

# 被災地域における環境中の放射性セシウム 濃度と内部被ばく線量

Activity concentrations of radiocaesium in environmental samples collected from evacuated areas and internal radiation dose



福島大学 環境放射能研究所

塚田 祥文



## 内容

- ✓ 土壌・灌漑水・作物
- ✓ 大気
- ✓ 内部被ばく線量

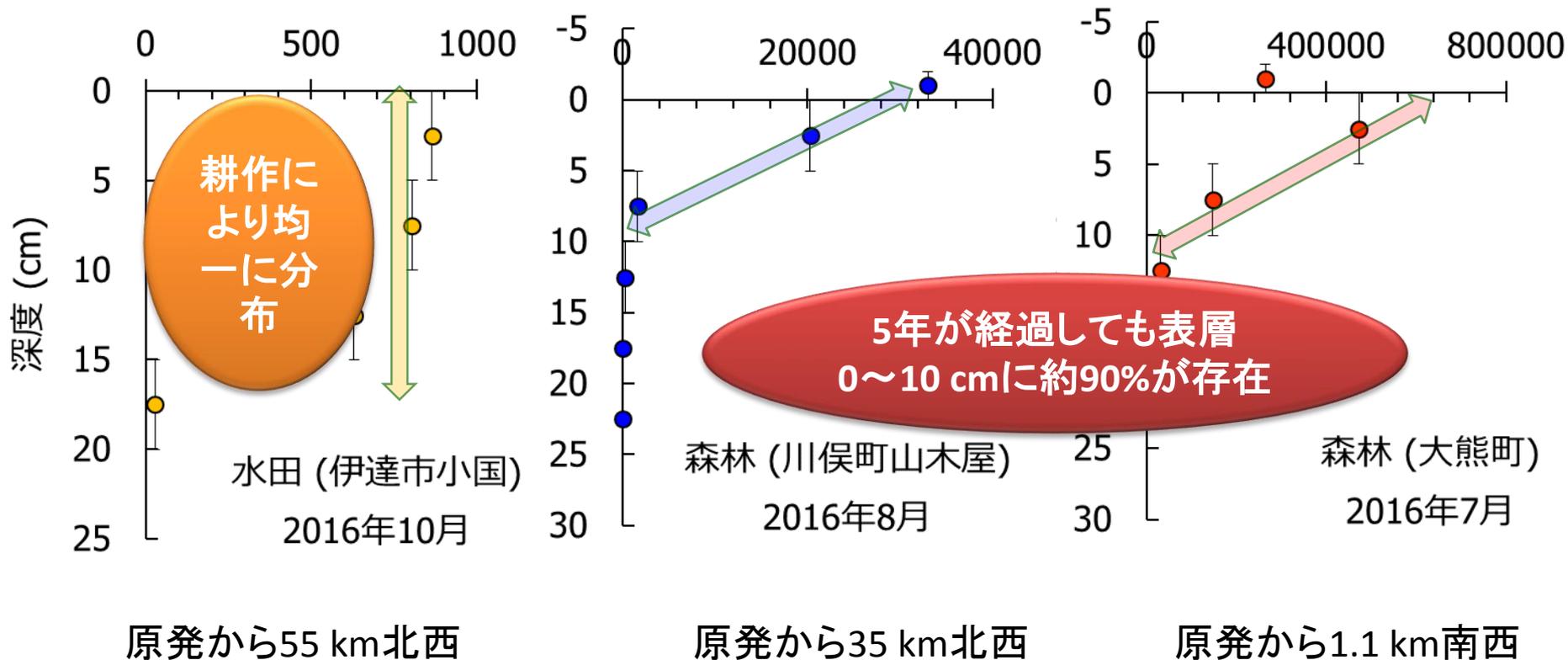
No.12

ここは、東日本大震災農業再生対策交付金事業による水稲の試験田です。

実施主体 伊達市(農業振興科)  
TEL:024-577-3173

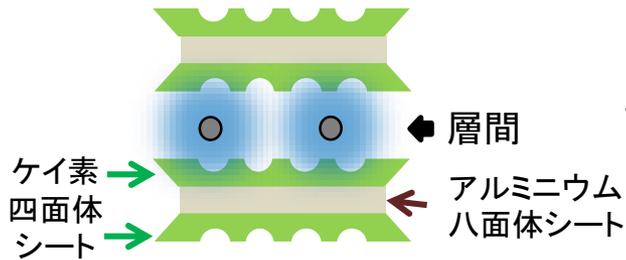
# 事故から5年後の耕作地と未耕作地における放射性 $^{137}\text{Cs}$ の鉛直分布

土壌における $^{137}\text{Cs}$ 濃度の鉛直分布 (Bq/kg)



# 土壌粒子におけるセシウムの存在

## 土壌粒子拡大図 (2:1型層状ケイ酸塩鉱物)



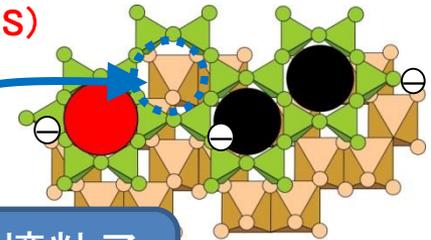
- ⊖ 負電荷
- セシウムイオン ● カリウムイオン
- 陽イオン(カルシウムイオンなど)
- 水和水

ケイ素四面体シートのケイ素、あるいはアルミニウム八面体シートのアルミニウムの一部が、正電荷量の少ない別の元素に置き換わると、シートで正電荷が不足⇒**負電荷**が発現⇒層間に**陽イオン**を保持

## 層内部を平面に対して垂直方向から見た図

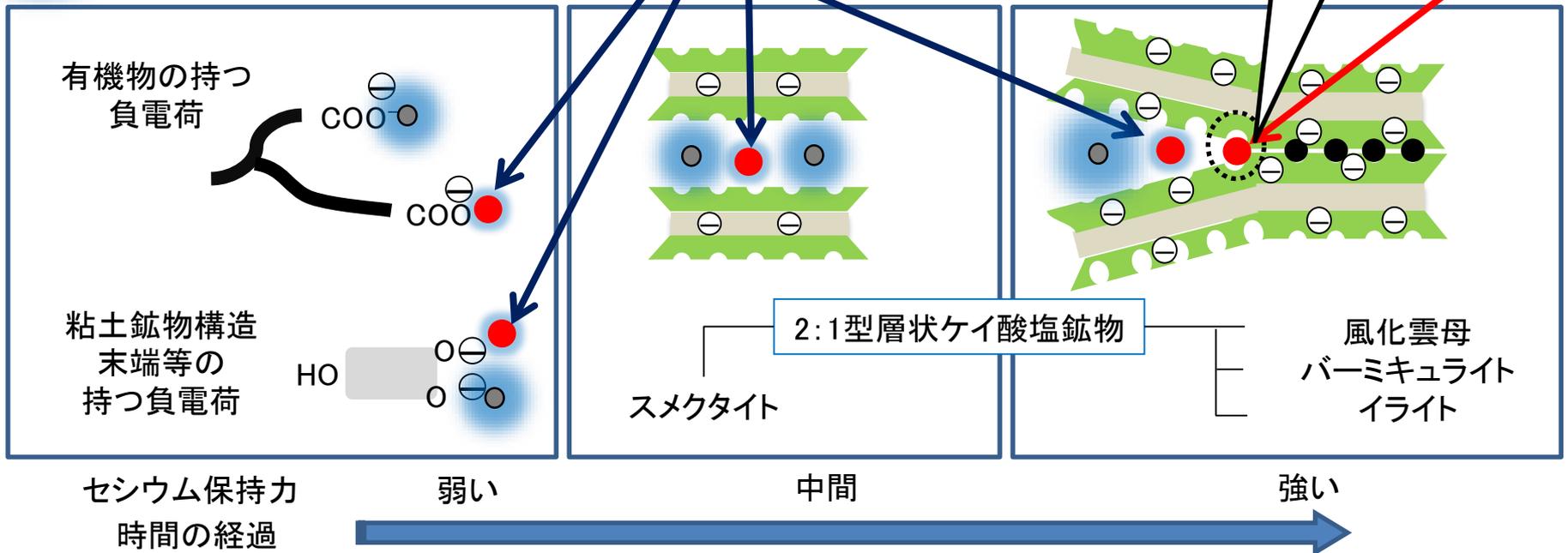
### フレイド・エッジ・サイト(FES)

カリウム・セシウムイオンとほぼ同じ大きさの穴(六員環)が開いている



多くの放射性セシウムが土壌粒子と強く結合し、動かなくなる。

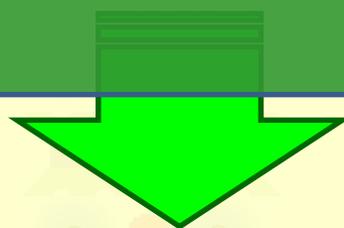
固定態



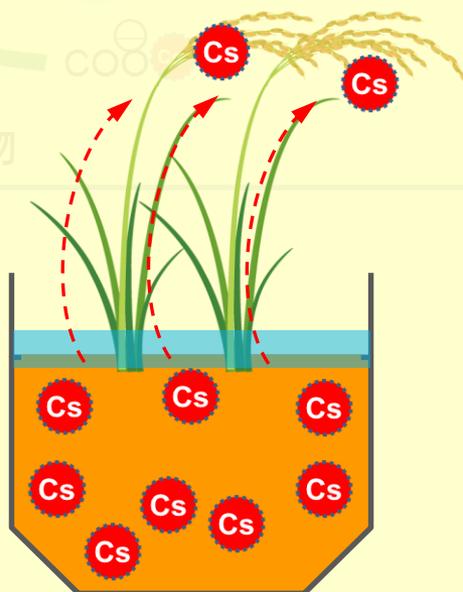
# 作物への放射性セシウム移行

土壌の種類

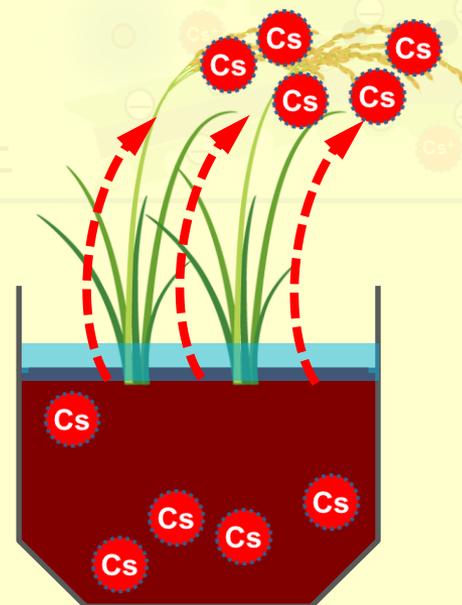
どのように土壌から作物への移行を見極めるのか？



有機物



粘土



イネへの  
移行率

# 放射性セシウム捕捉ポテンシャル (Radiocesium Interception Potential, RIP)

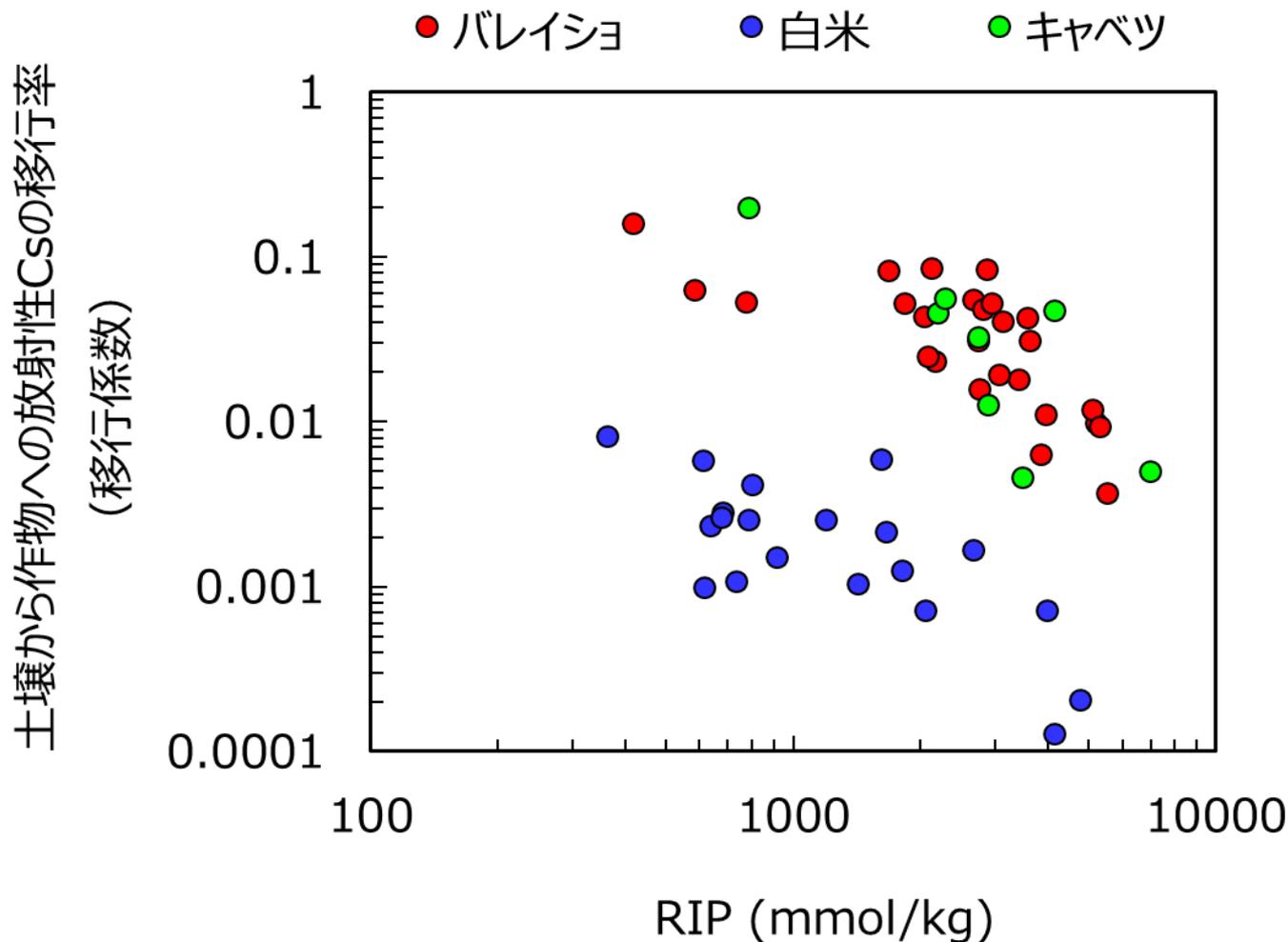
RIP ⇒ 大  
土壌にセシウムを強く吸着し作物へ  
の移行も少ない

透析ナユーンに土壌を入れ、  
RIPを分析

RIP値は、土壌におけるCsを保持力  
を示す指標であり、値が大きいほど  
捕捉する能力が大きく、値が小さけ  
れば捕捉力が弱い。

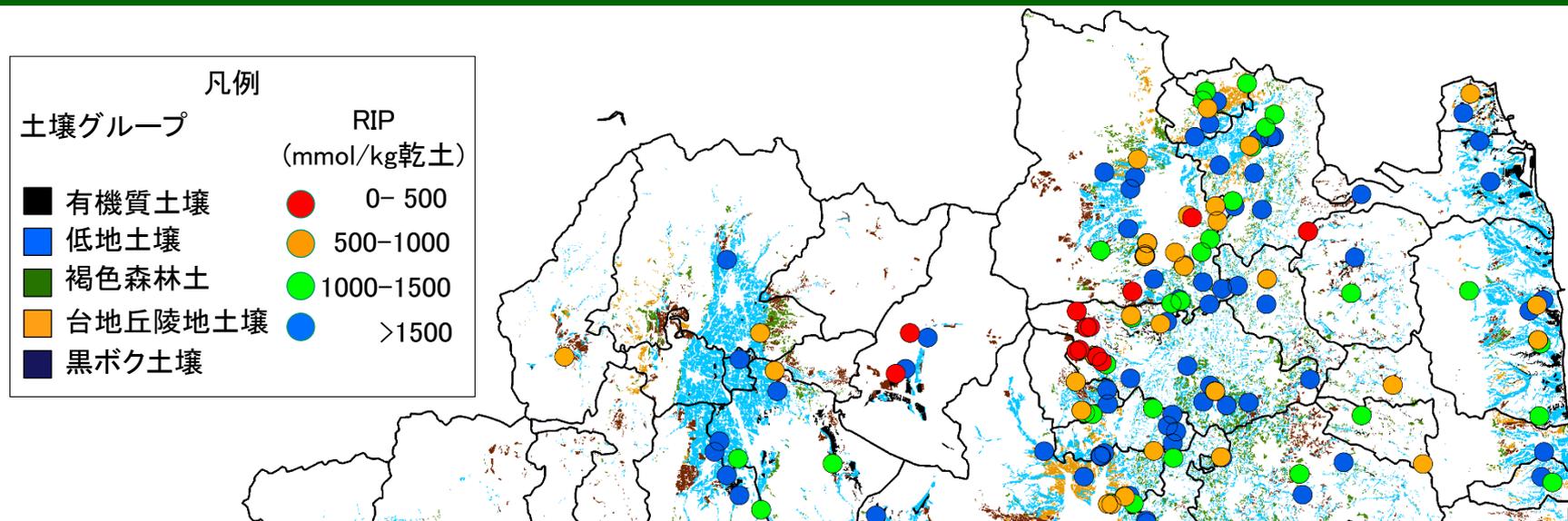
(Cremers et al., 1988; Wauters et al., 1996)

# 土壌のRIP値と土壌から作物への放射性セシウムに移行率の関係



RIPが増加すると作物への放射性セシウムの移行は減少する

# 福島県の農地土壌におけるRIPの分布および農地土壌図 (農環研との共同研究)



土壌には放射性セシウムを強く固定する能力がある。

## 原発周辺町村におけるRIP値 (mmol/kg)

	南相馬市	富岡町	大熊町	双葉町	浪江町	葛尾村	飯田村
平均値	1,390	1,790	984	1,640	873	1,600	1,560
試料数	57	7	6	6	6	6	5

# 農業用ダム、ため池、河川

福島県の圃場面積の約7割が水田として利用され、灌漑用として約3700のため池などが存在する。



ダム



河川



ため池



ため池



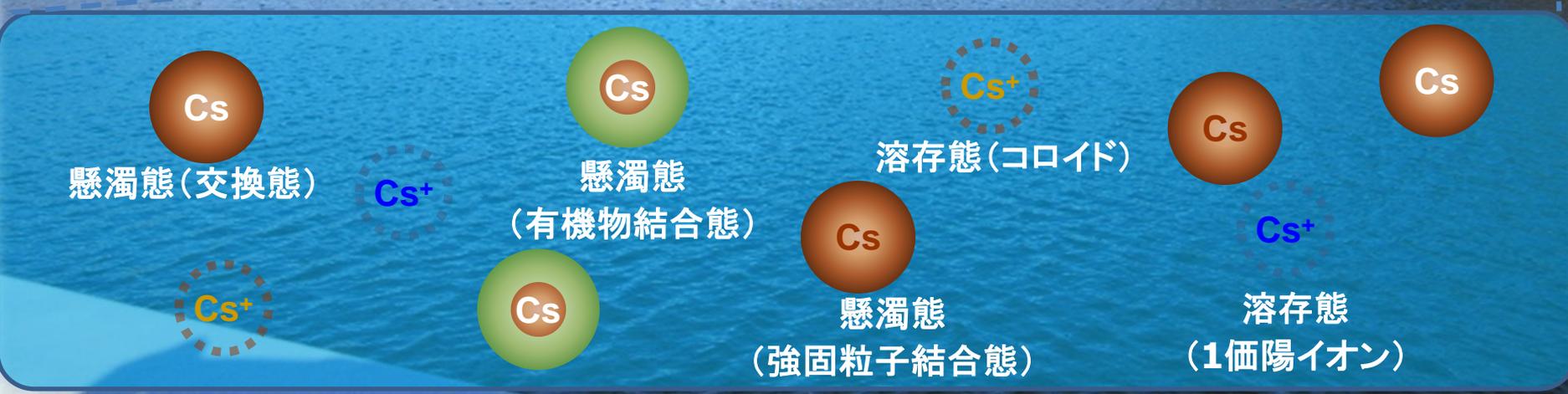
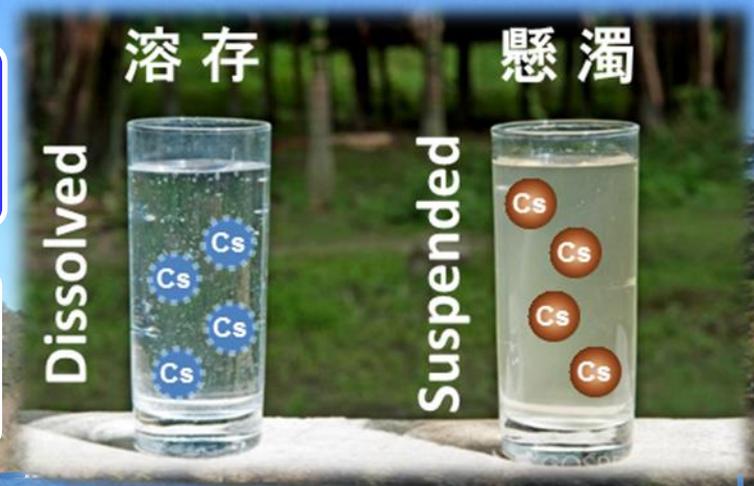
ため池



ため池

# 灌漑水中における放射性セシウム

水中の放射性セシウムは、幾つかの存在形態で存在する。



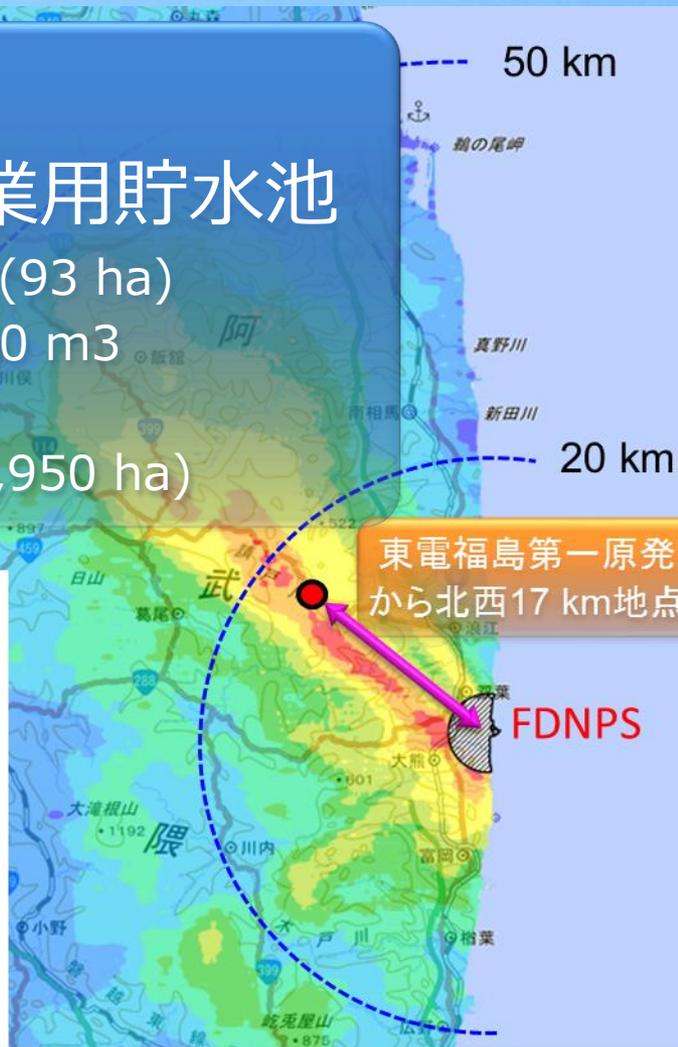
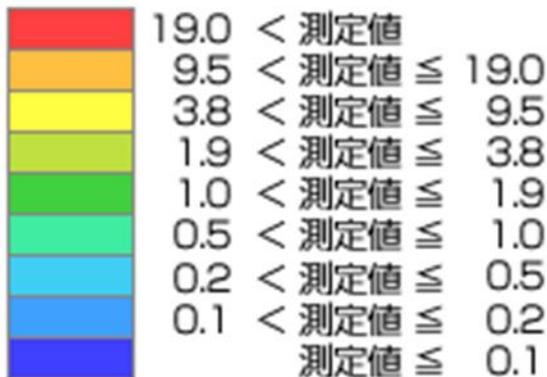
# 大柿ダムにおける表層および下層水中形態別<sup>137</sup>Cs濃度の経時変化

## 大柿ダム： 福島県最大の農業用貯水池

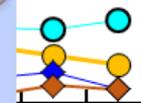
- ・貯水池面積: 0.93 km<sup>2</sup> (93 ha)
- ・総貯水容量: 19,500,000 m<sup>3</sup>
- ・水深: 52 m (最深部)
- ・受益面積: 29.5 km<sup>2</sup> (2,950 ha)

<sup>137</sup>Cs濃度 (Bq/L)

0 地表面から1mの高さの  
空間線量率(μSv/h)



5000  
5000  
5000  
5000



2018/8/21

2018/9/18

# 80 km圏内における灌漑水の調査結果 (n=54, 2014年)

## 採取地点

### 市町村区分

南相馬市(16)、飯館村(13)、富岡町(5)、浪江町(5)、双葉町(5)、大熊町(4)、郡山市、相馬市、伊達市、二本松市、川内村、楡葉町の54地点

### 利用区分

ため池(42)、ダム(2)、河川(10)

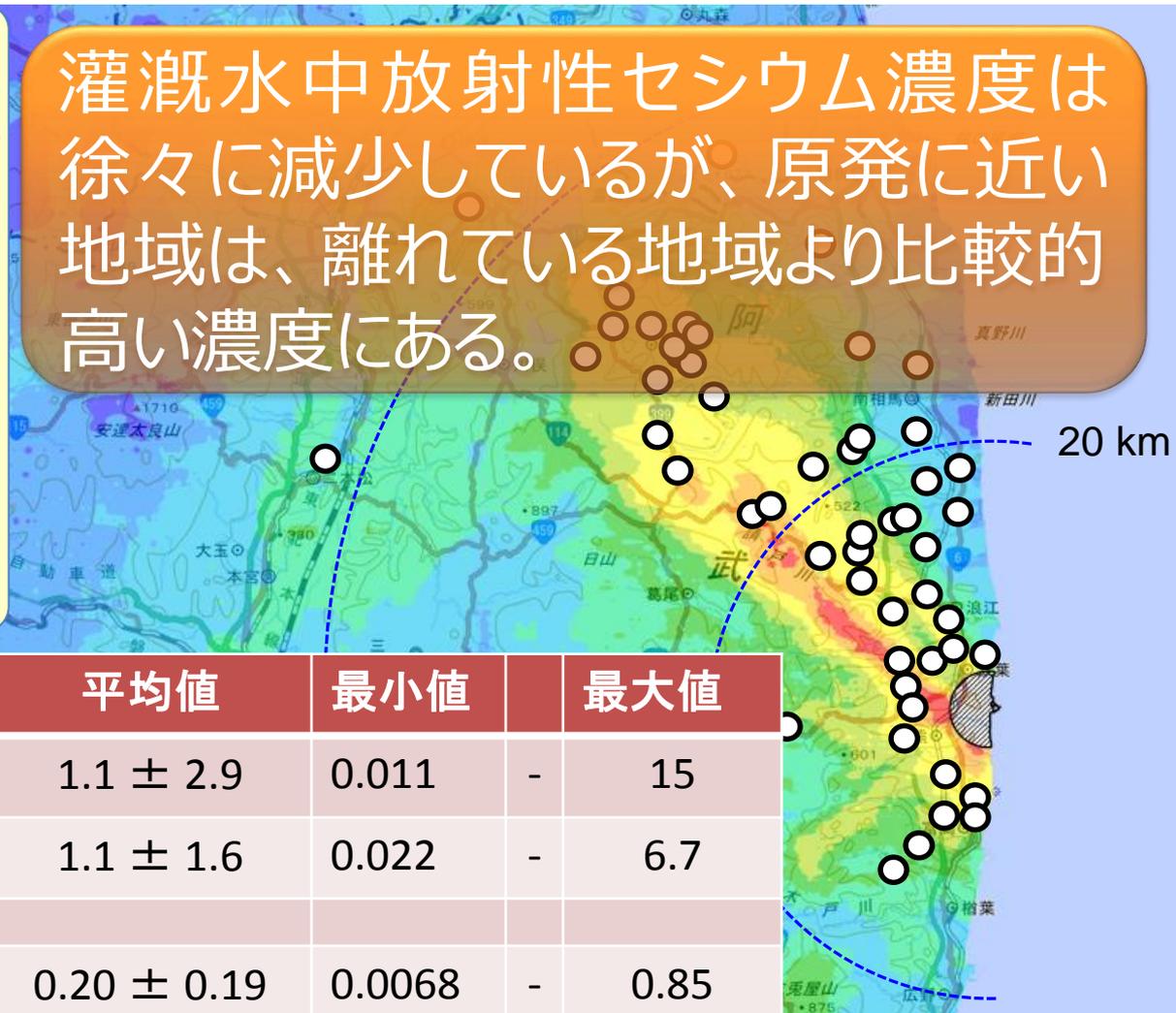
### 原発からの距離

50 km圏内, 51地点; 20 km圏内, 27地点

## 採取時期

2014/4/7~2014/10/16

灌漑水中放射性セシウム濃度は徐々に減少しているが、原発に近い地域は、離れている地域より比較的高い濃度にある。



試料採取地点	存在形態	N	平均値	最小値	最大値
20 km圏内	懸濁態	27	1.1 ± 2.9	0.011	15
	溶存態		1.1 ± 1.6	0.022	6.7
20-80 km圏内	懸濁態	27	0.20 ± 0.19	0.0068	0.85
	溶存態		0.22 ± 0.23	0.0075	1.1

2013年11月19日現在)

懸濁態からのイネへの移行は限定的

# 福島県における農作物の検査

## コメの検査



## あんぽ柿の検査



# 2012年～2018年（一部）福島県玄米放射性セシウム（ $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ ）検査結果

Bq/kg 生	<25	25～50	51～75	76～100	≥100
2012年	10,344,579	40	295	317	71
2013年	11,005,234	6	269	322	28
2014年	11,014,936	0	1	1	2
2015年	10,498,573	2	4	0	0
2016年	10,265,957	0	0	0	0
2017年	9,976,124	35	0	0	0
2018年	9,068,403	8	0	0	0

福島県で毎年一千万袋を対象として実施されているコメの全袋検査結果（2015年以降基準値越えのコメはなし）

# 市場流通および試験圃場における作物中放射性セシウム濃度

市場流通	地域	試料数	放射性セシウム 平均値（最小値－最大値）	<sup>40</sup> K（平均値）
2012年	中通り	36	7.2（<0.2－40）	130
2013年	中通り	42	2.0（<0.1－14）	110
2015年	中通り	14	1.9（0.1－7.3）	75
2016年	浜通り	27	2.4（0.03－22）	97

違いなし

試験圃場	地域	試料数	放射性セシウム 平均値（最小値－最大値）	<sup>40</sup> K（平均値）
2015年	飯館村・浪江町・川俣町	14	1.9（0.1－7.3）	75

# 市場流通および試験圃場における作物中<sup>90</sup>Sr濃度

市場流通	採取場所	<sup>90</sup> Sr (Bq/kg 生)
2013年度 (n=9)	中通り	0.054 (0.30~0.0047)
2015年度 (n=4)	中通り	0.0092 (0.0019~0.018)
2016年度 (n=11)	浜通り	0.0075 (0.012~0.45)

## 福島県外と違いなし

試験圃場	採取場所	<sup>90</sup> Sr (Bq/kg 生)
2015年度 (n=11)	飯館村	0.016 (0.0065~0.030)
	浪江町	0.056 (0.0087~0.10)
	川俣町	0.013 (0.0036~0.034)
2016年度 (n=4)	浪江町	0.037 (0.0077~0.099)

# 大熊町試験圃場 (原発から西5 km: 2012年6月、8月)

圃場	面積 (m <sup>2</sup> )	作物
水田	64	イネ
畑	32	ナスビ、エダマメ、サツマイモ、カボチャ、キャベツ、ハクサイ、ネギ、ダイコン、トウモロコシ



田植え



土壌コアサンプリング



動物避け電気柵



空間線量率  
(6.57 μSv/h)

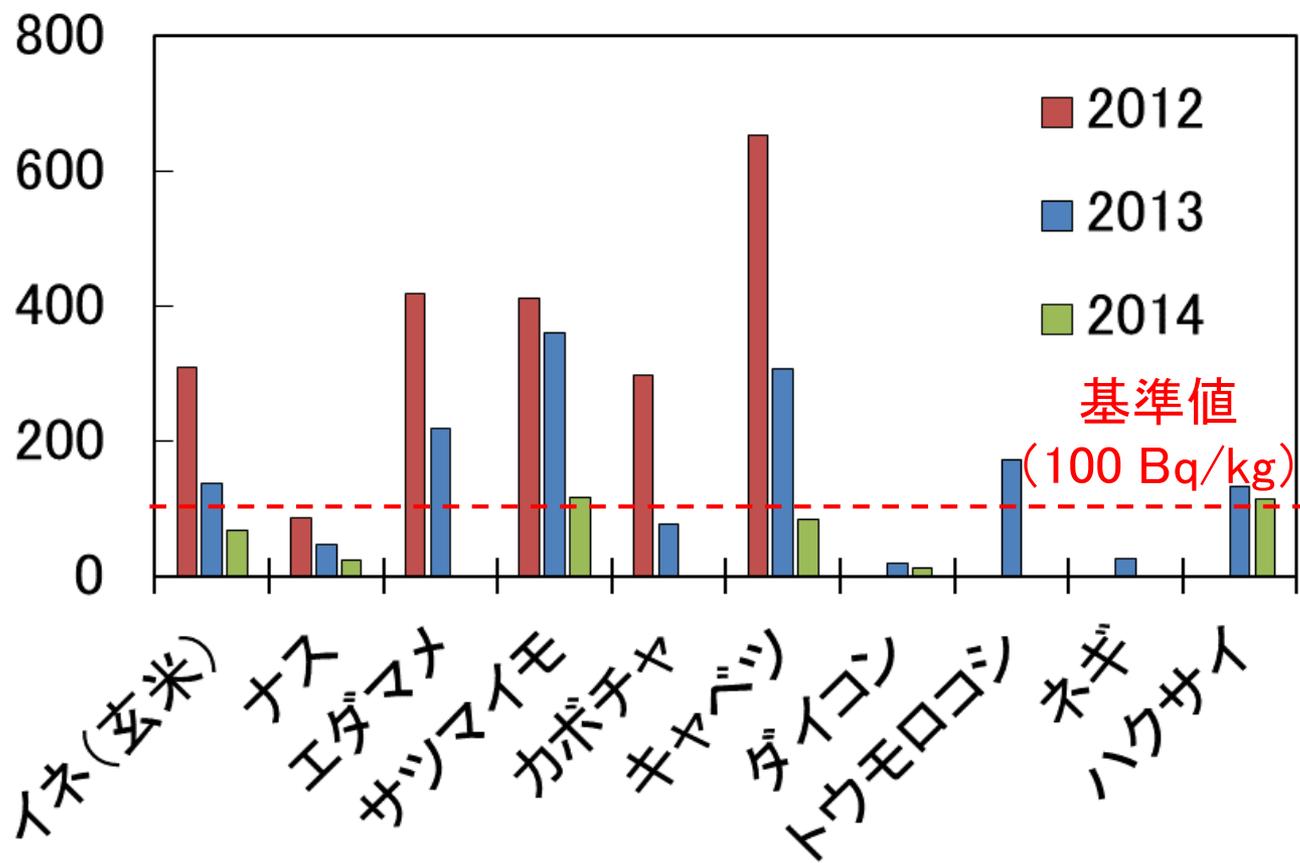


イノシシが荒した後



# 大熊町試験圃場での作物中濃度の変遷

放射性セシウム濃度  
(Bq/kg 生)



2012年

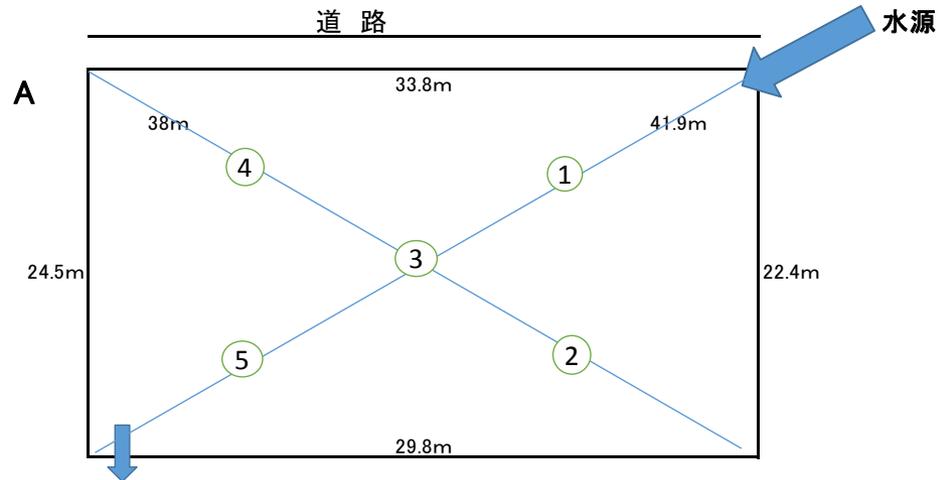
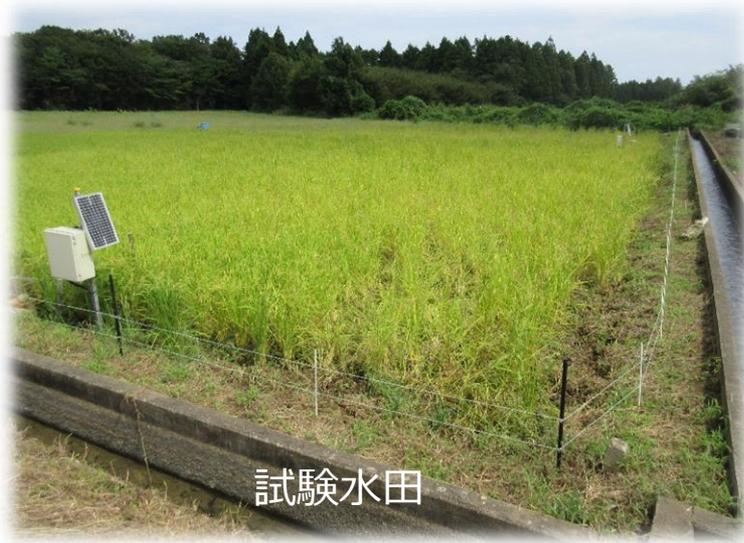
対策なし

2013年・2014年

土壌剥ぎ取り、施肥対策、エイジング

# 大熊町大川原地区の試験水田における土壌・灌漑水・玄米中 $^{137}\text{Cs}$ 濃度

調査期間：2018年4月～10月



表層土壌中 $^{137}\text{Cs}$ ：  
4520 Bq/kg (n=5)

灌漑水中 $^{137}\text{Cs}$ ：  
0.026 Bq/L (0.018～0.032, n=8)

玄米中 $^{137}\text{Cs}$ ：  
7.1 Bq/kg

# まとめ：農業環境中での放射性セシウム

- ✓ 土壌中では；  
動きにくく、土壌表層に存在  
土壌からの溶出はきわめて少ない
- ✓ 水中では；  
濁った状態と、溶けた状態で存在
- ✓ 作物中では；  
放射性セシウム濃度は徐々に減少

## 作物中濃度が低減した主な理由

- 1) カリウム肥料の施用による低減化効果
- 2) 放射性崩壊（主に半減期が2.07 年の $^{134}\text{Cs}$ ）による減少
- 3) エイジングによる放射性Cs の土壌への固定化
- 4) 表層土壌の侵食等

# 人体への被ばく

## 被ばく経路

### 外部被ばく

人外からの放射線による被ばく

### 内部被ばく

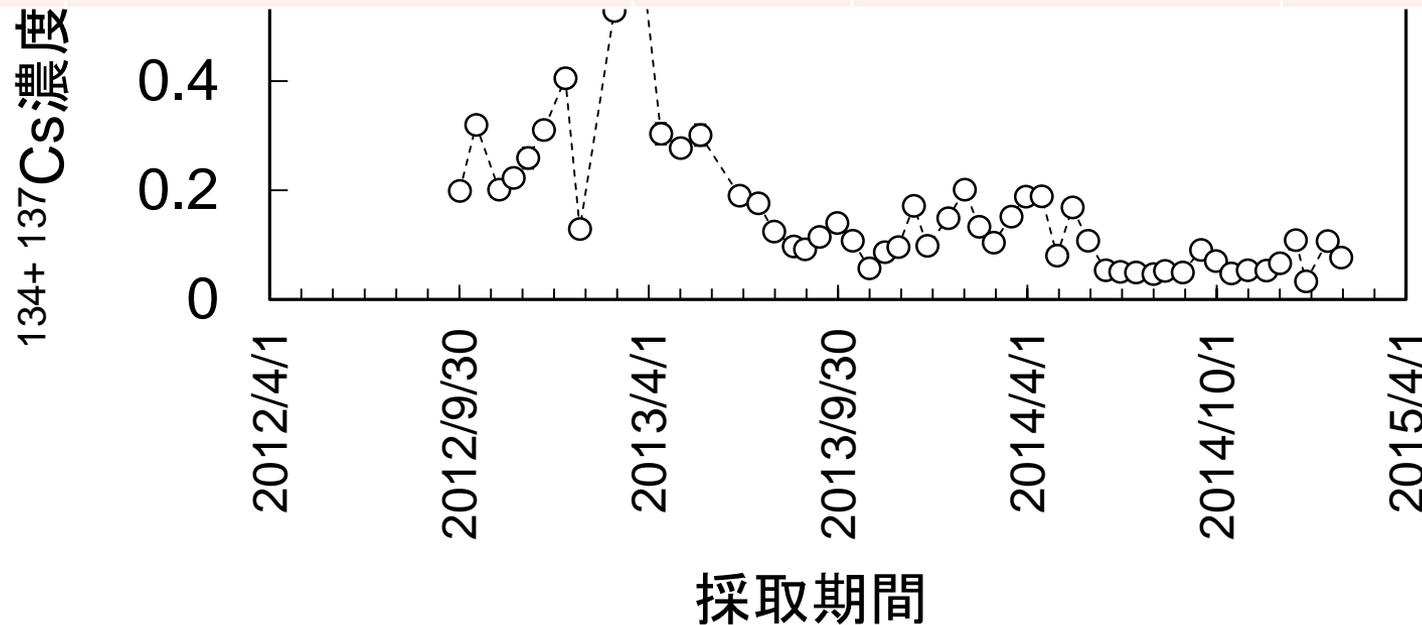
人体内部に取り込まれた放射性物質からの放射線による被ばく

飲食物摂取

吸入

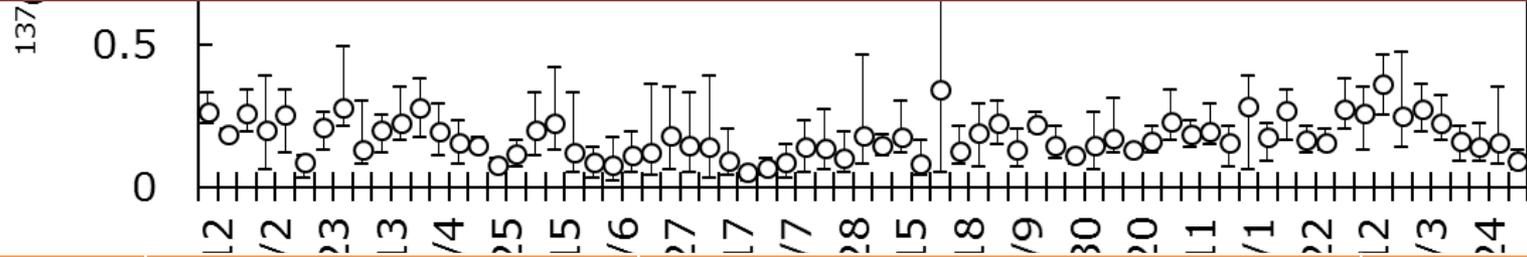
# 福島市における大気中放射性セシウム濃度と吸入による内部被ばく線量

採取地点	採取期間 (day)	$^{134+137}\text{Cs}$ 濃度 (mBq/m <sup>3</sup> )		被ばく線量 (mSv)
		平均値	最小値—最大値	$^{134+137}\text{Cs}$
福島市	2012/9/7～2015/1/29	0.155	0.033—0.566	<b>0.000035</b>



# 浪江町の調査による町内6地点の大気中放射性セシウム濃度と吸入による内部被ばく線量

吸入による内部被ばくは、飲食物摂取による内部被ばくに比べ小さく、浪江町でも福島市内で採取した結果と同様



採取地点	採取期間 (day)	<sup>137</sup> Cs濃度 (mBq/m <sup>3</sup> )		被ばく線量 (mSv/y)
		平均値	最小値－最大値	<sup>134</sup> + <sup>137</sup> Cs
浪江町	2017/7～2018/11	0.18	0.020－1.4	0.000059*

\*2017年7月に得られた<sup>134</sup>Cs/<sup>137</sup>Cs比を用いて算出

# 福島県産流通作物中放射性セシウム濃度と被ばく線量

Bq/kg 生	地域	試料数	放射性セシウム 平均値 (最小値 - 最大値)	<sup>40</sup> K (平均値)
2012年	中通り	36	7.2 (<0.2 - 40)	130
2013年	中通り	42	2.0 (<0.1 - 14)	110
2015年	中通り	14	1.9 (0.1 - 7.3)	75
2016年	浜通り	27	2.4 (0.03 - 22)	97

内部被曝線量 (mSv)	2012	2013	2015	2016
男 (19歳以上)	0.066	0.016	0.013	0.019



内部被ばくは、外部被ばくに比べ小さく、  
基準となる1 mSvに比べ十分に低い値

# まとめ

- ✓ 浜通りで栽培された作物および避難指示が解除された地区の試験圃場で栽培された作物中放射性セシウム濃度は、中通りの作物中濃度と同程度であった。
- ✓ また、浜通りおよび避難指示が解除された地区の試験圃場で栽培された作物中 $^{90}\text{Sr}$ 濃度も、中通りの作物中濃度と同程度であり、日本全国において調査された結果の範囲内であった。
- ✓ 福島市および浪江町における吸入による内部被ばく線量は、1 mSvを大きく下回った。
- ✓ 浜通りにおける市場流通作物摂取による内部被ばく線量（2016年）は、中通りにおける2013年・2015年と同程度であり、1 mSvを下回り、外部被ばく線量に比べ低い値であった。

# 謝辞

大熊町での試験栽培に協力頂いた大熊町役場・福島県農業総合センター、浪江町での大気中放射性セシウムデータを提供頂いた浪江町役場、被ばく線量評価に協力頂いた京都大学の高橋知之博士に感謝します。