

## 【公衆衛生】 原著

## 畜産物の放射能汚染を防御するための飼養方法の開発 ベントナイトのセシウム内部汚染抑制効果について ニワトリを用いた検討

山田 一孝<sup>1,2)</sup> 山口 敏朗<sup>2)</sup> 澤野 海太<sup>3)</sup> 陳 忠正<sup>2,3)</sup>  
岸本 海織<sup>2,4)</sup> 川辺 睦<sup>5)</sup> 佐藤 洋<sup>6)</sup> 古濱 和久<sup>2,6)</sup>

- 1) 帯広畜産大学臨床獣医学研究部門 (〒080-8555 帯広市稲田町西2線11番地)
- 2) 岐阜大学大学院連合獣医学研究科 (〒501-1193 岐阜市柳戸1-1)
- 3) 富士フイルム RI ファーマ株式会社研究部 (〒289-1592 山武市松尾町下大蔵453-1)
- 4) 東京農工大学農学部共同獣医学科 (〒183-8509 府中市幸町3丁目5番地)
- 5) 岡山大学大学院保健学研究科 (〒700-8558 岡山市北区鹿田町2-5-1)
- 6) 岩手大学農学部共同獣医学科 (〒020-8550 盛岡市上田3丁目18番地)

(受付2013年10月6日)

### 要 約

ベントナイトの放射性セシウム (Cs) 内部汚染抑制効果を検討する目的で、計画的避難区域の放射性同位元素汚染土壌の上でニワトリを飼育し、実験を行った。対照群 (n=5)、ベントナイト0.5%添加投与群 (n=5) およびベントナイト5.0%添加投与群 (n=5) のニワトリを10日間飼育し、鶏卵と鶏肉の放射能濃度をゲルマニウム半導体検出器で測定した。その結果、ベントナイト0.5%添加投与群で、鶏肉中放射性 Cs 濃度が有意に低かった。一方で、有意差は認められなかったものの、ベントナイト5.0%添加投与群の鶏肉中放射性 Cs 濃度は、対照群よりも高値を示し、ベントナイトの放射性 Cs 内部汚染抑制効果には用量依存性を認めなかった。このことから、Cs 吸着を目的としたベントナイトの飼料添加には至適投与量があると推察された。

キーワード：ベントナイト、ニワトリ、内部汚染、放射性セシウム

-----北獣会誌 58, 37~39 (2014)

1986年のチェルノブイリ原子力発電所放射性同位元素漏れ事故では、農作物の放射性同位元素汚染に関連したヒトの健康被害が報告された<sup>[1-4]</sup>。2011年に発生した東日本大震災後の東京電力福島第一原子力発電所の放射性同位元素漏れ事故においても、屋外に放置した稲藁を与えられた肉牛の放射性セシウム (Cs) 汚染が深刻な社会問題となった (<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r985200001jc5x.html>)。また、われわれの調査でも、原子力発電所20 km 圏内で飼育されていた豚の内部汚染を確認している<sup>[5-7]</sup>。しかし、今回の放射性同位元素漏れ事故で、ヒトに対する健康被害が発生する可能性は低いと考えられている<sup>[8]</sup>。一方で、除染作業の長期化

が懸念されており、食の安心・安全確保と福島の畜産復興のためには、家畜が放射性同位元素に汚染されないよう飼養する方法の開発が望まれている。

チェルノブイリ原子力発電所事故後、家畜に対する放射性 Cs の吸着剤として、プルシアンブルー、ゼオライトあるいはカオリナイトが使われてきた<sup>[9,10]</sup>。今回われわれは、家畜のカビ毒吸着飼料として市販されているベントナイトに着目した。ベントナイトとは、モンモリロナイトを主成分とする粘土鉱物で、モンモリロナイト結晶構造の層間の陽イオンと Cs イオンが置換することが知られている<sup>[11]</sup>。

今回、計画的避難区域内でニワトリの飼育を行い、ベ

ントナイトの放射性 Cs 内部汚染抑制効果について検討した。

## 材料および方法

### 1) 動物

白色レグホン・バブコック B400を15羽使用した。実験群は、対照群 (n=5)、ベントナイト0.5%添加投与群 (n=5) およびベントナイト5.0%添加投与群 (n=5) と設定した。実験開始時のニワトリの日齢は約700日で、「計画的避難区域」に指定されている福島県飯館村に鶏舎を設置し、飼育した。

### 2) 試験物質

Cs 吸着物質には、カビ毒吸着飼料として市販されているベントナイト (AB20、バイエル薬品株式会社、東京) を10日間投与した。

### 3) 実験方法

動物は、それぞれ個別ケージ (縦45×横45×高さ50 cm) を放射性 Cs 汚染土壌 (高さ約6 cm) の上に設置して飼育した。実験開始時の汚染土壌の放射性 Cs 濃度は、 $^{134}\text{Cs}$  と  $^{137}\text{Cs}$  が、それぞれ11,084.3と18,622.9 Bq/kgであった。対照群にはニワトリ用配合飼料 (アップ15.5、北日本くみあい飼料、宮城) 120 gのみを、ベントナイト0.5%添加投与群には配合飼料にベントナイトを0.6 g (0.5%、カビ毒吸着を目的とした標準的な投与量) を、ベントナイト5.0%添加投与群にはベントナイトを6.0 g 添加した。また、汚染されていない水道水 (検出限界以下) を自由飲水とした。

飼育期間は10日間とし、最初の3日間を馴化飼育、4日目以降7日間の鶏卵を採卵した。鶏卵は、個体別に7日分を測定容器に収容し、1検体とした。10日間の実験終了後に動物をペントバルビタールの高用量投与により安楽死させ、鶏肉 (もも肉) を採取した。

放射能濃度は、ゲルマニウム半導体検出器 (GMX-1080、ORTEC、Advanced Measurement Technology、TN、USA) を用いて、殻を除いた鶏卵および鶏肉の  $\gamma$  線スペクトル (測定レンジ: 0.03-1.5 MeV、測定時間: 12時間) の0.605 MeVと0.662 MeVのピークから、それぞれ $^{134}\text{Cs}$  と  $^{137}\text{Cs}$  の濃度を求めた。 $^{134}\text{Cs}$  と  $^{137}\text{Cs}$  の和について、Mann-Whitney の両側 U 検定を行い、危険率5%未満をもって、有意差ありと判断した。

本実験プロトコルは、国立大学法人帯広畜産大学動物実験委員会に承認された (第25-94)。

## 結 果

鶏卵中の放射性 Cs 濃度は、対照群、ベントナイト0.5%添加投与群およびベントナイト5.0%添加投与群間に有意な差を認めなかった (図1)。また、鶏肉中の放射性 Cs 濃度は、ベントナイト0.5%添加投与群が対照群よりも有意に低かったが、ベントナイト5.0%添加投与群では有意差はないものの、対照群の約2倍の高値を示した (図2)。

## 考 察

鳥類は砂嚢に砂を溜める習性を有するため、敷料の放射性 Cs 汚染土壌をついばむことで、放射性同位元素を摂取すると考えられた。Cs はカリウムと同様の動態を示すことが知られており、経口摂取、吸収を経て、鶏卵中に移行したと考えられた<sup>[12]</sup>。放射能濃度測定の結果から、対照群の鶏卵には汚染土壌濃度の0.01%、鶏肉には0.06%の放射性 Cs が移行していた。移行割合が、鶏卵よりも鶏肉で高かった理由として、摂取した放射性 Cs が骨格筋に蓄積したと考えられた。今回、0.2平方メー

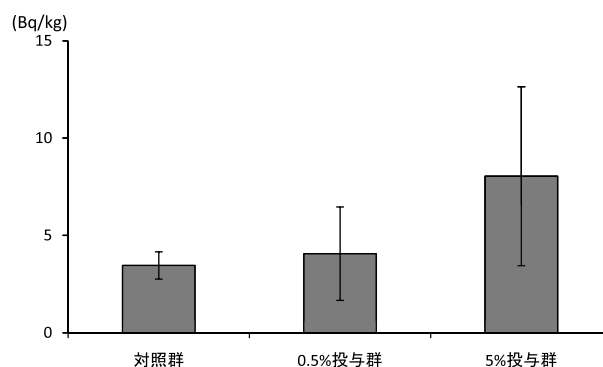


図1 ベントナイト (0.5%、5.0%) 10日間添加投与による鶏卵中放射性セシウム濃度 (各群 n=5)

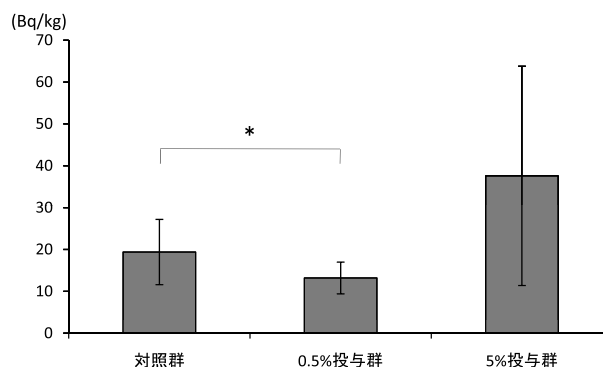


図2 ベントナイト (0.5%、5.0%) 10日間添加投与による鶏肉中放射性セシウム濃度 (各群 n=5、\* :  $p < 0.05$ )

トルの範囲 (約30,000 Bq/kg の放射性 Cs 汚染土壌の上) で10日間飼育した対照群の鶏肉の放射能濃度 (19.4 Bq/kg) は出荷制限基準値の100 Bq/kg 以下であった。

鶏肉中放射性 Cs 濃度はベントナイト0.5%添加投与群で有意に低下したが、逆にベントナイト5.0%添加投与群では約2倍の高値を示し、ベントナイトの Cs 移行抑制効果には用量依存性を認めなかった。このことから、Cs 吸着を目的としたベントナイトの飼料添加には、至適投与量があると推察された。なぜ高用量のベントナイト添加で抑制効果がみられなかったかについて、今回の検討からは不明であったため、今後ベントナイトの放射性 Cs 内部汚染抑制メカニズムについて更なる検討が必要である。

なお、今回の実験は Cs 吸着物質の効果を確認するため特殊な環境下で行ったものであり、養鶏業として飼育されているニワトリとは飼育方法が根本的に異なる。したがって、本成績を、流通している鶏卵・鶏肉には一切外挿することはできないことを強調する。

## 謝 辞

福島県飯舘村で畜産復興を願い、ニワトリの飼育にご協力いただいた菅野宗夫様と関係者の皆様、研究目的にご賛同いただきゲルマニウム半導体検出器による放射能測定にご協力いただいた富士フィルム RI ファーマ株式会社に感謝する。また、本研究は、科学技術振興機構平成24年度復興促進プログラム (A-STEP) 探索タイプによって実施した。

## 引用文献

- [1] Morimura K, Romanenko A, Min W, Salim E I, Kinoshita A, Wanibuchi H, et al : Possible distinct molecular carcinogenic pathways for bladder cancer in Ukraine, before and after the Chernobyl disaster. *Oncology Reports*, 11, 881-886 (2004)
- [2] Kazakov V, Demidchik EP, Astakhova LN : Thyroid cancer after Chernobyl. *Nature* 359, 21-22 (1992)
- [3] Romanenko A, Kakehayashi A, Morimura K, Wanibuchi H, Wei M, Vozianov A, et al : Urinary bladder carcinogenesis induced by chronic exposure to persistent low-dose ionizing radiation after Chernobyl accident. *Carcinogenesis*, 30, 1821-1831 (2009)
- [4] Bleuer JP, Averkin YI, Abelin T : Chernobyl-related thyroid cancer : What evidence for role of short-lived iodines?, *Environ Health Perspect.* 105, 1483-1486 (1997)
- [5] Yamada K, Yamaguchi T, Sawano K, Kishimoto M, Furuhashi K. Radioactive contamination of a pig raised at a farm within 20 km of the Fukushima Daiichi nuclear power plant. *RADIOISOTOPES*, 61, 129-132 (2012)
- [6] Yamaguchi T, Sawano K, Kishimoto M, Furuhashi K, Yamada K. Early-stage bioassay for monitoring radioactive contamination in living livestock. *J. Vet. Med. Sci.* 74, 1675-1676 (2012)
- [7] Yamaguchi T, Sawano K, Furuhashi K, Mori C, Yamada K. An autoradiogram of skeletal muscle from a pig raised on a farm within 20 km of the Fukushima Daiichi nuclear power plant. *J. Vet. Med. Sci.* 75, 93-94 (2013)
- [8] World Health Organization : Preliminary dose estimation from the nuclear accident after the 2011 great east Japan earthquake and tsunami. (2012)
- [9] Leitgeb R, Ratheiser N : Use of different substances as decontaminators of <sup>137</sup>Cs and <sup>134</sup>Cs in bulls, cows and calves. *Environ Contam Follow Major Nucl Accid.*, 2, 234-236 (1990)
- [10] Birgitta Å, Sevald F, Gustaf Å : Zeolite and bentonite as caesium binders in reindeer feed. *Rangifer*, 3, 73-82 (1990)
- [11] Staunton S, Roubaud M : Absorption of <sup>137</sup>Cs on montmorillonite and illite : effect of charge compensating cation, ionic strength, concentration of Cs, K and fulvic acid, *Clays and Clay Minerals*, 45, 251-260 (1997)
- [12] Amaral ECS, Paretzke HG, Campos MJ, Pires do Rio MA, Franklin M : Transfer of <sup>137</sup>Cs from soil to chicken meat and eggs. *J. Environ. Radioactivity*, 29, 237-255 (1995)