

空間線量率の分布状況

福島県は2011～2013年度に、延べ2,293か所の森林において、放射性物質のモニタリングを実施しています。調査項目は、樹木や土壌などの放射性セシウム濃度や調査地点の空間線量率などです。

2013年度の地域別の空間線量率の測定結果

2013年度*のモニタリングでは、帰還困難区域と居住制限区域を除く福島県の森林の空間線量率の平均値は、 $0.60 \mu\text{Sv/h}$ でした。最大値は、相双の $3.43 \mu\text{Sv/h}$ 、最小値は南会津の $0.05 \mu\text{Sv/h}$ です。

県北($2.18 \sim 0.11 \mu\text{Sv/h}$)、相双($3.43 \sim 0.21 \mu\text{Sv/h}$)、いわき($2.14 \sim 0.12 \mu\text{Sv/h}$)の各地域では、調査地点によって空間線量率に大きなばらつきがみられました。また、会津、南会津は全て $0.23 \mu\text{Sv/h}$ 未満でした。

2013年度から、避難指示区域内(避難指示解除準備区域のみ)の調査も開始されました。避難指示解除準備区域内(65か所)の空間線量率の平均値は、 $0.99 \mu\text{Sv/h}$ でした。避難指示解除準備区域内と、その周辺の空間線量率も徐々に低下しています。

*図3-1の[2014年3月1日現在]

森林における空間線量率の分布の推移(2011～2013年度)

2011年度と2013年度の空間線量率を比較すると、 $1 \mu\text{Sv/h}$ 以上の区域は、35%から13%(調査箇所数比)に減少し、 $0.23 \mu\text{Sv/h}$ 未満の区域は、12%から19%(調査箇所数比)に増加しています。

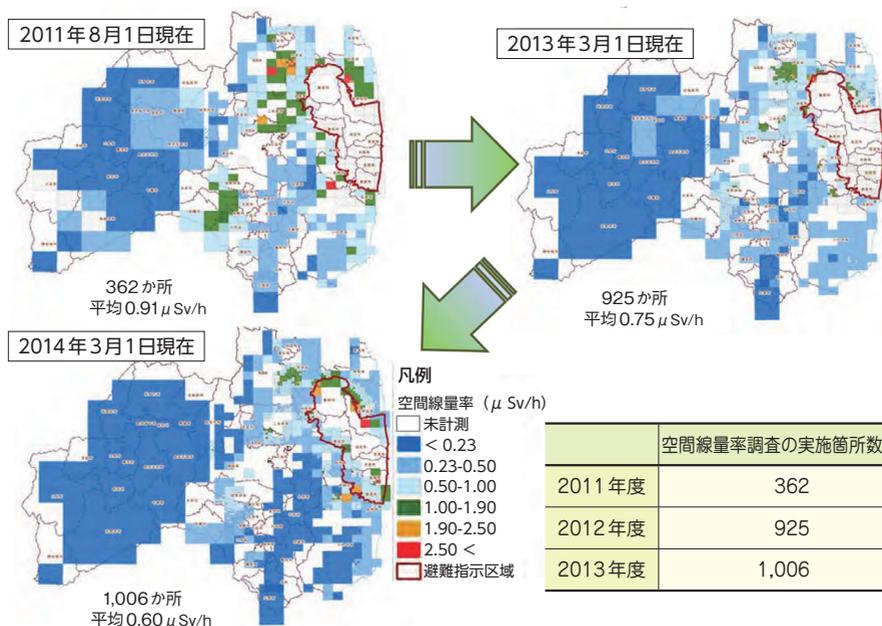


図3-1 森林における空間線量率の分布の推移

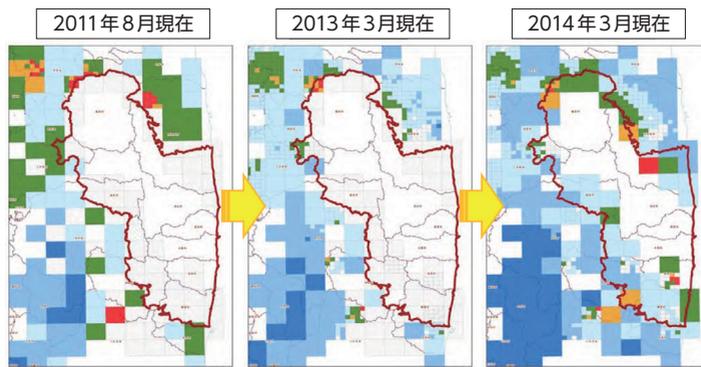


図3-2 避難指示解除準備区域内とその周辺の空間線量率の推移
(2011～2013年度) 凡例は図3-1に同じ

資料：福島県森林計画課「森林における放射性物質の状況と今後の予測について」
2014年4月30日

福島県の森林広域調査②

空間線量率の減衰

放射性セシウムと空間線量率の減衰の予測

福島県では、「福島第一原発事故直後の福島県中通りにおける放射性物質の飛散状況はどのようなものだったか—事故直後に行われた高エネルギー加速器研究機構と理化学研究所の合同チームによる調査結果—」の資料を基に、2041年までの放射能(セシウム134とセシウム137の放射能の合計)と空間線量率の減衰割合を表3-1のように推計しました。

継続モニタリング調査地の空間線量率の推移

福島県の森林で、2011年度より継続的にモニタリングを行っている調査地362か所のデータを2013年度の結果と比較したところ、空間線量率の低減率は約48%でした(表3-2)。

空間線量率の物理学的減衰曲線と森林モニタリング実測値との関係

空間線量率の物理学的減衰曲線と、2011年度より実施している森林でのモニタリング実測値(362か所の平均値)をグラフに重ねてみました(図3-3)。森林内の空間線量率の実測値は、物理学的減衰とほぼ同じように低下していることがわかります。この結果から、今後も物理学的減衰と同じように森林の空間線量率も低下していくことが見込まれます。

なお、物理学的減衰は、雨で流されたり地中に浸透したりする影響

(ウェザリング効果)を考慮していません。

表3-2 2011年度からの継続調査地の空間線量率 (362か所集計)

(単位: $\mu\text{Sv/h}$)

	平均値	最大値	最小値
2011年度	0.91	4.32	0.09
2012年度	0.62	2.58	0.07
2013年度	0.44	2.18	0.05

2011年度からの平均低減率は2012年度に約32%、2013年度に約48%低減。

表3-1 2041年までの放射能と空間線量率の減衰割合の推計(物理学的減衰)

(単位:2011年を100とした時の割合(%))

経過年数(年次)	放射能の減衰	空間線量率の減衰
0	2011	100.0
1	2012	84.2
2	2013	72.7
3	2014	64.3
4	2015	58.1
5	2016	53.4
6	2017	49.8
7	2018	47.0
8	2019	44.7
9	2020	42.8
10	2021	41.2
11	2022	39.9
12	2023	38.7
13	2024	37.6
14	2025	36.6
15	2026	35.6
16	2027	34.7
17	2028	33.9
18	2029	33.1
19	2030	32.3
20	2031	31.5
21	2032	30.8
22	2033	30.1
23	2034	29.4
24	2035	28.7
25	2036	28.1
26	2037	27.4
27	2038	26.8
28	2039	26.2
29	2040	25.6
30	2041	25.0



図3-3 2021年までの森林の空間線量率の予測
(放射性セシウムの物理学的減衰曲線とモニタリング実測値の関係)

資料：福島県森林計画課「森林における放射性物質の状況と今後の予測について」
2014年4月30日

福島県の森林広域調査③

空間線量率の分布予測

福島県は、2011～2013年度の森林のモニタリング結果を基に、今後の空間線量率を予測しました。

空間線量率の分布の予測 (帰還困難区域、居住制限区域を除く)

3年間の空間線量率は、放射性物質の物理学的減衰とほぼ同じく低減したことを踏まえ、原発事故から5年後、10年後、20年後の平均値を**表3-3**のように予測しました。なお、2013年度に実施した空間線量率の調査地は1,006か所で、平均値は、 $0.6 \mu\text{Sv/h}$ でした。

空間線量率の平均値は、2016年(5年後)は $0.42 \mu\text{Sv/h}$ 、2021年(10年後)は $0.26 \mu\text{Sv/h}$ 、2031年(20年後)は $0.18 \mu\text{Sv/h}$ に減衰すると予測されました(**表3-3**)。

原発事故から20年後の2031年には、避難指示区域周辺の一部を除き、県下のほとんどの区域が汚染状況重点調査地域を指定する際の基準である $0.23 \mu\text{Sv/h}$ 未満になると予測されています。

今後の森林の空間線量率の分布は、**図3-4**のように予測されています。

表3-3 今後の空間線量率 (平均値) の予測 (単位は $\mu\text{Sv/h}$)

2014年3月現在 [*]	原発事故5年後 2016年3月	原発事故10年後 2021年3月	原発事故20年後 2031年3月
0.60	0.42	0.26	0.18

^{*} 2013年度に調査した1,006か所の平均値

(表3-3は、測定箇所毎の各年3月時点の値の予測です。表3-1(前ページ)は、2011年8月を基準とした各年8月の推計値であり、表3-3の予測値は表3-1から導き出される数値とは若干のズレが生じます。)

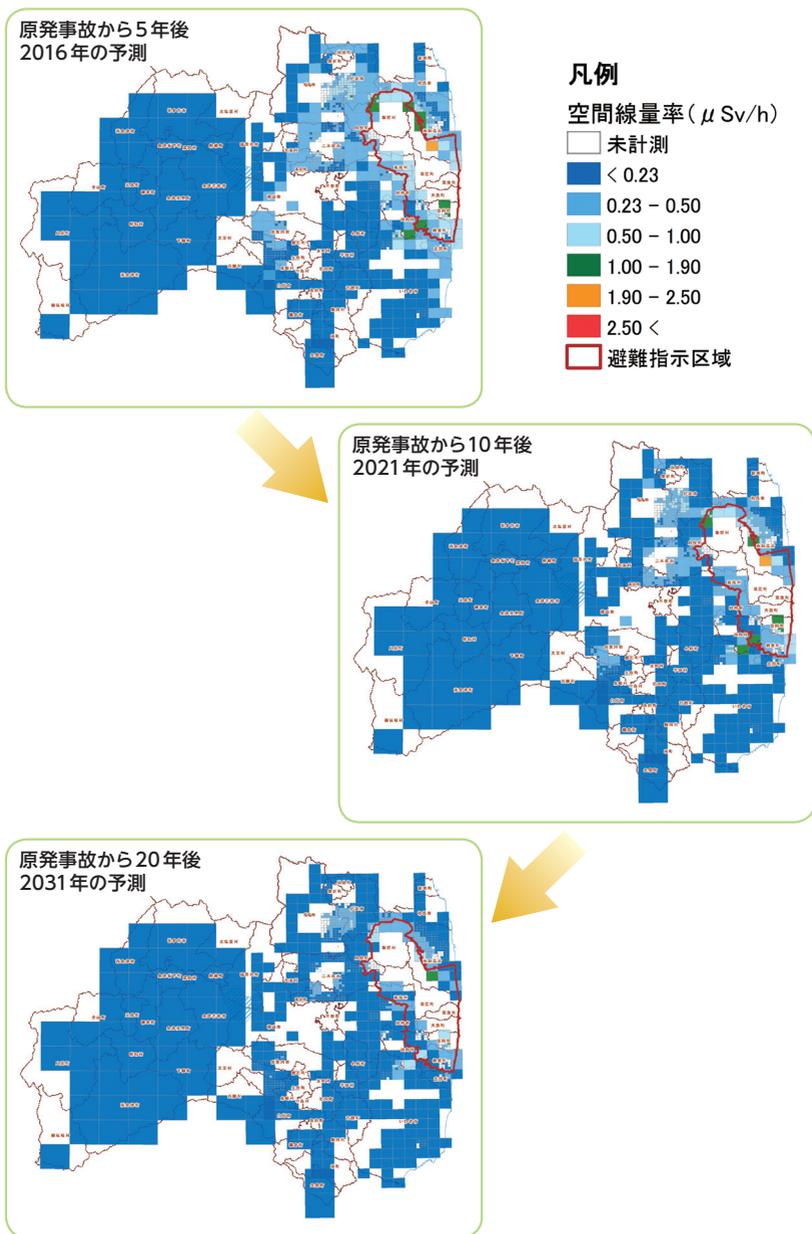


図3-4 今後の森林の空間線量率の分布予測

資料：福島県森林計画課「森林における放射性物質の状況と今後の予測について」
2014年4月30日

森林内の放射性物質の分布①

空間線量率の変化

林野庁では、2011年から福島県の3町村(川内村、大玉村、只見町)に調査地を設け(図3-5)、森林内の放射性物質の分布状況についての調査を行っています。

2013年のスギ林の空間線量率

2013年、スギ林の地上1mの空間線量率は、川内調査地が $2.52 \mu\text{Sv/h}$ 、川内村内の上川内調査地は $1.07 \mu\text{Sv/h}$ 、大玉調査地は $0.25 \mu\text{Sv/h}$ 、只見調査地は $0.10 \mu\text{Sv/h}$ で、原子力発電所から遠いほど低い値でした。

空間線量率の変化

2012年の空間線量率は、2011年比で平均95%程度でしたが、2013年には2011年比で平均78%まで低下しました。放射性セシウムの物理学的減衰により2年後の空間線量率は当初の64%に低下すると推計されます。

森林内の地上1mにおける空間線量率の変化が小さかった要因としては、森林内の放射性セシウムが樹木の樹冠から林床の落葉層や土壌表層に移行したことが一因と考えられます。



写真3-1 スギ林 (大玉調査地)

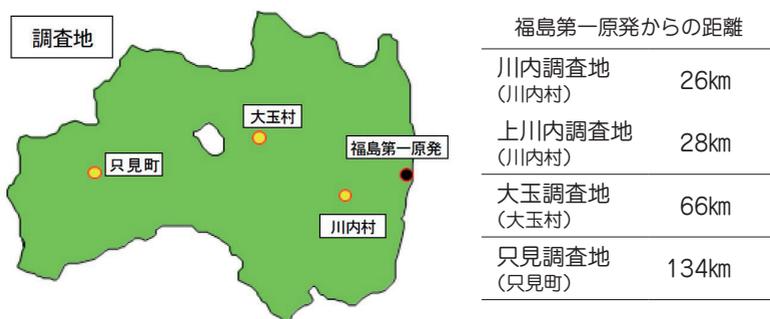


図3-5 調査地と福島第一原子力発電所からの距離

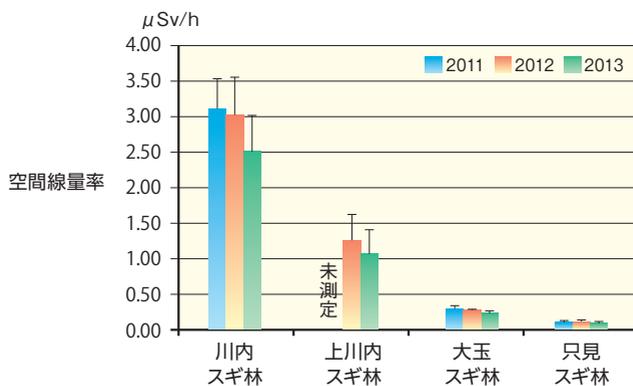


図3-6 各調査地における空間線量率 (平均値) の2011～2013年の変化 (細線は標準偏差。2011年の上川内は未測定)

資料：農林水産省プレスリリース「森林内の放射性物質の分布状況調査結果について」
2014年4月1日

森林内の放射性物質の分布②

スギ林内の部位別の放射性物質濃度

林野庁では、2011年から福島県の3町村(川内村、大玉村、只見町)に調査地を設け、スギ林内の樹木の葉や枝、樹皮などの部位別の放射性セシウム濃度について、調査を行っています(調査地は、p.43、**図3-5**)。

スギの葉・枝の放射性セシウム濃度

p.43のスギ林の3調査地において、部位別の放射性セシウム濃度を比較すると、それらの濃度は空間線量率とおおむね比例していました。

2013年の葉の放射性セシウム濃度は、川内調査地、大玉調査地、只見調査地の順に17.3、2.02、0.322kBq/kgでした(**図3-7**)。年変化をみると、2011年から2012年にかけて平均7割低下し、2012年から2013年にかけてさらに6割低下しました。

2013年の枝の放射性セシウム濃度は、3調査地でそれぞれ22.8、1.57、0.357kBq/kg、また樹皮は13.5、0.944、0.095kBq/kgでした。年変化をみると、2013年の大玉調査地では2012年からわずかに増加していましたが、川内調査地や只見調査地では3～5割低下していました。

辺材・心材の放射性セシウム濃度

木材の放射性セシウム濃度は辺材、心材ともいずれの地域においても低く、大きな変化は認められませんでした。

落葉層・土壌の放射性セシウム濃度

2013年の落葉層の放射性セシウム濃度は各調査地でそれぞれ、113、13.8、3.38kBq/kgでした。2012年におおむね2011年の半分に低下しましたが、2013年の川内調査地と只見調査地で前年比で約3割低下し、大玉調査地では変化がありませんでした。

2013年の表層土壌（深さ0～5cm）の放射性セシウム濃度はそれぞれ38.3、4.18、0.661kBq/kgでした。2012年に前年比で2～3倍に増加しましたが、2013年には全ての調査地において前年比で約2割低下しました。土壌全体でみると、2013年も2012年までと同様、表層土壌の放射性セシウム濃度が最も高く、5cmより深い層はその10分の1以下の濃度で、下層にいくほど低下する傾向を示しました。

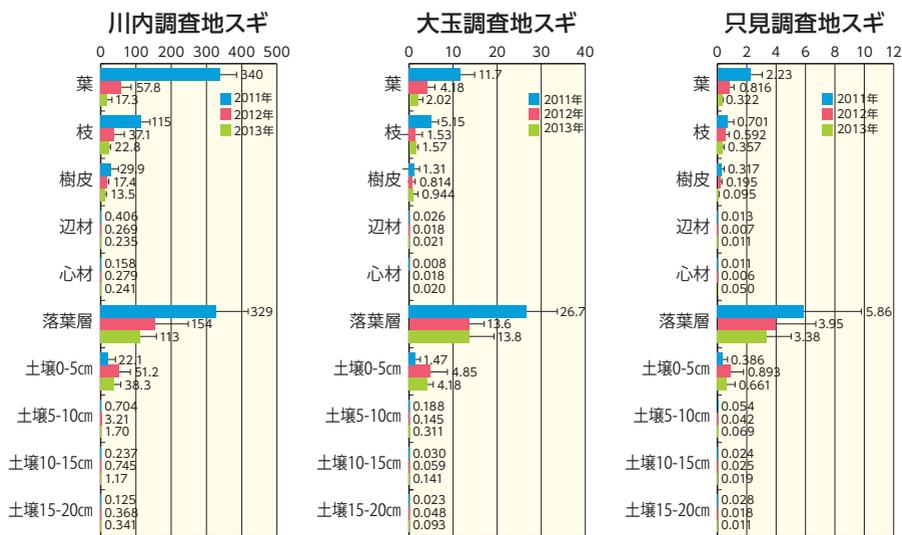


図3-7 各調査地における部位別放射性セシウム（134+137）濃度（kBq/kg、平均値）の変化（細線は標準偏差）

資料：林野庁「平成25年度森林内における放射性物質実態把握調査事業報告書」2014年3月

森林内の放射性物質の分布③

樹種別の放射性物質濃度

林野庁では、2011年から福島県の大玉村に調査地を設け、スギ、アカマツ、コナラの樹種別の放射性セシウム濃度について、調査を行っています。

葉・枝の放射性セシウム濃度の比較

p.43の大玉調査地において、アカマツ、コナラ、スギの放射性セシウム濃度を調べた結果、2013年の葉ではそれぞれ、0.147、0.324、2.02kBq/kgとなり、スギの葉の濃度が最も高くなりました(図3-8)。

アカマツの葉は2011年は最も高濃度でしたが、2012年から急速に低下しました。コナラの葉は2011年から比較的低濃度で、2013年にはやや上昇しましたが、2011年よりは低い値でした。スギの葉は2011年は11.7kBq/kgでしたが、次第に低下し、2013年は2012年の約半分の濃度になりました。アカマツと比較すると濃度の低下は緩やかでした。

一方、枝(0.832～1.57kBq/kg)や樹皮(0.660～1.10kBq/kg)の放射性セシウム濃度は、樹種間の差は2倍以下で、葉に比べると小さいものでした。枝や樹皮の経年変化は各樹種ともにわずかでした。

辺材・心材の放射性セシウム濃度の比較

辺材、心材の放射性セシウム濃度は各樹種ともに他の部位と比べて低濃度であり、その変化はわずかでした。

落葉層・土壌の放射性セシウム濃度の比較

2013年の落葉層(13.8～16.1kBq/kg)や土壌(0～5cm深、3.82～5.40kBq/kg)についても、それぞれの調査地ごとの差はあまりありませんでしたが、いずれも土壌の2011年から2012年にかけての年変化は大きく、落葉層の濃度は5～7割低下し、土壌(0～5cm深)は約3倍増加しました。2012年から2013年の変化は比較的小さいものでした。

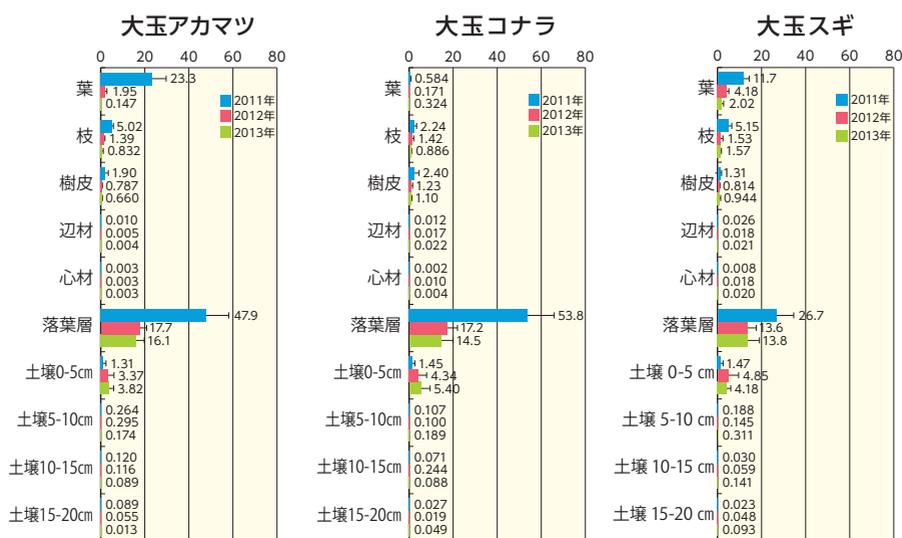


図3-8 大玉調査地におけるアカマツ、コナラ、スギの部別放射性セシウム(134+137)濃度(kBq/kg)の比較
(細線は標準偏差)

資料：林野庁「平成25年度森林内における放射性物質実態把握調査事業報告書」
2014年3月

森林内の放射性物質の分布④

森林全体の放射性物質蓄積量と分布の変化

林野庁では、2011年から福島県の川内村、大玉村、只見町に調査地を設け、森林全体の放射性セシウム蓄積量の変化について調査を行っています。

地上部と落葉層・土壌の放射性セシウム蓄積量の変化

森林全体の放射性セシウム蓄積量は、初期沈着量の最も多かった川内調査地のスギ林ではしだいに減少する傾向を示しました(図3-9)。それ以外の調査地では、放射性セシウムの蓄積量に明瞭な傾向はみられませんでした。ただし、いずれの調査地も、森林の地上部の樹木に蓄積する割合が減少し、落葉層や土壌に蓄積する割合が増加しました。上川内以外の調査地では、2011年には、地上部に蓄積する放射性セシウムの割合が全体の22～44%を占めていましたが、2013年には5～9%に低下しました。

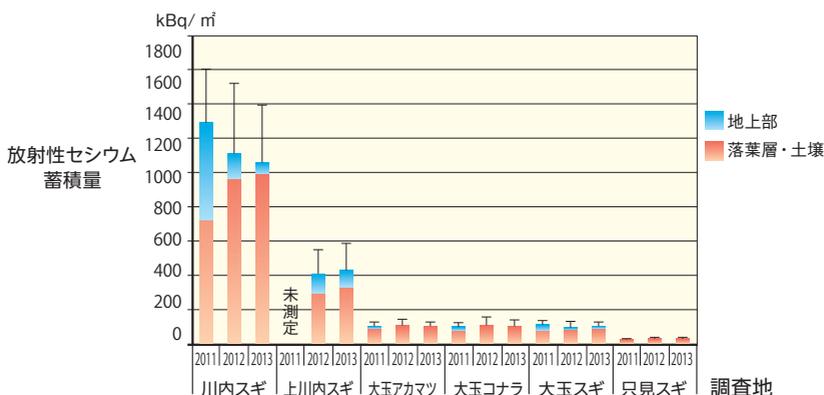


図3-9 2011年-2013年の森林全体の放射性セシウム(134+137)蓄積量の変化 (細線は標準偏差)

部位別の放射性セシウム蓄積量

部位別の放射性セシウム蓄積量の割合をみると、2011年から2012年にかけて各部位の割合が大きく変化しましたが、2012年から2013年にかけての部位別分布の変化は小さなものでした(図3-10)。2013年も放射性セシウムの大部分は落葉層と土壤に分布し、上川内以外の調査地では、土壤に65～76%と最も多く、落葉層には18～26%が分布していました。

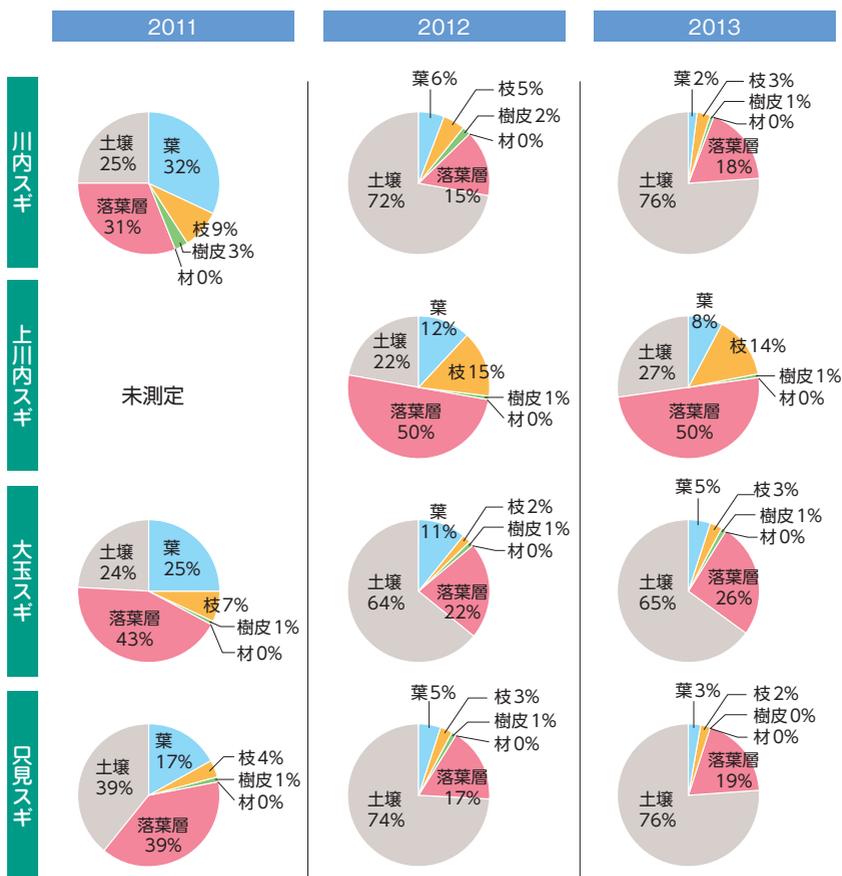


図3-10 2011-2013年における各調査地の放射性セシウム(134+137)の部位別分布割合

資料：農林水産省プレスリリース「森林内の放射線物質の分布状況調査結果について」
2014年4月1日

森林内の放射性物質の分布 (まとめ)

森林の放射性物質の動態変化

林野庁では、福島県内の森林に調査地を設定して放射性物質の分布状況の調査を行っています。県内の3町村で、2011年から継続して森林内の土壌や落葉層、樹木の葉や幹等の部位別に放射性セシウム濃度と蓄積量の調査を行っています。

放射性セシウムは森林内に留まっている

2011～2012年にかけて、放射性セシウム濃度は、葉や枝、樹皮、落葉層で大幅に低下する一方、土壌中では2～3倍に上昇しました。葉や枝、樹皮の放射性セシウム濃度が低下したのは、物理学的減衰や降雨等による溶脱、落葉等によるものであり、土壌中の放射性セシウムの濃度が上昇したのは、樹木からの溶脱や落葉層の分解により地表に移動した放射性セシウムが、土壌表層に吸着保持されたことによるものと考えられます。

その後、2012～2013年にかけては、葉や枝、樹皮など樹木の部位の濃度はおおむね低下し、特に常緑樹林の葉の放射性セシウム濃度の低下が明らかとなりました。これは溶脱とともに古い葉が新しい葉に生え替わったことなどによるものと考えられます。また、森林全体の放射性セシウムの分布は、地上部の樹木に蓄積する割合がさらに減少し、落葉層や土壌に蓄積する割合が増加しました。

また、森林全体の放射性セシウム蓄積量の変化等から、放射性セシウムは森林内に留まり、森林外への流出量は少ないと考察されます。

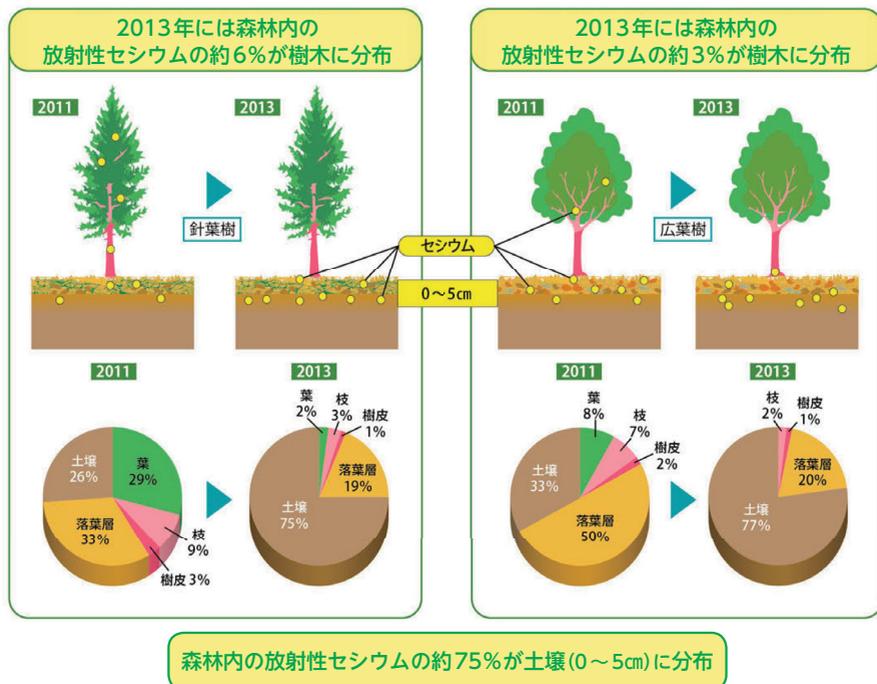


図3-11 森林の放射性セシウム(134+137)の動態変化

資料：農林水産省プレスリリース「森林内の放射性物質の分布調査結果について」
2014年4月1日

森林の渓流水中の放射性物質

放射性物質が、雪解けや降雨時に山から流れ出てくるのではないかとという心配がありました。独立行政法人森林総合研究所では、2012年に福島県内6か所（飯館村、伊達市、二本松市、会津若松市、郡山市、広野町）の森林で渓流水の放射性セシウム濃度の調査を行いました（写真3-2、図3-12）。

雪解け期

雪解け期（3～4月）は午後から夕方に増水するため、毎日午後2時に採水しました。会津若松、郡山、広野の3か所の渓流水では放射性セシウムが検出されませんでした。飯館、伊達、二本松の3か所で採水した渓流水も大部分は不検出^{*}でした。

^{*}検出下限値：1Bq/L

梅雨・秋期

梅雨や秋期の放射性セシウムの濃度を調べるため、二本松では7月まで、飯館と伊達では11月半ばまで採水を続けました。また、増水時の濃度変化を詳しく調べるため、飯館と伊達では、8月以後、降雨時には渓流水を1時間毎に採水し、放射性セシウムの濃度を測定しました。

採水期間全体でみると、午後2時の採水で放射性セシウムが検出された渓流水の割合は飯館で3%、伊達で4%、二本松で2%でした。これらの放射性セシウムの濃度（1L当たりのBq値）は、飯館で1.2～3.1、伊達で1.0～2.3、二本松で1.0～1.1でした。

11月半ばまで飯館と伊達における1時間毎の採水は計8回の降雨で

行いました。これらの渓流水のセシウム137の濃度は、飯館では1.5～29.3、伊達では1.4～29.6で、10を超えるような高い値は比較的大きな増水のピーク時の1～2時間に限られていました。

濃度変化の理由

放射性セシウムが検出された渓流水では懸濁物質（水に溶けない粒子）の濃度が高いものほど、放射性セシウム137の濃度が高いことがわかりました（図3-13）。また、放射性セシウムが検出された渓流水の懸濁物質をろ過したところ、大部分の試料でろ過後の水の放射性セシウムは不検出となりました。このことから、放射性セシウムは主に懸濁物質に含まれていることがわかりました。森林からの放射性セシウムの流出を抑えるには、土壌などの懸濁物質の流出を抑えることが重要といえます。



写真3-2 森林内の採水地

写真：独立行政法人森林総合研究所「梅雨期における渓流水中の放射性物質の観察結果」プレスリリース 2012年9月21日

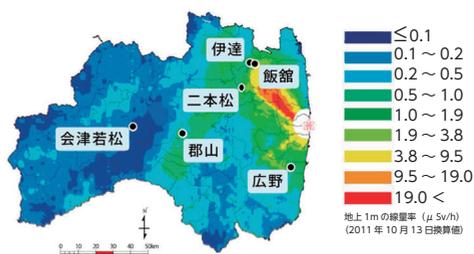


図3-12 採水調査を行った場所

（背景は文部科学省の航空機モニタリング調査による高さ1mの空間線量率（2011年10月13日換算値）の分布を示しています）

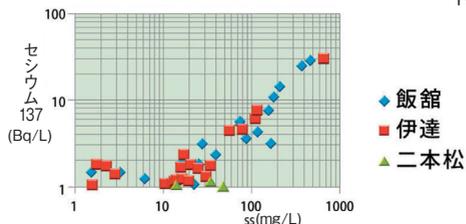


図3-13 懸濁物質濃度(SS)と放射性セシウム濃度の関係

資料：独立行政法人森林総合研究所「季刊森林総研 vol.23 私たちのくらしと森林・木材の放射能」2013年11月30日
（本調査は農林水産技術会議からの委託で実施しました）

スギ花粉中の放射性物質

森林に降下した放射性物質が、スギ花粉の飛散により再拡散することが懸念されたため、林野庁では、2011年、2012年及び2013年の秋にスギ花粉の放射性セシウム濃度をスギ雄花から予測する調査を行いました。

スギ雄花を採取・調査

スギ花粉中の放射性セシウム濃度は、雄花中と同じレベルであるため、スギ雄花を調査しました。

調査地は福島県内に24地点を選定しました。各地点におけるスギ雄花の採取は、各年の11月に行いました*。また採取時には、採取木周辺における地上1mの空間線量率を測定しました。

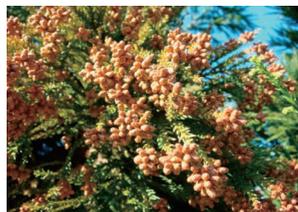


写真3-3 スギの雄花

*スギが本格的に花粉を作るのは25年生～30年生程度からです。スギの雄花はその年の春～初夏に伸びた小枝の先端近くに作られ、11月頃までには、雄花の中で花粉が作られます。そして、翌年2月から花粉の飛散が始まります。

空間線量率と雄花中の放射性セシウム濃度

図3-14は、2011年と2012年、2013年のスギ雄花中の放射性セシウム濃度の関係です。2012年に続き、2011年の雄花中の放射性セシウム濃度が高かった地点ほど、2013年の濃度も高いという相関関係が認められま

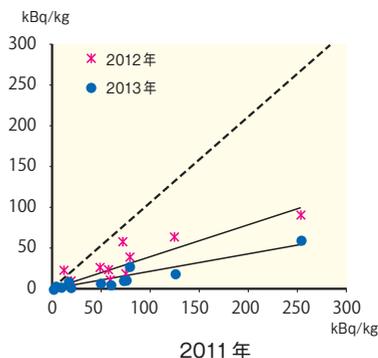


図3-14 2011年と2012年、2013年の雄花中放射性セシウム濃度の関係 (点線は2011年の等値線)

した。一部の地点では濃度の上昇が見られるなどばらつきもありましたが、ほとんどの地点でその値は低下しており、2013年には2011年の5分の1程度の濃度になっていました。

2013年の空間線量率と雄花中の放射性セシウム濃度の関係を図3-15に示します。空間線量率の高い地点では雄花中の放射性セシウム濃度も高いという、2012年と同じ傾向が認められました。

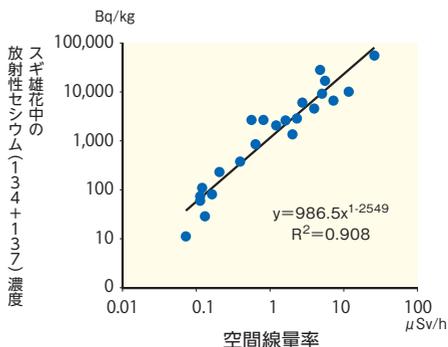


図3-15 空間線量率と雄花中の放射性セシウム濃度 (2013年)

放射性セシウムを含んだスギ花粉の人体への影響

スギ雄花に含まれる放射性セシウム濃度の2013年調査の最高値は5万9,000Bq/kgであり、2011年及び2012年に最高値を記録した場所と同一地点でした。2011年の最高値と比較すると、2012年は3分の1、2013年は4分の1程度の濃度に低下していました(表3-4)。

2013年のスギ雄花で測定された最高濃度の放射性セシウムが含まれたスギ花粉が大気中に飛散し、これを人が吸入した場合に受ける放射線量を一定の前提条件で試算したところ、1時間当たり最大0.0000484 μ Svとなり、2011年の試算値(1時間当たり0.000192 μ Sv)の4分の1程度となりました。この試算による放射線量の最大値0.0000484 μ Sv/hは、2014年1月21日に東京都新宿区で観測された空間線量率0.036 μ Sv/hに比べても1,000分の1程度とわずかな数値となりました。

表3-4 スギの雄花に含まれる放射性セシウム濃度 (最高値)

スギ林の所在地	2013年の結果		(参考) 2012年の結果		(参考) 2011年の結果	
	空間線量率 (μ Sv/h)	放射性セシウム濃度 (Bq/kg; 乾重)	空間線量率 (μ Sv/h)	放射性セシウム濃度 (Bq/kg; 乾重)	空間線量率 (μ Sv/h)	放射性セシウム濃度 (Bq/kg; 乾重)
福島県双葉郡浪江町小丸	34.0	59,000	36.0	90,500	40.6	253,000

資料：林野庁「平成25年度森林内における放射性物質実態把握調査事業報告書」
2014年3月

林床のササの放射性物質濃度

林野庁では、森林の下層植生のササの放射性セシウム濃度を、2012年9月、2013年5月に測定して、その動態の調査を行いました。ササは枝分かかれの構造から各部位の齢がわかるため、年ごとに生産された部位ごとに放射性物質の濃度を明らかにでき、時間を追って放射性物質の濃度変化や動きを把握できる可能性があります。

ササの採取地と対象種は、東京電力福島第一原子力発電所からの距離約40kmの落葉広葉樹林(川俣町)に分布するクマイザサ、距離約70kmの落葉広葉樹林(いわき市)に分布するミヤコザサ、スズタケの3種です。

ササ3種の葉及び地上稈^{ちじょうかん}の放射性セシウム濃度

部位別に放射性セシウム濃度と蓄積量をみると、地上部(葉、枝、稈：タケ・ササ類の茎)対地下部の比較ではいずれの種でも地上部の放射性セシウム濃度が高くなっています。また、地上部の中でみると、特に稈よりも葉で放射性セシウム濃度が高くなっています(図3-16)。放射性セシウムは根からササ個体内に吸収されるより、葉に降り積もって付着・移行している可能性が高いと推察されます。

ササ3種の齢別葉の放射性セシウム濃度

次に、齢構造でみると、放射性セシウムが降下した時期に地上部を構成していた3年生以上(2010年以前出現)の部位や、2年生(2011年出現)部位で放射性セシウム濃度が高くなっています(図3-17)。齢の古い葉ほど放射性セシウム濃度が高く、若い葉ほど濃度が低くなっています。

植物個体内における放射性セシウムの転流(植物体内での移動)割合は限られ、大部分は蓄積した部位に留まるものと考えられます。しかし、放射性物質が降下し終わってから出現した1年生(2012年出現)及び当年生(2013年出現)部位で一定の放射性セシウム濃度が検出されている点では、ササの内部で一定割合の放射性セシウムの転流が起こっていることも考えられます。この転流が、葉の表面に付着した放射性セシウムの吸収によるものか、根からの吸収によるものかを区別するにはさらなる検証が必要です。

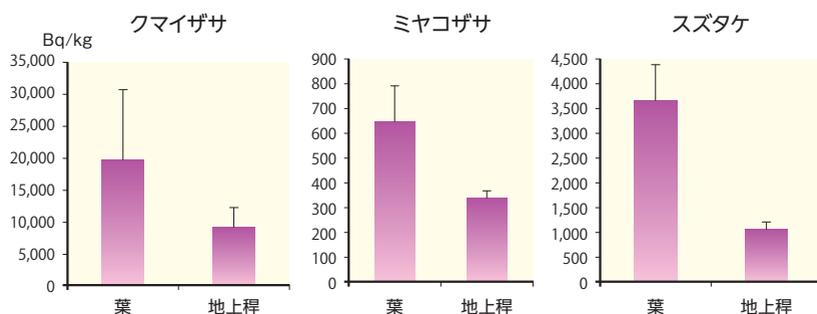


図3-16 ササ3種の葉及び地上稈の放射性セシウム (134+137) 濃度

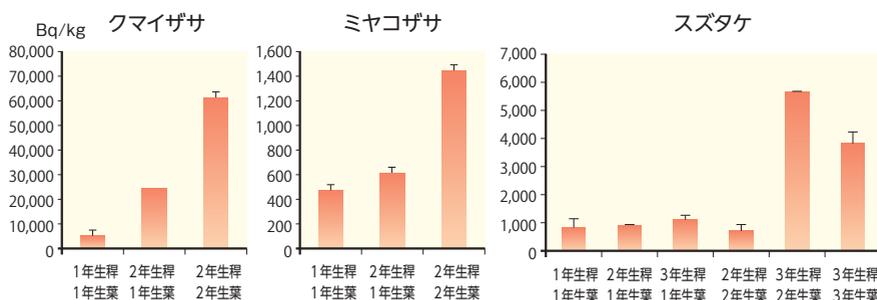


図3-17 ササ3種の齢別葉の放射性セシウム (134+137) 濃度

資料：林野庁「平成25年度森林内における放射性物質実態把握調査事業報告書」
2014年3月

野生きのこの放射性物質濃度

きのこ類は放射性セシウムを高濃度に含むものが見つかり、食用となるものもあるので、生活面に影響が及ぶ場合があります。また、きのこの放射性セシウムを測定し、種による違いや周辺環境との関係を明らかにすることは、森林内での物質循環や樹木との共生による放射性セシウムの吸収など、放射性物質の挙動を解析する上でも重要だと考えられています。

同じ試験地で現れた放射性セシウム濃度の大きな差

2013年、林野庁では、茨城県北茨城市と福島県郡山市及び飯舘村で野生きのこを採取し、放射性セシウム濃度の測定などを行いました。

野生きのこの放射性セシウム濃度を分析したところ(セシウム134とセシウム137の濃度の乾燥重量当たりの合計値で比較)、同じ試験地でもきのこの種によって大きな差がみられました(表3-5)。例えば、茨城県北茨城市(空間線量率 $0.17 \mu\text{Sv/h}$)の92点のきのこの分析によると、放射性セシウム濃度の最小値が 67Bq/kg (木材腐朽菌)に対し、最高値はその約5,500倍の37万 $1,000\text{Bq/kg}$ (菌根菌)でした。

きのこの放射性セシウム濃度と空間線量率との相関関係

それぞれの試験地における空間線量率と、菌根菌、落葉枝・土壌分解菌、木材腐朽菌のきのこの放射性セシウム濃度を調べた値から、両者の相関関係が明らかになりました。空間線量率が高いところほどきのこの濃度も高く、空間線量率が低いところはきのこの濃度も低い結果が出ています。試験地間で共通する種で比較した場合にも、同様の相関関係が示されました

(表3-6)。しかし、いずれのきのこも、種によって放射性セシウムの吸収・蓄積に大きな差がみられました。

表3-5 試験地間のきのこの放射性セシウム (134+137) 濃度の比較 (Bq/kg)

	採取地		
	北茨城市	郡山市	飯舘村
空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	0.17	0.66	2.76
菌根菌	172	355	5,930
	1,540	6,190	229,000
	371,000	123,000	1,940,000
落葉枝・土壌分解菌	355	1,140	120,000
	1,010	2,880	125,000
	12,500	105,000	156,000
木材腐朽菌	67	259	12,100
	1,600	2,250	49,300
	16,300	50,800	508,000
木材腐朽菌 (硬質菌)	67	259	12,100
	604	2,250	48,100
	16,300	7,990	187,000
木材腐朽菌 (硬質菌以外)	95	297	21,300
	2,060	3,940	109,000
	15,100	50,800	508,000

上段:最小値、中段:中央値、下段:最大値

表3-6 試験地間で共通する種のきのこに含まれる放射性セシウム (134+137) 濃度 (Bq/kg)

	北茨城市	郡山市	飯舘村
空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	0.17	0.66	2.76
ウスバシハイタケ	1,610 ~ 4,540	—	161,000
カイガラタケ	—	628 ~ 2,250	30,100
カワラタケ	81 ~ 3,820	259 ~ 941	20,200
クリタケ	421 ~ 7,280	—	116,000
チャウロコタケ	1,900 ~ 2,200	—	48,100
ナラタケ	—	297 ~ 1,650	27,200
ニガクリタケ	1,600 ~ 11,800	6,220	367,000
ハカワラタケ	—	7,990	15,900
ホウロクタケ	813	4,580	55,600
ワサビタケ	1,410 ~ 2,710	—	22,700 ~ 109,000

資料：林野庁「平成25年度森林内における放射性物質実態把握調査事業報告書」
2014年3月

森林動物の放射性物質濃度

森林の落葉層や土壌層には、放射性セシウムが長期間残留するといわれています。そのため、森林に生息する野生動物への影響を調査しています。森林生態系における野生動物への影響を把握するためには、動物とともに、その餌の調査等が必要です。

ミミズの放射性セシウム濃度

林野庁は、森林の落葉層に生息するミミズの放射能汚染の実態を把握するための調査を行ってきました。その結果、原発の事故半年後から1年半後にかけて、落葉層では放射性セシウム濃度の急速な減少(約半分)がみられ、それを餌とするミミズにも同様の減少がみられました。

その後、福島県内の2地点(川内村、大玉村)のスギ人工林及び広葉樹林(合計4林分)でミミズを採集し、放射性セシウム濃度の計測をしました。事故から1年半後の値に対する2年半後の割合は、川内村スギ林で優占するフトミミズ科の1種(和名はない。学名は*Amyntas* sp.1)でセシウム137が約31%、広葉樹林のタニマミミズではセシウム137が約71%となり、大きな減少がみられました。その他の林分においても減少の傾向がみられています(図3-18)。

放射性セシウムは物理学的減衰によって自然に濃度が低下しますが、ミミズの放射性セシウム濃度の低下はそれよりも早いことがわかりました。

ミミズはネズミなどの餌になっているので、ネズミへの影響を考慮する上でもミミズの汚染度の把握は重要です。

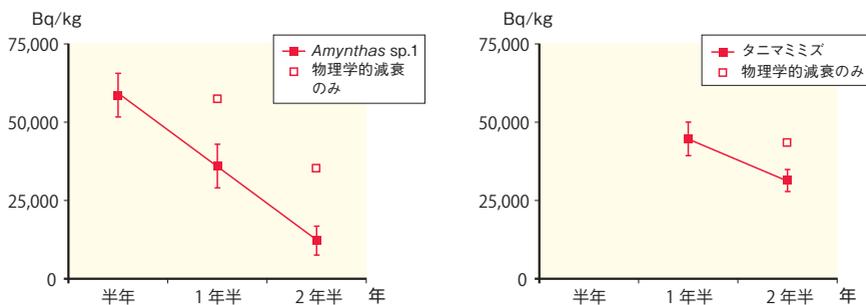


図3-18 川内村スギ林(左)及び広葉樹(右)におけるミミズの放射性セシウム¹³⁷濃度(消化管内容物除去、乾重当たり)の変化

(バーは標準誤差、□は前年度の測定値から物理学的減衰のみによる減少があったと仮定した予測値)

小型哺乳類(ノネズミ類及び食虫類)の放射性セシウム濃度

地表や土壌中を生活空間とする小型哺乳類のノネズミ類や食虫類は、放射性セシウムによる外部被ばくだけでなく、落葉層や土壌との直接的な接触や採食を通じた内部被ばくも起きます。

調査では事故発生年度と2年目に、それぞれ福島県川内村の国有林と茨城県北茨城市の国有林の2か所で小型哺乳類の放射性セシウム濃度の測定を行いました。川内調査地では、アカネズミの放射性セシウム濃度は1年目に比べて2年目の方が増加した一方、小川調査地では減少していました(図3-19)。川内調査地では物理学的減衰とは逆に、放射性物質の環境中の移動などが反映し、地表付近の存在量が増加したためだと考えられます。

事故後2年目の小型哺乳類では放射性セシウム濃度に個体差(図3-20)が目立ちました。分析によると、放射性セシウム濃度の高いきのこや植物及びミミズを食べるものほど放射性セシウムの体内蓄積量が高くなる傾向にありました。

捕獲したネズミ類3種と食虫類2種における放射性セシウムの体内蓄積濃度を比較した結果では、ヤチネズミで最も高く、アズマモグラはかなり

低い数値でした。ヤチネズミは植物食であるのに対し、アズマモグラは地中深いところのミミズを餌とするため、生活空間や餌の違いが反映されたと考えられます。

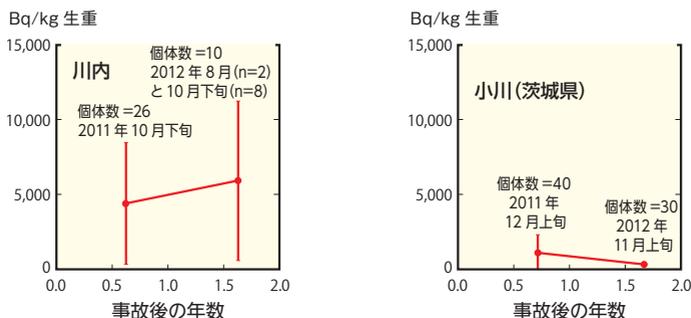


図3-19 アカネズミにおける放射性セシウム(134+137)の平均濃度の変化 (●: 平均値、細線: 標準偏差)

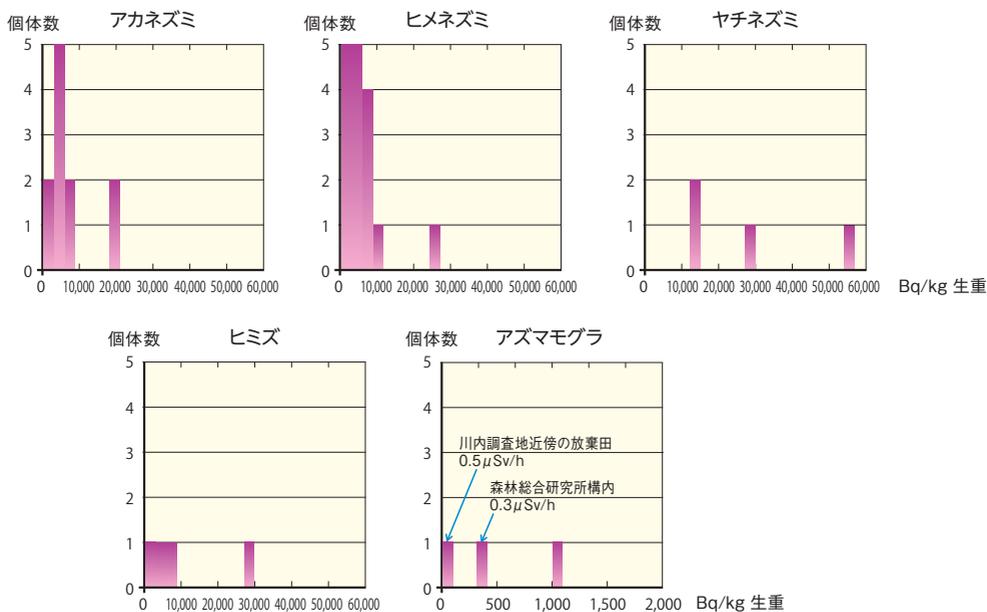


図3-20 種間による放射性セシウム(134+137)蓄積の違い(濃度別の個体数)(川内村調査地、2012年捕獲)

資料: 林野庁「平成25年度森林内における放射性物質実態把握調査事業報告書」
 2014年3月

木材の放射能

4章



木材(辺材・心材)中の放射性物質

樹木や土壤に放射性物質が付着すると、木材内部の幹の部分にも影響を与えるのではないかと考えられます。

林野庁では、2011～2013年に、福島県内の3町村で木材(辺材・心材)中の放射性セシウム濃度について調査を行いました。

木材(辺材・心材)中の放射性セシウムの調査内容

調査は、東京電力福島第一原子力発電所からの距離が異なる福島県の3町村とし、川内村下川内(スギ)、大玉村(スギ、アカマツ、コナラ)、只見町(スギ)の国有林、川内村上川内(スギ)について行いました。林齢は42～57年生(2013年度現在)の森林です。

各調査地で対象樹種を3本ずつ選び、伐採して葉や幹などの部位に分けました。幹部分は樹皮と材に分け、材は、さらに辺材と心材に分けて分析しました(写真4-1)。 資料：独立行政法人森林総合研究所 講習会テキスト「森と木材の放射線について知る」2013年2月8日



写真4-1 樹皮をはいだ後、材を採取

資料：農林水産省プレスリリース「平成25年度森林内の放射性物質の分布状況調査結果について」2014年4月1日

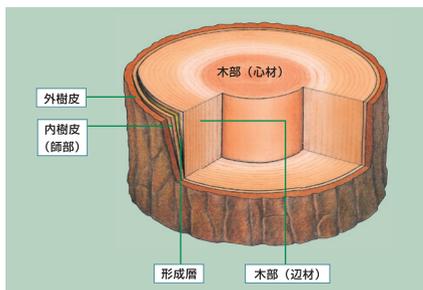


図4-1 樹幹の構造

資料：一般社団法人全国林業改良普及協会「森林を知るデータ集No.1」

木材(辺材・心材)中の放射性セシウム濃度の変化

樹木の放射性物質については、主に葉や枝に多く付着しており、木材内部(辺材、心材)の濃度については他の部位と比較しても極めて低く、年を経ても大きな変化は認められませんでした。このことから、樹木が放射性セシウムを積極的に吸収していることは確認できませんでした。

4か所の調査結果における木材内部(辺材、心材)の濃度については、いずれもp.67～68の試算で人体への影響はほとんどないとされた数値(0.89kBq/kg)よりも低い値でした。

一方、放射性セシウムの樹体内の移動については、2012年の調査においてスギ材の辺材と心材の濃度差が小さくなったことや毎年新たに展開するコナラの葉に放射性セシウムが含まれることから、放射性セシウムが樹体内を移動している可能性が示唆され、引き続き、調査を行っていくこととしています。

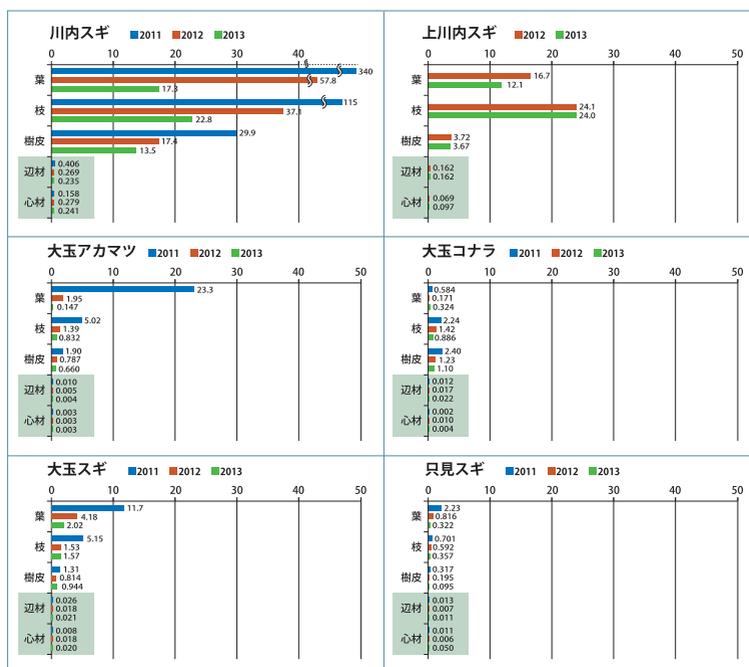


図4-2 部位別の放射性セシウム濃度(kBq/kg、平均値)の変化

資料：農林水産省プレスリリース「平成25年度森林内の放射性物質の分布状況調査結果について」2014年4月1日

木材製品への 放射性物質の影響

林野庁では、消費者に安全な木材製品が供給されるよう、福島県内において、木材製品や木材加工施設の作業環境における放射性物質の測定及び分析を継続的に支援しています。また、製材品の効率的な測定検査手法の検証と開発、木材製品に係る安全証明体制づくりについても支援を行っています。

木材製品や工場の作業環境での放射性セシウムの影響

2012年2月から3月にかけて、製材工場、集成材工場、合単板工場、チップ工場(合計28か所、表4-1)において、木材製品(製材品、集成材、合単板、チップ)の放射性セシウム表面密度(Bq/cm^2)及び、外構施設(木材置き場、樹皮置き場、乾燥施設等)、加工機械(バーカー、のこ盤、チップパー等)周辺の空間線量率($\mu\text{Sv}/\text{h}$)を調査しました。

調査対象工場のほとんどで、木材製品からはバックグラウンド値^{*}を有意に超える値は検出されませんでした。また外構施設及び加工機械周辺の空間線量率は $0.19 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 以下で、特定線量下業務の下限值 $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ に対して10分の1以下の低い値でした。このため木材製品も作業環境も放射性セシウムの影響は少ないという結果が得られました。

放射性セシウムは物理学的減衰により減少することや樹木内で移動することから、木材製品に含まれる放射性セシウムの状況は経年的に変化する可能性があります。このため、今後も継続的に調査を実施し、データの蓄積とその分析を行いながら、消費者や作業員の健康に影響のない安全な木材製品を供給するために必要な対策を検討していくことが大切です。

表4-1 調査対象工場の位置

福島第一原子力発電所からの距離	調査工場数
50～100キロ	8
101～150キロ	7
151～200キロ	9
201～400キロ	4

本文と表の資料：林野庁プレスリリース「木材製品の放射性セシウム表面密度等の調査結果について」2012年8月9日

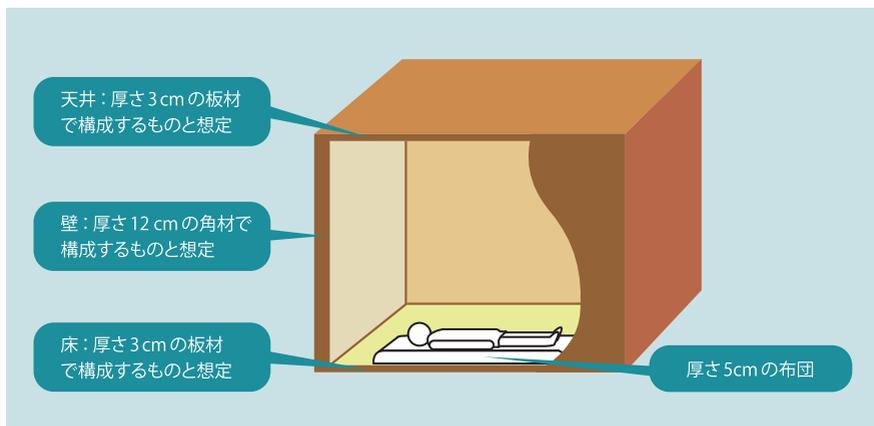
※バックグラウンド値：注目する放射線源以外のすべての線源による線量や線量率のこと。本調査では、測定する検体より1m以上離れた場所1か所にて、高さ1m地点でサーベイメーターにより10回測定し、平均した値をバックグラウンド値とした。

木材で囲まれた居室を想定した場合の試算結果

一般的に、製品としての木材自体には、空气中に拡散した放射性物質を取り込んで蓄えたり、放射性物質を含むチリやホコリが特に付着しやすいという性質があるわけではありません。また、林野庁が福島県内で実施した調査の結果から、木材内部(辺材・心材)の放射性セシウム濃度は樹皮よりも著しく低いことがわかっており、またこの樹皮の部分は一般的な木材製品の製造過程において完全に取り除かれるという特徴があります。

これまでに林野庁が行った調査結果では、木材部分の放射性セシウム濃度の最大値は0.89kBq/kg(飯舘村、避難指示解除準備区域)でした。

その木材でつくった居室内における人体の追加被ばく量を、国際原子力機関(IAEA)が示している計算方法を用いて試算すると年間0.022mSvとなり、国内での自然放射線による年間被ばく量2.1mSvと比較しても著しく小さく、人体への影響はほとんどないという結果が得られました。



【試算の条件】

6面が約0.742kBq/kg (0.89kBq/kgの含水率20%) の木材で囲まれた4畳半の部屋を想定

【試算結果】

1時間当たりの被ばく量：0.00307 μ Sv。1年間当たりの被ばく量は、0.00307 μ Sv/h \times 24時間 \times 0.8 \times 365日 = 0.022mSv (1日の80%を部屋の中で過ごすと仮定)

【注】 一般的な日本の木造住宅（軸組住宅）では、この試算よりも木材の使用量がかなり少ないので、被ばく量もさらに少なくなると想定されます。

図4-3 木材で囲まれた居室を想定した場合の試算結果

表4-2 日常生活と放射線

上の試算による追加被ばく量（年間）	0.022mSv/年
国内の1人当たりの天然の放射線による被ばく量（年間） 原子力安全研究協会「生活環境放射線」（2011年）	2.1mSv/年
国内の1人当たりの天然の放射線による被ばく量のばらつき（年間） （県別平均値の最大県と最小県の差） 放射線医学総合研究所調べ（1988年）	0.4mSv/年
東京都新宿区で観測された1時間の放射線量を年間に換算した場合 （2013年12月20日時点の測定値0.053 μ Sv/時を使用）	0.46mSv/年

図・表の資料：林野庁業務資料

県産材製材品の表面線量の調査結果

福島県では、2011年11月から2014年6月にかけて、県産材を製材、出荷している工場を対象に、柱、梁、板材等の製材品の表面線量(単位：cpm)を11回にわたって測定しました(表4-3、図4-4)。

第11回の調査では、現在、県産材を製材・出荷している全工場(144か所)で製材品の表面線量を測定した結果、表面線量の最大値は28cpm(0.001 μ Sv/h*に相当)でした。

この28cpmという測定値について、放射線防護に詳しい、国立大学法人長崎大学の松田尚樹教授と(元)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の高田真志主任研究員に確認したところ、環境や健康への影響はないと評価されました。

福島県は今後も、今回と同様の調査を定期的(3か月に1回)に行い、製材品の安全を確認していくこととしています。

*震災前の福島市の空間線量(2010年2月16日) 0.04 μ Sv/h、
東京都新宿区の空間線量(2014年1月28日) 0.035 μ Sv/h

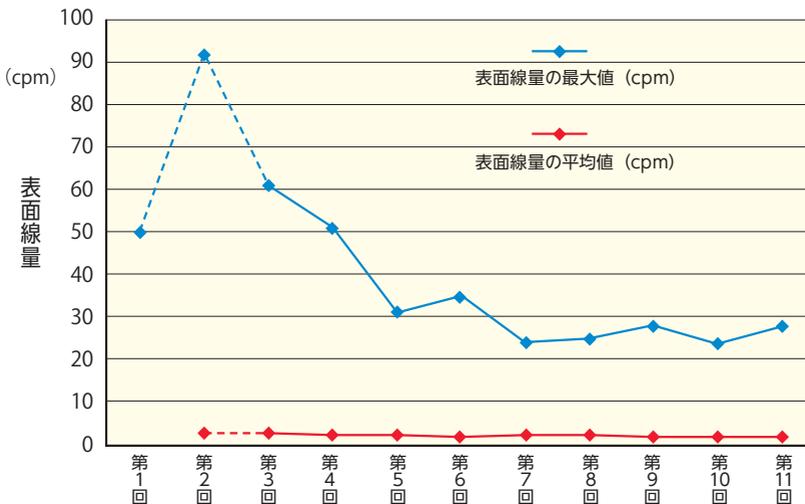
資料：福島県農林水産部プレスリリース「県産材製材品の表面線量調査の結果について」
2014年8月29日



写真4-2 木材の表面線量測定状況

表4-3 調査時期と調査対象の工場数・検体数

	調査時期	工場数	検体数
第1回	2011年11月10日～12月7日	31	544
第2回	2012年1月25日～3月8日	49	321
第3回	2012年6月4日～7月24日	135	1058
第4回	2012年9月3日～11月6日	156	1224
第5回	2012年11月22日～2013年2月4日	135	1177
第6回	2013年3月1日～5月31日	121	1076
第7回	2013年5月27日～7月19日	153	1301
第8回	2013年8月28日～10月30日	134	1124
第9回	2013年11月26日～2014年1月24日	132	1097
第10回	2014年2月20日～3月26日	133	1078
第11回	2014年5月26日～6月30日	144	1071



第1回：県内の主要な工場について実施した。

第2回：線量の高い県北、相双、県中の一部地域において稼働しているすべての工場で実施した。

第3回以降：県産材を製材出荷しているすべての工場で実施した。

図4-4 製材品の表面線量

表・図の資料：福島県農林水産部プレスリリース「県産材製材品の表面線量調査の結果について」2014年8月29日



森林・林業
再生に向けて

5章

落葉等除去や伐採による 線量低減効果

林野庁では、落葉等堆積有機物の除去(以下「落葉等除去」という)や伐採によって、空間線量率をどの程度低減できるのか、またその効果はどの程度の範囲まで及ぶのかについて、検証しました。

福島県川内村の福島県林業研究センターの試験林(43年生スギ林)に、60m×60mの方形の試験区を設定して、中心から落葉等除去と伐採を徐々に広げながら作業し、作業範囲内と中心点の空間線量率を測定しました。

除去や伐採の方法

はじめに、試験区の中心から60m×60mの範囲まで順次面積を広げながら落葉等除去を行い、その都度空間線量率を測定しました。次に、中心から同じように順次範囲を広げながら40m×40mの範囲まで皆伐し、同様に空間線量率を測定しました。伐採木は、測定に影響が出ないように、試験区外に運び出しました。

空間線量率の変化

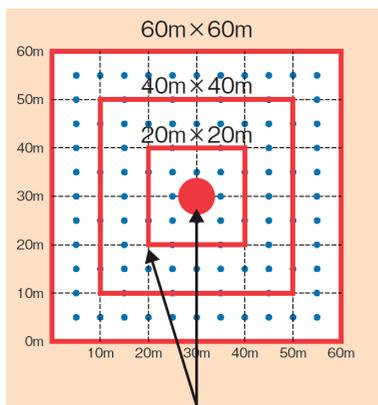
落葉等除去では、中心から20m(図5-1の40m×40mの範囲)までは、作業範囲を広げるほどに中心点の空間線量率が低減される効果がありました。さらにその後の皆伐作業でも、この範囲では同じように空間線量率の低減効果がみられました(図5-2)。

40m×40mの範囲で落葉等除去を行った場合、作業範囲中心の測定点に

おける空間線量率の低減効果は20%程度で、さらに同じ範囲で伐採を行うことによって10%程度の追加的な線量低減効果が得られました。

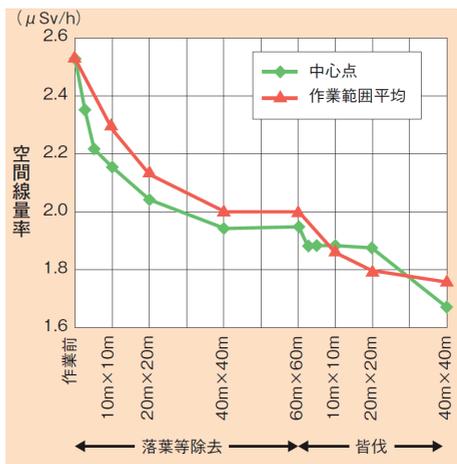
また、40m×40mの範囲を広げて落葉等を除去しても測定点での追加的な線量低減効果は、ほとんど認められませんでした。

これらのことから、生活圏の周辺の除染による被ばく線量低減を考える場合、生活空間に近い箇所における除去割合を高めることが効果的であることが考えられます。



作業範囲を徐々に拡大しながら、作業範囲内及び中心点の地上1m空間線量率を測定

図5-1 作業範囲と測定点



※測定日：作業前は2012年11月
落葉等除去は2012年11月～12月
皆伐は2012年12月～2013年1月

図5-2 落葉等除去や伐採による線量低減効果

資料：農林水産省プレスリリース「森林における放射性物質の拡散防止技術検証・開発事業の結果について」2013年8月27日

本文の資料：農林水産省プレスリリース「森林における放射性物質の拡散防止技術検証・開発事業の結果について」2013年8月27日、林野庁「平成25年度森林・林業白書」

森林整備による 空間線量率低減効果

林野庁では、福島県内の飯館試験地(飯館村)で、間伐、皆伐等の森林整備を実施し、作業に伴う森林内の空間線量率低減効果等を検証しました。

試験内容

飯館試験地(スギ25年生(佐須地区)、アカマツ40年生(八木沢地区))において、10mメッシュで測点を設け、次の作業に伴う空間線量率の変化を計測しました(図5-3)。

①落葉等除去区(林縁から20mまで)

落葉等除去後、一部でさらに皆伐や間伐を実施しました。

②間伐区(林縁から20m以遠)

定性間伐^{※1}または列状間伐^{※2}(いずれも材積率33%で間伐)を実施しました。

伐採木は、測定に影響が出ないように、試験区外に運び出しました。

※1 定性間伐：残す木の配置を考え、優良木を残すように行う木の間引き。

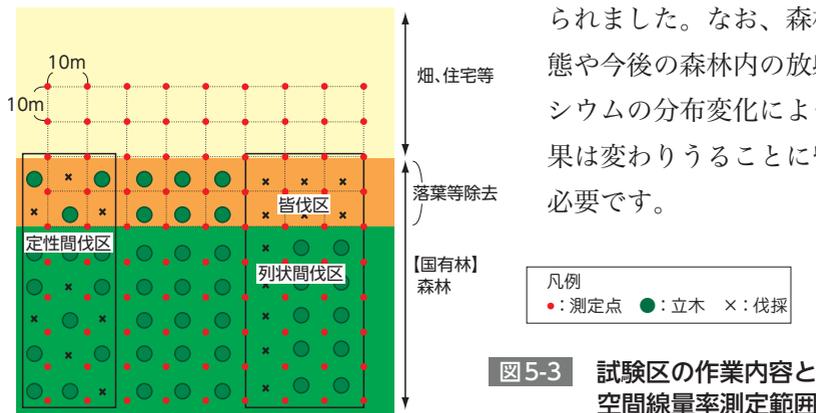
※2 列状間伐：一定の間隔ごとに列状に伐採し、伐採した列と残した列を交互に配列する間伐方法。

作業による空間線量率の変化

空間線量率の作業範囲内平均値の変化は、各作業の実施前を基準として、①落葉等除去区では、落葉等除去で15～18%、その後の皆伐で8%、間伐で3～9%の低減効果があり(図5-4)、②間伐区では、間伐の実施によつ

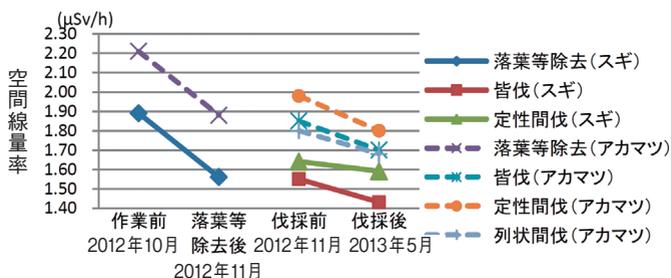
て4～13%の低減効果がありました(図5-5)。

このようなことから、落葉等除去は20%程度の線量率低減効果があり、さらに伐採を行うことによって10%程度の追加的な線量率低減効果が得



られました。なお、森林の状態や今後の森林内の放射性セシウムの分布変化によって効果は変わりうることに留意が必要です。

図5-3 試験区の作業内容と空間線量率測定範囲



※空間線量率は作業範囲内の平均値。

図5-4 落葉等除去区(林縁から20mまで)

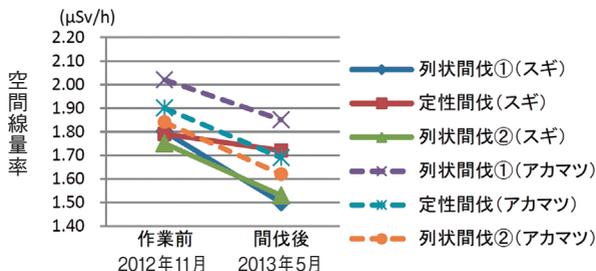


図5-5 間伐区(林縁から20m以遠)

資料：農林水産省プレスリリース「森林における放射性物質の拡散防止技術検証・開発事業の結果について」2013年8月27日

皆伐による 放射性物質等の移動

林野庁では、皆伐を行うと、森林内の放射性物質の分布にどのような影響があるのかを調査するために、福島県内の広野試験地(広野町)で、皆伐を行った箇所での土砂の移動や移動した土砂等の放射性セシウムの濃度を測定しました。

皆伐の試験地

アカマツ・広葉樹混交林内に25 m×50 mの区画を短冊状に4か所設け、皆伐を実施しました。その後、区画ごとに異なる地拵え(枝条散布、坪刈り、柵積み、枝条除去)を実施するとともに、隣接する林内に地拵えしない対照区を設けました。

各試験区の区画及び対照区に試験斜面枠(2 m×5 m)を設け、ステンレス製の土砂捕捉箱(図5-6)を斜面下部に設置し、降雨等に伴い移動した堆積有機物及び土壌(移動土砂等)、さらに地表流水を採取しました。捕捉箱の中の移動土砂等を定期的に回収し、これらに含まれる放射性セシウムの濃度を測定しました。

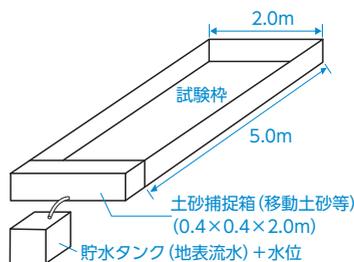


図5-6 試験斜面枠の構造

各区画での放射性セシウム等の移動量

2012年度、2013年度の各試験区における土砂等移動量(積算)、移動土

砂等に含まれる放射性セシウム137の移動量(積算)は図5-7のようになりました。

棚積み区では、対照区と同程度の移動量でした。棚積み区以外の作業区では、土砂等の移動量がやや多いものの、基本的には同様の傾向で推移していました。

また、枝条除去区においては、土砂等移動量及び放射性セシウムの移動量が多かったことから、枝条除去する地拵えは放射性セシウムの移動に与える影響が大きいと考えられました。

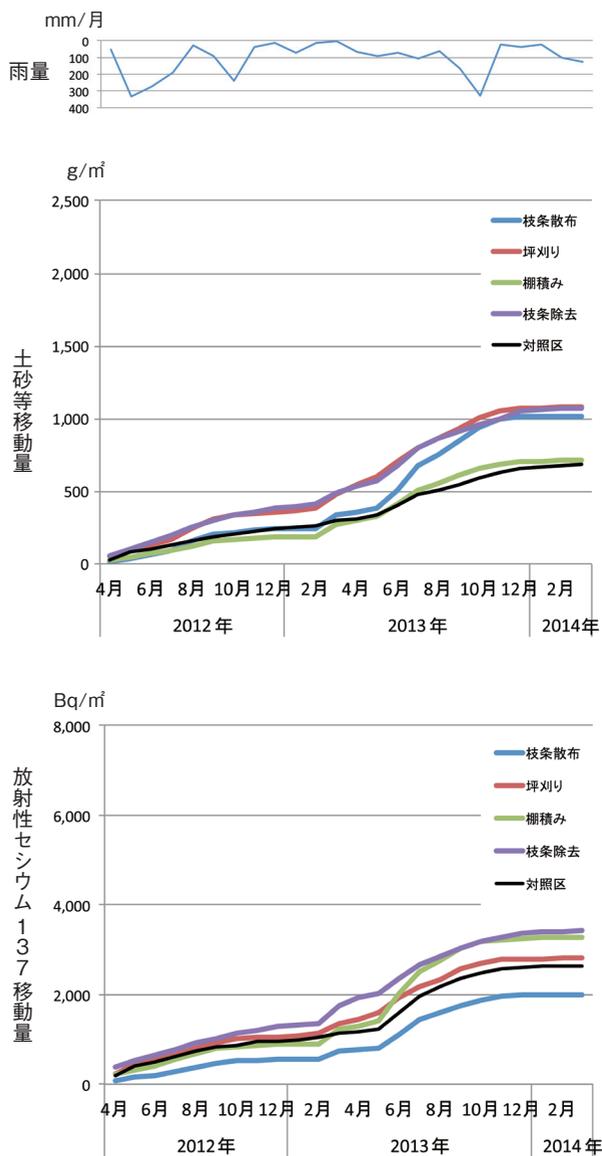


図5-7 皆伐区における土砂等移動量と放射性セシウム137移動量の推移(積算)

資料：林野庁「平成25年度森林における放射性物質拡散防止等技術検証・開発事業のうち『森林施業等に係る技術検証・開発』報告書」2014年8月

間伐等による 放射性物質等の移動

林野庁では、落葉等除去や間伐が森林内の土砂等や放射性セシウムの移動にどのような影響を及ぼすのかを福島県内の広野試験地(広野町)で調べました。

作業実施箇所からの放射性セシウム等の移動量

スギ人工林で、定性間伐(本数間伐率25%)を実施した区画と、間伐後に落葉等除去を実施した区画、落葉等除去のみを実施した区画、何も行わない対照区を設け、それぞれで土砂の移動量と土砂等に含まれる放射性セシウムの移動量を測定しました(測定方法は、P.76と同様)。

放射性セシウムの移動量は土砂等の移動量と同様の傾向を示しました(図5-8)。定性間伐区では、当初から対照区と同程度の移動でした。落葉等除去区及び定性間伐+落葉等除去区は1年目の移動量が大きかったものの2年目は対照区と同程度で推移しました。

放射性セシウム等移動量の経年変化

1年目に土砂等と放射性セシウムの移動量が多かった作業区でも、2年目には対照区と同程度の移動量となり、作業時の地表の攪乱の影響が治まってきたとも考えられます。間伐作業に伴う土砂等と放射性セシウムの移動量は、間伐をしない対照区とほぼ同程度で影響は軽微と考えられますが、引き続きモニタリングを行っていくこととしています。

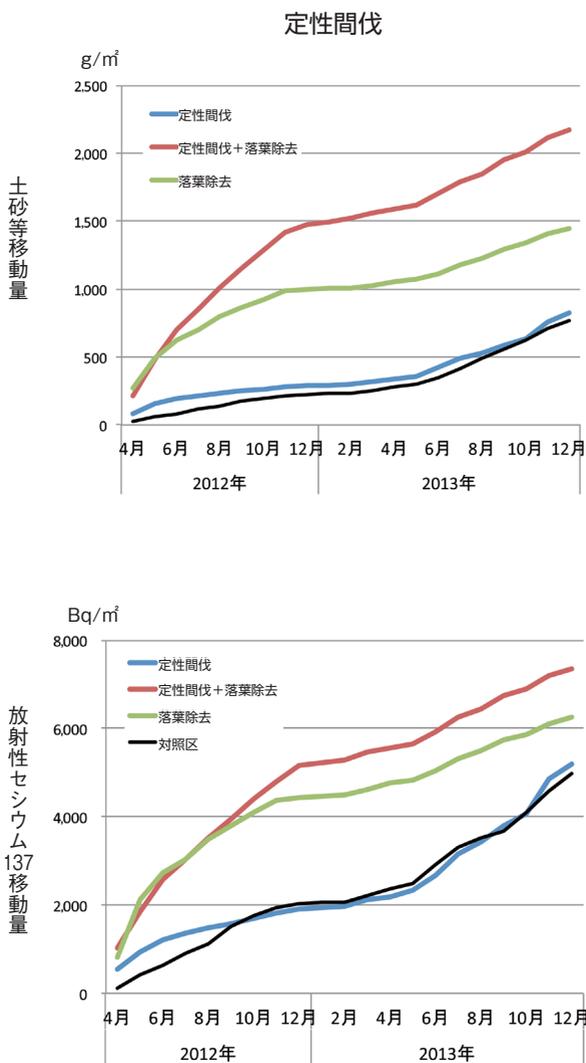


図5-8 作業に伴う土砂と放射性セシウム137の移動量（積算）

資料：林野庁「平成25年度森林における放射性物質拡散防止等技術検証・開発事業のうち『森林施業等に係る技術検証・開発』報告書」2014年8月

林床の被覆による 放射線の遮蔽効果

森林での放射性物質の影響を低減させるために、林野庁では、森林土木技術を活用して林床を被覆することによる放射線の遮蔽効果を福島県内の川内試験地(川内村)で検証しています。

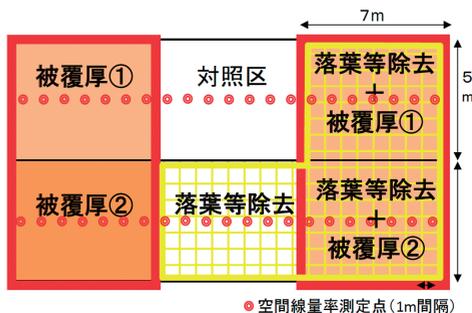
林床被覆の施工条件

試験区は、尾根筋の作業道脇に設定しました。林床を被覆する工法は、植生マット工、植生基材吹付工、木材チップ散布工の3工法としました(写真5-1)。被覆する資材の厚さ(5cm厚、10cm厚)、落葉等除去の有無による施工条件を変えて各工法別に6区画を設定しました(図5-9)。

施工による空間線量率の低減

各工法における空間線量率の測定結果(表5-1)では、最も効果がみられた工法は落葉等を除去した後、植生基材吹付10cm厚に施工した場合で、施工前の $3.39 \mu\text{Sv/h}$ から施工3か月後で $2.54 \mu\text{Sv/h}$ となり、25%の空間線量率が低減されました。また、落葉等除去を実施せずに施工した場合でも、植生基材吹付工5cm厚では11%低減し、同じく10cm厚では22%低減しており、落葉等除去を実施しなくても一定の低減効果が認められました。いずれの工法についても、被覆厚が厚いほうが遮蔽効果が高く空間線量率の低減効果も高い傾向がみられました。林床の被覆は、放射線の遮蔽のみならず、土砂流出防止機能も有し、また除去物を発生させない放射性

物質対策の1つであると考えられますが、放射線遮蔽効果の持続性の検証や費用対効果の改善に向けた取り組みを継続していくこととしています。



●空間線量率測定点(1m間隔)

図5-9 試験区の様子

植生マット工

試験区〈図〉の①1枚、②2枚



ヤシ・ジュート製のマット。1枚の大きさは1m×3m。10cm間隔で種子、肥料等の入った植生基材袋を装着。最大厚5cm/枚。

植生基材吹付工

試験区〈図〉の①5cm厚、②10cm厚



パーク堆肥、肥料、接合剤、種子を混合したものをを用い、ラス（金網）張の後、コンプレッサーで高圧をかけ吹付。

木材チップ散布工

試験区〈図〉の①5cm厚、②10cm厚



購入した木材チップを木枠で囲った中に散布。

写真5-1 林床の各被覆工

表5-1 試験区の空間線量率測定結果（地上1mを測定）

単位： $\mu\text{Sv/h}$

工程		①植生マット工		②植生基材吹付工		③木材チップ散布工	
		1枚	2枚	5cm	10cm	5cm	10cm
落葉等除去を実施して施工	施工前	2.84	3.12	3.27	3.39	5.43	5.03
	施工直後	2.76	2.68	2.27	2.48	5.02	4.55
	施工3カ月後	2.76	2.57	2.62	2.54	4.80	4.31
	低減率	3%	18%	20%	25%	12%	14%
落葉等除去を実施せずに施工	施工前	3.03	3.30	3.47	4.04	4.92	4.45
	施工直後	2.86	3.09	3.06	3.15	4.88	4.27
	施工3カ月後	2.83	3.09	3.09	3.15	4.72	3.89
	低減率	7%	6%	11%	22%	4%	13%

※空間線量率は各試験地7測定点のうち両端を除く5測定点の平均値。

※測定時の対照区平均空間線量率をもとにして各箇所の数値を補正。

資料：農林水産省プレスリリース『平成25年度 森林における放射性物質拡散防止等技術検証・開発事業』等の調査結果について 2014年8月22日

吸着材を活用した濁水防止工による 放射性物質拡散抑制効果

林野庁では、福島県内の広野試験地(広野町)の溪流で、吸着材を充填した土のうを活用した濁水防止工による放射性物質の拡散抑制効果の検証を行いました。

濁水防止工+吸着材による放射性セシウムの吸着

広野試験地の溪流に、ゼオライト等の吸着材を詰めた濁水防止工(鋼製自在枠)を設置して、吸着された放射性セシウム量等を測定しました(写真5-2)。

濁水防止工による放射性セシウムの吸着効果

濁水防止工に収納可能な各吸着材の重量はゼオライト628kg、パーライト140kg、バーミキュライト168kg、木炭60kgとなり、吸着総量は順に、663kBq、270kBq、396kBq、159kBqとなりました(表5-2)。

最も効果のあった吸着材はゼオライトでした。しかしながら、濁水防止工(吸着材960L収納)1基の放射性物質捕捉率はこの期間に流出した放射性物質量の0.1%未満という測定結果となり、十分な効果は期待できないと考えられます(表5-3)。



写真5-2 吸着材を使用した濁水防止工

濁水防止工は、鋼製の枠組みに石材を詰め込んだもので、天端部分に仕切りを設けて、各種吸着材を詰めた土のうを納め、おおむね1か月毎に交換しました。

表5-2 濁水防止工（吸着材960L収納）による放射性セシウムの吸着量

	ゼオライト	パーライト	パーミキュライト	木炭
収納可能な吸着材の重量	628kg	140kg	168kg	60kg
単位重量当たりの吸着量	1.06 kBq/kg	1.93 kBq/kg	2.36 kBq/kg	2.66 kBq/kg
吸着総量	663kBq	270kBq	396kBq	159kBq

※吸着総量は、おおむね1か月毎に吸着材を交換し、約1年間で吸着する量

表5-3 広野試験地・濁水防止工（ゼオライト）による放射性物質捕捉率

	項目	数値
①	期間流量 (m ³)	900,000
②	期間流出土砂量 (t)	162
③	集水域面積 (ha)	140
④	集水域全体の放射性セシウム沈着量 (MBq)	395,000
⑤	期間流出放射性物質量（渓流水＋浮遊砂）(MBq)	1,547
⑥	放射性セシウム流出率（⑤÷④）	0.4 %/年
⑦	濁水防止工（ゼオライト）吸着総量(kBq)	663
⑧	濁水防止工（ゼオライト）による放射性物質捕捉率（⑦÷⑤）	0.04 %/年

※1MBq = 1,000kBq = 100万Bq

放射性物質を含む 丸太の土場周辺への影響

林野庁では、福島県内の飯舘試験地(飯舘村)で、伐採等の作業によって発生した放射性物質を帯びた丸太を土場(丸太の集積地)に集めることで、周囲の空間線量率にどのような影響があるか検証しました。

丸太を盛土で被覆

飯舘試験地で、土場に丸太を仮置き、盛土(30cm厚)で被覆した場合(図5-10)と被覆しない場合(図5-11)について、丸太からの距離別(1m、5m、10m)の空間線量率を測定しました。

被覆の有無による空間線量率の変化

丸太を盛土で被覆した試験では、丸太の設置直後と丸太への盛土後に、空間線量率を丸太からの距離別に測定しました。各地点での丸太設置直後及び丸太への盛土後の空間線量率($\mu\text{Sv/h}$)はそれぞれ、1mでは0.67及び0.69、5mでは0.68及び0.68、10mでは0.71及び0.66となりました。

丸太を盛土で被覆しなかった試験では、丸太の設置直後と丸太設置1日後に、空間線量率を丸太からの距離別に測定しました。各地点での丸太設置直後及び丸太設置1日後の空間線量率($\mu\text{Sv/h}$)はそれぞれ、1mでは0.65及び0.65、5mでは0.42及び0.51、10mでは0.72及び0.70となりました(図5-12)。

測定の結果から、丸太の設置や、その後の被覆の有無による空間線量率

の変化はみられませんでした。

伐採して運び出した丸太は被覆を行わない場合でも、仮置の土場周辺の空間線量率の影響はほとんどありませんでした。

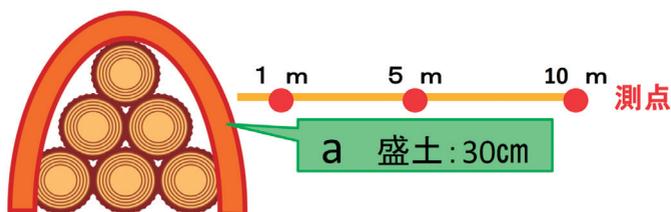


図5-10 盛土 (30cm) で被覆した丸太と空間線量率の測点箇所

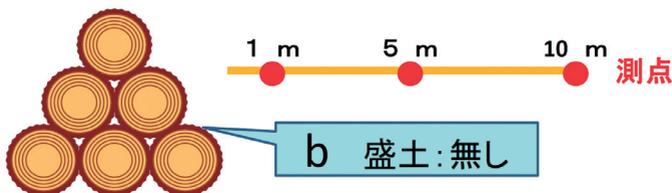
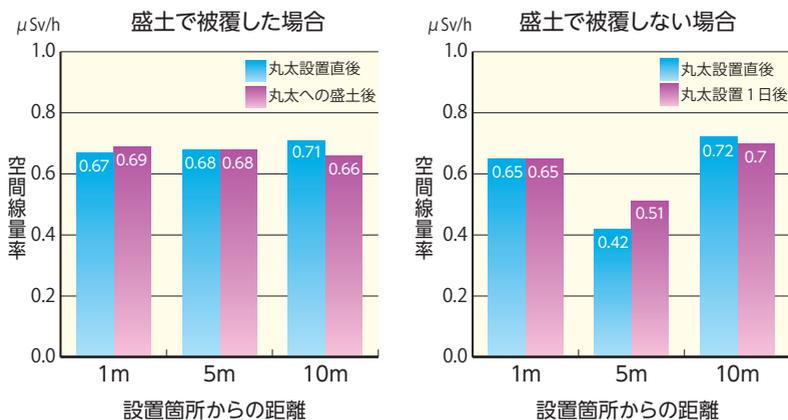


図5-11 盛土による被覆無しの丸太と空間線量率の測点箇所



※丸太設置前の空間線量率は、隣接する土場の地上1mで0.68 μSv/h

図5-12 盛土による被覆の前後の空間線量率 (飯館試験地、地上1mの空間線量率)

資料：農林水産省プレスリリース「森林における放射性物質の拡散防止技術検証・開発事業の結果について」2013年8月27日 85

作業者の被ばく低減と作業の効率化①

—高性能林業機械の活用

これまでに指定された「避難指示解除準備区域」の中には、避難指示が解除された地区もあり、今後さまざまな森林施業の実施が見込まれます。そこで林野庁では、高性能林業機械を活用した作業員の被ばくの低減方法について検証しました。なお、作業に当たっては、除染電離則に基づく放射線障害防止措置(個人線量管理や汚染検査等)を遵守しました。

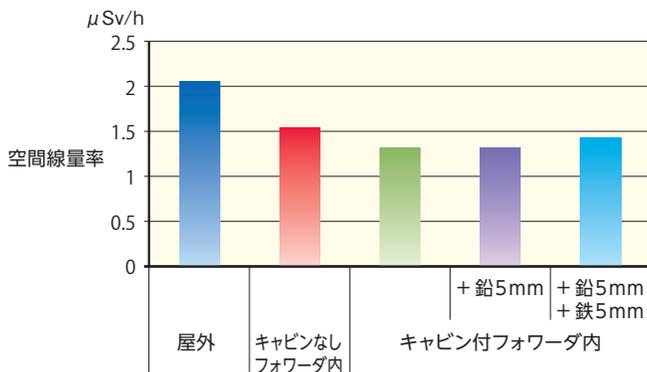
作業者の被ばく線量を測定

福島県内の川内試験地(川内村)において、屋外の地上1m(屋外作業者の胸高)と高性能林業機械のキャビン内の地上2m(運転席に座ったときの作業者の胸高)の空間線量率を測定し、キャビン内外での作業者の被ばく線量を比較しました。その際、キャビン床面に鉛板等を設置し、その効果も検証しました。また、林内作業における作業者の被ばく線量を作業員が携帯するポケット線量計の記録を用いて、主な作業毎の被ばく線量を比較しました。

機械の活用による作業者の被ばく低減

高性能林業機械のキャビン内の空間線量率は、屋外と比べて3割程度低減しましたが、床面の鉛等による遮蔽では大きな効果が見られませんでした。遮蔽材を用いなくても、標準装備のアンダーカバー(16mm厚の鉄板)が下方からの放射線を遮蔽しているものと推察されます(図5-13)。

また、作業毎の1日当たりの平均被ばく線量は、キャビン付高性能林業機械を活用した場合は $6.8 \mu\text{Sv}$ となり、落葉等除去 $11.1 \mu\text{Sv}$ 、伐倒(チェーンソー) $10.4 \mu\text{Sv}$ と比べて、被ばく線量が35～40%低減しました(表5-4)。



※空間線量率は、屋外は地上1m(屋外作業者の胸高)、フォワード内はキャビンなしが地上1.2m、キャビン付が地上2m(それぞれの運転席に座ったときの胸高)の値である。

図5-13 作業者が受ける放射線量の比較

表5-4 主な作業毎の被ばく線量

主な作業	日平均被ばく線量 (μSv)
落葉等除去	11.1
伐倒(チェーンソー)	10.4
重機オペレーション(キャビンなし)	9.5
重機オペレーション(キャビン付)	6.8

※実働時間は1日5時間～5時間30分程度である。

資料：農林水産省プレスリリース「森林における放射性物質の拡散防止技術検証・開発事業の結果について」2013年8月27日

作業者の被ばく低減と作業の効率化② —皆伐作業システムの選択

林野庁では、皆伐の作業システムを工夫することで、作業者の被ばくの低減につながる手法を検証しました。

キャビン付高性能林業機械を活用

キャビン付高性能林業機械を活用した場合、屋外作業やキャビンなし林業機械による作業と比べ、被ばく線量が35%低減すると仮定し、一定の作業(3haの皆伐)を異なる作業システムで実施した場合の作業者の被ばく線量を推計しました。

作業システムの異なる皆伐作業に伴う作業者の被ばく線量

試算の結果(表5-5)、作業システムの違いにより、総被ばく線量で最大約7倍、1人当たりの被ばく線量で最大約5倍の差となりました。これらの作業システムの中で作業者の被ばく低減に有効だったのは、次の2つのシステムです。

【システム例(表5-5No.2)】

- 作業者が2人で、高性能林業機械(ハーベスタ[伐倒・造材]+フォワード[集材・極積み])をそれぞれが操作し作業を進めるシステムでは、1人当たり被ばく線量0.15mSvと試算されました。

【システム例(表5-5No.4)】

- 作業人数が4人で、人力[伐倒・造材]+高性能林業機械(タワーヤー

ダ[集材]) + 高性能林業機械(プロセッサ[造材] + グラップル[桝積み]) とそれぞれ作業分担するシステムでは、1人当たり被ばく線量 0.13mSv と試算されました。

これらのことから、作業システムの一部に高性能林業機械を活用した作業システムを導入することにより総作業日数の短縮を図ることで生産性が向上し、林業作業者の被ばく線量を低減することができると考えられます。

表5-5 作業システムの異なる皆伐作業に伴う作業者の被ばく線量の試算

No	作業システム						生産性 m ³ /日		総作業 日数	作業者被ばく線量 (mSv)		
	伐倒	伐倒・ 造材	集材	造材	搬出	桝積み	作業 人数	班		人	総量	一人 当たり
1	ハーベスタ スキッダ		同左	同左		同左	1	55.6	55.6	26.0	0.28	0.28
2		ハーベ スタ	フォワー ダ			同左	2	48.4	24.2	28.0	0.31	0.15
3	人力 (兼荷掛)		スイング ヤーダ	プロセ ッサ	フォワ ーダ	同左	4	14.0	3.5	94.0	1.39	0.35
3'	人力 (兼荷掛)		スイング ヤーダ	プロセ ッサ	フォワ ーダ	同左	4	14.0	3.5	94.0	1.16	0.29
4	人力 (兼荷掛) 2人		タワーヤ ーダ	プロセ ッサ		グラッ プル	4	48.4	12.1	35.0	0.51	0.13
5		人力	ウインチ スキッダ		同左	グラッ プル	3	11.5	3.8	113.0	1.86	0.62
5'		人力	ウインチ スキッダ		同左	グラッ プル	3	11.5	3.8	113.0	1.49	0.50
6	人力 (兼荷掛)		グラッ プル	人力		グラッ プル	4	16.4	4.1	79.0	1.86	0.47

注1) 空間線量率は、屋外(地上1m)で2.8 μSv/h、車両内(地上2m)で1.82 μSv/h(屋外と比べ35%低減)とした。

注2) 事業地面積3ha、立木蓄積700m³/ha、作業時間6時間/日とした。

注3) 赤字の高性能林業機械はキャビン付である。

注4) No4の作業は、伐倒とその他の作業間で被ばく線量の差が大きいため、作業に当たっては担当内容のローテーションが必要である。

注5) 作業に伴う追加被ばく量の合計が年間1m/Svを超えないよう注意が必要である。

資料：農林水産省プレスリリース「森林における放射性物質の拡散防止技術検証・開発事業の結果について」2013年8月27日

バキューム装置による 地表の放射性物質含有量の低減効果

林野庁では、福島県内の川内試験地(川内村)において、森林内での空間線量率を低減させるための落葉等除去作業で、バキューム装置の活用で作業の効率化を図る方法について検証しました。

手作業とバキューム活用で異なる工程

落葉等除去作業をすべて手作業で行った場合と一部にバキューム装置を用いた場合とでは工程が異なり、手作業では小さな落葉や枝まで熊手を使って除去するのに対し、バキューム活用では熊手による手作業で粗掻きした後、バキューム装置の吸引により除去という工程になります。

バキューム装置による地表の放射性物質含有量の低減効果

100㎡当たりの落葉等除去作業では、作業時間合計が手作業では4.67時間、バキューム装置を用いた作業では4.54時間となり、手作業に比較すると作業時間は約3%短縮されました(表5-6)。さらに、バキューム装置を用いた作業では、作業後の地表面の放射性物質含有量が、すべて手作業で実施した場合と比べて45～50%低減されました。これは、手作業では回収できずに残る微粒子を吸引できるためと考えられます(図5-14)。

これらのことから、落葉等除去作業にバキューム装置を活用することで、手作業よりも空間線量率を低減させる効果が期待できます。



写真5-3
バキューム装置を用いた作業の様子



(上：手作業、下：バキューム)

写真5-4 作業後の地表面の比較

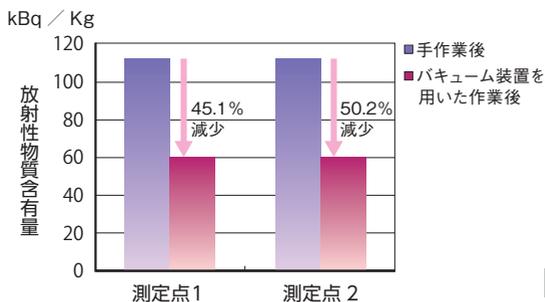


図5-14 作業後の地表面の放射性物質含有量の比較

表5-6 100㎡当たりの作業時間の比較

手作業		バキューム装置を用いた作業	
作業内容	1人当たり作業時間 (単位: 時間)	作業内容	1人当たり作業時間 (単位: 時間)
手作業による大枝集め (大枝を6カ所に集めてロール化)	2.2	手作業による大枝集め (大枝を6カ所に集めてロール化)	2.2
手作業による落葉掻き (熊手による落葉掻き、フレコンバッグへの詰め込み)	2.28		
		手作業による落葉粗掻き (熊手による落葉粗掻き)	0.72
		バキューム装置の吸引による回収 (落葉粗掻き作業で残った落葉、小枝を吸引し、フレコンバッグへ直接投入)	1.62
落葉掻きで回収できなかった落葉、小枝の手回収	0.19		
作業時間合計 (A)	4.67	作業時間合計 (B)	4.54

資料：農林水産省プレスリリース「森林における放射性物質の拡散防止技術検証・開発事業の結果について」2013年8月27日

ぼう芽更新木に含まれる 放射性物質の把握

林野庁では、福島県内の川内試験地(川内村)で、コナラとクヌギのぼう芽更新木に含まれる放射性セシウムの濃度を測定しています。

ぼう芽更新木の放射性セシウム

試験地では、コナラとクヌギのぼう芽更新木を枝と葉に分けて採取し(写真5-5)、それぞれに含まれる放射性セシウム濃度を測定しました。

コナラとクヌギの樹種の比較では、コナラに放射性セシウムが多く含まれる傾向がありました(表5-7)。また、枝と葉の比較では、葉の方に放射性セシウムが多く含まれる傾向がありました。



コナラぼう芽更新木(ぼう芽後1年目)



枝と葉に分けて採取

写真5-5 ぼう芽更新木と試料の採取方法

樹体内での放射性セシウム量の変化

2013年7月と同年11月に採取した試料の放射性セシウム(セシウム134、セシウム137)濃度を比較すると、樹種や部位により一部の相違はありますが、全体的には放射性セシウム濃度が低減している傾向がみられました。約4か月間で50%以上も低減している例があり、初夏の発芽直後から秋の落葉前にかけて放射性セシウムが樹体内を移動しているものと推測されます。

なお、今後の推移については、引き続きモニタリングを実施することとしています。

表5-7 ぼう芽更新木の放射性セシウム濃度

【川内試験地 原木採取林モデル地区】

単位:Bq/kg

採取区	樹種	部位	核種	2013年7月3日	2013年11月5日
皆伐区	クヌギ (3検体)	枝	セシウム134	130～300	72～130
			セシウム137	290～660	160～250
		葉	セシウム134	220～630	120～240
			セシウム137	590～1,200	340～580
	コナラ (3検体)	枝	セシウム134	350～670	130～300
			セシウム137	740～1,300	280～590
	葉	セシウム134	680～1,100	330～1,100	
		セシウム137	1,300～2,200	900～2,600	
皆伐+ 落葉等除去区	クヌギ (3検体)	枝	セシウム134	100～310	<100
			セシウム137	250～460	90～240
		葉	セシウム134	280～370	140～260
			セシウム137	580～790	360～550
	コナラ (3検体)	枝	セシウム134	210～390	68～230
			セシウム137	470～770	140～460
		葉	セシウム134	260～610	420～580
			セシウム137	1,000～1,500	900～1,700

【試験地の空間線量率等】

試験区		空間線量率	放射性セシウム沈着量
川内試験地	皆伐区	1.99 μ Sv/h	1,200kBq/m ²
原木採取林モデル地区	落葉等除去+皆伐区	2.18 μ Sv/h	

※空間線量率は2012年11月に測定。

※放射性セシウム沈着量は、第3次航空機モニタリング(2011年7月時点)のデータを使用。

資料：農林水産省プレスリリース「『平成25年度 森林における放射性物質拡散防止等技術検証・開発事業』等の調査結果について」 2014年8月22日

安全なきのこ生産に向けて

放射性物質低減のための 原木きのこ栽培管理に関するガイドライン

原木きのこについては出荷が制限されている地域があります。また、価格の下落や風評被害による買い控えなど、きのこの生産を継続するにあたっては厳しい状況がみられます。

このような中、農林水産省では、安全な原木きのこを安定的に供給していけるよう「放射性物質低減のための原木きのこ栽培管理に関するガイドライン」を策定しました。ガイドラインでは、放射性物質の影響を低減し、生産されたきのこが食品の基準値を超えないようにするための具体的な栽培管理方法を提示しています。都道府県では、同ガイドラインを基に、地域の実情に応じた取り組み事項についてチェックシートを作成し、きのこ生産者に示すこととなっています。

出荷制限が指示された地域では、このガイドラインに基づいた栽培管理を行った後、「検査計画、出荷制限等の品目・区域の設定・解除の考え方（原子力災害対策本部）」において、基準値を超えるきのこが生産されないと判断されることが制限解除の重要な条件となっています。

ガイドラインの主な内容

ガイドラインでは、安全な原木きのこを生産するための具体的な栽培管理方法を提示しています。ガイドラインから一部を抜粋して紹介します。

1 きのこ原木・ほだ木を指標値以下にする取り組み

(1) 原木・ほだ木は指標値以下の原木を使用

自伐・立木購入の原木*、購入原木・ほだ木は、指標値以下のものを使用する。

*原木及びほだ木の当面の指標値は、50Bq/kg(乾重量)に設定している(林野庁プレスリリース「きのこ原木・ほだ木の当面の指標値に関する見直しについて」2012年8月30日)

(2)きのこ発生前のほだ木の放射性物質を検査

原木・ほだ木は放射性物質検査結果の確認、または検査を実施して指標値以下の原木・ほだ木であることを確認した上で使用する。検査の結果、指標値を超えた原木・ほだ木については、廃棄または除染した上で再度検査する。

(3)発生したきのこの放射性物質を検査

生産者のロット単位で放射性物質検査を確実に実施する。検査方法は、同じロット内から発生したきのこをまんべんなく採取・分析する。

2 放射性物質の影響を低減するための取り組み(主な例)

(1)原木・ほだ木を洗浄

- 流水しながら洗浄機、高圧洗浄機、ブラシ等により原木を除染する。
- 洗浄時に発生した、沈殿物・浮遊物をろ過し回収する。
- 原木・ほだ木を施設(ハウス)内に持ち込む場合、原木・ほだ木に付着した粉塵、土などを洗浄する。

(2)ほだ木への放射性物質の付着を防止するため、シートで被覆

- 林内のスギなど枝葉から垂れる雨水が直接当たらないように、ほだ木を列ごとにシート・寒冷紗・遮光ネットで覆う。
- 空間線量率の高い場所からの風を入れないように防風ネットを活用する。

(3)ほだ木が放射性物質を含む地面と接触しないよう、ブロックなどを設置

- 原木・ほだ木はシートやブロック、枕木などの上に置き、直接地面につけない。
- ほだ木への土の跳ね返りを防ぐため、砂利、木材チップ、かや、シートなどを敷く。

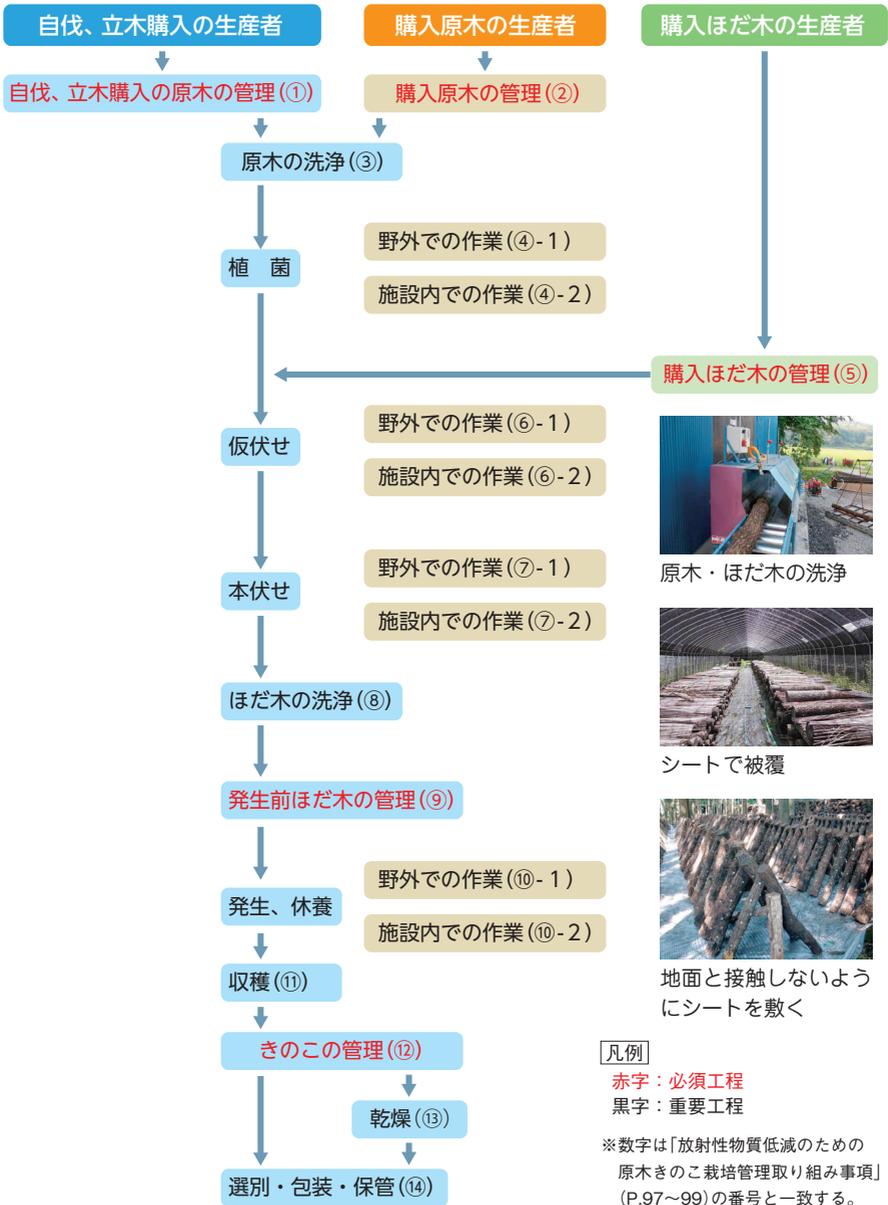


図 5-15 放射性物質低減のための原木きのこ栽培管理フローチャート

表5-8 放射性物質低減のための原木きのご栽培管理取り組み事項

番号	工程	区分	取組事項
①	自伐、立木購入の原木の管理	購入時の確認、取扱	<ul style="list-style-type: none"> 指標値以下の原木を使用する 粉塵、土、腐植層など付着、接触しないように、原木をブロックなどの上に置き、シートで覆う
②	購入原木の管理	購入時の確認、取扱	①に同じ
③	原木の洗浄	原木の放射性物質の低減	<ul style="list-style-type: none"> 流水しながら洗浄機、高圧洗浄機、ブラシ等により原木を除染する 洗浄時に発生した、沈殿物・浮遊物をろ過し回収する
④-1	野外	空間線量率の測定	<ul style="list-style-type: none"> 空間線量率の測定を行い、空間線量率の低い場所で行う
		放射線物質量の低減	<ul style="list-style-type: none"> 原木、ほだ木はシート、ブロックなどの上に置き、直接地面につけない 種菌は室内に保管する 植菌作業は地面に接触させず、シートなどの上で行う 使用器材はシートなどの上に置き、直接地面と接触させない
④-2	植菌 施設内	空間線量率の測定	<ul style="list-style-type: none"> 空間線量の測定を行い、空間線量率の低い場所で行う
		環境整備	<ul style="list-style-type: none"> 表面土壌を取り除き、砂利、木材チップなどを敷く 施設（ハウス）周辺にスギ・ヒノキなど常緑針葉樹林がある場合、枝葉を除去する 既存施設（ハウス）は、シートの張り替え、洗浄を行う ハウスのシート、施設（ハウス）の出入り口を二重にする 施設（ハウス）内専用の履き物を用意する
		放射線物質量の低減	<ul style="list-style-type: none"> 原木・ほだ木を施設（ハウス）内に持ち込む場合、原木・ほだ木に付着した粉塵、土などを洗浄する ハウス内の清掃、洗浄を行う 種菌は室内に保管する 原木、ほだ木はシート、ブロックなどの上に置き、直接地面につけない
⑤	購入原木の管理	購入時の確認、取扱	<ul style="list-style-type: none"> 指標値以下のほだ木を使用する 粉塵、土、腐植層など付着、接触しないように、ほだ木をブロックなどの上に置き、シートで覆う
⑥-1	仮伏せ 野外	空間線量率の測定	<ul style="list-style-type: none"> 空間線量率の測定を行い、空間線量率の低い場所で行う
		環境整備	<ul style="list-style-type: none"> 下層植生、落葉等腐植層、表面土壌を取り除き、砂利、木材チップなどを敷く スギ、ヒノキなど常緑針葉樹林内の場合、遮光も勘案しながら枝葉を除去する
		放射線物質量の低減	<ul style="list-style-type: none"> 直接スギなど枝葉から垂れる雨水が当たらないように、ほだ木を列ごとにシートで覆う ほだ木はブロックや枕木などの上に置き、直接地面につけない ほだ木への土の跳ね返りを防ぐため、砂利、木材チップ、かや、シートなどを敷く 散水する水は放射性物質の値を確認した井戸水、水道水を使用する

番号	工程	区分	取組事項	
⑥-1	野外	放射線物質量の低減	• 山水を使用する場合は、放射性物質の値を確認し浮遊物、沈殿物を除いて使用する	
			• 貯水槽は洗浄後使用し、ふたをする。貯水槽に堆積したごみは回収し、汚染物として処理する	
⑥-2	仮伏せ	空間線量率の測定	• 空間線量率の測定を行い、空間線量率の低い場所で行う	
		環境整備	④-2「環境整備」に同じ	
		放射線物質量の低減	• 原木・ほだ木を施設（ハウス）内に持ち込む場合、原木・ほだ木に付着した粉塵、土などを洗浄する	
			• 寒気は最小限にし、風下側で行うようにする。換気施設はフィルターをつける	
			• ほだ木はブロックや枕木などの上に置き、直接地面につけない	
• ハウス内の清掃、洗浄を行う				
• 散水する水は放射性物質の値を確認した井戸水、水道水を使用する				
• ハウス外の貯水槽は洗浄後使用し、ふたをする。貯水槽に堆積したゴミは回収し、汚染物として処理する				
⑦-1	本伏せ	空間線量率の測定	• 空間線量率の測定を行い、空間線量率の低い場所で行う	
		環境整備	• 下層植生、落葉等腐植層、表面土壌を取り除き、砂利、木材チップなどを敷く	
			• スギ、ヒノキなど常緑針葉樹林内の場合、遮光も勘案しながら枝葉を除去する	
			• 既存人工ほだ場は必要に応じ、遮光ネットの張り替え、洗浄を行う	
放射線物質量の低減	• 原木クリタケ栽培などで覆土などする場合、汚染していない赤玉土、鹿沼土など使用する その他、⑥-1「放射性物質量の低減」に同じ			
⑦-2	施設内	空間線量率の測定	• 空間線量率の測定を行い、空間線量率の低い場所で行う	
		環境整備	④-2「環境整備」に同じ	
		放射線物質量の低減	• 原木クリタケ栽培などで覆土などする場合、汚染していない赤玉土、鹿沼土など使用する その他、⑥-2「放射性物質量の低減」に同じ	
⑧	ほだ木の洗浄	ほだ木の放射性物質量の低減	• 浸水、洗浄機、高圧洗浄機、ブラシ等によりほだ木を洗浄する • 洗浄時に発生した、沈殿物・浮遊物を濾過し回収する	
⑨	発生前ほだ木の管理	ほだ木の放射性物質検査	• 指標値以下のほだ木を使用する	
⑩-1	発生、休養	野外	空間線量率の測定	• 空間線量率の測定を行い、空間線量率の低い場所で行う
			環境整備	• 下層植生、落葉等腐植層、表面土壌を取り除き、砂利、木材チップなどを敷く
				• スギ、ヒノキなど常緑針葉樹林内の場合、遮光も勘案しながら枝葉を除去する
• 既存人工ほだ場は、遮光ネットの張り替え、洗浄を行う				

番号	工程	区分	取組事項
⑩-1	発生、休養	野外	放射線物質量の低減 <ul style="list-style-type: none"> ・ 浸水、散水する水は放射性物質の値を確認した井戸水、水道水を使用する ・ 浸水槽、貯水槽は洗浄後使用し、ふたをする。貯水槽に堆積したごみは回収し、汚染物として処理する ・ 原木クリタケ栽培などで覆土などする場合、汚染していない赤玉土、鹿沼土など使用する その他、⑥-1「放射性物質量の低減」に同じ
		施設内	空間線量率の測定 <ul style="list-style-type: none"> ・ 空間線量率の測定を行い、空間線量率の低い場所で行う 環境整備 <ul style="list-style-type: none"> ④-2「環境整備」に同じ 放射線物質量の低減 <ul style="list-style-type: none"> ・ 浸水、散水する水は放射性物質の値を確認した井戸水、水道水を使用する ・ 浸水槽、ハウス外の貯水槽は洗浄後使用し、ふたをする。貯水槽に堆積したゴミは回収し、汚染物として処理する ・ 原木クリタケ栽培などで覆土などする場合、汚染していない赤玉土、鹿沼土など使用する その他、⑥-2「放射性物質量の低減」に同じ
⑪	収穫	放射線物質量の低減	<ul style="list-style-type: none"> ・ 収穫物は、収穫後すみやかに室内に保管する
⑫	きのこの管理	きのこの放射性物質検査	<ul style="list-style-type: none"> ・ 食品の基準値以下であることを確認する
⑬	乾燥	環境整備	<ul style="list-style-type: none"> ・ 既存施設(ハウス)は、シートの張り替え、洗浄を行う ・ ハウスのシート、施設(ハウス)の出入り口を二重にする ・ 施設(ハウス)内専用の履き物を用意する
		放射線物質量の低減	<ul style="list-style-type: none"> ・ 乾燥は室内で行い、天日乾燥しない ・ 乾燥機、エビラ、床は使用ごとに清掃する
⑭	選別・包装・保管	環境整備	⑬「環境整備」に同じ
		放射線物質量の低減	<ul style="list-style-type: none"> ・ 選別・包装は室内で行う ・ 包装資材は室内で保管する ・ 使用機材、作業台、床は使用ごとに清掃する
共通		ロット管理(*)	<ul style="list-style-type: none"> ・ ほだ木のロット管理を徹底する
		体内への放射性物質の取込防止	<ul style="list-style-type: none"> ・ 帽子、マスク、手袋、長靴を着用する ・ 手足、顔など裸出部分を石けんなどで洗浄する
		使用機械等の放射性物質量の低減	<ul style="list-style-type: none"> ・ 使用した機械、機材、資材は使用後に洗浄し、放射性物質が付着しないように保管する
		放射線物質汚染物の処分	<ul style="list-style-type: none"> ・ 処分場へ処分する。産業廃棄物は処理業者へ委託する ・ 処分場が決まっていない場合、仮置き場を設置し、まとめて保管する。その際、シートを被せる
		トレーサビリティ対応	<ul style="list-style-type: none"> ・ 生シイタケ栽培は3年間、乾シイタケは栽培は5年間記録、保存する。シイタケ以外のきのこは発生年数を考慮して記録、保存期間を設定する

※ロットの考え方は、ほだ木の伐採年、伐採箇所、植菌場所等を単位とする。

資料：林野庁プレスリリース「『放射性物質低減のための原木きのこ栽培管理に関するガイドライン』の策定について」2013年10月16日

プルシアンブルーを用いた 栽培きのこの 放射性物質低減技術

きのこは一般に放射性セシウムを吸収し、蓄積しやすい特徴を持っています。きのこの放射性物質については、「一般食品」の基準値100Bq/kgが適用されています。これを超えるきのこが見つかり、原木栽培シイタケなどが出荷制限になる市町村もあります。また、放射性セシウムの付着した原木や、汚染された原木から製造されたおが粉で栽培すると、放射性セシウム濃度の高いきのこができる可能性があります。

独立行政法人森林総合研究所では、放射性セシウムの吸収を抑制する技術について研究を進めています。セシウムを吸着する性質のあるプルシアンブルー(フェロシアン化鉄の別名。濃青色の顔料)を添加して、きのこを培養したところ、大きな効果が得られました。

栽培きのこの放射性セシウム吸収を抑える

プルシアンブルーは、チェルノブイリ原発事故以降、ヨーロッパで農作物の放射性セシウム濃度の低減技術に利用されていたものです。そこで、まずヒラタケ菌床栽培でその低減効果を調べたところ、大きな効果があることが判明しました。

次にシイタケ原木を0.05%のプルシアンブルー液に浸して実験しました。ほだ木から発生したシイタケの放射性セシウム濃度は、処理しないものと比べて平均で50%以下になりました(図5-16)。

おが粉を主体とするシイタケ、マイタケ、ナメコやアラゲキクラゲの菌床栽培の実験においても、顕著な結果が現れました。培地に0.1%のプル

シアンブルーを添加したところ、放射性セシウム濃度が検出限界以下になりました(図5-17、図5-18)。

シイタケ原木栽培や各種きのこの菌床栽培では、プルシアンブルーはきのこのこに移行しないことが確認されました。今後、実用化に向けてさらに研究と技術の改良が期待されます。

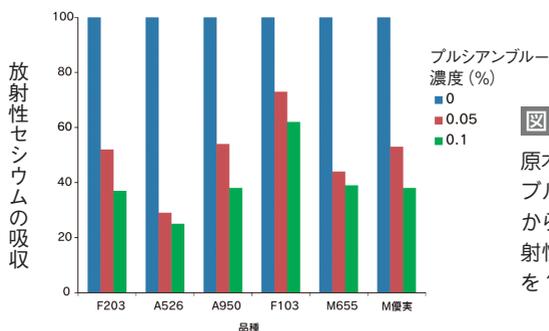


図5-16

原木シイタケプルシアンブルー液に浸漬したほだ木から発生したシイタケの放射性セシウム濃度(対照区を100とした相対値)

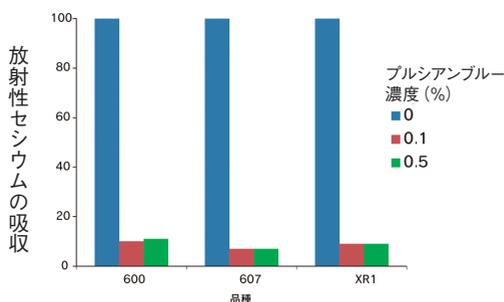


図5-17

菌床シイタケプルシアンブルーを添加した培地から発生したシイタケの放射性セシウム濃度(対照区を100とした相対値)

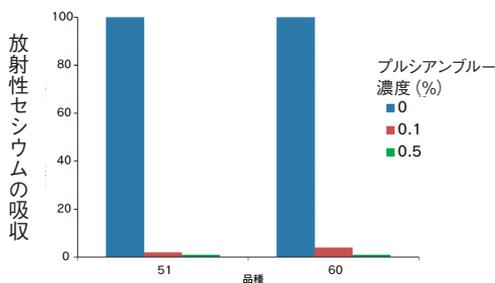


図5-18

マイタケプルシアンブルーを添加した培地から発生したマイタケの放射性セシウム濃度(対照区を100とした相対値)

山菜、野生きのこ・栽培きのこの出荷制限区域

きのこや山菜等の特用林産物について、含まれる放射性物質濃度が基準値・指標値を超える場合は出荷制限などの措置が講じられています。

基準値を上回る特用林産物は出荷を制限

食品中の放射性物質については、2012年4月に、厚生労働省が新たな基準値を設定しています。主要な食品を対象とした検査の結果、基準値を超える食品に地域的な広がりが見られた場合には、原子力災害対策本部長が関係県の知事に出荷制限等を指示してきました。

きのこや山菜等の特用林産物については「一般食品」の基準値100Bq/kgが適用されており、2013年12月現在、12県175市町村で、原木シイタケ、野生きのこ、タケノコ、クサソテツ、コシアブラ、フキノトウ、タラノメ、ゼンマイ、ワラビ等21品目の特用林産物に出荷制限が指示されています。
資料：林野庁「森林・林業白書」

山菜やきのこの出荷制限等の状況

山菜やきのこにおける放射性物質の検査の結果、基準値を超えたものについて出荷が制限されています。2014年10月現在、福島県内で出荷制限が指示されている市町村を次の図5-19～5-33に示します。

なお、出荷制限の最新状況は、林野庁ホームページで確認できます。キーワード「きのこ 山菜 出荷制限」で検索してください。

山菜

図5-19 タケノコ

タケノコについて、赤字の市町村は出荷が制限されています。



図5-20 クサソテツ (コゴミ)

クサソテツ (コゴミ) について、赤字の市町村は出荷が制限されています。
(※会津美里町については、野生のものに限る)



図5-21 フキノトウ (野生)

野生のフキノトウについて、赤字の市町村は出荷が制限されています。

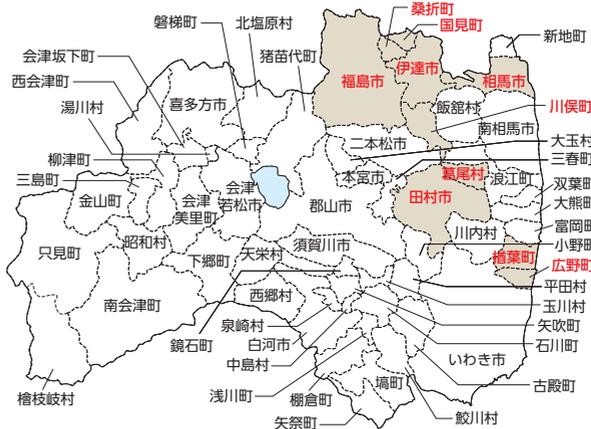


図5-22 ワサビ

(畑で栽培されたもの)

ワサビ(畑で栽培されたもの)について、赤字の市町村は出荷が制限されています。



図5-23 コシアブラ

コシアブラについて、赤字の市町村は出荷が制限されています。

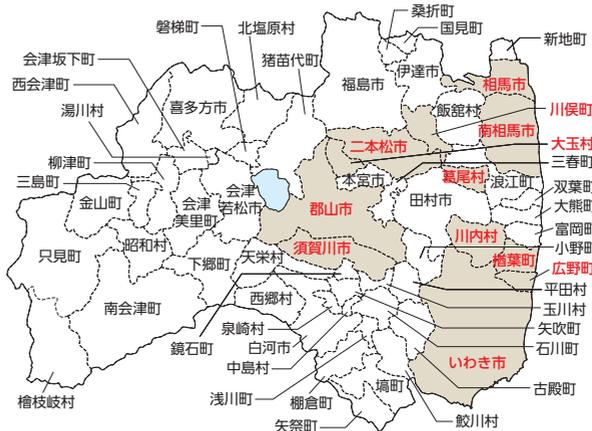


図5-24 ゼンマイ

ゼンマイについて、赤字の市町村は出荷が制限されています。

(※大王村、広野町については、野生のものに限る)

図 5-28 ウワバミソウ
(ミズ) (野生)

野生のウワバミソウ(ミズ)について、赤字の市町村は出荷が制限されています。



図 5-29 ウド (野生)

野生のウドについて、赤字の市町村は出荷が制限されています。

きのこ

図 5-30 原木シイタケ
(露地栽培)

原木シイタケ(露地栽培)について、赤字の市町村は出荷が制限されています。

(※田村市および川内村については、原発から半径20km圏内(警戒区域)に限る)

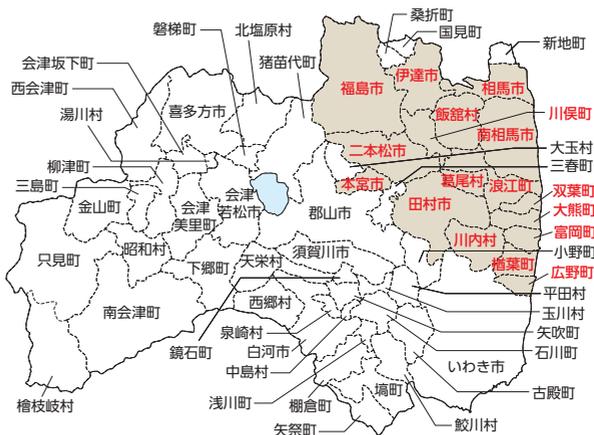


図5-31 原木シイタケ (施設栽培)

原木シイタケ (施設栽培) について、赤字の市町村は出荷が制限されています。緑字の市町村は出荷制限が一部解除されています。



菌床シイタケ

菌床シイタケについて、出荷が制限されている市町村はありません。

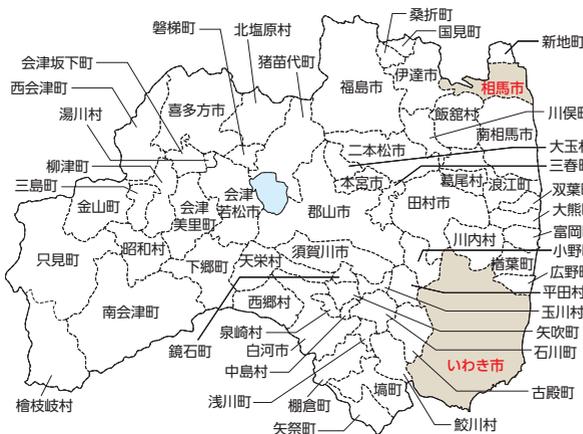


図5-32 原木ナメコ (露地栽培)

原木ナメコについて、赤字の市町村は出荷が制限されています。



図5-33 野生きのこ

野生きのこについて、赤字の市町村は出荷が制限されています。

森林での作業と放射線量の基準

—放射線障害防止対策のガイドライン

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の影響を受ける地域で作業を行う場合、作業者の電離放射線障害を防止するため厚生労働省が定めたガイドラインの事項を遵守の上、作業を行うことが求められます。

なお、このガイドラインは、放射線量が基準値を超える地域での作業(森林での作業に限らない)における放射線障害防止を目的として策定されたものです。

ガイドラインの対象となる地域

放射性物質汚染対処特措法に基づき指定されている「除染特別地域」と「汚染状況重点調査地域」を対象として、作業を行う際を守るべきガイドラインが定められています。

図5-34 除染特別地域と汚染状況重点調査地域

(2014年6月末時点)

資料：環境省「除染情報サイト」



森林での作業と放射線量

森林内の作業のうち、土壌等を直接的に取り扱う(1)苗木生産作業、(2)植栽作業、(3)保育作業(補植作業)、(4)常緑樹の伐採作業*¹、(5)林道の開設等、(6)災害復旧作業は、「特定汚染土壌等取扱業務」*²に該当する可能性があり、これら以外の作業は、「特定線量下業務」*³に該当する可能性があります。それぞれにガイドラインがあります。

いずれのガイドラインにおいても、災害復旧等の緊急性が高いもの以外の作業については、あらかじめ、作業場所周辺の除染等の措置を実施し、可能な限り線量低減を図ります。年間の追加被ばく量の合計が1mSvを超えないように注意した上で、被ばく線量管理を行う必要のない空間線量率(2.5 μ Sv/h以下)のもとで作業に就かせることを原則としています。森林施業等についても2.5 μ Sv/hを超える地域においてはできる限り作業は行わないことが求められます。

*¹ 伐採作業は土壌等を直接取り扱うものではありませんが、空間線量率が2.5 μ Sv/hを超える作業場所の常緑樹については、福島第一原子力発電所の事故発生時に付着した放射性セシウムが葉に相当程度残っている可能性があることから、当該作業場所においては常緑樹の伐採作業を特定汚染土壌等取扱業務と見なし、必要な対策を講じることとされています。

*² 「特定汚染土壌等取扱業務」とは、汚染土壌等であって、当該土壌に含まれる事故由来放射性物質のうちセシウム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(以下「特定汚染土壌等」という。)を取り扱う業務(土壌等の除染等の業務及び廃棄物収集等業務を除く)

*³ 「特定線量下業務」とは、平均空間線量率が2.5 μ Sv/hを超える場所で行う除染等業務以外の業務

(*²、*³ともに、資料: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」2013年12月)

除染特別地域・汚染状況重点調査地域で作業を行う場合のフロー

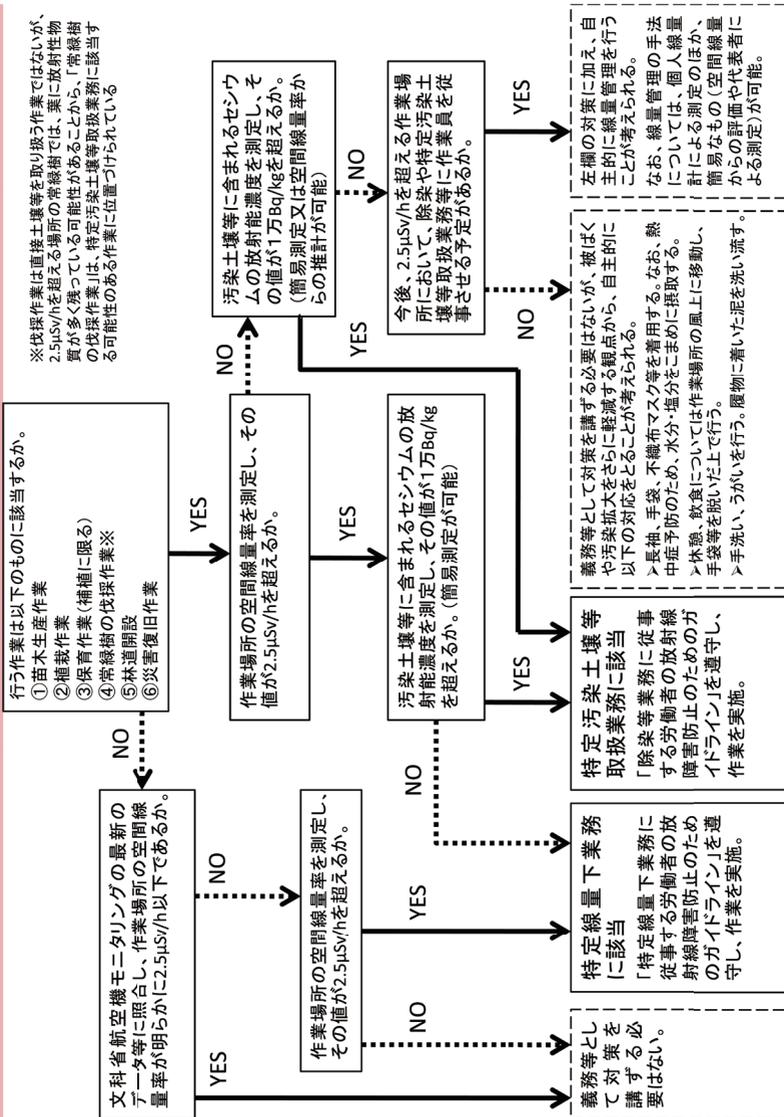


図5-35 除染特別地域等で作業を行う場合のフロー
(年間追加被ばく量は 1mSv を超えないようにする)

資料：林野庁HP「森林内等の作業における放射線障害防止対策に関する留意事項等について(Q & A)」2012年7月18日

「除染等業務ガイドライン」

「除染等業務ガイドライン*」では、作業開始前に作業場所の平均空間線量率や土壌等に含まれる放射性セシウムの濃度の値等を調査し、放射性セシウムの濃度が1万Bq/kgを超える場合には、

(1)労働者の被ばく線量の測定・記録・保存(空間線量が $2.5 \mu\text{Sv/h}$ を超える場所において作業を行うことが見込まれる場合に限る)、(2)作業計画の策定、作業指揮者による作業指揮等の被ばく低減のための措置、(3)汚染検査場所の設置及び汚染検査の実施、容器の使用等の汚染拡大防止や飲食・喫煙が可能な休憩場所の設置等による内部被ばく防止のための措置、(4)労働者に対する教育や健康管理のための措置、等の対策を講じた上で、作業を行うことが求められています(さまざまな対策等が定められており、詳細についてはガイドライン等の本体を参照してください)。

*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」2013年12月

「特定線量下業務ガイドライン」

特定線量下業務に適用される「特定線量下業務ガイドライン*」では、作業開始前に作業場所の平均空間線量率を調査し、その結果が $2.5 \mu\text{Sv/h}$ を超える場合には、労働者の被ばく線量の測定・管理や労働者に対する教育、健康管理のための措置等の対策を講じた上で、作業を行うことが求められています。

*厚生労働省「特定線量下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」2013年12月

平均空間線量率、土壌汚染濃度の測定・評価方法

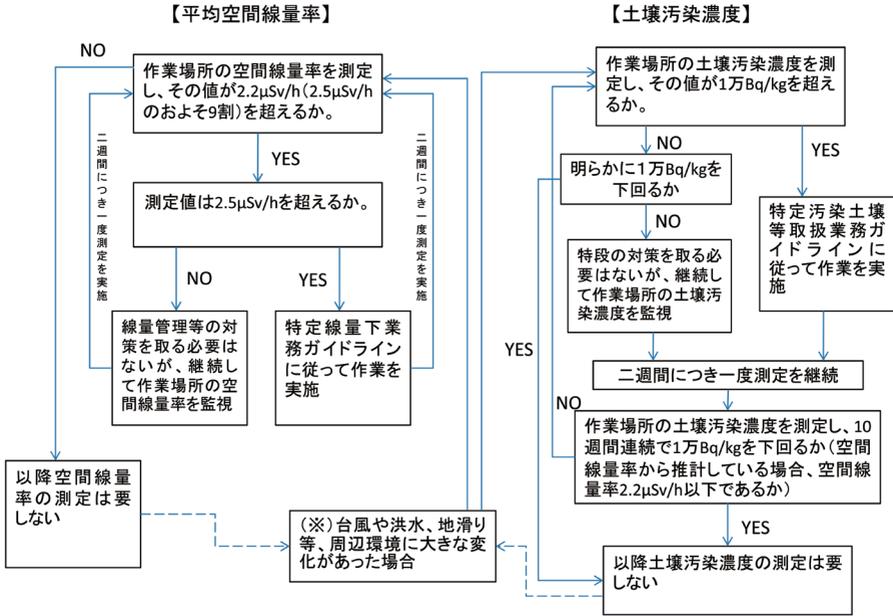
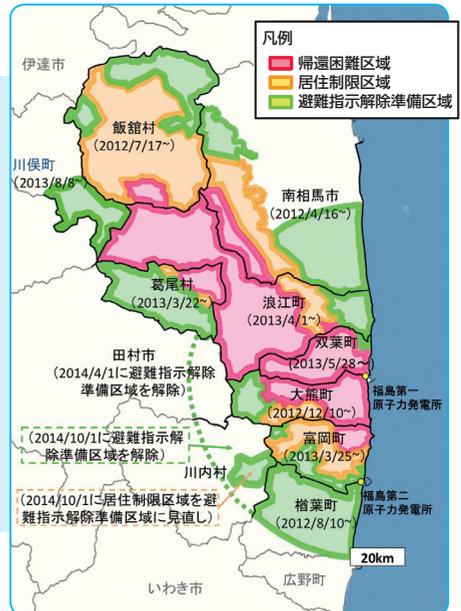


図 5-36 平均空間線量率、土壌汚染濃度の測定・評価方法

復興の現状と取り組み

資料：経済産業省「避難指示区域の概念図」をもとに作図

避難指示解除準備区域は、避難指示区域のうち年間積算線量が 20mSv 以下となることが確実である



と確認された地域です。この地域では、復旧・復興に不可欠な事業の再開とともに、営林(森林での作業)の再開が認められました*が、上記のガイドラインに定められた事項を遵守の上、作業を行うことが求められます。

*原子力被災者生活支援チーム「避難指示解除準備区域内での活動について」2012年5月9日

製材工場等の作業と放射線量

製材工場等の作業は、特定汚染土壌等取扱業務には該当しないため「除染等業務ガイドライン」の対象となりませんが、特定線量下業務に該当する場合(作業場所の空間線量率が $2.5 \mu\text{Sv/h}$ を超える場合)は、「特定線量下業務ガイドライン」の対象となります。

製材工場等についても $2.5 \mu\text{Sv/h}$ を超える地域においてはできる限り作業は行わないことが求められます。

やむを得ず $2.5 \mu\text{Sv/h}$ を超える場所で作業を行う場合は、特定線量下ガイドラインに定められた事項を遵守の上、作業を行うようにしてください。

資料：林野庁HP「森林内等の作業における放射線障害防止対策に関する留意事項等について(Q & A)」2012年7月18日、林野庁「木材製品の取扱いに係る留意事項等(Q & A)について」2012年8月23日

薪、木炭、木質ペレットの 放射性物質濃度

薪や木炭、木質ペレットなどの林産物について、含まれる放射性物質の濃度が基準値・指標値を超える場合は出荷制限などの措置が講じられています。

薪、木炭、木質ペレットの管理

林野庁は、2011年11月に、調理加熱用の薪と木炭に関する放射性セシウム濃度の「当面の指標値」を、燃焼した際の放射性セシウムの濃縮割合を勘案し、薪は40Bq/kg、木炭は280Bq/kg(いずれも乾重量)に設定しました*1。また、都道府県や業界団体に対し、同指標値を超える薪や木炭の使用、生産及び流通が行われないよう要請しています。

木質ペレットについては、2012年11月に、放射性セシウム濃度に関する「当面の指標値」を設け、樹皮を除いた木材を原料とするホワイトペレットと樹皮を含んだ木材を原料とする全木ペレットについては40Bq/kg、樹皮を原料とするバークペレットについては300Bq/kgに設定しました*2。

林野庁では、指標値の設定後、17都県のペレット製造施設で、木質ペレットとその焼却灰について、放射性セシウム濃度の検査を行っています。2013年5月現在、木質ペレットについて、指標値を超える検体は確認されておらず、燃焼灰についても、一般廃棄物として処理可能な放射性セシウム濃度(8,000Bq/kg)を超える検体は確認されていません*3。

*1 「調理加熱用の薪及び木炭の当面の指標値の設定について」2011年11月2日付け23林政経第231号林野庁林政部経営課長・木材産業課長通知

- *2 林野庁プレスリリース「木質ペレット及びストーブ燃焼灰の放射性セシウム濃度の調査結果及び木質ペレットの当面の指標値の設定等について」2012年11月2日付け
- *3 林野庁木材利用課調べ



写真5-6 木質ペレット

ペレットストーブの燃料タンクに投入された木質ペレット

表5-9 特用林産物等の当面の指標値

単位: Bq/kg

対象となる特用林産物	当面の指標値
薪	40
木炭	280
木質ペレット（ホワイトペレット、全木ペレット）	40
木質ペレット（パークペレット）	300

本文資料：林野庁「平成25年度森林・林業白書」

森林の除染の進め方

現在、森林の除染については、森林を3つのエリアに分けて、エリアごとに方針を決めて除染等が進められています。

森林除染の基本方針に至るまでの流れ

森林の除染については、2011年12月に環境省が策定した「除染関係ガイドライン」において、住居等の近隣の森林を対象として、周辺の居住者の生活環境での放射線量を低減させるため、林縁から20m程度の範囲を目安に効果的な範囲で、落葉などの堆積有機物の除去を行うことなどが示されました。

その後、環境省は「環境回復検討会」での検討を踏まえ、2012年9月に「今後の森林除染の在り方に関する当面の整理」を公表しました。この文書では、森林の除染については、住居等の近隣の森林を優先的に実施すること、作業者等が日常的に立ち入る森林は、利用実態に応じて除染方法を検討すること、それ以外の森林は今後、調査・研究を進めた上で判断することとされました。

エリア毎の状況に応じた対応を実施

さらに環境省は、2013年9月に「森林における今後の方向性」を公表し、これまでに明らかになった知見を踏まえ、「今後の森林除染の在り方に関する当面の整理について」に示されたエリアごとに、今後の森林除染の方向性を示しました(表5-10)。

3つのエリアのうち、エリアA「住居等近隣の森林」では、住居の周辺

に森林がある居住者の生活環境の放射線量を低減する観点から除染が行われています。エリアBの「利用者や作業者が日常的に立ち入る森林」では、個別の状況に応じた対応を行っています。エリアA、B以外の森林、エリアCのうち、「生活圏より奥地の林業が営まれていた森林」では、林野庁は、放射性物質への対処を行いつつ、適正な森林管理を進めて行くための方策を推進します。

これらを踏まえ、除染特別地域は環境省が汚染状況重点調査地域は市町村等が除染作業を進めています。

表5-10 森林における今後の方向性

エリアA（住居等近隣の森林）
<ul style="list-style-type: none"> ● 落葉等堆積有機物の除去による除染の効果が得られない場合、林縁から5mを目安に、追加的に堆積有機物残さの除去を可能とする（土砂流出が懸念されるため、現場の状況に応じて土のう設置などの土砂流出防止対策を適切に実施）。 ● 谷間にある線量が高い居住地を取り囲む森林等については、現在行っている面的な除染が終了した後においても、相対的に当該居住地周辺の線量が高い場合、効果的な個別対応を例外的に20mよりも広げて実施することを可能とする。
エリアB（利用者や作業者が日常的に立ち入る森林）
<ul style="list-style-type: none"> ● ほだ場について、栽培の継続・再開が見込まれる場合、エリアAの森林の除染手法に準じ、ほだ木の伏せ込み等を行う場所およびその周辺20m程度の範囲の落葉等堆積有機物の除去を可能とする。
エリアC（エリアA、B以外の森林）
<ul style="list-style-type: none"> ● 環境省では、部分的に下層植生が衰退している箇所からの生活圏への放射性物質の流出可能性に係る指摘等を踏まえ、新たな取り組みを進める。 ● 林野庁では、生活圏より奥地の林業等が営まれていた森林について放射性物質を対処しつつ、林業再生していく実証事業を進める。

資料：環境省「除染の進捗状況についての総点検」2013年9月10日

森林・林業の再生に向けて —ふくしま森林再生事業

福島県では、間伐等の森林施業と路網整備を一体的に実施し、森林の公益的機能を維持しながら放射性物質の影響を軽減し、森林再生を図る「ふくしま森林再生事業」を展開しています。

ふくしま森林再生事業の概要

東京電力福島第一原子力発電所の事故によって森林が広範囲に放射性物質で汚染されたため、森林所有者の経営意欲の減退や放射性物質への不安等から、森林整備や林業生産活動が停滞しています(p.19～20)。本来必要な森林整備が行われないことで、森林の有する水源涵養^{かん}や山地災害防止等の公益的機能の低下が懸念されています。

「ふくしま森林再生事業」の対象区域は、汚染状況重点調査地域等となっており、市町村等の公的主体が事業を担い、森林整備と放射性物質の拡散防止対策などを一体的に実施し森林の再生をめざします。

放射性物質対策 補助率：10/10

放射性物質の影響の低減を図る

- ①事業計画樹立等(全体計画、年度別、面積、事業費、同意取得等)
- ②森林調査(空間線量率、資源、利活用、路網等)
- ③枝葉等処理等(分別、粉碎、梱包、運搬、保管等)
- ④効果調査等

森林整備 補助率：72%

森林の公益的機能の維持増進

- ①森林整備(間伐、更新伐、除伐、下刈り、植栽等)
- ②路網整備(作業道、土場、作業スペース)

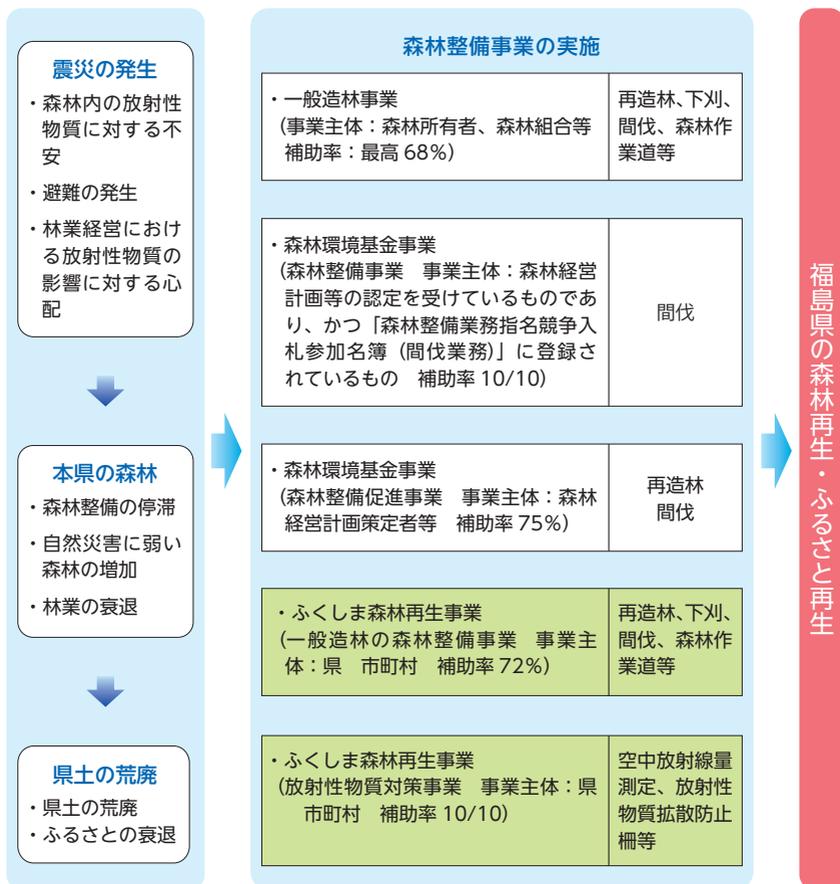


図5-37 ふくしま森林再生事業の背景と森林整備の実施

本文の資料：福島県重点プロジェクト(ふくしまの森林元気プロジェクト)の推進について2013年2月8日

図の資料：福島県平成25年度第1回森林の未来を考える懇談会資料「森林除染及び森林再生対策の推進について」2013年7月9日

森林・林業の再生に向けて — 避難指示解除準備区域等における 実証事業

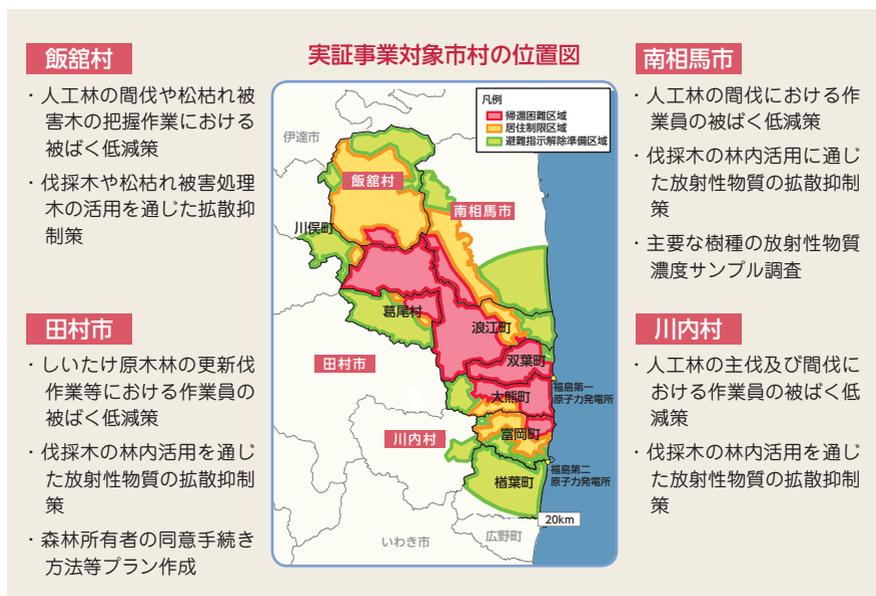
東京電力福島第一原子力発電所周辺の避難指示区域内では、原発事故後、森林整備が全く行われていないことから森林の有する公的機能の発揮が危ぶまれる状況にあります。

一部において避難指示区域が解除されるなど、早期帰還に向けた動きが本格化する状況を踏まえ、林野庁では帰還後の森林整備が円滑に再開され、森林の適正な管理を行っていくための実証を行っています。

森林整備再開に向けた実証市村の取り組み

「避難指示解除準備区域等における実証事業」の対象区域は、避難指示区域(避難指示解除準備区域など)の森林となっています。国が事業主体となって、地域内の自治体や関係者の意向を踏まえつつ、これまでの調査事業等で得られた知見を十分に活用しながら、適正な森林管理に向けた実証を行います。

2014年度は4つの市村(飯館村、南相馬市、田村市、川内村)にて実施します(図5-38)。内容は林内作業の安全対策(プロテクタや機械化による被ばく低減策)、伐採木の林内活用を通じた拡散抑制策、森林所有者の同意(同意書取り付けプラン作成、説明実施の問題等整理)、主要な樹種の放射性物質濃度サンプル計測(主要樹種の部位別、地域別の計測)を行います。



写真はいメージ

図5-38 森林整備再開に向けた実証市村の取り組み

資料：林野庁業務資料

索引

放射能や放射線を表す単位

Bq (ベクレル)	24
cpm (シーピーエム)	24
cps (シーピーエス)	26
Gy (グレイ)	24
Sv (シーベルト)	24

あ

アカネズミ	62
アカマツ	46,48,64,74,76
アカマツ、コナラ、スギの部位別 放射性セシウム濃度の比較	47
安全なきのご生産	94
ウド (野生)	106
ウワバミソウ (野生)	106
エネルギー補償型	25
汚染状況重点調査地域	108,117

か

ガイガーカウンタ (GM 計数管)	25
皆伐作業システム	88
皆伐による放射性物質等の移動	76
外部被ばく	32
外部被ばくの量の計算	33
各調査地における空間線量率 (平均値)	43
各調査地における部位別 放射性セシウム濃度の変化	45
各調査地の放射性セシウムの部位別 分布割合	49
確定的影響	28
確率的影響	28

カリウム 40	34
間伐等による放射性物質等の移動	78
キャビン付高性能林業機械	88
吸着材	82
菌床シイタケ	101,107
空間線量率	23
空間線量の測定機器	27
空間線量率 (平均値) の予測	40
空間線量率の減衰	38
空間線量率の分布の予測	40
空間線量率の変化	42
クサソテツ	103
クヌギ	92
クマイザサ	56
計数率	27
継続調査地の空間線量率	39
渓流水中の放射性物質	52
ゲルマニウム (Ge) 半導体検出器	25,27
原木	94,96,97,98
原木及びほだ木の当面の指標値	95
原木きのご	94
原木きのご栽培管理に関する ガイドライン	94
原木きのご栽培管理フローチャート	96
原木きのご栽培管理取り組み事項	97
原木シイタケ (施設栽培)	101,107
原木シイタケ (露地栽培)	106
原木シイタケ	101
原木ナメコ (露地栽培)	107
校正	27
高性能林業機械	18,86
小型哺乳類の放射性セシウム濃度	61
コゴミ	103

コシアブラ	104
コナラ	46,48
換算	26,64

さ

栽培きのこの放射性物質低減技術	100	除染特別地域等で作業を行う場合の フロー	110
作業毎の被ばく線量	87	人工放射線	29
作業者の被ばく線量の試算	89	心材	64
作業者が受ける放射線量の比較	87	シンチレーション検出器	27
作業者の被ばく低減	86,88	森林とのふれあい施設利用者の推移	20
作業班員	18	森林組合	18
ササの放射性物質濃度	56	森林除染	116
cpm (測定値) から Bq/cm ² 、 μ Sv/h への換算の例	26	森林整備再開に向けた実証市村の 取り組み	121
しきい値	28	森林整備による空間線量率低減効果	74
試験斜面砕	76	森林整備	14
自然放射線	29,34	森林整備面積の推移	14,20
実行線量計数	33	森林全体の放射性セシウム蓄積量	48
指標値	95,114	森林での作業と放射線量	109
遮蔽	80	森林動物の放射性物質濃度	60,62
秋期	52	森林における空間線量率の分布の推移	37
住居等近隣の森林	116	森林の空間線量率の予測	39
樹幹の構造	64	森林の空間線量率の分布予測	41
樹種別面積	13	森林の放射性セシウムの動態変化	51
樹体内での放射性セシウム量の変化	93	森林面積	12
出荷制限区域	102	スギ	12,42,44,46,48,64,72,74,78
焼却灰	114	スギの雄花に含まれる放射性セシウム 濃度	55
常緑樹の伐採作業	109	スズタケ	56
植生マット	80	生活圏より奥地の林業が営まれていた 森林	117
植生基材吹付工	80	製材工場数	16
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	109,111	製材工場等の作業と放射線量	113
除染特別地域	108,117	製材品の表面線量	70
		生産林業所得	15
		ゼオライト	83
		セシウム	134
			22,31

セシウム137	22,30
生物学的半減期	30
ゼンマイ	104
素材生産量	16

た

タケノコ	103
濁水防止工	82
タラノメ(野生)	105
地上部と落葉層・土壌の放射性セシウム蓄積量	48
梅雨	52
低減計数	33
定性間伐	74
天然の放射性物質	34
特定汚染土壌等取扱業務	109
特定線量下業務	109
特定線量下業務ガイドライン	111
特定線量下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	111
土壌汚染濃度の測定・評価方法	112
特用林産物	115

な

内部被ばく	32
内部被ばくの量の計算	32
日常生活と放射線	29,68
燃焼灰	114

は

葉・枝の放射性セシウム濃度	44,46
バーミキュライト	83
パーライト	83

バキューム装置	90
バックグラウンド値	67
避難指示解除準備区域	112
避難指示解除準備区域等における実証事業	120
避難指示区域の概念図	112
被覆	80,84
表面汚染検査計	26
部位別放射性セシウム蓄積量	49
フェロシアン化鉄	100
フキ(野生)	105
フキノトウ(野生)	103
ふくしま森林再生事業	118
物理学的減衰曲線	39
物理学的半減期	30
プルシアンブルー	100,101,107
平均空間線量率	112
辺材	44,64
辺材・心材の放射性セシウム濃度	44,46
ぼう芽更新	92,93
放射線の種類と透過力	23
放射性物質	22
放射性物質捕捉率	83
放射性物質低減のための原木きのこ栽培管理に関するガイドライン	94
放射性物質濃度の測定	25
放射性物質の半減期	31
放射性物質濃度の測定機器	27
放射線	22
放射能	22
放射線障害防止対策のガイドライン	108
放射線量の測定	25
放射能濃度等測定方法ガイドライン	27

放射能や放射性を表す単位	24
ほだ木	94,96,97,98

ま

マイタケ	101
薪	114
薪、木炭、木質ペレットの放射性物質 濃度	114
丸太	84
ミズ(野生)	106
ミミズの放射性セシウム濃度	60
ミヤコザサ	56
民有林年齢別人工林面積	13
木材(辺材、心材)中の放射性 セシウム濃度	65
木材製品	66
木材チップ散布工	80
木材で囲まれた居室を想定した場合 の試算	68
木質ペレット	114
木炭	83,114
モニタリング実測値	39
盛土	85

や

野生きのこの放射性物質濃度	58
野生きのこ	107
雪解け期	52
ヨウ化ナトリウム (NaI) シンチレーション検出器	25
ヨウ化セシウム (CsI) シンチレーション検出器	25
ヨウ素131	30

用途別生産量	16
--------	----

ら

落葉層・土壌の放射性セシウム濃度	45,47
落葉等除去や伐採による線量低減効果	72
利用者や作業者が日常的に立ち入る 森林	117
林家	17
林業研究グループ	17
林業産出額	15,19
林業就業者	17,18
列状間伐	74

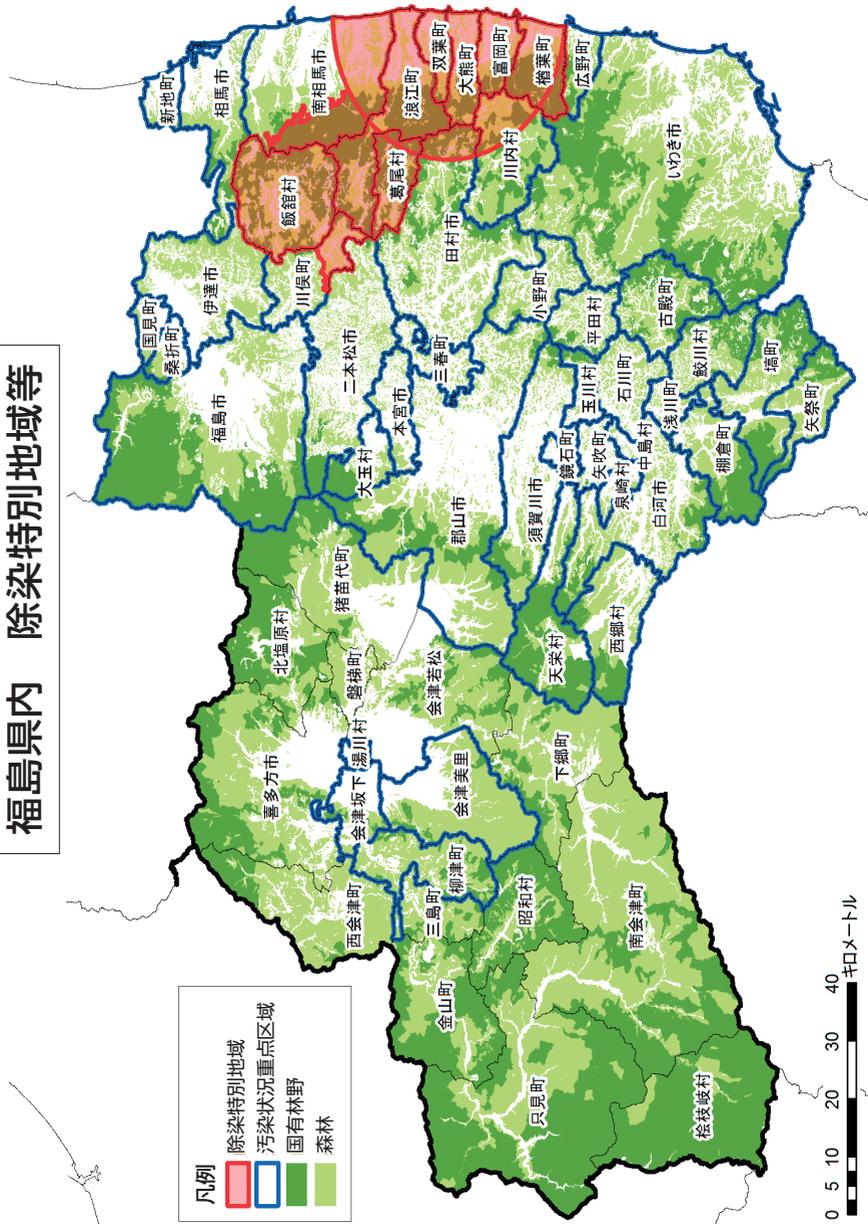
わ

ワサビ(畑で栽培されたもの)	104
ワラビ	105

さまざまな情報源

- **森林と放射能(独立行政法人森林総合研究所)**
森林・林業と放射能関係ポータルサイト
—検索「森林と放射能+森林総合研究所」
<http://www.ffpri.affrc.go.jp/rad>
- **東日本大震災に関する情報(サイト集/農林水産省)**
—検索「東日本大震災に関する情報+農林水産省」
<http://www.maff.go.jp/j/kanbo/joho/saigai/>
- **農産物に含まれる放射性セシウム濃度の検査結果(農林水産省)**
—検索「農産物に含まれる放射性セシウム濃度 農林水産省」
http://www.maff.go.jp/j/kanbo/joho/saigai/s_chosa/
- **福島県の県産材製材品の放射線等調査結果(福島県)**
—検索「福島県産材製材品+放射線」
<http://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/36055c/kensanzaityouusa.html>
- **福島県林業研究センター**
—検索「福島県林業研究センター」
<http://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/37370a/>
- **森林除染関係—除染情報プラザ(環境省・福島県)**
—検索「除染情報プラザ」
<http://josen-plaza.env.go.jp/>
- **関係府省等へのポータルサイト**
—検索「福島第一+農林水産物」
http://www.maff.go.jp/noutiku_eikyo/
- **東電福島原発事故—福島原発・放射能に関する最新情報(首相官邸)**
—検索「東電福島原発+放射能関連情報」
http://www.kantei.go.jp/saigai/genpatsu_houshanou.html

福島県内 除染特別地域等



資料：林野庁業務資料
2014年11月17日現在

テキスト版

森林・木材と放射性物質—福島の森林・林業再生に向けて

2015年1月発行

発行 林野庁

〒100-8952 東京都千代田区霞が関1-2-1

電話(03)-3502-8111(代表)

<http://www.rinya.maff.go.jp/>

編集協力 福島県

*林野庁では、バンフレット版(全26頁)の「森林・木材と放射性物質—福島の森林・林業再生に向けて」も発行しています。