

## モウソウチクに含まれる放射性セシウム濃度の時期別変化及び タケノコにおける放射性セシウム濃度の予測手法の検討

**Seasonal changes in radioactive cesium concentrations in *Phyllostachys heterocycla f. pubescens*, and evaluation of a technique for predicting levels in bamboo shoots**

廣瀬可恵<sup>\*1</sup>・岩澤勝巳<sup>\*1</sup>

Yoshie HIROSE<sup>\*1</sup> and Masami IWASAWA<sup>\*1</sup>

\* 1 千葉県農林総合研究センター森林研究所

Chiba Pref. Agri. and Forestry Res. Center, Forestry Res. Inst., 1887-1, Haniya, Sammu, Chiba 289-1223

**要旨：**タケに含まれる Cs-137 濃度を 2013 年 8 月、11 月及び 2014 年 2 月に調査した結果、地上部では 8 月に高く、2 月にかけて低くなったのに対し、地下部では概ね 11 月に高く、8 月及び 2 月は低くなかった。また、タケノコの放射性セシウム濃度を予測する手法として、タケノコの Cs-137 濃度とタケノコ採取時の空間線量率及び前年 11 月に採取した枝葉の Cs-137 濃度との関係を調査した結果、空間線量率とタケノコの Cs-137 濃度には明確な関係が認められなかつたが、新竹の葉とタケノコの Cs-137 濃度には正の相関関係 ( $r=0.72$ ,  $p<0.01$ ,  $n=21$ ) が認められた。

**キーワード：**タケ、タケノコ、福島第一原子力発電所、モウソウチク、放射性セシウム

**Abstract:** We studied seasonal changes (August 2013, November 2013, and February 2014) in the concentrations of radioactive cesium in *Phyllostachys heterocycla f. pubescens*. Radioactive cesium levels in the above-ground parts of the bamboo were high in August but had decreased by February. Radioactive cesium levels in the below-ground parts of the bamboo were high in November but low in August and February. In another study, we evaluated a technique for predicting levels in bamboo shoots by using ambient dose rates and the concentrations in bamboo leaves and branches. There was no relationship between the ambient dose rate and the concentration in bamboo shoots. However, there was a positive correlation between the concentration in bamboo shoots and that in new bamboo leaves ( $r = 0.72$ ,  $P < 0.01$ ;  $n = 21$ )

**Keywords:** bamboo, bamboo shoot, Fukushima Daiichi Nuclear Power Station, *Phyllostachys heterocycla f. pubescens*, radioactive cesium

### I はじめに

2011 年 3 月の東日本大震災により東京電力福島第一原子力発電所が甚大な被害を受け、大気中に多量の放射性物質（ヨウ素 131、セシウム 134、137 等）が放出された。この影響で、千葉県内における一部のタケノコからも放射性セシウムが検出され、4 市で出荷制限が続いている（2014 年 3 月 20 日現在）（1）。このため、タケノコの放射性セシウム濃度を低減させる対策と効率的な検査計画が重要な課題となっており、その検討に資する調査を実施している。

一つ目の低減対策の検討に資する調査として、竹林内における放射性セシウムの分布状況を調査したところ、タケ各部位の中では古い竹の地上部に多く存在し、地下茎、根及び新竹の地上部には少ないことが判明した（2）。このことから、タケに含まれる放射性セシウムを低減さ

せるためには、古い竹の地上部を除去することが有効と考えられる。一方、タケは季節変化により地上部に含まれる無機元素濃度が異なることが知られている（3, 7）。そこで、タケに含まれている放射性セシウムを効率的に低減させる時期を特定するため、タケ各部位の Cs-137 濃度を時期別に調査した。

二つ目の効率的な検査計画の検討に資する調査として、タケノコの放射性セシウム濃度を分析前に予測できるかを検討した。タケノコが発生する期間は 2 か月間程度であり、採取及び放射性セシウム濃度の分析がこの時期に集中する。このため、タケノコの放射性セシウム濃度を分析する前に予測できれば、タケノコの放射性セシウム濃度の効率的な検査計画に寄与すると考えられる。

なお、本報告内の竹林、竹（地上部の稈、枝、葉など一般的に竹と呼んでいる部位に使用）及びタケ（地下部も含めた生物種を指す場合に使用）は、モウソウチクを

指すものとする。

## II 調査地と方法

1. タケ各部位における Cs-137 濃度の時期別変化 調査は、千葉県内で放射性セシウムの沈着量が 10～60kBq/m<sup>2</sup> (5) の地域にある竹林A～Cにおいて、表1の時期に実施した。

表-1. 時期別変化の試料採取日

Table 1 Sampling dates used to assess seasonal changes in radioactive cesium concentrations

調査地	採取時期		
	8月採取	11月採取	2月採取
竹林A	2013/8/8	2013/11/18	2014/2/12
竹林B	2013/8/12	2013/11/26	2014/2/20
竹林C	2013/8/19	2013/11/14	2014/2/25

地上部は、竹林A及びBでは2011年及び2013年に発生したと思われる竹を各3本伐採し、発生年別に葉、枝、稈の試料を調整した。竹林Cでは2010年、2011年、2012年及び2013年に発生したと思われる竹を各1本伐採し、4本分を混合して葉、枝、稈の試料を調整した。試料は、伐採した竹の上部、中部、下部から枝葉を各2本、稈を各50cm採取、混合した。地下部は、全ての調査地で、2011年及び2013年に発生したと思われる竹(地上部を採取した竹)に接続した地下茎を各1m採取し、地下茎から太根を分離し、調査地ごとに2本分を混合して地下茎と太根の試料を調整した。また、地下茎採取時に掘り起こした表層土からマット状の細根塊を複数採取し、調査地ごとに混合して細根の試料を調整した。なお、地下部は高圧洗浄機(karcher 製 JTK22、最大吐出圧力 7.5Mpa)を用いて土壤を落とした。また、試料の調整に当たり、葉、枝、太根、細根ははさみで細断し、稈、地下茎はおが粉製造機(テクマン工業製オガオート TOB-07)で粉末状にし、風乾したものを分析した。

Cs-137 濃度 (Bq/kg) の分析は、2013年6月～2014年3月に実施した。測定値は、基準日を2014年3月1日として放射性崩壊による減衰の補正(以下、減衰補正とする)を行い(4), Cs-137 濃度を分析する直前に測定した含水率を用いて絶乾値に換算した。また、竹林A及びBの葉、枝、稈は、2011年及び2013年に発生したと思われる竹の葉、枝、稈の平均値を用いた。

## 2. タケノコにおける Cs-137 濃度の予測手法

(1) 空間線量率による予測 タケノコ発生時に測定した空間線量率により、タケノコの Cs-137 濃度の予測が可能かを検討するため、D～H市の6竹林から105本のタケノコを2014年3月26日～5月8日に採取し、併せて空間線量率を測定した。空間線量率は、シンチレーション式放射線測定器(クリアパルス株式会社製 A2700型)を用い、タケノコに近接する地上高10cmで測定した。測定は10秒おきに5回計測し、平均値を算出した。タケノコは、細断時に土壤が混入しないよう、皮ごと表面を水道水で良く洗浄してから皮を剥いて可食部分のみを試料とした。可食部分は1～3cm角に細断・冷凍し、1本ごとに1検体とした。

Cs-137 濃度 (Bq/kg) の分析は、2014年4月～5月に実施した。測定値は、基準日を2014年4月15日として減衰補正を行った。

(2) 枝葉による予測 タケノコが発生する前に採取した枝葉の Cs-137 濃度により、タケノコの Cs-137 濃度が予測可能かを検討するため、F市の5竹林 21 調査区(100～1,150m<sup>2</sup>)で2013年に発生したと思われる竹(新竹)及び2011年以前に発生したと思われる竹(古竹)の枝葉を2013年11月11日～18日に採取し、同じ調査区でタケノコを2014年4月3日～4月30日に採取し、Cs-137 濃度を分析した。枝葉は、各調査区内の新竹及び古竹を3本ずつ選び、葉が充実していて低い位置にある枝を1本ずつ採取した。採取した枝から葉を分離し、調査区ごとに新竹の葉、新竹の枝、古竹の葉、古竹の枝を分析試料とした。試料の調整に当たり、枝葉ははさみで細断したものを風乾にした。タケノコは、調査区ごとに2～7本採取したものを混合し、分析試料とした。タケノコは細断時に土壤が混入しないよう、皮ごと表面を水道水で良く洗浄してから皮を剥いて可食部分のみを試料とした。可食部分は1～3cm角に細断し、冷凍した。

Cs-137 濃度 (Bq/kg) の分析は、枝葉で2013年12月～2014年3月に、タケノコで2014年4月～5月に実施した。測定値は、基準日を枝葉では2013年11月15日、タケノコでは2014年4月15日として減衰補正を行った。枝葉の含水率は、新竹の葉58.0%、新竹の枝46.7%、古竹の葉50.8%、古竹の枝57.0%を使用した(2)。

3. Cs-137 濃度の分析 Cs-137 濃度 (Bq/kg) の分析は、ゲルマニウム半導体検出器(ORTEC 社製 GEM20P4-70, CANBERRA 社製 GC4020 または SEIKO EG&G 社 SEG-EMS)を用いて、一般財団法人千葉県環境財団または千葉県農林総合研究センター検査業務課において行った。検査容器は試料の量により2Lマリネリ、B-313 またはU-8を選択した。

## III 結果と考察

1. タケ各部位における Cs-137 濃度の時期別変化 竹林A～Cのタケ各部位における8月、11月及び2月のCs-137 濃度は図-1、2のようになり、葉、枝、稈では

概ね8月に高く、2月に低くなったのに対し、地下茎、太根、細根では竹林Cの地下茎及び太根を除いて概ね11月に高く、8月及び2月は低かった。タケは夏に葉で同化栄養分を作り、10月以降にその栄養分を地下茎へと還流することから（6），栄養分と同様に、Cs-137が8月から11月にかけて地上部から地下部に移動したものと考えられる。

一方、2月は、地上部では8月及び11月に比べて濃度が低く、地下部も11月に比べて概ね濃度が低下した。タケの現存量は稈で最も多いため（2），2月に地上部の濃度が減少すれば、地下部の濃度は上昇するはずであるが、今回測定した部位では地上部、地下部ともに概ね減少した。このため、2月に地上部で濃度が減少したCs-137は、今回測定しなかったタケノコ（芽を含む）に移行した可能性がある。2月は地下茎に蓄えられた栄養分によってタケノコが肥大する時期であり（6），Cs-137の動きが栄養分と同様であれば、Cs-137がタケノコに移行した可能性は十分に考えられる。

また、葉に注目すると、Cs-137濃度は、8月から2月にかけて概ね減少した。これは、タケの葉におけるカリウムの濃度が8月から2月にかけて概ね低下する動きと一致する（3，7）。このことから、タケ内部のCs-137は、栄養分の中でもカリウムと同様の動きをすると考えられ、夏に葉のある地上部に集まつてくる可能性が高い。

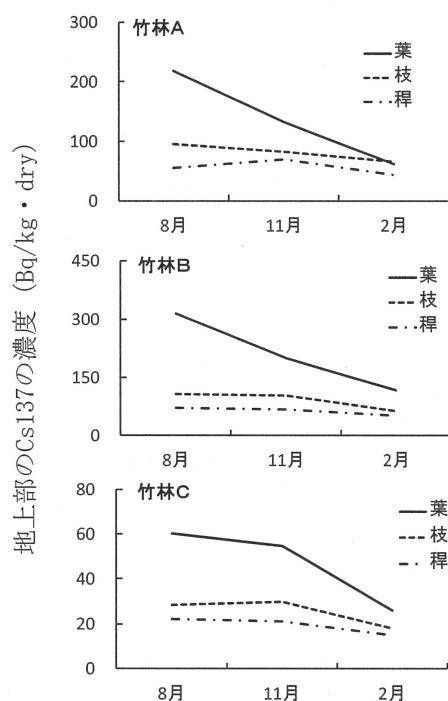


図-1 タケの地上部における時期別のCs-137濃度

Fig. 1 Seasonal changes in Cs-137 concentration in the above-ground parts of *Phyllostachys pubescens*

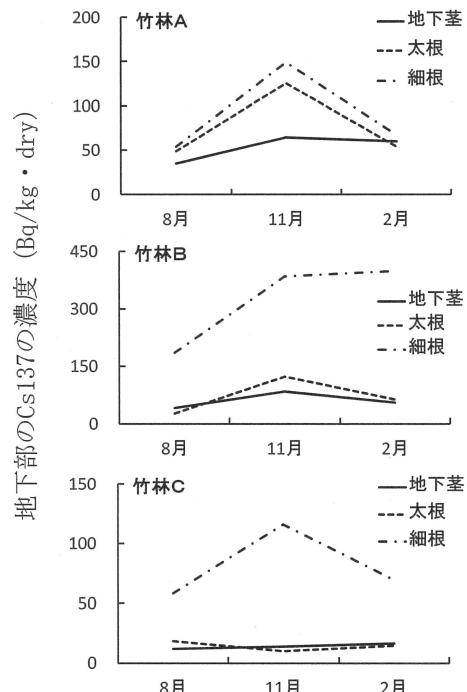


図-2 タケの地下部における時期別のCs-137濃度

Fig. 2 Seasonal changes in Cs-137 concentration in the below-ground parts of *Phyllostachys pubescens*

これらから、タケに含まれる放射性セシウムを効率的に低減させるためには、夏には地上部の古い竹を、春には発生するタケノコを除去することが効果的と考えられる。

## 2. タケノコにおけるCs-137濃度の予測手法

(1) 空間線量率による予測 D～H市の6竹林から採取した105本のタケノコのCs-137濃度と空間線量率の関係は図-3のようになり、市ごとに傾向が異なる可能性が示された。

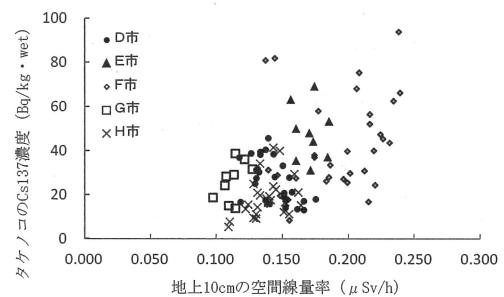


図-3 空間線量率とタケノコのCs-137濃度との関係

注) F市の1データはジャックナイフ法により外れ値とし、除外した

Fig. 3 Relationship between ambient dose rate and Cs-137 concentration in bamboo shoots

Note: One date of sampling in city F was excluded by jackknifing

このため、市ごとにデータを分けて相関係数（r）を求めたところ、D市で-0.53 ( $p<0.01$ ,  $n=26$ ), E市で-0.12 ( $p=0.756$ ,  $n=9$ ), F市で 0.34 ( $p=0.051$ ,  $n=34$ ), G市で 0.51 ( $P=0.157$ ,  $n=9$ ), H市で 0.38 ( $P=0.057$ ,  $n=26$ ) となり、D市以外では相関が認められなかった。また、D市では負の相関が有意となったが、空間線量率が高くなるほどタケノコの Cs-137 濃度が低くなるという関係は考えにくい。このため、空間線量率からタケノコの Cs-137 濃度を予測することは困難であると考えられる。

(2) 枝葉による予測 F市の5竹林 21 調査区から採取した新竹の葉、新竹の枝、古竹の葉、古竹の枝の Cs-137 濃度とタケノコの Cs-137 濃度の関係は、どの関係においても枝葉の濃度が高くなるほどタケノコの濃度も高くなり、相関係数（r）は、新竹の葉で 0.72 ( $P<0.01$ )、新竹の枝で 0.46 ( $p<0.05$ )、古竹の葉で 0.41 ( $p=0.06$ )、古竹の枝で 0.52 ( $p<0.05$ ) となった。最も相関関係が強かつた新竹の葉とタケノコの Cs-137 濃度について、回帰直線及び 95% 予測区間を求めたところ、図-4 のようになり、タケノコの濃度の幅が最も狭くなる平均値（葉が 94Bq/kg）であっても 9 ~ 46Bq/kg となった。

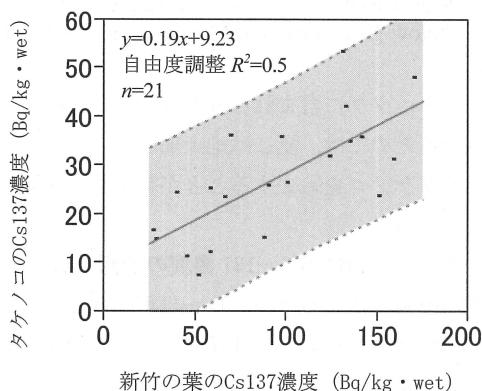


図-4. 新竹の葉の Cs-137 濃度とタケノコの Cs-137 濃度との関係

注) 灰色で塗った範囲は 95% 予測区間

Fig. 4 Relationship between Cs-137 concentrations in new leaves and bamboo shoots  
Note: Gray represents 95% prediction band

このため、葉の濃度からタケノコの濃度そのものを予測することは困難であるが、葉の濃度が一定の濃度以下（以上）になれば、タケノコの濃度も 95% の確率で一定の濃度以下（以上）になる閾値を設定できる可能性が示された。ただし、データを集めた場所によって傾向が異なる可能性があるため、適応したい場所ごとにデータを集めが必要がある。また、新竹の葉の Cs-137 濃度が高い箇所では、その周辺に発生したタケノコの Cs-137 濃度も高くなる可能性があるため、1つの竹林から Cs-137 濃度の高いタケノコを探し、安全側の検査を行う手法として

利用できると考えられる。

#### IV おわりに

今回の結果から、タケに含まれる放射性セシウムを効率的に低減させる方法は明らかになったが、タケに含まれる放射性セシウムの低減が、タケノコの放射性セシウム濃度の低減にも結び付くかは不明である。タケが放射性セシウムを根から吸収するかどうかと併せて検討が必要である。また、新竹の葉とタケノコの放射性セシウム濃度の関係から閾値が設定できる可能性が示されたが、今回は1市ののみでの調査であるため、他の場所でも同様の結果になるかは不明である。

#### 謝辞

本研究を進めるにあたり、タケの物質循環及び生態について名古屋大学大学院生命農学研究科の梅村氏、竹中氏、株式会社エコパレ（富士竹類植物園）の柏木氏にご教授いただいた。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

#### 引用文献

- (1) 千葉県農林水産部農林水産政策課 (2014) <http://www.pref.chiba.lg.jp/nousui/shukkaseigen-jishuku-ichiran.html>
- (2) 廣瀬可恵・岩澤勝巳・遠藤良太 (2014) 千葉県内の竹林における落葉、土壤、タケ各部位の放射性セシウム存在量と濃度. 関東森林研究 65(2) : 209-212
- (3) 金子真司(1995)マダケ(*Phyllostachys bambusoides*)とモウソウチク(*Phyllostachys pubescens*)の葉における養分濃度の季節変化. Bamboo Journal 13 : 27-33
- (4) 文部科学省 (1992) ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー. [http://www.kankyo-hoshano.go.jp/series/main\\_pdf\\_series\\_7.html](http://www.kankyo-hoshano.go.jp/series/main_pdf_series_7.html)
- (5) 文部科学省(2011)文部科学省による埼玉県及び千葉県の航空機モニタリングの測定結果について. <http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/5000/4896/view.html>
- (6) 野中重之 (2010) 新特産シリーズタケノコ栽培・加工から竹材活用まで. 社団法人農山漁村文化協会, 東京 : 159pp
- (7) UMEMURA, M. and TAKENAKA, C. (2014) Retranslocation and localization of nutrient elements in various organs of moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*). Science of the Total Environment 493 : 845-853