

氏名	オイマ ヒデキ 生沼 英之
本籍（国籍）	福島県
学位の種類	博士（農学）
学位記番号	連研 777 号
学位授与年月日	令和 2 年 9 月 2 5 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当課程博士
研究科及び専攻	連合農学研究科 生物生産科学
学位論文題目	吸着剤の投与による泌乳牛における放射性セシウムの飼料から乳への移行抑制に関する研究（Study on suppression of radiocesium transfer from feed to milk in lactating dairy cows by administration of adsorbents）
学位審査委員	主査 帯広畜産大学准教授 花田 正明 副査 松山 裕城(山形 准教授),辻 修(帯広 教授),築城 幹典(岩手 教授)

論文の内容の要旨

2011 年福島第一原子力発電所により拡散した放射性セシウム($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$)により、乳や粗飼料をはじめとする畜産生産物が汚染された。日本国内での放射性セシウム(Cs)濃度の基準は、牛乳で 50 Bq/kg-fresh 未満、牛の飼料で 500 Bq/kg -dry 未満でなければならないが、乳業者は 10 Bq/kg-fresh 未満の乳を求めている。これまで放射性 Cs 吸着剤の給与による放射性 Cs の乳への移行抑制は報告されているが、10 Bq/kg-fresh 未満の乳を生産するための吸着材の使用については検討されていない。本研究は 10 Bq/kg-fresh 未満の乳生産を目的に、泌乳牛のべ 48 頭を用いて放射性 Cs 吸着剤であるゼオライトおよびプルシアンブルー（PB）の乳への放射性 Cs に移行抑制効果を検討した。

第 2 章では放射性 Cs を含む飼料を給与する飼養試験の飼料馴致試験期間を設定するため、1 頭の泌乳牛に放射性 Cs 濃度が 202 Bq/kg-dry の完全混合飼料（TMR）を給与し、放射性 Cs 摂取後の乳の放射性 Cs 濃度の推移を調べた。その結果、乳の放射性 Cs 濃度は放射性 Cs を含む飼料投与後 11 日目で平衡に達したことから、本研究における飼料馴致期間は 14 日程度で十分であると判断した。

第 3 章では、放射性 Cs の飼料から乳への移行抑制に対するゼオライトの効果を検討するため、ゼオライトの給与量や形態を変えて 3 回の飼養試験を実施した。第 1 試験では、放射性 Cs 濃度が 202 Bq/kg-dry の TMR を給与した泌乳牛に、ゼオライトを 0、200、400 g/日給与した。その結果、ゼオライトの給与により乳の放射性 Cs 濃度は 14.7 から 6.5 Bq/kg-fresh に、飼料から乳への放射性 Cs の移行係数（Fm）は、 3.46×10^{-3} から 1.50×10^{-3} に減少した。第 2 試験では、微細化して表面積を拡大したゼオライト 1.0 g/日を、放射性 Cs 濃度が 95

Bq/kg-dry の TMR を給与した泌乳牛に投与した。微細化したゼオライトの給与により乳の放射性 Cs 濃度は 6.4 から 5.0 Bq/kg-fresh へ減少し、Fm も 4.04×10^{-3} から 3.09×10^{-3} に抑制された。第 3 試験では、放射性 Cs 濃度が 215 Bq/kg-dry の TMR を給与した泌乳牛に、ルーメン以降での放射性 Cs の吸着を促進する目的で油脂被覆処理したゼオライト、第 1 試験で用いたゼオライトを各々 100 g/日投与した。乳の放射性 Cs 濃度および Fm はいずれのゼオライト投与でも抑制されなかった。

第 4 章では放射性 Cs の飼料から乳への移行抑制に対する PB の効果を検討するため PB の給与試験を 2 回実施した。第 4 試験では、放射性 Cs 濃度が 175 Bq/kg-dry の TMR を給与した泌乳牛に、PB 含有固形塩を自由舐食もしくは経口投与した。PB 摂取量は 0–3.0 g/日となり、PB 摂取量の増加に伴い乳の放射性 Cs 濃度は 16.4 から 8.6 Bq/kg-fresh に、Fm は 4.77×10^{-3} から 2.61×10^{-3} に減少した。第 5 試験では、放射性 Cs 濃度が 927 Bq/kg-dry の TMR を給与した泌乳牛に嗜好性を改善した PB 含有固形塩を自由舐食もしくは経口投与した。PB 摂取量は 0–18.9 g/日となり、PB 含有固形塩の嗜好性改善により PB 摂取量を高めることができた。PB 摂取量の増加に伴い乳の放射性 Cs 濃度は 24.3 から 4.2 Bq/kg-fresh に、Fm は 1.68×10^{-3} から 0.28×10^{-3} に減少した。

第 5 章では第 3 章および第 4 章で使用したのべ 48 頭の結果を解析し、乳の放射性 Cs 濃度に影響を及ぼす要因を検討した。本研究で給与した飼料の放射性 Cs 濃度は 95–1,047 Bq/kg-dry の範囲であり、乳の放射性 Cs 濃度の平均および最大値は 15.4、32.0 Bq/kg-fresh であった。乳の放射性 Cs 濃度は飼料の放射性 Cs 濃度や放射性 Cs 摂取量の減少、ゼオライトおよび PB の投与量や給与飼料の NDF 濃度の増加に伴い低下することが示唆された。一方、Fm はゼオライトおよび PB の投与によって低下したが、変動幅が大きかった(平均： 2.80×10^{-3} , 変動係数：49%)。

第 6 章では放射性 Cs を含む飼料の給与を中断して放射性 Cs を含まない飼料に切り替えた後の乳の放射性 Cs 濃度の推移を調べた。その結果、乳の放射性 Cs は 4.2 日で半減し、放射性 Cs が未検出になるまでに 15 日を要した。乳から 50 Bq/kg-fresh の放射性 Cs が検出された場合、放射性 Cs 濃度を 10 Bq/kg-fresh 未満にするためには、放射性 Cs を含まない飼料を 8 日以上給与する必要があると推察された。

これらのことから給与飼料の放射性 Cs 濃度が 500 Bq/kg-dry 未満であれば、乳の放射性 Cs 濃度を 50 Bq/kg-fresh 未満に維持でき、ゼオライトもしくは PB の投与により乳の放射性 Cs 濃度を 10 Bq/kg 未満にできると判断された。また、放射性 Cs の乳への移行率の変動は大きいことから、放射性 Cs を含む飼料を給与している場合は、常に吸着剤を投与することが望ましいと判断された。

論文審査の結果の要旨

日本国内では牛乳の放射性セシウム (Cs) 濃度は 50 Bq/kg 未満と定められているが、乳の加工工程で放射性 Cs が濃縮されるため、放射性 Cs 濃度が 10 Bq/kg 未満の乳が求められている。

本研究は 2011 年に福島第一原子力発電所により拡散した放射性 Cs($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$)により、土壌や牧草が汚染された地域において放射性 Cs 濃度が 10 Bq/kg 未満の乳を生産することを目的に、延べ 48 頭の泌乳牛を使用して放射性 Cs の吸着剤であるゼオライトおよびプルシアンブルー (PB) の乳への放射性 Cs の移行抑制効果を検討した。

その結果、①飼料中の放射性 Cs 濃度が農林水産省の定める暫定許容値(500 Bq/kg(乾物中))以下であればゼオライトや PB を給与しなくても乳の放射性 Cs 濃度を 50 Bq/kg 未満になるが、乳の放射性 Cs 濃度を 10Bq/kg 未満に抑えるためには吸着剤の使用が必要である、②摂取された放射性 Cs は糞中へ最も多く排泄されるため、放射性 Cs 吸着剤による糞への放射性 Cs の排泄促進は乳の放射性 Cs 濃度を低減させる効果的な方法である、③飼料の放射性 Cs 濃度が 200 Bq/kg(乾物中)、放射性 Cs の摂取量が 3,600 Bq/日以下であれば、ゼオライトを 200g/日以上給与することにより乳の放射性 Cs 濃度を 10 Bq/kg 未満に抑制できる、④PB を給与した場合、飼料の放射性 Cs 濃度が 250 Bq/kg(乾物中)、放射性 Cs 摂取量が 4,800 Bq/日以下であれば、乳の放射性 Cs 濃度を 10 Bq/kg 未満に抑制できる、⑤PB はゼオライトより少ない投与量で、乳への放射性 Cs の移行を抑制でき、PB を混合した固形塩の利用により、容易に PB を乳牛に摂取させられることが示された。さらに、飼料から乳への放射性 Cs の移行係数は試験によって異なることが示され、乳の放射性 Cs 濃度を確実に 10Bq/kg 未満にするためには移行係数の変動要因の解明が必要であることを指摘したが、この点については今後の課題となった。

このように乳の放射性 Cs 濃度を 10 Bq/kg 未満に抑制する飼養技術を提示した本研究の成果は、日本はもとより世界的にも新規性が高いものであり、放射能汚染事故による被害を受けた地域における酪農業の復興のみならず、日本国内外における安全・安心な牛乳生産技術として貢献できるものと判断された。

よって本審査委員会は、「岩手大学大学院連合農学研究科博士学位論文審査基準」に則り審査した結果、本論文を博士（農学）の学位論文として十分価値のあるものと認めた。

学位論文の基礎となる学術論文

【主論文】

1. 生沼英之, 齋藤美緒, 小田康典, 遠藤孝悦 (2013)
泌乳牛におけるゼオライトによる放射性 Cs 移行抑制効果, 日本畜産学会報, 84(3):333-339
2. Oinuma, H., Saito, M., Oda, Y., Ajito, T., Abe, I., and Hanada, M. (2020)
Prussian blue in salt blocks decreases radiocesium activity concentration in milk from dairy cattle fed a diet contaminated by the Fukushima nuclear accident
Journal of Environmental Radioactivity, 222:106307.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2020.106307>

【参考論文】

1. 生沼英之, 矢内清恭, 松山裕城, 宮地慎 (2012) 泌乳牛におけるゼオライトとベントナイトの放射性 Cs 吸収抑制効果. 東北農業研究. 65:89-90.