

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 21 日現在

機関番号：21301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25517006

研究課題名(和文) 放牧牛および舎飼牛における畜産物への放射性セシウムの移行阻止と回収技術の確立

研究課題名(英文) Establishment of technologies for preventing absorption and recovery of radioactive cesium from milking cows and grazing cattle.

研究代表者

井上 達志 (Inoue, Tatsushi)

宮城大学・食産業学部・教授

研究者番号：20264351

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は放射性セシウムによって汚染された自給飼料に、セシウムを選択的に吸着するプルシアンブルー(PB)を磁性化したものを投与することによって体内への吸収を防ぐと同時に、糞から、磁石を用いて磁性体化したPBと共にセシウムを回収できるかを調べた。ヤギを用いた実験では、Cs137による低濃度の汚染であっても磁性体PBを家畜に投与することにより、Cs137の体内への吸収を抑制し、畜産物の安全性を高めることが期待できることが示唆された。また、糞中から磁石により選択的かつ濃縮して摂取したCs137のうちの約75%を回収することができ、Cs137に汚染された畜産環境の浄化も可能であることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：Magnetized Prussian blue (PB) was given to the goats feeding the grass mildly contaminated with radioactive cesium (Cs) 137 to investigate whether it would prevent absorption of Cs137 and it could be recovered from the faeces using a magnet hence recovery of Cs137. Almost all the Cs137 was excreted in faeces from the goats resciving the magnetized PB without any noticeable adverse effects. Using a strong magnet, 70% of magnetized PB given to the animal was recovered from their faeces and the estimated recovery of ingested Cs137 was around 75%. The results suggest that using magnetized PB might be useful for comprehensive decontamination in the animal production environment.

研究分野：家畜管理学、飼料学

キーワード：放射性セシウム 除染 プルシアンブルー 乳牛

### 1. 研究開始当初の背景

2011年3月11日に発生した東日本大震災は、福島第一原子力発電所事故という大規模な事故を引き起こした。その結果、大量の放射性物質が放出され、現在でも大きな社会問題となっている。放射性物質の中でも、約30年という長い半減期を持つセシウム137(以下Cs137)は、農産物や家畜への飼料、そしてそれらの排泄物に含まれ、長期的な対策が必要とされている。

我が国では平成24年4月1日から、食品中の放射性物質(半減期が1年以上の放射性核種が対象)の基準値を、一般食品の場合100Bq/kg未満と定めた。また、小児期は放射線の影響を受けやすい可能性があるため、子供の摂取量が特に多い「乳児用食品」及び「牛乳」については、50Bq/kg未満という基準値が設定されている。これらの基準値を超えない畜産物を生産するために、家畜に給与する飼料は100Bq/kg(水分含有率80%の生牧草で換算)を下回るよう義務付けられている。

農地土壌における放射性Csの除染方法として、表土削り取り、水による土壌攪拌・除去、反転耕などが農林水産省より示されている。しかしこれらの技術には、永続的な除染効果がないことや土壌の種類によって除染効果に差があるという問題がある(3)。さらに作業には機械を導入する必要があり、経費面においても問題が発生する。したがって、粗飼料が土壌から放射性Csを吸着してしまうことは当面避けられないと考えられる。そのため、畜産物への飼料由来の放射性Csの移行を可能な限り防止する技術が求められている。

家畜飼料における放射性Csの除染に関しては、1986年に発生したチェルノブイリ原子力発電所事故以降、大きな除染効果が期待できるものに、プルシアンブルー(以下PB)という青色顔料がある。EU諸国やIAEA(国際原子力機関)では、PBの家畜への投与や飼料への散布による除染が推奨され、既にマニュアル化されている。

PBを用いて家畜体内への放射性Csの移行が抑えられることで、畜産物による内部被曝の可能性は低くなる一方、放射性Csに汚染された排泄物の処理が適切でない場合、すなわち堆肥としての再利用などにより放射性Csが再び循環し、家畜体内に移行する恐れがある。また、適切な場所に埋設処理したとしても、汚染された排泄物の量が多い場合、輸送費及び埋設費がかかる。

そこで著者らの先行研究では、放射性Csのみを効率よく取り出すことを目的に磁性機能を持つPB(以下磁性体PB)を家畜に投与し、糞中から磁石を用いて磁性体PBに吸着した安定同位体であるCs133を回収する方法を検討した。この研究では、ヤギへの磁性体PB投与により摂取Cs133の約100%が排泄され、磁性体化がCs133の吸着に影響を

与えることはないことが確認されている。

### 2. 研究の目的

放射性Cs吸着材としてのPBは、消化管内の放射性Csの体外への排出を促進し、内部での被曝を減らす効果が期待できるとされている。しかし、これは高線量の急性被曝の際にのみ有効であり、低線量被曝への効果は不明であるという見方がある。そこで本研究では、低線量の放射性Csを含む汚染飼料を給与し、同時に磁性体PBを投与することにより、放射性Csをどの程度回収できるかを検討することとした。

### 3. 研究の方法

実験1では放射能に汚染された乾草及び磁性体PBを給与し、糞中放射能を測定することで、放射性Csの排泄率を検討した。実験2では、磁性体PBを投与した期間において採取した糞から、磁石を用いて放射性Csを吸着した磁性体PBだけを選択的に回収し、この方法による放射性Csの回収率を検討した。

#### (1) 実験1

シバヤギ3頭をそれぞれ糞と尿を分離できる代謝ケージに入れ、5日間馴致を行った。その後の3日間を通常期間として、馴致期間と同様に飼養した。その後ヤギをケージから出し、11日間の休息期間を設けた。

その後、再びケージに入れ、2日間馴致した後、7日間を汚染粗飼料と磁性体PBを同時投与する期間(以下汚染+PB期間)とした。一日の合計として、1頭当たりヘイキューブ350g、配合飼料200g、汚染粗飼料150g(Cs137として354.8Bq/kg)および磁性体PB15.6gを給与した。

摂取した放射性Csが糞へと排泄される時間を考慮して、次の3日間をCs排泄期間とした。この期間は馴致期間と同様に飼料を給与した。その後代謝ケージから出し、11日間の休息期間を設けた。

休息期間終了後、再び代謝ケージに入れ、2日間馴致した後、7日間を汚染飼料を給与する期間(以下汚染のみ期間)。この期間中は汚染+PB期間と同様の時間に、磁性体PBを除いた飼料を同じ量給与し、合計で一日1頭当たり、ヘイキューブ350g、配合飼料200g及び汚染粗飼料150gを給与した。

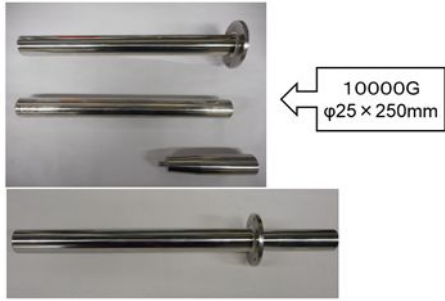
それぞれの期間の最終5日間全糞および全尿を採取し、最終日に採血した。

採取した試料の放射能測定には、ヨウ化ナトリウムNaI(Tl)シンチレーション検出器ガンマ線スペクトロメトリーにて半減期の長いCs137を測定した。

#### (2) 実験2

乾燥糞試料を、個体ごと採取した日別に乾燥重量200gずつ集め、5日分の糞を混合後50gを量り取り、超純水を150g加え、Cs137の濃度を測定した。この後、乾燥糞325gを30倍に水を加えて希釈し45L容のバケツにいれ、攪拌機で攪拌しながら、10000ガウス

の棒磁石（写真）を用いて磁性体 PB を回収

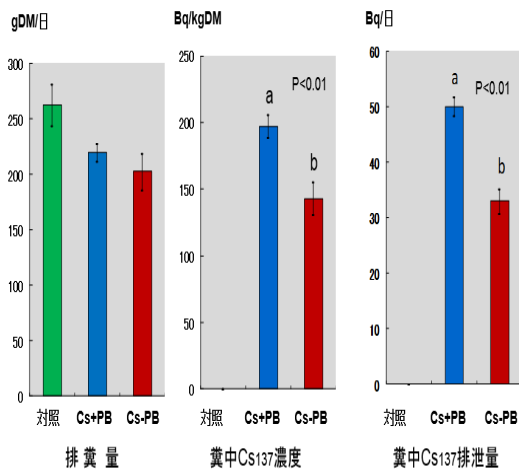


以降、磁性体 PB がマグネットバーに付着しなくなるまで回収を繰り返し行った。

#### 4. 研究成果

##### (1) 実験 1

糞中の Cs137 による放射能の一頭一日あたりの排泄量は、対照期測定限界以下、汚染+PB 期  $50.1 \pm 1.7\text{Bq}$ 、汚染-PB 期  $30.0 \pm 2.2\text{Bq}$  となりこれら 2 期間で差がみられた ( $p < 0.01$ )



また、いずれの期間においても、尿および血液中の Cs137 は測定限界以下であった。これを基に Cs137 の放射能の回収率を求めたところ、汚染+PB 期では  $94.1 \pm 3.2\%$ 、汚染-PB 期では  $62.1 \pm 4.1\%$  となった ( $p < 0.01$ )。いずれの期間においてもトランスアミナーゼ (GOT、GPT) 乳酸脱水素酵素を指標とした肝機能および尿素窒素、クレアチンを指標とした腎

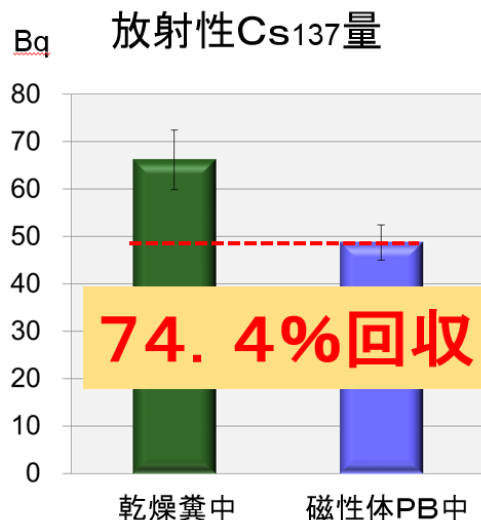
機能に異常は認められなかった。

##### (2) 実験 2

乾燥糞の Cs137 の濃度が  $165.9 \pm 22.7\text{Bq/kg}$  であったのに対し、磁石によって回収した磁性体 PB では、 $2826.6 \pm 98.2\text{Bq/kg}$  と回収磁性体 PB では Cs137 の濃度が約 17 倍に濃縮されていた。



糞から磁石によって回収し得た磁性体 PB は投与量の  $71.0 \pm 4.9\%$  であった。ヤギが摂取した放射能汚染飼料の磁性体 PB による Cs137 の回収率は  $75.3 \pm 13.1\%$  であった。



以上の結果から、磁性体 PB を投与することで、低線量汚染飼料給与による消化管からの Cs137 の吸収を強く抑制し、糞中から磁石によって 75% 程度の Cs137 を回収し得る可能性が示唆された。

本研究では、当初は放射性物質で汚染された牧草を泌乳牛および肉牛に給与し磁性体PBを同時投与してCs137の吸収阻害を実証する試験も実施する予定であった。当初に試験実施場所として計画した研究代表者の所属する宮城大学食産業学部附属農場にあっては改修工事が開始されこの施設を使用することができず、試験実施場所を学外に求めなければならなかった。しかし、泌乳牛および肉牛を複数頭飼養できる施設であって、実際に放射性物質で汚染された飼料を他の生産活動に影響を及ぼさないように扱い、かつ動物実験を行うための条件を具備している試験実施場所の確保に難渋し、結果的にこの実証試験は実施できなかった。

本研究によって限定的ではあるが、Cs137による低濃度の汚染であっても磁性体PBを家畜に投与することにより、Cs137の体内への吸収を抑制し、畜産物の安全性を高めることが期待できることが示唆された。また、糞中から磁石により選択的かつ濃縮してCs137を回収することにより、Cs137に汚染された畜産環境の清浄化も可能であることが示唆された。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔学会発表〕(計 2 件)

井上達志、放射性セシウム汚染飼料給与ヤギへの磁性体プルシアンブルー投与による糞からの放射性セシウムの回収、東北畜産学会、2016年9月6日、「アイーナ(いわて県民情報交流センター(岩手県盛岡市))」

井上達志、ヤギへの磁性体プルシアンブルー投与による糞からのセシウムの回収、東北畜産学会、2015年8月28日、「東北大学農学部(宮城県仙台市)」

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

井上 達志 (INOUE, Tatsushi)  
宮城大学・食産業学部・教授  
研究者番号：20264351

##### (2)研究分担者

石田 光晴 (ISHIDA, Mitsuharu)  
宮城大学・食産業学部・教授  
研究者番号：40151386

須田 義人 (SUDA, Yoshihito)