

「飼料から牛肉への放射性物質の移行の考え方」の解説

平成23年6月8日(水)付けで、農林水産省消費・安全局畜水産安全管理課より「飼料から牛肉への放射性物質の移行の考え方」という事務連絡が発出されています。この事務連絡に基づき、①粗飼料中の放射性セシウム濃度から牛肉中へ移行するセシウム濃度を算定する方法、②牛肉に蓄積した放射性セシウム濃度が食品の暫定規制値を下回るまでの期間を算定する方法及び③収穫した牧草の放射性物質の濃度及び生牧草への換算について、実例を挙げながら分かりやすく解説します。

本解説は、理解を深めるため上記事務連絡の考え方を解説したものです。実際には、放射性物質を含む牧草等の給与・放牧の可否及び放射性物質を含む牧草を食べさせた家畜から生産された畜産物の出荷等については、国や都道府県の指導等に従って下さい。畜産物の風評被害を起こす可能性もありますので、個人的な判断に基づいて指導等と異なる行動を取ることが無いよう、ご理解をお願いします。

なお、飼料の暫定許容値は、生牧草を想定して定められていますので、本文で特に明記していないときは、すべて「生牧草」とします。乾草などのセシウム濃度を生牧草へ換算することなどについては、4をご覧ください。

1. 放射性物質濃度の算定に当たっての留意事項

牛は、飼料以外の要因（水、空気、土壌等様々なもの）から放射性物質を摂取する可能性があります。そのため、飼料のみのコントロールでは、食品の暫定規制値を満たす畜産物生産ができないことがあることを理解した上で、以下の算定を行って下さい。

2. 飼料のセシウム濃度から牛肉中のセシウム濃度を算定する方法について

セシウムを含む飼料を牛が食べ続けると、牛の体内にセシウムが蓄積していき徐々に濃度が高くなっていくことが分かっています。食べ続けるにしたがい筋肉中のセシウム濃度の上昇は徐々に緩やかになり、ある程度の期間が経つと（60日以上）、それ以上筋肉中の濃度が上がりなくなります（平衡状態）。この濃度は、飼料のセシウム濃度に比例することが分かっています、飼料中の濃度と牛肉中の濃度の比を「飼料から牛肉への移行係数」として、国際原子力機関（IAEA）がデータを取りまとめています。

一定濃度のセシウムを含む飼料を摂取し続け、平衡状態に達した牛肉中のセシウム濃度は、以下のようにして算定できます。

$$\text{飼料のセシウム濃度 (Bq/kg)} \times \text{飼料摂取量 (kg/日)} \times \text{移行係数 (日/kg)} \\ = \text{牛肉中のセシウム算定濃度 (Bq/kg)}$$

例を挙げると、

200 (Bq/kg) の飼料を 14 (kg/日) 食べ続けた場合、セシウムの移行係数を 0.096 (日/kg) とすると、

$$200 \times 14 \times 0.096 = 269 \text{ (Bq/kg)}$$

となり、牛肉中のセシウム濃度は、269 (Bq/kg) と算定されます。なお、摂取する飼料の量が多いほど、牛肉中のセシウム濃度が高くなることに注意して下さい。

セシウムの移行係数は、これまでの調査結果等から求められたものですが、様々な数値の報告があるため、食品の安全確保の観点から IAEAの最大値 (0.096 (日kg)) を用います。表 1 に、飼料のセシウム濃度と、飼料摂取量による牛肉中のセシウム濃度の算定例を示しますので参考として下さい。

なお、飼料摂取量に用いる値は、算定の対象となる牛に給与する最大値を用いて下さい。また、育成段階や肥育段階など、飼料の摂取量が異なる場合や、飼料のセシウム濃度が異なる場合は、それぞれ分けて算定する必要があります。

表 1 飼料のセシウム濃度と摂取量から算定される牛肉中のセシウム濃度の最大値 (Bq/kg)

飼料のセシウム濃度 (Bq/kg)	飼料摂取量 (kg/日)								
	5	10	15	20	25	30	40	50	70
10	5	10	14	19	24	29	38	48	67
50	24	48	72	96	120	144	192	240	336
100	48	96	144	192	240	288	384	480	672
200	96	192	288	384	480	576	768	960	1,344
300	144	288	432	576	720	864	1,152	1,440	2,016
500	240	480	720	960	1,200	1,440	1,920	2,400	3,360
1,000	480	960	1,440	1,920	2,400	2,880	3,840	4,800	6,720
2,000	960	1,920	2,880	3,840	4,800	5,760	7,680	9,600	13,440
5,000	2,400	4,800	7,200	9,600	12,000	14,400	19,200	24,000	33,600

注：乳用牛及び肥育牛のセシウムの暫定許容値は、300 (Bq/kg) 以下とされているため、これを超える牧草は、量にかかわらず対象牛への給与できません。

3. 飼料から牛肉に移行した放射性セシウムが、食品の暫定規制値を下回るまでの間を算定する方法について

牛が摂取したセシウムは、大部分がふん尿として体外へ排出されるため、摂取量が減少すると、体内に蓄積されたセシウム濃度が徐々に低下していきます。これまでの調査結果等から、このような体内の濃度が半分になるまでの時間を「生物学的半減期」と言います。セシウムの生物学的半減期は、これまでの報告では 0.6~60 日とかなり幅がありますが、2 と同様に食品の安全確保の観点から、最大値の 60 日を用いています。

例を挙げると、

育成牛が 5,000 (Bq/kg) の飼料を 25 (kg/日) 食べ続けた場合の牛肉中のセシウム濃度は、表 1 より 12,000 (Bq/kg) と算定されます。その後、輸入乾草などセシウムを含まない飼料を与えた場合、牛肉中のセシウム濃度は、60 日後に半分の 6,000 (Bq/kg)、120 日後にさらに半分の 3,000 (Bq/kg)、180 日後

にはそのまたさらに半分の1,500 (Bq/kg) と減少していき、計算上は275 日後に牛肉の暫定規制値の500 (Bq/kg) と等しくなります。この計算結果は、関数電卓や表計算ソフト（エクセルなど）を用いれば、簡単に求めることができます。

体内のセシウム濃度がA (Bq/kg) の牛に、セシウムを含まない飼料をB日間与えたときの牛肉中のセシウム濃度C (Bq/kg) は、以下のように求められます。

$$C = A \times (1/2)^{(B/60)} \quad \dots \quad \text{式 1}$$

例を挙げると、セシウム濃度 (A) が 10,000 (Bq/kg) の牛に、輸入乾草 (B) を 240 日間与えたときの牛肉中のセシウム濃度 (C) は、

$C = 10,000 \times (1/2)^{(240/60)} = 10,000 \times (1/2)^4 = 10,000 \times (1/16) = 625$ (Bq/kg) となります。

また、目的とするセシウム濃度C (Bq/kg) まで減少させるのに必要な日数Bは、表計算ソフトを用いると、以下のような数式で求めることができます。

$$B = +\text{LOG}(C/A, 0.5) * 60 \quad \dots \quad \text{式 2}$$

その結果の例を、表 2 に示します。

表 2. 飼料を変えて牛肉中のセシウムが暫定規制値 (= 500(Bq/kg)) 以下となるまでに必要な日数 (日)

牛肉のセシウム濃度 (Bq/kg)	飼料のセシウム濃度 (Bq/kg) および給与量						
	0 (Bq/kg)	100 (Bq/kg)			200 (Bq/kg)		300(Bq/kg)
		10kg/日	25kg/日	40kg/日	10kg/日	25kg/日	10kg/日
700	29	48	86	156	71	308	103
1,000	60	78	117	186	102	339	134
2,000	120	138	177	246	162	399	149
5,000	199	218	256	326	241	478	229
8,000	240	258	297	366	282	519	269
10,000	259	278	316	386	301	538	289
15,000	294	313	351	421	336	573	324
20,000	319	338	376	446	361	598	349
30,000	354	373	411	481	396	633	384

注：網掛けは、日数が1年以内。

なお、セシウムを含まない牧草の場合は、給与量は影響しません
例を挙げると、

2の計算等から牛肉中に10,000(Bq/kg)のセシウムが蓄積されている牛について、牛肉中のセシウム濃度が食品の暫定規制値である500(Bq/kg)以下となるまでに必要な期間は、セシウムを含まない輸入飼料などを与えた場合は259日以上、セシウムを200(Bq/kg)含む飼料を10(kg/日)与えた場合は301日以上になります。

<応用例(その1…繁殖牛)>

200(Bq/kg)の生牧草を30(kg/日)与えた繁殖牛について、**廃用とするため100(Bq/kg)の生牧草を25(kg/日)与えた場合**

まず表1より、牛肉中のセシウム濃度が576(Bq/kg)と推定されます。暫定許容値の300(Bq/kg)を下回っていても、摂取量が多いため牛肉の暫定許容値(=500(Bq/kg))を超える可能性があることに注意して下さい。

次に廃用とするために必要な日数は、表2より、576(Bq/kg)の欄はないので、安全をみて700(Bq/kg)とし、100(Bq/kg)の生牧草を25(kg/日)与えた欄を参照すると、86日以上ということが分かります。

実際の期間設定には、牛の個体差等がありますので、算定結果を参考に多めの期間を設定して下さい。

(参考)

式1及び式2は、飼料中の放射性ヨウ素(^{131}I)やセシウム(^{134}Cs 、 ^{137}Cs)の濃度推定にも利用可能です。その際は、ヨウ素については「60(日)」を「8(日)」に、セシウムについては「2(年)、30(年)」にそれぞれ入れ替えて下さい。

4. 収穫した牧草の放射性物質の濃度及び生牧草への換算について

牧草の粗飼料の放射性物質の濃度は、県が行っている牧草の定点調査結果等をもとに、収穫した地域における収穫時点の最大値を用いて下さい。牧草の定点調査のデータについては、県庁の畜産関係課へお問い合わせになるか、各県及び[農林水産省のホームページ](#)に掲載されていますのでご覧下さい。

定点調査結果の放射性物質濃度は、標準化のため、すべて含水率8割の生牧草に換算された値で示されています。実際に牛へ給与する際は、乾草やサイレージに調製することが多いと思いますが、生牧草を乾草やサイレージに調製すると水分が減少するためその分重量が減ります。したがって、乾草やサイレージに調製して給与した場合は、2及び3で用いる飼料の給与量を生牧草の量に換算する必要があります。生牧草の水分量は8割としていますので、実際に給与した牧草の水分量が分かっている場合は、水分量が8割の生牧草相当となるよう給与量を換算して下さい。なお、簡易的に換算する場合は、表3を用いても構いませんが、実際の飼料の水分量に合わせて換算率を修正した方が正確です。

表 3. 生牧草（水分量 8 割）への換算の目安

	水分量 (%)	換算率
生牧草	80	1
高水分サイレージ	70	2
低水分サイレージ	50	3
乾草	15	5

注：小数点以下切り上げ

例を挙げると、

地域のセシウム濃度が 300 (Bq/kg)、水分量が 50%の低水分サイレージを 10 (kg/日) 給与した繁殖雌牛の牛肉中のセシウム濃度は、

$$\text{牛肉中のセシウム濃度} = 300 \times (10 \times 3) \times 0.096 = 864 \text{ (Bq/kg)}$$

と算定されます。3の算定においても、生牧草以外を給与した場合は同様に換算を行って下さい。なお、別の調査結果等から、その粗飼料のセシウム濃度が分かっている場合は、生牧草へ換算する必要はありません。

<応用例（その2…搾乳牛）>

生牧草に換算すると 300 (Bq/kg) のイタリアンライグラスの低水分サイレージを 20 (kg/日) 給与した搾乳牛を廃用する場合

搾乳終了時の牛肉中のセシウム濃度は、

$$\text{牛肉中のセシウム濃度} = 300 \times (20 \times 3) \times 0.096 = 1,728 \text{ (Bq/kg)}$$

と算定されます。

搾乳牛及び肉用牛の暫定許容値は共に 300 (Bq/kg) ですが、搾乳牛は肉用牛と比較して飼料の摂取量が多いことから、（牛乳は問題ありませんが）牛肉は暫定許容値 (=500 Bq/kg) を超えるセシウム濃度になっている可能性があることに注意して下さい。

この牛を廃用とするため、輸入乾草を与え食肉用に出荷するためには、表 2 より、牛肉のセシウム 2,000 (Bq/kg) の欄と、飼料 0 (Bq/kg) の欄より 120 日必要ということになります。

<参考文献及び放射性物質関連リンク集>

参考文献

(参考書・報告書)

- ・ 土壌から農作物への放射性物質の移行係数（（財）原子力環境整備センター、1988）
- ・ 環境放射能－挙動・生物濃縮・人体被曝線量評価－（佐伯誠道編、1984）
- ・ 生物圏評価のための土壌から農作物への移行係数に関するデータベース（日本原子力研究開発機構、2009）
- ・ Quantification of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments (IAEA - TECDOC - 1616) (IAEA, 2009)
- ・ Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments (Technical reports series No. 472) (IAEA, 2010)
- ・ Present and future environmental impact of the Chernobyl accident (IAEA, 2001)

(関連論文)

- ・ 国産牛乳におけるセシウム-137の移行係数に関する研究（三橋俊彦、1996）
- ・ 土壌及び土壌－植物系における放射性ストロンチウムとセシウムの挙動に関する研究（津村昭人ら、1984）
- ・ Experimental determination of transfer coefficients of ^{137}Cs and ^{131}I from fodder into milk of cows and sheep after the chernobyl accident (G. Voigt et al. 1989)

関連リンク

(原発関係)

- ・ [農林水産省（牧草中の放射性物質の調査結果について）](#)
- ・ [農林水産省（農林漁業者の方々へ…通知やQ&Aなど）](#)
- ・ [農林水産省（東電事故にかかる連絡会議）](#)
- ・ [農畜産物の出荷制限・解除について](#)
- ・ [食品中の放射性物質の調査結果](#)
- ・ [食品の放射性物質にかかる暫定規制値等](#)
- ・ [環境モニタリングの調査結果（文部科学省関係）](#)
- ・ [首相官邸（東日本大震災への対応）](#)
- ・ [原子力安全委員会](#)
- ・ [環境放射線等モニタリングデータ公開システム](#)
- ・ [（社）日本土壌肥料学会（原発事故関連情報）](#)
- ・ [ふくいちライブカメラ（福島原発1～4号機の映像）](#)

(飼料・研究関係)

- ・ [全国飼料増産協議会（飼料増産に関連した事業など）](#)
- ・ [（独）畜産草地研究所（畜産関係の研究機関）](#)
- ・ [（独）家畜改良センター（家畜の改良増殖や飼料作物種子の生産など）](#)

以上