

飯舘村除染検証委員会
報 告 書

平成29年6月23日

飯舘村除染検証委員会

目次

1. 委員会の目的	1
2. 委員会の構成と検討の経緯	2
3. 検証の基本的な考え方	4
3-①) 飯舘村の除染目標	4
4. 飯舘村の放射線環境（外部被ばく）	5
4-①) 除染前後の線量測定	5
4-②) 定点測定の結果	5
4-③) 実測および空間線量率をもとにした個人線量の予測	6
4-④) まとめ	6
5. 飯舘村の農地と副産物	7
5-①) 農地の土壌中放射能検査	7
5-②) 飯舘村における実証栽培	7
5-③) ため池及び農業用水	8
6. 飯舘村の山林	9
6-①) 面的除染	9
6-②) 森林からの再汚染の可能性	10
6-③) 林業や里山の回復に向けて	10
7. 総合評価	11

1. 委員会の目的

飯舘村の除染は、国（環境省）による直轄事業により、平成24年9月から開始され平成28年12月までに、宅地、農地、道路、山林（宅地・農地の林縁部から20m範囲）の除染を完了したとされています。

「飯舘村除染検証委員会」は、これまで直轄事業として行われてきた除染に関する事業の情報を収集、精査し、効果的に放射線量が低減しているか等について、専門的見地から以下の点について分析・検証を行い、村へ除染等の効果に関係する提言を行うために設置されました。

- (1) 村内の線量低減状況の効果について
- (2) 放射線に関する各種調査結果について
- (3) 環境回復に関する今後の対応について

本報告書は、除染後の宅地、農地、道路、山林等における村内の放射線環境を分析評価することと、飯舘村における環境回復が、より実効性の高いものとなり、村民の安全・安心に寄与するために本報告書をまとめました。

2. 委員会の構成と検討の経緯

(1) 飯舘村除染検証委員会の委員の構成

① 検証委員

No	役 職	職務	氏 名
1	特定非営利活動法人 放射線安全フォーラム(RSF)理事	委員長	ただ じゅんいちろう 多田 順一郎
2	国立研究開発法人 国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター 循環利用・適正処理処分技術研究室 主任研究員	副委員長	えんどう かずと 遠藤 和人
3	福島県立医科大学 放射線災害医療センター 放射線健康管理学講座助手	委員	みやざき まこと 宮崎 真
4	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 本部企画調整部震災復興統括監付 主任研究員	委員	まんぶく ゆうぞう 万福 裕造
5	飯舘村行政区長会 会長	委員	おおごし けんいち 大越 憲一

② オブザーバー

No	所 属	氏 名
1	復興庁 福島復興局	山中 日出男
2	経済産業省	寺田 康裕
3	環境省福島環境再生事務所 除染対策第一課長	須田 恵理子
4	東京大学院理学系研究科物理学専攻 教授	早野 龍五
5	(国研)産業技術総合研究所計量標準総合センター	黒澤 忠弘
6	(国研)産業技術総合研究所 安全科学研究部門リスク評価戦略グループ	上坂 元紀
7	国立研究開発法人国立環境研究所 福島支部	林 誠二

③ 事務局

No	所 属	氏 名
1	飯舘村復興対策課 課長	中川 喜昭
2	飯舘村復興対策課 除染対策係 係長	高橋 由文
3	飯舘村復興対策課 除染対策係 副主査	今井 一起

(2) 飯舘村除染検証委員会の開催状況

開催	期 日	内 容
第1回	平成29年2月8日(水)	<ul style="list-style-type: none"> ・委員長及び副委員長の選出について ・委員会の目的について ・委員会のスケジュールについて ・除染等の現状について ・分析及び検証に関する資料について ・次回以降の会議日程等について
第2回	平成29年2月28日(火)	<ul style="list-style-type: none"> ・第1回議事録について ・除染の現状について ・宅地、農地のモニタリングについて ・個人線量の測定と予測について ・空間線量率と個人線量の関係について ・水稲、野菜実証栽培結果について ・農地及び農業用水について ・報告書の校正案について ・次回の会議日程等について
第3回	平成29年3月30日(木)	<ul style="list-style-type: none"> ・第2回議事録について ・除染の検証について ・宅地、農地のモニタリングについて ・農地及び農業用水について ・山林からのセシウムの動きについて ・次回の会議日程等について
第4回	平成29年4月26日(水)	<ul style="list-style-type: none"> ・第3回議事録について ・宅地、農地のモニタリングについて ・土壌放射能測定結果について ・中間貯蔵施設の実施状況等について ・稲の作付に関する考え方について ・ため池の放射性物質対策について ・提言及び報告書(案)について ・次回の会議日程等について
第5回	平成29年6月8日(木)	<ul style="list-style-type: none"> ・第4回議事録について ・宅地、農地のモニタリングについて ・土壌放射能測定結果について ・提言及び報告書について ・報告書の提出日程等について
提出	平成29年6月23日(金)	<ul style="list-style-type: none"> ・提言及び報告書の提出

3. 検証の基本的な考え方

除染検証委員会の目的には、除染効果等の分析と検証が掲げられています。除染は、人々が受ける放射線の量を低下させるさまざまな手段のうちの一つです。しかし、飯舘村のみなさんには、除染でどのくらい空間線量率が下がったかよりも、ふたたび村に住み生活することで受ける放射線の量がどのくらいになったかの方が重要です。それゆえ、除染検証委員会は、現在の村内の放射線環境の分析に加え、村内に暮らすことで受ける放射線の量を将来にわたって評価する必要があります。

放射線の量が低下することは避難指示を解除するための必要条件でしたが、飯舘村のみなさんが村での暮らしを取り戻すには十分ではありません。除染は、空間線量率を低下させた一方、さまざまな村の環境を損ないました。とくに農地に生じた変化は、村の基幹産業である農業に影響を与える可能性があります。除染の影響で営農再開に支障が生じるならば、避難指示を解除する意義が損なわれてしまうおそれもあります。それゆえ、除染が営農再開にもたらす影響を分析し検証することも、除染検証委員会の役割であると考えます。

①飯舘村の除染目標

国は、避難指示の解除に関して、年間の積算線量の推定値が 20 ミリシーベルトを確実に下回る、という基準を設けています。これに対して飯舘村は、2011 年 10 月 27 日から始まった「いいたて復興計画村民会議」での議論の結果、年間の積算線量が 5 ミリシーベルトを下回ることを当面の除染目標と決めました（「いいたて までいな復興計画（第 1 版）」2011 年 12 月 16 日発行）。したがって、除染検証委員会は、飯舘村が独自に定めた目標の値を尊重し、年間の積算線量が 5 ミリシーベルトを検証の基準に用いることにしました。

4. 飯舘村の放射線環境（外部被ばく）

① 除染前後の線量測定

飯舘村では、降着した放射性物質に対し、平成 24 年 5 月に環境省が策定した「特別地域内除染実施計画（飯舘村）」に沿った除染が行われてきました。平成 25 年 12 月に見直された計画では、除染は「平成 28 年度内の完了を目途に実施する」とされ、面的除染は、平成 28 年度末に完了しました。以下、環境省から提示された除染状況の報告をもとに、除染前後の空間線量率の変化の概要を示します。

面的除染の効果を確認するため、環境省では同じ場所の除染前後の空間線量率を測定しています。また、同じ場所の事後モニタリング測定がこれまでに 2 回行われています。この結果に基づき、すべての測定点を線量率により色分けしたマップも、環境省から提供されています。

除染前に測定された空間線量率の平均値は、宅地・農地ともに毎時 2.3 マイクロシーベルトでした。除染後に同じ場所を測定した際の平均値は、宅地が同 1.0 マイクロシーベルト、農地が同 1.1 マイクロシーベルトで、自然の減少効果¹のみから予測される値（毎時 2.0 マイクロシーベルト）をいずれも大きく下回りました。第 1 回事後モニタリングでは、平均値として宅地・農地ともに毎時 0.8 マイクロシーベルト、第 2 回では宅地が同 0.5 マイクロシーベルト、農地が同 0.6 マイクロシーベルトと、時間とともに空間線量率は低下を続けています。

除染前と除染後の空間線量率の平均値を行政区ごとに比較してみると、区ごとに平均値の水準は異なるものの、除染後の空間線量率の平均値は、割合として除染前の 3 分の 1～2 分の 1 となり、村全体の測定点から計算した平均値の減少率（およそ 2.5 分の 1）と、行政区ごとに大きな差がみられません。また、その後 2 回にわたる事後モニタリングでも、すべての行政区で例外なく空間線量率の減少傾向が続いています。

② 定点測定の結果

飯舘村では村の事業として、平成 23 年 4 月から、各行政区の宅地・農地における定点での空間線量率の測定を続けています。測定の結果をみると、概ね自然の減少効果に従って線量率の低下を認めるほかに、降雪時には雪の遮蔽による線量率の一時的な低下が目立ちます。また、定点に近い宅地や農地で除染が行われると、その効果として除染後に大きく線量率が下がることも確認できます。

初回の測定と、5 年 8 ヶ月を経た平成 28 年 12 月の測定結果を対比すると、すべての地点の減少率は 86% 以上で、ほとんどの場所で 90% を超えます。観測地点の周囲が未除染である長泥行政区の定点測定においても、農地では 83%、宅地では 94% の減少がみられています。

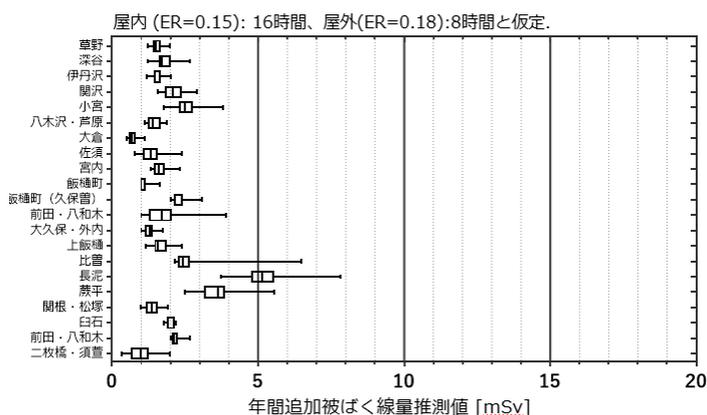
¹ 「自然の減少効果」とは、放射性物質の物理的な減少と、環境における放射性物質の移動や地中へのしみ込みによる線量の低下の両者を含んでいます。

③ 個人線量および空間線量率の実測をもとにした追加個人線量の推定

環境省の除染実施計画には、空間線量率や個人線量における数値目標は明示されていませんが、飯舘村が「までいな復興計画（第一版）」に示した当面の目標である「年間追加積算線量 5 ミリシーベルト（長期的には 1 ミリシーベルト）」に近づけるよう努力する、と言及されています。以下に、平成 27 年 9 月～平成 28 年 5 月にかけて、村と村民の協力のもと、産業技術総合研究所により行われた、個人線量の実測調査をもとにした、現在の飯舘村に生活した場合の年間追加個人線量の推定の結果を示します。

調査では、各行政区 1～2 名の協力者の方が村内に滞在した際の個人線量を実測し、その結果を、滞在した場所の航空機モニタリングで測定された空間線量（航空機モニタリング線量）と対比しています。結果として、実測された個人線量は、滞在場所の航空機モニタリング線量に対して、屋内で 0.15 倍、屋外で 0.18 倍となりました²。

避難指示解除後（2017年4月1日）における年間追加個人被ばく線量換算値（ER:個人-空間線量比の平均値利用の場合）



出典: Naito et al. J. Radiol. Prot. (In Press)より作成

この結果にもとづき、航空機モニタリング線量を平成 29 年 4 月 1 日の時点で補正し、屋内に 16 時間、屋外に 8 時間滞在すると仮定して、行政区別に住む方々の年間追加個人線量を推定した分布を図に示します。8 時間という比較的長い屋外滞在時間の仮定でも、実測の平均値をもとに計算した年間追加個人線量は、多くの行政区で 2 ミリシーベルトを下回り、ほとんどの行政区で 5 ミリシーベルトを下回る、と推定されました。ただし、実測の結果からは、個別の状況の違いから、同じ行政区内に住む方々の間でも、追加個人線量に大きなばらつきが生じることも同時にわかりました。

④ まとめ

環境省による除染の完了とともに、飯舘村の避難指示は平成 29 年 3 月 31 日に解除されました。環境省から委員会に提示された種々の測定結果により、飯舘村の復興計画に示された目標は、概ね達成されている、と考えられます。

また、数少ない実測調査の結果をもとに、飯舘村に住むことで年間追加個人線量がどの程度になるかを、行政区ごとに推定することが出来ました。しかし、ある定点で測定された空間線量率だけで、個別の年間追加個人線量を推定することは困難です。自らのスタイルで故郷に生活する際には個人線量計を所持し、実測にもとづく「自分自身の個人線量」を知ることをおすすめします（個人線量計の貸し出しと、結果説明の態勢は、村にすでに準備されています）。

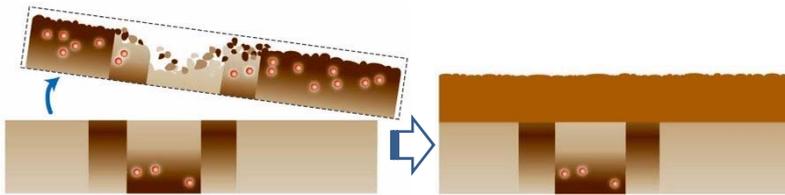
² 村内滞在時の平均値として。実際の測定結果では、この係数には屋内で最小値 0.06～最大値 0.27 倍、屋外で同 0.08～0.37 倍のばらつきがみられています。

5. 飯舘村の農地と副産物

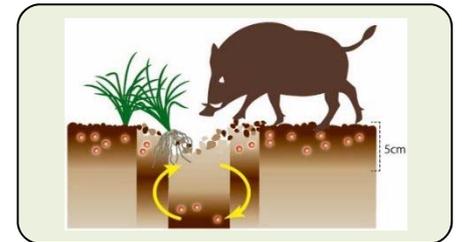
①農地の土壤中放射能検査

飯舘村に風によって運ばれた放射性セシウムは村内全域に広がり、降雨の影響で宅地や山林、農地に降着しました。農地では、その多くが土壤表面に降着しました。イノシシに掘り起こされたりした場所や、除染前に人為的に土壤を攪乱したことが原因で、比較的深くまで放射性セシウムが混入する場合があります。

放射性セシウムは、降着した後は雨水とともに移動しますが、土壤中の粘土に吸着されます。一度、粘土に吸着されると、粘土（風化黒雲母）から離れにくく、水にも溶けにくい状態となります。



除染作業では、まず表面 5cm ほどの土を剥ぎ取り、剥ぎ取った場所に、放射性セシウムを含まない新しい土をかぶせます。



しかし、イノシシに掘り起こされたような場所では、深いところに放射性セシウムが残ることがあります。

土壤中の放射能検査の調査方法は、対象となる圃場の対角線の交点となる中心 1 点と、圃場の 4 隅を結ぶ線上の中間点 4 点の計 5 点を土壤採取地点するのが一般的です。

飯舘村では、上記の方法で、行政区毎に除染後の放射能検査を実施しています。飯舘村の農地の除染は、ほとんどが表土削り取りによる除染手法を採用し、効果的に放射性セシウムを除去することができました。行政区ごと値は異なるものの、除染後の 5 点による平均値は 5,000Bq/kg を下回りました。

②飯舘村における実証栽培

平成 23 年度 4 月、当時の食品中放射性物質の暫定基準値（500Bq/kg）を厳守するため、農林水産省は最大 10%の放射性セシウムが土壤から水稻に移行し得るといふ当時の知見に基づいて、作付け基準を暫定的に 5000Bq/kg としました。その後の種々の実証栽培試験の結果、放射性セシウムが水稻に移行する割合は極めて小さいことが判明し、また加えて福島県産米の全量全袋検査などを考慮し、平成 25 年度の作付けから 5000Bq/kg は適用されていません。

飯舘村で実証されている実証栽培の収穫物を検査した結果、全ての米・野菜について、一般食品中の放射性物質の基準値（100Bq/kg）を下回ることが確認されました。

品目	¹³⁴ Cs (Bq/kgFW)	¹³⁷ Cs (Bq/kgFW)	¹³⁴ Cs+ ¹³⁷ Cs
ミニトマト(ハウス)	N.D (<3.0)	N.D (<7.0)	N.D
キュウリ(ハウス)	N.D (<3.0)	N.D (<7.0)	N.D
サヤインゲン(ハウス)	N.D (<3.0)	N.D (<7.0)	N.D
サヤインゲン (ハウス・露地)	N.D (<3.0)	N.D (<7.0)	N.D
ブロッコリー	N.D (<3.0)	N.D (<7.0)	N.D
キャベツ	N.D (<3.0)	N.D (<7.0)	N.D
コマツナ	N.D (<3.0)	N.D (<7.0)	N.D
ハクサイ	N.D (<3.0)	N.D (<7.0)	N.D
カブ	N.D (<3.0)	N.D (<7.0)	N.D
ダイコン	N.D (<3.0)	N.D (<7.0)	N.D

※N.Dは、測定条件の検出限界以下であることを示します。

ため池からの水を使い、伊丹沢字山田地内の実証田 60 a のうち 30 a において「ひとめぼれ」と「コシヒカリ」を栽培し、全袋（全量）検査をした結果、他の実証米と同様に検出限界値（25Bq/kg 未満）であることを確認しています。

平成 25 年の 10 種類の野菜栽培試験（ミニトマトとキュウリ等）、平成 26 年のブロッコリーの栽培試験の結果、いずれも食品の出荷基準値（100Bq/kg）以下でした。実証栽培の結果から、放射性セシウムが農産物に移行する割合は、極めて小さいことがわかりました。

実証栽培の結果から、カリ含量の低い水田では、土壌の交換性カリ含量が 25 mg/100 g 程度になるように土壌改良し、地域慣行の施肥を行うと、玄米中やそばの放射性セシウム濃度の低減に有効です。

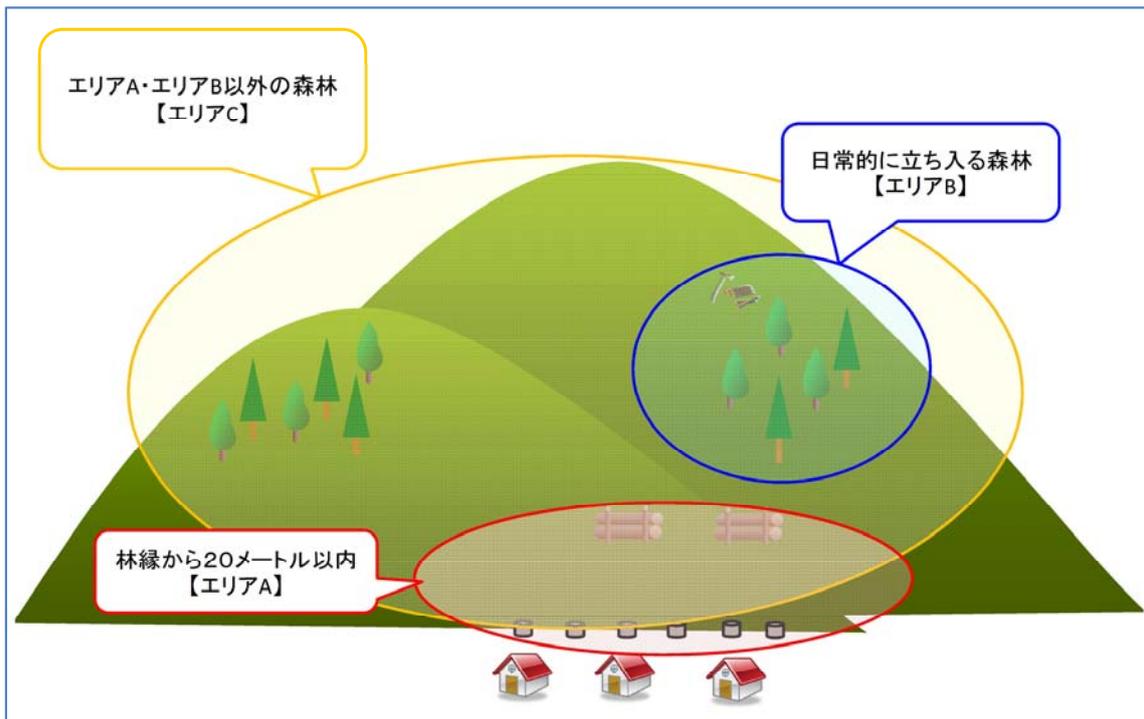
③ため池及び農業用水

関係機関の調査研究の結果、以下のことが明らかになりました。

事故当初、ため池に降着したり流れ込んだりした放射性セシウムは、底質中の粘土に吸着されています。山林等からの放射性セシウムの流出は僅かであることから、ため池に蓄積する量も僅かであると考えられます。

ため池の水に検出される放射性セシウムには、溶存態と懸濁態の二種類があります。根から吸収されやすいとされる溶存態の放射性セシウムは、極めて少ないことがわかりました。懸濁態の放射性セシウムは、土粒子等の浮遊物質（濁り成分）に吸着・固定されているので、根から吸収され難い状態となっています。懸濁態に含まれる放射性セシウムは粘土等と結びついているため、用水として利用しても農作物への影響はありません。

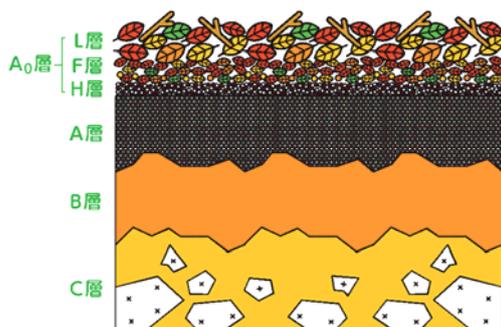
6. 飯舘村の山林



①面的除染

国が実施する面的除染は、人々が受ける放射線の量（実効線量）を低減させるため、空間線量率の低減を一つの目安として実施しています。したがって、住居周辺のみを除染しても空間線量率が低減しないため、近接する森林等は、林縁から約 20 m 奥側（エリア A と呼ばれる範囲）までの範囲の落葉等を除去して、空間線量率の低減を図ることとしています。この作業は、面的除染の一環であることから、平成 29 年 3 月をもって終了し、生活環境（居住環境）の線量率低減に一定の効果を示したと評価されます。エリア A の落葉等のみを除去した理由は、リター層（落葉・落枝などの層）の堆積有機物に多くの放射性セシウムが存在しており、これらを除去することで空間線量率が低下するためです。時間の経過と共に、リター層から、その直下の土壌層に移動している場合もあるため、リター層のみを除去しても空間線量率が低下しない場合には、追加的に、土壌のはぎ取りによる除染措置も実施されました。

【土壌断面層位の模式図】



- A₀層: 地表に堆積する有機物層、以下の総称
- L層(リター層): 新鮮な落ち葉などが堆積している層。
- F層(腐葉層): L層の下の落ち葉などが一部分解した層。
- H層(腐植層): 落ち葉などがさらに分解され、原型が崩れている層。
- A層: 土と分解された落ち葉などの有機物(腐植)とが混ざり合ったやわらかな層。
- B層: A層に比べて腐植は少なく、褐色をしている層。
- C層: 岩石が土になる途中の層。

同時に、日常的に立ち入る森林（エリア B と呼ばれる範囲であり、ほだ場、炭焼場、キャンプ場、遊歩道・散策道・林道、休憩所、広場、駐車場など）についても面的除染の対象であり、飯舘村では、わらび園、きこり（宿泊体験館）、神社等について面的除染が実施されました。

②森林からの再汚染の可能性

エリア A や B 以外の森林はエリア C と呼ばれ、面的除染の対象とはなっていません。そのため、生活環境やエリア A やエリア B の面的除染が終了したとしても、エリア C から放射性物質が流出したり、飛散したりすることで、生活環境の空間線量率が将来、上昇するのではないか、という懸念が生じていました。そこで、流出、飛散する可能性について、環境省のみならず、農林水産省や福島県、大学や研究所等でも調査が実施されました。

流出については、土壌の移動によって空間線量率に変化が生じる程度ではないことが示されました。落葉等を除去した直後、植生などによる土壌の被覆が低く、勾配が急な斜面で、ある期間の降水量が数百ミリを超えるような場合の土壌の流出であっても、空間線量率を変化させないことが確認されています。

飛散については、いずれの調査においても、空間線量率に変化を及ぼすような飛散はないという結果が得られており、落葉が飛散してきたとしても、空間線量率は上昇しません。事故発生当初は、常緑樹、落葉樹のいかににかかわらず、葉や枝への放射性セシウムの付着量が、樹木全体の付着量の 10%以上を占めていましたが、現状では数%以下となっており、時間の経過とともに葉や枝への放射性セシウムの付着量は徐々に低下していきます。

③林業や里山の回復に向けて

エリア C については除染が実施されておりませんが、林業再生の拠点でもあるため、間伐等の森林整備と共に空間線量率の調査を行ったり、樹皮、辺材、芯材の放射性セシウムの分布の経年変化を樹種毎に把握したりすることが必要と考えられます。また、エリア C は、林業だけでなく里山としての機能も有しています。生活環境の空間線量率が下がり、帰村できる環境となりましたが、帰村して元の生活に戻るといふことは、里山の機能も回復していくことが必要です。そのためには、里山で採れる山菜などの放射能濃度を把握し、帰村民が安心して暮らしていける情報の共有とそのためのかんくりづくりが重要と考えます。

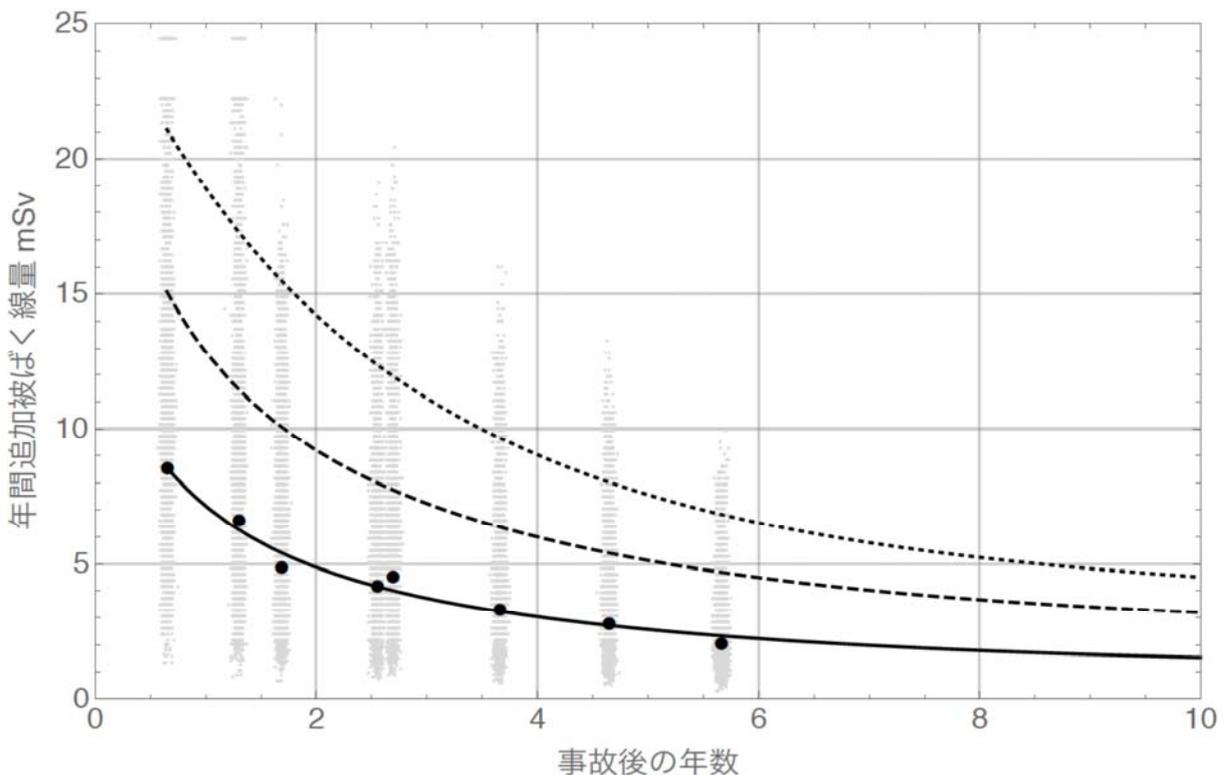
7. 総合評価

除染検証委員会は、資料に基づき、(1) 飯舘村の放射線環境、(2) 飯舘村の農地と農産物、および(3) 飯舘村の山林の環境について検討しました。

(1) 飯舘村の放射線環境は、一年間に5ミリシーベルトをおおむね下回る状況にあります。

飯舘村の宅地や農地および道路の除染を担当した環境省からの資料も、飯舘村が独自に実施してきた定点測定の結果も、測定点の空間線量率が、除染と自然減衰による低下を合わせて顕著に低下していることを確認できました。とくに、平成30年度に再開を予定している飯舘中学校では、ほとんどの測定点で、除染後の空間線量率が1時間に0.2マイクロシーベルトを下回っています。

空間線量率と、そこに暮らす人が受ける実効線量との関係には、事故直後に国が導入した0.6倍という推定値が使われてきました。しかし、産業技術研究所が飯舘村のボランティアの協力を得て実施した実測の結果、人々の実効線量は、国の評価方式で推定した値の1/3から1/4であることが分かりました。そこで、除染検証委員会は、端数を切り上げて、空間線量の0.2倍を実効線量とみなすことにしました。



航空機モニタリングの測定値から算出された年間追加被ばく線量の推移

国は、2011年秋から8回、飯舘村の全域を一辺250mの升目で区切り、ヘリコプターから平均線量を測定してきました。各回の測定値から推定された3,600箇所あまりの年間追加被ばく線量は灰色で示した範囲に分布していますが、約半数は実線より小さな値であり、全体のおよそ9割は破線より小さな値で、全体の約1%が点線より大きな値でした。事故から6年が経過した現在、飯舘村の90%の地域では、追加被ばく線量が年間5ミリシーベルトを下回っているだろうと分かります。

前頁のグラフは、この0.2倍という値を用いて、国が実施してきた航空機サーベイで得られた空間線量率を、1年間暮らした時に受ける実効線量に換算した結果を経時的に示したものです。事故から6年を経過した現在、除染の行われていない山林部などを含む飯舘村の全測定点の90パーセントで、村が目標値と定めた年間5ミリシーベルトを下回っていることが分かります。

(2) 飯舘村の農地の土壌は、放射性セシウムの農作物への移行に関する点では、営農再開に支障ない状態だと考えられます。

飯舘村が実施した農地の土壌中の放射性セシウム濃度の測定の結果は、農地の表土が置換されたため、かつて作付け制限に使われていた基準を下回る濃度であることを示しています。ただし、現在では土壌濃度に基づく作付け制限は行われず、実証栽培の結果によって判断する方法が採用されています。

飯舘村で行われた実証栽培の結果は、何れの収穫物の放射性セシウム濃度も、1キログラム当たり100ベクレルの基準値を超えませんでした。また、底泥を除染していないため池の水で実証栽培した稲でも同様の結果が得られています。したがって、土壌中のカリウム含有量を適切に管理すれば、放射性セシウムが農作物に移行して営農再開に支障をきたす可能性はありません。また、ため池の水も、セシウムが容易に根から吸収されない形に固定されているため、農業用水として利用して差し支えありません。

(3) 麓の空間線量率を上昇させるほど山林から放射性セシウムが流れ出たり飛散したりする可能性はありません。

さまざまな機関の調査研究の結果、山林にある放射性セシウムは大雨の際などに流れ出すことはありますが、麓の空間線量率を高めるほどではないことが分かりました。また、落ち葉などが風で麓に運ばれても、空間線量率を高める可能性はありません。

その一方、大部分の山林は除染されていないため、麓の宅地や農地に比べて空間線量率が高い状態にあります。しかし、航空機モニタリングに基づく評価では、6年間に起きた自然減衰の結果、飯舘村の山林の多くで、1年間の作業したときに受ける放射線の量が5ミリシーベルトをおおむね下回る状態にあります。

