



営農再開に向けた



牛舎・パドック清掃のポイント

(屋外運動場)



2016年3月



農研機構畜産草地研究所



福島県農業総合センター

目次

	ページ
・はじめに	1
・利用上の注意事項	2

Part1は牛舎の清掃手順マニュアルです



・Part 1 牛舎編	4
1) 牛舎及び周辺状況の確認と見取り図の作成	4
2) 牛舎清掃のポイント	6
3) 牛舎清掃方法	8
4) 牛舎環境の維持・管理	12

Part2はパドック(屋外運動場)の清掃手順マニュアルです



・Part 2 パドック(屋外運動場)編	14
1) 状況の確認	14
2) 利用再開のポイント	15
3) 利用準備から再開	17
4) 利用継続のポイント	19

Part3はマニュアル作成のベースとなった農研機構、福島農総セによる調査結果です



・Part 3 調査事例データ編	20
1) 牛舎調査事例	20
2) パドック(屋外運動場)調査事例	30

再開チェックリスト	34
-----------	----



コラム

実際の清掃の人手はどれくらいかかるの?	11
パドック(屋外運動場)泥ねい化の改善法	15
土壌摂取の影響は大きいのか?	19
空気中の粉じんの影響は?	27
落ち葉の影響は?	29
計測機器	33



はじめに

東京電力（株）福島第一原子力発電所の事故により、避難を余儀なくされていた避難指示解除準備区域において除染作業が進み、田村市、川内村、楡葉町で避難指示が解除されました。

今後も除染が進んだ地域において避難指示が解除される予定です。これらの地域は、避難されていた畜産農家が営農再開をめざしています。しかし、家畜導入や施設・機械などに大きな資金が必要な畜産経営では、放射性物質に汚染された地域での再開について大きな不安があります。事故以来放置していた牛舎の環境整備についても、定められたものがなく、手探りで始めるしかありませんでした。

そこで、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構畜産草地研究所と福島県農業総合センター畜産研究所は、環境省事業によって牛舎周辺の除染が終了した畜産農家を対象に、牛舎・パドック（屋外運動場）の放射性物質汚染の清掃に係わる調査研究を行いました。この調査研究は農林水産省委託プロジェクト「農地等の放射性物質の除去・低減技術の開発（畜産再開に向けた牧草生産技術等の開発）」により実施されました。

本マニュアルは、牛舎周辺の除染が終了した地域における牛舎とパドック（屋外運動場）に関する放射性物質対策をまとめたものです。3部構成からなり、第1・2部が牛舎とパドックの清掃作業手順マニュアル、第3部がマニュアル作成の基となった調査事例データを載せています。

本マニュアルが東京電力（株）福島第一原子力発電所の事故で多大な被害を受けられた地域の復興に役立てば幸いです。

2016年3月

国立研究開発法人

農業・食品産業技術総合研究機構畜産草地研究所

草地研究監 大同 久明



利用上の注意事項

1 本マニュアルは、福島県内の試験並びに測定調査事例を基に作成しました。利活用にあたっては、市町村役場、農業協同組合等生産者団体、及び農林事務所農業振興普及部(所)の支援、指導を仰いでください。

また、以下の資料、通知も併せて活用してください。

ア. 放射性物質に対応した畜産物生産のための作業マニュアル～肉用牛編～
平成26年 3月 畜産経営支援協議会

イ. 放射性物質に対応した畜産物生産のための作業マニュアル～酪農編～
平成27年 1月 畜産経営支援協議会

ウ. 「原子力発電所事故を踏まえた屋外運動場の利用等について」
(平成24年 6月12日付け24生畜第536号生産局畜産部畜産振興課長通知)

エ. 「避難指示解除準備区域等における畜産経営の再開に関する留意事項について」(平成27年12月 4日付け27生畜第1306号生産局畜産部畜産振興課長・飼料課長通知)

オ. 「除染関係ガイドライン(平成25年 5月第2版(平成26年12月追補))」環境省

2 除去した不要物や土壌等、清掃により出たゴミ等は、放射性物質濃度により異なる対応が必要となります。

放射性物質濃度を測定し、廃棄可能のものと保管が必要なもの(8,000Bq/kgを超える)とに分別します。濃度、量を、容器並びに記録帳に記載し、搬出可能となるまで適切に(牛舎や道路から遠い場所に保管、人が近づかないよう、ロープを張り巡らせる等)隔離・保管します。



利用上の注意事項

3 片付けゴミの扱いは、市町村役場等を通じて環境省福島環境再生事務所にお問い合わせ下さい。片付け作業等の経費は、東京電力（株）の賠償対象となる場合がありますので、市町村役場等を通じて東京電力（株）福島原子力補償相談室（電話：0120-926-404）にお問い合わせください。

4 本マニュアルは、次のホームページ（HP）よりダウンロードできます。
ア．農研機構：
http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/061963.html

イ．福島県農業総合センター畜産研究所：<http://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/37202a>

5 本マニュアルに関するお問い合わせは、
ア．農研機構ウェブサイトのお問い合わせフォーム

イ．福島県農業総合センター畜産研究所
電話 024-593-1221
電子メール nougyou.tikusan@pref.fukushima.lg.jp





1) 牛舎及び周辺状況の確認と見取り図の作成

ポイント

安全な牛乳・牛肉の生産と作業環境を確保するために、牛の導入前には舎内の清掃が必要です。

そのために、牛舎及び周辺を確認し、見取り図（管理マップ）を作成しましょう。

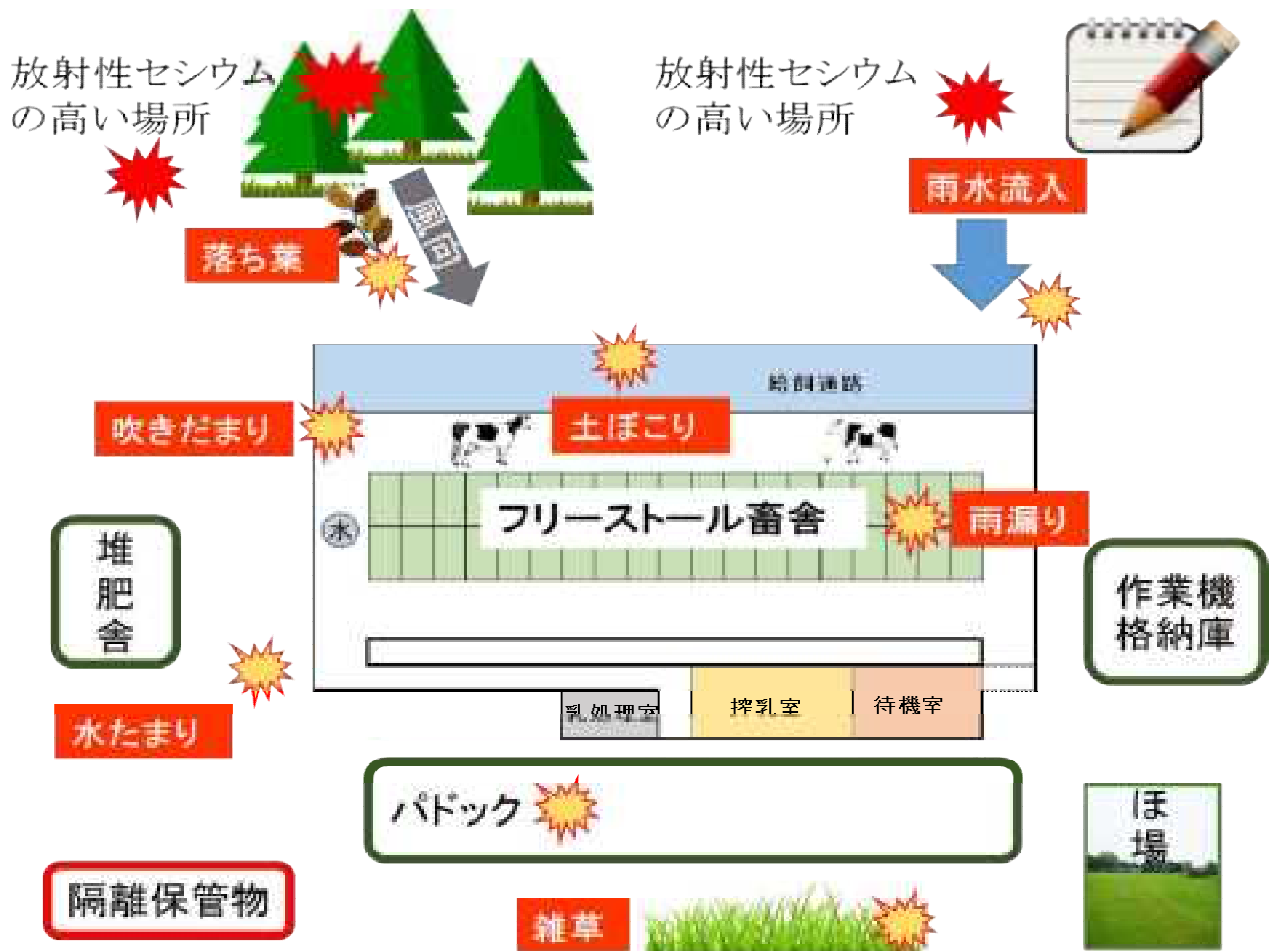


図 見取り図(管理マップ)作成例

1) 牛舎及び周辺状況の確認と見取り図の作成

ポイント

放射性セシウム (Cs) による畜産物への汚染経路は、
 ア. 家畜が口から取り込む イ. 汚染された機器を使う
 の2つです。

2つの汚染経路を断つために、畜舎の清掃が必要です。

- 1 舎内は、土ぼこり等のゴミが溜まり、また野生動物侵入の可能性があるので、家畜衛生面からも必ず清掃を行いましょう。
- 2 まず、空間線量率等を測定し、周囲と比べて数値が高い場所がないか、などの状況を確認します。
 - ア. 見取り図（管理マップ）を準備します。
 - イ. 測定箇所（牛舎内外）を決めて目印をつけます。
 （測定箇所数は何箇所でも構いませんが、マス目をかけるように等間隔にすると良いでしょう。）
 - ウ. 測定した数値を、見取り図に記入します。
 - エ. 雨漏りする箇所、水が流れたり溜まる場所、床のひび割れ箇所、野生動物の侵入痕、土ぼこりや落ち葉の堆積などがある箇所も測定します。



NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータ

調査票書式(例)

No.1					
測定調査票					
場所 ○○					
目印 北側 柱○本め					
	日時	測定者	測定値		備考
			1m高	1m高	
調査前					
清掃後					
調査後					
1~2週間後					
1か月後					
3か月後					
6か月後					
1年後					

2) 牛舎清掃のポイント

ポイント

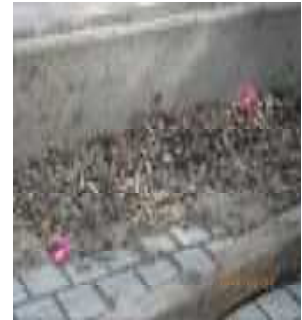
屋根の上や雨どいの中、牛舎内に溜まった土ぼこり、コケ、落ち葉などは、放射性セシウム濃度が高い傾向にあります(p.7 表)。

清掃・除去前は、それらの濃度を確認し、濃度に応じて適切な廃棄または隔離・保管を行いましょう。

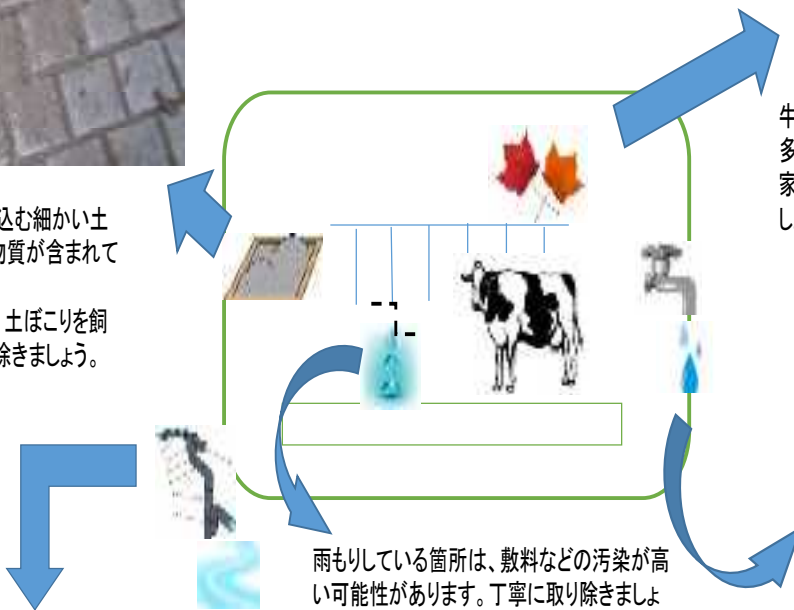
牛舎清掃の注意点



牛舎周辺から吹き込む細かい土ぼこりにも放射性物質が含まれています。掃除機を利用して、土ぼこりを飼槽や牛床から取り除きましょう。



牛舎内に吹き込んだ落葉は、放射性物質が多く含まれている可能性があります。家畜の口に入らないよう、こまめに清掃しましょう。



雨もりしている箇所は、敷料などの汚染が高い可能性があります。丁寧に取り除きましょう。



雨どいからの水は、放射性物質が多く含まれていた可能性があり、流れた場所では放射性セシウム濃度が高い場合があります。周辺部分の上砂などを取り除き、また家畜が近づかないようにしましょう。



水場は周囲の汚れが集まりやすく、放射性物質が溜まりやすくなっています。使用前に丁寧な清掃が必要です。

2) 牛舎清掃のポイント

- 1** 牛舎周辺
 不要物の撤去
 除草
 コンクリート補修
- 2** 牛舎内
- ア. 屋根
 雨漏り箇所の補修
 堆積物（土砂、コケなど）の除去
- イ. 雨どい
 補修
 堆積物（土砂、コケ、落ち葉など）の除去
- ウ. 梁、柱、ストール
 堆積又は付着したほこりの除去、補修
- エ. 通路
 放置・不要物の撤去（飼料、ふん、敷料など）
 （放置されている飼料、敷料などは、全て撤去します）
- オ. 床
- （ア）コンクリート
 付着したほこりなどの除去
 補修
- （イ）土間
 表面除去（必要な場合10～15cm程度。その後客土）
- カ. 飼槽
 補修
 堆積物（土砂、コケ、落ち葉など）の除去

表 清掃前の牛舎^{注)}内の土ぼこり等の放射性セシウム濃度

測定箇所		放射性セシウム濃度 (Bq/kg)
床面	土ぼこり	39,000
	敷料	2,400
	落葉等	34,000
	コケ	336,000
柵・柱	ほこり、錆	9,400
飲水器	水	54
通路	堆積土砂	31,000

^{注)}2015年清掃前の開放型牛舎での調査事例。周辺(パドック他)は環境省による除染が実施された。

3) 牛舎清掃方法

ポイント

ヘルメットあるいは帽子、長袖、手袋、長靴など清掃にふさわしい服装をし、それらは清掃専用とすることが望ましいです。清掃にはできる限り水を使わないようにします。

土ぼこりなどを飛散させないように掃除機(業務用)が役立ちます。またゴミ保管用のフレキシブルコンテナなどを忘れずに準備をしましょう。

1 服装

ア. ヘルメット、帽子等



イ. マスク、保護メガネ



ウ. 手袋
(必要に応じて厚手のもの)



エ. 長袖・長ズボン



オ. 長靴等



片付けゴミの扱い、あるいは水を使用した場合の排水処理は、市町村役場等を通して福島環境再生事務所に確認しておきましょう。



2 用具

ア. 掃き掃除
掃除機(業務用)、ほうき、竹ぼうき、ちりとり、へら



イ. 拭き掃除
タワシ、金ブラシ、ウェス



ウ. 保管用
フレキシブルコンテナ等



3) 牛舎清掃方法

ポイント

安全な作業を心がけましょう。

- ・ 屋根や雨どいの清掃作業は、数人で行いましょう。
- ・ 脚立は足場のしっかりとした場所に立てましょう。

1 屋根、雨どい

ア. 土砂が堆積し、コケが生えていることがあり、それらの放射性セシウム濃度は非常に高い傾向にあります。落下させることなく、できる限りその場で回収します。

イ. 雨漏りや、破損箇所を補修します。

2 天井、梁

できる限り、ほこりを舞い上げないようにしましょう。



くもの巣を除去し、梁の上に溜まったほこり等を除去します。

3 壁、柱、ストール、柵

ア. 牛が舐める可能性のある範囲のさび、付着した牛ふんは削り落とします。

イ. 細かな部分も、数回丁寧に拭き取ります。

継手の隙間などにほこりがたまりやすいのできれいに落としましょう。



ストール
清掃作業中

4 床

ア. コンクリート

- (ア) ほこり、ゴミを除去します。隅、割れ目、溝などは、特に念入りに行います。
- (イ) 細かなほこり、ゴミは掃除機で吸い取ります。
- (ウ) 破損箇所を補修します。

イ. 土間

必要に応じ、表面の土壌を10～15cm除去します。

必要な場合、放射性物質を含まない土を客土し、踏み固めます。



床目地をヘラで
取り除き。
その後、掃除機で
吸引。

3) 牛舎清掃方法



牛がなめるので、特に念入りに清掃しましょう。

5 飼槽

床と同様に清掃します。

ア. えさ箱 ほこり等を除去後、数回丁寧に拭き取ります。

イ. 床面設置 ほこり等を除去後、数回丁寧に拭き取ります。

ひび割れなどで表面の汚れが除去しにくい場合は、今後の管理の点からもコンクリート（またはレジン）の塗り直しも効果があります。

レジンを塗った飼槽。



6 水、飲水器

ア. ウォーターカップ

(ア) カップは、ゴミを除去後、数回丁寧に拭き取ります。

(イ) パイプは通水し、漏れやさびがないことを確認します。

公共用水以外を利用する場合は、水源の管理とともに、定期的に放射性セシウム測定を行ってください。



飲水器の水は汚れていました。



イ. タンク、水槽等

(ア) 内部に残った水は、全量廃棄します。

(イ) たわし、スポンジを使い、清掃します。

(ウ) 漏れやさびを確認し、補修あるいは交換します。



ウ. 排水処理

汚染水や洗浄に用いた水を廃棄する場合は、側溝に土のうを設置して、せき止めて集水し、沈殿物を回収し、上澄み液を放流します。

3) 牛舎清掃方法



コラム：実際の清掃の人手はどれくらいかかるの？

清掃に必要な人手はどれくらいあれば足りる？ 資材は何が必要？ これらを決めるポイントは、大きく分けて4点です。▼まず1つめは、空間線量率です。高ければ、除去、撤去、削り取り等の作業が増えます。安全な作業環境の確保のため、 $0.23 \mu\text{Sv/h}$ 以下を目指します。▼2つめは、面積、構造、建材です。狭く、構造が複雑であれば、動きに制限が出ますし、清掃ポイントも増えます。▼3つめは、不用（除去）物の種類と量です。飼料や肥料の空き袋、機器の部品はありませんか？牛床の畜ふん等、全てを撤去し、原則として廃棄する必要があります。▼そして、最大のポイント。どの程度きれいにしたいか。「そこまで…」と思うかもしれませんが、良い機会でもあるので、しっかりと清掃しましょう。

		事例A 酪農	事例B 和牛(繁殖)
形態及び面積		成牛：フリーストール、918m ² 育成牛：房飼、336m ²	成牛：群飼、330m ² 仔牛：群飼・房飼、90m ²
延べ日数		4日	3日
延べ人数		48名	20名
作業内容	屋根	スレート 葺き替え [※]	スレート（今回実施せず）
	柱、梁、柵等	鉄骨 ・さび落とし [※] ・ペンキ塗り替え [※] ・乾ウエス拭き取り	木製 ・付着物除去 ・雑巾拭き取り（消毒液浸漬）
	床	コンクリート ・ふん、敷料除去 ・溝掻き出し ・掃除機吸い取り ・レジン塗り替え [※]	土間 ・不要物撤去（一部 [※] ） ・ふん、敷料とともに表面削除
特徴的な用具		業務用掃除機	へら、消毒液

注 ※の項目は、清掃前に農場主が独自に実施

4) 牛舎環境の維持・管理

ポイント

清掃後は、清掃前と同じ場所で定期的に空間線量率を測定し、牛舎及び周辺の汚染状況を把握します。

清掃前の見取り図(p. 4)をもとに、ハザードマップを作成し、土ぼこりや落ち葉がたまる場所などのリスク管理をして、清浄な環境を維持します。

牛舎専用長靴の使用や踏込消毒槽を設けることで、放射性物質の牛舎内への持ち込み防止効果があります。

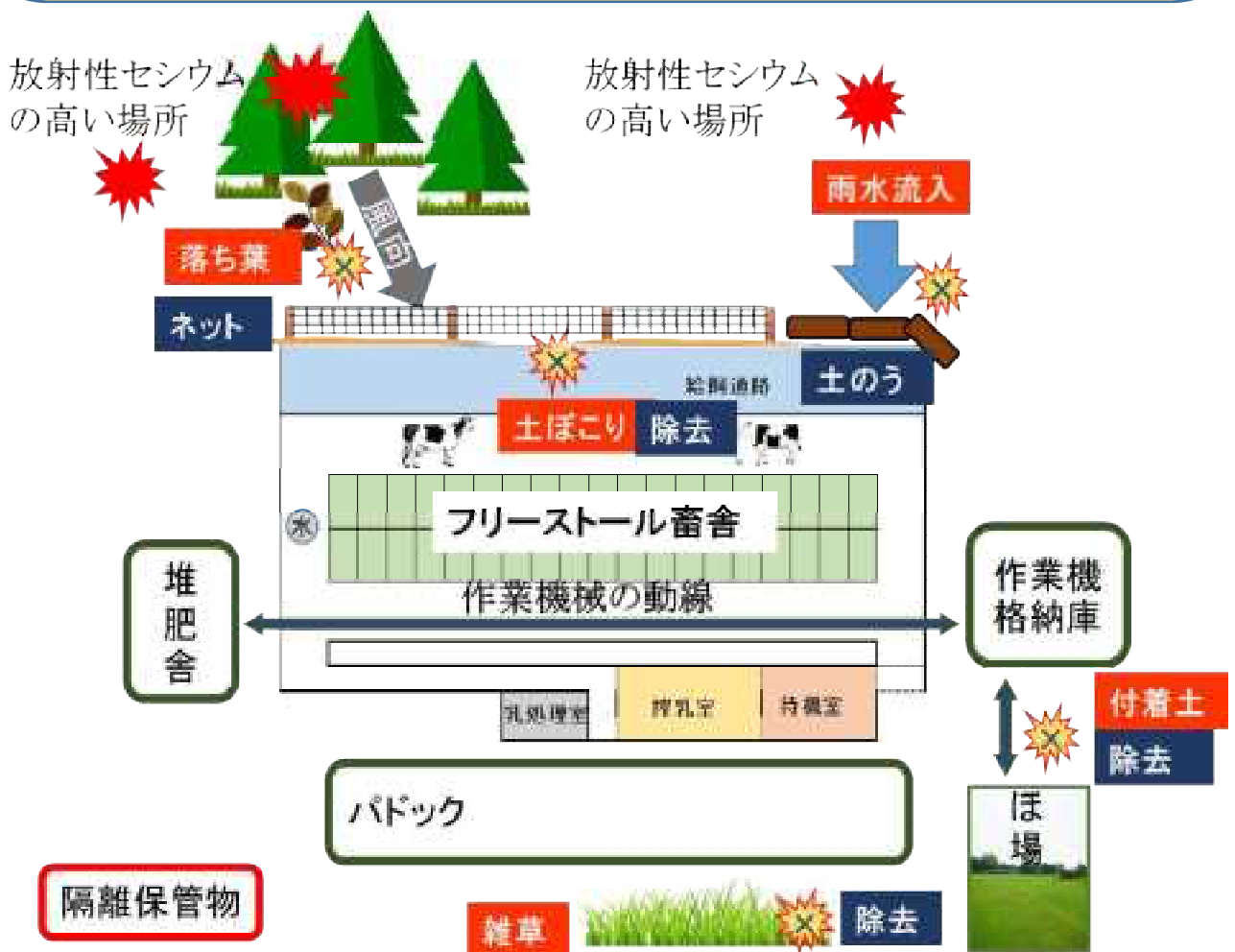


図 ハザードマップ作成例

4) 牛舎環境の維持・管理

1 牛舎

- ア. 雨漏りがあれば、修理します。
- イ. 雨樋がつまらないように定期的に確認しましょう。
- ウ. 雨水の流入箇所があれば、土のう等で汚染水や土砂の流入を防止します。
- エ. 屋根からの水滴がかかる場所に飼料や水槽を置かないようにします。

2 周辺の樹木や雑草

周辺の樹木の葉や枝が大量に牛舎に入る場合は、ネット（写真）やカーテンなどで防ぎます。



写真は防鳥ネット（角目3cm）を牛舎側面に取り付けた状態



3 周辺のホットスポット

高い線量率を示した場所や撤去した廃棄物を保管する場所は、カラーコーンやトラロープで区切り、立ち入らないようにします。

4 飼料・水

- ア. 周辺からの汚染がない場所に飼料や水槽を置きます。
- イ. 飼槽は毎日竹ぼうきなどで清掃しましょう。
水槽はこまめに掃除し、内部をきれいに保ちましょう。



パドック (屋外運動場) 編



1) 状況の確認

ポイント

表土はぎ取り・客土が完了しても、パドック(屋外運動場)は、周辺環境の影響を受けやすいので、こまめで、徹底した維持管理の継続を必要とします。

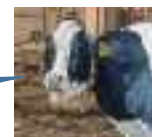
利用の再開を希望する場合は、まず関係機関(農林事務所、農業普及所、市町村、JA)に相談し、支援や指導を受けながら作業を進めてください。



状況の改善、管理が可能と判断されたら、準備を始めましょう。

- 1 パドック (屋外運動場) の風向、雨水の流れなど周辺環境を確認します。
- 2 パドック内及び牧柵の外(約 2 m) の範囲の地上高 1 cm と 1 m の空間線量率を、異なる日、時間に数回測定し、周囲と比較して数値が高い箇所がないかを確認します。
- 3 パドック内及び牧柵の外(約 2 m) の範囲の土壌を採取し、放射性セシウム濃度を測定します。

土壌や水などのサンプル採取方法を間違えると正しい結果が得られません。農林事務所、農協等に相談しましょう。



- 4 飲用水の放射性セシウム濃度を測定します (公共水道以外を利用する場合) 。

2) 利用再開のポイント

ポイント

パドック(屋外運動場)放飼中は、飲水以外の摂取をさせないようにします。すなわち、牛は土を舐めたり、柵沿いの草を食べるので、防止する措置が必要です。

また、未舗装の場合は、特に管理を徹底する必要があります。たとえば水飲み場、出入り口の泥ねい化に留意します。



次のことを明確にしておこう。

- ・どの牛を放飼しますか。
- ・季節はいつですか
- ・何時間放飼しますか。



コラム：パドック(屋外運動場)泥ねい化の改善法

未舗装パドックの泥ねい化防止対策として、エキスパンドメタル(金属製の網)とジオテキスタイル(合成樹脂製の不織布)あるいは専用のすのこを碎石と砂利を組み合わせ埋設する方法があります。▼しかし耐久性の問題や資材費が比較的高いことあるいは入手難から、安価で施工が容易、腐食劣化の心配が少ない、中古プラスチックパレットを推奨する解説記事があります。▼それによると、パレットは1.1m角で45mm以下のメッシュタイプを用い、中古で800~2,000円程度、パレットの他砂利と砂を含めた資材費1,400円/m²、施工作业は7分/m²程度と紹介されています。P.18の表土はぎ取り、客土、鎮圧作業と一緒にできそうです。施工法や施工上の注意などの詳細を知りたい方は次の記事をご覧ください。

片山信也、中古プラスチックパレットによる泥ねい化対策。

DAIRYMAN 2011年8月号 p.40-41

2) 利用再開のポイント



次の4点に注意しよう

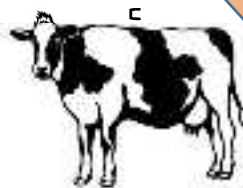
1. 柵飼いの管理

- 草の管理（特に夏季）
 - ・牛が食べることのないように管理します。→除草資材の利活用、抑（除）草シート、電気牧柵
- 樹木
 - ・樹種により、放射性セシウム濃度が異なります。また、枯葉、落ち葉で高い傾向にあります。
 - 伐採、せん定、植え替え



2. 牛の管理

- ミネラル補給
 - ・家畜はミネラル補給等のため、土を舐める場合があります。
 - 鉱塩設置、ストレス解消グッズ
- 飲水
 - ・放飼時間に関わらず、飲水を確保しましょう
 - 飲水器の設置



土を舐める行動



3. パドックの管理

- 未舗装
 - ・牛が食べることのないように管理します。
 - 草を生やさない → 除草
 - 放射性セシウム濃度の上昇を抑えます。
 - ・泥ねい化させない（出入口・水飲み場）
 - 定期的な客土資材の活用
- 舗装
 - ・定期的な洗浄、補修

4. 雨水流入防止

- ・雨水とともに土砂が流入すると、パドック（屋外運動場）の放射性セシウム濃度が上昇します。
 - 溝切り
 - 遮水壁（トタン等）の設置

3) 利用準備から再開 [牧柵、パドック外周] (屋外運動場)

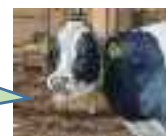
1 牧柵

さび、ふんの付着などを取り除いた後に、拭き取り、あるいは高圧洗浄機を用いて清掃します。高圧洗浄機を使用する場合は、汚染水の処理について市町村役場に相談しておきましょう。牧柵外の草を摂取することがないように、内側に電気牧柵を2段張りすると良いでしょう。

2 除草

牧柵の外（約2 m）の範囲の植物は、全て刈り取ります。牛が摂取しないように定期的の実施します。

除草剤や除(抑)草シートも考えてみてください。



採食しないよう除草しよう



3 樹木管理

日除け用の植樹がある場合は、牛の舌が届く高さの枝は刈り払います。落葉が気になる場合は、人為的に除去しましょう。

4 溝切り（明渠、排水溝の設置）

パドック（屋外運動場）内に雨水が流入しないよう、溝を切ります。幅、深さともに30 cm程度以上とし、あふれることがないように、排水先も確保します。溝が切れない場合は、波板トタン等の設置（下部埋め込み）も有効です。舗装パドックの場合は、周囲の土壤に高い放射性物質が含まれている場合もあります。溝切のために取り除いた土は放射性物質濃度に応じて適切に処分しましょう。

3) 利用準備から再開 [パドック(屋外運動場)]

1 未舗装パドック(屋外運動場) (下写真参照)

ア. 除草

除草剤を用いて、全ての植生を除去します。

パドック(屋外運動場)内に草の生えることのないよう、こまめに除草します。

イ. 表土はぎ取り

重機を用いて、15cm以上の土壌を取り除きます。除去後の土壌は、誤って使うことがないように放射性セシウム濃度に応じて適切に保管管理します。

ウ. 客土、鎮圧

放射性セシウムを含まない土を客土し、鎮圧します。



パドックを長期的に利用を継続する場合は、舗装化を検討しましょう(農地法の確認手続きが必要です)。



2 舗装パドック(屋外運動場)

ア. 清掃

土砂や落葉等の堆積物、生えているコケや雑草の植物を取り除きます。細かいほこりは掃除機で除去します。除去したゴミは濃度に応じて、適切な廃棄または保管管理を行いましょう。市町村役場に相談して、適切な排水処理ができる場合は、上記の方法に代えて、高圧洗浄機、あるいはデッキブラシを用いて清掃します。

イ. 補修

割れ目等は補修します。

4) 利用継続のポイント

1 除草

牛が摂取することのないよう、パドック（屋外運動場）内外は除草を徹底しましょう。

2 飼料給与

原則として行ないません。ただし、鉍塩は設置した方が良いでしょう。

3 飲水

- ア．公共水道以外を利用する場合は、定期的に放射性セシウム濃度を測定し、確認しましょう。
- イ．飲水器付近が泥ねい化しないように、設置場所・方法を検討し、必要な場合変更します。
- ウ．飲水器はこまめに掃除し、常にきれいな水が飲めるようにしましょう。

4 再汚染防止

パドックに周辺から雨水が流入しないようにします。落葉の吹き込みがある場合は、ネットなどで防ぎます（p. 13）。定期的に清掃、洗浄を行いパドックをきれいな状態に保ちましょう。



コラム：土壌摂取の影響は大きいのか？

牛が摂取した放射性セシウムは、全て消化管から吸収されるわけではありません。一般に土壌に含まれる放射性セシウムは、牧草に含まれるそれより家畜の体内に吸収されにくいといわれています。▼放射性セシウムの消化管からの吸収の程度を簡易測定法で調べたところ、土壌の体内への吸収は、飼料の1～10%程度と極めて低い値でした。また、落ち葉は10～35%、コケは10%でした。これらは通常の飼養管理で進んで採食されることはありません。▼試算してみましょ。牛舎内に10,000Bq/kgの土が入り込み、牛が毎日100g摂取したと仮定したとき、牛乳の放射性セシウム濃度は高い場合で0.5Bq/kg、肉は4Bq/kgと推定できます（飼料の暫定許容値設定時の牛乳と肉の移行係数による）。しかし、通常の管理下で、牛は土を1日に100gも食べることはありません。▼なお、屋根に付着、残留していたコケなどは、高濃度の放射性セシウムが含まれていることがあります。少量でも摂取した場合の影響は大きいので、清掃を徹底しましょう。



1) 牛舎調査事例

清掃前

フリーストール牛舎(全方向開放)

① ガンマカメラ調査

牛舎内のホットスポットを可視化するために、ガンマカメラを用いて調査したところ、牛舎の外に比べて直接沈着を受けていない牛舎内の汚染度は著しく低く、落ち葉やゴミが風によって集積した場所や土砂が集積した場所で高い傾向があった(図1)。

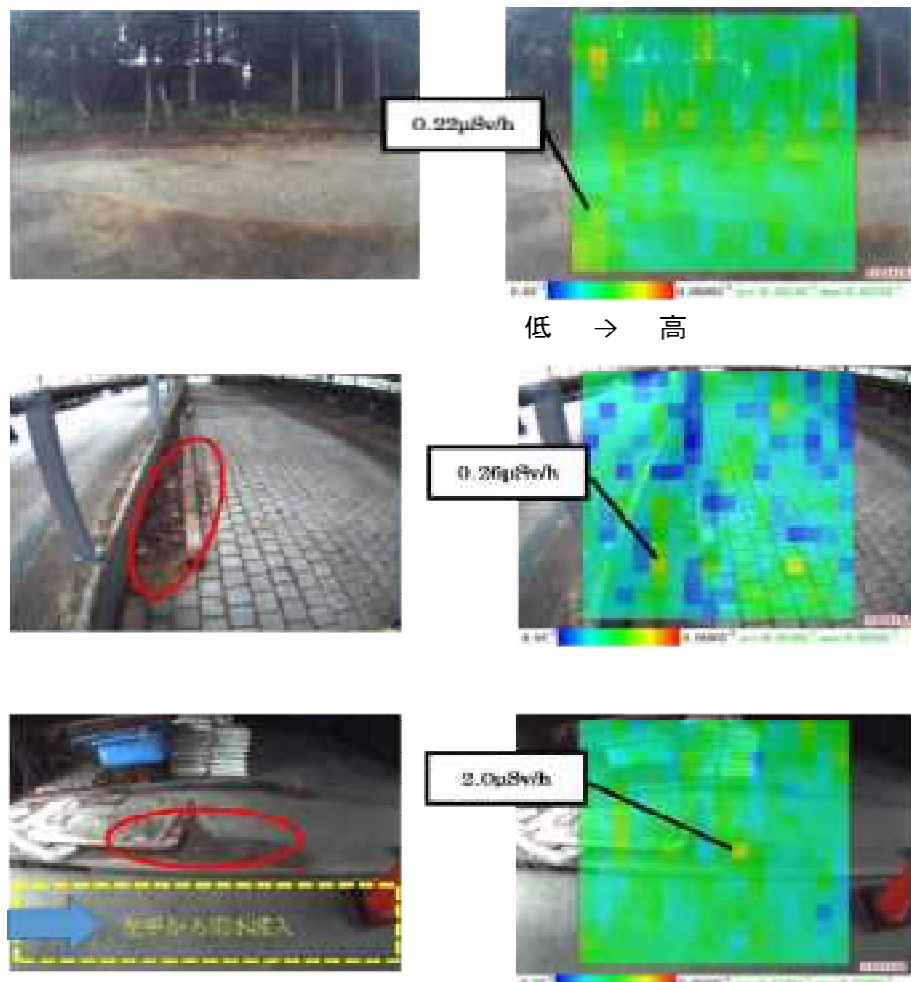


図1. ガンマカメラ撮影結果

上：牛舎外、中：フリーストール内、下：格納庫

レンジ0.05 (100秒間に5個放射線感知を最高値) の高感度で撮影。

吹き出しの数字は3 cm高の空間線量率。外は全体に緑～黄色だが、フリーストール内は青～緑色で放射線の量が少ないことを示している。しかし、落ち葉が集積した箇所は全体に黄緑色になっており、表面の空間線量率は $0.26 \mu\text{Sv}$ と牛舎外より高かった。格納庫は下の部分の一段低いところは周囲から雨水が流入し、堆積している土砂の表面は非常に高い空間線量率を検知した。

1) 牛舎調査事例

清掃前

2 表面調査^{※1} (図2、表1)

牛が舐める可能性が高い箇所について実施した。放射性物質の検出箇所数は少なく、かつ低い濃度(国の定めるスクリーニングレベル^{※2}の1/100程度)であった。

ア. 飼槽(コンクリート製)

5箇所いずれからも放射性物質を検出しなかった。

イ. ストールの柵・柱

15箇所中、1箇所(柱)から放射性物質を検出した。

ウ. 牛床

35箇所のうち2箇所から放射性物質を検出した。

エ. パーラーへの屋外通路(コンクリート舗装)

7箇所のうち、2箇所から放射性物質を検出した。

※1 対象物表面を拭き取り、付着した放射性物質の量を測定する間接測定法による調査

※2 東日本大震災における安全衛生対策の展開によるセシウムの表面汚染に関する限度40Bq/cm²(除染電離則の理論と解説)



図2 表面調査

表1 間接測定法による表面汚染調査結果(2015年6月清掃前)

測定箇所	放射性物質濃度(Bq/cm ²)	検出箇所/測定箇所
飼槽	ND	0/5
ストール・柱	ND~0.46	1/15
牛床	0.28~0.60	2/35
屋外通路	0.34~0.44	2/7

ND: 検出せず<0.24(Bq/cm²)

1) 牛舎調査事例

清掃前

3 ホットスポットサーチ（高放射線量地点探索）

牛舎周辺部の空間線量率についてホットスポットサーチを行った結果、水が集まる箇所やコンクリートの割れ目といった6箇所、周囲より高い線量率を計測した（**図3**、**表2**）。



図3 ホットスポットサーチ

表2 牛舎地表面ホットスポットの調査(2015年6月清掃前)

測定箇所	検出値(μSv/h)
牛舎 横堆積物	0.48
入口水たまり跡	0.39
通路舗装の割れ目	0.55
水槽下	0.45
犬走り 舗装割れ目	0.64
水たまり跡	1.83

1) 牛舎調査事例

清掃前

- 4 牛舎周辺部で、周囲より空間線量率が高い非舗装面を土壤濃度測定器（図4）による直接測定をしたところ、1,600Bq/kgの放射性セシウムを検出した。



図4 土壤濃度測定器による直接測定



図5 柵から落とした汚れ

- 5 牛舎内の飼槽や牛床にたまっている土ぼこり、落葉、牛床にこびりついた敷料、ストールの柵や柱の汚れ（図5）は、比較的高い値の放射性セシウムを含んでいた。特に屋根から落下したコケの放射性セシウム濃度は非常に高かった（表3）。飲水器はフタがあるタイプであるが、内部は汚れており、少量の放射性セシウムを含んでいた。

表3 牛舎内に存在した土ぼこり等の放射性セシウム濃度(2015年7～8月清掃前)

測定箇所	放射性セシウム濃度 (Bq/kg)	備考
床面	土ぼこり	11,000～16,000 2点
	敷料	1,200～2,400 6点
	落葉等*	3,800～34,000 6点
	コケ	336,000 1点
飼槽	コンクリート片、プラスチック片等	2,400 1点
	土ぼこり	8,700 1点
柵・柱	ほこり、錆	9,400 1点
飲水器	水	ND～54 3点
通路	堆積土砂	31,000 1点

*コケを含む場合に濃度が高い

つなぎ式牛舎(南側開放)

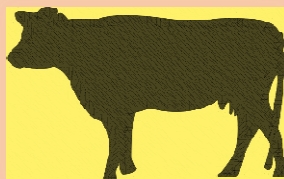
- 1 ガンマカメラで牛舎(図6)内を撮影した結果、壁側でやや高い部分を認めたが、牛床や飼槽では特に高い場所はなかった。
- 2 ガンマカメラで濃度がやや高いと認識された壁付近は、壁と地面の隙間から入ったと思われる細かい土ぼこりが堆積していた(図7)。集めた土ぼこりは、26,000~39,000Bq/kgと非常に高い放射性セシウムを検出した。
- 3 牛床4箇所を表面調査したところ、いずれからも放射性物質を検出しなかった(検出下限値0.25Bq/cm²)。



図6 調査したつなぎ式牛舎



図7 土ぼこり



1) 牛舎調査事例

清掃効果
再汚染

1 調査したフリーストール、つなぎ式両牛舎ともに 清掃によって 3 cm 高の空間線量率が清掃前の 35~90% へ低下した。特に、落ち葉が堆積していた場所の空間線量率は $0.26 \mu\text{Sv/h}$ から $0.09 \mu\text{Sv/h}$ へ大きく減少した。清掃後 3 カ月間放置した牛舎を同様に調査したところ、空間線量率はわずかながら上昇する傾向があった。しかし、清掃を継続していた飼槽では上昇が見られず、再汚染防止の効果がうかがえた (図 8)。

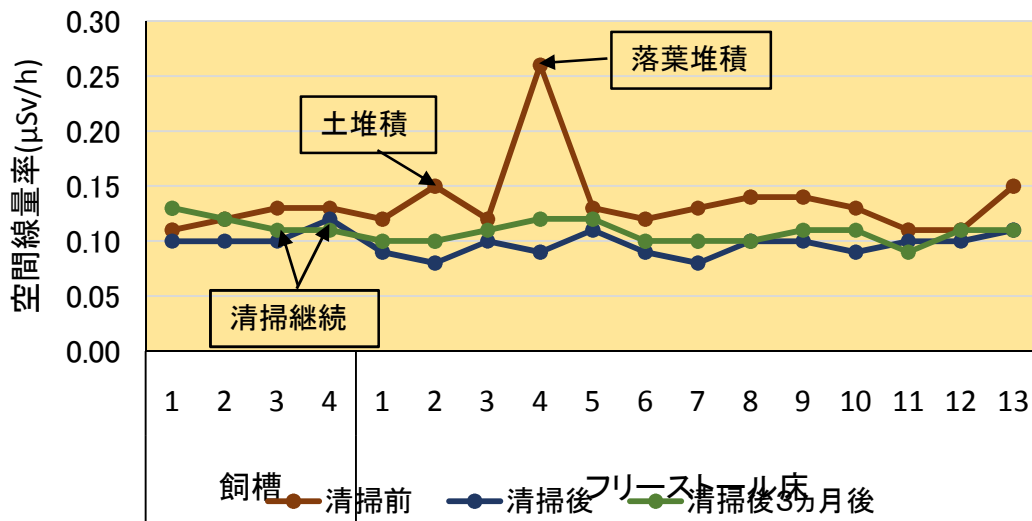


図8 清掃前、清掃後、清掃3ヵ月後の3cm高での空間線量率の推移
清掃前にガンマカメラの撮影した17エリアで周囲に比べて空間線量率が高いと判断された箇所を測定

2 清掃後の両牛舎の飼槽・柱・牛床等を間接測定法により放射性表面汚染を調査したところ、いずれの場所からも放射性物質は検出されず (検出下限値 0.27Bq/cm^2)、清掃の効果を認めた (表 4)。

表 4 間接測定法による表面汚染調査結果

測定箇所	放射性物質濃度 (Bq/cm^2)		
	清掃前 (2015年 6 月)	清掃後 (2015年 9 月)	清掃 3 ヶ月後 (2015年12月)
飼槽	ND (<0.24)	ND (<0.27)	—
ストール・柱	ND (<0.24) ~ 0.46	ND (<0.27)	ND (<0.14)
牛床	ND (<0.24) ~ 0.60	ND (<0.27)	ND (<0.14)
屋外通路	ND (<0.24) ~ 0.44	ND (<0.27)	ND (<0.14) ~ 0.3

ND: 検出せず

1) 牛舎調査事例

清掃効果

- 3 堆積した土砂を除去した場所の空間線量率は $2.0 \mu\text{Sv/h}$ から $0.13 \mu\text{Sv/h}$ に著しく減少した（図9）。

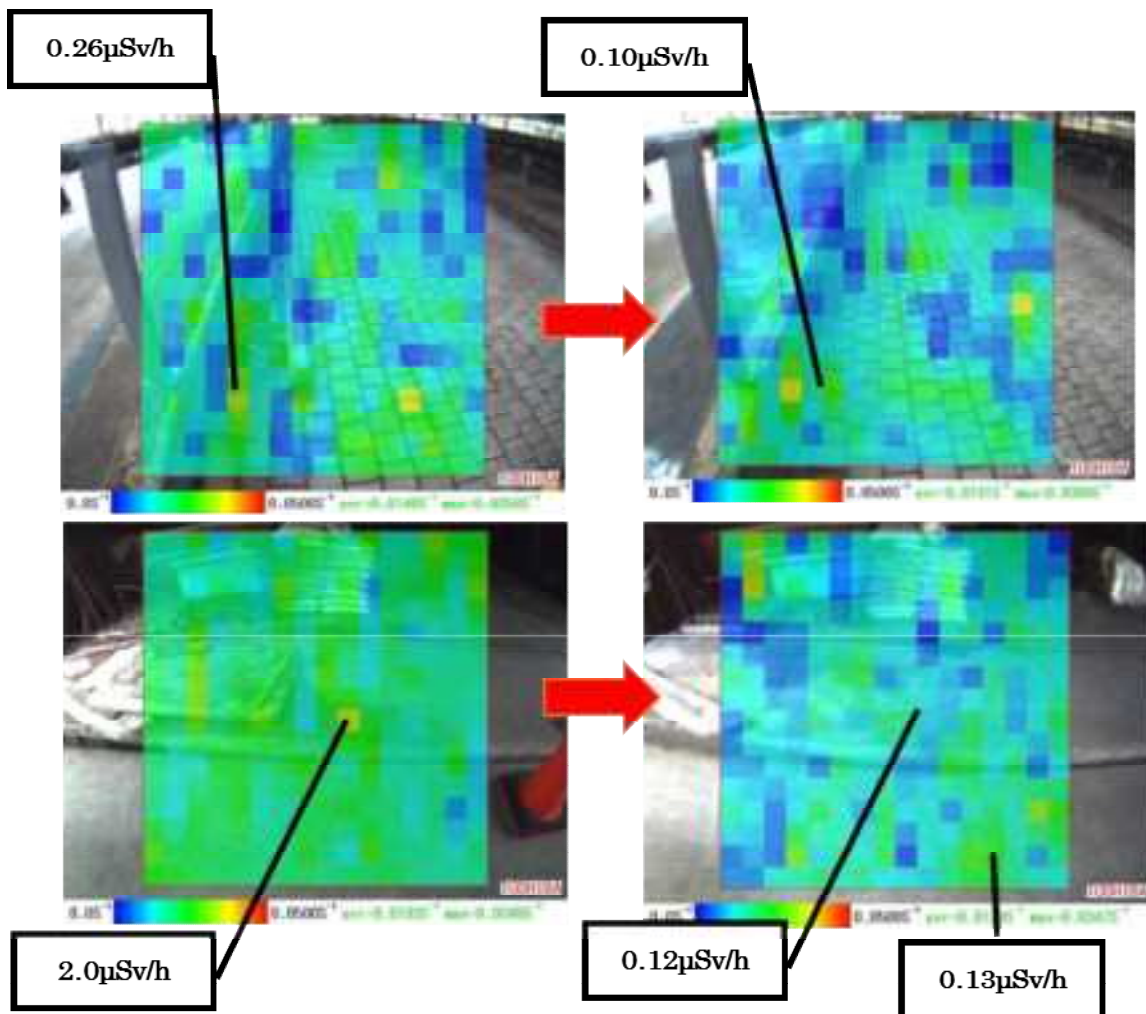


図9 清掃前（左）と清掃後（右）のガンマカメラ画像

- ・ 清掃によって全体に青色になり、高かった箇所での空間線量率の低下が認められる。
- ・ p. 20の図1で落ち葉が堆積していた牛床（上）と高濃度の汚染土砂が堆積していた格納庫床（下）

4 空気中の粉じん

清掃した牛舎内で空気中の放射性セシウム濃度を調べ、作業者の内部被曝の程度を推定したところ、1年間の作業（1800時間）で $0.007 \mu\text{Sv}$ の内部被曝量となった（表5）。これは、自然放射線による被曝量（日本の平均値約 $2 \text{mSv}/\text{年}$ ）の30万分の1程度、一般公衆の許容被曝線量（ $1 \text{mSv}/\text{年}$ ）の14万分の1程度と非常に低い。周囲が表土剥ぎ・客土され、かつ清掃後で家畜が飼養されていない状態の牛舎であったため、放射性セシウム濃度が高い土壌に由来する粉じんが少なく、空気中粉塵量も少なかったことにより、低い値になったと考えられた。また、清掃3ヵ月後の同様の調査では、放射性セシウムを検出しなかった。

表5 清掃後の畜舎内の空気中粉じんによる内部被ばく量推定例（2015年9月）

空気中 粉じん濃度 (全粉じん) (mg/m^3)	空気中放射性セシウム濃度(Bq/m^3)			作業者の内部被ばく量 推定値 牛舎滞在1年間あたりの預託 実効線量 ($\mu\text{Sv}/\text{年}$)	
	合計	^{134}Cs	^{137}Cs	全日滞在 (8,760時間)	勤務時間 滞在 (1,800時間)
0.02	0.00008	ND (<0.000044)	0.00008	0.032	0.007

ND: 検出せず



コラム: 空気中の粉じんの影響は?

畜舎の中の空気中には、土壌、飼料や動物由来の微粒子を粉じんとして含んでいます。この粉じんのうち、畜舎周辺の土壌の微粒子は、比較的高濃度の放射性セシウムを含んでいる可能性があります。▼ただし除染された避難解除地域では、この粉じんを呼吸により吸引しても、それによる内部被曝は非常に小さいと考えられます。空気中の粉じんの量が少なければ、内部被曝をさらに小さく抑えることができます。▼畜舎内空気の粉じん量を低く保つことで、内部被曝量低減に限らず一般的な見地からも、作業環境を良好にすることができます。畜舎に吹き込んできた周辺土壌や粉じんなどは、畜舎の清掃によりできるだけ定期的に除去し、風などによる舞い上がりを防止する必要があります。

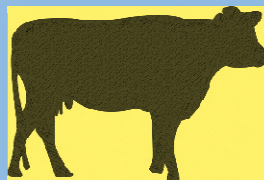
5 牛舎の再汚染物

清掃した牛舎内で、1ヵ月ごとに周囲から飼槽や床に吹き込んだ堆積物を調べた結果、清掃後も土ぼこりや落葉によって放射性セシウムが入り込むことを確認した（表6）。清掃後の状態を保つには継続的な清掃が必要である。

調査事例の落葉は、樹木から直接採取したときは40～50Bq/kgであったが、吹き込んだ落葉には多くの土が付着しており、土の付着が放射性セシウム濃度を上昇させたと推測された。落葉の吹き込み防止は、土ぼこりの侵入防止につながると考えられる。

表6 清掃後3ヵ月間の牛舎の堆積物中の放射性セシウム濃度(2015年)

測定箇所		重量 (g)	放射性セシウム (Bq/kg)	
飼槽	土ぼこり	清掃後～1ヵ月	97	11,200
		1～2ヵ月	91	4,300
		2～3ヵ月	59	4,100
	落葉(ヒノキ)	清掃3ヵ月後	24	2,200
床	落葉(広葉)	清掃後～1ヵ月	430	1,200
		1～2ヵ月	394	210
		2～3ヵ月	1,378	140





コラム：落ち葉の影響は？

樹木は、落葉樹（主に広葉樹。サクラ、クヌギ、コナラ等）と、常緑樹（主に針葉樹。スギ、ヒノキ等）に分けることができます。▼2011年3月の震災当時、落葉樹は芽吹き前であったため、葉への放射性セシウムの濃厚な付着はなく、また毎年落葉するため、年月の経過に伴い、葉の放射性セシウム濃度は低くなっています。一方、葉の付いていた常緑樹は、放射性セシウムが葉に濃厚に付着したと考えられ、現在も、落ち葉の放射性セシウム濃度は落葉樹に比べ高い傾向にあり、また、その減衰も緩やかです。▼2015年9月の私たちの調査結果では、落葉樹（サクラ、プラタナス）の葉が40～50Bq/kg乾物（水分80%換算8～10Bq/kg）であったのに対し、常緑樹（ヒノキ）は3,900 Bq/kg乾物（水分80%換算780Bq/kg）と高い数値を示しました。そのため、飼料中に、特に常緑樹の落ち葉の大量混入を防ぐ必要があります※。畜舎周辺の常緑樹の管理（せん定、植え替え等）、または、牛舎への吹き込み防止のためネットカーテンの設置等の対策も検討してください。▼ただし、落ち葉1kgの容量を想像できますか？100gでも、小さなバケツ1杯分あります。飼料が十分に足りている牛が、その量を毎日好んで食べることはまず考えられません。畜舎内で目立つ時や、強風が吹き荒れた後などに意識的に除去すれば、日常は問題ありません。

※齋藤栄，飼料作物の放射性セシウム低減技術試験，DAIRYMAN 2013年11月号， p45

参考資料

林野庁「平成26年度 森林内の放射性物質の分布状況調査結果について」

「テキスト版 森林・木材と放射性物質－福島森林・林業再生に向けて」(2015.1)

環境省「家のそばの森はどうやって除染するの？」

2)パドック(屋外運動場)調査事例

表土はぎ取り・客土効果

- 1 表土をはぐ前のパドック(屋外運動場) (図10) の表面土壌からは、比較的高い濃度の放射性セシウムを検出した(表7)。
- 2 パドック周辺の雑草は、低濃度の放射性セシウム(セシウム134はND、セシウム137は3Bq/kg)を検出した。
- 3 表土を15cm以上除去したパドックは、セシウム134、セシウム137とも放射性物質濃度が50%以上低減した。そこに、放射性セシウムで汚染されていない砂を客土した(表7)。



図10 表土はぎ取り・客土前のパドックの様子

表7 パドック(屋外運動場)の放射性セシウム濃度(Bq/kg)(2015年6月表土はぎ取り・客土前後)

測定箇所	セシウム134	セシウム137	セシウム合計
表土はぎ取り・客土前表土	535	2,138	2,673
表土剥ぎ後の表面土壌	217	853	1,070
客土砂	ND (< 5.1)	ND (< 5.7)	ND

ND: 検出せず

2) パドック(屋外運動場)調査事例

生乳への影響

- 1 表土はぎ取り、客土したパドック(屋外運動場)に、搾乳牛6頭を3頭ずつ、4時間程度(10:30~14:30)10日間放飼した(図11)。パドックでは、飼料からの影響を受けないように水以外は与えなかった。
- 2 放飼した牛は、客土された土を舐める行動を観察した(図12)。
- 3 放飼した牛の全ての個体の生乳から放射性セシウムを検出しなかった(表8)。



図11 放飼の様子



図12 土を舐める様子

表8 パドック(屋外運動場)放飼牛の生乳の放射性セシウム濃度(Bq/kg)(2015年6~10月)

	^{134}Cs	^{137}Cs	Cs合計
放飼前	N D (<0.27~0.39)	N D (<0.29~0.46)	N D
放飼後	N D (<0.27~0.39)	N D (<0.29~0.46)	N D

2)パドック(屋外運動場)調査事例

管理

- 4 放飼終了後の表面土壌の放射性セシウム濃度は、放飼開始時に比べ、わずかながら上昇した(図13)。特にパドック(屋外運動場)の出入り口付近(図13-①)と水場付近(図13-⑤)が泥ねい化して、他の場所より上昇したが、表土はぎ取り後の表面土壌の濃度(表7)に比べれば低い値であった。
- 5 パドック周辺の広葉樹の落ち葉の放射性セシウム濃度は、32.7Bq/kgであった。
- 6 飲水器は、フロート式の自動給水型を用いた。常時貯水状態にあったが、飲用水中からは放射性セシウムを検出しなかった。

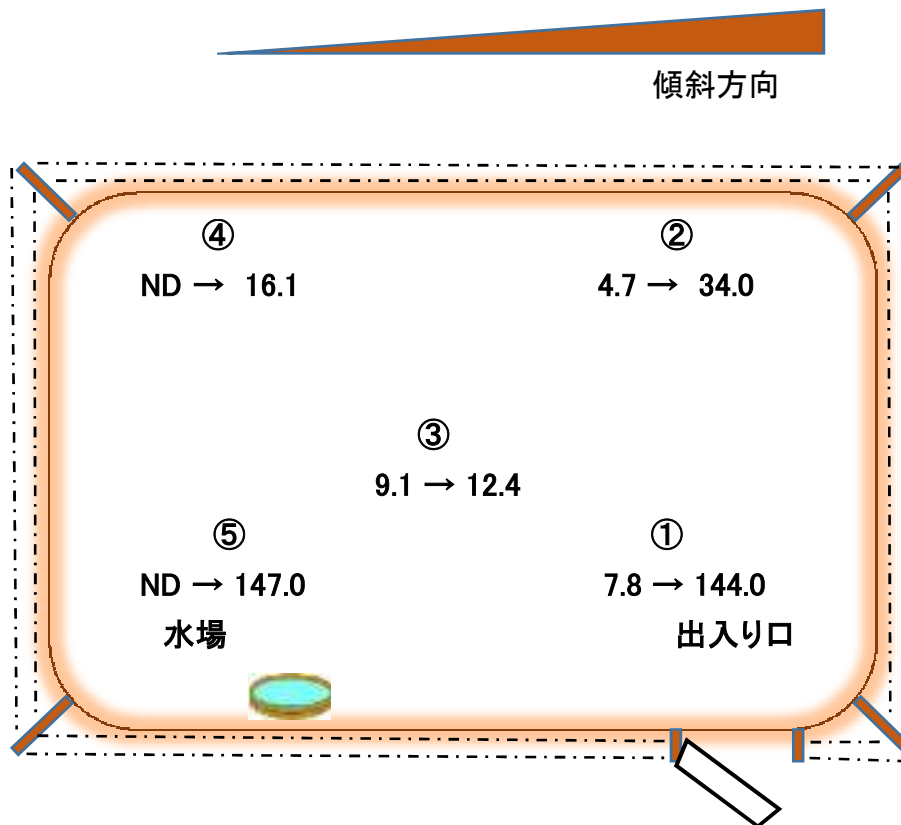


図13 パドック(屋外運動場)表面土壌の放射性セシウム濃度の放飼前後の比較(Bq/kg)



コラム:計測機器

- 「放射線」と「放射能」の違いから確認しましょう。

『放射線』 「高エネルギーを持ち、高速で飛ぶ粒子」
 : α (アルファ) 線、 β (ベータ) 線、中性子線
 「高エネルギーを持つ短波長の電磁波」
 : γ (ガンマ) 線、X (エックス) 線

▼放射線の透過力

紙 → α 線を止める
 アルミニウム等の薄い金属板 → β 線を止める
 鉛や厚い鉄の板 → γ 線、X 線を止める
 水やコンクリート → 中性子線を止める

『放射能』 「放射線」を出す能力を「放射能」と言います。
 その能力を持った物質が、放射性セシウムなどの「放射性物質」です。



放射線によってどれだけ影響あるのかを表す単位
 (シーベルト(Sv))

出典:資源エネルギー庁「原子力2009」
 出版「原子力・エネルギー」図画集2010」より作成

- 「放射線」及び「放射能」に関する計測機器は、①何(物質・物体)に対し、②「放射線」と「放射能」のどちらを、③どの精度で測るかにより分類できます。

測定対象	機器		特徴	
	種類	名称	利点	欠点
放射線	サーベイメータ		比較的安価	放射能の測定・推測不可
		GM検出器 (GM計数管式サーベイメータ)	○ α ・ β ・ γ 線の全て測定可 ○遮蔽により γ 線のみ測定も可	○単位はcpm→Sv換算可能であるが精度に劣る
		NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータ	○高精度 ○ γ 線のみを測定	○過大評価となる可能性 ○低濃度(線量)測定不向き
		ガンマカメラ	○視覚的に判別可	○濃度推測不可 ○高価
放射能	スペクトロメータ		核種別に測定可能	高価、重量物
		NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ	感度高→測定時間短	^{134}Cs 、 ^{137}Cs の完全分離不可
		ゲルマニウム半導体検出器	分解能高→低濃度まで正確に測定可	測定時間長

測定値は、測定方法や機器の日常の維持管理により大きく異なります。
 自己測定値は参考とし、正式には第三者にお願いしましょう。



再開のために 牛舎チェックリスト



箇所		内容		チェック	ポイント
畜舎周辺	1	空間線量率の高い場所はありません。			除染が難しい場合は、表示しましょう。
畜舎 搾乳舎(室) 飼料庫 農機具庫 ほか	2	不用の物(特に震災前からの物)は片付けました。			
	3	清掃しました。	屋根		コケは取り去りましょう。
	4		雨樋		
	5		天井・屋根裏		クモの巣も取りましょう。
	6		梁		梁の上も忘れずに。
	7		柱		ペンキの塗り直しも効果あり。
	8		床		
	9	破損箇所は補修しました。			
	水	10	10Bq/kg以下です(ヒトに準じる)。		
飼料	11	100Bq/kg以下です。	購入飼料		
	12		自給飼料		
敷料	13	100Bq/kg以下です。			
農林事務所(農業振興普及部(所))の確認を受けました。					

～執筆者～

農研機構畜産草地研究所

草地管理研究領域 梶村恭子

家畜飼養技術研究領域 天羽弘一

草地研究支援センター 早坂貴代史

福島県農業総合センター畜産研究所

酪農科 小田康典

酪農科 田中道也

