

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 17 日現在

機関番号：11201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25450406

研究課題名(和文) 放牧草地生態系における放射性物質動態の解明

研究課題名(英文) Modeling of radioactive cesium dynamics in grazing grassland

研究代表者

築城 幹典 (Tsuiki, Mikinori)

岩手大学・農学部・教授

研究者番号：10292179

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：放牧草地生態系における放射性セシウムの土-草-家畜間での動態を解明するために、栃木県北部の未除染のシバ草地1.5haに黒毛和種繁殖雌牛4頭を放牧し、その結果をもとに、放射性セシウムの動態モデルを作成した。シバ草地の植生中放射性セシウム濃度は、放牧開始後、植物の生長に伴い低下したが、夏に高まり秋に低下する季節変化を示した。糞尿中の放射性Cs濃度は放牧開始後、急激に上昇した。牛肉の放射性セシウム濃度は、経年的に減少する傾向があった。モデルのシミュレーション結果は、経年変化を正確に表すことができたが、季節変化については更なる検討を要する。

研究成果の概要(英文)：A model of radioactive cesium dynamics in *Zoysia japonica* Steud. dominated grazing grassland was developed to predict radioactive cesium concentration of grass and grazing cattle. Four breeding cows were grazed in 1.5 hectare pasture. ¹³⁷Cs concentration in vegetation, litter, feces and urine was measured once a month from May to October. Cows were slaughtered after grazing and ¹³⁷Cs concentration in beef was measured. Simulated results of yearly changes of ¹³⁷Cs concentration in vegetation, beef, feces and urine agreed with observed results. This indicates that the model may be applied to prediction of ¹³⁷Cs effects for following few decades. On the other hand, simulated results of seasonal changes did not necessarily agree with observed results. Seasonal changes of plant growth rate, nutrient uptake from root and decomposition of litter and feces affect seasonal dynamics of ¹³⁷Cs concentrations.

研究分野：草地学

キーワード：シバ草地 放射性セシウム モデル 放牧

1. 研究開始当初の背景

東京電力福島第一原子力発電所事故に伴い、各地で放射性物質降下による空間放射線量率上昇が観測され、農林水産物中放射性物質濃度の上昇が生じた。牧草については、農作物が放射性物質の基準値を下回る地域においても、飼料の暫定許容値を上回る牧草が見られるなど、その影響が出やすい傾向にある。特に家畜を放牧により飼養する放牧草地では、系内での物質循環が盛んであるため、系内に侵入した放射性物質の影響が長く続くことが考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、放牧草地生態系における放射性セシウム(137Cs)の土-草-家畜間での動態を調査し、放牧草地における放射性物質の動態をモデルを用いて解明する。

3. 研究の方法

(1) 放射性セシウムの動態調査

畜草研(那須研究拠点)内の未除染のシバ草地 1.5ha に黒毛和種繁殖雌牛 4 頭を、2013 年 5 月 9 日から 10 月 22 日または 29 日まで、2014 年 5 月 12 日から 10 月 14 日まで、2015 年 5 月 13 日から 10 月 14 日まで連続放牧し、以下の調査を実施した。植生、現存量、生産量、被食量、植物中放射性 Cs 濃度(1ヶ月1回)、体重(1ヶ月1回)、糞尿中放射性 Cs 濃度(1ヶ月2回)、放牧終了後と殺した牛肉中(首、もも)の放射性 Cs 濃度。放射性 Cs の摂取量から肉への移行係数を推定した。同草地内の連続する尾根、斜面中部、斜面下部のそれぞれ 3 箇所において、スクレーパープレートを用いてリター・ルートマット層(LR)とその直下土壌(1cm 毎、5cm 深まで)を採取(7月)、近傍のシバを採取(7、9月)し、放射性 Cs 濃度を測定した。2013 年に同様に採取した試料の測定データとの比較を行った。

(2) 放射性セシウムの動態モデル

システムダイナミクスに基づいてモデル化を行った。134Cs と 137Cs は、半減期が異なるものの、その動態は差がないと考えられるため、モデルでは半減期の長い 137Cs のみを扱うこととした。レベルとしては、土壌未吸着 137Cs 量、土壌吸着 137Cs 量、植生中 137Cs 量、リター中 137Cs 量、放牧牛中 137Cs 量、糞中 137Cs 量および尿中 137Cs 量の 7 つを取り上げた。土壌未吸着 137Cs から土壌吸着 137Cs への移行に影響する要因としては、RIP (radiocesium interception potential, 放射性セシウム捕捉ポテンシャル, mol/kg) を取り上げた。RIP は、土壌に吸着した 137Cs と土壌溶液中の 137Cs との分配係数(K₀)と、土壌中交換性カリ含量(g/kg)から求める。また、土壌未吸着 137Cs から植生中 137Cs への移行に影響する要因としては、土壌中交換性カリ含量を取り上げた。リターおよび糞の分解は、気温の関数とした。植生の成長量は実測値をもとにテーブル関

数で与えた。また、家畜の採食量は、草量が十分あると仮定して一定とした。137Cs の半減期は 30.17 年とした。モデル作成には、Vensim PLE Version 6.0b (Ventana Systems Inc.) を用いた。モデル中の 137Cs 量の単位は Bq m⁻¹ とし、シミュレーションは日単位で行った。

4. 研究成果

(1) 放射性セシウムの動態調査

シバ草地の植物の放射性セシウム濃度は、放牧開始後、植物の生長に伴い低下したが、夏に高まり秋に低下する季節変化を示した。2013 年は平均で 600 ~ 800Bq/kgDM, 2014 年は 400 ~ 1200 Bq/kgDM, 2015 年は 400 ~ 600Bq/kgDM と 2015 年は低い値となった。6 月上旬に比べて夏から秋に濃度が高い季節変化の傾向があった(図 1)。

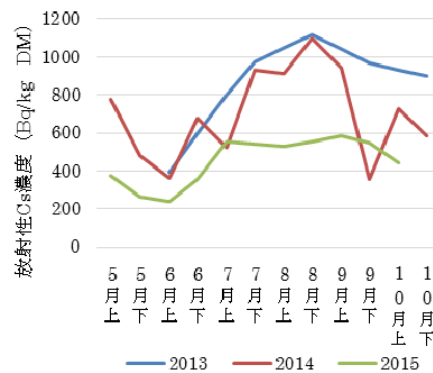


図 1. シバ草地の植物中の放射性 Cs 濃度

尿中の放射性 Cs 濃度は放牧開始後、急激に上昇した。糞中放射性 Cs 濃度は植生中の濃度が高まる夏から秋に濃度が高い傾向があったが、尿中濃度には明らかな上昇は見られなかった。2013 年の糞中濃度は 1200 ~ 2500Bq/kgDM, 2014 年は 500 ~ 1800Bq/kgDM, 2015 年は 500 ~ 1100Bq/kg と経年的な減少が認められた。尿中放射性 Cs 濃度は 2013 年から 2014 年の経年的な減少は明確でないが、2015 年には減少が認められた。

牛肉の放射性セシウム濃度は、首肉に比べて、もも肉で高い傾向があり、経年的に減少する傾向があった(図 2)。推定摂取量から求めた牛肉への放射性セシウムの移行係数は 2013, 2014 年で IAEA の TRS472 の平均値 2.2×10^{-2} とほぼ同じであったが、2015 年ではやや高かった。

地形面毎の牧草中放射性 Cs 濃度は、調査年、採取時期に関わらず、斜面下部で高い傾向にあった(図 3)。斜面下部では尾根や斜面中部より交換性カリ含量が低かったことから(データ省略)、相対的に放射性 Cs が牧草に吸収されやすかった環境であったと考えられた。

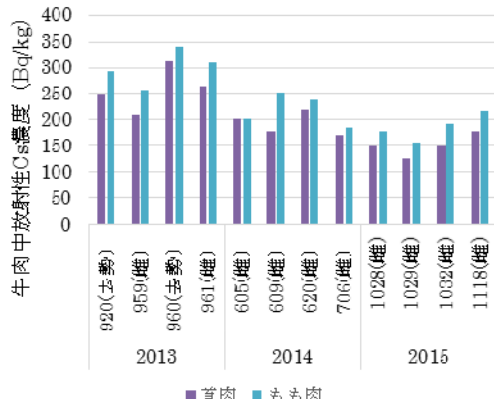


図2 . 牛肉中の放射性 Cs 濃度

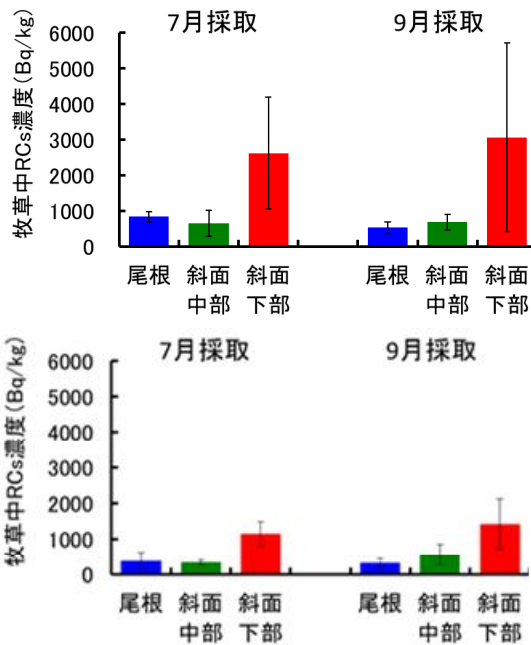


図3 . 各地形面の牧草中放射性 Cs 濃度
(上図: 2013 年採取 . 下図: 2015 年採取)

2015 年の土壤放射性 Cs 濃度は地形面毎の違いが判然せず、斜面下部で高い傾向を示した 2013 年と異なっていた(図 4)。2013 年から 2015 年にかけて、土壤放射性 Cs 濃度は低下する傾向にあり、斜面下部の低下割合は 26%で尾根と斜面中部(それぞれ 11 と 20%)より高い傾向にあった。このことから、経年変化に伴い土壤放射性 Cs 濃度の水平分布が平準化する傾向にあると考えられた。

(2) 放射性セシウムの動態モデル

モデルの概要を図 5 に示した。事故後 3 年間の植生、牛体、糞および尿中 ^{137}Cs 濃度の実測値とシミュレーション結果を図 6 に示した。事故直後は、降下した ^{137}Cs が直接植生に付着したため、植生中 ^{137}Cs 濃度が 10 万 Bq/kg 以上と高かったが、その後急速に低下している。2012 年以降は、400 ~ 1600 Bq/kg と 2011 年に比べて低下してきているが、依然として牛飼料の暫定許容値 ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$) である 100 Bq/kg ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$) を超過している。

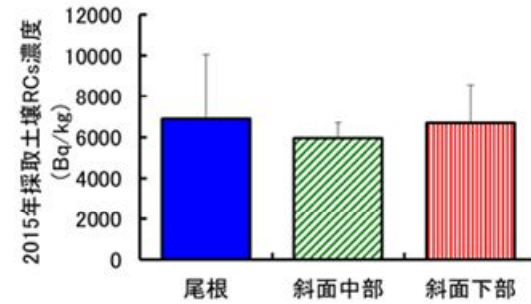
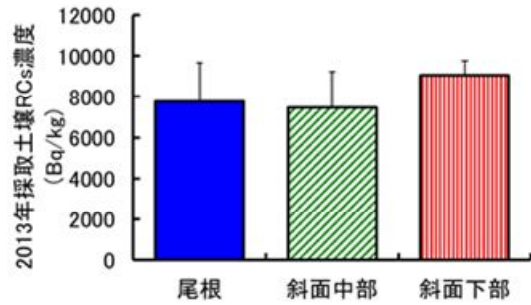


図4 . 各地形面の土壤放射性 Cs 濃度
(上図: 2013 年採取 . 下図: 2015 年採取)

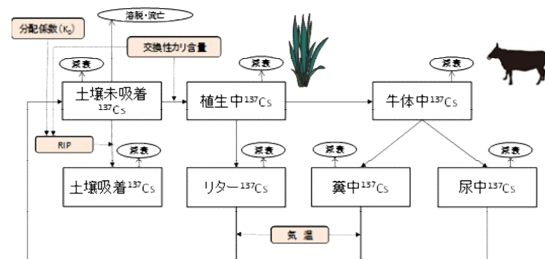


図5 . シバ草地における ^{137}Cs フローの概要

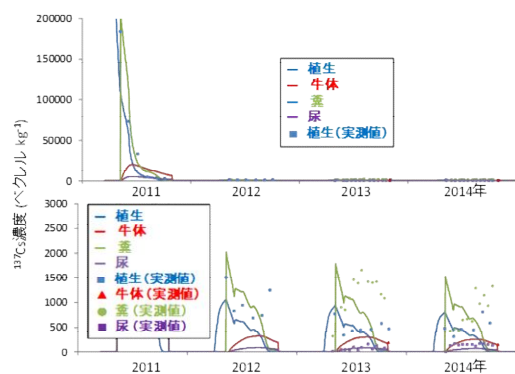


図6 . 放牧草地の ^{137}Cs 動態予測の結果

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)

[雑誌論文](計 5 件)

山下 萌, 江口沙綾, 立石貴浩, 築城幹典
イネ科牧草中放射性セシウム濃度の草種間差と経年変化、日草誌、査読有、62 巻 3 号、2016 (印刷中)

Islam, T. and Tsuiki, M. Spatial Distribution of Air Dose Rate in Grazing

Grassland. Journal of Data Science 査読有 14(1): 133-148

Yamamoto Y, Togamura Y, その他 9 名
Changes in the radioactive cesium concentrations of grasslands during the first year after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident in east Japan. Grassland Science, 査読有、60、2014、69-75

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— .日畜会報 査読有 ,85 巻 4 号、2014、461-470

築城幹典・日野澤義子・畑中 亮・菅野峻太 .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, 査読有り , 29 巻 2 号、2013、67-73

[学会発表](計 24 件)

Tsuiki M, Yamashita M, Togamura Y, その他 5 名 Modeling of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant derived radioactive cesium dynamics in grazing grassland. The 23rd International Grassland Congress, 2015.11.20-24, Delhi India, Paper ID: 640

Tsuiki M, Effects of radioactive cesium fallout on grasslands from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. The Joint Symposium “Present Forestry, Agriculture and Husbandry Conditions in Mongolia”, Morioka, 2014.12.8-10, p. 4

Tsuiki M, Eguchi S, Nagata Y, Maeda T, Spatial variability and seasonal change of radioactive caesium concentration in grassland vegetation. The 22nd International Grassland Congress, Sydney, Australia, 2013.9.15-20, pp. 899-900

築城幹典・山下 萌・榎村恭子・秋山典昭・平野 清・山田大吾・井出保行・渋谷 岳、放牧草地における放射性セシウム動態モデルの感度分析 ,2016 年度日本草地学会石川大会、2016.3.29-31、石川県立大学(石川県) 77

山下 萌・築城幹典・佐藤拓也・吉田健太・榎村恭子・山田大吾、空間放射線量率の経年変化からみた放牧地における放射性セシウムの動態 ,2016 年度日本草地学会石川大会、2016.3.29-31、石川県立大学(石川県) 78

山下 萌・築城幹典・佐藤拓也・吉田健太・榎村恭子、放射性物質の降下した放牧地における地表面空間放射線量率の経年変化 ,システム農学会 2015 年度秋季大会 2015.10.17-18、東北大学(宮城県), 41-42

築城幹典・山下 萌・榎村恭子・秋山典昭・平野 清・山田大吾・井出保行・渋谷 岳、放牧草地における放射性セシウム動態のシミュレーション ,システム農学会 2015 年度秋季大会 2015.10.17-18、東北大学(宮城県), 43-44.

遠藤飛鳥・門間眸・立石貴浩・石川奈緒・颯田尚哉・前田武己・築城幹典、森林生態系の堆積腐植層における微生物バイオマス Cs の量的評価 ,日本土壤微生物学会 2015 年度大会、2015.5.22-23、つくば国際会議場(茨城県) 18

遠藤飛鳥・立石貴浩・颯田尚哉・前田武己・築城幹典、草地生態系における土壤微生物を介したセシウムの保持について ,日本土壤微生物学会 2015 年度大会、2015.5.22-23、つくば国際会議場(茨城県) 19

築城幹典・山下 萌・榎村恭子・秋山典昭・平野 清・山田大吾・井出保行・渋谷 岳、シバ型放牧草地における放射性セシウム動態のモデル化 ,2015 年度日本草地学会信州大会、2015.3.25-27、信州大学(長野県) 26

築城幹典・山下 萌、牧草中放射性セシウム濃度の草種間差と経年変化 ,2015 年度日本草地学会信州大会、2015.3.25-27、信州大学(長野県) 25

榎村恭子・秋山典昭・平野清・山田大吾・井出保行・渋谷 岳・築城幹典(2015)シバ草地に放牧した牛の糞、尿、肉中の放射性セシウム(2013~2014), 2015 年度日本草地学会信州大会、2015.3.25-27、信州大学(長野県) 133

秋山典昭、渋谷岳、平野清、進藤和政、榎村恭子、山本嘉人、永年草地における牧草中放射性セシウム濃度の事故後 4 年間の変化 ,2015 年度日本草地学会信州大会、2015.3.25-27、信州大学(長野県) 121

榎村恭子、的場和弘、秋山典昭、山田大吾、渋谷岳、山本嘉人、土壌と牧草に含まれる放射性セシウムの家畜消化管での吸収されやすさの抽出法による推定 ,2015 年度日本草地学会信州大会、2015.3.25-27、信州大学(長野県) 134

立石貴浩・門間 眸・高橋健太郎・石川奈緒・颯田尚哉・築城幹典、森林生態系の堆積腐植層における土壤微生物を介したセシウムの保持について .第 51 回環境工学研究フォーラム、2014.12.20/22、山梨大学甲府キャンパス(山梨県) 18

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、2014.10.17-18、京都大学(京都府),15-16.

山田大吾・渋谷岳・榎村恭子・築城幹典、傾斜放牧草地における土壌および牧草の放射性セシウム濃度の空間分布 ,日本土壤肥料学会 2014 年度東京大会、2014.9.9-11、東京農工大学(東京都) 18

築城幹典・榎村恭子・秋山典昭・平野 清・山田大吾・井出保行・渋谷 岳、放牧草地における放射性セシウム動態のモデル ,システム農学会 2014 年度春季大会、2014.5.23-24、東京農業大学(東京都) pp9-10.

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、2014.5.23-24、東京農業大学（東京都）pp11-12.

築城幹典・江口沙綾・齊藤 優・飯田健司・榎村恭子・前田武己、草地における空間放射線量率分布の特徴、2014 年度日本草地学会宮崎大会、2014.3.31-4.2、宮崎観光ホテル（宮崎県）24

②1 築城幹典・江口沙綾・飯田健司・齊藤 優・前田武己（2014）草地植生中放射性セシウム濃度の空間分布と年次変化、2014 年度日本草地学会宮崎大会、2014.3.31-4.2、宮崎観光ホテル（宮崎県）25

②2 榎村恭子・秋山典昭・平野 清・山田大吾・井出保行・渋谷 岳・築城幹典（2014）シバ草地に放牧した牛の糞、尿、肉中の放射性セシウム、2014 年度日本草地学会宮崎大会、2014.3.31-4.2、宮崎観光ホテル（宮崎県）112

②3 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、システム農学会 2013 年度春季大会、2013.5.23-24、文部科学省研究交流センター（茨城県）25-26 .

②4 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、システム農学会 2013 年度春季大会、2013.5.23-24、文部科学省研究交流センター（茨城県）23-24 .

〔図書〕(計 1 件)

榎村恭子、農山漁村文化協会、草地・飼料畑の放射性セシウム移行低減対策、最新農業技術 土壌施肥 vol.5、2013、287-294

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

築城幹典 (TSUIKI, Mikinori)

岩手大学・農学部・教授

研究者番号：10292179

(2) 研究分担者

榎村恭子 (TOGAMURA, Yasuko)

国立研究開発法人農業・食料産業技術研究機構・畜産草地研究所・草地管理研究領域・上席研究員

研究者番号：00355108

平野 清 (HIRANO, Kiyoshi)

国立研究開発法人農業・食料産業技術研究機構・畜産草地研究所・草地管理研究領域・主任研究員

研究者番号：80360452

渋谷 岳 (SHIBUYA, Takeshi)

国立研究開発法人農業・食料産業技術研究機構・畜産草地研究所・草地管理研究領

域・主任研究員

研究者番号：10414715

山田大吾 (YAMADA, Daigo)

国立研究開発法人農業・食料産業技術研究機構・畜産草地研究所・草地管理研究領域・主任研究員

研究者番号：30391387