

森林における放射性物質の 状況と今後の予測について

- 1 モニタリング調査の進め方
- 2 令和元年度調査の結果
- 3 放射性物質の動態変化
- 4 実証事業の結果

福島県森林計画課

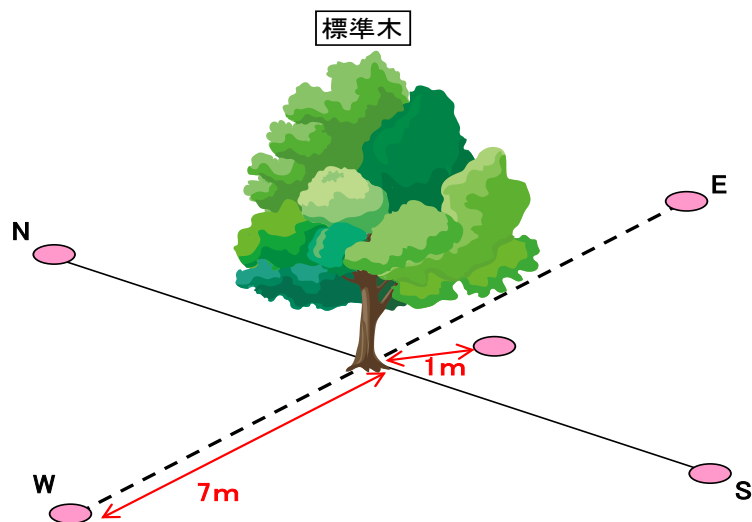


年度	調査箇所数	調査項目の内訳				調査実施主体
		箇所数	空間線量率	樹木のCs濃度	樹木（部位別） 土壌等のCs濃度	
平成23（2011）年度	362	362	○			県（直営）
平成24（2012）年度	925	785	○			県森林整備加速化・ 林業再生協議会 （補助）
		90	○	○		
		50	○		○	
平成25（2013）年度	1,006	849	○			県（委託）
		81	○	○		
		76	○		○	
平成26（2014）年度	1,193	1,117	○			県（委託）
		76	○		○	
平成27（2015）年度	1,230	1,154	○			県（委託）
		76	○		○	
平成28（2016）年度	1,250	1,179	○			県（委託）
		71	○		○	
平成29（2017）年度	1,300	1,219	○			県（委託）
		81	○		○	
平成30（2018）年度	1,300	1,219	○			県（委託）
		81	○		○	
令和元（2019）年度	1,300	1,219	○			県（委託）
		81	○		○	

※Csは放射性セシウムの略

※調査地の樹種はスギ、アカマツ、ヒノキ、カラマツ及び広葉樹

- ・学識経験者の意見聴取（放医研・森林総研・北大等）
- ・IAEAに報告（福島県とIAEAとのプロジェクト H24.12.14締結、H29.12.25更新）
- ・1,300箇所のうち2箇所は避難指示解除準備区域内



選定した標準木の周辺5点で計測



空間線量率の測定状況

森林内の調査箇所における標準的な値を測定

- ・標準木から1m離れた地点と東西南北に7m離れた4地点で測定 (計5点の平均)
- ・各地点において、指示値が安定した後に1分間隔で3回測定値を記録
- ・測定高さは1m
- ・測定機器は1年以内に校正したシンチレーション式サーベイメーターとする
- ・検出器部分をビニル袋で覆うなど、機器の現場での汚染防止措置を講じる
- ・窪地の底や有機物が削れた急斜面等の箇所は避ける

立木試料の採取



辺材・心材の採取
(おが粉状試料を採取)



葉の採取

葉

スギは全葉と新葉(H29^30生長分)を区分して採取

樹高の中間
(樹皮・辺材・心材)



材片

1m高
(樹皮・辺材・心材)

落葉
土壤

立木等試料の採取位置

※先端部については、隔年



樹皮の採取

部位別(樹皮、辺材、心材及び葉)に試料を採取

土壌試料の採取

落葉層と土壌層に
区分して試料採取



25cm × 25cmから試料を採取

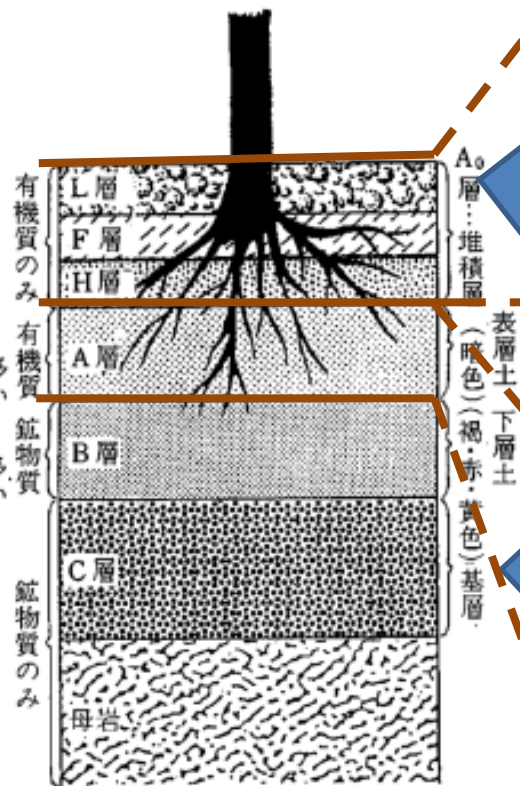
落葉試料の採取



土壌試料の採取

Cs
濃度
分析
へ

ゲルマニウム
半導体検出器

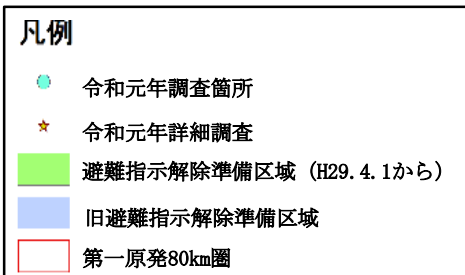


落葉、土壌試料
採取位置の模式図

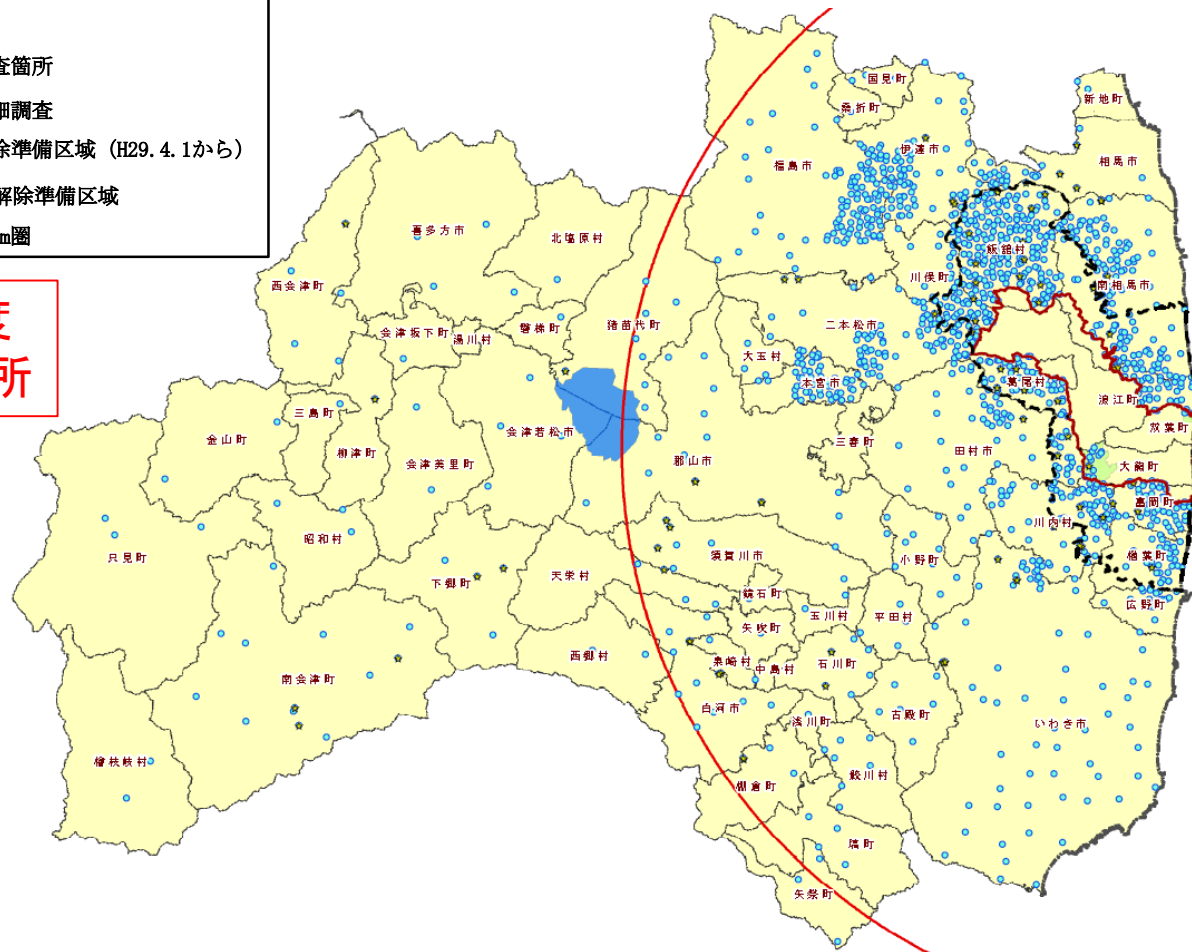
モニタリング調査の概要

R1年度調査の実施時期 R1年7月からR2年1月

調査箇所(R1年度)



R1年度
1,300箇所



方部	箇所数
県北	361
県中	122
県南	38
会津	33
南会津	22
相双	653
いわき	71
計	1,300

- 原発からの80km圏外は10kmメッシュ、80km圏内は4kmメッシュ
- H23年度3.4 μ Sv/h、H24年度以降1.0 μ Sv/hを計測した箇所は1kmメッシュに細分化
- H25年度から避難指示解除準備区域内の調査箇所を追加
(帰還困難区域、居住制限区域内は立入が制限されていることから未実施)

令和元年度(2019)調査1,300箇所での測定結果

単位(μSv/h)

管内別	箇所数	最大値	最小値
県北	361	1.44	0.05
県中	122	0.42	0.04
県南	38	0.24	0.05
会津	33	0.08	0.03
南会津	22	0.09	0.03
相双	653	3.30	0.10
いわき	71	1.07	0.04

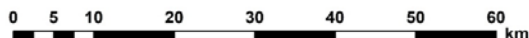
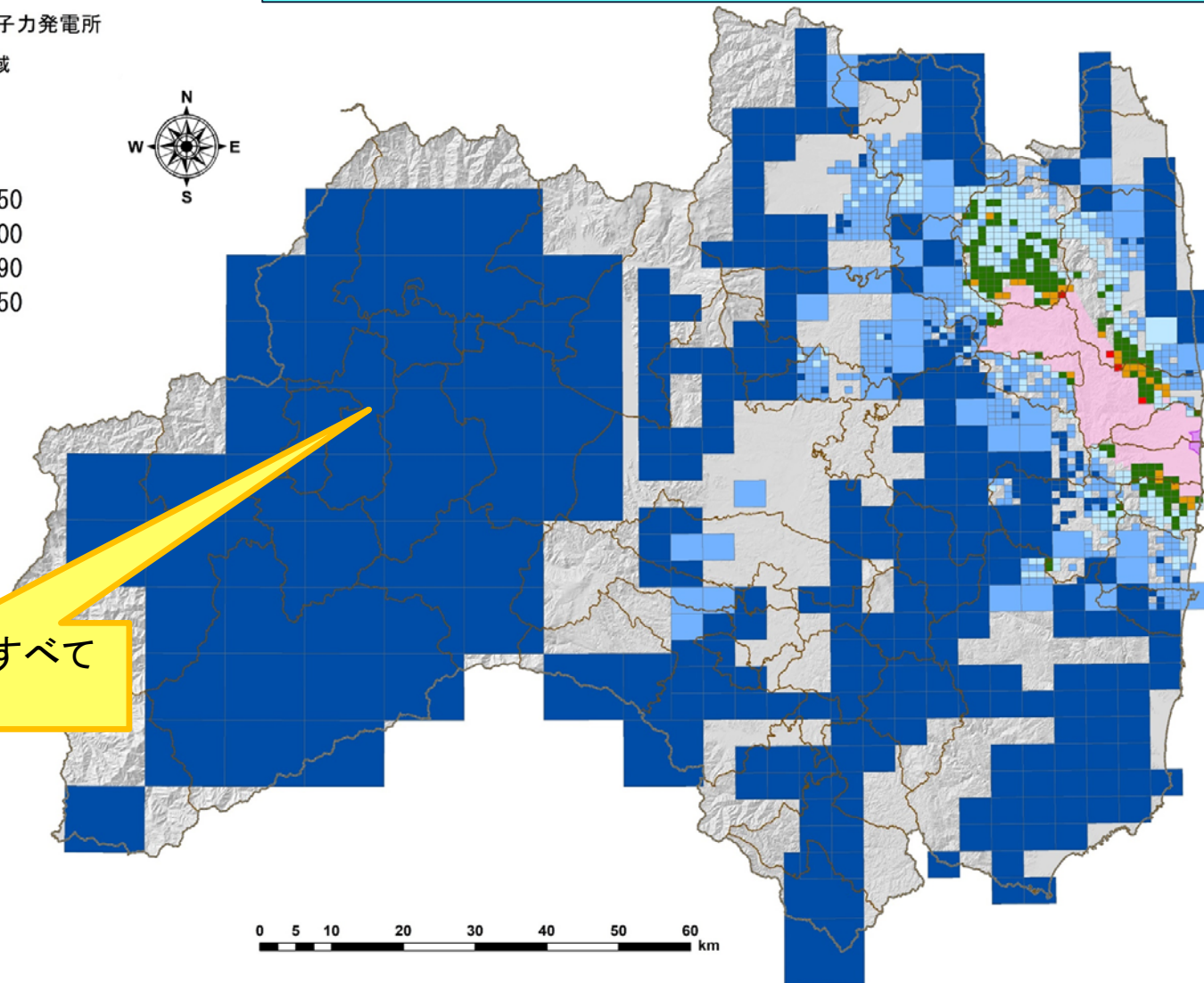
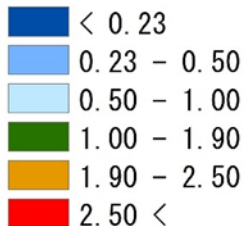
2020年3月1日現在の換算値



・相双管内については、帰還困難区域に隣接していることから、空間線量率が高い値となっている。

福島第一原子力発電所
避難指示区域

($\mu\text{Sv/h}$)

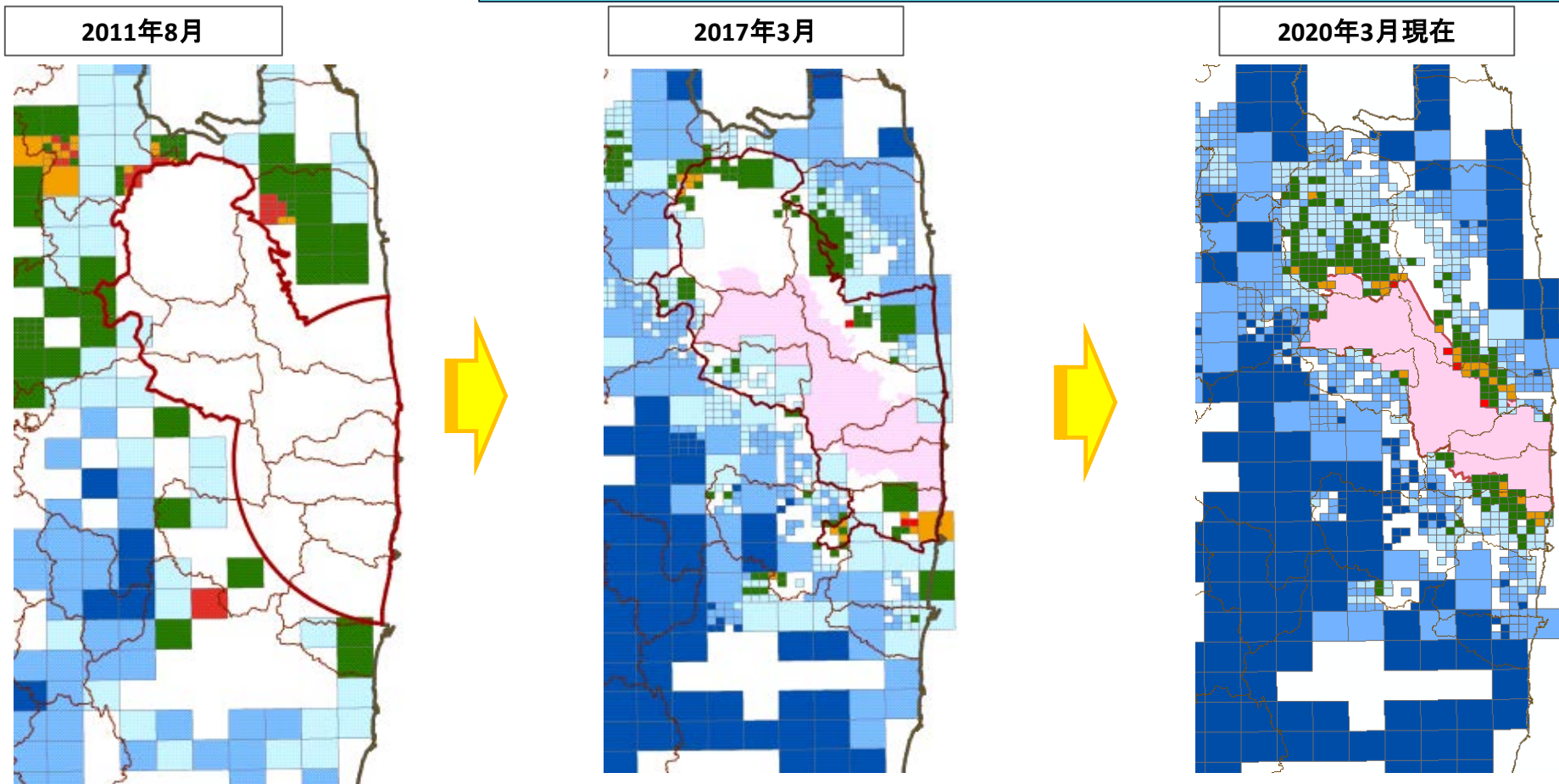


会津、南会津はすべて
 $0.23\mu\text{Sv/h}$ 未満

森林内の空間線量率は年々減少 <継続362箇所>

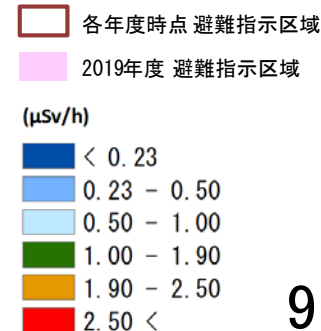
○ $0.23\mu\text{Sv/h}$ 未満の区域の増加	42箇所12%(H23) → 241箇所 66%(R1)
○ $1.00\mu\text{Sv/h}$ 以上の区域の減少	127箇所35%(H23) → 1箇所 0.3%(R1)

図表令和2年3月1日現在の換算値

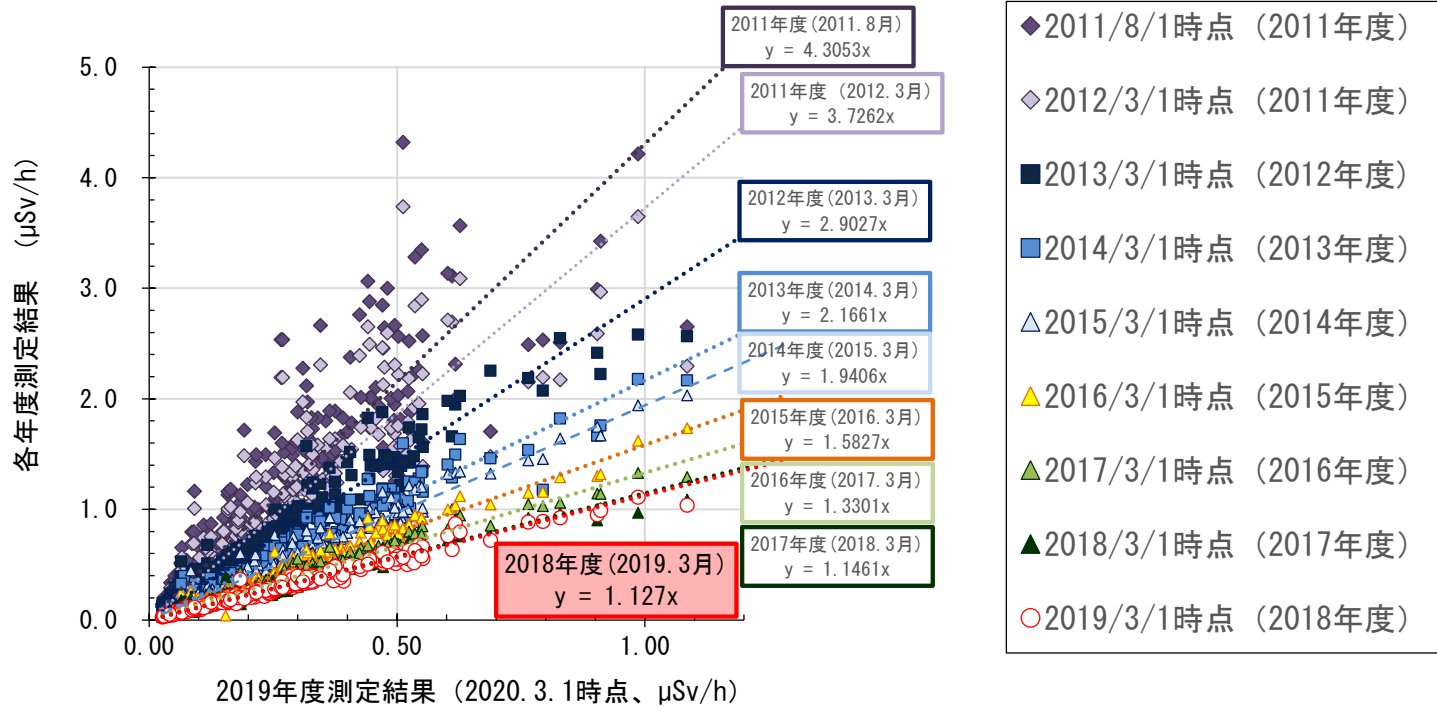


- ・避難指示解除準備区域及び周辺の調査箇所の空間線量率も徐々に低下
- ・平成25年度(2013年度)から避難指示区域内の調査を開始(避難指示解除準備区域のみ)
- ・避難指示区域等の区域の見直しに伴い、調査測点数も減となっている。

年度	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
箇所数	65	134	137	87	15	15	2



※ 平成23年度(2011年) 調査箇所継続362点を抽出



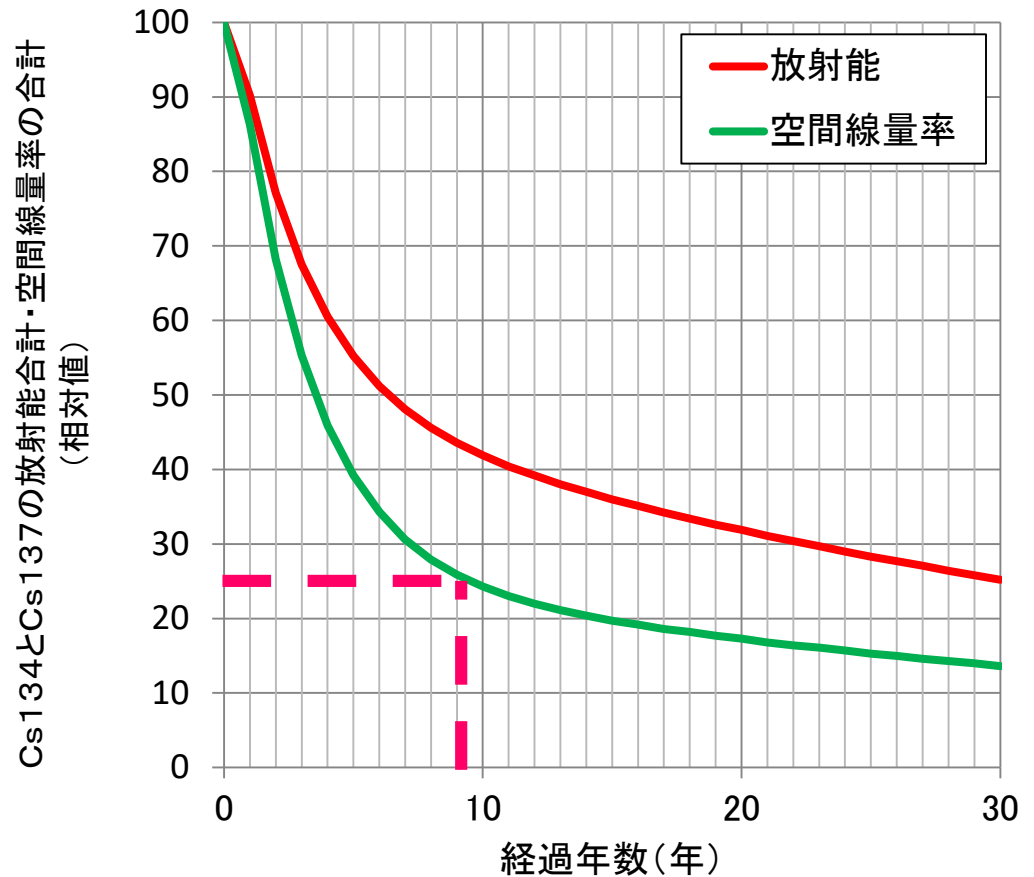
- ◆2011/8/1時点 (2011年度)
- ◇2012/3/1時点 (2011年度)
- 2013/3/1時点 (2012年度)
- 2014/3/1時点 (2013年度)
- △2015/3/1時点 (2014年度)
- ▲2016/3/1時点 (2015年度)
- ▲2017/3/1時点 (2016年度)
- ▲2018/3/1時点 (2017年度)
- 2019/3/1時点 (2018年度)

(μSv/h)	2011年8月	2012年3月	2013年3月	2014年3月	2015年3月	2016年3月	2017年3月	2018年3月	2019年3月	2020年3月
平均値	0.91	0.79	0.62	0.44	0.39	0.32	0.27	0.23	0.23	0.20
中央値	0.60	0.52	0.44	0.31	0.25	0.21	0.18	0.16	0.15	0.13
最大値	4.32	3.74	2.58	2.18	2.03	1.73	1.33	1.09	1.11	1.09
最小値	0.09	0.07	0.07	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
標準偏差	0.80	0.69	0.50	0.39	0.36	0.29	0.24	0.20	0.20	0.18
変動係数	1.14	1.14	1.23	1.14	1.08	1.10	1.14	1.15	1.15	1.14
調査箇所数	362	362	362	362	362	362	362	362	362	362
物理学的減衰	0.91	0.79	0.63	0.51	0.42	0.36	0.32	0.28	0.26	0.24

空間線量率の低減率 H23.8~R2.3 約78% ⇒ 概ね物理学的減衰に従って低減

Csの減衰曲線

経過年数(年次)		放射能の減衰	空間線量率の減衰
0	H23	100	100
1	H24	90	87
2	H25	77	69
3	H26	68	56
4	H27	60	46
5	H28	55	40
6	H29	51	34
7	H30	48	31
8	R1	46	28
9	R2	44	26
10	R3	42	24
11	R4	40	23
12	R5	39	22
13	R6	38	21
14	R7	37	20
15	R8	36	20
16	R9	35	19
17	R10	34	19
18	R11	33	18
19	R12	33	18
20	R13	32	17
21	R14	31	17
22	R15	30	16
23	R16	30	16
24	R17	29	16
25	R18	28	15
26	R19	28	15
27	R20	27	15
28	R21	26	14
29	R22	26	14
30	R23	25	14

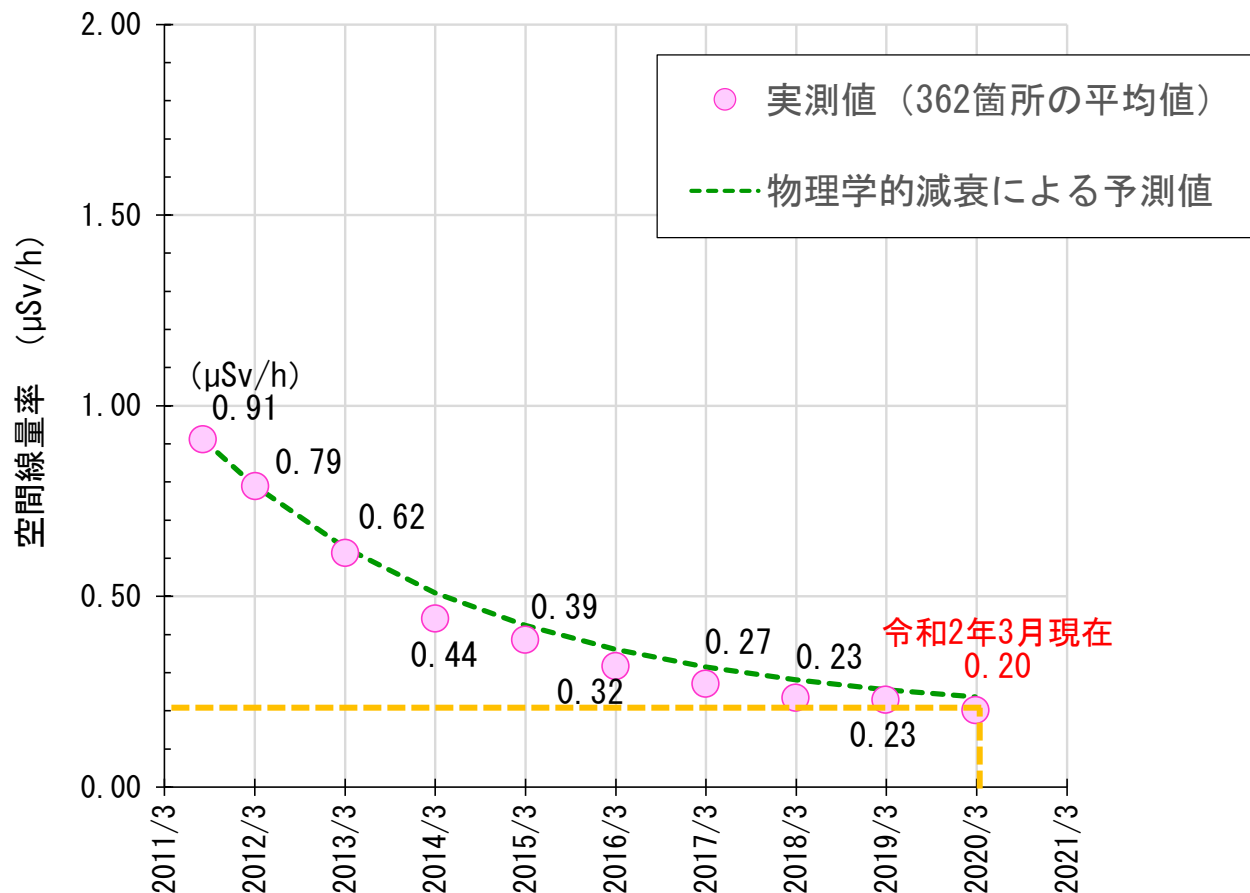


9年経過した現在の空間線量率は約26%まで低減

放射能と空間放射線量率の減衰割合の推計

HP「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—」を基に作成

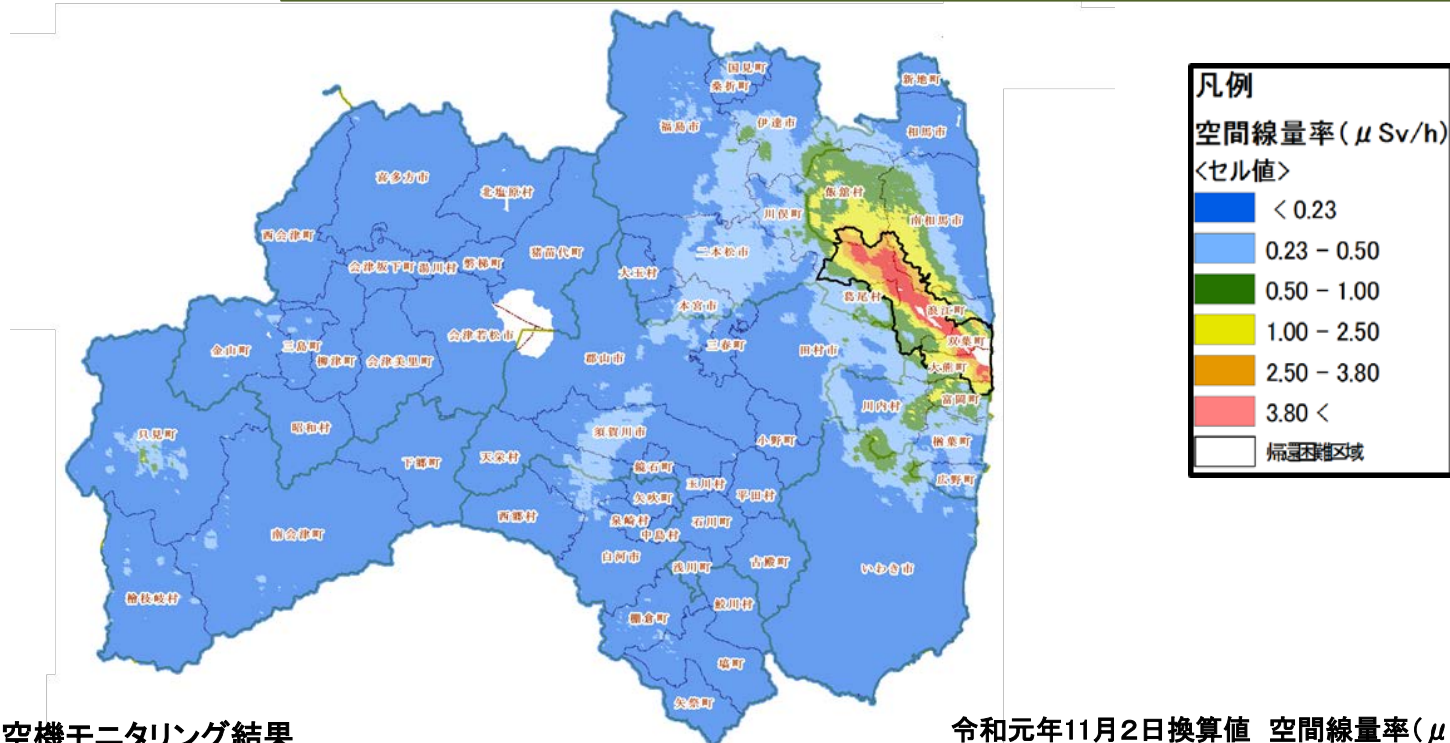
今後の空間線量率の予測



放射性Csの物理的減衰曲線とモニタリング実測値(362箇所の平均値)の関係

- 現在まで、**森林内の空間線量率は物理学的減衰率とほぼ同じく低下**
- **今後も放射性Csの物理学的減衰率で低下が見込まれる**
※降雨等による流入・流出の影響(ウェザリング効果)は考慮していない

航空機モニタリングの結果



2019(R1)年度 航空機モニタリング結果

令和元年11月2日換算値 空間線量率(μSV/h)

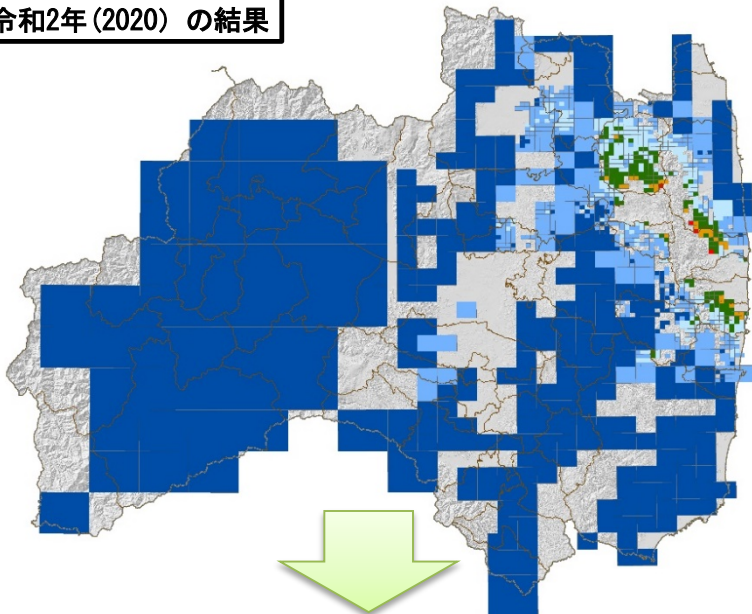
県内全域	全県	県北	県中	県南	会津	南会津	相双	いわき
平均	0.250	0.218	0.149	0.132	0.109	0.124	0.995	0.146
最大値	14.000	1.900	0.890	0.380	0.500	1.300	14.000	1.100
最小値	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100

※全測定点 212, 259地点 (2020(R2).2.13公表)原子力規制委員会公表資料より

県内森林域	総計	県北	県中	県南	会津	南会津	相双	いわき
平均	0.259	0.209	0.148	0.134	0.110	0.125	1.151	0.158
最大値	14.000	1.900	0.890	0.380	0.500	1.300	14.000	1.100
最小値	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100

※測定点 152, 974地点 (2020(R2).2.13公表)原子力規制委員会公表資料より

原発事故から9年後
令和2年(2020)の結果

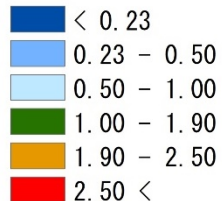


※2011年8月から継続調査を実施している362箇所にに基づく予測値

(単位は $\mu\text{Sv/h}$)

2020年3月現在	原発事故15年後 2026年3月現在	原発事故20年後 2031年3月現在	原発事故25年後 2036年3月現在
0.20	0.15	0.13	0.12

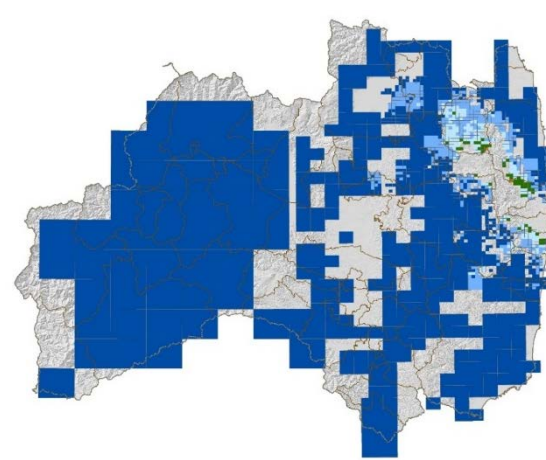
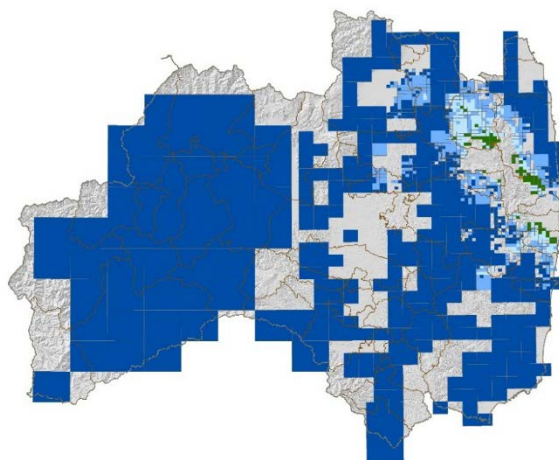
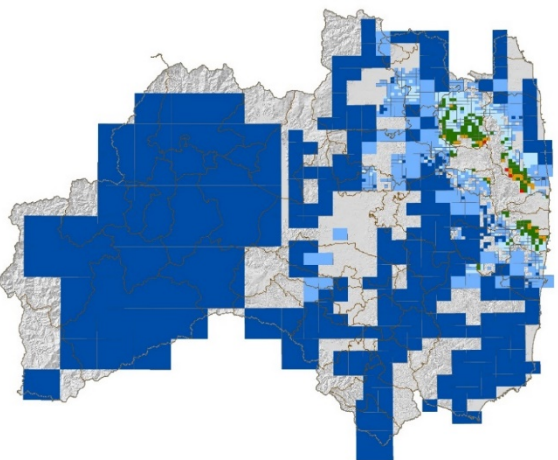
($\mu\text{Sv/h}$)



原発事故から15年後
2026年の予測

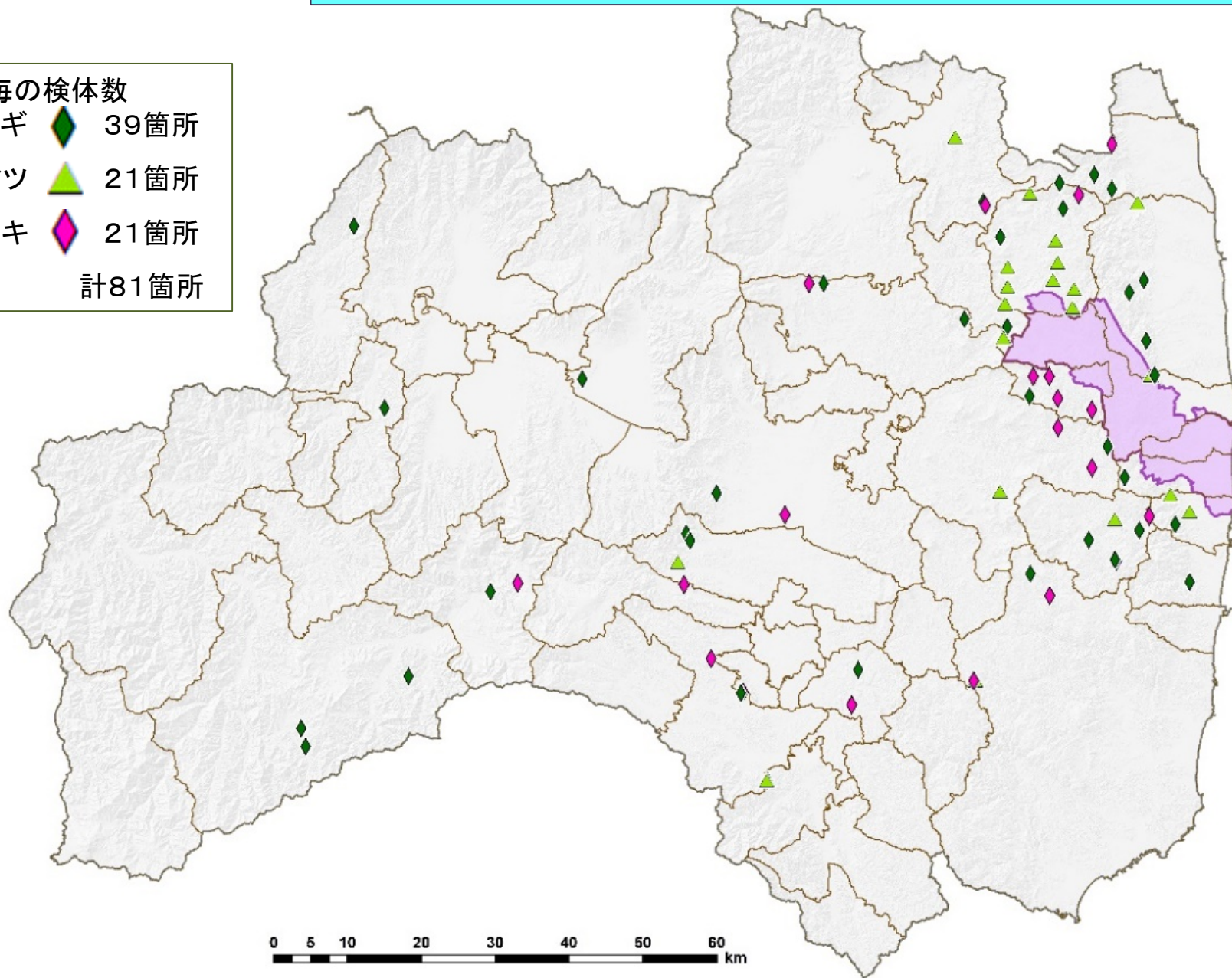
原発事故から20年後
2031年の予測

原発事故から25年後
2036年の予測



樹木調査箇所位置図

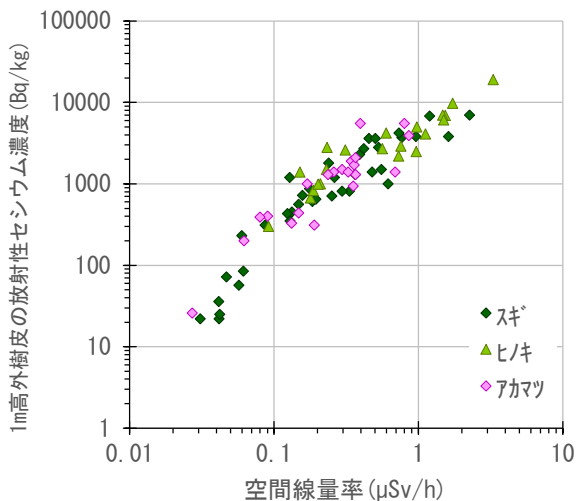
樹種毎の検体数	
スギ	◆ 39箇所
アカマツ	▲ 21箇所
ヒノキ	◇ 21箇所
計81箇所	



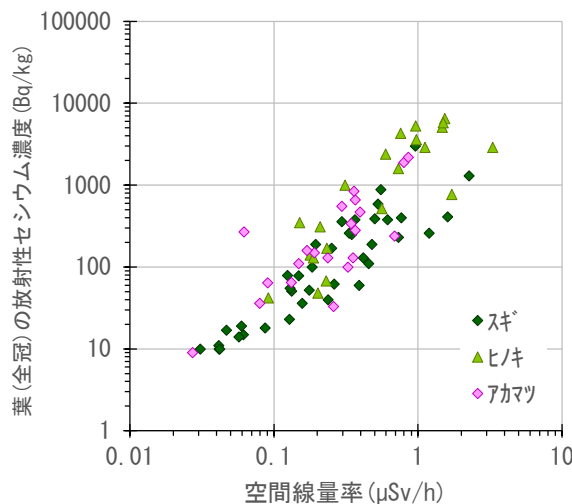
空間線量率とCs濃度の関係

空間線量率と各種放射性Cs濃度との関係

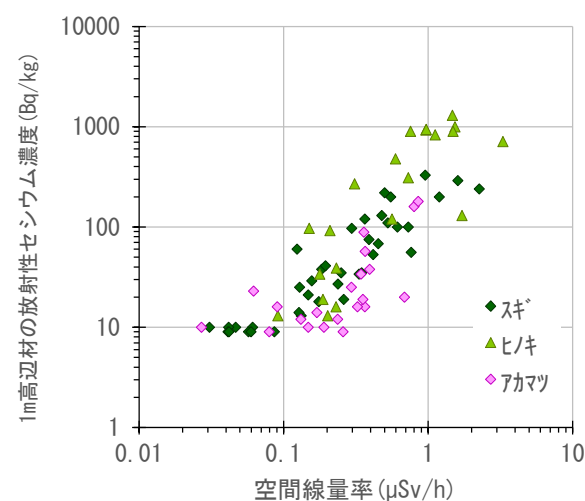
【1m高 外樹皮】



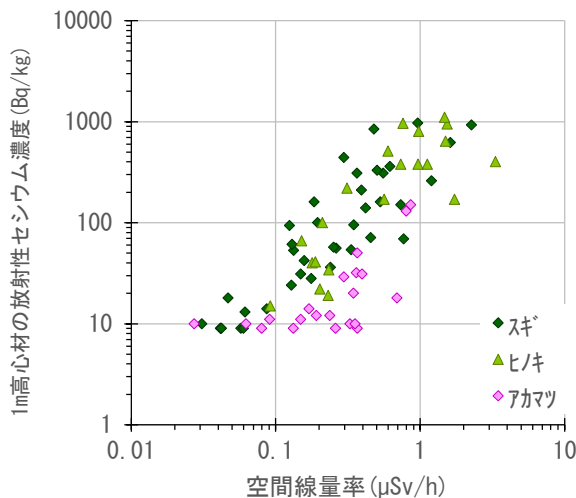
【葉】



【1m高 辺材】



【1m高 心材】

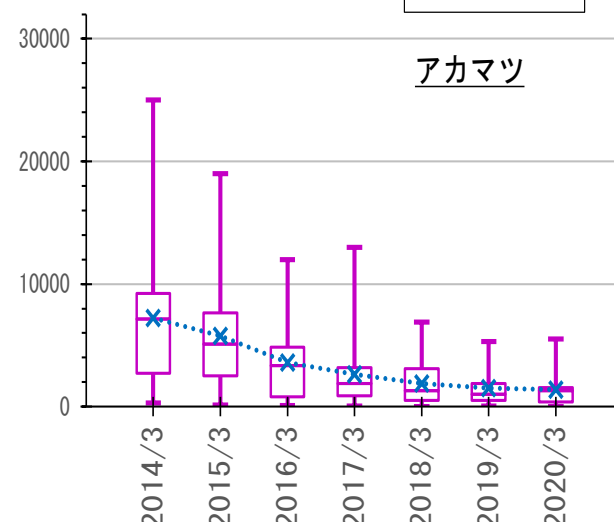
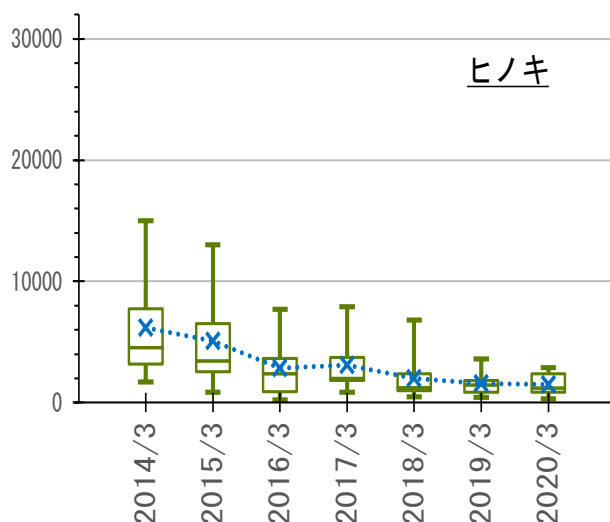
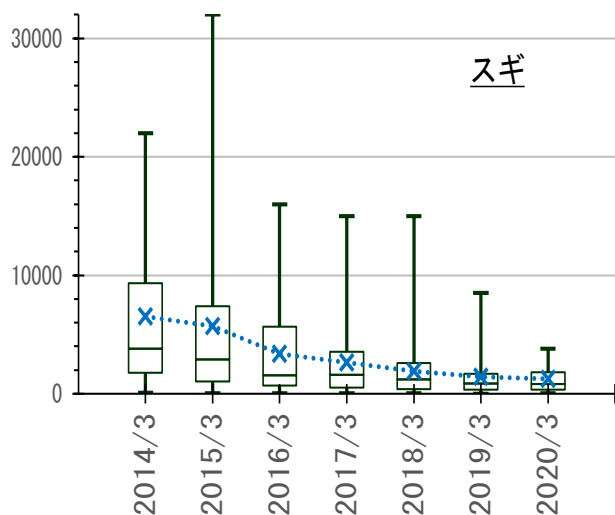
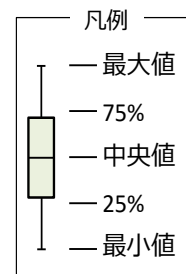


空間線量率が高いほど、材等に含まれる放射性Cs濃度も高い傾向



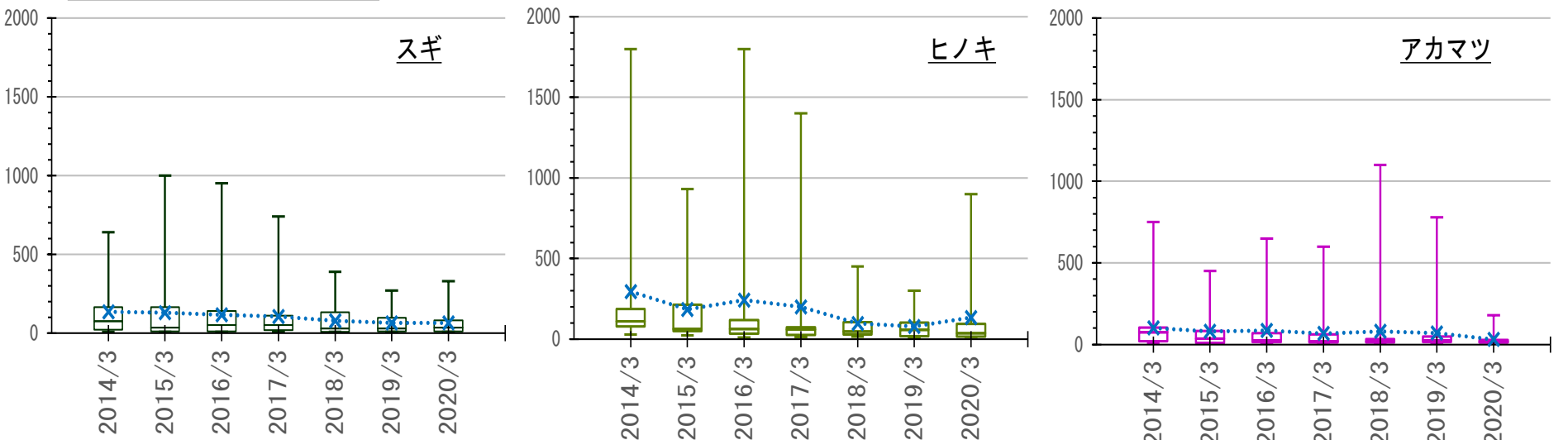
空間線量率の把握が今後の
林業生産活動の目安に

1m高 外樹皮 (Bq/kg)

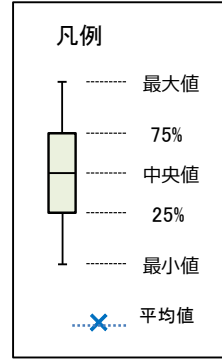


地上高1m 外樹皮		単位	2013年度 H26.3	2014年度 H27.3	2015年度 H28.3	2016年度 H29.3	2017年度 H30.3	2018年度 H31.3	2019年度 R2.3
スギ	平均値	Bq/kg	6507	5707	3384	2647	1916	1541	1262
	2013年度比	%	100.0	87.7	52.0	40.7	29.4	23.7	19.4
ヒノキ	平均値	Bq/kg	6190	5096	2861	3087	2019	1589	1509
	2013年度比	%	100.0	82.3	46.2	49.9	32.6	25.7	24.4
アカマツ	平均値	Bq/kg	7209	5777	3610	2644	1898	1662	1372
	2013年度比	%	100.0	80.1	50.1	36.7	26.3	23.1	19.0

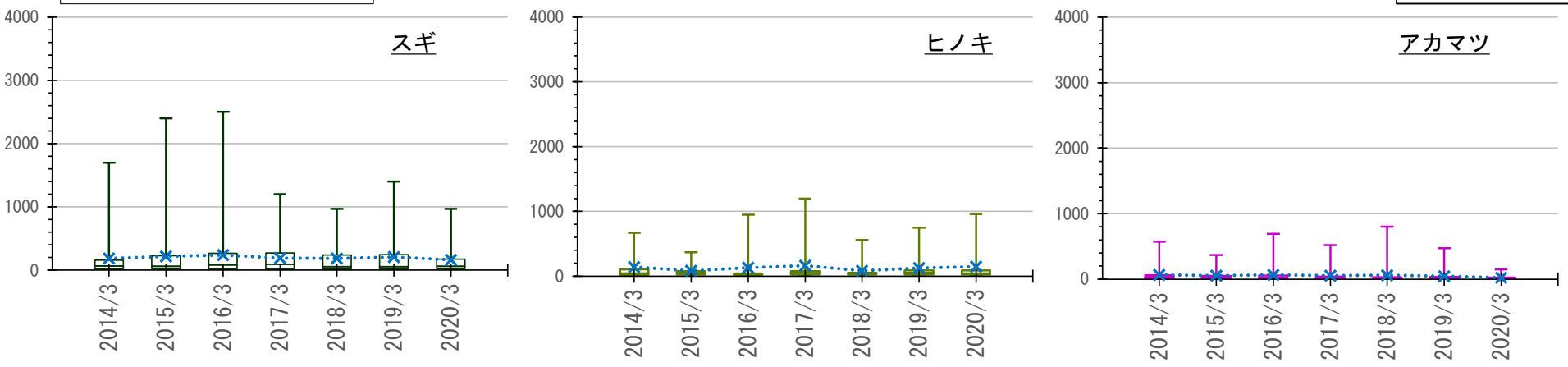
1m高 辺材 (Bq/kg)



地上高1m 辺材		単位	2013年度 H26.3	2014年度 H27.3	2015年度 H28.3	2016年度 H29.3	2017年度 H30.3	2018年度 H31.3	2019年度 R2.3
スギ	平均値	Bq/kg	136	129	118	106	79	64	65
	2013年度比	%	100.0	94.9	86.8	77.9	58.1	47.1	47.8
ヒノキ	平均値	Bq/kg	295	186	244	200	97	78	134
	2013年度比	%	100.0	63.1	82.7	67.8	32.9	26.4	45.4
アカマツ	平均値	Bq/kg	102	80	85	67	81	76	31
	2013年度比	%	100.0	78.4	83.3	65.7	79.4	74.5	30.4



1m高 心材 (Bq/kg)

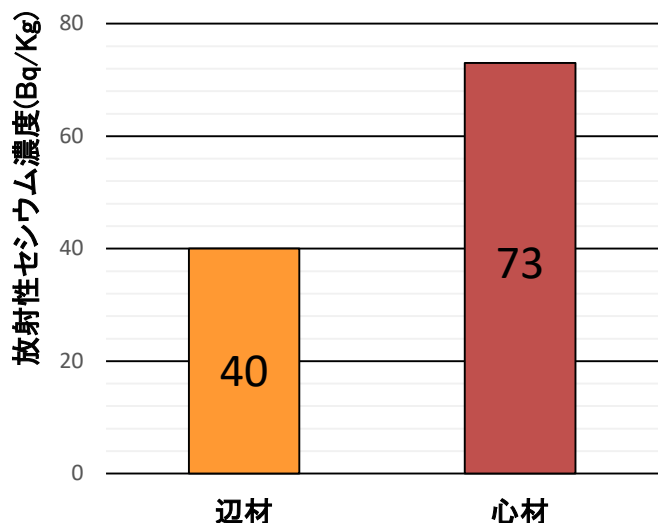


地上高1m 心材		単位	2013年度 H26.3	2014年度 H27.3	2015年度 H28.3	2016年度 H29.3	2017年度 H30.3	2018年度 H31.3	2019年度 R2.3
スギ	平均値	Bq/kg	186	218	238	193	188	203	162
	2013年度比	%	100.0	117.2	128.0	103.8	101.1	109.1	87.1
ヒノキ	平均値	Bq/kg	142	83	130	163	87	127	147
	2013年度比	%	100.0	58.5	91.5	114.8	61.3	89.4	103.5
アカマツ	平均値	Bq/kg	65	57	67	54	63	52	23
	2013年度比	%	100.0	87.7	103.1	83.1	96.9	80.0	35.4

木材に含まれるCs濃度

<空間線量0.5 μ Sv以下の区域>

・全81箇所のうち避難指示解除準備区域を除く、空間線量0.50 μ Sv/h以下の56箇所の平均データ



スギ、ヒノキ、アカマツで調査を行い、スギは心材の方が辺材よりも濃度が高い傾向

辺材・心材の放射性Cs濃度

※ 平均値の比較: 定量下限値未満を示す試料についてはその濃度として定量下限値を採用

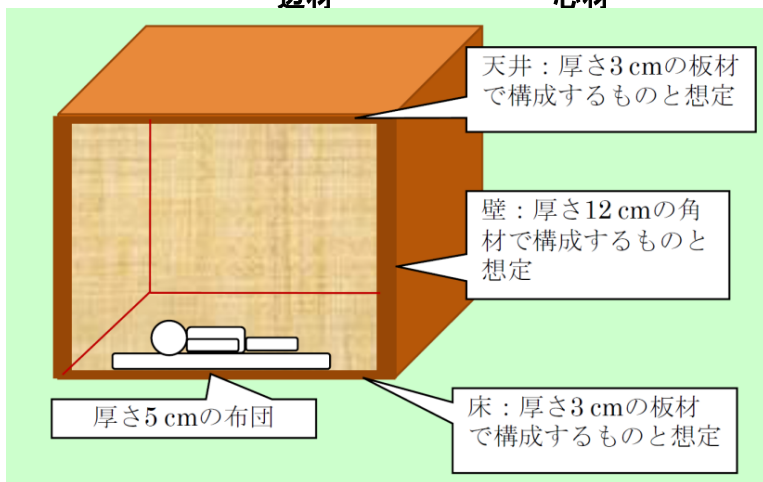
<参考>

- ・継続調査66箇所における全樹種平均データ(辺材・心材)
- 2019: 辺材 65Bq/kg、心材117Bq/kg
- (2018: 辺材 69Bq/kg、心材145Bq/kg)
- (2017: 辺材 82Bq/kg、心材135Bq/kg)
- (2016: 辺材108Bq/kg、心材146Bq/kg)
- (2015: 辺材127Bq/kg、心材170Bq/kg)
- (2014: 辺材123Bq/kg、心材149Bq/kg)

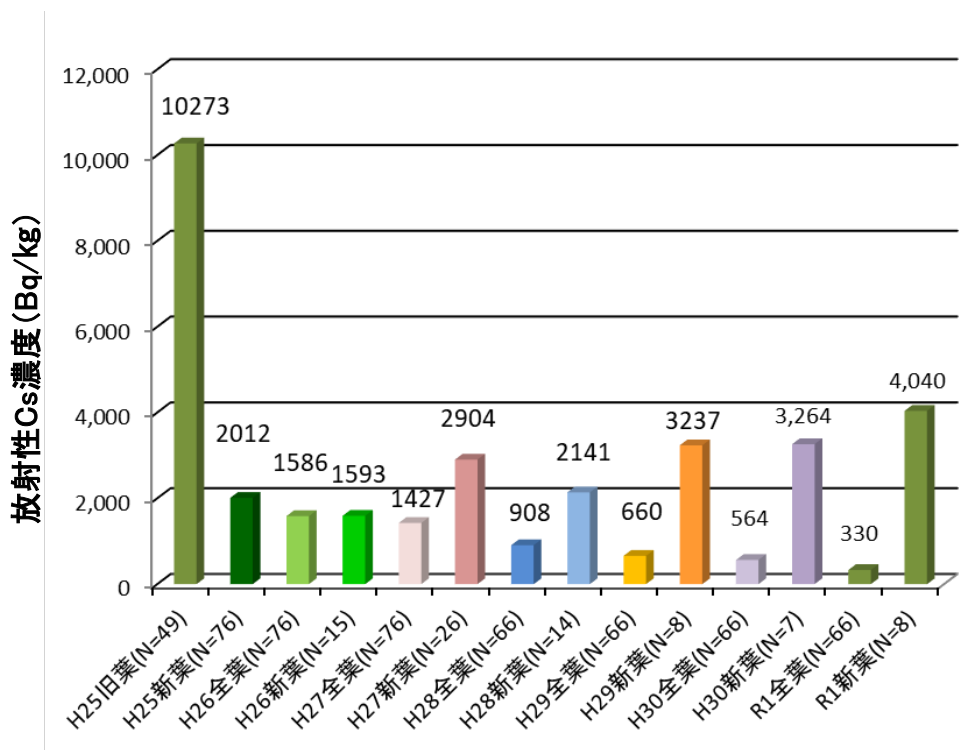
学識経験者に確認したところ、本調査でCs濃度の最大値^{※1}を示した木材を住宅に使用した場合の追加被ばく量は年間0.035 mSv^{※2} 時間当り0.005 μ Sv/hは、自然放射線による年間被ばく量2.1 mSvに比べ著しく小さく、環境や健康への影響はほとんどないとの評価が得られた。

※1 1,400 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



葉に含まれるCs濃度



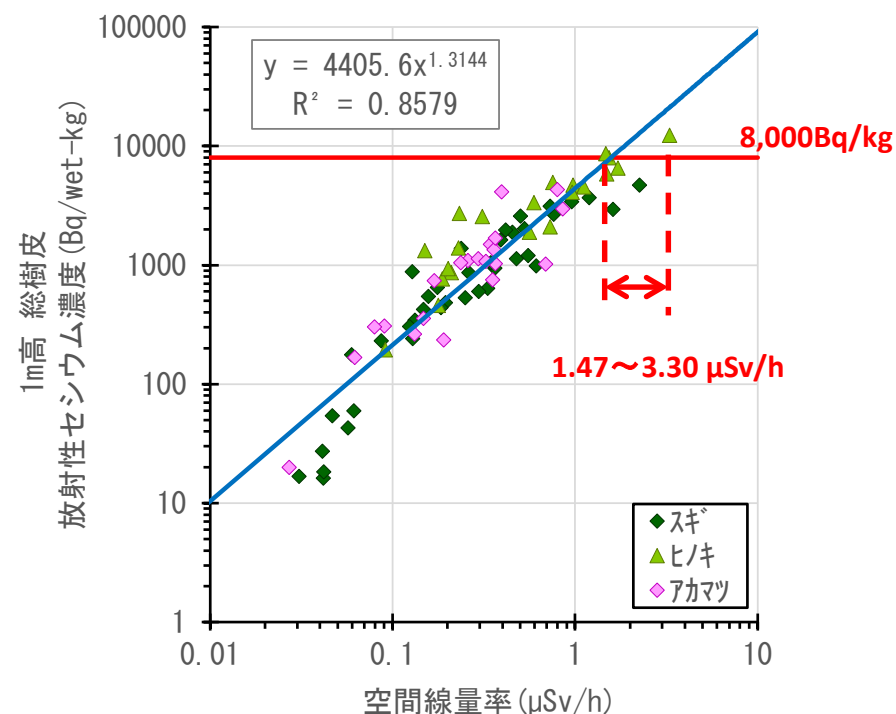
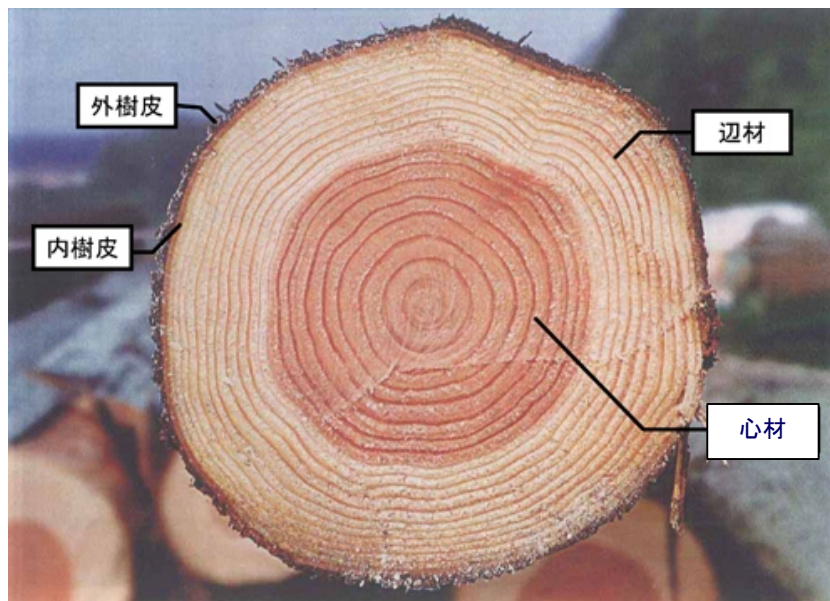
全葉・新葉の放射性Cs濃度（平均値の比較）



R1全葉は、H25旧葉に比べ、Cs濃度は、4%以下に低減

樹皮に含まれるCs濃度

- ・8,000Bq/kg超の樹皮が見込まれる箇所空間線量率を、本調査結果の回帰式などから推定(全樹種平均 $1.57 \mu\text{Sv/h}$)
- ・但し、その空間線量率のバラツキがある $1.47 \sim 3.30 \mu\text{Sv/h}$



空間線量率と1m高さの樹皮の放射性Cs濃度の関係から推定

森林の放射性物質の動態変化

(農林水産省H31.3公表、福島県林業研究センター協力)

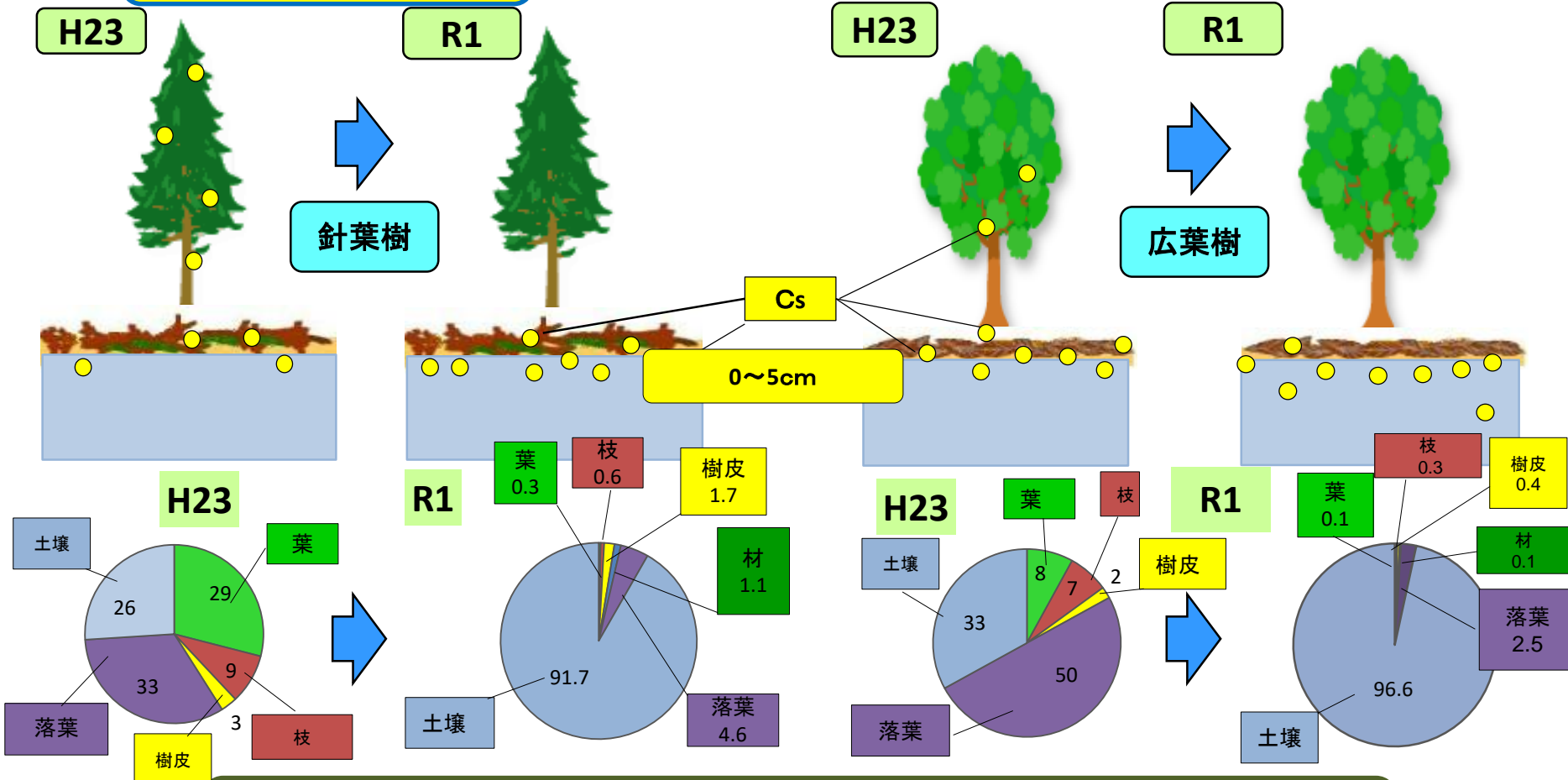
川内村 スギ林

大玉村 広葉樹林

図中の「Cs」は放射性セシウムの略称

樹木Csは全体の4%程度
⇒ Csが土壌に移行

樹木Csは全体の1%程度
⇒ Csが土壌に移行



森林内のCsの90%以上が土壌(大部分は0~5cm)に分布

1 令和元年度(2019年)森林内モニタリング調査の結果

・1, 300箇所を調査

継続362箇所の平均空間線量率 $0.20\mu\text{Sv/h}$ (H30: $0.23\mu\text{Sv/h}$)

継続362箇所 $0.23\mu\text{Sv/h}$ 未満の区域は増加(42箇所(12%:H23) \Rightarrow 241箇所(66%:R1))

1. $00\mu\text{Sv/h}$ 以上の区域は減少(127箇所(35%:H23) \Rightarrow 1箇所(0.5%:R1))

- ・空間線量率はH23.8と比較して約78%減少
- ・空間線量率はCs物理学的減衰率とほぼ同じく減少
- ・立木や土壌のCs濃度は空間線量率と正の相関

2 木材内部のCs濃度

・木材内部のCs濃度は、スギは心材が辺材よりやや高い傾向

・辺材平均Cs濃度 40Bq/kg (H30: 43Bq/kg 、H29: 42Bq/kg)

・心材平均Cs濃度 73Bq/kg (H30: 82Bq/kg 、H29: 62Bq/kg)

・Cs最大濃度で木造住宅を建築した場合

年間追加被ばく量 0.035mSv (木材利用への影響なし) (H30: 0.075mSv 、H29: 0.048mSv)

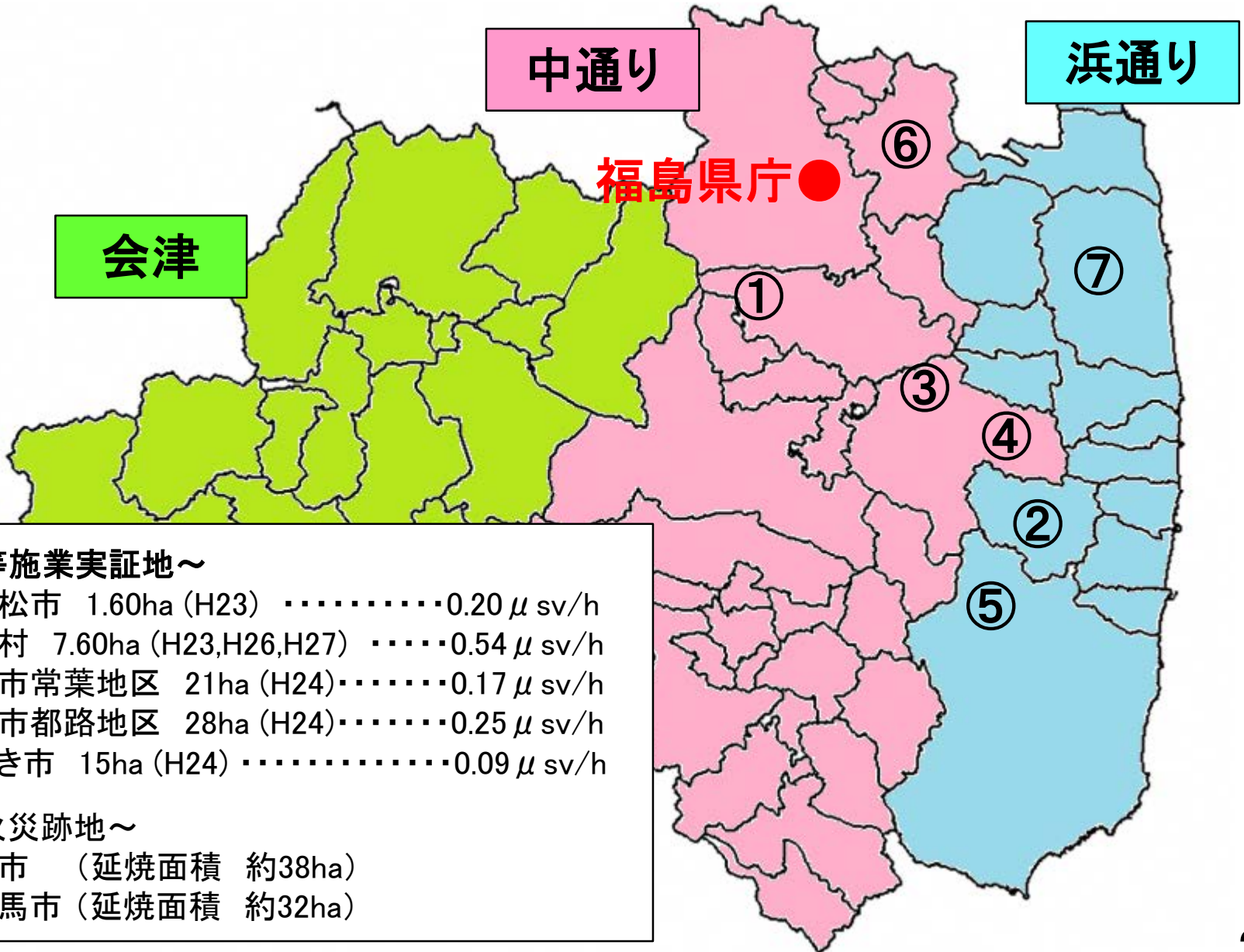
※時間あたり被ばく量 $0.005\mu\text{Sv/h}$ (H30: $0.010\mu\text{Sv/h}$ 、H29: $0.007\mu\text{Sv/h}$)

3 葉のCs濃度

・全葉の平均Cs濃度 330Bq/kg (H30: 564Bq/kg 、H29: 660Bq/kg)

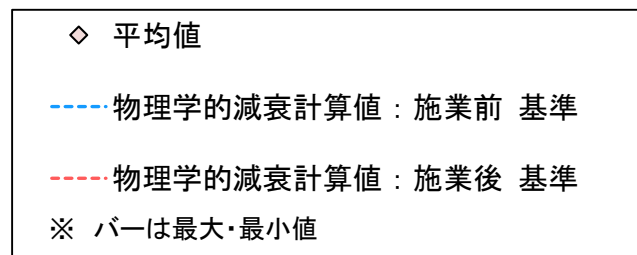
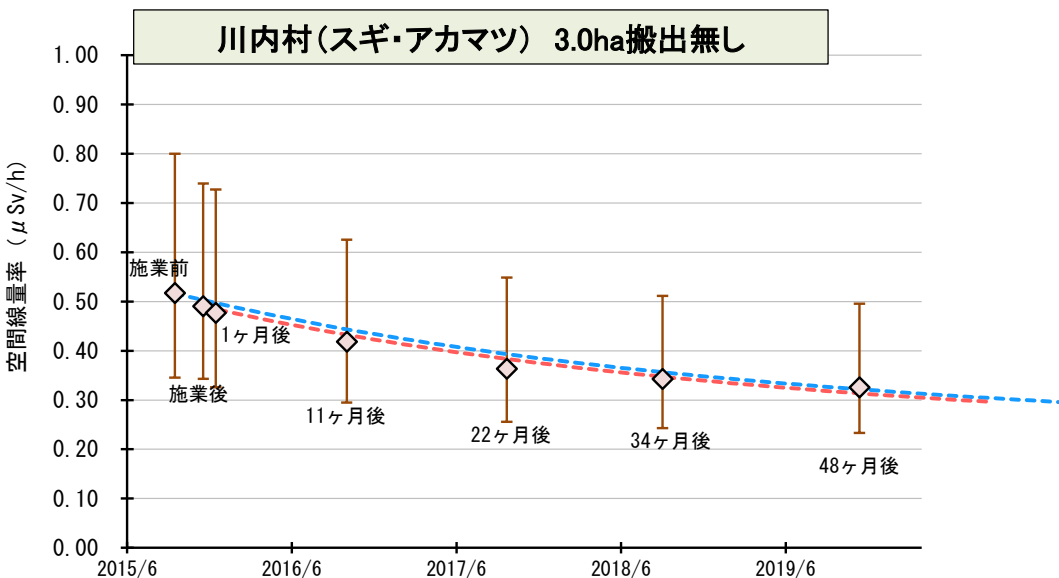
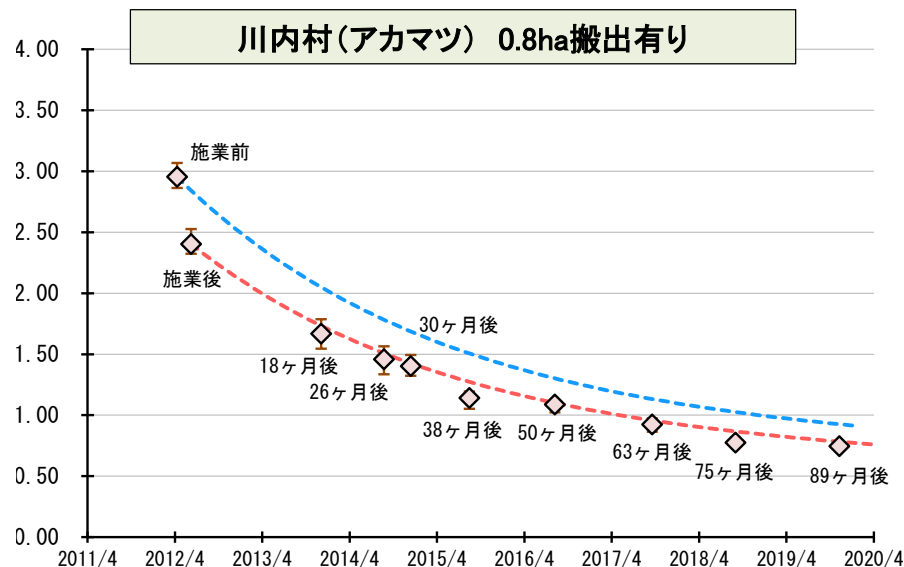
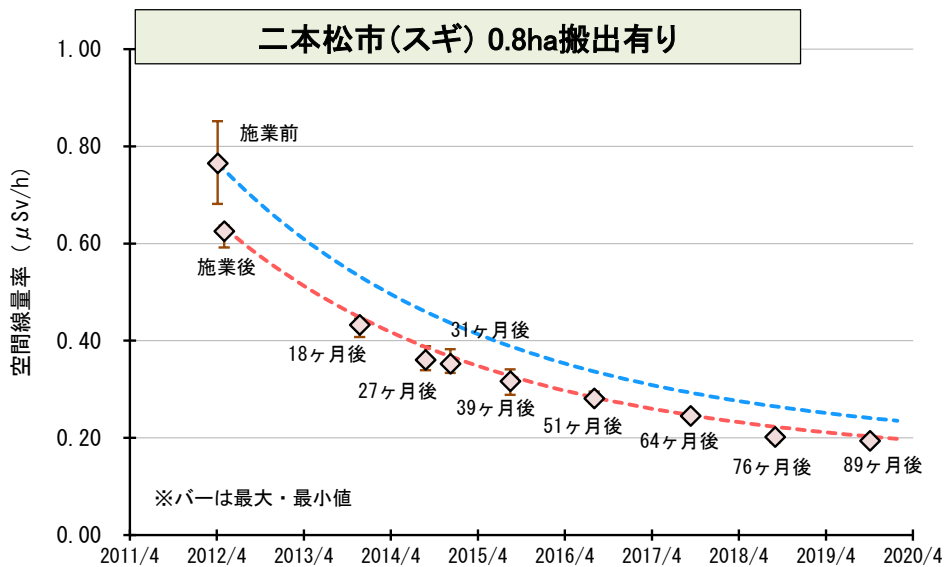
・新葉の平均Cs濃度 $4,040\text{Bq/kg}$ (H30: $3,264\text{Bq/kg}$ 、H29: $3,237\text{Bq/kg}$)

森林における放射性物質対策実証地の位置図



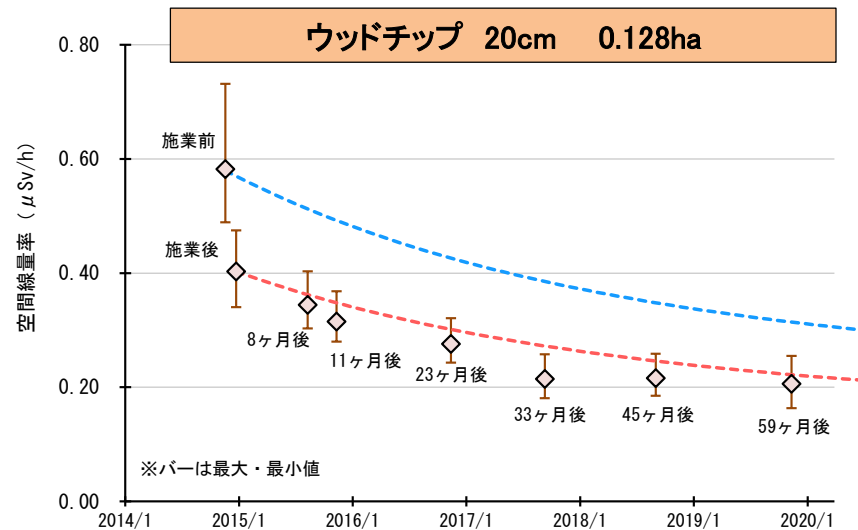
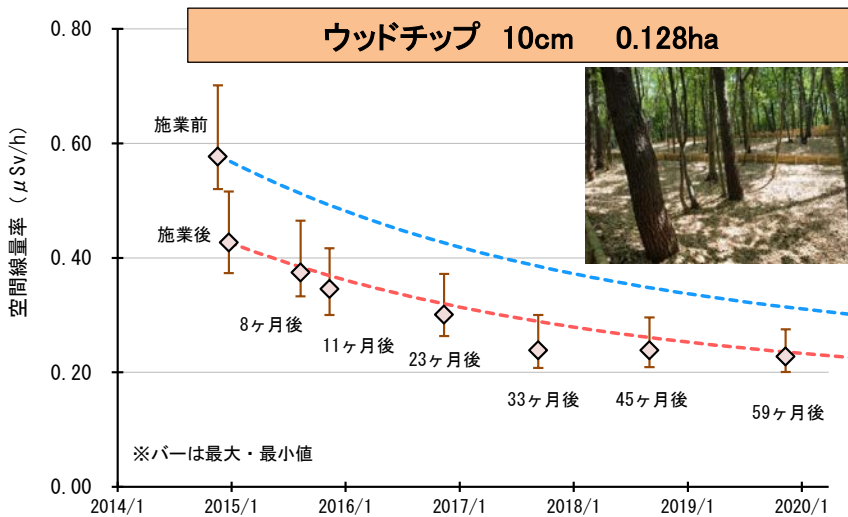
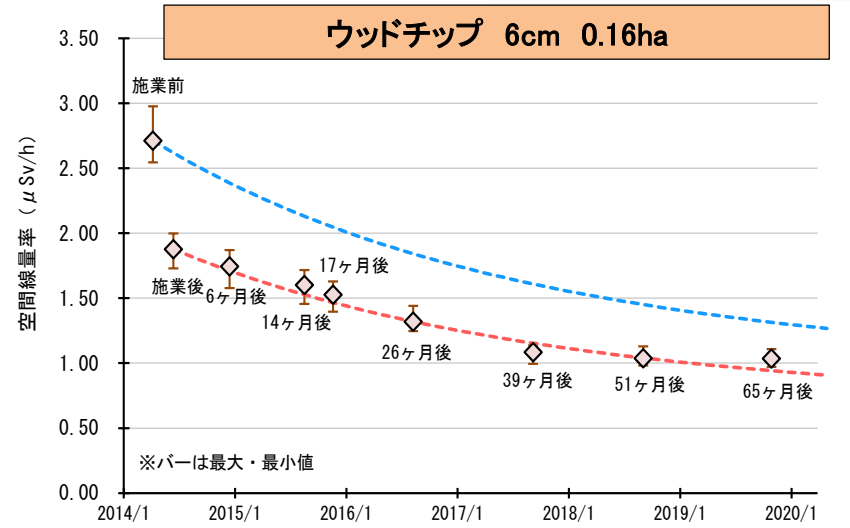
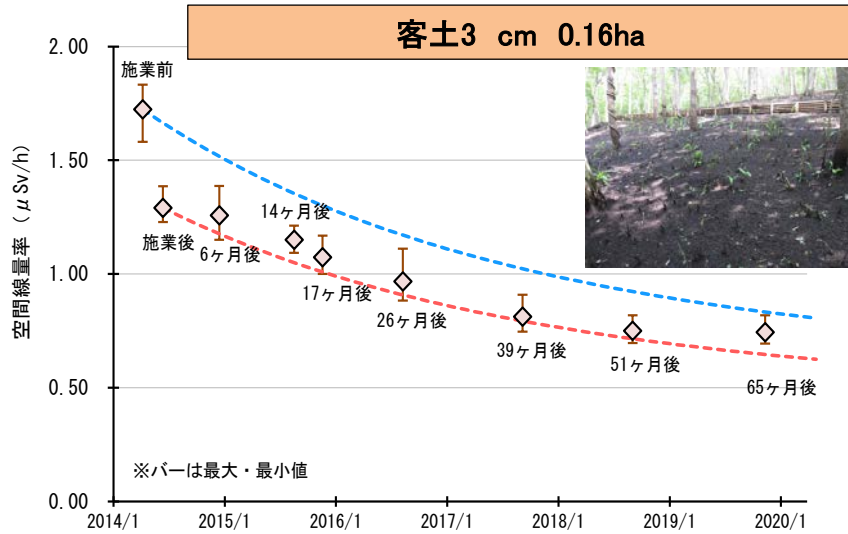
森林における放射性物質対策実証(間伐等の効果)

間伐後7年5ヶ月経過後も線量低減効果を維持

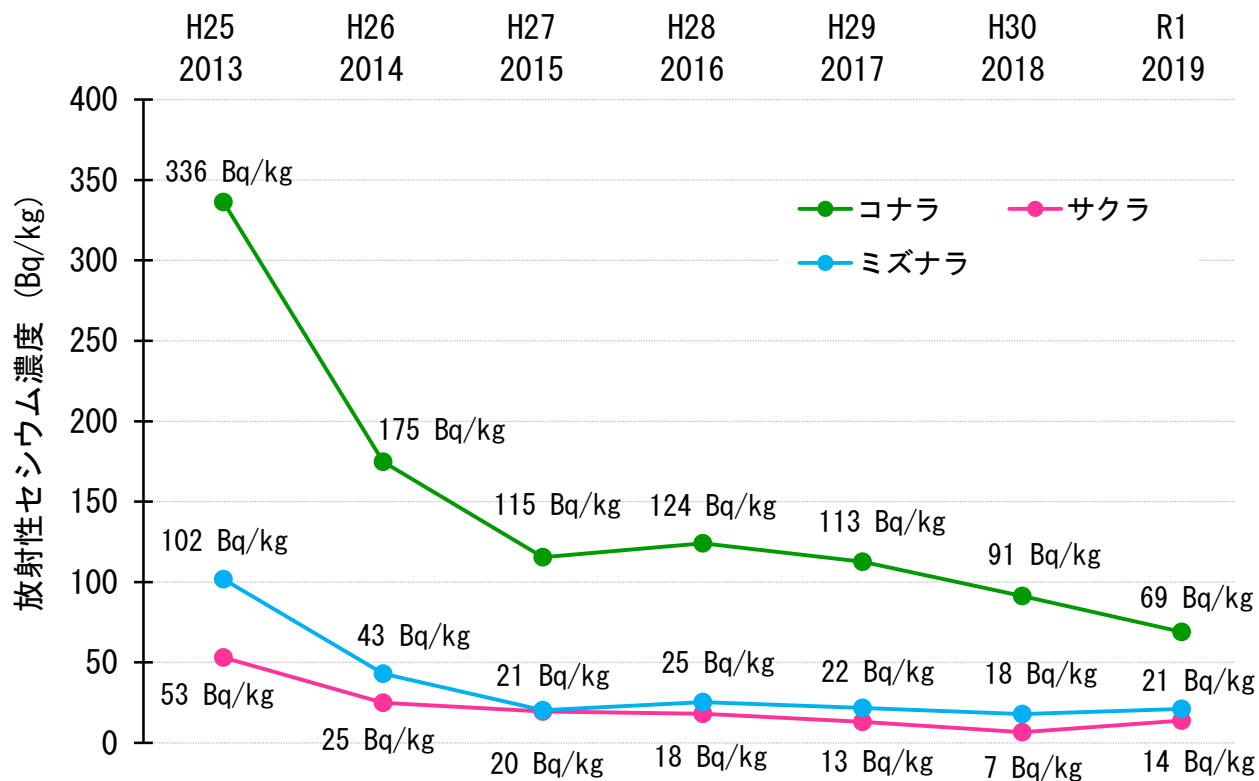


森林における放射性物質対策実証(林床被覆の効果)

被覆5年3ヶ月後も線量低減効果を維持



広葉樹萌芽に含まれるCs濃度



H25採取時



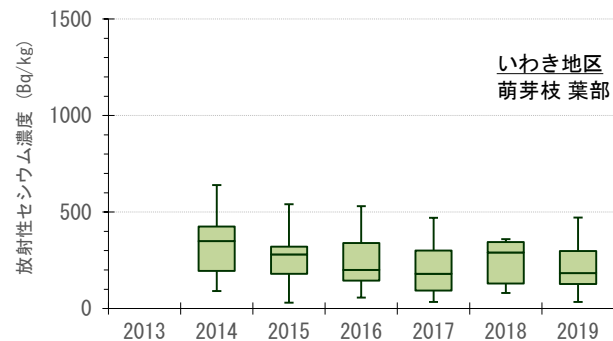
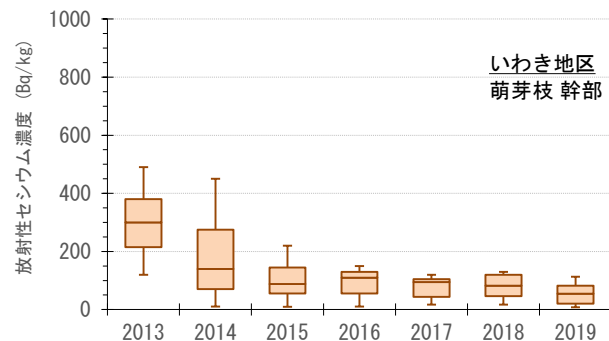
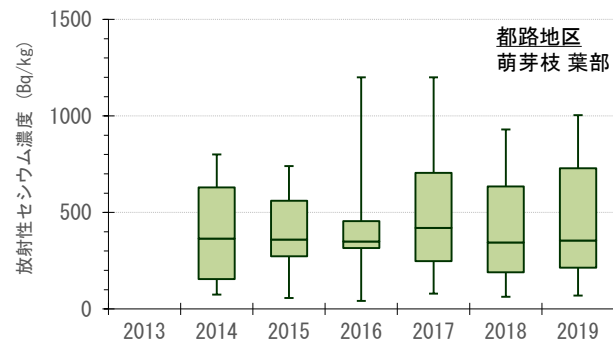
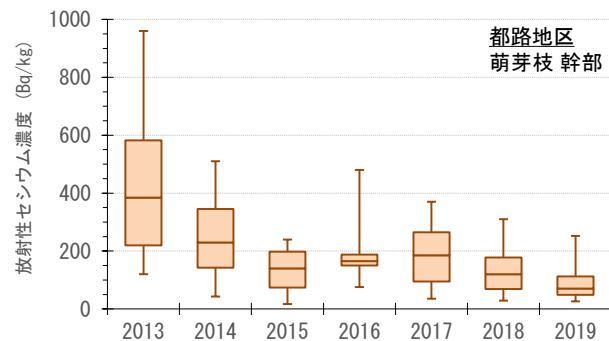
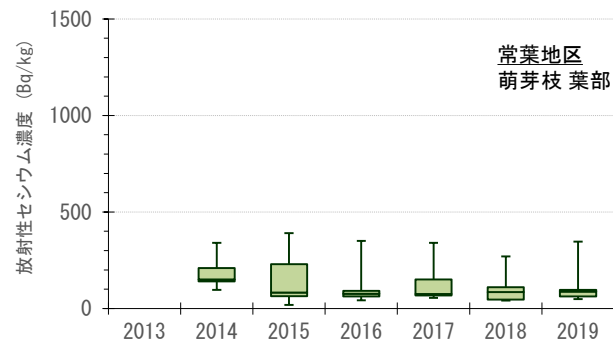
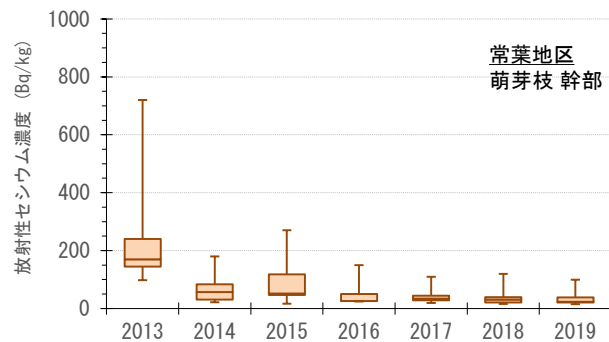
R1採取時



- ・H25～H27にかけて大きく低下
その後は漸減傾向で推移
- ・ミズナラ、サクラは、コナラに比べCs濃度が低い

ミズナラ n=4
コナラ n=24
サクラ n=2

コナラ萌芽に含まれるCs濃度(枝)



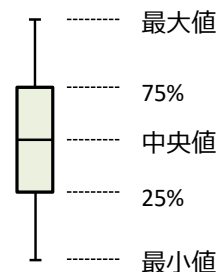
2019年度平均空間線量率

常葉地区 : 0.17 μ Sv/h

都路地区 : 0.25 μ Sv/h

いわき地区 : 0.09 μ Sv/h

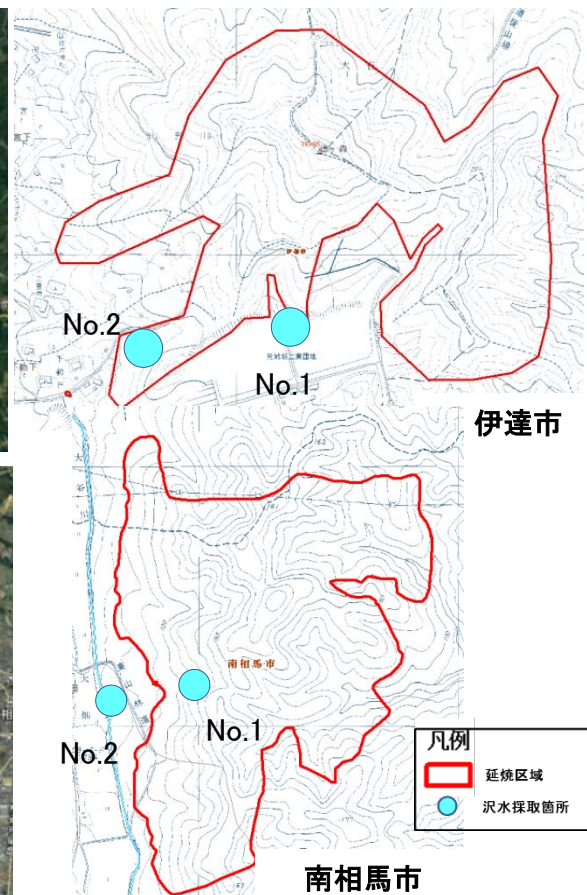
凡例



幹部Cs濃度の低減率は鈍化傾向
葉部Cs濃度は2014年から大きな変化なし

森林火災発生箇所における放射性物質動態調査(沢水調査)

位置図



調査方法

- ・1箇所あたり2本(1L/本)
- ・1ヶ月に1回採取
- ・浮遊(懸濁)物質濃度分析及び
放射性セシウム濃度分析用検体として使用

森林火災発生箇所における放射性物質動態調査(沢水調査)

南相馬地区	採取日	放射性Cs濃度 Bq/L	浮遊物質濃度 mg/L
No. 1	2016/8/29	ND (<2)	3
	2016/9/23	ND (<2)	8
	2016/10/20	ND (<2)	52
	2016/11/16	29	270
	2017/7/27	< 3	1300
	2017/8/28	ND (<2)	21
	2017/9/25	ND (<2)	4
	2017/10/24	ND (<2)	2
	2017/11/24	ND (<2)	9
	2018/7/31	ND (<2)	4
	2018/8/30	ND (<2)	36
	2018/9/29	ND (<2)	4
	2018/10/27	ND (<2)	18
	2018/11/30	ND (<2)	110
	2019/7/23	ND (<2)	ND (<1)
2019/8/23	ND (<2)	28	
2019/9/20	ND (<2)	ND (<1)	
2019/10/28	ND (<2)	41	
2019/11/26	ND (<2)	1	

南相馬地区	採取日	放射性Cs濃度 Bq/L	浮遊物質濃度 mg/L
No. 2	2016/8/29	ND (<2)	4
	2016/9/23	ND (<2)	3
	2016/10/20	ND (<2)	ND (<1)
	2016/11/16	ND (<2)	1
	2017/7/27	ND (<2)	16
	2017/8/28	ND (<2)	58
	2017/9/25	ND (<2)	1
	2017/10/24	ND (<2)	4
	2017/11/24	ND (<2)	ND (<1)
	2018/7/31	ND (<2)	ND (<1)
	2018/8/30	ND (<2)	ND (<1)
	2018/9/29	ND (<2)	1
	2018/10/27	ND (<2)	1
	2018/11/30	ND (<2)	ND (<1)
	2019/7/23	ND (<2)	1
2019/8/23	ND (<2)	1	
2019/9/20	ND (<2)	1	
2019/10/28	ND (<2)	5	
2019/11/26	ND (<2)	4	

※<1は検出限界値(1Bq/L未満)を示す

2019年は沢水からCsの検出なし

→調査域外への流出は極めて低量であるものと推察される

※10月25日～26日の豪雨直後でもCsの検出なし

森林火災発生箇所における放射性物質動態調査(沢水調査)

伊達地区	採取日	放射性Cs濃度 Bq/L	浮遊物質濃度 mg/L
No. 1	2016/8/29	ND (<2)	2
	2016/9/23	ND (<2)	4
	2016/10/20	ND (<2)	5
	2016/11/16	ND (<2)	1
	2017/7/27	ND (<2)	24
	2017/8/28	ND (<2)	1
	2017/9/25	ND (<2)	4
	2017/10/24	ND (<2)	14
	2017/11/24	ND (<2)	2
	2018/7/31	ND (<2)	3
	2018/8/30	ND (<2)	8
	2018/9/29	ND (<2)	2
	2018/10/27	ND (<2)	4
	2018/11/30	ND (<2)	ND (<1)
	2019/7/23	ND (<2)	5
	2019/8/23	ND (<2)	4
	2019/9/20	ND (<2)	4
2019/10/28	ND (<2)	23	
2019/11/26	ND (<2)	3	

伊達地区	採取日	放射性Cs濃度 Bq/L	浮遊物質濃度 mg/L
No. 2	2016/8/29	ND (<2)	14
	2016/9/23	ND (<2)	4
	2016/10/20	ND (<2)	17
	2016/11/16	ND (<2)	22
	2017/7/27	ND (<2)	47
	2017/8/28	ND (<2)	7
	2017/9/25	ND (<2)	15
	2017/10/24	ND (<2)	47
	2017/11/24	ND (<2)	4
	2018/7/31	ND (<2)	12
	2018/8/30	ND (<2)	79
	2018/9/29	ND (<2)	58
	2018/10/27	ND (<2)	180
	2018/11/30	ND (<2)	16
	2019/7/23	ND (<2)	33
	2019/8/23	ND (<2)	86
	2019/9/20	ND (<2)	27
2019/10/28	ND (<2)	27	
2019/11/26	ND (<2)	5	

※<1は検出限界値(1Bq/L未満)を示す

2019年は沢水からCsの検出なし
→調査域外への流出は極めて低量であるものと推察される

● 森林施業に伴う空間線量率の変化

- ・間伐等の森林整備により低下した空間線量率は維持されている。

● 広葉樹萌芽枝の放射性セシウム濃度

- ・萌芽枝のCs濃度は平成25年度から平成27年度に大きく低下し、その後は漸減傾向。
- ・コナラ萌芽枝のCs濃度の低減率は鈍化傾向

● 森林火災発生箇所における放射性物質動態調査

- ・沢水調査の結果、放射性セシウムは検出されず。
→調査域外への流出は極めて低量であるものと推察される

今後の調査内容

1 モニタリングの継続調査

森林内空間線量率の経年変化を継続して観測することにより、今後の林業活動へ向けての現状把握。

2 立木や萌芽枝等の放射性物質濃度を継続観測

林業生産活動における安全性を確保するため、立木や萌芽枝等の放射性物質濃度の経年変化を観測。