

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 平成30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

調査箇所数の推移

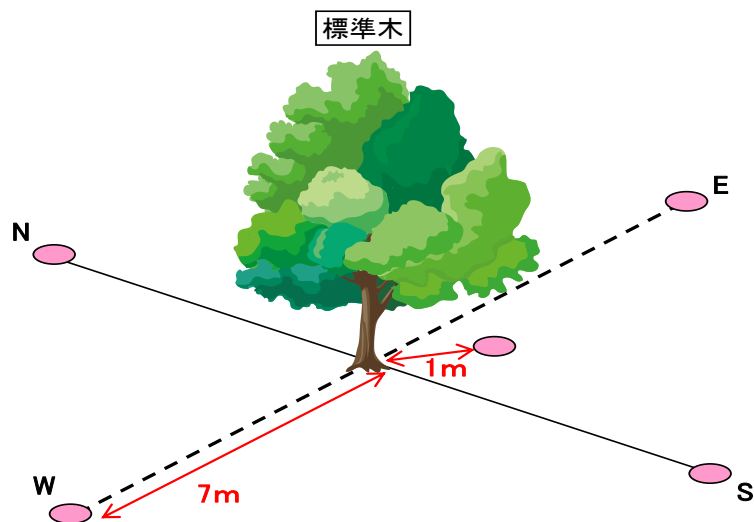
項 目 年 度	調 査 箇 所 数	調査項目の内訳				調査実施主体
		箇所数	空間線量率	樹木の Cs濃度	樹木(部位別) 土壌等のCs濃度	
平成23(2011)年度	362	362	○			県(直営)
平成24(2012)年度	925	785	○			県森林整備加速化・ 林業再生協議会(補助)
		90	○	○		
		50	○		○	
平成25(2013)年度	1,006	849	○			県(委託)
		81	○	○		
		76	○		○	
平成26(2014)年度	1,193	1,117	○			県(委託)
		76	○		○	
平成27(2015)年度	1,230	1,154	○			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	○		○	

※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15箇所は避難指示解除準備区域内

空間線量率の測定



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)

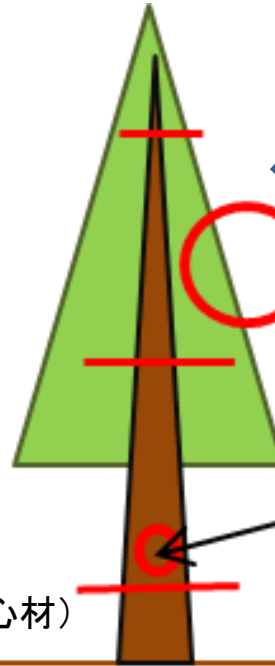


葉の採取

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)



1m高
(樹皮・辺材・心材)

材片

落葉
土壌

立木等試料の採取位置

※先端部については、隔年

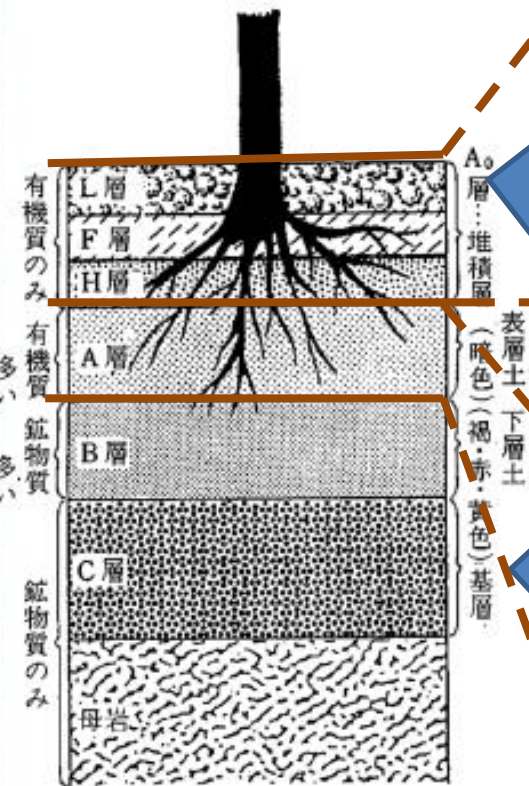
部位別(樹皮、辺材、心材及び葉)に試料を採取



樹皮の採取

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

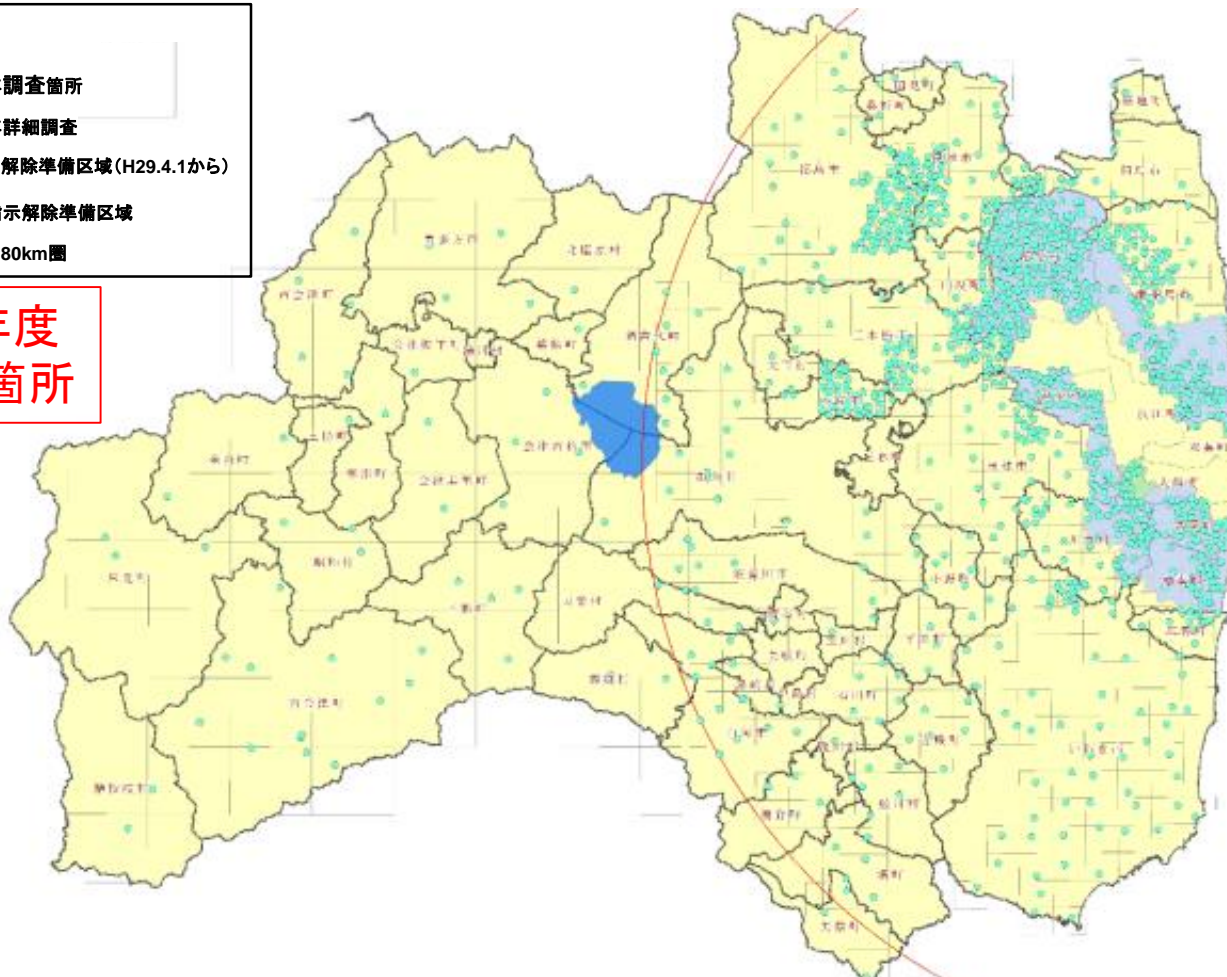
モニタリング調査の概要

H30年度調査の実施時期 H30年7月からH30年12月

調査箇所(H30年度)



H30年度
1,300箇所



方部	箇所数
県北	373
県中	122
県南	38
会津	33
南会津	22
相双	641
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 $3.4\mu\text{Sv/h}$ 、H24年度以降 $1.0\mu\text{Sv/h}$ 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)

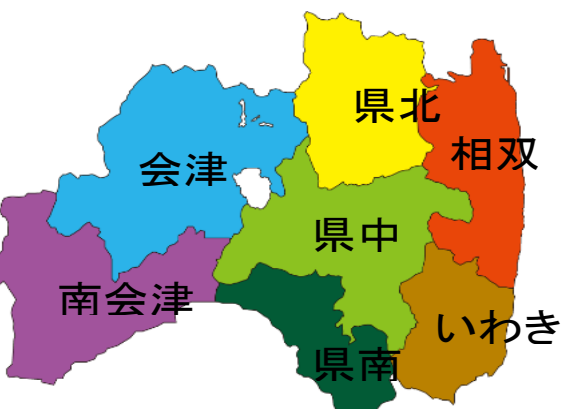
空間線量率の管内別測定結果

平成30年度(2018)調査1,300箇所での測定結果

単位($\mu\text{Sv/h}$)

管内別	箇所数	最大値	最小値
県北	373	1.57	0.04
県中	122	0.42	0.05
県南	38	0.26	0.05
会津	33	0.10	0.04
南会津	22	0.09	0.03
相双	641	3.53	0.09
いわき	71	1.18	0.05

2019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。

凡例

避難指示区域

帰還困難区域

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

< 0.23

0.23 - 0.50

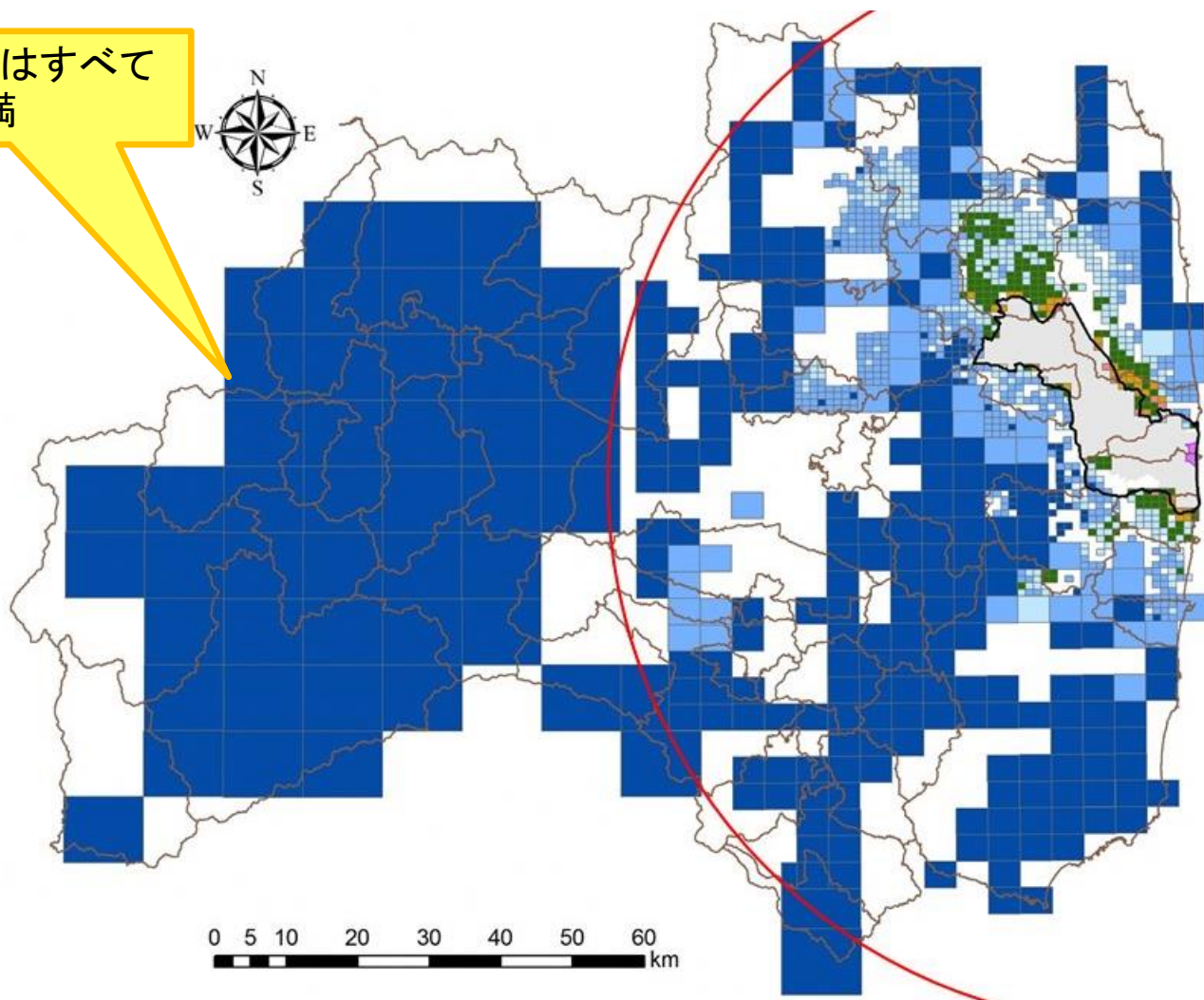
0.50 - 1.00

1.00 - 1.90

1.90 - 2.50

2.50 <

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>

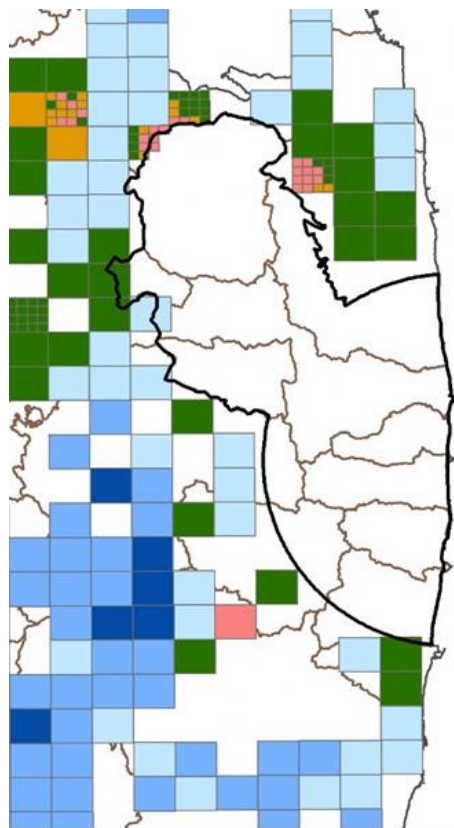
○0.23 $\mu\text{Sv/h}$ 未満の区域の増加 42箇所12%(H23) → 233箇所 64%(H30)

○1.00 $\mu\text{Sv/h}$ 以上の区域の減少 127箇所35%(H23) → 2箇所 0.5%(H30)

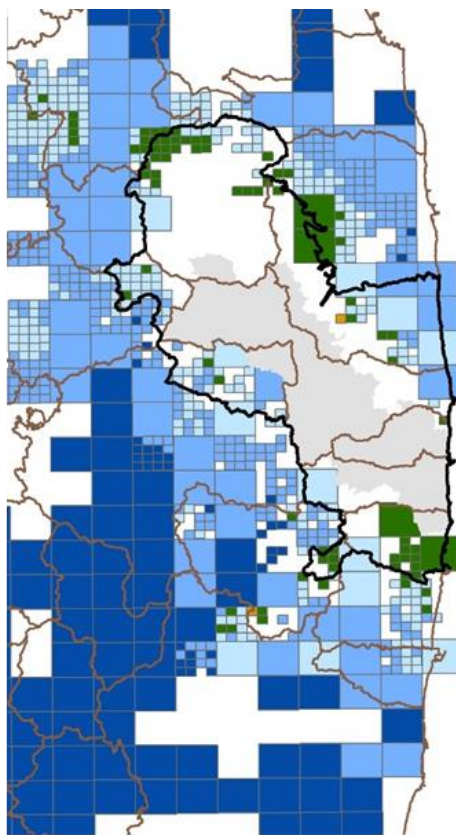
図表

平成31年3月1日現在の換算値

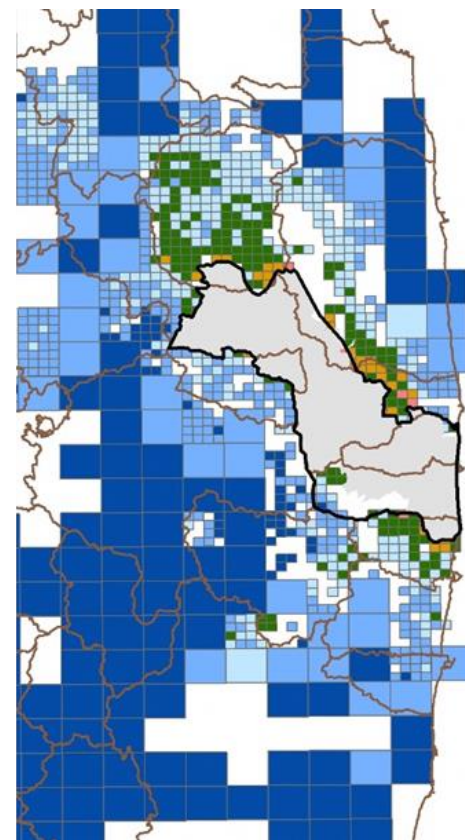
2011年8月



2016年3月



2019年3月現在



- ・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

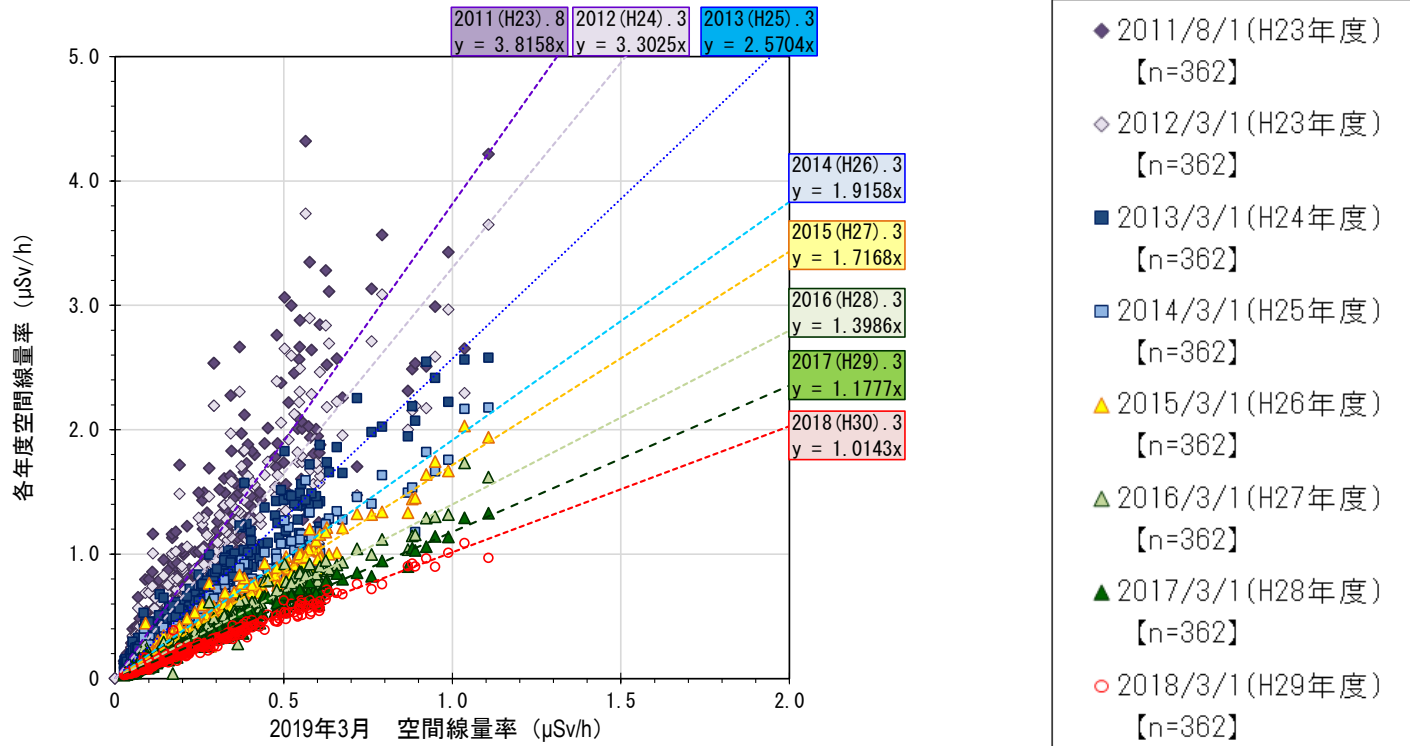
凡例

- 避難指示区域
- 帰還困難区域

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

- < 0.23
- 0.23 - 0.50
- 0.50 - 1.00
- 1.00 - 1.90
- 1.90 - 2.50
- 2.50 <

※ 平成23年度(2011年) 調査箇所継続362点を抽出

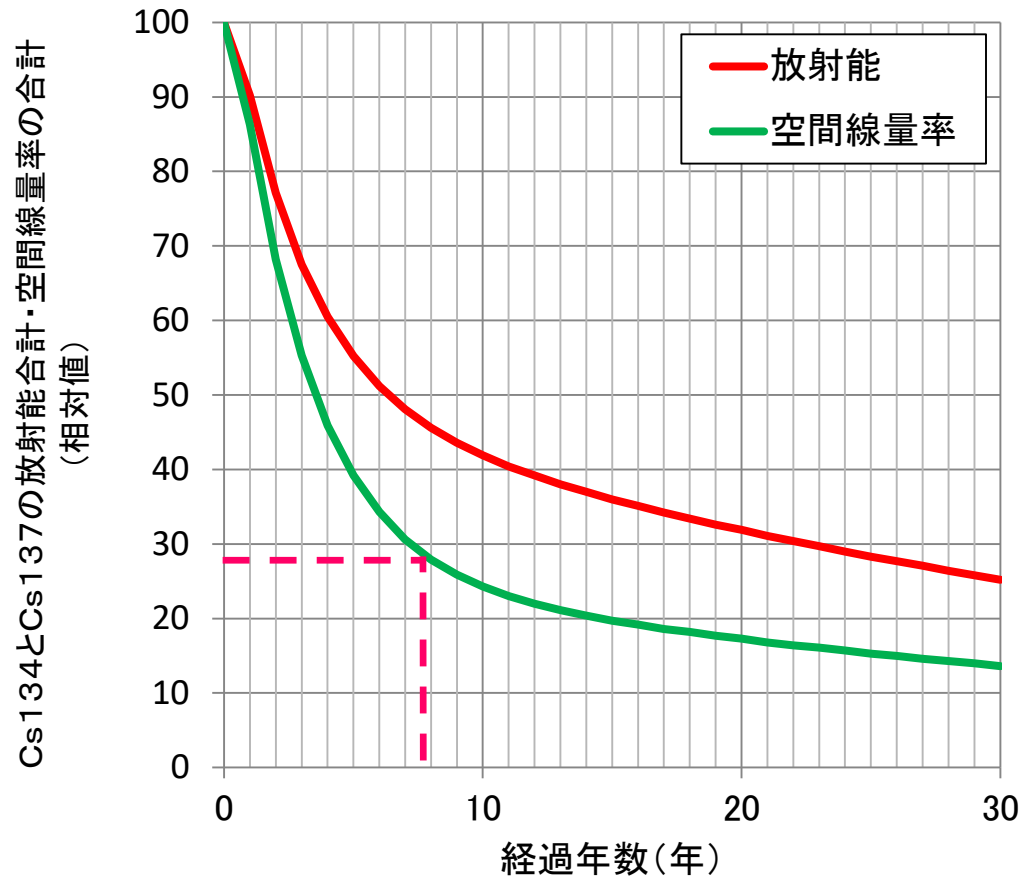


($\mu\text{Sv/h}$)	2011年8月	2012年3月	2013年3月	2014年3月	2015年3月	2016年3月	2017年3月	2018年3月	2019年3月
平均値	0.91	0.79	0.62	0.44	0.39	0.32	0.27	0.23	0.23
中央値	0.60	0.52	0.44	0.31	0.25	0.21	0.18	0.16	0.15
最大値	4.32	3.74	2.58	2.18	2.03	1.73	1.33	1.09	1.11
最小値	0.09	0.07	0.07	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
標準偏差	0.80	0.69	0.50	0.39	0.36	0.29	0.24	0.20	0.20
調査箇所数	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

空間線量率の低減率 H23.8~H31.3 約75% ⇒ 概ね物理学的減衰に従って低減

Csの減衰曲線

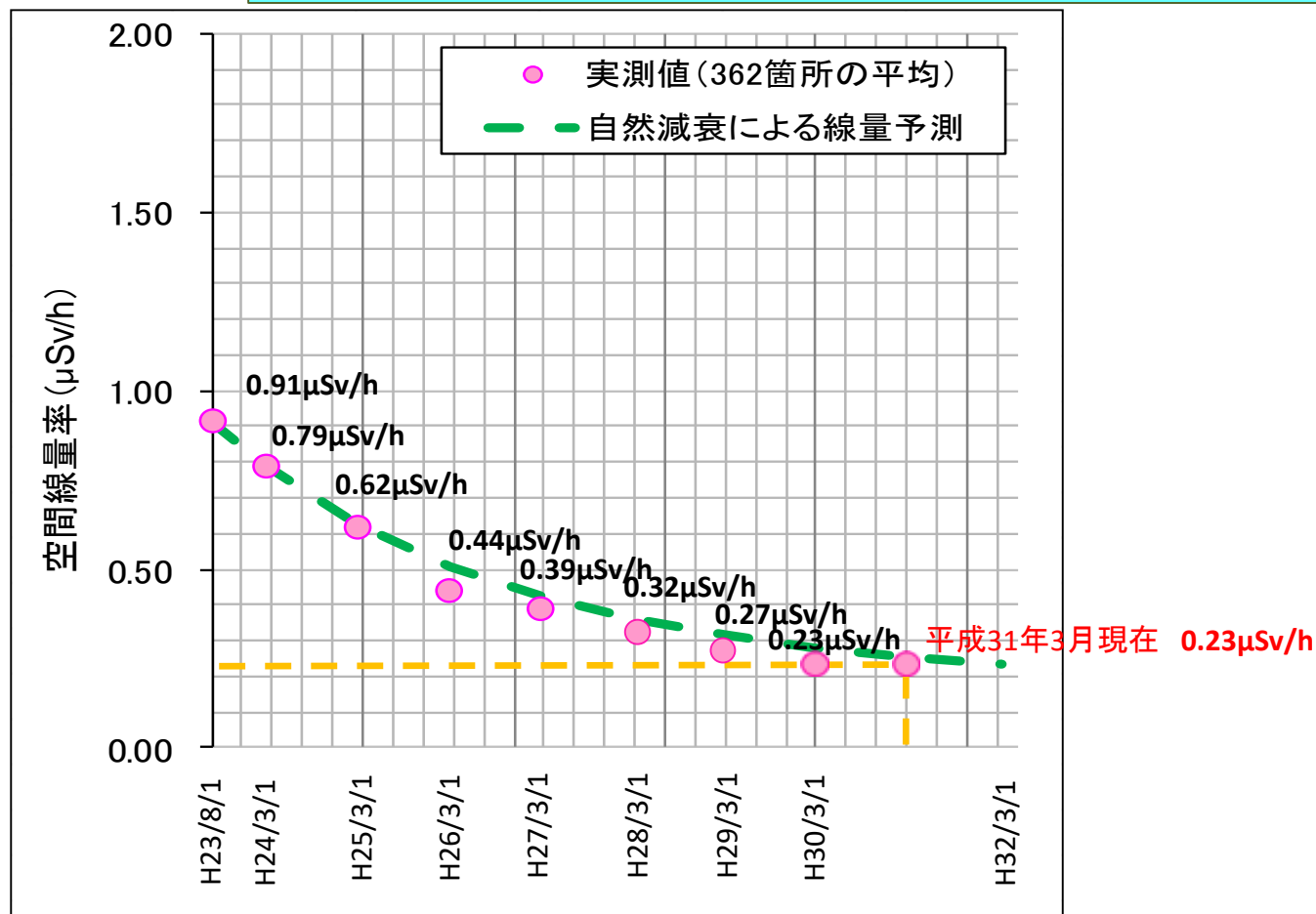
経過年数(年次)	放射能の減衰	空間線量率の減衰
0	H23	100
1	H24	87
2	H25	69
3	H26	56
4	H27	46
5	H28	40
6	H29	34
7	H30	31
8	H31	28
9	H32	26
10	H33	24
11	H34	23
12	H35	22
13	H36	21
14	H37	20
15	H38	20
16	H39	19
17	H40	19
18	H41	18
19	H42	18
20	H43	17
21	H44	17
22	H45	16
23	H46	16
24	H47	16
25	H48	15
26	H49	15
27	H50	15
28	H51	14
29	H52	14
30	H53	14



8年経過した現在の空間線量率は約28%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を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

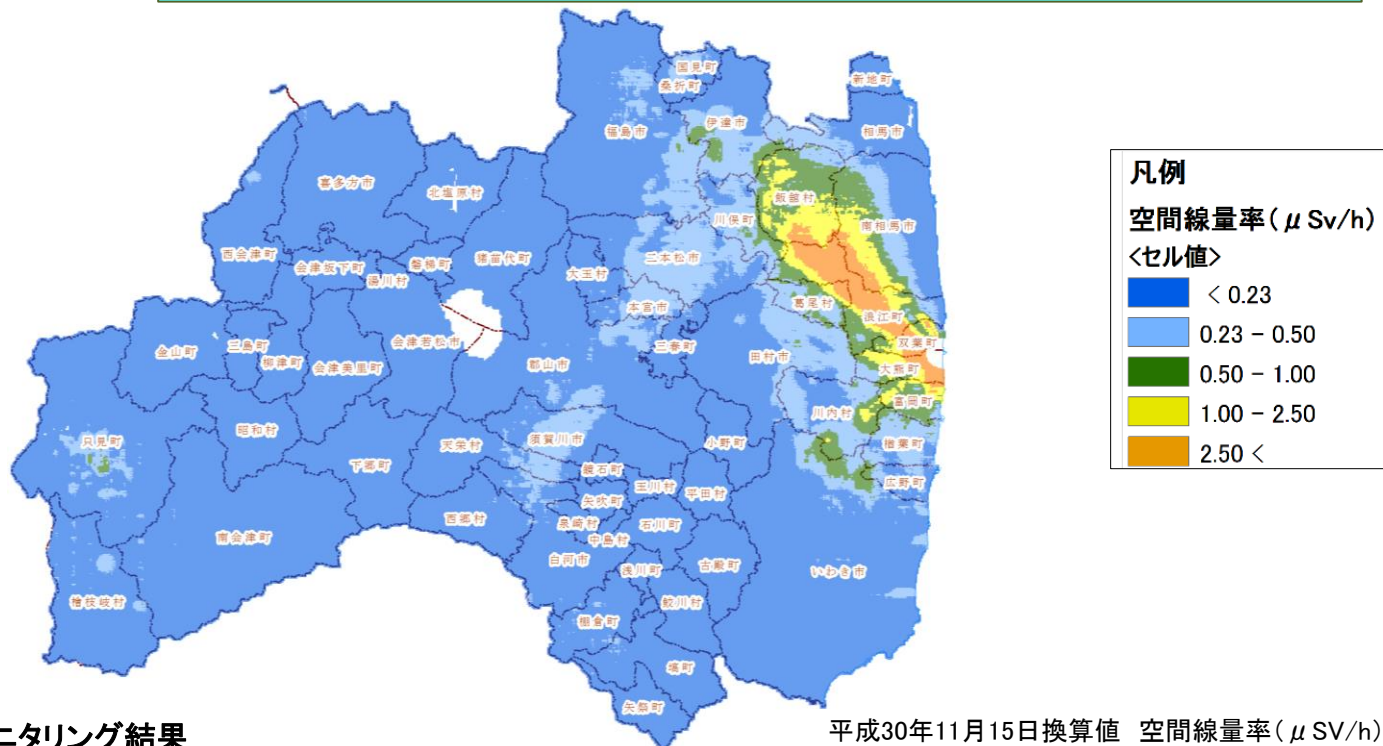
今後の空間線量率の予測



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



2018(H30)年度 航空機モニタリング結果

平成30年11月15日換算値 空間線量率(μSV/h)

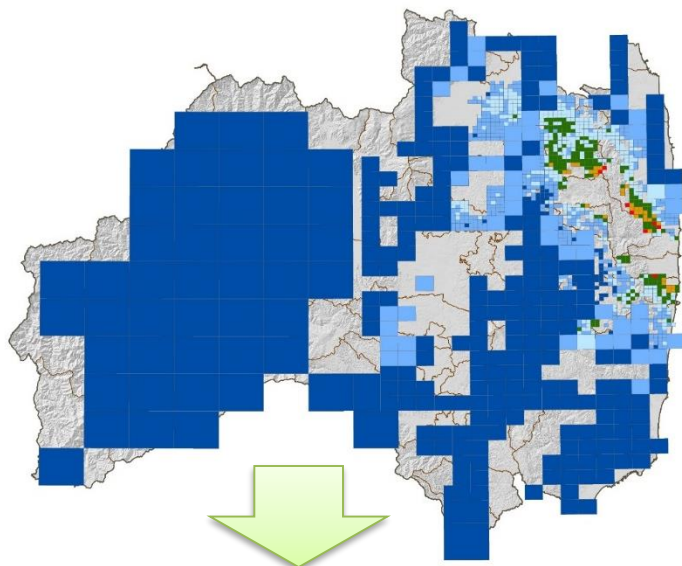
県内全域	全県	県北	県中	県南	会津	南会津	相双	いわき
平均	0.257	0.223	0.151	0.133	0.104	0.123	0.639	0.158
最大値	18.000	2.000	0.760	0.350	0.370	1.200	5.600	1.100
最小値	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100

※全測定点 212, 259地点 (2019(H31).3.8公表)原子力規制委員会公表資料より

県内森林域	全県	県北	県中	県南	会津	南会津	相双	いわき
平均	0.266	0.217	0.150	0.135	0.104	0.124	0.867	0.167
最大値	18.000	2.000	0.760	0.350	0.360	1.200	5.600	1.100
最小値	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100

※測定点 153, 380地点 (2019(H31).3.8公表)原子力規制委員会公表資料より

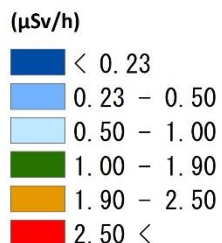
原発事故から8年後
平成30年(2018)の結果



※2011年8月から継続調査を実施している362箇所に基づく予測値

(単位は $\mu\text{Sv/h}$)

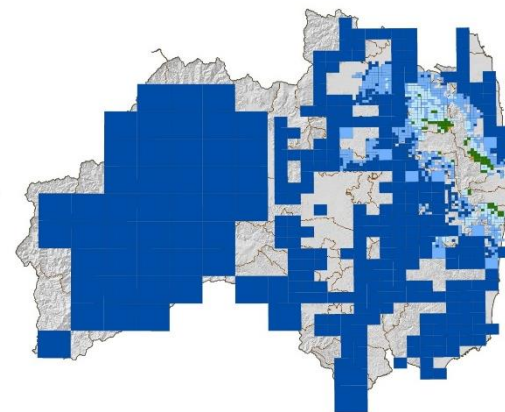
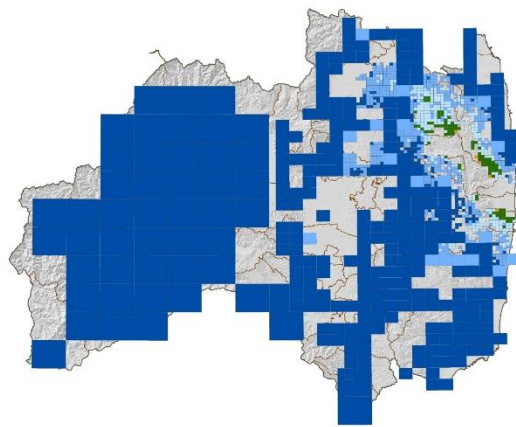
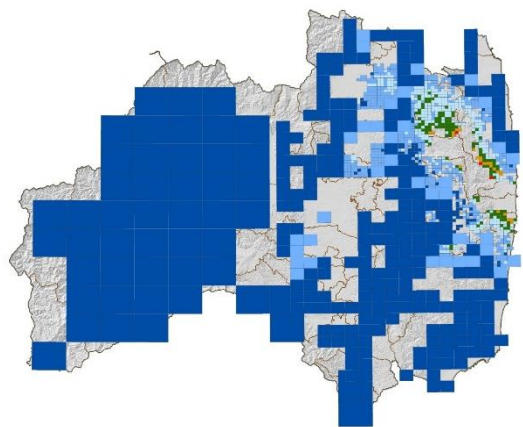
2019年3月現在	原発事故10年後 2020年3月現在	原発事故15年後 2025年3月現在	原発事故20年後 2030年3月現在
0.23	0.21	0.17	0.14



原発事故から10年後
2020年の予測

原発事故から15年後
2025年の予測

原発事故から20年後
2030年の予測



樹木調査箇所位置図

調査数81箇所

★ 詳細調査ポイント

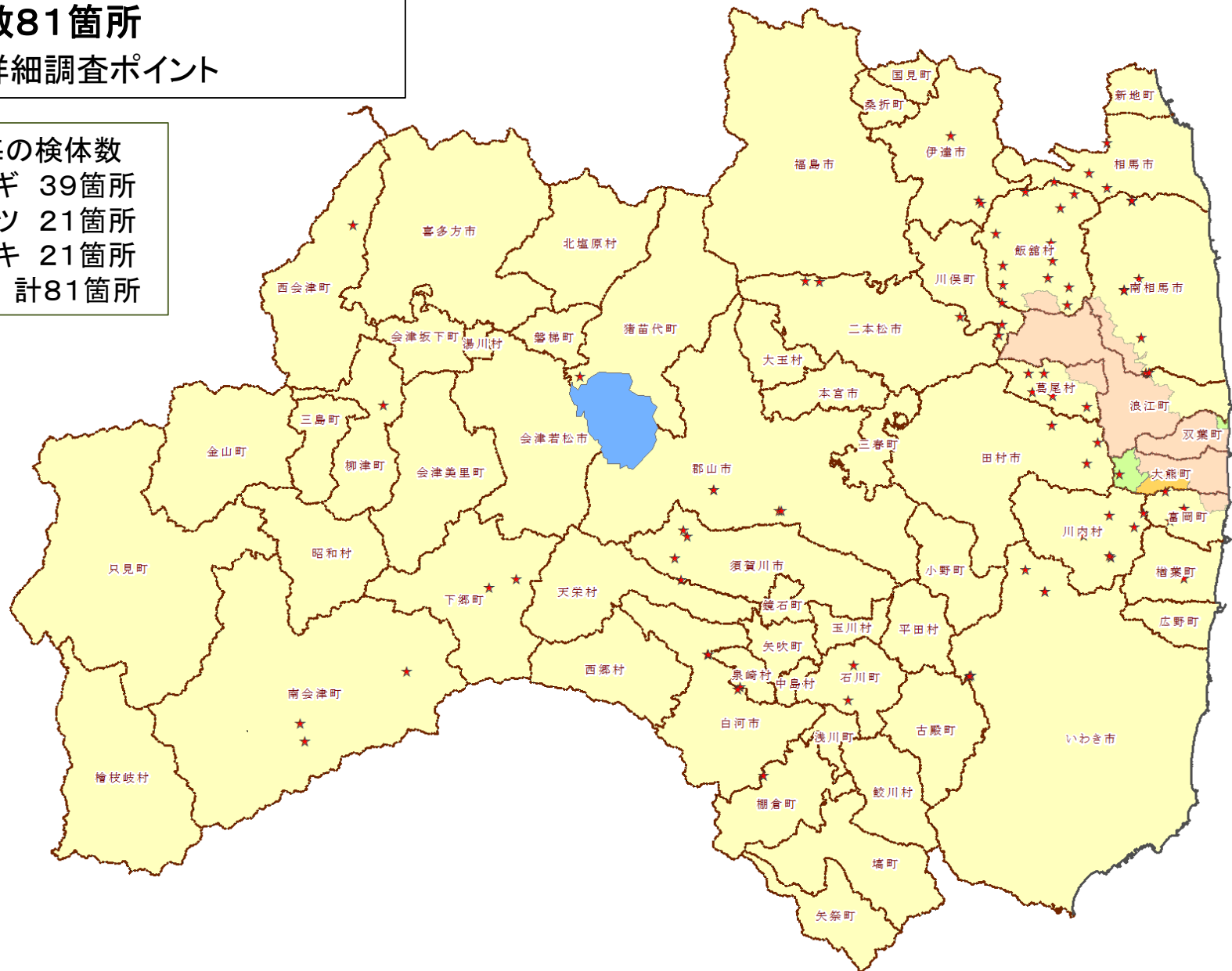
樹種毎の検体数

スギ 39箇所

アカマツ 21箇所

ヒノキ 21箇所

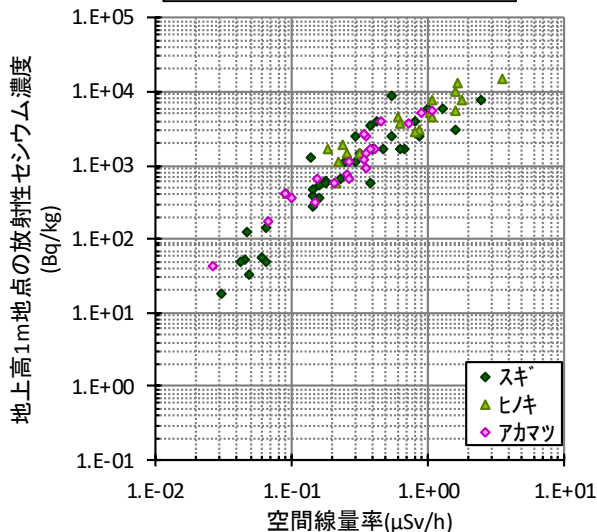
計81箇所



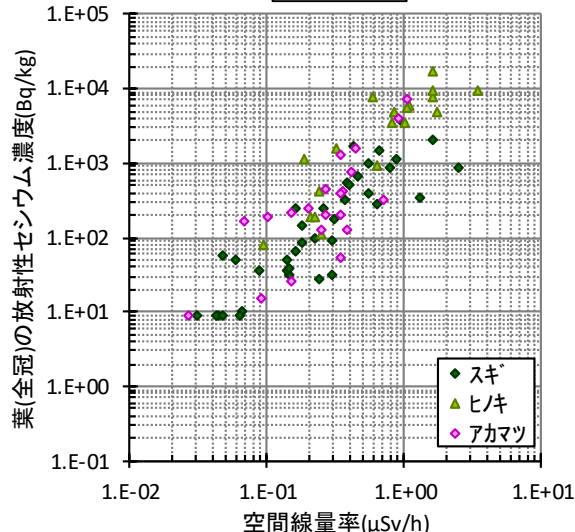
空間線量率とCs濃度の関係

空間線量率と各種放射性Cs濃度との関係

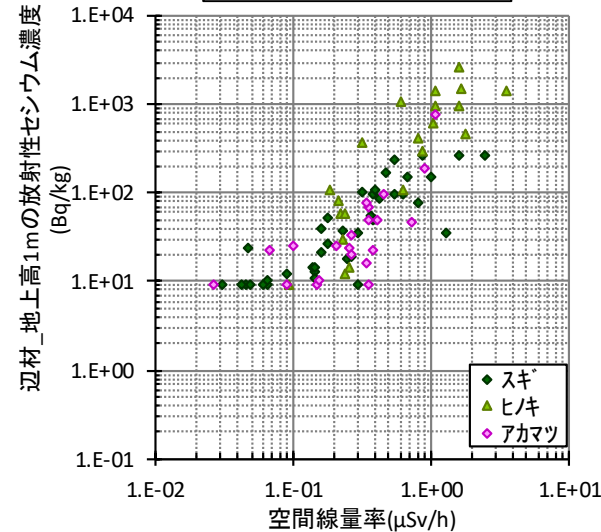
【1m高 外樹皮】



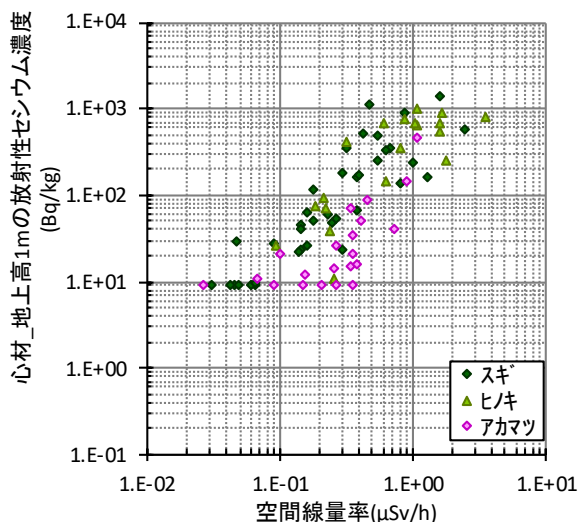
【葉】



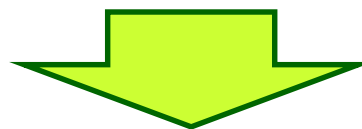
【1m高 辺材】



【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



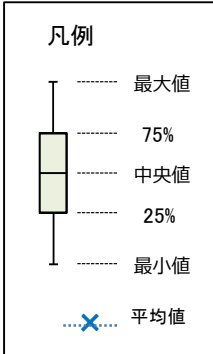
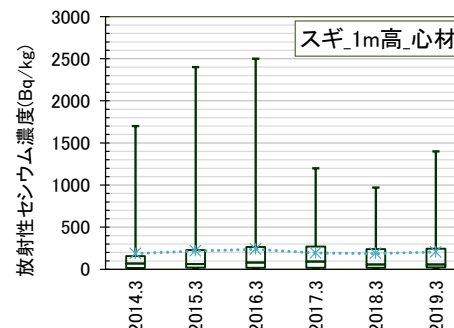
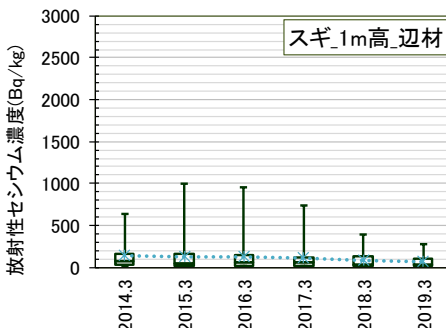
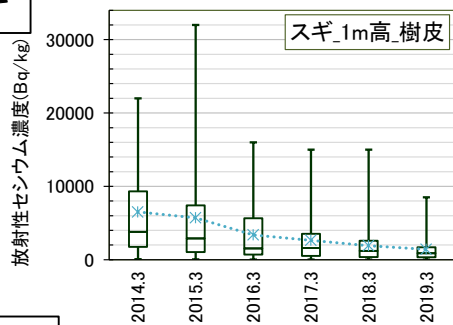
空間線量率の把握が今後の
林業生産活動の目安に

平成30年度調査の結果

木材に含まれるCs濃度の平均値の経年推移

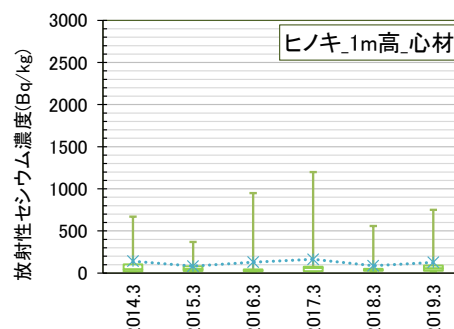
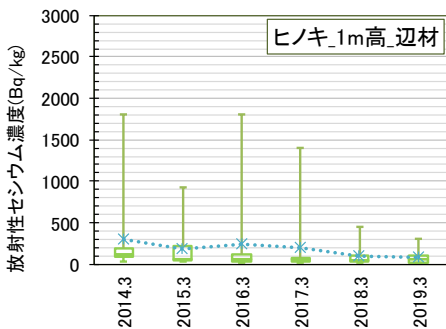
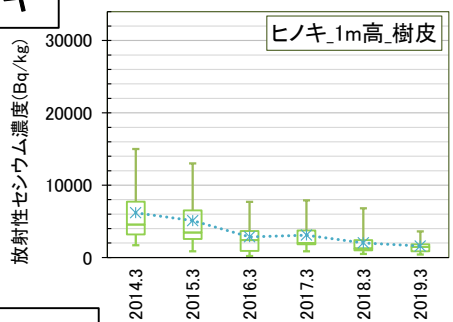
樹種 スギ

(n=36)



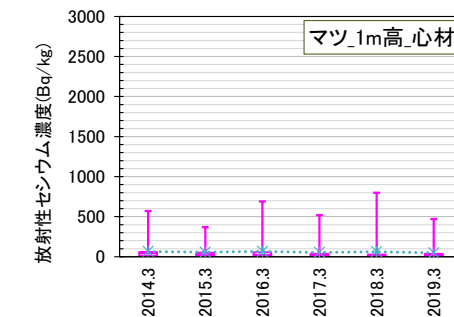
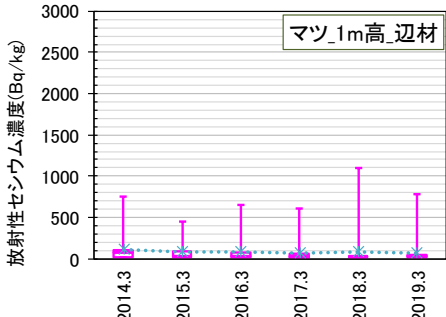
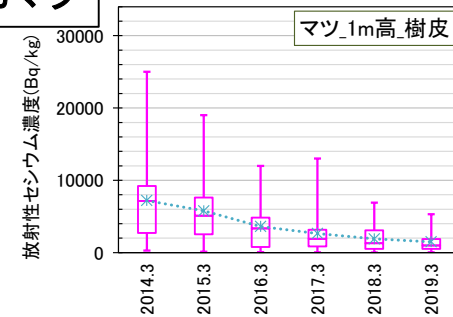
樹種 ヒノキ

(n=10)



樹種 アカマツ

(n=20)

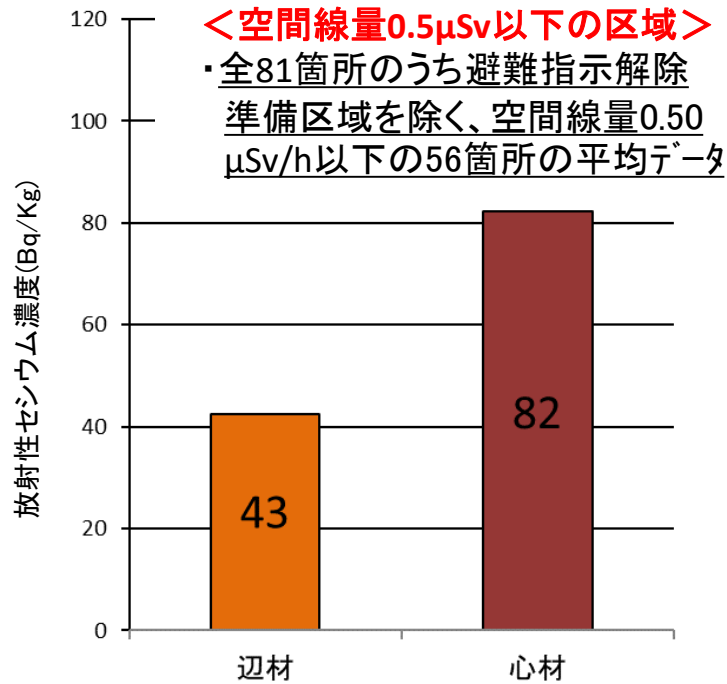


	地上高1m						
	樹皮	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度
スギ	平均値 (Bq/kg)	H26.3	H27.3	H28.3	H29.3	H30.3	H31.3
	変化率 (%)	6,057	5,707	3,384	2,647	1,916	1,541
ヒノキ	平均値 (Bq/kg)	6,190	5,096	2,861	3,087	2,019	1,589
	変化率 (%)	100.0	82.3	46.2	49.9	32.6	25.7
アカマツ	平均値 (Bq/kg)	7,209	5,777	3,610	2,644	1,898	1,662
	変化率 (%)	100.0	80.1	50.1	36.7	26.3	23.1

	地上高1m						
	辺材	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度
スギ	平均値 (Bq/kg)	H26.3	H27.3	H28.3	H29.3	H30.3	H31.3
	変化率 (%)	136	129	118	106	79	64
ヒノキ	平均値 (Bq/kg)	295	186	244	200	97	78
	変化率 (%)	100.0	63.1	82.7	67.8	32.9	26.4
アカマツ	平均値 (Bq/kg)	102	80	85	67	81	76
	変化率 (%)	100.00	78.4	83.3	65.7	79.4	74.5

	地上高1m						
	心材	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度
スギ	平均値 (Bq/kg)	H26.3	H27.3	H28.3	H29.3	H30.3	H31.3
	変化率 (%)	186	218	238	193	188	203
ヒノキ	平均値 (Bq/kg)	142	83	130	163	87	127
	変化率 (%)	100.0	58.5	91.5	114.8	61.3	89.4
アカマツ	平均値 (Bq/kg)	65	57	67	54	63	52
	変化率 (%)	100.0	87.7	103.1	83.1	96.9	80.0

木材に含まれるCs濃度



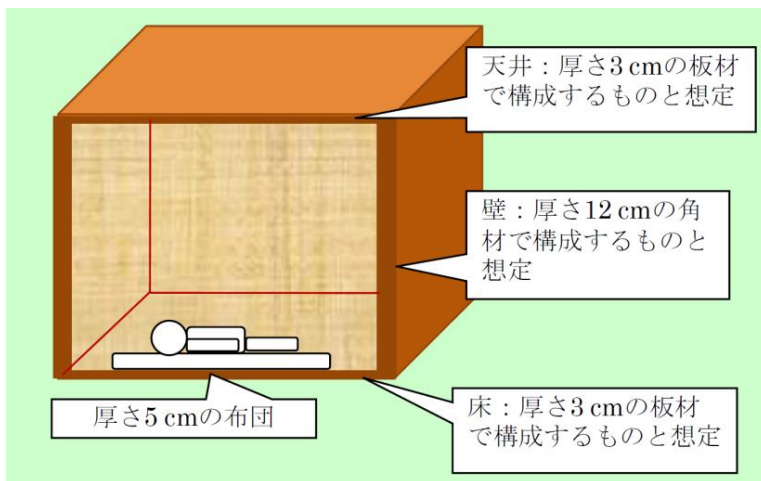
スギ、ヒノキ、アカマツで調査を行い、スギは心材の方が辺材よりも濃度が高い傾向

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)
- 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)

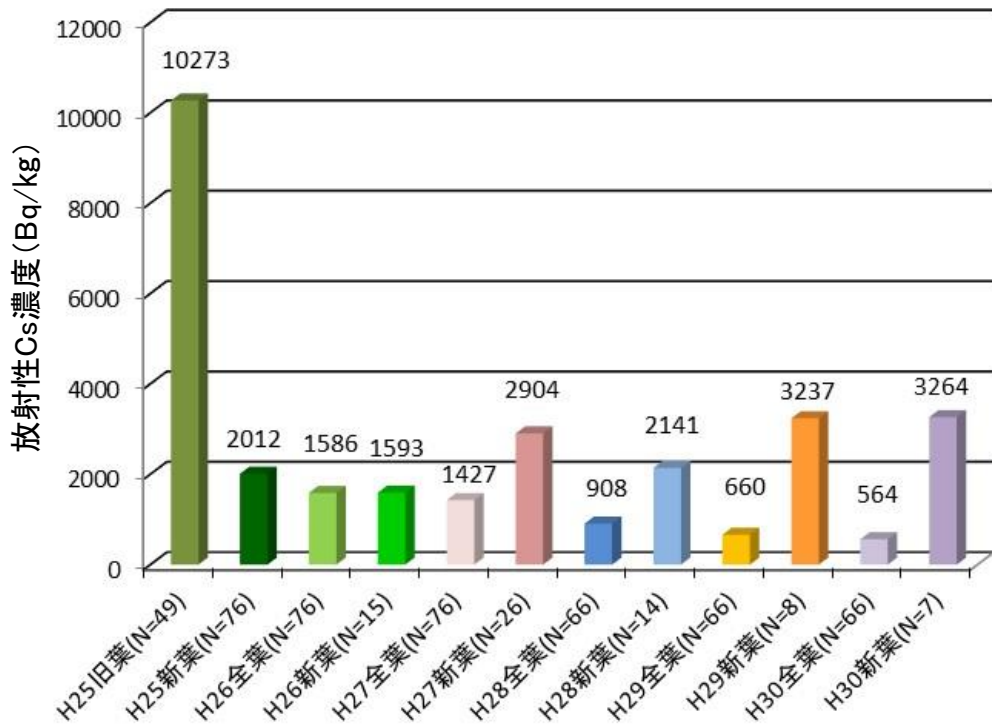


学識経験者に確認したところ、本調査でCs濃度の最大値^{※1}を示した木材を住宅に使用した場合の追加被ばく量は年間0.075 mSv^{※2} **時間当り0.010 μ Sv/h**は、自然放射線による年間被ばく量2.1 mSvに比べ著しく小さく、環境や健康への影響はほとんどないとの評価が得られた。

※1 **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

葉に含まれるCs濃度

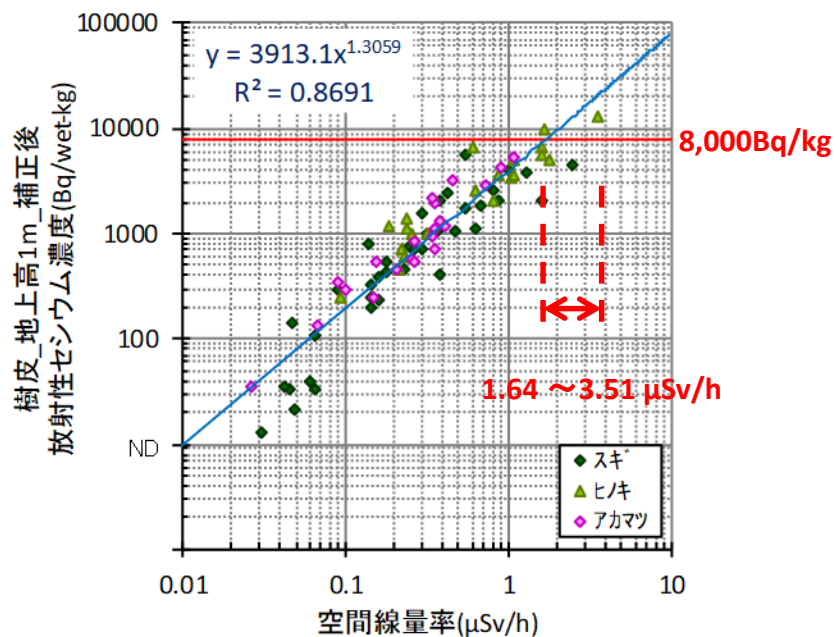
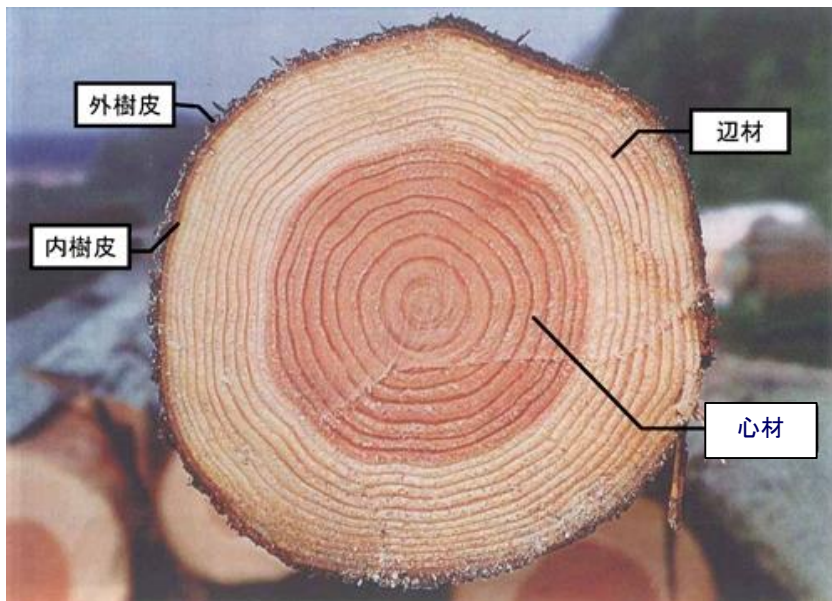


全葉・新葉の放射性Cs濃度 (平均値の比較)

H30全葉は、H25旧葉に比べ、葉のCs濃度は、6%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 $1.73 \mu\text{Sv/h}$)
- ・但し、その空間線量率のバラツキがある $1.64 \sim 3.51 \mu\text{Sv/h}$



8,000(Bq/kg-wet)時の空間線量率= $1.73 (\mu\text{Sv/h})$

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2%程度
⇒ Csが土壌に移行

H23

H30

H23

H29

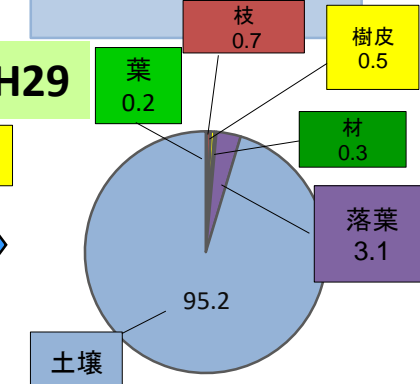
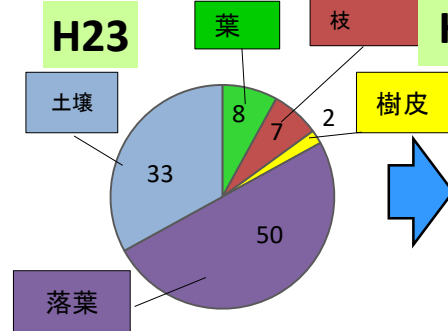
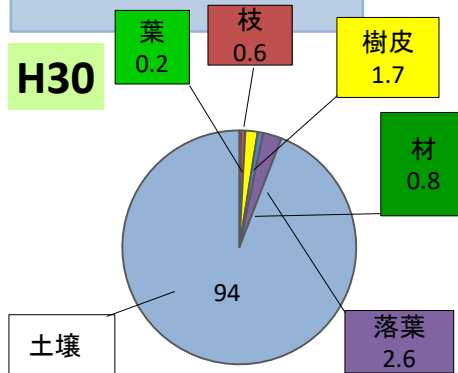
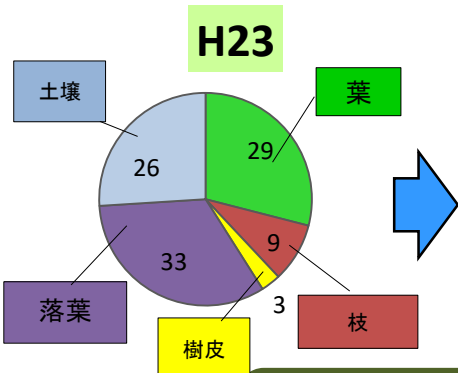
H30調査なし

針葉樹

広葉樹

Cs

0~5cm



森林内のCsの90%以上が土壌(大部分は0~5cm)に分布

1 平成30年度(2018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 $0.23\mu\text{Sv/h}$ (H29: $0.23\mu\text{Sv/h}$)

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 233箇所(64%:H30))

1. $00\mu\text{Sv/h}$ 以上の区域は減少(127箇所(35%:H23) \Rightarrow 2箇所(0.5%:H30))

- ・空間線量率はH23.8と比較して約75%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、スギは心材がやや高い傾向

・辺材平均Cs濃度 43Bq/kg (H29: 42Bq/kg 、H28: 47Bq/kg)

・心材平均Cs濃度 82Bq/kg (H29: 62Bq/kg 、H28: 59Bq/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 0.075mSv (木材利用への影響なし) (H29: 0.048mSv 、H28: 0.132mSv)

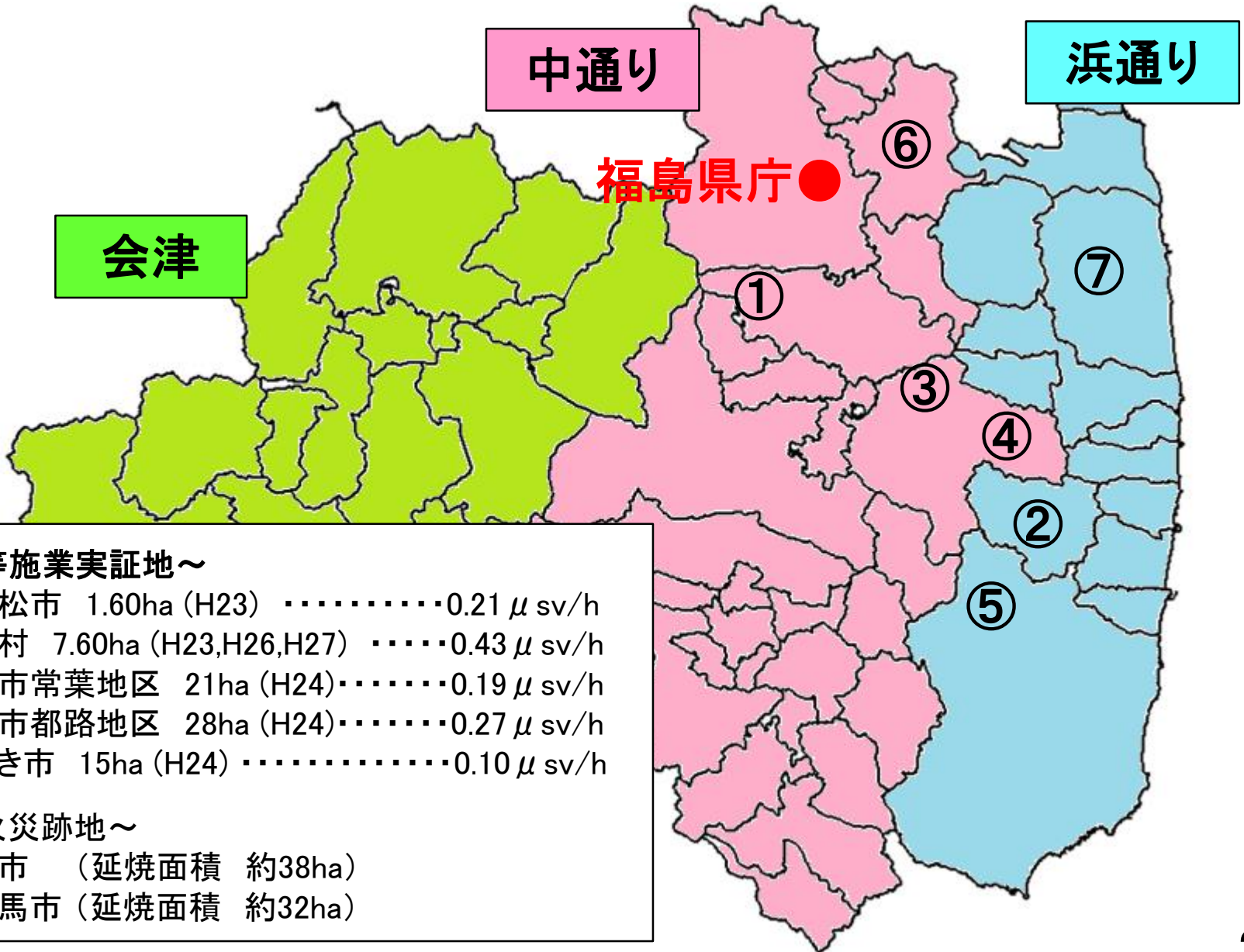
※時間あたり被ばく量 $0.010\mu\text{Sv/h}$ (H29: $0.007\mu\text{Sv/h}$ 、H28: $0.019\mu\text{Sv/h}$)

3 葉のCs濃度

・全葉の平均Cs濃度 564Bq/kg (H29: 660Bq/kg 、H28: 908Bq/kg)

・新葉の平均Cs濃度 $3,264\text{Bq/kg}$ (H29: $3,237\text{Bq/kg}$ 、H28: $2,141\text{Bq/kg}$)

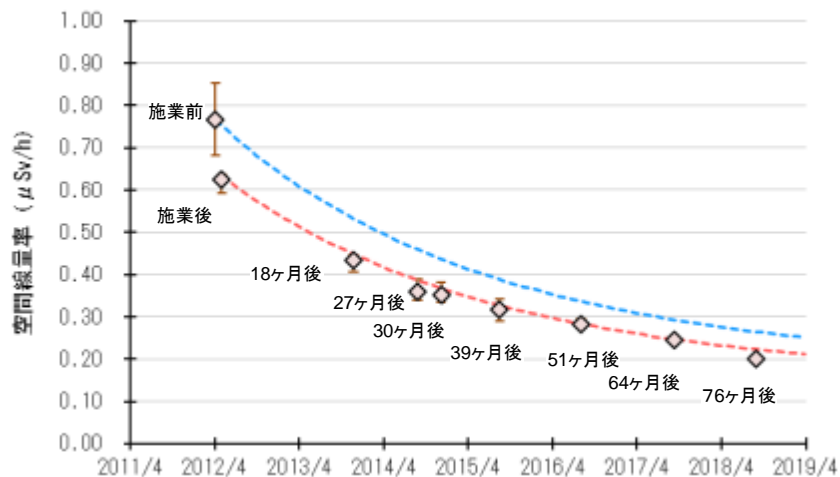
森林における放射性物質対策実証地の位置図



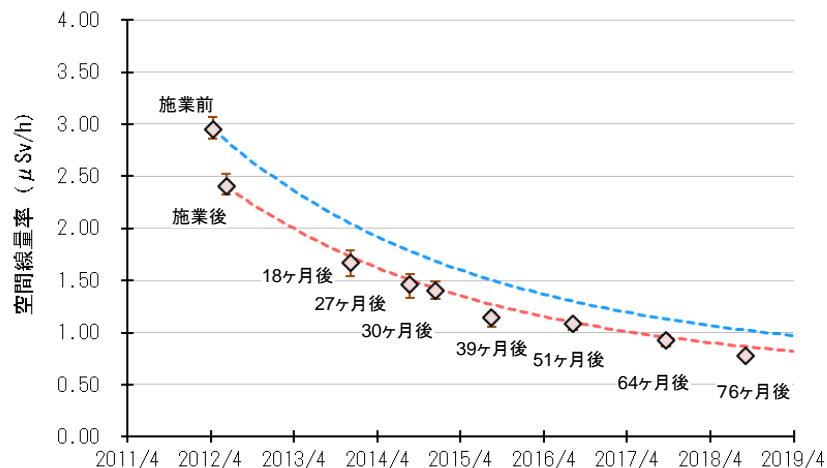
森林における放射性物質対策実証(間伐等の効果)

間伐後6年5ヶ月経過後も線量低減効果を維持

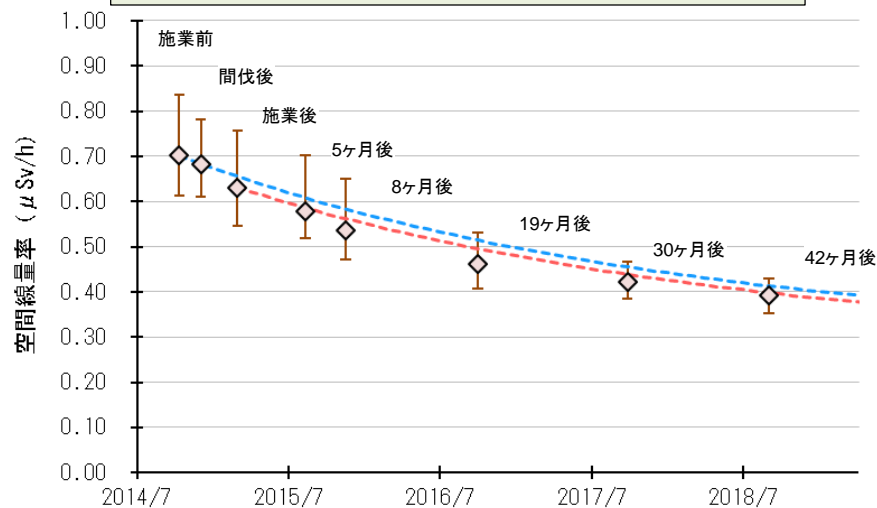
二本松市(スギ) 0.8ha搬出有り



川内村(アカマツ) 0.8ha搬出有り



川内村(スギ・アカマツ) 3.0ha搬出無し



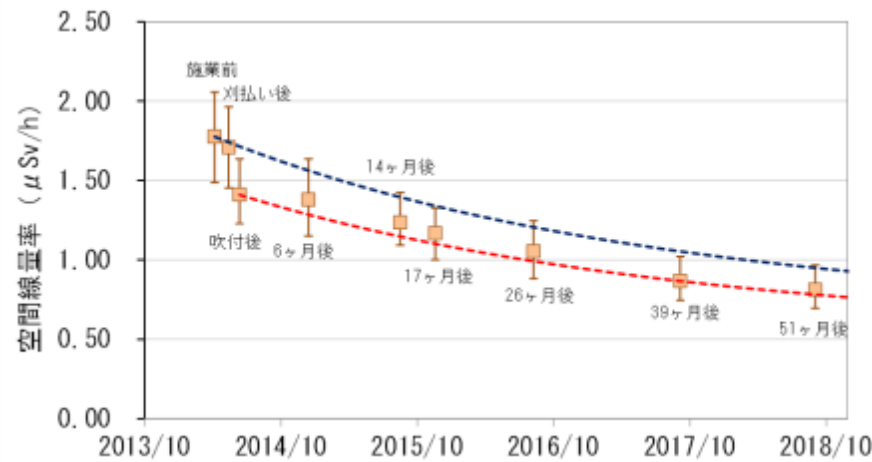
- ◇ 平均空間線量率
- 物理学的減衰補正值 (作業前基準)
- 物理学的減衰補正值 (作業後基準)

※ バーは最大・最小値

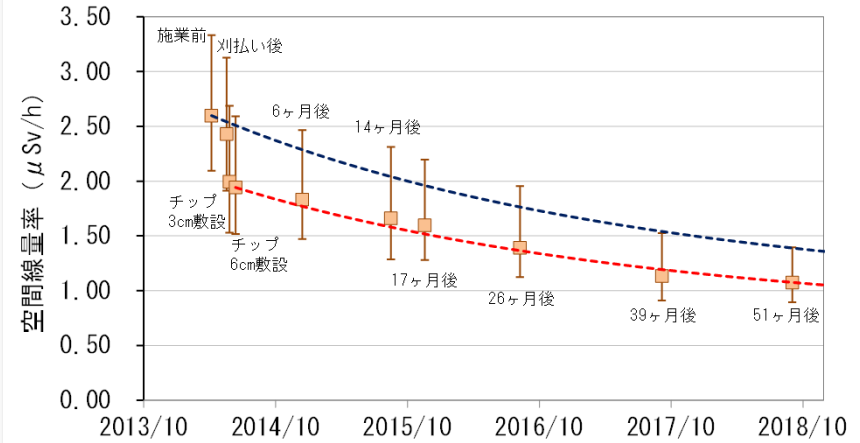
森林における放射性物質対策実証(林床被覆の効果)

被覆4年3ヶ月後も線量低減効果を維持

客土3 cm 0.16ha

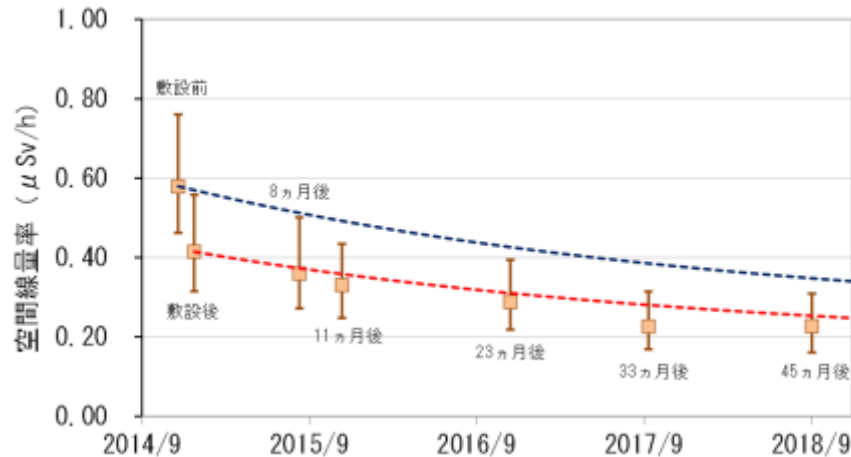


ウッドチップ 6cm 0.16ha



※ バーは最大・最小値

ウッドチップ10cm、20cm 0.128ha



■ 実測値 (平均値)

--- 物理減衰推定値 (施業前起点)

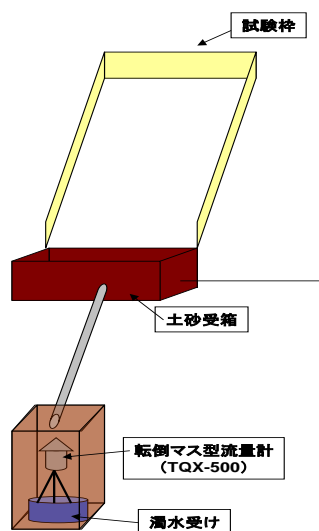
--- 物理減衰推定値 (施業後起点)



森林内における土砂移動量調査

調査地	調査箇所	開始年度	樹種	備考
更新伐・間伐施工地	田村市都路	H26～	スギ・ヒノキ・広葉樹	自動観測施設による調査
間伐・落葉除去施工地	川内村	H27～	スギ・アカマツ・広葉樹	土砂受け箱による調査

自動観測施設による調査



試験枠 : 5m(縦) × 2m(横)

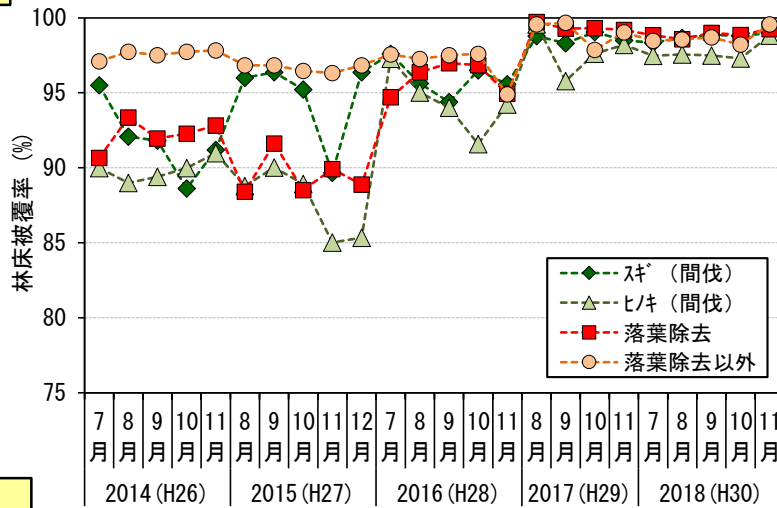
土砂受け箱による調査



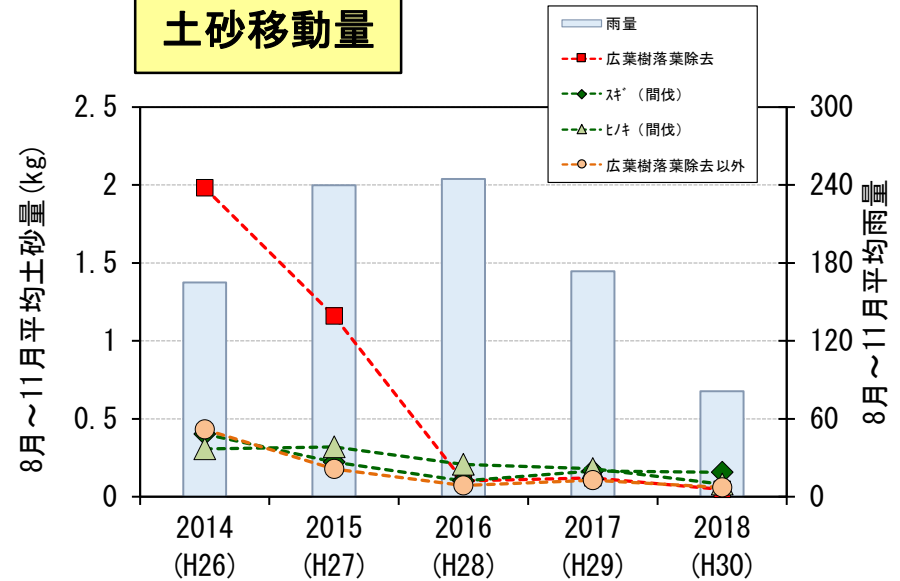
土砂受け箱 : 15cm(縦) × 25cm(横) × 20cm(奥)

森林内における土砂移動量調査 (更新伐・間伐施工地(2013年施工))

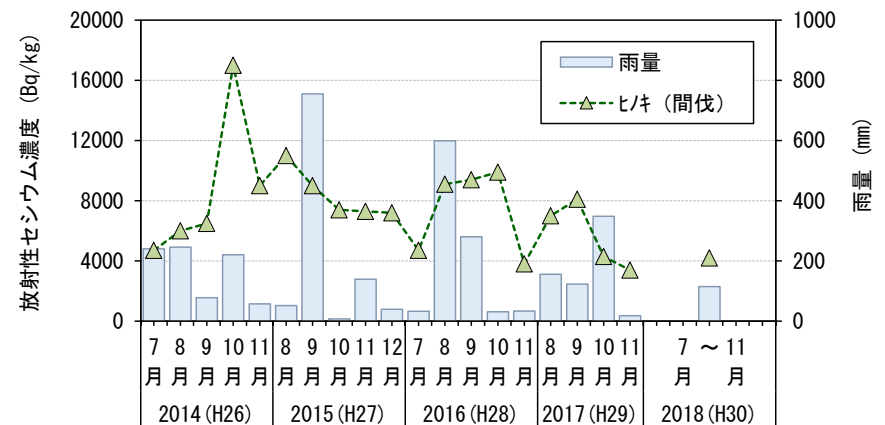
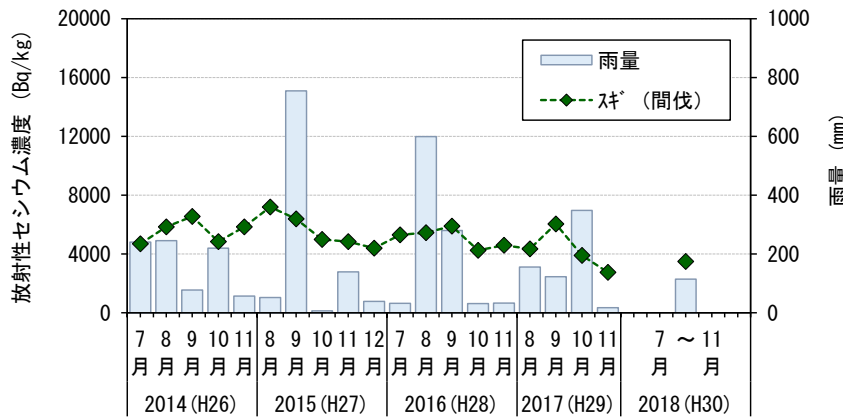
被覆率



土砂移動量

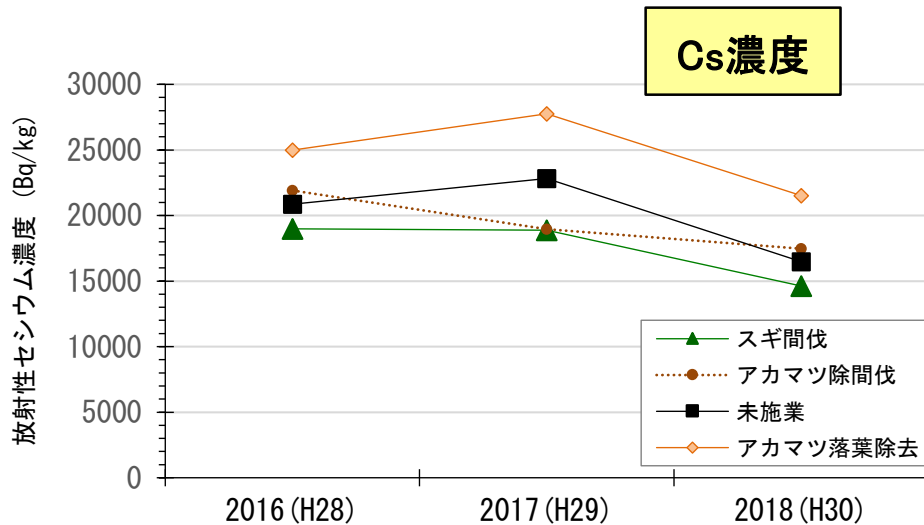
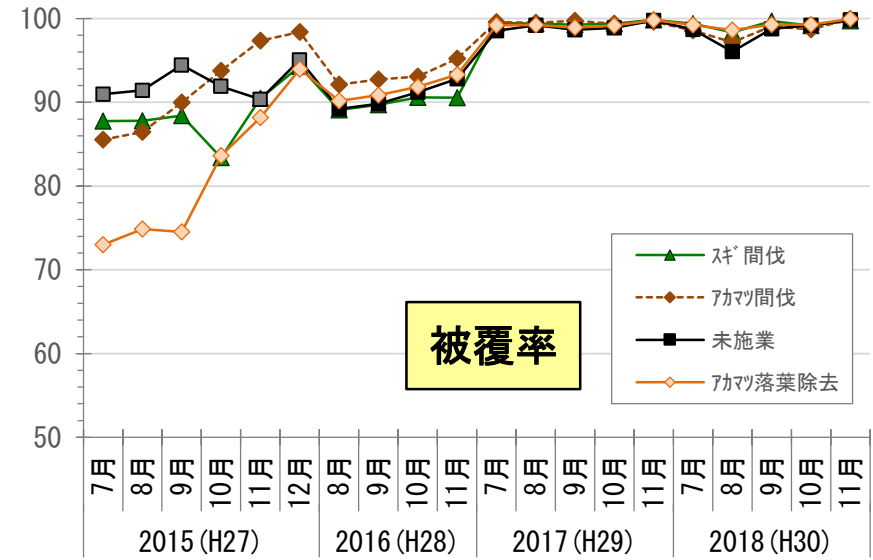
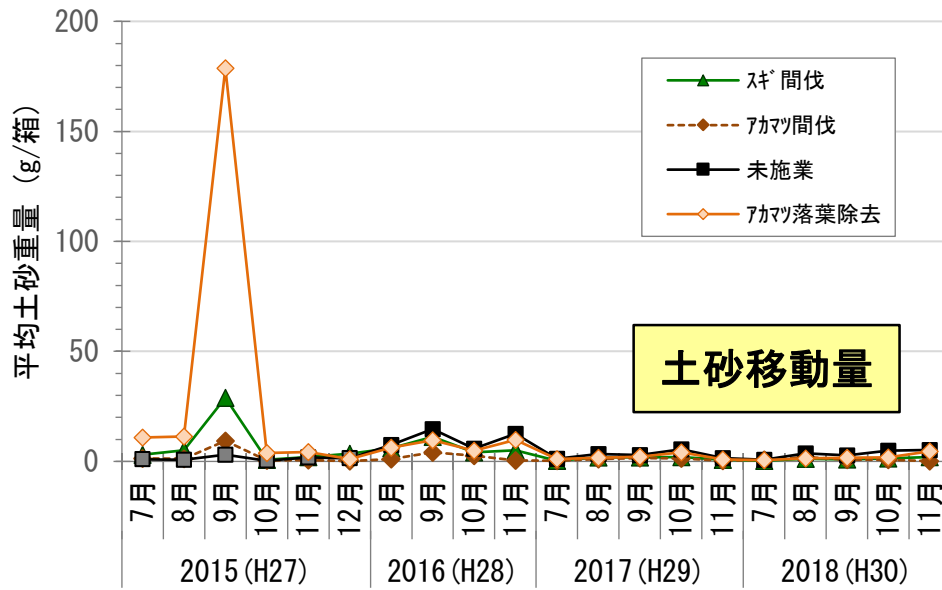


Cs濃度



○1kg当りのCs濃度と土砂移動量には、明確な相関関係はみられない
○被覆率の上昇と共に、土砂移動量は低下

森林内における土砂移動量調査 (間伐・落葉除去施工地(2014年施工))



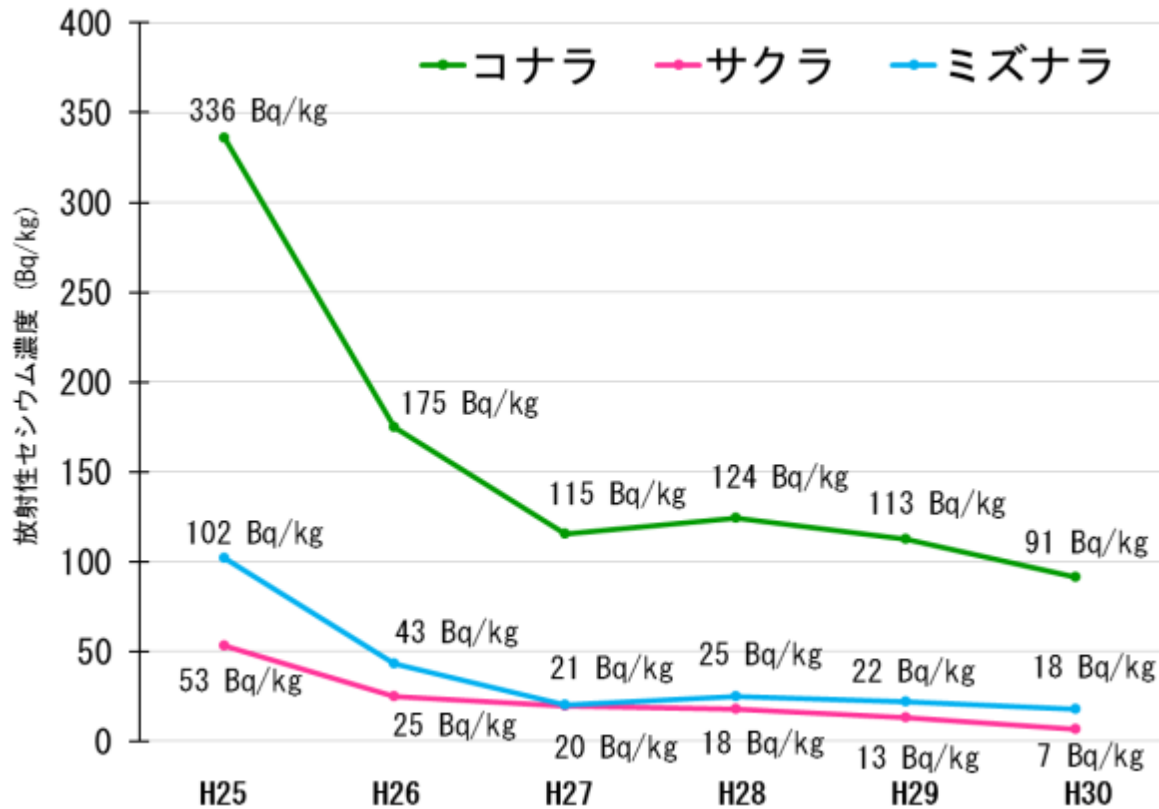
○落葉除去区域の土砂移動量は、
非落葉除去区域と同程度まで低下

○被覆率の上昇と共に、土砂移動量は低下



落葉除去施工地

広葉樹萌芽に含まれるCs濃度



- ・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

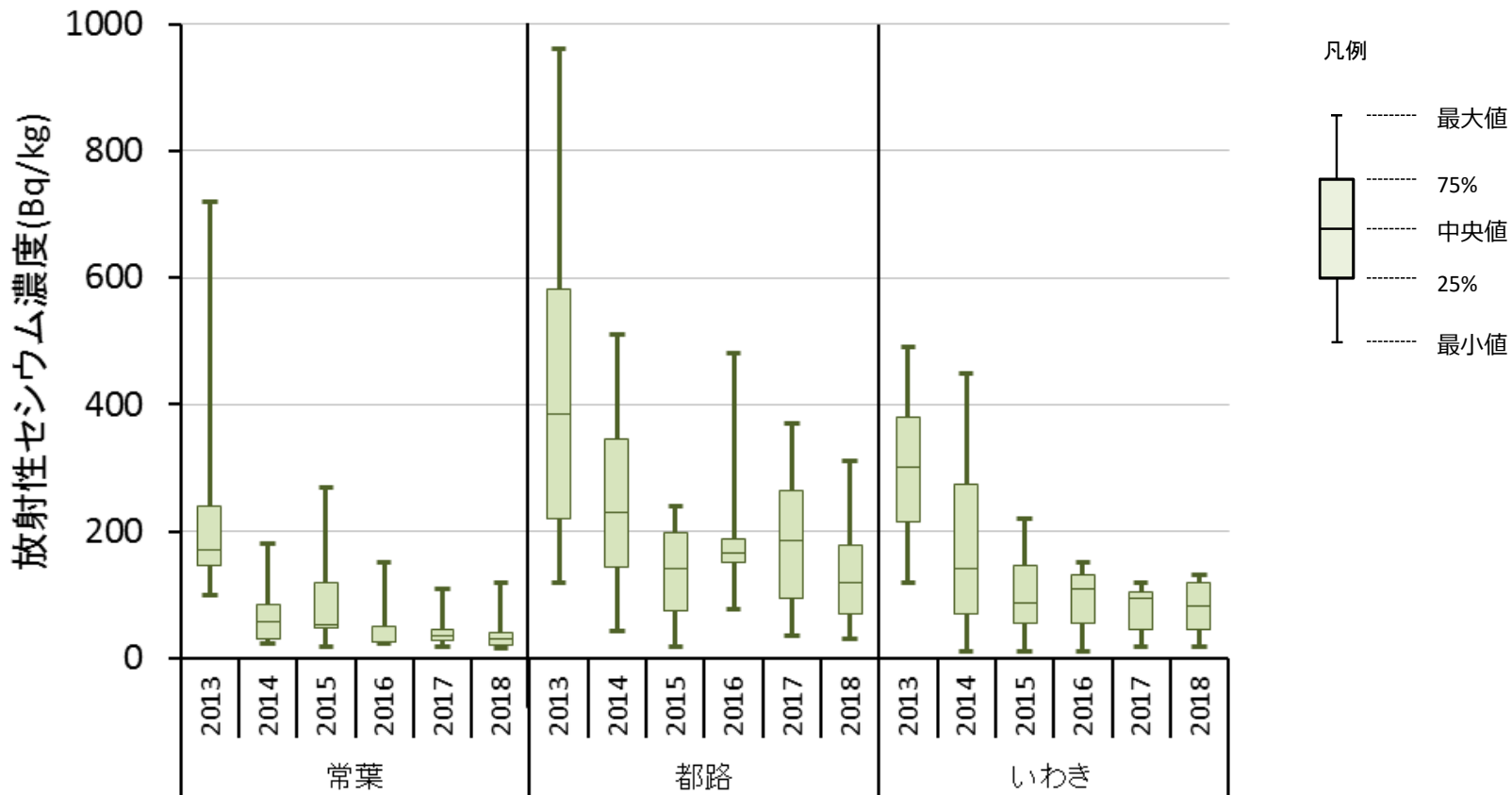
H25採取時



H30採取時

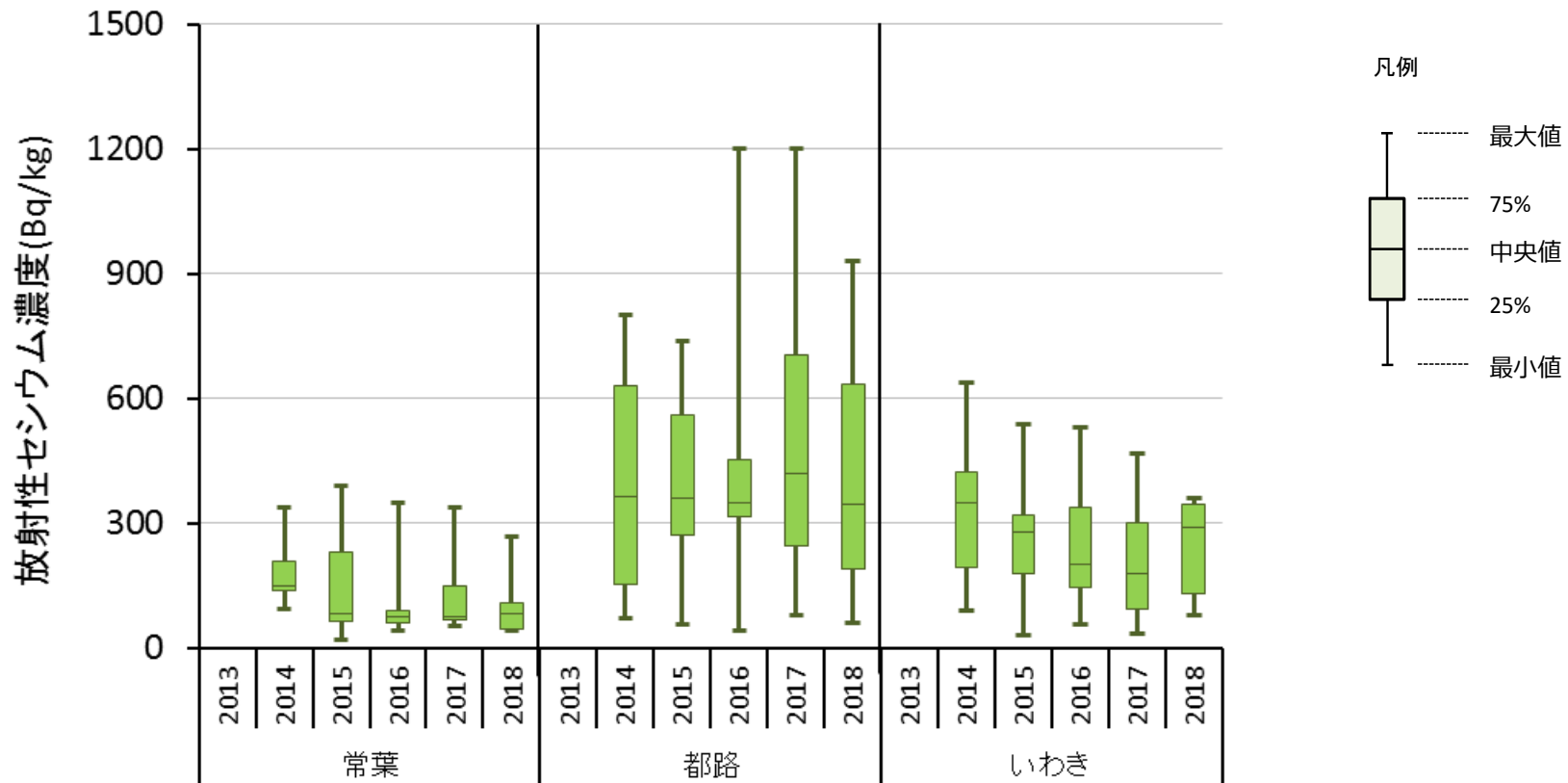


コナラ萌芽に含まれるCs濃度(枝)



コナラ萌芽枝のCs濃度の低減率は鈍化傾向

コナラ萌芽に含まれるCs濃度(葉)

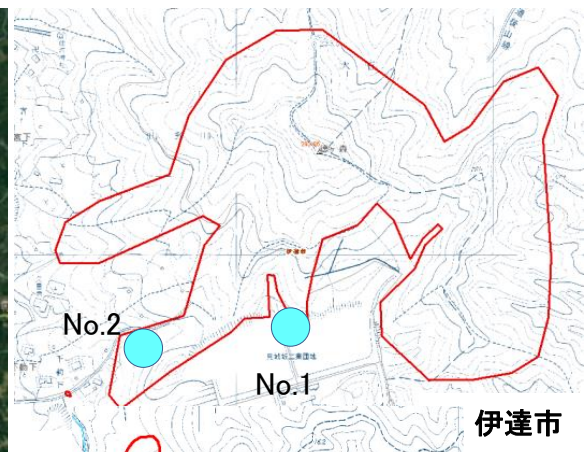


※2013年度は葉の採取なし

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)

伊達市	採取日	134-Cs Bq/L	137-Cs Bq/L	浮遊物質量 mg/L
No.1	2016/8/29	< 1	< 1	2
	2016/9/23	< 1	< 1	4
	2016/10/20	< 1	< 1	5
	2016/11/16	< 1	< 1	1
	2017/7/27	< 1	< 1	24
	2017/8/28	< 1	< 1	1
	2017/9/25	< 1	< 1	4
	2017/10/24	< 1	< 1	14
	2017/11/24	< 1	< 1	2
	2018/7/31	< 1	< 1	3
	2018/8/30	< 1	< 1	8
	2018/9/29	< 1	< 1	2
	2018/10/27	< 1	< 1	4
	2018/11/30	< 1	< 1	< 1
	No.2	2016/8/29	< 1	< 1
2016/9/23		< 1	< 1	4
2016/10/20		< 1	< 1	17
2016/11/16		< 1	< 1	22
2017/7/27		< 1	< 1	47
2017/8/28		< 1	< 1	7
2017/9/25		< 1	< 1	15
2017/10/24		< 1	< 1	47
2017/11/24		< 1	< 1	4
2018/7/31		< 1	< 1	12
2018/8/30		< 1	< 1	79
2018/9/29		< 1	< 1	58
2018/10/27		< 1	< 1	180
2018/11/30		< 1	< 1	16

南相馬市	採取日	134-Cs Bq/L	137-Cs Bq/L	浮遊物質量 mg/L
No.1	2016/8/31	< 1	< 1	3
	2016/9/22	< 1	< 1	8
	2016/10/19	< 1	< 1	52
	2016/11/16	4	25	270
	2017/7/27	< 1	2	1300
	2017/8/28	< 1	< 1	21
	2017/9/25	< 1	< 1	4
	2017/10/24	< 1	< 1	2
	2017/11/24	< 1	< 1	9
	2018/7/31	< 1	< 1	4
	2018/8/30	< 1	< 1	36
	2018/9/29	< 1	< 1	4
	2018/10/27	< 1	< 1	18
	2018/11/30	< 1	< 1	110
	No.2	2016/8/31	< 1	< 1
2016/9/22		< 1	< 1	3
2016/10/19		< 1	< 1	< 1
2016/11/16		< 1	< 1	< 1
2017/7/27		< 1	< 1	16
2017/8/28		< 1	< 1	58
2017/9/25		< 1	< 1	1
2017/10/24		< 1	< 1	4
2017/11/24		< 1	< 1	< 1
2018/7/31		< 1	< 1	< 1
2018/8/30		< 1	< 1	< 1
2018/9/29		< 1	< 1	1
2018/10/27		< 1	< 1	1
2018/11/30		< 1	< 1	< 1

※<1は検出限界値(1Bq/L未満)を示す

2018年は沢水からCsの検出なし

● 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。

● 林床被覆率が高いと土砂移動量が低減する傾向。

- ・ 間伐等の森林整備を推進することが、放射性物質拡散抑制の観点からも重要。
(間伐は、林床植生の生長促進を通じて、森林からの土壌流出抑制効果が高くなる。)
- ・ 更新伐や落葉除去により林床被覆率が低下すると一時的な土砂移動が見られるが、施業後2年目以降には被覆率の回復により移動量も低下する。

● 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。

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。