

特集論文

農林技術センター畜産部門における放射性物質のモニタリング

山本倫成¹・片桐孝志¹・秋葉よしえ¹・岡田一男¹・米川和範¹

松本安広¹・田島淳史^{1,2}・石川尚人^{1,2}・浅野敦之^{1,2*}

¹ 筑波大学農林技術センター

305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1

² 筑波大学生命環境系

305-8572 茨城県つくば市天王台1-1-1

要 旨

東北地方太平洋沖地震による東京電力福島第一原子力発電所の事故に伴う放射性物質の拡散は周辺地域において酪農生産物の安全性に懸念を引き起こした。本報告では、2011年から2013年までの間、筑波大学農林技術センターで生産された原乳および飼料作物、飼料畑土壌、牛用運動場土壌、および堆肥における放射性物質(¹³¹I、¹³⁷Csおよび¹³⁴Cs)の濃度をモニタリングした。原乳中の¹³¹I濃度は事故直後に302±14Bq/kgFWとなり最も高く、その後速やかに低下した。また、¹³⁷Csおよび¹³⁴Csは検出されなかった。一方、飼料作物では何れの放射性物質も検出されなかった。2011年には飼料畑および牛用運動場の土壌中において¹³¹I、¹³⁷Csおよび¹³⁴Csが検出され、運動場で飼料畑と比較して高い傾向が認められた。2012年には堆肥から¹³⁷Csおよび¹³⁴Csが検出された。さらに、牛用運動場では高い¹³⁷Csおよび¹³⁴Cs濃度(A地点, 133±19Bq/kgFWおよび⁸¹±13Bq/kgFW; B地点, 506±34Bq/kgFWおよび³⁰¹±24Bq/kgFW)を示す地点が確認された。2013年には堆肥において¹³⁷Csおよび¹³⁴Csが検出された。

キーワード：牛用運動場、原乳、飼料作物圃場、堆肥、放射性物質

緒 言

2011年3月11日午後2時46分に宮城県沖を震源とするマグニチュード9.0の地震が発生した(気象庁2011a)。つくば市においても震度6弱を記録し(気象庁2011b)、筑波大学の施設・設備に大きな被害を及ぼした。そこでまず地震による農林技術センター畜産部門の被害と原乳出荷への影響を以下に記す。

地震発生時、農林技術センターでも強い揺れを感じたが、幸いなことに家畜および作業従事者に被害はなかった。これは大部分の柵など予め固定処置がとられていたため、転倒等の被害が発生しなかったことに因ると考えられる。し

かし、地震発生直後に大学全体の電気、水道およびガスが停止したため、搾乳時にミルクカーを使用することができず、職員全員の協力を仰ぎ手搾りで搾乳を行った。震災当時12頭の搾乳牛がいたが、機械搾乳では通常40～50分ほどで搾乳作業が終了するところを、約2時間と通常の3倍近い時間を要した。電気は3月13日の午前中に復旧したため、同日の夕方から機械搾乳を行うことが可能になった。しかし、水道水の供給については、地震直後から停止し、通水が再開したのは電気復旧一週間後の3月18日であった。水道が停止したことに伴い、搾乳施設の洗浄やウシの飲料水の供給に多大な困難が生じた。農林技術センターには、ミルクングパーラー

*連絡者：浅野敦之 筑波大学農林技術センター

305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1

E-mail: asano.atsushi.ft@u.tsukuba.ac.jp

に隣接して汲み上げた地下水を地下タンクに貯蔵する大学本部の施設が設置されている。そこで、この地下タンクに貯蔵されている水を小型ポンプで汲み上げ、乳牛の飲用水とした。一方、搾乳施設の洗浄不足による搾乳牛の乳房炎などの疾病の発生が懸念されたが、震災の発生が春先であり、気温が低かったことから、疾病の発生頻度には震災前と大きな変化はなかった。

一方、原乳の出荷は震災当日の3月11日から停止した。その後3月20日にいったん出荷再開の連絡があったものの3月21日に福島県で原乳中に暫定規制値を超える放射性物質が確認されたため、政府により出荷停止の処置がとられた。また、茨城県においても原乳で放射性物質が検出されたため3月23日に茨城県全域に出荷停止の処置が取られた。その後数回にわたり原乳のサンプルを採取し検査を行った結果、最終的に出荷が可能になったのは4月11日であった。このおよそ一ヶ月にわたる出荷停止措置により、廃棄となった原乳は計約7000kgに達し、全て飼料畑に散布した。

また2011年4月末に開始した牛用運動場土壌の放射性物質濃度のモニタリングにより、土壌中には放射性ヨウ素とセシウムが何れも高いレベルで存在していることが明らかになった。そこで搾乳牛が放射性物質で汚染された草を摂取することを防ぐため放牧を一時中止した。この結果、搾乳牛はコンクリート床の牛用運動場に終日いることになり、脚に対する負担が増加した。

以上の緊急時対応を経て、農林技術センター畜産部門の被害は最小限に抑えられた。一方で、地震による津波が発端になり発生した東京電力福島第一原子力発電所爆発事故は、放射性物質を周辺地域に拡散し、長期間にわたり国民の牛乳に対する安全感・安心感に波紋を投げかけた。過去に原乳への放射能汚染はチェルノブイリ原子力発電所の事故により発生したことが報告されている (Anderson 1958; Cragle 1961; Kirchner 1994)。この報告を元に、わが国でも国や自治体により原乳中放射性物質濃度のモニタリングが行われたが (農林水産省2015)、酪農施設における放射能汚染の状況を総合的に評価した報告例はない。

そこで、本報告では東京電力福島第一原子力発電所の爆発事故に伴って放出された放射性物質による、原乳、飼料作物、飼料畑土壌、牛用運動場土壌、および堆肥における汚染状況とそ

の経時的变化を検討するため、放射性物質のモニタリングを行ったので報告する。

材料および方法

試料の準備

震災後の2011年から2013年の間に原乳、飼料作物 (トウモロコシおよびライ麦)、牛用運動場土壌、飼料畑土壌ならびに堆肥置き場から採取した堆肥において、 ^{131}I 、 ^{137}Cs および ^{134}Cs の濃度を測定した。なお、堆肥は堆肥舎の一次発酵用区画 (堆肥置き場A) および隣接する二次発酵用区画 (堆肥置き場B) の堆肥表層から回収した。試料の準備は以下の通り行った。原乳は朝夕の搾乳により得た合乳を100mlプラスチック容器に入れた。トウモロコシは収穫後のサイロ詰め時に採取し、1L容器に詰めた。ライ麦は刈り取り後、細断して1L容器に詰めた。土壌の採取は、牛用運動場と飼料畑 (A圃場) において対角線より割り出した中央部地点で、深さ2センチ程度から採取して攪拌後100ml容器にそれぞれ詰めた。堆肥は堆肥置き場AおよびBから回収し、それぞれ1L容器に詰めた。なお、2011年4月27日の牛用運動場における土壌のサンプリングは中央部地点と共に運動場入り口地点でも行った (図2)。また、2012年6月25日の牛用運動場における土壌のサンプリングは運動場入り口前の水たまりの痕跡 (A) および左側奥の角で雑草の繁茂する土壌 (B) を選び行った (図4)。

放射性物質濃度の測定方法

試料中の放射性物質濃度は、筑波大学アイソトープ環境動態研究センターの協力の下、ゲルマニウム半導体検出器を用いて5000秒間測定した。なお、得られた結果は計測値±誤差 (信頼度99.7%) で示した。

結果および考察

原乳中の ^{131}I 濃度は事故直後 (2011年3月28日測定 $191 \pm 12 \text{Bq/kgFW}$) から急激に上昇し (2011年3月29日測定 $302 \pm 14 \text{Bq/kgFW}$)、その後約一週間掛けて検出レベル以下 ($205 \pm 12 \text{Bq/kgFW} \sim \text{ND}$) まで低下した (図1)。一方、 ^{137}Cs および ^{134}Cs は検出されなかった。飼料用トウモロコシでは同年8月26日にサイレージ、9月7～14日に植物体 (茎葉部) における放射性物質濃度を測定したが、何れにおいても検出されなかった。

この結果は、飼料用トウモロコシは土壌から放射性セシウムの移行が起りにくく、放射能汚染の影響を軽減できる飼料作物であることを指摘した報告からも裏付けられる(原田2014)。飼料畑および牛用運動場土壌中の ^{131}I 、 ^{137}Cs および ^{134}Cs における放射性物質濃度は、2011年には運動場(275±17Bq/kgFW~235±21Bq/kgFW, 425±28Bq/kgFW~255±22Bq/kgFWおよび422±27Bq/kgFW~248±19Bq/kgFW)において飼料畑(38±6Bq/kgFW~ND, 29±6Bq/kgFW~NDおよび27±5Bq/kgFW~ND)と比較して高い傾向が認められた(図2)。飼料畑の土壌における放射性物質の濃度が低いのは、播種を行う前にプラウを用いて耕起を行うため、地表に降下した放射性物質が土中に拡散あるいはすき込まれたためであると考えられる。これに対して、牛用運動場は土壌の耕起などを行っていないため、事故当時に降下した放射性物質が地表付近にとどまり放射性物質濃度が高くなったと考えられる。

2012年には堆肥で ^{137}Cs および ^{134}Cs が検出された(139±21Bq/kgFW~84±4Bq/kgFWおよび112±17Bq/kgFW~58±3Bq/kgFW)。これには、2012年の堆肥は2011年から腐熟させているため、事故当時に降下した放射性物質が残っていたこと、また極微量の放射性物質が付着した購入飼料の大量摂取により排泄物に濃縮された可能性が原因に挙げられる(図3)。牛用運動場土壌では水たまりの痕跡(A)および雑草の繁茂する土壌(B)を選び放射性物質濃度を測定した結果、高い ^{137}Cs (A, 134±19Bq/kgFW; B, 506±34Bq/kgFW)および ^{134}Cs (A, 81±13Bq/kgFW; B, 301±24Bq/kgFW)濃度を検出したことから(図4)、放射性セシウムが表層土壌へ残留している地点があることが明らかになった。2013年には、飼料畑で生産されたライ麦およびトウモロコシでは何れの放射性物質も検出されなかったが、堆肥では ^{137}Cs (29±3Bq/kgFW~34±3Bq/kgFW)および ^{134}Cs (16±2Bq/kgFW~17±2Bq/kgFW)が検出された(図3)。2013年の堆肥には、2011年にサイレージ化された飼料用トウモロコシ由来牛糞が混合されている。そのため事故当時微量の放射性物質が降下したトウモロコシをサイレージ化の後、2012~2013年にかけて乳牛が摂食することで排泄物に濃縮されたことが推察される。

以上の調査から、原乳における放射性物質濃度は原子力発電所爆発事故直後に上昇した

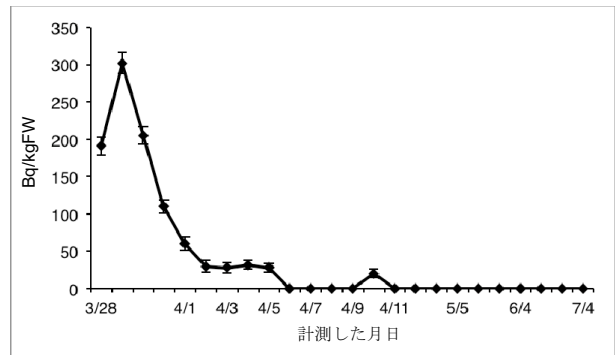


図1 2011年の原乳中 ^{131}I 濃度の経時変化

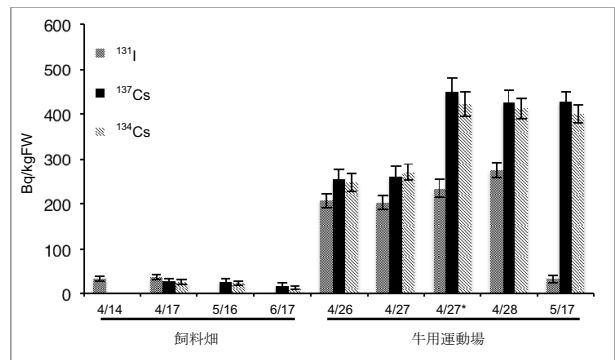


図2 2011年の飼料畑および牛用運動場における土壌中の ^{131}I 、 ^{137}Cs および ^{134}Cs 濃度(*牛用運動場入り口地点)

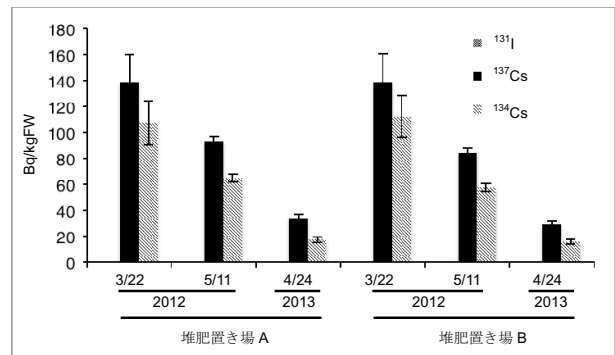


図3 2012および2013年の堆肥置き場における堆肥中の ^{131}I 、 ^{137}Cs および ^{134}Cs 濃度

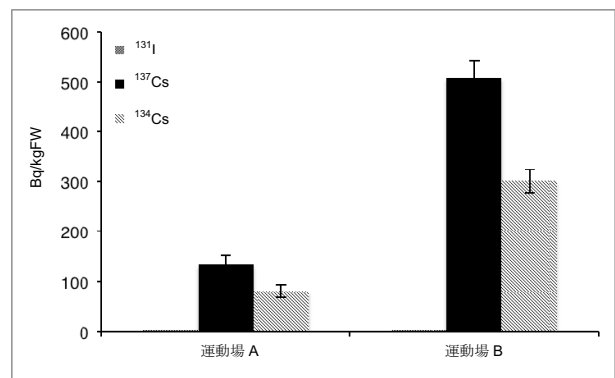


図4 2012年6月25日の牛用運動場A, 運動場B地点における ^{131}I 、 ^{137}Cs および ^{134}Cs 濃度

が、その後迅速に低下することが分かった。また放射性物質濃度は牛用運動場土壌と比較して、飼料畑土壌で低いことも分かった。このことは土壌の反転耕起は土壌表層への放射性物質の集積を避けるために有用であることを示唆している。一方、土壌中の放射性物質の飼料作物への移行は、農林技術センターの飼料圃場で栽培したトウモロコシおよびライ麦ではほぼ起こらないことも明らかになった。チェルノブイリ原子力発電所事故では、放射性物質を含む飼料を乳牛が生草および乾草の状態でも長期にわたり摂取した結果、甚大な原乳汚染が起こった (International Atomic Energy Agency, 2006)。原乳に放射性物質が移行する経路としては、大気中から呼吸器を介して体内に取り込まれると共に、乳牛の摂取する水又は飼料から体内に蓄積され、原乳へ移行することが知られている。そのため、大気中および水道水の放射性物質汚染が軽微である今回のような場合、原乳への放射性物質の移行を防ぐには、全ての飼料において継続的に放射性物質のモニタリングを行い安全性を確認する必要がある。また飼料作物を自家生産している酪農施設では、飼料畑土壌や堆肥における放射性物質濃度も測定し安全性を確かめることで、植物体への移行を防ぐことも肝要である。

謝 辞

放射性物質の測定にあたり、ご協力頂いた筑波大学アイソトープ環境動態研究センターの皆様に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- Anderson EC (1958) Radioactivity of people and milk:1957. *Science* 128: 882-886.
- Cragle RG (1961) Uptake and excretion of cesium134 and potassium42 in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 44: 352-357.
- 原田久富美 (2014) 飼料作物における放射性セシウム低減技術. *日本土壤肥料科学雑誌*85:107-112.
- International Atomic Energy Agency (2006) ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF THE CHERNOBYL ACCIDENT AND THEIR REMEDIATION: TWENTY YEARS OF EXPERIENCE, Vienna International Center.
- Kirchner G (1994) Transport of iodine and cesium via the grass-cow-milk pathway after the Chernobyl accident. *Health Physics* 66(6).
- 気象庁 (2011a) 東北地方の地震活動、平成23年3月地震・火山月報 (防災編) 9-12.
- 気象庁 (2011b) 「平成23年(2011年) 東北地方太平洋沖地震」による各地の震度、平成23年4月地震・火山月報 (防災編) 322-332.
- 農林水産省 (2015) 原乳の放射性濃度の検査結果について http://www.maff.go.jp/j/seisan/milk_inspect/milkinsp.html.

Monitoring of Radioactive Substances at Animal Production Division of Agricultural and Forestry Research Center

Tomonari YAMAMOTO¹, Takashi KATAGIRI¹, Yoshie AKIBA¹, Kazuo OKADA¹,
Kazunori YONEKAWA¹, Yasuhiro MATSUMOTO¹, Atsushi TAJIMA^{1,2},
Naoto ISHIKAWA^{1,2} and Atsushi ASANO^{1,2*}

¹ Agricultural and Forestry Research Center, University of Tsukuba,
Tennodai 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki, 305-8577, Japan

² Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba,
Tennodai 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki 305-8572, Japan

Abstract

The 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake caused the disaster of Tokyo Electric Power's Fukushima I Nuclear Power Plant, resulting in diffusion of radioactive substances in the atmosphere. This evoked serious concern to food safety, with a particular interest in dairy products. This led us to monitoring of radiation level in raw milk, soils of forage crop field and play yard, forage crops, and compost. Measurement of radioactivity was carried out from 2011 to 2013, with focus on ¹³¹I, ¹³⁷CS and ¹³⁴CS activities. The results showed that ¹³¹I activity in raw milk was highest (302 ± 14 Bq/kgFW) soon after the accident of the nuclear power plant and then gradually decreased to a normal level. ¹³⁷CS and ¹³⁴CS activities were not detected in the raw milk. On the other hand, none of the radioactivities were detected in forage crops. In soils obtained from forage crop field and the play yard, ¹³¹I, ¹³⁷CS and ¹³⁴CS activities were detected in 2011, and the play yard had a higher tendency in all of activities than the forage crop field. ¹³⁷CS and ¹³⁴CS were detected in compost in 2012. In addition to this, the play yard had spots with high ¹³⁷CS and ¹³⁴CS activities in 2012 (A, $133 + 19$ Bq/kgFW and $81 + 13$ Bq/kgFW; B, $506 + 34$ Bq/kgFW and $301 + 24$ Bq/kgFW). The compost still had detectable ¹³⁷CS and ¹³⁴CS activities in 2013. These information should be useful to explore how radioactive contamination occurs and remains in a dairy farm.

Key words: Compost, Forage crop field, Play yard, Radioactive substance, Raw milk

*Corresponding Author: Atsushi ASANO Agricultural and Forestry Research Center, University of Tsukuba
Tennodai 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki, 305-8572, Japan
E-mail: asano.atsushi.ft@u.tsukuba.ac.jp