

北里大学大学院獣医学系研究科

博士課程学位論文審査の結果と最終試験の成績

2021年2月18日

学位論文題目

黒毛和種におけるセシウムの体内動態

— 動態パラメータによる組織中 Cs の動的平衡予測に基づく食肉の除染法の提案 —

氏名 島岡 千晶 所属 獣医学専攻 獣医放射線学

審査委員 主査 北里大学 教授 高井 伸二



副査 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
専門業務員 小林 泰彦



副査 北里大学 教授 岡野 昇三



副査 北里大学 教授 坂口 実



審査の結果

合格

最終試験の成績

優

北里大学大学院獣医学系研究科

博士課程学位論文審査の結果と最終試験の成績

2021年2月18日

学位論文題目

黒毛和種におけるセシウムの体内動態

— 動態パラメータによる組織中Csの動的平衡予測に基づく食肉の除染法の提案 —

氏名	島岡 千晶	所属	獣医学専攻 獣医放射線学
----	-------	----	--------------

審査委員	主査	北里大学	教授	高井 伸二	㊞
------	----	------	----	-------	---





副査	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	専門業務員	小林 泰彦	㊞
----	----------------------	-------	-------	---

副査	北里大学	教授	岡野 昇三	㊞
----	------	----	-------	---

副査	北里大学	教授	坂口 実	㊞
----	------	----	------	---

審査の結果	_____	最終試験の成績	_____
-------	-------	---------	-------

論文審査の要旨および担当者

学位申請者	島岡 千晶 (DV17002 獣医放射線学)
学位論文題目	黒毛和種におけるセシウムの体内動態— 動態パラメータによる組織中Csの動的平衡予測に基づく食肉の除染法の提案 —
担当者	主査 北里大学教授 高井 伸二  副査 北里大学教授 坂口 実  副査 北里大学教授 岡野 昇三  副査 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 小林 泰彦 

論文審査の要旨

2011年3月に発生した福島第一原子力発電所事故(FDNPPA)により放出された放射性核種のうち、 ^{137}Cs は物理学的半減期が30年と長く、今もなお環境中に多量に残存している。セシウム(Cs)は、カリウム(K)と同じアルカリ金属という化学的特性のため、Kと同様に生体に取り込まれるが、その挙動の遅さにより生体組織では主に筋肉に蓄積されることが知られている。従って、放射性Cs($^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$:RCs)を含む食肉を人が摂取することによる内部被ばくを防止する必要がある。

本研究は、黒毛和種牛における安定セシウム(SCs)の体内動態(PK)パラメータが放射性セシウム(RCs)においても適用できることが確認され、反復摂取予測が可能となった。さらに、生体試料中RCs濃度から筋肉内RCs濃度を事前に予測し、必要に応じて黒毛和種牛を最適な期間、放射性物質に汚染されていない飼料による飼育することによって食

肉資源を確保可能にできることを提言したものである。

第一章では、SCs 単回投与後の体内動態試験によって牛における PK パラメータを明らかにした。第二章では、第一章で得られた PK パラメータを使用して、Cs 摂取量と生体試料中 Cs 濃度との動的平衡の関係を予測した。第一章および第二章の結果を踏まえて第三章では黒毛和種牛の尿中 RCs 濃度から食肉中 RCs 濃度を推定し、汚染放牧地を含む汚染環境からの飼い直しによる最適な除染法を検討した。

第一章 黒毛和種における塩化セシウム単回投与の安定セシウムの体内動態

黒毛和種における Cs の PK パラメータを明らかにするために、黒毛和種雌牛 20 頭を静脈内投与群(IV)と経口投与群(PO)の 2 群にわけ、それぞれの牛に塩化セシウム($^{133}\text{CsCl}$: 約 20 mg/kg)を投与した。生体試料中 SCs 濃度は ICP-MS で測定し、それぞれの経時的変化を投与前から投与後最大 182 日まで追跡した。血液、血漿の実測値からそれぞれの血中濃度-時間曲線下面積(AUC)を算出し、PO 群の血液における平均滞留時間(MRT:24 日)、生物学的利用率(F:83%)、分布容積(Vd:4.4 l/kg)、クリアランス(CL:0.31 ml/min/kg)、PO 群の血漿における平均滞留時間(MRT:19 日)、生物学的利用率(F:82%)、分布容積(Vd:3.3 l/kg)、クリアランス(CL:0.49 ml/min/kg)が明らかとなった。経口投与された SCs は静脈内投与とほぼ同様の分布および消失プロフィールを示した。バックグラウンドレベル(BG)を考慮した体内動態解析により、最終的な消失相(β 相)の生物学的半減期は約 30 日であると算出された。投与量に対する尿中回収率および糞便中回収率より、投与総量は試験期間中(182 日間)でほぼ全量体外へ排泄されたと推定された。以上のことから黒毛和種牛における SCs の詳細な

PK パラメータが明らかとなった。

第二章 黒毛和種における安定セシウム単回投与後の体内動態パラメータを用いた反復摂取に関わるセシウムの体内動態予測

SCs の PK パラメータから、任意の反復摂取期間における組織中 Cs 濃度変化を予測することができる。SCs を 21 日間あるいは 28 日間反復摂取した場合の動態を予想し、RCs 投与における代謝試験の実測値と比較した。SCs 単回投与からの反復投与予測曲線は反復摂取された RCs 実測値にほぼ一致した。長期間反復摂取では β 相の生物学的半減期の 5 倍(約 150 日)以上で血液、尿および筋肉において定常状態 Cs 濃度(C_{ss})の 98% 以上に到達し、 C_{ss} の比は血液 : 尿 : 筋肉 \approx 1:7:19 となった。また、一日あたりの Cs 投与量と筋肉中 C_{ss} の比を示す移行係数は 2.2×10^{-2} となり、この値は国際原子力機関(IAEA)の報告値と一致した。さらに、反復摂取(ばく露)期間の長期化にともない飼い直し後の α 相の短縮および β 相の延長が認められた。このことは、長期間ばく露により RCs の生物学的半減期が見かけ上、 β 相の生物学的半減期に近づくことが明らかとなった。これらのことから、長期間汚染環境中で RCs のばく露を受けた牛の最適な飼い直し日数を推定するには、食肉の安全性をふまえ、 β 相の生物学的半減期(30 日)を用いることが望ましいと考えられた。また、必要に応じて飼い直しを行う環境中の BG も考慮することが適切と考えられた。

第三章 黒毛和種における生体試料から食肉中の放射性セシウム濃度の推定と除染法の提案

可食部位の筋肉中 Cs 濃度を推定するための最適な生体試料として、現在、血液が用いられているが、より簡便な生体試料として尿の有用性を検討した。このうち、尿中 SCs 濃度に対する筋肉中 SCs 濃度比(M/U 比)

の変動は血液の約 1/6～1/10 であった。このことから、血液よりも尿中 RCs 濃度から筋肉中 RCs 濃度を推定の方がより変動が少ないと考えられた。また、M/U 比は観察時期により変動し、定常状態に至るまでは、その最大比は 2.8 に近づくように漸増するが、飼い直し後の M/U 比は急速に上昇した。短期的観察では最大濃度比は約 8(実測値約 9)、長期的観察では約 7 となり、その後は 5.5 まで漸減すると推定された。

そこで M/U 比に応じて、飼い直し開始時の筋肉中 RCs 濃度は[尿中 RCs 濃度×3]と推定した。続いて、 β 相の生物学的半減期(30 日)を利用して、飼い直し日数は $[(30/\ln 2) \times \ln(\text{飼い直し開始時の筋肉中 RCs 濃度}/\text{出荷基準値})]$ と算出可能となった。但し、より最適な飼い直し日数を推定するために尿比重補正を行うことを必須とした。更に、出荷前には確実に出荷基準値を下回っているかどうかを確認するために、食肉の安全性をふまえ M/U 比を 10 として、尿中 RCs 濃度が食肉出荷基準値の 1/10 以下であれば出荷基準を満たすと考えた。また、飼い直し開始時の尿中放射性 RCs 濃度が出荷基準値の 1/10 以下ならば飼い直しの必要は無いと判断した。

第一章については Radioisotope 誌に受理されており、第二・三章も追って同誌へ投稿予定である。以上、著者のこれまでの研究に対する真摯な姿勢と高い学識が読み取られることから、研究者として十分な資質を備えていると判断された。よって、本論文は博士(獣医学)の学位論文として価値あるものと認め、審査委員一同は合格と判定した。