

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 23 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24658227

研究課題名(和文)放射性セシウムの牧草汚染の実態調査と畜産物への移行モデルの開発

研究課題名(英文) Survey on radioactive cesium fallout on grassland and development of models of radioactive cesium transfer to animal products

研究代表者

廣岡 博之 (HIROOKA, HIROYUKI)

京都大学・(連合)農学研究科(研究院)・教授

研究者番号：60192720

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、2011年3月の東京電力福島第一原子力発電所の事故によって汚染された岩手県内の牧草地を調査し、また畜産物への移行を予測するモデルを開発することを目的とした。牧草中の放射性セシウム濃度は2012年6月が最も高く、1000 Bq/kgを超える値が検出されたが、2014年には許容値である100 Bq/kgを下回った。また、肥育牛モデルによるシミュレーションの結果、100 Bq/kg以下の粗飼料を給与しても牛肉中や糞尿中の放射性セシウム濃度はかなり低く予測された。

研究成果の概要(英文)：In this study, the radioactive cesium concentration of grasses grown on a pasture in Iwate prefecture contaminated with radioactive fallout due to the accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station on March 2011 was investigated and dynamic simulation models for prediction on the transfer of radio-cesium from feed into beef was developed. The average value of radioactive cesium concentration of grasses was highest in June 2012 (more than 1,000 Bq/kg) and the average value of October, 2014 was lower than provisional regulation value (100 Bq/kg). When assumed that such roughage was given to feedlot steers, the simulation result showed that the predicted radio-cesium concentrations in beef and total radio-cesium excretion in whole life were much lower than the permitted levels.

研究分野：畜産学・獣医学

キーワード：放射性セシウム 牧草 家畜 モデル シミュレーション 移行係数

1. 研究開始当初の背景

(1)2011年3月11日に起こった地震と津波がもたらした東京電力福島第一原子力発電所の大事故によって、大量の放射性核種が大気中に飛び散り、近隣のさまざまな地域の土壌や作物の上に降り注いだ。放射性核種の中でセシウム(Cs)134と137は、それぞれ物理学的半減期が約2年と30年と長い上、カリウムと類似した化学的性質を持っているため、動物においては筋肉に取り込まれやすいことが知られている。

(2)これまで欧米では、戦後から1970年代までの核実験や1986年のチェルノブイリ原発事故によって、放射性セシウムによる農産物汚染が問題となり、特に牛乳や牛肉の汚染は深刻で、さまざまな視点から優れた研究が数多く行われてきた。しかしながら、わが国の畜産学分野においてはこの方面の研究は乏しく、土壌から畜産物への放射性セシウムの移行や汚染を緩和する方法の評価などを行った研究はない。

2. 研究の目的

(1)放射性物質の降下した牧草地における土壌中および牧草中の放射性セシウムの分布を調査するとともに、放牧や堆肥散布による分布の変化を明らかにし、そのような情報をもとに草地における放射性セシウム動態のモデル化を試みる。

(2)放射性セシウムを含む飼料を摂取したウシが生産する牛肉と排泄する糞尿に含まれる放射性セシウムの量を継続的に予測するモデルを開発し、さらに体内の組織への蓄積量を予測するための手法を検討する。

3. 研究の方法

(1)岩手県内の牧草地において、牧草および野草を地上5cm高で刈取り、RCs濃度の測定を行った。刈取った牧草種は、オーチャードグラス、トールフェスク、ケンタッキーブルーグラスおよびレッドトップであった。調査は2012年6月、8月と2013年および2014年の6月に行った。

(2)岩手県内の牧草地に16m×16mの調査区を設け、4mおきに25(5×5)ヶ所で0.5m×0.5mの枠内の植生を地上5cm高で刈取り、RCs濃度の測定を行った。調査は2012~2014年の5月および10月に行った。その結果をもとに、土壌から牧草へのRCsの移行係数を求めた。移行係数は植物中のRCs濃度(Bq/乾物kg)を10cm深の土壌中のRCs濃度(Bq/乾物kg)で割ることで求めることができる。また、移行係数の実測値から回帰式を求め、移行係数と植生中RCs濃度の予測を行った。

(3)肉用肥育牛の生時から屠殺時までの生涯にわたる放射性セシウムの飼料からの摂取量、牛肉への蓄積量、体外への排泄量を予測するモデルを開発した。このモデルでは、ウシの筋肉(牛肉)中の放射性セシウム量がコンパートメントとみなし、経験式と理論式からモデルを構築した。次に、現在の飼料の許容値の100Bq/kgの放射性セシウム汚染飼料が連続的に給与されたと仮定した場合に、牛肉中の放射性セシウム濃度と生涯の累積放射性セシウム排泄量を予測した。

(4)本研究では避難区域に放置されたウシから得られた筋肉、内臓組織および血液中の放射性セシウム濃度から各内臓組織の流入量と流出量の比を推定する高瀬ら(2013)の方法をベースに成長に伴う内臓組織と細胞外液の移行係数の比を予測した。

4. 研究成果

(1)牧草の草種別RCs濃度の推移を図1に示した。全ての牧草種において2012年6月が最も高く、1000Bq/現物kgを超えるRCsが検出されたが、いずれの草種もRCs濃度は年々低下している。RCs濃度は2014年が最も低く、全ての牧草種において、暫定許容値である100Bq/kgを下回った。

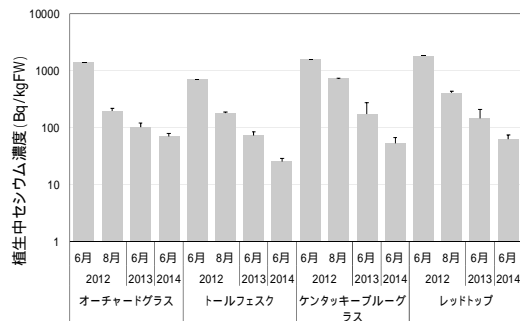


図1 牧草中放射性セシウム濃度の経年変化

植生中RCs濃度の低下の要因として、半減期によるRCsの物理的壊変や、土壌中の粘土成分にRCsが吸着され、植物への移行が低下していることが考えられる。3年間のイネ科牧草の草種別の調査結果により、長草型草種であるオーチャードグラス、トールフェスクよりも短草型草種であるケンタッキーブルーグラス、レッドトップの方が高い傾向が見られた。この要因としては、短草型草種は根の分布が土壌表層付近で密であり、地表近くにあるRCsを吸収しやすいことが考えられる。地表近くはRCs濃度が高いリター層が存在し(山本ら2013)、降下したRCsが付着したまま留まっていると考えられる。このリター層の分解が進むにしたがって、RCsのソースになることが考えられる。さらに、2014年6月

の結果では、トールフェスクが他の草種に比べ有意に低いという結果が得られた。他の研究においても、トールフェスクが低いことが示されており、本研究における結果と一致している。

(2) 移行係数は年々低下傾向にあり、2014 年秋は 0.39 であったが、IAEA (2010) に記されている混播牧草地の値である 0.25 を依然上回っていた (図 2)。また、実測値から回帰式を求め、移行係数の予測と、その値から植生中 RCs 濃度の推移予測を行った。その結果、2015 年には移行係数は 0.25 を下回り、植生中 RCs 濃度についても、岩手県が独自に定めている基準値の 50 Bq/kg を下回ることが予想された。

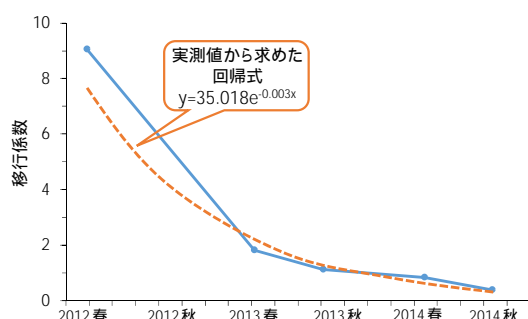


図 2 放射性セシウムの移行係数の推移

(3) 現在の給与飼料の制限値 (100Bq/kg) の粗飼料が子牛から肥育終了時 (700kg) まで給与されたと仮定したときの牛肉中の放射性セシウムの濃度は、移行係数を標準値の 0.0385 および上限値の 0.096 (最悪のシナリオ) とした場合でそれぞれ 3.2Bq/kg、8.1Bq/kg となり、現在の牛肉の許容値の 100Bq/kg よりもかなり低い数値であった。一方、糞尿による累積放射性セシウム排泄量は、移行係数が 0.0385 の時で 419kBq、0.096 の時で 349kBq であった。この数値は、事故直後の暫定基準値の飼料 (子牛期に 5000Bq/kg、肥育期に 500Bq/kg) を給与したと仮定したときの 1/10 程度の水準であった。以上のことより、現在の給与飼料粗制限値内で、国産粗飼料を給与したとしても、肉用肥育生産に関しては、牛肉も糞尿由来の堆肥も基準値よりもかなりセシウム濃度は低くなり、安全性は確保できると考えられた。さらに、肥育終了時体重を 650kg として肥育期間を短縮することによって、累積放射性セシウム量を約 18% 低減できることが示された。

(4) 家畜体内における放射性セシウムの移行を明らかにすることは重要である。本研究では、家畜体内における放射性セシウムの移

行に関するコンパートメントモデルを想定し、放射性セシウムに汚染された飼料を恒常的に給与され (摂取し) 定常状態にあるものと仮定して血液から筋肉や内臓組織への単位時間当たりの流入量と流出量は等しいとして、血液と筋肉や各内臓組織中の放射性セシウム濃度間の回帰係数から、流入する場合と流出する場合の移行係数の比を推定した。これまでの血液と牛肉、心臓、肝臓のセシウム濃度の回帰式の係数は文献値 (Fukuda ら 2013) を参考にし、得られた移行係数の比を体重別に示したのが表 1 である。

表 1 各内臓組織と血液の移行係数の比

体重(kg)	筋肉	肝臓	心臓
300	0.0246	2.19	4.41
400	0.0249	2.34	4.58
500	0.0251	2.46	4.71
600	0.0253	2.56	4.82
700	0.0254	2.66	4.92
回帰係数(b)	21.3	7.78	9.94

回帰係数はFukudaら(2013)より

それぞれの筋肉及び内臓組織重量は、山崎 (1977) のデータから体重のアロメトリー式であらわした。また、この結果で、移行係数の比が 1 よりも小さいということは、組織から血液への流出量が血液からの流入量と比べて小さいことを表し、蓄積された放射性セシウム量とその組織内に長くとどまることを示している。表 1 の結果から、放射性セシウムは、心臓や肝臓と比べて筋肉に長くとどまっていることが示唆された。このことから、上記の (3) で作成した筋肉への蓄積のみを仮定したモデルの妥当性がある程度示された。また、いずれの筋肉や内臓組織においても、体重が大きくなるほど移行係数比は大きくなることが示唆された。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 3 件)

築城幹典、日野澤義子、畑中 亮、菅野峻太、前田武己、簡易線量計を用いた岩手県の空間放射線量率分布の推定、システム農学、査読有、29 巻 2 号、2013、67-73
 広岡博之、築城幹典、ウシ生産と放射性セシウム汚染 システム論的アプローチの可能性、日本畜産学会報 85 巻、査読有、2014、461-470

DOI: 10.2508/chikusan.85.461

広岡博之、解題：牛肉の放射性セシウム汚染について、畜産システム研究会報、第 36 号、査読無、2013、1-2

[学会発表] (計 15 件)

Tsuiki M, Eguchi S, Nagata Y, Maeda T.

Spatial variability and seasonal change of radioactive caesium concentration in grassland vegetation. Proceedings of the 22nd International Grassland Congress. Sydney. pp. 899-900. 2013年9月15~19日, Sydney Convention and Exhibition Centre (Sydney, New South Wales, Australia)

Tsuiki M. Effects of radioactive cesium fallout on grasslands from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. Proceedings of the Joint Symposium "Present Forestry, Agriculture and Husbandry Conditions in Mongolia", 2014年12月8日, 岩手大学図書館学習・多目的学習室(岩手県盛岡市)

江口沙綾、築城幹典、永田悠介、前田武己、牧草地における放射性物質の分布と動態 1. 牧草地における空間放射線量率分布の経年変化、日草誌 58(別):2、2012年8月27~29日, 酪農学園大学(北海道江別市)

江口沙綾、築城幹典、永田悠介、前田武己、牧草地における放射性物質の分布と動態 2. 牧草地における空間放射線量率の空間分布パターン、日草誌 58(別):93. 2012年8月27~29日, 酪農学園大学(北海道江別市)

築城幹典、江口沙綾、永田悠介、前田武己、牧草地における放射性物質の分布と動態 3. 放牧草地における植生中放射性セシウム濃度の空間分布、日草誌 58(別):94、2012年8月27~29日, 酪農学園大学(北海道江別市)

築城幹典、江口沙綾、永田悠介、前田武己、牧草地における放射性物質の分布と動態 4. 放牧草地における牧草中放射性セシウム濃度と移行係数、日草誌 58(別):95、2012年8月27~29日, 酪農学園大学(北海道江別市)

築城幹典、企画シンポジウム: 牧草地における放射性物質の空間分布とその経年変化、日草誌 58(別):21、2012年8月27~29日, 酪農学園大学(北海道江別市)

築城幹典、永田悠介、江口沙綾、前田武己、牧草中放射性セシウム濃度の空間変動と季節変化、日草誌 59(別):63、2013年3月24~26日, 山形大学小白川キャンパス(山形市)

築城幹典、江口沙綾、永田悠介、前田武己、牧草地における放射性セシウム動態のモデル化、日草誌 59(別):64、2013年3月24~26日, 山形大学小白川キャンパス(山形市)

江口沙綾、築城幹典、永田悠介、前田武

己、牧草地における空間放射線量率分布の経年変化、日草誌 59(別):65、2013年3月24~26日, 山形大学小白川キャンパス(山形市)

江口沙綾、増田隆晴、築城幹典、永田悠介、前田武己、牧草地における空間放射線量率の簡易測定法の検討、日草誌 59(別):66、2013年3月24~26日, 山形大学小白川キャンパス(山形市)

築城幹典、江口沙綾、前田武己、牧草地における放射性セシウム動態のモデル化、システム農学 29(別1):25-26、2013年5月23~24日, 文部科学省研究交流センター(つくば市)

江口沙綾、築城幹典、前田武己、放牧地における空間放射線量率空間分布の経年変化、システム農学 29(別1):23-24、2013年5月23~24日, 文部科学省研究交流センター(つくば市)

山下 萌、藤平恢山、築城幹典、草地における空間放射線量率分布の可聴化の試み、システム農学会 2014年度春季大会講演要旨集、pp11-12、2014年5月23~24日, 東京農業大学世田谷キャンパス(東京都世田谷区)

山下 萌、江口沙綾、築城幹典、牧草地における植生中放射性セシウム濃度の経年変化、システム農学会 2014年度秋季大会講演要旨集、pp15-16、2014年10月17~18日, 京都大学農学部(京都市左京区)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

廣岡 博之 (HIROOKA HIROYUKI)
京都大学・大学院農学研究科・教授
研究者番号: 60192720

(2) 研究分担者

築城幹典 (TSUIKI MIKINORI)
岩手大学・農学部・教授
研究者番号: 10292179