

資料

放射能が畜産に及ぼす影響とその対策

竹 中 昭 雄 ((独)農研機構 畜産草地研究所)

Takenaka, A. (2012). The influence and countermeasure of radionuclides on animal production.

Proc. Jpn. Pig Vet. Soc. 60, 7-12.

キーワード：原発事故、放射性セシウム、移行係数

1. はじめに

平成23年3月11日に発生した、東日本大震災による津波によって引き起こされた東京電力福島第一原子力発電所事故により、大量の放射性物質が大気中に放出され、東北・関東地方では広い地域において放射性物質による汚染が広がった。放射性物質のうち、特に放射性セシウムについては、その物理的半減期が比較的に長い（セシウム134は約2年、セシウム137は約30年）ために、今後、長期にわたっての対策が必要と考えられる。本報告では、主に土壤表面に降り注いだ放射性セシウムの牧草や飼料用トウモロコシへの移行とその低減策、飼料から牛乳や牛肉への移行とその低減策、及び家畜における生物学的半減期について検討を加えた農林水産省委託事業である実用技術開発事業の成果を中心として、これまでに報告されている文献値を交えて報告し、残された課題と今後の研究方向について考察する。

2. 移行係数とその考え方

畜産に及ぼす放射性物質の影響については、土壤等の環境から牧草や飼料作物への移行、飼料から乳・肉等の畜産物への移行の2段階について考慮する必要がある(図1)。放射性核種の移行程度を示す指標に移行係数がある。このうち、農作物における移行係数については、土壤中の放射性核種濃度と作物中の放射性核種濃度の比で表され、英語表記では Transfer Factors (F_v) と呼ばれる。一方、畜産物については、飼料摂取量を考慮する必要があるために、一日あたり摂取される放射性核種の総量と畜産物中の放射性核種の比で表され、英語表記では Transfer Coefficients (乳では F_m 、肉・卵では F_f) と呼ばれている(図2)。すべての核種に関する移行係数については、長年の研究成果が蓄積されて国際原子力機関(IAEA)の報告書に

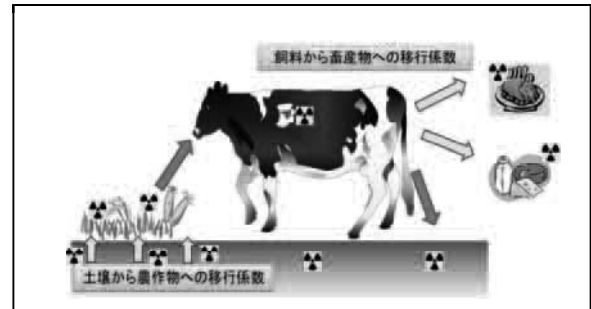


図1. 畜産物への放射性セシウムの移行については2段階の移行について考慮が必要



図2. 移行係数について

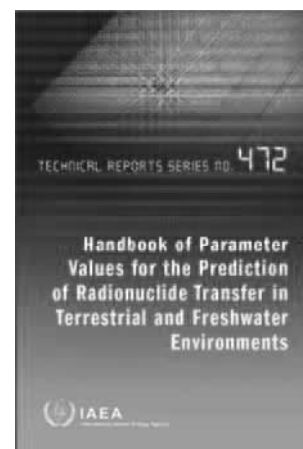


図3. 移行率・移行係数はIAEA(国際原子力機関)が公表しているテクニカルレポートにまとめられている。インターネットで入手可能(208ページ)
http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/trs472_web.pdf

まとめられている(図3)。そのうち、放射性セシウムについての穀物、トウモロコシ、牧草への移行係数の一部を図に示した(図4)が、作物種や土壌の種類によって大きな偏差があり、最小値と最大値の差が1000倍以上となる場合もある。図5には飼料から畜産物へのセシウムについての移行係数を示したが、こちらも最小値と最大値の差が牛乳で200倍などと大きくなっている。豚肉や鶏肉では偏差が小さいが、これは報告数が少ないことにも起因している。畜産物についての移行係数は摂取した放射性核種総量の比率で示されることから、飼料摂取量による違いはないこととされているが、セシウムにおいて飼料摂取量が増加すると移行係数が低下するという報告もある(図6)。また、移行係数(F_m あるいは F_f)は小型の家畜ほど大きくなる傾向がある一方、濃度比(Concentration Ratio:CR)は一定の値を示す傾向がある(図7)。平成24年度からの家畜用飼料の新たな暫定許容値の算定基準においても、肉用鶏では成長に伴い移行係数が小さくなることから濃度比を用いている(農水省HP参照 http://www.aff.go.jp/j/syouan/soumu/saigai/siryoku_faq.html)。

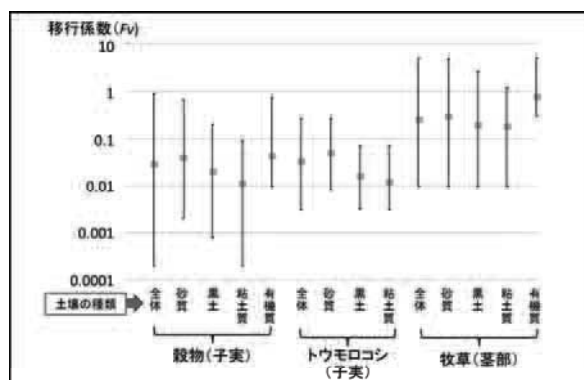


図4. 農作物へのセシウムの移行係数(Transfer factors: F_v) (幾何平均と最小値、最大値)

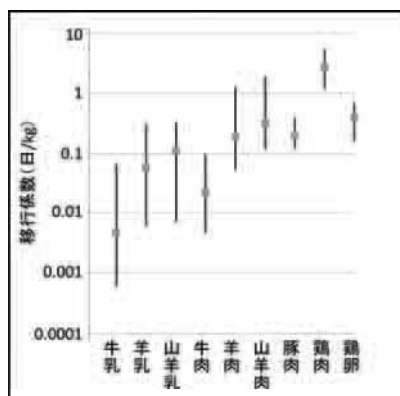


図5. 畜産物へのセシウムの移行係数(Transfer Coefficients: F_m または F_f) (幾何平均と最小値、最大値)

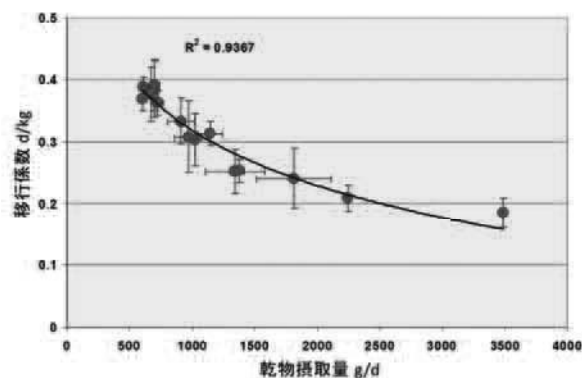


図6. 羊肉における放射性セシウム移行係数と乾物摂取量の関係(Beresfordら、2002)

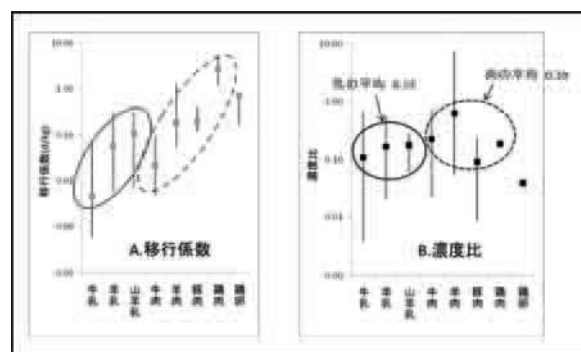


図7. 移行係数(F_m または F_f) と濃度比(CR : Concentration ratio)の比較

移行係数や濃度比について、特に豚・鶏等における濃度比のデータは世界的にも少ないことから、今後ともデータの蓄積は重要な課題である。

3. 牧草地や飼料作物への影響と対策

ここからは、平成23年度の農林水産省の委託研究である「新たな農林水産施策を推進する実用技術開発事業」の緊急対応型の課題である「植物から農畜産物への放射性物質移行低減技術の開発」の畜産部分の成果を中心に述べる。

原発事故による放射性核種のフォールアウトにより土壌表面が汚染され、そこから牧草や飼料作物に移行すると考えられる。一般的にフォールアウトした放射性セシウムは土壌表面に存在することから、草地を耕耘して種子を播き直す(更新)ことによって採草地表面の空間線量を低減することが可能と考えられる。そこで、採草地の更新前後における草地表面の空間線量率の分布と更新後の牧草中の放射性セシウム濃度を調査したところ、簡易更新、完全更新とも更新後の空間線量率は更新前より低下した。また、更新作業後の放射性セシウム垂直分布では、完全更新区では下層の濃度が高く、簡易更新区では上層が高くなっていた(図8)。

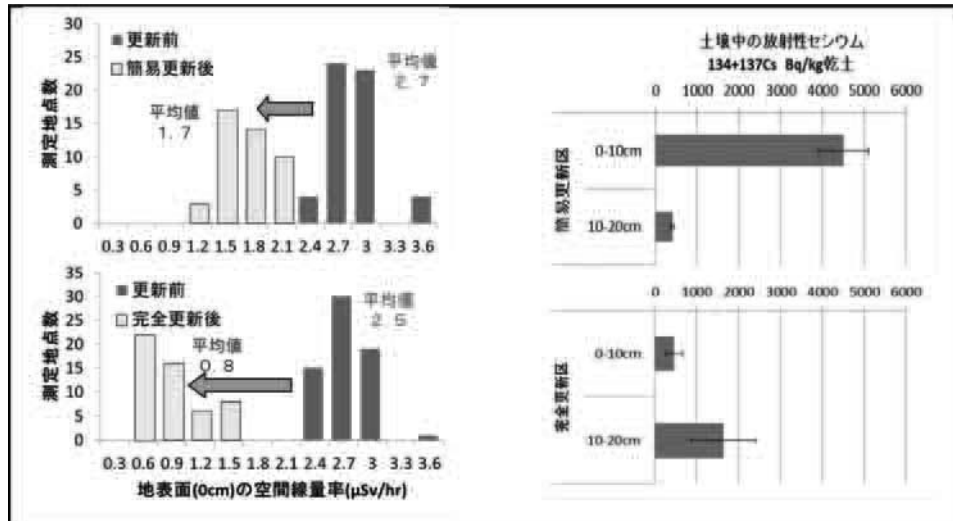


図8．草地更新後の採草地表面空間線量率の頻度分布と更新後の土壌中放射性セシウム濃度

また、更新後、12月に採取した牧草中の放射性セシウム濃度は更新しない場合より低下し、特に放射性核種を深く埋没させる完全更新ではその効果が大きかった(図9)。

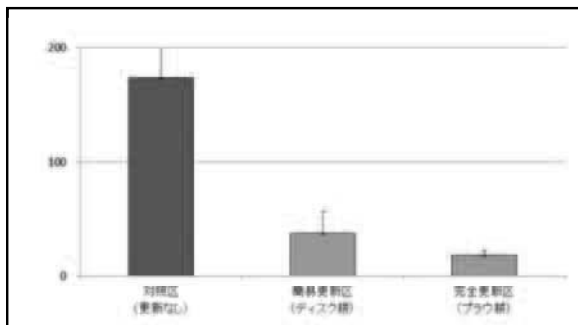


図9．草地更新後の年内刈り牧草中放射性セシウム濃度(乾物20%換算、播種日9月30日、採取日12月7日)

飼料用トウモロコシへの放射性セシウムの移行については、堆肥を施用すると土壌から飼料用トウモロコシへの移行が小さくなり、牛ふん堆肥を10aあたり施肥基準等で推奨されている3t程度連年施用した圃場では、トウモロコシの放射性セシウム濃度が4割程度低くなった(図10)。また、これまで公表されている調査結果では、飼料畑土壌の交換性 K_2O は十分に高い場合が多いが、土壌の K_2O 含量が低い場合には、カリ肥料の施用により放射性セシウムの移行が25%程度抑制された(図11)。

以上のことから、牧草への放射性セシウム移行を低減する技術として、草地更新、特にプラウ耕を用いた深耕が効果的である。ただし、この場合放射性セシウムは草地に残存することに留意する必要がある。また、

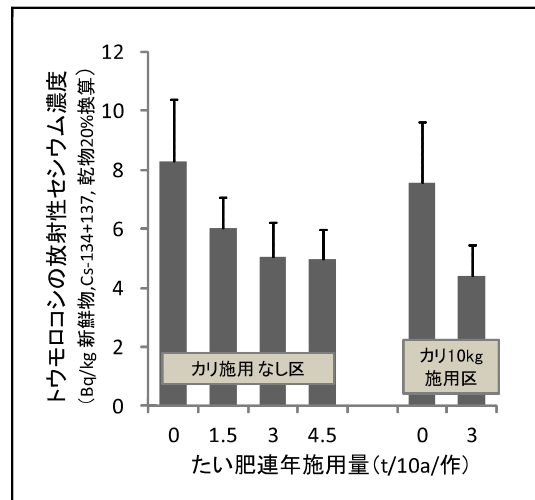


図10．堆肥の連年施用の違いが黄熟期トウモロコシの放射性セシウムに及ぼす影響

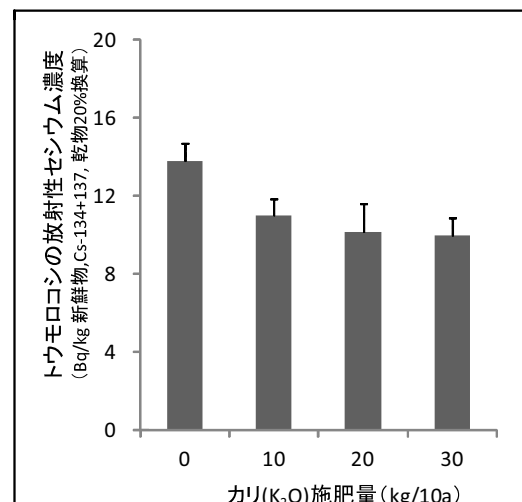


図11．低カリ肥沃度条件における施肥が黄熟期トウモロコシの放射性セシウム濃度に及ぼす影響

一般的に国内の飼料畑土壌の交換性カリは十分に高い場合が多いが、堆肥やカリ肥料が充分施用されていない場合には、飼料用トウモロコシへの移行低減技術として、堆肥やカリ肥料を適切に施用することが推奨される。

4. 畜産物への移行とその対策

実用技術開発事業では、我が国における飼養形態での飼料から牛乳や牛肉への放射性セシウムの移行程度、乳牛に清浄な飼料を給与した時の生物学的半減期を調査するとともに、放射性セシウムを吸着して家畜への吸収を阻害する物質の効果について検討した。

セシウムを吸着する資材として、ゼオライトやベントナイト等の粘土鉱物があるが、これらの資材の放射性セシウムを吸着する量について、放射性セシウムを含むルーメン内容液を用いた in vitro 試験を行った結果、多いものでは供試したルーメン内容液中の 6 割近くの放射性セシウムを吸着した (図12)。また、乳牛の飼養試験において、これらの資材を 1 日あたり 300g 飼料に添加することにより、乳中放射性セシウム濃度は 15% 減少したが有意な差ではなかった (表 1)。この時、乾物摂取量や乳量に有意な影響は見られなかったが、ベントナイト添加により、乳脂肪及び乳蛋白質率が低

下した (表 2)。清浄な飼料に切り替えると、乳中の放射性セシウム濃度は速やかに低下し、その生物学的半減期は約 5 日であり、粘土鉱物の資材を加えてもほとんど影響がなかった (図13)。消化試験装置による乳牛の飼養試験では、給与された放射性セシウムの約 10% が乳中へ、約 15% が尿へ、62% が糞中に排泄されることが明らかとなり (図14)、セシウムを特異的に吸着するプルシアンブルーを飼料中に 1 日あたり 3 g 添加することによって、乳中への放射性セシウム移行が 3 割低下した。海外での使用実績は多いが、国内におけるプルシアンブルーを用いた放射性セシウムの移行低減については、さらなる技術的な検討が必要である。

肉牛における放射性セシウムの移行部位について検討した結果、筋肉部位間の差はほとんどなかったが、臓器間ではばらつきがあり、腎臓で高く、脂肪組織や血液中では低いことが明らかとなった (図15)。現在、福島県を含む多くの都県で、枝肉の放射性物質濃度に関する全頭検査が行われているが、と畜前に牛肉中の放射性セシウム濃度を推定する技術に関しては、様々な方式が検討されている。その中で、全農飼料畜産中央研究所は (独) 農研機構・畜草研等と共同で NaI シンチレーションサーベイメーターを用いた簡易な推定手法を開発した。この測定法の重要な点は、検知管を

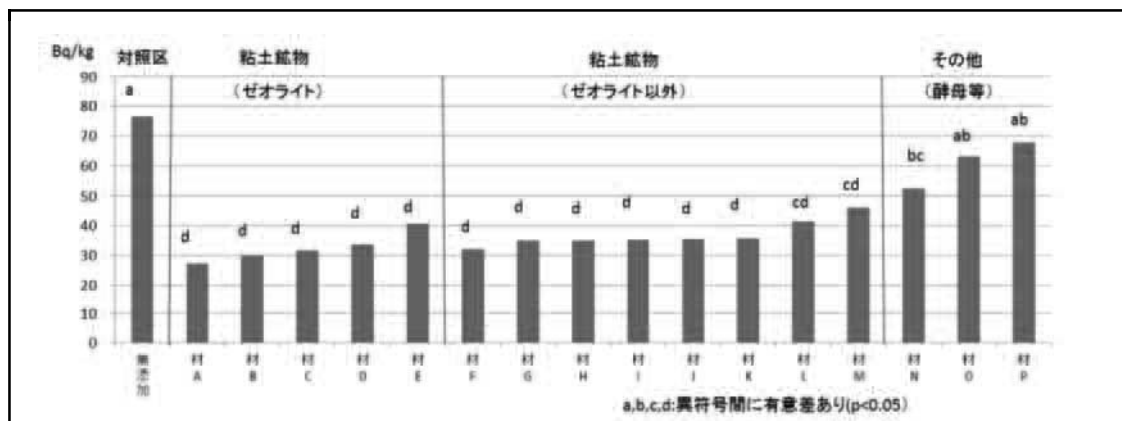


図12. ルーメン内容液を用いた吸着資材による放射性セシウム濃度低下 (ルーメン内容液150ml に吸着資材 1 g を添加し24時間浸透培養を行った)

表 1. 泌乳牛における乳、尿、血液、糞中の放射性セシウムの濃度 (ゼオライト、ベントナイト区はそれぞれの資材を 1 日あたり 400g 給与)

	現物 Bq/kg			
	生乳	尿	血液	糞
対照区	48	108 ^a	7 ^A	549
ゼオライト区	41	87 ^b	5 ^{AB}	556
ベントナイト区	41	89 ^b	4 ^B	537

異符号間に有意差あり (a,b 小文字 (p<0.05)、A,B 大文字 (p<0.10))

表2. 乾物摂取量、乳量、乳質に及ぼす吸着資材の影響

	飼料摂取量		乳量	乳脂肪率	乳蛋白質率	乳糖率	SNF	MUN	SCC
	乾物 kg/d	現物 kg/d	kg/d	%	%	%	%	mg/dl	count/ml
対照区	19.6	41.5	29.0	4.56 ^a	3.10 ^a	5.80 ^b	8.91 ^b	14.32	17000
ゼオライト区	18.7	39.5	28.7	4.61 ^a	3.13 ^a	5.88 ^a	9.05 ^a	14.33	15300
ベントナイト区	20.1	42.6	29.2	4.04 ^b	2.99 ^b	5.77 ^b	8.80 ^c	14.93	16300

SNF: 無脂乳固形物率、MUN: 乳中尿素窒素含量、SCC: 乳中体細胞数、異符号間に有意差あり(p<0.05)

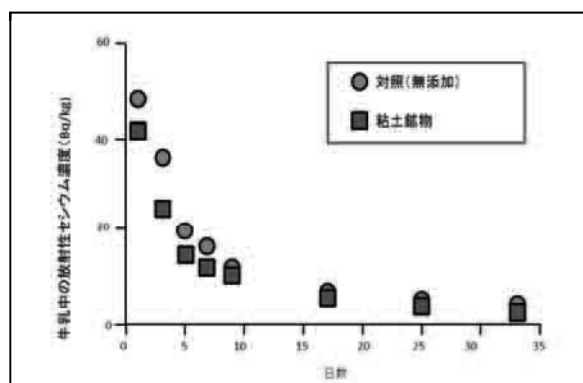


図13. 泌乳牛での生物学的半減期の推定

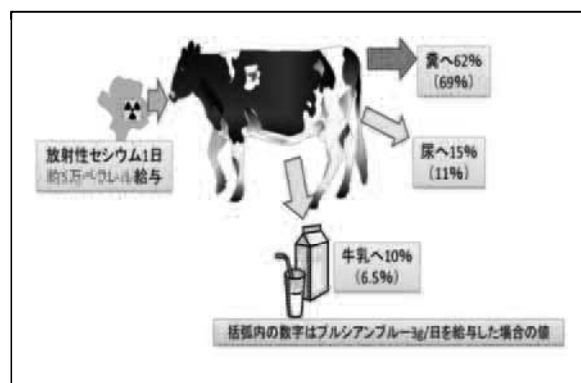


図14. 消化試験装置による乳牛飼養試験の結果

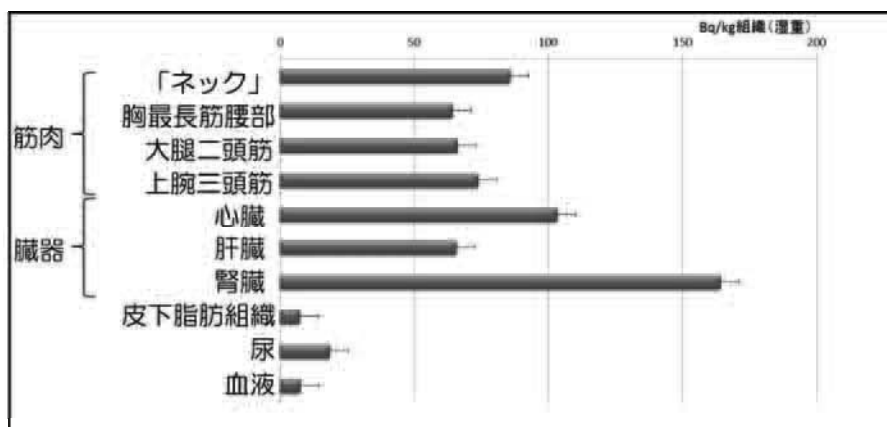


図15. 肉牛における放射性セシウムの移行部位

鉛筒で覆って周りからの放射線を防ぐことと、純水を入れたポリタンクを測定牛の近傍で対照として測定して厳密なバックグラウンドを得ることである。精度を高めるためにより多くのデータの取得が重要な課題である。

5. 残された課題と今後の研究方向

残された主な課題としては、以下の3点が考えられる。①草地更新により牧草の放射性セシウム濃度を低減できることを明らかにしたが、草地更新が難しい急斜面等についてどうするか。②汚染された飼料を給与された家畜の排泄物や堆肥等をどうするべきか。③繁殖牛や老廃牛など、平成23年度の暫定許容値が高かった飼料を給与されていた家畜のと殺前推定技術の精度

を高めるにはどうしたらよいか。放射性セシウム137の物理学的半減期は30年と比較的長いことから、今後も、放射性セシウム濃度のモニタリングを含めて、引き続き調査を続けて行く必要がある。さらに、消費者や生産者に正確な情報を提供する必要がある。

6. 最後に

本報告で紹介した国内の成果については、農林水産省委託事業、「新たな農林水産施策を推進する実用技術開発事業」の緊急対応型の課題である「植物から農畜産物への放射性物質移行低減技術の開発」によって得られた成果である。本事業に参加して下さった福島県農業総合センター畜産研究所、(株)大日精化工業、及び(独)農研機構・畜産草地研究所の担当者の方々に

御礼を申し上げる。また、と殺前推定技術として、体表面からのサーベイ手法を確立した全農飼料畜産中央研究所の林所長及び全農の担当者の方々、海外における貴重な情報を提供してくださった英国ランカスター環境研究センターの Brenda J. Howard 博士ならびに Nicholas A. Beresford 博士に感謝申し上げます。最後になったが、東日本大震災とその後の東京電力福島第一原子力発電所事故によって被災された多くの方々に謹んでお見舞い申し上げますとともに、震災でなくなられた方々に深い哀悼の意を表する。

7. 参考資料等

- 1) IAEA (2010) Technical report series no.472, Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments.
- 2) Beresford, NA, et al. (2002) Dry matter intake - a generic approach to predict the transfer of radio-caesium to ruminants?, Radioprotection-Colloques, 37: 373-378.
- 3) 農研機構 畜産草地研究所 (2011) 堆肥の継続的な施用が飼料用トウモロコシへの放射性セシウムの移行抑制に有効であることが判明
http://nilgs.naro.affrc.go.jp/press/2012/0307/cs-yokusei_index.html
- 4) 福島県農業総合センター (2011)、農業分野における放射性物質試験研究について
http://www4.pref.fukushima.jp/nougyou-centre/kenkyuseika/kenkyu_seika_radiologic.html##4