

果樹園の小型機械を利用した表土剥土

湯田 美菜子・阿部 和博・佐藤 守・太田 智彦¹・大西 正洋²

Decontamination Method to Remove Radiocesium Deposited on the Topsoil in Orchards
by Attached the Soil Removing Component a Compact Machine

Minako YUDA, Kazuhiro ABE, Mamoru SATO, Tomohiko OTA¹ and Masahiro OHNISHI²

Abstract

A compact machine easy and efficient to work in the orchards was used to decontaminate radiocesium deposits on the topsoil. The machine attached soil removing component removed efficiently 5cm decontaminated topsoil almost 4times than manual operation. The air radiation dose was also reduced by 26%.

Key Words : decontaminate topsoil、compact machine

キーワード：剥土、小型機械

1 緒言

東京電力福島第一原子力発電所の事故に伴い放出された放射性Cs（放射性¹³⁴Csと放射性¹³⁷Csの合計）は、福島県最大の果樹地帯である中通り北部にも降下した。降下した放射性¹³⁷Csは樹園地の表層0～3cmの深さにその90%以上が沈積していることが明らかになっている⁵⁾。放射性物質の除去・低減技術のひとつに機械による表土剥土がある⁴⁾が、果樹の樹冠下は枝や葉が多く大型機械での作業は困難である。そこで歩行型トラクタのロータリ後部に排土板を装着した果樹園で作業しやすい小型機械「剥土機」（特許出願中）を開発した²⁾。本研究では、剥土機を用いて果樹園土壌の剥土を行い、放射性Csの低減効果の確認と作業能率の検証を行ったので報告する。

2 試験方法

A 試験場所

試験は2013年11月27日に福島県伊達市のカキほ場（「蜂屋」15年生、15a約30本植栽、うち6樹を試験に

供試、褐色森林土、傾斜地に位置するが試験区は平坦で行った。

人力剥土区：角型ショベルでの人力作業（剥土）油圧ショベル（積込み）（油圧ショベル型式：コマツPC7-2 15.5馬力）

機械剥土区：歩行型トラクタのロータリ後部を改造した専用機剥土機（図1、2、表1、以下「剥土機」と記す。）+油圧ショベル（積込み、型式同上）



図1 剥土機（歩行型トラクターのロータリ後部を改造）

受理日 平成28年1月26日

¹ 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 野菜茶業研究所

² 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター



図2 剥土機による作業の様子

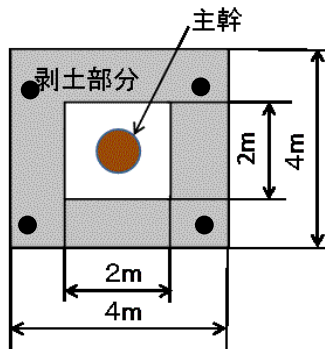


図3 剥土部位と空間線量率測定位置および土壌採取位置
(●は空間線量率計測および土壌採取位置)

表1 剥土機の仕様

機械寸法	全長 (mm)	1530
	全幅 (mm)	610
	全高 (mm)	1025
機械質量 (kg)		96
エンジン	定格出力 (kw)	3.0
	使用燃料	ガソリン
耕うん幅 (mm)		500
排土板幅 (mm)		520



図4 剥土作業後の剥土した深さを測定している様子



図5 剥土した土を園外へ抛出する様子
(人力剥土区、機械剥土区)



図6 機械剥土区における表土深さ5cmまでを剥土機を用い剥土し、角型シャベルで剥土した後のほ場の状況

両区とも表土剥土は、幹を中心に2m×2m平方以上4m×4m平方までの範囲の12㎡で行った(図3)。処理は3反復で行った。

人力剥土区は、処理区画内を角型シャベルで深さ5cmを目標に表土剥土し(図4)、処理区画外の4隅に集積した。集積した土は、油圧シャベルのシャベル及び人力で運搬車の荷台に載せ(図5)、運搬車で処理区画外にある剥土置き場へ搬出し、フレコンバックに

入れて保管した。機械剥土区は、剥土機を用いて深さ5cmを目標に剥土し(図2、4)、排土する土量が多く排土板からこぼれるなど、剥土機で取り除けなかった土は角型シャベルで剥土した(図6)。処理区画外への土の搬出は人力剥土区と同様に行った。

B 調査項目及び調査方法

地上1m空間線量率、地上1cmの放射線計数率、土壌中放射性Cs濃度、土のかさ密度および作業能率、

表2 果樹園表土剥土前後の土壤中放射性Cs濃度

試験区	剥土前 (Bq/kgDW)	剥土後 (Bq/kgDW)	低減率 (%)
人力剥土	1,800±240	410±130	77
機械剥土	2,300±250	1,100±64	52
分散比	1.8	22	5.6
	n. s.	**	n. s.

注1) 値は有効桁数2ケタとし、平均値±標準誤差を示す。(n=3)

注2) 放射性Csは放射性134Csと放射性137Csの合計

注3) **は、5%水準で有意差あり(分散分析)。

剥土した深さを測定、算出した。

処理区画の地上1m空間線量率はNaIサーベイメータ(TCS-172)を用い、地上1cmの放射線計数率はGMカウンター(TGS-146)を用い、各区画の四隅を測定した(図3)。土壤中放射性Cs濃度は、剥土前は表層から深さ15cmを採取し、剥土後は剥土の深さによらず剥土前の表層から15cmまでを採取し試料とした。採取した土壌はゲルマニウム半導体検出器(以下、「Ge半導体検出器」という。)を用いて測定した(測定時間3,000秒)。土の重量は、油圧シヨベルのシヨベル部分に重量計を設置し、重量計にフレコンバックをひっかけ、その場で吊り上げ測定し、あらかじめ測定していたフレコンバックの重量(風袋重)を差し引いて求めた。土のかさ密度は、3L容器あたりの重量を測定し、換算した。作業能率※)は作業面積および作業時間、作業人数から以下の式により算出した。

$$\text{※) 作業能率} \frac{\text{m}^2}{(\text{h} \cdot \text{人})} = \frac{\text{剥土面積}}{(\text{剥土に要した時間} \cdot \text{作業人数})}$$

3 試験結果

剥土前の表層から土壌の深さ15cmまでに含まれる土壤中放射性Cs濃度は、人力剥土区では1,800Bq/kgDW、機械剥土区が2,300Bq/kgDWであったが、土

表3 果樹園表土を剥土した深さおよび重量

試験区	深さ (cm)	収集土壌重量 (kg)	平均かさ密度 (kg/m ³)
人力剥土	5.5±0.3	575	719±21.2
機械剥土	4.9±0.2	420	818±29.9
分散比	3.9△	—	7.3

注1) 深さは各試験区3樹×測定点20点の計60点値は平均値±標準誤差を示す。

注2) 収集土壌重量は各試験区1樹×1反復

注3) 平均かさ密度は各試験区1樹×3反復

値は平均値±標準誤差を示す。

注4) △は10%水準で有意差あり(分散分析)。

壤を深さ5cmまでを剥土した後に含まれる表層から深さ15cmまでの土壤中放射性Cs濃度は、人力剥土区は410Bq/kg DW、機械剥土区では1,100Bq/kgDWまで減少した。剥土前に比べ、人力剥土区では77%、機械剥土区では52%低減し、低減率は人力剥土区の方が高かった(表2)。

表土を剥土した深さは、機械剥土区では4.9cmと設定目標の5cmとほぼ同等であったが、人力剥土区では5.5cmと目標より0.5cm深かった。このため収集した土壌の重量は人力剥土区の方が1区当たり145kg、1m²当たりで12.1kg多かったが、かさ密度に有意差はなかった(表3)。

土壌表面(地上1cm)の放射線計数率の低減率は、人力剥土区が49%、機械剥土区が26%であり、低減率は人力剥土の方が高かった。地上1mの空間線量率の低減率は、人力剥土区が13%、機械剥土区が14%であり、両区とも同等であった(表4)。

果樹園表土5cmを剥土した時の作業能率は、剥土作業では、機械剥土区の方が人力剥土区に比べ約4倍と有意に高かった(表5)。また、排土作業の作業能率は機械剥土区の方がやや高く、剥土作業と排土作業の作業能率の合計は、機械剥土区の方が約2.8倍高かった。

表4 土壌表面の放射線計数率および空間線量率と低減率

試験区	地上1cmの放射線計数率			空間線量率(地上1m高)		
	剥土前 (kcpm)	剥土後 (kcpm)	低減率 (%)	剥土前 (μsv/h)	剥土後 (μsv/h)	低減率 (%)
人力剥土	0.54	0.28	49	0.85	0.74	13
機械剥土	0.55	0.41	26	0.85	0.74	14
有意性	n. s.	*	*	n. s.	n. s.	n. s.

注1) 値は平均値、有効桁数2ケタとした。(n=3)

注2) 分散分析*は、5%水準で有意差あり。

表5 果樹園表土5cm剥土時の作業能率

試験区	作業能率 (m ² / (h・人))		
	剥土作業	排土作業	合計
人力剥土	15.5	14.1	29.6
機械剥土	66.7	15.4	82.1
分散比	260.3 **	26.7 *	255.3 **

注1：**は1%、*は5%水準で有意差あり

注2：排土作業には剥土作業から土壌保管場所までの移動時間は含まない

4 考察

東京電力福島第一原子力発電所事故由来の放射性Csは、耕うんしていない果樹園では表層5cm以内に多く存在していることが佐藤ら⁵⁾の調査によって明らかになっている。放射性物質の除去・低減技術として表層5cmを剥土することが効果的と考えられるが、実際の剥土作業にあたっては、果樹園では植栽されている樹木の枝が支障となることを考慮する必要がある。列間など枝が伸びていない部分のみの剥土には青田ら¹⁾が開発したソッドスライサーや大型油圧ショベルによる作業が可能であるが、樹幹近くは枝に接触する恐れがあるため、人力作業しか方法がなかった。このような状況への対応策として、果樹園内で作業可能な歩行型小型トラクタのロータリ後部に、排土板を装着した剥土機²⁾により表層5cmを剥土する作業は、人力で剥土を行うのに比べ作業能率は約4倍に高まり、実用的であることがわかった。また、剥土前後の地上1cmの放射線計数率の低減率は機械剥土区の26%に対し人力剥土区で49%と高かった。これは人力剥土区では剥土した深さが5.5cmと目標より0.5cm深かったため、剥土前後の土壌中放射性Cs濃度が1,800Bq/kg から410Bq/kgまで大きく低減したことによると考えられる。一方、機械剥土区の深さが目標の5cmとほぼ同等の4.9cmであった機械剥土区は、2m幅で剥土した場合、地上1cmの放射線計数率の低減効果は剥土前に比べ約26%であった。

このように、油圧ショベルや運搬車、剥土機を活用すると、果樹園の効率的な剥土が可能となる。ただし、剥土機のみでは剥土しきれない場所が生じるため、ショベル使用など人力での手直しが必要である。また、排土作業は使用する油圧ショベルの馬力やほ場の傾斜により、危険が伴う場面があるため、安全面には十分に注意が必要である³⁾

5 摘要

果樹園の表土に沈積した放射性Csを除染するため、果樹園で作業しやすい小型機械による土壌の剥土を行い、放射性物質の低減効果の確認と作業能率の検証を行った。小型機械により表層5cmを剥土すると、人力で剥土作業を行うのに比べ作業能率は約4倍となった。地上1cmの放射線計数率は剥土前に比べ約26%低減した。

謝辞

本研究の実施にあたり、ほ場を提供し調査に協力してくださった農家の皆様に感謝いたします。

引用文献

- 1) 青田聡・松葉隆幸・大野光・高橋誠・鈴木庄一・小田切元・伊藤直樹・小野里泰仁・石丸雅邦・佐久間大輔・富田利章. 2014. 表土をスライスできる簡易な土壌切削装置の開発. 福島県農業総合センター研究報告 放射性物質対策特集号: 19-22.
- 2) 井上利明・太田智彦・大西正洋・湯田美菜子. 2014. 果樹園除染用の樹冠下剥土機の開発. 農業食料工学会年次大会講演要旨 73:112.
- 3) 農研機構生物系特定産業技術研究支援センター. 2014. 果樹園の樹冠下表土削り取り作業の手引き.
- 4) 農林水産省. 2012. 農地土壌の放射性物質除去技術(除染技術)作業の手引き 第1版.
- 5) 佐藤守・阿部和博. 2012. 果樹園における土壌中放射性セシウムの垂直および水平分布. 農業及び土壌の放射能汚染対策技術国際研究シンポジウム要旨: 183.