

# 東京電力(株)福島第一原子力発電所事故後の国際原子力機関 (IAEA) と福島県との協力プロジェクト



IAEAは、2011年3月の東京電力（株）福島第一原子力発電所の事故を受けて継続的に行われている電離放射線からの人と環境の保護を支援するため、福島県への協力の一環として、3つの分野 - 放射線モニタリングとマッピング、除染と環境回復及び放射性廃棄物の管理 - において支援を提供しました。この最初の協力の期間は5年（2013～2017年）でありました。福島県は、IAEAの協力を得て、これらの分野で様々な活動を行いました。

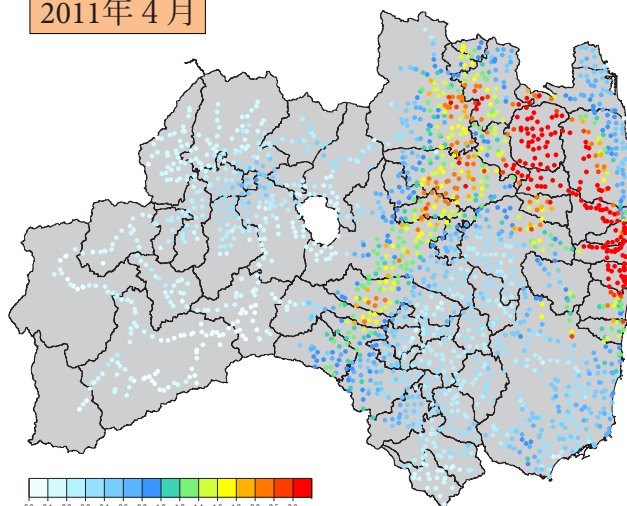
## 放射線モニタリング&マッピング



協力の下でのIAEAの支援は何か？

- IAEAは、無人航空機（UAV）から得られた放射線モニタリングデータの活用を含め、放射線モニタリングと環境マッピング技術の応用に関する助言を行いました。
- IAEAは、森林における長期的な放射線モニタリング手法を確立し、森林における放射性物質対策の有効性の検証、林業従事者の外部被ばく低減のための対応、森林火災による放射線影響の評価、里山再生モデル事業への助言を行いました。
- IAEAは、野生動物、主にイノシシとツキノワグマの体内に含まれる放射性セシウムの動態に関する助言を行いました。

2011年 4月



0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0 2.5 3.0

単位：μSv/h

## 県側の取り組みは？

放射線モニタリングデータを活用したオンラインマップを開発し、「福島県放射能測定マップ (<http://www.fukushima-radioactivity.jp>)」を公開しました。携帯端末からもアクセスが可能であり、利用者は簡単でわかりやすい情報を得ることができます。定期的に測定している特定地点からのデータも、クリック一つで検索できます。

森林内のモニタリングにより、放射性セシウムのほとんどが土壌層と落葉層に保持されていることが分かりました。また、放射性セシウムのほとんどが森林内にとどまり、農業地域に流出した量は極めて少ないことも、調査から分かりました。

木部の放射性セシウム濃度は低く、放射性物質を考慮せずに製材が可能です。また、将来においては植林を制限する必要がないことも、調査から分かりました。森林火災が発生した場所におけるモニタリング調査によると、火災による放射性セシウムの再分布の影響はごくわずかであり、周辺地域の放射能レベルの増加は見られませんでした。

野生動物体内への放射性セシウムの移行に関する研究が行われました。その結果、野生動物の筋肉中における放射性セシウム濃度は、種や個体によって大きな差があることが分かりました（2016年度：10Bq/kg～13,000Bq/kg）。ごく少数ですが、福島県のモニタリング調査地域内において、毎年、筋肉中の放射性セシウム濃度が高い個体が見つかっています。ヨーロッパのイノシシで報告されているように、放射性セシウム濃度が高い原因がキノコの摂取によるものなのか、それとも他の要因によるものなのかを明らかにするため、調査を継続中です。

詳しくは、「[放射線モニタリングとマッピング](#)」のページをご覧ください

## 環境回復と除染

### 協力の下でのIAEAの支援は何か？

- IAEA は福島県内で行われる追加外部被ばくを低減するための除染に対する助言を行いました。
- IAEA は福島県内の河川・湖沼における放射性セシウムの動態解明とその対策に関する助言を行いました。

## 県側の取り組みは？

福島県内では、事故由来の放射性物質による環境汚染からの影響を低減させるため、住宅、公共施設、農地、道路等の除染が行われました。2017年10月末現在、市町村における住宅除染は、計画のほぼ100%が終了しています。

自然減衰と除染の効果によって、県内の放射線量は継続的な低下傾向にあり、一般公衆の年間追加被ばく線量は、おおむね年間1 mSv未滿と推計されるとの結果が得られています。

福島県内における放射性セシウムの動態について、世界の知見を基に調査を行いました。環境中の放射性セシウムの挙動を理解することが、河川や湖沼において安全に水利用ができるようにするための、効果的な対策を検討することに役立ちました。また、放射性物質により汚染された地域の環境回復に関する世界的な知見により、適切な除染活動を実施することができました。

放射性セシウムは水中で懸濁する粒子と強く結び付いていることを確認しました。河川における放射性セシウム濃度は事故以降から継続して低下しており、現在では国が定めた水道水の飲用基準(10Bq/L)を大きく下回っています。また、河川水中の放射性セシウムの将来的な変化は、モデルによるシミュレーションを用いることが有効であることが分かりました。

河川敷における放射性物質対策については、河川敷特有の放射性セシウムの分布を踏まえて除染を行うことが有効であることを確認しました。また、洪水等が発生しても、除染の効果は維持されていることを確認しました。

詳しくは、「環境回復と除染」のページをご覧ください。



# 放射性廃棄物の管理

## 協力の下でのIAEAの支援は何か？

- 除染活動から生じた除去土壌等について、通常時の状況、そして火災・大雨・地震等の災害時の状況における、仮置場や現場保管での管理の安全性に対する技術的な助言を行いました。
- 除去土壌等の将来的な管理手順を含め、保管期間が当初想定より長期化していることに対する安全評価に関して技術的な助言を行いました。

## 県側の取り組みは？

県によって、除染活動から生じた除去土壌等の保管に関する安全性評価手法が開発されました。この取組では、様々な期間、そして様々なシナリオ、特に通常時と災害時の状況における仮置場や現場保管での放射線の影響を定量的に評価するための要素（例えば、保管場所の特性や保管施設の設計、除去土壌等の特性、保管容器といった安全に影響を及ぼしうる全ての関連パラメーター）の特定がなされました。また、除去土壌等の保管期間が当初想定より長期化していることに対する安全性についても検討しました。仮置場と現場保管に関する安全性評価手法の開発には、評価結果を近隣住民等の利害関係者に共有し、説明することも含まれています。仮置場と現場保管に関する安全性評価と放射線モニタリングの結果によると、その近隣地域における放射線の影響は限定的であり、近隣住民や周辺環境に特別な影響を及ぼすものではないことが分かりました。

詳しくは、「[除染活動から生じた放射性廃棄物の管理](#)」のページをご覧ください。

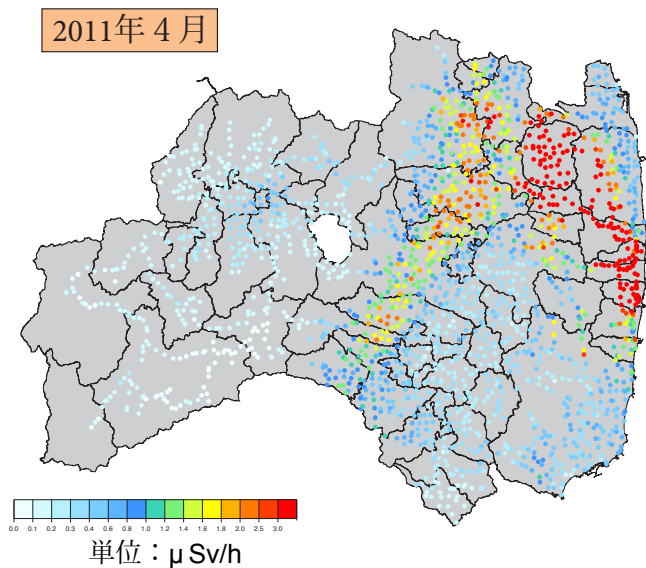


# 放射線モニタリングとマッピング

IAEA は福島県に対し、放射線モニタリングデータの解析や解釈に関する助言を行うとともに、一般の方々にも利用しやすくなるようマッピング技術の活用についても助言を行いました。利用者は、携帯端末からもアクセスが可能であり、単純で理解しやすい情報を簡単に入手することができます。また、ある時点で測定された特定地点のデータに、マップをクリックするだけでアクセスが可能です。

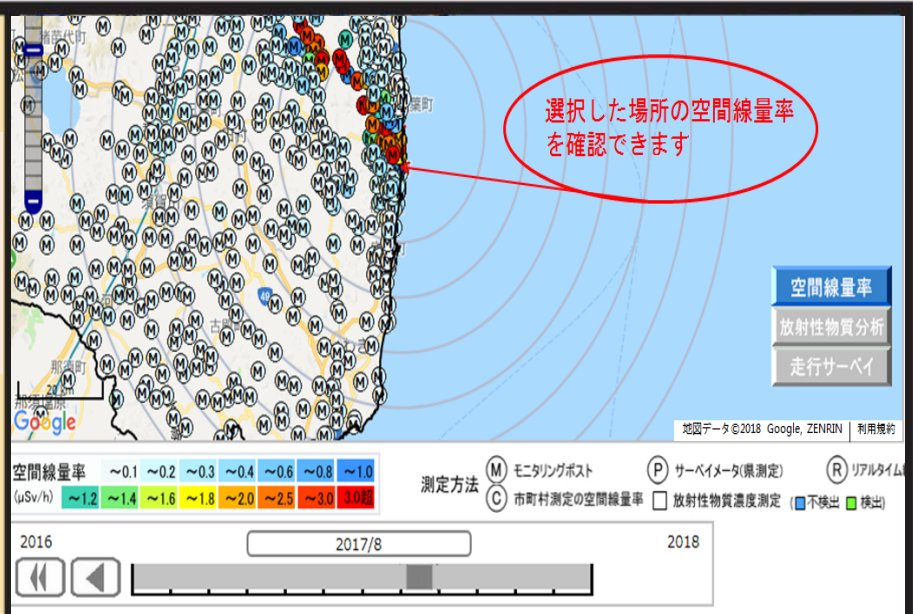
モニタリングデータはどこで見ることができますか？

福島県放射能測定マップ  
<http://fukushima-radioactivity.jp/>

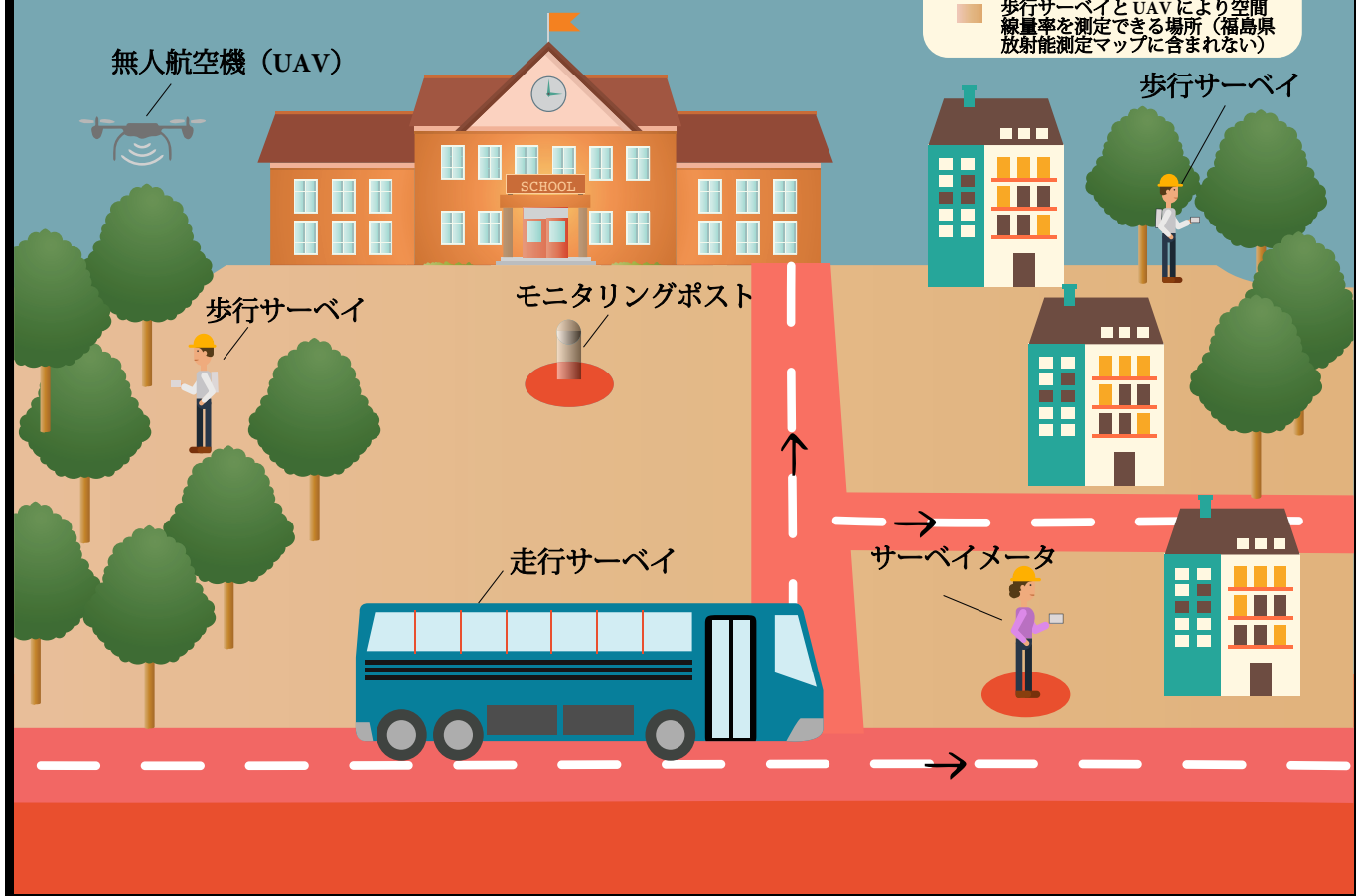


マップから何がわかりますか？

- 空間線量率の減少傾向
- 測定方法



どのようにして放射線モニタリングデータを取得しているのですか？



放射線モニタリングデータは、以下の方法により取得されています。

- 固定式のモニタリングステーションとサーベイメータ
- GPSを搭載した車両やバスを利用した走行サーベイ
- 無人航空機（UAV）
- 歩行サーベイ（調査スタッフが装置を背負って行います）

走行サーベイは、居住区域の道路や農村地域等で使用されています。

歩行サーベイは、公園のような公共スペースや森林等で使用されています。

## 森林における放射性物質の長期モニタリング

IAEAは福島県に対し、森林における長期的な放射線モニタリング手法を確立するための助言を行いました。森林は福島県において大切な役割を担っています。そのため、森林内の放射性セシウムの動態メカニズムを理解することや、木材製品の放射能濃度を測定することは重要です。この取組では、森林生態系の異なる箇所における放射性セシウムの動態を長期的にモニタリングすることや、林業従事者の外部被ばくを管理すること、森林火災による放射線影響を評価することも行いました。

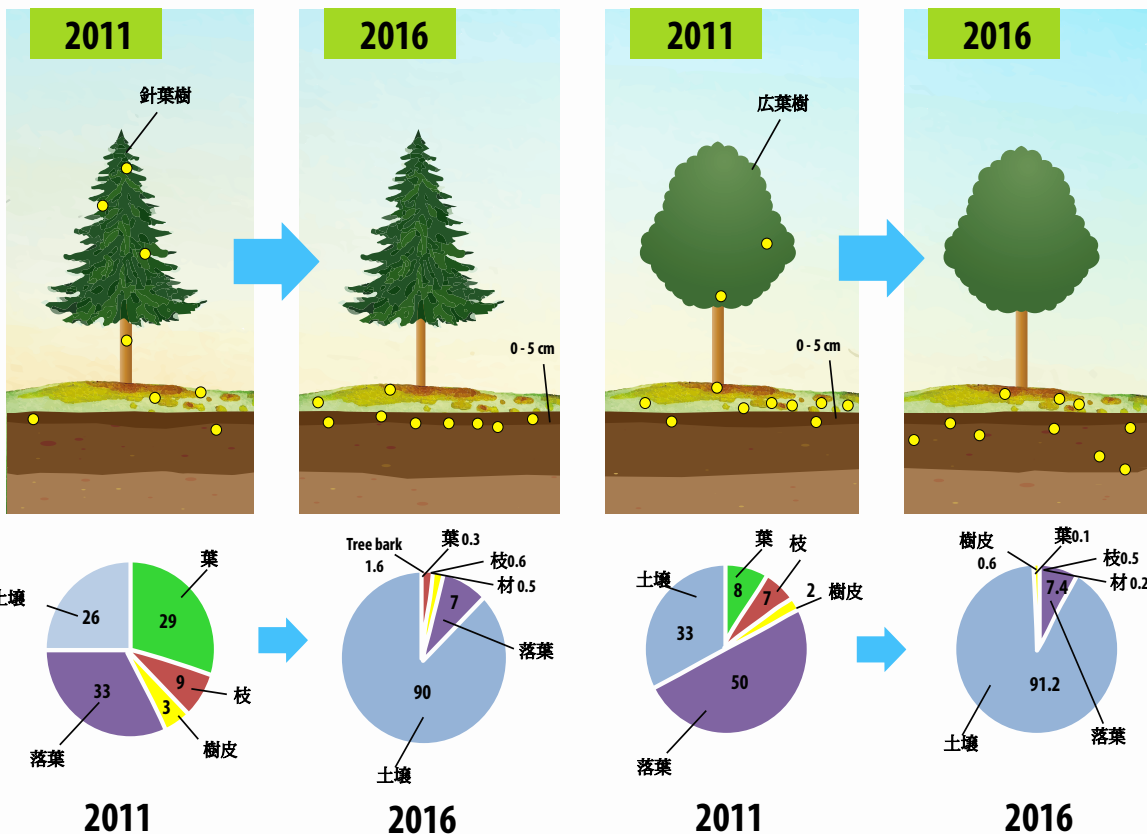
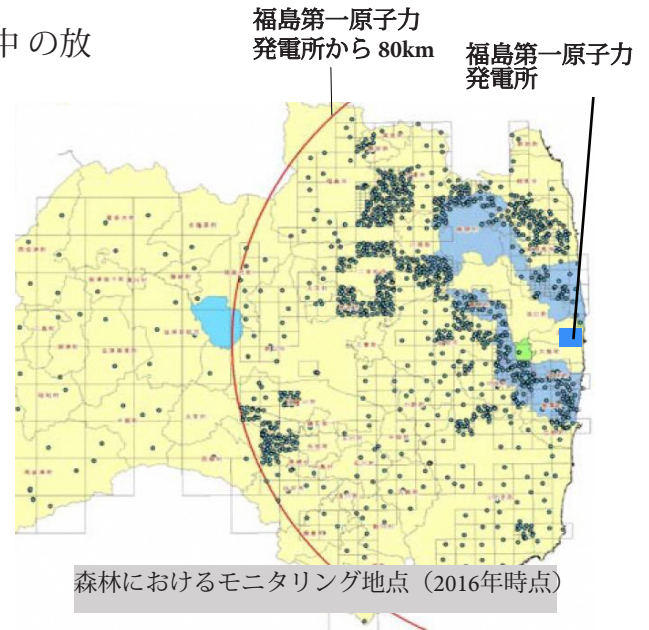
福島県は、広範囲における森林モニタリングに取り組んでおり、調査地点は、362地点（2011年）から1,300地点（2017年）に増加しています。

福島県は、空間線量率と土壌及び森林の落葉層中の放射性セシウム濃度の測定を実施しました。

### 放射性セシウムの吸着

放射性セシウムは、土壌中の粘土鉱物に吸着されます。そのため、樹木を含む植生への移行はほとんどありません。

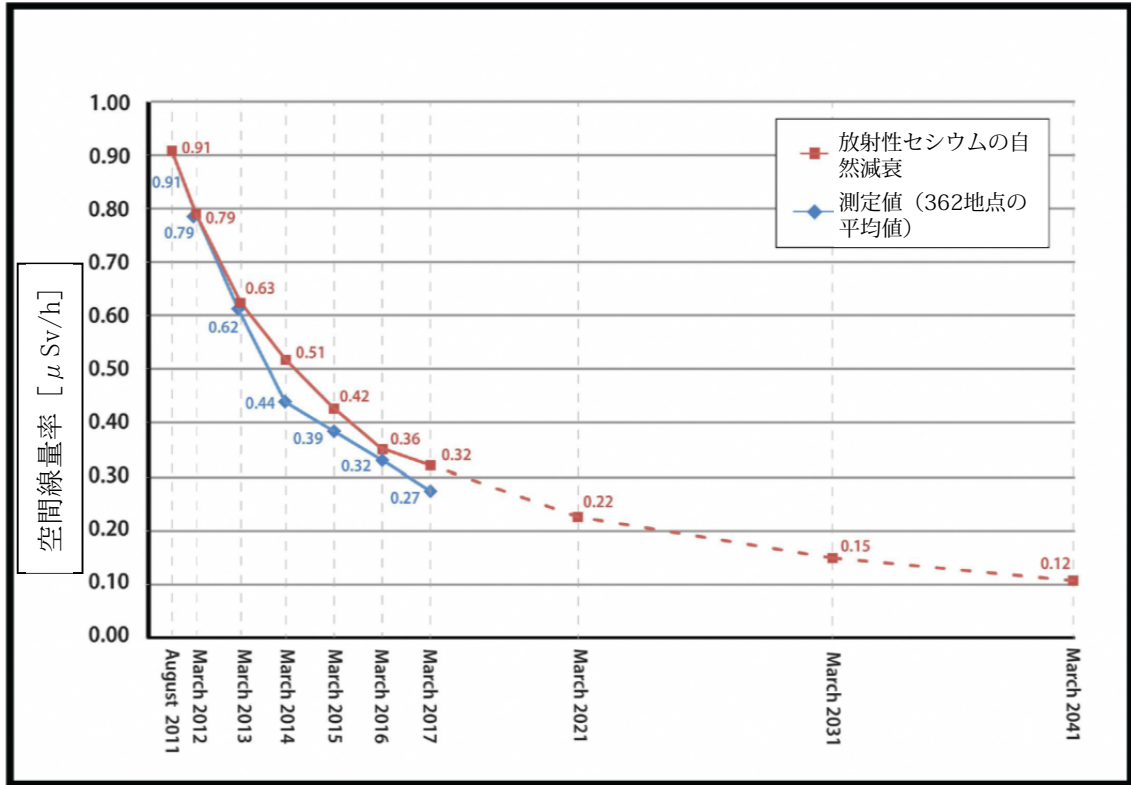
現在、森林における放射性セシウムの約90%は土壌（ほとんどが表層5cm）中にあり、7%が森林の落葉層中にあります。そのため、植物中には、わずか3%しか存在していません。



森林生態系における放射性セシウムの分布の経年変化（出展福島県）

県による測定によれば、2011年8月以降、森林における空間線量率は約70%減少しました。

放射性セシウムの自然減衰による減少よりも、わずかに速いスピードで減少しています。



測定された空間線量率の減少と自然減衰による空間線量率の減少との比較（福島県によって、362地点について測定された）



## どのようにして県では森林の放射性物質を測定するのですか？

森林内で測定試料を採取し、放射性セシウム濃度の測定を行いました。スギ、ヒノキ、アカマツを調査することにより、森林における放射性セシウムの動態を調査しました（下の写真をご覧ください）。



辺材と心材の採取



樹皮の採取



土壌の採取



新葉と旧葉の採取



落葉の採取

### 放射性セシウム濃度の平均値 [Bq/kg]

	2015年	2016年
旧葉	1427	908
新葉	2904	2141
辺材	32	47
心材	38	59

(出展福島県)

日本国内において、特別な管理が必要とされる放射性廃棄物（指定廃棄物）となる基準値は 8,000Bq/kg超 です。2016年の調査で、放射性セシウム濃度が最も高い伐採木材は 5,500Bq/kgでした。

消費者にとってどのような意味があるのでしょうか？

放射性セシウム濃度が最大であった木材で家を建てた場合に、自然放射線に追加となる年間被ばく線量は、わずか**0.1mSv**程度と推定されます。一方で、日本における自然放射線による年間被ばく線量は 2.1mSvです。

### 県による助言

- 木材の使用制限は必要ありませんが、継続的なモニタリングは必要です。
- 50～80年が経過して樹木が伐採期に入ったときには、放射性セシウム濃度は低下しているため、植林を制限する必要はありません。
- 林業従事者の放射線被ばくを管理することが重要です

## 森林火災については何が分かりましたか？

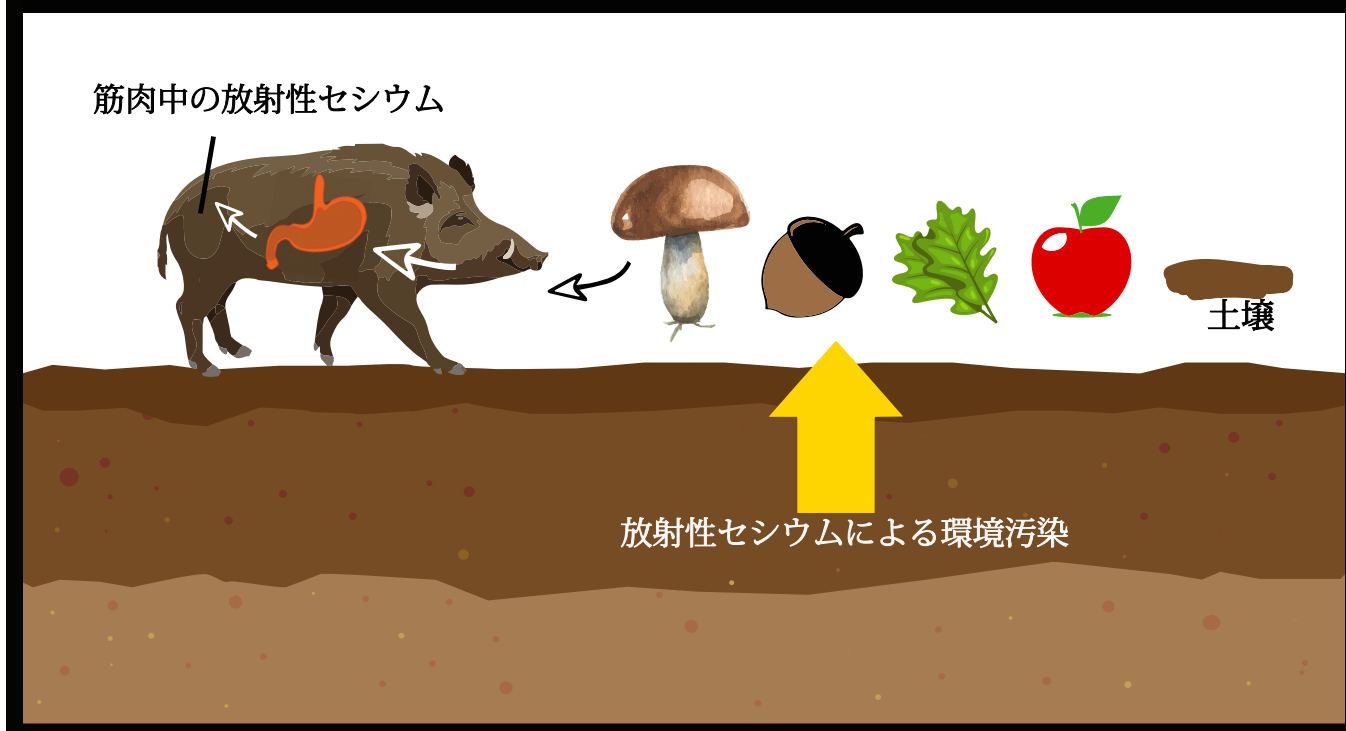
県としては、全体として放射性物質による影響は極めて小さいものと判断している。

- 火災による放射性セシウムの移行はほとんどありませんでした。
- 空間線量率の上昇はほとんどありませんでした。
- 人体に対する放射線の影響は無視できるレベルでした。

## 野生動物における放射性セシウムのモニタリング

IAEAは福島県に対し、イノシシやツキノワグマといった野生動物の体内への放射性セシウムの移行に関する助言を行いました。福島県は、野生動物の筋肉中の放射性セシウム濃度の季節変動や、イノシシの行動圏と食性に関する調査を行っています。

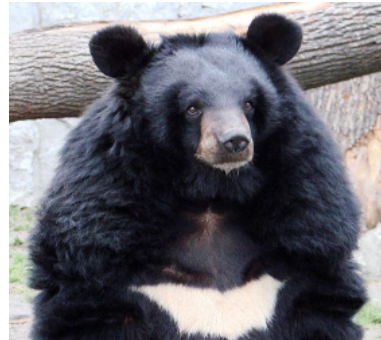
### 放射性物質はどのようにして野生動物の体内に移行したのですか？



## 野生動物の筋肉中の放射性セシウム濃度



イノシシ  
個体差が大きい：10Bq/kg  
未満～13,000Bq/kg（2016  
年度）（参考：食品中の  
放射性セシウムの基準値  
100Bq/kg）



ツキノワグマ  
同じ地域で捕獲され  
たイノシシと比べ  
て、放射性セシウム  
濃度が低い

野生動物の放射性セシウム濃度には、かなりのばらつきがあります。

- 環境中の放射性セシウム濃度が高い地域で捕獲されたイノシシは、筋肉中の放射性セシウム濃度も高い傾向がありました。
- イノシシの放射性セシウム濃度は、夏に比べて秋・冬に高くなる傾向がありました。
- 野生動物の行動や食べ物の影響等、放射性セシウムの移行を理解するための研究が進められています。

もっと詳しく知りたい方はこちら

福島県放射線監視室

<http://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16025d/>

福島県放射能測定マップ

<http://fukushima-radioactivity.jp/>

福島復興ステーション

<http://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal>

水・食物等の放射性物質検査

<https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/list280.html>

森林における放射性物質関連資料等について

<http://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/36055a/shinrinhouyasei2.html>



# 環境回復と除染

福島県で、東京電力（株）福島第一原子力発電所の事故から7年が経過し、県内の環境中に存在する事故由来の放射性物質のほとんどは、放射性セシウムとなっています。これは、事故により放出された放射性物質のうち、セシウム-137が約30年という長い半減期をもつためです。

IAEAは福島県に対して、空間線量の速やかな低減を目的とした除染方法に関する助言を行いました。福島県内では自然減衰に加えて、次のことにより空間線量が減少しています。

- 除染による放射性セシウムの除去
- ウェザリング効果（降雨や風等の自然作用による道路や屋根からの放射性セシウムの移動）
- より深い土壌層への放射性セシウムの移行

居住地の除染はどのように行うのですか？

除染は国や県が作成したガイドラインに基づいて行われています。



表土除去



高圧洗浄



住宅の雨どいの堆積物除去



道路側溝の堆積物除去



学校での表土除去



農地の深耕

## 除染の概要

- 福島県では、国が除染を進める地域（除染特別地域）と市町村等が除染を進める地域（汚染状況重点調査地域）で集中的に除染が実施されました。
- 国が除染を進める地域については、2017年3月までに面的除染が全て終了しました。
- 市町村等が除染を進める地域については、住宅：約 420,000戸、公共施設：約 12,000箇所、道路：約 19,000km及び農地：約 31,000haが除染の対象になりました。
- 住宅に近接する森林：約 4,600haも除染の対象になりました。
- 2017年 10月末時点において、これらの計画のほとんどが終了しました。
- 除染によって発生した大量の除去土壌等は、仮置場等において適正な管理の下で保管されています。これらは今後、国が設置する中間貯蔵施設に搬入され、中間貯蔵開始後30年以内には、福島県外で最終処分される計画です。

## 除染の効果はどのくらいありますか？

除染の効果は、除染対象物の表面の材質や除染の方法に依存しますが、これまで実施された除染前後における空間線量率の測定から、空間線量率は約 20～50%低減するという結果が得られています。このことについては、国外においても同様の知見が得られています。

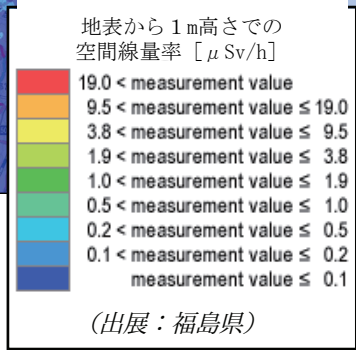
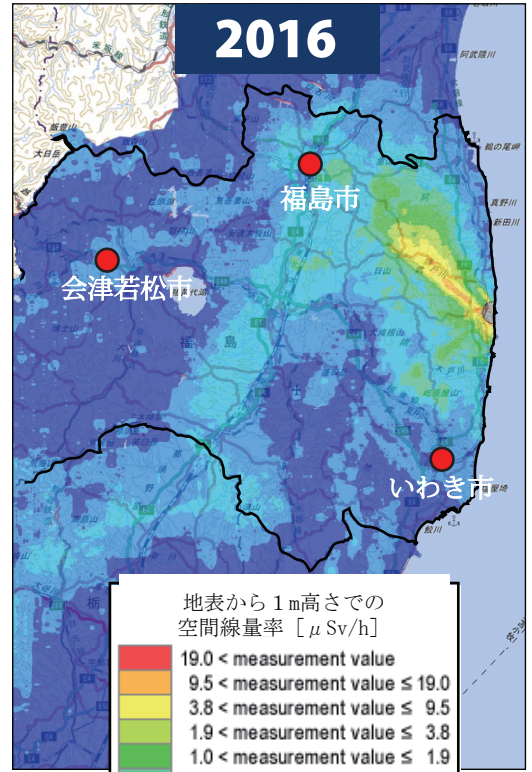
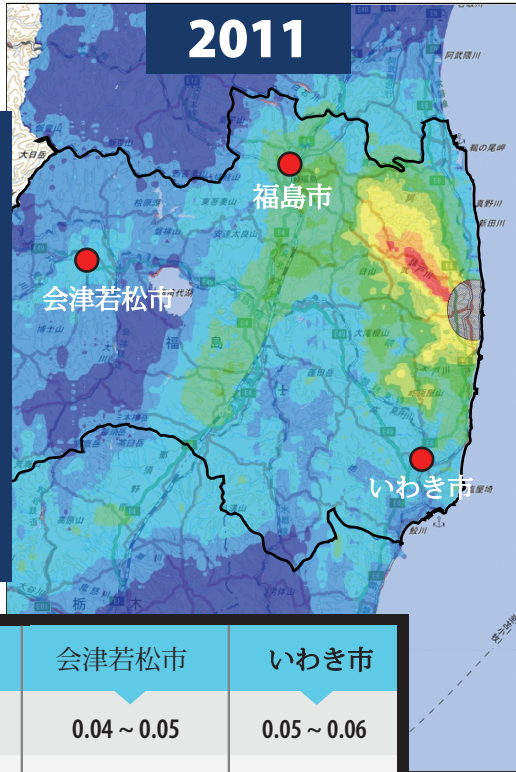
区分	測定地点数	除染による空間線量率の平均低減率 (%)
住宅	82 757	36
公共施設	32 311	45
道路 (km)	33 451	31
農地 (ha)	20 147	29
森林 (ha)	12 697	21

Roads (km) / Farmland (ha) / Forests (ha)

このデータは、国や市町村等が実施した除染作業において、2012年3月から2013年10月までに測定された除染前後の空間線量率を対象としたものです（第10回環境回復検討会資料（2013年12月環境省））。

# 福島県の環境回復の現状

## 2011年と2016年との空間線量率の比較



単位： $\mu\text{Sv/hr}$	福島市	会津若松市	いわき市
2011年3月以前	0.04	0.04 ~ 0.05	0.05 ~ 0.06
2011年4月	2.74	0.24	0.66
2011年9月	1.04	0.13	0.18
2012年3月	0.63	0.10	0.17
2013年3月	0.46	0.07	0.09
2015年3月	0.23	0.06	0.07
2017年3月	0.17	0.05	0.07

出典：福島県災害対策本部（暫定値）

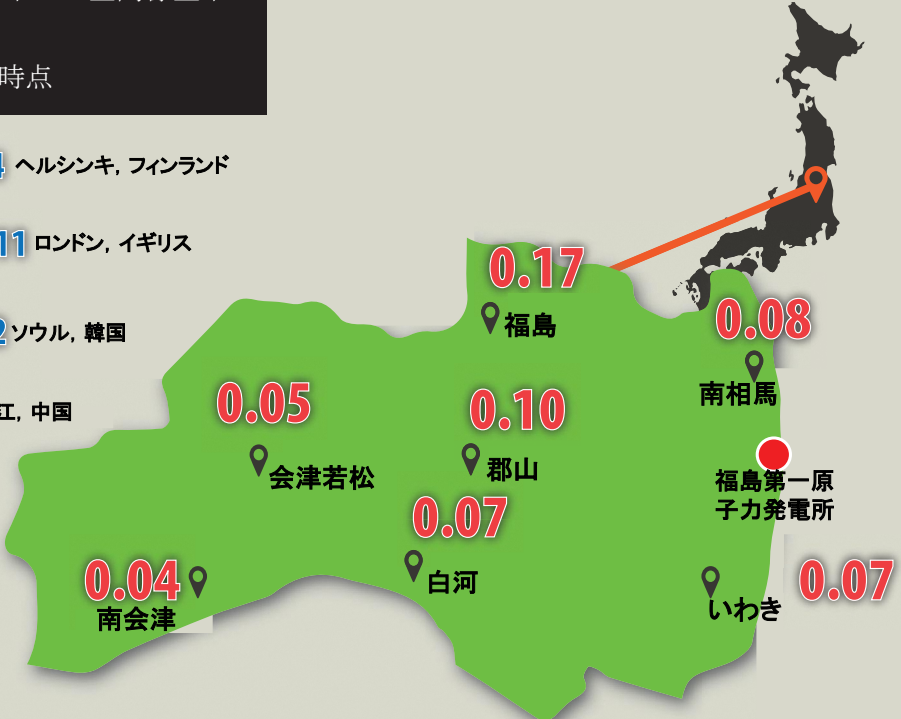
福島県内の主要都市の空間線量率は、世界の他の地域とほぼ同じレベルです。

## 福島県内の主要都市と世界の都市との空間線量率の比較

出典：UNSCEAR 2017年3月1日時点



- 0.14 ヘルシンキ, フィンランド
- 0.11 ロンドン, イギリス
- 0.12 ソウル, 韓国
- 0.26 陽江, 中国
- 0.14 香港, 中国
- 0.15 ハイデラバード, インド



単位： $\mu\text{Sv/h}$

## 河川・湖沼における放射性セシウムの動態とその対策

IAEA は福島県に対し、世界各地で得られた知見に基づき、河川・湖沼における放射性セシウムの動態解明とその対策に関する助言を行いました。

### 河川・湖沼における放射性セシウムの動態

#### IAEAによって伝えられた、世界の知見

- 放射性セシウムは、土壌の粘土鉱物等に強く吸着され、環境中を非常にゆっくりと移動します。
- 水に溶けている放射性セシウムは、魚等の水中の生き物の体内に取り込まれやすい傾向があります。
- しかし、放射性セシウムは水中の土等の懸濁粒子と強く結びつくため、水中の生き物の体内に取り込まれる放射性セシウム濃度は非常に小さいことが分かっています。
- 懸濁粒子と結びついた放射性セシウムは、川床等に堆積したり、洪水等によって下流域に運ばれたりします。

#### 福島の状態の県側の評価

- 懸濁粒子と結びついた放射性セシウムの濃度は、低下し続けています。
- 河川水中の放射性セシウム濃度は、国の定めた水道水の飲用基準（10Bq/kg）を大きく下回っていることが確認されています。

### 世界の知見に基づいた河川・湖沼における放射性物質対策

- 生活圏の河川敷・ため池の除染
- 底泥の除去やシルトフェンスによる、ため池からの放射性セシウム流出防止策
- 魚の採捕制限・摂取制限



シルトフェンスによる取水の管理



ため池底泥の除去



## 河川敷における除染の実証試験

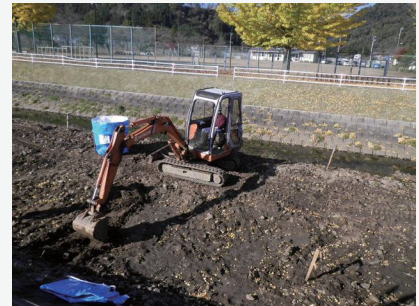
通学路や屋外学習に利用されている河川敷において、除染実証事業が行われました。IAEAは福島県に対し、除染後の洪水等に伴う空間線量率の変化に関する助言を行い、河川敷での放射性セシウムの分布状況を調査しました。

### 試験場所の特徴

- 東京電力(株)福島第一原子力発電所から北西に約 55km の位置にある河川であり、小学校に隣接し、事故前は通学やレクリエーション活動に利用されていました。
- 実証試験前（2014年8月時点）の空間線量率の平均値は  $0.70\mu\text{Sv/h}$  でした。
- 河川敷では、土砂の堆積等によって放射性セシウムが厚く堆積している場合があります、その分布状況を踏まえた対応が必要であることが分かりました。

### 試験に用いた除染方法

- 除草
- 高水敷（常に水が流れている部分より一段高い部分の敷地）における土壌や堆積物の除去
- 堤防の植生と土壌の除去

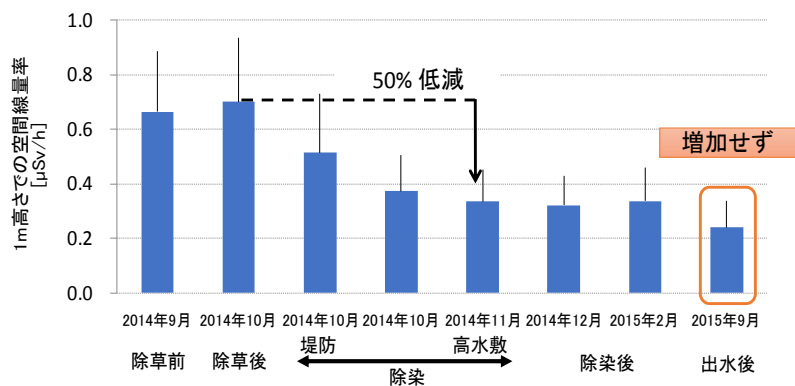


河川敷における土壌や堆積物の除去



実証試験の結果、空間線量率は約50%低減しました。

実証試験後に発生した洪水によって空間線量率の低減効果に変化はあったのでしょうか？



河川における実証試験の実施前・中・後の地表1m高さでの空間線量率

除染後の2015年に大規模な出水が発生し、多量の土砂の堆積と浸食が起りましたが、空間線量率は上昇しませんでした。福島県内の他の河川敷でも、同様の結果が確認されました。



# 除染活動から生じた放射性廃棄物の管理

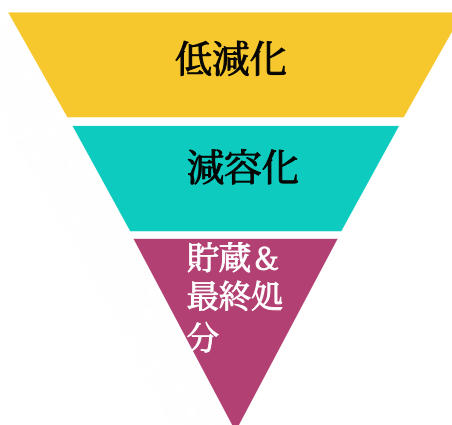


東京電力(株)福島第一原子力発電所の事故以降、福島県では非常に数多くの除染作業が行われ、その結果生じた放射性物質を含む除去土壌等の管理のために様々な取組が行われてきました。IAEAは福島県に対し、世界中の成功事例に基づく専門的な助言を行うことにより、この取組を支援してきました。

## 放射性物質を含む廃棄物の管理の目的

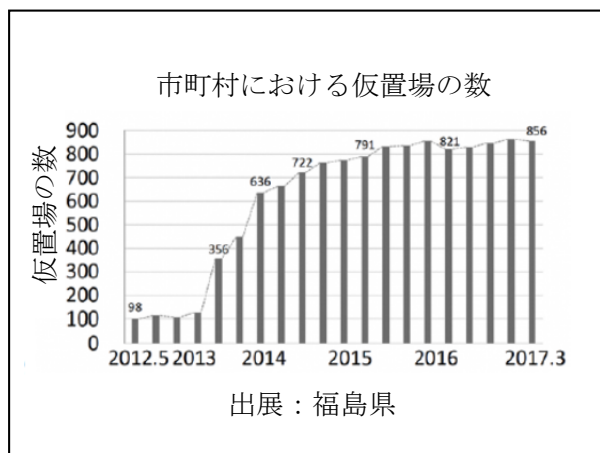
- 放射性物質を減らす
- 廃棄物の体積を減らす
- そして貯蔵施設に廃棄物を保管し、その後最終処分する

## 放射性物質を含む廃棄物の管理に関するピラミッド

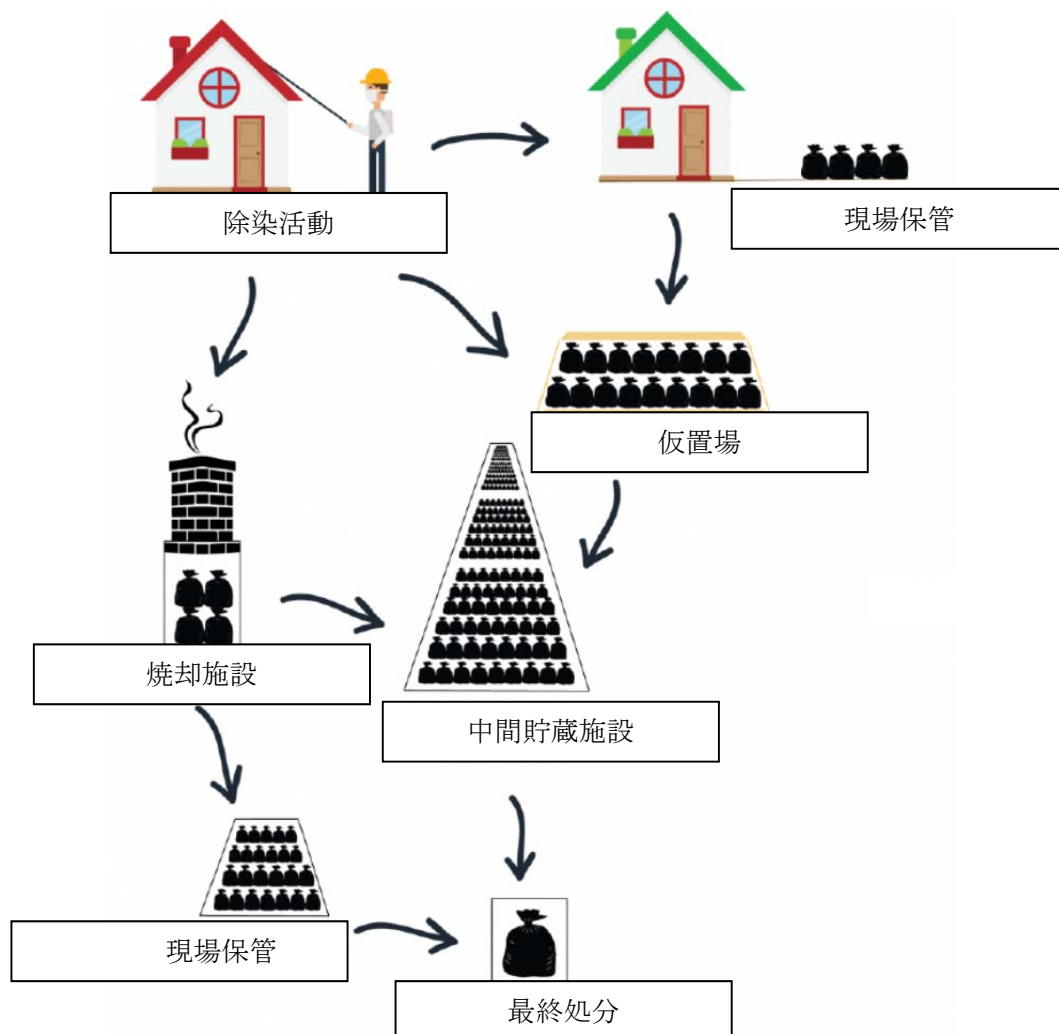


# 福島県における除染活動から生じた除去土壌等の管理

放射線による県民の被ばくを速やかに低減するため、福島県では事故直後から除染活動が行われてきました。県民と県土を守るため、中間貯蔵施設に輸送されるまでの間、除去土壌等を安全に保管するための仮置場が設置されました。2017年9月時点で、600万m<sup>3</sup>の除去土壌等が仮置場等で保管されています。また、保管の間にも放射能は自然減衰によって減少していきます。



仮置場に保管された除去土壌等は、徹底した安全管理の下で、福島県内の中間貯蔵施設に輸送され、最終的に福島県外で処分されます。除去土壌等の一部は、焼却処理により減容化されます。焼却処理により発生した灰も安全に保管され、最終的に福島県外で処分されることになります。

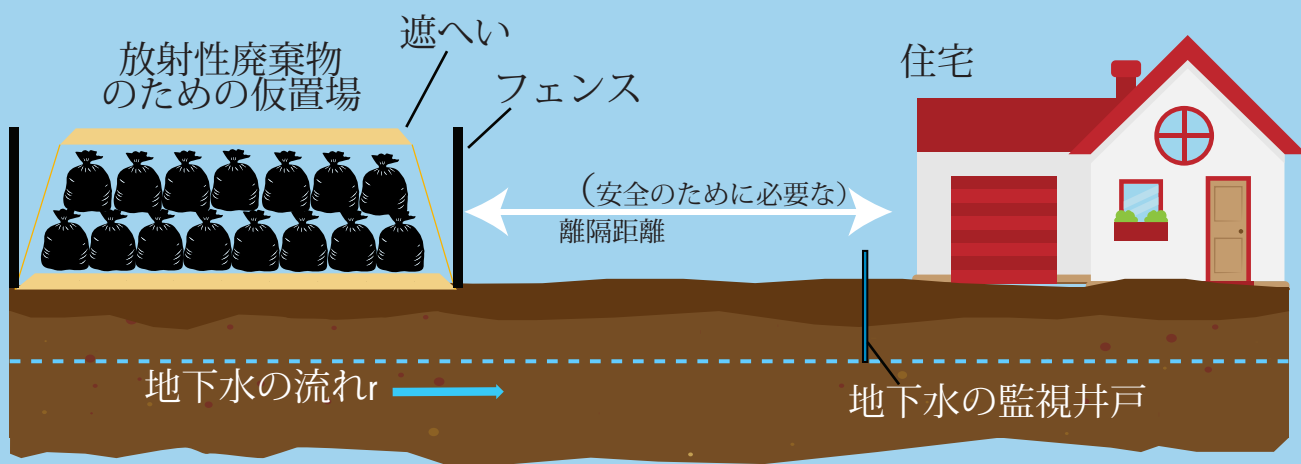


# 仮置場 (TSSs)

福島県は、IAEA からの助言に基づき、仮置場の設置と管理等に関する「仮置場等技術指針」を作成しました。この指針は、事故直後における仮置場の設置と維持管理から得られた経験を基に作成されたものであり、仮置場に影響を及ぼす主要な問題や実施された良い事例の紹介、様々な手法の比較を含んでいます。

県では、仮置場が国が定める法律とガイドラインに基づいて設置・管理がなされています。除去土壌等を安全かつ確実に取り扱うためには、世界中の放射性廃棄物の管理から得られた知見に基づいて開発された IAEA 安全基準に沿って管理されなければなりません。IAEA は福島県に対し、仮置場等技術指針の策定に関する支援と、仮置場の安全性に関する助言を行いました。

IAEA は福島県に対し、通常時の状況と火災や豪雨、地震を含む災害時の状況における仮置場や現場保管の安全性評価を支援しました。



典型的な仮置場の例

## 仮置場の安全性

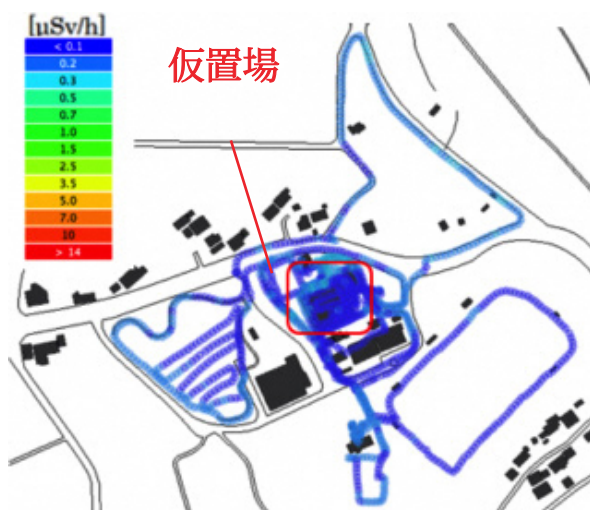
仮置場は、中間貯蔵施設へ搬出するまでの間、除去土壌等を保管するために設置されました。仮置場の安全性は、長期保管に伴う資材の経年変化や、設置場所の状況変化、気象条件等を考慮して評価する必要があります。

IAEA は福島県に対し、仮置場の安全評価に関する助言やツールの提供を行いました。福島県は、除去土壌等の量や放射性セシウム濃度、遮への状況、仮置場から住宅までの離隔距離等の様々な情報に基づき、仮置場や現場保管の安全評価を行いました。また、通常時だけでなく、火災や豪雨、地震等の災害時の状況に対しても、安全性評価を行いました。

県は、今後、以下の点にも留意しながら、仮置場の安全性を確保していきます。

- 仮置場に用いられる資材の経年変化や強度、劣化
- 除去土壌等を仮置場から中間貯蔵施設に輸送する際の容器の回収可能性
- 仮置場や現場保管場所から中間貯蔵施設への除去土壌等の輸送

県のデータから見ると、仮置場の周辺地域における放射線の影響は限定であり、近隣住民や周辺環境には特別な影響がないことが分かりました。



仮置場では、定期的に放射線モニタリングが行われています。

その結果から、仮置場の周辺地域の空間線量率は、その他周辺地域の空間線量率と同じかそれ以下ということがわかります。つまり、仮置場が近くに存在しても、空間線量率は増加しないことが明らかになりました。

福島県中通り地方における仮置場周辺の歩行サーベイによる放射線モニタリングの結果