

研究資料

東京電力福島第一原子力発電所事故後に東北農業研究センター内で 放牧・肥育し生産した牛肉の放射性物質濃度

米内 美晴*¹⁾・堀野理恵子*¹⁾・今成 麻衣*¹⁾・柴 伸弥*¹⁾
渡邊 彰*¹⁾

抄 録：東北地方太平洋沖地震後の東京電力福島第一原子力発電所における原子炉事故により岩手県でも広範囲の放射性物質の拡散と降下が確認され、県内産の農畜産物への汚染が懸念された。そこで、当センター内において原子炉事故後と同年に放牧・肥育した肥育牛より得られた可食部位の放射性物質を測定し、事故前年に放牧・肥育したものと比較した。その結果、事故前の半腱様筋については放射性セシウム (Cs-137、Cs-134) およびヨウ素 (I-131) はいずれも不検出であったが、事故後の半腱様筋、僧帽筋、肝臓および心臓の放射性ヨウ素 (I-131) は不検出であり、放射性セシウム (Cs-137+Cs-134) はそれぞれ平均23.1、17.3、6.0、9.5 (n=4) Bq/kgであった。これらの測定値は厚生労働省の定めた食品中の基準値100Bq/kgより少ないものであった。また、半腱様筋は心臓および肝臓の放射線Cs濃度と比較して有意に高い値であった。

キーワード：放射性セシウム、牧草、牛肉、内臓

Residual Radioactive Cesium of Pasture Grass after the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, and Cesium Levels in Beef from Grass-Fed Steers at the Tohoku Agricultural Research Center : Miharu YONAI*¹⁾, Rieko HORINO*¹⁾, Mai IMANARI*¹⁾, Nobuya SHIBA*¹⁾ and Akira WATANABE*¹⁾

Abstract : The March 2011 accident at the Fukushima Daiichi nuclear power plant has impacted agriculture and fisheries. Radioactive pollution of pastureland was announced in Iwate Prefecture on May 13, 2012, leading us to record radioactivity levels both in pastures and in beef from steers fed this forage at our research center. Four steers were fed on pasture grass during the summer of the accident, and then fed in a shed on grass silage during the winter. The animals were slaughtered in April of the following year, and radioactivity levels were measured in the liver, heart, *Musculus trapezius* (MT-muscle) and *M. semitendiosus* (ST-muscle). The residual radioactive cesium levels in the pasture grass and grass silage were 101 and 61 Bq/kg, respectively, based on an 80% moisture content in the sample, and those of the liver, heart, and MT- and ST-muscles were 6.0, 9.5, 17.3 and 23.1 Bq/kg in fresh samples. The contamination levels in all samples were under the criterion for cesium in food set by the government.

Key Words : Radioactive cesium, Grass, Muscles, Edible organs, Grass-fed steers

I 緒 言

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う東京電力福島第一原子力発電所事故による放射性物質の放出(東京電力株式会社 2012)

と、その後の飛散・降下により岩手県においても汚染が確認されている。特に2011年5月13日、東北農業研究センター(盛岡市)に隣接する地域(滝沢村)において牧草から国が定める「乳用牛ならびに肥育牛の粗飼料の暫定許容値」(300Bq/kg)

* 1) 農研機構東北農業研究センター (NARO Tohoku Agricultural Research Center, Morioka, Iwate 020-0198, Japan) 2013年7月18日受付、2014年2月5日受理

を超える放射性物質が検出された*1。岩手県では直ちに畜産農家に対して牧草の利用自粛や放牧自粛を呼びかけ、乳牛ならびに肥育牛への放射性物質取り込み防止を図った。東北農業研究センターにおいては動物実験委員会の承認を受けた放牧肥育試験を実施中であり、対象となる牛を市場に出荷しないこととして試験を継続した。このような状況下で、場内産牧草並びにそれを摂取した放牧肥育牛の可食部分の放射性物質蓄積量を測定しておくことは、給与飼料の汚染と肥育牛可食部分への移行の関係を明らかにする一助となると考え、本調査を実施することにした。

Ⅱ 材料と方法

1. 調査サンプルと放射能測定

東北農業研究センターの肥育牛放牧地近傍の3カ所の草地(図1)から2011年6月に混播牧草を採取し放射性物質の濃度を測定した。採取方法は1カ所の草地につき3区画から地上より10cm高で枯れた草や土砂の混入がないよう注意して合計2kgを刈り取った。草種はオーチャードグラス、ケンタッキーブルーグラスおよびホワイトクローバーであった。14か月齢の日本短角種去勢雄牛4頭を5月26



図1 放牧地周辺圃場配置

日～10月13日までの4.5か月間放牧し、終牧後は舎飼い飼養で日本飼養標準肉用牛(2000年度版)に従い、低水分グラスサイレージ飽食と肥育用配合飼料を体重の1.6%給与として6か月間肥育した。この間に給与した低水分サイレージは原発事故後に調製され保管していたもので、2012年3月にロールサイレージ数カ所から2kgを採取し放射性物質濃度を測定した。

肥育終了後の2012年4月にと殺・解体を行い、全頭から内臓可食部試料として心臓および肝臓を2kg採取し、細切して真空包装後、-20℃以下で保存した。筋肉部位はと殺2日目にそともより半腱様筋とロースより僧帽筋を1～2kg採取して内臓と同様に保存した。尚、供試牛4頭のと殺月齢は 25.1 ± 0.2 か月、枝肉重量は 457.8 ± 8.1 kgであった。これらサンプルの測定は2012年4～10月にかけて実施した。また、対照として事故前の2010年夏期に放牧し2011年4月に屠畜するまで放射性物質を含まない試料を与えられた日本短角種の半腱様筋を用いた。このサンプルについては試料量が少なかつたため3頭分を混合して2012年11月に測定した。

測定した放射性物質は、牧草についてはセシウム-137(Cs-137)とセシウム-134(Cs-134)の合計(以下放射性Cs量と記す)、内臓と筋肉についてはCs-137、Cs-134、ヨウ素-131(I-131)の3核種である。牧草は岩手県医薬品・衛生検査センターへ、筋肉と内臓は(財)日本食品分析センターへの依頼分析とし、ゲルマニウム半導体検出器によるγ線スペクトロメーター法により計測した。

各部位間の平均値の差の検定は、各部位間で放射性物質の蓄積量に違いがあるか検定するためにSASを用いて個体をブロック、部位を因子とする乱塊法による分散分析を行いTukey法による多重検定(竹内ら 1989)を行った。

Ⅲ 結果と考察

表1には東北農業研究センター内の草地3地点における2011年6月の放射性Csによる牧草の汚染状況を示した。検出された放射性Cs量は、すべて2011年4月に定められた「肥育牛に対する粗飼料の暫定許容値」(300Bq/kg)*1を下回った。しかし、

*1 岩手県農林水産部：牧草の放射性物質の測定調査の結果について、平成23年5月13日
<http://ftp.www.pref.iwate.jp/view.rbz?nd=4399&of=1&ik=3&pnp=64&pnp=588&pnp=4399&cd=32320>

2011年6月29日に岩手県から発表された周辺地域の牧草調査結果(22~24Bq/kg)^{*2}に比較すると高く、3地点中1地点(I区域)では2012年2月に見直された「飼料の暫定許容値」(100Bq/kg)^{*3}と同等の数値である。尚、舎飼い期に給与した低水分サイレージ(表1)の放射性セシウム含量は61Bq/kgであった。

表2に上記の飼料により事故同年に放牧・肥育し

表1 放牧地牧草ならびに舎飼期給与粗飼料の放射性Cs合計値

給与期間	サンプル名 (圃場番号) ²⁾	調査/測定月	放射性Cs合計値 (Bq/kg) ¹⁾
放牧期	牧草(I)	2011年6月	110
	牧草(II)	2011年6月	66
	牧草(III)	2011年6月	44
舎飼期	低水分サイレージ	2012年3月	61

1) 含水量80%換算値としてCs137とCs134の合計を示す

2) 圃場番号については図1を参照

翌年の4月に得られた内臓と筋肉の放射性物質測定結果を個体毎(A、B、C、D)に記載した。また対照サンプルとして事故前年に放牧し、その後肥育した肥育牛グループ(E、n=3)について、事故同年4月に採取した筋肉試料の測定結果についても記載した。対照としたE試料の放射性物質は検出限界以下であった。A、B、CおよびDの試料について、Cs-137が1サンプルを除いて検出され、Cs-134は全サンプル中4点で検出限界以下であった。検出限界以下の部位はいずれも肝臓あるいは心臓であった。また、検出されたセシウムは全ての部位においてCs-137がCs-134よりも多かった。推定放出量に違いがなかった(東京電力株式会社 2012)ことから、Cs-134の半減期が2.06年(国立天文台 2013)とCs-137の30.17年(国立天文台 2013)に比較して短いことが要因として示唆される。I-131については全ての試料で検出限界以下であった。I-131の半減期は8.02日(国立天文台 2013)であり、事故後1年以上経過した時点での計測であり検出限界以下で

表2 各個体・部位別放射性物質測定値(Bq/kg)

個体・グループ	サンプル部位	採取月(測定月)	Cs-137	Cs-134	Cs合計	I-131
A	半腱様筋	2012年4月	18.0	11.0	29.0	ND
	僧帽筋	(2012年4月)	13.0	9.6	22.6	ND
	肝臓		6.2	ND	6.2	ND
	心臓		8.0	6.2	14.2	ND
B	半腱様筋	2012年4月	20.0	11.0	31.0	ND
	僧帽筋	(2012年8月)	13.0	5.8	18.8	ND
	肝臓		8.3	3.3	11.6	ND
	心臓		9.8	5.9	15.7	ND
C	半腱様筋	2012年4月	11.0	7.0	18.0	ND
	僧帽筋	(2012年8月)	7.8	4.1	11.9	ND
	肝臓		3.0	ND	3.0	ND
	心臓		4.9	3.0	7.9	ND
D	半腱様筋	2012年4月	10.0	4.3	14.3	ND
	僧帽筋	(2012年10月)	11.0	4.8	15.8	ND
	肝臓		3.2	ND	3.2	ND
	心臓		ND	ND	ND	ND
E	半腱様筋(3頭混合)	2011年4月 (2012年10月)	ND	ND	ND	ND

注：NDはNot Detectable(検出限界以下、不検出)の略

Cs-137検出限界値：1.5~2.9Bq/kg

Cs-134検出限界値：2.0~2.7Bq/kg

I-131検出限界値：1.9~2.5Bq/kg

*2 岩手県農林水産部：滝沢村東部エリアの牧草の放射線物質の調査結果について、平成23年6月29日

<http://ftp.www.pref.iwate.jp/view.rbz?nd=4399&of=1&ik=3&pnp=64&pnp=588&pnp=4399&cd=33147>

*3 放射性セシウムを含む飼料の暫定許容値の見直しについて(平成24年2月3日付け23消安第5339号、23生畜第2300号、23水推第947号、農林水産省消費・安全局長、生産局長、水産庁長官通知)

http://www.maff.go.jp/j/syouan/soumu/saigai/shizai_2.html

あったと考えられる。今回の調査で放射性Cs量の最高値は個体Bの半腱様筋で31.0Bq/kgであった。この値は厚生労働省によって新しく2012年10月よ

り適用された「食品中の放射能許容量新基準値」(100Bq/kg)*4に照らして低い値であった。

測定部位を相互に比較(表3)したところでは、放射性Cs量の平均値において内臓は筋肉よりも蓄積が少なく、半腱様筋、僧帽筋、心臓、肝臓の順に放射性Cs合計値が高かった。最も少ない肝臓と最も高い半腱様筋では3倍以上の差が観察される。しかし、Tukeyによる多重検定の結果、本調査では、内臓相互、筋肉相互で放射性Cs合計値に有意差は認められなかった。筋肉と内臓での蓄積程度の違いについてはKurdriavtsev *et al.* (2006)の報告において、ヒツジでのセシウム蓄積量が筋肉より臓器が

表3 放射性Cs合計¹⁾における各部位別平均値 (Bq/kg)

部位	平均	SE	有意差 ²⁾
半腱様筋	23.1	7.1	a
僧帽筋	17.3	3.9	ab
肝臓	6.0	3.5	c
心臓	9.5	6.2	bc

1) Cs-137およびCs-134の合計

2) a,b,c,同符号間で有意差なし $p < 0.05$

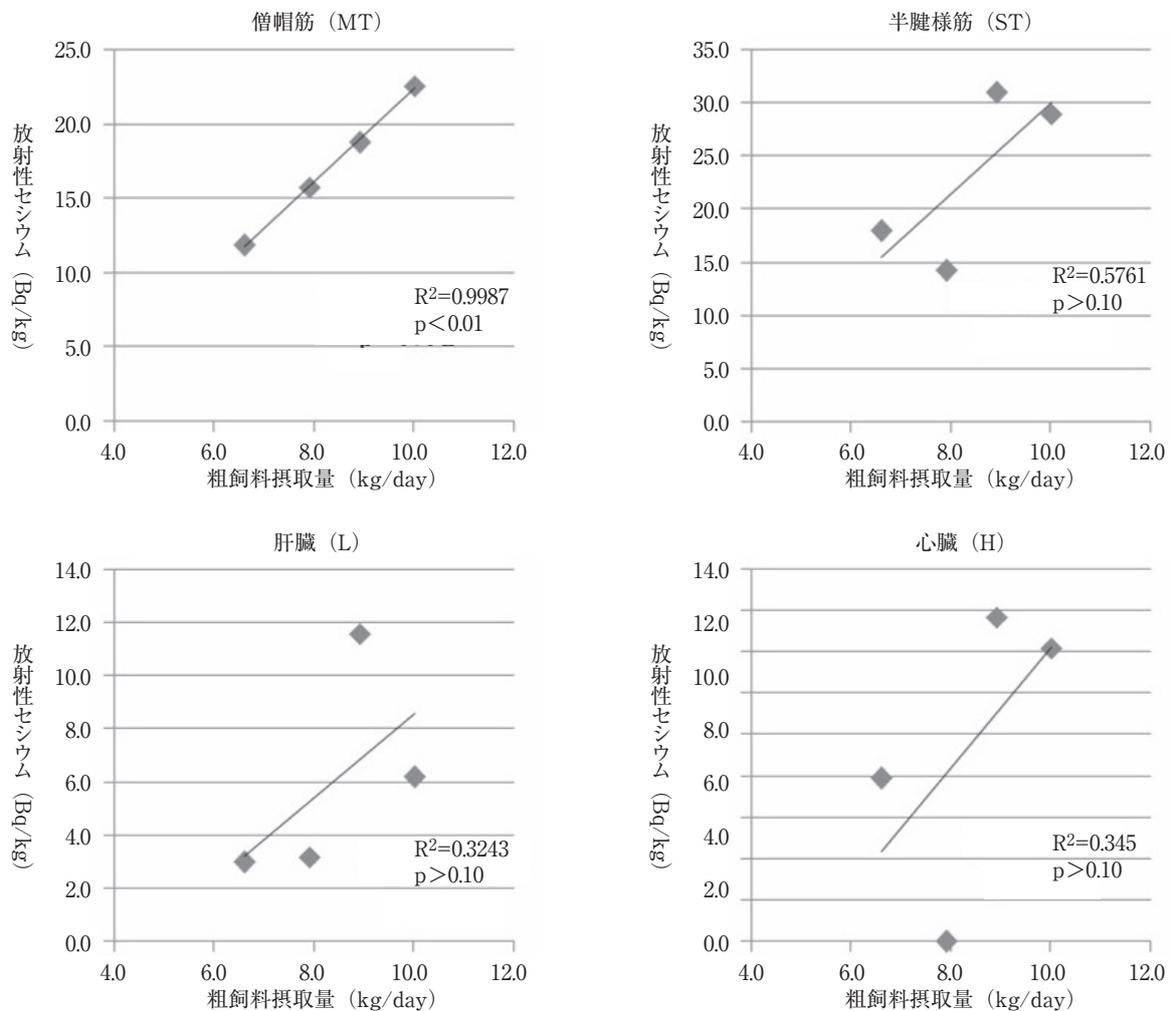


図2 部位別セシウム合計値と舎飼期粗飼料摂取量の関係

* 4 乳及び乳製品の成分規格等に関する省令の一部を改正する省令、乳及び乳製品の成分規格等に関する省令別表の二の(一)の(1)の規定に基づき厚生労働大臣が定める放射性物質を定める件及び食品、添加物等の規格基準の一部を改正する件について(平成24年3月15日付け 食安発0315第1号 厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知) http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/gyousei/dl/120315_03.pdf

少ないという知見と一致する。またSasaki *et al.* (2012) は筋肉間でセシウム蓄積量に差は認められなかったと報告しており、この統計的検定結果と類似する。しかし、本調査では統計的に有意ではないが、脂肪含量の少ない半腱様筋が僧帽筋よりも高い傾向も観察された。セシウムの競合元素はカリウム(国際原子力機関 2006)であり、生体内での挙動もカリウムと類似するのであれば、脂肪組織中のカリウム量は筋肉組織と比較して少ない(文部科学省 2005)ため、筋肉間の脂肪量の違いが筋肉中セシウム量に及ぼす影響という視点から再調査する必要があると思われる。

内臓と筋肉各々について個体によりCs濃度が異なる傾向も観察され、最低値と最高値を示した個体間で内臓では3.9倍、筋肉では1.9倍の差が観察された(表2)。図2に各個体・部位別の舎飼期における粗飼料摂取量と放射性Cs量の相関を示した。内臓に比べ筋肉における粗飼料摂取量と放射性Cs合計値の相関が高い傾向にあること、特に僧帽筋においてその傾向が顕著であったが、いずれにしても汚染粗飼料摂取量の多少が放射性Cs量に影響していた可能性が推察された。また本報告では例数が少ないのでさらなる検討が必要であるが、筋肉種において代謝特徴の違いが摂取量に対する移行量の違いに影響している可能性も示唆される。

IV 摘 要

東京電力福島第一原子力発電所事故と同年に東北農業研究センター(盛岡市)の放牧地(平均放射性Cs量73.3Bq/kg)で4.5か月間放牧後、暫定許容量以下(放射性Cs合計値:61Bq/kg,80%水分換算値)のサイレージを6か月間給与して肥育された去勢肥育牛の筋肉と可食部内臓の放射性物質レベルを報告する。

上記を摂取した肥育牛4頭の半腱様筋・僧帽筋・心臓・肝臓について計測した結果、放射性セシウムを検出したが、厚生労働省による食品中の基準値ならびに岩手県の出荷時暫定許容量を下回るレベルであった。筋肉(半腱様筋、僧帽筋)と臓器(心臓、肝臓)で蓄積量が有意に異なる事や半腱様筋(もも

肉)において汚染牧草摂取量と放射性セシウム蓄積量との間に高い相関がある事がうかがえた。

引用文献

- 1) 国際原子力機関, 日本学術会議訳. 2006. 放射線学的評価報告書. チェルノブイリ原発事故による環境への影響とその修復: 20年の経験. www.scj.go.jp/ja/member/iinkai/kiroku/3-250325.pdf p.95.
- 2) 国立天文台編. 2013. 平成25年理科年表第86冊. 丸善. p474.
- 3) Kurdriavtsev, V.N.; Vasil' ev, A.V.; Krasnova, E.G.; Fadeev, M.Iu.2006.137Cs distribution and accumulation in organs and tissues of sheep in the event of chronic consumption of contaminated fodder in the area of the Chernobyl NPP accident. *Radiat Biol Radioecol.* 46 : 45-49.
- 4) 文部科学省. 2005. 五訂増補日本食品標準成分表. http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu3/toushin/05031802.htm
- 5) Sasaki, K.; Hayashi, M.; Narita, T.; Motoyama, M.; Oe, M.; Ojima, K.; Nakajima, I.; Muroya, S.; Chikuni, K.; Aikawa, K.; Ide, Y.; Nakanishi, N.; Suzuki, N.; Shioya, S.; Takenaka, A. 2012. Radiocesium distribution in the tissues of Japanese Black Beef heifers fed fallout-contaminated roughage due to the Fukushima Daiich Nuclear Power Station accident. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 76 : 1596-1599.
- 6) 東京電力株式会社. 2012. 福島第一原子力発電所事故における放射性物質の大気中への放出量の推定について. http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu12_j/images/120524j0105.pdf
- 7) 竹内 啓, 高橋行雄, 大橋靖雄, 芳賀敏郎. 1989. 竹内 啓監修. SASによる実験データの解析-SASで学ぶ統計的データの解析⑤. p.54.