



2019年度版

放射性物質の現状と 森林・林業の再生

— 復興・再生を目指して —

林野庁

はじめに

2011年3月に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故以降、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り、森林の放射性物質の動態把握や森林施業等に関する放射性物質対策技術の検証、避難指示解除区域等における林業再生に向けた実証、森林整備を実施する際に必要な放射性物質対策等の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滞留していること、林内作業者の被ばく低減対策として、キャビン付き林業機械の使用により低減効果が確認されたことなどの知見が得られています。

引き続き、国や県、国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所等により、森林の放射性物質の影響についての様々な調査、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、きのこ等への放射性物質の影響や福島県等の森林・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、森林や木材等への放射能の影響、実態を継続的に調査・検証するとともに、得られた知見や成果について、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、ひいては東日本大震災からの復興に寄与することを期待しております。



1章

被災3県(岩手県・宮城県・福島県)の森林・林業

森林資源の現況	2
岩手県、宮城県、福島県の森林面積	2
岩手県、宮城県、福島県の森林蓄積・成長量	3
林業・木材産業のあらまし	4
東日本大震災後の東北地方における林業・木材産業の生産活動の状況	4
木材製品の生産が回復	5
特用林産物の林業産出額、生産量の推移	6
森林所有者、林業の担い手、人材育成	7
森林所有者	7
林業の担い手	7
さまざまな林業研修による人材育成	8
林業における女性の活躍	9

2章

放射性物質の基礎知識、健康への影響

放射能・放射線・放射性物質	12
放射能、放射線、放射性物質はどう違うのでしょうか	12
放射線の種類と透過力	13
放射能や放射線の単位	14
ベクレルは放射線を出す側、シーベルトは受ける側の単位	14
単位間の関係—ベクレル (Bq)、グレイ (Gy)、シーベルト (Sv)	15
実効線量と空間線量率、放射線単位間の関係、単位の換算	16
吸収線量、等価線量、実効線量	16
空間線量率と預託実効線量	16
内部被ばく時の放射能 (Bq) から預託実効線量 (Sv) への換算	17
放射性物質の半減期	18
時間の経過とともに小さくなっていく放射能	18
放射性セシウムは体内に取り込まれても排出される	19
体内の放射性物質が半分に減る期間	19

放射線計測の種類・方法	20
目的と用途に応じた測定器の種類.....	20
空間線量率の測定方法.....	22
放射線の人体への影響	23
放射線の影響と人体の修復力.....	23
放射線の人体への影響の分類.....	24
被ばく線量と健康リスクとの関係.....	26
外部被ばくと内部被ばく	27
外部被ばくと内部被ばく.....	27
放射線の透過力と人体の影響範囲.....	28
外部被ばくと内部被ばくの低減のための防護方法	29
外部被ばくの低減 3 原則.....	29
内部被ばくの低減.....	29
低線量被ばくによる健康への影響	30
被ばく線量と発がんリスク.....	30
天然の放射性物質による被ばく	32
天然の放射性物質による内部被ばく、外部被ばく.....	32

3章

森林における 放射性物質の動態

森林内の空間線量率の広域調査①	36
空間線量率の分布—2018 年度までの調査結果	
空間線量率の分布の推移.....	36
避難指示解除準備区域内及び周辺森林の空間線量率.....	37
森林内の空間線量率の広域調査②	39
物理学的減衰にともなう空間線量率の減衰	
森林内の空間線量率減衰の予測.....	39
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.....	39
森林内の空間線量率の広域調査③	41
空間線量率の分布の将来予測	
森林内の空間線量率の将来の分布予測.....	41

目次

森林内の放射性物質の動態調査①	43
スギ林内における部位別の放射性物質濃度の変化	
空間線量率と放射性セシウム濃度の関係	43
葉・枝・樹皮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動態調査②	47
樹木・土壌の放射性物質蓄積量の分布割合の変化	
樹木の各部位別の放射性物質蓄積量の分布変化	47
落葉層・土壌の放射性物質蓄積量の分布変化	47
森林内の放射性物質の動態調査③	49
樹皮の放射性物質	
外樹皮の放射性セシウム濃度は減少	49
内樹皮の放射性セシウム濃度は一定せず	49
森林内の放射性物質の動態調査(まとめ)	51
森林の放射性物質の動態変化—2011～2018年	
森林内の放射性セシウムの9割は土壌の表層に分布	51
針葉樹林と広葉樹林における空間線量率の変化	53
林内の空間線量率の経時変化と減衰曲線	53
スギ雄花中の放射性物質	54
これまでのスギ雄花中セシウム濃度	54
2011年度と2018年度のスギ雄花中セシウム濃度の関係	54
空間線量率とスギ雄花中セシウム濃度の関係	55
放射性セシウムを含むスギ花粉を人が吸収することによる影響	56
葉の放射性物質	57
スギとアカマツの葉の放射性物質	57
木材中の放射性物質	59
木材(辺材、心材)中の放射性セシウム濃度の変化	59
空間線量率と木材(辺材、心材)中の放射性セシウム濃度との関係	61
木造住宅を使用した場合の年間被ばく線量	63

溪流水・飲用沢水・河川の放射性物質	64
溪流水の放射性物質.....	64
飲用沢水の放射性物質.....	64
河川の放射性物質.....	65
風による放射性物質の拡散	66
風向・風速と空間線量率.....	66
大気浮遊じん中の放射性セシウム濃度.....	67

4
章

森林施業と 放射性物質の影響

森林の放射性物質対策①	70
森林施業(皆伐、間伐、下刈)による空間線量率への影響とその効果	
施業による空間線量率の低減効果は間伐より皆伐の方が大きい.....	70
下刈りによる空間線量率への影響は認められない.....	73
新たな落葉等による空間線量率への影響.....	73
落葉等による空間線量率への影響は小さい.....	74
森林の放射性物質対策②	76
森林施業による放射性物質等の移動	
間伐区による放射性セシウムの移動.....	76
皆伐区による放射性セシウムの移動.....	77
植栽木の放射性セシウム濃度の調査	78
原発事故後に植栽した苗木の放射性セシウム濃度の変化.....	78
林内作業者の外部被ばく線量と防護衣等による被ばく低減効果	80
林業機械による放射線遮へい効果.....	80
防護衣と特殊シートによる被ばく低減効果.....	81
林内作業者の内部被ばく線量と被ばく低減方法	82
内部被ばく線量は非常に小さい値.....	82
効果的な被ばく低減方法.....	83

5章

木材の利用推進に向けた取組

福島県産材製材品の表面線量の調査結果 86
表面線量を測定し、環境や健康への安全性を確認 86

製材工場等に滞留する樹皮（バーク）の処理対策 88

6章

特用林産物への放射性物質の影響

きのこ・山菜の放射性物質のモニタリング 90

きのこ原木に含まれる放射性物質の把握と原木林の再生対策 91
原木に含まれる放射性物質の把握 91
原木林の再生対策 93

カリウム施肥による放射性物質の吸収抑制 94
萌芽更新木と植栽木の放射性セシウム濃度が低下 94

栽培きのこの放射性物質濃度低減 96
1 か月後も原木への汚染の進行は少ない 96
被覆材の活用が再汚染を防ぐ 97
新しい洗浄方法で放射性セシウムを減少 98

野生きのこの放射性物質濃度 99
子実体の放射性セシウム濃度は大きく異なる 99
生活タイプと属ごとの比較 100
局所的な汚染の差異が測定値に影響 100

モウソウチクの放射性セシウム濃度 101
^{かん}稈の年齢により異なる放射性セシウム濃度 101

竹林施業によるたけのこの放射性物質濃度の低減効果 102
竹林施業により放射性セシウム濃度が低減 102
落葉除去、間伐、カリウム散布が効果的 103

山菜の放射性物質濃度	104
山菜の種類により異なる放射性セシウムの影響.....	104
山菜(わらび)の放射性物質濃度の低減	106
放射性セシウム濃度はあく抜きによりあく抜き前の2~3割に低減.....	106
穂先の除去が安全性を高める.....	107

7章

森林・林業・木材産業の再生、 復興への道すじ

林業活動の再開に向けて(林業事業者等による取組事例)	110
素材生産の回復をきっかけに新たな体制づくり.....	110
森林認証をきっかけに林業振興.....	110
海岸防災林の復旧・再生	111
海岸防災林の復旧状況.....	111
公共建築に使われる木材	112
公共建築物等の木造化事例.....	113
木製品を公共空間で利用・展示—需要拡大に向けて	114
東京オリンピック・パラリンピック選手村への木材提供.....	116
技術開発・普及が進む木製品いろいろ	117
CLT普及にむけた支援.....	117
新たな構法・技術の開発・普及.....	118
木質バイオマス利用に向けて	120
再生可能エネルギー産業の創出による地域経済の再生.....	120
放射性物質への対応.....	121
木質バイオマス熱電併給による復興の取組事例.....	121
森林・林業の再生に向けて—里山再生	123
モデル事業、ふくしま森林再生事業	
里山再生モデル事業.....	123
ふくしま森林再生事業.....	124

目次

森林・林業再生への取り組みの現状	125
―避難指示解除区域等における実証事業	
林業再生に向けた実証事業	125
きのこ生産に向けて―生産者の活動と支援	127
循環型きのこ栽培で環境に配慮	127
震災から復興、新工場で地域の雇用を守る	127
きのこ料理コンクール全国大会入賞で PR	128
風評対策と支援―岩手、宮城、福島からの情報発信	129
風評・風化対策	129
風評払拭に向けた活動	130
「共感と応援の和」を拡大する活動	132

参考資料

避難指示区域の指定状況等	136
福島県内 除染特別地域	138
国が除染を実施する地域（除染特別地域）等	138
森林での作業と放射線の基準	139
―放射線障害防止対策のガイドライン	
放射線障害防止対策のガイドライン	139
森林での作業と放射線量	139
「除染等業務ガイドライン」	140
「特定線量下業務ガイドライン」	140
作業安全ガイド	140
林産物の基準値一覧・出荷制限と解除	142
―きのこ・山菜・薪・木炭・木質ペレット	
基準値を上回るきのこ・特用林産物は出荷を制限	142
薪・木炭・木質ペレットの指標値	142
索引	144
さまざまな情報源	149

1章

被災3県 (岩手県・宮城県・福島県) の森林・林業

2011年3月の東日本大震災により、特に東北地方の林業・木材産業は大きな被害を受けました。関係者の復興に向けた取り組みにより、林業生産や木材製品の生産については、おおむね震災前の水準にまで回復してきていますが、一方で、震災に伴って発生した東京電力福島第一原子力発電所事故による放射能汚染は、福島県を中心に依然として深刻な影響を及ぼしています。はじめに、震災の被害が大きかった岩手県、宮城県、福島県の森林と林業生産活動について概括します。

森林資源の現況

岩手県、宮城県、福島県の森林面積

<岩手県>

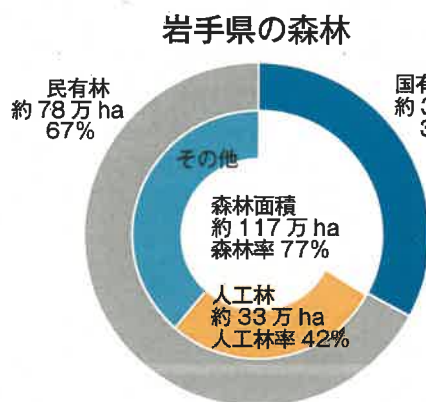
岩手県の森林面積は約117万ha、森林率は77%と全国平均の67%よりも高い水準となっています。森林面積のうち、国有林が約39万ha(森林面積の33%)、民有林が約78万ha(森林面積の67%)であり、民有林の割合が高くなっています。民有林における人工林面積は約33万haで、人工林率は42%となっています(図1-1)。

<宮城県>

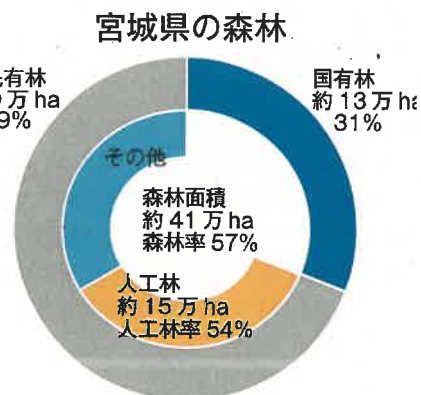
宮城県の森林面積は約41万ha、森林率は57%となっており、全国平均の67%より下回っています。森林面積のうち、国有林が約13万ha(森林面積の31%)、民有林が約29万ha(森林面積の69%)であり、民有林の割合が高くなっています。民有林における人工林面積は約15万haで、人工林率は54%となっています(図1-2)。

<福島県>

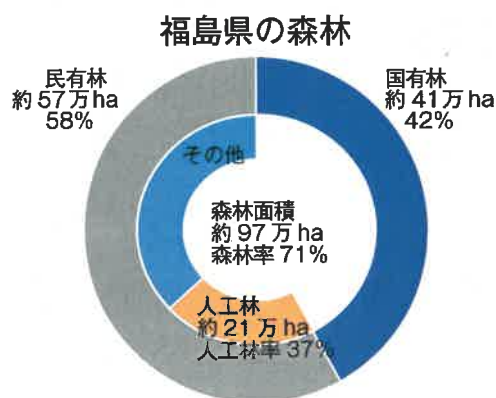
福島県の森林面積は約97万ha、森林率は71%となっており、全国平均の67%よりも高い水準となっています。森林面積のうち、国有林は約41万ha(森林面積の42%)、民有林は約57万ha(森林面積の58%)であり、民有林の割合が高くなっています。民有林における人工林面積は約21万haで、人工林率は37%となっています(図1-3)。



[図1-1] 岩手県の森林面積



[図1-2] 宮城県の森林面積



[図 1-3] 福島県の森林面積

資料：岩手県「平成 29 年度版『岩手県林業の指標』」、
宮城県農林水産部「平成 30 年度版 みやぎの森林・林業のすがた」、
宮城県農林水産部「平成 29 年 宮城県の木材需給とその動向」、
福島県農林水産部「福島県森林・林業統計書 平成 30 年(平成 29 年度)」、
林野庁「都道府県別森林率・人工林率」平成 29 年 3 月 31 日現在

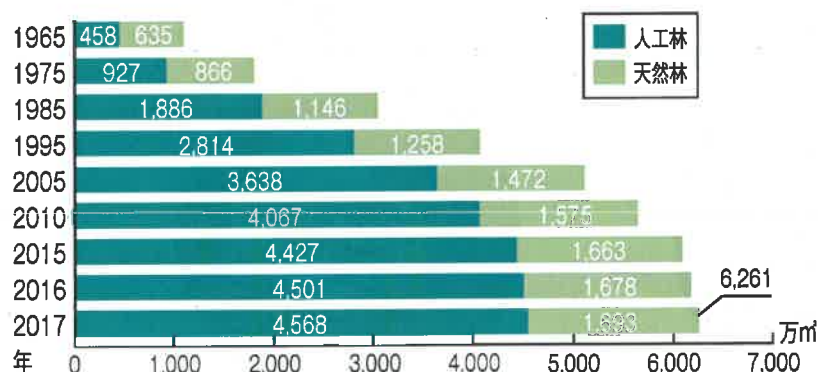
岩手県、宮城県、福島県の森林蓄積・成長量

岩手県の民有林における森林蓄積は 17,974 万 m^3 で、全国の約 5% となっています。また、年間成長量は、人工林が 221 万 m^3 、天然林が 87 万 m^3 となっており、県内の年間素材生産量の約 2 倍となっています。

宮城県の民有林における森林蓄積は 6,261 万 m^3 で、内訳は人工林 4,568 万 m^3 、天然林等 1,693 万 m^3 となっており、2018 年 3 月現在の年間成長量は約 98 万 m^3 (人工林 80 万 m^3 ・天然林 18 万 m^3) で、蓄積は昭和 40 年当時から約 5.6 倍(人工林は約 9.7 倍)に増加しています(図 1-4)

福島県の民有林における森林蓄積は 14,960 万 m^3 で、内訳は人工林 10,452 万 m^3 、天然林 4,507 万 m^3 、樹種別に見てみると針葉樹 11,255 万 m^3 、広葉樹 3,705 万 m^3 となっており、森林面積とともに全国で上位を占めています。年間成長量は人工林 128 万 m^3 、天然林 40 万 m^3 となっています。

資料：岩手県「岩手県森林資源循環利用推進ビジョン」平成 28 年 3 月、
宮城県農林水産部「平成 30 年度版 みやぎの森林・林業のすがた」、
宮城県農林水産部「みやぎの森林林業」2018 年 3 月、
福島県農林水産部「平成 30 年(平成 29 年度) 福島県森林・林業統計書」



・森林が年間98万 m^3 程度成長しているのに対し、木材として使用されるのは50万 m^3 程度(全国:成長量約7,000万 m^3 >木材生産量約2,000万 m^3 程度)

[図 1-4] 森林蓄積の推移(宮城県)

資料：宮城県農林水産部「みやぎの森林林業」2018 年 3 月

林業・木材産業のあらまし

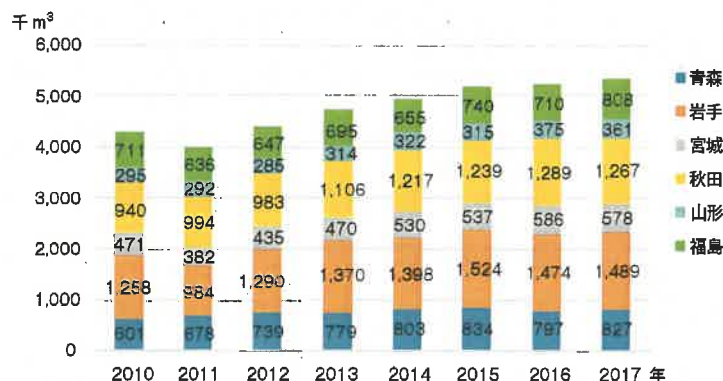
2011年3月11日に発生した東日本大震災により引き起こされた東京電力福島第一原子力発電所(福島第一原発)の事故によって、東北及び関東地方の森林・林業・木材産業は大きな影響を受けましたが、徐々に回復してきています。

東日本大震災後の東北地方における 林業・木材産業の生産活動の状況

東日本大震災では、特に東北地方の林業・木材産業は大きな被害を受けましたが、各関係者の復興に向けた取り組みにより、林業生産や林業産出額については、おおむね震災前の水準にまで回復、もしくは震災前よりも増加してきています。

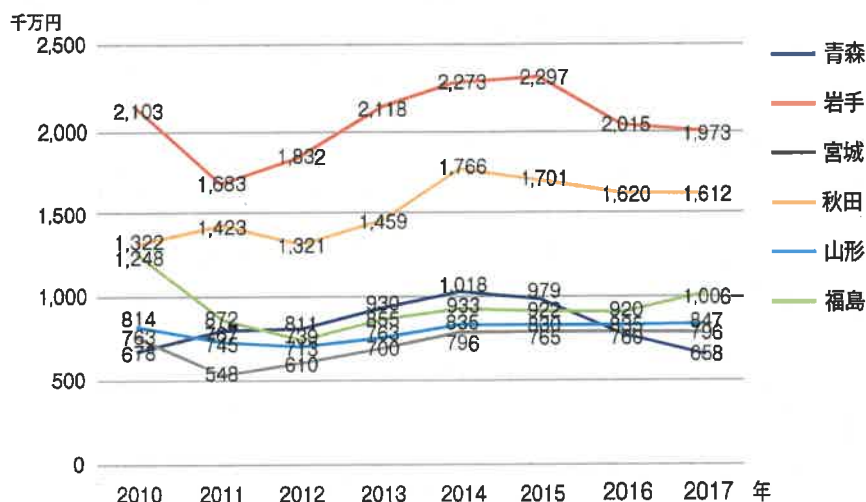
素材生産量を見ると、震災の影響の少なかった青森県、秋田県を除き、岩手県、宮城県、山形県、福島県は、震災が発生した2011年には大きく減少しました。しかし、2012年には各県とも概ね震災前の水準まで回復し、福島県以外は2013年以降は震災前よりも増加してきています(図1-5)。

林業産出額を見ると、岩手県は震災が発生した2011年に一時大きく落ち込みましたが2013年には震災前まで回復し、2015年の2,297千万円をピークに減少傾向にあります。福島県は2011～2012年に落ち込んだものの、2017年には1,006



【図1-5】東北6県の素材生産量の推移

資料：独立行政法人統計センター「林業産出額 林業産出額及び生産林業所得累年統計」



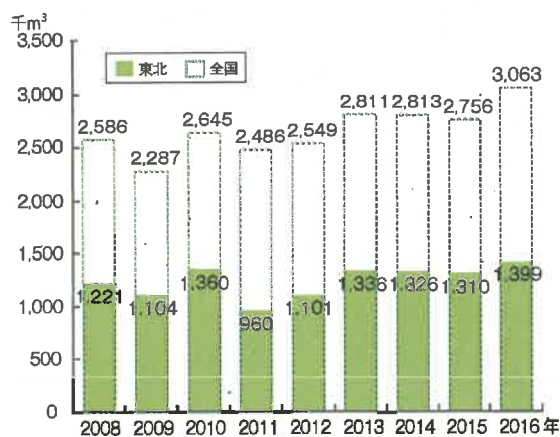
[図 1-6] 東北6県の林業産出額の推移

資料：独立行政法人統計センター「林業産出額 林業産出額及び生産林業所得累年統計」

千万円にまで徐々に回復しています。青森県、宮城県、山形県では、被災の影響もあったものの、林業産出額はほぼ現状を維持しています。秋田県は震災による落ち込みは見られず、2014年の1,766千万円をピークに震災前よりも高い水準で推移しています(図 1-6)。

木材製品の生産が回復

東日本大震災での木材産業の被害は、全国の木材加工・流通施設 115 か所におよびました。このうち、製材工場については、青森県から高知県にかけての 71 か所が被災し、その多くの工場が操業を停止せざるを得ませんでした。合板工場については、岩手県と宮城県の大規模な合板工場 6 か所が被災し、操業を停止しました。



[図 1-7] 東北地方6県の普通合板生産量の推移

資料：農林水産省「木材需給報告書」、「木材統計」、林野庁「平成 30 年度 森林・林業白書」

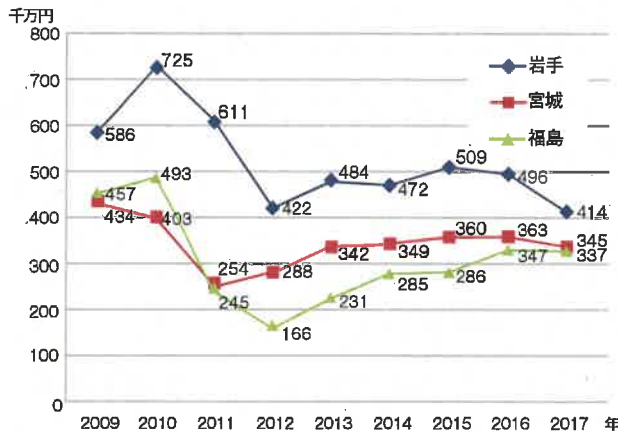
東日本大震災の後、林野庁では復興に取り組む木材の生産業者等に対し、様々な支援を行ってきました。被災した木材加工・流通施設の廃棄、復旧及び整備や港湾等に流出した木材の回収等への支援、特用林産施設の復旧や再建の支援などです。この結果、2018年4月までに、木材加工・流通施設のうち復旧を予定していた全 97 か所が操

業を再開しています。特に大きな被害を受けた東北地方沿岸部の林業・木材産業は、各関係者の復興に向けた取組により、素材生産や木材製品の生産が、震災前の水準以上にまで回復しています(図 1-7)。

特用林産物の林業産出額、生産量の推移

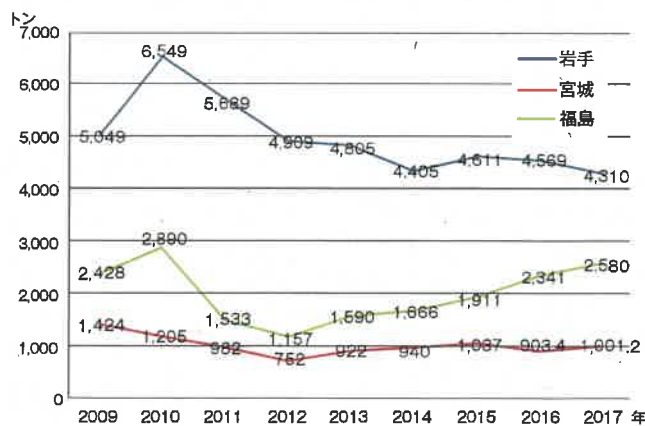
岩手県、宮城県、福島県の栽培きのこ類の林業産出額について、震災前後の推移を見ると、2011～2012年に大きく減少し、その後は回復傾向を示しましたが、2015年以降は減少及び足踏み状態になっています(図 1-8)。

一方、菌床しいたけに関しては、福島県において震災前の生産量まで回復してきており、今後の更なる復興と発展が期待されています(図 1-9)。



【図 1-8】 栽培きのこ類生産の林業産出額の推移

資料：独立行政法人統計センター「林業産出額 林業産出額及び生産林業所得累年統計」



【図 1-9】 菌床しいたけの生産量の推移

資料：岩手県 HP「岩手県特用林産物統計表(平成 12～29 年)」、福島県「平成 30 年度特用林産関係統計書(平成 29 年) 福島県における市町村別生産量の推移 しいたけ(菌床栽培)」 農林水産省 HP 特用林産物統計調査

H21～29 までの乾しいたけ、生しいたけのうち菌床栽培を合計。H23 年以前は生しいたけのうち菌床と書いてあるものの数値。

森林所有者、林業の担い手、 人材育成

森林所有者

岩手県の林家戸数(保有山林が1 ha以上の世帯)は、43,591戸です。このうち、保有する山林面積1~3 ha未満の林家が全体の約46%(20,043世帯)を占め、20 ha未満までを含めると約92%(40,257世帯)となります。

宮城県の林家戸数(保有山林が1 ha以上の世帯)は、17,965戸です。このうち、保有する山林面積1~3 ha未満の林家が全体の約57%(10,266世帯)を占め、20 ha未満までを含めると約96%(17,276世帯)となります。

福島県の林家戸数(保有山林が1 ha以上の世帯)は、36,643戸です。このうち、保有する山林面積1~3 ha未満の林家が全体の約58%(21,363世帯)を占め、20 ha未満までを含めると約97%(35,480世帯)となります。

いずれの県においても、小規模な森林所有者が多数を占めており、森林の所有が分散的となっています。

資料：岩手県「平成29年度版 岩手県林業の指標」、
宮城県農林水産部「平成30年度版 みやぎの森林・林業のすがた」、
独立行政法人統計センター e-Stat「農林業センサス 2015年農林業センサス 確報 第2巻 農林業経営体調査
報告書 一総括編一」

林業の担い手

林業の担い手としては、森林所有者、森林組合、民間の林業会社が挙げられますが、森林組合の作業班では森林内で作業に従事する人の高齢化が進んでいます。森林組合作業班員数について岩手県、宮城県、福島県の推移をみると、減少の一途をたどっています。(図1-10)

また、岩手県では、全作業班員559名のうち225名(約40%)が60歳以上(2016年現在)、宮城県では、全作業班員371名のうち100名(約27%)が60歳以上(2017

年現在)、そして福島県においては、全作業班員 409 名のうち 175 名(約 43%)が 60 歳以上でした(2017 年現在)。このように、林業の担い手は高齢化の傾向が続いています。



[図 1-10] 岩手県、宮城県、福島県の森林組合作業班員数
資料：岩手県「平成 29 年度版『岩手県林業の指標』」、宮城県 HP「宮城県森林組合統計」、福島県農林水産部「平成 30 年(平成 29 年度)福島県森林・林業統計書」

さまざまな林業研修による人材育成

経済をはじめとする地域の復興のためにも、林業再生に向けた適切な森林整備の知識や技術を持った人材の育成が重要になっています。特に、20 年後、30 年後に向けて長期的に取り組める若い林業者の力が不可欠です。

そこで、林業への就業を志す若者を対象に、「緑の雇用」事業が実施されています。これは、林業の現場を理解するためのトライアル雇用に加え、森林組合などの林業事業体に新規採用された人を対象とした 3 年間の実地研修(OJT)や集合研修などを行うものです。2017 年度には、この集合研修に 1 年目から 3 年目の林業研修生(岩手県 70 名、宮城県 54 名、福島県 93 名)が参加しています。

公益財団法人 岩手県林業労働対策基金 岩手県林業労働力確保支援センターでは、林業へ就業するために必要な基礎知識や資格を身に付けることができる「林業就業支援講習」を実施しています。林業の基礎知識、林業作業の見学及び実地講習、林業関連施設の見学などの研修内容となっています。

公益財団法人 みやぎ林業活性化基金・宮城県林業労働力確保支援センターでは、山仕事に興味があって林業に就業を考えている方を対象に「林業就業支援講習」を実施しています。刈払機、チェーンソー、小型車両系建設機械(3t 未満)の資格取得などを目指して研修を行っています。

公益社団法人 福島県森林・林業・緑化協会では、スキルアップのための研修として、県内の林業事業体及び林業関係者に向けて「林業人材育成研修会」を開催したり、林業の資格取得及び林業事業体による OJT 研修費用の一部を助成しています。

資料：「緑の雇用」RINGYOU.NET HP 『『緑の雇用』資料室』、
公益財団法人岩手県林業労働対策基金 岩手県林業労働力確保支援センター HP、
宮城県 HP 「林業への円滑な就職を支援しています。(林業就業支援講習のご案内)」、
公益社団法人 福島県森林・林業・緑化協会 HP

林業における女性の活躍

近年、林業における女性の活躍も注目されています。積極的に高性能林業機械を導入して低コスト化に取り組んでいる森林組合や素材生産業者では、女性が現場の最前線で機械のオペレーターとして木材搬出に携わり、活躍している事例もあります。

また、学生や林業関係者、建築家などさまざまなフィールドで林業に携わっている人で構成される「林業女子会」が立ち上げられ、林業に関する情報を発信する取り組みが全国的に広がっています。

「いわて林業女子会」(岩手県)では、馬搬や木材についての勉強会や、林野火災跡の植樹などの活動、「宮城きこり女子会」(宮城県)では、金華山のナラ枯れを抑えるためのカシナガトラップの設置とメンテナンス、「林業女子会@福島」(福島県)では、林業を一般の女性にも知ってもらうための講演会、ペルーの打楽器カホンや木のカトラリーづくりワークショップなどを開催しています。

森林に恵まれた南会津町舘岩地区の林業振興のために活動している舘岩地区林業振興協議会(福島県)は、幼い子どもたちにも森林文化を伝えるために、「かあちゃん」や「ばあちゃん」への参加を呼びかけ、それに応じた30~70代の8名により会の女性部が設立されました。女性部は地元幼稚園児とその保護者を対象に、きのこ栽培、地域の緑化活動でサクラの植樹、園児による育苗などを年間行事として行っています。

秋の行事では、3~6歳までの園児と一緒に森に行ってドングリを拾い、それをポットに蒔き、芽が出たものを幼稚園で育てています。数年後、その苗を南会津町有林に植樹する予定で、保護者も森林への関心を寄せてくれるようになりました。

資料：全国林業グループ連絡協議会「地域の担い手を応援する林研活動情報集」(平成30年度 多様な担い手育成事業)

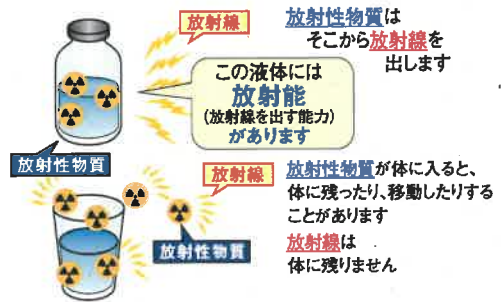
2章

放射性物質の 基礎知識、 健康への影響

放射性物質の影響を考えるには放射能や放射線への理解が重要です。この章では、Bq(ベクレル)やSv(シーベルト)などの単位、放射線の計測方法、放射線の健康への影響などについてまとめています。

放射能・放射線・放射性物質

放射性物質とは放射線を出す物質をいい、放射能とは放射線を出す能力のことをいいます。



懐中電灯に例えてみると、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当たります。

放射性物質＝
放射線を出す能力をもつ



懐中電灯＝
光を出す能力をもつ

[図 2-1] 放射能、放射性物質、放射線とは
資料：環境省「平成 30 年度版 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」
消費者庁「食品と放射能 Q & A」2018 年 3 月 8 日(第 12 版)

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」は、物質を透過する力を持った光線に似たものです。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。

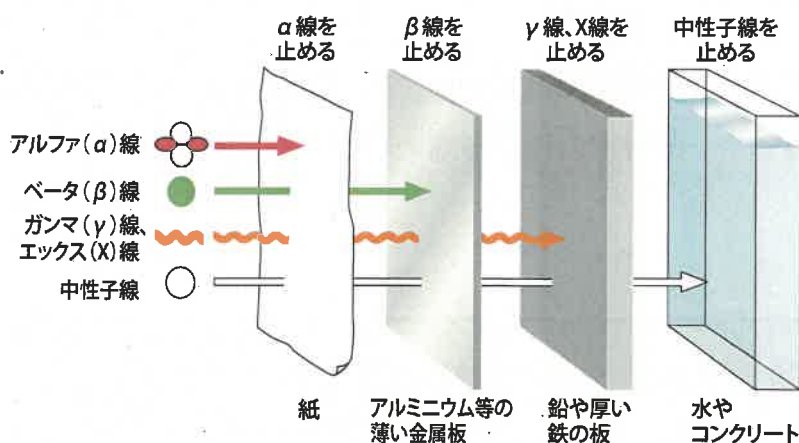
密閉された容器に放射性物質が入っている場合、容器から放射線は出ますが、放射性物質は出てきません。

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。放射能が大きいほど、放射性物質からたくさんの放射線が出ていることを意味します。体が放射線を受けることを「被ばく」といいますが、その量(被ばく線量)は放射性物質と被ばくする人の位置関係によって変わります。放射線の強さは放射線を出しているものに近ければ強く、遠ければ弱くなります。明るい懐中電灯であっても離れた場所では暗く見えるのと同じです。

放射線の種類と透過力

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。これらは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。

アルファ線は空気中を数 cm しか飛ばず、紙 1 枚で止めることができます。ベータ線はエネルギーにもよりますが、空気中で数 m 飛び、プラスチック 1 cm、アルミ板 2~3 mm 程度で止まります。ガンマ線やエックス線はエネルギーによりますが、空気中を数十~数百 m まで飛ぶことがあります。また、中性子線は水やコンクリートなどの水素を含む物質によって遮ることができます(図 2-2)。



種類	分類	エネルギー	透過力
アルファ線	粒子線	強い	低い
ベータ線		↓	
ガンマ線	電磁放射線	弱い	高い
中性子線	粒子線	強い	

[図 2-2] 放射線の種類と透過力

資料：環境省「平成 30 年度版 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」、農林水産省「放射性物質の基礎知識」2012 年 2 月

放射能や放射線の単位

放射能や放射線に関する単位としてよく耳にするものにベクレル(Bq)とシーベルト(Sv)があります。ベクレルは放射線を出す側に、シーベルトは放射線を受ける側に着目した単位です。

ベクレルは放射線を出す側、シーベルトは受ける側の単位

ベクレルは放射能の単位で、放射線を出す側に着目したものです。土や食品、水道水等に含まれる放射性物質の量を表すときに使われ、ベクレルで表した数値が大きいほど、そこからたくさんの放射線が出ていることを意味します。

一方、シーベルトは人が受ける被ばく線量の単位で、放射線を受ける側、つまり人体に対して用いられます。シーベルトで表した数値が大きいほど、人体が受ける放射線の影響が大きいことを意味します。

放射線を受けた人体にどのような影響が現れるかは、外部か内部か、全身か局所かといった被ばくの様態の違いや、放射線の種類の違い等によって異なります。そ



[図 2-3] ベクレル(Bq)とシーベルト(Sv)
資料：環境省 放射性物質汚染廃棄物処理情報サイト

ここで、人の健康への影響の大きさの比較ができるように、どのような被ばくも同じシーベルトという単位で表すようになりました。

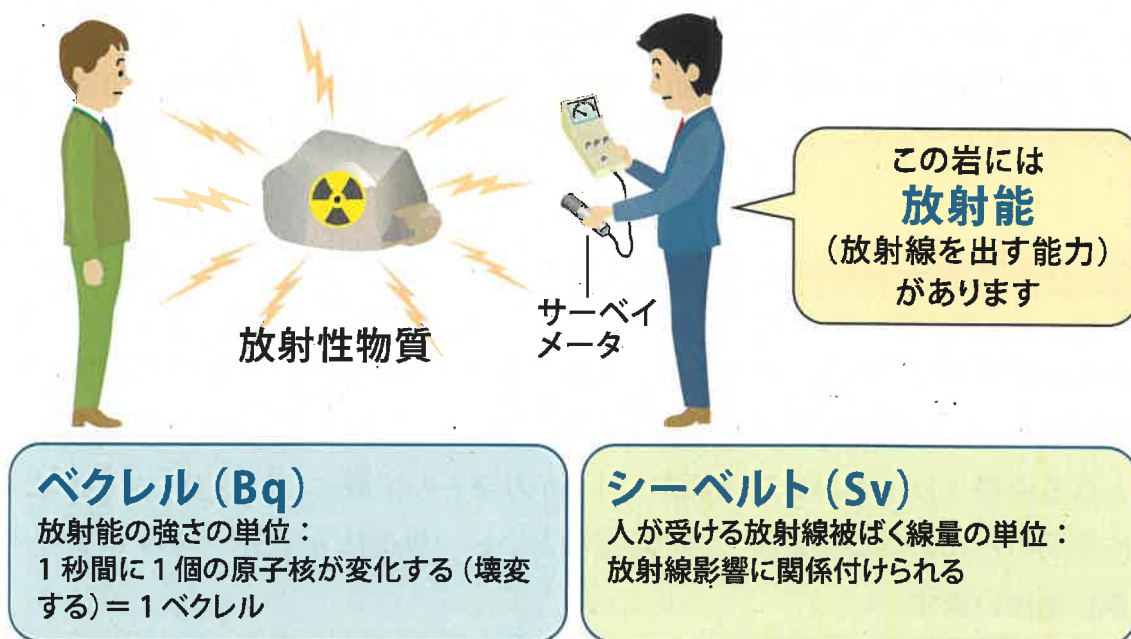
日常生活で受ける放射線の量を表すときは、ミリシーベルト(mSv)やマイクロシーベルト(μ Sv)の単位が多く使われます。1 Svの1,000分の1が1 mSv、1 Svの1,000,000分の1が1 μ Svです。

$$1 \text{ Sv} = 1,000 \text{ mSv} = 1,000,000 \mu\text{Sv}$$

単位間の関係—ベクレル(Bq)、グレイ(Gy)、シーベルト(Sv)

放射線の影響には、ある物質によって吸収された放射線のエネルギーを表すグレイ(Gy)という単位が使われることもあります。グレイは、物体や人体の組織が受けた放射線の強さを表しています。

ベクレルとグレイは物理的な量で、測定することができる単位ですが、シーベルトは、放射線による人体への影響の大きさを表すための単位で、本来直接測定することができません。人の放射線防護の目的で導き出された特殊な単位であるため、放射線を受けた対象が人である場合にしか用いません。



[図 2-4] 放射線と放射能の単位

資料：環境省「平成30年度版 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」

実効線量と空間線量率、放射線単位間の関係、単位の換算

生体影響の単位であるシーベルト(Sv)は、物理的に測定できるベクレル(Bq)とグレイ(Gy)に係数を掛けて計算します。

吸収線量、等価線量、実効線量

放射線が人体を通ったときに吸収する重量当たりのエネルギーを「吸収線量(単位:Gy)」といいます。

放射線は、種類やエネルギーの強さにさまざまなものがあるため、同じ吸収線量でも人体に与える影響の大きさが変わります。そこで放射線の種類ごとに設定されている係数(放射線加重係数)を吸収線量に掛けて、臓器や組織ごとに「等価線量(単位:Sv)」を算出します。

さらに、人間の臓器や組織は放射線の感受性がそれぞれ異なることから、臓器や組織ごとに設定されている係数(組織加重係数)を等価線量に掛け、人体の各組織が受けた影響を合計して全身分として換算します。これを「実効線量(単位:Sv)」といいます。

空間線量率と預託実効線量

実効線量は測定できないため、外部被ばく管理のためには、実際に測定できる量(実用量)として、周辺線量当量(空間線量)が用いられます。空間線量は、人の代わりとなる直径30 cmの球体の表面から1 cmの深さの位置における線量で表します。単位時間当たりの空間線量は、空間線量率といい、単位は $\mu\text{Sv/h}$ (マイクロシーベルト/時)を用います。

また、内部被ばく管理のためには、体内に摂取された放射性物質によって、将来50年にわたり(子供の場合は摂取時から70歳になるまで)どのくらい被ばくするかを推定する「預託実効線量(単位:Sv)」が用いられます。

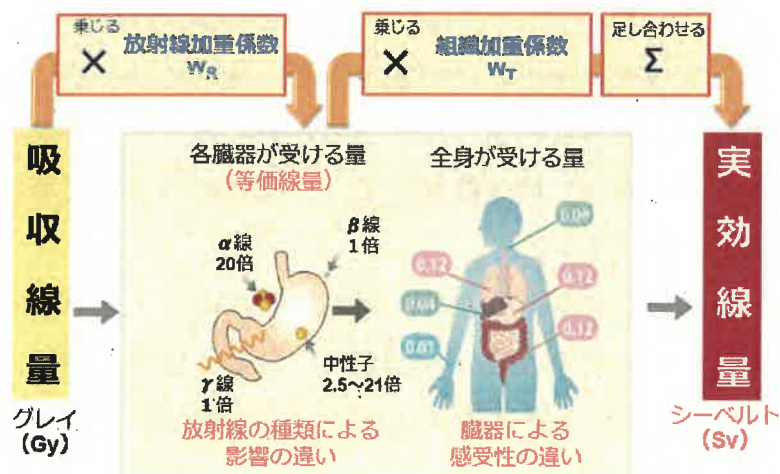
内部被ばく時の放射能(Bq)から預託実効線量(Sv)への換算

放射性物質の放射能(Bq)から預託実効線量(Sv)へは実効線量係数※を用いて換算することができます。

例えば、放射性Cs-137が、100 Bq/kg 検出された飲食物を成人が1 kg 食べた場合の将来50年間の内部被ばく量は次のように換算します。

$$100(\text{Bq/kg}) \times 1(\text{kg}) \times 1.3 \times 10^{-5} \text{ ※} = 0.0013 \text{ mSv}$$

※実効線量係数(mSv/Bq)：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)ごとに、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。上の例では、原子力安全委員会の指針で示された数値(経口摂取、成人)を用いています。この場合、放射性Cs-137の係数は 1.3×10^{-5} 、放射性Cs-134は 1.9×10^{-5} です。



[図2-5] グレイ(Gy)からシーベルト(Sv)への換算

資料：環境省「平成30年度版 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」

$$\text{食品中の放射性物質から受ける追加線量 (mSv(ミリシーベルト))} = \text{食品中の放射性物質の濃度 (Bq(ベクレル)/kg)} \times \text{食品摂取量 (kg)} \times \text{実効線量係数}$$

■実効線量係数の例(経口摂取) (mSv/Bq)

	0歳	～2歳	～7歳	～12歳	～17歳	18歳～
ヨウ素131	0.00018	0.00018	0.00010	0.000052	0.000034	0.000022
セシウム134	0.000026	0.000016	0.000013	0.000014	0.000019	0.000019
セシウム137	0.000021	0.000012	0.0000096	0.000010	0.000013	0.000013
トリチウム	0.00000064	0.00000048	0.00000031	0.00000023	0.00000018	0.00000018
カリウム40	0.000062	0.000042	0.000021	0.000013	0.0000076	0.0000062

出典：国際放射線防護委員会(ICRP)「Publication 72」(1996)、食品安全委員会「食品中の放射性物質の食品健康影響評価について」

※実効線量係数は、放射性物質の種類(核種)や影響を受ける方の年齢、摂取経路ごとに示されています。

※内部被ばくと外部被ばく(7ページ参照)ではBqとSvの換算係数が異なるため、外部被ばくによる影響を計算する場合には、上記の係数は使用できません。

[図2-6] 実効線量係数の例(経口摂取)

資料：消費者庁「食品と放射能Q&A」2018年3月8日(第12版)

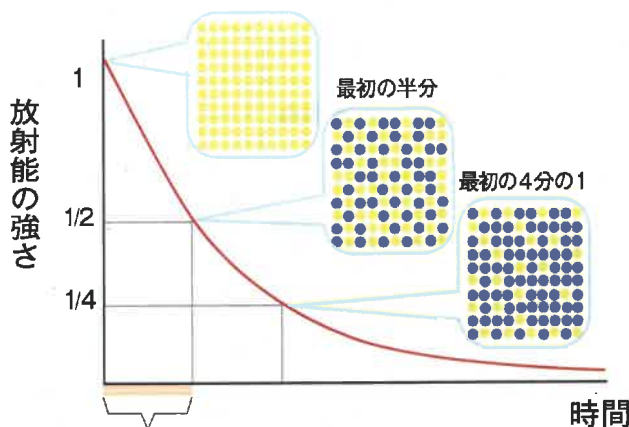
放射性物質の半減期

放射能は、時間の経過とともに小さくなって(減衰して)いく性質を持っており、放射能が半分になるまでの時間を「半減期」と呼びます。その減る原理の違いによって「物理学的半減期」と「生物学的半減期」に分けられます。

時間の経過とともに小さくなっていく放射能

放射性物質は、放射線を放出して放射線を出さない安定した物質に変わっていきます。そのため、原発事故で拡散した放射性物質は自然界に永遠に残るものではなく、次第に少なくなっていきます。こうして放射能が弱まり、はじめの半分になるまでの時間を「物理学的半減期」と呼びます。

半減期分の時間が経過するたびに放射能が半分となるため、半減期の2倍の時間が経過すると、最初の状態の4分の1に減ります。半減期は、放射性物質の種類によって異なります。例えばヨウ素131の半減期は約8日、Cs-134は約2年、Cs-137は約30年です(図2-7)。



放射性物質の量が半分になる時間
= (物理学的) 半減期

放射性物質の種類	物理学的半減期
ヨウ素131	8.0日
コバルト60	5.3年
セシウム134	2.1年
セシウム137	30年
カリウム40	12.8億年
ラジウム226	1600年
プルトニウム239	2.4万年
ウラン238	45億年

[図2-7] 物理学的半減期
資料：環境省「平成30年度版 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」
環境省 HP「放射性物質汚染廃棄物処理情報サイト」

放射性セシウムは体内に取り込まれても排出される

食品などと一緒生物の体内に取り込まれた放射性物質が代謝や排泄などによって体外に排出されて半分になるまでの時間を「生物学的半減期」と呼びます。

放射性セシウムは、カリウムと似た性質を持つため、体内に取り込まれやすいのですが、同時に排泄されやすい性質も持っています。大人の場合、取り込まれた放射性セシウムの量が半分になるのに掛かる日数は約 70～100 日だといわれています。子どもは代謝が早く、放射性セシウムを摂取したとしても、5～10 歳くらいの子どもの場合は 30 日ほどで半分になります。



[図 2-8] 生物学的半減期
資料：環境省 HP「放射性物質汚染廃棄物処理情報サイト」

体内の放射性物質が半分に減る期間

体内の放射性物質の物理学的減衰と生物学的減少は並行して進みます。この両者を考慮した正味の半減期を「実効半減期」と呼んでいます。例えば、50 歳の方が、物理学的半減期が約 30 年と長い Cs-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と考えられます。

	対象	物理学的半減期	生物学的半減期	実効半減期
Cs-137	～1 歳	約 30 年	9 日	約 9 日
	～9 歳		38 日	約 38 日
	～30 歳		70 日	約 70 日
	～50 歳		90 日	約 90 日
ヨウ素 131	乳児	約 8 日	11 日	約 5 日
	5 歳		23 日	約 6 日
	成人		80 日	約 7 日

[表 2-1] 放射性物質の半減期
資料：消費者庁「食品と放射能 Q & A」2018 年 3 月 8 日(第 12 版)

放射線計測の種類・方法

放射線は目に見えず、においもないため、人間が五感で感じることはできません。持ち運びができる測定器を使うことで、放射線を多く受ける場所はどこなのか(空間の放射線量)を調べることができます。

目的と用途に応じた測定器の種類

サーベイメータとは、小型で持ち運びできる放射線測定器です。測定の方法によってさまざまなタイプがあり、目的と用途に応じて作られています。

■シンチレーション式

シンチレータという物質は、放射線が入射すると光を発生します。この作用を利用して、シンチレータから発せられる微弱な光を増幅し、電気信号に変換して放射線を計測するのが、シンチレーション式です。一般環境の空間線量率(ガンマ線及びエックス線)の測定に適しています。

■GM管式

ガイガーミュラー(GM)計数管という放射線を検出する部分があり、中にはガスが充填されています。検出器の中を放射線が通過すると、放射線が電離作用を起こし、ガスの分子が陽イオンと電子に分離します。この作用を電気信号に変換して放射線の量を測定します。放射線の中でもベータ(β)線に対する感度が高く、体や物の表面汚染の検査に適しています。

■電離箱式

電離箱の中を放射線が通りぬけると、GM管式と同じようにガスの分子が陽イオンと電子に電離する特徴を用いて測定します。高レベルの空間線量率の測定に適していますが、低い線量率の測定はできません。



シンチレーション式サーベイメータ

GM 管式サーベイメータ

電離箱サーベイメータ

[写真 2-1] さまざまな放射線測定器

資料：農林水産省「放射性物質の基礎知識」2012年2月





■個人被ばく線量計

体に身につけることができる個人被ばく線量計を用いると、被ばくの積算線量を知ることができます。電子式(直読式)のポケット線量計があれば、一定期間ごと、作業ごとに被ばくの程度を自分で確認することができます。OSL 線量計やガラス線量計と呼ばれる線量計は、通常、1月間の被ばく線量を測定するために使われますが、自分で被ばく線量を読み取ることはできないので、専門業者等に委託します。



[写真 2-2] 個人被ばく線量計

資料：林野庁「テキスト版 放射性物質の現状と森林・林業の再成」2015年

型		目的	
GM 計数管式 サーベイメータ (電離)		汚染の検出	薄い入射窓を持ち、β線を効率よく検出可能である。表面汚染の検出に適している。
電離箱式 サーベイメータ (電離)		γ線 空間線量率	正確であるが、シンチレーション式ほど低い線量率は測れない
Nal(Tl) シンチレーション式サーベイメータ (励起)		γ線 空間線量率	正確で感度もよい。環境レベルから10μSv/h程度のγ線空間線量測定に適している
個人線量計 (光刺激ルミネッセンス線量計、蛍光ガラス線量計、電子式線量計等) (励起)		個人線量 積算線量	体幹部に装着し、その間に被ばくした個人線量当量を測定する。直読式や警報機能を持つタイプもある

[図 2-9] 放射線計測用の機器

資料：環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」平成30年度版、公益財団法人放射線計測協会 HP「放射性計測 Q & A」、「放射線モニタリングと健康影響」日本原子力学会 2012年5月13日

空間線量率の測定方法

空間線量率の測定方法の一つとして、NaI シンチレーション式サーベイメータ(γ 線用)を用いた例を図示します。

◆バックグラウンドの測定

最初に、放射能汚染されていない(現場から離れた)環境中の放射線(バックグラウンド)の測定をする。

◆測定の高さ

地上 1 m などの一定の高さで計る。

◆測定レンジ係数の調整

測定レンジ切替スイッチで指示値がメーターの目盛の中央付近になるようにする。

◆時定数の調整

目的に合わせて、時定数スイッチ(3 秒、10 秒、30 秒)を調整する。精度の粗い広範囲の測定や高線量の場合は時定数を小さい値に、精度の高い測定の場合や低線量は時定数を大きい値にする。測定開始後、時定数の 3 倍の時間が経過したら指示値を読み取る。

◆指示値の補正

指示値 \times 校正定数 = 空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)

指示値に機器ごとに決まっている校正定数をかけると空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$) を正確に求めることができる。

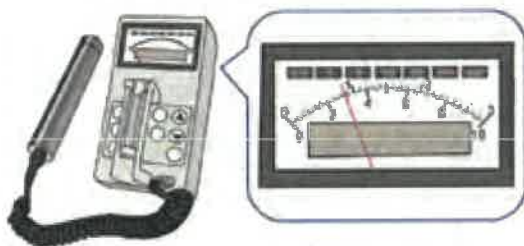
①バックグラウンドの測定

②現場での測定

- ・レンジ (指示値が目盛の中央付近に)
- ・時定数 (時定数の 3 倍の時間が経過して値を読む) の調整

③線量の計算

- ・指示値 \times 校正定数 = 線量 ($\mu\text{Sv/h}$)



指示値の読み方
0.3、3、30 $\mu\text{Sv/h}$ は上段
1、10 $\mu\text{Sv/h}$ は下段
・写真は 0.3 $\mu\text{Sv/h}$ のレンジ
・上段の数値を読む
・計は 0.92 の目盛
指示値は 0.092 $\mu\text{Sv/h}$
例えば、校正定数が 0.95 の場合
線量 = $0.092 \times 0.95 = 0.087 \mu\text{Sv/h}$

首相官邸ホームページ「サーベイメータの取扱方法」より作成

[図 2-10] 線量の測定方法 (NaI シンチレーション式サーベイメータ)

資料：環境省「平成 30 年度版 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」

放射線の人体への影響

私たちは普段から、身の回りにあるさまざまな放射線を受けて生活しています。放射線は、もともと自然界に存在するもので、原子力施設や病院など特別な場所だけに存在するものではありません。放射線による影響は、放射線の「有無」ではなく「どのくらいの量」を「どのくらいの期間」受けたかによります。

放射線の影響と人体の修復力

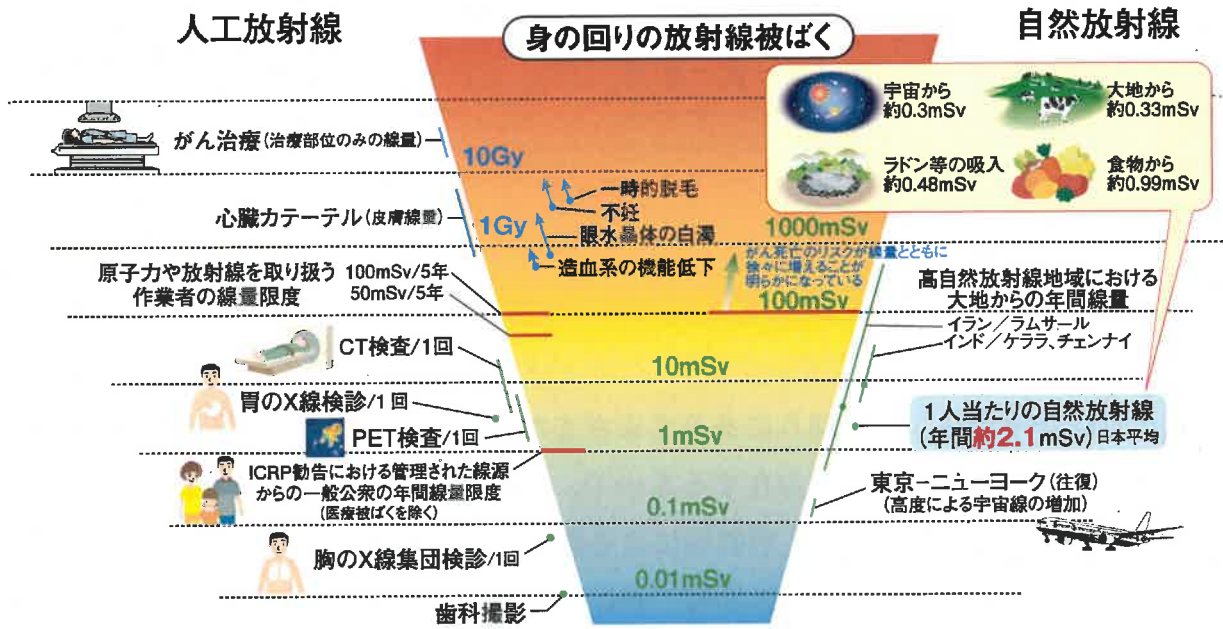
自然界にはもともと放射線が存在し、私たちは日頃からある程度の放射線を受けています(日本平均で1人当たり年間2.1 mSv、世界平均で1人当たり年間2.4 mSv)。

私たちが、身のまわりから受ける放射線には、「自然放射線」と「人工放射線」があります。

自然放射線には、大地や宇宙、食物から受ける放射線があります。例えば、飛行機で移動した場合、高度により宇宙線が増加するため、受ける放射線量が増えます。

また人工放射線には、胃のX線検診やCT検査、がん治療などで受ける放射線があります。人工の放射性物質と自然の放射性物質とで放出される放射線の性質に違いはなく、シーベルトの数値が同じであれば人体への影響も違いはありません。

人体の細胞中にあるDNA(遺伝子)に放射線が当たると、DNAの一部が壊れることがあります。DNAを傷つける原因は放射線以外に、食物の中の発がん物質、たばこ、環境中の化学物質、活性酸素など、日常生活の中にもあります。しかし、人はDNAの損傷を修復する仕組みを持っているため、ほとんどのDNAは元に戻ります。また、修復されなかったDNAを持つ細胞は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、自然界から常に放射線を受けているにも関わらず、私たちは普段の生活では放射線を意識することなく暮らすことができます。



出典：
 ・国連科学委員会 (UNSCEAR) 2008年報告書
 ・国際放射線防護委員会 (ICRP) 2007年勧告
 ・日本放射線技師会医療被ばくガイドライン
 ・新版 生活環境放射線 (国民線量の算定) 等により、放射線医学総合研究所が作成 (2018年5月)

【図 2-11】 日常生活と放射線

資料：環境省「平成 30 年度版 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」

放射線の人体への影響の分類

放射線の影響は、放射線を受けた本人に出る「身体的影響」と、子供や孫などに出る「遺伝的影響」に分けられます。また、被ばくしてから症状が出るまでの潜伏期間による分類として、比較的早く症状が出る「急性影響(早期影響)」と、数か月後以降に現れる「晩発影響」に分けることができます(図 2-12)。

さらに、放射線の影響が生じるメカニズムの違いにより「確定的影響」と「確率的影響」に分類されます。

確定的影響はある一定以上の線量(しきい線量)を被ばくしない限り発生することはありません。そのうちの多くは、被ばく後、数週間以内に現れる急性影響に分類されます。確定的影響は、臓器や組織を構成する細胞が多数死んだり、変性したりすることで起こる症状です。例えば、比較的大量の放射線を浴びると、数週間以内に皮膚障害を起こしたり、造血能低下により血球の数が減ったりすることがあります(急性放射線症候群)。また妊娠中に大量の放射線を浴びると胎児に影響が現われます。眼に放射線が当たると数年後に白内障になることがあります(晩発影響)。

一方、確率的影響(発がん及び遺伝的影響)は、低い線量でも発生の可能性がゼロではないと考えられている影響です。放射線はDNAを傷つけ、その結果、突然変異が起こることがあります。個々の突然変異が病気につながる可能性は低いものの、理論的にはがんや遺伝的影響の原因となる可能性が全くないとはいえません。そこで、がんや遺伝的影響については、しきい線量はないものと仮定して、管理が行われています。

		潜伏期間	例	放射線影響の機序
影響の出現	身体的影響	数週間以内 = 急性影響 (早期影響)	急性放射線症候群 ^{※1} 急性皮膚障害	細胞死 / 細胞変性 で起こる 確定的影響 ^{※2} 
		数週間以降 = 晩発影響	胎児の発生・発 達異常(奇形)	
	水晶体の混濁		がん・白血病	
	遺伝的影響		遺伝性疾患	

※1：主な症状としては、被ばく後数時間以内に認められる嘔吐、数日から数週間にかけて生じる下痢、血液細胞数の減少、出血、脱毛、男性の一過性不妊症等。

※2：一定量以上の被ばくがないと発生しない。

[図 2-12] 放射線の人体への影響の分類

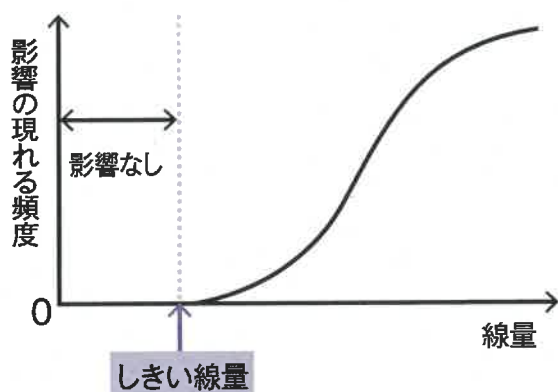
資料：環境省「平成30年度版 放射線による健康影響等に関する統一した基礎資料」

確定的影響

(脱毛・白内障・皮膚障害等)

同じ線量を多数の人が被ばくしたとき、全体の1%の人に症状が現れる線量を「しきい線量」としている。

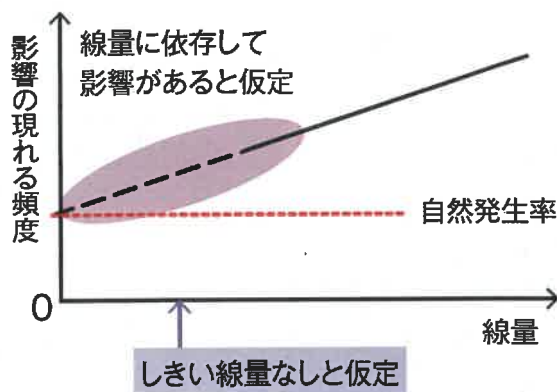
(国際放射線防護委員会【ICRP】2007年勧告)



確率的影響

(がん・白血病・遺伝的影響等)

一定の線量以下では、喫煙や飲酒といった他の発がん影響が大きすぎて見えないが、ICRP等ではそれ以下の線量でも影響はあると仮定して、放射線防護の基準を定めることとしている。



※しきい線量：ある作用が反応を起こすか起こさないかの境の値のこと

[図 2-13] 確定的影響と確率的影響

資料：環境省「平成30年度版 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」

被ばく線量と健康リスクとの関係

比較的短時間で受ける100~200 mSv以上の線量に対しては、確定的影響とがんになるリスクが上昇するという科学的証拠が存在します。そこで、放射線事故による緊急時には、まずは重大な身体的障害を防ぐため、年間100 mSv以上の被ばくをしないように参考レベルを設定します。事故の収束によって、はじめに設定した参考レベルよりも高い線量を受ける人がほとんどいない状況が達成されたときには、将来起こるかもしれないがんのリスクの増加をできるだけ低く抑えるため、更に低い参考レベル(年間1~20 mSv等)を設定して、被ばくする線量の低減を進めます。

平常時の基準値としては年間1 mSvが用いられます。そのため、被ばく量が年間1 mSvを超えると危険だとか、ここまで被ばくをしてもいいと誤解されることがありますが、線量限度は、安全と危険の境界線ではありません。放射線防護の目的からすると、諸事情を考慮して現実的に可能な範囲で被ばく線量を低く抑えることが原則です。

資料：環境省「平成30年度版 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」

外部被ばくと内部被ばく

放射線を体に受けることを被ばくといいます。放射線被ばくには「外部被ばく」と「内部被ばく」の二つがあります。

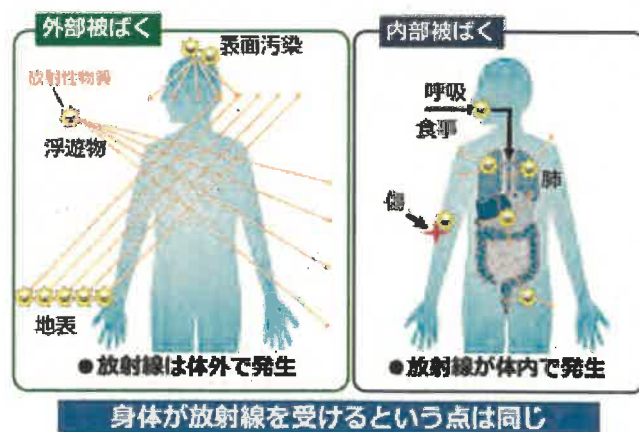
外部被ばくと内部被ばく

外部被ばくは、地表や空気中、あるいは衣服や体の表面など、体外にある放射性物質から体に放射線を受けることをいいます。

一方、内部被ばくは、放射性物質を含む空気、水、食物などを摂取し、体内にある放射性物質から放射線を受けることをいいます。体内に放射性物質が取り込まれる主な経路には、次の5つがあります。

- ① 飲食により口から(経口摂取)
- ② 呼吸などにより空気と一緒に(吸入摂取)
- ③ 皮膚から(経皮吸収)
- ④ 傷口から(創傷侵入)
- ⑤ 放射性医薬品の投与

このようにして、いったん放射性物質が体内に入ると、排せつ物などと一緒に排出されるか、時間の経過とともに放射能が弱まるまで、人体は体内から放射線を受けることになります。外部被ばくと内部被ばくの違いは、放射線を発する物質が体外にあるか、体内にあるかの違いで、体が放射線を受けるという点では同じです。



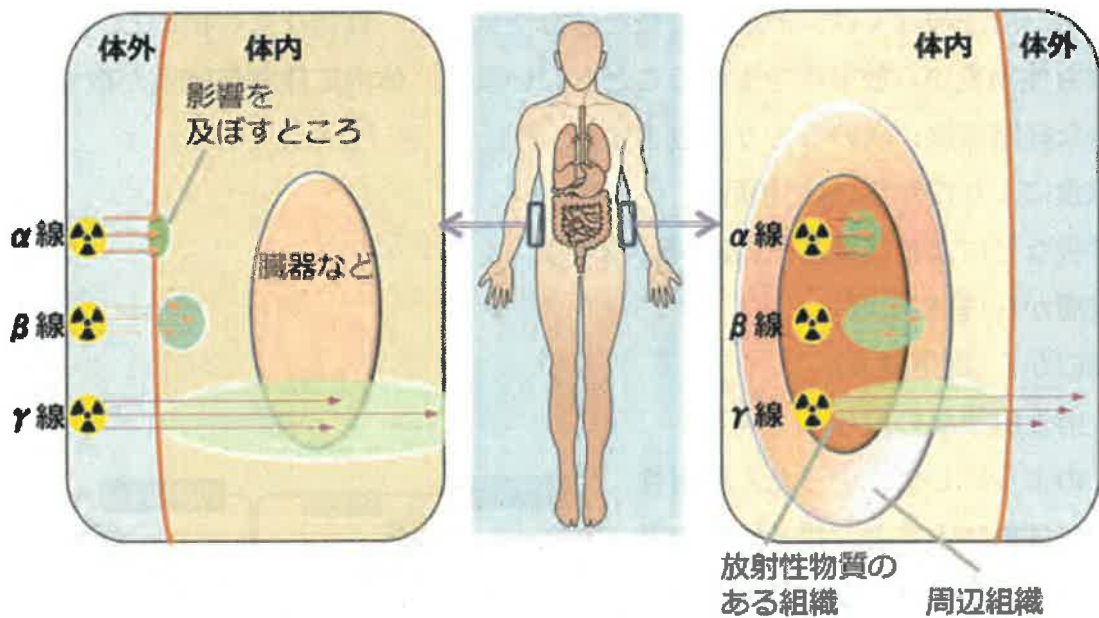
[図 2-14] 外部被ばくと内部被ばくの経路
資料：環境省「平成 30 年度版 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」

放射線の透過力と人体の影響範囲

放射線は種類によって、人体を透過する力が異なります。

外部からの被ばくの場合、アルファ(α)線は、体表の角質層で止まるので影響が現れることはありません。ベータ(β)線は、皮膚を通過し、線量が大きい場合は熱傷(やけど)のような症状を引き起こしますが、体の奥に届くことはありません。ガンマ(γ)線は、体の奥の重要な臓器まで達することから、外部被ばくで問題になるのは、ガンマ線を放出する放射性物質です。

一方、内部被ばくでは、アルファ線、ベータ線、ガンマ線のいずれも人体に影響を与える可能性があります。アルファ線の影響範囲は、放射性物質が存在する組織内に限定されますが、生物への影響力が強く、内部被ばくでは特に注意が必要です。ガンマ線は、透過力が高いため、組織内だけでなく人体全体に影響を及ぼす可能性があります。



[図 2-15] 放射線の透過力と人体への影響範囲

環境省「平成 30 年度版 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」

外部被ばくと内部被ばくの 低減のための防護方法

被ばく線量を低減するためには、外部被ばくと内部被ばくでは、それぞれ異なった防護方法が必要です。

外部被ばくの低減 3 原則

外部被ばくの線量を少なくするためには、次の3つの方法があります。

①「距離」：放射線源から離れる

(放射性物質で汚染した土を取り除いて、生活の場から離すなど。)

②「遮へい」：線源と自分の間に密度の高い物質などを置く

(屋内にいないこと。放射性物質で汚染した土と、その下の汚染していない土を入れ替えて、汚染していない土を遮へい材として用いることなど。)

③「時間」：線源の近くにいる時間を短くする

(空間線量率が高い所にいる時間を短くするなど。)

- ① 離れる (距離)
- ② 間に重い物を置く (遮へい)
- ③ 近くにいる時間を短く (時間)

[図 2-16] 外部被ばく低減 3 原則
資料：環境省「平成 30 年度版 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」

内部被ばくの低減

内部被ばくについては、呼吸を介した吸入と食品の摂取からの両方を考える必要があります。例えば、空間線量率が高い所で子どもたちが屋外活動を行った場合の内部被ばく線量は、推計では被ばく線量全体の 2~3% で、被ばくのほとんどは外部からの放射線によるものでした。そのため、空気中の放射性物質の吸入などによる内部被ばくの低減に関しては、日常の衛生管理(入浴、手洗い、掃除、洗濯など)をしっかり行うことで一定の効果がみこめます。

なお、経口による被ばくに関しては、野生の食材のように、安全性が確認できないものには注意が必要です。

低線量被ばくによる健康への影響

100 mSv 未満の被ばくの健康への影響は、統計的に検証することが困難なほど小さいと考えられます。ただし、確率的影響(がんや遺伝的影響)にはしきい線量はないと仮定されるため、低線量であっても被ばく線量は可能な限り低く抑えるのが原則です。

被ばく線量と発がんリスク

放射線被ばくにより、傷ついた DNA(遺伝子)が正しく修復されないと、がんの原因の一つになることもあります。私たちが生きている上で、がんになる可能性や、そのリスクとなる要因にはさまざまなものがあります。

原発の事故による放射線被ばくの発がんリスクを、喫煙などの他の発がんリスクと単純に比較することは難しいですが、これらの比較は、がんになるリスクのレベルを理解するためには有効です。

一般的な発がんリスク要因が、どの程度の被ばく線量に相当するのか、シーベルト(Sv、放射線の人体への影響を示す単位)に置き換えてみると、表 2-2 のように示せます。例えば、喫煙は 1,000~2,000 mSv、野菜不足でも 100~200 mSv 相当に換算されます。

広島・長崎の原爆被爆者約 12 万人規模の疫学調査では、原爆による放射線の被ばく線量が 100 ないし 200 mSv(短時間 1 回)を超えたあたりから、被ばく線量が増えるに従ってがんで死亡するリスクが増えることが知られています。一方、それ以下の領域では、得られたデータの統計学的解析からは放射線の被ばくによってリスクが実際に増加しているかどうか確認できません。

100 mSv 以下の被ばく線量では、被ばくによる発がんリスクは生活環境中の他の要因による発がんの影響によって隠れてしまうほど小さいため、放射線による発がんリスクの明らかな増加を証明することは難しいということが国際的な認識となっています。

■健康影響の例(放射線と生活習慣によってがんになるリスク)

放射線の線量 (ミリシーベルト)	生活習慣因子	がんの相対リスク*
1000~2000	喫煙者	1.8
	大量飲酒(毎日3合以上)	1.6
		1.6
500~1000	大量飲酒(毎日2合以上)	1.4
		1.4
200~500	やせ過ぎ(BMI<19)	1.29
	肥満(BMI≥30)	1.22
	運動不足	1.19
	塩分の高い食品の取り過ぎ	1.15~1.19 1.11~1.15
100~200	野菜不足	1.08
	受動喫煙(非喫煙女性)	1.06
		1.02~1.03
100未満		検出不可能

※放射線の発がんリスクは広島・長崎の原爆による瞬間的な被ばくを分析したデータ(固形がんのみ)であり、長期にわたる被ばくの影響を観察したものではない。

※生活習慣による発がんリスクは40~69歳の日本人を対象とした調査。

※相対リスクとは、図にある生活習慣因子を持つ集団のがん発生率を、因子を持たない集団の発生率で割ったものであり、因子を持たない人に比べて因子を持っている人ががんになる割合が何倍高いかという数値。

※この表は、成人を対象にアンケートを実施した後、10年間の追跡調査を行い、がんの発生率を調べたもの。
例えば、アンケート時に「タバコを吸っている」と回答した集団では、10年間にがんになった人の割合が「吸っていない」と答えた集団の1.6倍であることを意味している。

出典：(国研)国立がん研究センター

[表 2-2] 健康影響の例(放射線と生活習慣によってがんになるリスク)

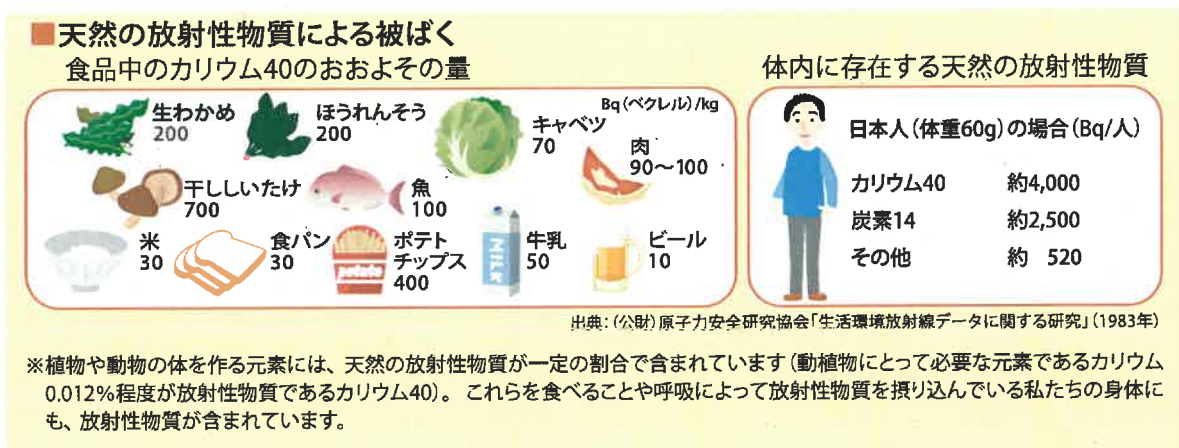
資料：消費者庁「食品と放射能 Q & A ミニ冊子」2018年3月改訂、消費者庁「食品と放射能 Q & A」2018年3月改訂、復興庁「避難住民説明会等によく出る放射線リスクに関する質問・回答集」2012年12月25日

天然の放射性物質による被ばく

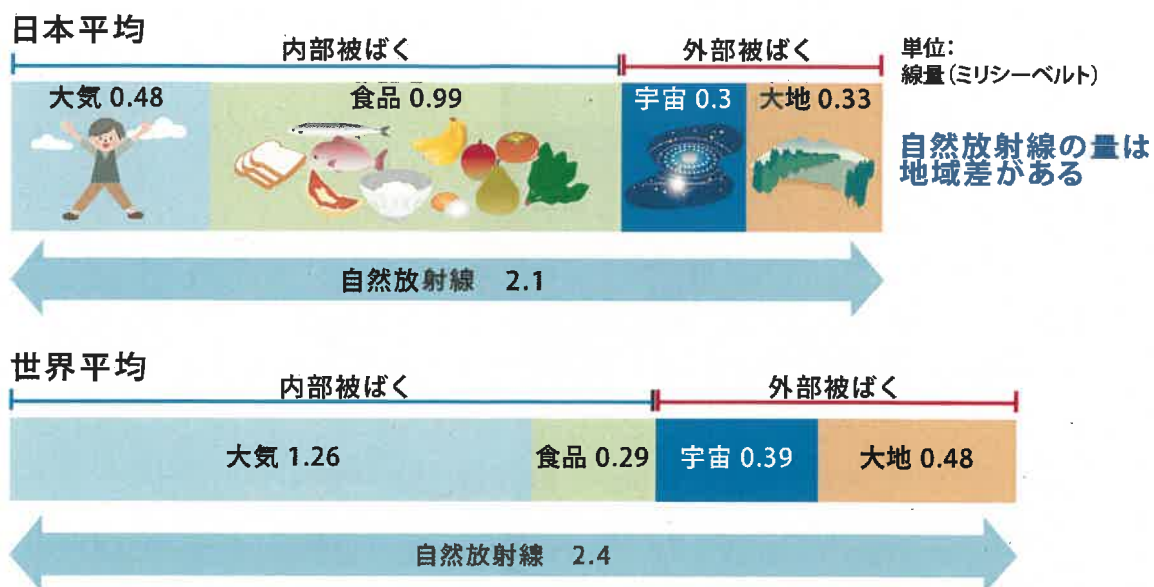
私たちは原子力発電所事故とは関係なく、もともと自然界からある程度の量の放射線を受けています。また、食品の中にもカリウム40をはじめ、天然の放射性物質が含まれています。

天然の放射性物質による内部被ばく、外部被ばく

約46億年前に地球が誕生した時から地球上には放射性物質があり、生物はずっと大地や大気から放射線を受けてきました。大地や海水中に含まれる放射性物質は、野菜や魚などに吸収され、食べ物を通して体内に取り込まれます。人間はだれでも体内に数種類の放射性物質をもっており、代表的なものにはカリウム40やポロニウム210があります。このように食物摂取により体内に取り込まれた天然の放射性物質による被ばく線量は、1年間に約0.99 mSv程度になります。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2.1 mSv程度です(図2-17)。



[図2-17] 体内、食物中の自然放射性物質
資料：消費者庁「食品と放射能 Q&A」2018年3月改訂



出典：国連化学委員会(UNSCEAR)2008年報告書、(公財)原子力安全研究協会「新版生活環境放射線」(2011年)

※日本の自然放射線からの年間被ばく量(内部被ばくを含む。)は、従来 1.5mSv/年とされていましたが、国内外の論文を検証したところ、主に魚の内臓などに含まれるポロニウム 210 が過小評価されていたため、内部被ばくの線量を上方修正し、2.1mSv/年になりました。

[図 2-18] 私たちが 1 年間に受ける自然放射線
資料：消費者庁「食品と放射能 Q & A」2018 年 3 月改訂
日本原子力文化財団 HP

3章

森林における 放射性物質の動態

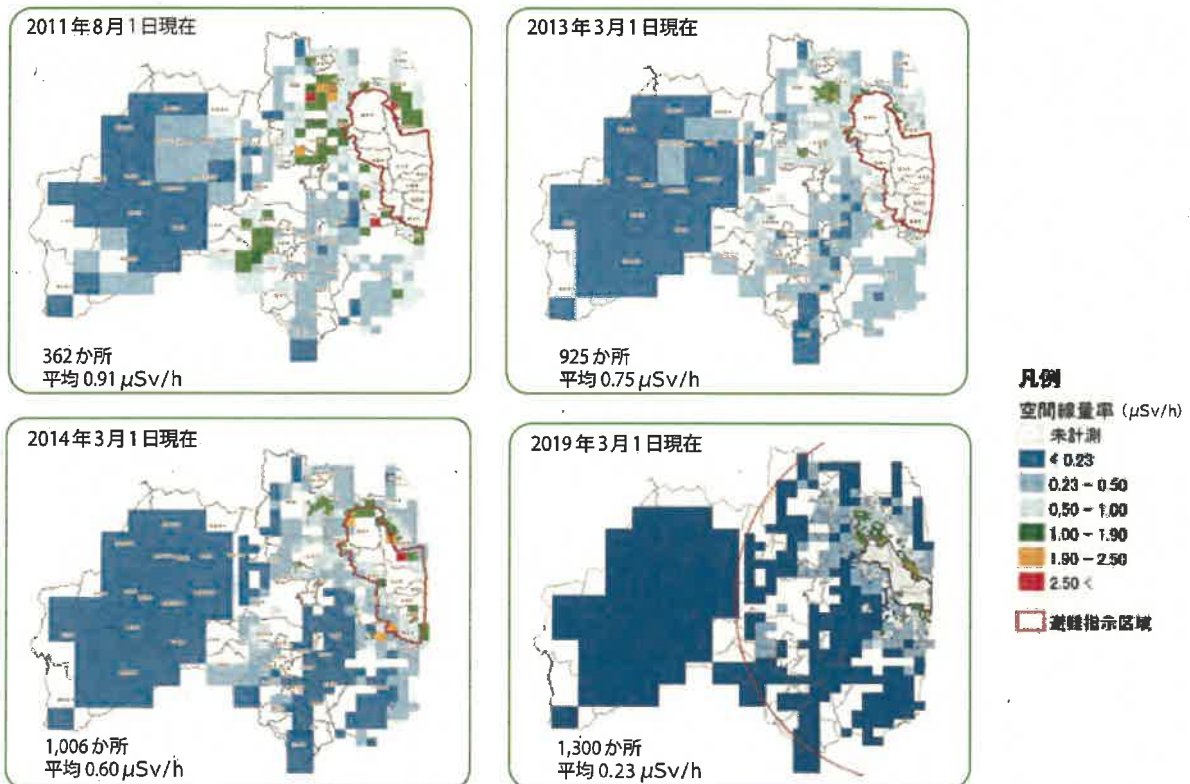
福島県及び周辺地域の放射線の状況は、年々変化し続けています。福島第一原子力発電所事故直後から現在に至るまでの経過、また今後の見通しについて、詳細にモニタリングされている実際の測定データとともに、現状を紹介します。林野庁では、森林内の放射性セシウムの分布状況を明らかにするため、2011年から福島県内の3町村(川内村、大玉村、只見町)に調査地を設定し、土壌や落葉層、樹木の葉や幹などの部位別に放射性セシウム濃度とその蓄積量を調査しています。

森林内の空間線量率の広域調査① 空間線量率の分布 —2018年度までの調査結果

福島県は2011～2018年度に、延べ1,591か所の森林において、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のモニタリングを実施してきました。ここでは2018年度までの空間線量率の推移を紹介します。

空間線量率の分布の推移

2018年度は1,300か所の森林でモニタリングを行いました。ここでは2011年から継続して調査を行っている362か所を対象に空間線量率の推移を検討しました。2019年3月の空間線量率の平均値は0.23 $\mu\text{Sv/h}$ となっており、2011年以降森林内の空間線量率は年々低下しています(図3-1)。



[図3-1] 森林における空間線量率の分布の推移

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」(2018年度)

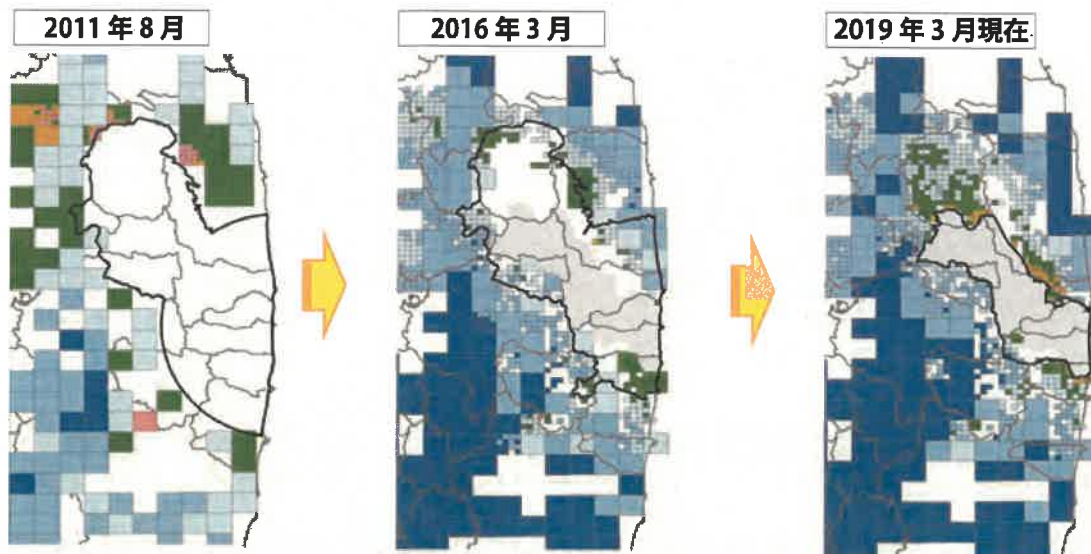
2018年度の測定結果を地域別にみると、県北地域(0.04~1.57 $\mu\text{Sv/h}$)、相双地域(0.09~3.53 $\mu\text{Sv/h}$)、いわき地域(0.05~1.18 $\mu\text{Sv/h}$)、県中地域(0.05~0.42 $\mu\text{Sv/h}$)で空間線量率に大きなばらつきがみられました。避難指示区域等の見直しに伴い、新たな調査測点が追加された相双地域では空間線量率が高い値となっています。なお、会津地域及び南会津地域の空間線量率は全て0.23 $\mu\text{Sv/h}$ 未満でした(図3-4)。

2018年度の空間線量率は、2011年度と比較して約75%低下しました(40頁表3-2)。また、1.00 $\mu\text{Sv/h}$ 以上の区域は、調査箇所数比で35%(2011年度)から0.5%(2018年度)に減少しました。汚染状況重点調査地域の基準である0.23 $\mu\text{Sv/h}$ *未満の区域は、調査箇所数比で12%(2011年度)から64%(2018年度)に増加しています。

*放射性物質汚染対処特措法に基づく汚染状況重点調査地域の指定や、除染実施計画を策定する地域の要件は0.23 $\mu\text{Sv/h}$ 以上の地域とされています。この数値は、年間追加被ばく線量1ミリシーベルト(mSv)に相当します。

避難指示解除準備区域内及び周辺森林の空間線量率

2013年度から、避難指示区域内(避難指示解除準備区域のみ)の森林の調査も開始されました(避難指示区域等の区域の見直しに伴い、該当する調査測点数が変化し、2013年度:65か所、2018年度:15か所)。2018年に調査した避難指示解除準備区域内(15か所)の空間線量率の平均値は、0.91 $\mu\text{Sv/h}$ でした。避難指示解除準備区域内と、その周辺の森林内の空間線量率も年々低下傾向を示しています(図3-2)。



・避難指示解除準備区域及び周辺の調査箇所の空間線量率も徐々に低下
 ・平成25年度(2013年度)から避難指示区域内の調査を開始(避難指示解除準備区域のみ)
 ・避難指示区域等の区域の見直しに伴い、調査測点数も減となっている。

年度	2013	2014	2015	2016	2017	2018
箇所数	65	134	137	87	15	15

凡例
 □ 避難指示区域
 □ 帰還困難区域
 (μSv/h)
 ■ <0.23
 ■ 0.23-0.50
 ■ 0.50-1.00
 ■ 1.00-1.90
 ■ 1.90-2.50
 ■ 2.50<

[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
 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」(2018年度)

森林内の空間線量率の広域調査② 物理学的減衰にともなう 空間線量率の減衰

森林内の空間線量率減衰の予測

福島県は、「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(Cs-134とCs-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。

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

推計された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)を図3-3に示しました。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内の空間線量率も低下していくことが見込まれます。

なお、推計された物理学的減衰では、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)は考慮していません。

経過年数(年次)	放射能の減衰	空間線量率の減衰
0	2011	100
1	2012	90
2	2013	77
3	2014	68
4	2015	60
5	2016	55
6	2017	51
7	2018	48
8	2019	46
9	2020	44
10	2021	42
11	2022	40
12	2023	39
13	2024	38
14	2025	37
15	2026	36
16	2027	35
17	2028	34
18	2029	33
19	2030	33
20	2031	32
21	2032	31
22	2033	30
23	2034	30
24	2035	29
25	2036	28
26	2037	28
27	2038	27
28	2039	26
29	2040	26
30	2041	25

	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
2014年度	0.39	2.03	0.03
2015年度	0.32	1.73	0.03
2016年度	0.27	1.33	0.03
2017年度	0.23	1.09	0.03
2018年度	0.23	1.11	0.03

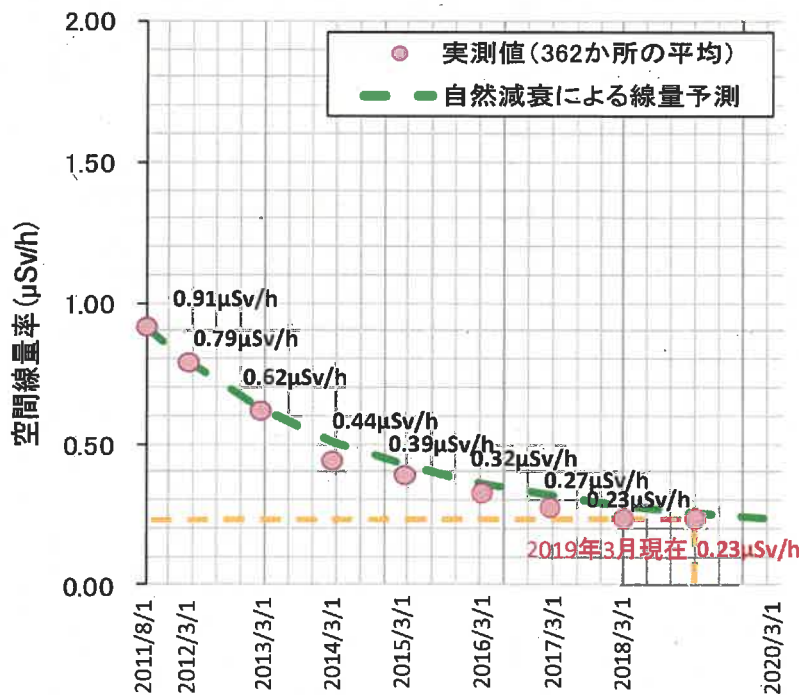
[表 3-2] 2011年度からの継続調査地の空間線量率(362 か所集計)

(単位: $\mu\text{Sv/h}$)

2011年度からの平均低減率は、2011年度に対して、2012年度に約32%、2013年度に約51%低減、2014年度に約57%低減、2018年度に約75%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(%)/2011年8月を基準として作成)



[図 3-3] 2020年までの森林の空間線量率の予測

(放射性セシウム137の物理学的減衰曲線とモニタリング実測値(362か所の平均値)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」(2018年度)

森林内の空間線量率の広域調査③ 空間線量率の分布の将来予測

福島県は、2011～2018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。

森林内の空間線量率の将来の分布予測

8年間の森林内の空間線量率は、放射性物質の物理学的減衰とほぼ同じように低下しました。この結果から、今後も同様の推移をたどることを仮定すると、東京電力福島第一原子力発電所事故から10年後、15年後、20年後の平均値は表3-3のように予測されます。なお、2018年度に実施した空間線量率の調査地362か所(2011年から継続して調査している地点)の平均値は0.23 $\mu\text{Sv/h}$ でした。

空間線量率の平均値は、2020年(原発事故10年後)は0.21 $\mu\text{Sv/h}$ 、2025年(15年後)は0.17 $\mu\text{Sv/h}$ 、2030年(20年後)は0.14 $\mu\text{Sv/h}$ に減衰すると予測されました(表3-3)。

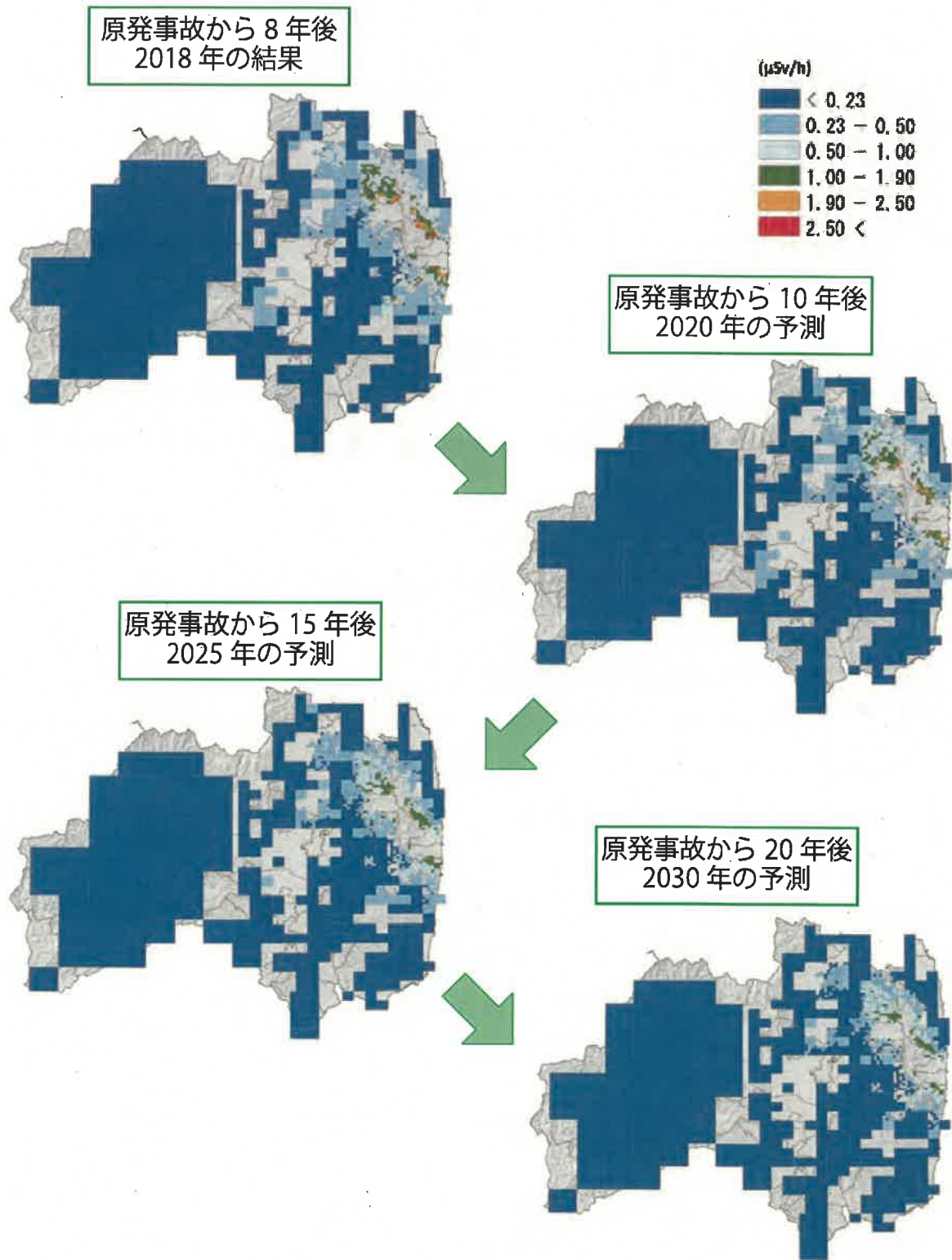
今後の森林内の空間線量率の分布は、図3-4のように予測されています。

(単位は $\mu\text{Sv/h}$)

2019年3月現在	原発事故10年後 2020年3月現在	原発事故15年後 2025年3月現在	原発事故20年後 2030年3月現在
0.23	0.21	0.17	0.14

[表3-3] 今後の空間線量率の予測値(単位： $\mu\text{Sv/h}$)

*2011年8月から継続調査を実施している362か所に基づく予測値



[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」(2018 年度)

森林内の放射性物質の動態調査①

スギ林内における部位別の放射性物質濃度の変化

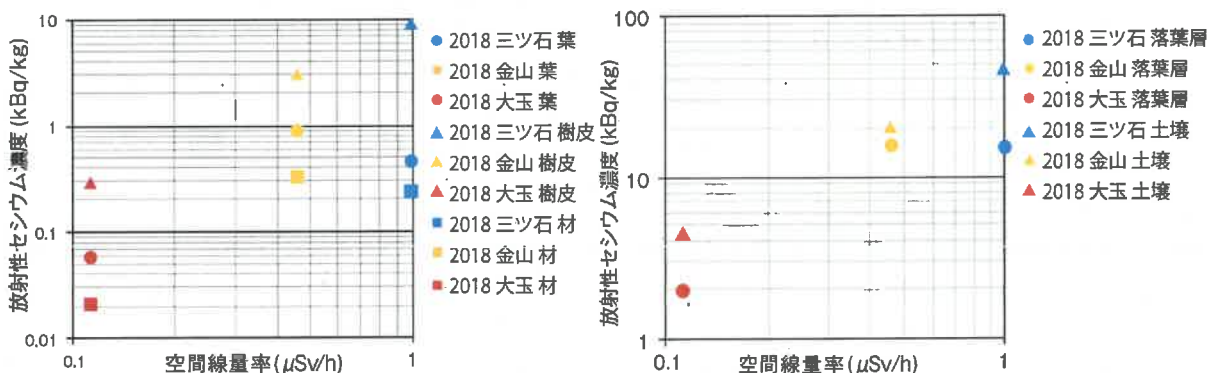
林野庁が福島県内2村6か所(川内村:館山アカマツ林、三ツ石スギ林、三ツ石ヒノキ林、三ツ石コナラ林、金山スギ林、大玉村:大玉スギ林)で行っている調査から、スギ林内における土壌、落葉層、樹木の葉、幹等の部位別の放射性セシウム濃度の調査結果を紹介します。

空間線量率と放射性セシウム濃度の関係

林野庁では、2011年から2018年にかけて、福島県の2村(川内村、大玉村)*の調査地で、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きました。

2018年の地上高1mの空間線量率は、三ツ石スギ林で $0.98 \mu\text{Sv/h}$ (2011年比32%)、金山スギ林で $0.46 \mu\text{Sv/h}$ (2012年比35%)、大玉スギ林で $0.11 \mu\text{Sv/h}$ (2011年比36%)であり、福島第一原子力発電所から遠くなるほど空間線量率が低くなりました。空間線量率とスギの部位別の放射性セシウム濃度の関係は、おおむね比例関係にあることが分かりました(図3-5)。

*福島第一原発からの距離は、三ツ石調査地が26km(川内村)、金山調査地が28km(川内村)、大玉調査地が66km(大玉村)。



[図3-5] スギ林3調査地における空間線量率と部位別放射性セシウム濃度の関係の変化
材は辺材と心材の濃度の平均値とした。土壌は最表層(深さ0-5cm)の値を用いた。

資料: 林野庁「平成30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」2019年3月

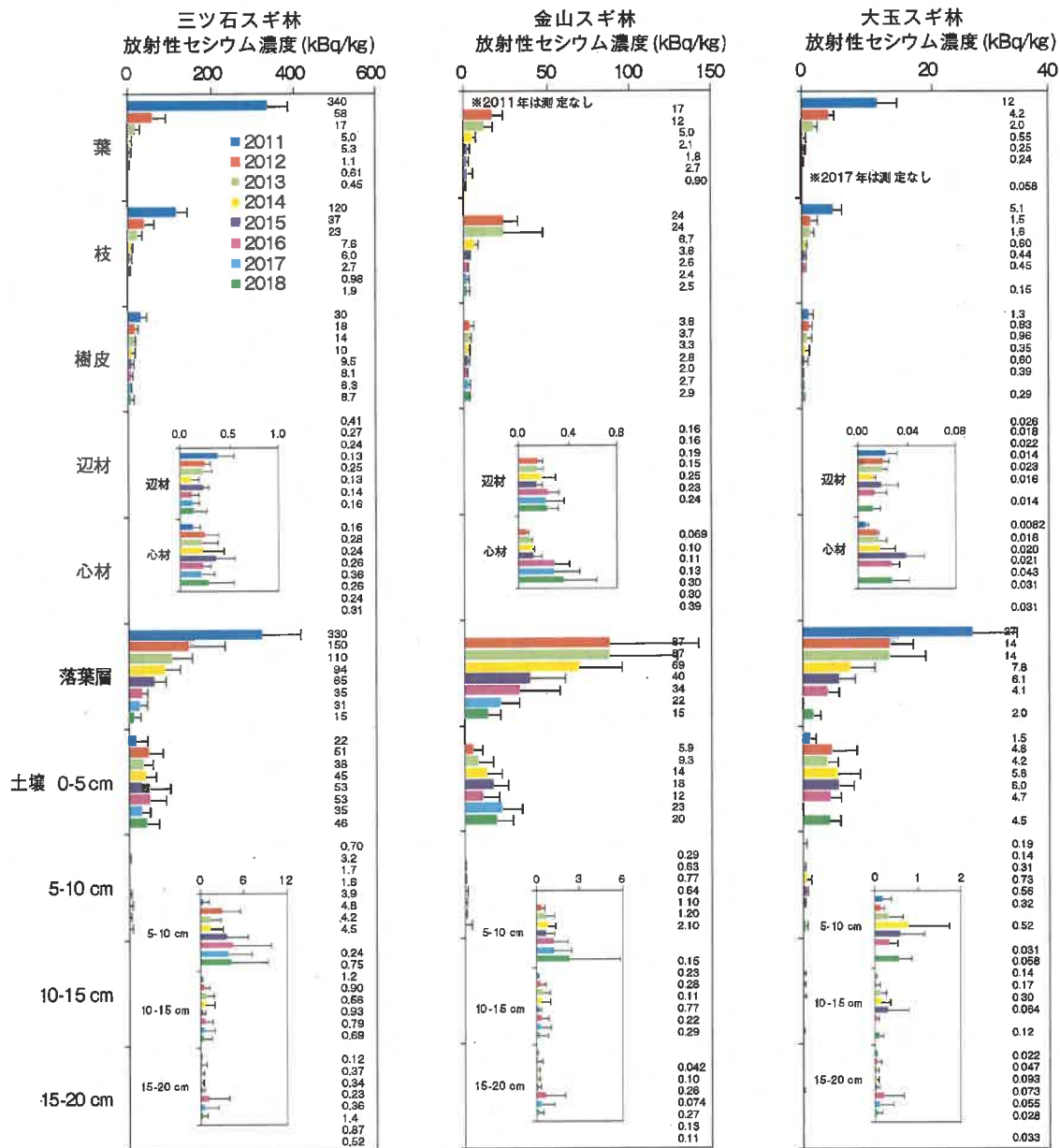
葉・枝・樹皮の放射性セシウム濃度

スギの葉の放射性セシウム濃度は2011年から2012年にかけて大きく低下し、その後も年々低下してきました(図3-6)。2018年の葉の放射性セシウム濃度*は、三ツ石、金山、大玉調査地の順に、0.45、0.90、0.06 kBq/kgでした。三ツ石及び金山調査地の計2か所の葉の放射性セシウム濃度の経年変化をみると、2017年から2018年にかけて、それぞれ7割、3割に減少していました(2017年は大玉のスギ林で調査を実施しなかった)。枝の放射性セシウム濃度も2011年から2012年にかけて大きく低下し、その後も年々低下してきました(図3-6)。ただし、2017年から2018年にかけて、枝では三ツ石で2倍以上に増加し、金山は1割増加し、2018年の枝の放射性セシウム濃度は、上記3調査地の順に1.9、2.5、0.15 kBq/kgでした。樹皮の放射性セシウム濃度も2011年以降低下傾向にありますが、2018年度は三ツ石で4割増加し、金山で1割増加し、三ツ石、金山、大玉の調査地でそれぞれ8.7、2.9、0.29 kBq/kgでした。このように、スギの葉・枝・樹皮では降雨による洗脱や落葉・落枝による移動によって事故から数年は濃度が大きく低下しましたが、近年ではやや増加する場合もみられるようになってきました。

*放射性セシウム濃度は、各年の9月1日を基準日として減衰補正をしています。Cs-134濃度が不検出の場合、2011年3月15日時点のCs-134濃度とCs-137濃度の比を1:1とし、半減期を用いた物理学的減衰に基づく理論的な推定式から、各年9月1日時点のCs-134濃度を推定しています。

辺材・心材の放射性セシウム濃度

2011年に行った調査において、すべてのスギ林で材から放射性セシウムが検出されました(図3-6)。このことは事故直後にスギに吸収された放射性セシウムが、材にも転流していたことを示しています。2018年の辺材の放射性セシウム濃度は、三ツ石、金山、大玉調査地の順に、0.16、0.24、0.014 kBq/kgであり、心材の放射性セシウム濃度は、0.31、0.39、0.031 kBq/kgでした。これまでの研究から、スギでは辺材よりも心材で放射性セシウム濃度が高くなることが明らかにされています。また、いずれの地域においても、材の放射性セシウム濃度は、葉、枝、樹皮に比べて低く、他の部位と比較すると、濃度の経年変化が小さいことが分かりました(図3-6)。



[図 3-6] 三ツ石・金山・大玉の3調査地のスギ林における部位別放射性セシウム(134+137)濃度(kBq/kg、平均値)の測定結果(細線は標準偏差)。
資料：林野庁「平成30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」2019年3月

落葉層・土壌の放射性セシウム濃度

2018年のスギ林の落葉層の放射性セシウム濃度は、三ツ石、金山、大玉調査地でそれぞれ15、15、2.0 kBq/kgで、2017年から2018年にかけて、放射性セシウム濃度は、三ツ石で5割、金山で3割減少しました(図3-6)。落葉層の放射性セシウム濃度は2011年以降減少する傾向が続いており、2011年(金山は2012年)から2018年にかけての7年間(金山は6年間)で、落葉層の放射性セシウム濃度は、三ツ石で9割5分、金山で8割、大玉で9割減少したことになります。

土壌の放射性セシウム濃度は2011年から増加傾向にありましたが、2015年頃から増加の傾向は不明瞭となっています。2018年の表層土壌(深さ0~5 cm)の放射性セシウム濃度はそれぞれ46、20、4.5 kBq/kgで、いずれも落葉層より濃度は高くなっていました。また、土壌全体で見ると、表層土壌の放射性セシウム濃度が最も高く、下層の土壌ほど濃度が低下していました(図3-6)。

以上より、落葉層中の放射性セシウムは、有機物の分解によって土壌に移動し、土壌表層に蓄積していることが明らかになりました。

森林内の放射性物質の動態調査② 樹木・土壌の放射性物質蓄積量の 分布割合の変化

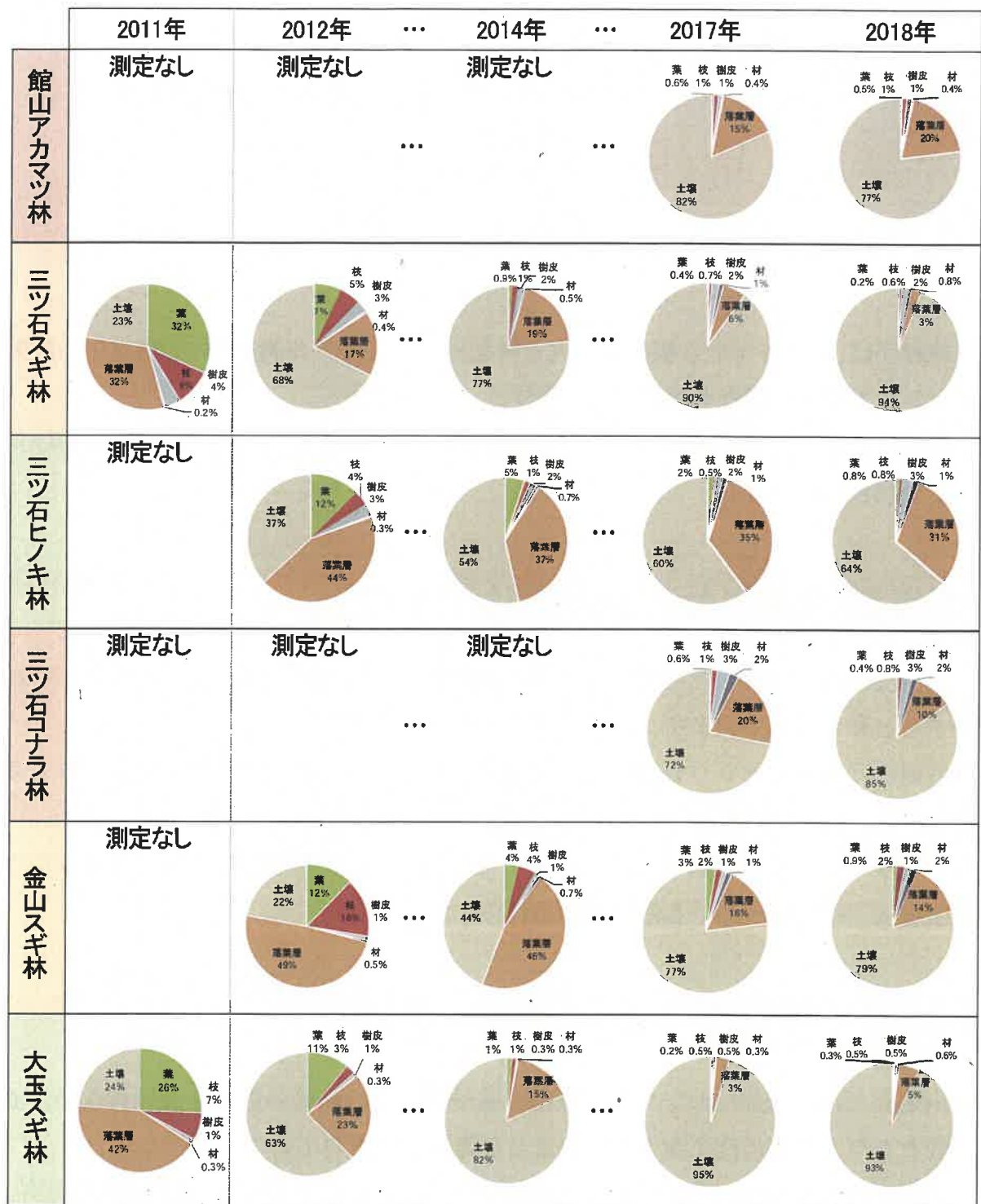
樹木の各部位別の放射性物質蓄積量の分布変化

2011年から2018年までの樹木の葉、枝、樹皮、辺材、心材の放射性セシウムの蓄積量の調査結果から、原発事故直後の2011年から2012年にかけては、放射性セシウム蓄積量の分布割合が大きく変化しましたが、2013年以降の変化は小さかったことが分かりました(図3-7)。

2018年の森林全体に対する樹木の放射性セシウム蓄積量の割合は、スギ林、ヒノキ林、コナラ林、アカマツ林の順に、2~6%、6%、5%、3%でした。それぞれの調査地の前年の調査結果と比較すると、葉、枝、樹皮、辺材、心材において、放射性セシウム蓄積割合にはほとんど変化が見られなくなってきています。

落葉層・土壌の放射性物質蓄積量の分布変化

2018年の森林全体に対する落葉層の放射性セシウム蓄積割合は、三ツ石スギ林、ヒノキ林、コナラ林、金山スギ林の4地点で前年よりも2~10%減少していましたが、館山アカマツ林では5%増加していました(図3-7)。2017年から2018年までの土壌の放射性セシウム蓄積割合は、三ツ石コナラ林で13%増加しましたが、それ以外の三ツ石スギ林、ヒノキ林、金山スギ林では5%以内の変化であることが分かりました。また、土壌中の放射性セシウムのうち、8~9割が表層土壌(0~5 cm 深)に分布していることが分かりました。



[図 3-7] 2011-2018 年における各調査地の放射性セシウム(134+137)蓄積量の部位別分布割合
2013 年、2015 年、2016 年の調査結果は省略。

資料：林野庁「平成 30 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」2019 年 3 月

森林内の放射性物質の動態調査③ 樹皮の放射性物質

林野庁は、2012年から福島県の大玉村と川内村に設けた調査地で、樹皮中の放射性セシウム濃度の調査を継続しています。

樹皮は、生きた細胞を含まない外樹皮と生きた細胞を含む内樹皮(師部)に分けられます(59頁図3-14)。

外樹皮の放射性セシウム濃度は減少

外樹皮では、付着した放射性セシウムが樹皮の脱落や雨で洗い流されたりして減少すると考えられています。

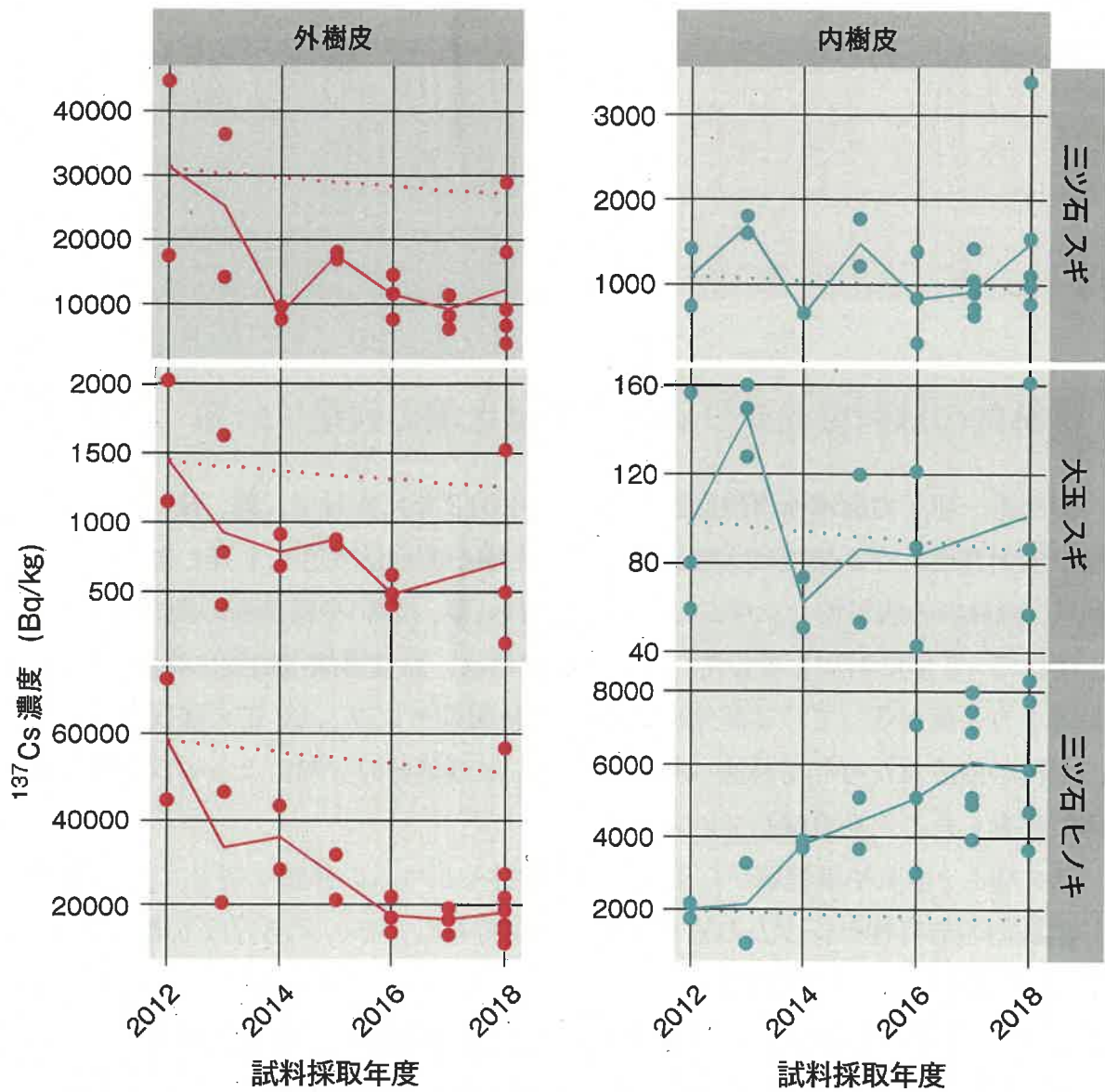
外樹皮の放射性セシウム濃度の平均値は、全ての調査地で物理学的減衰よりも多く減少し、2018年は2012年の3~5割程度まで低下しました(図3-8)。また、三ツ石スギやヒノキに顕著に見られるように、2016年以降は外樹皮の放射性セシウム濃度は下げ止まっている傾向が見られました。

内樹皮の放射性セシウム濃度は一定せず

内樹皮では、放射性セシウムの経根吸収や樹体内の転流の影響を受けるため、放射性セシウム濃度の変化を予測することが難しいとされています。

内樹皮の放射性セシウム濃度の平均値は、三ツ石ヒノキ以外では物理学的減衰と同様に減少しています。一方、三ツ石ヒノキでは内樹皮の放射性セシウム濃度に増加傾向が見られ、2018年は2012年の約3倍になりました(図3-8)。

一部に上げ止まり、下げ止まりの傾向がみられるものの、正確に判断するためには今後も引き続き変化をみていく必要があります。



[図 3-8] 外樹皮と内樹皮における放射性セシウム濃度(kBq/kg)の経年変化

実線は平均値を、破線は初回モニタリング年の平均値からの物理学的減衰を示す

資料：林野庁「平成 30 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」2019 年 3 月

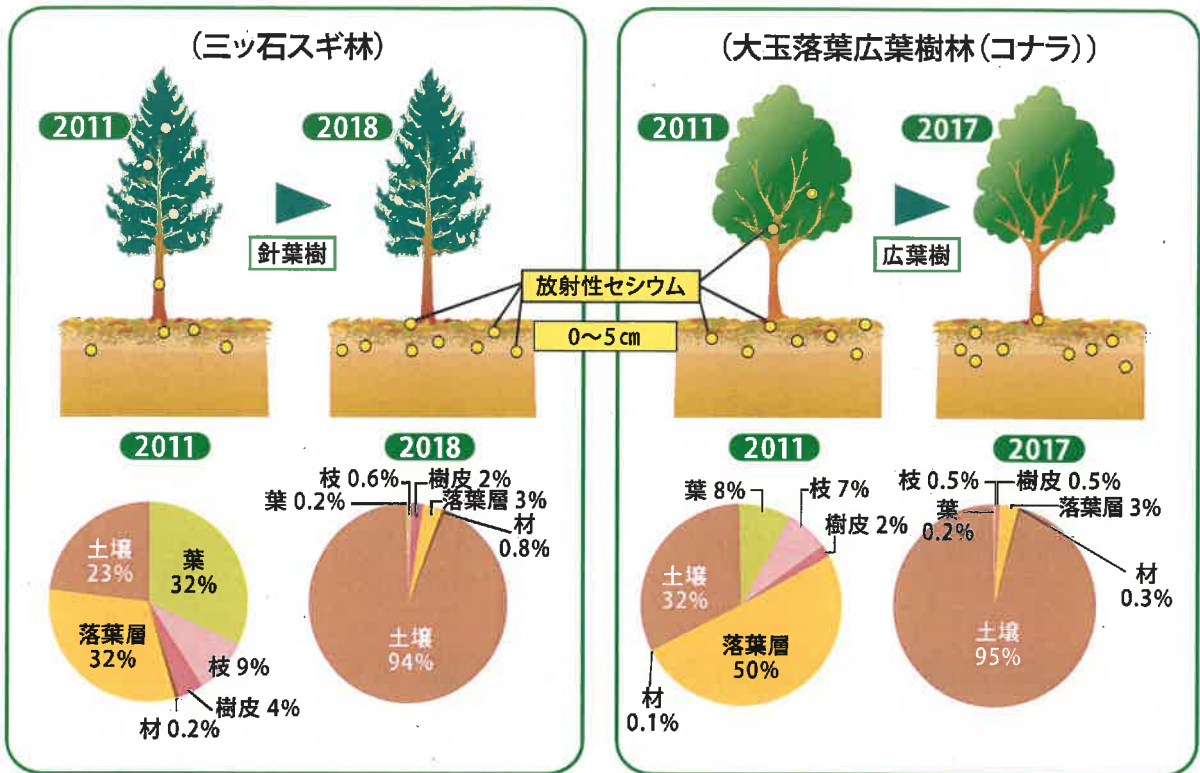
森林内の放射性物質の動態調査(まとめ) 森林の放射性物質の動態変化 —2011～2018年

森林内の放射性セシウムの9割は土壌の表層に分布

福島第一原子力発電所事故直後の2011～2012年にかけて、葉、枝、樹皮や落葉層の放射性セシウム濃度は大幅に低下し、土壌の濃度は大きく上昇しました。その結果、森林内の放射性セシウムの蓄積量は樹木(葉、枝等)や落葉層の割合が低下し、土壌は2～3倍に増加しました。これらの変化は、原発事故後初期に森林の樹冠(樹木の上方の葉が茂っている部分)に付着した放射性セシウムが、その後落葉したり、雨で洗い流されたりして林床へ移動し、さらに落葉層の分解によって落葉層から土壌に移動したことを意味しています。

その後も、樹木や落葉層から土壌への放射性セシウムの移動は続き、2018年時点で森林内の放射性セシウムの約9割が土壌に分布し、その大部分は土壌の表層0～5 cmに存在しています(図3-9)。

土壌の放射性セシウムは、時間の経過とともに順次、地上部から落葉層、土壌表層への移動が見られ、また一部ではさらに深い層への移行が見られることから、今後も移動状況を注視していく必要があります。



森林内の放射性セシウムの約90%以上が土壌(0~5cm)に分布
約2~6%が樹木に分布

[図3-9] 森林の放射性セシウム(134+137)の動態変化
資料：林野庁「平成30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」2019年3月、
林野庁「平成29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」2018年3月を基に作成

針葉樹林と広葉樹林における空間線量率の変化

林野庁は郡山市にある福島県林業研究センター多田野試験林の常緑針葉樹林(スギ、ヒノキ)と落葉広葉樹林(コナラ、サクラ)で、地上高 1 m の空間線量率の経時変化を長期に追跡しています。

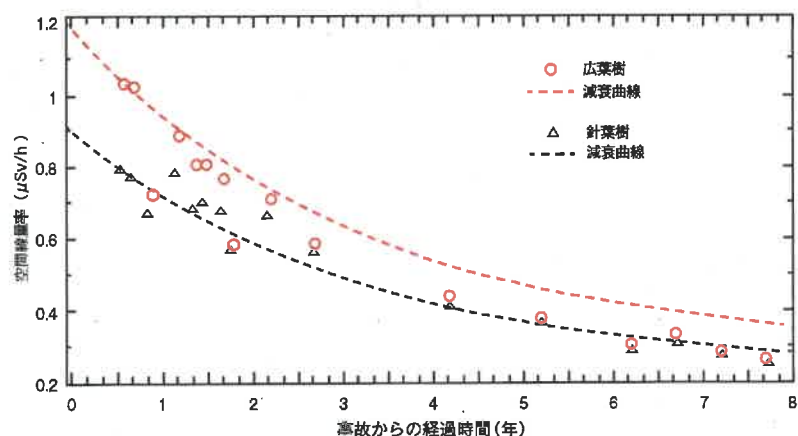
林内の空間線量率の経時変化と減衰曲線

図 3-10 は、放射性セシウム(Cs-134 と Cs-137)の物理学的半減期から推定される空間線量率の減衰(減衰曲線)と実測値の経時変化を示したものです。

常緑針葉樹林内の空間線量率は、約 3 年経過後までの線量率の低下が遅く、4 年目以降はほぼ減衰曲線に沿った変化傾向でした。

一方、落葉広葉樹林内での実測値は、減衰曲線より低いことが多く、経過年 1 年以降が減衰曲線より低くなっていました。

常緑針葉樹林内では事故当時の 3 月にも葉が多く存在していたと考えられ、樹冠部にも放射性セシウムが多く沈着したため、その後の落葉等によってそれらが林床方向へ再移動した結果、林内空間線量率の低減速度が遅くなっていると考えられます。



【図 3-10】常緑針葉樹林内と落葉広葉樹林内の空間線量率の経時変化と放射性セシウムの物理学的半減期から推定した空間線量率の減衰(減衰曲線)

減衰曲線は最初の各測定値を基に、事故日を 2011 年 3 月 15 日、自然放射線率を $0.05 \mu\text{Sv/h}$ として計算した。

資料：林野庁「平成 30 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」2019 年 3 月

スギ雄花中の放射性物質

林野庁は、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し、人がそれを吸収することによる影響を把握するため、2011年度からスギ雄花に含まれる放射性セシウム濃度の調査を行っています。

これまでのスギ雄花中セシウム濃度

2011年度にスギの雄花に含まれる放射性セシウム濃度(単位重量(乾重)当たりのCs-134とCs-137)の調査を実施したところ、最高値は253 kBq/kgでした。

これまでの調査で、スギ雄花に含まれている放射性セシウム濃度は、全体としては年々低下する傾向を示しました。低減割合は年を追うごとに変化しており、2012年度は全体として2011年度の半分まで低下していましたが、2017年度は2016年度の7割となっていました。

このように、全体としては事故直後に比べて雄花の放射性セシウム濃度は低減していますが、空間線量率の高い地域では雄花の放射性セシウム濃度が高い傾向が続いています。

雄花と葉の放射性セシウム濃度については、2011年度から2014年度までは事故直後に直接汚染された葉が残存していたため、葉の濃度が雄花よりも高くなりましたが、2015年度以降は雄花の濃度の方が葉の濃度より高くなりました。

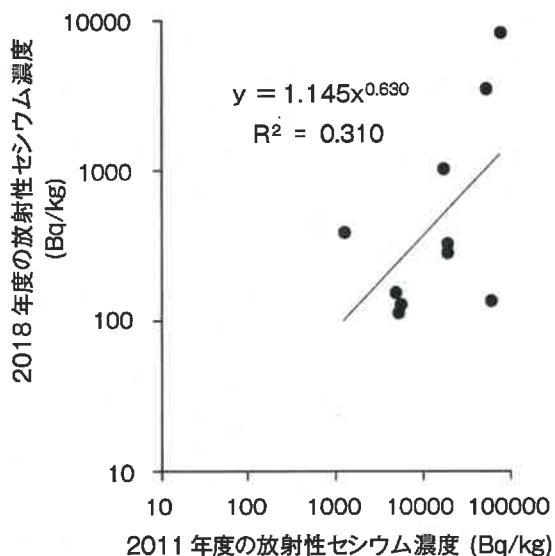
2011年度と2018年度のスギ雄花中セシウム濃度の関係

2018年度は、前年度と同様に、空間線量率の高い地域を中心に16地点においてスギ雄花に含まれる放射性セシウム濃度の調査を実施しました。スギ花粉は、春に飛散しますが、その放射性セシウム濃度は、11月頃のスギ雄花の放射性セシウム濃度から予測できることから、スギ雄花試料は2018年11月に採取しました。

図3-11は、事故直後(2011年度)から調査されている10地点について事故直後(2011年度)と2018年度のスギ雄花中の放射性セシウム濃度の関係を示したものです。

2011年度に雄花の放射性セシウム濃度が高かった地点ほど、その後の年の濃度も高いという関係が認められました。

2018年度のスギ雄花に含まれる放射性セシウム濃度は事故直後に比べて、全体として7%程度に低減していました。



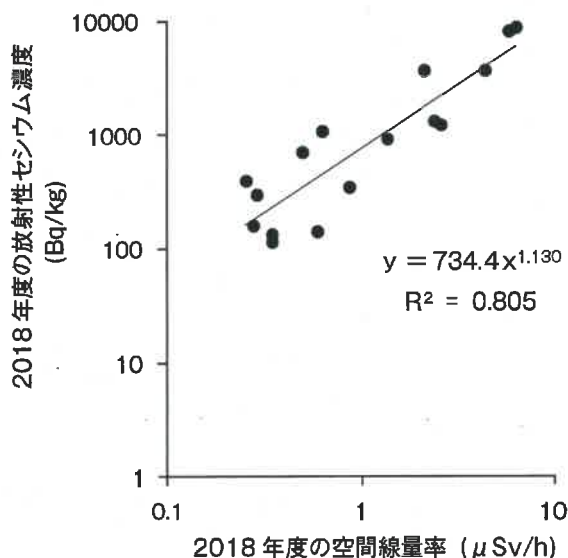
[図3-11] 継続調査地点(10地点)の2011年度と2018年度のスギ雄花中セシウム濃度の関係(Bq/kg)

資料：林野庁「平成30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」2019年3月

空間線量率とスギ雄花中セシウム濃度の関係

図3-12は、2018年度雄花を採取した16地点について空間線量率と雄花中の放射性セシウム濃度の関係を示したものです。

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傾向が認められました。



[図3-12] 空間線量率とスギ雄花中のセシウム濃度(2018年度)

資料：林野庁「平成30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」2019年3月

放射性セシウムを含むスギ花粉を人が吸収することによる影響

2018年度の調査で測定された最高濃度の放射性セシウム(8.4 kBq/kg)がスギ花粉に含まれて大気中に飛散し、これを人が吸入した場合に受ける放射線量を2011年度と同様の前提条件で試算したところ、1時間あたり最大0.0000078 μ Svとなりました。この数値は、東京都新宿区で観測された1時間あたりの放射線量0.037 μ Sv(2019年2月27日時点)と比べても非常に低いものでした。

区分(前提条件)	Cs-137	Cs-134
スギの花粉に含まれる放射性セシウムの濃度(①)	7.8 kBq/kg	0.6 kBq/kg
飛散するスギの花粉の過去最高の大気中の濃度(②)	2,207 個/m ³	
スギの花粉の1個あたりの重量	12 ナノグラム	
大気中に飛散するスギの花粉に含まれる放射性セシウムの濃度(①、②の濃度及び重量により計算)	0.000207 Bq/m ³	0.000017 Bq/m ³
上記大気を成人が吸入することにより受ける放射線量(上記濃度及び③、④により計算)	1時間	0.0000078 μ Sv
	花粉の飛散期間での累計(2月～5月)	0.0000224 mSv

(参考)2011年度と同様の前提条件

- ①スギの花粉に含まれる放射性セシウム濃度は、2018年度に調査を行ったスギの雄花の測定結果の最高値(8,430 Bq/kg)を使用。(花粉に含まれる放射性セシウムの濃度が雄花の濃度と同一と仮定)
- ②飛散するスギ花粉の大気中の濃度は、環境省花粉情報システムによる測定結果の最高値2,207個/m³を使用。
- ③成人が1日に吸入する空気量は、国際放射線防護委員会の数値(22.2 m³)を使用し、1時間あたりの吸入量はこれを24で割ったものとした。
- ④実効線量係数(吸引摂取)は、Cs-137は0.039 μ Sv/Bq、Cs-134は0.020 μ Sv/Bqを使用。

東京都新宿区で観測された放射線量 (2019年2月27日時点)	1時間	0.037 μ Sv
------------------------------------	-----	----------------

[表 3-4] 2018年度調査結果に基づく人体が受ける放射線量の試算

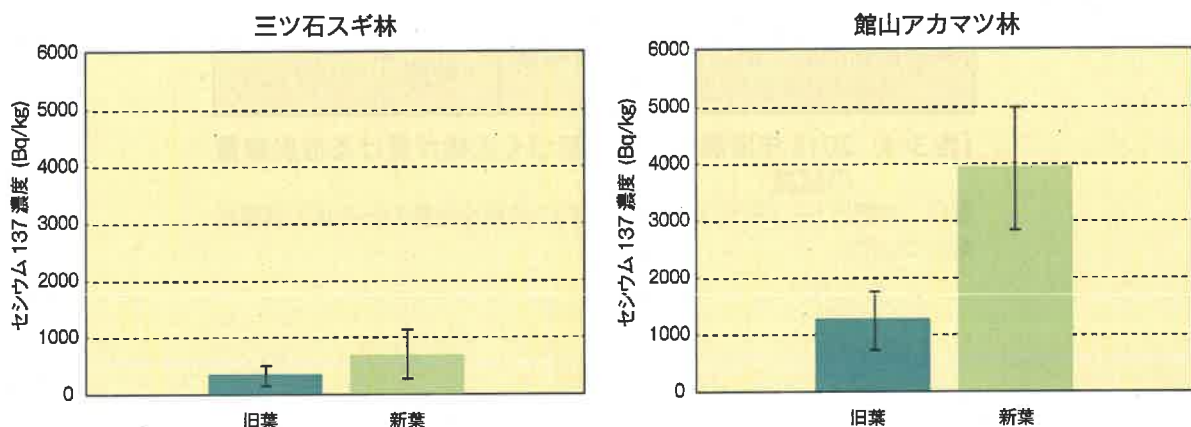
資料：林野庁HP「平成30年度森林内の放射性物質の分布状況調査結果について」

葉の放射性物質

林野庁が2018年に福島県内2村6か所(川内村：三ツ石スギ林、三ツ石ヒノキ林、三ツ石コナラ林、金山スギ林、館山アカマツ林；大玉村：大玉スギ林)で実施した調査では、スギ林、コナラ林、アカマツ林において、新葉(調査した年に展開した葉)と旧葉(古い葉)に分けて、放射性セシウム濃度を調べました。その中から、三ツ石スギ林と館山アカマツ林の測定結果について紹介します。また、森林内の小径木の葉の放射性セシウム濃度についても紹介します。

スギとアカマツの葉の放射性物質

2018年の調査で採取された三ツ石スギ林の新葉と旧葉の放射性セシウム濃度(Cs-137)は、690 Bq/kgと340 Bq/kgであり、新葉の濃度が旧葉よりも約2倍高いことが分かりました。葉を区別して採取し始めた2014年の三ツ石スギ林の調査では、旧葉の放射性セシウム濃度の方が当年葉よりも高いものも見られました。しかし、2018年になると、新葉の濃度の方が旧葉よりも高くなっていることから、この調査結果は、原発事故で直接汚染された葉が完全に落葉したことを反映していると考えられます(図3-13)。



【図3-13】2018年の三ツ石スギ林と館山アカマツ林の新葉と旧葉のセシウム137濃度比較
各調査地の試料(三ツ石スギ：n=7；館山アカマツ：n=8)における平均値(標準偏差)
資料：林野庁「平成30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」の調査結果より

場所	測定年	調査林分 (記号等)	土壌 137Cs 量 (kBq/m ²)	林齢 (年生)	試料木 (本数)	137Cs 濃度 (kBq/kg)		当年葉/ 旧葉比	文献
						当年葉	旧葉**		
ベラルーシ Gomel (120 km) #	2001 (15年)*	Young	1,756	17	9	43.3	19.3	2.2	Goor and Thiry (2004) Table3
		Medium	1,521	37	9	18.2	7.3	2.5	
		Old	989	57	9	21.3	8.8	2.4	

#括弧内は、チェルノブイリ原発からの距離。

*括弧内は、チェルノブイリ原発事故(1986年)からの経過年数。

**旧葉の葉齢の区別はなし。

[表 3-5] 欧州アカマツ (*Pinus sylvestris*) の当年葉と旧葉の放射性セシウム濃度の測定例

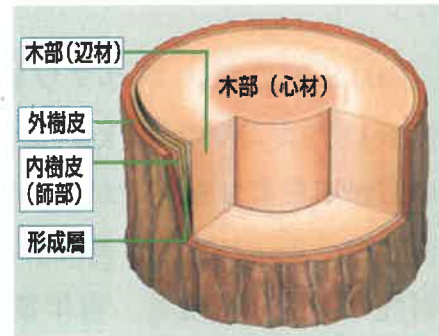
2018年の館山アカマツ林での調査結果から、新葉の放射性セシウム濃度(Cs-137)が3900 Bq/kg、旧葉の濃度が1200 Bq/kgであり、アカマツ林でも新葉の方が旧葉よりも濃度が約3倍高くなっていました。チェルノブイリでの原発事故後のベラルーシでの調査によると、事故後15年程度経過した欧州アカマツの葉の放射性セシウム濃度も、当年葉が旧葉よりも高い値だったことが報告されています(表 3-5)。

今後、時間の経過とともに、旧葉から新しい葉にどの程度の量の放射性セシウムが転流し、どの程度の量の放射性セシウムが土壌から吸収されるのか、福島県のアカマツ林の調査でもさらなる検証が必要です。

木材中の放射性物質

森林が放射性物質で汚染されると、幹内部の木材の部分にも放射性物質が移動するのではないかと考えられます。

林野庁と福島県ではそれぞれ、伐採した幹を樹皮と材に分け、さらに材を辺材(水や養分を運ぶ機能のある部分)と心材(成熟した幹の中心にできる生命活動を停止した部分)に分けて、木材内の放射性セシウム濃度について調査を行いました。



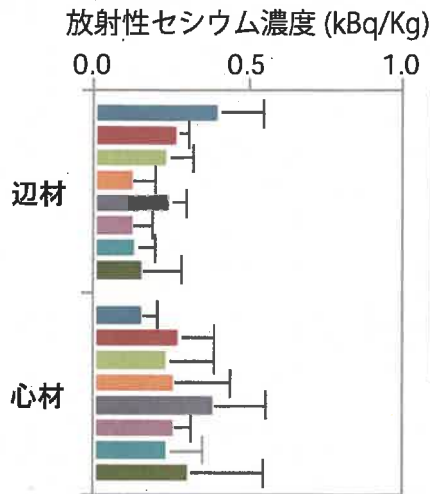
〔図 3-14〕 樹幹の構造 資料：一般社団法人全国林業改良普及協会「森林を知るデータ集 No. 1」

木材(辺材、心材)中の放射性セシウム濃度の変化

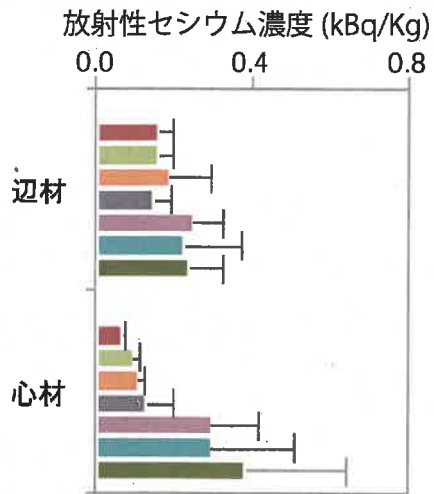
林野庁では、2011年以降、川内村や大玉村のスギ林、ヒノキ林、アカマツ林或いはコナラ林など計10か所で木材中の放射性セシウム濃度を継続調査しています。

木材中の放射性セシウム濃度は、スギの辺材では大きな変化がなく、心材では2015年頃まで増加してそれ以降あまり変化がないという傾向が見られました。ただし、金山スギ林のように場所によっては辺材と心材の両方で放射性セシウム濃度が引き続き増加傾向にあることもわかっています。他の樹種では、コナラで辺材と心材の放射性セシウム濃度が増加傾向にあります。一方、アカマツの木材中の放射性セシウム濃度は、これまでの調査で増加傾向は見られておらず、他の樹種に比べて木材中の放射性セシウム濃度が低い傾向にあることもわかってきました。

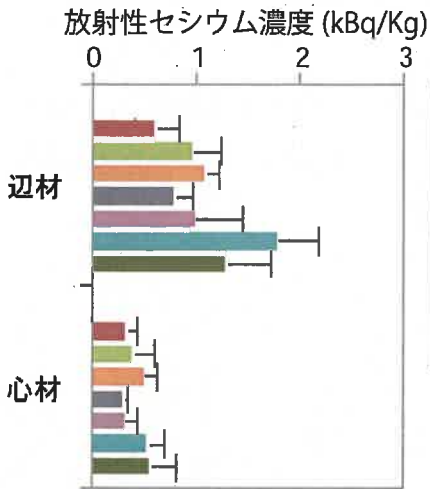
三ツ石スギ林



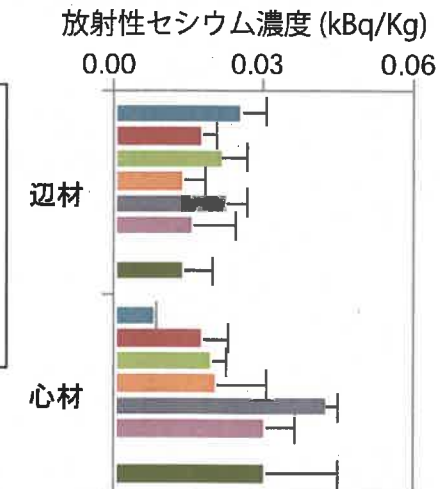
金山スギ林



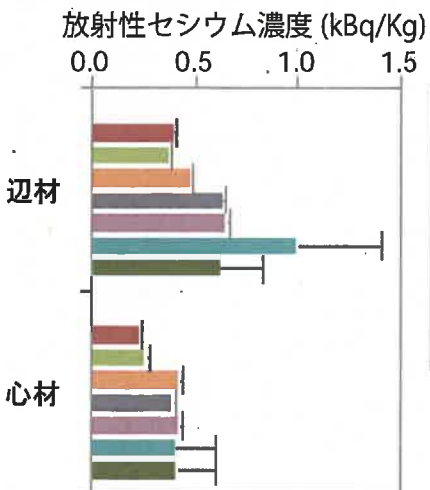
三ツ石コナラ林



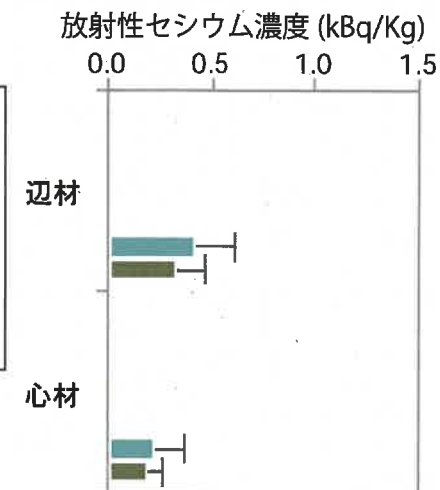
大玉スギ林



三ツ石ヒノキ林



館山アカマツ林



[図 3-15] 三ツ石スギ林、金山スギ林、三ツ石コナラ林、大玉スギ林、三ツ石ヒノキ林、館山アカマツ林における木材内部の放射性セシウム濃度 (kBq/kg) の変化

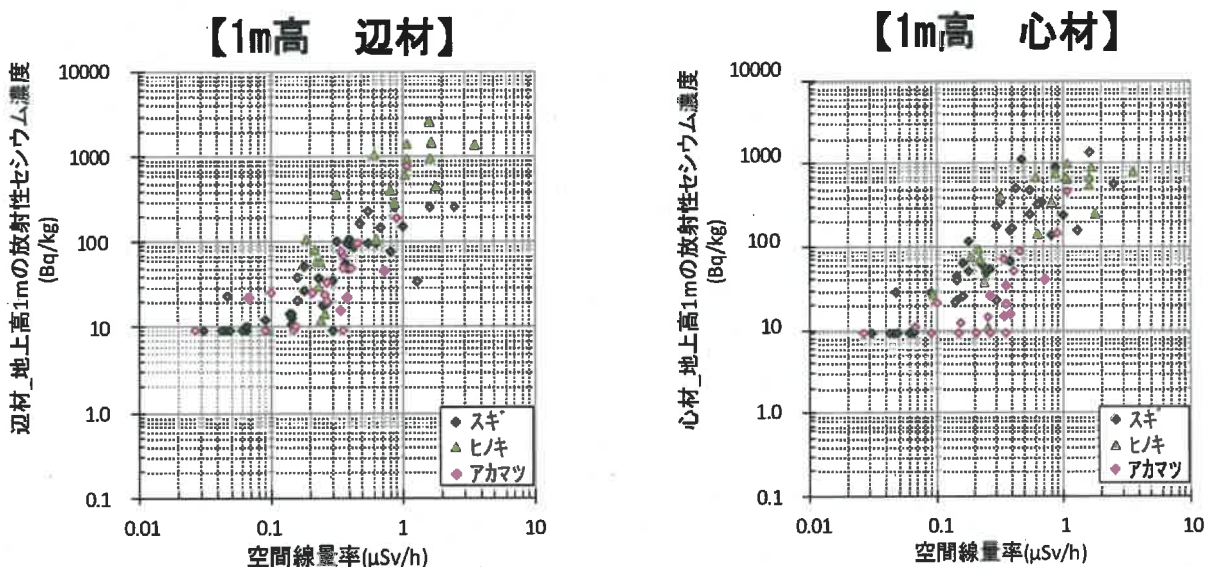
資料：林野庁 HP「平成 30 年度森林内の放射性物質の分布状況調査結果について」

空間線量率と木材(辺材、心材)中の放射性セシウム濃度との関係

福島県では、県内の森林で、木材中の放射性セシウム濃度を継続して調べています。2018年の調査は、81か所(スギ39か所、ヒノキ21か所、アカマツ21か所)で行いました。調査では、スギ、ヒノキ、アカマツを対象として、樹木の地上1mの辺材・心材の放射性セシウム濃度と、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。

空間線量率と高さ1mの辺材・心材の放射性セシウム濃度との関係を見ると、空間線量率が高いほど、木材に含まれる放射性セシウム濃度も高いことがわかりました(図3-16)。空間線量率の把握が今後の林業生産活動の目安になると考えられます。

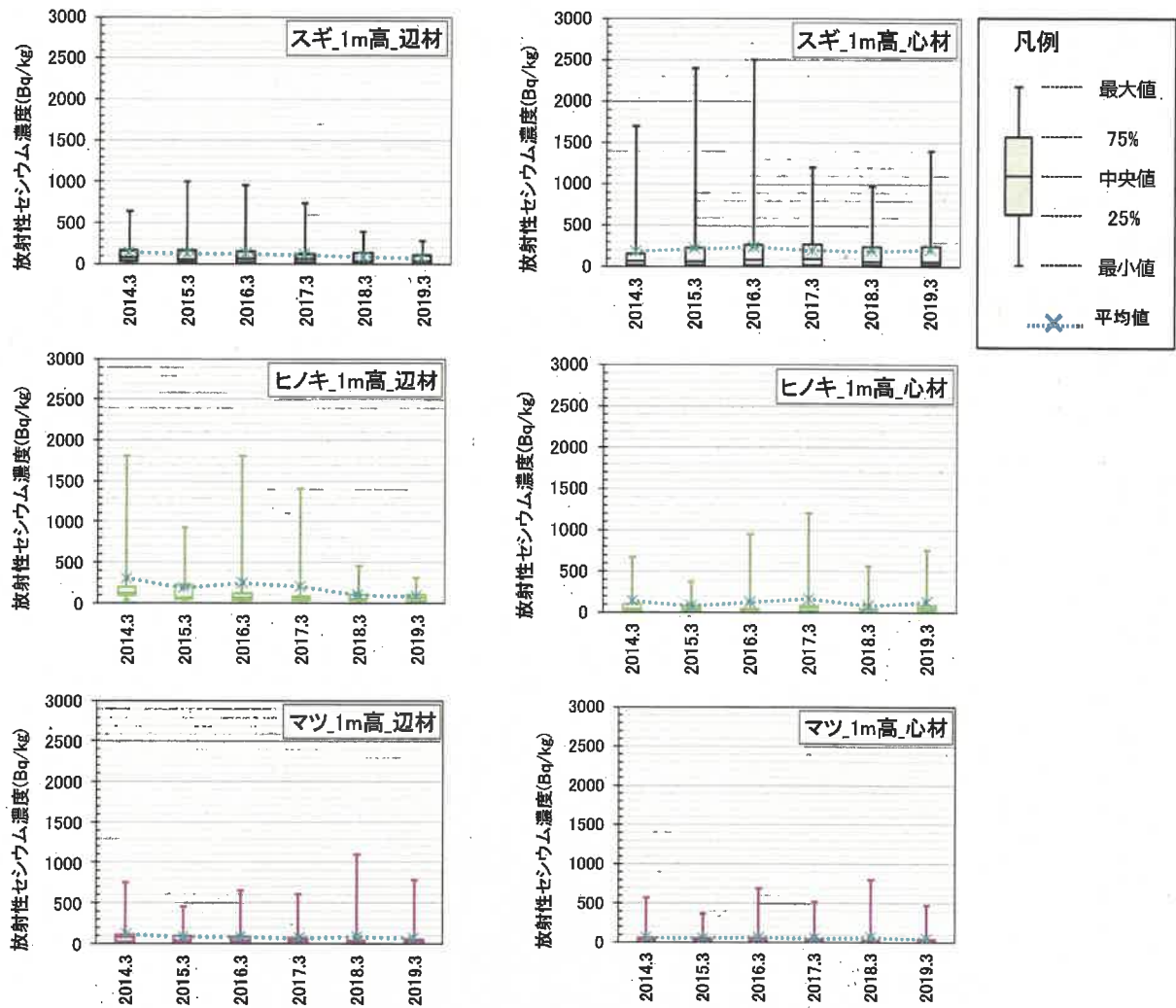
木材に含まれる放射性セシウム濃度の平均値の経年推移をみると、大きく変動していないことから、原発事故直後に取り込まれた放射性セシウムが樹木内部に溜まっていると考えられます。



〔図3-16〕空間線量率と辺材・心材(高さ1m)の放射性セシウム濃度の関係

※10 Bq/kg 未満の場合の値を「10」としている

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」(2018年度)



[図 3-17] 木材に含まれる Cs 濃度の平均値の経年推移

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」(2018 年度)

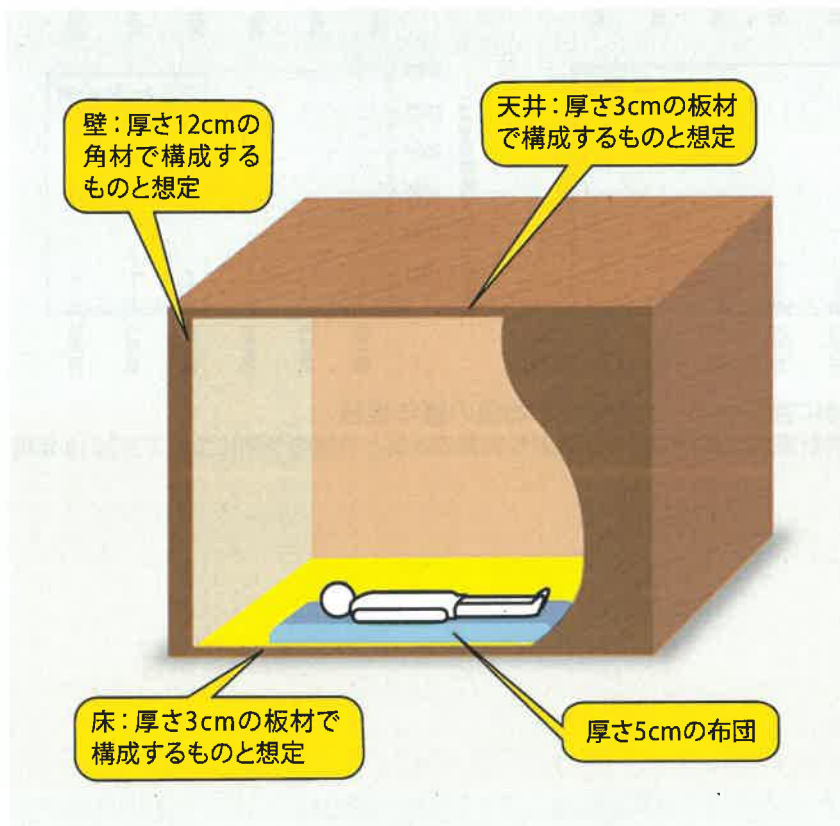
木造住宅を使用した場合の年間被ばく線量

福島県が2018年度に県内81か所で行った調査において、最も放射性セシウム濃度が高かった木材^{※1}を天井、壁、床の6面に使って住宅を建てた場合の追加被ばく線量は、時間当たり0.010 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ で、年間0.075 mSvと推定されています^{※2}。この数値は自然放射線による年間被ばく線量2.1 mSvと比べても著しく小さいことが分かりました。

以上のことから、空間線量率0.5 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 以下の森林で生産される木材を利用した木造住宅で暮らしても、環境や健康への影響はほとんどないと考えられます(図3-18)。

^{※1} 3,000 Bq/kg(帰還困難区域に隣接する調査地から採取)

^{※2} 林野庁資料「木材で囲まれた居室を想定した場合の試算結果・IAEA-TECDOC-1376」に基づき試算



【注1】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、被ばく量はさらに少なくなると想定されます。

【注2】福島県では県内の製材工場で、製材品の表面の放射線量(表面線量)を定期的に測定し、出荷されている県産材が安全かどうかを調査しています。その結果、専門家から製材品の表面線量は低く、環境や健康への影響はないものと評価されています。

【図3-18】木材で囲まれた居室を想定した場合の試算結果
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」(2018年度)

渓流水・飲用沢水・河川の放射性物質

放射性物質が私たちの生活に欠かせない水に影響を与えることが懸念されたため、溪流、沢、河川及びその流域において調査を行いました。

渓流水の放射性物質

国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所では、2012年に福島県内6か所(飯舘村、伊達市、二本松市、会津若松市、郡山市、広野町)の森林で渓流水中の放射性セシウム濃度の調査を行いました。雪解け期・梅雨期・秋期に調査をした結果、採取した渓流水の大部分で放射性セシウムは検出されませんでした(検出下限値 1 Bq/L)、降雨があった日の一部の試料から放射性セシウムが検出されました。

さらに、渓流水に含まれる懸濁物質(水に溶けない粒子)の濃度が高いほど放射性セシウムの濃度が高いことがわかりました。検出された時の渓流水には、水の中に細かな土などの粒子が混ざり濁っていたため、ろ過により懸濁物質を取り除いたところ、ろ過後の水の大部分で放射性セシウムは不検出となりました。このことから、渓流水中の放射性セシウムは、混ざっていた細かな土などの粒子が主な由来であると推測されました。

資料:森林総合研究所「プレスリリース」2012年6月12日、2012年9月21日、2012年12月20日

飲用沢水の放射性物質

環境省では、2012年12月より、福島県内の要望があった市町村で住民が飲用する沢水等のモニタリングを実施しています。これまでの5年間の調査データによると、9市町村(飯舘村、大熊町、葛尾村、川内村、川俣町、田村市、浪江町、楢葉町、広野町)で、全9,020検体中8,963検体(99.4%)が不検出となっており、ろ過



[写真 3-1] 採水場所の例(飯舘村)

後の測定では全箇所では不検出となりました。

また、2018年2月に、11か所の沢水等を採取し、放射性セシウム濃度の測定をしたところ、すべての検体で不検出(検出下限値 1 Bq/L)となりました。

※参考 1

食品衛生法に基づく食品、添加物等の規格基準(飲料水)放射性セシウム(Cs-134、Cs-137 合計) : 10 Bq/L。
水道水中の放射性物質に係る目標値(水道施設の管理目標値)放射性セシウム(Cs-134、Cs-137 合計) : 10 Bq/L。

※参考 2

2018年3月2日に公表した沢水モニタリング測定結果の概要

・2018年2月における調査箇所は、11か所。・期間中に採取した11検体はすべて不検出(検出下限値:1 Bq/L)。

資料:環境省「除染特別地域等における沢水等モニタリングの測定結果について(2018年2月採取分及び過去5年間の測定結果の取りまとめ)」2018年3月2日

河川の放射性物質

環境省では福島第一原発の事故後、福島県及びその近隣県において河川の放射性セシウム(Cs-134、Cs-137)濃度を継続して測定しています。福島県においては123地点で測定を行っており、2015年4月～6月の測定では、浜通りの1地点及び中通りの1地点でCs-137が1 Bq/L検出されたのみで、その他の地点ではCs-134、Cs-137ともに全て不検出(検出下限値 1 Bq/L)となりました。

また、河川の流域に沈着した放射性セシウム(Cs-137)がどの程度河川に流出するかについて、福島県内3か所、茨城県内1か所、宮城県内1か所を対象として国立研究開発法人日本原子力研究開発機構及び国立環境研究所が調査を行っています。これらの調査結果から試算すると、1年間に森林から河川に流出するCs-137の量は森林内の土壌に沈着したCs-137の0.02%～0.26%程度でした(環境省試算)。

資料:環境省除染チーム「河川・湖沼における放射性物質に係る知見の整理」2014年8月

風による放射性物質の拡散

環境省は、森林に残存する放射性物質が風向・風速によって生活圏の空間線量率にどのような影響を与えるかについて調査を行いました。

風向・風速と空間線量率

環境省では、除染を実施した区域より奥の生活圏外の森林に残存している放射性物質が飛散し、生活圏が汚染されるのではないかと懸念があったため、風による放射性物質の拡散について調査を実施しています。

田村市の北部と南部に1か所ずつ、森林から20m程度以上離れた場所に測定地点を設けました。空間線量率を測るモニタリングポストと風向や気温などを測る気象計で、空間線量率の気象条件による変動をみました。その結果、空間線量率は風向・風速によらず、ほぼ一定の範囲内で変動しており、森林のある方角から風が吹いた際にも、生活圏の空間線量率の上昇はみられませんでした。

実施場所①	風速		風速								
	風向	全風速	～1.0 m/s	1.1～2.0 m/s	2.1～3.0 m/s	3.1～4.0 m/s	4.1～5.0 m/s	5.1～6.0 m/s	6.1～7.0 m/s	7.1 m/s～	
森林のある方角	N	0.14±0.02	0.14±0.02	0.14±0.02	0.14±0.02	0.14±0.02	0.14±0.02	0.14±0.02	0.13±0.00	—	
	NE	0.14±0.02	0.14±0.02	0.14±0.02	0.13±0.02	0.12±0.02	—	—	—	—	
	E	0.14±0.02	0.14±0.02	0.15±0.02	0.15±0.02	—	—	—	—	—	
	SE	0.14±0.02	0.14±0.02	0.14±0.03	0.14±0.02	0.14±0.02	—	—	—	—	
	S	0.14±0.02	0.14±0.02	0.15±0.02	0.14±0.02	0.14±0.03	—	—	—	—	
	SW	0.14±0.02	0.14±0.02	0.15±0.03	—	—	—	—	—	—	
	W	0.14±0.02	0.14±0.02	0.15±0.02	0.14±0.02	0.14±0.02	0.11±0.00	—	—	—	
	NW	0.14±0.02	0.14±0.02	0.14±0.02	0.14±0.02	0.14±0.02	0.14±0.02	0.13±0.02	—	—	
	実施場所②	風向	全風速	～1.0 m/s	1.1～2.0 m/s	2.1～3.0 m/s	3.1～4.0 m/s	4.1～5.0 m/s	5.1～6.0 m/s	6.1～7.0 m/s	7.1 m/s～
		N	0.17±0.02	0.17±0.02	—	—	—	—	—	—	—
NE		0.16±0.02	0.16±0.02	0.16±0.02	0.15±0.03	—	—	—	—	—	
E		0.16±0.02	0.16±0.02	0.16±0.02	0.16±0.02	0.16±0.02	0.16±0.02	0.15±0.02	—	—	
SE		0.16±0.02	0.16±0.02	0.16±0.03	—	—	—	—	—	—	
S		0.15±0.02	0.15±0.02	0.16±0.02	—	0.15±0.00	—	—	—	—	
SW		0.16±0.02	0.16±0.02	0.16±0.02	0.16±0.02	0.12±0.02	—	—	—	—	
W		0.16±0.02	0.16±0.02	0.16±0.02	0.16±0.02	0.16±0.02	0.16±0.02	0.16±0.02	0.16±0.02	0.17±0.02	
NW		0.16±0.02	0.16±0.02	0.16±0.02	0.17±0.02	—	—	—	—	—	

※表中の値は「空間線量率(風向・風速に応じた平均値)±標準偏差(μSv/h)」である。

[表 3-6] 空間線量率及び気象データの経時変化

大気浮遊じん中の放射性セシウム濃度

飛来物質の放射性セシウム濃度を把握するため、同一地点にハイボリュームエアサンプラー※を設置して大気粉じんを捕集し、計測を行いました。大気中の放射性セシウム濃度の最大値は、実施場所②で得られ(第2回調査)、その値は放射性Cs-134:0.0094 mBq/m³、放射性Cs-137:0.027 mBq/m³でした。

調査で得られた大気粉じん中の放射性セシウム濃度の最大値が、屋内・屋外を問わず、年間を通して生活圏に存在すると仮定して、その際の内部被ばく線量を推計換算した結果、0.0000016 mSv/年となりました。この値は、日本人の1人当たりの自然放射線による被ばく線量(約2.1 mSv/年)と比較しても、100万分の1という非常に低い値でした。

これらのことから、森林からの放射性セシウムの飛散による生活圏への影響はないものと考えられます。

※ハイボリュームエアサンプラー：大気中の粉じん、煤じんの試料採取装置の1つで、大量に空気を吸引し、試料をガラス繊維のフィルタに捕集する。

事前調査 (H26.12.16~27)		Cs-134 (mBq/m ³)		Cs-137 (mBq/m ³)		Cs 合計値		(参考)	(参考)
		放射能濃度 (誤差範囲)	検出 下限値	放射能濃度 (誤差範囲)	検出 下限値	放射能濃度		粉じん量 (mg)	吸引ガス 流量 (m ³)
粒径別 粉じん	7μm 以上	—	0.0085	—	0.0094	—		7	8,959
	3.3~7μm	—	0.0079	—	0.0086	—		0	
	2.0~3.3μm	—	0.0089	—	0.0078	—		1	
	1.1~2.0μm	—	0.0083	—	0.0088	—		0	
	1.1μm 以下	—	0.0075	0.0067 (±0.0021)	0.0062	0.0067		21	
総粉じん		—	0.0091	0.014 (±0.0032)	0.0091	0.014		37	7,138
第1回調査 (H27.01.14~H27.02.04)		Cs-134 (mBq/m ³)		Cs-137 (mBq/m ³)		Cs 合計値		(参考)	(参考)
		放射能濃度 (誤差範囲)	検出 下限値	放射能濃度 (誤差範囲)	検出 下限値	放射能濃度		粉じん量 (mg)	吸引ガス 流量 (m ³)
粒径別 粉じん	7μm 以上	—	0.0046	0.0055 (±0.0015)	0.0043	0.0055		30	17,451
	3.3~7μm	—	0.0048	—	0.0052	—		7	
	2.0~3.3μm	—	0.0044	—	0.0046	—		14	
	1.1~2.0μm	—	0.0044	—	0.0046	—		3	
	1.1μm 以下	—	0.0076	0.012 (±0.0019)	0.0053	0.012		88	
総粉じん		0.0072 (±0.0014)	0.0040	0.022 (±0.0023)	0.0055	0.029		131	17,732
第2回調査 (H27.02.16~H27.03.09)		Cs-134 (mBq/m ³)		Cs-137 (mBq/m ³)		Cs 合計値		(参考)	(参考)
		放射能濃度 (誤差範囲)	検出 下限値	放射能濃度 (誤差範囲)	検出 下限値	放射能濃度		粉じん量 (mg)	吸引ガス 流量 (m ³)
粒径別 粉じん	7μm 以上	—	0.0045	—	0.0046	—		69	17,279
	3.3~7μm	—	0.0048	—	0.0048	—		58	
	2.0~3.3μm	—	0.0041	—	0.0043	—		30	
	1.1~2.0μm	—	0.0043	—	0.0049	—		18	
	1.1μm 以下	0.0094 (±0.0016)	0.0043	0.027 (±0.0023)	0.0053	0.036		73	
総粉じん		—	0.0055	0.015 (±0.0020)	0.0051	0.015		211	17,613

※表中の「—」は検出下限値未満。※放射能濃度及び吸引ガス流量は20℃、1気圧での換算濃度。

[表3-7] 大気粉じん中の放射性セシウム濃度測定(実施場所②)

資料：環境省除染チーム「森林の実証事業について(中間報告)」2015年6月

4章

森林施業と 放射性物質の影響

林野庁では、間伐等による空間線量率への影響や放射性セシウムの移動抑制を目的とした技術の検証、林内作業における作業者の被ばく線量低減等のため、福島県内に試験地を設けて様々な取組を行っています。

森林の放射性物質対策①

森林施業(皆伐、間伐、下刈)による空間線量率への影響とその効果

林野庁では、皆伐及び間伐の作業前後に空間線量率を測定して、森林施業に伴う空間線量率への影響と効果を調査しています。施業実施後の空間線量率は施業前に比べて低下しており、間伐区に比べて皆伐区ではやや大きく低下しました。

施業による空間線量率の低減効果は間伐より皆伐の方が大きい

福島県広野町では、次の2つの試験区を設置し調査を行いました(表4-1)。

①間伐区(スギ林)

間伐区を2か所設置し、2012年1月から3月にかけて定性間伐(本数間伐率25%、材積間伐率15.4%)と、列状間伐(本数間伐率25%(1伐3残)、材積間伐率21.7%)を実施しました。

②皆伐区(アカマツ広葉樹混交林)

皆伐区を4か所設置し、2012年1月から3月にかけて、皆伐と作業区ごとに異なる地ごしらえ(枝条散布、坪刈り、棚積み、枝条除去)を実施しました。その後、2012年12月に低木等の刈り払いをした上で、コナラ苗木を植栽しました。

試験区・作業区	林相(林齢)*1 (立木密度)	面積	平均斜度*2	作業内容	空間線量率*3	放射性セシウム(Cs-137)平均沈着量*4
定性間伐区	スギ林(53年生)(870本/ha)	0.36 ha (60m×60m)	23°	定性間伐(本数間伐率25%)、落葉等除去	0.52 μSv/h	95 kBq/m ²
列状間伐区	スギ林(53年生)(1460本/ha)	0.36 ha (60m×60m)	24°	列状間伐(1伐3残)、落葉等除去	0.48 μSv/h	95 kBq/m ²
皆伐区	アカマツ・広葉樹混交林(46~63年生)	0.50 ha (25m×50m×4区画)	20°	皆伐、地樁え(枝条散布、坪刈り、棚積み、枝条除去)	0.65 μSv/h	110 kBq/m ²

[表4-1] 各作業区の概要

*1間伐区は2017年度時点、皆伐区は伐採を行った時点(2012年1月)のもの

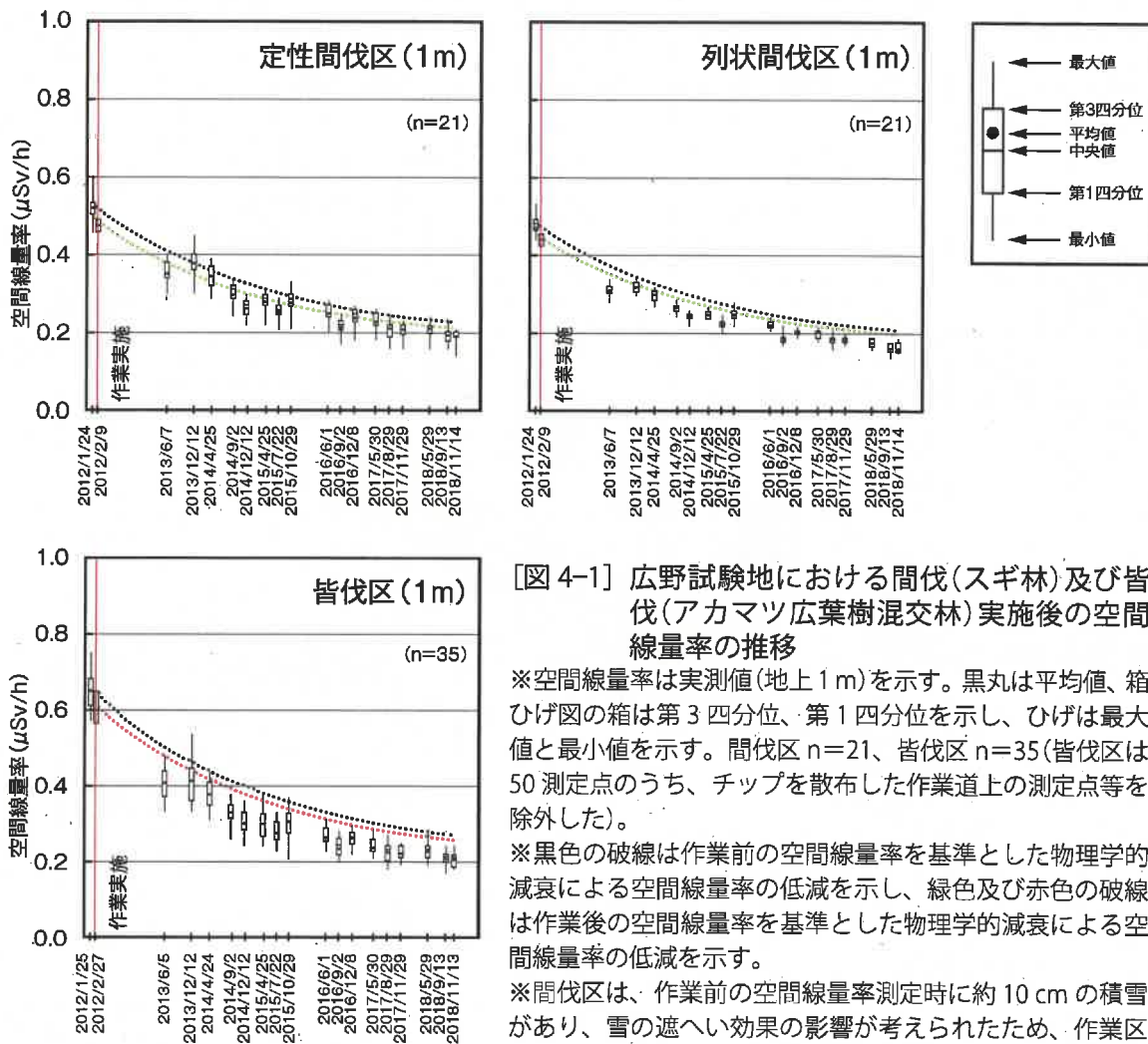
*2試験区に設置した試験斜面枠の平均斜度

*3作業前の平成24(2012)年1月25~26日に、地上1mの高さで測定

*4第3次航空機モニタリング公表値(平成23(2011)年7月2日時点)

資料：林野庁「平成30年度 森林施業による放射性物質拡散防止等検証事業報告書」2019年3月

間伐区と皆伐区の約7年間の空間線量率の変化を見ると、作業実施1年4カ月後の2013年6月以降の空間線量率は、作業実施直後の空間線量率の物理学的減衰(緑破線または赤破線)より低く推移していることが確認できます(図4-1)。施業前の空間線量率を基準とする物理学的減衰曲線に比べると、2013年6月以降の空間線量率は、平均すると定性間伐で13%、列状間伐で18%、皆伐で22%低下していました。皆伐による空間線量率の低減効果は間伐よりも大きく、定性間伐と比較すると1割程度大きな値となりました。皆伐区では、地拵えや植栽等の林業活動による影響も考えられます。



【図4-1】 広野試験地における間伐(スギ林)及び皆伐(アカマツ広葉樹混交林)実施後の空間線量率の推移

※空間線量率は実測値(地上1m)を示す。黒丸は平均値、箱ひげ図の箱は第3四分位、第1四分位を示し、ひげは最大値と最小値を示す。間伐区 n=21、皆伐区 n=35(皆伐区は50測定点のうち、チップを散布した作業道上の測定点等を除外した)。

※黒色の破線は作業前の空間線量率を基準とした物理学的減衰による空間線量率の低減を示し、緑色及び赤色の破線は作業後の空間線量率を基準とした物理学的減衰による空間線量率の低減を示す。

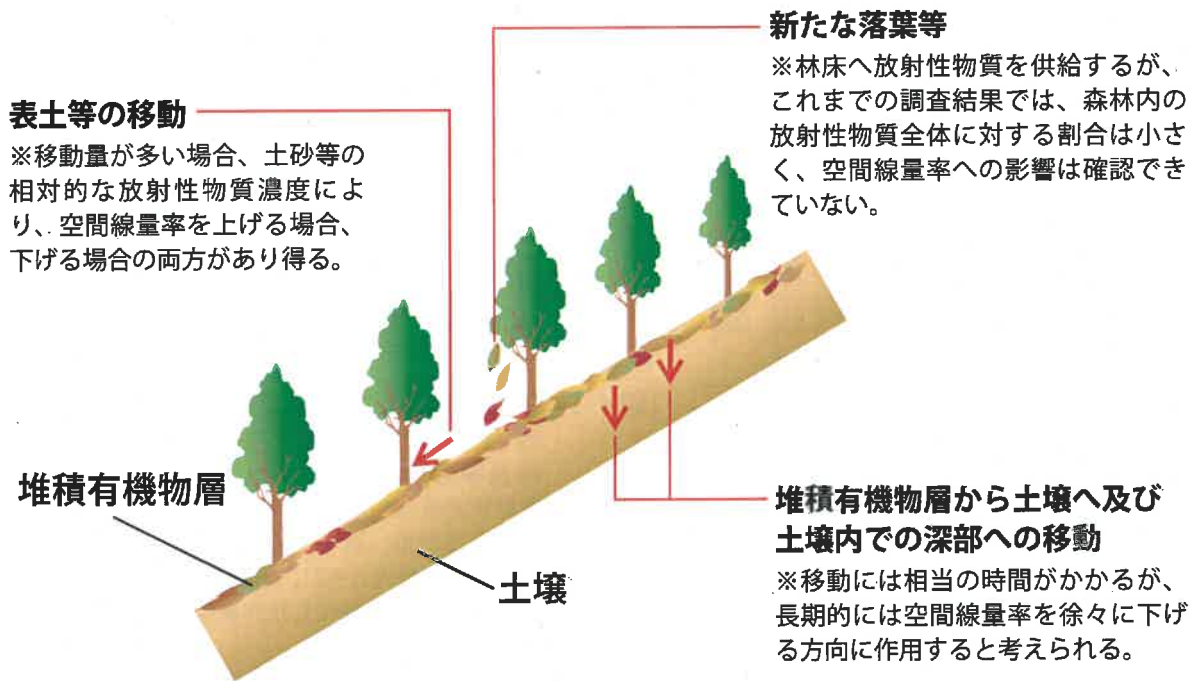
※間伐区は、作業前の空間線量率測定時に約10cmの積雪があり、雪の遮へい効果の影響が考えられたため、作業区内の10測定点における積雪前と積雪時の比率(積雪補正値:23%)を用いることで、積雪による遮へいの影響を補正。

※物理学的減衰補正は、放射性セシウムCs-134とCs-137の初期の存在比と半減期の違いを考慮して算出したもの。

資料：林野庁「平成30年度 森林施業による放射性物質拡散防止等検証事業報告書」2019年3月

皆伐、間伐等により伐採木を森林外に持ち出すことは、その持出割合に応じて森林内の空間線量率の低減に効果があるとみられます。ただし、現在では、森林内の放射性物質の多くは土壌表層部に滞留しており、樹木に含まれる放射性物質の割合は小さいことから、皆伐や間伐による施業が空間線量率の低減に与える効果は限定的とみられます。

森林内の空間線量率は、主に森林内の放射性物質の総量とその分布状況によって決まると考えられます。今後、森林内の空間線量率は、放射性物質の物理学的減衰(半減期)に応じた低減を基本に、堆積有機物から土壌への移行、土壌内での深部への移動、さらに降雨等による表土の移動や新たな落葉等の影響を受け変化していくとみられます。森林施業はそのような変化を促進する可能性があります。下記は、森林内の放射性物質の移動における概念図を示しています(図 4-2)。

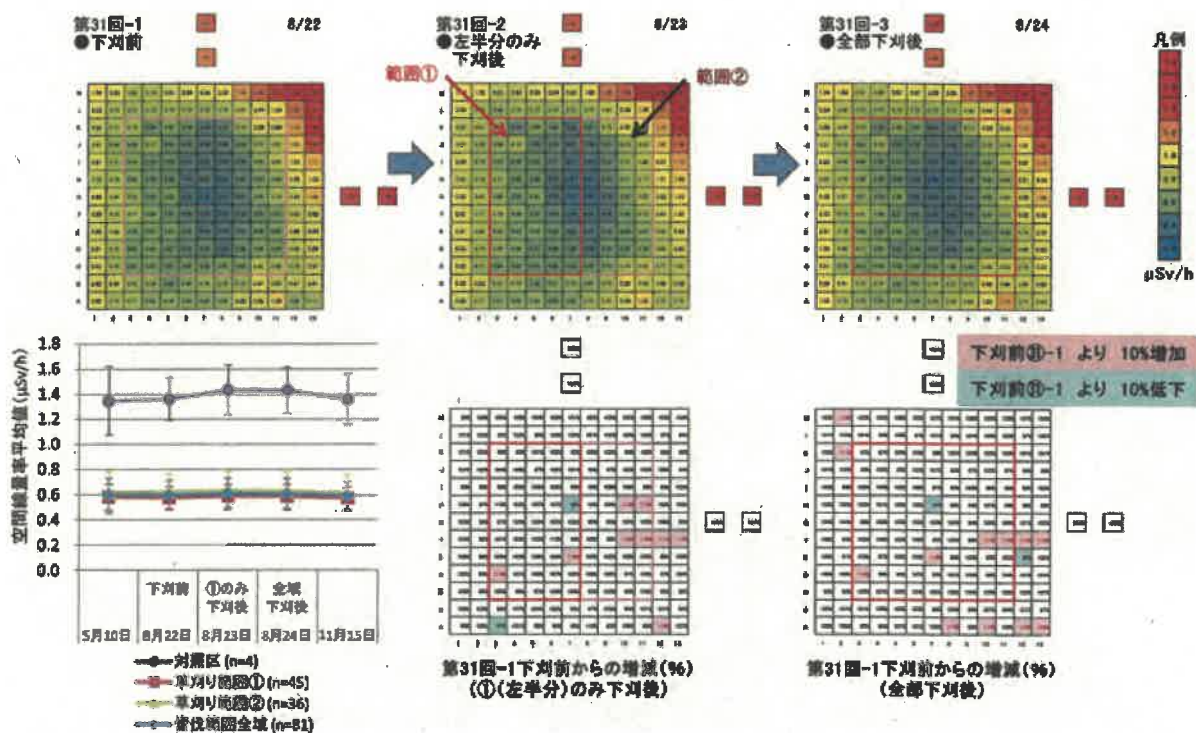


〔図 4-2〕 森林内の放射性物質の移動にかかる概念図

資料：林野庁「森林における放射性物質対策技術検証・開発事業の成果」2017年度

下刈りによる空間線量率への影響は認められない

川内試験地に設置したスギ林では、2012年12月から2013年1月に皆伐を実施した後、スギを植栽しました。その後、スギの稚樹が低木や草本等に被圧されていたため、2018年に下刈りを行いました。刈った草木はその場に残しました。皆伐範囲において、(1)下刈り前、(2)半分のみ下刈り後、(3)全部下刈り後に空間線量率を計測したところ、ほとんど変化は見られませんでした(図4-3)。下層植生に含まれる放射性物質の濃度は、堆積有機物層や土壌と比較して小さいため、下層植生が空間線量率を上昇させるような効果はなかったと考えられます。



[図4-3] 下刈り前後の空間線量率の変化

資料：林野庁「平成30年度 森林施業等による放射性物質拡散防止等検証事業報告書」2019年3月

新たな落葉等による空間線量率への影響

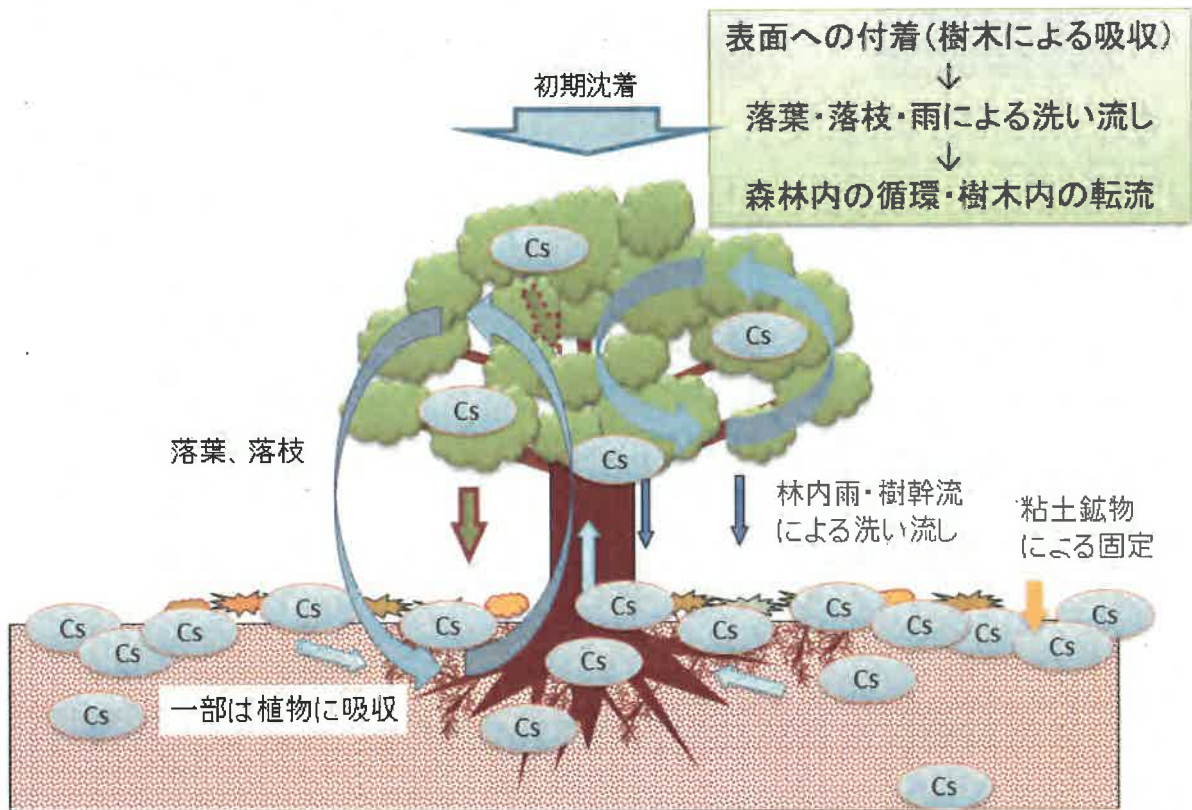
林野庁では、樹木から新たに落ちる葉が周辺の空間線量率に及ぼす影響を把握するための調査を行っています。

落葉等による空間線量率への影響は小さい

森林に降下した放射性セシウムは、まず森林の樹冠に付着します。その後、落葉や降雨などにより、地面の落葉層に移動します。さらに落葉層が分解され、土壌に移動していきます(図4-4)。

林野庁は、川内村のスギ林に間伐区と施業をしない対照区を設け、定期的に取りフォール(樹木から新たに落ちてくる葉等)を採取して放射性セシウム濃度を調査しました。その結果、リターフォール量は秋期に多く、放射性物質の濃度は夏期に高いことがわかりました(図4-5)。

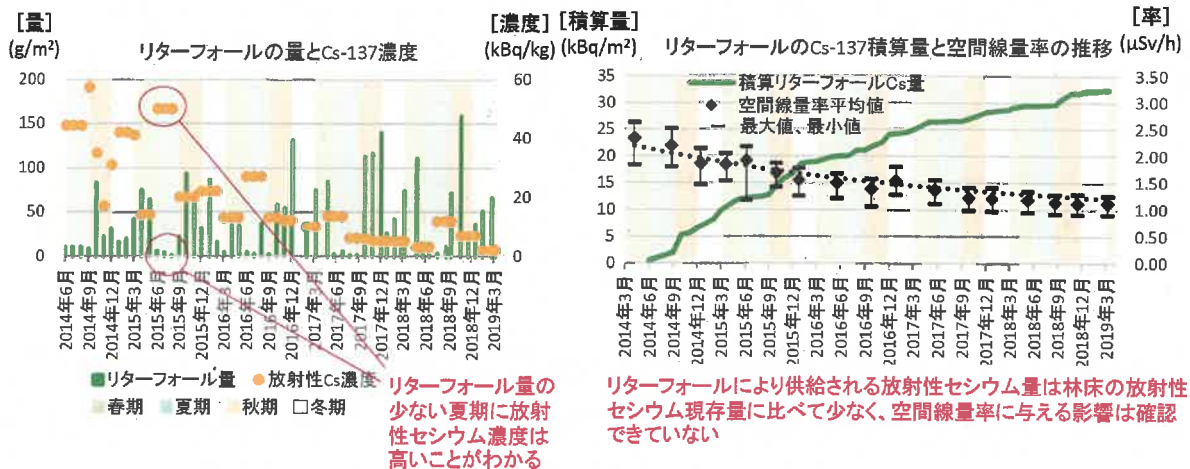
リターフォールによって落葉層にもたらされる放射性セシウムは毎年蓄積していきますが、調査前から土壌等に存在している放射性セシウムの量に比べてわずかであったために、空間線量率への影響は確認されませんでした。



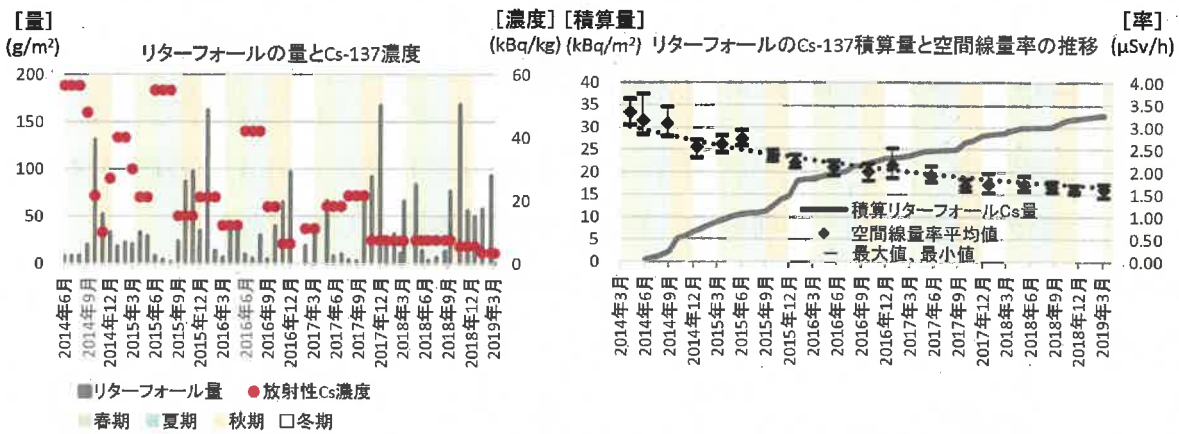
[図4-4] 森林生態系におけるセシウム動態の現状

資料：林野庁「福島的林業再生に向けた出前講座」(平成30年度)資料より、森林総合研究所「森林の放射性セシウム分布の現状と今後の見通し」

間伐区 (2018/11時点の放射性セシウム現存量 堆積有機物層:41.7kBq/m² 土壌:463kBq/m² 計:505kBq/m²)



対照区(施業等なし) (2018/11時点の放射性セシウム現存量 堆積有機物層:69.5kBq/m² 土壌:403.9Bq/m² 計:473kBq/m²)



[図 4-5] 間伐区と対照区におけるリターフォールの量及びそれに含まれる放射性セシウム濃度等の推移(川内村)

注1: 数値はいずれも実測値

注2: 空間線量率の黒色の点線は作業後の空間線量率を基準とした物理学的減衰による空間線量率の低減を示す

資料: 林野庁 HP「平成 30 年度 森林施業等による放射性物質拡散防止等検証事業の概要」



[写真 4-1] リタートラップの設置状況

資料: 林野庁 HP「平成 30 年度 森林施業等による放射性物質拡散防止等検証事業の概要」

森林の放射性物質対策②

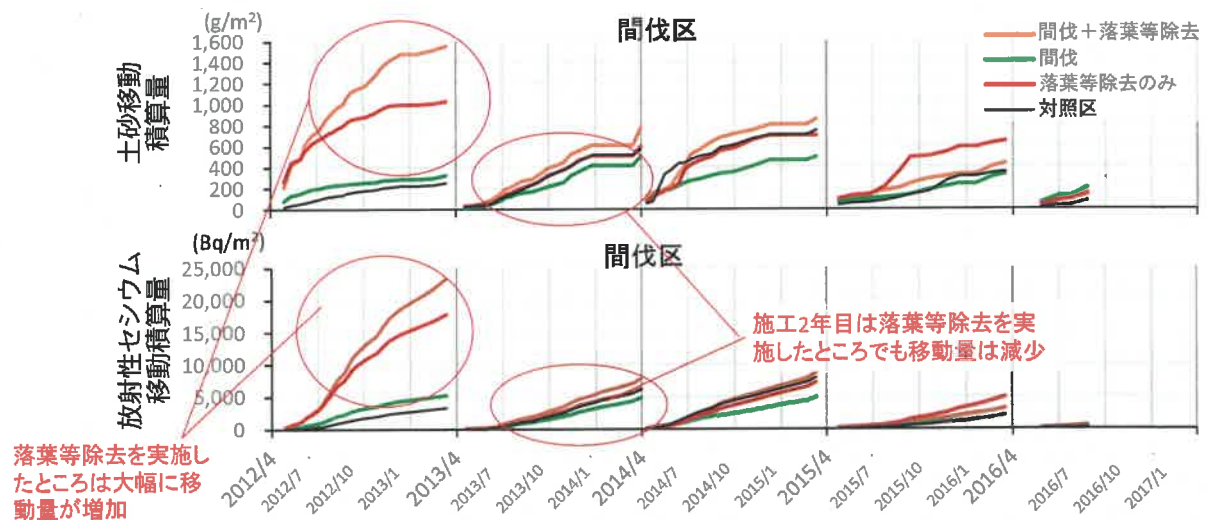
森林施業による放射性物質等の移動

林野庁では、森林施業が森林内の放射性物質の分布に与える影響について調査しています。広野町に設定した試験地で2012年に間伐や皆伐を行い、その後の地表流水や移動した土砂の放射性セシウム濃度についての取りまとめを行いました。

間伐区による放射性セシウムの移動

スギ林の間伐区では、間伐と落葉等の除去を組み合わせた次の4つの試験区を設け、土砂等及びそれに伴う放射性セシウムの移動量を調査しました。

- ①間伐と落葉等除去を実施した区画
- ②間伐のみを実施した区画
- ③落葉等除去のみを実施した区画
- ④作業を実施しない対照区



[図 4-6] 森林施業等実施後の土砂等及び放射性セシウムの移動積算量の推移(間伐)
 資料：林野庁 HP「森林における放射性物質対策技術検証・開発事業の成果」2017 年度
 林野庁「平成 28 年度 森林における放射性物質拡散防止等技術検証・開発事業報告書」

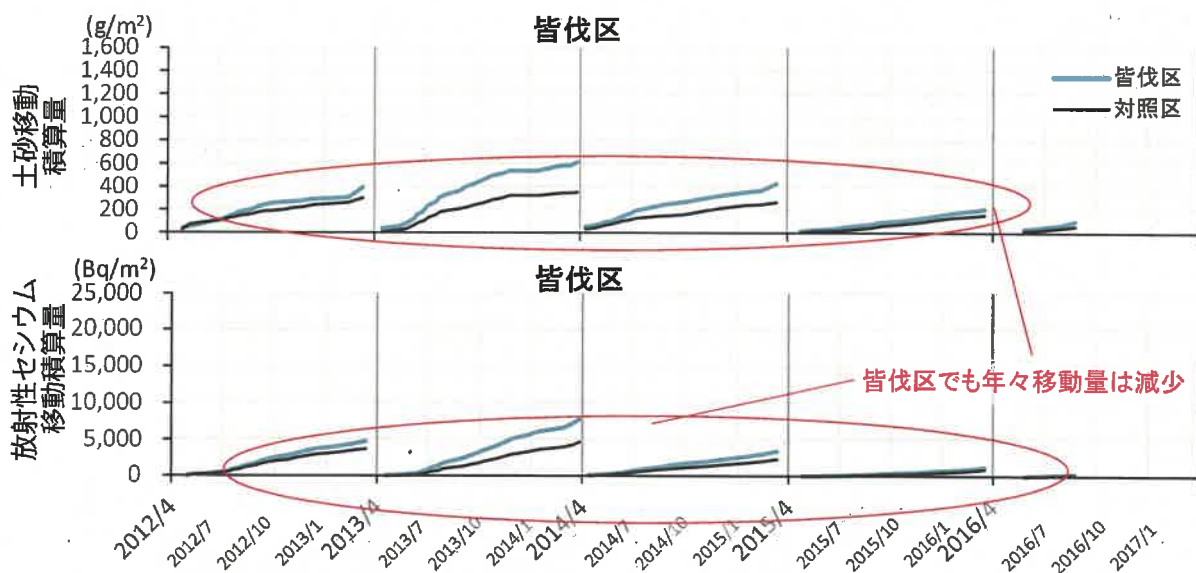
間伐後の地表流水からは放射性物質はほとんど検出されませんでした。また、土砂移動量と放射性セシウム移動量の変動傾向が似ていることから、林床の放射性物質は主に土砂に付着して移動すると推察されました。

落葉等除去区では1年目には土砂等移動量が大きく増加しました。これは落葉等の除去に伴い林床が大きく攪乱されたためと考えられます。土砂移動量は2年目には減少し、その後、対照区と同程度の傾向が継続しました。林床の攪乱による土砂移動への影響は1年以内に収まり2年目以降は小さかったことから、間伐の際には林床を大きく攪乱しなければ、土砂の移動が少なくなり、放射性セシウムの移動も抑えられると考えられます。地表が堆積有機物や下層植生で覆われた森林内では、雨滴が直接地面に当たりにくいため、耕地や荒廃地等と比べて土砂の移動が少ないと考えられています。

皆伐区による放射性セシウムの移動

アカマツ広葉樹混交林の皆伐区では、2012年2月に皆伐を実施した後、隣接する林内に設置した対照区と土砂及び放射性セシウムの移動量を比較しました。

皆伐の実施後、土砂と放射性セシウムの移動量が顕著に増加する傾向はみられず、土砂と放射性セシウムの移動が年々減っていることが分かりました。



注：間伐、皆伐等は2012年2月に実施。
間伐区の平均傾斜は23度、皆伐区の平均傾斜は20度だが、グラフの土砂移動量等はRUSLE法により30度(リルや流水の影響が小さい場合)に補正した値。

広野試験地
皆伐区



[図 4-7] 森林施業等実施後の土砂等及び放射性セシウムの移動積算量の推移(皆伐)
資料：林野庁 HP「森林における放射性物質対策技術検証・開発事業の成果」2017年度

植栽木の放射性セシウム濃度の調査

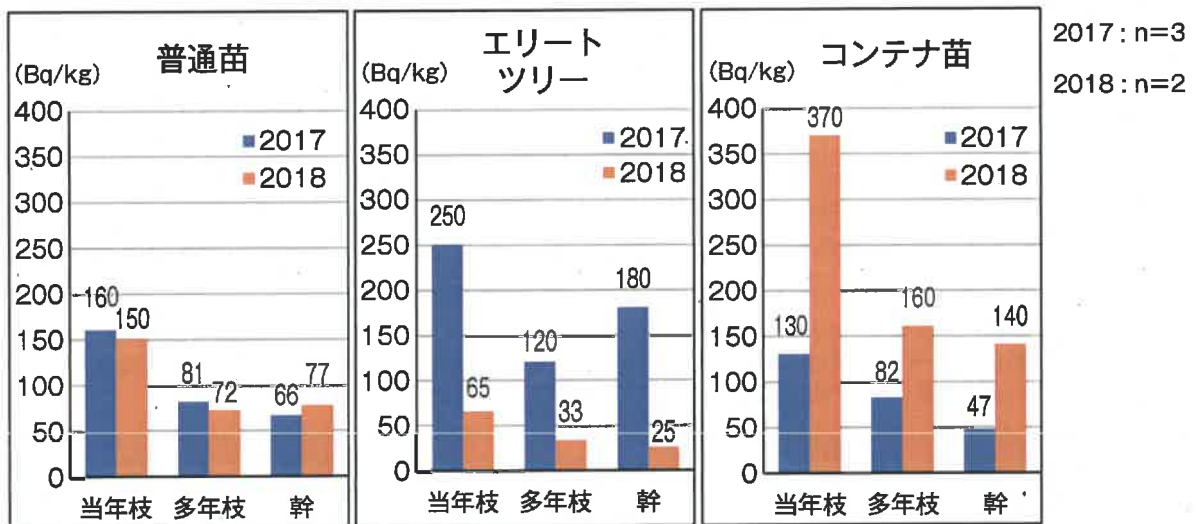
林野庁では、原発事故後に植栽した苗木の放射性セシウム濃度について調べています。

原発事故後に植栽した苗木の放射性セシウム濃度の変化

福島県田村市では、2016年度に皆伐跡地へスギの普通苗、エリートツリー*¹、コンテナ苗*²を植栽し、苗木の当年枝、多年枝及び幹の放射性セシウム濃度を測定しています。

各苗の当年枝、多年枝及び幹の放射性セシウム濃度について、2017年度と2018年度の2か年の変化を分析しました。作業にあたっては、2017年度は各苗3本、2018年度は各苗2本を地際から切断し、当年枝、多年枝、幹に分別した上で混合し、放射性セシウム濃度を測定することとしています。

2017年度の調査では、いずれの部位でもエリートツリーの濃度が高くなってお



[図 4-8] 植栽木(スギ)の部位別放射性セシウム濃度(福島県田村市)

資料: 林野庁「平成30年度 避難指示解除区域等の林業再生に向けた実証事業(分析・取りまとめ)」2019年3月

り、2018年度の調査では、いずれの部位でもコンテナ苗の濃度が高くなっていました。

また、2017年度と2018年度の苗の部位別濃度を比較すると、普通苗は各部位同程度の濃度ですが、エリートツリーは幹の濃度が1/7に減少するなど、いずれの部位でも濃度が減少し、コンテナ苗は当年枝と幹の濃度が3倍になるなど、いずれの部位でも濃度が上昇していました。

このように苗の種類によって異なる傾向が見られますが、調査した苗の本数も少なく、短時間の結果でもあることから、今後も引き続き調査を行い、植栽木における放射性セシウムの吸収の特性を明らかにすることが必要です。

*1 成長や材質等の形質が良い精英樹同士的人工交配等により得られた次世代の個体の中から選抜される、成長等がより優れた精英樹。

*2 容器内面にリブ(縦筋状の突起)を設け、容器の底面を開けるなどによって根巻きを防止できる容器(林野庁が開発したマルチキャビティーコンテナ、宮崎県林業技術センターが開発したMスターコンテナなど)で育成した苗。

4章

森林施業と
放射性物質の影響

林内作業者の外部被ばく線量と防護衣等による被ばく低減効果

森林内の主に地表に存在する放射性物質、あるいは衣服や体表面に付いた放射性物質等から放射線を受けることを外部被ばくといいます。間伐等の森林整備を行う際、放射性物質による作業者の健康への影響が心配されます。そこで、福島県田村市のスギ林と川内村のヒノキ林に設けた実証試験地で作業に伴う被ばく線量の測定を行い、作業者の被ばく低減につながる手法を検証しました。

林業機械による放射線遮へい効果

作業員全員が電子式個人被ばく線量計を装着し、累積被ばく線量を記録するとともに作業種ごとに集計し、作業員の被ばく線量管理及び作業種別の被ばく線量を調査しました。

以下の2つの作業システムで測定、比較しています。

- ①人力作業システム：チェーンソー(伐倒、枝払い)
- ②機械作業システム：ハーベスタ(伐倒、集材、玉切)

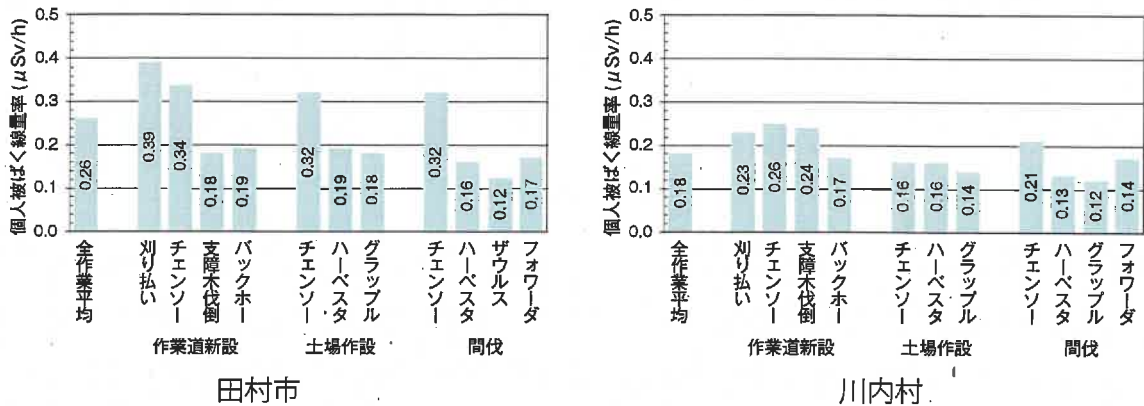


[図 4-9] 人力と機械を用いた2つの作業システムで比較調査

その結果、田村実証試験地の間伐時のチェーンソー作業の平均被ばく線量は $0.32 \mu\text{Sv/h}$ 、ハーベスタ作業は $0.16 \mu\text{Sv/h}$ であり、ハーベスタ作業では被ばくが50%低減することが分かりました。また川内実証試験地の間伐時のチェーンソー作業の平均被ばく線量は $0.21 \mu\text{Sv/h}$ 、ハーベスタ作業の平均被ばく線量は $0.13 \mu\text{Sv/h}$ であり、ハーベスタ作業によって被ばく線量を約38%低減できました。

ハーベスタでは作業員がキャビン内で作業を行うため、間伐時のチェーンソー作

業に比べて地表からの距離が遠いことや、ドアなどによる遮蔽効果もあり、被ばく量が少なかったと考えられます。



[図 4-10] 作業種ごとの1時間あたりの個人被ばく線量
資料：関東森林管理局 森林放射性物質汚染対策センター、磐城森林管理署「避難指示解除区域等における施業再開実証事業の取組状況等について」2016年

防護衣と特殊シートによる被ばく低減効果

作業者が放射線防護衣を着用した場合の被ばく低減効果を検証するため、作業者全員の防護衣の外側と内側に積算式線量計を設置し、被ばく線量の値を比較しました。3種類の防護衣を着用し、それぞれ外部被ばくの遮へい効果を計測したところ、15～20%程度の低減が確認できました。その一方で、重さや動作性の面から着用による作業者の肉体的な負担が大きいことがわかり、作業効率の低下が心配されました。

また、施業に用いた重機の操縦席に放射線遮へい効果のある特殊シートを設置した場合には、設置しない場合に比べてオペレーターの外部被ばく線量は5%程度低減しました。

	重量	遮へいの仕様	防護範囲	下半身防護パーツ
A製品	約2.3kg	タングステン機能紙	腕を除く上半身	無 ^{※1}
B製品	約5.0kg	特殊ゴム	腕を除く上半身	有 ^{※2}
C製品	約1.4kg	特殊ゴム	上半身中心部(骨髄)のみ	有 ^{※2}

※1 オプションとして販売されている製品は存在するが、本事業では不使用

※2 オプションとして販売されている製品を本事業で使用

[表 4-4] 使用した防護衣の概要

資料：林野庁「平成26年度避難指示解除準備区域等における実証事業(田村市)報告書」2015年3月

林内作業者の内部被ばく線量と被ばく低減方法

呼吸や食物などにより放射性物質を体内に取り込んだ場合の、体内の放射性物質による放射線被ばくを内部被ばくといいます。林野庁では、福島県田村市の都路地区で、森林作業の際に作業員が放射性物質を吸入した場合の内部被ばく線量について、作業種ごとに推算しました。

内部被ばく線量は非常に小さい値

作業員の内部被ばく線量を推算するために、作業種ごとに粉じん量及び粉じん中の放射性セシウム濃度を測定しました。1時間あたりの内部被ばく線量の最高値はチップ敷設実施時の $4.6 \times 10^{-5} \mu\text{Sv}$ となっており、外部被ばく線量に比べると数万分の1程度の値です(表4-5)。

作業種	平均粉じん濃度 mg/m ²	総作業時間 h	粉じん吸入量 ^{*1}		対象物の濃度 ^{*2}		内部被ばく線量 μSv/h
			mg/h	mg	¹³⁴ Cs Bg/kg	¹³⁷ Cs Bg/kg	
除伐	0.29	379.5	0.35	131.3	86	260	0.4×10^{-5}
作業路開設 ^{*3}	0.17	147.0	0.20	29.6	1500	3800	3.6×10^{-5}
更新伐	0.10	120.5	0.16	19.7	220	680	0.5×10^{-5}
地拵え	0.10	70.5	0.13	8.8	1500	3800	2.2×10^{-5}
機械化更新伐 ^{*3}	0.08	18.5	0.09	1.7	1500	3800	1.7×10^{-5}
植栽	0.10	336.5	0.12	40.7	1500	3800	2.2×10^{-5}
チップ敷設	1.24	77.0	1.48	114.2	220	680	4.6×10^{-5}

※1：作業種ごとにデジタル粉じん計により測定した粉じん濃度データを用い、作業者の呼吸量：1.2m³/h (ICRP Pub1.23 より引用)として換算

※2：除伐は下層植生濃度の平均値、作業路開設・地拵え・機械化更新伐・植栽はリター及び土壌濃度の平均値、更新伐・チップ敷設は丸太濃度の平均値を採用

※3：作業路開設と機械化更新伐は重機内での作業のため実際には粉じん吸入量・内部被ばく線量は大きく低減されると設定されるが、野外作業と同様の方法で算出

[表4-5] 内部被ばく線量推算結果

資料：林野庁「平成26年度避難指示解除準備区域等における実証事業(田村市)報告書」2015年3月

効果的な被ばく低減方法

通常の森林施業で発生する粉じんの濃度は非常に小さいため、全被ばく線量に占める内部被ばく線量の割合はごくわずかです。そのため、森林作業における被ばく線量を低減するには外部被ばく線量を低減することが重要になります。

外部被ばくを低減する方法として、主に次の3つが考えられます。

- ①作業時間の短縮
- ②防護衣などによる遮へい
- ③時間短縮と遮へい効果を併せ持つ機械化による作業

外部被ばく線量が高い作業種としては、除伐、植栽、更新伐等が挙げられるので、これらの作業の時間を短縮すれば、作業による被ばく線量は低減できます。更新伐において、集材と玉切り作業に高性能林業機械を導入した試験を行ったところ、作業時間が短縮され、外部被ばく線量を低減できることが分かりました。伐倒についても機械を導入すれば、低減効果が期待できると考えられます。

除伐や植栽については、機械化が困難なため、作業員数を増やして1人当たりの作業時間を短縮して外部被ばく線量を低減することが考えられます。また、ホットスポットでの作業や、肉体的負荷の小さい平坦な箇所での作業では、放射線防護衣を装着することで外部被ばく線量を低減させることができると考えられます。

5章

木材の利用推進に 向けた取組

林野庁では、木材に対する正確な情報を把握しながら、消費者に安全な木材製品等を供給できる体制づくりを推進しています。

福島県産材製材品の 表面線量の調査結果

福島県では、消費者への安全な木材の供給を目指し、木材製品における放射性物質に関する調査を定期的に行っています。2011年から3か月に1回のペースで測定している県産材の表面線量は、これまで調査を行った28,540検体すべてにおいて安全が確認されています(2019年7月現在)。

表面線量を測定し、環境や健康への安全性を確認

福島県産の木材は、「福島県民有林の伐採木の搬出に関する指針(福島県、2014年12月17日策定)」に基づく伐採・搬出が行われるとともに、木材製品についても「木材製品の放射線量に関する自主管理基準値(福島県木材協同組合連合会、2012年7月27日決定)」に基づく安全出荷基準が設定され消費者の理解が得られるよう、安全性の確保に努めています。

これらに加え、林野庁では消費者へ安全な木材製品等を供給するため、原木の受け入れから木材製品の出荷までの工程を対象として、木材製品や作業環境などの放射性物質の調査・分析(モニタリング)を継続的に行うとともに、原木市場や製材工場、チップ工場における放射性物質測定装置の設置や風評被害防止のための普及啓発を行うなど、木材製品等の安全証明体制の構築に向けた支援を行っています(図5-1)。

福島県では、2011年から県産材を製材・出荷している工場を対象に、製材品の表面線量調査を定期的に行っています。2019年7月に実施した調査では、県産材を製材・出荷している全工場119か所の出荷製品について、柱、梁、板材等、品目ごとに3検体以上を抽出したところ、製材品の表面線量(単位cpm※1)の最大値は16cpm(0.001μSv/hに相当※2)でした(図5-2)。この測定値について、放射線防護に詳しい専門家に確認したところ、環境や健康への影響はないとの評価が得られています。

※1 cpm(シーピーエム)：ガイガーカウンターなどの放射線測定器に示される値で、1分当たりの計数值。
cpmは、counts per minute(カウント・パー・ミニッツ)の略。

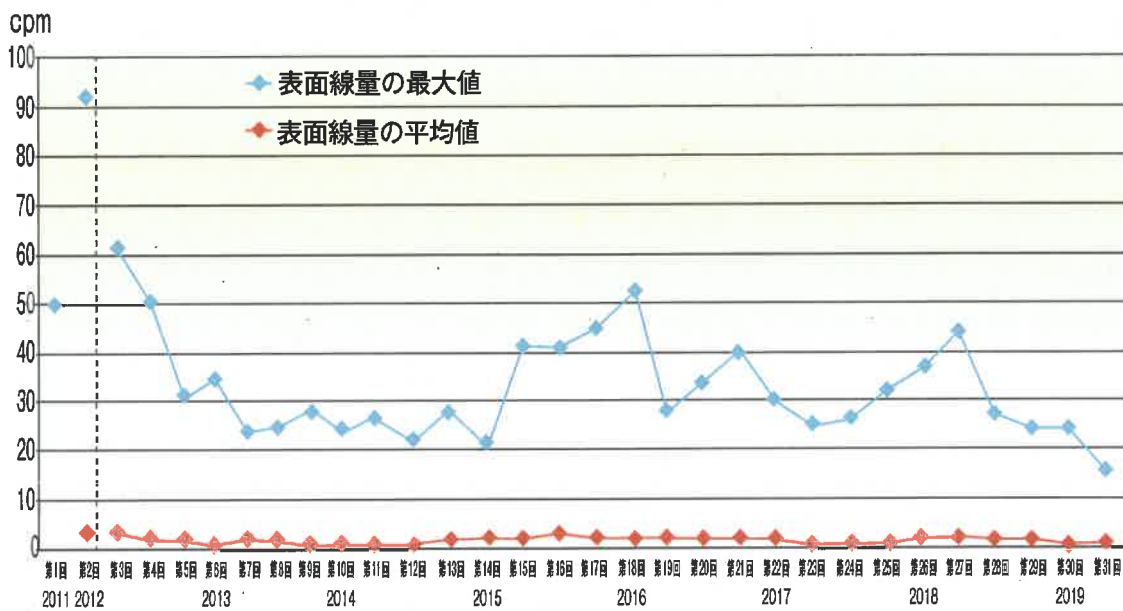
※2 参考

震災前の福島市の空間線量(2010.2.16)0.04 μ Sv/h

東京都新宿区における空間線量(2019.3.28)0.0375 μ Sv/h



[図 5-1] 原木・木材製品等の検査体制の整備
資料：林野庁「安全な木材製品等流通影響調査・検証事業」
2018年度



[図 5-2] 製材品の表面線量
資料：福島県「県産材製材品の放射線量調査結果」

製材工場等に滞留する 樹皮(バーク)の処理対策

原発事故後、放射能汚染の影響によって、樹皮が利用できなくなり、製材所等に滞留していました。

木材加工の工程で副産物として発生する樹皮(バーク)は、ボイラー等の燃料、堆肥、家畜の敷料等として有効利用されてきました。しかし、福島第一原発事故以後、樹皮を含む木くずの燃焼によって、高濃度の放射性セシウムを含む灰が生成される事例が報告されたことから、その利用が進まなくなりました。そのため、製材工場等に樹皮が滞留する状況となりました。

樹皮が滞留することで原木の入荷量に影響を与えることから、林野庁では、地域における林産物の流通安定化を図るため、滞留している樹皮の処理対策として、2013年度から廃棄物処理施設での焼却・運搬にかかる費用、一時保管費用等の支援を行っています。その結果、樹皮の滞留量は、ピーク時の2013年8月の8.4万トンから、2019年5月には3千トンへと減少し、滞留は解消しています(図5-3)。

なお、放射性セシウムの影響により使用できなくなったほだ木等についても、焼却処理が進まないことから、林野庁ではほだ木等の一時保管等の経費に対する支援も行っています。2015年度からは、焼却施設で放射性セシウム濃度を測定し、安全性を確認しながら、ほだ木等の処理を進めています。



【図5-3】滞留する樹皮(バーク)の処理を推進
資料：林野庁「平成30年度 森林・林業白書」

6章

特用林産物への 放射性物質の影響

森林内で生産または採取されるきのこや山菜等の出荷制限は、解除が進んでいる一方で、まだ生産が再開できない市町村もあります。このため、きのこ等の放射性物質のモニタリングを継続し、林産物による放射性セシウム吸収の仕組みを明らかにすることは、安全な生産に向けた対策を進めるために役立ちます。

林野庁や福島県では、森林内の放射性セシウムの把握、樹木や林産物への放射性セシウムの移行抑制や低減効果などを研究し、適切な栽培管理のもと安全な特用林産物の出荷につながるよう、調査を進めています。

きのこ・山菜の放射性物質 のモニタリング

福島県では、出荷・販売を目的に生産または採取されるきのこや山菜の安全性を確認するため、放射性物質のモニタリング検査を行っています。結果は福島県ホームページ「福島県農林水産物・加工食品モニタリング情報」で随時公開されています。栽培きのこの出荷については、生産者ごとに、きのこ発生前の資材(ほだ木や菌床等)に含まれる放射性セシウム濃度を測定し、国が定める当面の指標値※(原木・ほだ木が50 Bq/kg、菌床が200 Bq/kg)以下であることを確認しています。その後、出荷前にきのこのモニタリング検査を実施し、一般食品の基準値(100 Bq/kg)以下であることを確認しています。野生きのこ、山菜については、種類ごとに、毎年、各産地での初回出荷前にモニタリング検査を実施しています。

2018年度は、きのこ・山菜82品目について検査が行われました。これまでの検査結果は表6-1のとおりで、基準値を超えているものは年々減ってきています。

※発生したきのこが食品の基準値を超過しないために、国が定めたほだ木や菌床の指標値。原木・ほだ木は50 Bq/kg、菌床は200 Bq/kg。

	2011 年度	2012 年度	2013 年度	2014 年度	2015 年度	2016 年度	2017 年度	2018 年度
検査件数	1,049	1,180	1,457	1,564	1,562	1,832	2,111	1,733
基準値超過	127	90	80	25	7	2	1	1

(注) 検査の結果、基準値を超過した場合には、出荷制限等により出荷されることはありません。

[表6-1] 福島県内のきのこ・山菜のモニタリング検査結果

資料：福島県「これまでのモニタリング検査結果【年度別集計】」2019年9月11日更新

きのこ原木に含まれる放射性物質の把握と原木林の再生対策

林野庁では、安全なきのこ生産に向けて、きのこ原木に利用するコナラの放射性セシウム濃度と根からの放射性セシウムの吸収抑制の方法について調べています。

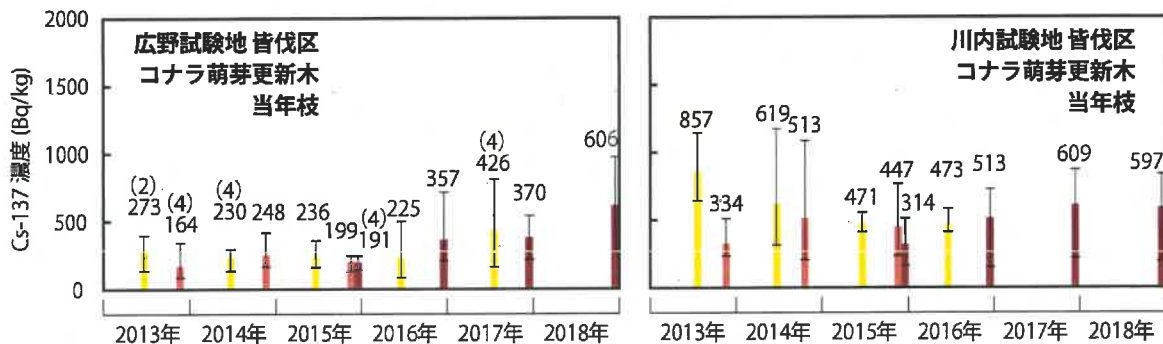
原木に含まれる放射性物質の把握

きのこ原木栽培に使われる萌芽更新木に、土壌から放射性セシウムがどのくらい移行するか把握するため、福島県内の広野試験地(広野町)及び川内試験地(川内村)のコナラ萌芽更新木を対象に、吸収された放射性セシウムが最も移行しやすい当年枝(図6-1)の放射性セシウム濃度を継続して測定しました(図6-2)。

広野試験地では、試験を開始した2013年から3年程度は休眠期の当年枝の放射性セシウム濃度(同一日での減衰補正值)は、成長期、落葉期(休眠期)ともほぼ横ばいで推移していましたが、



【図6-1】萌芽枝の採取イメージ



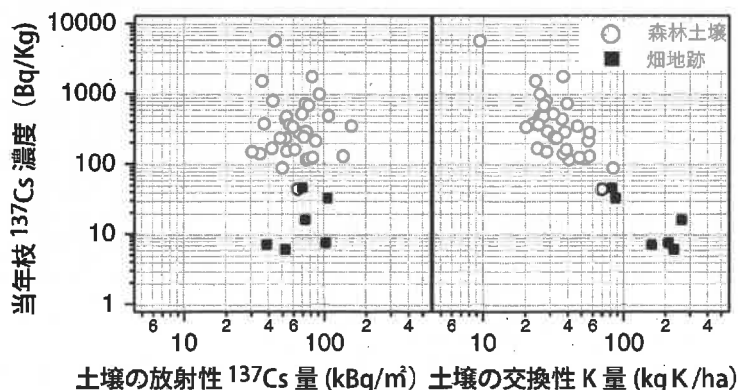
【図6-2】試験地におけるコナラ萌芽更新木の放射性セシウム(Cs-137)濃度
棒グラフの色分け(濃淡)は、試料を採取した季節を示す。明色は成長期、暗色は落葉期・休眠期を示す。
資料：林野庁「平成30年度 森林施業等による放射性物質拡散防止等検証事業報告書」2019年3月

2016年12月以降、それまでの安定傾向と比較して変動幅が大きくなるとともに、濃度が高まっています。変動幅が大きくなったのは、特定の個体で濃度が急激に上昇したためですが、他の個体でも濃度の上昇がみられました。一方、川内試験地においては、コナラ当年枝の放射性セシウム濃度は試験を開始した2013年から2018年12月にかけては、横ばいとなっており、濃度の上昇は認められていません(図6-2)。

当年枝は、その年に伸びた枝のことで、葉が直接出たり、冬芽がついたりする部分です(図6-1)。当年枝と幹木部の放射性セシウム濃度には太さに応じた一定の関係があることが分かっており、樹木による放射性セシウム吸収の指標になるとされています。

福島県田村市都路町にあるコナラ、クリ、ヤマザクラなどが植わっている原木林において、10 km 四方内に40林分の調査地を設定し、当年枝と土壌の多点調査を行いました。その結果、当年枝の放射性セシウム濃度は、土壌の交換性カリウム量の多い林分で低いことが分かりました(図6-3)。樹木への放射性セシウム吸収には、土壌の交換性カリウムの影響が大きく、交換性のカリウムの多い林分は「使える原木林」である可能性があると考えられます。今後も、地場産原木林の利用再開に向けて、さらに森林のモニタリングを継続し、将来予測と対策を進める必要があります。

土壌の ^{137}Cs 量より交換性K量の影響が大きい



[図6-3] 当年枝の放射性セシウム(^{137}Cs)濃度

資料：三浦ら(2018)「森林の放射性セシウム分布の現状と今後の見通し」森林総合研究所「放射能汚染地域におけるシイタケ原木林の利用再開・再生」2018年11月30日

原木林の再生対策

原発事故以降、福島県だけでなく放射性物質の影響が比較的小さい地域においても、きのこ原木の指標値を超える原木林が見受けられたことから、これらの地域でも原木の生産量が落ち込んでいます。

岩手県、宮城県、福島県、茨城県、栃木県、群馬県、千葉県では、将来のきのこ原木の安定供給に向けて次世代の原木林となる広葉樹の再生を図るため、きのこ原木林において、次のようなほだ木等原木林再生のための実証事業に取り組んでいます。

- 原木等の放射性セシウム濃度を測定(事業実施前に指標値超過を確認)
- 原木林の更新に必要な伐採や作業道の整備
- 皆伐実施後、萌芽枝の放射性セシウム濃度を継続調査(3年間)
- 空間線量率の測定(伐採の前後)
- 堆積有機物や土壌の放射性セシウム濃度を測定
- 2019年度より萌芽枝の当年枝や土壌中の交換性カリウム等を測定

この事業は2014年度以降、これまで7県50市町村で実施しています。



萌芽枝の採取



土壌の採取

[図 6-4] 原木林再生のための実証
資料：岩手県業務資料

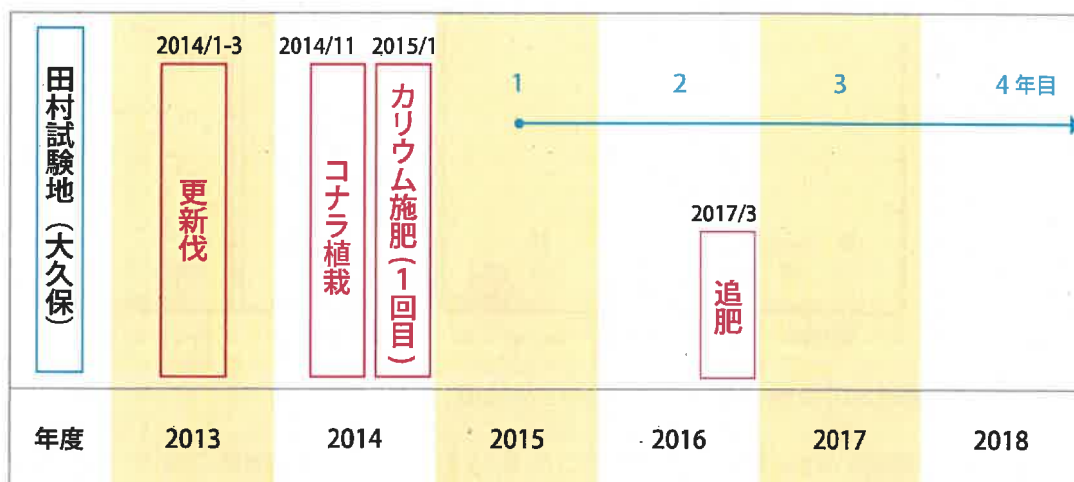
カリウム施肥による 放射性物質の吸収抑制

将来原木となるコナラ等の萌芽更新木の放射性セシウムの吸収を抑制する方法に、稲作で効果が確認されているカリウムの施肥があります。林野庁は、カリウム施肥を行った場合に土壌から樹木への放射性セシウムの吸収が抑制されるかどうかについて調査をしています。

萌芽更新木と植栽木の放射性セシウム濃度が低下

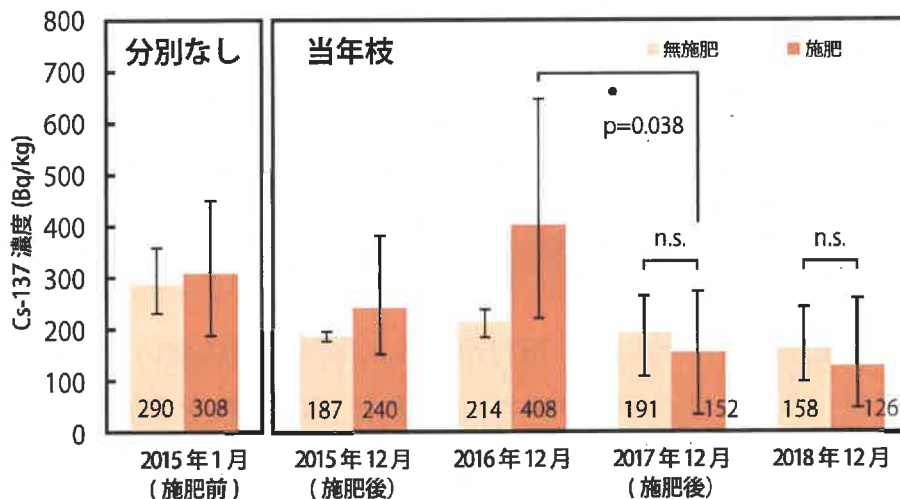
2014年1月から3月にかけて、田村市の大久保試験地において27年生の落葉広葉樹林(コナラ、クリ、サクラ、クヌギ)で更新伐(30%残)を実施しました。カリウム施肥区と対照区(無施肥区)の2区画を3セット、計6区画を設定し、同年4月に各区画に2年生コナラ苗木(60本以上)を植栽しました。その後、各区画にカリウムを2015年に100g/m²、2017年に33g/m²施肥しました(図6-5)。

2015~2018年の落葉期(休眠期)に、コナラの植栽木と萌芽更新したコナラの枝を採取して放射性セシウム濃度を測定しました。萌芽更新木の放射性セシウム濃度は2016年12月には無施肥区、施肥区でそれぞれ214Bq/kg、408Bq/kgでした



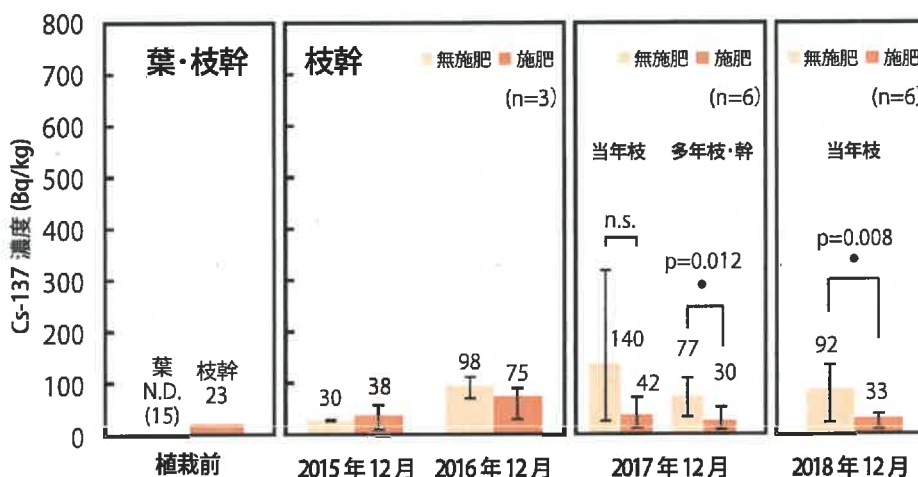
【図6-5】これまでの検証の流れ(カリウム散布によるきのこ原木の放射性物質吸収抑制効果)

が、2017年12月はそれぞれ191 Bq/kg、152 Bq/kgになりました。2016年から2017年にかけて施肥区で大きく濃度が低下し、施肥効果の可能性が示されましたが、2017年、2018年とも無施肥区との間に有意な差はなく、施肥効果の判定は慎重に行う必要があるといえます(図6-6)。植栽木に関しては、施肥区では2016年から2017年にかけて放射性セシウム濃度が低下するとともに、無施肥区と比較しても、2017年には施肥区の植栽木で有意に濃度が低いことから施肥効果があったと考えられます。2018年になっても施肥区の植栽木の放射性セシウム濃度は無施肥区に比べて低く、施肥による効果が継続しているとみられます(図6-7)。



[図6-6] コナラ萌芽更新木の放射性セシウム(Cs-137)濃度

放射性セシウムCs-137濃度は、2018年12月18日時点に減衰補正した値を示す。試料数は2017年12月分以降は施肥・無施肥それぞれn=6、それ以前はn=3。エラーバーは最大値と最小値を示す。図中「*」は有意差を示す(5%有意水準、スチューデントt検定)。「n.s.」は検定を行い有意差がなかったことを示す。
資料：林野庁「平成30年度 森林施業等による放射性物質拡散防止等検証事業報告書」2019年3月



[図6-7] コナラ植栽木の放射性セシウム(Cs-137)濃度

放射性セシウム(Cs-137)濃度は、2018年12月18日時点に減衰補正した値を示す。N.D.は検出限界未満を、()内の値は検出下限値を示す。試料数は植栽前(2014年11月)がn=1、植栽後は2017年12月分以降は施肥・無施肥それぞれn=6で、それ以前はn=3。エラーバーは最大値と最小値を示す。図中「*」は有意差を示す(5%有意水準、スチューデントt検定)。「n.s.」は検定を行い有意差がなかったことを示す。
資料：林野庁「平成30年度 森林施業等による放射性物質拡散防止等検証事業報告書」2019年3月

栽培きのこの放射性物質濃度低減

福島県林業研究センターは、ほだ木から栽培きのこ(原木露地栽培によるしいたけ)へ移行する放射性セシウム量を低減させる方法について研究しています。

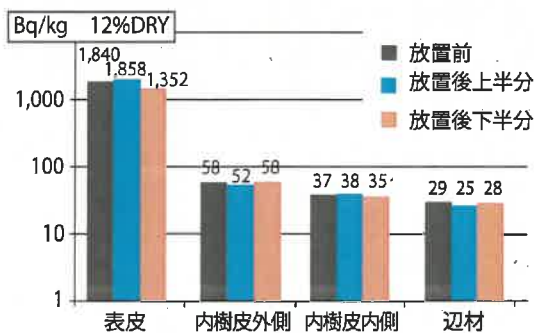
1 か月後も原木への汚染の進行は少ない

露地で行う原木しいたけ栽培では、原木が汚染されないよう取り扱うことが重要です。原木は、樹木を伐採してから1か月程度林内にて養生するため、平田村産コナラ原木9本を福島県林業研究センターのスギ・ヒノキ混交林内に34日間並列設置し、毎日2回、3分間の散水処理を行った後、原木の部位ごとに放射性セシウム濃度を測定し、林内に設置しなかった原木の放射性セシウム濃度と比較しました(写真6-1)。

その結果、原木の木口面は濃度が高くなる傾向はありましたが、林内に原木を1か月放置しても汚染は進行していませんでした(図6-8)。



[写真6-1] 原木設置(左：設置直後右：設置34日後)

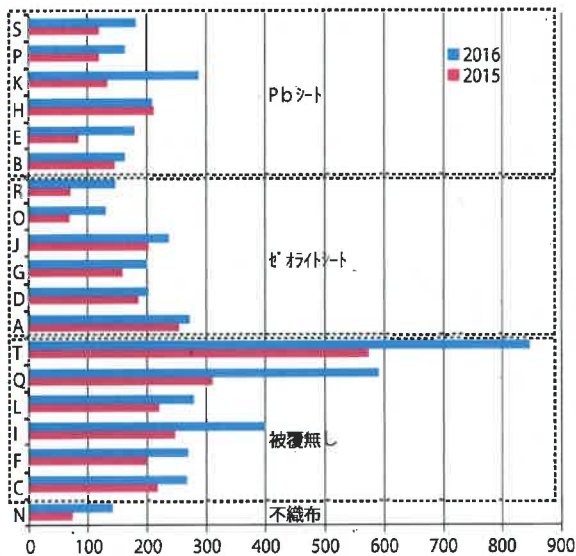


[図6-8] 林内に設置した原木のCs-137濃度変化
資料：福島県林業研究センター林産資源部「放射線関連支援技術情報 シイタケほだ木の露地栽培に関する研究」2015年

被覆材の活用が再汚染を防ぐ

しいたけの原木露地栽培では、林内雨や落葉、土壌から放射性セシウムがしいたけへ移行する可能性があります。そこで、ほだ木の被覆やほだ木の下に敷材を入れることにより、放射性セシウムの移行が抑制されるか調査しました。被覆材として、セシウムを吸着する効果が確認されているプルシアンブルー及びゼオライトを織り込んだプルシアンブルーシート及びゼオライトシート、並びに不織布を、また敷材として被覆に使用した各資材に加え、貨物用パレット、黒土及び山砂を使用しました。しいたけの放射性物質濃度は、各試験区において概ね2015年より2016年が高くなりました(図6-9、表6-2)。また、敷材による効果の差は見られませんでした(表6-4)が、被覆した試験区は被覆しない試験区と比べ、低い値になりました(表6-3)。

敷材を使用しても、被覆材との組み合わせによっては、地表側から再汚染される可能性があるため、雨滴の跳ね返りを防ぐ被覆材の使用が有効だと考えられます。



[図 6-9] しいたけ被覆試験 子実体のCs-137濃度 (Bq/kg 生重)

試験区	被覆材	敷材	2015	2016
S	プルシアンブルー	黒土	120.36	182.27
P	プルシアンブルー	山砂	119.31	163.52
K	プルシアンブルー	無し	133.46	289.21
H	プルシアンブルー	パレット	211.64	210.61
E	プルシアンブルー	プルシアンブルー	83.52	180.57
B	プルシアンブルー	ゼオライト	145.40	164.03
R	ゼオライト	黒土	70.78	147.24
O	ゼオライト	山砂	68.19	131.57
J	ゼオライト	無し	201.74	236.82
G	ゼオライト	パレット	157.97	201.51
D	ゼオライト	プルシアンブルー	186.07	202.79
A	ゼオライト	ゼオライト	254.74	273.18
T	無し	黒土	573.03	845.16
Q	無し	山砂	311.36	590.10
L	無し	無し	221.33	280.03
I	無し	パレット	248.08	398.37
F	無し	プルシアンブルー	200.47	269.17
C	無し	ゼオライト	217.15	268.04
N	不織布	不織布	73.17	141.58

[表 6-2] しいたけ被覆試験子実体放射性物質濃度 (Cs-137 Bq/kg 生重)

被覆材	ゼオライト	プルシアンブルー
ゼオライト	—	—
プルシアンブルー	—	—
無し	**	**

[表 6-3] 被覆材間の差の検定結果

敷材	ゼオライト	プルシアンブルー	パレット	山砂	黒土
ゼオライト	—	—	—	—	—
プルシアンブルー	—	—	—	—	—
パレット	—	—	—	—	—
山砂	—	—	—	—	—
黒土	—	—	—	—	—
無し	—	—	—	—	—

[表 6-4] 敷材間の差の検定結果

資料：福島県林業研究センター林産資源部「放射線関連支援技術情報 しいたけ露地栽培における被覆材等の効果」2015年

注

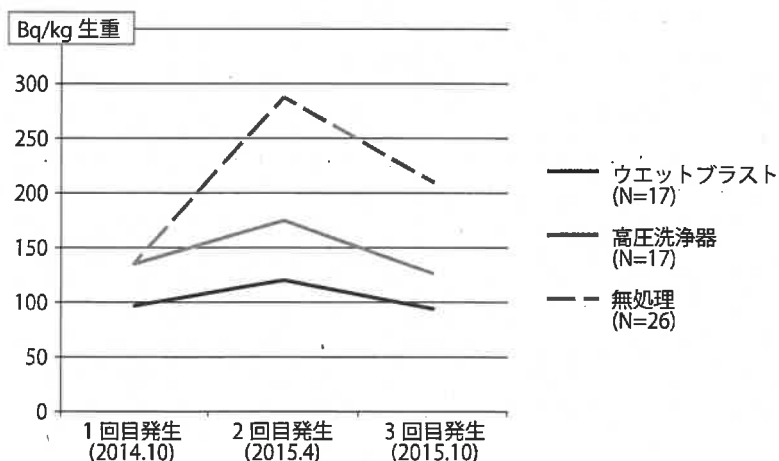
表 6-3、表 6-4 はその他の条件を同じと仮定して、被覆材及び敷材毎の各試験区に関し、平均値の差を検定した。2 標本の分散が等しいとはいえなかったため Welch の方法を用い、また、標本の性質から、観測値とランク化両方で検定したところ両方とも同じ結果となった。

表中の表記 **：P<0.01 *：P<0.05 —：帰無仮説が棄却できない

新しい洗浄方法で放射性セシウムを減少

福島県では、2013 年度に水と研磨剤を用いてきのこ栽培用原木を洗浄するウエットブラスト処理装置を開発しました。この方法は既存の高圧洗浄処理よりも放射性セシウムの洗浄効果が高いことが期待されています。

この装置を使って洗浄した原木を使用して試験栽培を行い、発生したしいたけの放射性セシウム濃度を測定したところ、ウエットブラスト処理した原木から採取したものの方が低い傾向にありました。またしいたけの発生量については、ウエットブラスト処理でも既存の原木洗浄処理と同じ量が見込めました。今後もウエットブラスト処理による原木しいたけ栽培特性の調査を続ける予定です。



[図 6-10] 2014 年秋季～2015 年秋季に発生したしいたけ子実体のセシウム濃度推移

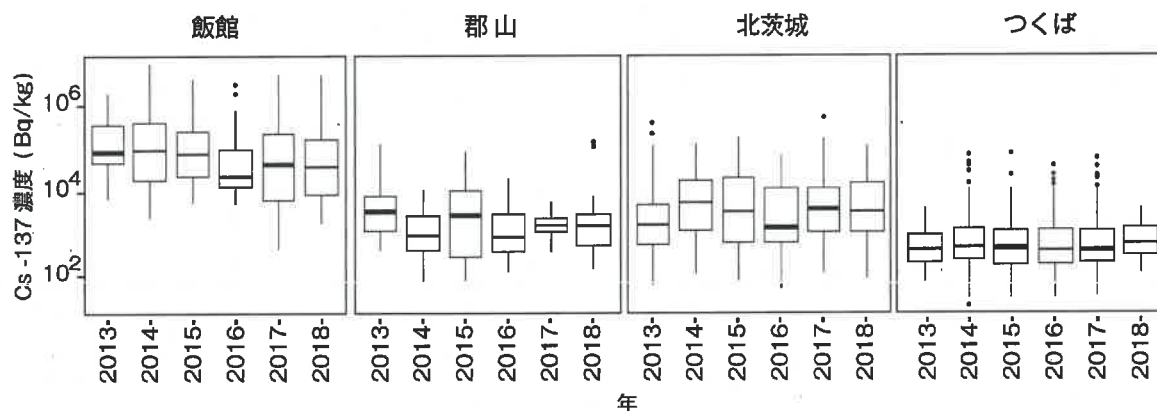
資料：福島県林業研究センター林産資源部「放射線関連支援技術情報 コナラ原木のウエットブラスト処理による汚染低減効果」2015年

野生きのこの放射性物質濃度

野生きのこの放射性セシウム濃度は、種ごとの生態的特性や環境条件に影響を受けると考えられています。林野庁では2013年から、福島県飯舘村(あいの沢キャンプ場)、郡山市(福島県林業研究センター)、茨城県北茨城市(小川試験地)、つくば市(国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所)で採取したきのこの放射性セシウム濃度を測定し、きのこの生活タイプや属レベルでの比較や年変化についての調査を行っています。

子実体の放射性セシウム濃度は大きく異なる

各調査地で採取したさまざまな種の子実体の放射性セシウム濃度は、外れ値を除くと最大値と最小値は1000倍程度異なっていました。6年間の調査による変化を見ると、飯舘では中央値が徐々に減少している傾向が認められ、他の3調査地では顕著な濃度変化は見られませんでした。調査地ごとの濃度を比較すると、最も沈着量の多い飯舘で子実体の濃度が高く、郡山と北茨城は同程度の中間的な濃度を示し、沈着量の少ないつくばで子実体の濃度は低くなりました。



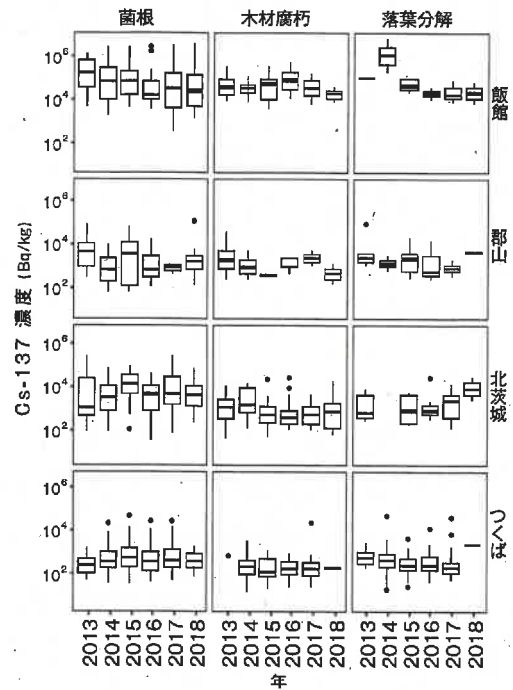
【図 6-11】 調査地ごとの子実体放射性セシウム 137 濃度の年変化

資料：林野庁「平成 30 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」2019 年 3 月

生活タイプと属ごとの比較

2018年度のきのこの生活タイプ(菌根・木材腐朽・落葉分解)ごとの放射性セシウム濃度をみると、これまでの結果に引き続き、菌根菌が木材腐朽菌と落葉分解菌よりも高い傾向が認められました。特に、北茨城では菌根菌の濃度が高くなりました。落葉分解菌の放射性セシウム濃度は、飯館を除く3調査地で2017年よりも上昇していました(図6-12)。

また、きのこの属ごとに放射性セシウム濃度の高低の傾向が認められました。分析を行った属の中では、イッポンシメジ属やフウセンタケ属等で高い傾向が見られ、シロアマタケ属やナラタケ属等で低い傾向が見られました。



[図6-12] 生活タイプごとの子実体Cs-137濃度の経年変化

各年の9月1日に減衰補正済み。縦軸の濃度は対数表示。グラフは調査地(縦)と基質(横)で分けて並べた。

資料：林野庁「平成30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」2019年3月

局所的な汚染の差異が測定値に影響

野生きのこの放射性セシウム濃度は調査地や種・属などによって異なる一方、同じ調査地内でも大きくばらついていました。局所的な汚染の違いが濃度に影響した可能性があります。また、きのこの放射性セシウム濃度は、基質(栄養源)のセシウムの状態によっても影響を受けていると考えられます。きのこのセシウム濃度と発生環境の関係の比較が今後望まれます。さらに、環境中の放射性セシウムの分布は時間とともに変化するため、きのこの放射性セシウム濃度も経過年数によって変化する可能性があります。1986年のチェルノブイリ原発事故から5年後の1991年より毎年行われた野生きのこの定点調査では、種によって多少ばらつきがあったものの、全体的には放射性Cs-137濃度が半減期30年の物理学的減衰にそって緩やかな減少傾向を示しました(IAEA2010*)。今後、福島第一原発の事故の影響を受けた野生きのこのも、年経過による変化をみていく必要があります。

*IAEA(国際原子力機関) Technical Reports Series 472,2010

モウソウチクの放射性セシウム濃度

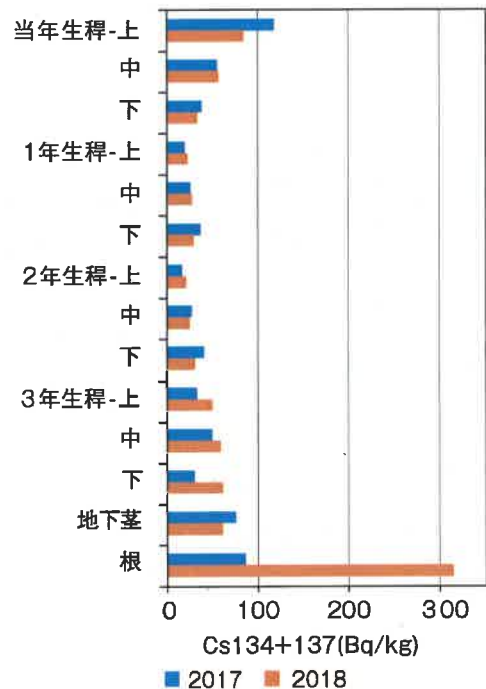
林野庁では、2013年からたけのこの生産を目的にしたさまざまな竹林の種のうち、日本で最もたけのこが生産されているモウソウチクの竹林を対象に、放射性セシウム濃度の実態調査を行いました。

調査地は、福島第一原発から約70 km離れた宮城県丸森町・白石市を中心とする地域です。

稲の年齢により異なる放射性セシウム濃度

2013年から2014年は春(5月)と秋(9月)の年2回、丸森町と白石市のモウソウチクの竹林において7プロットを設置し、毎竹調査を行いました。2015年からは、年1回8月または9月に調査を行っています。放射性セシウムの蓄積量は、地上部では稲(タケ・ササ)における茎)を年齢毎に伐採採取して上・中・下に3等分し、地下部は地下茎と根に分けて測定しました。

2018年の調査結果を地上稲の年齢別に比べると、最も高いのはこれまでの結果と同様に当年生稲の上部でした(図6-13)。1年生稲は最も濃度が低く、2年生、3年生と次第に濃度が高まる傾向が見られました。2年生、3年生稲は当年生稲と異なり、同一稲内の上部・中部・下部の間では濃度差がほとんど無くなりました(図6-13)。



【図6-13】 2017年、2018年、モウソウチクの地上稲各部位および地下部の地下茎と根における放射性セシウム(134+137)濃度

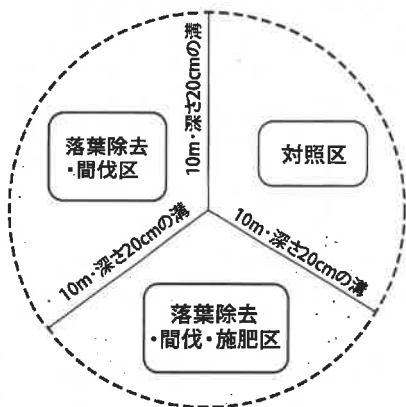
資料：林野庁「平成30年度 森林内における放射性物質実態把握調査事業報告書」
2019年3月

竹林施業によるたけのこの放射性物質濃度の低減効果

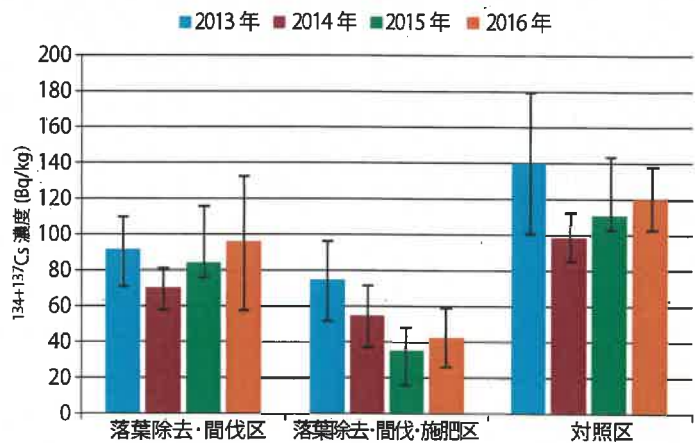
たけのこは令和元年9月現在、5県34市町村で出荷が制限されています。福島県林業研究センターでは、竹林において各種の処理を行い、たけのこの放射性セシウム濃度の低減効果を検討し、早期の出荷制限解除につなげることを目的とした調査を進めています。

竹林施業により放射性セシウム濃度が低減

2011年、相馬市内のモウソウチク林に円形の試験地を設定し、根切りにより3等分して広さ105 m²の扇形試験区に落葉除去・間伐区、落葉除去・間伐・施肥区(ケイ酸カリウム 20 kg/a 散布)及び対照区を設けました(図6-14、表6-5)。2016年に各試験区からたけのこを採取し、放射性セシウム濃度を測定したところ、対照区に比べて施業を行った箇所のたけのこの放射性セシウム濃度が低い傾向が見られました(図6-15)。



【図6-14】 試験区の模式図



【図6-15】 相馬調査地における試験区ごとのたけのこの¹³⁴⁺¹³⁷Cs濃度推移(エラーバーは標準偏差)

資料：福島県林業研究センター林産資源部「放射線関連支援技術情報 施業によるたけのこの放射性Cs濃度低減効果の検討」2016年度

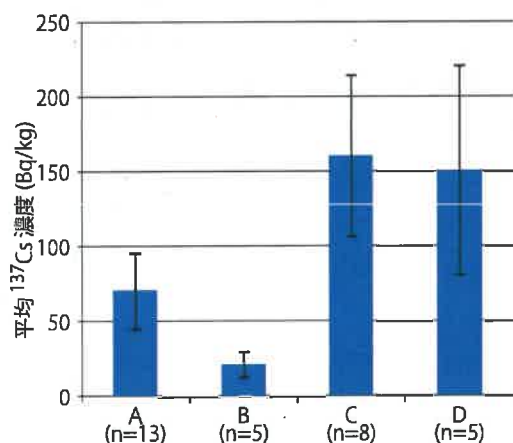
落葉除去、間伐、カリウム散布が効果的

各種処理による放射性セシウム濃度の低減効果を踏まえ、2016年から、これまでの3つの試験区A、B、Cに加え、新たに試験区Dを設定しました(図6-16、表6-5)。2011～2013年、試験区Aでは竹林内から放射性セシウムを除去するために落葉除去及び間伐処理を、試験区Bでは落葉除去及び間伐処理に加えて、土壌からの放射性セシウムの吸収を抑制するためにカリウム散布を実施しました。2016年には、試験区Aで施肥を、試験区Cで間伐処理を実施しました。

2017年に各試験区から採取したたけのこ先端部(重量30～50g)の放射性セシウム濃度を測定しました。その結果2011～2013年にかけて処理を行った試験区AとBは、処理を行っていない試験区Dと比べて放射性セシウム濃度は低い値でした(図6-16)。落葉除去によって根から吸収できる放射性セシウムを減らすことができたからだと考えられます。さらに試験区Bが試験区Aよりも低かったのは、A区においては2016年に施肥(Kを含む)を行っていますが、B区における2011～2013年のカリウム散布の方が土壌からたけのこへの放射性セシウム移行抑制効果が大きかったと推察されます。今後も、カリウム散布の有効性を高めるための調査が必要です。

	2011年 12月	2012年 12月	2013年 12月	2016年 12月	備考
A	落葉除去 間伐	落葉除去	落葉除去	施肥(※1)	※1 N:P:K=8:8:8化成肥料 40 kg/a 散布
B	落葉除去 間伐 施肥(※2)	落葉除去 施肥(※2)	落葉除去 施肥(※2)		※2 ケイ酸カリウム 20 kg/a 散布
C	間伐				
D					対照区

[表6-5] 各試験区で実施した処理



[図6-16] 各試験区のたけのこの¹³⁷Cs濃度(エラーバーは標準偏差)

資料：福島県林業研究センター 林産資源部「放射線関連支援技術情報 施業によるたけのこの放射性物質濃度低減について」2018年

山菜の放射性物質濃度

林野庁と国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所では、福島県内の避難指示解除準備区域等で森林内の山菜類の放射性セシウム濃度の変化について調査を行っています。

山菜の種類により異なる放射性セシウムの影響

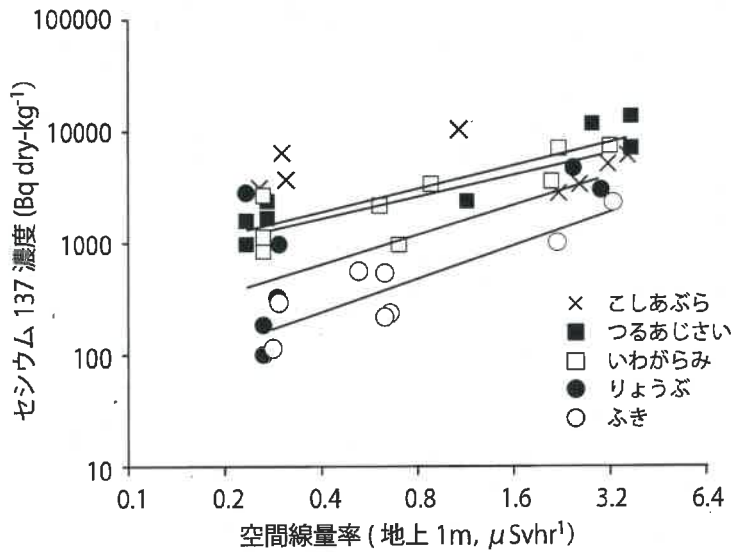
事故から1～2年目の調査で、福島第一原発事故により、地表に降下した放射性セシウムの量(沈着量)が多い場所ほど、山菜の可食部に含まれる放射性セシウム濃度が高い傾向があることが分かりました(図6-17、図6-18)。

汚染の程度には山菜の種類による違いがあります。新芽が食用となるこしあぶらは、沈着量が少ない場所でも強く汚染されている傾向があります。やまどりぜんまいもこしあぶらと同様でした。

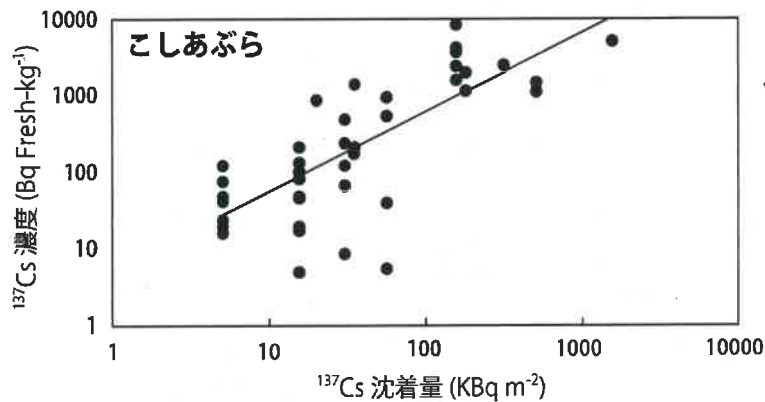
また、つるあじさいやいわがらみも強く汚染されていました。この2種は付着根を持ち、付着根を他者に張りつけて岩壁や幹をよじ登ります。付着根からも物質を吸収すると考えられるので、事故時に放出された放射性物質が直接付着した樹皮や腐植、それらの上に育つ地衣類やコケに付着根を張りつける結果、付着根を持たない植物よりも放射性セシウムをより多く吸収したと考えられます。

一方、ふきやうわばみそう(みず)は大きく育った部分を食べるので、放射性セシウム濃度が希釈されている可能性があり、汚染されにくい山菜のようです。かたくりは最も汚染が少ない植物の一つでした。

資料：一般社団法人日本治山治水協会「水利科学第61巻第2号(No.355)『特集：森林における放射性物質 山菜と放射性物質』清野嘉之 赤間亮夫」2017年6月



【図 6-17】 山菜 5 種の生育地の空間線量率と Cs-137 濃度との関係 (Kiyono and Akama 2013 を一部改変)



【図 6-18】 福島第一原発事故による Cs-137 の地表面への沈着量と事故後 2~3 年の山菜の濃度との関係 (Kiyono and Akama 2015 を一部改変)

沈着量は文科省の航空機モニタリングによる Cs-137 沈着量の分布マップ(2012. 11. 16 現在値換算)から求めた。植物体濃度は県等による 2013~2014 年春の山菜(野生)の Cs-137 の測定値

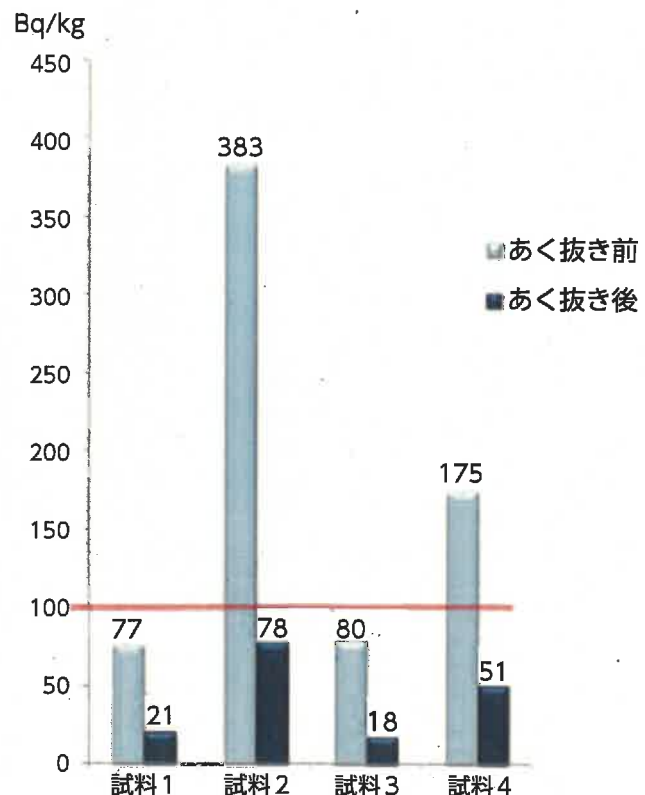
山菜(わらび)の放射性物質濃度の低減

山菜の中でも人気の高いわらびは、通常食べる際にあく抜きを行います。この事前処理によって、わらびの中の放射性セシウム濃度を低減することも可能かどうか、福島県林業研究センターが実験を行いました。

放射性セシウム濃度はあく抜きによりあく抜き前の2~3割に低減

県内4か所からわらびを採取し、可食部全体(穂先と茎)、次に穂先と茎を分けて放射性セシウム濃度を測定しました。茎について、あく抜き処理をする前と後の放射性セシウム濃度(Cs-137とCs-134をそれぞれ測定して合算)を測定しました。

わらびの茎の放射性セシウム濃度は、あく抜き前の値が77~383 Bq/kgであるのに対し、あく抜き後の値は18~78 Bq/kgでした(図6-19)。あく抜きによる放射性セシウム濃度の減少率は71~80%です。あく抜き前の濃度が383 Bq/kgと最も高かったわらびも、あく抜き後の濃度は78 Bq/kgで、一般食品の基準値(100 Bq/kg)を下回りました。



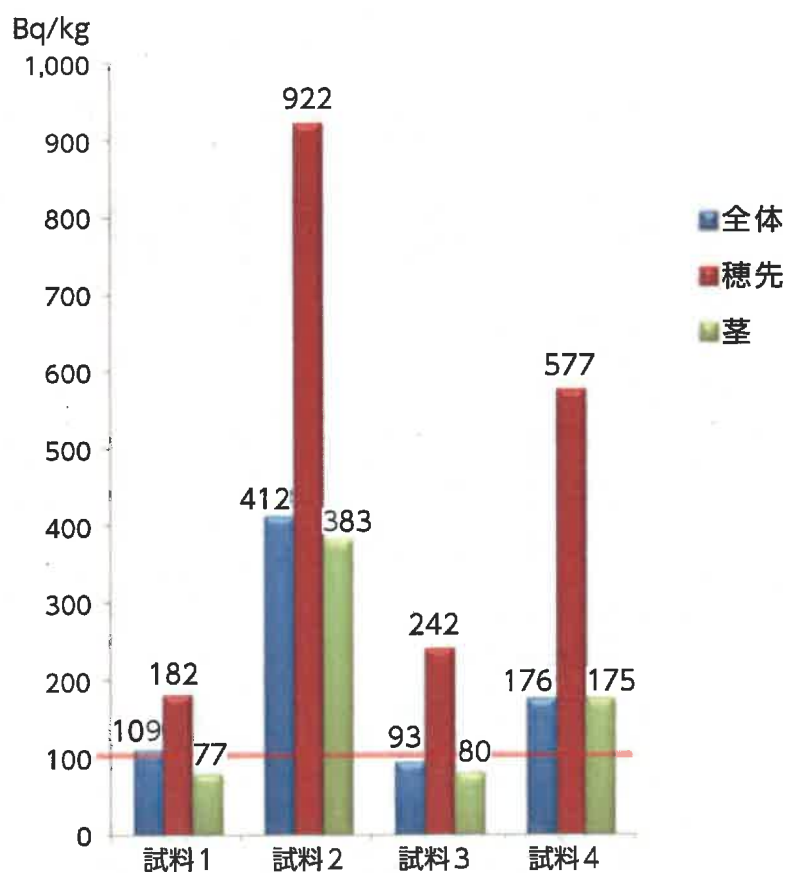
【図6-19】あく抜き処理による放射性セシウム濃度の変化

資料：福島県林業研究センター「放射性物質関連研究成果発表会要旨」2014年1月29日

穂先の除去が安全性を高める

あく抜き前の穂先と茎の放射性セシウム濃度を比較したところ、両者には大きな違いがみられ、穂先の濃度は茎の2.4～3.3倍でした(図6-20)。

これらのことから、わらびを食用とする場合には、穂先を除去することと、あく抜きをすることが、安全性を高めるために有効であると確認されました。



[図6-20] 部位別放射性セシウム濃度

資料：福島県林業研究センター「放射性物質関連研究成果発表会要旨」

2014年1月29日

7章

森林・林業・ 木材産業の再生、 復興への道すじ

2011年3月に発生した福島第一原子力発電所事故から8年が経過し、被災3県(岩手県・宮城県・福島県)における森林・林業・木材産業を巡る情勢も少しずつ変化が見られます。林業活動の再開に向けた林業事業者の取組として、一般材の取扱量増に伴う丸太選別機の導入や放射線量の検査装置の設置、製材や合板等には利用できなかった低質材をチップとして使う木材資源の有効活用に取り組んでいます。また、津波や潮害、飛砂及び風害等の防備等の機能を発揮する海岸防災林の復旧・再生、公共建築物の木造化、CLTパネル工法やハイブリッド集成材による新たな技術開発・普及及び未利用間伐材等を活用した木質バイオマスエネルギー利用などの取組が進展しています。その他、きのこ生産の再開に向けた取組や農林水産物に対する安全性への理解促進などの情報発信を行っています。

林業活動の再開に向けて (林業事業者等による取組事例)

素材生産の回復をきっかけに新たな体制づくり

東北地方を中心に県内外から広く原木を受け入れている南東北木材株式会社は、もともと高齢級の大径木や長尺材、特殊材を多く手がけてきた原木市場です。

原発事故の後には「ふくしま森林再生事業」等の森林整備を推進する動きが活発になり、原木市場でも間伐材を中心とした一般材の取扱量が増えるようになりました。そこで、2015年には新たに丸太選別機を導入するとともに、選別ラインに原木の放射線量の検査装置も設置するなど、新たな需要に対応できる体制づくりを進めています。



[写真 7-1] 一般材の取り扱い強化をきっかけに選別機を導入

資料：林野庁「平成 29 年度 福島の森林・林業再生に向けたシンポジウム『流通業としての市場の取組』南東北木材株式会社」

森林認証をきっかけに林業振興

福島県古殿町は、2017年3月に適正な森林経営を第三者機関が認定する『森林認証』を町有林約25haで取得しました。森林認証の取得によって、世界的な合法木材利用の動きへの対応(違法伐採木材排除)、働く人の安全確保や自然環境への配慮といった点で、林業現場の改善につなげていくことを目指しています。町の民有林のほとんどが個人所有の森林となっており、森林資源は町民の幅広い就業の場となっています。



[写真 7-2] 森林認証された町有林
資料：古殿町「古殿町 SGEC-FM 認証森林管理方針書」
2018年改定

海岸防災林の復旧・再生

東日本大震災では、青森県、岩手県、宮城県、福島県、茨城県及び千葉県の6県にわたる海岸防災林において、津波により樹木が根返りし、流木化するなどの被害が発生しました。一方、海岸防災林が、津波エネルギーの減衰や漂流物の捕捉等の一定の津波被害の軽減効果を発揮したことも確認されています。

林野庁は、学識経験者等から成る検討会を開催し、2012年2月に「今後における海岸防災林の再生について」を取りまとめ、津波や潮害、飛砂及び風害の防備等の機能を発揮する海岸防災林の復旧・再生に取り組んできました。

海岸防災林の復旧状況

「復興・創生期間」における東日本大震災からの復興の基本方針では、海岸防災林については、2020年度までの復旧完了を目指して造成を推進するとされており、その要復旧延長は約164kmとなっています。2019年9月末時点で、すべての箇所での復旧工事に着手済みであり、うち約126kmで工事が完了しました。



[写真 7-3] 海岸防災林の復旧状況(宮城県亘理町)

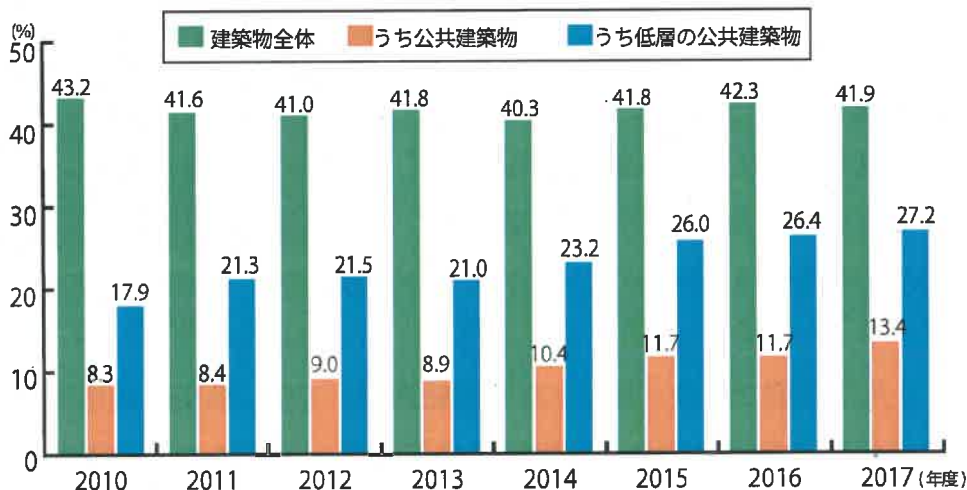
2018年6月に開催された「第69回全国植樹祭」では、福島県南相馬市原町区内の海岸防災林が式典会場となり、海岸防災林の復旧・再生について国内に広く発信されました。

海岸防災林が有する潮害、飛砂及び風害の防備等の災害防止機能を発揮させるためには、植栽後も、下刈り、除伐、本数調整伐等を継続的に行う必要があります。このため、植栽済みの海岸防災林復旧事業地では、地元住民、NPO、企業等の参加や協力も得つつ、治山事業により必要な保育を実施することとしています。

資料：林野庁「平成30年度 森林・林業白書」

公共建築に使われる木材

公共建築物はシンボル性と高い展示訴求効果があるので、木造化することにより、木材利用の重要性や木の良さに対する理解を深めることが期待できます。2010年10月に施行された「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」は、国が率先して木材利用に取り組むとともに、地方公共団体や民間事業者と協力し、社会全体の木材需要を拡大することをねらいとしています。2017年6月には同基本方針を変更し、地方公共団体が木材利用を促進するための関係部局による横断的な会議の設置に努めること、新たな木質部材の積極的な活用に取り組むことなど、積極的な木造化促進を規定しました。国、都道府県及び市町村が着工した木造の建築物は、2017年度には2,698件でした。このうち、市町村によるものが2,239件と約8割になっています。同年度に着工された公共建築物の木造率(床面積ベース)は、前年より1.7ポイント上昇し、13.4%でした。



〔図 7-1〕 建築物全体と公共建築物の木造率の推移

注1：国土交通省「建築着工統計調査 2017 年度」のデータを基に林野庁が試算。

2：木造とは、建築基準法第2条第5号の主要構造部(壁、柱、床、はり、屋根または階段)に木材を利用したものをいう。

3：木造率の試算の対象には住宅を含む。また、新築、増築、改築を含む(低層の公共建築物については新築のみ)。

4：「公共建築物」とは国及び地方公共団体が建築する全ての建築物並びに民間事業者が建築する教育施設、医療・福祉施設等の建築物をいう。

資料：林野庁「平成30年度 森林・林業白書」

公共建築物等の木造化事例

現在、公共建築物等の木造化を促進する動きが活発化しており、庁舎や事務所、幼稚園、小中学校等の学校施設など、多岐にわたる建物の木造化が実現しています。その波及効果として、地域の工務店・職人の仕事が確保され、木材加工業や森林所有者への利益還元につながるなどのメリットが期待されます。

●防災の要に新たな木造消防署

岩手県住田町に2018年4月、木造2階建ての大船渡消防署住田分署新庁舎が完成しました。工法は「貫式木造ラーメン構造」を採用し、柱梁と貫の接合部には、木製の込み栓とくさびを利用するなど極力金物を用いずに木造伝統の技術を生かしています。柱や梁には、町産のスギ、カラマツの集成材を多く使用したほか、天井や階段の踏み板などには、スギ材の木材パネルCLT（直交集成板）を利用しています。木材の特性を生かした構造で、高い耐震性を確保しています。



【写真7-4】大船渡消防署住田分署
資料：住田町HP
「東海新報」2018年4月19日

●地元産木材でつくられた町復興の象徴

東日本大震災で津波被害を受けた岩手県大槌町に2018年6月、町文化交流センター「おしゃっち」がオープンしました。この施設は、延べ床面積2,216㎡の木造3階建てで、1階には定員約140人の多目的ホール、3階には町立図書館を設置したほか、2階に設置した震災伝承展示室は、震災の記憶と教訓を後世に伝える役割を担います。大槌町は総面積の89%を森林が占めるなど森林資源が豊富であり、この「おしゃっち」には地域の木材が使われています。



【写真7-5】大槌町文化交流センター
「おしゃっち」
資料：「河北新報」2018年6月5日
前田建設HP「木で建ててみよう」
林野庁「平成29年度 森林・林業白書」

木製品を公共空間で利用・ 展示—需要拡大に向けて

林業の再生に向けて、生産した木材の利用促進活動が大切です。その1つが、公共の空間で木材を利用した製品を展示し、その必要性を広く普及啓発することです。木材は、古くから住宅や家具等の材料として用いられ、その香りや手触り、足触りは人に「心地よさ」をもたらすことが経験的に知られています。公共空間での利用や展示を通じて、木材に触れる機会をつくり、そのよさを伝えている事例を紹介します。

●近代製鉄発祥の地がつくりあげる家具

2015年、岩手県釜石市の「橋野鉄鉱山」を含む「明治日本の産業革命遺産 製鉄・鉄鋼、造船、石炭産業」が世界文化遺産に登録されました。釜石市は、製鉄の原料となる鉄鉱石や高炉の燃料となる木炭の生産地として知られ、森林が製鉄業の発展に貢献してきた歴史的背景があります。

2016年から地域材と市内で加工した鉄を組み合わせた家具「mori-to-tetsu」(森と鉄)のプロジェクトが、釜石地方森林組合によって進められています。市内の建築家がデザインし、木と鉄の加工・組み立てを地域内で完結させており、「鉄のまち」釜石の歴史と資源を伝える取組になっています。2019年ラグビーワールドカップ日本大会のために新しく整備された市内のスタジアムでは、ベンチの一部などで間伐材が利用され、「ラグビーのまち」釜石の住民や子供たちが地域の豊富な森林資源を身近に感じる事への期待が募ります。



[写真 7-6] 「mori-to-tetsu」(森と鉄)のテーブル&チェア
資料：釜石地方森林組合 HP、林野庁「平成 29 年度 森林・林業白書」

●付加価値のある木材製品を生み出す復興プロジェクト

宮城県本吉郡南三陸町は、伊達政宗公に見出されたと伝わる林業の復興を通じ、震災からの復興と地域の活性化を図ることを目的に「山さ、ございんプロジェクト」を立ち上げました。2015年に南三陸町の森林がFSCの森林認証を取得したことを足がかりに、「南三陸杉」の美しい色味を生かした家具や内装材等の利用を進める「南三陸杉デザイン塾」を開催しました。町内外から塾生を募集し、付加価値のある木材製品を生み出す取組として、成果物を「エコプロダクツ2015」に出展しました。「南三陸杉」のブランド化を進めるとともに、FSCの森林におけるツアーも実施するなど、南三陸町全体の活性化を目指しています。



[写真 7-7] 「エコプロダクツ 2015」における展示

資料：南三陸デザイン塾 HP、林野庁「平成 27 年度 森林・林業白書」

●学生が山の現場から加工まで学んだ製品

福島県では、公共の空間で県産材を利用した製品を展示し、その必要性を普及啓発する「新『ほっと』スペース創出事業」を実施しています。相双農林事務所は2015年度に常磐自動車道の南相馬鹿島サービスエリアに設置するパンフレット台(2種類合計5台)、ベンチ(2脚)、イベント用看板(4基)を作成しました。福島県立テクノアカデミー浜 建築科と連携し、同校の2年生9名が木製品の企画・デザイン、製作まで行いました。

学生たちは山から木を切り出す現場から流通、加工に至る現地研修会を実施し、木材への理解を深めました。相馬地方森林組合の素材生産現場では、伐採作業やグラップルによる集材などの作業を見学し、南東北木材株式会社では木材市場の役割や丸太の見方などを教えてもらいました。また、(有)白井木工所では木材加工技術やデザインについて学びました。材料は管内のアカマツ集成材を用い、学生たちが協力しながら作成した製品です。

資料：福島県「新『ほっと』スペース創出事業」



[写真 7-8] パンフレット台

7章

森林・林業・木材産業の再生、復興への道すじ

東京オリンピック・パラリンピック選手村への木材提供

福島県では、2020年に開催される東京オリンピック・パラリンピックの選手村交流スペース「ビレッジプラザ」を国産材で建築し、大会で使われた木材をレガシーとして各地で活用するプロジェクト「日本の木材活用リレー ～みんなで作る選手村ビレッジプラザ～」に全国62自治体とともに参画し、スギやヒノキの県産材約113立方メートルを建築資材として無償提供することにしています。提供木材には「福島県」などの産地が明記され、復興に向かって歩む福島県の姿をアピールします。大会終了後、解体された木材は地元の公共施設などで社会的遺産(レガシー)として活用される予定です。



[写真 7-9] 福島県産材を無償提供

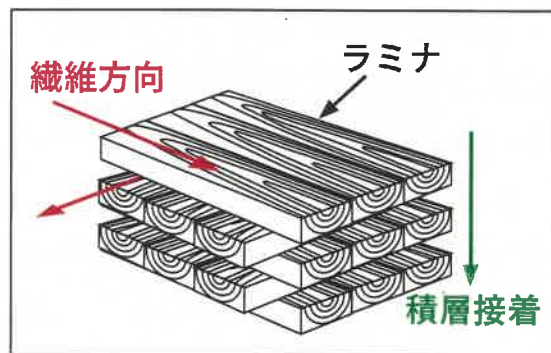
資料：オリンピック・パラリンピックウェブサイト「日本の木材活用リレー ～みんなで作る選手村ビレッジプラザ～」
参考資料：「福島民報」2019年6月1日

技術開発・普及が進む 木製品いろいろ

林業再生の原動力となるのが木材利用に向けた機運の高まりです。公共建築物等の木造化を促進し、事業者等が開発した構法・技術を生かすことは、大規模施設等における木材利用につながります。

CLT 普及にむけた支援

一定の寸法に加工されたひき板(ラミナ)を繊維方向が直交するように積層接着したCLT(直交集成板)が、近年、新たな木材製品として注目されています。すでに欧米を中心に中高層建築物等に利用されており、国内でも中高層建築物等へのCLTの活用による新たな木材需要の創出が期待されます。



【図 7-2】 CLT の模式図

資料：林野庁「放射性物質の現状と森林・林業の再生 テキスト」2015年、林野庁「平成 29 年度森林・林業白書」

普及にあたり、2014年に「CLTの普及に向けたロードマップ」が林野庁と国土交通省の共同で作成され、2016年度期首に5

万 m³/年程度の生産を実現するなどの成果を得ました。2017年1月には、「CLT活用促進に関する関係省庁連絡会議」による「CLTの普及に向けた新たなロードマップ ～需要の一層の拡大を目指して～」が作成され、CLTの更なる普及に向け、実証的建築等による設計・施工ノウハウの蓄積や設計・施工者の育成、技術開発の促進、コスト縮減等に関係省庁が連携・協力して取り組みを進めています。

●CLT パネル工法による復興公営住宅

2018年、福島県いわき市常磐下湯長谷地区に、CLT パネル工法による復興公営住宅が完成しました。今回完成した2棟の延べ面積は4,419 m²で、2,295 m³のCLTを含む合計2,512 m³の木材を使用しています。

この住宅は、大工・工務店などの民間事業者が建設した住宅を県が買い取る「福島県買取型復興公営住宅整備事業」によるものです。建設については、福島県内の建設会社など7社により構成される「ふくしま CLT 木造建築研究会」が担いました。CLT パネル工法の採用により、一般的な鉄筋コンクリート住宅の6割程度にまで工期が短縮されており、早期の住宅供給に貢献することができました。また、CLT のもつ断熱性等の特性により、快適な居住環境を実現しています。



[写真 7-10] CLT パネル工法により建設された復興公営住宅
資料：林野庁「平成 29 年度森林・林業白書」

●産学官の幅広いメンバーで構成されたプロジェクト

宮城県仙台市に建てられた東北大学 CLT モデル実証棟は、宮城県 CLT 等普及推進協議会の 2016～2017 年度事業として実施されたものです。宮城県内企業を主軸に CLT 材生産・加工、設計、施工の連携を図り、「オールみやぎ」プロジェクトによる CLT 建設になりました。CLT や県産材及び木製材料の可能性を県民に広く PR することを目的に建設されています。



[写真 7-11] 東北大学 CLT モデル実証棟
資料：宮城県 CLT 等普及推進協議会 HP

小規模な階段教室断面を組み合わせたスタジアム状のデザインと、狭小な敷地でありながら狭さを感じさせない形態が特徴です。CLT を内装仕上げ材としても活用し、快適な空間を作りあげています。

新たな構法・技術の開発・普及

●森の庁舎で町民に集いの場を

東日本大震災で使用不可能となった福島県の国見町庁舎が、2015 年に新築され

ました。庁舎は町民が身近に接する公共建築なので、日本人に最も親しみのある木の架構に包まれた空間がよいとの考えから「町民が集う未来に向けた森の庁舎」をコンセプトに建てられています。主要構造部の柱、梁には、木質構造材として鋼材内蔵型ハイブリッド集成材(福島県産カラマツ材使用)を採用し、現し仕上げにすることで、周りの景観に溶け込むデザインとなっています。壁や床材にも県産材の天然木がふんだんに使われています。



[写真 7-12] 福島県国見町庁舎
資料：林野庁「平成 28 年度 森林・林業白書」

●ログハウス特有の間取りの制限を解消した木造軸組—縦ログ構法

縦ログ構法は、ログを横に寝かせて積み上げるログハウス(丸太組工法)と異なり、縦に並べてパネル化し、壁を作る木造軸組工法です。縦にすることでログハウス特有の間取りの制限などを解消して木造軸組と同等の設計の自由度、加工しやすさを実現しています。パネルは工場で作るので工期が短縮できます。また断熱性能、耐震性能、防火性能なども高めたものとなっています。

2014 年、縦ログ構法による日本初の公共施設として、福島県南会津町に「ほしっぱの家」(林業・農業の川上から川下の一連の流れに関する内容や、6 次化産業を学び体験する社会教育施設)が完成しました。

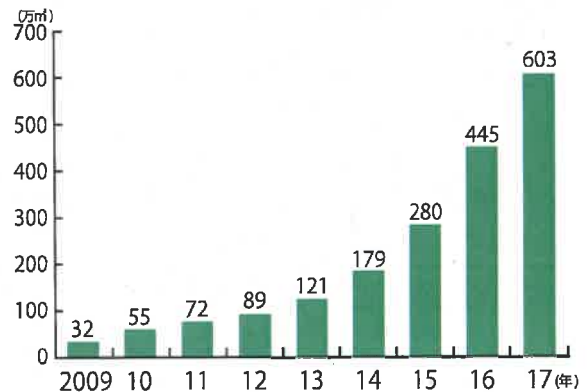


[写真 7-13] ほしっぱの家

資料：芳賀沼製作 HP、NPO 法人南会津はりゅう里の会、地域交流施設ほしっぱの家 HP

木質バイオマス利用に向けて

これまで利用されていなかった低質材や林地残材を木質バイオマスエネルギーとして利用する動きは全国的に広がっています。近年では、木質バイオマス発電所の増加等により、エネルギーとして利用された間伐材・林地残材等の量が年々増加しています。



〔図 7-3〕 燃料材として利用された間伐材・林地残材等由来の木質バイオマス量の推移

注：国内生産された木炭用材、薪用材、燃料用チップ等用材の合計値。

資料：2014年までは、林野庁木材利用課調べ。2015年以降は、林野庁「木質バイオマスエネルギー利用動向調査」、「特用林産物生産統計調査」、林野庁「平成30年度 森林・林業白書」

再生可能エネルギー産業の創出による地域経済の再生

「東日本大震災からの復興の基本方針」では、木質系災害廃棄物を活用したエネルギーによる熱電併給を推進するとともに、将来的には、未利用間伐材等の木質資源によるエネルギー供給に移行するとされるなど、木質バイオマスを含む再生可能エネルギーの導入促進が掲げられています。

2012年に閣議決定された「福島復興再生基本方針」では、目標の一つとして、再生可能エネルギー産業等の創出による地域経済の再生が位置付けられました。このほか、「岩手県東日本大震災津波復興計画」や「宮城県震災復興計画」においても、木質バイオマスの活用が復興に向けた取組の一つとして位置付けられています。これらを受けて、各地で木質バイオマス関連施設が稼動しています。

資料：林野庁「平成30年度 森林・林業白書」

放射性物質への対応

福島県では、県内で産出される木材を木質バイオマス燃料として有効利用する際に、作業員の被ばくや汚染拡大を防止する観点から、以下の点に留意しています。

(1) 施設計画時における留意点

①木質バイオマス燃料を利用する施設は、放射性物質の拡散を防ぐ対策を講じること。

②集荷範囲における木質バイオマス燃料の放射性物質濃度を部位別に確認すること。

(2) 施設稼働時における留意点

①利用する木質燃料チップの放射性物質濃度を定期的に確認すること。

②燃焼灰を取り扱う(燃焼灰が生成される炉内を含む)作業従事者に対しては、電離放射線障害防止規則に沿った対策を講じること。

(3) 燃焼灰の処理に関する留意点

①木質バイオマスエネルギー利用施設において発生する燃焼灰の放射性物質濃度は、8,000 Bq/kg を超えない措置を講じるとともに、定期的に測定し、適正な濃度管理を行うこと。

②燃焼灰の処理に当たっては、環境省の「福島県内の災害廃棄物の処理の方針」を遵守すること。

③8,000 Bq/kg を超える燃焼灰が検出された場合、国の方針に沿った適正な処理を行うこと。

資料：福島県「福島県木質バイオマス安定供給指針」2013年3月7日策定

木質バイオマス熱電併給による復興の取組事例

宮城県気仙沼市では、市の震災復興計画において再生可能エネルギーの利用検討が掲げられたことを契機に、「気仙沼地域エネルギー開発株式会社」が地元企業の出資により設立されました。同社は、地元の森林組合や素材生産事業者、林家から調達した間伐材をチップ化し、ガス化炉で発生させたガスで発電を行い、「再生可能エネルギーの固定価格買取制度(FIT制度)」により全量を売電しています。発電の過程で発生する熱については、チップの乾燥に使うとともに、余剰分を近隣の宿泊施設に温水として提供しています。木材調達に当たっては、地域林家から相場より高い

森林・林業の再生に向けて一里山再生 モデル事業、ふくしま森林再生事業

森林・林業の再生に向けて、福島県では関係省庁との連携による、生活環境の安全・安心の確保、住居周辺の里山の再生、奥山等の林業再生に向けた取組などを進めています。モデル地区を対象に間伐等森林整備等を推進する「里山再生モデル事業」や、森林の公益的機能を維持しながら放射性物質対策に取り組む「ふくしま森林再生事業」などを実施しています。

里山再生モデル事業

2016年3月に、復興庁、農林水産省、環境省の3省庁により「福島の森林・林業の再生に向けた総合的な取組」が取りまとめられました。この主要施策として「里山再生モデル事業」を実施しています。

地域の要望を踏まえ選定したモデル地区において、里山再生を進めるための取組を推進しています。次のような取組内容で、関係省庁が県や市町村と連携しながら進めています。

- ①モデル地区内の放射線量マップの作成
- ②森林内の人々の憩いの場や日常的に人が立ち入る場所等での適切な除染の実施
- ③木材生産や景観改善等のための森林整備



【図 7-5】 里山再生モデル事業のイメージ

資料：復興庁 HP「里山再生モデル事業(概要)」、「福島の森林・林業の再生に向けた総合的な取組」2016年3月、林野庁「平成30年度 森林・林業白書」

2019年までに14か所のモデル地区を選定し、空間線量率の測定や除染、森林整備等の各種事業が進められています。モデル地区での間伐等の森林整備については、2019年9月末時点で、川俣町、広野町、川内村、相馬市、田村市、楡葉町及び大熊町で作業が完了しました。葛尾村、二本松市、伊達市、富岡町、浪江町、飯館村、及び南相馬市では、現在作業を実施中です。

ふくしま森林再生事業

間伐等の森林整備が停滞すると、荒廃した森林が増え、これまで有していた森林の多面的機能が十分に発揮されなくなります。例えば、水源涵養機能や土砂災害防止機能等が低下するなど、日常生活への影響も心配されます。

福島県では、2013年度から森林の公益的機能の維持増進を図る森林整備とその実施に必要な放射性物質対策を行う「ふくしま森林再生事業」に取り組んでいます。「ふくしま森林再生事業」は、市町村等の公的機関が主体となり、汚染状況重点調査地域等(解除地域を含む)を対象に森林整備等を実施しています。

主な取組には次のようなものがあります。

- ①空間線量率の調査や森林所有者の同意取得等
- ②土砂移動抑制対策(丸太筋工の設置等)
- ③森林整備(間伐、更新伐等)
- ④路網整備(森林作業道の開設等)

2013年度以降、これまで44市町村で実施しており、2019年3月までの実績は、間伐等6,766ha、森林作業道803kmとなっています。

実証地選定のための森林調査等	公的主体による森林整備	放射性物質対策の実証
<ul style="list-style-type: none"> ・実証地の選定のための森林の放射線量等の概況調査 ・作業計画の検討のための実証対象森林の調査 ・森林所有者への説明・同意取付等を実施。 	<ul style="list-style-type: none"> ・放射性物質の影響等により整備が進みがたい人工林等において、県、市町村等の公的主体による間伐等を実施。 	<ul style="list-style-type: none"> ・放射性物質の影響に対処するため ・森林整備に伴い発生する枝葉等の破碎、梱包、運搬 ・放射性物質の移動抑制のための筋工の設置等の実証的な取組を実施。
 <p>概況調査等 同意取付</p>	 <p>間伐等の適切な森林整備</p>	 <p>破碎等の実証 丸太筋工の設置</p>

【図7-6】ふくしま森林再生事業の事業概要

資料：林野庁「放射性物質の現状と森林・林業の再生」2018年度版

森林・林業再生への取り組みの現状 —避難指示解除区域等における実証事業

避難指示区域の解除など、住民の帰還に向けた取組が進められている中、地域住民の雇用・生活の場の確保のためには、地域の基幹産業のひとつである林業・木材産業の再開が重要です。林野庁は避難指示が出されていた区域を対象に、森林整備や林業生産活動を円滑に再開できるよう、これまで得られた知見を活用した放射性物質対策についての実証事業に取り組んでいます。

林業再生に向けた実証事業

原発事故以降、森林整備や林業生産活動が行われない状態が続いている避難指示区域等において、林野庁では、解除後、地域の森林整備等を円滑に再開できるよう、2014年度から放射性物質対策技術の実証事業を実施しています。

2018年度は、次のような実証事業を行いました。今後も引き続きモニタリング

実施箇所		開始年度	樹種	面積 (ha)	作業内容
市町村	地区				
田村市	小滝沢	H26	広葉樹	3.44	更新伐、植栽
	合子	H27	広葉樹	2.79	更新伐、植栽
	馬場平	H28	スギ、ヒノキ、アカマツ	2.90	皆伐、植栽、間伐
南相馬市	羽倉	H26	スギ、アカマツ	4.31	間伐
飯館村	二枚橋	H26	アカマツ、広葉樹	4.20	間伐
	白石	H27	スギ	0.56	間伐
	関沢	H28	ヒノキ	1.61	間伐
川内村	毛戸	H26	スギ、アカマツ、カラマツ	5.26	皆伐、植栽、間伐
葛尾村	大笹	H27	ヒノキ、アカマツ	2.95	間伐
檜葉町	大谷	H28	スギ、ヒノキ	1.26	間伐



〔図 7-7〕 実証市町村と取組状況

資料：林野庁 HP 「平成 30 年度 避難指示解除区域等の林業再生に向けた実証事業の概要」

等を継続していきます。

- ①森林施業に伴う空間線量率の変化
- ②新たな落葉等による影響
- ③樹木に含まれる放射性物質の濃度等
- ④カリウム施肥による植栽木中の放射性セシウム吸収抑制効果
- ⑤チップ散布に伴う空間線量率の変化



[図 7-8] 避難指示解除区域等の林業再生に向けた実証事業
 資料：林野庁「放射性物質の現状と森林・林業の再生」2018 年度版、林野庁 HP「平成 30 年度 避難指示解除区域等の林業再生に向けた実証事業の概要」

きのこ生産に向けて —生産者の活動と支援

原発事故直後に落ち込んだきのこの生産は、さまざまな努力により徐々に再開・拡大されてきました。生産者の安全に配慮した取り組み、支援活動など、きのこ生産の再開に向けて動き出している事例を紹介します。

循環型きのこ栽培で環境に配慮

鈴木農園(福島県郡山市)では、「ジャンボなめこ」を主力製品とした各種なめこや野菜を生産しています。なめこの栽培にあたり、放射性物質に汚染されないよう自社の製造舎を徹底的に管理しています。また、森の中の環境を再現した長期熟成栽培を行うことにより、菌床栽培にもかかわらず天然なめこのようなしっかりとした歯ごたえと旨味を生み出しています。また、野菜の栽培においてはなめこの廃培地を堆肥等に再利用するとともに減農薬・減化学肥料を実践しており、県内外から好評価を得ています。



[写真 7-14] 鈴木農園でのなめこ栽培
資料：「平成 30 年度避難指示解除区域等の林業再生に向けた普及啓発事業」生活協同組合パルシステム東京「出前講座」資料、鈴木農園 HP

震災から復興、新工場で地域の雇用を守る

福島県いわき市のブランド農産物「いわきゴールドしいたけ」を生産する農事組合法人いわき菌床椎茸組合は、需要拡大のため 2015 年に新工場を設立し、施設面積を 1 万 3300 m²へと拡大し、年間生産量を 500t から 1,000t 体制に増やしました。

東日本大震災の後、出荷は一時停止に追い込まれましたが、社員の雇用を守るた

め、また「いわきゴールドしいたけ」のブランドを守るためにも、放射性物質にしいたけが汚染されないよう、オガ粉・菌床・生しいたけの各段階における独自の放射線量検査に加え、行政機関の充実した検査体制の下、安全なしいたけを生産しています。また、大手取引先の厳格なチェックもクリアし、信用の獲得にもつながっていききました。

これからも安心・安全なしいたけを食卓に届けることを第一とした事業展開を目指しています。



[写真 7-15] 「いわきゴールドしいたけ」を生産する農事組合法人いわき菌床椎茸組合

資料：中小企業家同友会全国協議会 HP「DOYU NET」、いわき市農業振興課 HP「いわき野菜 navi」

きのこ料理コンクール全国大会入賞で PR

「第 31 回きのこ料理コンクール全国大会」が 2018 年 3 月、服部栄養専門学校(東京都渋谷区)で開催されました。この大会は、日本特用林産振興会が毎年開催しているもので、しいたけ等のきのこについての正しい知識や新しい料理方法を普及することによって、きのこの消費を拡大させることを目的としています。全国大会には、2269 点の応募の中から、各県のコンクールを通過した精鋭 15 名が出場しました。審査の結果、福島県代表の郡山女子大付属高等学校 3 年の飯村菜月さんが湖南産しいたけや郡山産ブランド米「あさか舞」等の地元の食材をふんだんに使用した「愛 LOVE 福島湖南産しいたけ米粉焼き!!」を出品し、日本特用林産振興会長賞と日本椎茸農業協同組合連合会会長理事賞を受賞しました。飯村さんは、表彰式後の懇談会の際にも、受賞の感想とともに全国に向けて福島県産品の安全・安心を PR しました。



[写真 7-16] 受賞した飯村さんのきのこ料理
資料：公益社団法人 福島県森林・林業・緑化協会 HP

風評対策と支援—岩手、宮城、福島からの情報発信

風評・風化対策

震災から8年が経過する中で、これまでに岩手県、宮城県、福島県では、生産物の検査体制の強化による安心・安全な出荷への取り組みに力を入れてきました。その結果、農林水産物の市場価格は徐々に回復が見られるようになってきています。今後も蓄積してきた流通実態調査結果を生かし、効果的な取組を実施していくこととしています。

消費拡大へ向けて、正確な情報の発信、ブランド力の強化、輸出拡大に取り組むなど、農林水産物に対する安全性の理解促進と生産者の姿やおいしさなどの魅力を発信していきます。

復興庁及び、岩手県、宮城県、福島県の各県では、風評・風化への対策に対し、次のような取組に力を入れています。

1. 風評の源を取り除く

被災地産品の放射性物質検査の実施や、環境中の放射線量の把握と公表

2. 正確でわかりやすい情報提供

消費者の信頼を確保するため、安心・安全に関する情報を科学的・専門的な知識に基づいて提供

3. 風評被害を受けた産業の支援(風評払拭に向けた支援)

- ・県産品を知ってもらうイベントや被災地応援フェアの開催
- ・風評払拭に向けた活動や、地域木材・伝統的工芸品・工業製品等の販路や新製品の開発への支援

資料：復興庁「風評対策強化指針(平成30年7月追補改訂版)」、新生ふくしま復興推進本部「福島県風評・風化対策強化戦略(第1版)の概要」2015年9月7日

平成31年度 風評・風化対策の取組指針

岩手県ホームページ「東日本大震災津波風化防止・風評被害対策関連事業一覧」、「いわて県民計画」

宮城県農林水産部「東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う宮城県の農林水産物風評被害の実態把握」平成24年8月

風評払拭に向けた活動

【事例1】日本橋ふくしま館

2014年4月に東京・日本橋にオープンした福島県の首都圏情報発信拠点「日本橋ふくしま館 MIDETTE(ミデッテ)」の来館者が2019年6月18日、200万人を超えました。愛称の「MIDETTE」は「見てね、来てみてね」といったお誘いの気持ちを福島の方言風に表現しています。多くの人に、福島県の果物や酒、工芸品などの特産品の魅力や観光情報、食の安全を確保する取り組みなど復興に向かう「ふくしまの今」を発信しています。



[写真 7-17] 福島県の首都圏情報発信拠点「日本橋ふくしま館 MIDETTE」
資料：日本橋ふくしま館 HP

【事例2】ホープツーリズム

福島県が進める「ホープツーリズム」では、福島をフィールドとした「主体的・対話的で深い学び」の実現を目指すツアーを提供しています。参加者は、県内のいろいろな分野で復興に挑戦する人々と出会い、これから進んでいく方向を話し合いながら考えていくツアーです。地域住民との交流を通じた体験活動や地元食材を生かした料理が堪能できることも魅力です。これまでに県外の大学生や海外からの留学生なども参加し、多くの気づきや刺激をそれぞれの社会に持ち帰っています。



[写真 7-18] 広島大学の学生が現地で生産者の声を聞き、考えるツアー
資料：ホープツーリズム HP、SYNODOS「福島レポート」

【事例3】岩手県・宮城県・福島県による農業農村復旧復興パネル展

2018年11月に農林水産省内で開催された農業農村復旧復興パネル展では、東日本大震災により甚大な被害を受けた岩手県、宮城県、福島県が、全国からの支援をもらいながら復旧・復興を進めている姿をパネル展示しています。震災の発生から7年経った展示では、「皆様のご支援に感謝！」をテーマに、復旧から復興へと歩みはじめた農業・農村の様子を紹介しています。5日間開催された展示には、774人の来場者(都内の小学生も来場)がありました。



【写真 7-19】 農業農村復旧復興パネル展の様子

資料：農林水産省 HP

【事例4】いわて銀河プラザ

岩手県産株式会社は、岩手県の自然から生まれた農林水産物と、それらを生かした加工食品の数々、また伝統を受け継ぐ民芸品などを取り扱っています。「特産品プラザらら・いわて」(盛岡市・仙台市・平泉市)、アンテナショップ「いわて銀河プラザ」(東京都)、「みちのく夢プラザ」(福岡市)のほか、カタログやオンラインショップによる通信販売などを手がけています。1964年に設立され、半世紀にわたる特産品流通のノウハウを活用し、被災地企業の支援に協力しています。



【写真 7-20】 アンテナショップ「いわて銀河プラザ」

資料：岩手県産株式会社 HP

【事例5】青森・岩手ええもんショップ

「青森・岩手ええもんショップ」は、関西圏の物産・観光・文化等の総合的な情報発信拠点となる青森県・岩手県共同のアンテナショップです。岩手、青森の特産品やとっておきの情報など二県の「ええもん」を取り揃えています。2019年7月には創業三周年を迎えました。



【写真 7-21】 青森・岩手ええもんショップ

【事例6】宮城ふるさとプラザ

「宮城ふるさとプラザ」は、首都圏の人を中心に宮城県の特産品や観光情報を発信する拠点施設(アンテナショップ)です。おすすめ商品の紹介・販売、県内企業がつくった新商品のテスト販売や、県内の企業や市町村が来客者と直接ふれあうことができるイベント販売などを行っています。愛称は「コ・コ・みやぎ」です。Collaboration(協力)、Coexistence(共存)、Coordinate(コーディネート)をコンセプトに、来客者がよるこぶ品々を県民が協力して創り出し、提供したいと運営しています。来客者と県民が共にうれしい、共に創り上げていく「宮城県のいいものコ・コにあります」という思いが詰まっています。



【写真7-22】宮城ふるさとプラザ
資料：宮城ふるさとプラザHP

「共感と応援の和」を拡大する活動

【事例7】『ふくしまプライド。』

福島県では、農産物などの県産品情報を「ふくしまプライド。」というメッセージを通じて全国に発信する取り組みを行っています。『ふくしまプライド。』のポータルサイトでは、生産者のプライドが詰まった農林水産物を紹介しながら、おすすめのレシピや食品の安全性も知ることができます。気に入った商品は、提携する通販サイトで購入することができます。



【写真7-23】『ふくしまプライド。』では生
産者の農産品に対する思いを
紹介

資料：『ふくしまプライド。』HP

【事例8】「食材王国みやぎ」

宮城県が運営するウェブサイト「食材王国みやぎ」では、「食」にかかわる産業を

充実させるための食関連情報ネットワークの整備や食材アピールのためのイベント開催、安全・安心な食料供給の推進などの官民一体となった様々な取組をしています。食材資源や立地条件等の優位性を基盤にしながら、地域独自の発想や創意工夫を生かし、生産から加工・流通・消費に至るまでのトータルな食に関する多様なビジネス機会や雇用を県内各地で創出していくことを目指しています。

サイト内の「みやぎ生産者ガイド」では、県内のこだわりを持って第一次産品を生産する“生産者”と、その生産者が自信を持って提案する魅力ある“食材”を紹介しています。食材1品ごとに生産者情報・食材情報を併せて掲載しているのも、興味を持った生産者や食材について、直接問い合わせることができます。

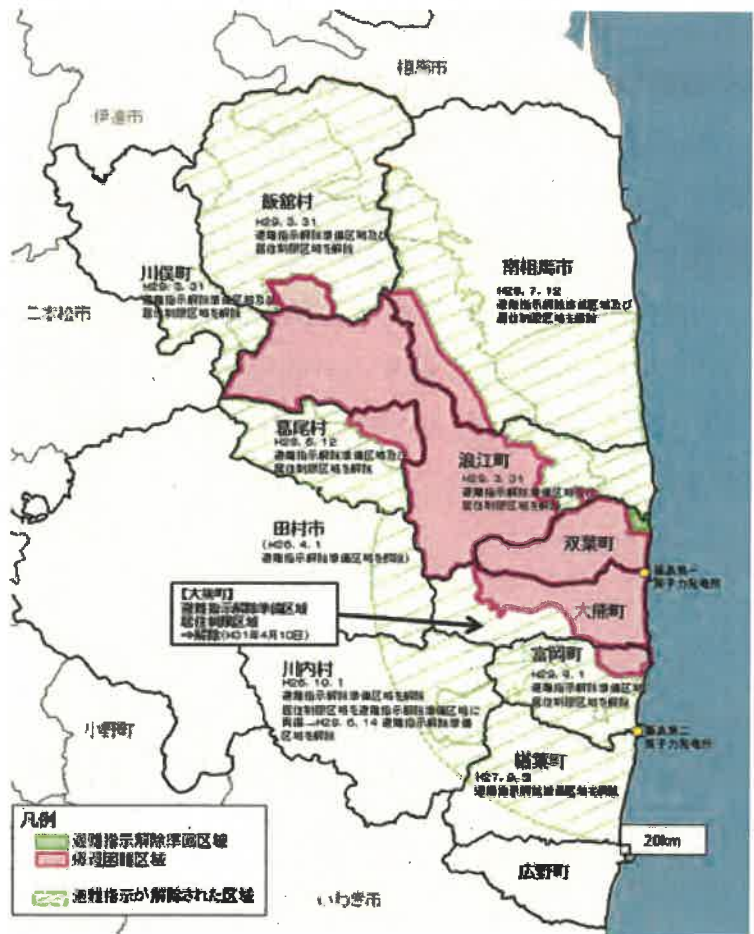


[写真 7-24] 食材王国みやぎウェブサイト
食材王国みやぎ HP

参考資料

避難指示区域の指定状況等

東日本大震災による福島第一原子力発電所の事故により、原子炉の損傷や放射性物質の放出・拡散による住民の生命・身体の危険を回避するために、国は原発事故直後から避難指示を出し、事故の深刻化に伴い徐々に避難指示区域を指定しました。そして、原子炉が冷温停止状態に到達したことを確認したのち、住民の帰還に向けた環境整備と、地域の復興再生を進めるため、避難指示区域の見直しを進めました。2012年4月1日には、年間積算線量の状況に応じて、避難指示解除準備区域、居住制限区域、帰還困難区域の3つの区域に区分されました。その後、空間線量率の低下に伴って、田村市の都路地区、川内村、楢葉町、葛尾村(一部地域を除く)、南相馬市(一部地域を除く)、川俣町の山木屋地区、飯舘村(一部地域を除く)、浪江町(一部地域を除く)、富岡町(一部地域を除く)、大熊町(一部地域を除く)の避難指示解除が行われ、徐々に住民の方が帰ることが



【図】現在の福島県の避難指示区域の状況(2019年4月10日時点)

資料：福島県 HP「福島復興ステーション 避難指示区域の状況」
 出典：経済産業省作成の資料をもとに福島県が加工したもの
 本文の資料：福島県 HP「福島復興ステーション 避難指示区域の状況」「福島復興ステーション 避難区域の変遷について一解説」
 2019年4月11日更新

できる区域が増えてきています。

現在の避難指示区域の状況は図のとおりです。

【区域区分】

●避難指示解除準備区域

復旧・復興のための支援策を迅速に実施し、住民の方が帰還できるための環境整備を目指す区域。

●居住制限区域

将来的に住民の方が帰還し、コミュニティを再建することを目指して、除染を計画的に実施するとともに、早期の復旧が不可欠な基盤施設の復旧を目指す区域。

●帰還困難区域

放射線量が非常に高いレベルにあることから、バリケードなど物理的な防護措置を実施し、避難を求めている区域。

<特定復興再生拠点区域について>

福島復興再生特別措置法の改正(2017年5月)により、将来にわたって居住を制限するとされてきた帰還困難区域内に、避難指示を解除し、居住を可能とする「特定復興再生拠点区域」を定めることが可能となりました。

市町村長は、特定復興再生拠点区域の設定及び同区域における環境整備(除染やインフラ等の整備)に関する計画を作成し、当該計画を内閣総理大臣が認定します。

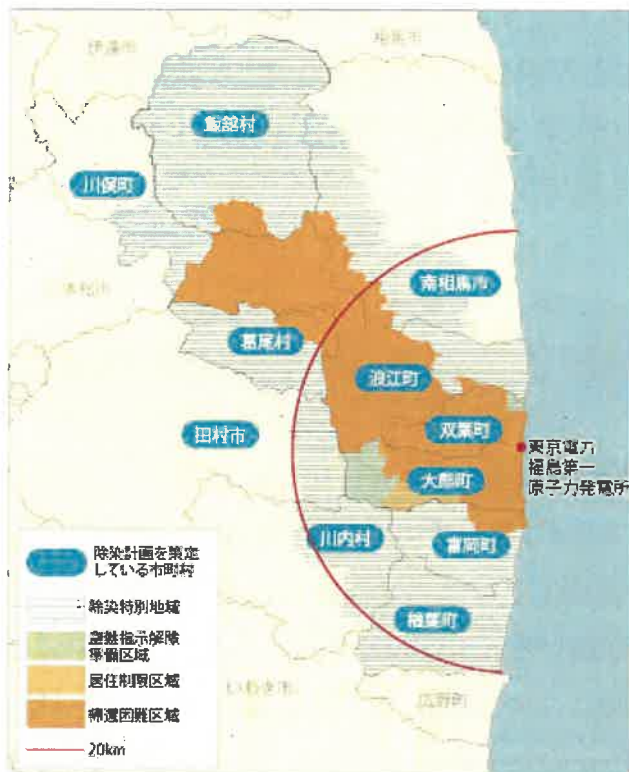
2019年9月現在、6市町村(双葉町、大熊町、浪江町、富岡町、飯館村、葛尾村)が認定されています。

福島県内 除染特別地域

国が除染を実施する地域(除染特別地域)等

除染特別地域とは、国が除染の計画を策定し除染事業を進める地域として、放射性物質汚染対処特別措置法に基づき指定されている地域です。基本的には、事故後1年間の積算線量が20ミリシーベルトを超えるおそれがあるとされた「計画的避難区域」と、東京電力福島第一原子力発電所から半径20km圏内の「警戒区域」を指します。

国は市町村などの関係者との協議・調整を行い、「特別地域内除染実施計画」を策定し、除染を進めていきます。



除染特別地域一覧

福島県 楢葉町、葛岡町、大熊町、双葉町、浪江町、葛尾村、及び飯館村。並びに田村市、南相馬市、川俣町、川内村で警戒区域又は計画的避難区域であったことのある地域

〔図〕 特別地域内除染実施計画の策定と区域見直しの現状(2017年4月1日現在) 警戒区域、避難指示区域等の見直しの現状に、特別地域内除染実施計画の策定状況を加えたもの。

資料：環境省「除染情報サイト」

森林での作業と放射線の基準 —放射線障害防止対策のガイドライン

「避難指示解除準備区域」は、居住した場合でも被ばく線量が年間の積算で20 mSv以下となることが確実であることが確認された地域です。生活に必要な公共施設が整備されるまで等の間は、引き続き居住が制限されていますが、原子力被災者生活支援チームから出された「避難指示解除準備区域内での活動について(2017年5月19日改訂)」の中では、区域内でできる活動として、営林の再開が示されました。

それを踏まえ、林内作業者の被ばくを低減するため、安全・安心対策の一層の取組が重要視されます。

放射線障害防止対策のガイドライン

福島第一原発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。

*物質に電離作用を及ぼす放射線。

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)林道の開設等、(5)災害復旧作業は、「特定汚染土壌等取扱業務」*¹または、「特定線量下業務」*²に該当する可能性があります。

いずれも、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るよう「除染等業務に従事する労働者の放射線障害防止のためのガイドライン」に記載されています。

また年間の追加被ばく線量の合計が 1 mSv 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、かつ、年間数十回(日)の範囲内で作業に就かせることを原則としており、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 「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 Cs-134 及び Cs-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)。

*2 「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。

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」2014年11月)

「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(空間線量率が 2.5 μ 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を参照してください)。

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」2014年11月18日

「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 μ 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」2018年1月30日

作業安全ガイド

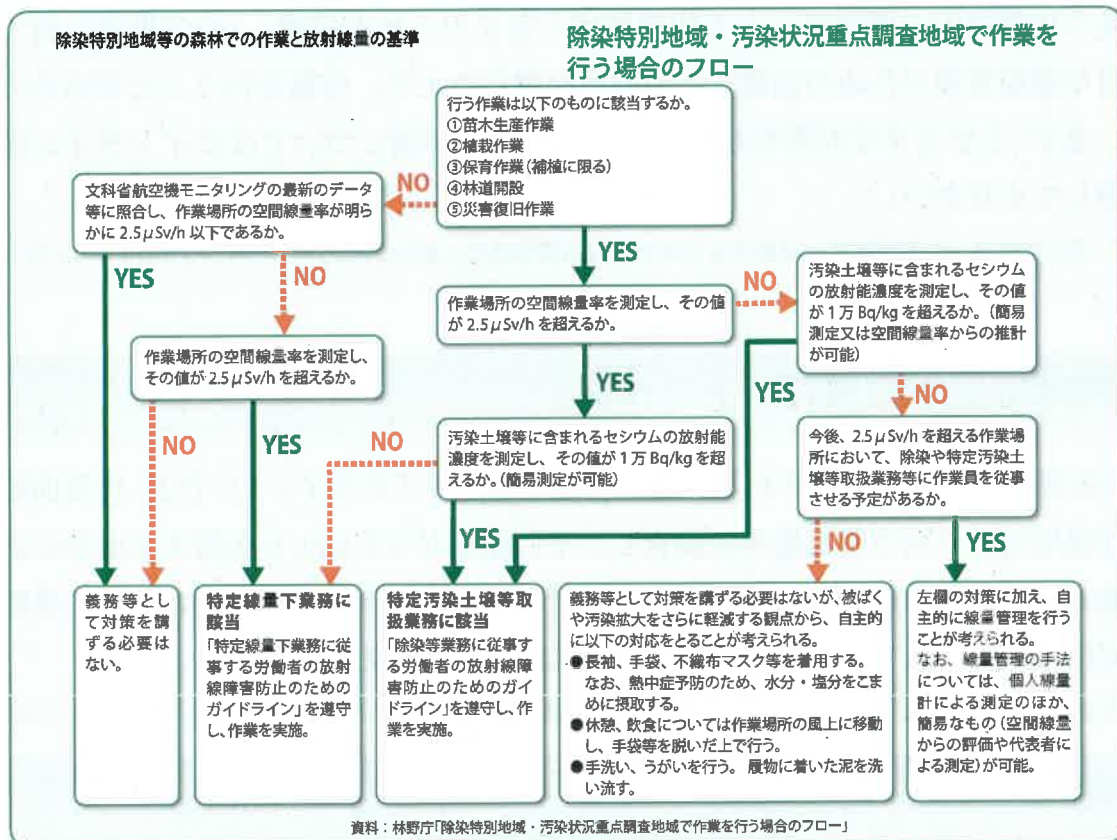
林野庁では、「森林内等の作業における放射線障害防止対策に関する留意事項等

について(Q & A)」(2012年)を作成し、森林内の個別の作業が特定汚染土壌等取扱業務や特定線量下業務に該当するかどうかをフローチャートで判断できるように整理しました。実際に森林内作業を行う際の作業手順や留意事項も解説しています。

また2013年には、福島県内の試験地において、林業機械の活用による作業者の被ばく低減等について検証を行い、キャビン付き林業機械による作業の被ばく線量は、屋外作業と比べて35~40%少なくなるとの結果が得られました。このため林野庁では、林業に従事する作業者の被ばくを低減するため、リースによる高性能林業機械の導入を支援しています。

さらに2016年度には、林内作業向けに分かりやすい放射線安全・安心対策のガイドブックを作成し、森林組合等の林業関係者に配布し普及を行っています。

資料：林野庁「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)」改訂2018年1月30日、林野庁「平成30年度森林・林業白書」



【図】作業安全ガイド(除染特別地域等の森林での作業と放射線量の基準)

林産物の基準値一覧・出荷制限と解除 —きのこ・山菜・薪・木炭・木質ペレット

きのこ、山菜、薪、木炭などの特用林産物、木質ペレットなどの林産物に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。

基準値を上回るきのこ・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、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」の放射性セシウムの基準値 100 Bq/kg が適用されており、2019年9月5日現在、13県 193市町村で、原木しいたけ、野生きのこ、たけのこ、くさそてつ、こしあぶら、ふきのとう、たらめ、ぜんまい、わらび等 23品目の特用林産物に出荷制限が指示されています。このうち原木しいたけについては、2019年9月5日現在、6県 93市町村で出荷制限が指示されています。

薪・木炭・木質ペレットの指標値

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」(燃烧した際の放射性セシウムの濃縮割合を勘案し、薪は40 Bq/kg、木炭は280 Bq/kg(いずれも乾重量))を設定しました*1。都道府県や業界団体に対しては、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をしています。

2012年11月には、木質ペレットについても放射性セシウム濃度に関する「当面の指標値」を設けました。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は40 Bq/kg、樹皮を原料とするバークペレットは300 Bq/kgを設定しています*2。

きのこ等の基準値 (単位: Bq/kg)

対象品目	基準値	設定時期
きのこ・山菜(一般食品基準)	100	2012年 4月

きのこ原木・薪・木炭・ペレット等の当面の指標値

対象品目	指標値	設定時期
きのこ原木・ほだ木*2	50	2012年 3月
菌床用培地	200	2012年 3月
薪*3	40	2011年 11月
木炭	280	2011年 11月
木質ペレット (ホワイトペレット、全木ペレット)*4	40	2012年 11月
木質ペレット(バークペレット)	300	2012年 11月

*1 放射性物質を含む食品からの被ばく線量の上限を年間1mSvとし、これをもとに放射性セシウムの基準値を決めています。

*2 放射性物質の影響を受けたほだ木(乾重量当たり)や菌床用培地(乾重量当たり)と、発生したしいたけ(生重量当たり)のそれぞれの放射性セシウムの濃度の測定結果を基に、移行係数の上限値に近いとみなせる値を統計的に推計しました。その結果、移行係数は、きのこ原木(ほだ木)の場合が2、菌床用培地(菌床)の場合が0.5という値が得られ、次の式により、きのこ原木及びほだ木の当面の指標値50ベクレル/kg、菌床用培地及び菌床200ベクレル/kgを設定しました。

当面の指標値=100ベクレル/kg(一般食品の新しい基準値)÷移行係数(きのこ原木2、菌床用培地0.5)

参考: 林野庁「きのこ原木及び菌床用培地等の当面の指標値設定に関するQ&A」2012年

*3 実証実験により、薪1kgを燃焼させると灰5g、木炭1kgを燃焼させると灰30gが残り、薪及び木炭に含まれていた放射性セシウムの約9割がその灰に残るとのデータが得られました。これは、灰1kg当たりの放射性セシウムの濃度が薪1kgと比べて182倍、木炭1kg

と比べて28倍となることを意味します。

このため、薪及び木炭の燃焼により生じる灰が、セメント等で固化する等の対策を講じなくても一般廃棄物最終処分場での埋立処分が可能な放射性物質の濃度である8,000Bq/kg以下となるよう、薪の指標値を40Bq/kg(8,000÷182=44≒40)、木炭の指標値を280Bq/kg(8,000÷28=286≒280)としました。

*4 ホワイトペレットと全木ペレットについては、まず、燃焼前のペレットと燃焼後の灰の放射性セシウム濃度の比率(放射性セシウムの濃縮の割合)を算出しました。この比率の分布から、約9割の確率で燃焼後の灰の放射性物質濃度が、一般廃棄物として通常の処理が可能な上限値8,000Bq/kgを超えないようにするためのペレットの放射性物質濃度の上限値を求めるため、濃縮率を推計したところ、210という結果を得ました。これを基に、次により当面の指標値を以下のとおり算出しました(8,000 Bq/kg÷210倍=38.1 Bq/kg≒40 Bq/kg)。

バークペレットについては、検体数が少ないため、濃縮率の最大値(25倍)を用いて、以下により当面の指標値を求めました(8,000 Bq/kg÷25倍=320 Bq/kg≒300 Bq/kg)。

資料: 林野庁「木質ペレットの当面の指標値の設定、検査方法等についてのQ&A」2012年

【図】 様々な基準・指標

資料: 林野庁「放射性物質の現状と森林・林業の再生」2018年

*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)

資料: 林野庁「平成30年度 森林・林業白書」

索引

放射能や放射線を表す単位

ベクレル (Bq)	14、15
シーベルト (Sv)	14、15、16、17
グレイ (Gy)	15、16
シーピーエム (cpm)	87

■ あ行

アルファ(α)線	13、28
遺伝的影響	24
飲用沢水の放射性物質	64
ウェットプラスト処理	98
エックス(X)線	13
汚染状況重点調査地域	37、124、141
落葉等による空間線量率への影響	74

■ か行

ガイガーカウンター	87
海岸防災林	111
外樹皮の放射性セシウム濃度	49
皆伐区による放射性セシウムの移動	77
外部被ばく	27、29、32、80
外部被ばくの低減3原則	29
確定的影響	24、25、26
確率的影響	24、25、26、30
河川の放射性物質	64、65
カリウム施肥	94、126
間伐区による放射性セシウムの移動	76
ガンマ(γ)線	13、20、28
帰還困難区域	136、137
きのこ	6、9、90、91、100、127、128、142
きのこ原木	91、93、94
きのこ・山菜のモニタリング検査	90
きのこ等の基準値	143
吸収線量	16
急性影響	24、25
急性放射線症候群	24、25
吸入摂取	27
居住制限区域	136、137
菌床栽培	6、127
空間線量率	16、22、36、37、39、41、43、53、55、61、66、70、73、74
空間線量率の測定方法	22

グレイ(Gy)からシーベルト(Sv)への換算	17
経口摂取	17、27
経皮吸収	27
渓流水の放射性物質	64
原木栽培	91
原木しいたけ	96、98、142
原木に含まれる放射性物質	91
原木林	91、93
公共建築物	112、113、117
こしあぶら	104、142
個人被ばく線量計	21、80

■ さ行

再生可能エネルギー	120
再生可能エネルギーの固定価格買取制度	121
栽培きのこ	6、90、96
作業安全ガイド	140
作業種ごとの1時間あたりの個人被ばく線量	81
里山再生モデル事業	123
サーベイメータ	20、21、22
山菜類の放射性セシウム濃度	104
しいたけ	96、97、98、128
GM 管式サーベイメータ	21
CLT	117
CLT パネル工法	109、117、118
しきい線量	24、26
自然放射線	23、24、32
下刈りによる空間線量率への影響	73
実効線量	16
実効線量係数	17
実効半減期	19
実証事業	125
樹皮(バーク)の処理対策	88
樹木の各部位別の放射性物質蓄積量	47
植栽木の放射性セシウム濃度	78、94
除染等業務ガイドライン	140
除染特別地域	138
人工放射線	23、24
身体的影響	24、25
シンチレーション式サーベイメータ	21、22
森林組合	7、8、114、115
森林施業に伴う空間線量率への影響と効果	70

索引

森林蓄積・成長量	3
森林内の放射性セシウム	35、51、52、89
森林における空間線量率の分布の推移	36
森林認証	110、115
森林の空間線量率の分布予測	42
森林面積	2
森林モニタリング実測値	39
スギ雄花中セシウム濃度	54、55
スギ林内における部位別の放射性物質濃度	43
製材工場	5、88
製材品の表面線量	86、87
生物学的半減期	18、19
ゼオライトシート	97
創傷侵入	27
素材生産量	3、4
Cs-134	53、67
Cs-137	53、67

■ た行

大気浮遊じん中の放射性セシウム濃度	67
たけのこ	101、102、103、142
縦ログ構法	119
チェルノブイリ	58、100
竹林施業	102
中性子線	13
DNA	23、25、30
低線量被ばく	30
天然の放射性物質	32
電離箱式サーベイメータ	21
等価線量	16
特定線量下業務ガイドライン	140
特定復興再生拠点区域	137

■ な行

内樹皮の放射性セシウム濃度	49
内部被ばく	16、17、27、28、29、32、33、67、82
内部被ばくの低減	29
なめこ	127
日常生活と放射線	24

■は行

ハイブリッド集成材	109、119
ハイボリュームエアサンプラー	67
葉・枝・樹皮の放射性セシウム濃度	44
葉の放射性物質	57
晩発影響	24、25
避難指示解除準備区域	37、38、104、136、137、139
避難指示区域	37、125、136、137
被ばく低減	29、80、81、82、83、140、141
被ばく線量と健康リスク	26
被ばく線量と発がんリスク	30
被覆材	97、98
風向・風速と空間線量率	66
風評・風化対策	129
ふくしま森林再生事業	110、123、124
物理学的減衰(曲線)	39、40、41
物理学的半減期	18
プルシアンブルーシート	97
ベータ(β)線	13、28
辺材・心材の放射性セシウム濃度	44
萌芽更新木	91、94
防護衣	80、81、83
放射性セシウム濃度	43、44、45、49、53、59、61、67、78、94、99、 101、102、104、106、143
放射性物質	12、14、18、19、43、47、49、51、54、57、59、 64、66、70、76、90、91、94、96、99、102、 104、106、121
放射性物質の半減期	18
放射線	12、13、14、16、20、23、24、80、139
放射線計測	20
放射線測定器	20
放射線と放射能の単位	15
放射線と生活習慣によってがんになるリスク	31
放射線の影響と人体の修復力	23
放射線の種類と透過力	13
放射線の人体への影響の分類	24
放射線の透過力と人体の影響範囲	28
放射線障害防止対策のガイドライン	139
放射能	12、13、14、17、18
放射性セシウム蓄積量	47

索引

■ま行

薪	142
薪・木炭・木質ペレットの指標値	142
「緑の雇用」事業	8
モウソウチク	101、102
木材加工・流通施設	5
木材(辺材、心材)中の放射性セシウム濃度	59
木材で囲まれた居室を想定した場合の試算結果	63
木質バイオマス	120、121
木質ペレット	142
木炭	142
野生きのこ	90、99、100、142
預託実効線量(Sv)	16、17

■ら行

落葉層・土壌の放射性セシウム濃度	45
落葉層・土壌の放射性物質蓄積量	47
落葉等による空間線量率への影響	73、74
ラドン	32
リターフォール	74
林家	7
林業機械による放射線遮へい効果	80
林業産出額	4、6
林業就業支援講習	8
林業女子会	9
林業人材育成研修会	9
林産物の基準値一覧	142

■わ行

わらび	106、142
-----	---------

さまざまな情報源

- **森林・林業と放射能関係ポータルサイト(国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所)**
—検索「森林と放射能」
<http://www.ffpri.affrc.go.jp/rad/>
- **東日本大震災に関する情報(農林水産省)**
—検索「東日本大震災に関する情報」
<http://www.maff.go.jp/j/kanbo/joho/saigai/>
- **東日本大震災に関する情報(林野庁)**
—検索「東日本大震災に関する情報」
<http://www.rinya.maff.go.jp/j/kouhou/jisin/>
- **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」
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量調査結果(福島県)**
—検索「福島県産製材品 放射線」
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/ps-kensanzaityousa.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」
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/37370a/>
- **森林除染関係-環境再生プラザ(環境省・福島県)**
—検索「除染情報プラザ」
<http://josen.env.go.jp/plaza/>
- **関係府省等へのポータルサイト**
—検索「農畜水産物 影響」
http://www.maff.go.jp/noutiku_eikyo/

2019年度版
放射性物質の現状と森林・林業の再生―復興・再生を目指して

2019年12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
国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合
研究所
